1100204coco

110 年度「下世代無線通訊發展趨勢」委託研究報告

上冊

委託單位：交通部

執行單位：財團法人資訊工業策進會

民國 110 年 12 月

本報告為研究案並不代表交通部意見

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

110 年度

「下世代無線通訊發展趨勢」

委託研究報告

受委託研究單位：財團法人資訊工業策進會

研究主持人：林柏齊

研究期程：中華民國 110 年 3 月至 110 年 12 月

研究經費：新台幣壹仟肆佰陸拾萬元整

交通部 委託研究

中華民國 110 年 12 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

國家圖書館出版品預行編目資料

110 年度「下世代無線通訊發展趨勢」委託研究報告
/林柏齊等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部, 民 110. 12
冊 ; 公分
ISBN 978-986-531-352-4(全套：平裝)

1. 無線電通訊業 2. 技術發展 3. 產業發展

484.6 110020178

110 年度「下世代無線通訊發展趨勢」委託研究報告
著 者：林柏齊、鄭兆倫、鍾曉君、曾巧靈、黃仕宗、
劉治良、黃晨勳

出版機關：交通部
地 址：10052 臺北市仁愛路一段 50 號
網 址：http://www.motc.gov.tw
電 話：(02)2349-2900
出版年月：中華民國 110 年 12 月
印 刷 者：承亞興圖文印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 30 冊
定 價： 1200 元
本書同時登載於交通部網站
展售處：五南文化廣場 40042 臺中市中區中山路 6 號
電話: (04) 2226-0330 轉 10 或 28
http://www.wuan.com.tw
國家書店松江門市 10485 臺北市松江路 209 號 1 樓
電話: (02) 2518-0807
國家網路書店: http://www.govbooks.com.tw

GPN：1011002061
ISBN：978-986-531-352-4
著作財產權人：交通部
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

交通部郵電司委託研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="3">出版品名稱：110 年度「下世代無線通訊發展趨勢」委託研究報告</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊書)</td><td>政府出版品統一編號</td><td>計畫編號</td></tr>
<tr><td>978-986-531-352-4</td><td>1011002061</td><td>1100204coco</td></tr>
<tr><td rowspan="2">主管：王廷俊
聯絡電話：02-23492200
傳真號碼：02-23813928
e-mail：tc_wang@motc.gov.tw
承辦人：吳昆諺
聯絡電話：02-23492205
傳真號碼：02-23813928
e-mail：kywu@motc.gov.tw</td><td rowspan="2">研究單位：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所
計畫主持人：林柏齊
聯絡電話：02-6631-1210
傳真號碼：02-2732-1353
e-mail：bochilin@iii.org.tw
研究人員：林柏齊、鄭兆倫、鍾曉君、曾巧靈、黃仕宗、劉治良、黃晨勳
通信地址：台北市敦化南路二段 216 號 19 樓
聯絡電話：02-6631-1210</td><td>其他參與合作之研究團隊
財團法人電信技術中心、台灣經濟研究院、資策會科技法律研究所
研究期間
自 110.03
至 110.12
研究經費
壹仟肆佰陸拾萬元整</td></tr>
<tr><td colspan="3">關鍵詞：頻譜規劃、頻譜政策、B5G 低軌衛星、B5G/6G、行動寬頻專網、專用電信</td></tr>
<tr><td colspan="3">摘要：
本計畫內容主要針對未來 B5G/6G 與衛星通訊之興起趨勢，組織國內研究能量、進行趨勢蒐集並探討對應之頻譜政策，促使我國 B5G/6G 與低軌衛星通訊政策能接軌國際，加速國內服務落地與產業發展。
為達成上述目標，本計畫針對三個重點方向開展研究。首先，追蹤國際衛星申請與協調作法，提供我國在國際衛星申請途徑之可行方案建議。研析主要國家 B5G 低軌衛星頻譜規劃、供應作法與不同地面通訊業務之和諧共用模式相關決議報告與諮詢文件等，同時盤點國際主要 B5G 低軌衛星服務業者之發展動態、商業模式與服務落地策略。藉由座談會掌握我國 B5G 低軌衛星發展現況與相關頻譜需求，協助規劃國內 B5G 低軌衛星頻譜指配與供應作法，及服務落地監管建議。
其次，鑒於國際已陸續展開 B5G/6G 技術及應用領域之先期研究，並擘劃下個十年藉 B5G/6G 通訊技術所支援的多元化創新垂直應用場景。為因應未來多元應用場景，預期 B5G/6G 通訊將具備智慧且支援多功能通信，以及陸地、海洋、天空甚至太空之多樣性廣域通信覆蓋，並實現無所不在智慧連網，有利於全社會、產業環境數位轉型。然而，展開 B5G/6G 無線通訊技術與應用研究同時，更需前瞻研析頻譜資源的運用方式，透過掌握國際針對 B5G/6G 世代各面向之頻譜資源運用的前瞻研究，歸納各關鍵技術與應用所需潛在可釋出、應整備之頻譜資源，提出我國對於未來 B5G/6G 無線通訊頻譜規劃之政策建議。同時針對自 5G 以來，備受矚目之專用頻譜發展，亦持續追蹤未來隨著垂直應用產業對新興通訊技術需求增長，研析 B5G/6G 世代專頻供應模式發展動態，並透過座談會掌握我國產業需求，提出我國後續滾動式調整行動專網頻譜規劃之建議。
最後，為接軌國際 B5G/6G 無線通訊發展趨勢，培養專業人才參與如 3GPP、ITU 等國際重要會議活動，掌握國際標準組織於 B5G 低軌衛星及 B5G/6G 無線通訊等領域之標準制定進展、頻率規劃關聯重要議題，並組成相關研習小組，分享國際新知與趨勢並凝聚關鍵議題共識，建立我國相關專業領域人才庫，加強與我國產、官、學、研界進行連結與互動。</td></tr>
</table>

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
110 年 12 月	1364	1200	凡屬機密性出版品均不對外公開，普通性出版品；公營、公益機關團體及學校，由本部依業務性質函送參考，其他需要者可函洽本部免費贈閱，或逕進入 www.motc.gov.tw 之出版品項下下載。
機密等級： ☐限閱☐密☐機密☐極機密☐絕對機密 (解密【限】條件：☐　年　月　日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密) ☑普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見			

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

PUBLICATIONABSTRACTS OF RESEARCH PTOJECTS
DEPARTMENT OF POSTS & TELECOMMUNICATIONS
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE：Commissioned Research in Next Generation Wireless Communication Development Trend (2021)		
SBN（OR ISSN）	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-352-4	1011002061	1100204coco

DIRETOR GENERAL：Wang, Ting-Jun
PHONE：02-23492200
FAX：02-23813928
E-MAIL：tc_wang@motc.gov.tw
CASE OFFICER：Wu, Kun-Yen
PHONE：02-23492205
FAX：02-23813928
E-MAIL：kywu@motc.gov.tw

RESESRCH AGENCY：Institute for Information Industry, Market Intelligence & Consulting Institute
PRINCIPAL INVESTIGATOR：Lin Bo Chi
PHONE：02-6631-1210
FAX：02-2732-1353
E-MAIL：bochilin@iii.org.tw
PROJECT STAFF：Lin Bo Chi, Cheng Chao Lun , Chung Hsiao-Chun, Tzeng Chiau Ling, Huang Shih-Tsung, Liu Zhi-Ling, Huang Chen Hsun
ADDRESS：19F, No.216, Sec 2, Dunhua S. Rd.,Taipei, 106, Taiwan, R.O.C
PHONE：02-6631-1210

PROJECT PERIOD	From:March 2021 To: December 2021	PROJECT BUDGET	NTD 14,600,000

KEY WORDS：Spectrum policy, Radio frequency allocation, Frequency coordination, Low earth orbit satellite, B5G/ 6G, Mobile broadband private network, Dedicated telecommunications network

ABSTRCT：

Along with the rapid commercialization of 5G services, international standard organizations, industries, and government policy making bodies are continuingly conducting research and discussions in next-generation communications such as application scenarios, technological challenges, standardization, and spectrum management.

In order to maximize social benefits through spectrum policy-making, in 2021, Ministry of Transportation and Communications initialized studies on tracking international technology, industrial, and policy-making trends in B5G/6G wireless communications and low-orbit satellite communication. This research project includes five programs: (1) Proposals for Taiwan's radio frequency allocation for B5G LEO satellite communication; (2) Analysis of key technology and application trends of B5G/6G wireless communications; (3) Cultivating talents in B5G/6G communications; (4) Seminars; (5) Proposals for future research plan in B5G/6G wireless communications related topics.

DATE OD PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSFICATION
December 2020	1364	NTD 1200	☐SECRECT ☐CONFIDENTIAL ☑UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

全文摘要

5G 商用服務已於全球大多數國家迅速開展，我國於部分硬體設備與應用服務具有優勢、享有商機，然而在主要國家、標準組織及產業界積極運作下，亦已啟動 B5G/6G 新興通訊技術的相關布局，我國實須密切關注相關動態發展，提前掌握與進行技術與應用研發。另一方面，低軌衛星通訊具有為 4G、5G 等地面行動通訊網路難以觸及的區域提供無線寬頻服務的條件，加上近年來衛星本體與發射成本下降，可望成為企業與消費者上網服務的另一選項。

為促使我國 B5G/6G 與低軌衛星通訊政策能接軌國際，加速國內服務落地與產業發展，相關電信資源整備與供應實必須以宏觀視野，進行完整探討與妥適因應。本計畫以「B5G 低軌衛星使用頻譜規劃政策建議」、「B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢」為兩大研究主軸，觀測 B5G/6G 技術與應用發展、及其所需之頻譜需求與整備，包含不同技術與應用特性的頻譜所需、頻譜資源的劃分、重整與和諧使用。同時，因應我國正式啟動低軌低軌通訊衛星計畫，預計 2021 到 2024 年投入總額 40 億元的經費，目標 2025 年發射台灣首顆低軌通訊衛星。提出未來我國低軌衛星國際頻率協調可行路徑可行方案；另一方面，針對低軌衛星於我國服務落地，在考量國際監管方向與我國國情下，提出我國頻率整備、供應與相關監管等機制建議。

本計畫亦透過「B5G/6G 無線通訊人才培育規劃」掌握國際 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準相關發展進程與趨勢，長期培育我國專注相關領域之人才，並藉由「研討會之辦理」促進國內外產官學研專家交流與廣納意見，作為相關具體政策建議之重要參考。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

目錄

前言、計畫概述與說明 1

一、 計畫範圍與內容 1

二、 計畫目標.....2

(一). 提出包括我國申請衛星頻率可行方式、衛星通訊網路服務可能模式及國內頻率供應作法等重點項目之 B5G 低軌衛星通訊頻譜規劃政策建議 2

(二). 蒐研 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢，提出相關頻譜規劃政策建議 2

(三). 培育我國 B5G 衛星通訊、B5G/6G 無線通訊專業人才 3

(四). 辦理有助研究成果展現完整結論或分享國際活動參與、研習小組討論等成果之大型國際研討會，並廣邀國內外產官學研界代表出席 3

(五). 提出 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 無線通訊等議題未來 3 年研究建議 4

三、 研究方法.....4

(一). 文獻蒐集分析與評論.....5

(二). 標竿案例分析.....5

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 深度訪談與座談會.....6

四、 研究進度.....7

(一). 期中報告（110 年 6 月），內容包含：.....8

(二). 期末報告（110 年 11 月），內容包含：.....8

第一章：子題 1.1，研析我國申請衛星頻率可行方式.....10

一、 國際衛星頻率申請方式與協調機制政策現況.....10

(一). ITU 衛星頻率申請程序與協調機制.....10

(二). 主要國家衛星頻率申請方式與協調程序.....19

(三). 其他國際間取得衛星使用頻率可能方式.....61

二、 我國衛星頻率使用之過往經驗.....63

(一). 中新 2 號衛星合作經驗.....64

(二). 福衛 7 號衛星計畫合作經驗.....64

(三). 玉山、飛鼠等衛星經驗.....65

(四). 我國過往開放鈺衛星經驗.....66

三、 我國衛星頻率申請可行性評估與建議.....66

(一). 國際主要國家衛星頻率申請制度比較評估.....66

(二). 我國進行衛星頻率國際協調之可行管道評估.....70

(三). 我國衛星頻率申請之政策建議.....73

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

四、 小結.....77

第二章：子題 1.2，研析 B5G 低軌衛星通訊網路服務可能模式.....82

一、 國際 B5G 低軌通訊網路可能模式.....82

(一). 美國低軌衛星通訊服務業者 SpaceX.....84

(二). 美國低軌衛星通訊服務業者 Amazon.....95

(三). 英國低軌衛星通訊服務業者 OneWeb.....102

(四). 加拿大低軌衛星通訊服務業者 Telesat.....115

(五). 小結.....125

二、 境外衛星事業落地方式.....127

(一). 英國.....127

(二). 德國.....137

(三). 美國.....147

(四). 日本.....164

(五). 韓國.....185

(六). 新加坡.....196

(七). 澳大利亞.....207

(八). 小結.....240

第三章：子題 1.3，B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法.....243

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

一、 國際組織低軌衛星通訊相關頻率規劃 243

(一). ITU 衛星通訊頻率相關議題.....243

(二). 3GPP 低軌衛星通訊相關頻率規劃 245

二、 主要國家 B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法 251

(一). 英國.....251

(二). 德國.....257

(三). 美國.....260

(四). 日本.....266

(五). 韓國.....267

(六). 新加坡.....269

(七). 澳洲.....270

三、 小結.....277

(一). 主要國家低軌衛星頻率供應方式 277

(二). 我國低軌衛星頻率供應方式建議 278

第四章：子題 1.4，B5G 低軌衛星相關測試所需創新實驗頻譜 281

一、 主要低軌衛星營運商新一代星系頻率使用規劃 281

二、 主要低軌衛星營運商創新實驗頻譜申請和規劃 282

(一). SpaceX 向 FCC 申請實驗頻譜試驗為其移動終端進行測試

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

.....282

(二). Kuiper 向 FCC 申請原型衛星測試.....284

(三). FCC 部分授權同意波音公司的 V 頻段低軌衛星星系.....287

三、 主要國家之低軌衛星相關實驗頻率 289

(一). KDDI 與 Starlink 於日本進行服務連線測試.....289

(二). 新加坡展覽、測試與示範目的之暫時頻率許可 289

四、 小結.....291

(一). 國際低軌衛星營運商創新實驗頻段 291

(二). 我國低軌衛星創新實驗頻段建議 292

第五章：子題 1.5，B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式 293

一、 ITU 無線電規則與相關決議 293

(一). 低軌衛星與廣播衛星間之和諧共用 293

(二). 低軌衛星與地球軌道同步衛星間之和諧共用 293

(三). 低軌衛星系統間之和諧共用.....295

(四). 衛星通信與行動通訊和諧共用議題 296

(五). 移動式地面站（ESIM）頻譜規劃與監管現況.....298

(六). 衛星物聯網頻譜規劃與調適.....302

二、 主要國家 B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式 309

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(一). 英國.....309
(二). 德國.....311
(三). 美國.....316
(四). 日本.....340
(五). 韓國.....342
(六). 新加坡.....343
(七). 澳洲.....344
三、 小結.....351
(一). 主要國家低軌衛星通訊與其他地面通訊和諧共用作法 ..351
(二). 我國 B5G 低軌衛星與其他地面通訊和諧共用機制建議.353
第六章：子題 2.1，研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢..356
一、 前言.....356
二、 國際組織 B5G/6G 技術發展與標準化進程.....359
(一). 5G 後期標準：Release 17 359
(二). 5G-Advanced：Release 18.....391
三、 主要國家/區域組織與大廠 6G 技術先期研究方向.....419
(一). 主要國家/組織.....421
(二). 關鍵營運商/大廠.....457

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(一). 小結.....471

四、 B5G/6G 創新應用趨勢 473

(一). 高空通訊平台.....473

(二). 軌道通訊.....483

(三). 從國際主要產學研 6G 先期研究前瞻 6G 應用.....499

第七章：子題 2.2，研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務之頻譜需求.....520

一、 前言.....520

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求進程 521

(一). 議項 1.1：在允許 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用下 PFD 限制標準的必要性 522

(二). 議項 1.2：探討於 6-24GH 範圍內新增頻段標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性 523

(三). 議項 1.3：探討 1 區 3600-3800MHz 標誌 IMT 為主要業務劃分的可行性 525

(四). 議項 1.4：研議 2.7GHz 以下部分 IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 的可行性 526

(五). 議項 1.5：研議 1 區廣播業務的 470-694 MHz 是否開放移

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

動通訊使用 527

(六). 小結.....529

三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題 530

(一). 熱門頻段衝突：6GHz.....530

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊 540

(三). 創新應用頻譜需求：極高頻.....548

四、 結論.....559

(一). 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求進程.....559

(二). B5G/6G 頻譜需求關鍵議題.....561

第八章：子題 2.3，研析 B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜整備規劃.....567

一、 前言.....567

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下主要區域/國家頻譜整備規劃.....567

(一). APT 關於 WRC-23 議項 1.2 的初步意見.....568

(二). APT 關於 WRC-23 議項 1.4 的初步意見.....570

(三). 小結.....572

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下主要國家頻譜整備規劃

.....573

(一). 熱門頻段衝突：6GHz.....573

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊 583

(三). 創新應用頻譜需求：極高頻.....587

四、 結論.....598

(一). 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下主要區域/國家頻譜整備規劃 598

(二). B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下主要國家頻譜整備規劃.....600

第九章：子題 2.4，研析行動寬頻專網頻率供應模式.....605

一、 前言.....605

二、 英國.....606

(一). 行動寬頻專網政策.....606

(二). 專網供應模式.....607

(三). 專網垂直應用.....618

(四). 小結.....621

三、 德國.....621

(一). 行動寬頻專網政策.....621

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 專網供應模式.....622
(三). 專網垂直應用.....625
(四). 小結.....626

四、 美國.....627

(一). 行動寬頻專網政策.....627
(二). 專網供應模式.....628
(三). 專網垂直應用.....632
(四). 小結.....633

五、 日本.....633

(一). 行動寬頻專網政策.....633
(二). 專網供應模式.....634
(三). 專網垂直應用.....639
(四). 小結.....640

六、 韓國.....641

(一). 行動寬頻專網政策.....641
(二). 專網供應模式.....643
(三). 專網垂直應用.....646
(四). 小結.....647

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

七、 新加坡.....647

(一). 行動寬頻專網政策.....647

(二). 專網垂直應用.....648

(三). 小結.....650

八、 澳洲.....650

(一). 行動寬頻專網政策.....650

(二). 專網垂直應用.....651

(三). 小結.....652

九、 各國主要獎勵政策.....652

(一). 日本行動寬頻專網推動政策.....652

(二). 韓國行動寬頻專網推動政策.....654

十、 結論與建議.....655

(一). 結論.....655

(二). 建議.....660

(三). 配套措施.....662

第十章：子題 2.5，提出我國 B5G/6G 頻譜規劃政策建議.....666

一、 前言.....666

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下我國頻譜規劃政策建議

.....666

(一). 議項 1.2.....666

(二). 議項 1.4.....669

(三). 小結.....673

三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下我國頻譜規劃政策建議

.....674

(一). 熱門頻段衝突：6GHz.....674

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊 677

(三). 創新應用頻譜需求：極高頻.....680

四、 行動寬頻專網頻率供應模式 683

(一). 拓展行動寬頻專網使用頻譜.....684

(二). 提升行動寬頻專網效率作法.....688

(三). 行動寬頻專網推動配套政策.....692

五、 結論.....695

(一). 頻譜整備優先順序.....695

(二). 頻譜整備行動方案建議.....702

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表目錄

表 1 計畫研究範圍與內容 1

表 2 本案四個分項研究進度與規劃 7

表 3 國際電信聯盟衛星頻率協調權責區分與概述 11

表 4 無線電規則第 11 條包含之衛星申請規範概要 17

表 5 國際電信聯盟衛星頻率協調申請費用 18

表 6 美國 FCC 衛星布建門檻.....21

表 7 美國 FCC 綜合執照適用之衛星服務與頻段.....23

表 8 美國 FCC 第 312 號申請主表格（部分節錄）.....24

表 9 美國 FCC 附件 S-衛星電臺申請表格（部分節錄）.....25

表 10 美國 FCC 不同衛星執照年限彙整表.....25

表 11 美國 FCC 衛星電臺—申請收費標準(節錄).....27

表 12 美國 FCC 衛星電臺—監理費用收費標準.....28

表 13 英國 Ofcom 衛星申請書表之主要提供訊息 30

表 14 德國衛星網路頻率申請之最小資訊提供要求 43

表 15 德國申請衛星系統頻率相關之一次性費用 44

表 16 德國申請衛星系統頻率相關之年費費用 44

表 17 日本申請人造衛星執照流程與繳交文件 49

表 18 日本人造衛星申請手續費一覽 50

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 19 新加坡衛星申請費用 53
表 20 IMDA 衛星申請相關資訊.....53
表 21 國際電信聯盟衛星申請時間表 55
表 22 申請人填寫資料表格 56
表 23 衛星業者承諾書 57
表 24 太空頻率協調小組（SFCG）成員名單 62
表 25 太空中心立方衛星簡介 65
表 26 各國衛星頻率申請費用收費標準比較 67
表 27 各國衛星申請制度比較 69
表 28 我國衛星頻率申請或協調之可行管道評估 72
表 29 衛星頻率取得管道之重點情境 73
表 30 我國衛星發展情境與潛在效益挑戰 74
表 31 我國衛星頻譜申請可行管道與預期時程 77
表 32 無線電規則衛星頻率申請制度彙整 78
表 33 主要國家衛星頻率申請制度摘要 79
表 34 我國衛星頻率申請成功案例摘要 80
表 35 SpaceX 的 Startlink 計畫 85
表 36 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）之佈署情形.....85
表 37 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）使用之鏈接類型、傳輸方向及

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻率範圍.....86
表 38 Starlink 衛星系統（V 頻段）之佈署情形.....87
表 39 Starlink 衛星系統（V 頻段）使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍.....88
表 40 Starlink 第二代衛星系統之佈署情形.....88
表 41 Starlink 第二代衛星系統使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍.....89
表 42 各國 SpaceX 的資費方案.....95
表 43 Kuiper 佈署 NGSO 之使用頻段.....96
表 44 Amazon 的 Kuiper 計畫.....96
表 45 Kuiper 衛星系統之 5 階段佈署規劃.....98
表 46 Kuiper 之天線規格與傳輸速率.....98
表 47 Kuiper 衛星系統於各國落地規劃進程.....99
表 48 OneWeb LEO 計畫.....105
表 49 OneWeb 於各國落地規劃進程彙整表.....107
表 50 OneWeb 提供服務類型.....109
表 51 OneWeb 籌資歷程.....109
表 52 OneWeb 衛星發射佈署進程.....111
表 53 OneWeb 的合作夥伴關係.....113

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 54 加拿大核准衛星執照申請及頻段 115
表 55 Telesat Lightspeed 衛星系統 116
表 56 Telesat 於各國落地規劃進程彙整表 119
表 57 Telesat 提供服務的類型 120
表 58 Telesat 之籌資管道 121
表 59 Telesat 合作夥伴 124
表 60 地球電臺網路執照申請表（Ofcome）摘要 131
表 61 德國衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz） 139
表 62 德國衛星地球電臺申請內容 141
表 63 衛星地球電臺與衛星網路頻率分配項目及費用 143
表 64 Starlink 使用頻率範圍 144
表 65 Starlink 衛星網路地球電臺之頻率使用規定 145
表 66 衛星業務類型與使用頻段 149
表 67 FCC 312 申請表 151
表 68 FCC 衛星地球電臺收費表 154
表 69 FCC 授權 SpaceX 使用頻段 158
表 70 國際頻率分佈（10.7~12.75GHz） 167
表 71 國際頻率分佈（14-14.5GHz） 169

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 72 國際頻率分佈（17.8~19.3GHz）.....170
表 73 國際頻率分佈（27.5~30.0GHz）.....172
表 74 Starlink 在日本規劃之使用頻段.....173
表 75 日本無線電臺執照之申請流程.....175
表 76 日本頻率使用費之細項.....178
表 77 日本無線電臺之申請費用.....179
表 78 Ku 頻段服務鏈路干擾情況.....180
表 79 Ka 頻段服務鏈路干擾情況.....181
表 80 日本外資企業投資受規範產業.....185
表 81 韓國衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz）.....187
表 82 韓國基礎通信業務註冊條件.....190
表 83 韓國無線電臺之執照申請費用.....192
表 84 新一代中型衛星發射計畫.....194
表 85 新加坡頻譜分配表（1/2）.....198
表 86 新加坡頻譜分配表（2/2）.....198
表 87 FBO 執照期限與年費.....205
表 88 SBO 執照期限與年費.....205
表 89 衛星通訊電臺執照相關費用.....206

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 90 澳大利亞衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz）.....211
表 91 類別執照頻率範圍內擁有、控制或經營外國太空目標之公司.....213
表 92 Starlink 全區域頻譜執照（AWL-FSS Only）（10 張）.....216
表 93 Starlink 太空站執照（4 張）.....218
表 94 Starlink 太空接收站執照（3 張）.....220
表 95 Starlink 固定地面站執照（12 張）.....221
表 96 Starlink 地面接收站執照（26 張）.....225
表 97 Starlink 獲准澳洲之執照類型與頻段.....231
表 98 彙整澳洲執照特殊條件.....237
表 99 各國衛星服務落地制度綜覽.....242
表 100 WRC-23 衛星相關議題.....244
表 101 3GPP 之 NTN 網路接取情境分類.....246
表 102 3GPP 之 NTN 網路接取情境之相關參數.....246
表 103 3GPP RAN 之衛星網路標準工作藍圖.....249
表 104 3GPP 之 NTN 網路布建情境及使用頻段.....250
表 105 英國固定衛星上鏈可用頻率.....252
表 106 英國固定衛星下鏈可用頻率.....252

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 107 Ofcom 對 NGSO 用戶終端之技術要求 253
表 108 衛星業務類型與使用頻段 261
表 109 FCC 312 申請表 264
表 110 日本 VSAT 地球電臺可用頻率 266
表 111 新加坡固定衛星服務主要頻率分配.....269
表 112 NGSO 頻率管理費.....270
表 113 AWL 執照的頻道分配方向.....275
表 114 主要國家低軌衛星相關頻率供應方式比較 278
表 115 SpaceX 為其海上終端申請實驗頻譜連接.....282
表 116 Kuiper 衛星試驗流程 285
表 117 Kuiper 衛星空對地頻率 286
表 118 Kuiper 衛星地對空頻率 286
表 119 IMDA 暫時使用頻率.....290
表 120 ITU 針對 NGSO 衛星系統間的干擾協調規範.....295
表 121 ITU 針對地面和衛星系統干擾協調方式.....297
表 122 ITU 避免對地面通訊造成干擾規範 NGSO 的 PFD 限制 ..298
表 123 ITU 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式.....301
表 124 國際衛星物聯網業者主流頻段 306
表 125 3GPP 針對 4 種衛星物聯網應用場景討論技術規範.....307

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 126　ECC 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式.....314
表 127　UMFUS 拍賣規則與拍賣結果（Auction101）.....326
表 128　FCC 針對 FSS 地面站在 28GHz 的規範.....327
表 129　UMFUS 拍賣規則與拍賣結果（Auction103）.....328
表 130　FCC 針對 37.5-40GHz 頻段地面站保護區人口限制.....329
表 131　12GHz 相較毫米波的比較（訊號範圍）.....332
表 132　12GHz 相較毫米波的比較（訊號衰減）.....332
表 133　FCC 規範適用 ESIM 頻段.....334
表 134　FCC 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式.....336
表 135　SpaceX 向 FCC 申請 ESIM 使用之頻段.....337
表 136　新加坡固定鏈路服務之使用頻段.....343
表 137 低軌衛星與衛星地面設備及地面通訊之和諧共用機制比較 352
表 138 網通相關大廠主要關注之 R18 工作項目.....395
表 139 日本總務省提出 Beyond 5G 應用技術性能需求.....423
表 140 日本總務省提出實現 Beyond 5G 之關鍵技術與潛在投入研發項目.....423
表 141 中國大陸國家重點研發計畫“寬頻通信和新型網路”重點專項.....433
表 142 6G 通信技術專利發展狀況報告-6G 通訊技術關鍵專利發展現

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

況.....435
表 143 「6G 總體願景與潛在關鍵技術」白皮書十大關鍵技術....436
表 144 NTT Docomo 6G 技術研究領域.....458
表 145 6G 特性指標.....461
表 146 6G 連網情境所需潛在技術領域研析方向 468
表 147 6G 網路系統潛在技術發展方向 469
表 148 HAPS 類型 474
表 149 全球 HAPS 相關計畫 478
表 150「6G 總體願景與潛在關鍵技術」八大 6G 潛在應用場景 ...505
表 151 Hexa-X 計畫擘劃的 6G 用例與相關應用.....507
表 152 智享生活相關應用 512
表 153 6G 潛在社經生活應用場景 517
表 154 3GPP 6GHz 研究項目規劃.....533
表 155 3GPP 6GHz 各研究項目進度規劃.....534
表 156 3GPP 6GHz 各研究項目進度.....535
表 157 各國的 GSM-R 所使用的頻段.....545
表 158 WRC-23 大會 IMT 議項 1.1-1.5 討論頻段 560
表 159 3GPP 6GHz 各研究項目進度規劃.....561
表 160 6GHz 免授權頻段裝置許可操作規範.....576

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 161 美國與歐盟 6GHz 開放頻段操作規範.....600
表 162 美國與歐盟 6GHz 開放頻段公眾諮詢正反論點.....602
表 163 英國促進無線創新之區域性執照頻段潛在用途.....607
表 164 英國促進無線創新之區域性執照規劃.....608
表 165 英國共用接取執照既存用途、未來用途.....610
表 166 英國單一地區低功率執照概述.....611
表 167 英國單一基地臺中功率執照概述.....612
表 168 英國共用接取執照之使用限制.....613
表 169 英國共用接取執照使有者之權利及義務.....614
表 170 英國單一地區低功率執照之技術條件.....615
表 171 英國單一基地臺中功率執照之技術條件.....616
表 172 英國地區接取執照使用條件.....616
表 173 低功率執照持有者公司名稱與執照數量.....617
表 174 中功率執照持有者公司名稱與執照數量.....618
表 175 5G 未來工廠之試驗內容與成效.....620
表 176 德國使用頻段與申請單位頻寬.....623
表 177 德國 3,700MHz-3,800MHz 頻段區域性頻譜申請作業.....623
表 178 德國 26GHz（24.25-27.5GHz）頻段區域性頻譜申請作業.624
表 179 德國 Local 5G 園區網路之使用條件.....624

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 180 德國 Local 5G 園區網路之執照申請現況 625
表 181 美國專網使用頻段 628
表 182 FCC 釋照規劃層級示意 629
表 183 美國優先接取執照（PAL）之釋照作業 630
表 184 美國優先接取執照（PAL）之使用條件 632
表 185 美國優先接取執照（PAL）之執照數 632
表 186 美國優先接取執照（PAL）之拍賣結果 632
表 187 接續、共用以及提供電訊通信批發服務定義 634
表 188 日本地方 BWA 與自營等 BWA 之差異比較 635
表 189 依服務對象區分 Local 5G 之運作模式 636
表 190 日本 Local 5G 執照之申請執照程序 637
表 191 日本 Local 5G 執照之使用條件 638
表 192 日本 Local 5G 執照之申請現況 638
表 193 2021 年度韓國政府在 5G 三大重點促進政策 642
表 194 5G 行動通訊與 5G 專網之特性比較 643
表 195 2019 年「地方課題解決型 Local 5G 相關開發實證」計畫 .653
表 196 韓國政府推出「5G+創新工程」之重點產業 654
表 197 各國行動寬頻專網釋照政策情形 658
表 198 與會專家對 WRC-23 議項 1.2 頻譜政策與規畫方向建議...668

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 199 與會專家對 WRC-23 議項 1.4 頻譜政策與規畫方向建議...671
表 200 與會專家對我國 6GHz 頻譜政策與規畫方向之建議.....675
表 201 與會專家對我國軌道通訊專用電信頻譜政策與規畫方向之建議.....678
表 202 與會專家對我國極高頻頻譜政策與規畫方向之建議.....681
表 203 議題一「拓展行動寬頻專網使用頻譜」之摘要.....684
表 204 議題二「提升行動寬頻專網效率作法」之摘要.....688
表 205 議題三「行動寬頻專網推動配套政策」之摘要.....692

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖目錄

圖 1：無線電規則第 9 條第 I 部分之衛星申請時程.....13

圖 2：無線電規則第 9 條第 II 部分之衛星申請時程 14

圖 3：ITU 衛星申請電子化系統流程圖.....16

圖 4：英國衛星申請流程圖 30

圖 5：英國衛星申請費用 38

圖 6：日本低軌道週期衛星之國際頻率調整流程 47

圖 7：日本人造衛星電臺執照程序 48

圖 8：從申請人提出申請至 ITU 確認收件階段之流程圖 68

圖 9：全球的太空產業市場規模 83

圖 10：Kuiper 之系統架構圖 100

圖 11：OneWeb 衛星系統架構示意圖.....104

圖 12：OneWeb 之股東結構 111

圖 13：Telesat Canada 之股權結構.....123

圖 14：頻譜交易程序（租賃） 133

圖 15：Effelsberg RAS 地球電臺及 Wettzell 大地觀測站周邊保護區域

.....146

圖 16：日本申請無線電站臺之程序 176

圖 17：Starlink 於日本提供服務之示意圖.....183

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 18：澳洲 AWL 適用頻段.....211
圖 19：Starlink 之註冊情形.....215
圖 20：澳洲低密度區與偏遠密度區 232
圖 21：Starlink 澳洲地面站位置圖.....233
圖 22：WRC-19 低軌衛星相關決議.....244
圖 23：英國 28GHz 之頻率劃分現況.....255
圖 24：英國 28GHz Spectrum Access 執照現況 256
圖 25：主要低軌衛星業者現行與未來規劃使用頻段 281
圖 26　ITU 的 4 種標準衛星干擾調適機制.....294
圖 27　ITU 對 ESIM 的頻譜劃分 300
圖 28：衛星 NB-IoT 應用的網路架構.....307
圖 29：美國在特定頻段為 NGSO 優先 321
圖 30：低軌衛星系統因共線（in-line）而發生干擾.....322
圖 31：美國 FCC 規劃將 3.7-4.0GHz 頻段提供 5G 行動使用 325
圖 32：衛星通訊與行動通訊在 28GHz 的頻段衝突.....326
圖 33：衛星通訊與行動通訊在 37.5-42GHz 的頻段衝突 328
圖 34：衛星通訊與行動通訊在 12GHz 的頻段衝突.....331
圖 35：日本 NGSO 衛星通訊系統與固定服務和諧共用頻段 340
圖 36：日本 28GHz 之 Local 5G 與衛星通訊之和諧共用機制.....341

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 37：衛星通訊與其他無線通訊和諧共用機制研究規劃 342
圖 38：ACMA 在 28GHz 的規劃.....347
圖 39：澳洲 AWL 執照釋出頻段.....349
圖 40：行動通訊演進與應用前瞻 358
圖 41：Release 17 工作時間表 361
圖 42：R17 四大研究主題.....361
圖 43：NR 終端裝置三類狀態.....363
圖 44：NR-Light 技術範疇.....364
圖 45：R17 5G 擴展頻段.....371
圖 46：LTE 與 NR 頻譜共享.....373
圖 47：5G NR 三類型鏈結模式.....375
圖 48：NR V2X 與 LTE V2X 383
圖 49：單播、廣播/群播概念圖 384
圖 50：3GPP R18 時間表.....391
圖 51：R18 早期版本研究項目（1/3） 392
圖 52：R18 早期版本研究項目（2/3） 393
圖 53：R18 早期版本研究項目（3/3） 394
圖 54：車載移動中繼站 398
圖 55：車載中繼站的多類型運作模式 399

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 56：最適化終端裝置對車載中繼站的連接性 400
圖 57：保持終端裝置戶外場景的連接性 400
圖 58：保持車載中繼站的連接性 401
圖 59：保持終端裝置室內場景的連接性 401
圖 60：使用車載中繼站作為輔助節點 402
圖 61：最適化固定之車載終端設備的連接性 403
圖 62：非地面網路用於支持車載中繼站 404
圖 63：分布式電網架構 405
圖 64：整合架構智慧電表 405
圖 65：分布式饋電電纜自動化 406
圖 66：智慧能源遠端 DSO 通訊管理 407
圖 67：公用事業端到端安全 407
圖 68：智慧配電系統 408
圖 69：無線終端裝置與非支援 3GPP 裝置間的鏈接.....409
圖 70：架構無線終端裝置間的鏈接 410
圖 71：端到端 QoS 監控 411
圖 72：CPN 下最適化本地終端裝置連線 412
圖 73：5G 與固定式 IP VPN 連線.....412
圖 74：家用閘道器支援多元連接 413

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 75：個人物聯網設備透過 5G 閘道器提供服務 414
圖 76：6G 標準制訂時程展望 419
圖 77：6G 特性需求指標.....420
圖 78：日本政府描繪 2030 年的理想社會樣貌 422
圖 79：日本 6G 三大推動戰略 426
圖 80：南韓未來行動通訊（6G）R&D 推動計畫.....428
圖 81：南韓 6G 行動通訊研發推動藍圖 428
圖 82：6G 技術目標與研發投資 429
圖 83：南韓 6G 核心技術開發的主要內容 430
圖 84：NextG 聯盟成員 439
圖 85：NextG 聯盟工作小組.....440
圖 86：Hexa-X 計畫成員架構.....441
圖 87：Hexa-X 計畫 6G 願景 442
圖 88：Hexa-X 計畫 6G 研究挑戰.....443
圖 89：基於 5G 技術衍生 6G 潛在技術探討 444
圖 90：5G-PPP 之 6G 發展項目.....446
圖 91：「6G 驅動與願景」白皮書內容主要貢獻者 449
圖 92：6G Flagship：6Genesis 研究計畫 452
圖 93：全球第一版 6G 白皮書 453

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 94：Surrey 大學 6GIC 6G 願景 455
圖 95：「6G 驅動與願景」白皮書內容主要貢獻者 456
圖 96：6G 發展時程.....456
圖 97：NTT Docomo 6G 白皮書 457
圖 98：NTT Docomo 6G 白皮書 458
圖 99：中國移動 2030+願景與需求報告 460
圖 100：Samsung 6G 白皮書提出各世代通訊技術時間軸.....464
圖 101：成功實現 6G 應用的「可靠性」要件思考面向 465
圖 102：Samsung 6G 候選技術項目 465
圖 103：6G 網路要素.....467
圖 104：HAPS 的四種關鍵應用示意圖 474
圖 105：HIBS 的系統架構 476
圖 106：HAPSMobile 的 Sunglider 試驗 478
圖 107：UAS/衛星作為透明酬載 480
圖 108：UAS/衛星作為再生酬載 480
圖 109：以 UAS 作為基地台以及地面網路中繼站 482
圖 110：FRMCS 與 GSM-R 系統互通性 485
圖 111：FRMCS 的發展歷程 486
圖 112：Release 17 FRMCS 三大應用潛在技術需求與研究方向 ..487

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 113：FRMCS 系統緊急警報用戶在軌道緊急區域.....489
圖 114：鐵道旁維護緊告系統通訊 495
圖 115：遠端列車控制.....496
圖 116：列車狀態即時監測.....497
圖 117：列車啟動監測.....497
圖 118：列車自主運行控制.....498
圖 119：關鍵基礎設施通訊的監測與控制 498
圖 120：聯合國 17 項永續發展目標 501
圖 121：日本期待於 2030 年代實現的社會 503
圖 122：南韓 6G 升級試點示範項目 504
圖 123：南韓從社經角度展望的 6G 場景用例 505
圖 124：歐盟 Hexa-X 6G 場景.....507
圖 125：NTT DoCoMo 的 6G 願景.....510
圖 126：NTT DoCoMo 的 6G 用例場景.....511
圖 127：中國移動 2030+典型應用場景 512
圖 128：智賦生產 514
圖 129：Nokia 6G 關鍵應用場景.....515
圖 130：1 區中 3600-3800MHz 用作 5G 行動通訊之國家.....525
圖 131：非洲固定衛星地面接收站分布圖 526

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 132：一區 UHF 頻段中廣播與行動通訊業務消長 528
圖 133：WRC-23 大會 IMT 相關議項之討論頻段 529
圖 134：各區域 IMT 相關議項涉及頻寬 529
圖 135：整合垂直應用服務與邊緣運算示意圖 541
圖 136： 3GPP TSG SA6 歷年關鍵任務研究項目 542
圖 137 超高頻頻段四大應用情境 551
圖 138：全球行動通訊流量趨勢 552
圖 139：2010-2030 年全球行動用戶/連網數量、傳輸流量比較.....553
圖 140：6G 潛在候選技術.....554
圖 141：6G 潛在技術特性指標 555
圖 142：6G 世代社經創新應用場景 556
圖 143 6G 世代 THz 極高頻之關鍵用例 558
圖 144：全球開放 Wi-Fi 6E 之主要國家 563
圖 145：GSMA 協會與企業重申 6GHz 對 5G 發展的重要性.....564
圖 146：美國 6GHz 頻段頻譜資源.....574
圖 147：6GHz 頻段內即有授權特許執照服務.....575
圖 148：6GHz 免授權頻段裝置許可操作規範.....577
圖 149：歐盟 6GHz 免授權頻段.....578
圖 150：6GHz 免授權頻段操作規範.....579

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 151：產學研界已針對 THz 頻段進行研究 588
圖 152：Ofcom 高頻頻譜創新應用實驗執照技術限制 596
圖 153：APT 會員國對 WRC-23 議項 1.2 初步意見 598
圖 154：APT 會員國對 WRC-23 議項 1.4 初步意見 599
圖 155：5G FoF 智慧製造工廠目標 619
圖 156：3.5GHz 寬頻規劃圖 629
圖 157：富士通（Fujitsu）推出 Local 5G 網路實現智慧工廠 640
圖 158：韓國 MSIT 規劃 5G 專網頻段之示意圖 644
圖 159：澳洲毫米波頻段之示意圖 651
圖 160：5G 投資促進稅示意圖 653
圖 161：我國 7025-7125MHz 與相鄰頻段頻譜分配.....667
圖 162：我國 694-960MHz、1710-1885MHz、2500-2690MHz 頻段頻譜分配與使用現況 671
圖 163：我國 5925-7125MHz 與相鄰頻段頻譜分配.....675
圖 164：軌道通訊系統所使用頻段在我國的頻譜分配現況 678
圖 165：我國 100 GHz 以上頻譜分配.....681
圖 166：行動寬頻專網頻率供應模式之專家建議 684
圖 167：我國 28GHz 頻段之使用情形.....684
圖 168：我國 B5G/6G 頻譜整備優先順序.....696

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 169：我國頻譜規劃政策建議 703

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

前言、計畫概述與說明

一、 計畫範圍與內容

110 年度「下世代無線通訊發展趨勢」委託研究計畫範圍共可分為五大子題，分別是分項一：B5G 低軌衛星使用頻譜規劃政策建議；分項二：B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢；分項三：B5G/6G 無線通訊人才培育規劃；分項四：研討會之辦理。分項五：研議後續研究工作項目。

表 1 計畫研究範圍與內容

項目	工作項目
分項一：B5G 低軌衛星使用頻譜規劃政策建議	1.1 我國申請衛星頻率之可行性方式研析 1.1.1 國際衛星頻率協調機制研析 1.1.2 我國進行衛星使用頻率國際協調之可行性分析 1.2 研析 B5G 低軌衛星通訊網路服務可能模式 1.2.1 全球主要 B5G 低軌衛星業者之通訊網路服務提供模式 1.2.2 境外衛星事業於各主要國家之落地方式 1.3 研析我國 B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法 1.4 提出 B5G 低軌衛星相關測試所需創新實驗頻譜 1.4.1 國際 B5G 低軌衛星頻譜規劃趨勢動態 1.4.2 我國 B5G 低軌衛星頻譜需求探索 1.5 研析 B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式 1.5.1 國際 B5G 低軌衛星與地面通訊之衝突頻段研析 1.5.2 國際 B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用之調適作法研析
分項二：B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢	2.1 研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢 2.1.1 B5G/6G 無線通訊技術發展追蹤研析 2.1.2 B5G/6G 無線通訊新興應用發展趨勢 2.2 研析 B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜需求 2.2.1 主要國家 B5G/6G 技術及新興應用推動觀測 2.2.2 B5G/6G 技術/應用之特性研析與頻譜需求 2.3 提出 B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜整備規劃 2.3.1 主要國家 B5G/6G 技術與應用所需頻譜之整備研析 2.3.2 主要國家創新頻譜供應做法研析 2.4 研析行動寬頻專網頻率供應模式 2.4.1 全球主要國家行動寬頻專網之供應模式 2.4.2 各國 5G 專網頻譜之未來規劃 2.5 提出我國 B5G/6G 頻譜規劃政策建議
分項三：B5G/6G 無線通訊人才培育規劃	3.1 研提 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準相關國際活動參與建議 3.2 參與 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準相關國際活動

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	3.3 組成研習小組
分項四：研討會之辦理	4.1 國際研討會之辦理執行方法

資料來源：本計畫，2021 年 11 月

二、 計畫目標

本計畫目標對五項子題中進行研究，旨從全球技術趨勢、頻譜使用型態、應用案例分析、我國需求探討等構面進行研析，分述如下：

(一). 提出包括我國申請衛星頻率可行方式、衛星通訊網路服務可能模式及國內頻率供應作法等重點項目之 B5G 低軌衛星通訊頻譜規劃政策建議

本計畫擬透過蒐研國際組織與主要國家通訊主管單位之關鍵會議資料、研究報告與諮詢文件，並諮詢國內外頻譜法規、議題專家，掌握在 B5G 低軌衛星朝向規模商用趨勢下，國際 B5G 低軌衛星頻譜相關監管原則與重要議題，並盤點國際主要 B5G 低軌衛星服務之發展進程、商業模式及服務落地策略，了解全球 B5G 低軌衛星服務趨勢脈動。

同時，配合深度訪談與座談交流，邀請國內外專家針對 B5G 低軌衛星頻譜議題進行經驗分享，並掌握國內 B5G 低軌衛星發展進程與相關頻譜需求。

(二). 蒐研 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢，提出相關頻譜規劃政策建議

本計畫擬透過大量針對B5G/6G無線通訊技術發展與應用趨勢之資料盤點，以及持續追蹤觀測國際組織、各國產官學研單位對於的 B5G/6G 技術和新應用頻譜需求與後續應實施規劃整備相關文件之分析後，掌握全球針對 B5G/6G 先期技術研究、下世代諸如 HAPS 等創

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

新應用發展關鍵議題，與頻譜資源運用規劃之態勢。釐清我國接軌國際 B5G/6G 發展進程中的技術應用發展優先順序，與頻譜資源規劃分配之先期準備。

同時，配合深度訪談與專家座談交流，切實掌握基於國際趨勢發展態勢下，專家群針對我國 B5G/6G 技術與應用趨勢，以及對於 B5G/6G 世代的頻譜需求與整備方向之意見。作為我國逐步布局 B5G/6G 新興通訊相關潛在核心技術與應用之參考，同時也提前為我國在 B5G/6G 世代所需頻譜頻率的供應整備、協調共用等相關議題進行深度研析。以協助政府主管機關得以形塑完整頻譜規劃政策，助力我國邁入 B5G/6G 世代同時，頻譜資源的分配釋出做好準備，促進我國 B5G/6G 通信市場與相關產業的發展。

(三). 培育我國 B5G 衛星通訊、B5G/6G 無線通訊專業人才

透過對於 B5G/6G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準、使用頻譜相關國際活動參與之盤點、觀測，提出我國適合參加之活動建議。考量頻譜之規劃及政策影響國家資通訊產業發展甚大，需要長期培養專業人才參與 B5G 低軌衛星通訊頻率及 B5G/6G 使用頻譜有重大關聯之活動。同時藉由產官學研專家組成 B5G 衛星通訊、B5G/6G 無線通訊研習小組，共同交流分享相關資訊及研究成果，提出相關政策研析建議，達到建立國內頻譜領域專業人才庫，培植 B5G 衛星通訊、B5G/6G 無線通訊人才。

(四). 辦理有助研究成果展現完整結論或分享國際活動參與、研習小組討論等成果之大型國際研討會，並廣邀國內外產官學研界代表出席

透過兩大研究主題各辦理 3 場小型座談會，以凝聚各方意見歸納特定討論議題，進而舉辦 2 場次國際大型研討會，有助研究成果展現

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

完整結論或分享國際活動參與、研習小組討論等成果之大型國際研討會。此外，針對 B5G 低軌衛星通訊和 B5G/6G 無線通訊兩大主題，強化產官學研間之連結，凝聚官民齊心推動我國下世代通訊及衛星產業發展；並透過蒐集國內外發展 B5G 低軌衛星、B5G/6G 無線通訊技術相關頻譜規劃政策建議了解產業發展現況與政府未來政策方向，以確立、加深技術發展方向、趨勢探討。

(五). 提出 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 無線通訊等議題未來 3 年研究建議

依據前四項年度計畫目標的規劃內容，擬定未來 3 年各分項、子項的研究建議。111 年度主要為延續 110 年的研究內容、規劃，進行後續追蹤，或是提供符合國內環境的政策建議。112~113 年度因應 WRC-23 的舉辦，在 112 年以 WRC-23 會前國際組織及各國的準備議題、觀點為主要研究項目，113 年則以 WRC-23 的決議於各分項研究範疇，所產生的變動與各國的因應作為等。

三、 研究方法

本研究將透過文獻分析方式，蒐集並綜整國際主要國家、國際/區域產官學研組織、關鍵大廠等針對 B5G 低軌衛星使用頻譜規劃、頻率供應做法、創新頻譜供應規劃，以及 B5G/6G 無線通訊技術發展、應用服務、頻譜需求與頻譜整備規劃等相關文獻。另輔以搭配第一手對國內通訊領域相關產學研專家深度訪談，同時透過邀集相關主管機關、國內外學研專家、法人單位、國際相關標準推動組織、通訊領域相關業者等，進行產業訊息分享及專家座談會，藉以掌握國內 B5G 低軌衛星頻率規劃與供應做法、低軌衛星創新實驗頻譜與通訊網路服務可能模式，以及 B5G/6G 無線通訊技術與應用發展面向、相對應之頻譜需求與頻譜整備等之動向，同時提供給主管單位評估後續發展及推

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

動之規劃方向。各研究方法執行方式，分述如下。

(一). 文獻蒐集分析與評論

文獻分析法是一種對文獻內容作客觀系統的定量分析的專門方法，其目的是釐清或驗證文獻中本質性的事實和趨勢，對事物發展作情報預測。其做法即是將媒介上的文字、非量化的有交流價值的資訊轉化與整理，建立有意義的類目分解交流內容，並以此來分析資訊的某些特徵。

本計畫透過對國際主要國家、國際/區域產官學研組織、關鍵大廠等相關文獻之蒐集，藉以掌握 B5G 低軌衛星、B5G/6G 無線通訊技術與應用之相關議題的發展動態，包括 B5G 低軌衛星使用頻譜規劃、頻率供應做法、創新實驗頻譜規劃，以及 B5G/6G 無線通訊技術發展、應用服務趨勢、相對應之頻譜需求與頻譜整備規劃等，以此作為主管機關後續規劃頻譜相關事項、推動相關技術與應用之對照。同時透過次級資料之蒐集與分析，可以作為後續進行深度訪談、專家座談會之重要基礎。

(二). 標竿案例分析

標竿事例研究法（Benchmarking）係透過尋求最佳作業典範並將其作為學習對象的方式，找出並填補組織本身與最佳作業典範在績效之間的差距，並汲取對方的優點，使後進者能夠藉此過程提升績效與成功率。標竿事例研究法需要事先設定欲研討的議題及假設，並針就此再進一步深入調查案例的相關資訊，避免漫無邊際地搜尋資料。

透過標竿事例研究法，本計畫透過國外標竿案例資訊以檢視國內現況進行彙整，掌握歐美亞主要國家、國際／區域產官學研組織、領導廠商等之頻譜政策規劃、技術發展、應用案例及未來趨勢，針對 B5G 低軌衛星頻譜規劃、通訊網路服務與創新實驗頻譜設置，以及 B5G/6G

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術發展、應用趨勢與頻譜需求等之可能形式進行研究與探討，藉以給予主管機關研議 B5G 低軌衛星、B5G/6G 無線通訊技術與應用之相關議題的參考依據。

(三). 深度訪談與座談會

深度訪談法係指由受訪者與研究人員進行面對面溝通討論的一種方法，以廣泛的蒐集所需要的資料，可以有一對一或一對多的方式進行。通常使用此法時，研究人員會儘可能使用最少的提示與引導問題，透過研究人員與受訪者間面對面之溝通，針對特定主題進行深度的探討，交換彼此所知的資訊、的意見與想法，增進對主題之瞭解與資料蒐集的多元性，並於彼此互動的過程中，重新釐清問題。

本計畫主要聚焦於 B5G 低軌衛星頻譜規劃與供應、創新實驗頻譜與通訊網路服務模式等，以及 B5G/6G 技術與應用發展、頻譜需求與頻譜整備等領域的研究，而為能切實掌握上述相關議題（如：3GPP 對 B5G/6G 技術標準發展進程）最新發展態勢，本計畫研擬定期訪談我國常態性實際參與、觀察 3GPP 的標準制訂活動，具備第一手 3GPP 技術標準與應用發展動態資訊之專家，持續掌握 3GPP 在 B5G 標準形成過程中與 6G 標準形成前的技術與應用發展趨勢。換言之，本計畫將透過國內產業界及專家學者之深度訪談，藉以瞭解與掌握產業界、學界及專門技術人員等利害關係人對於 B5G 低軌衛星頻譜規劃相關議題，以及 B5G/6G 技術與應用發展相關議題之意見。

除深度訪談以外，本計畫研擬派員直接參與 B5G 低軌衛星通訊相關國際會議（如：2021 Satellite、IEEE 國際太空通訊網路會議），以及 B5G/6G 技術與應用發展、頻譜需求與頻譜整備等相關國際會議（如：ITU 第六屆世界電信/ICT 政策論壇、GLOBECOM 2021-2021、3GPP RAN 會議等），此舉不僅能藉以獲取第一手最新之國際趨勢資訊，亦能夠藉由持續參與相關國際會議而建構與國際產學研專家之關

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

係，以及培養我國專業人才。

除深度訪談與直接參與國際會議以外，本計畫亦將透過座談會/研討會的形式，除了提供專業智庫對於 B5G 低軌衛星頻譜規劃相關議題、B5G/6G 技術與應用發展相關議題的觀察以外，將針對通訊相關業者、頻譜規劃機關等不同產業之公協會，蒐集匯整未來 B5G 低軌衛星頻譜規劃相關議題、B5G/6G 技術與應用發展相關議題之具體建議，邀集蒐集產、官、學及不同研究領域之專家、學者，蒐集彙整對於我國研議 B5G 低軌衛星，以及發展 B5G/6G 技術與應用之規範與頻譜資源規劃等相關議題的意見及建言，以此作為本計畫提出具體政策建議之規劃基礎。

四、 研究進度

本研究共四個分項，預定進度規劃如下：

表 2 本案四個分項研究進度與規劃

月份 工作項目	110 年 4 月	110 年 5 月	110 年 6 月	110 年 7 月	110 年 8 月	110 年 9 月	110 年 10 月
分項一：B5G 低軌衛星使用頻譜規劃政策建議研究		▲ 1.2		▲ 1.3		▲ 1.4	▲ 1.1 1.5
分項二：B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢研究			▲ 2.1		▲ 2.2		▲ 2.3 2.4 2.5
分項三：B5G/6G 無線通訊人才培育規劃研究		▲ 3.1					▲ 3.2 3.3 3.4
分項四：研討會之辦理				▲ 4.1	▲ 4.2	▲ 4.3	▲ 4.4

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

期中報告				▲ I			
期末報告							▲ II

註 1：紅色區塊表示已完成項目。

資料來源：本研究，2021 年 11 月

(一). 期中報告（110 年 6 月），內容包含：

- 1.1：研析我國申請衛星頻率可行性
- 1.2：研析 B5G 低軌衛星通訊網路服務可能模式
- 2.1：研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢
- 3.1：研提 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準相關國際活動參與建議

(二). 期末報告（110 年 11 月），內容包含：

- 1.3：研析 B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法
- 1.4：提出 B5G 低軌衛星相關測試所需創新實驗頻譜
- 1.5：研析 B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式
- 2.2：研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務之頻譜需求
- 2.3：研析 B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜整備規劃
- 2.4：研析行動寬頻專網頻率供應模式
- 2.5：提出我國 B5G/6G 頻譜規劃政策建議

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 3.2：參與 B5G 低軌衛星通訊及 B5G/6G 技術標準相關國際活動(三場次)
- 3.3：辦理研習小組共同討論會議(十場次)
- 3.4：綜整研習小組共同討論會議重點研提我國政策研析建議
- 4.1：B5G 低軌衛星小型座談會累積 3 場次
- 4.2：B5G 低軌衛星通訊大型國際研討會
- 4.3：B5G/6G 無線通訊小型座談會累積 3 場次
- 4.4：B5G/6G 無線通訊大型國際研討會

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第一章：子題 1.1，研析我國申請衛星頻率可行方式

進入 B5G、6G 時代，整合地面、非地面網路已成為未來通訊技術發展趨勢之一。衛星技術具有地理廣覆蓋之優點，可提供偏遠地區和跨國界寬頻網路服務。然而衛星系統無線電波覆蓋範圍可能超出國界、並對其他會員國合法取得頻率使用許可之通訊系統產生干擾，因此，衛星頻率申請、協調、避免干擾議題更顯重要。國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）定期調整衛星頻率各項頻率劃分和協商機制規範措施，並於每隔三至四年舉辦一次之世界無線通訊大會（World Radiocommunication Conference,WRC）中公告最新頻率分配與管理措施與後續研討議題。由近期 2019 年舉辦之 WRC-19 大會決議內容觀察，衛星技術將成為無線通訊系統重要部分。隨著我國因應國際間衛星產業發展趨勢而制定後 5G 時代（Beyond 5G）之低軌衛星通訊發展願景，顯見政府相關部會已高度重視低軌衛星具備之潛在效益，積極推動我國衛星相關產業發展，並帶動整體產業持續發展與經濟轉型。

一、 國際衛星頻率申請方式與協調機制政策現況

(一). ITU 衛星頻率申請程序與協調機制

1. ITU 衛星頻率申請程序與協調制度架構

國際電信聯盟憲章（ITU Constitution）將無線電頻率視為有限自然資源，並制定各項頻率協調指配制度。ITU 衛星頻率與軌道之指配程序與規範，皆記載在無線電規則（Radio Regulation, RR）條文，並且在每 3 至 4 年舉辦之世界無線通訊大會（World Radiocommunication Conference, WRC）中進行各會員國討論與規則修訂。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

首先無線電規則第 8 條指出，在國際頻率登記總表（Master International Frequency Register, MIFR）上的頻率指配，具有國際認可之權利和義務，並且享有記載在無線電規則的所有權利和相對義務。反之，未登記之衛星將不具有國際公認之權利與義務。國際電信聯盟憲章（ITU Constitution）第 44 條規定：

- 頻率與軌道為稀有的自然資源，必須透過合理、效率和合乎經濟之使用，以符合無線電規則規定。
- 確保公平獲得(Equitable Access)頻率或軌道資源的機會。

無線電規則第 9、11 條規範 ITU 衛星頻率申請協調程序，附件四則為各式申請表格。衛星頻率在正式指配前必須先解決潛在之有害干擾疑慮，以下分為申請方、ITU 和其他會員國三方進行說明。首先，由衛星申請方之主管機關肩負大部分之申請責任。必須主動提報申請案、主動聯繫各國進行協調討論、與 ITU 充分合作解決各項問題，以及完成衛星申請案的盡責調查義務（Due Diligence）等；至於 ITU 無線電通訊局之主要角色，則為協助申請方與審查衛星申請案兩部分，提供各國在協調過程的諮詢輔助立場，以及主責正式申請時的審查工作；最後，其他會員國則需要自行判斷新衛星申請案是否會對本國通訊服務造成干擾，若有干擾情事發生，則應於無線電規則設定之期限內提交調查結果和意見回覆。以下整理 ITU 衛星頻率協調之權責區分與概述。

表 3 國際電信聯盟衛星頻率協調權責區分與概述

單位	頻率協調涉及之權責摘要說明
申請方 主管機關	• 衛星系統的主管機關(一或多國)向 ITU 提交申請與說明 • 若衛星系統有任何修改，皆須再次提報申請 • 干擾協調權責：申請方須盡可能進行計畫調整，或與其他主管機關進行協調，並於 4 個月內提交進度報告。若協調未有成果，可尋求 ITU 無線電部門協助進行。 • 衛星申請案的盡責調查義務（Due Diligence）。
其他方 主管機關	• 認為會受到干擾的主管機關須在公告之 4 個月內提交意見於 ITU

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

單位	頻率協調涉及之權責摘要說明
	無線電部門 • 若未於時限內提交則視為無異議
ITU	• 依 ITU 無線電部門收到申請案之日期，作為審查順序 • 收到申請完整文件 2 個月內於 ITU 之國際電信局相關資料庫公告 • 除非資料不完備，否則 ITU 無線電部門不可延誤審查

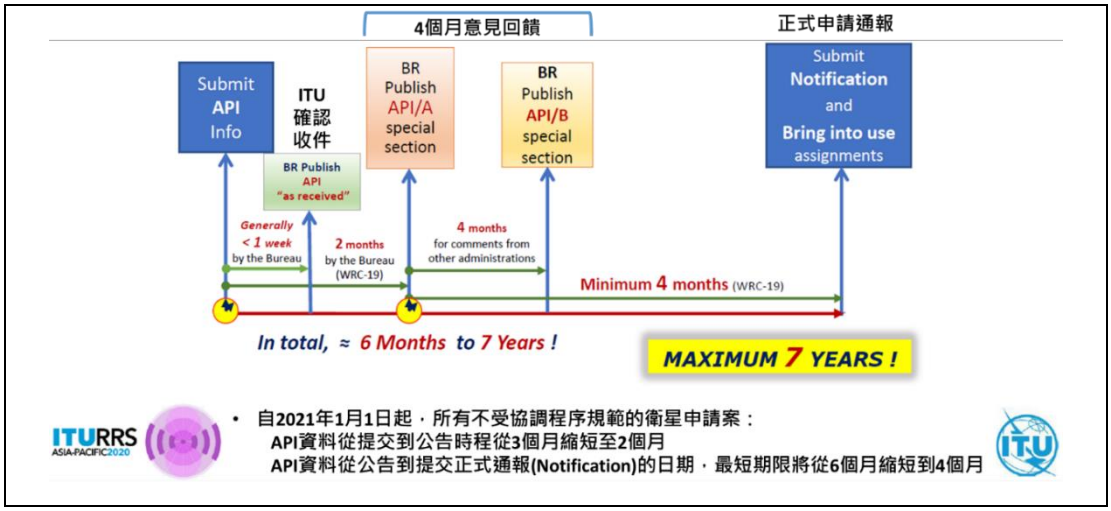
資料來源：無線電規則（2020），本研究整理，2021 年 11 月

2. ITU 無線電規則衛星頻率申請方式與協調程序規範

根據無線電規則，ITU 衛星系統申請程序可分為兩大類。第一類常見程序為非劃定（Non-Planned）程序，採取先申請、先審查（First Come First Served）原則，ITU 依據各衛星申請案提交日期為基準，依序審查各申請案。後續提交之申請案不可干擾已核准之申請案，因此越早提出申請，將擁有更高的優先權；第二類為無線電規則基於公平獲取原則，訂定部分業務與頻段採取事前規劃/劃定（Planned）程序，由 ITU 與會員國共同事前協商設立許多事前規範，平均劃分給所有會員國頻率與軌道資源。然而無線電規則第 9 條補充說明事前劃定程序不適用於新近發展的低軌道（Low earth orbit, LEO）或中軌道（Media earth orbit, MEO）之非同步軌道衛星。事前規劃/劃定（Planned）程序規範記載在無線電規則的附件 30、30A、30B（APPENDIX 30、30A、30B）。以下以非劃定（Non-Planned）程序進行說明。

非劃定（Non-Planned）衛星申請程序為兩階段，第一階段為事前公告或提出協調要求、第二階段為正式向 ITU 申請通報，無線電規則第 9 條涉及正式申請前的事前公告和協商程序、第 11 條則是 ITU 無線電部門正式審查時所涉及之類型、具體項目以及所需資料。另外第 9 條內容可再細分兩種不同適用類型，劃分基準為依據無線電規則第 5 條頻率分配表，對照衛星系統所使用之頻段，研判適用之程序為何。具體分為第 9 條第 I 部分的不受協調程序規範（not subject to Coordination Procedure）、以及第 9 條第 II 部分的受協調程序規範（subject to Coordination Procedure），以下依序摘要說明。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：ITU（2020），本研究整理，2021 年 11 月

圖 1：無線電規則第 9 條第 I 部分之衛星申請時程

(1). 第 9 條第 I 部分的不受協調程序規範

流程原則以申請方提交資料，ITU 公告申請案後諮詢外部意見，若無外部意見或達成協調後進行正式申請，最終通過審查獲得註冊與國際權利。

- 申請方填寫無線電規則附件 4 所列之申請表格，送交 ITU 無線電部門並由 ITU 以事前公告資訊（Advance Publication of Information, API）的方式，對外公告在無線電通訊局國際頻率資訊通報（BR International Frequency Information Circular, BR IFIC）；

- 其他會員國根據 ITU 公告之衛星資料在四個月內提供回應意見，依據回應意見研判是否進行協商。待公告期間無回應、無反對意見或完成協商後，再進行後續程序；

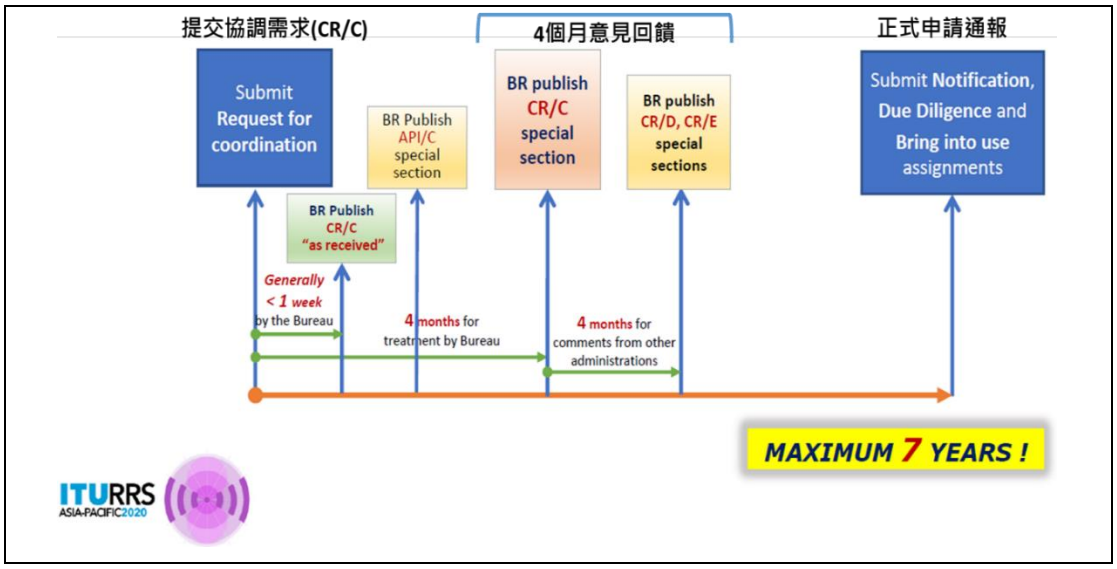
- 完成協商階段後，申請方須正式通報（Notification）ITU BR 部門預計申請的衛星軌道/頻率指配。

- 經 ITU 審查通過後，將申請方的申請資料登記在頻率總

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表，完成整體申請流程。

➢ 根據 ITU 自行評估，整體時程預估從 6 個月到最長 7 年。



資料來源：ITU（2020），本研究整理，2021 年 11 月

圖 2：無線電規則第 9 條第 II 部分之衛星申請時程

(2). 第 9 條第 II 部分的受協調程序規範

流程原則以申請方提交申請書和協商訴求書，並通知須參加協商之主管機關，ITU 公告申請案並輔助協調程序進行，待完成協調後進行正式申請，最終通過審查獲得註冊與國際權利。程序與第 9 條第 I 部分架構類似，但更凸顯衛星頻率協商程序重要性。

➢ 根據無線電規則第 9.7 至 9.21 條規範，列出適用協調程序的頻率指配類型，涉及同步軌道衛星、非同步軌道衛星、衛星地面站、地面通訊服務（Terrestrial Services）等。

➢ 申請方須主動提交協調要求（CR/R），同時基於無線電規則附件 5 為基準，劃定需參加協調程序的利害關係會員國。部分類型（9.7-9.14、9.21 類型）須同時提交事前公告資訊與協調訴求等。申請方需主動與各方進行協調程序，所有協商資訊與行動皆須副本給 ITU 留存。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 完成協商階段後，申請方正式通報 ITU BR 部門預計申請的衛星軌道/頻率指配。
- ITU 將申請方資料登記在頻率總表，完成整體申請流程。
- ITU 預估整體時程最長 7 年。

歷經多年申請程序，衛星系統最終為啟用階段。根據第 11 條內容，衛星在預定軌道位置保持連續 90 天發射和接收頻率能力，視為已啟用。若在正式遞交申請、協調資料之日起算 7 年內，未啟用或未通報 ITU 衛星啟用資訊，則註銷相應之衛星頻率申請資料。因應衛星系統申請案大幅增加，ITU 在 WRC-19 決議中調整非同步軌道衛星系統布建規範，確保頻率與軌道資源明確落實使用。以西元 2021 年 1 月 1 日為基準時間點，要求非同步軌道衛星申請方必須在階段時限門檻日前完成布建標準，具體時程點與規範如下：

- 若申請案之 7 年協調期滿日在西元 2021 年 1 月 1 日之前：
  - 至西元 2023 年 2 月 1 日為止，申請方需發射規劃的衛星數量 10%；
  - 至西元 2026 年 2 月 1 日為止，申請方需發射規劃的衛星數量 50%；
  - 至西元 2028 年 2 月 1 日為止，完成 100%所有衛星發射。
- 若申請案之 7 年協調期滿日在西元 2021 年 1 月 1 日之後：
  - 公告成功申請日起算 2 年加 30 天內，需發射規劃的衛星數量 10%；
  - 公告成功申請日起算 5 年加 30 天內，需發射規劃的衛星

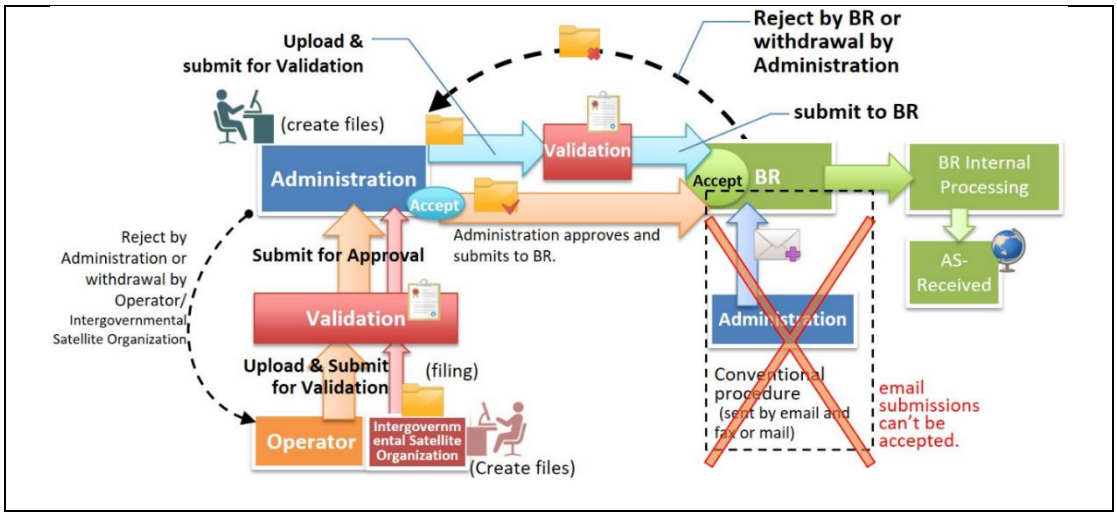
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

數量 50%；

- ◆ 公告成功申請日起算 7 年加 30 天內，完成 100%所有衛星發射。

3. 申請相關文件與費用

在 ITU 衛星頻率申請資格方面，ITU 衛星網路申報制度已全面採用電子化系統。除特殊情況之外，原則上不接受以電子郵件和傳真方式申請。申請系統使用者包含各國主管機關、跨政府衛星組織、衛星業者三類，電子化申請流程概要見下圖。



資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 3：ITU 衛星申請電子化系統流程圖

根據 ITU 電子化衛星申請系統使用者指引，雖然各國主管機關、跨國衛星組織、衛星業者等可提交衛星申請資料。但無線電規則第 49 號決議（Resolution 49）訂有主管機關負有盡職調查責任（Due Diligence）。所以跨政府衛星組織、業者兩類申請者必須先提交申請資料給主管機關，並獲得該國主管機關認證後，再由主管機關轉交申請資料給 ITU 啟動申請流程。換言之，跨國衛星組織與衛星業者必需與某國主管機關合作，協助衛星頻率申請認證，以符合 ITU 規定。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(1). ITU 衛星頻率申請文件資料

無線電規則第 11 條記載向 ITU 申請衛星頻率時所需資料項目，無線電規則附件 4 彙整列出所有申請文件格式。條文概要如下：

表 4 無線電規則第 11 條包含之衛星申請規範概要

第 11 條內容	重點說明
明確要求必須登記之類型	• 可能產生有害干擾 • 用於國際無線電通訊 • 屬於世界或區域性頻率規劃之一部分 • 需經無線電規則第 9 條的協調程序 • 希望獲得國際認可 • 不符合既有規定，但該國主管機關仍希望提出討論
ITU 審查重點項目原則	• 是否符合頻率分配表和無線電規則？ • 是否適用於無線電通訊業務與相關頻段的協調程序？ • 對合格指配可能造成的干擾機率，以及協調程序是否完成？ • 是否符合全球性或區域性的指配？
申請表格資料 以無線電規則附件四為主	• 衛星、地面站等資料 • 啟用時間(實際或預估) • 衛星操作單位或代理人 • 軌道資訊(數量、位置等) • 調解程序與紀錄 • 各國協議資料 • 地面站臺資訊 • 正規操控時間 • 電波增益資訊……等 19 大項資料。 • 另有天線、頻譜申請表格。

資料來源：無線電規則（2020），本研究整理，2021 年 11 月

(2). ITU 衛星頻率申請費用

在申請費用方面，ITU 因應日益增加的衛星申請案件，改變早期無費用原則，同時訂定成本回收（Cost Recovery）政策，酌收相關申請和審查的行政費用。申請費用依據不同申請階段、衛星類型（分為同步軌道衛星(GSO)）或非同步軌道衛星(NGSO)）、衛星數量、需要協調的複雜性（類型多樣程度）等條件而有不同收費標準，並以瑞士法郎為計價單位，不以歐元或其他貨幣為單位，以下呈現費用概況。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 5 國際電信聯盟衛星頻率協調申請費用

申請階段	協商複雜度(件數)	同步軌道衛星	非同步軌道衛星
事前公告（API）	1	570	
	2-3		
	4 以上		
協調要求（CR/R）	1	5,560 + 150 × 衛星數量(最高 20,560)	
	2-3	9,620 + 150 × 衛星數量(最高 24,620)	
	4 以上	18,467+ 150 × 衛星數量(最高 33,467)	
正式通報（Notification）	1	15,910 + 150 × 衛星數量(最高 30,910)	
	2-3	42,920 + 150 × 衛星數量(最高 57,920)	
	4 以上	42,920+ 150 × 衛星數量(最高 57,920)	
	其他類型	7,030	
備註	● 費用單位為瑞士法郎(CHF) ● 非同步軌道衛星超過 25,000 顆以上另有費用標準。		

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

依據 ITU 衛星頻率申請制度，必須有效掌握既有、申請中的衛星系統，因而無線電部門建置有相關資料庫，並定期出版無線電通訊局國際頻率資訊通報。除了有助於國際電信聯盟進行衛星系統管理之外，也有助於全球衛星頻率申請者進行事前研判。

根據 ITU 出版品網站，目前對會員國提供的資料庫包含有無線電通訊局國際頻率資訊通報（BR IFIC）、無線電通訊局周報和國際頻率資訊通報的年度彙整報告（BR Space Services WIC/IFIC - Annual Collection，以下簡稱 BR 年度彙整報告）兩大類，兩類出版品皆限定會員國訂購，因而我國若欲取得相關資料，需透過會員國協助方能取得相關資料，或購買此 2 份出版品，價格如下：

- 無線電通訊局國際頻率資訊通報：600 元瑞士法郎，資料內容為 ITU 每兩周的衛星系統文件資料，以類似雙周周刊出版品，定期出版 ITU 衛星系統現況資料。
- BR 年度彙整報告：全集為 9,590 元瑞士法郎以及密碼金鑰與驅動程式 500 元瑞士法郎，2020 年版報告內容彙整 1965 年至 2020 年資料。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 主要國家衛星頻率申請方式與協調程序

1. 美國

(1). 衛星頻率申請方式與制度

美國聯邦通訊委員會（Federal Communication Commission, FCC）主責美國境內非政府部門以及商用電信之管理，包括衛星業者之網路系統監管。FCC 對於向 ITU 申請註冊、國內申請階段，以及國外業者進入美國市場（國外業者落地）等不同情境，訂定一套共同衛星頻率申請程序制度，再依不同類型訂定額外規範。近年隨著衛星申請案件不斷上升，FCC 因應趨勢逐步簡化申請程序，全面改採電子化申請方式，同時降低申請複雜度和申請費用。

- **業者向 ITU 申請註冊**

業者申請衛星系統程序可細分為向 ITU 註冊、向 FCC 申請許可等兩階段。首先在向 ITU 申請部分，FCC 在 Part 25.111 條文中明定唯有申請業者提交無條件承擔 ITU 各式申請費用的聲明後，FCC 協助提交申請資料啟動正式申請程序。完成啟動 ITU 申請程序後，後續申請門檻規範與參考資料，FCC 皆依循 ITU 規範並由申請業者自主處理，FCC 為輔助角色並不主導申請案。

2016 年 FCC 全面重新檢視美國聯邦法規第 47 篇電信規章之第 25 節衛星通訊（Code of Federal Regulations, Title 47: Part 25，以下簡稱 Part 25）規範。其中與申請流程相關調整為 FCC 因應衛星申請程序冗長、美國執照所需申請資料繁多，因此制定兩階段申請程序（Two-Step Application Process）的額外選項流程。允許在符合 ITU 事前公告、協調需求階段所需文件時，可以選擇兩階段申請程序，委由 FCC 提前向 ITU 提交資料。藉此縮短完成美國、ITU 申請所需時間，同時提早在 ITU 申請序列中搶佔先機。兩階段申請程序所需保證金為

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

500,000 美元，但是不會在 FCC 申請審查流程中保留紀錄，因此在 FCC 的審查序列中不具有優先性，仍以正式向 FCC 提交完整申請資料之日為主。

● **業者向 FCC 申請許可**

相較於 FCC 輔助業者向 ITU 進行申請，美國國內則由 FCC 主導並參考 ITU 訂定各項申請規範。FCC 結合衛星頻譜資源釋出與衛星系統審查程序，業者在申請衛星系統時即會查核申請者身分、以及衛星系統計畫所使用的頻段資源，並作為 FCC 審查的主要項目。由於美國國內向 FCC 申請程序相對複雜與繁瑣，因此在 2020 年 11 月 FCC 發布簡化衛星申請流程公告，合併申請衛星以及地面站申請流程作業，減少相關程序作業，增加申請彈性。以下將先介紹衛星業者向 FCC 申請之正式程序，後續補充近年 FCC 衛星重大政策調整。

● **對外公告階段**

FCC 衛星系統申請流程全面採用線上申請方式，在 FCC 之國際局執照系統（International Bureau Filings System, IBFS）中提交相關電子版資料。衛星系統申請程序分為 30 天公告諮詢與 FCC 審查等二階段。依據 Part 25.151 條文，FCC 收到申請方提交申請文件後有 30 天公告期，30 天內無任何評論意見和其他異議、請願書等，該申請將獲得臨時授權並進入 FCC 審查階段。外部意見須在正式 30 天公告期內提交，以符合 FCC 規範的意見書格式繳交，若未符合時程與格式則視為無效之意見。在公告期內有其他利害關係人提出有效之反對和評論意見，申請方可在外部意見提出後 10 天內回應或申請延長回應時間，並且必須解決問題後才會重啟後續申請流程。

● **FCC 審查階段**

FCC 在審查階段將綜合考量申請資料、各方意見、對公眾利益之助益等因素進行審查並做出決議，FCC 裁量決議類型大致分為同意與

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

授權、部分同意與授權、拒絕申請等不同結果。但審查階段並未訂定時程表，FCC 可要求申請者提供額外資料、補充說明等，且公開審查階段可能因眾多意見協商而延長時限，所以整體衛星申請所需時間並不固定。此外禁止相似計畫重複申請，至於申請被拒絕的衛星系統計畫，FCC 在 12 個月內不受理同一申請者所提之類似衛星系統架構的計畫案。並且衛星系統任何修改，也適用公告期和審查兩階段程序。

聚焦在非同步軌道衛星申請方面，因應申請需求日益增加，採取先到先審方式對於後進業者並不公平。因此 FCC 於西元 2016 年開始採用非同步軌道衛星申請案批次審查回合（Processing Round）的方式，由 FCC 公告新回合的非同步軌道衛星審查作業，有意申請業者於期限內集中申請，同批次業者的優先順位相同而可保障公平性，並且由於各申請業者互為利害關係人，FCC 可彙整業者意見以達到公平性和全面性。但不同回合、批次之間仍存在優先順位差距，因此後一批次業者相對劣勢，越晚申請計畫則相對不利。

● **網路布建階段**

FCC 訂定成功申請之業者階段性（Milestones）建設目標。同步軌道衛星業者在獲得授權之日起 5 年內，業者必須按計畫發射並啟用衛星至指定軌道位置，但並無明定是否完成所有衛星啟用；至於非同步軌道衛星業者在獲得授權日起 6 年內完成 50%數量的衛星發射並啟用，獲授權日起 9 年內必須完成啟用 100%衛星系統數量。若未達成門檻標準，則業者獲 FCC 許可之衛星數量將縮減為當時已啟用之衛星數量，且無法新增衛星。

表 6 美國 FCC 衛星布建門檻

衛星類型	衛星布建數量門檻	
	50%	100%
同步軌道衛星	5 年內，自授權日起算	無規定
非同步軌道衛星	6 年內，自授權日起算	9 年內，自授權日起算

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

因應衛星技術快速發展，FCC 基於促進衛星市場發展，參考新興技術趨勢進行既有衛星政策調整，其中與衛星申請相關之重點政策為 2019 年小型衛星申請政策、2020 年綜合執照申請政策。

● 2019 年小型衛星申請程序政策

2019 年 FCC 因應小型衛星在科學研究、商業應用逐步受到重視，而制定專屬小型衛星的新授權流程，目的在於提供更簡化、更低費用和更彈性的申請程序。適用之小型衛星類型為：單一衛星重量 180 公斤以下、單一執照衛星數 6 個以下、在軌道的生命週期 6 年以下、布建在高度 600 公里以下，以及產生碎片、爆炸、碰撞、造成大氣層內人員傷亡和干擾的可能性極低等條件。

FCC 基於小型衛星任務的有限性、時程短等特性，故相對簡化小型衛星申請程序，只要求必須證明小型衛星不會干擾其他衛星、不會嚴重侷限未來其他衛星使用頻段之權利，並且簡要說明具體措施，說明如何避免影響或干擾其他衛星；另外在費用方面，小型衛星申請費用為 30,000 美元並預計未來討論，而年度監理費用則暫時不收取，到 2021 年財政年度時再行研議。

● 2020 年綜合衛星執照申請政策

2020 年 11 月 FCC 對於衛星以及與其協作之地面電臺提出綜合執照（Unified license）的簡化架構。依據過往執照申請制度，衛星系統包含地面電臺、太空電臺兩類不同電臺執照，並且各有獨立申請程序，多重審查程序有助於消除潛在干擾問題，但造成申請程序、文書工作重複執行且過於繁瑣。因此 FCC 改以整體衛星系統立場，單一執照可包含地面電臺、太空電臺兩類，藉此減輕申請程序繁瑣性。該執照由衛星業者提出申請，申請所需資料以申請衛星太空電臺為主，地面電臺申請則提供額外補充資訊，不用重複繳交詳細資料。

綜合執照訂有適用資格、適用頻段和相關限制。由於 FCC 將

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

24GHz 以上毫米波頻段用於 5G、物聯網創新服務，因此與上層微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS）同一頻段被排除在外，但相鄰頻段的衛星服務仍適用綜合執照程序，另外則排除 10GHz 以下衛星服務，以下為可申請綜合執照之頻段：

表 7 美國 FCC 綜合執照適用之衛星服務與頻段

衛星服務類型	頻段
Non-Voice, Non-Geostationary Mobile-Satellite Service (MSS)	137-138 MHz、148-150.05MHz、399.9-400.05 MHz、400.15-401 MHz
1.5/1.6 GHz MSS	1525-1559 MHz、1626.5-1660.5 MHz
1.6/2.4 GHz MSS	1610-1626.5 MHz、2483.5-2500 MHz
2 GHz MSS	2000-2020 MHz、2180-2200 MHz
GSO FSS	10.7-12.2 GHz、14-14.5 GHz、18.3-18.8 GHz、19.7-20.2 GHz、28.35-28.6 GHz、29.25-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz
NGSO FSS	10.7-12.7 GHz、14-14.5 GHz、17.8-18.6 GHz、18.8-19.4 GHz、19.6-20.2 GHz、28.35-29.1 GHz、29.5-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz;
GSO and NGSO MSS	19.7-20.2 GHz、29.5-30 GHz。

資料來源：FCC(2020) ，本研究整理，2021 年 11 月

(2). 衛星頻率申請所需資料

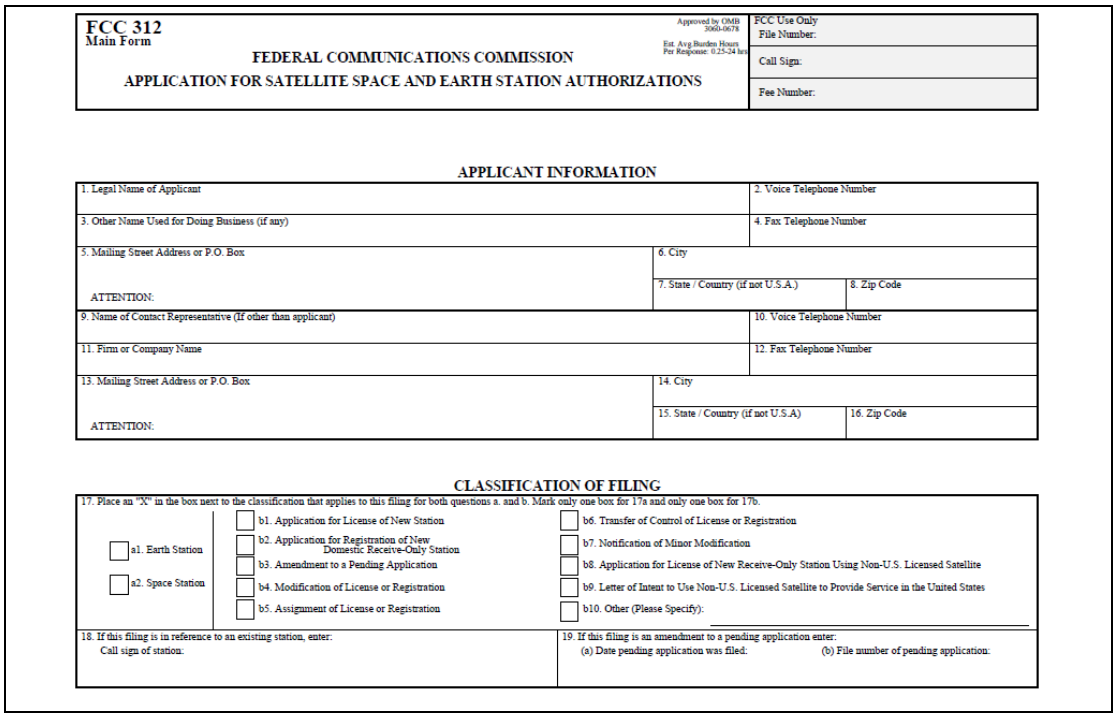
首先在申請者資格方面，美國電信法第 310 條規定，無線電臺執照不頒發給非美國政府、企業和個人及其代表，包含外國持有股本超過 25%以上、以及直接和間接控制股本合計 25%以上皆被認定為國外組織。因此實質上限定美國本土企業獲得衛星頻譜資源。然而 FCC 仍可依規定採專案審查方式授予執照，但前提為美國政府需與該國簽訂多邊或雙邊協議等互惠基礎。所以透過 FCC 向 ITU 申請衛星頻率則限定為在美國註冊之本土公司，國外業者必須在美國申請註冊且低於美國外資持有上限門檻。

申請所需資料為 FCC 正式申請表格、衛星系統技術參數文件兩大類。所有類型申請皆須繳交 FCC 第 312 號主表格、FCC 第 159 號

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表格。FCC 第 312 號主表格為基本資料，包含公司資料、申請類型和基本問題等；FCC 第 159 號表格為申請費用的繳費證明。至於申請衛星電臺則需額外繳交附件 S，內容涉及衛星電臺技術與操控描述（包含使用頻段、軌道資訊等）；申請地面電臺則須另行繳交附件 B，內容涉及地面電臺技術與操控描述（電臺地理位置、接收的衛星系統資訊、功率標準等），此外業者可提交補充說明之各式資料，輔助說明申請之衛星系統資訊。

表 8 美國 FCC 第 312 號申請主表格（部分節錄）



FCC 312
Main Form

Approved by OMB 3060-0678
Est. Avg Burden Hours Per Response: 0.25-24 hrs

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION
APPLICATION FOR SATELLITE SPACE AND EARTH STATION AUTHORIZATIONS

FCC Use Only
File Number:
Call Sign:
Fee Number:

APPLICANT INFORMATION

1. Legal Name of Applicant		2. Voice Telephone Number
3. Other Name Used for Doing Business (if any)		4. Fax Telephone Number
5. Mailing Street Address or P.O. Box ATTENTION:	6. City	
	7. State / Country (if not U.S.A.)	8. Zip Code
9. Name of Contact Representative (If other than applicant)		10. Voice Telephone Number
11. Firm or Company Name		12. Fax Telephone Number
13. Mailing Street Address or P.O. Box ATTENTION:	14. City	
	15. State / Country (if not U.S.A)	16. Zip Code

CLASSIFICATION OF FILING

17. Place an "X" in the box next to the classification that applies to this filing for both questions a. and b. Mark only one box for 17a and only one box for 17b.

a1. Earth Station
a2. Space Station

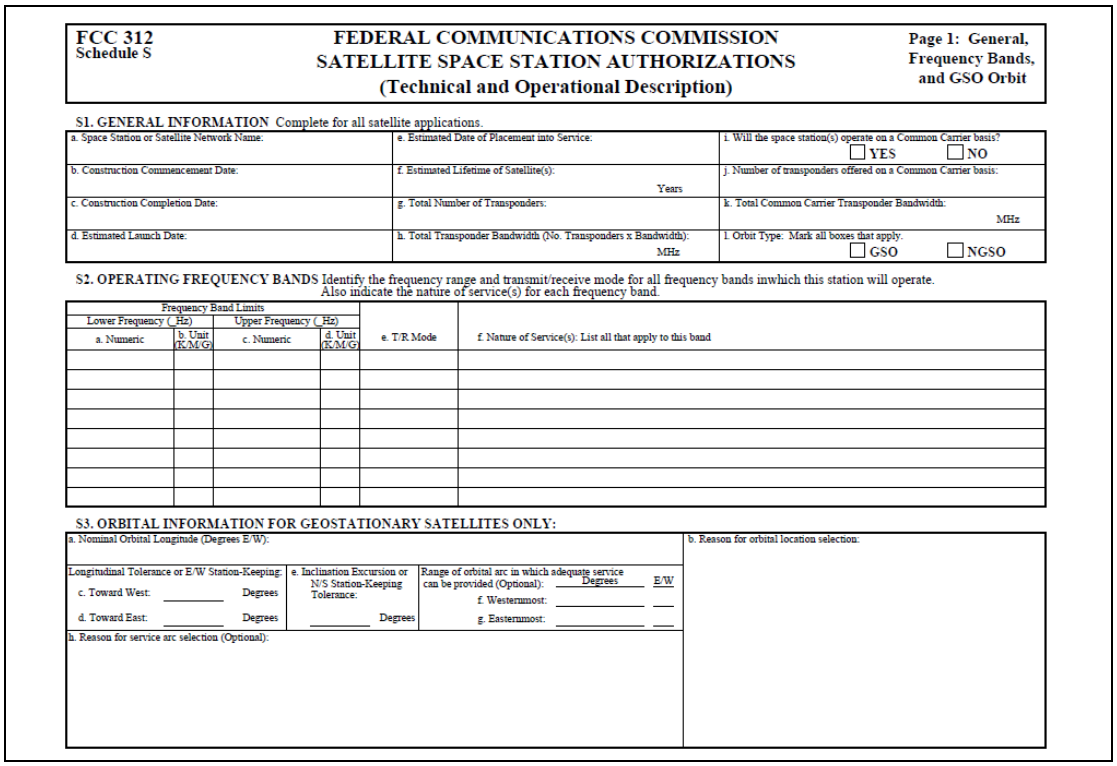
b1. Application for License of New Station
b2. Application for Registration of New Domestic Receive-Only Station
b3. Amendment to a Pending Application
b4. Modification of License or Registration
b5. Assignment of License or Registration
b6. Transfer of Control of License or Registration
b7. Notification of Minor Modification
b8. Application for License of New Receive-Only Station Using Non-U.S. Licensed Satellite
b9. Letter of Intent to Use Non-U.S. Licensed Satellite to Provide Service in the United States
b10. Other (Please Specify): _____

18. If this filing is in reference to an existing station, enter: Call sign of station:	19. If this filing is an amendment to a pending application enter: (a) Date pending application was filed: (b) File number of pending application:

資料來源:FCC，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 9 美國 FCC 附件 S-衛星電臺申請表格（部分節錄）



FCC 312 Schedule S

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION
SATELLITE SPACE STATION AUTHORIZATIONS
(Technical and Operational Description)

Page 1: General, Frequency Bands, and GSO Orbit

S1. GENERAL INFORMATION Complete for all satellite applications.

a. Space Station or Satellite Network Name:	e. Estimated Date of Placement into Service:	i. Will the space station(s) operate on a Common Carrier basis? ☐ YES ☐ NO
b. Construction Commencement Date:	f. Estimated Lifetime of Satellite(s): Years	j. Number of transponders offered on a Common Carrier basis:
c. Construction Completion Date:	g. Total Number of Transponders:	k. Total Common Carrier Transponder Bandwidth: MHz
d. Estimated Launch Date:	h. Total Transponder Bandwidth (No. Transponders x Bandwidth): MHz	l. Orbit Type: Mark all boxes that apply. ☐ GSO ☐ NGSO

S2. OPERATING FREQUENCY BANDS Identify the frequency range and transmit/receive mode for all frequency bands inwhich this station will operate. Also indicate the nature of service(s) for each frequency band.

Frequency Band Limits					
Lower Frequency (_Hz)		Upper Frequency (_Hz)			
a. Numeric	b. Unit (K/M/G)	c. Numeric	d. Unit (K/M/G)	e. T/R Mode	f. Nature of Service(s): List all that apply to this band

S3. ORBITAL INFORMATION FOR GEOSTATIONARY SATELLITES ONLY:

a. Nominal Orbital Longitude (Degrees E/W):			b. Reason for orbital location selection:
Longitudinal Tolerance or E/W Station-Keeping: c. Toward West: _____ Degrees d. Toward East: _____ Degrees	e. Inclination Excursion or N/S Station-Keeping Tolerance: _____ Degrees	Range of orbital arc in which adequate service can be provided (Optional): _____ Degrees E/W f. Westernmost: _____ ___ g. Easternmost: _____ ___	
h. Reason for service arc selection (Optional):			

資料來源:FCC，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 執照持有規範

衛星業者完成申請程序並獲得 FCC 執照後，後續持有執照仍有各類相關義務規範，FCC 明確成文規範包含執照效期、保證金與啟用前繳交資料等。首先各類衛星執照年限則是依據不同業務性質，分別包含 6 至 15 年等不同時間長度：

表 10 美國 FCC 不同衛星執照年限彙整表

年限	衛星類型
15	• 排除以下類型的衛星，其他皆為 15 年
10	• 不用於廣播服務的直播衛星（Direct Broadcasting Satellite, DBS）
8	• 用於廣播服務的直播衛星（Direct Broadcasting Satellite, DBS） • 衛星數位音訊廣播服務（Satellite Digital Audio Radio Service，SDARS）和地面中繼器之衛星 • 17/24 GHz BSS 衛星
6	• 小型衛星（§25.122） • 小型太空梭使用之衛星（§25.123）

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

另外依據 Part 25.165 條文，獲得執照的申請業者必須在規定時間內提交保證金（非同步軌道業者為公告日起 30 天內），並委託符合美國法典資格規範的第三方擔保公司協助。若申請業者無法及時繳交、或是維持足額保證金，衛星執照將撤銷。此外保證金與衛星布建門檻連動，業者若未能達成衛星布建門檻則需繳納罰款，並依據計算公式從保證金中扣除，公式如下：

- 非同步軌道衛星：罰金總額= $1,000,000 + $4,000,000 * (違約日回溯至授權日之天數)/2192(進位至萬元美金)
- 同步軌道衛星：罰金總額= $1,000,000 + $2,000,000 * (違約日回溯至授權日之天數)/1827(進位至萬元美金)

獲得 FCC 衛星執照之業者在正式使用前，根據 Part 25.171-173 條文，業者需繳交衛星控制、測試資料。提交不論美國境內或境外，所有與衛星系統通訊的追蹤遙測及控制電臺（Telemetry, Tracking, and Command, TT&C）名單，或是可與衛星系統保持全年通訊、處理衛星問題時的追蹤遙測及控制電臺名單。此外業者必須進行衛星系統性能測試，並將測試資料提交 FCC。確認衛星系統性能與布建位置與 FCC 所授權之內容相符合。

另外，衛星業者於每年 6 月 30 日前以電子化表格方式繳交年度報告，報告內容以業者最新聯絡資訊為主，確保出現緊急問題時有正確聯繫資料與聯絡人。若資料有所更改，必須在 10 天內 FCC 提交更新資訊。

(4). 各項成本費用

衛星系統成本包含申請費用、以及等同我國頻率使用費的監理費用兩種主要類型。在申請費用方面，基於美國國會在 2018 年《Ray Baum Act》法案中強調對美國境內電信基礎設施投資的承諾，FCC 調

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

整聯邦法規彙編的 Part 1.1107 申請費用標準條文，後續於 2020 年 8 月諮詢外界意見，並於 12 月正式公告新版收費機制，各項電信相關費用改採以成本導向（cost-based）基準，由於收費項目眾多，以下僅呈現衛星太空、地球電臺申請收費標準。

表 11 美國 FCC 衛星電臺—申請收費標準(節錄)

類別		項目	成本導向費用
太空電臺	同步軌道衛星太空電臺	申請進行建造、布建和操作(每衛星)	3,555
		申請進行操作(每衛星)	3,555
		延長發射授權	消除
	非同步軌道衛星太空電臺	申請進行建造、布建和操作(系統中每衛星、每呼號)	15,050
		申請進行操作(系統中每衛星、每呼號)	15,050
		延長發射授權	消除
	外國衛星申請美國市場進入	同步軌道	3,555
		非同步軌道	15,050
		小型非同步軌道	2,175
地球電臺	固定;臨時固定傳輸;傳輸/接收地球地電臺(每呼號)	初次申請，單一站點	360
		初次申請，多個站點	6,515
	純接收衛星地球電臺(每呼號)	初次申請註冊，單一站點	175
		初次申請註冊，多個站點(每系統)	465
	適用批次申請的地球電臺(每呼號)	初次申請	360
	移動地球電臺(每呼號)	初次申請(適用批次申請，每系統)	815

資料來源：FCC(2020) ，本研究整理，2021 年 11 月

衛星系統申請費用除上述部分以外,FCC 另訂定等同我國頻率使用費的年度監理費用，聯邦法規彙編的 Part 1.1156 訂定電臺收費標準。由於在美國持有商業無線服務（Commercial Wireless Services）執照，會要求支付相關監理費用。費用計算原則採由上而下方式，基於總額預算分配制度訂定監理費，因此 FCC 每年度考量頻譜管理支出總額後研擬監理費用表（Schedule of Regulatory Fees）。經國會審查決議後 FCC 再公告相關法規及命令公告並尋求意見，最後業者再依結果向 FCC 繳交監理費。西元 2021 年 5 月公告 2021 年度預估費用標

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

準並徵詢外界意見，其中與衛星有關收費項目如下。

表 12 美國 FCC 衛星電臺—監理費用收費標準

2021 年度類型	2021 年度 預估金額(美元)
太空電臺 (同步軌道衛星)	113,325
太空電臺 (非同步軌道衛星)	337,725
太空電臺 (非同步軌道衛星，20 個以下)	105,525
地球電臺 (傳輸/接收、僅傳輸)	585 (每一授權或註冊案)

資料來源：FCC(2020) ，本研究整理，2021 年 11 月

根據西元 2021 年公告資料，FCC 在非同步軌道衛星項目下，依據衛星數量再細分收費標準，分為 20 顆衛星以下的簡易型（Less Complex）、以及排除簡易型項目的其他型（Other）項目。2021 年度對外諮詢議題，包含研擬消除直播衛星（DBS）的監理費用。另外則是針對新設立的簡易型非同步軌道衛星、其他型兩類收費類型訂定監理費用分配比例。FCC 研議採 20/80 比例劃分，在非同步軌道衛星項目之下，由簡易型項目承擔 20%、其他型項目承擔 80%收費比例，並對外徵詢各界對該收費比例之看法。

(5). 頻率協調機制規範

衛星系統使用頻率發射涵蓋範圍廣大，為確保各項無線通訊應用正常運作，FCC 要求衛星新申請業者負有確保頻率使用和諧共存之主要責任，FCC 僅協助向 ITU 申請、負責美國執照審查程序。根據 Part 25.111 條文明定申請業者必須遵循 ITU 及《無線電規則》各項規範及申請門檻，主動向 FCC 提交各式必要申請資料。並且唯有申請業者主動聲明願意承擔所有申請費用後，FCC 才再協助向 ITU 提交資料。若申請業者未能及時符合 ITU 規範且未提出因應措施，FCC 可撤銷業者 ITU 申請資料。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

衛星業者如果在美國境內設置地球電臺，根據 Part 25.115 條文，與其他服務業者之間的頻率協調工作皆由業者主動完成，完成後提交協調證明供 FCC 進行審查。業者進行頻率協調所需的各項發射功率限制標準，皆依照 Part 25.108 條文所列各式參考文獻內容，主要以 ITU 無線電規則第 21、22 條所列之各項功率規範，以及第 76 號決議有關保護同步軌道衛星廣播、固定服務的功率限制。

2. 英國

(1). 衛星頻率申請方式與制度

- **與 ITU 及鄰國協調規範**

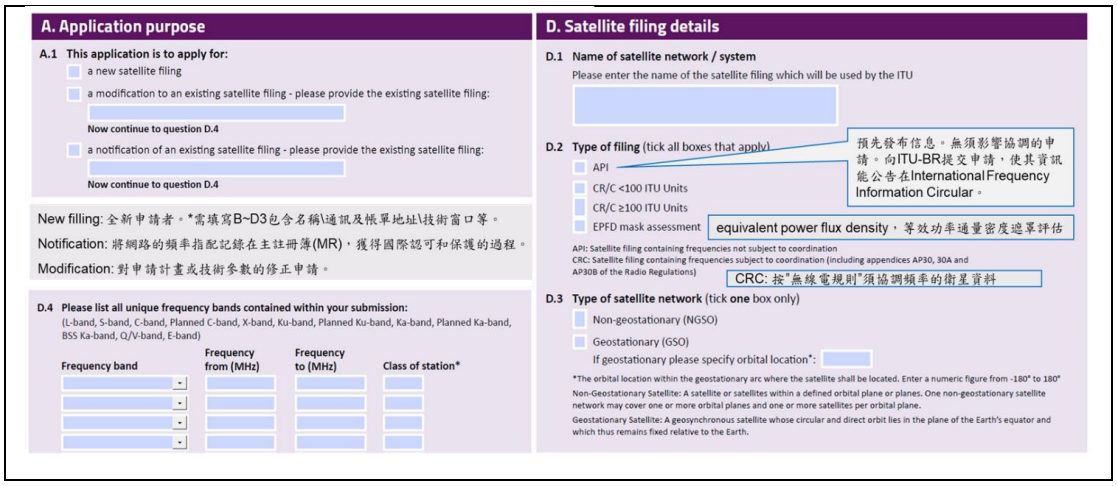
Ofcom 代表英國、英國海外領土、海峽群島和馬恩島註冊的組織向 ITU 提交和管理所有衛星申報。有關衛星使用無線電頻譜的相關規則已包含在 ITU 的《無線電規則》，英國已簽署該國際條約。

Ofcom 於 2019 年發布最新版的衛星申請程序，明確制定相關規範，包括申請者資格、申請程序、時程表、須提交之文件與頻譜協調作業等。其中說明英國本國及屬地之申請者如何透過 Ofcom 進行管理並處理衛星申請流程，以向 ITU 進行衛星申請。Ofcom 的主要功能為以獨立機構的身分，確保申請者符合相關條件及要求，並審核申請者所提交之所有文件是否符合 ITU《無線電規則》以及英國相關程序規範。

因此，Ofcom 的衛星申請相關書表一開始便要求業者區分該申請是否屬於 ITU 無線電規則中所規範的 API，下表為申請書格式內容摘要：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 13 英國 Ofcom 衛星申請書表之主要提供訊息



A. Application purpose

A.1 This application is to apply for:

- a new satellite filing
- a modification to an existing satellite filing - please provide the existing satellite filing:

Now continue to question D.4

- a notification of an existing satellite filing - please provide the existing satellite filing:

Now continue to question D.4

New filing: 全新申請者。*需填寫B~D3包含名稱\通訊及帳單地址\技術窗口等。

Notification: 將網路的頻率指配記錄在主註冊簿(MR)，獲得國際認可和保護的過程。

Modification: 對申請計畫或技術參數的修正申請。

D.4 Please list all unique frequency bands contained within your submission:

(L-band, S-band, C-band, Planned C-band, X-band, Ku-band, Planned Ku-band, Ka-band, Planned Ka-band, BSS Ka-band, Q/V-band, E-band)

Frequency band	Frequency from (MHz)	Frequency to (MHz)	Class of station*

D. Satellite filing details

D.1 Name of satellite network / system

Please enter the name of the satellite filing which will be used by the ITU

D.2 Type of filing (tick all boxes that apply)

- API — 預先發布信息。無須影響協調的申請。向ITU-BR提交申請，使其資訊能公告在International Frequency Information Circular。
- CR/C <100 ITU Units
- CR/C ≥100 ITU Units
- EPFD mask assessment — equivalent power flux density，等效功率通量密度遮罩評估

API: Satellite filing containing frequencies not subject to coordination
CRC: Satellite filing containing frequencies subject to coordination (including appendices AP30, 30A and AP30B of the Radio Regulations) — CRC: 按"無線電規則"須協調頻率的衛星資料

D.3 Type of satellite network (tick **one** box only)

- Non-geostationary (NGSO)
- Geostationary (GSO)

If geostationary please specify orbital location*:

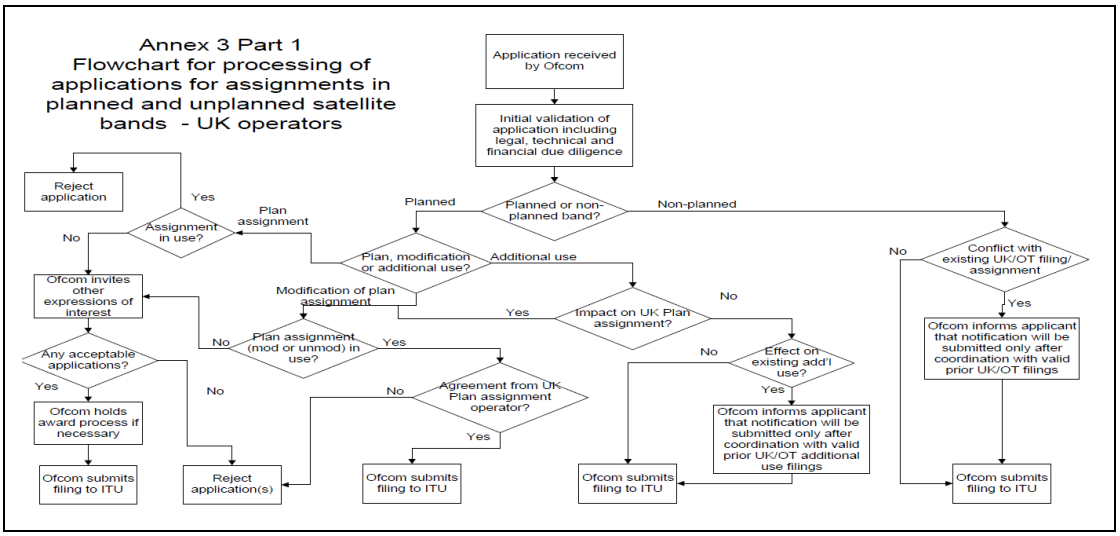
*The orbital location within the geostationary arc where the satellite shall be located. Enter a numeric figure from -180° to 180°

Non-Geostationary Satellite: A satellite or satellites within a defined orbital plane or planes. One non-geostationary satellite network may cover one or more orbital planes and one or more satellites per orbital plane.

Geostationary Satellite: A geosynchronous satellite whose circular and direct orbit lies in the plane of the Earth's equator and which thus remains fixed relative to the Earth.

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

Ofcom 的衛星頻率申請管理流程中，第一步驟是先對於申請人資格做全面的盡責調查(Due diligence)，第二步驟則是確認該頻段是否屬於 ITU 的事前計劃/劃定頻段，進而區分採取哪一種程序。Ofcom 在正式向 ITU 提交衛星申請文件之前，會依以下流程審查申請單位之申請資格，以決定是否將申請文件提交給 ITU，申請者透過 Ofcom 申報，Ofcom 再向 ITU 提交申請，初始期程至少需兩個月，而在 ITU 接獲申請遞件後，核可期程至少需九個月，至多可達七年。



資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

圖 4：英國衛星申請流程圖

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **申請流程與階段門檻：**

衛星申請流程包含多個階段，粗分為四個階段，各階段之主要工作內容與必要文件，簡述如下：

- 第一階段：初期規劃階段。需提供完整計畫概要資料，包括商業計畫書、需協調之網路列表、最少衛星部屬數量等，讓包括 Ofcom 在內之監管單位能全盤了解該計畫的可行性以及是否符合相關規範，以便 Ofcom 進行 API 申請。

- 第二階段： 開始進行衛星系統建置階段，提交相關細節文件，如申請單位與衛星設備商的衛星建置合約、衛星運作頻率的詳細描述資料、衛星地面站建置許可、頻率協調現況報告等。此階段之工作項目最為複雜，所需提交之報告也最為繁重，目的是要嚴格監管申請單位之衛星系統建置符合國際規範與最初申請單位之商用承諾，以便 Ofcom 協助業者向 ITU 進行請求通知（Request for notification）程序，這個程序是將其衛星網路的頻率指配記錄在 ITU 頻率登記總表上，以獲得國際承認和保護。

- 第三階段：於衛星成功發射後至正式商轉啟動前：服務業者需提交衛星發射成功的書面確認、實際衛星布建數量與頻譜使用狀況等。

- 第四階段：衛星專案報告更新階段。在各里程碑階段若有任何計畫變動或是更新，需修正其報告。

(2). 衛星頻率申請所需資料

根據 Ofcom 資料，衛星系統申請人必須是在英國、英國海外領土、海峽群島或馬恩島註冊或總部位於英國的公司或組織。除需有能力提供符合 Ofcom 盡職調查所要求的資料外，其計畫需能遵守 ITU

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

和英國頻率分配表。另外在申請資料方面，申請表必須由公司或組織的正式授權人員（以及在相關情況下，代表申請人行事的代表）簽署，並且必須提供包含能闡述申請案所需的所有必要數據，尤其是關於承諾之證明文件。此外，該公司或組織需有能力支付 ITU 申請費和 Ofcom 的申請費用。衛星頻率申請者需向 Ofcom 提供的資料包含以下目的及內容：

- 證明對衛星網路具有管理能力。
- 提出可供 Ofcom 進行盡職調查的資料。
- 變更商業計畫。
- Ofcom 監督業者的各項建設里程碑，業者需提出年度報告。
- 在登記在 ITU 頻率登記總表後，繳交給 Ofcom 的年度監督報告。

在申請衛星頻率的流程中，首先，申請者需要證明他們具有技術能力，或是擁有具法律約束力的合約承諾，該合約證明申請者能根據 Ofcom 之要求修改或停止其所管理的衛星網路內運行的訊號傳輸。例如在對現有網路造成不可接受的干擾的情況下，Ofcom 將提出這類請求。

針對申請者提供 Ofcom 進行盡職調查所需的申請資料文件，茲依照前一章節所分四個階段說明如下：

第一階段：相關文件需在 Ofcom 進行 API 申請或頻率協調申請(request for coordination)前完成遞送，Ofcom 不負責專案時程，業者自行控管提出文件的時間，文件齊備之後 API 程序才會展開。

- 申請人的商業計劃，包括商業計畫專案的主要里程碑。 在

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

非同步軌道系統的情況下，商業計劃必須表明以最低預期品質提供預期服務所需要布建的最少衛星數量。

- 關於建造發射該衛星或使用在軌衛星，以及在發射後至少運行三年的可用資源訊息。
- 需要協調的網路的估計清單。
- 填寫並簽署申請表並支付申請費用。

第二階段：除第六項之外，須提交的文件證明於提出任何網路分配通知請求(request for notification)之前，且於法定期間失效前的 24-36 個月前：

- 建造能力證明，證明申請者有能力建造衛星（或移動現有衛星）並將其放置在指定的軌道位置，擇一提供以下證明文件：
  - 選項 1：衛星建造合約複本；
  - 選項 2：確認合約已訂立的信函（由適當授權的人代表雙方簽署）；或者，
  - 選項 3：一份承諾書（由代表申請人的適當授權人員簽署），確認將在申請的監管期限屆滿之前將合適的在軌衛星放置在指定軌道位置。
- 衛星能運行於指定頻率之證明，申請者須詳細描述，擇一提供以下證明：
  - 選項 1：衛星關鍵設計審查（critical design review, CDR）相關部分的摘錄；或者，
  - 選項 2：來自衛星製造商的包含相關信息的信函。
- 承諾衛星布建之證明文件，申請者擇一提供以下證明文件：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- ◆ 選項 1：發射服務合約副本；
- ◆ 選項 2：確認合約已訂立的信函（由適當授權的人代表雙方簽署）；
- ◆ 選項 3：借用、租賃或購買運行中衛星(in-orbit satellite)的合約協議，該衛星將在申請的監管期限屆滿前送至指定的軌道位置；
- ◆ 選項 4：已發射並進入軌道的衛星，申請人提供證據表明並聲明該衛星屬於他們將布建的衛星。

➢ 建造或使用至少一個遙測、跟踪和指揮 (telemetry, tracking and command, 以下簡稱 TT&C) 地球站以及至少一個與衛星通信的饋線鏈路地球站的證明文件，擇一提供以下文件：

- ◆ 選項 1：地球站建設或使用合約副本；或者，
- ◆ 選項 2：確認該合約已訂立的信函（由適當授權的人員代表雙方簽署）。

➢ 授權營運至少一個 TT&C 地球站和至少一個饋線鏈路地球站的證明文件（例如相關主管部門頒發的執照），需擇一提供以下證明文件：

- ◆ 選項 1：相關授權的副本；或者，
- ◆ 選項 2：有關當局確認申請人符合國家要求的確認文件。

➢ 頻率協調現狀摘要報告，最晚於頻率開始使用前六週遞送：

➢ 申請者須展開頻率協調工作，以確保所運行的頻率不造成其他業務的干擾，同時也不受其他業務干擾，並且須在完成頻率協調後才能取得地面站執照。若在頻率暫停指配之後，申請

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

者希望能恢復使用該頻率，也必須提供同樣的報告。

第三階段，衛星成功發射後，各項資料應於 Ofcom 定義的啟用（bring into use）階段之前提供，申請單位須提交年度報告，說明各里程碑達成狀況、頻譜協調結果、以及任何商業計畫變更等資訊：

- 成功發射的書面確認(使用新衛星以啟用相關頻率指配)。
- 投入衛星網路運行的衛星數量的書面確認。
- 確認欲使用的頻率指配。
- 同步衛星網路如果計劃使用之前三年內在不同軌道位置啟用或恢復使用頻率指配的太空站，則應再提供三年期間的以下訊息：a)太空站用於啟用或恢復使用頻率指配的最後一個軌道位置、b)與上述 a) 中的頻率指配相關的衛星網路、c)太空站不再維持在上述 a) 中的軌道位置的日期。

第四階段，衛星專案報告更新階段，此階段之資料應於 Ofcom 向 ITU 提交第 49 號決議資料 (Resolution 49) 的請求前提供，申請者須提供一份最新的完整專案報告，說明階段一到三的進展情況，於此階段商業計劃如有更新或修正，亦須重新提供。

除了以上各階段規定的文件外，業者還應根據 Ofcom 以及包括在 ITU-BR 要求的情況下，在 ITU-BR 要求時提供有關衛星網路的增補資訊。這些增補資訊可能包括：

- 衛星的商業名稱；
- 製造商提供並經過認證的衛星頻率計劃，以及有關有效載荷描述的信息（例如框圖、頻率計劃、行波管放大器 (travelling wave tube amplifier, TWTA) 功率、轉發器數量、轉發器帶寬和預期軌道任務壽命(orbital mission life, OML)）；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 衛星交付時進行的在軌有效載荷/轉發器測試的結果；
- 衛星網路業者向主管部門提出的執照申請;和轉頻器租賃合約。

觀察英國衛星申請所須提交之文件，申請單位於各階段均需提交頻譜相關資料，從早期的頻譜規劃以及須協調之網路列表，到中期須提供申請單位與衛星設備商的衛星建置合約、衛星運作頻率的詳細描述資料、衛星地面站建置許可、頻率協調現況報告，最後是後期的衛星發射成功之書面確認、實際衛星布建數量與頻譜使用狀況等等。由此可見， Ofcom 對於頻譜之監管相當嚴謹，且適當地擔任業者與 ITU 之間的橋樑，實際頻率協調相關事宜，Ofcom 相當倚重衛星申請單位的自主性，Ofcom 僅以協助的角色參與，並做最後結果之監督。

(3). 執照持有規範

衛星申請者在發射衛星的計畫日前，需取得英國航天局(UK Space Agency) 根據 1986 年《外太空法》（Outer Space Act，以下簡稱 OSA）所頒發的許可證。

1986 年《外太空法》是規範在英國建立的組織或個人在外太空開展活動的基礎，其管轄包含在英國的官方附屬機構和英國海外領土。依照 OSA 的規定，以下太空活動需事先取得執照：

- 發射或促使發射太空物體；
- 操作太空物體；或
- 在太空空間進行任何其他活動。

任何人在未取得執照許可時從事以上活動皆為違法。在發射場地交付衛星時，衛星製造商不需要獲得執照許可，但是在太空軌道上交付衛星需取得執照許可。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

在身分認定上，Ofcom 並不以衛星之擁有權認定該衛星之歸屬，而是以對衛星的操作控制權認定。其立意在於以是否擁有決策權的角度出發，與該任務控制中心或遙測、追蹤和控制站的位置無關。關鍵標準是誰具有對該衛星的「直接和有效」控制權。申請者是否屬於英國管轄地區範圍，主要的認定標準是該業者所在地址位於英國。

此外，有意傳送視聽內容（電視服務）的申請人應考慮該內容服務是否需要許可或授權。 Ofcom 建議業者事先聯繫電視廣播發照相關單位。

綜合前述申請流程中所需提報的資料，業者除了發射衛星需取得航天局的執照外，在第二階段便需取得至少一個 TT&C 地球站和至少一個饋線鏈路地球站的的執照，完成 ITU 頻率登記開始使用後，亦需每年對 Ofcom 提出年度報告。在後續年度與季度中，Ofcom 亦將監督業者遵守 ITU 無線電規則所訂相關頻率協調的各種活動回覆。

(4). 各項成本費用

Ofcom 根據 ITU 相關無線電規則作為英國的通知主管部門開展衛星備案工作，協助各式衛星項目，包括從觀察地球的立方衛星到提供全球寬頻服務的低軌道星系。

據 Ofcom 估計管理衛星申請文件的相關成本費用平均每年約為 100 萬英鎊。在 2019 年之前，Ofcom 皆免費執行這項工作，但英國政府於於 2019 年 3 月 14 日發表收費聲明並計算詳細收費標準，將從 2019 年 4 月 1 日（含）收到的所有新提交申請（以及與這些新提交相關的活動）。每項費用的相對規模將反映該活動和提交所涉及的平均勞力。2019 年 3 月 31 日或之前收到的現有文件不會對其管理的任何部分產生費用。費用項目包含：

- 新提交（和修改）請求的預付費用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 初始請求和通知之間的年度管理費用，在每年 4 月 1 日收取（除非暫停或取消），根據協調要求的複雜性對不同的申請類型收取不同的費用：非協調 API（提前公告）文件；不太複雜的協調 GSO 和非 GSO 申報（<100 ITU 單位，以頻率須協調的數量換算）；更複雜的協調 GSO 和非 GSO 申報（≥100 ITU 單位，以頻率須協調的數量換算）。

- 通知請求的申請費。因複雜性不同，非協調申請將比協調申請收取更低的申請費。

Ofcom 的費用標準根據不同階段狀況有所差異，如提交申請階段，Non-GSO 之費用較其他申請類別高；在年度管理階段，非協調類別（API filings）費用最低，而在須協調之類別中（CR/C GSO and non-GSO filing），須依照協調之複雜性（所涉及 ITU 單位多寡）來決定事務費用之權重高低，見下圖。除了須向 Ofcom 繳納費用之外，申請單位同樣也須要 ITU 繳交相關費用。而 ITU 會根據不同案件的狀況，以成本導向來決定申請單位須繳納多少費用。

Filing activity/type	Effort weighting	Payment due	Charges (2020/21)
Submissions (and modifications[1])			
New filing requests (except non-GSO EPFD filings)	1.0	On date of request/application	£1400
New non-GSO EPFD filing requests	3.0		£4200
Annual management			
API filing	1.0	Q1 annually (on receipt of invoice)	£1400pa
CR/C GSO and non-GSO filing (<100 ITU units)	2.0		£2800pa
CR/C GSO and non-GSO filing (≥100 ITU units)	3.0		£4200pa
Notifications			
API requests	1.0	On date of request/application	£1400
CR/C GSO and non-GSO requests	1.3		£1850
Exceptional cases			
Determined on a case by case basis	TBD	On date request is accepted	To be notified and agreed

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

圖 5：英國衛星申請費用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(5). 頻率協調機制規範

根據《無線電規則》的程序， Ofcom 會考慮依照申請者的請求，以授權的方式在業者之間直接處理衛星頻率指配和軌道位置協調的所有技術和運營方面的問題。

此類授權將由 Ofcom 透過介紹信，告知其他主管部門，並抄送給相關英國申請人。這封信將確認申請人已獲得英國政府在特定網路方面的授權，授權其：

- 透過書信往來進行協調；
- 安排並參加業者之間的協調會議；
- 締結業者協議。
- 任何業者與業者之間的協議都需要相關主管部門（包括 Ofcom）的批准；
- 業者僅被授權協調介紹信中指定的網路；
- 業者無權代表 Ofcom 或代表 Ofcom 簽署任何管理協議。

此外，業者必須每年向 Ofcom 提供報告，說明根據這些安排建立的協調談判的進展情況，並包括達成的所有協調協議的副本。

即使已授權業者協商，Ofcom 仍可斟酌這些情況，自行決定、應衛星網路業者的要求，或者應另一主管部門的要求，參加業者之間的協調會議。

衛星網路一旦登記於主紀錄簿後，業者便須遵守協調程序與後續網路的業者進行對話，因此 Ofcom 也將 ITU《無線電規則》規定的義

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

務轉移給衛星業者。

為了在協調過程中幫助國家主管部門及其業者，ITU 出版一份名為「國際頻率資訊流通報告-太空服務」（簡稱 BR IFIC）半月刊，其中包含太空網路在各個階段進行的詳細資訊協調和通知程序。 ITU-BR 要求主管部門根據《無線電規則》程序確定這些網路引起的潛在干擾問題，Ofcom 將此一義務轉嫁給業者。

國際頻率之間如有特殊問題（Special Sections），ITU 會放在 BR IFIC 的開頭頁面中，為了讓每個英國業者在協調其網路方面獲得最大優勢，Ofcom 作為英國主管部門，希望以適當的方式並根據《無線電規則》對所有特殊問題做出回應。業者必須負責檢查與其有關的特殊問題，並回應給 Ofcom。

收到英國業者對 BR IFIC 中發布的評論後，Ofcom 將尋求業者的任何必要澄清，並按照特節中引用的截止日期起草和分發適當的通信。信函將發送給相關通知主管部門和 ITU，告知他們哪些網路可能對英國的申請造成干擾。通信副本將發送給相關的英國業者。

對於各種 ITU 的干擾通知或意見，Ofcom 將扮演居中監督與傳遞的角色，業者需在 Ofcom 監督的期限內回信或採取任何必要的措施。

3. 德國

(1). 衛星頻率申請方式與制度

● 衛星頻率資源管理制度概述

依德國電信法（TKG）55 條，頻率使用必須先經由頻譜指配過程，而頻率指配則基於頻譜使用計畫。為促進技術演進和及早達成國際間之合諧共用，頻譜使用計畫只包含確保無干擾與有效使用之框架，此框架主要乃透過主管機關監理規範來保障一致性之管理措施。德國

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

對衛星頻率監理規範列於 VVSatFu 文件中，當中包含衛星地球站與衛星網路之管理及申請措施。文件所包含之衛星服務如下：

- 地球探索衛星(Earth-exploration satellite services)；
- 固定衛星服務(Fixed-satellite service)；
- 衛星間服務(Inter-satellite service)；
- 航空移動衛星服務(Aeronautical mobile-satellite service)；
- 衛星行動通信服務(Mobile-satellite service)；
- 無線電衛星導航服務(Radionavigation-satellite service)；
- 衛星標準頻時信號服務(Standard frequency and time signal-satellite service)；
- 衛星無線電測定服務(Radiodetermination-satellite service)；
- 廣播衛星服務(Broadcasting-satellite service)；
- 太空作業業務(Space operation service)；
- 太空研究業務(Space research service)；
- 衛星氣象業務(Meteorological-satellite service)。

● 衛星頻率申請制度

針對衛星網路之頻率申請規範，若衛星服務中的用戶終端是由衛星網路所控制（如手機用戶無法自行對手機之頻率、傳輸功率進行調整），在此狀況下終端裝置的頻譜使用主要由網路業者所掌控，依規範此種服務類型之頻譜申請是由衛星網路業者進行，聯邦網路管理局也認為此種做法能讓網路業者擁有更大的網路布建自由。

在衛星行動通訊系統方面（特別是個人衛星通訊系統，S-PCS，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

如 Iridium、Globalstar、或 Thuraya），若是在已指配之衛星網路的基礎下，則不需對個別案例進行後續之頻率分配申請，終端裝置即可在德國聯邦境內運行。

整體而言，在進行衛星網路之頻率指配申請前，需要先滿足下列三項基本要求：

- 服務使用之頻率包含在頻率分配表中；
- 可透過頻率使用計畫瞭解頻率用途；
- 頻率使用符合國際衛星網路協調框架(ITU 無線電規則第 9 與第 11 章)。

若為個別申請案，聯邦網路管理局可視情況進一步要求關於避免干擾與有效使用之說明。

● 衛星頻率申請方式

衛星網路之頻譜申請文件必須包含關於整體系統之應用技術，以及申請者本身專業知識、能力、及可靠性之佐證。同時申請者必須提出頻譜利用符合國際衛星網路協調框架之證明。

為確保頻譜有效利用和無干擾情形，聯邦網路管理局可要求申請者提出可滿足頻譜指配客觀要求（可靠度、使用效率、及專業知識）之額外資訊做為證明。

申請文件需以手寫方式或符合電子簽章之數位檔案形式，經郵寄或傳真方式送至聯邦網路管理局，申請表單可於聯邦網路管理局網站下載。完成填寫之申請文件之送件時間，必需早於預計使用時間四週以上；但基於相容性審核的複雜性，並無法確保頻譜核配之即時性。

(2). 衛星頻率申請所需資料

依聯邦網路管理局公告之衛星網路頻率申請最小資訊提供要求，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

申請者需提供之資訊如下表所示：

表 14 德國衛星網路頻率申請之最小資訊提供要求

1. 一般資訊			
	1.1	申請人資訊 (如地址、連絡人等)	
	1.2	專業知識、使用效率、及可靠度相關證明	
2. 服務描述			
	2.1	服務類型、服務配置一致性聲明	
	2.2	預期德國境內衛星電話/運行終端之數量、及時程規劃	
	2.3	衛星網路為企業內部溝通專用或公用電信網路服務之相關資訊	
3. 衛星系統相關資訊			
	3.1	應答器傳輸及接收所用之頻率及頻寬	
	3.2	衛星業者指派之應答器	
	3.3	應答器之極化	
	3.4	衛星系統之 ITU 名稱	
	3.5	ITU 編號 (包含 ITU IFIC 號碼)	
	3.6	衛星系統之商業名稱	
	3.7	衛星系統之軌道位置/軌道資訊	
	3.8	依 ITU 歸檔之指派波束、涵蓋地區	
	3.9	衛星系統協調之確認	
4. 地面站相關資訊			
	4.1	衛星電話、用戶終端	
		4.1.1	頻道間隔、頻道頻寬
		4.1.2	最大等效全向輻射功率(EIRP)
		4.1.3	最大等效全向輻射功率(4kHz 相關之情況) *選填
		4.1.4	最大允許功率
		4.1.5	在僅有系統控制狀況下可順利運行之證明
		4.1.6	標準規範之相關資訊
	4.2	集線器/饋線鏈路	
		4.2.1	位置(地點、國家)
		4.2.2	地理座標(WGS 84)
		4.2.3	每個德國境內地面站之地面站頻率申請之完成證明(僅有在集線器/饋線鏈路位於德國境內時需提供)
5. 其他			
	5.1	使用 L-Band 之多邊會談(MLM)備忘錄之遵守確認 *選填	
	5.2	太空無線服務安全保護之相關資訊 *選填	
	5.3	頻率分配表中相關規範之資訊 *選填	

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 執照持有規範

衛星網路之頻譜指配期限最長為 10 年，亦可配合申請者要求短

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

於 10 年。

其他執照持有規範，如年度報告、資安要求等，未被列於.VVSatFu 文件中。本研究將持續追蹤相關規定更新情形，並做需要之補充。

(4). 各項成本費用

德國對於取得無線電頻率指配之人所收取的費用，一般而言包括一次性的費用（Gebühren）與年費（Beiträge）。對於頻率收取的一次性費用，規定於「頻率費用規則」（Frequenzgebührenverordnung, FGebV），主要以所使用的設備（Anlage）為認定的基準；對於年費的規範，則於「頻率維護（年）費收費規則」（Frequenzschutzbeitragsverordnung, FSBeitrV）規範此一事項，並定期更新附表的收費標準。

在申請衛星系統頻率相關之一次性費用方面，依聯邦網路管理局所公布之資訊，關聯收費項目與費用如下表：

表 15 德國申請衛星系統頻率相關之一次性費用

收費項目	一次性費用(歐元)
於不需協調頻段指配頻率給地面站	68
於需協調頻段指配頻率給地面站	100 至 1,000
指配頻率給需執照之衛星系統	500 至 3,500

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

而在申請衛星系統頻率相關之年費費用方面，同樣依聯邦網路管理局所公布之資訊，關聯收費項目與單位費用如下表：

表 16 德國申請衛星系統頻率相關之年費費用

類別	計費單位	每單位年費(歐元)	
		電信法 (TKG)	電磁相容法 (EMVG)
需協調頻段之衛星連線	頻率	11.11	1.58
不需協調頻段之衛星連線	頻率	2.27	0.00

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

衛星無線網路	頻率	0.00	15.82
衛星系統以德國名稱註冊 ITU (使用權利移轉後)	衛星系統	274.72	0.00

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

(5). 頻率協調機制規範

個別申請之頻率指配乃配合德國電信法第 55 條，必要時需確保無干擾及有效率之利用。同時聯邦網路管理局亦要求申請者之頻率使用，需符合 ITU 無線電規則第 9 章與第 11 章之國際衛星網路協調框架。

為確保衛星網路之頻譜使用能與無線基地臺彼此相容，在頻譜核配過程中將涵蓋對下列技術參考之考量：

- 傳輸/接收頻段；
- 頻寬；
- 電磁波極化（Polarization）；
- 衛星系統之 ITU 名稱；
- 衛星系統之商業名稱；
- 衛星系統之軌道位置或非同步衛星系統之軌道參數；
- 地球站最大允許有效幅射功率；
- 地球站最大允許傳輸功率；
- 德國境內之基地臺技術參數。

在例外案例之情況下，可能需要申請者提供更多服務利用相關之技術參數，亦可能需以附帶條件之方式進行補充說明，以確保頻譜有效利用與無干擾情況。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

4. 日本

(1). 衛星頻率申請方式與制度

日本在 1950 年制定電波三法（電波法、放送法、電波監理委員會設置法），主要目的讓無線電波（頻率）的使用範圍擴大、並讓電波使用逐步自由化，讓民間（廣播業者）得以使用頻率與廣播播送。自 1963 年起日本展開多次的火箭升空實驗、1970 年首顆人造衛星「大隅號」發射成功，1984 年、1986 年、1988 年分別發射 BS-2a、BS2b 廣播衛星、CS-3a、CS-3b 通訊衛星，及 1989 年民間發射 JCSAT1 號衛星後，逐步在太空產業的發展上能自主自力。

《電波法》亦在技術的不斷演進下，逐步修正納入各種無線電臺與修正頻率監理上的措施，並經過 90 年代後 10 多年的進展，日本政府於 2008 年通過《太空基本法》後更重視「小型衛星」的發射與其發展，對於人造衛星之無線電臺監理展開愈趨開放的監理態度，「小型衛星」因而有逐年增多的趨勢，與 ITU 申請頻率使用及防止本國衛星與他國衛星在頻率上受干擾愈形重要。目前國際頻率調整之程序大致如下：

- 向 ITU 事先送交公開資料：

在衛星通信往使用開始的 2~7 年前，將衛星計畫的技術概要資料從主管機關向 ITU 送交，由 ITU 發布給所有主管機關。

- 國際協調

與擁有衛星通信網受影響的主管機關進行協調。

- 通告

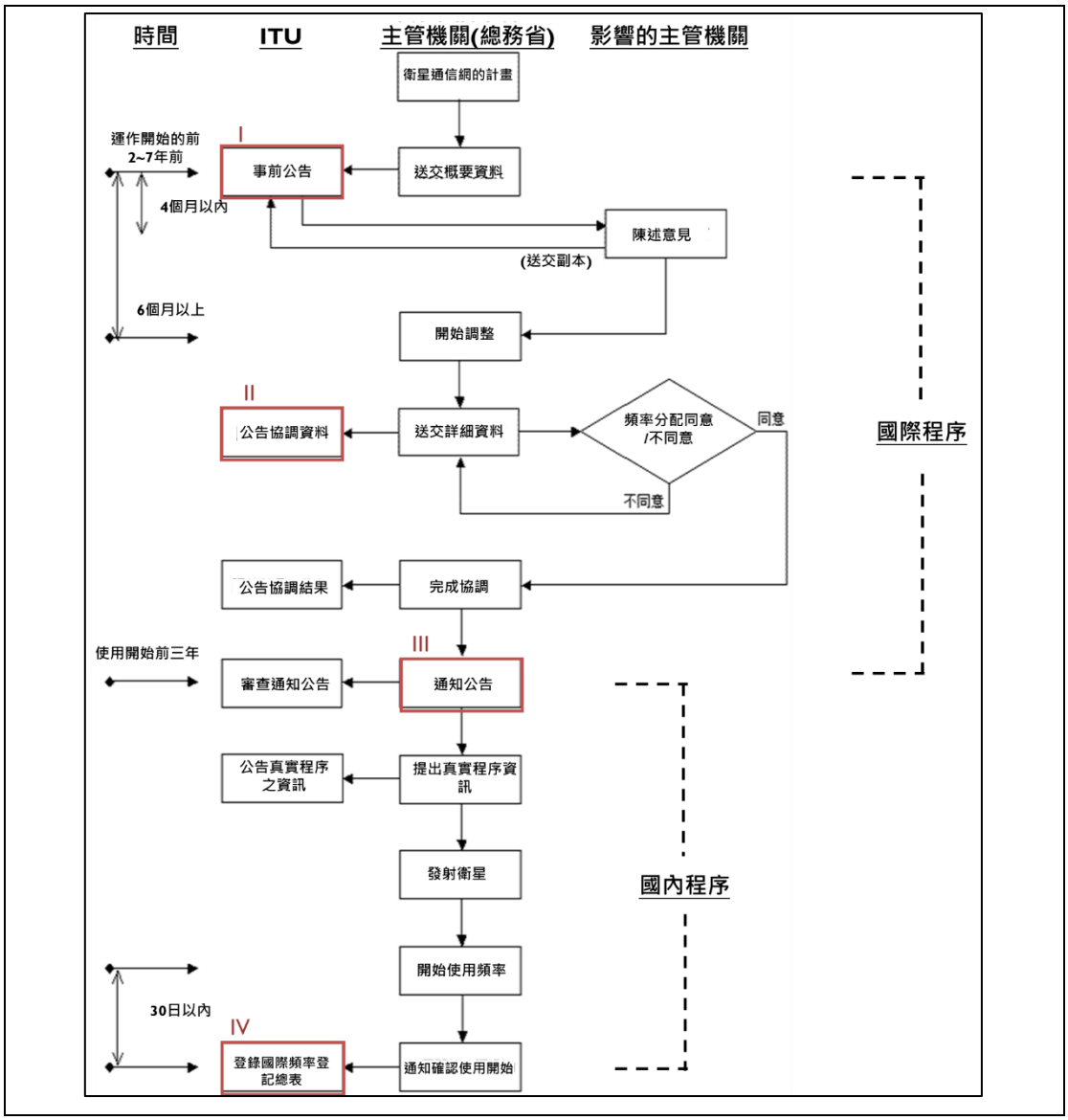
在不超過 3 年間向 ITU 通告使用衛星通信網之分配頻率。

- 登錄

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

關於已通告之頻率分配，若符合 ITU《無線電規則》相關規定，所需之相關國際協調程序完成登錄在「國際頻率登記總表」（Master International Frequency Register，MIFR），則該頻率分配之使用即可獲得國際認可。

日本國內為了因應 ITU 的衛星頻率相關申請，綜整其程序如下。



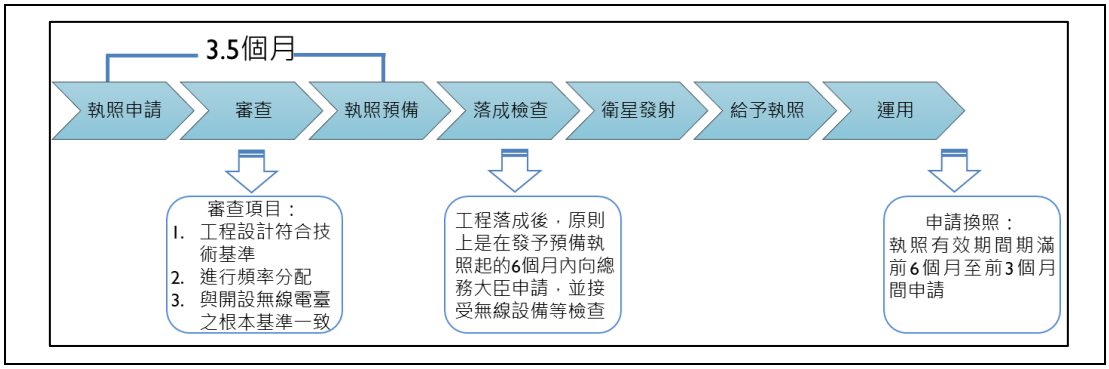
資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 6：日本低軌道週期衛星之國際頻率調整流程

由於國際頻率協調的流程與日本國內無線電臺執照開設的程序不同，因此須注意國際協調上的時程落差產生之延誤。總務省建議在

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

完成國際協調後轉為進行國內執照之申請程序，如下：



資料來源:日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 7：日本人造衛星電臺執照程序

其他關於日本國內之申請流程，依《電波法》第 6 條規定，無線電臺的執照申請，應向總務大臣提出以下揭示記載事項文件，包含目的、開設必要理由、通信對方與通信事項、無線設備的設置場所（如人造衛星電臺之軌道或位置）、電波形式與希望的頻率範圍及天線功率、希望運作容許時間、無線設備之工程設計或工程落成之預定日、運用開始的預定日、與其他無線電臺間締結防止干擾之必要措施契約內容、人造衛星持照者須記載預定發射與使用可能期間及人造衛星電臺所進行目的之位置範圍、以電信業務為目的開設之人造衛星電臺應公開執照申請之頻率等。

(2). 衛星頻率申請所需資料

首先依《電波法》第 5 條規定，申請人造衛星電臺有以下限制不得發予執照：

- 非日本國籍者
- 外國政府或相關代表者
- 外國法人或團體
- 法人或團體若有前三項所列之代表者，或這些人員佔其董

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

事三分之一以上或議決權三分之一以上者。

依總務省《小型衛星通信網之國際頻率調整手續相關手冊》，須提出繳交以下文件：

表 17 日本申請人造衛星執照流程與繳交文件

編號	分類	提出文件	備註
1	業餘無線電頻率申請	業餘無線電頻率申請書	僅在業餘無線電頻率使用時
2		補充資料	僅在業餘無線電頻率使用時。國內審查用
3	國際頻率調整	事前公告資料（API）	利用 ITU 軟體製作
4		補充資料（了解各項佐證資料）	總務省內審查用
5		通知公告資料	利用 ITU 軟體製作
6		地球電臺資訊資料	製作輪廓圖，利用 ITU 軟體製作
7		輪廓圖	用 ITU 的軟體製作
8	無線電台執照申請	無線電臺執照申請書	
9		無線電臺事項書	
10		工程設計書	
11		補充資料	
12		無線從業人員選（解）任申請狀	
13		無線電臺工程完工狀	工程完工後
14		無線設備查核點實施報告書	工程完工後
15		查核點結果通知書	工程完工後

註：※表示衛星運用的目的、實驗計畫、迴路設計等

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 執照持有規範

依《電波法》第 13 條規定，人造衛星電臺之執照期限為 5 年，屆期可換照。另依《電波法》第 36 條之 2 規定，人造衛星電臺須具備遠端控制、中止服務以及變更運作位置（軌道或高度）之能力。

(4). 各項成本費用

- **申請手續費**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

依總務省公布之申請手續費一覽，人造衛星電臺之無線電臺類別屬於第九類－其他無線電臺，相關手續費如下：

表 18 日本人造衛星申請手續費一覽

基本發射器的規模（天線功率）	新申請執照手續費	申請續照之手續費
1 瓦特以下	3,550 (2,550)	1,950 (1,500)
1~5 瓦特	4,250 (3,050)	3,350 (2,400)
5~10 瓦特	6,700 (4,500)	4,950 (3,250)
10~50 瓦特	14,600 (10,400)	6,700 (4,500)
50~500 瓦特	25,500 (17,000)	9,700 (6,500)
超過 500 瓦特	30,200 (19,300)	12,700 (8,700)

註：不特別標註為現場申辦，括弧為電子申辦費用

資料來源：日本總務省網站，本研究整理，2021 年 11 月

● **頻率使用費**

依《電波法》附表第 6 之頻率使用費一覽，每座人造衛星電臺（使用超過 6GHz 以上頻段）的頻率使用費為 285,400 日圓；每座人造衛星為基於中繼來進行無線通信之電臺（使用超過 6GHz 以上頻段）的頻率使用費為 133,300 日圓。

(5). 頻率協調機制規範

參照日本總務省網站關於「人造衛星電臺與地球電臺的開設手續」說明，建置與運用衛星通信網，應基於國際條約，依 ITU 的無線電通信規則之規定進行國際協調與通知公告手續。

5. 新加坡

(1). 衛星頻率申請方式與制度

由於 IMDA 認知到透過低軌道衛星、中軌道衛星或同步軌道衛

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

星技術可提供區域性或全球性之行動、固定語音通話、數據或寬頻多媒體服務，故將此衛星服務類型命名為「以衛星提供服務之全球行動個人通訊」（Global Mobile Personal Communications by Satellite, GMPCS）。IMDA 於 2000 年 4 月 1 日起全面開放讓提供新的、創新設備和服務的經營者進入新加坡，使消費者能獲得最新的通訊技術，並可以選擇品質佳的電信服務。欲同時提供國內和跨境行動電話服務的 GMPCS 經營者，可透過下列兩種方式進行：

- 與新加坡持有設備基礎經營者（Facilities-Based Operators, FBOs）執照或服務基礎經營者（Services-Based Operators, SBOs）執照者合作，經由 FBOs 或 SBOs 提供服務。
- 自行向 IMDA 申請執照。

IMDA 將 GMPCS 區分為 GMPCS 系統提供者（system operator）和 GMPCS 服務提供者（service operator），其中系統提供者為實際建置衛星網路系統之業者。就 GMPCS 服務提供者而言，如欲申請頻率，其適用之程序和規定與其他地面服務提供者。

根據電信法（Telecommunications Act）第 5B 條之規範，業者如欲向 IMDA 申請衛星軌道位置，需取得衛星軌道執照（license satellite orbital slots）。依據 IMDA 於 2017 年公告之申請衛星軌道位置使用執照指導文件（Guidelines on The Submission of Application for The Grant of Licence for The use of Satellite Orbital Slot），提出申請之業者者必須是依新加坡「公司法」成立之公司，同時衛星網路涵蓋範圍必須擴及整個新加坡領土。此外，IMDA 要求在執照有效期限內，執照持有者須擁有衛星至少 50%的所有權。同時，IMDA 亦要求執照持有者應熟悉 ITU 現行規範、衛星網路應用、協調與使用，並且對其所填報之所有訊息之準確性和完整性負責。衛星軌道執照之執照期限為 15 年，屆期可申請更新執照。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(2). 衛星頻率申請所需資料

根據2016年IMDA公告衛星申請指導文件(Guidelines on Satellite Network Filing)，說明 IMDA 作為申請單位之主管機關必須確保衛星系統申請文件符合 ITU RR 規範。當 IMDA 接受申請單位之要求，並核發執照後，即著手向 ITU 交提衛星申請。

根據 IMDA 訂定之衛星申請程序，在收到各階段申請表格資料時，包括事先公告（API）衛星系統資料、協調請求（CR）資料、正式通報（Notification）資料、盡責調查（Due diligence）數據、衛星系統投入使用資訊和 Part A/B 或 AP30B 修正計畫頻譜使用資料，應於5個工作日內確認相關內容是否符合ITU之規範。當確認資料無誤後，IMDA 於 14 個工作日內提交 ITU。

(3). 執照持有規範

根據2016年衛星申請指導文件（Guidelines on Satellite Network Filing)，申請單位應向 IMDA 提交年度報告，若有修正計畫之處，於報告中說明差異。前項年度報告時間自申請單位提交 API 衛星系統資料之日起，至完成所有必要之協調並啟動衛星服務。申請單位應每6個月（或應 IMDA 要求）報告協調進度。

IMDA 要求申請單位有責任確保所有提交資訊的準確性和完整性，並要求申請單位於衛星發射前6個月提供相關詳細資訊，如發射日期、發射廠商、發射地點等，以及確認最頻率使用狀況。

(4). 各項成本費用

於新加坡申請衛星發射所需繳納之費用包括年費和變動費。其中，年費又依是否需與其他主管機關針對頻率進行協調而有不同收費標準，參見下表所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 19 新加坡衛星申請費用

年費	
有頻率協調之必要	第一顆衛星的衛星軌道位置費用為 80,000 元新幣；後續每一顆衛星應繳納之衛星軌道位置費用為 10,000 元新幣。
無頻率協調之必要	第一顆衛星的衛星軌道位置費用為 4,000 元新幣；後續每一顆衛星應繳納之衛星軌道位置費用為 500 元新幣。
變動費	
ITU 行動程序費	依 ITU 收費而定
須由 IMDA 出席與其他主管機關之協議會議	每一場次 30,000 元新幣；會議期間，每日 3,000 元新幣

資料來源：IMDA (2017) ，本研究整理，2021 年 11 月

IMDA 要求申請單位必須以密件方式提供印有「衛星軌道使用執照申請」（Application for The Grant of Licence for The Use of Satellite Orbital Slot）文字之副本文件，文件內容應包括下列資訊：

表 20 IMDA 衛星申請相關資訊

項目	具體內容
願景與依據	• 其願景和本計畫可帶給產業、消費者和新加坡整體經濟之利益。此外，說明選擇以新加坡作為通知主管機關之理由。
組織結構、財務能力和實力	• 衛星所有權的結構。 • 申請單位之性質和結構(聯盟成員或單一事業)。 • 申請單位之合作和股權結構(直接和間接)以說明最終有權。 • 董事會組成和管理結構。 • 新加坡公司的決策權利和新加坡辦事處在申請單位整體公司結構中的重要性。 • 主要締約人之細節。 • 提供自獲配執照前 8 年之業務、財務和資金計畫。 • 發射和維護衛星系統的費用，並證明擁有足夠的資金。
技術資訊	• 於太空中操作衛星軌道之技術參數。 • 衛星系統之技術特性。 • 提供服務之類型。 • 衛星服務區域。 • 對不可預期情況之應變措施（如發射失敗等）。 • 提交網路布建計畫和執行策略，並展示其在相關技術領域的經驗和能力，和/或獲得此技術專業和經驗（包括管理的專長）
其他資訊	• 申請人可提供其他可支持申請計畫之任何資訊。

資料來源：IMDA，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(5). 頻率協調機制規範

根據 2016 年衛星申請指導文件（Guidelines on Satellite Network Filing），說明干擾問題的處理方式。IMDA 認為申請單位需負擔全部負責，以符合 ITU RR 規範之所有義務和干擾管理要求，要求項目包括但不限於下列事項：

- 申請單位應自行發現對既有衛星系統可能造成之潛在干擾，並提出回應。
- 申請單位應依 ITU RR 規範，針對已確定引起潛在干擾問題進行檢查，並以書面通知 IMDA。
- 申請單位應提供干擾分析，並列出需要進行協調之主管機關和網路。

申請單位應在 BR IFIC（International Frequency Information Circular）公告一個月內提出所有回應予 IMDA。此外，申請單位應直接與被干擾之單位就頻率和軌道位置進行協調。由 IMDA 出席協調會議之情況，包括 IMDA 自行判斷、申請單位要求或其他主管機關之要求。

IMDA 只有在申請單位完成協調程序後，才會遞交正式通報（Notification）資料。若申請單位未完成協調情境下啟動衛星，並造成既有衛星之嚴重干擾，申請單位必需消除干擾，否則 IMDA 將考慮撤銷申請。

6. 澳洲

(1). 衛星頻率申請方式與制度

澳洲為 ITU 成員並受到 ITU 制度與公約約束。衛星申請者可透過澳洲通訊和媒體管理局（Australian Communications and Media

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Authority, ACMA）向 ITU 提交衛星系統申請的相關資訊，ACMA 負責處理提交 ITU 之頻率和軌道以及衛星技術參數等衛星系統相關資訊，獲得授權後代表衛星業者具有以下權利：

- 依據需求設計衛星系統之技術參數；
- 針對適合的衛星系統簽訂協調合約；
- 製造與發射符合衛星系統參數之衛星實體；
- 依據衛星系統參數（包含任何協調合約）與手冊程序規範來操作衛星實體。

ACMA 提供評估新衛星系統之過程，申請人須向 ACMA 提交與既有衛星系統及相關評估標準資訊後進行審查，並在某些情況下須與其他衛星系統進行協調。ACMA 對於申請案有所限制，衛星業者必須證明衛星位置及數量是服務計畫內不可或缺者。

申請時程表適用於經由澳洲向 ITU 提交新衛星系統申請。時間期限從 ITU 收到公佈資訊之原始日期起算。

表 21 國際電信聯盟衛星申請時間表

申請相關事項與任務	完成時間點
• 與需要協調之主管部門初步接觸 • 分析潛在干擾與未來協調策略	第一年
• 分析潛在干擾與未來協調策略	第二年
• 於新發射衛星提供服務情況下簽訂發射合約	第三年
• 通知遷移既有衛星之意願，若決定另一地點運作衛星提供服務 • 向 ITU 提交第 49 號決議所需資料 • 分析潛在干擾與未來協調策略	第四年
• 分析潛在干擾與未來協調策略	第五年
• 分析潛在干擾與未來協調策略	第六年(事前劃定頻段衛星為第七年)
• 發射新衛星並提供服務 • 系統按照 ITU 衛星網路參數運作 • 提交初始數據 • 取得相關無線電通訊執照 • 分析潛在干擾與未來協調策略	第七年(事前劃定頻段衛星為第八年)

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

(2). 衛星頻率申請所需資料

ACMA 認為提交 ITU 衛星系統相關資訊參數與協調程序，能促進國際頻譜共享，並要求申請人提交相關資料。首先申請人必須是在澳洲註冊成立的公司(根據澳洲 2001 年公司法)，在澳洲境內進行業務並且擁有行政管理人員。

表 22 申請人填寫資料表格

<table>
<tr><td colspan="3">聯絡人姓名</td></tr>
<tr><td>姓氏</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>名字</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">地址</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">衛星業者</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">ACN</td><td>ABN</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">電子郵件</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">聯繫方式</td></tr>
<tr><td colspan="3">辦公室電話號碼：
家裡電話號碼：
行動電話號碼：
傳真號碼：</td></tr>
</table>

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

衛星業者依照衛星適用類別申請衛星網路，並附上相關技術評估標準資訊與 ACMA 申請費。衛星業者必須針對衛星網路做出以下承諾：

- 遵守 ITU 無線電規則規定 ITU 之要求；
- 遵守 ACMA 相關手冊規範要求；
- 支付 ITU 規定之費用；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 支付 ACMA 規定之費用。

表 23 衛星業者承諾書

項目名稱	填寫欄
供應商名稱	
出版名稱	
衛星業者名稱	
日期	

註：依據 1995 年刑法第 137.1 條，提供虛假或誤導性資訊屬犯罪行為。刑罰為監禁 12 個月。

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

澳洲 ACMA 依據業者提供之衛星申請資料,進行以下事項評估:

- 與目前監理規劃是否一致；
- 澳洲相關之太空法規或太空認證；
- ITU 有關衛星網路監理情況；
- ITU 有關衛星網路註冊詳細情形；
- 申請須諮詢相關政府單位；
- 授權運作之太空站執照類別；
- 適用執照特殊條件或諮詢說明。

(3). 執照持有規範

根據 ACMA 年度報告，有效之國際衛星協調應依照 ACMA 程序，並遵循 ITU 衛星頻率的時程表，並透過以下過程與 ITU 成員國合作達成：

- 參考 ITU 關於外國衛星網路與澳洲頻率相關之出版物；
- 需與國外主管單位進一步協調（必要時）;

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 回應外國政府關於澳洲服務協調之要求。
- 經由澳洲 ACMA 取得國際衛星頻率之業者，必須遵循 ITU、澳洲相關規定。
- 始終遵守國際電信聯盟無線電規則、相關行政法規和議事規則。
- 衛星系統運行必須符合澳洲的無線電通訊法、電信法、廣播服務法、太空活動法等法律。
- 業者向 ACMA 提出任何有關衛星系統的聲明都是真實且正確。
- 正式使用衛星之前須獲得 ACMA 許可。
- 業者負擔衛星系統的所有 ITU 和 ACMA 費用。
- 業者必須及時向 ACMA 通報任何與最初衛星申請內容有關的重大變動。
- 出現任何不利於澳洲的重大變化可能會重新評估是否繼續允許衛星網絡。

(4). 各項成本費用

ACMA 依據 2017 年無線電通信（收費）決議文件第 5 部分，來評估 ACMA 向 ITU 提交之衛星申請案收費標準。ACMA 收到申請向 ITU 提交衛星系統之收費如下：

- 首次申請：首次向 ITU 提交衛星系統資訊，費用為 35 956.00 澳元；
- 申請：向 ITU 提供資訊，費用以每小時計費（依處理所需的時間）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

除了上述之外，既有衛星系統工作相關支援與提議，費用以每小時計費（依處理所需的時間）。

在頻率使用費方面，ACMA 代表政府發放無線電通信設備執照並透過收費方式來支援頻譜有效使用與管理之間接成本。收費透過公開透明的公式計算，公式會因應在頻率擁擠程度和提高收費標準來提升頻譜效率。

(5). 頻率協調機制規範

澳洲為 ITU 會員國之一，因此 ITU 所訂定之管理框架對於澳洲以及電信主管機關 ACMA 具有一定程度的約束力。ACMA 自我定位為協助衛星業者與 ITU 國際組織之間的中介者立場，將 ITU 所訂定之國際衛星義務規範轉嫁並要求衛星業者遵循，同時也依循 ITU 相關規範及國際公約進行國際頻率協調工作。

7. 韓國

(1). 衛星頻率申請方式與制度

韓國科學與資通訊部（Ministry of Science and ICT）、韓國國土建設與運輸部（Ministry of Land, Infrastructure and Transport, MOLIT）於 2021 年 3 月宣布成功透過哈薩克拜科努爾太空中心發射次世代中型衛星 1 號（Next generation Mid-size Satellite 1）。韓國最早於 2015 年開始研究該類低地球軌道衛星，研製 6 年後順利完成升空任務。

根據韓國電波法（Radio Wave Act）之定義，衛星網路之構成，包括太空電臺與地球電臺，同時包含衛星無線電頻率與衛星軌道。根據電波法第 10 條，申請人向韓國科學與資通訊部申請衛星頻率核配時，主管機關須考慮對衛星網路之保護。同時， 依據電波法第 18 條，MSIT 得基於安全考量、外交需求或國內外特定活動需要時，准許申請人使用衛星軌道與無線電頻率。任何人欲使用頻率，需先向主管機

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

關 MSIT 提出申請，取得主管機關核准後方得使用。

(2). 衛星頻率申請所需資料

韓國主管機關 MSIT 對於確保太空通訊網路運作，法源依據為電波法第 38 條起，賦予 MSIT 應制定必要政策措施以確保與管理太空通訊使用之衛星無線電頻率。

根據韓國電波法第 39 條，任何人欲確保衛星無線電頻率、發射太空電臺時，同樣需透過主管機關 MSIT 進行衛星網路之國際註冊申請。MSIT 將要求申請人應提交必要資訊以進行衛星網路之國際註冊，同時要滿足以下規範：

- 太空電臺規劃申請使用頻率應具備可行性；
- 提出合理適當的衛星營運計畫；
- 申請人應具備調整衛星網路無線電干擾之能力。

當相關申請已完成於 ITU 之國際註冊後，MSIT 將依此核發無線電頻率使用。

電波法第 44 條則規定 MSIT 必須符合「發射外太空物體註冊公約」之規定，於聯合國登記由韓國公民發射的人造衛星。同時，發射人造衛星之申請人應提交必要資訊，且若發射內容有變更時，亦應向 MSIT 提報，由 MSIT 通報聯合國。

(3). 執照持有規範

根據電波法第 42 條的規定，衛星網路業者的太空電臺，應具備控制設施與設備從遠端要求調整電波發射或變更軌道的能力。第 43 條則更進一步允許主管機關於考量促進頻率使用效率、改善無線電干擾等情況下，允許使用者變更其衛星軌道，惟不得造成嚴重障礙。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(4). 各項成本費用

根據電波法第 39 條規定， MSIT 亦要求申請人應負擔主管機關向 ITU 進行國際註冊之成本。

(5). 頻率協調機制規範

根據電波法第 40 條之規定，MSIT 須採取必要政策措施，以處理前向衛星網路業者於外國管轄境內造成之無線電干擾。同時，MSIT 得要求任何註冊於 ITU 的衛星網路業者提供處理無線電干擾的必要需求數據。

(三). 其他國際間取得衛星使用頻率可能方式

根據 ITU 衛星電子化申請系統，具有申請衛星頻率協調資格的類型包含會員國主管機關、衛星業者和跨國衛星組織。因此國際間仍有不少衛星頻率協調是由衛星業者和跨國衛星組織提出申請，再由國家主管機關認證後進入 ITU 申請流程。

1. 太空頻率協調小組

太空頻率協調小組（Space Frequency Coordination Group, SFCG）為太空頻率使用的重要國際非官方組織。與國際電信聯盟（ITU）正式官方機構不同，太空頻率協調小組提供更彈性的協商機制，幫助成員處理頻率協調問題。太空頻率協調小組關注 ITU 無線電規則中指配給太空研究、太空操作、地球探測衛星和氣象衛星服務等科學研究之無線電應用。同時關注與上述服務有關的饋線鏈路、中繼衛星，以及無線電天文學（包括雷達天文學）。

太空頻率協調小組在無線電規則的正式架構之下，協助會員之間就頻率分配和相關技術問題達成非正式國際協定，以最佳方式分配頻段且避免干擾，提升無線電頻率有效使用和管理。太空頻率協調小組

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

以非官方國際組織的方式，對目前或未來需要頻譜的各會員提供相應措施：

- 協助會員向 ITU 組織如：亞太電信社群（Asia Pacific Telecommunity, APT）、歐洲郵電管理委員會（Confederation of European Posts and Telecommunications, CEPT）、ITU-R 或 ITU WRC 大會提出建議
- 與其他太空機構、國際組織密切合作頻譜管理事宜和維持合作關係。

表 24 太空頻率協調小組（SFCG）成員名單

國家與代表組織		
• ARGENTINA (ARG): CONAE	• CHINA (CHN): SRMC/CNSA	• RUSSIAN FEDERATION (RUS): ROSCOSMOS
• AUSTRALIA (AUS): CSIRO	• EUMETSAT	• SOUTH AFRICA (AFS): South African National Space Agency
• AUSTRIA (AUT): ASA	• EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA)	• SPAIN (E): INTA/INSA
• AZERBAIJAN (AZ): AZERCOSMOS	• FRANCE (F): CNES	• SWEDEN (S): SSC
• BRAZIL (B): INPE	• GERMANY (D): DLR	• TAIWAN : National Space Program Office (NSPO)
• CANADA (CAN): CSA	• INDIA (IND): ISRO	• THE NETHERLANDS (HOL): NSO
• CHINA (CHN): BITTT/CNSA	• ITALY (I): AGENZIA SPAZIALE ITALIANA (ASI)	• UKRAINE (UKR): NATIONAL SPACE AGENCY OF UKRAINE
• CHINA (CHN): CAST/CNSA	• JAPAN (J): JAXA	• UNITED ARAB EMIRATES (UAE): MBRSC
• CHINA (CHN): CMA/NSMC	• MALAYSIA (MLA): National Space Agency	• UNITED KINGDOM (G): UKSA
• CHINA (CHN): National Space Science Center (NSSC)	• NIGERIA (NIG): National Space Research and Development	• UNITED STATES (USA): NASA

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

國家與代表組織		
	Agency	
• CHINA (CHN): SATCOM/CNSA	• REPUBLIC OF KOREA (KOR): Korea Aerospace Research Institute	• UNITED STATES (USA): NOAA

資料來源：SFCG，本研究整理，2021 年 11 月

2. 國際業餘無線電聯盟

國際業餘無線電聯盟 (International Amateur Radio Union, IARU) 為聯合國所屬之非政府組織（NGO）為 ITU 承認國際組織，IARU 僅有可參加世界無線電通信大會（WRC）和全權代表大會之權利，無法如同會員國提出意見及參加表決。聯盟會員來自國際間許多官方和非官方的 160 多個組織。關注在業餘、教育、實驗與輔助公共安全等無線電應用，並且在無線電規則第 25 條有明文規定不可將業餘衛星應用於商業利益。根據國際業餘無線電聯盟網頁，該聯盟擁有業餘衛星星系可供會員申請，IARU 由全球各區域委員會及相關高階成員組成行政委員會，並由行政委員會審查業餘衛星申請案，並在正式通報 ITU 前完成業餘衛星國際協調程序，此外部分國家，如美國和日本要求業餘衛星必須先完成 IARU 內部協調程序後才可進行 ITU 申請。而我國的中華民國業餘無線電促進會早在 1991 年十月便加入國際業餘無線電聯盟成為此國際組織之正式會員，因而具備透過此一管道進行國際衛星頻率協調之機會。

二、 我國衛星頻率使用之過往經驗

我國過往發射衛星主要採取國際合作方式，與國外業者合作、或透過國際衛星學術社群等方式獲得衛星頻率。例如過往中華電信與新加坡電信合作發射中新 2 號衛星，或科技部太空科技中心發射福爾摩沙衛星系列之經驗，藉由觀察我國產業與學術界與國際衛星研究社群合作經驗，盤點我國具體可行之現有方案，進行衛星頻率申請與協調

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

路徑之可行性分析。

(一). 中新 2 號衛星合作經驗

中華電信集團旗下新加坡子公司（持股約 38.1%）與新加坡電信（持股約 61.9%）於 2009 年 9 月先成立的合資子公司 ST-2 Satellite Ventures Private Limited，並由合資公司規劃於 2011 年 5 月正式發射，替代原本的中新一號衛星。根據 ITU 資料，中新 2 號衛星名稱為 ST-2，並由新加坡主管機關 IMDA 向 ITU 進行申請。

中心 2 號案例屬於在海外註冊子公司的方式，透過與當地主管機關合作，取得向 ITU 申請衛星頻率之管道，進而成功發射衛星且提供商業服務的模式。

(二). 福衛 7 號衛星計畫合作經驗

福爾摩沙衛星七號計畫（FORMOSAT-7）為臺美雙方國際合作案，共有 6 顆衛星、使用 S 頻段、並布建在高度 550 公里，傾角 24 度的非同步軌道衛星系統，計畫任務目標為建立任務型氣象衛星系統，延續福衛三號計畫。國家太空中心與美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, 簡稱 NOAA)合作。福衛七號於 2019 年 6 月 25 日，由美國 SPACE X 發射升空，預計 2021 年第 1 季可完成全部衛星的部署。根據 ITU 資料，福衛七號計畫衛星系統名稱為 COSMIC-2，並由美國 FCC 於 2017 年 2 月 16 日提交 ITU。

我國太空中心具有太空頻率協調小組（SFCG）會員資格，因此與同為會員的美國 NOAA 合作，進行長期大氣科學研究。透過 SFCG 的管道取得衛星頻率資格，為太空中心長期進行地球觀測、科學研究的主要管道。同樣屬於我國成功取的衛星頻率的國際合作案例。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 玉山、飛鼠等衛星經驗

2021 年發射的玉山、飛鼠衛星以及尚未發射的堅果衛星，皆是國家太空中心執行 2017 年啟動的「臺灣新興太空產業領航計畫-微衛星發展」立方衛星(CubeSat)子計畫成果。計畫目標是透過產學研合作開發高度介於 450 至 600 公里間、圓形軌道的立方衛星，培養太空技術人才，同時進行立方衛星商用應用驗證測試。衛星頻率經由中華民國業餘無線電促進會協助，向國際業餘無線電聯盟提出申請與進行國際協調程序後獲得使用權。

表 25 太空中心立方衛星簡介

衛星	使用頻率	太空中心對各衛星之介紹
飛鼠衛星	UHF 下鏈：437.345MHz S-Band 下鏈：2420 MHz	• 飛鼠衛星由中央大學研製 • 使用的科學酬載是自製的電離層探測儀(CIP)，以研究電離層對衛星和地面無線電通訊的干擾。
玉山衛星	UHF 下鏈：436.250MHz VHF 上鏈：145.825MHz	• 玉山衛星由騰暉等公司研製 • 酬載是自動識別系統(AIS)和自動封包回報系統(APRS)接收器。 • 衛星上 AIS 接收器可儲存經過船隻的航行軌跡和附帶訊息。再經由 UHF 無線頻率將 AIS 訊息下傳地面站。可追蹤全球船隻航行軌跡，有助船隻航行安全。 • 衛星上 APRS 接收器可以接收車輛上 APRS 發射器發出的訊息，做交通監控 • 並且可接收地面裝置發出的 APRS 訊息，做大範圍的環境監測。
堅果衛星	UHF 下鏈：437.345MHz	• 堅果衛星由虎尾科技大學研製 • 酬載是廣播式自動回報監視(ADS-B)接收器 • 可接收經過飛機發出的 ADS-B 訊息，追蹤全球的飛機飛行軌跡，有助飛行安全。

資料來源：太空中心，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(四). 我國過往開放銥衛星經驗

第一代銥衛星計畫為摩托羅拉公司主導推動，預計以 66 顆衛星提供全球衛星行動通訊服務。我國太電公司（太平洋電線電纜公司）除直接投資銥衛星計劃，並成立太平洋銥電訊股份有限公司，向主管機關申請衛星行動通訊業務特許執照，並且成功獲得執照。但後續因第一代銥計劃於 1999 年破產重組，太銥公司無法繼續營運因而中止。另外其他衛星行動通訊業務特許執照申請者，分別為中華電信及亞洲通公司，上述兩家公司則是未能取得特許經營執照，第一代銥衛星服務在台終止，日後重組的第二代銥衛星並未申請進入台灣市場。

三、 我國衛星頻率申請可行性評估與建議

本分項在期末報告階段研提我國衛星頻率申請可行性及相關議題之評估建議。研究團隊基於我國之立場逐一探討潛在可行之國際合作國家；其次則是因應衛星頻率涉及國際協調之特性，盤點我國進行國際協調或發表意見之管道；最終研提我國衛星頻率申請之建議。

(一). 國際主要國家衛星頻率申請制度比較評估

我國並非 ITU 會員國，因而在衛星頻率申請增加許多獨特挑戰。但是透過國際組織、其他會員國協助申請衛星頻率，是我國過往成功取得科研衛星、ST-2 頻率之重要管道，並且國際間存在許多類似案例，以下針對本分項蒐集之主要國家進行研析，探討符合我國目標之合作國家。

根據本分項蒐集衛星發展主要七國政策，包含美國、日本、英國、德國、新加坡、澳洲和韓國。本研究觀察到各國政府針對低軌衛星頻率申請程序仍以依循 ITU 制度為主，各國差異仍在於落地提供服務階段。具體顯現在各國在頻率使用目的、申請程序和申請資料類別皆相同。此外皆須繳交一次性申請費用、頻率使用費等。從整體面而言，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

各國衛星頻率申請制度彼此相似。然而深入比較各國制度細節，仍存在些許差異，以下將補充說明各國制度差異之處。

首先申請資格存在差異。各國電信市場對於外資規範並不相同，如美、日、澳、韓等國皆訂有外資上限規範，因此透過這些國家申請衛星頻率，都需要與各國當地業者合作；至於英、德、新加坡則未訂定外資上限。

其次則是在收費制度有細部差異，具體而言為費用計算機制有所不同，因而導致總費用落差。雖然各國皆訂有一次性申請費用、頻率使用費。然而各國費用水準一開始便不相同，並且包含採取計算公式、類別分類等不同計價方式。其中類別分類可再進一步分為依據：衛星顆數、使用功率高低、使用頻率、作業時間等類別面向。所以最終衛星申請總費用必須考量原本費用差異，再加乘上衛星顆數或使用頻率，因而產生多種費用水準。

表 26 各國衛星頻率申請費用收費標準比較

國家	採用收費標準
美國	分類制：依衛星顆數、應用領域（是否為商用）
英國	分類制：依國際協調複雜度
德國	分類制：依申請類別、使用頻率
日本	分類制：依發射功率、使用頻率
新加坡	分類制：依國際協調複雜度、衛星顆數、國際會議次數
澳洲	分類制：依申請類別、作業處理時間
韓國	分類制：依申請類別

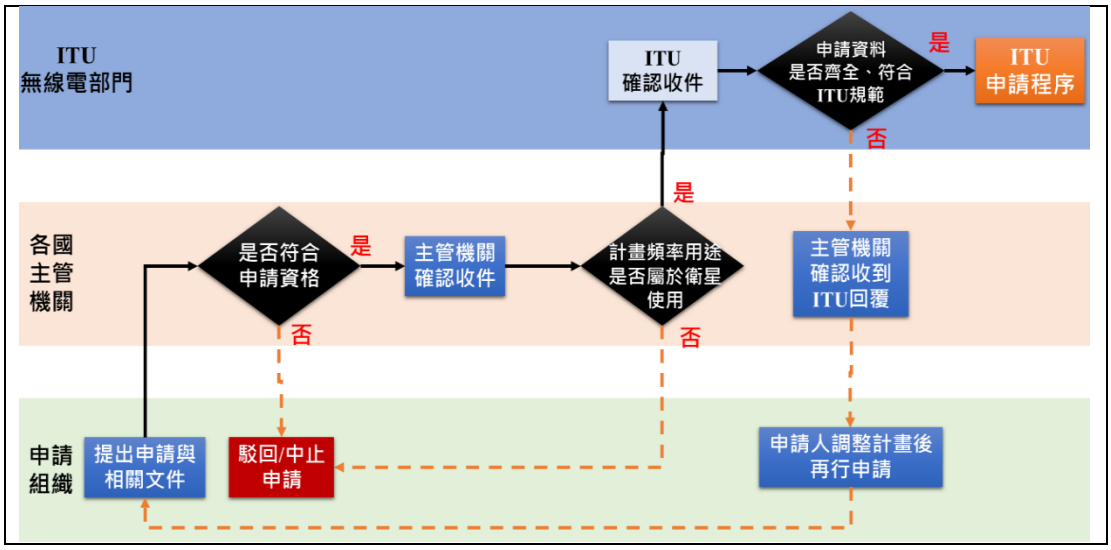
資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

在向 ITU 申請衛星頻率方面，各國多數皆依循 ITU 既有技術規範與程序，唯有涉及國內管理制度層面出現部分差異。換言之在國際層面，各國主管機關向 ITU 申請衛星頻率的制度差異性不大；若為衛星事業向國內市場申請服務提供，因涉及國內主管單位監管思維而有顯著差異。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

衛星頻率申請人向各國主管機關遞交申請資料，後續至 ITU 正式收文階段，各國主管機關單純僅針對是否符合申請資格、申請文件與計畫使用頻率進行初審。後續 ITU 無線電部門正式確認收件後，再行啟動 ITU 衛星申請與協調程序。至於各國主管機關則是在衛星申請人向該國提出落地服務申請時，啟動國內正式申請審查。

因此在 ITU 正式收件前階段，各國僅進行收件初審工作。各國差異主要體現在申請資格、申請文件項目等略有差異，例如是否有外資上限規範、是否補充衛星系統在該國境內之布建計畫等。然而上述申請文件仍以 ITU 規定為主體，並輔以各國補充項目等些微差異。而各國申請制度最大差異仍在各國國內正式審查階段，此時因涉及各國政策、電信和市場法規制度特性而更為明顯。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 8：從申請人提出申請至 ITU 確認收件階段之流程圖

本分項逐一討論各國衛星申請制度、相關費用水準等面向。但值得注意的是各國在衛星技術領域既有技術能力、產業成熟度、市場規模和政策願景有所差異。所以選擇適合我國情境之合作國家，仍需額外可量各國目前衛星領域現況、與我國的合作經驗。綜整七國資料後可分為以下幾種類型：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 澳洲、韓國：衛星技術新興國家。
- 美國、日本、德國：衛星技術領先國家並與我國產學研界有合作經驗。
- 英國：衛星技術領先國家。
- 新加坡：與我國有合作經驗。

本研究初步認為，各國與我國在衛星領域在不同領域的合作產生程度不一的綜效。

- 在科學研究領域而言，我國與美國、日本、德國等國合作綜效較大，主因在於這些國家技術領先，且我國皆有長期合作經驗，各國具備優秀的科學研究機構、人才資源等生態系優點。
- 商業應用領域則是與美國、澳洲甚至英國合作的效益會較大。美國衛星產業發展為領先國家並與我國有商業協議經驗，澳洲、英國將太空政策定為國家發展目標之一，政策環境較為積極；然而美國市場競爭激烈、澳洲產業生態系仍在發展、英國則是聚焦在衛星零組件而與我國目標有所重疊。
- 至於韓國則是著重於國產化目標，偏好與韓國本土業者合作，並且我國欠缺與韓國長期合作經驗。另外新加坡雖有中華電信 ST-2 的合作經驗，但因新加坡在低軌衛星領域發展政策尚不明確，新加坡業者同樣以地面設備產業為主，所以與我國合作綜效較為有限。

表 27 各國衛星申請制度比較

國家	美國	日本	英國	德國	新加坡	澳洲	韓國
頻率目的	科研、商用皆可						
申請	限本國註冊業者						

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

國家	美國	日本	英國	德國	新加坡	澳洲	韓國
資格	有外資上限		無			有外資上限	
流程	依循 ITU 申請程序						
申請資料	申請者基本資料、衛星及地面系統參數、其他證明(計劃書之類)						
費用	皆有申請費用						
	皆有頻率使用費						
	高 (分類制)	高 (分類制)	中 (分類制)	中 (分類制)	高 (分類制)	中 (分類、公式)	中 (分類、公式)
	各項收費皆高	頻率使用費高	收費依國際協調程度	各項收費標準中等	頻率使用費高	申請行政處理時間不定	主管機關可減免部分費用
優	合作經驗產業成熟	鄰近、技術先進	近歐盟政策積極	近歐盟合作經驗	合作經驗	政策積極	政策積極
劣	高度競爭規範詳細	不以通訊衛星為主	同以零組件為目標	不以通訊衛星為主	須向國際發展	不以通訊衛星為主	以國產為目標

