第四節　低軌衛星通訊

一、　背景與綜述

根據勤業眾信全球(Deloitte Global)顧問公司預測，到 2023 年底，低地球軌道(LEO)寬頻通訊衛星總數將超過 5,000 顆，為全球(包括偏遠地區的)數百萬使用者提供高速上網服務。若各國業者所規劃的 LEO 衛星星系(constellations)計畫都能成功部署，到 2030 年將有 7 至 10 個商轉衛星網路形成競爭格局，由 4 至 5 萬顆衛星為逾 1 千萬終端使用者提供全球服務。

各國、各地區以及全球參與者正持續在爭奪衛星頻譜和低軌道資源的使用權，在衛星製造、發射服務、地面設備、應用服務等市場充滿著競爭機會。主要包括：

- SpaceX 的 Starlink 服務：Starlink 為全球使用者提供高速、低延遲的寬頻上網服務。除了消費者家用寬頻市場，Starlink 營運範圍已擴及到車輛聯網、海事、航空及國防使用。目前，Starlink 衛星數量已超過 4 千顆，累積使用者達 150 萬。
- Eutelsat 集團的 OneWeb 服務：在 2023 年 3 月的第 18 次發射任務後，OneWeb 已完成第一階段 618 顆衛星的部署，預計能在 2023 年底將服務範圍擴及全球。OneWeb 在 2020 年破產重組，改由印度電信集團 Bharti Global 和英國政府持有多數股權。2022 年 7 月，法國衛星通訊業者 Eutelsat 宣布以 34 億美元收購 OneWeb，其後於 2023 年 9 月完

成交易。合併後的 Eutelsat 集團將整合 Eutelsat 的 36 顆地球同步軌道(Geosynchronous orbit, GSO)衛星資產和 OneWeb LEO 衛星星系，專注於為企業和政府提供通訊服務。

- Amazon 的 Project Kuiper：Amazon 規劃投資 100 億美元、發射 3,236 顆衛星建立其網路事業。依據授權規定，Amazon 必須在 2026 年 7 月之前將一半的衛星送入軌道，並在 2029 年 7 月前完成整個衛星星系的部署。該公司於 2022 年 4 月與 3 家火箭發射公司簽訂了約數十億美元的契約，準備在未來 5 年期間以 83 趟次發射任務完成 LEO 星系部署。在 2023 年 10 月 6 日啟動的 Protoflight 任務中，KuiperSat-1 及 Kuiper-2 兩顆衛星原型已由聯合發射聯盟(United Launch Alliance, ULA)擎天神 5 號運載火箭(Atlas V)成功送往軌道，在地面上則將測試整合 Kuiper 系統和 AWS 雲端基礎架構的網路軟、硬體。
- Telesat 的 Lightspeed：在衛星通訊領域擁有 50 年經驗的加拿大業者 Telesat，規劃以 198 顆 LEO 衛星組成 Lightspeed 星系。該公司獲得加拿大政府總額達 20 億美元的資金承諾，並在 2023 年 8 月宣布與本國太空技術公司 MDA 簽署 15.6 億美元的衛星製造契約。首批 156 顆衛星入軌的發射任務擬於 2026 年中展開，2027 年開始提供極地區域服務並最終涵蓋全球。

LEO 衛星網路和地面通信網路各具特點，地面網路適合為人口稠密的大型城市提供服務，地面基站的鋪設數量與人口和經濟活力成正相關。由 LEO 衛星提供寬頻上網服務主要用於需要花費大量人力物力成本才能鋪設光纖的區域，或者光纖無法到達的區域，如農村、沙漠、森林、山脈、孤立的沿海和島嶼，以及在空中和海上移動的用戶。

在物聯網應用需求場景下，針對海洋及沙漠地區的油氣田開採、煤區礦區等野外開採、環境和氣候監測、貨運與交通長距離監測跟蹤、邊境和邊防的電子圍欄等產業應用場景，LEO 衛星具有全球涵蓋和成本比較優勢。許多初創公司和已建立的企業，如 Fleet Space Technologies(澳洲)、Lacuna Space(英國)、Myriota(澳洲)、Nanosatellite Labs(美國)、Spire Global(美國)，以及 Swarm Technologies(美國)，紛紛投入製造較小體積的衛星，賦予其獨特的功能和使用目的。有些設計用於實現全球涵蓋，而其他則專注於提供特定區域或本地涵蓋。

由於本研究希借鏡英國之先進低軌道衛星地面電臺制度及加拿大應用案例中的政府共享衛星容量服務，故以此二研究國家進行研析，以取代原計畫之中國及韓國。

二、 美國

(一)、發展政策

美國總統行政命令(Executive order, EO)是由總統發布具有法律效力的文件，主要作用在於指導聯邦體系及政府機構，提供準則以利特定政策推行，行政命令在位階上低於法律，但其影響力和重要性仍不容小覷。

與美國的太空活動和優先事項相關的行政命令主要為：

- **重振國家太空委員會(2021)** [170]：該命令恢復了於 1993 年停止運作的國家太空委員會(National Space Council)，其主要職責包括就太空政策和戰略向總統提供建議和協助。2021 年 12 月 1 日拜登總統簽署第 14056 號新命令，取代 2017 年 6 月 30 日第 13803 號行政命令(重振國家太空委員會)及 2020 年 2 月 13 日第 13906 號行政命令(修訂第 13803 號行政命令－重振國家太空委員會)。
- **鼓勵國際支持恢復和利用太空資源(2020)** [171]：該命令要求建立美國政策，以鼓勵國際支持在外太空中恢復和使用公共和私企資源。

2018 年 11 月，美國國會研究服務處(The Congressional Research Service, CRS)提出 1 份報告，指出在民間企業的積極參與下，現今大多數美國衛星都由商業擁有，提供商業服務，並由商業發射提供商發射[172]。該報告旨在探

[170] Federal Register (2021), E.O. 14056 of Dec 1, https://www.federalregister.gov/documents/2021/12/03/2021-26459/the-national-space-council
[171] Federal Register (2020), E.O. 13914 of Apr 6, 2020, https://www.federalregister.gov/documents/2020/04/10/2020-07800/encouraging-international-support-for-the-recovery-and-use-of-space-resources
[172] Congressional Research Service (2018), Commercial Space: Federal Regulation, Oversight, and Utilization

討聯邦政府如何監管、監督和促進商業太空部門，以及聯邦政府如何使用(或將來如何使用)商業太空能力，報告並提及政府和國會為應對監理框架複雜性所提出的數項改革提案，包括：「太空政策指令-2：簡化太空商業使用的法規」、美國太空商業自由企業法(H.R. 2809)，以及 2018 年「太空前沿法案」(S. 3277)。該報告總結出以下幾點觀察：

◆ **聯邦商業太空活動的監管框架是否應該整合？**

利益相關者通常會要求建立“一站式”的商業太空許可和監管機構。國會和政府已提出合併商務部多個辦公室目前執行功能的提案。有關太空態勢感知的新機構提案將其放在現有機構內，無論是商務部還是美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)，而不是建立一個新的辦公室。

◆ **如何使商業太空許可流程更簡單、更及時、更透明？**

國會對這項問題的關注主要集中在商業遙感許可的跨機構諮詢流程上。該流程的挑戰在於平衡產業對及時性和透明性的需求與政府滿足國家安全和外交政策目標的需求。外國政府和商業衛星迅速發展的能力使得確定適當平衡變得更加困難，因為如果可以在其他地方獲取敏感的圖像，那麼禁止美國公司提供可能具有較少安全益處。

(R45416), https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45416

◆ **聯邦監管政策如何應對商業太空產業開發新能力和應用？**

對於商業載人太空飛行或太空旅遊，FAA 安全監管的限制是為了避免給新興產業帶來負擔。但是，該產業的發展似乎已經準備好取消安全限制或允許限制失效。對於新應用，國會和政府已提出外太空條約下的授權和監督的其他機制，但在特定情況下可能會出現其他問題。例如，由於衛星維修涉及衛星之間的有意靠近，因此可能會對太空態勢感知構成新問題，該局目前專注於避免靠近的問題。

