

一一三年補助研究報告

異質網路技術匯聚下之頻率資源管 理制度改革新研析計畫

結案報告

計畫補助機關：數位發展部

執行單位：財團法人電信技術中心

中華民國一一三年十二月

一一三年補助研究報告

GRB 系統編號：PG11305-0041

異質網路技術匯聚下之頻率資源管 理制度改革新研析計畫 結案報告

執行單位
財團法人電信技術中心

計畫主持人
巫國豪

協同主持人
胡依淳

研究人員
徐玉珊、劉宜蕎、吳佳倫、王資寧、楊智皓、劉大溶、
林奕誠、賴芃聿、楊韻蓉、呂少琪、李佳欣、徐翊菱、
洪乙心、涂惠玟、蕭景騰、邱儀萱、田佳靈、吳念恩、
謝沛穎

研究期程：中華民國 113 年 1 月至 113 年 12 月

研究經費：新臺幣 800 萬元

本報告不必然代表數位發展部意見

中華民國 113 年 12 月

目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	V
表目錄.....	VIII
計畫摘要.....	X
ABSTRACT.....	XV
第一章 緒論	1
第一節 計畫背景	1
第二節 計畫動機與主題.....	3
第三節 計畫定位	5
第四節 計畫架構.....	6
第五節 執行進度	16
第二章 國際組織異質網路技術發展觀測	19
第一節 國際電信聯合會（ITU）	19
第二節 第三代合作夥伴計畫（3GPP）	25
第三節 電機電子工程師學會（IEEE）	30
第四節 全球行動通訊系統協會（GSMA）	35
第五節 全球衛星業者協會（GSOA）	37

第六節 小結	39
第三章 國際異質網路案例應用發展型態觀測	41
第一節 衛星間互連案例	41
第二節 航空航海通信與地面網路互連	45
第三節 非地面網路與地面網路互連	54
第四節 小結	67
第四章 先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研 析	70
第一節 歐盟	70
第二節 英國	80
第三節 美國	94
第四節 加拿大	103
第五節 日本	126
第六節 小結	147
第五章 異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析	153
第一節 手機直連衛星之有害干擾處理議題	153
第二節 干擾分析方法	165
第三節 無人機應用於頻譜管理議題	175

第四節 小結	187
第六章 重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探	189
第一節 探討國內外於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」 案例現況.....	190
第二節 提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制建議 ..	213
第三節 小結	222
第七章 我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適建議	224
第一節 我國異質網路情境使用案例.....	224
第二節 異質網路法規議題研析與建議.....	227
第三節 研析重大事件情境下頻譜轉換使用機制衍生之法規障礙 及法規修正建議.....	232
第八章 其他計畫範圍內之辦理事項-座談會執行成果.....	237
第九章 結論與建議	253
第一節 結論	253
第二節 建議	260
附件一 雙周進度表規劃	262
附件二 盤點異質網路在對應之電信管理法規相關法律規範	264

附件三 「國際異質網路發展趨勢之頻譜管理政策」座談會議之會議紀錄	267
附件四 「異質網路發展之頻譜管理法規及重大事件之頻率管理政策調適」座談會之會議紀錄	279
參考文獻	295
中英文名詞對照（依字首排序）	307

圖目錄

圖 1-1、本計畫之研究架構	6
圖 1-2、陸海空整合之網路架構	8
圖 1-3、典型城市環境下異質網路之場景	9
圖 1-4、我國平時及重大事件之頻率使用關係圖	14
圖 2-1、太空地域整合網路示意圖	20
圖 2-2、匯聚地面及低空無人機基地臺之多層空間網路	22
圖 2-3、3GPP 組織架構圖	25
圖 2-4、3GPP 非地面網路之演進	26
圖 2-5、3GPP 地面與非地面網路互連架構圖	28
圖 2-6、LTE 異質網路架構	35
圖 2-7、5G 為異質網路環境之核心	36
圖 3-1、多種類型衛星連接技術	42
圖 3-2、EUTELSAT 10B 衛星使用 Ku 頻段（下行鏈路）涵蓋北大西洋、歐洲、中東地區與部分非洲	44
圖 3-3、「航空、航海通訊和地面網路互連」為整體異質網路架構之重要一環	45
圖 3-4、「航空、航海通訊和地面網路互連」案例示意圖	47
圖 3-5、美國航空航海與地面網路互連案例發展進度	51
圖 3-6、Globalstar 與蘋果電腦公司合作網路架構	54
圖 3-7、蘋果公司與 Globalstar「衛星傳送 SOS 緊急服務」	56
圖 3-8、Starlink 之手機直連運作模式	59
圖 4-1、歐洲無線電設備和頻譜監理環境	71
圖 4-2、歐盟下世代通訊 NTN 架構	72
圖 4-3、Ofcom 提出衛星通信系統架構	88
圖 4-4、Ofcom 提出更新之 28 GHz 頻段規劃	89
圖 4-5、Ofcom 無人飛行系統指令、控制及有效負載之通信鏈路	90

圖 4-6、加拿大之衛星行動靈活使用頻段規劃.....	119
圖 4-7、日本總務省頻譜移頻與重釋出週期.....	126
圖 4-8、日本為促進空域及海洋行動接取規劃之檢討頻段.....	138
圖 4-9、日本衛星直連手機頻譜共用之檢討頻段.....	140
圖 5-1、透通型與再生型 NTN.....	154
圖 5-2、手機直連衛星架構.....	155
圖 5-3、3GPP 規劃 NTN 頻譜及架構.....	156
圖 5-4、我國 28 GHz 頻譜拍賣結果.....	158
圖 5-5、透通模式 NTN 服務鏈路干擾地面固定通訊系統.....	160
圖 5-6、透通模式 NTN 服務鏈路干擾地面行動通訊系統.....	161
圖 5-7、再生模式 NTN 服務鏈路干擾地面固定通訊系統.....	162
圖 5-8、再生模式 NTN service link 干擾地面行動通訊系統.....	163
圖 5-9、無線通訊系統傳輸鏈路.....	165
圖 5-10、電波傳播衰減情形.....	167
圖 5-11、同頻與鄰頻干擾.....	171
圖 5-12、接收機架構.....	172
圖 5-13、數位調變錯誤率與訊雜比之關係.....	173
圖 5-14、手機直連衛星功率計算.....	174
圖 5-15、無人機使用之空域.....	176
圖 5-16、無人機與地面系統間之頻寬需求.....	176
圖 5-17、無人機與地面及衛星系統間之頻寬需求.....	177
圖 5-18、無人機搭載 SDR 執行訊號量測任務原型.....	179
圖 5-19、GNU Radio 開發平臺.....	182
圖 5-20、電場強度量測示意圖.....	183
圖 5-21、電場強度量測.....	183
圖 5-22、頻譜佔用量測.....	184
圖 5-23、干擾處理量測.....	185
圖 6-1、因應伊達利亞颶風頻譜管理調整措施.....	192

圖 6-2、美國頻譜管理機構	195
圖 6-3、NTIA 頻譜管理辦公室組織架構	198
圖 6-4、美國 FirstNet 營運商業模式	201
圖 6-5、NTIA 頻譜管理緊急應變架構	203
圖 6-6、美國國防部參與情況之頻譜管理緊急應變架構	203
圖 6-7、美國戰時頻譜管理體系	207
圖 6-8、災害防救階段	210
圖 6-9、災害防救體系	210
圖 6-10、全民防衛動員階段	211
圖 6-11、我國頻譜管理分工模式	214
圖 6-12、無線電資源調度事項	214
圖 6-13、數位發展部納入災害防救體系之建議	217
圖 6-14、數位發展部納入全民防衛動員準備體系之建議	218
圖 6-15、頻譜管理相關應變計畫與措施	220
圖 6-16、未來工作時程建議	223
圖 7-1、我國 2100 MHz 頻段之既有使用者（行動業者）	231
圖 8-1、第一場座談會執行情況	240
圖 8-2、第二場座談會執行情況	248

表目錄

表 1-1、座談會規劃	15
表 1-2、本計畫預計進度甘特圖	17
表 2-1、3GPP 規劃非地面網路頻段.....	29
表 3-1、國際異質網路案例應用發展型態觀測綜整表	68
表 4-1、歐盟及各國用於 MSS 之 2GHz 頻段既有授權與使用情況	77
表 4-2、無人機控制及可額外攜帶之重量案例特徵	79
表 4-3、英國頻譜管理願景	81
表 4-4、英國未來異質網路之頻譜管理政策	87
表 4-5、無人飛行系統操作員之無線電執照頻段	91
表 4-6、ISED 未來 5 大頻譜管理政策方向	104
表 4-7、加拿大已發放之商用行動通信頻段	115
表 4-8、從屬執照之申請程序及相關限制	120
表 4-9、既有用途之受干擾影響程度及採取措施	132
表 4-10、「利用 HAPS 無線通訊系統之頻譜有效利用技術研究開發 案」之關於固定通訊系統計畫目標設定與達成情況	135
表 4-11、「利用 HAPS 無線通訊系統之頻譜有效利用技術研究開發 案」之關於行動通訊系統計畫目標設定與達成情況	136
表 4-12、5 個行動通訊系統之干擾評估綜整表	142
表 4-13、先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策綜整表	148
表 4-14、先進國家頻率管理政策綜整表-衛星直連手機	149
表 4-15、先進國家頻率管理政策綜整表-無人機	150
表 5-1、3GPP 規劃之 5G NTN 頻譜	157
表 5-2、中華民國頻率分配表之 1600 MHz 頻段	158
表 5-3、中華民國頻率分配表之 1900 MHz 頻段	160
表 5-4、衛星通訊路徑損失	168

表 5-5、WINNER II 電波環境分類	169
表 5-6、WINNER II 電波傳播模型	169
表 5-7、常用的 SDR 硬體	180
表 6-1、FCC 緊急情況調整建議	192
表 6-2、美國聯邦執法用途之互通頻道	204
表 6-3、美國聯邦救災應變用途之互通頻道	204
表 6-4、動員準備方案與業務主管機關	212
表 7-1、國際與我國之異質網路相關政策規範重點比較	228
表 7-2、無線電資源調度機制之初步規劃	235
表 7-3、各階段應變計畫之初步規劃	236
表 8-1、第一場座談會邀約專家學者名單（按筆劃排序）	237
表 8-2、第一場座談會邀約政府部門名單（按筆劃排序）	238
表 8-3、第一場座談會邀約產業相關利害關係人名單（按筆劃排 序）	238
表 8-4、第一場座談會之討論議題	238
表 8-5、第一場座談會之議程	239
表 8-6、第二場座談會邀約專家學者名單（按筆劃排序）	245
表 8-7、第二場座談會邀約政府部門名單（按筆劃排序）	245
表 8-8、第二場座談會邀約產業相關利害關係人名單（按筆劃排 序）	245
表 8-9、第二場座談會之討論議題	246
表 8-10、第二場座談會之議程	247
表 9-1、國際組織對於異質網路定義之綜整表	253
表 9-2、各項異質網路特性及用途比較表	255

計畫摘要

關鍵詞：異質網路、頻譜管理、非地面網路、衛星通信、衛星直連
手機、地面網路、重大事件、電信管理法

一、研究緣起

無線電通訊技術快速發展，發展多種通訊系統互連形成之異質網路趨勢，例如衛星直連行動裝置（satellite direct-to-device）、中軌衛星與低軌衛星互連、航空航海與地面網路互連等創新通訊服務，進而衍生頻譜資源分配、干擾處理…等頻譜管理議題。

本計畫為有效掌握國際異質網路技術應用發展及頻譜管理趨勢，將針對以下 4 大面向進行探討，包含：一、研析國際異質網路定義及技術發展，掌握國際異質網路應用最新發展趨勢。二、研析先進國家因應異質網路新興技術之頻譜管理政策制度，掌握國際異質網路應用發展之頻譜管理趨勢。三、探討衛星直連行動裝置之有害干擾處理議題，並盤點國內相關頻段既有使用者及評估可能干擾情境之影響，同時探討適用商用無人機應用於頻譜管理等趨勢，作為我國未來頻譜管理之參考依據。四、盤點國內現況，並研提多種頻率用途整合使用之相關法規修正建議，以及提出符合我國國情之重大事件情境頻率管理政策與法規調適建議，完善我國頻譜管理制度。

除一般異質網路商用案例外，本計畫亦聚焦於其他領域之多元異質應變通訊網路應用，如針對救災、執行國家任務等重大事件之頻譜轉換使用議題，本計畫將研析國內外於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例，掌握國際發展應用趨勢，並檢視我國現行法律規範，進行重大事件情境下之頻譜轉換使用機制之初步探討，進而提出我國相關建議。

二、研究方法及過程

由於異質網路新興應用發展快速，因此為有效掌握國際異質網路應用發展，本計畫蒐研國際組織對於異質網路之定義，並藉由採購IEEE 全文影像資料庫、IEK 資料庫，對國際異質網路應用案例進行個案研究。

另為有效掌握國際因應異質網路應用之頻譜管理趨勢，本計畫研析先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制，藉由採購Policy Tracker 頻譜研究服務資料庫，蒐研先進國家針對不同類型異質網路應用之頻譜管理政策（如：衛星直連手機、無人機），並透過比較分析法與我國進行差異對比，以作為我國頻譜管理制度未來發展方向之參考。

另為保障我國既有使用者，避免因導入異質網路應用新興技術而產生干擾問題，本計畫探討透通型與再生型模式之手機直連衛星應用可能產生之有害干擾處理議題，並盤點國內相關頻段既有使用者及評估可能干擾情境之影響。同時探討引入商用無人機進行研析無人機應用於頻譜管理議題，以作為我國未來頻譜管理之參考依據。

另為掌握國際不同領域之異質網路應用，本計畫研析美國「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況，並借鏡美國於不同類型重大事件（如：天災、執行國家任務）之特定頻譜使用及管理政策，透過文獻分析法及比較分析法初探我國重大事件情境下之頻譜使用機制。

為達上述研究工項，本計畫共計舉辦2場座談會議，藉由蒐集產官學研各界之意見，據以調整並提出符合我國國情之頻譜管理政策建議。

三、重要研究發現

- (一)國際組織對於異質網路之定義從「多種基地臺間或網路間之互連」轉變為「強調不同通訊網路與技術互連互通」，並著重探討非地面網路與地面網路互連應用之整合。
- (二)就國際通信領域之異質網路案例，目前僅有美國航空航海與地面網路互連之應用案例已於今年5月通過立法，而非地面網路與地面網路互連應用案例大多仍處於實驗階段。
- (三)觀察國際異質網路應用之頻率管理政策，可發現為因應2027年世界無線電大會(World Radiocommunication Conferences, WRC)之Item 1.12-1.14，先進國家多著墨於衛星直連手機之監管議題，同時探討非地面網路等相關應用（如無人機）之監管議題。
- (四)就異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析，可發現因現行手機功率限制為23 dBm，故從手機發送訊號或傳輸資料至衛星時，可能因雜訊問題而面臨相當之挑戰。此外，無人機搭載軟體定義無線電模組之量測架構有助於協助主管機關克服地理障礙進行頻譜干擾量測。
- (五)就重大事件情境下之頻譜轉換使用機制，目前美國已有相當完整之制度及配套措施，並分別就不同情境下（如：天災、執行國家任務）訂定各機關職掌範圍。

四、主要建議事項

(一) 立即可行之建議

1. 鼓勵產業持續推動各類異質網路相關實驗，並進行干擾分析

建議未來主管機關可制定異質網路頻率運用實驗所需之各種鼓勵措施，例如設置產業交流平臺，便利跨領域之通訊業者進行合作；

或設置實驗頻率或實驗網路專區，以監理沙盒方式鼓勵產業進行異質網路實驗等；或提供實驗頻率運用之簡易說明，提升資訊透明度，便於產業進行實驗頻率申請。同時鼓勵 ICT 產業依據國際業者需求，結合國內相關產業自主開發。

2. 擬定重大事件頻率轉換機制發展規劃

建議因應重大事件頻譜管理機制調整計畫之後續工作時程，可分 3 年執行。第 1 年的重點包括法規盤點與修訂、擬定應變程序與計畫、互通性規範等。第 2 年的重點包括頻譜資源調度事項、利害關係人意見溝通、建立干擾分析平臺、擬定演練計畫等。第 3 年的重點包括災後重建計畫、實施演練、完成法規修訂、檢討與修正等。

3. 辦理無人機作為頻譜管理工具之研究與規劃

考量到無人機可充分發揮、協助主管機關進行頻譜管理，且對於頻譜管理可帶來大幅助益，建議主管機關應可辦理運用無人機作為頻譜管理工具之研究，逐步規劃、打造無人機頻譜管理機隊，及早布建無人機頻譜管理機隊，協助主管機關早日獲得無人機協助頻譜管理之效益。

（二）中長期性建議

1. 追蹤國際間異質網路頻譜管理制度發展，調適國內法規

隨著國際間各種創新技術推陳出新，讓異質網路之頻譜管理制度受到各種衝擊影響，例如手機直連衛星即帶來許多創新應用，然而此種新興應用仍處技術發展初期，需要持續觀察對市場帶來之影響。建議主管機關仍應持續追蹤、觀測新興技術對頻率使用規範之影響，若有對管理制度造成大幅影響時，應參考國際間對該議題之政策與法規調適措施，依照我國國情修正國內法規制度，確保我國頻率管理制度符合市場發展與技術、應用之需求。

2. 建立重大事件頻率轉換機制定期演練

本計畫參考美國作法，訂定我國重大事件頻率轉換機制建議，並建議未來重大事件頻率轉換機制政策法規制定後，應設計定期演練規劃，研析各種重大事件情境腳本，制定相關演練計畫、集合各利害關係人或相關機關，定期實施演練，以確保重大事件發生時相關機關有一套可參考、依循之機制，並透過日常演練累積運作經驗，避免重大事件發生時之慌亂，把握黃金救援時間，確保頻率於重大事件發生時充分發揮其價值。

Abstract

Keywords : Heterogeneous Network 、 Spectrum Management 、 Non-Terrestrial Networks 、 Satellite communication 、 Satellite Direct-to-Device 、 Terrestrial Networks 、 Emergency 、 Telecommunications Management Act

I. Introduction

With the rapid development of technologies, a variety of communication system interconnections are developed to form a heterogeneous network trend, such as satellite direct connection to mobile devices, medium-orbit satellite and low-orbit satellite interconnection, aviation, navigation and ground network interconnection and other innovative communication services. From this, attention management activities such as resource allocation and interference processing are derived.

In order to effectively grasp the application development and spectrum management trends of international heterogeneous networks, this project will focus on the following four major aspects, including: 1. Research and analyze the definition and technology development of international heterogeneous networks, and master the international heterogeneous networks Apply the latest development trends. 2. Research and analyze the spectrum management policies and systems of advanced countries in response to emerging technologies of heterogeneous networks, and grasp the spectrum management trends of international heterogeneous network application development. 3. Discuss the issue of dealing with harmful interference from satellite-directly connected mobile devices, take inventory of existing users of relevant domestic frequency bands and assess

the impact of possible interference scenarios, and explore trends such as the application of commercial drones in spectrum management as a basis for Taiwan's future spectrum management. reference basis. 4. Take stock of the current domestic situation, and develop relevant regulatory amendments and suggestions for the integrated use of multiple frequency uses, as well as propose frequency management policies and regulatory adjustments for major event scenarios that are in line with my country's national conditions, and improve my country's spectrum management system.

In addition to general heterogeneous network commercial cases, this project also focuses on diverse heterogeneous response communication network applications in other fields, such as spectrum conversion and use issues for major events such as disaster relief and execution of national missions. This project will analyze domestic In addition to the case of "Spectrum Conversion and Utilization Mechanism in Major Incident Situations", we will grasp the international development and application trends, review Taiwan's current legal regulations, conduct a preliminary discussion on the spectrum conversion and use mechanism in major incident scenarios, and then put forward relevant suggestions in Taiwan.

II. Research Method and Process

Due to the rapid development of emerging applications in heterogeneous networks, this project aims to effectively monitor international trends in heterogeneous network applications. To achieve this, the project investigates the definitions of heterogeneous networks provided by international organizations and conducts case studies on international heterogeneous network applications through the procurement of the IEEE Xplore digital library and the IEK database.

To better understand global spectrum management trends for heterogeneous network applications, the project analyzes frequency management policies and mechanisms adopted by advanced countries. By procuring the Policy Tracker Spectrum Research database, the project gathers data on spectrum management policies for different types of heterogeneous network applications, such as satellite direct-to-mobile and drone technologies. A comparative analysis will be conducted to identify differences between these international practices and Taiwan's policies, providing a reference for the future development of Taiwan's spectrum management framework.

To protect existing domestic users and avoid interference issues arising from the introduction of emerging technologies in heterogeneous network applications, the project explores harmful interference handling for satellite direct-to-mobile applications in transparent and regenerative modes. It also evaluates the potential impact of interference scenarios by identifying existing users in relevant frequency bands. Additionally, the project examines the use of commercial drones and their implications for spectrum management, serving as a reference for Taiwan's future spectrum management strategies.

To understand the applications of heterogeneous networks across various sectors globally, the project investigates the current state of spectrum reallocation mechanisms in the United States under critical event scenarios. Drawing from U.S. experiences in managing specific spectrum usage and policies during various types of critical events (e.g., natural disasters, national mission execution), the project employs literature review and comparative analysis methods to explore initial recommendations for Taiwan's spectrum usage mechanisms under

similar scenarios.

To achieve the above research objectives, the project will organize two seminars to gather insights and opinions from industry, government, academia, and research sectors. These inputs will be used to refine and propose spectrum management policy recommendations tailored to Taiwan's national context.

III. Important Findings

1. The definition of heterogeneous networks by international organizations has evolved from "interconnection between multiple base stations or networks" to "emphasizing the interconnection and interoperability of different communication networks and technologies," with a focus on the integration of non-terrestrial networks (NTN) and terrestrial networks.
2. Regarding international cases of heterogeneous network applications, only the U.S. case involving the interconnection of aeronautical and maritime networks with terrestrial networks has been legislated as of May this year. Most application cases of NTN and terrestrial network interconnection remain in the experimental stage.
3. Observing frequency management policies for international heterogeneous network applications reveals that, in preparation for the 2027 World Radiocommunication Conference (WRC), advanced countries are heavily focused on regulatory issues related to satellite direct-to-mobile communication. They are also exploring regulatory issues for NTN applications, such as drones.
4. Analyzing frequency management and interference mitigation techniques for heterogeneous network applications shows that the

current mobile phone power limit of 23 dBm poses significant challenges due to noise issues when transmitting signals or data to satellites. Moreover, using drones equipped with software-defined radio modules for measurement frameworks can help regulatory authorities overcome geographical barriers to conduct spectrum interference measurements.

5. Regarding spectrum reallocation mechanisms under critical event scenarios, the U.S. has established a comprehensive system and supporting measures. These measures delineate the responsibilities of various agencies for different scenarios, such as natural disasters and national mission execution.

IV. Main Recommendations

1. Recommendations that can be implemented immediately

- (1) Encourage the industry to continue to promote various heterogeneous network-related experiments and conduct interference analysis

It is recommended that in the future, the competent authorities can formulate various incentive measures required for heterogeneous network frequency application experiments, such as setting up an industry exchange platform to facilitate cross-field communication operators to cooperate; or setting up experimental frequencies or experimental network zones to supervise sandboxes. Methods include encouraging industries to conduct heterogeneous network experiments, etc.; or providing simple instructions on the use of experimental frequencies to improve information transparency and facilitate industries to apply for experimental frequencies. At the same time, the ICT industry is encouraged to develop independently

based on the needs of international players and in conjunction with related domestic industries.

(2) Formulate a development plan for the frequency conversion mechanism for major events

It is recommended that the follow-up work schedule of the spectrum management mechanism adjustment plan in response to major events can be implemented in three years. The focus of the first year includes regulatory inventory and revision, formulation of contingency procedures and plans, interoperability specifications, etc. The focus of the second year includes spectrum resource scheduling matters, communication with stakeholders, establishing an interference analysis platform, formulating drill plans, etc. The focus of the third year includes post-disaster reconstruction plans, implementation drills, completion of regulatory revisions, reviews and amendments, etc.

(3) Conduct research and planning on drones as spectrum management tools

Considering that drones can fully assist the competent authorities in spectrum management and can bring significant benefits to spectrum management, it is recommended that the competent authorities should conduct research on the use of drones as spectrum management tools and gradually plan and build unmanned systems. Aircraft spectrum management fleet, early deployment of UAV spectrum management fleet, to help the competent authorities obtain the benefits of UAV-assisted spectrum management as soon as possible.

2. Medium and long-term recommendations

(1) Track the development of international heterogeneous network

spectrum management systems and adapt domestic regulations

With the introduction of various innovative technologies internationally, the spectrum management system of heterogeneous networks has been affected by various impacts. For example, direct connection of mobile phones to satellites has brought many innovative applications. However, such emerging applications are still in the early stages of technological development and require continued observation of the impact on the market. It is recommended that the competent authorities should continue to track and observe the impact of emerging technologies on frequency usage regulations. If there is a significant impact on the management system, they should refer to international policies and regulatory adjustment measures on this issue, and revise domestic laws and regulations in accordance with Taiwan's national conditions. Ensure that Taiwan's frequency management system meets the needs of market development, technology, and applications.

(2) Establish regular drills on the frequency conversion mechanism for major events

This plan refers to the practice of the United States to formulate recommendations for Taiwan's major event frequency conversion mechanism. It also suggests that after the future major event frequency conversion mechanism policies and regulations are formulated, regular drill plans should be designed, various major event scenario scripts should be analyzed, and relevant drill plans should be developed. . Gather all stakeholders or relevant agencies to conduct regular drills to ensure that relevant agencies have a mechanism to refer to and follow when major events occur. Accumulate operational experience through daily drills to avoid panic when major events occur and seize the golden rescue time

ensures that frequency can fully exert its value when major events occur.

第一章 緒論

第一節 計畫背景

無線電通訊技術快速發展，從原來由單一技術提供服務，發展至今，終端連網設備已可同時配備多種無線電介面，隨時隨地接取無線網路，如手機、平板同時配有 4G/5G 行動通訊、藍牙和 Wi-Fi 等接取能力，又或者如智慧家庭裝置（如影音設備、照明設備等）同時配有藍牙和 Wi-Fi 無線電技術，提供居家設備遠端遙控、節約能源或居家照護之需求。透過多種無線電技術同時存在與交互切換的網路型態已大量應用於今日人類生活。近年來，無線電通訊技術更進一步朝向地面行動通訊連結非地面網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）發展，例如行動通訊與衛星通訊連結，且國際間已有成功商業案例，如 Globalstar 與蘋果公司合作，於手機 iPhone 14 以上機型裝載可連結衛星通訊之天線，可於無法接取行動通訊訊號之地點透過衛星發送求救簡訊。

隨著通訊技術快速發展，考量未來各類無線電用途技術創新與變化，發展趨勢為行動通信、衛星或微波等通訊系統相互連接，形成異質網路提供通訊服務，來增強全球網路涵蓋、不間斷的行動通訊服務。因此，對於此類異質網路型態之出現，實有必要研析頻率資源管理及分配制度如何因應異質網路發展趨勢而調整，確保頻率和諧共存，進而提高頻譜使用效率，且合理有效分配我國無線電頻譜需求，來達成整體通訊產業有效頻率資源管理。

異質網路應用案例更加多樣化，因應各種情境所進行之網路、頻率之轉換使用亦為先進國家之發展重點，如美國《全國公共安全寬頻網路計畫》設有「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」，以確保政府機關對於重大事件下之頻率使用需求為前提，同時兼顧商業發展，發揮頻譜之最大效益。我國地處環太平洋地震帶，面臨地震、颱風等

天災之威脅，然而國內現行法制中對於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」之相關規範尚未完備，因此，本計畫蒐研國際間此種情境之案例，探討我國於重大事件情境下之頻率管理、介接使用等議題，提出相關建議與機制設計初步規劃，以完善我國頻率資源管理制度。

第二節 計畫動機與主題

通訊技術發展應用技術日漸多元化，同時新興通信網路系統崛起，對於未來多重網路系統互連可提供靈活頻率使用以及基礎建設之替代方案。本計畫因應不同無線電技術間之整合發展，探討行動通信、衛星或微波等異質通訊系統相互連線構成異質網路（Heterogeneous network）態樣之技術演進，觀測國際間異質網路技術演進以及定義，並整理重點國家歐盟、英國、美國、加拿大以及日本之頻譜管理政策制度。同時蒐集國際異質網路應用相關案例，以聚焦於衛星互連、NTN與地面網路（Terrestrial Networks, TN）互連之異質網路型態應用案例為主軸。

近期異質網路案例快速發展，頻譜使用需求擴大，進而彰顯異質網路應用發展之頻率管理議題之重要性，包含國際間手機直連衛星案例與使用無人機協助管理無線電頻率。本計畫探討未來手機直連衛星可能存在之干擾處理議題，以及國際間頻譜管理新興方式之必要，作為我國精進頻譜管理制度之參考依據。

針對異質網路於整合使用多種用途之頻譜資源態樣，本計畫蒐研先進國家之異質網路案例以及頻率管理政策，並檢視於我國現行《電信管理法》架構下，異質網路於各發展階段，所對應之相關法律規範及可能面臨之法規障礙，並藉由舉辦座談會與相關會議，彙整利害關係人之意見，提出適合我國頻譜管理制度及使用需求之法規調適建議。

先進國家就異質網路之應用研究遍及各領域，如國際間將異質網路應用於救災機制，提供救災機關之頻率優先使用權。我國目前對於通訊網路設備設有重大事件之相關應對規範，但針對重大事件之頻譜轉換使用規範目前尚不完備。考量到重大事件下之資源調度為重要議題，頻譜資源管理調度彈性與重大事件時對網路使用權、頻譜資源使用權之應用息息相關，故本計畫研析先進國家於重大事件下之頻譜轉

換使用機制及頻率資源管理分配等相關議題，再盤點國內現況並提出國內設計該類機制之建議，提供數位發展部制定符合我國國情之重大事件情境下頻率管理政策與法規調適建議。

第三節 計畫定位

在 B5G、6G 之願景下，電信網路以打破地理空間障礙形成萬物互連成為首要目標，由不同通訊網路與技術（例如：衛星行動用途與地面行動用途互連）互連形成之異質網路，成為未來發展重點。

本計畫以現今國際新興異質網路應用案例（包含：中軌衛星與低軌衛星互連、航空航海與地面網路互連、衛星直連手機服務）為基礎，研析各國異質網路發展趨勢及相應之頻譜管理政策，進而研究未來於我國可能的應用發展及所面臨之頻譜管理議題。

除前述通訊領域之異質網路案例，本計畫亦研析重大事件之異質網路應用情境，如針對救災、執行國家任務等重大事件之頻譜轉換使用議題，使本計畫更加全面完善。

第四節 計畫架構

本計畫之研究架構圖示如下：

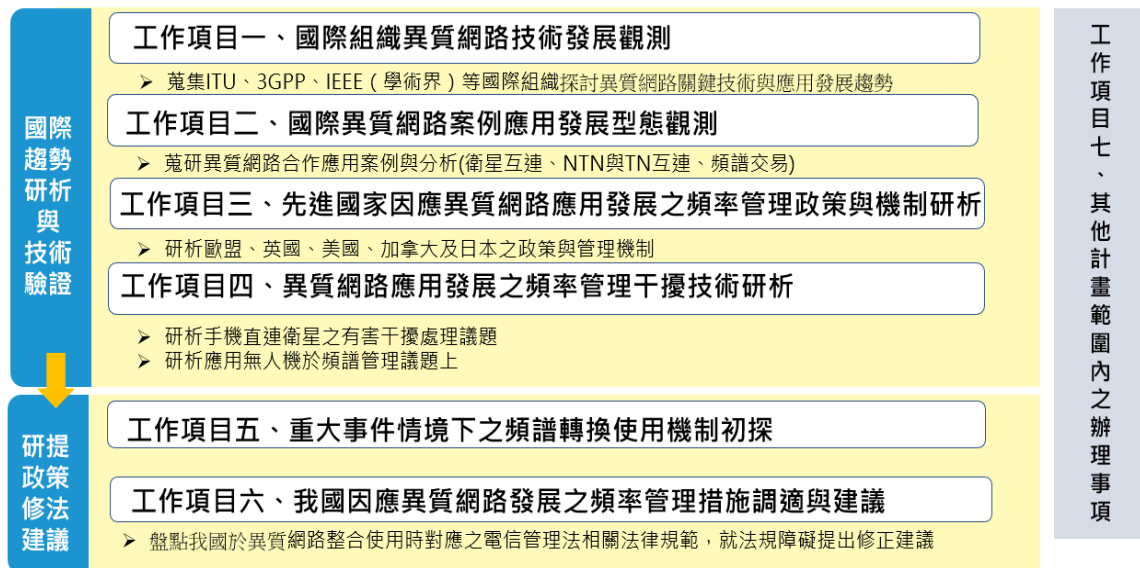


圖 1-1、本計畫之研究架構

資料來源：本計畫整理

本計畫研究架構包含以下工作項目：

- 工作項目一：國際組織異質網路技術發展觀測；
- 工作項目二：國際異質網路案例應用發展型態觀測；
- 工作項目三：先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析；
- 工作項目四：異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析；
- 工作項目五：重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探；
- 工作項目六：我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議；

- 工作項目七：其他計畫範圍內之辦理事項。

本計畫具體工作項目說明如下。

一、國際組織異質網路技術發展觀測

本計畫於執行期間，研析國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）、第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）、以及電機電子工程師學會（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）之異質網路架構以及技術發展情形。

參考 ITU 於 2023 年 11 月提出《IMT-2030 與未來國際間行動電信之發展框架與目標》¹，相較於前幾代行動通訊技術，B5G/6G 突破既有行動通訊網路架構，打破空間障礙形成萬物互連的需求。為實現無縫涵蓋以及不中斷之網路接取，目前國際間都在探討利用多種網路技術整合來實踐，像是地面網路、海事通訊網路、空中通訊網路以及衛星網路之間彼此互連介接，形成多維網路架構²，如圖 1-2 所示。

¹ Recommendation ITU-R M.2160-0 (2023), Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2160-0-202311-I%21%21PDF-E.pdf.

² Yun Chen, Wenfeng Liu, Zhiang Niu, Zhongxiu Feng, Qiwei Hu & Tao Jiang(2020), Pervasive intelligent endogenous 6G wireless systems: Prospects, theories and key technologies, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235286482030242X> (last visited 2024.06.27).

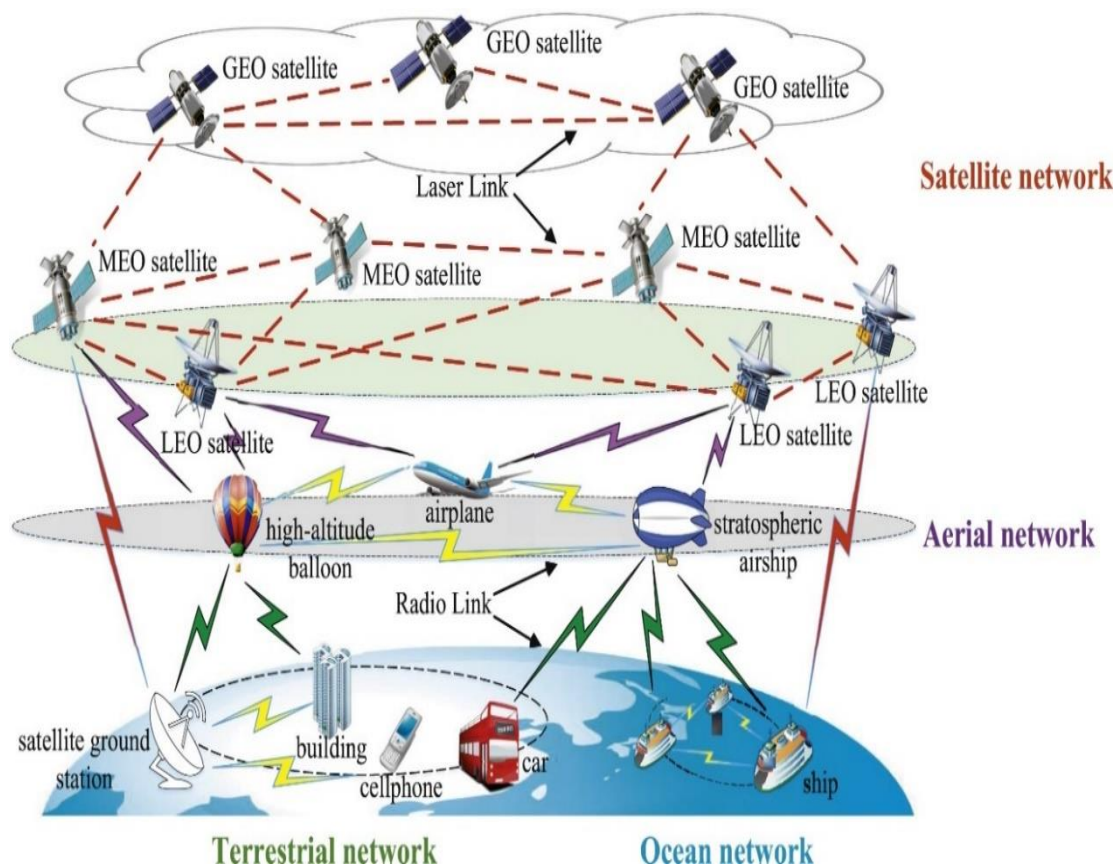


圖 1- 2、陸海空整合之網路架構

資料來源：Yun Chen, Wenfeng Liu, Zhiang Niu, Zhongxiu Feng, Qiwei Hu & Tao Jiang(2020), Pervasive intelligent endogenous 6G wireless systems: Prospects, theories and key technologies

在前述架構下，行動業者與衛星業者合作提出衛星直連手機之服務，解決部分特殊地面位置不易布建行動通訊網路之障礙，增加網路訊號涵蓋範圍，使行動通訊服務更加穩定不易中斷。

B5G/6G 願景下異質網路成為通訊市場未來應用趨勢，異質網路包含使用者區域有多種通訊網路共存及涵蓋組成，藉由數種成熟無線電通訊技術之組合，以滿足使用者高品質之寬頻存取及不間斷行動通訊服務。參考 2022 年法國克萊蒙奧弗涅大學（Clermont Auvergne University, UCA）發布異質無線網路共存技術³之場景，如圖 1-3。

³ Clermont Auvergne University(2022.03.21), Heterogeneous wireless networks coexistence techniques

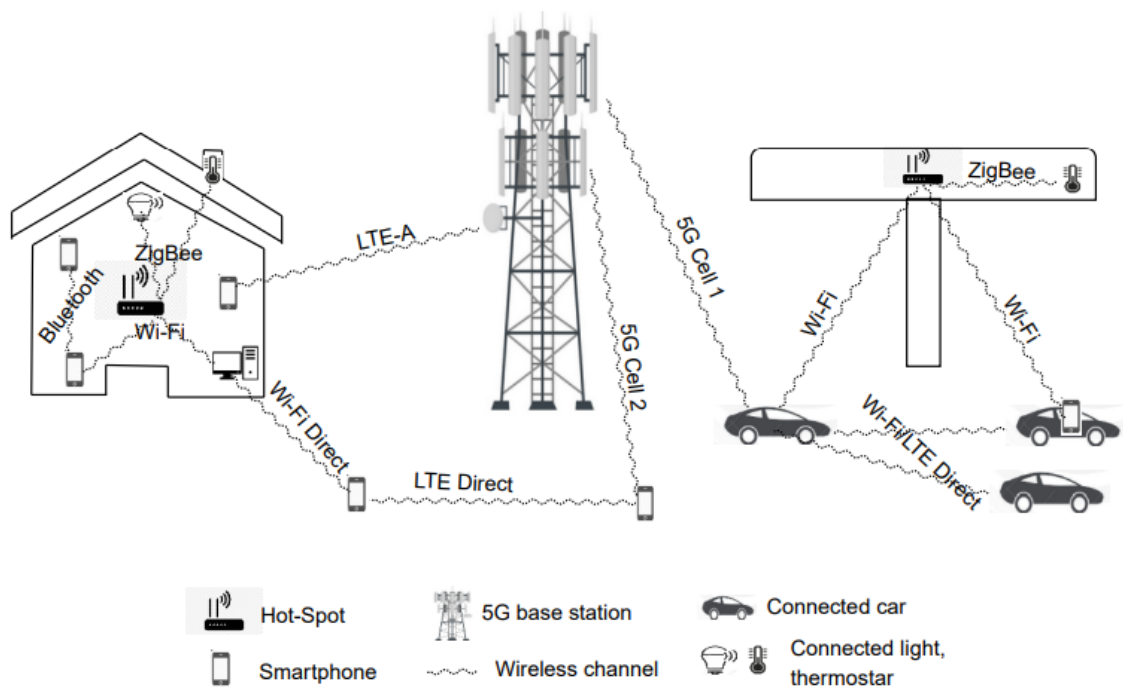


圖 1-3、典型城市環境下異質網路之場景

資料來源：Heterogeneous wireless networks coexistence techniques(2022)

本計畫工作項目一簡要說明常見國際組織 ITU、3GPP 以及 IEEE 等對於異質網路之定義說明。首先，本計畫將具備特定應用及標準之不同網路技術，其構成之混合網路稱為異質網路。藉由觀測 ITU、3GPP 及 IEEE 掌握國際異質網路技術發展趨勢，掌握未來異質網路技術之特性。

二、國際異質網路案例應用發展型態觀測

本計畫工作項目二探討國際異質網路型態聚焦於衛星間互連、非地面網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）與地面網路（Terrestrial Networks, TN）互連、航空航海通訊與 TN 互連，以及頻譜交易之應用案例發展型態。

藉由前述觀測國際間應用案例，掌握國際間異質網路案例之應用發展趨勢，以及涉及頻率交易（提供使用、租用及轉讓等）相關情形之案例探討。本計畫以衛星間互連（中軌衛星與低軌衛星互連）案例、美國因應航空航海接取寬頻服務所修正高頻使用頻段之管理規則（適

用於 5G 後傳服務以及飛機與船舶存取寬頻服務連線）案例以及國際間手機直連衛星之異質網路應用案例等為主進行研析。

三、先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析

本計畫工作項目三研析先進國家分別包含歐盟、英國、美國、加拿大以及日本等重點國家之頻譜管理政策制度。觀測先進國家因應異質網路技術演進趨勢，包括實驗網路、衛星、行動通訊及專用電信頻譜等，針對各國頻譜資源管理制度上的修正與調整方向研析，申請書階段以英國、日本為例說明工作項目三之關注面向，藉由觀測重點國家頻譜管理政策制度，且蒐集國際間主流頻譜資訊網站 Policy Tracker News、全球行動供應商協會（Global mobile Suppliers Association, GSA）之通訊頻譜管理議題相關最新資料，進一步透過 Policy Tracker 頻譜蒐研服務瞭解先進國家頻率使用情況及頻譜管理最新趨勢，掌握先進國家異質網路應用發展之頻譜管理政策與機制。

四、異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析

近年來通訊網路蓬勃發展，頻譜使用需求擴大，國際間異質網路案例快速發展，同時新興技術所需頻譜資源之事先規劃重要性日漸提高。觀測國際手機直連衛星案例多數發生於美國等先進國家，我國尚未有相關手機直連衛星之服務，考量我國行動網路與光纖網路不易普及之地區，未來可能仰賴衛星通訊以達到擴大涵蓋範圍降低城鄉差距之目標，實有必要探討手機直連衛星服務於我國之應用與有害干擾處理議題，盤點國內相關頻段既有使用者及評估可能干擾情境之影響。

此外，異質網路涉及多種類網路整合，龐大而複雜化之網路架構凸顯頻譜管理之重要性。本計畫觀察國際組織 ITU 近期之研究重點，商用無人機協助進行無線電頻率管理制度成為一種新興發展趨勢，值得深入探討。

ITU 此項研究主要為解決無法執行傳統地面測量、克服地理限制之傳輸或無法確保操作安全等之情況，透過商用無人機方式進行頻譜

管理之實驗應用案例，本計畫依循 ITU 之發展，探討適用商用無人機應用於頻譜管理等新興趨勢，作為我國未來頻譜管理之參考依據。

綜上所述，本分項之研究主題將包括：

（一）手機直連衛星之有害干擾處理議題

本計畫藉由觀測國際手機直連衛星案例之使用頻段（包含：使用 MSS、IMT 與 5G NTN 頻段），盤點國內相關頻段之用途分配與既有使用者，進而評估可能干擾情境，以研析手機直連衛星應用案例未來對於我國可能之影響及有害干擾議題。

目前國際衛星直連手機應用案例，包含 Globalstar 與蘋果公司合作案、SpaceX 與行動網路業者 T-Mobile 合作案、手機通信技術的衛星通信網路（Lynk Global 公司與 36 個國家之 15 個行動通訊業者）、手機與衛星連線實驗（AST SpaceMobile 與 Vodafone、樂天行動、AT&T 等行動通訊業者）等合作案，本計畫整理上述國際案例使用頻段與我國相關頻段之用途，並就既有使用者之頻段進行干擾情境技術研析，作為我國未來異質網路環境下對於頻譜管理與干擾議題之政策參考。

（二）無人機應用於頻譜管理議題

無線電頻率之使用，存在同頻或鄰頻等干擾議題。為增加頻譜使用效率，同時確保無線電和諧使用，主管機關於審查新的頻率使用申請時，會確保既有使用者已核配之頻率，不受新用戶之電波干擾。前述頻率干擾評估方式，傳統上多利用既有頻譜管理資料庫之電臺資訊，與新申請核配頻率之相關資訊進行分析，作為干擾評估與是否核配頻率之參考。若仍存有干擾之疑慮時，實務上的作法，可利用固定或移動式電波監測系統，對既有電臺的涵蓋範圍進行量測。

然而，受限於固定站臺之數量有限，及行動監測車只能行駛於道路，對既有合法電臺的涵蓋無法有效的掌握。為提高頻譜管理之效率、

有效掌握電波使用情形、降低頻率核配後之電波干擾風險，有需要更進一步參考國際新興頻率管理工具之應用，評估於國內導入之可行性。

本計畫參考 ITU 於 2021 年 6 月公佈《使用商用無人機執行頻譜監測任務報告》，研析應用無人機協助進行頻譜管理相關工作。因無人機具有克服地面限制、可更大範圍進行既有電臺訊號量測的特性。此特性可以彌補固定或移動式電波監測系統不足之處。根據商用無人機方式進行頻譜管理之應用案例，能夠觀察頻譜使用情況，同時高於地面系統監測之處進行頻譜使用之特定量測或記錄回傳。目前使用商用無人機之潛在頻譜管理任務，包含既有電臺電波涵蓋分析與量測、協助干擾分析與頻率指配、掌握頻譜使用效率、支援頻譜應用技術之科學研究等。

此外，本計畫研析國際間應用商用無人機於頻譜管理應用案例，並探討可能發展之新興頻譜管理方式，作為我國未來頻譜管理之參考。

五、重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探

本計畫執行期間工作項目五：重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探。異質網路之應用模式多元，除了前述所提及之產業界中不同通訊系統之相互連接應用情形外，不同類型網路、頻率之轉換使用亦為重要的異質網路應用案例，觀察國際異質網路應用案例，先進國家針對「重大事件（天災、疫情、執行國家任務等）情境下之頻譜轉換使用機制」議題有相關討論，惟我國針對此議題尚未制定相關規定及一致性作業原則，因此本計畫以個案分析方式，探討國內外之「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況，並檢視我國現行法律規範，進行重大事件情境下之頻譜轉換使用機制之初步探討，進而提出我國相關建議。

（一）探討國內外於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況

本計畫以個案分析方式，觀察國際標竿案例。目前較具參考價值之案例為美國國家電信與資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）依據 47 U.S.C. 1401 條及《頻譜法》規定，於 2012 年成立之獨立專責機構美國急難救助網路管理局（the First Responder Network Authority, FirstNet），負責執掌美國重大事件應對之國家通訊網路相關事宜。FirstNet 與行動通信業者 AT&T 於 2017 年宣布共同出資合作，由 FirstNet 提供頻率，AT&T 負責布建網路，當存在公共安全使用需求時，FirstNet 具有頻率及網路之優先使用權，當無公共安全使用需求時，AT&T 得以運用該頻譜資源於其商用行動寬頻網路。

（二）提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制建議

本計畫蒐研我國針對重大事件（天災、疫情、執行國家任務等）所設之相關應對規範，目前規範範圍僅限於「通信設施」，尚無因應重大事件情境而設計頻譜轉換使用機制，如：《電信管理法》第 8 條第 4 項、第 22 條課予電信事業配合「目的事業主管機關應對重大事件」之義務，然其僅針對通信設施設有相關規範，而無頻譜轉換使用機制之相關規範。而我國其他非電信領域之重大事件相關應對規範，如：《全民防衛動員準備法》、《戰備各階段公民營通信設施支援軍事管制運用辦法》等亦同樣僅管制通信設施，並未提及頻率轉換使用等內容。

隨著我國政府組織改造，數位發展部於 111 年 8 月 27 日掛牌成立後，頻率管理相關業務改由數位發展部執掌。對於重大事件情境下之頻譜轉換使用機制，現階段相關法規命令尚不完備，不僅過往於頻率核配時未列入重大事件發生時執照持有人須配合之相關義務，於頻率管理制度亦缺乏該情境發生時應如何運作頻率轉換使用機制與法律授權等規範。

當重大事件發生導致目的事業主管機關有取用民間頻譜之需求時，其頻率管理制度、轉換使用（介接方式）等政策或機制應如何設計、現行無線電頻率使用管理辦法應如何調整等，本計畫規劃提出初步建議，提供數發部制定適合我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制政策，確保我國重大事件情境下之頻率轉換使用。

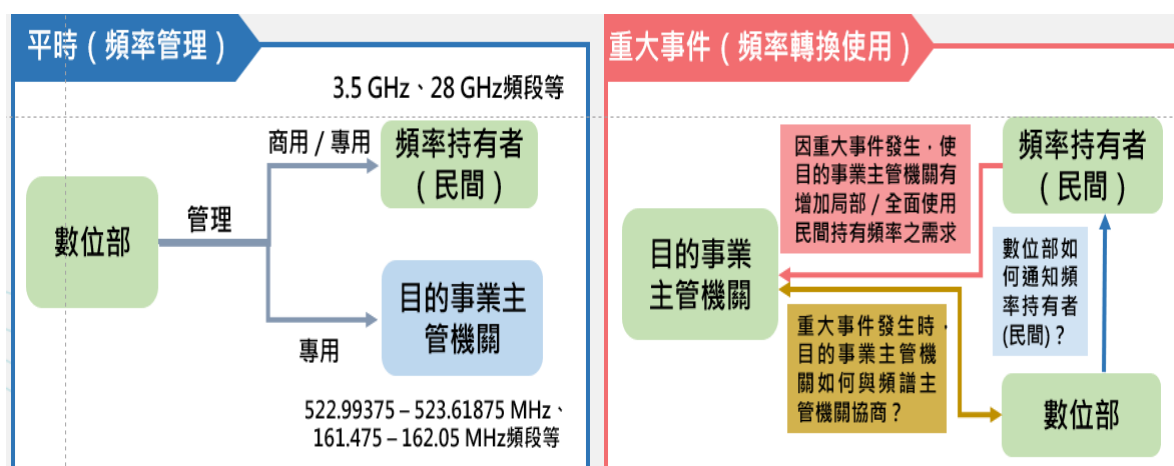


圖 1-4、我國平時及重大事件之頻率使用關係圖

資料來源：本計畫繪製

六、我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議

本計畫執行期間工作項目六：我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議研析。隨著新興科技之高速發展下，各種新興技術型態出現衍生相異網路，綜整組合成異質網路，現已成為國際矚目及發展之焦點，如美國、中國相繼推出手機直連衛星等服務。

鑒於異質網路技術之重要性與發展性，針對此類異質網路之應用發展，對於我國頻率管理措施可能之影響及法規障礙，有必要進一步盤點異質網路在多種頻譜用途整合使用時，對應之電信管理法規相關法律規範，並借鏡先進國家因應異質網路應用發展之管理機制，提出適合我國異質網路發展之頻率管理措施建議，在鼓勵創新及適當之監理措施中取得平衡。

七、其他計畫範圍內之辦理事項

本計畫於履約期間，研究團隊定期提報執行進度，並提供補助機關就研究範圍內臨時交辦之業務諮詢及相關資料；另外，透過舉辦2場座談會，並提交計畫執行過程之座談會與相關會議執行時程規劃，同時邀請國內專家學者與利害關係人參與會議，蒐集各界關於計畫執行等重要議題之意見。

表 1- 1、座談會規劃

	第 1 場座談會	第 2 場座談會
時間	2024/Q3	2024/Q4
主題	國際異質網路技術發展之趨勢	我國異質網路法規調適
專家學者 與 參與對象	技術背景專家學者、法規背景專家學者、產業界先進（衛星通訊、行動通訊、固定微波與航空航海通訊等業者）、研究機構以及國內利害關係人	
與會者	學界先進	產、學、研界
形式	20 人以下	30-40 人

資料來源：本計畫整理

第五節 執行進度

本計畫依據計畫時程完成履約，履約時程進度如表 1-2 及說明如下：

1. 契約簽約次工作日起 3 工作日內：本計畫於 2024 年 1 月 1 日正式啟動，前期主要就工作項目之內容與範圍反覆進行討論。後於 2024 年 5 月 3 日雙方正式用印完成，並依專案時程於 2024 年 5 月 8 日完成上網登錄基本資料表 (GRB 表)，包含計畫編號、計畫名稱、計畫依據、計畫屬性、執行單位、參與計畫人員、經費說明與計畫摘要等相關資訊之填寫。
2. 契約簽約次工作日起 10 工作日內：本計畫於 2024 年 5 月 3 日雙方正式用印完成，並依專案時程於 2024 年 5 月 15 日檢具 GRB 表以及履約人員約定同意書送交至數位發展部。
3. 契約簽定之日起至 2024 年 6 月 30 日前提交期中成果報告，依據專案計畫時程，交付項目說明如下。
 - (1) 國際組織異質網路技術發展觀測初步成果；
 - (2) 國際異質網路案例應用發展型態觀測初步成果；
 - (3) 先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析初步成果；
 - (4) 異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析初步成果；
 - (5) 重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探初步成果；
 - (6) 我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議初步成果；
 - (7) 其他計畫範圍內之辦理事項初步成果。
4. 契約簽定之日起至 2024 年 11 月 22 日前提交期末成果報告，依據專案計畫時程，交付項目說明如下，報告內容分別於各章節詳述。
 - (1) 國際組織異質網路技術發展觀測研析成果；
 - (2) 國際異質網路案例應用發展型態觀測成果；

- (3) 先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析成果；
- (4) 異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析成果；
- (5) 重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探成果；
- (6) 我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議成果；
- (7) 其他計畫範圍內之辦理事項成果。

表 1-2、本計畫預計進度甘特圖

計畫分項與工作項目	113 年											
	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 期中成果報告						▲						
2. 期末成果報告											▲	
3. 期末審查												▲
4. 繳交結案報告												▲
分項一：國際組織異質網路技術發展觀測												
1.1 研析國際組織異質網路標準及技術演進												
分項二：國際異質網路案例應用發展型態觀測												
2.1 蒐研國際間異質網路合作應用案例與分析發展趨勢												
分項三：先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析												
3.1 觀測先進國家因應異質網路應用發展政策及頻譜規劃												
3.2 研析先進國家因應異質網路應用發展之頻譜管理機制												
分項四：異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析												

	113 年											
計畫分項與工作項目	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.1 手機直連衛星之有害干擾處理議題												
4.2 無人機應用於頻譜管理議題												
分項五：重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探												
5.1 探討國內外於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況												
5.2 提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制建議												
分項六：我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議												
6.1 盤點異質網路在多種頻譜用途整合使用時，對應之電信管理法規相關法律規範												
6.2 研析異質網路在多種頻譜用途整合使用時，可能出現之法規障礙，進而提出相關法規修正建議												
分項七：其他計畫範圍內之辦理事項												
辦理 2 場座談會與其他計畫內支援承辦單位事宜							▲			▲		
▲：為各階段之工作查核點。 註 1：期中成果報告為 113 年 6 月 30 日前。 註 2：規劃辦理 2 場座談會之意見交流，擬於 113 年第三季舉辦第 1 場及第四季舉辦第 2 場座談會。 註 3：期末成果報告為 113 年 11 月 22 日前交付。												

第二章 國際組織異質網路技術發展觀測

第一節 國際電信聯合會 (ITU)

國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 為聯合國資訊與通信技術之專責機關，負責分配全球無線電頻率與衛星軌道，並制定確保技術互連的技術標準，並致力於改善全球服務不足地區對資通訊技術的接取。ITU 由三大部門組成，包括：

1. 無線電通信部門 (ITU Radiocommunication Sector, ITU-R)；
2. 電信標準化部門 (ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T)；
3. 電信發展部門 (Telecommunication Development Sector, ITU-D)。

其中，ITU-T 之研究組 (Study Group) 匯聚來自世界各地專家共同制定國際標準之建議書 (Recommendation) 之，以定義全球資通訊技術 (information and communication technologies, ICTs) 基礎設施，使 ICT 得以互通，實現全球通信。

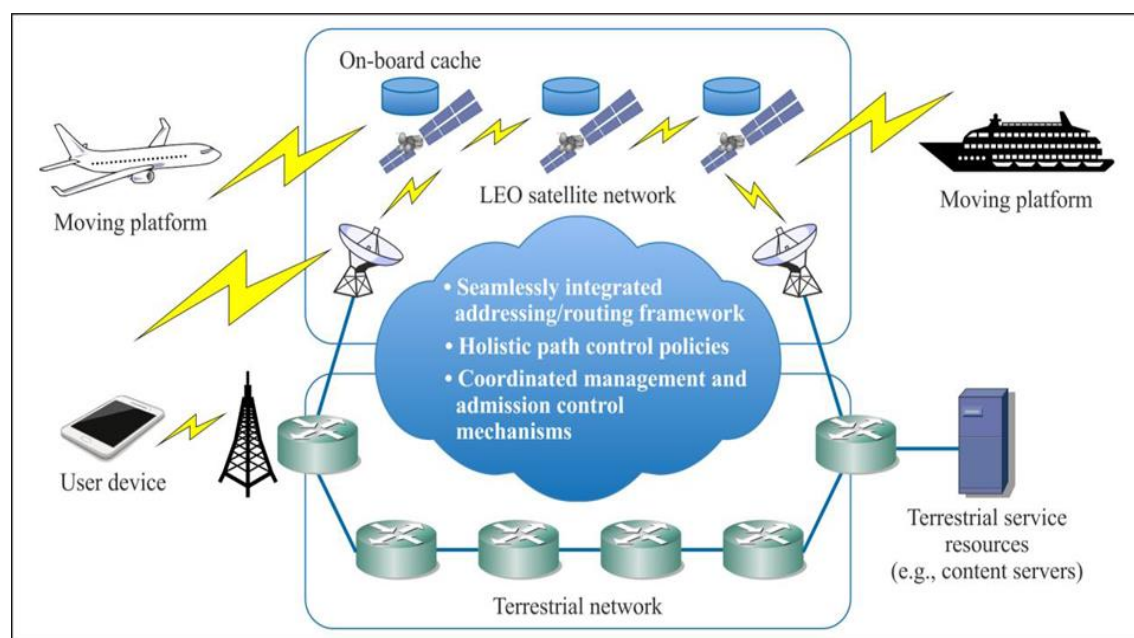
ITU-T 過往曾定義異質網路為一種用於連接具有不同作業系統或協定之電腦及其他裝置⁴之網路，並關注如何在不同的網路類型之間實現有效協作，來提高整體網路功能（如毫米波技術之小範圍網路應用）。隨著無線電通信技術進步，更多樣化的新興應用出現，根據 ITU 於 2020 年發布《2030 年網路代表性使用案例與關鍵網路要求》(Representative use cases and key network requirements for Network 2030)⁵，分析在 7 種未來可能出現的使用案例之網路要求。前述使用案例包括：全像通信 (holographic type communications, HTC)、遠端

⁴ ITU-T (2018), SERIES Y Supplement 47, Information-centric networking–Overview, standardization gaps and proof-of-concept, <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13588>

⁵ ITU-T (2020), Representative use cases and key network requirements for Network 2030, https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/fg/T-FG-NET2030-2020-SUB.G1-PDF-E.pdf

遙控之觸覺網路 (tactile Internet for remote operations, TIRO)、智慧操作網路 (intelligent operation network, ION)、網路與計算融合 (network and computing convergence, NCC)、數位雙生 (digital twin, DT)、太空與地面整合網路 (space-terrestrial integrated network, STIN) 與具有雲端化的工業物聯網 (industrial IoT, IIoT)。

針對太空地域整合網路係突破既有行動通訊網路架構，利用低軌道 (Low-Earth Orbit, LEO) 衛星與其他非地面網路平臺和地面網路進行整合，形成多維度的網路，以實現無所不在的網路涵蓋 (參見下圖)。為滿足此種使用案例，融合異質網路所形成的多網路需求顯得特別重要。



Y Suppl.67(20)_F07

圖 2- 1、太空地域整合網路示意圖

資料來源：ITU-T (2020), Representative use cases and key network requirements for Network 2030

2022 年 11 月 ITU 進一步發布《2030 年及其後的地面 IMT 系統未來技術趨勢報告》(Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond)⁶，將非地

⁶ ITU (2022), Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond, <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2516>

面網路（Non-Terrestrial Network, NTN）連接技術納入未來發展趨勢項目之一，可能整合的網路包括了衛星，以及作為 IMT 基地臺的高空通訊平臺與無人機，其所涉及的關鍵技術包括軟體定義網路（Software Defined Network, SDN）與網路功能虛擬化（Network Functions Virtualization, NFV）、網路切片、網路管理、邊緣運算、自由空間光通訊，以及未來 IMT 背景下的其他網路技術。

另外，ITU 也於 2024 年 6 月 3 號發布《未來的衛星通訊：衛星與太空連接》（Future satellite communications: Satellite constellations and connectivity from space）⁷，隨著 LEO 衛星網路迅速擴展，以及一系列新的衛星技術，衛星通訊成長快速。過往衛星通訊系統及地面行動無線網路（如：5G、6G）為互補且獨立通訊網路體，現今有機會進行網路整合，以提供一個涵蓋全球且匯聚多服務之通訊網路。然而，要實現此目標，必須就新技術進行研究，包括高頻相位陣列天線、星載處理（onboard processing）、動態波束跳轉（dynamic beam hopping）、實體層訊號處理演算法、傳輸波形與自動調整衛星間鏈路和路由。

透過地面 5G 與 6G 網路和衛星網路整合，將有助於在全球範圍內克服地理限制，提供無所不在的通訊服務。ITU 將重點關注未來衛星通訊服務，實現新興技術之潛力及其在重塑全球互連互通目標。

⁷ ITU (2024), Future satellite communications: Satellite constellations and connectivity from space, <https://www.itu.int/pub/S-JNL-VOL5.ISSUE2-2024-A20>

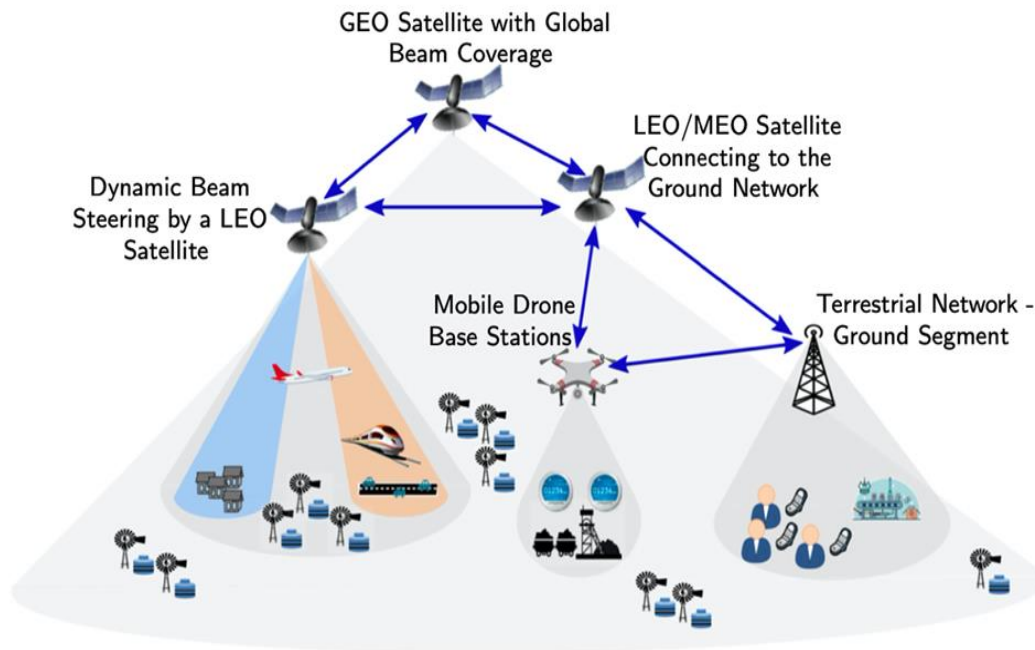


圖 2-2、匯聚地面及低空無人機基地臺之多層空間網路

資料來源：ITU (2024), Future satellite communications: Satellite constellations and connectivity from space

針對上述新興地面與非地面異質網路之整合，ITU 就頻率資源的可能分配與干擾議題進行研析。

一、異質網路頻率分配規劃

因應新興網路發展，ITU 於去年底舉辦的世界無線電大會（World Radiocommunication Conferences, WRC-23）的議題 1.4 中，新增高空地面行動通訊基地臺（High-altitude platform stations as International Mobile Telecommunications Base Stations，以下簡稱 HIBS）可使用頻段。前述 HIBS 係指於高空通訊平臺（High-altitude platform stations, HAPS）上搭載 IMT 基地臺，成為地面 IMT 網路的一部分，並使用與 IMT 基地臺相同的頻段，提供地面網路服務不足的偏鄉地區通信服務。根據 WRC-23 最終決議，新增以下頻段供 HIBS 使用：

- 694-960 MHz（地對空）；
- 1710-1980 MHz（地對空、空對地）；

- 2010-2025 MHz (地對空、空對地)；
- 2110-2170 MHz (空對地)；
- 2500-2655 MHz (地對空，僅開放 2500-2655 MHz 供第 3 區使用)。

另一方面，因應國際間有越來越多衛星直連行動用戶終端案例，其所衍生頻譜使用議題包括使用衛星行動用途 (Mobile-Satellite Service, MSS) 頻率或使用行動用途頻率。當衛星電臺使用 MSS 頻率時，行動用戶終端天線必須能接收衛星訊號；當衛星電臺使用行動用途頻率時，可在既有行動用戶終端和衛星進行訊號連結，進而補充地面行動網路涵蓋範圍。針對後者，WRC-23 決議由 ITU-R 研析衛星直連行動用戶終端並使用行動用途頻率之頻率要求與技術、操作和監理事項進行研析，並就 694/698 MHz 和 2.7 GHz 之間頻率範圍內研析可能的分配。相關研究成果應於 WRC-27 舉辦之前完成，並列入 WRC-27 之討論議題 1.13。

二、異質網路頻率干擾議題分析

頻率資源使用過程中需慎防干擾議題，包括無線電發射與接收過程中都可能存在同頻或鄰頻干擾。對此，ITU 於《無線電規則》中定義以下三種干擾情形：

1. 第 1.167 條之「可允許干擾」(permissible interference)：觀察或預測的干擾，其符合《無線電規則》或 ITU-R 建議書或《無線電規則》規定的特殊協議載明干擾容許值和頻率共享之量化標準。
2. 第 1.168 條之「可接受干擾」(accepted interference)：高於可允許干擾程度之干擾，且其為兩個或多個主管機關在不損害其他主管機關的情況下達成協議。

3. 第 1.169 條之「有害干擾」(harmful interference)：危及無線電導航或其他安全用途的操作，或嚴重降低、阻礙或重複中斷依《無線電規則》操作的無線電通信服務所造成的干擾。

ITU 要求無論用途為何，所有電臺之設立和使用均不得對其他成員國、經許可經營單位，或其他正式授權之無線電用途造成有害干擾。倘若發生有害干擾之情形，則須按《無線電規則》第 15 條規定之程序辦理，並依附錄 10 (Appendix 10) 提交有害干擾之細節，包括造成干擾之電臺與受干擾電臺之電臺資訊，以及受干擾情形描述（如發生的地理位置、時間、方位、干擾性質、接收天線的極化或觀察到的極化、要求採取之行動等）。前述干擾處理程序規範對象為 ITU 成員國與國之間的處理方式，然而我國非屬於 ITU 成員國，因此受其他國家電臺干擾時，較難透過 ITU 程序向其他會員國申訴。

儘管如此，在 ITU-R SM.2149-0 建議書《有關使用無線電規則附錄 10 之太空無線電通信用途有害干擾有關資訊補充要素指引》(Guidance on Supplementary elements on the use of Appendix 10 of the Radio Regulations to convey information related to harmful interference to space radiocommunication services)⁸中說明造成干擾之可能情境，包括 LEO 地面終端用戶對 LEO 地面終端用戶的干擾、LEO 太空電臺對 LEO 地面終端用戶的干擾，或是 LEO 太空電臺對同步軌道衛星 (Geostationary Satellite Orbits, GEO) 地面終端用戶的干擾情境，本計畫於第五章第一節就前述不同干擾情境，作為手機直連衛星之有害干擾評估之參據。

⁸ ITU (2022), ITU-R SM.2149-0, Guidance on Supplementary elements on the use of Appendix 10 of the Radio Regulations to convey information related to harmful interference to space radiocommunication services, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.2149/en>

第二節 第三代合作夥伴計畫（3GPP）

第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）於 1998 年 12 月成立標準化機構，組織架構如圖 2-3。3GPP 於 2011 年 Release 10 定義異質網路為由多種具有不同特性之基地臺組成接取網路⁹。根據目前通信技術的發展形成異質網路種類多元，如「衛星直連手機」這類非地面網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）之應用為全球關注重點，因此本計畫針對 3GPP 中的 NTN 議題進行研析。目前 3GPP 內關於 NTN 之研析與標準制定分別由無線電接取網路第一工作組（RAN WG1）、服務與系統方面第一工作組（SA WG1）、第二工作組（SA WG2）、第五工作組（SA WG5），以及核網與終端設備第一工作組（CT WG1）負責研析。

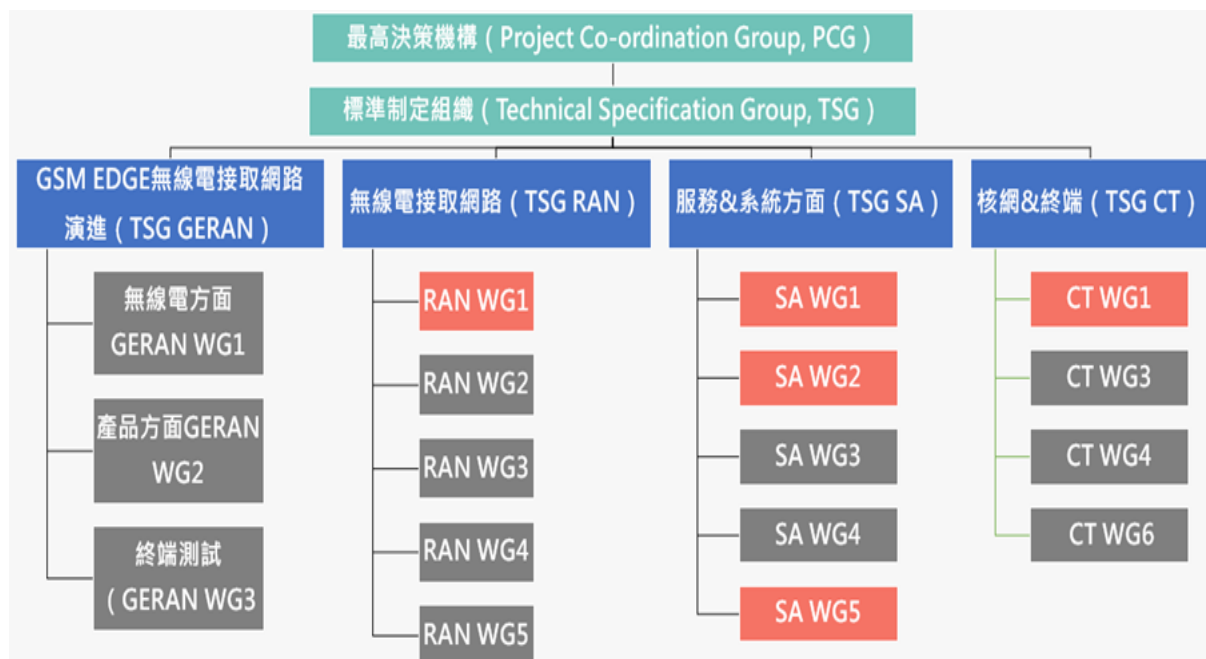


圖 2-3、3GPP 組織架構圖

資料來源：3GPP、本計畫整理

⁹ 3GPP TR21.905(2021.12), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Vocabulary for 3GPP Specifications (Release 17)

一、 3GPP 探討非地面網路之歷程

3GPP 於 2017 年 Release 14 開啟 NTN 納入 5G 網路之研究，直至 2027 年 Release 20 將研析強化衛星接取來支援緊急通訊及關鍵任務服務；支持不同用途之多軌道衛星接取（未來衛星營運商將布建低軌道衛星、中軌道衛星、同步軌道衛星與 5G 系統結合之多軌道衛星網路）¹⁰。



圖 2- 4、3GPP 非地面網路之演進

資料來源：本計畫整理

1. Release 14：初步定義非地面網路為協助促進無訊號涵蓋服務地區或缺乏服務地區提供 5G 服務，提升地面網路效能、透過使用者設備或行動平臺提供服務連續性加強服務可靠性、提高各區域服務可用性（如鐵路、海上、航空）、透過提供高效多播或廣播資源將網路傳送至用戶設備，來實現 5G 網路可擴充性；
2. Release 15¹¹：研析將非地面網路整合到 5G 新無線電（New Radio，以下簡稱 5G NR）架構中的技術規格和要求，同時釐清衛星通訊需求，定義衛星通訊架構，如非地面網路布建場景及相關係數定義（如：架構、軌道、高度等），以及針對非地面網路調整 3GPP 通道模型（移動性等）；

¹⁰ 3GPP SP240495(2024.03)

¹¹ 3GPP TR38.811

3. Release 16¹²：優先以衛星通訊規格進行研究，5G 系統應能利用衛星接取提供服務，同時納入 HAPS、無人飛行器系統（unmanned aircraft system, UAS）等 NTN 接取網路案例¹³；
4. Release 17¹⁴：確定 5G 系統整合衛星影響範圍、提出影響區域之解決方案、地面及衛星網路之漫遊議題、5G 固定後傳鏈路（Fixed Backhaul）需支援衛星啟用 NR-接取網路（RAN）及 5GC（核網）、解決 RAN 及 CN 相連之議題；
5. Release 18¹⁵：著重增強 NR 涵蓋之解決方案且對於 NTN 之適用性；
6. Release 19：定義支援環境物聯網設備之架構，且定義設備類型、應用案例及連接等。

3GPP 討論衛星非地面網路（Satellite-based NTN Architectures），作為 5G 衛星接取研究計畫¹⁶。藉由非地面網路之特性以及擴大涵蓋服務區域，提出 3 種主要應用案例之類型，包含服務連續性、服務不間斷以及服務擴充性。

- 服務連續性：地面網路無法提供 5G 服務之類型（如：航空器或船舶平臺）、僅由地面網路無法提供 5G 服務之應用案例，以及地面網路與非地面網路之組合將如何提供服務連續性；
- 服務不間斷：涉及無服務或服務不足之區域提供服務不間斷的需求，即使無法使用地面網路也能透過非地面網路補足網路以達到服務不間斷。如：物聯網、公共安全及家庭接取；

¹² 3GPP TR22.822、TS 22.261

¹³ 3GPP TR38.821

¹⁴ 3GPP TR23.737、TR28.808

¹⁵ 3GPP TR 22.926

¹⁶ 5G Americas(2022), 5G and non-terrestrial network, <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2022/01/5G-Non-Terrestrial-Networks-2022-WP-Id.pdf>

- 服務擴充性：利用衛星涵蓋區域較大之特性，並於多播（multicasting）或廣播等案例，如：提供高解析度電視。

3GPP 支持同一業者或兩家合作業者提供 5G 與衛星接取網路（Satellite Access in 5G）之間的服務連續性，以達地面網路及非地面網路間互連之 5G 系統。

Mobility between TN and NTN

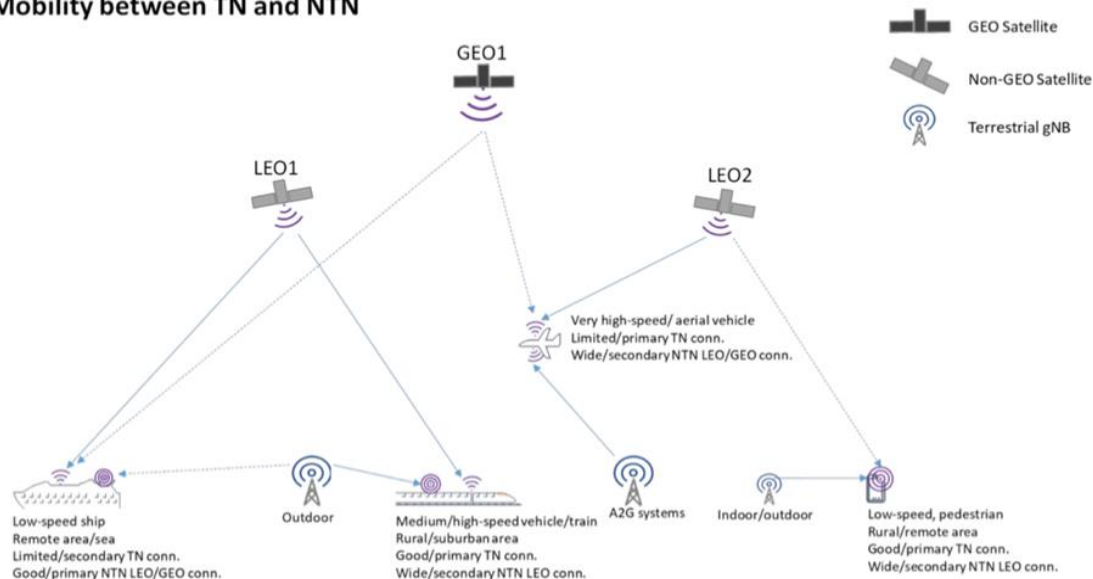


圖 2-5、3GPP 地面與非地面網路互連架構圖

資料來源：3GPP TR38.821

二、3GPP 規劃非地面網路頻段

3GPP 於 2023 年 9 月發布之 Release 17 中，規定非地面網路衛星使用頻段為 n256 頻段（1980-2010 MHz 與 2170-2200 MHz）與 n255 頻段（1626.5 -1660.5 MHz 與 1525-1559 MHz）。另外，2023 年 12 月發布之 Release 18，新增衛星使用頻段 n254（1610-1626.5 MHz 與 2483.5-2500 MHz）。

表 2- 1、3GPP 規劃非地面網路頻段

衛星 操作 頻段	Uplink (UL) 頻段 SAN 接收/UE 傳輸 $F_{UL,low}$ – $F_{UL,high}$	Downlink (DL) 頻段 SAN 傳輸/UE 接收 $F_{DL,low}$ – $F_{DL,high}$	雙工模 式
n256	1980 MHz – 2010 MHz	2170 MHz – 2200 MHz	FDD
n255	1626.5 MHz – 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	FDD
n254	1610 MHz – 1626.5 MHz	2483.5 MHz – 2500 MHz	FDD
註：衛星頻段從 n256 開始降序編號			

資料來源：3GPP TS38108

第三節 電機電子工程師學會 (IEEE)

電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 將異質網路 (Heterogeneous Network, HetNet) 簡要定義為一個以多種網路層協定 (multiple network layer protocols) 運作的網路¹⁷。這意味著該網路能夠支持並整合多種不同的通訊協議，從而允許不同類型的設備和系統能夠互相通信和協作。這種網路的多樣性使其能夠適應各種不同的通信需求和應用場景。

以現代行動通信網路的術語來說，異質網路是由多種類型的無線通信技術和基地臺組成的混合網路，從開放的戶外環境到辦公大樓、家庭和地下商場等各種無線涵蓋區域中提供無線接取服務。這些基地臺包括大型基地臺、微型或小基地臺、Wi-Fi 熱點以及其他無線接取點。提出異質網路架構的主要目的包括了提高網路容量、涵蓋範圍和資料傳輸性能，尤其是在使用者密集區域和高流量需求的環境中。異質網路不但能增加頻譜資源重用的機會，也有助於改善用戶服務品質。

隨著 5G 服務逐漸普及和即將迎接 6G 技術的發展，異質網路仍然是研究和開發的重點領域之一。根據 IEEE 的最新論文和報告，本計畫就目前異質網路研究議題從以下幾個技術發展趨勢分類介紹。

一、頻譜資源分配與優化

由於異質無線網路中不同用戶之間存在著相互干擾的風險，有效的資源分配 (Resource Allocation, RA) 演算法對於減少相互干擾和實現頻譜共享至關重要。在 IEEE 學界論文中¹⁸，作者對 5G 異質網路資

¹⁷ RFC 1392 - Internet Users' Glossary (ietf.org),
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1392#appendix-H>

¹⁸ Y. Xu, G. Gui, H. Gacanin and F. Adachi, "A Survey on Resource Allocation for 5G Heterogeneous Networks: Current Research, Future Trends, and Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 23, no. 2, pp. 668-695, Secondquarter 2021,
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9355403>

源分配進行全面調查，介紹異質網路的定義和應用場景，討論資源模型同時對目前的資源分配演算法進行分類。最後，作者提出兩種針對 6G 通信的潛在資源分配架構，分別為基於學習和基於控制的做法，以及討論未來的研究趨勢。

無線通訊網路中的資源分配主要指無線電資源的配置，其目的是在有限的頻寬下，為無線使用者設備（User Equipment, UE）提供服務品質（Quality of Service, QoS）保證。在異質網路中，資源分配需考慮用戶間的相互干擾和限制頻譜資源。該論文深入探討了異質網路中的資源分配問題，並將基於正交分頻多重接取（Orthogonal Frequency-Division Multiple Access, OFDMA）、非正交多址接取（Non-Orthogonal Multiple Access, NOMA）的異質網路進行比較。

OFDMA 基礎的異質網路通過將總頻寬分配為多個正交子載波，可以減少不同子載波間的干擾，支持更多用戶接取網路。NOMA 則允許多用戶共享同一子載波，並通過持續干擾消除技術（successive interference cancellation, SIC）來處理共頻干擾。此方法不僅需要考慮功率分配，還需要考慮不同用戶之間的公平性，以確保成功的解碼順序。從傳統異質網路到基於 OFDMA 和 NOMA 的異質網路，每種網路結構都有其獨特的資源分配挑戰和解決方案。未來研究將需要進一步探索如何在保證通信品質的同時，有效利用有限的頻譜資源。

在 6G 通信的潛在資源分配架構上，控制架構主要透過事先定義的規則和演算法來管理資源，此種方法在即時性和可預測性方面表現較好，但可能無法適應快速變化的網路環境。相對地，基於學習的架構則利用機器學習技術來預測網路狀態並優化資源配置。這種方法能夠處理大量數據，自動識別模式並做出決策，從而提高頻譜效率。然而，這也帶來了計算複雜度高和需要大量訓練數據的挑戰。

人工智慧（Artificial Intelligence, AI）在這兩種方法中均扮演著關鍵角色。在基於控制的架構中，AI 可以用於提高決策的準確性和效

率。在基於學習的架構中，AI 則可以透過深度學習來優化資源分配策略。未來的研究趨勢將集中在如何結合這兩種方法的優點，以及如何克服 AI 在資源分配中的限制，例如減少對大量標記數據的依賴。

總結來說，異質網路的資源分配面臨著多種挑戰，包括如何處理不同類型的干擾、如何在保證服務品質的同時提高頻譜使用效率，以及如何實現跨層次的資源管理。有許多具有挑戰性的問題，包括如何在不同的網路層次之間實現有效的協同工作，以及如何在增加過多計算負擔的情況下，利用 AI 來優化資源分配。未來技術上將需要更進一步關注相關問題，並探索新的技術和演算法來進一步提升異質網路的資源分配能力。

二、網路安全與信任模型

異質網路具有異質性、開放性、分散式及跨領域等特點，容易受到各種安全威脅和攻擊。通過廣泛的研究和實踐，研究人員發現信任模型能有效增強網路系統的安全性和可靠性。本計畫參考 IEEE 探討異質網路安全的論文¹⁹，該篇作者提出信任模型評估標準，可用來評估信任模型的品質，即信任品質（Quality of Trust, QoT）。論文內容對目前信任模型及其應用進行了詳細的分類和全面的評述，並指出未解決的問題和未來的研究方向，供後續研究者更進一步研析可信任異質網路相關研究領域。

在異質網路信任模型的探討方面，目前的信任模型可以大致分為三類：基於行為的模型、基於政策的模型以及基於評價的模型。基於行為的模型透過監測節點的行為來建立信任，常用於檢測和應對惡意行為的場景。基於政策的模型依賴於事先定義的規則和標準，適用於需要嚴格遵守規範的環境。基於評價的模型則結合了前兩者的特點，

¹⁹ J. Wang, Z. Yan, H. Wang, T. Li and W. Pedrycz, "A Survey on Trust Models in Heterogeneous Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 24, no. 4, pp. 2127-2162, Fourthquarter 2022, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9834331>

透過對節點行為的評價來形成信任，這種方法更加靈活且適應性強。

信任品質的評估是信任模型研究的重要部分。QoT 的評估標準包括可靠性、穩定性、適應性和透明度。這些標準不僅有助於理解信任模型的運作機制，還能指導設計出更加高效的信任模型。例如，可靠性衡量模型在長時間運行中的一致性，穩定性則評估模型在面對異常情況時的表現，適應性強調模型應對不同網路環境的能力，而透明度則指模型運作的可理解性和可驗證性。

然而，目前的信任模型仍面臨著許多挑戰性問題。首先，如何在不同的網路環境中保持信任模型的一致性和可移植性是一大難題。其次，如何在保護隱私的同時進行有效的信任評估也是一個重要挑戰。此外，隨著異質網路技術的快速發展，新的安全威脅不斷出現，這要求信任模型能夠快速適應新的環境和威脅。

未來的研究趨勢將集中在解決前述挑戰。研究人員需要開發出能夠自動適應新威脅的信任模型，這些模型應該能夠在不同的網路環境中無間斷之運作。隱私保護也將成為未來信任模型研究的重要方向，研究人員需要找到在不洩漏用戶敏感資訊的前提下進行有效信任評估的方法。相關研究將有助於建立一個更加安全、可靠且可信的異質網路環境。

三、 垂直整合的網路架構

垂直整合的異質網路(Vertical Heterogeneous Network, v-HetNet)是指結合地面基地臺和空中基地臺的多層次網路架構，旨在提升行動通信服務的品質、容量和可靠連接。無論是在大型活動期間的手機信號壅塞，還是在自然災害後的通信恢復中，v-HetNet 都能提供額外的涵蓋範圍和容量支援。特別是在 6G 行動網路的發展過程中，v-HetNet 被認為是一個重要的推動者。

無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicles, UAVs)，通常作為 v-HetNet 的關鍵組成部分，具備自由移動和可靠視距通信的優勢，能夠

有效彌補地面基地臺之間的空隙。然而，UAVs 的廣泛使用帶來了新的挑戰，例如不斷變化的網路拓撲和垂直高度變化對傳輸路徑的影響。在能源效率、3D 布建和安全性方面，UAVs 也面臨瓶頸問題，並在與衛星、空中和地面共同構成的 v-HetNet 中尤為突出。IEEE 學界研究了以 UAVs 空中網路作為地面網路延伸的各種議題，包括對各個層次的協同管理策略。

在 IEEE 一篇論文中²⁰，作者回顧了 v-HetNet 作為 6G 行動網路重要推動者的相關工作，揭示圍繞概念、未來機會以及地面層和空中層共存挑戰的研究成果。學界正在探索如何利用 AI 和機器學習技術優化 v-HetNet 的資源管理和網路協調。包括開發能自主組織和適應網路變化的演算法，以及設計能夠在多層次網路中實現高效節能使用和資料傳輸的策略。此外，研究人員還在研究如何利用 UAVs 提供更廣泛的應用場景，例如運送物資、搜救行動、監控和監測等。

隨著 6G 技術發展，v-HetNet 需要支援更高的資料傳輸速率和更廣泛的涵蓋範圍，要求網路能夠處理來自大量使用者設備的資料流程，包括物聯網（Internet of Things, IoT）設備。因此，未來的研究需要解決如何在保證服務品質的同時，實現資源的高效管理和分配的問題。此外，研究人員還將面臨如何整合地面、空中和衛星網路的挑戰，以及如何確保網路在高度動態和異質環境中的穩定性和可靠性。解決這些問題將為未來智慧城市中的複雜服務提供支援，並為 6G 網路的創新應用奠定基礎。

²⁰ S. Ali, A. Abu-Samah, N. F. Abdullah and N. L. M. Kamal, "A Review of 6G Enabler: Vertical Heterogeneous Network (v-HetNet)," 2022 IEEE 20th Student Conference on Research and Development (SCOReD), Bangi, Malaysia, 2022, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9974155>

第四節 全球行動通訊系統協會（GSMA）

全球行動通訊系統協會（Groupe Speciale Mobile Association, GSMA）從 2014 年提出異質網路（Heterogeneous Networks, HetNet）之架構²¹，為透過不同行動通信基地臺相連接，如下圖：高功率大型基地臺、低功率微型基地臺及超微型基地臺（Macro, Pico or Femto cells），與不同接取技術如 2G、3G、4G、Wi-Fi 組成來提供行動通信網路。使用小型基地臺來布建屬於異質網路架構之關鍵特徵。

GSMA 於 2017 發布「4G 演進至 5G 行動通訊」²²，對於逐漸增長的行動網路數據訊務量，提出 LTE 異質網路架構，包含數據訊務量需求高之地點：布建小型無線電基地臺（small radio cells）；數據訊務量需求低之地點：使用 Wi-Fi 網路。

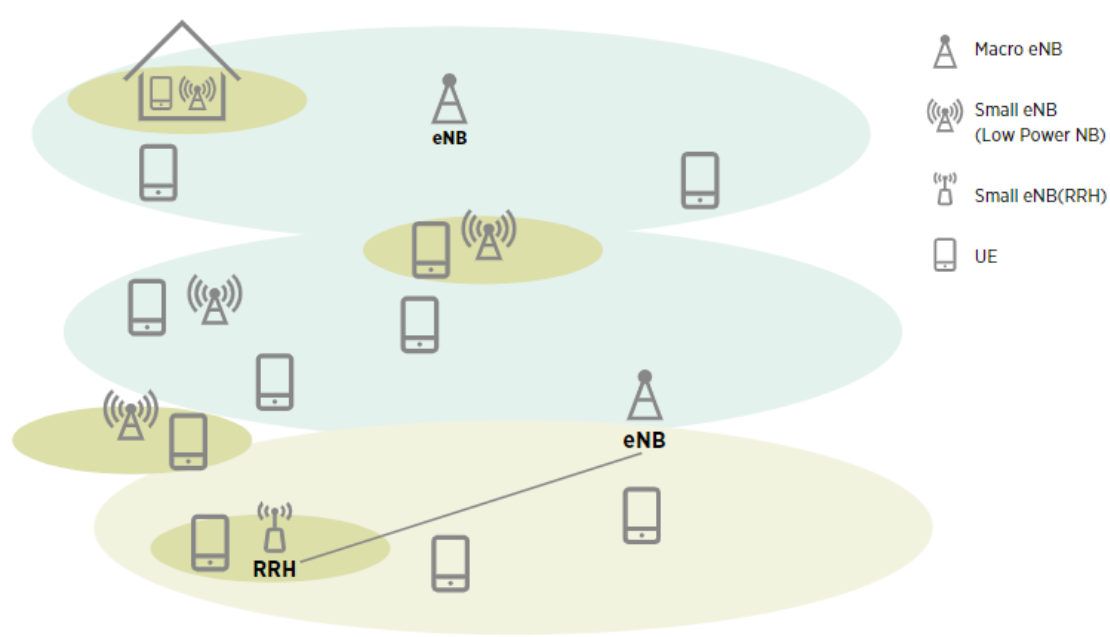


圖 2- 6、LTE 異質網路架構

²¹ GSMA(2014), Understanding 5G-Perspectives on future technological advancements in mobile, <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2015/01/2014-12-08-c88a32b3c59a11944a9c4e544fee7770.pdf>.