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

總結而言，對於有意申請衛星頻率的主管機關和業者，由於各國在既有衛星技術和產業基礎環境有落差，衛星申請成本費用與衛星系統設計連動，例如衛星顆數、使用頻段等條件都會影響最終費用水準、甚至國際協調複雜度，所以在此僅作整體趨勢的研究分析，仍須依據實際申請之衛星系統架構滾動式調整。

(二). 我國進行衛星頻率國際協調之可行管道評估

在 B5G 時代後，衛星通信重要性日益增加，而衛星涵蓋範圍跨越國界，因此各國之間協調議題更顯重要。國際協調議題不只在 ITU 衛星頻率申請制度規範必須進行之外，衛星與地面系統也存在干擾可能性，因此不論我國是否發展自主通訊衛星政策，尋找可供我國在國際上表達意見之管道，是在跨國頻率協調日益受到重視的情況下，必

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

須思考的議題。本分項基於前揭各國制度、過往我國實際案例等相關研究內容，探討未來我國可以向國際表達頻率協調意見之管道。

本研究認為，可行管道包括以下：

- 組成公私協力組織（public private partnership）：由政府公部門與民間企業合作組成公私協力組織。例如目前歐盟推動5G 發展即採此種方式，整合歐盟各會員國與民間企業、學界之能量成立5G基礎設施公私協力組織(5G Infrastructure Public Private Partnership, 5G PPP)，推動技術與服務應用發展。

- 透過專業技術組織:我國為資通訊技術研發與標準制定先進國家，國內已有整合相關專業技術組織，例如台灣資通產業標準協會(Taiwan Association of Information and Communication Standards,TAICS)，該類專業組織具備技術專業能量並結合產業力量，同時國家色彩較不明顯，更具運作彈性。

- 由國內指標性大型企業與國外業者合作申請頻譜:我國過往中華電信與新加坡電信（Singtel）曾合資成立與發射中新衛星，已陸續完成中新一號衛星與中新二號衛星之發射與使用。

- 由國內相關產業組成聯盟,透過海外據點或與國外業者合作申請衛星頻譜：與前一機制之差異處在於，許多中小企業恐無法擁有像大型企業一樣的財力、物力與人力資源獨自成立海外據點或與國外業者合作，因此，本研究亦建議可透過產業聯盟之方式，透過海外據點或國外業者合作申請衛星頻譜。相關頻譜資源之權利將可由聯盟中所有參與業者共享,有效降低各業者投入衛星頻譜申請與協調作業之障礙。

本研究綜整四種可行管道評估，從資金挹注、頻譜使用權利與申請方式等角度分析、整理各可行管道之特性與優、缺點，比較如下表。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 28 我國衛星頻率申請或協調之可行管道評估

管道選項	公私協力組織	專業技術組織	大型企業與國外業者合作	成立產業聯盟與國外合作
說明	由政府單位、學界與民間企業合作成立公私協力組織，取得頻譜後，以授權方式提供國內業者使用	由國內技術標準組織或專業技術法人機構申請頻譜後，以授權方式提供國內業者使用	由國內大型企業採合資或設置海外子公司等方式與國外業者合作取得頻譜資源	由國內組成之產業聯盟採合資或設置海外子公司等方式與國外業者合作取得頻譜資源
優點	• 結合國內政策、技術能量與產業發展需求，從國家角度推動整體產業發展 • 擁有長期、穩固之政府資金挹注，可聚焦長期或前瞻衛星技術應用	• 技術標準與專業能力較高，有利我國推動前瞻衛星通訊技術發展 • 國家色彩較不明顯，有機會取得頻譜資源	• 具備豐富企業資源、人力與物力 • 國家色彩較淡，更有機會取得商用頻譜資源	• 運作彈性最高，不受政府法規限制 • 國家色彩最淡，取得商用頻譜資源機會最大 • 可符合多樣化產業需求
缺點	• 具備國家支持色彩，易受ITU會員國資格規範與限制 • 法令是否允許政府出資資金轉授權給民間企業使用？	• 投入人力、物力等資源需仰賴政府長期支援 • 取得政府補助之機構，須受國內法規規範，運用彈性較小	• 民間企業未必有誘因投入 • 其他民間企業較難參與 • 頻譜使用權利為企業所擁有，國家難以介入調配	• 頻譜使用權利與義務之權責區分、內部協調較複雜

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

本研究認為，考量我國政府刻正推動太空產業發展，且將太空產業視為未來重點發展產業，因此，可透過多種可行管道並行之方式，實現我國太空產業發展。短期可透過建立或委託既有專業技術組織，藉由前瞻衛星技術研析與標準制定等方式，為後續國際合作建立良好基礎；中期可鼓勵國內企業投入或組成策略聯盟，探詢與國外衛星事業合作之契機，例如打入國外衛星業者之產業供應鏈，或成立海外子公司或與國際衛星業者合資發射商用衛星；長期則藉由公私協力組織推動，藉由過往累積之技術研發與國際合作實務經驗，建立穩定運作

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

之衛星申請與協調管道，並透過該專責機構長期負責衛星領域相關事務，確保政府資金投入能長期發展，有效實現政府對於衛星產業設定之政策目標。

(三). 我國衛星頻率申請之政策建議

本分項之主要研究目標為研析我國 B5G 低軌衛星通訊頻率申請方案，提供未來太空發展主責機關（如升級後之太空中心）、或有意進入衛星通訊市場之業者申請衛星頻率建議。研究團隊研析流程分為三階段探討，首先基於國際制度和我國經驗，研擬我國未來衛星發展的可能情境，其次將情境分析成果就教於衛星、通訊相關專家學者和產業先進，以了解我國產學研界關注之重點，最後階段彙整各界資料，研提我國衛星頻率申請之建議。

1. 我國未來衛星發展情境

綜整國際相關資料後，衛星應用型態、衛星星系架構具多元態樣特性。因此我國衛星政策目標、計畫規模及國際趨勢等皆可能形塑未來應用情境。考量我國衛星科研實力、國際情勢以及政府政策願景等多方背景因素。情境建構主軸以是否追求建構自主星系、衛星應用是否為商業應用兩大面向進行研析：

- X 軸為發展衛星路徑面：以國際計畫合作為主(不追求自主系統)、追求自主系統為主。
- Y 軸為衛星應用面：非商業應用（科研、技術驗證與試驗）、商業應用。

表 29 衛星頻率取得管道之重點情境

	自主程度	
	國際計畫合作(非自主星系)	自主性高(自主星系)

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

應用領域	非商業應用	國際科研計畫合作 玉山、飛鼠、堅果衛星經驗	自主科研計畫 福衛經驗
	商業應用	國際商業星系合作 與 OneWeb、Starlink 等合作	自主商用星系 ST-2

資料來源：太空中心，本研究整理，2021 年 11 月

基於上述兩大主軸彙整我國現況後，研提不同情境下頻率取得之可行性，並且列舉相關潛在效益及挑戰。

表 30 我國衛星發展情境與潛在效益挑戰

情境	頻率取得可行性	潛在效益與挑戰探討
國際科研計畫合作	頻率資源取得管道開放 • 使用業餘衛星頻段，頻段充足可供科學研究。 • 仍無法用於商業應用。	效益：關鍵國際平台、基礎人才培育機會 挑戰：計畫經費規模、職缺有限，長遠發展辛苦
自主科研計畫	頻率資源取得管道開放 • 有合作國家、國際非官方組織既有管道 • 科研知名度高，仍無法用於商業應用	效益：大型平台、支援新技術及國產零組件太空履歷 挑戰：長遠經費仍有限、商業經驗較少
國際商業星系合作	並無申請頻率資源挑戰 • 依循合作之國際業者使用頻段資源	效益：台灣 ICT 優勢、風險成本及複雜性低 挑戰：各家業者談判成果不易產生綜效、無法接觸關鍵技術之疑慮
自主商用星系	受限國際制度，無法直接取得頻率資源 • 需採取間接策略：如商業併購、顧問協助、與他國政府或業者合作	效益：自主性、生態系綜效最高 挑戰：難度與風險最高 • 承擔所有成本(建置維運、併購、執照) • 必須克服取得頻率之國際程序 • 需要跨部會協同合作

資料來源：太空中心，本研究整理，2021 年 11 月

上述四種衛星發展情境，考量我國政策願景和本研究目標後，認為國際科研計畫合作情境為我國太空科技、產業的人才培育基礎。然而並非本研究申請衛星頻率、帶動產業發展的研究目標，後續討論將聚焦在自主科研計畫、國際商業星系合作、自主商用星系等三種情境。

2. 研討會專家意見與我國產業觀點

本分項基於國際資料蒐集與分析，建構我國未來衛星發展四種情

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

境，後續透過研討會、訪談方式就教於專家學者、業界先進，同時研究團隊持續補充資料，逐步聚焦與釐清研究方向。依據 6 月 9 日、8 月 31 日兩場次研討會成果，與會專家提供衛星政策定位、執行策略的回饋建議（詳細內容請參見研討會辦理相關章節）。

研討會與會專家建議先確立為我國衛星政策願景和具體方向，由於公開政策資訊欠缺我國衛星政策的具體定位。而不同衛星政策方向，所產生之效益規模與受影響產業鏈將有所差異。

政策方向若是以強化衛星科技實力為目標，可依循既有衛星頻率申請管道，透過太空頻率協調小組、國際業餘無線電聯盟取得科研使用權利。然而若是商業應用目標，必須考量商業應用市場、投資規模和成本議題，以及與國際衛星業者之間競合關係等商業投資議題。與會專家建議需要確立發展方向以利後續研擬相關技術規範、申請之衛星頻段等執行事項。此外與會專家也分享可依據階段性發展策略，劃定不同階段目標逐步進行衛星技術研發。

在產業界觀點方面，根據研討會、業者訪談和公開資料蒐集，既有電信和衛星通訊業者主要關注議題有兩項，首先為我國 28GHz 頻段已釋出給 5G 使用，如何解決衛星與既有服務的頻率和諧共用議題最受關注。其次為若政府確立衛星頻率釋出政策，則希望能夠開放給多家業者進入衛星通訊市場的機會，避免單一業者獨家提供服務；此外根據訪談和公開資料，五家電信業者已有中華電信成立衛星發展策略小組，遠傳電信、台灣大哥大則是有意發展衛星通訊應用，目前仍為內部研究階段而公開資料有限，但三家業者都有意與國際衛星業者合作，並持續進行相關研析和商業討論。此外部分網通設備業者已表達有意進入衛星通訊市場，例如隴華電子與美國衛星業者休斯系統集團合作提供不限於低軌衛星的衛星通訊軟硬體方案。服務聚焦於未來海事衛星寬頻需求，滿足漁業、鑽油和天然氣平台等各式海上工作平

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

台數據傳輸需求；至於芳興科技則是有意發展名為海事天線通訊平台（All-in-One Maritime VSAT）衛星解決方案，規劃透過中央大學的珍珠號立方衛星，進行低軌衛星 Ku/Ka 通訊技術驗證測試，以提供遠洋漁業海上通訊、天氣資訊服務等整合服務方案。

總結而言，衛星通訊具備發展潛力已為各界共識。然而全球低軌衛星通訊應用市場仍在發展初期，並且市場發展策略仍有許多不確定性存在，因而研討會專家仍建議先確立未來發展策略定位，有利從上而下研擬系統化衛星政策脈絡；產業界則是關注低軌、同步衛星市場發展現況，考量目前市場尚未成熟、不確定性與風險高，業者透過市場研究、國際商業合作、產學試驗驗證等不同方式，嘗試性逐步進入衛星通訊市場。本分項將研提我國衛星頻率申請之建議，提供我國未來太空事務主管機關、以及有意申請衛星頻率之組織參考。

3. 我國衛星頻率申請之建議

本研究更進一步延伸衛星頻率申請與協調可行管道所需時程，若權責主管機關欲採取公私協力組織方式，從衛星頻譜申請、研製衛星至成功發射火箭，本研究參考韓國航空研究院（Korea Aerospace Research Institute, KARI）從 2018 年啟動次世代中型衛星研發作業，到 2021 年 3 月成功發射之過程，歷時約 3 至 4 年，且該研發作業尚奠基於過往 2015 年已擁有之成功發射經驗，因此，考量到若該公私協力組織過往缺乏相關經驗，預計整體時程預期將超過 4 年。

若採取專業技術組織之管道，再加上與國際衛星事業合作，由於衛星本體研發等事務將由合作業者負責，因此可大幅提高成功機率，專業技術組織可依自身技術能量，擇定發揮領域，並透過海外或合作業者申請頻譜，預期所花頻率協調時間與申請時間應可介於 3 至 5 年。

若採國內大型企業與國際衛星業者合作，預期所需時間應與專業技術組織相近，國內業者僅需負責其中部分工作，其餘工作則可由合

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

作之國際業者協助執行，預期時程與專業組織相近，皆為 3 至 5 年。惟該種作法較不利國內其他業者獲得頻譜資源，為此種管道之先天限制。

若採成立產業聯盟與國際衛星業者合作之方式，則前期聯盟組織、權責區分與工作分配預計將耗費 1 至 2 年時間，再加上與國外業者合作所需之內外部溝通協調等，預期所需時間亦將超過 4 年。然此種管道之優點在於可較廣泛滿足多樣中小型企業之需求，降低參與企業之負擔成本，惟頻譜使用之權利義務關係需於前期聯盟成立時即確立，以避免後續爭端。本研究整理我國衛星頻譜申請可行管道與預期時程比較如下。

表 31 我國衛星頻譜申請可行管道與預期時程

管道選項	公私協力組織	專業技術組織	大型企業與國外業者合作	成立產業聯盟與國外合作
預期所需時間	超過 4 年	約 3-5 年	約 3-5 年	超過 4 年

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

四、 小結

本計畫依循政府發展 B5G 低軌衛星之願景，盤點國際組織、主要國家衛星申請制度，同時彙整我國成功向國際申請衛星頻率之經驗，進一步依據以商用或科學研究為主的應用差異、自主性或國際合作的我國主導程度差異，作為情境討論之兩大主軸因素，最後分為四類情境。並逐一探討各情境之優劣，初步彙整我國未來取得衛星頻率之可行性管道。

衛星系統不同於地面通訊系統，由於衛星本體會跨越國界環繞地球旋轉，並且衛星位於高空因而無線電波涵蓋範圍廣，使得衛星頻率

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

使用必須獲得國際認可，進而減少無線電之干擾影響程度。因此 ITU 無線電規則基於避免無線電干擾的立場，衛星頻率申請制度要求頻率使用必須具備國際認可、制定國際協調程序、各項干擾功率規範標準等， 然而，國際協調涉及的利害關係人數量眾多，因此在實務執行上的複雜性與時程難以事前掌握，可能因衛星系統申請個案之實際使用頻段、系統架構規劃而在運作細節上存在明顯差異。因此，除了透過 ITU 正式協調機制外，另有多種透過科學研究領域之非官方組織管道可辦理頻率申請與協調。此外，ITU 因應近年技術發展而推動暫時性小型衛星之處理作業，亦是因應正式衛星申請制度過於繁複而產生的其他輔助管道。

表 32 無線電規則衛星頻率申請制度彙整

項目	對應條文	內容說明
原則	第 8 條	在國際頻率登記總表（Master International Frequency Register, MIFR）上的頻率指配，才具有國際認證權利和義務。
頻率分配表	第 5 條	全球 1、2、3 區頻率劃分表與對應業務。頻段劃分與附註為申請程序與應用範圍之參考。
申請流程	第 9、11 條	第 9 條涉及進行國際協調之程序、第 11 條為向 ITU 正式進行衛星頻率申請之程序，最長 7 年
資料表格	附件 4	彙整所有 ITU 程序所需之表格格式
技術和操控規範	第 21、22 條	• 第 21 條涉及 1GHz 以上地面通訊與衛星系統和諧共存之功率規範 • 第 22 條涉及衛星電臺之間和諧共存之功率規範
確認參加協調之會員國	附件 5	為達成第 9 條協調程序，附件 5 訂定適用頻段、門檻條件及計算方法，協助確認須參加衛星頻率協調之主管機關
盡職調查責任	第 49 號決議	無線電規則第 49 號決議（Resolution 49）訂有主管機關盡職調查責任（Due Diligence）
費用	理事會 第 482 號決議	依據衛星種類、數量與協調複雜性訂費用標準
業餘衛星	第 25 條	依據第 1.56、1.57 條，限頻率分配表部分頻段、及科學研究、非商業等。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	對應條文	內容說明
最新趨勢	WRC19 第 22、32、35 號決議	• 第 22 號決議為強化對無授權之衛星地面終端之管制 • 第 32 號決議為研析針對小型、短期業餘衛星調整程序 • 第 35 號決議為訂定非同步軌道衛星布建時間表

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

本計畫蒐集美國、英國、德國、日本、韓國、新加坡及澳洲等七國衛星申請制度，研析我國潛在合作對象國家。各國制度反映衛星系統需國際協調之特質，皆參照國際共通規範並以 ITU 衛星申請程序及制度為主，主要差異在於各國主管機關處理衛星系統國內申請、提供服務的管理制度。

整體趨勢而言，由於衛星產業鏈皆為高資本、高技術的產業。因此國家政策目標、國內市場規模及技術水準都影響各國管理制度存在不同特色。多國仍延續過往衛星管理制度適用於低軌衛星，包含訂定頻率使用費、申請費標準等，多國仍在逐步試驗並因應新興衛星應用服務發展。而美國由於衛星產業生態最為成熟，因此在低軌衛星管理制度、頻率使用費等政策較為詳盡，以下為彙整各國之政策概要簡介。

表 33 主要國家衛星頻率申請制度摘要

重點項目	各國彙整說明
政策趨勢	• 整體趨勢而言，小型衛星因成本低、布建相對簡單、任務時程短及應用領域彈性等優點成為多國發展之衛星領域。 • 應用領域多元，包含通訊、物聯網、地球觀測、導航與軍事等多項衛星應用。 • 太空碎片/垃圾議題日益受到重視，衛星生命週期管理觀點出現(衛星任務前中後處理程序)
申請資格	• 無外資上限：英國、德國、新加坡 • 有不同程度之外資上限：美國(有例外)、日本、韓國、澳洲
申請流程	• 各國皆參照 ITU 申請程序與規範，差異在於後續落地規範。
繳交資料	• 資料可分類為：申請者基本資訊、太空衛星系統技術資料、地面系統技術資料、聯絡資料等 • 繳交方式：依資料類型繳交、依申請階段程序繳交各式資料

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

重點項目	各國彙整說明
執照期限	• 依據衛星業務而有所不同，最長 15 年、最短為 1 年
費用 • 申請費用 • 頻率使用費	• 大多數國家皆訂有一次性申請費用、頻率使用費。各國另有其他費用，如國際協調會議出席費(新加坡) • 頻率使用費仍依循既有收費制度，但美國因應低軌衛星市場快速成長，將依據衛星數量(20 顆)區分頻率使用費收費標準。

資料來源：本研究整理，本研究整理，2021 年 11 月

本計畫蒐集國際組織、主要國家衛星申請制度資料，進而掌握國際趨勢概況，同時彙整國內成功向國際申請衛星頻率之經驗，了解我國目前發展現況以及核心能力所在。由於我國並非 ITU 會員國，因此尋求 ITU 或主要國家協助取得衛星頻率的難度遠較他國高。過往我國採取間接方式，透過國際合作平台、非官方組織、商業策略合作等方式，透過第三方協助取得頻率使用管道，主要管道及成就如下：

表 34 我國衛星頻率申請成功案例摘要

合作管道	國際業餘無線電聯盟 (IARU)	太空頻率協調小組 (SFCG)	中華電信與新加坡電信
衛星	玉山衛星、飛鼠衛星 等	福衛衛星 等	中新二號 ST-2
頻率協商單位	IARU	SFCG	IMDA
應用	科學研究、教育	科學研究	商業應用

資料來源：太空中心，本研究整理，2021 年 11 月

本研究更進一步探討公私協力組織、專業技術組織、國內大型企業與國內產業聯盟等四種可行管道申請頻譜資源之特性，並依不同管道分析各自優缺點與所需時程。若從政府長期推動太空產業發展之角度，建立公私協力組織將是較佳之作法，然從衛星研發到頻譜申請等眾多事務，都仰賴此公私協力組織之推動，因此此一管道之預期所需時間亦會最長；至於藉由專業技術組織推動的方式，則具備彈性、可

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

受政府相關政策目標推動之優點，且較可弭平參與協議之國內業者彼此競逐頻譜使用之需求，為較能夠達成所費時間與成本間平衡之作法。若透過國內大型企業與國外業者合作之管道，則可透過民間資金充分發展衛星產業，且具備短期內可達成特定目標之優點，然其他國內業者是否有機會取得頻譜使用權利，惟此種方式之疑慮。若採國內產業聯盟方式，則最能夠滿足多樣化產業需求，惟各參與業者間使用頻譜之權利義務關係將最為複雜，須事前達成多方協議，避免後續爭端。

本研究認為，考量我國政府刻正大力推動太空產業發展，且將太空產業視為未來重點發展產業，因此，可透過多種可行管道並行之方式，實現我國太空產業發展。短期可透過建立或委託既有專業技術組織，藉由前瞻衛星技術研析與標準制定等方式，為後續國際合作建立良好基礎；中期可鼓勵國內企業投入或組成策略聯盟，探詢與國外衛星事業合作之契機，例如打入國外衛星業者之產業供應鏈，或成立海外子公司或與國際衛星業者合資發射商用衛星；長期則藉由公私協力組織推動，藉由過往累積之技術研發與國際合作實務經驗，建立穩定運作之衛星申請與協調管道，並透過該專責機構長期負責衛星領域相關事務，確保政府資金投入能長期發展，有效實現政府對於衛星產業設定之政策目標。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第二章：子題 1.2，研析 B5G 低軌衛星通訊網路服務可能模式

一、 國際 B5G 低軌通訊網路可能模式

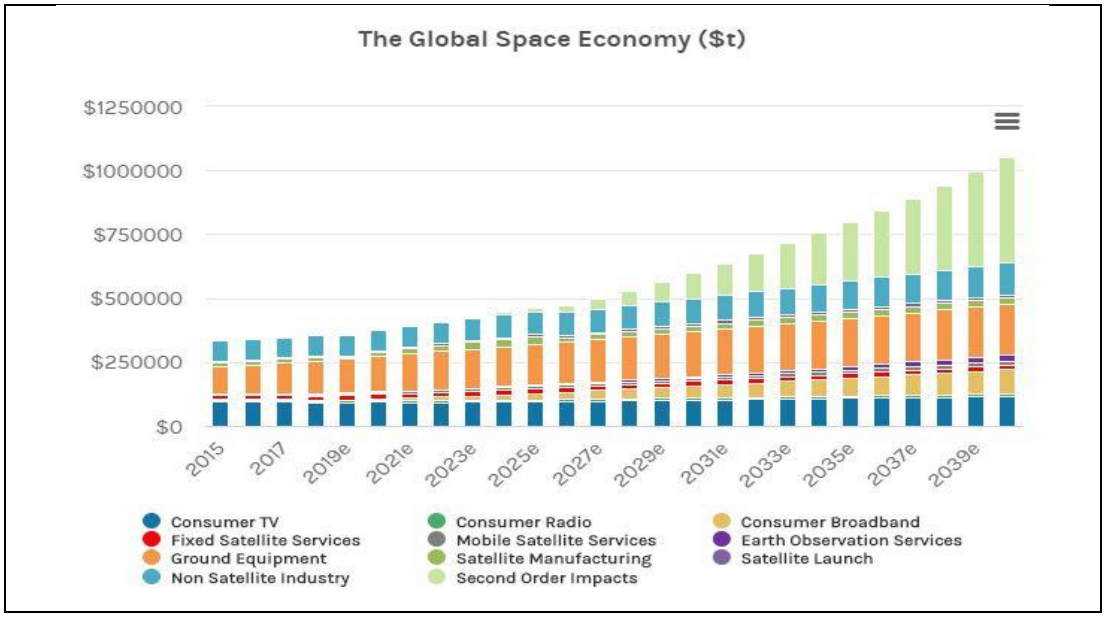
隨著投入資金的持續增加與成本降低，為太空產業帶來新的機遇，衛星寬頻網路接取之重要性與日俱增。2020 年上半年，太空投資保持強勁，達 121 億美元，此態勢在 2021 年也將維持平穩。太空發射服務預計也將在 2021 年實現強勁成長，市場預計將年增 15%以上。由於發射成本下降和技術進步，太空探索有望在 2021 年繼續蓬勃發展。

衛星通訊領域是目前最大的衛星服務市場，根據 Grand View Research 預測衛星通訊（Satellite Communication）市場將以年複合成長率 9.2%成長，至 2027 年市場規模將達 1,229.8 億美元。這樣的成長態勢，亦反映低軌（Low Earth Orbit, LEO）衛星的蓬勃發展。

Morgan Stanley 預估至 2040 年全球的太空產業市場規模，將由現今 3,500 億美元成長至 1 兆美元（參酌下圖）。然而，短中期仍以衛星寬頻網路接取市場最具機會。衛星寬頻市場規模至 2040 年預估占全球太空經濟預計成長率的 50%，最樂觀的情況下甚至可達 70%。

5G 時代，低軌衛星通訊跟 5G 基地臺形成互補，將 5G 基地臺難以涵蓋的區域納入通訊範圍內。同樣地，根據 Morgan Stanley 的調查指出，最大潛在的衛星市場來自於全球網路服務水準欠佳及服務不足的地區。隨著數據需求增加，與 5G 相關產業的自駕車、物聯網（IoT）、人工智慧（AI）、虛擬實境（VR）對衛星寬頻需求明顯成長，未來每百萬位元組（1MB）產生的無線數據成本將是現今的 1%以下，將帶動低軌衛星產業發展效益。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Morgan Stanley（2020），2021 年 11 月

圖 9：全球的太空產業市場規模

另根據 UCS（Union of Concerned Scientists）衛星資料庫之數據顯示，截至 2020 年 12 月 31 日止，全球發射的營運衛星總數為 3,372 顆，美國為 1,897 顆、俄羅斯為 176 顆、中國大陸為 412 顆，其他國家則為 887 顆。以美國為例，作為商業用途為 1,486 顆、軍事用途為 212 顆、政府為 165 顆、民用則為 34 顆。

而 2020 年發射總量（1,212 顆）較 2019 年成長 2.5 倍，其中以低軌衛星為大宗，諸如 SpaceX、OneWeb 發射大量衛星。探究其因，主要為衛星技術進步、衛星製造成本大幅下降、國際眾多大廠進入市場投入大量資金所致。

是以，本小節將分析國際主要衛星業者（如 SpaceX、Amazon、OneWeb、Telesat 等）之系統佈署進度（如使用頻段、規模、佈署情形等）、商業模式（如提供服務類型、佈署進程、合作夥伴、用戶數、資費方案等），以及國際落地模式與進度，以掌握國際衛星業者之發展現況與趨勢。以下依序說明之。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(一). 美國低軌衛星通訊服務業者 SpaceX

近年國際低軌衛星發展快速，提供全球衛星寬頻網路服務，衛星通訊服務業者中屬 Space Exploration Technologies Corp.（下稱 SpaceX）佈署最為積極。SpaceX 為美國民營航太製造商和太空運輸公司，由 Elon Musk 於 2002 年創立，主要業務以研發太空船、衛星、火箭以及提供發射服務。

1. 系統佈署進程

依美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）公告之資料顯示，SpaceX 向 FCC 遞交申請佈建 Starlink 衛星系統（Starlink Constellation）共 3 次，第一次係申請 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段），達 4,425 顆衛星。第二次係申請 Starlink 衛星系統（V 頻段），達 7,518 顆衛星，至此，Starlink 衛星系統總數達 11,943 顆。上述計畫預估需耗資 100 億美元，為全球提供低成本的寬頻網路服務。第三次係申請 Starlink 第二代衛星系統，達 30,000 顆衛星。SpaceX 佈建 Starlink 衛星系統之主要目的，係為提供全球可靠且價格合理之寬頻服務。

2. Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）

● **規模**

SpaceX 於 2016 年 11 月 15 日，向 FCC 申請非地球同步軌道衛星（Non-Geostationary Satellite Orbits, NGSO）（即 Starlink 衛星系統）之軌道佈署與營運授權申請，規劃使用 Ku/Ka 頻段運行衛星固定業務（Fixed Satellite Service, FSS）。2018 年 3 月 29 日發布，獲得 FCC 批准發射使用 Ku/Ka 頻段 4,425 顆衛星。FCC 要求 SpaceX 須在 6 年內（2024 年 3 月 29 日）至少佈署半數的衛星，9 年內（2027 年 3 月 29 日）佈署完畢，提供全球性的寬頻網路服務。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

SpaceX 規劃第一階段佈署 1,600 顆衛星，第二階段佈署 2,825 顆衛星，共 4,425 顆 LEO 衛星。2018 年 11 月 8 日，SpaceX 向 FCC 申請變更減少 NGSO 衛星數量，於 2019 年 4 月 26 日獲准，將第一階段衛星減為 1,584 顆，第二階段維持不變，故衛星總數降為 4,409 顆。另外，這 1,584 顆衛星從原先獲准在 1,150 公里的軌道高度上運行，降至較低的 550 公里（詳見下表）。

表 35 SpaceX 的 Startlink 計畫

計畫名稱	衛星數量	軌道高度/軌道傾角	軌道類型	頻段	發射衛星數量	預計商轉時間
SpaceX Startlink 計畫	第一階段 1,584 顆	550 Km	低軌道（Low Earth Orbit）	Ku/Ka	截至 2021 年 9 月 14 日止，累計佈署 1,791 顆	2020 年 10 月公開測試，目前美國及海外用戶已超過 10 萬名
	第二階段 2,825 顆	1,110 - 1,325 Km				
	7,518 顆	335.9 - 345.6 Km	極低軌道（Very Low Earth Orbit）	V	—	—

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

● 佈署情形

SpaceX 佈署 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）的 4,409 顆衛星，運行在 75 個軌道平面（詳見下表）。第一階段佈署的 1,584 顆衛星將提供寬頻網路，服務集中南北緯 60 度之間的區域；第二階段發射其餘的 2,825 顆衛星佈署完成整個系統，進一步增加系統容量，並涵蓋範圍擴展到極地和高緯度地區。

表 36 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）之佈署情形

項目	第一階段（原始）	第一階段（修正）	第二階段（合計 2,825 顆）			
軌道高度	1,150 Km	550 Km	1,110 Km	1,130 Km	1,275 Km	1,325 Km

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

軌道平面	32	24	32	8	5	6
衛星/平面	50	66	50	50	75	75
衛星傾角	53º	53º	53.8º	74º	81º	70º
衛星總數	1,600 顆	1,584 顆	1,600 顆	400 顆	375 顆	450 顆

資料來源：Space Exploration Holdings, LLC, 2016.; Space Exploration Holdings, LLC, 2018. 本研究整理，2021 年 11 月

2020 年 SpaceX 共執行 26 次發射任務，其中 14 次為發射 Starlink 衛星，每次發射約 60 顆衛星。截至 2020 年底，共發射 955 顆 Starlink 衛星，約 900 顆衛星仍在軌道上，占其全球涵蓋總數一小部分。截至 2021 年 9 月 14 日止，累計佈署 1,791 顆。

● **使用頻段**

2016 年 11 月 15 日，SpaceX 向 FCC 提交 Starlink 衛星系統之軌道佈署與營運授權申請，規劃使用 Ku 與 Ka 頻段的頻率提供 FSS 服務。為 Starlink 衛星系統使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍。

表 37 Starlink 衛星系統（Ku/Ka 頻段）使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍

鏈接類型和傳輸方向	頻率範圍
用戶下行鏈路 （衛星到用戶終端）	10.7 – 12.7 GHz
閘道器下行鏈路 （衛星到閘道器）	17.8 – 18.6 GHz 18.8 – 19.3 GHz
用戶上行鏈路 （用戶終端到衛星）	14.0 – 14.5 GHz
閘道器上行鏈路 （閘道器到衛星）	27.5 – 29.1 GHz 29.5 – 30.0 GHz
TT&C 下行鏈接	12.15 – 12.25 GHz 18.55 – 18.60 GHz
TT&C 上行鏈路	13.85 – 14.00 GHz

資料來源：Space Exploration Holdings, LLC, 2016. 本研究整理，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2021 年 11 月

依 FCC 文件可知，FCC 核准 SpaceX 使用 10.7-12.7 GHz（空對地）、12.75-13.25 GHz（地對空）、13.85-14.5 GHz（地對空）、17.8-18.6 GHz（空對地）、18.8-19.3 GHz（空對地）、19.7-20.2 GHz（空對地）、27.5-29.1 GHz（地對空）和 29.5-30 GHz（地對空）頻段。

(1). Starlink 衛星系統（V 頻段）

● **規模**

SpaceX 於 2017 年 3 月 1 日提出申請 Starlink 衛星系統使用 V 頻段，佈署於 335 Km 至 346 Km 的極低軌道（Very Low Earth Orbit），達 7,518 顆衛星（詳見下表）。FCC 於 2018 年 11 月 15 日核准其申請。

表 38 Starlink 衛星系統（V 頻段）之佈署情形

項目	內容		
軌道高度	345.6 Km	340.8 Km	335.9 Km
軌道傾角	53º	48º	42º
衛星總數	2,547 顆	2,478 顆	2,493 顆

資料來源：Space Exploration Holdings, LLC, 2017. 本研究整理，

2021 年 11 月

● **佈署情形**

根據 FCC 文件顯示，Starlink 衛星系統（V 頻段）之發射規劃期限將於 2024 年 11 月 19 日完成發射 3,759 顆衛星，並於 2027 年 11 月 19 日完成發射 7,518 顆衛星。

● **使用頻段**

SpaceX 申請 Starlink 衛星系統使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍，詳見下表。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 39 Starlink 衛星系統（V 頻段）使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍

鏈接類型和傳輸方向	頻率範圍
下行鏈路 （衛星到用戶終端）或 （衛星到閘道器）	37.5 – 42.5 GHz
上行鏈路 (用戶終端到衛星)或 （衛星到閘道器）	47.2 – 50.2 GHz 50.4 – 52.4 GHz
TT&C 下行鏈路	37.5 – 37.75 GHz
TT&C 上行鏈路	47.2 – 47.45 GHz

資料來源：Space Exploration Holdings, LLC, 2017. 本研究整理，2021 年 11 月

FCC 授權 V 頻段之頻率範圍：37.5-42.0 GHz（空對地）、47.2-50.2 GHz 和 50.4-51.4 GHz（地對空）。

(2). Starlink 第二代衛星系統（Gen2 System）

● **規模**

SpaceX 於 2020 年 5 月 26 日申請 Starlink 第二代衛星系統(Gen2 System）之軌道佈署批准和地面站執照許可。截至目前為止，該計畫尚未獲得 FCC 授權。

● **佈署情形**

SpaceX 申請第二代衛星系統之 NGSO 衛星數量為 30,000 顆。下表為其配置情形。

表 40 Starlink 第二代衛星系統之佈署情形

軌道高度	軌道傾角	軌道平面	衛星/平面
328 Km	30º	1	7,178
334 Km	40º	1	7,178
345 Km	53º	1	7,178

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

360 Km	96.9º	40	50
373 Km	75º	1	1,998
499 Km	53º	1	4,000
604 Km	148º	12	12
614 Km	115.7º	18	18

資料來源：Space Exploration Holdings，本研究整理，2021 年 11 月

● **使用頻段**

Starlink 第二代衛星系統之使用頻段，包括鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍，詳見下表。

表 41 Starlink 第二代衛星系統使用之鏈接類型、傳輸方向及頻率範圍

鏈接類型和傳輸方向	頻率範圍
用戶下行鏈路 （衛星到用戶終端）	10.7 – 12.75 GHz 17.8 – 18.6 GHz 18.8 – 19.3 GHz 19.7 – 20.2 GHz
閘道器下行鏈路 （衛星到閘道器）	17.8 – 18.6 GHz 18.8 – 19.3 GHz 71.0 – 76.0 GHz
用戶上行鏈路 （用戶終端到衛星）	12.75 – 13.25 GHz 14.0 – 14.5 GHz 28.35 – 29.1 GHz 29.5 – 30.0 GHz
閘道器上行鏈路 （閘道器到衛星）	27.5 – 29.1 GHz 29.5 – 30.0 GHz 81.0 – 86.0 GHz
TT&C 下行鏈路	12.15 – 12.25 GHz 18.55 – 18.60 GHz
TT&C 上行鏈路	13.85 – 14.00 GHz

資料來源：Space Exploration Holdings，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 衛星製造

SpaceX 衛星採取自行研發，並採平板設計，衛星在載運整流罩內採用堆疊疊放方式，可大幅增加發射數量，降低衛星發射之單位成本。此外獵鷹 9 號（Falcon 9）與重型獵鷹（Falcon Heavy）為 SpaceX 研發的火箭，其創新之處在於，實現火箭回收與重覆使用，大幅降低發射成本。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

由於 Starlink 衛星網路的市場需求增加，全美已有 70 萬居民表示對其服務感興趣，SpaceX 最近向 FCC 提出申請，將碟型用戶終端（'UFO on a Stick' End-User Terminals）從原先的 100 萬個增加至 500 萬個。

3. 國際落地模式與進程/規劃

目前於 7 個觀測國家（英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡、澳洲）中，包括英國、德國、美國、澳洲等國主管機關已核可 SpaceX 衛星寬頻網路執照，成為該國的衛星寬頻網路供應商。

SpaceX 在進入各國市場前，主要採取於該國設立子公司方式進入當地市場，繼而向當地主管機關接觸，再進行相關執照申請作業等階段性策略。根據目前資料顯示，SpaceX 已於全球至少十餘個國家以 TIBRO 為名登記設立公司，透過該公司進行相關執照申請作業。經登記後，再更換公司名稱為 SpaceX 或 Starlink，例如澳洲。

以下為英國、德國、美國、澳洲等國之落地時間與獲取執照。SpaceX（Starlink Internet Services Limited）目前已於 2020 年 11 月 16 日獲得英國通訊管理局（Office of Communications, Ofcom）核准衛星（地球電臺網路）執照申請。SpaceX 亦於當地提供公開測試服務。

德國於 2020 年 12 月 23 日發布公報，由德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, BNetzA）授予 SpaceX 的 Starlink 衛星系統頻率使用權，以便在德國提供衛星寬頻網路。BNetzA 針對這種新型態的衛星通訊服務，初期頻率分配限定為一年，動態評估其發展情況，必要時就長期頻率分配進行調整。Starlink 除了獲得衛星無線電網路的頻譜分配外，還獲得德國多個地球電臺的頻率分配，透過這些地球電臺，以確保傳輸和連接網路無虞。目前可線上預約服務，預計於 2021 年中提供正式服務。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

美國早於 SpaceX 於 2016 年 11 月 15 日提交 NGSO 衛星系統之軌道佈署與營運授權申請（Application for Approval for Orbital Deployment and Operating Authority for the SpaceX NGSO Satellite System），至 2018 年 3 月 28 日，FCC 授權 SpaceX 佈署和運行 NGSO 衛星系統。2020 年 10 月進行公開測試（Beta Test），目前美國及海外用戶已超過 1 萬名

澳洲 2020 年 1 月 24 日修正「外國太空目標決定」，於第 19 項增列 SpaceX Services, Inc.，始有資格申請使用太空目標通訊類別執照釋出之衛星頻段經營衛星網路。

日本、韓國、新加坡目前尚未取得執照，將持續追蹤調查 SpaceX 之進程/規劃。SpaceX 已於日本設立公司，並核備為電信事業，但目前尚未取得執照，仍須視執照取得情形及商業準備時程而定。韓國科學技術情報通信部（Ministry of Science and ICT, MSIT）至今未發布 Starlink 落地之相關政策文件，且電信業者也未曾表態，故 Starlink 是否得於韓國提供服務有待繼續追蹤。

4. 商業模式與進程/規劃

(1). 提供服務類型

SpaceX 開啟多樣化的商業模式與場景，主要的提供服務類型有三：一為提供全球衛星寬頻網路、backhaul 網路等服務，作為地面網路的替代方案；二為自製火箭與發射衛星，並回收火箭重複使用，以及替其他企業或政府機關發射各式衛星；三為與各國政府合作，佈建偏遠地區或通訊基礎設施不足之處，獲取政府補助。

在 SpaceX 進行全球布局下，除了提供全球寬頻服務外，也希望藉此打開更多的加值服務。例如，SpaceX 與 Google、微軟合作，欲將 Google Cloud、微軟的 Azure 雲端運算網路連接到 Starlink 衛星寬

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻服務。

SpaceX 佈建 Starlink 通訊衛星僅是其近程目標，未來低軌衛星的收入將資助其開發太空旅遊市場。據此，未來 SpaceX 除發射通訊衛星以及替其他衛星公司發射各式衛星外，載運貨物、太空旅遊亦為其未來主要服務項目。

除了衛星寬頻網路服務、Backhaul 網路外，Starlink 亦提供緊急危難時備用通訊系統，例如在美國、德國、日本等地，Starlink 衛星，即作為當地發生緊急危難時之備用通訊系統。美國華盛頓州於 2020 年 8 月發生森林火災，美國軍方與緊急救難單位即使用 Starlink 衛星系統作為緊急通訊之用。德國於 2021 年 7 月 14 日至 17 日發生洪災期間，洪災導致許多地方的地面網路基礎設施被破壞。洪災發生後 Starlink 聯繫德國聯邦交通及數位基礎設施部（Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI），願意免費提供受災區 Starlink 地面終端設備與其衛星系統之網路連接服務。另外，日本電信業者 KDDI 與 SpaceX 合作案例中，即規劃將 Starlink 衛星系統作為其發生緊急災害時之備用系統。

(2). 資金模式

衛星通訊服務產業屬於技術密集與資本密集，SpaceX 表示完成 Starlink 計畫可能需花費逾 100 億美元，預估全面營運後每年將帶來 300 億至 500 億美元收入。Starlink 營運之主要資金來源：

其一，提供全球衛星寬頻網路服務與加值服務（如與 Microsoft 合作），作為地面網路的替代方案，以收取費用。

其次，未來 SpaceX 除發射通訊衛星以及替其他衛星公司發射各式衛星外，載運貨物、太空旅遊亦為其主要的服務項目與收入來源。

其三，取得政府太空任務計畫，例如 2020 年 8 月初 SpaceX 成功

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

擊敗競爭對手 Blue Origin 和 NorthropGrumman 兩家發射公司，取得美國五角大廈 2022 年至 2027 年發射軍事衛星的任務，獲得 3.16 億美元的合約。

其四，為與各國政府合作，佈建偏遠地區或通訊基礎設施不足之處，獲取政府補助。例如，2020 年 12 月 7 日，FCC 授予「農村數位機會基金（Rural Digital Opportunities Fund, RDOF）」第一階段拍賣，共有 180 個競標者贏得 92 億美元，在 10 年內為 49 個州和北馬里亞納群島聯邦的 520 萬個地點提供寬頻。該基金旨在在美國的農村地區引入高速網路。其中，以 LTD Broadband 取得約 13 億美元、Charter Communications 取得約 12 億美元、農村電力合作聯盟取得約 11 億美元。而 SpaceX 獲得 8.855 億美元，需為 35 個州（包括加州、紐約和佛羅里達州）的 642,925 個位置建立連接性。

其五，為自行籌措資金，SpaceX 於 2020 年 8 月籌集 19 億美元，是 2020 年以來第 2 次籌資，亦為該公司至今為止規模最大的單一籌資活動。依 SpaceX 於 8 月 18 日向美國證券管理委員會（Securities and Exchange Commission, SEC）提交的文件得知，有 75 位投資者對其進行股權投資。此外，SpaceX 還將出售 1.65 億美元的普通股，籌資總額將達 20.7 億美元。另根據先前的文件顯示，SpaceX 在 2020 年 5 月至少籌集 3.46 億美元，若兩輪籌資皆完成，則 SpaceX 共獲得 24.1 億美元。

(3). 佈署進程

2020 年 SpaceX 共執行 26 次發射任務，其中 14 次為發射 Starlink 衛星，每次發射約 60 顆衛星。截至 2020 年底，共發射 955 顆 Starlink 衛星，約 900 顆衛星仍在軌道上，占其全球涵蓋總數一小部分。截至 2021 年 9 月 14 日止，累計佈署 1,791 顆。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(4). 合作夥伴

在 SpaceX 進行全球布局下，除了提供全球寬頻服務外，也希望藉此打開更多的加值服務。舉例言之，SpaceX 與微軟正進行合作，欲將 Azure 雲端運算網路連接到 SpaceX 提供的 Starlink 衛星寬頻服務。這項合作關係之商業考量，在於 Microsoft 擴展到太空產業，推出 Azure Orbital 的新服務，該服務將衛星直接連接到雲端。值此，Azure Orbital 和 SpaceX 建立合作夥伴關係，進而與 Amazon 在雲端業務競爭。

(5). 用戶數

根據 Starlink 向 FCC 提出希望將 Starlink Services LLC 轉為合格電信業者（Eligible Telecommunications Carrier）的申請文件，提到目前美國與全球的用戶數超過 10,000 使用其提供的寬頻服務。該公司營運工程師 Siva Bharadvaj 於 2021 年 6 月 4 日第 26 次 Starlink 任務的啟動網路直播中提及：迄今為止，SpaceX 即將推出的衛星網路服務已有超過 500,000 份訂購或支付訂金。

另根據 Trefis Team 推估 Starlink 的總用戶數，至 2021 年將吸引約 0.1%的網際網路新增用戶，約為 20 萬用戶。隨著涵蓋範圍擴大，至 2025 年，此數字將上升到 2.3%，新增用戶數遽增至 560 萬，而總用戶數達 1,440 萬。

(6). 資費方案

目前 SpaceX 已提供寬頻網路服務的國家或地區，包括北美的加拿大與美國部分地區、歐洲的英國、德國，大洋洲的澳洲。SpaceX 在各國提供的服務方案不盡相同，主要涵蓋 Starlink 硬體終端費用與每月訂閱費用，終端套件包括連接衛星的用戶終端設備、三腳架和 Wi-Fi 路由器。定價方面，美國硬體終端費用為 499 美元、每月訂閱費用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

為 99 美元；加拿大硬體終端費用為 649 加幣（510 美元）、每月訂閱費用為 129 加幣（101 美元）；英國硬體終端費用為 439 英鎊（596 美元）、每月訂閱費用為 89 英鎊（121 美元）。德國硬體終端費用為 499 歐元、每月訂閱費用為 99 歐元；澳洲硬體終端費用則為 709 澳幣、每月訂閱費用為 139 澳幣（詳見下表）。其餘日本、韓國、新加坡，則無相關訊息。

表 42 各國 SpaceX 的資費方案

國家 / 費用	硬體終端費用	每月訂閱費用	運費
美國	499 美元（約新臺幣 14,007 元）	99 美元（約新臺幣 2,779 元）	-
加拿大	649 加幣（約新臺幣 15,213 元）	129 加幣（約新臺幣 3,024 元）	-
英國	439 英鎊（約新臺幣 17,665 元）	89 英鎊（約新臺幣 3,581 元）	54 英鎊（約新臺幣 2,173 元）
德國	499 歐元（約新臺幣 17,240 元）	99 歐元（約新臺幣 3,420 元）	-
澳洲	709 澳幣（約新臺幣 15,605 元）	139 澳幣（約新臺幣 3,059 元）	-
日本	-	-	-
韓國	-	-	-
新加坡	-	-	-

註：硬體終端費用包括用戶終端設備、三腳架和 Wi-Fi 路由器等。匯率依臺灣銀行 2021 年 6 月 26 日現金賣出價計算。

資料來源：各媒體，本研究整理，2021 年 11 月

(二). 美國低軌衛星通訊服務業者 Amazon

Kuiper System LLC（下稱 Kuiper）為 Amazon.com Services, Inc.（下稱 Amazon）的全資子公司，成立於 2019 年。「Project Kuiper」

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

即為 Amazon 正推動的一項低軌道衛星系統的計畫，該計畫預計投入逾 100 億美元佈署 3,236 顆低軌衛星，旨在為全球尚未有寬頻服務和服務不足之地區，提供低延遲、高速寬頻連接。

1. 系統佈署進程

(1). 使用頻段

Kuiper 於 2019 年 7 月 4 日向美國 FCC 提出申請授權使用 Ka 頻段運行之非地球同步軌道衛星系統（Non-Geostationary Satellite Orbits, NGSO），FCC 於 2020 年 7 月 30 日授予 Kuiper 佈署使用 Ka 頻段之 NGSO 系統，提供衛星固定業務（Fixed Satellite Service, FSS）和衛星行動業務（Mobile Satellite Service, MSS）。FCC 授予 Kuiper 佈署 NGSO 之使用頻段，詳見下表。

表 43 Kuiper 佈署 NGSO 之使用頻段

授予項目	授予頻段
提供 FSS 使用	17.7-18.6 GHz（空對地）、18.8-20.2 GHz（空對地）和 27.5-30.0 GHz（地對空）。
提供 MSS 使用	19.7-20.2 GHz、29.5-30.0 GHz
提供 MSS 饋線鏈路使用	19.4-19.6 GHz、29.1-29.5 GHz

資料來源：FCC, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

(2). 規模

Kuiper 於 2019 年 7 月 4 日向 FCC 提交之申請書，規劃在 590 公里至 630 公里軌道高度間運行 3,236 顆衛星，提供高速率、低延遲的寬頻服務（詳見下表）。從 FCC 於 2020 年 7 月 30 日釋出的文件顯示，5 位委員全體一致同意 Amazon 提出的衛星網路計畫，有條件批准 Kuiper 計畫，以佈建和營運 NGSO 之衛星固定業務。

表 44 Amazon 的 Kuiper 計畫

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

計畫名稱	衛星數量	軌道高度/軌道傾角/衛星數量	軌道類型	頻段	發射衛星數量	預計商轉時間
Amazon Kuiper 計畫	3,236 顆	630Km (51.9º) 1,156 顆 610Km (42º) 1,296 顆 590Km (33º) 784 顆	低軌道（Low Earth Orbit）	Ka	籌備中，發射期程延至 2022 年第 4 季	—

資料來源：Kuiper, 2019. 本研究整理，2021 年 11 月

(3). 佈署情形

Kuiper 衛星系統規劃共 3,236 顆衛星，分散於 98 個軌道平面。該衛星系統分為三層：

- 上層軌道高度為 630 公里，軌道傾角為 51.9 度，共 1,156 顆衛星，分屬於 34 個平面，每個平面 34 顆衛星運行；
- 中層軌道高度為 610 公里，軌道傾角為 42 度，共 1,296 顆衛星，分屬於 36 個平面，每個平面 36 顆衛星運行；
- 下層軌道高度為 590 公里，軌道傾角為 33 度，共 784 顆衛星，分屬於 28 個平面，每個平面 28 顆衛星運行。

FCC 要求 Kuiper 必須在 2026 年 7 月 30 日前發射至少半數以上的衛星，才能保留 FCC 的授權許可，並在 2029 年 7 月 30 日之前發射所有的衛星數量。

Kuiper 衛星系統佈署計劃將分 5 個階段進行，下表按不同軌道高度、軌道傾角、各平面佈署衛星數量，以及累計發射衛星總數。當發射 578 顆衛星後，Kuiper 便可開始進行服務推廣，為南北緯 56 度內的客戶提供連續寬頻服務，涵蓋範圍為美國大陸、夏威夷、美國領土和世界其他地區。隨著發射更多的衛星，涵蓋範圍將向赤道擴展。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 45 Kuiper 衛星系統之 5 階段佈署規劃

階段	軌道高度/軌道傾角	平面數	衛星數/平面	佈署衛星	累計衛星總數
1	630 Km/51.9°	17	34	578	578
2	610 Km/42.0°	18	36	648	1,226
3	630 Km/51.9°	17	34	578	1,804
4	590 Km/33.0°	28	28	784	2,588
5	610 Km/42.0°	18	36	648	3,236

資料來源：Kuiper Systems LLC, 2019. 本研究整理，2021 年 11 月

(4). 衛星製造

Amazon 預計投資 100 億美元資本支出，以開發 Kuiper 衛星計畫。Amazon 在美國 Washington 州 Redmond 市為 Kuiper 建立研發總部，設有實驗室、原型製造設施以及辦公和設計空間。目前而言，Kuiper 對於衛星細節如設計、重量、製造成本仍尚未對外公布，僅釋出衛星壽命將達 7 年。目前已有 500 多人參與運作 Kuiper 計畫。

Kuiper 已於 2020 年 12 月揭示其天線原形，屬於「單孔相控陣天線（Single Aperture Phased Array Antenna）」，其直徑為 12 英吋（約 30 公分），較傳統天線設計小 3 倍，亦小於 Starlink 用戶終端 19 英吋（48 公分）。該天線傳輸的上行鏈路為 28.5-29.1 GHz，下行鏈路為 17.7-19.3 GHz。Kuiper 對該天線原形之測試結果顯示，最大流通量（Throughput）可達 400 Mbps（詳見下表）。天線硬體主要由 Washington 州 Redmond 市的 Kuiper 研發總部之成果。

表 46 Kuiper 之天線規格與傳輸速率

項目	內容
種類	單孔相控陣天線（Single Aperture Phased Array Antenna）
最大直徑	30 公分(12 英吋)
最大流通量	400Mbps
上行鏈路	28.5-29.1GHz
下行鏈路	17.7-19.3GHz

資料來源：Amazon, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 國際落地模式與進程/規劃

鑒於 Amazon 仍在籌備階段，尚未步入發射衛星與落地階段，甚至連衛星製造研發與發射時程皆尚未規劃，故各國落地模式與進程/規劃尚不明確。因此，將列入後續追蹤觀察。

表 47 Kuiper 衛星系統於各國落地規劃進程

國家	落地規劃進程
英國	目前尚無落地規劃
德國	目前尚無落地規劃
美國	預計 2022 年提供服務
日本	目前尚無落地規劃
韓國	目前尚無落地規劃
新加坡	目前尚無落地規劃
澳大利亞	目前尚無落地規劃

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

3. 商業模式與進程/規劃

(1). 提供服務類型

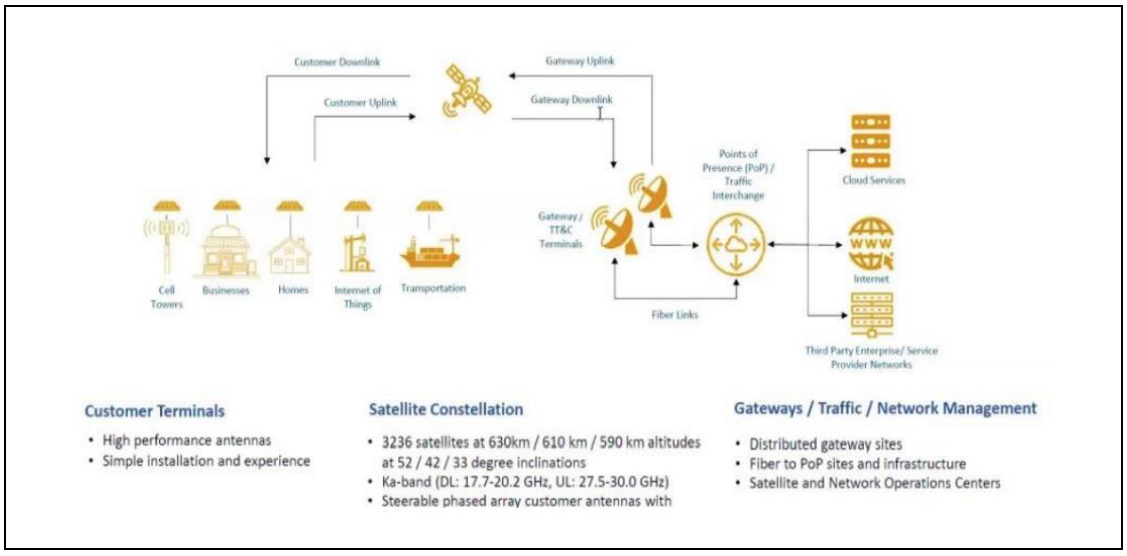
Amazon 的 Kuiper 衛星系統將有助於弭平數位落差（Digital Divide），為家庭、學校、企業、醫院、政府機構和救護人員等提供寬頻連接。

Amazon 將投資 Kuiper 計畫逾 100 億美元，粗估需有數百萬用戶訂閱才得以支應該計畫之財源。競爭對手 SpaceX 主要依賴用戶訂閱以創造 Starlink 之收入來源，反觀 Amazon 擁有更廣泛的商業平臺，不限以衛星寬頻服務為主要核心。在 Kuiper 計畫獲利前，Amazon 擁有進行長期投資的資源，此為 Starlink 無法比擬。因 Amazon 旗下有 Amazon Web Services 地面站（AWS Ground Station），該業務係以雲端數據服務為主。未來 Kuiper 衛星系統建置後，可將衛星網路與雲端服務基礎設施連接，Amazon 可藉 Kuiper 網路將數據傳輸至 AWS 雲端，再傳輸至終端用戶。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

在地面段的部分，Kuiper 計劃與 AWS 大型網路的 12 座衛星地面站設施合作。其中，6 個支持衛星對地面通信配備的天線設施已建成，分別座落於瑞典、巴林、澳大利亞、愛爾蘭，以及美國兩處。Amazon 計劃將其地面使用權出租給衛星網路基礎設施，供需要接取衛星數據的企業和公部門。Amazon 具有成功的雲端運算商業模式，Amazon 的「衛星即服務（Satellite-as-a-Service）」允許客戶下載衛星數據，按使用情況付費。新的地面站網路與 Amazon 的雲端數據中心，形成一個生態系，輔以提供數據處理、儲存和分析等服務。

閘道器地球電臺將透過高速光纖鏈路連接到全球網路交換點和網路連接點（Point-of-Presence Sites），以交換流量並減少網路跳頻和延遲問題。每個 Kuiper 衛星將能夠接取兩個閘道器地球電臺（Gateway Earth Stations），作為 Amazon 最小停機時間計畫的一部分（as part of Amazon's plan to minimize downtime）。



資料來源：Eurospace TF New Flagship secure Connectivity，本研究整理，2021 年 11 月

圖 10：Kuiper 之系統架構圖

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(2). 資金模式

Amazon 將向 Kuiper 衛星系統投資逾 100 億美元，為建置該衛星系統之主要資金來源。為發射衛星，Amazon 公司創辦人 Jeff Bezos 創建發射公司 Blue Origin，該公司正在研發名為 New Glenn 可重複使用火箭，以發射政府和商業衛星。

Amazon 也嘗試向美國太空總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）爭取為美國太空人建造月球登陸器（Moon Lander）合約。此合約共有 Blue Origin、國防承包商 Dynetics 以及 SpaceX 參與競標，最終由競爭對手 SpaceX 獲 NASA 青睞，取得價值 29 億美元合約。

(3). 佈署進程

Kuiper 目前之最新佈署進度，Kuiper 已於 2021 年 4 月向聯合發射聯盟（United Launch Alliance, ULA）協議，預訂 9 枚 Atlas V 運載火箭，以確保 ULA 協助發射 Kuiper 衛星。惟 Amazon 並未述明一次搭載 Kuiper 衛星數量。Amazon 所持理由：其一，該火箭執行逾 85 次發射任務，成功率達 100%，並多次執行美國太空總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）任務。其二，因 Blue Origin 自產的 New Glenn 火箭，火箭原定將於 2021 年首飛，但發射期程宣布延至 2022 年第 4 季。

(4). 合作夥伴

由於 Blue Origin 發展火箭時程延誤，導致 Amazon 需要數個發射合作夥伴，俾利完成 FCC 所要求佈署 Kuiper 衛星系統之時間表，而 ULA 即為第一個公開宣布之合作夥伴。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(5). 用戶數

由於 Amazon 的 Kuiper 計畫尚未正式商轉，故無法取得用戶數資訊。惟從過往資料可知，Amazon 的 Kuiper 衛星系統著重於連接美國和全球未得到服務之消費者和企業，Amazon 認為消費者需求是最大的潛力市場：消費者對寬頻服務需求，遠大於迄今為止所有 NGSO 系統可提供的潛在容量，亦包括 Amazon 的 Kuiper 衛星系統在內。此外，Kuiper 之主要目標客群如下：

- 運輸系統包括飛機、船舶和陸地車輛，此與其他低軌衛星系統業者形成競爭關係，譬如 Telesat 和 LeoSat 皆未發展消費者寬頻網路。
- Kuiper 計畫爲個別家庭、學校、醫院、企業，以及其他缺乏可靠寬頻地區的組織機構提供服務。
- 除了把網路直接傳送至地面站（Ground Stations）外，Kuiper 亦可擴大 4G 及 5G 涵蓋範圍，爲行動網路業者提供低延遲後端（Backhaul）服務。

(6). 資費方案

就目前所能獲取之公開資訊，Amazon 並未提及其資費方案規劃，研究團隊將持續追蹤。

(三). 英國低軌衛星通訊服務業者 OneWeb

英國低軌衛星業者 OneWeb 成立於 2012 年，其前身為 WorldVu Satellites。OneWeb 主要致力成為低軌衛星電信領域的先驅，使網路得以連接到世界各地，弭平既有的數位落差。具體來說，即藉助更高效率的衛星技術，期使世界各地能有更好的通訊品質。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

1. 系統佈署進程

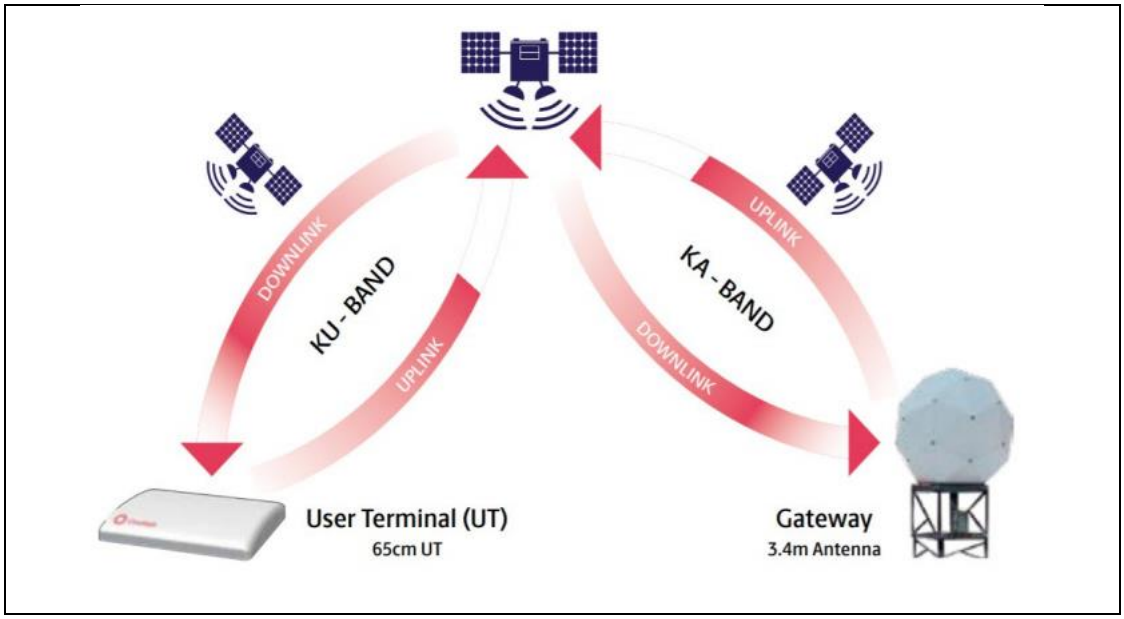
(1). 使用頻段

OneWeb 共向美國 FCC 提出三次申請 NGSO 衛星系統的市場准入權。第一次於 2016 年 4 月 28 日，擬以 NGSO FSS 衛星系統進入美國市場，由 720 顆衛星組成，平均分布在 18 個近極（Near-Polar）軌道。FCC 於 2017 年 6 月 23 日核准 OneWeb 衛星系統進入美國市場，並授予 NGSO 使用 Ku 與 Ka 頻段，包括 10.7-12.7 GHz（空對地）、14-14.5 GHz（地對空）、17.8-18.6 GHz（空對地）、18.8-19.3 GHz（空對地）、27.5-29.1 GHz（地對空）和 29.5-30 GHz（地對空）頻段。

第二次 OneWeb 於 2020 年 5 月 26 日向 FCC 提交修改申請，向 FCC 申請核准 OneWeb 系統兩階段佈署計畫。在 1,200 公里的軌道高度，第一階段 OneWeb 系統衛星數量從 720 顆降至 716 顆衛星，並調整衛星系統的軌道參數。第二階段 OneWeb 將增加系統的衛星從 716 顆衛星增至 47,844 顆衛星。

第三次 OneWeb 於 2020 年 8 月 26 日向 FCC 申請使用 V 頻段的 NGSO，FCC 批准 1,280 顆衛星佈署於軌道高度 8,500 公里，屬於中軌道（Medium Earth Orbits, MEO），包括 37.5-42GHz（空對地）、47.2-50.2 GHz（地對空）和 50.4-51.4GHz（地對空）頻段。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：United States bankruptcy court southern district of New York. 2020.

本研究整理，2021 年 11 月

圖 11：OneWeb 衛星系統架構示意圖

(2). 規模

OneWeb 衛星系統於 2017 年 6 月獲得 FCC 核准使用 Ku/Ka 頻段，續於 2020 年 5 月變更計畫，將預計佈建 720 顆衛星系統，調整為兩階段佈建系統，第一階段發射 716 顆衛星，第二階段再發射 47,844 顆衛星系統。2020 年 8 月獲得 FCC 核准 OneWeb 的 V 頻段 1,280 顆衛星系統參進美國市場。

OneWeb 為簡化其衛星系統，2021 年 1 月 12 日向 FCC 提出修改其 2020 年 5 月之衛星佈署計畫，將第二階段衛星數量從 47,884 顆減少至 6,372 顆，加上 FCC 已為其許可的衛星（720 顆），衛星總規模約為 7,000 顆（詳見下表）。

OneWeb 預計 2021 年底將在北緯 50 以上地區提供涵蓋，包括對英國、阿拉斯加、北歐、格陵蘭、冰島、北極海及加拿大之客戶提供

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

區域性商業服務，並於 2022 年啟動全球服務。

表 48 OneWeb LEO 計畫

計畫名稱	衛星數量	軌道高度/軌道傾角	軌道類型	頻段	目前衛星發射數量	預計商轉時間
OneWeb LEO 計畫	720 顆	1,200 Km/(87.9°) 720 顆	低軌道（Low Earth Orbit）	Ku/Ka	截至 2021 年 10 月 14 日止，共發射 358 顆	• 預計 2021 年第 4 季在北緯 50 度地區啟動 • 2022 年推廣到全球
	第一階段 716 顆	1,200 Km/(87.9°) 588 顆 1,200 Km/(55°) 128 顆				
	第二階段 47,844 顆	1,200 Km/(87.9°) 1,764 顆 1,200 Km/(40°) 23,040 顆 1,200 Km/(55°) 23,040 顆				
	第二階段 6,372 顆（修改申請中）	1,200 Km/(87.9°) 1,764 顆 1,200 Km/(40°) 2,304 顆 1,200 Km/(55°) 2,304 顆				
	1,280 顆	8,500Km	中軌道（Medium Earth Orbits）	V	-	-

資料來源：OneWeb, 本研究整理，2021 年 11 月

(3). 佈署情形

就第一次申請的佈署情況，OneWeb 軌道高度為 1,200 公里，軌道傾角為 87.9 度，衛星數量為 720 顆，平均分布於 18 個軌道平面，每一平面 40 個衛星。軌道高度不變下，第一階段衛星總數為 716 顆，其中軌道傾角為 87.9 度時，衛星數量為 588 顆，分布在 12 個平面、

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

每個平面佈署 49 顆衛星；軌道傾角為 55 度時，衛星數量為 128 顆，以每個平面 16 顆衛星，平均分散至 8 個軌道平面。

第二階段時，OneWeb 衛星系統佈署相對複雜，總計佈署 47,844 顆衛星。在軌道傾角為 87.9 度，佈署 1,764 顆衛星（36 個平面、每個平面 49 顆衛星）；在軌道傾角為 40 度，佈署 23,040 顆衛星（32 個平面、每個平面 720 顆衛星）；在軌道傾角為 55 度，佈署 23,040 顆衛星（32 個平面、每個平面 720 顆衛星）。OneWeb 於 2021 年 1 月 12 日向 FCC 提出修改衛星數量，在此不再贅述。

FCC 公告後續衛星佈建時程，第一階段為自公告日起 6 個月內，OneWeb 必須提交衛星碎片減緩計畫（Debris Mitigation Plans），並提交副本給英國主管機關 Ofcom。第二階段為 2026 年 8 月 26 日前，OneWeb 須發射並啟用預定的衛星數量一半，並於 2029 年 8 月 26 日前發射並啟用預定的全部衛星數量。

(4). 衛星製造

OneWeb 係採輕資產營運模式（Asset-light Strategy），透過與航空航太產業的全球領導者空中巴士（Airbus Defence and Space）合資成立之 OneWeb Satellites 負責衛星設計、研發與製造，引入汽車與飛機製造之概念，將衛星系統採取模組化方式，在生產線導入大量的自動化設備，俾利加速衛星商品化與量產，降低生產衛星之成本。相較傳統衛星可能需花費數千萬美元，耗時數年製造，OneWeb Satellites 以不到成本的 10%完成，且每天生產 2 顆衛星，每週最多 15 顆衛星。

OneWeb 衛星的等級為 200 公斤，使用壽命為 5 年。衛星尺寸約為 1m x 1m x 1.3m，具有兩個太陽能板、電力推進裝置和天線，用於 Ku 頻段的用戶鏈路和 Ka 頻段的閘道器鏈路。若 OneWeb 衛星接近其預期使用壽命後，將自動脫離軌道運行。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

OneWeb 生產基地坐落於法國的圖盧茲（Toulouse）以及美國佛羅里達州梅里特島的探險公園（Merritt Island, Exploration Park）進行組裝大批生產。OneWeb Satellites 係由約 40 個供應商組成供應鏈，每個供應商生產大量的衛星零件，並藉由佈署工業規模的自動化庫存管理系統，進行庫存管控。OneWeb Satellites 建立兩個最先進的工廠，其中包括第一條衛星的裝配生產線。

OneWeb 衛星委由 Arianespace 與 Virgin Galactic 進行發射服務，並透過電力推進到達其軌道位置。

2. 國際落地模式與進程/規劃

截至 2021 年 10 月 14 日止，OneWeb 共發射 358 顆低軌衛星。OneWeb 規劃於 2021 年底率先向北部區域（北緯 50 度以上）提供服務，目標地區包括英國、歐洲、格陵蘭、加拿大、阿拉斯加、冰島及北極海域等，預計到 2021 年 6 月可達成該區域所需衛星數量之 60%，2022 年將服務推廣到全球。茲將目前 OneWeb 於主要國家（英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡、澳洲）落地規劃進程、相關合作情況、與相關業者簽署協議情況彙整於下表。

2021 年 4 月 29 日，OneWeb 宣布將在韋斯科特創業園區（Westcott Venture Park）的創新中心展示其服務，2021 年 6 月 1 日起對外展示其衛星網路的效能與潛在應用，包含展示設備與高速連接（下載速度、上傳速度及延遲時間）。服務展示是 OneWeb 的重要里程碑，透過展示其在網路商業化方面之進展，吸引與商業通信或互聯網解決方案提供商之合作夥伴關係，此為 OneWeb 在英國推出服務發揮重要作用，銷售人員亦會在展示現場俾利討論技術、潛在合作夥伴關係、測試要求以及進一步合作機會。

表 49 OneWeb 於各國落地規劃進程彙整表

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

國家	落地規劃進程
英國	• OneWeb 計劃於 2021 年 4 月在英國開設一個示範站點，開始向電信用戶展示 OneWeb 的測試功能。 • OneWeb 有望在 2021 年下半年開始向英國提供商業連接服務，預計在 2022 年擴展到全球。
德國	• 德國聯邦交通及數位基礎設施部(Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI)在 2021 年 3 月 17 日宣布《頻率條例(Frequenzverordnung)》修正案，該修正案提出建議未來的數位基礎設施應具有實時能力並以衛星為基礎。
美國	• OneWeb 於 2021 年 3 月向美國政府展示其網路，並預計在全球主要市場推出更多的展示中心。 • OneWeb 收購總部位於美國德克薩斯州的衛星通信應用解決方案全球領先提供商 TrustComm，於 2021 年 6 月宣布達成最終協議。奠定 OneWeb 為美國國防部與其他政府機構擴展衛星通信服務之戰略基礎。
日本	• OneWeb 於 2021 年 1 月 15 日宣布，已從 SoftBank 與網路系統公司 Hughes 獲得額外的投資資金，使 OneWeb 的總資金達到 14 億美元。 • 雖然在日本推出服務的時間未定。不過，2021 年 6 月 13 日，SoftBank 與 OneWeb 宣布簽署一項衛星網路協議，以在全球與日本市場推廣 OneWeb 的衛星通信服務。SoftBank 與 OneWeb 將在日本與全球市場的開發方面進行合作，並共同參與技術與產品開發，以增強在市場的競爭力。 • OneWeb 預計在 2022 年將其服務擴展到全球。
韓國	• 2019 年 OneWeb 在韓國首爾測試 6 顆低地球軌道衛星，並展示其高速率、低延遲的服務。
新加坡	• 原則上 OneWeb 預計率先在北緯地區提供服務，於 2022 年會推廣到全球，不過可從以下的合作及與相關業者協議簽署觀察其發展進程。 • 2021 年 3 月，OneWeb 與 SatixFy 簽署協議，以開發新型機內連接（In-Flight Connectivity, IFC）終端。而 SatisFy 則與新加坡技術工程公司合資成立 JetTalk，推出的產品將應用於 LEO 及商用航空市場。因此，OneWeb 與 SatixFy 達成之協議亦達到 OneWeb 發展航空領域之重要里程碑。俾利 OneWeb 在全球範圍內促進大型與小型商用客機與公務機之連接。
澳大利亞	• OneWeb 於 2019 年向 ACMA 簡報，表示其針對前 6 顆衛星進行短暫的測試後，在 2019 年中開始試點測試。預計到 2022 年將在全球範圍內提供全面的商業服務。 • 2019 年 OneWeb 與澳大利亞電信業者 Telstra 簽署一項商業協議，以託管 OneWeb 的地球電臺。

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

3. 商業模式與進程/規劃

(1). 提供服務類型

OneWeb 開始在客戶市場開發一系列用戶終端，經測試寬頻速度

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

超過 400 Mbps、延遲為 32 ms，成功展示其系統效能。此外，OneWeb 的商業團隊認為，包含政府、汽車、海事、企業及航空等產業之領導人對其服務所提供的高速率、低延遲連接服務之全球需求很大（詳見下表）。

OneWeb 預計在 2021 年，將測試其網路並與主要客戶進行演練，以期在年底前和北緯 50 度以上的地區提供商業服務，並於 2022 年在全球範圍內進行商業服務。

表 50 OneWeb 提供服務類型

領域	內容
企業	• 擴展現有網路解決方案的可用性與效能。 • 提供類似於光纖的體驗。 • 透過分銷合作夥伴將解決方案提供各產業與業務。
政府	• 為政府佈署安全可靠的網路，例如：為陸軍提供無縫、安全的語音與數據通信，使相關人員能夠建立並維持戰術優勢。
海事	• 為航運業開發網路解決方案，俾利在海上能體驗如光纖之網路連結。增強郵輪與遊艇乘客之體驗。 • 環境監測、提高追蹤船隻與調度的即時性、改善實時數據接取。
航空	• 為航空公司建立解決方案。透過 LEO 為航空旅客提供無縫連結體驗。預計在 2023 年之前提供航空服務。

資料來源：OneWeb，本研究整理，2021 年 11 月

(2). 資金模式

OneWeb 在 2015 年及 2016 年分別獲得 A 輪 5 億美元及 B 輪 12 億美元的融資，在 2019 年最新一輪融資獲得 12.5 億美元，合計獲得總金額約 34 億美元的資金挹注，投資者包含 SoftBank、Virgin Group、Qualcomm 等（詳見下表）。

表 51 OneWeb 籌資歷程

時間	融資來源	金額
2015 年	高通（Qualcomm）、維珍集團（Virgin Group）、空中巴士（Airbus）、可口可樂	5 億美元
2015 年 5 月	軟銀兩輪投資	5 億美元

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2016 年 12 月		8.5 億美元
2019 年 3 月	軟銀、高通、Grupo Salinas、盧旺達政府	12.5 億美元

資料來源：TechNews，2020。本研究整理，2021 年 11 月

2020 年初開始，OneWeb 就佈建與商業所需的資金進行談判，但在公司即將獲得融資的同時，因 COVID-19 疫情帶來的財務衝擊與市場動盪而停擺。故在 2020 年 3 月 OneWeb 依美國破產法第 11 章（Chapter 11 Bankruptcy）向美國紐約南區破產法院申請破產保護，受到全球各方的廣泛關注。

OneWeb 是由英國政府和 Bharti 集團收購，英國政府投資 5 億美元，全球第 3 大電信公司 Bharti Global 投資 10 億美元。英國政府將持有 OneWeb 大量股份，此舉亦顯示英國政府希望藉由擁有低軌衛星的所有權，成為研究、開發、製造與發展新型衛星技術的先鋒；而 Bharti Global Limited 為全球第 3 大行動業者，擁有超過 4.25 億客戶，且本身擁有廣泛的行動寬頻網路與企業業務，將為 OneWeb 的產品、服務與應用提供試驗場，透過其商業與營運領導地位，為 OneWeb 的收入與成功帶來基礎與貢獻。後續仍需獲得 OneWeb 債權人、破產法院與監理機關的批准，預計相關程序將於 2020 年第 4 季度完成。

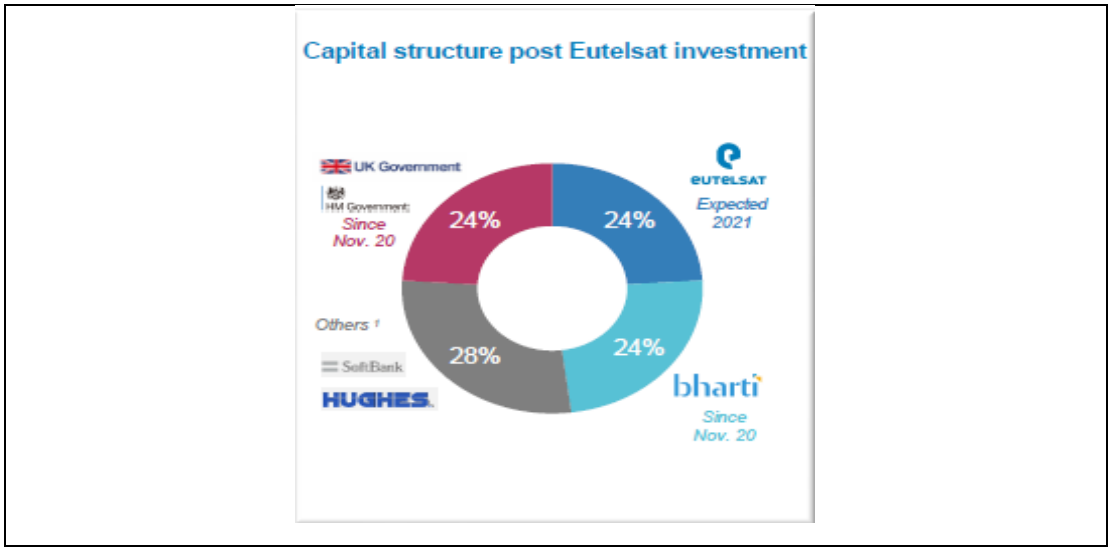
在此過程中，重組後的公司免除 34 億美元的債務，這使其成為全球 LEO 網路交付成本最低的結構。

2021 年 1 月 15 日，軟銀集團（SoftBank Group Corp.）和休斯網路（Hughes Network Systems LLC）投資 4 億美元（軟銀 3.5 億美元，休斯 0.5 億美元），使得股本增至 14 億美元。至 2021 年 4 月，OneWeb 從競爭對手法國衛星業者 Eutelsat 獲得 5.5 億美元的資金，使得其股本總額增至 19 億美元。Eutelsat 將獲得 OneWeb 約 24%的股權，並獲得英國政府和 Bharti Global 的類似管理權，使其成為重要的股權合作夥伴，並加入包括軟銀在內的其他主要投資者。現在，OneWeb 已獲得第一代衛星系統 80%的必要融資，其中將近 30%已投入太空。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(3). 股東

OneWeb 重組後，其主要股東包括英國政府（出資 5 億美元）、Bharti（出資 5 億美元）、Eutelsat（出資 5.5 億美元），以及 Hughes（出資 0.5 億美元）、SoftBank（出資 3.5 億美元）等其他股東，股本增至 19.5 億美元。其股權結構分別為英國政府 24%、Bharti 為 24%、Eutelsat 為 24%，其餘 SoftBank、Hughes 及其他股東合計 28%（參見下圖）。



資料來源：Eutelsat, 2021. 本研究整理，2021 年 11 月

圖 12：OneWeb 之股東結構

(4). 佈署進程

OneWeb 正在佈署一個低軌道衛星系統，為全世界的人們提供寬頻網路環境，已於 2019 年 2 月 27 日成功發射第 1 批衛星（6 顆測試衛星），最初規劃每月發射 1 次 30 顆以上的衛星，目標是佈署 720 顆衛星系統實現全球涵蓋。截至 2021 年 10 月 14 日止，OneWeb 共發射 358 顆低軌衛星（詳見下表）。

表 52 OneWeb 衛星發射佈署進程

編號	發射時間	佈署數量
1	2019 年 2 月 27 日	6 顆（測試衛星）
2	2020 年 2 月 6 日	34 顆

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3	2020 年 3 月 21 日	34 顆
4	2020 年 12 月 18 日	36 顆
5	2021 年 3 月 25 日	36 顆
6	2021 年 4 月 25 日	36 顆
7	2021 年 5 月 28 日	36 顆
8	2021 年 7 月 1 日	36 顆
9	2021 年 8 月 21 日	34 顆
10	2021 年 9 月 14 日	34 顆
11	2021 年 10 月 14 日	36 顆
總計		358 顆

資料來源：OneWeb，本研究整理，2021 年 11 月

OneWeb 已確保全球優先頻譜，正在開發一系列用戶終端，並在包括挪威、葡萄牙，美國的阿拉斯加、康乃狄克州，佛羅里達州等地的全球戰略位置安裝地球電臺（Ground Stations）。

OneWeb 被英國政府與印度 Bharti Global Limited 收購後不到一個月，迅速恢復全面營運並重新啟動發射，持續建立其地球電臺網路並推進用戶終端開發。預計 2021 年提供英國、阿拉斯加、北歐、格陵蘭、冰島、北極海及加拿大之客戶區域性商業服務，並於 2022 年啟動全球服務。

以阿拉斯加為例，過去衛星系統較少為阿拉斯加提供服務，因為軌道位置過於偏遠，且經常受到地面物體屏蔽。阿拉斯加電信業者 Microcom 與 OneWeb 於 2020 年 1 月 15 日宣布一項協議，透過兩家公司的合作預期為該州提供更快速、更低廉之連接性，顛覆阿拉斯加之網路市場。由於 OneWeb 的寬頻網路利用將近 700 顆低軌衛星，將補充 Microcom 目前正在開發的 Aurora 寬頻網路。

目前 OneWeb 預計將於 2021 年 11 月在英國、阿拉斯加、加拿大、北歐、格陵蘭、冰島和北極海的部分地區上線。一旦 OneWeb 完成全部 LEO 衛星系統的佈署，該公司預計在第 3 年或之後年收入將達 10 億美元。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(5). 合作夥伴

OneWeb 與 Hughes 網路系統有限公司（Hughes Network Systems, LLC）已被 OneWeb 選為開發和生產新的 LEO 衛星的基本地面系統。雙方簽訂一份為期 3 年，價值約 2.5 億美元合約，將生產 OneWeb 衛星系統的閘道器（Gateway）電子設備，以及用戶終端使用的核心模組（Core Module）。其中，Hughes 所設計的每個 OneWeb 閘道器每秒可完成 10,000 次切換、協調切換，並跟踪數百個波束和數百萬用戶的數百 Gigabits 數據。根據 2020 年 3 月進行重組之前與 OneWeb 達成的協議，已安裝 7 個閘道器，在生產的各個階段中還安裝 7 個。根據新協議，Hughes 提高閘道器設備的生產，並恢復對已安裝系統的測試。而用戶終端使用的核心模組特別適用於固定、航空或海上移動終端，適用於電子或機械操控天線。

OneWeb 已宣布與領先的供應商 Intellian 和 Satixfy 建立合作夥伴關係，製造其 LEO 用戶終端（User Terminal）以連接網路。首批採取 LEO 的雙拋物面天線（LEO-only Dual Parabolic Antennas），將複雜的衛星通信技術整合到用戶終端，以滿足許多不同領域的特定需求，包括小型、中型和大型企業；農村、學校和社區；以及具有關鍵任務應用程式的主要垂直產業，例如海事、航空和政府部門。

2019 年，SoftBank Group Corp.（以下簡稱 SoftBank）投資 OneWeb，雙方並締結商業聯盟協議，並促進業務發展，以提供 OneWeb 的低軌道衛星通信服務。SoftBank 本為日本大型行動電信業者，已累積多年的技術能力，亦為使用衛星解決方案的用戶。透過這項商業聯盟協議，OneWeb 將利用 SoftBank 的技術能力和專有技術來執行業務發展計畫，為最終用戶開發產品並建立商業合作夥伴關係。尚有其他合作夥伴，詳見下表所示。

表 53 OneWeb 的合作夥伴關係

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

發布日期	內容
2021 年 4 月 12 日	OneWeb 與哈薩克政府與當地合作夥伴簽署 MoU，以加快該國的連接速度。為偏遠與難以到達的農村社區提供寬頻，建立地球電臺以向中亞國家提供連接。
2021 年 4 月 7 日	OneWeb 與 AST Group 合作，AST 是衛星和無線電通信系統的全球領導者，為海事和企業客戶提供遠程連接服務。雙方簽署 MoU，期為海事產業實現更快且無縫的通信服務。
2021 年 3 月 26 日	OneWeb 與 TrustComm 合作，規劃為政府客戶提供安全、高頻寬與低延遲的數據與網路連接。

資料來源：OneWeb，本研究整理，2021 年 11 月

Eutelsat 投資 OneWeb 5.5 億美元，其背後具有重大的商業策略。OneWeb 與 Eutelsat 的合作夥伴關係將增強兩家公司在全球的商業潛力。由於 Eutelsat 為全球衛星業者，過去建立充沛的企業客戶並與世界各地的政府建立聯繫。更重要的是，Eutelsat 擁有 OneWeb 所需的技術專長，同時 OneWeb 擅長滿足需要低延遲網路的多個應用程式的需求。整合兩者的資源，未來可提供 GEO / LEO 衛星整合服務和軟體套件。藉由合作關係，OneWeb 不僅獲得新的資金，並獲得更多資源與 SpaceX 的 Starlink、Amazon 的 Project Kuiper 競爭。

因 2021 年 1 月 SoftBank 與 Hughes 投資 OneWeb，不僅使 SoftBank 在 OneWeb 董事會獲得一席董事席次，Hughes 透過其母公司 EchoStar 成為投資者，並且還是生態系統合作夥伴，為 OneWeb 系統開發必要的地面網路技術。

(6). 用戶數

OneWeb 衛星系統目前尚未商轉，未能得知其用戶數。

(7). 資費方案

OneWeb 衛星系統目前尚未商轉，無法得知其資費方案。OneWeb 正在開發更簡單、成本更低的用戶地面設備，公司正努力批量生產可電子控制的平板天線，以在 2021 年至 2022 年期間將用戶終端設備的

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

價格降至 350 美元以下。

(四). 加拿大低軌衛星通訊服務業者 Telesat

Telesat 前身為 Telesat Canada，是一家加拿大衛星通信公司，成立於 1969 年 5 月 2 日，總部位於渥太華。Telesat 原本主要發展業務以地球同步軌道衛星（Geostationary Orbit, GSO）為主，於 1972 年發射全球第一顆 GSO 商業通訊衛星 Anik A1。2018 年，Telesat 發射其第一階段 LEO 衛星（Phase 1 LEO satellite），開啟新一代的寬頻衛星系統。

1. 系統佈署進程

(1). 使用頻段

根據加拿大官方資料顯示，Telesat 以 LEOVantage 衛星申請非地球同步軌道（Non-Geostationary Satellite Orbits, NGSO）提供衛星固定業務（Fixed Satellite Service, FSS），使用頻段為 Ka 頻段，已獲得加拿大授權衛星執照。

Telesat Lightspeed 衛星系統已獲得加拿大授權之頻段為，軌道位置為 NGSO：17.8-18.3 GHz (空對地)、18.3-18.8 GHz (空對地)、18.8-19.3 GHz (空對地)、19.7-20.2 GHz (空對地)、27.5-28.35 GHz (地對空)、28.35-28.6 GHz (地對空)、28.6-29.1 GHz (地對空)、29.5-30.0 GHz (地對空)。軌道位置為 LEO：37.5-42.5 GHz (空對地)、42.5-43.5 GHz (地對空)、47.2-50.2 GHz (地對空)、50.4-51.4 GHz (地對空)（詳見下表）。

表 54 加拿大核准衛星執照申請及頻段

申請日期	申請者	授權頻率	軌道位置
2017 年 8 月 16 日	Telesat Canada	37.5-42.5 GHz (Space-to-Earth) 42.5-43.5 GHz (Earth-to-Space) 47.2-50.2 GHz (Earth-to-Space) 50.4-51.4 GHz (Earth-to-Space)	LEO-117 Satellites
2015 年 2	Telesat Canada	17.8-18.3 GHz (Space-to-Earth) 18.3-18.8 GHz (Space-to-Earth)	NGSO

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

申請日期	申請者	授權頻率	軌道位置
月 2 日		18.8-19.3 GHz (Space-to-Earth) 19.7-20.2 GHz (Space-to-Earth) 27.5-28.35 GHz (Earth-to-Space) 28.35-28.6 GHz (Earth-to-Space) 28.6-29.1 GHz (Earth-to-Space) 29.5-30.0 GHz (Earth-to-Space)	

資料來源：Government of Canada, 2021. 本研究整理，2021 年 11 月

(2). 規模

Telesat 於 2016 年 11 月 15 日提交 117 顆衛星系統計畫，2017 年 11 月 3 日 FCC 同意於第一階段再增加 181 顆衛星，使第一階段的衛星總數達到 298 顆衛星。在計畫的第二階段，Telesat 將增加 1,373 顆衛星，使第二階段結束時的總數達到 1,671 顆衛星。惟目前該公司網頁仍顯示 298 顆衛星。

Telesat 第一階段的低軌衛星，已於 2018 年 1 月 12 日成功發射第 1 顆試驗通訊衛星 LEO Vantage 1。第一批 Lightspeed 衛星預計在 2023 年內發射，隨後將進行客戶 Beta 測試，預計 2023 年下半年開始商轉，2024 年提供全球服務（詳見下表）。

表 55 Telesat Lightspeed 衛星系統

計畫名稱	衛星系統總數量	軌道高度/軌道傾角/衛星數量	軌道類型	頻段	目前衛星發射數量	預計商轉時間
Telesat Lightspeed 計畫	第一階段 117 顆	1,000 Km/ (99.5°) 72 顆	低軌道（Low Earth Orbit）	Ka	2018 年 1 月發射 1 顆 LEO Vantage 1 原型衛星	2023 年下半年
		1,248 Km/ (37.4°) 45 顆				
	第一階段 (修正) 298 顆	1,015 Km/ (98.98°) 78 顆				
		1,325 Km/ (50.88°) 220 顆				

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	第二階段 1,671 顆	1,015 Km/ (98.98º) 351 顆				
		1,325 Km/ (50.88º) 1,320 顆				

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 佈署情形

Telesat Lightspeed 第一階段原訂計劃佈建 117 顆衛星，佈署於兩個軌道：一為極地軌道（Polar Orbits），軌道高度為 1,000 公里，軌道傾角為 99.5 度。72 顆衛星於 6 個平面上運行，每個平面 12 顆衛星。另有 45 顆衛星佈署於傾斜軌道（Inclined Orbits）的 5 個平面，每個平面 9 顆衛星，高度 1,248 公里，軌道傾角為 37.4 度。

經第一階段（修正）申請後，Telesat Lightspeed 衛星數量增為 298 顆，佈署軌道高度、軌道傾角、各平面衛星數量等略有所不同。在極地軌道上，高度 1,015 公里，軌道傾角為 98.98 度，佈署 78 顆衛星。另在傾斜軌道，高度 1,325 公里，軌道傾角為 50.88 度，佈署 220 顆衛星。

在第二階段時，Telesat Lightspeed 衛星數量將擴增為 1,671 顆，佈署軌道高度、軌道傾角則保持不變，極地軌道、傾斜軌道衛星數量各增為 351 顆與 1,320 顆。

(4). 衛星製造

Telesat 於 2021 年 2 月 9 日宣布，已與 Thales Alenia Space 達成協議，成為 Telesat LEO 衛星系統 Lightspeed 的主要製造商，為該公司建造最初 298 顆 Ka 頻段的衛星，預計耗資 30 億美元。Telesat 計劃對 Lightspeed 衛星系統投資將達 50 億美元，其中每顆衛星 700 公斤。Lightspeed 衛星在軌道壽命將持續 12 年。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Telesat Lightspeed 網路採用下一代技術，包括相控陣天線（Phased Array Antennas）和光學衛星間鏈路（Inter-Satellite Links, ISLs）。其中，Lightspeed 衛星的相控陣天線，Telesat 選擇由加拿大的太空技術公司 MDA 生產。負責生產衛星的 Thales Alenia Space 將在加拿大魁北克省建立 Lightspeed 衛星的生產基地，以進行衛星的最終組裝和製造。

- 相控陣天線：每顆衛星上都有精密相控陣天線與波束跳躍技術相結合，可產生約 135,000 個波束，以提供完整的涵蓋範圍，並可以動態地將容量精準地聚焦在用戶需要的地方。

- 高容量衛星間光鏈路（每顆衛星有 4 條，整個衛星系統近 1,200 條）：數據可以光速從一顆衛星傳播到另一顆衛星，從而形成一個完全互聯的全球網路，使客戶無論身處在何處都可以接取 Telesat Lightspeed 網路。

- 混合軌道：業界首創的極地和傾斜軌道組合的衛星，從而實現包括極地地區在內的完整的全球涵蓋，具有更高的承載能力，是世界上大多數人口居住的地方。

- 太空數據處理：全數位調製、解調和數據路由發生在太空中，從而具有更高的容量與靈活性。

2. 國際落地模式與進程/規劃

Telesat 將於 2023 年初發射由 Thales Alenia Space 製造的 298 顆 Lightspeed 衛星發射至太空，同年將在高緯度地區提供部分服務，並在 2024 年提供全球服務。儘管如此，Telesat 目前尚未正式公告各國提出落地計畫。

惟 Telesat 近期發布的官方訊息顯示，多數的研發與試驗仍聚集在美加地區，尤以美國農業州為主。以下列舉 Telesat 至美國密西西比州的寬頻農村計畫與美國國防高等研究計劃署（Defense Advanced

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Research Projects Agency, DARPA）合作為例，作為落地規劃說明。

根據美國聯邦通訊委員會（FCC）於 2018 年發布報告顯示，美國城市與鄉村地區具明顯的數位落差。截至 2017 年底，美國農村地區仍超過 1,940 萬人口缺乏寬頻網路，網速過慢造成全美農村地區產生社會和經濟損失。

根據 Telesat 研究指出，全球近 48%人口未能接取高速網路。為消弭美國農村地區之數位落差，Telesat Lightspeed 作為行動網路業者和網路服務商可提供農村網路回傳流量至核心網路的新選擇，並帶來北美以外區域更廣泛範圍的影響。Telesat 遂於 2020 年 5 月 13 日共同參與美國密西西比州科技公司 C Spire 主導為期 2 年農村無線寬頻接取合作計畫，其他參與企業包括 Airspan、Facebook、Microsoft、Nokia、Siklu 等。Telesat 在此計畫所扮演的角色，將提供開發衛星技術和 LEO 的分析工具相關經驗。

此外，Telesat 於 2020 年 10 月透過全資子公司 Telesat US Service 與 DARPA 展開合作，該單位隸屬美國國防部負責研發軍用高科技行政機構。由此可知，Telesat 在衛星落地進程中也積極與美國官方單位保持合作，Telesat 簽訂 21 項關於 LEO 的光學衛星間鏈路（Optical Inter-Satellite Links, OISL）研究、開發和軌道測試等項目，該合作也展現 LEO 混合商業和政府網路的新進展。

鑒於 Telesat 仍在籌備階段，尚未步入發射衛星與落地階段，後續將持續追蹤（詳見下表）。

表 56 Telesat 於各國落地規劃進程彙整表

國家	落地規劃進程	出處
英國	Telesat 於 2021 年 4 月 27 日透過 TELESAT INTERNATIONAL LIMITED 註冊更名	● 英國公司登記認證文件
德國	目前尚無落地規劃	無
美國	● 為消彌美國農村數位落差，Telesat 於 2020 年 5 月 13 日共同參與美國密西西比州	● Telesat 於 2020 年 5 月 13 日官方新聞稿

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	科技公司 C Spire 主導為期 2 年農村無線寬頻接取合作計畫，參與企業包括 Airspan、Facebook、Microsoft、Nokia、Siklu 等業者。 ● Telesat 於 2020 年 10 月透過全資子公司 Telesat US Service 與美國服務部簽訂 21 項有關 LEO 的 B 級研究、開發和軌道展示 DARPA 契約	● Telesat 於 2020 年 10 月 14 日官方新聞稿
日本	目前尚無落地規劃	無
韓國	目前尚無落地規劃	無
新加坡	目前尚無落地規劃	無
澳大利亞	目前尚無落地規劃	無

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

3. 商業模式與進程/規劃

(1). 提供服務類型

Telesat Lightspeed 計畫之主要商業模式，係針對加拿大與全球偏遠和農村地區或通訊基礎設施佈建不足之處，透過低軌衛星提供上述區域經濟實惠的寬頻連接。Telesat Lightspeed 衛星系統承諾提供至少 50 Mbps 的下載速度、10 Mbps 的上傳速度，以提供顧客真正的寬頻網路體驗。

Telesat 和其衛星製造商 Thales Alenia Space 已就 Lightspeed 的創新設計進行持續性的實質合作，並對 Lightspeed 進行優化，以滿足固網和行網業者、航空和海事用戶、企業客戶以及政府部門快速成長的寬頻連接需求（詳見下表）。另外，Telesat 主要以企業客戶為主要目標客群。

表 57 Telesat 提供服務的類型

領域	內容
自然資源	• 針對長期自然資源探勘與採水作業，安全問題日益受到關注，開採或探勘場域內的監測和控制需要各種網路通訊，預計帶動衛星業務需求增加。
軍事	• 有關軍事的 FSS 安全通訊需求，包括監視、偵察、行動通訊、無人機(UAV)、後勤部隊和其他服務皆須衛星服務支援。
航運	• 航運網路需求已擴及至地面網路無法到達位置。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	• 郵輪、貨船、郵輪等商業船隻需要更多衛星服務，為乘客或船上組員提供更佳的衛星網路服務。
航空	• 計畫透過第一階段 LEO 網路融入 Aerkomm 產品組合服務，預計為終端用戶提供航空連結平臺解決方案。

資料來源：Telesat，本研究整理，2021 年 11 月

(2). 資金模式

Telesat 主要資金來源，主要來自：其一為政府資源挹注，其二為發行債券籌措資金，其三為透過資本市場籌措資金，在美國或加拿大上市（詳見下表）。

表 58 Telesat 之籌資管道

資金來源	內容
政府資源挹注	• 加拿大政府與 Telesat 簽署合作備忘錄，承諾雙方 6 億加幣的合作夥伴關係，為加拿大的農村、北部和原住民地區提供寬頻連接。 • Telesat 與魁北克省政府簽訂協議，投資 Telesat Lightspeed 衛星系統 4 億元加幣
發行債券籌措資金	• 發行優先擔保債券（Senior Secured Notes），計劃發行本金總額 5 億美元。
透過資本市場籌措資金	• Telesat 與 Loral 和 PSP 投資委員會三方達成協議，將 Loral 和 Telesat 合併為 New Telesat Corp.，Telesat 和 Loral 將成為 New Telesat Corp 的子公司。 • New Telesat Corp.股票預計至美國納斯達克（Nasdaq Global Select Market）上市，亦考慮在加拿大證券交易所（Canadian Stock Exchange）上市。

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

加拿大政府提供龐大資金協助 Telesat 發展低軌衛星系統，旨在改善加拿大廣大偏遠地區之寬頻接取服務。2019 年 7 月 23 日，加拿大政府與 Telesat 簽署合作備忘錄（Memorandum of Understanding），以支持 Telesat 建置低軌衛星系統。該合作夥伴關係預計 10 年內為 Telesat 帶來 12 億加幣的收入，其中包括加拿大政府提供高達 6 億加幣。此外，加拿大政府透過官方的策略創新基金（Strategic Innovation Fund）向 Telesat 捐款 8,500 萬加幣。至 2020 年 11 年 9 月，加拿大政

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

府進一步與 Telesat 簽署協議，承諾雙方 6 億加幣的合作夥伴關係，以在該國偏遠地區提供寬頻服務。這項協議將使網路和行動服務提供者能夠以大幅降低的價格獲得 Telesat LEO 的容量，為加拿大的農村、北部和原住民地區提供寬頻連接。當 Telesat LEO 衛星系統開始服役，Telesat 可在 10 年內根據該協議向加拿大政府取款項。

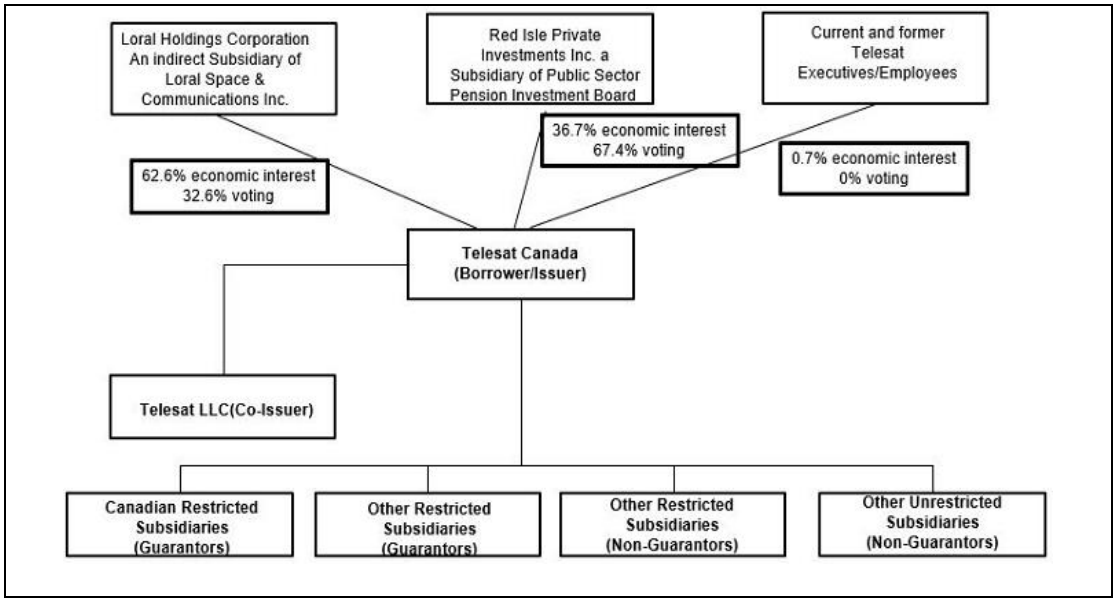
此外，2021 年 2 月 18 日 Telesat 與魁北克省政府簽訂協議，投資 Telesat 的 Lightspeed 共 4 億元加幣（3.17 億美元），其中 2 億元加幣的特別股（Preferred Equity）與 2 億元加幣的貸款（Loan）。而 Telesat 在將直接或通過其供應鏈向魁北克投資 16 億美元。

其二，透過發行債券方式取得所需開發資金。Telesat Canada 與 Telesat LLC 作為共同發行人於 2021 年 4 月 27 日發行優先擔保債券（Senior Secured Notes），計劃發行本金總額 5 億美元，年息 5.625%，2026 年到期。Telesat 將利用此次發行所獲資金，提供子公司資金用於開發 Telesat 的 Lightspeed 衛星系統，以支付與發行相關的費用和開支。

其三，Telesat Canada（下稱 Telesat）主要原始股東為加拿大公共部門養老金投資委員會（下稱 PSP 投資委員會）（Canada's Public Sector Pension Investment Board）和 Loral Space & Communications Inc.（下稱 Loral）（參見下圖）。Telesat 與 Loral 和 PSP 投資委員會三方於 2020 年 11 月 24 日達成協議，將 Loral 和 Telesat 合併為一家新的加拿大上市公司（New Telesat Corp.），Telesat 和 Loral 將成為 New Telesat Corp 的子公司。當交易完成後，Loral 的股東、PSP 投資委員會和 Telesat 的部分現任和前任管理階層將擁有 New Telesat Corp.的所有股權，其比例與目前 Telesat 的所有權大致相同。非 MHR 基金管理公司（MHR Fund Management LLC）的法人股東擁有 New Telesat Corp.股權的 26.1%，MHR 基金、PSP Investments 和 Telesat 的管理階層各擁有 New

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Telesat 剩餘的 36.6%、36.7%和 0.7%的股權。New Telesat Corp.股票預計至美國納斯達克（Nasdaq Global Select Market）上市，亦考慮在加拿大證券交易所（Canadian Stock Exchange）上市。這項交易預計在 2021 年第 2 季或第 3 季完成。



資料來源：Form 20-F Telesat Canada，截至 2020/12/31。本研究整理，2021 年 11 月

圖 13：Telesat Canada 之股權結構

(3). 佈署進程

Telesat 在低軌衛星的發展進程相對其他業者緩慢，原先規劃將於 2020 年全面佈署，惟迄今僅發射 1 顆 LEO Vantage1 第一階段衛星，作為驗證之用。

此後，Telesat 積極與電信業者或學術機構進行一系列衛星通訊測試，例如 2019 年與 Vadafone、University of Surrey 共同合作，以 LEO 衛星進行全球首次 5G 後端（Backhaul）測試；2020 年 6 月則與西班牙電信集團（Telefónica Group）進行實時軌道測試。

關於發射計畫，Telesat 於 2019 年與航空航太公司 Blue Origin 簽

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

署發射協議，並計劃在 2023 年由 Blue Origin 的新格倫（New Glenn）火箭發射其第一顆 Lightspeed 衛星。另與其他三家企業商討發射作業，包括日本的三菱重工有限公司、歐洲的 ArianeGroup 和 SpaceX，將在幾個月內做出決定。

(4). 合作夥伴

Telesat 的主要合作夥伴分成三類，包括政府機關、技術廠商以及顧客群等。合作的政府機關，如加拿大政府、魁北克省政府等單位，期加速加拿大偏遠地區寬頻佈建腳步與帶動魁北克地區衛星產業發展。技術廠商則包括與 Thales Alenia Space 簽約，以建造最初的 298 個 Ka 頻段的衛星;與太空技術公司 MDA 合作生產衛星相控陣天線。在顧客群部分，Telesat 積極與多個航空天線合作夥伴關係，已涵蓋客機與商務客機市場布局（詳見下表）。

表 59 Telesat 合作夥伴

發布日期	內容
2021 年 4 月 14 日	Telesat 將為 LEO Lightspeed 網路計畫建立多個航空天線合作夥伴關係，已涵蓋客機與商務客機市場布局。
2021 年 2 月 9 日	Telesat 選擇 Thales Alenia Space 作為全球 LEO Lightspeed 衛星系統之衛星主要製造商。
2020 年 8 月 31 日	Telesat 的策略夥伴 Aerkomm 已宣布選定臺灣為亞太區研發及服務基地，並向國家通訊傳播委員會（NCC）遞件申請電信事業登記。
2020 年 6 月 26 日	歐美航太業者 Aerkomm 全資子公司 Aircom Pacific 宣布與 Telesat Canada 的全資子公司 Telesat Leo 合作，共同開發低軌衛星網路測試流程，並評估衛星技術與商業可行性 。

資料來源：Telesat，本研究整理，2021 年 11 月

(5). 用戶數

Telesat 服務的族群，並非如 SpaceX 和 Amazon 鎖定在一般消費者市場，而以企業客戶為主，此商業模式應與 Telesat 發展 GSO 之過

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

往經驗有關。有鑑於 Telesat Lightspeed 計畫尚未正式商轉，故無法取得用戶數資訊。

(6). 資費方案

鑒於 Telesat 目前尚未商轉，其資費方案無從知悉。從該公司過往之資料宣稱，Telesat Lightspeed 計畫的價格將比 SpaceX 和 Amazon 的價格低得多。所持理由，一為該公司在衛星服務領域已耕耘數十年之久，具備豐富的產業專業知識與經驗，縮短學習曲線與降低學習成本；一為 SpaceX 和 Amazon 計畫皆宣稱衛星系統的建置成本為 100 億美元，Telesat Lightspeed 評估其衛星系統佈署成本則為前者一半。

(五). 小結

衛星通訊作為現行陸地通訊的互補系統，其發展進程對全球通訊市場至關重要。本節旨在觀測國際上 SpaceX、OneWeb、Amazon、Telesat 等四大低軌衛星服務業者之市場動態，藉由觀測其系統佈署進度、商業模式，以及國際落地模式與進度，以掌握國際衛星業者發展現況與趨勢，供未來衛星業者進入我國可能提供的服務型態及因應作法之參考。

檢視四大低軌衛星服務業者，商轉時程進程不一。SpaceX 已發射 1,791 顆 Starlink 衛星，提供部分地區 Beta 服務，預計 2021 年中正式商轉；而 OneWeb 計畫，已發射 358 顆衛星，預計 2022 年提供全球服務；Telesat Lightspeed 計畫已發射原型衛星供測試之用，與後進者 Amazon 的 Kuiper 計畫，相對落後其他衛星服務業者之進度。按目前主要低軌衛星服務業者之發展進行，預估 2024 年這些業者將相繼投入全球商用服務。觀察其商業模式，皆強調未來將提供高山、大海、偏遠地區等通訊不良處或基礎設施佈建不足處，提供高速率、低延遲之連接服務。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

觀察四大低軌衛星服務業者之商業模式，皆以提供全球衛星寬頻網路服務為發展主軸。由於發展衛星系統仰賴資本密集、技術密集產業，各國政府若能以資金支持衛星服務業者對其財務健全影響重大，這些衛星服務業者亦逐步朝向在資本市場募集所需資金。此外，若衛星業者系統性的垂直整合發射業務，將有效降低發射成本，對於成本控制將更具優勢，SpaceX 即為一例。此外，未來低軌衛星業者能否創造加值服務機會或新的商業模式，成為能否持續存在之重要因素。目前 SpaceX 與 Amazon 各自建立其衛星通訊服務之生態系，可預見未來衛星通訊服務競爭更為激烈。

低軌衛星業者欲進入我國市場落地，對我國既有的電信業者而言，是否可能造成衝擊值得後續觀察。對我國而言，行動通訊服務競爭激烈，涵蓋率高，對衛星寬頻服務需求較低，衛星服務難以成為行動通訊之替代品。尤在連網速度或資費上，我國電信業者具備相對優勢，加上我國政府長年在偏鄉投入大量資源布建網路，短期內在我國偏鄉地區，兩者互補性低。

SpaceX 用戶終端成本約 1,500 美元，現在以 499 美元售予用戶，故每售出一套即至少虧損 1,000 美元。欲降低其價格，勢必需要 cost down，對臺廠而言，是極為有利的機會。目前中華電信現行業務主要開放市內電話或行動電話撥打 Thuraya(舒拉亞)、澳洲衛星及銥衛星(Iridium)行動電話服務，透過衛星的訊號傳遞。這些業務主要是為衛星通信業務，即便其小型衛星地面站 (VSAT)之建置成本較為便宜，惟其速度約 2Mbps，對 Starlink 無競爭力。就現行 SpaceX 試營運之費率，僅說明每月訂閱費用為 99 美元，並未明訂其使用費率、數據用量等條件，其具體衝擊尚需更多準確的資訊，應持續觀察。

隨著國際低軌衛星的發展將帶動更多的產業供應鏈及商機，我國在半導體產業、精密機械產業、金屬材料及加工技術等已有堅實基礎，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

加上我國原本在資通訊產業具有顯著優勢，低軌通訊衛星與地面接收設備等相關太空產業也是

二、 境外衛星事業落地方式

由於衛星通訊具備廣涵蓋、低干擾、低延遲等特性，可服務的區域範圍面積廣大，可跨國提供通訊連線服務，支援現有行動網路難以涵蓋的區域，如偏遠山區、海上、空中的連網服務，而新興低軌衛星系統更可提供涵蓋全球的服務範圍，與行動網路搭配應用於車輛、飛機或船舶，進一步推進 5G 網路至偏鄉與邊陲區域，大幅提升地面網路性能。

在此狀況下，可預期未來於外國登記、受外國監理制度管理之衛星系統於本國入境提供服務的狀況將日增。因此，目前各國通訊主管機關對於衛星系統落地提供服務之規範，近年亦正積極朝向程序簡化、費用收取與參與模式等各面向之監理原則進行調適，使衛星服務發展更為活絡。

是以，本小節將探討英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡、澳大利亞等國對衛星監理法規與落地管理方式（如執照類型、資格、落地執照條件（註記）等），以及各國服務落地管理方式比較，解析各國對於衛星監理之趨勢與實際監理作法，俾利我國主管機關掌握各國主管機關之監理思維。

(一). 英國

1. 監理法規

英國通訊監管機關為 Ofcom，監管固定及行動通訊、頻譜使用、廣播電視、郵政服務等。有關衛星地面站許可之原則主要依循《2006 年無線電報法（Wireless Telegraphy Act 2006）》、《2003 年通信法（Communications Act 2003）》，以確保有效利用無線電頻譜。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

英國衛星監理事務涉及英國太空總署（UK Space Agency, UKSA）以及民航局（Civil Aviation Authority, CAA）。UKSA 主要負責英國有關民用太空計畫的所有戰略決策，包含協調英國民用太空活動、鼓勵學術研究、支持英國航太業、提升英國在國內外太空活動的知名度、提升對航太科學及其實際效益的認知、啟發下一代英國科學家及工程師、許可英國太空飛行器的發射及運行、促進合作與參與歐洲太空計畫。CAA 則是獨立的專業航空監理機關，致力於使航空業符合最高的安全標準、確保消費者在飛行時得到保護及公平對待、有效管理航空對當地社區的環境影響、減少 CO2 排放、有效管理航空業的安全及風險。目前英國政府有意將航太管理者的角色從英國太空總署（UKSA）移交給民航局（CAA），民航局將確保安全與負責進行航太及相關活動。

英國政府透過有效的監理來實現航空領域的安全與永續商業成長，欲進行航空與相關活動，需要向監理機關申請執照。目前係根據《1986 年太空法（Outer Space Act 1986, OSA）》申請衛星營運商許可，英國政府進一步制定《2018 年太空產業法（Space Industry Act 2018）》並展開相關諮詢，俾利建立更具彈性的監理框架。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

● 無線電執照

根據英國《2006 年無線通信法（Wireless Telegraphy Act 2006, WT Act）》第 8 條規定，由英國通訊管理局（Office of Communications, Ofcom）授予之無線電執照，授權被許可方在遵守該執照之條款、規定與限制下，建置、使用無線電臺或安裝、使用無線電設備。Ofcom 於 2006 年 2 月發布《通用執照條件手冊（General Licence Conditions Booklet）》，內容包含執照條款、變更、吊銷、執照費、無線電設備使

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用、檢查、修改、限制等通用條件，且相關條件已併入個別無線電執照條款之一部分。

● **地球電臺執照**

在地球電臺執照申請方面，依英國 WT Act，任何欲在英國（或在英國註冊的船舶或飛機上）運行衛星地球電臺者皆需獲得相關執照。Ofcom 於 2018 年 1 月發布《衛星（地球電臺網路）執照申請程序手冊（Licensing Procedures Manual For Satellite（Earth Station Network）Applications）》文件，提供衛星（地球電臺網路）申請執照之相關資訊及指引。其內容包含在特定位置進行終端傳輸之前，網路地球電臺業者必須持有執照，並在必要時確保遵循執照條件。在提出申請前，申請人應留意無論由誰代表申請，應對其無線電系統上執行的所有操作承擔法律責任，任何虛假資訊都可能導致拒絕或撤銷執照授予。由於執照申請表具有法律地位，故會要求申請人簽署聲明。

欲使用英國任何無線電傳輸設備，皆需獲得執照或具有特殊許可豁免。英國衛星地球電臺執照分為永久地球電臺（Permanent Earth Station, PES）、可運輸地球電臺（Transportable Earth Station, TES）、地球電臺網路（Earth Station Networks）、非同步地球電臺（Non-Geostationary Earth Station, Non-Geo）、非固定衛星地球電臺（Non-Fixed Satellite Earth Station, Non-FSS）、僅接收地球電臺（Receive-Only Earth Stations, ROES）、全球衛星導航系統中繼器（Global Navigation Satellite System（GNSS）Repeaters）（GNSS Repeaters）。

(2). 頻率

以地球電臺網路（Earth Station Networks）為例，依據英國 2018 年《衛星（地球電臺網路）執照申請程序手冊》，目前所有網路地球電臺傳輸限於以下頻段運行：14.0-14.25GHz、27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz，以及 29.4625-30GHz。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(3). 設備

另外，針對執照持有者之設備要求如下：

- 地球電臺內之設備需經嚴謹設計、建造、維護與營運，使用上不會對其他頻譜使用者造成不當干擾。
- 設備需符合 GSO 或 NGSO 業者發布之相關性能規格，並且持續維持合於規格。
- NGSO 地球電臺須確保符合 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》第 22 條明定之等量功率通量密度（Equivalent Power Flux-density, EPFD）限制。
- 傳輸用設備需符合無線電設備指令（Radio Equipment Directive, RED）與英國國家接取要求（UK National Interface Requirement）。

(4). 申請資格

依據 Ofcom 於 2018 年發布之《無線通信法執照政策手冊（Wireless Telegraphy Act Licensing Policy Manual）》及 WT Act，Ofcom 以許可方式授權「個人」使用無線電設備。個人可為個別經營業務，或是兩家或兩家以上合夥經營，或是一家公司或法人團體，亦可能以合夥方式由兩人組成共同經營業務。另外，合資企業（Joint Ventures）亦可被授予執照，合資公司具獨立之法律地位，並在公司註冊處（Companies House）登記之公司。

(5). 申請流程

針對非英國被許可人的部分，依據英國 WT Act 之執照，僅適用於英國陸地使用，在某些情況下適用於澤西島、根西島、曼島及英國領海及領空區域。除非適用國際互惠協議，否則在其他區域使用任何

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

電臺或設備可能被視為非法。依據 WT Act 許可之所有執照類別，並未要求被許可人在英國境內居住，不過仍適用執照費用、執照變更或吊銷等規定。Ofcom 要求外國被許可人提供在英國之聯繫點/地址，俾利檢查與遵守相關執照條款條件。

申請衛星地球電臺網路前申請人應留意無論由誰代表進行申請，應對其無線電系統執行之所有活動承擔法律責任。任何虛假資訊都可能導致拒絕或撤銷執照授予。執照申請表具有法律地位，並要求申請人簽署聲明。申請人應填寫「OfW 453」表格，以申請網路地球電臺營運執照（表格內容摘要如下表）。Ofcom 要求所有問題都須盡可能充分回答，不完整的表格將退還申請人。除非另有說明，否則每個問題基本上皆視為強制性，申請人須確保清楚、完整與準確地填寫申請表，任何遺漏之資訊皆可能導致流程延遲或退件。若後續發現資訊不正確亦可能使執照無效。

表 60 地球電臺網路執照申請表（Ofcome）摘要

部份	項目	填寫細項
1	申請人詳細資訊	• 公司或機構名稱 • 申請人地址 • 通訊地址 • E-mail
2	站臺詳細資訊	• ID • 網路終端位址 • 全國電網資訊 • 地理座標 • 半徑 • 天線詳細資訊（包含名稱、類型、直徑、方位、高度等） • 頻寬 • EIRP
3	申請人簽署聲明	• 申請人須簽署聲明，確保申請表提供所有資訊皆正確 • 申請人簽名 • 申請人姓名（大寫） • 申請人在組織中的職位 • 簽名日期
4	核對清單	• 確認是否完成表格的所有部分？

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

部份	項目	填寫細項
		• 確認是否需提供附件？ • 是否已簽屬聲明？ • 是否已製作副本以供參考？
5	表格寄送	• 請申請人將填寫之申請表發送至 Ofcom

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

(6). 執照相關費用

衛星(地球電臺網路)執照須收取固定費用，其中包括管理費用。依據 Ofcom 於 2011 年公告之《衛星地球電臺執照費用（Fees for Satellite Earth Station Licences)》，衛星（地球電臺網路）執照年費為 200 英鎊。

(7). 執照轉讓

有關執照轉讓的部分，Ofcom 允許某些執照類別之頻譜進行租賃與再租賃。透過租賃，被許可人可允許其他人使用其全部或部分頻譜，一方面被許可人無需放棄其本身權利，二方面租賃人無需再向 Ofcom 取得執照。租賃僅在被許可人執照中有租賃變更條件時適用。

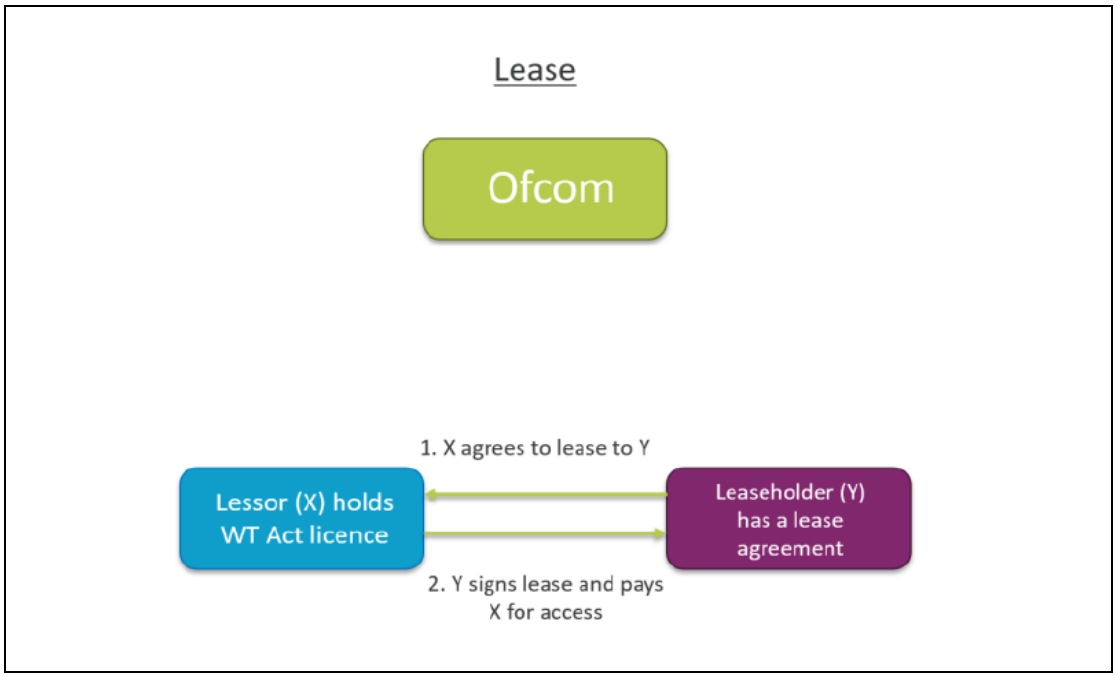
依據英國《2003 年通訊法（Communications Act 2003)》第 134 條，係有關租賃與許可之限制，如租約、執照或其他相關協議有對承租人施加禁止或限制，或租約期在一年或以上，對承租人施加任何其他有關電子通訊事項之禁止或限制，只有在出租人、許可人或其他協議方未同意脫離該禁止或限制所施加的要求的情況下，才適用該禁止或限制。爲使承租人執行與電子通訊服務有關之規定，出租人不得以不合理的方式拒絕相關要求，包含不合理的拒絕任何人使用電子通訊網路或服務。本條中對電子通訊事宜係指：

- 提供電子通訊網路或電子通訊服務；
- 電子通訊設備與相關電子通訊網路之連接；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 為提供網路或電子通信設備服務而進行之安裝、維護、調整、修理、變更或使用。

Ofcom 於 2020 年 3 月進一步發布《交易指引文件（Trading Guidance Notes）》-OfW513，就頻譜交易程序或租用頻譜使用權提供指引。若執照持有人允許租賃，則可訂立合約讓其他人行使其頻譜使用權。租賃受執照條款及條件規管，執照持有人仍有責任確保遵守。其租賃程序如下圖所示。



資料來源：Ofcom, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

圖 14：頻譜交易程序（租賃）

另外，頻譜轉讓則是原執照持有人將其頻譜的權利義務轉讓予新的業者，其中衛星允許轉讓之執照類別包含：

- 永久地球電臺（Permanent Earth Station, PES）；
- 可運輸地球電臺（Transportable Earth Station, TES）；
- 衛星地球電臺網路（Satellite Earth Station Network）；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 衛星地球電臺非衛星固定業務（Satellite（Earth Station）（Non-Fixed Satellite Service））；
- 衛星地球電臺非同步軌道衛星服務(Satellite(Earth Station）（Non-Geostationary Satellite Service））；
- 行動衛星系統的地面輔助元件（Complementary Ground Components of a Mobile Satellite System）；
- 全球衛星導航系統中繼器（Global Navigation Satellite System （GNSS）Repeaters）。

(8). 落地執照條件（附記）

2020 年 11 月 16 日，Ofcom 授予 Starlink Internet Services Limited 衛星地球電臺網路執照，授權其在符合執照條件以及「通用執照條件手冊（General Licence Conditions Booklet）」之前提，建立、安裝和/或使用無線電傳輸、接收站、無線電設備。執照持有者得建立及使用永久、可傳輸或行動發送與接收之網路地球電臺，以提供無線通訊連接地球同步軌道衛星（Geostationary Satellite Orbits, GSO）及非地球同步軌道衛星（Non-Geostationary Satellite Orbits, NGSO）。

依據 Ofcom 授予 Starlink Internet Services Limited 之衛星地球電臺網路執照條件，內容包含使用限制、設備、行動通訊營運附加條件、國內外應遵守義務、衛星（地球電臺網路）執照特定要求、附註等，臚列如下：

● **使用限制**

- GSO 衛星地球電臺應於以下頻段內傳輸：14.0-14.25GHz、27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz、29.4625-30GHz。
- NGSO 陸地地球電臺應於以下頻段內傳輸：14.0-14.25

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

GHz、27.5-27.8185 GHz、28.4545-28.8265GHz、29.5-30 GHz。

- NGSO 太空站應於 14.0-14.25GHz 頻段內傳輸。
- 地球電臺等效全向輻射功率（Equivalent Isotropically Radiated Power, EIRP）傳輸超過 55 dBW 者，應事前取得 Ofcom 同意並註冊地球電臺執照後始得營運。
- 使用 14.0-14.25 GHz 頻段傳輸之地球電臺未取得 Ofcom 事前同意與註冊地球電臺執照前，不得於執照條件 Schedule 3 指定之 2 個地理位置方圓 5 公里內營運。
- 使用 14.0-14.25 GHz 頻段傳輸且 EIRP 介於 50-55 dBW 之地球電臺，在未取得 Ofcom 事前同意與註冊地球電臺執照前，不得於執照條件 Schedule 3 指定之 2 個地理位置方圓 5 公里外、7 公里內營運。
- 地球電臺未取得民航局（Civil Aviation Authority, CAA）或機場管理局（Airport Authority）事前同意前，不得於執照條件 Schedule 4 指定之任何機場圍欄內營運。

● 行動通訊營運附加條件

- 建立或裝設無線電設備應使其僅得基於車輛、飛機、船隻或火車機組人員指令與網路控制設施（Network Control Facility）操作下進行傳輸，且無線電設備應提供機組人員立即中止傳輸之方法。
- 若飛機或船隻於英國、海峽群島或曼島註冊，執照持有者應確保所有無線電設備均依《2006 年無線電訊法（Wireless Telegraphy Act 2006）》獲得個別執照或免照。
- 無線電設備傳輸於相關衛星下鏈訊號明顯降低或消失時，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

應被自動終止。

➢ 無線電設備傳輸過程應採用可與相關 GSO 保持正負 0.2 度指向精確度之穩定平臺，俾利 GSO 運行。

➢ 任一地球電臺與天線主波束軸（Main Beam Axis）成 2.5 度角以上之最大 EIRP 不得超過 20dBW/40kHz，俾利 GSO 運行。

● **國內外應遵守之義務**

➢ 相關衛星數據應提交至 ITU 並符合相關程序。

➢ 在任何位置變更前，所有無線電設備傳輸均須終止，除非傳輸用設備供行動通訊營運使用且採用穩定平臺或經 Ofcom 許可豁免。

● **衛星（地球電臺網路）執照特定要求**

➢ 執照持有者應記錄網路中所有終端之營運特性(如固定安裝位置）或行動通訊營運之車輛、飛機、船隻或火車終端裝設細節、相關路線及 Ofcom 可能基於行政目的而欲接取之營運區域。

➢ 無線電設備應於終端執行個別地區控制與監控功能，並由網路控制與監控中心授權、監督與管理。

➢ 執照持有者有權終止個別終端傳輸。

➢ 對於以網格（MESH）配置之衛星網路，網路業者須將具獨立集中控制、監控功能。而具備點對多點（Point-to-Multipoint）及點對點（Point-to-Point）等配置能力之地球電臺始得獲得永久地球電臺之授權。

● **附註**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 本執照不影響依他法（如《廣播法（Broadcasting Act）》）獲取執照或授權之要求。
- 某些終端裝設應獲得地方政府規劃核准，故應向商業企業和管理改革部（Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform）及相關地方政府規劃部門尋求建議。
- 執照持有者在進行可能違反執照條件之更動前必須向 Ofcom 申請執照變更。
- Ofcom 建議執照持有者應遵守民航局適航性要求與規定裝設飛機無線電設備。

3. 外資管制方式

檢視英國 2018 年發布之《無線通信法執照政策手冊（Wireless Telegraphy Act Licensing Policy Manual）》揭示已於英國依據《公司法（Company Law）》登記設立之公司即可申請執照，惟公司法並未明定外資限制。

(二). 德國

1. 監理法規

德國通訊衛星之頻率分配、頻率使用、地球電臺及網路運行之執掌主管機關為德國聯邦網路管理局（Bundesnetzagentur, Federal Network Agency, BNetzA），BNetzA 也作為國家代表向國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU）申請國際衛星系統註冊與軌道頻率的申請單位。

有關 BNetzA 政策作法方面，針對德國衛星軌道及頻譜使用必須採 ITU 的無線電通信局訂定的衛星系統事前發布、協調、通知規範架構。有關衛星系統的國際通知流程，依據 ITU 的電信成員管理機構執

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

行啟動，若要在德國取得衛星系統的事前發布、協調、通知，則需要根據德國 BNetzA 相關規定辦理。德國衛星業者須向 ITU 提交衛星計畫，必須透過德國 BNetzA 遞交相關申請資料。

根據德國《電信法（Telekommunikationsgesetz, TKG）》第 55 條第 1 項，每項衛星頻率分配依據頻率使用計畫（Frequency Usage Plan）進行發布，其中為促進技術進步及儘早實施國際頻率協調，頻率使用計畫僅包括一項具無干擾及效率的頻率使用架構，而由 BNetzA 統一架構進行管理。另依據 TKG 第 60 條規定，頻率分配之使用類型及範圍，應確保有效且無干擾情況下使用。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

● 頻率執照

欲在德國從事衛星軌道及頻譜之使用，須經 BNetzA 核准。按 TKG 第 55 條第 1 項規定，每次頻率使用皆須事前分配頻率，而頻率分配係指在特定條件下使用某些頻率，須經官方或法律授權。申請人須以書面方式，事前向 BNetzA 提出申請（第 55 條第 4 項）；於頻率分配時，應符合頻率計畫（Frequenzplan）之預期用途、頻率具可用性、與其他頻率使用之兼容性、確保執照申請者有效且無干擾地使用頻率（第 55 條第 5 項）。

若 ITU 針對 BNetzA 申請軌道和頻率使用審核具有未使用之軌道和頻率使用權，則 BNetzA 針對申請人的申請條件進行頻率授予。若申請人超過一年未行使頻率權利或違反公眾利益之義務，BNetzA 則可撤銷該項頻率權利。

另依據 BNetzA《衛星通信頻率分配管理規則（Administrative Regulations for the Assignment of Frequencies for Satellite

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Communications, VVSatFu）》顯示，衛星服務之頻率分配業務類型包括衛星地球探測業務（Earth Exploration-Satellite Service）、衛星固定業務（Fixed-Satellite Service）、衛星間業務（Inter-Satellite Service）、衛星航空行動業務（Aeronautical Mobile-Satellite Service）、衛星行動業務（Mobile-Satellite Service）、衛星無線電助航業務（Radionavigation-Satellite Service）、衛星標準頻率和時間信號業務（Standard frequency and Time Signal-Satellite Service）、衛星無線電定位業務（Radiodetermination-Satellite Service）、衛星廣播業務（Broadcasting-Satellite Service）、太空營運業務（Space Operation Service）、太空研究業務（Space Research Service）、衛星氣象業務（Meteorological-Satellite Service）等。

● **地球電臺執照**

德國衛星地球電臺執照方面，發射訊號的衛星地球電臺須透過 BNetzA 進行個別的頻率分配，BNetzA 分配頻率前提，包括申請業者須在頻率計畫中指定預期用途、頻率可供分配、預期用途與其他頻率用途可兼容，以及申請業者可以確保有效且無使用頻率干擾。

(1). 頻率

依據德國聯邦《頻率條例（Frequenzverordnung, FreqV）》之附錄頻率分配表（Anlage Frequenzzuweisungstabelle für die Bundesrepublik Deutschland），盤點 10-30GHz 之衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之頻段，彙整於下表。

表 61 德國衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz）

頻段（GHz）	衛星固定業務（FSS）		衛星行動業務（MSS）	
	空對地	地對空	空對地	地對空
10.7 - 11.7	V			
12.5 - 12.75	V	V		

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻段（GHz）	衛星固定業務（FSS）		衛星行動業務（MSS）	
	空對地	地對空	空對地	地對空
12.75 - 13.25		V		
13.75 - 14		V		
14 - 14.25		V		V
14.25 - 14.3		V		V
14.3 - 14.47		V		V
14.47 - 14.5		V		V
17.3-17.7	V	V		
17.7 - 18.1	V	V		
18.1 - 18.4	V			
18.4 - 18.6	V			
18.6 - 18.8	V			
18.8 - 19.3	V			
19.3 - 19.7	V	V		
19.7 - 20.1	V			
20.1 - 20.2	V		V	
20.2 - 21.2	V		V	
24.65-24.75		V		
27.5 - 28.5		V		
28.5 - 29.1		V		
29.1 - 29.5		V		
29.5 - 30		V		

資料來源：Frequenzverordnung (FreqV), 本研究整理，2021 年 11 月

(2). 設備

鑒於電信係指以電信系統發送、傳輸和接收信號之技術過程，並透過電信系統作為發送、傳輸、傳送、接收、控制或監控可識別資訊的無線電或光學信號之技術設備或系統。就德國 TKG 第 3 條第 9d 項規定，所謂設備係指無線電設備、電信終端設備，或兩者之組合。

(3). 申請資格

欲在德國從事衛星軌道及頻譜之使用，須經 BNetzA 核准。依據德國 TKG 第 56 條「衛星軌道位置和頻率使用」規定，在德國境內居住或設立公司之自然人或法人，對於衛星軌道位置和頻率使用之申請，應遵守 ITU 規範之義務（第 56 條第 1 項）。

(4). 申請流程

衛星地球電臺的申請業者可就 BNetzA 制式的申請表格填寫後遞

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

交申請，其內容包括衛星業務地球電臺的頻率分配申請資訊、衛星地球電臺頻率協調規範、衛星地球電臺頻率協調的細部規範等，參酌下表。

依據 BNetzA《衛星通信頻率分配管理規則（Administrative Regulations for the Assignment of Frequencies for Satellite Communications, VVSatFu）》顯示，德國地球電臺的頻率指配之效期最長為 10 年（可應申請人要求核准較短期限）。

表 62 德國衛星地球電臺申請內容

主架構	次架構	詳細內容
申請衛星地球電臺衛星服務的頻率分配	申請人	• 填寫申請業者的基本資料，包括申請業者的郵寄地址、email、電話號碼、聯絡人資訊等
	衛星地球電臺	• 填寫衛星地球電臺的相關資料，包括應用範圍、地理座標、轉換頻率、頻段、轉換功率、衛星傳送距離等
	衛星系統	• 填寫衛星系統名稱、ITU 登記衛星名稱、衛星系統位置
	服務訊息	• 填寫服務概述，包括申請衛星地球電臺的目的、其他資訊
衛星地球電臺頻率協調	衛星系統參數	• 填寫衛星系統資料，包括衛星系統與哪些衛星地球電臺進行傳輸 • 衛星系統 ITU 的登記名稱 • 衛星系統發布的資訊 • 衛星系統位置
	傳輸系統參數	• 多路復用方式（Method of multiplexing） • 傳輸系統協調方式 • 傳輸系統其他資訊
	衛星地球電臺參數	• 衛星地球電臺名稱、衛星地球電臺地理位置、海平面高度、地表之上的衛星高度、衛星傳輸距離、衛星的方位角、衛星仰角
	發射衛星地球電臺參數	• 發射衛星最大等方性（Isotropic gain）天線增益 • 無線電模式半功率波束寬度（Beamwidth） • 極化（Polarization） • 發射目的（Designation of Emision） • 業者發射衛星的最大輻射功率 • 業者發射衛星的最小輻射功率 • 業者發射衛星的最大輻射功率密度 • 業者發射衛星的最小輻射功率密度 • 業者發射天線的最大輻射功率 • 衛星轉頻器的中心頻率分配 • 衛星轉頻器總頻率頻寬 • 向 ITU 發布的轉頻器電波名稱

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

主架構	次架構	詳細內容
	接受衛星地球電臺參數	• 接受天線最大等向性增益（Isotropic gain） • 無線電模式半功率波束寬度（Beamwidth） • 旁波瓣（Sidelobe gain） • 極化（Polarization） • 接收系統噪音溫度 • 接受電信業者（Carrier）數量 • 接收頻率名稱 • 每家電信業者發射資訊類型 • 電信業者頻率 • 電信業者頻寬 • 在晴朗天候下，電信業者整體衛星連結的 C/N 值 • 衛星轉頻器的中心頻率分配 • 衛星轉頻器的頻率頻寬 • 向 ITU 發布的轉頻器電波名稱 • 其他資訊
衛星地球電臺頻率協調進一步規範	發射衛星地球電臺參數	• 極化（Polarization） • 發射目的地 • 頻率 • 頻寬 • 發射天線最小功率 • 功率密度最小值 • 功率密度最大值 • 在晴朗天候下，電信業者整體衛星連結的 C/N 值 • 衛星轉頻器的中心頻率分配 • 波束名稱
	接收衛星地球電臺參數	• 極化（Polarization） • 接收目的地 • 頻率 • 頻寬 • 在晴朗天候下，電信業者整體衛星連結的 C/N 值 • 衛星轉頻器的中心頻率分配 • 波束名稱

資料來源：Bundesnetzagentur. 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

(5). 執照相關費用

衛星地球電臺執照申請人應留意，BNetzA 會根據授權的衛星地球電臺頻率分配收取一次性行政規費，申請業者必須根據 BNetzA 的規定進行繳納，而分配頻率費用可區分為 6 個項目，詳細參酌下表。此外，衛星地球電臺申請業者也須留意每年必須按照頻率分配的最新適用版本《無頻率使用干擾的保護繳費條例（Ordinance concerning Contributions for the Protection of Interference–Free Frequency Usage）》

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

進行繳費，其中繳交規費依據BNetzA的年度每項無線電服務訂定之。

BNetzA依《衛星通信頻率分配管理規則》，衛星通信頻率分配持有人每年需繳納年費，金額介於500歐元至3,500歐元之間。

表 63 衛星地球電臺與衛星網路頻率分配項目及費用

	頻率分配項目	費用（單位：歐元）
衛星地球電臺	非協調頻率範圍的頻率分配（14.0–14.25 GHz 或 29.5–30.0 GHz）	€68
	協調頻率範圍的頻率分配（所有其他頻率）	-
	行動 SNG 衛星地球電臺分配 14.0–14.5 GHz 範圍的頻率分配	€103
	固定衛星地球電臺（非 SNG）分配 14.25–14.5 GHz 範圍的頻率分配	€367
	所有其他（與協調相關）頻率範圍的頻率分配	€492
	特別複雜的兼容性分析的頻率分配	最高€1,000
衛星網路	衛星網路頻率分配	€500–€3,500

資料來源：Bundesnetzagentur, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

(6). 落地執照條件（附記）

BNetzA核給Starlink衛星系統頻率使用期限最初限定為1年，BNetzA之主要考量，鑒於低軌衛星系統的新穎性，以便必要時可對長期頻率分配進行調整。除了衛星無線電網路頻率核配外，Starlink尚獲得多個地面接收站的頻率核配，這些地面接收站作為閘道器，以確保和網路連接。

衛星頻率使用權效期方面，依據BNetzA於2020年12月23日發布之公報，Starlink衛星無線電網路頻率使用權將於2021年12月31日屆滿。若屆滿後仍符合指配條件，或依技術性參數、條款與條件更新，則得依Starlink衛星無線電網路所有人之請求，展延頻率使用權。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

根據2013年8月27日的德國聯邦《頻率條例(Frequenzverordnung, FreqV)》，Starlink使用頻率範圍為14.0-14.5GHz（地對空）及10.95-12.75GHz(空對地)。下表整理德國聯邦《頻率條例(Frequenzverordung, FreqV)》之衛星固定服務於14.0-14.5 GHz與10.95-12.75 GHz之頻段規劃，以及Starlink取得頻率。

表 64 Starlink使用頻率範圍

序號	頻段	業務類型	Starlink取得頻率
366	10.7-11.7GHz	固定通訊業務 衛星固定業務FSS（空對地）	10.95-12.75（空對地） （總頻寬1,800MHz）
367	11.7-12.5GHz	固定通訊業務 衛星廣播業務BSS	
368	12.5-12.75GHz	衛星固定業務（空對地）（地對空）	
373	14.0-14.25GHz	衛星固定業務FSS（地對空） 衛星行動業務MSS（地對空）	14.0-14.5GHz（地對空） （總頻寬500MHz）
374	14.25-14.3GHz	固定通訊業務 衛星固定業務FSS（地對空） 衛星行動業務MSS（地對空）	
375	14.3-14.47GHz	固定通訊業務 衛星固定業務FSS（地對空） 衛星行動業務MSS（地對空）	
376	14.47-14.5Ghz	固定通訊業務 衛星固定業務FSS（地對空） 衛星行動業務MSS（地對空）	

資料來源：Bundesnetzagentur, 2020. 本研究整理，2021年11月

- **非專用頻段，需共享頻譜**

以Starlink衛星網路頻率為例，BNetzA核配之10.95-12.75GHz和14.0-14.5GHz頻段，BNetzA亦可核配給其他NGSO衛星系統使用，顯示Starlink衛星網路之頻率並非專用。Starlink必須制定適當的業務內部協議，以保證可與多個NGSO衛星系統（共享）接取頻譜。

其中，在11.7-12.5GHz頻段內，固定通訊業務不得對衛星廣播業務的無線電臺產生妨礙性干擾。固定通訊業務不能要求對這些無線電臺提供保護。此外，11.7-12.5GHz頻段亦核配給非地面系統之衛星固

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

定業務（空對地），對於提供衛星廣播業務的地面衛星網路，非地面系統之衛星固定業務（空對地）不提供任何保護。

以 Starlink 衛星系統在德國申請衛星寬頻網路服務期限為例，由於 Starlink 衛星系統具有大量低軌道衛星，並需確保無干擾運行：包含確保與相同和相鄰頻率範圍內其他應用共存和無相互干擾的規定，包括固定通信鏈路（Fixed Links）、無線電天文（Radio Astronomy）和地球同步衛星（Geostationary Satellite Services）等應用。

對於 14.0-14.5GHz 和 10.95-12.75GHz 頻率範圍之相關規範，需符合「ECC Report 271」和「無線電規則（Vollzugsordnung für den Funkdienst, VO Funk）」之技術參考、標準、決策和建議。Starlink 衛星網路在其衛星系統的控制下，將陸地的固定地球電臺與軌道衛星相連接（NGSO）。其使用 14.0-14.5GHz 和 10.95-12.75GHz 頻段須符合以下頻段使用規定（詳見下表），不需再另外核配其他單獨的頻率。任何其他頻率使用都需 BNetzA 在 TKG 範圍內進行單獨分配。

表 65 Starlink 衛星網路地球電臺之頻率使用規定

項目	內容
頻寬	62.5MHz（Uplink）、250MHz（Downlink ）
最大輻射功率	38.2 dBW EIRP
最大有效等向輻射功率	-72.8 dB [W / Hz] EIRP
最大天線角度(發射器)	2.8 – 4.5°
地球電臺仰角	>= 25°

資料來源：Bundesnetzagentur, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

● 頻率使用限制

德國 Starlink 地球電臺頻率使用限制，在 62.5MHz 頻寬使用上，終端客戶地球電臺第一個相鄰頻道（ACLR1）不得超過-32 dBc，第二個相鄰頻道（ACLR2）不得超過-55 dBc。

《無線電規則》第 21 和第 22 條規定適用上行鏈路最大輻射功率

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Equivalent Isotropically Radiated Power, EIRP）、下行鏈路功率流量密度（Power Flux Density, PFD），以及上行鏈路與下行鏈路等效功率流量密度（Equivalent Power Flux Density, EPFD）。

在 Effelsberg RAS 地球電臺及 Wettzell 大地觀測站周邊保護區域：在上述區域半徑 12.5 公里以內，Starlink 衛星網路禁止在 10.95-12.75 GHz 頻段使用下行鏈路，以對其進行保護（該區域無 DL Spotbeams）在圖中以黑色顯示的區域內，禁止 Starlink 衛星網路使用 14.47-14.50GHz 頻段（詳見下圖）。

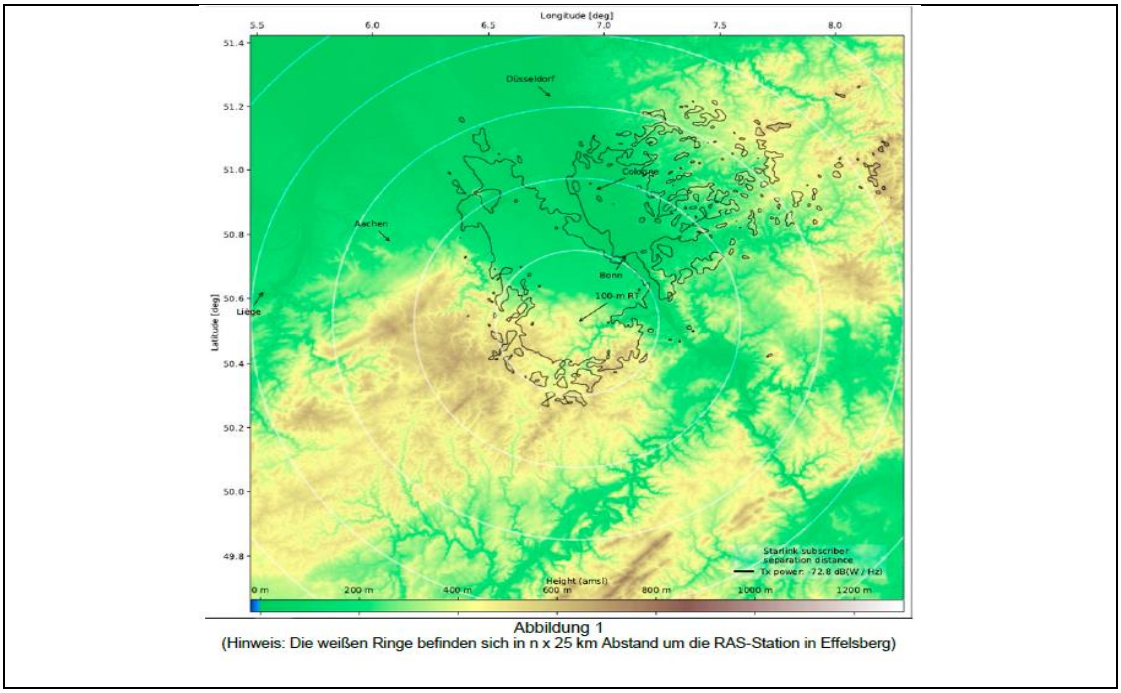


Abbildung 1
(Hinweis: Die weißen Ringe befinden sich in n x 25 km Abstand um die RAS-Station in Effelsberg)

資料來源：Bundesnetzagentur, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

圖 15：Effelsberg RAS 地球電臺及 Wettzell 大地觀測站周邊保護區域

3. 外資管制方式

德國市場進入障礙及申請資格，盤點德國《股份有限公司法（Gesetz betreffend die Gesellschaften mit beschränkter Haftung, GmbHG）》及《電信法（Telekommunikationsgesetz）》並未明訂外資限

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

制條件。德國《電信法》第 56 條之相關規定僅明訂，申請者若為德國自然人或合法機構的身分應在德國境內申請衛星計畫時，必須盡早提交相關資料予德國 BNetzA 進行審查。若衛星申請計畫並非事前遞交 BNetzA，則申請者可出示其他電信主管機關衛星計畫申請流程的相關證明文件。

申請者在申請過程須具備 BNetzA 規定的 2 項審查條件：首先，為頻率使用及軌道位置須具效率且無干擾情況，依據德國《電信法》第 1 條、第 2 條、《國際電信聯盟憲章（ITU Constitution）》第 44 條與《無線電規則（Radio Regulations）》之相關規定，除了與其他無線電應用兼容外，申請衛星網路須確保無線電頻譜須合理使用。因此，申請者出具的文件，包括預計執行的服務和市場所需頻率和軌道位置，申請者也必須符合《頻率條例（Frequency Ordinance）》和《頻率計畫（Frequency Plan）》。最終申請者也必須在申請文件中證明該衛星使用具備高效率及無干擾使用頻率和軌道位置。

其次，申請者必須遵循《國際電信聯盟憲章》、《無線電規則》。德國依據國際法已承諾遵守 ITU 的相關規定，根據《國際電信聯盟憲章》第 6 條，會員國（此為德國）有義務在該國領土遵守《國際電信聯盟憲章》及《無線電規則》。因此，依據 ITU 的規定，包括相關建議書、適用於該地區的衛星網路申請者，以及衛星營運商皆必須遵照德國 TKG 法規進行審查。

(三). 美國

1. 監理法規

美國衛星事業之主管機關為聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）轄下的國際局衛星司（International Bureau Satellite Division），其主要任務是透過促進競爭和創新的電信

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

市場，為美國消費者提供服務。該司之主要目標，包括：授權衛星系統，並促進衛星業務的佈署；建構衛星通訊業者滿足客戶需求的監理最小化和最靈活的制度環境；以及促進有效利用無線電頻譜和軌道資源。此外，在頻譜管理的過程中提供有關商業衛星產業的專業知識，並在國際協調和談判中維護美國衛星無線電通訊的利益。

鑒於美國非地球同步軌道衛星（Non-geostationary Satellite Orbit, NGSO）由 FCC 負責監理，主要遵循《美國聯邦規則（The Code of Federal Regulations 47, CFR 47）》之相關規範。CFR 47 共 5 章、599 編（Part），對 FCC 之組織架構、各種電信業務管理規定，包括建立臺站申請程序、執照、電臺審核要求，電臺執照的資格要求、收費、技術標準與技術操作等皆有詳細規定。

檢視各衛星系統向 FCC 提交的申請資料，皆屬一般衛星通訊，主要適用 CFR 47 第 25 編衛星通訊(Part 25 Satellite Communications ）的相關規範，包括與衛星通訊有關的一般性規定、申請與授權、技術標準、技術操作、附屬事項、DARS 競爭性招標程序、平等的就業機會，以及公眾利益義務等 8 個子編（Subpart）。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

根據美國 FCC 於 2020 年 11 月發布衛星與地球電臺執照報告顯示，為了提供申請者更多營運彈性空間，同時減少監管機構行政負擔。衛星業者可依照現行統一執照（Unified License）的簡化架構取代過去分別申請衛星系統與地球電臺執照的雙軌授權制，過去在個別授權下，業者需與其他業者進行站點協調（Site Coordination），在通用授權基礎下，允許在特定地理區域內之任何位置佈建地球電臺。

而統一執照減化架構之目的，在於將現有的通用授權制衛星系統

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（GEO 或 NGSO）執照範圍擴大至衛星地球電臺，讓衛星業者不需個別申請衛星與地球電臺執照，意即業者按現有程序申請衛星系統，即能同步完成申請地球電臺，而地球電臺之授權將包括頻段授權（已授權給相關太空站的頻段）。

(2). 頻率

FCC 對於統一執照制度擴大適用運作於下列頻段之所有類型衛星與通用授權地球電臺，包含行動地球電臺（Earth Stations in Motion, ESIM）運作，同時亦將允許非美國許可之衛星業者（non-U.S.-licensed），可以取得進入美國市場及通用授權地球電臺營運許可（Single Grant），而適用的頻率參酌下表。

表 66 衛星業務類型與使用頻段

衛星業務類型	使用頻段
Non-Voice, Non-Geostationary Mobile-Satellite Service （MSS）	137-138 MHz、148-150.05MHz、399.9-400.05 MHz、400.15-401 MHz
1.5/1.6 GHz MSS	1525-1559 MHz、1626.5-1660.5 MHz
1.6/2.4 GHz MSS	1610-1626.5 MHz、2483.5-2500 MHz
2 GHz MSS	2000-2020 MHz、2180-2200 MHz
GSO FSS	10.7-12.2 GHz、14-14.5 GHz、18.3-18.8 GHz、19.7-20.2 GHz、28.35-28.6 GHz、29.25-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz
NGSO FSS	10.7-12.7 GHz、14-14.5 GHz、17.8-18.6 GHz、18.8-19.4 GHz、19.6-20.2 GHz、28.35-29.1 GHz、29.5-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz
GSO and NGSO MSS	19.7-20.2 GHz、29.5-30 GHz

資料來源：47 CFR § 25.124，本研究整理，2021 年 11 月

● **統一執照使用頻段限制**

由於 FCC 將 24GHz 以上毫米波頻段限制用於 5G、物聯網創新服務，因此統一執照將不適用於任何與上層微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS），包括 24GHz（24.25 - 24.5 GHz、24.75 - 25.25 GHz）、28 GHz（27.5 - 28.35 GHz）、37GHz（37.0

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 37.6 GHz、37.6 - 38.6 GHz）、39 GHz（38.6 - 40.0 GHz）、47 GHz（47.2 - 48.2 GHz）等頻段，已針對這些特定頻段限制服務。

● **執照續期（Renewal of License）**

由於統一執照為衛星業者所擁有，許可範圍包含太空站及地球電臺，因此衛星地球電臺的執照申請展延將適用太空站執照的更新期限及流程。但由於 FCC 下並不存在支援多個 GSO 衛星系統（Multiple GSO-Satellite Systems）之執照，因此當統一執照下的 GSO 衛星不再運作時（如在軌衛星故障、衛星到期報廢），該執照就會失效，包括所有在該衛星系統下所運作的地球電臺。惟 NGSO 系統下，單一衛星不運作，並不會使統一執照失效。

(3). 設備

申請統一執照之衛星業者需規劃整個衛星系統，許可範圍包含所有的太空站及地球電臺。

(4). 申請資格

統一執照業者申請資格必須由衛星業者之身分進行申請，衛星業者需規劃整個衛星系統，包括衛星與地球電臺，遵照 FCC 的線上電子系統（International Bureau Filing System, IBFS）申請程序，而適用此簡化流程的頻段方面，FCC 先進行公開諮詢調查業者意見，經多方意見檢視後，基於大部分業者均同意 FCC 所提出之統一執照制度，並期望盡快將該簡化程序制度擴展到所有地球同步衛星軌道（GSO）網路及所有授權頻段（FSS、MSS 與其他服務）、NGSO 衛星系統以及非 US 許可之系統。

(5). 申請流程

衛星業者於申請衛星系統許可時，必須連帶完成地球電臺規劃，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FCC 規範業者衛星地球電臺的執照申請須符合美國聯邦規則（The Code of Federal Regulations 47, CFR 47）CFR 47 § 25.110、115、130、132、133、136、137、139 條款規範。以下說明 FCC 對於衛星地球電臺授權申請的處理流程及文件準備。

- FCC 收到文件後對外公告 30 天。
- 若有其它業者有任何意見，可於 30 天期限內將異議評論郵寄給申請者，同步於 IBFS 系統向 FCC 提供郵寄證明與駁回意見。
- 申請者可於 10 天內透過 IBFS 系統回應異議與反對意見，並可視需求向 FCC 提出延長回應期限，其他業者可於公告期限屆滿後 5 天再次針對回應提出評論意見。
- 公告期限後，FCC 綜合評估申請者與其他業者的意見，提出處理結果並公告之，處理結果可分為同意授權（Grant of Authority）、部分同意授權（Grant in Part）、拒絕申請（Denied）、延期處理（Deferred）、部分延期處理（Deferred in Part）。

此外，依據 CFR47 § 25.114 規定透過線上 IBFS 系統繳交相關文件，包括基本申請文件 FCC Form 312、技術申請文件 Schedule B、附錄 159 等。

表 67 FCC 312 申請表

主申請表格 FCC 312	
申請者資訊	公司名稱、公司電話、公司傳真、地址、城市、州別、郵遞區號、聯絡人、聯絡人電話、E-mail 等
申請目的	衛星/地球電臺、新增/變更/轉讓、申請使用非美國衛星、使用非美國衛星在美國提供服務等
服務類型	• 固定通訊、行動通訊、地面觀測、數位影音 • 是否使用美國衛星系統（地球電臺申請者專用）、是否為國際業者（International Common Carrier） • 通訊頻段：C-Band（4/6 GHz）、Ku-Band（12/14 GHz）或其他

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

主申請表格 FCC 312	
站點類型	• 固定地球電臺（Fixed Earth Station）、臨時地球電臺（Temporary-Fixed Earth Station）、12/14 GHz 小型衛星地球電臺（VSAT Network）、移動地球電臺（Mobile Earth Station） • 只傳送/只接收/雙工
修改目的	天線新增/更換、頻段調整、固定站點重定位、通訊點新增/修改（Points of Communication）等、EIRP 密度增加、環境評估與輻射危害報告等
環境政策	依據歐盟規範，本申請/修正案是否對環境產生重大影響（根據 CFR47§1.1307 定義），若是則依 CFR47§1.1308/1.1311 提供證明
申請者國際所有權（Alien Ownership）	• 申請者是否為外國政府或其代表、是否為外國人、是否為根據外國政府法律下成立之公司、申請人是否超過五分之一股權為外國企業持有、申請人是否直接/間接受其他企業所控制（而該企業超過四分之一股權為外國企業持有） • 若符合上述任一敘述，申請者需提供相關外國人/實體組織身分證明、持有股權比例
基本條件	• 是否曾有吊銷執照不良紀錄、是否曾犯罪被判刑等 • 是否預計使用未取得美國許可的衛星在美國提供服務，如是需按照需按照 CFR47§25.137，另申請市場進入（Market Access）許可*

註：FCC 以 CFR47§25.137 規範要求所有未取得美國許可的衛星太空站（GSO/NGSO），若要連線美國境內衛星地球電臺、在美國市場提供服務，需先取得許可

資料來源：FCC 312，本研究整理，2021 年 11 月

除了主申請表外，須提供技術（Schedule S）、財務與法務文件。財務文件方面，須提供公司股權結構、管理人員組成等資料；法務文件方面，須提供符合相關法律規範與管理政策條款的說明；技術申請文件方面，須提供相關資料如下：

- 地球電臺的技術參數資料，包括預計使用的衛星、上下行鏈路頻率、與其他地球電臺或 GSO 等其他系統與業務的共用情形，軌道位置（針對 GSO）、軌道規劃（針對 NGSO）；
- 天線的具體輻射特性，依據 CFR 47 § 25.132 規範提供標準配置下的天線輻射方向圖與測試結果；若為新增或變更固定地球電臺的執照申請，由於涉及一個或多個既有地球電臺天線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

結構高度，須提供天線 FCC 註冊號碼、衛星天線波束特性、相位角度；

- UMFUS 業務的頻率協調報告；
- 地球電臺輻射危害評估報告。

(6). 執照相關費用

FCC 於 2020 年 8 月 26 日針對衛星地球電臺費用提出新的收費標準，提出以成本為基礎（Cost-based Fee）的收費機制，並對外公開諮詢徵求意見。臚列重點內容及 FCC 衛星地球電臺收費表如下表：

- 以成本為基礎制：評估每種執照許可申請服務的處理成本。
- 降低及取消目前現行申報費用：例如取消原本地球電臺的建造許可，執照申請分配或轉讓原本價格為 590 至 2,945 美元不等，統一修正為 745 美元；原本小型衛星地球電臺（Fixed Satellite Very Small Aperture Terminal, VSAT）收費為每套 11,015 美元調降至每套 360 美元，此針對 NGSO 設計而調整收費機制。
- 將現有的費用向下拆分更細項目：如固定式地面傳輸接收站、只接收的地球電臺，過往收費標準未細分為單一與多站點，採統一收費制（固定式地面傳輸接收站 2,985 美元、只接收地球電臺 450 美元），新的電信規費標準則依據單點與多站點採不同收費標準。
- 外國衛星業者進入美國市場的申請費用：過往並未明確規範地球電臺連線外國衛星的收費標準，新的收費機制考量非美國許可太空站進入美國市場的處理成本。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 68 FCC 衛星地球電臺收費表

幣別：美元		固定式地面傳輸接收站 Fixed Satellite Transmit/Receive Earth Stations		固定式地面傳輸接收站（4/6 GHz 頻段以下）Fixed Satellite transmit/receive Earth Stations （2 meters or less operating in the 4/6 GHz frequency band）		只接收的地球電臺 Receive Only Earth Stations		小型衛星地球電臺 Fixed Satellite Very Small Aperture Terminal （VSAT） Systems		通用授權地球電臺 Blanket Earth Stations		移動式地球電臺 Mobile Satellite Earth Stations	
		現有費用	以成本為基礎	現有費用	以成本為基礎	現有費用	以成本為基礎	現有費用	以成本為基礎	現有費用	以成本為基礎	現有費用	以成本為基礎
執照申請 Initial Application	單站	$2,985	$360	$6,615	取消（改用固定式地面傳輸接收站的收費標準）	$450	$175	$11,015	取消（改用通用授權地球電臺的收費標準）	$11,015（針對 VSAT）	$360	通用授權初次申請 $11,015	通用授權初次申請 $815
	多站	N.A	$6,515			N.A	$465					各別地球電臺初次申請 $2,645	取消
執照變更（每站） Modification of License （per station）		$210	$545	$210	$545	$210	$545	$210	$545	$210	$545	$210	$545
申請分配或轉讓	首站點	$590	$745	$590	$745	$590	$745	$2,945	$745	$590	$745	2,945	$745

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

幣別：美元		固定式地面傳輸接收站 Fixed Satellite Transmit/Receive Earth Stations		固定式地面傳輸接收站（4/6 GHz 頻段以下）Fixed Satellite transmit/receive Earth Stations （2 meters or less operating in the 4/6 GHz frequency band）		只接收的地球電臺 Receive Only Earth Stations		小型衛星地球電臺 Fixed Satellite Very Small Aperture Terminal （VSAT） Systems		通用授權地球電臺 Blanket Earth Stations		移動式地球電臺 Mobile Satellite Earth Stations	
Assignment or Transfer	額外新增站點	$200		$70		$200							
執照續期 Renewal of License （per station ）	單站	$210	$115	$210	$115	$210	$115	$210	$115	$210	$115	$210	$115
	多站	N.A	$145	N.A	$145	N.A	$145	N.A	$145	N.A	$145	N.A	$145
臨時執照申請 Special Temporary Authority （per request）		$210 （以成本為基礎之費用未提及此項目）											
修改待定申請 Amendment of Pending Application （per station）	單站	$210	$430	$210	$430	$210	$430	$210	$430	$210	$430	$210	$430
	多站		$630		$630		$630		$630		$630		$630
申請建設許可延期 Extension of		$210	取消	$210	取消	$210	取消	$210	取消	$210	取消	$210	取消

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

幣別：美元	固定式地面傳輸接收站 Fixed Satellite Transmit/Receive Earth Stations		固定式地面傳輸接收站（4/6 GHz 頻段以下）Fixed Satellite transmit/receive Earth Stations （2 meters or less operating in the 4/6 GHz frequency band）		只接收的地球電臺 Receive Only Earth Stations		小型衛星地球電臺 Fixed Satellite Very Small Aperture Terminal （VSAT） Systems		通用授權地球電臺 Blanket Earth Stations		移動式地球電臺 Mobile Satellite Earth Stations	
Construction Permit （modification） （per station）												
年度監管費	$560											
外國衛星申請進入美國市場的宣告性聲明請願 Space Stations, Petition for Declaratory Ruling for a Foreign Space Station to Access the United States Market				現有費用				以成本為基礎				
			GSO	N.A				$3,555				
			NGSO	N.A				$15,050				

資料來源：FCC CFR 47§1.1107，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(7). 落地執照條件（附記）

整體而言，地球電臺的頻段不須額外申請，業者取得地球電臺執照後即能取得頻段使用許可。若地球電臺業者即為衛星業者，則衛星業者於衛星申報程序中，即依照統一執照流程取得地球電臺授權，頻譜使用權為衛星申報程序中的一環；若地球電臺申請人非衛星業者，為確保地球電臺所使用頻段可用，地球電臺申請者在申請程序上必須先諮詢衛星業者，確認地球電臺所使用的頻段為已獲得美國授權能提供服務的頻段，以供 FCC 審核。

此外，根據 CFR 47 § 25.203 規範，提出地球電臺申請前，除了船載地球電臺（Earth Station on Vessel, ESV）、車載地球電臺（Vehicle-Mounted Earth Station, VMES）與航空地球電臺（Earth Station Aboard Aircraft, ESAA）以外的地球電臺申請者，需與現有地面服務使用者、以及先前提出地球電臺申請者共同協調頻率的使用。若地球電臺提供衛星固定業務（Fixed-Satellite Service, FSS），則合併於地球電臺申請程序中處理。

根據 FCC 於 2018 年 3 月 29 日授權美國 Space Exploration Holding（SpaceX）佈署及營運 NGSO 衛星系統之落地核准條文件顯示，依 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》第 9 條及第 11 條規定，SpaceX 必須即時出具衛星頻率分配的發佈、協調及通知資訊予 FCC，也必須提供盡職調查資訊（Due Diligence Information）。依據 CFR 47 § 25.111（b）條規範，該授權可在無事前通知的情況下，與其他機構進行頻率分配協調並作出修改。

有關 FCC 授權 SpaceX 主要使用頻段內容及法規依據，可參酌下表。其他有關於 FCC 授權的落地條件，尚包括 SpaceX 在服務啟動之前，必須依據 2003 年世界無線通訊大會第 85 項決議方案（Resolution

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

85, WRC-03）取得「Qualified Favorable」，有關下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）仍須遵循 ITU《無線電規則》第 22 條。

此外，SpaceX 與其他 NGSO FSS 營運業者合作，須確保衛星（空對地）聯合授權營運下鏈功率通量密度限制（Equivalent Power Flux-Density Limits in the Space-to-Earth Direction, EPFD Down），遵循 ITU《無線電規則》第 22 條及 2003 年世界無線通訊大會第 76 條決議方案。SpaceX 在完成太空站設計並於開始服務之前，尋求並獲得 FCC 對於內容更新修改進行核准，並出具太空軌道碎片的減緩計畫。此外，保護 FSS 的技術內容修改也必須依據 ITU-R SF.1483 建議取得 FCC 的核准。

根據 FCC 核准 SpaceX 佈署及營運 NGSO 衛星系統文件亦提及，該項授權在未來可經 FCC 的規則或政策進行調整。

表 69 FCC 授權 SpaceX 使用頻段

FCC 授權 SpaceX 使用頻段	**法規依據之條件**
10.7-11.7 GHz（空對地）	該頻段（空對地）之下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）依據 CFR47§ 25.208(b)、ITU《無線電規則》第 22 條及 2015 年世界無線電通訊大會第 76 號決議方案
10.7-11.7 GHz（空對地）	該頻段之營運與無線電天文臺須進行協調，依據 CFR47§ 2.106, n.US131，促進雙方在該頻率的無線電設備保護，隨附設備清單或國家無線電波靜態區（National Radio Quiet Zone）頻率協調目的，直接函寄資料至美國國家科學基金會頻譜管理部門
11.7-12.2 GHz（空對地）	該頻段（空對地）之下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）係依據 ITU《無線電規則》第 21 條、第 22 條及 2015 年世界無線電通訊大會第 76 號決議方案
12.2-12.7 GHz（空對地）	該頻段（空對地）之下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）係依據 ITU《無線電規則》第 21 條、第 22 條及 2015 年世界無線電通訊大會第 76 號決議方案
12.75-13.25 GHz（地對空）	該頻段（地對空）係依據美國頻率分配表註記 5.441 規定營運，其中若與 NGSO FSS 進行頻率協調適用第 9.12 條。根據《無線電規則》，NGSO FSS 不得宣稱保護 GSO FSS。NGSO FSS 12.75-13.25GHz（地對空）頻段之營運應盡可能消除衛星運行過程產生之干擾情形

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FCC 授權 SpaceX 使用頻段	法規依據之條件
12.75-13.25 GHz（地對空）	該頻段 NGSO（地對空）營運受制於地球電臺執照限制，係依據 CFR47 § 2.106 NG57 美國頻率分配表註記。13.85-14.5 GHz（地對空）核准下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）須依據 ITU《無線電規則》第 22 條規定
14.47-14.5 GHz（地對空）	該頻段係依據 CFR47 § 2.106, n.US342 美國頻率分配表註記，另須採取一切可執行步驟保護無線電天文臺服務免受干擾
17.8-18.6 GHz、18.8-19.3 GHz、19.7-20.2 GHz（空對地）	該頻段（空對地）係依據 CFR47 § 2.106, n.US342 美國頻率分配表註記，必須與美國聯邦系統完成頻率協調，並依據 SpaceX 與美國聯邦系統任何協調協議之簽署。上述該頻率在正式啟動前 2 週必須提出干擾解決方案
18.8-19.3 GHz （空對地）	該頻段（空對地）之下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）係依據 ITU《無線電規則》第 21 條
27.5-28.6 GHz、29.5-30 GHz （地對空）	該頻段（地對空）之下鏈功率通量密度限制（Power Flux-Density Limits）係依據 ITU《無線電規則》第 22 條
27.5-28.35 GHz （地對空）	依據 CFR47 § 25.136，該頻段（地對空）除了地球電臺 FSS 授權之外，適用於上層微波彈性使用業務（Upper Microwave Flexible Use Service ,UMFUS），遵循任何頻譜前端程序（Spectrum Frontiers Proceeding）（參酌文件 GN Docket 14-177）
28.35-28.6 GHz、29.5-30 GHz （地對空）	該頻段係為次要的 GSO FSS 營運頻段

資料來源：FCC, 2018，本研究整理，2021 年 11 月

3. 外資管制方式

依據 CFR 47 § 25.137 條規範，現行非美國許可（non-U.S.-licensed）之衛星業者若要進入美國市場有兩種程序：包括宣告性聲明請願書，以及由個別地球電臺提出連線申請。若非美國許可的衛星業者已取得授權可於美國境內提供服務，必須於 30 天內通知 FCC，以便 FCC 對外公告讓有興趣的其他業者可提出意見。而根據此程序進入美國市場的外國衛星業者，後續如有需要則根據 CFR 47 § 25.137、138 條規範修正於美國的營運服務內容。

(1). 宣告性聲明請願書（Declaratory）、個別地球電臺提出連線申請

第一，業者可提出宣告性聲明請願書以尋求進入美國市場，但此

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

聲明並非授權任何位於美國境內地球電臺連線至外國衛星的傳輸許可，僅代表將外國衛星做為地球電臺的通訊傳輸點（Point of Communication），且提出此外國一太空站已遵守所有美國對外國衛星系統監管要求的證明，如列出該外國衛星太空站已取得授權的國家/地區，以及與美國境內地球電臺通訊的國家名單。

第二，個別地球電臺提出申請連線非美國許可之衛星，在此情況下，准入的美國市場範疇只限於特定地球電臺。

(2). 同美國本土衛星業者走統一執照管道

FCC 亦開放讓外國衛星業者可透過統一執照流程進入市場，而此程序包含一張地球電臺執照，以及太空站的市場進入許可（A grant of Market Access for the Space Station），且落地服務的地球電臺執照相關申請處理流程比照其他美國本土衛星系統業者，除了透過 FSS 系統繳交 FCC Form 312，必須額外提供太空碎片減緩計畫受到其主管機關政府監督的證明，並且外國衛星系統不須向 FCC 繳交衛星系統授權申請費與年度監管費，只需繳交保證金，也不須提供 ITU 衛星網路資料，只需要提供相關說明與 EPFD 驗證文件。

然而依據統一執照程序連線外國衛星，申請資格僅限於衛星業者，不可透過個別地球電臺申請。

(3). 非美國許可衛星業者申請之內容與文件

根據 CFR47§25.137 規範，非美國許可衛星業者欲取得美國市場進入權利，必須提交 FCC Form 312 申請表、214 專用補充資料，以下說明外國衛星業者落地申請關鍵。

- **開放競爭：不具壟斷地位業者可簡化流程**

依據 CFR 47 § 63.12 規範，若該外國衛星業者與國外業者有關，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

則不適用簡化流程，除非符合以下四點：

- FCC 認為該業者於美國市場無市場地位
- 申請者可證明其於美國市場中不具市場支配能力
- 該外國業者於其母國不擁有固定或行動通訊設施
- 其母國為 WTO 會員國且申請者於該國不具支配地位。

● **考量申請者國際所有權**

若外國衛星業者為國外政府、政府代表，或為外國人或其代表，或是申請者被特定外資持有 20%以上之股權，則申請者必須另外提供關係與持股資料。

● **無跨國法規影響在美服務、不受理非 WTO 會員國系統申請**

根據 CFR 47 § 25.137 規範，外國衛星業者在繳交 214 專用補充資料內容時，須提供以下證明，並聲明位於美國的地球電臺所連線之外國衛星，於里程碑、報告要求、其它適用服務、不在軌道上且未運行的外國衛星保證金等方面均符合 FCC 規範。

- 非美國許可衛星系統的授照國家
- 且此系統在美國的地球電臺會連結到哪些國家
- 申請人有責任提出證明無任何法律限制美國衛星系統進入相關的國外市場
- 來自非 WTO 會員國系統者不予受理
- 說明該申請符合公共利益

● **設置美國電信服務業外國參與審查委員會**

2020 年 4 月 4 日，美國川普政府發布第 13913 號行政命令，針

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

對與國家安全相關的電信交易進行更嚴格的審查，將原有的電信小組（Team Telecom）更該為美國電信服務業外國參與審查委員會（the Committee for the Assessment of Foreign Participation in the United States Telecommunications Services Sector），此內部委員成員包括司法部長、國土安全部、國防部長、國務卿、財政部長、商務部長、國家科學和技術政策辦公室等，為外國電信執照之最高監督機構，負責美國重大國際數據傳輸計畫審查，提高聯邦政府審查正在美國電信服務市場營運，或擬進入該市場的外國投資之審查程序透明度。

關於外資審查要件規範如下：

- **具有至少 10%外資的申請將經過 FCC 審查**

而此項外資審查的規範，FCC 已於 2020 年 12 月 30 日正式對外公告，下列四項執照申請若其內含超過 10%外國所有權，將經過 FCC 審查，包括國際第 214 條授權、海底電纜著陸執照、轉讓或修改此類執照和授權，以及第 310（b）條涉及廣播電臺或公共營運商無線或衛星地球站的宣告性請願書。

- **FCC 審查程序**

提交申請後，FCC 應對申請進行初步審查，審查期為 120 天，以評估是否授予所請求的執照或執照的轉讓可能會對美國的安全或執法利益造成威脅。通過委員投票發起審查，多數票即可決定是否對某項已發放的執照進行審查。審查結束後，委員會可針對該執照向 FCC 作出以下三種建議之一：

- 對現有執照進行修改，增加風險緩解措施合規作為條件；
- 撤銷該執照；
- 不採取任何行動。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **FCC 審查項目**

FCC 的主要審查項目包括公司結構和股東資訊、與外國實體之關係、財務狀況、遵守適用的法律和法規、業務和營運資訊等五大項。

4. Starlink 衛星於美國之競爭現況

美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）於 2019 年 8 月 1 日通過《法規制訂通告（Notice of Proposed Rulemaking, NPRM）》，提議設立 204 億美元的農村數位機會基金（Rural Digital Opportunities Fund, RDOF），為缺乏固定寬頻服務的農村家庭和小企業提供高速固定寬頻服務。美國政府編列 10 年預算共 204 億美元，第一階段為 160 億美元，第二階段為 44 億美元。

2020 年 1 月 30 日，FCC 通過《RDOF 報告和命令（Rural Digital Opportunity Fund Report and Order）》，基於「連結美國基金（Connect America Fund, CAF）」第二階段拍賣成功的基礎上，RDOF 大致沿用 CAF 相關規範準則，建立 RDOF 競標框架，兩個階段採反向拍賣。第一階段拍賣於 2020 年 10 月 29 日開始，至 2020 年 11 月 25 日結束。

FCC 規定，RDOF 的得標人必須為指定的合格電信業者（Eligible Telecommunications Carrier, ETC），依美國《1934 年通訊法（Communications Act 1934）》第 214 條（e）（6）及美國《聯邦法規 47（Code of Federal Regulations, CFR）》§ 54.202，SpaceX 於 2021 年 2 月 3 日向 FCC 申請 ETC 執照。