◆ **政府可以或應該由商業實體執行哪些太空活動？政府和產業如何達成最佳合作模式？**

隨著商業太空產業的能力擴展，機構可能會有機會通過商業契約執行政府計畫。機構策略或組織的變化，例如創建太空軍的提議，也可能創造機會。利益相關者可能不完全同意政府計畫適合商業方法，這既因為他們對政府和產業的角色有不同看法，也因為他們對技術成熟度或可能的商業需求等標準有不同期望。辯論的一部分可能是如何構建機構和承包商之間的關係，通過各種形式的公私合作或通過契約方式的選擇。

2020 年 12 月 9 日，白宮公布「國家太空政策(National Space Policy)，闡明了美國在商業太空探索，商業增長和國家安全方面的目標，並提出太空商業、民用太空及國家太空安全等領域準則(Guidelines) [173]。

[173] Office of Space Commerce (2020), National Space Policy,

(二)、 頻段規劃與執照規管

美國對於衛星通訊的監管體系主要由聯邦通訊委員會(FCC)和商務部太空商務辦公室(Office of Space Commerce, OSC)所負責，並與其他聯邦機構，如聯邦航空管理局(FAA)、國家航空與太空管理局(National Aeronautics & Space Administration, NASA)、國家海洋和大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)等機構合作，以確保所有相關法規和政策的遵循。

◆ **執照和頻率協調：**

FCC 負責依據「美國聯邦法規(The Code of Federal Regulations, CFR)」Title 47(通稱 47 CFR)Part 25 規管衛星業務，包括無線電頻率的分配和指定、技術規範等。為了確保無線電頻譜的有效分配和利用，FCC 通常要求業者在申請許可時，與使用相同頻段的其他業者進行必要的協調，以減輕有害干擾的影響。例如，使用通用授權頻段的 NGSO 固定衛星服務系統必須善意協調，以減小與其他業者之間的有害干擾影響。如果兩個或多個業者之間未進行協調或協調未成功，當一個業者的操作造成的干擾超過所規定功率值時，FCC 將啟動頻段分割程序。

https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-policy/

◆ **遠端感知法規：**

OSC 根據「國家和商業太空計畫法(National and Commercial Space Programs Act, NCSPA)」監管小型衛星的地球觀測和遠端感知(Remote Sensing)活動。在核發執照時，OSC 考慮了多個因素，包括國家安全、外交政策和智慧財產權的保護。

◆ **軌道碎片減少：**

FCC 與 FAA 和 NASA 等機構合作，以執行減少軌道碎片產生的指南。這些指南包括廢棄衛星的安全處理方法以及預防軌道內碰撞的措施。業者必須在其申請中證明，其操作將符合特定軌道碎片減少和終止程序標準。

◆ **出口管制：**

美國衛星製造商和服務業者受到出口控制法規的約束，如國際武器貿易條例(International Traffic in Arms Regulations, ITAR)和出口管理條例(Export Administration Regulations, EAR)。這些法規旨在控制與國防相關的技術和雙用物品的出口。

◆ **統一執照：**

2021 年 3 月，FCC 發佈新規將衛星執照和衛星地面站執照整合為統一執照，允許業者利用新建立的單一申請程序，從而簡化流程並加速地面站

的部署[174]。此外[175]，規則也調整了地面站和通訊衛星的建設時間表，促使業者及早確定其閘道器地面站的位置，同時取消了不必要的報告和地面站小幅變更的通知要求。

◆ **以太空補充地面涵蓋：**

2023 年 4 月 12 日，FCC 發布擬議通過的「以太空補充地面涵蓋(Supplemental Coverage from Space, SCS)」監理框架草案，用於規範從太空中使用行動頻譜，允許衛星系統經營者提供服務，以補充地面行動通訊網路的涵蓋範圍。[176]該提案將對頻譜分配、釋放和出租或交易規則等方面產生深遠影響，促使衛星業者和行動業者合作，提供無縫的用戶連接。

在衛星通訊頻段規劃方面，依據 47 CFR §25.124 條規定，非同步軌道(NGSO)衛星可用於提供衛星行動業務(Mobile Satellite Service, MSS)、衛星固定業務(FSS)的頻段包括：

- 1.5/1.6 GHz MSS：1525-1559 MHz 和 1626.5-1660.5 MHz；
- 1.6/2.4 GHz MSS：1610-1626.5 MHz 和 2483.5-2500 MHz；
- 2 GHz MSS：2000-2020 MHz 和 2180-2200 MHz；以及

174 Federal Register (2021), 86 FR 11880, https://www.federalregister.gov/documents/2021/03/01/2020-28907/further-streamlining-fcc-rules-governing-satellite-services

175 FCC (2020), Further Streamlining Part 25 Rules Governing Satellite Services , Report and Order, https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-159A1.pdf

176 FCC (2023), Single Network Future: Supplemental Coverage from Space, Space Innovation, Notice of Proposed Rulemaking, https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-23-22A1.pdf

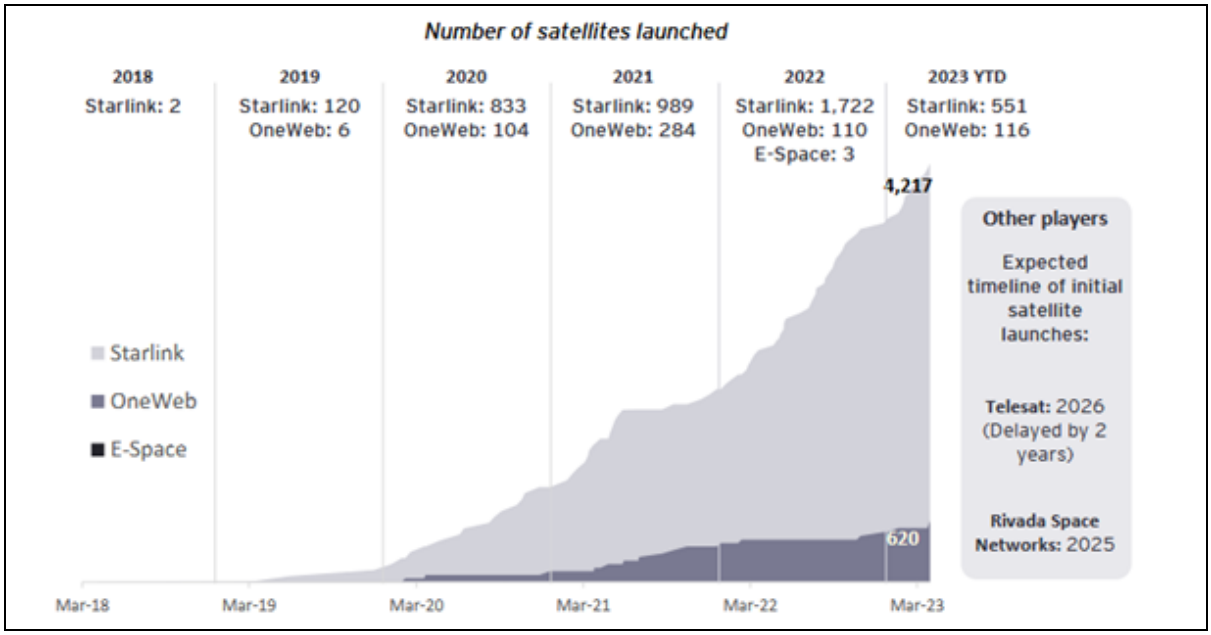
- NGSO FSS：10.7-12.7 GHz、14-14.5 GHz、17.8-18.6 GHz、18.8-19.4 GHz、19.6-20.2 GHz、28.35-29.1 GHz、29.5-30 GHz、40-42 GHz 和 48.2-50.2 GHz