²² GSMA(2020), Unlocking Commercial Opportunities From 4G Evolution To 5G, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2017/03/704_GSMA_unlocking_comm_opp_report_v5.pdf.

資料來源：GSMA

2017 年 GSMA 發布 5G 時代為無界限連接²³，業者使用 5G 來提供連線並發揮核心作用實現無限連接之願景。由異質、多接取網路基礎設施組成之生態系統，可分為 3 種使用場景提供連接性，如圖 2-7，如室內使用 Wi-Fi、光纖及設備間通訊；都會區戶外使用 5G 小型基地臺，如：火車站、體育場、購物中心；偏鄉將仰賴 5G RAN、4G RAN、低軌衛星或其他替代技術混合。

同時 GSMA 也提出 2025 年 5G 願景，說明未來將使用 5G 提供連線，且已於 2024 年探討衛星業者與地面通訊業者之合作模式（如 D2D 應用）。根據技術的演進及發展，GSMA 異質網路定義由長期演進技術(Long Term Evolution, LTE)基地臺連接演變成廣域網路連線。

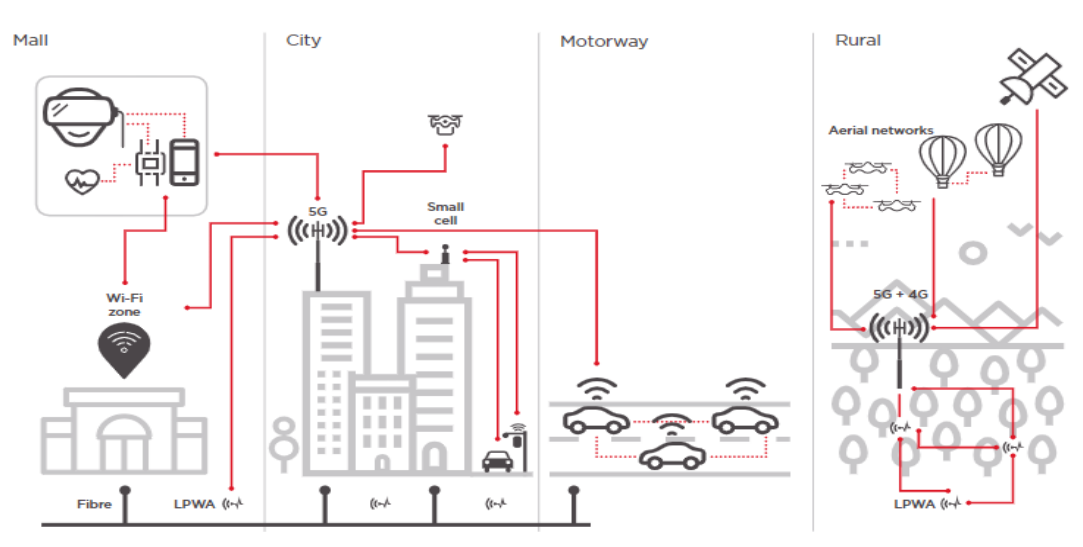


圖 2-7、5G 為異質網路環境之核心

資料來源：GSMA

²³ GSMA(2017), The 5G era : Age of boundless connectivity and intelligent automation, <https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/wp-content/uploads/2018/08/2017-02-27-0efdd9e7b6eb1c4ad9aa5d4c0c971e62.pdf>.

第五節 全球衛星業者協會（GSOA）

全球衛星業者協會（Global Satellite Operator Association, GSOA）於 2022 年 1 月成立，為衛星生態系統中唯一的全球非營利協會，作為全球合作的首要平臺。同時於 2024 年世界行動通訊大會（Mobile World Congress, MWC）宣布與 GSM 協會（GSMA）合作，帶來全球涵蓋解決方案。

同時為透過推動創新、推廣標準以及為其成員與更廣泛的電信產業創造價值來提高全球通訊能力，將結合兩個協會（GSMA、GSOA）的專業知識和資源，主要目標是探索技術新領域並利用行動和衛星技術之間的協同效應。可由 GSOA 提出相關文件觀察到，目前各國頻譜管理框架並未考量到現今衛星直連設備（Device-to-Device, D2D）之服務；頻譜相關規劃、分配與協調，以提供保護及足夠之頻譜，來容納預期所使用此服務之終端用戶；主管機關應規劃透明及簡化之執照取得流程。

表 2- 2、GSOA 非地面網路與地面網路發展情形

時間 發展現況	非地面網路與地面網路發展情形
2023 年 10 月 發布衛星直連至設備文件 ²⁴	提出主管機關應考量衛星直連設備（Direct-to-Device, D2D）之關鍵因素： ● 支持競爭且彈性監理框架：須擬定新的管理框架； ● 全球統一規範：頻率規劃與協調； ● 頻譜確定性：監理機關應保護既有衛星頻譜，並額外分配頻譜且協調，以確保互通性； ● 透明合理的執照制度：頻譜取得方式，另外還須確保衛星直連執照規則制定等相關流程。

²⁴ GSOA(2023), Satellite Direct-to-Device Connectivity, <https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-D2D-Paper.pdf>.

時間 發展現況	非地面網路與地面網路發展情形
2024 年 7 月 新衛星技術之變革 ²⁵ 性連接	1. 衛星產業創新演進，提供企業或個人寬頻通信、政府或機構安全且有彈性之解決方案、擴大電信業者涵蓋範圍、連接航空器、船舶及車輛、農業及環境之監測、數據採集與物聯網以及支援物流、交通及智慧城市 6 大服務； 2. 探討非地面網路，包含衛星物聯網以及衛星直連設備（使用 MSS 頻段或 IMT 頻段）。
2024 年 8 月 以衛星連接的未來 ²⁶	衛星直連設備（D2D）分為以下 2 種型態： ● 使用衛星行動用途頻段，參酌 3GPP 之非地面網路標準規範；可使用既有分配之頻率、標準與監理框架。 ● 使用行動業者頻段，應關注此類型服務（D2D）與地面行動通訊服務之相容性；此類型服務尚在研究相關監理框架。

資料來源：GSOA、本計畫彙整

衛星 D2D 服務除了帶來新發展希望，亦面臨挑戰。國際間持續探索 MSS 頻段及 IMT 頻段之 D2D 服務，為衛星通信創造新的願景。WRC-27 將對衛星 D2D 服務進行討論，同時為解決議題 1.12「考慮於 1427 – 1432 MHz（空對地）、1645.5 – 1646.5 MHz（空對地）頻段對衛星行動用途可能的分配及採取的監理行動」、1.13「考慮對衛星行動用途可能新分配進行研究」及 1.14「對衛星行動用途進行可能的額外頻譜分配」，國際間持續討論未來對於新 MSS 頻段分配問題，並針對未來 NTN 於其他頻段之發展及創新做適當的規劃。

²⁵ GSOA(2024), New Satellite Technologies for Transformative Connectivity, https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-New-Satellite-Tech-Paper_July-2024.pdf.

²⁶ GSOA(2024), The Future of Satellite Connectivity: Various Approaches to Direct-to-Device Services, <https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-D2D-Paper-Aug-24.pdf>.

第六節 小結

在 B5G、6G 之願景下，打破空間障礙形成萬物互連成為首要目標，由不同通訊網路與技術（例如：衛星行動用途與地面行動用途互連）所互連形成之異質網路，成為未來發展重點。本計畫以現今國際新興異質網路應用案例為基礎，分別從官方組織、產業界與學術界角度蒐研對異質網路之看法，進而綜整國際組織對於異質網路之定義，如下表所示。

表 2-3、國際組織對於異質網路定義之綜整表

國際組織	定義
ITU	● 原指一種用於連接具有不同作業系統或協定之電腦及其他裝置之網路，著重於探討如何在不同的網路類型之間實現有效協作，以提高整體網路功能（如毫米波技術之小範圍網路應用）。 ● 現今納入多樣化的新興應用，針對未來可能出現的使用案例（如：全像通信、遠端遙控之觸覺網路、智慧操作網路、網路與計算融合、數位雙生、太空與地面整合網路以及具有雲端化之工業物聯網）之網路要求，進行分析。 ● ITU 自 2022 年 11 月起將非地面網路連接技術納入未來發展趨勢項目之一，聚焦於探討衛星、作為 IMT 基地臺的高空通訊平臺與無人機之整合。進而於 2024 年宣布將重點關注衛星通訊系統及地面網路之網路整合，以實現新興技術之潛力，達成重塑全球互連互通之目標。
3GPP	● 由多種具有不同特性之基地臺組成接取網路。 ● 目前通信技術的發展形成多元異質網路，其中以非地面網路與地面網路互連之應用為關注重點，如衛星直連手機。 ● 3GPP 於 2017 年 Release 14 開啟 NTN 納入 5G 網路之研究，優先以衛星通訊規格進行研究，5G 系統應能利用衛星接取提供服務，同時納入 HAPS、無人飛行器系統（Unmanned Aircraft System, UAS）等 NTN 接取網路案例。

國際組織	定義
IEEE	● 一個以多種網路層協定運作的網路，該網路能夠支持並整合多種不同的通訊協議，從而允許不同類型的設備和系統能夠互相通信和協作。簡言之，異質網路係指由多種類型的無線通信技術和基地臺所組成的混合網路。 ● 垂直整合的異質網路（v-HetNet）係指結合地面基地臺和空中基地臺的多層次網路架構，未來將著重於研析如何整合地面、空中與衛星網路，並確保服務品質、網路穩定性以及資源分配管理之效率，為 6G 網路的創新應用奠定基礎。
GSMA	● 原先 2014 年提出異質網路（Heterogeneous Networks , HetNet）之架構，為透過不同行動通信基地臺如高功率大型基地臺、低功率微型基地臺及超微型基地臺，與不同接取技術如 2G、3G、4G、Wi-Fi 組成來提供行動通信網路。 ● 根據技術的演進及發展，GSMA 異質網路定義由 LTE 基地臺連接演變成廣域網路連接，同時包含 D2D 應用。
GSOA	● 因應衛星通信的技術發展，國際間成立 GSOA，為提出全球涵蓋之解決方案。同時結合兩個協會（GSMA、GSOA）的專業知識和資源，探索技術新領域及行動與衛星技術之間的協同效應。

資料來源：本計畫整理

觀察國際組織對於異質網路技術發展之相關文件，可發現異質網路架構、網路互通、頻譜利用三要件為未來推動新興無線通信技術之關鍵。從頻率管理角度觀察，異質網路可透過允許不同網路層次之間的頻譜共享和動態分配，提高頻譜使用效率，如：利用免執照頻段和載波聚合技術可以增加資料傳輸速率，同時減少對有限頻譜資源的需求；從網路互通之角度，國際上有許多研究和發展工作集中於探討如何通過技術創新來提高網路系統的互通、韌性和可靠性，這些工作不僅包括異質網路的設計和布建，亦包括資料安全、網路安全和災難恢復等方面的研究。

綜如上述，未來通訊技術之發展將著重於異質網路架構、網路互通、頻譜利用三大要件，隨著技術之進步與完善規範，終將達成 B5G、6G 願景下之萬物互連目標。

第三章 國際異質網路案例應用發展型態觀測

第一節 衛星間互連案例

一、 案例背景

衛星間互連指的是一家衛星營運商旗下不同軌道（如 GEO 和中軌道衛星（Medium Earth Orbit, MEO））衛星之間的直接通訊，可以透過衛星之間無線鏈路，從而實現數據的直接傳輸，提高通訊效率、降低延遲以及增強網路可靠性。

Marlink²⁷為歐洲海上無線通訊網路提供服務商，於 2022 年至 2023 年與 Eutelsat、Intelsat、SES、Starlink 等簽署策略協議，其架設「XChange 整合管理平臺」，主要負責協調及優化所有網路元件、應用程式，採用軟體定義廣域網路（SD-WAN）技術，透過控制軟體在硬體上實現網路的配置和管理，並能靈活運用多種硬體平臺和連接選項，以提高網路效率、安全性和靈活性。透過該平臺，Marlink 成功將多種類型衛星連接技術（從 GEO、LEO 到 MEO）與地面技術結合，整合多頻段衛星通訊、微波和行動通訊（4G/5G）如下圖所示，建構一個彈性混合網路（hybrid network）。

²⁷ Marlink(2024),History, <https://marlink.com/our-history/> (last visited 2024.06.18).



圖 3- 1、多種類型衛星連接技術

資料來源：Marlink

二、案例進程規劃及合作進度

（一）Marlink 與 SES 簽署協議

2023 年 2 月，歐洲衛星公司（Société Européenne des Satellites, SES）和 Marlink 宣布簽署為期 15 年的協議，利用 SES 多軌道（multi-orbit）之同步軌道衛星（Geostationary, GEO）和中軌道衛星（Medium Earth Orbit, MEO）網路，為整個法屬圭亞那之城市 and 偏鄉人口超過 7,500 個家庭（超過 30,000 名用戶）提供 4G/5G 服務，以縮小數位落差²⁸。

此協議部分由歐盟、法國政府和法屬圭亞那領地政府（Collectivité Territoriale de Guyane, CTG）資助，Marlink 和 SES 將在該地區提供高達 30 Mbps 的高速寬頻網路接取。兩家公司將建造和管理 Gateway 基礎設施，以提供近 3.5 Gbps 的高功率衛星容量，涵蓋消費者寬頻、固定和行動服務，這些服務將會由 SES-17 衛星

²⁸ Suzanne Ong (2023), Marlink to Drive Digital Transformation Across French Guiana Leveraging SES's Multi-Orbit Satellite Network, <https://www.businesswire.com/news/home/20230221005921/en/> (last visited 2024.12.11).

(為 SES 最高效能之 GEO 衛星)和下一代 O3b mPOWER 系統(是 SES 的第二代 MEO 通訊系統)平均分配，為偏遠地區提供高速寬頻服務，並支持高需求的商業應用。

Marlink 的混合網路，係結合 GEO 和高效能 MEO，並擴充與 LEO 和地面 4G/5G 之涵蓋範圍，以提供無縫且智慧的資料流 (data flow)，使客戶能夠作為 Marlink 網路的活動節點 (active nodes) 以從遠端站點工作，達成全面涵蓋和連接²⁹。Marlink 使用軟體定義廣域網路 (Software-Defined Wide Area Network, SD-WAN) 技術滿足高標準之服務級別協議 (Service Level Agreements, SLA)，例如：要求極高的可靠性和穩定性。透過 SD-WAN 技術，確保應用服務不會中斷，而是根據優先順序進行分配，以保持設備和用戶的连接。

(二) Marlink 與 Eutelsat 簽署協議

2023 年 10 月 Marlink 與 Eutelsat 簽署多年協議，Marlink 承諾為 Eutelsat 10B 衛星³⁰涵蓋的廣闊航行區和近海地點提供提供目標性 (targeted)、密集且高度靈活的頻寬，這項新協議是 Marlink 與 Eutelsat Group 先前簽署全球海上連接現有合作夥伴關係的補充協議³¹。

EUTELSAT 10B 衛星自 2023 年 7 月起在東經 10° (10° East) 軌道位置提供服務，為了滿足行動連線需求成長，其搭載兩個新的多點波束 (multi-spotbeam) 高通量衛星 (High Throughput Satellite, HTS) Ku 頻段酬載 (payloads)：一個涵蓋北大西洋走廊、歐洲、地

²⁹ Marlink (2022), Marlink Leverages SES MEO Capacity to Meet Booming Demand from Energy Customers, <https://marlink.com/news/news-resources/marlink-leverages-ses-meo-capacity-to-meet-booming-demand-from-energy-customers/> (last visited 2024.12.11).

³⁰ EUTELSAT 10B 衛星於 2022 年 11 月 23 日發射，並於 2023 年 7 月投入使用，該衛星位於東經 10°，該軌道位置提供了從美洲到亞洲的獨特能見度(unique visibility)。

³¹ Eutelsat Oneweb(2023), Marlink signs multi-year agreement on EUTELSAT 10B for maritime connectivity over EMEA, <https://oneweb.net/resources/marlink-signs-multi-year-agreement-eutelsat-10b-maritime-connectivity-over-emea> (last visited 2024.12.11).

中海盆地和中東地區，在繁忙的航空和海上交通區域提供大量傳輸容量；另一個則擴展其涵蓋範圍，包含：大西洋、非洲和印度洋，如圖 3-2³²。HTS 可處理超過 50 GHz 的頻寬，提供約 35 Gbps 的傳輸量（throughput）。

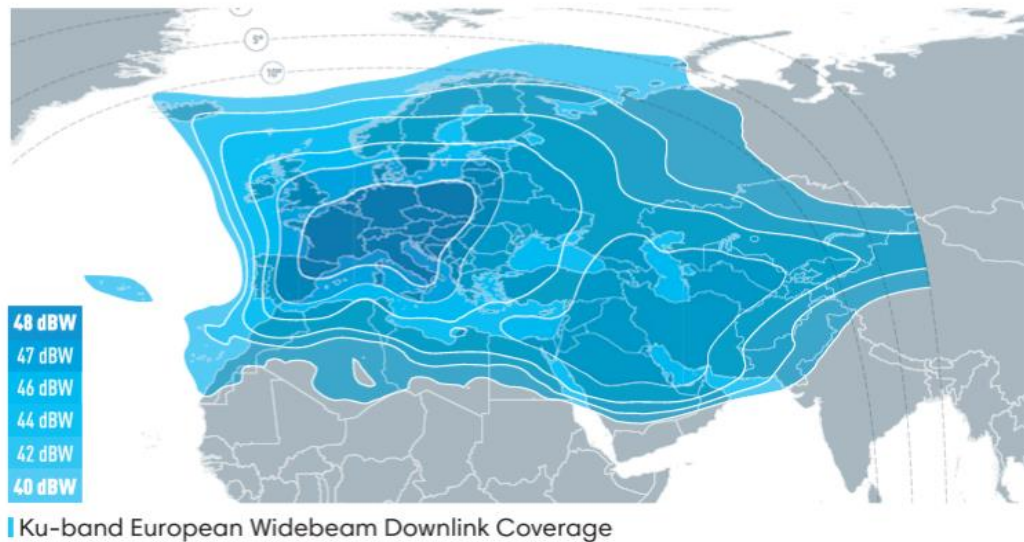


圖 3-2、EUTELSAT 10B 衛星使用 Ku 頻段（下行鏈路）涵蓋北大西洋、歐洲、中東地區與部分非洲

資料來源：EUTELSAT 10B

三、案例使用頻段

SES 的 O3b 衛星均使用 Ka 頻段，其上行頻段範圍為 27.6-28.4 GHz、28.6-29.1 GHz；下行頻段範圍為 17.8-18.6 GHz、18.8-19.3 GHz，每個轉發器的頻寬為 216 MHz。而 EUTELSAT 10B 衛星使用 Ku 頻段，未具體說明頻率使用範圍。

四、案例執照類別

依本計畫上述觀測之衛星間互連案例，其為透過無線通訊網路提供服務商採用 SD-WAN 技術整合方式，不需要申請實驗執照，僅需由合作之衛星營運商取得衛星執照或頻率執照。

³² Eutelsat, Eutelsat 10B- Powerful, Innovative Payloads for Inflight and Maritime Connectivity, https://www.eutelsat.com/files/PDF/brochures/EUTELSAT_SATELLITE_E10B.pdf

第二節 航空航海通信與地面網路互連

基於滿足不斷增長的通信需求、支持創新技術發展，並提升毫米波頻段頻譜使用的靈活性和效率等因素，近年來各國開始探討如何有效利用毫米波波束成型和天線技術來更加滿足飛行器及船舶乘客的寬頻接取需求，進而規劃航空、航海通訊頻段之新興應用，如下圖所示。

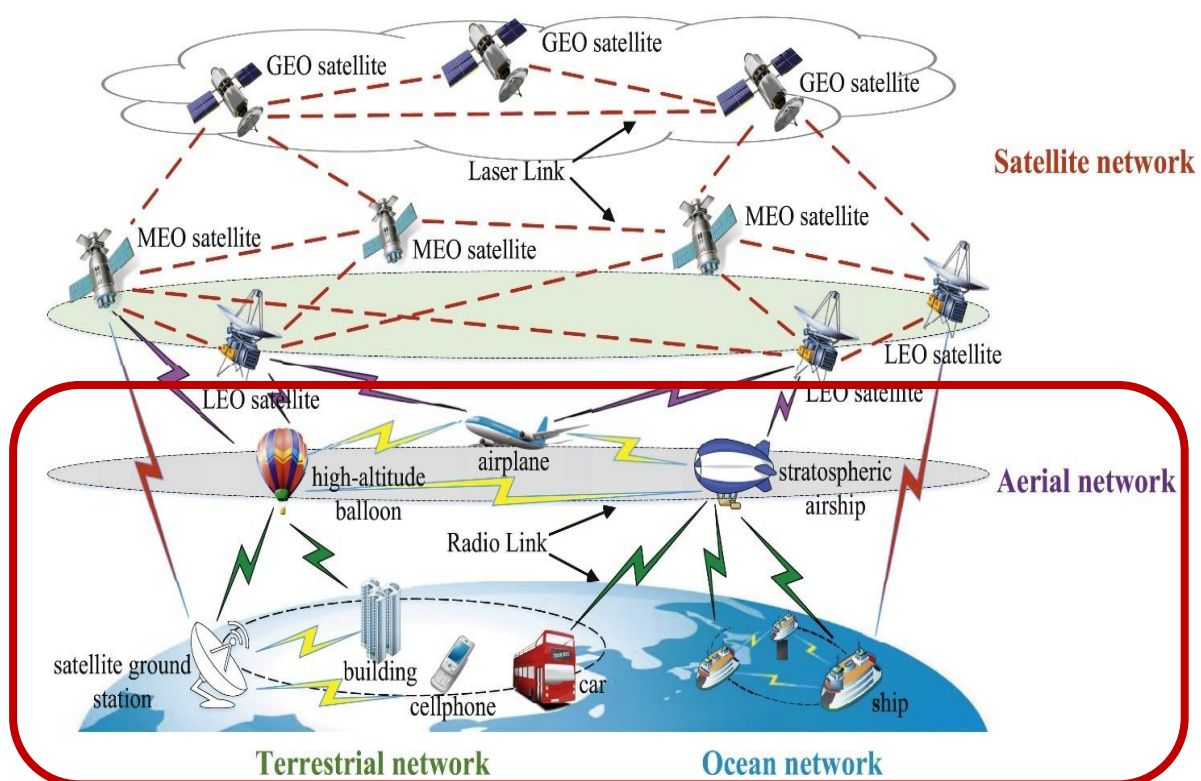


圖 3-3、「航空、航海通訊和地面網路互連」為整體異質網路架構之重要一環

資料來源：Yun Chen, Wenfeng Liu, Zhiang Niu, Zhongxiu Feng, Qiwei Hu & Tao Jiang(2020), Pervasive intelligent endogenous 6G wireless systems: Prospects, theories and key technologies

航空、航海通訊和地面網路互連，構成整體異質網路環境之重要一環，故本計畫研析 FCC 規劃釋出頻譜資源供航空航海通訊使用之相關政策。

一、 案例背景

2024 年 4 月，美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）對 70 GHz、80 GHz 和 90 GHz 等高頻段管理制度完成重大的法規修訂，旨在解決頻譜利用效率低、需求增長、靈活性不足和成本高等問題。

美國現有的頻譜分配方案並未充分利用 70/80/90 GHz 頻段的潛力，這些頻段具有高頻寬和低延遲的特性，非常適合用於高數據速率應用，但目前的使用率仍較低。隨著 5G 技術的普及和對高速數據傳輸需求的增加，對頻譜的需求也急劇上升。70/80/90 GHz 頻段提供了大量可用頻譜，可以滿足未來對寬頻服務的增長需求。然而，現行規則限制了 70/80/90 GHz 頻段的使用方式，例如禁止在移動平臺上使用。

為了提高頻譜利用效率並滿足需求增長，FCC 此次修法簡化許可程序、放寬技術要求以及允許新的使用方式，如在飛機、船隻等移動平臺上使用這些頻段來提供寬頻服務，從而擴大服務範圍和應用場景。這種改變將有助於提高頻譜利用效率，滿足需求增長，並增加使用方式的靈活性。

隨著 3GPP 在 5G 技術標準中引入對非地面網路 (NTN) 的支持，預計 6G 將進一步擴大 NTN 的整合和應用範圍。NTN 包括衛星、高空平臺（High-Altitude Platform Station, HAPS）和無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicles, UAVs），以充分利用這些技術的優勢。HAPS 作為一種高效的通信平臺，能夠在多種應用中提供重要支持，特別是用於航空航海通信和地面網路互連用途。

這些更新的規則和技術進步對縮小數位落差至關重要，特別是在偏遠陸地和海洋等傳統上難以獲得高速上網服務的地區。FCC 的修正法規顯示其對創新的承諾，以及對於支持新興技術和服務的開放態度，

這將有助推動整個通信行業的發展，並為緊急通信、物聯網（IoT）應用和其他創新服務創造新的可能性。

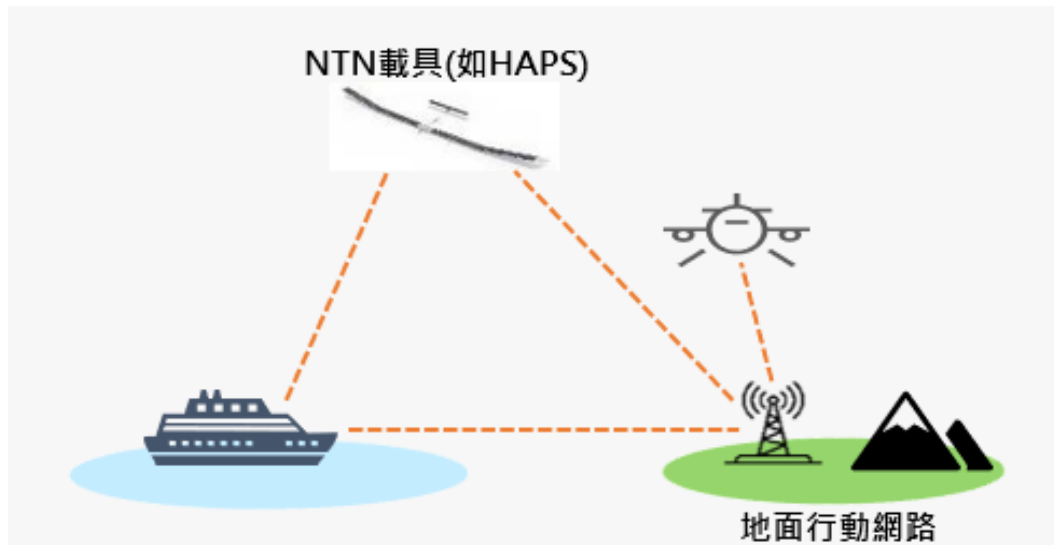


圖 3- 4、「航空、航海通訊和地面網路互連」案例示意圖

資料來源：本計畫繪製

二、 案例進程規劃及合作進度

茲將 FCC 對於 70/80/90 GHz 頻段使用規則增修歷程，按時間序綜整如下：

（一）2003 年建立服務使用管理規則

2003 年，FCC 為非聯邦使用 70/80/90 GHz 頻段建立兩步驟的非專有（non-exclusive）頻譜釋照機制³³。使用者首先獲得全國範圍內的非專有執照，涵蓋整個 70/80/90 GHz 頻段的 12.9 GHz 頻寬，然後由第三方管理的資料庫對個別鏈路進行註冊。自 2004 年以來，FCC 無線電信局（Wireless Telecommunications Bureau, WTB）指定的資料庫管理者為 Comsearch 和 Micronet Communications, Inc。使用者註冊個別鏈路通常通過國家電信與資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）所提供的

³³ FCC(2003), Allocations and Service Rules for the 71-76 GHz, 81-86 GHz and 92-95 GHz Bands, <https://www.fcc.gov/document/allocations-and-service-rules-71-76-ghz-81-86-ghz-and-92-95-ghz-1>

線上自動機制進行，以確保能成功與聯邦使用者協調。

此外，執照持有人必須向第三方資料庫管理者提供分析，證明其新增鏈路不會對任何已註冊的非聯邦鏈路造成有害干擾，也不會受到其干擾。成功註冊鏈路將享有「先到先服務（first come first served basis）」的優先權，並必須在註冊後 12 個月內建成。根據 FCC 第 101 章（Part 101）固定微波服務（fixed microwave services）規定內容，執照持有人可以使用 70/80/90 GHz 頻段進行任何點對點、非廣播服務。

（二）2020 年提出修訂規則的擬議

根據 Aeronet Global Communications, Inc.（以下簡稱 Aeronet）提出在 70/80/90 GHz 頻段內以點對點連接支援飛機與船舶等移動載具寬頻服務的請求，2020 年 6 月，FCC 發布 70/80/90 GHz 頻段擴大接取的修正草案公告（Notice Of Proposed Rulemaking，以下簡稱 2020 年 NPRM），徵求公眾對修正草案的意見，包括允許點對點無線傳輸鏈路以移動中（motion）端點模式運作，以及是否將這些鏈路分類為行動服務。該 NPRM 涵蓋了一系列問題和提議，FCC 並與 NTIA 合作進行評估。

由於業者對 90 GHz 頻段共存問題表達關切，NPRM 未提議在該頻段授權移動端點運作。NPRM 還提議對 70 GHz 和 80 GHz 頻段的天線標準進行多項修正，以提供更大的靈活性來布建無線後傳鏈路，並尋求是否採用頻道化配置（channelization plan）方法以促進這些頻段更高效使用的意見。

此外，NPRM 詢問是否應對 70、80 和 90 GHz 頻段的鏈接註冊規則進行更改。多方對 NPRM 做出了回應，討論了 Aeronet 的提議、頻段對後傳鏈路的適用性，以及改善頻段整體功能性的方法，如頻道化、更新相關天線標準和鏈接註冊過程。

（三）2021 年開展對於 HAPS 的探索

隨著 FCC 2020 NPRM 作業開展，2021 年 10 月 WTB 接續發布公開諮詢³⁴，詢問 70/80/90 GHz 頻段能否用於提供寬頻接取服務。FCC 對於運作在 20 公里高空的 HAPS 高空通信平臺，表現出特別興趣。WTB 關注允許 HAPS 或其他基於平流層(stratospheric-based)的平臺在該類頻段提供服務的可行性，以及相關服務是否能與頻段內的其他服務共存。公開諮詢還探討了使用 70/80/90 GHz 頻段為飛機與船舶提供寬頻接取服務的可能性，包括考慮 Aeronet 公司自行研發的定期動態資料鏈路（Scheduled Dynamic Datalinks, SDDLs）提案。公告詢問如果授權 HAPS 使用 70/80/90 GHz 頻段，是否應施加技術限制以保護頻段的既有使用者，例如高度限制、功率限制、發射器設計考慮、方向限制、溢波發射限制（emission limits）、協調或其他要求。

FCC 在 2021 年公告中對 HAPS 使用 70/80/90 GHz 頻段的技術限制進行公眾諮詢，是整體修法過程的一部分。由於這項諮詢著重在探索 HAPS 應用的可行性，FCC 並未就此議題個別發布結論。惟從 2024 年完成的修正規則（詳如後述第(五)點）中可以看出，由於各方對於 HAPS 整合到 70/80/90 GHz 頻段的可能性存在高度歧見，且缺乏足夠的實際資料支持，FCC 決定暫不制定 HAPS 相關規範。不過 FCC 指出，包括 HAPS 潛在營運商在內的任何一方，均可依據 2024 年修正規則所通過的航空業務一般性規定進行營運。

（四）2023 年與 NTIA 進行協調

2020 年 NPRM 中，FCC 承諾在採取任何可能影響聯邦用戶的規則修訂之前，會先與 NTIA 進行協調。作為回應，NTIA 成立了

³⁴ FCC(2021), Wireless Telecommunications Bureau Seeks to Supplement the Record on 70/80/90 GHz Bands Notice of Proposed Rulemaking, <https://www.fcc.gov/document/708090-ghz-bands-record-supplement-public-notice>

一個技術交流小組（technical interchange group, TIG），成員包括受到影響的聯邦機構代表，如國家航空暨太空總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）、國家海洋暨大氣總署（National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA）、國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）、空軍部門和 NTIA 本身。FCC 工作人員定期參加與 TIG 的資訊交流會議。聯邦機構通過 NTIA 提交了一份分析摘要和一套減輕干擾之政策建議。2023 年 10 月 18 日，FCC 發布公告³⁵，要求更新此程序中的整體紀錄，並特別尋求公眾提供對 NTIA 建議的看法。

（五）2024 年完成修正規範

在審查前述公開諮詢所獲得的意見及相關紀錄後，FCC 研議修正第 101 章（Part 101）部分條文，允許在 70 GHz 和 80 GHz 頻段內的點對點連接應用到移動端點，特別是飛機和船舶上的連線。FCC 還採納了使用較小天線的修正條文，以促進 70 GHz 和 80 GHz 頻段用於後傳鏈路，以及提高 70/80/90 GHz 頻段接取註冊資料庫的準確性。

在技術規範方面，FCC 採納將最大天線波束寬度從 1.2 度增加到 2.2 度；將最小天線增益從 43 dBi 降低到 38 dBi，同時保留比例等效全向輻射功率（Equivalent Isotropic Radiated Power, EIRP）減少要求；消除在角度小於 5 度時的同極化要求並放寬交叉極化要求；修訂 5 度至 180 度之間的同極化和交叉極化要求等提案，並允許對 70/80/90 GHz 頻段的註冊鏈路進行小幅修改而不失去優先權。FCC 還採納了與 ITU-R F.2006 建議一致的頻道化計畫。最後，FCC 要求執照持有人在鏈路註冊系統（link registration system, LRS）中成功註冊後的 12 個月內，證明每條鏈路已由第三方資料庫管理者管理

³⁵ FCC(2023), Wireless Telecommunications Bureau Seeks to Refresh the Record in 70/80/90 GHz Bands Proceeding, <https://www.fcc.gov/document/wtb-seeks-refresh-record-708090-ghz-proceeding>

並已構建運作。

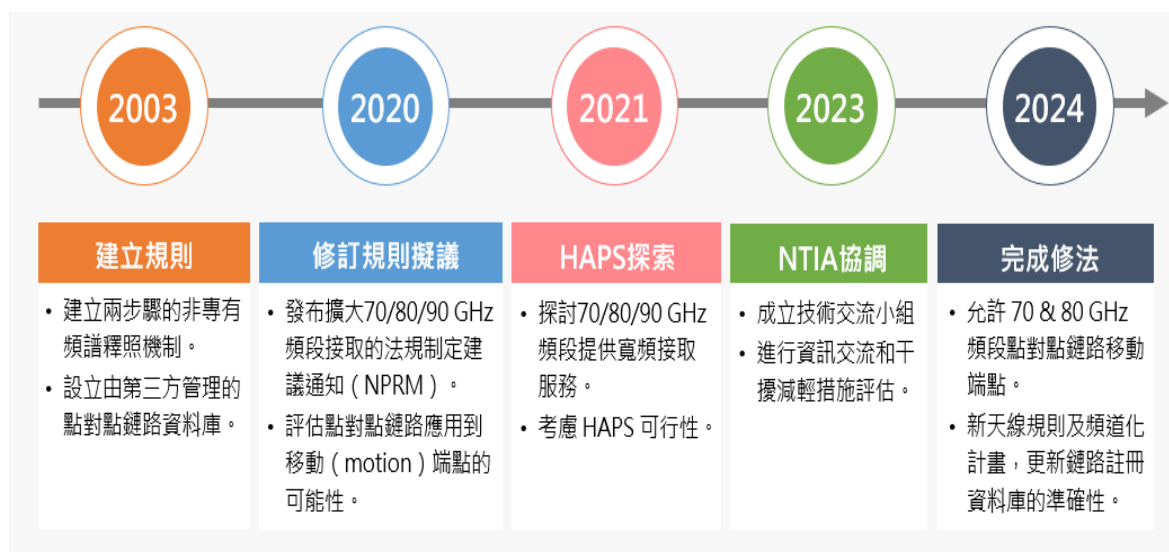


圖 3-5、美國航空航海與地面網路互連案例發展進度

資料來源：FCC、本計畫自行整理

三、 案例使用頻段

在美國，71-76 GHz、81-86 GHz、92-94 GHz 和 94.1-95 GHz 頻段（統稱為 70/80/90 GHz 頻段）以共同主要服務（Co-Primary）的方式核配，廣泛用於聯邦和非聯邦的地面、衛星、無線電天文（radio astronomy）和無線電定位（Radiolocation）等用途。

在 71-76 GHz（70 GHz）和 81-86 GHz（80 GHz）頻段，固定、行動和廣播服務不得對位於美國本土 28 個軍事基地的聯邦衛星固定通信造成有害干擾，也不得要求獲得不受干擾之保護。此外，在 80 GHz 頻段，以及 92-94 GHz 和 94.1-95 GHz 頻段（統稱為 90 GHz 頻段），若欲在 18 個無線電天文觀測臺（radio astronomy observatories）附近註冊鏈路的合法執照業者，必須與這些天文臺協調其擬申請註冊的鏈路。申請的前提包括兩個主要因素：距離和功率。

首先，在 81-86 GHz、92-94 GHz 和 94.1-95 GHz 頻段內，執照業者需考慮與觀測臺的距離要求。在美國國家電波天文臺（National Radio Astronomy Observatory, NRAO）的特長基線干涉陣列（Very Long

Baseline Array, VLBA) 站點 25 公里範圍內，以及其他特定觀測站 150 公里範圍內，必須進行協調³⁶，以確保不對這些觀測站的科學活動造成干擾。

其次，功率限制也是申請的重要前提。根據聯邦機構的分析，為了減少對無線電天文服務 (Radio Astronomy Service, RAS) 和固定衛星服務 (Fixed Satellite Service, FSS) 的潛在有害干擾，FCC 除採納干擾緩解措施，並對新的航空和海事移動端點服務的傳輸設定了最大等效全向輻射功率 (EIRP) 限制，最高為+57 dBW。

此外，94-94.1 GHz 頻率範圍分配給聯邦用途，用於衛星地球探測 (主動式)、無線電定位以及太空研究 (主動式) (Space Research (active))，以及用於無線電定位的非聯邦用途。鄰近的 86-92 GHz 頻段則分配給聯邦與非聯邦用途，用於衛星地球探測 (被動式)、太空研究 (被動式) 以及無線電天文用途，並應遵循 FCC 頻率分配表中註腳 US246 的禁用頻率範圍規定。

四、 案例執照類別

2024 年 5 月 29 日起，針對 70/80/90 GHz 頻段的協調、授權和註冊流程將實施新規則，旨在促進移動端點的運作，並將其整合到現行的非專用全國性執照架構及第三方資料庫管理系統，以支援該頻段的固定點對點通訊服務。

為了有效布建航空與海事移動端點服務，同時避免對既有服務及其他服務造成干擾，潛在的服務提供者首先必須申請並獲得全國性的非專屬授權。此授權將作為航空與海事移動端點操作的基礎許可，並作為註冊下列服務的前提條件：

1. 航空服務：包括空對空運作，以及地對空 (Ground-To-Air, GTA) 站臺與相關空對地 (Air-To-Ground, ATG) 傳輸的註冊。

³⁶ FCC(2024), FCC Online Table of Frequency Allocations, <https://www.fcc.gov/sites/default/files/fcctable.pdf>.

2. 海事服務：包括船對岸、岸對船、航空器電臺(Aerostat Stations) 對船、航空器電臺對岸以及船對船傳輸的註冊

航空業務使用者在取得全國性執照後需與聯邦使用服務協調，並註冊 GTA 站臺及相關的 ATG 傳輸，在註冊完成前不得啟用或開通這些通訊設備。空對空運作不會單獨註冊，必須與已註冊的 GTA 或 ATG 註冊相關才能進行。所有 GTA 和 ATG 操作，包括與運行中的航空端點及其相關地面電臺的通訊，將根據「先到先服務」原則享有保護，並必須對後續註冊的操作提供相同的保護。

海事業務使用者在取得全國性執照後，也需與聯邦使用者協調，並註冊岸對船、岸對航空器電臺、船對岸以及航空器電臺的發射機。在註冊完成前不得啟用或開通這些通訊設備，所有此類海事操作將根據「先到先服務」原則享有保護，並必須對後續註冊的操作提供相同的保護。

FCC 授權 WTB 制定協調和註冊航空和海事電臺及其相關傳輸的具體程序，並將在未來的公告中詳細說明。此外，FCC 也授權 WTB、工程與科技辦公室（Office of Engineering and Technology, OET）與 NTIA 協調，建立相關作業流程，以證明點對移動端點通信技術能夠符合新規所採納的特定技術和運作規範。

截至本計畫報告完成之日，上述作業程序尚未發布。FCC 預計將透過公告說明後續發展，建議持續關注。

第三節 非地面網路與地面網路互連

一、 衛星直連手機案例-Globalstar 與蘋果公司合作案

(一) 案例背景

衛星行動通訊公司 Globalstar 於 2022 年 9 月 7 日向美國證券交易委員會(United States Securities and Exchange Commission, SEC)提交的 8-K 文件內容揭示,該公司為蘋果電腦公司 iPhone 14 產品提供新的衛星服務。Globalstar 與蘋果公司自簽署條款協以來,雙方已經完成 5 個里程碑³⁷,包括(1)可行性階段(2)對 Globalstar 的地面網路進行重大升級,以加強涵蓋範圍(3)在全球建設 10 個新 Gateway(4)成功發射地面備用衛星(5)嚴格的現場系統測試。目前與未來 Globalstar 網路容量的之 85% 將為持有 iPhone 14 以上機型之消費者提供服務,且蘋果(AAPL-US)將為公司未來衛星升級付出 95%之費用。

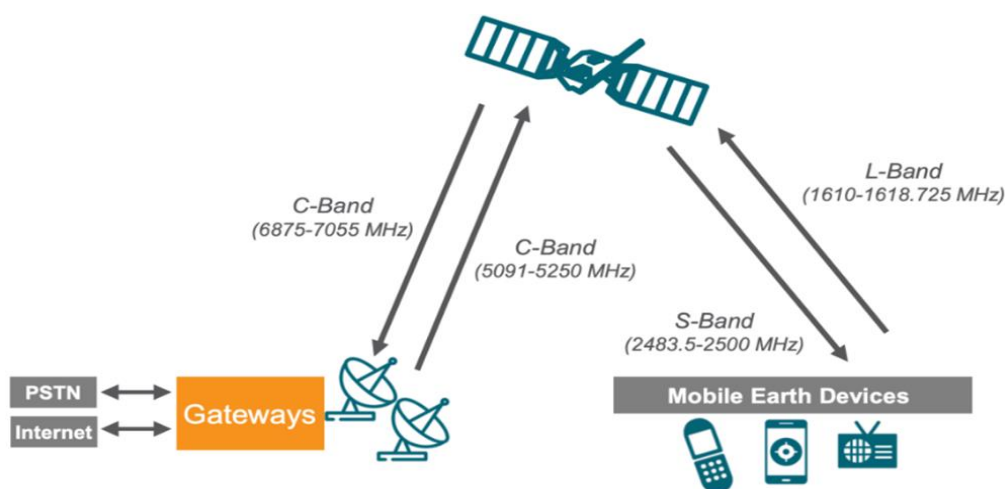


圖 3- 6、Globalstar 與蘋果電腦公司合作網路架構

資料來源：Globalstar³⁸

³⁷ Globalstar 美國證券交易委員會提交的 8-K 文件, 資料來源：United States Securities and Exchange Commission(2022), FORM 8-K: GLOBALSTAR, INC., <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1366868/000136686822000059/gsat-20220907.htm> (last visited 2024.06.27).

³⁸ Globalstar 架構圖, 資料來源：Frank Rayal(2022), Apple-Globalstar: Just an SOS or Birth of the

（二） 案例進程規劃及合作進度

Globalstar 與蘋果電腦公司合作案例於 2022 年第四季啟動³⁹，該案例使用衛星行動服務（Mobile Satellite Service, MSS）頻段提供衛星緊急呼救服務，其運用設備為具備高功率天線之新一代 iPhone，且蘋果電腦資助擴大 Globalstar 的衛星網路，計畫於 2025 年發射 17 顆新衛星，Globalstar 將提供蘋果公司 iPhone 使用 85% 的網路容量作為 iPhone 緊急衛星連線用途，該項服務範疇從原先僅在美國、加拿大等北美洲區域逐漸擴展到其他國家，如法國、德國、愛爾蘭、英國、澳洲、奧地利、比利時、義大利、盧森堡、荷蘭、紐西蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士及日本。

2023 年 6 月 28 日 Globalstar 公司與蘋果公司合作，利用其既有衛星執照，向 FCC 申請新增「衛星傳送 SOS 緊急服務」。蘋果公司使用 Globalstar 低軌衛星進行緊急求救功能，提供發送位置與文字資料傳輸服務，蘋果公司宣布免費提供此服務 2 年。

蘋果公司對 Globalstar 進行投資且加強 iPhone 使用衛星網路（LEO 網路），為支持 Globalstar 在衛星通信領域的發展，並確保蘋果公司在 iPhone 14 以上機型使用 Globalstar 的衛星網路容量。

“Global” Telco?, <https://frankrayal.com/2022/09/12/apple-globalstar-just-an-sos-or-birth-of-the-global-telco/> (last visited 2024.06.27).

³⁹ 許家華(2022)，蘋果占走 Globalstar 網路容量 85% 馬斯克也想分杯羹，<https://m.cnyes.com/news/id/4951131>(最後瀏覽日：2024.06.27)。

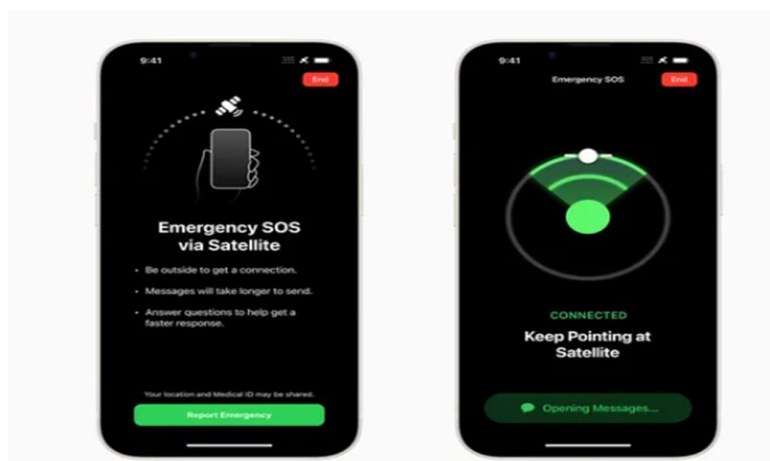


圖 3- 7、蘋果公司與 Globalstar「衛星傳送 SOS 緊急服務」

資料來源：Apple

蘋果公司與 Globalstar 合作協議除了要求分配網路容量以支援此服務以及使用 MSS 頻段 (n53)，蘋果公司同意向 Globalstar 公司支付以下 5 項款項 (1) Globalstar 與其中描述的新衛星相關核准資本支出的 95% (於衛星使用壽命內按直線法支付)；(2) 公司與新衛星有關借款之部分成本；(3) 其他核准費用；(4) 終止費用。

上述合作為 Globalstar 公司帶來極大改變，透過價值型增長的策略，持續利用其競爭優勢：批發衛星容量、地面頻譜、物聯網和傳統服務。Globalstar 公司將持續關注前述重點，維持開發批發客戶機會，同時合作協議實質性加強 n53 頻段設備生態系統。

Globalstar 公司分配目前與未來網路容量的 85% 來支援服務；提供及維護提供服務所需之資源 (包含人員、軟體、衛星、Gateway、衛星頻譜及監理權利)；優先考慮服務，同時為合作夥伴提供對所需資源的優先接取權；保持最低品質和涵蓋標準，並提供連續性服務；允許合作夥伴從未來的服務費中收回支付給 Globalstar 的預付款，或者在無法收回的情況下，以現金償還此類款項。

(三) 案例使用頻段

蘋果公司將指定支援行動通訊網路之設備中啟用頻段 n53 頻段

(2483.5-2495 MHz)⁴⁰，以利於商業發射時與衛星服務共同使用，同時啟用上述功能所需之第三方供應商滿足蘋果公司啟用此類功能所有商業和技術要求，包含蘋果公司產品開發時程表以及功能要求（如速度、功率、安全性、品質等），以及所有監管規範（如 FCC 認證等）。

當用戶處於緊急情況且手機無法收到行動通訊及 Wi-Fi 訊號時，手機內的 APP 配有選項可開放手機直接連接 Globalstar 衛星，但用戶必須「於室外可以清楚看到天空之地點」。由於衛星頻寬極其有限，將只能用於文字簡訊。用戶可從預先列舉緊急情況清單中，勾選自身處於何種緊急情況、誰需要幫助、是否有人員受傷等回應。

（四） 案例執照類別

美國 FCC 於 2023 年 3 月 17 日公布新的監管框架，讓在手機訊號基地臺涵蓋範圍之外的智慧型手機能夠透過地面無線頻譜連結來自太空的衛星通訊，促進衛星及無線電行動通訊營運商間之連接，讓世界上偏遠或欠缺服務地區的智慧型手機用戶，得以通話或傳遞訊號。Globalstar 持有 10 個國家地球電臺執照，以及持有 MSS 服務之衛星執照，將提供未來 MSS 創新服務。

⁴⁰ Key Terms Agreement-Between Partner and Globalstar,
<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1366868/000136686822000059/ex-101conformedcopyofkeyte.htm>(last visited 2024.06.24).

二、 衛星直連手機案例- SpaceX 與行動網路業者 T-Mobile 合作案

(一) 案例背景

SpaceX 旗下衛星網路服務由 Starlink 負責，並以名為「Direct to Cell」推出衛星通訊服務。2022 年 8 月，SpaceX 宣布與美國電信營運商 T-Mobile 建立合作關係，擬運用 Starlink 第二代低軌衛星星鏈（Starlink Gen2）結合 T-Mobile 地面行動網路系統，補充美國境內網路涵蓋範圍，使無線網路服務擴展至偏遠地區，消除美國境內所有訊號盲區（dead zones）。

2022 年 12 月，SpaceX 向美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）提交 Starlink 衛星星鏈直連地面行動通訊系統之申請案，通知 FCC 關於兩公司之合作協議將整合衛星通訊與地面行動通訊系統，補充網路涵蓋範圍。

據 SpaceX 提出之網路架構，該件合作案將使用戶之行動裝置優先接收地面行動基地臺訊號，若行動裝置所在位置無法連接地面通訊網路，則再通過衛星訊號提供網路連接，具體網路架構如下圖所示⁴¹。

⁴¹ Starlink (2024), A Cellphone Tower In Space, <https://www.starlink.com/business/direct-to-cell> (last visited 2024.06.20).

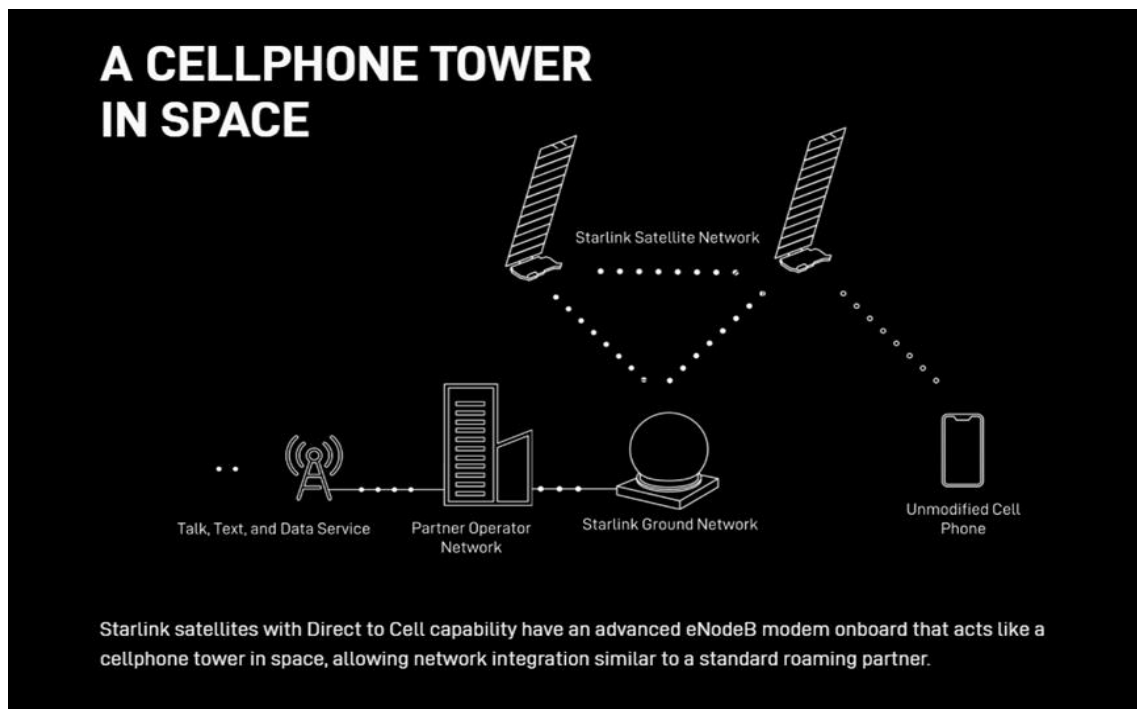


圖 3- 8、Starlink 之手機直連運作模式

資料來源：Starlink (2024), A Cellphone Tower In Space.

(二) 案例進程規劃及合作進度

FCC 於 2023 年核准該件合作協議，採實驗測試進行，並於 2023 年 12 月核發特殊臨時執照（Special Temporary Authority, STA）⁴²予 Space 公司，授權 SpaceX 自 2023 年 12 月起於美國 13 地進行為期 180 天之測試。實驗期間，SpaceX 將使用 840 顆具備直連手機酬載功能之衛星。其中，在每一特定時間區間內，將有 60 顆衛星根據此實驗性授權在美國提供行動通信服務。為確保實驗全面性以及設備間得以相容，兩公司將使用 2,000 款符合技術規範且經授權之手持終端行動設備進行測試。

該計畫原定於臨時執照到期的 2024 年 6 月後，於第三季正式推出商業服務，規劃以 2 至 4 Mbps 的網路傳輸速度提供基本資訊

⁴² FCC(2023), Request for Special Temporary Authority to Conduct Experimental Operations, <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=337665&x=>

傳輸功能及緊急通訊服務，並於 2025 年逐步擴展至公眾語音與資料傳輸功能，以及物聯網（Internet of Things, IoT）應用。然而，計畫進度目前有所延遲。

根據 SpaceX 於 9 月 13 日提交給 FCC 的文件⁴³，該公司重申需要放寬帶外發射（out-of-band emissions）限制，指出現行過於嚴格的規範不利於即時通訊的實現，可能導致其 Direct to Cell 衛星通訊服務的穩定性與可靠性，該計畫目前正與 FCC 商討放寬相關限制的可能性。

為確保計畫順利推進並延續相關技術開發與驗證工作，Space X 已重新申請臨時執照，新執照於 2024 年 5 月 1 日生效，並再次授權為期 180 天的測試權限。在前述新申請之特殊臨時執照到期後，FCC 於 2024 年 11 月 26 日正式同意 SpaceX 於美國境內提供 D2D 服務，惟該服務需遵守「無干擾、無保護」原則⁴⁴。

（三）案例使用頻段

本次合作協議首以實驗性測試進行，其所需頻譜現以租賃方式提供。2023 年 2 月 7 日，T-Mobile 向 FCC 提交《長期頻譜管理租賃通知》⁴⁵，通知委員會 T-Mobile 核發之部分個人通訊服務（Personal Communication Service, PCS）頻譜 1910-1915 MHz、1990-1995 MHz 兩頻段將授權予 SpaceX 合作使用。經審查，FCC 於同年度 12 月 10 日核准此次合作協議，允許 SpaceX 以租賃頻譜方式操作頻段，

⁴³ SpaceX(2024), Space Exploration Holdings LLC, ICFS File Nos. SAT-LOA-20200526-00055, SAT-AMD- 20210818-00105, SAT-AMD-20221216-00175, SAT-MOD20240423-00089, SAT-MOD-20230207-00021, SAT-STA-20240522-00108 and SAT-AMD-20240322-00061; Call Sign: S3069; GN Docket No. 23-135; ULS File Nos. 0010303032, 0010303084, 0010303124, and 0010303146, <https://www.fcc.gov/ecfs/document/10914226871971/1>

⁴⁴ FCC (2024), SpaceX Authorized for SCS and Operations at Lower Altitudes, <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-24-1193A1.pdf>.

⁴⁵ FCC (2023), Amended Description Of Transaction And Public Interest Statement, <https://wireless2.fcc.gov/UlsEntry/attachments/attachmentViewRD.jsp?applType=search&fileKey=1859682016&attachmentKey=21683202&attachmentInd=applAttach>

並核發特殊臨時執照。該執照授予 SpaceX 為期 180 天使用 T-Mobile 部分 PCS 頻譜進行實驗測試。

（四）案例執照類別

SpaceX 目前依據 2023 年 12 月核發之特殊臨時執照（Special Temporary Authority, STA），在美國境內進行實驗性運作，以開放衛星與地面行動通訊系統間的連結，該執照於 2024 年 6 月期滿。在原 STA 執照期滿前，Space X 再次提交申請並取得 STA 執照⁴⁶，新執照於同年 5 月 1 日起生效，並再次授權為期 180 天的測試權限，以延續推進相關技術開發與驗證。

在前述 2 個 STA 執照屆期後，Space X 於今年 11 月 26 日正式獲得 FCC 同意，依《單一未來網路：太空補充涵蓋框架（Single Network Future: Supplemental Coverage from Space）》監理規範（以下簡稱 SCS 框架）取得 SCS 執照，以遵守「無干擾、無保護」原則為前提，同意 Space X 使用 1910-1915 MHz（地對空）與 1990-1995 MHz（空對地）頻段於美國境內提供 D2D 服務。

（五）案例緊急應用

SpaceX 與 T-Mobile 合作之《Coverage Above and Beyond》計畫於 2023 年獲得 FCC 測試授權，並於 2024 年 1 月及 5 月，分別成功完成測試，包括透過 Starlink 直接傳送文字簡訊至手機，以及撥打視訊電話功能。

同年 9 月，颶風海倫重創美國東南部，摧毀當地通訊基礎設施，導致大規模網路中斷。為因應緊急狀況，FCC 於 10 月 4 日特別授權

⁴⁶ SpaceX(2024), Request For Special Temporary Authority To Conduct Experimental Operations, <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=347020&x=>

⁴⁷SpaceX 啟動 Starlink Direct-to-Cell 功能，為受災區提供緊急通訊支援。此授權使所有受災區手機用戶皆能接收緊急警報廣播，同時也可能藉此測試 T-Mobile 用戶的基本簡訊傳輸功能(Short Message Service, SMS)。

臨時授權為期 15 天，自 2024 年 10 月 4 日至 10 月 19 日，授權 SpaceX 使用 1910-1915 MHz 及 1990-1995 MHz 兩頻段提供直連手機服務，提供服務區域包括佛羅里達州、喬治亞州、北卡羅來納州、俄亥俄州、南卡羅來納州、田納西州、佛吉尼亞州以及西弗吉尼亞州。

⁴⁷ FCC(2024), SpaceX Hurricane Helene emergency SCS service, https://licensing.fcc.gov/cgi-bin/ws.exe/prod/ib/forms/reports/related_filing.htm?f_key=-516822&f_number=SATSTA2024100700215 (last visited 2024.12.12).

三、 衛星直連手機案例- TELUS 與 TerreStar Solutions 合作案

(一) 案例背景、進程規劃及合作進度

加拿大電信業者 TELUS 和衛星行動業者 TerreStar Solutions 於 2023 年 11 月宣布成功利用衛星連線進行行動語音通話，同時，透過衛星技術服務商 Skylo 之技術平臺進行智慧型手機之間的簡訊發送以及與物聯網設備的連接。這是加拿大第一個地面行動通訊到衛星以及物聯網到衛星之成功實驗案例⁴⁸，以下為其應用範圍：

- 偏遠地區客戶（例如徒步旅行者或露營者）無論身在何處都能接取行動網路；
- 提供備援連接，即使自然災害影響網路並損壞手機訊號來源，也能透過衛星接取緊急服務；
- 協助需要遠端現場工作和林業、能源和科學研究等監控及關鍵營運行業提高員工安全並降低成本；
- 為最偏遠地區的企業提供不間斷的車隊車輛追蹤和物資管理；
- 向農民提供即時資料可見性，包括溫度、水和特定地點的相關資訊，以改善偏遠農業的決策及永續經營。

與其他衛星直連手機之應用不同的是，TerreStar 使用的是同步軌道衛星，由於同步軌道衛星距離地球表面 35,000 公里，目前智慧型手機無法與多數同步軌道衛星建立直接連接，但 TerreStar 擁有的 EchoStar T1 在 2009 年發射時被稱為是世界上最大、最先進的 GEO 通訊衛星，其天線強大且靈敏，足以直接連接到普通手機。

⁴⁸ Global newswire(2023), TELUS, TerreStar and Skylo demonstrate Canada's first two-way communication between smartphones and satellites, <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/11/01/2771086/0/en/TELUS-TerreStar-and-Skylo-demonstrate-Canada-s-first-two-way-communication-between-smartphones-and-satellites.html> (last visited 2024.12.09).

TerreStar 曾經於 2010 年申請破產，後被美國 Dish 收購，2020 年再以 Strigo 品牌重新推出衛星網路服務。TerreStar 擁有加拿大全國層級之 2 GHz 頻段頻譜，使其能夠在加拿大各地提供充足的網路涵蓋。這項合作結合了非地面網路服務技術供應商 Skylo 的技術平臺、TerreStar 的頻譜和衛星服務以及加拿大行動業者 TELUS 之行動用戶終端，有別於過往的衛星行動如銱衛星等業者需另外使用昂貴而龐大的衛星行動終端手機，TerreStar 與 TELUS 合作使其地面行動用戶能使用原本的手機直接收發 TerreStar 之衛星行動訊號。

值得一提的是，這次的 D2D 試驗已超越衛星與智慧型手機直連的範疇，擴展到穿戴式裝置和低成本、低功耗的物聯網設備。TELUS 表示，隨著晶片組製造商正在為下一代智慧型手機配備 5G 衛星功能，持續探索 D2D 解決方案，預計將在 2024 年或 2025 年向客戶推出 D2D 服務及設備，但 TELUS 目前仍未公布相關產品資訊。

(二) 案例使用頻段

該案例使用之頻段應為 TerreStar 之衛星行動頻段。在 ISED 的資料庫中查詢發現，早在 2021 年，TerreStar 已獲 ISED 核准其將其英屬哥倫比亞省的進階無線服務頻段（Advanced Wireless Service band）以從屬執照（Subordinate Licence）⁴⁹之方式提供給 TELUS，從屬執照的頻率範圍為 2190-2200 MHz，而 TerreStar 的主執照頻率範圍則為 2000-2020 MHz 及 2180-2200 MHz。因此，推測雙方透過頻率共用之從屬執照安排，在從屬執照之下，TELUS 之行動用戶可在從屬執照區域內使用 TerreStar 的衛星頻段，透過 EchoStarT1 進行衛星與地面行動之異質網路通訊。

隨後於 2023 年 4 月及 2024 年 10 月，ISED 再次核准更多 TerreStar、

⁴⁹ ISED(2021), Subordination of spectrum licences held by TerreStar Solutions Inc. to TELUS Communications Inc. (sf11676), <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/spectrum-licensing/subordination-spectrum-licences-held-terrestar-solutions-inc-telus-communications-inc-sf11676#sA> (last visited 2024.12.09).

TELUS 的從屬執照申請，允許 TELUS 透過從屬執照的方式使用 TerreStar 持有的 AWS 4 頻段執照之一部，涵蓋安大略省南部的部分地區和北部三個地區。從屬執照的頻率範圍為 2180-2200 MHz，而 Terrestrial 的主執照頻率範圍則為 2000-2020 MHz 及 2180-2200 MHz。

(三) 案例執照類別

觀察加拿大 TELUS 與 TerreStar 之衛星直連手機合作試驗案例，由於 TerreStar 本身為取得加拿大全區之衛星行動執照業者，該執照亦可同時經營地面行動服務，故二者合作所面臨的異質網路結合並無所提供之服務與執照用途不符問題，須克服的是衛星行動服務將訊號發送至行動終端設備之干擾及技術問題。雖然兩方業者仍透過 Skylo 之 NTN 服務以 3GPP 雲端原生基地臺核心網路提供在地面行動與衛星網路之間無縫漫遊的連接解決方案平臺來進行測試，在實體層面仍涉及衛星行動與地面行動網路兩個異質網路在重疊的服務區域之合作。該測試案只需使用自身頻譜，無須額外使用其他業者之頻譜，應可透過目前雙方所擁有之頻段進行商業合作安排以發展該服務之測試。

目前本計畫並未找到雙方向 ISED 申請測試執照或發展執照之相關文件，但在測試前後，ISED 陸續核准 TerreStar 將執照之一部提供給 TELUS 作為從屬執照之申請案，雖然 ISED 網站上公告的從屬執照申請文件中並未公開 TerreStar 決定將其執照從屬於 TELUS 的動機或商業考量，目前推測雙方可能透過從屬執照進行的活動包括：

1. 商業合作: TerreStar 可能與 TELUS 建立了某種商業合作關係，透過將已持有執照之一部分提供從屬給 TELUS，以實現共同的商業目標。
2. 資源共享: TerreStar 可能希望透過將執照從屬 TELUS 來共享資源，例如：網路基礎設施或頻譜資源。
3. 財務收益: TerreStar 可能透過將執照從屬於 TELUS 以獲得

財務收益，例如：租金或其他形式的報酬。

本計畫將於「第四章、先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析」中，進一步分析與探討加拿大之衛星行動執照及從屬執照制度，亦可作為我國《無線電頻率使用管理辦法》因應異質網路新興應用適用之參考。

第四節 小結

本計畫蒐集國際異質網路案例包含衛星間互連、航空航海與地面網路互連以及非地面網路與地面網路互連之應用案例，隨著通訊市場不斷發展與創新，發展許多通訊服務用途之互連，最終目的皆為提升涵蓋範圍並普及至通訊不易之處，確保服務不中斷維持通訊服務。

綜整上述案例，大部分多是使用原本持有頻段來進行設備間互連，同時也因技術進步得以使用設備直連不同用途後提供通訊服務，如：衛星直連手機、手機直連高空通訊平臺等應用。國際間最為熱烈討論以非地面網路與地面網路互連之應用案例為主，包含 FCC 開始探討高頻段 70/80/90 GHz 頻段之飛機與航海提供寬頻接取服務之可能性、衛星直連手機之合作提供通訊服務，衛星直連手機根據 3GPP 標準分成使用 MSS 頻段與 IMT 頻段，因行動通訊技術標準進步且持續調整 MSS 使用頻段可用於 NTN 網路，作為目前發展最為快速之異質網路應用案例。

因此，使用 MSS 頻段之衛星直連手機案例可由衛星行動服務業者與手機設備商簽署提供服務，並向主管機關申請提供此服務即可，但 IMT 頻段之衛星直連手機將因使用頻段為行動通訊頻段尚屬實驗階段且尚有使用行動通訊頻段與干擾議題之疑慮，國際上將持續探討相關應用案例之發展及干擾議題，最終期待異質網路應用案例能帶來太空或天空補充通訊涵蓋，滿足通訊無所不在之特性。

表 3-1、國際異質網路案例應用發展型態觀測綜整表

	Marlink 與多業者之衛星整合案例	美國航空航海通信與地面網路互連政策案例	Globalstar 與蘋果公司合作案	SpaceX 與 T-Mobile 合作案	TELUS 與 TerreStar 合作案
技術架構	GEO、MEO、LEO 之服務層互連	航空器電臺、航空器、船舶與地面網路間之點對點通信鏈路	非地面網路（低軌衛星）與地面行動網路互連		非地面網路(GEO)與地面行動網路互連
使用頻段	• Ka 頻段 • Ku 頻段	• 71-76 GHz • 81-86 GHz	MSS 頻段： • 1610-1618.725 MHz(地對空) • 2483.5-2495 MHz(空對地)	IMT 頻段： • 1910-1915 MHz • 1990-1995 MHz	MSS 頻段： • 2000-2020 MHz • 2180-2200 MHz
應用情境	-	提供搭機或乘船情境之寬頻上網服務	緊急通訊 (發送位置與文字資料傳輸服務)	緊急通訊、偏鄉應用 (基本資訊傳輸功能及緊急通訊服務)	遠端監控、車隊追蹤、農業物聯網資料服務、語音、簡訊、偏遠地區接取
執照取得	使用衛星業者持有之執照	服務提供者需申請全國性非專用執照	使用 Globalstar 之既有 MSS 執照	• 實驗階段：特殊臨時執照 • 落地階段：取得《單一未來網路：太空補充涵蓋》框架(SCS)執照。	實驗階段：從屬執照申請

	Marlink 與多業者 之衛星整合案例	美國航空航海通信 與地面網路互連政 策案例	Globalstar 與蘋果公司 合作案	SpaceX 與 T-Mobile 合作案	TELUS 與 TerreStar 合作案
進程 規劃	-	2024 年 5 月 29 日完成 修 法 ， 並 針 對 70/80/90 GHz 頻段的 協調、授權和註冊流 程將實施新規則。	計畫於 2025 年發射 17 顆新 衛星	FCC 已於 2024 年 11 月 26 日同意 SpaceX 於美 國境內提供 SCS 服務， 惟該 SCS 服務需遵守 「無干擾、無保護」原 則。	預計將在 2024 年或 2025 年向客戶推出 D2D 服務及設備

資料來源：本計畫繪製

第四章 先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析

第一節 歐盟

一、頻率管理之主管機關

歐洲之頻譜主管機關，以歐盟執委會（European Commission, EC）、歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）、歐洲郵政和電信管理局（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）與電子通訊委員會（Electronic Communications Committee, ECC）針對無線電設備及頻譜監理相關方面進行合作，涵蓋整個歐洲政府之間層級⁵⁰。另外，無線電監理於國家層級，由歐盟各會員國主管機關訂定國家無線電頻譜分配表及無線電頻譜使用監理框架，且制定相關無線電頻率申請規範。

歐盟無線電頻譜政策旨在協調所有歐盟會員國之頻譜管理方法，總體目標為支援無線服務之市場，並促進電子通訊、歐盟政策及涵蓋其他領域之創新。此乃根據歐盟議會及理事會於2012年3月14日第243/2012/EU號指令決定，建立無線電頻譜政策計畫⁵¹，包含監管框架以及協調歐盟層面之接取條件，來確保無線電頻譜之有效使用並實現無線電設備的互通性。另外，電子通訊監管框架透過技術與服務中立原則，以及頻率持有人在一定條件下轉讓及租賃頻譜使用權之可能性，為頻率使用增加彈性。

歐盟執委會表示並維護歐盟整體利益，主要職責有四個：向歐盟議會及理事會提出立法建議；管理及實施社區政策；執行共同體法律；談判有關貿易與合作的國際協議。透過無線電頻譜政策小組（Radio

⁵⁰ ECC 與 ETSI 製作歐洲無線電設備集頻譜監理環境手冊，資料來源：ECC & ETSI(2016), The European regulatory environment for radio equipment and spectrum, https://www.etsi.org/e-brochure/radio/ETSI_ECC%20Brochure_2016_Web.pdf.

⁵¹ 無線電頻譜政策計畫，資料來源：The European Parliament & The Council of the European Union(2012), Decision No 243/2012/EU of the European Parliament and of the Council of 14 March 2012 establishing a multiannual radio spectrum policy programme Text with EEA relevance, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0007:0017:EN:PDF>.