在 RDOF 競標結果出爐後，美國寬頻業者或協會，如光纖寬頻協會（Fiber Broadband Association, FBA）和 NTCA-農村寬頻協會（NTCA - Rural Broadband Association）則向 FCC 提交一份滿足農村寬頻 RDOF

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

要求的 LEO 網路前景的技術評估和模型，懷疑 SpaceX 無法滿足所有用戶足夠的頻寬。由此可知，寬頻業者對於衛星通訊技術仍有疑慮，且衛星通訊服務顯然已對當地既有固定與行動電信業者造成競爭壓力。

(四). 日本

1. 監理法規

日本負責傳播、通訊、頻譜管理、資通訊政策之監理機關為總務省（Ministry of Internal Affairs and Communications），相關監管法規係由總務省訂定與執行。其主要負責國民生活基礎相關行政功能之機關，掌管有關日本國家基本架構之各種制度及國民經濟與社會活動基礎，包含行政管理、地方行政及財政、選舉、消防及防災、資通訊、郵政等。是以，涉及衛星管理事務係由總務省管轄，規管衛星事務乃依循《電波法》與《電信事業法》等相關法令規範。

鑑於無線電系統是支持日本國民日常生活與社會經濟活動的重要基礎，為因應日益增加的頻譜使用需求與技術革新，除確保新的可指配頻譜外，透過和諧共用等方式促進頻譜更有效利用的重要性也越來越高。總務省執行「頻譜重整行動計畫」，促進頻譜有效利用，推動無線通訊技術更全方位的運用及提升國家競爭力，以克服少子化與人口減少帶來的生產人口驟降與城鄉差距問題，及解決國家面臨的各種問題，同時活化國家經濟。

由於衛星技術進步與衛星發射成本降低，促進衛星產業快速發展。尤其小型衛星相較傳統衛星，不僅具成本低、快速佈建，且可按任務目標靈活調整等優點，使得近年小型衛星發展成為衛星市場之中流砥柱。為因應國際衛星技術趨向小型化、巨型化之發展趨勢，總務省近

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

年亦將關注重點主要聚焦於小型衛星領域。對此，日本官方正考慮開放使用 Ku 頻段 NGSO 衛星通信系統之新通信服務，但僅先針對軌道平面在 500 公里的 NGSO 系統。

從 2017 年 6 月起，總務省信息通信審議會情報通信技術分科會衛星通信系統委員會即對此衛星系統相關之技術條件開始著手研究，並於 2020 年 12 月 15 日由情報通信審議會情報通信技術分科會回覆研究成果。爰此，總務省公布部分修改《電波法施行規則》等草案，以開發衛星系統引入 Ku 頻段 NGSO 衛星通信系統（軌道平面 500 公里），並於 2021 年 3 月 9 日至 4 月 7 日進行公眾意見徵求。由此觀之，總務省已著手推動開放低軌衛星系統相關政策工作。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

● **電信業務執照**

外國衛星業者若於日本提供衛星通訊服務，必須向總務省登記取得電信業者執照。依《電信通信事業法（電気通信事業法）》規定，日本對於電信業者執照採登記制與報備制。

- 登記制：設置超過一定規模的電信設備（如固定電話業者、行動電話業者、光纖網路業者、衛星通訊業者等）（《電信通信事業法》第 9 條）。
- 報備制：沒有設置電信設備或小於一定規模的電信設備（如 MVNO、電子郵件業者、ISP 等）。

● **無線電臺執照**

根據《電波法》第 4 條第 1 項規定，衛星服務業者若欲開設無線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

電臺，必須向總務省取得執照。所謂無線電臺，係指無線電設備及操作無線電設備工作者之總稱，但不包含只有接收功能的設備（《電波法》第 2 條第 5 項）。

(2). 頻率

各國主管機關核發執照時，主要考量需符合 ITU 的《無線電規則（Radio Regulations）》，並依據該國國內頻段使用現況，核給外國衛星業者使用頻段，亦包括 Starlink 在內。下表整理國際與日本頻率於 10.7-12.75GHz、14-14.5GHz、17.8~19.3GHz 與 27.5~30.0GHz 之分布情形。

根據日本《電波法》第 26 條第 1 項規定，總務省規劃「頻率分配計畫」，並發布頻率分配表，以協助申請執照，並於官網上公布供大眾查閱。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 70 國際頻率分佈（10.7~12.75GHz）

<table>
<tr><th colspan="2">第一區域</th><th colspan="3">第二區域</th><th colspan="2">第三區域</th><th colspan="2">日本</th></tr>
<tr><td>10.7-10.95 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）</td><td>10.7-10.95 GHz</td><td colspan="3">固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td><td rowspan="4">10.7-11.7 GHz</td><td rowspan="4">固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td></tr>
<tr><td>10.95-11.2 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）</td><td>10.95-11.2 GHz</td><td colspan="3">固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td></tr>
<tr><td>11.2-11.45 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）</td><td>11.2-11.45 GHz</td><td colspan="3">固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td></tr>
<tr><td>11.45-11.7 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）</td><td>11.45-11.7 GHz</td><td colspan="3">固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">11.7-12.5 GHz</td><td rowspan="2">固定
廣播
衛星廣播
行動（航空行動除外）</td><td>11.7-12.1 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除外）</td><td rowspan="2">11.7-12.2 GHz</td><td rowspan="2">固定
行動（航空行動除外）廣播
衛星廣播</td><td rowspan="2">11.7-12.2 GHz</td><td rowspan="2">廣播
衛星廣播</td></tr>
<tr><td>12.1-12.2 GHz</td><td>衛星固定（↓）</td></tr>
</table>

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第一區域		第二區域		第三區域		日本	
		12.2-12.7 GHz	固定 行動（航空行動除外） 廣播 衛星廣播	12.2-12.5 GHz	固定 衛星固定（↓） 行動（航空行動除外） 廣播	12.2-12.5 GHz	固定 衛星固定（↓） 衛星行動（↓） 衛星廣播
12.5-12.75 GHz	衛星固定（↓） 衛星固定（↑）			12.5-12.75 GHz	固定 衛星固定（↓） 行動（航空行動除外） 衛星廣播	12.5-12.7 GHz	衛星固定（↓） 衛星行動（↓） 衛星廣播

資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 71 國際頻率分佈（14-14.5GHz）

<table>
<tr><th colspan="2">第一區域</th><th colspan="2">第二區域</th><th colspan="2">第三區域</th><th colspan="2">日本</th></tr>
<tr><td>14-14.25 GHz</td><td colspan="5">衛星固定（↑）
無線航行
衛星行動（↑）
太空研究</td><td rowspan="3">14-14.4 GHz</td><td rowspan="3">衛星固定（↑）
衛星行動（↑）</td></tr>
<tr><td>14.25-14.3 GHz</td><td colspan="5">衛星固定（↑）
無線航行
衛星行動（↑）
太空研究</td></tr>
<tr><td>14.3-14.4 GHz</td><td>固定
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）
衛星無線電助航</td><td>14.3-14.4 GHz</td><td>衛星固定（↑）
衛星行動（↑）
衛星無線電助航</td><td>14.3-14.4 GHz</td><td>衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）
衛星無線電助航</td></tr>
<tr><td>14.4-14.47 GHz</td><td colspan="5">固定
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）
太空研究（↓）</td><td>14.4-14.47 GHz</td><td>固定
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）</td></tr>
<tr><td>14.47-14.5 GHz</td><td colspan="5">固定
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）
無線電天文</td><td>14.47-14.5 GHz</td><td>固定
衛星固定（↑）
行動（航空行動除外）
衛星行動（↑）
無線電天文</td></tr>
</table>

資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 72 國際頻率分佈（17.8~19.3GHz）

<table>
<tr><th colspan="2">第一區域</th><th colspan="2">第二區域</th><th colspan="2">第三區域</th><th colspan="2">日本</th></tr>
<tr><td rowspan="3">17.7-18.1 GHz</td><td rowspan="3">固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動</td><td>17.7-17.8 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
廣播衛星
移動</td><td rowspan="3">17.7-18.1 GHz</td><td rowspan="3">固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動</td><td>17.7-17.85 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
行動
衛星固定（↑）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">17.8-18.1 GHz</td><td rowspan="2">固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動</td><td>17.85-17.97 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）</td></tr>
<tr><td>17.97-18.1 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
行動
衛星固定（↑）</td></tr>
<tr><td>18.1-18.4 GHz</td><td colspan="5">固定
衛星固定（↓）
衛星固定（↑）
行動</td><td>18.1-18.4 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
行動
衛星固定（↑）</td></tr>
<tr><td>18.4-18.6 GHz</td><td colspan="5">固定
衛星固定（↓）
行動</td><td>18.4-18.6 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
行動</td></tr>
<tr><td>18.6-18.8 GHz</td><td>地球觀測衛星
固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除</td><td>18.6-18.8 GHz</td><td>地球觀測衛星
固定
衛星固定（↓）
行動（航空行動除</td><td>18.6-18.8 GHz</td><td>地球觀測衛星
固定
衛星固定（↓）
行動(航空行動除外）</td><td>18.6-18.72 GHz</td><td>固定
衛星固定（↓）
地球觀測衛星
太空研究</td></tr>
</table>

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	外） 太空研究		外） 太空研究		太空研究	18.72-18.8 GHz	固定 衛星固定（↓） 地球觀測衛星 行動（航空行動除外） 太空研究
18.8-19.3 GHz	固定 衛星固定（↓） 行動					18.8-19.3 GHz	固定 衛星固定（↓） 行動

資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 73 國際頻率分佈（27.5~30.0GHz）

第一區域		第二區域		第三區域		日本	
27.5-28.5 GHz	固定 衛星固定（↑） 行動					27.5-28.5 GHz	衛星固定（↑） 固定 行動
28.5-29.1 GHz	固定 衛星固定（↑） 行動 地球觀測衛星（↑）	28.5-29.1 GHz	固定 衛星固定（↑） 行動 地球觀測衛星（↑）	28.5-29.1 GHz		28.5-29.1 GHz	衛星固定（↑） 行動 固定 地球觀測衛星（↑）
29.1-29.5 GHz	固定 衛星固定（↑） 行動 地球觀測衛星（↑）					29.1-29.5 GHz	衛星固定（↑） 行動 固定 地球觀測衛星（↑）
29.5-29.9 GHz	衛星固定（↑） 地球觀測衛星（↑） 衛星行動（↑）	29.5-29.9 GHz	衛星固定（↑） 衛星行動（↑） 地球觀測衛星（↑）	29.5-29.9 GHz	衛星固定（↑） 地球觀測衛星（↑） 衛星行動（↑）	29.5-29.9 GHz	衛星固定（↑） 衛星行動（↑） 固定 行動 地球觀測衛星（↑）
29.9-30 GHz	衛星固定（↑） 衛星行動（↑） 地球觀測衛星（↑）					29.9-30 GHz	衛星固定（↑） 衛星行動（↑） 地球觀測衛星（↑）

資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

既有的衛星業者其衛星系統主要使用 L 頻段外，新興的低軌衛星系統規劃使用之主要頻段為 Ku 頻段、Ka 頻段和 V 頻段。從 SpaceX 提供的資料來看，其在日本規劃用戶服務之使用頻段為 Ku 頻段：10.7-12.7 GHz（空對地）、14-14.5 GHz（地對空），而閘道器上下行鏈路之使用頻段為 Ka 頻段：17.8-18.6 GHz（空對地）和 18.8-19.3 GHz（空對地）、27.5-29.1 GHz（地對空）和 29.5-30.0 GHz（地對空）（參見下表）。

表 74 Starlink 在日本規劃之使用頻段

鏈結類型與傳輸方向	使用頻段
Ku 頻段：用戶下行鏈路（空對地）	10.7-12.7GHz
Ku 頻段：用戶上行鏈路（地對空）	14.0-14.5GHz
Ka 頻段：閘道器下行鏈路（空對地）	17.8-18.6 / 18.8-19.3 GHz
Ka 頻段：閘道上行鏈路（地對空）	27.5-29.1 / 29.5-30.0 GHz

資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK. 2020，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 設備

依《無線電波法》第 2 條第 4 項規定，無線電設備係指無線電報、無線電電話和其他用於發射或接收無線電波之電氣設備。同法第 2 條第 5 項所定義之無線電臺，則為無線電設備和操作無線電設備之總稱。

(4). 申請資格

無線電臺執照之申請資格，依《電波法》第 5 條所載，非日本國籍者、外國政府或其代表者、外國法人或團體，法人或團體中，其代表人為前三項所列人員，或占其董事會席次三分之一以上或擁有 1/3 以上的表決權，若具備任一身份者，不得核予無線電臺執照（《電波

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

法》第 5 條第 1 項)。換言之，無線電臺執照之申請者身份限本國業者，並且公司外資代表董事、表決權有三分之一上限規定。

惟前項規定，不適用下列無線電臺，包括實驗性質、業餘、船舶、航空器等無線電臺、特定固定地點進行無線電通信之無線電臺（實驗性質無線電臺、業餘無線電臺、大使館、公使館，或領事館等公用目的，以及進行電信業務者除外)，以及電信業務之無線電臺、以電信業務為目的，為控制有搭載無線設備的人造衛星無線電臺之位置與方向，所設置之地面無線電臺（第 5 條第 2 項)。

(5). 申請流程

● **電信業者執照**

外國衛星服務業者若欲有意於日本經營衛星通訊服務，須先向總務省登記並取得電信業者執照(《電信通信事業法》第 9 條)。欲登記之電信事業，應按總務省規定，須向總務省提交申請書，包含以下事項(《電信通信事業法》第 10 條)：

- 申請人姓名或名稱和地址，若為公司行號，其代表人之姓名；
- 外國公司在日本之代表人或代理人之姓名或名稱，以及日本住所地址；
- 業務領域；
- 電信設備概述；
- 總務省規定的其他事項。

值得一提者，申請書必須附上不屬於拒絕註冊（第 12 條第 1 項第 1 款至第 3 款）之承諾文件，以及其他總務省規定的文件。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● 無線電臺執照

日本使用無線電頻率必須開設無線電設備之無線電臺，在開設無線電臺前，須先向總務省提交執照申請書（《電波法》第 6 條）。而無線電臺之執照效期由總務省規定，自頒發日起不得超過 5 年，但換執不在此限（《電波法》第 13 條）。下表為日本無線電臺執照之申請程序，共分成申請、資料審查、預備執照、完工審驗，以及核發執照等五個步驟，以完成申請執照。

表 75 日本無線電臺執照之申請流程

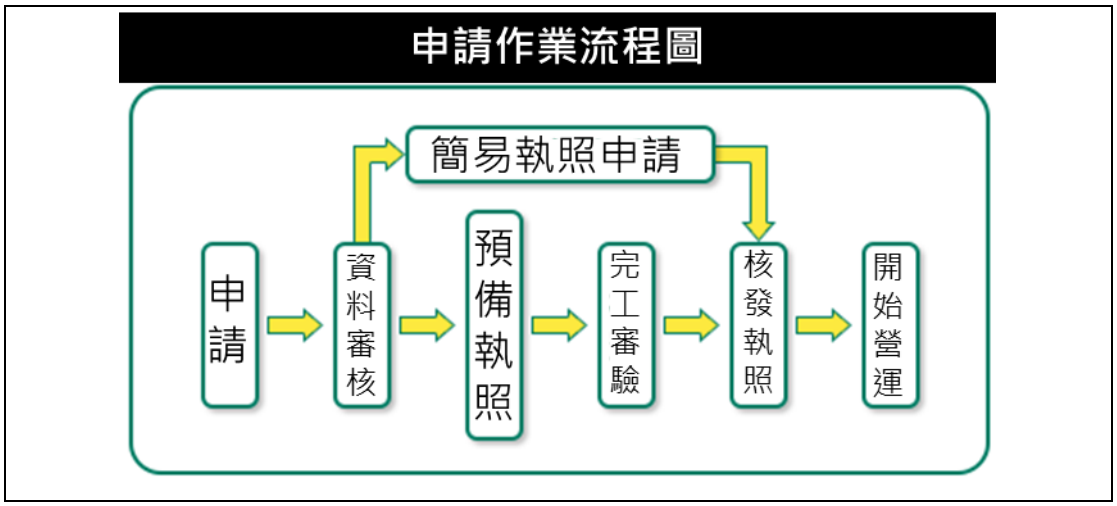
步驟	要點
I、申請	完整的申請文件包含： • 申請表 • 附件說明基地臺開設目的、開業原因、通訊事宜、設置地點及無線電臺結構設計 • 依據無線電臺種類、發訊機發射功率（天線功率）酌收申請手續費
II、資料審查	由總務省（各地區綜合通信局）審核申請文件，審查事項如下： • 結構設計符合《電波法》規定的技術標準 • 頻率分配的可行性 • 符合總務省令訂定之無線電臺（廣播電臺以外）開設的根本基準
III、預備執照	若通過資料審核，則對申請者指定以下事項，並核發預備執照： • 無線電臺工程完工期限 • 無線電波類型和頻率 • 允許營運時間（Permitted Operating Hours） • 呼號（Call Sign）等 • 天線功率
IV、完工審驗	獲發預備執照的申請人必須在無線電臺建設完成後，向該地區綜合通信局提交竣工通知（Completion Notice）安排完工審驗。另外可申請私營審驗業者（登錄檢查等事業者制度 Registered Private Inspector System）先行審驗免除部分完工審驗項目。完工審驗包含以下檢查項目： • 無線設備 • 無線操作人員（Radio Operators）資格與人數 • 必要的文件和時計（Timepiece）
V、核發執照	通過完工審驗或符合簡易執照申請的申請人將獲發執照，執照有效期限如下：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

步驟	要點
	業餘無線電臺、陸地行動臺和簡易無線電臺等為 5 年 義務性船舶無線電臺、義務性航空電臺為永久有效

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

為使用無線電頻率，須向總務省取得頻率執照。申請表與檢附資料，描述設立無線電臺的目的、安裝位置與結構設計。其程序如下圖：



資料來源：総務省, 2020. 本研究整理，2021 年 11 月

圖 16：日本申請無線電站臺之程序

申請文件：申請表需載明申請個人或公司名稱和地址，以及申請無線電站臺類型。提交的申請文件由總務省審查，審查項目如下（電波法第 7 條第 1 項）：

- 施工設計符合《電波法》規定的技術標準；
- 有指配頻率的可能；
- 必須符合總務省條例所規定的建立無線電臺的基本標準。

此外，為降低行政流程與提高時效，總務省亦提供簡化執照申請

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

程序，係針對小型無線電設備，如多頻道接取無線電（Multi Channel Access, MCA）陸地行動電臺、簡易無線電臺、業餘無線電臺等，且業已獲得《技術法規符合性認證》者，則可省略步驟 3、步驟 4 等流程，經資料審核通過者，即可核發執照。

擬取得無線電臺執照者，可根據《無線電臺執照手續規則》第 2 條至第 14 條規定，向總務局申請提交，提交執照申請書和所需資料，並予以收費（取決於無線電臺的類型及其基本發射機的規模），處理時間為 7 個月。申請表格式可參見《無線電臺執照手續規則》附表 1（第 3 條第 2 項），另依照不同無線電臺事項、施工設計文件提交不同的附件（第 4 條第 2 項），其中與人造衛星電臺、太空站則可參見附表 2-5（無線電臺事項表）、附表 2-2-8（施工設計文件樣式）。

(6). 執照相關費用

日本相關的執照費用，則有頻率使用費與無線電臺之申請費用，說明如下：

頻率使用費相關規定載明於《電波法》第 103 條之 2「頻率使用費之徵收」、第 103 條之 3、附則，以及附表 6 至附表 9（此為與第 103 條之 2 有關，為頻譜使用費之相關資料）。其中，《電波法》第 103 條之 2、第第 103 條之 3 規定作為頻譜使用的公益費用，要求被許可之直接使用頻譜用戶需繳納之。

根據《電波法》第 103 條之 2 第 4 款規定頻率使用費，載明其計費方式與無線電臺的類型、傳輸與安裝位置有關。根據《電波法》附表 6，所謂安裝位置係指無線電臺之無線電設備安裝位置，其中，「第一區域」係指東京地區（第四區域除外），「第二區域」係指大阪和神奈川縣地區（第四區域除外），「第三區域」係指北海道、京都和神奈

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

川縣以外地區(第四區域除外),「第四區域」係依《偏遠島嶼促進法》（1952 年第 72 號法案）第 2 條第 1 款之規定，指定的偏遠島嶼促進措施實施地區和人口稀少地區。下表為日本頻率使用費之細項。

表 76 日本頻率使用費之細項

無線電區分				金額(日元)
(三)人造衛星無線電臺	使用 470 MHz 或以下之頻率			628 萬 8,300 日元
	使用超過 470 MHz、3,600 MHz 以下之頻率	使用頻寬為 3 MHz 以下	NGSO 和被許可人、通信夥伴、頻率和天線功率相同時，只要無線電臺或作為通信夥伴的接收設備之間無法進行通信時，NGSO 應與作為通信另一方的無線電臺或接收設備進行通信	62 萬 8,800 日元
			其他	628 萬 8,300 日元
		使用頻寬度超過 3 MHz		2 億 4,955 萬 4,500 日元
	使用超過 3,600 MHz、6,000 MHz 以下之頻率	使用頻寬為 3 MHz 以下		28 萬 5,400 日元
		使用頻寬超過 3 MHz、200 MHz 以下		3,528 萬 7,200 日元
		使用頻寬超過 200 MHz、500 MHz 以下		1 億 8,743 萬 9,800 日元
		使用 500 MHz 以上之頻率		2 億 6,776 萬 8,200 日元
	使用 6,000 MHz 以上之頻率			28 萬 5,400 日元
(四)透過人造衛星站中繼進行無線通信	使用 6,000 MHz 以下之頻率	使用頻寬為 3 MHz 以下	設置場所為第一區域內	386 萬 1,400 日元
			設置場所為第二區域內	193 萬 3200 日元
			設置場所為第三區域內	39 萬 300 日元
			設置場所為第四區域內	13 萬 3,300 日元
		使用頻寬超過 3 MHz、50 MHz 以下	設置場所為第一區域內	2,639 萬 4,400 日元
			設置場所為第二區域內	1,319 萬 9,700 日元
			設置場所為第三區域內	264 萬 3,700 日元

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

無線電區分				金額(日元)
			設置場所為第四區域內	45 萬 9,000 日元
		使用頻寬超過 50 MHz、100 MHz 以下	設置場所為第一區域內	3 億 6,032 萬 2,800 日元
			設置場所為第二區域內	1 億 8,016 萬 3,800 日元
			設置場所為第三區域內	3,603 萬 6,600 日元
			設置場所為第四區域內	761 萬 7,100 日元
		使用頻寬超過 100 MHz 以上	設置場所為第一區域內	7 億 2,520 萬 8,300 日元
			設置場所為第二區域內	3 億 6,260 萬 6,400 日元
			設置場所為第三區域內	7,252 萬 5,300 日元
			設置場所為第四區域內	1,523 萬 2,200 日元
	使用無線電頻率幅度超過 6,000 MHz 以上			13 萬 3,300 日元
設置於汽車、船舶等行動設施或為可攜式之無線電臺，藉由人造衛星中繼通信者				2,700 日元

資料來源：《電波法》附表 6，本研究整理，2021 年 11 月

無線電臺之申請費用，係依照發射器規模（取決於天線功率），如下表：

表 77 日本無線電臺之申請費用

項目	細項內容					
發射器規模（取決於天線功率）	1 瓦特或以下	大於 1 瓦且小於 5 瓦	大於 5 瓦和小於 10 瓦	10 瓦以上 50 瓦以下	大於 50 瓦和小於 500 瓦	超過 500 瓦
新執照之申請費用	3,550 (2,550)	4,250 (3,050)	6,700 (4,500)	14,600 (10,400)	25,500 (17,000)	30,200 (19,300)
續照之申請費用	1,950 (1,500)	3,350 (2,400)	4,950 (3,250)	6,700 (4,500)	9,700 (6,500)	12,700 (8,700)

註：( )內為線上申請之費用。

資料來源：總務省電波利用，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

另外，無線電臺之註冊費用種類如下表所示：

表 1 日本無線電臺之註冊費用

申請類型		臨櫃申請	線上申請
個別註冊*	新註冊	2,300 日元	1,700 日元
	再註冊	1,450 日元	1,050 日元
綜合註冊**	新註冊	2,900 日元	2,150 日元
	再註冊	1,850 日元	1,400 日元
再申請註冊信		1,250 日元	1,150 日元

註：*《電波法》第 27-18 條的登記，**《電波法》第 27-29 條的登記。

資料來源：総務省電波利用，本研究整理，2021 年 11 月

(7). 落地執照條件（附記）

● 衛星頻率干擾問題

根據《無線電規則（Radio Regulations）》第 22.2 條，非地球同步軌道衛星系統（Non-Geostationary-Satellite Systems, NGSO）不得對包含廣播衛星在內的靜止衛星網路造成干擾，除了和包含廣播衛星在內的靜止衛星網路的頻率共用，下表分別為 Ku 頻段與 Ka 頻段服務鏈路干擾情況。

表 78　Ku 頻段服務鏈路干擾情況

編號	干擾	被干擾	相同/相鄰
1	Ku 頻段 NGSO（太空站） （10.7-12.7 GHz）	天文無線電波 （10.6-10.7 GHz）	相鄰
2	Ku 頻段 NGSO（太空站） （10.7-12.7 GHz）	電信業務（固定、行動） （10.7-11.7 GHz）	相同
3	Ku 頻段 NGSO（太空站） （10.7-12.7 GHz）	公共/一般業務（固定） （12.2-12.5 GHz）	相同
4	電信業務（固定、行動） （10.7-11.7 GHz）	Ku 頻段 NGSO（地面站） （10.7-12.7 GHz）	相同
5	公共/一般業務（固定） （12.2-12.5 GHz）	Ku 頻段 NGSO（地面站） （10.7-12.7 GHz）	相同
6-1	Ku 頻段 NGSO（地面站） （14.0-14.5 GHz）	電信業務（固定、行動） （14.4-15.25 GHz）	相同
6-2			相鄰
7	電信業務（固定、行動）	Ku 頻段 NGSO（太空站）	相同

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

編號	干擾	被干擾	相同/相鄰
	（14.4-15.25 GHz）	（14.0-14.5 GHz）	

資料來源：株式會社三菱總合研究所，本研究整理，2021 年 11 月

表 79　Ka 頻段服務鏈路干擾情況

編號	干擾	被干擾	相同/相鄰
1	Ka 頻段 NGSO（太空站）（17.8-18.6 GHz、18.8-19.3GHz）	無線接取系統、電信業務（固定）（17.7-18.72 GHz、19.22-19.7 GHz）	相同
			相鄰
2	無線接取系統、電信業務（固定）（17.7-18.72 GHz、19.22-19.7 GHz）	Ka 頻段 NGSO（地面站）（17.8-18.6 GHz、18.8-19.3 GHz）	相同
			相鄰
3-1	Ka 頻段 NGSO（地面站）（27.5-29.1 GHz、29.5-30.0 GHz）	行動（5G）（27.0-29.5 GHz）	相同
3-2			相鄰
4-1	行動（5G）（27.0-29.5 GHz）	Ka 頻段 NGSO（太空站）（27.5-29.1 GHz、29.5-30.0 GHz）	相同
4-2			相鄰

資料來源：株式會社三菱總合研究所，本研究整理，2021 年 11 月

《電波法》第 36 條之 2，規定人造衛星電臺的無線電設備，必須可透過遠端控制以立即停止無線電波的發射。從澳洲、德國等國釋照文件之附記條件中，亦有類似的規範。

(8). SpaceX 在日本之實際進程

以現有公開資訊可知，SpaceX 已於 2019 年 10 月 7 日在日本註冊公司 TIBRO Japan GK（TIBRO Japan 合同会社），註冊證號為 901040321575，註冊地點於東京六本木，後於 2020 年 10 月 2 日更名為 Starlink Japan GK（Starlink Japan 合同会社）。此外，2020 年 10 月 1 日總務省情報通信統計公布資料顯示，Starlink Japan 合同会社業已核備為電信事業名單之中。惟目前尚未取得執照，故無法開始在日本

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

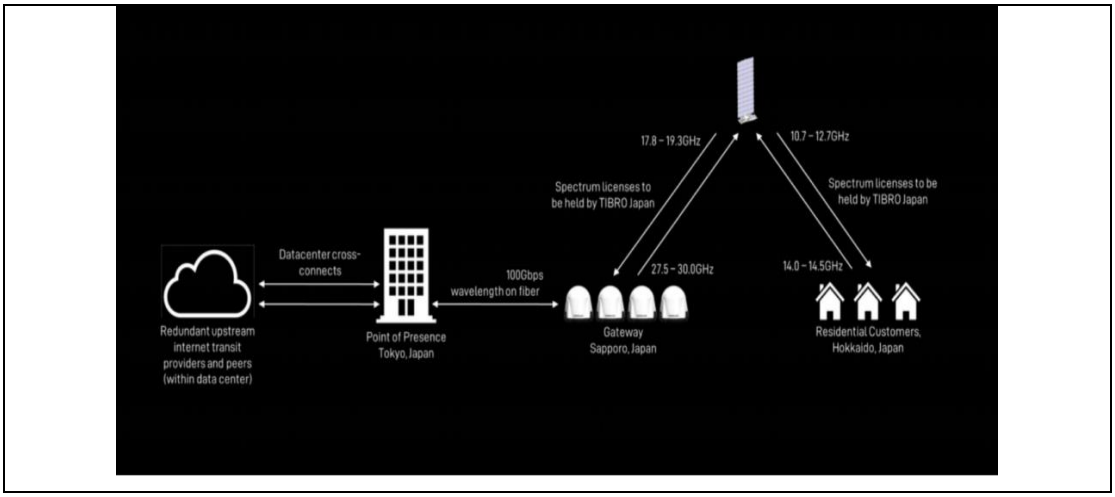
提供服務。

SpaceX 早於 2019 年 12 月向總務省衛星通信審議會提出的文件可知，當時 SpaceX 的代表 Matt Botwin，述及預計 2020 年底前發射 24 次衛星後，將開始提供全球性的衛星通信。SpaceX 規劃同步進行成立日本公司、註冊為電信業者、閘道器天線執照、衛星通信用戶終端執照。上述項目，SpaceX 預計於 2020 年第 3 季，獲得日本國內用戶終端取得許可，通信服務於 2020 年底開始到 2021 年初開始，惟實際進程落後。

此外，Matt Botwin 以關係者身分，參與 2020 年 4 月 27 日在「總務省情報通信審議會情報通信技術分科會衛星通信系統委員會工作組」第 20 次會議上，Starlink 與 KDDI 合作發表《小型衛星群之衛星通信系統（Ku 頻段非地球同步軌道衛星通信系統）之檢測現狀》，從資料內容分析，假設閘道器在札幌，用戶在北海道，推測首波服務對象將以日本北海道地區為優先（詳見下圖）。在該次工作會議中，SpaceX 代表提出計劃於 2020 年 8 月涵蓋全日本，惟在日本推出商用服務時程，仍需待總務省授予用戶終端和閘道器執照取得情形，以及商業準備時程而定。

SpaceX Beta 服務已於全球逐步展開，日本也開始提供服務預訂，用戶可在 SpaceX 網頁上註冊，預訂系統顯示 2022 年起開始提供服務。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK. 2020，本研究整理，2021 年 11 月

圖 17：Starlink 於日本提供服務之示意圖

(9). 產業界與電信業者對於 Starlink 進入日本的看法

日本產業界與電信業者很早就開始布局衛星通訊市場，並積極與衛星服務業者合作。最明顯者為軟銀（Softbank）投資 OneWeb、樂天（Rakuten Co. Ltd.)投資 AST＆Science, LLC 合作投入衛星通訊市場。

- **軟銀（Softbank）與 OneWeb 合作投入衛星通訊市場**

軟銀很早即投入衛星通訊市場的研發與投資行列，2015 年 5 月、2016 年 12 月，軟銀（Softbank）即對 OneWeb 進行兩輪投資，各為 5 億美元與 8.5 億美元。OneWeb 於 2021 年 1 月 15 日宣布，已從 SoftBank 與網路系統公司 Hughes 獲得額外的投資資金，使 OneWeb 的總資金達到 14 億美元。即便在日本推出服務的時間未定。惟 2021 年 6 月 13 日，SoftBank 與 OneWeb 宣布簽署一項衛星網路協議，在全球與日本市場合作推廣 OneWeb 之衛星通信服務，並共同參與技術與產品開發，以增強市場競爭力。

- **樂天（Rakuten）投資通信衛星業務 AST＆Science, LLC**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

日本公司樂天（Rakuten Co. Ltd.）於 2020 年 3 月 3 日宣布投資衛星新創企業 AST＆Science, LLC，以開闢新的衛星通訊市場。該公司成立於 2017 年，目前總投資額約 1.28 億美元，Vodafone、樂天、美國鐵塔公司（American Tower Corporation）、Samsung Next 等企業皆為其重要的策略夥伴。該公司掌握可直接與市售智慧型手機連接的衛星通信網路 Space Mobile。並於 2019 年 4 月，AST＆Science 發射測試衛星 Bluewalker-1。惟實際上落後於競爭對手 Lynk Global（原 Ubiquilink），也正在開發可在智慧型手機上使用之衛星通信網路。該公司已獲 FCC 的批准，並已進行相關測試。

3. 外資管制方式

日本對於外國人投資該國電信事業或是外國人投資條件限制之相關規範，討論如下：

首先，依《電波法》第 5 條規定，申請人造衛星電臺若符合下列條件，則不得核發執照：（1）非日本國籍者、(2)外國政府或其代表者、(3)外國法人或團體，或（4）法人或團體中，其代表人為前三項所列人員，或占其董事會席次三分之一以上或擁有 1/3 以上的表決權。若以地球電臺而言，僅限於該國業者，並限有外資代表董事、表決權比例限制。

另外，日本於 2019 年 5 月 27 日修訂《外匯與對外貿易法（外国為替及び外国貿易法）》，於同年 11 月通過修正案、2020 年 6 月 7 日實施，旨在強化外資企業進入日本之投資規定，以增強日本網路安全性與防止重要技術外流等目的。

該法修訂後，外國投資者欲收購日本之資通訊相關企業股份時，需事先向財政部申報，該申報標準將從過去持股比率 10%以上降至

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

1%以上。本次修訂適用於 2019 年 8 月 31 日後外資企業收購之股份。提報後，在財政部部長審核期間，原則上對內直接投資是禁止的。審核期間為 30 天，但部長視必要情況可延長至 4 個月（該法第 27 條第 2 項、第 3 項）。若未提報或是無視中止命令而取得股份者，將處股份金額的 3 倍或 100 萬日元以上罰緩(該法第 70 條第 22 項、第 26 項)。

本法修訂後，追加 15 類資通信相關目標產業，凡外國企業投資皆需事先向財政部提報。修訂後，軟體開發、機器人、數據處理服等公司、手機、電腦、半導體、記憶體製造商等，皆列入明確的規定對象。下表為日本新增外資企業受規範之 15 種產業，包括：

表 80 日本外資企業投資受規範產業

產業別	細項產業別
資通訊零件製造業（10 種）	• 積體電路製造業； • 半導體晶片製造業； • 光碟、磁片、磁帶製造業； • 電路板製造業； • 有線通信機械器具製造業； • 行動電話、PHS 個人手持電話製造業； • 無線通信機械器具製造業； • 電子計算機製造業 • 個人電腦製造業 • 外部記憶裝置製造業
資通訊軟體製造業（3 種）	• 合約開發軟體業 • 嵌入式軟體業 • 套裝軟體業
資通訊服務相關產業（2 種）	• 有線電話業 • 資訊處理服務業

資料來源：EY, 2019，本研究整理，2021 年 11 月

(五). 韓國

1. 監理法規

韓國衛星事業主管機關為科學技術情報通信部（Ministry of Science and ICT, MSIT），MSIT 主要職權包括管理衛星地球電臺、規

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

範衛星資訊之使用及分配無線電頻率，亦可指定或設立專責機構，以推動衛星資訊之應用。詳細業務內容包括批准衛星地球電臺執照、接收並揭露衛星資訊、確保衛星資訊的正當使用與安全性，以及衛星無線電頻率之分配。

涉及衛星業務之主要監理法規，包括《無線電法（전파법）》與《電信業務法（전기통신사업법）》，以及相關的執行法令，如《無線電法執行法令（전파법시행령）》以及《電信業務法執行法令（전기통신사업법시행령）》。其他關於衛星之內容主要規範於《太空發展促進法（우주개발진흥법）》以及《衛星資訊傳播及使用條例（위성정보의 보급 및 활용규정）》。

無線電臺之執照申請需符合《無線電法》之相關規定，其中，第4章第3節係為衛星通信業務之相關規範，包括MSIT需制定保護與管理衛星頻率之政策（第38條）、衛星網路國際註冊事宜（第39條）、衛星網路之干擾控制（第40條）、衛星無線電頻率使用權之轉讓、租賃（第41條）、無線電設備之轉讓、租賃（第42-2條）、衛星軌道變更（第43條）、在聯合國人造衛星登記（第44條）、提交衛星運作計畫（第44-2條）等。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

- **基礎通信事業執照**

依據《電信業務法》第5條規定，電信業務分為基礎通信業務及加值通信業務。依據該法之說明，所謂基礎通信業務包含傳輸語音、數據、影音等，加值通信業務則是指除基礎通信業務以外之電信服務。依據第5條第2項，基礎通信業務指透過裝設或使用通訊線路設備提

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

供之服務；加值通信業務則依據同條第 3 項應提供附加通訊服務。

● **無線電臺執照**

依據《無線電法》第 19 條，欲設立無線電臺者應按規定取得 MSIT 之許可；第 20-2 條係有關無線電臺設立之條件，包括應符合設立之目的、不得向設備人員以外者提供無線電設備（因緊急通訊、或轉讓、出租等不在此限）、設立目的與通訊事項不違反法律規定、使用適當之頻率與天線功率、無線電設備應安裝在不妨礙人身、財產及航空安全之場所、不得干擾其他既有之無線電臺運行。

依據《無線電法執行法令》第 36 條，無線電臺執照效期規定，除實驗用以外，無線電臺執照效期為 5 年（包含太空電臺、一般地球電臺、海上地球電臺、航空地球電臺、陸地行動地球電臺、行動地球電臺等）。若 MSIT 基於有效使用及管理無線電以增進公共福祉之情形，則可縮短執照之有效期。MSIT 應在無線電臺期限終止日前 4 個月，事先告知業者再申請程序，告知形式可採書面、電話或傳真等方式。若未於第 38 條第 1 項所規定之再申請期限內申請，則將無法換照。

(2). 頻率

依據韓國廣播通訊機構（한국방송통신전파진흥원, Korea Communications Agency, KCA）之頻率資料顯示，韓國衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段，彙整如下表。

表 81 韓國衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻段（GHz）	衛星固定業務（FSS）		衛星行動業務（MSS）	
	空對地	地對空	空對地	地對空
10.7-11.7	V			
12.2-12.5	V			
12.5-12.75	V			
12.75-13.25		V		
13.75-14		V		
14-14.3		V		
14.3-14.4		V		
14.4-14.47		V		
14.47-14.5		V		
14.5-14.8		V		
15.43-15.63		V		
17.3-17.7		V		
17.7-18.1	V	V		
18.1-18.4	V	V		
18.4-18.6	V			
18.6-18.8	V			
18.8-19.3	V			
19.3-19.7	V			
19.7-20.1	V		V	
20.1-20.2	V		V	
20.2-21.2	V		V	
24.65-24.75		V		
24.75-25.25		V		
27-27.5		V		
27.5-28.5		V		
28.5-29.1		V		
29.1-29.5		V		
29.5-29.9		V		V
29.9-30		V		V

資料來源：韓國傳播通訊無線電振興院，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 設備

依據《無線電法執行法令》第 29 條，將無線電臺之分類區分為固定電臺、廣播電臺、太空電臺、一般地球電臺、海上地球電臺、航空地球電臺、陸地行動地球電臺、行動地球電臺等 43 項。其中，太空電臺為建立在人造衛星之無線電臺，用於提供衛星廣播業務以外之

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

太空無線通信業務，一般地球電臺為於陸上定點設置，並進行衛星固定業務或衛星廣播業務之地球電臺。

(4). 申請資格

依據韓國《無線電法》第 19 條，有意設立無線電臺業者應獲得 MSIT 之執照，不過依據同法第 20 條，有下列情形之一者，不得設立無線電臺：

- 非大韓民國國籍；
- 外國政府或其代表；
- 外國公司或組織；
- 因違反本法規定，被判處無期徒刑或重刑，自執行完畢或終了之日起未逾兩年者；
- 違反本法規定，被判處無期徒刑或重刑，正在緩刑者；
- 涉及叛亂、貨幣、軍事、國家安全等罪行，判處結果自確認起未於兩年者；
- 被下令取消設立無線電臺許可或取消設立無線電臺許可，其事由未消除者；
- 其代表屬於上述（4）至（7）其中之一的法人或團體。

(5). 申請流程

欲經營基礎通信業務者，應向 MSIT 註冊（《電信業務法》第 6 條），其註冊要求包括財務與技術能力（技術方式、技術人力、通訊網架設計畫等）、用戶保護計畫，以及其他事項（如商業計畫書）等內容。相關註冊表格可見《電信業務法執行法令》第 8 條之附件 1（詳

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

見下表)。

表 82 韓國基礎通信業務註冊條件

類別		申請條件
1. 財務能力		(1) 裝設電信線路設備並依《無線電法》分配的頻率提供電信服務（以下簡稱「無線電業務」）：將根據《無線電法》第 11 條或第 12 條分配頻率
		(2) 除無線電業務外，於兩個以上地方自治團體（《地方自治法》第 2 條第 1 項所定義之地方自治團體）裝設電信線路設備，並以該設備提供限期通訊服務（以下簡稱「大規模有線業務」）的有線業務：繳納資本額須超過 50 億韓元
		(3) 於兩個以上地方自治團體裝設電信線路設備，並以該設備提供限期通訊服務（以下簡稱「小規模有線業務」）的有線業務：繳納資本額須超過 5 億韓元
		(4) 依照《廣播通訊設備技術標準條例》第 3 條第 1 項第 8 款更換設備，並提供限期通訊服務（以下簡稱「更換設備之轉售業務」）的無線電業務：繳納資本額須超過 30 億韓元
		(5) 符合以下任一項之業務：繳納資本額須超過 3 億韓元 (a) 根據《無線電法》第 38 條第 2 項，提供數據傳輸及接收、轉售義務性提供之批發服務的業務 (b) 更換設備的轉售業務除外，其餘無線電業務
		(6) 於室內裝設電信設備，或透過該電信設備於室內提供電信服務之業務：繳納資本額須超過 5 億韓元
		(7) 轉售義務性提供的批發服務之業務（提供數據傳輸及接收之業務除外）：繳納資本額須超過 30 億韓元
2. 技術能力	技術方式	電信設備及服務提供之形式，不得對電信網路造成危害，並須符合《廣播通訊設備技術標準條例》
	技術人力	(1) 欲經營依《無線電法》第 11 條第 1 項獲分配頻率之有線業務者：須具備以下技術人員 (a) 電信工程師、廣播通訊工程師、無線電設備工程師、無線電通訊工程師、資訊通信工程師、廣播通訊產業工程師、無線電設備產業工程師、無線電通訊產業工程師、資訊通信產業工程師及電信線路產業工程師中，具 3 名以上 (b) 通訊設備工程師、資訊設備管理工程師、廣播通訊工程師、無線電設備工程師、無線電通訊工程師、通訊設備工程師及通訊線路工程師中，具 2 名以上
		(2) 欲經營依《無線電法》第 11 條第 1 項之附加條件或第 12 項獲分配頻率之有線業務者：根據相關規定獲分配頻率
		(3) 欲經營大規模有線業務者：須具備 3 名以上之資訊通信工程師等人員，以及 2 名以上之通訊設備工程師等技術人員
		(4) 欲經營小規模有線業務者：須具備 1 名以上之資訊通信工程

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

類別		申請條件
		師等人員，以及 1 名以上之通訊設備工程師等技術人員
		(5) 欲經營小規模有線業務者：須具備 1 名以上之資訊通信工程師等人員，以及 1 名以上之通訊設備工程師等技術人員
		(6) 欲經營更換設備之轉售業務（只包括更換設備之業務）者：須具備 3 名以上之資訊通信工程師等人員，以及 2 名以上之通訊設備工程師等技術人員
		(7) 欲經營轉售無線電業務及轉售義務性提供的批發服務之業務（不包括更換設備之業務）者：須具備 1 名以上之資訊通信工程師等人員或通訊設備工程師等技術人員
		(8) 欲經營室內通訊業務者：須具備 1 名以上之資訊通信工程師等人員，以及 1 名以上之通訊設備工程師等技術人員
	通訊網架設計畫等	欲申請有線事業者,須提供通訊網架設計畫及障礙等意外事故應對措施（應包含指派管理負責人之相關事項）
3. 用戶保護計畫		(1) 須設置包含 1 名以上負責員工的常設用戶保護機構 (2) 須制訂包含以下內容之條款 (a) 應明確公告各類用戶申訴案件處理程序及時程 (b) 應明確公告無法提供之服務的處理方案 (3) 欲申請有線業務或轉售義務性提供的批發服務之業務（提供數據傳輸及接收之業務除外）者，須提交包含以下事項之用戶保護計畫書。惟，轉售義務性提供的批發服務之業務者免提供第 6、7 項 (a) 設置個人資訊保護機構，指派行政級別之個人資訊管理負責人 (b) 個人資訊保護、管理及銷毀 (c) 包含侵害個人資訊之預防及應對方案等的資訊保護業務處理準則 (d) 設置 24 小時客服系統，並確保每萬名用戶皆有 1 名以上之申訴處理人員 (e) 依《無線電法》第 83 條第 8 項，設置並營運用戶通訊保密相關業務負責機構 (f) 受理重大用戶損害相關之申訴，並保存處理紀錄 (g) 欲暫時或永久停止經營全部或部分業務時，應對之用戶保護措施計畫 (4) 欲經營室內通訊業務者，應設置並營運可保障用戶有自由選擇通訊業者權利之通訊網 (5) 另須檢附科學技術情報通信部決定並公告的符合用戶保護標準之證明文件

資料來源：韓國電信事業法，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

MSIT 審查從事國際電信業務者，則依《電信業務法執行法令》第 56 條規定，此處所指之國際電信服務，係指為提供國際電信服務而安裝與租賃衛星之情況。而國際電信業務之批准，係依《電信業務法》第 86 條第 2 款，欲獲得批准者必須向 MSIT 提交以下文件：

- 協議或合約之副本；
- 協議或合約之新/舊比較表（僅在批准後更改適用）；
- 證明協議或合約被廢除的事實之文件（僅在申請廢除批准時適用）；
- 商業計畫書（適用於根據《電信業務法》第 87 條第 1 款，提供跨境基礎通信服務之批准申請）。

MSIT 審查時會關注的事項包含：1.提供穩定服務的可能性；2.對國內電信市場競爭的影響；3.與用戶保護有關的事項。

(6). 執照相關費用

依據《無線電法執行法令》第 95 條規範無線電臺執照申請費用，無線電臺之執照申請費用按天線功率計費，詳細費用如下表：

表 83 韓國無線電臺之執照申請費用

天線功率	初次申請執照費	換照申請費用
小於 50W	15,000 韓元	8,000 韓元
50W 以上 100W 以下	22,000 韓元	8,000 韓元
100W 以上 500W 以下	40,000 韓元	8,000 韓元
500W 以上	44,000 韓元	8,000 韓元

資料來源：韓國電信事業法，本研究整理，2021 年 11 月

(7). 落地執照條件

《無線電法》第 29 條係有關防止電波干擾之規範：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 應謹慎使用電波資源，避免造成混亂或干擾，致妨礙或阻斷他人使用無線電波。

- 應謹慎營運無線電臺，避免影響或干擾其他無線電臺運作。惟，同法第 25 條第 2 項第 1 款至第 4 款所規範之內容不在此限（指因緊急情況或安全緣故之通訊）。

- 若為不可避免之情形，則考量公共安全，可免受第 1、2 項限制。

(8). SpaceX 在韓國之實際進程

韓國 MSIT 至今未發布針對 Starlink 落地之相關政策文件，各媒體亦無報導 SpaceX 向 MSIT 接觸或遞件之相關新聞，故無法了解 SpaceX 在韓國之實際進程與規劃。

值得一提者，SpaceX 多次協助韓國官方或民間衛星公司發射衛星。如 SpaceX「獵鷹 9 號」火箭於 2017 年從甘迺迪航太中心成功發射，將韓國 KT Sat 公司的 Koreasat-5A 廣播通訊衛星送上軌道。Koreasat-5A 重約 4.1 噸，在軌道壽命為 15 年，該通訊衛星涵蓋範圍包括韓國和南亞地區。此外，於 2020 年 7 月，韓國發射軍用通訊衛星「安納西斯-2 號（Anasis-II）」，同樣搭載「獵鷹 9 號」火箭，從美國佛羅里達州納維爾角空軍基地（CCAFS）發射升空。韓國國防採購計畫管理局表示這枚衛星成功發射，讓韓國成為全球第 10 個擁有軍用通訊衛星的國家，可提供長久且安全的軍事通訊。

(9). 產業界與電信業者對於 Starlink 進入韓國的看法

Starlink 的發展也為韓國民間正在崛起的衛星製造業提供參考，例如韓國航太產業（Korea Aerospace Industry, KAI）公司及韓華系統公司即是市場上的主要參與者。其中，KAI 在市場上處於領先地位，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

KAI 於 2021 年 3 月發射中型衛星 1 號，將在高度 497.8 公里的軌道上進行為期 6 個月的通訊檢查，預計 10 月後才會提供正式的標準影像，用以管理國土資源及應對緊急災害。參與開發載體的韓華系統，則致力達成「輕量化」的目標。

KAI 計畫在 2022 年發射下一代中型衛星 2 號，不同於由韓國航太研究院（한국항공우주연구원）參與製造的衛星 1 號，衛星 2 號起將由 KAI 全權主導，顯示民間逐漸掌握以往由政府主導的航太產業。KAI 除了將以此計畫為起點，打造獨立的價值鏈，更將採取自家飛機及衛星整套交易一併出口，被外界評為「邁向韓國版 Starlink 的第一步」。KAI 預計發射中型衛星之時程，詳見下表。

表 84 新一代中型衛星發射計畫

衛星	時程及內容
1 號	2021 年 3 月：用以管理國土資源及應對災害及災難
2 號	2022 年 1 月：首次非透過航太研究院，由 KAI 等民間主導之開發計畫
3 號	2023 年：研究確認衛星之發射功能，作為太空科學研究之用
4 號	2023 年：用以定期監視作物收成情況及穩定農業及糧食
5 號	2025 年：用以監測森林、管理樹木資源及應對極端氣候

資料來源：韓華系統，本研究整理，2021 年 11 月

另外，韓國天文與太空科學研究院（Korea Astronomy and Space Science Institute, KASI）於 2020 年 6 月發布新聞稿，依據其研究人員對於 Starlink 之觀察，衛星會影響天文觀測，也可能與許多高度相似的衛星發生碰撞的危險。

在 Starlink 引領新一代行動通訊的同時，韓國業界人士也憂心其將衝擊韓國之電信業者。若 Starlink 的計畫成功，網路服務價格競爭將更加激烈，而漫遊等通訊服務則即有可能萎縮，韓國各大電信業者地位也將受到動搖。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 外資管制方式

依據《電信業務法》第 5 條規定，電信業務分為基礎通信業務及加值通信業務。基本上，欲經營基礎通信業務者須向 MSIT 登記（第 6 條），但依據同法第 7 條規定，若為外國政府或外國公司、或公司股份由外國政府或外國人持有，且持股限制超過第 8 條第 1 款之限制，則無權依據第 6 條獲得基礎電信業務之執照。第 8 條規範之持股限制，包含外國政府或外國人所擁有的股份不得超過已發行股份總數的 49%。

SpaceX Services, Inc.提供之 Starlink 應屬基礎通信事業，惟依據《電信業務法》第 7 條，外國法人不具申請登記資格，此外，逾越同法第 8 條第 1 項外資持股限制之法人亦不具申請登記資格。

另外，同法第 86 條係有關批准國際電信服務之規範：（1）當政府簽署之條約或協議中包括國際電信服務之任何特殊規定時，則將依循該規定；（2）提供基礎通信業務之業者打算與外國政府或外國人簽訂關於國際電信業務相關協議時，須向 MSIT 報告。第 87 條第（1）款，任何人打算在國外進入韓國而不在韓國建立任何營業據點之情況下，從國外向韓國提供基礎電信服務（指跨境提供基礎電信服務），應與國內提供基礎電信服務之業者簽訂協議。

因此，根據韓國法規之限制，即便 SpaceX Services, Inc.於韓國境內設立子公司，將囿於《電信業務法》之相關規範。因此，Starlink 是否得於韓國提供服務有待繼續追蹤。

韓國對於外資之相關規定規範於《外國人投資促進法（외국인투자 촉진법）》，該法第 4 條主要是外商投資自由化之規定，原則上並未限制外國人在韓國展開外商投資業務，除非相關法規有特殊

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

規定，或有如下情形：

- 妨礙維持國家安全及公共秩序者；
- 危害國民衛生健康或環境保護，或違反風序良俗者；
- 違反大韓民國法律者。

根據《外國人投資促進法》第 27 條成立審查外資之「外國人投資委員會（외국인투자위원회）」。針對外資另有《外國人投資規定（외국인투자에관한규정）》，規範外資投資限制、外商投資報告與許可成效、應備文件等。《外國人投資規定》第 4 條係禁止外商投資之業務類型，其中，通訊行政業不開放外資，然一般電信及相關產業則不在此限。

(六). 新加坡

1. 監理法規

新加坡資訊通訊媒體發展局（Info-communications Media Development Authority, IMDA），負責頻率規劃、分配與指配的管理及協調，確保業者有效交付行動、固定、衛星、短距裝置（Short-Range Devices, SRD）與廣播等相關服務。

盤點新加坡與衛星落地相關法規與指南，包含新加坡《電信法（Telecommunications Act）》、《申請使用衛星軌道執照指南（Guidelines on the Submission of Application for the Grant of Licence for the Use of Satellite Orbital Slot）》、《衛星通訊電臺執照申請指南（Satellite Communication Station Licence Application Guidelines）》等。

依據新加坡《電信法》第 5B（1）條規定，主管機關可在部長的授權同意下或根據其給予之一般授權條款，授予使用衛星軌道執照。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照條件如下：被許可人與任何人或與另一電信被許可人訂立協議或安排，以協調無線電頻率；被許可人須遵守執照所指定之相關事項；被許可人須遵守適用於該執照之業務守則及效能標準（第 5B(2)(b)條）；第 5B（3）條，授予之執照須交付執照費用；第 5B（3A）條，執照持有人須向主管機關交付該執照其他費用，或在執照有效期內指定之費用。另根據《申請使用衛星軌道執照指南》，內容涉及執照申請程序、要求、執照費用等；《衛星通訊電臺執照申請指南》，內容包含申請程序、要求、執照費用、設備、執照條件等。

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

IMDA 授予之執照類別，包含以設施為基礎的營運商（Facilities-Based Operator, FBO）執照、以服務為基礎的營運商（Services-Based Operations, SBO）執照、衛星軌道使用執照（Licence for use of Satellite Orbital Slot）、本地無線通訊電臺執照（Localised Radio-Communication Station Licence）、衛星通訊電臺執照（Satellite Communication Station Licence）等。

(2). 頻率

新加坡有關頻譜管理、指配政策以及各種無線電通訊服務（包括行動、固定、衛星、短距裝置與廣播服務）之資訊，主要可參考《頻譜管理手冊（Spectrum Management Handbook）》。

依據新加坡《頻譜管理手冊》，固定服務在 ITU《無線電規則（Radio Regulations, RR）》定義為「特定固定點之間的無線電通訊服務」，包括點對點（Point-to-Point）與單點對多點（Point-to-Multipoint）之無線電系統，用於傳輸語音、視訊與數據資訊。由於固定服務無線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

電系統通常在 1 至 60GHz 頻譜範圍，低於 12GHz 的微波頻段具有良好的傳輸特性，通常用於長距離無線電中繼應用。此外，考量地面和衛星行動通訊多使用於 1 至 3GHz 頻段。因此，IMDA 通常不會將 1 至 3GHz 頻段中的頻率分配予地面固定服務。

IMDA 對於固定微波服務鏈路之頻譜分配依循 ITU RR，新加坡的頻譜分配如下表，其中，某些頻段目前與衛星服務共用。

表 85 新加坡頻譜分配表（1/2）

Frequency Range	Channelling Plan	Channel Width	Min. Path Length
5925-6425 MHz	ITU-R F.383-8	29.65 **MHz**	20Km
6425-7125 MHz	ITU-R F.384-10	20 **MHz**	20Km
7125-7725 MHz	ITU-R F.385-9	7 **MHz**	20Km
7725-8500 MHz	ITU-R F.386-8	29.65 **MHz**	20Km
10.5-10.68 MHz	ITU-R F.747-0	7/14 **MHz**	15Km
10.7-11.7 MHz	ITU-R F.387-11	20 **MHz**	15Km
12.2-12.7 MHz	ITU-R F.746-9	20 **MHz**	15Km
12.75-13.25 MHz	ITU-R F.497-7	28 **MHz**	15Km
14.4-15.35 MHz	ITU-R F.636-3	7/14/28 **MHz**	10Km
17.7-19.7 MHz	ITU-R F.595-9	27.5/55 **MHz**	5Km
21.2-23.6 MHz	ITU-R F.637-3	3.5/7/14/28 **MHz**	2Km

資料來源：IMDA, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

提供設備測試使用之頻段如下表。

表 86 新加坡頻譜分配表（2/2）

序號	頻率	頻寬
1	25 273kHz	16kHz
2	71.575MHz	16kHz
3	83.875/87.875MHz	16kHz
4	137.175/141.775MHz	16kHz
5	161.450MHz	16kHz
6	433.05-434.79MHz	Low power devcies of 10 mW ERP
7	866-869 MHz	Low power devcies of 500 mW ERP
8	920-925 MHz	Low power devcies of 500 mW ERP
9	1525-1559 MHz	Satellite Receive Band
10	1880-1900 MHz	Low power devcies of 100 mW EIRP
11	2400-2483.5 MHz	Low power devcies of 100 mW EIRP
12	3400-4200 MHz	Satellite Receive Band
13	5150-5350 MHz	Low power devcies of 100 mW EIRP
14	5725-5850 MHz	Low power devcies of 1 mW EIRP

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

15	10.7-11.7 GHz	Satellite Receive Band
16	12.2-12.75 GHz	Satellite Receive Band

資料來源：IMDA, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

新加坡正在更新其《無線電頻譜總體規畫（The Radio Spectrum Master Plan）》，旨在向各界提供未來幾年之頻譜可用性、頻譜使用之技術趨勢，以及 IMDA 頻譜分配與重新分配於公眾通訊網路方面之政策方向。

(3). 設備

在新加坡出售供當地使用之電信與無線通訊設備須在 IMDA 進行設備註冊。在向 IMDA 註冊設備之前，須確保設備符合 IMDA 相關標準與技術規範。

(4). 申請資格

FBO 與 SBO 之申請人應是根據新加坡《公司法（第 50 章）（Companies Act（Chapter 50））》註冊成立的公司或外國公司。另外，有關申請使用衛星許可的部分，依據新加坡《申請使用衛星軌道執照指南》，主管機關評估申請案件時，將考量申請人是否具有所需的技術、財務與相關法律認證，以根據其業務計畫建造、發射與操作擬議之衛星系統。主管機關還將考慮申請人是否將為整個新加坡的產業、消費者與經濟帶來效益。相關評估重點如下：

- 申請人的願景；
- 申請人的組織結構、財務能力與實力（尤其是新加坡實體的決策權以及新加坡辦事處在申請人整體公司結構之重要性）；
- 申請人計畫之技術健全性與執行計畫之技術能力，包括依照 ITU 規定採購衛星、發射衛星、安排保險、協調與註冊衛

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

星網路；

- 衛星系統如何使新加坡的產業、消費者和/或經濟效益（包括在新加坡開發與獲取新的 Know-how）；
- 申請人實現其願景與計畫之承諾；
- 申請人之實績；
- 申請人提供的任何其他資訊。

(5). 申請流程

● **以設施為基礎的營運商（Facilities-Based Operator, FBO）執照**

依據新加坡《電信法》之要求，任何人欲在新加坡運作與提供電信系統及服務皆須獲得執照。電信網路、系統與設施，包括用於提供電信或廣播業務之任何電信基礎設施。傳輸流量可能是跨境或本地，網路涵蓋範圍可能是全國、或僅限於新加坡某些地理區域，包括行動通訊系統（透過基地臺、行動交換中心提供大眾行動通訊服務、中繼式無線電（Trunked Radio）或行動數據服務）與固定電信系統（透過包含光纖、纜線系統、管道、衛星閘道器等，提供本地與國際語音及數據服務）。

FBO 執照使用期限為 15 年，另申請者必須提交以下文件供 IMDA 審核：

- 申請人的願景；
- 申請人的組織結構、財務能力與實力；
- 申請人提供服務的競爭策略；申請人計畫之技術健全性，執行計畫之技術能力；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 申請人實現其願景與計畫之承諾；
- 申請人提供之其它相關資訊。

● **以服務為基礎的營運商（Services-Based Operations, SBO）執照**

取得 SBO 執照的營運商得向 FBO 租用電信網路元件（例如：傳輸容量與交換服務），以提供電信服務。SBO 執照又分為 SBO（個別）執照（SBO（Individual）Licence）、SBO（類別）執照（SBO（Class）Licence）。獲得 SBO（個別）執照者可經營包含衛星行動電話或數據服務（Satellite Mobile Telephone or Data Services）等服務，租賃國際傳輸容量以提供服務的營運商亦需獲得 SBO（個別）執照，獲 SBO（個別）執照者亦可能需要遵守會計分離指南；SBO（類別）執照則包含一系列以電信服務為基礎的營運與服務。

上述公司皆是根據《公司法（第 50 章）》註冊成立的公司或外國公司。被許可人必須遵守《電信競爭守則（Telecom Competition Code）》，俾利新加坡電信市場公平競爭。

● **SBO 執照使用期限**

SBO（個別）執照期限為 5 年（每 5 年更新一次）。

● **申請使用衛星軌道執照**

根據《申請使用衛星軌道執照指南》規定，欲申請使用衛星軌道執照，申請人應提交相關資料，包含概述本身願景，以及計畫如何為產業、消費者與整個新加坡經濟帶來效益。此外，申請人應提供選擇新加坡作為其通知主管機關之理由。申請人須提供包含組織架構、財務能力與實力、技術資訊等相關資料。

- 組織架構、財務能力與實力
  - 在衛星軌道中運行的衛星之詳細所有權結構；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

◆ 申請人的性質與結構（集團或單一實體）：

- 是否有任何子公司或聯營公司、合資企業與信託；
- 屬於子公司或聯營公司；
- 是否是上市櫃公司；
- 若是上市櫃公司，則提供相關細節。

◆ 申請人應提供以下細節：

- 財團夥伴和/或其他相關實體的實績；
- 如何應用財團合作夥伴或其他相關實體的任何相關經驗與專業知識在新加坡發揮槓桿效應，突顯本身的策略與競爭優勢所帶來之效果；
- 如何協助新加坡開發與獲得新能量與 Know-how。

◆ 申請人的公司與股權結構，直接與間接所有權；

◆ 董事會組成與管理結構之詳細資訊，包括董事與董事會主席以及執行長之簡歷；

◆ 新加坡實體的決策權以及新加坡事業處在申請人整體公司結構之重要性；

◆ 主要承包商之詳細資訊；

◆ 申請人應提交以下文件：

- 根據《公司法》（第 50 章）提供公司證明文件影本，包括公司章程；
- 已發行與繳足之資本以及金額；

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 銀行存款和/或可用信貸額度；
- 申請人過去三個財政年度經審計之財務報告副本（即損益表、資產負債表、現金流量表與審計報告）；
- 申請人最新的期中報告；
- 申請人未來三年之預算（即損益表、資產負債表與現金流量表）；
- 負債相關資訊。

➢ 申請人應提供以下技術資訊：

◆ 在軌道內運作之太空物體的技術參數。太空物體的技術參數應符合 ITU 與相關國際規範；

◆ 網路的技術特徵；

◆ 提供的服務類型；

◆ 衛星系統的服務區域；

◆ 針對未預期情況之緊急應變措施（例如：發射失敗等）。

● 衛星軌道執照使用期限

執照期限為 15 年，若主管機關認為適當得延長期限。

● 其他相關規定

申請人可提交指南未規定，但有利於其申請之任何資訊。

● 申請衛星通訊電臺執照

獲得衛星通訊電臺執照者能夠透過衛星通訊傳輸、接收或接收訊息，其電臺類別包含：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 微型衛星地球電臺（Very Small Aperture Terminals, VSAT）
- 追蹤、遙傳與指令地球電臺（Tracking, Telemetry and Command（TT&C）Earth Stations）
- 地球電臺（Earth Station）
- 可攜式衛星通訊終端（Portable Satellite Communication Terminals）

● **執照條件**

依據《衛星通訊電臺執照申請指南》，被許可人必須獲得 IMDA 的執照才得以在太空區域運作，衛星業者應遵守有關電臺接取、費用等相關規則、法規與程序。被許可人只能在 IMDA 批准用於其使用的無線電頻率或無線電頻段內使用或運作。未經 IMDA 的書面許可，被許可方不得使用已獲得衛星通信電臺許可之任何衛星通信設備向公眾提供電信服務。

被許可人應維護電臺站點之相關紀錄，包括電臺的安裝位置、設備製造商名稱、型號、設備系列編號、頻率、輸出功率，設備購買及處置日期等。並應將清單提供給 IMDA 進行檢查。被許可方需在執照到期之前至少一個月以 IMDA 指定的方式提交更新的列表，僅在將上述清單提交給 IMDA 後，才可續簽執照。

衛星通訊電臺所包含的設備應妥善設計、建造、維護或使用，並且不會對任何其他執照或授權的電臺、網路、電信設施或設備造成干擾。由任何其他人合法擁有、使用或操作。被許可人應允許 IMDA 的授權人員檢查電臺中包含的設備，以確定干擾是否由其設備引起。

除非事先獲得 IMDA 的書面批准，否則該許可不得轉讓。

● **設備**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

依據《衛星通訊電臺執照申請指南》對設備的要求，申請人使用的所有無線電設備必須經過 IMDA 的註冊/批准。建議申請人採取適當措施，例如在接收器系統中安裝濾波器，以減輕來自其他服務的潛在干擾。

(6). 執照相關費用

● **FBO 執照年費**

FBO 執照年費則以年度總營業額規模區分，若小於新加坡幣 5,000 萬元者，年費為新加坡幣 8 萬元；介於新加坡幣 5,000 萬元至新加坡幣 1 億元，則年費為年度總營業額的 0.8%；若大於新加坡幣 1 億元者，則年費為年度總營業額的 1%（詳見下表）。

表 87 FBO 執照期限與年費

執照	執照期限	年費（新加坡幣）
FBO	15 年	• 年度總營業額<5,000 萬元：8 萬元 • 年度總營業額介於 5,000 萬元至 1 億元：年度總營業額的 0.8% • 年度總營業額>1 億元：年度總營業額的 1%

資料來源：IMDA, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

● **SBO 執照年費**

SBO（個別）執照期限為 5 年（每 5 年更新一次），年費亦以年度總營業額規模區分，若小於新加坡幣 5,000 萬元者，年費為新加坡幣 4 千元；介於新加坡幣 5,000 萬元至新加坡幣 1 億元，則年費為年度總營業額的 0.5%；若大於新加坡幣 1 億元者，則年費為年度總營業額的 0.8%（詳見下表）。

表 88 SBO 執照期限與年費

執照	執照期限	年費（新加坡幣）
SBO（個別）	5 年（每 5 年更新一次）	• 年度總營業額<5,000 萬元：4 千元 • 年度總營業額介於 5,000 萬元至 1 億元：年度總

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

		營業額的 0.5% • 年度總營業額>1 億元：年度總營業額的 0.8%
SBO （類別）	無限制	-

資料來源：IMDA, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

● **衛星通訊電臺執照費用**

衛星通訊電臺執照相關費用，VSAT、TT&C、Earth Station 之執照費為每個電臺每年新加坡幣 100 元，其餘為每個電臺每年新加坡幣 50 元。非地球同步軌道衛星（NGSO）頻率使用費則取決於所占頻寬（X），若 X ≤ 25 kHz，需繳新加坡幣 300 元；若 25 kHz < X ≤ 500 kHz，需繳新加坡幣 400 元；若 500 kHz < X ≤ 10 MHz，需繳新加坡幣 1,500 元；若 10 MHz < X ≤ 20 MHz，需繳新加坡幣 2,800 元；若 X > 20 MHz，需繳新加坡幣 4,700 元。頻率使用申請處理費，指配頻率為新加坡幣 100 元，其他頻率（包含衛星下鏈頻率）為新加坡幣 300 元（詳見下表）。

表 89 衛星通訊電臺執照相關費用

項目	費用（新加坡幣）	
執照費	VSAT、TT&C、Earth Station	每個電臺每年$100
	其餘	每個電臺每年$50
衛星（NGSO）頻率使用費（取決於頻寬X）	X ≤ 25 kHz	$300
	25 kHz < X ≤ 500 kHz	$400
	500 kHz < X ≤ 10 MHz	$1,500
	10 MHz < X ≤ 20 MHz	$2,800
	X > 20 MHz	$4,700
申請處理費	指配頻率	$100
	其他頻率（包含衛星下鏈頻率）	$300

資料來源：IMDA, 2018，本研究整理，2021 年 11 月

(7). 落地執照條件

為確保有效利用衛星軌道並避免使用軌道之衛星網路間產生有

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

害干擾，國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU）已就衛星網路的註冊、協調與營運制定 ITU RR。根據 ITU RR，衛星網路文件係透過 ITU 會員國之主管機關提交給 ITU。IMDA 係代表新加坡提交衛星網路申報給 ITU 之主管機關。因此，有意向 ITU 提交衛星網路文件之實體可向 IMDA 提交申請，俾利 IMDA 通知 ITU。

3. 外資管制方式

FBO 執照之申請人應是根據新加坡《公司法（第 50 章）（Companies Act（Chapter 50））》註冊成立的公司。對於 FBO 執照持有人並無外資股權限制。

(七). 澳大利亞

1. 監理法規

澳洲通訊及媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）係依《澳洲通訊與媒體管理局法（Australian Communications and Media Authority Act）》第 6 條設立，其職權範圍涵蓋電信、傳播與內容，以及頻譜管理和設備之相關監管規範（該法第 8 條至第 11 條）。

依 1992 年《無線電通信法（Radiocommunications Act 1992）》第 5 條定義之「外國太空目標（Foreign Space Objects）」，係指非澳洲的太空物體。另外，ACMA 依《1992 年無線電通信法》第 16 條第 1 項第 ca 款發布《2014 年無線電通信（外國太空目標）決定（Radiocommunications（Foreign Space Objects）Determination 2014）》（下稱《外國太空目標決定（Foreign Space Objects Determination》」），以明定類別執照中規定的頻率範圍內運行的外國太空目標。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 落地管理方式

(1). 執照類型

- **電信業者執照（Carrier）**

根據 1997 年《電信法（Telecommunications Act 1997）》規定，電信事業執照（Telecommunications Licences）分為「電信業者（Carrier）」及「服務提供者（Carriage Service Provider）」，前者可經營電信網路和基礎設施，後者係使用電信業者之網路提供電話和網路等服務。而電信業者執照之申請條件，若為合法公司、符合條件的合夥企業，以及公共實體等條件，即可向 ACMA 申請電信業者執照（電信法第 52 條）。

另依《1992 年無線電通訊法（Radiocommunications Act 1992）》規定，澳洲的無線電通信執照授權方式，可概分為三種：設備執照（Apparatus Licenses）、類別執照（Class Licenses）和頻譜執照（Spectrum Licenses）。3 種執照的相關規定與頻率使用費收取政策分別說明如下：

- **設備執照（Apparatus Licenses）**

持有設備執照持有者獲准可在執照指定地點或區域內，使用和操作發送器（Transmitters）或接收器（Receivers）等設備。設備執照可分為指配執照（Assigned Licence）與非指配執照（Non-Assigned Licence）兩種，前者係指由 ACMA 指配頻率，後者則與其他用戶共用頻率。

以設備執照而言，ACMA 頒發設備執照大多為期 1 年，最多核發 5 年，ACMA 視個別情況而定。當執照即將到期之際，ACMA 將發送通知，並由業者申請延續。業者欲申請指派執照，透過認證人員（Accredited Person）協助執照申請。獲得設備執照持有人，需繳納設

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

備執照年費，包括服務費與執照稅。

- **類別執照（Class Licenses）**

根據《1992 年無線電通信法》規定，ACMA 可授予類別執照，包括操作特定種類的無線電通信設備、或為特定目的操作的無線電通訊設備，或為特定目的操作特定種類的無線電通信設備（第 132 條）。

類別執照授予用戶基於頻譜共用原則，在相同頻段及相同許可條件下，操作無線電設備。其中，許可條件規定可用頻率、使用規則、期限、設備標準，以及其他相關的技術和操作參數（第 133 條）。

ACMA 頒發類別執照時，需符合該國之頻率規畫（第 137 條），在核發類別執照前，ACMA 需確認不會影響依頻譜執照運行的無線電設備產生干擾，並符合公眾利益，另外，ACMA 需諮詢可能受其影響的頻譜執照持有者（第 138 條）。類別執照自動授權給用戶在頻段內使用無干擾及無保護符合規範之設備。

類別執照細分成 15 類，用戶必須遵守許可條件才能使用該設備，太空目標通訊種類執照（Communication with a Space Object Class Licence）即為其中一類，該類別執照授權讓地球電臺與太空站通信。換言之，持有太空（Space）執照或太空接收（Space Receive）執照，可讓地球電臺與太空站通訊，包括衛星電話、衛星天線、船舶上的衛星設備、遙測和資產跟蹤設備。

- **頻譜執照（Spectrum Licenses）**

由於頻譜為稀缺資源，ACMA 透過執照管理可避免干擾、保持公平使用頻譜，確保頻譜可用於公共服務。欲申請使用傳輸到澳洲各地的衛星網路前，需先申請執照，以確保符合國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU），並與其他衛星進行協調，以避免與其

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

他衛星系統干擾。

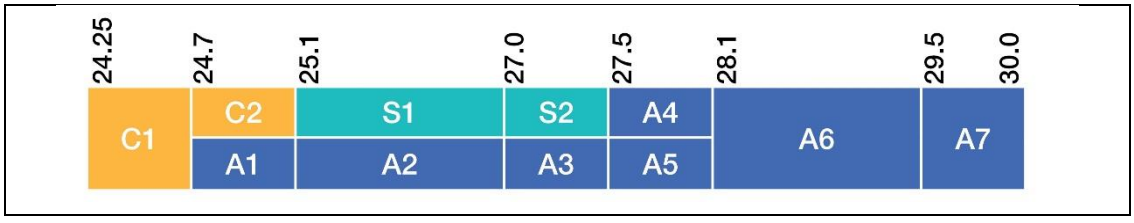
根據《1992 年無線電通信法》規定，頻譜執照取得方式為拍賣、招標、或透過指配預定價格或協議價格（第 60 條）。頻譜執照多數由拍賣機制取得，以提供商用業務。頻譜執照持有人可在授權的地理區域和指定的頻段內運作無線電通信設備，這些設備須符合 ACMA 規範該頻段之許可條件和技術參數（第 66 條）。

頻譜執照的效期最長為 15 年（第 65 條），但執照並不會自動延長效期。ACMA 會在執照到期前 2 年，通知業者是否延長。執照持有者有權在執照效期內交易全部或部分的頻譜執照，並在買賣雙方通知 ACMA 交易事宜，並在頻譜執照登記註冊後，交易才生效。

(2). 頻率

全區域頻譜執照（Area Wide Licence, AWL）之頻率為 24.7-30GHz，共 5,300MHz 頻寬。

- 26GHz 頻段：包括 24.7-25.1GHz 頻段，共 400MHz 頻寬（即圖中 A1）；以及 25.1-27.5GHz 頻段，共 2,400MHz 頻寬（即 A2 及 A3）。
- 28GHz 頻段：包括 27.5-29.5GHz 頻段，共 2,000MHz 頻寬（即圖中 A4、A5 及 A6）；以及專供地球電臺使用之 29.5-30GHz，共 500MHz 頻寬（即圖中 A7）



資料來源：ACMA, 2020，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 18：澳洲 AWL 適用頻段

此外，根據澳大利亞 2021 年《無線電頻率頻譜計畫（Australian Radiofrequency Spectrum Plan 2021）》之頻率分配表（Table of Frequency Band Allocations）可知，彙整澳大利亞衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之頻段於下表。

表 90 澳大利亞衛星固定業務（FSS）與衛星行動業務（MSS）之使用頻段（10-30GHz）

頻段（GHz）	衛星固定業務（FSS）		衛星行動業務（MSS）	
	空對地	地對空	空對地	地對空
10.7-11.7	V			
12.2-12.5	V			
12.5-12.75	V			
12.75-13.25		V		
13.75-14		V		
14-14.3		V		V
14.3-14.4		V		V
14.4-14.47		V		V
14.47-14.5		V		V
14.5-14.8		V		
15.43-15.63		V		
17.3-17.7		V		
17.7-18.1	V			
18.1-18.4	V			
18.4-18.6	V			
18.6-18.8	V			
18.8-19.3	V			
19.3-19.7	V			
19.7-20.1	V		V	
20.1-20.2	V		V	
20.2-21.2	V		V	
24.65-24.75		V		
24.75-25.25		V		
27-27.5		V		
27.5-28.5		V		
28.5-29.1		V		
29.1-29.5		V		
29.5-29.9		V		V

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻段（GHz）	衛星固定業務（FSS）		衛星行動業務（MSS）	
	空對地	地對空	空對地	地對空
29.9-30		V		V

資料來源：《Australian Radiofrequency Spectrum Plan 2021》，本研究整理，2021 年 11 月

(3). 設備

根據 1997 年《電信法（Telecommunications Act 1997）》第 7 條所定，所謂設施即為：(a)電信網路基礎設施的任何部分；或者(b)任何線路、設備、儀器、電塔、桅桿、天線、隧道、管道、洞、坑、桿或其他在電信網路中使用或使用之結構或產品。而衛星設施係指衛星中的無線電通信發射機或無線電通信接收機（第 7 條）。此外，根據《電信法》第 25 條之網路單元（Network Unit）種類有四，指定的無線電通信設施即為其中一種。若指定的無線電通信設施用於或將用於澳大利亞的某一地點和澳大利亞的一個或多個其他地點之間提供傳輸服務，則該設施稱為網路單元，亦包含衛星在內（《電信法》第 28 條）。

(4). 申請資格

國際衛星業者欲在澳洲營運衛星通信業務，需具備下列資格：

外國衛星業者必須先列入《外國太空目標決定》，衛星網路得以授權在《2015 年無線電通信（與太空目標通信）類別執照（Radiocommunications（Communication with Space Object）Class Licence 2015）》列出之特定共享衛星無線電頻譜中運行。

惟須注意者，外國太空目標納入該決定並不意謂其有權獲得執照，僅是核發太空設備執照前之先決條件。鑑於近年新成立的衛星業者有意在澳洲提供服務，ACMA 進而更新《外國太空目標決定》，如 2017

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

年新增 Network Access Associates Ltd.（OneWeb）（於英國註冊成立），2018 年新增 SpaceQuest, Ltd.（於美國註冊成立），2020 年新增包括 Kepler Communications Inc.（於加拿大註冊成立）、SpaceX Services, Inc.（於美國註冊成立）及 Swarm Technologies, Inc.（於美國註冊成立），2021 年更新增 6 家衛星業者。詳細名單臚列如下表。

表 91 類別執照頻率範圍內擁有、控制或經營外國太空目標之公司

序號	擁有、控制或經營外國太空目標之公司
1	Globalstar L.P.（在美國註冊成立）
2	Iridium LLC（在美國註冊成立）
3	ORBCOMM Global L.P.（在美國註冊成立）
4	Intelsat US LLC（在美國註冊成立）
5	Inmarsat Global Limited（在英國註冊成立）
6	SKY Perfect JSAT Corporation（在日本註冊成立）
7	Asia Satellite Telecommunications Holdings Limited（在香港註冊成立）
9	Thaicom Public Company Limited（在泰國註冊成立）
10	New Skies Satellites B.V.（荷蘭註冊成立）
11	SES Americom, Inc（在美國註冊成立）
12	Thuraya Telecommunications Company（在阿拉伯聯合大公國註冊成立）
14	Eutelsat Asia Pte Ltd（在新加坡註冊成立）
15	APT Satellite Company Limited（香港註冊成立）
16	Network Access Associates Ltd（在英國註冊成立）
17	SpaceQuest, Ltd.（在美國註冊成立）
18	Kepler Communications Inc.（在加拿大註冊成立）
19	SpaceX Services, Inc.（在美國註冊成立）
20	Swarm Technologies, Inc.（在美國註冊成立）
21	Astrocast SA（在瑞士註冊成立）
22	Fleet Space Technologies Pty Ltd（ACN 607 948 729）（在澳大利亞註冊成立）
23	Hiber B.V.（在荷蘭註冊成立）
24	Kinéis SAS（在法國註冊成立）
25	O3b Limited（在澤西島註冊成立）
26	Viasat, Inc.（在美國註冊成立）

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

SpaceX Services, Inc.毋須申請或支付任何費用以獲得太空目標通訊類別執照，依本執照，其得操控獲得太空執照（Space Licence）或太空接取執照（Space Receive Licence）之地球電臺間通訊，包含衛星

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

電話、衛星天線、船上衛星設備、遙測及資產追蹤設備等。然而，仍須遵守《2015 年太空目標通訊類別執照（Communication with Space Object Class Licence 2015）》、《1992 年無線電通訊法》及太空站執照所載之相關規定。

(5). 申請流程

另根據《關於澳大利亞衛星協調和通知系統之程序（Australian Procedures for the Coordination and Notification of Satellite Systems）》，衛星業者必須依 2001 年《公司法（Company Law）》在澳洲註冊成立公司，並在澳洲展開相關業務且擁有管理人員。

(6). 執照相關費用

頻譜執照持有人，需繳納頻譜執照的費用。頻譜執照的費用共有 3 種，包括獲得頻譜執照所需支付的頻譜使用費、支付頻譜管理費用的頻譜執照年稅，以及《2005 年澳洲通訊與媒體管理局法（Australian Communications and Media Authority Act 2005）》所載之行政規費（第 67 條）。

(7). 落地執照條件（附記）

- **SpaceX 申請澳洲電信業者執照**

SpaceX Services, Inc.於 2019 年 11 月 1 日在澳洲登記設立 Tibro Australia Pty Ltd（下稱 Tibro 公司），經 ACMA 於 2020 年 8 月 7 日依據《1997 年電信法（Telecommunications Act 1997）》第 56 條第 1 項核發電信業者執照（Carrier Licence），執照號碼為 ABN 68636841533，執照生效日為 2019 年 11 月 1 日，執照效期為 1 年（參見下圖）。Tibro 公司於 2020 年 10 月 3 日變更公司名稱為 Starlink Australia Pty Ltd。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

ASIC

Australian Company

STARLINK AUSTRALIA PTY LTD
ACN 636 841 533

Extracted from ASIC's database at AEST 05:48:09 on 13/10/2020

Company Summary

Name:	STARLINK AUSTRALIA PTY LTD
ACN:	636 841 533
ABN:	68 636 841 533
Registration Date:	01/11/2019
Next Review Date:	01/11/2020
Former Name(s):	TIBRO AUSTRALIA PTY LTD
Status:	Registered
Type:	Australian Proprietary Company, Limited By Shares
Locality of Registered Office:	MELBOURNE VIC 3000
Regulator:	Australian Securities & Investments Commission

Further information relating to this organisation may be purchased from ASIC.

資料來源：Australian Government Australian Business Register, ABN Lookup，本研究整理，2021 年 11 月

圖 19：Starlink 之註冊情形

- **Starlink 申請頻譜與衛星設備執照情形**

Starlink 分別透過 Starlink Australia Pty Ltd（澳洲子公司）與 Starlink Internet Services Pte Ltd（新加坡子公司）兩家公司向 ACMA 申請執照。截至 2021 年 6 月 27 日止，ACMA 已核發 Starlink 共 55 張執照。其中，Starlink Australia Pty Ltd 獲准 10 張全區域頻譜執照（僅限衛星固定通信業務 AWL-FSS Only）、2 張太空站執照、2 張太空接收站執照、12 張固定地面站執照，以及 26 張地面接收站執照。除 AWL-FSS Only 頻譜執照外，其餘為設備執照。Starlink Internet Services Pte Ltd（Singapore）則獲准 2 張太空站、1 張太空接收站執照。這些執照屬於設備執照，執照效期為 5 年。

ACMA 核發頻譜執照與設備執照之詳細內容，請參考表 89 至表 93。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 92 Starlink 全區域頻譜執照（AWL-FSS Only）（10 張）

執照證號	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11190450	頻譜執照（Spectrum Licenses）	AWL- FSS Only（全區域執照-僅衛星固定通信業務）	2021/2/25	2021/1/29	2026/1/28	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：CV1F7VK	Starlink Australia Pty Ltd
11190520			2021/2/25	2021/1/29	2026/1/28	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：BU7O5CJ	Starlink Australia Pty Ltd
11190524			2021/2/25	2021/1/29	2026/1/28	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：KW9B3JI	Starlink Australia Pty Ltd
11190528			2021/2/25	2021/1/29	2026/1/28	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：JW4L1XF	Starlink Australia Pty Ltd
11190536			2021/3/9	2021/2/25	2026/2/24	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：MW8H5SE	Starlink Australia Pty Ltd
11190543			2021/3/9	2021/2/25	2026/2/24	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：CR4K2AD	Starlink Australia Pty Ltd
11240788			2021/5/3	2021/5/3	2026/5/2	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
						網格單元識別架構（HCIS）：MU8G9FF	
11240791			2021/5/3	2021/5/3	2026/5/2	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：MU6A1RG, MU6A1RH	Starlink Australia Pty Ltd
11240792			2021/5/3	2021/5/3	2026/5/2	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：CV3D1JJ	Starlink Australia Pty Ltd
11240795			2021/5/3	2021/5/3	2026/5/2	涵蓋範圍：1 使用頻段：27.5-30GHz 網格單元識別架構（HCIS）：LS6J4RK	Starlink Australia Pty Ltd

資料來源：ACMA. Register of Radiocommunications Licences，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 93 Starlink 太空站執照（4 張）

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11130141/1	設備執照（Apparatus Licence）	太空（Space）	太空站（Space）	2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz 發射功率：12.60 W EIRP：37.15 kW	Starlink Australia Pty Ltd
11130142/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz 發射功率：12.60 W EIRP：37.15 kW	Starlink Australia Pty Ltd
11178931/1				2021/1/19	-	-	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：11.45GHz 頻寬：500MHz 發射功率：1.50 W EIRP：4.43 kW 區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：12.20GHz 頻寬：1,000MHz 發射功率：1.50 W EIRP：4.43 kW	Starlink Internet Services Pte. Ltd（Singapore）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11181002/1				2021/1/8	2021/1/8	2026/1/7	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：11.20GHz 頻寬：1,000MHz 發射功率：1.50 W EIRP：4.43 kW 區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：12.20GHz 頻寬：1,000MHz 發射功率：1.50 W EIRP：4.43 kW	Starlink Internet Services Pte. Ltd（Singapore）

資料來源：ACMA. Register of Radiocommunications Licences，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 94 Starlink 太空接收站執照（3 張）

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11130144/1	設備執照（Apparatus Licence）	太空接收（Earth Receive）	太空接收站（Earth Receive）	2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：28.70GHz 頻寬：800MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11130145/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：29.75GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11178930/1				2021/1/19	2021/1/8	2026/1/7	區域名稱：低密度偏遠地區 指配頻率：14.25GHz 頻寬：500MHz	Starlink Internet Services Pte. Ltd（Singapore）

資料來源：ACMA. Register of Radiocommunications Licences，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 95 Starlink 固定地面站執照（12 張）

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11130136/1	設備執照（Apparatus Licence）	地面（Earth）	固定地面站（Fixed Earth）	2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	8 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#56）, BROKEN HILL NSW 指配頻率：27.9GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11130137/1							1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#56）, BROKEN HILL NSW 指配頻率：28.7GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11130138/1							1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#56）, BROKEN HILL NSW 指配頻率：29.75GHz 頻寬：500MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133610/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	8 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3023）, PIMBA SA 指配頻率：27.9GHz 頻寬：800MHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	
11133611/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3023）, PIMBA SA 指配頻率：28.7GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133612/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3023）, PIMBA SA 指配頻率：29.75GHz 頻寬：500MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133615/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	8 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#55）, BOOROWA NSW 指配頻率：27.9GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133616/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#55）, BOOROWA NSW 指配頻率：28.7GHz 頻寬：800MHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	
11133617/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#55）, BOOROWA NSW 指配頻率：29.75GHz 頻寬：500MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133619/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	8 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3002）, WAGIN WA 指配頻率：27.9GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133620/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3002）, WAGIN WA 指配頻率：28.7GHz 頻寬：800MHz 發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	Starlink Australia Pty Ltd
11133621/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3002）, WAGIN WA 指配頻率：29.75GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							發射功率：50.00 W EIRP：4.47 MW	

資料來源：ACMA. Register of Radiocommunications Licences，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 96 Starlink 地面接收站執照（26 張）

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11130139/1	設備執照（Apparatus Licence）	地面接收（Earth Receive）	地面接收站（Earth Receive）	2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置:SpaceX Satellite ES （GSN#56）, BROKEN HILL NSW 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11130140/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置:SpaceX Satellite ES （GSN#56）, BROKEN HILL NSW 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11133622/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3023）, PIMBA SA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11133623/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#3023）, PIMBA SA 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11133624/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置：SpaceX Satellite ES （GSN#55）, BOOROWA NSW	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	
11133625/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置： SpaceX Satellite ES（GSN#55）, BOOROWA NSW 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11133627/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置： SpaceX Satellite ES（GSN#3002）, WAGIN WA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11133628/1				2020/10/30	2020/10/30	2021/10/29	1 個站點座落位置： SpaceX Satellite ES（GSN#3002）, WAGIN WA 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240786/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, O'Connor St, MERREDIN WA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240787/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station,	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							O'Connor St, MERREDIN WA 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	
11240789/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Brand Highway, 14 Km SE of, CATABY WA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240790/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Brand Highway, 14 Km SE of, CATABY WA 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240793/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Ladara Bore Rd, KI KI SA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240794/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Ladara Bore Rd, KI KI SA 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240797/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station,	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							Murray Valley Highway, TORRUMBARRY VIC 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	
11240798/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Murray Valley Highway, TORRUMBARRY VIC 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240828/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, 19 Tarlinton St, COBARGO NSW 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11240829/1				2021/4/21	2021/4/21	2026/4/20	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, 19 Tarlinton St, COBARGO NSW 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263132/1				2021/5/26	2021/5/26	2026/5/25	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Newell Highway, SPRINGBROOK CREEK NSW 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
11263133/1				2021/5/26	2021/5/26	2026/5/25	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Newell Highway, SPRINGBROOK CREEK NSW 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263135/1				2021/5/26	2021/5/26	2026/5/25	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Newell Highway, CALROSSIE NSW 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263136/1				2021/5/26	2021/5/26	2026/5/25	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Newell Highway, CALROSSIE NSW 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263771/1				2021/5/27	2021/5/27	2026/5/26	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Great Eastern Highway, BULLA BULLING WA 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263772/1				2021/5/27	2021/5/27	2026/5/26	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Great Eastern Highway, BULLA BULLING WA 指配頻率：19.05GHz	Starlink Australia Pty Ltd

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

執照證號	類別執照	執照種類	子服務	發照日	生效日	到期日	使用頻段	執照持有者
							頻寬：500MHz	
11263773/1				2021/5/27	2021/5/27	2026/5/26	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Capricorn Highway, BOGANTUNGAN QLD 指配頻率：18.175GHz 頻寬：750MHz	Starlink Australia Pty Ltd
11263774/1				2021/5/27	2021/5/27	2026/5/26	1 個站點座落位置： Starlink Earth Station, Capricorn Highway, BOGANTUNGAN QLD 指配頻率：19.05GHz 頻寬：500MHz	Starlink Australia Pty Ltd

資料來源：ACMA. Register of Radiocommunications Licences，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **獲取頻率**

進一步彙整澳洲 ACMA 核准 Starlink 之執照類型，頻譜執照使用的頻率為 27.5-30GHz；其他固定地面站、地面接收站、太空站、太空接收站之頻段整理如下表。

表 97 Starlink 獲准澳洲之執照類型與頻段

頻率（GHz）	方向	執照類型	Starlink 取得頻段（GHz）
10.7-12.7	空對地	設備執照	10.7-12.7（中心頻率為 12.2GHz，頻寬為 1,000MHz）
14-14.5	地對空	設備執照	14-14.5（太空站）
17.7-20	空對地	設備執照	17.8-18.55、18.8-19.3（太空、地面站）
27.5-28.3	地對空	設備執照	27.5-28.3（地面站）
28.3-30	地對空	設備執照	28.3-29.1、29.5-30（太空站） 27.5-29.1、29.5-30（地面站）
27.5-30	空對地 地對空	頻譜執照	27.5-30

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

● **執照範圍**

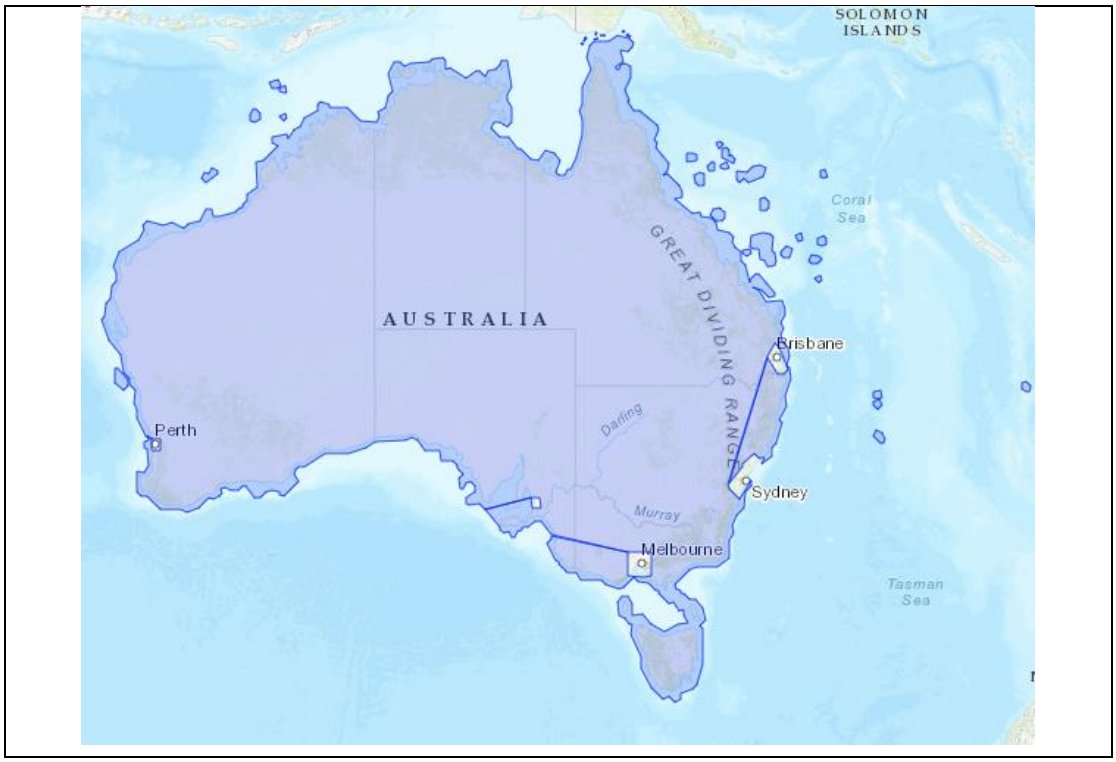
依 ACMA 核發執照所限定之範圍，Starlink 取得執照僅適用於低密度與偏遠地區（Low and Remote Density Area），故無法在雪梨、墨爾本與布里斯本等都會地區使用。初期，Starlink 將提供南澳大利亞州的部分地區（低於南緯 32 度）使用，其他地區預計在 2021 年下半年開放。

另依《2015 年無線電通信（接收機執照稅）決定（Radiocommunications（Receiver Licence Tax）Determination 2015）》，頻譜接取的密度類型為低密度及偏遠密度區域定義如下（詳見下圖）：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 頻譜接取不在以下區域內：Sydney、Melbourne、Brisbane、Perth、Adelaide、Newcastle；

- 頻譜接取位於以下區域內：東澳大利亞州低密度地區、西澳大利亞州低密度地區、塔斯馬尼亞州低密度地區，以及達爾文低密度地區。



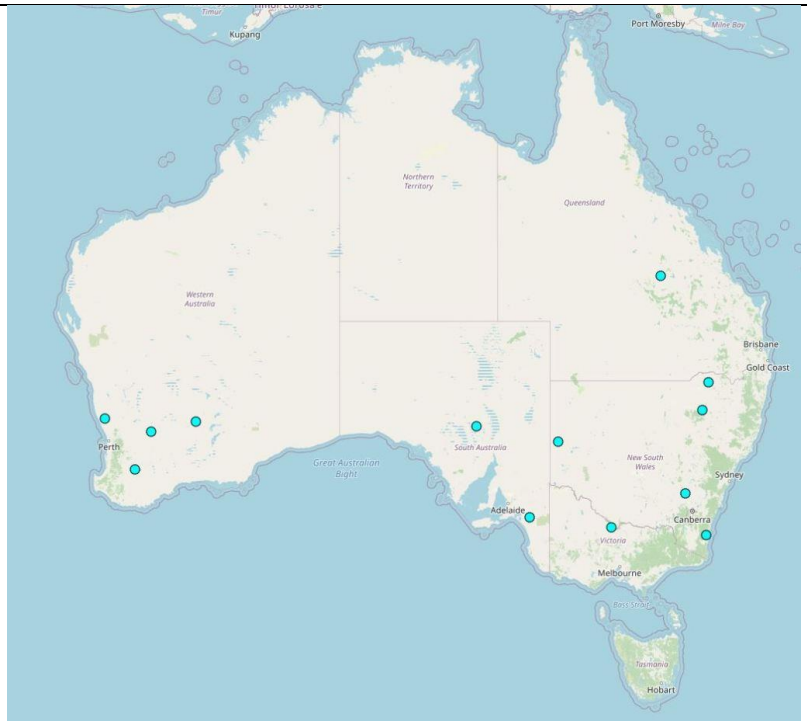
資料來源：ACMA Access Area Map. Low and Remote Density Area，本研究整理，2021 年 11 月

圖 20：澳洲低密度區與偏遠密度區

根據現在核發地面站執照之內容可知，這些站點主要位於新南威爾斯州(New South Wales)的 Boorowa、Broken Hill、Cobargo、Calrossie、Springbrook Greek；西澳大利亞州(Western Australia)的 Wagin、Cataby、Merredin、Cataby、Bulla Bulling；維多利亞州(Victoria)的 Torrumbarry；以及南澳大利亞州（South Australia）的 Pimba、Ki Ki；昆士蘭州

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Queensland）BOGANTUNGAN QLD 等地區，主要位於澳洲的東南地區與西南地區（詳見下圖）。



資料來源：Better Internet for Rural, Regional and Remote Australia，本研究整理，2021 年 11 月

圖 21：Starlink 澳洲地面站位置圖

- **執照限制條款**

根據前述 55 張執照中所載相關限制條款，整理如下：

- **頻譜執照所載之特殊條件：**

頻率執照效期為 5 年，且須遵守 1992 年（Radiocommunications Act 1992）規定，以及可能 ACMA 的其他規範，以及該執照之特殊條件。該執照授權經營一個或多個全區域站臺，其中每個站臺特殊條件如下：

- 以層級式網格單元識別架構（Hierarchical Cell

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Identification Scheme, HCIS）之網格區域與 27.5-30.0GHz 頻率範圍內運作；

- 此外，營運站臺時需符合「2020 年無線電通信執照條件（全區域執照）決定（Radiocommunications Licence Conditions（Area-Wide Licence）Determination 2020）」之技術要求；
- 以及若本執照條件有詳細說明其他技術特徵，則應按規定進行操作這些技術特徵。
- 另外，該執照亦規範操作條件限制：
- 執照持有者不得依本執照經營非地面站之無線電通訊器材；
- 執照持有者不得對本執照之前發布的另一全區域執照（另一執照），在同一頻段範圍和地理區域內進行操作，對既有或未來的無線電通信接收器造成妨礙性干擾。 若該接收器位於其他執照授權的區域內，並在以下頻率範圍內運行：24.7-27.5 GHz；在《2019 年無線電通信（頻譜重新分配 26GHz 頻段）宣言》規定的 27.5-28.1 GHz。

● **固定地位站執照所載之特殊條件：**

此類執照為設備執照，執照效期為 1 年，執照規範提供特定的服務區域。其特殊條件如下：

- 頻率指配登錄 Master International Frequency Register（MIFR）之前，該地面站應依 ITU 在《國際頻率資訊通報（International Frequency Information Circulars）》發布的操作參數，以及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 傳輸不得對澳洲境外的電臺造成干擾，除非這些電臺按照 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

- 執照持有者應提供聯絡點變更通知 ACMA，以追踪任何可疑的干擾情況。

- 收到 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》第 11.42 條規定的干擾報告後，應立即採取所有必要步驟，消除干擾或停止運行。

- 根據 ITU 在 CR / C / 4422 IFIC 2853 和 CR / C / 4422（MOD3） IFIC 2925 發布規定，該地面站被授權與 STEAM2-B 衛星網路太空站進行通信。

● 地面接收站執照所載之特殊條件：

- 頻率指配登錄 Master International Frequency Register（MIFR）之前，該地面站應依 ITU 在《國際頻率資訊通報（International Frequency Information Circulars）》發布的操作參數，以及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

- 傳輸不得對澳洲境外的電臺造成干擾，除非這些電臺按照 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

- 執照持有者應提供聯絡點變更通知 ACMA，以追踪任何可疑的干擾情況。

- 收到 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》第 11.42 條規定的干擾報告後，應立即採取所有必要步驟，消除干擾或停止運行。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 在 Mileura 站 150 公里內，不得在 100-230MHz 頻段內發射無線電；在 Mileura 站 100 公里內，不得在 230 MHz 至 25.25 GHz 頻段內發射無線電。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有）

- 根據 ITU 在 CR / C / 4422 IFIC 2853 和 CR / C / 4422（MOD3）IFIC 2925 發布規定，該地面站被授權與 STEAM2-B 衛星網路太空站進行通信。

● **太空站執照所載之特殊條件：**

- 頻率指配登錄 Master International Frequency Register（MIFR）之前，該太空站和相關的地面站可依據 ITU CR / C / 4422 IFIC 2853 和 CR / C / 4422 （MOD 3） IFIC 2925 之操作參數，以及 ITU 之頻率協調協議進行運作。

- 傳輸不得對澳洲境外的電臺造成干擾，除非這些電臺按照 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

- 在 Mileura 站 150 公里內，不得在 100-230MHz 頻段內發射無線電；在 Mileura 站 100 公里內，不得在 230 MHz 至 25.25 GHz 頻段內發射無線電。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有）

- 未經 Murchison 無線電天文觀測站經營機構核准，不得在其 70 公里範圍內操作與此太空站相關的陸地地面站發射器。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有）

- 該執照授權與以下位置之地面站進行通信：Broken Hill：Lat -31.998258，Long 141.441058； Wagin：Lat -33.308268，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Long 117.343372；Pimba：Lat -31.250747，Long 136.801335；Boorow：Lat -34.462093，Long 148.705734。

- **太空接收站所載之特殊條件：**

  - 頻率指配登錄 Master International Frequency Register（MIFR）之前，該太空站和相關的地面站可依據 ITU CR / C / 4422 IFIC 2853 和 CR / C / 4422 （MOD3） IFIC 2925 之操作參數，以及 ITU 之頻率協調協議進行運作。

  - 傳輸不得對澳洲境外的電臺造成干擾，除非這些電臺按照 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。

  - 未經 Murchison 無線電天文觀測站經營機構核准，不得在其 70 公里範圍內操作與此太空站相關的陸地地面站發射器。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有）

  - 該執照授權與以下位置之地面站進行通信：Broken Hill：Lat -31.998258，Long 141.441058；Wagin：Lat -33.308268，Long 117.343372；Pimba：Lat -31.250747，Long 136.801335；Boorow：Lat -34.462093，Long 148.705734。

最後，彙整澳洲授予執照之特殊條件，依地理區域、干擾處理及因應特定地區限制下表。

表 98 彙整澳洲執照特殊條件

限制類型	限制條件內容
一般條件	• 傳輸不得對澳洲境外的電臺造成干擾，除非這些電臺按照 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》及 ITU 頻率協調之協議結果進行操作。 • 執照持有者應提供聯絡點變更通知 ACMA，以追踪任何可疑的干擾情況。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	• 收到 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》第 11.42 條規定的干擾報告後，應立即採取所有必要步驟，消除干擾或停止運行。
地理區域	• 所有太空站僅限於人口低密度偏遠地區運作 • 10.7-12.7GHz、14-14.5GHz 上之太空站，在距離 Murchison 無線電天文臺的 70 公里內，未經批准不得操作 Earth Station Transmitter • 18.8-19.3GHz 上之太空站，在距離西澳 Mileura 站 100Km 以內不得發射無線電波 • 18.8-19.3GHz、28.3-30GHz 上之太空站，僅限與 4 個位置的地面站進行通訊
干擾處理	• 所有地面站及太空站傳輸，不得對澳洲境外的站臺造成有害干擾
因應特定地區限制	• 在 Mileura 站 150 公里內，不得在 100-230MHz 頻段內發射無線電；在 Mileura 站 100 公里內，不得在 230 MHz 至 25.25 GHz 頻段內發射無線電。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有） • 未經 Murchison 無線電天文觀測站經營機構核准，不得在其 70 公里範圍內操作與此太空站相關的陸地地面站發射器。（此限制條件為部分接收站限制，並非所有）

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

3. 外資管制條件

澳洲對於外人投資之相關法規限制，探討如下：

檢視澳洲《1997 年電信法（Telecommunications Act 1997）》，第 65 條係規範外國人所有權或控制的條件，電信業者執照的條件與執照持有者的外國人所有權或控制權（直接或間接）的程度有關。該法第 367 條亦規範國際電信業者往來的行為準則，國際電信業者不得以可能違反國家利益的方式在電信服務市場中使用其權力；或國際電信業者於外國法律享有的任何合法權利或法律地位，而以某種方式違反國家利益，亦包含電信服務在內。

鑒於外人投資對於澳洲長期的經濟成功、穩定與繁榮至關重要，然面對技術的快速變革以及國際安全環境之變化，對澳洲的利益與國家安全帶來風險。因此，澳洲外資審議委員會（Foreign Investment Review Board）於 2020 年 12 月 17 日更新《國家安全指南通知（National

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Security Guidance Note)》，俾利各界瞭解於 2021 年 1 月 1 日開始實施的新法規。

依據《國家安全指南通知》，外國人在獲得直接從事經營國家安全業務的實體之權益前，必須先通知財政部長並獲得批准。此種投資是應通報之國家安全行動。若外國人已在經營國家安全業務的實體中直接擁有權益，則收購該實體的其他權益也需要獲得批准。國家安全業務係指若以某種方式中斷或操作，可能造成國家安全之風險。符合條件之企業包含：適用《1997 年電信法》之電信業者或指定之電信服務提供商。

一般而言，外國人通常在獲得澳洲公司之有價證券或資產之權益或採取其他有關公司、單位信託與業務之行動前，需獲得外國投資批准。在獲得價值超過澳洲實體的權益（通常至少 20%）之前，外國人通常需要獲得外國投資批准。另外，其他涉及證券或資產收購之商業投資，則可能需以較低比例的門檻進行批准，包含外國人開辦國家安全業務，以及外國人在國家安全業務或從事國家安全業務之實體直接擁有權益，皆需先獲得批准（強制性通知義務）。

另盤點澳洲的《2001 年公司法（Corporations Act 2001）》、《1997 年電信法（Telecommunications Act 1997）》、《1999 年電信（消費者保護及服務標準）法（Telecommunications（Consumer Protection and Service Standards）Act 1999）》、《1979 年電信（監察及查閱）法（Telecommunications（Interception and Access）Act 1979）》、《1997 年電信（業者執照費）法（Telecommunications（Carrier Licence Charges）Act 1997）》及《2015 年電信（監察及查閱）法修正（資料保存）法（Telecommunications（Interception and Access）Amendment（Data Retention））》等，並未明確規範外人投資之市場進入障礙。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(八). 小結

本節盤點英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡與澳大利亞等國對衛星監理法規、落地管理方式，以及外資管制條件，並對各國服務落地管理方式進行比較，解析各國對於衛星監理之趨勢與實際監理作法，俾利我國主管機關掌握各國主管機關之監理思維。

SpaceX 已於多個國家實際落地業者，以下論述以 SpaceX 為例，研討英國、德國、美國、澳大利亞等四國之落地情形。茲從落地方式、執照發放方式、使用頻率、執照附記、外資管制等面向進行比較。

綜觀 SpaceX 於各國之落地步驟，在落地國成立子公司、在該國註冊為電信業者，並申請地球電臺執照、衛星通信用戶終端執照等。在 SpaceX 落地方式皆採取在該國設立子公司方式，從本案現已落地的國家中（英國、德國、美國、澳大利亞），除美國外，SpaceX 先後於澳大利亞、英國、德國當地設立子公司。

除了 SpaceX 於 2020 年 12 月在澳大利亞獲得 5G 毫米波 26GHz 和 28GHz 頻段執照外，就現況而言，各國主管機關均採取審議核配的方式，核准 SpaceX 的頻率執照以及衛星地球電臺或太空站等設備執照。

鑒於各國通信法規不盡相同，故核發執照方式、執照效期存有差異。就英國、美國、德國而言，頻率、地球電臺、太空站執照同時核發，惟各國核准之執照效期年數不一。澳洲之頻段、地球電臺、太空站執照同時核發，全區域頻譜執照之頻率執照與電臺執照分開核發。唯獨澳洲太空站執照僅限於低密度與偏遠地區運作。

四大衛星服務業者申請 Ku/Ka 頻段提供 FSS 服務，Starlink 與 Telesat 另獲核准 V 頻段。較特殊者，Kuiper 衛星系統除獲 FCC 核准

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FSS 服務頻段，另核准 MSS 服務與 MSS 饋線鏈路頻段。SpaceX 已於 2021 年 3 月 5 日向 FCC 申請 ESIM 授權，以佈署和操作終端用戶地球電臺。未來 MSS 服務與應用較 FSS 更為廣泛，亦可預見未來全球行動通訊服務市場競爭將更為激烈。

觀察美國、英國、德國與澳洲主管機關之釋出文件，各國核發執照之使用條件（附記）各異，除需符合 ITU《無線電規則（Radio Regulations）》之頻率規劃範圍與無干擾之相關規範，並依據其國內頻段使用情形，規範地面電臺頻率之使用條款（附記），針對區域或特定地點限制、無干擾（無保護）、功率規範、特定頻段限制等部分進行限制。

在外資管制條件方面，英國、德國、新加坡等國並未對外資市場准入進行限制，其餘國家則對於外資之市場准入設有一定之門檻。美國外資審查要件中，若具有至少 10%外資的申請需經過 FCC 審查。韓國外資持股限制，包含外國政府或外國人所擁有的股份不得超過已發行股份總數的 49%。澳洲依《國家安全指南通知》，外國人在獲得直接從事經營國家安全業務的實體之權益（通常至少 20%）前，須先通知財政部長並獲批准。日本也有類似規範，依《外匯與對外貿易法（外国為替及び外国貿易法）》規定，外國投資者欲收購日本之資通訊相關企業股份時，持股比率超過 1%以上，需事先向財政部申報。

最後，各國落地制度綜覽，各國皆要求國際業者申請身份為電信業者，申請時程約 3-7 個月不等，執照效期以美國最長 15 年，其他國家多為 1 年。相關內容詳見下表。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 99 各國衛星服務落地制度綜覽

國別	法規	申請資格	身份	申請審查長度	執照效期	年期
英國	2006 年《無線通信法 WT Act》第 8 條	可為英國個人、公司合夥、法人團體或註冊登記之合資公司	電信業者	3 個月	1 年 (Starlink)	未明訂期限
德國	德國《電信法 TKG》第 56 條	可為德國境內居住或設立公司之自然人或法人	電信業者	3 個月	1 年 (Starlink)	10 年
美國	美國聯邦規則 CFR 47	可為非美國許可衛星業者及非衛星業者	電信業者	4 個月	15 年 (Starlink)	15 年
日本	日本電波法第 4 條	限日本本國業者，並且公司外資代表董事、表決權有三分之一上限規定	電信業者	7 個月	-	5 年
韓國	韓國《無線電法》第 19 條	限韓國本國業者(不得為外國公司等)，依韓國《無線電法》第 20 條設立須為國內的無線電臺業者	電信業者	6 個月	-	5 年
新加坡	新加坡《電信法》第 5B（1）條	根據新加坡《公司法（第 50 章）註冊成立的公司或外國公司且無外資股權限制	電信業者	6 個月	-	15 年 (FBO)
澳洲	澳洲《1997 年電信法》第 56 條	澳洲申請營運衛星通信業務可為外國衛星業者，但必須先列入《外國太空目標決定》作為授權執照的先決條件	電信業者	未明訂期限	1 年 (Starlink)	5 年

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第三章：子題 1.3，B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法

一、 國際組織低軌衛星通訊相關頻率規劃

(一). ITU 衛星通訊頻率相關議題

在 ITU 的劃分之下，與衛星有關之服務主要可劃分為固定衛星服務（Fixed Satellite Service）、行動衛星服務（Mobile Satellite Service）廣播衛星服務（Broadcast Satellite Service）等，此外亦包含地球觀測、業餘衛星及衛星間通訊等。

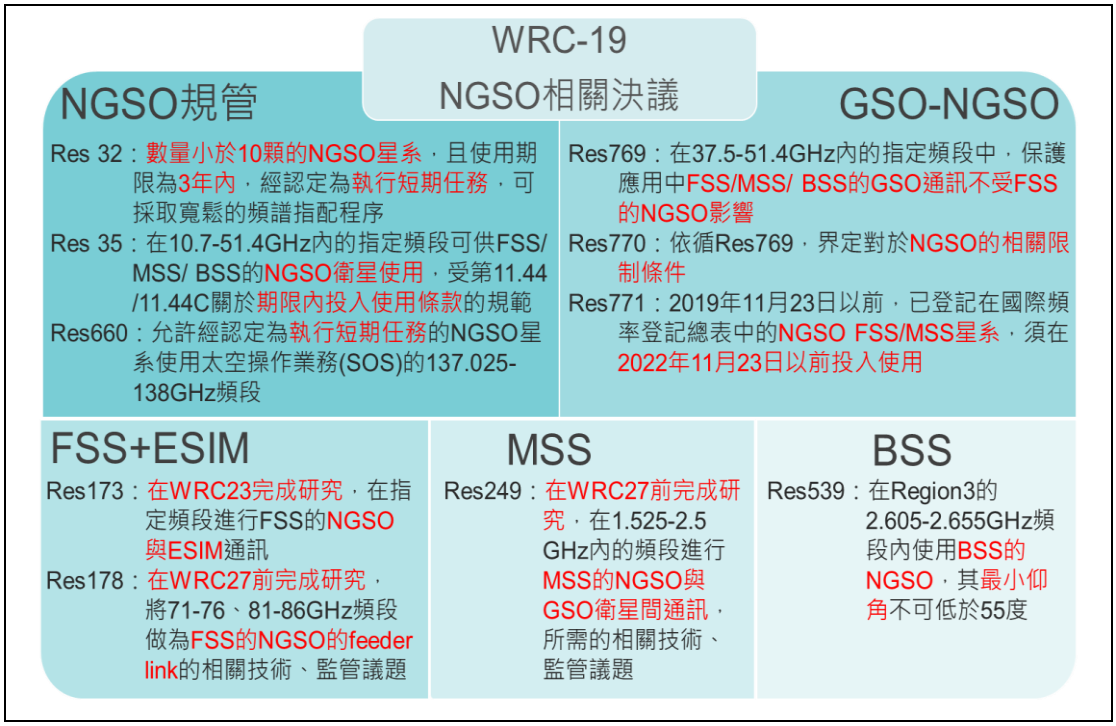
ITU 有關相關衛星頻率之劃分與共用、協調原則，皆須依照 ITU 無線電規則的條文、頻率分配表及其註腳與附錄，相關規範亦透過定期舉辦之 WRC 大會，進行規範調整及新議題討論，其決議將會納入無線電規則中。

1. WRC-19 低軌衛星相關議題決議

WRC-19 低軌衛星相關決議包含因應大規模低軌衛星星系的出現，在國際頻率申請上導入里程碑制度，避免頻率資源被占用。本次決議未加入新的頻率劃分，而較著重於低軌衛星與地球同步軌道衛星等頻率共用議題，如 37.5-51.4GHz 頻段上維持低軌衛星須保護地球同步軌道衛星之原則。

在新的頻率言規劃上，則決議進行更完整之研究後，於後續 WRC-23、WRC-27 會議中再進行討論。如對於 NGSO ESIM 之研究應於 WRC-23 前完成；更高頻段 71-76GHz、81-86GHz 作為 FSS 饋線鏈路相關技術與監管議題則留待 WRC-27 討論。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 22：WRC-19 低軌衛星相關決議

2. WRC-23 衛星相關討論議題

WRC-23 會議衛星相關主要討論議題，包含低軌衛星移動地面站於 Ka-band 頻率之開放使用，並將討論 3.5GHz 以下提供行動衛星服務新的頻率劃分；另在美國所屬的 Region 2 區域考慮開放 17.3-17.7GHz 作為 FSS 使用的新頻段等。

表 100 WRC-23 衛星相關議題

議題	WRC23議程	相關決議	預計討論內容
ESIM	1.15	Res.172 (WRC-19)	考慮將12.75-13.25 GHz（地對空）頻段，開放給全球的GSO太空站使用，並應用於針對飛機和船隻上的地面站通訊
	1.16	Res.173 (WRC-19)	考慮將以下頻段開放給NGSO的ESIM使用17.7-18.6GHz、18.8-19.3GHz、19.7-20.2GHz(空對地)、27.5-29.1GHz、29.5-30GHz(地對空)
Inter-Satellite	1.17	Res.773 (WRC-19)	考慮將在11.7-12.7GHz、18.1-18.6GHz、18.8-20.2GHz和27.5-30GHz當中，找尋適當的頻段分配給衛星間業務

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

議題	WRC23議程	相關決議	預計討論內容
MSS	1.17	Res.248 (WRC-19)	針對1,695-1,710MHz(R2)、2,010-2,025MHz(R1)和3,300-3,315MHz和3,385-3,400MHz(R2)，考量新的MSS服務分配，以因應未來窄頻的MSS系統發展
FSS	1.19	Res.174 (WRC-19)	考慮在17.3-17.7GHz(R2)中，對FSS(空對地)進行新的主要分配
業餘衛星	9.1(a)	Res.774 (WRC-19)	考慮在1,240-1,300MHz頻帶中的業餘衛星業務分配，以確定是否需要進一步採取措施，保護在同一頻帶中的衛星無線電導航業務(空對地)

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

(二). 3GPP 低軌衛星通訊相關頻率規劃

1. 3GPP 非陸域網路研究與標準制定工作

國際行動通訊標準組織 3GPP 自 5G 標準工作期間展開衛星通訊系統整合之相關研究，在 Release 15、Release 16 兩代標準工作下，針對非陸域網路（Non-terrestrial Networks, NTN）成立研究項目進行 5G 新空中介面（New Radio, NR）支援 NTN 網路的相關應用情境、技術規格等研究。Release 15 中 NTN 主要研究呈現在技術報告 TR38.811 中，主要內容涵蓋定義網路布建情境及相關系統參數如架構、衛星高度及軌道等，並辨識、評估對 5G NR 的影響。

Release 16 則根據前次研究成果，進一步於技術報告 TR38.821 中，針對實體層相關研究包含實體層控制程序如訊號狀態訊息反饋與功率控制等；在與行動網路進行通訊時，對基地台同步、要求頻率及時間資源時所需的上行時序提前、實體隨機存取通道（Physical Random Access Channel, PRACH）等；同時調整實體層的重傳機制能夠更容忍延遲，並且透過鏈路層級與系統層級模擬，評估使用低軌衛星及地球同步軌道衛星等不同接取場景中之 NR 性能表現。此外，也針對 Layer 2 以上及 RAN 架構進行研究，包含考慮 FDD 與 TDD 雙功模式下

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Layer 2 的傳輸延遲要求及解決方案，及在如在 NGSO 等超高速但路徑相對穩定的移動情境中進行換手（handover）時的移動性需求及必要量測機制；允許裝置同時連線至兩個基地台的雙連線（Dual Connectivity）技術運用於接取 NTN 網路及地面網路或是接取兩個 NTN 網路之情境等。

3GPP 根據調變、編碼、路由等功能具備與否，將衛星酬載分為兩類型，包含通透傳輸酬載（transparent payload）可進行射頻濾波、頻率轉換與放大，不具備基地台功能；及再生式酬載（regenerative payload），除射頻濾波、頻率轉換與放大外，亦能夠解調／解碼、交換或路由、編碼／調變，具備部分或全部基地台功能。同時，依據衛星歸軌道高度之差異，將衛星接取用戶裝置分為 6 種情境。

表 101 3GPP 之 NTN 網路接取情境分類

	通透傳輸酬載	**再生式酬載**
GEO 非陸域接取網路	情境 A	情境 A
LEO 非陸域接取網路（可調轉束波）	情境 C1	情境 D1
LEO 非陸域接取網路（束波隨衛星移動）	情境 C2	情境 D2

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

根據上述六種情境，3GPP 提出包含頻率、頻寬、移動速度、束波涵蓋範圍、用戶終端功率等參數，作為日後 NTN 網路標準制定工作時之參考。

表 102 3GPP 之 NTN 網路接取情境之相關參數

接取情境	**GEO 非陸域接取網路（情境 A、B）**	**LEO 非陸域接取網路（情境 C、D）**
軌道類型	對地球特定點維持固定位置之仰角／方向角	繞行地球之圓形軌道
高度	35,786 公里	600 公里、1,200 公里

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

接取情境	GEO 非陸域接取網路（情境 A、B）	LEO 非陸域接取網路（情境 C、D）
頻率（Service link）	<6GHz（如 2GHz） >6GHz（如下行 20GHz、上行 30GHz）	
最大通道頻寬（Service link）	<6GHz：30MHz >6GHz：1GHz	
酬載	情境 A：通透傳輸酬載（僅具備射頻功能） 情境 B：再生式酬載（包含全部或部分 RAN 功能）	情境 C：通透傳輸酬載（僅具備射頻功能） 情境 D：再生式酬載（包含全部或部分 RAN 功能）
衛星間通訊（Inter-Satellite link）	無	情境 C：無 情境 D：有／無（皆可）
地球固定束波（Earth-fixed beams）	是	情境 C1、D1：是（可調轉束波） 情境 C2、D2：否（束波隨衛星移動）
與仰角無關之最大束波尺寸	3,500 公里	1,000 公里
地球電臺與用戶終端之最小仰角	10°（service link 及 feeder link）	10°（service link 及 feeder link）
在最小仰角下，衛星與用戶終端間之最遠距離	40,581 公里	1,932 公里（衛星高度 600 公里） 3,131 公里（衛星高度 1,200 公里）
最大往返延遲時間（僅傳輸延遲）	情境 A：541.46ms（service link 及 feeder link） 情境 B：270.73ms（僅 service link）	情境 C（通透傳輸酬載，service link 及 feeder link）：25.77ms（600 公里）、41.77ms（1,200 公里） 情境 D（再生式酬載，僅 service link）：12.89ms（600 公里）、20.89ms（1,200 公里）
Cell 內最大差動延遲（differential delay）	10.3ms	3.12 ms（600 公里） 3.18 ms（1,200 公里）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

接取情境	GEO 非陸域接取網路（情境 A、B）	LEO 非陸域接取網路（情境 C、D）
最大都卜勒頻移（地球固定用戶設備）	0.93ppm	24ppm（600 公里） 21ppm（1,200 公里）
最大都卜勒頻移偏差（地球固定用戶設備）	0.000045 ppm/s	0.27ppm/s（600 公里） 0.13ppm/s（1,200 公里）
用戶終端移動速度	時速 1,200 公里（如飛機）	時速 500 公里（如高速列車） 時速 1,200 公里（如飛機）
用戶設備天線類型	全向天線（線性極化），假設為 0 dBi 指向性天線（最高 60 公分直徑等值孔徑之圓形極化）	
用戶設備 Tx 功率	全向天線：最高 200mW 的 class 3 用戶設備 指向性天線：最高 20W	
用戶終端雜訊指數（Noise figure）	全向天線：7dB 指向性天線：1.2dB	
Service link	3GPP NR	
Feeder link	3GPP 或非 3GPP 之無線電介面	3GPP 或非 3GPP 之無線電介面

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

2019 年底 3GPP 會議中確認 Release-17 的標準工作項目，除原本 NTN 整合於 5G NR 網路之相關研究外，並納入 NTN 網路應用於 IoT 通訊之研究。相關標準工作預計要持續至 2022 上半年。

Release 18 的標準工作相關流程已於 2021 年中展開，在 NTN 部分，除須持續討論 Release 17 尚未完成的工作如束波管理、部分頻寬（Bandwidth part, BWP）處理等外，相關業者與組織亦針對性能優化與提供新功能之強化部分進行工作提案。在性能優化方面，包含非同步多連結（asynchronous multi connectivity）與載波聚合、覆蓋增強以支援智慧型手機、用戶設備功能增強以應用於垂直領域；在新功能方

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

面，包含以網路為基礎之用戶設備定位業務（Location Services, LCS）提供緊急通話使用、支援無衛星導航系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）功能之用戶設備以節省能源，以及在星系覆蓋不全情況下，支援非連續覆蓋提供非即時性服務等。

Release 19 則將持續對 NTN 功能進行增強並納入新功能，標準工作預計於 2025 年完成；Relesae 20 可望成為 6G 標準，將進一步實現陸空網路之整合，目標同時考量衛星與地面通訊之特性進行相關系統設計。

表 103 3GPP RAN 之衛星網路標準工作藍圖

Release	5G/5G-Advanced/6G 衛星重點工作	衛星相關標準化活動	Release 完成日	預計首次部署時間
Rel-15	項目介紹	透過 5G 衛星之 5G 服務要求；定義傳輸模型與議題讓 5G 可支援 NTN	2018/06	-
Rel-16	議題評估	研究衛星特性提供 5G 系統與 RAN 評估	2019/03	2022
Rel-17	定義市場驅動特性	界定 5G 系統與 RAN 下之衛星特性	2022/03	2023-2024
Rel-18	界定優化性能與啟用新能力之增強	界定增強功能提供 5G 系統與 RAN	2023/09	2025
Rel-19	第二次界定優化性能與啟用新能力之增強	再次界定增強功能提供 5G 系統與 RAN	2025	2027
Rel-20	6G 初步標準工作	6G 應用案例、初步要求（服務、無線電、接取）及初步	2027	2029

資料來源：3GPP、Thales，本研究整理，2021 年 11 月

2. 3GPP 非陸域網路使用頻率相關討論

除前述在網路系統架構、設計等研究與標準工作之進行外，針對 NTN 使用頻率部分，3GPP 認為基本上 NTN 應以可運作在 5G NR 的頻率範圍（Frequency Range, FR）1、2 內之頻段，但界定 NTN 可用頻段之工作仍應由 RAN 4 主導進行研析，涵蓋具提供 NTN 使用之潛

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

力頻段評估，包含分析頻率相關規範、與相鄰頻段共存研究等。

依照 3GPP 之布建情境類型，可分為直接接取用戶設備及間接接取用戶終端之 NTN 網路。直接接取用戶終端之布建情境下，NTN 作為接取網路使用 2GHz 以下較低頻之頻段；而間接接取用戶終端之布建情境，則作為 5G 之行動回傳網路，依照頻段又可分為使用 20、30GHz 鄰近頻段及 40、50GHz 等更高頻之系統。

表 104 3GPP 之 NTN 網路布建情境及使用頻段

	布建情境 1	**布建情境 2**	**布建情境 3**
使用頻段	DL 及 UL 皆使用 1.5 or 2 GHz 頻段	DL 使用 20GHz 附近頻段 UL 使用 30GHz 附近頻段	使用 40 or 50 GHz
雙工	FDD	FDD	FDD
衛星架構	Bent-pipe	Bent-pipe, On-Board Processing	Bent-pipe, On-Board Processing
於 5G 架構下之衛星系統位置	接取網路	回傳網路	回傳網路
系統頻寬 (DL + UL)	最多 2*10 MHz	最多 2*250 MHz	最多 2 * 1000 MHz
衛星軌道高度	GEO, LEO	LEO, MEO, G7EO	LEO, MEO, GEO
UE 分布	100%室外	100%室外	100%室外
UE 行動性	Fixed, Portable, Mobile	Fixed, Portable, Mobile	Fixed, Portable, Mobile

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

根據 3GPP 標準工作規劃，2GHz 以下較低頻之頻段（如 S band）預計將首先完成相關標準工作。目前在 Release-17 之強化 5G NR 通訊協定以支援 NTN 工作項目下，包含 S band 的規範階段（Normative Phase）預計於 2022 年 3 月完成；而 10GHz 以上之研究階段預計於 2022 年 4 月開始。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

二、 主要國家 B5G 低軌衛星通訊頻率供應作法

(一). 英國

2017 年 Ofcom 發表太空領域頻譜策略(Space Spectrum Strategy)，內容涵蓋衛星及太空科學（space science）領域之頻率相關原則與推動方向。

該策略中指出六大頻譜政策原則，第一，盡可能且有效地運用市場機制，但當必要時採取監管，同時認知衛星與太空科學部門的國際性質；第二，尋求與頻率分享的機會，包含不同服務共存的管理及促進可減少干擾的科技進展；第三，主導與英國公民、消費者有關的國際頻譜議題討論;第四，聚焦在可促進英國公民與消費者利益之活動，並強化 Ofcom 的國際功能；第五，與政府部門合作，使 Ofcom 在相關國際論壇可代表英國利益；第六，以符合國際規範，公平、有效方式管理衛星申請，透過遵循公告之程序，確保相關程序透明且可預測。

Ofcom 之太空頻譜策略，將優先聚焦衛星寬頻通訊、地球探測與其他新興應用等領域。在推動衛星寬頻通訊方面，包含四項頻譜策略，第一，盡可能開放頻譜，提供如 NGSO、行動地面站 ESIM 等更多新技術使用；第二，監測衛星寬頻之使用情形及英國相關頻率的使用狀況；第三，必要時採取相關行動，以確保既有頻率資源的使用效率；第四，在適當之時機，考慮未來增加新的頻段。

在 Ofcom 規範下，GSO 地球電臺取得之執照名稱為永久地球電臺（Permanent Earth Station, PES）執照，NGSO 地球電臺之執照則稱為 NGSO 地球電臺（Satellite Non-geostationary Earth Station）執照，簡稱 NGSO 閘道器執照（gateway licence）；用戶終端執照名稱為衛星地面網路（Satellite Earth Station Network）執照，簡稱網路執照

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Network Licence）。閘道器地球電臺與用戶終端（User Terminal）的使用與運作需要取得 Ofcom 的執照許可，而部分用戶終端為免執照。

1. 衛星通訊使用頻率

根據 Ofcom 之英國地球電臺頻率分配文件（UK Frequency Allocation for Satellite Earth Stations）及英國頻率分配表之劃分，固定衛星上鏈(地對空)可用頻率包含 13.75-14.5GHz、14-14.25GHz、14.25-14.5GHz、17.3-17.7GHz、17.7-18.4GHz、27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz、29.4625-29.5GHz 及 29.5-30GHz 等。

表 105 英國固定衛星上鏈可用頻率

頻率範圍	主要應用	執照類型
13.75-14.5GHz	n/a	PES 執照
14-14.25GHz	主要用於低密度服務，包含 VSAT 等	PES 執照、衛星地面網路執照
14.25-14.5GHz	n/a	PES 執照
17.3-17.7GHz	限制 BSS 饋線鏈路使用，但亦可在非協調基礎下提供地球電臺接收端如 VSAT 使用	PES 執照
17.7-18.4GHz		
27.5-27.8185GHz	n/a	PES 執照、衛星地面網路執照
28.4545-28.8265GHz	n/a	PES 執照、衛星地面網路執照
29.4625-29.5GHz	n/a	PES 執照、衛星地面網路執照
29.5-30GHz	主要用於非協調終端	PES 執照、衛星地面網路執照

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

固定衛星下鏈（空對地）可用頻率則包含 10.7-12.75GHz、17.7-20.2GHz 等頻段。其中部分頻段須與地面固定鏈路進行協調使用。

表 106 英國固定衛星下鏈可用頻率

頻率範圍	主要應用	執照類型	備註
10.7-12.75GHz	主要提供 Direct to Home 電視、ISP 回傳及電視播送等 12.5-12.75GHz 提供上	PES 執照	10.7-11.7GHz 需與地面固定鏈路協調

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻率範圍	主要應用	執照類型	備註
	述服務及 VSAT 使用		
17.7-20.2GHz	19.7-20.2GHz 通常與 29.5-30GHz 頻段配對，提供非協調終端使用	PES 執照	17.7-19.7GHz 需與地面固定鏈路協調

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

2. 頻率供應方式

基於衛星地球電臺在傳輸上的特性，包含地球電臺兼具有足夠的地理距離、傳輸範圍較窄且僅針對特定衛星進行傳輸，多個地球電臺可使用相同頻率，因此 Ofcom 針對地球電臺頻率使用，在遵循開放、透明與非歧視性的基本原則下，採用較簡便之流程。在頻譜申請人證明其地球電臺符合各種技術規範下，以先到先得（first-come-first-served）方式授予地球電臺頻譜使用。

(1). NGSO 用戶終端之頻率供應方式

Ofcom 規定針對 NGSO 用戶終端採取低度管制的輕度執照（light licence）方式，但限定 NGSO 網路執照僅可於 14.0-14.25 GHz、27.5-27.8185 GHz、28.4545-28.8265 GHz、29.5-30 GHz 等四個頻段上使用。除須符合使用頻率外，NGSO 網路執照亦須滿足英國介面要求 2077（UK Interface Requiement 2077）中，針對 NGSO 用戶終端所提出最小技術規範（minimun requirement）。此外，依據介面要求 2066（UK Interface Requiement 2066），符合傳輸功率 e.i.r.p≦55dBW，且運作在 27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz 及 29.5-30GHz 頻段上之終端得免申請執照。

表 107 Ofcom 對 NGSO 用戶終端之技術要求

編號		項目	規範內容
強制	1	無線服務	固定衛星服務
	2	應用	衛星地球電臺網路（Satellite Earth Station Network）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

編號		項目	規範內容
	3	頻段	陸地電臺：14.0-14.25 GHz、27.5-27.8185 GHz、28.4545-28.8265 GHz、29.5-30 GHz 航空電臺：14.0-14.25 GHz
	4	通道	n/a
	5	調變／占用頻寬	n/a
	6	方向／分離	n/a
	7	傳輸功率／傳輸密度	單一終端之 e.i.r.p≦55dBW
	8	通道接取及占用規則	n/a
	9	授權制度	輕度執照（Light licence）
	10	附加重要要求	n/a
資訊性	11	頻率規劃假設	n/a
	12	參照	EN 303 979 EN 303 980
	13	備註	註 1：為確保與航空電子系統的兼容性，英國民航管理局要求在機場周邊圍欄內安裝之前，必須獲得英國民航管理局或相關機場當局的許可 註 2：對於使用 e.i.r.p＞55dBW 傳輸之終端，只有當終端位於固定位置時才可單獨核可 註 3：使用 e.i.r.p≦55dBW 傳輸，且運作在 27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz 及 29.5-30GHz 頻段上，可免執照 註 4：對於 NGSO 地球電臺須遵守 ITU 無線電規則第 22 條有關等效功率通量密度之規定
	14	公告編號	2016/226/UK

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

執照費用部分，欲取得 NGSO 網路執照者，須根據英國無線電信法之規範，對於每個須 Ofcom 技術協調的終端，每年繳交 200 英鎊的執照費用。

(2). NGSO 閘道器之頻率供應方式

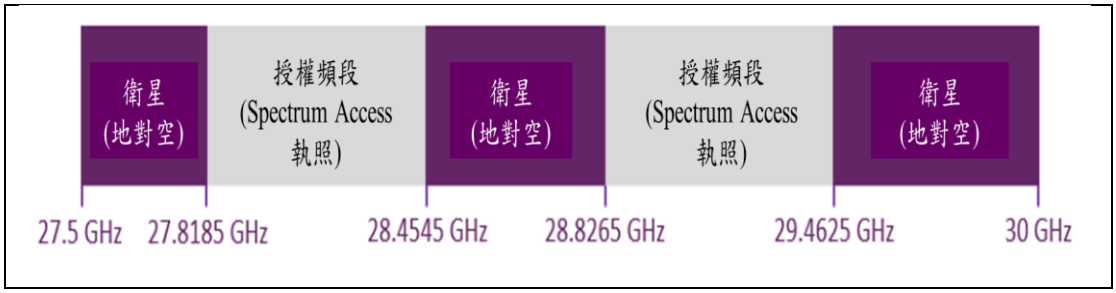
在 ITU 劃分下目前 FSS 閘道器地球電臺使用之頻道，通常包含 Ku-band 與 Ka-band。根據 Ofcom 的資料顯示，目前取得 NGSO 閘道器執照的業者有三家，分別為英國電信業者 Arqiva、衛星地球電臺公司 Goonhilly Earth Station 及 Starlink Internet Services UK 等。其中

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Starlink 之閘道器執照於 2021 年 8 月取得，地球電臺設置於曼島（Isle of Man），使用 Ku-band（12-18GHz）。

NGSO 閘道器主流使用的 Ka-band 中之 28GHz 頻段（27.5-30GHz）而言，根據 Ofcom 之使用劃分，除衛星可用的三個頻段包含 27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz 及 29.5-30GHz 外；早於 2008 年 Ofcom 就將 27.8285-28.4545GHz 與 28.8265-29.4528GHz 兩頻段劃分為四個區塊，區分為 2 張全國性執照及 3 張地區性的頻率接取執照（Spectrum Access Licence）拍賣釋出，該執照之初始期限為 15 年，到期後亦將繼續有效，除非執照持有人放棄或取消。執照費用預計在初始許可期的 15 年過後，導入行政誘因定價（Administered Incentive Pricing, AIP）以機會成本方式來計算頻譜使用費。

Spectrum Access 執照為技術中立，且可交易（包含租用及轉讓），因此衛星地球電臺營運商可與 Spectrum Access 執照取得者透過商業協議方式，使用相關頻段進行傳輸。



資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

圖 23：英國 28GHz 之頻率劃分現況

Spectrum Access 使用者包含 Arqiva、Vodafone、Telefonica UK 及 UK Broadband 等四家業者。其中 Arqiva 擁有的 2*224MHz 最大頻寬之全國性執照及部分區域執照，其餘業者之為 2*112MHz 頻寬的區域性執照。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

地理區域	27.8285-28.0525GHz 28.8365-29.0605GHz	28.0525-28.1645GHz 29.0605-29.1725GHz	護衛頻段	28.1925-28.3045GHz 29.2005-29.3125GHz	護衛頻段	28.3325-28.4445GHz 29.3405-29.4525GHz
	2*224MHz	2*112MHz		2*112MHz		2*112MHz
A	Arqiva	Telefonica UK		Arqiva		UK Broadband
B		Vodafone		Telefonica UK		
C		Telefonica UK		Vodafone		
D		Vodafone		UK Broadband (交易6個地點給Arqiva)		UK Broadband (交易6個地點給Arqiva)
E						
F						
G						
H						
I		Telefonica UK		Vodafone		
J		Vodafone		Vodafone		
K				UK Broadband		
L				Telefonica UK		
M				UK Broadband		
N		Telefonica UK				

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

圖 24：英國 28GHz Spectrum Access 執照現況

根據 Spectrum Access 執照的初始年限，相關執照至少應在 2022 年才會到期，到期後除非執照取得者自行放棄，否則在依照規定繳納執照年費情形下，其執照將持續有效。因此英國在 28GHz 上僅保留約 1.6GHz 左右頻寬提供衛星營運商使用，業者如須在英國落地服務並使用更大頻寬，必須與既有 Spectrum Access 執照取得業者進行協商，以租用或轉讓方式取得頻率使用權。

3. 頻率及執照規範修正

為因應新興 NGSO 低軌衛星通訊服務落地，英國通訊主管機構 Ofcom 認為新興 NGSO 系統因使用由大規模數量的衛星組成的星系，因此在技術上比早期的衛星寬頻通訊系統更為複雜，如天線需要追蹤移動中的低軌衛星，而這與現有的衛星網路多為指向固定單顆衛星不同。這表示 NGSO 衛星營運商在不互相造成有害干擾下營運網路並提供服務變得更加複雜。雖在 ITU 無線電規則下，NGSO 營運商必須互相協調，但在許多情況下這些協議仍未達成。NGSO 網路間之干擾可能會早成網路可靠性及服務品質下滑之風險。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

在此背景下，Ofcom 於 2021 年 7 月提出公開諮詢，針對修正 NGSO 系統相關許可規則，並考慮對干擾風險進行檢查，同時提升相關申請的透明度，加強 Ofocm 對有害干擾管理能力，詢問各界意見。Ofcom 主要提出下列三點提案，包含確認獲得許可的 NGSO 系統可以在不降低消費者服務品質的情況下進行共存；授予執照時加入對該執照是否會對後續市場競爭造成阻礙之檢查；並希望可公布所有 NGSO 執照之申請，供利益相關人提供有關干擾或競爭影響的相關意見及資訊。

同時針對新執照之使用條件，亦提議增加營運商間之技術合作，讓 Ofcom 可管理對服務早成影響的本地干擾情形，以保護英國國內之消費者。此外，針對用戶終端使用 Ka band 進行衛星通訊服務，Ofcom 建議對部分 Ka band 免執照頻段導入衛星地面網路執照制度，避免干擾發生影響服務品質。

(二). 德國

1. 頻率供應方式：針對固定衛星服務核配頻譜使用

根據 2004 年德國《電信法》（TKG）第 55 條規定，根據每頻率使用必須優先進行頻率分配。有關衛星地面站頻率分配方面，根據德國通訊主管機關德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, BNetzA）使用 C 頻段的衛星地面站的頻率分配，先前將 3400–3800 MHz 的 C 頻段分配給固定衛星服務（空對地），並由衛星地面站作為接收衛星訊號之用途。3400–3600 MHz 頻段方面，BNetzA 在頻率計畫中不再將 3400–3600 MHz 頻段指定給固定衛星服務（空對地）使用。有關 3600–3800 MHz 的頻段方面，將提供給受限制的基礎上固定衛星服務僅在引入行動及固定通訊網路（Mobile/Fixed Communication Network, MFCN）的應用。既存的協調接收衛星地面站未來將授予保護。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

既有衛星地面站的運營商可以申請接收 3600–3800 MHz 頻段的協調。申請者必須出具使用該頻段的頻率原因，以及說明為何不能使用較高頻段（例如 3800–4200 MHz）的原因。如果申請者使用原因明確，並且 MFCN 分配持有人未使用頻率，則 BNetzA 將給予協調使用。

有關衛星網路頻率分配方面，基於用戶終端設備的衛星網路的頻率使用主要由衛星營運商控管，有助於提升網路擴建及覆蓋範圍的彈性，然而衛星營運商若面臨頻率使用干擾仍須提供 BNetzA 合格聯繫窗口。此外，有關頻率範圍介於 14.0–14.25 GHz 的 VSAT 衛星網路，須符合 RegTP 官方公報 1/2005（行政命令 2/2005）發布的 VSAT 頻率使用條件，衛星網路頻率分配可視個案情況無須進一步進行分配。衛星地面站若不滿足這些準則仍須個別進行頻率分配。有關德國衛星系統已向 ITU 申請的低軌衛星 ENGSO LEO 空對地使用頻率範圍主要為 10.7-12.7 GHz、17.8-18.6 GHz、18.8-19.4 GHz、19.6-20.2 GHz、37.5-42 GHz。

觀察德國近期對低軌衛星通訊營運商 Starlink 核可之執照內容，德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, BNetzA）於 2020 年 12 月 16 日授予 Starlink 子公司 Starlink Internet Service（愛爾蘭）衛星系統頻率使用權，載明使用頻段與相關規範。公報揭示 Starlink 衛星無線電網路地面站之頻率使用範圍為 14.0-14.5GHz（地對空）、10.95-12.75GHz（空對地）；此外，Starlink 亦已於德國申請 27.5-29.1、29.5-30GHz（Uplink）、17.3-18.6、18.8-19.3GHz（Downlink）等頻段，提供 gateway 使用。

2. 執照發放方式：使用年限為一年，非專用頻段，需共享頻譜

德國通訊主管機關德國聯邦網路局（BNetzA）鑒於低軌衛星通訊

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術與服務仍在發展中，為確保未來頻率資源配置的彈性，核發低軌衛星通訊營運商 Starlink 使用年限為一年之執照，並加入操作區域、功率、無干擾／無保護原則、非專用頻段等條件，要求 Starlink 保護頻帶內既有的業務，並不得將地面站設置於無線電天文台周遭，確保操作不會干擾天文台。

以 Starlink 衛星網路頻率為例，BNetzA 核配之 10.95-12.75GHz 和 14.0-14.5GHz 頻段，BNetzA 亦可核配給其他 NGSO 衛星系統使用，顯示 Starlink 衛星網路之頻率並非專用。Starlink 必須制定適當的業務內部協議，以保證可與多個 NGSO 衛星系統（共享）接取頻譜。

其中，在 11.7-12.5GHz 頻段內，固定通訊業務不得對衛星廣播業務的無線電臺產生妨礙性干擾。固定通訊業務不能要求對這些無線電臺提供保護。此外，11.7-12.5GHz 頻段亦核配給非地面系統之衛星固定業務（空對地），對於提供衛星廣播業務的地面衛星網路，非地面系統之衛星固定業務（空對地）不提供任何保護。

以 Starlink 衛星系統在德國申請衛星寬頻網路服務期限為例，由於 Starlink 衛星系統具有大量低軌道衛星，並需確保無干擾運行：包含確保與相同和相鄰頻率範圍內其他應用共存和無相互干擾的規定，包括固定通信鏈路（Fixed Links）、無線電天文（Radio Astronomy）和地球同步衛星（Geostationary Satellite Services）等應用。

對於 14.0-14.5GHz 和 10.95-12.75GHz 頻率範圍之相關規範，需符合「ECC Report 271」和「無線電規則（Vollzugsordnung für den Funkdienst, VO Funk）」之技術參考、標準、決策和建議。Starlink 衛星網路在其衛星系統的控制下，將陸地的固定地球電臺與軌道衛星相連接（NGSO）。其使用 14.0-14.5GHz 和 10.95-12.75GHz 頻段須符合以下頻段使用規定，不需再另外核配其他單獨的頻率。任何其他頻率

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

使用都需 BNetzA 在 TKG 範圍內進行單獨分配。

(三). 美國

1. 頻率供應方式：針對衛星業務類型核配使用頻段

美國衛星事業之主管機關為美國 FCC 轄下的國際局衛星司（International Bureau Satellite Division），其主要任務是透過促進競爭和創新的電信市場，為美國消費者提供服務。該司之主要目標，包括：授權衛星系統，並促進衛星業務的佈署；建構衛星通訊業者滿足客戶需求的監理最小化和最靈活的制度環境；以及促進有效利用無線電頻譜和軌道資源。此外，在頻譜管理的過程中提供有關商業衛星產業的專業知識，並在國際協調和談判中維護美國衛星無線電通訊的利益。

鑒於美國 NGSO 由 FCC 負責監理，主要遵循《美國聯邦規則(The Code of Federal Regulations 47, CFR 47)》之相關規範。CFR 47 共 5 章、599 編（Part），對 FCC 之組織架構、各種電信業務管理規定，包括建立臺站申請程序、執照、電臺審核要求，電臺執照的資格要求、收費、技術標準與技術操作等皆有詳細規定。

檢視各衛星系統向 FCC 提交的申請資料，皆屬一般衛星通訊，主要適用 CFR 47 第 25 編衛星通訊(Part 25 Satellite Communications ）的相關規範，包括與衛星通訊有關的一般性規定、申請與授權、技術標準、技術操作、附屬事項、DARS 競爭性招標程序、平等的就業機會，以及公眾利益義務等 8 個子編（Subpart）。

2017 年 9 月，FCC 發布針對 NGSO 的衛星固定業務 FSS 衛星系統的規則出具修訂報告「FCC-17-122A1」，修訂 47 CFR 中的相關條款，以屏除衛星管理政策的法規障礙，建立 NGSO FSS 衛星系統的健全發展，提高頻譜使用效率與消費者通訊品質。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FCC 為改善對 NGSO 衛星系統的授權管理與靈活佈署，對於衛星群之授權申請流程、涵蓋範圍、全球涵蓋能力、里程碑（Milestones）管理等條款做適度的精簡和調整，俾利衛星營運商之申請相關事宜。

FCC 對於統一執照制度擴大適用運作於下列頻段之所有類型衛星與通用授權地球電臺，包含行動地球電臺（Earth Stations in Motion, ESIM）運作，同時亦將允許非美國許可之衛星業者（non-U.S.-licensed），可以取得進入美國市場及通用授權地球電臺營運許可（Single Grant），而適用的頻率參酌下表。

表 108 衛星業務類型與使用頻段

衛星業務類型	使用頻段
Non-Voice, Non-Geostationary Mobile-Satellite Service （MSS）	137-138 MHz、148-150.05MHz、399.9-400.05 MHz、400.15-401 MHz
1.5/1.6 GHz MSS	1525-1559 MHz、1626.5-1660.5 MHz
1.6/2.4 GHz MSS	1610-1626.5 MHz、2483.5-2500 MHz
2 GHz MSS	2000-2020 MHz、2180-2200 MHz
GSO FSS	10.7-12.2 GHz、14-14.5 GHz、18.3-18.8 GHz、19.7-20.2 GHz、28.35-28.6 GHz、29.25-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz
NGSO FSS	10.7-12.7 GHz、14-14.5 GHz、17.8-18.6 GHz、18.8-19.4 GHz、19.6-20.2 GHz、28.35-29.1 GHz、29.5-30 GHz、40-42 GHz、48.2-50.2 GHz
GSO and NGSO MSS	19.7-20.2 GHz、29.5-30 GHz

資料來源：47 CFR § 25.124，本研究整理，2021 年 11 月

2. 執照發放方式：由分開許可的雙軌授權改為統一執照制度

(1). 過往採衛星系統與地面站分開許可的雙軌授權制

過去美國 FCC 對於衛星與地面站的執照申請採取雙軌授權制，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

衛星營運商需先申請衛星的通用授權（Blanket License），再申請地面站的個別授權（Individual License）或通用授權，主要目的是確保衛星與地面站可順利運作、無干擾問題，申請流程上要求申請者需提供完整申請文件、證明技術能力，以確保申請者可如期完成規劃。在個別授權下，營運商需與其他營運商進行站點協調（Site Coordination），在通用授權基礎下，允許在特定地理區域內之任何位置布建地面站。

(2). 2020 年 11 月更改為統一執照制度（Unified License）

然而，為了提供申請者更多營運彈性空間，同時減少 FCC 監理負擔，基於過往經驗累積、FCC 之研究與技術能力進步，2020 年 11 月 FCC 發布衛星與地面站許可報告，提出統一執照（Unified License）的簡化架構，此精簡流程的許可精神在於將現有的通用授權制衛星系統（GEO 或 NGSO）許可範圍擴大至衛星地面站，讓衛星營運商不需個別申請衛星與地面站執照，意即營運商按現有程序申請衛星系統就能完成同步完成申請地面站，而地面站的授權將包括頻段授權（已授權給相關太空站的頻段）。

(3). 精簡回報規定

在行政制度上，合併原先需要分別申請的衛星與地面站執照申請作業，並且將營運商擴建地面站與太空的要求與期限維持一致，減少對衛星營運商的衛星申報（Satellite Filing）要求，也去除原有不必要的回報（Reporting）規定，營運商不再需要繳交重複申請文件，可減輕申請人負擔，加快 FCC 對申請處理的速度。

(4). 申請條件與適用規範限制：限定衛星營運商

此種統一執照必須由衛星營運商申請，衛星營運商需規劃整個衛星系統，包括衛星與地面站，遵照 IBFS 申請程序，而適用此簡化流

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

程的頻段方面，FCC 先進行公開諮詢調查業者意見，經多方意見檢視後，基於大部分業者均同意 FCC 所提出之統一執照制度，並期望盡快將該簡化程序制度擴展到所有 GSO 網路及所有授權頻段（FSS、MSS 與其他服務）、NGSO 衛星系統以及非 US 許可之系統。

(5). 衛星地面站執照申請內容：線上 IBFS 系統、收件後公告

FCC 規範業者衛星地面站的執照申請須符合美國聯邦規則（The Code of Federal Regulations 47, CFR 47）CFR47§25.110、115、130、132、133、136、137、139 條款規範，以下說明 FCC 對於衛星地面站授權申請的處理流程。

- FCC 收到文件後對外公告 30 天。
- 若有其它營運商有任何意見，可於 30 天期限內將異議評論郵寄給申請者，同步於 IBFS 系統向 FCC 提供郵寄證明與駁回意見。
- 申請人可於 10 天內透過 IBFS 系統回應異議與反對意見，並可視需求向 FCC 提出延長回應期限，其他營運商可於公告期限屆滿後 5 天再次針對回應提出評論意見。
- 公告期限後，FCC 綜合評估申請者與其他營運商的意見，提出處理結果並公告之，處理結果可分為同意授權（Grant of Authority）、部分同意授權（Grant in Part）、拒絕申請（Denied）、延期處理（Deferred）、部分延期處理（Deferred in Part）。

(6). 申請執照文件準備：FCC 312 申請表

衛星營運商於申請衛星系統許可時，必須連帶完成地面站規劃，依據 CFR47§25.114 規定透過線上 IBFS 系統（International Bureau

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Filing System）繳交相關文件，包括基本申請文件 FCC Form 312、技術申請文件 Schedule B、附錄 159 等。

表 109 FCC 312 申請表

主申請表格 FCC 312	
申請者資訊	公司名稱、公司電話、公司傳真、地址、城市、州別、郵遞區號、聯絡人、聯絡人電話、E-mail 等
申請目的	衛星/地面站、新增/變更/轉讓、申請使用非美國衛星、使用非美國衛星在美國提供服務等
服務類型	• 固定通訊、行動通訊、地面觀測、數位影音 • 是否使用美國衛星系統（地面站申請者專用）、是否為國際營運商（International Common Carrier） • 通訊頻段：C-Band（4/6 GHz）、Ku-Band（12/14 GHz）或其他
站點類型	• 固定地面站（Fixed Earth Station）、臨時地面站（Temporary-Fixed Earth Station）、12/14 GHz 小型衛星地面站（VSAT Network）、行動地面站（Mobile Earth Station） • 只傳送/只接收/雙工
修改目的	天線新增/更換、頻段調整、固定站點重定位、通訊點新增/修改（Points of Communication）等、EIRP 密度增加、環境評估與輻射危害報告等
環境政策	依據歐盟規範，本申請/修正案是否對環境產生重大影響（根據 CFR47§1.1307 定義），若是則依 CFR47§1.1308/1.1311 提供證明
申請者國際所有權（Alien Ownership）	• 申請者是否為外國政府或其代表、是否為外國人、是否為根據外國政府法律下成立之公司、申請人是否超過五分之一股權為外國企業持有、申請人是否直接/間接受其他企業所控制（而該企業超過四分之一股權為外國企業持有） • 若符合上述任一敘述，申請者需提供相關外國人/實體組織身分證明、持有股權比例
基本條件	• 是否曾有吊銷執照不良紀錄、是否曾犯罪被判刑等 • 是否預計使用未取得美國許可的衛星在美國提供服務，如是需按照 CFR47§25.137，另申請市場進入（Market Access）許可*

註：FCC 以 CFR47§25.137 規範要求所有未取得美國許可的衛星太空站（GSO/NGSO），若要連線美國境內衛星地面站、在美國市場提供服務，需先取得許可。

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 2 月

除了主申請表外，須提供技術（Schedule S）、財務與法務文件。財務文件方面，須提供公司股權結構、管理人員組成等資料；法務文件方面，須提供符合相關法律規範與管理政策條款的說明；技術申請

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

文件方面，須提供相關資料如下：

- 地面站的技術參數資料，包括預計使用的衛星、上下行鏈路頻率、與其他地面站或 GSO 等其他系統與業務的共用情形，軌道位置（針對 GSO）、軌道規劃（針對 NGSO）。
- 天線的具體輻射特性，依據 CFR 47 §25.132 規範提供標準配置下的天線輻射方向圖與測試結果；若為新增或變更固定地面站的執照申請，由於涉及一個或多個既有地面站天線結構高度，須提供天線 FCC 註冊號碼、衛星天線波束特性、相位角度。
- UMFUS 業務的頻率協調報告。

(7). 頻段使用不須額外申請，但須與衛星營運商協議

整體而言，地面站的頻段不須額外申請，業者取得地面站執照後即能取得頻段使用許可。若地面站業者即為衛星營運商，則衛星營運商於衛星申報程序中，即依照統一執照制精神同步取得地面站授權，頻譜使用權為衛星申報程序中的一環；若地面站申請人非衛星營運商，為確保地面站所使用的是可用頻段，地面站申請者在申請程序上必須先諮詢衛星營運商，確認地面站所使用的頻段為已獲得美國授權能提供服務的頻段，以供 FCC 審核。

(8). 地面站申請前須先頻率協調

此外，根據 47 CFR§25.203 規範，提出地面站申請前，除了船載地面站（Earth Station on Vessel, ESV）、車載地球站（Vehicle-Mounted Earth Station, VMES）與飛機地面站（Earth Station Aboard Aircraft, ESAA）以外的地面站申請者，需與現有地面服務使用者、以及先前提出地面站申請者共同協調頻率的使用。若地面站提供衛星固定業務

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Fixed-Satellite Service, FSS），則合併於地面站申請程序中處理。

(四). 日本

日本低軌衛星通訊可使用之頻率係依據頻率分配計畫而定，規範透過人工衛星進行傳輸時，必須設置地球電臺，而地球電臺大致可分為 VSAT 地球電臺及其他地球電臺兩大類型。

1. 衛星通訊使用頻率

根據日本無線電法（電波法）之施行細則第 15 條 2-2 規定，VSAT 系統包含以通訊為目的所設置的 VSAT 地球電臺及控制 VSAT 地球電臺之無線設備。其中控制 VSAT 地球電臺之無線設備，根據施行細則第 38 條第 3 項稱為 VSAT 控制地球電臺。VSAT 地球電臺使用頻段與相關技術規範，須遵循無線設備規則第 54 條第 3-1-2 項規定，包含使用 Ku、Ka 頻段、絕對天線增益為 50dB 或 56dB 以下。

表 110 日本 VSAT 地球電臺可用頻率

傳輸類型	頻率範圍	傳輸天線增益規範
發送	14-14.4GHz	絕對天線增益≦50dB
	28.45-29.1GHz	絕對天線增益≦56dB
	29.46-30GHz	絕對天線增益≦56dB
接收	12.2-12.75GHz	絕對天線增益≦50dB
	18.72-19.22GHz	絕對天線增益≦56dB
	19.7-20.2GHz	絕對天線增益≦56dB

資料來源：日本無線設備規則，本研究整理，2021 年 11 月

2. 衛星通訊頻率供應方式

根據日本總務省之規定，申請衛星無線電臺與頻率之使用，除須遵循日本頻率分配表之頻率劃分外，針對人工衛星無線電臺部分，相關執照申請時間須依總務省公告。

而 VSAT 地球電臺部分，根據無線設備規則規範，被認定為特定

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

無線電臺,可使用概括執照制度(包括免許制度),不須為每一個 VSAT 地球電臺申請單一執照，即一張 VSAT 電臺執照內可涵蓋複數個 VSAT 地球電臺無線設備。此外，根據無線電法第 15 條，VSAT 地球電臺亦適用簡易執照手續，可免去臨時執照與設備落成後檢查等程序。總務省將依據 VSAT 地球電臺技術規格及執照申請書所登記之頻率使用範圍是否符合規範等事項進行執照審查。

執照期限可依照申請者需求核發，最高以 5 年為限，同時，根據無線電法第 103 條第 2 項規範，申請無線電臺執照業者須於執照有小期限內，每年須支付無線電頻率使用費。VSAT 地球電臺因適用於無線電法第 27 條第 2 項之特定無線電臺規定，因此每年無線電頻率使用費為 370 日圓，依照其 VSAT 地球電臺數量與設置期間長短，進行年費之計算。

(五). 韓國

1. 衛星通訊使用頻率

韓國衛星相關使用頻率遵循 ITU 頻率分配原則，衛星頻率之使用劃分可根據韓國頻率分配表。根據 2021 年 6 月韓國政府所提出之超小型衛星及 6G 衛星通訊技術開發方案，相關單位依照短、中、長期進行低軌衛星、地球同步軌道衛星及 6G 整合衛星網之衛星相關頻率規劃研究、推動國際頻率申請與協調、相關低軌衛星與行動通訊之和諧共用技術開發與共用機制研究。

短期方面，以韓國目前已有之自主地球同步軌道衛星千里眼 1、2 號為基礎，研製新一代通訊衛星，將以 Ka band（20-30GHz）為目標，以發展搭載國產技術之 B5G 低軌衛星為目標，將於 6G 整合衛星網屬較遠期發展，考量 6G 的隨時隨地都有 Gbps 等級之連線品質情

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

境，同時關注國際標準化進程，規劃以 Q/V band（30-70GHz）為目標，進行相關衛星之設計開發及衛星頻率整備，預計國際頻率申請工作將於 2026 年啟動。

2. 低軌衛星通訊頻率供應方式

韓國衛星通訊頻率之使用一般採用核配制，根據韓國無線電法施行細則第 28 條之規範，設置於特定的固定位置，且進行固定衛星業務之地球電臺稱為一般地球電臺，與行動衛星業務之行動地球電臺，及船舶、飛機所設置之海岸地球電臺、航空器地球電臺等有所區分。

(1). NGSO 一般地球電臺之頻率供應方式

一般地球電臺設置時，須提出申請經審查獲得頻率核配後才可取得執照。根據施行細則第 36 條規定，一般地球電臺之執照期限為 5 年，設置後定期檢驗之週期亦為 5 年。

一般地球電臺需繳交頻率使用費，但根據第 89 條規定，於農漁村地區設置地球電臺提供衛星網路服務之電信業者可以獲得頻率使用費之減免。

(2). NGSO 用戶終端之頻率供應方式

韓國無線電法之規定，一般地球電臺其使用頻率、功率及傳播形式等傳輸受到其他一般地球電臺控制的地球電臺（通常指 VSAT），則可改由申報制方式開設無線電臺。以申報方式申請頻率及開設地球電臺者，須以填寫無線電台開設申報書包含使用範圍、天線功率、申請數量等資訊。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(六). 新加坡

1. 衛星通訊使用頻率

依照新加坡頻率分配表，低軌衛星業者主流使用之固定衛星服務頻段劃分，原則上依循 ITU 之無線電規則，主要可使用之頻率如下所示。

表 111 新加坡固定衛星服務主要頻率分配

地對空(GHz)	空對地(GHz)
12.75-13.25	10.7-11.7
13.75-14	12.2-12.75
14-14.8	17.7-18.4
17.3-17.7	18.4-19.3
17.7-18.4	19.3-19.7
19.3-19.7	19.7-21.2
28.5-29.5	
29.5-30	

資料來源：IMDA，本研究整理，2021 年 11 月

2. 衛星通訊頻率供應方式

在新加坡 IMDA 規範下，低軌衛星通訊頻率原則上以共享基礎，採核配方式提供，欲使用衛星進行通訊需申請衛星通訊站執照（Satellite Communication Station Licence），可申請衛星通訊站執照之電臺類型包含 VSAT、跟踪遙測與指揮（Tracking, Telemetry and Command, TT&C）地球電臺、地球電臺及手持式衛星通訊終端。

申請衛星通訊站執照者，須在 IMDA 核准下才可接取太空端，應遵守衛星營運商對電臺接取、預訂與收取費用等相關規則、規定及程序。同時申請人只能在 IMDA 核准供其使用的無線電頻率內使用，未經 IMDA 書面核准，不得對公眾提供電信服務。申請者須依使用之頻段繳納申請與程序費，同時每年須依照使用之頻寬繳納頻率管理費。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 112 NGSO 頻率管理費

無線通訊服務	頻率範圍	占用頻寬	按頻率之支付費用（新幣）
Satellite (NonGeoStationary Orbit)	適用所有頻段	X ≤ 25 kHz	300
		25 kHz < X ≤ 500 kHz	400
		500 kHz < X ≤ 10 MHz	1,500
		10 MHz < X ≤ 20 MHz	2,800
		X > 20 MHz	4,700

資料來源：IMDA，本研究整理，2021 年 11 月

IMDA 規定，若要運行 VSAT 除衛星通訊站執照外，還須申請 VSAT 執照，執照之使用年限為 3 年，可每 3 年更新一次，每台 VSAT 每年須支付 100 新幣之執照費用。根據 IMDA 定義 VSAT 可用於以下目的，包含供公司內部通信、關聯公司之間的溝通，及已建立業務關係的公司之間；或者用於向第三方提供電信服務的 VSAT 網路與鏈結。而對第三方提供 VSAT 網路者，還須申請服務營運商（Services-Based Operator, SBO）執照。

(七). 澳洲

澳洲為確保不同通訊技術接取頻譜資源的公平性為主要考量，導入 AWL 執照制度，透過使用範圍、功率限制等條件設計，使低軌衛星與其他通訊系統間可和諧共用頻率資源。

1. 頻率供應方式：透過核配方式管理頻譜資源

由於頻譜為稀缺資源，澳洲通訊與媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）透過執照管理可避免干擾、保持公平使用頻譜，確保頻譜可用於公共服務。欲申請使用傳輸到澳洲各地的衛星網路前，需先申請執照，以確保符合國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU），並與其他衛星進行協

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

調，以避免與其他衛星系統干擾。

根據《1992 年無線電通信法》規定，頻譜執照取得方式為拍賣、招標、或透過指配預定價格或協議價格（第 60 條）。頻譜執照多數由拍賣機制取得，以提供商用業務。頻譜執照持有人可在授權的地理區域和指定的頻段內運作無線電通信設備，這些設備須符合 ACMA 規範該頻段之許可條件和技術參數（第 66 條）。

頻譜執照的效期最長為 15 年（第 65 條），但執照並不會自動延長效期。ACMA 會在執照到期前 2 年，通知業者是否延長。執照持有者有權在執照效期內交易全部或部分的頻譜執照，並在買賣雙方通知 ACMA 交易事宜，並在頻譜執照登記註冊後，交易才生效。

ACMA 過去在管理低軌衛星等衛星服務之作法為頻率與電臺執照同時申請方式，採取先到先得（first-come-first-serve）原則，由業者提出相關頻率使用需求後，由 ACMA 分配並核發執照。

2. 執照發放方式：單一申請同步協調和具彈性的區域範圍執照

(1). 申請地面站／太空站執照時同步協調頻率使用

與所有無線電通信服務一樣，衛星地面站和太空站的頻率指配和許可，必需要符合各項澳洲政府的監管規範，包《1992 年無線電通信法》、《澳洲無線電頻譜計劃》（頻譜分配）和《無線電頻譜規劃》（立法和行政）。

然而就像其它無線電通訊一樣，衛星通訊系統也必須要申請執照才可以在澳洲營運。通常來說，在澳洲申請衛星通訊系統的執照，共有兩種方式。

第一個方式是要求申請者必須針對其每一個地面站設備，個別取

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

得設備執照（apparatus licences），包含上鏈使用的地面站執照（earth licence）或是區域範圍執照（Area-wide licence, AWL），以及下鏈使用的地面站接收執照（earth receive licence）。在此種申請方式下，衛星上的太空站就不需要申請執照，將同步進行地面站/太空站的頻率協調使用。

第二種申請方式將會涉及設備和類別執照（class licence）的組合，在某些特別劃定的頻段，將會要求申請者具備太空物體類別執照（Space Object Class Licence），申請者必須針對衛星上太空站的下鏈申請太空站執照（space licence），並針對上鏈申請太空站接收執照（space receive licence），然後，網路中的地面站將可依據太空物體類別執照自動獲得集體授權。這種方法通常用在具有數量眾多且無處不在的地球站之衛星系統。

然而，衛星系統不管採用哪種執照申請方式，重要關鍵是該衛星系統通常必須由 ACMA 或是其它 ITU 會員國的國家主管部門，向國際電信聯盟（ITU）進行頻率申請的送件歸檔。

如果申請者希望根據第 2 種方式，為其衛星系統申請許可執照，該申請者（公司）必須先納入《2014 年無線電通信（澳大利亞空間物體）決議》或 《2014 年無線電通信（外國空間物體）決議》中。

至於針對固定地面站的操作，固定地面站的許可執照可用於授權上行鏈路（地對空）的操作，地面接收許可執照可用於授權下行鏈路頻率（空對地），在一個或多個固定地面站上。而這些地面站許可執照的多用於支持下列服務：

- 單個地球站和衛星之間，進行的一般通信
- 持續性的遙測、跟蹤和控制（telemetry, tracking and control,

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

TT&C），為特定衛星上的太空站提供永久的連接控制

- 一次性要求為特定太空任務提供發射、軌道轉換和在軌測試使用

- 持續性的要求為任何數量的太空任務提供發射發射、軌道轉換和在軌測試使用

(2). 區域範圍執照（Area-wide licence, AWL）

為回應不同通訊技術對頻譜資源使用的需求，2020 年底 ACMA 在 26GHz、28GHz 頻段中導入區域範圍執照（Area-wide licence, AWL）之新執照制度。AWL 依照使用範圍、應用服務等，將頻率劃分不同區塊提供業者申請使用。在 26GHz 頻段，已提供行動通訊服務使用為主。

● AWL 執照原則

AWL 執照指定頻率範圍和地理區域（許可區域），為服務和技術提供一個較為靈活且彈性的頻譜使用。跟據《2020 年無線電通信許可條件（區域性許可）決定》（Radiocommunications Licence Conditions (Area-Wide Licence) Determination 2020, AWL LCD），AWL 執照適用於 26/28GHz 頻段。

此外，與《2015 年無線電通信（解釋）決定》（Radiocommunications (Interpretation) Determination 2015）一致，AWL 執照可應用於，營運由一個或多個區域範圍站（無線電發射站）組成的區域範圍服務，也可能由一個或多個區域範圍訊號接收站。

其中在 26/28 GHz 頻段中 AWL 執照主要包含了衛星無線寬頻服務和固定衛星服務（Fixed satellite service, FSS），至於其他服務，只要設備符合執照規範的許可條件即可進行部屬。AWL 執照需要在執

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

照發布前進行設備協調。同時若在執照適用的形況下，必須要在將適用的設備納入無線電通信許可證登記（Register of Radiocommunications Licences, RRL）之前，應該要先進行任必要的設備協調過程。

一般來說，如果新的 AWL 執照，在頻率和區域上與現有的 AWL 執照發生重疊，ACMA 將不會發放新的 AWL 執照。例外情況是，當新的 AWL 執照或現有的 AWL 執照，將執照限制為僅可以操作發射地面站，並要求在限定的頻率和區域中，對未來持有 AWL 執照的接受器提供保護。設備不得在 26/28 GHz 頻段內運行，除非它符合 AWL LCD 中，針對設備個別許可的條件。且在 AWL 執照下，操作訊號發射之前，訊號發設備的詳細信息必須記錄在 RRL 中。

● **AWL 執照發放方式**

AWL 執照授權無線電通信設備在許可證指定的頻率範圍和地理區域內運行。其中 AWL 執照僅在 24.7-30 GHz 頻段中運行，並僅在 ACMA 定義的禁止運作區域之外的地理區域發布。

針對 26/28GHz 頻段中，AWL 區域範圍執照在頻譜分配和協調要求上，都包含在無線電分配和許可說明（Radiocommunications assignment and licensing instructions, RALIs）中，其中規範 AWL 執照必須要先完成設備協調。且 AWL 執照持有者需要滿足業務操作流程中（Business operating procedure, BOP）的要求，並在將適用設備納入無線電通信許可證登記冊（Register of Radiocommunications Licences, RRL）之前進行必要的設備協調。

以 28GHz 而言，27.5-28.1GHz 頻段，為區域限定執照，允許 FSS（FSS 為低軌衛星服務之一）與行動通訊之固定無線接取（Fixed wireless access, FWA）和諧使用；28.1-30GHz 為澳洲全區執照，其中

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

28.1-29.5GHz 頻段 FSS 與 FWA 仍可共用，但 FSS 擁有頻率優先使用權；29.5-30GHz 則僅限 FSS 使用。

其中在開放 AWL 執照的 26/28 GHz 頻帶中，在 24.7-29.5GHz 頻率範圍內總共提供了 96x50MHz 的頻道。其中在 24.7-25.1GHz 頻段，採用降序排列的方式，由頻率大到小的方式，來指定執照頻道，然而在 25.1-27.5GHz 頻段，卻是採用升序排列的方式，由頻率小到大的順序，來指定執照頻道，至於針對 27.5-30GHz 頻段，將依據是否只應用在 FSS 服務來決定，若該 AWL 執照只應用於 FSS 服務，則採用降序的方式指定頻道，若該 AWL 執照不只應在 FSS 服務，則採用升序的方式來指定頻道。

表 113 AWL 執照的頻道分配方向

頻率範圍(GHz)	**頻道分配方向**
24.7-25.1	降序分配(由頻率大到小分配頻道)
25.1-27.5	升序分配(由頻率小到大分配頻道)
27.5-30 (其中 29.5-30GHz 只可以作為地面站使用)	不是只有 FFS 服務的情況：升序分配
	只有 FSS 服務的情況：降序分配

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 10 月

對欲在澳洲使用 28GHz 提供低軌衛星服務的業者而言，須向 ACMA 取得 AWL 頻率使用執照，並另外申請核發電臺執照。以 Starlink 為例，在 2021 年 1 月由澳洲子公司 Starlink Australia 取得 27.5-30GHz 的 AWL 頻率使用執照，使用年限為 5 年。在衛星地面站之設置條件上，必須與無線電天文台保持一定距離，不得對天文台造成干擾。

- **AWL 執照和諧共存協調機制**

在澳洲政府開放的 AWL 執照的 26/28GHz 頻段中，可能會有和

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

諧共存問題的包含下列服務：

- 在 26/28GHz 頻段內的其他 AWL 服務，包括管理來自 AWL 許可的 FSS 中地面站的干擾
- 擁有 26GHz 頻譜執照中，運行在 25.1-27.5GHz 中的裝置
- 運行在 25.5-27GHz 中的太空研究服務（Space research service, SSR）
- 運行在 23.6-24GHz 中的地球探測衛星服務（Earth exploration satellite services, EESS）
- 運行在 24.7-29.5w 太空接收站
- 運行在 27.5-29.5GHz 間，FSS 服務地面站的上鏈
- 運行在 27.5-28.5GHz 間，傳統的點對點通訊服務
- 運行在 24.25-29.5 間的類別許可設備

ACMA 要求包含在 RRL 中所有擁有 AWL 執照的訊號發射，必須滿足規定的功率通量密度（Power Flux-density, EPFD）限制。這些 PFD 限制旨在為那些沒有包含在 RRL 中的用戶設備提供足夠的保護，而不會對可以部署基站的位置，設置過於繁瑣的限制。

其中針對 FSS 地面站造成的干擾管理，因為設備執照中明確載明了地面站的位置，因此潛在的干擾只會發生在距離地面站不遠處，此外，其它的 AWL 執照持有者，必須有責任確保其設備，不會對現有註冊的地面站造成有害的干擾。因此，擁有 AWL 執照的接收器，在跟擁有設備執照或是 AWL 執照的 FSS 地面站發生干擾時，將不會受到保護。例如一個地面站已經獲得設備執照，並將其設備訊息登記在 RRL 上，後來擁有 AWL 執照的訊號接受器也登記在 RRL 上，但

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

不可以對地面站造成干擾。但如果該地面站最初使用固定地面站執照的方式取得授權，但在之後改用 AWL 執照授權方式，則該地面站第一次獲得授權頻段的許可日期將可繼續適用。

而新的 AWL 執照將會要求與舊有 AWL 執照中，並已經登記在 RRL 的使用者進行協調。針對行動通訊的固定無線接取服務（Fixed Wireless Access, FWA），ACMA 規範不可以對現存既有的或是未來的 FSS 服務造成干擾。

三、 小結

(一). 主要國家低軌衛星頻率供應方式

目前國際主要低軌衛星營運商以申請固定衛星通訊服務為主，同時各國主管單位在管理衛星服務落地時，主要對相關衛星地球電臺進行頻率核發，因此本章節之研究主要著重於各主要國家於固定衛星通訊頻率供應模式。

綜整各主要國家固定衛星頻率之供應方式，在頻率規劃方面，ITU 頻率分配表及無線電規則仍為各國於頻率劃分時重要之基礎，衛星頻率之位置、範圍與使用優先權等，除部分國家於部分頻段，依照其國內政策考量而進行微調外，原則上仍依照 ITU 在各區域之頻率劃分。

在頻率釋出方面，多數國家對於衛星通訊之頻率使用以共享為原則，須與其他低軌衛星、地球軌道衛星或其他無線通訊服務共同使用頻率；釋出方式目前多數國家仍採用核配制，欲使用低軌衛星通訊服務者須在申請地球電臺時同步提出所需使用之頻段與頻寬。頻率執照年限上則呈現較大差異，最短為英、德的 1 年期，最長為美國的 15 年，其他國家則在 3-5 年間。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 114 主要國家低軌衛星相關頻率供應方式比較