(三)、 應用案例

1. 寬頻上網服務 - Starlink

憑藉著可回收火箭技術的優勢，SpaceX 已經發射了超過 80%的全球在軌衛星，並以 180 顆衛星的月生產量和頻繁的火箭發射任務快速部署 Starlink 星系。目前 FCC 核准 SpaceX 發射的 Starlink 衛星數量近 1.2 萬顆，包括 4,425 顆 LEO 衛星及在更低高度的極低軌道(Very Low Earth Orbits, VLEO)部署 7,518 顆衛星。

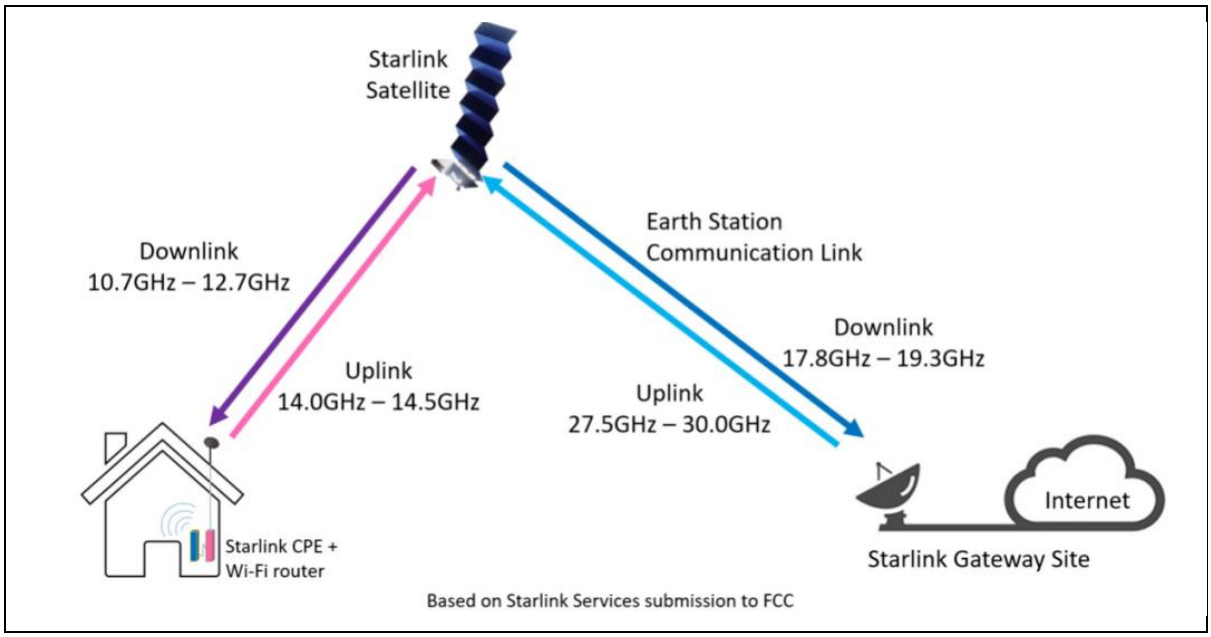
Space X 一直致力於火箭研發，通過增加火箭有效載荷和複用次數，充分節約商業成本，火箭發射服務帶來的龐大利潤有效支撐 Starlink 衛星生產製造。除地面接收設備外，該公司集衛星、地面站製造、火箭發射和回收、衛星營運和服務於一身，以封閉供應鏈建立完整商業模式。



資料來源：EY Parthenon，2023 年 10 月

圖 3-69、Starlink 與 OneWeb 的 LEO 衛星部署進度

SpaceX 公司於 2015 年提出 Starlink 衛星網路計畫，現階段的 Starlink LEO 衛星(v1 至 v2)使用頻率以 Ku/Ka 頻段為主，下階段 VLEO 衛星(Gen2)則準備使用 V 頻段，並預計申請 E 頻段。



資料來源：Starlink，2023 年 10 月

圖 3-70、Starlink 寬頻上網服務網路架構

依據 Starlink 官網提供的可視化地圖，目前服務的下載速率表現範圍在 25 至 150+ Mbps，上傳速率為 5 至 25+ Mbps，延遲表現則介於 25 到 75 毫秒(ms)。

雖然 Starlink 主要面向農村區域提供網際網路連接，但同時也獲得 FCC 的授權，為卡車、飛機和船隻提供衛星上網服務。此外，Starlink 還與科技巨頭，如 Google 和 Microsoft，合作將雲端服務與 Starlink 的衛星網路連接。2022 年 8 月，Starlink 與 T-Mobile 簽訂合作協議，開發對手機直連的衛星通訊服務。

資費方面，Starlink 在企業及個人客群分別設計不同方案，個人用戶可選擇家用、漫遊及船隻使用，企業服務則區分為固定、陸地移動、海事、航空及手機直連。

以個人用戶為例，家用方案月租費為 120 美元，用戶須先為地面接收設備支付 599 美元，即可不限流量使用。自房車(Recreational Vehicle, RV)改名為行動方案的月租費則為 150 美元(區域限制)和 200 美元(無地域限制)。2022 年 10 月，SpaceX 額外打造新款扁平設計的 Flat High Performance 天線模組，透過增加訊號接收角度與 GPS 訊號接收能力，讓使用者在車輛行駛過程仍可維持穩定連網，其價格為 2,500 美元；用戶另可選擇具網路優先使用權限的 Priority 方案，並以流量限制 40GB/ 1TB/ 2TB 分別對應 140/ 250/ 500 美元的月租費。

在地面通信系統建設完善的地區，由 LEO 衛星提供的寬頻上網服務缺乏競爭優勢。SpaceX 公司創辦人 Elon Musk 即多次強調，Starlink 將與 5G 和光纖網路互補發展，並與傳統電信業者開展合作，以消除 5G 和光纖未到達地區的數位落差。

2. 手機直連通訊服務

相較於需要特定地面接收設備或專用衛星電話的衛星通訊服務，行動電話直連衛星獲得服務也逐漸成為一個發展中的趨勢，目的在使人們能夠更容易地實現即時的、全球範圍內的通訊，不再受制於地理位置或需攜帶龐大設備的限制。

目前，美國已有多家參與研發手機直連低軌衛星商業化方案的業者，主要包括：

- AST SpaceMobile 規劃構建一個包含 16 個軌道面、243 顆衛星的 LEO 星系，實現商用智慧手機不做任何功能修改即可通過衛星獲得行動通訊服務。該公司的 BlueWalker3 試驗衛星搭載目前尺寸最大的商用衛星相控陣列天線，展開面積達到 64 m^2，使得衛星發射信號具有很高的指向性和增益能力，可以實現手機與衛星的直連。自 2023 年 4 月起，AST SpaceMobile 已陸續進行 4G、5G 語音通話實際測試，並達成約 10 到 14 Mbps 的行動上網下載速度。該公

司原訂在 2023 年底部署第一批 BlueBird 衛星，但受到製造延誤和成本超支影響，其首批 5 顆 Block 1 衛星的發射計畫已推遲到 2024 年年初。該公司已與 AT&T、Vodafone、Telefonica 等業者簽訂合作備忘錄(MoU)。