Spectrum Policy Group , RSPG) 向歐盟執委會和政策制定者提供建議和策略分析，來協助歐盟執委會制定歐盟無線電頻譜政策和實施無線電頻譜政策計畫 (Radio Spectrum Policy Programme, RSPP)。

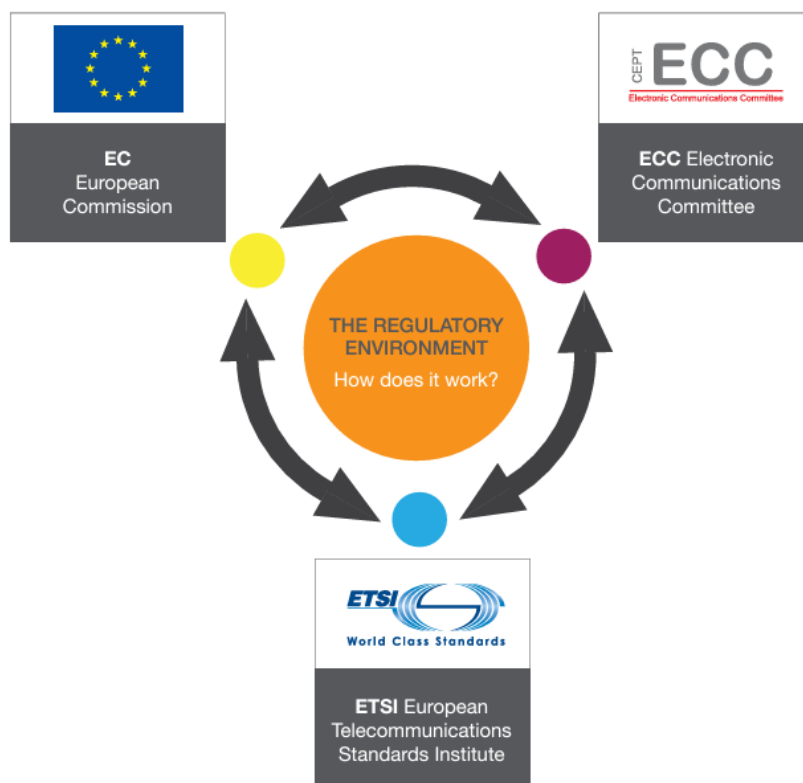


圖 4-1、歐洲無線電設備和頻譜監理環境

資料來源：歐盟無線電設備及頻譜監理環境手冊

二、 B5G、6G 下之頻譜規劃管理及異質網路新興技術應用情境

歐盟於 2024 年 4 月 30 日發布歐盟《Hexa-X-II 計畫》⁵²旨在為開發將下一代無線通訊服務進入歐洲及各地區，以滿足社會及生態系統之需求，透過推動通訊技術、架構等來實現此目標。同時創造全球無線通訊的未來，以保持 B5G/6G 時代的全球行業領先地位。另外，2030 年後歐洲與世界各地區將擴大通訊市場服務彈性化，透過使用非地面

⁵² 歐盟《Hexa-X-II 計畫》，資料來源：Ozgur Akgul,etc.(2024), Hexa-X-II_D3.3_v1.0, https://hexa-x-ii.eu/wp-content/uploads/2024/04/Hexa-X-II_D3.3_v1.0.pdf.

網路與不同類型網路提高涵蓋範圍及行動通訊效率，如衛星之間之互通性與地面網路之整合。

未來網路與網路互連將推動不間斷之通訊系統，透過使用非地面網路與地面網路涵蓋範圍可擴展至服務不足之區域，並提供創新之接取方式。目前非地面網路架構最常見，如圖 4-2。透過衛星將訊號從使用者終端設備傳輸至另一個使用者終端設備（或地面電臺）。

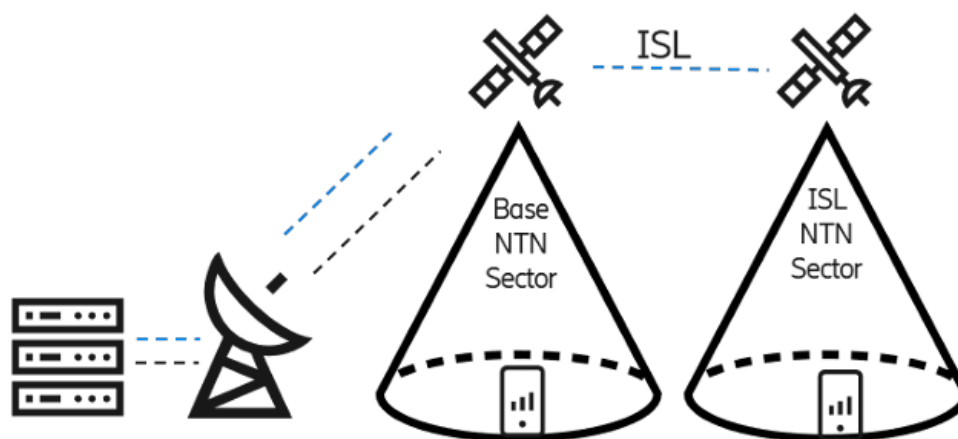


圖 4-2、歐盟下世代通訊 NTN 架構

資料來源：Hexa-X-II 計畫

同時 RSPG 指出非地面網路可以提供臨時或救災解決方案、生命安全與緊急服務；為偏遠地區或服務不足之區域，實現網路涵蓋；全球物流、運輸及能源領域之寬頻連接等，非地面網路對於大規模災難期間，提高行動通訊復原能力極為重要。另外，透過不間斷網路連線來彌補並擴大地面服務欠缺之地區，實現通訊不間斷及服務連續性。近期衛星供應商使用低軌道衛星於 IMT 頻段提供直接連接至設備之衛星服務，其中有行動通訊業者已取得獨家使用權，上述服務為補充地面網路涵蓋。主要此種創新應用案例應確保地面服務、其它衛星使用及考慮跨境協調相關問題。

另外，RSPP 主要面臨挑戰為即時分配足夠的頻譜，來支援 5G 與其他技術發展（如 6G 技術開發）以及制定動態頻譜政策必要性。同

時於 2024 年發布頻譜政策計畫保留關鍵政策目標，以保持技術創新及發展，如下：

1. 簡易之授權系統：透過促進頻譜共享及彈性授權，擴大彈性使用，進而提高頻譜使用效率；
2. 促進市場發展：促進歐盟數位服務與支持衛星政策提案保持一致；
3. 擴大免執照頻譜分配之緣由與可行性：需要評估擴大免執照頻譜分配並實踐推動合作與充足頻譜分配政策；
4. 促進競爭、創新及投資：RSPP 於不同條款皆強調促進競爭、創新及投資，來支持數位市場之動態成長；
5. 避免有害干擾：透過提議政策選項解決第三國造成之干擾；
6. 技術及服務中立性：主張頻譜使用權中立與促進技術及服務中立性之提案；
7. 頻譜協調：強調頻譜協調重要性，有助於政策凝聚力及頻率有效利用；
8. 將網路升級為高效率技術：強調網路升級為最高效率技術並確保數位基礎設施持續改善；
9. 確保取得先進之數位服務：探索足夠頻譜用於寬頻衛星服務，並將寬頻服務擴大至偏遠地區；
10. 分配足夠及適當頻譜：強調及時分配頻譜以滿足無線資訊流量需求，並提供相關支持政策選項；
11. 頻譜高效率管理與使用：鼓勵頻譜高效管理及使用，支持最佳頻譜使用之政策選擇；
12. 確保頻譜用於特定用途：承諾為無線寬頻、衛星與地面視聽

服務、地球觀測、生命安全服務、科學服務等分配足夠的頻譜；

13. 國際頻譜協商：RSPG 指導歐盟及會員國權限範圍內之國際頻譜協商；
14. 協助會員國進行頻譜協調：解決頻譜協調之問題，並透過政策選項提供持續相關性之支援；
15. 加強頻譜事務合作：鼓勵歐盟執委會、會員國、CEPT 及研究中心之合作，透過擬議之政策選項加強合作；
16. 頻譜清單：對頻譜清單的要求存在爭議，利害關係人對於頻譜清單之功能存在分歧。但歐盟執委會認為頻譜清單價值為提供歐盟之政策見解、識別未充分使用之頻段以及歐盟 2030 年數位目標之頻譜藍圖。

三、異質網路之頻譜管理政策文件

(一)衛星行動頻段

RSPG 於 2024 年 2 月 7 日發布關於評估 2027 年以後衛星行動服務使用 1980-2010 MHz 及 2170-2200 MHz 頻段之可能不同情境，同時確認未來衛星行動服務之不同用途，如補充地面連接（Complementary Ground Component, CGC）及歐洲航空網路（European Aviation Network, EAN）；一般 MSS（語音、數據）；M2M 及 IoT 生態系統；NTN 之 D2D 寬頻服務。

同時 RSPG 提出以下建議：

1. 根據歐洲法律框架，核發使用權是國家責任，允許會員國根據任何相關國情客製化使用權。因此，建議不要對此歐洲框架進行任何更改；

2. 為避免分散國家執照措施，建議歐盟執委會及會員國充分了解選擇方案以及後續程序步驟，包括歐盟層面之潛在營運商選擇流程，將利於已實施全面發照之會員國，可以根據協調的方式更新監理框架；
3. 建議適當考慮既有業者投資、市場發展、支持新進業者創新及提供更多服務之需求，同時強調以歐盟層面政策事項為優先；
4. 歐盟層級之境內提供服務及終端運作不影響 ITU 協調相關申請義務監理框架。若無實施新歐盟 MSS 框架，則可能不需要 ITU 層級額外協調。如果實施新歐盟 MSS 框架，則需要通知 ITU 層級之其他主管機關進行協調，因 2 GHz 頻段 MSS 受 ITU 太空系統協調規則之管轄。；
5. 建議歐盟執委會及會員國根據現行歐盟法律審查 2 GHz MSS 立法及框架，以利於目前 2 GHz MSS 國家授權到期前及時取得相關資訊，主要維持歐盟 2 GHz 頻段 MSS 目前技術協調。
6. 建議 2025 年 6 月底，針對選擇方案以及後續程序達到共識；
7. 建議進行頻段分配，提供 2x30 MHz 可用頻譜為歐盟常見方式，同時也考慮既有業者投資、市場發展、支持新進業者創新及提供更多服務之需求；
8. 解決 NB IoT 需求時，RSPG 指出由於操作頻寬減少，可於多個 NB IoT 服務供應商之間共享 2x5 MHz，且可根據 RSPG 於 WRC-27 會議提出分配 1 GHz 以上之頻譜資源建議進行討論；
9. 方案 1（不進行新頻段分配）：此種方案可能限制 MSS 服務提供之競爭以及未來創新或發展，如排除其他利害關係人或服務，且可能剝奪歐洲戰略自主權之機會。

（1）使用情境為選擇 2 名業者

- 2x15 MHz 歐洲航空網路（European Aviation Network,

EAN)、補充地面連接與任何 MSS 發展；

- 2 x 15 MHz 通用 MSS (單獨語音、資料、物聯網及其他發展)。

根據 RSPG 評估，建議考慮於 2027 年後使用以下 2GHz 頻段之方案：

- 方案 1：不進行新頻段分配。
- 方案 2：為刺激競爭，同時確保於目前監理狀況之過渡期，有限之分段頻譜可保留給目前選定營運商，以繼續提供服務並利用已經開發的基礎設施（例如歐洲航空網路、一般 MSS 及物聯網）。將有利於營運商之技術發展與競爭新頻譜使用。另外，其餘頻譜可用於新興技術，如 NTN 之 D2D 寬頻服務，最小頻寬為 2x10 MHz 以及 MSS 演進。

表 4-1、歐盟及各國用於 MSS 之 2GHz 頻段既有授權與使用情況

歐盟及各國 MSS 既有授權與使用情況	
歐盟執照 框架	1. 通知主管機關：英國及法國為歐盟 2 GHz 頻段 MSS 太空系統執照之通知主管機關。 2. 歐盟 626/2008/EC 號決議：建立 2 GHz 頻段供歐洲通用 MSS 系統之授權程序。 3. 選擇業者⁵³：2009 年，根據歐盟主導歐洲通用選擇及授權程序，Inmarsat 及 Solaris（現今 Echostar）取得歐盟 MSS 頻譜接取權。
國家授權	1. 英國：擁有境內 MSS 頻譜接取執照，此執照於 2009 年轉換為特定電臺之網路執照。 2. 法國：持有 2 GHz 頻段 MSS 太空系統執照。
目前使用	1. Inmarsat 及 Echostar：兩家業者皆已發射 MSS 衛星並於 2GHz 頻段提供服務⁵⁴。 2. 航空用途：2 GHz 頻段分配於整個歐洲 MSS 使用，Inmarsat 規劃使用此頻段透過衛星及地面通訊鏈路組合為飛機上乘客提供寬頻服務。
未來規劃	未來規劃：RSPG 透過具有專用終端及協調衛星系統審查使用既有衛星服務之國家授權，來評估各國相關商業模式下之市場，利於 2027 年後使用 ⁵⁵ 。

資料來源：本計畫整理

根據 RSPG、ETSI 以及 CEPT 提供有關衛星通訊技術發展及 2 GHz 頻段 MSS 未來提供服務之趨勢，主要針對 MSS 以及 CGC 目前使用情況，同時提出 2GHz 頻段未來潛在發展，包含非地面網路、M2M、IoT 之最新技術發展，持續考量手機直連衛星（Direct-to-Cell, D2C）及設備直連設備（Direct-to-Device, D2D）之功能。值得注意的

⁵³ Letter to RSPG observers ETSI and CEPT (2023)：RSPG 參與是為回應歐盟委員會關於 2 GHz 頻段衛星行動服務 (MSS) 歐盟級監管框架未來的徵求意見書（地對空通訊為 1980-2010 MHz，空對地通訊為 2170-2200 MHz）

⁵⁴ Ofcom(2017), Authorisation of terrestrial mobile networks complementary to 2 GHz Mobile Satellite Service (MSS), https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0022/107464/Authorisation-terrestrial-mobile-networks-2-GHz-MSS.pdf.

⁵⁵ 回應 RSPG 對 CEPT 之要求，提供有關衛星通訊最新技術發展以及 2GHz 頻段 MSS 未來使用相關提供服務之趨勢, https://api.cept.org/documents/ecc/78628/ecc-23-025annex3_response-to-rspg-on-mss-2ghz

是，所有提出相關服務皆可於同步軌道衛星以及非同步軌道衛星系統使用，RSPG 建議於 2027 年後 MSS 服務下保持技術中立。

(二)無人機

CEPT 於 2018 年 5 月 29 日至 5 月 30 日召開無人機頻譜會議，提出目前歐盟免執照頻段之飛機模型使用集中於 2.4 GHz 及 5.8 GHz 頻段（飛機模型用途包含相機及各種模擬解決方案等類型）。另外，也有於 27 MHz、35 MHz、40 MHz、433 MHz 及 868 MHz 頻段做使用，但於免執照頻段使用之條件，包含超視距飛行(Beyond Visual Line of Sight, BVLOS)以及模型或消費者使用之無人機設備。同時於 2018 年 7 月 12 日歐盟委員會(European Commission, EC)發布無線電頻譜委員會(Radio Spectrum Committee, RSC)文件，提出 CEPT 正在討論 1900-1920 MHz 頻段被認為可滿足專業無人機或 UAS 未來需求可能的頻段。

根據 2023 年 6 月 ETSI 發布「用於當地專用網路之臨時、動態及彈性頻譜接取之頻譜共享架構」⁵⁶，對於無人航空載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)及無人飛機系統(Unmanned Aircraft System, UAS)不斷增加，同時擴增對頻譜需求。無人機可以用於不同的用途，從休閒到專業用途，對於不同的用途在安全性和功能方面具有不同等級之要求，無人機系統成功基礎之一為風險管理。2020 年歐洲採用新法規引入依照比例風險 UAS 政策框架，由歐洲航空安全局(European Union Aviation Safety Agency, EASA)定義開放、特定和經過認證的操作類別。同時無人機通訊頻譜可利用四種不同方式：免執照頻段、專用頻段、區域執照或租賃頻譜及公共行動 IMT 頻段，對於需要更高

⁵⁶ Sophia Antipolis(2023), ETSI and WinnForum Join for New Whitepaper on Spectrum Sharing for Local Private Networks, <https://www.etsi.org/newsroom/press-releases/2246-etsi-and-winnforum-join-for-new-white-paper-on-spectrum-sharing-for-local-private-networks> (last visited 2024.11.20).

保護及服務品質之應用，BVLOS 需要使用專用頻譜運作，以確保服務品質。

表 4-2、無人機控制及可額外攜帶之重量案例特徵

範圍	無人機控制	無人機可額外攜帶之重量
布建	固定、漫遊、行動。	固定、漫遊、行動。
服務品質等級	可靠性、低延遲	可靠性、高通量
風險評估工具技術規格 (Risk Assessment Tool Technical Specifications, RAT)	標準化	
網路涵蓋	當地、國家、跨國	
使用期限	幾分鐘至幾小時	
無線射頻通道維持時間		
頻譜接取方式	規劃	
頻譜接取	免執照頻段、專用頻段、區域執照或租賃頻譜及公共行動 IMT 頻段：以共享及協調為主	
頻譜	FR1：450-6000 MHz	FR1：450-6000 MHz FR2：24.25-52.6 GHz
頻譜需求	低	高

資料來源：本計畫彙整

第二節 英國

一、頻率管理之主管機關

英國通訊管理局（Office of Communication, Ofcom）為頻率管理主管機關，負責管理英國頻譜，且確保高效率及有效使用頻率來支援廣泛的服務，包含行動通訊、廣播以及其他無線應用。由 Ofcom 制定頻譜使用授權及規則，確保無線電頻譜授權及分配能有效利用；保護無線電設備，並調查與處理不符合規範之使用，且代表英國參與國際協調，同時處理干擾議題；根據技術演進、市場需求等因素調整管理政策及方法，且定期發布頻譜管理策略；同時負責監理英國廣播、電信及郵政服務，確保公眾利益受到保護。Ofcom 作為頻率管理主管機關，對於頻率授權、干擾處理以及制定政策等方面扮演重要角色，同時確保頻譜資源正確分配及有效使用。

Ofcom 於 2021 年 1 月發布頻譜策略決議⁵⁷，提出頻譜管理制度，研議頻率之授權使用應設置使用條件，並透過監測、符合規範及執行干擾管理。Ofcom 針對頻譜管理願景，提出關鍵策略目標有 4 大項，如表 4-3。

⁵⁷ Ofcom(2021), Statement: Supporting the UK's wireless future – Our spectrum management strategy for the 2020s, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/208745-supporting-the-uks-wireless-future/associated-documents/spectrum-strategy-statement.pdf>

表 4-3、英國頻譜管理願景

關鍵策略目標	說明
改善無線通訊使用	改善無線通訊使用不間斷：消費者依賴無線服務及技術，並支援企業及公共服務。同時持續新增小工具、廣播及電視服務與衛星導航間行動、Wi-Fi 以及無線連接（如藍牙等）。
提供服務正確取得使用無線通訊及頻段	有特殊要求之企業、公部門及其他組織，需取得正確無線通訊頻譜選項： 1. 持續增加及創新使用之無線通訊可支援英國各地提供所有類型組織不同應用程式之轉型。 2. 部分組織還有專門的科學要求，上述要求只能透過使用特定的頻率來滿足（如氣候監測），期望滿足未來具有特殊頻譜需求之用戶。
支持創新及提高頻譜使用彈性	未來將無法預測新的無線服務，因此為能讓創新持續發展，將提出頻譜相關使用方式： 1. 支持創新提高頻譜使用靈活性，並適當確保持續使用。 2. 提供頻譜使用靈活性，使創新蓬勃發展為目標。 3. 持續確保頻譜適當使用，支持無線服務既有效益，也提供未來投資條件。
提高頻譜使用效率	持續提高頻譜使用效率： 1. 無線電頻譜為有限資源，提供所有新的或改善之無線服務皆應有效利用，持續提高頻譜使用效率為目標。 2. 如擴大共享頻譜、布建新技術以及將從低價值用途頻譜回收至高價值用途。

資料來源：Ofcom(2021), Statement: Supporting the UK's wireless future – Our spectrum management strategy for the 2020s

因應頻率資源需求持續增加，且 6G、下一代 Wi-Fi 及衛星（非地面網路）繼續成為網路演進的焦點，Ofcom 考量不同技術之存取及共享頻譜，根據不斷發展的服務及英國各地消費者的需求，於 2024 年 3 月發布《2024/25 年工作計畫》⁵⁸，提出頻率相關管理機制，促進頻譜有效利用。同時推動頻譜發展及頻率共享創新，促進頻譜使用率，將進一步考量國際、技術以及市場發展來更新及審視頻譜管理架構，透過更新及審視頻譜管理架構確保適合眾多無線服務以及商業模式，能夠實現即時且有效取得頻譜。Ofcom 規劃改善頻率使用，將著重於以下 4 點：

1. 頻率管理：考量 WRC-23 之決議以及歐洲與英國頻譜政策之優先事項對於未來發展影響。同時探討不同服務於同頻段之共存模式及條件，如：Wi-Fi 與行動通訊、GSO 與 NGSO，具體案例包含 U6 頻段之行動通訊與 Wi-Fi 混合共享機制⁵⁹、NGSO 水上用途之共存條件⁶⁰。
2. 加強頻譜使用者操作能力：Ofcom 管理約 420,000 個有效頻譜執照⁶¹，並持續提供頻譜使用者建議與協助。同時提供線上服務，改善對頻率資訊之接取。調查有害干擾及未授權或非法使用頻譜者，且限制不符合規定之設備降低有害干擾。
3. 監理與量測：進行監理機制與實地測量，為政策制定及營運需求提相關資訊。

⁵⁸ Ofcom(2024), Ofcom's Plan of Work 2024/25,

https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0020/281630/Statement-Plan-of-Work-2024-25.pdf

⁵⁹ Ofcom(2024), Vision for sharing upper 6 GHz spectrum between Wi-Fi and mobile,

<https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/vision-for-sharing-upper-6-ghz-spectrum-between-wi-fi-and-mobile/> (last visited 2024.08.01).

⁶⁰ Ofcom(2023), Statement: Satellite Earth Station Network licences,

<https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/261233-satellite-earth-station-network-licences/associated-documents/satellite-earth-station-network-licences-statement.pdf?v=330142>.

⁶¹ Ofcom(2024), Ofcom System Information System,

<https://www.ofcom.org.uk/spectrum/frequencies/spectrum-information-portal/> (last visited 2024.12.10).

4. 頻譜規劃：持續為英國不同地區使用相同頻段之持有者進行頻率之規劃（如無線電及廣播電視）。

針對英國頻譜有效利用之頻率管理機制與做法可行性，Ofcom 加強頻譜管理平臺來支持監理政策且降低有害干擾，為異質網路之發展所作出對應準備。

二、 B5G、6G 下之頻譜規劃管理及異質網路新興技術應用情境

觀察 Ofcom 針對異質網路之頻譜管理政策，可發現英國目前著重於探討「衛星直連手機」之相關議題。Ofcom 於 2023 年 10 月發布《次世代無線電頻譜管理》討論文件⁶²，旨於讓所有人取得通訊服務之權利做為目標。因應通訊服務不斷增加之需求，Ofcom 對於新一代無線電技術及布建模型（如天空或太空之非地面網路），將改善無線電連接之可用性、可靠性、功能及選擇，稱為次世代無線寬頻（Next Generation Wireless Broadband, NGWB）。

Ofcom 面對未來新無線電技術及服務廣泛使用下，考量可能擴大頻譜使用需求，確保頻譜保持使用彈性，以確保頻譜接取不會造成網路布建之阻礙。因此 Ofcom 採取頻譜管理方式如下：

1. 強調頻譜共享與頻譜接取彈性化（Flexible access），來適應 NGWB 網路選項及技術之多樣性，同時探索頻譜接取彈性化之先進技術來提高頻譜效率；
2. 審視頻譜授權及分配之合適性，以確保未來技術發展、設備標準與授權機制更新，可支援頻譜共享相關使用方法；技術研究與頻譜管理政策，將考量 NGWB 技術及架構（如非地面網路等使用案例）。

⁶² Ofcom(2023), Spectrum Management for Next Generation Wireless Broadband, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/spectrum/spectrum-management/spectrum-management-for-next-generation-wireless-broadband/?v=330283>.

Ofcom 採取積極且彈性之頻譜管理方式，來確保頻譜管理能適時根據需求進行滾動式調整，進而達到頻譜有效使用。例如：頻譜沙盒計畫，為頻譜使用者提供試驗或頻譜共享之方法，以加強執照分配流程。

三、異質網路之頻譜管理政策文件

國際上異質網路案例逐漸發展，同時非地面網路與地面網路互連同屬異質網路之樣態，旨在於提供無所不在之通訊服務。因此各家衛星業者推動非同步軌道衛星布建，提供個人及企業之創新高容量連接、涵蓋家庭寬頻或飛機與船舶等相關服務、為偏遠地區提供手機後傳服務及物聯網服務。Ofcom 於 2021 年 10 月發布更新非同步軌道衛星系統執照之監理框架，旨在確保人民與企業可以取得通訊服務，且改善寬頻服務難以到達之地區。Ofcom 支持非同步軌道衛星系統之創新解決方案，同時也帶來新的頻譜管理挑戰。

因此，Ofcom 提出更新非同步軌道衛星系統執照之建議，將影響衛星地球電臺網路執照以及非同步軌道衛星地球電臺執照，前者網路執照為允許非同步軌道衛星用戶使用終端設備，且必須由英國提供服務之衛星營運商持有；後者非同步軌道衛星地球電臺執照為 Gateway 地球電臺，將衛星網路連接到網際網路或專用網路及雲端服務之關鍵站點。

根據上述 2 種執照，Ofcom 將引進新的申請流程，將檢查以下事項：

1. 在不降低使用者服務的情況下，授權可共存之非同步軌道衛星系統；
2. 避免授權執照而產生任何競爭限制；
3. 公布執照申請且預留諮詢之時間，使利害關係人可以提供有關干擾或競爭影響之資訊。

未來與既有網路執照與 Gateway 執照之執照條件將請非同步軌道衛星持有者之間進行技術合作、於干擾發生時由 Ofcom 進行干擾案例之管理，以保護英國消費者；要求 Gateways 只根據擁有網路執照授權之 NGSO 衛星系統運作；要求 Gateways 於 12 個月內啟動並維持傳輸。Ofcom 確保所有相關衛星設備遵守上述之更新規則，將逐步取消 Ka 頻段運作之用戶終端執照豁免證。未來將持續發展非同步軌道衛星，將面臨不同監理挑戰，包含非同步軌道衛星將如何與其他頻譜使用者（如：同步軌道衛星、無線電天文）共存。

（一）英國 Ofcom 提出各家衛星業者 NGSO 申請執照之諮詢文件

Ofcom 於 2023 年年底至 2024 年陸續提出非同步軌道（non-geostationary）地球電臺網路執照諮詢文件，針對提供非同步軌道衛星（Non-geostationary satellite orbit, NGSO）之衛星業者提出相關諮詢，其內容包含 Kepler、Rivada 業者以及 Starlink 申請提出變更 Gateway 執照之諮詢文件。

Ofcom 於 2024 年 3 月發布 Rivada 申請 NGSO 網路執照之決議⁶³，Rivada 於 2023 年 8 月 25 日提出 NGSO 網路執照申請將使用 Ka 頻段（27.5 -27.8185 GHz、28.4545-28.8265 GHz 以及 29.5-30 GHz 頻段）供地面用戶終端使用，其計畫提供政府通訊、海事及航空連接、企業網路以及後傳網路之服務。最後 Ofcom 決定授權 Rivada 非同步軌道衛星網路執照，因 Ofcom 認為 Rivada 具有與既有及未來 NGSO 執照持有者共存之技術能力。此外 Ofcom 進一步認為此系統可以與其他用途共存（如：固定鏈路、無線電天文及同步軌道衛星用途），同時也評估此申請不會對市場競爭造成重大風險。

Ofcom 於 2024 年 3 月 22 日發布 Kepler 申請 NGSO 地球電臺網

⁶³ Rivada 申請 NGSO 網路執照之決議,資料來源：Ofcom(2024), Statement: Rivada Space Networks GmbH - application for non-geostationary earth station network licence, <https://www.ofcom.org.uk/cy/spectrum/space-and-satellites/rivada-space-networks-gmbh/> (last visited 2024.06.27).

路執照之意見諮詢文件⁶⁴，Kepler 曾持有英國網路及營運衛星服務之執照，其執照於 2022 年 5 月到期，本次申請頻率為 14-14.25GHz、27.5 -27.8185 GHz、28.4545-28.8265 GHz 以及 29.5-30 GHz 頻段，與先前執照申請之頻率相同。同時 Kepler 於此申請中表示將採取可行性措施保護 10.6-10.7GHz 頻段之無線電天文臺，避免有害干擾。Ofcom 將考量此次意見諮詢之回復，再決定是否核准此執照之申請。

Ofcom 於 2024 年 4 月 26 日發布 Starlink 申請提出變更 Gateway 執照之意見諮詢文件⁶⁵，主要為 Starlink 申請要求變更 4 個 NGSO Gateway 執照，建議擴大上述 4 個地球電臺天線數量，但 Ofcom 考量技術共存以及競爭影響之議題。因此 Ofcom 要求申請人證明其網路間如何共存、與未來 NGSO 系統共存能力，初步評估 SpaceX 可以與既有及未來執照持有者共存，且 SpaceX 有義務持續保持協調與討論空間，同時 SpaceX 要求之變更不可過度影響其他授權之 NGSO 服務、未來 NGSO 服務、GSO 服務以及使用相同頻段之固定鏈路使用者。

（二）英國 2024 年創新衛星通信應用相關政策文件

英國 Ofcom 於 2024 年 3 月發布《2024/25 年工作計畫》，內容強調 Ofcom 未來一年將著重研析衛星行動用途議題（如：衛星直連行動設備、衛星寬頻服務之頻率等），並盡力保障新興技術接取與共享頻譜之權利。

⁶⁴ Kepler 申請 NGSO 地球電臺網路執照之意見諮詢文件,資料來源：Ofcom(2024), Kepler Communications Inc: application for NGSO earth station network licence, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/281181-kepler-communications-inc-application/associated-documents/consultation-kepler-communications-inc-application.pdf>.

⁶⁵ Starlink 申請提出變更 Gateway 執照之諮詢文件,資料來源：Ofcom(2024), SpaceX application for variation of a nongeostationary gateway licence, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/283714-starlink-internet-services-limited-spacex-application/associated-documents/consultation-spacex-application-ngso-gateway-licence-april24.pdf>.

表 4-4、英國未來異質網路之頻譜管理政策

政策目標	說明
探究性方法-頻譜沙盒	Ofcom 將持續與業界、學術界就頻譜沙盒進行合作，持續探索、測試創新解決方案的潛力，以實現更靈活、更有效率的頻譜共享。
「衛星傳輸行動裝置」議題之法規調適	隨著衛星通信能夠直接傳輸到行動裝置的發展，將確保使用頻譜授權符合目的。Ofcom 將持續參與國際合作，制定支持 NGSO 衛星之法規。

資料來源：Ofcom(2024), Ofcom's Plan of Work 2024/25

Ofcom 為實現創新的衛星通訊應用，發布相關政策文件如第一季《衛星行動用途/衛星直連行動設備之意見徵集》；第三季《28 GHz gateways 決議文件》及《Q/V/E band gateways 文件》，以下分述之。

1. 《Q/V/E 頻段 gateways 文件》

Ofcom 於 2024 年 3 月 22 日發布諮詢文件，英國衛星連接服務對於消費者及企業需求日益重要，同時為偏遠地區、船舶及航空器提供寬頻服務為至關重要，利害關係人進而向 Ofcom 提出擴增衛星 Gateway 地球電臺之頻譜，如 Q/V 頻段（37.5–43.5 GHz、47.2–50.2 GHz 及 50.4–52.4 GHz）；E 頻段（71-76 GHz and 81–86GHz）。

衛星 Gateway 地球電臺將網路連接到網際網路、專用網路或雲端服務，由衛星固定服務、同步軌道衛星與非同步軌道衛星系統提供，因此組成衛星系統。

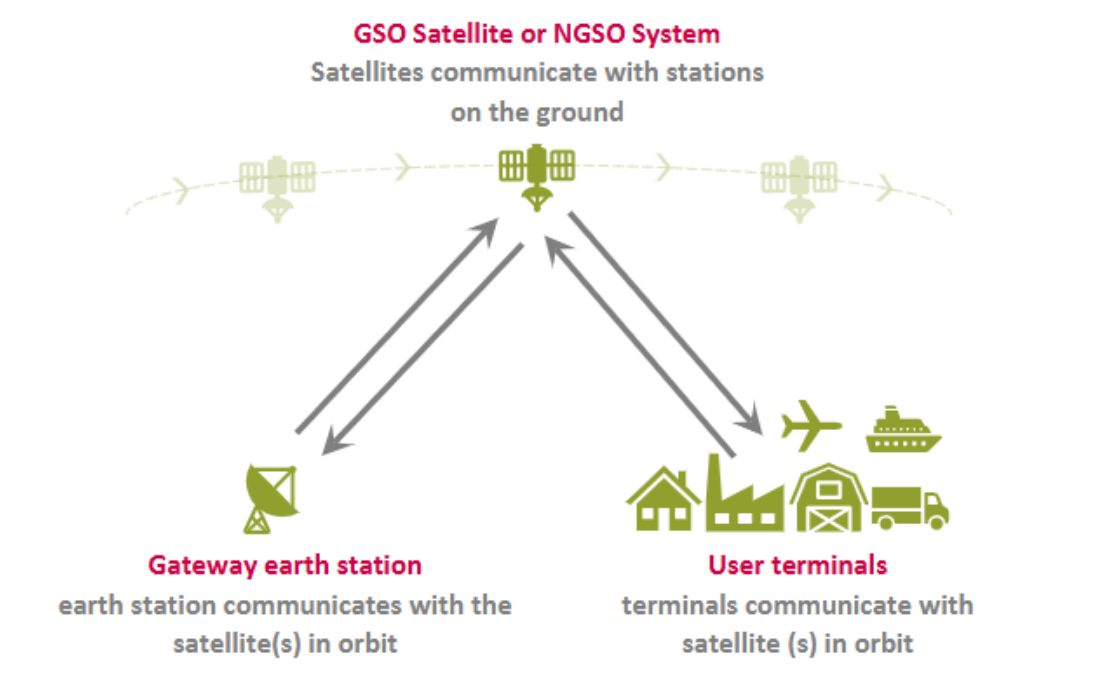


圖 4-3、Ofcom 提出衛星通信系統架構

資料來源：Ofcom(2024)

同時本文件尚在了解 Q/V 頻段之重要性及可行性，同時也關注於 E 頻段可提供 10 GHz 頻譜，也參考美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）已授權 E 頻段供衛星 Gateway 地球電臺。另外也針對英國同頻及鄰頻頻段之用途，提出共享頻率及干擾評估，亦請相關利害關係人提供相關意見。同時此意見徵詢於 2024 年 6 月 14 日結束，規劃於 2025 年第三季發布。

2. 《28 GHz gateways 諮詢文件》

Ofcom 於 2024 年 3 月 22 日發布增加 27.5 – 30 GHz 頻段（28 GHz 頻段）使用諮詢文件⁶⁶。Ofcom 於 2000 年與 2008 年 28 GHz 頻段於技術和服務中立的基礎上，根據頻譜接取執照進行拍賣及授權。執照主要用於固定鏈路布建；於少數情況下，頻譜接取執照持有者將頻譜出租給特定地點之衛星營運商供衛星 Gateway 使用。根據衛星通

⁶⁶ Ofcom(2024), Statement and consultation: Increasing use of the 27.5 – 30 GHz band , <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/increasing-use-of-the-27-5-to-30-ghz-band/> (last visited 2024.11.20).

信之技術發展快速情況下，國際間 27.5 – 30 GHz 頻段（28 GHz）使用擴增，此頻段為衛星上行鏈路（地對空）核心頻段之一。

Ofcom 於 2023 年 2 月 7 日收到 Arqiva 電信公司提出要求更改 28 GHz 頻譜接取執照，此執照授權使用 27.8285-28.0525 GHz 頻段與 28.8365-29.0605 GHz 頻段配對共 448 MHz。Ofcom 於 2023 年 3 月 23 日決定同意 Arqiva 之變更請求並將其有效期限更改為 2026 年 7 月。同時 2023 年 8 月 18 日就允許衛星 Gateway 使用 Arqiva 歸還之頻譜。

Ofcom 根據 28 GHz 頻段分配（28.0525-28.1645 GHz、28.1925-28.3045 GHz、28.3325-28.4445 GHz、29.0605-29.1725 GHz、29.2005-29.3125 GHz 和 29.3405-29.4525 GHz）之 4 個頻段及 Arqiva 歸還之頻譜，用於非同步軌道衛星 Gateway 及同步軌道衛星 Gateway（永久地球電臺, Permanent Earth station）。衛星營運商可以透過 Ofcom 非同步軌道衛星 Gateway 及同步軌道衛星 Gateway 執照申請或變更流程申請使用上述頻譜。

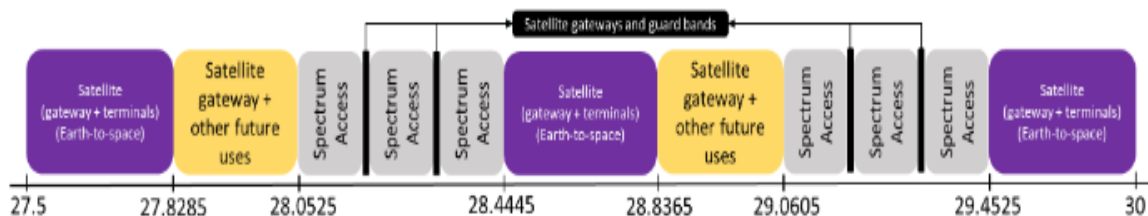


圖 4-4、Ofcom 提出更新之 28 GHz 頻段規劃

資料來源：Ofcom(2024)

3. 《衛星行動用途/衛星直連行動設備之意見徵集》

Ofcom 於 2024 年 7 月發布《衛星行動用途/衛星直連行動設備（D2D）之意見徵集》⁶⁷蒐集利害關係人對英國 D2D 衛星服務及衛星行動服務潛在需求與相關頻譜，並於 2024 年 11 月 20 日更新此文件。

⁶⁷ Ofcom(2024), Improving mobile connectivity from the sky and space, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space/main-documents/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space.pdf>

關於英國引入 D2D 衛星服務，可提高網路彈性及擴大既有地面網路涵蓋，但並未對於此服務提供授權時間有共識。另針對衛星行動服務於 2027 年屆期，皆有業者對 2 GHz 頻段衛星行動服務頻譜用於各項服務有興趣。但，多數業者強調頻譜共享方面將面臨挑戰，如衛星行動服務皆為分配專屬頻段，於不同衛星行動服務系統之間頻率共存可行性極高，但於行動通信頻譜中同頻段共享可行性不高。此議題將於 2025 年年初具體提案進行協商。

(三) 英國 Ofcom 提出無人機頻率管理政策文件

Ofcom 於 2022 年 10 月 16 日發布無人飛行系統頻譜 (Unmanned Aircraft Systems, UAS) 文件，在英國由民航局 (Civil Aviation Authority, CAA) 負責航空安全及確定空域使用政策，而 Ofcom 負責授權使用無線電通信設備。大多數無人飛行系統使用 Wi-Fi 頻段或 2006 年《無線電報法》 (Wireless Telegraphy Act, WT 法案) 不需要執照之模型飛機。近年無人機技術發展快速，使用此種免執照設備並不能為新興應用案例提供必要之需求，如飛行更高及更遠之飛行距離，可能會超出操作員的視線範圍 (Beyond visual line of sight, BVLOS)。於是制訂無人機頻譜執照框架。

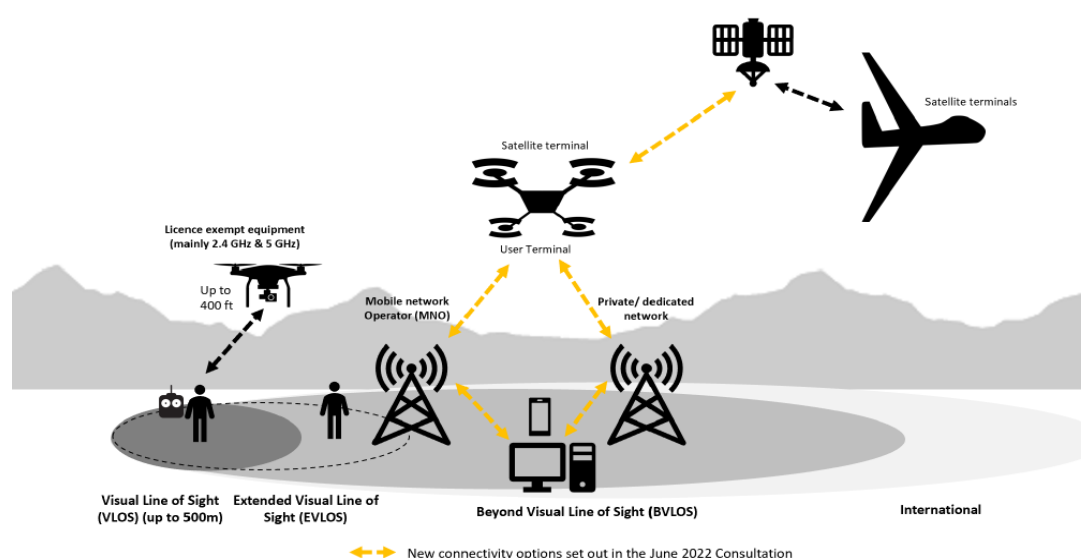


圖 4-5、Ofcom 無人飛行系統指令、控制及有效負載之通信鏈路

資料來源：Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS).

Ofcom 提出引入新執照申請，以授權無人機使用無線電設備，Ofcom 認為無人機設備種類眾多，若全數無人機設備免執照，恐存在干擾其他服務之風險。

同時考量太空頻譜戰略政策，Ofcom 考慮增加航空移動式地球電臺（earth stations on mobile platforms, ESOMPs）及移動式地球電臺（Earth Station in Motion, ESIM），也包含無人飛行系統。但有明確指出無人飛行系統用途為衛星通信設備，以及使用 Ku 頻段（14-14.47 GHz）和 Ka 頻段（27.5-30 GHz）業者需持有衛星（地球電臺網路）執照。另外為確保英國無線電天文臺，不允許無人飛行系統在 14.47-14.5 GHz 頻段使用，以及針對 2.6 GHz 頻段使用航空終端傳輸（airborne UE transmissions），因會造成航空交通管制（Air traffic control, ATC）雷達干擾，故不允許於英國任何地區航空終端傳輸使用 2.6 GHz 頻段。

Ofcom 以無人飛行系統操作員之無線電執照進行頻率申請，同時以表 4-5 無線電設備區分申請頻段。

表 4-5、無人飛行系統操作員之無線電執照頻段

系統	頻段
高頻通信	2.85-22 MHz
VHF 通信	117.975-137 MHz
行動網路使用者	● 703-733 MHz (700 MHz 頻段)； ● 832-862 MHz (800 MHz 頻段)； ● 880-915 MHz (900 MHz 頻段)； ● 1710-1781.7 MHz (1800 MHz 頻段)； ● 1920-1980 MHz (2100 MHz 頻段)； ● 2350-2390 MHz (2.3 GHz 頻段)； ● 3410-3800 MHz (3.4-3.8 GHz 頻段)。
空中交通管制應答機 (Air Traffic Control Transpond)	1030/1090 MHz
交通警報和防撞系統 (Traffic Alert and Collision Avoidance System)	

系統	頻段
機載防撞系統 (Airborne Collision Avoidance System)	
廣播式自動相關監視 (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)	1090 MHz
一般接取接收器 (Universal Access Transceiver)	978 MHz
距離測量設備 (Distance Measurement Equipment)	960-1215 MHz
衛星地球電臺通信	● 14-14.47 GHz ； ● 1525-1660.5 MHz ； ● 1980-2010 MHz ； ● 27.5-27.8185 GHz 、 28.4545-28.8265 GHz 及 29.4625-30 GHz 用於傳輸(地對空)。
2 GHz 補充地面元件 (2 GHz Complementary Ground Compone)	1980 -2010 MHz
無線電高度計	4200-4400 MHz
氣象雷達	9300-9500 MHz
超高頻導航	108-117.975 MHz
儀器降落系統 (Instrument Landing System)	328.6-335.4 MHz
全球導航衛星系統	1227.6-1600.99 MHz
無線區域網路	● 2400-2483.5 MHz ； ● 57- 71 GHz 。
短距離設備	● 26.96-27.28 MHz ； ● 34.945- 35.305 MHz ； ● 433.04- 434.79 MHz ； ● 458.5-459.5 MHz ； ● 862-870 MHz ； ● 2400-2483.5 MHz ； ● 5725–5875 MHz ； ● 24.150–24.250 GHz 。

資料來源：Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS)、本計畫彙整

另外，使用任何特定之行動網路或頻段之無人機飛行系統都須取得行動網路業者之許可。

（四）英國 Ofcom 頻率提供使用與轉讓規範

英國 Ofcom 於頻譜交易規範始於 2004 年 11 月，Ofcom 依據「通訊法」第 168 條與第 403 條之規定，公告《無線電頻譜交易規則》（The Wireless Telegraphy (Spectrum Trading) Regulations 2004）。由 Ofcom 針對頻譜交易訂定相關規則。根據 Ofcom 於 2020 年 3 月最新公告之《交易指導說明》（Trading Guidance Notes）⁶⁸，頻譜交易區分為頻譜使用權轉讓（Transfer）與租賃（Lease）兩種型式。兩者最大的差異，在於轉讓頻譜之執照持有者放棄頻譜使用之權利與義務，且必須通知 Ofcom，Ofcom 亦須發放新的執照給購買者。而租賃頻譜屬交易雙方行為，無須向 Ofcom 通報，出租人仍須負擔執照義務（如繳交執照費），承租人不會獲得主管機關核發之頻譜使用執照，但可從租賃中取得頻譜使用權利⁶⁹。

⁶⁸ Ofcom(2020), Trading Guidance Notes, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/manage-your-licence/spectrum-trading/trading-guidance-notes.pdf?v=335392>

⁶⁹ 同前註。

第三節 美國

一、 頻率管理之主管機關

美國無線電頻譜由聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）與國家通信暨資訊管理機構（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）兩機構共同管理與協調頻譜之應用。兩機構負責監督並確保美國境內無線電頻譜有效分配與利用，以滿足各式重要用途與資訊傳輸之需求。藉此共同管理與協調機制，確保頻譜資源有效運用，同時維護公眾與商業利益之權益。

為促進頻譜資源使用效益且確保所有無線電用途在不互相造成有害干擾的情況下運作，聯邦政府將無線電頻率分配為「聯邦（Federal）」與「非聯邦（Non-Federal）」兩種類型。其中，聯邦分配由 NTIA 掌管，涵蓋軍事、警察、消防及民用航空等聯邦政府頻譜運用；而非聯邦分配則由 FCC 負責，規管州政府、地方政府、商業、組織內部運用及個人用途等無線電頻譜。

二、 B5G、6G 下之頻譜規劃管理及異質網路新興技術應用情境

（一）B5G、6G 下之頻譜管理制度

美國白宮於 2023 年 4 月 21 日發布《6G 原則：透過設計實現開放和韌性》（Principles for 6G：OPEN& RESILIENT BY DESIGN）⁷⁰ 六大原則，其中點出為實現 6G 無所不在的連結之發展目標，鼓勵促進開放且具互通性技術創新之無線通訊系統。

針對白宮發布之六大原則，FCC 於同日宣布推動《6G 行動通訊技術發展方向與策略計畫》⁷¹，提出 5 項具體工作規劃，包括啟動首

⁷⁰ White House National Security Council(2023), Principles for 6G: OPEN & RESILIENT BY DESIGN, <https://www.openranpolicy.org/wp-content/uploads/2023/04/principles-for-6g.pdf>

⁷¹ FCC(2023), Remarks of chairwoman Jessica Rosenworcel to the national science foundation“6g: open and resilient by design”, <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-392792A1.pdf>

項聯邦政府 6G 項目；明定 7-16 GHz 為 6G 主要中頻段，同時進行 12.7-13.25 GHz (Ku Band) 於商業行動應用方面的研究；啟動單一未來網路 (Single Network Future) 相關研究；接收器效能原則以及整備 ITU 「2023 年世界無線電通訊大會 (World Radiocommunication Conference 2023, WRC-23)」建議草案。其中《單一未來網路 (Single Network Future) 計畫》將籌備衛星與地面通訊系統間整合工作，探討衛星直連行動通訊裝置之可行性應用。

(二)異質新興技術：無人機應用之頻率管理政策

無人機應用在美國正呈現快速增長的態勢。近年來，無人駕駛飛機系統已廣泛運用於多項領域，包括參與搜救任務、協助農業管理、進行基礎設施檢測、運送包裹，甚至應用於新聞採集等。根據 FCC 的估計，未來十年間，無人機操作之設備數量預計將增長兩倍，市場規模可望達到數百億美元，充分展現其在多元產業中的價值與發展潛力。

為因應日益增長的無人機運作需求，FCC 與 NTIA 以及美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 協調合作，共同推動無人機系統於 5 GHz 頻段的初期布建，並進一步促進相關頻段的深入研究。FCC 於 2024 年 8 月 29 日正式通過《無人機系統運作的頻譜規則及政策》(Spectrum Rules and Policies for the operation of Unmanned Aircraft Systems)⁷²，核配 5030-5091 MHz 頻段供無人機之非網路接取 (Non-Networked Access, NNA) 操作使用，為無人機技術之發展提供穩定且適切的頻譜資源。

新規則依賴動態頻率管理系統 (Dynamic Frequency Management System, DFMS) 對無線電頻譜之接取進行管理與協調，以確保頻譜資源的分配能夠在安全且高效率的前提下進行。DFMS 管理系統透過為有需求之營運商提供臨時頻率分配，支援無人機控制通訊鏈路，並達

⁷² FCC(2024), FCC Adopts Initial Rules for Uncrewed Aircraft Use in the 5 GHz Band, <https://www.fcc.gov/document/fcc-adopts-initial-rules-uncrewed-aircraft-use-5-ghz-band>

成適用於受控空域及其他安全關鍵操作環境所需的可靠性水平。為進一步完善無人機相關管理規範，FCC 計畫在《美國聯邦法規》第 47 篇電信規章中增設 Part 88 專章，以建立涵蓋無人機操作的完整法規架構及技術要求。

本次公告中所述的新規則將採兩階段實施，以下針對其執行細節進行說明：

1. 前期布建：實施 NNA 臨時准入機制

為滿足短期內 NNA 操作需求，FCC 在 DFMS 管理系統尚未正式啟用前，針對 5040-5060 MHz 頻段制定臨時准入機制（Interim Access Mechanism, IAM）。此機制旨在提供過渡性方案，允許營運商於特定頻段內進行初期操作，為 NNA 技術的推進與長期發展奠定基礎。根據規範，業者需遵循以下程序完成申請與登記：

- (1) 向 FAA 申請頻譜使用：營運商須向 FAA 提出申請，確保運作不干擾現有系統並取得 FAA 核發之頻譜使用授權。
- (2) 提交申請至 FCC：取得 FAA 批准後，營運商需向 FCC 進行線上登記，並提交技術與合規相關文件，包括：
 - FAA 頻譜接取授權證明
 - 符合 NNA 技術規範聲明
 - 設備合規聲明

此外，申請者必須承諾，若 DFMS 系統於 IAM 授權期限內啟用，IAM 相關授權將自動終止，以避免資源衝突或干擾問題。FCC 在完成審查程序後，將核發登記確認編號，正式啟動 NNA 作業授權。該臨時機制於規則生效後正式實施，FCC 已公告將開始接受相關註冊。

有關 IAM 註冊流程細節將由無線電信局（Wireless Telecommunications Bureau, WTB）根據 FCC 命令進一步制定，並於後續公告中發布。

2. 實際執行：NNA 動態頻率分配與頻譜規劃

針對後續 DFMS 管理系統啟用後的使用指引，FCC 亦於本次公告中發布相應使用規範，具體規範重點如下：

(1) 頻譜分配與管理：

DFMS 將負責 NNA 操作的頻率分配，範圍涵蓋頻段 5030-5091 MHz，透過動態分配機制確保資源的即時可用性及運作效率。同時，DFMS 將實施即時頻譜監控，以避免頻譜干擾。

為減少干擾問題的發生，FCC 為 NNA 操作分配專用的 10 MHz 頻段（即 5040-5050 MHz 頻段），並將其設置於頻譜範圍的中央位置。此頻譜僅限於無人機控制與非有效酬載通訊（Control and Non-Payload Communications, CNPC），排除有效酬載用途。FCC 指出，未來可能會考慮放寬此規定，並允許在特定情況下進行非 CNPC 用途之操作。

儘管 NNA 操作僅限於 CNPC 用途，其授權允許使用固定或行動基地臺，但在操作過程中基地臺須保持靜止狀態。此外，FCC 亦允許在特定任務中建立臨時網路。臨時網路可超出操作員的視距或 FCC 所定義的無線電視距，但必須嚴格遵循 NNA 營運概念（Concept of Operations, ConOps）以及相關技術規範。

(2) 技術標準與合規要求

營運商可透過設備認證取得 FCC 授權，無需另行申請獨立的 NNA 頻譜執照。根據規定，所有設備需通過 FCC 的設備認證程序，以確保其符合相關的技術要求。

在技術標準方面，FCC 要求 NNA 操作設備需遵循 RTCA DO-362A 技術標準，包括發射功率、頻寬限制及帶外發射限值等關鍵操作參數。

有關 DFMS 管理系統之操作，FCC 將參照 3.5 GHz 頻段的頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）模式進行頻譜分配與管理。營運商需針對每次無人機操作向 FCC 授權之 DFMS 系統註冊，並遵守系統所分配的頻率執行操作。

為促進競爭市場並確保服務品質，FCC 預計將授權多家 DFMS 系統供應商參與，並與每位供應商簽定為期 10 年的服務合約。供應商需與 FAA、NTIA 及其他相關機構密切合作，以確保無人機操作順利進行並符合安全標準。

此外，DFMS 系統必須優先處理公共安全的緊急請求，並與其他用戶協調，確保頻譜資源的合理使用並避免干擾。這項規範不僅提升無人機操作之安全性與效率，也進一步提高頻譜資源的使用效能。

三、異質網路相關之頻譜管理政策文件

FCC 於 2024 年 3 月 14 日宣布採用全球首創《單一未來網路：太空補充涵蓋框架（Single Network Future: Supplemental Coverage from Space）》監理規範⁷³（以下簡稱 SCS 框架）。此框架之頒布旨於推動衛星營運商與地面服務業者之間的合作，使得既有分配予地面服務之頻譜能夠直接提供用戶行動通訊裝置網路接取服務，實現無所不在的連結。該框架鼓勵於有限頻譜資源中，透過協調機制支援不同用途間的合作，以補強美國境內目前無網路涵蓋之地區，解決數位落差問題。該框架已自 5 月 30 日起生效。

⁷³ FCC(2024), FCC Advances Supplemental Coverage from Space Framework, <https://www.fcc.gov/document/fcc-advances-supplemental-coverage-space-framework-0>

太空補充涵蓋（SCS）將透過衛星通訊使目前無網路涵蓋之地面用接取行動通訊服務。針對本次公告之 SCS 新框架，FCC 提出以下三項重要公共利益目標：

1. 擴大通訊服務範圍，尤其針對緊急呼叫服務，以支援目前無網路涵蓋之地面訊號連結。
2. 推動世界領先之太空技術，使美國成為太空操作領域之全球領導者。
3. 鼓勵不同用途間創新合作，促使美國頻譜資源有效利用與創新應用。

（一）開放頻段

FCC 首要修訂美國頻率分配表，協調部分既有分配予地面行動通訊之頻譜共享供衛星通訊網路使用，從而提供衛星直連手機服務。本次頒布之新框架，初步分配目前提供予商業無線服務之頻譜採次要分配地位供衛星行動通訊用途（Mobile Satellite Service, MSS）使用，核准如 SpaceX、AST SpaceMobile 與 Lynk 等大型衛星營運商利用行動通訊頻譜提供衛星直連手機（Direct to Device, D2D）服務，開放頻率如下：

- 600 MHz：614—652 MHz、663—698 MHz
- 700 MHz：698—769 MHz、775—799 MHz、805—806 MHz
- 800 MHz：824—849 MHz、869—894 MHz
- 個人通訊服務（Personal Communication Service, PCS）：1850—1915 MHz、1930—1995 MHz
- 進階無線服務（Advanced Wireless Service, AWS）之 H 頻段：1915—1920 MHz、1995—2000 MHz

針對上述開放頻段，FCC 表示其將與其他主要用途共享頻段。當中，若 SCS 操作受到其他用途干擾時，SCS 營運商亦有權要求 FCC 提供保護。

(二)申請條件

針對 SCS 框架申請條件，FCC 採取以下限制：

1. SCS 操作僅限於獨立地理區域 (Geographically Independent Area, GIA)

為減少相鄰地理區域間產生無線電干擾之可能，FCC 僅授權獨立地理區域 (Geographically Independent Area, GIA) 提供 SCS 操作，包括美國本土 (CONUS)、阿拉斯加、夏威夷、美屬薩摩亞、波多黎各/美屬維京群島、關島/北馬利安納群島邦六地。此外，根據美國聯邦法規第 47 篇電信規章第 25 節衛星通訊授權，提供 SCS 操作之衛星營運商須為地面有效頻譜之承租人，其意味在向 FCC 提交 SCS 框架申請之前，衛星營運商須與地面服務業者完成頻譜租賃協議之簽訂。其中，協議內容應包括預計提供 SCS 操作頻段以及預計提供之 GIA 區域範圍。

2. 取得聯邦法規第 25 節太空操作執照

根據美國聯邦法規，欲於美國境內或透過美國授權操作太空電臺以提供商業服務之衛星營運商，須取得第 25 節太空操作執照。在本次公告之 SCS 框架中，不論同步軌道衛星 (Geostationary orbit, GSO) 或非同步軌道衛星 (Non-Geostationary Orbit, NGSO) 營運商皆須滿足此標準。

在本次頒布之框架中，欲申請 SCS 操作之衛星營運商可申請修改目前已授權之第 25 節太空操作執照，以獲取分配予衛星行動通訊 (Mobile Satellite Service, MSS) 之 SCS 頻譜。其中，衛星營運商須向 FCC 提交地面有效頻譜租賃通知或申請。若為

提供公共安全頻段提供急難救助網路（First Responder Network Authority, FirstNet）之目的，衛星營運商則須提交 601 表格「無線電頻率授權申請」⁷⁴，並向 FCC 備案。

3. 地球電臺操作規範

FCC 在美國聯邦法規第 47 篇電信規章第 25 節新增兩項新規定（25.115(q)、25.125(e)）：只要適用於 SCS 目的之地面設備遵守既有聯邦法規第 1 節「租賃安排或協議」，並符合 FCC 工程技術辦公室（The Office of Engineering and Technology, OET）設備授權之技術參數、地面執照持有人核准條件，以及 FCC 技術規範要求，該設備將依規獲得地球電臺批准，無需額外提交第 25 節地球電臺申請。

（三）地面服務業者義務

除上述准入條件外，惟本次 SCS 框架涉及衛星營運商與地面服務業者之間的合作，根據聯邦法規第 47 章第 9.3 節規定，FCC 對於提供 SCS 操作之地面服務業者採取臨時 911 義務。

SCS 框架一大重點目標為「擴大通訊服務範圍，尤其針對緊急呼叫服務，以支援目前無網路涵蓋之地面訊號連結。」對此，FCC 在本次頒布之框架中要求地面服務業者透過 SCS 操作增強其提供 911 緊急呼叫與簡訊之接取能力。地面服務業者須確保所有透過 SCS 發送之 911 語音呼叫與簡訊藉由緊急呼叫中心或基於訊號發送定位傳送至公共安全回應點（Public Safety Answering Point, PSAP），以確保在緊急情況下，PSAP 能夠準確接收呼叫者位置資訊以及發送號碼，從而即時回應並提供必要的救援服務。

根據此項義務，地面服務業者須在向 FCC 提交之年度報告中解

⁷⁴ FCC(2024), FCC Application for Radio Service Authorization, <https://www.fcc.gov/sites/default/files/fcc-form-601.pdf>

釋其 SCS 布建將如何傳送 911 語音呼叫、簡訊至合適的 PSAP，同時提供足夠的位置資訊。此外，地面服務業者還需提交一次性隱私證明，並向消費者公布 SCS 911 接取範圍。

有關衛星營運商在相關義務上的責任，FCC 尚未制定具體規範。然而，FCC 正著手優化監理框架，主要聚焦於以下兩領域：

1. 改進透過 SCS 支援 911 緊急服務

為強化 SCS 網路在緊急服務中的角色，FCC 正推動業者提供全面的自動傳送服務，以確保 911 呼叫者的位置能夠迅速、準確地傳達至相關應急單位。此舉旨在提升語音呼叫定位與訊號傳送的準確性與即時性，從而加速緊急服務的反應速度與處置效率。FCC 亦承諾將持續完善技術標準與監管架構，保障緊急通訊系統能夠快速而準確地展開救援。

2. 審查 SCS 框架對無線電天文學與其他太空科學操作之影響

現行的《美國聯邦法規》第 47 篇第 25 節並未全面涵蓋無線電天文學及其他太空科學操作的保護需求。針對這一問題，FCC 已初步檢討現行規則是否足以防範對無線電天文學與太空科學操作的潛在干擾。然而，相關利害關係方對此表示關切。FCC 計畫進一步協調聯邦與非聯邦頻譜使用者，探索 SCS 網路與無線電天文學共存的可行性，並評估是否需要修訂現行規則，以在推動 SCS 技術發展的同時，確保太空科學操作免受有害干擾的影響。

第四節 加拿大

一、頻率管理之主管機關

加拿大創新、科學及經濟發展部（Innovation, Science and Economic Development，以下簡稱ISED）透過加拿大工業法、無線電通訊法及無線電通訊規則，並遵從電信法之授權，負責加拿大的頻譜管理，制定國家頻譜利用政策並確保無線電頻譜資源的有效管理。

ISED 為加拿大創新、科學和經濟發展管理組合（Innovation, Science and Economic Development portfolio）之一員，與加拿大各經濟領域和全國各區域單位合作，改善投資條件，提高加拿大的創新績效，增加加拿大在全球貿易之優勢，並建立一個公平、高效和公平的環境。

18 個聯邦部門和機構組成了創新、科學和經濟發展管理組合⁷⁵，推動在加拿大所有地區建立知識型經濟的目標，並推動就業及經濟成長。ISED 與創新、科學和經濟發展組合的成員合作，在許多特定領域利用資源並發揮協同作用：

1. 透過科學技術進行創新：幫助企業和非營利機構更快地將想法轉化為新產品和服務。
2. 貿易和投資：鼓勵更多行業的更多企業向更多市場出口，幫助加拿大企業吸引更多份額的外國直接投資。

⁷⁵ 創新、科學和經濟發展管理組合之成員包括：加拿大大西洋地區機會局(ACOA)、加拿大商業發展銀行(BDC)、加拿大魁北克地區經濟發展局(CED)、加拿大北部經濟發展局(CanNor)、加拿大航太局(CSA)、競爭法庭(CT)、加拿大著作權委員會(Copyright Board of Canada)、加拿大旅遊局(DC)（前身為加拿大旅遊委員會）、安大略省南部聯邦經濟發展局(FedDev Ontario)、北安大略聯邦經濟發展署(FedNor)、科學及經濟發展部(ISED)、加拿大國家研究委員會(NRC)、加拿大自然科學與工程研究委員會(NSERC)、加拿大太平洋經濟發展局(PacifiCan)、加拿大大草原城發展局(PrairiesCan)、加拿大社會科學與人文研究委員會(SSHRC)、加拿大標準委員會(SCC)、加拿大統計局(StatCan)。而以下組織也與創新、科學和經濟發展管理組合相關：加拿大基因組公司、加拿大創新基金會(CFI)、加拿大科學院理事會、皮埃爾·艾利奧特·特魯多基金會、加拿大永續發展技術(SDTC)。資料來源：ISED (2021), Innovation, Science and Economic Development portfolio, <https://ised-isde.canada.ca/site/ised/en/our-organization/innovation-science-and-economic-development-portfolio> (last visited 2024.06.21).

3. 中小企業的成長：提供獲得資本、資訊和服務的機會。
4. 加拿大社區的經濟成長：基於社區優勢和資訊基礎設施，培育社區經濟發展的新方法。

二、 B5G、6G 下之頻譜規劃管理及異質網路新興技術應用情境

(一) B5G、6G 下之頻譜規劃管理

根據加拿大創新、科學和經濟發展部的《2023 年~2027 年頻譜展望》(Spectrum Outlook 2023 to 2027)⁷⁶，針對 B5G 及未來 6G 所做的頻譜規劃管理，發展出五個政策主題，為 ISED 頻譜管理活動的未來方向提供資訊，綜整如下表所示。

表 4-6、ISED 未來 5 大頻譜管理政策方向

序號	內容	關注重點
政策主題一	頻譜作為工業 4.0 的經濟驅動力和推動者	新興技術應用之頻譜管理
政策主題二	COVID-19 後的農村互連互通	無線網路的平等涵蓋與普及
政策主題三	本土原住民互連互通	
政策主題四	頻譜、無線技術與氣候變遷	環保議題
政策主題五	競爭與無線負擔能力	新興技術應用之頻譜管理

資料來源：ISED(2023), Spectrum Outlook 2023 to 2027

綜合以上五項政策主題，政策主題一及主題五與本計畫異質網路新興技術應用情境之頻譜規劃管理較為相關，因此本計畫就政策主題中與異質網路新興技術應用情境相關內容提出探討。

1. 政策主題一、頻譜作為工業 4.0 的經濟驅動力和推動者

⁷⁶ ISED(2023), Spectrum Outlook 2023 to 2027, <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/spectrum-outlook-2023-2027>

在政策主題一之中，ISED 直言頻譜是工業 4.0 的關鍵組成部分，將極大地改變生活的各方面，包括人們生活、工作和交流方式。這些變化將提高生產力、提高流程效率、透過減少危險環境中的工作來為工人提供更大的安全性，並增強面對危險情境之決策能力。為了實現創新無線服務的優勢，ISED 認為需持續仔細管理頻譜。謹慎的管理包括協調國內和國際頻譜的使用，以及確保頻譜得到公平和優化的使用。具體來說，ISED 致力於透過競爭性（如：拍賣）和非競爭性（如：先到先服務原則）授權流程來支援創新。這些流程將使頻譜可供一系列服務領域（包括該國農村和偏遠地區）的廣大新用戶和現有用戶使用。

頻譜作為工業 4.0 的經濟驅動力和推動者，因此，支援物聯網(IoT)設備的出現，在各種經濟活動中提供無線服務，首先需確保頻譜的可用性。例如，許多商用行動服務供應商提供物聯網解決方案來追蹤車隊、資產和運輸中的貨物。這些服務將與 5G 網路一起發展出創新應用，提高運輸和航運業的效率。對於關鍵或安全物聯網的專用或營運所需無線網路的需求不斷湧現，因此，國家頻譜政策需確保企業有足夠的頻譜來滿足這項需求。ISED 認為，頻譜政策應尋求滿足垂直產業的需求，確保產業能夠獲取支持其業務所需的頻譜資源。垂直產業一般指用於指在採礦、石油和天然氣、製造、運輸、農業、能源和健康等產業的公司和組織，混合使用公共和專用網路來滿足其連接需求。一些垂直應用產業與電信提供商合作，以獲得先進頻譜導向之電信服務而無需對電信專業知識和基礎設施進行相應的投資。

垂直應用產業也可能受益於專用網路，專用頻譜可實現廣泛的自動化、機器人和遠端操作，進行即時監控、調度和緊急通知。例如，農業和製造場所可能利用頻譜進行作物追蹤或產品追溯等自動化操作，這需要高水準的頻寬和網路效能。專用網路還可為各種產業提供滿足其特定連線和涵蓋需求的靈活性，以及管理自己網路的能力。

ISED 主張頻譜政策應尋求滿足垂直產業的需求，確保該類應用能夠取得支持其業務所需的頻譜資源，實際作法包括讓企業更容易將非公共網路與公共網路結合，更好地使用/重複使用網路基礎架構、更有效地利用頻譜和無縫的行動連線。

2. 政策主題五、競爭與無線負擔能力

在政策主題五之中，ISED 主張採用有利於競爭的措施，讓區域和小型電信業者有進行必要大量取得頻譜投資之誘因，以其發展加拿大各地的多樣化市場之無線網路布建。ISED 在頻譜規劃及競標規則上的持續行動，使小型區域參與者不斷成長並挑戰較大的既有業者，此一作法向全國型行動服務提供者施加價格下降壓力面發揮著重要作用。

ISED 認為未來仍需進行更多工作來促進下游市場的競爭。特別是，加拿大競爭局發現，目前加拿大的三個全國型業者擁有零售市場主導力量，市場集中度和獲利能力較高，新競爭對手仍面臨巨大的市場進入障礙。因此，ISED 規劃繼續就未來頻譜拍賣中使用競爭性措施的問題諮詢利害相關人，此外也將探索更廣泛的政策措施，例如非競爭性區域授權模式，以實現增進高品質、涵蓋範圍和可負擔等電信政策目標。

除了採取措施培育競爭型商業行動市場外，ISED 也在探索各種方案，讓垂直產業的公司在如何滿足其連接需求方面有更自由的選擇。具體而言，雖然傳統行動服務提供者和非傳統型用戶都需要頻譜來發展新型態使用的優勢，但不同業者之間在獲取頻譜方面所面臨的挑戰各不相同。例如，許多成熟的既有業者擁有多樣化頻譜組合，並且有能力在垂直產業中開發商業化使用案例。相反的，一些較小的公司可能缺乏資本和經驗來獲取進入這些市場和競爭所需的頻譜。因此，ISED 在諮詢和開發新的頻譜流程時，特別是對於較高頻段，建議可使用某些措施或政策工具，目前已實施的措施包括：2019 年 6 月的

《SLPB-003-19 關於釋放毫米波頻譜以支援 5G 之決定》⁷⁷、2023 年 5 月公布的《關於非競爭性區域授權框架的決定（包含：3900-3980 MHz 頻段以及部分 26、28 和 38 GHz 頻段）》⁷⁸，透過發放非競爭性區域授權執照，使垂直領域的產業或企業用戶在全國各地局部地區更容易的接取頻譜執照，執照之詳細內容將於後續章節陸續介紹。

（二）異質網路新興技術

1. 無人機之監理現況

ISED 於其《2023 年~2027 年頻譜展望》中說明，將致力於確保頻譜的可用性以支援在所有經濟部門提供無線服務的物聯網（IoT）設備，例如，許多商業行動服務提供者提供 IoT 解決方案，用於車隊追蹤、資產和運輸中的貨物。這些服務將與 5G 網路一起發展為創新新應用，提高運輸和航運行業的效率。其中，無人機業者也強調了他們對使用不同頻段的興趣，包括商用行動頻段。

目前在加拿大，無人機僅允許在某些免執照頻段（例如 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段）內使用，並且不允許在商業行動頻段內運行。ISED 計畫未來將展開在其他頻段使用無人機的諮詢。加拿大既有的規範和標準主要是針對地面系統設計，尚未針對無人機的特殊需求進行調整。ISED 尚未決定哪些頻段可能會開放給無人機使用，也未公布相關的技術標準和法規要求。這些細節將在未來的諮詢過程中與利害關係人討論並制定。

ISED 也提及專用網路的發展與無人機的應用相關。例如，在

⁷⁷ ISED(2019), Decision on Releasing Millimetre Wave Spectrum to Support 5G, <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/learn-more/key-documents/consultations/decision-releasing-millimetre-wave-spectrum-support-5g> (last visited 2024.11.05).

⁷⁸ ISED (2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2023/ncldecisionpaper2023-en-v2023jun.pdf>

特定區域內使用專用網路操控無人機進行物流運輸、基礎設施檢測等工作。此外，有意在非專用頻段進行無人機測試的單位可以向ISED 申請發展許可證。發展許可證允許在特定條件下使用各種頻段，包括商業行動通訊頻段，以便進行技術測試和評估。

2. 應用案例：Ligado Canada 申請案

(1) 背景說明

針對輔助地面行動元件服務之（Ancillary Terrestrial Component, ATC）申請規範，首先出現在ISED 於2004年發布的《RP-023，允許輔助地面行動服務作為衛星行動服務產品的頻譜及發照政策》（Spectrum and Licensing Policy to Permit Ancillary Terrestrial Mobile Services as Part of Mobile-Satellite Service Offerings）中，透過該頻譜及發照政策監督傳統ATC作為MSS之組成部分之運用，為ATC行動應用與任何在L頻段（1525-1559 MHz 和 1626.5-1660.5 MHz）、2 GHz 頻段（2000-2020 MHz 和 2180 MHz -2200 MHz）及LEO 頻段（1610-1626.5 MHz 和 2483.5-2500 MHz）運作之MSS網路布建提供規範原則。隨後，RP-023在2014年進行更新，刪除AT於在2 GHz頻段之使用，但2014年的RP-023修訂並未更新其餘頻段的ATC政策。

根據2014年版本的RP-023，ATC系統需要在MSS網路的指定頻譜內作為MSS的組成部分提供。空中交通管制系統也僅限於在加拿大的衛星涵蓋範圍和服務區域內運作。RP-023也規定ATC營運隸屬於MSS，且ATC業者必須提供能夠同時與衛星行動網路以及ATC網路通訊之雙模終端。由此可見，ISED並未同意作為MMS組件之ATC可於非2 GHz頻段單獨提供地面服務，而是必須採用雙模終端與MMS手機共同提供服務。

(2) 案例事實

Ligado Canada 為 1997 年成立的加拿大衛星行動服務業者，Ligado Canada 於 2022 年 6 月向 ISED 提出申請，請求將 Ligado Canada 之 MSS 衛星所使用之 L 頻段 1526-1536 MHz、1627.5-1637.5 MHz 及 1646.5-1656.5 MHz 頻段用於 ATC。Ligado 原計畫將其所取得之部分 MSS 頻率改提供為地面行動服務使用，並要求 ISED 採用美國 FCC 在其 2020 年命令和授權中對於 Ligado 執照變更申請案（FCC 20-48, Ligado Amendment to License Modification Applications）中授權的類似運作規範及技術規則⁷⁹。

對於 Ligado Canada 在其 MSS 頻段的 30 MHz 布建並營運輔助地面行動元件服務之申請（Ancillary Terrestrial Component, 以下簡稱 ATC 申請案），ISED 認為，隨著科技演進，ATC 應用已經有顯著的進展，更新更巨量的數據通信 ATC 應用也已出現，這些應用包括更高速的語音和數據、對物聯網之支援，此外，ATC 亦可做為其他行動網路的小型蜂窩基地臺布建之輔助，同時也可作為專用 LTE 網路，Ligado 所要求使用的頻段及技術，將有許多應用將支援創新 5G 服務，只要取得更多頻寬容量，即可提供更佳服務品質，同時繼續保持其 MSS 主業之服務內容。但正因為 MSS 與 ATC 地面服務之間的通訊可能造成其他相鄰頻段或服務之干擾，使得 Ligado 的這項申請受到了阻礙。

雖於美國 FCC 於 2020 年已允許 Ligado Canada 在其被核配為 MSS 頻譜之一部分提供輔助地面行動服務，但隨後 FCC 收到來自國家電信和資訊管理局 NTIA、銓衛星等相關團體之審議訴願書，要求 FCC 撤銷 Lingado 許可命令。

⁷⁹ ISED(2023), Decision on the Notice of Application Received from Ligado Networks (Canada) Inc. for Ancillary Terrestrial Component (ATC) Authority in the L-Band. <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/decision-notice-application-received-ligado-networks-canada-inc-ancillary-terrestrial-component-atc> (last visited 2024.11.05).

Ligado 主張，自 2020 年 FCC 命令與授權以來，美國一直積極開發 L 頻段 ATC 系統。Ligado Networks 根據 2020 年 FCC 命令和授權中規定的技術規則，於 2021 年 6 月完成了 3GPP 之 Band 24 設備生態系統標準之 5G- NR。同時 Ligado Networks 也於美國展開試驗性布建。

(3) ISED 辦理公開諮詢作業並作出最終處分

ISED 於 2022 年 8 月對利害關係人公告「Ligado 之關於 L 頻段 (1526-1536 MHz, 1627.5-1637.5 MHz and 1646.5-1656.5 MHz) ATC 申請通知」(Notice of Application Received from Ligado Networks Canada Inc. for Ancillary Terrestrial Component Authority in the L -Band)，辦理公開諮詢作業。ISED 參酌相關業者之意見後，遂於 2023 年 5 月底正式作出處分，拒絕核准 Ligado Canada 在 1526-1536 MHz、1627.5-1637.5 MHz 以及 1646.5-1656.5 MHz 頻段運作 ATC。ISED 於處分文件中表示，期望相關各方共同研究此問題，及時、合作地解決潛在的干擾問題。

究其拒絕核准之原因，主要是在公開評論中利害相關人提出的潛在干擾疑慮，並考量美國在此問題上的事態發展，ISED 認為 Ligado 提議的 ATC 系統可能對加拿大人的生命安全產生潛在有害影響。ISED 指出，自 FCC 的 2020 年命令和授權發布以來，美國利害相關人之間仍然存在重大意見分歧，引述美國 NASEM 報告 (U.S. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Report)，該報告檢視 FCC 的 2020 年命令和授權，並對三項主要任務進行了評估，即「FCC 決策程序中使用的干擾評估方法」、「對 GPS、其他 MSS 和軍事行動的潛在有害干擾」、「FCC 確定的干擾緩解措施的可行性、實用性和有效性」。該報告不認可 FCC 決策中所使用的干擾指標，因為其方法無法提供可設計、可預測的標準。

該報告還指出了一些疑慮，即對高精度 GPS 接收器和鈹衛星系統下行鏈路以及軍用 GPS 操作的潛在有害干擾。NASEM 報告的結論表明，需要重新制定適當的方法來評估對 GPS 接收器的有害干擾，並且需審查干擾標準。報告還指出，目前運行的高精度 GPS 接收器和鈹衛星用戶終端可能需要額外的保護。

此外，ISED 也指出鑑於 NASEM 報告的評估範圍有限，可能還有其他未知問題有待解決。因此，ISED 認為在考慮在所要求的頻段授權 ATC 服務之前，需對相鄰頻段服務的潛在干擾進行更深入的審查，包括對各種技術問題深入研究，才能做出正確決策。

(4) 小結

隨著科技進展，衛星和地面服務一體化已展開各種應用，例如將衛星行動用途頻段納入智慧型手機以用於緊急通訊，衛星和地面服務提供者之間也正在建立夥伴關係，透過衛星使用地面商業行動頻段來擴大地面網路無法到達的涵蓋範圍。透過衛星與地面終端設備（User Equipment，UE）之間直接連接的創新解決方案來補足偏遠地區的地面網路涵蓋的需求不斷增長，目前衛星補充行動涵蓋（Supplemental Mobile Coverage by Satellite，SMCS，以下稱為 SMCS）尚未在 ITU 建立國際框架，根據 WRC-23 第 253 號決議，須待 WRC-27 週期的新議程項目 1.13 探討如何分配新的衛星行動通信用途框架，包含 694/698 MHz 和 2.7 GHz 之間頻段的 SMCS，以確保新 MSS 分配中的太空電臺不會對地面行動用途運行中之地面電臺造成有害干擾。

三、異質網路相關之頻譜管理政策文件

為了因應異質網路頻率使用之需求，ISED 實施了多種頻譜共享方法。透過 2019 年 6 月的《SLPB-003-19 關於釋放毫米波頻譜以支援 5G 之決定》，ISED 允許地面行動和固定用途與固定衛星用途共享

毫米波頻段。自 2018 年以來，ISED 已在靈活使用的基礎上進行商業行動頻譜之核配，被授權人能夠根據自己的需求將頻譜用於行動或固定業務。600 MHz 頻段和其他頻段（例如 2500 MHz 頻段）之靈活使用執照已發放並實施，隨後是 3500 MHz 頻段，接下來進一步釋放的 3800 MHz、26 GHz、28 GHz 和 38 GHz 頻段靈活使用頻譜，也將為行動後傳鏈路提供額外的中頻段和高頻段頻譜。

ISED 於《2023 年至 2027 年頻譜展望》（Spectrum Outlook 2023 to 2027）中指出，為了增加涵蓋範圍、連結性和可靠性，加拿大需要一個新的監管框架來解決衛星與地面行動手機直連此類綜合服務問題。ISED 因而規劃就此類框架進行磋商，公告於 2024 年 6 月 17 日至 2024 年 9 月 13 日間，針對《以衛星補充行動通訊涵蓋之政策、授權與技術框架草案》（Policy, Licensing and Technical Framework for Supplemental Mobile Coverage by Satellite (SMCS)）進行公開諮詢。

（一）以衛星補充行動通訊涵蓋之政策、授權與技術框架

ISED 認為，SMCS 的本質是使用衛星來補充地面行動服務不足和服務未達之地區。SMCS 不會取代既有的地面行動服務，但 SMCS 將在短期內為不存在行動服務的地區提供關鍵的簡訊和語音服務。

1. SMCS 之規劃原則

基於 SMCS 的補充性質，ISED 之監管目的為建立監管框架，在允許 SMCS 布建和發展的同時，維持和保護既有頻段中的地面行動服務。該政策規劃將基於以下原則：

（1）SMCS 採「無干擾、無保護」原則：

- ISED 建議將 SMCS 僅限於在任何頻段中的所有無線電業務都以無干擾、無保護為基礎運行。
- 即使 SMCS 衛星符合所有適用的技術標準和共存措施，如果對相鄰地區相同頻段或區塊以及相鄰頻段或區塊中的許

可營運造成干擾，SMCS 衛星執照持有人必須在 SMCS 地球電臺執照持有人的指導和協商下採取措施消除干擾。

(2) 責任分擔

- 如果出現任何來自 SMCS 的干擾，無論是否符合所有技術要求，衛星業者及行動業者都將共同負責消除此類干擾。
- 由於行動業者可能加入與衛星業者進行 SMCS 之合作，其將在管理共存和防止干擾方面發揮主要作用。因此，行動業者必須確保與其合作夥伴衛星業者簽訂的協議中有充分的條款以實施任何必要措施。

(3) SMCS 協定

- ISED 提議在行動業者與衛星業者間需要簽訂一份執行協定（SMCS 協定）。ISED 要求外國衛星業者在向 ISED 提交外國衛星批准申請以供審議之前，必須先簽訂此 SMCS 協定。
- SMCS 協定必須包含以下內容：相關的彈性使用頻率執照的完整標識；將提供 SMCS 的特定頻段和地區（必須是行動服務提供商的頻譜持有範圍的一部分）；以及有關干擾管理、協調、遵守技術規則、促進遵守 SMCS 地面電臺條件所需的措施以及與頻譜管理有關的任何其他方面的規定。

(4) 跨境共存

- ISED 建議在建立相關的跨境協議之前，加拿大邊境附近的 SMCS 營運可採用現有的地面商業行動服務之間跨境共存的技術要求。
- 此外，即使滿足了這些跨境技術要求，SMCS 地面電臺執照持有人亦應負責減輕對其他國家/地區領土內無線電通信服務的任何有害干擾。此外，SMCS 營運將遵守加拿大與其他

國家/地區（包括美國）之間可能建立的任何未來跨境協議的要求。

(5) 尋求適當的技術標準

- ISED 於諮詢中尋求關於現有技術標準中規定的一般條款是否足以支持 SMCS 與地面行動通訊服務共存之意見。ISED 還尋求關於遵守適用的技術標準中規定的現有共存措施是否存在挑戰的意見，以及如果存在挑戰，是否需要建立針對 SMCS 衛星的特定監管技術要求。
- 適當情況下，ISED 可能會與包含加拿大無線電諮詢委員會（The Radio Advisory Board of Canada, RABC）在內之利害關係人協商，為用於 SMCS 的衛星制定新的技術標準。

2. SMCS 之電臺監管方式

SMCS 尚屬新興技術，其技術和國際監管框架仍在不斷發展，靈活使用和衛星服務之監管方式也存在顯著差異。基於這些原因，ISED 建議以 MSS 框架為基礎，對太空電臺（Space Stations）與地球電臺（Generic Earth Station，如手機）分別進行授權，前者以執照授權使其在特定軌道位置或軌道、特定區域使用特定頻段來提供服務，後者執照則是授權由無線電、天線和傳輸線封裝而成的地球電臺，以下分述之：

(1) 衛星電臺

向加拿大衛星業者發放太空電臺頻率執照，或者向計劃在加拿大提供 SMCS 服務的外國衛星業者發放外國衛星核准許可（Foreigner Satellite Approval, FSA），授權其在加拿大境內提供 SMCS 服務。執照期限將與該 SMCS 服務相關的彈性使用頻率執照期限或彈性使用執照持有人與合作衛星業者之間協議的終止日期保持一致，以較早者為準。SMCS 衛星太空電臺將依據「無干擾、

無保護」原則運作。如果 SMCS 衛星電臺對任何依據《加拿大頻率分配表》運作之電臺造成干擾，執照持有人必須立即採取措施減輕干擾。

(2) 地球電臺

向計劃提供 SMCS 服務的合格彈性使用執照持有人（包括持有次級執照的持有人）發放通用 SMCS 地球電臺頻率執照。SMCS 地球電臺之頻率執照有效期間為 1 年，執照將於每年 3 月 31 日到期，執照持有人每年須完成續約，直至彈性使用頻率執照期限結束，或相關的 SMCS 協議終止，以較早者為準。SMCS 地球電臺將依據「無干擾、無保護」原則運作。如果地球電臺的運作造成干擾，執照持有人必須立即採取措施減輕干擾，包括在必要時停止其干擾地球電臺的運作。

此外，為促進衛星業者間與地面行動業者間的競爭，ISED 執照規劃設計納入非排他性之條件，要求行動業者與衛星業者之間不得簽訂排他性協議，需對所有可行之合作業者保持開放態度。

3. SMCS 之開放頻段

ISED 將 SMCS 服務視為 MSS 衛星落地服務之類似概念，在 SMCS 框架中，衛星將使用原本分配給商用行動通信頻段（目前已開放之商用行動通信頻段綜整如下表所示），透過衛星直連終端設備（Direct-to-Device, D2D）方式為偏遠地區、服務不足和無服務的地區提供服務，以提升網路涵蓋率與穩定性、縮小區域間的數位落差。

表 4-7、加拿大已發放之商用行動通信頻段

頻段	上行鏈路	下行鏈路
600 MHz	663-698 MHz	617-652 MHz
700 MHz	● 698-716 MHz ● 716-728 MHz	● 728-746 MHz ● 716-728 MHz

頻段	上行鏈路	下行鏈路
	● 777-787 MHz	● 746-756 MHz
800MHz Cellular	824-849 MHz	869-894 MHz
進階無線服務-1 (AWS-1)	1710-1755 MHz	2110-2155 MHz
進階無線服務-3 (AWS-3)	1755-1780 MHz	2155-2180 MHz
寬頻個人通訊服務 (PCS)	1850-1915 MHz	1930-1995 MHz
WCS	2305-2320 MHz	2345-2360 MHz
2500 MHz	● 2500-2570 MHz ● 2570-2620 MHz	● 2620-2690 MHz ● 2570-2620 MHz
3500 MHz	2450-2650 MHz	3450-3650 MHz
3800 MHz	3650-3900 MHz	3650-3900 MHz

資料來源：ISED

綜觀加拿大目前已開放之商用行動通信頻段，ISED 綜合考量包含區域或國際協調、利害關係人之利益、最小化干擾及技術要求等面向，提議 SMCS 應聚焦於下列潛在頻段：

- 600 MHz 頻段：617-652 MHz / 663-698 MHz；
- 700 MHz 頻段：698-756 MHz 和 777-787 MHz；
- 800 MHz Cellular 頻段：824-849 MHz / 869-894 MHz；
- PCS 頻段：1850-1915 MHz / 1930-1995 MHz；
- AWS-1 頻段：1710-1755 MHz / 2110-2155 MHz；
- AWS-3 頻段：1755-1780 MHz / 2155-2180 MHz。

在加拿大頻率分配表 (Canadian Table of Frequency Allocations (2022), CTFA) 中，在 SMCS 指定頻段的商業行動服務仍保持主要地位，ISED 透過註腳於加拿大頻率分配表新增 MSS 次要用途分配以供 SMCS 使用，並且以「無干擾、無保護」為基礎原則。

關於頻段共存的問題，儘管大多數現有技術規則將足以維持 SMCS 和現有地面行動通信服務之共存，不過 ISED 認為仍有必要進一步考慮 SMCS 與無線電天文用途之共存問題，除主要被分配於 608-614 MHz 的無線電天文用途將與 SMCS 框架於 600 MHz 相鄰，也需留意 1400-1427 MHz 以及 1610.6-1610.6 MHz 頻段上運作的無線電天文用途將受 SMCS 框架於 700 MHz 及 800 MHz 頻段之干擾。對此，ISED 建議要求 SMCS 衛星遵守 ITU-R RA.769-2 以及 ITU-R RA.1513-2 建議書中規定的保護標準，並遵循 ITU-R M.1583-1 建議書中給出的方針。

ISED 規劃 SMCS 框架依加拿大財政年度於 2025 年 4 月 1 日生效，但考量到早期布建及緊急通訊服務之用，在新框架生效以前，ISED 擬核發臨時授權（Interim authorizations）。由於 SMCS 框架屬現有行動服務涵蓋範圍的補充，ISED 規劃要求行動服務業者和衛星營運業者之間持續保持協議，且不允許 SMCS 授權執照之轉讓、分割或從屬。

SMCS 處於發展的早期階段，並且還在不斷發展。因此，ISED 將繼續監測與 SMCS 相關的國際和國內發展，並將任何新的考慮因素納入 SMCS 框架的建立和任何未來的更新中。

（二）《CPC-2-1-23 地面業務頻譜執照的核發程序》：從屬執照

依據加拿大 2023 年 8 月新修版之《CPC-2-1-23 地面業務頻譜執照的核發程序》⁸⁰之從屬執照制度，該從屬執照制度允許執照持有人簽訂協議，以允許另一方在授權區域內營運，使用授權頻譜，或其部分頻譜，或按地理區域使用，而無需轉讓所持有頻譜執照之全部。透過頻譜共享或其他類似協議授權給另一方的頻譜的各方必須根據規定條款向 ISED 申請從屬執照。提出要求者需依照 CPC-2-1-23 地面

⁸⁰ ISED(2024), CPC-2-1-23 — Licensing Procedure for Spectrum Licences for Terrestrial Services, <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/learn-more/key-documents/procedures/client-procedures-circulars-cpc/cpc-2-1-23-licensing-procedure-spectrum-licences-terrestrial-services> (last visited 2024.12.15).