國家	頻率釋出	主要地球電臺執照類型	頻率類型	執照年限	備註
英國	核配	NGSO 閘道器執照（gateway licence）、網路執照（Network Licence）	商用	1 年	Network Licence 可一次申請多的裝置使用
德國	核配	地球電臺執照	商用	1 年	-
美國	核配	Unified License（衛星與地球電臺執照）	商用	15 年	-
日本	核配	一般地球電臺執照、VSAT 地球電臺執照	商用	5 年	VSAT 地球電臺執照採簡化程序
韓國	核配	一般地球電臺執照	商用	5 年	VSAT 可採申報制
新加坡	核配	衛星通訊站執照、VSAT 執照	商用	3 年	-
澳洲	核配	地球電臺執照、Area-wide licence	商用	5 年	AWL 執照與地球電臺執照分開申請

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

(二). 我國低軌衛星頻率供應方式建議

參考主要國家對於低軌衛星頻率之供應作法，建議我國在供應低軌衛星頻率時，仍應遵循 ITU 相關頻率劃分與基礎規範原則。就頻率規劃優先順序及釋出期程部分，以目前國際低軌衛星業者主流使用頻段為基礎，同時參考 6 月 4 日低軌衛星頻率研習小組會議中國內專家之綜合意見，建議可先將 Ku/Ka band 頻段作為初期低軌衛星頻率釋出標的；日後依照國內需求與服務開展動向，並配合 ITU 等國際組織將於 2023 年進一步對 MSS 新頻率劃分、ESIM 地面站之頻率使用決議，於未來 2-3 年再陸續將行動衛星通訊使用之中低頻段，及次期低軌衛星業者預期使用之 Q/V band、E band 等更高頻段納入頻率釋出

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

考量。

在頻率釋出方式上，建議與多數國家相同採取核配做法，在申請地球電臺時同步提出所需使用之頻率與頻寬，並遵守相關無線電設備規範。同時，考量未來服務普及情形，可參考如英國、美國、日本、韓國等國家之作法，針對 VSAT 用戶終端採取概括式申請機制或簡化相關程序，以節省申請時間。

在執照使用年限上，目前各國作法不一，美國因與衛星電臺同步，因此執照期限最長為 15 年，英國、德國則較短，以核發 1 年執照為原則，考量目前低軌衛星通訊相關技術與服務仍在發展中，為保持頻率使用效率與滾動式調整之彈性，建議執照期限不宜過長，可參考英、德、日、韓、新、澳等歐亞地區主要標竿國家之作法，以 1-5 年為限。

與既有使用者共用模式方面，綜合主要國家頻率供應作法比較，可知低軌衛星於頻率使用上並非專用，除依照不同頻段位置須與行動通訊、固定服務或地球同步軌道衛星共用外，低軌衛星業者間亦須協調共用頻段，建議我國對於與既有使用者共用部分，參考主要國家作法，以非專用之方式提供低軌衛星頻率使用，並以 ITU 無線電規則為基準，原則上低軌衛星之頻率使用優先地位低於地球同步軌道衛星，不可對其產生有害干擾；其他若具同等頻率使用權地位之行動通訊、固定服務等，在共用上可採取之措施包含設定發射功率等技術參數限制、地理區隔等，而因根據不同頻段與通訊系統，ITU 原則、各國主管單位作法各有不同，詳細分析及建議可參考第五章之內容與結論。

此外，今年度研究因以國際低軌衛星通訊營運商目前在各國申請實例為基礎，先進行固定衛星服務相關頻率供應作法之研究，但未來低軌衛星營運商亦朝向行動衛星服務、移動式地球電臺、衛星物聯網等領域布局，建議後續除持續觀察主要國家在固定衛星服務頻率供應

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

做法之更新與發展外，亦須關注研究行動衛星服務、移動式地球電臺等頻率供應作法。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第四章：子題 1.4，B5G 低軌衛星相關測試所需創新實驗頻譜

一、 主要低軌衛星營運商新一代星系頻率使用規劃

以 Starlink 為首的新興地軌衛星服務營運商，已於 2020 年陸續邁入商用，其衛星星系之布建進度亦逐步加速，在中低頻無線電頻率多被行動通訊、無線通訊等服務使用下，同時，高通量通訊衛星需求之發展，低軌衛星業者規劃逐步朝向更高頻之系統研發與佈局。

以目前包含 Starlink、Oneweb 等營運商所使用的頻率而言，多落於 Ku-band 與 Ka-band 頻段，尤其在用戶端裝置部分，在發射功率、能耗、體積大小等限制下，仍多以 10-14GHz 為低軌衛星寬頻服務終端所採用之頻段。未來在技術持續演進下，低軌衛星營運商已展開 Q/V band、E band 等更高頻段研究與測試，預計作為下一階段或下一代低軌衛星通訊系統所主要使用之頻段。

(GHz)-	Starlink 1st Generation	Starlink 2nd Generation	Oneweb Phase 1	Oneweb Phase 2	Telesat LEO	Kuiper
商用時間	已於全球11國提供Beta service，8月將完成全球覆蓋	2020年5月向FCC提出申請，尚未核准	已覆蓋北緯50度以上包含北歐、英國加拿大等地區，預計11月商用	預計於2025年發射	2023年完成測試，2024年商用	2026年以前須完成50%星系布建完成578衛星布建後啟動商用
Ku-Band	10.7-12.7 (DL)	10.7-12.75 (DL)	10.7-12.7 (DL)	10.7-12.7 (DL)	-	-
	-	12.75-13.25 (UL)	-	12.75-13.25 (UL)*	-	-
	13.85-14.5 (UL)	13.85-14.5 (UL)	14.0-14.5 (UL)	14.0-14.5 (UL)	-	-
K-Band	17.8-18.6 (DL)	17.8-18.6 (DL)	17.8-18.6 (DL)	17.8-18.6 (DL)	17.8-18.8 (DL)	17.7-18.6 (DL)
	18.8-19.3 (DL)	18.8-19.3 (DL)	18.8-19.3 (DL)	18.8-19.3 (DL)	18.8-19.3 (DL)	18.8-19.3 (DL)
	-	-	-	19.3- 19.7 (DL)*	-	19.3- 19.7 (DL)
	-	19.7-20.2 (DL)	-	19.7-20.2 (DL)*	19.7-20.2 (DL)	19.7-20.2 (DL)
Ka-Band	27.5-29.1 (UL)	27.5-29.1 (UL)	27.5-29.1 (UL)	27.5-29.1 (UL)	27.5-29.1 (UL)	27.5-29.1 (UL)
	-		-	29.1-29.5 (UL)*		29.1-29.5 (UL)
	29.5-30.0 (UL)	29.5-30.0 (UL)	29.5-30.0 (UL)	29.5-30.0 (UL)	29.5-30.0 (UL)	29.5-30.0 (UL)
V-Band	37.5-42.0 (DL)		37.5-42.0 (DL)		37.5-42.0 (DL)	-
	47.2-50.2 (UL)		47.2-50.2 (UL)		47.2-50.2 (UL)	-
	50.4-51.4 (UL)		-		50.4-51.4(UL)	-
E-band	-	71.0-76.0(DL)	-		-	-
	下階段衛星使用頻段	81.0-86.0(UL)	下階段衛星使用頻段		下階段衛星使用頻段	-

資料來源：各業者，本研究整理，2021 年 11 月

圖 25：主要低軌衛星業者現行與未來規劃使用頻段

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

二、 主要低軌衛星營運商創新實驗頻譜申請和規劃

(一). SpaceX 向 FCC 申請實驗頻譜試驗為其移動終端進行測試

1. SpaceX 在 2021 年 9-10 月，申請臨時實驗頻譜為其移動地面終端進行海上測試

(1). 時程和測試內容：SpaceX 申請 2 個月的測試時間，為 2 個位於海上的移動終端進行測試

SpaceX 向美國 FCC 申請特別臨時授權（Special Temporary Authority, STA），將在 2021 年 9 月 1 日至 2021 年 10 月 31 日期間，於美國北大西洋領海的船舶上試驗操作 2 個移動地面 Starlink 用戶終端。該實驗將使 SpaceX 能夠評估和提高其系統為航行中的海上船隻提供服務的能力。這個實驗旨在測試和演示 SpaceX 天線，在新的地理位置和海上的表現。

(2). 實驗頻段：10.7-12.7GHz（空對地）、14.0-14.5GHz（地對空）

FCC 在這之前已經授予相關實驗頻譜權限，在佛羅里達州卡納維拉爾角海上，SpaceX 進行發射作業的附近，進行類似的海上測試。因此，本次的測試 SpaceX 將分析海上用戶終端的數據傳輸性能和安裝選項。同時為了完成與其衛星的鏈接，SpaceX 將使用 FCC 授權的網關地球站與 Starlink 系統進行通信。其中在測試期間，地球站與衛星的通信，其天線角度將始終限制在 25 度的最小水平仰角。

表 115 SpaceX 為其海上終端申請實驗頻譜連接

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

連接類型	頻率	調變	最大 EIRP
寬頻下鏈（空對地）	10.7-12.7GHz	最高到 64QAM	N/A
寬頻上鏈（地對空）	14.0-14.5GHz	最高到 64QAM	38.2dBW

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

2. SpaceX 在 2021 年 11 月 29 日，申請臨時實驗頻譜為其機載終端進行試驗

(1). 時程和測試內容：6 個月的測試時間，為 1 個位於飛機上的移動終端進行測試

SpaceX 向 STA 申請時臨時的實驗頻譜，並在佛羅里達州，針對其移動用戶終端，進行試驗性地操作。此次授權將會受到持續時間的限制，持續時間長達 6 個月，從 2021 年 11 月 29 日開始，或 STA 授權給要求的實驗頻譜當天開始起算。

與先前授權的測試一樣，這次 SpaceX 要求的測試，主要是為了證明向其在飛機上的終端，傳輸信息和接收信息的能力。然而，這些實驗頻譜的申請和終端的試驗，將不會改變 SpaceX 衛星其運作，它仍然必須依照當初的授權繼續運行。此外，本次實驗頻譜的申請和終端的試驗操作，將不會對其它授權頻譜的用戶產生有害的影響，包含 GSO 衛星系統。

在此次試驗當中，SpaceX 將會測試其終端天線功能，並分析用戶終端的資料傳輸功能。為了和衛星進行連接，SpaceX 將會使用 FCC 授權 starlink 系統使用的閘道地球站。同時，FCC 要求 SpaceX 在其測試期間，其終端天線的水平仰角不得超過 25 度。

(2). 實驗頻段：10.7-12.7GHz（空對地）、14.0-14.5GHz（地對

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

空）

此次試驗將會和 SpaceX 衛星的授權一致，該地面站將使用 14.0-14.5GHz 頻段發射，並透過 10.7-12.7 GHz 頻段接收。這些頻段可供和 NGSO FSS 系統通信的移動地面站使用。FCC 已將 SpaceX 提議用於地面站的 Ku 頻段上行鏈路頻段（14.0-14.5GHz）僅分配給 FSS 服務，然後在 10.7-12.7GHz 的下行鏈路頻段，其中的某些部份將會和其它的商業與政府服務共享。但是，由於此次 SpaceX 移動終端試驗將不會在 10.7-12.7GHz 頻段內進行傳輸，因此也不會對該頻段內的其他營運商造成有害的干擾。SpaceX 亦對其衛星系統進行了設計，以實現高度的靈活性，進一步促進與其它授權衛星和地面系統進行頻譜的共享。

委員會已將 SpaceX 提議用於該地球站的 Ku 頻段上行鏈路頻段（14.0-14.5 GHz）僅分配給 FSS . 10.7-12.7 GHz 下行鏈路頻段的某些部分與其他商業和政府服務共享。 但是，由於該地球站不會在 10.7-12.7 GHz 內進行傳輸，因此不會對該頻段內的其他運營商造成任何干擾。 SpaceX 對其衛星系統進行了設計，以實現高度的靈活性，以促進與其他授權衛星和地面系統的頻譜共享。

(二). Kuiper 向 FCC 申請原型衛星測試

1. 時程和測試內容

在 2021 年 11 月 1 日，Amazon 向 FCC 遞交一份實驗頻譜的許可申請，以用來發射、部屬和運行 Kuiper 計畫中的 2 顆原型衛星，KuiperSat-1 和 KuiperSat-2，其衛星軌道高度為 590km，並使用 Ka 頻段進行數據傳輸的試驗。

Amazon 將會在德州的麥卡洛克（McCulloch），營運其閘道地面

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

站，並在其地面站位置或附近試驗其客戶終端天線。也只有當 kuiper 的衛星，在閘道地面站點高於最小操作仰角時，它才會發射客戶終端和網關波束。一般而言，Kuiper 的衛星出現在視野當中，進行訊號傳輸的次數，每天將會少於 5 次，而每次與閘道地面站接觸的最長持續時間為 6 分鐘。而在客戶終端鏈路上，最長接觸持續時間將為 4 分鐘。總結來說，kuiper 預測其每顆衛星，每天發送或接收閘道地面站和客戶終端鏈接的時間將不到 20 分鐘。相關的測試內容如下表。

表 116　Kuiper 衛星試驗流程

項次	測試項目	時間(秒)
1	衛星通過地面站上空並被識別	
2	當衛星高於地平線 5 度時，地面站接收來自衛星的 Ka 波段遙測數據，並與衛星建立 Ka 波段指揮鏈路	T0
3	當衛星上升到地平線 20 度以上時，衛星和閘道地面站，分別開始發送閘道的下行鏈路和上行鏈路	T+145
4	當衛星上升到地平線 35 度以上時，衛星和客戶終端開始傳輸，閘道地面站天線、衛星和客戶終端天線之間形成端到端鏈路	T+220
5	衛星寬頻測試是在衛星水平仰角高於 35 度以上時進行	
6	當衛星低於 35 度的最低水平仰角時，禁用客戶終端鏈接	T+440
7	當衛星低於 20 度的最低水平仰角時，閘道地面站鏈接將被禁用	T+510
8	當衛星低於 5 度最低水平仰角時，TT&C 地面站將停止傳輸和接收。	T+655

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

2. 實驗頻段：10.7-12.7GHz（空對地）、14.0-14.5GHz（地對空）

如附錄所示，Kuiper 系統在試驗期間的系統操作將會保護現有的營運商和服務，避免有害干擾的發生。Amazon 將在符合 FCC 規則第 5.84 節規定的非干擾基礎上，根據實驗頻段的許可證展開相關試驗，Amazon 將遵守所有現有的干擾限制，包括適用於 17.8-18.6GHz、19.3-19.4GHz 和 19.6-20.1GHz（空對地頻段）以及 27.5-27.6GHz、28.6-29.1GHz 和 29.5-30.0GHz（地對空頻段）的相關衛星操作標準。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此外，在開始營運之前，亞馬遜將與類似的衛星營運商進行溝通，以確保 Kuiper 的測試不會干擾已授權頻譜的服務。而因為 Kuiper 的衛星只會在很短的時間內通過相對應的地面站，根據衛星的軌跡和地面天線的位置，最多可連接 6 分鐘。因此對於其它業務造成干擾的可能性有限，萬一造成干擾，Amazon 將會立即採取相關措施，以解決有害干擾。相關的措施，包括但不限於停止傳輸所有頻率干擾的操作並和所有相關方協調以降低未來干擾的風險。

表 117　Kuiper 衛星空對地頻率

空對地頻率使用			
操作應用	頻率範圍（GHz）	調變	最大 EIRP 限制（dBW）
用戶鏈路 (User Links)	17.8-18.6 GHz	OFDM	35.8
閘道器鏈路 (Gateway Links)	19.6-20.1	SC-OFDM	36.0
衛星控制鏈路 (TT&C Link)	19.3-19.4	SC-OFDM	10.0

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

表 118　Kuiper 衛星地對空頻率

地對空頻率使用			
操作應用	頻率範圍（GHz）	調變	最大 EIRP 限制（dBW）
用戶鏈路 (User Links)	28.6-29.1 GHz	SC-OFDM	46.0
閘道器鏈路 (Gateway Links)	29.5-30.0	SC-OFDM	62.3
衛星控制鏈路 (TT&C Link)	27.5-27.6	SC-OFDM	65.4

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). FCC 部分授權同意波音公司的 V 頻段低軌衛星星系

1. 時程和測試內容：

根據美國 FCC 在 2021 年 11 月 3 日發布的文件顯示，FCC 將部分授權同意美國波音公司的申請,包含波音將建造和布建其 NGSO 星座，並預計透過 V 和 Ka 頻段進行數據傳輸以提供 FSS 服務。

首先波音公司在 2017 年就已經向 FCC 申請其 NGSO 的 FSS 系統，或是稱為 V 頻段星座。波音的 V 頻段星座將包含 132 顆 LEO，其軌道高度為 1,056 公里，15 顆高傾斜角衛星，高度約在 27,355 和 44,211 公里之間。V 頻段星座將可以提供寬頻網路和通訊服務，給位於美國、波多黎各和維京群島上的政府、企業和消費者。

2. 實驗頻段規劃：

其中波音向 FCC 申請授權，規劃其 V 頻段星座將會運行在 37.5-42.0GHz（空對地），47.2-50.2GHz、50.4-51.4GHz（地對空）頻段中。同時波音公司也向 FCC 申請其衛星間通訊（Inter-Satellite Links, ISLs）運行在同樣的 V 頻段（37.5-42.0GHz、47.2-50.2GHz 和 50.4-51.4GHz）中，以及包含 17.8-19.3GHz、19.7-20.2GHz 和 27.5-29.1GHz、29.5-30.0GHz 等 Ka 頻段，其中針對波音的衛星間通訊，將會包含低軌道衛星間（V 頻段）、高傾角 NGSO（V 頻段）、波音 V 頻段星座外的 GSO（Ka 或 V 頻段）或是其它星座的 NGSO（Ka 或 V 頻段）。

(1). FCC 拒絕波音公司申請在 Ka 和 V 頻段使用 ISLs

在 FCC 審視了相關文件後，決議部份同意波音公司的申請，將會符合社會大眾的利益。首先針對 ISLs 的部分，FCC 決議拒絕波音使用包含 Ka 和 V 頻段來進行 ISLs，主要因為目前在 ITU 規範上，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

並未針對 ISLs 的頻率進行指配和規範，因此 FCC 將駁回波音公司在 Ka 和 V 頻段進行 ISLs 的申請。

(2). FCC 同意授權波音公司使用 37.5-40.0GHz（空對地）

首先針對 37.5-40.0GHz 頻段，目前主要分配給固定和移動業務。該頻段也以主要方式分配給 FSS（空對地），但操作僅限於和擁有單獨許可的地球站進行通信，這些地球站不可以隨意設置，不得用於為個人消費者提供服務。此外，FSS 中的地球站操作不得要求固定和移動業務的干擾保護。FCC 將授權波音 V 頻段星座在該頻段進行空對地操作，並且符合以上的要求。

(3). FCC 同意授權波音公司使用 40-42GHz（空對地）

FCC 保留了 40-42GHz 頻段供 FSS 使用。因此波音公司提議使用 40-42GHz 頻段符合 FCC 的在頻率分配上的規畫。因此，FCC 將同意波音公司在該頻段進行 FSS 空對地操作的請求。然而，具體而言，FCC 仍要求波音的 V 頻段星座在 40-42GHz 頻段的傳輸必須符合 FCC 在規則第 25 部分中，針對 PFD 的限制。

(4). FCC 同意授權波音公司使用 47.2-50.2GHz（地對空）

V 頻段的 47.2-48.2GHz 部分，目前在美國頻率分配表中，劃分給 FSS、固定服務和移動服務，而 48.2-50.2GHz 部分，同樣分配給 FSS、固定服務和移動服務。FCC 決定針對 V 頻段的 47.2-48.2GHz 部分，限制操作在擁有單獨許可執照的電臺，同時該頻段也將被授權應用在 UMFUS 操作，同時衛星終端設備不得透過任何機制運作在該頻段。此外，在 47.2-48.2GHz 頻段內的 FSS 地球站操作，不得對固定和移動服務造成干擾，除了根據 FCC 規則第 25.136 節單獨授權許可的地球站。FCC 表示 48.2-50.2GHz 頻段中部分將保留給 FSS 使用，包括

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用於部署衛星用戶終端。

(5). FCC 同意授權波音公司使用 50.4-51.4GHz（地對空）

在 V 頻段首次報告和命令中，FCC 指定 50.4-51.4GHz 頻段供固定和移動服務使用，在 FCC 通過規定，在 50.4-51.4GHz 頻段內，單個 FSS 地球站的許可標準，必須和 FCC 在 24.75-25.25GHz 頻段的許可標準一致。針對每個地球站的功率通量密度（PFD）等值線範圍內的區域，設定允許的總人口上限。同時在每個縣和每個經濟區的基礎上，對允許的地球站數量進行限制。因此，依照上述標準，FCC 將授權波音公司的 V 頻段星座，在 50.4-51.4 GHz 頻段運行地對空傳輸，但必須遵守 FCC 規則第 25.136 條規定的限制。

三、 主要國家之低軌衛星相關實驗頻率

(一). KDDI 與 Starlink 於日本進行服務連線測試

日本為 Starlink 於亞洲地區重點布局市場之一，為實驗日本國內低軌衛星通訊之連結，日本總務省於 2021 年 7 月核准日本第二大電信業者 KDDI 與 SpaceX 的實證測試，預計測試完成後，低軌衛星服務將於 2022 年於日本商用。

KDDI 將使用 14GHz 與 28GHz，於日本山口縣山口市，與 Starlink 之低軌衛星進行連線實證測試。根據 KDDI 指出，未來 Starlink 之低軌衛星網路將作為行動通訊網路的延伸，於行動通訊網路難以到達的山區、離島等地區提供語音及通訊服務。

(二). 新加坡展覽、測試與示範目的之暫時頻率許可

IMDA 提出數個頻段作為暫時或偶爾使用之頻段，這些頻段使用之目的通常是為展覽、示範或設備測試等目的所需。申請人必須至

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

IMDA 線上申請網站，申請暫時頻率使用，除下列頻段外，其他頻段也可透過逐案審查（case by case）方式申請頻率之暫時使用。

表 119 IMDA 暫時使用頻率

頻率	備註
25.273 kHz	≤16 kHz bandwidth
71.575 MHz	≤16 kHz bandwidth
83.875/ 87.875 MHz	≤16 kHz bandwidth
137.175/ 141.775 MHz	≤16 kHz bandwidth
161.450 MHz	≤16 kHz bandwidth
433.05-434.79 MHz	SRD Band
866-869 MHz	SRD Band
920-925 MHz	SRD Band
1525-1559 MHz	Satellite Receive Band
1880-1900 MHz	DECT Band
2400-2483.5 MHz	SRD Band
3700-4200 MHz	Satellite Receive Band
5150-5350 MHz	SRD Band
5725-5850 MHz	SRD Band
10.7-11.7 GHz	Satellite Receive Band
12.2-12.75 GHz	Satellite Receive Band

資料來源：IMDA，本研究整理，2021 年 11 月

針對頻率之使用，申請者必須提出下列說明事項。

- 頻率範圍、所需頻率、必要頻寬、發射特性、天線增益、頻寬及有效輻射功率
- 當所申請頻率／頻率範圍不可用時，替代頻率或頻率範圍
- 對於 VSAT 或地球電臺於新加坡站的位置，及接取衛星系統的文件證明（包含衛星的名稱和位置）
- 所有衛星新聞採集必須先獲得新加坡通訊及新聞部（MCI）媒體司的批准
- 示範地點及時間

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 發生無線電干擾時，相關聯繫人姓名及電話號碼

獲得暫時頻率使用者，需在共享、無保護的原則下使用頻率，且不得對其他 IMDA 正式授權之無線電通訊服務造成干擾。相關頻率使用僅限申請人指定之地點及核准的時間內進行傳輸，其他使用條件可視具體情形增補。

頻率暫時使用之執照期限通常為數小時至數天不等，最長不超過 90 天，但若是有執照的電信經銷商（Telecommunication Dealers）其使用期限最長可達 12 個月。

四、 小結

(一). 國際低軌衛星營運商創新實驗頻段

觀察主要低軌衛星營運商使用之頻段，目前在對用戶終端傳輸部分，多使用 Ku band，而在對閘道器衛星鏈路部份則主要使用 Ka band。根據 Starlink、Oneweb 及 Telesat 等低軌衛星營運商之星系規劃，下一階段星系使用之頻段將朝向 Q/V band 發展，包含 37.5-42GHz、47.2-50.2GHz、50.4-51.4GHz 等數個頻段，是三家業者皆已向美國 FCC 申請之頻率。遠期而言，新一代低軌衛星通訊系統雖然在發展初期，但規畫將採用 71-76GHz、81-86GHz 等 E band 頻段。

綜整近期低軌衛星營運商之測試、實驗，可歸納目前各國主管單位允許低軌衛星業者使用已經核配之衛星通訊如 Ku、Ka band 商用頻段，作為新型態終端產品及服務連線測試；而新進業者則採用 Q/V band 為星系使用之頻率。此外，如新加坡則劃定數個可供申請暫時頻率執照之頻段，讓業者進行測試、驗證與示範等。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 我國低軌衛星創新實驗頻段建議

參考主要國家目前核准之低軌衛星通訊相關實驗之申請案例，建議我國亦可允許業者在不對其他頻段內之無線通訊服務產生有害干擾之情形下，使用已釋出之商用頻段，提供業者進行低軌衛星相關實證測試。同時，為滿足實證測試需求之時效性，亦可參考新加坡之作法，劃分出低軌衛星創新實驗頻段供相關業者進行測試。

創新實驗頻段部分，以目前國際低軌衛星業者星系布建之進度而言，目前仍以 Ku band、Ka band 之使用為主流，但 Q/V band 已經成為下一階段業者星系布局之重點頻段，因此考量國際趨勢與協助我國相關產學研界發展低軌衛星產品服務，同時整合今年度低軌衛星研習小組專家座談會之意見，建議將 Q/V band 等高頻納入衛星通訊創新實驗頻段。

此外，針對衛星物聯網所主要使用之行動衛星服務（Mobile Satellite Service, MSS）頻率部分，因多為 1-3GHz 之中低頻段（S bans、L band），於國內使用情形為行動寬頻服務使用之主流頻段，提供國內大量消費者／企業用戶行動通訊服務，若供應作為 MSS 用途，相關和諧共用與干擾評估較為複雜。綜合 10 月 8 日舉辦之 B5G 低軌衛星新興應用與頻率規劃專家座談會結論，應多方評估干擾問題後再行評估是否開放，因此擬於後續年度針對 MSS 頻率進行更完整之研析。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第五章：子題 1.5，B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式

一、 ITU 無線電規則與相關決議

(一). 低軌衛星與廣播衛星間之和諧共用

衛星廣播電視（Direct Broadcast Satellite, DBS），係指電視節目訊號透過衛星地面站以上行鏈路（up-link）傳送至衛星，後借助衛星轉頻器放大訊號後以下行鏈路（down-link）向終端用戶發送電視節目訊號，以供終端用戶收視。

衛星廣播電視之市場規模，於網際網路的發展與普及，致使網路影音、OTT 平台等線上串流媒體服務蓬勃發展下，改變消費者的收視收聽習慣，使得傳統衛星廣播電視服務逐漸式微，例如在美國，據美國研究機構 IBISWorld 調查顯示，2015 至 2020 年美國衛星廣播電視市場規模平均每年下降 2.4%。

根據 ITU 決議，廣播衛星業務（Broadcasting-satellite service, BSS）具優先使用權地位，固定衛星業務（Fixed-Satellite service, FSS）不得對其產生有害干擾。而第 769 號決議，保護對地靜止衛星固定業務、衛星廣播業務和衛星移動業務免受 37.5-39.5GHz、39.5-42.5GHz、47.2-50.2GHz 和 50.4-51.4GHz 頻段中多個非對地靜止軌道衛星固定業務系統產生的集總干擾。

(二). 低軌衛星與地球軌道同步衛星間之和諧共用

1. GSO 原則優先

在「國際無線電規則」中第 22 條第 2 節中，規範在沒有特別說

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

明或備註的情形下，NGSO 系統必須保護 GSO 系統，不可對 GSO 系統造成干擾，確保 GSO 系統的優先地位。

2. 四種標準衛星干擾調適機制

根據（ITU）的「國際無線電規則」，針對衛星間的通訊干擾，主要將透過四種方法來解決，第一個是頻率分配（Article 5），乃是依照不同應用來進行使用頻率的分配；第二是規範保護（Article 5 & 22），透過訂定特別規範來保護特定應用；第三個方法是限制功率（Article 5.21 & 22），針對衛星發射的功率進行限制，降低干擾的風險；第四個則是頻率協調（Article 9），建立干擾協調機制，來確保干擾發生時有可協調管道及機制可以遵循。

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 10 月

圖 26　ITU 的 4 種標準衛星干擾調適機制

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 低軌衛星系統間之和諧共用

1. ITU《無線電規則》第 9.12 款規範 NGSO 系統間的協調

根據 ITU RR 第 9.12 款規範，低軌衛星系統其協調要求包含在頻率分配表的腳註中，其中低軌衛星系統間的協調的觸發調條件，僅為同方向訊號傳輸時，發生干擾或是頻率衝突時，就會起動協調程序，相反傳輸方向的訊號干擾除外。

其中針對低軌衛星系統的 FSS 業務，使用的頻段、和其它低軌衛星系統協調的規範，和是否適用 Article 22 的 EPFD 限制整理如下表。

表 120　ITU 針對 NGSO 衛星系統間的干擾協調規範

FSS 服務頻段		NGSO 系統間協調的 ITU 規範	是否適用 Article22 EPFD 限制
地對空	空對地		
6700-7075MHz		9.12	適用（6700-6725MHz）
	10.7-12.95GHz	9.12	適用
	11.2-11.45GHz	9.12	適用
	11.7-12.75GHz	9.12	適用
12.75-13.25GHz		9.12	適用
13.75-14.0GHz		9.12	適用
	17.8-18.6GHz	9.12	適用
	18.8-19.3GHz	9.12	
	19.3-19.7GHz	9.12	
	19.7-20.2GHz	9.12	適用
27.5-28.6GHz		9.12	適用
28.6-29.1GHz		9.12	
29.5-30.0GHz		9.12	適用
V 頻段 FSS	V 頻段 FSS	9.12	適用(單一/整合)

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 10 月

2. 判斷低軌衛星系統間干擾的標準尚待 ITU 進一步研究和調查

ITU 表示，針對低軌衛星系統間的干擾，目前因為缺乏適當的標準或是計算方法，來驗證干擾的增加。ITU 將進行研究和調查，並將

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

過程公布，以確保相關規範制定的透明度。目前朝向透過基於統計或是動態的干擾評估，來進行 NGSO 系統間的干擾驗證。例如透過干擾累積分布函式的形式，來表示干擾和背景噪音的比例。

(四). 衛星通信與行動通訊和諧共用議題

1. ITU《無線電規則》中針對地面通訊與衛星通訊協調進行規範

首先在 IRU 其《無線電規則》第二節中第 9 條在中，規定地面通訊和其它業務在頻率共享時必須要與其它主管部門進行協調的程序，相關規範說明如下：

- 第 9.16 款：對於第 9.11A 款的頻率分配表腳註中，包含在備註中的協調要求，以及位於 NGSO 地球站協調區內的地面業務發射站。

- 第 9.18 款：對於任何一個分配大於 100MHz 的地面業務發射站，在需要協調的地面站區域中，和其它的太空和地面業務，擁有相同的權利，並根據第 9.16 和 9.19 款進行協調。

- 第 9.19 款：對於任何地面服務的發射站，若其共享的頻率和衛星廣播為共同主要劃分，則針對這些地面站，則和衛星廣播地面站在頻率共享上擁有同等的基礎。

- 第 9.21 款：對於需要徵求其他主管部門同意的要求，包含在參考第 9.21 款頻率分配表的腳註中的任何業務電台（目前在共享頻段中，根據第 9.21 款進行協調，僅適用於腳註 5.410 和 5.447 中提到的地面服務）。

為實現第 9 條第 9.16、9.18 和 9.19 款規定的地面發射電台的協調，除第 9.21 款規定的情況外，必須確定要參與協調的主管部門。包

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

含頻率指配，並考慮與地面電臺處於同一頻段的業務，該業務可能會受到干擾影響，並使用《無線電規則》附錄 5 中的表格進行確認。

表 121　ITU 針對地面和衛星系統干擾協調方式

ITU RR 款項	案例說明	尋求協調的服務和頻段	觸發協調的臨界值	計算方式	備註
第 9.16 款 地面／NGSO	一個地面業務的訊號發射站與 NGSO 網路的地面站發 頻率干擾（9.11A 的註腳）	在第 9.11A 款註腳中提到的頻段	地面業務的發射站位於接收地球站的協調區內		受影響的地球站協調區將使用附錄 7 的方法進行確認
第 9.18 款 地面／GSO、NGSO	任何9.17裡面提到的地面業務訊號發射站在地面站的協調區域內（9.16 和 9.19）	任何分配給太空業務提到的頻段	地面業務的發射站位於接收地球站的協調區內	見備註欄	受影響地球站的協調區透過第 9.17 款的計算方法確定
第 9.19 款 地面、GSO、NGSO ／ GSO、NGSO	地面業務的任何發射站或 FSS（地對空）中與 BSS 為共同主要劃分，則在同等基礎上共享頻段	在第 9.11 款提到的頻段，以及 2250-2670MHz 和 11.7-12.7GHz	1.重疊頻率的寬度 2.BSS 服務區邊緣的站點，其干擾的 pfd 超過允許值	使用分配的頻率和帶寬進行檢查	另見第 6 條的附錄 30
第 9.21 款 地面、GSO、NGSO ／ 地面 、 GSO 、 NGSO	針對要獲得其它主管部門同意的地面站，其相關條件將會被標註 9.21 頻率分配表的註腳當中	頻率分配表中提到的頻段	透過附錄 7、8、30 和 30A 中的技術條件，以及註腳中規定的 PFD 值，或是 ITU RR 中其他的建議書和技術規範	附錄 7、8、30 和 30A 中的技術條件和規範	

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 10 月

2. ITU 在 Article21 中新增 NGSO 太空站其 PFD 限制保護地面通訊

ITU 針對太空站發射產生的功率通量密度(PFD)，不得超過其規範的數值。相關的頻段、服務以及規範的 PFD 如下表所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 122　ITU 避免對地面通訊造成干擾規範 NGSO 的 PFD 限制

頻段	服務	PFD 限制 dB（W/m²）在不同的水平夾角 δ			參考頻寬
		0°-5°	5°-25°	25°-90°	
10.7-11.7 GHz	Fixed-satellite (space-to-Earth) (non-geostationarysatellite orbit)	−126	−126 + 0.5(δ − 5)	−116	1 MHz
37.5-40 GHz	Fixed-satellite (non-geostationarysatellite orbit) Mobile-satellite (non-geostationarysatellite orbit)	−120	−120+ 0.75(δ − 5)	−105	1 MHz
40.5-42 GHz	Fixed-satellite (non-geostationarysatellite orbit) Broadcasting-satellite (non-geostationarysatellite orbit)	−115	−115 + 0.5(δ − 5)	−105	1 MHz
42-42.5 GHz	Fixed-satellite (non-geostationarysatellite orbit) Broadcasting-satellite (non-geostationarysatellite orbit)	−120	−120 + 0.75(δ − 5)	−105	1 MHz

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 10 月

(五). 移動式地面站（ESIM）頻譜規劃與監管現況

早從 2003 年的 WRC-03 開始即通過了有關航空移動衛星服務（Aeronautical Mobile Satellite Service, AMSS）系統和船載地面站（Earth Stations on-board Vessels, ESV）的技術、營運和法規規定，以允許這些系統在 C 和 Ku 頻段的固定衛星服務（FSS）頻段下運行；自 2003 年以來，許多網絡已根據這些規定成功運行。運行於 Ka 頻段

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

中的 GSO 衛星 NGSO 系統的 ESIM 即與那些移動地面站狀況類似，例如在 C 和 Ku 頻段中運行的 ESV，以及在 Ku 頻段中運行的飛機地面站（Aircraft Earth Station, AES）。

並且在 2013 年基於 Ku 頻段運行的成功經驗，ECC Decision（13）01 通過 17.3-30.0 GHz 頻率範圍內運行所需的技術和法規條件，允許在 GSO 衛星網絡內跨國自由流通議題和使用 ESIM 的條件。接著在 2015 年 7 月 WRC-15 開始前， ECC Decision（15）04 在決議 17.3-30.0 GHz 頻段內使用 NGSO 衛星網絡使用陸地和海上 ESIM 的技術、法規與其跨國自由流通和使用。同年，WRC-15 確定全球新名詞 ESIM，並集中於 19.7-20.2 GHz 和 29.5-30.0 GHz 頻段的開放應用與規範。

而在 2014 年 Ofcom 就針對 ESIM 在 Ka 頻段探討 11 項議題包括：允許使用 ESIM 的原則、衛星類型（GSO 或 NGSO）、保護其他衛星、EIRP 限制和機場許可、使用其他頻段、許可或免執照、誰應該獲得許可、官方依賴和海外領土、非英國註冊的飛機和輪船、協調和頻段細分、備用用戶、健康和安全、合規與執法。

而近年各國至 ITU 舉辦的 WRC-19 陸續聚焦討論，可發現就類似上述 Ofcom 早先討論的使用原則、功率限制、海外領土及非本國機船等議題。主要著重在統一監管與干擾協調議題方面，並分為可使用頻段、移動干擾監管（功率限制）、跨國議題三大類作探討。

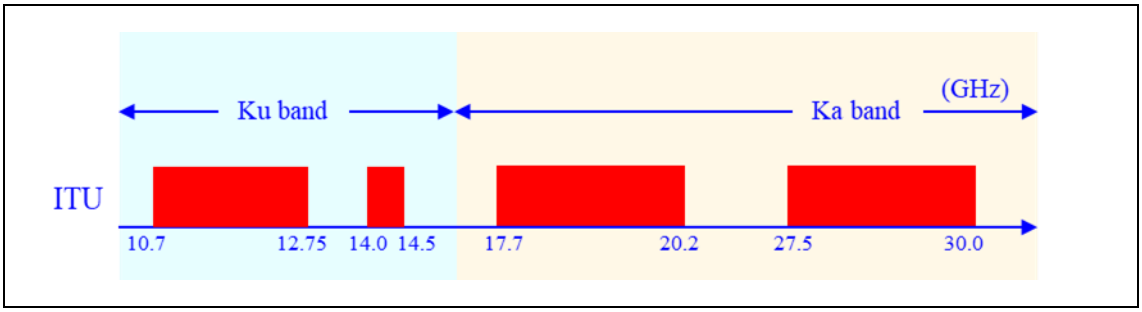
而在 WRC23 議題中，預備的通信大會準備會議（Conference Preparation Meeting, CPM）報告草案已擬定完成，其中在議題 1.16 中針對 ESIM 的無線電系統服務，將根據第 173 號決議 WRC19 酌情研究和制定技術、操作和規則措施以推動 NGSO 的 FSS 地球電臺使用 17.7-18.6GHz、18.8-19.3GHz、和 19.7-20.2GHz（空對地）、27.5-29.1GHz 和 29.5-30GHz（地對空）等頻段同時確保對上述頻段內現有業務提供

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

應有的保護。待完成研究後 CPM 報告的研究結論與建議將作為 WRC 議題的討論基礎與決議的參考。

1. ITU 針對 ESIM 劃分目前主要可使用頻段

隨著 ESIM 的應用與需求成長、技術發展，ITU 從早期的 Ku 頻段到 WRC-19 討論 Ka 頻段，率先為 ESIM 劃分全球共通的頻段、制訂相關使用原則。目前劃分可使用頻段分別在 Ku 頻段的 10.7-12.75GHz、14.0-14.5GHz，以及 Ka 頻段的 17.7-20.2、27.5-30.0GHz。



資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 10 月

圖 27 ITU 對 ESIM 的頻譜劃分

2. ITU 在 ESIM 與 GSO 通訊，劃分全球共用的頻段

ITU 負責全球頻譜的使用劃分，對於 ESIM 的頻譜需求，以全球統一（3 區都使用相同頻段）的方式規劃頻譜，讓 ESIM 移動到不同區域時，所產生或受到干擾的影響最小。ITU 在 WRC03 先對於船載地球站（ESV）劃分使用的頻段（Ku 頻段），並在 WRC15、19 決議劃分 FSS 的部分頻段（Ka 頻段），供 ESIM 與 GSO 太空衛星站通訊使用。

3. ESIM 在五項應用服務項目會有衝突以及相對應的解決方式

ITU 在頻譜劃分時，一定都會討論到與固定業務（FS）的衝突，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

其次遇到衝突的應用如移動業務（Mobile Service, MS）、廣播衛星業務(BSS)NGSO 使用的衛星固定業務(FSS)及衛星移動業務(MSS)。

面對上訴衝突 ITU 主要採用三種解決方法：

- 首先，是對頻段內不同應用設定優先權順序，要求 ESIM 在新劃分的頻段中不可對原有應用產生不可接受的干擾，且無法要求原有應用對 ESIM 提供保護。
- 其次，是設定等效全向輻射功率（Equivalent Isotropically Radiated Power, e.i.r.p.）、功率通量密度（PFD）等電波特性進行規範。
- 最後，則是針對船載或機載 ESIM 設定最小使用距離及最低飛行高度等使用空間進行規範。

表 123　ITU 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式

	頻段 GHz	文件	衝突議題	解決方式
Ku	10.7-12.75	WRC-03 第 902 號決議	FS	設定不同優先權順序
	14.0-14.5	WRC-03 第 902 號決議	FS、MS	對船載 ESIM 訂定最小使用距離及 e.i.r.p.
Ka	17.7-19.7	WRC-19 第 169 號決議	FS、MS、BSS 17.8-18.6GHz 內 NGSO 的 FSS 系統	設定不同優先權順序
	19.7-20.2	WRC-15 第 156 號決議	ITU5.524 款所列部分國家有劃分 FS	設定不同優先權順序
	27.5-29.5	WRC-19 第 169 號決議	FS、MS、 27.5-28.6GHz 內 NGSO 的 FSS 系統 29.1-29.5GHz 內 NGSO 的 MSS 系統	訂定 e.i.r.p.規範 對船載 ESIM 訂定最小使用距離及 e.i.r.p. 對機載 ESIM 訂定最低使用高度及 PFD
	29.5~30.0	WRC-15 第 156 號決議	ITU5.542 款所列部分國家有劃分 FS	訂定 e.i.r.p.規範 設定不同優先權順序

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 2 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(六). 衛星物聯網頻譜規劃與調適

一般網路建置及服務範圍，主要在陸地人口稠密地區。目前地面物聯網服務在陸地的覆蓋率僅 20%，而在海洋覆蓋率更不到 5%。例如美國的農村地區的農場約有 25%缺乏通訊網路，而在澳洲更是有超過 75%的農地沒有網路覆蓋。

然而，偏遠地區及海上也存在通訊需求，如農業、海上物流、環境監測等，但是在通訊基站和線路鋪設不易且成本高，難以實現「萬物聯網」目標，而衛星物聯網則成為發展的突破口，針對這些缺乏地面通訊網路覆蓋的物聯網設備，衛星物聯網可以透過直連衛星的方式，進行資料和數據的傳輸，或者可以利用衛星作為物聯網的回傳網路，將地面積站所蒐集到的資訊，透過衛星進行回傳，使衛星物聯網成為衛星通訊產業重點關注及布局之新市場。

1. 國際衛星物聯網服務市場現況

由於建置成本低與通訊功耗低特性，可滿足大量感測器於偏遠地區建置，非常適合廣域感測網路的發展，如基礎設施監控、智慧農業應用或監控環境、食安、水資源等，多為新進的衛星業者主要服務項目（Direct to Satellite），其地面設備以能與衛星直接通訊的數據傳輸模組為主，相關衛星物聯網營運商動態如下：

(1). Orbcomm：和 Inmarsat 合作開發下一代全球物聯網服務

衛星物聯網服務商 Orbcomm 利用 37 顆低軌衛星，在全球 130 個國家提供服務，目前全球付費的用戶數量約為 234 萬，Orbcomm 主利用 VHF 頻段進行數據傳輸，傳輸速度在 6.4-10Kbps 間，Orbcomm 其主要客戶包含美國第三大的卡車貨運公司 JB Hunt、食品雜貨批發商、加拿大鐵路公司和運輸管理公司等。這些貨物運輸業者主要利用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

orbcomm 的衛星物聯網服務，監控其貨運車隊，包含貨物的冷鏈管理，在貨櫃發生溫度突然變化時可以發出警報，或是監控貨車的油耗和引擎運作，並在油耗或引擎運作發生異常時，提前發送警報，提醒人員進行相關維護，延長貨車的使用壽命降低維護成本。Orbcomm 與 Inmarsat 合作開發下一代的全球物聯網服務，將會使用 Inmarsat 的 L 頻段衛星提供物聯網服務，預計將在 2022 年開始提供，預估終端僅需要單顆的三號電池，而傳輸速度將會比現在快 40 倍。

(2). Iridium：與無人機公司合作，協助海上平台蒐集維護所需數據

Iridium 利用 66 顆低軌衛星，除了通訊服務外，亦提供相關的衛星物聯網服務，在 2020 年其商業物聯網服務訂閱量為 96 萬。Iridium 主要利用 L 頻段進行 Service Link 的數據傳輸，但在 Feeder Link 的部分，則是使用 K 和 Ka 頻段。Iridium 的客戶主要使用 iridium 的衛星物聯網服進行資產的遠程監控和管理，例如重型機具製造商將衛星通訊模組放在設備上，並透過衛星將資訊回傳，讓人員可透過管理平台即時監控設備的各項數據。或是和無人機業者合作，幫助海上平台蒐集各項維護所需數據並同時監控碳排放的偵測。

(3). Globalstar：計畫推出新產品滿足物聯網服務需求

Globalstar 透過 48 顆低軌衛星，在全球提供衛星物聯網服務，其商業物聯網的平均用戶數為 41 萬。Globalstar 使用 L 和 S 頻段作為 Service Link，C 頻段為 Feedr Link，其中傳輸速度最高為 256kbps。Globalstar 其客戶包含石油公司，利用其資產追蹤的解決方案，來管理石油公司在地面和海上的資產。另外還有包含美國軍隊和聯邦緊急事務管理署等政府機構，也是使用 Globalstar 提供的單向通訊物聯網服務，做為緊急時期的通訊功能。而 Global 針對物聯網服務，在未來將會推出新的終端通訊模組，以滿足未來物聯網客戶的需求。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(4). Inmarsat：2022 年推出衛星物聯網服務 ELERA

Inmarsat 主要利用 L 頻段為 Service Link ，S 和 C 頻段為 Feeder Link ，在全球提供衛星物聯網服務。Inmarsat 預計將在 2022 年提供升級版的 L 頻段衛星物聯網服務 ELERA，Inmarsat 結合 GEO、LEO 與 5G 建構 ORCHESTRA 網路，而 ELERA 的衛星物聯網服務將會是 ORCHESTRA 網路的一部份。ELERA 服務透過兩顆新的 L 頻段衛星及頻譜管理技術，將傳輸速度到提高到 1.7Mbps，主要將鎖定包含鐵路、物流、礦業、海事與航空等應用領域。

(5). Skylo：獲得 softbank 投資，於印度推出衛星物聯網服務

美國新創公司 Skylo 目標提供衛星窄頻物聯網服務(Narrow-band IoT, NB-IoT)，2020 年 1 月已獲得 1.03 億美元的 B 輪融資，主要投資者包含 Softbank、Boeing Horizon X 等。

Skylo 主要透過 Inmarsat 的高軌衛星，使用 L 頻段提供物聯網服務，傳輸速率為 20kbps。Skylo 在 2020 年開始提供服務，資費為每月 1 美元，初期鎖定運輸、船舶、能源、機械、農業等領域。而 sklylo 的主要投資者 Softbank，更規劃透過結合 HAPS mobile、OneWeb 和 Skylo 來建構其 NTN 服務。

(6). SWARM：透過立方衛星建構衛星物聯網服務被 SpaceX 併購

新創公司 SWARM 計畫利用 150 顆三明治大小的立方衛星，在全球範圍提供衛星物聯網服務，SWARM 使用 VHF 頻段進行數據傳輸，傳輸速度為 1kbps，在今年 2 月開始商轉，資費為每月 5 美元。用戶只要透過 199 或 499 美元的衛星訊號接收套件，即可為偏遠地區的農業提供低成本的物聯網連接方案。

SWARM 在 2021 年 8 月宣布被 SpaceX 併購，除 SWARM 本身

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

在衛星和通訊上的經驗和專利外，還有其衛星和地面站的許可執照，都有可能是 SpaceX 決定買下 SWARM 的原因。

2. 衛星物聯網技術與頻率規劃議題

由於衛星物聯網可以支援偏遠地區的資料傳輸需求和服務，特別是因應 5G 時代來臨，可以促進關鍵垂直領域的 5G 應用發展，奠基於 WRC-19 和 3GPP Rel. 17 在衛星通訊的相關研究討論，目前衛星已經能為物聯網提供 5G 回程服務。CEPT 和 ITU 也發布相關報告，如 ECC Report 280、WP4B Report M. 2469，討論衛星在 5G 服務扮演的角色。

相較於過去衛星服務的研發時間長且成本高達數億美元，今日的衛星物聯網能夠以每年每台設備 2 美元的價格提供服務，可預見衛星物聯網的頻段需求將日益增加。衛星物聯網營運商目前多使用 1-3GHz 頻段提供服務，觀察國際相關頻段使用現況，由於 1-3GHz 較毫米波頻段傳播能力佳，亦較 Sub-GHz 可提供更大頻寬，因此為行動通訊系統如 GSM、LTE 及 5G 等使用之熱門頻段。同時 1-3GHz 也為存在如國防、警消、衛星電話、Wi-Fi 等應用服務，因此可預見未來頻譜將變得更加擁擠，導致潛在干擾風險增加。諸如頻譜分配的優先權、既有服務的保護等議題，將成為各國的監管機關在考慮推動衛星物聯網服務發展時須面臨的挑戰。

(1). 國際衛星物聯網業者主流使用 VHF 及 L band 為 Service Link

國際衛星物聯網服務業者，主要應用在包含貨物運輸、設備和資產的遠程監控以及農業等領域，對於頻寬及傳輸速度要求相對較低。而在頻率使用上，Service link 使用包含 VHF 頻段，主要業者為 Orbcomm 及新創業者 SWARM；Iridium、Globalstar 及 Inmarsat 則使

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用 L band 為主。Feeder Link 部分，多數業者如 Globalstar、Inmarsat 和 Skylo 使用 C-band，但預期國際將 C-band 轉移作為行動通訊頻段之態勢下，將有更多業者將頻段移至更高頻的 Ka band，

表 124　國際衛星物聯網業者主流頻段

業者	應用領域	傳輸速率	Service link		Feeder link	
			band	頻率	band	頻率
Orbcomm	貨物運輸	6.4-10kbps	VHF	DL：137.5MHz UL：148.95MHz	VHF	DL：137.2MHz UL：149.4MHz
Iridium	資產遠程監控和管理	9.6-64kbps	L	1616 – 1626.5 MHz	K、Ka	DL：19.1-19.6 GHz UL：29.1-29.3 GHz
Globalstar	資產追蹤和緊急應變	~256kbps	L、S	DL：2483.5-2500MHz UL：1610-1618.725MHz	C	DL：6675-7055MHz UL：5091-5250MHz
Inmarsat	海事、航空	~1.7Mbps	L	DL：1525-1559MHz UL：1626.5-1660.5 MHz	C	DL：3550-3700 MHz UL：6424-6575 MHz
Skylo	資產追蹤、農業	20kbps	L	1626.5-1660.5MHz	C	DL：3550-3700 MHz UL：6424-6575 MHz
SWARM	運輸貨運、農業	1kbps	VHF	DL：137-138 MHz UL：148-149.95 MHz	—	—

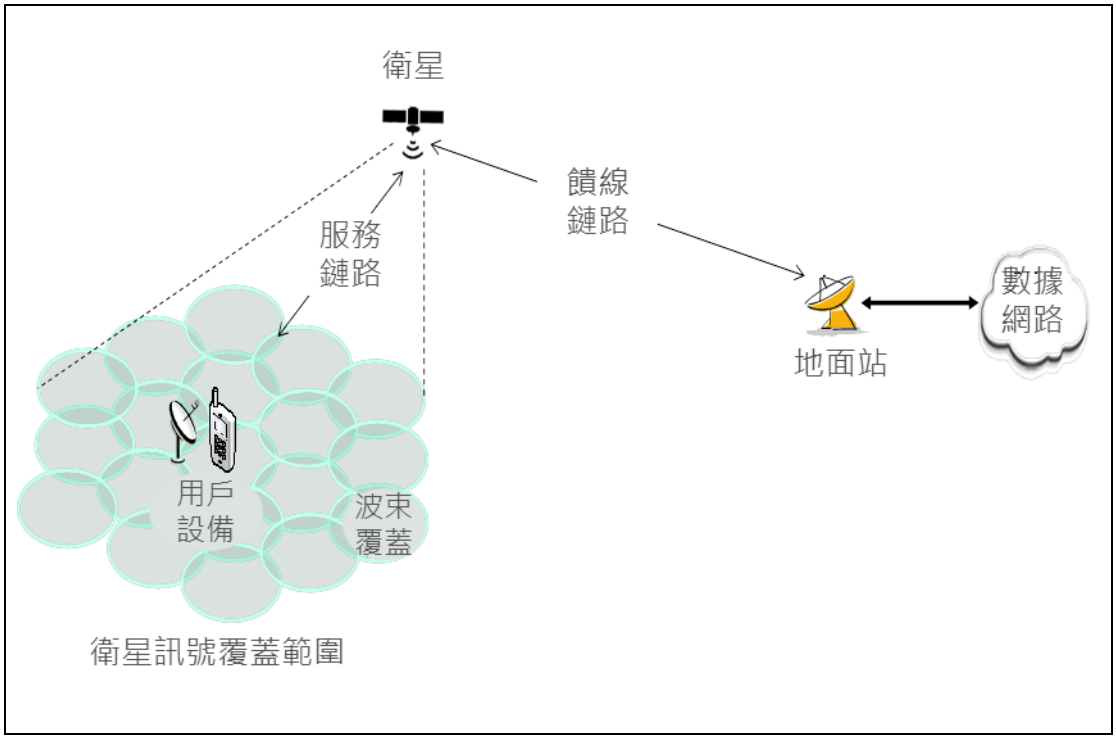
資料來源：各業者，MIC 整理，2021 年 12 月

(2). 3GPP 針對小於 6GHz 頻段，討論衛星在 Narrow-Band IoT 的應用

國際標準組織 3GPP 針對衛星在窄頻物聯網的應用，針對技術的部分進行討論，其中包含四種基於衛星的 NTN 場景，預計使用頻段範圍將小於 6GHz，例如 S 頻段中 2GHz 的部分。而預期資料傳輸速率，在 downlink 為 2kbps，uplink 為 10kbps，用戶設備密度為每平方

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

公里 400 個。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 12 月

圖 28：衛星 NB-IoT 應用的網路架構

表 125 3GPP 針對 4 種衛星物聯網應用場景討論技術規範

場景	**場景 A：基於 GEO 的非地面接入網路**	**場景 B&C：基於 LEO 的非地面接入網路**	**場景 D：基於 MEO 的非地面接入網路**
軌道類型	固定位置並按照給定的仰角和方位角	在低空環繞地球的圓形軌道	在中等高度環繞地球的圓形軌道
軌道高度	35,786 km	600 km，1,200 km	10,000 km
頻率範圍	< 6 GHz (e.g. 2 GHz in S band)		
裝置頻道帶寬 (service link)	NB-IoT：180 kHz (DL)，最高 180 kHz 並允許較小的帶寬分配方式 12*15 kHz, 6*15 kHz, 3*15 kHz, 1*15 kHz, 1*3.75 kHz (UL) eMTC：1080 kHz (DL)，最高 1080 kHz 並允許較小的帶寬分配方 2*180 kHz, 180 kHz, 2*15 kHz or 3*15 kHz or 6*15 kHz		

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

場景	場景 A：基於 GEO 的非地面接入網路	場景 B&C：基於 LEO 的非地面接入網路	場景 D：基於 MEO 的非地面接入網路
	(UL)		

資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 12 月

(3). WRC-23 1.18 研究未來窄頻物聯網系統在 MSS 服務之頻譜需求與可能新配置

首先在 WRC-23 的討論議題項目 1.18 中，將針對未來窄頻衛星物聯網之頻譜需求進行研究，包含 L 頻段的 1695-1710MHz 和 S 頻段的 2010-2025MHz、3300-3315MHz 和 3385-3400MHz。

APT 成員支持研究，但認為主要業務包含 IMT 系統應受到保護而不會受到研究結果影響

根據亞洲太平洋地區電信組織（Asia-Pacific Telecommunity, APT）在 2021 年 4 月 19 至 23 日舉辦的 WRC-23 大會籌備組第二次會議（APG23-2），徵詢會員國對 WRC-23 各議題的意見，其中有 4 個會員國對議題 1.18，即窄頻物聯網系統在 MSS 服務之頻譜需求提出看法。

日本認為有必要在 ITU-R 對可能的新劃分進行適當的研究，同時確保對現有業務的保護。澳洲支持正在進行的共享和兼容性研究，以確定行動衛星業務（MSS）新劃分的適用性，並保護相關頻段和相鄰頻段的主要業務，而不對其未來發展造成限制。中國建議在開展研究時，應考慮部署在 2010-2025 MHz 頻段內的 IMT 系統的保護，並建議 APT 在起草 APT 關於 AI 1.18 的初步意見時考慮上述建議。越南支持 WRC-23 採取適當行動，以保護分配在相同和相鄰頻段的現有主要業務免受有害干擾，並且這些現有主要業務可以繼續運營。而

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

無需額外的監管或限制。

綜合前述各國意見，在 Region 3 中，4 個會員國就 WRC23 1.18 議題初步表示意見，皆表明支持 WRC 針對窄頻物聯網系統在 MSS 服務之頻譜需求與可能新配置進行研究，但僅有中國提出在 2010-2025MHz 頻段，應優先考慮 IMT 系統的建議。

二、 主要國家 B5G 低軌衛星與地面通訊和諧共用方式

(一). 英國

英國政府亦積極推動國內通訊建設，近年研究新授權機制，提升頻譜資源的接取性，讓有意以行動通訊及各式物聯網技術，提供創新服務者，可以依其需求接取頻譜資源。

2019 年英國數位、文化、媒體及運動部（Department of Digital, Culture, Media & Sport, DCMS）揭示電信、頻譜管理與郵政服務之戰略重點（Statemet of Stategic Priorities for telecommunictions, the management of radio spectrum, and postal services），確立英國政府在頻譜管理上的整體思維。

就存在既有服務的頻段而言，Ofcom 考慮導入共享機制，目標能有更多使用者可以接取他們所需的頻譜資源，允許使用者能有多頻率選擇機會，並提供較免執照頻段與輕執照頻段更穩定的接取及服務品質。

就執照行動頻段部分，Ofcom 目標使任何未使用頻段的接取更容易，同時不會對既有使用造成干擾，且不會引起既有行動營運商的反對。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

1. 固定衛星與行動通訊之和諧共用

(1). 3.6-3.8GHz 讓固定衛星服務逐步退場

在總體頻譜管理規則之下，Ofcom 將推動更多行動頻譜資源提供接取，因此在部分行動通訊使用的熱門頻段方面，Ofcom 採取優先提供行動通訊網路使用之處理方式。此外，為權衡行動通訊與其他業務的頻譜資源，Ofcom 在增加行動通訊頻段之餘，部分頻段採與 FSS 等既有業務共存，並確保其不受行動通訊服務干擾之方式，提升頻段使用之效率與彈性。

在行動通訊熱門頻段部分，以 3.6-3.8GHz 頻段而言，為將頻段提供行動通訊服務使用，Ofcom 針對既有固定衛星業務，更改 12 張永久地面站（PES）及 4 張（Recognised Spectrum Access for Receive Only Earth Stations, RSA for ROES）執照授權，並自 2020 年 6 月起不再受理新地執照許可申請，讓既有服務逐步退場。

鑒於如製造業、礦業、物流業等垂直領域對行動通訊連網需求日益提升，Ofcom 提議在 3.8-4.2GHz 部分，除原有的 FSS、FS 服務與 UK Broadband 使用外，以基地台功率發射高低程度，提供不同類型之執照許可，並導入動態頻譜接取管理機制，提供對既有服務之干擾保護。

(2). 28GHz 衛星服務與行動服務和諧共用

Ofocm 於 28GHz 釋出兩個 Spectrum Access 頻段，緊鄰衛星通訊上行鏈路使用之頻段。Spectrum Access 頻段為技術中立，在 5G 毫米波技術發展下，28GHz 亦為 5G 網路使用的主流頻段之一。

在 28GHz 上 Ofcom 對衛星服務增加相關布建要求之技術參數，以讓各種服務可以和諧共存。包含限制發射地球電臺主波束仰角應高

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

於水平面 10°以上；離軸 e.i.r.p.輻射到緊鄰執照頻段的密度應限制在 -35 dBW/MHz；衛星地球電臺之傳輸佔用頻段邊緣不應距執照頻段邊緣小於 10 MHz 等。

2. 固定衛星與固定服務之和諧共用

FSS 與固定鏈路（Fixed link）之和諧使用方面，如在 3.8-4.2GHz 頻段上，FSS 與 FS 具有同等頻譜使用之地位，在頻譜接取權上，Ofcom 採取先到先得方式進行管理。

而在 17.7-19.7GHz 頻段上，FSS 之非協調地面站（uncoordinated earth station）則不受保護，即固定鏈路可能對 FSS 地面站造成干擾。為解決干擾問題，Ofcom 提供無線頻譜註冊（Wireless Telegraphy Register）之公開資料，讓 FSS 業者在規劃地面站布建時，可避開周遭之已建設之固定鏈路，但此方式不能確保 FSS 地面站不受未來新的固定鏈路通訊干擾；對此，Ofcom 亦提供協調地面站（coordinated earth station）執照申請，FSS 業者須繳交相關費用，確保未來建置之固定鏈路不會干擾其通訊。

(二). 德國

1. 低軌衛星與廣播衛星間之和諧共用：

在 FSS 與廣播衛星服務衝突部分，ECC 為因應日益增加的 NGSO FSS 移動地面站應用，規劃將 17.3-17.8GHz 頻段新增至 NGSO FSS 系統使用之頻段，對於在同頻段上既有的廣播衛星服務，原則上仍維持主要業務，即 NGSO FSS 系統不得對廣播衛星服務造成干擾。

同時根據德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, BNetzA）於 2020 年 12 月 16 日授予 Starlink 子公司 Starlink Internet Service（愛爾蘭）衛星系統頻率使用權，載明使用頻段與相關規範，說明如下。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(1). 低軌衛星無干擾保護

- 固定通信業務不得對衛星廣播業務的無線電臺產生妨礙性干擾
- 非地面系統之固定衛星業務（空對地），對於提供衛星廣播業務的地面衛星網路，非地面系統之固定衛星業務（空對地）不提供任何保護

(2). 干擾處理程序

- 低軌衛星網路所有者必須保證每個工作日（週一至週日）提供 24 小時服務，以排除干擾
- 低軌衛星網路所有者有義務在收到干擾後 2 小時內排除

2. 衛星通信與行動通訊和諧共用議題：高頻 40.5-43.5GHz 頻段劃分給行動通訊使用

(1). 5G 專頻（3700-3800MHz）中，不得對 FSS 服務造成干擾

德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, Federal Network Agency, BNetzA），在 2019 年 11 月 21 日起開放 3700-3800MHz 頻段，提供給區域性的 5G 園區網路（Lokale 5G-Campus-Netze）進行申請。

同時 BNetzA 要求，申請者不得對 3700-3800MHz 頻段中，現有的 FSS 服務造成干擾。還必須為位於 Leeheim 的地面站、無線電監測和檢查服務的無線電監測站，和地球觀測的地面站提供保護。BNetzA 亦對設備規範包含 EIRP 和 TRP（Total Radiated Power）等限制，以保護頻段的 FSS 服務。

(2). 5G 專頻（24.25-27.5GHz）中，未來 FSS 地面站必須和現存

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

的 5G 專頻服務個別進行協調

在德國，整個 24.25-27.5 GHz 頻段被指定用於 5G 專頻，並可在 MFCN（Mobile/Fixed Communications Networks）的框架內使用。26GHz 頻段的將在技術中立和服務中立的基礎上分配給 MFCN 使用，從而實現電信服務上的應用，例如基礎設施鏈路、工業 4.0 和物聯網。

由於無線電兼容情形，26GHz 頻段將無法適用一般指配。其中各種無線電通信業務的現有使用，以及相關的保護需求。意味著在為本地 5G 專頻應用進行新指配時，需要與現有的業務進行協調。為確保有效率且無干擾的頻譜使用，頻譜將通過個別分配方式進行指配。透過具有和區域相關的申請過程，可以在讓無線電通信業務之間進行必要的協調，並根據申請人在頻寬和使用區域方面的要求，靈活調整本地 5G 專頻應用的頻段指配。

根據 BNetzA 在 2020 年發布的行政規則，針對 24.25-27.5GHz 的 5G 專頻與 FSS(地對空)的干擾協調上，制定相關規範。包含在 24.65-25.25GHz 頻帶僅限於使用最小天線直徑為 4.5 公尺的地面站。將來，FSS 上行鏈路地面站，必須先與 24.65-25.25GHz 頻段中，現有的 5G 專頻的 MFCN 頻譜使用者進行協調。

(3). 40.5-43.5GHz：劃分給行動通訊（IMT）使用

在國際上，目前重點是為大容量應用提供 42GHz 和 66GHz 頻段的頻譜。BNetzA 積極支持提供額外的頻譜，以確保未來 MFCN 在毫米波段有足夠的可用性。歐洲層級的工作已經在進行中，以提供在 WRC-19 中，針對 42GHz 頻段（40.5-43.5GHz）進行協調的頻譜。歐盟委員會已向 CEPT 發出相關授權，以製定統一的技術條件。

其中針對 40.5-43.5GHz 頻段中的頻譜或部分頻譜，目前在德國

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

主要用於固定業務和衛星業務以及射電天文業務。其中上半段的子頻段部分，目前分配給移動服務（42.5-43.5GHz）。

德國目前正在針對頻率分配表進行修訂，以實施 WRC-19 在 42GHz 上的結論。其中德國預計將該頻段下半段的部分，也就是 40.5-42.5GHz 頻段，將額外分配給陸地行動業務，並將其劃分為主要業務。因此未來德國整個 40.5-43.5GHz 頻段將被確定被應用於行動通信業務（IMT）使用。

3. 移動式地面站（ESIM）頻譜規劃與監管現況：遵照 ECC 決議進行 ESIM 頻率規劃

(1). ECC：在歐洲地區統一劃分頻段，並延伸至 NGSO

在 2005 年之前，已有業者將固定衛星服務的終端安裝在船隻、飛機上，提供網路連接，當 ITU 做出 WRC-03 第 902 號決議後，在業者對頻段授權的期望下，ECC 開始整備 ESIM 的頻譜，並於 2015 年開始將 NGSO 太空站納入 ESIM 的通訊對向中。

ECC 在頻譜整備時，基本上與 ITU 相同，一定都會討論到與固定業務（FS）、移動業務（MS），以及廣播衛星業務（Brocast Satellite Service, BSS）的衝突。與 ITU 不同的是，ECC 還討論對電波天文業務（Radio Astronomy Service （RAS）的衝突。

面對這些頻段衝突，ECC 的解決方法與 ITU 相同，分別是對不同應用設定優先權順序、設定等效全向輻射功率（e.i.r.p.）與功率通量密度（PFD）等電波特性進行規範、設定船載 ESIM 最小使用距離；另外，ECC 還透過限制 ESIM 天線尺寸來改善通訊干擾的問題。

表 126　ECC 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

	頻段 GHz	文件	衝突議題	解決方式
Ku	10.7-12.75	ECC Decision （05）11 ECC Decision （18）04 ECC Decision （18）05	FS	設定不同優先權順序 訂定 e.i.r.p.規範
	14.0-14.5	ECC Decision （05）10 ECC Decision （05）11 ECC Decision （18）05	FS、MS、RAS	訂定 e.i.r.p.規範 對船載 ESIM 訂定最小使用距離 限制船載 ESIM 的天線最小尺寸
Ka	17.3-20.2	ECC Decision （13）01 ECC Decision （15）04	FS、BSS	設定不同優先權順序
	27.5-29.5	ECC Decision （13）01 ECC Decision （15）04	FS、MS	設定不同優先權順序 訂定 e.i.r.p.規範 訂定 PFD 規範
	29.5~30.0	ECC Decision （13）01 ECC Decision （15）04	FS、MS	訂定 PFD 規範 設定不同優先權順序

資料來源：ECC，MIC 整理，2021 年 10 月

(2). 德國在 12.75-13.25GHz（地對空）和 10.7-12.75GH（空對地）遵照 ECC 決議，規劃開放頻段給 ESIM 使用

ECC 在 2020 年 3 月 6 日發布的文件 ECC Decision（19）04 中，關於在 12.75-13.25GHz（地對空）和 10.7-12.75GHz（空對地）頻段。針對 GSO FSS 網絡和 NGSO FSS 系統運行之機載地球站的統一使用頻譜、自由流通的決定。文件中相關的干擾規範如下：

- 確保機載地球站不會對 12.75-13.25GHz 頻段內的固定業務（FS）電台造成有害干擾
- 最大 e.i.r.p.機載地球站的功率限制為 50 dBW
- 機載地球站應在網絡控制設施（NCF）的控制下運行
- 飛機機載地球站使用衛星信號閉環跟踪演算法，地球站檢測到意外干擾已經發生或即將發生時，應立即停止傳輸

其中德國在 2021 年 10 月 22 日，部分通過 ECC 決議，討論並規

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

劃開放 ESIM 在 12.75-13.25GHz（地對空）和 10.7-12.75GHz（空對地）頻段中使用。其中針對 ESIM 的終端裝置，德國規劃將免除個人許可執照，但該裝置必須要運作在單一個衛星網路下，且該衛星網路必須取得電信監管的主管機關的授權。

(三). 美國

1. 低軌衛星與廣播衛星間之和諧共用：2019 年研擬固定衛星和衛星廣播電視兩者「地位相同」

美國聯邦通訊委員會於 2020 年 11 月 19 日，針對靜止軌道衛星服務發展所需之未來頻譜規劃發布「擬議規則制定通知（Notice of Proposed Rulemaking）」，該通知研議允許靜止軌道衛星的固定衛星服務可以使用既有已分配給衛星廣播電視的 17.3-17.8GHz 頻段做為「下行鏈路」使用。換言之，美國聯邦通訊委員會意於更改 17.3-17.8GHz 頻段的主要業務使用範疇，由原先僅限衛星廣播電視服務使用，更改為衛星廣播電視與靜止軌道衛星的固定衛星服務，兩者皆屬主要業務，於該頻段擁有相同的使用優先權 。

觀察美國聯邦通訊委員會針對靜止軌道衛星服務發展之相關舉措，可查其早於 2019 年 9 月即已針對上述「通知」進行先期之法規修訂，期以能順利推展靜止軌道衛星的固定衛星服務可以使用 17.3-17.8GHz 頻段做為「下行鏈路」使用。

2019 年 9 月 26 日，美國聯邦通訊委員會針對逾十年未曾修訂之衛星廣播電視服務管理規定頒布「報告與命令（Report and Order）」，其載明將修訂現行之衛星廣播電視服務許可規定（Licensing Provisions），藉以促進衛星頻譜與軌道資源（Orbital Resources）的有效利用。於該「命令」中，明定「新進」之衛星廣播電視服務業者之

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

審核程序將以「先到先得（First Come, First Served）」為釋照原則，且將衛星廣播電視執照年限由原定十年修改為十五年 。

觀察上述「命令」與現行靜止軌道衛星的固定衛星服務之監理規範，可察美國聯邦通訊委員此次修改衛星廣播電視之許可規定，拉齊了衛星廣播電視與靜止軌道衛星之固定衛星服務的監理條件，而探究其目的，則顯現於 2020 年 11 月 19 日美國聯邦通訊委員會針對靜止軌道衛星的固定衛星服務所頒布之「擬議規則制定通知」，其計畫研擬靜止軌道衛星的固定衛星服務可以使用既有已分配給衛星廣播電視的頻段。

該「通知」，現時正處於規則研議階段，而相關業者可對此提出疑義或建議，如加拿大衛星服務商 Telesat 對此研議規則表示贊同，並指出加拿大 ISED 現時亦考慮進行相同之頻譜分配更改，以允許靜止軌道衛星的固定衛星服務作為主要業務。

相反的，美國電信運營商 AT&T 持反對意見，其闡述二個關鍵因素。其一，係授權靜止軌道衛星的固定衛星服務可以使用 17.3-17.8GHz 頻段做為下行鏈路使用下，可能會對現有的衛星廣播電視服務產生頻譜干擾的疑慮；其二，係更改 17.3-17.8GHz 頻段主要業務使用範疇，不僅會對既有衛星廣播電視服務產生頻譜干擾的疑慮，甚者對相鄰頻段亦存在潛在之頻譜干擾的問題，故持反對意見。

後續，美國聯邦通訊委員於收集廣泛意見後將另行頒布「報告與命令」，趨時將定奪靜止軌道衛星的固定衛星服務是否可以使用 17.3-17.8GHz 頻段做為「下行鏈路」使用。

2. 低軌衛星與固定服務間之和諧共用：申請 NGSO 地球電臺前預先

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

和可能受影響的固定服務協調並公告申請資料供大眾查詢

(1). FCC 要求對 FSS 地球電臺和 FS 地面固定站的許可申請必須先進行事先協調

根據 FCC 在 2000 年的報告和命令（report and order）FCC 00-418，對 NGSO 和固定服務間的和諧共用作出結論和決議。

協調對於 NGSO 地球電台和地面通訊基地站之間的共享很重要，並且 NGSO 的固定衛星服務（Fixed Satellite Service, FSS）和固定服務（Fixed Service, FS）的利益都將同樣依賴協調來保護其操作。

FCC 要求對 FSS 地球電臺和 FS 地面固定站的許可進行事先協調。根據這些程序，地球電臺申請人必須在向 FCC 提交申請之前，確定其擬建地球電臺附近所有可能受影響的地面許可證持有者，並解決該頻段現有地面許可證持有者的所有潛在干擾問題。在其申請中，申請人必須證明已與受影響的被許可人進行了協調。FCC 會將申請公之於眾，如果協調尚未完成，現有被許可人可以提出拒絕申請。在解決所有干擾問題之前，不會授予地球站許可證。當在共享頻段提交地面電臺申請時，遵循類似的程序。

(2). FCC 不會針對 FSS 地球電臺強制訂定虛擬屏蔽規範

關於射頻屏蔽的使用，FCC 發現射頻和地形屏蔽將會是協調和部署 NGSO FSS 地球電臺的有用工具。但是，FCC 認為透過強制屏蔽的要求會給 NGSO FSS 的操作帶來不必要的負擔。此外，儘管透過設置「虛擬屏蔽」的規範，可能會鼓勵 NGSO FSS 在設置實體地球電台時，利用自然屏蔽的優勢，但它同時會將屏蔽的責任交由 NGSO 營運商來承擔，以和 FS 營運商分開。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FCC 的協調和服務規則已經要求申請人和被許可人以一種避免對其他頻譜用戶產生有害干擾的方式部署他們的業務，進行充分合作並做出合理的努力來解決可能阻礙頻譜最有效利用的相關技術問題。

(3). FCC 有權針對要求申請者補充相關數據，並會將公告申請文件

根據 47 CFR § 101.21 規定，所有授權的申請人必須在提交申請、對未決申請進行重大修改或進行許可證修改之前，事先與該地區的現有用戶和其他已提交申請的申請人，依照 § 101.103 中規範的程序，進行協調擬申請的頻率使用。

至於那些在衛星通訊服務共享的頻段，申請者在申請包含新的地球電臺、新的通訊點和共享頻段中，首先將會適用先前未進行協調的共享頻段中的初始頻率指配，是或授權以可能增加有害干擾可能性的方式，修改現有電台的發射或輻射特性。但必須事先確定所涉及的電台是否位於現有地球電台或已接受申請的地球電臺的圓形協調距離範圍內。

此外，對於每條潛在的干擾路徑，申請人必須根據要求的技術標準，確定對地球電臺或來自地球電臺的預期干擾，將不會超過最大的允許干擾功率。FCC 同時要求，在申請審查的期間，FCC 有權要求申請者提交額外的數據，並根據相關規範完成相關數據和計算，表明擬申請的地球電臺操作不會產生有害的干擾。而相關的技術特性和地球電臺的文件，將會進行保留，提供一般公眾查閱。

3. 低軌衛星與地球軌道同步衛星間之和諧共用：特定頻段 NGSO 優

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

先，功率軟限制增加使用誘因

目前美國 FCC 在 NGSO 衛星系統在使用頻率的分配上，與 ITU 在「無線電規則」第二區的分配大致相同，同樣主要使用 Ku、Ka、V 和 E 等 4 個頻段 。

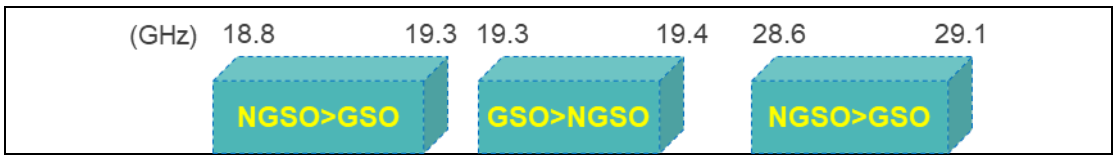
此外，FCC 同樣遵循 ITU 對於 GSO 服務的保護原則，在多數頻段中，GSO 將優先於 NGSO ，然而 FCC 特別在 18.8-19.3（K 頻段）及 28.6-29.1GHz（Ka 頻段）中，將保留頻段給 NGSO 的 FSS 服務，讓這 2 個頻段其 NGSO 將優先於 GSO，除了促進 NGSO 衛星網路系統的發展，也可以增加衛星網路營運商在布建和協調上的彈性。但為了不損害 GSO 系統業者的利益，在這 2 個頻段中，GSO 的 FSS 服務仍然可以使用，但將不受到保護，且不可以干擾 NGSO 的 FSS 服務。

考量到 NGSO 衛星系統的大量佈署，為確保 GSO 系統不被干擾，同時保有 NGSO 系統的彈性，FCC 透過限制 NGSO 衛星對地面的功率密度（PFD），來避免對 GSO 和地面通訊服務的干擾，讓 GSO 和 NGSO 系統間可以共存。

原則上 FCC 在功率密度的限制上與 ITU 規範一致，但在 19.3-19.4GHz 與 19.6-19.7GHz 這 2 個較小的頻段中，為求與現有在 17.7-19.3GHz 中，對於 PFD 的規範一致，FCC 的 PFD 的限制要比 ITU 規範要來得要寬鬆 5dB ，但在 37.5-40GHz 中 FCC 對於 PFD 的規範卻比 ITU 嚴格 12dB。主要是因為 FCC 希望透過較嚴格的 PFD 限制，與 40.0-42.0GHz 的頻段（PFD 限制同 ITU），達到軟性區隔的效果，讓更多高密度固定衛星服務（High Density Fixed Satellite Service, HDFSS）有動機使用較高的 40.0-42.0GHz 頻段 ，同時在 37.5-40GHz 有較嚴格的 PFD 限制，也可以確保降低信號受到干擾的風險。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

另外有別以往只考量個別 NGSO 衛星造成的干擾，進行包含 PFD 限制。FCC 採用 ITU 針對大型 NGSO 衛星系統所提出等效功率密度（Equivalent power-flux density, EPFD）限制。針對 NGSO 對 GSO 造成的干擾，將衡量在 GSO 地球電台天線指向上，所有可能會接收到的 NGSO 訊號干擾總和 。同時利用系統模擬的方式，來增加 EPFD 計算的精準度。



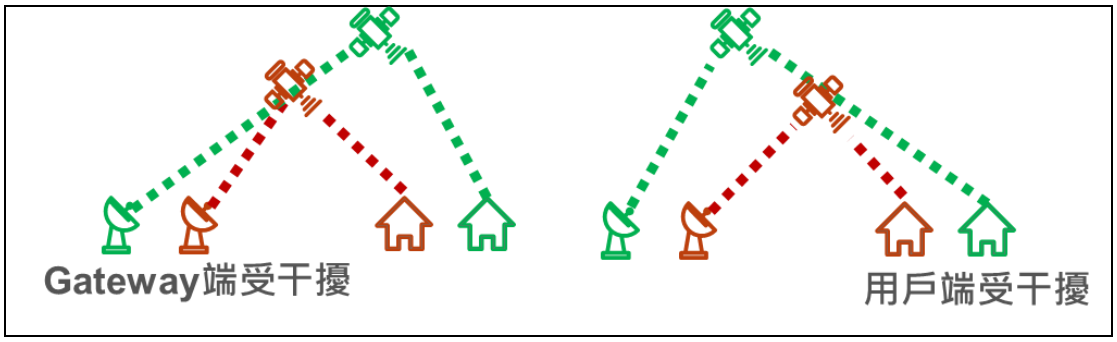
資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 29：美國在特定頻段為 NGSO 優先

4. 低軌衛星系統間之和諧共用：當系統干擾超過閥值，將採用預設的共享頻段機制

(1). 低軌衛星系統間因為共線（in-line）而發生干擾

首先因低軌衛星系統運作特性，不同系統間時有發生干擾機會，而其干擾主要發生在兩個 NGSO 系統在傳輸時發生共線（in-line）的時候，其兩個 NGSO 系統的衛星與其位於地面上的地球電臺發生物理角度對齊的時候，即代表兩個 NGSO 在同一條線上，此時就有可能發生訊號的干擾。



本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 30：低軌衛星系統因共線（in-line）而發生干擾

(2). FCC 針對低軌衛星系統間干擾，在系統雜訊溫度因干擾增加超過 6%時，將啟動預設的頻譜共享機制

為了解決 NGSO 系統間可能發生的干擾，首先 FCC 在§ 25.261 中規範了，NGSO FSS 的營運商，必須針對授權的頻段，自行進行和諧共存的協調。同時為避免 2 個 NGSO 系統因共線而有干擾的情形，FCC 採用了一種默認機制來實現，在 10.7-14.5GHz、18.8-19.3GHz 和 28.6-29.1GHz 頻段內的 NGSO FSS 系統之間的頻譜共享。

當 2 個或多個缺乏預先協調的 NGSO 系統營運商發生干擾時，FCC 採用基於干擾引起的系統雜訊溫度變化作為觸發協調的門檻，當系統雜訊溫度因干擾增加超過 6%時，即 ΔT/T 大於 6%時。涉及干擾的 n 個 NGSO 系統營運商，都必須選擇該指配頻段中，頻段的 1/n 作為衛星傳輸使用，至於選擇的先後順序，則是依照各 NGSO 系統營運商其衛星網路發射並能夠在該頻段中運行的日期先後進行排序，越早運行個 NGSO 系統營運商，可以優先選擇。

因此當系統雜訊溫度（ΔT/T）大於 6%時，各個衛星系統中，受到干擾影響的電臺只能在其衛星系統選定的 1/n 頻譜中運行。直到系統雜訊溫度小於閥值 6%，所有受干擾影響的電臺才可以在完整的指配頻段中運行。

(3). 透過預設的頻譜共享機制，可讓低軌衛星營運商在處理干擾協調的地位更平等

FCC 表示透過這種閥值的設定，比之前各衛星系統間採用單一的

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

角度間隔，更可以為頻譜的平等訪問和特定的干擾情形，提供一個更為靈活的機制，以及更有效率地解決干擾問題。

然而除了 FCC 默認預設的機制，FCC 更鼓勵，可能發生干擾的 2 個低軌衛星運營商可以隨時協調，並確保在干擾事件期間進行相互兼容的操作，FCC 表示，基於默認的頻譜共享機制，低軌衛星營運商在協商時將可以獲得平等的地位，不會因為低軌衛星營運商其星座太小或是軌道的不同，而在協商上趨於弱勢。

5. 衛星通信與行動通訊和諧共用議題：3.5、28GHz 頻段 5G 優先、37GHz 頻段和 5G 共存、12GHz 爭論未決

(1). 3.5GHz：美國清頻並開放 5G 競標使用

長期以來，C 頻段（3.7-4.0GHz）一直保留給衛星運營商，利用該頻段提供廣播和其他服務。但因 3.7-3.98 GHz 頻率非常適合擴展 5G，因為它們能夠提高覆蓋範圍。且由於頻譜是有限資源，因此必須有效利用頻譜，其中 FCC 可利用隨機分配、申請登記、拍賣等方式進行頻譜的重新分配。此外，廣播節目的衛星公司並未充分利用 C 波段。由於技術的進步使得這些衛星公司僅使用了 C 頻段的上部，從而為無線服務和其他公司騰出了頻譜空間，以在 C 頻段的下部開發 5G 通訊服務。

因此 FCC 針對開放 C 頻段給 5G 使用展開意見徵詢，首先衛星營運商建議透過由衛星營運商自己主導的私人拍賣方式，來進行頻譜使用的轉移，這將有助於快速的將 C 頻段頻譜從衛星公司轉移到移動運營商，若在政府的協助下進行的一次公開的頻譜拍賣，預計要到 2021 年或 2022 年才能完成轉讓，而這種延誤將造成估計為 180 億美元的消費者盈餘損失。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

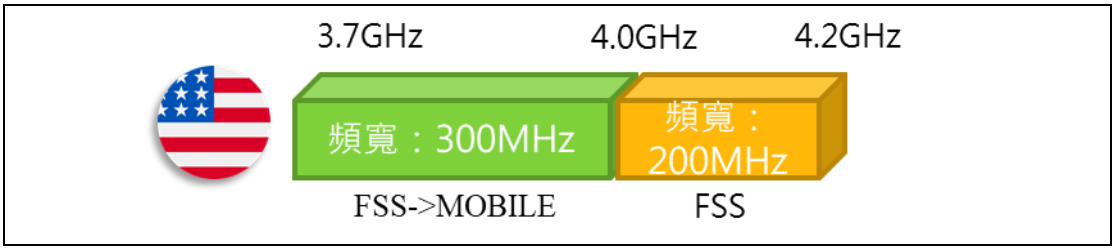
然而 FCC 因為考量 C 頻段的 3.7-3.98 GHz 頻率非常適合擴展 5G，對於美國發展 5G 至關重要，因為該頻率非常適合在低延遲的大範圍內支持互聯網。包含中國在內的許多其他國家也在朝著下一代電信基礎設施發展。更高的速度和更高的頻寬，所帶來的收益，讓美國兩大黨的大力支持 FCC 拍賣 C 頻段頻譜。此外，民眾擔心中國在 5G 基礎設施和設備的開發部屬上，可能會領先於美國，但如果美國採用適當的政策解決方案，來促進私人創新和部署，美國就有能力迅速趕上中國。

因此，最後在 2020 年 2 月，美國 FCC 決議為 5G 啟動 C 頻段頻譜拍賣，FCC 首先將建立重置費用清算所（Relocation Payment Clearinghouse），管理重整程序並監督現有使用者獲取重置基金，同時任命重置協調者（Relocation Coordinator）負責遷移現有接收衛星業者傳輸內容的地面站，確保地面站能於遷移中及遷移後不間斷地提供服務。另為加速清頻，FCC 表示符合資格的衛星業者，若承諾並成功提早清頻，將可獲得共計 97 億美金的加速重置費用（Accelerated Relocation Payment）。新的頻譜彈性使用持照者（Flexible-use Licensee）將支付加速重置費用及合理移頻費用。FCC 表示，透過快速進行公開拍賣，降低頻譜使用轉移時間，從而為當前頻譜持有者和那些可能能夠更好地利用頻譜的人們，提供適當的激勵措施，帶來與私下拍賣類似的經濟與時間效益。

因此在 2020 年 6 月，包含 Intelsat，SES，Telesat，Eutelsat 和 Star One 共 5 家衛星運營商簽署了 FCC 的計劃。他們承諾必須在 2021 年 12 月 5 日前，首先在具經濟價值的部分 C 頻段中，清出共 120MHz（3.7-3.82GHz）的頻寬。而在第二階段當中，在 2023 年 12 月 5 日前，必須清除剩餘的 180MHz（3.82-4.0GHz），根據 FCC 的最終 C 頻段訂單，Intelsat 將獲得約 48.7 億美元；SES 約 39.7 億美元；Eutelsat

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

約為 5.07 億美元；Telesat 3.44 億美元；以及 Star One 的 1,500 萬美元。



資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

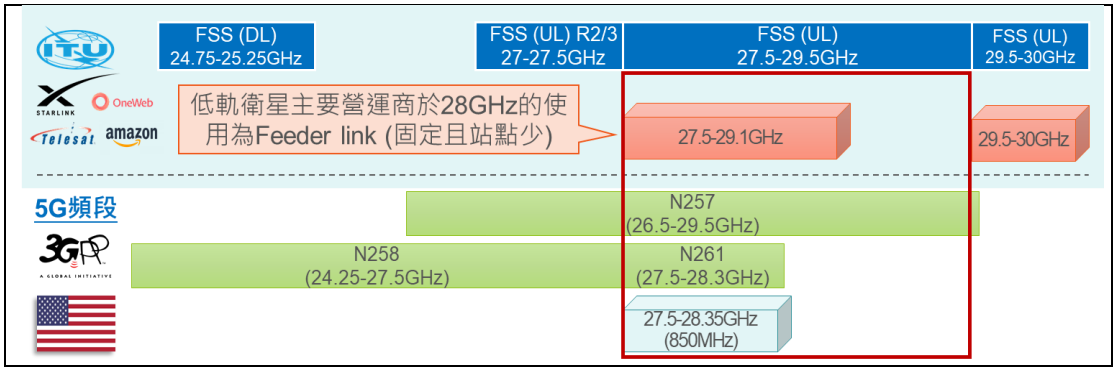
圖 31：美國 FCC 規劃將 3.7-4.0GHz 頻段提供 5G 行動使用

(2). 28GHz：美國 FCC 聚焦 mmWave 發展以 5G 為優先

頻譜為稀有資源，在特定頻段中限定可使用之服務，可確保通訊品質、避免干擾。高速網路與萬物聯網聯網的社會離目前生活越來越近，隨著技術的創新，如毫米波天線、雙工、多址等技術，24GHz 以上頻段亦可考慮使用於行動通訊。儘管，24GHz 以上頻段受限於高頻段特性覆蓋範圍小，不適合用於廣域獨立性的行動服務，但仍可使用於高速網路的支援，因此開展此頻段應用於行動服務之討論。

為鼓勵業者使用 24GHz 以上之頻段於行動通訊，FCC 自 2014 年以高頻且具一定連續性的頻段為主要討論標的，向各界徵求意見頻段之使用建議。2015 年上層微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS）第一次被提及，主要是針對 24GHz 以上之頻段已使用之應用服務或是已標售之執照，針對不同頻段特性，以發售或換取頻段許可的方式設計彈性化之頻譜管理方法。UMFUS 包含範圍為 28GHz、37GHz、39GHz、 24GHz、47GHz。美國在 UMFUS 頻段規劃從 2014 年至 2019 年，從研議通知書（Notice of Inquiry, NI）、第一次到第五次報告與命令，直到 2020 年將規劃之頻段標售完畢。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：ITU、3GPP、FCC、各業者，本研究整理，2021 年 11 月

圖 32：衛星通訊與行動通訊在 28GHz 的頻段衝突

- **美國 UMFUS 制度於 28GHz 之共存主要業務為 IMT、FS 與 FSS**

美國 FCC 於 2019 年完成 27.5-28.35GHz 上層微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS）之 5G 頻段釋照，共有 40 家合格業者，釋出 2,965 張執照，其中拍賣金額達 7.03 億美元。代表性得標者為 Verizon、US Cellular、T Mobile，其中 Verizon 以 5.05 億美元取得 28GHz 頻譜的 72%。

表 127　UMFUS 拍賣規則與拍賣結果（Auction101）

項目	Auction 101（2019 年）
頻段	28GHz，分為 27.5-27.925GHz 以及 27.925GHz-28.35GHz 上下兩頻段
頻寬	425MHz
拍賣規則	地理區拍賣，郡縣（County）
釋出證照數	3,072 張
拍賣證照數	2,965 張
拍賣總額	7.03 億美元
得標業者數量	40 家
代表性得標者	Verizon、US Cellular、T Mobile

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

- **美國 FCC 表示 FSS 在 28GHz 為次要業務**

FCC 認為 28GHz 對於發展 mmWave 5G 技術與服務將佔有重要

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

地位，因此 5G 將擁有使用此頻段之優先權，FSS 在此頻段商多為 gateway 型態之服務，且建設於偏遠地區，與 5G 主要使用的都市地區形成一定之保護距離。因此 FCC 在 28GHz 頻段，相較於 5G 地面通訊和固定通訊業務為共同主要業務，FCC 將 FSS 業務定位為次要業務的地位。

● **FCC 針對地面站進行規範，避免 FSS 地面站對其它業務造成干擾**

針對 FSS 地面站，低軌衛星主要營運商利用 28GHz 作為 Feeder link 使用，因此地面站點固定且數量較少。為此，FCC 制定相關規範以避免干擾的發生，並保障該頻段 5G 的優先使用，包含了限制可部屬地面站數量、規範功率密度（PFD）以及必須避開重要設施等規範。

表 128　FCC 針對 FSS 地面站在 28GHz 的規範

類型	佈署條件
地面站數量	每個郡不超過 3 個地點，提供地面站可被保護的情形下進行建設
地面站覆蓋區域	FSS 申請須證明地球站鄰近的干擾區域，距離地面站 10 公尺區域產生不超過-77.6 dBm/m^2 /MHz 功率通量密度，其覆蓋不超過所在區域 0.1%人口
重要設施	其干擾區域不位於如州際公路、城市公共交通路線、郵輪港口等區域

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

(3). 37GHz 和 39GHz：保留 FSS 與 5G 和諧共用空間

美國 FCC 於 2020 年完成 Upper 37GHz、39GGHz 與 47GHz 頻段之上層微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS）之 5G 頻段釋照，釋出共 14,142 張執照，共 28 家業者取得，拍賣 75.6 億美元，主要包含 Verizon、AT&T、T-mobile、Dish Network 皆取得執照。

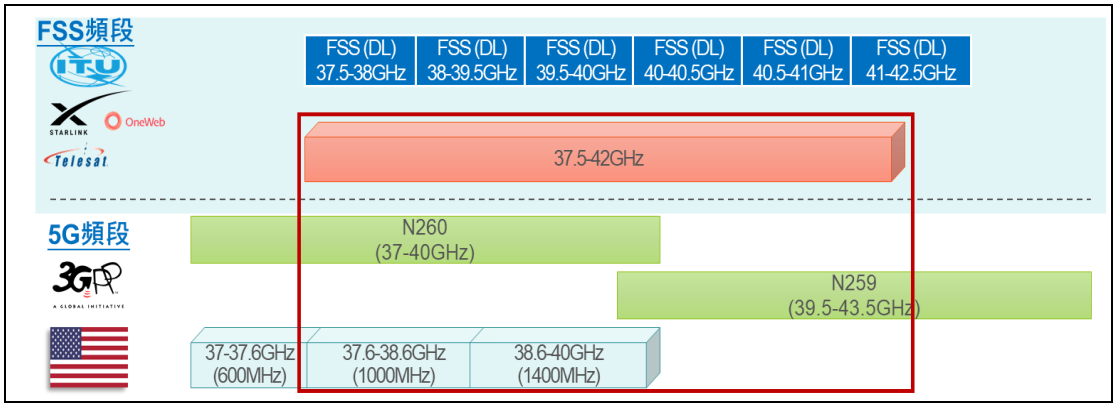
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

其中針對 37GHz 上層（37.6-38.6GHz）頻段部分，每張執照寬 100MHz，分為 10 個頻段區塊，共 4,160 張執照。至於 39GHz（38.6-40GHz）頻段部分，每一張執照頻寬 100MHz，共分為 14 個頻段區塊，共 5,824 張執照。

表 129　UMFUS 拍賣規則與拍賣結果（Auction103）

	Auction 103（2020 年）
頻段	37GH 為 37.6GHz-38.6GHz，39GHz 為 38.6GHz-40GHz，47GHz 為 47.2GHz-48.2GHz 頻段
頻寬	100MHz
拍賣規則	地理區拍賣，部分經濟區域（PEA）
釋出證照數	14,144 張
拍賣證照數	14,142 張
拍賣總額	75.6 億美元
得標業者數量	28 家
代表性業者	Verizon、AT&T、T-mobile、Dish Network

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月



資料來源：ITU、3GPP、FCC、各業者，本研究整理，2021 年 11 月

圖 33：衛星通訊與行動通訊在 37.5-42GHz 的頻段衝突

● 在 37.5-40GHz 地面站與行動通訊共用上，FSS 地面站和 UMFUS 具有同等的優先權

FCC 針對 37.5-40GHz 頻段，在 FSS 地面站與行動通訊共用上，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

導入 47 CFR § 25.136 規範，針對 FSS 地面站，制定相關規範，以避免與行動通訊產生干擾，說明如下：

- 地理區域區隔：FSS 業者須以合理的工程工具提供地面站需要的保護範圍，避免被 UMFUS 發射干擾。
- 地面站數量限制：在同一個郡內不得超過 2 個地面站運作，在同一個部份經濟區域（Partial Economic Area, PEA）範圍內不得超過 14 個地面站運作。
- 保護區範圍內限制：其中針地面站的保護區，FCC 針對範圍內的人口數量進行限制，在人口入量大於 2,250,00 的 PEA 區域，單一 FSS 地面站的保護範圍內，其人口數量不得超過 PEA 總人口的 0.1%。人口數量在 60,000 到 2,250,000 間的 PEA，其地面站保護區內人口數量不得超過 2,250 人。而人口數量小於 60,000 的 PEA，其地面站保護區內人口不得超過 PEA 總人口的 3.75%。此外，保護區範圍內也不可以包含重大活動場地、城市軌道交通、客運、鐵路和遊輪港口等。

表 130　FCC 針對 37.5-40GHz 頻段地面站保護區人口限制

地面站所在的部分經濟區(PEA)內的人口	地面站保護區內的最大允許總人口數
大於 2,250,000	PEA 人口的 0.1%。
60,000 至 2,250,000	2,250 人。
少於 60,000	PEA 人口的 3.75%。

資料來源： FCC，本研究整理，2021 年 10 月

(4). 12GHz：FCC 針對是否要開放給 5G 使用進行公開諮詢

- **FCC 在 2021 年有釋出公開諮詢，針對 12.2-12.7GH 是否可以給 5G**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

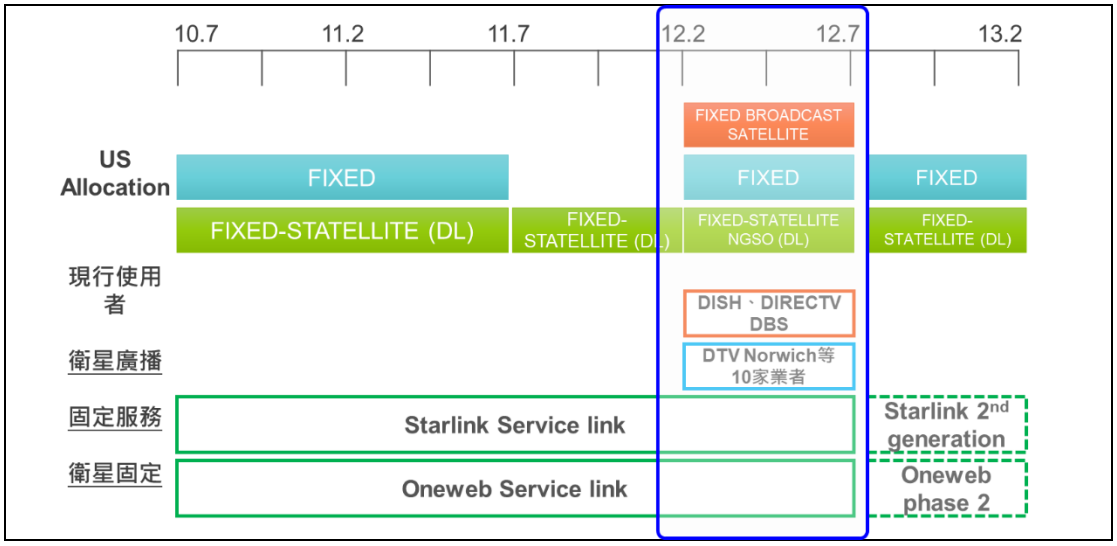
中頻段的釋出

在美國 12GHz 頻段中，主要劃分為廣播衛星（Broadcasting Satellite Service, BSS 或是 Direct Broadcast Satellite, DBS）、僅限於 NGSO 系統的固定衛星服務（Fixed Satellite Service, FSS）和固定通訊服務（Fixed Service, FS），以上三種業務在該 12GHz 頻段中，同為主要劃分，但其中 NGSO FSS 和 FS 不得對 BSS 造成有害的干擾。

2000 年 FCC 以共同主要劃分且不會對 DBS 造成有害干擾的原則下，在 12GHz 頻段中，允許新的地面固定服務 MVDDS（Multichannel Video Data Distribution Service），MVDDS 服務規範允許單向數位固定式非廣播服務，包含單向直接對家戶／辦公室無線服務；為保護 DBS，FCC 採用相關技術規範確保 MVDDS 站台不會對 DBS 產生有害干擾，並針對每個提出申請執照的 MVDDS 站台要求進行協調。相關規範包含詳細頻率協調程序、干擾保護標準、訊號發射限制、發射功率等級與發射位置。

然而近幾年，隨著低軌衛星營運商的發展可以發現在 12.2-12.7GH 頻段上，是目前低軌衛星營運商如 Starlink 和 OneWeb 在 Service Link 上非常重要的一個頻段。同時，5G 的頻譜需求也逐漸增加，尤其是在中頻段的部分。因此為提高頻譜的應用效率，美國 FCC 在 2021 年，就 12.2-12.7GHz 是否可以給 5G 使用，進行一個公開的意見徵詢，蒐集各業者的意見。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：FCC、Starlink、Oneweb，本研究整理，2021 年 11 月

圖 34：衛星通訊與行動通訊在 12GHz 的頻段衝突

- **支持 12GHz 應用於 5G 的主要論點：中頻段資源的缺乏、抗雨衰和訊號覆蓋能力較 28GHz 好**

首先支持 12GHz 應該開放給 5G 應用的支持者，如 RS Access 和 MSD Capital，其主要的論點包含美國目前在 5G 上，中頻段的資源上相對缺乏，而 12GHz 頻段具有連續 500MHz 頻寬，且每個 carrier 頻寬大於 100MHz。而且在 12GHz 頻段上，目前沒有聯邦既有使用者，對現有用戶干擾較小。且在有限的地理範圍中，擁有較少的既有使用者，幾乎可直接修改法規。同時具備與其他中頻（CBRS、C-band）綁定的潛力，可支持並擴展 5G 網路的容量。

同時 Dish Network 在提出的報告中指出，12GHz 較 28GHz 頻段具備抗雨衰能力，且訊號範圍與覆蓋區域較 28GHz 多出 2 倍及 5 倍，適合提供 5G 服務發展。因此認為應該要將 12.2-12.7GHz 進行一個 5G 相關的釋出。此外，針對未來 5G 和低軌衛星 FSS 應用之間的和諧共用，建議可以在 12GHz 頻段的部分導入動態的頻譜共享機制，來做一個控管。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 131　12GHz 相較毫米波的比較（訊號範圍）

12GHz和毫米波的比較	24GHz	28GHz	39GHz
訊號距離	200%	233%	325%
覆蓋範圍	400%	544%	1056%

資料來源：Dish Network、FCC，本研究整理，2021 年 10 月

表 132　12GHz 相較毫米波的比較（訊號衰減）

訊號衰減（dB/km）	C-Band	12GHz	28Ghz
雨天	0.0015	0.006(4X)	0.08(53X)
大氣層	0.005	0.007(1.4X)	0.02(4X)

資料來源：Dish Network、FCC，本研究整理，2021 年 10 月

- **反對 12GHz 應用於 5G 的主要論點：12GHz 為 NGSO Service link 主要頻段，與 5G 干擾風險大，共享頻譜困難**

反對 12GHz 應用於 5G 的業者，如低軌衛星營運商 Starlink 就表示，首先 12GHz 為 NGSO Service link 主要頻段，Starlink 雖取得 10.7-12.7GHz 頻段提供 service link，但此頻段須與高軌衛星和多家低軌衛星業者協調共享，而在其他頻段如 10.95-11.7GHz 地面通訊則具優先地位，NGSO 不得對其產生干擾。

此外，Starlink 測試結果顯示，5G 行動用戶可在約 10 公里之距離內，對 NGSO 裝置產生干擾，未來若開放 5G 使用，會有數量龐大的 5G 行動用戶，要如何確保每一個 5G 行動用戶與 NGSO 裝置維持 10 公里以上的距離，Starlink 也表示懷疑。最後 Starlink 已經投資大筆金額在製造使用 12GHz 的用戶終端裝置。

除了低軌衛星營運商外，在美國 3.5GHz 頻段中，CBRS 服務中擔任動態頻譜協調管理者的 Google，其就動態頻譜管理者的角色，提

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

出相關意見，表示在現階段 5G 與 FSS 終端頻率共享還是非常困難，主要原因是當初在 3.5GHz 頻段，CBRS 服務主要是使用高軌衛星，因此衛星會固定在同一個方向上。但在 12GHz 頻段這邊，情況非常不一樣，因為低軌衛星的規模大且移動速度非常快，因此在用戶終端上會有非常多的動態指向性問題。因此，Google 表示雖然支持 FCC 持續在商用頻段上增加其使用彈性，但認為 12GHz 目前不適合作為 IMT 使用，因 5G 行動終端與 FSS 終端間的共存仍存在挑戰。

最後，Google 作為頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）管理者的經驗，認為 5G 和 FSS 兩者共存的可行性不高，且開放 12GHz 給 5G 使用，將對既有 FSS 營運商產生有害干擾的風險較大，建議 FCC 應研究在 12GHz 擴展 P2P／P2MP 寬頻接取之應用。

6. 移動式地面站（ESIM）頻譜規劃與監管現況

(1). 美國針對移動式地面站（ESIM）之定義

首先根據根據《美國聯邦法規 Code of Federal Regulations, CFR》第 47 篇第 25.103 節 47（CFR §25.103）定義，ESIM 係指如船載地面站（Earth Stations on-board Vessels, ESV）、車載地面站（Vehicle Mounted Earth Station, VMES）和機載地面站（Earth Station Aboard Aircraft, ESAA）等三大類。

其中船載地面站（ESV）之地面站設計為水上航行之用，可以和衛星固定業務太空電臺（Fixed-Satellite Service Space Stations）進行資料的接收和傳輸。而車載地面站（VMES）主要是為在陸地行駛的車輛，從衛星固定業務（FSS）的太空電臺，接收和傳輸資料，並在美國境內運行。最後的機載地面站（ESAA），主要是安裝並運行在航空器上的地面站，並和衛星固定業務（FSS）的太空電臺進行數據的接

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

受和傳輸。

(2). 美國在對 ESIM 使用進行頻段分配

其中美國分別針對 ESIM 中，與 GSO 和 NGSO 太空電臺進行通訊的行動式地球電臺（ESIM）進行使用頻段的分配。此外，還針對車載地面站（VMES）的使用頻段進行分配，但其頻段分配與和 GSO FSS 太空電臺進行通訊的行動式地球電臺（ESIM）相同，分別是 10.95-11.2GHz（空對地）、11.45-11.7GHz（空對地）、11.7-12.2GHz（空對地）、14.0-14.5GHz（地對空）、18.3-18.8GHz（空對地）、19.7-20.2GHz（空對地）、28.35-28.6GHz（地對空）、29.25-30.0GHz（地對空）。至於其他如衛星行動通訊和 ESV 等業務，其適用之頻段如下表所示。

表 133　FCC 規範適用 ESIM 頻段

業務類型	適用頻段
非語音、非地球同步軌道衛星（Non-Geostationary Satellite Orbits, NGSO）業務	137-138 MHz（空對地） 148-150.05 MHz（地對空） 399.9-400.05 MHz（地對空） 400.15-401 MHz（空對地）
1.6/2.4GHz 衛星行動業務（Mobile Satellite Service, MSS）	1610-1626.5 MHz（用戶至衛星的鏈路） 1613.8-1626.5 MHz（衛星至用戶鏈路（輔助）） 2483.5-2500 MHz（衛星至用戶鏈路）
2 GHz MSS 業務	2000-2020 MHz(用戶至衛星鏈路) 2180-2200 MHz(衛星至用戶的鏈路)
1.5 / 1.6 GHz MSS 業務	1525-1559 MHz（空對地） 1626.5-1660.5 MHz（地對空）
衛星間業務	22.55-23.00 GHz 23.00-23.55 GHz 24.45-24.65 GHz 24.65-24.75 GHz 54.25-56.90 GHz 57.00-58.20 GHz 65.00-71.00 GHz
與地球同步軌道衛星（Geostationary Satellite Orbits, GSO）衛星固定業務（Fixed Satellite Service, FSS）太空電臺進行通信的船舶地球電臺（ESV）	3700-4200 MHz（空對地） 5925-6425 MHz（地對空）
車載地球電臺（VMES）	10.95-11.2 GHz（空對地）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

業務類型	適用頻段
	11.45-11.7 GHz（空對地） 11.7-12.2 GHz（空對地） 14.0-14.5 GHz（地對空） 18.3-18.8 GHz（空對地） 19.7-20.2 GHz（空對地） 28.35-28.6 GHz（地對空） 29.25-30.0 GHz（地對空）
與 GSO FSS 太空電臺進行通信的行動式地球電臺（ESIM）	10.95-11.2 GHz（空對地） 11.45-11.7 GHz（空對地） 11.7-12.2 GHz（空對地） 14.0-14.5 GHz（地對空） 18.3-18.8 GHz（空對地） 19.7-20.2 GHz（空對地） 28.35-28.6 GHz（地對空） 29.25-30.0 GHz（地對空）
與 NGSO FSS 太空電臺進行通信的行動式地球電臺（ESIM）	10.7-11.7 GHz（空對地） 11.7-12.2 GHz（空對地） 14.0-14.5 GHz（地對空） 17.8-18.3 GHz（空對地） 18.3-18.6 GHz（空對地） 18.8-19.3 GHz（空對地） 19.3-19.4 GHz（空對地） 19.6-19.7 GHz（空對地） 19.7-20.2 GHz（空對地） 28.4-28.6 GHz（地對空） 28.6-29.1 GHz（地對空） 29.5-30.0 GHz（地對空）

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

(3). 美國境內 ESIM 設備頻段整備與和諧共用機制

隨著 ITU 做出 WRC-03 第 902 號決議後，FCC 在 2005 年開始從船載 ESIM 出發，為 ESIM 在 Ku 頻段整備使用的頻譜，並從 2017 年起，開始將 Ka 頻段做為 ESIM 使用，於 2018 年起開始討論將 NGSO 太空站納入 ESIM 的通訊對象。

- **FCC 針對 ESIM 除 ITU 討論的衝突應用外，另外指出可能發生衝突的其它 4 種應用**

FCC 在頻譜整備時，基本上與 ITU 相同，一定都會討論到與固

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

定業務（FS）、移動業務（MS），以及廣播衛星業務（BSS）的衝突。美國在部分頻段中，還另外討論到電波天文業務（RAS）、地區電視傳輸業務（Local Television Transmission Service, LTTS）、太空研究業務（Space Research Service, SRS）的衝突、地球衛星觀測業務（Earth exploration-satellite service, EESS）。

● 針對頻段衝突 FCC 採取 ITU 規範的三種解決方法，也會採取移除原有應用服務的解決方法

FCC 的解決方法大部分與 ITU 相同，分別是對不同應用設定優先權順序、設定等效全向輻射功率（e.i.r.p.）與功率通量密度（PFD）等電波特性進行規範、設定 ESIM 最小使用距離或使用範圍，除此之外，FCC 對於 LTTS 的解決方式是移除 LTTS 在該頻段的使用，且不再開放 LTTS 相關業者申請該頻段。

表 134　FCC 劃分 ESIM 頻段時討論的衝突議題及解決方式

	頻段 GHz	文件	衝突議題	解決方式
Ku	10.7-12.2	FCC 04-286 FCC-09-64 FCC-12-161 FCC-20-66	FS、LTTS、RAS	訂定 e.i.r.p.規範 設定不同優先權順序 移除 LTTS 在該頻段的劃分
	14.0-14.5	FCC 04-286 FCC-09-64 FCC-12-161 FCC-20-66	MS 、 MSS 、 RAS 、 SRS 、 LTTS	訂定 e.i.r.p.規範 對船載 ESIM 訂定最小使用距離 在指定範圍內需各別申請使用許可 移除 LTTS 在該頻段的劃分
Ka	17.8-18.8	FCC-18-138 FCC-20-66	FS、MS、BSS	設定不同優先權順序 訂定 e.i.r.p.規範
	18.8-19.4	FCC-20-66	18.6-18.8GHz 的 EESS	設定不同優先權順序訂定 e.i.r.p. 規範
	19.6-20.2	FCC-18-138 FCC-20-66	FS	訂定 e.i.r.p.規範 訂定 PFD 關範
	28.35-29.1	FCC-18-138 FCC-20-66	MS	訂定 e.i.r.p.規範
	29.25~30.0	FCC-18-138 FCC-20-66	FS	訂定 e.i.r.p.規範 設定不同優先權順序

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(4). 美國 ESIM 執照和使用頻段案例：以 SpaceX 申請為例

- **SpaceX 向 FCC 申請 ESIM 頻段，10.7-12.7GHz（DL）及 14.0-14.5GHz（UL）**

SpaceX Services 在 2021 年 3 月 5 日向美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）申請 ESIM 通用執照（Blanket License）授權，以佈署和操作終端用戶地面站。其中 SpaceX 的主要目的在美國及其領土使用車載地面站（VMES）、在美國的領海和全世界的國際水域應用船載地面站（ESV）和為全球範圍營運的美國註冊飛機和非美國註冊飛機在美國領空可以使用航空移動衛星服務（AMSS）。SpaceX 向 FCC 申請 ESIM 使用頻段分別為下行鏈路（空對地）的 10.7-12.7GHz 以及上行鏈路（地對空）的 14.0-14.5GHz。

表 135　SpaceX 向 FCC 申請 ESIM 使用之頻段

連接類型	頻段
下行鏈路（空對地）	10.7-12.7GHz
上行鏈路（地對空）	14.0-14.5GHz

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 10 月

- **在 14.0-14.5GHz 的上行鏈路中，SpaceX 需遵守 47 CFR 相關規範**

但針對 SpaceX 申請的上行鏈路頻段 14.0-14.5GHz，根據 47 CFR § 25.228（j）的規定，SpaceX 對 NASA 在 3 個指定位置，包含關島、新墨西哥州的 White Sands 和馬里蘭州的 Blossom Point，針對這三個指定位置上的追蹤和數據中繼衛星系統（Tracking and Data Relay Satellite Service, TDRSS）設施，在其方圓 125 公里以內，必須對 ESIM 操作使用的 14.0-14.2GHz 頻段（包含 ESV 和 VMES），或是無線電視距範圍內（針對 ESAA），必須針對頻段使用預先進行協調。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

而在完成協調前，FCC 透過等效全向輻射功率（e.i.r.p.）來限制並避免干擾的發生，首先在 ESIM 在接近地平線時，其最大功率密度不可以超過 12.5dBW/MHz，而在上述三個設施其方圓 125 公里內其等效全向輻射功率（e.i.r.p.）不可以超過 16.3dBW。同時在尚未完成協調前，SpaceX 將不可以在 16 個無線電天文觀測站附近使用 14.47-14.5GHz 頻段。

而針對機載地面站，美國 FCC 規定，於美國註冊的飛機在外國領空運行 ESAA 之前，SpaceX 必須確定航線上各國主管機關是否有受 ESAA 終端影響之業務，並須確定各國主管機關對 ESAA 運作是否有特定監管要求，以避免對當地的業務造成干擾。

其中，當裝有 ESAA 設備的飛機進入外國領空時，必須根據 FCC 或外國主管機關之法規制度進行 ESAA 設備的運作，並以較為嚴格的標準爲準。若所有相關範圍內的主管機關，已確定 ESAA 設備的運作不會影響地理區域範圍內之無線電業務，則 SpaceX 才得以在這些確定區域內運行。此外，為保障飛航安全，SpaceX 其 ESAA 在國際領空，透過 14.0-14.5GHz 頻段進行傳輸時，其單一架飛機發射的功率通量密度（Power Flux-Density, PFD）須符合 47 CFR § 25.228（i）所規定的數值。

● SpaceX 在其下行頻段的 10.7-11.7GHz 中，將不受到保護以符合 ESIM 相關規範

SpaceX 申請 10.7 至 12.7GHz 並用於下行鏈路，部分頻段與其他商業及政府服務共用。SpaceX 聲稱其地面站不會在該頻段發射訊號，僅用在接收訊號，因此不會對其他使用者造成干擾。同時在 10.7-11.7GHz 頻段，SpaceX 以不受保護的方式取得運行固定服務系統之授權，以符合 ESIM 相關之規範。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此外，由於 12.2-12.7GHz 頻段並非特定提供 ESIM 與 NGSO 系統通信使用，SpaceX 請求 FCC 提供授權，並保證不會對現有業務造成有害干擾，若有干擾發生，SpaceX 可立即停止相關設備的運行。

● **遠端網管設施具有主動關閉 ESIM 傳輸和控制其天線角度之權限**

美國在 47 CFR §25.228（b）中規定每個 ESIM 裝置皆須進行自我監測，若出現可能導致 ESIM 裝置超過其發射限制許可的情形，則 ESIM 裝置將在 100 ms 內自動停止傳輸，並直到導致此 ESIM 裝置超出之發射功率修正後，才可以恢復傳輸。

最後，每一個 ESIM 裝置將由位於美國的網路控制和監控中心（Network Control and MonitoringCentre, NCMC）或同等設施監控。該設施將監視 ESIM 以確保操作在規定的操作參數之內。ESIM 還設計為至少能夠接收來自 NCMC 以及授權 ESIM 操作的單一/多國家，去命令「啟用傳輸」和「禁用傳輸」指令。同時，與該 ESIM 進行通訊的衛星網絡主管機關和 ESIM 的衛星運營商將保持 24 小時的聯繫，其權限和能力是通過適當的網絡控制中心停止任何正在運行的 ESIM 的傳輸。

通常各 ESIM 皆被規範 ESIM 運營商要有個全年無休的網管設施中心（NCF； NCMC）去作該裝置的功率或干擾問題控管。而控管的標準就如前面表格規範所示，當 ESIM 裝置移動到某區域（NCF 偵測其內嵌 GPS 感測），監測到會有干擾問題時，主要有兩個管制機制：一、接受 NCF/NCMC 監控與控制，直接關閉該 ESIM 的傳輸；二、控制 ESIM 位置、天線角度或方向，以減少功率。例如每個 ESIM 在收到 NCMC 之「禁用傳輸」命令後須於 100ms 內遵守 NCMC 的命令停止傳輸。此外 NCMC 監控網路中每個 ESIM 的運行並向超過其許可條件任何發射限值之 ESIM 發出「禁用傳輸」命令。除非 ESIM 超

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

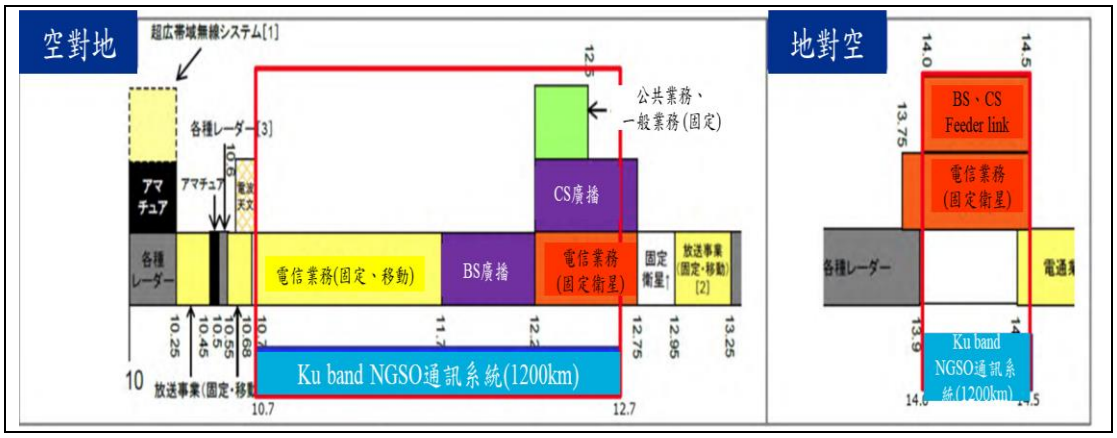
標情況修正，否則，NCMC 將不允許其控制的 ESIM 恢復傳輸，以符合美國聯邦法 47 CFR §25.228（c）之規定。

(四). 日本

1. 衛星通訊與固定服務之和諧共用

日本總務省為提供低軌衛星通訊服務落地，自 2019 年起召開多次資訊通訊審議會之衛星通訊系統委員會議，針對低軌衛星通訊在 Ku/Ka band 上與其他地面通訊系統之邀集各界進行干擾評估之意見與進行相關測試。

針對固定服務與低軌衛星和諧共用部分，主要兩者須協調之頻段低軌衛星通訊使用之服務頻段（service link），在該頻段上目前以總務省之規畫中，涵蓋電信業務及公共業務之固定鏈路服務。



資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 35：日本 NGSO 衛星通訊系統與固定服務和諧共用頻段

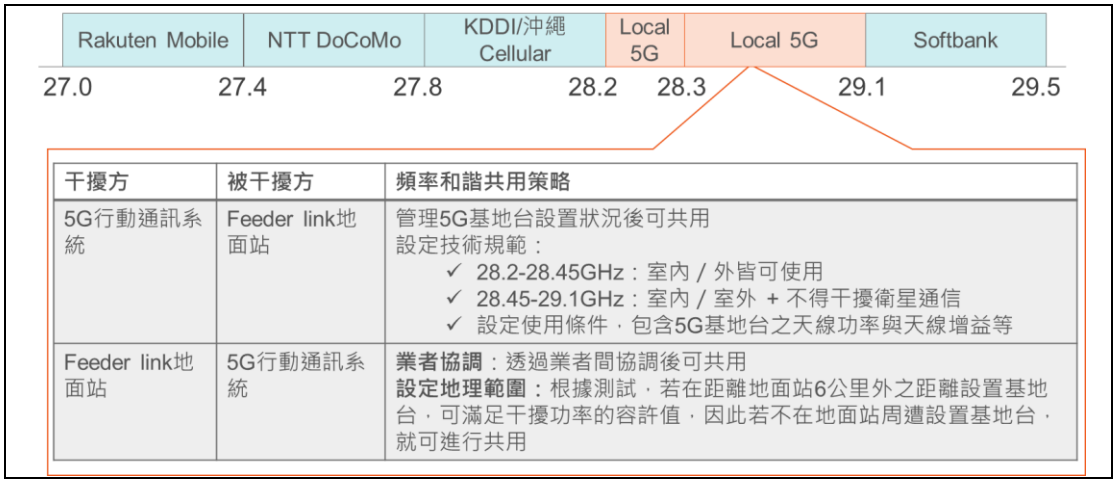
根據會議之評估結果，須在地球電臺維持一定地理距離下，電信與公共業務之固定業務才不會對 NGSO 地球電臺產生干擾，但在 10.7-12.7GHz 及 14.-14.5GHz 上的電信與公共業務設備眾多，評估實際上很難維持地理區隔。而地球電臺對電信與公共業務之固定業務之

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

干擾部分，認為在地球電臺周圍維持 16-25 公里之距離，才不會產生干擾，可透過業者間協議，在地球電臺周圍設置保護區域，就可讓地球電臺與固定業務於同一頻段上和諧共用。

2. 衛星通訊與行動通訊之和諧共用

日本總務省自 2019 年起陸續釋出 28GHz 核配 5G 行動通訊使用，其中，在行動寬頻專網專頻（Local 5G）頻段，經總務省邀集各界專家討論與測試後，規劃原則上，Local 5G 服務可在不干擾衛星通信，並經由雙方協調下進行共用



干擾方	被干擾方	頻率和諧共用策略
5G行動通訊系統	Feeder link地面站	管理5G基地台設置狀況後可共用 設定技術規範： ✓ 28.2-28.45GHz：室內 / 外皆可使用 ✓ 28.45-29.1GHz：室內 / 室外 + 不得干擾衛星通信 ✓ 設定使用條件，包含5G基地台之天線功率與天線增益等
Feeder link地面站	5G行動通訊系統	**業者協調**：透過業者間協調後可共用 **設定地理範圍**：根據測試，若在距離地面站6公里外之距離設置基地台，可滿足干擾功率的容許值，因此若不在地面站周遭設置基地台，就可進行共用

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 36：日本 28GHz 之 Local 5G 與衛星通訊之和諧共用機制

因 Local 5G 服務具備地理位置限定等特殊性，因此在 28GHz 頻段與低軌衛星地球電臺之共用上，將部分頻段（28.45-29.1GHz）優先提供室內使用，同時在室外使用時，加入不得對衛星通訊產生干擾之條件。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(五). 韓國

1. 衛星通訊與行動通訊之和諧共用

韓國於 2020 年決議將增加 6GHz 以下頻段供 5G 行動寬頻使用，在此情形下，3.7-4.0GHz 頻段上之廣播衛星及固定衛星通訊將受到影響。因韓國政府過去以將 3.5GHz 作為第一波 5G 頻段是出，因此在 3.7-4GHz 上，決定讓衛星與行動通訊和諧共存。

為確保廣播衛星及衛星通訊不受行動通訊之干擾，韓國資通訊科技部決定導入 clean zone 機制，包含在衛星地球站所在位置之錦山、牙山與驪州等地設置 clean zone，讓 5G 行動通訊業者在該位置附近不得使用 3.7-4GHz 頻段傳輸。

2. 衛星通訊與其他地面通訊和諧共用研究

韓國政府著眼未來 6G 與衛星通訊整合之商機，2021 年 6 月公布之超小型衛星及 6G 衛星通訊技術開發方案中，規劃 2020-2023 年首先針對 Ku/Ka band 衛星通訊與其他無線通訊間之干擾評估研究，並進行相關頻率共有技術之開發，2024 年以後，規劃針對 Ka/Q/Vband 上之行動通訊進行干擾頻譜與開發共存技術。

類別	短期(2020-2023)	中期(2024-2026)	長期(2027-2030)
R&D	Ku/Ka band衛星通訊系統與其他無線通訊間干擾評估、頻率共有技術開發	針對行動通訊與衛星通訊共同劃分之頻率(1.4GHz/2.1GHz)，開發頻率有效使用方案	6G世代衛星/行動整合之頻率發覺與共用研究
標準活動	WRC 23/27衛星頻率使用議題之國家因應方案研究	Ka, Q/V band行動通訊與衛星通訊頻率共用之干涉評估與相互共存技術等標準促進	3GPP, WRC及ITU-R等衛星/行動頻率使用全面推動標準

資料來源：韓國資通訊科技部，本研究整理，2021 年 11 月

圖 37：衛星通訊與其他無線通訊和諧共用機制研究規劃

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(六). 新加坡

1. 固定衛星與固定服務之和諧共用

新加坡 IMDA 於頻率管理手冊(Spectrum Management Handbook) 中，遵循 ITU 規則，劃分固定服務使用之頻段，其中包含 10.7-11.7GHz、12.2-12.7GHz 及 17.7-19.7GHz 等目前低軌衛星營運商主流使用的頻段。

表 136　新加坡固定鏈路服務之使用頻段

頻段範圍	通道計畫	通道頻寬 (MHz)	最小路徑長度
5925-6425 MHz	ITU-R F. 383-10	29.65	20km
6425-7125 MHz	ITU-R F. 384-11	20/30/40	20km
7125-7725 MHz	ITU-R F. 385-10	7/14/28	20km
7725-8500 MHz	ITU-R F. 386-9	29.65	20km
10.5-10.68 MHz	ITU-R F. 747-1	7	15km
10.7-11.7 GHz	ITU-R F. 387-13	7/14/28	15km
12.2-12.7 GHz	ITU-R F. 746-10	20	15km
12.75-13.25 GHz	ITU-R F. 479-7	28	15km
14.4-15.35 GHz	ITU-R F. 636-4	7/14/28	10km
17.7-19.7 GHz	ITU-R F. 595-10	27.5/55	5km
21.2-23.6 GHz	ITU-R F. 637-4	3.5/7/14/28	2km

資料來源：IMDA，本研究整理，2021 年 11 月

IMDA 表示，點對點固定業務鏈路通常方向性強，在有效空間距離隔離下，通常可另外分配給其他業務使用。申請固定鏈路服務之業者也可以申請專用頻率指配，但申請人須提供適當理由，但原則上，皆在共享使用的基礎上，分配衛星通訊與固定服務和諧共用上述頻段。

2. 固定衛星與行動通訊服務之和諧共用

低軌衛星服務與行動通訊頻率之和諧共用，IMDA 在中頻與高頻採用不同作法。2019 年 IMDA 提出 5G 行動服務與網路之諮詢文件，目的於新加坡部署 5G 網路以滿足關鍵政策目標，包含最大化 5G 對經濟和消費者福祉的價值；促進頻譜等稀缺資源的有效分配；確保新

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

加坡的 5G 網路設計為可信賴且具有彈性；支持電信業蓬勃發展。

在其規劃下，將釋出 3.5GHz（3.4-3.7GHz）、26GHz（24.25-27.5GHz）與 28GHz（27.5-29.5GHz）等頻段供 5G 行動通訊使用。

3.5GHz 頻段中因將影響的 FSS（下行）服務之使用，因此 IMDA 規劃將 FSS 遷移至 3.7-4.2GHz 頻段，同時為保護 3.7-4.2GHz 頻段上之 FSS 服務，IMDA 建議在 3.6-3.7GHz 範圍實施護衛頻段。

而在毫米波頻段部分，IMDA 則認為 28GHz 上現行的 FSS 可以透過技術參數的設定與 5G 行動寬頻協調共存，因此在 28.5-29.5GHz 頻段上設定與衛星通訊共用頻率。

(七). 澳洲

1. 低軌衛星與固定服務間之和諧共用：透過地理區隔避免干擾

依據澳洲的無線電通訊指配和許可說明（Radiocommunications assignment and licensing instruction, RALI）的文件編號 MS48，其中針對低軌衛星的 FSS 服務與固定服務（FS）間，在頻率協調上進行規範，包含了辨別可能影響的地面站以及協調步驟。

(1). 不應有其辨別可能影響的地面站 FSS 和 FS 服務的頻率協調

為了辨識出潛在可能受影響的固定服務地面站，首先將對無線電通訊許可證登記冊中，所有許可證執行的區域和頻率進行篩選，篩選的方法如下：

- 區域篩選：找出在 FSS 地面站位置半徑 300 公里內，任何擁有許可執照的固定地面站
- 頻率篩選：將區域篩選中找出的固定地面站，進一步利用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻率進行篩選，找出與 FSS 地面站頻率上下限在 224MHz 以內的固定地面站

(2). 啟動協調步驟，進行頻率的衝突協調

ACMA 針對 FSS 和 FS 的頻率協調，制訂以下協調步驟：

- 計算從發射的地面站接收到的干擾功率
- 使用在上一個步驟中，計算出的干擾功率，來確定是否超過了規範的最大允許干擾功率。若協調成功，頻率可以分配給建議的地面站

2. 衛星通信與行動通訊和諧共用議題：在 28GHz 導入 AWL 執照

28 GHz 頻段（27.5–29.5GHz）在全球提供新一代衛星服務以及 5G 毫米波（mmWave）無線寬帶服務方面處於熱門頻段。更是 ACMA 在其 2019-23 年五年頻譜展中確定的眾多毫米波頻段之一。因此，完成 28GHz 頻段的重新規劃是澳大利亞通信和媒體管理局 (ACMA) 的一項重要優先事項，對於為有興趣使用該頻譜的利益相關者提供確定性也很重要。

(1). ACMA 在 28GHz 將 FSS 和 FWA 列為共同主要服務

澳洲 ACMA 在 2018 年就 28GHz 頻段規劃進行意見徵詢，並在 2019 年 4 月，就澳洲 28GHz 頻段，作出以下決議：

- 增加可用於無處不在的固定衛星服務（ubiquitous fixed satellite services）的頻譜數量，包括在澳洲的範圍內提供至少 1.9GHz 的連續上行鏈路頻譜。
- 繼續在整個澳洲 28GHz 頻段內為 FSS 的面站提供設備許

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

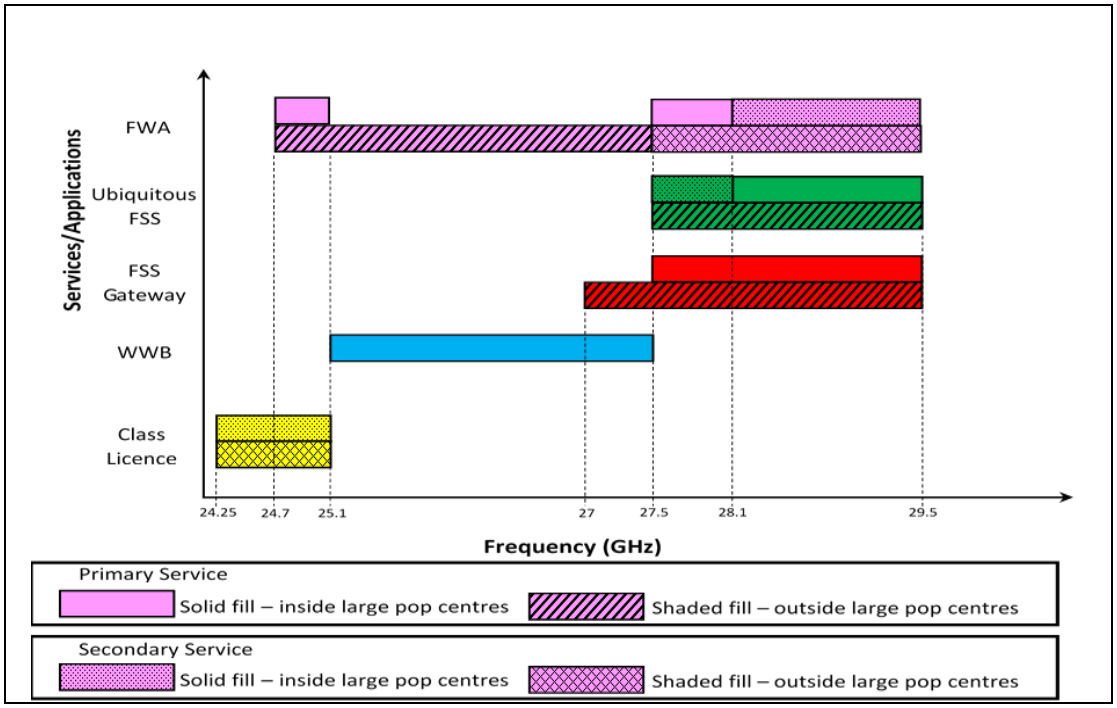
可安排，以與 2.5GHz 頻段的協調方式一致

- 在整個 28GHz 頻段引入固定無線接入（Fixed wireless access, FWA）服務。首先在 27.5-28.1GHz 頻段，在大量人口處為 FSS 和 FWA 為共同主要劃分，但在其他地區 FWA 則為次要且不受保護的服務。

- 取消 28GHz 頻段內新的固定點對點（point to point, PTP）服務的安排，並將現有服務保留至少七年。但如果在頻段內實施區域範圍的設備許可（Arera wide licence, AWL）安排，則可以在各個許可區域內部署新的 PTP 服務。

ACMA 表示透過以上在 28GHz 的安排，藉由較為彈性的頻段使用限制，將可以對於當前不斷發展的衛星服務，例如高通量的家庭和移動是的衛星寬頻網路，帶來正面的效益。同樣，在 28GHz 頻段新的安排將顯著增加包括 5G 在內的地面固定無線寬頻的機會。然而重要的是，對於 28GHz 頻譜的變化，對現有用戶幾乎沒有損害或是影響，除了明確停止該頻段的 PTP 應用外，但是 ACMA 仍表示個人用戶將可繼續使用（最多 7 年），從而減少對現有系統的影響。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

圖 38：ACMA 在 28GHz 的規劃

(2). 在 28GHz 高頻部分引入 AWL 執照，並限制 5G 移動服務確保 FSS 可用

ACMA 在考慮特定頻段的新頻段規劃安排時（例如，為了引入新技術或服務的潛力），ACMA 會進行特定研究，包括技術研究，並與主要利益相關者協商。ACMA 將會在 26GHz（24.7–27.5GHz）和 28GHz（27.5–29.5GHz）引入 AWL 執照制度。AWL 制度具有以下特點：

- 基於地理區域：其中 AWL 許可證將授權指定區域內的無線電通信設備，而不是針對特定位置。至於，對其他業務的干擾管理，主要是透過地理區域還有頻率範圍限制來進行，而不是使用無線電通信設備的技術規範來進行干擾管理。
- 應用廣泛：AWL 許可執照其適用廣泛，包含目的、用途、服務、應用程序和技術。但是，個人許可執照的取得，可能包

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

括特殊條件，將許可執照下的無線電通信設備的操作，限制為特定目的、用途或服務。

- 具擴展性：AWL 許可執照制度，將能夠適應各種技術和用途，包含具有不同大小的區域以及頻率範圍。

- 具整合性：數個在地理、頻率或者同時在地理和頻率有相鄰的 AWL 執照，可以整合到到單一個訊號發射裝置許可執照當中。其中 AWL 執照中的邊界條件僅適用於整合許可證的邊界，而不適用於設備執照。而預計整合的執照，其新的訊號發射許可執照必須要涵蓋設備許可執照。

因此 ACMA 透過 AWL 執照一次可以授權多個衛星地面站，在限定的頻率和地理範圍內運作，若有干擾問題發生，將依據執照的頻率，以及地理區域進行管理，進一步確保該執照在頻率使用上，可以與相鄰區域的服務和諧共存。

澳洲 ACMA 於 2020 年底啟動 Area-wide apparatus license(AWL)釋出作業，採指配、拍賣兩種方式：

- 第一階段：針對 24.7-25.1GHz 及 27.5-30GHz 兩頻段採行政指配

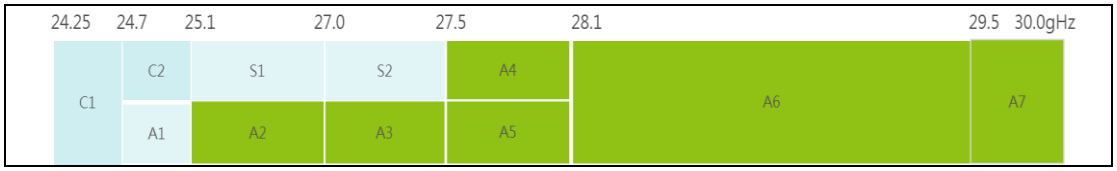
- 第二階段：25.1-27.5GHz 採拍賣制，劃分 29 個區域執照

- 上二階段結束後，行政指配之頻段接繼續進行，採先到先得（first-in-time）原則

AWL 執照制度之頻段標的為 24.7-27.5GHz 及 27.5-30GHz 兩頻段，可彈性提供行動寬頻、FWA、專網、FSS 及 IoT 使用，但須遵守下列規範：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 24.25-24.7GHz（C1）限於室內低功率使用
- 24.7-25.1GHz（C2、A1）在一定範圍內限制基地台數量
- 25.1-27.5GHz（S1、S2、A2、A3）：可提供行動寬頻使用，A3 有額外限制，須保護 FSS 不受干擾
- 27.5-29.5GHz（A4、A5、A6）：提供 FWA、FSS 共用，移動行動不可使用
- 29.5-30GHz：僅限 FSS 地面站使用（FWA/移動行動均不可使用）



資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

圖 39：澳洲 AWL 執照釋出頻段

3. 移動式地面站（ESIM）頻譜規劃與監管現況

首先澳洲電信監管機構（Australian Communications and Media Authority, ACMA）在 2019 年就 Ku 頻段的移動式地面站（Earth Station In Motion, ESIM）進行頻段規劃的意見徵詢。

最後 ACMA 達成決議，規劃將開放 Ku 頻段供 ESIM 使用，根據澳洲的頻率計畫（Austrailian Radiofrequency Spectrum Plan, ARSP）現有的規劃，運作在 ESIM 上的 FSS 業務，將會在 Ku 頻段上運行，並包含地球靜止軌道（GSO）的 FSS 業務以及非地球靜止軌道（NGSO）的 FSS 業務。

同時 ACMA 也依照 ITU 規範，更新接收設備執照的申請許可程

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

序。其中要求申請提供的服務和功能必須要符合地面站的類別。因為根據 ACMA 的經驗，往往地面站的類別和提供的服務會有不一致的情形發生。但是因為現今 ACMA 針對在 Ku 頻段的 ESIM 使用的地面站沒有特定規範其地面站的類別。目前申請 ESIM 地面站的應用類別代碼，僅包含 FSS 的太空電臺使用，但沒有包含行動使用。

此外在申請的文件中，ACMA 規範其 Ku 頻段的 ESIM 的設備執照，在申請文件當中，必須要包含執照設備的許可地理區域，並且該地理區域必須要包含澳洲。ACMA 表示透過這一規範，是為了穴保 ITU 在衛星協調過程中，可以掌握澳洲境內的營運，進一步確保澳洲境內的網路服務。

(1). 針對執照申請，ACMA 要求申請者遵照 ITU 規範

首先在下行鏈路中，ACMA 要求申請人應證明，在 ESIM 設備使用傳統固定地面站的情況下進行評估，則對於其它服務的干擾風險將會很低。此外，申請人必須證明，其 ESIM 裝置的使用，必須在 ITU 註冊的詳細操作範圍內。例如 ITU RR No. 4.4 針對 ESIM 接收裝置的操作規範。

ACMA 要求申請者，在上行鏈路中，應該要遵照 ITU 的規範，以確定其申請是否包含 MSS、船載地面站或是機載地面站。如果有包含以上的項目，ESIM 將可以直接依照澳洲頻率計畫（ARSP）當中的註腳進行頻率的分配和運行。

或者，申請人也可以證明，如果其申請許可在使用傳統固定地球站的情況下進行評估，則其 ESIM 裝置對於其它業務的干擾風險將會很低。此外，申請人必須證明，其 ESIM 裝置的使用，必須在 ITU 註冊的詳細操作範圍內。例如 ITU RR No. 4.4 針對 ESIM 接收裝置的操

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

作規範。

(2). ACMA 對 ESIM 的干擾管理

其中針對 ESIM 可能發生的干擾，ACMA 將要求申請者，自行進行可能性的工程評估和調查，以作為許可申請流程的一部分。其中申請者，針對 ESIM 裝置提出的調查和工程評估必須包含以下幾點：

- ESIM 裝置的等效全向輻射功率（e.i.r.p.）
- ESIM 裝置的網絡控制設施
- ESIM 裝置的功率通量密度（PFD）限制
- 使用衛星訊號進行閉環追蹤的 ESIM 裝置，其演算法應該對其他衛星的捕捉和訊號追蹤具有抵抗性，即代表當地面站檢測到，有意外的衛星追蹤已經發生或是即將發生時，ESIM 裝置應該要立即停止傳輸

三、 小結

(一). 主要國家低軌衛星通訊與其他地面通訊和諧共用作法

低軌衛星通訊服務在 Starlink、Oneweb、Telesat 等陸續於全球商用推展下，同時 5G 等行動寬頻及無線通訊等各式服務普及與技術的持續演進，頻率資源日益稀缺，同時兼顧多元通訊服務發展、促進市場競爭、促進寬頻服務普及與頻率使用效率，為各國通訊與頻率規劃主管機關的首要之務。

觀察國際低軌衛星頻率和諧共用之主要原則與作法，可根據不同服務類型及其服務特性，各主要國家在和諧共用之機制可歸納為下列五種原則作法。第一，在同一頻率範圍內，廣播衛星之優先權較高。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第二，固定服務因具設置地點固定、方向性強，若以地理位置區隔等方式，基本上可與低軌衛星共存使用。第三，GSO 基本上較 NGSO 具有較高優先權，但在特定頻段上有例外。第四，NGSO 間以業者自行協調使用為原則。第五，IMT 則視各國政策目標不同如以 5G 行動寬頻發展為優先，IMT 與 FSS 優先權設定有所差異。

表 137 低軌衛星與衛星地面設備及地面通訊之和諧共用機制比較

業務類型	優先權高於低軌衛星	優先權等於低軌衛星	優先權低於低軌衛星
廣播電視	ITU 原則低軌衛星不得向 BSS 尋求保護，並不得對 BSS 產生有害干擾 Starlink 於德國執照之使用條件為不得干擾廣播衛星且不提供保護(10.95-12.75GHz)	n/a	n/a
固定服務	• n/a	• FCC 將 NGSO 與固定服務賦予 co-primary 地位，業者協商後共享。但採用 First-in-time 原則(12GHz) • Ofcom 將將 NGSO 與固定服務賦予 co-primary 地位，提供站台註冊資訊，提供業者站台建設避免干擾之參考(17.7-19.7GHz)	• n/a
地球固定軌道衛星	• ITU 原則 NGSO 不可對 GSO 系統造成干擾，確保 GSO 系統的優先地位	• n/a	• FCC 在 18.8-19.3 及 28.6-29.1GHz 中，將保留頻段給 NGSO 的 FSS 服務
非地球固定軌道衛星	• n/a	• ITU 原則業者間避免干擾，互相協調使用	• n/a

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

業務類型	優先權高於低軌衛星	優先權等於低軌衛星	優先權低於低軌衛星
行動通訊	• FCC 視 28GHz 為 5G 重要發展頻段，限制 FSS 地面站之數量與發射功率，並不得干擾 5G(28GHz) • IMDA 將 3.5-3.7GHz 上之 FSS 服務移頻，以將相關頻段供 5G 使用	• FSS 在更高頻段賦予 FSS 地面站與 5G 同等優先地位，要求業者協調使用(37GHz、39GHz)	• 日本 Local 5G 頻段不得對衛星通訊地面站產生干擾(28GHz) • 澳洲在 28GHz 高頻部分限制 5G 移動型服務使用(28GHz)

備註：表中低軌衛星之和諧共用包含與衛星地面站（廣播衛星、GSO、NGSO）及地面通訊（固定服務、行動通訊）之研析

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

在避免不同通訊系統間之干擾處理機制方面，包含技術參數之限制、電台地理位置區隔及裝置使用限制等。在 ITU 無線電規則規範下，對於低軌衛星設置等效全向輻射功率（e.i.r.p.）與功率通量密度（PFD）等限制規範。亦可採用地理位置區隔方式，如區隔固定鏈路服務、行動基地台與低軌衛星地球電臺之設置位置，或規範同一地理區域空間內的地球電臺數量。此外，部分特定應用如 FWA、專網等也可透過限制相關裝置在室內使用之方式，減少與低軌衛星裝置及設備間之干擾，達到和諧共用之目的。

(二). 我國 B5G 低軌衛星與其他地面通訊和諧共用機制建議

參考主要國家之頻率和諧共用作法，建議原則上應遵循 ITU 干擾與協調規範機制。在廣播衛星部分，有鑑於我國目前廣播衛星實際使用頻段與低軌衛星使用之主流頻段並無重疊，因此建議維持既有規範。而在固定服務與衛星通訊部分，各國主要皆認為固定服務的電臺位置固定且指向性強，因此在同一頻段內，若採用地理區隔方式，將可有效避免兩者干擾。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

在 NGSO 與 GSO 間干擾，及 NGSO 間和諧共用部分，建議參考多數標竿國家作法，以 ITU 規範為基礎，NGSO 不得對 GSO 產生干擾，也不得要求保護，而 NGSO 間則須互相協調頻率共用。

行動通訊部分，國際上中低頻通常劃分給 5G 行動寬頻使用，要求衛星通訊移頻至更高頻段。毫米波頻段部分，以 28GHz 之和諧共用為各國主要關注之議題，因 28GHz 同時為低軌衛星通訊及 5G 服務使用之頻段，包含美國、英國、新加坡、澳洲、日本、韓國等主要國家，除提供固定衛星服務使用外，亦已釋出為 5G 行動寬頻用途。

就我國 28GHz 頻率而言，亦已於 2020 年初完成首波 5G 釋照，根據釋照結果，由中華電信、遠傳電信、亞太電信及台灣大哥大等四家業者取得 27.9-29.5GHz 共 1600MHz 頻寬。觀察目前主要業者之建置進度，除亞太電信在特定門市及超商提供 5G FWA 體驗服務外，營運商多使用 28GHz 提供專網服務，如中華電信與日月光、高通合作，於日月光高雄廠區建置 5G mmWave 智慧工廠，重點應用為 AI 智慧無人搬運車、AR 遠端維護協作等；遠傳電信與聯發科、愛立信合作打造 5G 毫米波垂直場域，提供 5G 晶片、終端設備產品開發測試；亞太電信與 IC 封測廠矽格，亦合作於矽格工廠內部建置 5G 專網，發展無人搬運車、混合實境技術。

綜上而論，雖 5G 行動寬頻釋出之頻段，與目前主流低軌衛星營運商所使用之頻段 27.5-30GHz 有部分重疊，但考量該頻段多為衛星通訊之饋線鏈路（地對空）使用，參考 Starlink 於各國建置饋線鏈路所使用之 gateway 現況，如於法國西南部的貝蘭貝利耶(Belin-Beliet）及維勒納夫多爾農（Villenave-d’Orbon）兩個村鎮建置，可歸納衛星通訊 gateway 通常數量少且多建置於人煙稀少的鄉鎮地區，因此相對產生的干擾問題相對較少，建議可參考國際作法設置地理位置區隔或

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術參數限制等，並參考英國、新加坡之作法，運用業者間協議機制，協調兩者之和諧共用。

此外，整合低軌衛星專家座談會議之意見，相關頻率協調之技術參數與運作機制，須進一步由各主管單位進行測試與擬訂，以利後續協調進行更加順暢。同時，今年度針對 ESIM 部分雖已有各主要國家之初步干擾預防機制研究，但 ESIM 在 ITU 與各主要國家之規畫仍在發展當中，因此建議後續以今年度研究成果為基礎，持續觀察主要國家對 ESIM 和諧共用機制之調適與變化。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第六章：子題 2.1，研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢

一、 前言

自第一代行動通訊（1G）推出以來，行動通訊技術以每十年為單位演進，從 1980 年 1G 類比式行動電話的語音服務，到 1990 年 2G 數位式行動電話的語音、簡訊服務；2000 年行動通訊從窄頻到 3G 行動寬頻服務提供圖片、影音通訊傳輸與上網；2010 年 4G 高速行動寬頻服務帶動全數位（All IP）行動多媒體如線上影音串流、線上音樂串流、行動支付等應用蓬勃發展。每一世代的通訊技術與應用之步入商用且逐步成熟大約要歷經十年，創新的應用更要至少兩代的磨練。就像 3G 時代常在談的影像通話，實際上要到 4G 世代才普及活用。

2020 年 5G 不再如過去 1G 到 4G 的線性發展，而係首度採用 mmWave 頻段的跳躍式成長，支援超大頻寬（enhanced Mobile Broadband, eMBB）、超大連結（massive Machine Type Communication, mMTC）、超低延遲（Ultra-reliable low-latency communication, URLLC）等三大特性，帶動智慧家庭、智慧工廠、車聯網等應用發展。隨著 5G 標準化已逐步完成，目前各國正積極布建與推動 5G 應用、踏入規模商用階段。

2020 年 7 月，隨著 3GPP 宣佈 Release16 標準凍結，意味著 5G 首個演進版本標準完成；爾後 3GPP 決定於 2022 年 6 月完成 Release17 版本協議代碼凍結。此意味著，5G 第一階段的技術標準即將抵定，基於 Release15 到 Release17 版本的 5G 將為國際奠定 5G 世代通訊基礎，且 5G 世代所關注應用在一般生活或各行各業的創新應用，無論 ARVR、大規模物連網等，也在此時逐步萌芽深根。而 2021 年 4 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

27 日 3GPP 在第 46 次項目合作組（PCG）會議上正式將 5G 演進的名稱確定為”5G-Advanced”，並決定 5G-Advanced 將從 Release18 開始。3GPP Release18 版本規劃在 2021 年底立項，預計 2023 年底標準凍結。代表著自 3GPP Release18 開始通訊技術將進一步邁向更先進、多元的世代。然值此之際，國際間相關單位更超前部署、開展 6G 技術應用領域之研究，積極思考下個十年藉由 B5G/6G 世代的通訊技術與創新應用樣貌。

對於下個十年新世代通訊技術與應用的展望，初期 3GPP Release18（5G-Advanced）開始的 B5G 世代通訊技術與應用，不但討論需要先進行動寬頻（eMBB）特性支持的技術與應用場景，關注焦點延伸至製造、交通、能源、媒體、智慧家庭與醫療等領域更廣泛且深入之應用。而最終進入成熟 6G 時代更將會更有智慧並支援多功能通信，包括陸地、海洋、天空甚至太空之多樣性廣域通信覆蓋，藉由提供無所不在的智慧連網，刺激垂直應用發展、促進數位轉型；並號稱邁入人與物在數位/虛擬/現實世界的「真融合」的世代。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 40：行動通訊演進與應用前瞻

而在 5G 邁入規模商用、方興未艾態勢下，即使國際標準組織對 B5G 的研究才剛開始，全球主要國家針對 6G 通訊之研究也陸續開展。自 2018 年開始便有學研機構開始思考下世代通訊技術的發展方向、應用可能性，以及必須面對的各類難題；國際大廠或營運商也期望能掌握、探索 6G 概念與發展願景，以早先一步布局新一代通訊技術，掌握先機。新一代通訊技術的發展議題與國際間的科技競局，在近期因美中之爭欲發激烈的態勢上，已然浮上台面，為了在未來 6G 世代能脫穎而出、佔據一席之地，促使主要國家與產業對 6G 布局展開具體行動。

故此，根據委託研究計畫之分項二將進行 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢之研究。針對子項 2-1「研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用趨勢」，以國際 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用為主要

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

研究範疇,瞄準國際產官學研B5G/6G無線通訊潛在技術的先期研究,並關注、彙整國際標準組織/政府與產業所擘劃之 B5G/6G 無線通訊潛在創新應用，並針對特定垂直應用（如 HAPS 等）發展，進行深入研究與剖析。

二、 國際組織 B5G/6G 技術發展與標準化進程

(一). 5G 後期標準：Release 17

5G NR 技術標準起始於 2016 年 R14 階段，其後主要透過 3GPP 中 RAN 工作組與 SA 工作組開展相關研究工作，其間歷經 Release 15（以下簡稱 R15）、Release 16(以下簡稱 R16)兩個版本演化至今 R17。

2017 年啟動之 R15，係 5G NR 標準的第一個階段，主要係著重於強化移動場景下之寬頻與部分低時延、高可靠場景，且完成 NR 非獨立組網（non stand alone, NSA）與獨立組網（stand alone, SA）之標準。

2018 年啟動之 R16，係 5G NR 標準的第二個階段，其於 R15 基礎上進一步增強移動場景下之寬頻，如引入增強型多天線傳輸（MIMO）、蜂巢網路定位、終端節能（UE power save）、載波聚合（CA）、雙鏈結（MR-DC）等技術，且強化支援垂直產業（如：工業物聯網場景、車聯網等）應用需求進行標準化設計，如確立工業物聯網架構、有線/無線聚合等，而其於 2019 年底完成，而最終版於 2020 年 7 月正式凍結。

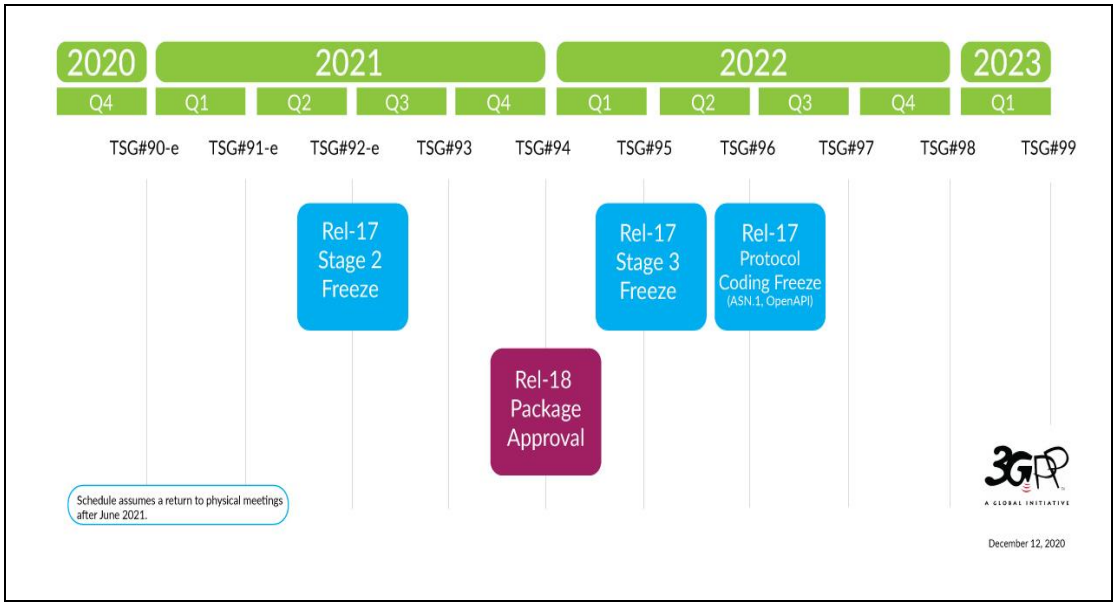
2019 年 12 月於 3GPP RAN 工作組第 86 次全會，啟動 Release 17（以下簡稱 R17）規劃與佈局之標準設計工作。R17 除了立基 R15 與 R16 針對特定技術進一步增強外，其另將大連接、低功耗之海量機器通訊作為 5G NR 應用的一個重要發展方向，基於既有架構與功能由

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術面推進，藉以支持物聯網應用之開展。

以 R17 時間規劃而言，2021 年 6 月 7 日，3GPP 招開技術規範組（TSGs#90-e）全體會議，正式核定 R17 時間表（如下圖所示），其會議考量 2020 年線上會議對工作進程之影響，再者考量遠端工作至少需維持至 2021 年 6 月，而遠端工作所衍生之龐大郵件流量延宕與會代表之工作進程，故於全體會議上 TSG RAN、TSG SA 和 TSG CT 主席共同決議將 5G 最新演進版本 Release 17 之凍結時間推遲 6 個月。惟執得一提的是，該時間表係以假設 3GPP 於 2021 下半年可重返實體會議為前提。以下簡述新版 Release 17 工作時間表，關鍵時間點。

- Rel-17 階段 2 功能凍結：2021 年 6 月（TSGs#92-e）
- Rel-17 階段 3 協議凍結：2022 年 3 月（TSGs#95）
- Rel-17 協議編碼凍結（ASN.1, OpenAPI）：2022 年 6 月（TSGs#96）

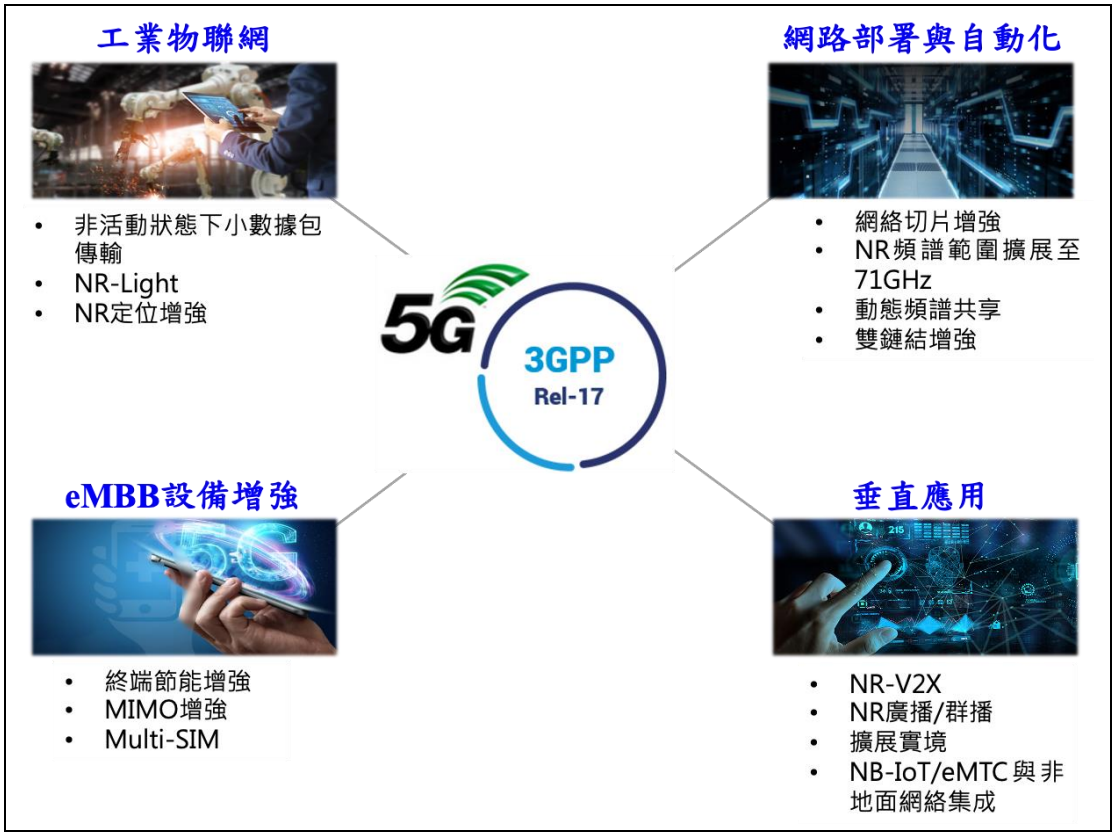


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 41：Release 17 工作時間表

針對 R17 於 5G NR 上之技術發展，依據各技術研究立項之內容，可區分為四大主題，如下圖所示，涵蓋工業物聯網、網路部署與自動化、eMBB 設備增強與垂直應用，以及總計 14 項主要之研究項目。以下針對各主題，以及相對應主要之研究項目進行論述。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 42：R17 四大研究主題

1. 工業物聯網

(1). 非活動狀態下小數據包傳輸

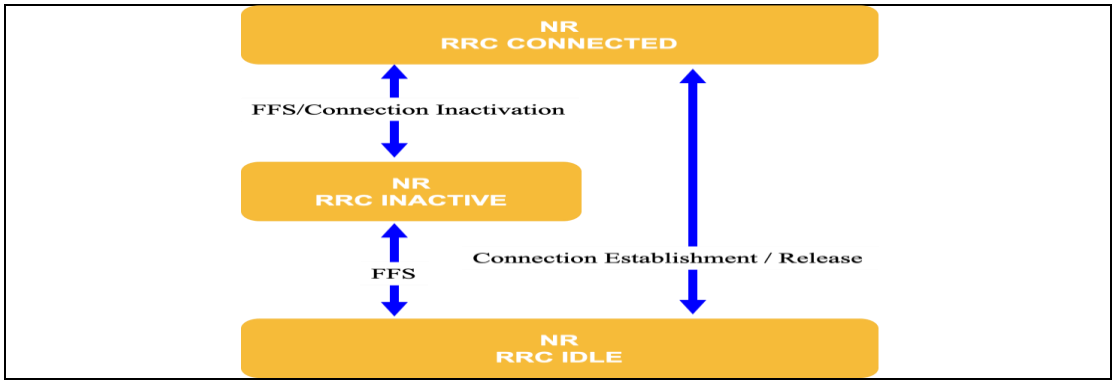
以行動通訊而言，以智慧型手機為例，手機與基地台之間除了主

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

/被動傳遞/接收語音數據、多媒體數據外，亦包涵各式操作指令數據，藉以對手機下達指令，使其知曉何時需要傳遞/接收訊號。

手機與基地台間之數據的傳遞與接收，係稱作無限資源管理（Radio Resource Control, RRC），而於 4G 時代，手機與基地台間依據是否有傳遞/接收訊號，手機有兩類狀態：RRC 閒置（RRC Idle）狀態、RRC 連線（RRC Connected）狀態。其中，RRC 閒置狀態，係指手機進入睡眠狀態，其於手機無任何傳遞/接收數據一段時間後，因手機不需求與基地台交互 RRC 指令，故手機將自動進入 RRC 閒置狀態，而其目的在於避免手機不必要的電力消耗；相反的，當手機需要與基地台進行交互 RRC 指令以傳遞/接收數據時，則手機將進入 RRC 連線狀態，藉以和基地台取得通訊。

進入 5G 世代，為求終端裝置（如手機）可以加快 RRC 閒置狀態與 RRC 連線狀態間的切換，5G 新增一類狀態-RRC 非活動（RRC Inactive）狀態，如下圖所示，其介於 RRC 閒置狀態與 RRC 連線狀態之間，該狀態下終端裝置不如 RRC 閒置狀態為進入睡眠，亦不如 RRC 連線狀態下為連線通訊狀態，其可簡易視為半睡眠半連線狀態，主要目的係快速喚醒終端裝置與基地台取得連線通訊。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 43：NR 終端裝置三類狀態

觀察 R17 中針對終端裝置於 RRC 非活動狀態下之研究立項，其聚焦於架構讓處於 RRC 非活動狀態下之終端裝置可以與基地台進行小數據包的傳輸。探究其由，以智慧型手機為例，現時為數眾多 APP，其縱然終端使用者未使用該些 APP，惟該些 APP 仍會於背景傳輸少量數據予服務伺服器，致使手機很難進入 RRC 非活動狀態或 RRC 閒置狀態而遭致高耗電，故 R17 中聚焦研議如何讓處於 RRC 非活動狀態下之終端裝置可以傳輸小數據包，藉以不僅達成降低終端裝置能耗，亦有助於如工業物聯網、穿戴裝置等感測器應用之發展。R17 中主要之具體研究面向，包含：

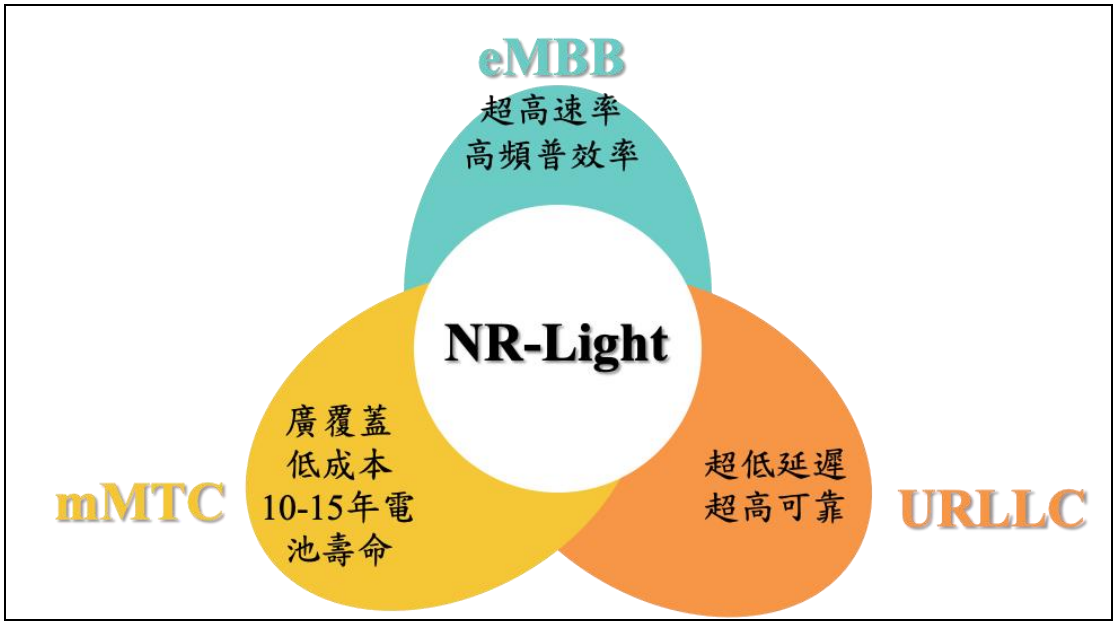
- 架構基於隨機存取通道（Random Access Channel, RACH）系統下之 UL 小數據傳輸：係研議在 RRC 非活動狀態下進行小數據包傳輸的程序/機制（如：使用 MSGA、MSG3）、以及制定大於 R16 共通控制通道（Common Control Channel, CCCH）可納訊息大小之有效載荷，以允許 MSGA 與 MSG3 在 RRC 非活動狀態下可以支持 UL 實現上行鏈路的數據傳輸。

- 研究在預先配置的實體上行共享通道（Physical Uplink Shared Channel, PUSCH）上進行 UL 數據傳輸：係研議通訊程序（General Procedure），以能在 RRC 非活動狀態下於 Configured grant Type 1 進行 UL 小數據傳輸。

(2). NR-Light

NR-Light，可謂為簡化版的 5G NR，一如 LTE 世代中針對低功耗、低速率、低成本、大連結、廣覆蓋物聯網應用的 NB-IoT/eMTC，而其即為簡化版的 LTE。NR-Light 的重要性，在於其補足 5G 所定義之 eMBB、uRLLC、mMTC 三大場景之不足，如下圖所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 44：NR-Light 技術範疇

eMBB 主要係針對需求大頻寬之應用，如 4K/8K 影音串流等，uRLLC 主要係針對需求超高可靠與超低時延之應用，如遠端機器人控制、自動駕駛等，而 mMTC 主要係針對需求低速率大規模物聯網之應用，然而對於需求「中低速率」之大規模物聯網應用，如智慧製造中廠區內的超高畫質攝影機、生產線上大量感測器等，因 NB-IoT/eMTC 之時延與頻寬能力不足以滿足需求，而 eMBB/uRLLC 雖能滿足中低速率大規模連結需求，惟其功耗過高而不適用，故 5G 世代需求一性能與功耗介於 NB-IoT/eMTC 與 NR eMBB/URLLC 之間，且僅使用 10~20MHz 頻寬，可實現下載速度 100Mbps 與上載速度 50Mbps 之技術，而 NR-Light 即扮演此關鍵角色。

進一步的，具備簡化版 5G NR 技術-NR Light 後，相對應的輕量化 NR 終端裝置-NR Light 終端裝置，即為 3GPP 重點研究立項之一。相較於 4G 世代下之 NB-IoT/eMTC，於邁入 5G 世代後，因 5G 引入

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

眾多新興技術且頻寬更大，致使對應之 NR 終端裝置複雜度與功耗增加，以智慧型手機為例，NR 手機具備比 LTE 手機更多一倍之天線數量，且須處理 100MHz 頻寬數據（4G 為 20MHz）等，使得 NR 手機不僅較 LTE 手機更為昂貴，且功耗更是大幅增加。惟對於如穿戴式裝置、工業物連網相機、感測器等使用情境，其並不需求 NR 的超高速傳輸、超低延遲等技術特性，而是需求更小的頻寬、更低的速率、更少的天線等來降低終端裝置的成本、複雜性與功耗，故 NR Light 終端裝置即扮演重要角色，以能滿足 5G 世代下大規模物連網之需求。

觀察 R17 中 NR-Light 終端裝置聚焦之技術研究方向，涵蓋：

- 降低行動終端裝置成本和復雜性
- 降低 UE 上下行頻寬
- 減少 UE RX 天線，包括 2RX、1RX
- 降低基頻（Baseband）複雜度
- 降低 UE Tx 功率等級
- 研究進一步提高 UE 效率之技術
- 研究 RRC IDLE/INACTIVE 節電技術，包括空閒模式 RRM、尋呼喚醒等
- 研究基於 RRC CONNECTED 狀態的低功耗技術

(3). NR 定位增強

高精度定位始於 3GPP 於 R15 研議之基本定位協議，透過依據基地台的地理座標作為定位的資訊，基地台資訊係透過位置更新（TA updating, TAU），以及呼叫（paging）方式取得，其定位精準度與區域

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

內基地台之覆蓋範圍大小有關，而其目的在於解決室內場景下無法使用衛星定位，再者 LTE、WiFi 定位技術精準度不足之問題。

其後，R16 進行精準定位之擴展與效能之提升，其透過多輸入多輸出（Multi-input Multi-output, MIMO）多波束之特性，定義基於 LTE 之增強型 E-CID（Enhanced Cell ID）定位法，除使用基地台的地理座標資訊外，亦同時採用參考訊號功率 （Reference Signal Received Power, RSRP）、到達時間差（TDOA）、時間前置（Timing Advance, TADV）、來回時間（Round Trip Time, RTT）、到達角度（Angle-of-Arrival, AoA）等量測資訊，藉以提高定位精準度。

惟隨著定位技術於各垂直領域之應用擴散，部分室內場景下之定位精準度仍就無法滿足需求，如工業務聯網應用中，室內資產追蹤、AGV 追蹤等，需求極高定位精準度，為此 3GPP 於 R17 考慮進一步增強定位技術，期以把室內定位精準度提升至毫米等級，以利 5G 工業務聯網之應用發展，而觀察 R17 為提升定位精準度，其聚焦八個面向之技術研究：

- 降低 UE Rx/Tx 或 gNB Rx/TX 時差（Time Difference）時延：係著重於下行鏈路（Downlink, DL）、上行鏈路（Uplink, UL）、DL+UL 定位方法，以及採用用戶裝置為基礎（UE-Base）輔助定位法之技術研發。
- 上行鏈路到達角（Uplink angle-of-arrival, UL AoA）網路定位技術。
- 下行鏈路到達角（Downlink angle-of-departure, DL-AoD）用於輔助用戶裝置為基礎與網路為基礎（Network-Based）之定位技術。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 提升 DL+UL 定位法中位置測量、位置估計、定位協作數據的取得與反應時間。

- 增強無線資源控制非啟動（RRC-Inactive）狀態下，基於用戶裝置為基礎定位法之測量方式、訊號處理方式：係聚焦 DL NR 與獨立式無線電接入（Radio Access Technology-Independent, RAT-Independent）定位技術之研發，以及 gNB 用於輔助 RRC-Inactive 狀態下用戶裝置為基礎之定位技術。

- 增強基於用戶裝置為基礎之定位法下，定時接收與發送下行鏈路定位參考訊號（Downlink positioning reference signal, DL PRS）效率。

- 定義輔助全球衛星定位系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）之定位完整性與訊號處理程序：涵蓋北斗衛星導航系統（BDS）B2a 訊號、BDS B3I 訊號，以及支持由印度區域導航衛星系統（NavIC）鏈結到 NR。

- 研究且具體定義多路徑下終端用戶裝置與 gNB 之訊息獲取。

2. 網路部署與自動化

(1). 網路切片增強

網路切片（Network Slicing），係指借助切片技術於物理網路上建立多個邏輯虛擬網路，而每個邏輯虛擬網路各自皆有屬於自身之網路配置（如：網路頻寬、封包傳送路徑等），故每個邏輯虛擬網路彼此獨立而不互相干擾，所以可以配置應用於不同之應用情境。

網路切片技術，早於 4G LTE 世代既已開始，惟不同於現時 5G

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

世代下採用之網路切片原理，4G LTE 世代下所採行網路切片之原理，係以硬體切分方式藉以達成網路切片需求，而在 5G 世代下轉而改以軟體切分方式達成網路切片，其效益在於具備較高之效率，且富於靈活與彈性，僅需透過軟體定義網路（SDN）與網路功能虛擬化（NFV）技術，即可達成網路切片功能。簡言之，相較於 4G 世代的物理切割實現網路切片，5G 世代將 4G 行動核網功能由傳統硬體電信設備中抽離，改以軟體方式於伺服器上運行，再以 SDN 技術集中管理網路資源，透過軟體定義架構之方式，達成虛擬化之網路切片功能。

隨著數位轉型驅動各垂直領域邁入智慧化升級，舉凡製造、運輸、醫療等各垂直領域對網路頻寬、延遲性、可靠性等需求迥異，而網路切片於滿足各垂直領域差異化之性能需求上扮演重要角色，惟其亦對 5G 網路之架構設計帶來不小挑戰。而為強化網路切片效率，近期之 R15、R16，不僅於物理層面推動網路架構朝向靈活性與彈性方向發展，再者對於電信運營商需求於物理架構以外之頻譜層面實行網路切片以滿足不同應用場景之需求，於終端無線切片接入、服務連續性等面向之能力進行強化。

進入 R17 階段，為進一步增強網路切片能力，研究聚焦如增強隨機接入配置與接入禁止機制、強化終端對切片訊息的感測能力、切片的重映射、回饋與數據轉發機制等，而具體之關鍵研究標的包含：

- 網路切片最大可支援連接之終端用戶裝置（UE）數量：係著重於研究如何支援單網路切片選擇輔助訊息（Single Network Slice Selection Assistance Information, S-NSSAI）定義之網路切片可同時註冊最大之終端用戶裝置數量、5G 系統（5G System, 5GS）如何知道某網物切片最大可支援終端用戶數量，以及哪些 NF(s)需要釐清數量配額、5GS 處理待漫遊（Treat

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Roaming）終端用戶裝置之機制。

- 探討與網路切片相關之最大 PDU 會話（PDU Sessions）數量：係研究如何支援 S-NSSI 定義與所有 DNNs 有關之網路切片建立之 PDU 會話最大數量、5GS 如何知道網路切片可以支援的最大 PDU 會話數量，以及哪些 NF(s)須釐清此數量配額、當終端用戶裝置要求在網路切片上建立新的協議數據單元（Packet Data Unit PDU）會話而導致超過最大可支援數量時，5GS 的應對處理機制為何？

- 網路切片中每個終端用戶裝置 UL 與 DL 的速率限制：係定義每個終端用戶裝置於網路切片中最大下載與上傳速度。

- 定義網路切片中配額（quota）事件通知機制：係聚焦 TR 中所有 KIs 定義之網路切片相關配額、應用功能（Application Function, AF）是否可以由 5GS 中獲得網路切片的配額事件通知。

- 動態調整以滿足每個網路切片中 UL 與 DL 的速率限制：係如何調整適用於每個終端用戶裝置之保障比特速率（Guaranteed Bit Rate, GBR）與非保障比特速率（non-GBR）之流量速率限制，以及如何相對應調整於網路切片中終端用戶裝置總數。

- 釐清網路切片同時使用之限制：係聚焦漫遊（roaming）與非漫遊（non-roaming）場景下，如何在終端用戶裝置與網路中，執行與同時間使用網路切片之相關約束，以及確保限制機制不會對 Rel-15 與 Rel-16 中 5GS 之網路部署造成負面影響。