- Lynk Global 在 2022 年 9 月委託 SpaceX 發射 3 顆衛星，其中 1 顆配備 5G 通訊載荷，另外 2 顆支援 2G 到 4G 服務。該公司在 2023 年 6 月與太平洋島國帛琉的電信業者展開合作，為該國缺乏地面行動訊號涵蓋的島嶼提供手機簡訊收發服務。Lynk Global 宣稱已獲得資金，規劃 2023 年秋季再發射 3 顆衛星，並於 2024 年 1 月部署額外的 6 顆衛星。該公司預期在 2024 年底前部署超過 50 顆衛星，最終目標為約 5,000 顆衛星，以為標準行動手持終端提供全球通信服務。Lynk 表示已與 30 多家業者簽署協議，並已在 40 多個國家成功進行技術展示。
- Starlink 第二代衛星，即 V2 和 V2 Mini，V2 衛星將額外搭載一個面積 25 m^2 的相控陣列天線(Phased Array Antenna)，能夠直接向手機發送信號。SpaceX 與 T-Mobile 在 2022 年 8 月宣布「Coverage Above and Beyond」合作計畫，2023 年 3 月另宣布與瑞士電信業者 Salt，相關測試工作預計在 2023 年底前展開，2024 年開始提供簡訊服務，2025 年增加語音及上網功能。

其他公司，如 Iridium 和 GlobalStar，正在使用衛星行動通信系統(MSS)頻譜。Ligado Networks 則在 2023 年 2 月宣布與新創公司 OmniSpace 簽訂 MoU，共同發展可利用雙方所持 L 頻段和 S 頻段 MSS 頻譜的設備直連解決方案，預期可支援基於 3GPP 標準的 NTN 非地面頻率(n255 及 n256)。

(四)、 研究小結

太空科技在通信領域的應用日益重要，並引領著衛星通信的新發展。美國通過總統行政命令和政策指導太空活動，包括通信。這包括恢復國家太空委員會(National Space Council)等機構，以協助制定太空政策和戰略。此外，美國政府積極探討監管框架的整合，簡化商業太空許可流程，並開展公私合作。

在應用案例上，SpaceX 的 Starlink 通過 LEO 衛星提供寬頻上網服務，著重在偏遠地區的涵蓋。Starlink 也尋求與科技巨頭合作，實現雲端服務的連接。手機直連通訊服務則是一種新興的趨勢，使智慧型手機可以通過衛星實現即時的全球通信，不再受地理位置限制。多家公司參與開發這些服務，如 AST SpaceMobile、Lynk Global 和 Starlink。這些發展預示著未來太空通信將更多元化並更普及，擴大全球通信的範圍，並為偏遠地區提供更可靠的連接。這些新技術和政策的推動，使美國在太空商業領域的發展占得先機。

三、 加拿大

(一)、 發展政策

由於其廣闊的國土面積以及該國許多地區的偏遠和低人口密度，加拿大長期以來一直積極參與太空研究、開發及製造衛星和地面站，以及使用衛星通訊支持全國各地的電信和廣播業務，包括北部地區。加拿大在衛星通訊、遙感衛星、太空機器人等領域科研實力位於世界先進水準。加拿大是世界第三大飛機生產國，擁有 700 多家相關企業。除民用航空器外，加拿大航太工業在地球觀測、太空機器人、太空科技和探測、衛星通信等方面均具有一定優勢。

加拿大政府於 1969 年成立 Telesat Canada，使命是開發通訊衛星以提供商業服務。隨著 Telesat Canada 於 1972 年發射 Anik A1 衛星，加拿大成為首個擁有 GSO 通訊衛星的國家。

成立於 1989 年的加拿大太空總署(Canadian Space Agency, CSA)負責推動國家太空事業的發展，確保太空科學和技術為加拿大人提供社會和經濟效益。

聯邦政府在 2017 年向 CSA 提供 8,090 萬加元研發資金，以支持利用加拿大創新科技在太空領域推動的新計畫，包括開展「量子加密和科學衛星(Quantum Encryption and Science Satellite, QEYSSat)」任務，目標為利用量子密鑰分發(Quantum key distribution, QKD)加密技術來支持更安全的通

訊。

2018 年，政府宣佈在戰略創新基金(Strategic Innovation Fund, SIF)下提供 1 億加元，用於投資與 LEO 衛星相關的研發專案，為期五年。通過這些投資，除將使包括農村和偏遠地區在內的更多加拿大人接取下一代高速網路，也有助於讓加拿大工業成為該領域的領頭羊，並有望獲得巨大的經濟、公共和創新效益。

依據 CSA 調查發布的國家太空產業年報 2021 & 2022，加拿大太空產業在 2020 年為國內生產總值(Gross Domestic Product, GDP)貢獻達 27 億加元，並提供 22,846 個工作崗位。到了 2021 年，GDP 貢獻微幅增長至 28 億加元，同時支持共 24,190 個工作崗位。隨著研發活動的增加，太空產業整體研發支出在 2020 年和 2021 年分別達到 4.79 億加元和 5.47 億加元。此外，對 CSA 太空開發計畫的投資回報率(Return on Investment, ROI)分析顯示，每投資 1 加元將可獲得 2.2 加元的回報。

(二)、 頻段規劃與執照規管

加拿大的衛星通訊監管框架由創新、科學及工業部長(Minister of Innovation, Science and Industry)和加拿大創新、科學及經濟發展部(Innovation, Science and Economic Development Canada, ISED)負責，依據「電信法」制定和實施。此外，外交部長負責根據「遙感太空系統法(Remote Sensing Space Systems Act，RSSSA)」監督和授權遙感太空系統。加拿大的

衛星業務監管框架主要有：

◆ **RP-007「提供衛星行動業務(MSS)服務的政策框架」**[177]

該框架明確規定了申請者獲得授權所需遵守的條件，包括無線電頻率的使用、資格要求和技術標準。在評估申請案時，該框架參考相關公共政策標準，如確保提供全國各地可靠、優質和可負擔的服務，促進研發，以及保護用戶隱私。

◆ **RP-008「提供固定衛星業務(FSS)和廣播衛星業務(BSS)的政策框架」**[178]

該框架的主要目標是最大程度地提高加拿大人從無線電頻譜資源中獲得的經濟和社會利益。特別是在 FSS 和廣播衛星業務(Broadcasting-satellite service, BSS)業務領域，該框架確保了加拿大各地，包括偏遠地區，都能夠獲得所需的衛星容量。RP-008 經過多次修訂，以適應關於使用外國衛星、分配衛星授權和外國所有權要求的政策變化，包括 NGSO 星系。在以先到先審為原則辦理申請案審查時，該框架考慮了多項因素，包括執照資格、頻譜分配和利用政策、容量和涵蓋要求，以及太空碎片減少排放計畫等技術方面的規劃。

在衛星部署時程的要求上，ISED 規定 GSO 衛星需在授權後 5 年內投

[177] ISED (1999), RP-007 – Policy Framework for the Provision of Mobile Satellite Service Via Regional and Global Satellite Systems in the Canadian Market, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/policies/radio-systems-policies-rp/rp-007-policy-framework-provision-mobile-satellite-service-regional-and-global-satellite-systems

[178] ISED (2017), RP-008 – Policy Framework for Fixed-Satellite Service (FSS) and Broadcasting-Satellite Service (BSS), https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/policies/radio-systems-policies-rp/rp-008-policy-framework-fixed-satellite-service-fss-and-broadcasting-satellite-service-bss

入營運。對於 NGSO 衛星星系，必須在授權後的 6 年內使一半的衛星投入營運，並在授權後的 9 年內完成整個星系部署。商業衛星還需要提出並遵守建造和發射衛星的契約執行期程。

此外，根據規定，衛星業者應向加拿大廣播電視暨通訊委員會(Canadian Radio-television and Telecommunications Commission, CRTC)申請基本國際電信服務(Basic International Telecommunications Services, BITS)執照。CRTC 在受理申請後開放 30 天的公眾意見徵詢期，若未收到反對意見，一般會在意見截止日期後的 21 天內完成執照頒發。

加拿大在除固定衛星服務和海底光纜之外的其他通信領域實行外資限制，規定對於其他所有基於設施的電信服務供應商的控股不得超過 46.7%(包括 20%的直接投資，加上由控股公司擁有的餘下 80%股份的 1/3，即 26.7%的間接投資)。基本電信設施必須由加拿大國民控制，董事會至少應有 80%的成員是加拿大公民。然而，對於租用他人設施以提供增值電信和增強電信服務的公司，外國投資者不受上述控股比例的限制。这些政策旨在保障加拿大國內通信基礎設施的安全性和可控性。