業務頻譜授權程序的相關規定向 ISED 提出申請，ISED 根據 CPC-2-1-23 之中的政策目標和標準對申請進行評估審查後決定是否准許申請。

在進入衛星與地面行動之異質網路的從屬執照討論前，需先瞭解加拿大的衛星行動執照制度。TerreStar 之衛星行動服務和進階無線服務執照 Mobile Satellite Service and Advanced Wireless Service (AWS-4) 執照⁸¹來自於 2015 年 4 月 1 日之發照，根據 2015 年 ISED 發布的《衛星行動服務和進階無線服務 (AWS-4) 頻段 2000-2020 MHz 和 2180-2200 MHz 政策、技術和執照框架決策》文件，輔助地面元件 (Ancillary Terrestrial Component, ATC) 執照與衛星行動執照均規劃使用 2000-2020 MHz 和 2180-2200 MHz 這兩個頻段，亦即美加地區之 2 GHz 頻段，該頻段區分為 A 和 B 兩個區塊：

- A 區塊：2000-2010 MHz 搭配 2190-2200 MHz
- B 區塊：2010-2020 MHz 搭配 2180-2190 MHz

當年為促進設備生態系的發展，加拿大與美國的頻段規劃和區塊結構保持一致。因此，加拿大工業部採用與美國相同的頻段規劃，並賦予 ATC 執照持有人選擇 2000-2020 MHz 頻段作為地面上行或下行鏈路的彈性，ATC 的執照條件需要與衛星行動執照綁定，不能單獨申請。ISED 認為為了鼓勵在加拿大增加衛星行動服務的涵蓋範圍，維持 MSS 服務與地面行動通信服務的結合是必要的。因此，ATC 執照只能授予 MSS 執照持有人，或是與 MSS 執照持有人簽訂商業協議的實體。ATC 執照理論上可以使用 A 和 B 兩個區塊的所有頻譜 (2000-2020 MHz / 2180-2200 MHz)，但實際使用情況會受到地面網路布建和干擾協調等因素影響。

⁸¹ 該頻段的 ATC 服務也稱為進階無線服務 (AWS-4)，與美國使用的命名一致

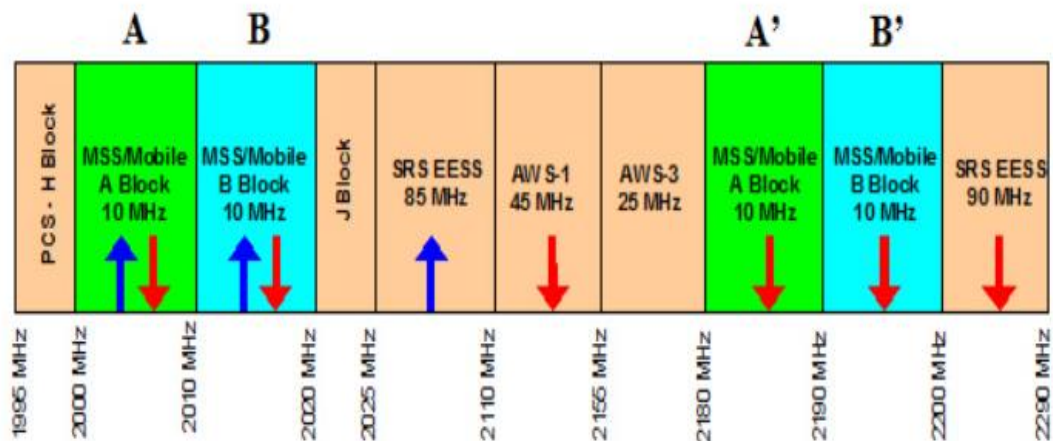


圖 4-6、加拿大之衛星行動靈活使用頻段規劃

資料來源：ISED (2015)

因此，TerreStar 被允許將該 20 + 20 MHz 頻譜使用在加拿大的任何地方，彈性靈活地經營獲加拿大許可之 EchoStar T1 衛星及其地面服務。

加拿大之衛星行動執照允許布建地面服務，且以靈活使用執照制度允許業者在該執照範圍內進行靈活使用，TerreStar 持有之衛星行動 ATC 執照為進階無線服務（AWS-4），為從屬執照制度中所列可供從屬執照申請之執照類別，因此即使 TerreStar 為衛星行動業者，其所持有之執照仍可提供給地面行動通信業者 TELUS，使 TELUS 成為 TerreStar 之從屬執照持有者。

若欲探討「行動通信業者間」與「跨用途業者間」之頻率租賃及頻率共用規範如何進行區分，在加拿大則需考量其衛星行動執照之內涵及從屬執照制度之規定，ISED 之從屬執照制度並未直接就「行動通信業者間」與「跨用途業者間」之頻率租賃及頻率共用規範進行區分，而是將可申請從屬執照之商業行動服務之執照類別進行正面表列。以下就其申請程序及審查要件詳細說明：

1. 申請程序

主執照持有者可以與另一方聯合向 ISED 申請從屬執照，

ISED 審核後也可向兩方聯合的第三方頒發從屬執照。從屬執照將包括主執照之執照條件，以及可能與主執照執照不同的附加條款和條件。主執照和從屬執照將同時存在。ISED 將維護一個可公開存取的資料庫，其中列示所有執照，包括從屬執照。

此外，若頻譜涉及商業行動服務頻譜，從屬執照之申請則必須提供更詳盡的申請資訊。可申請從屬執照之商業行動服務包括個人通訊服務（PCS）、進階無線服務⁸²，寬頻無線電服務、無線通訊服務和 700 MHz 頻段之行動寬頻服務。從屬執照不可分割或轉讓，惟若要進行主執照（頻譜執照）之轉讓或分割時，主執照持有人須向 ISED 申請所有執照轉讓和預期轉讓，並且申請必須包括所有相關方的聲明，表明符合執照的資格標準和其他條件已全數完成。從屬執照之核發條件、申請規範綜整如下表所示。

表 4-8、從屬執照之申請程序及相關限制

申請規範	內容
申請資格	從屬執照持有人必須符合《無線電通訊條例》中規定的適用資格標準。
有效期限	1. 從屬執照之有效期限不得超過主執照所授權之期限，申請者須向 ISED 明確說明其所需要之執照期限。 2. 申請者取得從屬執照後，若有法定情形(如：從屬執照到期或被 ISED 撤銷、主執照到期或撤銷、主執照和從屬執照持有人雙方合意於指定日期撤銷執照並已通知 ISED)，該從屬執照之有效期限將自法定情形之發生日為止，若同時出現兩種情形，則以最早者計算。

⁸² AWS 從屬執照需布建 MSS 衛星行動服務。

申請規範	內容
執照條件	- ISED 將依個別情形、適用政策以及技術要求等因素規劃從屬執照條件； - 原則上包含：頻譜集中之上限、合法合規、國際和國內協調協議、遵守各主管機關關於無線電安裝和操作的限制、合法監聽需求、適用的頻譜利用政策和技術標準、提供技術資訊、無線電塔共用(針對基礎電信業者)等條件，但不限於此。
執照範圍	從屬執照之執照期限、服務區域、頻率等均不得超出主執照之授權範圍，並且不構成主執照的轉讓。
轉讓限制	從屬執照不可分割或轉讓。
ISED 之權責	- 審查並核發主執照及從屬執照，並要求提供相關證明文件。 - ISED 決定對主執照作出不利行政處分(如：暫停、拒絕換發或撤銷執照)前，應通知從屬執照持有人，並給予其陳述意見之機會。 - 確認主/從屬執照持有人有無遵守相關規範，除可聯繫其要求說明外，必要時得暫停或撤銷主執照及／或從屬執照。 - ISED 不會參與主/從屬執照持有人間的任何協議(如：協議之談判、審查、執行等階段)。
主執照持有人之義務	- 主執照持有人須遵守相關監管要求，如：執照條款和條件。 - 主執照持有人應遵守頻譜使用及研究開發要求，並承擔相關責任。 - 主執照持有人負有進行國際或國內協調(如：營運商間的頻譜共享協議)之責任，若協議內容將對從

申請規範	內容
	屬執照持有人造成影響，從屬執照持有人應共同參與該協議。 4. 若前述協議有變更之情形，主執照持有人負有通知從屬執照持有人之義務。
從屬執照持有人之義務	從屬執照持有人應遵守主執照持有人所商定之協議內容(如：條款、技術要求等)，如若該協議有變更之情形，從屬執照持有人在接獲主執照持有人之通知後，即應遵守變更後的協議內容。
續照申請	當主執照到期須換發時，主/從屬執照持有人得向ISED 提交聯合申請，請求一併辦理從屬執照之換照事宜。

資料來源：ISED(2024), CPC-2-1-23 — Licensing Procedure for Spectrum Licences for Terrestrial Services

2. ISED 之審查要件

ISED 收到申請後，將分析由執照轉讓或預期轉讓而產生的頻譜集中度變化等因素，對於商業行動頻譜轉讓後集中在受影響的授權區域，ISED 將審查申請人和其他現有和未來競爭對手提供服務的能力。

作為決定的一部分，ISED 通常會考慮以下因素：

- 申請人及其子公司目前在授權區域內持有的執照；
- 執照頻段和授權區域內商業行動頻段的執照持有量整體分佈；
- 目前和/或未來要提供的服務以及使用執照頻段之可用技術；
- 與執照頻段具有相似特性的替代頻譜的可用性；
- 授權頻譜與授權區域內其他商業行動頻段的相對效用（例

如高於和低於 1GHz 頻段) 和可替代性；

- 申請人及其附屬公司網路布建情況以及這些網路的容量；
- 該地區的特徵，包括城市/農村狀況、人口密度，或其他影響頻譜容量或壅塞的因素；和
- 執照轉讓或預期轉讓可能產生的與政策目標相關的任何其他因素。

如果商業行動執照之申請人根據協議請求從屬執照，ISED 也會將協議的性質以及每個申請人對頻譜的使用計畫列入考慮。ISED 將審查申請人在相關執照領域的授權頻段內和跨商業行動頻段內持有的執照，ISED 也會考慮透過任何協議對該執照頻譜的接取，對於執照之控制，以及當執照控制權改變時之視同轉讓（deem transfer）涉及的頻譜以及任何待決的轉讓。

除上述規定外，對於適用於商業行動頻段中的所有執照轉讓和預期轉讓，ISED 通常會發布其有關商業行動頻段授權轉讓和預期轉讓的決定摘要。

申請人必須根據上述考慮因素提供任何及所有相關文件，該文件將與申請文件一併提交，以便 ISED 進行審查。ISED 可以在完成審查之前隨時要求提供進一步的文件或資訊。資訊可以涉及申請人目前的布建程度、頻譜的計畫使用和/或現有的和預期的容量限制。

ISED 將根據加拿大資訊取得法的要求對與執照轉讓和預期轉讓申請有關的資訊進行保密處理，直到 ISED 發布相關決定摘要，或申請人公開發布資訊。考慮簽訂與授權轉讓和預期轉讓相關的協議的各方可以在此之前向 ISED 尋求非正式的、不具約束力的建議。ISED 可能會在其認為適當的情況下提供此建議。根據資訊取得法的規定，在獲取此建議的過程中提交的資訊將被視為機密，並且不會發布與這些需求相關的任何資訊。

（三）非競爭性區域授權框架

ISED 發展出非競爭性區域授權框架（non-competitive local licensing framework, 以下簡稱 NCL 執照）使垂直領域的產業或企業用戶在全國各地局部地區更容易的接取頻譜執照。此外，由於 NCL 授權框架通常透過頻譜共享來促進頻譜的更密集使用，新用戶應可受益於較低的進入障礙以及可靠簡易的頻譜接取。同時，為了促進頻譜接取效率，NCL 授權框架也將確保被授權者之快速布建，同時要求取得 NCL 執照者將頻譜未活躍使用的區域提供給其他用戶。

2022 年 8 月，ISED 針對 NCL 執照辦理公眾諮詢作業，並提議將其應用於 3900-3980 MHz 頻段（簡稱 3900 MHz 頻段）以及部分之 26 GHz、28 GHz 和 38 GHz 頻段，後於 2023 年 5 月公布「關於非競爭性區域授權框架的決定，包括 3900-3980 MHz 頻段以及部分 26、28 和 38 GHz 頻段」⁸³。NCL 執照採取「先到先服務」原則進行發照，並由業者自訂向量區域，發射功率限制為不高於一般商業行動業務之發射功率。ISED 將實施自動授權系統，在系統中納入 NCL 授權區域之間的適當間隔距離，以使執照持有人在利用 NCL 執照營運時共存。NCL 被授權人可以在其授權區域內的任何地方布建基地臺，但不得向其授權區域以外的設備發送資料或從其接收資料。

未來，ISED 將在對其他頻段進行授權或更新時也將採取 NCL 框架來進行協商。對已建立的 NCL 授權框架的頻段也將進行進一步磋商，以在必要時引入、調整或取消措施。

透過 NCL 授權框架提供這些頻段，預計將支援垂直產業創新服務之應用發展。這些行業可能會受益於專用網路等專業用途，可實現廣泛的自動化、機器人和遠端操作，以進行即時監控、調度和緊急通

⁸³ ISED(2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands. <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/decision-non-competitive-local-licensing-framework-including-spectrum-3900-3980-mhz-band-and> (last visited 2024.11.05).

知。舉例來說，農業可利用這些頻段中的頻譜進行自動化操作（如：農作物追蹤或產品可追溯性）等。相關技術仰賴高水準的頻寬和網路效能，專用網路亦得滿足營運商之特定連接與涵蓋需求，並有效管理自己的異質網路組合，以實現其欲達成之服務品質。

（四）小結

綜上所述，歸納 ISED 對於異質網路之頻譜資源管理策略，包括於執照發放時設計執照內容為允許異質網路如行動、固定及衛星對同一個頻段之共用；在不同類型的持執照者之間，允許透過 SMCS 執照分別發照促使衛星業者與地面行動業者之開放合作；也開放業者透過申請從屬執照，促進異質網路業者間之頻譜擴大利用。

ISED 表示，5G 等技術創新、新商業模式的出現以及無線通訊的持續成長導致中高頻段頻譜的需求更大。因此，國際電信監管機構正在尋求實施額外的頻譜發照方法，以補充傳統的執照模式。這些方法旨在促進在更小、更具地理針對性的區域布建無線網路，同時提供可預測的服務品質，以滿足新興需求和多樣化用途（例如垂直產業、農村和遠端寬頻供應商）。

區域授權方法提供靈活的接取，以滿足無線服務提供者和個人頻譜使用者等相對小規模的連接需求。製造業、農業和資源開發產業的自動化進展，需要無線連接來在一定範圍的區域內實現低延遲的專業應用。ISED 認為區域授權架構的優點是其可擴展性，使其能夠滿足不同規模地區的各種需求，從較小的礦場到較大的農場和社區。區域頻譜授權的可擴展性將促進服務提供，特別是在農村和偏遠地區。此外，這種可擴展性將使被授權人能夠滿足這些類型用途不斷發展的需求，支持新的創新業務模式的出現，並推動對 5G 網路的持續投資。透過使頻譜在局部地區輕鬆可用，促進不同經濟部門對頻譜之使用及網路布建，使消費者能從由此帶來的投資和創新中受益。

第五節 日本

一、頻率管理之主管機關

日本總務省（Ministry of Internal Affairs and Communications, 以下簡稱 MIC）為日本的電信監理機關，負責監理及制定電信、廣播產業政策，包含管理無線電頻率有效運用，同時建立因應無線寬頻環境變化的管理機制。總務省無線電部門根據《無線電法》（Radio Act）管理頻譜，申請人依無線電法第 4 條向總務省申請頻率執照，主管機關則根據無線電法第 26 條及 26-2 條確定頻譜分配並監控頻譜使用情況。

二、B5G、6G 下之頻譜規劃管理及異質網路新興技術應用情境

（一）B5G、6G 下之頻譜規劃管理

日本總務省每年發布《頻率重組行動計畫》（Frequency Reorganization Action Plan），評估無線電頻譜的有效利用程度與無線電使用相關技術創新需求的全球趨勢，以促進無線電頻譜資源有效利用為目的，根據新的無線電頻譜使用系統之引進及不斷增加的頻譜需求，進行每年頻譜資源實際使用調查與評估，如下圖。

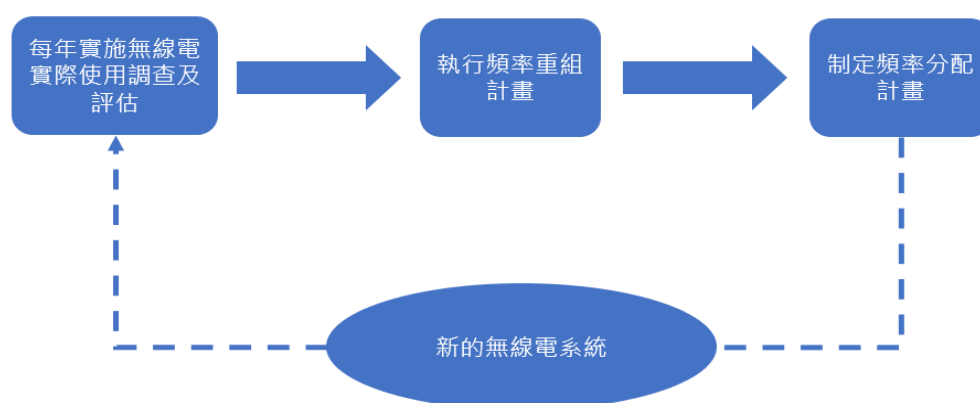


圖 4-7、日本總務省頻譜移頻與重釋出週期

資料來源：日本總務省頻率重組計畫（2022 年）

以下介紹總務省於 2022 財政年度及 2023 財政年度執行的幾項主要《頻率重組行動計畫》⁸⁴重點：

1. 衛星通信系統之進階頻譜計畫

總務省透過《頻率重組行動計畫》盤點衛星通信目前可使用頻寬為 9.8 GHz，規劃自 2021 財政年度至 2025 財政年度末，將再整備 9 GHz 頻寬供衛星通信使用，預計透過引入衛星行動通訊系統、使用 Ka 頻段擴展行動地球電臺寬頻衛星通訊系統（ESIM）的頻寬以及使用 Q/V 頻段作為 NGSO 衛星的饋線鏈路等方式，擴大衛星通信之服務及使用頻寬。此外，總務省已展開衛星與既有服務之無線頻率共享，衛星通訊及 HAPS 系統新增了 2.5 GHz 頻寬。增加的頻寬中，2 GHz 頻寬（10.7 至 12.7 GHz）為下行鏈路（太空到地球）頻率，剩餘的 0.5 GHz 頻寬（14.0 至 14.5 GHz）為上行鏈路（地球到太空）。

2023 財政年度之《頻率重組行動計畫》，針對地球與天空直連通訊將涉及之 HAPS 與低軌道衛星，在天空中使用之頻率，進行分配給 HIBS 的 IMT 頻段如 700 到 900 MHz、1.7 GHz、2 GHz 及 2.5 GHz 頻段之探討，而 HAPS 的饋線鏈路則將採用分配給固定服務之頻段，命令控制用之 C2 links（Command and control Link）仍有待討論。對於太空中分配給低軌道衛星之頻率，服務鏈路採用部分 Ka 頻段之 IMT 行動通訊頻段，饋線鏈路則使用 Ka 頻段。

在 ESIM 方面，由於在 WRC-19 時已擴大 GSO 衛星的 ESIM 使用頻寬，因此對於 GSO 之 ESIM 使用的擴展頻寬（17.7~19.7 GHz 和 27.5~29.5 GHz）與日本現有無線系統的頻率共享測試研究已有初步結論。

⁸⁴ 總務省(2023), Frequency Reorganization Action Plan (FY2023 version)

2. 行動通訊 5G 相關頻率需求評估及擴增計畫

總務省於 2022 年 5 月允許業者利用動態頻率共享技術廣泛使用 2.3 GHz 頻段作為 5G 行動通訊系統的指定基地臺建設計劃，業者之間可在地理上和時間上共享現有無線頻率，這使得 5G 頻段新增了 40 MHz 頻寬（2330~2370 MHz）。此外，為與歐洲、美國等國家合作確保頻率國際統一，總務省也對 5G 及其相關服務的頻率擴增計畫展開研究，將在 2.6 GHz、4.9 GHz、26 GHz、40 GHz 等頻段開展新增行動通信頻率分配之研究，考慮包括動態頻率共享技術，以及對相同或相鄰頻段上現有無線系統的影響。

1.4-3.4 GHz 頻段被眾多無線電臺廣泛使用，包括 4G/5G（1.5 GHz/1.7 GHz/2 GHz/2.3 GHz 頻段）、Inmarsat 等衛星通訊系統、航空和海上雷達系統、指定低功率無線電臺、無線區域網路、寬頻行動無線接取（Broadband Wireless Access, BWA）系統和農村用戶的無線電接取。總務省將研議進一步利用和推廣行動通訊系統政策，包括升級 5G，以及確保頻譜有效利用程度，以滿足 NGSO 非同步軌道衛星系統之 5G 和行動電話潛在需求。

在 1.7/2 GHz 頻段，為滿足無人機（drones）等在空使用行動電話的需求，日本於 2020 年 12 月修訂了規定，允許在距地面 150 公尺以下之高度接取 1.7/2 GHz 頻段，爾後 2023 年 4 月再次修改規定，取消海拔限制、允許從距地面 150 公尺以上使用該頻段。在 2.6 GHz 頻段（2645 至 2665 MHz），鑑於現有衛星行動通訊系統升級，日本將考慮其對現有無線系統的可能影響，並進一步審視引入行動通訊系統的可能性，包含平時和災害期間動態頻率共享的應用等。

3. 促進特低頻和特高頻之利用與應用

根據日本廣播頻率利用措施研究小組於 2022 年 3 月編製的《廣播頻率利用措施摘要報告（日本開放大學特低頻段舊地面廣播站點）》，總務省允許日本開放大學原來的地面廣播頻率（77.1 MHz 和 78.8 MHz）於 2022 年 6 月實施在關東地區用作臨時災害廣播站使用。

對於特低頻（95 至 108 MHz），預計從 2028 年起可在全國範圍內實現 FM 廣播頻率的擴展以引入 FM 防災資訊系統，並將進行與現有無線系統的頻率共享等測試。

對於特高頻段（207.5-222 MHz），根據 2019 年 4 月發布的《V-High 頻段使用政策概要》，進行驗證測試，區分出廣播服務升級、物聯網及通訊服務升級三種使用情況。

根據 2022 年 6 月發布的《特高頻段示範實驗結果》，廣播頻率利用措施研究小組建議應研究該頻段電信服務升級之可能性。同時，也將研究引入窄頻物聯網通訊系統的技術條件，以使多個公共組織能夠在發生災難等情況時在多個地點共享資訊。

針對市級災害管理無線電（60 MHz 頻段，僅用於廣播系統），日本將推動數位格式的早期移轉（early migration）。至於推動前的測量作業，則是以 2022 財政年度「714 MHz 以下無線電頻譜實際使用率調查」（Survey of Actual Radio Spectrum Utilization (714 MHz or less)）中評估的無線電波有效利用程度為依據，後制定 2024 財政年度調查的實施方式，以掌握背景情況、並致力確認數位化相關的問題。

由於飛行器使用增加等因素提高了通訊需求，未來 VHF 頻段航空行動業務頻譜短缺問題將會日益嚴峻。因此，參酌 2022 財政年度「714 MHz 以下無線電頻譜實際使用率調查」中評估的無線電波有效利用程度，再考慮執照開放和更新無線電設備的計劃，針對預期通信需求過高的區段，日本將提前研究頻段通道安排，且為準備 2025 年

大阪關西世界博覽會展示飛行車應用，將自 2023 財政年度起積極與相關業者協調頻譜調整安排事宜。

（二）異質網路新興技術

1. 應用案例一：Space Compass

日本衛星集團 SKY Perfect JSAT 與日本電信事業 NTT 集團於 2022 年 4 月 26 日宣布合資成立聯合控股公司 Space Compass。Space Compass 規劃發展同步軌道衛星、地球觀測衛星以及高空通訊平臺之衛星整合計算網路（Space Integrated Computing Network）。

Space Compass 預計透過同步軌道衛星跟低軌道地球探測衛星，搭配光無線數據轉接服務（optical data relay service），提供高速數據傳輸服務。將同步軌道及低軌道衛星整合為太空接取網路（Space RAN），Space Compass 也規劃使用高空通訊平臺，提供低延遲通訊服務。

2023 年底，Space Compass 與微軟共同開發展示太空邊緣運算應用。此舉源起於 NTT 與 Microsoft 於 2019 年建立的策略聯盟，因為目前的太空解決方案難以滿足需求規模，Space Compass 和 Microsoft 大力投資衛星軌道通訊之發展，衛星遠端資料日益增長，此種需求導致雲端的衛星資料量增加，導致頻寬壅塞和延遲增加。大規模解決這個問題需要能夠在資訊傳輸到地面之前進行計算和分析。太空機載邊緣運算（space onboard edge computing）有助於解決此類問題，提供強大的業務優勢，包括更快的資訊洞察與回應時間。

Space Compass 於 2023 年第三季持續與微軟的產業軟體工程團隊合作，兩家公司建立了聯合程式開發工程團隊，以實際案例之需求，在 Azure Orbital Space SDK 軟體開發套件⁸⁵上開發應用程序，展示太

⁸⁵ Stephen Kitay(2022), Any developer can be a space developer with the new Azure Orbital Space SDK, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/blog/any-developer-can-be-a-space-developer-with-the-new-azure-orbital-space-sdk/> (last visited 2024.11.05).

空邊緣機載運算的運用及工作原理。「船舶檢測計畫」是該專案的第一個用例，將在 Loft Orbital Solutions Inc. 的衛星 YAM6 上的運算資源上進行演示，該衛星已於 2024 年 3 月成功發射。

Space Compass 將繼續在衛星軌道上布建太空邊緣運算能力及超高速光學資料中繼網路，以便太空資料使用者能在雲端環境中無縫且更高效地利用即時資料。此外，兩家公司也將把合作關係拓展到更廣泛的太空相關業務，探索如何共同創新更先進的資料驅動解決方案。

2. 無人機之應用情境、使用頻率及相關頻率管理政策

日本的 UAV 管理以飛行高度 150 公尺為分界，150 公尺以下之 UAV 須遵守國土交通省的規定，設有禁飛區域及飛機重量限制，所有超過 100 公克的無人機都需要進行登錄，否則將面臨罰款。在日本空拍的禁飛區域，包括機場周圍、緊急空域、150 公尺以上之空域、人口密集地區、國家重要設施周邊、空港周邊、軍事區域及核電廠周邊。

至於 UAV 在 150 公尺以上高空如何安全有效的使用行動通信訊號，日本總務省之情報通信審議會於 2023 年 1 月發表《2022 年度新世代行動通信系統委員會報告》⁸⁶，主要探討 LTE-Advanced 和 5G NR 系統的技術條件，特別是在高空環境下的應用。高空使用行動電話的各種應用場景，包含高度 150 公尺以上和 FDD-NR 方式的使用。

該報告說明了關於高於 150 公尺使用行動電話的技術挑戰和干擾問題，技術測試和模擬分析，包括電場強度測量和對地面行動電話網路的影響評估。並探討行動電話在高空使用之頻率共用相關問題：

- 分析高空使用行動電話對各種無線系統的影響，例如特定無線麥克風、電視接收、智慧運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)、無線射頻識別(Radio Frequency Identification, RFID)、氣象衛星、無線電探空儀、個人手持式電話系統

⁸⁶ 總務省(2023)，新世代モバイル通信システム委員会報告。

(Personal Handy-phone System, PHS)、衛星接收等。

- 說明如何透過計算干擾量來評估共用可行性，並提出對特定系統的干擾避免措施。
- 探討 TDD 系統上空使用可能導致的「遠距捕捉問題」，並說明模擬結果顯示只要使用適當的發射功率控制功能，干擾影響可以忽略不計。

基於以上頻譜之先期調查及共用之檢討結果，建議可將 800 MHz、900 MHz、1.7 GHz 與 2 GHz 頻段用於高空 LTE-Advanced(FDD) 以及 FDD-NR(5G) 系統。但在 1.7 GHz 頻段使用時，需要特別注意與繞極軌道 (Polar orbit) 衛星地球電臺的共用問題，並可能需要額外的協調。

700 MHz 和 1.5 GHz 頻段由於存在干擾問題，目前不允許 UAV 在高空共用。2.5 GHz 頻段 (寬頻行動無線接取) 的高空使用需要進一步評估，目前僅允許在 150 公尺以上高度使用 LTE 系統。3.4/3.5 GHz 頻段由於共用問題，需要進行協調以確保共存。針對相關受影響之既有用途、頻段以及建議採取之措施，彙整如下表所示。

表 4-9、既有用途之受干擾影響程度及採取措施

受影響之既有用途	影響程度	採取措施
無線電天文 (1.5 GHz)	非常容易受到干擾。	繼續現有的協商機制，協商操作條件。
衛星接收 (3.4 GHz 及 3.5 GHz)	具有低容許干擾水平。	進行詳細的共用協調，確保共存後才能使用。
氣象衛星與繞極軌道衛星 地球電臺 (1.7 GHz)	在 25 公尺高度時，干擾量可能會超過可接受的限度。	在 25 公尺高度操作時需採取適當的緩解措施。

資料來源：日本總務省 (2023)，《2022 年度新世代行動通信系統委員會報告》

所有高空行動電臺必須配備適當的發射功率控制功能。適當的傳輸功率控制對於最大程度地減少對地面行動電話網路以及其他使用相同或鄰近頻段的無線電系統的干擾非常重要。總務省建議的具體措施包含：

- 上空專用傳輸功率控制：上空專用傳輸功率控制採用 3GPP Release 15 中規定的上空專用傳輸功率控制功能，根據高度和位置調整傳輸功率。
- 傳輸功率控制參數 P0：上空專用傳輸功率控制中的初始值 P0 對於平衡干擾抑制和服務品質至關重要。行動電話業者應根據其特定的網路配置和服務需求仔細確定 P0 值。
- 高空使用的最大高度：基於模擬結果顯示干擾影響會隨著高度增加而降低，因此不設定最大高度限制。

為確保 150 公尺以上高空安全有效地使用 5G 訊號，必須仔細考慮頻段限制、傳輸功率控制以及對其他無線電系統的潛在影響。日本已根據以上研究成果及措施進行 150 公尺以上 UAV 或直升機對行動通訊之使用規範頻率及使用政策，初步開放將 800 MHz、900 MHz、1.7 GHz 和 2 GHz 頻段用於高空 LTE-Advanced (FDD)與 FDD-NR (5G) 系統。日後仍將持續監控並評估高空使用行動通信訊號對其他系統的影響，並在必要時採取額外措施。當全國 5G 及 Local 5G 在未來出現新需求時，則將進行進一步評估及技術條件審查。

3. HAPS 干擾分析相關研究

日本總務省於 2024 年 8 月發布了《令和 6 年度事後事業評估書》⁸⁷，內容針對 2020 年至 2023 年間進行的「利用高空通訊平臺（High Altitude Platform Station，HAPS）的無線通訊系統之頻譜有效利用技

87

術研究開發案」⁸⁸進行結案評估。

儘管 HAPS 的行動通訊系統有望成為向包括天空在內的三維空間區域提供超廣涵蓋區域、抗災網路及通訊服務的平臺，惟於頻譜資源有限之條件下，HAPS 系統與地面通訊系統互相干擾乃必須突破的課題，如當 HAPS 系統發送的訊號強度過高，可能會對地面系統造成干擾，影響其通訊品質；另一方面來說，在 HAPS 使用與地面系統相同頻段的情況下，地面系統發送的訊號也可能會干擾 HAPS 系統的接收，除須使 HAPS 與地面系統的訊號發送時間精確同步以減少干擾發生，研究團隊亦致力於發展抑制訊號干擾的技術。該報告亦說明多種干擾抑制技術，例如：

- **高精度時間同步技術：**HAPS 中繼站和地面基地台之間需要高精度時間同步，才能協調訊號發送時間，減少干擾的發生。
- **網路協作干擾迴避技術：**HAPS 系統和地面系統可以透過網路協作，協調無線資源的分配，例如：時隙（Time Slot）、頻率、功率等，以避免相互干擾。
- **干擾消除技術：**干擾消除技術可以透過訊號處理的方式，將接收到的干擾訊號消除，提高通訊品質。
- **地面電臺天線技術：**使用定向天線可以減少 HAPS 系統對地面系統的干擾，並提高 HAPS 系統的接收靈敏度，降低地面系統干擾的影響。

該報告分別就「固定通訊系統」及「行動通訊系統」進行探討，針對前者，日本較關注於開發 38 GHz 頻段（38-39.5 GHz）無線通訊系統的技術；針對後者，則目標利用所提出的高精度時間同步技術及網路協作干擾迴避技術，將 HAPS 至地面系統配置中的同步精度誤差抑制在±1 微秒，茲整理計畫目標設定與達成情況如下：

⁸⁸ 總務省(2024)，HAPS を利用した無線通信システムに係る周波数有効利用技術に関する研究開発，https://www.soumu.go.jp/main_content/000677041.pdf。

(1) 固定通訊系統

表 4-10、「利用 HAPS 無線通訊系統之頻譜有效利用技術研究開發案」之關於固定通訊系統計畫目標設定與達成情況

項目	計畫目標	達成狀況
整體目標	開發搭載於 HAPS 的毫米波天線系統及地面電臺，並達成以下目標： A. 維持與 Ku 頻段同步衛星系統同等之迴路稼働率(99.9%)； B. 頻譜利用效率由原先的 3 bit/symbol 優化至 3.5~4 bit/symbol(提升 1.1 倍以上)	A. 目標達成。HAPS 下行鏈路頻譜利用效率達 5 bit/symbol，超越預期目標。 B. 通過整合實證測試，驗證了各項技術開發成果的有效性，確認可達到預期目標。
各項技術課題	A. 開發與 5G 網路等協作的 HAPS 系統整體設計/評估及迴路控制技術； B. 開發 HAPS 搭載的動態補償型毫米波多點聚束天線技術； C. 開發毫米波頻段的電波傳播損耗補償技術； D. 開發 HAPS 專用地面電臺天線技術； E. 研究頻譜共用技術。	A. 目標達成。完成 38 GHz 頻段電波傳播測量兩次，完成整合實證測試及未來 HAPS 實用化之課題分析。 B. 目標達成。開發出 C2 鏈路模組、毫米波模組及基地臺，並完成機載飛行測試，確認 HAPS 搭載電臺能穩定地進行多個地面電臺間的轉發通訊，提供 HAPS 回程線路。 C. 目標達成。開發出降雨衰減預測模型及主動式站點分集技術，並完成與 5G 網路整合的迴路控制技術驗證。 D. 目標達成。開發出 38 GHz 頻段透鏡天線與陣列饋源結合的地面電臺天線，並完成機載測試，確認追蹤精度達到 0.4 度以內。 E. 目標達成。確認 HAPS 與地面 5G 系統可透過電波遮蔽等干擾抑制措施共用頻段。

資料來源：日本總務省（2024），《令和 6 年度事後事業評估書》

(2) 行動通訊系統

表 4-11、「利用 HAPS 無線通訊系統之頻譜有效利用技術研究開發案」之關於行動通訊系統計畫目標設定與達成情況

項目	計畫目標	達成狀況
整體目標	在 HAPS 對地面系統架構下，透過高精度時間同步技術及網路協作干擾控制技術，達成以下目標： A. 時間同步誤差控制在 ± 1 微秒以內； B. 頻譜利用效率提升 1.2 倍以上。	A. 目標達成。開發試作裝置，完成實時動作驗證，並透過系統模擬確認可充分達成預期的同步精度誤差和頻譜利用效率提升目標。 B. 目標達成。頻譜利用效率提升 1.2 倍。
各項技術課題	A. 開發高精度時間同步技術； B. 開發網路協作干擾迴避技術； C. 開發網路協作干擾消除技術； D. 開發 HAPS 支援的電波傳播估計技術。	A. 目標達成。開發出無線介面高精度時間同步技術，並透過試作裝置驗證在 SNR 0dB 以下環境中可達到 1 微秒以內的同步精度。 B. 目標達成。完成無線資源分配控制演算法的設計與試作裝置開發，並透過室內測試確認可提升吞吐量。 C. 目標達成。完成地面及 HAPS 側干擾抑制技術開發，並透過模擬確認可大幅提升通訊容量。 D. 目標達成且超越預期。完成干擾分析及系統設計用的電波傳播估計技術開發，並推動其國際標準化，其中干擾分析用技術已成功獲得國際標準認可，並為 WRC-23 會議上 HAPS 新增頻段做出貢獻。

資料來源：日本總務省（2024），《令和 6 年度事後事業評估書》

三、異質網路相關之頻譜管理政策文件

（一）空域使用行動通訊

在頻譜使用上，總務省審視無人機等設備在空域使用寬頻行動無線系統，涉及頻段包括 4G 頻段（3.4 GHz/3.5 GHz）、5G 頻段（3.4 GHz/3.5 GHz/3.7 GHz/4.5 GHz/28 GHz）、Local 5G 頻段（4.6-4.9 GHz 及 28 GHz）以及 2.5 GHz 頻段（2545-2645 MHz），同時防止對其他無線系統的干擾。

針對無人機等設備在空域使用寬頻行動無線系統之各種行動包括：

- 對於 1.7/2 GHz 頻段的行動通訊系統，於 2020 年 12 月修訂法規，允許無人機搭載之行動通訊系統使用地面高度小於 150 公尺的空域。並於 2023 年 4 月修改規定，取消海拔限制，允許在海拔 150 公尺以上使用該頻段。
- 將針對於使用 2.5 GHz 頻段的寬頻行動無線接取（BWA）系統進行技術研究，使無人機等能夠在空中接取 BWA，同時不造成與其他無線系統之干擾。
- 為確保更彈性的使用，針對 Local 5G（4.6-4.9 GHz 和 28.2-29.1 GHz 頻段），於 2023 年 8 月進行相關法規修訂，引入 Local 5G 共享使用及簡化執照核發程序等，並研究海上可用性等議題，繼續進行研究。

下圖為日本總務省為了促進空域及海洋行動接取規劃進行重新檢視之相關頻段。

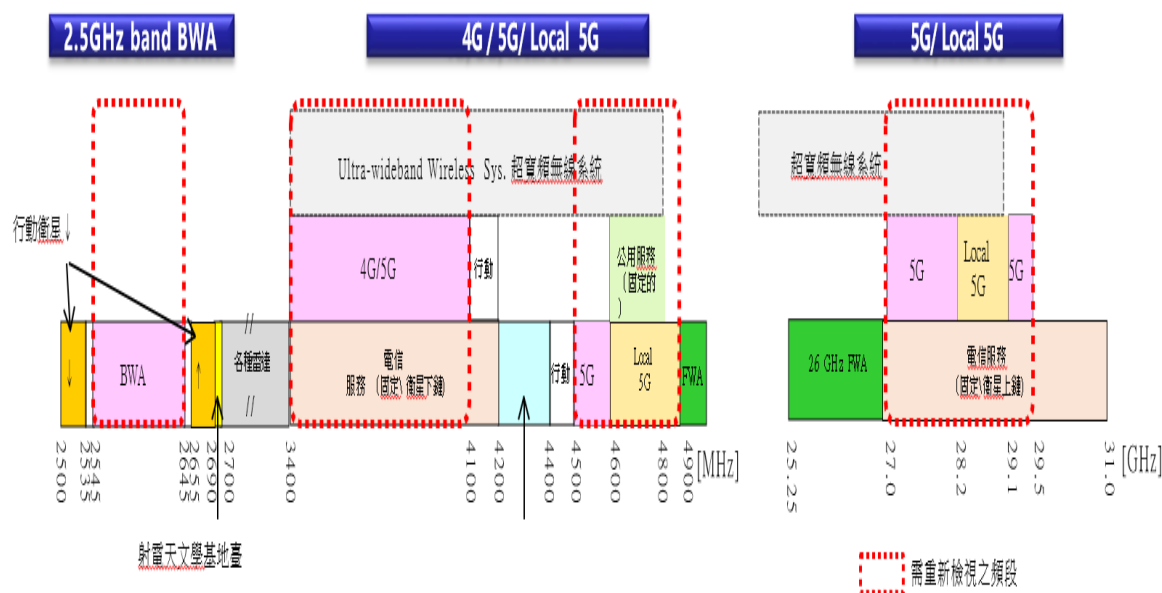


圖 4-8、日本為促進空域及海洋行動接取規劃之檢討頻段

資料來源：日本總務省（2023 年 12 月）

（二）衛星直連手機

樂天行動網路於 2021 年向總務省提出計劃利用 1.7/1.8GHz 頻段的一部分⁸⁹，樂天正與 AST SpaceMobile 合作打算推出名為「SpaceMobile」的衛星行動寬頻網路服務，並於 2023 年 2 月完成首次衛星直連手機測試通話。KDDI 則於 2024 年 10 月 24 日宣布成功展示其 Starlink Direct to Cell 服務，該服務可在 au 智慧型手機上隨時隨地發送簡訊。現場測試是在沖繩縣久米島進行，證實 au 智慧型手機即使在 KDDI 地面服務涵蓋範圍之外，也可直接與位於數百公里高度的 Starlink Direct to Cell 衛星連接，並發送和接收訊息。KDDI 也提供總務省其測試成果，包括與其他系統共用研究結果。

總務省指出，非同步軌道衛星通訊系統是實現智慧型手機、無人機和物聯網設備超廣域通信的關鍵技術。為此，日本政府正積極規劃

⁸⁹ 楽天モバイル株式会社(2021)，「衛星通信システム委員会作業班」第 25 回資料 1.7GHz 帯/1.8GHz 帯携帯電話向け非静止衛星通信システムの周波数共用検討について，https://www.soumu.go.jp/main_content/000747108.pdf。

將 2 GHz 頻段的一部分用於手機與非同步衛星的直連通訊。目前日本已展開《使用衛星之行動電話 2 GHz 頻段非同步軌道衛星通訊系統技術條件》探討，但行動裝置使用 1.7/1.8 GHz 頻段與非同步軌道衛星通訊之技術與執照制度研究在 2021 年辦理公眾諮詢作業，並於隔年再次召集業者進行討論⁹⁰，然而至今尚未有新的進展。

軟銀在 2022 年的討論中提出，1.7/1.8GHz 頻段的頻率共用問題需審慎評估，由於該頻段目前已有多个既有使用者，包括行動通訊、公共業務、氣象援助等，引入新的衛星直連服務可能會造成干擾。軟銀強調，在引入新的衛星直連服務時，需要考慮與現有行動通訊系統的相容性，並進行充分的技術測試，以確保不影響現有服務的品質，並建議政府應參考國際趨勢，制定明確的頻率共用規則，並進行必要的國際頻率協調，以避免國際間的干擾問題。日本政府回應表示將積極推動頻譜資源的重新分配，推動公共業務部門從 1.7GHz 頻段遷移到其他頻段，以釋放更多頻譜資源給 5G 等新興行動通訊技術。並將參考 WRC-23 的決議，並考量國際趨勢後研擬頻率共用技術規範、執照申請流程等。

日本於今年公告《使用衛星之行動電話 2GHz 頻段非同步軌道衛星通訊系統技術條件》報告⁹¹，探討衛星直連手機的頻譜共用干擾問題，納入共用檢討的頻段為 1884.384~2200 MHz，如下圖所示：

⁹⁰ 總務省電波監理審查會議資料 (2022)，令和 3 年度電波の利用状況調査の評価結果（案）（令和 4 年 7 月 15 日 諮問第 16 号）。

⁹¹ 總務省(2024)，衛星コンステレーションによる携帯電話向け 2GHz 帯非静止衛星通信システムの技術的条件，https://www.soumu.go.jp/main_content/000965257.pdf。

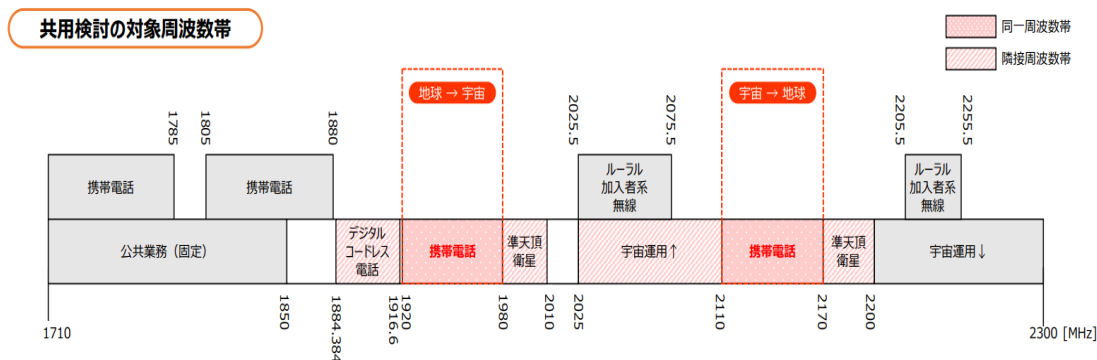


圖 4-9、日本衛星直連手機頻譜共用之檢討頻段

資料來源：日本總務省（2024 年 8 月）

該報告詳細分析 2GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五個無線電系統的頻譜共用問題，茲重點說明如下：

1. **頻率配置：**服務鏈路使用 IMT 頻段之 2 GHz 頻段（地球到太空: 1920-1980 MHz，太空到地球: 2110-2170 MHz），饋線鏈路則使用 Ka 頻段。
2. **系統構成：**由衛星、地面電臺、手機等地面終端設備組成。
3. **軌道高度：**340 公里/525 公里。
4. **服務鏈路波束寬度：**直徑約 50 公里。
5. **其他技術參數：**文件列出了其他技術參數，例如：頻率容許偏差、最大天線功率、天線增益等。
6. **共用檢討方法：**以頻譜干擾影響的三個方法步驟來評估，分別為：

(1) **一對一對向模型（STEP 1）：**此方法假設干擾情況最嚴重，將 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統（衛星電臺）與行動通訊系統（行動電臺）放置在最靠近的位置，並假設兩者同時以最大功率發射訊號。此模型用於初步評估干擾程度，但由於過於簡化，結果僅供參考。

(2) 實際運用模型 (STEP 2): 此方法考慮了更實際的因素，例如天線方向性、地形遮蔽等，以更精確地計算干擾量。與一對一對向模型相比，實際運用模型更接近真實情況，但仍可能無法完全反映所有變數。

(3) 機率計算模型(STEP3): 此方法採用蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo method)，模擬大量隨機場景，例如：不同用戶位置、發射功率變化等，以更全面地評估干擾影響。此模型更準確地預測干擾發生的機率，但需要大量的計算資源和時間。

在進行共用檢討時，按照上述三個步驟的順序依次進行。如果 STEP 1 的結果顯示干擾量超過容許值，則繼續進行 STEP 2 和 STEP 3 的分析。然需要考慮多個干擾源的影響時，STEP 1 的結果僅作為參考，最終的共用判斷會基於 STEP 2 及 STEP 3 的機率計算模型。

該報告另針對 5 個行動通訊系統之干擾評估進行檢討，綜整如下表所示。

表 4- 12、5 個行動通訊系統之干擾評估綜整表

系統	檢討結果	解決方案
行動通訊系統 (行動電臺) (2110-2170 MHz)	1 對 1 對向模型 (STEP1) 和實際運用模型 (STEP2) 的共用檢討結果顯示，所需改善量為負數，表示共用可行。	由於共用檢討結果顯示共用可行，因此不需要額外採取干擾解決方案。
宇宙運用系統 (衛星電臺) (2025-2110 MHz)	1 對 1 對向模型 (STEP1) 的共用檢討結果顯示，所需改善量為正數，但實際運用模型和機率計算模型 (STEP2、STEP3) 的檢討結果符合 ITU SA.609 和 SA.1155 的保護標準。	雖然共用檢討結果顯示共用可行，但若無線電臺的無線設備狀況等因素可能造成干擾，則相關單位需個別協調運作。
準天頂衛星系統 (行動電臺) (2170-2200 MHz)	將使用相同頻段的 2GHz 非同步軌道衛星通信系統(衛星行動電臺)及行動通訊系統(行動電臺)的無線電臺數量加總，再計算出兩個系統的發射總功率後，據此以 STEP1 模型評估對準天頂衛星系統的干擾量，結果顯示干擾量在容許值內，所需改善量為負數。	雖然在設定的條件下共用可行，但實際運作時，相關單位需個別協調運作。
數位無線電話系統 (1884.384-1916.6 MHz)	1 對 1 對向模型 (STEP1) 和實際運用模型 (STEP2) 的共用檢討結果顯示，所需改善量為正數，機率計算模型 (STEP3) 也顯示相同結果。但是，考量到衛星涵蓋範圍內可同時發送訊號的行動電臺數量實際上比檢討模型設定的條件更少，因此預計可以進一步改善，使所需改善量變為負數。	透過限制衛星涵蓋範圍內可同時發送訊號的行動電臺數量，可以降低干擾，實現共用。
準天頂衛星系統 (1980-2010 MHz)	將使用相同頻段的 2GHz 非同步軌道衛星通信系統 (衛星行動電臺) 和行動通訊系統 (行動電臺) 的無線電臺數量加總，再計算出兩個系統的發射總功率後，據此以 STEP1 模型	由於共用檢討結果顯示共用可行，因此不需要額外採取干擾解決方案。

系統	檢討結果	解決方案
	評估對準天頂衛星系統的干擾量，結果顯示干擾量在容許值內，所需改善量為負數。	

資料來源：總務省（2024），《使用衛星之行動電話 2GHz 頻段非同步軌道衛星通訊系統技術條件》報告

總體而言，2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他無線電系統的共用檢討結果顯示多數情況下共用是可行的。

總務省表示，在國際規範方面，由於衛星服務鏈路使用的 IMT 頻段目前尚未分配給衛星行動用途，因此 2 GHz 系統在國際上需依據無線電規則（RR）第 4.4 條規定營運：「不對其他無線電臺造成有害干擾，亦不得要求保護，免受其他無線電臺的有害干擾」。2023 年世界無線電通信大會（WRC-23）已決議將於 2027 年世界無線電通信大會（WRC-27）討論是否將 IMT 頻段（694/698 MHz-2.7 GHz）分配給衛星行動用途，以實現衛星直連通訊。

日本持續關注國際標準發展，並著手調整國內技術標準，根據總務省於 2024 年 9 月 30 日版之《頻率調整行動計畫》草案說明，已於 2024 年 7 月開始研究無人機在空中的頻率使用技術條件規範，總結該年內得出的所有結論，針對 2 GHz 頻段之技術條件和授權程序，將盡快完成法規相關整備⁹²。

（三）其他異質網路相關規劃

高空通訊平臺能透過設置於距地面約 20 公里高度的空中基地臺，實現地面與高空間的通訊。總務省認為，高空通訊平臺有機會成為實現抗災能力的通信服務，並且促進農村先進資訊基礎設施的發展。該服務將涉及使用 38 至 39.5 GHz 頻段的固定通訊系統及 2.7 GHz 以下頻段的行動通訊系統。為制定早期 HAPS 所需的技術標準，自 2023 財政年度開始針對與固定鏈路、行動鏈路及命令和控制鏈路（Command and control Link, C2 Link）相關無線系統進行工程測試，並檢核與其他無線網路共享問題。

對於 3.4-8.5 GHz 頻段用於 4G 和 5G（3.4 GHz/3.5 GHz/3.7 GHz/4.5 GHz 頻段）、區域型 5G（4.5 GHz）、FPU、STL/TTL/TSL、無線存取系統、無線 LAN、氣象雷達、DSRC、衛星通訊、固定微波線路等。

⁹² 總務省(2024)，周波数再編アクションプラン（令和6年度版）（案），
https://www.soumu.go.jp/menu_seisakuhyouka/176036_03.html

總務省將進一步檢視此頻段與現有無線系統共用頻率的措施，以確保已分配的 5G 和區域型 5G 之通訊應用、滿足 5G 的潛在需求，並兼顧無線 LAN 的使用之有效無線電頻譜利用措施以滿足多樣化的使用需求，另外也確保能夠回應國際 ITS 應用的頻譜共存。

具體措施包括為了在 2025 財政年度年底之前將所需頻率分配給 5G 系統，在 4.9 GHz 頻段（4.9-5.0 GHz）建立新的 5 GHz 頻段無線接取註冊系統期限將設定在 2025 財政年底，而在該頻段引入 5G 之相關技術條件等安排工作將在 2023 財政年度完成。此外，為有效使用無人機控制通訊的 5 GHz 頻段（5030-5091 MHz），將推動高空飛行無人機中繼通訊系統的國際標準化等措施。

總務省為了引進更先進的無線 LAN（IEEE 802.11be 標準），以提升 2.4 GHz 頻段、5 GHz 頻段（5.2 GHz/5.3 GHz/5.6 GHz 頻段）和 6 GHz 頻段無線 LAN 的有效速度，並在 6 GHz 頻段（5925 至 6425 MHz）實現寬度 320 MHz 的無線 LAN 系統，將針對無線系統間的共享使用進行審查。

對於 5 GHz 頻段（5.2 GHz/5.6 GHz 頻段）和 6 GHz 頻段中無線 LAN 使用的頻率，將研究進一步擴大其在空域中的使用，同時防止與其他無線系統等干擾措施，將從 2023 財政年度年底左右開始逐步展開，預計於 2024 財政年度(即 2025 年三月底前)結束前完成制度整備。從經濟合理性的角度來看，日本需要與國外無人機使用的頻率(如 5.8 GHz 頻段)實現國際統一，並透過限制無人機使用頻率和地點的簡單程序，對 5.8 GHz 頻段展開實驗運作。總務省將根據需求，進一步檢視可在不影響現有無線系統情況下運作的頻率，並在 2024 年底公布可使用之實驗測試頻率範圍。

針對 6 GHz 頻段窄頻設備的使用和無線 LAN 的室外使用，將進行技術條件審查，研討頻率共享的可能性，同時關注其他國家的趨勢。此外，為了將頻率範圍擴展到 6.5 GHz 頻段（6425-7125 MHz），將進一步審查頻率共享、無線 LAN 系統的室外使用的技術條件，並將在 2024 財政年度期間最終確定。7025 至 7125 MHz 頻段，是 WRC-23

討論的 IMT 候選頻段，總務省將研究同時考慮 ITU 和 3GPP 等以及其他國家的趨勢研究相關頻率分配的可能性。

第六節 小結

觀察國際異質網路應用及相對應之頻譜管理政策，可發現異質網路在各國 5G、6G 之願景扮演重要角色，目前先進國家多著墨於探討非地面網路與地面網路串連之監管議題，如：英國《次世代無線電頻譜管理》、《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》等，其中，「衛星直連手機」為發展相對較為快速之應用，因此各國紛紛就此議題進行監管規範之擘劃，美國 FCC 已於 2024 年 5 月 30 日生效太空補充涵蓋框架 (SCS)，同時加拿大ISED 將規劃 SMCS 框架，以利未來使用衛星行動通訊來補充地面行動服務不足和服務之地區，進行執照申請，目前規劃於 2025 年 4 月 1 日生效，另日本已針對 D2D 衛星服務進行頻率共用方法與頻譜共享干擾評估，並於 2024 年公告此文件。英國 Ofcom 對於引入 D2D 衛星服務，持續蒐集各利害關係人之意見並於 2024 年 11 月 20 日更新此文件，更新但尚未做決議，宣布對於此服務提供授權及時間並未達成共識，預計於 2025 年出具體提案。歐盟則探討未來相關頻段之可能適用。

國際上無人機技術發展快速，此應用頻譜需求增加，各國已提出不同頻段之探討。如歐盟針對無人飛行系統提出安全性及功能方面具有不同等級之要求，未來將以不同頻譜條件適用相關頻段；英國引入新無人飛行系統執照，以授權無人機使用無線電設備進行頻率申請；美國將核配 5030-5091 MHz 頻段供無人機之非網路接取操作使用；加拿大目前僅允許使用免執照頻段，未來規劃進行無人機使用其他頻段之諮詢；日本目前初步開放將 800 MHz、900 MHz、1.7 GHz 和 2 GHz 頻段用於高空 LTE 與 5G 系統，但持續對干擾相關議題做評估。

綜上所述，本計畫建議應盡早規劃「衛星直連手機」服務之相應頻譜管理政策（如：IMT 頻段之跨用途使用議題、手機功率及干擾問題等），亦針對國際間關注之新興應用議題進行頻率探討及干擾評估作業。

表 4-13、先進國家因應異質網路應用發展之頻率管理政策綜整表

	頻譜管理政策方向	異質網路具體政策	未來發展重點
歐盟	著重於頻率協調、促進頻譜共享及彈性執照解決方案等，並保留足夠頻譜資源供異質網路新興技術使用	RSPG 提出非地面網路政策建議	非地面網路與地面網路互連之監管議題
英國	採積極且彈性之頻譜管理方式，提高頻譜使用效率，同時滿足新興技術之頻譜需求	- 更新非同步軌道衛星系統執照之監理框架 - 預計發布《衛星行動用途/衛星直連行動設備之意見徵詢》	非地面網路與地面網路互連之監管議題
美國	鼓勵促進開放且具互通性技術創新之無線通訊系統，針對新興異質網路技術進行法規調適及訂定新法	《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》	包含：非地面網路與地面網路互連之監管議題、航空航海通信與地面網路互連等
加拿大	促進競爭及使用者之無線負擔能力，同時確保執照靈活使用，允許不同用途進行頻譜共享	- 非競爭性區域授權執照、靈活使用執照、從屬執照 - 發布《衛星補充行動涵蓋之政策、發照及技術諮詢文件》	包含：非地面網路與地面網路互連之監管議題、不同業者間之頻譜合作利用議題
日本	著重於探討頻譜彈性使用及防止干擾，	規劃《行動裝置使用 1.7/1.8GHz 頻段與	包含：非地面網路與地面網路互連之監管

	頻譜管理政策方向	異質網路具體政策	未來發展重點
	而非單就異質網路進行頻譜管理	NGSO 衛星通訊技術與執照制度研究》	議題、技術條件等

資料來源：本計畫彙整

表 4- 14、先進國家頻率管理政策綜整表-衛星直連手機

	政策文件名稱	重點內容	立法進程
歐盟	《Hexa-X-II 計畫》 - 關於評估 2027 年後衛星行動服務使用 1980-2010 MHz 及 2170-2200 MHz 頻段之情境	- 非地面網路可以提供臨時或救災解決方案、生命安全與緊急服務；為偏遠地區或服務不足之區域。 - 確認未來衛星行動服務之不同用途，如補充地面連接及歐洲航空網路；一般 MSS（語音、資料）；M2M 及 IoT 生態系統；NTN 之 D2D 寬頻服務。	於 2027 年後執照到期進行發展評估
英國	《衛星行動用途/衛星直連行動設備（D2D）之意見徵集》	關於引入 D2D 衛星服務，可提高網路彈性及擴大既有地面網路涵蓋，但並未對於此服務提供授權時間有共識。	規劃 2025 年年初具體提案
美國	《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》	推動衛星營運商與地面服務業者之間的合作，使得既有分配予地面服務之頻譜能夠直接提供用戶行動通訊裝置網路接取服務，實現無所不在的連結。	於 2024 年 5 月 30 日起生效

	政策文件名稱	重點內容	立法進程
加拿大	《以衛星補充行動通訊涵蓋之政策、授權與技術框架草案》	使用衛星來補充地面行動服務不足和服務未達之地區，同時建立監管框架，在允許 SMCS 布建和發展的同時，維持和保護既有頻段中的地面行動服務。	規劃 SMCS 框架依加拿大財政年度於 2025 年 4 月 1 日生效
日本	《使用衛星之行動電話 2 GHz 頻段非同步軌道衛星通訊系統技術條件》	探討衛星直連手機的頻譜共用干擾問題，納入共用檢討的頻段為 1884.384-2200 MHz；共用之方式探討；行動通信系統做干擾評估。	於 2021 年諮詢，並於 2024 年公告報告

資料來源：本計畫彙整

表 4-15、先進國家頻率管理政策綜整表-無人機

	政策文件名稱	重點內容
歐盟	《用於當地專用網路之臨時、動態及彈性頻譜接取之頻譜共享架構》	對於不同無人飛行系統的用途在安全性和功能方面具有不同等級之要求，因不同頻譜條件可適用 2.4 GHz 及 5.8 GHz 頻段，以及 27 MHz、35 MHz、40 MHz、433 MHz 及 868 MHz 頻段。
英國	《無人飛行系統頻譜》	提出引入新執照申請，以授權無人機使用無線電設備。同時依照無人飛行系統操作員之無線電執照進行頻率申請。

	政策文件名稱	重點內容
美國	《無人機系統運作的頻譜規則及政策》	核配 5030-5091 MHz 頻段供無人機之非網路接取操作使用，為無人機技術之發展提供穩定且適切的頻譜資源。以前期布建、實際執行逐步進行頻率分配及規劃。
加拿大	-	無人機僅允許在某些免執照頻段（例如 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段）內使用，並且不允許在商業行動頻段內運行。ISED 計畫未來將展開在其他頻段使用無人機的諮詢。
日本	《2022 年度新世代行動通信系統委員會報告》	關於高於 150 公尺使用行動電話的技術挑戰和干擾問題，技術測試和模擬分析，包括電場強度測量和對地面行動電話網路的影響評估，以及探討行動電話在高空使用之頻率共用。(800 MHz、900 MHz、1.7 GHz 和 2 GHz 頻段)

資料來源：本計畫彙整

第五章 異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析

自俄羅斯於 2022 年 2 月入侵烏克蘭戰爭以來，讓許多國家感受到衛星通訊在特殊事件下所展現的韌性及重要性。同時，SpacX 的星鏈服務，利用低軌衛星，可以提供地面用戶經由 WiFi 無線區域網路技術連接到網際網路。此外，傳統衛星產業，基於其現有衛星系統，也積極尋找創新應用服務，以開發新的獲利來源。手機晶片設計公司，如高通及我國的聯發科技公司，也樂見能開發新的衛星通訊模組，增加公司的盈收。這顯示各界對非地面通訊，抱有相當高的期待。

第一節 手機直連衛星之有害干擾處理議題

3GPP 於 Release 17 開始納入 NTN 架構，並試圖將衛星通訊整合至 5G 或 6G 行動無線網路。3GPP 規劃之 TN 及 NTN 整合型態，如圖 5-1 所示，可分為透通模式及再生模式⁹³。

1. 透通型 (transparent)：空中通訊平臺只轉傳訊號至地面閘道器與 5G 基地臺。也就是以衛星作為訊號傳輸的中繼站，基本上只進行頻率轉換、訊號放大而已，服務鏈路多以使用 MSS (mobile satellite service) 頻譜為主。

2. 再生型 (regenerative)：空中通訊平臺具備 4G/5G 基地臺的功能。也就是要求在衛星上進行訊號解調/解碼、調變/編碼等功能，衛星設計相對複雜，服務鏈路以行動通訊 IMT (International Mobile Telecommunications) 頻譜為主。

⁹³ 3GPP(2023), TR 38.821 v16.2.0-Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN).

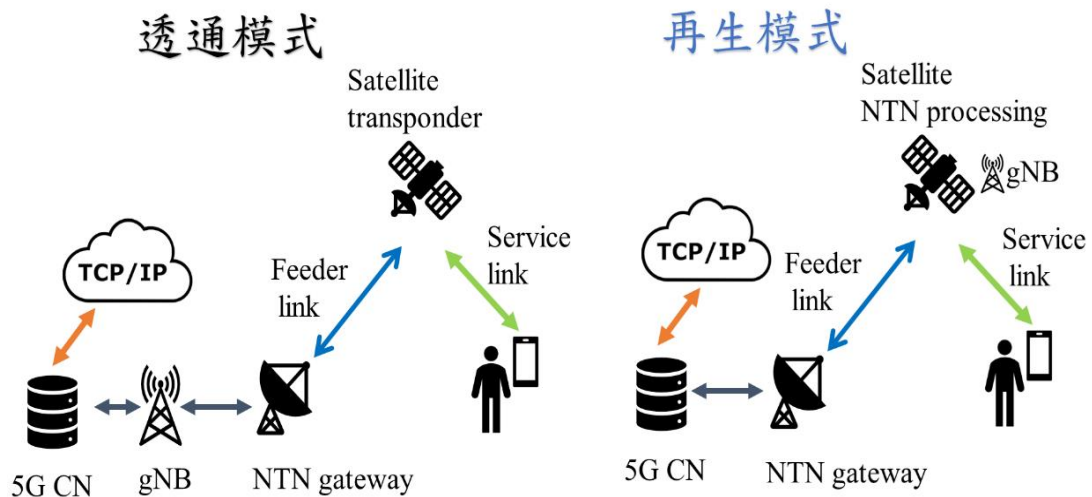


圖 5- 1、透通型與再生型 NTN

資料來源：本計畫整理

現階段非地面網路技術以透通型為主，因現階段在太空中運行之低軌衛星，尚未具備 4G/5G 基地臺之功能。然而，隨著時間的推移及衛星通訊的發展，特別是酬載火箭的可再利用，大幅降低發射衛星之成本。未來發射的衛星將會有再生型模式的系統，即低軌衛星上將有 IMT 的基地臺功能。這兩種 NTN 模式，對既有用戶產生干擾的樣態也有所不同。

我國聯發科技公司於 2023 年 5 月 4 日公布《6G 衛星與地面網路整合技術白皮書》(MediaTek 6G Technology White Paper: Satellite and Terrestrial Network)⁹⁴，亦於 2023 年世界通訊大會 (Mobile World Congress, MWC) 展示一套 5G 衛星寬頻 (NR NTN) 通訊技術驗證平臺與測試手機，並且持續研發 B5G 和最新 6G NTN 關鍵技術。在該白皮書中，聯發科認為，將傳統衛星行動裝置整合進現代的智慧型手機，是手機直連衛星之利器，聯發科也致力於該類晶片的研發。此外，聯發科提出 4 種手機直連衛星技術可能之選項，如圖 5-2 所示。其中，

⁹⁴ MediaTek(2023), MediaTek 6G Technology White Paper: Satellite and Terrestrial Network Convergence, https://d86o2zu8ugzlg.cloudfront.net/mediatek-craft/documents/MediaTek_WhitePaper-6G-Satellite_EN0523F.pdf.

聯發科認為第 3 種選項，即利用原有的低軌或同步衛星，配合將窄頻的 IoT 模組整合於智慧型手機之模式比較可行。此方式也和 3GPP 所提出的透通模式相同。

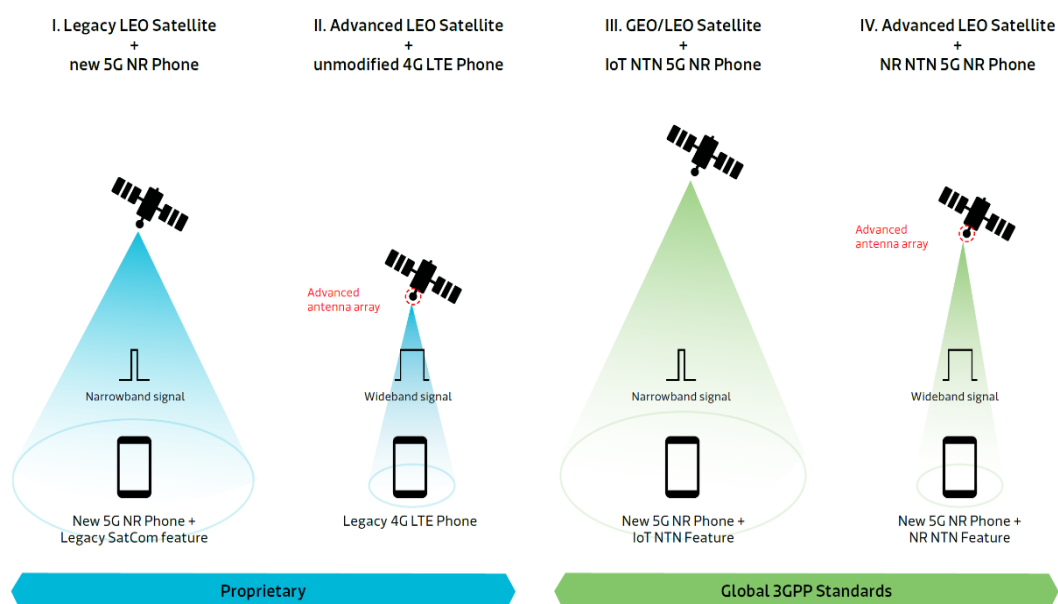


圖 5-2、手機直連衛星架構

資料來源：本計畫整理

一、NTN 頻譜

3GPP NTN 衛星通訊使用頻譜可分為衛星行動用途 (Mobile Satellite Services, MSS)及衛星固定用途 (Fixed Satellite services, FSS)。MSS 主要使用 L-band 及 S-band，通常作為服務鏈路使用。而 FSS 主要使用 Ku-band 及 Ka-band，通常作為饋線鏈路使用，如圖 5-3 所示。針對手機直連衛星之服務鏈路，透通型適合使用 MSS 頻譜、再生型需使用 IMT 頻譜。

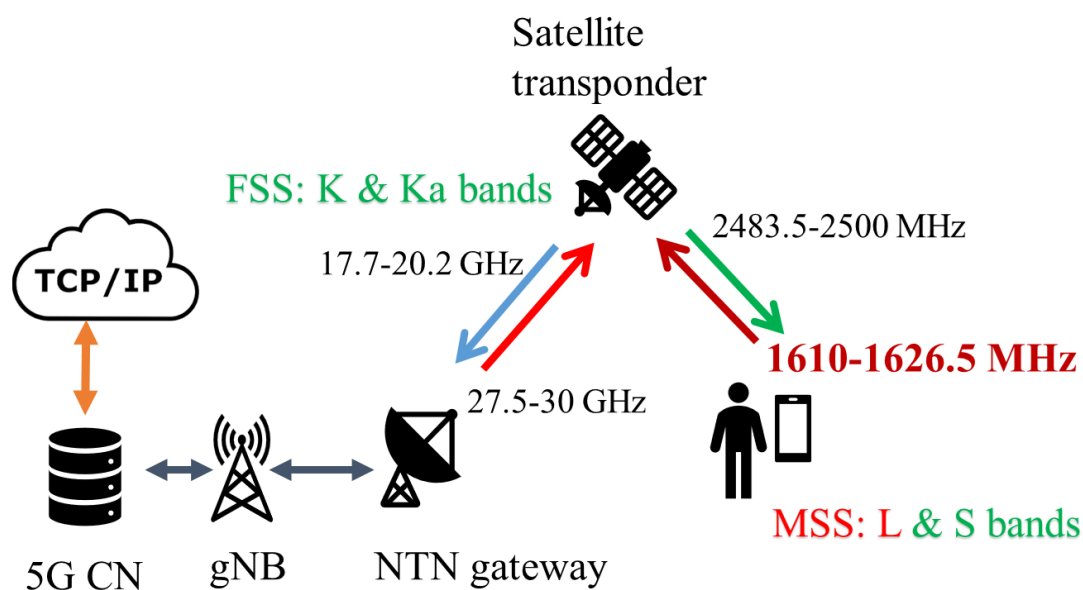


圖 5- 3 、3GPP 規劃 NTN 頻譜及架構

資料來源：本計畫整理

在 Release 17 版本之 MSS，規劃 1626.5-1660.5 MHz 及 1525-1559 MHz 分別為上鏈及下鏈使用；1980-2010 MHz 及 2170-2200 MHz 分別為上鏈及下鏈使用。上述系統採用分頻多工（Frequency Division Duplex），總共上下鏈各約規劃 64 MHz 頻譜。預計在 Release 18 版本還會再增加 1610-1626.5 MHz 及 2483.5-2500 MHz 分別為上鏈及下鏈使用，如表 5-1 所示。加上 Release 17 規劃之頻譜，上下鏈各約 80 MHz 之頻寬。Release 18 也針對 FSS 規劃 17.7-20.2 GHz(K band)及 27.5-30 GHz（Ka band）分別供下及上鏈使用，頻寬共 2.5 GHz x 2=5 GHz⁹⁵。

⁹⁵ Sebastian Euler, Xiaotian Fu, Sven Hellsten, Christophe Kefeder, Olof Liberg, Eduardo Medeiros, Erik Nordell, Damanjit Singh, Per Synnergren, Elmar Trojer & Ioannis Xirouchakis(2023), Ericsson technology review: 3GPP technology for satellite communication, <https://www.ericsson.com/49bb0c/assets/local/reports-papers/ericsson-technology-review/docs/2023/3gpp-satellite-communication.pdf>.