- 定義 5G 核心網路（5G Core Network, 5GC）基地台訪問

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

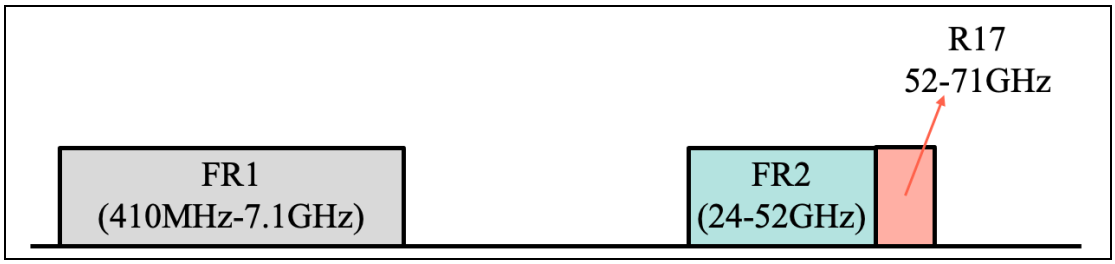
網路切片：係聚焦探討當行動網路運營商以不同頻段運作多個網路切片時，如何選擇一個特定的基地台可以使用網路切片、5GS 如何引導終端中戶設備到能夠支持其使用網路切片的 5G 接入網路（5G-AN）、5GS 需要何類訊息，以能引導終端用戶裝置至 5G-AN 等。

- 服務區內，終端用戶裝置漫遊時對公用路上行動網路（Public land mobile network, PLMN）的影響：係探討只在部分 PLMN 上可用之 HPLMN（Home-PLMN）的 S-NSSAIs 系統處理方法。

(2). NR 頻譜範圍擴展至 71GHz

依據 3GPP Rel-15 之定義，現時 5G NR 頻段整體區分為兩個頻率範圍（Frequency Range），分別為 Frequency Range 1（FR1）的 6GHz 以下頻段（410MHz~7.125GHz，即 sub-6GHz），以及 Frequency Range 2（FR2）的毫米波頻段（24.25GHz~52.6GHz），其中 FR1 頻段號由 1 到 255，另 FR2 頻段號由 257 到 511。

擴展 5G 頻段，早於 3GPP RAN1 於技術報告 TR 38.807 中，即已針對 52.6GHz （FS_NR_beyond_52GHz）以上頻段進行研究，而該研究顯示 52.6-71GHz 為全球可用，且其因為接近 52.6GHz 以下頻段(如下圖所示)，以及有助於大幅提高無線通訊之數據速率與容量而對 3GPP 具有極大吸引力。



本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 45：R17 5G 擴展頻段

於該研究顯示 52.6-71GHz 為全球可用中，其中又以 60GHz 頻段（57-66GHz）與擴展之 60GHz 頻段(57-71GHz)較為適合，而近期則於 2019 年 11 月 22 日 WRC-19 大會，確立 66-71 GHz 頻段可供 5G 使用。

對於擴展 5G 頻段之建議，RAN1 對 5G 頻段擴展至 52.6 -71GHz 之研究，其建議標準循環前綴（Normal CP, NCP）的副載波間距（Subcarrier spacing）為 120KHz，以及額外的子副載波間距為 480KHz 與 960KHz，且對於進接頻道（channel ccess）建議採行「定向通話前監聽（Listen-Before-Talk, LBT）」技術與 no-LBT 模式，藉以滿足廣泛之垂直應用需求與監管要求。

R17 中針對擴展 NR 至 52.6-71GHz，主要有兩個面向的研究範疇，分別為：物理層架構（Physical layer aspects）、物理層程序（Physical layer procedures），以下論述各面向主要之技術研究標的。

● **物理層架構中技術研究標的：**

- 除 120KHz 載波間距(Subcarrier Spacing, SCS)以外，定義新的 480KHz 與 960KHz SCS，且定義最大頻寬，以及此頻率適用於 NCP 的參考訊號（reference signals）、控制訊道（control channel）等。

- 釐清適用於 480KHz 與 960KHz 的時間線(Time line)，如：BWP 與波束切換（Beam Switching）時間、混合式自動重送請求計時（HARQ Timing）、UE 處理、物理下鏈共享通道（Physical Downlink Shared Channel, PDSCH）、物理上鏈共享通道/探測參

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

考訊號（Physical uplink share channel，PUSCH/Sounding Reference Signal, SRS）與通道狀態資訊（Channel State Information, CSI）的準備與計算時間等。

- 該頻率範圍內，定義適用 64 個單邊帶調變（Single Side Band, SSB）波束用於許可與未許可的操作。

- 研議用於 SSB 的 120KHz SCS，以及適用於初始部分頻寬（Bandwidth Part, BWP）中 120KHz SCS 的接入訊號與通道。

- 研議額外的 SCS（240KHz, 480KHz, 960KHz）用於 SSB，以及 SCS（480KHz, 960KHz）用於初始 BWP 的接入訊號與通道。

- 釐清 52.6 -71GHz 頻段的共享頻譜操作，以及所需之波束管理。

- 支持對 PUCCH 格式 0/1/4 的增強，以增加共享頻譜操作中功率譜密度（Power Spectral Density, PSD）限制下 RBs 的數量。

- 支持增強多個 PDSCH /PUSCH 的排程，以及單一下鏈控制訊息（Downlink Control Information, DCI）對混合式自動重送請求（Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ）的支持。

- 支持對 PDCCH 監控的增強，包括盲點偵測（Blind Detection）/控制通道單元（Control Channel Element, CCE）排定，以及多時隙跨度監控（Multi-Slot Span Monitoring）、UE PDCH 配置的潛在限制，以及與 PDCCH 監控相關的能力。

- 研究對 PRACH 序列長度的支持，即 L=139、L=571、

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

L=1151，以及對非連續 RACH 情境(RO)下對共享頻譜之操作。

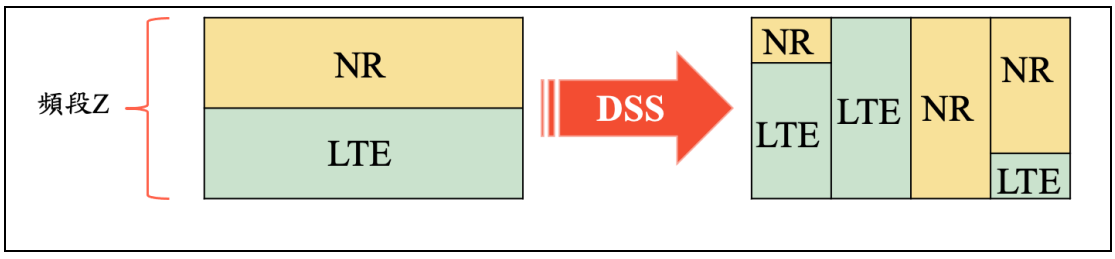
➢ 擬訂對 120 KHz SCS、480 KHz SCS 和/或 960 KHz SCS 的 PTRS 增強，以及 480 KHz SCS 和/或 960 KHz SCS 的 DMRS 增強。

● **物理層程序中技術研究標的：**

➢ 在以波束（Beam）為基礎運作之訊息接入機制中，需釐清適用於 52.6-71GHz 間未經許可之頻譜使用的監管要求，其中涵蓋 LBT 與 No-LBT 的相關程序。

(3). 動態頻譜共享

動態頻譜共享（Dynamic Spectrum Sharing, DSS），以 4G LTE 與 5G NR 為例，係指 LTE 與 NR 共享同一頻譜，其目的在於最大程度提升頻譜使用效率，以及逐漸把現時 LTE 轉化為 NR 網路，故行動網路運營商會選擇將一部分 LTE 頻譜轉給 NR 使用，如下圖所示，即 LTE 與 NR 兩造頻率範圍不再維持靜態劃分，而是允許 LTE 與 NR 可以動態的共享頻譜。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 46：LTE 與 NR 頻譜共享

於今動態頻譜共享遭遇之技術瓶頸，係於 LTE 系統端的物理下行控制通道（Physical Downlink Control Channel, PDCCH）分布在每

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

一子幀(Frame)的前三個符號，系統可以任意配置物理下行控制通道占用 1 個、2 個或 3 個符號。惟以 NR 系統而言，不同的是 NR 物理下行控制通道可以配置符號於每一時隙（Timeslot），所以若要把 NR 物理下行控制通道配置於前三個符號以外的位置，則需要特定終端用戶裝置（UE）具備相應能力支持，然而並非所有之終端用戶裝置皆支持於 3 個符號以為之位置接收 NR 物理下行控制通道。在此狀況下，為避免多數終端用戶裝置無法接收 NR 物理下行控制通道，是故 NR 系統多默認把 NR 物理下行控制通道配置於時隙的前 3 個符號，而此顯而易見的是，原本實屬稀缺之時隙前 3 個符號位置，須面對 LTE 與 NR 物理下行控制通道互爭奪局面，從而導致物理下行控制通道資源收現。

為改善與優化動態頻譜共享之效益，3GPP 於 R17 聚焦兩面項技術研究：

- SCell 排程 PCell(PDCCH of SCell scheduling PDSCH or PUSCH on P(S)Cel)：係因 LTE 頻譜之頻率（Frequency）較 NR 頻譜之頻率為低，故現時系統部屬主要將與 LTE 共享之載波配置為 PCell，然而 NR 現今系統無法配置 SCell 跨載波排成 PCell，所以 NR 系統僅能將排成 PCell 之 PDCCH 配置於 PCell 上，惟 PCell 之 PDCCH 資源匱乏。在此之下，R17 研議允許 NR 支持由 SCell 來排程 PCell，於此即可將排成 PCell 的 PDCCH 轉移至 SCell 上，進而解決 PCell 上 PDCCH 資源匱乏問題。

- 一個 DCI 排程多個 PDSCH(PDCCH of P(S)Cell/SCell scheduling PDSCH on multiple cells using a single DCI)：現時 PDSCH 之排程是一個 DCI 排成一個 PDSCH，然而為了緩解

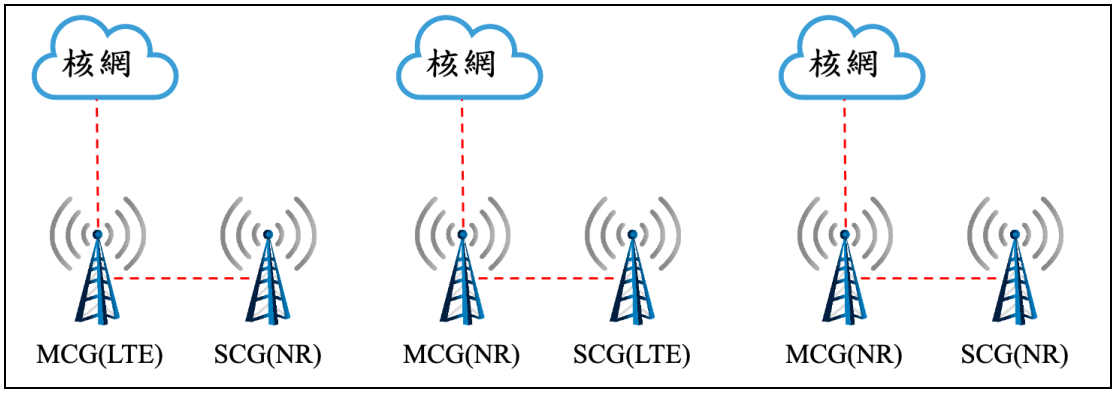
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

PDCCH 資源匱乏問題，故 R17 研議允許一個 DCI 可以排程 2 個 PDSCH，且該 PDSCH 各至配置於不同之載波上。

(4). 雙鏈結增強

雙鏈結（Multi-RAT Dual Connectivity, MR-DC），係同時連接兩類網路，而其最早於 4G LTE 時代發起，趨時引入的雙鏈結為 LTE-LTE DC。於雙鏈結中，為區分兩類網路的主從關係，把跟核心網路連接的網路稱為主細胞群（Master Cell Group, MCG），而把另一網路稱為輔細胞群（Secondary Cell Group, SCG）。

於 5G NR 中，為滿足不同行動網路運營商的需求，以及最大程度的使用既有 4G LTE 網路，5G NR 以此定義三類型雙鏈結模式，如下圖所示。



資料來源：數位通訊，本研究整理，2021 年 11 月

圖 47：5G NR 三類型鏈結模式

其中，EN-DC，係 LTE-NR DC，即 LTE 為主細胞群，而 NR 為輔細胞群；相反的，NE-DC，係 NR-LTE DC，即 NR 為主細胞群，而 LTE 為輔細胞群；另 NR-DC，係鏈結兩個 NR 網路，不論主細胞群或輔細胞群皆為 NR。

在雙鏈結情境中，物理上行控制通道（Physical Uplink Control

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Channel, PUCCH）默認只與主細胞群中的主要細胞組（Primary Cell, PCell）發送訊號，於輔細胞群中亦只與主輔細胞組（Primary Secondry Cell, PSCell）發送訊號。惟於獨立 CA（Standalone CA）場景中，係用戶終端裝置僅有配置主細胞群而沒有輔細胞群的狀況下，網路將額外配置一個輔細胞群來發送物理上行控制通道，而此額外用來發送物理上行控制通道之輔細胞群即稱作 PUCCH-SCell。

於 3GPP R17 中，為優化雙鏈結的網路效益，其聚焦兩面向的技術研究，分別為：

- 輔細胞群的高效活化/去活化(SCG High Efficient Activation/Deactivation)：現時輔細胞群於添加、刪除、修改過程會有極高時延，而高時延不利於業務應用的發展，故於 R17 著重研究如何有效且快速的活化/去活化輔細胞群，從而降低時延以能適配應用發展。

- 輔細胞組的高效活化/去活化（Secondary Cell High Efficient Activation/Deactivation, SCell High Efficient Activation/Deactivation）：現時活化輔細胞組需經歷三階段過程，分別為：(1).接收用於活化輔細胞組的 MAC 控制單元（MAC-CE），以及 MAC 控制單元回饋 HARQ-ACK、(2).射頻（RF）預熱、自動增益控制器（AGC）調整，以及管理資訊庫（MIB）連結、(3).通道狀態資訊（CSI）反饋。惟此三階段過程耗時較長，造成較高時延而不利業務應用發展，再者高時延將為終端使用者裝置（UE）帶來較高功耗等問題，故 R17 著重研究如何有效且快速的活化/去活化輔細胞組。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. eMBB 設備增強

(1). 終端節能增強

終端用戶裝置之電力可持續使用時間，係關乎終端用戶使用體驗的重要影響因素之一。惟邁入 5G 世代，NR 終端裝置因需支持更高頻寬、高速數據處理等，致使終端裝置能耗較 LTE 裝置進一步提升，而為改善/提升電池續航力，終端節能技術歷年多位列 3GPP NR 標準化過程中的一個重要技術研究方向，而隨著公開發行(Release)標準的更新，NR 終端裝置能源效率正逐步獲得提升。

於 R15 終端裝置節電技術，主要係採用非連續接收（Discontinuous reception ,DRX）操作與使用部分頻寬（Bandwidth part ,BWP）技術降低終端裝置功耗。進一步的，於 R16 開展連接狀態下之終端裝置節能優化，提出如 DRX 喚醒訊號（Wake Up Signal, WUS）、動態跨時係調度、MIMO 層數自適應、Scell Dormant BWT、終端輔助訊息上鏈等節電技術，透過降低連接狀態下終端裝置非必要之訊號監聽（Channel Listene），藉以大幅度減少終端裝置不必要之 PDCCH 檢測、PDSCH 緩存，進一步提升終端裝置節電效率。

觀察 R17，進一步聚焦閒置（idle）模式/非啟動（inactive）模式下之終端裝置節能，而終端裝置於閒置/非啟動模式之能耗問題，主要係由於週期性的 SSB 傳輸造成時頻域同步時間較長，以及現時尋呼（Paging）流程機制導致終端裝置非必要之尋呼下鏈訊號監聽所致，而具體之技術研究標的為：

- 時頻域跟蹤同步優化：現時能耗問題，係終端裝置在閒置/非啟動狀態下需要連續檢測多個週期之 SSB，致使終端裝置於檢測尋呼 PDCCH 前需要喚醒較長時間，進而造成較高之不

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

必要能耗。在此狀況下，為降低終端裝置在時頻域跟蹤同步過程中的不必要之能耗，研究標的聚焦研議為閒置/非啟動狀態下之終端裝置提供較多、較密集之參考訊號輔助跟蹤同步，藉以改善終端裝置僅能依賴 SSB 而造成之能耗。

- 尋呼設計優化：現時導致終端裝置能耗較高的另外一個原因，係因一個終端裝置每次僅能檢測一個相同的尋呼 PDCCH，而為降低終端裝置尋呼檢測錯誤問題，致使終端裝置進行多次尋呼檢測，導致不必要的尋呼檢測能耗。在此狀況下，為解決不必要之尋呼檢測所造成的不必要能耗，研究標的聚焦研議引入尋呼群指示（Paging Group Indicator, PGI），透過終端裝置在進行尋呼檢測前提供參考指示之方式，先行讓終端裝置判斷是否需要進行尋呼檢測，從而降低不必要的尋呼檢測所造成的能耗。

(2). MIMO 增強

多輸入多輸出系統（Multi-input Multi-output, MIMO），係多天線無線通訊系統，其利用發射端之多個天線各自獨立發送訊號，以及接收端之多個天線接收訊號並復原訊號之方式，可以在不需要額外增加頻寬或發送功率下，大幅提升系統的傳輸速率、品質與傳訊號輸範圍，且提升頻譜使用效率。

MIMO 技術早於 LTE 世代 3GPP 於 R8 引入，其允許下行至多使用 4X4 天線、上行至多使用 1X4 天線(1 發射、4 接受)，而後於 R10(LTE-A)進一步強化 MIMO 技術規格，提升下行天線組至 8X8、上型天線組至 4X2，透過允許更多天線組同時間之發射與接收，提升每 Hz 頻率之傳輸速率。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

至 R15 標準，5G 始支持 MIMO 技術且引入多項 MIMO 功能，如包含導入相位噪聲參考訊號（phase nosie reference signal, PTRS）、準同位（Quasi Co-Location, QCL）、波束管理（Beam Mangement）、通道狀態資訊（Channel State Information, CSI）獲取等。其後，R16 立基 R15 MIMO 技術基礎進一步強化，技術端導入如多用戶多輸入多輸出（Multi-User Multiple-Input Multiple-Output, MU-MIMO）增強、多收發節點（Multiple Transmission Points, Multi-TRP）增強等，功能端則涵蓋如基於離散傅立葉轉換（Discrete Fourier Transform, DFT）壓縮功能之增強行編碼、支持多路發送與多路接收的節點(TRP)傳輸、支持輔助基地台（Secondary Cell, SCell）波束故障復原、以及基於單一信噪比之波速管理等，進一步提升多用戶場景下 MIMO 性能。

觀察 R17，3GPP 為近一步完善 MIMO 技術，以及優化於不同場景下 MIMO 之效能，除延續 R16 中對探測參考訊號（Sounding Reference Signal, SRS）與通道狀態資訊（Channel State Information, CSI）技術研究外，另聚焦探討三個面向之技術發展議題：

- 多波束運作（Multi-Beam Operation）：係聚焦透過標準化傳送配置指標（Transmission Configuration Indicator, TCI）框架，以強化 DL/UL 之數據控制傳輸與接收之通用波束，期以降低延遲與功耗，且進一步支持以 L1/L2 為中心之基地台間（inter-cell）訊號的移動性。

- 多收發節點（Multi-TRP）：係立基 R15 中 Multi-TRP TX-支持動態節點選擇（Dynamic Point Selection, DPS）技術規範，探究常規傳播條件之 DPS TX 技術需求，以及立基 R16 中 eMIMO WI-多重下行控制訊息（Multi DL control information, Multi-DCI）與單一下行控制訊息（Single DL control information,

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Single -DCI）之 eMBB Multi-TRP TX 技術規範，探討 Single-DCI 下 URLLC Multi-TRP Tx 技術需求。

- 空中下載技術（Over-the-Air, OTA）：係探討 5G NSA/SA 下，MIMO OTA 之技術需求，其技術需求測試項目涵蓋如：透過狀態空間（State-Space, SS）向受測設備（Device Under Test, DUT）發送固定之有效載荷，於使用固定參考通路（Fixed Reference Channel, FRC）狀態下測試 MIMO OTA 在 NR 物理層的流量，並涵蓋計算 ACKs 數量、NACKs 數量與 DTX 數量；或如，針對 5G NR 頻率範圍 1（FR1）中 MIMO OTA 流量，測定其平均總輻射多天線靈敏度（Total Radiated Multi-antenna Sensitivity, TRMS）的可用空間數據模式描繪（Free Space Data Mode Portrait, FS DMP）、可用空間數據模式現象（Free Space Data Mode Landscape, FSDML）、可用空間數據模式遮護（Free Space Data Mode Screen Up, FS DMSU）；又如針對 5G NR 頻率範圍 2（FR2）中 MIMO OTA 流量，測定其 MIMO 平均球型覆蓋率（MIMO Average Spherical Coverage, MASC）等。

(3). Multi-SIM

Multi-SIM，係指終端用戶裝置搭載兩張以上 SIM 卡，而依據終端用戶裝置對複數張 SIM 卡支援度的不同，以同時搭載兩張 SIM 卡為例，概略可區分為：雙卡單待、雙卡雙待-單通、雙卡雙待-雙通。其中雙卡單待，係終端用戶裝置(如：智慧型收機)同時搭載兩張 SIM 卡，惟卻僅支援其中一張 SIM 卡上線，另一張 SIM 卡處於離線狀態，需另行透過智慧型手機重新啟動方式切換；雙卡雙待-單通，係兩張 SIM 卡可同時上線，惟終端用戶裝置僅配置一組天線與晶片組，故當其中一張 SIM 卡運作（如通話）時，另一張 SIM 卡會暫時處於離線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

狀態；雙卡雙待-雙通，係兩張 SIM 卡可同時上線，且因終端用戶裝置配置兩組天線與晶片組，彼此可獨立運作，故兩張 SIM 卡可同時上線，即一張 SIM 卡運作時，另一張 SIM 仍處於上線狀態。

Multi-SIM，其效益在於可以滿足終端用戶對終端裝置的使用需求，如以 SIM 卡區分私人生活與公務、外地旅遊/出差維持原 SIM 卡通話，另以旅遊/出差地 SIM 卡進行網路連接等。

為數眾多之終端使用者有 Multi-SIM 需求，惟 3GPP 於 R15/16 卻未進行相關研究、協議，致使廠商各自提出解決方案，而其影響所及係衍伸許多問題，如：不同行動網路相互干擾造成連網性能下降、終端裝置發射功率過高、網路接通率下降等。為解決上緒問題，3GPP 始於 R17 開始研議 Multi-SIM 立項研究，期透過網路協議層面解決上述問題，而具體主要探究之技術項目/關鍵議題為：

- 介接具備 Multi-SIM 之終端裝置與移動終端：係研析訂定 Multi-SIM 終端裝置的 MT 服務，以避免當前(使用中)服務中斷，以及防止觸發不必要之尋呼訊息（paging message）操作。
- 架構複數個 Multi-SIM 終端裝置的尋呼接收：係研究當 3GPP RATs 與處於 Idle 或 RRC Inactive 狀態下之 Multi-SIM 終端裝置，兩造系統時間重疊時，系統如何啟用操作，以及為使 Multi-SIM 終端裝置可以接收每個註冊 SIM 的尋呼訊息，網路系統該如何取得特定終端用戶裝置通信約束（Communication Constraint）訊息（如：Single Rx）。
- 研議 Multi-SIM 終端裝置之協調機制：係探討當 Multi-SIM 終端裝置結束使用中之 3GPP 服務時，如何在斷開服務時避免網路資源的浪費，以及如何處理行動終端（Mobile Termination, MT）數據與 MT 控制層（MT Control-Plane）活

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

動。

4. 垂直應用

(1). NR-V2X

為實現智慧交通，3GPP 將蜂窩網路擴展延伸至車用領域，於 R14 首度引入 C-V2X，架構基本之安全使用案例，R15 則針對 LTE V2X 聚焦功能增強，如進一步強化於 R14 中引進之側鏈路（Sidelink）傳輸模式進行載波聚合、高階調變（High Order Modulaton）、支援 64 正交振幅調變（64QAM）調製、降低時延、車側鏈路中的傳輸分群與短間隔時間傳輸（Transmission Time Interval, TTI）等，著重於以 LTE 為基礎的技術發展，並且與 R 14 UE 共存。

邁入 5G 世代，3GPP 於 R16 正式進行基於 5G NR 的 V2X 研究，期以借助 5G NR 的超低時延、超高可靠性、超大頻寬特性提升 V2X 服務品質。R16 版本中對於 V2X 的技術研究，聚焦於 NR V2X 與 LTE V2X 的互補與互通，如下圖所示，並以此定義四大類 25 個應用場景，其中四大類分別為：

- 車輛列隊行駛（Vehicle Platooning）：係領頭車輛向隊伍的其他車輛，以定期方式共享前方路況訊息，進而達成車隊保持最小間距的列隊行駛。

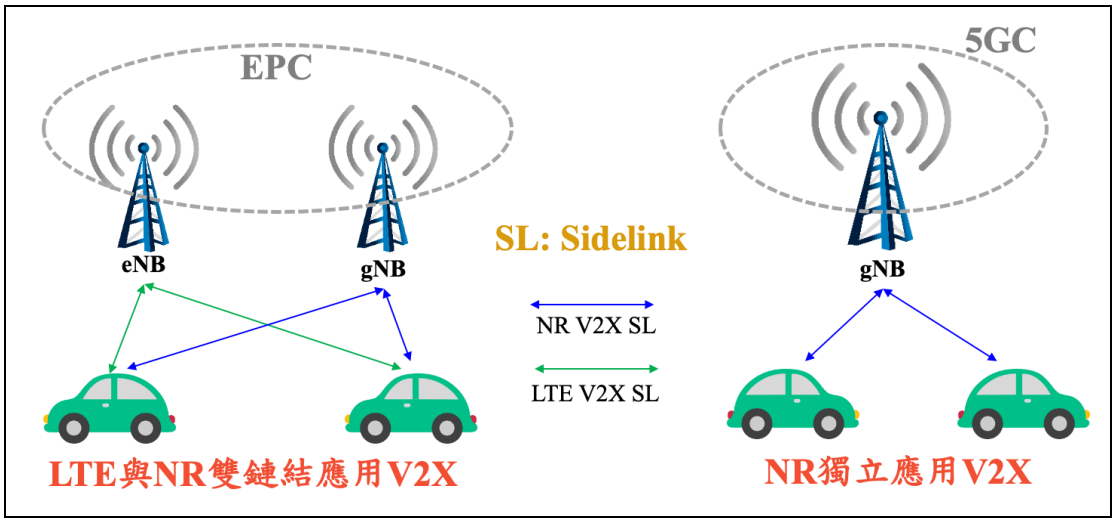
- 透過擴展感測器（Extended Sensors）的協作通訊：係車輛車載設備（OBU）、行人、路側設施（RSU）、V2X 雲端應用伺服器之間進行即時的感測器數據、影像分享，藉以加強車輛的環境感知。

- 先進駕駛（Advanced Driving）：先進駕駛可以實現半自動駕駛或全自動駕駛，透過每輛車、路側設施與其他車輛間的感

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

測器數據共享，進而允許車輛間協調駕駛。再者，透過每輛車與其附近車輛共享自身駕駛意圖/方向，藉以提高道路駕駛的安全性、避免事故與提高交通效率。

- 遠端駕駛：透過 5G NR 的超低時延、超高可靠性、超大頻寬等特性，實現遠端車輛控制。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 48：NR V2X 與 LTE V2X

觀察R17中V2X之技術研究方向，可察聚焦於近一步提升NR 側鏈路直接通訊的應用場景，將其由 V2X 擴展至公共安全、急難服務、、手機與手機間的直接通訊，而為了確保側鏈路能夠更好地支持新興應用，R17 亦將著重於側鏈路的頻譜效率、可靠性、時延、功耗等事項。R17 中 V2X 主要之具體研究方向，包含：

- 拓展側鏈路通訊範圍，延伸至一千公里的覆蓋範圍且具備 99%的可靠度。

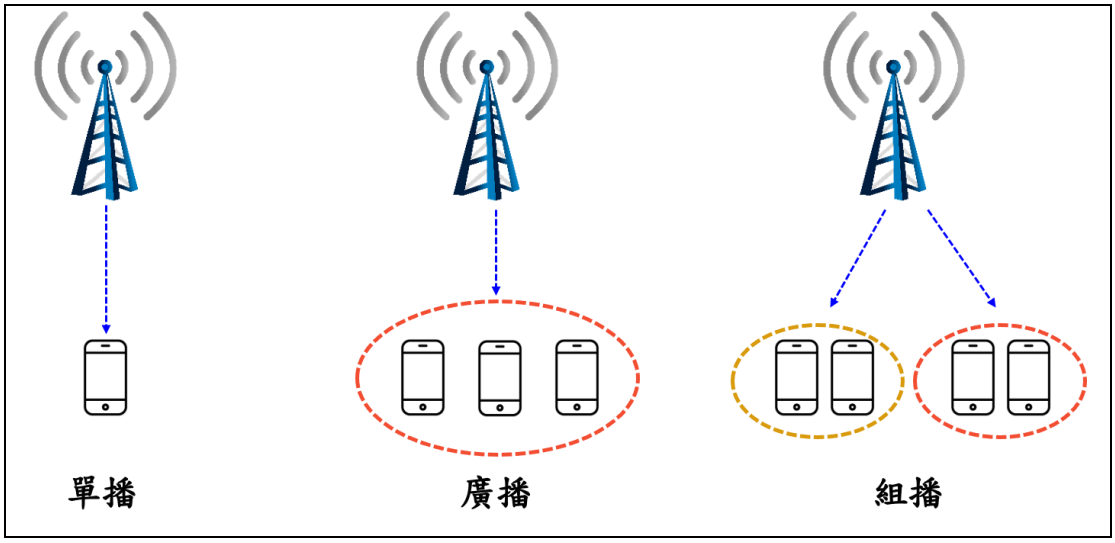
- 提高側鏈路通訊的數據傳輸量與傳輸速率，速率達 1,000Mbps

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 支持車輛與道路用路人（V2P）通訊，藉以提高道路用路人的安全。
- 支持側鏈路相對位置，降低誤差至 0.1 公尺準確度。
- 提高側鏈路的頻譜效率。
- 研析以 FR2 實現側鏈路增強
- 使用多輸入多輸出(MIMO)強化側鏈路功能

(2). NR 廣播/群播

現時移動通訊系統（如：3G、4G），其對終端用戶訊息之傳遞，係採單點對單點的傳輸，例如基地台 A 傳遞一個訊息給終端用戶 A，而此稱為「單播」。不同於單播，「廣播」與「群播」係屬單點對多點的訊息傳輸，而兩造之差異在於廣播是對某區域內的所有終端用戶傳遞訊息，而群播則是對特定分組內的終端用戶傳遞訊息，如下圖所示。



資料來源：數位通訊，本研究整理，2021 年 11 月

圖 49：單播、廣播/群播概念圖

5G NR 廣播/群播服務，造起於 009 年 3GPP 在 R9 版本定義之

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

eMBMS（Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services），即 LTE 廣播（LTE Broadcast），其效益在於允許行動網路運營商可以透過 eMBMS 同時向多位終端用戶傳遞廣播影音串流服務(如體育運動賽事)，藉以提升網路資源使用效率。其後 2017 年 3GPP 在 R14 版本進一步增強 eMBMS 功能，定義 enTV（Enhanced Televisio）增強型電視服務，技術標準滿足分發傳送公共服務媒體（Public Service Media, PSM）內容所需的技術要求。

邁入 5G 世代，5G 廣播/群播服務被視為是 5G 重要的應用之一，為進一步強化廣播/群播可應用類型與場景，3GPP 於 R17 版本定義 FeMBMS（Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service），期透過 5G 複合無線電視的廣播網路與行動通訊的蜂巢網路，不僅提供終端使用者更加彈性、靈活的多媒體應用，甚者開創媒體傳播以外的創新應用模式，而借重 5G NR 廣播/群播網路預期可開創之新興應用諸如：4K/8K 超高畫質視訊、多視角視訊、緊急救難訊息廣播、大量物聯網設備之 OTA（Over-the-air programming）軟體升級等。

為達上述 5G NR 廣播/群播服務創新應用場景，3GPP 於 R17 中 5G NR 廣播/群播之重要技術研究方向，涵蓋：

- 組調度機制(group scheduling mechanism)標準化：係由過去一對一之調度方式，即每個調度皆僅針對一個用戶，轉換為一個調度可以針對一組用戶之組調度，例如一個 DCI（Downlink Control Information）可以調度給多位終端用戶調度數據。另一方面，聚焦終端用戶裝置可以由過去只能單向接收廣播業務之方式，強化為可以同時處理廣播業務與單播業務。
- 單播與廣播/群播間的動態轉換：係依據特定業務與該業務使用場景差異，確保該業務於單播與廣播/群播的動態轉換

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

過程可以保證連續性。例如：某業務於 A 時間點有大量終端用戶使用該業務，則系統採用廣播/群播較單播更有效率，然而當 A 時間點走向下一個 B 時間點，隨著使用該業務的終端用戶數量減少時，系統將由廣播/群播轉為單播方式，藉以減少網路資源的消耗。

- 廣播/群播的連續性：係正在接收廣播/群播之終端用戶由 A 區域轉換到 B 區域時，須確保廣播/群播業務服務的連續性。

- 廣播/群播上行反饋機制標準化：現時廣播/群播系統皆為單一下行廣播/群播系統，而沒有定義上行反饋，意即如果某基地台向一組終端用戶傳輸多個數據封包，而其中部分終端用戶沒有正確接收數據包時，終端用戶無法反饋基地台其肥有成功接收，故為改善廣播/群播的可靠性，R17 研議 NR 廣播/群播系統標準化反饋機制。

- RRC IDLE/INACTIVE 態下的廣播/群播：係改善現時單播下，終端用戶只有進入 RRC（Radio Resource Control）連接狀態才可以接收單播數據的情況，對於廣播/群播服務下可能出現終端用戶無法進入 RRC 連接狀態下也可以接收廣播/群播數據。

(3). 擴展實境

擴展實境（Extending Reality, XR），係 5G 面向終端消費者重要的多媒體應用之一，抑是推動 5G 落地消費市場普及的重要策略之一。XR，係指借助計算機技術結合可穿戴設備，而生成所有之真實與虛擬融合的人機互動，涵蓋增強現實（AR）、混和現實（MR）與虛擬現實（VR）。而 R17 中對 NR 在 XR 適用性之評估，其重點在於期以能

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

夠改善現時 VR 終端裝置的不便利使用。

現時 VR 裝置之體積與重量偏大而不利終端使用者使用，其緣由係 VR 的高解析影象對 CPU 與 GPU 需求極高的圖像運算能力，於無線傳輸速度不足與時延較長下，即有 VR 裝置為求影像表現良好而將 CPU/GPU 零組件配置於 VR 裝置內，致使 VR 裝置體積與重量偏大而不利終端使用者配戴使用。在此狀況下，借助 5G 的超高速與極低時延，透過將 VR 裝置中 CPU 與 GPU 分離出來放置於雲端，改以雲端邊緣運算處理影像訊號，搭配輕量化 VR 裝置的分佈式架構，或可改善現時 VR 裝置體積與重量偏大的問題。

R17 中對 5G 網路如何能夠適配 XR 應用進行評估，具體來說就是評估雲端邊緣運算、輕量化終端裝置的分佈式架構是否足以支持 XR 應用場景，具體研究項目包含：

- 以 TR 26.928 文件描述之應用情境為基礎，研析 NR 是否適用於 XR。涵蓋之應用情境，包含：(1).VR1：視區從屬串流（Viewport Dependent Streaming, VDS），係 VR 僅串流視野內（Field of View, FOV）影像，而視野以外不予串流；(2).VR2：分拆渲染（Split Rendering），係裝置配置時間扭曲（Time Warp）下視區影像渲染；(3).AR1：XR 分佈式運算；(4).AR2：雲遊戲。

- 不同 XR 應用情境下之流量特徵研究，涵蓋流量特徵，包含：UL 與 DL 檔案大小分佈、檔案傳遞時間分佈等，以及流量需求，包含：來回通訊延遲（Round-Trip Delay）、UL 與 DL 單一封包延遲預算（Packet Delay Budget, PDB）、UL 與 DL 封包錯誤率（Packet Error Rate, PER）。

- 透過上述研究，R17 於 XR 研究項目下，期以能達成以下目的：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 確立 XR、雲遊戲中有價值/興趣之應用項目/類型。
- 確立每個有價值/興趣之應用項目/類型的流量模型，如包含渲染延遲、編碼解壓縮能力等。
- 確立 XR、雲遊戲之評估方法，以及相對應的關鍵績效指標（KPI）。

(4). NB-IoT/eMTC 與非地面網路集成

5G 重要目標之一，係達成萬物聯網、實現全聯網與全覆蓋，惟對於偏遠地區、地勢起伏較大之區域，因基地台建設成本高，抑或無法建設基地台，致使該些區域缺乏 5G 網路覆蓋。在此之下，非地面網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）對於補足地面網路之覆蓋範圍，即扮演重要角色。

NR 與非地面網路的融合發展，於 R16 既有相關研究與標準，趨時主要聚焦於非地面網路於各式場景下與 NR 融合的移動性議題，如：非地面網路波束級別(Beam Level)的移動性（mobility）、中繼站式 GEO 與隨動波束 LEO 狀態下的移動性、細胞級別（Cell Level）的移動性等議題。

現時 R17 研究標的，除進一步完善非地面網路與 NR 的融合外，更進一步聚焦 NB-IoT/eMTC 與非地面網路的集成，而其重要性不僅在於完善 5G 三大特性之一的 mMTC 能夠向下更加適配 4G LTE 的 NB-IoT/eMTC，甚者與非地面網路的融合，藉以支援偏遠山區之農業、礦業、林業、海洋運輸等垂直領域的物聯網應用，以實現全面之萬物聯網。R17 中針對 NB-IoT/eMTC 與非地面網路集成之研究，聚焦於兩個面向的技術研究，分別為：確認適用於 NB-IoT/eMTC 的應用場景，以及研究必要之程序或架構的改變，以支持 NB-IoT/eMTC 與

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

GEO/LEO 的集成，以下說明：

- 確認適用於 NB-IoT/eMTC 的應用場景：立基於 R16-TR 38.821 文件中 NR 支持非地面網路的解決方案，進一步研究於 sub 6 GHz 頻段的適用性，以及在 GEO 與 LEO 場景中 PC3、PC5 類型終端設備的有效載荷與鏈路預算(Link budget)。

- 研究必要之程序或架構的改變，以支持 NB-IoT/eMTC 與 GEO/LEO 的集成，包含：(1).立基於 R16-TR 38.821 文件中 NR 支持非地面網路的解決方案，探討隨機存取程序（Random Access Procedure）；(2).時間與頻率的調整機制，包含：定時提前（Timing Advance, TA）、UE 頻率補償機制；(3).排程與混和式自動重送請求（HARQ-ACK）反饋相關的定時偏移（Timing offset），以及 HARQ 相關操作；(4).與上鏈排成請求（Scheduling Request, SR）、不連續接收（Discontinuous Reception, DRX）等相關之計時機制；(5).省電模式（Idle Mode）與連接模式（Connected Mode）下的移動性（mobility）；(6).基於無線連結失敗（Radio Link Failure, RLF）之 NB-IoT 的協調機制；(7)強化區域跟蹤。

5. 小結

綜觀上述，可察 5G 通訊技術之演進，正逐步引領世代邁入通訊科技革新之制高點，由 2016 年 3GPP R14 正式開展 5G 研究開始，其後歷經 R15、R16，乃至於今的 R17，每一標準版本的演變，其不僅由核心層面更趨完善 5G 三大技術特性，更者推進 5G 在產業乃至於個人的通訊技術應用全進化。5G 每一標準之演進，可以下總結簡述：

- 2017 年，作為 5G 標準第一階段之 R15，主要係針對增強

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

移動通訊場景與部分低延遲、高可靠場景，且完成 NSA 與 SA 標準。

- 2018 年，邁入 5G 標準第二階段之 R16，立基 R15 基礎上採用 MIMO、終端節能、載波聚合等技術，進一步強化移動通訊場景，且針對如工業物聯網、車聯網等需求低延遲、高可靠場景，制定工業物聯網架構、有線/無線載波聚合、非授權頻段、非公共網路等技術標準，強化 5G 對部分低延遲、高可靠場景的支持。

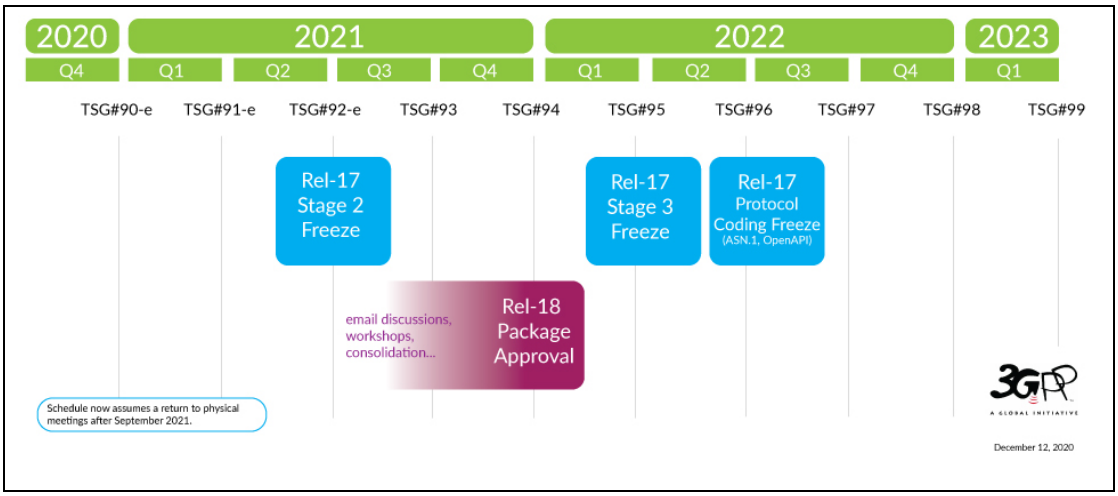
- 2019 年，演進 5G 標準第三階段之 R17，其除以 R15、R16 為基礎進一步針對特定技術（如定位、MIMO 等）進行強化外，其本次技術標準研究可歸納為四大主題，分別為(1).工業物聯網（包含如 RRC 非活動狀態下曉數據包傳輸、NR-Light 等）、(2).網路部屬與自動化（包含如 NR 頻譜擴展至 71GHz、雙鏈結增強等）、(3).eMBB 設備增強（包含如 Multi-SIM、終端節能增強等）、(4).垂直應用（包含如擴展實境、NB-IoT/eMTC 與非地面網路集成等）。簡言之，R17 版本之 5G 技術演進，正逐步邁入各垂直領域之技術應用落地標準，而探究其尤，係期以達成 5G 核心目標-萬物聯網。

而值得注意的是，5G 標準演進至 R17，其已不僅僅係單純通訊技術端之技術完善/革新，更多的是落地不同垂直領域，透過 5G 技術實現垂直領域之全面革新，不論於產品、服務，抑或商業模式面向，於 5G 技術的逐步滲透下，結合機器學習、機器視覺等創新技術，正大力推促全面向的革新與轉變，而可預期的是，於現時全球各產業數位轉型大勝其道之際，5G 將會是關鍵角色之一。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 5G-Advanced：Release 18

2021 年 4 月 27 日，3GPP 於第 46 次 PCG 合作會議（PCG#46-e）上，正式確立 R18 為 5G 演進的第一個版本，且確定其名稱為 5G-Advanced。依據現行 3GPP 公布之 R18 時間表，如下圖所示，現時 R18 之功能優先級排序正處於討論階段，且計劃於 2021 年底前完成，並於第 94 次 3GPP 技術規範組全體會議（TSG#94）進行 R18 軟體包核准（package approval）。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 50：3GPP R18 時間表

截至 2021 年 6 月 1 日，依據 3GPP 網站所示，現時已羅列部分 R18 正在討論之早期版本工作項目，如下圖所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

UID	code	title	% done	Release	lead Group	WID	WID history
910038	EASNS	Enhanced Access to and Support of Network Slice	51%	Rel-18		SP-210210	history
910039	5TRS	5G Timing Resiliency System	58%	Rel-18		SP-210211	history
910040	Ranging	Ranging-based Service	68%	Rel-18		SP-210212	history
910036	LPHAP	Low Power High Accuracy Positioning for industrial IoT scenarios	40%	Rel-18		SP-210216	history
890024	SNA	Subscriber-aware Northbound API access	100%	Rel-18		SP-200797	history
900028	SFChain	Support for Service Function Chaining	100%	Rel-18		SP-201040	history
910035	DI_5G	Data Integrity in 5GS	100%	Rel-18		SP-210213	history
850044	FS_RAILSS	Study on Supporting of Railway Smart Station Services	30%	Rel-18		SP-190838	history

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 51：R18 早期版本研究項目（1/3）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

880036	FS_OffNetRail	Study on Off-Network for Rail	50%	Rel-18		SP-200572	history
880034	FS_IRail	Study of Interconnection and Migration Aspects for Railways	15%	Rel-18		SP-200336	history
900026	FS_eFRMCS	Study on FRMCS Evolution	20%	Rel-18		SP-201038	history
910022	FS_NSCALE	Study on Network Slice Capability Exposure for Application Layer Enablement	0%	Rel-18		SP-210177	history
900027	FS_TACMM	Study on supporting tactile and multi-modality communication services	30%	Rel-18		SP-201039	history
890022	FS_VMR	Study on vehicle-mounted relays	60%	Rel-18		SP-200798	history
890023	FS_PALS	Study on 5G Networks Providing Access to Localized Services	77%	Rel-18		SP-200799	history
880033	FS_MCGWUE	Study of Gateway UE function for Mission Critical Communication	40%	Rel-18		SP-200335	history

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 52：R18 早期版本研究項目（2/3）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

880038	FS_5GSEI	Study on 5G Smart Energy and Infrastructure	75%	Rel-18		SP-200574	history
880040	FS_Resident	Study on Enhancements for Residential 5G	75%	Rel-18		SP-200576	history
880041	FS_PIN	Study on Personal IoT Networks	75%	Rel-18		SP-200592	history
850042	FS_MMTELin5G	Study on evolution of IMS multimedia telephony service	75%	Rel-18		SP-190836	history
UID	code	title	% done	Release	lead Group	WID	WID history
850043	FS_SACI_MCS	Study on sharing administrative configuration between interconnected MCX Service systems	55%	Rel-18		SP-190837	history
860009	FS_AMMT	Study on traffic characteristics and performance requirements for AI/ML model transfer in 5GS	75%	Rel-18		SP-191040	history
860010	FS_5GET	Guidelines for Extra-territorial 5G Systems	50%	Rel-18		SP-191042	history

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 53：R18 早期版本研究項目（3/3）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

針對 R18 現行正在討論中之早期版本工作項目，本研究依據網通設備商、通訊晶片商、電信運營商與消費終端設備商，四類型業者主要關注之 R18 工作項目做為本研究標的，如下表所示（表格內●符號，係代表該廠商支持該工作項目之研究），據統計共 7 個工作項目最受該四類型業者支持，以下依序論述該 7 各工作項目之內容與重點研究方向。

表 138 網通相關大廠主要關注之 R18 工作項目

工作項目 / 廠商	支持觸覺與多模態通訊服務	車載 5G 中繼	5G 智慧電網通訊基礎設施	住宅 5G 功能增強	個人物聯網	5G 系統傳輸 AI/ML 模型的流量特性與性能需求	5G 彈性授時系統
AT&T		●					●
China Mobile	●		●		●	●	
China Telecom	●		●	●	●	●	
China Unicom	●		●		●	●	
Deutsche Telekom				●			●
Huawei	●		●	●	●	●	
Intel				●			●
InterDigital	●	●		●	●		
KDDI							●
KPN	●			●	●		●
LG Electronics		●				●	●
Nokia							●
NTT DoCoMo							●
OPPO	●	●	●			●	
Orange	●		●	●			
Qualcomm		●			●	●	

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Spreadtrum Communications	●		●				
Samsung			●				
Sequans			●				
Telstra		●				●	●
Telefonica			●	●			
Telus			●				
T-Mobile				●			
Verizon UK Ltd	●	●				●	●
VIVO	●	●			●		
Vodafone				●			
Xiaomi	●	●	●		●		
ZTE	●	●	●			●	

註：廠商名單係依據英文字母順序排序

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

1. 支持觸覺與多模態通訊服務

觸覺與多模態通訊服務（Tactile and Multi-Modality Communication Services），係指除影像、語音之通訊內容外，尚涵蓋環境與觸覺此類影響終端使用者通訊體驗的要素，借住 5G 的超低延遲、超高可靠性與超大頻寬於通訊服務中傳遞環境與觸覺數據，藉以提升終端用戶的沉浸體驗。

環境資訊，係指透過環境感測器所收集到如環境亮度、濕度、溫度、風速等數據，而觸覺資訊則涵蓋如觸摸某物體表面時的反饋壓力、震動、溫度、表面紋理等，甚者包含重量、拉力等動作數據，而透過結合環境與觸覺之多模態通訊服務，預期可應用於遠端人機協作、遠端控制、工業物聯網等領域。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

現時 3GPP 對觸覺與多模態通訊服務之研究，優先聚焦以下應用場景所需的技術指標：

- 沉浸式多模態 VR 通訊：係終端使用者與遠端環境之虛擬實體互動，實現近似於真實物理世界互動般之感受。終端用戶接收到之感知資訊，除影像、語音外，亦包含環境與觸覺資訊，而其中終端用戶沉浸感取決於虛擬環境之真實還原度。

- 為實現沉浸式多模態 VR 通訊應用，終端用戶除配置 VR 眼鏡外，尚需求如手套或其他可以支持觸覺或動作模式之設備。惟除設備以外，該應用亦需求極高滿足不同數據（如：環境數據、觸覺數據等）的不同網速需求，以及需求實現並行多類數據流的同步。

- 遠端遙控機器人：係透過觸覺與多模態通訊服務，借助視覺、觸覺、聽覺的即時同步，得以讓遙控操作員可以實現遠端控制機器人進行高精度動作，而其適用場景如遠端照護、遠端引爆、遠端設施維護、遠端消防等。

- 沉浸式 VR 遊戲：除遊戲的視覺體驗以外，另聚焦遊戲的觸覺感知體驗，期以能大幅提高玩家的沉浸遊戲體驗。

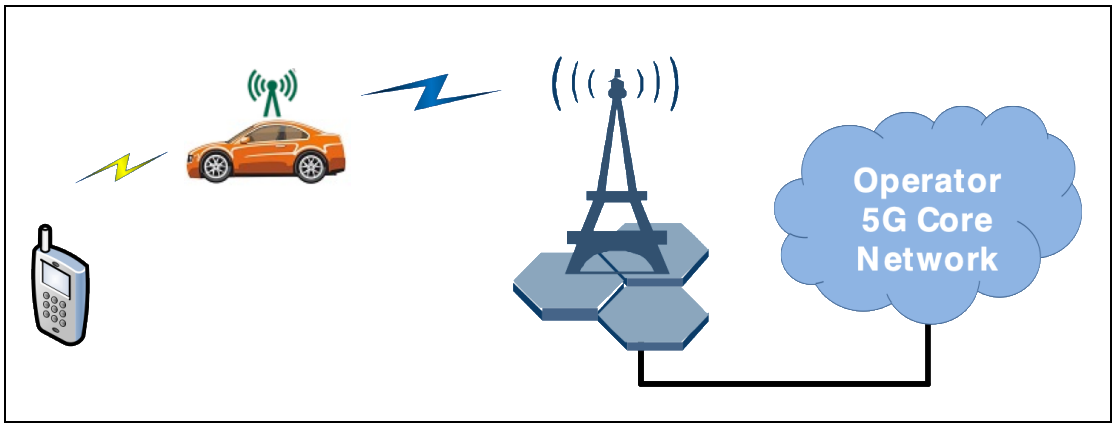
2. 車載 5G 中繼

受制 5G 使用高頻特性，其需求較 4G 高出四倍之基地台數量，方可達到與 4G 相同的網路覆蓋範圍。惟於城市場景中，基地台站址一位難求，而為改善 5G 網路覆蓋範圍，3GPP 研議以城市中為數最多之交通工具-汽車（如以低速行駛且路線固定的公車），作為增強 5G 網路覆蓋範圍的工具，研究透過於車輛上部署 5G 中繼站（Vehicle-Mounted Relays）的方式來擴展 5G 網路覆蓋範圍。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

現時 3GPP 對車載 5G 中繼之研究，聚焦以下應用場景所需的技術指標：

- 移動中繼站的授權與配置：係針對各類大型、暫時性之社會活動（如：演唱會、體育賽事等），需求臨時額外 5G 網路覆蓋，而 QoS 卻無滿足大量用戶需求時，計畫以車載作為中繼站，如下圖所示，便於向終端使用者提供 5G 覆蓋。

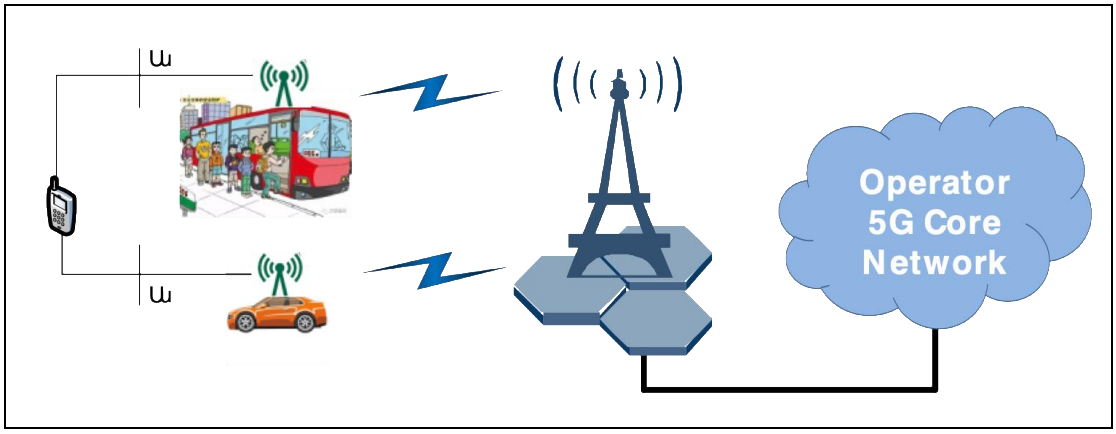


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 54：車載移動中繼站

- 車載中繼站的多類型運作模式：係針對作為中繼站的汽車類型-公共汽車與私人車輛，研議不同的運作方式，如下圖所示。不同於公共汽車作為中繼站，私人車輛作為中繼站需支持私人運作模式，係僅允許個人使用該網路訊號；相反的，以公共汽車作為中繼站，則如一般基地台運作模式，需支援公共汽車上之乘客，乃至於行駛路線周圍之住戶、用路人等可以使用該網路訊號。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

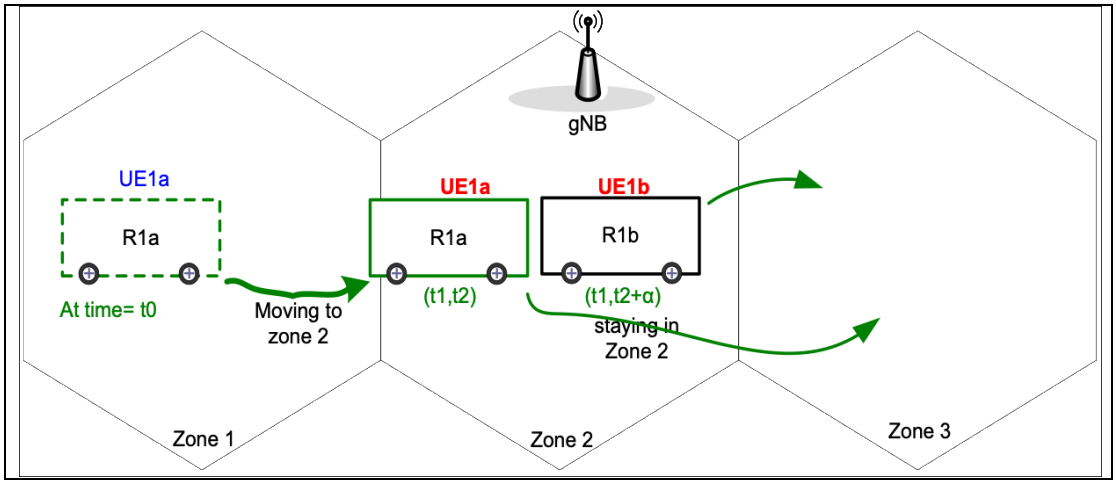


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 55：車載中繼站的多類型運作模式

- 控制終端設備訪問車載中繼站權限：係針對不同終端設備，依據其所在地理區位，以及鏈結車載中繼站的類型（如：公共汽車、地鐵等），設置不同的優先級與使用權限。

- 最適化終端裝置對車載中繼站的連接性：係指終端裝置透過車載中繼站（如公共汽車）連結 5G 網路時，因為公共汽車會以低速跨區移動，且終端裝置亦可能隨用路人而移動，在此狀況下終端裝置需快速轉換能提供最適 5G 訊號之車載中繼站，如下圖所示。

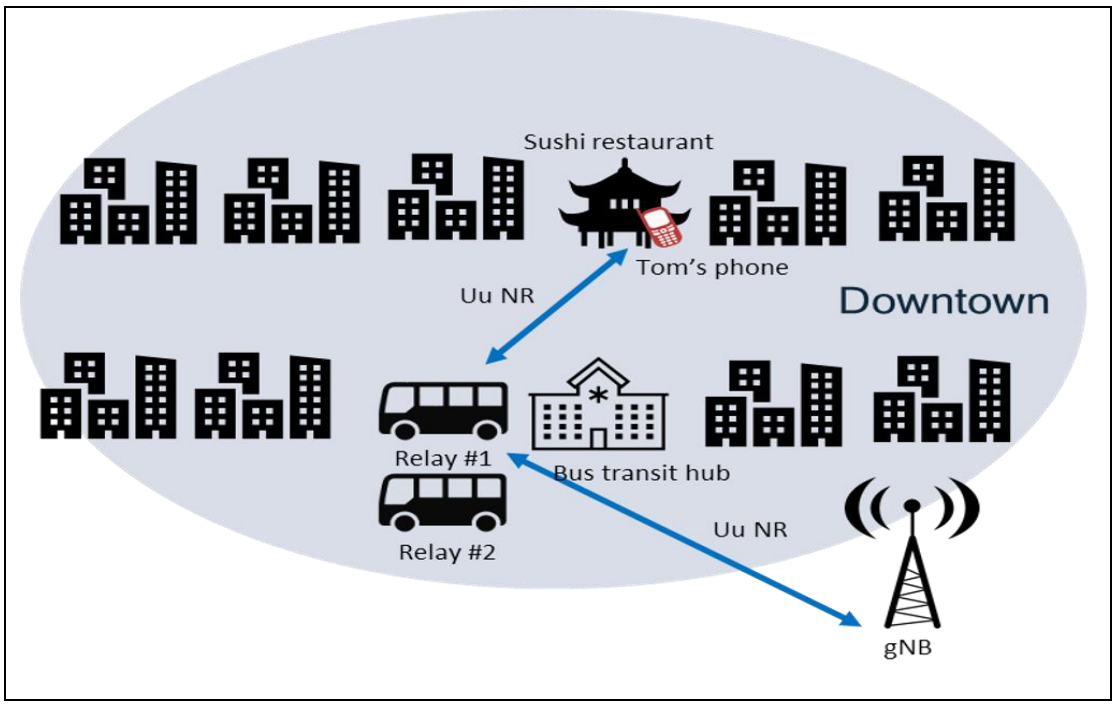


本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 56：最適化終端裝置對車載中繼站的連接性

- 保持終端裝置戶外場景的連接性：係終端裝置連接車載中繼站且進行服務中（如：觀看串流影視）的情況下，當終端裝置遠離車載中繼站而需轉而鏈結基地台時，終端裝置需保持當下服務持續進行而不被中斷，如下圖所示。

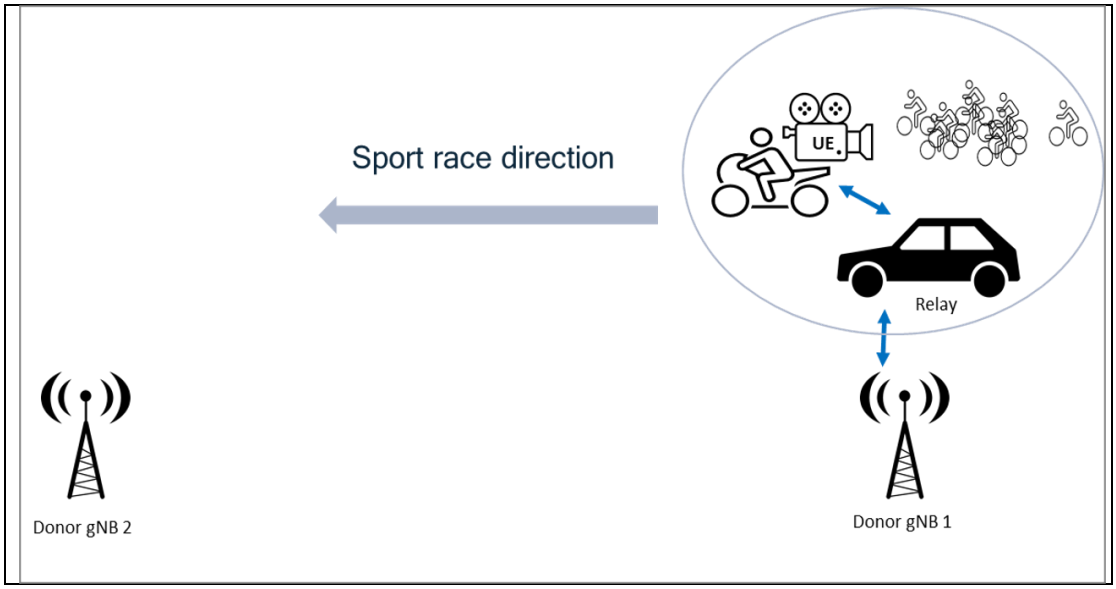


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 57：保持終端裝置戶外場景的連接性

- 保持車載中繼站的連接性：隨著車載中繼站的持續移動，當其因移動而需轉換與其鏈結的基地台時，需保持終端裝置對該車載中繼站的可用性，如下圖所示。舉例而言：於環法自行車大賽中跟拍且傳送即時賽事影像至終端收視戶的車輛，隨著搭載中繼站的車輛跟拍移動而需轉換鏈結中的基地台時，需保持終端收視戶能夠持續觀看即時賽事影像。

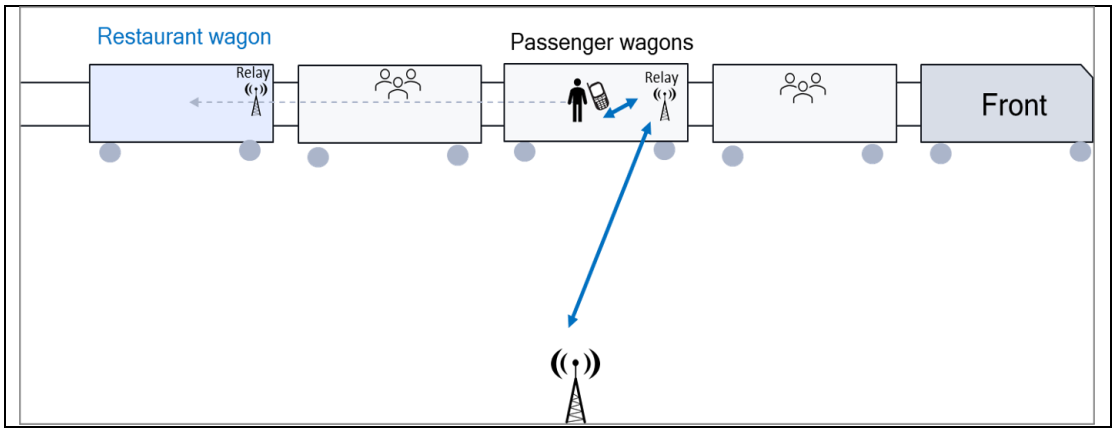
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 58：保持車載中繼站的連接性

➢ 保持終端裝置室內場景的連接性：係如於火車場景中，因火車車身長而需多組中繼站的狀況下，當車內終端裝置於車內移動而需轉換不同中繼站時，需保持車內終端裝置的網路連接性，如下圖所示。

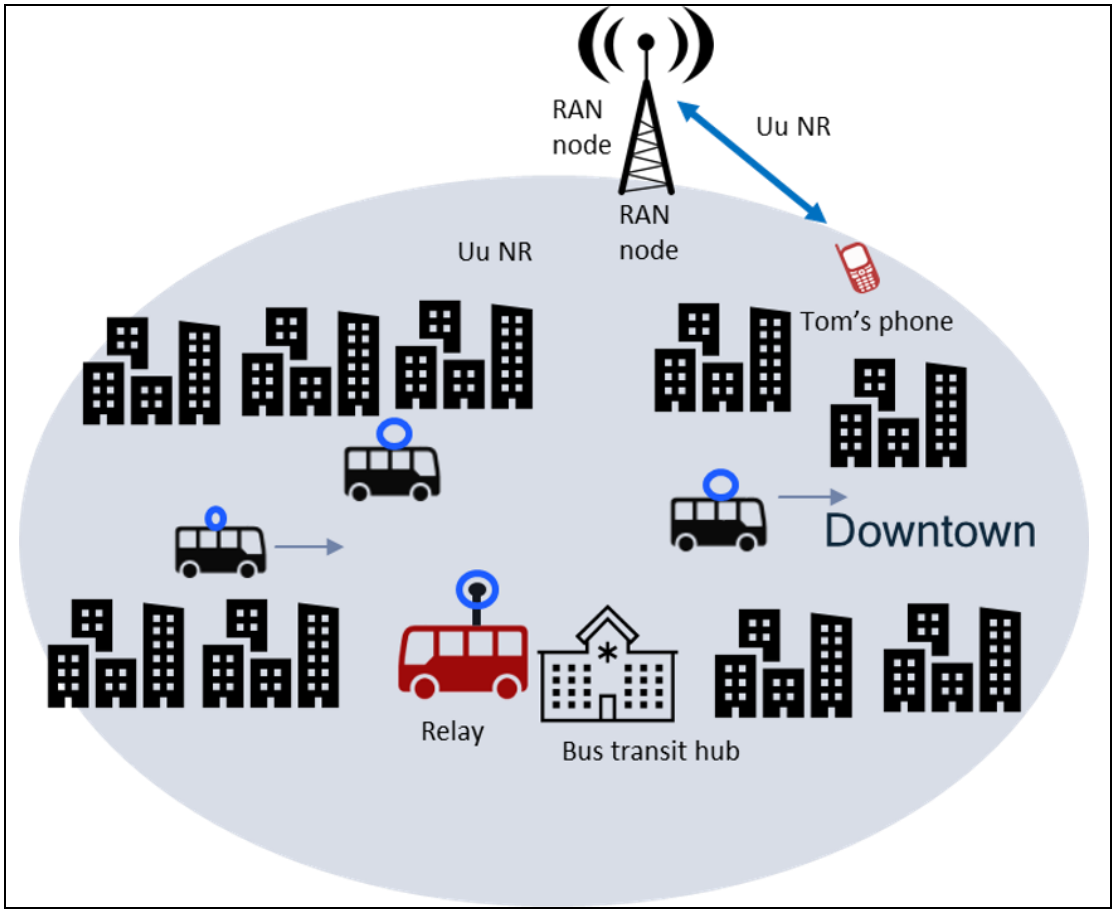


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 59：保持終端裝置室內場景的連接性

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 使用車載中繼站作為輔助節點：係指終端裝置透過基地台鏈結 5G 網路時，若終端裝置附近有車載中繼站，則研議該車載中繼站作為輔助節點，如下圖所示，同時提供該終端裝置同步接入鏈路，以此提高終端裝置的連網品質。



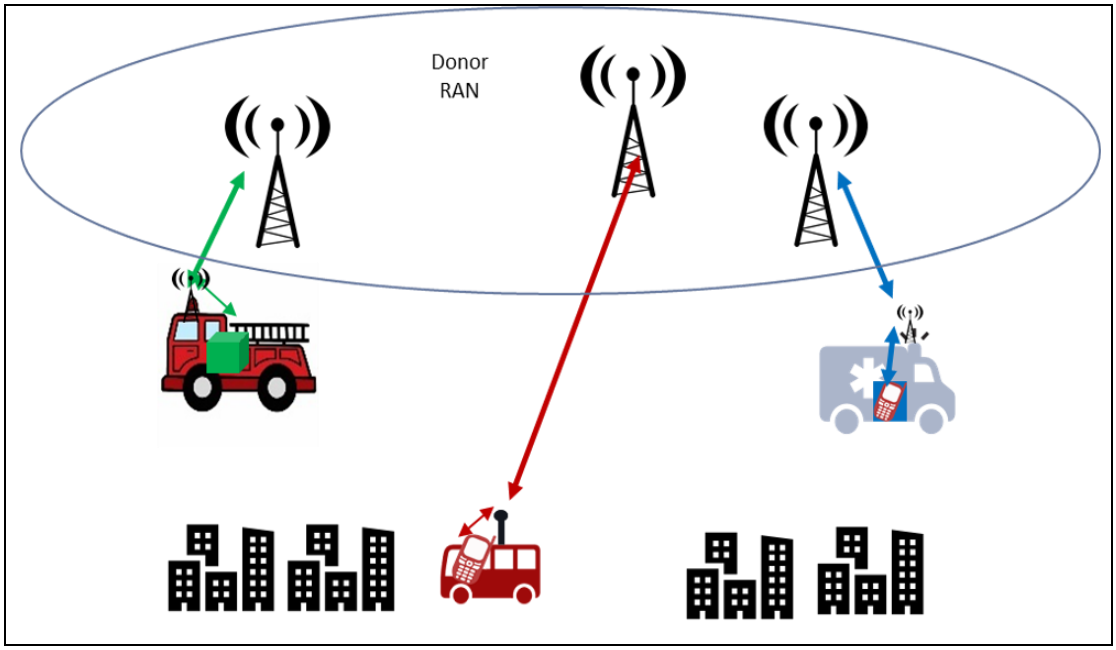
資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 60：使用車載中繼站作為輔助節點

➢ 最適化固定之車載終端設備的連接性：係針對固定於車輛上之終端設備對車載中繼站的連接性，如下圖所示，例如救護車上的連網急救醫療設備、用於貨物運輸的資產跟蹤設備、運動賽事上用於跟拍即時賽事畫面的連網攝影機等，因該些終端裝置是固定於車輛上，故研議最適化該些終端裝置與車載中繼站間的連接性，甚者透過車載中繼站最適化與基地台的連接

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

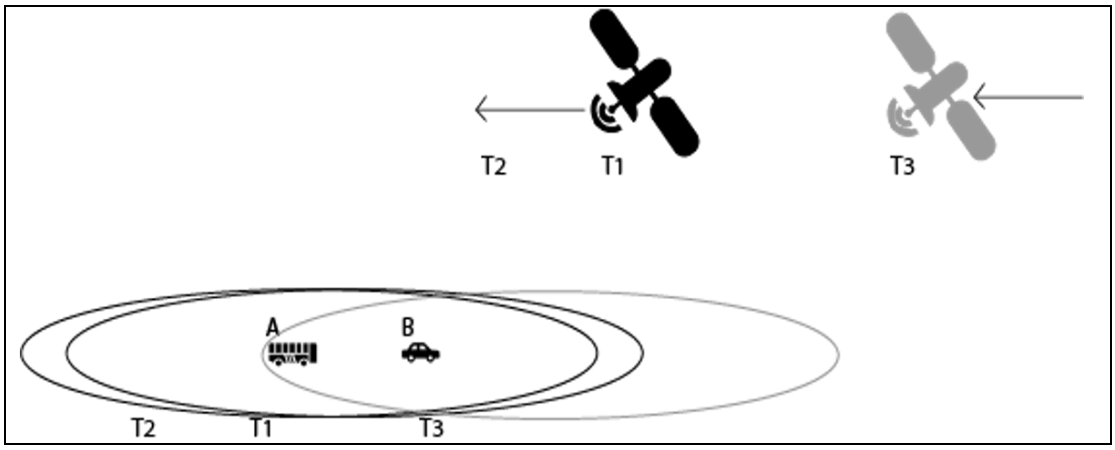
性。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 61：最適化固定之車載終端設備的連接性

➢ 非地面網路用於支持車載中繼站：係針對偏遠地區場景下，當車載中繼站無法基地台取得 5G 網路富時，研議以非地面網路取代基地台，繼續提供車載中繼站 5G 網路訊號，如下圖所示。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 62：非地面網路用於支持車載中繼站

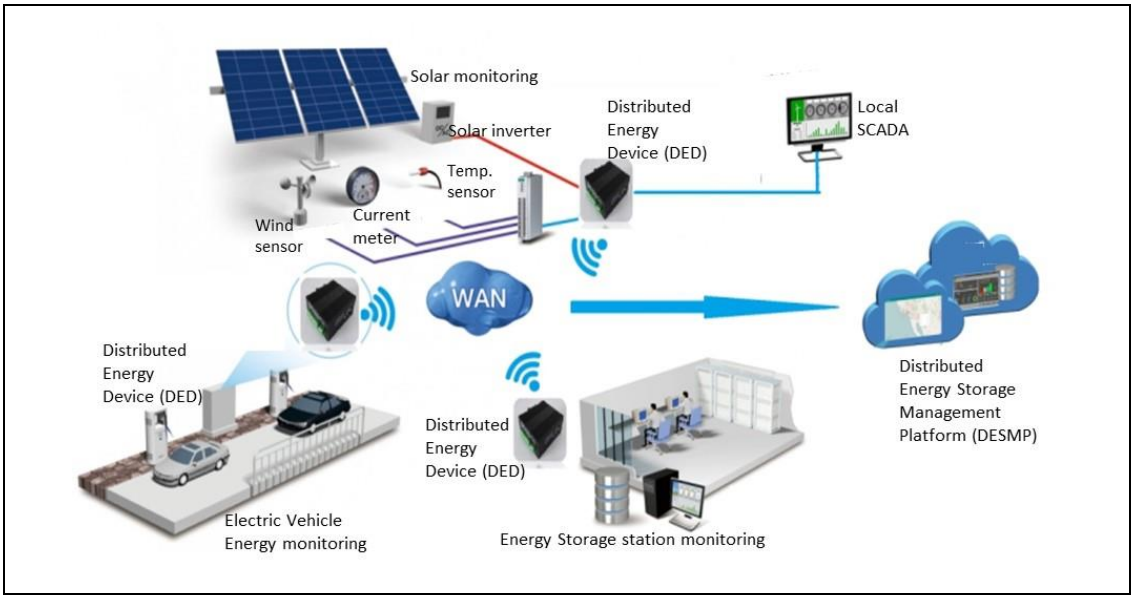
3. 5G 智慧電網通訊基礎設施

智慧電網（Smart Energy）之發展，網路通訊係為關鍵基礎設施之一，而為串接智慧電網四大環節（涵蓋發電、輸電、配電、用電），藉以實現高效率的能源管理，且進一步實現對整體電網的數據搜集、分析、監控，以能電網自動化配電系統中的繼電保護、遙測、遠程控制、差動保護等，實有賴高可靠的網路串接。

觀察現時 3GPP 對 5G 智慧電網之研究，聚焦以下應用場景所需的技術指標：

- 分佈式電網監測與管理：分佈式電網係涵蓋如風能、太陽能等，其不同於主體大電網系統，特點在於分佈於用戶現址（如太陽能）或住家附近（如風能），而其效益在於當主體大電網系統因天災而發生故障時，可以適時作為特殊場所（如醫院、交通樞紐、廣播系統等）的備用電力來源，且配置地點具彈性。有鑒於分佈式電網之效益，3GPP 研議將其與主體大電網介接，如下圖所示，藉以掌握分佈式電網的電流量動能，實現提升整體電網系統之可靠性與效率。

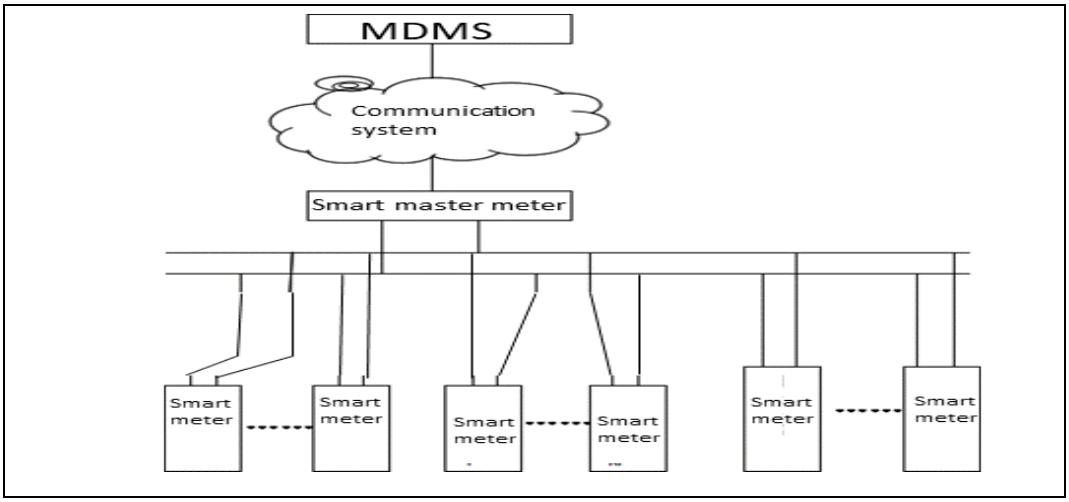
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 63：分布式電網架構

➢ 整合架構智慧電表：係用於取代用戶端傳統電表，透過智慧電表結合無線網路即時傳輸用戶端之用電資訊，如下圖所示，電力公司可即時掌握用電異常狀況，甚者透過即時數據分析監測線損、電戰電壓等。

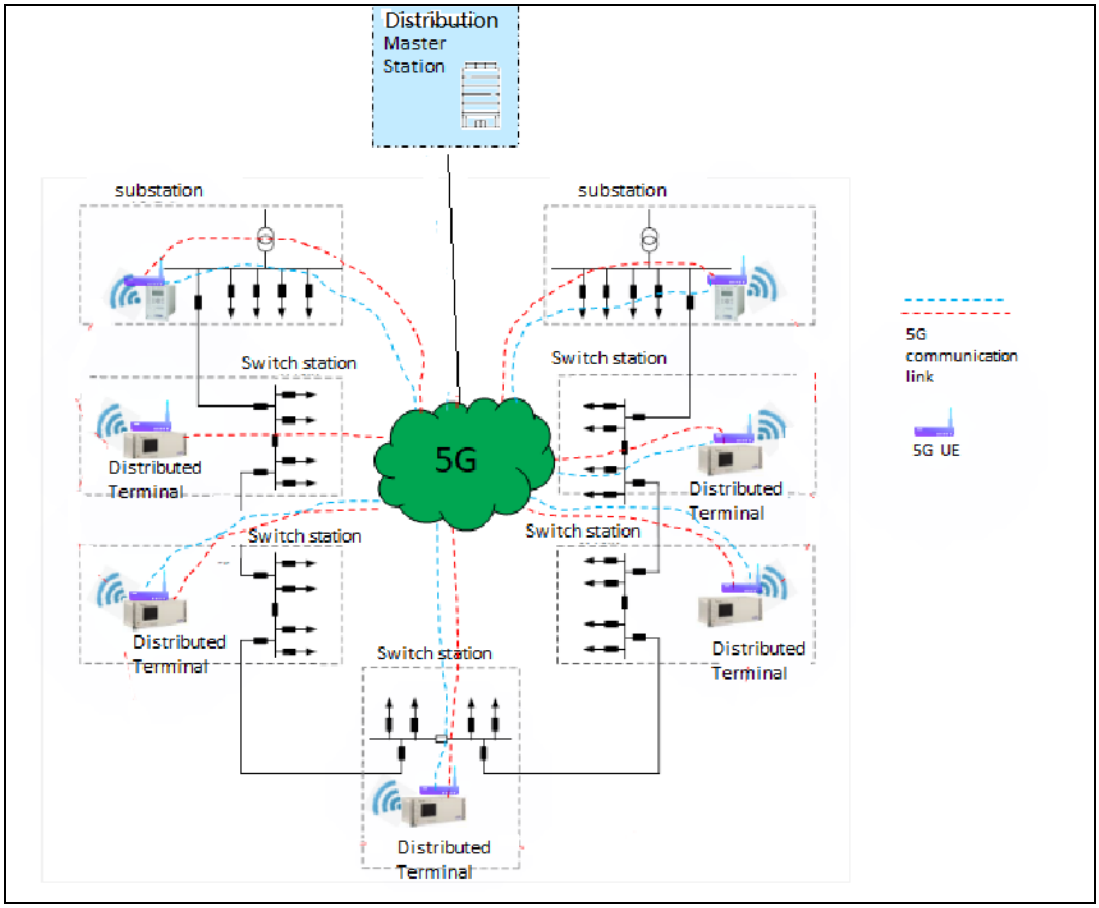


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 64：整合架構智慧電表

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 分布式饋電電纜自動化：係透過智慧配電終端取代過去主體電網處理邏輯，以及輔以 5G 網路串接分布式主站，如下圖所示，透過即時數據傳輸與分析，藉以實現電網故障處理自動化、停電範圍/規模最小化、電網事故隔離時間縮短至毫秒級。

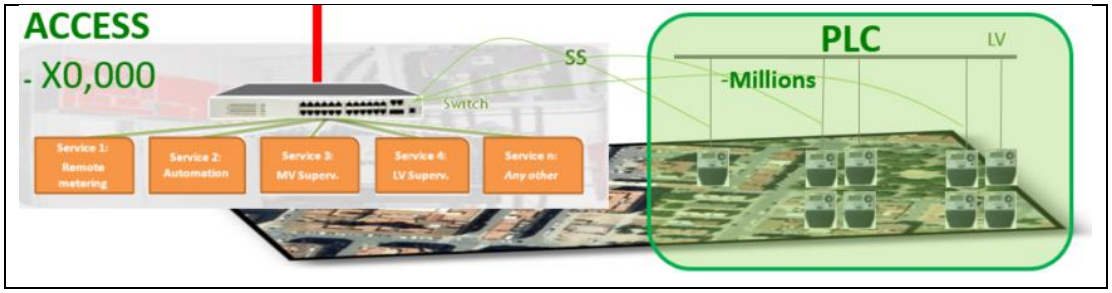


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 65：分布式饋電電纜自動化

➢ 智慧能源遠端 DSO 通訊管理：係聚焦標準化 3GPP 5G 與 DSO 之間的管理接口標準化，以能適配變電站透過 5G 網路介接 DSO，如下圖所示，實現遠端計量、MV 監控、低電壓監控等自動化管理。

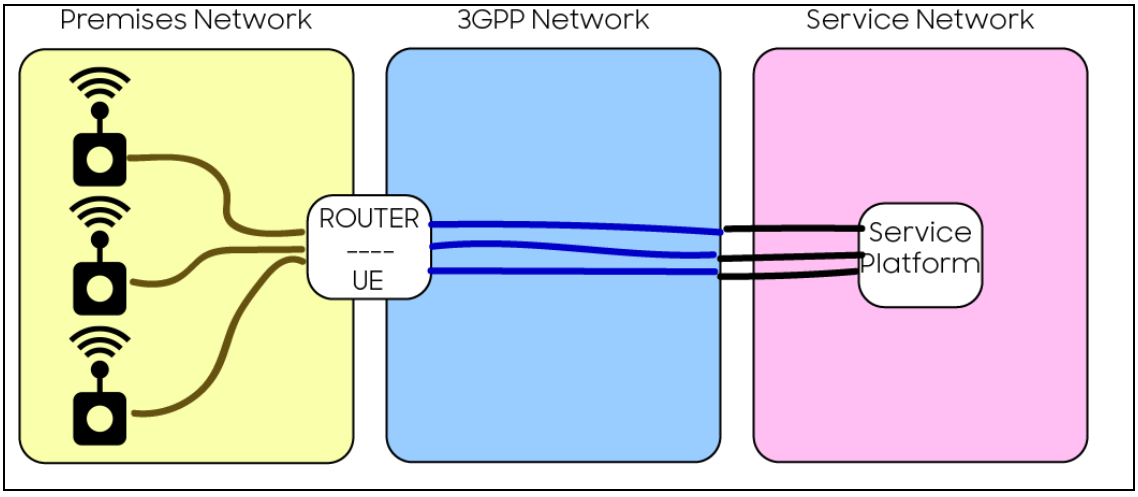
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 66：智慧能源遠端 DSO 通訊管理

➢ 公用事業端到端安全：係針對部分通訊網路中，通訊發生於不同安全域中進行，如下圖所示，涵蓋私人端場域內，位在公用事業網路上之終端設備（如感測器）、3GPP 網路與服務網路。在此情況下，為維護通訊安全，需於網路層上進行應用程序通訊（如：TLS、S/MIME 等安全機制），惟若有多個應用程序，輔以端到端使用不同通訊系統，則會複雜化整體安全管理，故研議以 5G 集成端到端通訊，藉以提高公用事業端到端安全管理效率。

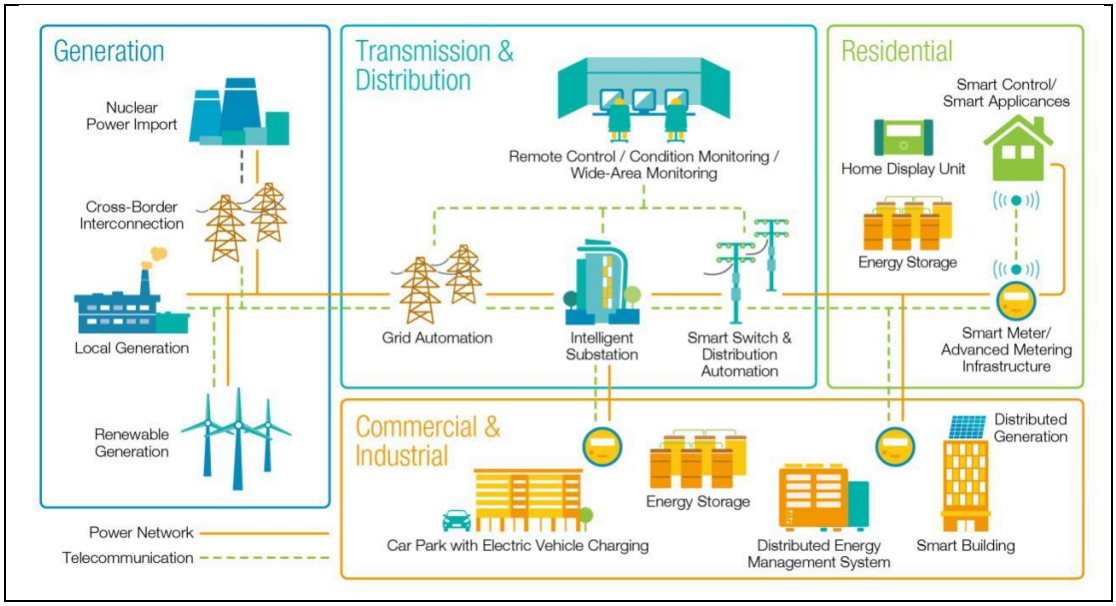


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 67：公用事業端到端安全

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 架構 5G 智慧配電（涵蓋故障定位、隔離與服務恢復）：智慧配電，係智慧電網中配電系統部分，用於連接公用事業變電站與用戶間的電線、開關與變壓器。智慧配電之效益在於改善過往意外事故造成停電時，僅能依靠用戶電話回報停電區域，而後派遣維修之不效率問題。透過 5G 結合智慧配電系統，如下圖所示，可以自動化快速偵測停電區域、事故原因（如電纜斷裂、變電站損毀等），且快速調配電力支應停電區域復電。為達上述效益，3GPP 研議借助 5G 超低延遲、超高可靠等特性，運用於架構智慧配電系統。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 68：智慧配電系統

4. 住宅 5G 功能增強

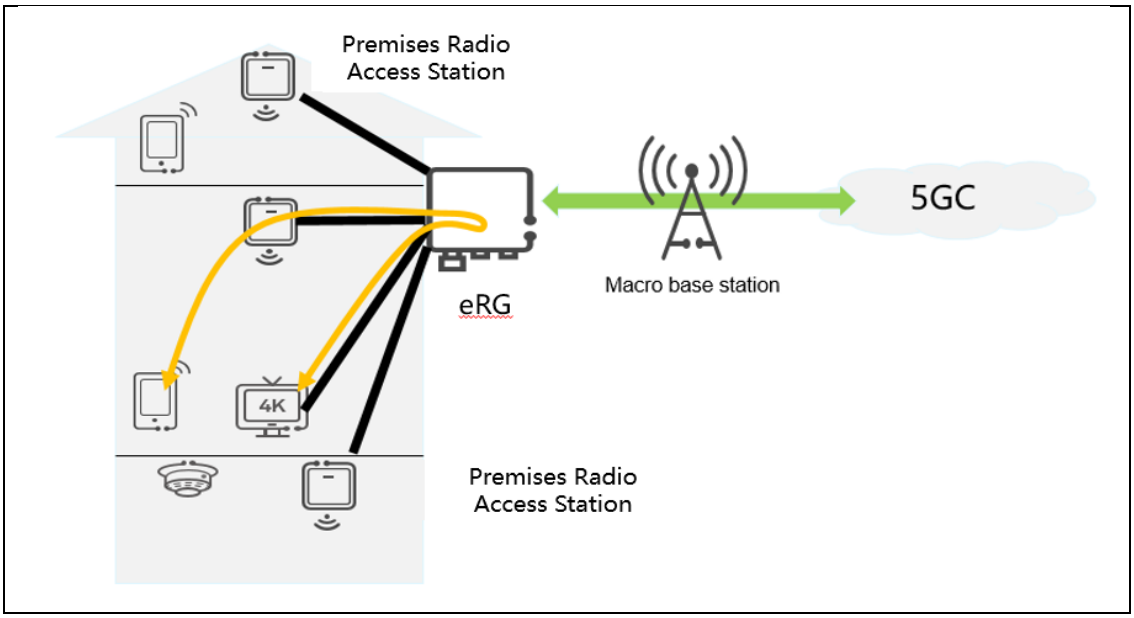
固網與行動網路之融合，係未來趨勢。於 5G 行動網路下，因 5G 高頻段特性致使訊號穿透能力不足，而於家庭場景中室內多數缺乏 5G 訊號覆蓋，故有賴與固網融合之方式，改善家庭室內場景之網路覆蓋。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

惟固網與行動網路分屬兩類不同系統，對於絕大多數支援無線網路功能之終端裝置皆可以輕易識別行動網路，並透過行動網路連接上網，然而對於僅能借接固網之終端裝置而言，其卻無法識別行動網路，反之亦然。有鑑於此，住宅 5G 功能增強聚焦立基於固網與行動網路融合之趨勢，研議將無線接入網與固定接入網統一接入 5G 核心網，以利於核心網可以識別與管理家庭場景中之固網終端，以及強化固網 LAN 與 5G LAN 的融合。

觀察現時 3GPP 對住宅 5G 功能增強之研究，聚焦以下應用場景所需的技術指標：

- 無線終端裝置與非支援 3GPP 裝置間的鏈接：係聚焦研議借助高效家庭閘道器（Evolved Residential Gateway, eRG），以實現無線終端裝置與非支援 3GPP 裝置間的通訊，如下圖所示。

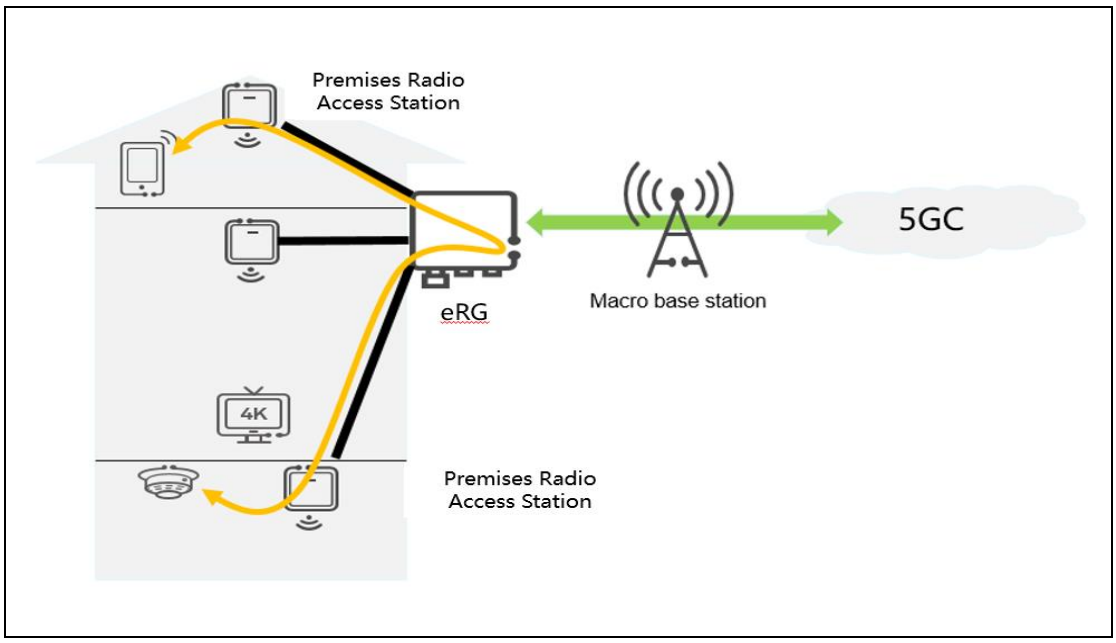


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 69：無線終端裝置與非支援 3GPP 裝置間的鏈接

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 架構無線終端裝置間的鏈接：係聚焦透過高效家庭閘道器（eRG），於已設置無線電接收站（Radio Access Stations）之家庭場景中，實現無線終端裝置間的通訊，如下圖所示。

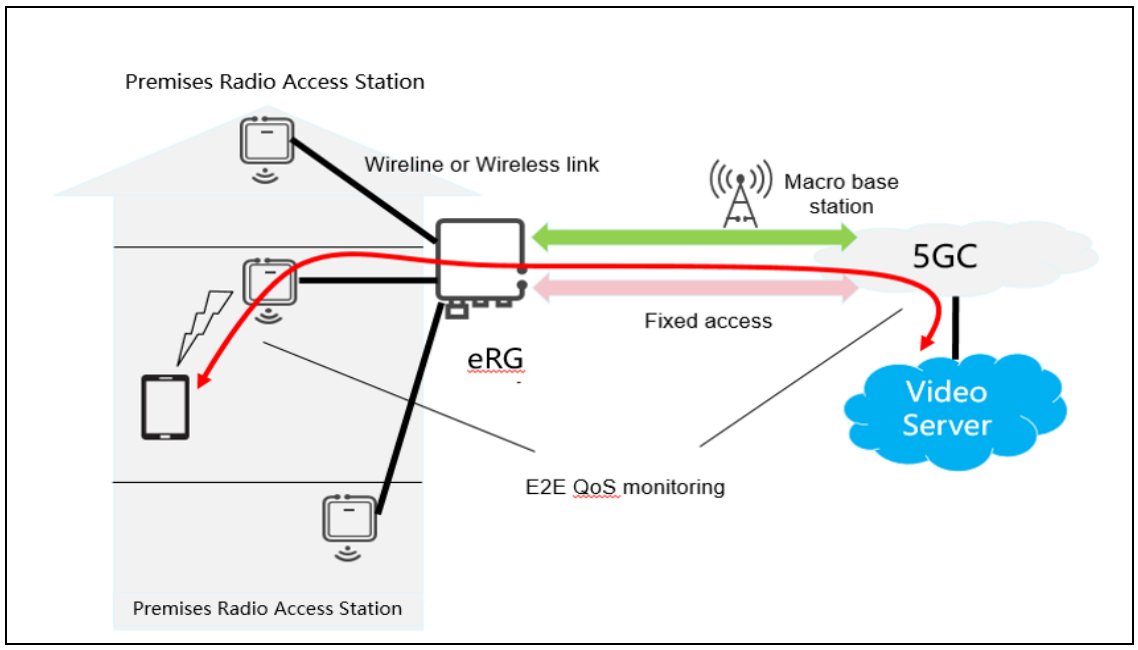


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 70：架構無線終端裝置間的鏈接

➢ 端到端 QoS 監控：針對已部署無線電接收站（Radio Access Stations）之家庭場景，研議以高效家庭閘道器（Evolved Residential Gateway, eRG）架構端到端的 QoS 監控，且涵蓋終端到 5G 核心網，如下圖所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



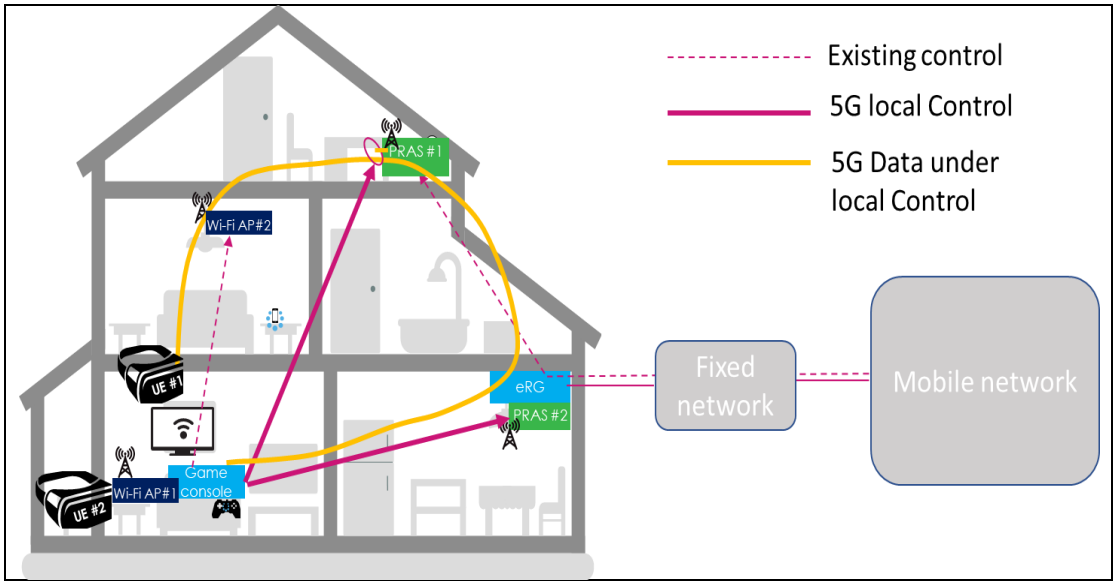
資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 71：端到端 QoS 監控

➢ 架構在內容個性化網路（Content Personalisation Network, CPN）下最適化本地終端裝置連線：以 VR 遊戲為例，如下圖所示，在家庭場景且家中配置兩個以上無線存取點（Access Points）下，終端用戶遊玩 VR 遊戲時，需透過中家中無線存取點(如：PRASs、WLAN 等)連接特定之內容個性化網路(如：遊戲主機 PS5）以獲取遊戲資訊。

➢ 惟終端用戶遊戲過程中，若於家中移動時(如由房間 A 移動至客廳，則 VR 設備可能會更換已連線的存取點，而在更換無線存取點且重新連接內容個性化網路時，可能產生延遲、中斷進而降低終端用戶的遊戲體驗，故研議架構在內容個性化網路下最適化本地終端裝置連線之技術，以降低因更換存取點而造成之延遲或遊戲中斷問題。

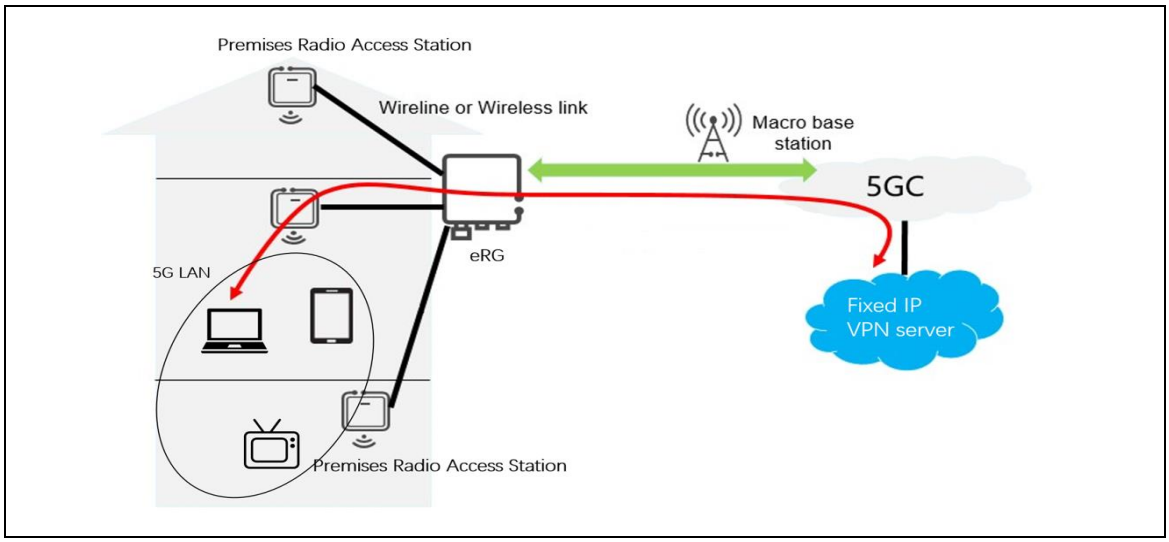
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 72：CPN 下最適化本地終端裝置連線

➢ 5G 與固定式 IP VPN 連線：係聚焦家庭場景且家戶配置 5G 網路下，考量遠距辦公者需透過固定式 IP VPN 連線存取公司內網，故研議架構允許遠距辦公者透過 5G 介接固定式 IP VPN 且需確保安全性，如下圖所示。

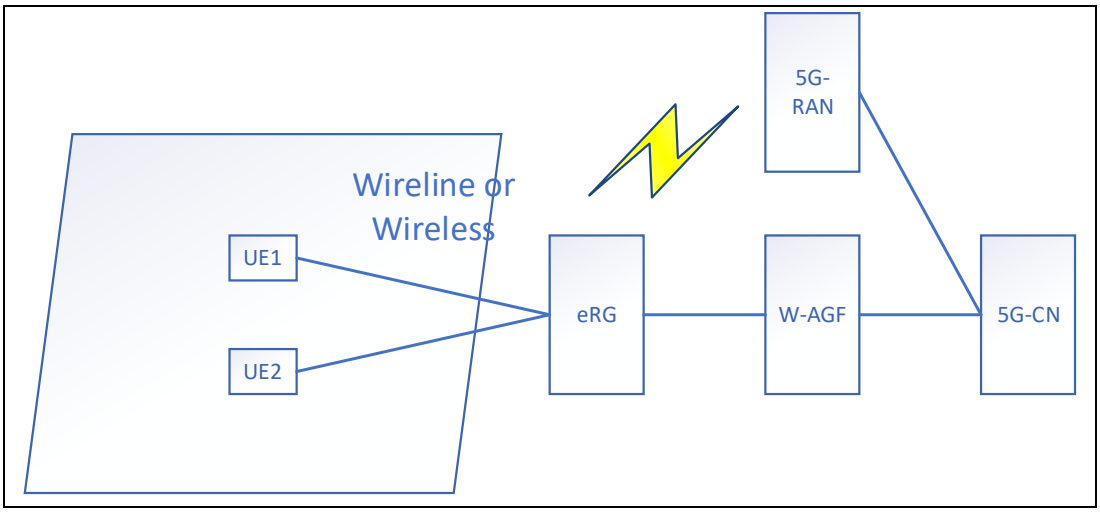


資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 73：5G 與固定式 IP VPN 連線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 家用閘道器支援多元連接：係如下圖所示，聚焦研議家用閘道器（Evolved Residential Gateway, eRG）可以同時連接固網與 5G NR 網路。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 74：家用閘道器支援多元連接

5. 個人物聯網

個人物聯網（Personal IoT Networks, PINs），係以個人為中心，涵蓋個人本體與家庭場景。個人本體部分，如包含手機、穿戴式設備、藍牙耳機、數位相機、汽機車等，而家庭場景則包含智慧家電裝置，如智慧電燈、智慧冰箱、烤箱、咖啡機、洗衣機、智慧電視、智慧音箱等。

觀察 3GPP 對物聯網之相關研究，可查已針對工業物聯網的 NB-IoT 與 eMTC 制定相關技術標準，惟卻尚未支應個人物聯網，故 R18 可謂係 3GPP 第一次針對個人物聯網研議相關技術標準。

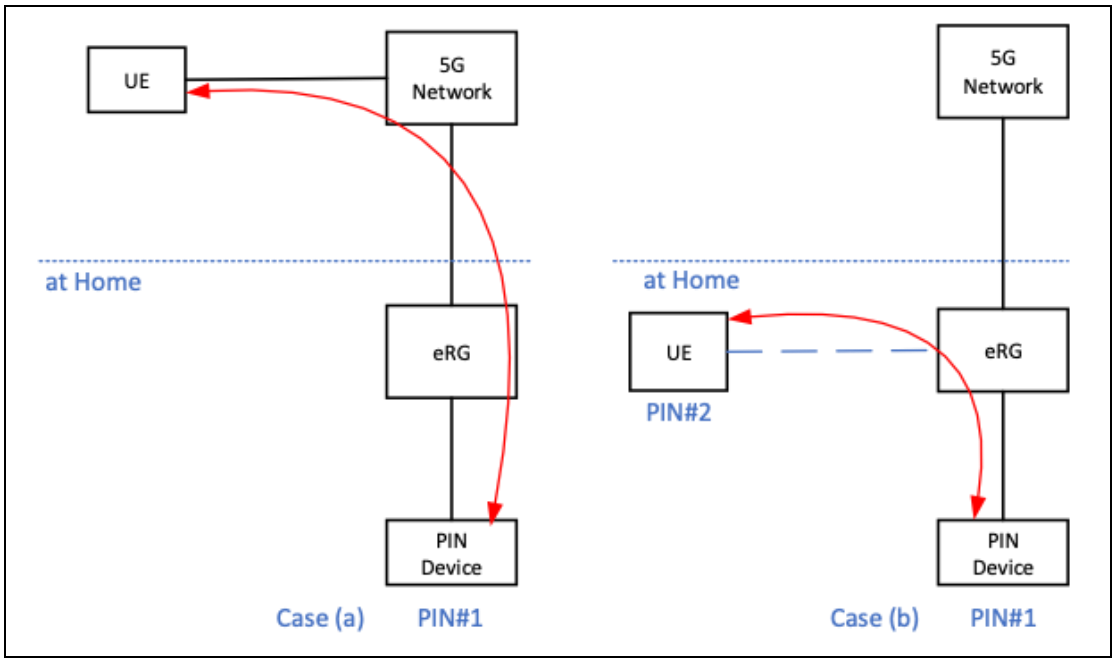
於個人物聯網領域，現時通訊技術多元，如以智慧家庭為例，涵蓋 Z-Wave、Zigbee、藍牙、NFC 等多類型短距無線通訊技術，而該等技術運用於串接智慧家電後需近一步連接固網或行動網路，以能允

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

許終端使用者透過手機或平板控制智慧家電各式功能。惟 3GPP 尚未研議相關統一技術標準，致使其中之連接複雜性、配置繁瑣、網路不穩定等問題，降低終端用戶使用體驗，故於 R18 將聚焦研究強化 5G 對 PIoT 的支持，而具體聚焦以下應用場景所需技術之探究：

- 個人物聯網設備間的多媒體共享：係聚焦架構個人物聯網設備間之聲音、影像、遊戲聲音/影像等不同類型之數據共享，而終端用戶可依據需求隨意選擇某一個人物聯網裝置使用該些分享數據，且於個人物聯網裝置切換時仍保持服務不中斷。

- 個人物聯網設備透過 5G 閘道器提供服務：現時個人物聯網設備之連線方式不一而存在資安風險，故研議以 5G 閘道器為中心對接個人物聯網設備，如下圖所示，以降低潛在資安問題。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 75：個人物聯網設備透過 5G 閘道器提供服務

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 個人穿戴式專業醫療監測設備納入個人物聯網設備範疇：係有鑒於預防性醫療的快速發展與趨勢，現時具備健康監測應用之消費性智慧穿戴裝置（如智慧手錶等）已無法滿足個人預防醫療所需之生理數據收集，取而代之係逐漸孕育而生之專業醫療監測穿戴設備，藉以能更加精準且搜集多類型個人生理數據（如：血糖、血壓、血氧等），另輔以個人生理數據分析應用雲端化，以及即時數據上傳醫療院所供醫師線上診斷趨勢，故需求研議相關網路連接與管理技術標準規範。

- 依據終端使用者需求動態管理個人物聯網設備：現時終端使用者係透過將個人物聯網設備連接網路方式，以手機、平板等智慧終端設備操作各項個人物聯網設備功能，惟其中缺乏流量管理/監督、密碼保護、權限管理等措施，故需求研議以如 PLMN 方式來依據終端使用者需求彈性管理各項個人物聯網設備，除上述流量管理/監督、密碼保護外，亦包涵如使用授權頻段或未授權頻段、限制/開放個人物聯網設備中的特定服務、個人物聯網設備限制連網設備等。

6. 5G 系統傳輸 AI/ML 模型的流量特性與性能需求

數位轉型大行其道，世界主要國家、企業無不積極推動導入創新工具、技術，藉以帶動新型態服務、產品，乃至於商業模式的數位轉型。邁入 5G 世代，借住 5G 之網路技術特性，另輔以人工智慧於演算、推理、自動化等技術，更是推促數位轉型於產業端的落地發展。

5G 世代下，人工智慧分佈於雲、邊、管、端各環節，如以雲端負責人工智慧演算法模型訓練，後再將演算法模型下傳至邊緣或終端進行推理與分析；或如為節省終端能耗，而將數據由終端上傳至邊緣

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

進行分析與推理，後執行邊緣下傳的命令等，可查人工智慧演算法、模型、數據集等係成為 5G 網路傳輸中新型態之流量類型。

有鑑於此，3GPP R18 將探究人工智慧/機器學習於 5G 網路中上傳與下傳的速率需球、以及對應之延遲、可靠性等技術需求，再者聚焦研議分割式人工智慧/機器學習操作、演算法與模型的數據共享、分佈式學習等應用場景下之數據流量特徵、性能需求等，藉以可以推進如影像辨識、語音辨識、自駕車等延伸新技術的應用發展。

7. 5G 彈性授時系統

現時電力、金融、交通、電信、航空等產業對高精準度時間之需求，其時間之校正多數係採用全球衛星航系統（Global Navigation Satellite System）中之原子鐘，進行高精準度授時訊號的接收。

惟全球衛星授時系統抗干擾性低、室內場景下遺漏訊號等問題，故 3GPP R18 研議與 5G 系統一致之 5G 彈性授時系統（5G Timing Resiliency System），期以作為全球衛星授時系統之替代或備份，而具體聚焦以下應用場景/個案所需技術之探究：

- 5G 系統時間的持續性：係現時 5G 系統時間仰賴全球衛星授時系統，而全球衛星授時系統存在干擾、訊號缺漏等問題，需求研議當 5G 系統時間在失去全球衛星授時系統狀況下，如何持續保持時間同步。

- 智慧電網/金融彈性時間系統：以電網為例，電網對時間精准度需求極高，其原因係現今採行之交流電，其電流方向會隨時間而變化，而當需求兩個不同電網設備進行整併時，如果兩造存在時間差，則交流電上波鋒、波谷的不一至將導致額外的能源損耗，甚者造成電網設備損毀，故 3GPP R18 研議需求

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

之彈性時間系統，用於作為全球衛星授時系統之替代或備份。

- 5G 時間訊號的安全性驗證：係聚焦 5G 世代下，時間高敏感度垂直場域，如證交所股票交易、銀行匯兌、工業物聯網等，有賴 5G 授時系統進行時間的校正與對時。惟 5G 授時系統於傳遞時間訊號時，其過程存在潛在之網路攻擊而導致時間訊號錯誤。有鑑於此，3GPP R18 研議需求之安全協議，該協議將有助於時間高敏感度垂直場域在接收到來自 5G 系統的時間訊號時，可以判斷該訊號是否已遭受網路攻擊而篡改，以確保時間訊號的正確性。

8. 小結

相較於 R17，R18 更多於聚焦垂直領域的技術標準深化，且由過去以產業端應用(如：精準定位用於資產追蹤、終端節能用於工業物聯網等)為主體之研究，正逐步邁入與大眾生活息息相關之家庭應用(如：CPN 下最適化本地端裝置連線技術，以優化家庭場景中 VR 體驗、以 ePG 架構端到端 QoS 技術，以確保家庭中如多媒體串流之服務體驗等)，乃至於個人應用(如：個人物聯網設備間的多媒體共享技術，以確保個人物聯網設備間切換時仍保持服務不中斷、個人物聯網設備介接 5G 閘道器技術，以確保個人物聯網資安等)為主體之研究，甚者跨入娛樂應用(如：沉浸式多模態 VR 通訊技術，以提高用戶於虛擬環境之沉浸感等)之技術標準研究。

除上述外，有鑑於全球數位轉型趨勢引領人工智慧技術大行其道，而於各式人工智慧數位轉型應用場景中，如雲端專責機器學習模型訓練，後將機器學習模型下傳至終端進行推理與分析，又如為節省終端能耗，而採終端數據上傳雲端進行推理，後下傳終端執行命令等，可預期人工智慧各式演算法模型、終端數據將成為 5G 網路之新興流量

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

類型，而為求 5G 能更加適配新興流量類型之傳輸，R18 刻聚焦探究 5G 網路中傳輸新興流量類型所需之流量特性與技術需求。

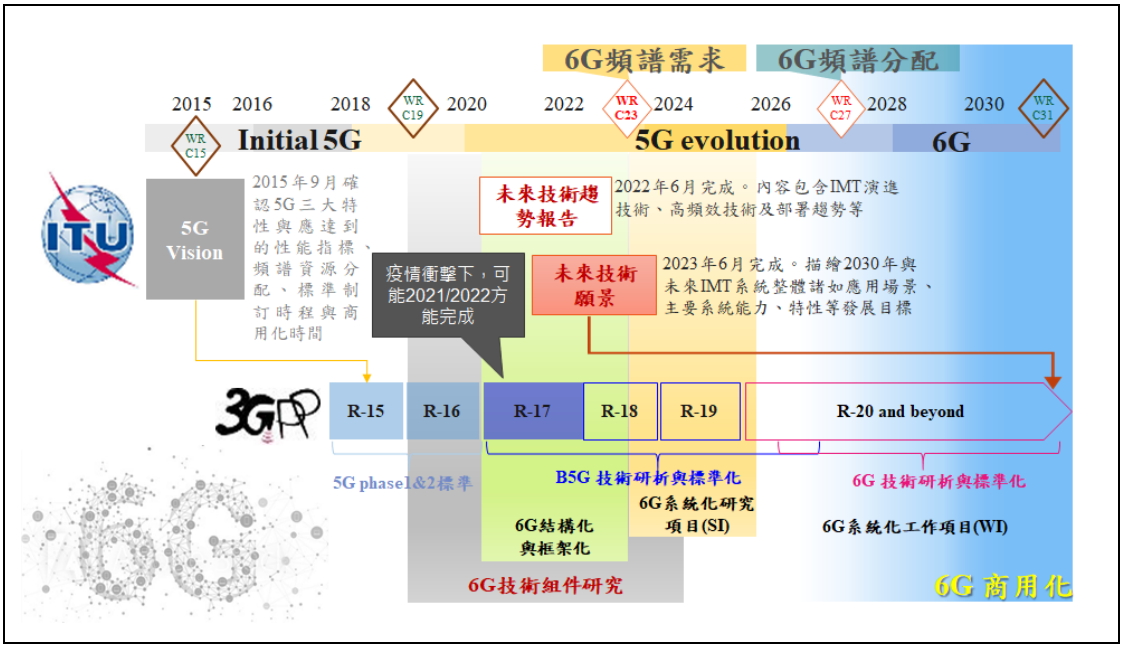
5G 商用速度持續加快，貴為 5G-Advance 第一個版本的 R18 於推進 5G 落地深化扮演重要角色，而縱然 COVID-19 推遲 R18 進度，但仍預期於 2021 年 12 月批准 R18 的初始軟體包核准，且計畫於 2023 年底完成標準凍結。

9. 展望 6G 標準進程

根據 3GPP 制訂 5G 標準的時程規劃，在 ITU-R 於 2015 年 9 月確認 5G 三大特性與應達到的性能指標、頻譜資源分配、標準制訂時程與商用化時間後，3GPP 仍須進行各類 5G 世代技術與應用場景的先期研究，因此，標準正式啟動制訂時程為 2017 年初。而從現階段該組織目前的標準制訂藍圖可發現直至 2021 年下半年規劃啟動的 Release-18 標準制訂內容中，都還包含前幾版本可能未盡的 5G 或 beyond 5G 應用技術標準，換句話說直到 Release-18 的行動通訊標準仍屬於 5G 範疇。

若以現階段 ITU-R 的規劃，約在 2023 年下旬方能提出針對 6G 技術相關的應用發展方向、頻譜利用、技術性能指標等規劃。若依循前例，3GPP 有一年多緩衝進行 6G 先期研究，及每一版本標準制訂時程約 12-18 個月，再加上 2020 年新冠肺炎影響，標準制訂時程已往後挪移等因素推算，3GPP 或將於 Release 21 階段，約莫 2026 年以後才會正式著手進行 6G 標準制訂作業。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP、ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 76：6G 標準制訂時程展望

三、 主要國家/區域組織與大廠 6G 技術先期研究方向

在日漸激烈的 5G 技術競爭與商用部署的競局中，國際對於承接 5G 的下世代通訊技術的樣貌仍不清晰，但為了掌握技術話語權與未來的市場先機。產官學研都開始從不同面向進行先期探索，思考新應用型態、新終端產品、與支持新應用模式所需的各種新興科技，並進行先期研究布局。當然，單打獨鬥不見得有綜效，產業界與學研界希望藉由無論是國內或跨國合作研發方式，挖掘出各種能夠推動 6G 發展的技術可能性。

由於 6G 技術仍屬於前瞻探索階段，因此，從上至下，無論從政府研究計畫層級到產業先期探索，皆尚未在技術面有定論，尤其在 ITU 還未提出關於 6G 的未來技術趨勢報告與技術願景相關內容下，各方多半藉由應用場景需求發想、5G/B5G 技術演化、支持頻譜使用切入等面向，框列 6G 潛在技術發展趨勢。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

而檢視國際各政府、組織、廠商發佈的白皮書、研討會以及期刊論文之 6G 技術特點，相較 5G 時代強調超大頻寬、超大連結、超低延遲等三大特性，6G 除了強調在峰值速度、用戶體驗速度、裝置連結數量、延遲與可靠性、功耗、定位精準度等的強化外，透過衛星通訊與非地面通訊網路技術，將進一步實現超大覆蓋/多維空間之應用。因此，大致上可以將 6G 未來的特性需求指標歸納為以下八個面向：

備註：上圖指標數值主要參考各大組織、系統業者、營運商 6G 白皮書或先期研究中，針對 6G 特性需求所提出的指標，藉由專家意見所彙整；其中針對超精準定位項目，華為提出的指標數值為室內 1 公分、戶外 50 公分。

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 77：6G 特性需求指標

以下將針對主要國家政府、組織、大廠、營運商對於 6G 技術發展的先期研究準備及發展佈局進行分析：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(一). 主要國家/組織

1. 日本

早在 2019 年 12 月日本政府鑑於國際行動通訊的競爭態勢，就開始佈局、瞄準「後 5G（Post 5G）」的發展，並為了促進民間企業發展，由日本新能源產業技術綜合開發機構（New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO）成立 2,200 億日圓的發展基金，自 2020 年起的 3-5 年間，以幫助日本本土產業強化通訊系統與半導體技術之發展，為下世代通訊技術研發能量奠基。

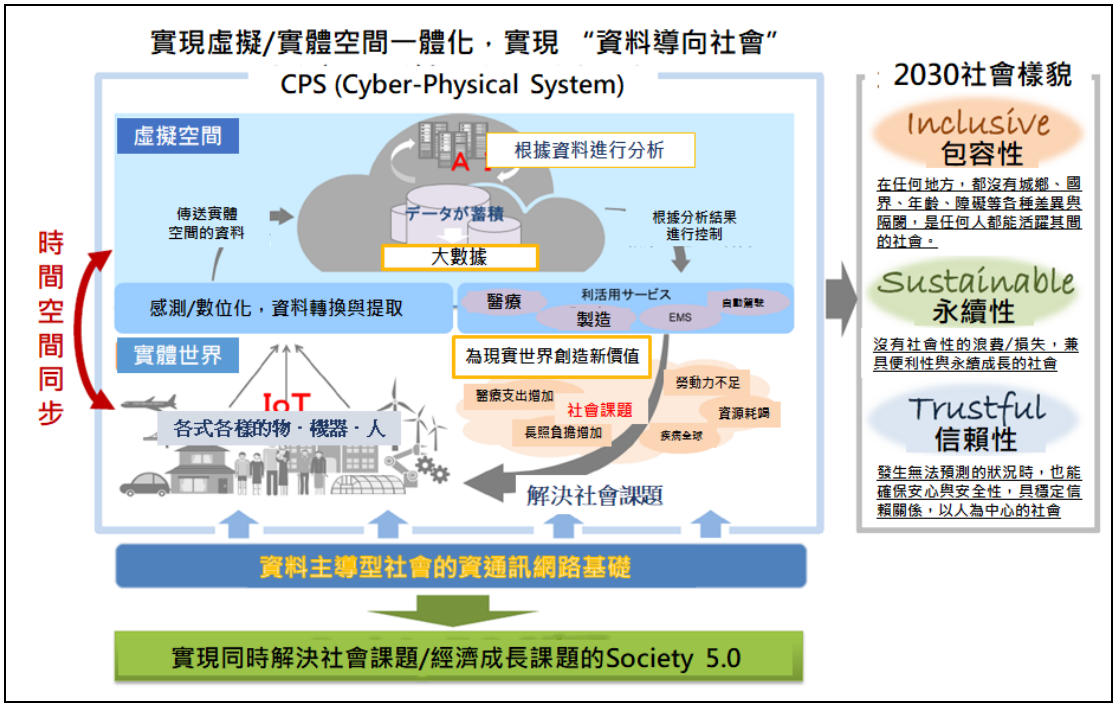
隨後，2020 年 1 月日本總務省便藉由設立官民研究會議，由東京大學校長擔任主席，研議透過官民合作，進行 5G 之後下世代通訊技術的研發。2020 年 4 月初擬「Beyond 5G 推進戰略綱要」，擬針對 6G 提供財政支援、稅制優惠等推動研發工作。爾後，藉由公眾諮詢方式，於同年 6 月彙整各方針對 6G 性能目標、政策支持等意見，6 月 30 日正式提出「Beyond 5G 推進戰略：邁向 6G 的藍圖」，後續將藉由政府將根據各大推動方向，協同各部會研擬各類政策手段與補助經費，以推動相關技術開發。

由於 6G 議題逐步受到重視，期望在通訊技術與關聯產業、市場中重振旗鼓的日本政府，開始展望 6G 的發展。為此，日本總務省綜合通信基盤局電波部電波政策科在 2020 年 1 月設立官民研究會-「Beyond 5G 推進戰略懇談會」，商討 Beyond 5G/6G 發展。4 月初擬「Beyond 5G 推進戰略綱要」，並在此綱要中，描繪了 2030 年邁入 B5G/6G 世代時的理想社會樣貌。

日本政府認為 2030 年世代應是虛擬/實體空間一體化，具有包容性、永續性，以及信賴性的「資料導向社會」，藉此將得以實現同時

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

解決社會課題與經濟成長課題的 Society 5.0 的目標。而作為最基礎的資通訊網路，下世代通訊技術 Beyond 5G（6G）將不可或缺。



資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 78：日本政府描繪 2030 年的理想社會樣貌

在總務省的規劃下，同年 5 月中旬前便向產學研界蒐集針對 6G 的性能目標和政策支持相關意見，於 6 月再次召開會議，並根據「Beyond 5G 推進戰略綱要」與彙總的產學研反饋之意見，進一步確定「Beyond 5G 綜合推進展戰略與政策方向」。

而這一連串的先期討論與戰略綱要的擬定，基本上將作為日本政府日後協同政府各部門研擬更完善的政府政策、開展 6G 技術研發，以及針對相關研發項目編列預算編的基準，進而全方位的支持、推動 6G 世代相關技術開發與應用發展。

(1). Beyond 5G（6G）技術目標與核心技術開發方向

為了實現上述 2030 年的理想社會樣貌，日本政府諮詢了產學研

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

專家，擘劃出支持「資料主導型」的社會運作的 Beyond 5G 未來網路發展目標，重點其網路架構重點有三：雲端原生、以人工智慧控制，及透過虛擬化後得以泛用的終端設備（軟硬體分離）。

而構築這樣的網路架構之前，開發關鍵核心的下世代通訊技術，超前準備全球 6G 技術研發能量，為日本政府現階段極為重視之一環。因此，在透過公眾諮詢、專家會議，總務省不但透過產學研集思廣益提出了 Beyond 5G（6G）功能領域與其特性需求如下表，更進一步地將能夠實現 Beyond 5G（6G）的關鍵技術，以及日本具備發展潛力的項目提出。

表 139 日本總務省提出 Beyond 5G 應用技術性能需求

	Beyond 5G(6G)關鍵特性	**性能**
5G 技術特性的再升級	**超高速、大容量**	● 接取端速度為 5G 的 10 倍 ● 核心通訊速度為目前的 100 倍
	大規模同時連網	● 同時連接數為 5G 的 10 倍
	超低延遲	● 延遲為 5G 的 1/10 ● 完全同步的虛實整合系統（Cyber-Physical System, CSP） ● 與輔助網路高度同步
創造新價值所需的新機能	**超低消耗電力**	● 耗電量為目前 1/100 ● 2030 年 ICT 相關耗電將較 2016 年成長 36 倍
	自主性：按使用者需求自動調整	● Zero-touch 機械自主聯動協作 ● 構築超越有線與無線最適網路
	擴張性：全覆蓋	● 與衛星/高空平台系統（HAPS）無縫連結 ● 各類終端、設備等連網物件基站化 ● (終端)設備互聯(類 MESH)

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

表 140 日本總務省提出實現 Beyond 5G 之關鍵技術與潛在投入研發項目

潛在研發投入項目	**Beyond 5G(6G) 關鍵特性**	**實現 Beyond 5G(6G)的關鍵技術**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **THz 相關技術** ● **全光網路 AON**	**超高速、大容量**	● 次世代光纖(多核/多模/超寬頻等) ● 複數 DSP 訊號平行處理 ● 高頻率運用(THz, 毫米波) ● 高集縮光模組 ● 光纖 Digital coherent 光多值調變技術 ● A/D 協調(次世代 ROF 等) ● mMIMO
感測	**大規模同時連網**	● mMIMO 技術升級（分散式天線控制/協作技術、大規模天線技術） ● 陣列天線晶片
虛實同步	**超低延遲**	● 網路內運算技術 （Network computing） ● 傳送媒體變換(降低光-無線間切換延遲) ● 高精度時間同步技術（終端、edge、基站等） ● 晶片級原子鐘技術
低功耗半導體	**超低消耗電力**	● 光子加速技術 (全光網路等) ● 氧化鎵半導體電子元件 ● 高密度、異質整合光電技術(silicon-photonics, 化合物半導體等) ● Nano-hybrid 基礎技術 ● 腦型 AI (腦情報通信技術)
完全虛擬化	**自主性：按使用者需求自動調整**	● Zero-touch 運作技術(運用未來腦型 AI 技術) ● 網路自主、分散、協調等控制技術 ● 可程式化光網路技術(programmable photonic network) ● 軟體化/虛擬化/開放化/分離化技術
● **Inclusive-interface** ● **HAPS 高空平台**	**擴張性：全覆蓋**	● 移動通訊統合運用技術(衛星、HAPS、空中、地面) ● 無線充電(含光輸電) ● 光感測/無線感測 THz ● 音波/光融合(水中通訊) ● 衛星/光融合(衛星通訊 ● Remote sensing **介面應用** ● 腦機介面 ● 基於常識之語音對話 ● 多語言同時翻譯 ● 超臨場感技術
量子加密	**超安全、可信賴性**	● 量子加密通信 ● 可預知並對應災害之網路控制技術 ● 數據驅動型 cyber security 技術 ● 超傳導量子位元

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

		● 運用 AI/digital twin 之自我防禦管理技術 ● 對應新興技術之網路安全技術

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

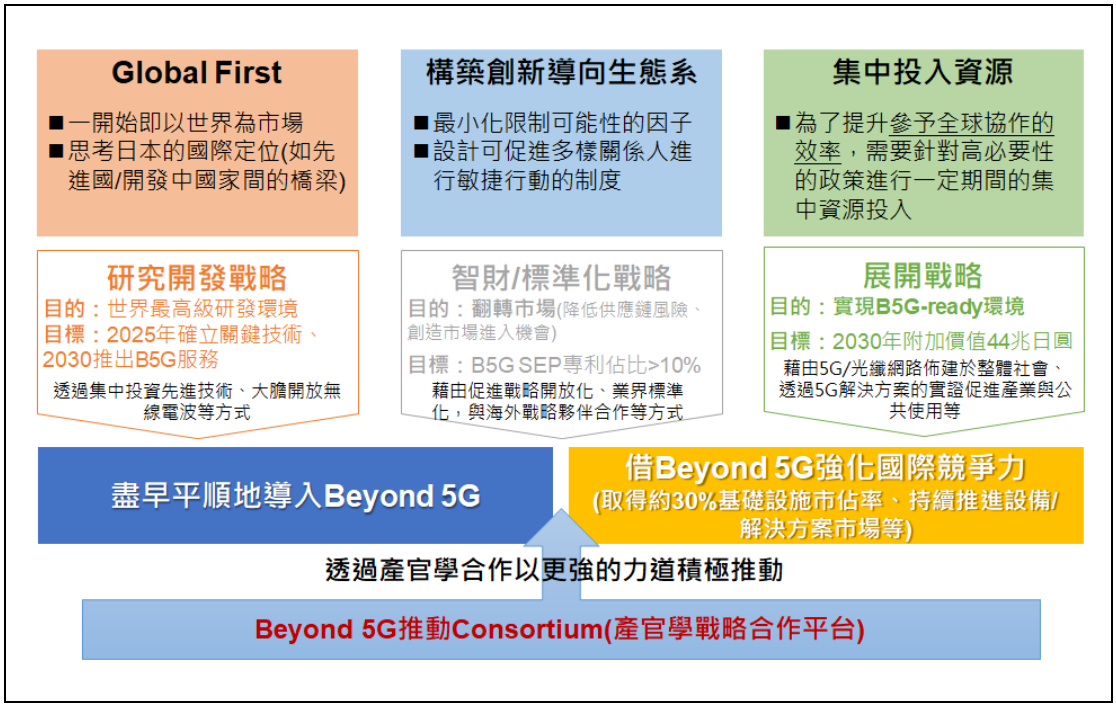
從日本現階段盤點的 Beyond 5G（6G）的性能需求與關鍵技術觀察，可發現日本除了期望 6G 能實際結合未來新興技術，實現 Society 5.0 所擘劃的應用場景目標。在技術發展的思考上，更偏重下世代資通訊核心技術能量之深化，並且已經將潛在可投入開發的項目在「Beyond 5G 推進戰略：邁向 6G 的藍圖」中點出。

(2). Beyond 5G（6G）綜合推進展戰略基本方針

為了實現日本下世代通訊技術發展目標,「Beyond 5G 推進戰略：邁向 6G 的藍圖」中提出三大推動戰略，旨在及早掌握實現 6G 的關鍵技術，且於「初期階段」便集中投入國家資源，並透過國家力量推動 6G 核心技術的國際標準化，以實現 Beyond 5G 及改變遊戲規則為目標，致力於取得智慧財產權並推進標準化活動。

同時，為促進 Beyond 5G/6G 技術及早且順利發展，先以擴散 5G 技術至社會各領域與地區並充分使用關聯應用為目標，構築「Beyond 5G Ready」的環境，以利下世代通訊技術的無縫進化。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



備註：總務省內設置「Beyond 5G 戰略推進專案小組」與 IT 綜合戰略本部等合作

資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 79：日本 6G 三大推動戰略

隨著國際 6G 發展逐漸熱絡，加上去中化的影響，主要國家開始結盟合作，針對下世代通訊技術一同投入研發。2021 年 4 月 16 日，日美兩國確認了今後將合作發展安全網路和先進資通訊技術，包括 5G 和面向 2030 年代實用化的新一代通訊技術-6G（日本稱 Beyound 5G）的技術研發、設備開發、測試和部署，以加強在數位領域的競爭力；兩國共投入總計 45 億美元（美方投入 25 億美元，日方投入 20 億美元）。

2. 南韓

南韓在 6G 的佈局上也於 2019 年 4 月就開始，南韓通信與資訊科學研究院召開 6G 論壇，開始研究並組建了 6G 研究小組，以開發 6G 核心技術且定義 6G 應用以及場景。隨後，7 月南韓科學技術情報

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

通信部(MSIT)規劃在 2020 年正式提出「6G 研發初步可行性研究計畫」，委由韓國科技規劃評價院負責。

根據 Business Korea 報導，2020 年 8 月 6 日由南韓政府舉辦之第十二屆科技部長會議中，敲定「引領 6G 時代的未來移動通信研發促進戰略」，規劃南韓將於 2026 年進行 6G 試驗，並於 2028 年或 2030 年開始推動 6G 商用化服務。為此，南韓政府將在 2021 年起 5 年間投入 2,000 億韓圜（約 1.69 億美元），以支持 6G 技術的研發以及關聯產業生態系統之建構。

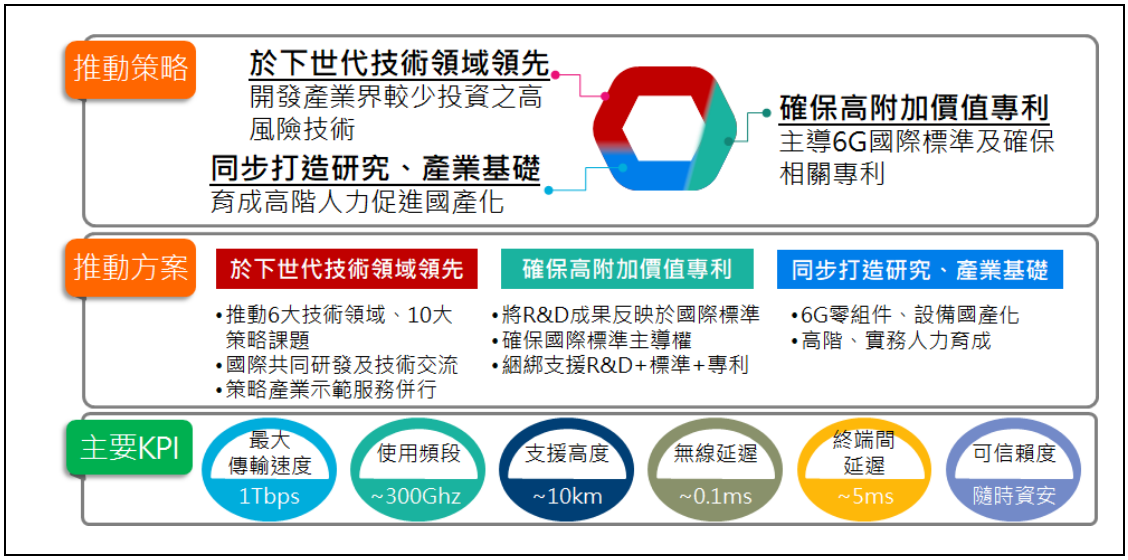
(1). 引領 6G 時代的未來移動通信研發促進戰略

南韓科學與信息通訊技術部（MSIT）於 2018 年 9 月便展開``6G 核心技術開發項目"的初步可行性研究。並通過收集來自工業、學術界和研究機構的 100 名專家之意見，且透過公開聽證會，確定了該項目的基本方向，與後續關鍵任務。

後於 2019 年 4 月南韓通信與資訊科學研究院召開 6G 論壇，通過了初步的可行性研究，爾後組建 6G 研究小組，以開發 6G 核心技術且定義 6G 應用以及場景。隨後，7 月南韓科學技術情報通信部（MSIT）公布「6G 研發初步可行性研究」結果。而此次可行性研究在產官學研的共同討論下，提出下圖的願景目標，以及期望的績效和策略。做為南韓政府更嚴謹的研擬南韓邁入 6G 技術研發的政策方向。

南韓政府也據此於 2020 年 8 月正式提出「引領 6G 時代的未來移動通信研發促進戰略」，並以成為「6G 時代的領先者」為願景、將「達成 6G 全球商用首發，確保核心技術、完備主導 6G 全球市場的基礎」策略目標，開展了 6G 技術研發計畫。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

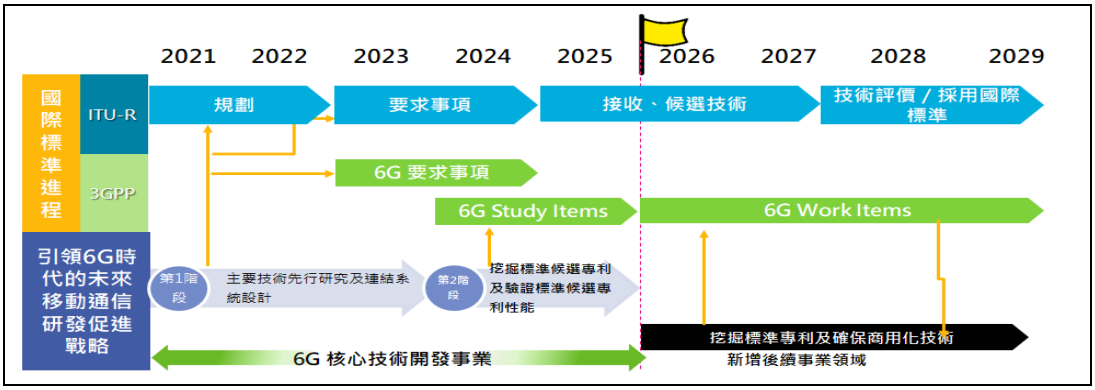


資料來源：南韓 MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 80：南韓未來行動通訊（6G）R&D 推動計畫

(2). 南韓 6G 核心技術先期研究規劃

根據 2019 年的可行性研究成果，同時也錨定 ITU-R WP5D 規劃在 2021 年上半年提出「未來技術願景草案（Future Technology Vision Proposal）」及後續各時期針對 6G 性能指標、頻譜資源分配、標準制訂時程與商用化等時間點；再加上 3GPP 可能規劃的 6G 標準制訂的時程，南韓政府將分兩大步驟推動 6G 行動通訊研發。



資料來源：南韓 MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 81：南韓 6G 行動通訊研發推動藍圖

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第一步驟為 2021-2025 年期間進行 6G 核心技術之開發，南韓政府擬投入 2,147 億韓圜，針對如何克服 5G 技術極限性，並且解決 6G 十大策略課題進行研發投資，其中更包括取得具標準候選潛力的專利，及為新技術奠定研發和產業基礎之準備。

資料來源：南韓 MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 82：6G 技術目標與研發投資

第二步驟為 2026-2028 年間，除了完備 6G 標準必要專利（standards-essential patents，SEPs），與南韓專利廳（KIPO）合作建立「6G 標準必要專利戰略圖」，以集中挖掘最有可能獲得標準必要專利的 6G 技術以外，更將積極發展 6G-Upgrade 示範應用。期望 2026 年即可展開 6G 試點，並將 2028-2030 年則定為南韓 6G 正式商用化的預定時程。

南韓政府的推動策略中，6G 技術發展目標首先就是要克服 5G 技術的侷限性，例如 5G 容量的極限、端到端的延遲速度等，期望 6G 能達到 1Tbps 傳輸速度，且延遲率是 5G 的 1/10 水準。

再者，便是突破通訊覆蓋以地面網路為主的限制，也就是將服務範圍擴大至離地 10 公里，期望透過低軌衛星建構的 6G 通訊來與飛行器、汽車、無人機等連結、甚至操控。此外，5G 世代 AI 應用於網路架構仍為初期階段，尤其僅部分用於核心網。南韓認為 6G 全網路

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（從核網到無線接取端）都應深度運用 AI 技術。

最後，由於 5G 網路在資安層面仍有改進之處（現階段為選擇性擴充資安功能），南韓認為 6G 世代自設計階段就應全面性將資安技術嵌入。

在上述目標下，南韓政府「6G 行動通訊研發推動策略」提出了超性能，超寬頻，超精密，超空間，超智慧和超可信賴之 6 大重點領域，與下圖所示 10 項策略課題作為日後的 6G 核心技術開發方向。

資料來源：南韓 MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 83：南韓 6G 核心技術開發的主要內容

3. 中國大陸

2018 年 11 月中，中國大陸工信部啟動 6G 概念研究。2019 年 9 月下旬，中國電子學會主辦“2019 年全國通信理論與技術學術會議暨通信領域創新發展論壇”，從學術角度探究 5G、B5G 與 6G 之發展趨

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

勢。該論壇從學界角度，發表包含對 6G 未來展望、THz 通訊技術、6G 世代非陸地/衛星通訊相關頻譜態勢智能感測、輻射原檢測與定位技術相關議題，諸如《6G 技術挑戰與容量再提升》、《空天地資訊網路融合技術》及《面向 6G 的立體緻密無線網路》等主題。

(1). 工信部成立 6G 無線技術組

2019 年 6 月，中國大陸工信部主導成立 IMT-2030（6G）推進組，由北京清華大學無線與移動通信技術研究中心副主任暨 6G 無線技術組組長暨工信部 IMT-2020（5G）無線技術工作組組長粟欣主持。同時間，展開第一次工作會議，該會議的參與者包含中國聯通、中國移動、華為、中興、中國信通院、中國信科（原大唐電信）、中國普天等四十多家電信營運商、設備業者、大學和科研單位。

在此會議中，主要確認 6G 無線技術組的目標與任務、工作思路、方法和計劃；後續將面對 6G 應用需求，匯聚產學研用各方力量，聚焦新興無線空中介面技術及新型頻譜利用技術，提前佈局研析超大規模天線、先進調製編碼、新型雙工、THz、可見光和軌道角動量等技術。

同年 8 月於西安展開的第二次工作會議，主要確認新興無線通訊技術研究發展方向；爾後 12 月在四川成都開啟的第三次工作會議則針對無線 AI、水下通訊和全息無線電等層面，聚焦潛在新型無線空口技術及新型頻譜利用技術；並確認 6G 潛在研究方向，與各研究任務組職責。

2021 年 6 月 12 日，中國大陸工信部主持召開 5G/6G 專題會議，期間要求 IMT-2030（6G）推進組要進一步提前規劃、加強研究、推動 6G 發展。主要有三目標：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 深入開展 6G 應用場景研究：在現有 5G 基礎上，結合技術演進、經濟社會發展趨勢，研究提出未來 6G 的願景需求和應用場景。

- 著力推動關鍵技術創新突破：積極發展包含 THz 通訊技術、通訊感測技術整合、通訊與人工智慧融合等 6G 潛在技術，力爭在關鍵核心技術領域取得重大突破。

- 積極促進國際交流合作：秉持開放合作的理念，加強與主要國家、產業組織、各類企業、學研單位間的合作，以促進 6G 發展。

(2). 科技部成立國家 6G 技術研發推進工作組和總體專家組

為發展 6G，中國大陸科技部 2019 年 11 月 3 日會同國家發展改革委員會、教育部、工信部、中科院、自然科學基金委在北京組織召開 6G 技術研發工作啟動會，並成立國家 6G 技術研發推進工作組和總體專家組。6G 技術研發推進工作組主要由中國大陸相關政府部門組成，負責推動 6G 技術研發工作的實行。6G 總體專家組由大學、科研院所和企業共 37 位專家組成，負責提出 6G 技術研究佈局建議與技術論證，以開展 6G 技術研發方案的制訂工作，開展 6G 技術先期研究、探索可能的技術方向。

國家 6G 技術研發推進工作組和總體專家組藉系統化地佈局 6G 技術研發，聚焦解決行動通訊與資訊安全領域所面臨一系列基礎理論、設計方法和核心技術問題，以爭取在基礎研究、核心關鍵技術與標準規範等方面的突破；並針對重大決策提供諮詢與建議，包含針對 6G 技術研發態勢及未來發展思路給予建議，為行動通訊產業發展和建設創新型國家奠定堅實科技基礎。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2019 年 11 月成立之初的第一次 6G 總體專家會議，完成訂定 6G 願景與需求；後於 12 月 4 日的第二次 6G 總體專家會議，確認 6G 研究項目指南，並與芬蘭 6G Flagship 等組織進行國際合作。

(3). 國家重點研發計畫「寬頻通訊及新型網路」重點專項補助 6G 技術研究

2020 年第一季，工信部信息通信發展司表示，2020 年要紮實推進 6G 前瞻性願景需求及潛在關鍵技術預研，形成 6G 總體發展思路；後續根據國家重點研發計畫「寬頻通訊及新型網路」重點專項，提供補助研究經費約人民幣 3.3 億元，展開新型網路技術、高效傳輸技術、衛星通訊技術三大 6G 技術研究項目。

表 141 中國大陸國家重點研發計畫"寬頻通信和新型網路"重點專項

6G 技術研究領域	主要研究項目
新型網路技術	大規模確定性骨幹網路架構及關鍵技術研究
	時間敏感網路關鍵技術研究及驗證
	內生安全支撐的新型網路架構與關鍵技術
	面向大規模分散式人工智慧應用的關鍵網路技術研究
	面向計算存儲傳送資源融合的網路虛擬化技術
高效傳輸技術與設備	超寬頻光子太赫茲無線傳輸理論與關鍵技術研究
	全波段、低雜訊光纖放大器
	全波段城域光傳輸系統研究與應用示範
衛星通信技術	面向天地一體化空間智慧計算的衛星組網技術
	面向天地一體化大規模星座超密組網系統設計及性能評估技術
	Ka 頻段收發共口徑相控陣天線及晶片研製

資料來源：工信部，本研究整理，2021 年 11 月

而透過前述國家重點研發計畫「寬頻通訊及新型網路」重點專項的激勵，促使中國大陸產學研機關積極開展 6G 先期基礎技術之研究。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

爾後，為推動 6G 發展，2020 年 10 月中國大陸政府每年例行的兩會提出了《中華人民共和國國民經濟和社會發展第十四個五年(2021-2025 年)規劃和 2035 年遠景目標綱要》，其中在“加快建設新型基礎設施”一節中特別提出應”前瞻佈局 6G 網路技術儲備”。促使中國大陸產官學研在加快 5G 網路規模化部署之際，更開始了前瞻性佈局 6G 網路技術儲備。現已有有多家企業參與 6G 研發，包括中興通訊、華為、紫光展銳、vivo、大唐通信等，各業者也接續提出其 6G 白皮書與先期研究方向。

(4). 中國大陸國家智慧財產權局提出《6G 通信技術專利發展狀況報告》

2021 年 4 月 26 日，中國大陸國家智慧財產權局智慧財產權發展研究中心舉辦 2021 年全國智慧財產權宣傳周系列主題活動，召開“6G 通信產業智慧財產權研究成果宣講發佈會”，會上從當前開展 6G 研究的意義、主要研究成果以及結論建議三大構面，發佈《6G 通信技術專利發展狀況報告》。

而該報告顯示，全球 6G 通訊領域的專利申請量已超過 3.8 萬件，其中衛星通訊技術領域達 25,509 件；而來自中國大陸的專利申請量最多，有 9,159 件，占比達 31%。現階段國際 6G 通訊領域的專利申請人申請量排名前十者為：日本 NEC、南韓大宇通信、日本 Mitsubishi、韓國電信研究院、南韓 Samsung、美國 Hughes Network Systems、日本 NTT、美國 Qualcomm 和美國 ViaSatInc。中國大陸僅有四川的電子科技大學位居全球申請量排名第八。

從中國大陸的整體專利申請來看，其學研單位目前佔據該國 6G 通訊技術專利申請的前十位，引領 6G 通訊技術的基礎研發，是 6G

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

通訊技術創新的主要力量。

《6G 通信技術專利發展狀況報告》主要針對太赫茲(THz)技術、空天海一體化技術、確定性網路技術、基於 AI 的空中介面技術等 6G 通訊四大關鍵技術專利發展狀況進行調查分析。

表 142 6G 通信技術專利發展狀況報告-6G 通訊技術關鍵專利發展現況

技術類別	專利數
太赫茲（THz）技術	全球專利申請總量為 7,737 項，來自中國大陸的 THz 技術專利申請最多（3118 項），占全球專利申請總量 40%
空天海一體化技術	針對衛星通訊領域的全球專利申請量為 25,509 項，中國大陸占比 31%，約 9,159 件
確定性網路技術	此項目全球專利申請數量達 1,034 項，其中中國大陸有 232 項。
基於 AI 的空中介面技術	此項目全球專利申請數量達 566 項，而中國大陸佔比高達 75%。

備註：確定性網路意旨針對工業、能源、車聯網等對於網路低時延、高可靠和高度穩定性有極高需求之垂直產業，按其業務級別構建具差異化服務的確定性網路。

資料來源：中國大陸智財局，本研究整理，2021 年 11 月

(5). 中國大陸 IMT-2030（6G）推進組"6G 總體願景與潛在關鍵技術"

2021 年 6 月 6 日，由中國大陸工信部的指導下成立之 IMT-2030（6G）推進組發布"6G 總體願景與潛在關鍵技術"白皮書。內容涵蓋總體願景、八大服務應用場景、並提出當前產學研界廣泛關注的 6G 十大潛在關鍵技術方向等。此十大潛在 6G 關鍵技術如下表：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 143 「6G 總體願景與潛在關鍵技術」白皮書十大關鍵技術

技術類別	概述
內生智能新型網路	AI 技術在 6G 網路中是原生的，且藉由無線架構、數據、演算法和應用等呈現出新的智慧化網路技術體系。從 6G 網路設計之初就考慮對 AI 技術的支持，不再只將 AI 作爲網路優化工具。進而衍生出： ● 內生智能新型空中介面：深度融合 AI、ML 技術，打破現有無綫空中介面模組化的設計框架，實現深度挖掘與利用無線環境、資源、干擾、業務和用戶等多面向特性，大幅提升無線網路高效能、可靠性、即時和安全性，促進網路自主運作和自我演進。 ● 內生智能新型網路架構：充分利用網路節點的通訊、運算與感測能力。藉由分布式學習、群體智能協同及雲端邊緣一體化演算法部署，使 6G 網路原生支持各類 AI 應用，進一步構建新生態和以用戶爲中心的服務體驗。
增強型無線空中介面技術	● 無線空中介面物理層基礎技術：在調變編碼技術方面，需形成統一編解碼架構，且兼顧多元化通訊場景需求。在新波形技術上，需利用不同的波形方案設計，以滿足 6G 更複雜多變應用場景及性能需求。在多路複用方面，爲滿足 6G 網路在密集場景下的低成本、高可靠和低延遲接取需求，非正交多址接取技術將成爲研究焦點，且將從訊號結構和接取流程等面向優化改進。 ● 超大規模 MIMO 技術：天線和晶片整合度持續提升，推動天線陣列規模持續增大。藉由應用新材料，導入新技術和功能（如超大規模口徑陣列、可重構智能表面、AI 和感測技術等），未來超大規模 MIMO 技術可在更加多元多樣頻率範圍內，實現更高頻譜效率、廣而靈活網路覆蓋、以及更高定位精度和更高功耗效率。 ● 頻段內全雙工技術：在相同的載波頻率上，同時發射、同時接收電磁波訊號，與傳統 FDD、TDD 等雙工方式相比，不僅可更有效提升系統頻譜效率，還可實現傳輸資源更加靈活配置。
新物理維度無線傳輸技術	● 可重構智能表面(RIS)技術：可用在增強通訊系統覆蓋能力，顯著提升網路傳輸速率、覆蓋及能源功耗效率。藉由對無線傳輸環境的主動定制，可根據所需功能，如降低電磁污染和輔助定位感知等，並且對無線訊號進行靈活控制。此外，RIS 技術無需傳統的濾波器、混頻器及功率放大器組成射頻鏈路，故可降低硬體複雜度、成本和能耗。 ● 軌道角動量（OAM）： OAM 是電磁波固有物理量，同時也是無線傳輸發展的新方向，是當前 6G 潛在關鍵技術之一 ● 智能全息無線電技術
太赫茲(THz)與可見光通信技術	● THz 通信技術：可作爲現有空中介面傳輸方式的正向、有意補助。未來主要應用範疇包含全息通訊、微小尺寸通訊（如納米通訊）、超大容量數據回傳、短距超高速傳輸等潛在場景。此外，借助 THz 通訊訊號亦可實現更高精度定位和高分辨率感知。 ● 可見光通信技術：主要是利用 400THz 到 800THz 超寬頻譜的高速通訊方式，具有無需授權、高保密、環保和無電磁輻射的特點。適合室內應用場景，可作爲彌補室內網路覆蓋不足用，也

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術類別	概述
	可應用於水下通訊、空間通信等特殊場景，以及醫院、加油站、地下礦場等電磁敏感場景。
通信感知一體化	設計理念是要讓無線通信和無線感測兩獨立功能在同一系統中實現且互通互連、互惠互利。一方面，通訊系統可利用相同頻譜甚至複用硬體或訊號處理模組完成不同類型的感測服務。另一方面，感測結果可用於輔助通訊接取或管理，提高服務品質和通訊效率。
分布式自治網路架構	6G 對接取網，應設計旨在減少處理延遲的至簡架構和按需能力的柔性架構；研究需求驅動的智慧化控制機制及無線資源管理，引入軟體化、服務化設計理念。對核心網，需研究分布式、去中心化、自治化網路機制來實現靈活普遍合適的網路架構。
確定性網路	工業製造、車聯網、智慧電網等對低延遲表現敏感之產業將對網路性能提出確定性需求，包括：端到端的即時交付傳輸，即確定最小和最大延遲及延遲抖動；並掌握各種運作狀態下有限度的丟失封包率；數據傳輸交付時則有上限的亂序等。此涉及端到端無線接取網、核心網和傳輸網路的系統性優化，涉及資源的分配、保護、測量、協同四個方面。
算力感知網路	在 6G 時代，網路不再是單純數據傳輸，而是集通訊、運算、存儲爲一體的資訊系統。目前，產業界正從運算網路分治朝向運算網路協同轉變，並進一步將朝運算網路整合一體發展這需要兼顧從雲到網和從網到雲的應用層與網路層發展的結合，以及相應的中心化和分布式控制協同。
星地一體融合組網	6G 將實現地面網路、不同軌道高度上的衛星及不同空域的 HAPs 等相互整合成的全新行動資訊網路。藉由地面網路實現城市熱點常態化覆蓋，利用天空與太空基礎網路實現偏遠地區、海上和空中按需覆蓋，構築靈活網路架構、且具韌性且抗損毀等突出優勢。
支持多模信任的網路內生安全	6G 網路全架構應奠定在一更具包容性的信任模型基礎之上，具備韌性且覆蓋 6G 網路全生命周期，原生內建可承載更健壯、更智慧、可擴展的安全機制，涉及多個安全技術方向。

資料來源：IMT-2030（6G）推進組，本研究整理，2021 年 11 月

4. 美國 NextG 聯盟

2019 年 3 月美國 FCC 開放 95GHz -3THz 頻段作為實驗頻譜（十年期實驗執照），以利產學研單位進行 THz 相關技術與應用領域研究。同時贊助學研單位針對早期 6G 無線技術、超高頻頻譜與半導體領域之研究項目，如紐約大學無線中心、加州大學的 ComSenTer 研究中心、加州大學歐文分校奈米通訊半導體實驗室與維吉尼亞理工學院等。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

中美間的競爭關係越來越白熱化態勢下，美國在 5G 相關產業的發展上相較他國（尤其中國大陸）優劣勢其實不言而喻，更何況 6G 發展議題甚囂塵上。

為了不重蹈覆轍，北美電信組織（Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS）集結北美電信營運商、與 ICT 大廠，2020 年 10 月宣布創立名為「Next G Alliance」的 6G 通訊技術聯盟。目標是在 B5G/6G 發展過程中，確保北美在塑造下一代無線通訊技術研發與標準化、網路架構，系統設備及其最終部署等，重取全球領導地位。NextG 聯盟現階段的關鍵戰略目標有三：

- 創建 Next G 國家議程：制定 6G 國家路線圖，確保北美成為 Next G 技術研發、標準化、製造與市場商用的領導者。
- 打造成功的策略模型：制定 6G 技術產業國家核心優先事項，作為影響政府政策規劃與資金補助指標。
- 確立全球領導力：定義 6G 從研究到實踐全生命週期，助力加速邁入商用化、且促進國際廣泛採用。

在 2020 年 11 月 16 日的 Next G 聯盟成立大會中，該聯盟尚未提出針對 B5G 或 6G 後續技術與應用場景相關研究發展細節，但創始成員將任命一督導小組，並於後續規劃在 2021 年成立工作小組，以確保上述戰略目標的實現。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：ATIS，本研究整理，2021 年 11 月

圖 84：NextG 聯盟成員

(1). NextG 聯盟工作小組架構與執掌

2021 年 3 月 25 日 ATIS 宣布其 NextG 聯盟及其指導小組的選舉結果，並啟動了"國家 6G 藍圖（National 6G Roadmap）"制訂工作。

NextG 聯盟主要由 AT&T 執行副總裁兼首席技術官 Andre Fuetsch 擔任主責 NextG 聯盟及其組織政策總體戰略和方向的正式成員組（Full Member Group, FMG）之主席；另成立由技術領導者和專家組成的三個督導小組，負責關鍵 6G 研發需求、標準策略和市場準備政策相關項目。

NextG 聯盟針對國家 6G 藍圖之制訂、6G 先期技術研究、頻譜探索則各成立一工作小組執行相關作業。"國家 6G 藍圖"工作組由 Nokia 領軍，目標是創建 6G 願景並製定實現該願景的步驟，為北美在未來十年後可位居國際無線技術領導地位最前沿做好準備。

NextG 聯盟的技術工作組主要職責是討論構成國家 6G 藍圖技術

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

層的關鍵技術。其中，包括新興空中介面、6G 網路架構、頻譜訪問、x-haul、信任/隱私/安全平台、6G 行動網路雲結構和感測技術。同時，技術工作組將與 NextG 聯盟政策委員會密切協調，並與政府機構合作，以啟動或擴展關鍵 NextG 技術之開發。

資料來源：ATIS，本研究整理理，2021 年 11 月

圖 85：NextG 聯盟工作小組

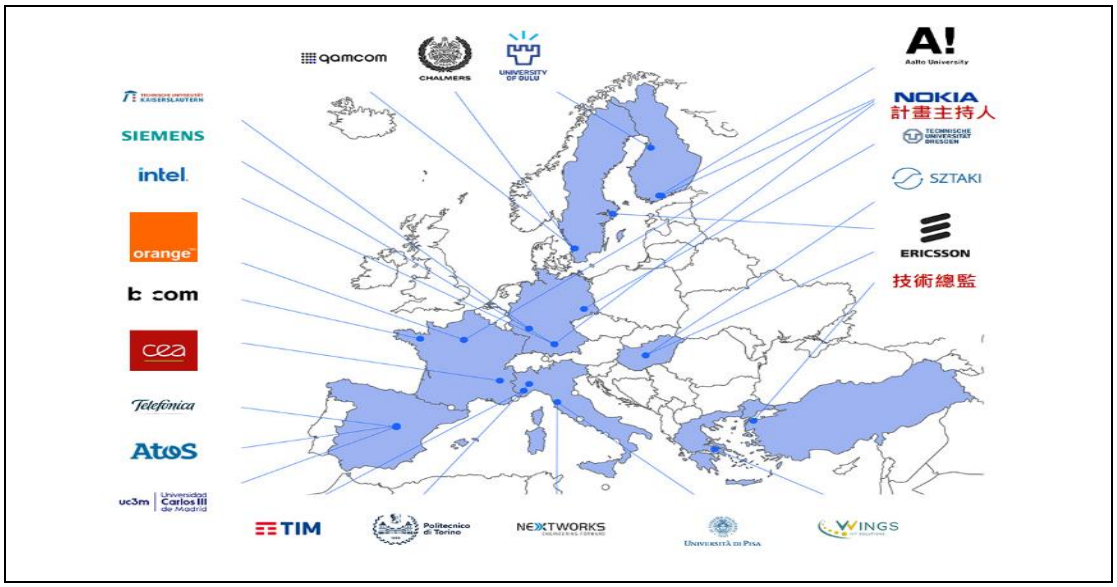
有鑑於頻譜資源稀缺，且 6G 世代的頻譜使用範圍將更廣泛，故 NextG 聯盟亦成立頻譜工作小組，目的是更好地解讀研析各項頻譜議題，並藉其影響力掌握該領域的頻譜接取、管理、政策建議、標準制訂和長期需求。同時也將探索、確定北美和世界範圍內的潛在頻譜，並找尋或提出共享頻譜替代方案的機會。NextG 聯盟同時成立一個“Green G”工作組，其工作重點是藉由降低功耗並評估如何利用新興技術，實現可持續生態系統來實現能源效率。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

5. 歐盟 Hexa-X 計畫

隨著日本、韓國、中國大陸與美國接續從國家層級開展鏈結產官學研的 6G 先期研究與推動計畫，歐盟也加緊腳步聯合成員諸國關鍵大廠，開始 6G 先期研究之佈局。2021 年 6 月出宣布立項於歐盟 Horizon 2020 研究和創新計畫下，獲得歐盟委員會資助，由 Nokia 領軍、Ericsson 技術指導，聯合 Intel、Siemens、Telefonica 等業者，與奧盧大學、比薩大學等學界參與合作，並於 2021 年 1 月 1 日正式啟動為期 30 個月之 6G 旗艦研究項目-Hexa-X 計畫，以擘劃歐盟對 6G 場景之想像，以及技術研究領域之方向。

該計畫願景為：加速和促進 6G 研究並推動歐洲在 6G 時代的領先地位。目標是打造 6G 世代獨特的用例與解決方案，同時開發相關基礎技術，且將 6G 關鍵技術整合於智慧網路架構中，實實在在地構建新的下世代通訊網路。



資料來源：Hexa-X，本研究整理，2021 年 11 月

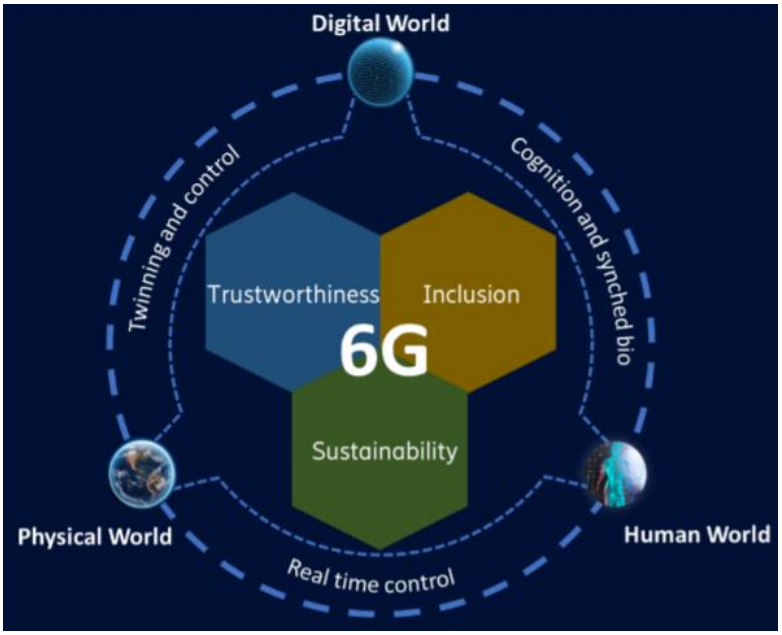
圖 86：Hexa-X 計畫成員架構

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Hexa-X 計畫預計將分三個階段進行。第一個階段界定方向、找到與現行 5G 之落差，並透過應用案例和需求分析找到所需的技術發展方向；第二個階段則界定 6G 研發項目框架，並開發第一批方案；第三個階段將開發和展示最終版的解決方案、架構和新技術，並進行一些概念性測試。

(1). Hexa-X 主要技術研究範疇

此計畫特別點出6G世代的可能場景，提及在 6G 時代，不僅是將人與機器連結起來，更看到將人與數位世界相互連接的可能性。



資料來源：Hexa-X，本研究整理，2021 年 11 月

圖 87：Hexa-X 計畫 6G 願景

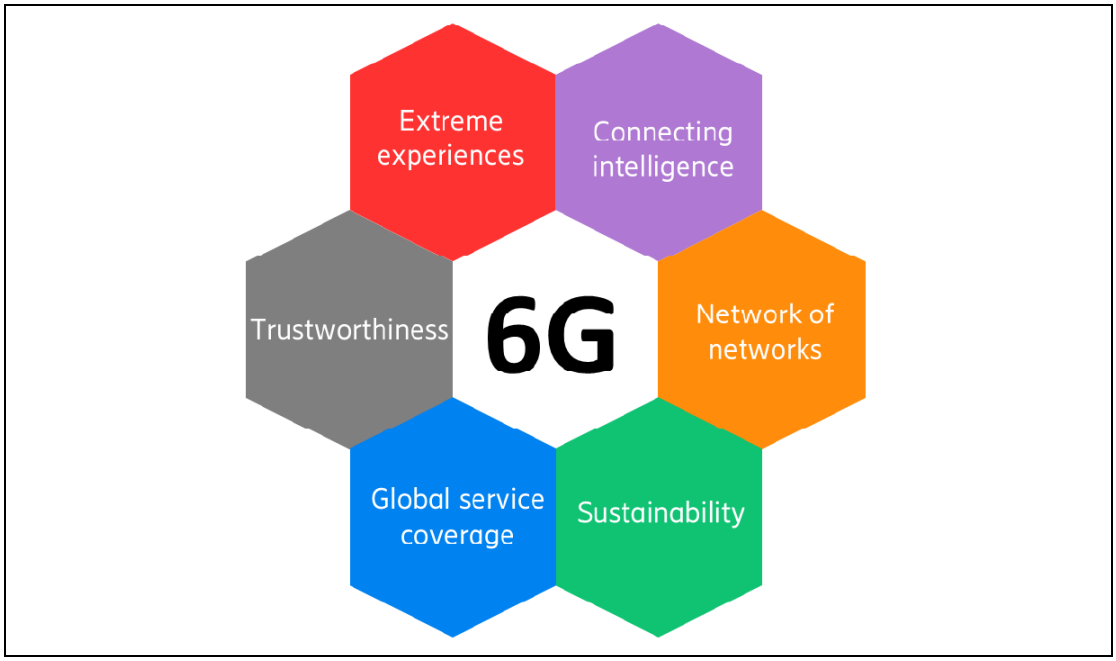
後續關鍵的 6 大研究領域的相關技術研發挑戰，包含：

- 藉由人工智慧與機器學習等工具，促使連網效率與服務體驗提升，且以人為中心而服務的智慧連接（Connecting

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

intelligence）。

- 聚合多樣化連網資源創建而成的強大數位生態系統，進而形成的單一「網路中的網路（Network of networks）」。
- 打造高效率且可負擔、連接偏遠地區之全球網路服務覆蓋（Global service coverage）解決方案。
- 確保資源利用效率和支持新生活方式的可持續性（Sustainability）。
- 讓民眾擁有超高頻寬、近乎無限流量與超精準定位與感測之極致體驗（Extreme experience）。
- 以及確保通信的保密性和完整性，並提供數據保密、業務彈性和安全性的資料可信度（Trustworthiness）。



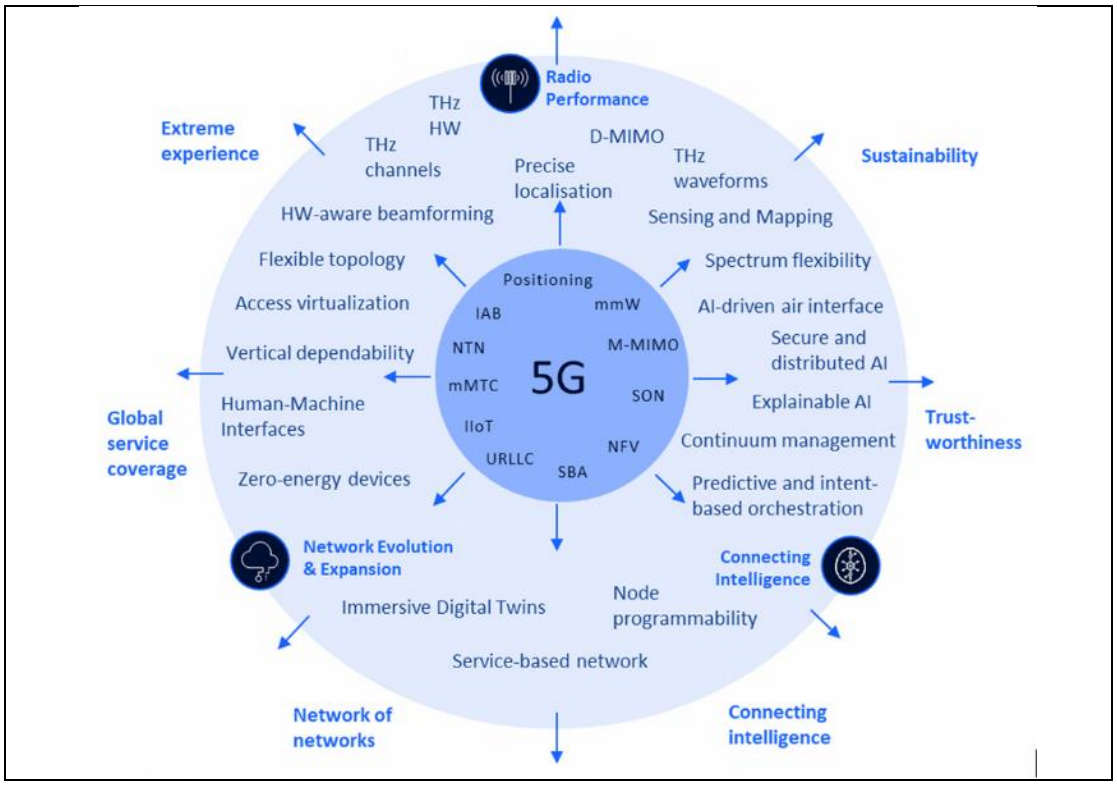
資料來源：Hexa-X，本研究整理，2021 年 11 月

圖 88：Hexa-X 計畫 6G 研究挑戰

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(2). Hexa-X 技術發展方向

Hexa-X 計畫將基於 5G 技術的發展，將重點放在革命性技術與產品探索上。



資料來源：Hexa-X，本研究整理，2021 年 11 月

圖 89：基於 5G 技術衍生 6G 潛在技術探討

Hexa-X 計畫規劃進行的研究將分為三大類：

- 無線電性能：目的是通過開發更高頻段的接取、新興天線技術概念和先進的定位方法，為下世代開發關鍵的無線電技術來提供卓越的性能。此需要將無線電性能提升到一個新的水平，以交付支持新的場景用例。並藉由研究射頻收發器模型和相控陣概念，以易於實現波形設計，並建立新穎硬體感知波束形成設計，以及開發可擴展 D-MIMO 系統的技術。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此處的關鍵發展步驟將朝著 THz 通訊實現極高數據傳輸速率和極高容量;發展 6D 定位和超高精度感測(3 個空間和 3 個方向尺寸),以實現高分辨率映射，而這是沉浸式通訊和網路物理系統的關鍵。

- 連接智能：目標是充分利用應用於網路的 AI 技術，如通過 AI 驅動的空中介面和 AI 管理、AI 原生網路開發方法、運算法和體系結構。且 6G 網路應設計為合併 AI 操作以優化整體網路性能，並且可進行操作以優化其他服務 AI 性能。主要目標是將 AI 功能嵌入信訊號處理鏈並開發合適的學習方法。

此外，也需要開發用於網路安全的 AI 治理和協議，以將 AI 集成到可信賴的網路系統中。此外，將開發涵蓋動態資源管理、數據驅動優化和基於認知操作的智能編排，以簡化未來網路的運作。

- 網路演進與擴展：通過網路解耦和動態可靠性，為 6G 系統骨幹提供智能網路支持。藉由專用和靈活的網物，如網狀網路、NTN、D2D、無蜂窩 MIMO 和本地設備網路，同時滿足極端性能和全球服務覆蓋範圍的要求。

透過使用通用平台功能和分佈式雲端基礎架構的完全雲原生的 RAN 和 CN 網路功能解決方案發展基於服務的網路架構。

另利通訊控制協同設計和時空網路設計，確保網路穩定性，可擴展性和可靠的運行，以實現動態和高效的跨層技術可靠性。

6. 歐盟之 6G 發展項目

隨著部署的推進，未來幾年 5G 技術和標準將不斷發展，關於 6G 技術的研究與創新(R&I)計劃現在已在全球範圍內啟動,並有望 2030 年推出首批產品和基礎設施。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(1). 5G PPP 下 6G 技術研究計畫與主要技術研發方向

歐盟通過 5G PPP 藉由公私合作方式，從 5G 開始便藉由大型科研項目發展新興技術與應用，現將瞄準 6G 世代，發展 6G 創新通訊技術、爲未來奠定領先基礎。

2021 年 1 月開始，5G PPP 啟動 6,000 萬歐元的首批 6G 先期研究發展計畫：Smart Connectivity beyond 5G。以前述 6G 旗艦項目 Hexa-X 為首，建構 6G 系統概念；接續開展針對 6G 具體技術的 8 個研發項目。

資料來源：5G PPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 90：5G-PPP 之 6G 發展項目

- 6G-BRAINS：旨在引入 AI 驅動的多主體深度強化學習（DRL），以藉由包括 THz 和光無線通信（OWC）在內的新頻譜鏈路，在大規模機器類型通訊下執行資源分配，以增強容量性能，未來工業網路的可靠性和延遲。

- AI AT EDGE：建立基於 AI-for-Network 和 Network-for-AI 的平台和工具，以實現對大型邊緣和雲端運算基礎架構的安全和自動部署，使底層的異構 MEC 資源（網路，存儲和計算資

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

源）接近零接觸。

- DAEMON：為 B5G 設計具備自適應和自我學習的端到端網路智能（Network intelligence, NI）架構，該架構可完全協調 NI 輔助功能。

- DEDICAT 6G：將 Beyond 5G 網路轉變為智能連接平台，該平台具有高度自適應性、超快速性、可靠/彈性，可支持安全創新的以人為本的應用服務。

- MARSAL：目標是開發新型的基於 Cell-Free 的解決方案，支持大規模 MIMO 網路與大規模 AP 部署。實現用於 B5G 的 Cell-Free vRAN，並與 O-RAN 聯盟架構保持一致。開發基於機器學習的 5G 及超越智能（5G and beyond intelligent ）網路的運算基礎架構資源管理。

- REINDEER：目標為開發和建構一個對於未來的 6G 至關重要的智慧連網運算平台，該平台的容量可擴展至準無限（quasi-infinite），並可讓極龐大的嵌入式設備得以進行零延遲感知與互動傳輸作業。將開發一項新的多天線無線接取基礎架構-“RadioWeaves”技術，主要由分散式無線電、運算和儲存結構組成一巨大的分佈式天線陣列。

- RISE-6G：主要為了開發並測試智慧化且能源可持續技術，主要針對可重構智能表面（Reconfigurable intelligent surfaces, RIS）進行設計，該技術將使可程式化控制且行塑無線傳播環境成為可能。

- TERAFLOW：目的是創建一種新型的安全雲原生 SDN 控制器，並透過 TeraFlow OS 實現包含 a）雲原生架構、b）傳輸

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

網路整合、c）統一網路和雲資源管理、d）基於機器學習的安全性、e）分佈式分類帳技術。並且在應用場景方面主要支持三個”Beyound 5G 自治網路”、”汽車”和”網路安全”相關創新用例。

(2). 其他歐盟 6G 發展計畫規劃

歐盟在 2020 年 2 月發布的”塑造歐洲的數位化未來（Shaping Europe's digital future: Commission presents strategies for data and Artificial Intelligence.）”戰略，內容包含從網路安全到關鍵基礎設施、數位教育到技能、民主到媒體等，其中便提出要制定新的”5G 和 6G 行動計劃”。

2020 年 3 月，歐盟委員會也在”歐洲新工業戰略（EU Industrial Strategy）”中提出，歐洲應儘快開展 6G 網路研究、投入資金，致力成爲下一代通訊技術的領先者。

2021 年 3 月初，歐盟委員會提出”2030 數位化指南：歐洲數位十年（2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade）”戰略指出，後續將聚焦下世代固定、行動和衛星通訊網路，除建構、推出 5G 等超高流量網路，更將在未來幾年進行 6G 研發。

隨著 Horizon 2020 框架計劃的結束和新的 Horizon Europe 框架計劃啟動，2021 年 3 月歐盟委員會宣布，將藉由從歐盟 2021-2027 年預算中所獲得的 9 億歐元公共投資經費（私部門預計也將投入 9 億歐元），投資新的針對 5G 發展/6G 研發之“智慧網路和服務（Smart Networks and Services, SNS）”合作夥伴項目，此項目目的在支持歐洲對智慧網路和服務技術掌有主權，以助實現數位和綠色過渡，使歐洲參與者具備發展 6G 系統的技術能力，作為未來 2030 年數位服務的基礎。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

7. NGMN

下世代行動通訊網路聯盟（ Next Generation Mobile Networks Alliance, NGMN）於 2020 年 10 月啟動 6G 研究項目，主要由來自亞洲、歐洲和北美的 16 個電信營運商加入，由中國移動、US Cellular 和 Vodafone 的三個共同負責人主持。2021 年 4 月 19 日 NGMN 發佈得到 NGMN 的 22 名電信商成員認可之”6G 驅動與願景（6G Drivers and Vision）”白皮書。