(三)、 應用案例

1. 寬頻上網服務 - Lightspeed

加拿大 Telesat 是全球領先的衛星通信企業，擁有發射和運作衛星的豐富經驗。

2022 年 8 月，加拿大政府宣布將對 Telesat 的 LEO 衛星星系 Lightspeed 提供 14.4 億加元，旨在為加拿大的企業、政府客戶以及鄉村與偏遠社區提供衛星通信服務。在公開的原則協議中，聯邦政府將通過提供 7.9 億加元的可償還貸款和 6.5 億加元的首選股權投資。做為投資的一部分，政府還將獲得可以轉換為 Telesat 普通股的認股權，以便讓 Lightspeed 的財務增長惠及國人。

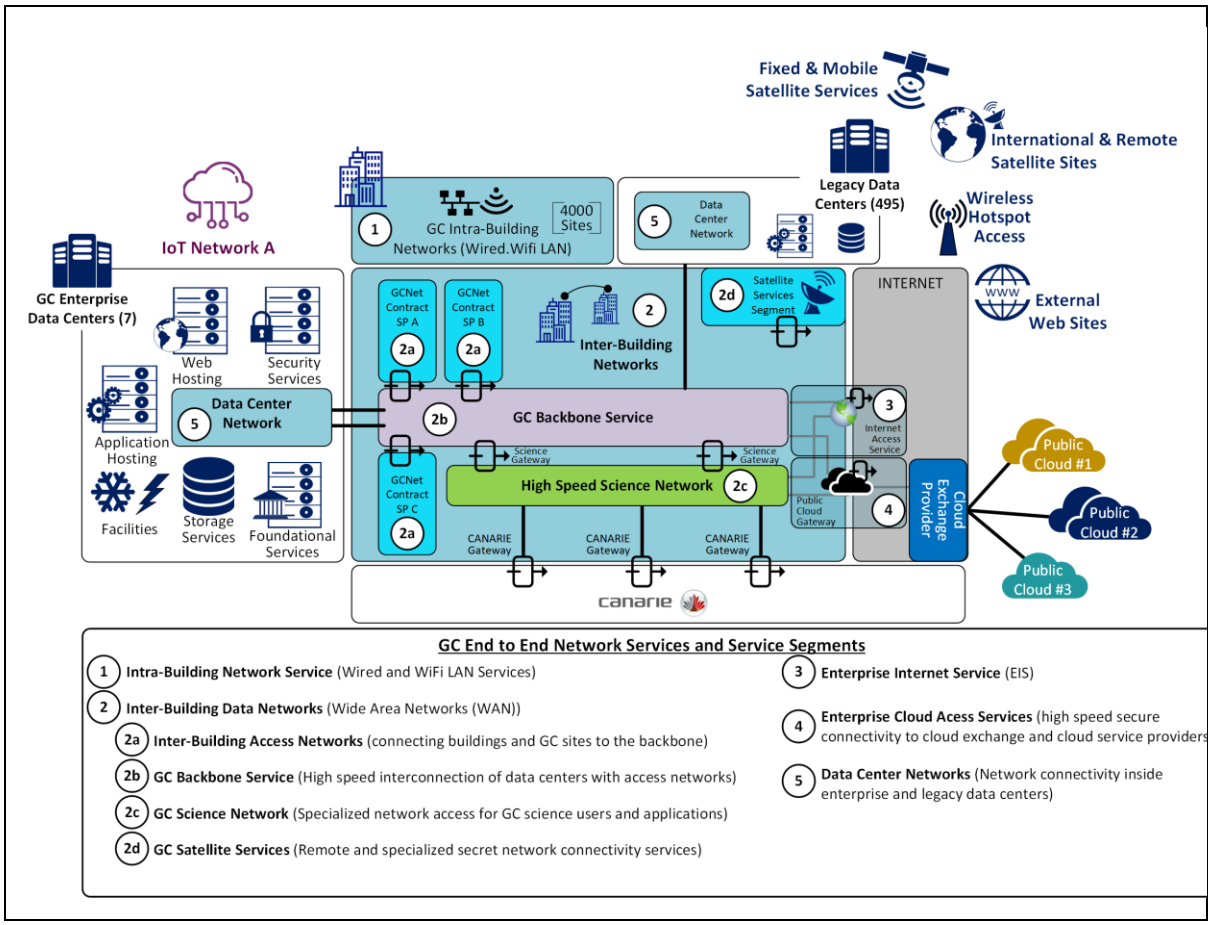
Telesat 原定目標是在 2023 年初發射委由歐洲 Thales Alenia Space 公司製造的 298 顆 LEO 衛星，但受到疫情與供應鏈問題的影響未能實現。2023 年 8 月 11 日，Telesat 宣布與本國太空技術公司 MDA 簽訂價值 21 億加元(約合 15.6 億美元)的契約，改由 MDA 承攬 Lightspeed 共 198 顆衛星的製造工作，Telesat 對此表示將節省大約 20 億美元的資本開支。

2023 年 9 月，Telesat 宣布與 SpaceX 簽訂發射契約。Telesat 預計，將在 2026 年年中啟動 Lightspeed 衛星網路的第一次發射，並規劃在 2027 年底完成第 156 顆衛星發射入軌後啟動全球服務。

2. 政府共享衛星容量服務

創立於 2011 年加拿大共享服務局(Shared Services Canada, SSC)為聯邦政府組織，受聯邦政府公共服務和採購部長管轄，其主要職責從初期整合政府各部門數據中心、網路和電子郵件系統，逐漸演變至現今專為聯邦、各省及地區政府提供多樣化的資訊科技服務。SSC 在於加拿大政府服務網

路通訊工具中包括了提供、維護和營運政府共享衛星容量服務，如下圖中示意(2d-加拿大政府衛星服務)。



資料來源：加拿大聯邦政府，2023 年 10 月

圖 3-71、加拿大政府服務網路組成

依據加拿大政府公開資訊，SSC 甫於 2023 年 7 月完成新一期的 Starlink 服務採購，做為 SSC 共享衛星容量服務組合的補充，供 SSC 及其合作組織、用戶依據需要使用。該服務主要用於固定地點，但不排除擴及航空、陸地移動和海事應用的可能性。

(四)、 研究小結

加拿大在太空通信領域積極參與且具備深厚實力。該國不但擁有全球領先的衛星通信技術和產業基礎，加拿大太空總署更是全球最早從事衛星通信研究的機構之一，加拿大的衛星通信企業同時具有較強的技術實力和產業規模。

由於地廣人稀，固定網路的地理涵蓋率提升不易，衛星寬頻上網可以為加拿大的偏遠地區提供高速、穩定的網際網路接取服務。政府提供資金除了用於太空創新，如量子加密和科學衛星，Telesat 的 Lightspeed LEO 衛星星系網路建置計畫亦得到政府支持。此外，加拿大共享服務局(SSC)提供政府共享衛星容量服務，並在近期完成了對 Starlink 服務的新一期政府共同採購，以擴展其通信工具。加拿大致力於擴展太空通信能力，提供更廣泛的服務，並確保國家的通信基礎設施的可持續發展。政府的投資和政策框架有助於促進太空通信產業的增長，並提供經濟和社會效益。

四、 英國

(一)、 低軌衛星通訊發展策略

英國通訊管理局(Ofcom)為英國衛星頻率監管主責機關，權責涵蓋英國衛星服務的市場競爭及頻率申請等工作，並且由 Ofcom 負責研擬國家頻譜管理策略和監管原則，其中衛星頻譜政策成為英國發展衛星和太空科學的重要政策依據，Ofcom 擬定的衛星頻率政策原則與重點如下[179]：