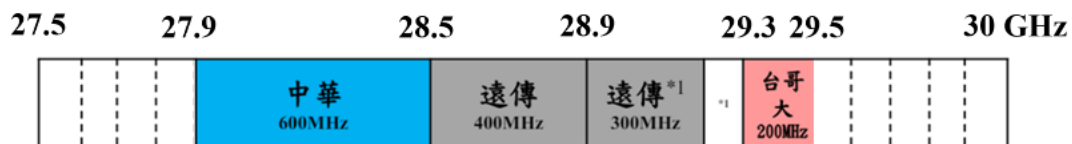
表 5- 1、3GPP 規劃之 5G NTN 頻譜

	上鏈頻段	下鏈頻段	頻寬	雙工模式
Rel. 17	1626.5-1660.5 MHz 1980-2010 MHz	1525-1559 MHz 2170-2200 MHz	64 MHz	FDD
Rel. 18	1610-1626.5 MHz	2483.5-2500 MHz	16.5 MHz	FDD
	27500 – 30000 MHz	17300 – 20200 MHz	5400 MHz	FDD
	28350 – 30000 MHz	17300 – 20200 MHz	4550 MHz	FDD
	27500 – 28350 MHz	17300 – 20200 MHz	3750 MHz	FDD

資料來源：3GPP

二、透通型 NTN 手機干擾地面通訊情境分析

首先，本計畫針對透通型 NTN 進行干擾情境分析。若我國欲導入 NTN 系統，以低軌衛星高度於 300 至 600 公里為例，其在地面訊號涵蓋範圍可達 500 公里，因臺灣本島由南至北總長約 400 公里，故只需建置 gateway 1 座。但若考慮備用情形，最多為 2 座。其所對應饋線鏈路上鏈頻率為 27.5-30 GHz，下鏈頻率為 17.7-20.2 GHz。因上鏈頻率發射機在地面，此為潛在地面通訊系統之干擾源。我國頻率分配表於 27.5-30 GHz 頻段，分配給固定、行動、衛星固定(地對空)，作為主要用途。該頻段之 27.9-29.5 GHz 也於 2020 年 5G 釋照時，以拍賣方式核配給中華電信、遠傳電信及台灣大哥大等業者，如圖 5-4 所示。因此，NTN 之饋線鏈路上鏈，在我國可能使用的頻譜，計有 27.5-27.9 GHz、29.2-29.3 GHz 及 29.5-30 GHz，共 1000 MHz 之頻寬。若饋線鏈路欲使用已核配之 27.9-29.5 GHz 頻段，將會對該頻段內既有之通訊系統，造成嚴重妨礙性干擾。



*1 遠傳112.12.15併亞太；113.5.10因合併處分撤回29.2-29.3GHz

圖 5-4、我國 28 GHz 頻譜拍賣結果

資料來源：本計畫整理

表 5-2、中華民國頻率分配表之 1600 MHz 頻段

頻段分配	備註
1613.8000 – 1621.3500 MHz 航空無線電助航（主） 衛星行動（地球對太空）（主） 衛星無線電測定（地球對太空）（次） 衛星行動（太空對地球）（次）	
1621.3500 - 1626.5000 MHz 衛星水上行動（太空對地球）（主） 航空無線電助航（主） 衛星行動（地球對太空）（主） 衛星無線電測定（地球對太空）（次） 衛星行動（太空對地球）（次），衛星水上行動（太空對地球）除外	1616 - 1626.5 供衛星行動通信使用
1626.5000 - 1631.5000 MHz 衛星行動（地球對太空）	1626.5 - 1645.5 WRC-2000 決議可供 IMT-2000 衛星通信使用 1646.5 - 1660.5 WRC-2000 決議可供 IMT-2000 衛星通信使用 1656.5 - 1660.5 WARC-92 決議供衛星行動通信使用
1631.5000 - 1660.0000 MHz 衛星行動（地球對太空）	
1660.0000 - 1660.5000 MHz 衛星行動（地球對太空）（主） 無線電天文（主）	
1660.5000 - 1668.0000 MHz 無線電天文（主） 太空研究（被動式）（主） 固定（次） 行動（次），航空行動除外	

資料來源：中華民國頻率分配表

反之，下鏈頻率 17.7-20.2 GHz 因為從高度約 500 公里之低軌衛星發射至地面，以頻率 18 GHz 為例，其電波傳播之自由空間損失約為 171 dB，且其發射天線場型與地面接收天線場型不匹配損失也很大。因此，NTN 之饋線鏈路下鏈訊號，對地面通訊系統產生妨礙性干擾之可能性相當低。此外，若 gateway 不設在我國境內，饋線鏈路之上、下鏈，都不會干擾地面既有通訊系統。

對於 NTN 之服務鏈路，若採用通透模式，3GPP 建議使用 MSS 頻譜。此使用情境下，地面終端用戶將分佈於全國範圍，且可於行動狀態下進行連網應用。如同饋線鏈路之情形，服務鏈路之下鏈，對地面通訊系統，基本上不會造成干擾。而其上鏈頻率，因其發射裝置位於地面，行動用戶的位置也會相當靠近既有通訊系統之接收端，很有可能產生妨礙性干擾。以表 5-1 所列之上鏈頻率 1980-2010 MHz 為例，該頻段之頻率分配，在我國係將此頻段分配供固定、行動及衛星行動（地對空）等 3 個「主要」用途。如果該頻段實際有核配固定或行動通訊系統，其干擾情形如圖 5-5 及圖 5-6 所示。此種干擾情形，可包括同頻干擾及鄰頻干擾。

以表 5-1 所列之上鏈頻率 1626.5-1660.5 MHz 為例，該頻段之頻率分配，在我國係將此頻段分配供衛星行動（地對空）做為「主要」用途。有一小部份頻譜 1660-1660.5 MHz 分配供無線電天文做為「主要」用途使用。此頻段之規劃，應不致產生干擾。

以表 5-1 所列之上鏈頻率 1980-2010 MHz 為例，該頻段之頻率分配，在我國係將此頻段分配供固定、行動及衛星行動（地球對太空）等 3 個「主要」用途，如表 5-3 所示。如果該頻段實際有核配固定或行動通訊系統，其干擾情形如圖 5-5 及圖 5-6 所示。此種干擾情形，可包括同頻干擾及鄰頻干擾。經查，我國並未核配此頻段供行動通訊使用。此外，對於既有的 IMT 行動通信系統而言，因其頻譜之規劃，和 MSS 有所隔離。因此，通透模式下，NTN 之 service link 對既有

IMT 應不會產生妨礙性干擾。

表 5-3、中華民國頻率分配表之 1900 MHz 頻段

頻段分配	備註
1710.0000 - 1980.0000 MHz 固定（主） 行動（主）	1710 - 1885 WRC-07 決議可供 IMT 使用， WRC-2000 決議可供 IMT-2000 使用 1710 - 1785, 1805 - 1880 供行動通信使用
1980.0000 - 2010.0000 MHz 固定（主） 行動（主） 衛星行動（地球對太空）（主）	1880-1895 供室內用無線專用交換機（Wireless PABX）及家用有線電話無線主副機（CordlessPhone）使用 1790 - 1805 供低功率無線電麥克風及無線耳機於不得干擾行動通信且須忍受行動通信干擾之條件下使用

資料來源：中華民國頻率分配表

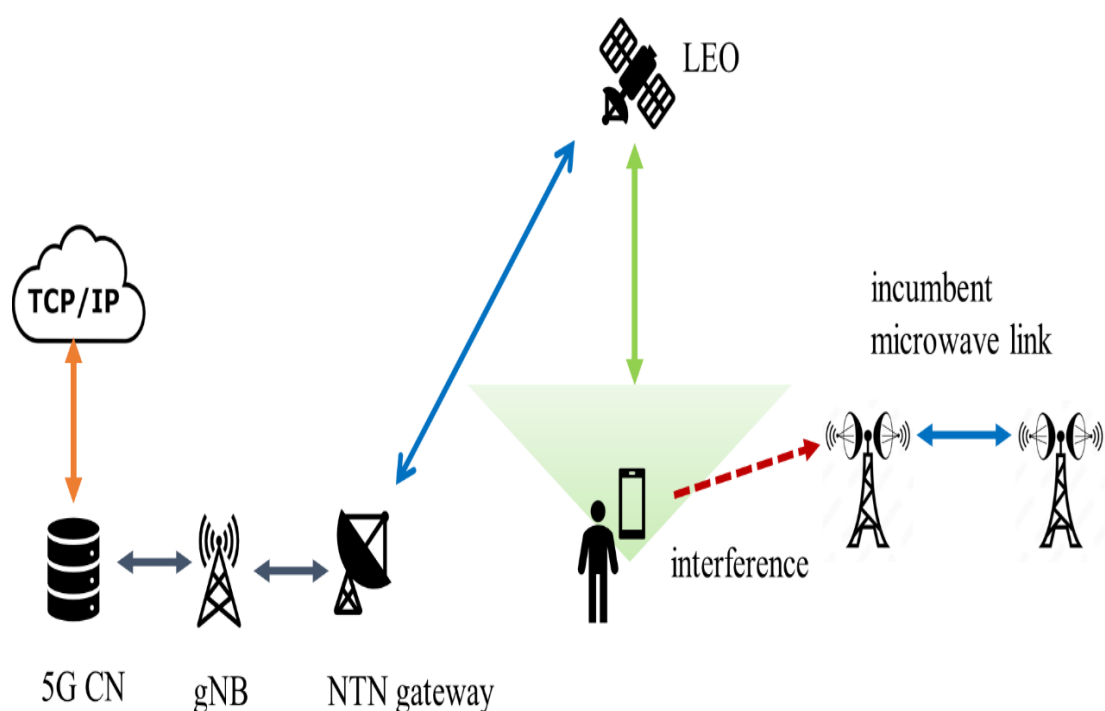


圖 5-5、透通模式 NTN 服務鏈路干擾地面固定通訊系統

資料來源：本計畫整理

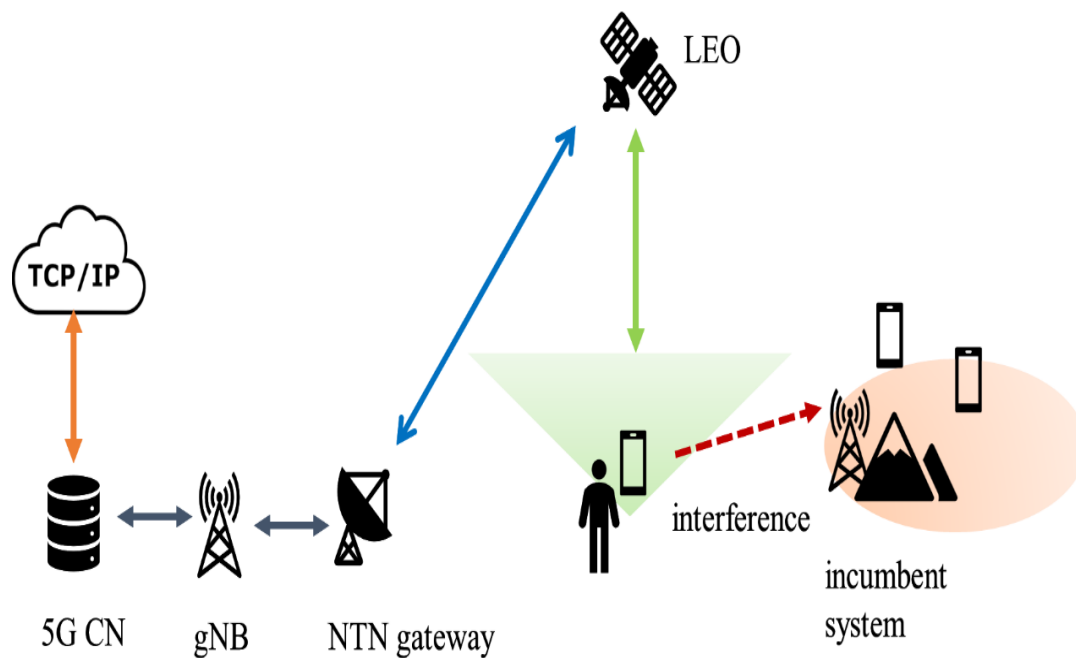


圖 5- 6、透通模式 NTN 服務鏈路干擾地面行動通訊系統

資料來源：本計畫整理

三、 再生型 NTN 手機干擾地面通訊情境分析

對於再生型 NTN 之服務鏈路，以目前 Starlink 和 T-mobile 合作之衛星直連手機技術為例，初期以提供簡訊、物聯網等傳輸量小（或稱窄頻, Narrow band）的數據通訊為主。此系統係採用 T-mobile 原有之 IMT 頻譜，即美國的 PCS 1900 MHz 頻段。其上鏈頻率為 1910-1915 MHz，下鏈頻率為 1990-1995 MHz，此為 FDD 技術。此系統之鏈路頻寬只有 5 MHz，能提供的傳輸容量有限。以 Starlink 和 T-mobile 合作之 Direct-to-cell，目前尚在測試階段，至 2024 年 9 月底已發射約 160 顆具 LTE 基地臺功能之低軌衛星，只提供文字簡訊功能，提供約 2-4 Mbps 速率供地面手機共用此頻寬⁹⁶。

以上述 Starlink 和 T-mobile 合作之衛星直連手機技術為例，其使用之上鏈頻率 1910-1915 MHz，在我國係將此頻段分配供固定及行動

⁹⁶ Starlink(2024), SpaceX sends first text messages via its newly launched direct to cell satellites, https://api.starlink.com/public-files/DIRECT_TO_CELL_FIRST_TEXT_UPDATE.pdf.

2 個「主要」用途，如表 5-3。目前該頻段應無核配給國內行動通信業者供 IMT 使用，但若有核配給「固定」用途之通訊系統，就有可能產生同頻干擾及鄰頻干擾，如圖 5-7 所示。而其下鏈頻率 1990-1995 MHz，在我國係將此頻段分配供固定、行動、衛星行動（地球對太空）等之 3 個「主要」用途，如表 5-3 所示。因此鏈路之發射裝置在衛星上，對地面通訊系統應不會產生妨礙性干擾。

此外，再生型 NTN 之饋線鏈路干擾情境，原則上和通透型相同。若以 Starlink 目前所使用的技術而言，主要受影響頻段為 27.5-30 GHz。若其 gateway 不設在臺灣境內，則不致對我國地面通訊系統產生妨礙性干擾。

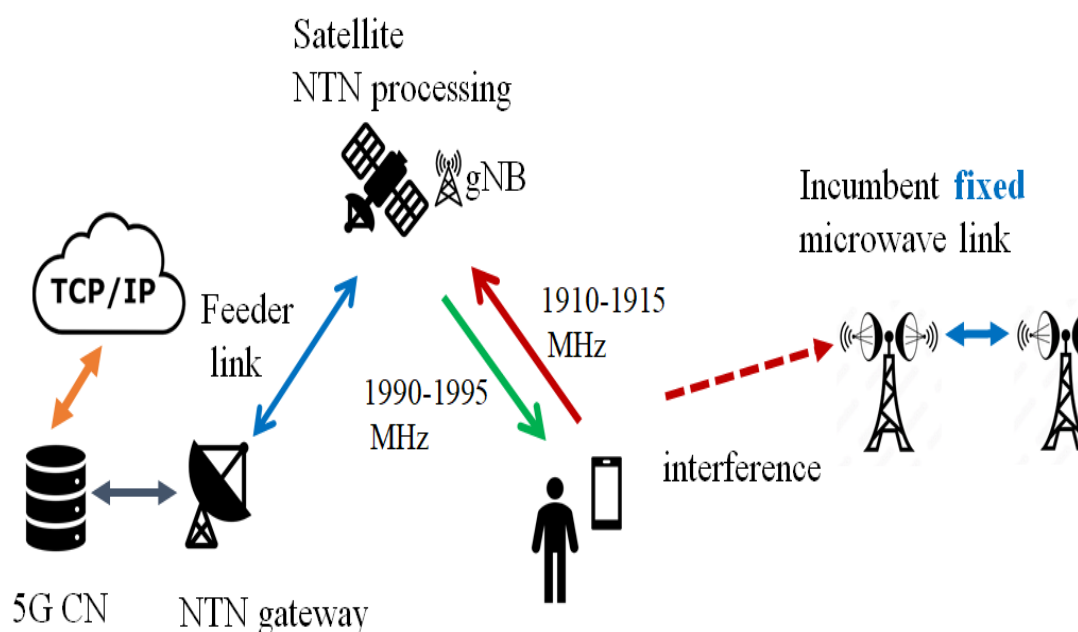


圖 5-7、再生模式 NTN 服務鏈路干擾地面固定通訊系統

資料來源：本計畫整理

再生模式 NTN service link 干擾地面行動通訊系統之情形如圖 5-8 所示，以手機直連而言，常用頻譜為 2 GHz band，干擾型態為同頻干擾。

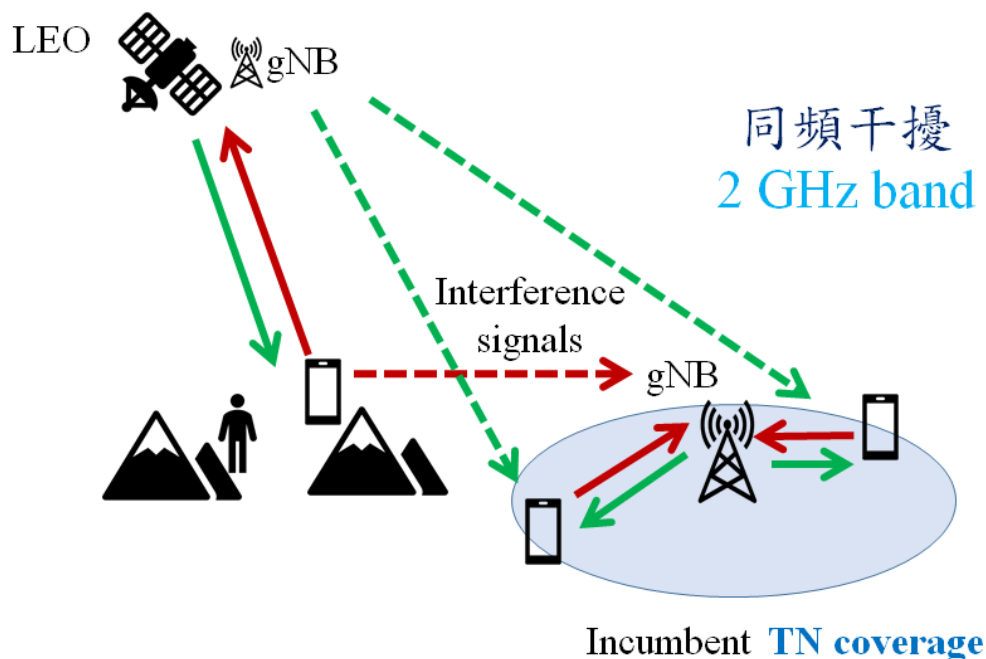


圖 5- 8、再生模式 NTN service link 干擾地面行動通訊系統

資料來源：本計畫繪製

國際組織 5G Americas 在其 5G NTN 白皮書⁹⁷中指出 TN 及 NTN 系統要在同一地區使用相同頻率 (Frequency Range 1, FR1)，會產生干擾，故較不可行。此外，根據國際衛星通訊及網路雜誌於 2022 年由 Sormunen 等學者發表「相鄰頻上地面與非地面網路之共存 (Co-existence of Terrestrial and Non-Terrestrial Networks on Adjacent Frequency Bands)」文章⁹⁸指出若使用鄰頻道，則 TN 及 NTN 系統可以共存，該文章使用的主要參數如下：地面用戶裝置之鄰頻洩漏功率比率 (Adjacent Channel Leakage Ratio, ACLR) 為 30 dB、鄰頻選擇 (Adjacent Channel Selectivity, ACS) 為 33 dB；低軌衛星裝置之 ACLR 為 24 dB、ACS 為 38 dB。

⁹⁷ 5G Americas(2022), 5G & Non-Terrestrial Networks, <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2022/01/5G-Non-Terrestrial-Networks-2022-WP-Id.pdf>.

⁹⁸ L. Sormunen, H. Martikainen, J. Puttonen & D. Panaitopol(2022), Co-existence of Terrestrial and Non-Terrestrial Networks on Adjacent Frequency Bands, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9914774/authors#authors>

同時本計畫參考國立臺灣大學電機系魏宏宇教授之研究⁹⁹顯示，若使用與傳統分頻雙工相反的頻率配對方式，即 reverse pairing，NTN 對 TN 的同頻干擾有限。該論文係以訊號與干擾雜訊比（Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR）作為評估干擾的指標，研究結果指出，TN 網路之上鏈或下鏈，受 NTN 之影響，SINR 只降低約 0.3 dB，對系統容量之影響十分有限。為了進行評估，該研究建立了一個系統模擬器，它是 Mediatek 3GPP 標準團隊模擬器的一部分，並根據 3GPP Release 17 中的 TR 38.863 相關參數進行校準。NTN 和 TN 操作於 FDD 模式，頻寬為 100 MHz。模擬了一顆高度為 600 公里、涵蓋半徑 250 公里的多波束 LEO 衛星。

四、NTN 對地面通訊系統之影響

如前揭所述，NTN 之 feeder link 應不會對我國地面通訊系統產生干擾。而 service link 主要的潛在干擾源為上鏈終端設備，若上鏈頻率使用 IMT 頻譜，產生之干擾型態主要是同頻干擾。經相關研究結果顯示，NTN 與 TN 系統，若要在同一地區使用相同頻道，將會造成同頻干擾。如果要降低干擾的影響，需要使用相關頻譜共享技術，如 reverse pairing 技術等。但仍需要進行更詳細的可行性評估。如果 NTN 與 TN 使用的是 MSS 頻譜，產生的干擾型態主要是鄰頻道干擾，對系統容量的影響有限。

⁹⁹ H.-W. Lee, A. Medles, C.-C. Chen, H.-Y. Wei(2023), Feasibility and Opportunities of Terrestrial Network and Non-Terrestrial Network Spectrum Sharing, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10355089/authors#authors>

第二節 干擾分析方法

通訊系統間是否會引起干擾，其因素相當多，也是一個相當複雜的問題。但是，可將此問題區分為發射端與接收端，即干擾源與被干擾者。如圖 5-9 所示為一個典型的無線通訊系統之傳輸鏈路。電磁波從發射天線輻射出來，經過空間傳播，由接收機天線接收並進行訊號放大及處理。發射天線與接收天線間，為無線通道或鏈路，其電波衰減情形，可以用傳播模型來描述。如果鏈路間存在障礙物，則稱為 NLOS (non-line of sight) 傳播。反之，若鏈路間沒有任何障礙物，則稱為 LOS (line of sight) 傳播。影響電波干擾的因素包括電功率、載波頻率與頻寬、調變方式、距離與環境等。

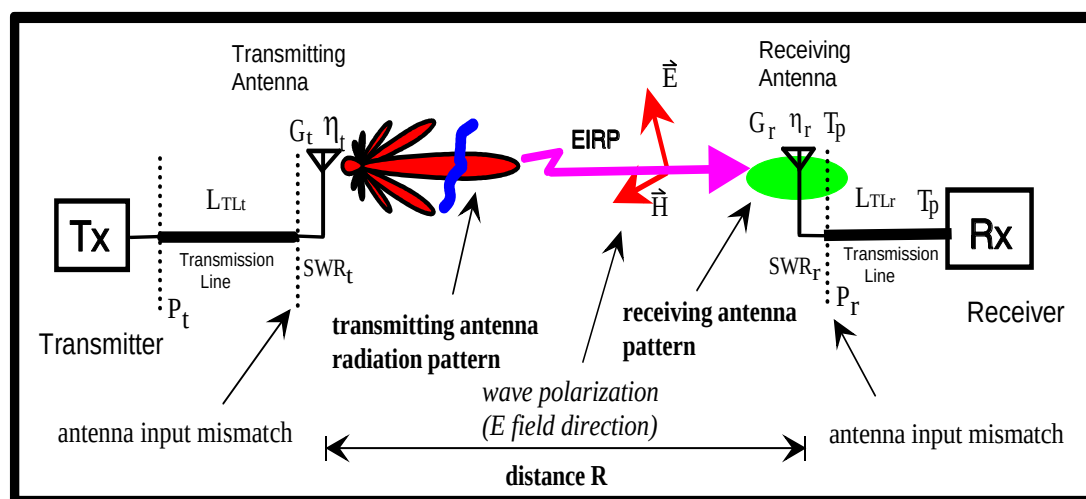


圖 5-9、無線通訊系統傳輸鏈路

資料來源：本計畫整理

一、影響電波干擾因素：功率

一個無線通訊系統在自由空間 (free space) 的傳播環境下，接收機所收到的功率 P_r 之計算如下¹⁰⁰：

¹⁰⁰ Bernard. Sklar(2000), Digital Communications: Fundamentals and Applications, Prentice Hall P T R Upper Saddle River, New Jersey 07458.

$$P_r = P_t \eta_t G_t (1 - |\Gamma_t|^2) \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \eta_r G_r (1 - |\Gamma_r|^2) \quad (1)$$

其中， P_t 為發射功率、 η_t 及 η_r 分別為發射與接收天線之效率、 G_t 及 G_r 分別為發射與接收天線之增益、 Γ_t 及 Γ_r 分別為發射與接收機傳輸線反射係數、 R 為距離、 λ 為無線電之波長。

方程式 (1) 中，較重要的參數為天線增益，距離與波長。天線增益大，接收電功率大，反之亦然。而且，接收功率為距離平方成反比。波長小，頻率高，接收功率就小。此外，由上式可知，距離是電波衰最重要的因素之一。

通訊干擾的發生，可以定義為接收端收到一定強度且不必要的訊號，導致其接收產生問題，如通訊中斷、通訊品質下降、數據傳輸錯誤率提高等。一般而言，這和接收機的靈敏度，動態範圍，線性度，調變方式等特性有關。因此，接收機的性能也會影響其受干擾的程度。

另一方面，發射端所發射之電波訊號，傳播到接收機天線端處之電場強度，是評估是否會導致接收機受干擾之重要參數。這部份和發射之頻率、頻寬、電功率、天線、距離與環境、發射型態等因素有關。特別是發射機與接收機間之距離，與路徑中間之傳播環境，對訊號的衰減影響最大，所以是評估通訊系統之干擾重要的因素之一。

二、影響電波干擾因素：距離與環境

電磁波經由發射天線輻射後，經一段距離的傳播後，訊號強度會隨距離增加，產生衰落（fading）現象，如圖 5-10 所示¹⁰¹。衰落程度愈大，愈不利接收，也意味著整體訊號強度變小，對其他通訊系統的影響較小。這些衰落現象又可分成路徑損失（path loss）、遮蔽（shadowing）效應、快速衰落（fast fading）。路徑損失指的是由距離引起的訊號衰減；遮蔽效應通常是由牆壁及建築物等形成之阻擋效應；

¹⁰¹ Simon R. Saunders(1999), Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, New York: John Wiley & Sons.

快速衰落指的是由多重路徑引起的訊號衰減，通常適用於行動狀況下之通訊型態。

電波傳播之衰減程度，受到路徑環境影響很大，例如：自由空間（free space）環境之傳播，衰減程度最小，距離為最主要的影響因素。若在都會環境中，因大樓林立，且建築物之材質及密度較為複雜，就會有遮蔽效應及快速衰落現象，訊號的衰減，相較於自由空間之環境，會更嚴重。

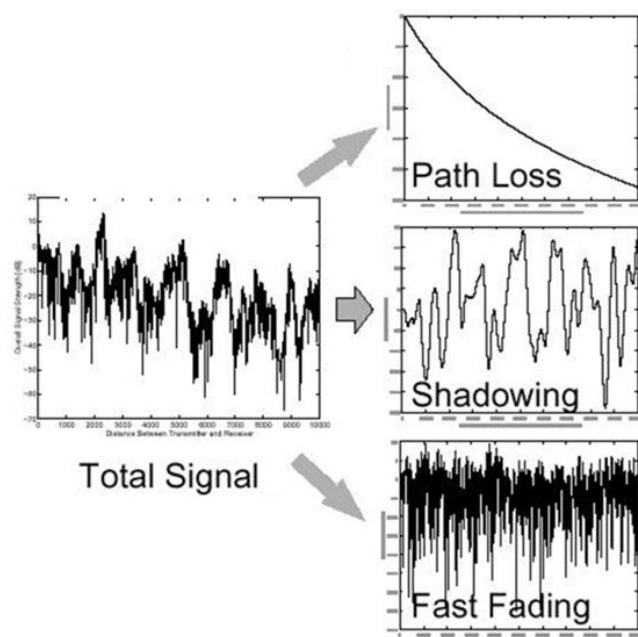


圖 5-10、電波傳播衰減情形

資料來源：本計畫整理

根據電磁波傳播理論，發射天線至接收天線間之路徑損失 PL （path loss）主要可包含三個主要因素，即：

$$PL = PL_{fs} + PL_s + PL_f \quad (2)$$

其中 PL_{fs} 為自由空間 (free space) 路徑損失； PL_s 遮蔽衰落 (shadow fading)； PL_f 為快衰落 (fast fading)。傳播模型中，通常用 lognormal 機率模型來描述遮蔽衰落；使用 Rayleigh、Rician、Nakagami 等機率

模型來描述快衰落，自由空間路徑損失可由下式得到：

$$PL_{fs}=32.4 + 20\cdot\log(d_{km}) + 20\cdot\log(f_{MHz}) \quad (3)$$

其中 d_{km} 為距離，單位為 km； f_{MHz} 為頻率，單位為 MHz。

例如，表 5-4 所示為衛星通訊路徑損失。以低軌衛星，載波頻率 2 GHz、與地面距離 600 km 為例，其路徑損失為 154 dB。同步衛星，若使 3.5 GHz，其路徑損失為 194 dB。

表 5-4、衛星通訊路徑損失

	低軌衛星	中軌衛星	同步衛星
與地面距離(km)	600	21000	36,000
頻率(GHz)	2	1575	3.5
PL_{fs} (dB)	154	183	194

資料來源：本計畫整理

在電波傳播理論中，WINNER II 模型，可用來評估地面行動通訊系統之訊號衰減情形。該模型定義了電波傳播情境，如表 5-5 所示。表中列了 3 個主要的情境，即編號 C1 的 Suburban Macro-cell，編號 C2 的 Urban Macro-cell 及編號 D1 的 Rural Macro-cell。詳細傳播模型之參數如表 5-6 所示，其中，Shadow fading 之 σ ，代表此標準常態分布之標準差，單位為 dB¹⁰²。

¹⁰² P. Kyösti, etc.(2007), WINNER II Channel Models, Information Society Technologies, <https://www.cept.org/files/8339/winner2%20-%20final%20report.pdf>.

表 5-5、WINNER II 電波環境分類

Scenario	Definition	LOS or NLOS	Frequency (GHz)
C1	Suburban Macro-cell	both	2-6
C2	Urban Macro-cell	both	2-6
D1	Rural Macro-cell	both	2-6

資料來源：本計畫整理

表 5-6、WINNER II 電波傳播模型

Scenario	Path loss (dB)	Shadow fading σ (dB)	Applicability range, antenna height default values
C1 LOS	$11.65 + 40 \cdot \log(d) + 3.8 \cdot \log(f/5) - 16.2 \cdot \log(h_{BS}) - 16.2 \cdot \log(h_{MS})$	6	$d_{BP} < d < 5\text{km}$ $h_{BS}=25\text{m}, h_{MS}=1.5\text{m}$
C1 NLOS	$31.46 + (44.9 - 6.55 \cdot \log(h_{BS})) \cdot \log(d) + 23 \cdot \log(f/5) + 5.83 \cdot \log(h_{BS})$	8	$50\text{m} < d < 5\text{km}$, $h_{BS}=25\text{m}, h_{MS}=1.5\text{m}$
C2 LOS	$13.47 + 40 \cdot \log(d) + 6.0 \cdot \log(f/5) - 14.0 \cdot \log(h_{BS}) - 14.0 \cdot \log(h_{MS})$	6	$d'_{BP} < d < 5\text{km}$ $h_{BS}=25\text{m}, h_{MS}=1.5\text{m}$
C2 NLOS	$34.46 + (44.9 - 6.55 \cdot \log(h_{BS})) \cdot \log(d) + 23 \cdot \log(f/5) + 5.83 \cdot \log(h_{BS})$	8	Same as C1 NLOS
D1 LOS	$10.5 + 40 \cdot \log(d) + 1.5 \cdot \log(f/5) - 18.5 \cdot \log(h_{BS}) - 18.5 \cdot \log(h_{MS})$	6	$d_{BP} < d < 10\text{km}$, $h_{BS}=32\text{m}, h_{MS}=1.5\text{m}$
D1 NLOS	$55.4 + 25.1 \cdot \log(d) - 0.13(h_{BS} - 25) \cdot \log(d/100) + 21.3 \cdot \log(f/5) - 0.9(h_{MS} - 1.5)$	8	$50\text{m} < d < 5\text{km}$, $h_{BS}=32\text{m}, h_{MS}=1.5\text{m}$

資料來源：本計畫整理

三、 影響電波干擾因素：頻率與頻寬

無線通訊系統的干擾，以頻率的觀點而言，大致上可分為同頻干擾（co-channel interference）與鄰頻（adjacent channel）干擾。同頻干擾即干擾訊號落在接收訊號的頻率範圍內，如圖 5- 11 所示，其中 Channel 1 為接收訊號，圖中的 In-band 及 Harmonic 訊號即為同頻干擾訊號。同頻干擾是最難處理的問題，若真的已經由天線進入到接收機，就會影響接收機的效能。當然，若接收訊號強度遠大於干擾訊號，就可降低影響程度。

鄰頻（adjacent channel）干擾屬於帶外干擾的一種¹⁰³，主要來自干擾源發射的訊號，及接收機無法完全濾掉鄰頻訊號。如圖 5- 11 所示，Channel 2 為鄰頻訊號，因為它的發射機濾波器設計製造上，無法完全濾掉帶外訊號，導致會洩漏出頻率範圍為 Channel 1 的訊號，所洩漏功率和主頻功率的比值稱為鄰頻洩漏功率比率（ACLR）。另一方面，來自接收機濾波器的不完整，導致收到帶外的 Channel 2 訊號，對鄰頻訊號的衰減及主頻訊號的衰減稱為鄰頻選擇（Adjacent Channel Selectivity, ACS）。圖中紅色三角形部份係指鄰頻干擾之頻譜。一般而言，評估鄰頻干擾可由 ACLR 及 ACS 組成的鄰頻干擾功率比率（Adjacent Channel Interference Ratio, 地面用戶裝置之 ACLR）來評估。公式如下¹⁰⁴：

$$\frac{1}{ACIR} = \frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS} \quad (4)$$

¹⁰³ W.-T. Chen(2015), Analytic estimation for uplink capacity reduction due to co-channel interference in LTE networks, Wireless Networks, volume 21, no. 6, pp. 1775-1782.

¹⁰⁴ H. Holma and A. Toskala(2000), WCDMA for UMTS-Radio Access for Third Generation Mobile Communications, Wiley, New York, USA.

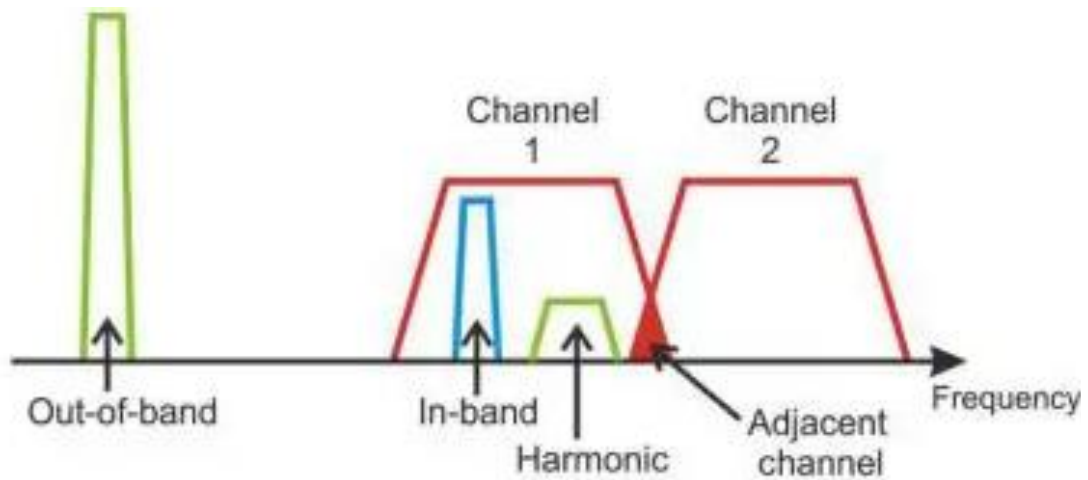


圖 5- 11、同頻與鄰頻干擾

資料來源：本計畫整理

四、 影響電波干擾因素：調變方式

干擾訊號對通訊系統的效能有很大的影響，包括降低系統容量、提高資料傳輸之錯誤率、甚至會導致服務中斷等。由 Shannon 定理得知，通訊系統的容量 C 如下：

$$C = B \cdot \log_2(1 + SNR) \quad (5)$$

其中， B 為訊號頻寬、 SNR (Signal to Noise Ratio) 為訊號雜訊比。

因為有干擾訊號出現，要評估對系統容量的影響，可用訊號與干擾雜訊比 $SINR$ (Signal to Interference plus Noise Ratio) 代替 SNR ，即

$$SINR = \frac{S}{I+N} \quad (6)$$

其中， S 為訊號強度、 I 為干擾訊號強度、 N 為雜訊強度。一般而言以熱雜訊 (thermal noise) 為例，其強度如下：

$$N=k \cdot T \cdot B \quad (7)$$

其中， k 為 Boltzmann 常數，其值為 1.38×10^{-23} J/K、 T 絕對溫度。以常溫之絕對溫度 290 K 及頻寬為 1 MHz 為例，雜訊之功率 $N=10\log(kTB)=-114$ dBm。

由公式 (5)至公式 (7) 可知，干擾訊號愈強，會降低通訊系統容量。這個 SNR 係指天線與接收機接口處所得之比值。圖 5-12 為傳統接收機架構，天線之後，通常會接帶通濾波器 BPF (band pass filter)，再接低雜訊放大器 LNA (low noise amplifier)。

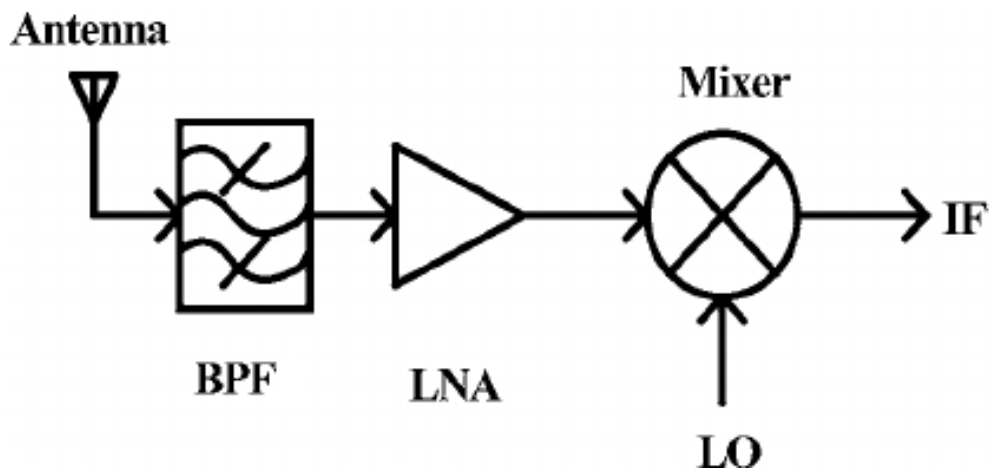


圖 5-12、接收機架構

資料來源：本計畫整理

此外，若考慮干擾對數位調變接收效能之影響，主要會提高解調之位元錯誤率 BER (bit error rate)。圖 5-13 為 SNR 與 BER 之關係，以調變方式 64-QAM 為例，若 SNR 大於 15 dB，BER 可達 10^{-3} ，但若干擾或雜訊提高，導致 SNR 比下降至 10 dB，其 BER 將提高到 10^{-1} 至 10^{-2} 之間。

在計算雜訊功率時，須考慮放大器的雜訊指數 (Noise Figure, NF)。在室溫環境下，雜訊電功率為：

$$N = -114 \text{ dBm} + 10 \cdot \log B + NF \quad (8)$$

其中 B 為訊號頻寬。

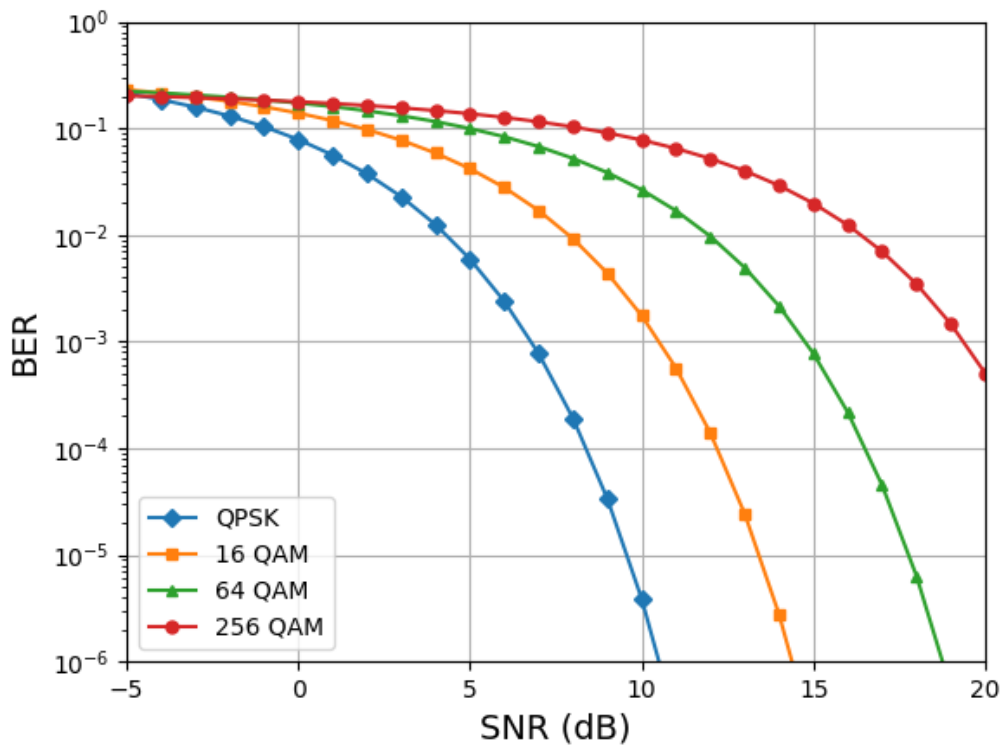


圖 5- 13、數位調變錯誤率與訊雜比之關係

資料來源：本計畫整理

以手機直連衛星之鏈路為例，假設使用頻率為 2 GHz，衛星高度為 600 km，衛星上 gNB 之 EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) 為 57 dBm，地面上手機之 EIRP 為 23 dBm，通道頻寬為 10 MHz。由方程式(7)得知雜訊 N 為 -104 dBm，由表 5-4 得知，路徑損失為 154 dB。此外，考慮地面通訊系統天線為水平方向接收，且衛星訊號係由太空往地面發射，故其天線場型及極化損失假設為 10 dB。因此，在地面上收到衛星訊號強度為 $Pr = EIRP - \text{Path Loss} - \text{Pattern Loss} = 57 - 154 - 10 = -107 \text{ dBm}$ 。此訊號已略低於雜訊功率 (-104 dBm)。因此，手機直連衛星下鏈訊號對地面通訊影響相當有限。

此外，以手機上鏈為例，因手機之 EIRP 僅為 23 dBm，依前揭計算方式得知，於衛星上收到訊號約為 -141 dBm。此訊號遠低於雜訊功率 (-104 dBm)。若要進行有效的手機上傳訊息至衛星，在手機端之

發射功率與天線設計上，仍存在不小的挑戰。手機直連衛星功率計算如圖 5- 14 所示。

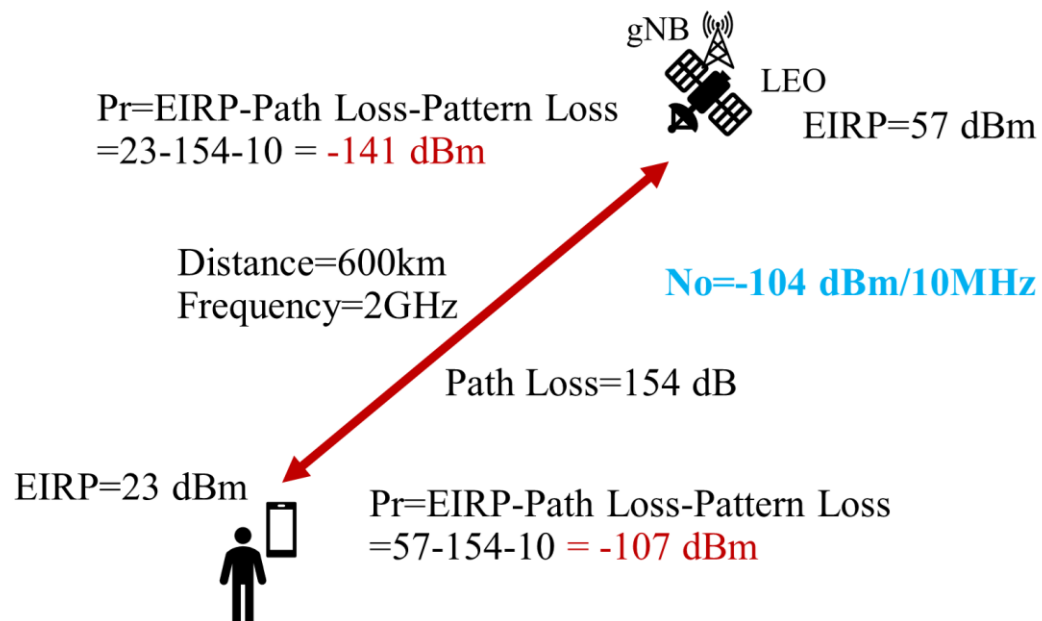


圖 5- 14、手機直連衛星功率計算

資料來源：本計畫繪製

第三節 無人機應用於頻譜管理議題

自俄羅斯於 2022 年 2 月入侵烏克蘭戰爭以來，讓無人機的使用，成為各領域注目的焦點。在戰場上，無人機可以扮演攻擊、偵察、及通信功能的角色。近年來，在頻譜管理領域上，無人機配合相關通訊技術的發展，也衍生一些可以協助頻譜管理的用途。

一、 無人機使用之頻譜

無人機的使用空域，主要可分為 4 種，如圖 5-15 所示¹⁰⁵，包括：目視飛航（visual line of sight, VLOS）、延伸視距飛航（extended visual line of sight, EVLOS）、超視距飛航（beyond visual line of sight, BVLOS）、國際飛航（international）。

依據我國民用航空法第 99 條之 14 規定，遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。於遙控無人機管理規則第 28 條規定，延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑九百公尺、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域，且目視觀察員應與遙控無人機保持目視接觸，並提供操作人必要之飛航資訊。此外，我國民航局尚未允許無人機進行超視距飛航。

¹⁰⁵ Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS): Approach to authorising the use of radio equipment on UAS, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/238648-spectrum-for-unmanned-aircraft-systems-uas/associated-documents/drone-statement.pdf>.

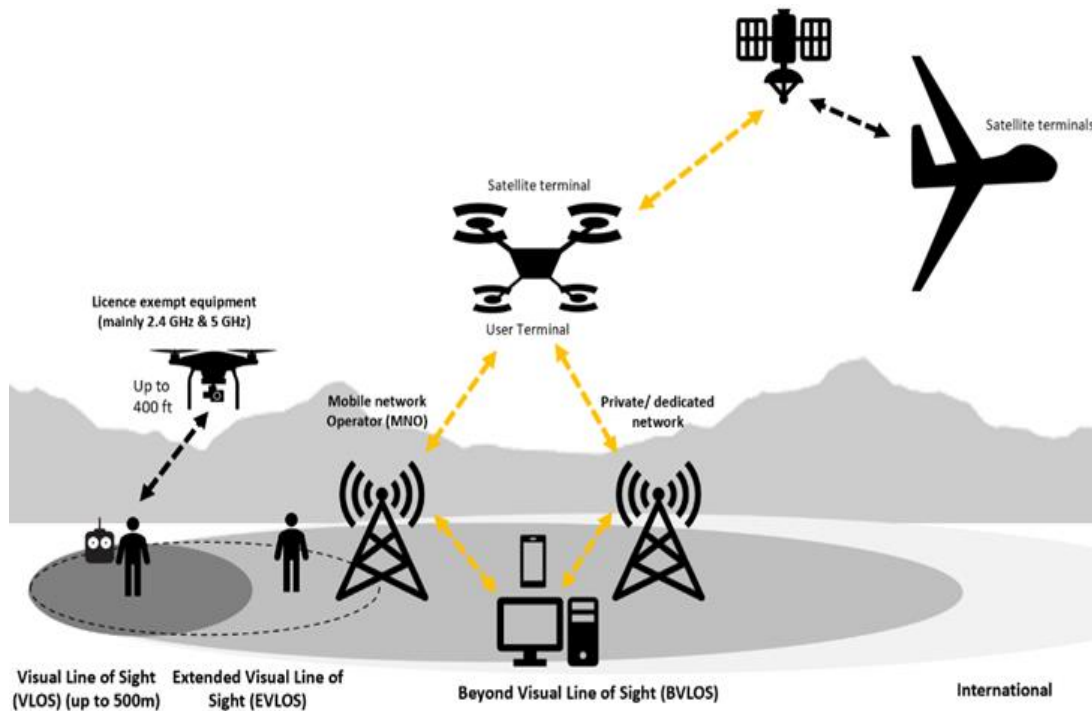


圖 5- 15、無人機使用之空域

資料來源：Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS):

Approach to authorising the use of radio equipment on UAS

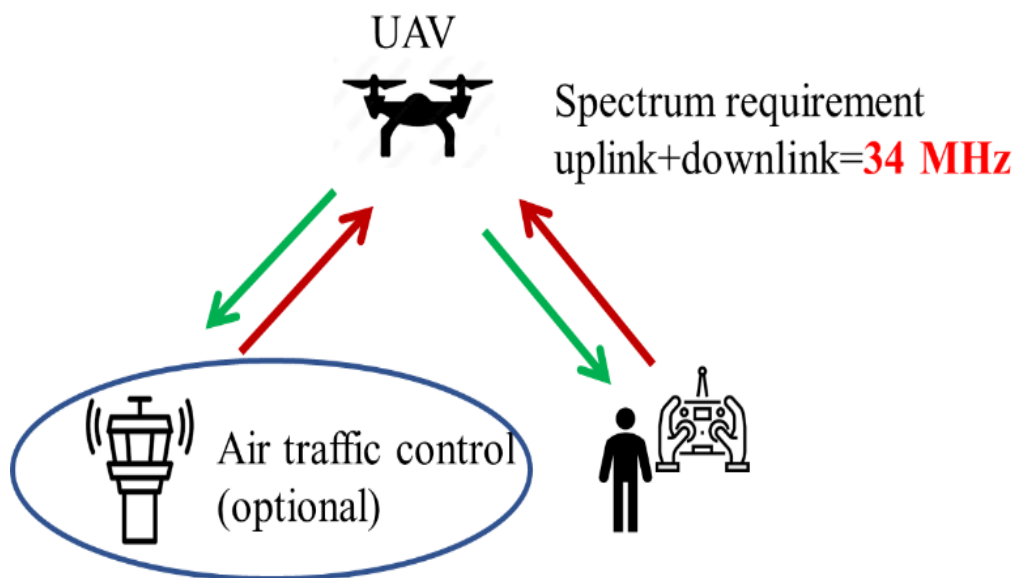


圖 5- 16、無人機與地面系統間之頻寬需求

資料來源：本計畫整理

為維持無人機在空中飛行之安全，需要在無人機與地面控制站建立 3 種功能之無線通訊系統¹⁰⁶：

1. 空中交通控制（air traffic control）；
2. 命令與控制（command and control）；
3. 感測與避免碰撞（sense and avoid）。

依據 ITU-R M.2171 技術規範¹⁰⁷，無人機與地面系統間之無線通訊，最大需求為 34 MHz，其中，地面電臺至無人機之上鏈需 4.6 MHz，無人機至地面電臺之下鏈需 29.4 MHz，如圖 5-16 所示。如果在超視距情境下，需要衛星通訊鏈路，頻譜最大需求約為 46 MHz，如圖 5-17 所示。

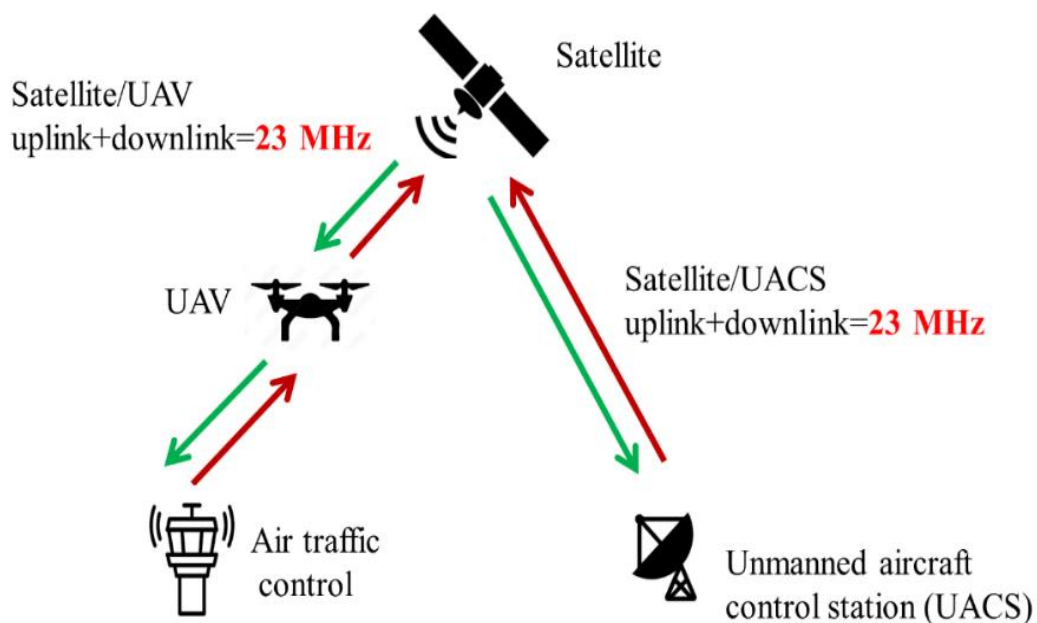


圖 5- 17、無人機與地面及衛星系統間之頻寬需求

資料來源：本計畫整理

¹⁰⁶ ITU-R(2009), Report ITU-R M.2171, Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/snl/Documents/R-REP-M.2171-2009-PDF-E.pdf>.

¹⁰⁷ 同前註。

目前商用無人機，除了命令與控制功能外，通常會提供第一人視角（first person view）給地面控制人員，此為影像傳輸功能。有部份應用會由無人機上拍攝高畫質照片，並及時傳至地面。這些應用都需要較大頻譜，這部份也稱為負載通訊鏈路（Payload Communications Link）。一般常見之民用無人機之無線通訊系統，主要使用免執照頻段，包括¹⁰⁸：

1. WiFi 頻段：2.4 GHz 及 5.8 GHz，可提供高畫質及時影像；
2. ISM 之 433 MHz 及 915 MHz 頻段。

二、無人機協助頻譜管理任務之研析

無人機具有機動性高、成本低、可節省人力等優點。但是，缺點是滯空時間有限、載重量低、受天候環境影響大等。如果要利用無人機進行通訊或頻譜管理相關任務，需要解決上述之挑戰。以傳統量測頻譜訊號任務為例，通常使用頻譜分析儀。此儀器重量約 5 公斤至 10 公斤以上，不利搭載於無人機上。而且其量測任務，需起飛前於地面設定完成，無法由地面遙控調整。因此，如何降低通訊設備重量，是需要解決的問題。利用無人機協助頻譜管理任務，尚需要下列 3 種技術：

1. 軟體定義無線電（software defined radio);
2. 開發軟體，如：GNU Radio;
3. 輕型電腦，如：Raspberry Pi。

圖 5-18 所示為學者¹⁰⁹提出的無人機搭載 SDR 執行訊號量測任務的原型（prototype），無人機上除了軟體定義無線電網卡（dongle）外，

¹⁰⁸ TWEVO(2017), Radio regulation for drones, https://www.twevo.net/wp-content/uploads/2017/11/White-Paper-REVOsdr_DroneRadioRegulation_V2_sml.pdf.

¹⁰⁹ Wen-Tzu Chen & Chen-Hsun Ho(2017), “Spectrum Monitoring with Unmanned Aerial Vehicle Carrying a Receiver Based on the Core Technology of Cognitive Radio—A Software Defined Radio Design”, Journal of Unmanned Vehicle Systems, vol. 5, no. 1, pp. 1-12.

尚有一部 Raspberry Pi 小型電腦。量測資料可儲存於無人機上小型電腦之記憶體，也可以經由無線頻道傳至地面控制站之電腦，並可即時觀看資料。



圖 5- 18、無人機搭載 SDR 執行訊號量測任務原型

資料來源：本計畫整理

近年來，軟體定義無線電（software defined radio, SDR）技術發展相當迅速。此技術源自於美國，主要是考量在戰場上之通訊應用。目前，SDR 技術已發展到可以作為商業用途使用。

美國 NTIA 編列 15 億美元成立公共無線供應鏈創新基金（Public Wireless Supply Chain Innovation Fund），其中一個投資項目為頻譜感知技術的發展，從而進一步推動公部門和私部門更有效地利用無線頻譜¹¹⁰。

上述基金第二個重點投資領域是先進軟體定義無線電（SDR）技術的開發，以滿足現代行動網路的需求。該投資項目將針對幾個關鍵的目標：

1. 頻譜共享：將增強型頻譜感知納入 SDR 平臺。
2. 程式開發的簡單化：提高 SDR 程式開發的簡易性，允許對所有功能子系統進行模組化存取。
3. 能源效率和頻譜使用彈性：開發節能 and 動態使用頻譜的 SDR 解決方案，包括對 7 GHz 和 24 GHz 頻段的潛在技術。

¹¹⁰ Charles Cooper(2024), Transforming Spectrum Sharing: NTIA Seeks to Fund Innovation in Software Defined Radio Technology, <https://www.ntia.gov/blog/2024/transforming-spectrum-sharing-ntia-seeks-fund-innovation-software-defined-radio>.

4. 載波聚合：建立能夠進行載波聚合的 SDR 解決方案。
5. 隨插即用功能：創新高功率、多頻段隨插即用子板，實現更廣泛應用。

傳統通訊系統的基本功能，如混波器、濾波器、調變/解調變器、訊號產生器及訊號分析等，皆是用硬體來實作。SDR 突破了這個限制，SDR 模組內建現場可程式化邏輯閘陣列 (Field Programmable Gate Array, FPGA) 硬體，將類比電波訊號進行類比轉數位轉換取樣後，於電腦進行軟體運算，即可實作通訊系統之功能。若以 SDR 實作僅需接收功能之接收裝置，目前成熟的產品如同 USB dongle 之大小及重量，可以被搭載於無人機上，進行訊號量測任務。表 5-7 所示為目前常見的 SDR 產品，有包含發射功能之型號，但其功率皆小於 1W。若要用於實際無線通訊功能，則需另外加裝功率放大器。

表 5-7、常用的 SDR 硬體

	RTL-SDR	USRP	Blade RF	Hack RF
基本款型號	RTL2832U	B200	RF x115	One
製造商	Realtek	Ettus Research	nuand	Great Scott Gadgets
頻率範圍	24-1766MHz	70M-6GHz	300M-3.8GHz	10M-6GHz
最大取樣率	3.2MS/s	61.44MS/s	40MS/s	20MS/s
ADC / DAC 解析度	8 bits / 無支援	12 bits / 12bits	12 bits / 12bits	8 bits / 8 bits

資料來源：本計畫整理

GNU Radio 是一個免費開放原始碼的設計軟體，專為建構和設計 SDR 應用而開發。GNU Radio 較常安裝於 Linux 作業系統¹¹¹。GNU Radio 可提供功能相當完整的通訊與信號處理模組，例如濾波器、訊

¹¹¹ GNU Radio, <https://www.gnuradio.org/> (last visited 2024.06.27).

號圖形顯示、調變/解調變器、訊號產生器、數學運算式、通道模型和傅立葉分析函數等。各項功能被廣泛應用於各種場合，如教育、研發等機構，並使用圖形化之流程圖連接方式，進行通訊系統的設計，如圖 5-19 所示。

在使用 SDR 時，需要一臺電腦負責運算功能。而樹莓派（Raspberry Pi）是相當合適的選擇，特別是要應用於無人機上。Raspberry Pi 是一個如信用卡大小的小型個人電腦，具有重量輕、體積小、成本低特性。Raspberry Pi 是由英國樹莓派基金會發佈的一種被稱為「單板電腦」的微型電腦，當初是為教育目的而開發生產的，目前有很多學術界或產業界也因其價格低、功能合適而廣泛使用。最新版本已發展到第 5 代，即 Pi 5，目前售價每臺約為新臺幣 2,500 元，相當適合搭載於無人機上，配合 SDR，執行電波訊號之量測。Raspberry Pi 5 其規格如下：

1. Broadcom 2.4 GHz 四核心 64 位元 CPU;
2. Video Core VII GPU;
3. 2 個 4K p60 HDMI 顯示器輸出;
4. 4K p60 HEVC 解碼器;
5. 4 G 或及 8 GB SDRAM;
6. 雙頻 802.11ac Wi-Fi;
7. 藍牙 5.0;
8. 2 個 USB 3.0 連接埠及 2 個 USB 2.0 連接埠;
9. Gigabit Ethernet;
10. 2×4 通道 MIPI 攝影機/顯示器收發器;
11. 1 個 PCIe 2.0 介面。

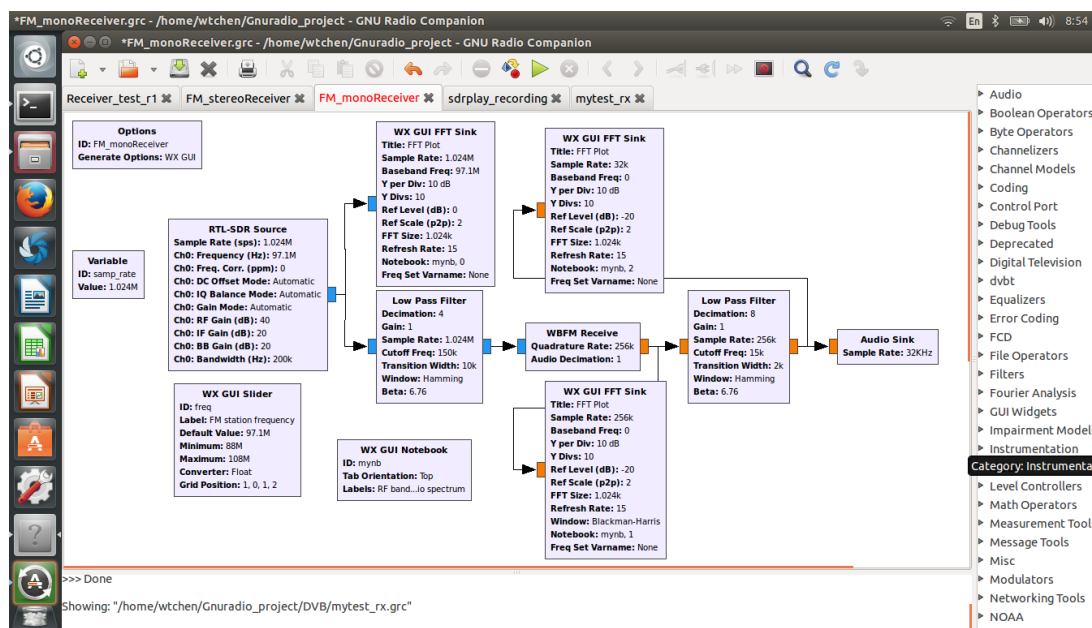


圖 5- 19、GNU Radio 開發平臺

資料來源：本計畫整理

三、 無人機協助頻率核配之干擾分析

無人機搭載合適的電波訊號量測模組，對於頻譜管理的協助，包括既有電臺電波涵蓋範圍量測，此工作對於頻譜核配前的干擾分析至關重要。特別是頻譜資料庫所記錄既有電臺資料，沒有包括電波涵蓋圖的情形。傳統的電波涵蓋量測，大多於地面進行量測，以電臺之天線架設地點為中心，在不同的距離及方位進行訊號量測。再依據這些量測數據，進行涵蓋範圍之繪製。此種方式需要較長的時間。若以無人機進行量測，則可節省時間及人力，且較不會受到地形地物的影響，其量測情境如圖 5- 20 所示。測量所得之電場強度結果，如圖 5- 21 所示，顯示量測到 2 個 FM 電臺，即 97.1 MHz 及 97.9 MHz。除了量測訊號強度外，也可記錄頻譜佔用（spectrum occupancy）情形，掌握頻譜使用效率，如圖 5- 22 所示。

無人機進行量測時，可將數據先存在無人機上樹莓派小型電腦的儲存裝置，或經由無人機上的無線電系統回傳到地面控制設備。通常無人機上也搭載 GPS 全球定位系統，在量測電場強度時，也會同步記錄經緯度，以便繪製電波涵蓋圖。

四、無人機協助頻譜管理之干擾處理

無人機搭載軟體定義無線電模組之量測架構，亦可用來協助處理電波干擾，特別是找出不明干擾來源，如圖 5- 23 所示。要測量干擾訊號需要相當專業的知識及工具，而傳統的電波監測系統，受限於頻譜儀之重量及平面道路之限制，往往只能在地面上量測，要找出干擾源實屬不易，特別是干擾訊號不明之狀況，如頻率、調變方式、發射地點等不明情形。採用上述架構，因無人機可以突破地形地物障礙之優點，搭配輕量化的軟體定義無線電（SDR）模組，以及 SDR 可程式化的彈性，經由地面控制站的操作，即可輕易的遙控及改變 SDR 的參數，如量測頻率、解析頻寬、數位訊號分析模式等。這對於迅速找出干擾源的幫助相當大。

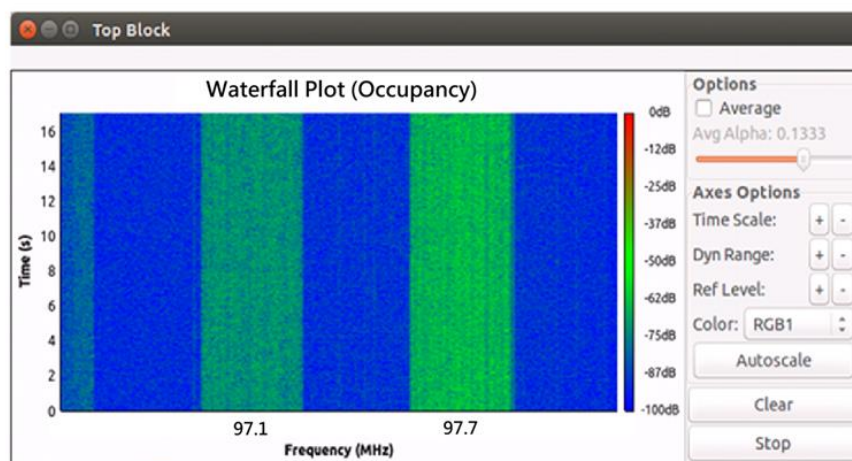


圖 5- 22、頻譜佔用量測

資料來源：本計畫繪製



圖 5- 23、干擾處理量測

資料來源：本計畫繪製

五、 無人機協助頻譜管理引入我國之必要性分析

無人機的使用，近幾年來持續成長，也成為各界重視的焦點，特別應用在重大事件如救災與戰場上。因其功能和用途正不斷拓展，無人機以其靈活性、成本效益高以及避免人員傷亡等優勢，使其成為軍事行動中不可或缺的一部分。在烏、俄戰爭中，無人機被大量使用在戰場上，在戰場管理上扮演極重要的角色。首先，無人機被廣泛用於偵察與監視。這類無人機能夠提供即時戰場情報，幫助指揮官迅速了解敵方動態和位置。高空偵察無人機可持續長時間在空中執行任務，涵蓋廣闊的監視範圍，而低空無人機則適合於更近距離的偵察任務，以捕捉細節和準確的情報。此外，無人機在電子戰中也有重要應用。它們可以用來干擾或壓制敵方的通信和雷達系統，以削弱敵軍的作戰能力，進而為己方創造戰場優勢。

上述無人機應用，需要一套無線通訊系統做為各種不同任務之資料與控制信號的傳輸。特別是超視距飛航，還需要中繼傳輸鏈路才能

完成通信任務。因此，未來無人機相關應用之頻譜需求將會大幅增加。本計畫建議我國可以引入無人機搭載 SDR 模組之架構，作為協助頻譜管理之工具，以提高頻譜核配效率及頻譜使用效率。

我國引入無人機協助頻譜管理的必要性及優點如下：

1. 增加頻譜核配的效率及準確度：除了依據頻譜資料庫外，在頻譜核配前，增加一個可以快速驗證是否產生干擾之工具；
2. 軟體定義無線電是頻譜共享及監測技術的關鍵核心：軟體定義無線電具有低成本、高彈性、開放原始碼、圖形化界面之開發平臺等特性，易於導入；
3. 有益於建立無人機產業之非紅供應鏈：無人機產業，中國擁有較完整的生態系統，價格相較便宜許多。基於國安與資安考量，我國已規範軍用、公務用無人機設備全面禁用紅色供應鏈產品。若能增加無人機應用場域，可以協助非紅供應鏈之發展；
4. 可以培養我國操作無人機及無線通訊專業人才：這兩類人才對我國產業發展十分重要，除了平時對產界發展有所貢獻外，若有重大緊急事件發生，也可支援救災或動員相關任務。

建議頻譜主管機關，可委託專業研究機構進行無人機應用頻譜管理相關系統建置及人才之培訓。

第四節 小結

行動通信技術未來的發展，朝向異質網路整合。特別是整合地面通訊與衛星通訊系統，試圖在地球上打造一個無所不在的通訊網路。地面通訊與衛星通訊整合模式，主要可分為透通型及再生型。上述 2 種模式之 Service link 所使用的頻譜有所差異，透通型的 Service link 主要以 MSS 頻譜為主；再生型的 Service link 主要以 IMT 頻譜為主。

透通型主要的技術著眼於在手機上內建一個衛星通訊模組，以進行手機直連衛星的任務。因其使用頻譜屬於傳統的衛星行動服務頻段，產生干擾型態主要為鄰頻干擾。經相關研究發現，此鄰頻干擾對系統的影響十分有限。在頻譜管理上，只要依照既有管理地面網路及衛星通訊的機制即可。對於再生型模式，需要在衛星上搭載 4G/5G 基地台，地面上，使用一般手機就可直連衛星上的基地台。此模式手機使用的頻譜，是屬於 IMT 頻段，產生干擾型態主要為同頻干擾。在頻譜管理上，需和既有行動通信業者共用頻譜。產生妨害性干擾的機率較大。

無人機搭載合適的電波訊號量測模組，對於頻譜管理的協助，包括既有電臺電波涵蓋範圍量測，此工作對於頻譜核配前的干擾分析至關重要。特別是頻譜資料庫所記錄既有電臺資料，沒有包括電波涵蓋圖的情形。傳統的電波涵蓋量測，大多於地面進行量測，以電臺之天線架設地點為中心，在不同的距離及方位進行訊號量測。再依據這些量測數據，進行涵蓋範圍之繪製。此種方式需要較長的時間。若以無人機進行量測，則可節省時間及人力，且較不會受到地形地物的影響。無人機進行量測時，可將數據先存在無人機上樹莓派小型電腦的儲存裝置，或經由無人機上的無線電系統回傳到地面控制設備。通常無人機上也搭載 GPS 全球定位系統，在量測電場強度時，也會同步記錄經緯度，以便繪製電波涵蓋圖。

無人機搭載軟體定義無線電模組之量測架構，亦可用來協助處理

電波干擾，特別是找出不明干擾來源。傳統的電波監測系統，受限於頻譜儀之重量及平面道路之限制，往往只能在地面上量測，要找出干擾源實屬不易，特別是干擾訊號不明之狀況，如頻率、調變方式、發射地點等不明情形。因無人機可以突破地形地物障礙之優點，搭配輕量化的軟體定義無線電（SDR）模組，以及 SDR 可程式化的彈性，經由地面控制站的操作，即可輕易的遙控及改變 SDR 的參數，如量測頻率、解析頻寬、數位訊號分析模式等，這對於迅速找出干擾源的幫助相當大。

第六章 重大事件情境下之頻譜轉換使用機制初探

異質網路之應用模式多元，除了不同通訊系統之相互連接應用情形外，不同類型網路、頻率之轉換使用亦為重要的異質網路應用案例。觀察國際異質網路應用案例，先進國家針對「重大事件（天災、疫情、執行國家任務等）情境下之頻譜轉換使用機制」議題有相關討論，惟我國針對此議題尚未制定相關規定及一致性作業原則，因此本計畫以個案分析方式，探討國內外之「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況，並檢視我國現行法律規範，進行重大事件情境下之頻譜轉換使用機制之初步探討，進而提出我國相關建議。

目前，數位發展部也正規劃我國的公共安全與救難應變（Public Protection and Disaster Relief, PPDR）通訊系統，擬透過政府主導建置核心網路，介接三大電信業者基地臺，電信業者協助在重大緊急狀況發生時，將行動網路部分頻寬，劃撥給救災單位進行急難救助使用，救災單位使用特殊 SIM 卡，確保通訊專用優先。但本計畫的重點和 PPDR 有所不同，本計畫的重點在於，為因應重大事件之通訊需求，如何有效調整或快速核配頻譜資源給各相關參與救災任務的單位。計畫內容包括頻譜資源的應變措施、頻率使用優先事項、及頻譜管理機制的調整等。

第一節 探討國內外於「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例現況

一、美國卡崔娜颶風

卡崔娜(Katrina)颶風是2005年8月出現於美國的一個颶風，在美國路易斯安那州紐奧良造成了嚴重破壞。2005年8月25日，卡崔娜先以一級颶風的強度在美國佛羅里達州登陸。8月29日破曉時分，再次以三級颶風的強度在美國墨西哥灣沿岸路易斯安那州紐奧良外海岸登陸。登陸超過12小時後，才減弱為熱帶風暴。這場颶風造成財產損失估計超過1,080億美元、1,833人死亡、30萬棟房屋被毀，並導致超過77萬人在整個墨西哥灣沿岸無家可歸。卡崔娜颶風是美國有史以來，最嚴重的天然災害¹¹²。

此颶風還摧毀了重要的通訊基礎設施、電話服務、警察和消防設施，以及整個墨西哥灣沿岸的調度中心和緊急無線電系統。它共摧毀了超過300萬條用戶電話線。在新奧爾良及周邊地區，位於路易斯安那州、密西西比州和阿拉巴馬州的41個廣播電臺中，僅有兩個AM和兩個FM電臺仍可播送節目。由於通訊基礎設施遭到廣泛破壞，收音機和無線電對講機等設備，成為救援行動重要的通訊設備。然而，由於不同救災單位使用不同的通訊設備，例如，新奧爾良的警察攜帶摩托羅拉手持無線電，而軍方使用的是特殊單通道地面和空中無線電系統。兩系統技術規格不相容，導致無法進行有效通訊，使得整體的救援效率大幅降低。此外，當時亦缺乏有效的頻譜管理，不同救災單位同時使用相同頻率，導致通訊的互相干擾。此種頻率干擾也增加了救災直昇機碰撞的風險，對救援人員和受災群眾的安全皆構成威脅，造成救援行動的延誤。

¹¹² Jeffrey Medlin (MIC), Ray Ball (ITO), Gary Beeler (former WCM), Morgan Barry (forecaster), Jason Beaman (WCM), and Don Shepherd (senior forecaster, Tropical Focal Point) (2022), *Extremely Powerful Hurricane Katrina Leaves a Historic Mark on the Northern Gulf Coast*, <https://www.weather.gov/mob/katrina#> (last visited 2024.06.27).

卡崔娜颶風過後，美國聯邦通訊委員會（FCC）成立一個事後檢討工作小組，並提出一個檢討報告¹¹³。報告書中建議平時需建立一個頻譜優先使用機制或系統，以便在總統宣布某地區為「災區」時，相關利害關係人，能夠更快速豁免某些監管要求，或得到頻率使用的特殊臨時執照（Special Temporary Authority, STA）。這些免除的要求將允許通訊提供商在緊急情況下快速恢復和保持通訊服務，且不受常規監管要求的限制，例如，特別允許教育屬性的電臺可以播放和轉播商業電臺節目、免除調幅廣播電臺夜間營運限制。相關調整建議如表 6-1 所示。

以「暫時授權業餘無線電頻率之使用與免除業餘無線電執照規則之規範」為例，本計畫認為，可暫時授權沒有取得業餘無線電執照之人員，操作業餘無線電設備。此外，所放寬的規範，應為免除業餘電臺執照之申請，如固定式業餘電臺執照，其申請程序相當嚴謹，在緊急狀況時，可以免除申請電臺執照相關規範。

此外，在 2023 年 8 月 30 日，三級颶風伊達利亞（Hurricane Idalia）也曾登陸佛羅裡達州墨西哥灣沿岸。這場風暴伴隨了超過 120 英哩的強風、超過 15 英呎的風暴潮，是過去 100 多年襲擊佛羅里達灣地區的最強風暴。颶風造成了大部份的基礎設施破壞，包括電話、電視和網路服務的中斷，且超過 30 萬居民失去電力，許多房屋、學校、圖書館和醫療設施受損。在此期間，FCC 免除一些電信服務業者一些監管規則，例如，原本的規則為：電信用戶若未支付月租費且超過 30 天未使用服務，業者必須取消用戶的註冊。但為了災區內的用戶能維持或快速恢復接取電信服務，FCC 免除這類規則¹¹⁴。

¹¹³ Kevin J. Martin & Nancy J. Victory(2006), Independent panel reviewing the impact of hurricane Katrina on communications networks, <https://transition.fcc.gov/pshs/docs/advisory/hkip/karrp.pdf>.

¹¹⁴ FCC(2023), FCC Waives USF, Broadband Program Rules in Response to Idalia, <https://www.fcc.gov/document/fcc-waives-usf-broadband-program-rules-response-idalia>

表 6-1、FCC 緊急情況調整建議

通訊類型	調整建議
無線電	暫時授權業餘無線電頻率之使用與免除業餘無線電執照規則之規範。
	免除申請提交期限（例如，更新、施工通知、停業通知等）、施工要求和停業服務要求。
	簡化的 STA 程序，允許業者透過書面或口頭方式通知 FCC，恢復通訊服務的核備。
廣播和有線電視	允許教育屬性的電臺可以播放和轉播商業電臺節目。
	24 小時內通知 FCC 使用緊急天線。
	免除 AM 夜間營運限制。
	免除同一頻段內共同擁有電臺、同時播放相同節目的限制。
衛星	24 小時內通知 FCC 使用緊急天線設備。
	簡化的 STA 程序，適用於衛星營運商對宣佈的緊急情況作出反應。

資料來源：本計畫整理

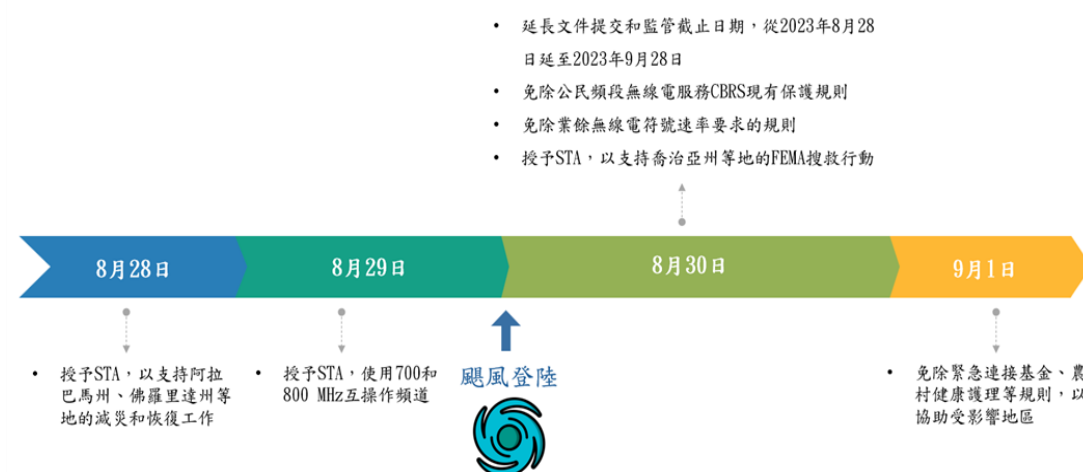


圖 6-1、因應伊達利亞颶風頻譜管理調整措施

資料來源：本計畫整理

在災害發生時，美國無線電中繼聯盟（American Radio Relay League, ARRL）曾經申請臨時免除聯邦通訊委員會（FCC）第 97.307 (f) 條的規則。該規則限制了業餘無線電在高頻（HF）頻段的數據傳輸速度，而 ARRL 希望能夠免除此限制，希望災害發生時能夠使用以更高速度的數據傳輸技術進行救援通訊。而此請求在當時也已被批准，此次規則的免除長達 60 天，但僅限於直接參與救災的業餘無線電操作員。因應這次颶風，相關頻譜管理調整措施如圖 6-1 所示。

二、美國新興中頻段雷達頻譜研究

為了有效執行國家任務，美國將部分頻段列為政府專用頻段，不開放給民間使用，然而近年來 6G、衛星服務等新興通信服務致使民間頻率需求與日俱增，迫使美國不得不思考政府專用頻段之釋出或與民間共享之可行性。為此，美國國防部（U.S. Department of Defense, DoD）、國家電信資訊管理局（NTIA）以及產業代表於 2021 年共同成立「合作推進可信任與整體頻譜解決方案任務小組」（the Partnering to Advance Trusted and Holistic Spectrum Solutions Task Group, PATHSS TG），以確保國家任務之執行為前提，針對軍用頻段（3.1-3.45 GHz）之頻率共享與介接轉換議題進行研究，並於 2023 年 9 月完成《新興中頻段雷達頻譜共享可行性評估報告》（Emerging Mid-band Radar Spectrum Sharing Feasibility Assessment Report, EMBRSS）¹¹⁵。

EMBRSS 說明該軍用頻段（3.1-3.45 GHz）目前提供給多個聯邦政府機關（包含：美國國防部、美國國土安全部、美國國防工業基地、美國國家航空暨太空總署）執行重要國家任務，因此建議以不影響國家任務之執行、維持國家緊急優先權（preemption）政策為前提，持續探討軍用頻段（3.1-3.45 GHz）之頻率共享議題。EMBRSS 強調唯

¹¹⁵ U.S. Department of Defense (2023), Emerging Mid-band Radar Spectrum Sharing Feasibility Assessment Report, <https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Library/DoD-EMBRSS-FeasibilityAssessmentRedacted.pdf>.

有建立嚴格的「頻率共享協調框架」，始能達成「商用 5G 系統與政府系統共享 3100-3450 MHz 頻段」之目標，否則將嚴重影響政府系統之運作。

EMBRSS 為 NTIA 於 2023 年 11 月 13 日所發布之《國家頻譜策略》¹¹⁶奠定重要基礎，《國家頻譜策略》強調任何關於政府專用頻段之釋出或共享計畫皆應確保各政府機關得有效執行其任務。《國家頻譜策略》亦提及未來將由美國商務部與 DoD 共同進行 EMBRSS 之後續研究，以確保國家任務之執行及頻譜使用為前提，持續研析 3.1-3.45 GHz 頻段之公私部門頻率介接使用等議題，並保留 DoD 於必要時應具有變更之權力。

三、美國重大事件下之頻譜管理機制

美國的頻譜管理架構是依據「Communications Act of 1934」制定的，該法律設立了兩個主要機構來分別管理政府與非政府的頻譜使用。這兩個機構是國家電信暨資訊管理局（NTIA）和聯邦通信委員會（FCC），它們在美國頻譜分配中扮演了核心角色，如圖 6-2 所示¹¹⁷¹¹⁸。

¹¹⁶ NTIA (2023), National Spectrum Strategy (PDF) , https://www.ntia.gov/sites/default/files/publications/national_spectrum_strategy_final.pdf.

¹¹⁷ NTIA, <https://www.ntia.gov>.

¹¹⁸ FCC, <https://www.fcc.gov>.