NGMN 發佈”6G 驅動與願景”白皮書旨在為全球 6G 活動提供有影響力的指導。由於 6G 仍處於早期階段，第一份 NGMN 白皮書無意定義 6G 是什麼，也預測將使用哪種新技術。相反地，此白皮書主要確立更基本面的議題，例如為什麼需要 6G 以及該行業應重點關注的最重要方面。

資料來源：NGMN，本研究整理，2021 年 11 月

圖 91：「6G 驅動與願景」白皮書內容主要貢獻者

因此，白皮書的內容概述 NGMN 對 6G 的願景以及網路未來的過渡方向，從而提供具有擴展能力的市場機會和新穎體驗之差異化服

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

務。同時也提出，邁向 6G 過程中要考慮的主要挑戰，並強調應建立健康、統一的全球生態系統和標準的必要性。

NGMN 認為，行動通訊產業及其基礎技術的持續發展必須以維護整個社會（尤其是電信產業）所面臨的三個基本需求的指導方針：

- 社會目標：未來技術應能進一步促進聯合國可持續發展目標（SDG）的成功。如：環境可持續性、有效提供衛生保健、減少貧困和不平等，改善公共安全和隱私、支持人口老齡化，並管理不斷擴大的城市化進程。

- 營運需求：需要提高行動營運商網路規劃、部署、營運、管理和性能。

- 市場期望：需要藉由以經濟高效方式不斷發展技術以支持新的服務和功能，方能滿足客戶需求。

而如前述，NGMN 後續進行 6G 相關研究將更高度重視健全完整的生態體系發展，以及與全球標準一致性。藉由電信營運商的影響力，期望可確保跨不同標準制訂組織（SDO）全面開發新技術，主要以五項基本面切入：擴大 SDO 範疇、建立新標準的演進模式、避免標準分散化、與 5G 的顯著區別、供應鏈的多元化與安全性。

後續，NGMN 期望能實現以更敏捷的方式進行 6G 的開發與部署。因此，針對電信通訊產業後續應關注的 6G 挑戰與研究重點，NGMN 在白皮書中表列如下：

- 技術：新介面。在虛擬和物理平台上無處不在的體驗、感測與沉浸式混合現實（MR），而這需要極大頻寬與新的頻譜資源。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 廣泛的覆蓋和連接：實現跨陸地、海洋和天空的無縫之無線多接取（multi-access）連續性覆蓋，以解決未來流量與連接密度相關問題。

- 成本和能源效率：在能源消耗和碳排放的嚴格限制下，提供滿足極具多樣化排放現值現可持續性與碳中和目標等要求的異構服務。

- 網路設計方法：引入前瞻性功能作為分解與基於軟體的敏捷、認知和自治網路，確保在網路與用戶中可導入新技術插件、終端與互動機制。以市場為導向，支持創新的價值發展。

- 網路進化：透過 AI 開發高度節能與高效經濟之可靈活擴展、移植的網路結構，並允許抽象與複雜性分布。利用數位雙生和嵌入式智能開發，確保建構 AI 框架。進而支持資源分配優化與可持續的部署與營運。

- 協調一致的全球標準和生態系統：透過監管體系協調未來統一的標準與生態系需求。

8. 芬蘭 6G flagship

2018 年 11 月芬蘭正式啟動 6G 旗艦計畫(6G Flagship)，由 Oulu 大學主導開發 6G 所需基本技術與關鍵組件。主要研究領域包含：

- 無線連接：為 5G/6G 網路開發新穎的無線接取解決方案和 RAN 技術，在 mmWave/THz 頻段，實現超可靠、低延遲、超大容量和安全的服務交付，包括先進 PHY 技術和新的動態和虛擬化網路技術。

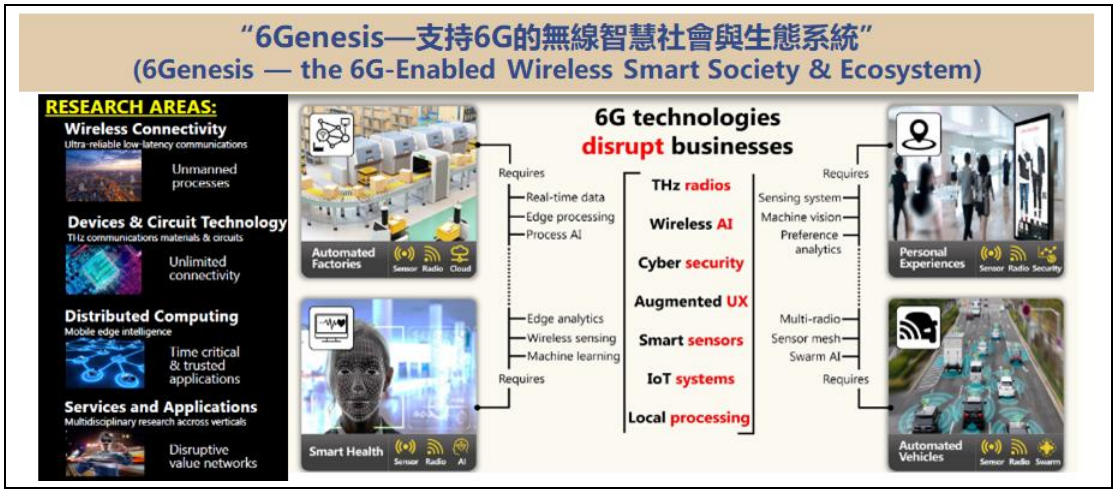
- 元件與電路技術：研究包括諸如納米等新興材料和 3D 結

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

構、開發新的 RF 收發器、IC 設計以及新型 THz 電子封裝解決方案，並將 5G/6G 系統集成於其中，允許 5G/6G 系統在各種頻段中運行。

➢ 分布式運算：開發動態連接節點的新型 AI 增強協作。在 Cloud RAN 架構下，開發優化雲端、邊緣伺服器和 RRH 之間訊號處理功能分離的機制。

➢ 服務與應用：透過進行具有測試網路的大型試點，支援業界將 5G 標準導入商業化階段，並進一步探索 6G 可能需要的基本技術元件發展，瞄準無線連接等領域和分散式智慧運算。

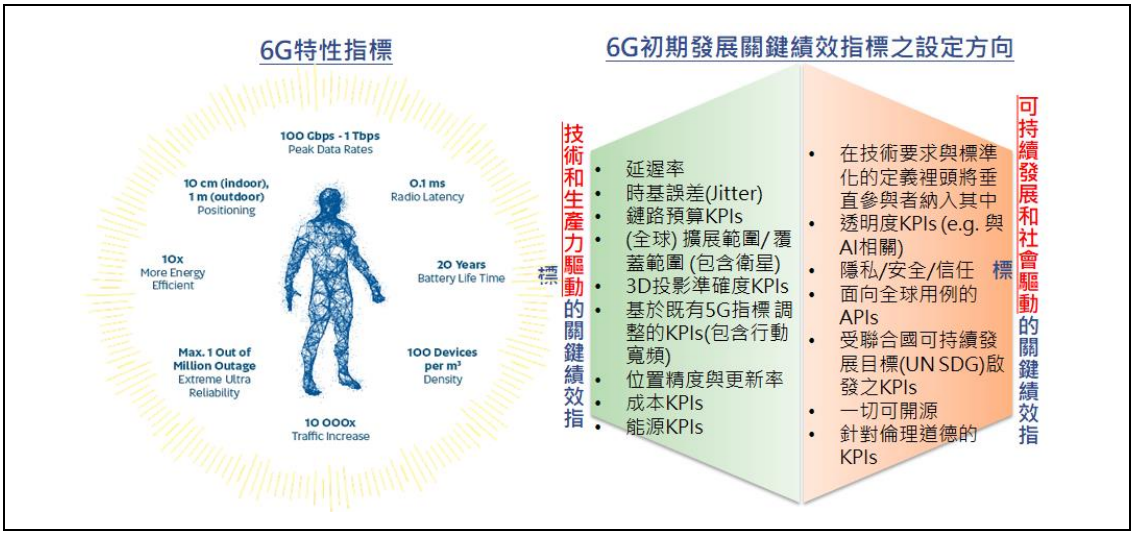


資料來源：Oulu 大學，本研究整理，2021 年 11 月

圖 92：6G Flagship：6Genesis 研究計畫

2019 年 3 月下旬 Oulu 大學舉辦全球第一屆 6G 無線研討會，同年 9 月，基於 6G 無線研討會中各方意見，邀集 70 位產學研專家討論、彙編出全球第一版 6G 白皮書，其中探討「6G 社會與商業驅動力」、「6G 使用案例與新設備形式」、「6G 頻譜與 KPI 目標」、「無線網路硬體的進步與挑戰」、「物理層與無線系統」、「6G 網際網路」、「新服務啟用」七大主題。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Oulu 大學，本研究整理，2021 年 11 月

圖 93：全球第一版 6G 白皮書

2020 年 3 月中舉辦全球第二屆 6G 無線研討會線上會議，同時針對十二項主軸，開展第二版 6G 白皮書之編彙。分別為：「關於 6G 驅動程序和聯合國 SDG 的白皮書」、「6G 商用白皮書」、「關於 2030 年代垂直產業驗證和試驗 6G 白皮書」、「關於偏遠地區連網之 6G 白皮書」、「關於 6G 網路白皮書」、「關於 6G 無線網路中機器學習白皮書」、「關於邊緣智能 6G 白皮書」、「6G 白皮書：針對信任、安全和隱私方面的研究挑戰」、「關於 6G 寬頻接取白皮書」、「關於面向 6G 的關鍵和大規模機器類型通信白皮書」、「6G 本地化和感測白皮書」、「支持 6G RF 白皮書-從技術到頻譜的機遇與挑戰」。

由於第一版 6G 白皮書已大致訂定了關鍵 KPI，且設想了不同領域的關鍵研究議題。故針對第二版的撰寫，選擇不將思想集中在狹窄的解決方案或完整的系統模型。2019 年 11 月，芬蘭 Oulu 大學基於 out-of-the-box thinking，並廣泛討論使 6G 實現所需，最有希望甚至令人驚訝的技術組件組合，而設定 12 項特定領域。公開徵集邀請全球

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

350 名專家參與起草 12 篇各主題項下的 6G 白皮書，於 2020 年 1 月開始撰寫。2020 年 4 月 30 日起開始於 arXiv 中發表數篇白皮書草案，同年 6 月底正式公布 6G 白皮書成果。6G Flagship 期望相關研究成就，可作為 ITU 起草第一版的 IMT-2030 需求規範之參考。

9. 英國 6GIC

英國 Surrey 大學在 5G 發展之初，在 2013 年就成立第五代行動通訊創新中心（5G Innovation Centre, 5GIC），可謂 5G 技術發展之先鋒。該校於 2020 年 11 月宣佈成立第六代行動通訊創新中心（6th Generation Innovation Centre，6GIC），並將自己定位為全球領先、專注於物理世界和虛擬世界結合在一起的先進電信工程以及無線全球創新合作研究中心，其研發將涉及政府、監管機構、電信營運商、設備供應商、垂直應用企業。

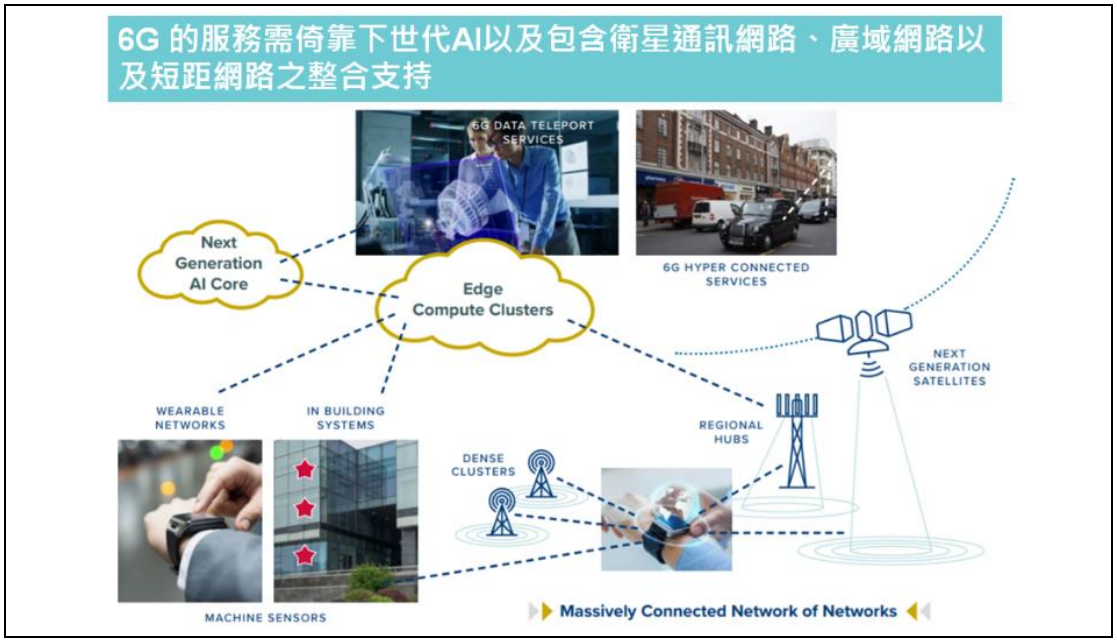
同時間，Surrey 大學也發佈了“6G 無線：新戰略願景（6G Wireless：A New Strategic Vision）”白皮書，其內容圍繞兩大研究主題：

- 環境信息：物理和虛擬世界的融合，由高分辨率感測、地理定位和無線技術的整合給予支持，以實現將人類感知、環境和遠程數據能夠緊密聯繫在一起的新興數位服務。
- 無所不在的覆蓋範圍：藉由顯著改善室內覆蓋範圍，使用可重構智能表面（Reconfigurable intelligent surfaces, RIS），並研究衛星技術使各地都可以透過 6G 連結創新服務，消弭數位落差。

換言之，Surrey 大學 6GIC 認為 6G 將是一個包括短程、廣域和衛星，以及無縫集成整合和邊緣運算的混合網路；且專注於透過 6G 實現四維、即人類感知與所有周圍環境資訊之技術發展，將 5G 世代

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

創新服務提升到新的功能和性能水平。

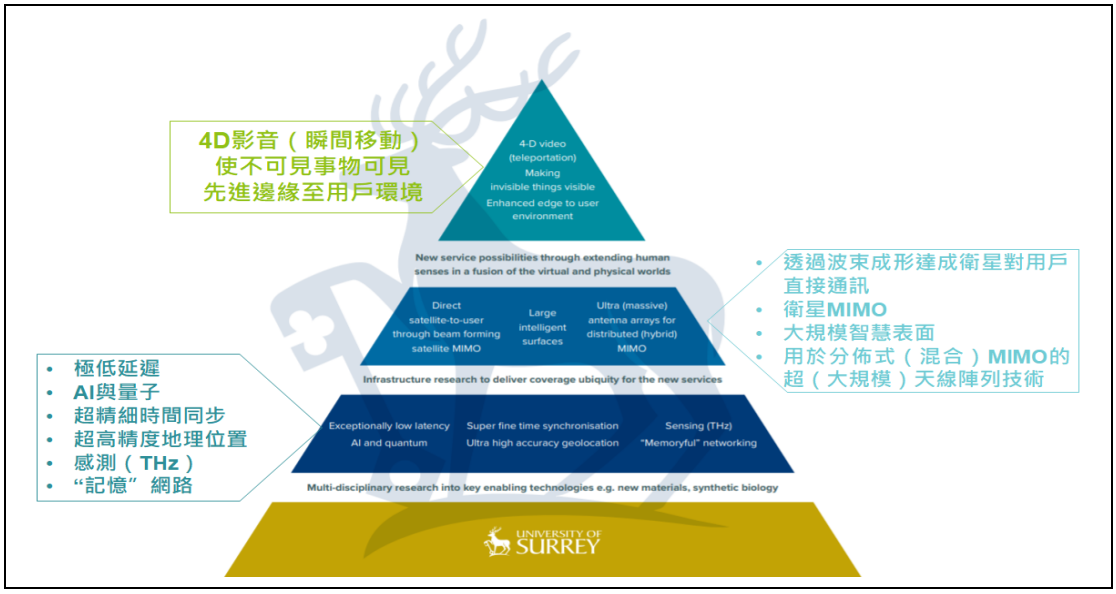


資料來源：Surrey 大學 6GIC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 94：Surrey 大學 6GIC 6G 願景

承上所述，Surrey 大學認為 6G 世代的基礎設施必須為各類創新服務提供無處不在的覆蓋範圍，因此必須發展的技術領域有四：包含通過波束成形將衛星直接傳給用戶（Direct satellite-to-user through beam forming）的技術，衛星多入多出（Satellite MIMO）技術、大規模智能表面（Large intelligent surfaces）技術，以及用於分佈式（混合）MIMO 的超（大規模）天線陣列技術。

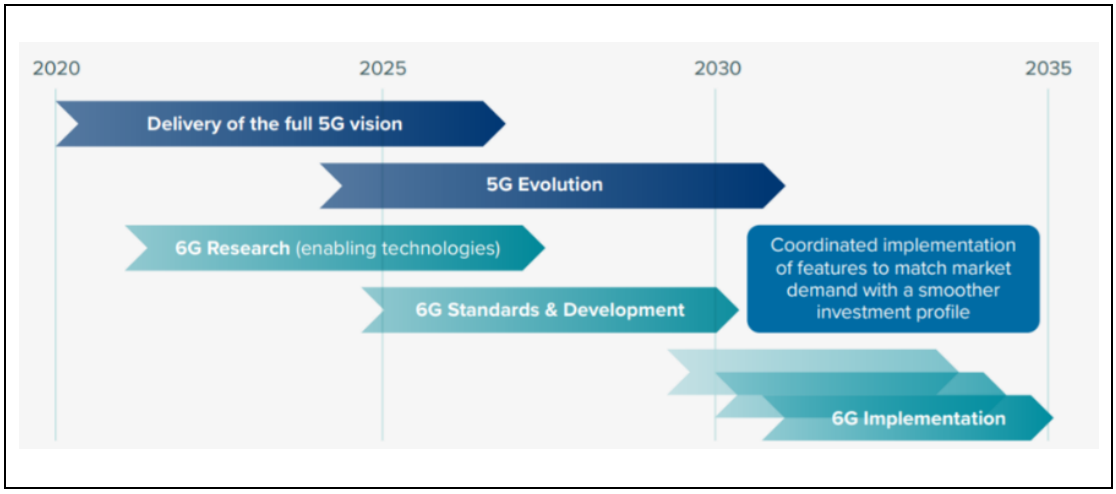
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Surrey 大學 6GIC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 95：「6G 驅動與願景」白皮書內容主要貢獻者

而相較於其他研究機構、大廠，Surrey 大學人為直至 2030 年都還是 6G 技術標準發展階段，6G 的實際規模商用有待各方無論是市場需求或投資供給面向上的相互匹配發展，確實的達到供需端協調，方能進行。因此，大規模的 6G 商用仍非一蹴可及。



資料來源：Surrey 大學 6GIC，本研究整理，2021 年 11 月

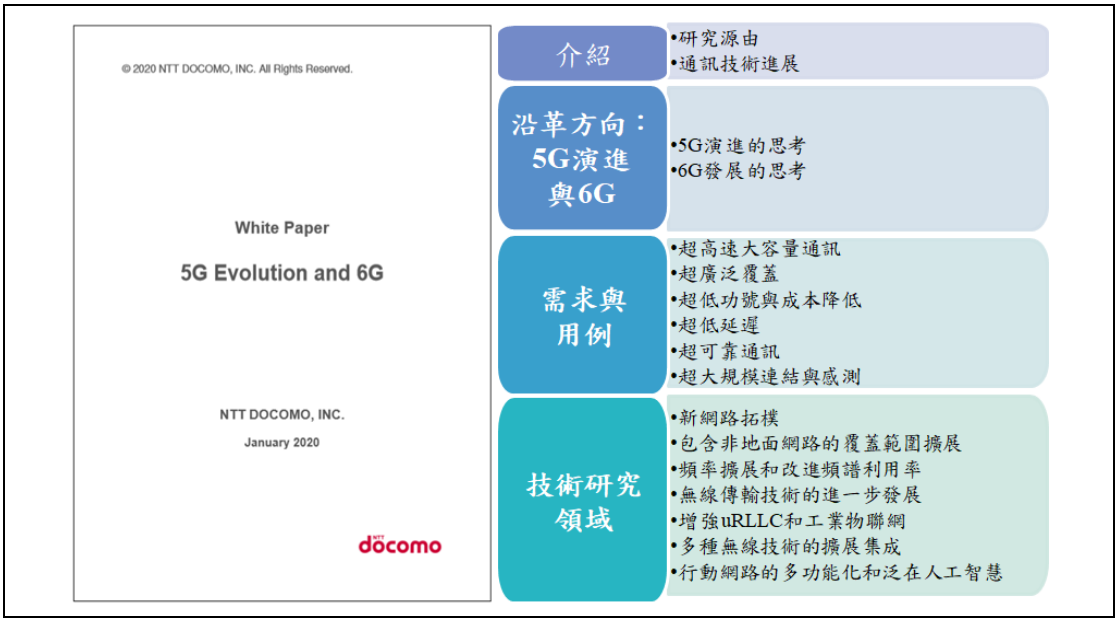
圖 96：6G 發展時程

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 關鍵營運商/大廠

1. 電信營運商：NTT DoCoMo

NTT Docomo 先後於 2020 年 1 月以及 7 月發表兩版「5G Evolution and 6G」白皮書，內容提及預估 2030 年 6G 技術將進入商業化階段。並提及 6G 主要的發展目標為「扮演連接網路虛擬和實體空間的神經系統，進而實現超智能社會」。

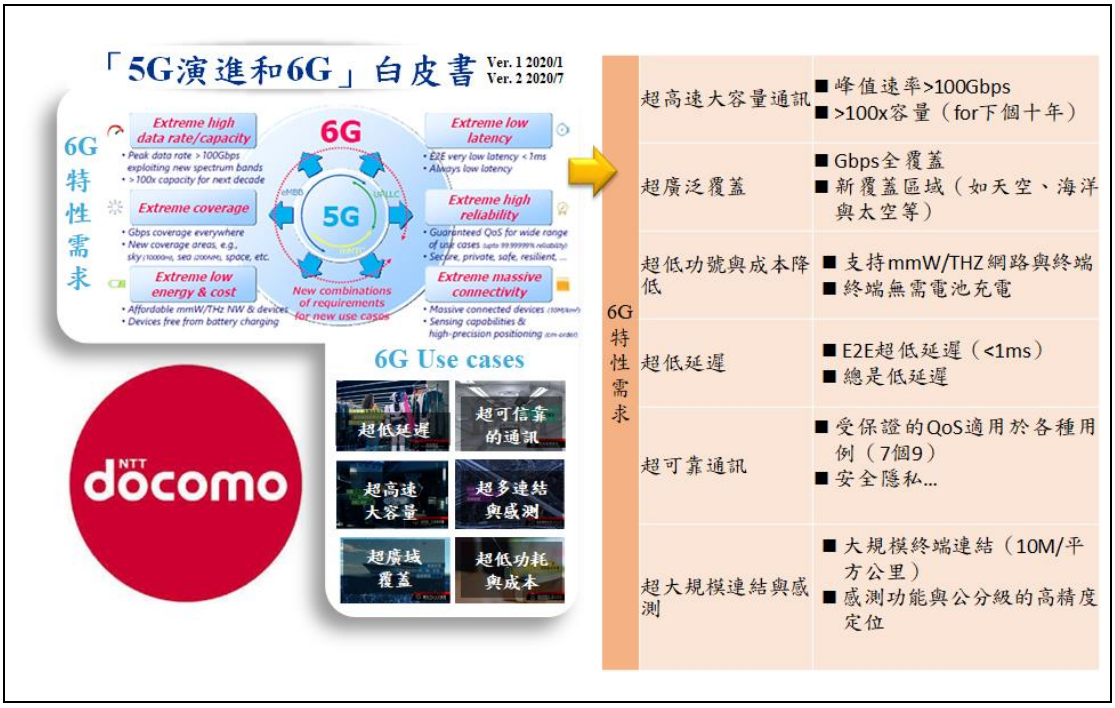


資料來源：NTT Docomo，本研究整理，2021 年 11 月

圖 97：NTT Docomo 6G 白皮書

在白皮書中，NTT DoCoMo 從 6G 世代的應用對技術特性的需求切入，歸納出超高速大容量通訊、超廣泛覆蓋、超低功號與成本降低、超低延遲、超可靠通訊，以及超大規模連結與感測等六大面向。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：NTT Docomo，本研究整理，2021 年 11 月

圖 98：NTT Docomo 6G 白皮書

然要實現此六項特性需求，必須在技術上就必須進行相應的研析。NTT Docomo 也在白皮書中提出了七項日後發展 6G 的潛在技術研究領域，同時也羅列出應關注的 25 項關鍵技術挑戰課題（如下表）。

表 144 NTT Docomo 6G 技術研究領域

6G 技術研究領域	技術挑戰課題
新網路拓樸	•部署高密度分佈式天線的干擾控制技術 •低成本的分佈式天線部署方法 •前傳和回傳技術
包含非地面網路的覆蓋範圍擴展	•擴展與 NTN 兼容的無線接口 •如何在高效的地面網路中使用頻率 •如何實現配備 HAPS 的電台與地面網路之間的合作 •擴大對宇宙的覆蓋範圍
頻率擴展和改進頻譜利用率	•闡明 THz 帶電波的傳播特性 •建立傳播模型・THz 頻帶的設備技術問題（小型化，低功耗，高散熱等） •建立適合 THz 訊號波形和無線技術等 •優化包括現有頻段在內的多個頻段的使用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

6G 技術研究領域	技術挑戰課題
mMIMO 技術與無線傳輸技術的進一步發展	•檢驗多元素/多層 mMIMO 技術 •分佈式 MIMO 中的傳播路徑控制技術 •針對現有頻段的新無線電技術的開發
增強 uRLLC 和工業物聯網	•支持包括極其嚴格的要求和“混合流量”在內的各種要求 •實現更高的可靠性和更高的安全通信 •公共網路與單個網路和網路結構之間的合作
除了行動通訊技術外的多種無線技術擴展集成	•與其他技術的合作或集成方法 •控制技術無法使用戶知道他們正在使用哪種無線技術
行動網路的多功能化和泛在人工智慧	•同時實現無線通信和傳感技術，無線電源技術等 •審查適合引入 AI 技術的無線標準
網路架構	•網路拓撲結構 •靈活的網路功能配置 •網路的簡化 •OAM 的精巧 •支持多種接入技術

資料來源：NTT Docomo，本研究整理，2021 年 11 月

2. 電信營運商：中國移動

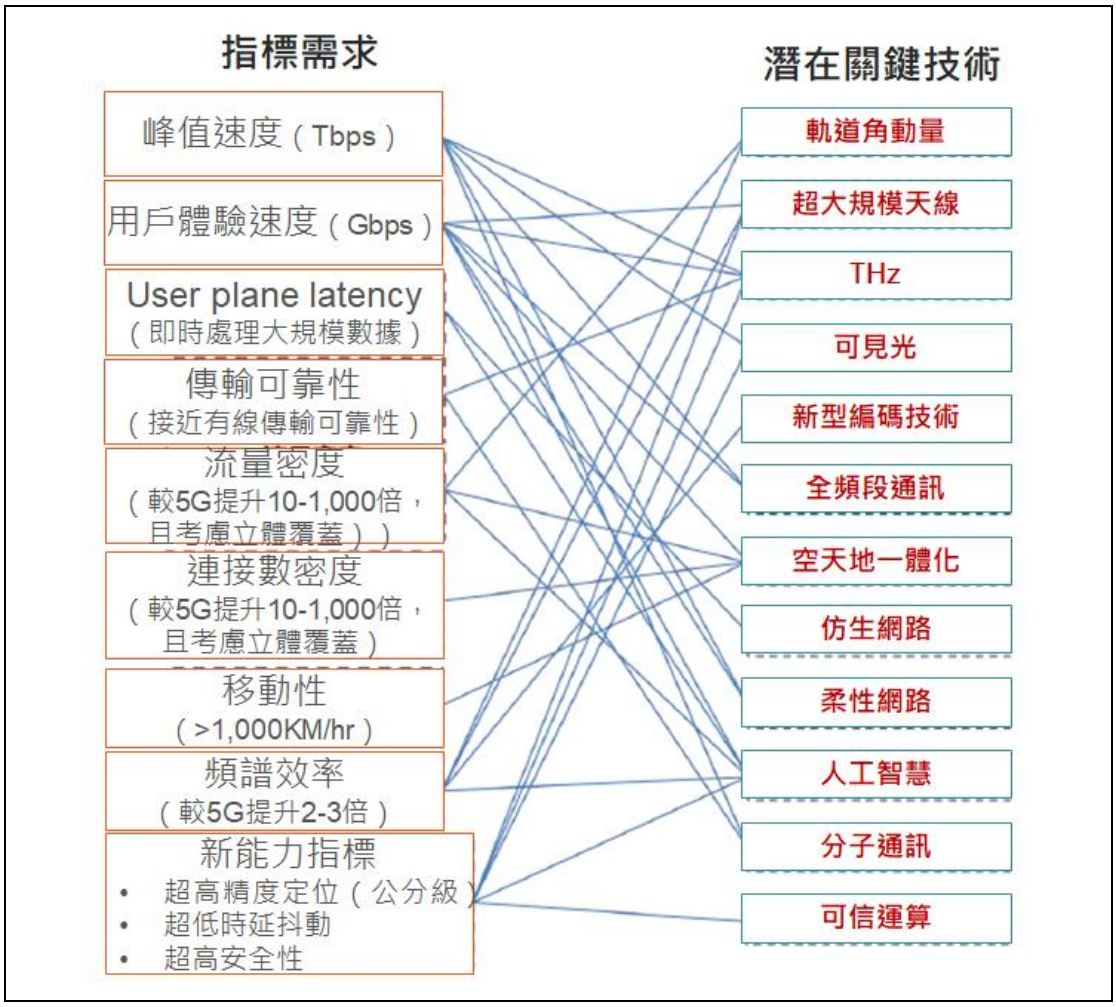
在未來 2030 年及以後的時代，整個世界將基於物理世界生成一個數位化的孿生虛擬世界，物理世界的人和人、人和物、物和物之間可通過數位化世界來傳遞資訊與智慧。孿生虛擬世界則是物理世界的類比和預測，它精確地反映和預測物理世界的真實狀態，說明人類更進一步地解放自我，提升生命和生活的品質，提升整個社會生產和治理的效率，實現“數創世界新，智通萬物靈”的美好願景。圍繞總體願景，未來移動通信網路將在智享生活、智賦生產、智煥社會三個方面催生全新的應用場景。

整體而言，中國移動的 6G 願景，數位孿生、智能泛在(Ubiquitous Intelligence)。面向 2030+的社會發展，新的應用場景將層出不窮，如孿生體域網、超能交通、智慧交互、通感互聯網等，它們對未來移動通信網路的性能指標提出了更高的要求，包括超高峰值速率、超低時延抖動、三維覆蓋、超精定位等，同時對網路的服務形式、部署與發

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

展等都提出更高的要求，按需服務網路、至簡網路、柔性網路、智慧內生、安全內生等將成為未來網路的基本特徵，通過智享生活、智賦生產和智煥社會，共同實現“數字孿生”的美好世界。

為了滿足前述應用場景，未來 6G 網路需要新的技術突破方能支持，例如全頻段接取、新型編碼技術、超大規模天線、THz 和可見光通訊，此外也需要更廣泛的覆蓋，因此空天地一體化網路亦是研析重點。



資料來源：中國移動，本研究整理，2021 年 11 月

圖 99：中國移動 2030+願景與需求報告

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 國際大廠：Nokia

Nokia Bell 實驗室認為隨著每一代通信技術發展，網路的重點正在發生變化。2G 和 3G 時代集中於通過語音和簡訊進行人與人之間的通信。4G 時代藉由智慧型手機將發生根本性轉變，並大量消耗數據流量。5G 時代，隨著網路為物聯網和工業自動化系統提供動力，人們/產業的注意力轉移到了機器上。而在接下來的十年中，隨著 6G 出現，則將發生另一個根本性轉變，這次影響的是使用 6G 網路的人。

在 6G 時代，將看到以人類為中心的數位、物理/實體和生物世界的融合。不僅是將人與機器連結起來，更看到將人與數位世界相互連接的可能性；這種連結不僅可以用於預防性醫療、還可以創造具「第六感」的 6G 網路，讓人類與物理世界的互動更加直觀、有效，進而提高生產力。Nokia 認為儘管 5G 在標準、應用方面仍有許多創新，但已開始在實驗室中探索 6G 的可能性。

因此針對 6G 世代的特性指標、設計 6G 網路的基礎面向，以及關鍵技術提出其見解。在 6G 特性指標方面，Nokia Bell 實驗室認為 6G 世代的應用對效能需求如下表：

表 145 6G 特性指標

大流量	>100Gbps
低延遲	<0.1ms
大連結	每平方公里 1 千萬裝置同時連結
高精度	公分級+1%以下失誤
新組態適應時間	1 秒+zero touch
裝置特性	零耗能/次網路/直覺介面

資料來源：Nokia Bell 實驗室，本研究整理，2021 年 11 月

Nokia Bell 實驗室指出 6G 世代以人類為中心的數位、物理/實體和生物世界的融合，將打破數位與物理之間的障礙，從而創建一個混

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

合現實世界。也因此，人與物需在每一個瞬間被準確地映射、整合到數位世界和虛擬世界中，也就是數位雙生的概念。此時，6G 將成為一種無處不在的技術，不僅用於連接周圍的所有對象，而且還可以用作映射我們周圍世界的感測器。

此時，人工智慧系統將分析由數位、實體和生物世界生成的大量數據資訊，進而在雲端和人體局域網之間分佈的運算中心，幫助導航這些訊息，進一步幫助做出更好的決策，同時使生活的日常工作自動化。

為了要實現前述情境，預計有六種潛在的技術變革將在塑造未來 6G 生態系統中發揮作用：

- 人工智慧與機器學習空中介面（AI/ML air interface）：利用人工智慧和機器學習為下世代通訊技術的空中介面設計和優化提供新發展基礎，從而實現發射機、接收機、認知頻譜的使用和上下文感知得以自我優化（self-optimizing）。

- 新頻譜技術（New spectrum technologies）：未來頻譜的使用將擴展到超出 5G 要求的更高頻段。且新的頻譜共享技術將出現在 6 GHz 以下頻段中，在該頻段中要找到更寬的頻譜範圍以支持不斷增長的速度需求將變得更加困難。

- 網路作為感測器（Network as a sensor）：6G 世代期望網路能夠執行各種感測任務，並在室內支持公分級精度的超高精度定位。

- 新型網路架構（New network architectures）：未來不同垂直產業領域將需要可以支持增加靈活性和專業化的新網路架構。隨著核心變得更加分散，RAN 變得更加集中，將有機會通

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

過融合功能來降低成本。

- 極高的連結性（Extreme connectivity）：uRLLC 相關服務在 6G 世代的通訊技術中將更完善和精進，以滿足更苛刻的連接要求，包括亞毫秒級（sub-millisecond）延遲。此外，網路可靠性可透過同時傳輸、多個無線躍點（multiple wireless hops）與設備到設備（device-to-device）連接和 AI / ML 來增強。

- 網路資安與信任（Security and trust）：藉由各種新訊號處理技術和物理層安全機制解決數位、實體和生物相互融合之混合現實世界中的安全問題，將成為 6G 網路不可或缺的一部分。

4. 國際大廠：Samsung

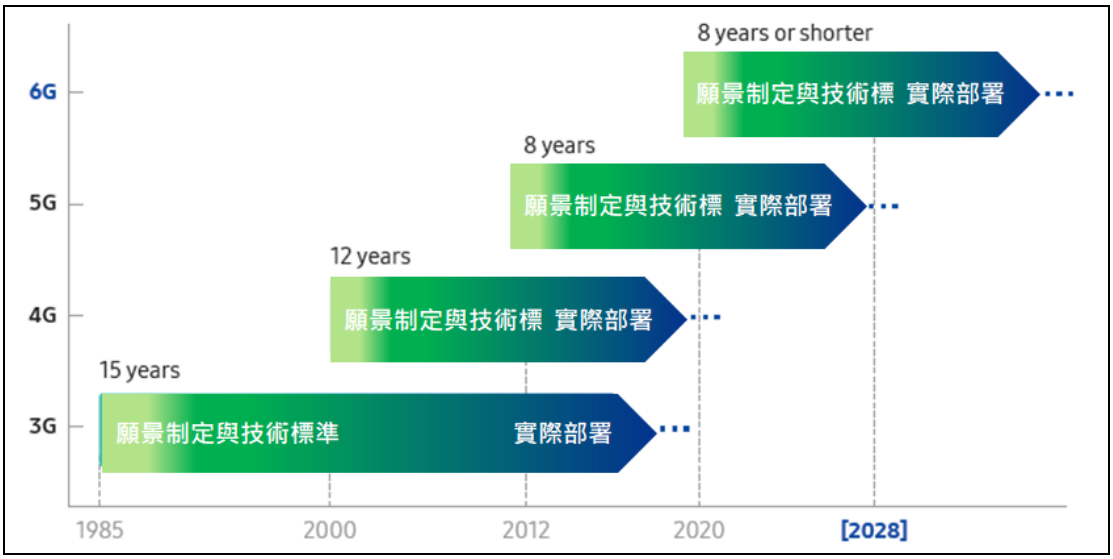
Samsung 旗下 Samsung 研究院在 2019 年 5 月即成立前瞻通訊研究中心，並宣布首爾為其首個 6G 技術研發基地，期望能更深耕無線通訊技術領域，並對下世代通訊技術的發展制定長期的指導方針；此外，也將人工智慧和機器人技術作為日後重點研發項目。

也因此，隨著 5G 的商用化，Samsung 也意識到未來通訊技術與應用將面臨更多挑戰，不但需要仰賴更豐富的軟體功能及先進的人工智慧技術，透過網路處理大量資訊數據，這時候，強大的網路設備與部署靈活度更不可或缺。因此，放眼 6G 核心技術的開發並且將之推動標準化刻不容緩。

也因此，2020 年 7 月中旬 Samsung 正式發表名為「全民下一代之超連結體驗（The Next Hyper-Connected Experience for All）」白皮書，主要就是探討、擘劃下世代 6G 通訊技術未來願景，也就是「為生活每個角落帶來下一代的超連結體驗」。白皮書內容涵蓋關鍵核心技術、社會趨勢、創新服務、規範、候選技術以及標準化的預定時程

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

等 6G 各層面議題。Samsung 亦認為，隨著技術的進步，每一世代通訊技術的發展時間將逐漸縮短，因此，6G 技術也將在未來 8 年間成形。



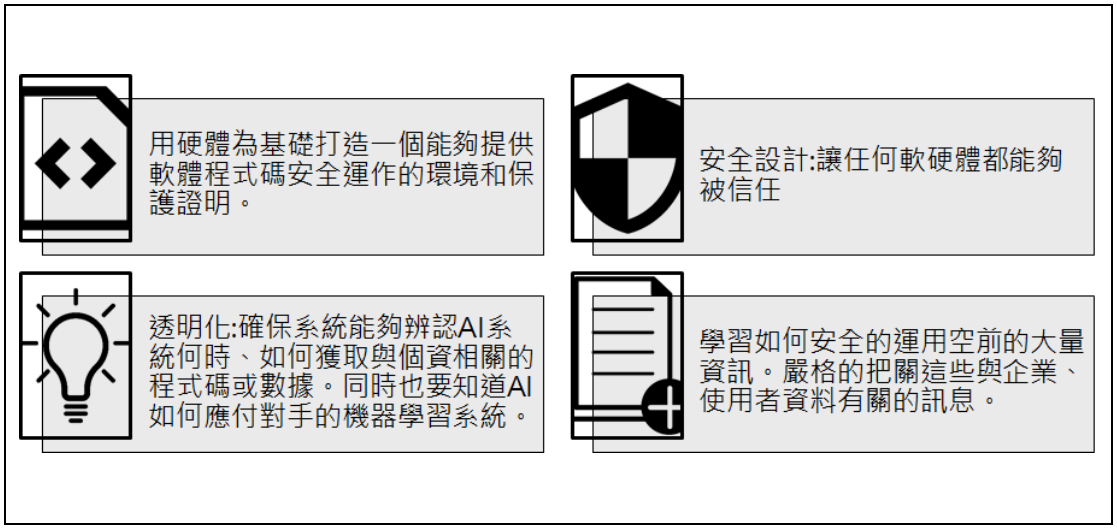
資料來源：Samsung，本研究整理，2021 年 11 月

圖 100：Samsung 6G 白皮書提出各世代通訊技術時間軸

Samsung 認為要成功實現 6G 應用服務，須同時滿足三大要件:效能、架構與可靠性。在效能上，需要峰值數據速率應達到每秒 1,000 Gb，空中傳輸延遲應低於 100 微秒（μs），峰值數據速率是 5G 的 50 倍，延遲時間則是 5G 的十分之一。

而對架構的要求則包括解決因行動裝置運算能力有限引起的問題，並在技術開發的最初階段及早導入 AI 技術，實現新網路實體的靈活整合。至於可靠性，Samsung 提出 6G 要求解決因廣泛使用用戶數據和人工智慧技術而衍生的安全及隱私問題。雖然很難全面定義對於可靠性的需求，但 Samsung 大致提出四大應思考的面向(如下圖):

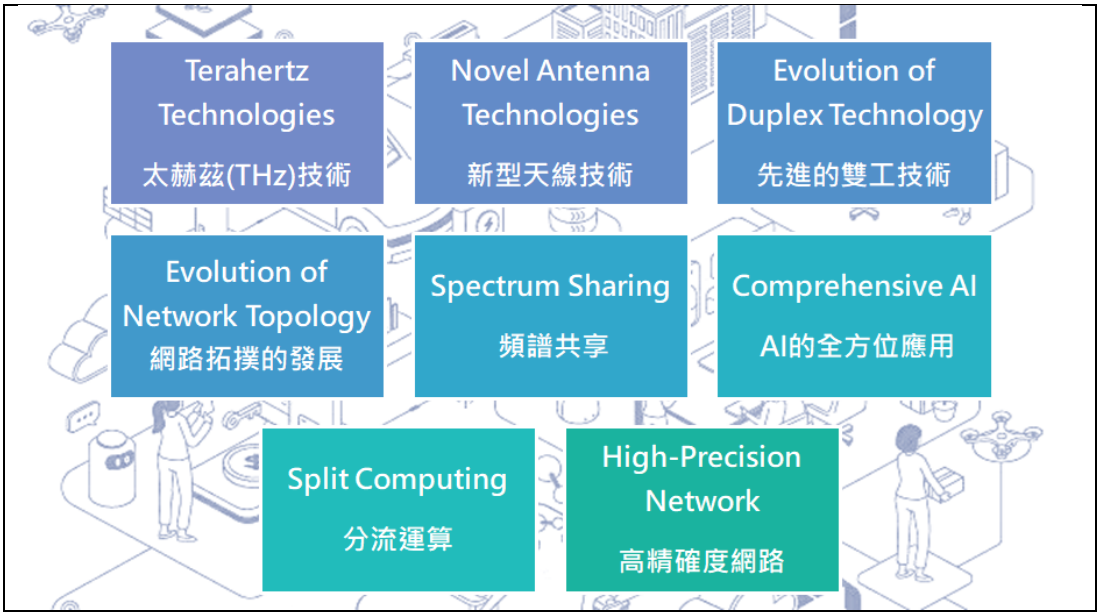
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Samsung，本研究整理，2021 年 11 月

圖 101：成功實現 6G 應用的「可靠性」要件思考面向

而在以上三大要件需求下，Samsung 提出下圖 8 項 6G 候選技術作為日後研究開發的標的。日後，隨著研究廣度與深度擴張，也將持續精進、更新，作為 Samsung 在 6G 技術以及應用領域發展之基礎。



資料來源：Samsung，本研究整理，2021 年 11 月

圖 102：Samsung 6G 候選技術項目

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

5. 國際大廠：Ericsson

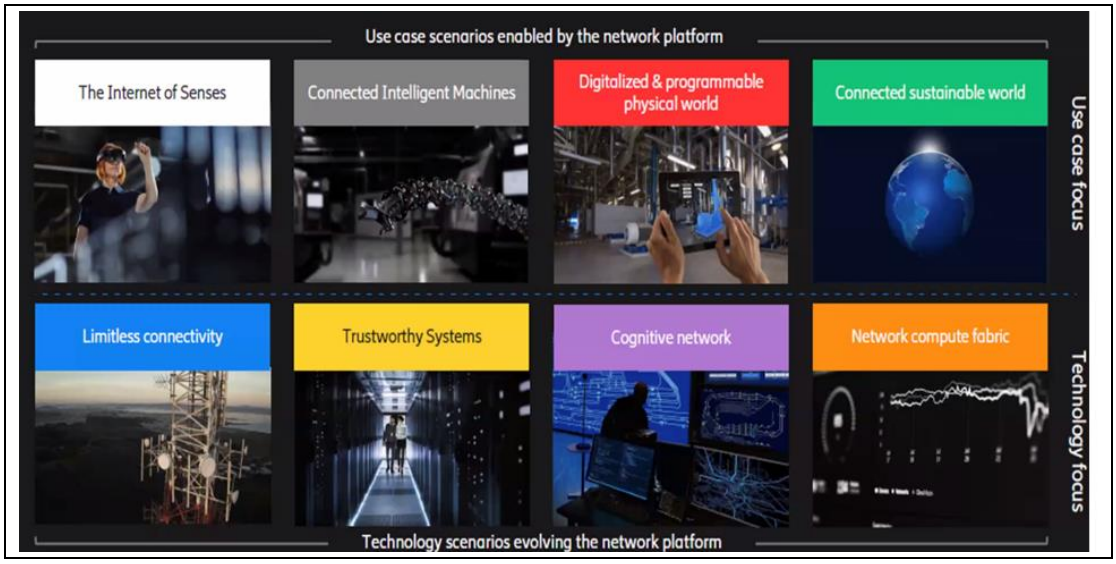
Ericsson 於 2020 年 11 月提出其 6G 白皮書"前所未見的智慧通訊–邁向 6G 的研究前景（Ever-Present Intelligent Communication–A Research Outlook Towards 6G）"。內容提及，5G 將在未來 10 年內重塑社會，新興需求和服務也將接續出現。然而隨著未來網路將成爲幾乎所有生活、社會和產業的基本組成要素，且必須滿足人類和各種智慧化機器的通訊需求，在整體社會需求拉動和更先進技術工具推陳出新趨勢發展下，下世代通訊技術將更受到重視。

預計 2030 年將出現四個主要驅動力：系統可信賴性將成爲社會核心、可持續性通過行動技術的效率、加速自動化和數位化來簡化和改善民眾生活、無限的連接滿足隨時隨地加强溝通需求。

因此，在 Ericsson 的在 6G 白皮書中，進一步概述 2030 年 6G 永遠存在的智能通訊願景，並從研究角度探討未來網路應能提供什麼，以及應開發哪些潛在技術來實現這一目標。

Ericsson 認為未來 6G 潛在技術將形成一個無縫系統，且具有所有必需的功能，提供人們永無止境的智能通訊願景。憑藉可靠的系統基礎和具有內置認知功能的高效率運算結構，未來的網路將為創新應用和服務提供無限的連接性，使 6G 成為創新和社會訊息骨幹平台。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Ericsson，本研究整理，2021 年 11 月

圖 103：6G 網路要素

白皮書中，Ericsson 從三個連網情境面向思考 6G 潛在關鍵技術發展項目：

- 先進端到端連接（Enhanced end-to-end connectivity）：未來的應用程式、服務需要利用高性能連接性，滿足所需的頻寬與動態傳輸、以及彈性和先進需求。網路功能需要端到端可用，並與應用程式和網際網路技術的發展相匹配。

- 出色的性能和覆蓋範圍（Extreme performance and coverage）：未來的無線接取解決方案必須在多種尺寸和所有場景中提供真正的 6G 通訊極限性能，且可接受之成本實現未來的按需服務。此外，除了極高數據速率和多元場景必要的延遲性能，也需能將服務交付給大量用戶的極高系統容量及真正達到全球覆蓋的無線訪問範圍。

- 隨處可見嵌入式設備（Embedded devices everywhere）：未來的 6G 世代應用服務將需要無處不在的連接。 6G 網路可支

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

持數万億嵌入式設備並提供始終不間斷連網、可信賴的連接

表 146 6G 連網情境所需潛在技術領域研析方向

先進端到端連接	● 網路協作（Network collaboration） ● 網路彈性（Network resilience） ● 不斷發展的網路協議（Evolved protocols） ● 可預測的延遲率（Predictable latency）
出色的性能和覆蓋範圍	● 感測/定位器（Enablers for sensing/positioning） ● 彈性化頻譜使用（Flexible spectrum usage） ● 非地面接取（Non-terrestrial access） ● 多點連結與分布式 MIMO（Multi-connectivity and distributed MIMO）
隨處可見嵌入式設備	● 零能耗設備（“Zero-energy” devices） ● 超短距網路（Ultra-short-range networks）

資料來源：Ericsson，本研究整理，2021 年 11 月

在 6G 潛在技術方面，Ericsson 從四大領域切入：

➢ 無限的連接性（Limitless connectivity）：通過提高網路適應性，需解決幾個關鍵的效率問題。這與部署成本、能源消耗、網路開發和擴展及管理和營運有關。

➢ 可信任系統（Trustworthy systems）：抵禦外部惡意或意外干擾，並從攻擊和干擾中恢復的能力是設計開發可信任系統的基礎。可信任系統的重要組成包含機密運算解決方案的使用、服務可用性，以及安全保證和防禦。人工智慧則對未來的技術發展和安全性產生重大影響，並有望在上述領域提供幫助。同時，AI 元件可信賴性也變得很重要。

➢ 認知網路（Cognitive networks）：為在不增加成本和複雜性情況下實現未來的網路，必須提高網路的智能水準。認知網路將有助於提高能源效率並確保服務可用性。 預計將以兩種方式產生：在傳統算法難以實現的優化中，透過 AI 與機器學習（ML）可以支持優化；在操作系統上，發展以自動處理當今

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

大多數系統管理任務，其中 AI 機器推理（Machine reasoning, MR）可以發揮重要作用。

- 網路運算架構（Network compute fabric）：6G 將把所有物理事物帶入運算領域。不僅可以充當連接器，還可以充當物理系統的控制器；將從簡單的終端、複雜且對性能敏感的機器人控制以及 AR 應用程式、託管運算與網路運算結構間的通訊交織在一起，以實現最高效率。

表 147 6G 網路系統潛在技術發展方向

無限的連接性	● 網路適應性（Network adaptability） ● 動態網路佈建（Dynamic network deployment） ● 終端與網路可程式化（Device and network programmability） ● 網路簡化和跨無線接取網/ 核心網優化（Network simplification and cross-RAN/CN optimizations）
可信任系統	● 機密運算（Confidential computing） ● 服務可用性（Service availability） ● 安全保障（Security assurance ）
認知網路	● 意圖式管理（Intent-based management） ● 自主性系統（Autonomous system） ● 可解釋且值得信賴的人工智慧（Explainable and trustworthy AI） ● 資料數據驅動架構（Data-driven architecture）
網路運算架構	● 生態系統推動者（Ecosystem enablers） ● 統一且流暢的運算（Unified, fluid computing）

資料來源：Ericsson，本研究整理，2021 年 11 月

6. 國際大廠：華為

2018 年華爲便與合作夥伴聯合提案發起”Network 2030 焦點組（FG-NET-2030）”，並在 ITU-T SG13 全會上獲得通過得以正式成立。Network 2030 焦點組成立意味著在聚焦 IMT-2020/5G 無線行動通訊領域許久後，ITU 將目標轉回到了數據網路通訊領域，針對包括新 IP 網路等進行研究。而 Network 2030 焦點組旨在探索 2030 年及以後的

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

網路技術發展，內容包括新媒體數據傳輸技術、新網路服務和應用及實現創新場景所需技術、新網路架構及其演進等。因此，與其說華為早在佈局 6G 技術發展，不如說華為是以更廣的範疇角度，思考 2030 年後的網路樣貌。

但隨著市場產業焦點仍然逐步聚集在行動通訊網路面向的技術與應用，華為在 2019 年也提出了對 6G 之看法，認為"6G 世代的數據並非單一大數據，可能是無數的小數據匯聚而成的大數據"。針對可能需要的 6G 技術發展思考方向，提出以下六點：

- 更高速率需更寬頻譜
- 天線將扮演重要角色。未來每顆晶片將有專屬天線。
- 晶片、天線等新材料需求，以及更加的加工精度要求。
- 小型低軌衛星覆蓋。
- 網路拓展到海空與水下。
- AI 將更深入至無線通訊領域，以處理資源配置與通道編解碼。

2020 年起，隨著主要國家、業者相繼探索 6G 潛在技術與應用之發展趨勢與方向。華為其實並未隨之起舞，發佈所謂 6G 白皮書。在 2021 年 4 月 12 日的全球分析師大會中，華為先提出了針對 5.5G 之定義，認為在基於 5G 的大頻寬、大連結、低延遲高可靠下，將衍生上傳高頻寬、寬頻即時通訊，以及通訊感知融合三大面向。為支持此三面向發展，技術上的發展有三重點：包含 sub-100GHz 頻譜按需分配、空中介面按需定義（需有能力進行智慧化編排）、以及網路拓樸按需動態組合之能力。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

同時間，華爲輪值董事長徐直軍也在華爲全球分析師大會上直言表示，6G 將在 2030 年左右推向市場，但 6G 是什麼現在還不知道。但仍表示接續華為將提出其 6G 白皮書，擘劃 6G 發展願景與方向。但即便如此，華為在部分針對 6G 發展的研討會議中，仍舊表達了該公司現階段在 6G 領域無論是技術或應用上的想法。

華為認為 6G 將是實體物理世界與數位世界的橋樑，而數位世界將由神經邊緣與神經中心建構而成。而實現的方式華為認為可思考以下技術發展面向：首先是設備終端連網整合集成於單一網路傳輸，也就是在不同的無線網路技術下可無縫跨網接取、互連。再者，網路架構上的技術演進，華為提出六個發展趨勢：

- 以雲端為中心的網路演進為”AI 原生”。
- 數據資訊為中心網路將演進為”網路即感知（Network as sensors）”。
- 以安全為中心網路演進為”多邊信任（Multilateral Trust）”。
- 營運商為中心轉化為”以生產者為中心（Prosumer-Centric）”。
- 通用位元管道（Generic Bit Pipe）轉化為”以用戶為中心（User-Centric）”。

(一). 小結

6G 做為下一代的通訊系統，除了持續提升 5G 之高速率、大連結、低延遲/高可靠的特性外，更引入最先進之通訊與人工智慧技術，也考慮更與廣泛的應用場景，期能在未來真正達到無所不在的通訊，隨時隨地的通訊，與萬物智慧聯網的境界。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

然而，在 6G 時代更積極的技術/應用特性需求指標、更多元化應用情景之刺激下，隨之而來的是更高的技術門檻與挑戰，無論從從射頻無線端、基頻、通訊次系統到網路端，在邁向 6G 的道路上，技術的發展，不管從通訊領域、半導體領域，甚至材料領域，都有目前仍無法完全解決的問題、發展的瓶頸與仍待跨越的門檻。

例如通訊領域需要持續關注 6G 世代新興調變技術的演進、新興核心技術、網路拓樸、天線技術的發展、若是在人工智慧輔助下的全方為無線接取技術的進展，甚至要更進一步思考全覆蓋、無縫傳輸的非地面/海空的多維網路建構下的關鍵技術面向等。在半導體相關領域中，無論在晶片設計、晶圓代工、封裝測試，以至於模組製造等，多項產品的產量及市占率全球名列前茅，成功打入國際市場供應鏈，扮演舉足輕重之角色。展望未來，在 6G 時代更多元化應用情景之刺激下，隨之而來的是更高的技術門檻與挑戰，卻也帶來豐富而無限之龐大商機。

而且，透過觀察各國產學研界開展 6G 先期研究的項目可發現，因 6G 在頻率提升與傳輸速度增加的需求上，訊號的損耗與完整性已成為技術開發的瓶頸，各類元件/天線/高階基板設計、相關封裝製程，和與之緊密相關的材料開發技術與需求發展困難度提升。因此，6G 材料元件及其軟硬體相關技術開發儼然成為各國發展重點。此外，隨著雲原生網路以及網路虛擬化技術越來越成熟，為了能夠更有效的分配通訊資源及實現更多功能，6G 網路也將會運行非常繁重的軟體結構，無論是在網路層執行或是應用終端的配合，軟體技術將扮演重要角色。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

四、 B5G/6G 創新應用趨勢

(一). 高空通訊平台

高空通訊平台（High Altitude Pseudo Satellite, HAPS），又可以稱為高空偽衛星，是一種架設在高空的通訊平台，它可以是一架飛行船、飛機或是熱氣球，HAPS 的系統位置和性質介於地面通訊和衛星通訊之間，滯空時間可以長達數個月至 1 年，具有大範圍覆蓋並能夠在固定於空中指定範圍的特性。根據國際電信聯盟《無線電規則》第 1.66A 條將高空通訊平臺（HAPS） 定義為「固定停留在 20 至 50 km 高空位置的基地臺」。HAPS 在搭載通訊模組以及各式感測模組後，能夠提供持續、大範圍對地面的通訊、監測等服務，發展出多樣的應用情景，包含行動通訊、軍事通訊、災難通訊、空氣監測、環境監測等。以下由 3GPP Release 16 與 Release 17 的相關內容來探討高空通訊平台的技術標準與應用的演進。

1. HAPS 的三種樣態

HAPS 可以分為三種型態，分別為飛機（Airplane）、飛行船（Airship）、氣球（Balloon）三種型態的 HAPS，在部署成本、覆蓋範圍、載重能力、航能力、定位控制與飛行持續時間等性能上具備差異。以熱氣球類型的 HAPS 為例，由於比空氣輕因此不需要額外的動力使其漂浮於空中，然而，熱氣球類型 HAPS 通常是無動力平台，因此可操作性較為不足；而飛行船類型 HAPS 配備了推進系統，具有較高的操作性，但飛艇尺寸巨大也因此在起飛與著陸上有較高的摩擦力，並且需要大型地面控制系統操控；飛行類型 HAPS 較為常見，並具有最好的載重能力，但無法相對地面固定於天空。目前在產業界較具有商業進展的是飛機與熱氣球型態的 HAPS。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

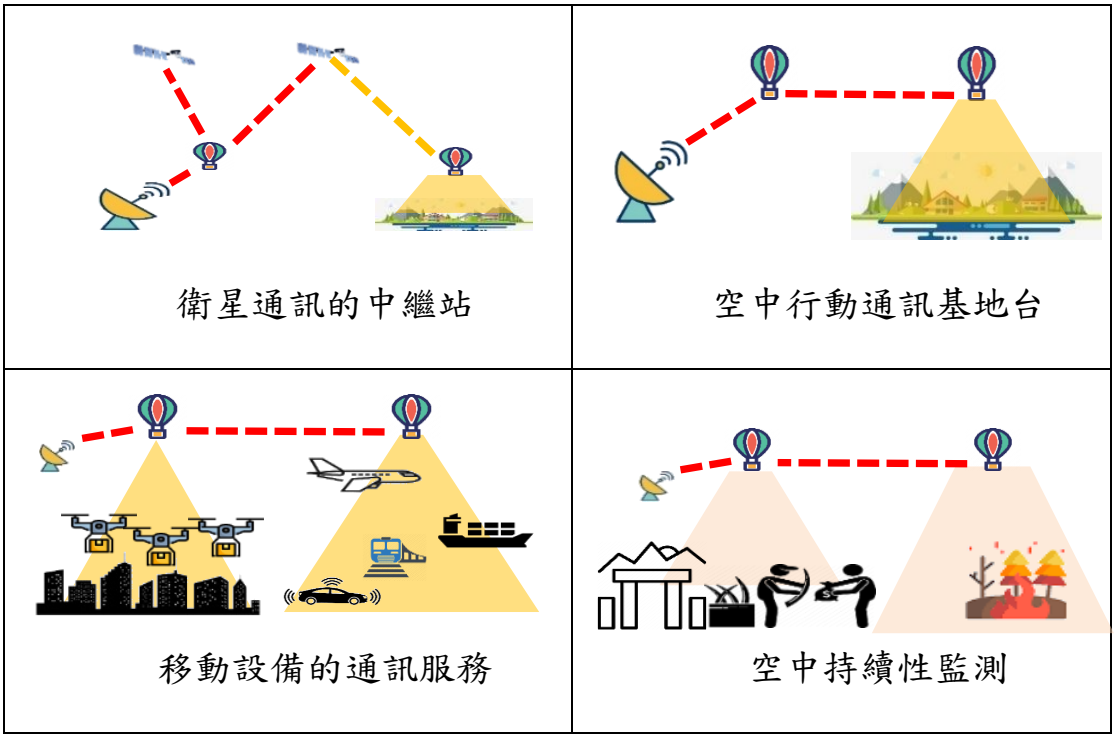
表 148 HAPS 類型

	飛機	熱氣球	飛行船
相對空氣重量	較重	較輕	較輕
操作性	完全可控	有限度可控	完全可控
能源	太陽能	太陽能	太陽能
作業高度	離地表 20 公里	離地表 20 公里	離地表 20 公里
技術挑戰	需要大型機翼	只有有線可控性，較不易固定指定地點	需要大型地面管理設施

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

2. HAPS 的四種關鍵應用情境

HAPS 的關鍵應用情境大略可分為四項關鍵應用，分別是衛星通訊的中繼站、空中行動通訊基地台、移動設備的通訊服務、空中持續性監測。



資料來源：HAPS Mobile，本研究整理，2021 年 11 月

圖 104：HAPS 的四種關鍵應用示意圖

首先，HAPS 能作為衛星通訊的中繼站，是指利用 HAPS 介於地

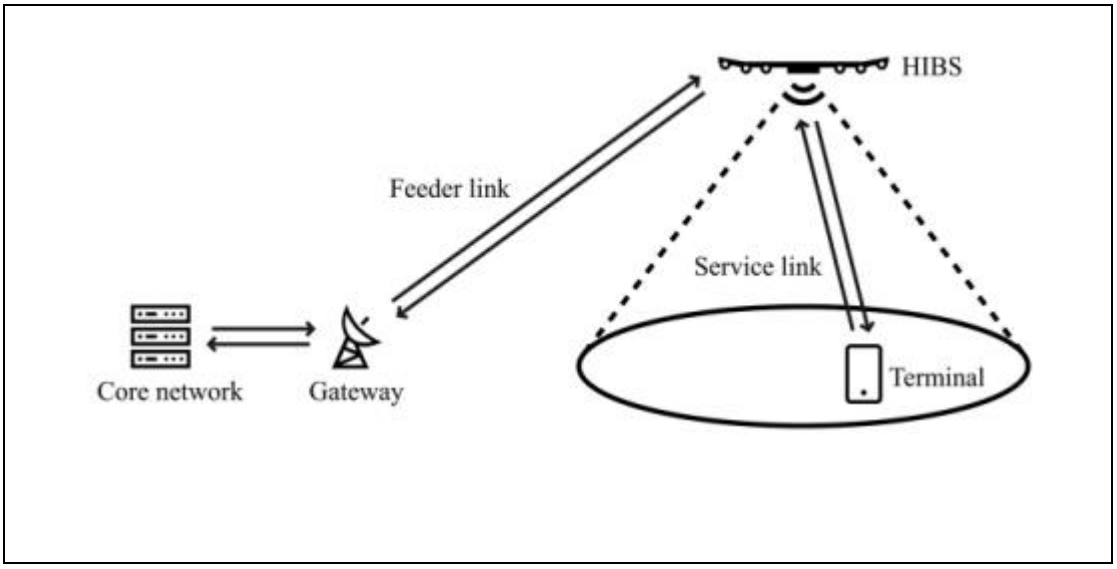
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

面網路系統與衛星系統之間的特性，使 HAPS 作為地面基站與衛星之間的通訊中繼站，藉由 HAPS 與地面設備或固網設備連接，再由 HAPS 於平流層中與衛星連接，提供更有效率的網路服務。

第二，HAPS 作為空中行動通訊基地台方面，此一應用是 3GPP Release 16 以及 ITU 等國際組織的討論重點。ITU 於 2000 年提出的 ITU-R M.1456 及 2006 年提出的 ITU-R M.1641 兩篇報告中，開始對於使用 HAPS 為 IMT 系統提供服務的技術要求與作業條件進行研究，在此一基礎下，ITU 在 2019 年 WRC 19 第 247 號決議文（Resolution 247）中，指出 ITU 欲將 HAPS 視為 IMT 基地台（High-altitude platform stations as IMT base stations, HIBS），並開放與地面 IMT 基站相同的頻段，當成地面 IMT 網路的一部份，可以為缺乏網路覆蓋的農村與偏遠地區提供行動寬頻網路服務。

HIBS 之所以適用於部署農村、偏遠地區行動寬頻網路，是由於 HAPS 可依照需求，固定於相對地面靜止的空中位置，並可以做即時調整，透過數台 HAPS 的串聯成網路，便可以不受地面狀況限制為使用者提供行動網路，如偏遠、地形險峻地區如山區、離島等架設地面網路不具經濟效益的地區，或是因天災致使地面網路毀損，即可利用 HAPS 為範圍內的使用者提供行動網路，提供快速、彈性的網路覆蓋。HIBS 除了上述用於作為的驗網路擴展的應用之外，尚具有其他三種應用重點，包含在災害發生時快速佈建網路、促進物聯網垂直應用部署以及為無人機提供中繼網路等用途。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：A Primer on HIBS – High Altitude Platform Stations as IMT Base Stations，本研究整理，2021 年 11 月

圖 105：HIBS 的系統架構

第三，將 HAPS 作為移動設備的通訊服務，由於 HAPS 位於距離地表約 10 至 50km 的平流層，其高度介於民航飛機與衛星軌道之間，在空氣流動穩定的平流層中運行，可自高空中穩定向下發送訊號，並提供直徑 50~200 公里的大覆蓋範圍，若用以提供移動設備如飛機、船隻、汽車等移動設備移動網路服務，在其覆蓋範圍內可維持穩定的通訊品質。相較於地面網路設備而言，使用 HAPS 提供移動設備行動網路，可使其在移動過程中不需要頻繁切換基站，以利獲得更好的網路品質。

最後，是將 HAPS 用於空中持續性監測，相較於衛星，HAPS 的飛行高度較低，在距離地表 8-50 公里平流層穩定移動，在用以監測地表時有較高的分辨率，此外 HAPS 可相對地面固定於空中的特點，亦適合用來提供持續性的監測，若搭載如光電感測器、高光譜影像器、雷達、自動識別系統感測系統，可以進行數個月到 1 年的長時間監測。

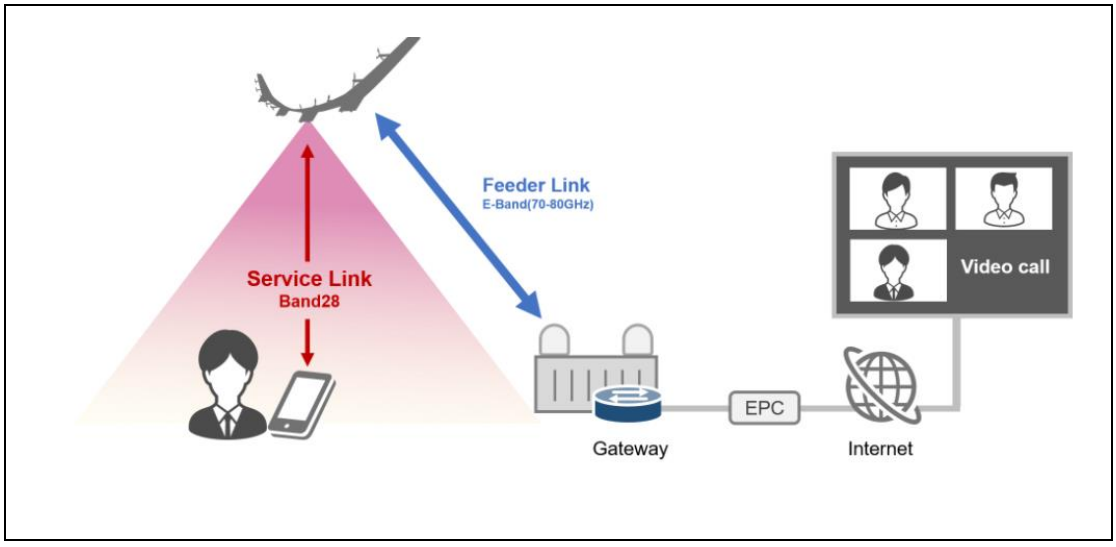
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. HAPS 產業發展概況

HAPS 可以分為飛機、熱氣球與飛行船三種型態，其中以飛機與熱氣球形態 HAPS 在產業發展上最具商業化進度。

以飛機型態 HAPS 而言，2018 年 AirBus 所推出的 Airbus Zephy 是第一架成功進行量產的飛機類型 HAPS，在 2018 年成功完成了連續 26 天飛行紀錄，而在 2019 年由日本電信商 Softbank 推出的 Helios 計畫，也同樣使用飛機型態 HAPS 進行試飛。

飛機型態 HAPS 近期相關應用案例，如 2020 年 10 月德國電信與其夥伴 Stratosphere Platforms Limited（SPL）在德國巴伐利亞洲的 HAPS 試飛，運用飛機類型的 HAPS 飛行於離地約 14km 的平流層處，並在地面形成直徑約 10km 的網路覆蓋，此覆蓋範圍內手機可直接與飛機上的天線連接通訊，採用了 5G Ready 的 LTE 技術。同樣也在 2020 年 10 月完成的飛機型態 HAPS 試驗的，還有日本軟銀子公司 HAPSMobile Inc.與 Alphabet 子公司 Loon LLC 在新墨西哥州的美國太空港（Spaceport America , SpA）進行的首次平流層測試飛行，並成功在試飛的過程中，完成以手機連接 HAPS 的 LTE 網路完成高畫質、低延遲的視訊通話。



本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：HPAS Mobile，本研究整理 ，2021 年 11 月

圖 106：HAPSMobile 的 Sunglider 試驗

熱氣球類型 HAPS 近期在產業相關發展，以 Alphabet 子公司 Loon LCC 為代表，Loon 在 2019 年完成氣球 HAPS 試飛，並創下連續飛行 223 天的飛行技術，此外在 2019 年試驗中，Loon 開發出運用熱氣球的空氣調節，以改變氣球高度的技術。在 2020 年 7 月 Loon 公司在非洲肯亞以 35 個太陽能驅動的氣球，提供肯亞偏鄉 4G LTE，成為全球首個的熱氣球的 HIBS。然而，在 Alphabet 在 2021 年 1 月宣布解散 Loon LCC，針對解散理由 Loon 表示由於氣球連網商業化的道路比預想的更加漫長且風險更大，因而使 ALphabet 不得不放棄 Loon 計畫。

而目前尚在發展中 HAPS 計畫多屬飛機型態 HAPS，在熱氣球型態 HAPS 僅西班牙 Zero 2 Infinity 公司尚在營運，在飛行船型態 HAPS 則剩下法國的 Thales Alenia Space 尚在營運，如下表。

表 149 全球 HAPS 相關計畫

計畫	類型	發起企業	國家	近期試驗
Elevate	熱氣球	Zero 2 Infinity	西班牙	2018 年 10 月，西班牙衛星運營商 Hispasat、Thales Alenia Space 與 Zero 2 Infinity 於西班牙南方測試 HAPS 在通訊應用。
Zephr S	飛機	Airbus Defense and space	英國	2021 年 6 月，Airbus Defence and Space 在美國亞利桑那州完成 HAPS 試飛。
H3Grob 520	飛機	Stratosphere Platforms Limited	英國	在 2020 年 10 月，與德國電信合作在巴伐利亞洲進行試飛，並搭載 5G 網路。
Statobus	飛行船	Thales Alenia Space	法國	2018 年 10 月，西班牙衛星運營商 Hispasat、Thales Alenia Space 與 Zero 2 Infinity 於西班牙南方測試 HAPS 通訊應用。
HAWK 30	飛機	HAPSMobile	日本	2020 年 10 月，與 Loon 合作在新墨西哥州完成試飛，並成功以 LTE 網路進行視訊通話。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

計畫	類型	發起企業	國家	近期試驗
PHASA-35	飛機	BAE Systems and Prismatic	英國	在 2020 年 2 月，與 Prismatic Ltd 合作，在南澳大利亞的澳大利亞皇家空軍 (RAAF) 伍默拉試驗場，完成在平流層無人駕駛 HAPS 試飛，並試驗了森林火災探勘、海上監測等功能。

資料來源：各廠商，本研究整理 ，2021 年 11 月

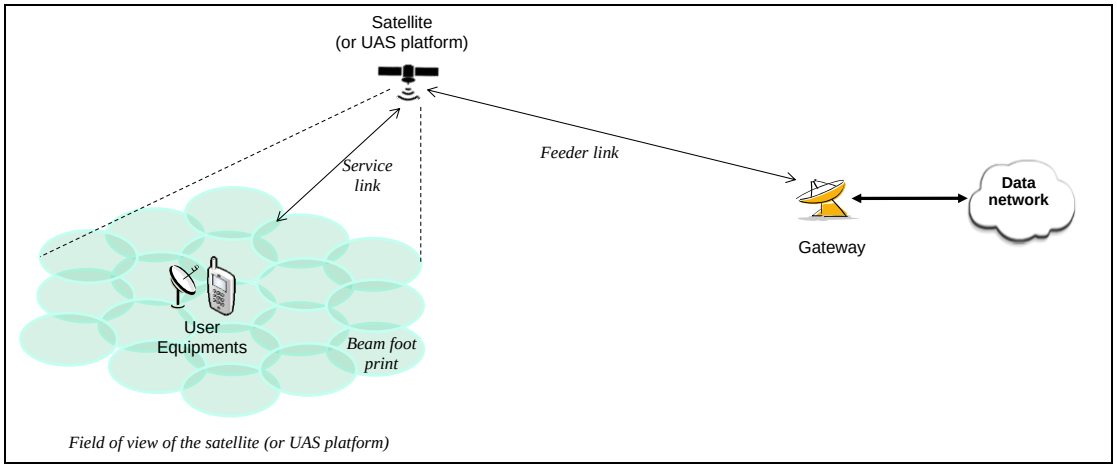
4. 3GPP Release 16 HAPS 相關發展

3GPP 自 Release 15 標準，便開始討論以 New Radio 支援非地面網路（Non Terrestrail Network, NTN），並且開始將 HAPS 納入 NTN 的規劃，期望運用 HAPS 介於衛星與地面網路之間的特性，彌補地面網路與衛星網路之間的差距，使網路更完整，並也開始針對 New Radio（NR）如何支持 NTN 網路開始進行研讀，紀錄於 3GPP TR 38.811 文件中。

在 Release 16 中，開始對 New Radio（NR）如何支持 NTN 的相關架構、協議，以及解決方案進行探討，並將其結果記錄在 3GPP TR 38.821 文件中。在 Release 16 對於非地面網路的探討，HAPS 被歸類在 UAS 平台的範圍，為飛行高度離地 8-50 公里的無人飛行系統其中一種，其飛行高度約略在離地 20 公里處。

在 Release 16 中衛星、UAS 系統包含 HAPS 等，可以作為空中酬載，並具有下列兩種應用情境，首先，是 UAS 或是衛星作為透明酬載（Transparent payload）的情境，能連結衛星網關（Gateway）與使用者終端裝置（User Equipment，通過透明酬載所生成的波形訊號不變，只有進行射頻濾波、頻率轉換以及調解/解碼的功能，如下圖。

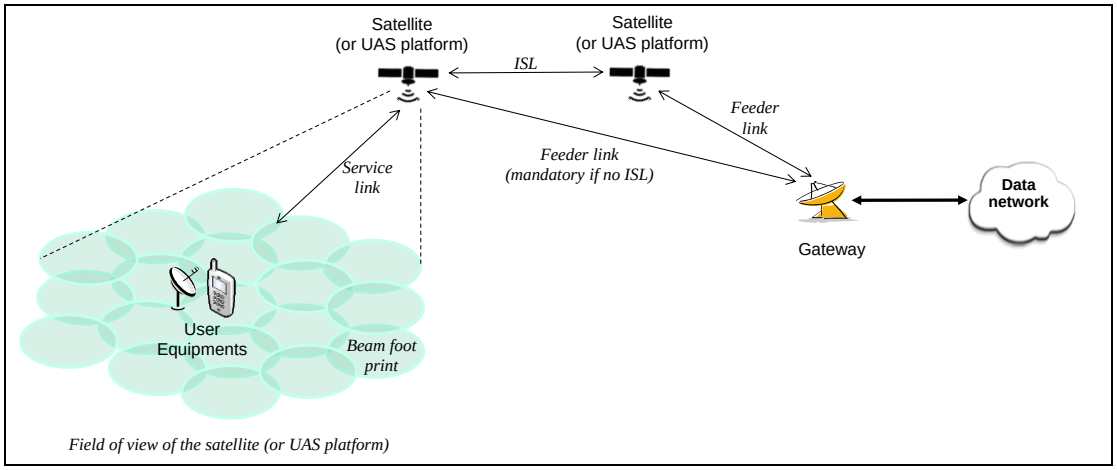
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP TR 38.821，本研究整理，2021 年 11 月

圖 107：UAS/衛星作為透明酬載

在另一個 NTN 網路系統下，衛星或是 UAS、HAPS 可以作為再生酬載（Regenerative payload），再生酬載除了可以以射頻濾波、進行頻率轉換與放大，以及解調/解碼之外，更可以針對波束切換路由與進行編碼/調製，以改變波形訊號，相當於在衛星作為基站（gNB）的功能，像是可以連結衛星與衛星網關，如下圖。



資料來源：3GPP TR 38.821，本研究整理，2021 年 11 月

圖 108：UAS/衛星作為再生酬載

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

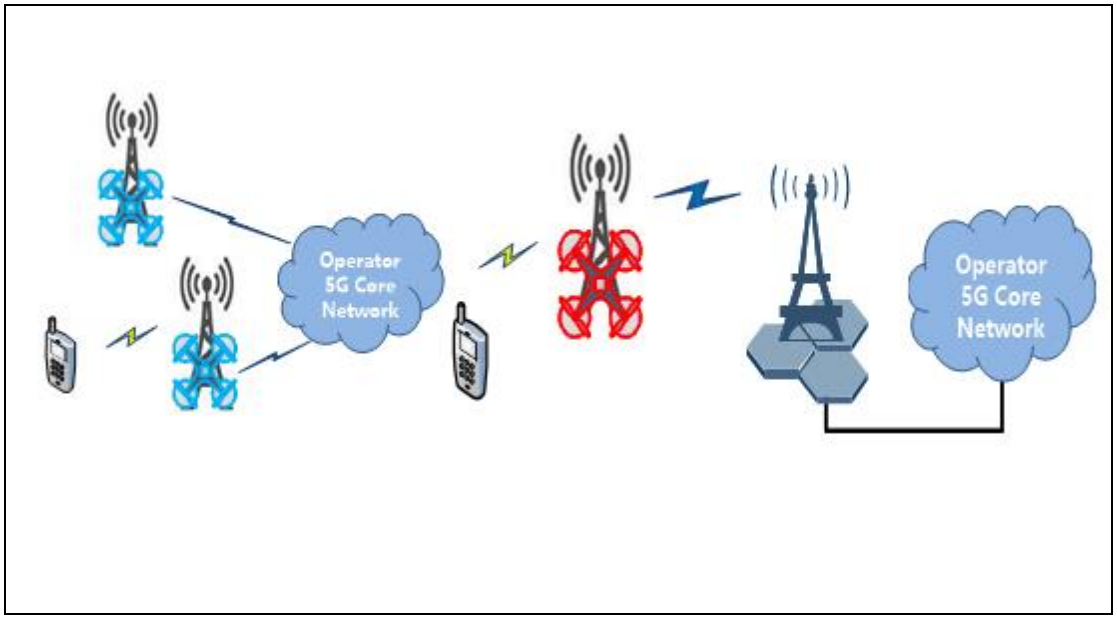
5. 3GPP Release 17 HAPS 相關發展

而在 Release 17 標準中，針對非地面通訊研究，進一步針對如何以窄帶物聯網（NB-IoT）/增強型機器類型通信（eMTC）來支持 NTN 網路，其結果記錄於 TR 36.763 文件。然而，在此份文件中僅針對 GEO、MEO、LEO 等三大類型衛星進行探討，HAPS 並未被在 Release 17 NTN 系統中受到討論。

在屬於 Release 17 規範的另一份文件 3GPP TR 22.829 中，亦提及了 HAPS、無人飛行器（UAV）等無人駕駛航空器系統（Unmanned Aircraft Systems, UAS）在不預期的災害發生時，作為臨時高空行動通訊基地台或作為地面基地台中繼站的相關應用。

HAPS 與 UAV 在做為緊急災害時高空基站，在部署以及性能上各自有其優劣。以 UAV 為例，能做為搭載基地台的 UAV 即 UxNB（UAV with on-board base station），其飛行高度於 100 公尺左右，相較於 HAPS 具有更靈活與彈性部署的能力；若以 HAPS 作為臨時高空基地台，則能夠擁有更大的覆蓋範圍以及更持久的飛行時間，但在靈活性上則較不足。然而，根據 3GPP TR 22.829 文件，3GPP 認為高度位於 100 公尺的 UAV 更適合作為災難時的臨時高空基站，因為較低的飛行高度在部署上更靈活，能快速搭建臨時網路以因應災害時的網路所需，也因此在往後的論述上，皆僅針對 UAS 系統作為臨時空中基地台、地面網路中繼站進行相關論述，如下圖。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP TR 22.829 文件，本研究整理，2021 年 11 月

圖 109：以 UAS 作為基地台以及地面網路中繼站

6. 小結

隨著 B5G/6G 發展，非地面通訊議題逐漸受到產業與標準組織重視，HAPS 在 Release 15 中始被納入規範，並在 Release 16 中被視為 NTN 網路中無人機系統的一環，在產業發展方面，相關聯盟、企業與專案也相繼成立。其中最具代表性的是 2018 年 Alphabetic 將其熱氣球型態 HAPS 專案 Project Loon 設置為獨立子公司 Loon LLC。其二，2020 年初科技業者 Alphabet、軟銀、Nokia、Ericsson，AeroVironment、Airbus Defence and Space，與 Bharti Airtel Limited 等航空業者，以及相關成立 HAPS 聯盟（HAPS Alliance）是為 HAPS 產業發展的里程碑。

HAPS 具備飛機、熱氣球、飛行船三種型態，其中以飛機型態 HAPS 在產業發展上最具進度，在 HAPS 應用場景方面，可分為四項關鍵應用，分別是衛星通訊的中繼站、空中行動通訊基地台（即 HIBS）、移動設備的通訊服務、空中持續性監測，其中在 3GPP Release 16 中

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

將 HAPS 納為無人機系統（UAS）的一環，並探討 HAPS 作為衛星通訊中繼站與空中行動通訊基地台的兩項應用；在 ITU 方面，2019 年 WRC 19 第 247 號決議文（Resolution 247）中指出 ITU 欲將 HAPS 視為 IMT 基地台（HIBS）應用作為其主要應用方向。

然而，HAPS 在產業界、標準組織中的討論熱度在 2021 年開始不若以往，在 2021 年 1 月 Google 母公司 Alphabetic 宣布解散 Loon LCC，並且表示氣球連網商業化的道路比預想的更加漫長且風險更大，因而使 Alphabet 不得不放棄 Loon 計畫。另一方面，在 3GPP Release 17 NTN 的相關內容，亦沒有再對 HAPS 進行相關應用探討，在 Release 17 探討 UAS 作為臨時高空行動通訊基地台以及地面基地台中繼站以因應災害時的網路需求的相關論述，亦表示認為相較於 HAPS 而言，UAV 的飛行高度較低，在搭建臨時網路上較靈活、快速，因而僅針對 UAV 進行探討，整體而言 HAPS 在產業與標準組織的討論熱度逐漸降低。

(二). 軌道通訊

軌道通訊是指用於軌道交通，包含輕軌、捷運、火車、高鐵等，透過軌道的交通工具所利用之通訊技術，以達到車站、機廠、行車控制中心、機廠控制中心及各車站之間相互傳遞各種訊息的目的，讓相關人士可以針對列車現況進行監視，以達安全且智慧化營運目標，以下由 3GPP Release 17 與 Release 18 的相關內容來探討軌道通訊技術標準與應用的演進。

1. 軌道通訊技術標準演進

目前主要使用的軌道通訊有兩大類，分別是 GSM-R 及 TETRA，目前為 3GPP 所採用之標準是由 GSM-R 標準延伸而來未來鐵路移動

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）標準。

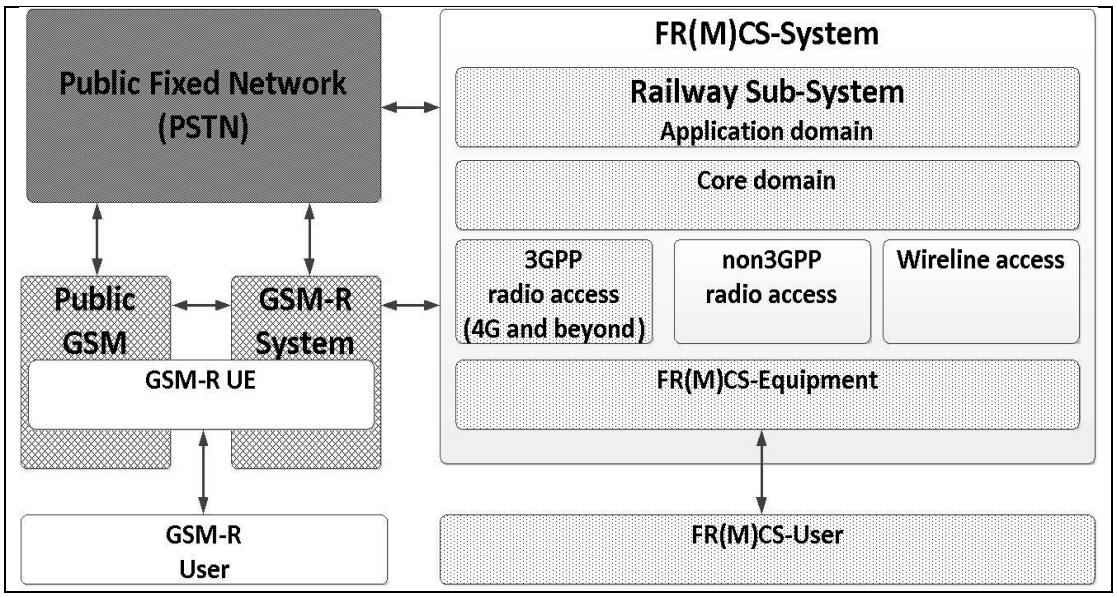
GSM-R 與 TETRA 皆是以第二代行動通訊為基礎，用於傳輸速率在 200kbps 以下，使用小量數據語音及控制訊號的傳輸軌道通訊技術。其中，GSM-R 是由國際鐵路聯盟（Union Internationale des Chemins de Fer，UIC）所制定，以 GSM 作為軌道通訊技術的基礎發展而成，專門供軌道交通使用，目前歐洲各國、沙烏地阿拉伯、以色、中國大陸、澳洲等國家的軌道通訊使用 GSM-R 軌道通訊技術；另一個軌道通訊標準為 TETRA，TETRA 是由歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）所制定，用於政府機構、緊急服務（警察隊、武裝部隊、消防局、救護車）、鐵路運輸、運輸服務及軍隊的通訊應用，我國台鐵、高鐵以及各縣市捷運使用的是 TETRA 的軌道通訊技術規範。

當今列車及軌道上常設有大量的監視系統，需要將即時影像傳輸至行車控制中心或列車上。依照 3GPP 研究報告指出，影像傳輸所需的傳輸速度為 10~30Mbps，目前主要使用的軌道通訊標準（GSM-R、TETRA）無法滿足所需的傳輸量。對此，國際鐵路聯盟（UIC）在 2012 年正式啟動未來鐵路移動通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）的研究計畫，UIC 與歐洲鐵路協會(European railway associations)和 ETSI 的鐵路電信技術委員會(ETSI Technical Committee for Rail Telecommunication, ETSI TC-RT) 和 3GPP 技術規範組 (3GPP TSG)合作發展 FRMCS 軌道通訊架構。

FRMCS 標準被視為 GSM-R 的後繼標準，GSM-R 將在 2030 年停止使用，在 2030 年前 FRMCS 與 GSM-R 兩套標準將共存，在 Release 17 中的各項技術標準，亦針對 FRMCS 與 GSM-R 系統之間的互通性，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FRMCS 標準將類似於 GSM-R 標準，並提供比起 GSM-R 更完善的技術標準，提供更高的數據傳輸速率、更低延遲、並增加可靠性，並引入了新功能如智慧維護、虛擬耦合和軌道旁緊急監控等。



資料來源：3GPP TR 22.889 文件，本研究整理，2021 年 11 月

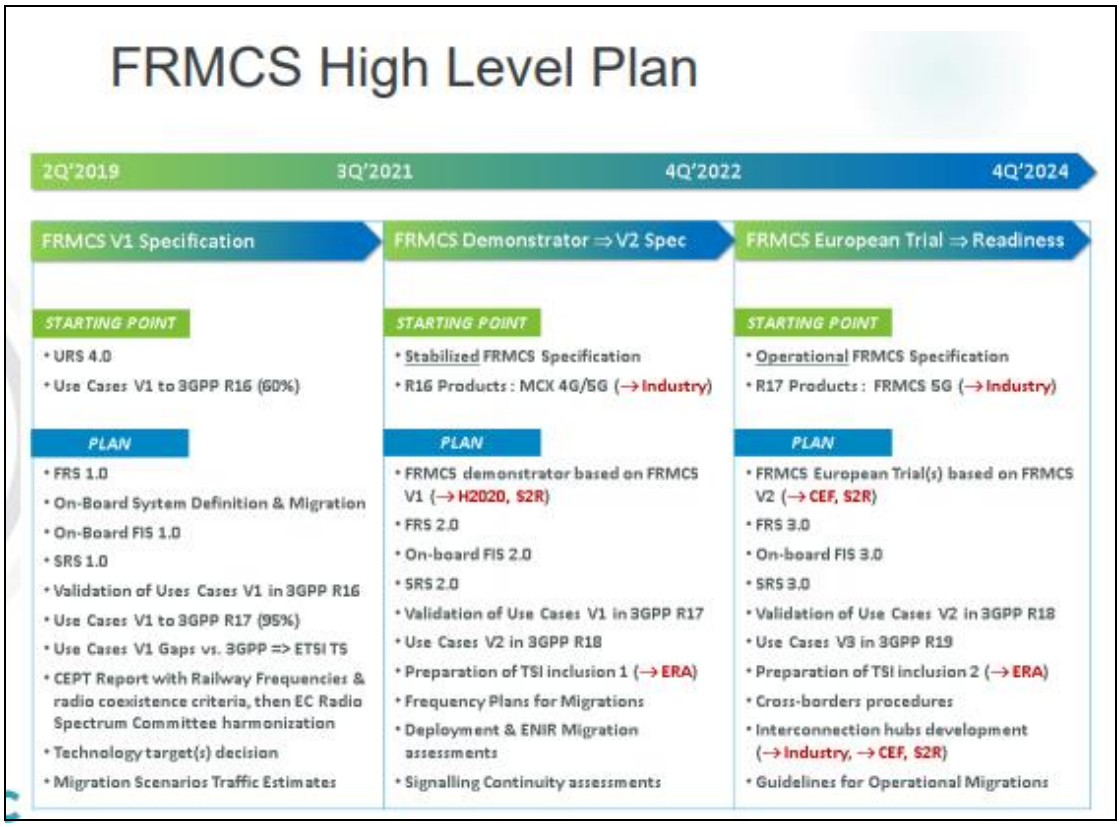
圖 110：FRMCS 與 GSM-R 系統互通性

FRMSC 計畫在 3GPP Release15 始被納入研究項目，並且持續在 3GPP 的 Release 16、17、18 中進行研究，期望提供結合 wifi、4G 及 5G 與衛星通訊的解決方案。在 Release 17 版本中，針對軌道通訊進行三方面研究，包含強化軌道通訊的應用架構、完成軌道通訊的缺口分析，以及研究新一代軌道通訊系統 FRMCS。在 Release 18 中，則針對智慧車站服務支援、軌道離網（0ff-ntework）直接通訊應用、先進 FRMSC 研究以及軌道通訊互連以及通訊研究。

2020 年 11 月 1 日，由歐盟資助的 5GRail 項目正式啟動，5Grail 的成立宗旨是驗證未來鐵路移動通信系統（FRMCS）的技術規範，並

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

且開發與作為 GSM-R 的後繼產品。同時，5G Rail 也與歐盟鐵路局（European Union Agency for Railways） 以及 Shift2Rail.合作，期望在 2025 年前交付符合 3GPP Release 17 標準的 FRMCS 標準第一版，提供參與國家開始進行試點。參與前述 5Grail 計畫的相關機構包括歐洲鐵路工業協會 (Unife) 德國鐵路（DB）、法國國家鐵路（SNCF）、瑞士聯邦鐵路（SBB）、奧地利聯邦鐵路（ÖBB）以及網通業者 Nokia、Kontron、 Alstom、Thales、 Siemens 等。



資料來源：3GPP TR 22.889 文件，本研究整理，2021 年 11 月

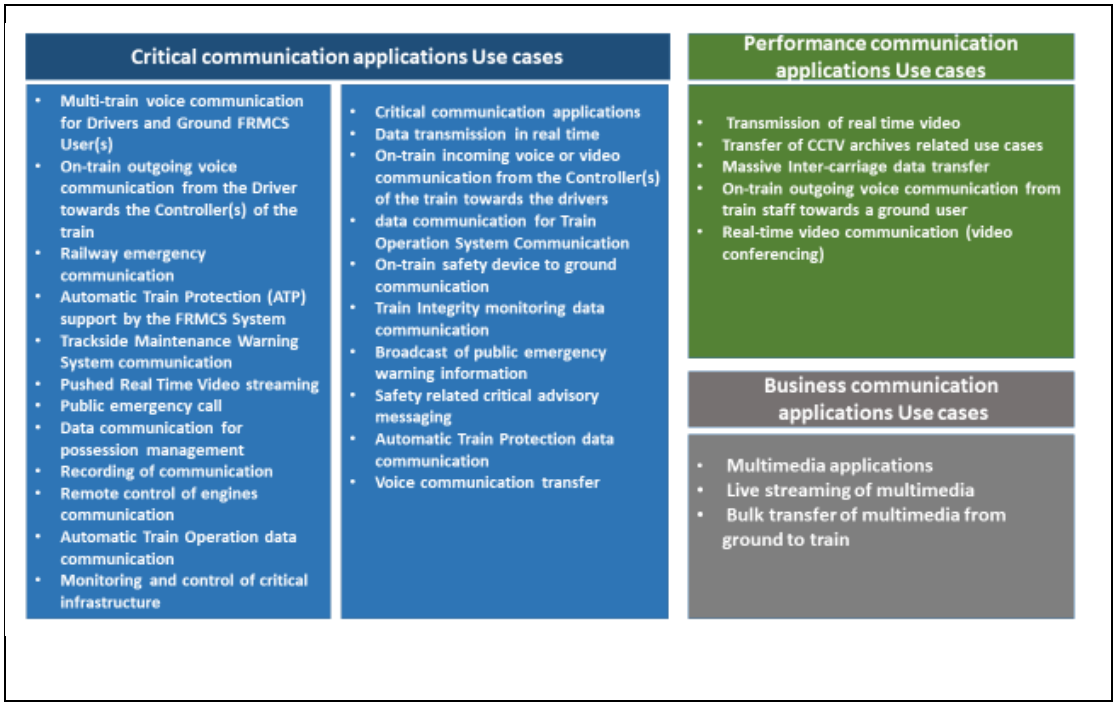
圖 111：FRMCS 的發展歷程

2. 3GPP Release 17 軌道通訊發展

3GPP 在 Release 17 的版本中，針對未來軌道鐵路移動通訊系統

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）的技術規範與服務系統提出相關規範，其結果紀錄在 3GPP TR 22.889 文件中，為了達到上述應用情境，其潛在技術需求/研究方向包含下列三大類，關鍵通訊應用（Critical communication applications）、性能通訊應用（Performance communication applications）、商務通訊應用（Business communication applications）等三大類。



資料來源：3GPP TR 22.889 文件，本研究整理，2021 年 11 月

圖 112：Release 17 FRMCS 三大應用潛在技術需求與研究方向

(1). 軌道通訊－關鍵通訊應用

在 R17 版本中有關軌道的關鍵通信應用，系指用於列車運行、安全、調度、軌道維護、緊急通信等應用。在 TR22.889 文件中指出，關鍵通訊應用場景包含下列場景。

- **列車駕駛與地面使用者之間進行語音通訊**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此研究立項是列車駕駛與地面上使用者進行語音通訊的機制，列車駕駛應有與有地面用戶或是其他列車駕駛進行語音通話的能力，而此一通訊應用可以雙向發起或終止，在 Release 17 中，也探討了 GSM-R 與 FRMCS 架構在此場景互通的條件。

- **列車駕駛與列車控制者人員進行語音通話訊**

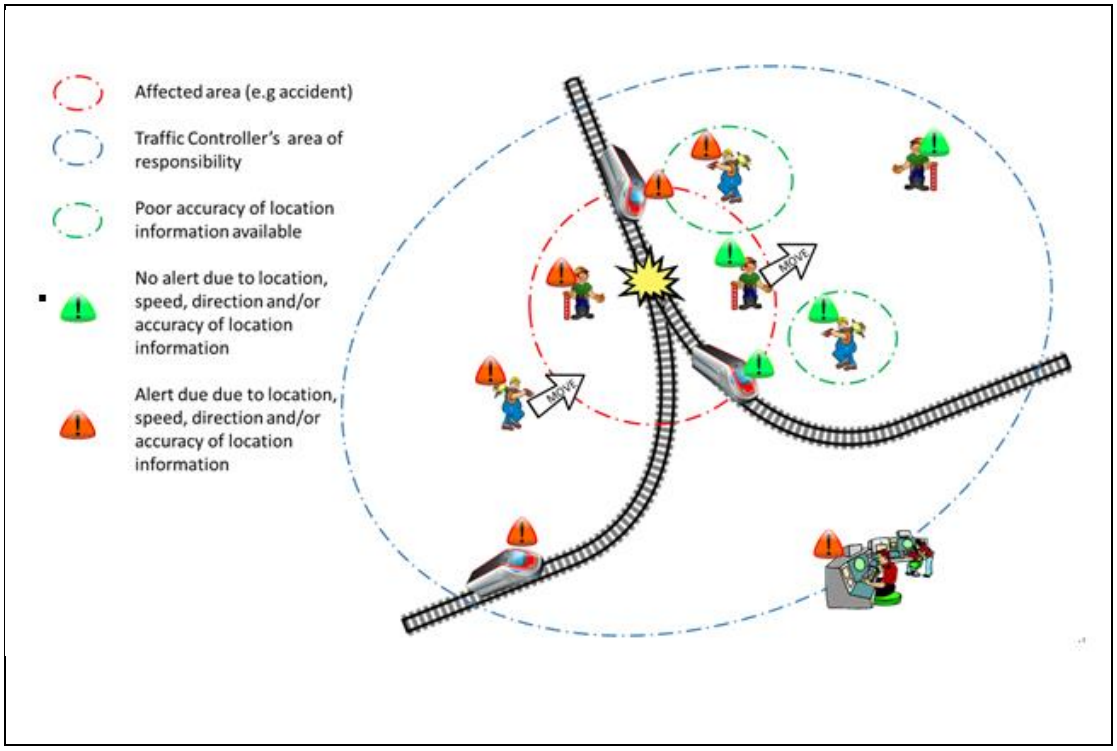
此研究立項針對列車駕駛（Driver）與列車控制人員（Controller）之間的語音通訊的機制進行探討，駕駛人員應能與任何列車控制人員進行通訊，包括單一駕駛與多個列車控制人員以語音通話的模式。此外，列車駕駛應該可以查看控制人員目前是否在線，並了解其負責區域。

- **軌道警報通訊**

此研究立項探討軌道緊急情況發生時，警示相關人員警訊的通訊機制，目的是使得軌道範圍內的接收者可以針對緊急情況立即採取行動。在緊急情況發生時，駕駛人員、維修人員或 FMRCS 系統上的使用者應該具備軌道緊急警報發起的能力，而 FRMCS 的通訊架構將以用戶的位置、軌跡、功能、移動方向與速率來決定何種使用者需要收到警報，這些使用者可能包含列車駕駛、外部系統人員、控制人員、維護人員以及調度列車人員。緊急通訊包含了強制性的緊急警報以及可以自由發起的緊急語音通訊或數據通訊。

軌道緊急事件發生通訊場警如下圖，紅色標示部份因為所在位置與列車行駛方向，將成為受到緊急事故影響之區域，將會收到危險警訊，而綠色區域則因為不受影響而不會收到警訊通知。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 113：FRMCS 系統緊急警報用戶在軌道緊急區域

● **列車自動保護系統**

列車自動保護系統（Automatic Train Protection, ATP） 是一套會持續檢查列車的速度與位置的防護系統，可以分為地面裝置與車載裝置兩部份，當列車行駛速度超越地面限速時，ATP 會啟動緊急制動以停止列車。在 Release 17 的標準中，列車自動保護系統必須持續發送當前列車的位置、速度予無線電區域中心（radio block centre, RBC），並與其保持通訊，使無線電區域中心依照這些資料，來決定火車通行的先後順序。

● **鐵道旁維護緊急通訊**

鐵道旁維護緊告系統通訊系指當軌道維護時，需要告知現場維護區內人員將有列車將靠近，以警示相關維護人員。以月台預警系統

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

（Trackside warning system）為例，將搭載多個傳感器以檢查接近的火車，而警示物件(Warning entity)將以視覺、音頻訊號如閃光、音頻來警示相關在軌道上的人員，直到列車行駛通過後才撤回警報。此一通訊應用在 Release 18 將繼續受到討論，並已訂出相關通訊標準。

- **財產管理數據通訊**

財產管理數據通訊（Possession management data communication）用於在探討工程目的軌道設施。在軌道周邊有一些工程使用的基礎設施，如包含列車追蹤列車、維護相關基於工程目的而設置基礎設施的相關財產，此一通訊技術使工作人員可以在遠端控制這些基礎設施，以 3GPP 的通訊架構協助維護人員獲取這些財產的必要資訊以進行管理與維護。

- **遠程列車引擎控制**

遠程列車引擎控制（Remote control of engines communication）係指透過列車上的車載設備與網路，使得在地面控制人員可以在線或是無線的方法控制列車行駛，此一軌道通訊技術標準在 Release 18 中發展出更明確的通訊標準。

- **自駕列車的數據通訊**

自駕列車（Automatic Train Operation, ATO）系指可以自動調速、準確停車、開關門、水平調節，列車駕駛員以及服務員指需要負責其他功能或是部份功能即可得情況。一般而言自駕列車需要與控制中心來交換數據，並與其他在運行中的列車進行通訊，在某些情況下自駕列車還需要裝設即時的串流視訊通訊功能提供控制中心進行監控。

- **關鍵基礎設施通訊的監測與控制**

關鍵基礎設施係指列車檢測器、訊號燈、指示器、鐵路平交道相

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

關元件如障礙控制傳感器、照明控制設備和警報器等，此一立項使基礎關鍵設施與列車可以進行數據通訊，係除列車基本狀態資訊（如：車速、路徑等），亦涵蓋末端車廂即時狀態資訊，透過即時監測來監控列車慣性行使狀態。

- **即時數據傳輸**

即時數據傳輸(Data transmission in real time)可使得具備列車行駛數據的管理人員，可以獲得列車監控設備取得的即時資料，並將列車運行資訊傳送給另一用用戶。

- **列車控制人員與駕駛人之間的語音、視訊通訊**

國際鐵路聯盟（UIC）認為，在中國鐵路市場上，列車控制人員以及駕駛人應保持持續的通訊，此一通訊架構可以使得某些情況下如列車命令轉換、列車延誤、報告騷擾事件、報告攻擊事件或是基於安全考量對列車人員進行支援等情況，藉由提供列車位置、控制人員配置等相關資訊來達到上述功能。

- **列車運行系統數據通訊**

列車運行系統的數據通訊常用於列車調度，使駕駛人員可以即時獲得列車資訊，以防止車輛之間發生碰撞，如兩列車接近時可以進行數據交換，使得兩車的駕駛人員均可即時獲取列車靠近資訊，使列車可以安全的運行。

- **安全相關的關鍵通訊**

安全相關的通訊包含控制人員與駕駛人員之間，或是列車與控制中心之間安全相關資訊的交換，像是交通干擾通知、最大速度的授權、是否可以準備啟動等情況。以車載安全裝置（Driver Safety Device, DSD）與地面通訊之間安全訊息交換為例，根據列車中的危急情況，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

使 DSD 自動向地面使用者如控制人員或是控制中心，發送語音或數據訊息，以通知控制人員關於此輛列車遇到的安全問題。在控制人員或控制中心收到此列車安全問題回報後，同一地區的其他列車將會收到緊急警報通知，並採取降低列車的速度或完全停止列車來因應可能的危險。

(2). 軌道通訊－性能通訊應用

有關軌道通訊性能通訊應用（Performance Communication applicaiotn）在 Release 17 TR22.989 以及 TS 22.289 文件中皆有相關論述，其中在 TS 22.289 文件中，針對鐵路移動通訊系統（Mobile Communication System for Railways）進行研究，並針對相關的應用案例訂出更精細的標準。

- **CCTV 檔案傳輸相關案例**

CCTV 又稱做閉路電視，可以用來對不同地方的人、動物和物體如車輛、車站等進行監控，在列車中也同樣裝設了 CCTV，並且 24/7 全天候開啟。然而，CCTV 大量的影音內容，很容易會超過列車上儲存設備的最大儲存量，但根據不同國家法令，CCTV 要求保留紀錄的時間可能超過 31 天，為了滿足有關保留時間的要求並最大限度減少所需的物理儲存容量，FRMCS 研擬使用 CCTV 檔案傳輸至地面控制站儲存設備的通訊方法，即 CCTV 卸載。

CCTV 卸載系統，在 FRMCS 的規範中，系指列車在移動過程中，可以與軌道站點旁邊的車站/停靠站進行通訊，當雙方的傳輸訊號足夠穩定並成功同步後，列車上的移動通訊單位（Mobile communication unit）便可以將 CCTV 的檔案轉移至地面通訊單位（Ground communication unit），成功解決列車物理儲存單位不足的問題。

- **將多媒體從地面到列車得批量傳輸**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

現今的長途旅運服務，往往都會為乘客提供多媒體服務如影片、音樂等多媒體服務，是長途旅行如飛機、火車的必要服務。如何減少網路容量成為耗損成為一大難題。在列車停靠車站或是倉庫期間，由地面控制站向列車傳輸多媒體檔案是最佳解決方案，在理想情況下傳輸速度應為 1 Gbps，藉由此一方法也可以使多媒體內容定期更新，並減少對列車與地面控制站的儲存負擔。

- **海量跨車廂數據傳輸**

海量跨車廂數據傳輸（Massive Inter-carriage data transfer）用於車廂彼此之間的資料傳輸，包含 CCTV、多媒體數據以及串流媒體，用以控制、營運以及乘客服務，FRMCS 系統軌道通訊系統應該促進火車車廂之間的車載通訊，使每個車廂間的鏈路與能達到等同地面與列車之間相同的吞吐速度。

- **實時視訊通話（視訊會議）**

實時視訊會議可以用來支持軌道維護的工作，（視頻會議）可用於支持鐵路運營，當列車檢修人員需要從其他人員那邊得到協助時，便可以利用視訊會議進行。

(3). 軌道通訊－商業通訊應用

在 TR 22.989 文件中針對商業通訊應用提出了兩個應用案例，分別是多媒體直播以及從地面向列車批量傳輸多媒體，分述如下。

- **多媒體直播**

此一案例，說明了從地面控制中心向列車傳送多媒體實時串流的應用，包括電影、電視節目、網頁等多媒體。此外，從地面到列車傳輸多媒體串流影音不被視為關鍵型服務。

- **從地面向列車批量傳輸多媒體**

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此一案例，描述了多媒體數據庫從地面到列車的傳輸。多媒體包括電影、電視節目、網頁等多媒體，此外，從地面到列車傳輸多媒體串流影音不被視為關鍵型服務。

3. 3GPP Release18 軌道通訊研究立項

(1). 支援鐵路智慧車站服務

5G 結合人工智慧、雲端運算等新興技術應用在鐵路車站，預期可以提供乘客各式智慧自動化服務，如：緊急狀況下的智慧疏散、自動化智慧驗票、智慧諮詢與導覽等，甚者可以改善鐵路交通營運效率，透過中央即時監控火車行駛狀態、鐵道主體安全性監控、準點/誤點精準掌握等。

現時 3GPP 對 5G 鐵路智慧車站服務，優先聚焦車站運行監控與乘客智慧化服務，而觀察 R18 針對鐵路智慧車站服務之研究項目，為達上述應用情境，其潛在技術需求/研究方向為：

- 5G 應能介接各式網路，且鏈結車站內特定區域之大量設備/感測器，以能用於監控與控制車站內各類設備。
- 車站內 5G 系統需要可以對接外部系統(external system)，以能控制外部系統之終端設備。

(2). 網外鐵路通訊

鐵路通訊係鐵路數位化之重要基礎之一，惟於鐵路通訊範疇中，除基於蜂巢式網路通訊外，亦包涵獨立於蜂巢式網路的終端設備與終端設備的直接通訊，即網外通訊（Off-Network）。

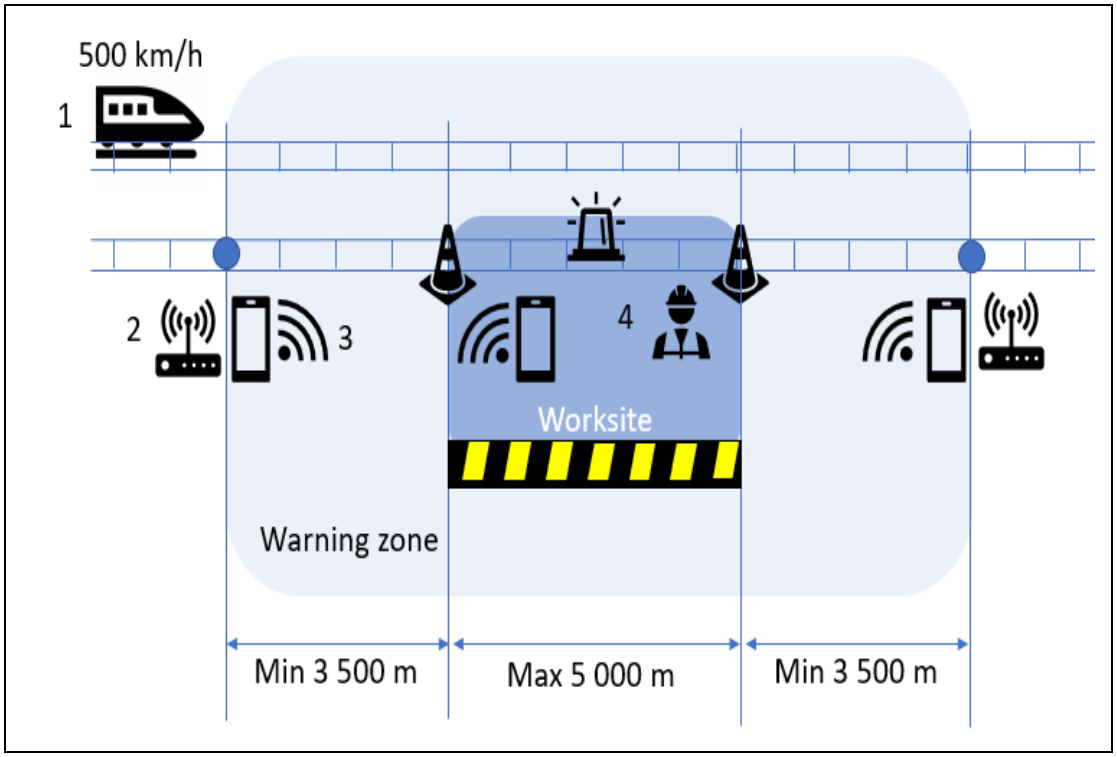
網外通訊，起始於 3GPP 關鍵任務(Mission Critical Services, MCX)技術標準中引入，其目的在於如網路出現中斷、故障，抑或偏遠地區

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

缺乏網路覆蓋之狀況下，鐵路通訊可改採用網外通訊方式進行替補。而網路通訊之效益，除可支援語音通訊外，再者可應用於自動火車保護、火車自動操作、即時影像監控等場景下之數據通訊。

現時 3GPP 對網外鐵路通訊之研究，優先聚焦以下應用場景所需的技術指標：

- 鐵道旁維護緊告系統通訊：係指列車接近警示，如下圖所示，用於告知現場維護人員將有列車行駛靠近，且對於行駛速度不小於每小時 500 公里之列車，於其行駛靠近前 25 秒發出警示。



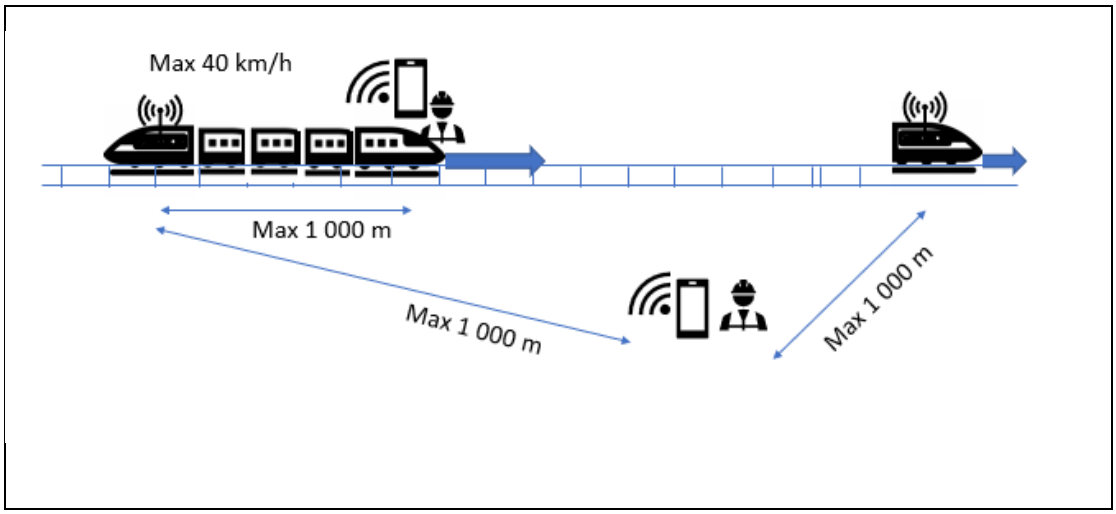
資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 114：鐵道旁維護緊告系統通訊

- 遠端列車控制：係透過列車上之車載設備與 5G 網路，駕

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

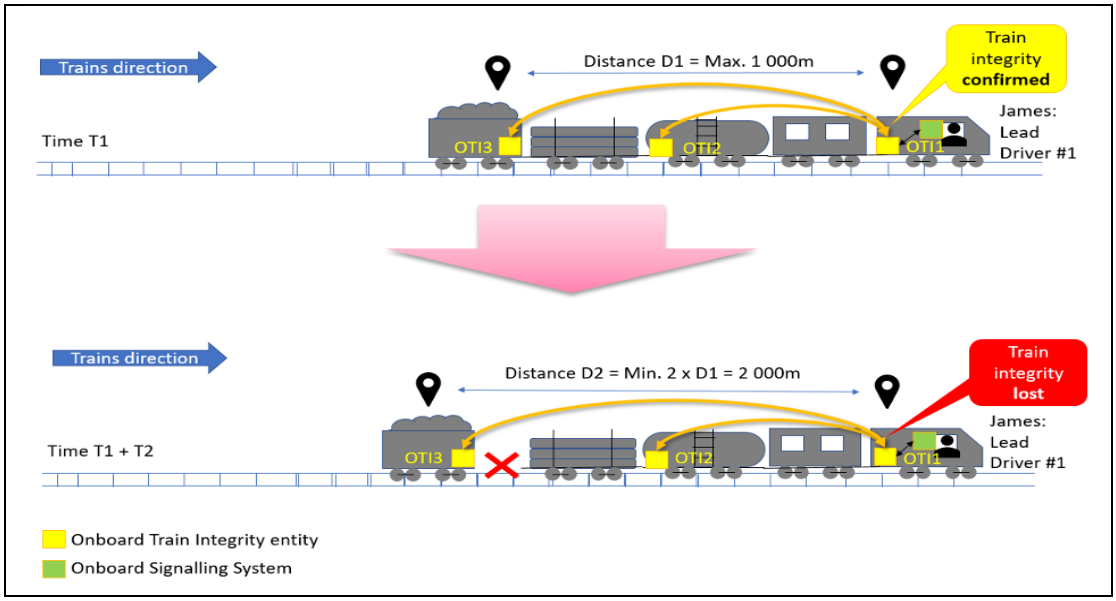
駛能於一千公尺外遠距控制列車行駛，如下圖所示，而於該場景中每位遠端駕駛需能控制 10 台列車，且被控制之列車行駛速度不高於每小時 40 公里。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 115：遠端列車控制

➢ 列車狀態即時監測：係除列車基本狀態資訊（如：車速、路徑等），亦涵蓋末端車廂即時狀態資訊，透過即時監測末端車廂以監控列車慣性行使狀態（如是否有車廂脫節等），如下圖所示。

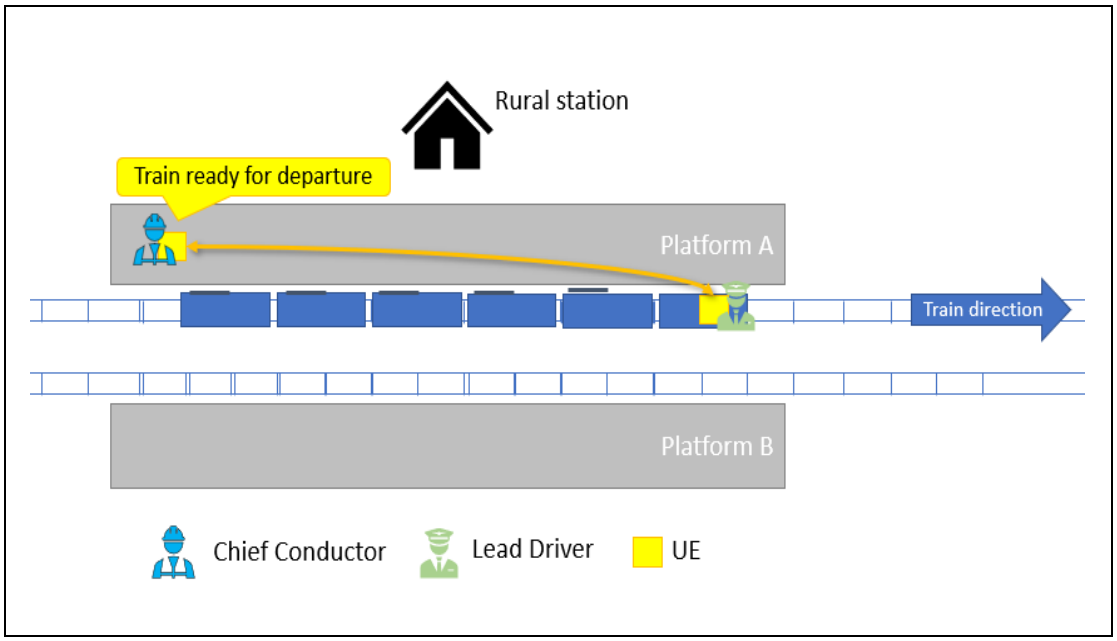


本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 116：列車狀態即時監測

➢ 列車啟動監測：係用於改善現時列車啟動出發須由列車長目測車門是否正確關閉、乘客是否完全上下車等，而後列車長回報列車駕駛，以及列車駕駛再回報調度中心之狀況，該狀況由於主要依靠人力監測，故是列車整體運營中風險最高的部分。為解決上述狀況，計畫透過網外鐵路通訊允許終端裝置間直接通訊之方式，如下圖所示，改以調度中心監控直接與列車駕駛台直接通訊、自動感測車門是否正確關閉，是否有乘客正在上下車等狀況，藉以降低列車啟動時的風險。



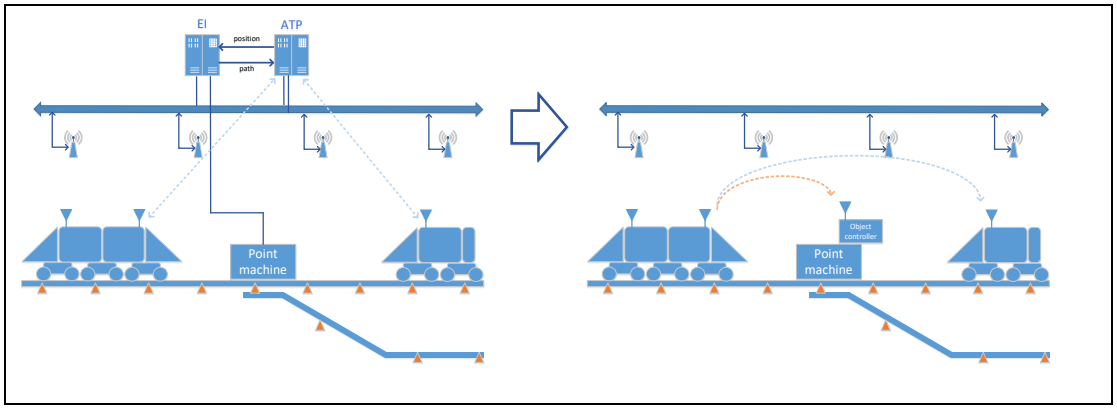
資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 117：列車啟動監測

➢ 列車自主運行控制：現時利車行駛控制係由中控中心依據列車與路側設備取得速度、位置等行使狀態數據後，由控制中心調度員控制各列車的行駛速度以保持安全間距。為提升列車行駛效率，計畫透過網外鐵路通訊實現列車與列車間的直接

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

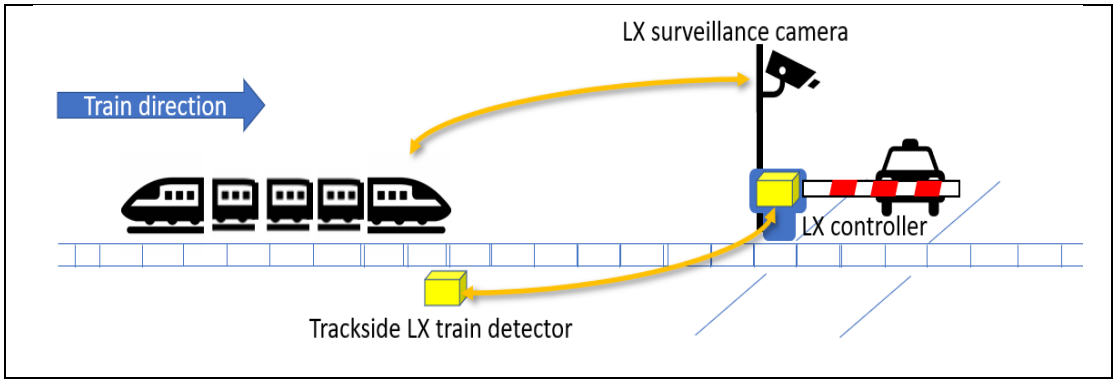
通訊，如下圖所示，透過列車間直接的行使狀態資訊之交換，一如 C-V2X，藉以實現列車自主運行控制。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 118：列車自主運行控制

➢ 關鍵基礎設施通訊的監測與控制：係針對缺乏網路覆蓋之地區，計畫透過網外鐵路通訊方式監測與控制關鍵基礎設施，如：鐵道障礙物感測器、照明控制、平交道監視器等，如下圖所示，藉以提升列車運營安全。



資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

圖 119：關鍵基礎設施通訊的監測與控制

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

4. 小結

隨著長途旅運的服務日漸精緻化，在火車上提升多媒體服務如電影、電視節目、音樂、網頁，成為不可或缺的一環，帶動相關的通訊、儲存技術發展；此外，隨著自動化列車、智慧化列車維護的需求，也刺激了相關的通訊標準與技術需求。

3GPP 技術規範組與國際鐵路聯盟（UIC）在 2012 年正式啟動未來鐵路移動通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）的研究計畫，並與歐洲鐵路協會(European railway associations)合作，將延續 GSM-R 的通訊標準，並提供更完善的技術標準，如更高的數據傳輸速率、更低延遲、並增加可靠性，在 2030 年 GSM-R 停止使用後，FRMCS 將成為新一代的軌道通訊主流架構。

在 3GPP Release 17 中，針對軌道通訊的三大領域應用進行探討，包含關鍵（Critical）、性能（Performance）與商業（Business）三大領域，在關鍵應用領域中，針對列車運行、安全、調度、軌道維護、緊急通信日常運行場景通訊應用進行提案，更增加了遠程列車控制、自駕列車等新興議題，是 Release 17 中軌道通訊探討最多的部份，在性能與商業應用領域，則針對多媒體、CCTV 儲存等通訊議題進行探討，相關內容也期望在 Release 18 的討論中再延伸。

Release 18 中針對應用場景做了更進一步的研究，包含支援鐵路智慧車站服務以及網外鐵路通訊應用進行研究，也看出軌道通訊研究目前優先聚焦於即時影像監控、乘客智慧化服務、列車自動操作、保護等場景之數據通訊。

(三). 從國際主要產學研 6G 先期研究前瞻 6G 應用

盤點主要國家/組織與大廠針對 6G 所發佈的白皮書或研討會資

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

訊，可發現從國家/區域，或技術組織與電信營運商角度來，作為政策推動研擬、產業技術發展協調統合，以及第一線提供行動通訊服務之關鍵單位，多半會更廣泛的思考基於下世代通訊 6G 技術，將可為消費端、企業端或社會端帶來的影響，以及屆時創新多元應用服務的樣貌。

而若從系統設備大廠角度切入，從部分業者初期發佈的白皮書觀察，則可發現其較為直觀的從可能呈現的未來場景指標需求中，往技術面向進行下世代通訊技術的討論，細部的應用場景發展可能性則並未多加著墨。但仍有不少關鍵系統設備大廠表達對於 6G 應用發展趨勢的前瞻想法。

以下分別從提出 6G 前瞻應用之主要國家/組織，以及關鍵營運商及大廠進行介紹。

1. 主要國家/組織

(1). 6G 場景與聯合國永續發展目標連結

2015年聯合國發佈包含17項核心目標（涵蓋230項指標）的「2030永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs），期望在兼顧「經濟成長」、「社會進步」與「環境保護」等三大面向發展上，指引全球共同努力、邁向永續。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：聯合國，本研究整理，2021 年 11 月

圖 120：聯合國 17 項永續發展目標

為滿足聯合國 SDGs 目標，各國政府也積極嘗試透過技術變革、數位轉型等方式，從現行的方向轉向更具經濟、社會和環境效益的技術發展，並據此鼓勵民營機構一同參與科技創新的投資，而政府部門亦多期望促進商業部門與民間社會的緊密合作，引導科學與技術邁向與社會福祉相關的發展目標。

由於國際對於 6G 通訊技術與相關應用的商用化時程大多瞄準 2028-2030 年間，因此與聯合國 SDGs 的達標時程重疊。因此，6G 被視為有望促進全球成長和生產力，創造新商業模式並改變社會之助力。主要助力的 SDGs 項目包含：

- 4a：提升為教學目地之連網學校比例
- 4a：提升為教學目的之使用電腦的學校比例
- 4.4：促進按技能類型劃分、具有 ICT 技能的青年/成人比例

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 5b：提升按性別劃分、擁有行動電話的人口比例
- 9.c：提升行動網路覆蓋人口百分比，且按技術細分
- 17.6：促進固定寬頻網路訂閱戶，並按連網速度細分
- 17.8：使用互聯網的個人比例

簡單來說，在上述的聯合國 SDGs 目標下，6G 作為下世代的行動通訊技術，應該可透過新一代的基礎設施和網路部署建構消弭社會數位落差、促進產業數位轉型之環境；並且讓民眾人人可透過行動裝置連網；同時藉由新興應用服務改善人們生活。

因此，部分國家在思考發展 6G 前瞻研究同時，也以聯合國 SDGs 為指標，擘劃 6G 世代利於滿足 SDGs 的應用場景與服務樣貌。

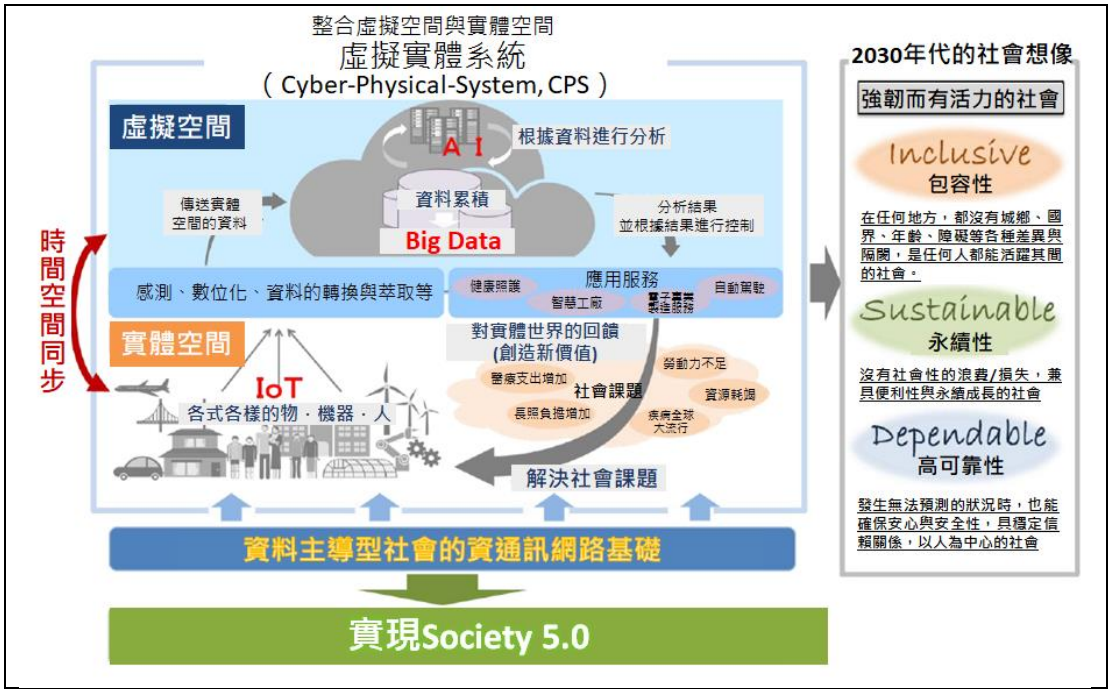
(2). 日本 6G 應用願景

日本擬在 2030 年實現 6G，瞄準 5G 之後的下一代通信技術；因此，日本總務省在 2020 年 1 月設立官民研究會，並於同年 6 月發佈的”Beyond 5G 推進戰略：邁向 6G 的藍圖”中描繪出 2030 年的理想社會樣貌。

日本總務省期望以 Beyond 5G（6G）為核心技術所打造之資通訊網路基礎，可藉由虛擬空間實體系統（Cyber-Physical-System, CPS）實現 2017 由日本總務省提出之描繪 2030 年藉由物聯網、大數據分析、電腦科學與技術、人工智慧與網路安全等相關科技基礎技術研發與應用所構築高度電腦化、智慧化的未來人類生活環境-“超智慧社會（Society 5.0）”，進而解決日本近年社會課題，包括老齡化社會、勞動力不足、能源短缺與自然災害等，達成具備「包容性（Inclusive）」、「永續性（Sustainable）」和「高可靠性（Dependable）」的 2030 年代

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

社會。



資料來源：日本總務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 121：日本期待於 2030 年代實現的社會

(3). 南韓 6G 應用願景

南韓政府提出的未來行動通訊（6G）R&D 推動計畫之願景與推動方案中，將 6G 推動策略分為核心技術研發與應用導入兩階段。第一階段 2021-2025 年主要進行 6G 核心技術研發；第二階段為 2026-2028 年間，除了完備 6G 標準必要專利（standards-essential patents，SEPs），與南韓專利廳（KIPO）合作建立「6G 標準必要專利戰略圖」，以集中挖掘最有可能獲得標準必要專利的 6G 技術以外，更將積極發展 6G-Upgrade 示範應用。期望 2026 年即可展開 6G 試點，並將 2028-2030 年則定為南韓 6G 正式商用化的預定時程。

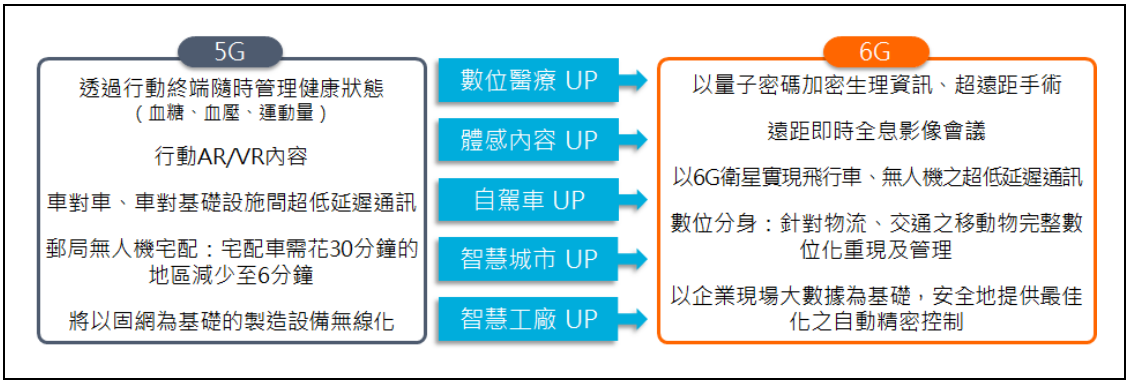
回顧南韓在 5G 發展過程中，2019 上半年透過官民合作將投資超過 30 兆韓元（260 億美元），以「5G+戰略」為號召，發展包括 5 個

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

「核心應用服務」和 10 個「核心行業」，進而建立一套 5G+支援與推動體系，以藉此整備南韓的 5G+生態系。

其中，5 大「核心應用服務」：沉浸式內容、自動駕駛汽車、智慧城市、數位醫療和智慧工廠，為南韓政府將在 2025 年前推進兩階段「大計畫」，首先按地區發展「殺手級應用服務」，接續則促進各服務的擴散。隨著 6G 發展議題增溫，南韓政府將沿用「5G＋戰略」中所選定的 5 大核心服務，預計將在 2026 年將之升級為基於 6G 技術的應用試點項目。

然而，隨著科技日新月異，以及社會經濟情勢、人民應用生活的快速變化，針對 6G 升級試點示範項目類別也將在計畫期間進行滾動式調整，意即當日後 6G 技術發展的同時，若發現有某項應用更符合南韓產業或社會民生所需，且能透過 6G 技術有更佳的運作效能與效益。南韓政府將便會彈性的進行計畫的變動。



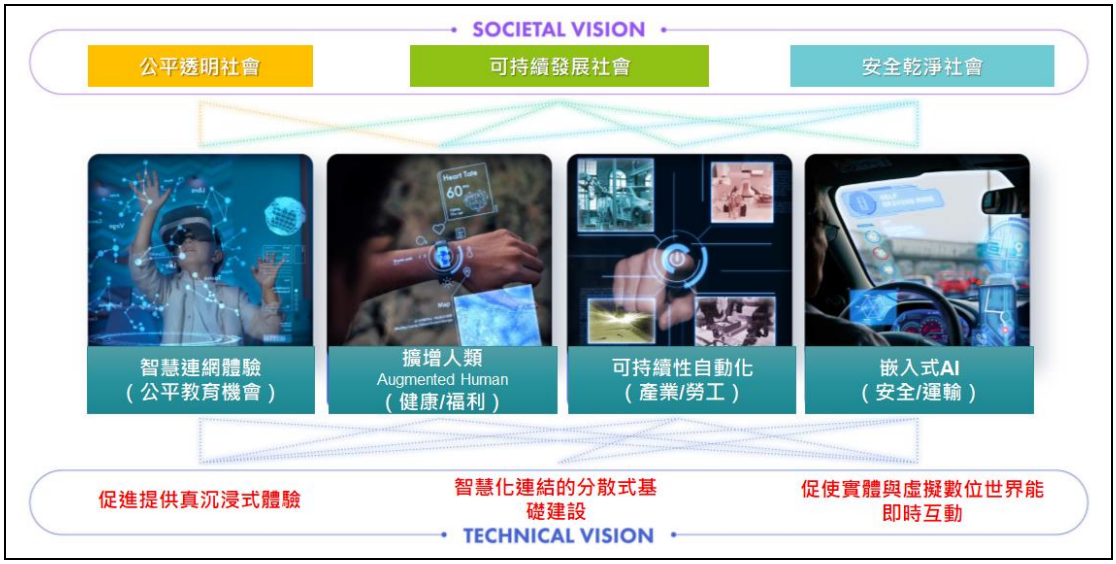
資料來源：南韓，本研究整理，2021 年 11 月

圖 122：南韓 6G 升級試點示範項目

另作為推動南韓 5G 商用和 5G 融合服務的公私聯合關鍵論壇的 5G Forum，也開始展開 6G 前期研究，基於南韓政府 6G 戰略推動方向，提出了關於 6G 將實現”乾淨安全社會”、”可持續性社會”、”公

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

平透明社會”三個面向之南韓未來社會場景/樣貌。



資料來源：南韓，本研究整理，2021 年 11 月

圖 123：南韓從社經角度展望的 6G 場景用例

(4). 中國大陸 IMT-2030（6G）推進組提出八大應用場景

中國大陸 IMT-2030（6G）推進組近期發佈的白皮書指出，6G 將在 5G 基礎上，由萬物互聯向萬物智聯躍進，成爲聯接真實物理世界與虛擬數位世界的紐帶，因此將 6G 的總體願景定爲“萬物智聯、數位孿生”。內容闡述：6G 世代物理世界中實體或者過程將在數位世界中得到數位虛擬化的鏡像複製，促使人與人、人與物、物與物間可憑藉數位世界中的虛擬映像實現智慧化互動。反之，藉由在數位世界發掘的豐富歷史和即時數據，則可實現對物理實體世界的模擬、驗證、預測和控制，進而掌握物理世界的最優化狀態，為整個社會運行效率帶來顯著升級，促使整個社會邁向巨大變革。

在此基礎下，提出的 8 大 6G 世代應用場景：

表 150「6G 總體願景與潛在關鍵技術」八大 6G 潛在應用場景

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

場景	概述
沉浸式雲端 XR：虛擬空間廣闊天地	未來雲端化 XR 將實現用戶和環境的語音/手勢/頭部/眼球互動等複雜運作，但需在相對確定的系統環境下，滿足超低延遲與超高頻寬才能爲用戶帶來極致體驗。
全息通訊：身臨其境極致體驗	未來全息通訊將廣泛應用在文化娛樂、醫療健康、教育、社會生產等衆多領域，使人們不受時間、空間限制，打破虛擬場景與真實場景界限，使用戶享受身臨其境般的極致沉浸體驗。
感官互聯：多維感官交融響應	2030 年後的未，更多感官訊息之有效傳輸將成爲通訊手段的一部分。五感感官互聯可能會成爲未來主流通訊方式，甚至廣泛應用在醫療健康、技能學習、娛樂生活、道路交通、辦公生產和情感互動等領域。
智慧交互：情感思維互通互動	未來 6G 的行動通信網路，有望 支持在情感互通和腦機互動（腦機介面）等全新研究方向上取得突破性進展。進一步具感測感知、認知等能力、甚至會思考的 AI 智能體將逐步取代傳統智慧化設備。此外，人與智能體之間的支配和被支配關係將開始向著有情感、有溫度、更加平等的類人交互轉化。
通訊感知：融合通訊功能拓展	未來 6G 網路將可利用通訊訊號實現對目標的檢測、定位、識別、成像等感知功能。無線通訊系統將可利用感知功能獲取周邊環境資訊訊息，智慧化、精確地分配通訊資源，發覺潛在通訊能力，增强用戶體驗。
普惠智能：無處不在智慧內核	6G 世代越來越多個人和家用設備、各種城市感測器、無人駕駛車輛/載具、智慧化機器人等都將成爲新型智慧終端。不同於傳統智慧手機，這些新型智慧終端不僅可支持高速數據傳輸，還可實現不同類型智慧終端設備間的主動協作與學習。
數位孿生：物理世界數位鏡像	利用數位虛擬世界所掌握的豐富的歷史和即時數據，借助先進演算法模型產生感測和認知智慧智能，使數位世界能够對物理實體或者過程實現模擬、驗證、預測、控制，從而獲得物理世界的最優狀態。
全域覆蓋：無縫立體超級連接	全域覆蓋將實現全時全地域的寬頻接取能力，爲偏遠地區、飛機、無人機、汽車、輪船等提供寬頻接取服務；爲全球沒有地面網路覆蓋地區提供廣域物聯網接取，保障諸如災害應變、農漁業物聯監控、實現高精度定位導航等應用。

資料來源：IMT-2030（6G）推進組，本研究整理，2021 年 11 月

(5). 歐盟基於 Hexa-X 計畫擘劃之 6G 應用場景

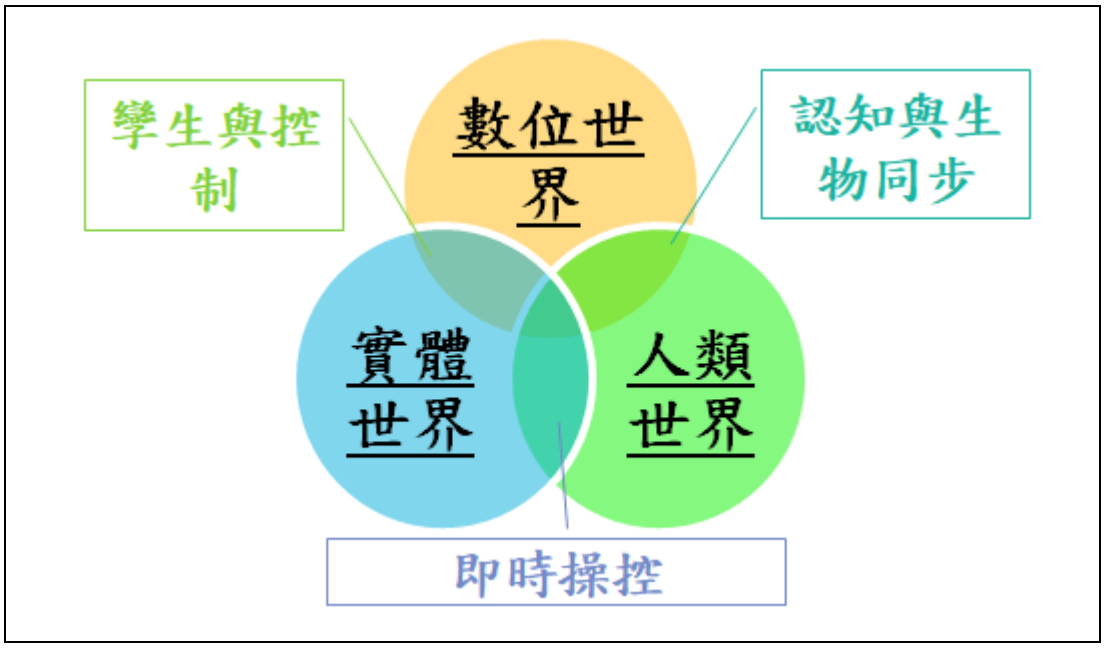
因應氣候變化、流行病、數位落差、社會不平等以及對民主的不信任和威脅，歐盟認為此為現階段前所未有的社會挑戰。未來為減輕這些破壞性挑戰，同時為創新引領的增長和就業創造機會至關重要。

隨著無線網路成為數位化社會的核心組成要件，且將是提供可持續性數位解決方案，幫助實現聯合國和歐洲區域 SDGs，促進垂直產

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

業部門藉由數位化持續提高經濟發展效率和彈性，推動可持續增長並創造有意義的就業機會，進而支持歐洲向強大的循環經濟轉型。

因此，歐盟透過 Hexa-X 計畫作為發展 6G 技術與擘劃新興應用之標竿項目，此計畫認為，在 6G 時代，除了人與機器的連結，更進一步發展至將人與數位虛擬世界相互連接的可能性，創造具「第六感」的 6G 網路，讓人類與物理世界的互動更加直觀、有效，進而促進社會發展、提升生產力。



資料來源：Hexa-X 計畫，本研究整理，2021 年 11 月

圖 124：歐盟 Hexa-X 6G 場景

而 Hexa-X 計畫所描繪的 6G 場景所衍生的 6G 創新用例如下表：

表 151 Hexa-X 計畫擘劃的 6G 用例與相關應用

用例（Use cases）	應用項目
可持續性發展 Sustainable development	● 全民數位/電子健康（E-health for all） ● 機構單位廣泛覆蓋（Institutional coverage） ● 地球環境監控（Earth monitor） ● 自動化自主供應鏈（Autonomous supply chains）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用例（Use cases）	應用項目
可持續性發展：說明 6G 如何為社會轉型與經濟發展做出貢獻，以聯合國可持續發展和歐盟綠色協議為指標，提供全球數位服務和能源優化基礎設施和服務。	
大規模雙生 Massive Twinning	● 製造業數位雙生（Digital Twins for manufacturing） ● 沉浸式智慧城市（Immersive smart city） ● 用於可持續性食品生產的數位雙生（Digital Twins for sustainable food production）
大規模雙生：數位雙生是實體世界中將資產藉由數位化模型，藉由虛擬化即時展示其相關結構、數值，在 5G 世代中被視為助長智慧製造的關鍵應用之一。而大規模雙生則意旨將數位化範疇擴大至城市/國家環境管理、運輸物流、個人娛樂與社交互動、數位醫療健康、國防和公共安全等領域中。	
先進互動的超沉浸網真 Immersive telepresence for enhanced interactions	● 完全融合的虛擬-實體世界（Fully merged cyber-physical worlds） ● 混合實境共創（Mixed reality co-design） ● 沉浸式運動賽事（Immersive sport event） ● 混合實境遊戲/工作（Merged reality game/work）
先進互動的超沉浸網真：	
從機器人到協作機器人 From Robots to Cobots	● 消費型機器人（Consumer robots） ● 人工智慧伙伴（AI partners） ● 互動協作移動式機器人（Interacting and cooperative mobile robots） ● 彈性化製造生產（Flexible manufacturing）
從機器人到協作機器人：6G 系統可望提供超越給予單個機器人純粹指令和控制的技術結構。使機器人真正地成為“協作機器人”，架構人與機器人，或機器人與機器人彼此之間的共生關係，以有效地完成複雜的任務，或更好地滿足人類在日常互動中的需求和需求。	
人機本地可信任連網區域 Local trust zones for human and machine	● 精準健康照護（Precision healthcare） ● 感測器基礎設施網路（Sensor infrastructure web） ● 針對智慧城市建構的 6G IoT 微網路（6G IoT micro-networks for smart cities） ● 無基礎設施之網路拓展和嵌入式網路（Infrastructure-less network extensions and embedded networks） ● 臨時使用的本地網路建置覆蓋（Local coverage for temporary usage） ● 針對生產製造使用的小範圍、低功耗微網路之建置（Small coverage, low power micro-network in networks for production & manufacturing） ● 自動化公共安全系統（Automatic public security）
人機本地可信任連網區域：行動通訊服務至今仍是“蜂窩”通訊概念。然而，未來將有許多用例需要本地或私人通訊能力，進一步處理更密集、具敏感性在廣域網路中的資訊數據。因此，未來需要建構超越蜂窩拓撲的網路架構，以及打造更安全可信任的網路資安概念。因此，為了保護個人或機器特定資訊，需要藉由本地信任連網區域和獨立子網路作為專用網路運作相關應用，而採用的技術是複合的，如結合 AI、感測網路、或無蜂窩網路等。	

資料來源：Hexa-X，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(6). 英國 Surrey 大學 6GIC

英國 Surrey 大學 6GIC 提出的白皮書中，提出三種 6G 世代可能出現的用例：4D 影音（瞬間移動）、使不可見事物可見、先進邊緣至用戶環境。

Surrey 大學認為 6G 世代的 4D 影音（瞬間移動）應用，將如同科幻電影所呈現的全息影像一般，呈現於未來民眾生活中；使不可見事物可見則如數位雙生應用，透過混合實境呈現藉由 AI 大數據構築而成的數位影像訊息；而先進邊緣至用戶環境意旨邊緣運算下降到民眾周邊，即時處理 6G 世代龐大的數據，並智慧化地進行傳輸決策。

簡言之，Surrey 大學 6GIC 認為 6G 世代的創新應用將可實現物理實體和虛擬世界融合，透過 6G 實現 4D、即人類感知與所有周圍環境資訊之技術發展，實現人類感知、環境和遠距數據交織聯繫的新興數位服務；此外隨著網路覆蓋達到無所不在的程度，將促進偏鄉遠距等地民眾利用 6G 結合創新技術提升社經環境、消弭數位落差。

2. 關鍵營運商/大廠

(1). 電信營運商：NTT DoCoMo

NTT DoCoMo 於 2020 年推出的兩版 6G 白皮書” 5G 演進和 6G（5G Evolution and 6G）”，指出 6G 扮演連接網路虛擬和實體空間的神經系統，進而實現超智能社會。並且關於 6G 發展應從下圖四個面向切入：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：NTT DoCoMo，本研究整理，2021 年 11 月

圖 125：NTT DoCoMo 的 6G 願景

在上圖四大願景下，NTT DoCoMo 提出 6 項 6G 用例場景，包括超高速大容量通訊、超廣泛覆蓋、超低功耗與成本降低、超低延遲、超可靠通訊，以及超大規模連結與感測。

需要超高速大容量通訊場景的應用有五感通訊、超沉浸的 ARVR 體驗；超廣泛覆蓋則是可實現陸、海、天空及太空涵蓋的寬頻傳輸環境建構；超低功耗與成本降低相關應用包含在應用服務過程中的終端可以自動地透過無線充電，或是具備更低功耗能力。

超低延遲場景則擘劃出未來社會中人機/人與 AI 的即時性互動，讓智慧機器人主動感知民眾需求、即時提供解答與幫助；超可靠通訊則是確保關鍵任務性工作（如智慧製造、智慧醫療等）連網無虞、以及資安保障。最後針對超大規模連結與感測場景，其應用便是可建構出超大規模同時連網、資訊交換、數位雙生的智慧城市。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：NTT DoCoMo，本研究整理，2021 年 11 月

圖 126：NTT DoCoMo 的 6G 用例場景

(2). 電信營運商：中國移動

中國移動從 2018 年開始就啟動 6G 相關研究，在其”2030+願景與需求”報告中，對 6G 的願景為：數位雙生、智能泛在(Ubiquitous Intelligence)。中國移動認為如果十年之後全世界每一物體將有一數位化對應的虛擬體於網路空間中，未來的人、事、物將可基於所有數位化虛擬體建構出所謂的數位雙生世界，透過隨在於虛擬網路中 AI 大數據資訊分析，將可對物理實體世界進行預測，進而做出對應決策，甚至藉此卻保社會環境運作，換句話說，即是真真正正地建立出智慧城市。此情況下，整個社會的治理效率、日常工作效率、教育娛樂的品質、甚至醫療保健質量都有機會大幅提昇。

整體而言，中國移動認為 2030 年以後有三大類典型應用場景：智享生活、智賦生產與智煥社會。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：中國移動，本研究整理，2021 年 11 月

圖 127：中國移動 2030+典型應用場景

所謂智享生活意旨藉由 6G 行動通訊系統中的通感互聯網、孿生體域網、智能互動等應用，充分利用未來腦機互動介面、AI、全息通訊等新興技術，塑造生活新形態，如更便捷的購物體驗、高效率學習、遠距協同辦公、智慧醫療健康等。

表 152 智享生活相關應用

應用場景	概述
通感互聯網	聯動包含視覺、聽覺、觸覺、嗅覺、味覺等多重感官，實現五感互通的體驗傳輸網路。藉由通感互聯網基礎設施，人們可充分與遠距溝通的對象，實現重要感覺沉浸式遠程傳輸與互動體驗。
孿生體域網	2030 年後的隨著奈米、感測器、穿戴甚至植入式等關鍵技術或有突破性發展，體域網將可望實現人體數位化和醫療智慧化。促使孿生體域網應運而生，構築出個性化虛擬世界的“數位人物”，透過對“數位人物”健康監測和管理，實現民眾生命體征的全面精準監控、病理研究、靶向治療和重症風險預測等。
智能互動	2030 年後透過 AI 在網路端、終端、應用端各領域的滲透與融合，促使智慧化機器人等類型產品有機會被賦予更智慧化、自主性的情境感知與認知能

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

應用場景	概述
	力，進而實現對一般民眾的情感與動作的判別與反應，產生主動的智慧化互動行為。

資料來源：中國移動，本研究整理，2021 年 11 月

智賦生產部分，可從智賦工業與智賦農業兩領域切入。在智賦工業部分，意味著工業化與智慧化、數位化的深度融合，使得數位雙生技術與工業生產密切整合，不僅起到預測工業生產流程所面臨的各種問題、增進生產效率的作用，還可使實驗室中的生產研究借助數位化的模擬，進一步提高生產創新力。

智賦農業部分，則是利用資訊化、智慧化方式掌握城市端消費需求與農產端的供給狀態，藉由大數據、物聯網、雲端運算等技術結合 6G 網路，促使大規模的無人機、機器人或環境監視感測相關智慧化設備終端，實現大規模智慧型物聯網的全連結。

資料來源：中國移動，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 128：智賦生產

最後，智煥社會部分，中國移動表示行動通訊網路是建構智慧社會/城市的關鍵基礎設施。6G 世代結合陸海空甚至太空的全覆蓋泛在通訊網路，將可支持公私領域的各式各樣智慧化創新應用服務，有利於縮短各區域數位落差、實現智慧化社會治理。

在應用場景上，中國移動提出以下幾項：

- 超能交通：包含交通體驗、交通行進與交通環境三環節。未來隨著無人載具的暢行，交通行進間的體驗將大不同，行動辦公、家庭出遊、娛樂生活都會有不同樣貌。交通行進部分，城市交通則或不再侷限日常的陸地交通行進，空中無人車/計程車相關型態將逐步出現，民眾也將可體驗 On-demand 的立體交通服務。此外，隨著網路拓樸建置的完整，且覆蓋海陸空等空間，使得無人機路況巡檢、超高精度定位等技術得以實現更安全可信的交通環境。

- 智慧公共服務普及：中國移動認為在基於“全方位覆蓋”的 6G 網路中，精準醫療將進一步延伸其應用，實現醫療健康服務由“以治療爲主”向“以預防爲主”的轉化。而當 6G 世代的全息影像通訊與 AI 人工智慧更為成熟，教育方式不但可實現遠距多人即時互動教學，更能夠智慧化地以一對一的方式，針對特定需求學生提供教育環境。同時，結合數位雙生，掌握學生個人特點與差異，更能實現客製化的教學手法。最後，藉由全方位覆蓋網路連結，提供全息影像互動應用，民眾在無法出遊之時，也可隨時藉由超沉浸式的虛擬體驗，暢享文化藝術之旅。

- 精細的社會治理：2030 年後，高山、深海、沙漠等偏遠險峻的「無人區」藉由 6G 世代結合衛星、HAPs 與地面網路基

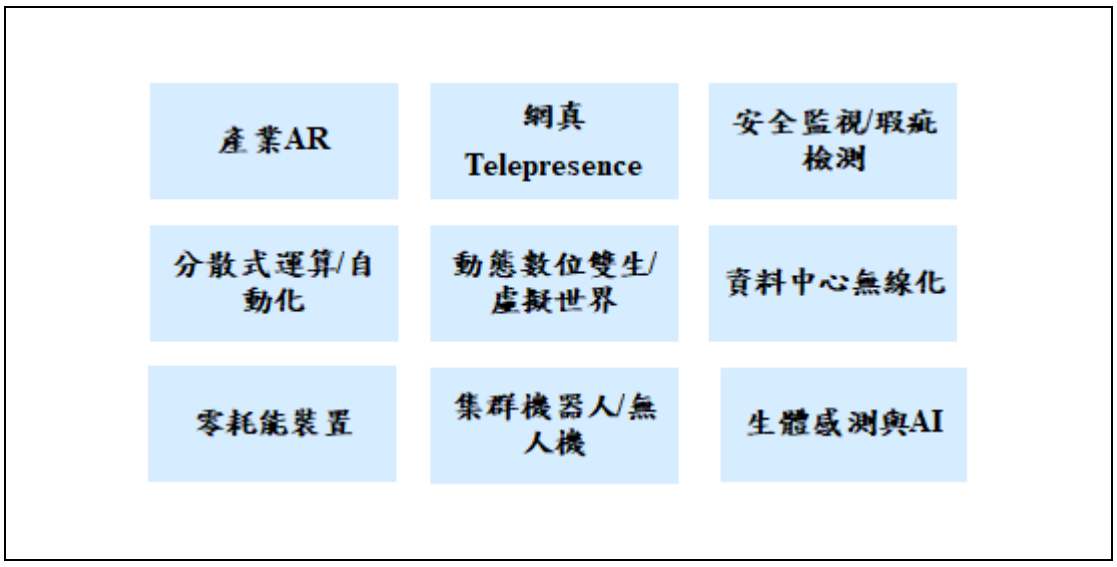
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

礎設施建構而成的全覆蓋網路環境，將有利於社會治理更便捷、精細與智慧化。例如，透過 6G 網路結合數位雙生，實現了大樓虛擬成像建構，在災害（如火災）發生當下，可做最佳消防逃生決策；利用在無人區域廣佈低功耗感測裝置與全網覆蓋，則可即時探測、監控環境變化，針對颱風預警、洪水監測、沙塵暴預警等都可進行事先災害預測防範。

(3). 國際大廠：Nokia

Nokia Bell 實驗室提出，6G 將即時連結數位世界、物理世界與生物。Nokia 認為儘管 5G 在標準、應用方面仍有許多創新，但諾基亞已開始在實驗室中探索 6G。

在 Nokia 認為 6G 關鍵應用場景可分為九大項，如下圖：



資料來源：Nokia，本研究整理，2021 年 11 月

圖 129：Nokia 6G 關鍵應用場景

(4). 國際大廠：Samsung

Samsung 認為隨著通信、感測、成像、顯示和人工智慧等關鍵技

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

術的進步與成熟，將衍生更多元創新的 6G 應用。這些新應用服務將藉由人類和所有事物的「超連結」相關技術，給予人們終極的多媒體體驗。而 6G 時代的關鍵應用服務包含三大項：

- 真實沉浸式 XR （Truly Immersive XR）：XR 一詞早已在 5G 世代廣為流傳，其實就是結合 VR、AR 及 MR 的新術語。然而，在技術上卻仍在持續開發中，要發揮 XR 的應用潛力，在現實上仍要克服硬體端的的種種門檻，諸如終端獨立運算及行動運算能力、電池容量、尺寸重量等。Samsung 認為硬體限制可以用運算分流來解決，但最大的挑戰在於能否提供足夠的無線傳輸容量。XR 影音串流未來可能需要 16K UHD 的影音需求，而若以 16K VR、壓縮率 1/400 而言，就需要至少 0.9Gbps 的吞吐量。這是 5G 無法負荷的傳輸需求。

- 高度逼真的行動全息影像（High-Fidelity Mobile Hologram）：全息影像是可以通過全息顯示器呈現手勢和面部表情的下一代媒體技術。藉由實時捕捉、傳輸和 3D 渲染技術來獲取要顯示的內容。而要即時性的傳輸全息影像，需要比當前 5G 系統高數百倍的數據傳輸速度，如在 6.7 吋行動裝置上的約 111 億像素的全息影像即時顯示，就需要至少 0.58 Tbps 速度。5G 的峰值數據速率為 20 Gbps，則無法支持該應用。

- 數位複製（Digital Replica）：亦為「數位雙生」。然在 6G 環境中的數位雙生能在虛擬世界中探索和監視現實，而不受時間或空間限制。用戶可通過數位雙生應用來觀察現實世界變化或在遠端發現問題。甚至，可使用 VR 設備或全息影像顯示器、遠程控制產測器和控制器，讓用戶下在虛實環境中展開互動。如用戶可透過數位雙生掌握遠程站點狀態，在即時控制現實空

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

間中的機器人，在 AI 幫助下進行精細的作業。然此技術挑戰在於，為了複製 1 平方公尺虛擬空間，需要千億像素，傳輸速度至少需 0.8Tbps，且要延遲速度要在 100ms 以內。

3. 小結

總觀各國、技術組織、產學研究所擘劃之 6G 創新應用與場景先期前瞻研究大致上可以將 6G 世代社經創新應用場景歸納為九個面向：

表 153 6G 潛在社經生活應用場景

應用場景	概述
1. 超真實臨場/沈浸式五感體驗	● 透過即時捕捉、傳輸及 3D 全息投影，形成臨場擴增實境環境，或以圖像組成的虛擬化身及動態數據建構。 ● 6G 時代下的超實感沉浸式應用，如可透過延展實境（Extended Reality, XR）媒體串流大眾可觀看 16K UHD 影音（Samsung, 2020）、高逼真行動全像圖（High-Fidelity Mobile Hologram）與實現五感通訊的感知聯網（Internet of Senses）。 ● 未來人類、生物僅須配戴與生物體相容之鏡片薄膜、穿戴式裝置，甚至配合植入式裝置，即能穿梭於虛擬與現實。
2. 全覆蓋網路連結環境	● 6G 不再僅限於地面行動通訊服務，結合高空平臺（High Altitude Platform Stations, HAPS）、低軌衛星等非地面通訊網路（Non-Terrestrial Networks, NTN），屆時網際網路將進一步延伸至天空、海洋領域，真正的無遠弗屆。 ● 全覆蓋網路實現異域應用整合 ■ 全覆蓋網路環境下，人類、物品、資訊皆能透過新空間完全自主無人載具的應用移動、傳遞或偵測。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

應用場景	概述
	■ 多維度巨量智慧物聯網應用上得以完整掌握各層面、各領域之樣態，並廣泛進行感測、資料蒐集、AI 即時分析與回饋。
3. 多維度超大規模智慧物聯網應用	● 智慧物聯網裝置藉由 6G 衛星通訊實現全覆蓋網路而密集廣泛散佈於陸海空環境中，大至整體國家、社會、校園、廠房，小至個人植入式裝置。 ● 具有 AI、運算功能，結合零延遲即時互動人工智慧，及時因應環境、作業情形、人體變化，蒐集分析人、物、事件資訊，並進行反饋即採取相關措施。
4. 跨空間完全自主無人載具應用	● 利用衛星、非地面通訊網路（Non-Terrestrial Networks, NTN）6G 通訊技術。 ● 藉 AI 於無線網路提升交遞（handover）效能 ■ 實現於陸、海、空多維空間的完全自主無人載具應用。
5. 超即時、精準智慧醫療照護	● 結合 AI 的實時感醫療與照護應用將能夠透過微奈米級體內感測儀器，隨時偵測人類與其他生物體狀態，提早預防、即時診斷與初步治療照護。 ● 於緊急狀況下連結醫護資源系統快速應對，以遠距分身進行醫療手術。
6. 遠距零時差超臨場智慧機器人	● 智慧化機器人將無所不在，廣泛而密集的以各種形態出現於陸海空等領域。 ● 同時作為實體分身，於虛實整合環境，進行遠距超沈浸臨場的智慧化機器人操作。 ● 透過 AI 即時感測，連結大數據資料庫，運算分析，提供人類完整特定服務或與人類共同完成特定活動。
7. 零延遲即時互動人工智慧	● 6G 時代將隨時保持穩定的端到端低延遲，實現更先進的零延遲即時互動式 AI 服務。 ■ 網路與生活皆與 AI 結合 ■ 連網裝置自主偵測、判讀並處置 ■ 與多維度巨量智慧物聯網配合無間
8. 超精度立體定位感測	● 結合衛星通訊使 6G 的定位精準度大幅提升並涵蓋陸海空，實現室內 10 公分、室外 1 公尺的超精度立體定位。
9. 超精準公共安全與即時災害應變	● 6G 透過衛星通訊能精準捕捉超大範圍的陸海空形貌與人、物，實現超精準公共安全應用。 ● 於涵蓋陸海空的全覆蓋網路環境下，得以無時無刻掌握任何位置的即時資訊，且能因應人事物進行即時分析運算，對公共安全與災變事件做出即時反應。

資料來源：各大廠，本研究整理，2021 年 11 月

行動通訊技術的改變，不僅影響民眾間的溝通互動模式，甚者對於民眾生活與社會發展更帶來巨大的影響，舉例而言在 6G 訴求之陸海空一體化網路、萬物聯網下，結合如人工智慧、機器學習、新型態感測器、人機界面等創新技術，於交通領域預期可實現全自駕車智慧

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

交通系統，改變民眾與社會運輸模式；另者於製造生產領域，預期人機協作將更趨於完美互相協調與配合，推進製造生產模式更滿足彈性製造需求；再者於零售領域，結合數位孿生技術之應用，體感交互下預期可為民眾帶來便捷試衣服務等。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第七章：子題 2.2，研析 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務之頻譜需求

一、 前言

隨著 5G 標準逐步完成，國際間相關單位已開始 B5G，甚者 6G 技術應用領域之研究，以此思考、擘劃 B5G/6G 世代通訊技術下潛在之多元創新應用場景。惟當中通訊技術之發展仰賴頻譜資源，而作為行動通訊技術發展的頻譜資源卻實屬寶貴且稀缺，甚者可謂頻譜資源的規劃整備將是通訊產業起點，有很大程度將影響、決定產業發展之方向、節奏和格局。在此之下，掌握 B5G/6G 技術發展與創新應用下之頻譜需求趨勢，有其重要性與必要性，期望透過掌握前瞻頻譜需求趨勢，藉以期逐步找出後續潛在可釋出、或需整備之頻譜資源，以滿足社經產業發展需求。

本研究為掌握關鍵B5G/6G技術發展與創新應用下之頻譜需求趨勢，本研究除優先研析國際電信聯盟預計於 2023 年舉行之世界無線電通訊大會 WRC-23 之頻譜相關議題，藉以掌握關乎全球行動通訊之頻譜使用規範外，進一步將透過觀察國際標準組織聚焦之頻譜需求關鍵議題，期以能掌握國際標準組織對頻譜需求關鍵議題之發展趨勢，以此做為我國未來研議前瞻頻譜整備與規劃之參考依據。

值得一提的是，本研究立基本章節針對國際電信聯盟與國際標準組織頻譜需求趨勢之研究，後續將於子題 2.3 進一步聚焦探究國際主要區域電信組織、國際主要國家於上述頻譜需求趨勢下的頻譜整備規劃，其後另於子題 2.5 針對前述頻譜需求趨勢，以及國際主要區域電信組織、國際主要國家之頻譜整備規劃，透過彙整歷次專家研習小組與座談會之討論與專家建議，融以本研究團隊對主要區域電信組織、

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

主要國家之觀察，提出我國頻譜政策規劃之建議。

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求進程

國際電信聯盟（ITU）的世界無線電通訊大會（WRC），係全世界無線電立法締約之最高指導單位，其每 3~4 年招開一次 WRC 大會，用以審議與修訂「無線電規則（Radio Regulations）」，以此確立全球無線電頻譜使用規範，而該規範不僅對全球無線電技術之發展，以及相對應之潛在創新應用之開發具影響與約束力，甚者對相關產業之發展帶來深遠影響。

WRC 大會一般設立十項議程，其中第一項議程係關乎各式無線電業務未來發展所需之頻譜劃分、規劃與訂定，另者第九項議程中之第 9.1 立項「無線電通訊局主任報告」，其中亦有部分來自無線電業務部門新設立之研究項目，而該研究項目涉及未來無線電頻譜劃分，而以無線電頻譜規劃而言，第一項與第九項（9.1）係歷屆 WRC 大會之重點討論項目。除上述以外，其餘議程多屬於常設議程，如第七項議程係針對衛星網路之頻譜指配方式、協調、登記方式作出修改；又如第八項議程，係聚焦特定國家電信主管機關所提出之註腳修訂/刪除的請求審議。

以預計於 2023 年舉辦之 WRC-23 大會而言，其會議討論議項係於 2019 年舉辦之 WRC-19 大會決議確立，總計 19 項新議項，而其編號為 1.1 至 1.19。為助力 WRC-23 大會進行與相關議項之討論與決議，依據國際電信聯盟「國際電信聯盟全會會議總規則」規定，需在 WRC-23 大會舉辦前舉行 WRC-23 大會籌備會議（Conference Preparatory Meeting, CPM，以下簡稱 CPM-23），而 CPM-23 需真對 WRC-23 新議項進行初步研究且提出研究準備工作報告（CPM Report），除說明來自無線電通訊研究組的研究成果進行介紹、討論外，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

另需說明 WRC-23 新議項的相關規則、技術與操作資料。

觀察 CPM-23 第一次會議報告，其依據 WRC-23 各議項涉及之無線電業務範疇的不同，將該些議項進行章節劃分(如下表所示_，而以本研究探討之 B5G/6G 而言，係劃分於「第一章」IMT 系統相關之五個議項–1.1~1.5，以下針對該五個議項之內容與討論項目進行論述與說明。

表 2 WRC-23 議項章節規劃

章節	標題	議項
第一章	固定、移動、廣播	1.1、1.2、1.3、1.4、1.5
第二章	航空、水上	1.6、1.7、1.8、1.9、1.10、1.11
第三章	科學	1.12、1.13、1.14
第四章	衛星	1.15、1.16、1.17、1.18、1.19、7
第五章	常規事宜	2、4、9.1

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

(一). 議項 1.1：在允許 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用下 PFD 限制標準的必要性

係探討：在允許 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用下，為保護目前部分國家已使用該頻段於國際空域和水域中航空移動業務（AMS）與水上移動業務（MMS），對於 4800-4990MHz 用於 IMT 的功率通量密度（PFD）的限制標準，該標準的必要性與是否適當。

該議項，係源自 WRC-15 中 IMT 議題的延續，其探討是否把 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用，其中以中國大陸為首的國家支持 4800-4990MHz 標幟為 IMT 中 5G 的應用，惟歐美部分國家因已將該頻段應用於航空移動業務（AMS）與水上移動業務（MMS），故持反對意見，而 WRC-15 大會最終決議（第 223 號決議）除中國大陸外，僅

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

允許柬埔寨、越南等 4 個國家將 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用，但使用該頻段的國家在沿海地區部署 IMT 基地台的功率通量密度須受到限制（係註腳 5.441B：海拔 0 m 至 19 km 之間不超過-155 dBW/m2/MHz）。

其後，WRC-19 針對 WRC-15 決議之註腳 5.441B，討論其必要性與功率限制標準是否適當，經討論後 WRC-19 大會決議（第 223 號決議）暫停執行 5.441B 的功率規定，且允許中國大陸、俄羅斯、巴西等 42 個國家將 4800-4990MHz 標幟為 IMT 應用，而該決議之效益在於有助於如中國大陸等國家使用 4.9GHz 頻段奠定了國際法規基礎，而且對 4.9GHz 頻段 IMT 國際化應用、加速該頻段產業鏈成熟給予推動作用。惟針對暫停執行註腳 5.441B 之決議，仍有部分國家持反對意見，堅持應執行 5.441B 的功率限制。

為解決上述註腳 5.441B 之爭議，WRC-19 大會決議將該爭議至於 WRC-23 進行複審（即議項 1.1），並委由 ITU-R 第五研究組（WD 5D）進行該頻段 IMT 業務對航空移動與水上移動業務之潛在影響可能性研究，另於 WRC-23 大會前提出研究報告，以利 WRC-23 大會延續探討 4800-4990MHz 用於 IMT 的功率通量密度限制標準的必要性與適當性，且探討有關保護位於國際空域或水域且工作於該頻段之航空與水上行動通訊的技術與規則條件。

(二). 議項 1.2：探討於 6-24GH 範圍內新增頻段標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性

議項 1.2，係 WRC-23 新增 IMT 頻段的核心議項。該議項係源自 WRC-19 前許多國家提出新增中頻段標誌為 IMT 的需求，而不同於 WRC-15 主要聚焦探討新增 6GHz 以下 IMT 頻段，且亦不同於 WRC-

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

19 側重探究 24-86GHz 之毫米波頻段，於 WRC-23 則著重於 6-24GH 範圍內新增頻段標誌為 IMT 應用的可行性。

WRC-19 會議中經各區提案，最終 WRC-19 決議於 WRC-23 中，依據區域的不同個別探討於 6-24GH 範圍內，新增頻段標誌為 IMT 應用的可行性。各區 IMT 新增之候選頻段，分別為：

- 1 區：3300-3400MHz、6425-7025MHz
- 2 區：3300-3400MHz、3600-3800MHz、10.0-10.5GHz
- 全球：7025-7125MHz

於 WRC-23 將針對各區提案進行討論，除確立 IMT 應用中地面部分所需之技術特性、操作特性與傳播特性外，另需研議其中之監管問題、可能之場景應用、頻段共用與相容性研究，以及酌情包括相鄰頻段既有服務應用。

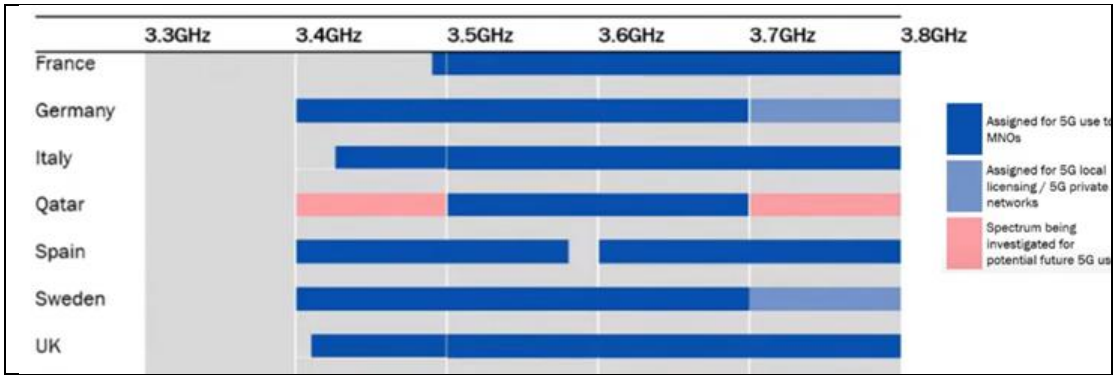
值得一提的是，3600-3800MHz 係 IMT 熱門潛在頻段之一，如於歐洲（1 區）已納入 5G 發展路線圖中，作為 5G 中頻段頻譜之一，另於美國（2 區）亦積極研究將該頻段用於作為 5G 發展的潛在機會，惟該頻段現時係 C 頻段（3400-4200MHz）衛星下行鏈路的重要頻段之一，故針對該頻段是否納入為 IMT 新增候選頻段，於各區存在些許爭議。

於 WRC-19，各區針對該頻段是否納入為 IMT 新增候選頻段之討論，最終僅有 2 區將該頻段納入 WRC-23 的議項 1.2 進行討論（決議 245 號），而 1 區因為對該頻段作為 IMT 新增候選頻段存在不小分歧，故決議於 WRC-23 的議項 1.3 另行討論（決議 245 號），而 3 區因為對該頻段作為 IMT 新增候選頻段並未達成一致意見，因此 WRC-19 中決議不採取任何變動。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 議項 1.3：探討 1 區 3600-3800MHz 標誌 IMT 為主要業務劃分的可行性

議項 1.3，係議項 1.2 之延續討論項目。起始於 WRC-19 提案過程，對計畫將在 WRC-23 進行討論之 6-24GH 範圍內新增頻段標誌為 IMT 應用的討論過程中，作為 5G 熱門頻段的 3600-3800MHz，1 區多數國家冀望能將該頻段納入討論，且能於 WRC-23 獲取決議將 IMT 於該頻段由現時的次要業務劃分提升為主要業務劃分，以此推進 1 區 5G 建置/應用發展。而事實上，現時多數歐洲國家早已將該頻段用作 5G 發展(如下圖所示)。



資料來源：ITU WRC-23 Webinars，本研究整理，2021 年 11 月

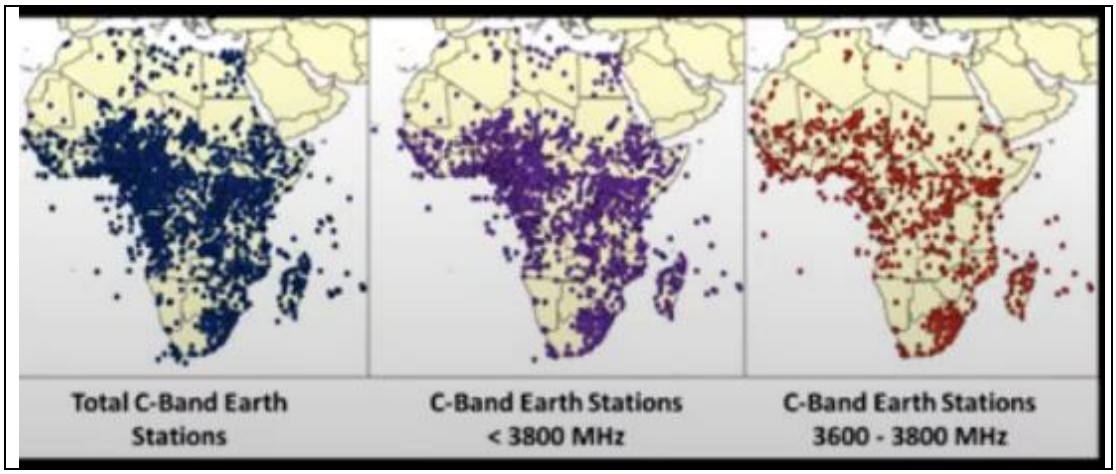
圖 130：1 區中 3600-3800MHz 用作 5G 行動通訊之國家

舉例而言，法國、義大利、西班牙、英國等歐洲國家，係已將 3600-3800MHz 用作 5G 行動通訊，甚者德國將其中之 3700-3800MHz 作為企業 5G 專網（5G local licensing / private network）。