Ofcom 認為衛星與太空應用對英國各界產生廣泛且深遠的效益。 衛星服務不僅包含寬頻、廣播電視、全球定位、緊急通訊、氣候環境等廣泛應用價值。此外，近幾年衛星產業出現巨大變化，包含非同步軌道衛星星系，地球觀測衛星等技術有助新興衛星寬頻通信、氣候觀測應用快速發展，並且有助於提供更多公眾利益。

基於上述觀察，Ofcom 認為確保英國具有充足頻譜資源將對英國所有產業、民眾產生正面效益，因此 Ofcom 兼顧確保頻譜有效且公平使用的原則，積極在鼓勵創新服務發展、確保既有服務持續成長之間尋求平衡。Ofcom 擬定的衛星頻譜政策三大領域如下：

衛星通訊：重視 NGSO 衛星星系產生的發展機會和挑戰。Ofcom 導入新 NGSO 管理政策，並運用國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)會員國身分積極提案改進國際 NGSO 規則。同時政策關注提供

[179] Ofcom (2022), Statement: Space spectrum strategy, https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/space-spectrum-strategy

充分新頻譜資源，確保英國新興衛星寬頻服務持續發展。

- 衛星地球觀測和導航：因應太空領域所需頻譜日益增加，Ofcom 仍需保護既有地球觀測衛星和地面電臺免受有害干擾，並確保所有衛星服務間和諧共存，且兼顧維持農業、緊急服務、氣候監測和天氣預報等各式衛星應用發展。
- 太空環境使用：由於全球在軌衛星數量迅速增加，Ofcom 政策將支持解決太空碎片、確保進入太空的安全性等目標。例如考慮新增追蹤太空物體的雷達頻譜應用。

整體而言，Ofcom 因應太空科技、衛星技術發展迅速，頻譜政策研擬將採取滾動式更新原則，持續因應最新趨勢、利害關係人意見等多方因素調整英國整體衛星政策原則與執行架構。

(二)、 低軌衛星地面電臺之頻段規劃及執照釋出方式

衛星頻率使用影響範圍涉及國際、國內層面，因此 Ofcom 扮演重要管理機構，在衛星系統太空軌道申請方面，依循國際規範由 Ofcom 代表向 ITU 提交衛星申請，而針對國際衛星系統落地英國方面，Ofcom 也負責管理英國國內衛星頻率及市場，本研究聚焦於低軌道衛星地面電臺之頻段規劃及執照釋出方式。以下分別就頻段規劃及執照分類進行研析。

1. 頻段規劃

Ofcom 對於衛星地面電臺的使用頻段彙整在 OfW 241 文件[180]中，具體頻段如下表：

表 3-20、英國 Ofcom 所列供衛星使用頻段概要

核配服務	核配頻段	核配服務	核配頻段
固定衛星 (上鏈)	5150-5250 MHz	固定衛星 (下鏈)	1690-1710MHz
	5725-7075MHz		3800-4200 MHz
	12.75-13.25 GHz		7750-7850MHz
	13.75-14.5GHz		10.7-12.75GHz
	17.3-18.4GHz		17.7-20.2GHz
	27.5-27.8185GHz		
	28.4545-28.8265GHz		
	29.4625-29.5GHz		
	29. 5-30 GHz		

資料來源：Ofcom，2023 年 10 月整理

Ofcom 進一步在 NGSO 衛星地球電臺執照申請指引[181]中，具體條列 NGSO 衛星可使用頻段。首先，NGSO 地球電臺 Gateway 的衛星上行鏈路(地面至太空)使用部分 Ku 頻段(14.0-14.5 GHz)及下列 Ka 頻段：

- 27.5-27.8285 GHz
- 28.4445-28.8365 GHz
- 29.4525-30 GHz

[180] Ofcom (2022), UK frequency allocations for Satellite Earth Stations, https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0028/44875/ofw241.pdf
[181] Ofcom (2022), Non-geostationary satellite earth stations licensing guidance, https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/229224/ngso-guidance.pdf

其次，NGSO 地球電臺網路(Earth Station Networks)執照則是限定使用以下頻段：

- 在陸地地球電臺(含在車輛、火車上)、離岸設施(offshore)與海事地球電臺可使用頻率為：14.0–14.5 GHz、27.5–27.8185 GHz、28.4545–28.8265 GHz 與 29.5–30 GHz。
- 航空地球電臺可用頻率範圍為 14.0–14.47 GHz。

2023 年 8 月，Ofcom 因應 Arqiva 申請更改既有 28GHz 頻段執照，然而執照更改產生閒置頻段 448 MHz，因此 Ofcom 進行公眾諮詢[182]，探討額外釋出 28GHz 頻段供衛星 Gateway 電臺使用。

此次諮詢預定釋出頻段為 27.8285 – 28.0525 GHz 與 28.8365 – 29.0605 GHz。並設有四個護衛頻段，分別為 28.1645 – 28.1925 GHz、28.3045 – 28.3325 GHz、29.1725 – 29.2005 GHz 與 29.3125 – 29.3405 GHz，然而至 2023 年 9 月底 Ofcom 諮詢尚未做出最終決議。

2. 衛星地面電臺執照

英國國內涉及服務落地的衛星頻率採特許執照管理制度，由業者提出申請，經 Ofcom 審核後發照，業者間需和諧共用衛星地面頻率。在執照分

[182] Ofcom (2023), Consultation: Expanding spectrum access for satellite gateways in the 28 GHz band, https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/expanding-spectrum-access-for-satellite-gateways-in-the-28-ghz-band

類方面，Ofcom 將衛星執照以使用性質進行分類，具體為以下七類：

1. 永久地球電臺(Permanent Earth Station, PES)。
2. 行動式地球電臺(Transportable Earth Station, TES)。
3. 地球電臺網路(Earth Station Networks, ESN)。
4. 非同步軌道地球電臺(Non-Geostationary Earth Station, NGEO)。
5. 非固定衛星地球電臺(Non-Fixed Satellite Earth Station, NFSS)。
6. 僅接收地球電臺(Receive-Only Earth Stations, ROES)。
7. GNSS 衛星訊號中繼器(Global Navigation Satellite SystemRepeaters , GNSS Repeaters)。

上述執照類別依照業者所欲建置之地球電臺功能區分，各項執照需各自填寫專屬申請表，以設置之地球電臺或地球電臺網路為申請單位，若業者已具備某項地球電臺執照，需申請它項執照時，仍須另依程序提出該執照之申請。

近年來，Ofcom 關注 NGSO 之發展，並因此展開衛星地球電臺之管制革新，落實為地球電臺網路及非同步軌道地球電臺之管制架構邏輯。以下分別介紹 NGSO 相關執照內容：