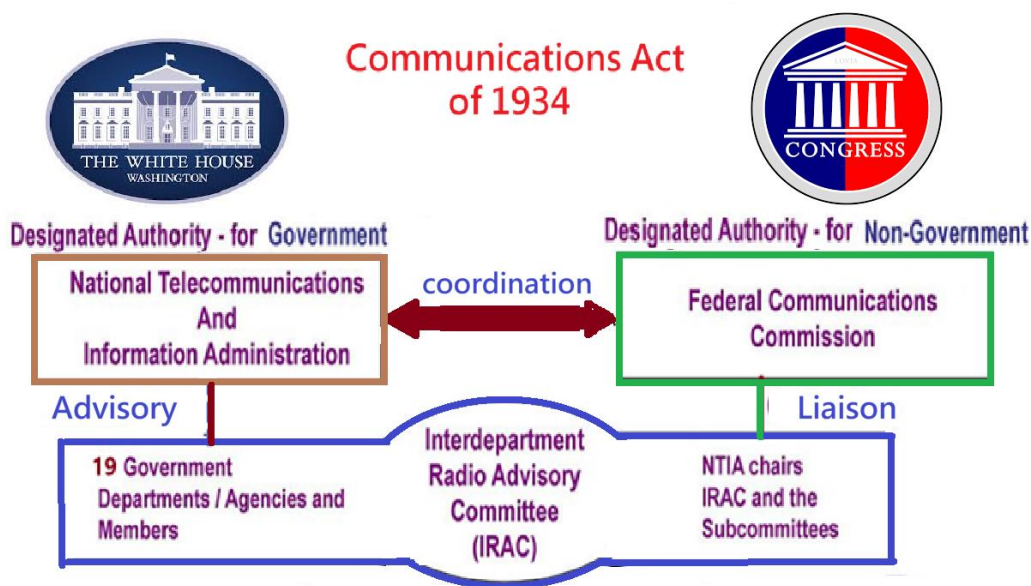


圖 6-2、美國頻譜管理機構

資料來源：NTIA、FCC

隸屬於美國商務部（Department of Commerce）的 NTIA，為總統在電信及資訊政策方面之主要諮詢機關，制定國家級資通訊政策，包含總體頻率策略規劃、政府部門頻率需求彙整、網際網路政策、無線電頻率使用效率等。除了負責聯邦政府使用頻譜之管理，在 FCC 管制規則的制定過程中，也會提供意見。另 NTIA 也和聯邦政府各部會及民間單位合作，進行前瞻性無線通訊研究，並推動寬頻及網路相關管理辦法，如網路隱私、著作權保護、網路安全等。另一方面，NTIA 則代表聯邦政府進行頻譜管理，負責為各政府部門分配頻譜資源，如國防、公共安全、國土安全及其他政府營運活動¹¹⁹。

此外，美國也成立了一個跨部會的無線電諮詢委員會（Interdepartment Radio Advisory Committee, IRAC），由 NTIA 擔任主席，成員包括 19 個聯邦機構組成，如農業部、空軍、陸軍、NASA、交通部等，而聯邦通信委員會（FCC）則作為聯絡機構。IRAC 的組

¹¹⁹ NTIA, <https://www.ntia.gov>.

織結構包括 6 個常設小組委員會：頻率指配、緊急規劃、頻譜規劃、無線電會議、太空系統、技術等小組委員會。IRAC 向 NTIA 提供有關聯邦頻譜政策的建議，並確保各機構之間的協調，幫助解決聯邦頻譜使用中出現的衝突¹²⁰。

NTIA 下設頻譜管理辦公室(Office of Spectrum Management, OSM)負責管理和分配美國政府機構使用的無線電頻譜資源。其主要職責包括¹²¹：

1. 頻譜分配與規劃：負責分配和協調聯邦政府各機構的無線電頻譜使用，確保頻譜資源的合理利用和有效管理。
2. 頻譜政策制定：參與制定有關頻譜管理的政策和標準，以提高頻譜使用效率和保障使用之公平性。
3. 頻譜共享：負責促進頻譜共享技術的發展和應用，以提高頻譜的利用效率，並進行頻譜重新分配，以適應新技術和新應用的需求。
4. 國際協調與談判：在國際層面上，與其他國家和國際組織合作，協調頻譜分配事宜，以避免跨境的無線電干擾問題。
5. 技術評估與研究：進行有關無線電頻譜的技術研究和評估，推動新興技術的發展，如 5G、無線寬頻技術、衛星通信等。
6. 監督和執法：負責監測頻譜使用情況，確保政府機構遵守相關的頻譜使用規範和規定，並處理頻譜干擾問題。

NTIA 頻譜管理辦公室之組織架構如圖 6- 3 所示¹²²，其主要部

¹²⁰ Id

¹²¹ Id

¹²² Id

門包括：

1. 頻譜服務科 (Spectrum Services Division, SSD)：負責處理頻譜核配、授權和審查聯邦機構申請的系統，以確保頻譜的有效使用和合規。
2. 頻譜工程與分析科 (Spectrum Engineering and Analysis Division, SEAD)：專注於技術評估和工程分析，提供技術支持以解決干擾問題。
3. 國際頻譜政策科 (International Spectrum Policy Division, ISPD)：負責與其他國家和國際組織的協調，並處理衛星和地面系統的頻譜事務。
4. 策略規劃科 (Strategic Planning Division, SPD)：進行頻譜使用的長期規劃和策略制定。
5. IRAC 支援科 (IRAC Support Division, IRAC SD)：負責支援跨部門的無線電諮詢委員會 (IRAC) 之工作。
6. 頻譜事務與資訊科 (Spectrum Affairs and Information Division, SAID)：是支援聯邦頻譜政策的制定，並參與國際策略性活動。此外，SAID 還負責維護和提供有關聯邦頻譜使用的資訊，以促進各聯邦機構之間的透明度和協作。

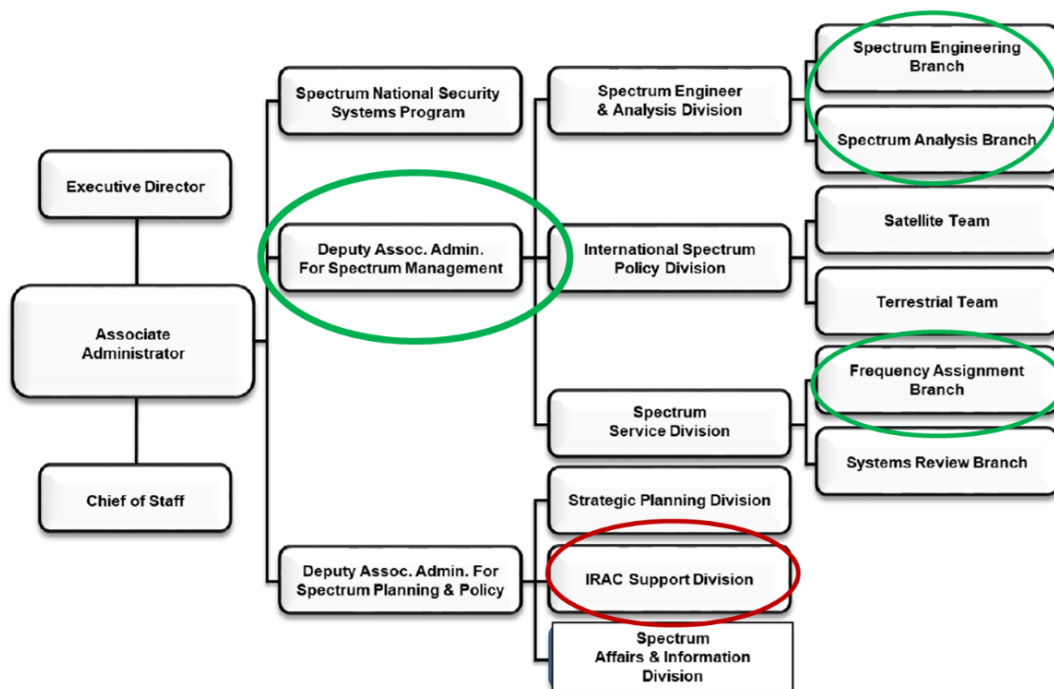


圖 6-3、NTIA 頻譜管理辦公室組織架構

資料來源：NTIA

美國的 FCC 為獨立的聯邦政府機構，受到國會監管，FCC 之委員有 5 位，由美國總統提名，經參議院同意後任命，任期為 5 年。總統指定其中一名委員為委員會主席。委員中屬於同一個黨派的委員不得超過 3 名。FCC 主要負責非政府部門的頻譜管理，包括商業通訊、廣播、私人企業和個人的頻譜使用及管理與電信相關政策之擬定。FCC 依據《聯邦規則彙編》(Code of Federal Regulations, CFR) 管理頻譜，並定期與 NTIA 進行協調，以確保公共和私人部門之間的頻譜使用不產生衝突¹²³。

此外，NTIA 與 FCC 之間有一個重要的合作機制，雙方定期進行會議來協調國內和國際的頻譜事務¹²⁴。這種合作對於解決複雜的頻譜管理挑戰至關重要，特別是在應對新技術對頻譜需求議題。

¹²³ FCC, <https://www.fcc.gov>.

¹²⁴ NTIA, <https://www.ntia.gov>.

在 IRAC 下設有一個緊急規劃小組委員會(Emergency Planning Subcommittee, EPS)，其任務是制定、指導並審查無線電系統的國家安全與應急準備(National Security and Emergency Preparedness, NSEP)計畫。為了達成上述目標，EPS 主要的職責包括：

1. 審查並建議修改 NTIA 的無線電頻譜應急準備計畫(Emergency Readiness Plan, ERP)，以反映目前的規範和程序；
2. 協助頻譜管理辦公室副主任，管理聯邦政府部門使用頻譜資源的優先等級；
3. 確保 NTIA 的無線電頻譜應急準備計畫能符合目前的國家安全與應急準備計畫之頻譜需求。

美國電信相關法規主要是美國法典(United States Code, USC)第 47 篇以及美國聯邦法規(Code of Federal Regulations, CFR)第 47 卷。

USC 47 篇第 606 條授予美國總統在戰爭或國家緊急狀態期間管理和控制通訊系統的權力，以確保國家安全和國防的有效運作。主要規範內容包括，在國家安全考量下，總統可以指揮通訊設施並指定通訊服務的優先等級，並且可以根據情勢需要去修改、暫停或廢止優先等級的規定。除了優先等級設定，總統還有權力動用武力排除以任何形式阻礙州際、國際通訊的非法干擾，並且在面臨戰爭威脅、災難或緊急狀態時，總統也可修改無線電設備的使用規定，對設備進行管控。此外 606 條亦有針對徵用補償機制進行規範，若總統徵用某些通訊設施，則必須向相關所有者支付合理補償¹²⁵。

CFR 47 卷第 202 條法規主要規範了美國在戰爭、國家緊急狀態或自然災害等情況下的國家安全和緊急通訊規劃與執行方針，旨

¹²⁵ The United States Code, Title 47: Telecommunications.

在確保通訊系統在發生重大危機時能夠正常運行。具體內容包括，緊急情況時的各部門分工與職掌等。CFR 47 卷第 214 條法規條文主要是規範如何管理和分配無線電頻譜的使用。該法規詳細規範了不同情況下無線電頻譜的管理原則、責任分配及應對策略，以確保無線電頻譜能夠支援國家安全需求¹²⁶。

因應公共安全事件發生時之通訊網路相關事宜，美國 NTIA 於 2012 年成一個立獨立專責機構：急難救助網路管理局（the First Responder Network Authority, FirstNet），並於 2017 年與電信業者 AT&T 共同出資合作（FirstNet 投資 70 億美元、AT&T 投資 400 億美元）。而且提供 700 MHz 頻段之 Band 14 共 20 MHz 頻寬，由 AT&T 負責布建一個全國性無線寬頻網路。當存在公共安全使用需求時，FirstNet 具有頻率及網路之優先使用權，在無公共安全使用需求時，AT&T 則可運用該頻譜資源於其商用行動寬頻網路，其營運之商業模式如圖 6-4 所示¹²⁷。

由圖中可知，FirstNet 除了初期的投資外，每年會向 AT&T 收取權利金，以支付 FirstNet 的維運成本。

¹²⁶ The Code of Federal Regulations, Title 47: Telecommunication.

¹²⁷ US GAO Highlights(2017), PUBLIC-SAFETY BROADBAND NETWORK: FirstNet Has Made Progress Establishing the Network, but Should Address Stakeholder Concerns and Workforce Planning.

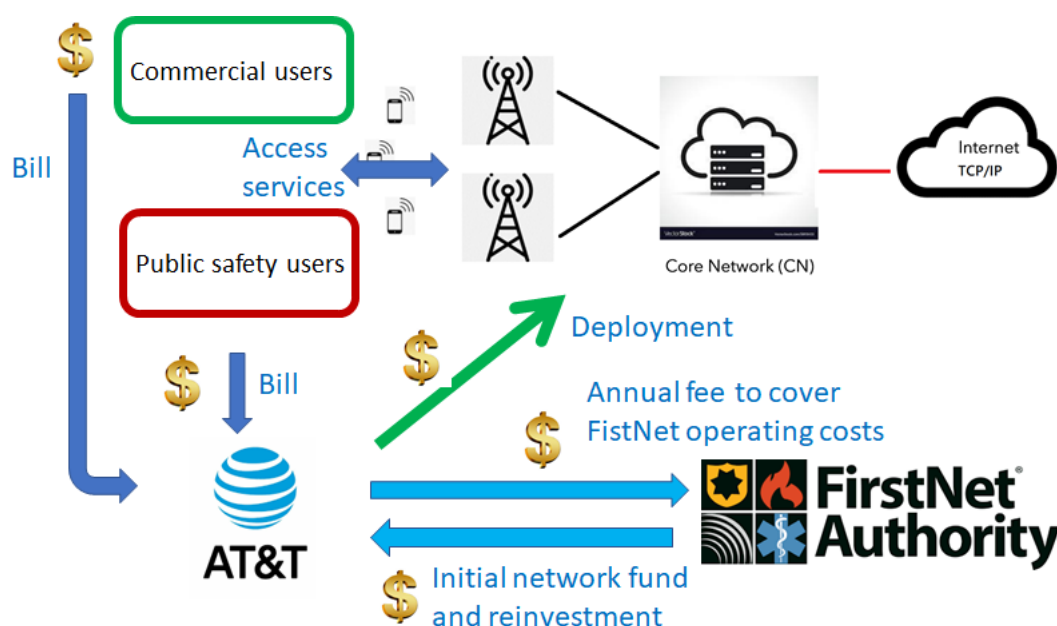


圖 6-4、美國 FirstNet 營運商業模式

資料來源：US GAO Highlights

根據美國國家電信資訊管理局（NTIA）於 2023 修訂的無線電頻率管理規則及程序手冊（Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management），在非戰爭的緊急狀況下，如地震、海嘯等自然災害，聯邦緊急管理局（Federal Emergency Management Agency, FEMA）會根據國家應變框架（National Response Framework, NRF）來啟動緊急防救災程序。應對緊急情況的特定頻譜使用和管理政策包括¹²⁸：

1. 盡可能繼續使用現有核配的頻率；
2. 通過 NTIA 總部協調頻率使用；
3. 強調在緊急情況發生之前，預先規劃使用和管理頻譜的必要性；

¹²⁸ NTIA(2023), Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management, <https://www.ntia.gov/publications/redbook-manual> (last visited 2024.06.27).

4. 確保所有部門的通訊在無線電系統方面與其他單位相容，以減少潛在干擾；
5. 根據聯邦、軍事和民用頻譜需求進行頻率核配；
6. 在盡可能不中斷其他服務的情況下，根據需要提供頻譜資源，以滿足聯邦緊急需求；
7. 根據情況需要建議調整頻譜使用。

在此情況下 NTIA 會繼續在總部來管理頻譜，確保所有頻率使用請求按照現行程序進行處理。在必要時 NTIA 也會指派頻譜管理人員到緊急地區作為聯絡代表，而這些頻譜聯絡人主要負責協調聯邦無線電頻譜的使用，確保無線電系統的互通性(interoperability)、並協調聯邦對地方、州、部落等政府的援助，解決無線電頻率使用的衝突。如圖 6-5 所示。

如果國防部參與救災行動，則由國防部的協調官建立聯合頻譜管理單位 (Joint Spectrum Management Element, JSME)。JSME 作為頻譜需求的單一聯絡窗口，並透過適當的軍用通訊管道，向 NTIA 總部提出頻譜使用申請。頻率的核配，須經 NTIA 頻譜管理辦公室頻率指配部門授權頻率指配後，頻率協調工作才算完成，如圖 6-6 所示。

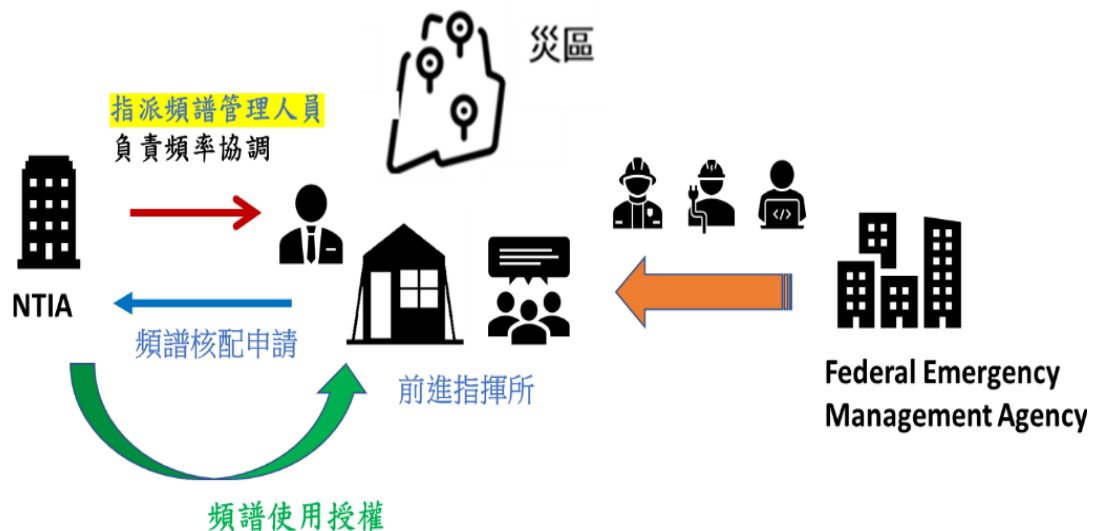


圖 6- 5、NTIA 頻譜管理緊急應變架構

資料來源：本計畫整理

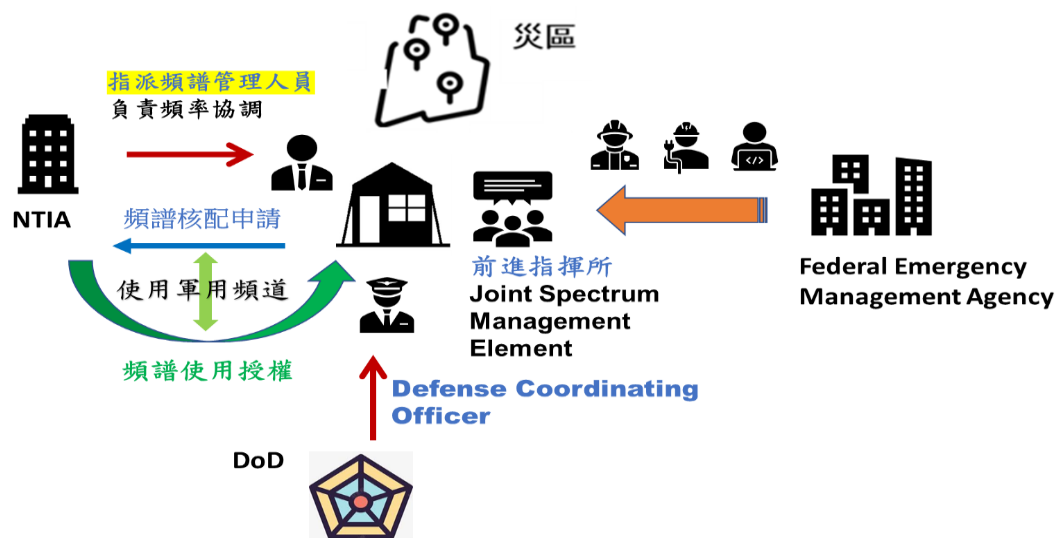


圖 6- 6、美國國防部參與情況之頻譜管理緊急應變架構

資料來源：本計畫整理

表 6-2、美國聯邦執法用途之互通頻道

LE VHF PLAN			LE UHF PLAN		
Identifier	Mobile Transmit (MHz)	Mobile Receive (MHz)	Identifier	Mobile Transmit (MHz)	Mobile Receive (MHz)
LEA	167.0875 (Simplex)	167.0875	LEB	414.0375 (Simplex)	414.0375
LE1	162.0875	167.0875	LE10	418.9875	409.9875
LE2	162.2625	167.2500	LE11	419.1875	410.1875
LE3	162.8375	167.7500	LE12	419.6125	410.6125
LE4	163.2875	168.1125	LE13	414.0625 (Simplex)	414.0625
LE5	163.4250	168.4625	LE14	414.3125 (Simplex)	414.3125
LE6	167.2500 (Simplex)	167.2500	LE15	414.3375 (Simplex)	414.3375
LE7	167.7500 (Simplex)	167.7500	LE16	409.9875 (Simplex)	409.9875
LE8	168.1125 (Simplex)	168.1125	LE17	410.1875 (Simplex)	410.1875
LE9	168.4625 (Simplex)	168.4625	LE18	410.6125 (Simplex)	410.6125

資料來源：NTIA

表 6-3、美國聯邦救災應變用途之互通頻道

IR VHF PLAN				IR UHF PLAN			
Identifier	Mobile Transmit (MHz)	Mobile Receive (MHz)	CTCSS	Identifier	Mobile Transmit (MHz)	Mobile Receive (MHz)	CTCSS
NC 1 Calling	164.7125	169.5375	None	NC 2 Calling	419.2375	410.2375	None
IR1	165.2500	170.0125	As required	IR10	419.4375	410.4375	As required
IR2	165.9625	170.4125	As required	IR11	419.6375	410.6375	As required
IR3	166.5750	170.6875	As required	IR12	419.8375	410.8375	As required
IR4	167.3250	173.0375	As required	IR13	413.1875 (Simplex)	413.1875	As required
IR5	169.5375 (Simplex)	169.5375	As required	IR14	413.2125 (Simplex)	413.2125	As required
IR6	170.0125 (Simplex)	170.0125	As required	IR15	410.2375 (Simplex)	410.2375	As required
IR7	170.4125 (Simplex)	170.4125	As required	IR16	410.4375 (Simplex)	410.4375	As required
IR8	170.6875 (Simplex)	170.6875	As required	IR17	410.6375 (Simplex)	410.6375	As required
IR9	173.0375 (Simplex)	173.0375	As required	IR18	410.8375 (Simplex)	410.8375	As required

資料來源：NTIA

為了解決緊急事件下各執法單位與救災單位無線系統互通性的問題，NTIA 在 162-174 MHz 及 406.1-420 MHz 頻段，規劃了一些共用的頻道，如表 6-2 及表 6-3 所示。這些頻率將被稱為聯邦互通頻道 (Federal Interoperability Channels)，以滿足執法、公共安全、緊急應變和災難應變互通性要求。表 6-2 所列頻率為執法通道 (law

enforcement channels)，表 6-3 所列頻率為災害應變通道（incident response channels）。

頻率 167.0875 MHz 和 414.0375 MHz 被指定為用於初始聯繫的國內呼號（National Calling, NC）頻道，並將在無線電傳輸中進行識別，如表 6-2 所示。頻率 169.5375 MHz（與 164.7125 MHz 配對）和 410.2375 MHz（與 419.2375 MHz 配對）被指定為初始聯繫的國家呼叫頻道，並將在無線電傳輸中進行識別，如表 6-3 所示。

在徵用無線電頻率方面，依據美國聯邦法規(Code of Federal Regulations, CFR)，在緊急情況下，聯邦機構之無線設備也可以使用 FCC 已指配給非聯邦單位使用之無線頻率，且必須與緊急情況直接相關，且受以下條件限制¹²⁹：

1. 頻率被徵用者必須已經口頭或書面同意；
2. 無線電之運作必須遵守 FCC 的相關規則和規定；
3. 使用僅限於原頻率使用執照的核可範圍內；
4. 所有操作都必須在原使用者的直接控制下進行；
5. 徵用時間不得超過 60 天；
6. 徵用頻率的聯邦機構應儘快向 FCC 提交徵用頻率使用情形之書面報告。

此外，為了應對重大事件等緊急狀況，美國聯邦政府除了徵用頻譜、豁免設備使用等規範外，還制定了加速重建與系統恢復的相關措施與程序。這些措施旨在迅速恢復高重要性的系統，例如警報系統、全國廣播等。其中，電信服務優先等級(Telecommunications Service Priority, TSP)之規範，便是專為優先修復關鍵服務而制定的

¹²⁹ The Code of Federal Regulations, Title 47: Telecommunication.

標準。

在維持災區居民之無線通信服務方面，美國聯邦通訊委員會（FCC）制定了必要的災難應變措施（Mandatory Disaster Response Initiative, MDRI）。這項規定主要目的是在颶風、野火和其他災害發生期間，減少公眾的無線電話服務中斷，確保在災難發生期間及之後能夠迅速恢復無線通訊服務。根據 MDRI 規則，擁有基礎設施的行動業者需要遵循以下幾項要求以增強網路的韌性和恢復能力¹³⁰：

1. 提供災區漫遊服務：技術可行時，若某電信業者網路中斷時，應由其他業者提供漫遊服務；
2. 設立互助協議，共享相關設備，並互相提供設備使用之諮詢；
3. 採取合理措施加強施政準備和恢復工作；
4. 採取合理措施提高用戶面對災害之準備度和應對能力；
5. 採取合理措施，提高公眾災害意識，以及強化利害關係人對服務和恢復狀況之溝通。

美國除了救災任務外，若遇到戰爭時期，頻譜管理指揮體系，由 NTIA 提昇到總統指揮之層級，如圖 6-7 所示¹³¹。總統依規定授權科技政策辦公室（Office of Science and Technology Policy, OSTP）主任，統籌無線電資源之管理與調度。戰爭時期頻譜管理原則是儘量維持由 NTIA 及 FCC 核配頻譜資源，但基於國家安全需要，由 OSTP 主任負責調度與最後之決定。其次，OSTP 主任授權 NTIA 制定緊急整備計畫（Emergency Readiness Plan, ERP）及無線電服務優先等級（Telecommunication Service Priorities for Radio, TSP-R）。在作戰區域，OSTP 主任授權國防部長負責頻譜資源之使用。

¹³⁰ FCC(2024), "Public Safety and Homeland Security Bureau Announces Procedures for State Requests to Activate the Mandatory Disaster Response Initiative (MDRI)," DA 24-527.

¹³¹ CFR Part 214 -- Procedures for the Use and Coordination of the Radio Spectrum During a Wartime Emergency.

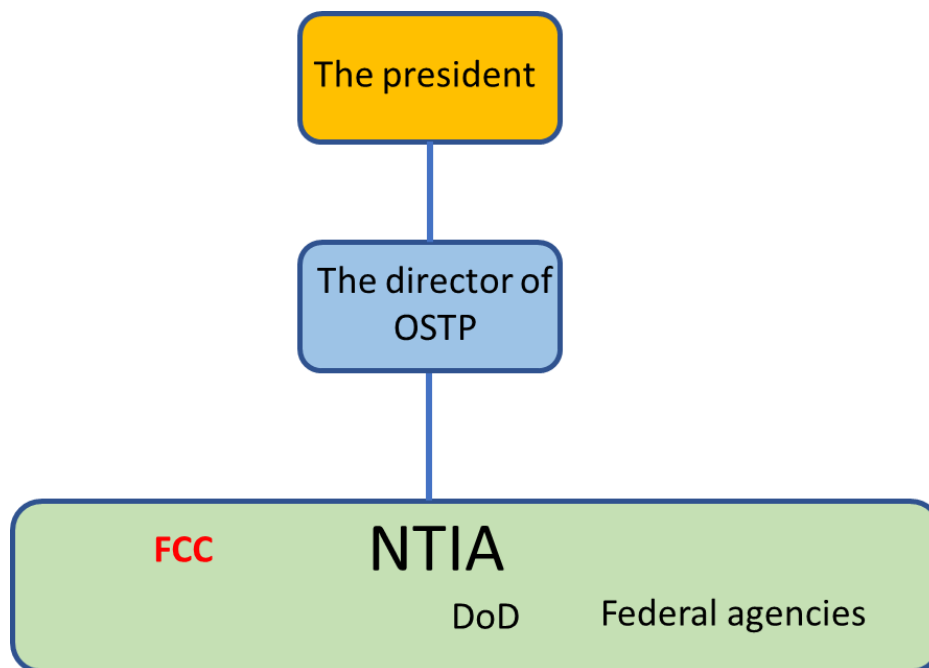


圖 6-7、美國戰時頻譜管理體系

資料來源：本計畫繪製

上述緊急整備計畫，旨在指導聯邦機構在緊急情況下如何有效使用無線電頻譜。這些計劃包含了具體的程序和指導原則，確保各聯邦機構能夠根據實際需求和優先等級使用頻譜資源，從而支持國家安全和緊急整備之無線通訊功能。在緊急整備計畫中，NTIA 主要負責準備、維護和發佈相關措施，並確保計畫準確反映各聯邦部門和機構的頻譜使用需求和優先等級。而 NTIA 的角色還包括確保這些計劃能被及時更新，以應對不同類型的緊急情況和變化的需求。

美國 OSTP 主任會發布必要的政策指導、規則、條例、程序和指令，以確保戰時緊急情況下之頻率使用。在 OSTP 主任的領導下，FCC 針對聯邦政府與非聯邦政府共用之頻譜，發佈相關規範及命令時，應在符合 NTIA 制定的頻譜使用緊急整備計畫（Emergency Readiness Plan for Use of the Radio Spectrum）架構下，與 NTIA 協

調。每個相關聯邦政府機構，應制定自己的頻率應變計劃。FCC 也應協助 OSTP 主任制定相關應變計畫。

美國戰時頻譜管理之應變程序與行動，包括要支援 OSTP 主任的頻率管理人員，由 NTIA 和 FCC 預先指定的頻率管理人員組成，他們將根據命令，前往 OSTP 指定的地點。聯邦政府機構需要使用新的頻率或變更已核配頻率之使用方式，須先經 NTIA 及 FCC 協調完成後，再向 OSTP 主任提出申請，並由他快速做出決定。非聯邦政府機構需要使用新的頻率或變更已核配頻率之使用方式，須向 FCC 提出申請，再由 OSTP 主任或其代理人做協調與決定。戰區內軍事行動需要使用新的頻率或變更已核配頻率之使用方式，直接由 OSTP 主任進行協調與決定。

我國關於重大事件相關的法規主要為「災害防救法」及「全民防衛動員準備法」。

四、我國《災害防救法》

我國《災害防救法》之立法目的為健全災害防救體制，強化災害防救功能，提升全民防災意識及災害應變能力，以確保人民生命、身體、財產之安全及國土之保全¹³²。

我國災害防救計畫體系分為三個層次，即災害防救基本計畫、災害防救業務計畫、地區災害防救計畫。災害防救基本計畫：指由中央災害防救會報核定之全國性災害防救計畫。災害防救業務計畫：指由中央災害防救業務主管機關及公共事業就其掌理業務或事務擬訂之災害防救計畫。地區災害防救計畫：指由直轄市、縣（市）、鄉（鎮、市）及直轄市山地原住民區（以下簡稱山地原住民區）災

¹³² 災害防救法 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0120014>.

害防救會報核定之直轄市、縣（市）、鄉（鎮、市）及山地原住民區災害防救計畫。

災害防救基本計畫由中央災害防救委員會擬訂，經核定後實施，並需定期檢討及報告。基本計畫包括長期防救策略及各業務、地區的重點措施。從時間的角度而言，基本計畫可分為災害預防、應變、復原重建等 3 個階段，如圖 6-8 所示，為全國範圍的災害防救工作提供整體性的指導。

各中央災害防救業務主管機關則依據基本計畫制定具體的災害防救業務計畫，以確保在其責任範疇內的防救措施符合全國要求。這些業務計畫經核定後執行，以保障災害防救工作在各部門內的有效落實。另一方面，地方政府根據基本計畫和地區特性，制定地區災害防救計畫，並需報備上級單位，確保地方計畫不與全國性計畫抵觸。若計畫間出現衝突，則由中央災害防救委員會負責協調解決，確保災害防救工作在各層級之間保持一致性。

目前，檢視我國災害防救法第 3 條內容，將災害分為 7 大類別，並指定相對應之中央災害防救業務主管機關。例如，風災、震災（含土壤液化）、火災、爆炸、火山災害之業務主管機關為內政部；水災、旱災、礦災、工業管線災害、公用氣體與油料管線、輸電線路災害之業務主管機關為經濟部。而與通訊網路相關之數位發展部或國家通訊傳播委員會，尚未被指定為災害防救業務主管機關。但在協助災害防救業務上，仍然有其重要性。

重大災害發生或有發生之虞時，中央災害防救業務主管機關首長應視災害之規模、性質、災情、影響層面及緊急應變措施等狀況，決定中央災害應變中心開設時機及其分級。應變中心成立後，立即報告中央災害防救會報召集人，並由召集人指定指揮官。各級災害應變中心成立後，參與編組機關首長應依規定親自或指派權責人員

進駐，執行災害應變工作，並由災害應變中心指揮官負責指揮、協調及整合。應變中心成立及架構如圖 6-9 所示。



圖 6-8、災害防救階段

資料來源：本計畫繪製

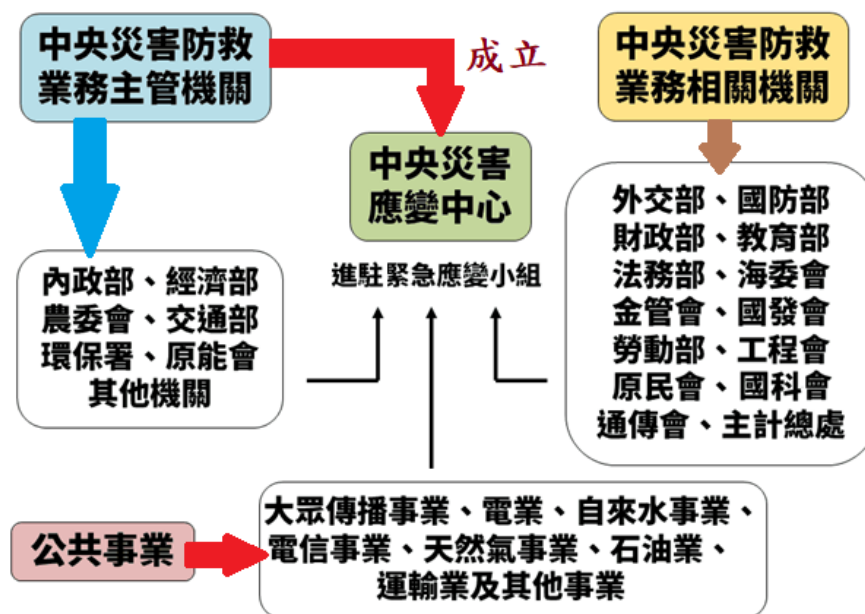


圖 6-9、災害防救體系

資料來源：本計畫繪製

五、我國《全民防衛動員準備法》

我國《全民防衛動員準備法》之立法目的為建立全民防衛動員體系，落實全民國防理念，實施動員準備，保障人民權益。全民防衛動員分為準備和實施兩階段。準備階段係指平時實施動員準備時期，其任務為結合施政作為，完成人力、物力、財力、科技、軍事等戰力綜合準備，以積儲戰時總體戰力，並配合災害防救法規定支援災害防救。動員實施階段係指戰事發生或將發生或緊急危難時，

總統依憲法發布緊急命令，實施全國動員或局部動員時期，其任務為統合運用全民力量，支援軍事作戰及緊急危難，並維持公務機關緊急應變及國民基本生活需要¹³³。

從時間的角度而言，全民防衛動員任務可分為動員準備、動員實施與演習、及徵購、徵用與補償等 3 個階段，如圖 6- 10 所示，特別在第 3 階段中，以法律明定主辦演習機關可因演習實際需要，得徵購、徵用人民之財物及徵用操作該財物之人員，而且徵用後應給與相當之補償。

綜觀我國全民防衛動員準備法第 9 條內容，明列 8 項動員準備方案及其對應之中央主管機關，如表 6-4 所示。例如，精神動員準備方案由教育部主管；交通動員準備方案由交通部主管；科技動員準備方案由科技部（目前已改制為國科會）主管。而與通訊網路相關之數位發展部或國家通訊傳播委員會，尚未被指定負責何種動員準備方案。但於全民防衛動員準備法第 21 條內容指出，為強化動員實施階段通信能量，交通動員準備分類計畫主管機關應對於公、民營電信管制器材廠商、電信事業及專用電信設置者，實施調查、統計，並規劃辦理通信統一管制、設施安全防護等動員準備事項，完成通信動員實施階段作業準備。可知，目前的法律架構，係將通信動員，規劃於交通動員之分項下。



圖 6- 10、全民防衛動員階段

資料來源：本計畫繪製

¹³³ 全民防衛動員準備法 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=F0070013>.

表 6-4、動員準備方案與業務主管機關

動員準備方案	主管機關
精神動員	教育部
人力動員	內政部
物資經濟動員	經濟部
財力動員	財政部
交通動員	交通部
衛生動員	衛生福利部
科技動員	科技部（現已改制為國科會）
軍事動員	國防部

資料來源：本計畫繪製

第二節 提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制建議

因應重大事件發生時，需要一套有別於平時之頻譜使用機制，其核心議題是如何緊急調度無線電資源，以利快速建立災區救援之無線通訊系統，並且維持原有無線通訊系統之正常運作。無線電資源包括頻譜及射頻器材等設備。一般而言，頻譜為無形的資源、射頻器材或設備為有實體的物件。由分析美國的案例所知，美國在因應重大災害或戰爭時期，不儘對無線電系統實體的設備之使用有特別規定外，對無形的頻譜之使用與管理，有更為嚴謹的規範。這點是值得我國借鏡之處。此外，美國在因應重大事件之無線電管理上，雖然由總統授權科技政策辦公室主任負責，但依聯邦相關法規之規定，屬行政部門 NTIA 之頻譜管理辦公室 (OSM)，仍然扮演最重要的專業角色。因為 OSM 具有分析電波干擾與指配頻率之專業能力。我國數位發展部之資源管理司，其功能與角色，和美國 NTIA 下之 OSM，相當類似。

依據我國電信相關法規，我國無線電資源主管機關為數位發展部與國家通訊傳播委員會。本計畫認為，這兩個部會對無線電資源之管理模式可視為垂直分工，即數位發展部掌理頻率資源之規劃及核配等，屬於上游之管理流程。而國家通訊傳播委員會管理重點，在無線電網路設置之監督管理等，屬於下游之管理流程，如圖 6- 11 所示。這 2 個部會在因應重大事件下，也需扮演分工合作的角色。從另一個角度來看，數位發展部掌理無形的頻譜資源、國家通訊傳播委員會掌理實體的射頻設備及網路。

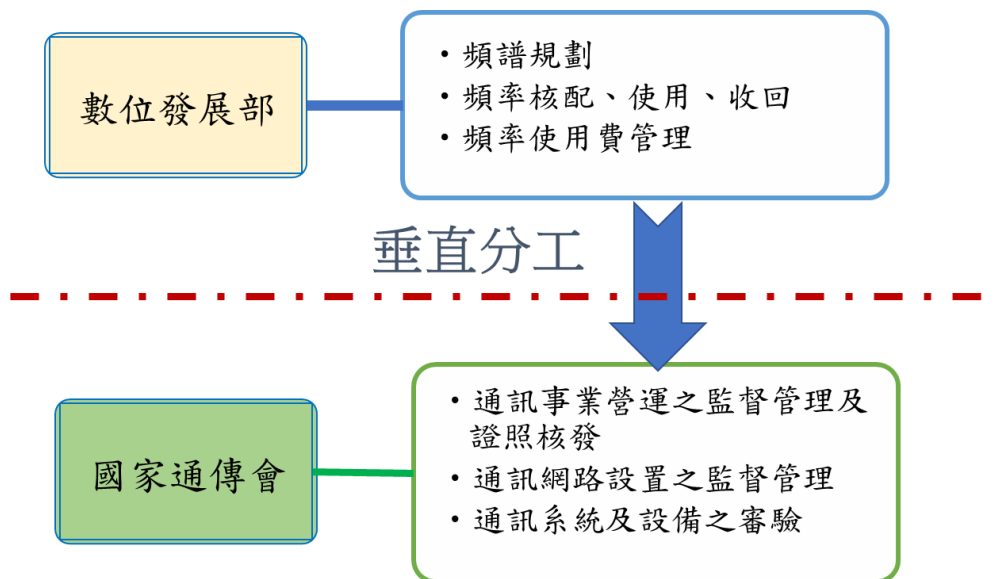


圖 6-11、我國頻譜管理分工模式

資料來源：本計畫繪製

因應重大事件發生，本計畫建議之頻譜轉換使用機制，以無線電資源調度及相關應變計畫之擬定與實施為核心，相關內容詳述於後。

一、無線電資源之調度

重大事件發生時之無線電資源調度，主要項目如圖 6-12 所示，包括需求統整與協調、頻率核配、頻率與設備之徵用、程序與機制、組織與人員進駐、法規配套等。

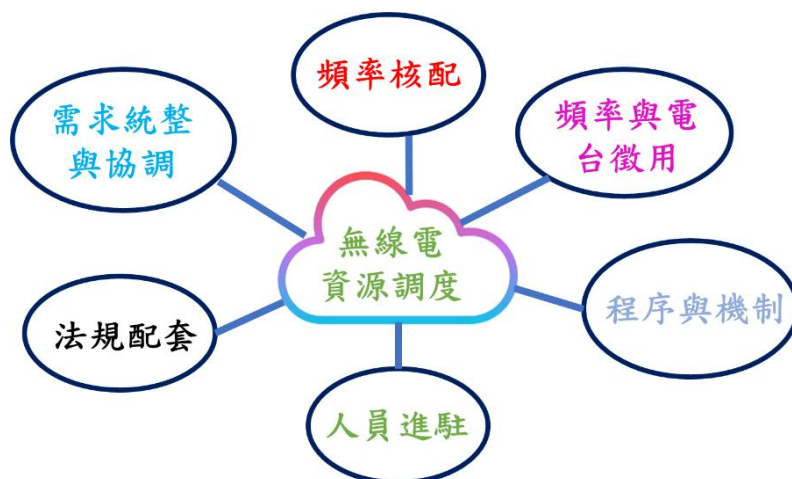


圖 6-12、無線電資源調度事項

資料來源：本計畫繪製

（一）需求統整與協調

當災重大事件發生時，各救援及執法單位進駐災區時，最重要的是要建立一個指揮通訊平臺。而各單位原本核配的頻率及使用設備之通訊技術不一定相同，所以需要制定一套共通的協定，讓各救災單位能有互相連絡的通道。美國 NTIA 之作法，是值得我國參考的作法。即事先規劃一組全國呼叫頻道，讓所有參與救災任務的單位都可以使用此頻道作為初始建立通訊平臺之用。

其次，因各單位攜帶至災區的無線電設備，需要在當地使用，也都需要臨時指配頻率。因此，頻譜需求需要盤點、協調與整合，以避免產生干擾。也需要一套協調與分配機制或原則，例如，可以事先規劃幾組各單位可以共用的頻率，先滿足指揮鏈之通信需求。同時也需要事前制定通訊之技術規格或標準，讓各單位的通信系統能互通。

（二）頻率核配

為了避免各單位通訊系統產生干擾，需要進行干擾分析及頻率核配。干擾分析可由現場派駐之頻譜管理專業人員處理，或由頻譜管理主管機構留守專業人員分析處理。由於處於緊急狀態，上述分析工作往往需要即時處理及決定。例如，參與救援單位來自不同地區及單位，其無線電設備要同時在災區使用，可能會產生同頻或鄰頻干擾。因此，其使用之射頻器材及頻率需要經由干擾分析及臨時指配(或改配)之程序，才能確保正常操作。頻率核配及干擾分析可能需要於幾小時內，就要得出結果。要完成此項任務，需要適當的分析工具及平臺。

為了滿足干擾分析，一套完備的頻譜管理資料庫是不可或缺的。特別是既有電臺的相關資料，特別是接收機的相關參數，包含電臺經緯度、電臺海拔高度、頻率、頻寬、天線高度、天線型式、天線場型等。此資料庫可以協助及時分析與處理干擾問題，以防止不同無線電系統之間的干擾。既有使用者，包含公部門的警政、消防單位，公用事業的台電，商業用途的廣播電視業者，以及國防單位等。特別是公

部門及國防單位的資料，在資料安全保護上，是非常重要的議題。因此，處理頻譜資料庫的人員，也需要有足夠的專業能力及資安之素養。

（三）頻率與設備之徵用

無線電資源包括頻譜與射頻設備，頻譜為無形的資源，是極為重要且數量相當有限的資源，通常熱門頻段，如低於 1 GHz，大部份已被指配給用戶使用。而射頻設備為實體之器材，如發射機、天線等，如經費許可，即可大量購置。在平時，各界對無線電頻譜需求相當大，大部份頻譜已核配去出，主管機構所能核配之剩餘頻譜有限。在重大事件發生之特定區域，各救災單位或當地既有的無線電系統，對頻譜的需求將會增加。如果主管機構所能核配之剩餘頻譜不能滿足災區救災所需，就有徵用既有用戶頻譜供災區救災使用之需要。等救災任務完成，既有回到原來指配的情況。同理，射頻設備也會因救災所需，而向民間徵用的需求，例如以業餘無線電設備投入救災任務等。

（四）程序與機制

為因應重大事件發生時，需要一套有別於平時的頻譜管理機制與程序。例如，頻率申請程序、核准流程、電臺架設許可與審驗、射頻器材管制、頻率使用費徵收等。因救災任務有其急迫性及必要性，需要簡化原有的程序。有些用於平時的規範，也可於救災期間或地區放寬或免除適用。例如災區無線電網路之漫遊或共用頻譜、設備等，也需要加以規範。此外，頻譜主管機構也需要擬定相關的應變計畫、制定一些無線電的使用原則或優先級別等。

（五）組織與人員進駐

當重大事件啟動時，通常會由中央災害業務主管機構成立緊急應變小組，必要時設立前進指揮所，並指派相關人員進駐。目前我國的災害防救法與全民防衛動員準備法皆有相關的規範。但因數位發展部於民國 111 年 8 月成立，尚未納入災害防救法與全民防衛動員準備法

之組織架構下。本計畫建議可適時將數位發展部納入，如圖 6- 13 及圖 6- 14 所示。

除了前述災害防救法與全民防衛動員準備法因應重大事件之機制外，無線電主管機關也需要相對應的處置或計畫與之配合。例如，數位發展部需指派相關人員進駐災防中心或前進指揮所。數位發展部辦公室也可能需要留守相關人員，處理緊急頻譜干擾分析、干擾處理、頻率指配，或操作相關系統及資料庫等，提供災防中心或前進指揮所必要之支援。

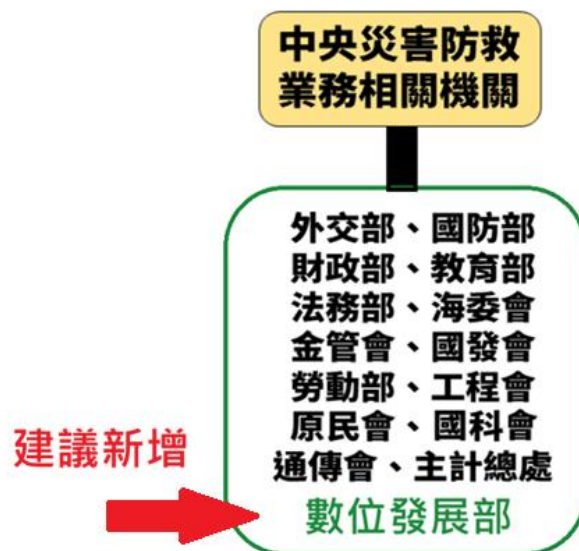


圖 6- 13、數位發展部納入災害防救體系之建議

資料來源：本計畫繪製

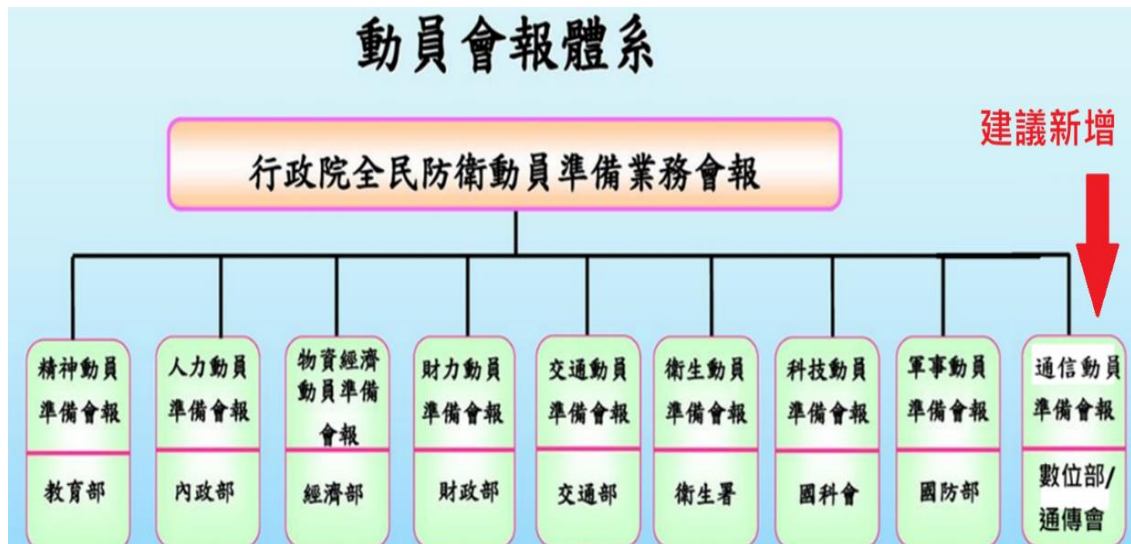


圖 6-14、數位發展部納入全民防衛動員準備體系之建議

資料來源：動員會、本計畫繪製

我國的頻譜管理制度，有別於美國的水平方式，是屬於垂直分工方式。即，數位發展部負責前段的頻率規劃與指配、國家通訊傳播委員會負責後段電臺或網路的監理與審驗等。也可以將之視為數位發展部管理無形的頻譜資源，國家通訊傳播委員會負責管理實體的射頻設備。本計畫認為上述 2 個機構在重大事件之因應上，對於無線通信系統之因應，都有其需要負責的事項或任務。建議，上述 2 個機構可以擇期針對如何因應重大事件，如應變小組的成立與人員的進駐等、進行初步的交換意見，以凝聚共識，進行合適的合作與分工。

(六) 法規配套

因應重大事件頻譜管理機制之建立，所涵蓋的法規相當廣泛，如災害防救法、全民防衛動員準備法、電信管理法、無線電頻率使用管理辦法等。每套法規都有它的主責機構，例如，災害防救法的主管機關為內政部、全民防衛動員準備法的主管機關為國防部、無線電頻譜法規的主管機關為數位發展部與國家通訊傳播委員會。若要完善重

大事件頻譜管理機制之建立，則需各主管機關負責修訂之。

本計畫研析之目的在於提出重大事件頻譜管理機制之藍圖，應變機制之主要項目、程序及相關計畫等。特別是以數位發展部資源司主責的業務為基礎，提出相關的建議。本計畫所提之頻譜管理機制，用以配合災害防救法及全民防衛動員準備法等相關法規，以利重大事件發生時，能維持無線通訊系統的正常運作。

特別是需要徵用頻譜或通訊設備時，因會對被徵用者造成權利或財務上的損失，需要相關的通知流程與補償措施。因此，需要一套法規，以規範無線資源的徵用與補償事項。

在重建階段，為了能快速恢復通訊，對於無線通訊系統的建置，從頻譜申請使用、電臺架設、網路審驗等作業，需要一套有別於正常流程之簡化規範。

二、 相關應變計畫

依據我國災害防救法與全民防衛動員準備法之任務與體系，可分成三階段，即事前準備、事件當下之應變及事後之處置階段。因此，因應重大事件之發生，頻譜管理相關應變計畫與措施也可以比照此三階段，如圖 6-15 所示。



圖 6-15、頻譜管理相關應變計畫與措施

資料來源：本計畫繪製

（一）整備階段

在災害事件發生前，頻譜管理機構需針對無線通信系統之使用進行事前之規劃。重要內容包括無線通信系統互通性規範、相關法規之修訂、擬定應變程序與應變計畫、人員進駐與指派規劃、干擾分析工具與平臺之準備、演練計畫之擬定與實施等。上述工作需要事先準備，特別是相關法規之修訂需要較長的時間才能完成。而頻譜使用相關之應變計畫，是提供給緊急事件狀況下，如何使用無線通信系統之準則或規範。因此，擬定緊急應變計畫是本階段至為重要之工作。

（二）緊急應變階段

在災害事件發生當下，則必需依據相關法規與緊急應變計畫之內容，馬上啟動應變計畫與措施。重要內容包括成立應變小組與建立指揮系統、進行無線電資源的統整與調度、甚至關閉或徵用頻譜或射頻設備等。本階段需要指派人員進駐應變中心或前進指揮所，必要時，主管無線電之機關辦公室，也需要有適當的人員配合執行相關工作。因為此階段之頻譜需求相當緊迫，到現場的通訊裝備也十分多樣，而且要在範圍不大的區域中使用，故需要有明確的資源調度準則及合適的工具或平臺，以免產生通訊系統互相干擾的問題。因為屬於特殊且

短期的需求，需要有一套與平時不同的特別法規為依據，進行頻譜管理相關之任務。

此外，政府所能支援的無線電資源，並非相當充裕，而民間所擁有的資源往往相當豐富，即所謂藏富於民之情境。在因地制宜或就地取材，及緊急狀況下，為了保護人民生命財產安全，需要徵用民間的無線電資源。因為此措施會影響人民的財產權利，需要有法源依據及明確的規範。

（三）重建階段

在災害事件發後，重點就是恢復往常的重建工作。重要內容包括無線通信系統的重建、頻譜重新或恢復核配、徵用無線電之補償與報告、檢討與修正工作等。為加快重建速度，需要一套簡化的頻譜核可及電臺執照核准流程。而在徵用無線電之補償與報告方面，主要是彌補被徵用者之損失，及告知徵用資源使用情形。

第三節 小結

對於頻譜管理任務，在平時、救災時期所需進行的因應措施，美國商務部之 NTIA 有制定一些規範可供我國參考。配合救災指揮中心的成立，NTIA 會派遣頻譜管理人員進駐指揮中心，以協調各單位使用的頻率，以避免干擾。若有頻率核配需求，則仍需向 NTIA 之頻譜管理辦公室負責頻率核配部門提出申請。而為了各單位無線通信系統的可互相操作性（interoperability），NTIA 於 VHF 及 UHF 頻段規劃一些頻道，供所有參與救災單位共同使用。並且指定幾個頻道作為起始連絡用途。

美國若遇到戰爭時期，頻譜管理指揮體系，由 NTIA 提昇到總統指揮之層級。總統依規定授權科技政策辦公室主任，統籌無線電資源之管理與調度。戰爭時期頻譜管理原則是儘量維持由 NTIA 及 FCC 核配頻譜資源，但基於國家安全需要，由 OSTP 主任負責調度與最後之決定。其次，OSTP 主任授權 NTIA 制定緊急整備計畫及無線電服務優先等級。在作戰區域，OSTP 主任授權國防部長負責頻譜資源之使用。

因應重大事件之發生，我國頻譜管理相關應變計畫與措施，本計畫建議採三階段，即事前準備、事件當下之應變及事後之處置階段。

災害事件發生前，頻譜管理機構需針對無線通信系統之使用進行事前之規劃。重要內容包括無線通信系統互通性規範、相關法規之修訂、擬定應變程序與應變計畫、人員進駐與指派規劃、干擾分析工具與平臺之準備、演練計畫之擬定與實施等。擬定緊急應變計畫是本階段至為重要之工作。

災害事件發生當下，必需依據相關法規與緊急應變計畫之內容，馬上啟動應變計畫與措施。重要內容包括成立應變小組與建立指揮系統、進行無線電資源的統整與調度、甚至關閉或徵用頻譜或射頻設備等。本階段需要指派人員進駐應變中心或前進指揮所，必要時，主管無線電之機關辦公室，也需要有適當的人員配合執行相關工作。此階

段之頻譜需求相當緊迫，現場的通訊裝備也十分多樣，故需要有明確的資源調度準則及合適的工具或平臺，以免產生通訊系統互相干擾的問題。因為屬於特殊且短期的需求，需要有一套與平時不同的特別法規為依據，進行頻譜管理相關之任務。

災害事件發後，重點就是恢復往常的重建工作。重要內容包括無線通信系統的重建、頻譜重新或恢復核配、徵用無線電之補償與報告、檢討與修正工作等。為加快重建速度，需要一套簡化的頻譜核可及電臺執照核准流程。而在徵用無線電之補償與報告方面，主要是彌補被徵用者之損失，及告知徵用資源使用情形。

本計畫建議，因應重大事件頻譜管理機制調整計畫之後續工作時程，可分3年執行，如圖 6- 16 所示。第 1 年的重點包括法規盤點與修訂、擬定應變程序與計畫、互通性規範等。第 2 年的重點包括頻譜資源調度事項、利害關係人意見溝通、建立干擾分析平臺、擬定演練計畫等。第 3 年的重點包括災後重建計畫、實施演練、完成法規修訂、檢討與修正等。

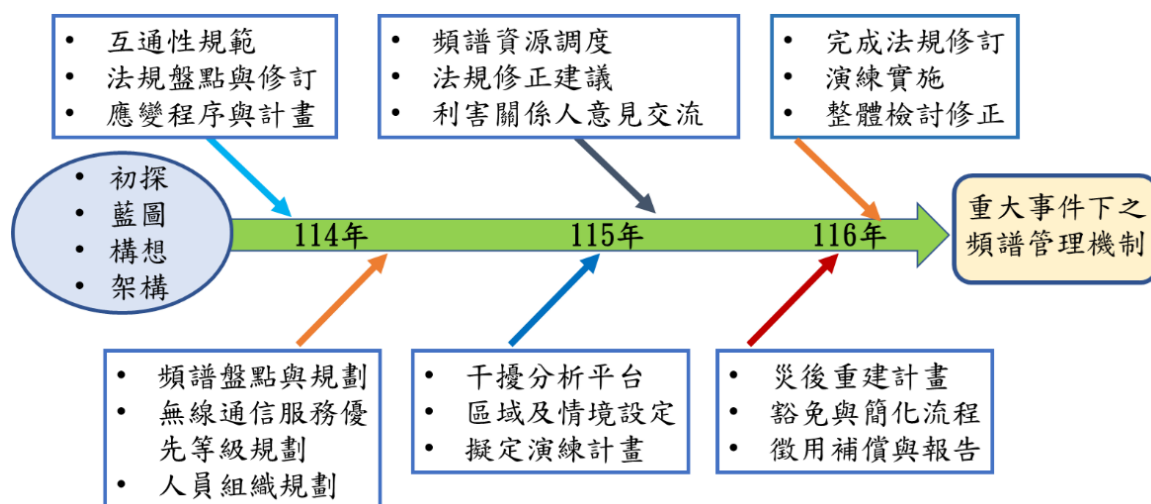


圖 6- 16、未來工作時程建議

資料來源：本計畫繪製

第七章 我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適建議

隨著新興科技的高速發展，各種新興技術的出現，衍生相異網路所組合而成的異質網路，現已成為國際矚目及發展之焦點，如美國、中國相繼推出衛星直連手機等服務，鑒於異質網路技術之重要性與發展性，針對此類異質網路之應用發展，對於我國頻率管理措施可能之影響及法規障礙，有必要進一步盤點異質網路在多種頻譜用途整合使用時，對應之電信管理法規相關法律規範，並借鏡先進國家因應異質網路應用發展之管理機制，提出適合我國異質網路發展之頻率管理措施建議，在鼓勵創新及適當之監理措施中取得平衡。

由於異質網路涉及多種頻譜用途之整合使用，因此判斷不同異質網路所適用之法律規範將更為複雜，因此本計畫將盤點異質網路在多種頻譜用途整合使用時，對應之電信管理法規相關法律規範；其次研析異質網路於各發展階段，可能面臨之法規障礙，進而提出相關法規修正建議。

第一節 我國異質網路情境使用案例

觀察我國現行異質網路應用案例之發展情形，可發現我國目前正式進入商用階段之異質網路應用案例多半為「5G 與 Wi-Fi 互連整合案例」，多半應用於智慧工廠情境；而與非地面網路相關之異質網路應用案例則大多處於實驗階段，多半由製造商主導，如：聯發科技股份有限公司（以下簡稱聯發科）之衛星直連手機測試、中華電信之創新全光和無線網路（Innovative Optical and Wireless Network, IOWN）連線、耀登科技股份有限公司之高低軌整合型衛星通訊系統¹³⁴，以下分述之：

¹³⁴ 吳承諦（2024），耀登推高低軌整合型衛星通訊系統 預期明年上半年正式商轉，<https://news.cnyes.com/news/id/5753010>（最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。

一、 5G 與 Wi-Fi 互連整合案例-英業達

傳統工廠引入人工智慧等新興科技以轉型成為智慧工廠已成為現今趨勢，為滿足智慧工廠之大範圍資訊網路需求，英業達股份有限公司採用 5G、Wi-Fi 異質網路整合架構，並建立服務管理與編排（Service Management and Orchestration, SMO）平臺以整合無線及有線網路，同時結合 5G 專網服務，使企業得以較低成本布建及維運網路¹³⁵。企業取得穩定且高品質之網路後，即可導入人工智慧、邊緣運算等服務，蒐集並處理巨量資料，提升生產效率。

二、 衛星直連手機案例-聯發科

自 3GPP Release 14 開始，非地面網路與地面網路（5G）之研究成為關注重點，隨著技術日趨成熟，聯發科與財團法人工業技術研究院（以下簡稱工研院）、台灣羅德史瓦茲有限公司（以下簡稱羅德史瓦茲）三方共同合作，率先於 2022 年 8 月完成全球首次之衛星直連手機實驗¹³⁶。本次實驗係以 3GPP Release 17 標準為基礎，藉由聯發科開發之 5G NR NTN 衛星網路行動通信晶片，並使用 S Band 及 L Band，使 5G 手機能與低軌衛星互連，達成雙向資料傳輸之目標。礙於我國非為 ITU 會員國，因此本次實驗係採用羅德史瓦茲之低軌道衛星通道模擬器，輔以工研院開發之測試基地臺進行實驗，實驗結果顯示，若該低軌衛星高度為 600 公里且移動速度為每小時 27000 公里之情況下，能完成與 5G 手機互連之目標¹³⁷。

¹³⁵ 英業達，整合異質網路、加速 AI 佈局，<https://www.5g.inventec.com/tw/case/7/10>（最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。

¹³⁶ 聯發科技股份有限公司（2022），全球第一！引領智慧型手機進入衛星通訊新時代，<https://corp.mediatek.tw/news-events/press-releases/mediatek-powers-worlds-first-satellite-driven-5g-ntn-smartphone-connection>（最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。

¹³⁷ 台灣低軌衛星產業聯誼會（2022），聯發科 5G 技術再有新里程碑！新晶片讓手機也能連上衛星網路，<https://tleosia.org.tw/NewsContent/news/19955067-e632-4bbd-9d0c-0a4824d3feab>（最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。

三、自由空間光通訊案例

隨著頻譜資源稀缺問題日趨嚴重，業界提出利用「光波」取代頻率進行無線通訊之構想，而自由空間光通訊(Free-Space Optical, FSO)技術即為其中一項重要技術。由於 FSO 技術係將空氣作為媒介，利用光波進行無線傳輸資料，既無需向主管機關申請頻率，亦不會有被無線電波干擾之風險，且 FSO 具有傳輸速率高、大頻寬等特性，因此成為業界重點發展之技術¹³⁸。

我國電信龍頭業者中華電信與日本電信電話株式會社(NTT)於 2023 年正式就全光網路(All-Photonics Network, APN)之應用進行合作，於今年成功完成全光網路傳輸測試，測試距離高達 3000 公里，達成全球第一個國際創新全光和無線網路(IOWN)連線案例之成就¹³⁹。

根據上述國內產業行動通訊技術發展，可發現我國業者已陸續投入如行動通訊與區域網路商用服務、地面網路與非地面網路測試，以及光通訊測試，未來我國主管機關宜持續鼓勵產業積極投入頻譜用途整合使用之異質網路應用。此外，未來行動通訊網路由地面網路串連非地面網路逐漸形成三維網路，將面臨高頻毫米波射頻天線特性的改變與系統設計日益複雜化，由於我國 ICT 產業範圍廣泛，因此建議持續鼓勵 ICT 產業依據國際業者需求，結合國內相關產業自主開發。

¹³⁸ 陳佳楓(2022)，6G 光無線通訊技術發展觀察，

<https://mic.iii.org.tw/AISP/Free?docid=CDOC20221213002> (最後瀏覽日：113 年 11 月 21 日)。

¹³⁹ 中華電信(2024)，中華電信與 NTT 啟動台灣與日本全球首例國際 IOWN 全光網路 超低延遲網路，3000 公里僅需 17 毫秒，<https://www.cht.com.tw/home/enterprise/news/latest-news/2024/0829-1800> (最後瀏覽日：113 年 11 月 21 日)。

第二節 異質網路法規議題研析與建議

目前國際與我國異質網路應用案例，仍多處於實驗研發階段，然部分先進國家（如：美國、英國）已開始研析此類異質網路應用發展之監管議題，包含未來落地階段將面臨之跨用途使用頻段，如：衛星直連手機使用 IMT 頻段之申請程序、適用執照、干擾處理等議題。此外，美國亦已針對救災、執行國家任務等重大事件之異質網路案例，進行頻譜轉換使用之探討。

觀察目前國際異質網路應用案例之發展趨勢，可發現多為具一定規模之國外低軌衛星業者（如：SpaceX）主導，由於我國非為 ITU 會員國，因此未來異質網路相關應用案例可能需仰賴國外衛星業者提供服務。由於大型衛星業者，若進入我國電信市場，勢必對我電信市場帶來不同層面之影響，包含國內電信市場之競爭關係、消費者權益之保障等面向，因此在異質網路應用案例，仍處與發展階段，尚未正式商用落地前，宜規劃符合我國國情之異質網路頻譜管理機制，在鼓勵異質網路新興應用發展之目標下，確保頻譜使用效率及市場公平競爭。

本計畫已分別於 2024 年 7 月 31 日、2024 年 10 月 17 日舉辦座談會，探討異質網路發展可能面臨之相關法規議題。本計畫以下將針對三大方向進一步詳細分析。

一、異質網路環境下之頻率使用規範

根據本計畫研析國外異質網路下之頻率使用規範內容，目前主要有兩種型態。第一種為針對特定型態之異質網路，其頻率使用定義相關規範內容，例如英國目前正針對異質網路訂定「監理沙盒」，研析相關法規調適內容，實現各種創新應用；第二種則針對未來整合衛星與行動通信之異質網路架構，訂定全面性的法規架構，例如美國 FCC 與加拿大主管機關 ISSED 皆訂定整合衛星與行動通信頻譜之法規架構。美國 FCC 訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架（以下簡稱 SCS

框架)，鼓勵衛星營運商與地面服務業者之間的合作，使得既有分配予地面服務之頻譜能夠直接提供用戶行動通訊裝置網路接取服務，實現無所不在的連結。加拿大 ISED 也訂定《以衛星補充行動通訊涵蓋之政策、授權與技術框架草案》(以下簡稱 SMCS 框架)，希望能夠建立衛星與行動通信間之頻率使用規則。本計畫整理國際與我國之異質網路頻率管理政策規範重點比較如下。

表 7-1、國際與我國之異質網路相關政策規範重點比較

	頻譜管理政策方向	異質網路具體政策/法規
歐盟	著重於頻率協調、促進頻譜共享及彈性執照解決方案等，並保留足夠頻譜資源供異質網路新興技術使用。	RSPG 提出非地面網路政策建議
英國	採積極且彈性之頻譜管理方式，提高頻譜使用效率，同時滿足新興技術之頻譜需求。	- 更新非同步軌道衛星系統執照之監理框架 - 預計發布《衛星行動用途/衛星直連行動設備之意見徵詢》
美國	鼓勵促進開放且具互通性技術創新之無線通訊系統，針對新興異質網路技術進行法規調適及訂定新法。	《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》
加拿大	促進競爭及使用者之無線負擔能力，同時確保執照靈活使用，允許不同用途進行頻譜共享。	- 非競爭性區域授權執照、靈活使用執照、從屬執照 - 發布《衛星補充行動涵蓋之政策、發照及技術諮詢文件》
日本	著重於探討頻譜彈性使用及防止干擾，而非單就異質網路進行頻譜管理。	規劃《行動裝置使用 1.7/1.8GHz 頻段與 NGSO 衛星通訊技術與執照制度研究》
我國	確保資源合理使用與效率，鼓勵創新服務發展，同時促進市場公平競爭，並保障消費者權益。	依《電信管理法》之規定，可區分為「實驗研發階段」與「落地階段」： 實驗研發階段：依《無線電頻率使用管理辦法》第 8 條及附件一、《實驗研發專用電信網路設置使用管理辦

	頻譜管理政策方向	異質網路具體政策/法規
		法》申請； • 落地階段：依頻率用途，適用專用電信網路或公眾電信網路。若屬專用電信網路，依《無線電頻率使用管理辦法》第 8 條及附件一、《供專用電信網路使用》申請頻率。 若屬公眾電信網路用途，依《電信管理法》第 36 至 38 條辦理。

資料來源：本計畫彙整

由上表內容應可觀察出，未來我國電信管理法因應異質網路發展所衍生之頻率管理規範，應具備以下特點：

- 確保相關法條規範內容可促進創新；
- 採積極且彈性之頻譜管理方式，以及防止干擾；
- 滿足新興技術之頻譜需求；
- 允許不同用途進行頻譜共享。

現階段我國《電信管理法》、《無線電頻率使用管理辦法》等規範已透過開放頻譜共享、提供使用與共用等方式，增進頻譜彈性使用，同時亦重視頻率干擾問題，應可滿足異質網路發展所衍生之頻率管理。然而，隨著各種創新技術推陳出新，建議主管機關仍應持續追蹤、觀測新興技術對頻率使用規範之影響，若有對管理制度造成大幅影響時，應參考國際間對該議題之政策與法規調適措施，依照我國國情修正國內法規制度，確保我國頻率管理制度符合市場發展與技術、應用之需求。

二、NTN 頻段之同頻/鄰頻干擾處理及協調機制

隨著 NTN 頻段使用者與日俱增，未來頻率干擾問題可能更加嚴重，我國《電信管理法》、《無線電頻率使用管理辦法》已設有干擾處理之原則性規範，但針對 NTN 頻段之既有使用者（固定、行動等）受到新興應用（如：衛星直連手機）干擾之問題，現行無線電頻率干擾處理相關規範是否足以應對，確實有討論空間。以衛星直連手機為例，目前可分為透通型模式與再生型模式，由於再生型模式之服務鏈路（service link）係使用 IMT 頻率，且依我國《行動通信終端設備技術規範》之終端設備「傳導輸出功率限制值」規範，現行手機訊號發射功率¹⁴⁰不足以將訊號發射至衛星（參本計畫第五章第二節之分析），換言之，若要達成手機直連衛星之目標，可能需提高手機訊號發射功率，惟此舉將會對同頻與鄰頻之使用者產生干擾。

以 n256 頻段¹⁴¹為例，該頻段為 3GPP 公告之 NTN 使用頻段，目前我國已有多家電信業者將其作為提供 4G 服務使用（如下圖所示）。我國《無線電頻率供應計畫》修正草案預計將該 n256 頻段供衛星實驗使用。

¹⁴⁰ LTE 終端設備（4G 手機）之傳導輸出功率限制值為 23dBm，NR 終端設備（5G 手機）於 FR1 頻率之傳導輸出功率限制值為 23dBm 至 29 dBm。資料來源：國家通訊傳播委員會（2023），行動通信終端設備技術規範，

<https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/23071/%e8%a1%8c%e5%8b%95%e9%80%9a%e4%bf%a1%e7%b5%82%e7%ab%af%e8%a8%ad%e5%82%99%e6%8a%80%e8%a1%93%e8%a6%8f%e7%af%84%e5%85%a8%e6%96%87.pdf>

¹⁴¹ 上鏈：1980 MHz - 2010 MHz／下鏈：2170 MHz - 2200 MHz。

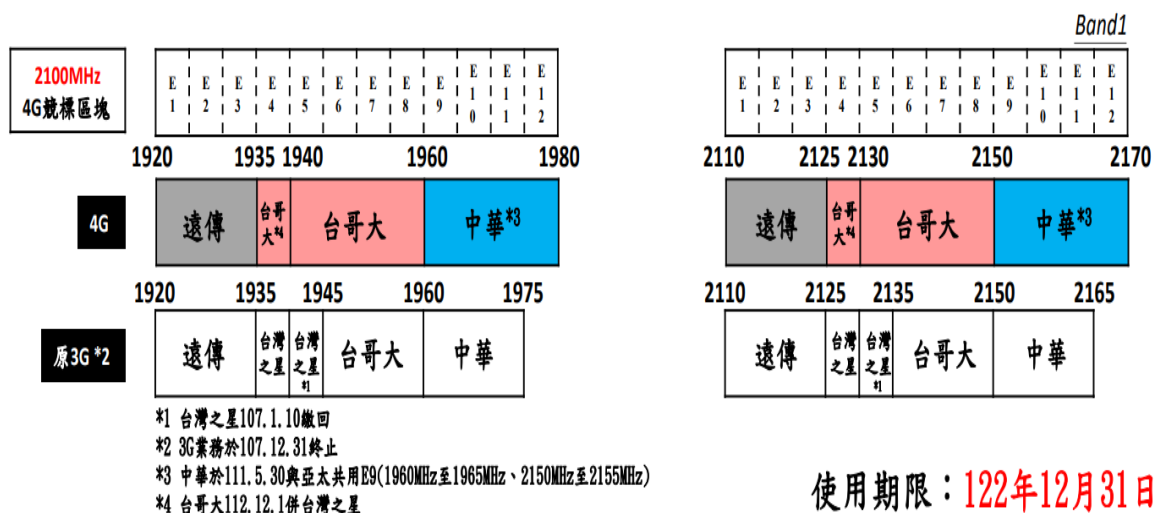


圖 7- 1、我國 2100 MHz 頻段之既有使用者（行動業者）

資料來源：本計畫繪製

本計畫於 10 月所舉行之「異質網路發展之頻率管理法規及重大事件之頻率管理政策調適」座談會中，多數與會者主張我國《電信管理法》、《無線電頻率使用管理辦法》已設有干擾處理相關規範，因此建議先以實驗網路方式進行同頻/鄰頻可能干擾量測，進一步觀察後，再決定是否要就事前干擾部分進行法規調適。另有部分與會者主張，由於低軌衛星向地面發射訊號時會因都卜勒效應而出現偏移，故應特別注意鄰頻干擾問題，要求數位發展部於開放相關頻段供衛星行動用途使用申請前，應先評估能否有效降低干擾。

本計畫參採多數與會者見解，由於衛星直連手機等 NTN 應用案例多半處於實驗階段，因此建議主管機關鼓勵產學研各界持續進行 NTN 相關實驗，待掌握更多資料後，再依技術及市場變化判斷有無法規調適之必要性。

第三節 研析重大事件情境下頻譜轉換使用機制衍生之法規障礙及法規修正建議

一、我國現行重大事件應對規範

觀察我國針對重大事件（天災、疫情、執行國家任務等）所設之相關應對規範，目前規範多著墨於通信設施之盤點、調動及運用，而無因應重大事件情境設計相應之頻譜轉換使用機制，以下分述之。

（一）《電信管理法》下之重大事件應對規範

觀察《電信管理法》之重大事件應對規範，其規範重點多為課予電信事業相關配合義務，如：《電信管理法》第 8 條第 4 項之「通信優先處理義務」¹⁴²、《電信管理法》第 22 條第 1 項之「應主管機關要求採取確保通信之必要措施或設置應變相關設施義務」¹⁴³。此外，《電信管理法》第 50 條第 5 項亦開放專用電信網路得於緊急情況下連接公眾電信網路或供設置目的以外使用¹⁴⁴。另針對干擾處理部分，《無線電頻率使用管理辦法》第 44 條明定國家通訊傳播委員會處理干擾之優先順序，應以動員準備、航行安全、災害防救等任務為優先¹⁴⁵。

¹⁴² 《電信管理法》第 8 條第 4 項：「電信事業對下列通信應予優先處理：

一、於發生天災、事變或其他緊急情況或有發生之虞時，為預防災害、進行救助或維持秩序之通信。

二、對於陸、海、空各種交通工具之遇險求救及飛航氣象等交通安全之緊急通信。

三、為維護國家安全或公共利益，有緊急進行必要之其他通信。」

¹⁴³ 《電信管理法》第 22 條第 1 項：「為預防或因應災害防救或動員準備，各相關主管機關依其主管法律規定，得指定電信事業採取確保通信之必要措施或設置應變相關設施。」

¹⁴⁴ 《電信管理法》第 50 條第 5 項：「專用電信網路不得連接公眾電信網路或供設置目的以外之用。但有下列情形之一者，不在此限：

一、陸、海、空各種交通工具之遇險求救及飛航氣象等交通安全之緊急通信。

二、為維護國家安全、公共秩序或公共利益，有緊急進行通信之必要。

三、為因應天災、事變或緊急危難等救援作業之通信。

四、其他經主管機關核准。」

¹⁴⁵ 《無線電頻率使用管理辦法》第 44 條：「國家通訊傳播委員會處理干擾之優先順序如下：

一、於動員實施階段時，以軍用無線電頻率為優先。

二、飛航、船舶航行安全之任務。

三、災害防救之任務。

四、依業務性質之重要性。

五、依無線電頻率核配先後。」

（二）《災害防救法》下之通信相關應對規範

觀察《災害防救法》之通信相關應對規範，其規範重點多聚焦於「傳播媒體及通訊設備之優先使用」，內容包含：災害預防階段之各級政府整備義務、災害應變階段之優先使用傳播媒體與通訊設備，以蒐集與傳播災情及緊急應變相關資訊¹⁴⁶。針對上開規範之優先使用部分，《災害防救徵調徵用徵購及優先使用補償辦法》第4條第1項設有相關補償規範，補償費用係以政府機關所定之費率計算¹⁴⁷。此外，《災害防救法》第23條第1項亦要求各級政府應於災害預防階段建置、維護及強化災情蒐集、通報與指揮所需之通訊設施。

（三）《全民防衛動員準備法》下之通信相關應對規範

觀察《全民防衛動員準備法》之通信相關應對規範，其規範重點多著墨於「通信設施」之整備及徵用，內容包含：主管機關進行事前調查統計及辦理動員準備事項之義務¹⁴⁸、法定機關／構通信設施於不同戰備階段下之管制運用¹⁴⁹等。針對徵購／徵用通信器材之補償，另設有《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》、

¹⁴⁶ 《災害防救法》第27條第1項：「為實施災害應變措施，各級政府應依權責實施下列事項：一、災害警報之發布、傳遞、應變戒備、人員疏散、搶救、避難之勸告、災情蒐集、損失查報、優先使用傳播媒體與通訊設備傳播災情及緊急應變相關資訊。…」、《災害防救法》第30條第1項：「各級政府成立災害應變中心後，指揮官於災害應變範圍內，依其權責分別實施下列事項，並以指揮官指定執行之各該機關名義為之：…八、優先使用傳播媒體及通訊設備，蒐集與傳播災情及緊急應變相關資訊。」

¹⁴⁷ 《災害防救徵調徵用徵購及優先使用補償辦法》第4條第1項：「依本法第23條第1項第10款、第27條第1項第1款及第30條第1項第8款規定優先使用傳播媒體及通訊設備，蒐集與傳播災情及緊急應變相關資訊，依政府機關所定費率發給通訊傳播經營者補償費；政府機關未定有費率者，依相關公會所定費率發給；政府機關及相關公會均未定有費率者，由該管政府機關與各優先使用傳播媒體及通訊設備之通訊傳播經營者協議訂定；協議不成立時，由該管政府機關參照優先使用時間及方式之一般商業交易計價定之。」

¹⁴⁸ 《全民防衛動員準備法》第21條第1項：「為強化動員實施階段通信能量，交通動員準備分類計畫主管機關應對於公、民營電信管制器材廠商、電信事業及專用電信設置者，實施調查、統計，並規劃辦理通信統一管制、設施安全防護等動員準備事項，完成通信動員實施階段作業準備。」

¹⁴⁹ 《戰備各階段公民營通信設施支援軍事管制運用辦法》第2條：「為落實全民國防，戰備各階段公、民營機關（構）通信設施，應管制運用，使與軍事通信密切配合，以供平時救災防護，戰時有效支援軍事作戰。」

《全民防衛動員實施階段物資固定設施徵購徵用及補償實施辦法》規範，補償費用係由主辦演習機關所召集組成之「財物徵購徵用計價補償評定小組」，參照市價、政府機關、相關公會所定費率及使用情形評定¹⁵⁰，若為徵購，主辦演習機關應於接收徵購財物後 20 日內，依前述評定小組所評定之價格一次給付¹⁵¹；若為徵用，主辦演習機關應於解除徵用時，辦理財物發還及給與補償金事宜，若財物有所毀損，前述評定小組將依據財物毀損情形另行評定補償金額，並由主辦演習機關一次給付¹⁵²。

二、提出我國重大事件頻譜轉換機制藍圖

本計畫於 10 月所舉行之「異質網路發展之頻率管理法規及重大事件之頻率管理政策調適」座談會中，多數與會者認為我國現行規範並未就「頻率徵用」設有相關規範，主張主管機關應分別就「救災」與「戰時」訂定重大事件之頻率管理政策，並分別就不同情境探討訂定相關法律或修正法規之必要：

- 救災情境：建議應開始思考我國現行《災害防救法》、《災害防救徵調徵用徵購及優先使用補償辦法》等規範是否足以處理「頻率徵用」議題。
- 戰時情境：建議應該回歸《全民防衛動員準備法》、《電信管理法》第 8 條第 4 項、《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補

¹⁵⁰ 《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》第 8 條：「徵購、徵用財物之計價或補償，由主辦演習機關召集執行機關、財物所有人或管理人、法人團體代表人、相關同業公會、直轄市或縣（市）政府及有關機關、單位，共同組成財物徵購徵用計價補償評定小組（以下簡稱評定小組），參照市價、政府機關、相關公會所定費率及使用情形評定之。」

¹⁵¹ 《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》第 10 條：「徵購財物之計價，主辦演習機關應於接收徵購財物後二十日內，依評定小組評定之價格，一次給付之。」

¹⁵² 《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》第 11 條第 1 項：「徵用財物之補償，主辦演習機關應於解除徵用時，依下列財物使用情形，給付補償金：