然而，1 區對 IMT 能於 3600-3800MHz 頻段作為主要業務劃分之冀望，因該頻段現時已是 C 頻段（3400-4200MHz）固定衛星（FSS）下行鏈路之重要頻段，且同時為全球多數國家衛星新聞轉播（SNG）主要運用頻段，故部分國家對此持反對意見。值得一提的是，處於熱

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

帶地區的非洲國家，因環境與經濟因素而缺乏行動通訊基礎建設下，其相較其他 1 區範圍內國家更加仰賴固定衛星服務(如下圖所示)，非洲國家具有高密度之固定衛星地面接收站。



資料來源：ITU WRC-23 Webinars，本研究整理，2021 年 11 月

圖 131：非洲固定衛星地面接收站分布圖

然而熱帶地區非洲國家之固定衛星服務，因受制雨致衰減（rain attenuation）影響，使得其空對地固定衛星服務更加需求 3600-3800MHz 頻段，因其可以帶來比高頻段更佳穩定之連線傳輸表現，故非洲多數國家對 IMT 於該頻段標誌為主要業務劃分之議項持反對意見。

針對此議項，WRC-23 大會將依據國際電信聯盟 5A 工作組（WP 5A）對該頻段與相鄰頻段內之主要行動業務的共用與相容性研究為基礎，決議是否允許 2 區將該頻段標誌為 IMT 應用，以及是否訂定 IMT 的優先權為主要業務劃分。

(四). 議項 1.4：研議 2.7GHz 以下部分 IMT 頻段劃分給 HAPS

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

做為 HIBS 的可行性

議項 1.4，係探討 2.7GHz 以下現行部分 IMT 頻段劃分給高空偽衛星（High Altitude Platform Station, HAPS），以把 HAPS 用作 IMT 基地台的可行性（HIBS）。HAPS 最早起源於 1970 年代，係指位於高空約 20-50 公里之高空通訊平台站，其具備覆蓋範圍廣、延遲低等特點，可用於偏遠地區，抑或惡劣地形而無法建置地面基地台之地區作為通訊基地台之替代解決方案。議項 1.4 針對 HAPS 作為 IMT 基地台之可行性討論，其涉及之頻段為：

- 694 -960 MHz、
- 1710-1885 MHz，其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路、
- 2500-2690 MHz，其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz。

針對此議項，WRC-23 大會將依據國際電信聯盟 5D 工作組（WP 5D）對該些頻段與相鄰頻段內之主要行動業務的共用與相容性研究，以及該應用潛在技術、操作特性等研究為基礎進行討論，決議是否允許該些頻段作為 HAPS 用途。

惟值得注意的是，上述規劃頻段中的 2520-2670Mhz 頻段，部分國家已將該頻段作為衛星廣播業務（BSS）與航空無線電導航業務，為避免潛在訊號干擾問題，故持反對意見。

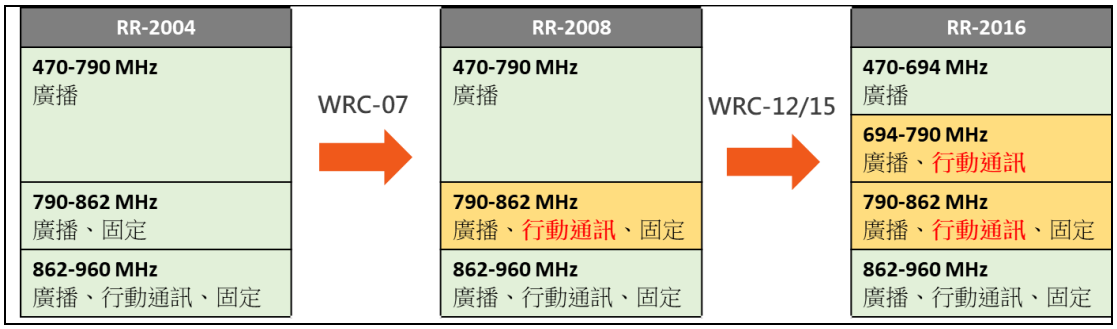
(五). 議項 1.5：研議 1 區廣播業務的 470-694 MHz 是否開放移動通訊使用

議項 1.5，係源自 WRC-15 大會中 1 區提出，其後因未能納入

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

WRC-19 議項，故 WRC-19 決議將於 WRC-23 進行討論。議項 1.5 主要聚焦審議 470-694MHz 頻段內現有廣播業務的使用情況，且進一部探究該頻段中廣播與行動通訊兩業務間的共用與相容性研究，以此審議是否釋放該頻段用於行動通訊業務。

針對 1 區欲使用既有廣播業務頻段予以行動通訊業務使用，其早於 2004 年即已逐步放寬既有廣播業務頻段允許行動通訊業務使用(如下圖所示)，甚者將行動業務同廣播業務位列主要業務範疇。



資料來源：ITU WRC-23 Webinars，本研究整理，2021 年 11 月

圖 132：一區 UHF 頻段中廣播與行動通訊業務消長

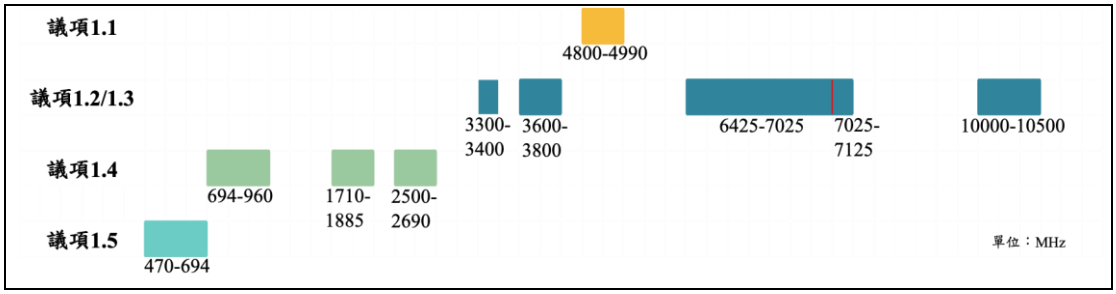
於 1 區，2004 年以前 470-960MHz 主要劃分予廣播服務業務，其後伴隨行動通訊服務的增長，於 WRC-07 決議將既有廣播業務頻段 790-862MHz 允許行動業務使用，後續 WRC-12 與 WRC-15 決議進一步將既有廣播業務頻段 694-790MHz 允許行動業務使用，而後 WRC-23 進一步討論是否允許既有廣播業務頻段 470-694MHz 允許行動業務使用。

針對 1 區所提議項 1.5，執得一提的是，470-694MHz 原即為歐洲 5G 發展路線圖之潛在候選頻段，惟於全球發展中以下之國家仍將廣播業務作為提高通訊覆蓋範圍之首要工具下，故該議項最終僅限定為 1 區範圍內國家所適用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(六). 小結

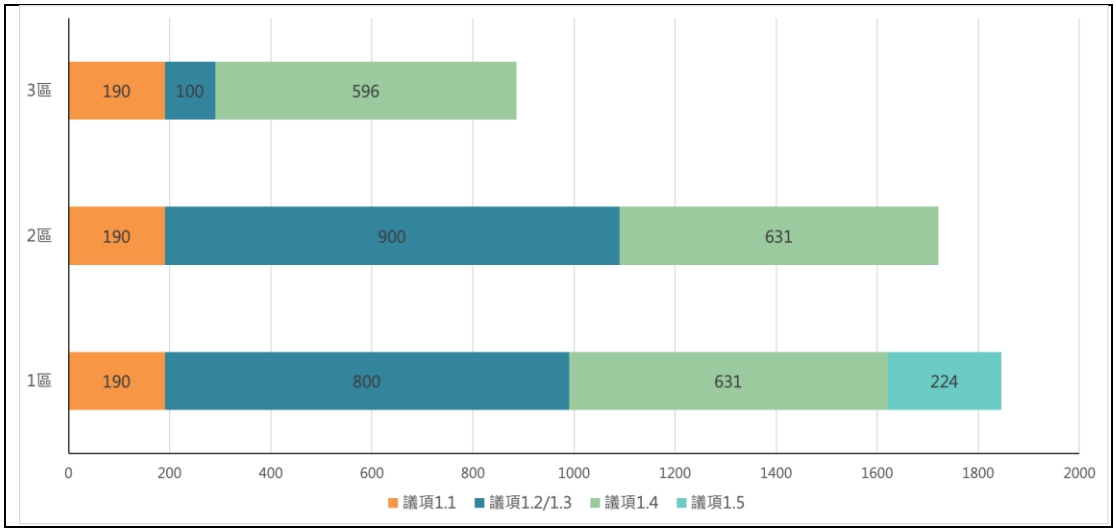
綜觀 WRC-23 中有關 B5G/6G 之 IMT 相關議項，如下圖所示，相關議項之討論多集中在 10.5GHz 以下，其中 IMT 新增候選頻段之議項 1.2，其涉及之頻寬顯著大於其他議項，此意味議項 1.2 預期將會是 WRC-23 研議討論重點。



資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 133：WRC-23 大會 IMT 相關議項之討論頻段

進一步以區域而言，如下圖所示。



資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

圖 134：各區域 IMT 相關議項涉及頻寬

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

1 區涉及之 IMT 議項的總頻寬最大，其次 1 區與 2 區於議項 1.2 中 IMT 新增候選頻段部分，雖然兩造聚焦頻段不同（分別為 6GHz 與 10GHz），但兩造研議新增之 IMT 候選頻段之總頻寬相近。惟反觀我國所處 3 區，於議項 1.2 中 IMT 新增候選頻段之頻寬僅 100MHz，顯著小於 1 區與 2 區，而其意味 3 區對於整備 IMT 頻段之總量顯著不足於 1 區與 2 區。

展望 5G 中後期之 B5G，甚者 6G 之發展，3 區應嚴加關注 1 區與 2 區對 IMT 未來發展所需頻段與頻寬之需求整備，藉以為後期 B5G/6G 行動通訊發展預先準備。

三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題

以下透過觀察國際標準組織聚焦之頻譜需求議題，以此研擬三項頻譜需求關鍵議題，期以能掌握國際標準組織對頻譜需求關鍵議題之發展趨勢，以此做為我國未來研議前瞻頻譜整備與規劃之參考依據。

(一). 熱門頻段衝突：6GHz

6GHz 頻段的重要性，顯現於兩大國際標準組織 Wi-Fi 聯盟與 GSMA 協會之爭，兩大國際標準組織皆積極爭取 6GHz 頻段，其中以 GSMA 協會觀點而言，其主張除了技術論點以求滿足 ITU IMT-2020 的做低性能要求以外，更進一步提出 6GHz 頻段運用於 5G NR 可以有助於改善區域數位落差，且實現聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)；相反的，以 Wi-Fi 聯盟觀點而言，同樣除了技術論點要求一個連續大頻寬係為支應下世代 Wi-Fi 標準外，其更進一步提出 6GHz 頻段運用在 Wi-Fi 對全球經濟之潛在影響，以 Wi-Fi 聯盟委託 Telecom Advisory Services 的研究成果指出，6GHz 頻段用在 Wi-Fi 估計在 2025 年可以為全球帶來高達 4.9 兆美元的經濟價

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

值，且受益於 Wi-Fi 的全球就業人數將達到 400 萬人次。

有鑑於 6Ghz 此熱門頻段的重要性，本研究以下除由國際標準組織觀點，研析各自對該頻段之使用需求與趨勢外，進一步由產業生態系的觀點，研析 3GPP 對 6GHz 頻段之研究發展進程，以下逐一論述。

1. 3GPP

3GPP 始研析 6GHz 作為 5G NR 新授權頻段，係造起於 2020 年 9 月 14-18 日之 3GPP RAN #89e 大會，由 Huawei、HiSilicon、ZTE、Ericsson 與 Nokia 聯合提案-RP-202114，希望 3GPP 針對 6GHz(5925-7125MHz)作為 5G NR 授權頻段進行相關研究，而該項提案主要依據之一，係有鑑於 5G NR 之應用發展需求愈來愈多授權頻段，而在此需求下僅中頻段可以同時滿足 5G NR 於覆蓋與容量之需求，故研議以 6GHz 作為 5G NR 中長期發展所需之新頻段。

除上述外，該提案主要依據之二，係有鑑於在 WRC-19 大會上部分區域組織與國家，提議於 WRC-23 討論 6GHz 作為 IMT 業務服務新增頻段，具體而言包含：

- 亞太電信組織(Asia-Pacific Telecommunity, APT)，依據該區域組織之決議- ACP-C10-IMT，提議 7025-7125MHz 作為 IMT 業務服務新增頻段(APT 於 WRC-19 提案文：WRC-19-C-0024)；

- 非洲電信聯盟(African Telecommunications Union, ATU)於考量未來 IMT 發展需求下，提議於 6-24GHz 範圍內研議部分頻段段作為 IMT 業務服務新增頻段(ATU 於 WRC-19 提案文：WRC-19-C-0046)；

- 亞塞拜然共和國、斯洛伐克共和國與斯洛維尼亞共和國，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

三國依據決議-AZE/SVK/SVN-A10-IMT，聯合提議將 6425-7125MHz 作為 IMT 業務服務新增頻段(三國於 WRC-19 提案文：WRC-19-C-0109)；

- 阿富汗、柬埔寨、中國大陸、寮國、蒙古、尼泊爾與巴布亞紐幾內亞，七國於考量未來 IMT 發展需求下，提議將 5925-7125MHz 作為 IMT 業務服務新增頻段(七國於 WRC-19 提案文：WRC-19-C-0110R2)。其中，中國大陸之中國通訊標準化協會(Chian Communication Standards Association, CCSA)的無線通訊組 TC5，另已完成 5925-7125MHz 作為 5G NR 業務服務新增頻段之可行性技術規範/參數報告-TC5-WG8-2019-003。

值得一提的是，除上述區域組織與國家已於 WRC-19 大會發表之提議外，另區域通信聯合協會(Regional commonwealth in the field of communications, RCC)計畫於 WRC-23 大會提議將 6425-7125MHz 作為 IMT 業務服務新增頻段，且 RCC 另於 3GPP 提交文件 RP-201438，希望 3GPP 將 6425-7125MHz 納入 5G NR 技術操作規範，以確保 RCC 國家能於該頻段部屬 5G NR 設備/系統。

目標需求部分，Huawei、HiSilicon、ZTE、Ericsson 與 Nokia 聯合提案-RP-202114 之目標需求，係希望 3GPP 在分別考量 5925-7125MHz、6425-7125MHz 作為 5G NR 新授權頻段下進行三個工作項目研究，包含：

- 定義系統參數，如：通道頻寬(channel bandwidths)、頻道分配(channel arrangements)、
- 定義 UE 的接收器與傳送器的特性要求、
- 定義 BS 的接收器與傳送器的特性要求。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

工作進度規畫部分，依據 RP-202114 所載，3GPP 將會在部分國家/地區允許把 5925-7125MHz 之部分或全部頻段作為 5G NR 業務服務新增頻段後立即進行相關研究，而每個項目之研究進度規劃，如下表所示：

表 154 3GPP 6GHz 研究項目規劃

TS/TR No.	Description of change	Target completion plenary#	Remarks
38.101-1	NR; UE Radio transmission and reception	12 months after the start of the work	Core UE part
38.133	NR; Requirements for support of radio resource management	12 months after the start of the work	Core UE part
38.104	NR; BS Radio transmission and reception	12 months after the start of the work	Core BS part
38.141-1	NR; Base Station (BS) conformance testing Part 1: Conducted conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part
38.141-2	NR; Base Station (BS) conformance testing Part 2: Radiated conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part
36.104	E-UTRA; BS Radio transmission and reception	12 months after the start of the work	Core BS part
36.141	E-UTRA; BS conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part
37.104	E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) radio transmission and reception	12 months after the start of the work	Core BS part
37.141	E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part
37.105	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) transmission and reception	12 months after the start of the work	Core BS part
37.145-1	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 1: conducted conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part
37.145-2	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 2: radiated conformance testing	15 months after the start of the work	Perf. BS part

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

值得一提的是，對於 Huawei、HiSilicon、ZTE、Ericsson 與 Nokia 之聯合提案，另支持的單位包含：中國廣播網(CBN)、中國信息通信研究院(CAICT)、中國電信科學技術研究院(CATT)、瑞典特力亞電信(Telia Company)、中國電信、中國聯通、中國移動、展訊、西班牙電

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

信(Telefonica)、CKH IOD UK、德國電信(Deutsche Telekom)、聯發科、OPPO、Lenovo、Xiaomi、vivo、Orange、Vodafone。

接續，於 2020 年 12 月 7-11 日舉行之 3GPP RAN #90e 大會，TSG 工作組針對 Huawei、HiSilicon、ZTE、Ericsson 與 Nokia 於 3GPP RAN #89e 大會聯合提案之 RP-202114 提出進度報告-RP202844，而依據 RP202844 所載，相關 Core 與 Performance 研究項目已開始研議進行，且各研究項目預計完成之時間，如下表所示：

表 155 3GPP 6GHz各研究項目進度規劃

TS/TR No.	Description of change	Target completion plenary#	Remarks
38.101-1	NR; UE Radio transmission and reception	March 22	Core UE part
38.133	NR; Requirements for support of radio resource management	March 22	Core UE part
38.104	NR; BS Radio transmission and reception	March 22	Core BS part
38.141-1	NR; Base Station (BS) conformance testing Part 1: Conducted conformance testing	June 22	Perf. BS part
38.141-2	NR; Base Station (BS) conformance testing Part 2: Radiated conformance testing	June 22	Perf. BS part
36.104	E-UTRA; BS Radio transmission and reception	March 22	Core BS part
36.141	E-UTRA; BS conformance testing	June 22	Perf. BS part
37.104	E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) radio transmission and reception	March 22	Core BS part
37.141	E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) conformance testing	June 22	Perf. BS part
37.105	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) transmission and reception	March 22	Core BS part
37.145-1	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 1: conducted conformance testing	June 22	Perf. BS part
37.145-2	Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 2: radiated conformance testing	June 22	Perf. BS part

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

由上表可查，Core UE/BS 部分研究項目計畫於 2022 年 3 月完成，另 Performance BS 部分研究項目計畫於 2022 年 6 月完成。

接續，依據 2021 年 6 月 14-18 日，3GPP RAN #92e 大會 TSG 進度報告-RP211369 所載，針對 RP-202114 規劃之研究項目，其研究進度與預期完成時間，如下表所示：

表 156 3GPP 6GHz 各研究項目進度

WI / SI Name	Introduction of 6GHz NR licensed bands			
included in this status report	Study Item: No	Core part: Yes	Performance part: Yes	Testing part: No
Acronym	NR_6GHz			
Unique ID	890050			
TSG Tdoc of latest approved WI/SI description (if any)	RP-202844			
Target Completion Date (indicate if changed)	Study Item:	Core part: 03/2022	Performance part: 06/2022	Testing part:
Overall Completion level	Study Item:	Core part: 0%	Performance Part: 0%	Testing part:

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

由上表可查，Core UE/BS 部分研究項目計畫於 2022 年 3 月完成，而結至 2021 年 6 月 18 日，該項目之研究進度為 0%，另外 Performance BS 部分研究項目計畫於 2022 年 6 月完成，而結至 2021 年 6 月 18 日，該項目之研究進度為 0%。後續研究項目進度報告將於 3GPP RAN #94e 大會提出，而 3GPP RAN #94e 大會預計於 2021 年 12 月 13-16 日舉辦。

2. Wi-Fi 聯盟

負責制定 Wi-Fi 標準的 Wi-Fi 聯盟（Wi-Fi Alliance），同時也負責 Wi-Fi 的相關認證，與商標授權的工作。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

目前，各國 Wi-Fi 裝置主要使用的頻率為 2.4GHz 及 5GHz 的頻段。但 2.4 GHz 頻段容易受到週圍裝置的干擾，包括嬰兒監視器與微波爐等；5 GHz 頻段，隨著使用數量持續增長，開始出現 5GHz 頻段不敷使用造成網路壅塞的問題。

為此，Wi-Fi 聯盟在 2020 年引入新的術語「Wi-Fi 6E」，表示新一代的 Wi-Fi 技術，此代的 WI-FI 裝置除了相容 Wi-Fi 4/5/6 所使用的 2.4GHz 及 5GHz，還可以支援 6GHz 頻段，預期透過使用 6GHz 可以讓 Wi-Fi 有更好的通訊品質。

Wi-Fi 聯盟認為若能開放 6GHz 頻段給 Wi-Fi 6E 使用，將對 Wi-Fi 發展具有很大的影響力，其中有三點關鍵因素：

- 連續頻譜：6GHz 頻段與現有 Wi-Fi 使用的 5GHz 頻段相鄰，且 Wi-Fi 6E 可向下支援 5GHz 設備及頻段，未來若開放 Wi-Fi 使用 6GHz，將有助於降低設備的更換成本，已經完成建置的設備，仍可在向下支援的前提下繼續使用，不需全套更換。
- 更大頻寬：高達 1200MHz 頻寬可用作需求高傳輸與低延遲之應用，如 7 個 160MHz 或 14 個 80MHz 的大頻寬的頻道，可以支援超高畫質 AR/VR 應用。
- 干擾減少：以全新且專屬 Wi-Fi 使用的 6GHz，將可滿足需求高傳輸與低延遲的應用，且 6GHz 頻段將僅供 Wi-Fi 6E 的設備使用，可減輕現有 2.4GHz 與 5GHz 頻率內設備擁擠、相互干擾的問題。

Wi-Fi 聯盟更預估若將 6GHz 用在 Wi-Fi 上，在 2025 年，可產生達 4.9 兆美元的全球經濟總價值，其中最大價值分布於住宅用 Wi-Fi，為 2.2 兆美元，其次為企業用 Wi-Fi，將產生 1.68 兆美元，第三則為

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Wi-Fi 生態相關公司，將近 0.73 兆美元。同時，Wi-Fi 聯盟預估，到 2025 年受益於使用 6GHz 頻段的 Wi-Fi 的人數將達到 400 萬人次。

3. GSMA

全球行動通訊產業協會（GSMA）是透過連結全球行動通訊生態系產業創造產業最大利益為目的，包括手機及設備製造商、軟體公司、網路公司及鄰近行業組織，為全球行動通訊系統（Global System for Mobile Communications，簡稱 GSM）共同標準、建置及推動而設立，由行動通訊業者及相關公司贊助成立的協會。超過 750 家行動營運商是 GSMA 的正式成員，在更廣泛的行動生態系統中，還有 400 家公司是準成員。

GSMA 於 2021 年 5 月 17 日向各國政府提出呼籲，希望各國將 6GHz 作為 5G 所使用的授權頻譜，以協助全球 5G 發展。提出上述呼籲係出於 6GHz 頻段的特性，在此中頻頻段中可規劃 700~1200MHz 連續的頻寬，其優勢在於兼顧低頻的高覆蓋及高頻段的高容量的特性，對於未來支持 5G 高速傳輸及特性能力極重要。

GSMA 更在呼籲中引用 Coleago 研究報告，指出 2025-2030 年時，人口密集的城市平均需要 2GHz 頻寬的中頻頻譜，才足以提供可靠的高速行動寬頻服務，因此除了目前討論的 6GHz 頻段外，未來還需要更多的中頻頻譜，才能滿足 ITU 對 5G 速度的目標值：100Mbps DL/ 50Mbps UL。同時，GSAM 也聯合 Nokia、Ericsson、華為、中興等 22 家企業與組織，重申 6GHz 對 5G 未來發展的重要性 GSMA，並向各國提出希望各國能夠採取以下 3 點作為：

- 至少將 6425-7125MHz 範圍內，共計 700MHz 頻寬的頻譜授權給 5G 技術使用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 確保當前頻段上之數據回傳業務的共存保護。
- 根據當前各國的頻譜使用和光纖情況，6GHz下半段5925-6425MHz可依據技術中立的原則，在免執照（licence-exempt）的基礎上開放。

GSMA進一步表示將6GHz開放給5G使用，將有助於5G在5大領域中發展，包括增強型行動寬頻通訊(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、固定無線接入(Fixed Wireless Access, FWA)、工業自動化（Industrial automation）、醫療照護創新（Health care innovations）、聯網交通（Connected Trasport）。

增強型行動寬頻通訊（eMBB）藉由6GHz頻段可為5G提供更大的頻寬，讓5G提供更快、更可靠的行動寬頻，進而支持新應用和服務。

固定無線接入（FWA）藉由6GHz頻段能提供足夠的覆蓋範圍及高容量的頻寬，可用5G將最後一里的光纖以近乎於光纖的速度連接至消費者、企業，可作為光纖的替代方案，降低網路連接成本，同時提升網路的普及度，消彌數位落差。工業自動化（Industrial automation）、醫療照護創新（Health care innovations）、聯網交通（Connected Trasport）等，同樣利用6GHz頻段同時兼具覆蓋範圍和通訊容量的特性，在所需的範圍內提供低延遲、高流量的5G通訊服務。

4. 小結

以產業生態系而言，2020年9月，3GPP RAN 89e大會中，華為、中興、NOKIA、Ericsson等廠商提議對6GHz作為授權頻段在技術和操作規範上進行討論，而其動機主要有二，分別為：一、係6GHz中頻段對於滿足未來5G在覆蓋和容量上的重要性；二、係部分區域電

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

信組織與國家在 WRC-19 大會提議要把 6GHz 的部分或完整頻段作為 IMT 使用，如包含亞太電信組織 APT，提議要把 7025-7125MHz 作為 IMT 使用，又如非洲電信聯盟 ATU 與通訊聯合協會 RCC 亦皆有相似的提議。另依據 RAN 89e 大會報告，可察 3GPP 就 6GHz 作為授權頻段的技術和操作規範之研究，其會區分兩個不同的頻段來進行，分別是完整頻段(即 5925-7125MHz)，以及僅有上半段(即 6425-7125MHz)，分別進行如包含定義系統參數、定義 UE 接收器與傳送器特性需求、BS 接收器與傳送器特性需求等相關研究。另於研究進度規劃而言，依據 RAN 90e 大會報告(如下表所示)，其計畫於 2022 年 3、4 月以前完成相關研究。

於國際標準組織部分，Wi-Fi 聯盟呼籲將 6GHz 用做免授權頻譜 Wi-Fi 6E 使用之三個關鍵因素，分別為：一、係以現在使用中的 5GHz 而言，6GHz 屬於一個連續頻譜，這對於已經支援 5GHz 的 Wi-Fi 設備而言，其要額外增加 6GHz 功能的一個增量成本可以相對較低，而此有助於降低 Wi-Fi 設備業者的投入成本，有利於整個 Wi-Fi 產業的發展；二、係 6GHz 有高達 1200MHz 的頻寬，可以用來滿足高傳輸和低延遲的新興應用，例如像是 4K VR 等；三、係新增 6GHz 頻段，可以將現在使用在 2.4GHz 和 5GHz 中需要高傳輸和低延遲的應用遷移到 6GHz，而此有助於改善現在 2.4GHz 和 5GHz 頻率內設備擁擠的問題。

於 GSMA 協會部分，GSMA 協會聯合如 NOKIA、Ericsson、Huawei、ZTE 等共計 22 家企業/組織呼籲將 6GHz 用做 IMT 使用之主要原因，係 6GHz 頻段是一個擁有 700-1200MHz 頻寬的中頻頻段，該頻段不僅可以兼顧低頻覆蓋，甚者還可以提供高頻的容量，這對於未來支持 5G 在高速傳輸和特性能力上，不僅扮演非常重要之角色，亦方能達成 ITU IMT-2020 對下載速率 100Mbps 與上傳速率 50Mbps 的目標。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

此外，GSMA 協會進一步提出人口密度對頻寬需求的論點，其論述在 2025-2030 年間，人口密度相對較高的城市平均需要 2GHz 頻寬的中頻頻譜，如此才可以提供城市居民穩定的高速行動寬頻服務。

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊

軌道通訊，係透過行動通訊技術達到車站、機廠、行車控制中心、機廠控制中心及各車站間相互傳遞各種訊息之目的，藉以讓車站站務、營運等人員獲得旅客上下車、列車運轉等即時現況監視，以達安全且智慧化營運目標，而其應用範圍涵蓋輕軌、捷運、臺鐵、高鐵等。

目前主要使用的軌道通訊系統有兩大類，分別是由國際鐵路聯盟(Union Internationale des Chemins de Fer，UIC)所制定的 GSM-R，以及由歐洲電信標準協會所制定的 TETRA，兩者皆是以第二代行動通訊為基礎，且傳輸速率皆在 200kbps 以內，僅適用於小量數據的語音及控制訊號的傳輸。不同的是，GSM-R 係專門供軌道交通使用，而 TETRA 則因具備較高的頻譜使用效率，且操作系統相較靈活，故其除應用在軌道通訊外，亦應用於如公共安全、政府機構、軍事，甚者石油、天然氣等能源產業。

以國際標準組織而言，除上述國際鐵路聯盟與歐洲電信標準協會外，另以 3GPP 而言，其負責關鍵任務相關研究之工作組，係關鍵任務應用工作組(SA6 - Mission-critical Applications)。以下由 3GPP 關鍵任務應用工作組論述軌道通訊關鍵任務的重要性，其後分別由國際鐵路聯盟與歐洲電信標準協會研析軌道通訊關鍵任務之頻譜使用現況與未來頻譜需求趨勢。

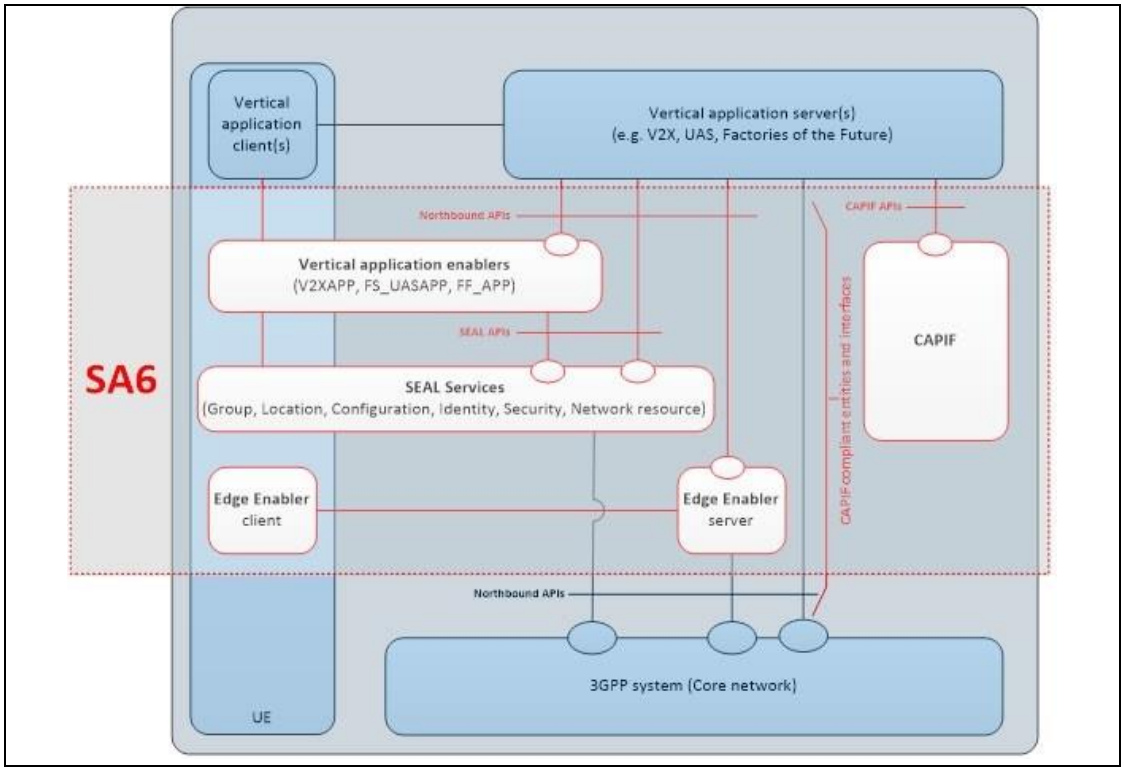
1. 3GPP TSG SA6

3GPP SA6，係關鍵任務應用工作組(SA6 - Mission-critical

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Applications)，其主要任務是制定關鍵應用程序的相關標準，透過研議與制定應用層功能元件和應用程式介面(Application Programming Interface, API)的標準技術規格，藉以滿足各垂直領域對 5G 專網系統的需求，且為 5G 提供垂直應用程序的通用服務平台做準備。

其中，針對各垂直領域關鍵任務應用為能實現低延遲與超高網速的應用服務，於垂直領域建置 5G 專網時要求垂直領域的邊緣應用伺服器(EAS)與電信服務商之無線接取網路及核心網路間強化整合，而藉助運用邊緣應用程序(Application Architecture for Enabling Edge Applications, EDGEAPP)相關標準規範，可將用戶設備的資料導流至邊緣應用伺服器，進而實現如智慧軌道、智慧遮站、未來工廠、車聯網等不同類型之低延遲且超高速的 5G 應用服務(如下圖所示)。

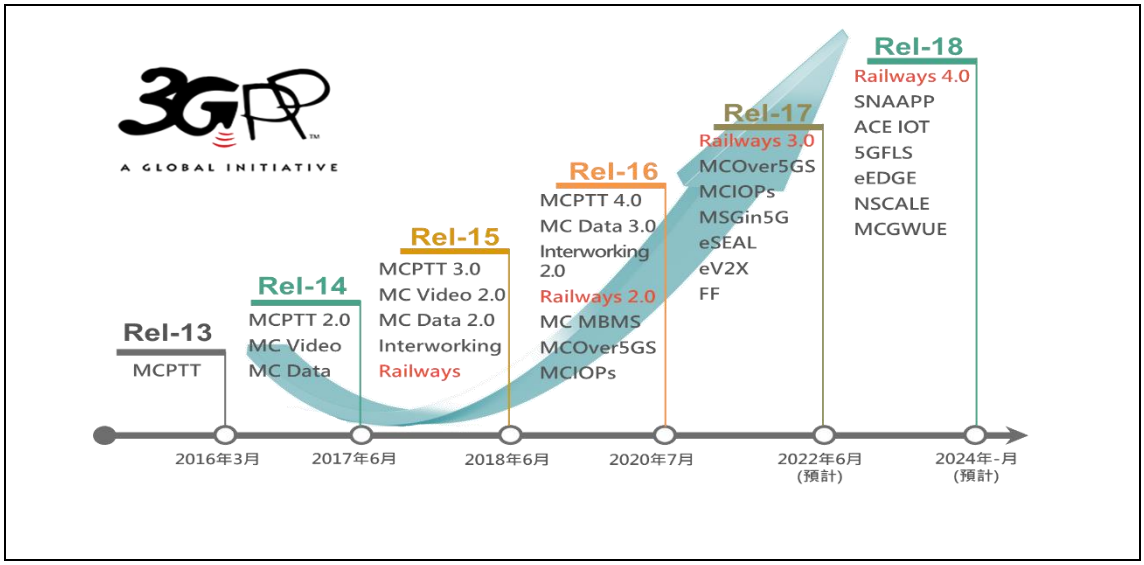


資料來源：3GPP TSG SA6，本研究整理，2021 年 11 月

圖 135：整合垂直應用服務與邊緣運算示意圖

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

軌道通訊關鍵任務的重要性，透過觀察 3GPP TSG SA6 歷年主要聚焦之研究項目可查(如下圖所示)，早於 2018 年 R15 開始研究軌道通訊，至後續 2020 年的 R16、以及現在正在進行中的 R17 和 R18，皆把軌道通訊作為一個主要的研究項目之一。



資料來源：3GPP TSG SA6，本研究整理，2021 年 11 月

圖 136： 3GPP TSG SA6 歷年關鍵任務研究項目

3GPP 之所以聚焦軌道通訊研究項目的關鍵原因，係有鑑於隨著科技進步，列車及軌道上設有大量的監視系統，影像需要即時將傳輸至行車控制中心或列車上，而依據 3GPP 研究報告指出，即時影像傳輸所需之傳輸速度為 10~30Mbps，惟目前主流使用之兩大軌道通訊系統 GSM-R 與 TETRA，因皆屬於窄寬頻的通訊系統，頻譜使用率較低，傳輸速率最高約 170kbs，僅能用做簡單的語音或是控制訊號的傳遞，於此無法滿足智慧軌道應用發展所需，如至少需要 10Mbps 的資料傳輸速率，或是 30Mbps 的影像傳輸速率。

有鑑於此，3GPP 於 2018 年起與國際鐵路聯盟合作，由 3GPP 納入 R15 的研究項目，持續於 3GPP 的 R16、R18 中進行研究，提供結

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

合 wifi、4G/5G，以及衛星通訊的解決方案(以下詳述)。以近期 R18 中軌道通訊研究項目為例，聚焦研析鐵路通訊所需互聯互通之機制，以及由 4G 過渡/遷移至 5G 的技術需求研究，而具體主要之研究面相包含：

- 連接性優化，係著重於 MC 服務系統(MC service system)之間號誌((signaling)與媒體(media)的連接性，以及 MC 服務組織(MC service organizations)之間訊號與媒體的連接性

- 功能別名相關：係著重於在原 MC 服務系統/組織中分配一個 MC 服務系統/組織使用之功能別名、透過本地 MC 系統/組織分配多個 MC 服務系統/組織使用之功能別名、當 MC 服務用戶在不同的 MC 系統/組織時，功能別名的啟用與停用，以及在多個 MC 服務系統/組織上使用功能別名時，轉移/檢索 MC 服務組的功能別名。

- 呼叫轉接/呼叫轉移相關：係著重於呼叫前轉接至不同 MC 業務系統/組織的用戶、呼叫轉接至涉及不同 MC 服務系統/組織的用戶。

- IP 連接和 SDS 相關：係著重於涉及兩個不同 MC 業務系統/組織間的點對點(point-to point)通訊，例如 MC 服務用戶位於國外，而需連接國內分站(home breakout)，又例如 MC 服務用戶位於本地 MC 系統/組織內，而須使用本地分站(local breakout)。

- 全組通訊相關：係著重於多個 MC 系統/組織通訊間之協調(relocation)、用戶於多個 MC 系統/組織通訊之安全性。

- 該研究項目支持者，如包含：Nokia、Nokia Shanghai Bell、

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

UIC、Kontron Transportation、Korea Railroad Research Institute (KRRI)、Hansung University、Motorola Solutions 等。

2. 國際鐵路聯盟(UIC)

國際鐵路聯盟（Union Internationale des Chemins de Fer, UIC），1922 年 12 月 1 日成立並將總部設於法國巴黎，主要目標為制定和發布軌道交通系統相關的技術及規範，並增進各成員之間的跨國合作，期望提高軌道交通的競爭力並降低賤至、營運成本，在全球促進鐵路運輸的發展。

1995 年國際鐵路聯盟（UIC）欲為歐洲鐵道交通管理系統制定軌道通訊專用的子系統及其規範，分別評估當時的第二代無線通訊技術 TETRA 和 GSM 的技術特性，最後選定 GSM 作為鐵路通訊技術基礎，但由於 GSM 仍無法完全滿足鐵路服務所需的高效能要求，因此 UIC 與歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）合作進一步於 1997 年在 GSM 的基礎上發展出 GSM-R（GSM-Railway），並於 2004 年正式啟用 GSM-R 系統。目前歐洲各國、沙烏地阿拉伯、以色列、中國大陸、澳洲等國家的軌道通訊使用 GSM-R 軌道通訊技術，據 UIC 統計，全球已有超過 21 萬公里的軌道交通系統使用 GSM-R 通訊系統。

GSM-R 係源自第二代移動通信技術 GSM，如下表所示，各國的 GSM-R 系統使用與 GSM900MHz、1800MHz 相同或鄰近的頻段，除了澳洲以外，其他國家所使用的頻寬上傳、下載各為 4MHz，在頻寬小的前提下，GSM-R 僅適用於傳輸語音、數據資料及控制訊號等小量數據的資料。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 157 各國的 GSM-R 所使用的頻段

國家/區域	頻段（MHz）	上傳（MHz）	下載（MHz）
歐洲	GSM-900	876-880	921-925
中國	GSM-900	885-889	930-934
以色列	GSM-900	893-897	938-942
澳洲	GSM-1800	1710-1785	1805-1880

資料來源：各國監管機關，本研究整理，2021 年 11 月

隨著軌道交通的車載設備增加，同時增加影像監控的需求，過去 GSM-R 的傳輸量已不敷使用，依據 3GPP 的報告指出若需即時傳送影像，傳送的速度必須要在 10~30Mbps，而如前述，目前的 GSM-R 無法滿足所需的傳輸速度。

為了解決傳輸速度的問題，同時也由於第三代、第四代行動通訊的出現，GSM 系統供應商表示對於 GSM、GSM-R 的支援，將只到 2030 年。國際鐵路聯盟（UIC）在 2008 年開始進行新一代的軌道通訊系統制定計劃，在 2010 年 12 月的第七屆世界高速鐵路大會時，UIC 明確表示新一代軌道通訊技術將會直接跳過 3G 技術，預計以當時的第四代行動通訊 LTE 系統為基礎發展 LTE-R（LTE-Railway），但最終未發展成為能夠全面接替 GSM-R 的新系統。

國際鐵路聯盟（UIC）直到 2012 年，進一步啟動未來鐵路移動通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）計畫，UIC 與歐洲鐵路協會(European railway associations)和 ETSI 的鐵路電信技術委員會(ETSI Technical Committee for Rail Telecommunication, ETSI TC-RT) 和 3GPP 技術規範組 (3GPP TSG)合作以 5G 通訊技術

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

為基礎發展 FRMCS 軌道通訊架構，期望未來可以與 B5G/6G 相容。

規劃上，FRMCS 將在 2023 年開始進行實際試驗，並期望在 2025 年至 2035 年間，陸續將 GSM-R 轉換為 FRMCS，為此也特別需要 FRMCS 向下相容 GSM-R，無論在系統上或是頻譜的使用上，都需要能夠相互銜接 GSM-R，為了包含目前 GSM-R 在歐洲使用的 876-880MHz、921-925MHz 頻段，因此選擇成對的頻段 874.4-880MHz、919.4-925MHz 以及一段非成對頻段 1900-1910MHz，作為 FRMCS 的預定使用頻段。

3. 歐洲電信標準協會(ETSI)

歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI），是根據歐盟委員會建議，於 1988 年由歐洲郵電管理局會議（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）成立的一個歐洲標準組織，其總部設至在法國。ETSI 主要目標在處理電信、廣播和其他電子通信網路和服務的區域標準機構，並與許多國際組織合作制定適用於全球的資訊科技與通信技術（ICT）的標準。

歐洲電信標準協會（ETSI）在軌道通訊的部分，除了前節所述與國際鐵路聯盟（UIC）合作制定軌道通訊專用的 GSM-R 標準，在 1996 年，還制定了同樣可用於軌道通訊的 TETRA 系統，制定初期稱之為跨歐陸中繼式無線電（Trans European Trunked Radio, TETRA），其後，隨著越來越多非歐洲國家導入使用，ETSI 將其改名為地面中繼式無線電（Terrestrial Trunked Radio, TETRA）。

TETRA 與 GSM-R 皆是以第二代行動通訊為基礎，用於傳輸小量數據的語音及控制訊號的資料。但在 ETSI 對 TETRA 的規劃上，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

除了應用在軌道交通上，更包括公共安全(如警察、醫療救護、消防、海巡、海關等)、交通運輸(如車隊管理、公路交通管理等)、軍隊、商業與工業(如營造工地、派遣管理)、石油/天然氣、政府與公用事業(如水電瓦斯等外派服務管理)等多種用途。我國台鐵、高鐵以及各縣市捷運現行使用的即是 TETRA 的軌道通訊技術規範。

過去國際鐵路聯盟(UIC)推動 GSM-R 時，由於 TETRA 仍在標準化階段，而 GSM-R 所依據的 GSM 網路已開始部署，因此歐洲各國軌道交通的決策者會更樂於採用已經進入部屬階段的 GSM 相關技術，同時也為軌道交通在跨越不同國境時提供通用的通訊技術。隨著 TETRA 的應用擴展，許多公共安全選擇 380-400MHz 頻段的 TETRA 後，有許多地鐵系統開始採用 TETRA，以與公共安全系統相互支援。

歐洲以外的國家，在位軌道交通導入通訊系統時，由於 GSM-R 所使用的 900MHz 頻段已經授權給其他應用，同時也沒有如歐洲跨國行駛的需求，因此選擇可使用 400MHz 及 800MHz 頻段的 TETRA。

隨著近年 FRMCS 的發展，歐洲電信標準協會（ETSI）於 2013 年開始與歐洲聯盟鐵路局（European Union Agency for Railways）及國際鐵路聯盟（UIC）合作，討論未來鐵路移動通信系統（FRMCS）。2015 年起，ETSI 的鐵路電信技術委員會（Technical Committee for Rail Telecommunications , TC RT）開始投入研究下一代鐵路無線電，並參與 900MHz、1900MHz 的頻譜分配、使用等議題的討論。

4. 小結

本計畫從三個標準協會在軌道通訊的發展，可觀察到，在軌道通訊的領域中，國際組織正努力朝向制定一套可廣泛使用並以 5G 通訊技術為基礎的未來鐵路移動通信系統（FRMCS）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

UIC 於 2012 年正式啟動 FRMCS 計畫，2013 年起與 ETSI 進行相關標準的研究，2014 年起與 3GPP 合作展開標準化工作並將 FRMCS 納入 Rel-15 研究項目，後持續於 Rel-17、Rel-18 進行研究。依據 UIC 的規畫，先於 2025 年，以 3GPP 5G 標準第三階段 Rel-17 為基礎，提出 FRMCS 第一版標準：FRMCS v1，並進行系統逐步轉移，依計畫，將於 2030 年起完全替代既有 GSM-R 系統。

在無線通訊領域中，頻譜是首要必須考慮的問題，因為沒有取得足夠且適用的頻段，即便系統非常完善，仍無法提供服務。未來軌道通訊要從 GSM-R 或 TETRA 遷移到 FRMCS 也不例外，特別是考慮到現行在歐洲大量使用的 GSM-R，需要盡可能減少的停機或中斷的時間。由於頻譜的分配需要通盤的檢視、規劃，我國須同時關注國際組織及各國監管機關在 FRMCS 技術規範及頻譜需求上的討論，方能盡早準備相關頻譜的整備。

(三). 創新應用頻譜需求：極高頻

THz 是電磁波的一組特定波段，對應電磁波波長為 3 mm～30 μm，介於微波和可見光之間，泛指 100 GHz 以上的頻率，實際上有兩個組成部分：sub-THz 係指在 100 -300 GHz 的頻段範圍內，以及 THz 則是從 300GHz -3 THz。

過往產業界認為 100GHz 以上高頻頻段應用價值不高，導致使用率較為低落。目前該頻段主要分配於地球探測衛星服務、太空探索服務等天文領域應用，地面上的傳輸通訊則通常較少使用到此範圍，絕大多數國家也還尚未針對該段頻譜進行分配。

隨著技術發展，頻譜使用範圍逐漸拓寬，即便是過去難以投入實務應用的 100GHz 以上至高頻（Extremely high frequency, EHF）頻段，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

也被看好擁有巨大的商業應用潛力，未來有望應用於 6G 通訊技術及各項技術。

IEEE 的研究將 THz 定義出七項獨特功能，包括：THz 的準光學性（Quasi-opticality of the THz band）、THz 定制架構（THz-tailored architectures）、THz 與較低頻段的協同作用（Synergy of THz with lower frequency bands）、聯合感測與通訊系統（Joint sensing and communication systems）、PHY 層流程（PHY-layer procedures）、頻譜接取技術（Spectrum access techniques），以及即時網路優化（Real-time network optimization）。藉由這七項技術功能，將進一步影響在極高頻頻段下的應用場景塑造思考方向。

1. 極高頻頻段應用場景思考

近年來，THz 頻段吸引許多學界與業界投入研究，由於其具有傳播距離較短、不易造成干擾、頻寬連續性高、承載流量高等特性，加上前述的七項獨特功能，實適合應用於下列四種應用領域：

- 高流量應用：超大頻寬資源的利用使得 THz 通訊系統可支持超高的通訊傳輸速率，目前工作頻段在 300GHz 以下 THz 通訊可支持最高速率達 100Gbps，預計未來 B5G/6G 應用時 THz 通訊速率可能達到 Tbps 量級。

而支持超大工作頻寬和超高通訊速率將會是 THz 通訊最顯著的技術特徵和性能優勢，故可以用於發展高數據速率通訊與應用，包含未來高解析度的 3D 成像和全息投影等應用。此外，5G 網路架構中行動網路回傳（Backhaul）部分，擔任連結邊緣網路與核心網路之重要角色，通常有極高傳輸資料容量的需求，THz 頻段之大頻寬、高流量的特性被看好可成為該段網路建構方案之一。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 感測檢驗應用：得益於 THz 頻段物理傳播特性不同，因此可應用於製造產品檢測，如藥品即不適合透過較低頻段的波長檢查。此外，高頻頻譜亦適合進行生理觀測，如皮膚癌的早期篩檢等，高頻頻譜都帶來較好的表現成效。

此外，利用 THz 頻段可以穿透物質的特性，英國首先研製 THz 攝影機且已在機場安全檢查方面進行試用，在機場的安全監控作業上展現極佳成效。而美國橡樹嶺國家實驗室（ORNL）也和田納西大學合作，開展“穿墻計劃（Through wall Program）”，亦利用 THz 頻段的成像技術從外部獲得牆壁另一頭的訊息，由此可見，透過此技術，在提升國家安全方面有很重要的價值。除此之外，美國也開始利用 THz 頻譜可快速並有效檢查和識別毒品，開始利用相關技術檢查不明郵件等，包括可用頻譜判讀的化學和生物製品檢測。

- 超高精度定位：過往定位技術容易受多路徑干擾（Multipath interference）影響精準度，當訊號因反射、散射而分散透過不同路徑抵達終端裝置，訊號波可能會彼此干涉，精確度僅達公尺等級。而 THz 頻段亦可應用於超高精度定位，其大頻寬的特性可降低定位取樣時間間隔，提升其定位即時程度。但由於高頻段之訊號路徑傳輸損失與穿透損失都相對嚴重，傳輸路徑不容易受散射的多路徑干擾影響，訊號幾乎只能以直線路徑傳遞，再加上其基地台布建較為緊密，更容易計算終端裝置與基地台的相對位置，可將定位精度縮小至公分等級。但若成功提升定位精度後，也有機會發展高精度產品自動組裝產線，或在未知環境中重建周圍環境的 3D 地圖等相關應用。

- 高密度情境：超高密度網路（Ultra Dense Network, UDN）是一種藉由大量、高密度基地台布建，來提升使用者傳輸流量

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

的模式，理論上系統傳輸流量將隨基地台數量成長而得到突破，可將該系統用於緊密空間、設備系統中，諸如工廠、生產線內。

- 唯其密度過高時，反而會有基地台訊號之間互相干擾的情形，如何解決訊號干擾的問題是 UDN 的一大挑戰，THz 頻段因其物理傳播限制，擁有容易衰減、阻擋之特性，較容易管理其負面干擾，相當適合投入於未來 UDN 的情境應用中。

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

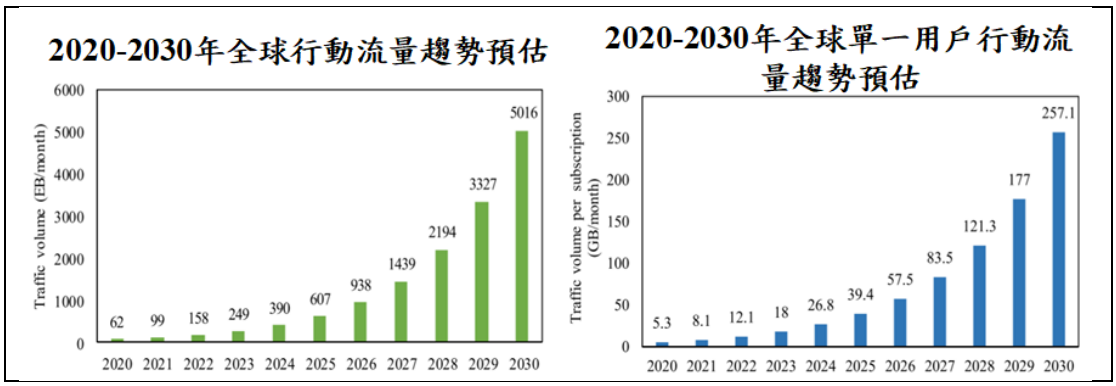
圖 137　超高頻頻段四大應用情境

2. 極高頻頻段對下世代通訊技術 6G 的重要性

5G 標準化工作已完成，且全球各國都陸續步入 5G 商用部署階段。然而，隨著連網設備數量不斷增加，數據流量呈指數級增長。當 5G 愈發成熟，B5G 持續發展，當邁入各方預期 2030 年的 6G 世代，根據 IEEE ComSoc 引用 ITU 報告所預測，2030 年全球行動通訊每月總流量相較於 2010 年的 62 EB，大幅成長 80 倍，達到超過 5,000EB

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

的每月全球總行動流量，故即便是現階段的毫米波頻段恐仍無法支撐未來巨大傳輸流量所需頻寬。為實現更大傳輸速率以及運用、更為了提供系統應用，需要更高、具連續性與足夠之頻寬的頻譜頻段。



資料來源：IEEE ComSoc，本研究整理，2021 年 11 月

圖 138：全球行動通訊流量趨勢

此外，從個人用戶行動流量發展趨勢觀察，隨著 M2M 相關連網數量也將呈指數級增長，進而促使每個行動設備的流量也將增加。根據 IEEE ComSoc 引用 ITU 統計，2010 年行動設備月流量為 5.3GB。然而，預估 2030 年將增長 50 倍；且與 2010 年相比，M2M 用戶數將在 2020 年增長 33 倍，在 2030 年增長 455 倍，達到 970 億的連接數，更刺激了頻寬流量的需求。（如下圖所示）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Issue	2010	2020 (Predicted)	2030 (Predicted)	Unit
Mobile subscriptions	5.32	10.7	17.1	Billion
Smartphone subscriptions	0.645	1.3	5.0	Billion
M2M subscriptions	0.213	7.0	97	Billion
Traffic volume	7.462	62	5016	EB/month
M2M traffic volume	0.256	5	622	EB/month
Traffic per subscriber	1.35	10.3	257.1	GB/month

資料來源：IEEE ComSoc，本研究整理，2021 年 11 月

圖 139：2010-2030 年全球行動用戶/連網數量、傳輸流量比較

觀察現階段的 5G 通訊技術，為了增加網路頻寬而採用主要技術說包括：1024QAM，OFDMA，5G 通道編碼技術，高頻率的大頻寬，以及 MU-MIMO。這些技術雖然可以提高訊號傳輸速率，但是對日後與日俱增的行動通訊的總體速率影響性不高，且仍無法支撐龐大的流量成長。故若要在 5G 基礎上再次提高訊號傳輸速率，最可行的只有繼續提高訊號頻率，進而擴大傳輸頻寬。

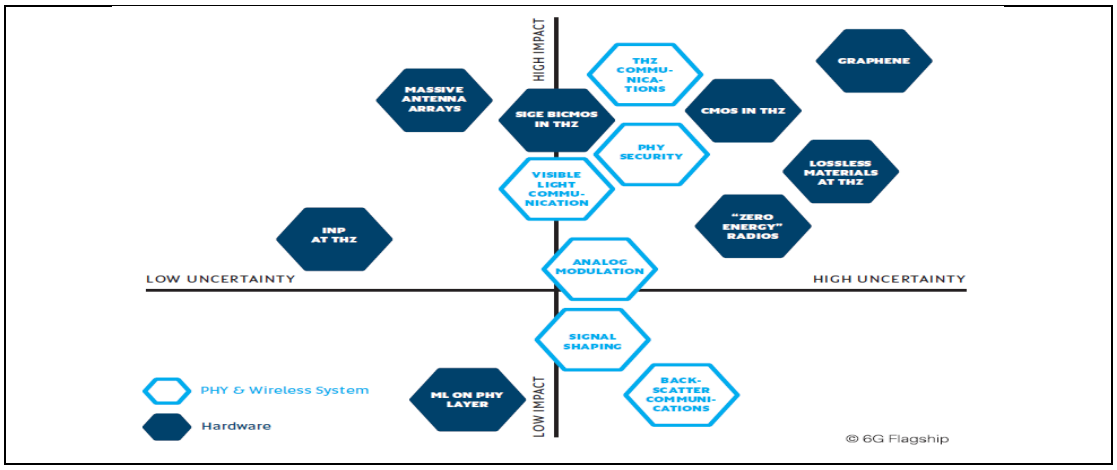
作為 5G 時代極受重視的毫米波頻段，以最廣為使用之一的 28GHz 頻段為例，其可用通道頻寬為 1GHz。然 THz 則頻率比毫米波高數十甚至到百倍，而越高頻率，潛在可用頻寬越大。再者，THz 頻段的時域頻譜信噪比非常高。因此，根據雜訊通道編碼定理，由於具有更高通道頻寬以及更高信噪比，使用 THz 頻段進行資料傳輸，即可達到比毫米波更高的資料傳輸速率。這就是現階段產學研展望 6G 潛在技術發展會選擇 THz 的主要原因。

因此，早在 2019 年芬蘭 6G Flagship 所發布全球第一份的 6G 白皮書中，便提出未來衆多 6G 候選技術應用潛力和技術影響力的分析

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

和預估，值得注意的是 14 個 6G 潛在無綫技術方向中，有 6 個與 THz 相關，分別包括 THz 通信相關的關鍵器件材料（磷化銦、鍺矽 CMOS、COMS、石墨烯、無損 THz 材料等）和無線物理層之設計等。

其內容中更指出“THz 關鍵零組件會是實現未來 6G 遠景的關鍵技術與挑戰”。



資料來源：6G Flagship，本研究整理，2021 年 11 月

圖 140：6G 潛在候選技術

雖然，國際標準組織 ITU 尚未針對 6G 制訂技術應用特性指標，但從各國產學研機構的先期研究與發想當中，對於現階段各組織、大廠對於 B5G 甚或是 6G 所需特性指標思考，將一定程度地一窺未來 ITU 可能研議的 6G 願景指標之端倪。整體觀察可發現，相較於 5G，6G 無疑地將展現更積極的連網特性指標（如下圖）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

特性指標		5G	6G
高速、大容量傳輸	• 峰值傳輸速度 • 用戶連網體驗	• 最高傳輸速度 ~20 Gbps • 用戶端速度100Mbps	• 最高傳輸速度 100 Gbps~1 Tbps • 用戶端速度1Gbps
同時連網		100萬個裝置/平方公里	1,000萬個裝置/平方公里
移動下連網		移動速度500 KM/h	• 移動速度1,000 KM/h
頻譜頻寬		支持頻譜~90GHz	• 支持頻譜～1 THz，使用頻寬達30GHz
低延遲、高可靠度	• 延遲速度 • 可靠度	• Radio Latency 1ms • 可靠度達99.999%	• Radio Latency 0.1ms • 可靠度達99.99999%
覆蓋/多維空間		尚未與衛星整合無縫通訊	支持~10KM距離與高度之覆蓋
定位		室內1公尺，室外10公尺	• 室內10cm、室外1m定位範圍 • 感測能力與定位精度<1cm
功耗與成本		NA	• 電池壽命20年 • 相較5G有>10倍能源使用效率 （日本總務省提出：6G網路耗電量為目前5G網路的 1/100）

資料來源：國際主要學研機構、國際主要關鍵業者，本研究整理，2021 年 11 月

圖 141：6G 潛在技術特性指標

而為了滿足更高傳輸流量表現與定位精準度，未來 6G 系統預期的操作中心頻率將座落於 Sub-THz 以上甚至在更高之 THz(300GHz～3THz)頻段中；同時間，也需進一步考量廣泛的多維覆蓋、能源效率等面向，在此情況下，如何有效率的運用頻譜資源，也將是未來的重要研析焦點。

且基於前述所描述之超高頻頻段的四大應用情境，並從子題 2.1 的研析中綜觀各國、技術組織、產學研究所擘劃之 6G 創新應用與場景先期前瞻研究；可將 6G 世代社經創新應用場景歸納為超真實/沉浸五感體驗、多維度超大規模智慧物聯網應用、跨空間完全自主無人載具應用、超即時/精準智慧醫療照護、全覆蓋立體網路接取環境、遠距零時差超臨場智慧機器人、零延遲即時互動人工智慧、超精度立體定位感測以及超精準多維度定位感測等面向。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：國際主要學研機構、國際主要關鍵業者，本研究整理，2021 年 11 月

圖 142：6G 世代社經創新應用場景

進一步歸納分析則可發現，各面向中所提出的未來場景中，皆含有需要透過 THz 頻段與相應技術，方能實現的應用情境，並且衍生出各式各樣用例。主要的用例可歸為四大項目：

- 擴展實境與全息影像傳送（Extended Reality (XR) and Holograprahic Teleportation）：XR 未來目標是實現 MR 加上觸覺體感超沉浸的體驗，在傳輸數據上，要同時保持極低延遲、極高 QoS，傳輸流量或將高達 5Tbps，方能實現五感的反饋體驗。而這將需要 THz 的頻寬之傳輸方能滿足這樣的高精度和準確度。

- 非地面網路覆蓋（NTN）實現多維無縫覆蓋應用：目前各方所提出的 6G 願景，多提及將構建跨空域、海域、地域的空天地海一體化網路，以實現全球無處不在 3D 之無縫覆蓋。

由於空域主要依靠衛星覆蓋，除使用 L（1～2GHz）、S（2～4GHz）、C（4～8GHz）、Ku（12～18GHz）、Ka（26.5～40GHz）外，就是透過

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

THz 頻率提供空對空通信，以極高的數據速率進行傳輸。另一方面，與光通訊相比，THz 鏈路具有相當大的波束寬度，因此，使波束定位和對齊更實用。再者，THz 鏈路不會受到影響來自高海拔和太空的分子吸收，有利高空長距離通訊。這些優勢使得 THz 頻率的部署用於 NTN 鏈接是一個合適的選擇。

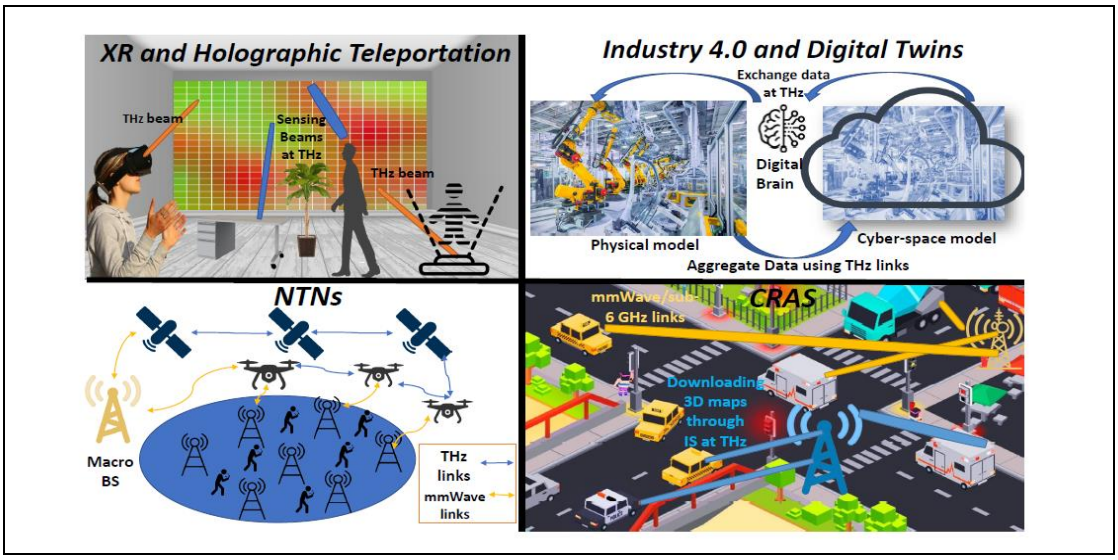
由此可見，藉由 6G 非地面網路（NTN）將可實現多維無縫覆蓋，進而促使透過無線異質網路的各式各樣應用得以串連運作。主要應用目標第一層將是：a. 確保高空行動平台的服務連續性（例如飛機，火車），b. 通過到達提供無處不在的訪問到服務不足的地區，以及 c. 加強網路可擴展性並提供更高效的回程。

而到第二層，則結合除了 IMT 與衛星連網外，各類物聯網無線技術，包含下世代的 Wi-Fi、藍芽與各種感測、定位技術，行塑出多元且具彈性的應用用例。譬如需要極大流量與極低延遲的沉浸式應用結合定位服務，將打造先進的元宇宙體驗；或是在惡劣環境的大範圍且持續性監測，需要部署低耗能感測裝置結合可廣覆蓋的接收端網路，此時衛星物聯網應用則或為關鍵。

- 連網智慧機器人與自主系統（Connected Robotics and Autonomous Systems, CRAS）：CRAS 服務包括自動駕駛、自動駕駛無人機群和列隊駕駛應用等。在完全自動化狀態下，此類系統需要交換極龐大的即時數據，如高解析度 3D 即時地圖與移動中的影像。此類系統同時需要短距離同步感測和中長距離的通訊傳輸。THz 頻段基於不同技術，如聯合傳感和通訊配置。以及超高頻雷達檢測物體和主要環境變化的能力，並協同中低頻段技術應用，架構出 CRAS over THz 網路，實現連網智慧機器人與自主系統之各類應用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 6G 世代的工業 4.0 與數位雙生（Industry 4.0 and Digital Twins）：工業 4.0 的演進正朝著高度機器和機器人之間的自主操作，以及更低的人為干預狀態。有鑑於此，高精密和高精度製造工藝要求新穎的瞬時控制機制，特別是需要支撐 Tbps 級的數據速率，以及同時一平方公里內的百萬終端連結。再者，6G 世代數位雙生將基於大量感測器不斷聚合數據，並透過機器學習以更新網路空間模型，此連接需要在 THz 頻率下進行極低延遲的鏈結同步。



資料來源：IEEE、Orange，本研究整理，2021 年 11 月

圖 143 6G 世代 THz 極高頻之關鍵用例

3. 小結

實現 6G 還需數年時間，但隨著工業界、學術界和其他組織陸續投入開發，觀察各種要素如何融合在一起將是一件非常有趣的事情。而在頻譜需求上，THz 頻段具備豐富頻譜資源，將有助於 6G 世代提供 100Gbps 以上數據速率，同時有利於實現多樣、5G 世代難以突破

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

的應用場景。也因此，各方也對 THz 頻段投以極大關注。

但進一步展望 THz 的特性，由於 THz 波長短，未來發展的射頻零組件和天線尺寸將更微小化小，進而使得通訊設備也將更邁向小型化。此外，THz 傳輸波束指向性强，也有利於提高資訊數據傳輸的保密性。也因此，日後若 THz 射頻收發晶片/零組件、超高速訊號處理與通信信道模型、高增益與波束調變天線等技術更為成熟、可商用，THz 則將真正成爲得以改變未來的關鍵。

當然，也因為前述特性，THz 仍有亟需跨越的門檻、障礙。THz 極高頻率且波束指向性強的特性，使得 THz 更將受到高速移動接取與廣泛覆蓋的技術困境。而現階段技術的不成熟，更是 THz 無法大規模使用的根本原因，尤其在 THz 頻段上，既不完全適合用光學理論來處理，也不完全適合微波的理論來研究；再者就是，THz 測試與測量儀器設備現階段也因爲技術門檻過高而導致發展停滯不前，此也不利於後續研發活動的進展。

此外，展望 6G 世代的頻譜資源需求，THz 等極高頻頻譜資源雖是關鍵，但同時仍與 4G/5G 世代採用的毫米波與中低頻頻段為相輔相成之關係，甚至長期共存。且在未來 6G 鏈結太空/天空、地面甚或是海洋的多維網路架構中，THz 也將作爲行動流量的重要吸收頻段與其他頻段之優勢互補，以發揮作用。

四、 結論

以下針對國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求進程，以及國際主要標準組織三個 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題，逐一歸納重點結論。

(一). 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求進程

綜觀 WRC-23 中有關 B5G/6G 之 IMT 議項 1.1-1.5(如下表所示)，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

議項之討論主要集中在 10.5GHz 以下，而其中 IMT 新增候選頻段之議項 1.2，其涉及之頻寬顯著大於其他議項，此意味議項 1.2 預期將會是 WRC-23 研議討論重點。

表 158 WRC-23 大會 IMT 議項 1.1-1.5 討論頻段

議項	地區	頻段（MHz）	頻寬（MHz）
1.1	一區	4800-4990	190
	二區		
	三區		
1.2 / 1.3	一區	3300-3400、6425-7025、7025-7125	800
	二區	3300-3400、3600-3800、7025-7125、10000-10500	900
	三區	7025-7125	100
1.4	一區	694-960、1710-1885、2500-2690	631
	二區		
	三區	694-960、1710-1885、2500-2655	596
1.5	一區	470-694	224
	二區	-	-
	三區		

資料來源：ITU，本研究整理，2021 年 11 月

觀察上表可察，1 區涉及之 IMT 議項的總頻寬最大，其次 1 區與 2 區於議項 1.2 中 IMT 新增候選頻段部分，雖然兩造聚焦頻段不同（分別為 6GHz 與 10GHz），但兩造研議新增之 IMT 候選頻段之總頻寬相近。

惟反觀我國所處 3 區，於議項 1.2 中 IMT 新增候選頻段之頻寬僅 100MHz，顯著小於 1 區與 2 區，而其意味 3 區對於整備 IMT 頻段之總量顯著不足於 1 區與 2 區。

展望 5G 中後期之 B5G，甚者 6G 之發展，3 區應嚴加關注 1 區與 2 區對 IMT 未來發展所需頻段與頻寬之需求整備，藉以為後期

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

B5G/6G 行動通訊發展預先準備。

(二). B5G/6G 頻譜需求關鍵議題

1. 熱門頻段衝突：6GHz

綜觀論之，以產業生態系而言，2020 年 9 月，華為、中興、NOKIA、Ericsson 等廠商於 3GPP RAN 89e 大會提議開始對 6GHz 作為授權頻段在技術和操作規範上進行討論，而其動機主要有二。其一，係 6GHz 中頻段對於滿足未來 5G 在覆蓋和容量上的重要性，其二，係部分區域電信組織與國家在 WRC-19 大會提議要把 6GHz 的部分或完整頻段作為 IMT 使用，如包含亞太電信組織 APT，提議要把 7025-7125MHz 作為 IMT 使用，又如非洲電信聯盟 ATU 與通訊聯合協會 RCC 亦皆有相似的提議；此外，如斯洛伐克等三國提議 6425-7125MHz 作為 IMT 使用，或如中國大陸等七國提議 5925-7125MHz 作為 IMT 使用，而在此之下上述廠商聯合提案實屬順水推舟，於 3GPP RAN 大會提議需針對 6GHz 作為授權頻段研議相關技術和操作規範上之準備。

另依據 RAN 89e 大會報告，可察 3GPP 就 6GHz 作為授權頻段的技術和操作規範之研究，其會區分兩個不同的頻段來進行，分別是完整頻段(即 5925-7125MHz)，以及僅有上半段(即 6425-7125MHz)，分別進行如包含定義系統參數、定義 UE 接收器與傳送器特性需求、BS 接收器與傳送器特性需求等相關研究。

另於研究進度規劃而言，依據 RAN 90e 大會報告(如下表所示)，其計畫於 2022 年 3、4 月以前完成相關研究。

表 159 3GPP 6GHz 各研究項目進度規劃

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

類別	時間	項目(列舉)
Core UE part	March 22	● UE Radio transmission and reception ● Requirements for support of radio resource management
Core BS part	March 22	● BS Radio transmission and reception ● E-UTRA; BS Radio transmission and reception ● E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) radio transmission and reception ● Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) transmission and reception
Perf. BS part	June 22	● NR; Base Station (BS) conformance testing Part 1: Conducted conformance testing ● NR; Base Station (BS) conformance testing Part 2: Radiated conformance testing ● E-UTRA; BS conformance testing ● E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE; Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS) conformance testing ● Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 1: conducted conformance testing ● Active Antenna System (AAS) Base Station (BS) conformance testing; Part 2: radiated conformance testing

資料來源：3GPP，本研究整理，2021 年 11 月

另於國際標準組織部分，Wi-Fi 聯盟呼籲將 6GHz 用做免授權頻譜 Wi-Fi 6E 使用之三個關鍵因素，分別為：其一，係以現在使用中的 5GHz 而言，6GHz 屬於一個連續頻譜，這對於已經支援 5GHz 的 Wi-Fi 設備而言，其要額外增加 6GHz 功能的一個增量成本可以相對較低，而此有助於降低 Wi-Fi 設備業者的投入成本，有利於整個 Wi-Fi 產業的發展；其二，係 6GHz 有高達 1200MHz 的頻寬，可以用來滿足高傳輸和低延遲的新興應用，例如像是 4K VR 等；其三，係新增 6GHz 頻段，可以將現在使用在 2.4GHz 和 5GHz 中需要高傳輸和低延遲的應用遷移到 6GHz，而此有助於改善現在 2.4GHz 和 5GHz 頻率內設備擁擠的問題。

另一方面，於國家層級而言，依據 Wi-Fi 聯盟統計，目前全球已有 17 個國家是已經或者計畫將 6GHz 分配給予免授權 Wi-Fi 6E 使用(如下圖所示)。以區域而言，1 區的歐洲國家多數是開放 6GHz 的下

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

段(即 5925-6425MHz)給 Wi-Fi 6E 使用；另 2 區的美洲國家，則是多數將 6GHz 全段給 Wi-Fi 6E 使用；而 3 區的亞洲國家，其不同於歐洲和美洲國家是一個相對統一的狀況，3 區亞洲國家則是存在比較多的分歧，如南韓決定將 6GHz 全段用在 Wi-Fi 6E，又如紐西蘭和澳洲，雖然現階段尚未決定如何使用，但其皆取向與歐洲國家一致，將 6GHz 的下段給 Wi-Fi 6E 使用，相反的中國大陸則是決議將 6GHz 全段運用在 IMT 使用。

區域	國家	5925-6425MHz	6425-7125MHz	備註
1	法國	480	-	6GHz下段，待WRC-23決議
	德國	480	-	
	義大利	480	-	
	西班牙	480	-	
	瑞士	500	-	
	英國	500	-	
	摩洛哥	500	-	
	卡達	500	700	
2	美國	500	700	皆為免授權
	加拿大	500	700	
	巴西	500	700	
3	澳洲	500	700	日本傾向6GHz全用於Wi-F-免授權
	紐西蘭	500	700	
	中國大陸	500	700	
	香港	500	-	
	日本	-	-	
	南韓	500	700	
已使用(免執照頻段)		計畫中(3GPP R17 RAN4 WI：5G NR執照頻段)		

資料來源：Wi-Fi 聯盟，本研究整理，2021 年 11 月

圖 144：全球開放 Wi-Fi 6E 之主要國家

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

於 GSMA 協會部分，GSMA 協會呼籲將 6GHz 用做 IMT 使用之主要原因，係 6GHz 頻段是一個擁有 700-1200MHz 頻寬的中頻頻段，該頻段不僅可以兼顧低頻覆蓋，甚者還可以提供高頻的容量，這對於未來支持 5G 在高速傳輸和特性能力上，不僅扮演非常重要之角色，亦方能達成 ITU IMT-2020 對下載速率 100Mbps 與上傳速率 50Mbps 的目標。此外，GSMA 協會進一步提出人口密度對頻寬需求的論點，其論述在 2025-2030 年間，人口密度相對較高的城市平均需要 2GHz 頻寬的中頻頻譜，如此才可以提供城市居民穩定的高速行動寬頻服務。

另一方面，GSMA 協會聯合如 NOKIA、Ericsson、Huawei、ZTE 等共計 22 家企業/組織(如下圖所示)發表聯合申明，重點呼籲各國依據當前各國的頻譜使用和光纖布建現況，至少將 6425-7125MHz 範圍頻段授權給 5G 技術，另確保當前頻段上之數據回傳業務的共存保護。

資料來源：GSMA 協會，本研究整理，2021 年 11 月

圖 145：GSMA 協會與企業重申 6GHz 對 5G 發展的重要性

2. 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊

本計畫從三個標準協會在軌道通訊的發展，可觀察到，在軌道通訊的領域中，國際組織正努力朝向制定一套可廣泛使用並以 5G 通訊

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

技術為基礎的未來鐵路移動通信系統（FRMCS）。

UIC 於 2012 年正式啟動 FRMCS 計畫，2013 年起與 ETSI 進行相關標準的研究，2014 年起與 3GPP 合作展開標準化工作並將 FRMCS 納入 Rel-15 研究項目，後持續於 Rel-17、Rel-18 進行研究。依據 UIC 的規畫，先於 2025 年，以 3GPP 5G 標準第三階段 Rel-17 為基礎，提出 FRMCS 第一版標準：FRMCS v1，並進行系統逐步轉移，依計畫，將於 2030 年起完全替代既有 GSM-R 系統。

在無線通訊領域中，頻譜是首要必須考慮的問題，因為沒有取得足夠且適用的頻段，即便系統非常完善，仍無法提供服務。未來軌道通訊要從 GSM-R 或 TETRA 遷移到 FRMCS 也不例外，特別是考慮到現行在歐洲大量使用的 GSM-R，需要盡可能減少的停機或中斷的時間。由於頻譜的分配需要通盤的檢視、規劃，我國須同時關注國際組織及各國監管機關在 FRMCS 技術規範及頻譜需求上的討論，方能盡早準備相關頻譜的整備。

3. 創新應用頻譜需求：極高頻

本計畫分項二主要研究範疇為 B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務，故除了前述研析 B5G 階段受關注的 6GHz 與軌道通訊所需頻譜相關需求外，更針對進一步探討 6G 世代更為前瞻且創新技術與應用所需的頻譜資源。而從國際標準/產業組織，以及產學研界對於下世代通訊技術 6G 的先期研究可發現，多數認為 100GHz 以上、甚至 THz 等”極高頻”頻譜，將是實現 6G 世代無論是近身感測、超精準定位、甚至衛星間端到端通訊等技術應用領域的重要資源；由此將可望從個人、家庭、多元垂直應用等面向衍生出各式各樣前瞻創新應用服務。

因此，在國際開展 6G 先期研究並且探求如何有效使用極高頻頻

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

譜資源、並讓極高頻頻譜資源未來得以具備商用可行之際，我國亦應掌握產學研對極高頻頻譜之需求所在，進而及早規劃對於極高頻頻譜之用途，以利相關研究機構或產業端佈局發展相關技術與應用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第八章：子題 2.3，研析 B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜整備規劃

一、 前言

本章接續前一章「子題 2.2，B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務之頻譜需求」，於主要之頻譜需求趨勢與各關鍵議題下，進一步探究國際主要區域電信組織、主要國家相對應之頻譜整備規畫，以此做為我國於研擬頻譜整備規畫之參考依據。

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下主要區域/國家頻譜整備規劃

承如前一章「國際組織 B5G/6G 頻譜需求進程」中所述，國際電信聯盟（ITU）的世界無線電通訊大會（WRC）係全世界無線電立法締約之最高指導單位，其每 3-4 年招開一次 WRC 大會，而其重要性在於審議與修訂「無線電規則（Radio Regulations）」，以此確立全球無線電頻譜使用規範。

以預計於 2023 年舉辦之 WRC-23 大會而言，其總計有 19 個討論議項，編號為 1.1 至 1.19，而以本研究探討之 B5G/6G 而言，係劃分於 IMT 系統相關之五個議項–1.1~1.5。進一步的，該五個議項中與我國相關的議項係屬討論全球範圍內頻譜使用規則之議項 1.2 與議項 1.4，另其餘議項(如：議項 1.1、議項 1.3 等)因係聚焦特定區域的頻譜使用規範，對我國不具影響力，故本研究僅針對議項 1.2 與議項 1.4 做討論。

議項 1.2，係探討全球範圍內 7025-7125MHz 標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性；另議項 1.4，係研議全球範圍內 694-

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

960MHz、1710-1885 MHz(其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)，以及 2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 的可行性。

上述兩議項將於 2023 年舉辦之 WRC-23 大會做進一步討論，而在此之前各區域電信組織將依其區域無線電之發展需求進行先期研究，並取得區域電性組織成員國之集體共識，後續於招開 WRC-23 大會中表達/反應該區域電信組織之共識，以此影響該議項是否成立。

有鑑於此，我國於研議上述兩議項頻譜整備規畫之際，首重係觀察我國所屬之區域電信組織-亞洲太平洋電信組織(Asia-Pacific Telecommunity, APT)，探究 APT 成員國對該議項 1.2 與議項 1.4 之態度，係是否支持或反對議項 1.2 與議項 1.4，以此做為我國研議該兩議項相關頻譜整備規畫方案之前哨站。以下具焦探究 APT 成員國對議項 1.2 與議項 1.4 態度之論述。

(一). APT 關於 WRC-23 議項 1.2 的初步意見

依據 2021 年 4 月 19-23 日舉行之 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議（APG23-2）中針對 WRC-23 議題 1.2 之討論，節錄其中全球範圍內 7025-7125MHz 作為 IMT 業務新增頻段之討論會議報告，本次調查有八個會員國提出該國之建議或看法，以下重點摘要該八個 APT 會員國對 7025-7125MHz 作為 IMT 業務新增頻段之相關意見與看法。

第一，日本。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-10(Rev.1)文件，日本支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段，進行共享與兼容性研究。另依據上述研究

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

結果，日本支持全球範圍內將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段，惟不得對即有業務服務施加額外之監管或技術限制。

第二，紐西蘭。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-21 文件，紐西蘭表達與日本一致之意見，其支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段。

第三，澳洲。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-24 文件，澳洲表達與日本、紐西蘭一致之意見，其立基提高頻譜的使用效率與擴展 IMT 的可用性與規模經濟下，支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段，惟 IMT 業務不得對該頻段即有業務，以及相鄰頻段之即有業務產生干擾。

第四，南韓。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-30 文件，南韓表達與上述三個國家相同之意見，其強調在不影響 7025-7125MHz 即有業務服務，且在 WRC-23 大會決議不會對 7025-7125MHz 即有業務服務施加額外之監管或技術限制下，其支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)進行 7025-7125MHz 即有業務服務與 IMT 業務間的共享與兼容性研究，以此做為是否將 7025-7125MHz 作為 IMT 業務服務之新增頻段。

第五，新加坡。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-35 文件，新加坡支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)，針對全球範圍內 IMT 新增頻段-7025-7125MHz 進行潛在之技術、監管、操作等面向之研究。

第六，印尼。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-39 文件，印尼支持 7025-7125MHz 做為 IMT 業務新增頻段，且支持 ITU-R 依

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz，進行即有業務服務與 IMT 間的共享與兼容性研究，後續以此研究成果決定是否將該頻段允許 IMT 業務使用。

第七，中國大陸。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-44 文件，中國大陸支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)進行 7025-7125MHz 即有業務與 IMT 業務間之共享與兼容性研究，且表達在適當之監管、技術規劃限制下，同意以 7025-7125MHz 作為 IMT 業務服務新增頻段。

第八，越南。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-50 文件，越南支持依據 ITU-R 對 7025-7125MHz 即有業務與 IMT 業務間之共享與兼容性之研究，決議是否將 7025-7125MHz 作為 IMT 業務之新增頻段。此外，越南針對 1 區提議 6425-7025MHz 作為 IMT 業務新增頻段之議題，其亦支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 6425-7025MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行與即有業務之共享與兼容性研究，尤其係 6425-7025MHz 於 3 區已是固定衛星服務(FSS)地對空使用。

綜觀之，依據 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議之會議報告，可察針對 WRC-23 之議項 1.2 共計八個會員國提出該國之建議或看法，而該八個會員國一致支持 ITU-R 依據第 245 號決議對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究。換言之，可視為 APT 初步贊同議項 1.2，係同意全球範圍內 7025-7125MHz 標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分。

(二). APT 關於 WRC-23 議項 1.4 的初步意見

依據 2021 年 4 月 19-23 日舉行之 APT WRC-23 大會籌備組第二

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

次會議（APG23-2）中針對 WRC-23 議題 1.4 之討論，節錄其中全球範圍內 694 -960 MHz、1710-1885 MHz(其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)、2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 可行性之討論會議報告，本次調查有五個會員國提出該國之建議或看法，以下重點摘要該五個 APT 會員國對指派該些 IMT 頻段作為 HIBS 新增頻段之相關意見與看法。

第一，日本。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-10(Rev.1)文件，日本支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)，對該些頻段是否指配允許 HAPS 用作 HIBS 使用進行共享與兼容性研究，惟不得對即有業務服務施加額外之監管或技術限制。而日本支持之緣由，係聚焦 HAPS 佈署之靈活性，有望於未來有多類型廣泛用途。

第二，澳洲。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-24 文件，澳洲表達與日本一致之意見，其立基提高 2.7GHz 以下 IMT 頻段的使用效益與可用性，支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)，對些頻段是否指配允許 HAPS 用作 HIBS 使用進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為 HIBS 業務服務新增頻段，惟 HIBS 業務不得對該頻段即有業務，以及相鄰頻段之即有業務產生干擾。

第三，南韓。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-30 文件，南韓表達與上述二個國家相同之意見，其強調在不影響該些頻段即有業務服務，且在 WRC-23 大會決議不會對該些頻段即有業務服務施加額外之監管或技術限制下，有鑑於 HIBS 的彈性佈署與靈活性，以及社會大眾對移動網路需求的爆發式成長，其認為將 HAPS 用作 HIBS 使用可一定程度的降低電信運營商對地面網路基礎設施建置的需求，故其支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)，對些頻段是否指配允

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

許 HAPS 用作 HIBS 使用進行共享與兼容性研究。

第四，印尼。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-39 文件，印尼支持該些頻段允許 HAPS 用作 HIBS 使用，且支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)對該些頻段進行即有業務服務與 HIBS 間的共享與兼容性研究，後續以此研究成果決定是否將該頻段允許 HIBS 業務使用。

第五，越南。依據 APG23-2 會議報告中之 APG23-2/INP-50 文件，越南表達與上述四個國家相同之意見，其強調在不影響該些頻段即有業務服務，且在 WRC-23 大會決議不會對該些頻段即有業務服務施加額外之監管或技術限制下，其支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)對該些頻段是否作為 HIBS 業務服務新增頻段使用，進行與即有業務之共享與兼容性研究。

綜觀之，依據 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議之會議報告，可察針對 WRC-23 之議項 1.4 共計五個會員國提出該國之建議或看法，而該五個會員國一致支持 ITU-R 依據第 247 號決議對全球範圍內 694 -960 MHz、1710-1885 MHz(其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)、2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) 頻段是否劃分給 HAPS 做為 HIBS 應用進行共享與兼容性研究。換言之，可視為 APT 初步贊同議項 1.4，係同意全球範圍內上述頻段標誌為 HIBS 應用。

(三). 小結

綜觀 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議中針對議項 1.2 與議項 1.4 之討論，可察於議項 1.2 共計八個會員國(包含：日本、紐西蘭、澳洲、南韓、新加坡、印尼、中國大陸與越南) 提出該國之建議或看

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

法，初步意見為基於提高頻譜的使用效率與擴展 IMT 的可用性與規模經濟下，一致支持 ITU-R 依據第 245 號決議對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段。

另於議項 1.4 共計五個會員國(包含：日本、澳洲、南韓、印尼與越南) 提出該國之建議或看法，初步意見為利基社會大眾對移動網路需求的爆發式成長，認為將 HAPS 用作 HIBS 使用可一定程度的降低電信運營商對地面網路基礎設施建置的需求下，一致支持 ITU-R 依據第 247 號決議研議 2.7GHz 以下部分 IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 使用進行共享與兼容性研究。

三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下主要國家頻譜整備規劃

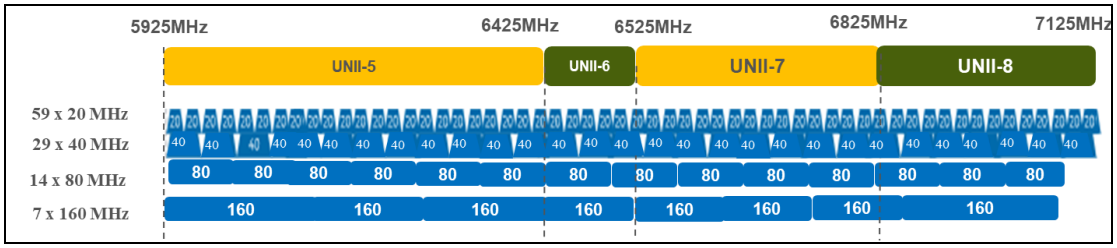
以下聚焦三項頻譜需求關鍵議題，透過觀察主要國家於該些議題之頻譜整備規劃，藉以做為我國頻譜整備之參考依據。

(一). 熱門頻段衝突：6GHz

1. 美國

2020 年 4 月 23 日，美國 FCC 公布 FCC 20-51 報告/命令與進一步法規制定通告(Report and Order and Further Notice Of Proposed Rulemaking)，開放 6GHz 頻段(如下圖所示)，涵蓋 U-NII-5、U-NII-6、U-NII-7 與 U-NII-8 總計 1200MHz 頻寬給予非授權、免執照裝置使用，而此不僅嘉惠 Wi-Fi 6E，亦使 5G NR-U 得以受益，而其中 Wi-Fi 6E 可以由此使用最高 7 個 160MHz 頻寬之頻道，另 5G NR-U 則得以透過此非授權頻段進一步提升現有 5G 頻寬容量。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Celeno Communications，本研究整理，2021 年 11 月

圖 146：美國 6GHz 頻段頻譜資源

美國 FCC 之所以開放 6GHz 頻段為非授權、免執照裝置使用，探究其由，主要有四大因素。首先，係弭平數位落差，FCC 期許美國國民皆可使用寬頻連接，而在開放 6GHz 頻段為非授權、免執照裝置使用下，借助 6GHz 運行下的免執照設備與新授權的 5G 服務偕同工作，有望可為偏遠而缺乏寬頻網路之地區提供無處不在的寬頻網路。

其次，係滿足公眾需求，公眾對移動寬頻需求急遽高漲，且具 FCC 調查顯示多數流量來自 Wi-Fi、藍牙等短距通訊協定，在此之下期望透過開放 6GHz 頻段為非授權、免執照裝置使用，進一步滿足未來公眾對移動寬頻的龐大需求。

第三，係兩大通訊標準皆可受惠，有鑑於 IEEE 已制訂完善之 802.11ax 無線區域網路標準，以及 3GPP 於 2018 年批准 NR-U 的標準，能支持現有 5 GHz 免授權使用，亦能支持 6GHz 免授權使用，在此之下開放 6GHz 免執照使用，將可使兩大通訊標準同步受惠。

最後，第四，係可完善保障即有服務，借助自動頻率協調(Automated Frequency Coordination, AFC)系統，可以避免免授權設備干擾既有服務設備。進一步言之，針對標準功率 AP(Access Point)裝置需支援 AFC，而 AFC 系統透過由 FCC 資料庫取得 5925-6425MHz，以及 6525-6875MHz 頻段內受保護服務之資訊，由此資訊中指定的保護標準(protection criteria)來確定標準功率接取點和固定用戶端設備

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

的可用頻率，另輔以 AFC 系統須於註冊過程中使用該些設備所提供之地理資訊，以此確定其所在位置的可用頻率，以及每個頻率範圍內的最大許可功率，以此保障即有授權特許執照服務。

於 6GHz 頻段內即有授權特許執照服務部分(如下圖所示)，主要使用在公營事業、公共安全，以及無線回程線路(Wireless Backhaul)，而其中 U-NII-5(5925-6425MHz，500MHz)與 U-NII-7(6525-6875MHz，350MHz)主要供固定微波使用(包含大量點對點微波鏈路應用)，另 U-NII-6(6425-6525MHz，100MHz)與 U-NII-8(6525-6875MHz，250MHz)則主要供移動業務使用，如廣播輔助服務、有線電視轉播服務等。

Sub-band	Frequency Range (GHz)	Primary Allocation	Predominant Licensed Services
U-NII-5	5.925-6.425	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks)
U-NII-6	6.425-6.525	Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks)
U-NII-7	6.525-6.875	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks/downlinks)
U-NII-8	6.875-7.125	Fixed Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Fixed Microwave Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks/downlinks) (6.875-7.075 GHz only)

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 147：6GHz 頻段內即有授權特許執照服務

於研議開放 6GHz 為免授權頻段事項上，FCC 早於 2018 年 10 月發布法規制定通告(Notice of Proposed Rulemaking, NPRM)，研議擴大使用 6GHz 頻段，且開展公眾諮詢。於公眾諮詢中，主要反對者之意見，係聚焦來自免授權操作的各種干擾，包含標準功率、低功率室內和極低功率所產生的有害干擾，而其反對方除 6GHz 頻段內即有授權特許執照服務業者外，另包含電信運營商、電信設備商等，如：全國廣播協會(NAB)、美國固定無線通訊聯盟(FWCC)、美國公用事業技術

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

協會(UTC)、電信運營商 AT&T 與 Verizon、電信設備商 Ericsson、固定衛星服務業者 Intelsat、SES Americom、Globalstar 與 Sirius XM Radio 等。

相反的，支持者之意見，係聚焦強調免授權使用的頻譜需求持續增長，另強調建立技術、標準的相關規則可以保護即有服務免於有害的干擾，且同時能最大限度的利用 6GHz 頻段進行創新，製造免執照的相關設備將為美國消費者帶來巨大利益，而支持方如包含：Apple、Broadcom、Facebook、Inel、WiFi 聯盟、美國無線產業協會(CTIA)、國家有線與電信通訊協會(NCTA)、國際動態頻譜存取工作群組(DSA)等。

於保護 6GHz 即有授權特許執照服務部分，FCC 針對欲使用新開放頻段之裝置區分為標準功率與低功率，另依據使用場景設定等效全向輻射功率(EIRP)限制，如下表所示。

表 160 6GHz 免授權頻段裝置許可操作規範

設備分類	運作頻段(註 4)	最大 EIRP(註 5)	最大功率頻譜密度
標準功率接取點與固定用戶端設備(需使用 AFC 系統)(註 1)	U-NII-5(5925-6425MHz) U-NII-7(6525-6875MHz)	36 dBm	23 dBm/MHz
用戶端設備使用標準功率接取點(註 2)		30 dBm	17 dBm/MHz
室內接取點與其從屬設備(註 3)	U-NII-5(5925-6425MHz) U-NII-6(6425-6525MHz) U-NII-7(6525-6875MHz) U-NII-8(6875-7125MHz)	30 dBm	5 dBm/MHz
用戶端紹被使用室內接取點		24 dBm	-1 dBm/MHz
註 1：對於室外設備，任何高於地平線 30 度仰角的最大 EIRP 不得超過 125mW(21dBm)。 註 2：用戶端設備的功率必須低於其連接之標準功率接取點所授權發射功率的 6dB 以下。 註 3：必須使用永久連接的整合式天線。 註 4：設備在 5925-7125MHz 頻段內的最大發射頻寬為 320MHz。			

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

設備分類	運作頻段(註 4)	最大 EIRP(註 5)	最大功率頻譜密度
註 5：帶外發射之 EIRP 須小於或等於-27 dBm/MHz。			

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 148：6GHz 免授權頻段裝置許可操作規範

於標準功率部分，標準功率 AP（Access Point）僅能運作於 U-NII-5 與 U-NII-7，且須具備感知運作地理位置，以及支援 AFC 系統，透過 AFC 系統由 FCC 資料庫取得 U-NII-5 與 U-NII-7 頻段內受保護服務之資訊，由此資訊中指定之保護標準來確定標準功率接取點和固定用戶端設備的可用頻率，以及每個頻率範圍內的最大許可功率，以此保障即有授權特許執照服務。另一方面，因標準功率產品須保護即有微波點對點通訊，故除了透過 AFC 系統以避開所在地現有服務外，其亦無法配置高增益指向形天線，而僅能使用全向天線，抑或寬波束天線。

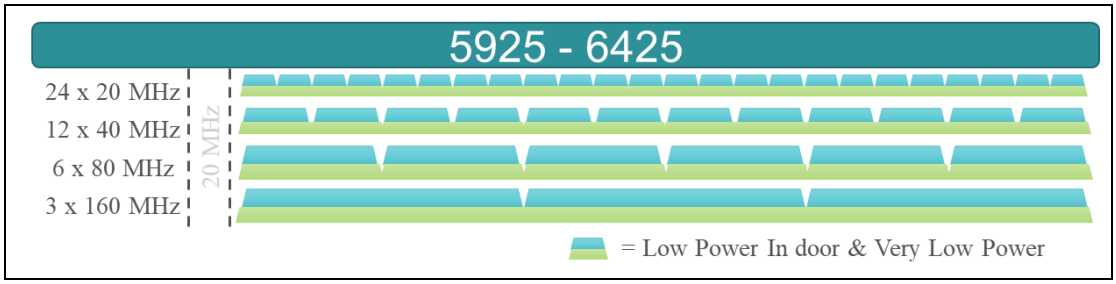
於低功率部分，因低功率裝置之無線訊號發射功率較低，故 AP 可以於全段 6GHz 內運作，且無須支援 AFC 系統，惟僅限於室內場景下使用。另裝置端若是受制於 AP 之下，其亦可以於全段 6GHz 內運作，惟為了避免裝置端距離 AP 過遠，抑或因為擺放角度影響天線輻射場型，故裝置端的最大傳導輸出功率與功率頻譜密度(PSD)皆須低於 AP 6dB。此外，低功率裝置需使用內建天線，抑或無法自行更換的外部天線，且最高限制使用 6dBi 天線，並規定每 MHz 功率僅能為 5dBm。

另一方面，低功率裝置除使用場景與發射功率限制外，另須配置競爭式協定，係傳輸之前須先行監控欲使用頻道，確認該頻道無任何資料傳輸作業後才可以使用，藉以維護頻譜資源使用的公平性，且同時減少與即有授權特許執照服務間的相衝突。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 歐盟

2021 年 6 月 30 日，歐盟執委會公布「Commission Implementing Decision 2021/1067」決定報告書，確立釋出 6GHz 中的 5945-6425MHz(如下表所示)用於無線接取系統，包含 WAS (Wireless Access System)/ WLAN (Wireless Local Area Network)等無線區域網路。



資料來源：European Union，本研究整理，2021 年 11 月

圖 149：歐盟 6GHz 免授權頻段

針對此 6GHz 釋出以供無線接取系統使用之頻段，歐盟於決定報告書中明文對該頻段之使用，係採「不干擾與不保護準則(non-interference and non-protected basis)」，意即不得對既有無線通訊服務產生有害干擾，且不得對設備要求免受干擾。此外，立基 5945-6425MHz 為和諧使用頻段，歐盟於決定報告書中針對室內低功率裝置(LPI)與超低功率裝置(VLP)分別明訂可使用場景、裝置形式、等效全向輻射功率(e.i.r.p.)等訂定限制(如下圖所示)。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Low power indoor ('LPI') WAS/RLANs devices

Parameter	Technical conditions
Permissible operation	Restricted to indoor use, including in trains with metal-coated windows (note 1) and aircraft. Outdoor use, including in road vehicles, is not permitted.
Category of device	An LPI access point or bridge that is supplied with power from a wired connection has an integrated antenna and is not battery powered. An LPI client device that is connected to an LPI access point or another LPI client device and may or may not be battery powered.
Frequency band	5 945-6 425 MHz
Maximum mean equivalent isotropically radiated power ('e.i.r.p.') for in-band emissions (note 2)	23 dBm
Maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions (note 2)	10 dBm/MHz
Maximum mean e.i.r.p. density for out-of-band emissions below 5 935 MHz (note 2)	-22 dBm/MHz

Note 1: Or similar structures made of material with comparable attenuation characteristics.
Note 2: The mean e.i.r.p. refers to the e.i.r.p. during the transmission burst which corresponds to the highest power, if power control is implemented.

Techniques to access spectrum and mitigate interference that provide an appropriate level of performance to comply with the essential requirements of Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council [1] shall be used. Where relevant techniques are described in harmonised standards or parts thereof the references of which have been published in the *Official Journal of the European Union* in accordance with Directive 2014/53/EU, performance at least equivalent to the performance level associated with those techniques shall be ensured.

Table 2

Very Low Power (VLP) WAS/RLAN devices

Parameter	Technical conditions
Permissible operation	Indoors and outdoors. Use on Unmanned Aircraft Systems (UAS) is not permitted.
Category of device	The VLP device is a portable device.
Frequency band	5 945-6 425 MHz
Maximum mean e.i.r.p. for in-band emissions (note 1)	14 dBm

[1] Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC (OJ L 153, 22.5.2014, p. 62).

資料來源：European Union，本研究整理，2021 年 11 月

圖 150：6GHz 免授權頻段操作規範

探究歐盟釋出 6GHz 之緣由，主要有三大因素。其一，係既有頻段資源不足，歐盟既有免執照無線電頻譜資源為 2.4GHz(2400-2 483.5 MHz)與 5GHz(5150-5350 MHz、5470-5725MHz)，為面對無線接入系

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

統設備之數量和多樣性不斷增加，另輔以公眾對數據流量的暴發式成長下，既有免執照無線電頻譜資源已不堪負荷。

其二，係促進創新應用發展，期透過 6GHz 開放 WAS/RLAN 應用，推促如視頻會議、、遠程醫療、線上教育/遊戲、AR/VR 等需要大頻寬才能運行之應用能夠蓬勃發展。

其三，係期望達到歐洲千兆社會戰略目標，使學校、交通樞紐以及公共服務在 2025 年都能以每秒 1 Gbit/s 的速度使用網路，並使得歐盟內每一戶家庭都可以使用 100 Mbit/s 以上之網路速度。

然而除上述三大因素外，另透過觀察歐盟郵政與電信管理委員會(CEPT)的電子通訊委員會(ECC)於 2021 年 5 月 18-21 日，針對 WRC-23 舉行之第三場次 WRC-23 籌備會議-CPG23 之會議報告-CPG(21)019 ANNEX IV-02，可查察歐盟開放 6GHz(5945-6425MHz)為免授權頻段，而非 IMT 業務服務使用之緣由，另可推敲歐盟對於 6GHz 上半段，既 7025-7125MHz 後續維持開放為免授權頻段，抑或改為 IMT 業務服務使用。以下逐一論述。

依據歐盟郵政與電信管理委員會(CEPT)的電子通訊委員會(ECC)於 2021 年 5 月 18-21 日舉行之第三場次 WRC-23 籌備會議-CPG23-3 之會議報告-CPG(21)019 ANNEX IV-02，重點論述 CEPT 對 WRC-23 議題 1.2 中全球範圍內 7025-7125MHz 作為 IMT 新增頻段之意向，以及說明 5925-6425MHz 用作免執照 Wi-Fi 6E 使用，而非 IMT 之緣由。

於 CEPT 決議 5925-6425MHz 用作免執照 Wi-Fi 6E 使用，而非 IMT 之部分，其主要原因，係該頻段於歐盟為 C 頻段固定衛星之重要頻段，而依據 ITU-R 之 ITU-R S.2367 報告顯示，IMT 於該頻段將對 C 頻段固定衛星之地面接收站產生過度干擾，故決議 5925-6425MHz 不允許為 IMT 業務服務，而作為免執照 Wi-Fi 6E 使用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

進一步論述，以歐盟區域而言，C 頻段固定衛星服務有三種可選頻段組合，分別為：3400-3700MHz(空對地)與 6425-6725MHz(地對空)、3700-4200MHz(空對地)與 5925-6425MHz (地對空)、4500-4800MHz(空對地)與 6725-7025MHz(地對空)。

其中，3400-3700MHz(空對地)與 6425-6725MHz(地對空)之頻段組合，因歐盟已依據 EU/ECC 無線電規則中之(EU)2019/235 與 ECC DEC(11)06 決議，將 3400-3800MHz 用作 IMT 業務服務，而在考量 IMT 對 C 頻段固定衛星下行鏈路之地面接收站產生干擾因素下，衛星服務業者無意願使用該頻段組合提供固定衛星服務。

另一方面，4500-4800MHz(空對地)與 6725-7025MHz(地對空)之頻段組合，因 CEPT 部分成員國對其中之下行鏈路有嚴格之操作規範限制，從而降低衛星服務業者於該頻段之使用效益，故衛星服務業者無意願使用該頻段組合提供固定衛星服務

綜上所述，可鑑縱然 C 頻段固定衛星服務有三種可選頻段組合，惟於考量 IMT 潛在干擾，以及部分 CEPT 成員國之嚴格操作規範限制下，剩餘之 3700-4200MHz(空對地)與 5925-6425MHz (地對空)之頻段組合，貴為衛星服務商提供固定衛星服務之熱門頻段。進一步的，有鑑於 3700-4200MHz(空對地)與 5925-6425MHz (地對空)之頻段組合為 C 頻段固定衛星服務之重要頻段，為避免 IMT 對其地面接收站產生干擾，故 CEPT 決議 5925-6425MHz 用作免執照 Wi-Fi 6E 使用，而非 IMT 業務服務。

另一方面，承上所述，可知 3400-3700MHz(空對地)與 6425-6725MHz(地對空)、4500-4800MHz(空對地)與 6725-7025MHz(地對空)，兩頻段組合非衛星服務業者提供固定衛星服務之使用頻段，而此是否意味 6425-7125MHz 係 CEPT 未來選作 IMT 業務服務之潛在可選頻

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

段，同理可視為 CEPT 對 WRC-23 議題 1.2 中，全球範圍內 7025-7125MHz 作為 IMT 新增頻段之意向，以下論述。

6425-7125MHz，於歐盟而言，其預期不被 CEPT 作為 IMT 業務服務之潛在可選頻段，主要原因有三。

其一，6700-7075MHz，已被考慮作為歐盟繼伽利略(Galileo)與哥白尼(Copernicus)之全球環境與安全太空監測計劃後的第三個旗艦計畫-歐洲安全空間連接系統(European Secure Space Connectivity System, ESSCS)，而於考量 ITU-R S.2368 報告指出之 IMT 對固定衛星地面接收站之潛在干擾問題下，可預期 CEPT 不允許該頻段作為 IMT 業務服務。

其二，6475-7025MHz 與 7025-7125MHz，係衛星地球探測業務(EESS)使用頻段，且於該頻段已部屬一定數量用於監測海水溫度、海面風速之被動感測器，而依據 ITU 第 245 號決議與 RR No. 5.458、RR 5.149 規定-須保護無線電天文服務不受干擾下，可預期 CEPT 不允許頻段作為 IMT 業務服務。

其三，6425-7250MHz，系歐盟哥白尼計畫下優先任務-哥白尼影像微波輻射計畫(Copernicus Imaging Microwave Radiometer mission, CIMR)之使用頻段，再者亦為俄羅斯 Meteo-3m 對地觀測衛星系統-成像探測微波服務感測器(MTVZA)之使用頻段，而為免去 IMT 的潛在干擾，故可預期 CEPT 不允許頻段作為 IMT 業務服務。

綜上所述，可察 CEPT 縱然支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，惟於歐盟而言，可預期 6425-7125MHz 不被 CEPT 作為 IMT 業務服務之潛在可選頻段。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 小結

總論美國與歐盟，兩方於研議開放 6GHz 之緣由，皆主要聚焦於既有頻段資源不足以支應公眾對數據流量、移動寬頻需求的暴發式成長，以及為積極消弭公眾數位落差，推進公眾能夠廣泛取得高速寬頻網路。

另兩方對釋出 6GHz 之用途雖然存在些許差異，係歐盟僅開放 5945-6425MHz，共計 480MHz 頻寬供 WAS/RLANs 使用，而美國係全段 1200MHz 頻寬供非授權、免執照使用，惟兩造對於如何保護該頻段即有授權特許執照服務，皆依據裝置功率的不同，研擬相對應之使用場景、發射功率等限制。

此外，歐美起始研議開放 6GHz 頻段公眾諮詢部分，不同於歐盟，美國多面對固定微波使用業者(如衛星廣播/電視)顧慮服務遭受干擾而反對，而歐盟則面臨如電信設備商要求不僅開放供 WAS/RLANs 使用，亦需允許非授權使用此技術中立議題。

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊

隨著通訊技術的發展，5G 通訊、物聯網技術、雲端運算等科技持續發展，在智慧交通領域中，更是大量利用新式通訊技術提升服務品職及安全，其中，又以軌道交通為大載運量的交通工具，更需要能夠配合各種應用情境的通訊系統，才能維持穩定運作並確保行車安全。

臺灣的軌道交通包括高鐵、台鐵，各縣市捷運系統，成為城市運輸的主要動脈之一，隨著國內運量提升、安全監控意識提高及旅客服務需求增加，要如何提升所使用的通訊系統以維持足夠的通訊量，成為軌道交通營運機構及相關監理機關的重要課題之一。

以下將以歐盟、日本為例，探究軌道通訊在通訊技術上的重要議

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

題及相關頻譜需求。

1. 歐盟

歐洲是世界上軌道交通最發達的地區之一，由於歐洲國家多且緊密相連，鐵路網路密集且許多路線沿線會跨越多個國家。過去，由於各個國家的鐵路營運機構會使用各自不同的列車管理方式，行車控制系統（ATP/ATC）多達十餘種，如德國的 LZB、FZB 系列、法國的 TVM 系列，各系列的系統互不相容，導致一台車輛上需要同時搭載多套系統，影響了歐洲鐵路跨國運輸的效率。

1995 年，在歐盟（European Union, EU）委員會和國際鐵路聯盟（Union Internationale des Chemins de Fer, UIC）的推動下，以 GSM 為基礎，制定了標準化、 統一化、開放的列車與地面雙向無線電通信系統（GSM-R）。同時，各國也協調為 GSM-R 劃分共同的頻率 876-880、921-925MHz，讓歐洲鐵路即便跨國移動也能以同一套系統進行管制。

隨著影像監控的需求提升，國際鐵路聯盟（UIC）於 2012 年正式啟動未來鐵路移動通訊系統（Future Railway Mobile Communication System, FRMCS）計畫，發展以 5G 技術為基礎的新一代通訊系統。

歐盟的 5G 公私聯盟協會（5G Infrastructure Public-Private Partnership, 5G PPP)於 2020 年 11 月啟動 5GRAIL 計畫，總經費 1,300 萬歐元，為歐盟 Horizon 2020 子計畫之一。參與計畫的單位從國際鐵路聯盟（UIC）等國際組織，到法國國家鐵路（SNCF）等各國的鐵路營運公司，以及 NOKIA 等通訊系統商。

5GRAIL 的計畫目標係以 UIC 公布之 FRMCS 第 1 版的功能與系統要求規範，以及 3GPP 5G 第二階段標準 Rel-16 為基礎，測試與驗

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

證 FRMCS 的原型系統。預期的測試項目包括歐洲列車控制系統（European Train Control System, ETCS）、自動列車操作系統(Automatic train operation , ATO)、列車控制與管理系統(Train Control and Management System, TCMS)和基礎語音與影像傳輸。

除了前述由歐盟支持的 5GRAIL 計畫，也有鐵路營運商與通訊系統廠合作進行的智慧鐵道計畫，如德國鐵路 (Deutsche Bahn)在 2019 年 12 月與 NOKIA 及電信商 Vodafone 合作進行的 Digitale S-Bahn Hamburg 計畫。使用 Vodafone 在 700MHz 和 3.5GHz 的 5G 頻段，於德國漢堡全長 147 公里的 S-Bahn 鐵路網，範圍涵蓋六條路線與 68 各車站，以 FRMCS 為基礎測試以 5G SA 網路進行自動列車駕駛的技術測試與驗證。

另外，瑞士聯邦鐵路（德語：Schweizerische Bundesbahnen, SBB；法語： Chemins de fer fédéraux suisses, CFF；義大利語： Ferrovie federali svizzere, FFS）也與 NOKIA 在 2020 年 3 月啟動的 smart rail 4.0 計畫。在瑞士夫里堡州至紐沙特州，全長約 50 公里的鐵道上，透過 1900MHz 專用頻段，測試 FRMCS 的相關測試與驗證，包含自動列車行駛、高精度定位、列車控制系統、車載設備等。

歐盟委員為了讓歐盟會員國替 FRMCS 預留共同的頻段，在 2018 年 10 月 11 日作出(EU) 2018/1538 決議，希望會員國避免在 874.4-876MHz 和 919.4-921MHz、的頻段內再引入新的應用，並定期檢視、向委員會回報各頻段的使用狀況。

歐洲郵政和電信管理局（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）的電子通訊委員會（Electronic Communications Committee, ECC）進一步於 2020 年 11 月 20 日做出(20)02 號決議，為鐵路移動無線電（Railway Mobile Radi,

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

RMR）劃分 1 組成對的頻段 874.4-880.0MHz、919.4-925.0MHz，以及 1 個單獨的頻段配對頻段 1900-1910 MHz，並於 2021 年 5 月 20 日正式實施。替 FRMCS 未來在歐洲實際運行時，準備好可在歐盟會員國內統一的頻段。

2. 日本

日本的軌道業務中，主要分為使用專用電信通訊方式，和依靠人力進行軌道或列車車體的檢修。一般列車行駛中，中控指揮人員與機組人員間調度調度上，是使用 150MHz 或 400MHz 的專用電信進行通訊，其中，新幹線係使用 400MHz 的頻段，而公私營鐵路則是使用 150MHz。

列車管理與通訊系統（Advanced Train Administration and Communications System, ATACS)屬於列車自動控制系統（Automatic Train Control, ATC）的一種，負責保持車輛之間的安全間隔距離，主要應用在 JR 東日本（JR East）的仙石線（せんせきせん）和埼京線（さいきょうせん)。ATACS 系統所使用的也是 400MHz 專用電信頻段。

另一個使用專用電信進行通訊的業務即是列車狀態監控，透過車載攝影機取得列車主要部位的影像，並將影像傳送至駕駛艙中供駕駛監控使用，為了傳遞即時影像訊息，採用 40GHz 的頻段。

其餘例如軌道檢修、列車車體檢修，則都是透過人員進行目視方式巡檢，但此種人力巡檢的方式不但耗費人力，也可能因為人為疏忽而導致列車發生事故。

為了更有效地進行列車、軌道狀態的監控，京急電鐵與日本電信公司 NTT DOCOMO、日本建築顧問公司中央復建コンサルタンツ株

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

式会社合作，於 2019 年 1 月開始以日本劃分的 5G 專網（Local 5G）傳輸即時影像的試驗計畫。

於 2021 年 3 月 25 日提交的試驗報告中，試驗的項目包括在站台裝設 4K 的攝影機，對人員上下車的狀態進行監控，並對列車的轉向架、車體進行監控，另外也利用無人機搭載 4K 攝影機，進行軌道巡檢。試驗中，透過 Local 5G 將影像即時回傳後至中央控制系統，利用 AI 進行判讀，可判定人員上下車的狀態、偵測出軌道沿線 10X10 公分以上的障礙物，還可偵測出列車轉向架上最細 1-2mm 的橫向或縱向裂紋，最後進一步做出相關決策，提高行車安全及服務品質。

3. 小結

隨著科技發展，軌道交通持續將新技術應用在安全及服務品質的提升，由歐盟 Horizon 2020、各國的鐵路營運商等單位相繼啟動相關技術測試與服務驗證的計畫，同時歐盟亦為未來鐵路移動通訊系統（FRMCS）的技術劃分專用頻段，欲從專用電信進行軌道關鍵應用發展。

日本的鐵道營運商與電信業者合作，進行以 5G 行動專網替代部分專用電信及人工巡檢的方式，發展軌道關鍵應用，以期提升鐵道的行車安全。

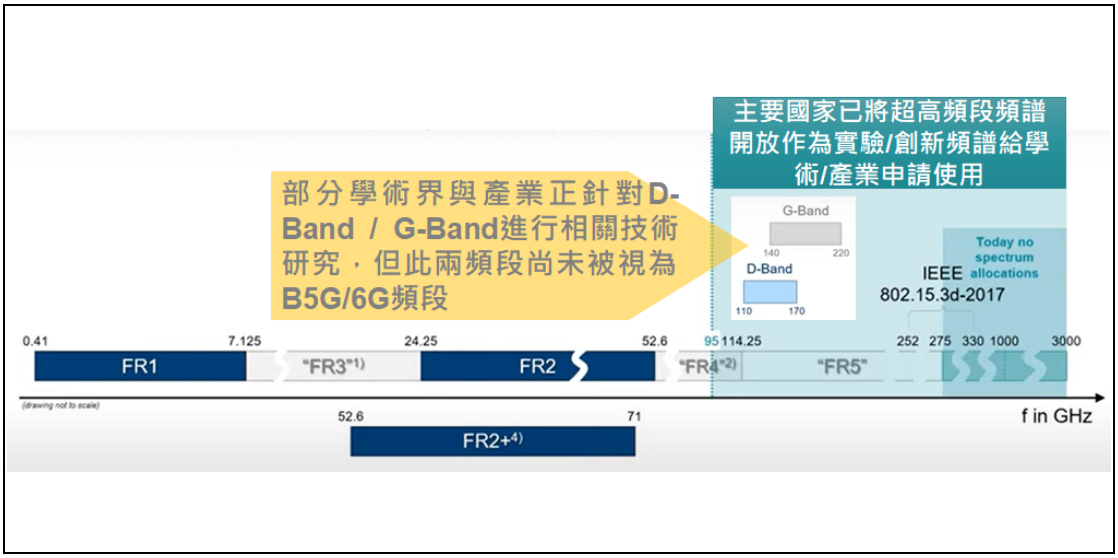
(三). 創新應用頻譜需求：極高頻

雖然 6G 處於極早期的先期研究階段，步入正式標準制訂與技術開發階段還為時過早，但如前述，已有不少國際通訊機構及各國政府開始發展 B5G、6G 研究。由於相關組織、機構、大廠的專家認為，6G 可達高達 1 T bps 傳輸速度，且認為 THz 將是實現此目標之關鍵。

雖然 THz 可以將 6G 傳輸速度提升到 1 Tbps 範圍，但如同 5G

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

般，THz 超高頻頻譜既有的物理限制勢必造成通訊技術與未來設備上的研發門檻，為了落實至應用端的可行性，就必須進行允許設備以 THz 頻率之技術發展，包含關鍵零組件甚或是材料端的研發都是布局重點。為克服前述問題，主要國家開始著手針對更高頻頻譜頻段的技術性研究。各國產學研界已針對 THz 通訊的產業現狀、技術特點、應用場景及關鍵技術挑戰等進行了初步探討，目前首先瞄準 D-Band 與 G-Band 的技術領域研究。而用於 B5G/6G 領域的早期研究主要聚交於於 D-Band，華為、Ericsson、NTT DoCoMo 等業者皆有關注該頻段的技術應用發展。



資料來源：R&S、NTIA，本研究整理，2021 年 11 月

圖 151：產學研界已針對 THz 頻段進行研究

由於現行 100GHz 以上的 THz 超高頻頻譜現在多應用於天文相關觀測服務，貿然開放頻譜可能使相關服務受到有害干擾，故進一步透過提供實驗執照規劃，以探索新頻譜的應用價值。再加上如何在不影響舊有服務前提下，讓新業者加入使用該段頻譜，透過頻譜共享以達成促進高頻頻段研究之目的，將是頻譜監管機構未來的一大挑戰。

但畢竟頻譜不是個人財產，而是由政府監管機構所掌握進行整備

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

規劃與後續釋出之作業。故現階段全球各國監管機構針對 100 GHz- 3 THz 的極高頻頻譜頻段，多半處於探索階段；而用於 6G 世代的 THz 戰略頻譜整備藍圖，則將是未來幾年極具價值的研究方向。

1. 國際標準組織與監管單位針對極高頻之規劃

有鑑於新興高頻頻段未來應用情境逐漸明朗，通訊相關國際標準組織或監管單位近期開始對高頻段頻譜提出意見：

(1). ITU

ITU 在 WRC-2012 的 5.565 上將 275-1000GHz 內的多個頻段劃分給被動業務應用，包括射頻天文學業務、地球探測衛星和空間研究等。並指定分配 0.12THz 和 0.22THz 頻段分別用於下一代地面無線通訊和衛星間通訊。WRC-2015 的第 767 號決議則確定 WRC-2019 關於 275-450GHz 頻段用在陸地移動和固定業務的議程。

ITU 也於 2019 年對 116-122.25 GHz 和 174.8-191.8 GHz 頻段間與相鄰頻段服務之間的干擾提出建議，爾後宣布將對 231.5-275 GHz 頻段進行新的分配。2019 年 11 月，WRC-2019 會議議題 1.15 則爲 275-450GHz 頻率範圍操作的陸地移動和固定業務應用確定頻譜，並新增 275-296GHz、306-313GHz、318-333GHz、356-450GHz 四個全球標識的行動服務頻段，其中包含了兩個超大頻寬頻頻段，也就是 275GHz（252-296GHz，頻寬 44GHz）和 400GHz（356-450GHz，頻寬 94GHz），足見極高頻頻段於國際重要性漸增。

(2). CEPT

歐洲郵電管理委員會（Confederation of European Posts and Telecommunications, CEPT）已於 2018 年即針對 92GH 至 114.25GHz 的 W-band 以及 130GHz 至 174.8GHz 的 D-band 兩段頻段，發布建議

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

報告並啟動正式討論程序。爾後由電子通信委員會（(ECC)發布了建議 18(01)，確定了 D-band 的 130-134GHz、141-148.5GHz、151.5-164GHz 和 167-174.8GHz 共四段，超過 30GHz 頻寬之頻段，用於 D-band 的固定服務回傳和前傳（fixed service backhaul and fronthaul）。

(3). 日本總務省

日本總務省規劃 2030 年前後實現商用化的 6G 新一代通信標準，故制定 6G 技術的相關規則。因此，計畫最早將於 2022 年度修改日本《電波法》，使企業可以輕鬆取得使用實際頻段的實驗牌照。尤其預期 6G 需要 THz 頻段，且短期對其他通訊技術的影響相對較小。因此，預計後續修法方向將減少手續和申請所需要的數據資料，把取得牌照的時間縮短為幾週。且減少手續的對象範圍設想為 100GHz 以上需求者，並逐步擴大對象範圍。日本政府期望以此來提高日本製造商等的國際競爭力，為強化經濟安全保障發揮有益作用。

2. 美國與英國針對極高頻頻譜用途之規劃

也因此，現階段從政府監管單位發起，已有美、英兩國開放針對超高頻頻段之技術與應用試驗計畫並提供實驗頻譜。而其他國家多半為產研機構自發性針對 100GHz 以上進行研究。

(1). 美國 Spectrum Horizon 計畫

美國針對 THz 技術領域之研究開展較早，至今已經具有雄厚的技術積累。包含美國國家科學基金會（National Science Foundation）、國家航空暨太空總署（National Aeronautics and Space Administration, NASA）、美國能源部（United States Department of Energy）、美國國家衛生院（National Institutes of Health, NIH）等機構從 20 世紀 90 年代中期開始就針對 THz 相關領域之基礎科學與技術進行大規模的研究

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

投入。目前，美國亦有數十所大學部、國家實驗室在從事 THz 技術的研發工作。

而早在由 2018 年 MWC 北美場次的會議中，美國聯邦通信協會（FCC）委員 Jessica Rosenworcel 現場的主題演講就多次提及 6G，並提出了涉及 6G 頻譜需求、實現 6G 世代超大容量無線傳輸、6G 頻譜使用和創新等 3 大類關鍵議題。也因此，FCC 為進一步幫助產學研測試未來能以更高頻率傳輸巨量資料之網路技術，促進新產品、服務之發展，於 2019 年 3 月中，正式宣布 Spectrum Horizon 計畫，透過開放 95GHz 至 3THz 範圍之頻段，推動美國產業發展超高頻段之應用，藉此亦提前為 6G 技術與相關應用鋪路。

● **實驗頻譜執照之申請**

Spectrum Horizon 計劃目標是透過更容易取得之實驗頻譜執照，以降低 6G 世代的研發進入門檻，並在頻率範圍、功率和發射等規格方面提供廣泛的靈活性。

申請人可以申請在 95GHz 至 3THz 頻率範圍內的任何頻率進行使用的非獨家（non-exclusive basis）的實驗性頻譜執照”Spectrum Horizons Experimental Radio License”，所有地區皆可提出申請。執照有效期間為 10 年，唯一需要注意的是實驗者必須避免對現有服務造成干擾，故須按照發射功率、角度等規定運行。此外，取得執照者也可直接向公眾轉讓他們的 Spectrum Horizons Experimental Radio License 和銷售實驗設備

當然，95-275GHz 頻段被分配給包括固定和行動服務、固定/行動和衛星間之服務，或是無線定位、無線導航和無線電導航衛星服務、業餘無線電以及各種被動式服務。同時，隨著產業的進步與應用服務的成熟，或將使這些原為試驗性質的極高頻技術與應用更適合商業用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

途。而這也是 FCC 的初衷，未來預期也會針對相關創新服務製定合適的運作規範。

然而，95-275GHz 畢竟為聯邦與非聯邦的共用頻段，部分授權給包括無線電天文服務 (RAS)、地球探測衛星服務 (EESS)，以及太空研究服務（SRS）等被動服務業者使用。執照申請方須先與擁有頻譜優先使用權之原頻段用戶進行協調，並充分解釋提議的新技術/潛在的新服務和干擾分析，並提出證明不會對既有服務造成干擾影響。而原有用戶仍擁有頻譜優先使用權，保護在不被干擾的前提下繼續運行。

- **免執照設備可使用之頻段**

FCC 同時釋出四個頻段 21.2GHz 頻寬供免執照設備使用：116-123GHz、174.8-182GHz、185-190GHz、244-246GHz，並提出設備功率規範，使免執照設備不會對其他服務造成有害干擾。

免執照設備使用之技術要求與 FCC 的 57-71 GHz 頻段免執照運作規則中第 15 部分規定之要求非常相似。其技術參數和 57-71GHz 頻段，與 NPRM 中提出的規則一致：

- 禁止在飛機或衛星上操作。
- 最大 EIRP 為 40 dBm（平均）和 43 dBm（峰值）。
- 室外固定點對點設備以 82 dBm（平均）和 85 dBm（峰值）的更高之最大 EIRP 運行。為在更高功率限制下運行，設備必須使用最小增益為 51 dBi 的天線。

FCC 解釋該頻段擁有較高大氣損耗特性，雖然與 EESS、RAS 頻段部分重疊或相鄰，但地面上的設備訊號難以穿透大氣層，對衛星干擾可能性較小，因此認為相關低功率設備即使免除授權機制，仍可與現有衛星業務共存。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **實驗頻譜執照之重要性**

FCC 所發放超高頻頻譜實驗執照在促進創新產品和服務的同時，將保護現有服務免受有害干擾方面發揮著關鍵作用。過去 5G 發展初期，透過實驗頻譜執照的申請，促使美國產學研界得以支持對 5G 等創新技術的試驗。而實際上，FCC 每年大約授予 2,000 多份實驗頻譜執照鼓勵產學研界進行創新研發。此外，FCC 也透過簡化的實驗頻譜執照申請流程，以便讓在大學、研究實驗室、醫療保健設施等特定場域進行試驗的業者得以較無後顧之憂地進行開發。

當然，FCC 授予申請者極高頻的實驗頻譜執照以鼓勵企業投資於這這些未經測試極高頻頻譜，而 10 年的執照使用期間所產生的相關測試資訊與數據， FCC 則要求實驗頻譜執照持有者在五年內提交一份臨時報告，以討論實驗使用的狀態和結果。

● **美國 FCC 後續計畫**

由於極高頻頻譜為 6G 世代的重要頻譜資源，除了現階段藉由實驗頻譜發放方式助力產學研進行 6G 先進科學技術的研究，日後的頻譜資源整備與釋出規範更是重要議題。

2021 年 10 月 12 日於第十屆美洲頻譜管理研討會上， FCC 代理主席 Jessica Rosenworcel 在其發表“Paving the Way for 6G and Beyond”之主題演講中指出，為了保持在最高優先等級新興技術方面的領先地位，美國政府已經開始構思 6G 無線服務的發展前景，並建議參考 2019 年基於美國國防授權法案（National Defense Authorization Act）所創立，並已有卓越成果，促成、制定 25 項網路安全建議，並已簽署成為法律的”網路空間日晷委員會（Cyberspace Solarium Commission）”，進一步成立針對下世代通訊技術發展、以制訂和優先考慮 6G 頻譜目標和戰略的”6G 日晷委員會（6G Solarium Commission）”。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

FCC 代理主席 Jessica Rosenworcel 認為，有鑑於國際發展 6G 的腳步加速，美國需要透過成立”6G 日晷委員會（6G Solarium Commission）”，將政府、企業、非營利部門以及其他民間社會和公眾聚集起來，共同制定新頻譜資源需求與整備藍圖，並規劃流程針對頻譜資源整備目標進行優先排序與執行，進而提出有效且可行的政策方針以調整發展 6G 的目標、方式和手段。而 FCC 旗下技術諮詢委員會（Technological Advisory Council, TAC）也將扮演重要角色，與基於”6G 日晷委員會”通力合作，以掌握最新下世代通訊發展趨勢，確保國家能夠將最新的科學研究轉化為可行的通訊技術，確保未來可長久且持續地保持全球無線行動領域的領導地位。

(2). 英國高頻頻譜創新應用實驗執照

100-200GHz 具備創新技術與服務發展潛力，可用於醫療、製造領域外，潛在應用包含特殊事件/救災等。6G 世代亦可作為網路與傳感回程鏈路、進行高精度定位或全息成像應用。

英國為支持 100GHz 至 200GHz 頻譜範圍內的創新應用，於 2020 年也開始著手規劃實驗執照，與業界諮詢後，最終於 2020 年 10 月正式開放頻譜申請。

英國通訊管理局（Ofcom）欲開放 100GHz 以上頻譜促進使用，最初於 1 月針對 116-122GHz、174.8-182GHz、185-190GHz 三個頻段共 18.2GHz 的頻寬進行諮詢，提出兩種方案，一為「免除低功率設備之許可證監管機制」，另一則為「設計新的高頻頻譜實驗執照」，邀請相關業者提出評論。

由於 100GHz 以上射頻易衰減之特性，包含高大氣吸收損耗、高建築損耗，被認為易控制且對其他服務干擾較小，Ofcom 於初期規劃

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

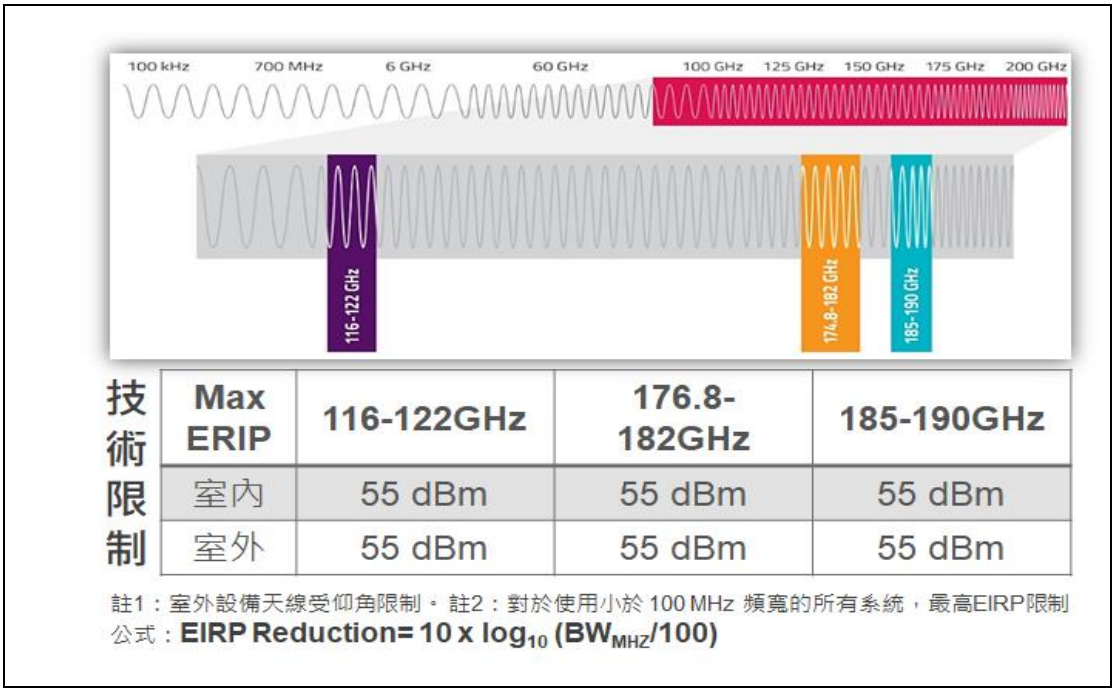
針對低功率設備免除許可證監管方案，卻也因此引起許多 EESS 業者的反對聲浪。

● **實驗頻譜執照規劃**

Ofcom 衡量各方意見後，於 2020 年 10 月 1 日發表聲明”支持在 100-200GHz 頻段之創新（Supporting innovation in the 100-200 GHz range）”並確立規則，支持創新並啟用頻譜的新用途，引入新的高頻實驗執照監管機制並開放業者申請。許可 100-200GHz 範圍內三個超高頻（EHF）頻段的地面使用執照-Spectrum Access:116-122 GHz，174.8-182GHz、185-190GHz。執照使用年限 5 年，費用為 75 英鎊/5 年，每 5 年可續簽。

而任何接入高頻頻譜之業者皆須申請實驗執照，該執照無限期，須依據其室內、室外環境，遵循不同的設備規範，諸如最大功率、仰角限制等規範，僅提供給固定載具、移動載具使用，禁止機載用途以減輕對其他服務的干擾。申請方需要紀錄設備的位置、仰角等資訊，供 Ofcom 不定期查核。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



技術限制	Max ERIP	116-122GHz	176.8-182GHz	185-190GHz
	室內	55 dBm	55 dBm	55 dBm
	室外	55 dBm	55 dBm	55 dBm

註1：室外設備天線受仰角限制。註2：對於使用小於 100 MHz 頻寬的所有系統，最高EIRP限制公式：**EIRP Reduction= 10 x $\log_{10}$ (BW_{MHZ}/100)**

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

圖 152：Ofcom 高頻頻譜創新應用實驗執照技術限制

此執照只能以創新和研究之目的申請，且需保護地球探測衛星服務(EESS)不受干擾。為保持監管靈活性，將於 2024 年再次審查該頻段執照框架適用性，屆時將考慮國際發展及新頻段設備的技術，不排除未來允許免執照的監管架構。

Ofcom 期望透過上述監管方式，同樣在不影響既有業者的狀況下，使得更多業者得以進入該頻段進行實驗與創新應用。

- **英國政府針對極高頻的未來規劃**

由於 100GHz 以上頻段仍有待開發，Ofcom 為保持監管靈活性，宣布將於 2024 年再次審查該框架的適用性，屆時將考慮國際發展以及新頻段設備的技術，不排除在未來允許免執照的監管架構。

此外，在與廠商諮詢的過程中，包含英國電信在內的多家廠商認為應該開放更多頻段的頻譜申請，如 92-114.5 GHz 的 W-Band 與 130-

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

174.8 GHz 的 D-Band 等，使得 Ofcom 也開始著手其他頻段的規劃，將於近期提出諮詢。

3. 小結

整體而言，國際普遍體認到未來數據傳輸量的暴增將造成現有 IMT 頻譜不敷使用，故積極開啟針對高頻率之頻段研究，企圖於該處尋找新的 IMT 可用頻段，進而逐漸在 5G 方興未艾、6G 開始提前佈局之際，關注極高頻頻段資源之可利用性，以補足未來頻譜缺口、同時，期望可在未來 6G 技術發展態勢中搶得先機。

而實際上，針對雖然多數國際重要產學研機構已開始針對極高頻頻譜運用進行基礎科學與先期通訊技術領域之研究，但真的要將科學研究與技術研發成果付諸實行、進行規模性的驗證，仍須政府機關提供頻譜資源方能執行。尤其國際標準組織尚未正式規劃 6G 世代 IMT 所需無論是「極高頻」或是其他「中低頻」頻譜資源。

因此，就目前觀察，僅有美國提出 Spectrum Horizon 計劃開放 95GHz 至 3THz 範圍之頻段，助力為 6G 先期研究、為技術與相關應用鋪路；以及英國聲明”支持在 100-200GHz 頻段之創新（Supporting innovation in the 100-200 GHz range）”， 通過開放 100-200 GHz 頻率範圍內的 18.2 GHz 頻譜資源，刺激超高速無線通訊服務發展來促進創新。

然而，隨著 6G 議題甚囂塵上，未來新興應用對極高頻頻譜的需求，以及需要提前佈局克服的技術挑戰，或將催動國際監管單位針對極超頻頻譜資源整備的步伐加速。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

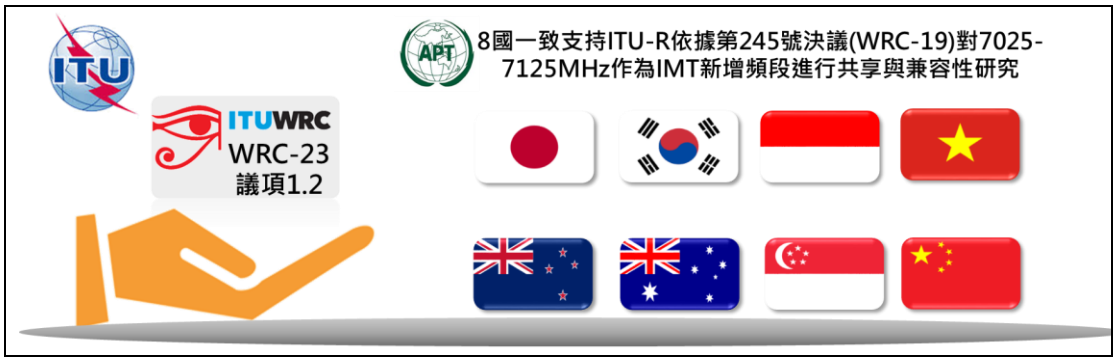
四、 結論

(一). 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下主要區域/國家頻譜整備規劃

以預計於 2023 年舉辦之 WRC-23 大會而言，關乎我國頻譜使用規範之議項，係全球範圍內討論頻譜使用規則之議項 1.2(探討 7025-7125MHz 頻段標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性)，以及議項 1.4(研議 2.7GHz 以下部分 IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 的可行性)。

而於我國針對上述兩議項研議相關頻譜整備規畫之際，首重既是觀察我國所屬之區域電信組織-APT 成員國對該議項 1.2 與議項 1.4 之態度，意即支持或反對議項 1.2 與議項 1.4，以此做為我國研議該兩議項相關頻譜整備規畫方向之前哨站。

經查 2021 年 4 月日舉行之 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議中針對議項 1.2 與議項 1.4 之討論，可知於議項 1.2 共計八個會員國提出該國之建議或看法，如下圖所示。



資料來源：APT，本研究整理，2021 年 11 月

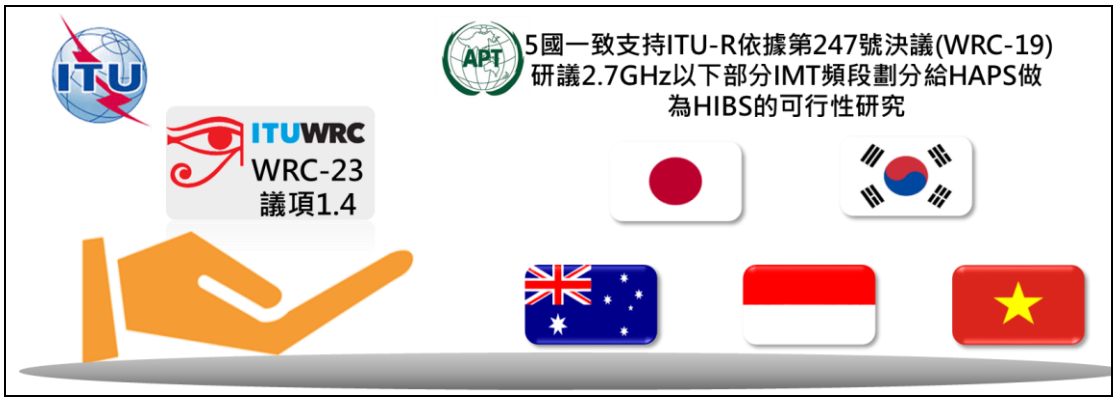
圖 153：APT 會員國對 WRC-23 議項 1.2 初步意見

該八個國家初步意見表達於立基提高頻譜的使用效率與擴展 IMT 的可用性與規模經濟下，表示在不對該頻段即有業務，以及相鄰

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

頻段之即有業務產生干擾下，一致支持 ITU-R 依據第 245 號決議(WRC-19)對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段。

另於議項 1.4 共計五個會員國提出該國之建議或看法，如下圖所示。



資料來源：APT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 154：APT 會員國對 WRC-23 議項 1.4 初步意見

該五個國家初步意見表示在立基 HIBS 的彈性佈署與靈活性，以及社會大眾對移動網路需求的爆發式成長，認為將 HAPS 用作 HIBS 使用可一定程度的降低電信運營商對地面網路基礎設施建置的需求下，一致支持 ITU-R 依據第 247 號決議(WRC-19)，對 694 -960 MHz、1710-1885 MHz(其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)、2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) 頻段是否指配允許 HAPS 用作 HIBS 使用進行共享與兼容性研究，惟不得對即有業務服務施加額外之監管或技術限制。

立基 APT WRC-23 大會籌備組第二次會議，已能掌握 APT 成員國對 WRC-23 中議項 1.2 與議項 1.4 之態度，總言之對此兩議項皆是

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

抱持支持之態度，惟後續預計於 2021 年 11 月舉行之 APT WRC-23 大會籌備組第三次會議(APG23-3)，需再行觀察 APT 會員國對議項 1.2 與議項 1.4 之討論是否維持原本一致支持 ITU 的態度，抑或存在部分會員國有不同意見而大幅轉為不支持上述議項。進一步的，其後除持續觀察 APT 會員國對此兩議項之態度外，另靜待觀察 2023 年舉行之 WRC-23 大會中對此兩議項之決議，且以此做為研議頻譜規劃方向之基石。

(二). B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下主要國家頻譜整備規劃

1. 熱門頻段衝突：6GHz

綜觀美國與歐盟，縱然兩造對釋出 6GHz 用途存在些許差異，美國係全段 1200MHz 頻寬供非授權、免執照使用，而歐盟僅開放 5945-6425MHz，共計 480MHz 頻寬供 WAS/RLANs 使用，惟兩造對於如何保護該頻段即有授權特許執照服務，皆依據裝置功率的不同，研擬相對應之使用場景、發射功率等限制(如下表所示)，而其中值得一提的是，美國因開放該頻段供非授權使用，故相較於歐盟更進一步研擬自動頻率協調 AFC 系統，透過該系統界接 FCC 資料庫取得該頻段內受保護服務之資訊，由此資訊中指定之保護標準，藉以確定標準功率接取點和固定用戶端設備的可用頻率，另輔以 AFC 系統須於註冊過程中使用該些設備所提供之地理資訊，以此確定其所在位置的可用頻率，以及每個頻率範圍內的最大許可功率，以此保障即有授權特許執照服務。

表 161 美國與歐盟 6GHz 開放頻段操作規範

國家	開放態度	操作許可	頻率範圍	功率限制
美國	全段用作免授權頻段	Standard power. Outdoor with AFC.	5925 - 6425MHz 6525 -	● 頻帶內最大平均 EIRP：36dBm (AP)、30dBm (CL)

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

國家	開放態度	操作許可	頻率範圍	功率限制
			6875MHz	● 頻帶內最大平均 EIRP 密度：23dBm/MHz (AP)、17dBm/MHz (CL) ● 頻帶外最大 EIRP：-27 dBm/MHz)
		Low power indoor(註１)	5925 - 7125MHz	● 頻帶內最大 EIRP：30dBm (AP)、24dBm (CL) ● 頻帶內最大 EIRP 密度：5 dBm/MHz (AP)、-1 dBm/MHz (CL) ● 頻帶外最大 EIRP：-27 dBm/MHz)
歐盟	下段作為免授權頻段使用/上段等待 WRC-23 決議	Low power indoor(僅限室內使用)(註２)	5945 - 6425MHz	● 頻帶內最大 EIRP：23dBm ● 頻帶內最大 EIRP 密度：10dBm/MHz ● 頻帶外最大 EIRP：-22 dBm/MHz (below 5935MHz)
		Very low power ● 可在室內/室外使用 ● VLP 裝置為可攜式		● 頻帶內最大 EIRP：14dBm ● 頻帶內最大 EIRP 密度：1dBm/MHz ● 頻帶外最大 EIRP: -45 dBm/MHz(-37 dBm/MHz below 5935MHz)

註１：美國的 LPI 操作 禁止在移動的車輛（汽車、火車、飛機）和無人機上使用，但在 U-NII-5 頻段飛行高度超過 10,000 英尺的大型客機可使用

註２：歐盟的 LPI 操作僅限室內使用（包括裝有金屬塗層窗戶的火車和飛機），並不允許戶外使用（包括在公路車輛中）

資料來源：FCC、European Union，本研究整理，2021 年 11 月

除上述歐美於 6GHz 開放頻段操作規範存在相同處外，兩造另於研議開放 6GHz 之緣由，皆主要聚焦於既有頻段資源不足以支應公眾對數據流量、移動寬頻需求的暴發式成長，以及為積極消弭公眾數位落差，推進公眾能夠廣泛取得高速寬頻網路。

另於歐美起始研議開放 6GHz 頻段公眾諮詢部分，不同於歐盟，美國多面對固定微波使用業者(如衛星廣播/電視)反對，而歐盟則面臨如電信設備商要求不僅開放供 WAS/RLANs 使用，亦需允許非授權使

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用此技術中立議題(如下表所示)。

表 162 美國與歐盟 6GHz 開放頻段公眾諮詢正反論點

國家	態度	設備商、晶片製造商	電信業、衛星業者	其他(公協會)
美國	支持	● 有助於無線創新，包含遠程工作、遠程學習、遠程醫療、AR/VR（Google、Facebook、Cisco、HPE、techUK、WBA） ● 有利於下一代產品布局（Google、Apple、Facebook、Intel、 Qualcomm ）	NA	NA
	反對	NA	將對微波鏈路、及其相關接收器產生干擾（AT&T）	將對微波鏈路、及其相關接收器產生干擾（AT&T、The Critical Infrastructure Industry (CII)、The Fixed Wireless Communications Coalition）
歐盟	支持	● Wi-Fi 6E 能提供高速低延遲體驗（Cisco, Facebook, HPE, Intel, Qualcomm, Broadcom） ● 有利發展 AR 應用（Facebook、 Cisco、HPE、techUK、WBA ） ● 開放 6GHz 使英國與北美一致，能達到規模經濟（CommScope、HPE 、Intel）	Wi-Fi 6E 能提供高速低延遲體驗	NA
	反對	● 6425-7125 MHz 對確保 5G 特性全面達成具有重要價值（華為、Ericsson） ● 6GHz 下段應採技術中立，以允許 LTE-LAA、5G NR-U 使用（Ericsson、Nokia、Huawei）	NA	NA

資料來源：FCC、European Union，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 軌道通訊

綜觀歐盟及日本在軌道通訊上的發展，歐盟透過 Horizon 2020 計畫推動總經費 1,300 萬歐元的 5GRAIL 計畫，以及德國鐵路(Deutsche Bahn)、瑞士聯邦鐵路（SBB CFF FFS）分別與 NOKIA 合作在不同的頻段上進行 FRMCS 的測試及驗證。同時，歐盟委員會、電子通訊委員會（ECC）亦為未來鐵路移動通訊系統（FRMCS）劃分歐盟區域專用頻段，欲以專用電信發展歐盟統一的軌道關鍵應用。

日本方面則由鐵道營運商與電信業者合作，利用日本劃分的 5G 行動專網頻段，進行貴到關建應用的開發，以 5G 行動專網替代部分專用電信及人工巡檢的方式，配合 4K 攝影機的設置，可即時取監控影像，以 AI 判讀後，可做出相對應的因應措施，進而提升鐵道的行車安全及服務品質。

由於目前歐盟及日本方面進行的都還在試驗階段，尚未正式進入實際使用或商用階段，但以歐盟委員會及各國的態度，在歐盟區域內使用統一的 FRMCS 是一個共同的目標。日本則是意圖使用行動專網的頻段為軌道通訊提供獨立且快速的通訊系統。

我國的軌道通訊目前均採用 TETRA 系統，未來更換時，要導入何種系統，要提供那些頻段給軌道通訊系統所使用，又應以何種方式提供，都需要軌道營運單位、監管機關及早規劃、準備。

3. 極高頻

相較於 5G，6G 提早了 10 年進行先期的技術與應用探討，對於頻譜資源的需求探詢以及技術的研析，也尚在起步階段。換句話說，目前即便國際主要國家研究單位或產業大廠各方紛紛提出 6G 世代的頻譜需求中，”極高頻”頻譜將是主要標的；實際上，國際標準組織 ITU

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

「尚未」正式規劃任何頻譜頻段以用於所謂「6G」通訊；ITU 目前僅針對 275-450 GHz 頻譜進行標識，將作為未來陸地移動和固定業務應用的確定頻譜資源；並且特地新增 275-296GHz、306-313GHz、318-333GHz、356-450GHz 作為四個全球標識行動服務頻段。其他標準組織，如 IEEE 也僅將 252-330 GHz 頻譜頻段作為未來 IEEE 802.15.3d-2017 標準下，進行低複雜性、低成本、低功耗、高數據速率的無無線短距通訊應用使用。

而產學研界目前則多處於 6G 基礎科學與技術的先期研究，由於採用極高頻頻段的無線通訊技術仍有既定物理障礙需跨越，例如傳輸距離短，易受障礙物干擾等。因此，研究單位多首先關注於能實現運用 100 GHz 以上極高頻頻譜之技術研發，因此在 D-Band、G-Band 投注心力。並且嘗試研析、探討於極高頻段可運作的創新應用情境之驗證。從而將相關成果逐步投入後續 6G 世代通訊技術標準之發展。

故此，為幫助產學研界能有效利用極高頻頻段進行前瞻通訊技術與應用發展，先期掌握克服極高頻頻段技術發展門檻、展望新興應用趨勢與商用契機，英美兩國監管機關特地開放 100GHz 以上頻段作為實驗頻譜，鼓勵兩國國內產學研界申請使用，以早期進行先進無線通訊技術發展、設備產品開發與應用服務驗證，進而為 6G 通訊的先期佈局鋪路，以利該國後續得以將相關研究成果做為國際標準之參考依據。而我國作為國際資通訊生態系中的重要成員，並且在供應鏈上扮演關鍵角色，理應與國際趨勢接軌，超前部署下世代通訊技術發展格局，針對極高頻頻譜資源預作整備。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第九章：子題 2.4，研析行動寬頻專網頻率供應模式

一、 前言

各國主管機關為促進產業轉型升級，相繼推出行動寬頻專網政策，希冀藉由 5G 結合如人工智慧、機器人、無人機等各種新興技術，打造垂直場域之創新應用服務，例如智慧工廠、智慧醫療、智慧農業、智慧零售、智慧物流及其他應用。現階段行動寬頻專網仍處於起步階段，許多設備商、系統整合商、標準制定機構和監理機關皆大幅投入準備工作，尤其德國、日本等國家或地區已完成指配行動寬頻專網頻譜，未來行動寬頻專網更是行動通訊業者重要業務之一。

根據日本電子資訊技術產業協會（Japan Electronics and Information Technology Industries Association, JEITA）預估，全球 5G 專網市場規模將在 2030 年達 991 億美元。在不久的將來，工廠、園區、物流、醫院、電網、港口等都可能擁有 5G 專網，借助 5G 的高速下載速率、更低的傳輸延遲、可連接大量裝置的網路能力和邊緣運算來實現數位化和智慧化轉型。全球行動供應商協會（Global Mobile Suppliers Association, GSA）發布新的專用行動網路市場狀況報告（Private Mobile Networks Market Status Report），揭示全球 5G 專網佈署情形。GSA 報告指出，專用行動網路佈署仍以 LTE 為主，但 5G 市場比重正逐漸成長。其中，LTE 比重為 64%，低於 2020 年 10 月的 81%，而 5G（正在或計劃佈署）占 36%。GSMA Intelligence 於 2021 年調查顯示，全球營運商中有超過三分之二表示有銷售專為企業客戶佈署的專用無線網路，且絕大多數至少有 10 家企業客戶，41%的人至少有 50 個。國際數據資訊公司（International Data Corporation, IDC）發布《全球 LTE/5G 專用基礎設施預測（Worldwide Private LTE/5G

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Infrastructure Forecast）》報告指出，LTE/5G 專用基礎設施銷售的全球收入將從 2019 年的 9.45 億美元成長至 2024 年的 57 億美元，5 年年複合成長率（CAGR）為 43.4%，其中包括 RAN、核心和傳輸基礎設施之總支出。

另觀察國際主要國家針對 5G 專網釋出頻段，韓國為活化 5G 專網，同時釋出 sub 6GHz 頻段（4.72-4.82GHz）與 28GHz 頻段（28.9-29.5GHz），提供 5G 專網使用；德國以 3.7-3.8GHz 中頻段以及 24.25-27.5GHz 毫米波頻段（26GHz 頻段）的區域性專用頻率，積極推動 5G 產業應用發展。日本提供 sub 6 GHz 頻段（4.6-4.9GHz）及增加 28.3-29.1GHz，供 Local 5G 使用。

本研究研析全球主要國家如英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡、澳大利亞等國行動寬頻專網政策，藉此掌握各國發展行動寬頻專網之進程與相關配套措施，益於研究團隊提出完善我國規劃專網頻譜之常態性供應模式及中長期專網頻譜規劃政策參考。

二、 英國

(一). 行動寬頻專網政策

1. 專網進程

英國行動寬頻專網策略乃透過區域性執照實現無線創新（Enabling Wireless Innovation through Local Licensing），亦即透過 5G 行動通訊技術開創垂直應用領域之創新活動。鑒於無線電頻率為所有無線通訊之運作基礎，對於英國整體經濟、社會，甚至個人皆至關重要。為支持產業創新，促成新的頻譜應用，英國通訊管理局（Office of Communications, Ofcom）考量行動通訊技術應用於發展符合地方無線連結之需求日益受到關注，導入區域性頻譜接取機制，避免因無線

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

電頻譜接取的不足而阻礙創新發展。

2. 專網配套措施

為持續擴大 5G 的全國性涵蓋與產業競爭，英國專網策略也依此大方向制定相關配套措施。英國政府作為 5G 專網計畫的推手，串接各方資源，架設資訊整合平臺，統整學術資源、創投資源以及任何與 5G 技術與應用相關的資訊來源，開放透明地提供給所有人使用。透過整合各方資源，推動資源有效串接與運用，以此擴大 5G 專網計畫的觸及並提高創新效率，期望達到電信產業軟硬體供應鏈的多樣化，加速 5G 產業的持續發展。

(二). 專網供應模式

1. 釋照規劃

為提升創新效率與產業發展，Ofcom 提出為非傳統行動網路業者所設計釋照規劃。預期使用者為營業場所或其商業模式具有無線接取需求的商業團體，獲得比行動網路業者提供的 Wi-Fi 或其他服務，有更高的安全性及客製化需求的無線接取品質，預期應用的領域包含農業、礦業、石化業、製造業、一般企業、物聯網產業、物流業、鄉村無線接取等。潛在用途主要為設置專用網路、提升鄉村行動網路涵蓋、提升室內行動網路涵蓋及固定無線接取。其中，專用網路方面，1800MHz 可供窄頻技術應用，24.25-26.5GHz 則僅供室內使用（參照下表）。

表 163 英國促進無線創新之區域性執照頻段潛在用途

用途	專用網路	行動網路涵蓋（鄉村）	行動網路涵蓋（室內）	固定無線接取
1800MHz	V（窄頻技術）	V	V	X

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

用途	專用網路	行動網路涵蓋（鄉村）	行動網路涵蓋（室內）	固定無線接取
2300MHz	V	特定區域	V	X
3.8-4.2GHz	V	X	X	V
24.25-26.5GHz	V（僅室內）	X	V	V
已授權行動頻譜	V	V	V	V

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

Ofcom 釋出執照分為共用接取執照（Shared Access Licence）與地區接取執照（Local Access Licence）兩種。共用接取執照提供 4 個共用頻譜接取：1800MHz、2300MHz、3.8-4.2GHz、24.25-26.5GHz 等頻段，並分為單一地區低功率執照（low power licence（per area licence））及單一基地臺中功率執照（medium power licence（per base station licence）），Ofcom 於 2019 年 12 月 9 日開放共用接取執照的申請。地區接取執照則接取 MNO 未使用的頻段（參見下表）。

表 164 英國促進無線創新之區域性執照規劃

執照類型	共用頻段
共用接取執照（Shared Access Licence） • 單一地區低功率執照 • 單一基地臺中功率執照	1800MHz
	2300MHz
	3.8-4.2GHz
	24.25-26.5GHz
地區接取執照（Local Access Licence）	MNO 未使用頻譜

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

以下將分別說明共用接取執照與地區接取執照兩種執照的使用頻段、釋照內容，以及使用條件。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 使用頻段

(1). 共用接取執照

共用接取執照之使用頻段共有 4 種，以下分述之。

- 1781.7-1785 MHz 與 1876.7-1880 MHz

1800MHz 共用頻譜包括 1781.7-1785 MHz 與 1876.7-1880 MHz，此頻段並未授權給全國行動通訊服務使用，是由商用行動基地臺與設備所支援，包含大部分的行動裝置。該頻段可使用頻寬共 2 x 3.3MHz。

- 2390-2400 MHz

2300MHz 共用頻譜為 2390-2400 MHz，是 2300MHz 行動寬頻的一部份，於英國行動網路所使用的 2350-2390MHz 頻段上。該頻段是由商用行動基地臺與設備所支援，包含部分最新的智慧型手機。此頻段可使用頻寬共 10MHz。

- 3.8-4.2 GHz

該頻段位於 3.6-3.8GHz 行動寬頻之上，而支援此頻段的 5G 技術晶片可供使用，該頻段可使用頻寬為 390MHz。

- 24.25-26.5 GHz

該頻段僅供室內低功率執照使用，此一部分是歐洲 5G 網路的先驅頻段之一，可使用頻寬共 2.25GHz。

(2). 地區接取執照

地區接取執照之使用頻段是與全國性行動網路業者共用，惟其使用範圍限定在行動網路業者未使用頻譜的地區。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 釋照內容

(1). 共用接取執照

共用接取執照又可分為單一地區低功率執照（Low power licence（per area licence））及單一基地臺中功率執照（Medium power licence（per base station licence）），釋照內容包含用途及兩種執照的概述與比較。根據 Ofcom 於 2018 年發布之「促成創新機會（Enabling Opportunities for Innovation）」與 2019 年發布之「透過區域性執照促成無線創新（Enabling Wireless Innovation through Local Licensing）」文件，1800MHz、2300MHz、3.8-4.2GHz、24.25-26.5GHz 頻段的既存用途、未來用途彙整如下表。以產業創新或轉型升級為目的，主要以 3.8-4.2 GHz 與 24.25-26.5GHz 兩個頻段為主，其中 3.8-4.2 GHz 支援採用物聯網技術的自動化產業，而 24.25-26.5GHz 則供 5G 創新應用發展或商業使用為目的之用途。

表 165 英國共用接取執照既存用途、未來用途

共用頻段	既存用途	未來用途
1800MHz (1781.7-1785 、1876.7-1880MHz)	12 個並存頻譜接取（Concurrent Spectrum Access, CSA）執照共用	擴充農村地區的行動涵蓋率或是做為當地私人網路使用
2300MHz (2390-2400MHz)	• 英國國防部使用於空對空、空對地遙測系統 • 特殊活動節目製作（PMSE） • 供免執照使用：短範圍裝置（Short Range Device, SRD。如 Wi-Fi、Zigbee）、聽力輔助器具（Assistive Listening Devices, ALDs）等用途	擴充農村地區的行動涵蓋率或是做為當地私人網路使用
3.8-4.2 GHz	• 衛星地球電臺 • 點對點傳輸固定鏈路 • 固定無線接取（FWA）：UK Broadband	推動更多的共用，做為私人專網，提供採用自動化的產業支援物聯網

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

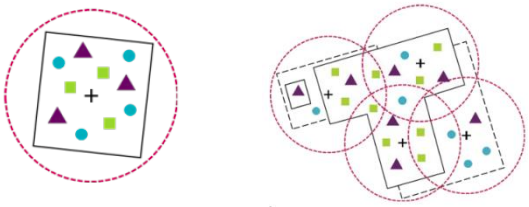
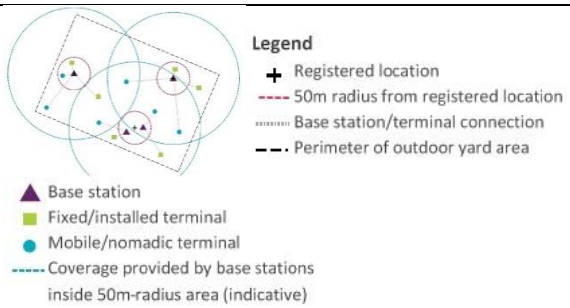
共用頻段	既存用途	未來用途
24.25-26.5GHz	• 固定式無線接取（FWA） • 衛星地面接收站 • 特殊活動節目製作（PMSE） • 短範圍裝置	5G 創新、應用發展、商業使用

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

● 單一地區低功率執照（Low power licence（per area licence））

單一地區低功率執照預期適用於工業或企業使用者架設其專用網路，將有助於其場所的語音、簡訊、無線數據應用，以及提升室內行動涵蓋的潛在用途。以下將單一地區低功率執照之授權範圍及連接終端型式整理如下表。

表 166 英國單一地區低功率執照概述

項目	內容說明	
授權範圍	• 可於半徑 50 公尺內佈署任意數量之基地臺 • 若需更大佈建範圍，可於同一執照申請表中申請多個範圍，如右圖所示。	
	連接終端可超出半徑 50 公尺範圍	
	室內執照	室內係指有屋頂或天花板之封閉建築物內，不可佈署基地臺和固定式終端於室外基地臺可佈署於建築物內任何高度。
	室內／室外執照	基地臺最高佈署高度為離地 10 公尺，目前 2300MHz 不可佈署於室外，僅能申請室內執照。
連	**固定式終端**	為非移動式，終端位於固定場所

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	內容說明	
接終端型式	漫遊式終端	為移動式，終端使用時需為靜止狀態（免執照使用於 1800 及 2300MHz 共用頻段）
	行動式終端	為可邊移動、邊使用之行動終端（免執照使用於 1800 及 2300MHz 共用頻段）

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

● 單一基地臺中功率執照（Medium power licence（per base station licence））

單一基地臺中功率執照預期適用於具有長途無線傳輸需求，且同時不變動基地臺位置的使用者，例如港口、農林業等較大範圍場域的使用者。此執照將有助於提供農村地區的固定無線接取，也具有提升農村行動網路涵蓋的功能。以下將單一基地臺中功率執照的授權範圍及連接終端型式整理如下表。

表 167 英國單一基地臺中功率執照概述

項目	內容說明	
授權範圍	農村範圍（Rural Area）： • 符合統計局人口普查輸出地區 D1、D2、E1、E2、F1、F2 之英格蘭與威爾斯地區（指市鎮與邊緣地區（town and fringe）、集村型村落（Village）、無教堂的小村莊（Hamlet）與孤立式住宅（Isolated Dwellings））。 • 符合蘇格蘭政府鄉村與都市分類第 3-8 類之地區（指任何小於 3,000 居住之地區）。 • 符合北愛爾蘭統計與分析局居住分類頻段 E 與 H 區之北愛爾蘭地區（在 2,500 人居住地區之郊外） • 適用於英國和領海內的地點	
連接終端型式	固定式終端	為非移動式，終端位於固定場所
	漫遊式終端	為移動式，終端使用時需為靜止狀態（免執照使用於 1800 及 2300MHz 共用頻段）
	行動式終端	為可邊移動、邊使用之行動終端（免執照使用於 1800 及 2300MHz 共用頻段）

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

● **兩種執照差異**

兩類執照之主要差異在於無線傳輸的授權範圍，單一地區低功率執照的授權傳輸範圍較小，僅於執照授權劃定 50 公尺範圍內的所有基地臺，可連接所有終端。單一基地臺中功率執照的授權傳輸範圍則較大，執照授權特定地點的基地臺，可連接所有終端，但僅授權用於農村地區。

● **地區接取執照**

地區接取執照是全國性行動網路業者之頻譜可擴大使用的共用機制，適用於行動網路業者並未使用其特定頻譜的地區。雖然既存已有透過頻譜交易獲得使用權的機制，但相較於共用授權，既存機制更傾向於使用權的轉換。因此期望透過此地區接取執照的機制，使頻譜交易並不活躍的地區也可加以運用行動寬頻的資源，不衝擊行動網路業者的既有業務與未來發展。地區接取執照可用於專網架設、無線寬頻服務，甚至應用於地下礦區等特定場域。

4. 使用條件

英國提出的釋照規劃亦規範相關限制、權利義務、技術條件等使用條件。

(1). 共用接取執照使用條件

共用接取執照使用條件，包含使用限制、權利義務、單一地區低功率執照技術條件。以下整理共用接取執照之使用限制如下表。

表 168 英國共用接取執照之使用限制

共用頻段	使用限制
1800MHz (1781.7-1785 、	• 不可使用於 Isle of Man、Channel Islands • 於部分地區可能受到國防部干擾

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

共用頻段	使用限制
1876.7-1880MHz)	
2300MHz (2390-2400MHz)	• 不可使用於北愛爾蘭、Isle of Man • 僅授權低功率室內執照 • 可能受到業餘無線電使用者干擾 • 須避免干擾免執照使用
3.8-4.2 GHz	不授權於以下國防部站點 5 公里內範圍： • GCHQ Bude, Cormwall • RAF Menwith Hill, North Yorkshire
24.25-26.5GHz	不授權於以下無線電天文臺 1 公里內範圍： • Harwell Earth Exploration Satellite Service Earth Station, Oxfordshire • Jodrell Bank Observatory, Cheshre • Cambridge Radio Astronomy Site

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

共用接取執照使用者之權利及義務，包含頻率使用費、執照效期、義務、撤銷及轉讓執照、保存資料，以及停止或變更執照等相關規範，整理於下表。

表 169 英國共用接取執照使有者之權利及義務

項目	共用頻段	釋照頻寬（MHz）	英鎊/年
頻率使用費	1800MHz	2×3.3	80
	2300MHz	10	80
	3.8-4.2GHz	10	80
		20	160
		30	240
		40	320
		50	400
		60	480
		80	640
		100	800
	24.25-26.5GHz	不限	320
執照效期	• 共用接取執照為不定期執照，每年僅需繳交頻率使用費即可持有該執照 • 若申請執照小於 1 年，頻率使用費則以月為單位計算。最低額度為每張執照 32 英鎊		
義務	取得執照後 6 個月內須使用無線電設備進行傳輸		
撤銷執照	• Ofcom 將於撤銷前 1 個月通知執照持有者 • 撤銷執照理由：違反上述條件（含未繳交頻率使用費、未履行義務）、執照持有者造成不當干擾且未能改善、Ofcom 決定重組該頻段		
轉讓執照	執照持有者有權轉移共用接取執照，轉移方式含： • **完全全部轉移**（Outright Total Transfer）：將頻譜執照之權利及義務完全轉移給受讓者，轉讓者不再持有該頻譜之權利及義務		

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	共用頻段	釋照頻寬（MHz）	英鎊/年
	• **併存全部轉移**（Concurrently Total Transfer）：將頻譜執照之權利及義務完全轉移給受讓者，但轉讓者仍持有該頻譜之權利及義務		
保存資料	持有低功率執照：紀錄地址、天線種類、所有基地臺的天線距離地面之高度		
	使用固定式終端：紀錄位置、天線種類、天線距離地面之高度		
	使用行動式終端於 3.8-4.2GHz 頻段：紀錄終端數量、使用終端之建築物地址		
停止或變更執照	• 當執照持有者造成干擾或緊急狀況時，Ofcom 有權要求執照持有者停止無線電設備運轉 • 由於未來將採取動態頻譜接取（Dynamic Spectrum Access, DSA），Ofcom 有權要求執照持有者變更使用頻率位置		

資料來源：台經院、Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

共用接取執照區分單一地區低功率執照及單一基地臺中功率執照，以下整理單一地區低功率執照之技術條件，包括佈署範圍、頻寬、基站最高功率、終端最高功率、傳輸架構需求等技術條件（詳如下表所示）。另，單一基地臺中功率執照之技術條件如下表。

表 170 英國單一地區低功率執照之技術條件

條件	1800MHz 共用頻段	2300MHz 共用頻段	3.8-4.2GHz	24.25-26.5GHz
佈署範圍	• 室內及室外 • 室外：天線最高至 10 公尺	• 目前僅室內 • 室外：天線最高至 10 公尺	• 室內及室外 • 室外：天線最高至 10 公尺	室內
頻寬	2x3.3MHz	10MHz	10/20/30/40/50/60/80/100MHz	50/100/200MHz
基站最高功率	24 dBm / carrier （up to 3 MHz) （EIRP)	24 dBm / carrier （up to 10 MHz) （EIRP)	• 24 dBm / carrier for carriers ≤ 20 MHz • 18 dBm / 5 MHz for carriers > 20 MHz （EIRP)	23 dBm / 200 MHz （TRP)
終端最高功率	23 dBm	25 dBm	28 dBm	23 dBm
傳輸架構需求	無	所有的室外佈署為 3:1 傳輸架構	無	無

資料來源：台經院、Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 171 英國單一基地臺中功率執照之技術條件

條件	1800MHz 共用頻段	2300MHz 共用頻段	3.8-4.2GHz
佈署範圍	鄉村地區 室外：天線最高至 10 公尺	鄉村地區 室外：天線最高至 10 公尺 目前不可申請	農村地區
頻寬	2×3.3MHz	10MHz	10/20/30/40/50/60/80/100MHz
基站最高功率	42 dBm / carrier （up to 3 MHz） （EIRP）	42 dBm / carrier （up to 10 MHz） （EIRP）	42 dBm / carrier for carriers ≤ 20 MHz 26 dBm / 5 MHz for carriers > 20 MHz（EIRP）
終端最高功率	23 dBm	25 dBm	28 dBm TRP 35 dBm /5MHz EIRP
傳輸架構需求	無	所有的室外部署為 3:1 傳輸架構	無

資料來源：台經院、Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

(2). 地區接取執照使用條件

地區接取執照的使用條件因其機制為共用既有行動通訊業者之未使用頻譜，故在使用條件方面較單純，以下將其執照期限、授權對象、執照費用、可用頻段、技術條件、協調與干擾管理、執照轉移、停止或變更執照，以及保存資料等項目整理如下表。

表 172 英國地區接取執照使用條件

項目	說明	
執照期限	• 3 年，視申請可延長或縮短 • 不可更新，若想延展需申請新執照	
授權對象	視申請不同，可申請授權一個基地臺、或多個基地臺、或地區	
執照費用	950 英鎊/張	
可用頻段	800MHz	791-821MHz、832-862MHz（成對）
	900MHz	880-915MHz、925-960MHz
	1400MHz	1452-1492MHz
	1800MHz	1710-1781.7MHz、1805-1876.7MHz
	1900MHz	1900-1920MHz

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	說明	
	2100MHz	1920-1980MHz、2110-2170MHz
	2300MHz	2350-2390MHz
	2600MHz	2500-2690MHz
	3.4GHz	3410-3600MHz
技術條件	• 視申請而不同 • Ofcom 預期多數執照持有者將使用與既有業者相同技術，但若執照持有者欲使用其他技術也將被批准	
協調與干擾管理	• 執照持有者須遵守國內及國際之同步標準 • 執照持有者須與同頻段之其他使用者合作，以防造成干擾 • 執照持有者部署行動服務時須遵守區塊及功率限制	
執照轉移	執照持有者有權轉移地區接取執照，轉移方式含： • **完全全部轉移**（Outright Total Transfer）：將頻譜執照之權利及義務完全轉移給受讓者，轉讓者不再持有該頻譜之權利及義務 • **併存全部轉移**（Concurrently Total Transfer）：將頻譜執照之權利及義務完全轉移給受讓者，但轉讓者仍持有該頻譜之權利及義務	
停止或變更執照	當執照持有者造成干擾時、或緊急狀況時，Ofcom 有權要求執照持有者停止設備運轉、或要求執照持有者與其他使用者同步	
保存資料	執照持有者有義務紀錄、及保存資料，並在 Ofcom 有需求時提供	

資料來源：台經院、Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

5. 執照申請現況

根據Ofcom網站提供查詢已核發之共用接取執照資訊，截至2021年10月20日，已核發977張低功率執照、308張中功率執照（參見下表）。

表 173 低功率執照持有者公司名稱與執照數量

執照持有者公司名稱	執照數量
BT OnePhone Ltd.	681
BlueWave Communications	81
FMS Solutions Limited	71
TeleWare plc	29
Dense Air Limited	18
Sunderland City Council	17
Clear Mobitel Ltd	11
Telet Research (N.I.) Limited	6
TOSHIBA EUROPE LIMITED 等共 3 家	5
HANHAA XG LIMITED 等共 4 家	4
NOKIA UK LIMITED 等共 3 家	3
ZEETTA NETWORKS LIMITED 等共 5 家	2

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

AB Open Ltd 等共 17 家	1
總計	**977**

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

表 174 中功率執照持有者公司名稱與執照數量

執照持有者公司	執照數量
QUICKLINE COMMUNICATIONS LIMITED	114
Telefonica UK Limited	39
Dense Air Limited	37
BlueWave Communications	33
Telet Research (N.I.) Limited	19
Clear Mobitel Ltd	11
WILDANET LIMITED	11
Dorset Council	8
Associated British Ports	7
Milton Keynes Council	4
NETMORE IOT SOLUTIONS LTD	4
Vodafone Limited	3
BAM NUTTALL LIMITED	2
Scot-Tel-Gould Limited	2
University of Lincoln	2
WAVE MOBILE LTD	2
AB Open Ltd 等共 10 家	1
總計	**308**

資料來源：Ofcom，本研究整理，2021 年 11 月

(三). 專網垂直應用

英國 5G 試驗計畫（5G Testbeds and Trials Programme, 5GTT）主要由數位、文化、媒體暨體育部（Department for Digital, Culture, Media and Sport, DCMS）提供部分資金，協助企業進行 5G 應用案例試驗，針對農漁業、製造、旅遊、交通、醫療、娛樂等領域，旨在擴大 5G 投資與創新應用發展，提高產業生產效率並促進 5G 產業之生態系。以下 5G 未來工廠（5G Factory of the Future, 5G FoF）為例，說明如下：

5G 未來工廠（5G FoF）計畫為 5GTT 計畫眾多補助計畫之一，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

主要打造 5G 智慧工廠，總價值約 952 萬英鎊，並受 DCMS 資助約 479 萬英鎊。

➢ 計畫成員

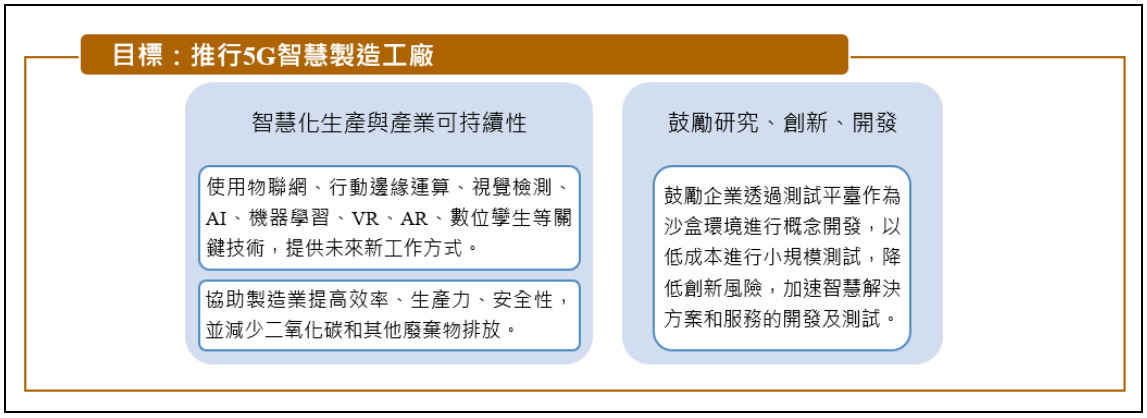
該計畫係由雪菲爾大學先進製造研究中心（Advanced Manufacturing Research Centre, AMRC）North West 主導，合作夥伴包含 BAE Systems、IBM、5G 專網提供者 Aql、MTT 和 Miralis 等。

➢ 試驗地點

計畫主要試驗地點於蘭開夏（Lancashire）郡薩默斯伯里（Samlesbury）Enterprise Zone 的工廠，其他試驗地點包含 BAE Systems 在蘭開夏（Lancashire）郡沃頓（Warton）的工廠，以及 AMRC 在約克郡（Yorkshire）謝菲爾德（Sheffield）的 Factory 2050。

➢ 計畫目標

該計畫旨在推行 5G 智慧製造工廠，以智慧化生產、確保產業持續發展，鼓勵研發與創新，以降低生產成本、提高生產力與產量，並開發新的商業模式為目標。以下詳述目標內容。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 155：5G FoF 智慧製造工廠目標

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

➢ 智慧化生產與產業延續性

5G FoF 透過 5G 結合物聯網、人工智慧（Artificial intelligence, AI）、機器學習、虛擬實境（Virtual Reality, VR）、擴增實境（Augmented Reality, AR）、數位孿生（Digital Twins）、行動邊緣運算（Mobile Edge Computing, MEC）、視覺檢測（Visual Inspection）等關鍵技術改善製程與交期，減少二氧化碳和其他廢棄物排放，並提供未來新工作方式。例如透過即時監控降低生產過程產生的瑕疵和浪費，提高生產績效；透過數位孿生追蹤技術（Digital Twin Track and Trace），以提高機器使用率和節能；透過共享混合實境空間（Shared Hybrid Reality Spaces），降低停機維護時間。

➢ 鼓勵研究、創新、開發

鼓勵企業透過測試平臺作為沙盒環境進行概念開發，以低成本進行小規模測試，降低創新風險，加速智慧解決方案和服務的開發及測試。

5G 未來工廠針對 5 種製造業的 5G 應用案例進行試驗，項目包括即時監控和自適應封閉迴路控制、產銷追蹤系統、廠區遠距即時監控系統、分佈式和共享混合實境空間，以及數位孿生追蹤，詳細試驗內容詳見下表。

表 175 5G 未來工廠之試驗內容與成效

試驗項目	試驗內容	試驗成效
即時監控和自適應封閉迴路控制	運用 5G 低延遲特性監測加工和製造過程，減少檢驗瑕疵和品質之成本和時間，期建立無故障的製造系統。	經改善製程精確度、預測性維護策略及更少的錯誤，估計瑕疵數量、廢棄物數量和機器停機時間減少 15%至 25%。
產銷追蹤系統	以 5G 即時智慧追蹤運輸中的資產和產品，追蹤項目包含環境溫	估計損失和損壞之產品減少 30%，並提高交貨準確性，且可為