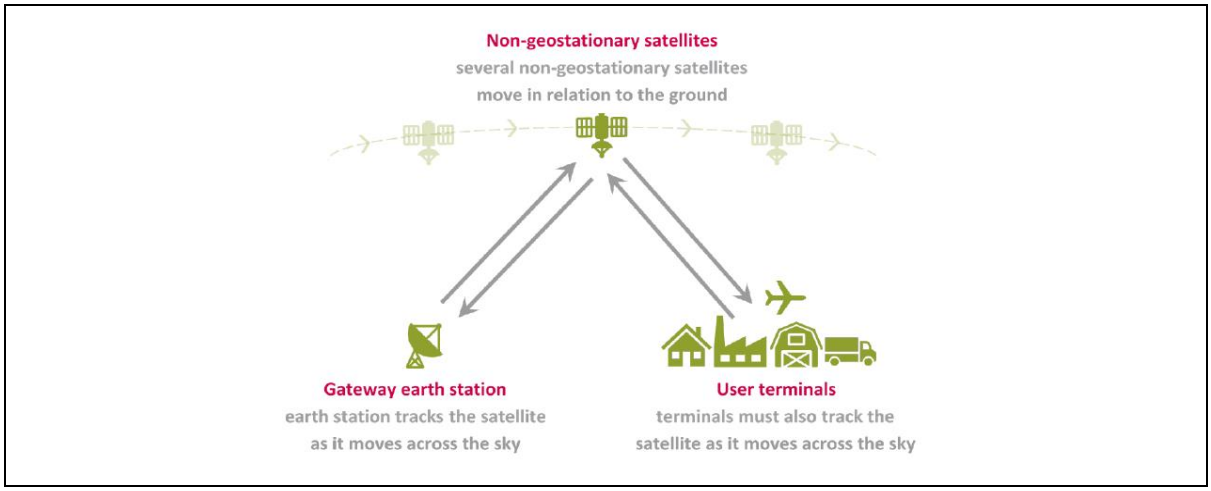
◆ 衛星 NGSO 地球電臺 Gateway 執照

此執照為上述七類執照中的非同步軌道地球電臺執照，Ofcom 將其納入 NGSO 管理流程中，也將該執照稱為衛星 NGSO 地球電臺 Gateway 執

照。Gateway 地球電臺為通訊網路的大型樞紐結點，並具有將衛星網路連接至網際網路、專用網路和雲端網路的功能，因此，執照賦予持有者可對外連接至公眾網路、專用網路與雲端服務。執照限定應由實質控制 Gateway 地球電臺之衛星業者持有、僅能與執照授權的衛星系統進行傳輸，該執照需與衛星地球電臺網路共同運作，若有特殊情況需事前與 Ofcom 討論。

◆ 衛星地球電臺網路執照(Earth Station Networks)

執照授權經營 NGSO 用戶終端，包含用戶端天線設備及其所形成之衛星地球電臺網路，任何有意在英國提供 NGSO 衛星網路服務的業者必須持有該項執照，並且執照限定由管控整體衛星網路(含用戶終端和地球電臺)系統的衛星業者直接持有，且賦予執照持有者須遵循執照規範的權利及義務，而執照不能由第三方代理商協助申請，此外若衛星業者已具備 GSO 衛星執照，且有意提供 NGSO 服務則仍然需申請新執照，並且 GSO、NGSO 執照需分開個別申請。



資料來源：Ofcom，2023 年 10 月整理

圖 3-72、英國 NGSO 衛星網路架構示意圖

Ofcom 提供申請表資料[183]有助申請者事前準備干擾排除、和諧共存、市場競爭和消費者權益等前置準備事項。NGSO 之衛星地球電臺執照申請分階段且流程單純，申請業者事前完成頻率共存協調後再行繳交申請書，而後 Ofcom 先進行初步審查並將申請重點資訊公告在官網，同時設立公眾評論的時段，最終 Ofcom 基於公眾評論與文件審查結果決議是否核發執照。

Ofcom 執照申請流程可分為四階段：

1. 正式提交執照申請書，並啟動申請流程；
2. Ofcom 預計在 10 個工作天內進行初步審查，在 10 個工作天內於 Ofcom 官網公開申請案重點資訊；
3. 個別衛星申請案進行約 20 個工作天之公開諮詢階段；

[183] Ofcom (2021), Satellite (non-geostationary earth station) radio licence application form – OfW564 https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/non-geostationary-satellite-systems

4. Ofcom 基於諮詢意見、申請書進行審查評估並做出是否核發執照的決議。

(三)、 低軌衛星通訊應用案例

英國政府重視低軌衛星的應用價值，不僅研擬政策法規鼓勵產業發展，並在 OneWeb 公司破產重整時參與重整計畫，最終取得 OneWeb 公司部分所有權。OneWeb 歷經破產重整後，在 2022 年 7 月與 Eutelsat 公司協議合併，並於 2023 年 9 月 28 日正式完成合併且更名為 Eutelsat OneWeb，截至 2023 年 9 月時 Eutelsat OneWeb 已成功發射超過 600 顆低軌衛星，服務涵蓋範圍包含全球。

Eutelsat OneWeb 商業模式採企業對企業(Business to Business, B2B)模式，並不直接與終端消費者接觸。而是與全球各地業者合作提供低軌衛星通訊服務，而衛星通訊廣覆蓋且不受地形影響的優勢，低軌衛星潛在應用領域廣泛，Eutelsat OneWeb 列出各項服務領域和應用方案。

表 3-21、Eutelsat OneWeb 低軌衛星服務領域與應用情境

服務方案領域	情境案例
海事	遊艇渡輪、鑽油平臺、離岸風場。
陸地	物流管理、物聯網、偏鄉覆蓋、電信後傳網路、影音串流、寬頻上網。

服務方案領域	情境案例
航空	機上 Wi-Fi
公部門	軍事、政府專用

資料來源：Eutelsat OneWeb，2023 年 10 月

Eutelsat OneWeb 商業模式以提供衛星寬頻服務為主，並可因應合作企業使用情境、實際需求而調整，因此以下將聚焦於 Eutelsat OneWeb 實際案例說明低軌衛星的應用價值。

1. Eutelsat OneWeb 與英國電信合作提供偏遠地區上網服務

2023 年 7 月 Eutelsat OneWeb 與英國電信合作[184]，針對英國蘭迪島(Lundy)居民提供衛星寬頻服務，雙方合作項目為英國政府 Alpha Trials 計畫一部分，計畫目的在於提供偏遠地區高速寬頻服務。而蘭迪島因地處偏遠、且為海洋保護區與具有特殊科學價值的保護區(Site of Special Scientific Interest, SSSI)，因此電信網路建設不易因而成為試驗計畫對象。

本次合作項目由 Eutelsat OneWeb 提供低軌道衛星服務將訊號傳輸至英國電信位於倫敦的存取點(Point of Presence, PoP)，數據流量經後傳網路接入英國電信的核心網，實現提供蘭迪島居民寬頻上網服務。其他合作細節包含使用 Eutelsat OneWeb 合作廠商 Intellian 的衛星天線，並嘗試進行 4G 行動網路試驗等。

[184] BT (2023), BT and OneWeb deliver high-speed satellite connectivity to Lundy Island, https://newsroom.bt.com/bt-and-oneweb-deliver-high-speed-satellite-connectivity-to-lundy-island/

2. Eutelsat OneWeb 與澳洲 Telstra 合作提供後傳網路服務

2023 年 6 月 Eutelsat OneWeb 與澳洲 Telstra 公司簽訂商業合作協議[185]，由 Eutelsat OneWeb 提供澳洲 Telstra 數百座行動電臺後傳服務，計畫目的為實現 Telstra 向澳洲偏遠地區的行動用戶提供最高達 25 Gbit/s 的 LEO 通訊服務。此外協助提升 Telstra 行動服務的地理涵蓋範圍，達到 Telstra 預定在 2025 年底新增 100,000 平方公里行動涵蓋面積的承諾。

Eutelsat OneWeb 與澳洲 Telstra 未來合作將擴及其他應用情境，不僅包含行動電臺的後傳網路，並提供企業和政府客戶的新興應用，例如緊急服務、礦業、石油和天然氣產業的物聯網與行動通訊。

3. Eutelsat OneWeb 與韓國 HD Hyundai 集團子公司 Avikus 合作開發自駕船技術

Avikus 為韓國 HD Hyundai 集團旗下子公司，公司成立聚焦開發次世代海洋技術和自動化航運技術。2022 年 9 月 Eutelsat OneWeb 與 Avikus 達成多年合作協議[186]，目標為運用 Eutelsat OneWeb 低軌衛星技術改善跨洋傳輸延遲和寬頻服務，並改善船舶到陸地間資料傳輸、分享的挑戰，有助於試驗遠端控制船舶航行以及其他創新海事應用。

---

[185] Eutelsat OneWeb (2023), Telstra and OneWeb seal deal on delivering new satellite solutions, https://oneweb.net/resources/telstra-and-oneweb-seal-deal-delivering-new-satellite-solutions