一、財物未損壞者：依評定小組評定之補償金，一次給付之。

二、財物損壞仍可修復者：除依評定小組評定之補償金一次給付外，逾徵用期限之修復期間，另由評定小組評定補償金，一次給付之。

三、財物毀壞或滅失者：由評定小組參照徵購之價格，評定補償金，一次給付之。」

償及解除徵用辦法》等規範。

如同與會者之意見，本計畫建議數位發展部應以「無線電資源調度機制」及「各階段應變計畫」為核心，規劃重大事件下之頻譜轉換使用機制。

（一）無線電資源調度機制

本計畫初步規劃無線電資源調度機制應包含需求統整與協調、頻率核配、頻率與設備之徵用、程序與機制、組織與人員進駐、法規配套等，具體內容如下表所示。

表 7-2、無線電資源調度機制之初步規劃

	具體內容
需求統整與協調	● 建議參考美國 NTIA 作法，事先規劃一組全國呼叫頻道供所有權責機關使用，並可作為初始建立通訊平臺之用。 ● 建議先盤點各權責機關之頻譜需求，建立一套協調與分配機制，並制定通訊之技術規格或標準，確保各機關之通信系統能互通。
頻率核配	● 建議應建置頻譜管理資料庫及其他適合工具，以利於提早掌握災區之既有電臺相關資料。 ● 建議於執行救災任務前應先各機關持有之無線電設備快速進行干擾分析，確認有無同頻或鄰頻干擾情形，若有干擾，應當場進行臨時指配（或改配）頻率之程序。
頻率與設備之徵用	● 建議規劃相關頻率徵用程序（尤其是 1 GHz 頻段）。 ● 各權責機關得於必要時依現行規範徵用射頻設備。
程序與機制	● 建議制定重大事件之頻譜管理機制與程序，包含：簡化原有申請程序、放寬或排除適用特定規範。
組織與人員進駐	● 建議應調整《災害防救法》、《全民防衛動員準備法》規範，訂定數位發展部之進駐義務。 ● 除進駐災防中心或指揮所之人員外，建議數位發展部應規劃相關人員留守辦公室，協助處理緊急頻譜干擾分析、干擾處理、頻率指配，或操作相關系統及資料

	具體內容
	庫等，提供災防中心或前進指揮所必要之支援。 ● 建議數位發展部應定期與國家通訊傳播委員會討論雙方於重大事件之應對措施中應如何進行配合。
法規配套	● 建議應就重大事件頻譜管理機制所涵蓋之規範進行盤點，並由各規範之主管機關協助進行相關修法作業。

資料來源：本計畫整理。

(二) 各階段應變計畫

針對「各階段應變計畫」，本計畫初步規劃應分成三階段，即事前整備階段、事件當下之緊急應變階段、事後重建階段，各階段之具體內容如下表所示。

表 7-3、各階段應變計畫之初步規劃

	具體內容
整備階段	● 互通性規範 ● 頻譜盤點與規劃 ● 法規盤點與修訂 ● 擬定應變程序與計畫 ● 無線通信服務優先等級 ● 人員指派規劃 ● 干擾分析平臺建置 ● 演練計畫擬定與實施
緊急應變階段	● 組織架構與指揮系統 ● 頻譜資源調度（含徵用） ● 快速核配頻率程序與機制 ● 關閉或徵用電臺 ● 豁免與簡化流程
重建階段	● 通信系統重建 ● 頻譜重新／恢復核配 ● 豁免與簡化流程 ● 徵用補償與報告 ● 檢討與修正

資料來源：本計畫整理。

第八章 其他計畫範圍內之辦理事項-座談會執行成果

一、 第一場座談會執行成果

本計畫已於 2024 年 7 月 31 日下午辦理完成「國際異質網路發展趨勢之頻譜管理政策」座談會議（以下簡稱第一場座談會）。因應通訊技術推陳出新，既有行動通訊、衛星通訊等不同技術構成之網路，彼此間逐漸互通整合。行動通訊最新之 B5G、6G 技術願景下，已然打破原先依照地面網路、非地面網路區隔之空間障礙，形成互連互通異質網路之新興網路環境。然而，此種由不同通訊網路與技術互連所構成之異質網路，卻對既有頻譜資源管理制度造成影響與帶來衝擊，故有必要探討既有頻率管理制度是否應調整之相關議題。

對於此類異質網路型態出現對頻率管理制度帶來之影響與衝擊，實有必要研析頻率資源管理及分配制度如何因應異質網路發展趨勢並調整。因此舉辦第一場座談會蒐集各界專業意見並凝聚產業共識，本計畫邀請 5 位專家學者、政府部門、產業相關利害關係人參與，並於會議辦理前發送議題，邀請與會人員事先瞭解討論內容，聚焦討論議題，茲說明如下表：

表 8-1、第一場座談會邀約專家學者名單（按筆劃排序）

序號	單位	姓名	職稱
1	國立臺北科技大學太空系統工程研究所	林信標	所長
2	台灣資通產業標準協會之 TC1.前瞻行動通訊分組	傅宜康	博士
3	交通部郵電司	鄧添來	前司長
4	國立臺北大學通訊工程學系	謝欣霖	教授
5	國立暨南國際大學電機工程學系	魏學文	教授

表 8-2、第一場座談會邀約政府部門名單（按筆劃排序）

序號	單位
1	交通部民用航空局
2	國家通訊傳播委員會

表 8-3、第一場座談會邀約產業相關利害關係人名單（按筆劃排序）

序號	單位
1	中華電信股份有限公司
2	台灣大哥大股份有限公司
3	芳興科技股份有限公司
4	遠傳電信股份有限公司
5	創未來科技股份有限公司

（一）討論議題

本場座談會之議題設定如下：

表 8-4、第一場座談會之討論議題

	討論議題	題目
議題一	異質網路發展潛在應用情境	1.1：國際間異質網路新興技術發展，潛在應用情境為何？ 例如衛星直連手機、航空航海寬頻通訊、衛星與行動通信互連互通等應用型態，對於頻率使用之情境與需求為何？

	討論議題	題目
議題二	異質網路應用案例 干擾建議措施	2.1：國際間衛星直連手機之案例，當行動通訊發射訊號給衛星時，功率將顯著增加，可能衍生同鄰頻干擾既有使用者之風險，請問有無處理干擾之建議措施？ 2.2：承上題，3GPP 已開放 S、L 頻段供 NTN 使用，未來該類頻段之頻譜管理與干擾情形為何？ 2.3：實務上衛星通信之熱門使用頻段為Ka Band，考量未來可能會有各家衛星業者提出頻率使用申請，恐將提高Ka Band出現干擾處理之風險，對此看法為何？
議題三	異質網路發展對於我國頻率管理制度之影響	3.1：新興異質網路技術發展對於我國頻率管理制度之影響為何？頻段跨用途使用之發展，對於我國頻譜管理規範及管理制度建議為何？

(二) 議程

本計畫第一場座談會於 2024 年 7 月 31 日下午 2 點至 5 點至交通部集思 201 會議室舉辦，相關議程、與談來賓以及座談會執行成果如下所示：

表 8-5、第一場座談會之議程

時間	議程/與會人員	
13:30-14:00	來賓報到	
14:00-14:05	執行單位致詞	
14:05-14:30	引言報告	胡依淳 副研究員 (財團法人電信技術中心)
14:30-15:30	座談會議 (一)	主持人：巫國豪主任 (財團法人電信技術中心) 公部門機關/構： 交通部民用航空局 國家通訊傳播委員會

15:30-15:45	茶敘/交流時間	專家學者： 林信標 所長（國立臺北科技大學太空系統工程研究所所長） 傅宜康 博士（台灣資通產業標準協會之 TC1.前 行動通訊分組）
15:45-17:00	座談會議（二）	鄧添來 先生（交通部郵電司前司長） 謝欣霖 教授（國立臺北大學通訊工程學系） 魏學文 教授（國立暨南國際大學電機工程學系）
17:00~	散會	產業利害關係人： 中華電信股份有限公司 台灣大哥大股份有限公司 芳興科技股份有限公司 遠傳電信股份有限公司 創未來科技股份有限公司



圖 8-1、第一場座談會執行情況

資料來源：本計畫現場拍攝。

(三) 與會者意見彙整

第一場座談會綜合整理產官學研各界意見如下，詳細會議記錄請參附件三：

議題一：異質網路發展潛在應用情境

1.1：國際間異質網路新興技術發展，潛在應用情境為何？例如衛星直連手機、航空航海寬頻通訊、衛星與行動通信互連互通等應用型態，對於頻率使用之情境與需求為何？

- 多數與會者認為我國現行異質網路主要應用於山區、偏遠地區、大海等訊號涵蓋不足之處，以及緊急 SOS 服務(臨時救災/救難)、韌性網路等，未來待低軌衛星數量增加與陣列天線、波束成形(Beamforming)等通信技術發展成熟，應用情境亦會有所拓展。(鄧添來 前司長、林信標 所長、謝欣霖 教授、台灣大哥大、遠傳電信)
- 建議未來可考慮將「學界研究使用」、「產品研發實測使用」納入應用情境。(謝欣霖 教授)

議題二：異質網路應用案例干擾建議措施

2.1：國際間衛星直連手機之案例，當行動通訊發射訊號給衛星時，功率將顯著增加，可能衍生同鄰頻干擾既有使用者之風險，請問有無處理干擾之建議措施？

- 主張我國應參考國際組織(如：3GPP)之標準，並採用濾波器、動態波束成形(Beamforming)等先進技術，同時為避免鄰頻干擾，主管機關得考慮設置適當護衛頻段。(魏學文 教授、林信標 所長、謝欣霖 教授、中華電信、遠傳電信、創未來科技)
- 針對上鏈干擾問題，建議初期先用地形地物先做遮蔽，而下鏈干擾問題較小。此外，行動通信具有相當之抗干擾能力，能自由轉換不同頻率，惟電信業者仍希望避免干擾，因此建議主管機關應在經濟可行之範圍盡力處理干擾。(鄧添來 前司長)

- 手機主要使用非指向性天線，若衛星連線使用與行動網路相同頻率確實會造成比較嚴重的干擾風險。聯發科技與國立臺灣大學魏宏宇教授的 6G 研究計畫對於此干擾場景有相關研究與學術論文發表。初步研究發現，衛星與行動網路同頻需要搭配適當的干擾控制機制，於同頻且上下行鏈路配置完全相同的場景干擾最嚴重，也是目前美國所出現的場景。(傅宜康 博士)
- 傳統上衛星頻譜的上下行鏈路位置常與行動網路顛倒，在於衛星系統的下行鏈路功率受限於電池容量，故會將下行鏈路通道配置在分頻雙工 (Frequency-division duplex, FDD) 頻段中較低的位置，依聯發科技與國立臺灣大學合作的研究結果，發現同頻場景若能維持衛星頻譜原有配置，則干擾問題可以獲得相當改善。同時進一步分析在局部地區遮蔽干擾源，可進一步改善干擾問題。相關研究觀察也摘錄在聯發科技的 6G 非地面網路 (Nonterrestrial Networks, NTN) 技術白皮書。(傅宜康 博士)
- 建議主管機關盤點頻率時，應同時將干擾處理納入考量。例如數位發展部今年 7 月公告「無線電頻率供應計畫」修正草案，內容即有就衛星用途之頻率進行盤點，建議應將各種服務之頻率需求、未來潛在可用之候選頻段等一併納入盤點範圍。(中華電信)

2.2：承上題，3GPP 已開放 S、L 頻段供 NTN 使用，未來該類頻段之頻譜管理與干擾情形為何？

- 考量 S 頻段跟與目前供行動用途使用之頻段非常接近，因此需多加注意鄰頻干擾問題。(傅宜康 博士、中華電信)
- 為達成頻譜和諧使用、共存等目標，建議前期先進行相關之概念性驗證，並參考過去我國 3.5 GHz 釋照時之和諧使用機制相關規劃。(中華電信)

2.3：實務上衛星通信之熱門使用頻段為 Ka Band，考量未來可能會有多家衛星業者提出頻率使用申請，恐將提高 Ka Band 出現干擾處理之風險，對此看法為何？

- 多數與會者主張我國應參考國際組織(如：3GPP)之標準，並就國外低軌衛星業者與我國電信業者合作後所產生之干擾，進行完整規劃。(鄧添來 前司長、謝欣霖 教授、傅宜康 博士、創未來科技)

議題三：異質網路發展對於我國頻率管理制度之影響

3.1：新興異質網路技術發展對於我國頻率管理制度之影響為何？頻段跨用途使用之發展，對於我國頻譜管理規範及管理制度建議為何？

- 主張我國應參考國際組織標準及國際異質網路應用案例，以達成和諧共用為目標，思考既有執照管理制度是否有調整必要，並應著重於國內通信業者(如地面廣域通訊系統)之實際需求。(魏學文 教授、謝欣霖 教授、中華電信、台灣大哥大、遠傳電信)
- 建議未來應朝：盡量避免干擾、提高干擾容忍度、加強設備韌性(遇到干擾自動切換頻率，如固定無線接取(Fixed Wireless Access, FWA))方向努力。(鄧添來 前司長)
- 建議以頻譜共享為前提，在不影響其他通訊系統之情況下，保留 6 GHz 或 7 GHz 以下之頻段供地面廣域通訊系統使用。(魏學文 教授)
- 針對我國頻率管理制度，隨著衛星通訊的發展日新月異，現行「後用讓先用」原則無法保障最大化的效益，因此建議應改依服務重要性進行認定。(台灣大哥大)
- 衛星通信業者與行動業者為競合關係，目前國際上已有部分衛星業者使用行動通訊之頻率，因此針對電信業者採用衛星通訊提供訊號，建議應由電信業者自主管理。(台灣大哥大)
- 建議應於監理及法規層面明確定義何謂「和諧共用」，並建立優先順序，「透過競價機制所釋出之頻率」應享有最高的權限及權利，不得受其他技術或影響干擾。(遠傳電信)
- 針對實驗頻段之相關規範或管理措施，建議制定更明確的鼓勵或輔導措施，以協助業者進行合規性之相關規劃。(創未來科技)
- 為保障實驗頻段使用者與既有使用者之和諧共存，建議應於頻率管理規範規劃相關溝通協調機制，並以公平為原則進行處理。(創未來科技)

二、 第二場座談會執行成果

本計畫已於 2024 年 10 月 17 日下午辦理完成「異質網路發展之頻譜管理法規及重大事件之頻率管理政策調適」座談會議（以下簡稱第二場座談會）。隨著 B5G 及 6G 技術發展，打破原先地面網路、非地面網路之空間分野，形成互連互通異質網路之新興網路環境。然而，此種由不同無線通訊技術整合互連所構成之異質網路，卻對我國既有頻譜資源管理制度造成影響與帶來衝擊。我國現行《電信管理法》、《無線電頻率使用管理辦法》等規範大多以行動通訊為基礎進行設計，惟隨著非地面網路技術日趨成熟，實務上相關應用（如衛星直連手機）案例增長迅速，因此有必要研析整合不同無線通訊技術之異質網路應用需求，對我國現行頻率管理制度之衝擊，進而探討異質網路之跨用途使用頻率之法規調適及干擾管制之必要性。

除一般異質網路商用案例外，我國數位發展部於今年發布「數位發展部三大策略強化我國通訊網路韌性 確保緊急情況時全民通訊權益」，內容強調建置多元異質應變通訊網路以確保重大事件之通信需求為數位發展部之重要策略，尤其是針對重大事件情境下之頻譜轉換使用機制。針對我國現行重大事件之相關應對規範，如：《全民防衛動員準備法》、《災害防救法》等，目前多著墨於通信設施之整備徵用，頻譜轉換使用機制部分尚不完備，因此亦有必要研析我國重大事件之頻譜轉換使用機制。

為確保研究成果有助於主管機關完善頻率使用和諧共存，合理有效分配我國無線電頻譜，提昇整體通訊產業效益，同時確保國家於重大事件下之頻率使用調度等政策目標，本計畫舉辦第二場座談會蒐集各界專業意見並凝聚產業共識，並邀請 5 位專家學者、政府部門、產業相關利害關係人參與，並於會議辦理前發送議題，邀請與會人員事先瞭解討論內容，聚焦討論議題，茲說明如下表：

表 8-6、第二場座談會邀約專家學者名單（按筆劃排序）

序號	單位	姓名	職稱
1	中原大學財經法律學系	林孟楠	教授
2	元智大學資訊傳播系	葉志良	助理教授
3	世新大學法律學院法律學系	戴豪君	副教授
4	國立臺灣大學電機工程學系	魏宏宇	教授
5	國立暨南國際大學電機工程學系	魏學文	教授

表 8-7、第二場座談會邀約政府部門名單（按筆劃排序）

序號	單位
1	內政部警政署警察通訊所
2	國防部全民防衛動員署
3	國家通訊傳播委員會

表 8-8、第二場座談會邀約產業相關利害關係人名單（按筆劃排序）

序號	單位
1	中華電信股份有限公司
2	台灣大哥大股份有限公司
3	遠傳電信股份有限公司
4	隴華電子股份有限公司

（一）討論議題

本場座談會之議題設定如下：

表 8-9、第二場座談會之討論議題

	討論議題	題目
議題一	異質網路之法規適用性探討	1-1 我國跨用途使用頻率之法規適用問題：目前國際上已有跨用途業者使用相同頻段之具體案例，例如衛星業者使用行動通信頻譜提供衛星直連手機服務，或行動通信業者使用衛星行動頻段提供服務等，請問此種案例情境對於我國《電信管理法》頻率相關規定之適用程度為何？其性質應為「頻率共享（第 57 條）」、或屬「頻率提供使用（第 58 條第 1 項）」或「頻率共用（第 58 條第 3 項）」？ 1-2 我國跨用途使用頻率之法規調適：承上，若前述案例情境與我國上述規範相悖，則是否應參考先進國家作法，另訂跨用途使用頻率之頻率管理機制與條文修正？例如參考美國針對非地面網路與地面網路互連訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》規範。 1-3 提升干擾管理機制運作效益之建議作法：隨著非地面異質網路技術發展與應用情境多樣化，未來跨用途使用頻率之干擾問題可能更加複雜，請問現行無線電頻率干擾處理相關規範是否足以應對此類應用之干擾問題？跨用途使用頻率之無線電頻率核配情境下，建議主管機關可以採取哪些有助於事前預防干擾之措施？
議題二	重大事件之頻率管理政策研析	2-1 重大事件下之頻譜資源管理：因應氣候變遷極端氣候事件（如颱風、水災）及地震等天災之狀況，為維持緊急事件（災防或動員）無線電通信系統之運作，我國頻譜主管機關所需之應變機制與政策為何？ 2-2 重大事件下之頻譜資源調度：頻譜主管單位若需要徵用合法使用中之頻譜或電臺，在政策上應具備哪些要素？例如須訂定頻率核配、行政程序與機制、人員進駐及需求統整與協調等項目。 2-3 事後重建所需之簡化程序：為因應災後快速重建無線電通信系統之需求，現行頻率申請與電臺申設相關程序或

	討論議題	題目
		作業規範，有無可簡化、修正之處？

(二) 議程

本計畫第二場座談會於 2024 年 10 月 17 日上午 9 點 30 分至 12 點至交通部集思 201 會議室舉辦，相關議程、與談來賓以及座談會執行成果如下所示：

表 8-10、第二場座談會之議程

時間	議程/與會人員	
9:00-9:30	來賓報到	
9:30-9:35	執行單位致詞	
9:35-10:00	引言報告	賴芃聿 助理研究員 (財團法人電信技術中心)
10:00-11:00	座談會議 (一)	主持人：陳文字教授 (國立成功大學電信管理研究所) / 巫國豪主任 (財團法人電信技術中心) 公部門機關/構： 內政部警政署警察通訊所 國防部全民防衛動員署 國家通訊傳播委員會
11:00-11:15	茶敘/交流時間	專家學者： 林孟楠 教授 (中原大學財經法律學系) 葉志良 助理教授 (元智大學資訊傳播系) 戴豪君 副教授 (世新大學法律系) 魏宏宇 教授 (國立臺灣大學電機工程學系) 魏學文 教授 (國立暨南國際大學電機工程學系)

11:15-12:00	座談會議（二）	產業利害關係人： 中華電信股份有限公司 台灣大哥大股份有限公司 遠傳電信股份有限公司 隴華電子股份有限公司
12:00~	散會	



圖 8-2、第二場座談會執行情況

資料來源：本計畫現場拍攝。

(三) 與會者意見彙整

第二場座談會綜合整理產官學研各界意見如下，詳細會議記錄請參附件四：

議題一：異質網路之法規適用性探討

1-1 我國跨用途使用頻率之法規適用問題：目前國際上已有跨用途業者使用相同頻段之具體案例，例如衛星業者使用行動通信頻譜提供衛星直連手機服務，或行動通信業者使用衛星行動頻段提供服務等，請問此種案例情境對於我國《電信管理法》頻率相關規定之適用程度為何？其性質應為「頻率共享（第 57 條）」、或屬「頻率提供使用（第 58 條第 1 項）」或「頻率共用（第 58 條第 3 項）」？

- 主張《電信管理法》第 58 條「頻率提供使用」或「頻率共用」之規範得適用於跨用途業者使用頻率之異質網路應用案例，但建議應針對不同用途業者之合作進行相關法規調適，包含：開放頻段限制、頻寬上限、緊急應用情境下之衛星直連手機應用。（戴豪君 副教授、林孟楠 教授、葉志良 助理教授、中華電信）
- 《電信管理法》第 57、58 條均有適用上窒礙難行之處，如：國外衛星業者須登記為電信事業、《無線電頻率使用管理辦法》第 12 條之頻寬上限規範將限制行動業者之跨用途使用頻率合作。（台灣大哥大）

1-2 我國跨用途使用頻率之法規調適：承上，若前述案例情境與我國上述規範相悖，則是否應參考先進國家作法，另訂跨用途使用頻率之頻率管理機制與條文修正？例如參考美國針對非地面網路與地面網路互連訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》規範。

- 建議依我國國情、商業模式、市場需求等進行相關法規調適，不宜完全參照美國作法（針對非地面網路與地面網路互連訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》規範）。（林孟楠 教授、台灣大哥大、遠傳電信）
- 建議我國近期應思考如何設立監管規則以利用行動通訊頻率提供衛星直連手機，特別是緊急應用情境下(110/119)之衛星直連手機應用應具有高優先性。（魏宏宇 教授）

1-3 提升干擾管理機制運作效益之建議作法：隨著非地面異質網路技術發展與應用情境多樣化，未來跨用途使用頻率之干擾問題可能更加複雜，請問現行無線電頻率干擾處理相關規範是否足以應對此類應用之干擾問題？跨用途使用頻率之無線電頻率核配情境下，建議主管機關可以採取哪些有助於事前預防干擾之措施？

- 我國現行已設有干擾處理相關規範(如：《電信管理法》第 63 條、《無線電頻率使用管理辦法》第 5 章)，因此建議應進一步觀察後，再決定是否要就事前干擾部分進行法規調適。(魏學文 教授、葉志良 助理教授、中華電信)
- 針對衛星及電信整合之異質網路服務，建議得以實驗網路方式先行量測同頻/鄰頻之可能干擾。(魏宏宇 教授)
- 建議相關頻段開放供 MSS 使用申請前，應先確定是否能有效降低干擾，尤其針對鄰頻使用者，以 n256 頻段為例，應先考慮是否會對鄰頻使用者(中華電信)造成干擾，確定不會造成干擾後，始得提供他人申請。(台灣大哥大)

議題二：重大事件之頻率管理政策研析

2-1 重大事件下之頻譜資源管理：因應氣候變遷極端氣候事件(如颱風、水災)及地震等天災之狀況，為維持緊急事件(災防或動員)無線電通信系統之運作，我國頻譜主管機關所需之應變機制與政策為何？

- 我國現行規範並未就「頻率徵用」設有相關規範，建議應就重大事件之頻率管理政策訂定法律依據，並制定完整計畫。(戴豪君 副教授、葉志良 助理教授、內政部警政署警察通訊所、國防部全民防衛動員署、中華電信)
- 建議應區分為「救災」與「戰時」，並分別就不同情境探討訂定相關法律或修正法規之必要：
 - 救災：建議應開始思考我國現行《災害防救法》、《災害防救徵調徵用徵購及優先使用補償辦法》等規範是否足以處理「頻率徵用」議題。
 - 戰時：建議應該回歸《全民防衛動員準備法》、《電信管理法》第 8 條第 4 項、《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》等規範。(戴豪君 副教授、林孟楠 教授、台灣大哥大、國防部台灣)

大哥大、遠傳電信)

- 災防頻譜管理程序得以防災救災指揮管理體系為中心，規劃與設計相關機制，並進行先期之小規模實驗網路試驗。(魏宏宇 教授)

2-2 重大事件下之頻譜資源調度：頻譜主管單位若需要徵用合法使用中之頻譜或電臺，在政策上應具備哪些要素？例如須訂定頻率核配、行政程序與機制、人員進駐及需求統整與協調等項目。

- 若未來有臨時徵用頻譜之情形，其法律性質屬行政執行法之即時強制，不得逾越達成災防目的之必要性，且應參考《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》予以補償。(中華電信、遠傳電信)
- 區分為頻率徵用及電臺徵用兩種情形：
 - 徵用電臺：必須符合《電信管理法》第 46 條第 13 項「公眾電信網路，非依法律不得檢查、徵用或扣押。」規範，因此須有明確法律之依據方得為之，例如：《災害防救法》第 30 條第 1 項第 8 款。
 - 頻率徵用：目前《電信管理法》對於已釋出之頻率並無強制收回之規定，頂多僅能適用《電信管理法》第 61 條「改配」以及《電信管理法》第 57 條「頻率共享」兩種情形。(葉志良 助理教授)
- 主管機關徵用頻率時應確保一般民眾通訊需求，建議於災害發生時，業者有權調配為互連(Interoperability, IOP)模式，以訊務量低之方式進行通訊。(魏學文 教授)

2-3 事後重建所需之簡化程序：為因應災後快速重建無線電通信系統之需求，現行頻率申請與電臺申設相關程序或作業規範，有無可簡化、修正之處？

- 因應緊急情況或災後重建，欲簡化相關程序或作業辦法，有 2 種做法：
 - 依《電信管理法》第 37 條第 9 款另訂「緊急重建網路之特別辦法」作為緊急應變；
 - 在不增加或變更法規的情況下，可於網路端透過「緊急或救災專用網路」的運作方式，透過政府可依職權核配「共享頻率」(《電信管理法》第 57 條)，或「共用網路」(《行動寬頻業務管理規則》第 40 條之「共用他人網路」)等方式，整合災後尚存之公眾電信網路使其成為一套

可因應緊急需求之網路，快速滿足通訊網路涵蓋需求。(葉志良 助理教授)

- 建議參考日本作法，允許主管機關於緊急狀況下核發臨時性執照，簡化行政作業流程。(林孟楠 教授)
- 由於災害重建必須盡快恢復網路通訊，建議就電臺設置部分，可就地重建，不用重新進行電臺審驗。(中華電信)

第九章 結論與建議

第一節 結論

一、國際組織對於異質網路定義之轉變

觀察國際組織對於異質網路技術發展之相關文件，可發現異質網路之定義從原先強調多種基地臺間或網路間之互連，轉變為強調不同通訊網路與技術互連互通。尤其衛星、高空通訊平臺（HAPS）、無人飛行器系統等非地面網路之應用，更為各國及組織重點探討之項目，更因此成立 GSOA，並與 GSMA 進行合作，共同探索行動與衛星技術之間的互連應用。

表 9-1、國際組織對於異質網路定義之綜整表

多種基地臺間或網路間之互連		強調不同通訊網路與技術互連互通
組織	異質網路定義	近期發展
ITU	原指一種用於連接具有不同作業系統或協定之電腦及其他裝置之網路，著重於探討如何在不同的網路類型之間實現有效協作。	2022年11月起將非地面網路連接技術納入未來發展趨勢項目之一，並於2024年宣布重點關注衛星通訊系統及地面網路之網路整合。
3GPP	係指由多種具有不同特性之基地臺組成接取網路。	於2017年Release 14將NTN納入5G網路之研究，包含5G系統利用衛星、高空通訊平臺(HAPS)、無人飛行器系統(Unmanned Aircraft System, UAS)接取提供服務之案例；並於2023-2024年公告非地面網路使用頻段。
IEEE	係指一個以多種網路層協定運作的網路，該網路能夠支持並整合多種不同的通訊協議，從而允許不同類型的設備和系統能夠互相通信和協作。	著重於研析地面基地臺及空中基地臺整合之多層次網路架構(垂直整合的異質網路，v-HetNet)，未來將著重於研析如何整合地面、空中與衛星網路，為6G之創新應用奠定基礎。
GSMA	係指透過結合行動通信基地臺及不同接取技術(如：2G、3G、4G、Wi-Fi)以提供行動通信網路服務。	由LTE基地臺連接演變成廣域網路連接，同時包含D2D應用。
GSOA	-	與GSMA合作，聚焦於探索技術新領域及利用行動和衛星技術之間的協同效應，如衛星直連手機之監管議題。

資料來源：本計畫整理

綜上所述，異質網路架構、網路互通、頻譜利用三大要件將成為未來 B5G、6G 願景之通訊技術發展重點，如何透過頻譜共享及動態分配等方式，提高頻譜使用效率，逐步完善防干擾技術、規範，達成萬物互連之目標。

二、 國際異質網路案例著重於整合不同通信服務及補充涵蓋範圍

觀察本計畫蒐研之國際異質網路案例，可發現大多著重於提升通訊涵蓋範圍，以維持通訊服務不中斷，如：整合不同衛星通訊服務之衛星間互連應用、透過高頻段 70/80/90 GHz 頻段為飛機與航海等移動端點提供寬頻接取服務之可能性等。隨著低軌衛星技術高速發展，非地面網路與地面網路互連之應用案例成為國際關注焦點，各大行動業者與衛星業者共同合作，成功透過低軌衛星補充地面通訊涵蓋範圍，確保偏鄉與緊急情況下之通訊功能，為國際通信技術帶來全新篇章。

目前國際衛星直連手機應用案例，可依 3GPP 標準分成使用 MSS 頻段與 IMT 頻段，因行動通訊技術標準進步且持續調整 MSS 使用頻段可用於 NTN 網路，作為目前發展最為快速之異質網路應用案例。因此，使用 MSS 頻段之衛星直連手機案例可由衛星行動服務業者與手機設備商合作、簽署協議以提供服務，並向主管機關申請提供此服務；但使用 IMT 頻段之衛星直連手機情境，則因使用頻段為行動通訊頻段尚屬實驗階段，且尚有使用行動通訊頻段與干擾議題之疑慮，國際上各國主管機關仍持續探討相關應用案例之發展及干擾議題，最終期待異質網路應用案例能帶來太空或天空補充通訊涵蓋，滿足通訊無所不在之特性。

表 9-2、各項異質網路特性及用途比較表

	衛星間互連	航空航海通信與地面網路互連	非地面網路與地面行動網路互連		自由空間光通訊
技術架構	GEO、MEO、LEO 之服務層互連	滯空器、航空器、船舶與地面網路間之點對點通訊	低軌衛星與地面行動網路互連		GEO 與地面行動網路互連
使用頻段	• Ka 頻段 • Ku 頻段	• 71-76 GHz • 81-86 GHz	MSS 頻段： • 1610-1618.725 MHz (地對空) • 2483.5-2495 MHz (空對地)	IMT 頻段： • 1910-1915 MHz • 1990-1995 MHz	MSS 頻段： • 2000-2020 MHz • 2180-2200 MHz
應用情境	-	提供搭機或乘船情境之寬頻上網服務	緊急通訊、偏鄉應用 (發送位置、文字資料傳輸服務、基本資訊傳輸功能、緊急通訊服務)		遠端監控、車隊追蹤、農業物聯網資料服務、語音、簡訊、偏遠地區接取

資料來源：本計畫繪製

三、先進國家之頻譜管理政策聚焦於衛星直連手機與無人機應用

異質網路在各國 5G、6G 未來次世代網路之願景扮演重要角色。先進國家現階段多著墨於探討非地面網路與地面網路串連之監管議題，如：英國《次世代無線電頻譜管理》等。其中，為因應 WRC-27 之討論議題，主管機關審慎處理、探討衛星直連手機之監管議題，並規劃相關監管規範修正草案，具體案例如美國 FCC 已於 2024 年 5 月 30 日正式啟用《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》；加拿大亦於 2024 年 6 月公告《以衛星補充行動通訊涵蓋之政策、授權與技術框架草案》，辦理公眾諮詢作業；日本亦於 2024 年 8 月公告《使用衛星之行動電話 2GHz 頻段非同步軌道衛星通訊系統技術條件》報告，針對 D2D 衛星服務進行頻率共用方法與頻譜共享干擾評估。

相較於上述國家，英國 Ofcom 雖已就 D2D 服務辦理公開諮詢作業，但仍未做出決議，而歐盟仍處於探討未來可能適用相關頻段之初始階段，尚無更進一步之發展。

除此之外，無人機技術蓬勃發展，也形成異質網路環境中另一類不可忽視的網路。無人機應用發展快速使頻譜需求也隨之增加，各國已提出對無人機規劃核配不同頻段之探討。例如，歐盟針對無人飛行系統提出安全性及功能方面具有不同等級之要求，未來將以不同頻譜條件適用相關頻段；英國引入新無人飛行系統執照，以授權無人機使用無線電設備進行頻率申請；美國將核配 5030-5091 MHz 頻段供無人機之非網路接取操作使用；加拿大目前僅允許使用免執照頻段，未來規劃進行無人機使用其他頻段之諮詢；日本探討行動通訊於高通使用之頻率共用，目前初步開放將 800 MHz、900 MHz、1.7 GHz 和 2 GHz 頻段用於高空 LTE 與 5G 系統，但持續對干擾相關議題做評估。

四、 手機直連衛星仍具挑戰性及無人機協助頻譜管理任務具可行性

地面通訊與衛星通訊整合模式，主要可分為透通型及再生型。2種模式服務鏈路使用頻譜有所差異，透通型的服務鏈路主要以 MSS 頻譜為主；再生型的服務鏈路主要以 IMT 頻譜為主。

透通型在手機內建一個衛星通訊模組，以進行手機直連衛星的任務。因其使用頻譜屬於傳統的衛星行動服務頻段，產生干擾型態主要為鄰頻干擾。經相關研究發現，此鄰頻干擾對系統的影響十分有限。在頻譜管理上，只要依照既有管理地面網路及衛星通訊的機制即可。再生型模式需要在衛星上搭載 4G/5G 基地台，地面上，使用一般手機就可直連衛星上的基地臺。此模式手機使用的頻譜，是屬於 IMT 頻段，產生干擾型態主要為同頻干擾。在頻譜管理上，需和既有行動通信業者共用頻譜。產生妨害性干擾的機率較大。

至於無人機協助頻譜管理的方式，則為其機體搭載合適的電波訊號量測模組，運用於既有電臺電波涵蓋範圍量測，此工作對於頻譜核配前的干擾分析至關重要。若以無人機進行電臺涵蓋訊號範圍之量測，則可大幅節省時間及人力，且較不會受到地形地物的影響。對於頻譜管理有大幅的助益。

五、 重大事件情境下之頻譜轉換使用機制之重要性

對於頻譜管理任務，在平時、救災時期所需進行的因應措施，美國 NTIA 制定相關規範可供我國參考。配合救災指揮中心的成立，NTIA 會派遣頻譜管理人員進駐指揮中心，以協調各單位使用的頻率，以避免干擾。若有頻率核配需求，則仍需向 NTIA 之頻譜管理辦公室負責頻率核配部門提出申請。而為了各單位無線通信系統的可互相操作性（interoperability），NTIA 於 VHF 及 UHF 頻段規劃一些頻道，供所有參與救災單位共同使用。並且指定幾個頻道作為起始連絡用途。

因應重大事件之發生，本計畫參考美國 NTIA 訂定之相關制度，提供做為我國訂定頻譜管理相關應變計畫與措施之參考。本計畫從三

階段分別研析，即事前準備、事件當下之應變及事後之處置階段。

災害事件發生前，頻譜管理機關需針對無線通信系統之使用進行事前規劃。重要內容包括無線通信系統互通性規範、相關法規之修訂、擬定應變程序與應變計畫、人員進駐與指派規劃、干擾分析工具與平臺之準備、演練計畫之擬定與實施等。擬定緊急應變計畫是事前規劃階段至為重要之工作。

災害事件發生當下，則依據相關法規與緊急應變計畫之內容，馬上啟動應變計畫與措施。重要內容包括成立應變小組與建立指揮系統、進行無線電資源的統整與調度、甚至關閉或徵用頻譜或射頻設備等。本階段需要指派人員進駐應變中心或前進指揮所，必要時，頻率主管機關也需要有適當的人員進駐以配合執行相關工作。此階段之頻譜需求相當緊迫，現場的通訊裝備也十分多樣，故需要有明確的資源調度準則及合適的工具或平臺，以免產生通訊系統互相干擾的問題。因為屬於特殊且短期的需求，需要有一套與平時不同的特別法規為依據，進行頻譜管理相關之任務。

災害事件發生後，重點就是恢復往常的重建工作。重要內容包括無線通信系統的重建、頻譜重新或恢復核配、徵用無線電之補償與報告、檢討與修正工作等。為加快重建速度，需要一套簡化的頻譜核可及電臺執照核准流程。而在徵用無線電之補償與報告方面，主要是彌補被徵用者之損失，及告知徵用資源使用情形。

六、我國因應異質網路發展之頻率管理措施調適與建議

本計畫參考國際間異質網路頻率管理政策與法規，應具備以下特點：

- 確保相關法條規範內容可促進創新；
- 採積極且彈性之頻譜管理方式，以及防止干擾；
- 滿足新興技術之頻譜需求；

- 允許不同用途進行頻譜共享。

現階段我國《電信管理法》、《無線電頻率使用管理辦法》等規範已透過開放頻譜共享、提供使用與共用等方式，增進頻譜彈性使用，同時亦重視頻率干擾問題，應可滿足異質網路發展所衍生之頻率管理。

第二節 建議

一、立即可行建議

(一) 鼓勵產業持續推動各類異質網路相關實驗，並進行干擾分析

國際間各種異質網路創新應用持續發展，無論是手機直連衛星、多軌道衛星間通訊、航空航海通訊以及光無線通訊等，我國亦有部分電信業者投入進行實驗，例如中華電信與日本電信業者合作推動光無線通訊，台灣大哥大與國外電信業者合作推動手機直連衛星實驗等。主管機關近期已修正實驗網路設置相關辦法，簡化相關流程，加速產業推動異質網路相關實驗。建議未來主管機關可制定異質網路頻率運用實驗所需之各種鼓勵措施，例如設置產業交流平臺，便利跨領域之通訊業者進行合作；或設置實驗頻率或實驗網路專區，以監理沙盒方式鼓勵產業進行異質網路實驗等；或提供實驗頻率運用之簡易說明，提升資訊透明度，便於產業進行實驗頻率申請。同時鼓勵 ICT 產業依據國際業者需求，結合國內相關產業自主開發。

主管機關亦可藉由產業辦理相關異質網路頻率運用實驗之機會，從中蒐集可能出現之頻率干擾問題，並透過第三方研究機構或由產業自行辦理干擾分析，累積異質網路環境頻率運用之干擾分析能量，當未來相關實驗商用化前，預先掌握可能出現之干擾情形，並預為準備，完善我國頻率使用環境。

(二) 擬定重大事件頻率轉換機制發展規劃

本計畫參考美國作法，訂定我國重大事件頻率轉換機制建議。考量到機制設計有其步驟，本計畫建議因應重大事件頻譜管理機制調整計畫之後續工作時程，可分 3 年執行。第 1 年的重點包括法規盤點與修訂、擬定應變程序與計畫、互通性規範等。第 2 年的重點包括頻譜資源調度事項、利害關係人意見溝通、建立干擾分析平臺、擬定演練計畫等。第 3 年的重點包括災後重建計畫、實施演練、完成法規修訂、

檢討與修正等。

(三) 辦理無人機作為頻譜管理工具之研究與規劃

考量到無人機可充分發揮、協助主管機關進行頻譜管理，且對於頻譜管理可帶來大幅助益，建議主管機關應可辦理運用無人機作為頻譜管理工具之研究，逐步規劃、打造無人機頻譜管理機隊，及早布建無人機頻譜管理機隊，協助主管機關早日獲得無人機協助頻譜管理之效益。

二、 中長期建議

(一) 追蹤國際間異質網路頻譜管理制度發展，調適國內法規

隨著國際間各種創新技術推陳出新，讓異質網路之頻譜管理制度受到各種衝擊影響，例如手機直連衛星即帶來許多創新應用，然而此種新興應用仍處技術發展初期，需要持續觀察對市場帶來之影響。建議主管機關仍應持續追蹤、觀測新興技術對頻率使用規範之影響，若有對管理制度造成大幅影響時，應參考國際間對該議題之政策與法規調適措施，依照我國國情修正國內法規制度，確保我國頻率管理制度符合市場發展與技術、應用之需求。

(二) 建立重大事件頻率轉換機制定期演練

本計畫參考美國作法，訂定我國重大事件頻率轉換機制建議，並建議未來重大事件頻率轉換機制政策法規制定後，應設計定期演練規劃，研析各種重大事件情境腳本，制定相關演練計畫、集合各利害關係人或相關機關，定期實施演練，以確保重大事件發生時相關機關有一套可參考、依循之機制，並透過日常演練累積運作經驗，避免重大事件發生時之慌亂，把握黃金救援時間，確保頻率於重大事件發生時充分發揮其價值。

附件一 雙周進度表規劃

為完善專案執行，本計畫規劃執行之雙周進度表如下，供補助機關掌握本計畫執行動態：

月份	工項進度報告
1 月	工項 1.2：3GPP 異質網路架構以及技術發展情形
	工項 2.3：衛星連手機案例（Globalstar 與蘋果公司合作案）
2 月	工項 2.3：衛星連手機案例（SpaceX 與行動網路業者 T-Mobile 合作案）
	工項 3：英國因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析
3 月	工項 5.1：美國「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例（EMBRSS）
	工項 5.1：美國「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」案例（卡崔娜颶風）
4 月	工項 1.3：IEEE 異質網路架構以及技術發展情形
	工項 2.2：航空航海與 TN 互連
5 月	工項 3：歐盟因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析
	工項 3：加拿大因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析
6 月	工項 3：美國因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析
	工項 3：日本因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析
	工項 4.1：手機直連衛星之有害干擾處理議題(國際)
6/28	繳交期中報告
7 月	第一場座談會
	工項 1.1：ITU 異質網路架構以及技術發展情形
	工項 2.1：衛星互連
	工項 4.2：無人機應用於頻譜管理議題

月份	工項進度報告
8 月	工項 1：GSMA 異質網路架構以及技術發展情形
	工項 5.1：我國「重大事件情境下之頻譜轉換使用機制」架構研析（參考災防法及全動法）
	工項 6：研析異質網路在多種頻譜用途整合使用時，可能出現之法規障礙
9 月	工項 1：GSOA 異質網路架構以及技術發展情形
	工項 4.1：手機直連衛星之有害干擾處理議題（我國）
	工項 5.2：提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制架構藍圖
	工項 6：研析異質網路在多種頻譜用途整合使用時，可能出現之法規障礙，進而提出相關法規修正建議
10 月	第二場座談會
	工項 3：更新各國因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析(包含無人機上下鏈使用頻段及政策)
	工項 4.1：更新再生模式 NTN 與 TN 間干擾分析
	工項 6：我國異質網路情境使用案例
11 月	工項 6：自由空間光通訊（FSO）案例
	工項 3：更新各國因應異質網路應用發展之頻率管理政策與機制研析(包含無人機上下鏈使用頻段及政策)
	工項 5.2：提出我國重大事件情境下之頻譜轉換使用機制建議
	更新工項 6：研析異質網路在多種頻譜用途整合使用時，可能出現之法規障礙，進而提出相關法規修正建議
11/22	繳交期末報告

附件二 盤點異質網路在對應之電信管理法規相關法律規範

本計畫區分「實驗研發階段」與「落地階段」，盤點異質網路在多種頻譜用途整合使用時，對應之電信管理法規相關法律規範。

一、 實驗研發階段

在異質網路技術尚未成熟時，業者若有實驗或研發之需求，得向主管機關申請設置實驗研發專用電信網路，申請程序共可分為 3 階段，以下分述之：

(一) 第 1 階段：頻率取得及網路設置核准

1. 向數位發展部申請並取得頻率使用證明

申請者應依《無線電頻率使用管理辦法》附件一之規定，向數位發展部申請並取得實驗研發專用電信網路之頻率使用證明。

2. 向國家通訊傳播委員會提出網路設置申請，並取得網路設置核准文件

申請者應依《實驗研發專用電信網路設置使用管理辦法》(下稱實驗研發管理辦法)之規定，持頻率使用證明及相關文件向國家通訊傳播委員會(以下簡稱通傳會)提出網路設置申請，並取得網路設置核准文件。

(二) 第 2 階段：取得電臺執照

申請者取得通傳會核准之網路設置核准文件後，應向通傳會提出電臺設置申請。待通傳會審查通過並核發電臺設置核准文件後，申請者應於電臺設置核准期限內完成電臺設置。申請者完成電臺設置後，應報請主管機關進行審驗，審驗合格後，取得電臺執照(實驗研發管理辦法第 3 條第 2 項)。

(三) 第 3 階段：取得通傳會核發之網路審驗合格證明

申請者應於完成網路設置後，應檢具網路測試自評表，向通傳會申請並取得網路審驗合格證明（實驗研發管理辦法第 14 條），即可開始營運（實驗研發管理辦法第 3 條第 1 項）。

二、 落地階段

從「實驗研發階段」進入到「落地階段」後，依異質網路服務之頻率用途區分「專用電信網路」及「公眾電信網路」，分述如下：

（一） 專用電信網路

若異質網路之應用情境，符合《電信管理法》第 50 條第 2 項規定之定義：「以主管機關核配之無線電頻率設置供自己使用之電信網路」即可向主管機關申請設置專用電信網路。

我國專用電信網路之申請程序主要分為 2 階段，分別為頻率申請以及電臺與網路設置申請，業者應依《電信管理法》及《無線電頻率使用管理辦法》向數位發展部申請專用電信網路之頻率核配，待取得頻率使用證明後，復依《專用電信網路設置使用管理辦法》，向國家通訊傳播委員會申請設置專用電信網路。另值得注意的是，對於特定頻率或特定用途電臺，除應依《無線電頻率使用管理辦法》第 8 條附件一申請頻率及依循《專用電信網路設置使用管理辦法》申請設置電臺及網路外，另須符合電信管理法相關子法之規範，例如：

1. 供船舶使用之專用電信網路：其電臺之設置使用，依《船舶無線電臺設置使用管理辦法》辦理。
2. 供航空器使用之專用電信網路：其電臺之設置使用，依《航空器無線電臺管理辦法》辦理。
3. 供行動寬頻專用電信網路之使用（4.8-4.9 GHz 頻段）：其頻譜及電臺之設置使用，依《行動寬頻專用電信網路設置使用

管理辦法》辦理。

（二）公眾電信網路

依《電信管理法》第 36 條第 1 項之規定，我國公眾電信網路按使用或未使用電信資源分類，區分為「使用電信資源之公眾電信網路」及「未使用電信資源之公眾電信網路」。兩者之判斷依據，以是否使用《電信管理法》第 36 條第 2 項所規範之「電信資源」加以區分，所稱「電信資源」包含①《電信管理法》第 56 條第 1 項第 1 款、第 3 款及第 4 款規定外，經主管機關核配之無線電頻率；②主管機關核配之識別碼、信號點碼或其他供電信網路間連接之電信號碼。

若屬「設置使用電信資源之公眾電信網路」者，應依《電信管理法》第 37 條規定向主管機關申請核准；若屬「未使用電信資源之公眾電信網路」，則依《電信管理法》第 38 條規定向主管機關申請核准。另值得注意的是，對於特定頻率或特定用途電臺，除應申請設置使用電信資源之公眾電信網路外，另須符合電信管理法相關子法之規範。以特定頻率為例：

1. 無線廣播、無線電視、微波鏈路、衛星鏈路：其頻率之申請，應依《無線電頻率使用管理辦法》第 8 條附件一《依電信管理法第五十六條第一項申請核配頻率相關事項一覽表》辦理。
2. 電信事業申請無線電頻率：其頻率之申請，應依《電信事業申請無線電頻率核配辦法》辦理。
3. 商用衛星通信頻率：其頻率之申請，應依《電信事業申請衛星固定通信用無線電頻率核配有關事項》辦理。

附件三 「國際異質網路發展趨勢之頻譜管理政策」座談會議之會議紀錄

壹、時間：民國 113 年 7 月 31 日（星期三）下午 2 時整

貳、地點：集思交通部會議中心 201 會議室（臺北市中正區杭州南路一段 24 號 2 樓）

參、主持人：財團法人電信技術中心巫主任國豪

肆、引言人：胡副研究員 依淳 紀錄：賴助理研究員 芃聿

伍、出席單位：（詳如會議紀錄）

陸、長官致詞：（略）

柒、綜合討論摘要：

議題一：異質網路發展潛在應用情境

子議題 1.1：國際間異質網路新興技術發展，潛在應用情境為何？
例如衛星直連手機、航空航海寬頻通訊、衛星與行動通信互連互通等應用型態，對於頻率使用之情境與需求為何？

一、鄧添來 前司長

（一）低軌衛星具有全球涵蓋之特色，但礙於我國為島嶼型國家，且非為國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）會員國，因此難以發展服務，故而我國較適合以設備商角色參與全球低軌衛星產業鏈。根據我國國情，建議可運用高空通訊平臺（High Altitude Platform Station, HAPS）、無人機或飛行船等技術擴大行動基地臺之涵蓋範圍，並應用在如：救災現場，將無人機或繫留型 HAPS 作為行動基地臺或將手機之 4G、5G 網路轉成 WiFi 分享，使救災應用更為方便。

- (二)考量訊號傳輸、價格等因素，現行異質網路新興技術之應用情境將侷限於緊急 SOS 服務，未來待低軌衛星數量增加與陣列天線、波束成形（Beamforming）等通信技術發展成熟，將有助於解決干擾問題，進而拓展應用情境。

二、魏學文 教授

- (一)全球 3D 無線網路已有雛型，考量各種不同的異質網路的發展與應用情境，主管機關應考慮開放。尤其是衛星通訊系統，因各國衛星通訊系統布建時，終究會影響我國。
- (二)建議持續追蹤國際標準組織（如第三代合作夥伴計劃（3rd Generation Partnership Project, 3GPP））之規劃頻譜配置以及相關配套措施。
- (三)我國可關注低空、高空基地臺（如：無人機、高空氣球等）相關發展，為各國自行規劃，並建議應即早進行相關分析與配置。此外，若我國欲建置衛星系統之發射，頻譜需配合國際標準。
- (四)我國地面無線網路人口涵蓋率高達 98%，是否發展衛星直連手機需視國內電信事業需求而定，且因為前置期很長、費用高，且實際施行後之考量因素眾多，要考慮電信公司是否願意投入相關資源。如果所有電信公司都無意願，就無需規劃相關政策。後續可再依電信業者提出的規劃情境，再進行核配專用頻段或既有頻段的方式進行頻譜共享與觀測分析。

三、林信標 所長

- (一)建議研究團隊盤點及分析所有衛星通信之使用樣態，並針對我國國情進行規劃研析。
- (二)衛星通信對我國之狀態較特殊，應用情境以韌性通信串連為主，保有優先使用權。提供獨立使用頻段，於商業或軍方等應用方式應進行分類，並盤點規範之類別。

四、謝欣霖 教授

(一)國際間衛星通信在內之非地面網路已成為討論之重點，如 3GPP 已著重於衛星通訊等新興應用之討論。國際上非地面網路之應用情境除了提供寬頻網路涵蓋不足之地方外，亦可應用於自駕車等有穩定連網需求之新興技術。

(二)相較於國外，我國地面網路涵蓋率高，導致衛星通信、高空通信（無人機、HAPS）之應用有限，目前可應用情境多為山區、偏遠地區、臨時救災/救難、提供韌性網路等，建議未來可考慮將「學界研究使用」、「產品研發實測使用」納入應用情境。

五、傅宜康 博士：手機（smart phone）、汽車（automotive）與家用寬頻（Customer Premises Equipment, CPE）直連衛星為聯發科技較為專注的應用情境。目前以衛星電信業者已有的專用頻率為主，也積極關注美國近期出現衛星系統使用現有行動通訊頻譜之頻率使用情境。

六、中華電信：過往衛星電話透過使用較大功率、大型替代天線、外接天線等技術，連接同步軌道衛星進行通訊。然而現今的衛星直連手機應用案例係使用一般手機連接衛星進行通訊，本公司曾就此應用做過概念性驗證（Proof of Concept, POC）測試，但結果並不是很穩定，尤其是在將行動訊號切換至衛星通訊時，將會產生相關通訊問題。

七、台灣大哥大

(一)台灣大哥大持續觀察異質網路與電信業之競合關係，發現部分衛星通訊服務是以衛星通信專用頻率提供服務，可在行動通信地面電路傳輸不便的地方提供替代電路服務，另有部分衛星直連通信服務，如美國電信業者係以行動通信業者持有之頻率與衛星業者合作提供服務，此技術有助於改善偏遠地區或是山林海洋之網路涵蓋問題。

(二)針對非地面網路頻率議題，建議主管機關持續檢討相關法規

規定。如針對衛星直連手機應用，若其是使用行動通訊業者所持有之頻率，建議應觀察其與既有行動通信服務之同頻干擾議題；反之，若衛星直連手機係採衛星專用頻率，則應考慮鄰頻干擾情況。

- (三)現行數位發展部預告之「無線電頻率供應計畫」修正草案有新增一個衛星行動通信頻段，與既有行動通訊頻段鄰頻，目前無保留護衛頻帶（Guard Band）。為避免干擾，建議在頻率發放時應保留適當之護衛頻帶。

八、芳興科技

- (一)本公司以提供海事遙測衛星服務為主，預計於 2024 年 8 月 15 日發射第一顆衛星，未來發射 5 顆衛星以海洋水中攝影探勘為主。再者，本公司海事漁船終端設備已開發完成，此海事終端天線適用多軌道，可同時接收同步軌道與低軌衛星資訊。整體而言本公司以提供太空、地面電臺及船舶之完整陸海空通信串連服務。
- (二)由於水中攝影及漁船物聯網（Internet of Things, IoT）之資訊量較大，因此頻寬需求較大。目前本公司以 3U 衛星使用 X 頻段做為水中攝影資料下鏈，並與船上網路做對接。
- (三)然而，本次 3U 衛星地對空使用 UHF 頻率之國際協調尚未完成，例如透過德國、保加利亞提交至國際業餘無線電聯盟（International Amateur Radio Union, IARU）做頻率協調未果。
- (四)目前本公司 X 頻段資料下鏈尋求挪威跟智利主管機關申請頻率協調，且透過挪威及智利地面電臺將資料落地。

九、遠傳電信

- (一)衛星通訊於我國而言，有助於彌補偏鄉、高山、大海等訊號涵蓋不足之處。針對衛星的應用情境，建議著重於增強網路「韌性」。
- (二)針對頻率使用需求，衛星頻率使用需求皆遵循國際組織所訂

定之標準，因此建議主管機關針對衛星的異質網路頻率規劃以及整備需求時，應先參考國際組織，且應以不得干擾既有電信業者得標之商用頻段為前提，或應由得標業者或由電信業者優先使用。

(三)從頻率需求來看，專用的衛星頻段除了已開放之頻段，建議進行 Q、V 頻段等下一代衛星使用頻率研究，以確保可靠的上下行鏈路，並在衛星專用的免執照頻段跟頻譜共享來有效紓解數據的需求。

(四)近年政府重視韌性網路之建設，由於基地臺、機房與海纜較容易遭受攻擊，而衛星通訊具有彈性、機動及訊號無死角的特性，建議考量既有資源，應優先利用於天災、地面等網路韌性應變之需求。

十、**創未來科技**：本公司將主要就寬頻通訊之應用情境提出意見，目前在國際上像 Starlink、OneWeb 之應用多元，包含：固定式家用、移動式車用、航空、航海等相關應用。針對寬頻通訊之頻率使用議題，高頻段之應用成為目前發展趨勢，如：Ku、Ka 頻段，甚至到更高的頻率。

議題二：異質網路應用案例干擾建議措施

子議題 2.1：國際間衛星直連手機之案例，當行動通訊發射訊號給衛星時，功率將顯著增加，可能衍生同鄰頻干擾既有使用者之風險，請問有無處理干擾之建議措施？

一、**鄧添來 前司長**：隨著未來天線技術高速發展，干擾問題將逐漸減少。針對上鏈干擾問題，建議初期先用地形地物先做遮蔽，而下鏈干擾問題較小。此外，行動通信具有相當之抗干擾能力，能自由轉換不同頻率，惟電信業者仍希望避免干擾，因此建議主管機關應在經濟可行之範圍盡力處理干擾。

二、魏學文 教授

(一)針對衛星直連手機應用之干擾問題，只要我國頻譜規範有遵

循國際標準，並採用濾波器、Beamforming 等先進技術處理，原則上對於干擾問題保持樂觀態度。

- (二)針對衛星直連手機應用之監理問題，包含：終端設備（手機）有無綁定使用者身分模組（Subscriber Identity Module，SIM）卡、業者落地、各衛星網路通過我國天空等重大問題，建議主管機關應慎重思考。

三、林信標 所長

- (一)我國原則以保護區域及本地商業業者為主，建議未來可使用護衛頻帶之規範，做頻譜和諧有效使用並共存。
- (二)干擾處理方式，於地面上及太空有不同之處，地面訊號傳送與強度等，衛星有濾波器功能與訊號接收程度，對於不同應用將使用不同規範。

四、謝欣霖 教授

- (一)過往 3GPP 主要聚焦於地面通訊，近期則開始討論衛星通訊，包含地面通訊與衛星通訊之間的干擾問題等。
- (二)建議遵循 3GPP 之建議，包含：確保地理區隔、技術協調（如：運用波束成形、跳時（Time-hopping）等技術、利用同一套網管系統供業者自行協調，以達成和諧共用之目標。

五、傅宜康 博士

- (一)手機主要使用非指向性天線，若衛星連線使用與行動網路相同頻率確實會造成比較嚴重的干擾風險。聯發科技與國立臺灣大學魏宏宇教授的 6G 研究計畫對於此干擾場景有相關研究與學術論文發表。初步研究發現，衛星與行動網路同頻需要搭配適當的干擾控制機制，於同頻且上下行鏈路配置完全相同的場景干擾最嚴重，也是目前美國所出現的場景。
- (二)傳統上衛星頻譜的上下行鏈路位置常與行動網路顛倒，在於衛星系統的下行鏈路功率受限於電池容量，故會將下行鏈路通道配置在分頻雙工（Frequency-division duplex, FDD）頻段

中較低的位置，依聯發科技與國立臺灣大學合作的研究結果，發現同頻場景若能維持衛星頻譜原有配置，則干擾問題可以獲得相當改善。同時進一步分析在局部地區遮蔽干擾源，可進一步改善干擾問題。相關研究觀察也摘錄在聯發科技的 6G 非地面網路（Nonterrestrial Networks, NTN）技術白皮書。

六、中華電信

- (一)目前國際上已有處理干擾之技術，我國過往於 5G 釋照時，曾透過濾波器、頻率間隔等方式處理對中新二號之干擾。惟若於特定情境下，如兩者皆為行動或終端業者之使用頻率，將提升干擾防治之困難度，縱使有免執照（如：Wi-Fi）等相關機制，惟或多或少皆會影響。
- (二)隨著無線系統對於頻率需求非常殷切之情況下，干擾情境處理成為未來必需解決之問題，因此建議主管機關盤點頻率時，應同時將干擾處理納入考量。例如數位發展部今年 7 月公告「無線電頻率供應計畫」修正草案，內容即有就衛星用途之頻率進行盤點，建議應將各種服務之頻率需求、未來潛在可用之候選頻段等一併納入盤點範圍。

七、台灣大哥大：過去業者參與 5G 頻段（3.5 GHz 頻段）競標時，因與既有使用者（衛星）有干擾的風險，因此要求建設單位應該要避開建設地點、加裝濾波器或成立干擾處理單位，惟就業者而言，前述要求實際上不容易處理。未來若有類似的服務，不論在獲得成本或是監管責任上，建議要有相同的公平原則，不應區分境內、境外業者或是因不同產業而給予差別待遇。

八、遠傳電信：針對異質網路應用案例干擾的建議措施，提供以下建議：

- (一)若未來遇到干擾問題，建議先以溝通為原則；
- (二)針對地面接收站及設置區域可能產生頻段、鄰頻之干擾問題，建議應制定相關處理規範；

- (三)建議訂定相關之強力輔導措施，鼓勵國內外業者合作；
- (四)針對手機直連衛星產生之干擾問題，建議其使用不同頻段，避免對電信業者之得標頻段造成干擾；
- (五)建議可以由產業加入並參與 3GPP 等國際組織之討論，同時找出對應之干擾技術做法；
- (六)建議應先釐清此案例是否屬於《電信管理法》第 58 條以及《無線電頻率使用管理辦法》第 17 條至第 23 條規範之「頻率提供使用或共用」情形，若判定符合前述情形，應先考量是否有需要調整相關法規及訂定配套措施之必要，以利此案例之應用情境；若判定不符合前述情形，則應思考是否有其他法規得以適用，抑或是否有訂定新規範之必要。

九、創未來科技：建議參考 3GPP 等國際組織就異質網路使用場景之相關討論，規劃處理干擾之方式。

議題二：異質網路應用案例干擾建議措施

子議題 2.2：承上題，3GPP 已開放 S、L 頻段供 NTN 使用，未來該類頻段之頻譜管理與干擾情形為何？

- 一、**鄧添來 前司長：**雖然行動通訊有較好抗干擾能力，但行動業者仍希望有不受干擾之頻譜，因此建議主管機關應在經濟可行之範圍盡力處理干擾。(原則上同議題 2.1)。
 - 二、**魏學文 教授：**3GPP 已經開放 S、L 頻段，建議干擾問題應回歸技術發展，當商業應用成熟時，相關防干擾技術也會逐漸成熟。
 - 三、**傅宜康 博士：**若 S、L 頻段是使用目前衛星專用頻譜，則不存在同頻干擾，只會有鄰頻干擾，問題嚴重程度會較前述更為緩解。
- 四、中華電信**

- (一)S 頻段跟與行動頻段之 2100 MHz 非常接近，考量衛星直連手機應用案例中所使用之手機勢必與一般手機不同(如：功率、結構)，故得考慮保留適當護衛頻帶以避免干擾，惟若保留過多護衛頻帶，可能會影響頻譜之整體使用效益。

(二)為達成頻譜和諧使用、共存等目標，建議前期先進行相關之概念性驗證，並參考過去我國 3.5 GHz 釋照時之和諧使用機制相關規劃。

議題二：異質網路應用案例干擾建議措施

子議題 2.3：實務上衛星通信之熱門使用頻段為 Ka Band，考量未來可能會有許多家衛星業者提出頻率使用申請，恐將提高 Ka Band 出現干擾處理之風險，對此看法為何？

一、鄧添來 前司長

(一)我國設有低軌衛星落地權之相關規範，衛星業者須取得主管機關同意後，始得於我國設地面電臺，惟實務上衛星業者仍可透過國外地面電臺與我國境內進行通訊，針對此作法產生之干擾，需有另外的處理方式。

(二)低軌衛星業者與我國電信業者合作後所產生之干擾，因此必須有完整規劃，包含：地面站上鏈管理、下鏈干擾處理等。

二、林信標 所長：Ka 頻段使用會與地面產生干擾，處理方式應做動態波束成形（Dynamic Beamforming）技術之規範限制。

三、謝欣霖 教授：國際組織 3GPP 之 Ka 頻段，係採 28 GHz 跟 18 GHz 配對，由於 28 GHz 之相鄰頻段係供 3GPP 地面網路使用，因此有必要研析相關之干擾問題；針對 18 GHz，目前似乎沒有太多地面通訊使用 18 GHz，故部分衛星業者對於此頻段之干擾處理較為寬鬆，然而為求謹慎，3GPP 仍就 18 GHz 之干擾控制訂定明確要求，提出以下幾點建議：

(一)設置地理區隔：例如僅限於手機收不到地面訊號時，才准使用衛星的通訊。

(二)防干擾技術：如運用波束成形、Time-hopping 等技術

(三)建立協調機制：利用同一套網管系統供業者自行協調，以達成和諧共用之目標。

四、傅宜康 博士：目前 3GPP 正在 Rel-19 標準制定 Ku 頻段的 NTN

頻段，建議將此頻段也納入探討。

五、創未來科技：目前實務上衛星通信之熱門使用頻段為 Ka 頻段及 Ku 頻段，建議參考國際上之管理方式：

- (一)針對同步軌道衛星與非同步軌道衛星，原則上應以同步軌道為優先；
- (二)針對非同步軌道衛星之干擾處理，若有適當的溝通或協調機制，將有助於各系統和諧共存，因此建議從「促進業者協調」方向思考相應之監管方式。

議題三：異質網路發展對於我國頻率管理制度之影響

子議題 3.1：新興異質網路技術發展對於我國頻率管理制度之影響為何？頻段跨用途使用之發展，對於我國頻譜管理規範及管理制度建議為何？

一、鄧添來 前司長

- (一)因衛星與衛星間無水氣干擾，故可用光波或 THz 等高頻率訊號進行通訊，高頻率之應用將成為未來發展趨勢，並隨著 Beamforming 通信技術日趨進步，亦能有效降低干擾問題。
- (二)自由空間光通信（Free-space optical communication, FSO）逐步成為應用主流，如：行動基地臺與固定點之連接亦採用 FSO，由於 FSO 係使用光波、THz 高頻率進行通訊，因此可能無頻譜管理問題。總而言之，建議未來應朝：盡量避免干擾、提高干擾容忍度、加強設備韌性（遇到干擾自動切換頻率，如固定無線接取（Fixed Wireless Access, FWA））方向努力。

二、魏學文 教授

- (一)建議重新檢視無線頻率分配表，尤其是衛星通信用途之主要/次要用途評估，並思考如何解決和諧共存問題，基本上只要能做好和諧共存、頻譜共享，原則上應該沒有問題。
- (二)就現狀來看，我國地面廣域通訊系統發展成熟，為我國主要使用之通訊方式。衛星通訊雖然在緊急或災害應變情況下具

有良好效果，但基於經濟、成本考量，衛星通信或許不太會成為我國主流。綜上所述，個人建議以頻譜共享為前提，在不影響其他通訊系統之情況下，保留 6 GHz 或 7 GHz 以下之頻段供地面廣域通訊系統使用。

(三)從技術而言，建議應研析大陸之相關衛星系統，使報告更加完善。

三、林信標 所長：建議我國應先著重於 HAPS、無人機之規劃及管理。

四、謝欣霖 教授：隨著新技術及新應用逐漸增加，如何在鼓勵創新與保護既有使用者間取得平衡，成為首要議題。為有效保障新技術，建議參考 3GPP 作法，縮短既有使用者之頻譜執照，或更新既有使用者之系統，達成干擾協調。

五、傅宜康 博士：建議可以邀請國內專家學者進一步研析相關問題，以提供充分的技術評估。

六、中華電信

(一)T-Mobile 跟 Starlink 合作案係使用電信業者持有之頻段提供衛星直連手機服務，未來若相關應用案例出現於我國，我國現行法規是否有開放將行動通訊頻率提供衛星用途使用，不無疑義。部分國際低軌衛星業者並未參加 3GPP，因此其所使用的技術可能不符合 3GPP 標準。綜上所述，建議將上述國際情形納入考量，評估既有執照管理制度是否有調整必要。

(二)針對未來執照之頻率部分，除了考量衛星固定用途、衛星行動用途、NTN、6G 等釋照規範外，建議思考如何更加彈性的使用頻率。

七、台灣大哥大

(一)針對我國頻率管理制度，建議主管機關應著重於國內通信業者之實際需求，隨著衛星通訊的發展日新月異，現行「後用讓先用」原則無法保障最大化的效益，因此建議應改依服務

重要性進行認定。

- (二)衛星通信業者與行動業者為競合關係，目前國際上已有部分衛星業者使用行動通訊之頻率，因此針對電信業者採用衛星通訊提供訊號，建議應由電信業者自主管理。

八、遠傳電信

- (一)建議應於監理及法規層面明確定義何謂「和諧共用」，並建立優先順序，「透過競價機制所釋出之頻率」應享有最高的權限及權利，不得受其他技術或影響干擾。
- (二)建議主管機關建立頻率管制系統，或者是參考 3GPP、ITU 等國際組織之研究管理建議，設計監管方案。
- (三)建議以「相同服務相同管制」之精神為前提，針對行網、固網、專網、Wi-Fi 等各個網路之需求及發展，以及國安、資安、韌性、通訊監察、緊急通訊、災防、普及服務、服務品質、市場顯著地位（Significant Market Power, SMP）市場調整等相關管制義務，予以整體考量，以避免規劃管理制度使用出現顧此失彼、掛一漏萬之情形，甚至造成市場的不公平競爭。

九、創未來科技

- (一)針對實驗頻段之相關規範或管理措施，建議制定更明確的鼓勵或輔導措施，以協助業者進行合規性之相關規劃。
- (二)為保障實驗頻段使用者與既有使用者之和諧共存，建議應於頻率管理規範規劃相關溝通協調機制，並以公平為原則進行處理。

捌、臨時動議：無。

玖、散會：下午 4 時 20 分。

附件四 「異質網路發展之頻譜管理法規及重大事件之頻率管理政策調適」座談會之會議紀錄

壹、時間：民國 113 年 10 月 17 日（星期四）上午 9 時 30 分

貳、地點：集思交通部會議中心 201 會議室（臺北市中正區杭州南路一段 24 號 2 樓）

參、主持人：國立成功大學 陳教授文字、財團法人電信技術中心巫主任國豪

肆、引言人：賴助理研究員 芃聿 紀錄：胡副研究員 依淳

伍、出席單位：（詳如會議紀錄）

陸、長官致詞：（略）

柒、綜合討論摘要：

議題一：異質網路之法規適用性探討

子議題 1-1 我國跨用途使用頻率之法規適用問題：目前國際上已有跨用途業者使用相同頻段之具體案例，例如衛星業者使用行動通信頻譜提供衛星直連手機服務，或行動通信業者使用衛星行動頻段提供服務等，請問此種案例情境對於我國《電信管理法》頻率相關規定之適用程度為何？其性質應為「頻率共享（第 57 條）」、或屬「頻率提供使用（第 58 條第 1 項）」或「頻率共用（第 58 條第 3 項）」？

子議題 1-2 我國跨用途使用頻率之法規調適：承上，若前述案例情境與我國上述規範相悖，則是否應參考先進國家作法，另訂跨用途使用頻率之頻率管理機制與條文修正？例如參考美國針對非地面網路與地面網路互連訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》規範。

子議題 1-3 提升干擾管理機制運作效益之建議作法：隨著非地面異質網路技術發展與應用情境多樣化，未來跨用途使用頻率之干擾問題可能更加複雜，請問現行無線電頻率干擾處理相關規範是否足以應對此類應用之干擾問題？跨用途使用頻率之無線電頻率核配情境下，建議主管機關可以採取哪些有助於事前預防干擾之措施？

一、 魏學文 教授

- (一)衛星通訊未來發展以國外衛星業者為主，其衛星系統應如何與國內地面系統做網路介接，如漫遊互連或形成單一網路，將涉及現行法規，建議就國內相關法規進行調適。
- (二)我國主要通訊網路結構為地面通訊網路，過往以 2D 網路思考頻率規劃方向，現今通訊技術快速發展，未來將以 3D 網路架構提供服務。考量我國頻率主權之重要性，建議宣告我國頻率主權範圍，如平流層以下頻率由我國數位發展部分配及管理，其核配方式可採競標或審議制辦理。
- (三)干擾議題應持續追蹤觀察。若跨用途頻率快速合法化，產生嚴重干擾問題時，將造成國內業者困擾，建議以審慎保守態度辦理。

二、 戴豪君 副教授

- (一)依《電信管理法》第 57 條第 1 項規定，頻率共享需具有「無線電頻率使用特性、國家安全、實驗研發及市場競爭」等情形，主管機關始得依職權發動；而《電信管理法》第 58 條（頻率提供使用、頻率共用）僅需電信業者間達成協議後向主管機關提出申請，兩者發動條件不同，適用上有所差異。
- (二)回應魏老師「頻率國土（主權）」概念，建議參照我國《國家安全法》第 4 條：「國家安全之維護，應及於中華民國領域內網際空間及其實體空間。」，訂定相關規範。
- (三)針對跨用途使用頻率是否要納入頻寬上限管制，若採「頻率

提供使用」，因業者間已完成協商，因此頻寬認定較為容易，相較之下，若採「頻率共享」，其頻寬認定則較為困難。

- (四)《無線電頻率使用管理辦法》第 12 條「頻寬上限管制」針對每一頻段各設有不同上限，如：1 GHz 以下、3 GHz 以下、6 GHz 以下、24 GHz 以上係以比例計算，3300-3570 MHz 則以 100 MHz 為上限，管制相當複雜，若要將跨用途業者合作使用頻率納入頻寬上限計算，建議先盤點預計開放頻段中各業者所占頻寬比例，以避免造成「公告即違法」之現象。

三、 林孟楠 教授

- (一)本次引言簡報中，美國及加拿大之制度比較像頻率共用之概念，如美國申請條件為衛星業者要與行動業者簽訂頻率租賃協議，性質上可能為頻率共用或頻率出租他人使用，兩者概念不相同。頻率共用乃雙方一同使用，頻率出租他人使用則是暫時供另一方使用，二者與我國電信管理法第 58 條之概念較接近，但是否屬 58 條第 1 項或第 3 項則應視契約內容決定，若非經常性的使用則可能為第 3 項的頻率共用。
- (二)電信管理法第 58 條規定並未限制只能是行動業者，只要登記為電信業者即可符合資格。惟是否參考美國有待討論，因為美國法規密度低，有諸多作業原則，恐難以直接適用於我國。此外，亦應視業者具體要推之商業模式為何，再進一步制定我國之規範。

四、 葉志良 助理教授

- (一)第 57 條的頻率共享與第 58 條的頻率提供使用或共用，除使用情境不同外，更重要的是提供的主體不同，說明如下：
1. 第 57 條「頻率共享」提供的主體是「政府機關」，原則上以公益使用為主，如普遍適用於商業使用，會影響部分以公用為主的目的（例如實驗研發國家安全目的）。而且頻率共享還會涉及到「頻譜使用資料庫」的建置，以動態方式

取得使用權，這可能需要委託專業機構來管理。

2. 第 58 條「頻率提供使用」提供的主體是電信事業，而且必須是依第 59 條拍賣或公開招標取得核准才能使用頻率。

(二)我國跨用途使用頻率之法規適用問題，應屬於第 58 條之「提供使用/共用」情況。如提供使用之情形，涉及衛星業者的現實考量，若需要專屬頻率，基於競爭公平性就必須參與頻譜競標，但成本相當高，對於國際業者來說並不容易。

(三)我國跨用途使用頻率之法規適用問題，究竟屬於為第 58 條第 1 項「提供使用」或是第 3 項「共用」，要依據申請者向主管機關提出之合作方式而定，並經主管機關核准後方得實施。必須注意的是，目前「無線電頻率使用管理辦法」第 17 條僅允許部分頻段，包含 2.1、3.5、28GHz 頻段及「主管機關公告頻段」可以「供用或共用」。

(四)由於「不溯及之前的頻段 700、900、1800MHz」，市場由五家電信業者變三家後，不確定上述頻段是否會提供他事業使用，或業者同意後可透過第 4 款由行政命令公告特定頻段來供用或共用。對衛星業者而言，取得此形式之供用或共用，比較像是將既有業者的頻率當作後傳網路。

(五)我國跨用途使用頻率必須先符合我國的「無線電頻率分配表」對於該頻段頻率的使用規範，同時需符合「頻率供應計畫」中對於頻率供應之規劃。

(六)我國通訊傳播基本法第 6 條揭示「通傳技術與服務發展的技術中立原則」、第 10 條揭示「稀有資源分配及管理的公平、效率、便利、和諧」等原則、基於無線電頻率之規劃與管理目的在於確保無線技術之發展及鼓勵通訊傳播新技術及服務之發展，因此在頻率釋出後，取得頻率使用權的業者，應於符合法律規範下的用途而使用，倘若並未出現干擾或危害社

會安寧、國家安全等情事，理應尊重其使用。綜合前述說明，建議無需另訂管理機制為宜，以避免疊床架屋。

(七)應先釐清干擾發生的原因為何，倘若知道干擾類型與發生原因，以透過技術與執照條件方式進行干擾風險排除（例如鄰頻干擾、TDD/FDD 技術干擾等）。

(八)電信管理法第 63 條關於頻率干擾的處理原則是「使用者協議先行、主管機關協調處理」，另外無線電頻率使用管理辦法第 44 條設有「處理干擾之優先順序（動員時軍用、航行、災防、業務重要性來核配先後）」，均應可有效進行干擾問題之防範與排除。

(九)至於「事前預防」之強化，針對異質網路「專用頻段」或「共用／供用頻率」是否有干擾風險：

1. 專用頻段：可在「釋出異質網路專用頻段」之規劃過程中進行公開意見徵詢與量測；
2. 共用／供用頻率：可針對該共用／供用頻段之鄰頻進行量測，來作為是否核准之依據。

五、 中華電信

(一)若有其他業者希望使用 MNO 之頻段，應取得 MNO 同意或由 MNO 申請提供使用或共用頻段，且不得對 MNO 造成干擾。若屬尚未核配之頻段，應思考有無採取共享或共用頻率之必要。

(二)我國電信管理法及相關子法，已規範頻率之共享、共用或提供使用，是否存在修正必要，建議有更多論證，指出跨用途使用有哪裡牴觸或有適用上有窒礙難行之處。

(三)現行無線電頻率使用管理辦法第五章已訂有頻率干擾之相關規範，法規是否存在不足之處，建議再行觀察。

六、 台灣大哥大

(一)在推動法律制度前，應先確定所希望達成之目的（如：競爭、合作等）。引言簡報中雖參考許多美國案例及立法，惟相較於美國，我國並無強大的衛星產業或公司，因此建議我國立法上不宜完全比照美國，而應以欲達成之目的檢視我國現行法規是否有調適之必要。以 Globalstar 與蘋果公司合作案為例，若未來其發射衛星數量夠多，足以進行正常通訊時，請問我國應如何管制？故建議先釐清我國欲發展之方向，再進行相關法規調適。

(二)《電信管理法》第 57、58 條均有適用上窒礙難行之處：

1. 若國外衛星業者於我國申請 MSS 頻段，且依《電信管理法》第 58 條第 3 項申請與我國行動業者進行頻率共用，依會議簡報內容可能會受限於《無線電頻率使用管理辦法》第 12 條之頻寬上限規範，致使行動業者無法進行新的跨用途使用頻率合作。
2. 若為「我國行動業者提供其持有之頻率給衛星業者使用」，觀察我國現況，目前我國地面行動網路人口涵蓋率高達 99%，衛星通信之涵蓋補充區域僅剩 1%，由於該 1%區域非為三大行動業者之競爭目標，因此似乎只能朝推動 ESG（Environmental, social, and governance）方向發展。若以推動 ESG 為目標進行「跨用途使用頻率合作」，依其他與會者所言，《電信管理法》第 58 條第 1 項（頻率提供使用）似乎是目前唯一合法申請途徑，需由主管機關發起核配我國行動業者及國外衛星業者共享頻率，認為該規範似有加大限制之虞。
3. 若為「我國行動業者提供其持有之頻率給國外衛星業者使用」，國外衛星業者須登記為電信事業，始能適用我國《電信管理法》第 58 條第 1 項規定。

(三)觀察 3GPP 就 NTN 使用頻段所釋出之標準，並未允許提高手機發射功率，反而須擔心低軌衛星向地面發射訊號時會因都卜勒效應而出現偏移，進而造成鄰頻干擾。建議應以保守態度看待干擾，建議相關頻段開放供 MSS 使用申請前，應先確定是否能有效降低干擾，尤其針對鄰頻使用者，以 n256 頻段為例，應先考慮是否會對鄰頻使用者（中華電信）造成干擾，確定不會造成干擾後，始得提供他人申請。

七、遠傳電信

- (一)秉持相同業務相同管制原則，過往行動寬頻釋照時已說明技術中立，因此針對跨用途業者使用相同頻段，建議頻率釋出應比照行動寬頻執照業務方式進行釋照。
- (二)針對衛星直連手機於我國《電信管理法》第 57 條、第 58 條之法規適用，應視不同合作樣態及情境而定，無法一概而論，建議先採用實驗網路或概念驗證（Proof of concept, POC），觀察並討論法規配套措施是否有修正必要。
- (三)國內外市場狀況不同，依現階段而言，建議應全面考量頻率拍賣、頻率使用費等。此外，因我國無法取得太空對地球之頻率，所以法規應一併納入考量。建議視《電信管理法》判斷相關法規是否有調適之必要，否則會有逾越母法之虞。
- (四)秉持和諧共用原則，應先由各家業者進行協調，再請主管機關出面。有鑑於過往經驗，建議應於頻率釋出公告前擬定補償措施，並建立干擾處理單位之窗口聯繫管道。另，非地面網路業者須落地登記為電信事業，否則不受干擾保護，且不得干擾我國地面網路業者服務。因我國非 ITU 會員國，建議主管機關建立可能的管道途徑，以利干擾發生時協助國內業者予以排除。

議題二：重大事件之頻率管理政策研析

子議題 2-1 重大事件下之頻譜資源管理：因應氣候變遷極端氣候事件（如颱風、水災）及地震等天災之狀況，為維持緊急事件（災防或動員）無線電通信系統之運作，我國頻譜主管機關所需之應變機制與政策為何？

子議題 2-2 重大事件下之頻譜資源調度：頻譜主管單位若需要徵用合法使用中之頻譜或電臺，在政策上應具備哪些要素？例如須訂定頻率核配、行政程序與機制、人員進駐及需求統整與協調等項目。

子議題 2-3 事後重建所需之簡化程序：為因應災後快速重建無線電通信系統之需求，現行頻率申請與電臺申設相關程序或作業規範，有無可簡化、修正之處？

一、 魏學文 教授

- (一)於重大事件情境下，政府有權利徵收資源做合理分配。有關系統徵用亦可考慮，如要求業者配合，某災區頻譜資源擴增，通常業者皆會積極配合。
- (二)災害發生初期，從中央部會到各縣市及鄉鎮里村，每層通訊皆要暢通，以確保救災行動不受影響。但早期通訊尚未通順，每一層之通訊系統及保養系統設備標準不一致，面臨困擾。建議從國家災防體系思考通訊系統是否需要整合。目前通訊技術發展已收斂，以行動通訊為主，採單一網路通訊更有效率。
- (三)民間通訊需求在緊急時刻，維持一般通訊功能有助於避免民眾恐慌。建議於災害發生時，業者有權調配為互連（Interoperability, IOP）模式，以訊務量低之方式進行通訊。

二、 戴豪君 副教授

- (一)可分為重大災害與國防兩大面向，參照烏俄戰爭中歐盟對於

烏克蘭的數位支援措施，首先歐盟提供免費漫遊服務，或以可負擔費用提供烏克蘭人民漫遊服務，確保其能夠通過手機通訊；其次歐盟提供烏克蘭語線上教學，確保學習不中斷。惟我國屬於海島型國家，前述措施是否能適合我國，值得討論。