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

試驗項目	試驗內容	試驗成效
	度、撞擊事件、GPS 定位等，不僅提高整個供應鏈的透明度，確保產品交付客戶之品質以及營運效率。	改善包裝、遺失或錯放產品調查等提供資訊。
廠區遠距即時監控系統	以 5G 和感測器即時監控生產環境，例如溫度、氣壓、溼度、配電狀況、警報等，並提供射頻辨識掃描、人機介面或異常狀況的回報，即時進行生產活動或機器設置的靈活調整，降低基礎設施和生命週期營運成本,提高效率。	由於性能和資源利用率提高，估計機器使用提高 5%至 10%、能源使用減少 10%至 15%、維運時間減少 20%。
分佈式和共享混合實境空間	在組裝、維運或檢測時使用 AR 和 MR 技術，並透過視覺檢測確認標籤及零件位置等，結合即時資訊和 AI 的協助；減少停機時間、說明和不確定性的成本。	透過即時的全球協作及培訓和簡化維運流程，將降低 65%差旅成本、減少 15%維運時間。
數位孿生追蹤	在整個產品生命週期中透過數據驅動的數位孿生技術，以實現商業成功典範。	以數據驅動的決策、即時資產定位和庫存準確性、改善生產製程減少空閒時間、績效改善和改進預測性維護，估計使機器使用率和工廠效率提高 15%至 20%。

資料來源：UK5G，本研究整理，2021 年 11 月

(四). 小結

由於英國推動行動寬頻專網的主要目的為加速整體 5G 產業發展進程，對於英國主管機關來說，以此推行的區域性執照實現無限創新所提供的共用頻譜機制，其專注的重點在不影響現有使用的情況下，進行最大程度的創新，並期望快速擴大 5G 寬頻的涵蓋與多元應用。

三、 德國

(一). 行動寬頻專網政策

1. 專網進程

德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur, Federal Network Agency, BNetzA）依循《電信法（Telekommunikationsgesetz, TKG）》的促進競

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

爭、有效使用基礎設施、提供適合的服務等原則，在 2009 年的理事會議中設計更多元的無線接取共用機制。往後的專網規劃也依據相關法規與決議進行持續的探討與發展，透過專網釋照促進德國經濟與社會的數位化，專注於創新解決方案，並創造建構多樣化園區網路的機會，使德國成為工業 4.0 領域的先鋒。

2. 專網配套措施

因應專網的使用特性，如區域內的安全性及內部使用等，BNetzA 將原有採取拍賣形式，調整為業者協商後提交申請書，並採取審核的方式。但為了確保頻譜的使用效率，BNetzA 嚴格規範審核條件及內容，必須詳細說明使用目的及使用能力，包含頻譜的具體用途、頻譜的使用知識及相關技術設備等條件。

(二). 專網供應模式

1. 使用頻段

為促進德國經濟與社會的數位化，專注於創新解決方案，並創造建構多樣化園區網路的機會，使德國成為工業 4.0 領域的先鋒。德國聯邦網路局（BNetzA）規劃 Local 5G 園區網路（Lokale 5G-Campus-Netze）的使用頻段為 3.7-3.8GHz 以及 26GHz（24.25-27.5GHz）兩種頻段。其中，3.7-3.8GHz 頻段已於 2019 年 11 月 21 日開始受理申請，單位頻寬為 10MHz。BNetzA 將 26GHz（24.25-27.5GHz）規劃為 Local 及寬頻使用之頻段（lokale, breitbandige Frequenznutzungen），自 2021 年 1 月 1 日至 2021 年 3 月 31 日受理申請。彙整德國行動寬頻專網之使用頻段與申請單位頻寬如下表。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 176 德國使用頻段與申請單位頻寬

項目	使用頻段	申請單位頻寬	頻寬	頻率商業化時間
使用頻段	3.7-3.8GHz	10MHz 的倍數	100MHz	2019.11.21 開始申請執照
	26GHz（24.25-27.5GHz）	50MHz 的倍數（上限為 150MHz）	3.25GHz	2021.01.01 開始申請執照

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

2. 釋照規劃

在最早的頻譜共用機制中，BNetzA 所決議採用的是公開遞增同步多輪拍賣的方式進行。雖然此方法公開透明，且不具官僚作風，但企業專網的使用者大多重視安全性及內部應用的考量，例如工業園區的工業自動化及工業 4.0 的應用等。因此 BNetzA 在採納利害關係人與公聽會的意見後，將 3.7-3.8GHz 以及 26GHz（24.25-27.5GHz）兩段頻譜作為區域專網的使用頻段，並採用審核制，由欲申請使用專網的需求業者可與電信業者協商後再向主管機關提出申請。

3. 申請作業

德國的 Local 5G 園區網路申請作業包含頻譜釋照方式、申請資格、申請項目等，以下分別說明 3,700MHz-3,800MHz 頻段及 26GHz（24.25-27.5GHz）頻段的申請作業，如下表。

表 177 德國 3,700MHz-3,800MHz 頻段區域性頻譜申請作業

項目	詳細內容
頻譜釋照方式	業者間協商後由主管機關審查
申請資格	由不動產所有人或使用權人（如承租人）申請。
申請項目	(1) 計劃涵蓋區域的詳細資訊和地理範圍。 (2) 計劃使用哪種類型的應用？（例如農業/林業、工業） (3) 計劃使用目的？（例如機器控制、內部通信） (4) 計劃使用目所需頻寬？（請詳細說明申請的頻寬需求） (5) 使用目的所需的訊號等級和保護是什麼？(使用的技術和網路建設的詳細資訊，基地臺數量和基地臺的技術種類等）

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	詳細內容
	(6) 將採取哪些措施來確保有效使用頻譜符合干擾範圍？(抑制干擾技術的描述，例如使用天線的詳細資訊(類型、位置、高度、方向模式、屏蔽措施、室內/室外操作) (7) 網路建設和網路推出的時間表？ (8) 計劃使用期限？

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

表 178 德國 26GHz（24.25-27.5GHz）頻段區域性頻譜申請作業

項目	詳細內容
頻譜釋照方式	業者間協商後由主管機關審查
申請資格	由不動產所有人或使用權人（如承租人）申請。
申請項目	(1) 計畫涵蓋區域？（坐標、地圖等） (2) 計劃使用哪種類型的應用和使用目的？（例如熱點、FWA、工業等） (3) 計劃的使用目的所需頻寬？(請提供申請頻寬需求的詳細說明以及任何特定的申請的子頻段) (4) 使用目的所需的訊號等級和保護是什麼？(使用的技術和網路建設的詳細資訊，基地臺的數量和基地臺技術種類等) (5) 將採取哪些措施來確保有效使用頻譜符合干擾範圍？(抑制干擾技術的描述，例如使用天線的詳細資訊（類型、位置、高度、方向模式、屏蔽措施、室內/室外操作） (6) 網路建設和網路推出的時間表？ (7) 計劃使用期限？ (8) 將使用哪些設備？設備使用的頻率範圍？

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

4. 使用條件

德國 Local 5G 園區網路的使用條件，包含頻率使用費、資格撤銷、權利移轉及變更、頻譜使用期限、頻譜使用權利企業協議、情勢變更等（詳見下表）。

表 179 德國 Local 5G 園區網路之使用條件

項目	使用頻段	
	3,700MHz-3,800MHz	**26GHz（24.25-27.5GHz）**
頻率使用費計算公式	= 1,000 + B · t · 5 · (6a1 + a2)	= 1,000 + B · t · 0.63 · (6a1 + a2)

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

項目	使用頻段	
	3,700MHz-3,800MHz	26GHz（24.25-27.5GHz）
符號表示	• B 表示以 MHz 為單位的頻寬（最小 50 MHz） • t 以年為單位的指配期限（例如 15 年） • a 為面積，以平方公里為單位，區分居住區和交通區域（a1）和其他區域（a2）	
資格撤銷	若以不實文件申請，主管機關得撤銷頻譜指配執照。	
權利移轉及變更	執照持有者應對指配範圍負責，若欲將有權利移轉或變更之情，應以書面請求主管機關之許可。	
頻譜使用期限	以 10 年為單位，另容許少於 10 年使用期限之申請，惟申請使用期限不得逾 2040 年 12 月 31 日，屆時會重新調整本頻段之分配。	
頻譜使用權利之企業協議	若欲完整使用頻譜，電信業者可自行與其他業者訂立協議。	
情勢變更	基於對於國際條約之遵守及保障頻譜有效率、無干擾的使用，主管機關保留一定頻譜分配決定許可處分事後異動權。	

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

5. 執照申請現況

截至 2021 年 10 月，德國 Local 5G 園區網路的執照申請現況，如下表所示。其中，BNetz 核准 3,700MHz-3,800MHz 頻段共 158 張執照，26GHz（24.25-27.5GHz）頻段則核准 7 張執照。

表 180 德國 Local 5G 園區網路之執照申請現況

項目	3,700MHz-3,800MHz	26GHz（24.25-27.5GHz）
申請數	158	7
獲得執照數	158	7

資料來源：Bundesnetzagentur，本研究整理，2021 年 11 月

其中 3,700MHz-3,800MHz 頻段的執照擁有者包含：Audi、BMW、Daimler、Mercedes-Benz、Volkswagen 等德國主要汽車大廠，以及 IBM、Siemens 等科技大廠。

(三). 專網垂直應用

德國專網垂直應用方面，本文以德國 BMW 萊比錫工廠為例，以

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

下敘明之。德國電信（Deutsche Telekom）2020 年 3 月於 BMW 萊比錫工廠架設雙切片 LTE 園區專網（dual-slice private LTE campus network），使用 3.7-3.8GHz 頻段，並由技術合作夥伴 Ericsson 提供網路服務。該園區網路建構專供 BMW 集團工廠使用的行動通信專網組成，未來工廠內所有生產流程將透過該專網進行控制和監控。

Ericsson 和德國電信進一步開發以 5G 獨立組網（standalone）技術的園區解決方案，5G 獨立組網架構需要超可靠低延遲通訊（Ultra-Reliable Low Latency Communication, uRLLC）技術支持。德國電信採用雙切片解決方案，內部工業連接和常規移動工作將分別在專用和公共切片上，在任何情況下彼此都不受干擾。除了園區專網，公網也會傳輸相同的信號強度，確保即使對於不允許在專網傳輸的終端設備（例如客戶或供應商的智慧型手機）也能實現完美連接。

BMW 公司在德國汽車製造工廠內建立 5G 專網，長期目標是在全球所有 BMW 集團工廠建立 5G 網路，並引進 VR/AR 技術，將 5G 網路應用在大範圍機器規模網路和自主物流車隊。

BMW 在中國大陸的合資企業華晨寶馬汽車（BMW Brilliance Automotive Ltd., BBA）則聲稱是第一家在其所有工廠實現全 5G 無線涵蓋的汽車製造商。BBA 與中國聯通和中國移動合作佈署 5G 網路，目前已在中國大陸遼寧省瀋陽的 3 個工廠進行試驗。

(四). 小結

德國主要係藉由制訂完善的《電信法》，以及德國聯邦網路局安排的公聽會及理事會討論，決議出專網的使用頻段、釋照機制、申請程序及使用條件等。透過因應專網的使用特性所規劃的供應模式，期望藉由有效的專網管理機制達到全國性的 5G 創新，促進德國經濟與

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

社會數位化。

四、 美國

(一). 行動寬頻專網政策

1. 專網進程

美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）為協調 3.5GHz 的商業使用及規範，依據聯邦法 47 條第 96 部分制定公民無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service, CBRS）頻譜共用機制，將頻譜共用執照分為既有使用者、優先接取執照（Priority Access Licenses, PAL）及一般授權接取（General Authorized Access，GAA）等 3 類，其中優先接取執照為專網主要使用的執照類型，並透過頻譜使用權系統（Spectrum Access System, SAS）進行自動化頻譜協調與管理。

2. 專網配套措施

就 CBRS 的頻譜管理機制，FCC 建置 SAS 自動化管理系統與環境感知能力（Environmental Sensing Capability, ESC）系統，作為管理 CBRS 的機制，ESC 系統將檢測 3.5 GHz 頻段內以及鄰近聯邦頻率使用情形，並將偵測情形傳至 SAS 自動化管理系統。SAS 系統將負責授予 PAL 和 GAA 操作與審視和批准 ESC 系統的訊息，以及 PAL 執照持有人頻譜分配。指配頻率準則如下：以同一 PAL 執照持有人於地理上之連續頻譜和共同持有人持有多個頻道分配在同一許可區域內之連續頻率。

SAS 系統管理員被規定除經授權不得向大眾透露公民無線寬頻裝置（Citizens Broadband Radio Device）之註冊資料，同時須向大眾

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

提供任何可公布且大眾可能感興趣的總頻譜使用資料。此外，還需應對 3600-3700MHz 頻段固定衛星服務地球電臺持有者的干擾投訴。

(二). 專網供應模式

1. 使用頻段

因為 3.5GHz（3550-3700MHz）頻段會是提供 5G 服務的主要使用頻譜，在專網應用及商業使用上皆有廣泛用途，又美國原本在此頻譜區間範圍即有聯邦無線定位、聯邦航空無線導航，以及非聯邦固定衛星服務等既有用途。因此，FCC 為避免頻譜使用產生不當干擾問題，將此頻段為專網釋照做進一步協調區分，整理於下表。

表 181 美國專網使用頻段

使用頻段	使用對象
3550MHz 以下	授權聯邦用戶
3550-3650MHz	(1) 既有使用者 (2) 優先接取執照 (3) 一般授權接取
3650-3700MHz	(1) 既有使用者 (2) 一般授權接取
3700MHz 以上	固定衛星服務（空對地）

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

2. 釋照規劃

美國 FCC 將其專網供應，也就是 CBRS 的釋照規劃區分為三個層級，第一層級為既有使用者，包含聯邦無線定位、聯邦航空無線導航以及固定衛星服務（空對地）地球電臺等；第二層級為優先接取執照，即主要作為專網使用的執照；第三層級為一般授權接取。三個層級依序代表其頻譜使用的優先性，第一層為既有使用者，享有免受干擾之權利；第二層級其頻譜使用不可干擾第一層級的使用；第三層級其頻譜使用不可干擾第一層級及第二層級的使用。層級表示如下表所

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

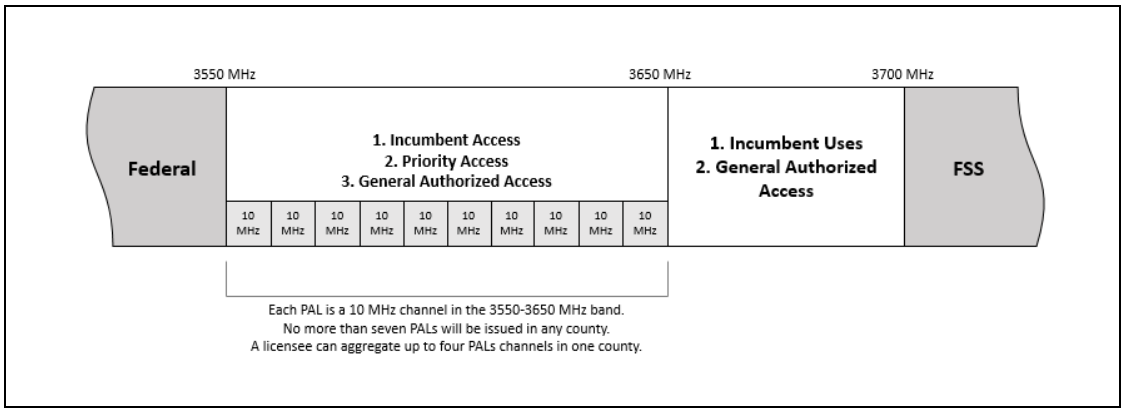
示。

表 182 FCC 釋照規劃層級示意

3550MHz	3600MHz	3650MHz
層級一：聯邦無線定位、聯邦航空無線導航		
	層級一：固定衛星服務（空對地）地球電臺	
層級二：優先接取執照		
層級三：一般授權接取		

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

優先接取執照為其中第二層級，亦即 CBRS 機制中重點分配及拍賣的執照，FCC 將 3550-3650MHz 頻段中 PAL 指定的 70MHz 頻譜，將以 7 個 10MHz 通用區塊分別按照不同地區核發執照（詳見下圖）。換言之，每個地區將有 7 個通用區塊執照可供業者競標，並規定不論時點與地點區域，PAL 執照之取得上限為 40MHz（即 4 個 PAL 執照），使用期限為 10 年，可更新執照。



資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

圖 156：3.5GHz 寬頻規劃圖

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 申請作業

由於 CBRS 為美國推動垂直場域發展的重要政策，故美國專網主要使用的執照，以優先接取執照（PAL）為主。PAL 執照申請作業採取兩個階段（詳見下表）。

表 183 美國優先接取執照（PAL）之釋照作業

項目	內容
釋照類型	(1) 拍賣 (2) 二次交易
釋照方式	昇冪時間鐘拍賣（Ascending Clock Auction）
租賃程序	(1) 頻譜管理者出租 (2) 簡易租賃程序

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

以下進一步說明 PAL 執照之釋照制度與租賃程序。

(1). 釋照制度

PAL 的釋照方式採取昇冪時間鐘拍賣（Ascending Clock Auction）制度。在進行每回合拍賣時，各州將宣布該地區的各區塊價格，以及符合資格的投標者提交每個地區對通用區塊執照之需求數量，即需求區塊數量與本回合的價格，當每回合結束後公布其結果。若無供不應求情形者，則拍賣結束，每州的最終價格等於上一輪的公布價格；反之，若存在供不應求情形者，拍賣將繼續進行，至無供不應求情形為止。

PAL 的釋照方式採取昇冪時間鐘拍賣制度，並非採取指配頻率方式，故 PAL 執照取得者將不會獲得特定頻率執照，而是獲得使用相關頻率權力，相關頻率指配則由 SAS 系統負責。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(2). 二次交易

因釋照拍賣獲得 PAL 執照持有者仍可透過二次交易劃分執照，包含以「頻譜管理者出租（spectrum manager lease）」之方式部份轉讓或租賃給他人；以及「簡易租賃程序（light-touch leasing procedure）」，申請與報告頻譜轉讓或租賃等兩種方式，以下依序說明之。

- 頻譜管理者出租：執照持有人同時保留對租賃頻譜的法律控制和實質控制權，而其又可依租賃年限分為短期租賃與長期租賃兩類，前者為個別或合併租期之總出租期限為一年以內；後者為個別或合併租期之總出租期限超過一年。惟租賃期限不得超過執照授權期限，但允許執照持有人更新執照時延長。若雙方同意協議，承租人可簽訂合約進行頻譜管理者出租。

- 簡易租賃程序：承租人需先向 FCC 證明自己符合非租賃特定資格（non-lease-specific eligibility）及相關租賃資格標準，而 PAL 執照持有者則需通知 SAS 系統管理員其相關的租約安排以及承租人。SAS 系統管理員將審查雙方的資格要求等事項，經認定後，承租人即可行使其租賃頻譜使用權，而之後 SAS 系統管理員則需向 FCC 報告。

4. 使用條件

美國專網主要使用的執照，優先接取執照（PAL）使用條件包含使用期限、頻譜相容性、防止干擾義務等（詳見下表）。首先，PAL 執照為 10 年，可更新執照。在頻譜相容性方面，執照持有人須確保使用頻譜提供的服務及技術，符合各項法規所訂規範。在防止干擾義務方面，執照持有人須確保該頻段其他既有使用者，依 FCC 所訂規範之權益不受干擾。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 184 美國優先接取執照（PAL）之使用條件

項目	優先接取執照使用條件
執照效期	10 年，可更新。
頻譜相容性	執照持有人須確保使用頻譜所提供的服務及技術，符合各項法規規範。
防止干擾義務	執照持有人須確保其他既有使用者，在 FCC 規範之權益不受干擾。

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

5. 執照申請現況

截至 2019 年底，美國優先接取執照（PAL）釋照現況包含執照數與拍賣結果，如下表所示。

表 185 美國優先接取執照（PAL）之執照數

區塊	頻譜	地區	執照數
區塊 1	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 2	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 3	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 4	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 5	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 6	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
區塊 7	10 MHz within 3550-3650 MHz band	County	3,233
總共	**70 MHz within 3550-3650 MHz band**	**7**	**22,631**

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

表 186 美國優先接取執照（PAL）之拍賣結果

	Bidding Units	Upfront Payments	Minimum Opening Bids
Per Block	3,134,463	$31,344,630	$62,683,700
Total for 4 Blocks	12,537,852	$125,378,520	$250,734,800

資料來源：FCC，本研究整理，2021 年 11 月

(三). 專網垂直應用

美國民間業者組織 OnGo 聯盟（OnGo Alliance），共同開發與推動商業化 CBRS 頻譜共用解決方案等。OnGo 聯盟於 2021 年 2 月舉

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

辦為期 4 天的「OnGo 向前－CBRS、5G 及超越 2021（OnGo Forward – CBRS, 5G and Beyond 2021）」線上活動，除推動及介紹 CBRS 機制，也展示相關推動成果。

例如，Federated wireless 宣布與亞馬遜網路服務公司、思科系統、Capstone 公司等企業以及美國國防部合作，於喬治亞州奧爾巴尼（Albany GA）的海軍陸戰隊後勤基地佈署 5G 專網，成為 5G 智慧倉庫，以加速後勤基地倉庫現代化，俾利美國軍方更有效率管理後勤補給業務。Federated Wireless 表示該 5G 智慧倉庫係為 5G 終端對終端的平臺和測試環境，採用 Open RAN、vRAN、5G 虛擬化核心網路（Virtualized 5G packet core）與行動邊緣運算技術，同時也將支援 5G 智慧倉庫應用案例，包括倉庫機器人、條碼掃描、全像式、擴增實境（AR）及虛擬實境（VR）等應用。

(四). 小結

美國的專網管理模式採自動化系統管理，建立 SAS 頻譜接取系統及 ESC 環境感知系統，專網的釋照拍賣、二次交易等流程管理，以及頻譜使用干擾的管理皆可透過線上進行。FCC 期望透過此模式，達到調和民間商業用途與聯邦政府公共用途、授權頻譜與非授權頻譜，以及專用網路與公眾網路間取得平衡的政策目標。

五、 日本

(一). 行動寬頻專網政策

1. 專網進程

日本的頻譜指配政策可分為全國性 5G 與 Local 5G 兩種佈建型式，其中 Local 5G 主要作為企業專網頻譜政策。為加速網路基礎設

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

施佈建較緩慢的地區推動 5G 網路，以及促進地方使用頻譜的靈活性與安全性等目的，總務省於2019年開放地方企業、自治團體申請Local 5G 專用頻譜，申請者獲准後可以申請的土地及頻段導入 5G 網路系統和相關技術。

2. 專網配套措施

為避免專網業者於基礎設施共用並使用他人電信網路時產生不當競爭狀況，總務省根據《電氣事業通信法》將可能的狀況分為接續、共用以及提供電信通訊批發服務等，詳細定義如下表，並規定其應維護公平競爭原則。若於協調或進行基礎設施共用相關業務時，對特定業者有不當的差別待遇及行使不當業務，經查核屬實將處以勒令改善。

表 187 接續、共用以及提供電訊通信批發服務定義

類型	接續	共用	電信通訊批發服務
定義	連接他人的電信通訊設備後，雙方業者各自提供服務的方式。	透過共有或共同使用電信通訊設備的方式使用設備，並向使用者提供服務的方式。	接受其他業者的電信通訊批發服務，並藉此向使用者提供服務的方式。

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

(二). 專網供應模式

1. 使用頻段

日本總務省指配 Local 5G 的專用頻段為 4.6-4.9GHz 和 28.2-29.1GHz，開放給地方產業、公共團體等申請使用，總務省核發給申請獲准者 Local 5G 無線電臺執照，並可在所申請的土地及頻段架設 5G 無線電臺。前者單位頻寬為 40MHz、50MHz、60MHz、80MHz、100MHz；後者單位頻寬為 50MHz、100MHz、200MHz 與 400MHz。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 釋照規劃

日本規劃釋出的執照包含 Local 5G 執照及寬頻無線接取（Broadband Wireless Access, BWA）執照。BWA 執照應用既有的地方寬頻無線接取，導入自營 BWA 制度，申請執照者可依自身需求選擇共用基礎設施或自建基礎設施。換言之，欲申請使用專網者可依自身需求於取得 Local 5G 執照後選擇共用基礎設施，或同時持有 Local 5G 執照及自營等 BWA 執照自建基礎設施架設專網。下表為比較地方 BWA 與自營等 BWA（自営等 BWA）之差異。

表 188 日本地方 BWA 與自營等 BWA 之差異比較

<table>
<tr><th colspan="2">項目</th><th>地方 BWA</th><th>自營等 BWA</th></tr>
<tr><td colspan="2">頻譜使用目的</td><td>電信業務用</td><td>一般業務用
但若是由建築物或土地所有者委託取得執照者，則為電信業務用</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">執照條件／服務範圍</td><td>在取得提供公共服務相關的同意書等的市區町村的範圍內</td><td>在「自己的建築物內」或「自己的土地內」或「受建築物或土地所有者等委託建置系統的受委託範圍內」</td></tr>
<tr><td>全國性電信業者※及其子公司等不得取得執照</td><td>全國性電信業者※及其子公司等不得取得執照（如作為支援區域性 5G 的網路架構提供服務時，全國性電信業者的子公司等關聯企業則可能取得執照）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">共用條件</td><td>與鄰頻的和諧共用</td><td colspan="2">• 原則上有必要與鄰頻的全國 BWA 業者同步並進行協議
• 若不同步，則需要 5MHz 的護衛頻段，並與相鄰頻段的全國 BWA 業者協議</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地方 BWA 與自營 BWA 的和諧共用</td><td>優先使用</td><td>次級使用</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 自營等 BWA 僅能於地方 BWA 未使用或近期使用可能性低的範圍內開設
• 取得自營等 BWA 執照後，若地方 BWA 也要在相同地點使用，為避免干擾地方 BWA，自營等 BWA 需調整天線位置等措施。
• 須溝通頻率和諧共用可行性</td></tr>
</table>

註：※使用頻率為行動電話服務用及寬頻行動無線接取系統用的電信業者。

資料來源：台經院，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

總務省為 Local 5G 規劃的預期運用模式，可針對服務對象不同區分為替企業提供服務、替地方政府提供服務，以及替消費者提供服務等 3 種類型，並針對這些類型制定其運用目的（詳見下表）。企業方面，期提高企業生產力，促進產業轉型升級；地方政府方面，希冀運用 Local 5G 提供各種服務，為居民提升生活品質；消費者方面，則主要運用 Local 5G 提供無線網路接取服務。

表 189 依服務對象區分 Local 5G 之運作模式

運用模式	替企業提供服務	替地方政府提供服務	替消費者提供服務
運用目的	以提高企業生產力，促進產業轉型升級。例如，運用 IoT 提升工廠生產力、於農業等產業應用各種感測器提高效率、於體育場館提供具附加價值之服務等。	運用 Local 5G 提供各種服務，如收集與發布資訊的安全性，以及替代人工的功能（機器人與自駕車等），可有效率地提供居民更高生活機能的服務。	運用 Local 5G 提供無線網路接取服務。

資料來源：5GMF，本研究整理，2021 年 11 月

3. 申請作業

Local 5G 執照申請資格分為「所有者利用」與「他人土地利用」兩類，惟獲總務省指配全國性 5G 頻譜之電信業者不得申請 local 5G 執照，但其子公司與關聯企業不在此限。

根據《電波法》第 4 條規定，業者若申請 Local 5G 執照，需先申請無線電臺執照，取得執照後始可申請 Local 5G 執照。由於 Local 5G 網路佈建包含 5G 無線電臺、4G 基地臺，以及 4G 核心網路組成的非獨立（Non-Standalone, NSA）組網等，佈建成本所費不貲。因此在申請 Local 5G 執照前，需先確認自身需求，考量欲使用的技術為地方廣域行動無線（地域広帯域移動無線アクセスシステム）連接的 4G 系統或是 TD-LTE 式的數位無線電話自建寬頻無線接取技術，抑或是

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與電信業者或地方的 BWA 業者進行合作。

若為自建基礎設施自營 BWA 者，則須另行申請自營等 BWA 執照。取得相關執照後，申請者需依照《無線電臺執照手續規則》規定的格式，提出無線電臺事項書與工程設計書等文件。若欲在自身的土地或建築物之申請者，則須準備使用範圍示意圖與登記事項證明書等文件。另外，繳交相關申請資料前，尚需與負責的綜合通信局洽談。申請執照程序整理如下表。

表 190 日本 Local 5G 執照之申請執照程序

申請無線電臺執照	
選擇使用技術	
不需另行申請（不自建網路）	申請自營等 BWA 執照（自建網路）
申請 Local 5G 執照	
與負責之綜合通信局洽談	
繳交相關資料	

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

4. 使用條件

日本 Local 5G 執照使用條件，包含頻率使用費、使用資格、使用範圍與區域限制等，如下表所示。Local 5G 執照效期，係依《電波法》關於無線電臺執照有效期限之規定。在頻率使用費方面，4.6-4.9GHz 頻段：基地臺每年每臺 5,900 日圓，陸上行動臺（概括執照）每年每臺 370 日圓；28.2-29.1GHz 頻段：基地臺每年每臺 2,600 日圓，陸上行動臺（概括執照）每年每臺 370 日圓。此外，依使用頻譜不同，其使用範圍與區域限制也隨之而異。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 191 日本 Local 5G 執照之使用條件

使用頻段	4.6-4.9GHz		28.2-29.1GHz
執照效期	根據《電波法》關於無線電臺執照有效期限之規定		
頻率使用費	5,900 日圓／臺（基地臺）		2,600 日圓／臺（基地臺）
	370 日圓／臺（陸上行動臺）		
使用資格	獲總務省指配全國性 5G 頻譜之電信業者不得申請 local 5G，但其子公司與關聯企業不在此限		
使用範圍（無分頻率）	所有者利用		他者土地利用
	限於自身的建築物或土地內，若受所有者委託則不在此限		未使用 Local 5G 之他人建築物或土地內，僅限固定通信，且若爾後所有者欲使用 Local 5G，須確保和諧共用。
區域限制*	4.6-4.8GHz	4.8-4.9GHz	28.2-29.1GHz
	僅限室內及部分地區使用	若於室外佈建，不可超過發射功率及無用輻射強度上限	須不在固定衛星的地面通信站之涵蓋下區域
頻譜使用規定	為避免干擾既有使用者，「Local 5G 導入指導方針」針對 4.7GHz 與 28GHz 頻段各訂有使用限制。		

註：*4.6-4.8GHz 與公共無線業務用無線電臺共用頻段；4.8-4.9GHz 與無線電系統共用頻段；28.45~29.1 GHz 與衛星通訊系統共用頻段，故各有區域限制。

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

5. 執照申請現況

截至 2021 年 5 月 24 日之統計資料，總申請數已達 55 家，其中已有 45 家業者取得 Local 5G 執照，另有 10 家業者申請中，新加入的業者則有 22 家。申請者以製造業者及有線電視業者為大宗，頻段部分以 4.6-4.9GHz 居多（詳見下表）。

表 192 日本 Local 5G 執照之申請現況

申請者類型	4.6-4.9GHz	28.2-29.1GHz	兩者皆有
製造業（22）	11	9	2
大學、研究機關（4）	1	2	1
地區通信業者(9)	4	3	2
有線電視業者（13）	5	4	4
國家與地方公共團體(4)	2	0	2

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

申請者類型	4.6-4.9GHz	28.2-29.1GHz	兩者皆有
其他(3)	2	1	0

註：( ) 內為申請數。

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

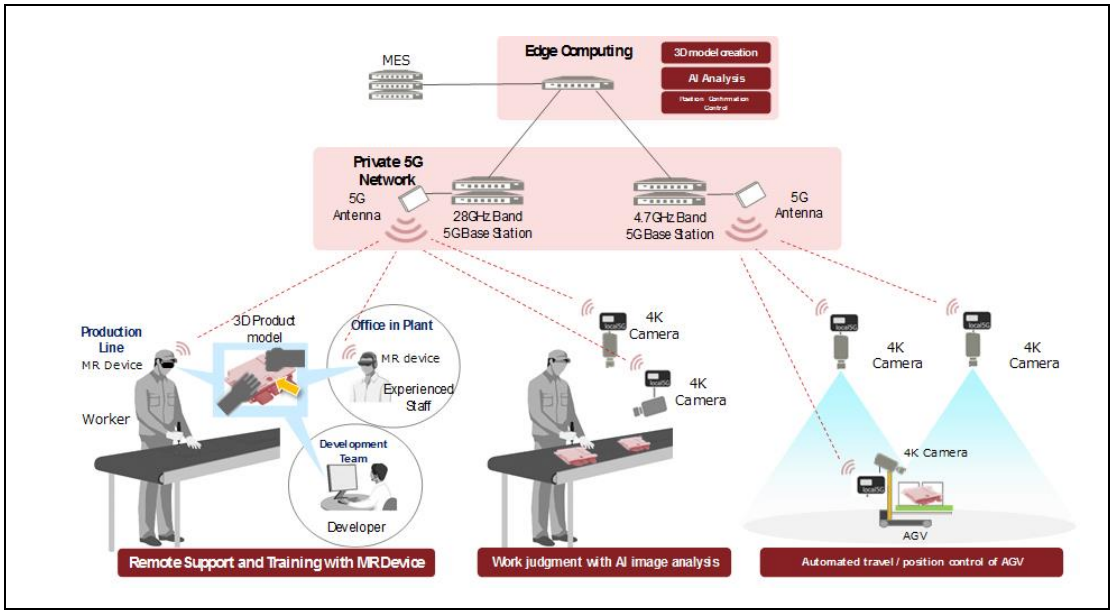
(三). 專網垂直應用

1. 智慧製造

日本富士通（Fujitsu）於 2021 年 3 月宣布於 Oyama 工廠開始使用 5G 專網，該專網由 4.7GHz 頻段的 5G SA 網路以及 28GHz 頻段的 5G NSA 網路組成，該工廠透過 5G、人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、物聯網（Internet of Things, IOT）以及混合實境（Mixed Reality, MR）等技術的應用，使富士通能快速進行工廠營運之數位轉型，達成以人為本的智慧製造願景。

實際應用上，富士通佈建 4.7GHz 頻段的 5G 網路，透過與工廠內運行的自動導引車（Automated Guided Vehicle, AGV）進行即時通訊，完成高精確度的定位及路線控制自動化。工廠內的組裝工作，富士通透過 28GHz 頻段的 5G 網路，將安裝於工廠內的 4K 攝影機所拍攝的畫面與工作過程的影像，高速傳輸到邊緣運算環境，以進行即時 AI 圖像分析，並向工人提供組裝過程中執行動作的即時反饋。此外，富士通還使用 MR 設備提供現場工作培訓和遠程協助（詳見下圖）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：Fujitsu，本研究整理，2021 年 11 月

圖 157：富士通（Fujitsu）推出 Local 5G 網路實現智慧工廠

2. 智慧觀光

日本岐阜縣白川鄉為著名觀光景點，2019 年前每年平均吸引 215 萬觀光客前來朝聖，然而白川鄉近年面臨人口流失與觀光地區勞動力不足問題。為此，白川鄉地方政府參與 2020 年度「地方課題解決型 Local 5G 研發實地驗證」，與日本研究機構十六綜合研究所（十六総合研究所）、日本電信事業 NTT DOCOMO 及白川鄉觀光協會合作，針對觀光客開發「次世代觀光導覽系統（次世代観光ガイドシステム）」，規劃由白川鄉出借 5G 手機給觀光客，並透過 Local 5G 網路與高畫質動畫結合，偵測與分散觀光客滯留地點與延長滯留時間，達到改變觀光客行為與促進消費之目的。

(四). 小結

日本在行動寬頻專網的政策上，制定具體的規範同時兼具靈活性，使欲使用專網的企業能夠靈活選擇技術類型、共用設備或自建網路等，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

皆有明確的準則可供依循。

六、 韓國

(一). 行動寬頻專網政策

1. 專網進程

韓國是世界上 5G 最早釋照的國家之一，在政府與電信業者積極佈建 5G 基礎設施，韓國在 5G 各項數據如用戶數、涵蓋率、網速等均位居全球前列。截至 2021 年 8 月底止，科學技術情報通信部（Ministry of Science and ICT, MSIT）發布「無線通信服務用戶統計數據」，南韓 5G 用戶數增至 1,780 萬，較上月增加 72 萬（1,708 萬），5G 用戶在所有行動通信中的比重約占四分之一，達 24.75%。

然而，韓國在推動 5G 專網的進程，卻慢於其他國家，一方面應與韓國電信業者態度有關，另一方面，MSIT 審慎諮詢眾多專家與產業界之意見，並分析 5G 技術環境與全球趨勢後，才推出其 5G 專網政策。根據韓國政府的調查，約有 20 家軟體開發商和 IT 公司表示希望建立專用的 5G 網路。專用網路是企業專用的封閉網路，可為特定企業之人員提供通信連接。目前僅行動通訊業者能夠在韓國佈建企業專網。為鼓勵使用 5G 專網，IMDA 今（2021）年將投資 1,279 億韓元，並從港口設施和國防部門等公共部門將率先使用 5G 專網和訂製解決方案。

2021 年 1 月 26 日，MSIT 與由政府、電信業者、製造商、平臺業者等民間代表，以及學研各界代表組成之 5G+戰略委員會（5G+ 전략위원회）召開會議，共同檢視 5G+戰略推動情形，且為奠定韓國 5G 先行者之戰略地位，發布 2021 年度韓國政府在 5G 三大重點促進政策：「2021 年度 5G+戰略推動計畫（2021 년도 5G+ 전략

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

추진계획）」、「5G 專網政策方案（5G 특화망 정책방안）」及「以 MEC 為基礎之促進 5G 融合服務方案（MEC 기반 5G 융합서비스 활성화）」。其中，5G 專網政策方案之內容，MSIT 規劃優先釋出 28GHz 頻段（28.9-29.5GHz）共 600MHz 頻寬，並宣布於 2021 年 3 月制定頻率分配對象之區域劃分、釋出方式、頻率使用費及干擾排除方案等具體細部規定（詳見下表）。

表 193 2021 年度韓國政府在 5G 三大重點促進政策

重點促進政策	概述
2021 年度 5G+戰略推動計畫	三大方向：推動全國 5G 網路早期佈建；開發與普及 5G 領先服務以活化 5G 融合服務；持續搶攻全球 5G 市場。
5G 專網政策方案	**MSIT 規劃優先釋出 28GHz 頻段（28.9-29.5GHz）共 600MHz 頻寬，並宣布於 2021 年 3 月制定頻率分配對象之區域劃分、釋出方式、頻率使用費及干擾排除方案等具體細部規定。**
以 MEC 為基礎之促進 5G 融合服務方案	三大目標：先行投資以領先 5G 市場；建立市場參與基礎以活化 5G 生態；連接上下游產業以提升競爭力。

資料來源：MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

MSIT 於 2021 年 6 月 29 日發布「5G 專網頻率釋出方案（5 세대（5G）특화망주파수공급방안）」，宣布釋出 28GHz 頻段及 Sub-6GHz 頻段提供 5G 專網使用。

2. 專網配套措施

韓國政府主要政策方向可見，5G 行動通訊由既有的電信業者投資大規模建設涵蓋全國的網路，提供 5G 服務。另一方面，5G 專網允許許多營運商在土地/建築物等有限區域內建立小型網路，並以較小的投資獲得所需服務（詳見下表）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 194 5G 行動通訊與 5G 專網之特性比較

項目	5G 行動通訊	5G 專網
服務範圍	全國	土地/建築
使用頻率	國家頻率使用	區域聯合使用
設施投資規模	需要大量投資	可進行小額投資

資料來源：MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

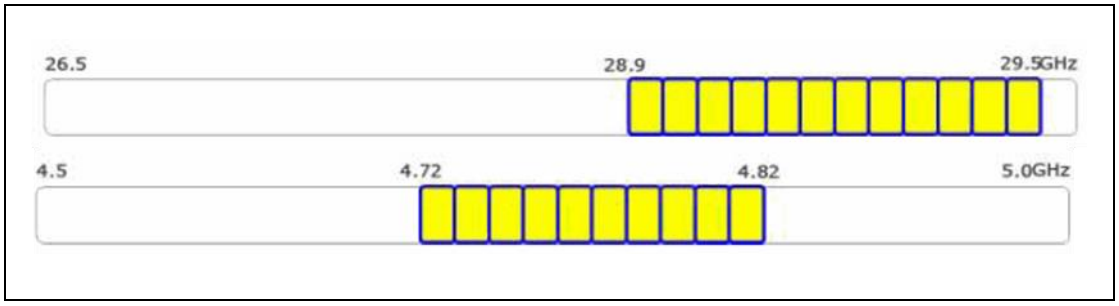
為順利推動專網政策，韓國主管機關召開 5G 專網專家會議及相關制度說明會。例如 2021 年 9 月 7 日於世宗市舉行由相關專家、需求企業參加的 5G 專用網路專家座談會和制度說明會，制度說明會內容為介紹 5G 專用網路頻率的共同使用方案、技術標準的主要內容、頻率分配及指定程序、專用網路使用指南等。

(二). 專網供應模式

1. 使用頻段

根據韓國 5G 專網頻率供應計畫之內容，MSIT 同時提供 Sub-6GHz 頻段和 28GHz 頻段，以活化 5G 專網的佈署。就 28GHz 頻段而言，將 600MHz 頻寬（28.9~29.5GHz）劃分為 12 個區塊，單位頻寬為 50MHz，各公司根據自身要求，申請適合的頻寬。而 Sub-6GHz 頻段，考慮產業實際需求，4.7GHz 頻段的 100MHz 頻寬（4.72~4.82GHz），將其分成 10 個區塊，單位頻寬為 10MHz，再由企業向 MSIT 申請已獲配適當頻寬使用。如下圖，為韓國 MSIT 規劃 5G 專網頻段之示意圖。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

圖 158：韓國 MSIT 規劃 5G 專網頻段之示意圖

2. 釋照規劃

MSIT 將於 2021 年 9 月底前完善相關配套措施，包含公告無線設備技術標準、韓國頻率分配表、頻率指配申請程序及方式等詳細事項等，並於 10 月發布頻率指配公告，經 1 個月公告後，預計於 11 月底受理頻率指配申請。

3. 申請作業

韓國政府採用 5G 專網之釋照方式為審核制。而 5G 專網申請者之申請資格條件如下：

- 為提供 5G 專網服務而登記為基礎通訊業者，及有意建設 5G 專網者，可申請獲配頻率，亦即為自身業務使用，設置自用網路基地臺者，亦得申請獲得指定頻率使用權。
- 指配申請者為土地或建物所有人、承租人或受所有人委託之第三人，承租人及受託第三人應取得所有人之同意。

另外，MSIT 於 2021 年 9 月 17 日經行政預告「頻率指配申請程序及方法細節事項」，並截至 10 月 7 日結束公眾諮詢。節錄部分重要內容如下：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 將審查程序合併簡化，最小化財務審查（主要審查資本繳納至少 5 億韓元以上，大幅簡化財務事項審查），審查時間自 3 個月縮短至 1 個月，供事業迅速進入市場，而小規模資本亦能提供服務。

- 為改善申請文件製作費比頻率使用對價更高情形（文件要求事項中由會計法人確認、公證費一般遠高於指配對價），將提交文件簡化一半（原應提交 23 個，現規劃提交 12 個），大幅減輕申請企業的負擔。

- 另透過「5G 專網支援中心」，自頻率申請至建設專網執行介紹及技術支援，供複數業者無干擾穩定共用同一頻率。

- 目前韓國專網仍在規劃當中，定案之詳細規範尚未發布。

4. 使用條件

(1). 執照效期

MSIT 訂定 5G 專網頻譜使用規定，申請業者得彈性從 2 年至 5 年內選擇頻率使用期間，且為防止申請業者純粹保留頻率使用權，MSIT 規劃對申請業者課予獲配頻率後 6 個月內需建設基地臺之義務，以促進申請業者積極投入專網佈建。

(2). 干擾規範

為防止不當干擾影響其他既有使用者，5G 專網需用自用網路設備將依循現行基地臺開設許可程序進行干擾測試。為最小化 5G 專網頻率使用者間潛在干擾影響，MSIT 將於頻率指配申請審查時，考量頻率使用領域或用途需應對之多樣現狀，並於必要時進行現場實地勘查。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(3). 頻率使用費

此外，頻率使用費之計算方式：

- 基準金額：4.7GHz 頻段為每 10MHz 頻寬 100,000 韓元，28GHz 頻段為每 50MHz 頻寬 50,000 韓元；
- 面積（a1、a2）：大都市地區為 a1，非大都市地區為 a2，以平方公里為單位計算總面積；
- 使用期間：頻率總使用期間，以年為單位計算；
- 頻寬：指配申請區塊數，以可申請單位為基準（4.7GHz 頻段為 10MHz 頻寬、28GHz 頻段為 50MHz）。
- 指配對價公式：指配對價＝基準金額×（5a1＋a2＋1）×使用期間×頻寬

MSIT 考量 28GHz 頻段特性，基於與 4.7GHz 頻段相同的頻寬及涵蓋條件下，28GHz 頻段之頻率使用費將大幅低於 4.7GHz 頻段，以確保頻率使用之公平性。此外，並針對教育及研究單位為目的之非營利機構將豁免支付頻率使用費。

(三). 專網垂直應用

韓國電力公司（KEPCO）規劃運用預計 2021 年 11 月於韓國上路的 5G 專網計畫，於 4.7GHz 和 28GHz 建立 5G 專用網路，並藉此取代現有 100Gbps 有線網路與低速無線網路，以進一步將 5G 基礎建設導入各產業領域。

KEPCO 預計將 5G 專網作為其進行數位轉型之重要工作，打造成為 5G 專網的智慧場域。預計將其公司轄下所屬的 877 所變電所、244 個辦公大樓和發電廠的網路換成 5G 網路，以提升訪客系統與能

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

源管理系統，改善公司內部管理機制之效率與達到環保節能功效。

因此，KEPCO 預計將結合 5G 和 AI 機器人技術，應用於變電所與電廠進行維修與檢查工作，以節省維運檢修人力成本。另外，建立 5G 再生能源發電之有線與無線綜合監控基礎設施計畫，並對風力發電機引進 5G 高畫質即時監控管理系統，強化發力發電營運管理系統之管理效率。

(四). 小結

5G 釋照全球領先的韓國，已於 2021 年初發布「5G 專網政策方案」，並於同年 6 月推出「5G 專網頻率釋出方案」，預計將於 2021 年年底開放業者申請建設獨立於行動業者的 5G 專網。從 MSIT 發布的「5G 專網頻率釋出方案」反映與現行行動通信網路對比的 5G 專網特性，主要目的係為活化企業對企業（business-to-business, B2B）為基本政策方向。此外，在申請程序上，MSIT 除將審查項目、申請流程簡化，將資格審查與使用計畫書審查合併，以加速審查作業，並且必要時進行現場實地勘查，以了解申請業者與使用場域是否可能造成附近既有使用者之干擾問題。

七、 新加坡

(一). 行動寬頻專網政策

新加坡資訊通信媒體發展局（Infocomm Media Development Authority, IMDA）於 2019 年 7 月完成 5G 頻譜釋照公眾諮詢，並於 10 月 17 日決議於 2020 年最多釋出 4 張 5G 頻譜執照，除原先規劃的 2 張覆蓋全國範圍 5G 頻譜執照，另規劃 2 張毫米波頻段執照以佈建區域性 5G 網路（Localised 5G Network）。

在新加坡規劃之 5G 頻段中，3.5GHz 及 26GHz、28GHz 頻段已

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

於 2020 年 6 月透過徵求提案（Call for Proposal, CFP）方式完成指配。指配頻段為 3.5GHz（共計 200MHz 頻寬）及毫米波頻段（共計 3,200MHz 頻寬）所組成的頻譜組合，共釋出兩組。

該次釋照作業共計 4 家電信業者參與，較特殊者為星和電信（StarHub）與 M1 組成合資公司（Joint-Venture Consortium, JVCo）申請 3.5GHz 頻段。根據釋照結果，新加坡電信（Singtel）獨自取得 3.5GHz 頻段 100MHz 頻寬與毫米波頻段 800MHz 頻寬；星和電信（StarHub）與 M1 組成之合資企業取得 3.5GHz 頻段 100MHz 頻寬，並各自取得毫米波頻段 800MHz 頻寬；TPG 電信則僅取得毫米波頻段 800MHz 頻寬。

另外，IMDA 規劃將釋出 2.1GHz 頻段供 5G 使用，並於 2021 年 7 月 26 日展開公眾諮詢，以了解各界需求。IMDA 規劃將 2.1 GHz 用於全國 5G 獨立組網（standalone, SA）佈署，同時保有該頻段部分的 3G 服務，預計於 2021 年底以拍賣方式釋出。

惟新加坡目前尚未規劃釋出行動寬頻專網，電信業者可以其所標得的商用頻段進行 5G 專網佈建。

(二). 專網垂直應用

IMDA 致力推動 5G 技術試驗、產業應用創新與發展 5G 生態系，並標定六個最具 5G 潛力的領域以促進 5G 發展與採行，分別為海事、城市交通、智慧不動產、工業 4.0、消費者應用與政府應用。以下舉工業 4.0、智慧海事

1. 工業 4.0

2020 年 5 月 IMDA 及新加坡電信業者 M1 與 IBM、三星進行新加坡首個 5G 工業 4.0 試驗，主要關注以下 3 個領域：

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 使用人工智慧（Artificial Intelligence, AI）進行圖像辨識與影像自動化分析；
- 透過 AI 音訊分析改善設備監控與維護作業；
- 使用擴增實境（AR）技術進行遠距指導設備維修作業，以提高生產效率與品質。

2021 年 6 月 IBM 工業 4.0 辦公室成立於樟宜商業園區，利用 5G 的低延遲、高度可靠與安全通訊之特性，實現智慧製造流程的智慧工廠應用，廣泛用於製造業的生產、品質管控與 5G 測試。

2. 智慧海事

2021 年 4 月新加坡海事港務管理局（Maritime and Port Authority of Singapore, MPA）宣布於濱海南碼頭（Marina South Pier）啟動新加坡首個海上無人機產業，現今已有 11 家公司成為合作夥伴。MPA 希望藉由無人機技術改變傳統海上作業，透過 5G 網路操作無人機進行遠程船舶檢查，並結合 3D 列印技術，協助交付貨物與海事運輸管理，以有效提高經營效率與減少人力成本。

3. 企業專網

新加坡電信業者 Singtel 在 2021 年 4 月推出全球首款可攜式 5G 平臺「GENIE」，該平臺由 5G 控制模組以及 5G 無線電天線立式支架組成，無需事先安裝其他設備即可佈署在任意地點，並提供獨立 5G 網路，十分適合用於企業之 5G 網路試驗，或是黑客松（hackathon）這類有臨時高速網路需求的活動。借助 GENIE 平臺，企業得以快速測試 5G 解決方案或設備性能，免於昂貴的安裝成本。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 小結

新加坡主管機關 IMDA 希望藉由推動 5G 網路佈建，達到 5G 經濟價值及消費者福祉最大化，促進稀有頻譜資源有效配置，以及支持新加坡電信部門成長。

八、 澳洲

(一). 行動寬頻專網政策

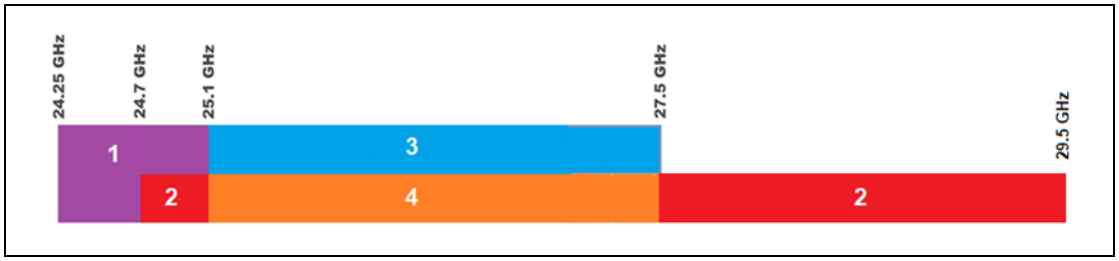
澳洲通訊及媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）於 2019 年決議 28 GHz 頻段的未來使用計畫，著手制訂相關的頻譜釋照措施。並於 2021 年 4 月完成頻譜拍賣。惟澳洲主管機關目前尚未規劃釋出行動寬頻專網，電信業者可以其所標得的商用頻段進行 5G 專網佈建。

為確保頻譜彈性使用且避免干擾，ACMA 採用層級式網格單元識別架構（Hierarchical Cell Identification Scheme, HCIS），以網格區域劃分頻譜使用地區。

澳洲的頻譜執照可分為 3 類，包含頻譜執照（Spectrum Licence）、設備執照（Apparatus Licences）、類別執照（Class Licence）等，其中設備執照及類別執照屬特許層級較低的執照，規範較多、用途較廣。ACMA 規劃將設備執照中的全區域設備執照（Area wide apparatus licences, AWL）作為 5G 專網相關用途的使用執照。

ACMA 開放 5G 使用的毫米波頻段為 27.5-29.5 GHZ。另外，24.25-24.7 GHz 開放給全國性的類別執照；24.7-25.1 GHz 授予 AWL 執照；25.1-27.5 GHz 則開放給主要人口集中區域的頻譜執照，及主要人口集中區域外的 AWL 執照；27.5-29.5 GHz 僅開放全國性的 AWL 執照（詳見下圖）。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



註：1 – Class licensed Australia-wide

2 – Area wide apparatus licences (AWL) Australia-wide (available no earlier than Q4 2020)

3 – Spectrum licensed in major population centres (auction Q1 2021)

4 – AWL outside major population centres (available shortly after spectrum licence auction)

資料來源：ACMA，本研究整理，2021 年 11 月

圖 159：澳洲毫米波頻段之示意圖

澳洲的頻譜釋出採拍賣制，欲取得頻譜執照者，先進行線上申請，申請資料須包含計畫提供的服務內容。因 26 及 28 GHz 頻段於 2021 年 4 月才進行拍賣作業，目前尚無執照申請現況之公開資料。

(二). 專網垂直應用

1. 醫療保健

醫療保健的實際運用眾多，其中最重要者為遠距醫療服務。因澳洲幅員廣闊，位處偏遠地區的民眾與醫療人員的聯繫方式有限，故為醫療人員提供遠距手術的能力為偏遠地區的民眾帶來巨大好處。此外監控病患狀況的健康監測儀器可使患者在家中靜養康復，有效節省患者與醫院的費用。

2. 汽車產業

新型汽車與環境間連結日益緊密，需使用 5G 網路與外界互動，應用包含透過連接網路的設備(包含擴增實境儀表板)提供即時資訊；車載與道路旁的監視器將提供更詳盡的交通流量資料，並能即時更改

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

交通號誌（交通號誌、交通標線改變車道方向），立即性或長期性的改善交通流量。若所有汽車皆配備追蹤定位系統、速度和其他狀態的感測器，則能有效減少發生交通事故的機率。

(三). 小結

澳洲將頻譜執照分為 3 類，包含頻譜執照、設備執照、類別執照等 3 種類型，主要以用途及使用限制層級做區分，用途越廣泛，則限制越多，如干擾限制、設備限制等。由目前的觀察顯示，澳洲的 5G 專網制度進程尚待發展。

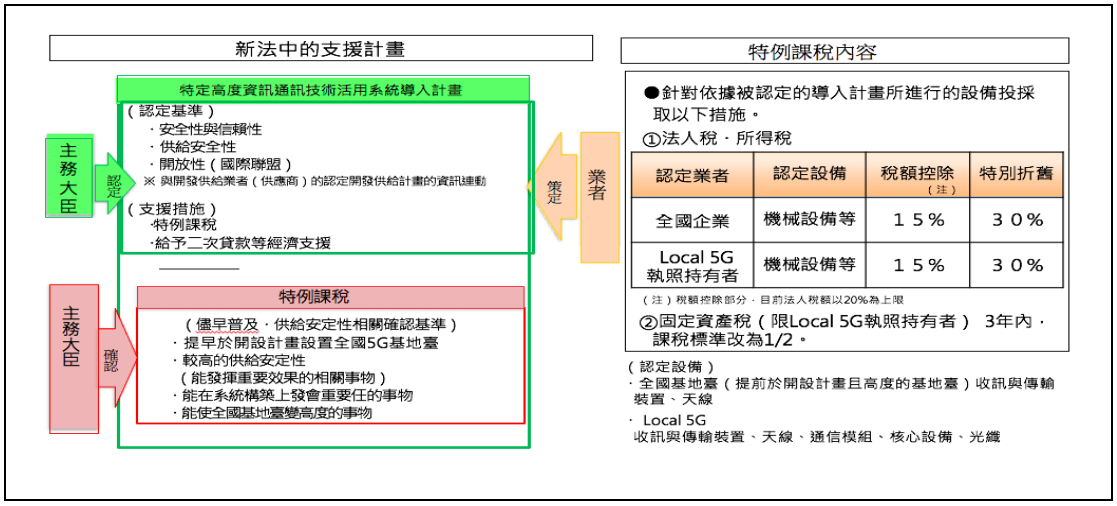
九、 各國主要獎勵政策

觀察標的國家中，日本、韓國兩國針對行動寬頻專網或垂直應用提出獎勵政策，日本採取稅制優惠與專網實證試驗計畫，韓國則以重點垂直場域推動政策為主，以下依序說明之。

(一). 日本行動寬頻專網推動政策

日本總務省與經濟產業省透過稅制減免或金融支援措施，促進民間企業導入 5G 等相關業務系統開發或設備，《5G 投資促進稅制》即為 2020 年針對 5G 設備而設置的補助機制，經審核符合「特定高度資通訊技術活用系統計畫」，就機械設備部分享有法人稅或所得稅 15%稅額免除或 30%特別折舊。認定設備包含 5G 基地臺、收訊與傳輸裝置、天線等機械設備。針對 Local 5G 執照持有者，經認定可於固定資產稅獲得 3 年內課稅標準減免一半，實施期間為 2020 年至 2021 年。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

圖 160：5G 投資促進稅示意圖

為擴大 Local 5G 廣泛應用，日本總務省自 2020 年起將「5G 綜合實證試驗」改成「地方課題解決型 Local 5G 等實現相關開發實證」，由政府編列預算出資，提供需求者進行提案申請補助，並於計畫結束後公布各實證試驗之驗證結果與成效。

根據 2020 年度公布的開發實證成果概要可知，2019 年度實證試驗計畫已實施 19 項計畫，囊括海洋遠端監看、自動駕駛車安全措施、遠端診療等相關措施（詳見下表）。2021 年持續舉辦「地方課題解決型 Local 5G 等實現相關開發實證」的公募以及相關說明會。相較 2020 總務省編列 37.4 億日圓，2021 年則增列預算至 60 億日圓，以期擴大 Local 5G 的廣大使用。

表 195 2019 年「地方課題解決型 Local 5G 相關開發實證」計畫

類別	農業	漁業	工廠	自駕車	基礎設施	觀光	防災	防範犯罪	遠距工作	醫療
件數	3	1	4	1	1	3	1	1	1	3

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

資料來源：総務省，本研究整理，2021 年 11 月

另為促進民間導入 5G 設備，總務省針對依認定導入計畫而引進的 5G 相關投資，設立稅額免除或是特別折舊措施。總務省將該稅制視為推動 Local 5G 申請與相關設備整備的重要政策之一。

(二). 韓國行動寬頻專網推動政策

韓國在推動垂直創新應用不餘遺力，韓國政府於 2021 年發布「2021 年度 5G+戰略推動計畫」，具體推動措施為：（1）透過跨部門合作全面推進「5G+創新工程（5G+이노베이션프로젝트）」、（2）全力支持普及 5G 整合業務，以及（3）制定與改善整合業務系統。是以，韓國政府編列預算 1,655 億韓元，推動以虛擬實境、自動駕駛、智慧工廠、智慧城市、數位衛生健保為首的「5G+創新工程（5G+이노베이션프로젝트）」，詳細產業類型如下表。

表 196 韓國政府推出「5G+創新工程」之重點產業

產業類型	產業名稱
虛擬實境	培育 VR/AR 產業
	VR 與 AR 內容開發支持（XR 融合項目）
	支持新一代虛擬實境的開發
自動駕駛	自動駕駛技術開發創新項目
智慧工廠	利用 5G 進行食品安全生產技術開發
	利用 5G 進行智慧製造核心技術開發
智慧城市	拓展智慧訊息服務
	開發與建設高精度、高可靠性位置訊息提供系統
數位衛生保健	精準醫療產業基礎設施建設 （基於 5G 的 AI 急救醫療系統開發）

資料來源：MSIT，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

十、 結論與建議

(一). 結論

行政院於 2019 年發布「專網專頻」政策，開放 4.8-4.9Hz 供各界申請進行 5G 專網場域實驗，並預計於 2-3 年內開放執照申請，申請使用專網者，相關的管理辦法正草擬中，申請執照作業預計將於 2021 年底前開放。

目前我國佈建行動寬頻專網採用的頻段，包括 3.5GHz 及 28GHz 的商用頻段、3.7-3.8GHz 的實驗頻段，以及 4.8-4.9GHz（n79）的專用頻段。我國的行動寬頻專網主要應用的產業以製造業為主，尤其半導體及高科技領域，其次在醫療和石化業，部分的政府單位和大學也有專網需求。目前佈建的案例包含智慧工廠、智慧倉儲、智慧醫療、智慧展演等。

目前國內 5G 仍屬初期發展階段，行動寬頻專網主要以電信業者佈建為主，並採「代為建置、代為維運」方式，與國際案例有所不同。主要原因為專網系統昂貴，我國企業多為中小企業，建置與維運成本負擔大，且專業人才與知識不足，故透過與電信業者合作，採取租賃模式。

為促進產業轉型升級，各國主管機關相繼推出行動寬頻專網政策，希冀藉由 5G 結合如人工智慧、機器人等各種新興技術，打造垂直場域之創新應用服務。現階段行動寬頻專網仍處於起步階段，許多設備商、系統整合商、標準制定機構和監理機關皆大幅投入準備工作，尤其德國、日本等國家或地區已完成指配行動寬頻專網頻譜。

鑒於我國行動寬頻專網相關管理辦法與釋照作業正值研擬之際，各國主管機關對於行動寬頻政策之作法，值得我國參考。本子題研析

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

全球主要國家如英國、德國、美國、日本、韓國、新加坡、澳大利亞等國行動寬頻專網政策，藉此掌握各國發展行動寬頻專網之進程與相關配套措施，有助於提出完善我國規劃專網頻譜之常態性供應模式及中長期專網頻譜規劃政策之參考。以下就執照管理機制敘明之。

就行動寬頻專頻執照管理機制方面，從使用用途、釋照方式、使用頻段、申請資格、執照效期等面向進行彙整比較，如下表所示。

- 使用用途：各國多期待透過專網專頻發展產業創新應用與數位轉型，同時因為全國性電信業者網路佈建多從主要城市開始，不盡然能滿足產業應用需求，透過專網則讓有架設專網需求者能夠近用頻譜資源的機會。其中，日本 Local 5G 制度除適用於自營使用，亦用於固定無線接取（Fixed Wireless Access , FWA）等電信服務；我國則區分為公共服務網路或自用網路兩種用途。

- 釋照方式：觀察標的國家與我國之釋照方式，僅美國採取拍賣制，透過競標方式釋出優先接取執照（PAL），其餘國家皆採取隨到隨審的評審制予以核發執照。

- 使用頻段：觀察英國、德國、日本與韓國等國主管機關釋出中頻段（sub 6GHz）與毫米波（26GHz 或 28GHz）兩個頻段，供行動寬頻專網使用。其中，英國使用頻段為 3.8-4.2GHz、24.25-26.5GHz，德國使用頻段為 3.7-3.8GHz 與 24.25-27.50 GHz 頻段，日本釋出頻段為 4.6-4.9GHz 與 28.2-29.1GHz，韓國則規劃於 4.72-4.82GHz 與 28.9-29.5GHz 頻段，供垂直場域業者與需求者使用。其他如美國與我國之使用頻段僅為 sub 6GHz，美國的優先接取執照（PAL）使用 3550-3650MHz 頻段，我國則規劃使用 4.8-4.9GHz 頻段，供行動寬頻專網使用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 申請資格：各國行動寬頻專網之申請資格條件不一，美國不論為電信業者及其他業者，皆可參與 PALs 執照競標；英國則未在文件中記載申請資格；德國申請資格限定為土地或房舍的財產所有權人或使用所有權人，而商業區域可聯合申請區域之頻率分配。日本的專網申請類型分為「自我土地利用」與「他人土地利用」，並規定全國性 MNO 不得取得 Local 5G 執照。韓國申請資格之規定為土地或建物所有人、承租人或受所有人委託之第三人，惟承租人及受託第三人應取得所有人之同意。

- 執照效期：德國執照效期最長，長達 10 年，可申請展延；美國則以 10 年為限；英國則為不定期執照；日本執照效期於文件中未載明，惟電波法規定執照效期一般為 5 年以內；韓國則採取較彈性方式，由申請業者選擇 2 年至 5 年的頻率使用期限。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

表 197 各國行動寬頻專網釋照政策情形

項目		美國	英國	德國	日本	韓國（規劃中）	我國（規劃中）
機制名稱		公民無線寬頻服務（CBRS）	共用接取執照*（Shared Access Licence）	Local 5G 園區網路（Lokale 5G-Campus-Netze）	Local 5G	5G 專網頻率釋出方案	行動寬頻專用電信
使用用途		CBRS 為美國推動垂直場域發展、鼓勵創新的重要政策	3.8-4.2GHz：推動更多的共用，做為私人專網給採用自動化的產業支援物聯網 24.25-26.5GHz：5G 創新、應用發展、商業使用	預計主要應用於工業 4.0，亦可應用在農、林行業	基本上用於自營目的為因應地方多樣化的需求，也可委託地方企業等建設網路，用以提供電信服務		分為「公共服務網路」與「自用網路」 公共服務網路：公共目的使用或公共服務用途相關之垂直應用場域 自用網路：供自己使用之專用電信網路
釋照方式		PALs 執照 以拍賣制釋出**	評審制	評審制	評審制	評審制	評審制
使用頻段	中頻段	3550-3700MHz PALs 執照頻段為 3550-3650MHz	3.8-4.2GHz	3.7-3.8GHz	4.6-4.9GHz	4.72-4.82GHz	4.8-4.9GHz
	毫米波	—	24.25-26.5GHz	24.25-27.50 GHz	28.2-29.1GHz	28.9-29.5GHz	—
申請資格		電信業者及其他業者皆可參與 PALs 執照競標	文件中未記載申請資格	土地或房舍的財產所有權人或使用所有權人；商業區域可聯合申請區域之頻率分配	「自我土地利用」與「他人土地利用」;全國性 MNO 不得取得 Local 5G 執照	土地或建物所有人、承租人或受所有人委託之第三人，惟承租人及受託第三人應取得所有人之同意	電信業者若在自有的通訊園區發展 5G 垂直場域，亦符合申請資格，但若垂直場域的土地使用者為一般

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

						企業，則需由企業提出申請
執照效期	執照首次核發或更新起算使用效期不得超過 10 年	不定期執照	10 年，可申請展延	文件中未載明，惟電波法規定執照效期一般為 5 年以內	申請業者得彈性自 2 年至 5 年內選擇頻率使用期限	若供公共服務網路用途設置，執照期限最長 10 年，供企業自用網路用途，最長為 5 年、期限屆滿可再申請換照
政策狀態	PALs 執照拍賣於 2020 年 8 月 25 日結束，釋出 20,625 張執照，共 228 名投標者得標	2019 年 7 月 25 日，釋出相關規定，2019 年底已開放申請	3.7-3.8GHz 頻段自 2019 年 11 月 21 日開始受理申請 26GHz 頻段自 2021 年 1 月 1 日至 3 月 31 日受理申請	28.2-28.3GHz 於 2019 年底開放申請；2020 年底新增 4.6-4.9、28.3-29.1GHz 頻段	MSIT 預計於 2021 年 11 月開始受理指配申請	預計 2021-2022 年間開放申請

資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 建議

綜整各國行動寬頻專網政策以及專家學者座談會之意見，分成三部分提出以下建議：

1. 政策研擬部分

- 國際頻譜趨勢前期研究

觀察國際案例，日韓在規劃行動寬頻專網頻率政策時，會先進行事前準備工作。各國在進行頻譜政策前，應針對國際頻譜規劃趨勢、技術演進、創新應用案例等，例如頻譜釋照規劃、專網頻率之總體需求程度、頻譜經濟分析等議題，進行前期研究，以掌握無線通訊技術發展，並追蹤各國主管機關之政策動向，作為主管機關未來推動相關政策之參考依據。

2. 頻譜供應部分

- 規劃於 28GHz 頻段（26.5-27.5GHz，頻寬 100MHz）作為專頻專網，並修訂頻率供應計畫。為防止干擾保留所需的護衛頻帶，擇定從 26.5GHz 開始開放之頻率範圍。

觀察國際上，德國、日本、韓國、英國等國皆陸續釋出中頻段（sub 6GHz）與毫米波頻段（26GHz 或 28GHz）兩個頻段的趨勢，我國亦已規劃在 4.8-4.9GHz 釋出 100MHz 頻段，供 5G 專網使用。

為促進產業發展如智慧製造等適合毫米波特性之創新應用服務，建議未來我國規劃於 28GHz 頻段（3GPP Band n257，26.5-29.5GHz），可視未來發展與需求開放作為行動寬頻專網頻譜，並比照 4.8-4.9GHz 之使用條件。惟須考量 27.5-29.5GHz 已有其他開放規劃，故可研擬 26.5-27.5GHz 中，視產業實際需求頻寬，並保留防止干擾所需的護衛頻帶，擇定從 26.5GHz 開始開放之頻率範圍。

- 我國產業對行動寬頻專網需求調查

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

我國目前規劃 4.8-4.9GHz 頻段供產業界佈建專網，是否需要提供毫米波頻段滿足產業需求，端視國內產業實際需求。在座談會中，產業界一致口徑表示主管機關應提供業者更多頻率選擇，至於頻寬大小則視產業需求而定。即便透過多場座談會，可以了解產業界的主觀想法，惟仍欠缺一清晰的輪廓。故研究團隊建議針對我國產業界對行動寬頻專網需求、垂直場域應用類型、面臨問題、未來潛在場域主等，透過調查問卷，焦點座談會，並向專家或業者進行深度訪談等方式，獲取產學研各界想法，形成共識。

- 新技術對於特殊頻段需求，政府宜優先提早規劃

為因應部分特殊產業需要特殊專頻(如車聯網)，因其連接特性，建議政府應及早規劃與討論。各國為追求車聯網發展，也積極對該產業進行相關試驗計畫。例如英國的 AutoAir 試驗計畫，開發 5G 技術的連網自駕車，未來希望將 5G 連結解決方案應用至公路和鐵路運輸。該試驗計畫採取中立主機平臺（Neutral Host Platform）讓 5G 小型基地臺（Small Cell）在 Sub 6 GHz 和毫米波（mmWave）頻段共用 5G 頻譜資源，以加速其發展。

車聯網是為了公眾利益，世界各國都有因應車聯網需求制定特定頻譜供大眾使用。這類 5G 創新應用案例涉及所有國民公共安全的專頻專網議題，主管機關應及早規劃及討論，以因應產業趨勢發展。

- 開創行動寬頻未來垂直場域之新的創新應用服務

目前國際上對於新的創新應用服務，例如韓國利用 28GHz 毫米波頻段傳輸距離相對較短的特性，改善軌道通訊。由於隧道內寬度窄且障礙物少，可確保訊號不易發散，28GHz 被認為是改善地鐵 Wi-Fi 品質的重要技術之一。韓國科學技術情報通信部（Ministry of Science and ICT, MSIT）成立「5G 28GHz 專門小組」，與三家電信業者合作自

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2021 年 6 月開始在地鐵 2 號線支線（聖水支線）區間架設相關設備，包含 26 個 28GHz 基地臺、10 個用戶終端設備和 20 個 Wi-Fi 6E 路由器。電信業者預測，若 28GHz 頻段在地鐵使用獲得驗證，未來可將 28GHz 頻段應用擴展至其他領域。

未來我國在規劃軌道通訊時，亦可參考韓國既有模式，參考前項建議規劃 28GHz 頻段（26.5-27.5GHz，頻寬 100MHz）作為專頻專網，同時改善我國軌道通訊品質，提升民眾通勤時的通訊品質，以開創新的創新應用服務。

(三). 配套措施

- 應秉持開放取代封閉、獎勵取代管制與簡化行政程序等原則

主管機關監管措施力度與行政程序應適度放寬，因為行動寬頻專網訴求扶植垂直應用與創新發展，避免過多繁複的行政程序而遏止這些廠商申請意願。此外，現行我國已有多項 5G 獎勵措施，例如《產業創新條例》中針對企業購買 5G 相關設備提供營所稅投資抵減優惠，抑或是經濟部推動引進 5G 技術之補助方案。惟就目前現況而言，佈建行動寬頻專網之場域主，以大型製造業或高科技業者為主，尚可承受投資大額之資本支出，對其他中小企業則可能無力負擔，故主管機關應針對中小企業以上採取獎勵作法，以協助產業發展。

- 簡化行政流程與審查項目標準

觀察國際案例中，韓國 MSIT 放寬規劃專網審查項目，主要考量 5G 專網係以小規模網路營運，申請企業也包含規模較小企業、場域主，亦將以最低限度審查申請者之財務能力。MSIT 為加快釋出頻率，將現行頻率指配資格審查程序及頻率使用計畫書審查程序合併，以簡化指配審查程序，將原需 3 個月以上審查時程縮短為 1 個月。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

韓國是觀察國家中專網政策較晚提出者，然為加快專網政策推出，主管機關適度地簡化行政流程與審查項目標準，降低申請難度與審核條件，採取鼓勵業者申請作法，值得我國主管機關借鏡。

- 強化干擾措施，增加現場實地查核作法

為使專網頻率和諧共用，韓國 MSIT 將干擾管理及適當頻寬釋出等列入重點審查項目。為最小化 5G 專網頻率使用者間潛在干擾影響，MSIT 將於頻率指配申請審查時，考量頻率使用領域或用途，並於必要時進行現場實地勘查。

- 專網執照效期不宜過短且可續照

專網建置所費不貲，故建議執照效期不宜過短且應可續照，以避免廠商投資意願下降。與會專家也建議現階段專頻專網開放申請場域實驗執照，將來換照時，原申請實驗執照的廠商，在申請正式專網專頻時頻段能夠延續，才不會造成設備投資的浪費。

- 推出產業獎勵政策，需視政策能否對產業創新產生外部效益

鼓勵產業創新、社會創新，帶來更智慧化及便利的生活，對大多數的電信業者、製造業者及民眾而言皆有其效益。惟需視該獎勵政策能否擴大產業創新的外部效益，加乘獎勵政策對整體社會創造更優質的生活品質。

- 政府應鼓勵專網建置，並提供培養環境，以促進國產化設備進軍國際

若政府希望國產設備能夠立足臺灣、放眼世界，建議政府在鼓勵專網建置時，可提出期望規格，同時跟國內電信業者討論，讓國產化設備進軍國際能有一定的加分及培養環境。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

- 應開放或局部開放專網連接公網，俾利產業推動創新活動

國際上各國並未針對專網與公網連接進行限制，與會產業界先進一致認為應開放或局部開放專網連接公網，以提供產業發展創新應用環境。由於現在許多新創服務應用是在雲端，若專網無法連接公網，將扼殺創新服務的發展。為因應雲端服務趨勢，專網連接公網規定不宜過度管制，應開放或局部開放，建議可採正面表列方式局部開放專網連接公網，鼓勵產業創新應用發展。

- 行動寬頻專網頻率使用費收費機制建議

鑑於我國行動寬頻專網之頻率使用費計算方式，與韓國、德國、法國近似，採取係數乘積法計算頻率使用費，係數選擇決定使用費率。近期，通傳會正積極規劃我國行動寬頻專網頻率使用費之計算公式，費率高低將決定潛在的場域主或需求者是否投入專網意願。為此，如何決定計算公式之各項係數值，主管機關應舉辦多次業者座談會，與業者深度溝通，以了解業者需求與可負擔成本，避免過高的頻率使用費扼殺尚未開花的垂直領域創新應用發展。因此，各調整係數應考量我國政策目的與國情進行適度調整，訂定合理的頻率使用費，以符合公平與效率原則。

另外，經座談會討論結論，產業界希望考量垂直應用領域仍於起步階段，政府在擬定頻率使用費時，應從促進產業發展角度出發，勿收取過高頻率使用費，避免不利產業長遠發展。

- 成立產官學研對話平臺

建議透過智庫協助提供一個對話平臺，可供產官學研各界相互溝通取得共識。尤其各部會關注的重點不同，經濟部可能只在意產業發展、通傳會只在意網路安全。業者可透過對話平臺，將遇到的困難直

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

接告訴政府，請政府協助解決問題。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

第十章：子題 2.5，提出我國 B5G/6G 頻譜規劃政策建議

一、 前言

本章延續前兩章「子題 2.2，B5G/6G 無線通訊技術發展與應用服務之頻譜需求」與「子題 2.3，B5G/6G 無線通訊技術與應用服務之頻譜整備規劃」下，進一步依序針對 ITU 於 B5G/6G 之頻譜需求趨勢，以及三個頻譜需求關鍵議題，透過彙整歷次專家研習小組與座談會針對上述議題之討論與專家建議，融以本研究團隊對主要區域電信組織、主要國家之觀察，於此章結論一節針對我國提出頻譜政策規劃建議。

二、 國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求下我國頻譜規劃政策建議

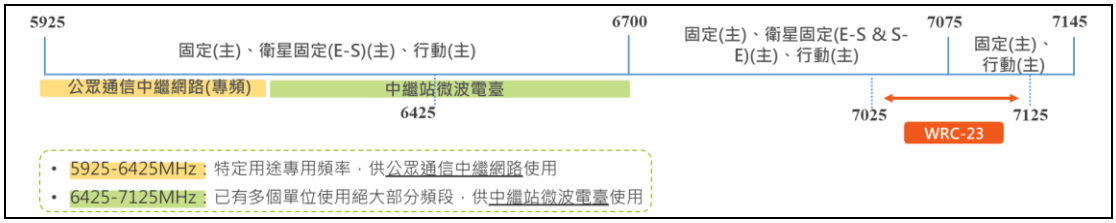
以預計於 2023 年舉辦之 WRC-23 大會而言，其總計有 19 個討論議項，編號為 1.1 至 1.19，而以本研究探討之 B5G/6G 而言，係劃分於 IMT 系統相關之五個議項–1.1~1.5。進一步的，該五個議項中與我國相關的議項係屬討論全球範圍內頻譜使用規則之議項 1.2 與議項 1.4，另其餘議項(如：議項 1.1、議項 1.3 等)因係聚焦特定區域的頻譜使用規範，對我國不具影響力，故本研究僅針對議項 1.2 與議項 1.4 做討論。以下分別針對議項 1.2 與議項 1.4 進行論述。

(一). 議項 1.2

議項 1.2，係探討全球範圍內 7025-7125MHz 標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性，而我國於上述頻段及其相相鄰頻段之使用現況(如下圖所示)，依據交通部於民國 109 年 9 月公布之無線電頻率分配表可鑑，其中：6700-7075MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空與地對空)、行動此三類業務為主要通信用途；7075-7145MHz，係分配予固定、行動此兩類業務為主要通信用途。另以使用現況而言，

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

其中 6425-7125MHz 已有多個單位使用絕大部分頻段，供中繼站微波電台使用。



資料來源：交通部，本研究整理，2021 年 11 月

圖 161：我國 7025-7125MHz 與相鄰頻段頻譜分配

值得一提的是，我國交通部依據電信管理法第五十二條第三項之規定，於考量全球主要國家，如美國、加拿大、巴西、韓國、英國、歐盟等，均已規劃開放 6GHz 頻段供 WiFi-6E 等低功率設備免執照使用下，為增進我國消費者權益並促使我國資通訊產業之發展，於參考上述各國之開放方式與技術規範，且同時依據民國 109 年 6 月 17 日至 8 月 7 日辦理之公開諮詢結果下，進行「中華民國無線電頻率分配表」之規定修正作業，且於民國 110 年 4 月 12 日公布「中華民國無線電頻率分配表」修正草案，針對 6GHz 中之 5925-6425MHz 頻段，除維持供公眾通信中繼網路使用，且 6336-7920MHz 頻段維持供採用超寬頻技術(UWB)之低功率射頻電機於次要條件下使用外，另外新增開放 5925-6425MHz 供低功率無線資訊傳輸設備(U-NII)在室內於不得干擾合法通信且須忍受合法通信干擾之條件下使用。

於上述修正草案下，立基針對我國 6GHz 頻段由產業發展、消費者使用等面向之現階段開放需求、僅針對 6GHz 部分頻段(即 5925-6425MHz)，抑或完整頻段(即 5925-7125MHz)進行規畫等議題尚待進一步釐清，故本研究團隊於 8 月 25 日舉辦「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，邀集產官學研共計 79 位專家參與，以下表格重點摘要

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家針對此議題之發言。

針對議項 1.2，雖然其決議需靜待 2023 年舉行之 WRC-23 大會會中討論決定，惟有鑑於 APT 於議項 1.2 共計八個會員國(包含：日本、紐西蘭、澳洲、南韓、新加坡、印尼、中國大陸與越南)基於提高頻譜的使用效率與擴展 IMT 的可用性與規模經濟，而一致支持 ITU-R 依據第 245 號決議對 7025-7125MHz 是否作為 IMT 新增頻段進行共享與兼容性研究，且支持將該頻段作為地面 IMT 業務服務新增頻段下，我國針對此頻段之後續規劃整備方向之議題，本研究團隊於 7 月 16 日舉辦「以 ITU WRC-23 大會探究 B5G/6G 技術/應用之頻譜需求趨勢與我國頻譜整備方向」研習小組，邀集產官學研共計 44 位專家參與，以下表格重點摘要與會專家針對此議題之發言。

表 198 與會專家對 WRC-23 議項 1.2 頻譜政策與規畫方向建議

與會專家	建議
林 姿銘	● 有關 IMT 新頻譜的部分，在台灣是 6-10GHz 以下在晶片的生產技術是比較成熟的。另外，在不同的區域對於此一頻段的使用都有一些疑慮，最熱門的是有關 6GHz 的部分。 ● 6GHz 這邊主要是 Wi-Fi 6 以及 IMT 陣營的競爭，大家發現說 IMT 盡量可以擴充使用，因為 IMT 技術成熟可以越多越好，另一方面會認為 IMT 已經有這麼多頻譜了還需要再提供嗎？ ● Wi-Fi 陣營認為最好 1200MHz 都給 Wi-Fi 做使用，因為 Wi-Fi 這樣才能發揮他的傳輸效能。但 IMT 業者的論點來說，隨著 5G 的發展 Wi-Fi offload 的情況有越來明顯的趨勢，因此事實上證明了 Wi-Fi 的使用是沒那麼高頻寬的需求，而這樣的辯論在 ITU 裡面一直都有發生。 ● 其實最大的反對者是俄羅斯，俄羅斯不希望這個頻段做為 IMT 使用，主要是因為他們這個頻段有衛星，就美國來看是因為整個國家在推行 Wi-Fi 產業，因此希望整個頻段都給 Wi-Fi 使用。 ● 值得注意的是，7025-7125MHz 這 100MHz 頻段是給 ESS 地表探測衛星使用，用來觀測全球暖化、地表測探、二氧化碳濃度等，這個頻段若給 IMT 做使用，則這些衛星從空中往下觀測時就會出現一些白點，觀測上會失準的問題。 ● 中美貿易戰的影響下，美國想推他的 Wi-Fi 產業，中國為了不使美國強推其技術而成為霸權，也因此選擇了比較中立的 IMT 技術。對於亞洲的國家比較沒有國土介皆的問題，所以在頻譜干擾的問題比較少，除非是在海上之類，不管在 Wi-Fi 或是 IMT 都會單純一點點，看產業、技術或是政治來自己依據需求做決定。但對我國來說比較尷尬一點，地理上跟中國大陸很近，跟他

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	一樣也是 OK，但經濟上跟美國比較近，在這一點上需要考慮各方面的利益相關方以制定政策決定。
連紹宇	● 5G 的頻段要延伸到 6425-7125MHz，是否可以去預期 3GPP 的發展大概為何？3GPP 真的在意的是很大範圍的頻段像是 28GHz、甚至 60GHz 以上，這些通訊特性會有根本上的改變，會需要特別去處理他。那如果是 5 到 6 到 7 則不會影響技術上有什麼重大的發展，所以 3GPP 不會細到去給他進行探討。
傅宜康	● 從標準面而言，3GPP 目前已經有幾個 project approve，6GHz 這個頻段有兩個 project 來制定性能指標，3GPP 主要是制定相關的設備性能指標，但各國最後怎麼部屬還是需要 regulation 匯流工作來確定。
謝欣霖	● 6GHz 來說在性能上沒有太大的差異，好像也沒有需要特別去做研究，3GPP 對 5G NR 發展好就可以完全的覆蓋，包含急難救助通訊等等。從 3GPP 的標準來說這些都不是問題，但重點是在於說 3GPP 要不要讓整個通訊的標準上交由一個通訊技術來統治這個市場，這會是一個問題。
台灣大哥大蔡宏利	● 6425-7025MHz、7025-7125MHz，在討論 100MHz 夠不夠，除非是我國指有一家電信商這樣可能就夠，頻段需要足夠大，也要思考有多少的營運商。

資料來源：「以 ITU WRC-23 大會探究 B5G/6G 技術/應用之頻譜需求趨勢與我國頻譜整備方向」研習小組，2021 年 11 月

綜觀論之，針對 WRC-23 議項 1.2 下我國頻譜規畫整備方向，依據與會專家之建議，我國所處地理位置不如歐洲有陸地國界交接問題，故在此之下頻譜干擾議題相對較少，進一步針對此頻段之規畫整備方向建議可以我國產業發展、技術成熟度等需求為依據訂定。

另一方面，以 3GPP 的觀點而言，3GPP 主要係制定 IMT 相關的設備性能標準，在此之下因此頻段與相鄰頻段(如：5GHz、7GHz)本質相近，故技術端不會有重大影響，而 3GPP 多數係聚焦 28GHz 以上頻段進行研究，因高頻段於通訊特性上會有根本上之差異，故以 5G NR 頻段延伸至 6425-7125MHz 而言，可預期 3GPP 於技術端不會有重大發展。

(二). 議項 1.4

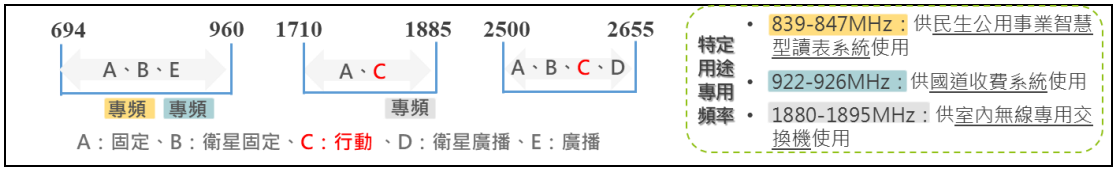
議項 1.4，係研議全球範圍內 694-960MHz、1710-1885 MHz(其中

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)，以及 2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 的可行性，而我國於上述頻段及其相相鄰頻段之使用現況(如下圖所示)，依據交通部於民國 109 年 9 月公布之無線電頻率分配表可鑑，其中：

- 694-960MHz：694-890MHz，係分配予固定、行動、廣播，此三類業務為主要通信用途；890-942MHz，係分配予固定、行動、廣播，此三類業務為主要通信用途，另也無線電定位為次要通信用途；942-960MHz，係分配予固定、行動、廣播，此三類業務為主要通信用途。
- 1710-1885 MHz：係分配予固定、行動，此兩類業務為主要通信用途。
- 2500-2690 MHz：2500-2520MHz，係分配予固定、衛星固定(空對地)、行動(航空行動除外)、衛星行動(空對地)，此四類業務為主要通信用途；2520-2535MHz，係分配予固定、衛星固定(空對地)、行動(航空行動除外)、衛星廣播，此四類業務為主要通信用途；2535-2655MHz，係分配予固定、行動(航空行動除外)、衛星廣播，此三類業務為主要通信用途；2655-2670MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空)、行動(航空行動除外)、衛星廣播，此四類業務為主要通信用途，另有被動式衛星地球探測、無線電天文、被動式太空研究，此三類業務為次要通信用途；2670-2690MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空)、行動(航空行動除外)、衛星行動(地對空)，此四類業務為主要通信用途，另有被動式衛星地球探測、無線電天文、被動式太空研究，此三類業務為次要通信用途。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：交通部，本研究整理，2021 年 11 月

圖 162：我國 694-960MHz、1710-1885MHz、2500-2690MHz 頻段頻譜分配與使用現況

以使用現況而言，其中 839-847MHz，係專用頻段，供民生公用事業智慧型讀表系統使用、922-926MHz，供國道收費系統使用、1880-1895MHz，則供室內無線專用交換機使用。

針對議項 1.4，雖然其決議需靜待 2023 年舉行之 WRC-23 大會會中討論決定，惟有鑑於 APT 於議項 1.4 共計五個會員國(包含：日本、澳洲、南韓、印尼與越南)基於社會大眾對移動網路需求的爆發式成長，認為將 HAPS 用作 HIBS 使用可一定程度的降低電信運營商對地面網路基礎設施的建置需求，而一致支持 ITU-R 依據第 247 號決議研議 2.7GHz 以下部分 IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 使用進行共享與兼容性研究下，我國針對此頻段之後續規劃整備方向之議題，本研究團隊於 7 月 16 日舉辦「以 ITU WRC-23 大會探究 B5G/6G 技術/應用之頻譜需求趨勢與我國頻譜整備方向」研習小組，邀集產官學研共計 44 位專家參與，以下表格重點摘要與會專家針對此議題之發言。

表 199 與會專家對 WRC-23 議項 1.4 頻譜政策與規畫方向建議

與會專家	建議
林 姿銘	● 議題 1.4 的部分是 IMT 的議題，以往 IMT 的傳輸就是在地面上，最高就是在電線桿上，這個議題希望可以把訊號傳輸拉高到天空上，但這麼做他就容易影響到更多的地面站、terminal，像是在他下面飛過的飛機也是有可能。這個議題鎖定在 1.8-2.4GHz 左右，先做小範圍的研究，去研究在 IMT 高空平台的使用上，是不是能給他一些功率上的限制讓他影響較小。 ● 在各國意見的補充上還是以 APT 為主，這邊我補充一下其他會員國的意見，其實主要是對於一些地廣人稀的地方像是非洲、阿拉伯這些國家，使用

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	HIBS 的頻段對他來說才有直接的幫助，這個議題提出的主要就是日本的軟銀，從需求上來看非洲這些國家看似有立即的需要。 ● HIBS 的高度是 20KM 以上，但軟銀之前有提出 20KM 以下其實也是可行的，如民航機、直升機、無人機都可以使用 IMT 的 base sation 來提供通訊，讓整個議題變的更複雜，ITU 先同意 20 公里以上 HIBS 的研究，以下則是以後。以我國來說，可能是一些特殊的情境，像是高山的救援或是離島等，或許或有需求，或許也是可以去考慮的一些需求。
台灣大哥大蔡宏利	● 日本軟銀在 HAPS 這邊有一些測試，就我所知軟銀有 1800MHz 這個頻段，先用自己的頻段做測試，再來思考推廣。
謝欣霖	● 3GPP 在 R17 對 HAPS 這邊沒有太多討論，預期是否 R18 才有比較多討論，從 3GPP 的角度來說就是拭目以待。HAPS 這邊對於 UE 還有基地台不需要太多改動，因此對於造成的時間延遲來說沒有太多的問題。

資料來源：「以 ITU WRC-23 大會探究 B5G/6G 技術/應用之頻譜需求趨勢與我國頻譜整備方向」研習小組，2021 年 11 月

綜觀論之，針對 WRC-23 議項 1.4 下我國頻譜規畫整備方向，依據與會專家之建議，以我國而言，相較於非洲、沙烏地阿拉伯等國土面積廣大且通訊基礎建設不足之國家，因我國國土面積相對較小且通訊基礎建設相對完善，故 HIBS 運用上不若非洲、沙烏地阿拉伯等國家有急迫需求，我國較偏向急救難情境下使用。故在此之下，建議我國可以先行觀察 HIBS 標竿企業-日本軟銀在此面向的應用測試與布局發展，以作為後續我國於此頻段規畫整備方向之參考依據。

另一方面，因 HAPS 為飛行高度約 20 公里以上之飛行載具，其用作 HIBS 使用下雖然預期可為民航機、直升機等低空飛行載具提供通訊服務，但其存在潛在的干擾問題，甚者對地面站亦會產生干擾，在此之下建議先行觀察 ITU 在此議題上之研究，可預先掌握 HIBS 應用下之功率限制等操作面規範。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(三). 小結

議項 1.2 探討全球範圍內 7025-7125MHz 標誌為 IMT 應用且為主要業務劃分的可行性下，依據交通部於民國 109 年 9 月公布之無線電頻率分配表可鑑，其中：6700-7075MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空與地對空)、行動此三類業務為主要通信用途；7075-7145MHz，係分配予固定、行動此兩類業務為主要通信用途。另以使用現況而言，其中 6425-7125MHz 已有多個單位使用絕大部分頻段，供中繼站微波電台使用。

我國針對此頻段之後續規劃整備方向之議題，經彙整研習小組專家座談中多位專家之建言，顯現我國所處地理位置不如歐洲有陸地國界交接問題，故在此之下頻譜干擾議題相對較少，進一步針對此頻段之規畫整備方向建議可以我國產業發展、技術成熟度等需求為依據訂定。另一方面，以 3GPP 的觀點而言，3GPP 主要係制定 IMT 相關的設備性能標準，在此之下因此頻段與相鄰頻段(如：5GHz、7GHz)本質相近，故技術端不會有重大影響，而 3GPP 多數係聚焦 28GHz 以上頻段進行研究，因高頻段於通訊特性上會有根本上之差異，故以 5G NR 頻段延伸至 6425-7125MHz 而言，可預期 3GPP 於技術端不會有重大發展。

議項 1.4 探究全球範圍內 694-960MHz、1710-1885 MHz(其中 1710-1815 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路)，以及 2500-2690 MHz(其中 2500-2535 MHz 在 3 區將僅用於上行鏈路，且 3 區不包括 2655-2690 MHz) IMT 頻段劃分給 HAPS 做為 HIBS 的可行性，而我國於上述頻段及其相相鄰頻段之使用現況而言，其中 839-847MHz，係專用頻段，供民生公用事業智慧型讀表系統使用、922-926MHz，供國道收費系統使用、1880-1895MHz，則供室內無線專用交換機使用。

我國針對此頻段之後續規劃整備方向之議題，經彙整研習小組專

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

家座談中多位專家之建言，顯現我國相較於非洲、沙烏地阿拉伯等國土面積廣大且通訊基礎建設不足之國家，因我國國土面積相對較小且通訊基礎建設相對完善，故 HIBS 運用上不若非洲、沙烏地阿拉伯等國家有急迫需求，我國較偏向急救難情境下使用，故在此之下建議我國可以先行觀察 HIBS 標竿企業-日本軟銀在此面向的應用測試與布局發展，以作為後續我國於此頻段規畫整備方向之參考依據。另一方面，因 HAPS 為飛行高度約 20 公里以上之飛行載具，其用作 HIBS 使用下雖然預期可為民航機、直升機等低空飛行載具提供通訊服務，但其存在潛在的干擾問題，甚者對地面站亦會產生干擾，在此之下建議先行觀察 ITU 在此議題上之研究，可預先掌握 HIBS 應用下之功率限制等操作面規範。

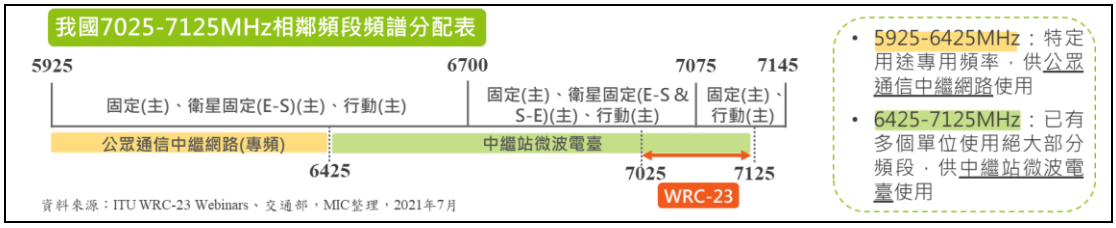
三、 國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題下我國頻譜規劃政策建議

(一). 熱門頻段衝突：6GHz

1. 我國 6GHz 頻譜分配現況

綜觀國際逾 17 個國家已分配 6GHz 全段(即 5925-7125MHz)，抑或部分頻段(即 5925-6425MHz)給予免照 Wi-Fi 6E 使用，甚者部分國家(如中國大陸等)則為分配 6GHz 全段給予授權 5G 使用下，反觀我國於 5925-7125MHz 及其相鄰頻段之使用現況(如下圖所示)，依據交通部於民國 109 年 9 月公布之無線電頻率分配表可鑑，其中：5925-6700MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空)、行動此三類業務為主要通信用途；6700-7075MHz，係分配予固定、衛星固定(地對空與地對空)、行動此三類業務為主要通信用途；7075-7145MHz，係分配予固定、行動此兩類業務為主要通信用途。另以使用現況而言，其中 5925-6425MHz 已為特定用途專用頻率，供公眾通信中際網路使用，另 6425-7125MHz 則已有多個單位使用絕大部分頻段，供中繼站微波電台使用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：交通部，本研究整理，2021 年 11 月

圖 163：我國 5925-7125MHz 與相鄰頻段頻譜分配

有鑑於國際主要國家開放完整或部分 6GHz 頻段作為非授權、免執照使用之趨勢下，針對我國 6GHz 頻段由產業發展、消費者使用等面向之現階段開放需求、僅針對 6GHz 部分頻段(即 5925-6425MHz)，抑或完整頻段(即 5925-7125MHz)進行規畫等議題，本研究團隊於 8 月 25 日舉辦「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，邀集產官學研共計 79 位專家參與，以下表格重點摘要與會專家針對此議題之發言。

表 200 與會專家對我國 6GHz 頻譜政策與規畫方向之建議

與會專家	建議
中華電信	● 有關 6GHz 頻譜規劃方向，目前於我國之使用有微波鏈路頻段 L6 頻段，即剛剛提到 6GHz 的上半部；還有 U6 頻段，也就是剛剛 6GHz 的下半部；還有衛星 C 頻段的上鏈路（5850-6500MHz）。微波鏈路目前用於離島及偏鄉之路由使用，由於離島的海底電纜常有被漁船挖斷的現象，故微波鏈路重要性高。電路之穩定性及可用度很重要，對容忍外界信號干擾之餘裕度的要求較嚴格，為避免干擾衍生重要通信之服務中斷，應透過嚴謹測試以審慎評估和諧共存及具體規範。 ● 無線電頻率之配置應與國際接軌，才能發揮較大的頻譜使用效益跟產業價值。目前 5G 服務尚在起步階段，業者都在努力建設網路，建議目前可先研究國際發展趨勢，待 2023 年（WRC23）結論出來後，再討論我國實際規劃。
國立臺灣大學電信所	● 從 Wi-Fi 之發展到行動通訊之發展，6GHz 都是很重要的一段頻譜，認為不需要急著開放。針對是否要開放室內免執照部分，應先了解我國對於室內頻寬是否不足夠，若已足夠，則不用急著決定 6GHz 之用途。目前若是給中繼微波使用，並不會與其他用途衝突，故不用急著開放。若是為了給製造業使用，則需跟國際接軌，就更不用著急，應先觀察國際的發展再決定。
國立臺灣大學電機工程學系	● 不管是有執照或免執照部分之開放，都應與國際接軌，現階段不需急著決定其用途。以 Wi-Fi 來說，已開始面臨高頻穿透率的問題，故 6GHz 的覆蓋率會比目前的覆蓋率小，也就是說就算他有強的穿透率，在室內也只會有一小區塊的訊號覆蓋。
國立成	● 由於我國非聯合國會員國，常常面臨需要選邊站（歐規或美規）。從我

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
功大學電信管理研究所	的觀察，很少人會去設定 5G 頻段，大部分都是 2.4G，站在頻譜實用角度及需求面來說，我國目前均還是夠用的。美國 AIT 有很多設備、供應商要進來，或許是行政院要考量。Wi-Fi 免執照的部分必須要承擔受干擾的部分，且其使用不能干擾到目前正在使用該頻段之微波部分，綜上，我認為 6GHz 不需要開到全頻段。 ● 5G 目前開的頻段確實不夠，其中還有一段給衛星使用，建議可好好思考在 6GHz 這個黃金頻段是否要保留一部分給 5G 下階段使用。
國立暨南國際大學電機工程學系	● 目前 6GHz 用於通訊網路已經確定，故建議先開始相關整備工作，尤其將會涉及到跨部會協調之部分。有關整備工作部分有以下兩點需要注意：首先是該頻段是否已經清乾淨，是否還有其他單位在使用。再來就是，因為 6GHz 滲透率強，周邊國家地區都是 ITU 會員國，只有我國不是，通常在頻率衝突時我國都居於劣勢，可能會需要盡早知道周邊國家之相關規劃，以納入我國規劃考量。
香港商立德科技	● 關於 6GHz 開放議題，交通部規劃釋出 5925-6425MHz 供低功率免執照 Wi-Fi 6E 產品於室內使用，有業者希望臺灣能開放到 5925-7125MHz。 ● 另外 Wi-Fi 6E 屬於 wide bandwidth 高速資訊傳輸，希望 5925-7125MHz 也能釋出供給 narrow bandwidth FHSS 跳頻技術的低功率免執照產品使用（例: 2MHz channel bandwidth FHSS）。
華碩電腦	● 關於 6GHz 的頻段開放，除了頻段討論，關於發射功率是否有相關規劃？由於 6GHz 訊號衰減較快，若開放頻段卻又限制嚴格發射功率，可能會有一些應用上的問題。
高通半導體有限公司	● 關於 6GHz，高通的立場是支持應盡速開放 1200MHz 全頻段作為免執照使用，而非僅 5925-6425 頻段。

資料來源：「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，2021 年 11 月

2. 座談會專家觀點

綜觀論之，針對我國 6GHz 之頻譜規畫方向/作為，依據與會專家之建議可歸納出三個重點方向：觀察國際趨勢以能與國際接軌、評估我國室內頻寬是否足夠，以及考量潛在干擾既有業務之問題。

- 觀察國際趨勢以能與國際接軌部分，與會專家認為在以發揮最大頻譜使用效益與抬升產業價值，另考量 6GHz 涉及未來 5G 中頻段頻寬是否足夠下，建議現階段可先研究國際發展趨勢，甚者待 2023 年之 WRC-23 大會針對此議題之結論出來之後，再行討論我國實際規劃方向與作為。
- 於評估我國室內頻寬是否足夠部分，與會專家認為，由現

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

階段消費者使用 Wi-Fi 狀況觀察，發現多數消費者係以 2.4GHz 頻段為主，僅少數消費者會使用 5GHz 頻段，另考量 6GHz 之高頻穿透率問題，室內使用下的覆蓋率會比目前覆蓋率小的狀況下，建議先行評估我國室內頻寬使用需求強度，再行研議是否開放室內免執照使用。

- 於考量潛在干擾既有業務部份，與會專家認為，6GHz 中之 L6、U6 頻段皆有既有使用者，甚者 L6 頻段是目前離島及偏鄉地區微波鏈路之重要頻段，其對電路的穩定性與可用度需求極高，對容忍外部訊號干擾之餘裕度要求嚴格，為避免干擾衍生重要通訊之服務中斷，建議應透過嚴謹測試以審慎評估和諧共存之具體規範。

(二). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊

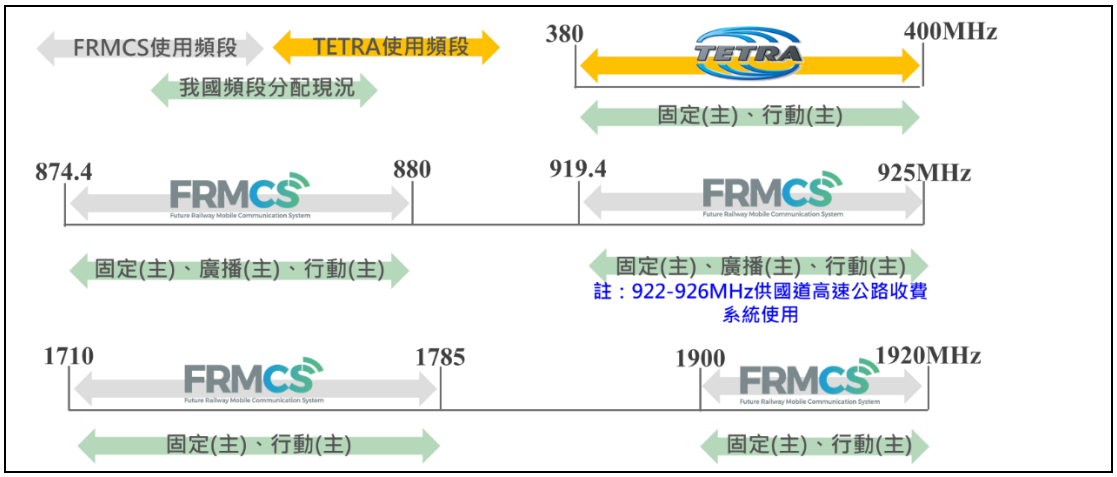
歐盟為了使歐盟會員國境內的軌道交通在未來可順利的將軌道通訊系統更從 GSM-R 更換為目前正在制定中的未來鐵路移動通訊系統(Future Railway Mobile Communication System, FRMCS)，已於 2020 年 11 月為 FRMCS 劃分 1 組成對的頻段 874.4-880.0MHz、919.4-925.0MHz，以及 1 個單獨的頻段配對頻段 1900-1910 MHz，其中包括 GSM-R 所使用的 876-880、921-925MHz 的頻段，藉此，未來轉換系統時，原有 GSM-R 的系統仍能維持運作。日本則嘗試以 5G 專網中的 4.6-4.9GHz 頻段，用在軌道交通中的影像即時傳輸用，以提升軌道交通的安全及服務品質。

1. 我國軌道通訊頻譜分配現況

反觀我國，目前軌道交通中主要使用的軌道通訊系統式 TETRA，運行在 380-400MHz 的頻段上，反觀我國於 FRMCS 及 TETRA 所用頻段之現況(如下圖所示)，依據我國無線電頻率分配表所載，無論是

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

TETRA 所使用的 380-400MHz、FRMCS 預計使用的 874.4-880、919.4-925、1710-1785，和 1900-1920MHz 所使用頻段主要都分配給固定業務和行動業務，部分頻段同時也分配給廣播業務。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 164：軌道通訊系統所使用頻段在我國的頻譜分配現況

有鑑於國際上關於軌道通訊的技術發展及頻譜規劃等議題，本研究團隊於 11 月 9 日舉辦「關鍵任務軌道通訊專用電信頻譜需求趨勢」座談會，邀集產官學研共計 62 位專家參與，以下表格重點摘要與會專家針對此議題之發言。

表 201 與會專家對我國軌道通訊專用電信頻譜政策與規畫方向之建議

與會專家	建議
國家運輸安全調查委員會	● FRMCS 相對於 TETRA、GSM-R，有許多新的特性，在為來應可以滿足智慧鐵道的需求。 ● 未來在系統的升級、轉換上，不論是從 GSM-R 升級或是從如 TETRA 等其他系統轉換，是需要整體規劃。 ● 未來通訊上，可以考慮使用專用電信與專網分工。 ● 台灣政策要足夠明確，建議要有一個整體的政策白皮書，訂定智慧鐵道的發展方向，並依照各套鐵道系統的發展進程，訂定不同階段目標，列出我國優先發展的 critical 項目，同時規劃專網的使用政策，另外，還要針對專用電信頻譜、專網、公網所對應的應用去分層界定。
諾基亞	● 在網路傳輸的速度，根據 UIC 的建議，上行要 7.4Mb/s，下行為 4.38MB/s，而在相關試驗中，使用的網路速度約是 3.49Mb/s 及 3.5Mb/s。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	● FRMCS 所規劃使用的頻率，主要為 GSM-R 在 900MHz 的頻段(4MHz 頻寬)、1900MHz(10MHz 頻寬)及公網。 ● FRMCS 的技術與應用，在分類上分為 Critical/ Performance/ Commercial 三類，其中 Critical 的應用需要持續且穩定的網路，需使用專用頻段，Performance 的應用雖非隨時需要，但也很重要，目前規劃上是使用 1900 頻段或是專網。Commercial 主要用於向旅客提供服務，因此不會直接影響安全，可直接利用公網。 ● 如果頻段不足，可以用 network slicing 把公網切分給 Performance，但一定要保留一些專用頻段供 Critical 使用。 ● 以歐洲的試驗， 900MHz 大約是 6MHz 的頻寬，1900MHz 是 10MHzTDD，在大陸、俄國，則是使用 1900、2300MHz 的頻段，無論是使用哪個頻段，最基本需要保留 10MHz 的頻寬。 ● 台灣所有鐵道的營運都是使用 TETRA，這是由於國家在頻譜上的規劃，對於整個鐵道營運安全來看，由於台灣市場較小，因此蠻多需要引進，建議與國際系統對接，先引進國際系統後再對應台灣需求作修改。 ● 安全方面，還是建議要參照國際安全標準，作為國內建置鐵道通訊的相關標準。 ● 最理想的頻段是 900MHz 的頻段，因為所需的基站數量最少，若到 1900、2300MHz，或 n78、n79，基站間的距離會縮短，成本也相對提高。
台灣世曦工程顧問有限公司	● 旅客服務的部分，國內 5G 應該已經很足夠使用。固定式的監控如站台上監控旅客、車身，應該可以利用 5G 公網，但有關行進間的列車監視，比較慎重，因此應該要回到國際標準的規劃。
台灣高鐵	● 以台灣高鐵，目前針對 Performance、Commercial 兩類的應用進行規劃，Performance 會包括天然災害預警、安全化系統，Commercial 則是旅客服務的部分。Criticle 的部份，特別是列車自動駕駛的部分，高鐵目前暫時沒有推動規劃。 ● 自動駕駛的部分，從旅客的角度來看，若沒有看到列車的駕駛員，心理層面還是會有影響。如果是以捷運的角度來看，可能接受程度比較高

資料來源：「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，本研究整理，2021 年 11 月

2. 座談會專家觀點

綜觀論之，針對我國軌道通訊專用電信頻譜政策與規畫方向，依據與會專家之建議可歸納出三個重點方向：觀察國際趨勢以能與國際接軌、評估我國室內頻寬是否足夠，以及考量潛在干擾既有業務之問題。

- 於頻段的使用上，綜觀目前國際上試驗的成果，最適合軌道通訊的頻段是 900MHz，因為這個頻段傳輸距離長，每個基

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

站間的間格可以較大。其他像是 1900、2300MHz 或是我國專網 3500、3700MHz(n78、n79)頻段，基站的間距就會縮短，建置的成本也會隨之提高。

- 國際上軌道通訊使用的專頻多應用於 Critical 應用上，頻寬的需求至少要 10MHz 以上，但未來若導入到台灣的軌道交通，具體所需的頻寬則需要進一步組建 SIG，邀集各界專家組建生態圈，透過整合性的驗證，找出台灣鐵路專用電信網路對於頻寬的需求。而如台灣高鐵目前規劃推動的 Performance 或 Commercial 應用，則可採用 5G 專網或是公網，建議邀請電信業者、專網系統整合商、軌道交通業者共同組建 SIG 進行相關討論。

- 為了能夠有規劃性的發展，台灣的軌道交通政策要足夠明確，建議與交通科技產業政策白皮書聯結，訂定智慧鐵道的發展方向，並依各套鐵道系統的現況，訂定不同階段目標，列出我國優先發展的 critical 項目，同時規劃專用頻譜及專網的使用政策，最後，進一步針對專用電信頻譜、專網、公網所對應的應用去分層界定。

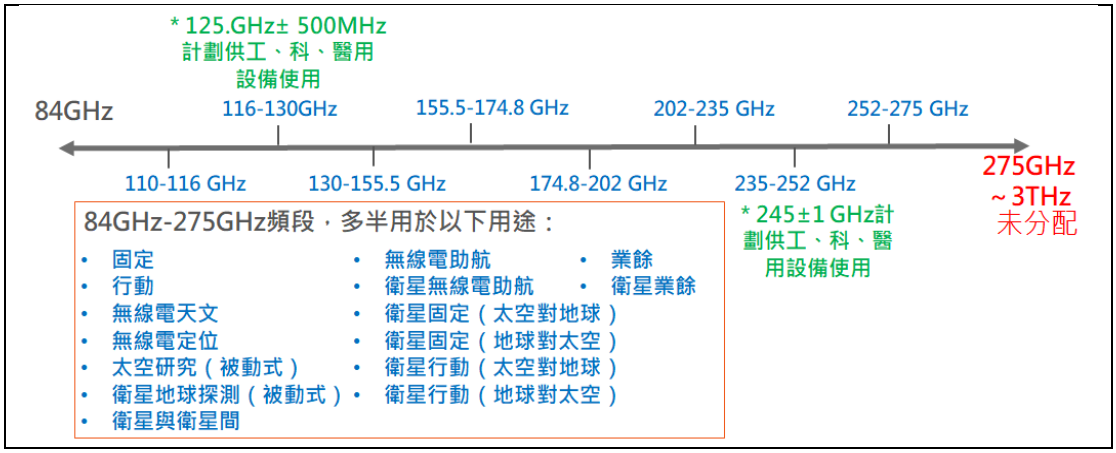
(三). 創新應用頻譜需求：極高頻

1. 我國極高頻頻譜分配現況

現階段國際對於極高頻，尤其泛指 THz 之頻段，多將其視為下一代高速無線通訊 6G 發展的關鍵頻譜資源。ITU 雖然在 WRC-2019 會議中新增 275-296GHz、306-313GHz、318-333GHz、356-450GHz 四個全球標識的行動服務頻段，共 137GHz 頻寬資源可無限制條件地用於固定和陸地行動業務應用，但 100GHz-275GHz 頻段仍尚無進一步標識。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

觀察我國針對 100GHz 以上的頻譜使用，現階段根據"中華民國無線電頻率分配表"可發現，275GHz 以上尚未指配用途；然 100GHz-275GHz 頻段間，則分為 110-116GHz、116-130GHz、130-155.5GHz、155.5-174.8 GHz、174.8-202 GHz、202-235 GHz、235-252 GHz、252-275 GHz 八段頻譜區塊。在用途上則多半授權用於如下圖所示，包含無線電天文、太空研究、衛星行動/固定等應用作為主要用途；而其中 116-130GHz、235-252 GHz 兩段則另外預備提供給需極高頻段的工業、科學、醫用設備使用。



資料來源：交通部，本研究整理，2021 年 11 月

圖 165：我國 100 GHz 以上頻譜分配

2. 座談會專家觀點

有鑑於極高頻的潛在技術發展與新興應用價值，且國際主要國家已開放極高頻實驗，針對我國未來於極高頻可優先規劃之實驗頻段之規劃方向，以及對於極高頻頻段潛在之頻譜使用需求者為何等議題，本研究團隊於 8 月 25 日舉辦「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，邀集產官學研共計 79 位專家參與，以下表格重點摘要與會專家針對此議題之發言。

表 202 與會專家對我國極高頻頻譜政策與規畫方向之建議

與會專家	建議
國立臺灣大學	● 針對超高頻 100GHz 的部分，目前在政策面有討論實驗頻

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
電機工程學系	譜之規劃。 ● 在技術面上來說，從過去 2G、3G 到現在 5G 甚至更高頻，發現在關鍵零組件製程上產生世代差異。過去 Sub-6GHz 之射頻器材及天線技術，其製程便與現階段的 5G mmWave（FR 2）甚至更高頻段有開始拉開距離。而到 100GHz 以上，現有製程技術則可能遇到更大的瓶頸、挑戰。過去邁入 5G 開發，當時有模型可參考做研發基礎；但 100GHz 以上頻段運用，需要的模型型態可能與過去大不相同。也因此，除了 100GHz 實驗頻譜需求外，也建議我國專責政府單位（如科技部）應考量： ● 於 100GHz 以上頻段的技術發展與實際應用的研發佈局過程中，首先應瞄準關鍵零組件與整體系統之發展； ● 同時需思考，若要規劃 100GHz 以上頻段作為實驗頻譜，實際上的研究團隊是否擁有可以用以實驗的系統； ● 建議從現在開始政府協助產學研進行相關基礎研究佈局，以利未來實驗研發可掌握 100GHz 以上頻段基本特性與優勢，並進一步發展下世代採用該頻段的先進技術與應用。
國立暨南國際大學電機工程學系	● 實務面上，從 2020 年針對 30GHz 的 mmWave 頻段部署發展其實就有很多困難。主要是實際若部署支援 mmWave 頻段的微型基地台之建置數量及成本高。因此，建議交通部跟 NCC 可開始考量： ■ 所有基地台只有電信營運商可建置，如此其成熟速度跟建置速度就會受到限制。 ■ 極高頻之極微型基地台多建置於室內，或可開始思考極微型基地台是否要參考 Wi-Fi 基地台的產銷模式。

資料來源：「B5G/6G 頻譜需求與整備」座談會，2021 年 11 月

綜觀論之，針對我國極高頻頻譜之規畫方向/作為，依據與會專家之建議可歸納出兩個重點方向：早期規劃極高頻實驗頻譜有其必要性；藉由極高頻實驗頻譜助力我國產學研佈局 100GHz 以上技術與應用之發展。

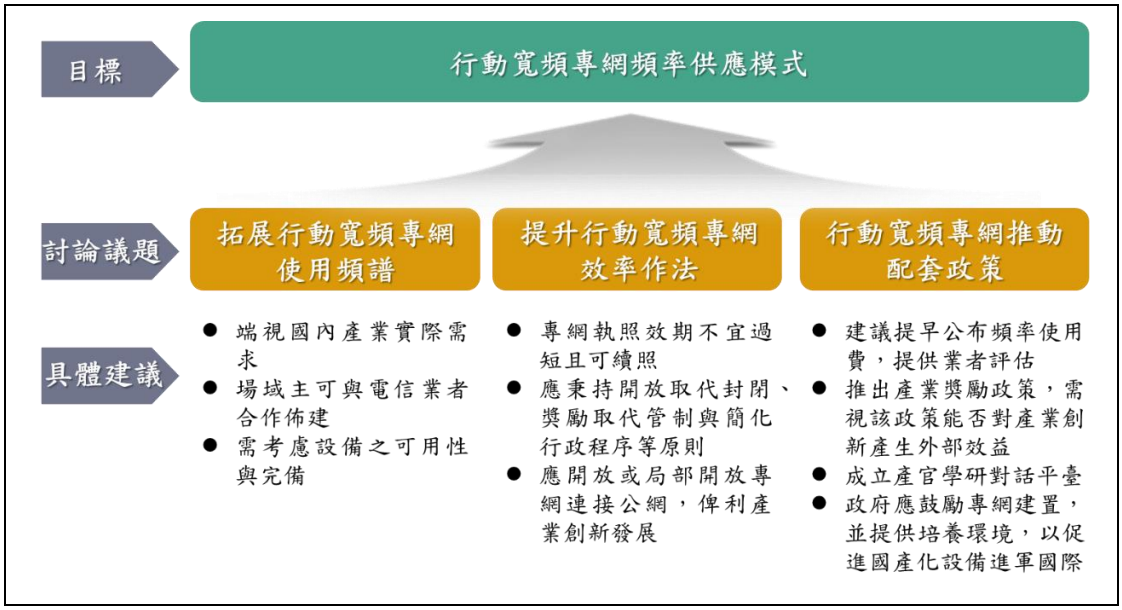
此外，我國尚未分配整備的 275GHz 以上頻段，則或可與 ITU 同步，思考將該頻段用於固定和陸地行動業務應用。而有鑑於 B5G/6G 先期研究針對 THz 相關技術應用之佈局，多半先從 100GHz-170GHz 開展研究，且美、英兩國已分別研擬將極高頻頻段作為創新實驗頻譜，以利日後極高頻技術與應用之發展。故我國或可規劃針對 100GHz 以上極高頻，提供實驗頻譜作為產學研界開展 6G 先期研究之用。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

四、 行動寬頻專網頻率供應模式

我國為規劃 5G 專網專頻制度先行者之一，並規劃在 4.8-4.9GHz 頻段釋出 100MHz 做為我國行動寬頻專網頻譜。盱衡全球主要國家之頻譜政策，亦正陸續於 Sub 6GHz 及 28GHz 位置釋出 5G 專網專頻。由於行動寬頻專網頻率釋出攸關產業垂直應用與創新發展，彼此間存在直接且密切關係，將影響產業轉型升級與經濟發展，誠為主管機關須審慎思考之重要課題。

緣此，主管機關應了解產業界對於行動寬頻專網頻譜需求，視實際需求拓展行動寬頻專網使用頻譜，以滿足市場所需。此外，行動寬頻專網之執照效期、簡化程序/強化干擾預警，以及連結公網之配套措施，將有效提升行動寬頻專網效率，有助於帶動產業界申請行動寬頻專網之意願。最後，搭配適宜之行動寬頻專網推動配套政策，提供產業必要協助，將大幅提升該政策所帶來之效益。爰透過研析各國行動寬頻專網政策，吸取值得我國效法之政策與措施，並透過舉辦研習小組專家座談會，彙整產官學研各界之見解與看法，綜整後研提我國行動寬頻專網之供應作法。下圖為專家學者提出之具體建議。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

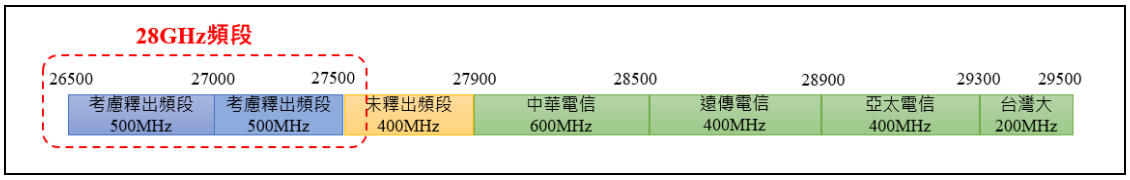
本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

圖 166：行動寬頻專網頻率供應模式之專家建議

(一). 拓展行動寬頻專網使用頻譜

為促進產業發展如智慧製造、智慧醫療等垂直應用領域，適合毫米波特性之創新應用服務，建議規劃開放 28GHz 頻段（3GPP Band n257，26.5-29.5GHz）作為我國第二階段開放之行動寬頻專網頻譜。

目前我國 28GHz 頻段使用情形如下圖所示，由各家電信業者透過頻譜競標方式取得 27.9-29.5GHz 頻段，另外 27.5-27.9GHz 則為該次釋照未釋出頻段。考量 27.5-29.5GHz 已有其他開放規劃，爰建議 26.5-27.5GHz 中，視實際需求頻寬及保留防止干擾所需護衛頻帶，擇定從 26.5GHz 開始開放之頻率範圍。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 167：我國 28GHz 頻段之使用情形

有鑑於各國主管機關釋出行動寬頻專網頻段，同時釋出 sub 6GHz 頻段與 26GHz 頻段或 28GHz 頻段，供產業界或場域需求者，推動 5G 垂直應用發展。因此，針對我國拓展行動寬頻專網使用頻譜、提升行動寬頻專網效率作法，以及行動寬頻專網推動配套政策等議題，業於 9 月 17 日舉辦「各國行動寬頻專網政策研析」研習小組專家座談會，邀請產官學研各界共計 55 位專家參與。下表綜整與會專家針對議題一「拓展行動寬頻專網使用頻譜」之發言重點摘要。

表 203 議題一「拓展行動寬頻專網使用頻譜」之摘要

與會專家	建議
和碩聯合科技股份有限公司	■ **贊成開放毫米波頻段，頻寬大小視需求而定** 目前行政院指配 sub 6 頻段（4.8-4.9GHz）為 5G 專網頻譜，但是毫米

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	波頻寬比較大才是 5G 重點，只是頻寬可能不用多（4.8-4.9GHz 目前已開放場域試驗申請)。
仁寶電腦工業股份有限公司	■ **贊成開放毫米波頻段，有實際需求** 目前有毫米波頻段需求，贊成開放。
亞旭電腦股份有限公司	■ **贊成開放毫米波頻段，有實際需求** 開放毫米波是勢在必行，以亞旭目前一個智慧工廠案子為例，亞旭生產網通設備，通訊設備需要進行測試，專網的規劃需要多頻譜的支持。比方說 WIFI 6、n78 或 n79、mmWave 的頻譜，因為頻譜的設備跟網路環境是混在一起，假設沒有毫米波頻譜，在進行 sub 6GHz 測試設備的過程，可能會與專網頻譜干擾，希望能開放毫米波。
富鴻網股份有限公司	■ **建議開放毫米波頻段，提供場域主需求** 在頻譜的釋出上，不同的場域需求者可能有一些 Sub 6GHz 頻率範圍不適合做應用，毫米波在很多場域有需求，希望能開放。
華電聯網股份有限公司	■ **建議開放 mmWave 頻譜，實際市場有其需求及必要性** mmWave 有其需求及必要性，近兩年來如展演上的應用等具有大頻寬需求，以目前只有 100MHz 的頻譜來看，有些部分是做不到的。
台灣高通股份有限公司	■ **建議開放毫米波頻譜，以符合實際市場需求** 支持開放毫米波作為專網頻段，目前各國如韓國、日本、德國，都有釋出毫米波的頻段作為專頻專網之用，未來應用需求會越來越多，智慧工廠、工業 4.0 各項運用、展演等場域對大頻寬毫米波的需求會越來越多，高通支持專頻開放毫米波。
中華電信	■ **建議開放 mmWave 頻譜，實際市場有其需求及必要性** 產業界對於 28GHz 或 mmWave 部分有需求，電信業者目前在 5G 的部分以 3.5GHz 的建設最為積極，28GHz 的部分若有需求的話，就會接著投入建設。 ■ **為發揮頻譜使用效益，電信業者期盼與其他產業合作** 若說產業界對毫米波 28GHz 有需求的話，台灣目前 5 家電信業者至少有 4 家，擁有一些頻率，不論供給方式是請電信業者來架設專網或是直接與電信業者租用頻率，都可以解決產業需求，對於整體的頻率使用效率也更佳。
遠傳電信	■ **為發揮頻譜使用效益，電信業者期盼與其他產業合作** 目前台灣有 4 家業者標到 28GHz 的頻段，若有專網業者願意利用該頻段與電信業者合作，遠傳非常歡迎。
臺灣 5G 垂直應用聯盟	■ **建議開放毫米波頻段，惟需考慮設備之可用性與完備** 毫米波的專網規劃，是否有開放必要性，站在臺灣 5G 垂直應用聯盟的角度，當然非常希望能夠開放，開放的同時也要呼籲先前開放 4.8-4.9GHz 頻段產生的問題不要再重複發生。開放之初 4.8-4.9GHz 的設備非常不完善，當時有許多企業想要建專網，卻沒有好的設備可以運用，未來毫米波專網的開放，希望能考慮到國內的產品與設備是否已經齊全。
台灣電信產業發展協會	■ **建議製造業與電信業者合作佈建專網，以滿足業者需求** 製造業者常告訴政府或主管機關，製造業不是電信服務業，跟電信業者是不一樣的。但在 5G 行動寬頻的業務，製造業者就是電信業者想要服務的對象，所以很難不一樣，從大家提出來的需求就可以知道，4G 之後都是走企業客戶的應用，28GHz 為何政府以拍賣方式釋出給

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	電信業者，主要是為了在企業垂直場域應用部分，電信業者能夠提供服務。3.5GHz 也是，只是 3.5GHz 可供消費者使用、企業也能使用。很多製造業者說對 28GHz 頻段有需求，但是企業客戶並不想跟電信業者合作，即使電信業者可以將頻譜租給企業，頻率簡化、頻率升級及頻率申請等問題都不存在，電信業者已經滿足主管機關對於頻譜所有的資安防護或監理要求，頻譜出租就只是一份合約，沒有任何監控，但企業客戶還是不願與電信業者合作，因為大家都在求生存，製造業有製造業的生存困境，如何降低營運成本是製造業所企求的。電信服務業有其生存困境，走到 4G、5G 時代，企業客戶是電信業者唯一想擁抱的，但卻被企業客戶拒之門外，根本原因是電信業者頻譜成本太高，打不進其目標市場：企業客戶的垂直應用場域。電信業者不願低價售給製造業，製造業則需節省成本，兩方無法達成共識。
台灣大學	■ **專網有其需求性，但不見得要專頻** 特殊區域及特殊用途的專網有其需求存在，但不見得要專頻，比如說 5G 的技術，假設切片技術成熟，應該把專網跟專頻當成兩件事來討論，可能安全相關議題需要專頻，或是考慮建構一個具公平性的專網。基本上要發展 5G 或是未來的 6G，都不是電信業者個人的事情，各國的電信業者都在建立其生態系，透過與設備商、新的應用服務廠商合作，在專網底下，製造業者、電信業者、解決方案業者彼此是可以合作的。至於專頻的使用，之前都在呼籲不能排除電信業者申請專頻，對於某些特殊專網的應用場域，需要專頻，在這種情況下，若排除電信業者申請專頻或場域主合作，那也不見得會成功。
台灣大哥大	■ **28GHz 實際需求尚不明確，需求業者可與電信業者合作** 目前政府規劃開放 4.8-4.9GHz 的頻段其實不少，因實際上場域需求還不明確，100MHz 的頻寬是否足夠使用尚不清楚。28GHz 頻段的毫米波，台灣大哥大有標到，若能跟業界合作，是非常好的模式。
亞太電信	■ **開放毫米波頻譜，則視企業客戶實際需求而定。為發揮頻譜使用效益，電信業者期盼與其他產業合作** 3.5GHz 和 28GHz 毫米波部分，已釋出相關的頻寬給電信事業，基於想要發揮頻譜使用效益，亞太電信期盼與其他產業合作，目前的頻寬仍有相當的空間可與其他產業合作。 是否應在 1-2 年開放毫米波頻譜，則視企業客戶實際需求而定。目前電信業者已取得足夠頻寬，在 28GHz 毫米波頻段，各業者頻寬加起來有 1600MHz 可使用，但還沒有實際的使用規劃。
工業技術研究院	■ **有些特殊產業需要特殊專頻（如車聯網），建議政府應及早規劃與討論** 會議討論的專網政策，由於專網與專頻不太一樣，有些特殊產業需要特殊專頻，例如：車聯網。車聯網是在某一種技術下的應用，跟其他網路不太一樣，車聯網是為了公眾利益，世界各國都有因應車聯網需求制定特定頻譜供大眾使用。像是這類牽涉到所有國民公共安全的專頻專網議題，是否應該規劃及討論？

資料來源：「各國行動寬頻專網政策研析」座談會，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

綜上所述，專家座談會討論是否開放毫米波頻段，大致可歸納以下三個方向，包括端視國內產業實際需求、場域主可與電信業者合作佈建、需考慮設備之可用性與完備，以及部分特殊產業需要特殊專頻（如車聯網），建議政府應及早規劃等面向，以下敘明之。

- 端視國內產業實際需求：觀察國際趨勢，日本、德國、韓國等國主管機關皆規劃 Sub 6GHz 及 26GHz、28GHz 位置釋出 5G 專網專頻。我國目前規劃 4.8-4.9GHz 頻段供產業界佈建專網，是否需要提供 mmWave 頻段滿足產業需求，端視國內產業實際需求。在座談會中，產業界一致口徑表示主管機關應提供業者更多頻率選擇，至於頻寬大小則視產業需求而定。

- 場域主可與電信業者合作佈建：提出此觀點為電信協會與電信業者，其所持理由為使頻譜有效利用、發揮頻譜使用效益，建議場域主與電信業者合作佈建專網，除佈建成本低於自行佈建專網所需成本，亦可有效滿足業者需求。此外，場域主欠缺對網路管理與維運之知識與技術，與電信業者合作佈建專網，不僅降低場域主自行佈建需面臨繁複的維運問題，亦不需要有人管理相關設備，有效降低管理成本。

- 需考慮設備之可用性與完備：開放毫米波作為專網頻率有其必要性，但開放的同時也呼籲避免重蹈開放 4.8-4.9GHz 頻段產生的問題。例如，開放 4.8-4.9GHz 申請實驗執照之初，設備非常不完善，導致許多企業想要佈建專網，卻無好的設備可供使用。未來若開放毫米波頻段供專網使用，應考量國內的產品與設備是否齊全。

- 部分特殊產業需要特殊專頻（如車聯網），建議政府應及早規劃：有些特殊產業需要特殊專頻，例如車聯網。為了公眾

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

利益，世界各國都有因應車聯網需求規劃特定頻譜供大眾使用。類似這類特殊應用牽涉到所有國民公共安全的專頻專網議題，建議政府應及早規劃。

(二). 提升行動寬頻專網效率作法

觀察國際標竿國家針對行動寬頻專網之執照效期，以德國與美國之執照效期相對最長，德國為 10 年並可申請展延；美國執照效期為執照首次核發或更新起算使用效期不得超過 10 年；英國則為不定期執照；日本文件中並未載明，依據《電波法》規定執照效期一般為 5 年以內；韓國為申請業者得彈性自 2 年至 5 年內選擇頻率使用期限。因此，盱衡各國行動寬頻專網之執照效期平均約為 5 年。

今（2021）年韓國正在規劃其專網方案，並宣布將簡化審查程序/強化干擾預警等措施，俟開放申請時，可加速審理申請案件，俾利韓國產業數位轉型。另外，我國因認定行動寬頻專網為專用電信，依《電信管理法》第 50 條第 5 項規定，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，例外情形：如為維護國家安全、公共秩序或公共利益、緊急危難救援作業通信或經主管機關核准者等，不在此限。然而，各國法規並未針對專網連接公網進行限制。

觀察國際標竿國家針對行動寬頻專網之執照效期、簡化程序/強化干擾預警，以及連結公網等諸多作法頗值得我國借鏡，而這些議題確實也深受我國產業界高度關注。下表為重點摘要與會專家針對議題二「提升行動寬頻專網效率作法」之發言。

表 204 議題二「提升行動寬頻專網效率作法」之摘要

與會專家	建議
和碩聯合科技股份有限公司	■ **建議專網適度連接公網，以符合業者實際應用所需** 建議專網適度連接公網是必要的，台北市電腦公會目前成立一個 5G 智慧桿聯盟，執行 POC 過程要透過專網傳輸，但 NCC 說目前 4.9GHz 專網只能室內使用，室外不行，顯然臺灣對專網的使用只開放一半。大部分公司不會有困難，因為都是工廠、醫療的管理，但是智慧桿是

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	未來車聯網的基礎，車聯網肯定是在室外，目前室外專網（如 4.9GHz）還有很多是政府單位（警察、海防）使用。建議公網需要適度開放，並非說中華電信公網基地臺與專網基地臺可以互通，而是說後臺（如核網部分）可以接到公網，或是經過一個交換器伺服器接上去。
仁寶電腦工業股份有限公司	■ **建議開放專網連接公網，便於產業界實際應用，擴大其效益** 專網連接公網部分，場域主若有需要一些專網相關的作為，比方說建立管理系統。若專網不能跟公網連接，只能做單一 side 部分則與 WIFI 差異不大。目前國外並沒有明文禁止連接公網，希望這部分能有討論空間。
亞旭電腦股份有限公司	■ **應該朝公眾電信的角度規劃，建議開放專網連接公網以符合市場實際需求** 專網的未來規劃中，將連到企業網路，不只是智慧工廠的範疇，只要是會連到企業網路的部分，OT 跟 IT 連到企業網路時，未來可能會以混合雲的方式，公網跟專網會連在一起。因此，建議主管機關應朝公眾電信的角度而非以專用網路的角度進行規劃，盡量開放專網，讓市場應用面不受侷限。
凌群電腦股份有限公司	■ **因應雲端服務趨勢，建議可採正面表列方式局部開放專網連接公網** 目前政府規範專網是不能連接到公網，可是凌群在跟一些需求單位訪談的過程，認為此規範將造成困擾。現在雲端服務發展蓬勃，若沒有辦法開放公網介接的話影響很大。若是因為政策考量，建議改成正面表列方式，讓使用公網的業者可以有明確的標準依循，超過這些正面列表的範圍就依照法令規範。
富鴻網股份有限公司	■ **建議開放專網連接公網，以促進產業創新應用** 目前台灣的法令，NCC 為監理機關，並不是扶植電信產業或是擴大電信產業的機關，加諸電信業者許多限制，若 NCC 可以更開放，將對電信產業發展有所幫助。很多新創服務應用是放在雲端，若不能介接公網，在很多企業專網的應用是無法展開的。
華電聯網股份有限公司	■ **建議降低對專網的限制，以促進創新應用發展** 禁止連接公網是為了不讓專網的運用與電信服務扯上關係，以 NCC 的角度來說，專網不得用來經營電信服務。除此之外，其他限制應該不必要，否則會影響許多創新應用的發展。
國家表演藝術中心國家兩廳院	■ **建議開放專網連接公網，以促進文化產業創新應用** 兩廳院的場域會直接跟民眾有接觸，平常跟民眾已經是面對面的接觸，當有新科技的引進卻又不能讓民眾直接使用，對兩廳院來說相對辛苦，希望可以連接公網。
台灣之星	■ **專網連接公網，建議業者可與電信業者合作** 專網連接公網的部分，回顧當初諮詢文件，企業專網的佈建模式區分成電信事業的 5G 企業網路以及行動寬頻專用電信網路兩種模式，若有介接公網需求，可採電信事業的 5G 企業網路這條路，畢竟在《電信管理法》的體系下，專網需與公網獨立，若有介接網路需要，建議可選擇採電信事業的 5G 企業網路模式。
台灣資通產業標準協會	■ **專網連接公網建議開放，但須考量商業面跟技術的困難度** 專網連接公網部分，若只是利用公網連接到自己的雲端是可以的，不該隨便限制。企業專網跟公網的核網整合，在前幾年國際上就已經在

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	測試，技術上沒有問題，但是電信業者絕對不願意跟企業專網做整合，企業專網若不能對外營運獲利，也很難獲得電信業者支持，在商業面跟技術的困難度未來都有問題尚待解決。
臺灣 5G 垂直應用聯盟	■ **因專網建置耗費鉅資，建議專網執照年限不宜過短且可續照** 專頻專網的建設過程需耗費鉅額投資，希望執照年限不要太短，而且能夠續照。實驗頻譜的執照已經開放，希望將來換照的時候，原來申請實驗頻譜的廠商，在申請正式專網頻譜的時候頻段能夠延續，才不會造成設備投資的浪費。 ■ **推動專網，應秉持開放取代封閉、獎勵取代管制與簡化行政程序等原則** 政府推動專網，希望利用專網開放提升企業的競爭力，以及整個國家的國力，所以希望未來能以開放取代封閉、獎勵取代管制，以及所有的手續應更加簡便取代繁雜的流程。 ■ **建議主管機關專網連接公網適度開放與合理限制** 專網接公網有一定的需求存在，站在監理機關角度，希望能夠有些限制，也有其必要性，但還是希望限制能越少越好，合理的限制就好。
臺灣通訊學會	■ **專網連接公網議題，應檢視國內法規相關規範** 討論議題一說要拓展行動寬頻的專網使用，但什麼是專網，法規裡面沒有定義，但通傳會的行動寬頻業務管理規則中對行動寬頻業務與行動寬頻系統是有定義的。行動寬頻專網是否適用目前的行動寬頻業務管理規則，只有 NCC 有權可以解釋說明，不然大家一直討論專網是否能夠連接公網，看國外日本、德國等案例都沒限制沒有意義。真正該先釐清的是 NCC 有沒有先把法規看清楚，若法規實際上是在阻礙行動寬頻專網的實施，那再多討論也無用。
台灣大學	■ **公網跟專網連結是趨勢，應維持其競爭之公平性** 公網跟專網連結是趨勢，無庸置疑，問題是在維持競爭公平的前提下，該如何把它做得更好，不排除電信業者就是一個能夠往前走的辦法。
財團法人台灣電信技術中心	■ **專網連接公網，應釐清《電信管理法》中對於業者本身業務使用之定義** 針對大家一直在討論有關公網的問題，若從專用電信的規定角度出發，依《電信管理法》第 50 條規定，第 5 項提到專網不得連接公網，但還是有些例外情形，包括陸海空緊急通信必要以及其他經主管機關核准，當初會有這樣的規定主要原因就是擔心業者連接公網非供本身業務使用。《電信管理法》第 50 條重點第 2 項在於電信業者連接公網只能供自己使用，但反過來看，若企業連接公網的目的是供本身業務使用的情況，那問題就會回到所謂供本身業務使用的定義是甚麼？考量到未來垂直場域的應用想像空間很大，可能超出現在大家對於專網或是專用電信的想像，這個部分是主管機關應進一步思考。因為所謂的供本身業務使用，若在一些特定的場域，未來可能是利用這樣的一個方式去連接公眾電信服務，然後帶動其他的應用服務，若不是屬於電信服務的情況下，到底要不要對其做限制是值得思考的問題。

資料來源：「各國行動寬頻專網政策研析」座談會，本研究整理，2021 年 11 月

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

綜而言之，關於我國行動寬頻專網執照效期、簡化程序/強化干擾預警，以及連結公網之規畫方向/作為，依與會專家學者之建議可歸納出三個重點方向：專網執照效期不宜過短且可續照；應秉持開放取代封閉、獎勵取代管制與簡化行政程序等原則；以及應開放或局部開放專網連接公網，俾利產業創新發展等面向，以下依序說明之。

- 專網執照效期不宜過短且可續照：專網建置所費不貲，故建議執照效期不宜過短且應可續照，以避免廠商投資意願下降。與會專家也建議現階段專頻專網開放申請場域實驗執照，將來換照時，原申請實驗執照的廠商，在申請正式專網專頻時頻段能夠延續，才不會造成設備投資的浪費。

- 應秉持開放取代封閉、獎勵取代管制與簡化行政程序等原則：主管機關監管措施力度與行政程序應適度放寬，因為行動寬頻專網訴求扶植垂直應用與創新發展，避免過多繁複的行政程序而遏止這些廠商申請意願。此外，現行我國已有多項 5G 獎勵措施，例如《產業創新條例》中針對企業購買 5G 相關設備提供營所稅投資抵減優惠，抑或是經濟部推動引進 5G 技術之補助方案。惟就目前現況而言，佈建行動寬頻專網之場域主，以大型製造業或高科技業者為主，尚可承受投資大額之資本支出，對其他中小企業則可能無力負擔，故主管機關應針對中小企業以上採取獎勵作法，以協助產業發展。

- 應開放或局部開放專網連接公網，俾利產業創新發展：與會產業界先進幾乎一致表示應開放或局部開放專網連接公網，以提供產業發展創新應用環境，尤其許多新創服務應用是在雲端，若專網無法連接公網，造成諸多限制，將扼殺創新服務的發展。為因應雲端服務趨勢，專網連接公網規定不宜過度管制，應開放或局部開放，專家建議可採正面表列方式局部開放專網

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

連接公網，以鼓勵創新應用發展。

(三). 行動寬頻專網推動配套政策

觀察國際標的國家，諸如日本提供對 local 5G 的租稅抵免或建置補貼、或韓國針對垂直場域應用的推動，進而促進行動寬頻專網之普及，諸多作法頗值得我國借鏡。除推動專網應用普及外，各國積極發展行動專網系統與設備供應能量，並鼓勵專網建置導入國產化設備之有效政策。這些議題確實也深受我國產業界高度關注。下表彙整與會專家針對議題三「行動寬頻專網推動配套政策」之發言重點。

表 205 議題三「行動寬頻專網推動配套政策」之摘要

與會專家	建議
仁寶電腦工業股份有限公司	■ **建議政府鼓勵專網建置可提出期望規格，提供培養環境，以促進國產化設備進軍國際** 歐洲四大電信目前有些作為，比方說針對國產化設備，要求基站未來可支持 massive MIMO。若政府希望國產設備能夠立足台灣、放眼世界，建議政府在鼓勵專網建置時，可提出一些期望規格，同時可以跟國內電信業者討論，讓台灣國產化設備進軍國際能有一定的加分及培養環境。
富鴻網股份有限公司	■ **頻率使用費將影響企業者設置專網的意願，建議提早公布提供業者評估** NCC 對未來的頻率使用費收費機制還不是很明確，這會影響企業主踏入專網的意願，尤其台灣以中小企業為主，大部分公司不像台積電規模龐大且資金雄厚，企業主無法評估未來的成本費用，無法判斷預算也無法評估是否能夠負擔，不敢隨意踏入專網應用。
台灣資通產業標準協會	■ **主管機關應對企業專網設定的服務內容與範圍需有明確的規範** 服務業者本來目的就是靠提供服務進行生產，而企業專網的目的也是要提升服務業者的生產能力，所以透過企業專網提供客戶更好的服務是符合服務業者原本目的，造成企業專網變成服務業者營利工具。未來，企業專網設定的服務內容與範圍需有明確的規範。 ■ **建議主管機關之監管方式應以促進企業創新應用與提升生產效率為出發點，釐清監管目的** NCC 針對大眾的電信服務利益，對電信業者進行監管，未來企業專網沒有牽涉公眾電信服務，也未牽涉大眾利益，只有牽涉企業內部的利益，這樣未來監管還是隸屬 NCC 嗎？還是企業專網頻譜未來的監管應該移到經濟部，然後經濟部對企業專網的使用如何促進企業的生產，從如何達到起初設定的目標角度監管，若 NCC 拿原本的監管方式來管理企業專網是格格不入的。
臺灣 5G 垂直應用聯盟	■ **建議提早訂定合理的頻譜使用費，俾利產業創新發展** 專網能否推動，跟頻率使用費息息相關，希望頻率使用費收費辦法趕

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	快制訂，可參照鄰近國家，簡化申請程序或費用不要過高，以協助專網的應用發展。
台灣電信產業發展協會	■ **建議免除或降低電信業者頻率使用費，促進企業客戶願意與電信業者合作** 德國、日本、韓國的頻譜使用成本都比台灣低，日本和韓國在討論專用電信頻譜時，成本並非固定而是浮動的，當企業客戶的樣貌越接近電信業者，成本越與電信業者趨同，企業客戶越封閉或使用的頻段越不熱門，成本就越下降，各國政府思考過程一定得考量頻譜近用的公平性，因為頻譜資源是全民所有，而非單一政府或單一企業或單一政黨所擁有，所有的企業專頻使用都是商業用途，包含電信服務提供者，增加企業動能都是商業使用。假如電信業者提供企業頻段，政府就免除所有收取費用，電信業者就能夠免費或低成本提供服務，則促進電信業者跟企業雙方合作。此外，NCC 希望電信業者努力投入垂直場域應用，政策上也以頻率使用費的抵減作為使用誘因，NCC 期待所有行動寬頻業者不只是一個蓋基地臺的笨水管，只提供服務給消費大眾，電信業者在垂直應用場域具有創新能力，但 NCC 給的服務折扣完全無法吸引場域業者，只能透過調降電信業者成本門檻，才能把 NCC 與場域業者的期待調成一致。 ■ **電信業者受主管機關高度監理，實負有國安、資安等重大義務。企業專網頻譜監管應由單一主管機關負責，避免監理條件不一致** 沒有任何一個電信業者希望被高度監管，電信業者若被高度監管，是因為公眾電信網路被課予資通安全及關鍵基礎設施的角色。企業專頻不能介接公網的原因是因為電信業者背負國家安全、資通安全以及關鍵基礎設施等義務。電信業者也是商業服務提供者，也想求生存、降低所有的限制與束縛，但公眾電信網路被課予公眾資安防護計畫，不能有任何破口產生。若企業專網的頻譜監管不在 NCC，今天企業專網開了任何一個破口，對於電信業者的任何義務要求都是不公平的，所以管制單位應該還是要在同一機關。 ■ **建議成立產官學研對話平臺** 建議或許透過智庫協助提供一個對話平臺，一起溝通取得共識，可能經濟部只在意製造業、NCC 只在意網路安全，大家共同把遇到的困難直接告訴政府，請政府協助解決問題。
臺灣通訊學會	■ **政府酌收頻率使用費，以鼓勵產業發展** 錢還是最大的問題，頻率使用費可以收但不要高，NCC 責無旁貸，必須先把結打開，結不打開會讓今天的討論議題更為難。 ■ **在公平原則下，主管機關應先確認立場及法規走向** NCC 應先把立場講清楚，因為 NCC 是唯一的管制機關，對於電信的業務或服務的開展，若 NCC 能夠適當即時給大家開示，相信業界反映的各種想法便能獲得規整，不會各說各話，找不到交集。
台灣大學	■ **鼓勵創新應用發展的前提，應秉持維持競爭的公平性、促進頻率的使用、鼓勵創新應用等 3 個原則** 專網定義是在一個固定區域的特殊機構或是特殊企業，為了某些特殊用途，使用專網會有較好的效率，加上 5G 的元素在內，希望在鼓勵的前提下，促進創新應用，基本上發展有 3 個原則： • 維持競爭的公平性：各國電信業者已經花費許多資金投入建設、

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

與會專家	建議
	競標頻譜以及頻率使用費的投資，在此環境下，維持競爭的公平性是很重要的。 • 促進頻率的使用：頻率是公有財，閒置資源不用對人民是不公平的，透過頻率的使用，不管是增加收入或是社會的使用，對民眾而言都是有益的。 • 鼓勵創新的應用：產業的創新、社會的創新、生活更智慧化及便利，對大多數的電信業者、製造業者及民眾來說都是有意義的。 ■ **建議 NCC 除考量監理需求外，應增加促進產業發展之使命** 是否期望 NCC 去突變，除了既有的監管任務 DNA 外，若再額外增加促進產業發展的 DNA 也許是一個解決辦法。 ■ **租稅減免、投資抵減為政府鼓勵產業創新的政策工具，若推出相關政策，需視該政策能否對產業創新產生外部效益**
台灣大哥大	■ **呼籲政府在政策有更明確的做法，降低業者與政府間的誤解與資訊不對稱** 企業專網當初政府開放是為回應企業或是場域主有一些利用 5G 技術，供其使用專網的特殊需求，企業在使用網路上要求成本越低越好，但電信公眾網路跟企業專網在使用目的不同，不然實無必要區分，呼籲政府在政策上有更明確的做法，降低業者與政府間的誤解以及資訊不對稱問題。
財團法人台灣電信技術中心	■ **建議持續追蹤國際對於專網監管與電信市場界定之趨勢** 現在專網的概念越來越模糊、其他國家陸續有允許專網提供電信服務，允許提供的電信服務有哪些類型？是否會對未來通訊市場的界定造成困難？這些問題也是監理機關必須考量。

資料來源：「各國行動寬頻專網政策研析」座談會，本研究整理，2021 年 11 月

綜而言之，國際案例採取租稅抵免或建置補貼、或垂直場域應用的推動，依與會專家學者之建議可歸納出四個重點方向：建議提早公布頻率使用費，提供業者評估；推出產業獎勵政策，需視該政策能否對產業創新產生外部效益；成立產官學研對話平臺；以及政府應鼓勵專網建置，並提供培養環境，以促進國產化設備進軍國際等面向，以下依序說明之。

- 建議提早公布頻率使用費，提供業者評估：頻率使用費將影響企業設置專網之意願，尤其台灣以中小企業為主，大部分公司無力負擔佈建 5G 專網設備之固定成本，加上每年須繳交頻率使用費。當頻率使用費不明時，企業主無法評估未來佈建

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

成本是否能夠負擔，將不敢隨意踏入專網應用。

- 推出產業獎勵政策，需視該政策能否對產業創新產生外部效益：鼓勵產業創新、社會創新，帶來更智慧化及便利的生活，對大多數的電信業者、製造業者及民眾而言皆有其效益。惟需視該獎勵政策能否擴大產業創新的外部效益，加乘獎勵政策對整體社會創造更優質的生活品質。

- 成立產官學研對話平臺：建議透過智庫協助提供一個對話平臺，可供產官學研各界相互溝通取得共識。尤其各部會關注的重點不同，經濟部可能只在意產業發展、NCC 只在意網路安全。業者可透過對話平臺，將遇到的困難直接告訴政府，請政府協助解決問題。

- 政府應鼓勵專網建置，並提供培養環境，以促進國產化設備進軍國際：若政府希望國產設備能夠立足台灣、放眼世界，建議政府在鼓勵專網建置時，可提出期望規格，同時跟國內電信業者討論，讓國產化設備進軍國際能有一定的加分及培養環境。

五、 結論

以下依據本研究團隊之研究成果，針對國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求趨勢、國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題與行動寬頻專網，研提我國頻譜議題之整備優先順序，並進一步研擬頻譜整備行動方案建議，以下說明。

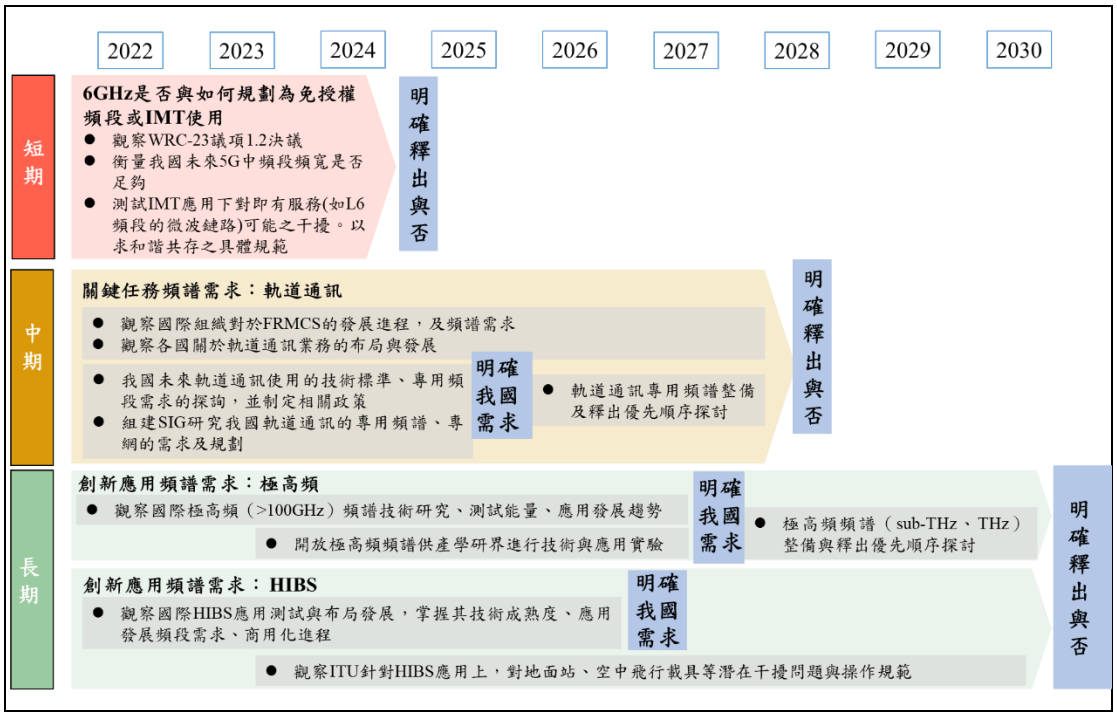
(一). 頻譜整備優先順序

1. B5G/6G 頻譜需求

依據研析國際電信聯盟頻譜需求趨勢，以及國際標準組織頻譜需求關鍵議題之研究，輔以探究國際主要國家針對上述國際電信聯盟頻

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

譜需求趨勢與頻譜需求關鍵議題之頻譜整備規劃，結合本研究歷次專家研習小組與座談會針對上述議題之討論與專家建議，融以本研究團隊對主要區域電信組織、主要國家之觀察，於此針對重點頻段議題，依據短(3 年內)、中(3~5 年)、長期(5 年以上)研提我國頻譜整備優先順序，如下圖所示。



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 168：我國 B5G/6G 頻譜整備優先順序

(1). 熱門頻段衝突：6GHz

6GHz 頻段，係現時全球熱議之衝突頻段，以國際標準組織而言，Wi-Fi 聯盟與 GSMA 協會各有論點、各有堅持，雙方皆希望將 6GHz 納為己用。另以國家層級而言，據 Wi-Fi 聯盟統計，現時全球已有 17 個國家是已經或者計畫將 6GHz 分配給予免授權 Wi-Fi 6E 使用。以區域論之，1 區的歐洲國家多數是開放 6GHz 的下段(即 5925-6425MHz)給 Wi-Fi 6E 使用；另 2 區的美洲國家，則是多數將 6GHz 全段給 Wi-Fi 6E 使用；此外，3 區亞洲國家則是存在較多的分歧，如

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

南韓決定將 6GHz 全段用在 Wi-Fi 6E，又如紐西蘭和澳洲，雖然現階段尚未決定如何使用，但其皆取向與歐洲國家一致，將 6GHz 的下段給 Wi-Fi 6E 使用。相反的，中國大陸則是決議將 6GHz 全段運用在 IMT 使用、香港傾向將 6GHz 的下段給 IMT 使用，目前尚未確立，而紐西蘭和澳洲則是傾向將 6GHz 的上段(即 6425-7125MHz)給 IMT 使用，目前尚未確立。

綜觀國際主要國家 6GHz 頻段之整備規劃，有鑑於現時 6GHz 作為免授權頻段之全球應用趨勢，輔以我國 Wi-Fi 產業應用發展與爭取國際 Wi-Fi 終端產品市場所需，以及下世代 Wi-Fi 7 技術開發頻段需求，故研提 6GHz 為短期需優先處理之頻譜議題，建議我國主責單位除依據研習小組/座談會中專家建言，以發揮最大頻譜使用效益與抬升產業價值，以及衡量我國未來 5G 中頻段頻寬是否足夠下，現階段應持續觀察國際趨勢以能與國際接軌外，建議於近期內開展在 6GHz 用作免授權頻段，抑或授權頻段下，進行對 6GHz 頻段即有業務服務(如 5925-6425MHz 已為特定用途專用頻率，供公眾通信中際網路使用、6425-7125MHz 已有多個單位作為中繼站微波電台使用)可能之潛在干擾的相關研究，以此做為後續將 6GHz 用作免授權頻段或授權頻段下，研擬操作管理規範之參考依據，以能快速回應全球 6GHz 應用趨勢。

(2). 關鍵任務頻譜需求：軌道通訊

軌道交通在台灣有高鐵、台鐵，各縣市捷運系統等，成為城市運輸的主要動脈之一，隨著國內運量提升、安全監控意識提高及旅客服務需求增加，要如何提升所使用的通訊系統以維持足夠的通訊量，成為軌道交通營運機構及相關監理機關的重要課題之一。

目前國際標準組織 3GPP、UIC、ETSI 等自 2012 年起持續討論新一代的軌道通訊技術-未來鐵路移動通訊系統（Future Railway Mobile

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

Communication System, FRMCS）計畫，並於 2025 年完成 FRMCS 第一版後，逐步替換現有的 GSM-R 系統，而現行使用的 GSM-R 系統的供應商預計於 2030 年起停止提供相關服務，歐盟為此已於 2020 年經過 ECC 決議為 FRMCS 劃分 1 組成對的頻段 874.4-880.0MHz、919.4-925.0MHz，以及 1 個單獨的頻段配對頻段 1900-1910 MHz。

日本則 4.5GHz 頻段的 5G 專網應用在軌道交通的即時影像傳輸，並利用 AI 進行影像判讀，協助管制系統進行決策。

我國目前的軌道交通以使用 400MHz 頻段的 TETRA 為主，而 TETRA 與 GSM-R 同樣是以第二代通訊技術為基礎，傳輸量仍有限，有鑑於我國對於軌道交通的安全及服務品質日益重視，故研提軌道通訊為中期處理之頻譜議題，建議我國主責單位除依據研習小組/座談會中專家建言外，應進一步組建 SIG，探詢我國對於軌道通訊的需求及各軌道通訊營運單位的布局，進一步規劃我國軌道通訊可使用的專用電信頻段，同時研究我國軌道通訊所需的專用電信頻寬、以專網或公網的系統支援軌道通訊次要的應用。最後，應與交通科技產業政策白皮書中軌道科技政策相呼應，界定出我國各級應用的場域及頻譜使用規劃。

(3). 創新應用頻譜需求：HIBS

依據 WRC-23 議項 1.4 中所述，HAPS 係架設於高空 20-50 公里之通訊平台，其系統位置與性質介於地面通訊和衛星通訊之間，滯空時間可以長達數個月至 1 年，具有大範圍覆蓋，以及固定於空中指定範圍的特性。以 HAPS 作為空中行動通訊基地台(即 HIBS)，係 ITU、3GPP 等國際組織的討論重點。以 ITU 為例，ITU 於 2000 年提出 ITU-R M.1456 及 2006 年提出 ITU-R M.1641 兩篇報告，便開始對使用 HAPS 作為行動通訊系統提供服務的技術要求與作業條件進行研究。在此基礎下，ITU 於 WRC-19 第 247 號決議文（Resolution 247），研

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

擬將 HAPS 視為行動通訊基地台，並研議與地面行動通訊基地台使用相同的通訊頻段，以將其作為地面行動通訊網路的一部份。

值得一提的是，因 HAPS 位於距離地表約 20 至 50 公里的平流層，其高度介於民航飛機與衛星軌道間，且於空氣流動相對穩定的平流層中運行，可自高空穩定向下發送訊號，並可提供直徑 50-200 公里的行動通訊網路覆蓋，故用於提供如飛機、船隻、汽車等終端設備移動網路服務，在其覆蓋範圍內可維持穩定之通訊品質。再者相較於地面網路設備，以 HIBS 提供終端設備行動網路，可使終端設備在移動過程中不需頻繁切換基地台，可獲得更好的網路品質。

綜觀國際 HIBS 發展，現階段主要係以應用發展測試為主，尚未實際投用商業應用，如 2020 年 10 月，日本軟銀子公司 HAPSMobile Inc 與美國飛機開發商 AeroVironment 合作，於美國新墨西哥州的太空港進行 LTE 網路連線測試，於測試期間行動電話成功透過 HAPS 達成連續 15 小時的 LTE 連線，且完成視訊通話測試；又如 2020 年 8 月，德國電信（Deutschen Telekom）與英國新創公司 SPL（Stratosphere Platforms Limited）合作，於德國巴伐利亞洲進行 5G Ready 的 LTE 技術驗證。

在此之下，針對我國於 HIBS 頻段整備規劃上，借鏡國際 HIBS 應用發展現況與歷次研習小組中之專家建言，有鑑於國際上 HIBS 之應用發展尚處啟蒙階段，再者相較如非洲、沙烏地阿拉伯等國土面積廣大且通訊基礎建設不足之國家，因我國國土面積相對較小且通訊基礎建設相對完善，故 HIBS 運用上不若非洲、沙烏地阿拉伯等國家有急迫需求，我國較偏向急救難情境下使用，故研提 694-960MHz、1710-1885MHz(上行鏈路)、2500-2535 MHz(上行鏈路)、2535-2655MHz 在規劃做為 HIBS 之頻段整備規劃上，為一中長期待觀察之頻譜議題。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

進一步的，中期規劃而言，建議我國主責單位可先行觀察 HIBS 標竿企業-日本軟銀在此面向的應用測試與布局發展，掌握其技術成熟度、應用頻段趨勢與商用化進程，以作為後續我國於規劃 HIBS 頻段整備方向之參考依據。另長期規劃而言，因 HAPS 為飛行高度約 20 公里以上之飛行載具，其用作 HIBS 使用下雖然預期可為民航機、直升機等低空飛行載具提供通訊服務，但其存在潛在的干擾問題，甚者對地面站亦會產生干擾，在此之下建議須持續觀察 ITU 在此議題上之研究，可預先掌握 HIBS 廣泛應用下潛在干擾問題，並以此為基礎研擬 HIBS 之功率限制等操作面規範。

(4). 創新應用頻譜需求：極高頻

極高頻頻譜，即 100GHz 以上至 THz 頻段，已成為下世代通訊 6G 技術領域所關注、著眼的重要頻譜資源。展望 6G 世代需求可達 1Tbps 傳輸數率的關鍵應用，包含 8K / 16K 串流視訊、無線全息影音視訊、微秒以下延遲速度實現的同步機器控制應用、多模多位置 16K AR/VR 應用等，無不需要極為龐大的傳輸流量與超低延遲快速的傳輸表現。

透過不同通訊技術交織而成的應用，需要 THz 等級的頻譜資源，以及於該頻段範圍內所展現的應用特性，如高流量應用、感測檢驗應用、超高精度定位與高密度情境，方可實現。然而，6G 技術應用發展仍在先期討論階段，各類應用情境與支撐各情境的技術項目還在探索階段，因此，即便現階段有不少產學研機構提出各自的想法。但從實際下世代通訊技術的發展腳步觀察，對於極高頻頻譜資源的整備與未來釋出應用，尚未作為主要議題進行深入討論。

然綜觀國際針對極高頻的整備規劃，雖然 ITU 已研議新增 275-296GHz、306-313GHz、318-333GHz、356-450GHz 四個全球標識的行動服務頻段；但目前僅英美兩國特地將 100GHz 以上頻段劃分作為創

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

新實驗頻譜使用，期望藉此讓該國產學研機構能早期進行 6G 世代技術應用的研發，並且在取得實驗頻譜態勢下，可以較為規模性的方式進行驗證，加速技術落地與應用商轉的腳步。

我國若欲佈局 B5G/6G 先期發展，同時為既有產業如網通、半導體奠基，擬建議應思考早期規劃極高頻實驗頻譜的必要性。而鑑於國際 B5G/6G 先期技術研究所採行的極高頻頻譜頻段，多半先從 100GHz-200GHz 開展研究，且美、英兩國已分別研擬將極高頻頻段作為創新實驗頻譜，以利日後極高頻技術與應用之發展。故建議我國可在中期規劃針對 100-275GHz 極高頻頻段範圍，整備特定頻段作為實驗頻譜供產學研使用，以利我國產學研界得以加速開展 6G 先期研究。長期而言，針對我國尚未分配整備的 275GHz 以上頻段，則可與 ITU 同步，思考將該頻段範圍中的特定頻率用於固定和陸地行動業務應用。

2. 行動寬頻專網頻率供應模式

觀察各主要國家行動寬頻專網之釋照方式，除美國採競標制外，其餘國家多採評審制，且多數國家提供 sub 6GHz 頻段以及 26GHz 或 28GHz 兩個頻段供需求者使用。

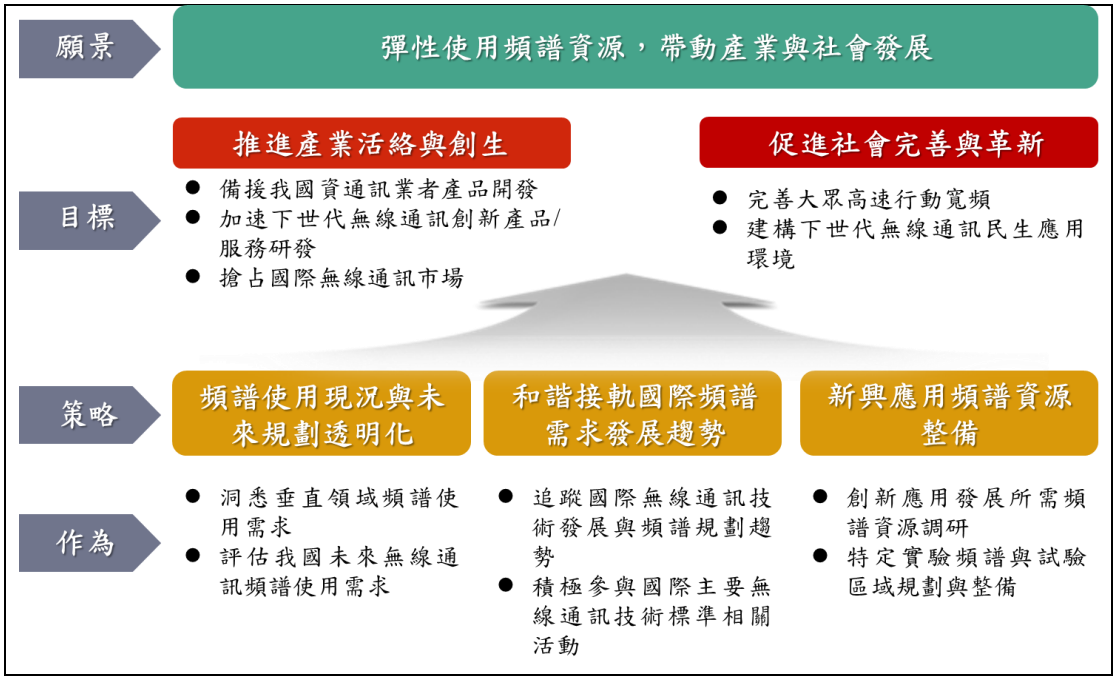
就我國行動寬頻專網而言，目前主管機關規劃釋出 4.8-4.9GHz 頻段供我國產業界或相關場域主使用，預計 2021 年至 2022 年間擇期開放申請。在舉辦多場座談會議中，產業界除表達對 4.8-4.9GHz 頻段之強烈需求外，為促進產業發展如智慧製造、智慧醫療等垂直應用領域，適合 mmWave 特性之創新應用服務，建議主管機關開放 28GHz 頻段（26.5-27.5GHz）作為行動寬頻專網頻譜，並比照 4.8-4.9GHz 之使用條件。產業界對開放此頻段表示有實際需求，可供產業界增加頻段選擇性。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

(二). 頻譜整備行動方案建議

於國際電信聯盟 B5G/6G 頻譜需求趨勢、國際 B5G/6G 頻譜需求關鍵議題，以及國際主要國家行動專網頻率供應模式下，有鑑於頻譜整備之重要性，本研究依據歷次專家研習小組與座談會之專家建言，建議擬定「推進產業活絡與創生」與「促進社會完善與革新」為頻譜規劃之兩大目標，且將「彈性使用頻譜資源，帶動產業與社會發展」設定為品譜規劃之願景。其中，為備援我國資通訊業者產品開發、加速下世代無線通訊創新產品/服務研發、搶占國際無線通訊市場，並且完善大眾高速行動寬頻，以及建構下世代無線通訊民生應用環境，本研究團隊研擬「頻譜使用現況與未來規劃透明化」、「和諧接軌國際頻譜需求發展趨勢」、「新興應用頻譜資源整備」作為頻譜規劃之重要策略。透過調研垂直領域頻譜使用需求，以及掌握國際無線通訊技術發展與頻譜規劃趨勢，輔以創新應用發展所需頻譜資源整備，藉以備援我國資通訊業者產品開發，以及加速下世代無線通訊創新產品/服務之研發以搶佔國際無線通訊市場，另借助特定實驗頻譜與試驗區域之妥善規劃，以及掌握我國未來無線通訊頻譜使用需求，以此完善社會高速行動寬頻可用性，且建構民眾下世代無線通訊創新智慧應用環境。本研究對於我國頻譜規劃之政策願景、目標、策略與作為，如下圖所示。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載



資料來源：本研究整理，2021 年 11 月

圖 169：我國頻譜規劃政策建議

以下針對三大策略相對應之作為進行說明。

1. 頻譜使用現況與未來規劃透明化

(1). 洞悉垂直領域頻譜使用需求

5G 已進入商用階段，同時國際標準組織對 6G 的研究也逐步展開，全球針對 6G 通訊之研究也陸續啟動。不僅國際標準組織 ITU、3GPP 等持續探究 B5G/6G 技術規格與相關垂直應用之先期研究外，區域標準組織也開始邀集各方關鍵業者與學研單位合作開展 B5G/6G 各項垂直應用研究，探索並加速下世代通訊技術之發展以及各種垂直應用的頻譜需求。

有鑑於此，惟我國現階段垂直產業應用案例主要著重於少數幾家大型製造業者與高科技業者，其他如大型醫療院所、文化場域、學研單位等，其餘場域類型之應用需求較不明確。對主管機關規劃未來行動寬頻專網政策而言，若有清晰與明確的產業需求調查結果作為政策

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

推動參考依據，主管機關才有所本因應業者需求，擘劃符合業者需求之政策。

(2). 評估我國未來無線通訊頻譜使用需求

有鑑於無線資料傳輸逐年倍增，以國際6GHz頻段使用趨勢為例，於國際 6GHz(5925-7125MHz)用作免授權/授權頻段趨勢下，於研議我國是否跟隨二區國家(如美國)開放 6GHz 全段用作免授權頻段，抑或跟隨一區國家(如歐盟)僅開放 6GHz 下段(即 5925-6425MHz)用作免授權頻段，另商議 6GHz 上段(即 6425-7125MHz)用作授權頻段 5G NR 下，兩者間差異主要聚焦我國未來 5G 中頻段頻寬是否足以滿足產業發展與民眾使用所需。

在此之下，為使我國於未來 5G 頻譜需求預測更佳準確，且符合產業法展與民眾使用所需，建議依據 ITU-R M.2078 報告所述理論模型頻估我國未來 5G 頻譜使用需求，以此不僅作為主管機關於研議 6GHz 頻段開放政策外，再者作為主管機關於未來 5G 頻譜規劃上具備量化參考之施政決策依據。

另於行動寬頻專網的部分，有鑑於國際主要國家如德國、日本、韓國等國針對行動寬頻專網頻譜規劃 Sub 6GHz 與 mmWave（26GHz 或 28GHz 頻段）供業者使用，以提供創新應用之需求。此外，觀察未來 mmWave 是否可能成為主流頻段，我國主管機關不僅應關注 Sub 6GHz 頻段是否足以滿足國內產業需求，並規劃未來新的 mmWave 頻段，提供未來產業創新應用增加之頻譜需求，亦俾利我國設備製造商掌握未來 mmWave 專網設備需求擴大時，衍生製造生產相關設備之商機。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

2. 和諧接軌國際頻譜需求發展趨勢

(1). 追蹤國際無線通訊技術發展與頻譜規劃趨勢

無線通訊技術的發展直接影響各國的頻譜整備、供應的規劃策略，國際標準組織 ITU、3GPP 等、區域標準組織 UIC、ETIS 等以及各國監管機關，持續合作發展新一代的無線通訊技術，同時也持續研究新技術在各種垂直應用領域中的發展，其中也包括各項技術對於頻譜的需求議題。為蒐集國際對於無線通訊技術的發展方向以及為各種技術或垂直應用領域規劃頻譜分配的趨勢，建議持續追蹤國際上有關無線通訊技術的發展動向，透過參加國際論壇、研討會等活動，進行技術發展、頻譜規劃之經驗交流，以期收他山之石攻錯之效，亦可作為主管機關在技術發展欲頻譜規劃上之施政參考依據。

(2). 積極參與國際主要無線通訊技術標準相關活動

面對國際化及全球化趨勢，考量到無線通訊技術標準之發展，及其頻譜規劃影響國家數位科技發展與資通訊產業成長甚劇，為強化國內之國際接軌能力，擴大國際視野需長期培養專業人才參與 B5G/6G 無線通訊技術標準重大之關聯活動。

為長期培育國際活動參與人才，藉由積極參與國內外 B5G/6G 無線通訊技術標準制定、頻譜規劃決策相關之國際會議或活動，建議針對主要國際組織的會議動態，以及就其所提出之相關技術報告與標準制訂進程進行盤點整理，且持續動態追蹤，包括如 ITU、3GPP、IEEE、ETSI、APT、GSMA 等國際組織，藉以掌握國際無線通訊技術發展與頻譜需求趨勢，以此作為我國研議下世代無線通訊技術發展藍圖，以及頻譜整備規畫之參考依據。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

3. 新興應用頻譜資源整備

(1). 創新應用發展所需頻譜資源調研

頻譜資源是未來各式智慧應用之重要基礎資源。自 5G 發展以來，可觀察到未來各世代通訊將轉向以應用為導向之時代，各式通訊技術不但更多元、也將更深入個別垂直領域，更導致頻譜資源需求的多樣性。世界各國因應頻譜需求大增，為有效使用頻譜資源，除掌握無線通訊技術創新發展的趨勢，而積極訂定相關法規，並與時俱進彈性地規劃面向推陳出新的創新應用發展所需之頻段資源，同時導入靈活運用頻譜的新技術與模式。因此，頻譜資源的整備規劃應站在更前瞻且主動之角度出發，建議：

- 動態追蹤國際/區域組織頻譜規劃趨勢：研析各國頻譜資源整備與發展態勢，以作為我國和諧接軌國際、進行頻譜規劃之指標。
- 持續調研國際下世代通訊技術與應用發展趨勢與頻譜需求：研析重要創新發展主題，以及與其對應之實驗頻率，作為我國未來多元創新應用頻譜資源整備之參考。

(2). 特定實驗頻譜與試驗區域規劃與整備

為讓國內產學研界掌握政府推動創新科技之重點方向，並促進我國新興應用服務實驗與發展環境，鼓勵通訊與相關垂直應用產學研界進行下世代無線通訊技術與應用之實證研究，進而帶動國內下世代通訊技術應用關連產業之生態鏈成形。在確保可持續使用的合理性下，為增加頻譜使用彈性以支持創新，並持續改善頻譜使用效率。而我國交通部於 2018 年 5 月 28 日公告修正之「頻率供應計畫」已說明依據創新實驗頻譜指定流程公布相關頻率，以簡化實驗申請程序與放寬實驗申請對象，且作為未來政策與法規調整之參考。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載

故建議，隨著下世代通訊 B5G/6G 發展逐步白熱化，我國應超前部署、動態地針對關鍵下世代多元創新技術與應用，掌握特定主題並提供特定實驗頻譜資源，使其得以彈性地應用於前瞻技術與應用發展，例如針對專網思考毫米波的應用提供足夠彈性以因應創新、針對 B5G/6G 先期研究則整備極高頻頻段作為無線通訊基礎科學與技術研發的基底。並且建議藉由實質探訪、參與不同產業或部門活動，掌握我國產學研對下世代通訊發展的頻譜需求，結合政府跨部會合作，滾動式規劃特定技術應用所需實驗頻譜試驗區域，讓未來可在無線通訊技術發展中獲益的產官學研機構共同參與創新。

本文件智慧財產權屬「交通部」所有，未經許可，不得複製或轉載