(二)針對災害防救部分，觀察我國現行《災害防救徵調徵用徵購及優先使用補償辦法》，並未就「頻率徵用」設有相關規範。因有次級交易市場，頻率目前被定性為財產權，建議應開始思考我國現行《災害防救法》等相關規範是否足以處理「頻率徵用」議題。

(三)此外，我國《全民防衛動員準備法》之徵用相關規範主要針對物資、固定設施、交通運輸、通訊器材等財物，並未就「頻率徵用」設有相關規範，未來「頻率徵用」是否準用財物規範，或者應如何處理，值得再討論。

(四)同意陳文字教授之看法，我國應就重大事件之頻率管理政策制定完整計畫，以歐盟《數位服務法》為例，針對系統性危機（包含：戰爭、大規模傳染病、天災等），主管機關可以進入大型數位平臺之資料庫調取資料，並要求其配合進行假消息控制等。

(五)戰時停用民間廣播電臺頻率屬於一種言論控制手段，惟現在民間廣播多半使用網際網路播放，故建議或可參照歐盟《數位服務法》，課予大型數位平臺相關配合義務。

三、 林孟楠 教授

(一)戰爭可能存在頻率徵用問題，例如由總統發動戒嚴令，有徵用頻率之機會，但是否存在單純災害發生之頻率徵用情形，有待商榷。從日本經驗而來說，不管是 311 或能登半島大地震，雖面臨嚴峻的通訊問題，但日本亦未曾討論徵用頻率之議題，反而著重在災害發生時之確保資訊正確性，第一種作

法為透過無線電視臺播送正確資訊，第二種作法則是讓行動通信網路可以緊急運作，此通常可由主管機關透過行政指導方式勸說電信業者，電信業者通常願意配合；在緊急救災之通信上，可留意海上基地臺的運用、無人機作為臨時基地臺以及確保電力的供應。

(二)日本採用電臺許可制，在緊急狀態時，總務省依法核准限定期間、限定地區之臨時電臺使用執照，長期運作下來並無問題。若我國欲簡化相關之申請程序，建議可在緊急狀況下允許主管機關做臨時性的執照，簡化行政作業流程。

四、 葉志良 助理教授

(一)關於緊急應變的「頻率供應」，可依據「實際需求」(是需要全區或單區)劃定特定頻段作為緊急應變用途(如眾安全及緊急救難通信)，並確保該頻段可實質避免相關干擾風險。

(二)緊急應變通信系統實際上最重要的莫過於「網路建設與維運」。

1. 應確認屬於專用網路之相關主管機關或關係單位範圍與主體(包含全區與單區)，確認該緊急應變頻段及網路之使用單位，作為網路建設規劃依據，並確認該網路之維運與管理權責(或委託)單位，以確保網路運作及入網之安全性。
2. 由於各單位會提出需求，必須要有調度單位，建議由「行政院中央災害防救委員會」作為防救災網路體系之權責機關，統籌並規劃運用專用之防救災網路資源調度與運作安排。參考災害防救法第6條第1項第7款：「指定本法或其他法律未規定之其他災害及其中央災害防救業務主管機關」，指定「中央」或「地方」單位負責災害防救網路之建置、維護與運作，編列預算。可委由電信業者進行建置與維運。

(三)「徵用電臺」必須符合電信管理法第 46 條第 13 項「公眾電信網路，非依法律不得檢查、徵用或扣押。」，因此須有明確法律之依據方得為之。例如災害防救法第 30 條第 1 項第 8 款「優先使用傳播媒體及通訊設備，蒐集與傳播災情及緊急應變相關資訊」。

(四)至於「頻率徵用」，依電信管理法，對於已釋出之頻率並無強制收回之規定，頂多僅有第 61 條「改配」和第 57 條「核配共享」兩種情形。

(五)有關使用電信資源之公眾電信網路其通訊系統設置內容，要看電信管理法第 37 條第 7 項「電臺設置規劃書」及第 9 項之「電臺設置、審驗、使用管理、限制及其他應遵行事項管理辦法」(公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法、無線廣播電視電臺設置使用管理辦法、衛星地球電臺設置使用管理辦法、微波電臺設置使用管理辦法、學校實習廣播電臺設置使用管理辦法)

1. 電臺設置規劃書是電臺設置者事前的規劃，是典型的「行政契約」。
2. 第 9 項的管理辦法所處理的是電臺的實質審查，主要除確認設置者是否據實根據規劃書辦理網路與電臺設置並作為後續使用管理之依據，確保頻率使用之和諧、無干擾等秩序。例如「公眾電信網路基地臺設置使用管理辦法」對於電臺之設置申請與審驗程序，均基於電波秩序之維護，分別就大、中、微型基地臺設置不同規範，並均要求設置者必須依循「電臺設置規劃書」辦理。

(六)若為因應緊急情況或災後重建，欲簡化相關程序或作業辦法，有兩種做法：

1. 可依據電信管理法第 37 條第 9 款另訂「緊急重建網路之

特別辦法」作為緊急應變；但這種方式可能與既有規範疊床架屋或有混淆不清之風險。

2. 在不增加或變更法規的情況下，可於網路端透過「緊急或救災專用網路」的運作方式，透過政府可依職權核配「共享頻率」(電管法第 57 條)，或「共用網路」(行動寬頻業務管理規則第 40 條之「共用他人網路」)等方式，整合災後尚存之公眾電信網路使其成為一套可因應緊急需求之網路，快速滿足通訊網路涵蓋需求；待災後重建穩定後，再透過各網路設置者自行提出申設新建網路或電臺等方式，逐步補足網路涵蓋不足之處。

五、 警政署：重大事件發生下之各單位系統(如警用、消防系統)

目前無法互通，對於未來頻譜調度之管理，應規範各單位權利義務，建議於重大事件發生下有相關法律依據及規範。

六、 全動署：國防部全民防衛動員署於 111 年成立至今，以全民防衛韌性工作為主，並統整各部會。頻譜徵調、徵用之議題，近期在修正全民防衛動員準備法(稱全動法)，將於電信頻譜加入全動法，待全動法修正完畢後，將修正徵用等相關辦法。

七、 中華電信

(一)我國目前之災防法或電管法等規範，已有制定緊急事件下行動通信系統正常運作之相關內容，例如現行災防法，電信事業應就災害防救業務計畫辦理災防訓練及演習等，另在災害防救基本計畫及各地方政府訂定之地區防救計畫亦定有電信事業應配合之事項，電管法第 8 條及同法第 50 條亦有規定災害防治時電信事業應優先處理之事項，若造成頻率干擾依無線電頻率使用管理辦法第 44 條明定優先處理原則，皆已內涵確保緊急事件下行動通信系統正常運作之精神。

(二)就頻率徵用而言，現行災防法及電管法並無規範，若未來有

臨時徵用頻譜之情形，法律性質屬行政執行法之即時強制，不得逾越達成災防目的之必要性，且應補償業者之損失。

- (三)由於災害重建必須盡快恢復網路通訊，建議就電臺設置部分，可就地重建，不用重新進行電臺審驗。

八、 台灣大哥大

- (一)救災之主要目的為盡快確保受災區域之通訊通暢性，而戰時之目的則著重於如何有效管制言論及訊息，兩者目的完全相反，故建議應明確區分。
- (二)本議題範圍太廣，建議應先建立明確的規則、應用場景，並明確區分救災與戰時，訂定業者配合義務以及業者可獲得之補償後，再行討論。

九、 遠傳電信

- (一)建議將救災和戰時分開來看，針對重大災難，經由主管機關與電信業者輔導下，我國已有完整應變措施，包含：高抗災通信平臺、備用電源、多路由光纖主幹網路、行動通信移動車等，經多次驗證後，主管機關對於災害發生後業者短時間內之通訊恢復是有一定的信心，因應近期低軌衛星發展，現行應變措施再配合數位發展部之低、中軌衛星發展，已足以因應重大災難。
- (二)針對戰時，建議應該回歸《全民防衛動員準備法》以及《電信管理法》第 8 條第 4 項：「電信事業對下列通信應予優先處理：一、於發生天災、事變或其他緊急情況或有發生之虞時，為預防災害、進行救助或維持秩序之通信。二、對於陸、海、空各種交通工具之遇險求救及飛航氣象等交通安全之緊急通信。三、為維護國家安全或公共利益，有緊急進行必要之其他通信。」。
- (三)同前所述，除了回歸《全民防衛動員準備法》以及《電信管理法》第 8 條第 4 項規範外，建議另應參考《全民防衛動員

準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》予以補償。

(四)因現行頻率主要透過釋照取得，有一定期限，因此並沒有重建需求，若涉及微波之需求，因平時已有申請相關應用地點，若有臨時徵用之需求，建議得建立單一窗口，進行溝通審查。

捌、臨時動議：無

玖、散會：下午 12 時 00 分。

壹拾、補充書面意見：

國立台灣大學電機工程學系 魏宏宇 教授出具書面意見如下：

議題一：異質網路之法規適用性探討

子議題 1-1 我國跨用途使用頻率之法規適用問題：目前國際上已有跨用途業者使用相同頻段之具體案例，例如衛星業者使用行動通信頻譜提供衛星直連手機服務，或行動通信業者使用衛星行動頻段提供服務等，請問此種案例情境對於我國《電信管理法》頻率相關規定之適用程度為何？其性質應為「頻率共享（第 57 條）」、或屬「頻率提供使用（第 58 條第 1 項）」或「頻率共用（第 58 條第 3 項）」？

子議題 1-2 我國跨用途使用頻率之法規調適：承上，若前述案例情境與我國上述規範相悖，則是否應參考先進國家作法，另訂跨用途使用頻率之頻率管理機制與條文修正？例如參考美國針對非地面網路與地面網路互連訂定《單一未來網路：太空補充涵蓋框架》規範。

子議題 1-3 提升干擾管理機制運作效益之建議作法：隨著非地面異質網路技術發展與應用情境多樣化，未來跨用途使用頻率之干擾問題可能更加複雜，請問現行無線電頻率干擾處理相關規範是否足以應對此類應用之干擾問題？跨用途使用頻率之無線電頻率核配情

境下，建議主管機關可以採取哪些有助於事前預防干擾之措施？

建議：

- 一、各項異質網路與衛星及電信整合為值得關注之方向，應值得繼續投入關注及研析。
- 二、對於衛星業者與電信業者合作之簽訂頻率租賃、頻率共享等類似協議，建議可朝開放之方向規劃。同時可參照國外監管機關之監管規則。建議原則上衛星業者與電信業者之合作，以商業運作與商業合約之方向進行（若不涉及新增頻譜發放可以開放為原則）。頻寬上限計算可以在提供新型態衛星與電信結合之服務的情境下適度放寬。
- 三、衛星及電信整合之異質網路服務可以實驗網頻譜之方式進行先期實驗，特別是對於同頻/鄰頻之可能干擾進行量測。

議題二：重大事件之頻率管理政策研析

子議題 2-1 重大事件下之頻譜資源管理：因應氣候變遷極端氣候事件（如颱風、水災）及地震等天災之狀況，為維持緊急事件（災防或動員）無線電通信系統之運作，我國頻譜主管機關所需之應變機制與政策為何？

子議題 2-2 重大事件下之頻譜資源調度：頻譜主管單位若需要徵用合法使用中之頻譜或電臺，在政策上應具備哪些要素？例如須訂定頻率核配、行政程序與機制、人員進駐及需求統整與協調等項目。

子議題 2-3 事後重建所需之簡化程序：為因應災後快速重建無線電通信系統之需求，現行頻率申請與電臺申設相關程序或作業規範，有無可簡化、修正之處？

建議：

- 一、我國近期應思考如何設立監管規則來利用行動通訊頻率提供衛星直連手機，特別是緊急應用情境下 110/119 的衛星直連具有優先性。
- 二、災防頻譜管理程序亦為重要議題。此議題可持續關注，並參照美國之進行方式，規劃我國災防頻譜管理程序。
- 三、災防頻譜管理程序可以防災救災之管理體系為中心，進行機制之規劃與設計並可進行先期之小規模實驗網試驗。

參考文獻

僅列入文獻來源之註腳，未列入解釋註腳。

序號	文獻
[1]	3GPP SP240495(2024.03)
[2]	3GPP TR 22.926
[3]	3GPP TR21.905(2021.12), 3rd Generation Partnership Project;Technical Specification Group Services and System Aspects;Vocabulary for 3GPP Specifications (Release 17)
[4]	3GPP TR22.822
[5]	3GPP TR23.737
[6]	3GPP TR28.808
[7]	3GPP TR38.811
[8]	3GPP TR38.821
[9]	3GPP TS 22.261
[10]	3GPP TS38108
[11]	3GPP(2023), TR 38.821 v16.2.0-Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN).
[12]	5G Americas(2022), 5G & Non-Terrestrial Networks, https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2022/01/5G-Non-Terrestrial-Networks-2022-WP-Id.pdf
[13]	5G Americas(2022), 5G and non-terrestrial network, https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2022/01/5G-Non-Terrestrial-Networks-2022-WP-Id.pdf
[14]	Bernard. Sklar(2000), Digital Communications: Fundamentals and Applications, Prentice Hall P T R Upper Saddle River, New Jersey 07458.
[15]	Charles Cooper(2024), Transforming Spectrum Sharing: NTIA Seeks to Fund Innovation in Software Defined Radio Technology, https://www.ntia.gov/blog/2024/transforming-spectrum-sharing-ntia-seeks-fund-innovation-software-defined-radio
[16]	Clermont Auvergne University(2022.03.21), Heterogeneous wireless networks coexistence techniques
[17]	ECC & ETSI(2016), The European regulatory environment for radio equipment and spectrum, https://www.etsi.org/e-brochure/radio/ETSI_ECC%20Brochure_2016_Web.pdf .

序號	文獻
[18]	Eutelsat Oneweb(2023), Marlink signs multi-year agreement on EUTELSAT 10B for maritime connectivity over EMEA, https://oneweb.net/resources/marlink-signs-multi-year-agreement-eutelsat-10b-maritime-connectivity-over-emea (last visited 2024.12.11).
[19]	Eutelsat, Eutelsat 10B- Powerful, Innovative Payloads for Inflight and Maritime Connectivity, https://www.eutelsat.com/files/PDF/brochures/EUTELSAT_SATELLITE_E10B.pdf
[20]	FCC(2003), Allocations and Service Rules for the 71-76 GHz, 81-86 GHz and 92-95 GHz Bands, https://www.fcc.gov/document/allocations-and-service-rules-71-76-ghz-81-86-ghz-and-92-95-ghz-1
[21]	FCC(2021), Wireless Telecommunications Bureau Seeks to Supplement the Record on 70/80/90 GHz Bands Notice of Proposed Rulemaking, https://www.fcc.gov/document/708090-ghz-bands-record-supplement-public-notice
[22]	FCC(2023), Amended Description Of Transaction And Public Interest Statement, https://wireless2.fcc.gov/UlsEntry/attachments/attachmentViewRD.jsp?applType=search&fileKey=1859682016&attachmentKey=21683202&attachmentInId=applAttach
[23]	FCC(2023), FCC Waives USF, Broadband Program Rules in Response to Idalia, https://www.fcc.gov/document/fcc-waives-usf-broadband-program-rules-response-idalia
[24]	FCC(2023), Remarks of chairwoman Jessica Rosenworcel to the national science foundation“6g: open and resilient by design”, https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-392792A1.pdf
[25]	FCC(2023), Request for Special Temporary Authority to Conduct Experimental Operations, https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=337665&x=
[26]	FCC(2023), Wireless Telecommunications Bureau Seeks to Refresh the Record in 70/80/90 GHz Bands Proceeding, https://www.fcc.gov/document/wtb-seeks-refresh-record-708090-ghz-proceeding
[27]	FCC(2024), "Public Safety and Homeland Security Bureau Announces Procedures for State Requests to Activate the Mandatory Disaster Response Initiative (MDRI)," DA 24-527.
[28]	FCC(2024), FCC Adopts Initial Rules for Uncrewed Aircraft Use in the 5 GHz

序號	文獻
	Band, https://www.fcc.gov/document/fcc-adopts-initial-rules-uncrewed-aircraft-use-5-ghz-band
[29]	FCC(2024), FCC Advances Supplemental Coverage from Space Framework, https://www.fcc.gov/document/fcc-advances-supplemental-coverage-space-framework-0
[30]	FCC(2024), FCC Application for Radio Service Authorization, https://www.fcc.gov/sites/default/files/fcc-form-601.pdf
[31]	FCC(2024), FCC Online Table of Frequency Allocations, https://www.fcc.gov/sites/default/files/fcctable.pdf
[32]	FCC(2024), Space Exploration Holdings, LLC Request for Deployment and Operating Authority for the SpaceX Gen2 NGSO Satellite System, https://www.fcc.gov/document/spacex-authorized-scs-and-operations-lower-altitudes
[33]	FCC(2024), SpaceX Hurricane Helene emergency SCS service, https://licensing.fcc.gov/cgi-bin/ws.exe/prod/ib/forms/reports/related_filing.htm?f_key=-516822&f_number=SATSTA2024100700215 (last visited 2024.12.12).
[34]	Frank Rayal(2022), Apple-Globalstar: Just an SOS or Birth of the“Global”Telco?, https://frankrayal.com/2022/09/12/apple-globalstar-just-an-sos-or-birth-of-the-global-telco/ (last visited 2024.06.27).
[35]	Global newswire(2023), TELUS, TerreStar and Skylo demonstrate Canada’s first two-way communication between smartphones and satellites, https://www.globenewswire.com/news-release/2023/11/01/2771086/0/en/TELUS-TerreStar-and-Skylo-demonstrate-Canada-s-first-two-way-communication-between-smartphones-and-satellites.html (last visited 2024.12.09).
[36]	GNU Radio, https://www.gnuradio.org/ (last visited 2024.06.27).
[37]	GSMA(2014), Understanding 5G-Perspectives on future technological advancements in mobile, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2015/01/2014-12-08-c88a32b3c59a11944a9c4e544fee7770.pdf
[38]	GSMA(2017), The 5G era : Age of boundless connectivity and intelligent automation, https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/wp-content/uploads/2018/08/2017-02-27-0efdd9e7b6eb1c4ad9aa5d4c0c971e62.pdf

序號	文獻
[39]	GSMA(2020), Unlocking Commercial Opportunities From 4G Evolution To 5G, https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2017/03/704_GSMA_unlocking_comm_opp_report_v5.pdf
[40]	GSOA(2023), Satellite Direct-to-Device Connectivity, https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-D2D-Paper.pdf .
[41]	GSOA(2024), New Satellite Technologies for Transformative Connectivity, https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-New-Satellite-Tech-Paper_July-2024.pdf .
[42]	GSOA(2024), The Future of Satellite Connectivity: Various Approaches to Direct-to-Device Services, https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-D2D-Paper-Aug-24.pdf
[43]	H. Holma and A. Toskala(2000), WCDMA for UMTS-Radio Access for Third Generation Mobile Communications, Wiley, New York, USA.
[44]	H.-W. Lee, A. Medles, C.-C. Chen, H.-Y. Wei(2023), Feasibility and Opportunities of Terrestrial Network and Non-Terrestrial Network Spectrum Sharing, https://ieeexplore.ieee.org/document/10355089/authors#authors
[45]	ISED(2021), Innovation, Science and Economic Development portfolio, https://ised-isde.canada.ca/site/ised/en/our-organization/innovation-science-and-economic-development-portfolio (last visited 2024.06.21).
[46]	ISED(2019), Decision on Releasing Millimetre Wave Spectrum to Support 5G, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/learn-more/key-documents/consultations/decision-releasing-millimetre-wave-spectrum-support-5g (last visited 2024.11.05).
[47]	ISED(2021), Subordination of spectrum licences held by TerreStar Solutions Inc. to TELUS Communications Inc. (sf11676), https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/spectrum-licensing/subordination-spectrum-licences-held-terrestar-solutions-inc-telus-communications-inc-sf11676#sA (last visited 2024.12.09).
[48]	ISED(2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2023/ncldecisionpaper2023-en-v2023jun.pdf
[49]	ISED(2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and

序號	文獻
	38 GHz Bands. https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/decision-non-competitive-local-licensing-framework-including-spectrum-3900-3980-mhz-band-and (last visited 2024.11.05).
[50]	ISED(2023), Decision on the Notice of Application Received from Ligado Networks (Canada) Inc. for Ancillary Terrestrial Component (ATC) Authority in the L-Band. https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/decision-notice-application-received-ligado-networks-canada-inc-ancillary-terrestrial-component-atc (last visited 2024.11.05).
[51]	ISED(2023), Spectrum Outlook 2023 to 2027, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/spectrum-outlook-2023-2027 (last visited 2024.06.21).
[52]	ISED(2024), CPC-2-1-23 — Licensing Procedure for Spectrum Licences for Terrestrial Services, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/learn-more/key-documents/procedures/client-procedures-circulars-cpc/cpc-2-1-23-licensing-procedure-spectrum-licences-terrestrial-services (last visited 2024.12.15).
[53]	ITU (2022), Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond, https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2516
[54]	ITU (2022), ITU-R SM.2149-0, Guidance on Supplementary elements on the use of Appendix 10 of the Radio Regulations to convey information related to harmful interference to space radiocommunication services, https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.2149/en
[55]	ITU (2024), Future satellite communications: Satellite constellations and connectivity from space, https://www.itu.int/pub/S-JNL-VOL5.ISSUE2-2024-A20
[56]	ITU-R(2009), Report ITU-R M.2171, Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, https://www.itu.int/en/ITU-R/space/snl/Documents/R-REP-M.2171-2009-PDF-E.pdf
[57]	ITU-T (2018), SERIES Y Supplement 47, Information-centric networking—Overview, standardization gaps and proof-of-concept, https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13588

序號	文獻
[58]	ITU-T (2020), Representative use cases and key network requirements for Network 2030, https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/fg/T-FG-NET2030-2020-SUB.G1-PDF-E.pdf
[59]	J. Wang, Z. Yan, H. Wang, T. Li and W. Pedrycz, "A Survey on Trust Models in Heterogeneous Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 24, no. 4, pp. 2127-2162, Fourthquarter 2022, https://ieeexplore.ieee.org/document/9834331
[60]	Jeffrey Medlin (MIC), Ray Ball (ITO), Gary Beeler (former WCM), Morgan Barry (forecaster), Jason Beaman (WCM), and Don Shepherd (senior forecaster, Tropical Focal Point) (2022), Extremely Powerful Hurricane Katrina Leaves a Historic Mark on the Northern Gulf Coast, https://www.weather.gov/mob/katrina# (last visited 2024.06.27).
[61]	Kevin J. Martin & Nancy J. Victory (2006), Independent panel reviewing the impact of hurricane Katrina on communications networks, https://transition.fcc.gov/pshs/docs/advisory/hkip/karp.pdf
[62]	Key Terms Agreement-Between Partner and Globalstar, https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1366868/000136686822000059/ex-101conformedcopyofkeyte.htm (last visited 2024.06.24).
[63]	L. Sormunen, H. Martikainen, J. Puttonen & D. Panaitopol (2022), Co-existence of Terrestrial and Non-Terrestrial Networks on Adjacent Frequency Bands, https://ieeexplore.ieee.org/document/9914774/authors#authors
[64]	Marlink (2022), Marlink Leverages SES MEO Capacity to Meet Booming Demand from Energy Customers, https://marlink.com/news/news-resources/marlink-leverages-ses-meo-capacity-to-meet-booming-demand-from-energy-customers/ (last visited 2024.12.11).
[65]	Marlink (2024), History, https://marlink.com/our-history/ (last visited 2024.06.18).
[66]	MediaTek (2023), MediaTek 6G Technology White Paper: Satellite and Terrestrial Network Convergence, https://d86o2zu8ugzlg.cloudfront.net/mediatek-craft/documents/MediaTek_WhitePaper-6G-Satellite_EN0523F.pdf
[67]	NTIA (2023), National Spectrum Strategy (PDF), https://www.ntia.gov/sites/default/files/publications/national_spectrum_strategy_final.pdf
[68]	NTIA (2023), Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio

序號	文獻
	Frequency Management, https://www.ntia.gov/publications/redbook-manual (last visited 2024.06.27).
[69]	Ofcom(2017), Authorisation of terrestrial mobile networks complementary to 2 GHz Mobile Satellite Service(MSS), https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0022/107464/Authorisation-terrestrial-mobile-networks-2-GHz-MSS.pdf
[70]	Ofcom(2020), Trading Guidance Notes, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/manage-your-licence/spectrum-trading/trading-guidance-notes.pdf?v=335392
[71]	Ofcom(2021), Statement: Supporting the UK's wireless future – Our spectrum management strategy for the 2020s, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/208745-supporting-the-uks-wireless-future/associated-documents/spectrum-strategy-statement.pdf
[72]	Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS), https://www.ofcom.org.uk/spectrum/radio-equipment/spectrum-for-unmanned-aircraft-systems/ (last visited 2024.12.10).
[73]	Ofcom(2022), Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS): Approach to authorising the use of radio equipment on UAS, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/238648-spectrum-for-unmanned-aircraft-systems-uas/associated-documents/drone-statement.pdf
[74]	Ofcom(2023), Spectrum Management for Next Generation Wireless Broadband, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/spectrum/spectrum-management/spectrum-management-for-next-generation-wireless-broadband/?v=330283
[75]	Ofcom(2023), Statement: Satellite Earth Station Network licences, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/261233-satellite-earth-station-network-licences/associated-documents/satellite-earth-station-network-licences-statement.pdf?v=330142
[76]	Ofcom(2024), Improving mobile connectivity from the sky and space, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space/main-documents/call-for-input-improving-mobile-connectivity-

序號	文獻
	from-the-sky-and-space.pdf
[77]	Ofcom(2024), Kepler Communications Inc: application for NGSO earth station network licence, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/281181-kepler-communications-inc-application/associated-documents/consultation-kepler-communications-inc-application.pdf
[78]	Ofcom(2024), Ofcom System Information System, https://www.ofcom.org.uk/spectrum/frequencies/spectrum-information-portal/ (last visited 2024.12.10).
[79]	Ofcom(2024), Ofcom's Plan of Work 2024/25, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0020/281630/Statement-Plan-of-Work-2024-25.pdf
[80]	Ofcom(2024), SpaceX application for variation of a nongeostationary gateway licence, https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/283714-starlink-internet-services-limited-spacex-application/associated-documents/consultation-spacex-application-ngso-gateway-licence-april24.pdf
[81]	Ofcom(2024), Statement and consultation: Increasing use of the 27.5 – 30 GHz band , https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/increasing-use-of-the-27-5-to-30-ghz-band/ (last visited 2024.11.20).
[82]	Ofcom(2024), Statement: Rivada Space Networks GmbH - application for non-geostationary earth station network licence, https://www.ofcom.org.uk/cy/spectrum/space-and-satellites/rivada-space-networks-gmbh/ (last visited 2024.06.27).
[83]	Ofcom(2024), Vision for sharing upper 6 GHz spectrum between Wi-Fi and mobile, https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/vision-for-sharing-upper-6-ghz-spectrum-between-wi-fi-and-mobile/ (last visited 2024.08.01).
[84]	Ozgur Akgul,etc.(2024), Hexa-X-II_D3.3_v1.0, https://hexa-x-ii.eu/wp-content/uploads/2024/04/Hexa-X-II_D3.3_v1.0.pdf
[85]	P. Kyösti, etc.(2007), WINNER II Channel Models, Information Society Technologies, https://www.cept.org/files/8339/winner2%20-%20final%20report.pdf
[86]	Recommendation ITU-R M.2160-0 (2023), Framework and overall objectives

序號	文獻
	of the future development of IMT for 2030 and beyond, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2160-0-202311-I%21%21PDF-E.pdf
[87]	RFC 1392 - Internet Users' Glossary (ietf.org), https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1392#appendix-H
[88]	S. Ali, A. Abu-Samah, N. F. Abdullah and N. L. M. Kamal, "A Review of 6G Enabler: Vertical Heterogeneous Network (v-HetNet)," 2022 IEEE 20th Student Conference on Research and Development (SCORED), Bangi, Malaysia, 2022, https://ieeexplore.ieee.org/document/9974155
[89]	Sebastian Euler, Xiaotian Fu, Sven Hellsten, Christophe Kefeder, Olof Liberg, Eduardo Medeiros, Erik Nordell, Damanjit Singh, Per Synnergren, Elmar Trojer & Ioannis Xirouchakis(2023), Ericsson technology review: 3GPP technology for satellite communication, https://www.ericsson.com/49bb0c/assets/local/reports-papers/ericsson-technology-review/docs/2023/3gpp-satellite-communication.pdf
[90]	Simon R. Saunders(1999), Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, New York: John Wiley & Sons.
[91]	Sophia Antipolis(2023), ETSI and WinnForum Join for New Whitepaper on Spectrum Sharing for Local Private Networks, https://www.etsi.org/newsroom/press-releases/2246-etsi-and-winnforum-join-for-new-white-paper-on-spectrum-sharing-for-local-private-networks (last visited 2024.11.20).
[92]	SpaceX(2024), Request For Special Temporary Authority To Conduct Experimental Operations, https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=347020&x=
[93]	SpaceX(2024), Space Exploration Holdings LLC, ICFS File Nos. SAT-LOA-20200526-00055, SAT-AMD- 20210818-00105, SAT-AMD-20221216-00175, SAT-MOD20240423-00089, SAT-MOD-20230207-00021, SAT-STA-20240522-00108 and SAT-AMD-20240322-00061; Call Sign: S3069; GN Docket No. 23-135; ULS File Nos. 0010303032, 0010303084, 0010303124, and 0010303146, https://www.fcc.gov/ecfs/document/10914226871971/1
[94]	Starlink(2024), A Cellphone Tower In Space, https://www.starlink.com/business/direct-to-cell (last visited 2024.06.20).
[95]	Starlink(2024), SpaceX sends first text messages via its newly launched direct to cell satellites, https://api.starlink.com/public-files/DIRECT_TO_CELL_FIRST_TEXT_UPDATE.pdf

序號	文獻
[96]	Stephen Kitay(2022), Any developer can be a space developer with the new Azure Orbital Space SDK, https://azure.microsoft.com/ja-jp/blog/any-developer-can-be-a-space-developer-with-the-new-azure-orbital-space-sdk/ (last visited 2024.11.05).
[97]	Suzanne Ong (2023), Marlink to Drive Digital Transformation Across French Guiana Leveraging SES's Multi-Orbit Satellite Network, https://www.businesswire.com/news/home/20230221005921/en/ (last visited 2024.12.11).
[98]	The European Parliament & The Council of the European Union(2012), Decision No 243/2012/EU of the European Parliament and of the Council of 14 March 2012 establishing a multiannual radio spectrum policy programme Text with EEA relevance, https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0007:0017:EN:PDF
[99]	TWEVO(2017), Radio regulation for drones, https://www.twevo.net/wp-content/uploads/2017/11/White-Paper-REVOsdr_DroneRadioRegulation_V2_sml.pdf
[100]	U.S. Department of Defense (2023), Emerging Mid-band Radar Spectrum Sharing Feasibility Assessment Report, https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Library/DoD-EMBRSS-FeasabilityAssessmentRedacted.pdf
[101]	United States Securities and Exchange Commission(2022), FORM 8-K: GLOBALSTAR, INC., https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1366868/000136686822000059/gsat-20220907.htm (last visited 2024.06.27).
[102]	US GAO Highlights(2017), PUBLIC-SAFETY BROADBAND NETWORK: FirstNet Has Made Progress Establishing the Network, but Should Address Stakeholder Concerns and Workforce Planning.
[103]	W.-T. Chen(2015), Analytic estimation for uplink capacity reduction due to co-channel interference in LTE networks, Wireless Networks, volume 21, no. 6, pp. 1775-1782.
[104]	Wen-Tzu Chen & Chen-Hsun Ho(2017), “Spectrum Monitoring with Unmanned Aerial Vehicle Carrying a Receiver Based on the Core Technology of Cognitive Radio—A Software Defined Radio Design”, Journal of Unmanned Vehicle Systems, vol. 5, no. 1, pp. 1-12.

序號	文獻
[105]	White House National Security Council(2023), Principles for 6G: OPEN & RESILIENT BY DESIGN, https://www.openranpolicy.org/wp-content/uploads/2023/04/principles-for-6g.pdf
[106]	Y. Xu, G. Gui, H. Gacanin and F. Adachi, "A Survey on Resource Allocation for 5G Heterogeneous Networks: Current Research, Future Trends, and Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 23, no. 2, pp. 668-695, Secondquarter 2021, https://ieeexplore.ieee.org/document/9355403
[107]	Yun Chen, Wenfeng Liu, Zhiang Niu, Zhongxiu Feng, Qiwei Hu & Tao Jiang(2020), Pervasive intelligent endogenous 6G wireless systems: Prospects, theories and key technologies, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235286482030242X (last visited 2024.06.27).
[108]	總務省(2023), Frequency Reorganization Action Plan (FY2023 version)
[109]	總務省(2023), 新世代モバイル通信システム委員会報告。
[110]	總務省(2024), HAPS を利用した無線通信システムに係る周波数有効利用技術に関する研究開発, https://www.soumu.go.jp/main_content/000677041.pdf 。
[111]	總務省(2024), 周波数再編アクションプラン(令和6年度版)(案), https://www.soumu.go.jp/menu_seisakuhyouka/176036_03.html
[112]	楽天モバイル株式会社(2021), 「衛星通信システム委員会作業班」第25回資料 1.7GHz帯/1.8GHz帯携帯電話向け非静止衛星通信システムの周波数共用検討について, https://www.soumu.go.jp/main_content/000747108.pdf 。
[113]	總務省電波監理審査會議資料(2022), 令和3年度電波の利用状況調査の評価結果(案)(令和4年7月15日諮問第16号)。
[114]	總務省(2024), 衛星コンステレーションによる携帯電話向け2GHz帯非静止衛星通信システムの技術的条件。 https://www.soumu.go.jp/main_content/000965257.pdf
[115]	中華電信(2024), 中華電信與NTT啟動台灣與日本全球首例國際IOWN全光網路超低延遲網路, 3000公里僅需17毫秒, https://www.cht.com.tw/home/enterprise/news/latest-news/2024/0829-1800 (最後瀏覽日: 113年11月21日)。
[116]	台灣低軌衛星產業聯誼會(2022), 聯發科5G技術再有新里程碑! 新晶片讓手機也能連上衛星網路, https://tleosia.org.tw/NewsContent/news/19955067-e632-4bbd-9d0c-

序號	文獻
	0a4824d3feab（最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。
[117]	吳承諦（2024），耀登推高低軌整合型衛星通訊系統 預期明年上半年正式商轉， https://news.cnyes.com/news/id/5753010 （最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。
[118]	英業達，整合異質網路、加速 AI 佈局， https://www.5g.inventec.com/tw/case/7/10 （最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。
[119]	國家通訊傳播委員會（2023），行動通信終端設備技術規範， https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/23071/%e8%a1%8c%e5%8b%95%e9%80%9a%e4%bf%a1%e7%b5%82%e7%ab%af%e8%a8%ad%e5%82%99%e6%8a%80%e8%a1%93%e8%a6%8f%e7%af%84%e5%85%a8%e6%96%87.pdf
[120]	許家華（2022），蘋果占走 Globalstar 網路容量 85% 馬斯克也想分杯羹， https://m.cnyes.com/news/id/4951131 （最後瀏覽日：2024.06.27）。
[121]	陳佳楓（2022），6G 光無線通訊技術發展觀察， https://mic.iii.org.tw/AISP/Free?docid=CDOC20221213002 （最後瀏覽日：113 年 11 月 21 日）。
[122]	聯發科技股份有限公司（2022），全球第一！引領智慧型手機進入衛星通訊新時代， https://corp.mediatek.tw/news-events/press-releases/mediatek-powers-worlds-first-satellite-driven-5g-ntn-smartphone-connection （最後瀏覽日：113 年 11 月 18 日）。

中英文名詞對照（依字首排序）

縮寫	原文	中文
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作夥伴計畫
ACS	Adjacent Channel Selectivity	鄰頻選擇
ACIR	Adjacent Channel Interference Ratio	鄰頻干擾功率比率
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio	鄰頻洩漏功率比率
AI	Artificial Intelligence	人工智慧
APN	All-Photonics Network	全光網路
ARRL	American Radio Relay League	美國無線電中繼聯盟
ATC	Ancillary Terrestrial Component	輔助地面行動組件服務
ATG	Air-To-Ground	空對地
AWS	Advanced Wireless Service	進階無線服務
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight	超視距飛航
BWA	Broadband Wireless Access	寬頻無線接入
C2 Link	Command and control Link	命令和控制鏈路
CAA	Civil Aviation Authority	民航局
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	歐洲郵政和電信管理局
CFR	Code of Federal Regulations ,	聯邦規則彙編
CGC	Complementary Ground Component	地面連接
CNPC	Control and Non-Payload Communications	控制與非有效酬載通訊
CTFA	Canadian Table of Frequency Allocations	加拿大頻率分配表
CTG	Collectivité Territoriale de Guyane	法屬圭亞那領地政府
D2C	Direct-to-Cell	手機直連衛星
D2D	Device-to-Device	衛星直連設備
DFMS	Dynamic Frequency Management System	動態頻率管理系統
DoD	U.S. Department of Defense	美國國防部
DT	Digital Twin	數位雙生

縮寫	原文	中文
EAN	European Aviation Network	歐洲航空網路
EASA	European Union Aviation Safety Agency	歐洲航空安全局
EC	European Commission	歐盟執委會
ECC	Electronic Communications Committee	電子通訊委員會
EMBRSS	Emerging Mid-band Radar Spectrum Sharing Feasibility Assessment Report	新興中頻段雷達頻譜共享可行性評估報告
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power	等效全向輻射功率
e-NodeB	Evolved Node B	演進節點 B
EPS	Emergency Planning Subcommittee	緊急規劃小組委員會
ERP	Emergency Readiness Plan	應急準備計畫
ESIM	Earth Station in Motion	移動式地球電臺
ESOMPs	Earth Stations on Mobile Platforms	移動式地球電臺
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	歐洲電信標準協會
E-UTRA	Evolved Universal Terrestrial Radio Access	演進之通用地面無線接取
EVLOS	Extended Visual Line of Sight	延伸視距飛航
FAA	Federal Aviation Administration	聯邦航空總署
FCC	Federal Communications Commission	美國聯邦通訊委員會
FEMA	Federal Emergency Management Agency	聯邦緊急管理局
FirstNet	the First Responder Network Authority	急難救助網路管理局
FPGA	Field Programmable Gate Array	現場可程式化邏輯閘陣列
FSA	Foreigner Satellite Approval	外國衛星核准許可
FSO	Free-Space Optical	自由空間光通訊
FSS	Fixed Satellite services	固定衛星用途
GEO	Geostationary	同步軌道衛星
GIA	Geographically Independent Area	獨立地理區域

縮寫	原文	中文
GSO	Geostationary Satellite Orbits	同步軌道衛星
GSA	Global mobile Suppliers Association	全球行動供應商協會
GSMA	Groupe Speciale Mobile Association	全球行動通訊系統協會
GSOA	Global Satellite Operator Association	全球衛星業者協會
GTA	Ground-to-Air	地對空
HAPS	High-altitude platform stations	高空通訊平臺
HetNet	Heterogeneous network	異質網路
HTC	Holographic Type Communications	全息通信
HTS	High Throughput Satellite	高通量衛星
HIBS	High-altitude Platform Stations as IMT Base Stations	高空地面行動通訊基地臺
ICTs	Information and Communication Technologies	全球資通訊技術
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	電機電子工程師學會
IMT	International Mobile Telecommunication	國際行動通訊
ISPD	International Spectrum Policy Division	國際頻譜政策科
IRAC	Interdepartment Radio Advisory Committee	無線電諮詢委員會
IRAC SD	IRAC Support Division	IRAC 支援科
ISED	Innovation, Science and Economic Development	加拿大創新、科學及經濟發展部
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯合會
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	無線電通信部門
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector	電信標準化部門
ITU-D	Telecommunication Development Sector	電信發展部門
ION	Intelligent Operation Network	智慧操作網路
IoT	Internet of Things	物聯網
IIoT	Industrial IoT	具有雲端化的工業物

縮寫	原文	中文
		聯網
IOWN	Innovative Optical Wireless Network	創新全光和無線網路
JSME	Joint Spectrum Management Element	聯合頻譜管理單位
LEO	Low-Earth Orbit	低軌道衛星
LRS	Link Registration System	鏈路註冊系統
MEO	Medium Earth Orbit	中軌道衛星
MDRI	Mandatory Disaster Response Initiative	災難應變措施
MSS	Mobile-Satellite Service	衛星行動用途
MWC	Mobile World Congress	世界行動通訊大會
NASA	National Aeronautics and Space Administration	國家航空暨太空總署
NCC	Network and Computing Convergence	網路與計算融合
NC	National Calling	國內呼號
NF	Noise Figure	雜訊指數
NFV	Network Functions Virtualization	網路功能虛擬化
NGSO	Non-geostationary satellite orbit	非同步軌道衛星
NGWB	Next Generation Wireless Broadband	次世代無線寬頻
NNA	Non-Networked Access	非網路接取
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	國家海洋暨大氣總署
NOMA	Non-Orthogonal Multiple Access	非正交多址接取
NRF	National Response Framework	國家應變框架
NSEP	National Security and Emergency Preparedness	國家安全與應急準備
NSF	National Science Foundation	國家科學基金會
NTN	Non-Terrestrial Networks	非地面網路
NTIA	National Telecommunications and Information Administration	美國國家電信與資訊管理局
OET	Office of Engineering and Technology	工程與科技辦公室
Ofcom	Office of Communication	英國通訊管理局
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access	正交分頻多重接取

縮寫	原文	中文
OSM	Office of Spectrum Management	頻譜管理辦公室
OSTP	Office of Science and Technology Policy	授權科技政策辦公室
PCS	Personal Communication Service	個人通訊服務
PPDR	Public Protection and Disaster Relief	公共安全與救難應變
PSAP	Public Safety Answering Point	公共安全回應點
QoS	Quality of Service	服務品質
QoT	Quality of Trust	信任品質
RA	Resource Allocation	資源分配
RABC	The Radio Advisory Board of Canada	加拿大無線電諮詢委員會
RAS	Radio Astronomy Service	無線電天文服務
RSC	Radio Spectrum Committee	無線電頻譜委員會
RSPG	Radio Spectrum Policy Group	無線電頻譜政策小組
RSPP	Radio Spectrum Policy Programme	無線電頻譜政策計畫
SAID	Spectrum Affairs and Information Division	頻譜事務與資訊科
SAS	Spectrum Access System	頻譜接取系統
SCS	Supplemental Coverage from Space	太空補充涵蓋
SDDLs	Scheduled Dynamic Datalinks	定期動態資料鏈路
SDN	Software Defined Network	軟體定義網路
SDR	Software Defined Radio	軟體定義無線電
SD-WAN	Software-Defined Wide Area Network	軟體定義廣域網路
SEAD	Spectrum Engineering and Analysis Division	頻譜工程與分析科
SEC	United States Securities and Exchange Commission	美國證券交易委員會
SES	Société Européenne des Satellites	歐洲衛星公司
SIC	Successive Interference Cancellation	干擾消除技術
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	訊號與干擾雜訊比
SLA	Service Level Agreements	服務級別協議
SMCS	Supplemental Mobile Coverage by Satellite	衛星補充行動涵蓋

縮寫	原文	中文
SMO	Service Management and Orchestration	服務管理與編排
SPD	Strategic Planning Division	策略規劃科
SSD	Spectrum Services Division	頻譜服務科
STA	Special Temporary Authority	特殊臨時執照
STIN	Space-Terrestrial Integrated Network	太空與地面整合網路
TIG	Technical Interchange Group	技術交流小組
TIRO	Tactile Internet for Remote Operations	遠端遙控之觸覺網路
TN	Terrestrial Networks	地面網路
TSP	Telecommunications Service Priority	電信服務優先等級
TSP-R	Telecommunication Service Priorities for Radio	無線電服務優先等級
TTC	Telecom Technology Center	財團法人電信技術中心
UAS	Unmanned Aircraft System	無人飛行器系統
UAVs	Unmanned Aerial Vehicles	無人飛行載具
UCA	Clermont Auvergne University	克萊蒙奧弗涅大學
UE	User Equipment	使用者設備
USC	United States Code	美國法典
v-HetNet	Vertical Heterogeneous Network	垂直整合的異質網路
VLOS	Visual Line of Sight	目視飛航
WRC-23	World Radiocommunication Conferences	世界無線電大會
WT	Wireless Telegraphy	無線電報法
WTB	Wireless Telecommunications Bureau	無線電信局

數位發展部

「異質網路技術匯聚下之頻率資源管理制度革新研析計畫」

期中報告審查會議

審查委員意見

曾文方委員(召集人)

項次	委員提問與建議事項	研究單位處理情形及意見
一、委員意見：		
委員一：鄧添來		
1	異質網路為多元傳輸之韌性網路，除參考國外作法外，宜考量國內環境，以創新構想並採最經濟最快速方式來解決各項需求。	感謝委員指導，本計畫將參考國際間作法，同時考量我國國情，於期末報告提出異質網路頻譜管理政策相關建議。
2	非地面網路 NTN 為下世代通訊重點，衛星部分受 ITU 管控，我國地小人稠又有中央山脈阻隔，除考慮 HAPS 外，可用無人機處理災區或緊急通訊。	感謝委員指導，無人機可於救災中提供緊急通訊功能，本計畫將持續研析此議題，並研析無人機輔助頻譜管理之發展。
3	近年 FSO 採光波直傳容量大，又可避免干擾，是值得考慮的選項。	感謝委員指導，本計畫將於期末階段補充 FSO 在異質網路架構下，可提供之案例服務內容，可作為未來考慮選項之相關說明。
4	報告中提及「太空對地球」或「地球對太空」，因新設備不一定達太空，因此建議改為「空對地」、「地對空」。	感謝委員指導，已修正相關論述，呈現於期中報告修正版第23-24、113-114頁。
委員二：鄧惟中		
1	第七章在盤點法規調適時，除了一般論觀點分析外，建議參考第三章與第六章的國外既有系統與機制，預想臺灣適合使用的系統與應用情境，來探討這個情境下國內現行的規範有哪些不足及需調整之處，或可增加參考價值。	感謝委員指導。將依據委員建議於期末報告參考國際間之既有機制與我國國情，針對國內現行法規可能存在不足或需調整之處提出研究團隊修正建議，供主管機關參考。
2	第182-185頁，建議修改中英文名詞對照表之以下縮寫：CEPT、EMBRSS、MSS、HIBS、ITU-D(少了 ITU)、NC、SEC。	感謝委員指導，已修正中英文名詞對照表之內容，呈現於期中報告修正版第184-187頁。
委員三：陳彥宏		

1	進度合乎原先規劃。	感謝委員肯定。
2	麻煩再確認 Tiantong 1-01(COSPAR ID：2016-048A)的涵蓋範圍為東經75-135、北緯10-55，和使用頻率是否為1980-2010 MHz、2170-2200 MHz、1610.0-1626.5 MHz、2483.5-2500 MHz，功率為2-4W。	感謝委員指導。因 ITU 太空網路線上系統需使用衛星之正式名稱始能查詢相關資訊，研究團隊將持續查詢天通一號衛星之正式名稱，以了解其涵蓋範圍及使用頻率之相關資訊。
3	建議再確認若 Tiantong 1-01的資料為真，和諧共用的情境和衛星參數是什麼？	感謝委員指導。同上說明，由於尚在確認天通一號衛星之相關資料是否為真，故現階段尚無法確認其可能之和諧共用的情境和衛星參數。且天通一號未向我國主管機關提出頻率使用申請，故不受干擾保護。
4	關於 HAPS 部分，建議研析中國相關資料。	感謝委員指導。本計畫將於計畫範圍內研析國際 HAPS 干擾分析相關研究報告，並補充於期末報告。
委員四：陳玟良		
1	第111頁，第二節透通型 NTN 手機干擾地面通訊情境分析，所稱27.5-27.9 GHz 及 29.4-29.5 GHz，共500 MHz 之頻寬，請確認。	感謝委員指導，已修正報告文字，「NTN 之饋線鏈路上鏈，在我國可能使用的頻譜，計有27.5-27.9 GHz、29.2-29.3 GHz 及29.5-30 GHz（共1000 MHz）。」此外，圖5-4也重新繪製，強調27.5-30 GHz 頻段。呈現於期中報告修正版第113頁。
2	第112頁及第114頁，稱若 gateway 不設在臺灣境內，則不致對我國地面通訊系統產生妨礙性干擾，建請補充干擾疑慮說明。	感謝委員指導，已補充說明文字「若饋線鏈路欲使用已核配之27.9-29.5 GHz 頻段，將會對該頻段內既有之通訊系統，造成嚴重妨礙性干擾。」，參見報告第113頁。
3	期中審查簡報第40頁，衛星直連手機應用案例中，衛星業者使用行動業者持有之 IMT 頻段，是否違反《中華民國無線電頻率分配表》？請分析並提出建議。	感謝委員指導，本計畫將於期末報告就此議題進行完整分析，並提出建議。
4	期中審查簡報第40頁，我國業者若與國外衛星業者欲就異質網路應用合作向主管機關提出頻率提供使用或頻率共用之申請，將面臨「已登記之電信事業」之申請資格限制乙節，請研析確認與《電信管理法》第57條之關聯性。	感謝委員指導，已將此議題之涉及規範修正為《電信管理法》第58條，將於期末報告就此議題進行完整分析。
5	期中審查簡報第40頁，《無線電頻率使用管理辦法》就頻率提供使用、頻率共用設有開放頻段之限制，是否符合業者提供衛星直連手機服務之頻率需求乙節，請研析	感謝委員指導，本計畫將於期末報告就此議題進行進一步研析。

	確認是否屬《無線電頻率使用管理辦法》第17條範疇。	
委員五：曾文方		
1	P.66「策之優先事項對於未來發展影響。同時探討 行動即衛星 (Wi-Fi 與行動通訊)及衛星(GSO 與 NGSO)服務之共存模式及條件」，建議將「行動即衛星」修正為「行動」。	感謝委員指導，已調整論述方式，修改為：「同時探討不同服務於同頻段之共存模式及條件，如：Wi-Fi 與行動通訊、GSO 與 NGSO，具體案例包含 U6頻段之行動通訊與 Wi-Fi 混合共享機制、NGSO 水上用途之共存條件。」呈現於期中報告修正版第67頁。
2	P.66「Ofcom 管理約400,000個即時頻譜執照」，經查詢原文為「We manage around 400,000 live spectrum licences.」應該是指有效執照，請確認。	感謝委員指導，已修正論述方式，呈現於期中報告修正版第67頁。
3	P.71 建議將 Ofcom 預計於 Q1 發布之政策文件一併納入期末報告。	感謝委員指導，將於期末報告補充 Ofcom 第一季政策文件相關內容。
4	建議蒐集研析國際間對於再生模式 NTN 與 TN 間干擾分析報告，並納入期末報告。	感謝委員指導，相關內容將納入期末報告。
二、工作小組意見：		
1	P.22「過往衛星通訊系統及地面5G 與6G 無線網路為互補且獨立通訊網路體」，請確認是5G 還是5GHz。	感謝工作小組指導，已修正文字為5G，參見報告第22頁。
2	P.24「694/698 MHz 和2.7 GHz 之間頻率範圍內研析可能的分配」，請詳述頻段範圍。	感謝工作小組指導。根據 WRC-23之 COM6/9 號決議，衛星行動用途於694/698 MHz 至2.7 GHz 頻率範圍之分配，將於2027年完成。目前尚在研析中，本計畫將持續追蹤上述頻段之實際範圍。
3	P.33「無論是在大型活動期間的手機信號 擁塞 」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正為壅塞，呈現於期中報告修正版第33頁。
4	P.37「可以透過衛星之間的光纖或無線鏈路，從而實現數據的直接傳輸」，請確認衛星間是否有光纖連接之實際案例。	感謝工作小組指導。經查詢，目前衛星間的通訊主要以無線鏈路為主。由於在太空環境中設置和維護光纖設施具有挑戰性，目前尚無實際衛星間互連透過光纖之實際案例。因此刪除「光纖」二字。呈現於期中報告修正版第37頁。
5	P.47「若欲在18個無線電天文觀測臺 radio astronomy observatories 附近註冊鏈路的合法執照業者，必須與這些天文臺協調其擬申請註冊」，必須申請的前提為何(距離、功	感謝工作小組指導。經詳查，若合法執照業者欲在18個無線電天文觀測臺附近註冊鏈路，需同時考慮到距離和功率限制。在81-86 GHz、92-94 GHz 和94.1-95 GHz 頻段內，需

	率)?	在10個特長基線干涉陣列站點25公里內及8個其他觀測站150公里內進行協調。此外，鏈路功率需限制在最大 EIRP+57 dBW，以減少對觀測站的干擾。呈現於期中報告修正版第47頁。
6	P.53「兩公司將使用2,000款符合技術規範且經授權之行動設備進行測試」，行動設備的類型為何?	感謝工作小組指導。已補充文字，呈現於期中報告修正版第54頁。
7	P.55「同時也因技術進步得以使用設備直連不同用途後提供通訊服務」，請進一步進行情境描述。	感謝工作小組指導，已補充設備直連不同用途之情境描述，呈現於期中報告修正版第56頁。
8	P.56「歐盟無線電頻譜政策旨在協調整個聯盟之頻譜管理方法」， <u>請確認該聯盟名稱</u> 。「包含監管框架以及協調歐盟層面的之接取條件」， <u>請刪除贅字</u> 。	感謝工作小組指導。已調整論述方式，修改為「歐盟無線電頻譜政策旨在協調所有歐盟會員國之頻譜管理方法」，並刪除贅字，呈現於期中報告修正版第57頁。
9	P.59「頻譜高效率管理與使用：鼓勵頻譜 高 校管理及使用」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正為「高效管理」，呈現於期中報告修正版第60頁。
10	P.60「協助會員國進行頻譜協調：解決頻譜協調之問題，並透過政策選項提供持續相關性的之支援」， <u>請刪除贅字</u> 。「頻譜清單」乙節， <u>請補充說明利害關係人對頻譜清單之看法為何?</u>	1.感謝工作小組指導，已刪除贅字，呈現於期中報告修正版第61頁。 2.補充說明歐盟利害關係人對於頻譜清單之看法：德國電信（DT）以及歐盟廣播聯盟（EBU）等利害關係人對於頻譜清單看法為未來歐盟如何使用無線電頻譜決策的基礎，並且認為有部分用途頻段尚未被討論或資料不完整應做修正（如：廣播），以完善頻譜清單之內容。
11	P.61本頁有2個方案一， <u>請再詳述適用情境</u> 。「如排除其他利害關係人或服務，且可能 剝奪增加 歐洲戰略自主權之機會」， <u>本段語意請再確認是剝奪還是增加</u> 。	感謝工作小組指導，已修正為「可能剝奪歐洲戰略自主權之機會」，呈現於期中報告修正版第62頁。後續將持續研析方案一之適用情境，並於期末報告補充。
12	P.62「法國：為 2 GHz 頻段 MSS 歐 能 授權太空系統之通知主管機關」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正為「法國：為 2 GHz 頻段 MSS 歐盟授權太空系統之通知主管機關」，呈現於期中報告修正版第63頁。
13	P.64「根據技術演進、市場需求等因素 條 調整管理政策及方法」，請刪除贅字。	感謝工作小組指導，已刪除贅字，呈現於期中報告修正版第65頁。
14	P.65請補充說明「無法準確預測未來將會出現新的無線服務，或服務將為消費者帶來最大的利益」乙節與「支持創新及提高頻譜使用彈性」之關聯性為何?	感謝工作小組指導，已調整論述方式，呈現於期中報告修正版第66頁。

15	P.66 「同時探討行動即衛星(Wi-Fi 與行動通訊)」，請詳述使用情境。	感謝工作小組指導，已調整論述方式，修改為：「同時探討不同服務於同頻段之共存模式及條件，如：Wi-Fi 與行動通訊、GSO 與 NGSO，具體案例包含 U6頻段之行動通訊與 Wi-Fi 混合共享機制、NGSO 水上用途之共存條件。」，呈現於期中報告修正版第67頁。
16	P.70 「建議擴大上述 4個地球電臺 ~~支~~ 天線數量」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已刪除贅字，呈現於期中報告修正版第71頁。
17	P.80 垂直產業之定義係指「公司或組織之類別」還是指「傳統上混合使用公共和專用網路來滿足其連接需求之公司或組織」？	感謝工作小組指導，垂直產業之定義一般指用於指在採礦、石油和天然氣、製造、運輸、農業、能源和健康等產業的公司和組織，通常混合使用公共和專用網路來滿足其連接需求。呈現於期中報告修正版第81頁。
18	P.81「ISED 在諮詢和開發新的頻譜流程時，特別是對於較高頻段，建議可使用某些措施或政策工具」，這些措施與政策工具為何？	感謝工作小組指導，主要為2023年5月公布之《關於非競爭性區域授權框架的決定，包括 3900-3980 MHz 頻段以及部分 26、28 和 38 GHz 頻段》，透過發放非競爭性區域授權執照，使垂直領域的產業或企業用戶在全國各地局部地區更容易的接取頻譜執照。呈現於期中報告修正版第82-83頁。
19	P.94 「NCL 授權框架也將確保被授權者之快速布建，並要求將未活躍頻譜使用的區域提供給其他用戶」及「在系統中納入 NCL 授權區域之間的適當間隔距離，以使備執照持有人在利用 NCL 執照營運時共存」，請就實際運作情形再調整上開文句之語意。	感謝工作小組指導，為了促進頻譜接取效率，NCL 授權框架也將確保被授權者之快速布建，同時要求取得 NCL 執照者將頻譜未活躍使用的區域提供給其他用戶。 ISED 將實施自動授權系統，在系統中納入 NCL 授權區域之間的適當間隔距離，以使執照持有人在利用 NCL 執照營運時共存。呈現於期中報告修正版第95頁。
20	P.111 「若我國欲導入 NTN 系統所需建置的 gateway 最多為 2座」，請補充如何評估 gateway 數量。	感謝工作小組指導，內容補充如下：「若我國欲導入 NTN 系統，以低軌衛星高度於300至600公里為例，其在地面訊號涵蓋範圍可達500公里，因臺灣本島由南至北總長約400公里，故只需建置 gateway 1座。但若考慮備用情形，最多為2座。」呈現於期中報告修正版第113頁。
21	P.128，無人機搭載 SDR 執行訊號量測任務取樣資料儲存於何處？量測者可否即時觀看到數據？	感謝工作小組指導，內容補充如下：「量測資料可儲存於無人機上小型電腦之記憶體，也可以經由無線頻道傳至地面控制站之電腦，並可即時觀看數據。」呈現於期中報告修正版第129-130頁。

22	P.129, 常用的 SDR 硬體之頻率範圍涵蓋無人機之使用頻率, 是否有對此頻段進行特別處理或使用上有何限制?	感謝工作小組指導, SDR 監測頻率範圍須避開無人機使用之頻率, 目的在保護 SDR。
23	P.136「暫時授權業餘無線電頻率之使用與免除業餘無線電執照規則之規範」, 可使用業餘無線電頻率之對象為何?放寬何種規範?	感謝工作小組指導, 說明如下: 1.原始文件之原文為「Waiver of amateur radio and license exempt rules permitting transmissions necessary to meet essential communications needs」, 並沒有更進一步說明。 2.內容補充如下:「本計畫認為, 可暫時授權沒有取得業餘無線電執照之人員, 操作業餘無線電設備。此外, 所放寬的規範, 應為免除業餘電臺執照之申請, 如固定式業餘電臺執照, 其申請程序相當嚴謹, 在緊急狀況時, 可以免除申請電臺執照相關規範。」呈現於期中報告修正版第139頁。
24	P.139「執法通道(law enforcement channels)與災害應變通道(incident response channels)」, 依頻率用途分類還是依使用族群分類?	感謝工作小組指導, 原始文件之原文為:「The plans show frequencies available for assignment to all federal agencies to satisfy law enforcement, public safety, emergency response, and disaster response interoperability requirements.」; 本計畫認為, NTIA 係依據處理緊急事件之任務, 來核配這些頻率, 重點在滿足各聯邦機構通訊系統之互通性(interoperability)。
25	P.153「申請設置使用電信資源之公眾電信網路」乙節之申請設置流程與「使用電信資源之公眾電信網路之申請程序以及適用規範綜整表」並未一致, 並請再檢視確認申請設置時之適用法規條文。	感謝工作小組指導, 已修正「使用電信資源之公眾電信網路之申請程序以及適用規範綜整表」之內容, 呈現於期中報告修正版第155-156頁。
26	P.154「申請設置未使用電信資源之公眾電信網路」乙節, 請再檢視確認申請設置時之適用法規條文。	感謝工作小組指導, 已修正「申請設置未使用電信資源之公眾電信網路」之適用法規條文, 呈現於期中報告修正版第156-157頁。

數位發展部

「異質網路技術匯聚下之頻率資源管理制度革新研析計畫」

期末成果報告審查會議

審查委員意見

曾文方委員(召集人)

項次	委員提問與建議事項	研究單位處理情形及意見
一、委員意見：		
委員一：鄧添來		
1	NTN 網路需在室外及預先註冊才能使用，受限於經濟因素，一般民眾不願意，但在緊急皆有需要，請研究解決之道。	感謝委員指導，現階段 NTN 網路仍在發展中，由於相關設備均處產品生命週期初期，成本較高，導致用戶較無意願使用。目前數發部已有相關計畫研析 NTN 應用於緊急通訊之實驗驗證，包括透過衛星或高空通訊平臺等提供緊急救災通訊，建議主管機關可持續辦理相關實驗驗證計畫，委由產學研各界持續探討 NTN 可在各領域帶來之優勢，待相關產品生態體系成熟，有更多業者願意投入、降低相關設備之單價後，一般民眾使用意願應也會隨之提高。
2	厘米波頻段若使用具波束集中之陣列天線，可大幅降低干擾，唯成本高，宜鼓勵業者把握商機研製。	感謝委員指導，已補充相關文字於結案報告第 226、260 頁。
3	各項異質網路之特性及用途與優缺點，建請作比較表，以供參閱	感謝委員指導，已補充表格於結案報告第 255 頁。
委員二：鄧惟中		
1	期末報告對於計畫各工作項目已提供合理且足夠的成果。	感謝委員肯定。
2	第九章對於短期建議部分，可再與第四章、第五章小結的內容參照，並加上漏列的部分。	感謝委員指導，已將各章小結內容補充至第九章，並重新調整論述，參結案報告第 253-261 頁。
3	表 8-10 的「（邀請中）」文字請刪除。	感謝委員指導，已刪除相關文字，參結案

		報告第 247-248 頁。
4	146 頁的 Ofom 為誤植，請修正。	感謝委員指導，已修正錯別字，參結案報告第 147 頁。
5	239 頁的(2)應改為 2。	感謝委員指導，已刪除相關內容。
委員三：陳彥宏		
1	計畫成果大致合乎原定規劃。	感謝委員肯定。
2	針對「重大事件情境下之頻譜使用機制」可參考 2014 年科會辦所成立之「我國頻譜政策規劃小組」之運作方式。	感謝委員指導，將列為未來計畫之參考。
3	建議查詢並說明 Tiantong 1-01、1-02、1-03 的(上鏈：1980-2010 MHz，下鏈：2170-2200 MHz) 涵蓋範圍是否涵蓋臺灣	感謝委員指導，經查詢，我國位於天通一號 3 顆衛星之涵蓋範圍內。
4	NTN 頻率取得方式，宜以「特定用途且特定使用者」為主軸來調整議題探討主軸，不宜把 NTN 作為異質網路主角。	感謝委員指導，已調整相關論述避免誤解，修正後內容請參見結案報告第七章。
委員四：陳玟良		
1	感謝團隊蒐集異質網路應用發展之頻率管理干擾技術研析，並提出新興手機直連衛星之有害干擾處理與分析方法，可供後續規劃之參考。	感謝委員肯定。
2	期末報告第七章盤點異質網路在對應之電信管理法規相關法律規範部分，以下為建議補強或調整論述說明： (一) 論及「電信管理法」無線電頻率之管理，依據第 52 條載明中華民國無線電頻率分配表各類無線電用途之分配。舉例來說，中華民國無線電頻率分配表已定 27-29.5 GHz 供行動通信使用，復於 27.5 - 30 GHz WARC-92 決議供衛星固定通信使用，比較 2 者用途頻段多數重疊，自因科技發展成熟至頻譜資源能更為有效之利用。 (二) 報告爬梳「電信管理法」第 57 條及第 58 條等頻率共享與頻率共用等規定，上開中華民國無線電頻率分配表已分配為相異用途之頻段（行動通信及衛星固定通信）是否得混為一談並適用於合計之核配頻寬上限規定？建請再審酌論述。	感謝委員指導，已調整相關論述避免誤解，修正後內容請參見結案報告第七章。

	(三) 建議將 n255 及 n254 等頻率之申請資格限縮為僅開放行動業者提出申請是否妥適？建議再審酌並補充論述。	
3	期末報告結論，除持續觀察相關技術發展外，建議扣合報告前述章節內容，歸納提出結論與建議。	感謝委員指導，已調整相關論述避免誤解，修正後內容請參見結案報告第七章。
委員五：曾文方		
1	「中長期建議：制定衛星行動用途頻率之申請規則以及相關規範」，建議改列為短期建議。	感謝委員指導，已調整短期建議之論述，參結案報告第 260-261 頁。
2	對於幾個頻譜管理政策議題（因應異質網路應用發展、衛星直連手機、無人機），請以表格方式提出相關建議，包括 ● 待觀察之頻段（短中長期，或是要等下一次 WRC 會議？） ● 技術面（可能有些 SAS 干擾議題，要做實測嗎？） ● 法規面（牽涉修頻率分配表、供應計畫、相關申請或管理辦法、頻率收費...）	感謝委員指導，頻譜管理議題於第九章第二節以列點式方式呈現，參結案報告第 260-261 頁。
3	P. 55「目前與未來 Globalstar 網路容量的之 85%將用於為 iPhone 14 消費」，現在應該指 iPhone 14 以上。	感謝委員指導，已調整論述文字，參結案報告第 54 頁。
4	P. 56「Globalstar 的衛星網路，計畫於 2025 年發射 17 顆新衛星，」目前有幾顆衛星？	感謝委員指導，Globalstar 目前經營 31 顆衛星，主要為衛星電話和遠端設備提供 L 頻段的通訊連接。
5	P. 56「iPhone 緊急衛星連線用途，該項服務範疇從原先僅在美國、加拿大等北美洲區域逐漸擴展到 6 個新國家。」，請羅列目前應用的國家。	感謝委員指導，iPhone 緊急衛星連線用途，此服務支援國家：美國、加拿大、法國、德國、愛爾蘭、英國、澳洲、奧地利、比利時、義大利、盧森堡、荷蘭、紐西蘭、葡萄牙和日本。參結案報告第 55 頁。
6	P.67 表 3-1 建議： ● 技術架構細分 GEO or MEO or LEO ● 應用情境細分簡訊、視訊通話...	感謝委員指導，已新增技術架構與應用情境細節，參結案報告第 68 頁。
7	P.161「指出若使用鄰頻道，則 TN 及 NTN 系統可以共存」可能要把論文模擬的前提稍微說明一下（The main conclusions can be summarized as (1) NTN	感謝委員指導，已補充文章名稱，並調整相關論述：「相鄰頻上地面與非地面網路之共存（Co-existence of Terrestrial and Non-Terrestrial Networks on Adjacent

	UE can reuse the current requirements of the TN UE, (2) the satellite connectivity does not require a dedicated satellite waveform, and (3) TN can co-exist with NTN on adjacent channels with relaxed ACIR requirements for the tested simulation scenario.)	Frequency Bands)」文章 指出若使用鄰頻道，則 TN 及 NTN 系統可以共存，該文章使用的主要參數如下：地面用戶裝置之 ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio) 為 30 dB、ACS (Adjacent Channel Selectivity) 為 33 dB；低軌衛星裝置之 ACLR 為 24 dB、ACS 為 38 dB。」呈現於結案報告第 163 頁。 註： $1/ACIR=1/ACLR+1/ACS$
8	會議紀錄逐字稿建議放到附錄。	感謝委員指導，已重新調整相關論述，並將會議紀錄逐字稿放至附件三、附件四，參結案報告第 267-294 頁。
9	結論建議中，有關 NTN 「代理」、「頻寬上限」的相關建議，請再確認現行相關規定予以調整。	感謝委員指導，已調整相關論述，修正後內容請參見結案報告第七章。
10	(文字錯漏) P.171 「由表 5 得知」沒有表 5；「此訊號已略低於雜訊功率」應為已。	感謝委員指導，針對表格編號誤植一世，已更改為表 5-4，同時修正錯別字，參結案報告第 173 頁。
二、工作小組意見：		
1	P.23，「最終決議，新增一下頻段 供 HIBS 使用」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正錯別字，參結案報告第 22 頁。
2	P.28，「Release 19 定義支援環境物聯網設備之架構」，請補充說明環境物聯網之定義為何？	感謝工作小組指導，環境物聯網 (Ambient IoT) 設備透過環境中的能量 (如無線電波、光等) 作為電力來源，故無須安裝電池。此種設備具有體積小、成本低和超低功耗之特性。
3	P.28，「3GPP 討論衛星非地面網路應用案例」，衛星非地面網路是否為 Satellite-based NTN Architectures？	感謝工作小組指導，於 3GPP Release 16 討論多種衛星地面網路類型 (Satellite-based NTN Architectures) 之網路架構，並補充英文於結案報告第 27 頁。
4	P.37，「戶外使用新 5G RAN；偏鄉將仰賴 5G RAN、4G RAN、低軌衛星或其他替代技術混合」，請補充說明新 5G RAN。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 36 頁。
5	P.39，「WRC-27 將對衛星 D2D 服務進行討論，同時解決議題 1.12、1.13 及 1.14 可能出現新 MSS 頻段分配問題」，請就本段內容再予以完整描述。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 38 頁。
6	P.42，「Marlink.....發展獨特性網路將多種	感謝工作小組指導，XChange 是 Marlink 的

	類型衛星連接技術（從 GEO、LEO 到 MEO）與地面技術結合，整合多頻段衛星通訊、微波和行動通訊（4G/5G）」，請問該公司如何進行 P.67 所提的「GEO、MEO、LEO 之服務層互連」及整合微波和行動通訊（4G/5G）？	整合管理平臺，主要負責協調和優化所有網路元件和應用程式，其採用軟體定義廣域網路（SD-WAN）技術，透過控制軟體在硬體上實現網路的配置和管理，並能靈活運用多種硬體平臺和連接選項，以提高網路效率、安全性和靈活性。參結案報告第 41 頁。
7	P.50，「公告詢問如果授權 HAPS 使用 70/80/90 GHz 頻段，是否應施加技術限制以保護頻段的既有使用者」，請補充詢問結果。	感謝工作小組指導，已修正相關文字，明確說明 2021 年 HAPS 意見徵詢是整體修法過程的探詢階段。從 2024 年最終修正規則可知，FCC 優先處理移動端點應用及天線技術規範等較成熟議題，未納入 HAPS 相關規範。參結案報告第 49-50 頁。
8	P.54，「……註冊岸對船、岸對浮空器、船對岸以及浮空器中繼站的發射機。所有此類海事操作在註冊完成前不得進行」，請補充不得進行之事項。	感謝工作小組指導，已修正相關文字，明確說明註冊完成前「不得啟用或開通這些通訊設備」。參結案報告第 53 頁。
9	P.61，「Space X 已重新申請 STA 執照，新執照於同年（2024）5 月 1 日起生效，並再次授權為期 180 天的測試權限」，測試期間已過，請持續觀察後續結果。	感謝工作小組指導，FCC 於 2024 年 11 月 26 日同意 SpaceX 於美國境內提供 SCS 服務，惟該 SCS 服務需遵守「無干擾、無保護」原則。已補充相關內容於結案報告第 61 頁。
10	P.69，「由歐盟各會員國國家主管機關管理無線電頻譜，且各國主管機關使用國家無線電頻譜分配表，來定義無線電頻譜使用框架，並透過個人或一般授權將無線電頻譜分配給不同使用者」，請修正文字語意。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 70 頁。
11	P.70，「SpaceX 旗下衛星網路服務由 Starlink 負責，並以名為「Direct to Cell」推出衛星通訊服務。2022 年 8 月，SpaceX 宣布與美國電信營運商 T-Mobile 建立合作關係，擬運用 Starlink 第二代低軌衛星星鏈（Starlink Gen2）結合 T-Mobile 地面行動網路系統，補充美國境內網路涵蓋範圍，使無線網路服務擴展至偏遠地區，消除美國境內所有訊號盲區（dead zones）」，本段內容與歐盟關聯部分為何？請予以修正。	感謝工作小組指導，已刪除文字，參結案報告第 71 頁。
12	P.72，「另外，RSPP 於 2024 年頻譜政策計畫保留關鍵政策目標，以保持技術創新及發展」，請補充與 B5G/6G 相關之內容。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 72 頁。

13	P.76, 表 4-1、歐盟及各國用於 MSS 之 2GHz 頻段既有授權與使用情況，國家授權乙欄「法國：為 2 GHz 頻段 MSS 歐盟授權太空系統之通知主管機關」，本段文字語意不明，請予以修正。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 77 頁。
14	P.77, 「目前歐盟免執照頻段之飛機模型使用集中於 2.4 GHz 及 5.8 GHz 頻段（用於像機、各種模擬解決方案及高增益接收天線之追蹤）」、「多鏈路同步操作如實時影像；模型及消費者使用」，請確認兩段文字之語意為何？	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 78-79 頁。
15	P.77, 「無人機通訊頻譜可利用四種不同方式：免執照頻段、專用頻段、當地執照或租賃頻譜及公共行動 IMT 頻段」，4 種頻譜使用方式與 P.78 表 4-2 頻譜接取乙欄並未一致，另請補充說明何謂「無人機有效負載」。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 79 頁。
16	P.81, 「加強頻譜使用者操作能力：Ofcom 管理約 400,000 個有效頻譜執照」，請問管理部分有無管理系統？並請確認數量來源。	感謝工作小組指導，根據英國 Ofcom 頻譜資訊用戶（Spectrum information portal）可查看 Ofcom 的資訊系統（System Information System, SIS）可搜尋到的執照共有 42,059 張。
17	P.84, 「最後 Ofcom 認為 Rivada 具有與既有及未來 NGSO 執照持有者共存之技術能力，且授權該申請不太可能降低消費者服務」，請補充說明 Ofcom 之最後決議。	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 85 頁。
18	P.87, 「執照主要用於固定鏈路不建；於少數情況下，頻譜接取執照持有者……」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正錯別字，參結案報告第 88 頁。
19	P.88, 「此頻段微衛星上行鏈路（地對空）核心頻段之一」，請修正錯別字。	感謝工作小組指導，已修正錯別字，參結案報告第 89 頁。
20	P.90, 「有明確指出無人飛行系統不允許使用 Ka 頻段」，英國不允許使用 Ka 頻段之原因為何？	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結案報告第 91 頁。
21	P.90, 表 4-5、無人飛行系統操作員之無線電執照頻段，此系統與表格內系統欄位是否相同？另此意旨是否為表內所有頻段於無人機皆可使用？	感謝工作小組指導，Ofcom 提出無人飛行系統操作員之無線電設備，將依照表 4-5 進行執照頻段申請；無人飛行系統皆依照不同用途提出相對應頻段作申請。
22	P.96, 「此頻譜僅限於無人機控制與控制與	感謝工作小組指導，已重新調整論述，參結

	非有效酬載通訊」，請確認文字語意。	案報告第 97 頁。
23	P.110,「目前運行的高精度 GPS 接收器和銓星用戶終端可能需要額外的保護」,請補正缺漏字。	感謝工作小組指導,已將「銓星」更正為「銓星」(Iridium),參結案報告第 111 頁。
24	P.134,表 4-10「將頻譜利用效率從原本的 3 bit/symbol 提升至 3 bit/symbol 後半到 4 bit/symbol (1.1 倍以上)」請修正文字語意。	感謝工作小組指導,已將該句修改為「頻譜利用效率由原先的 3 bit/symbol 優化至 3.5~4 bit/symbol (提升 1.1 倍以上)」,參結案報告第 135 頁。
25	P.142,「準天頂衛星系統(1980-2010 MHz)」乙項系統,請說明其檢討結果為何未採用 P.139 所提之 3 個模型。	感謝工作小組指導,該文件僅提及檢討結果之干擾量在容許值內,且改善值為負數,因此推測並無須進行 Step 2。已調整相關論述,參結案報告第 142-143 頁。
26	P.146,「日本探討行動通訊於高通使用之頻率共用」,本段文字誤植,請修正。	感謝工作小組指導,已修正相關文字,參結案報告第 147 頁。
27	P.175,「為維持無人機在空中飛行之安全需要在無人機與地面控制站建立 3 種功能之無線通訊系統,其中包含感測與避免碰撞(sense and avoid)」,請問為實現此功能是否有使用到特定頻率?	感謝工作小組指導,使用 ISM band 頻率即可實現此功能。
28	P.178,「載波聚合:建立能夠進行載波聚合的 SDR 解決方案」,請問先進軟體定義無線電 SDR 技術的開發包含載波聚合的考量為何?	感謝工作小組指導,主要考量在於增加頻譜使用效率,利用 SDR 可彈性調整載波頻率及頻譜寬的特性,將分散之頻譜,整合成一個完整的頻道。
29	P.178,「SDR 模組內建現場可程式化邏輯閘陣列(Field Programmable Gate Array, FPGA)硬體,將類比電波訊號進行類比轉數位轉換取樣後,於電腦進行軟體運算」,FPGA 是否只單純進行 A/D 轉換功能還是有其他功用?	感謝工作小組指導,FPGA 也可進行 D/A 之轉換功能。當 SDR 作為發射功能時,FPGA 進行 D/A 轉換功能;若 SDR 作為接收功能時,FPGA 進行 A/D 轉換功能。
30	P.184,「未來無人機相關應用之頻譜需求將會大幅增加」,目前業界已有利用無人機使用 Ka 頻段之實驗規劃,請持續觀察及研析未來頻率核配使用之管理機制。	感謝工作小組指導。
31	P.202,表 6-2、美國聯邦執法用途之互通頻道之初始聯繫的國內呼號(National Calling, NC)頻道採收發同頻,而表 6-3、美國聯邦救災應變用途之互通頻道其初始聯繫的國內呼號(National Calling, NC)頻道採收發不同頻,另前揭兩個表格均有特	感謝工作小組指導。本計畫認為,採收發同頻可節省頻率,但通信效果上會有些許延遲。採收發不同頻,會多用一個頻道,但因可同時收發,比較不會有溝通上的延遲,特別在緊急救災應變上,有其急迫性。而採用 Simplex 之頻道,適合用於下達指令給群組

	別標註 Simplex，請問以上規劃是否有特殊考量？	之情境。而 Duplex 可用於建置中繼系統之所需。
32	P.203，「在緊急情況下，聯邦機構之無線設備也可以使用 FCC 已指配給非聯邦單位使用之無線頻率，且必須與緊急情況直接相關」，其中一項條件限制為「所有操作都必須在原使用者的直接控制下進行」，請補充說明此一情境。	感謝工作小組指導，此情境，旨在維護原頻率持有者的權益，並避免對非聯邦通訊系統造成有害干擾。
33	P.204，「根據 MDRI 規則，設施基礎的行動業者需要遵循以下幾項要求以增強網路的韌性和恢復能力」，請確認文字語意。	感謝工作小組指導，已修正為「擁有基礎設施的行動業者」參結案報告第 206 頁。
34	P.225~P.229，因應通傳會業於 113 年 11 月 14 日修正「實驗研發專用電信網路設置使用管理辦法」，請再確認本段中涉及引用前揭管理辦法之法條條次與內容。另 P.226，表 7-1、商業實驗研發專用電信網路的定義部分，請補充電信服務之定義(前項電信服務，以電信事業所未提供者為限)。	感謝工作小組指導，已依通傳會最新公告之「實驗研發專用電信網路設置使用管理辦法」修正報告相關條次與內容，並調整至附件二，參結案報告第 264-266 頁。
35	P.231，「除法規另有規定外，申請公眾電信網路時，申請者應以股份有限公司為限」，請確認此處之公眾電信網路是否為使用電信資源之公眾電信網路？	感謝工作小組指導，依《電信管理法》第 36 條第 4 項規定，申請設置使用電信資源之公眾電信網路者，以股份有限公司為限，其董事長應具有中華民國國籍。
36	P.233，表 7- 4、「使用電信資源之公眾電信網路」之申請程序以及適用規範，請補充引用《電信管理法》第 54 條之項次為何？	感謝工作小組指導，已調整相關論述，參結案報告附件二。
37	P.236，「因此異質網路業者得依《電信管理法》第 56 條或其他相關子法之規範」，對應圖 7-1，依《電信管理法》第 56 條申請，是否仍會有頻寬上限要求問題？	感謝工作小組指導，已調整相關論述，修正後內容請參見結案報告第七章。
38	P.242，「請參酌前述衛星業者使用行動業者持有之 MSS 頻率部分」，應為 IMT 頻率，是否誤植？	感謝工作小組指導，已刪除相關內容。
39	P.249，「救災情境：頻率目前被定性為財產權」，頻率是否具備物的概念之財產權，宜再審酌。	感謝工作小組指導，已調整論述方式，參結案報告第 234 頁。
40	P.249，「若為徵用，主辦演習機關應於解除徵用時，依前述評定小組所評定之價格一次給付，如有財物有所毀損，則應另支付補償金」，請問如為徵用，後續是否還有發	感謝工作小組指導，依《全民防衛動員準備演習財物徵購徵用補償及解除徵用辦法》第 12 條規定，當財物徵用原因消滅時，主辦演習機關即應解除徵用，辦理財物發還，

	還解除徵用物資之程序?	並依「財物徵購徵用計價補償評定小組」評定之補償金額，一次給付補償金。相關論述補充於結案報告第 234 頁。
41	P.281「參照《公眾電信網路設置申請及審查辦法》第 7 條規範，建議先鼓勵由行動業者代理國外衛星業者之方式於我國提供服務」，不以本部所管法規辦理之考量因素為何?另如果代理規定刪除，如何依循相關規定?	感謝工作小組指導，已刪除相關內容。
42	P.302，「本計畫將參考國際間作法，同時考量我國國情，於期末報告提出異質網路頻譜管理政策相關建議」及「本計畫將於期末階段補充 FSO 在異質網路架構下，可提供之案例服務內容，可作為未來考慮選項之相關說明」，請問上開兩段文字所提之補充事項出現於期末報告何處?	感謝工作小組指導，已調整相關論述，修正後內容請參見結案報告第 255 頁。