[186] Eutelsat OneWeb (2022), OneWeb and HD Hyundai Avikus to advance marine technology by unlocking the potential of LEO connectivity, https://oneweb.net/resources/oneweb-and-hd-hyundai-avikus-advance-marine-technology-unlocking-potential-leo

4. Eutelsat OneWeb 與 Tampnet 達成商業合作與技術試驗協議

Eutelsat OneWeb 與 Tampnet 在 2021 年達成合作協議[187]，藉由 OneWeb 的低軌衛星星系提供高速低延遲通訊服務，Tampnet 協助 OneWeb 業務推廣並完善 Tampnet 自身服務組合，此外雙方共同進行各項試驗，目的為測試衛星寬頻效能。

Tampnet 為海事與離岸設施通訊業者，提供北海與墨西哥灣海域的離岸風電場、鑽井平臺、海上生產平臺和船舶通訊服務。因此 Tampnet 與 Eutelsat OneWeb 合作將先以北海海域內的各式離岸設施、海上平臺為主，並逐步將服務拓及墨西哥灣海域，提供海上離岸平臺新世代寬頻服務。

整體而言，Eutelsat OneWeb 採取 B2B 模式與不同業者合作推廣低軌衛星通訊服務，合作模式以 Eutelsat OneWeb 提供低延遲、廣覆蓋的低軌衛星通訊服務，並與合作業者所在的不同領域、應用情境進行調整，透過合作方式展現新興低軌衛星應用的發展潛力。

(四)、 研究小結

英國政策脈絡依循衛星技術和市場發展趨勢而滾動調整，近年隨太空技術、低軌衛星迅速發展，英國政府與 Ofcom 即早因應環境變化研擬太空頻譜策略，此外 Ofcom 也率先制定 NGSO 執照申請與管理制度，早日研擬

[187] Eutelsat OneWeb (2021), OneWeb and Tampnet sign Agreement to further develop Next Generation of Offshore Connectivity Capabilities, https://oneweb.net/resources/oneweb-and-tampnet-sign-agreement-further-develop-next-generation-offshore-connectivity

明確政策法規成為產業發展的穩定基礎。

此外英國政府在低軌衛星業者 OneWeb 破產重整時，與印度 Bharti Airtel 集團共同投資並取得部分所有權，即使目前股權占比並非最大股東，但仍可取得 Eutelsat OneWeb 企業資訊與未來策略的部分決策權，並有助於協助英國業者與 Eutelsat OneWeb 達成合作協議。

總結而言，英國政府基於政策制度、資金投資方式，分別從頻譜資源、政策制度和關鍵業者等三方面研擬適當策略，並預先因應國際環境趨勢，率先推動 NGSO 制度調整，因此英國雖然並非如美國擁有龐大航太產業鏈，但透過完善政策制度、投資關鍵低軌衛星業者，成功為英國國內衛星相關企業建構完善發展環境，英國經驗仍為我國研擬衛星政策時可資參考的重點國家。

五、 歐盟

(一)、 發展政策

歐盟執委會將衛星通訊視為補救偏遠地區涵蓋不可或缺之一環，重視衛星通訊帶來通訊服務以及收集數據的特點。透過衛星通訊可補充地面網路涵蓋不足之處，例如海上、空中與山區，能提供與生命財產安全及及相關之通訊服務。衛星通訊在歐洲常被用於農村與偏遠地區之寬頻服務，以消弭數位落差，同時促進電視訊號的廣播。衛星導航則有助於提升移動效率並減少事故，此外，地球探索衛星或氣象衛星以及其他學研衛星收集的資訊，則有助於改善天氣預報以及幫助監控氣候變遷。

衛星通訊在歐洲支持許多重要的歐盟政策，例如綠色協議(Green Deal)、伽利略(Galileo)以及哥白尼(Copernicus)計畫等，歐盟執委會與各會員國均須依照無線電頻譜政策之規範，確保相關衛星服務有足夠的頻寬可以使用，且受到充分的保障。

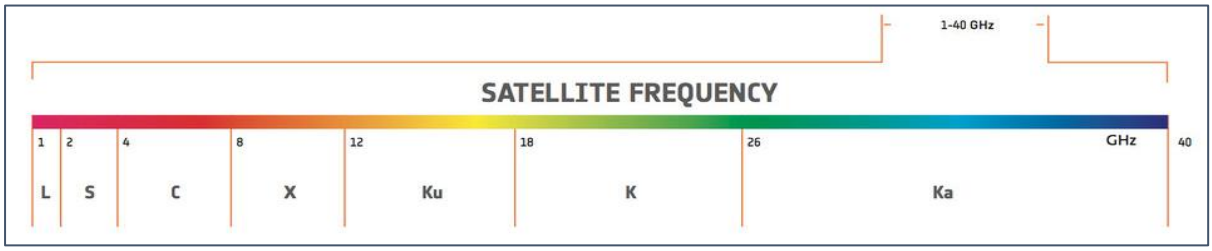
歐盟執委會最早於 2007 年完成衛星行動服務(MSS)和諧使用 2GHz 頻段之技術條件規範，讓衛星系統得以跟相關於地面上運作之可攜式終端裝置通訊，相關終端可由人攜帶或安裝於船舶或車輛。此外，歐盟尚制定一項特殊程序，可根據歐洲議會與理事會之單獨決議選擇 MSS 業者。歐盟基於該項程序，於 2009 年選擇兩家 MSS 業者，隨後各會員國則核配該二家業者 18 年的頻譜使用權，分別由 Immarsat Ventures Limited 獲得 1980-

1995MHz(地球對太空通訊)及 2170-2185MHz(太空對地球通訊)之頻譜使用權，與 Solaris Mobile Limited 獲得 1995-2010MHz(地球對太空通訊)及 2185-2200MHz(太空對地球通訊)之頻譜使用權。[188]

俄烏戰爭後，歐盟逐漸重視低軌衛星應用於網路韌性之重要性，因此歐洲議會於 2023 年 3 月通過法案，將建構歐盟自有自控之多軌道衛星星系，以確保各種狀態下仍能透過衛星通訊持續運作政府服務與商用服務之能力，以下將更進一步介紹該韌性衛星網路計畫。

(二)、 頻段規劃及執照釋出方式

歐盟層級並未針對低軌衛星訂定使用頻段，現階段僅有於 2009 年發出 2 張歐盟層級之 MSS 執照，其餘衛星通訊服務頻率執照回歸各會員國層級辦理。本計畫參考歐盟太空總署(European Space Agency, ESA)資料，歐盟衛星頻段分配代號如下圖。



資料來源：ESA，2013 年 11 月

圖 3-73、歐盟常用衛星頻段分配

[188] EC (2009), 2009/449/EC: Commission Decision of 13 May 2009 on the selection of operators of pan-European systems providing mobile satellite services (MSS), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0449

歐盟衛星頻段各頻段主要使用概況如下。

- L 頻段(1-2GHz)：多用於全球衛星定位系統(Global Positioning System ,GPS)，另外，衛星行動電話也透過該頻段使用，例如 Iridium；另外，Inmarsat 則用該頻段提供海事通訊。
- S 頻段(2-4GHz)：氣象雷達、水面船艦雷達以及衛星通訊用途，特別是美國太空總署NASA使用該頻段於國際太空站和太空梭通訊；2009 年時，歐盟執委會核發 Inmarsat 與 Solaris mobile 各 2x15MHz 頻段。
- C 頻段(4-8GHz)：主要用於衛星通訊、衛星電視網路等，適用於熱帶降雨地區，相較 Ku 頻段而言更不受雨衰影響。
- X 頻段(8-12GHz)：主要由軍方使用，用於雷達應用，包括脈衝波、合成孔徑雷達、相位陣列雷達等，常用於民用、軍事與政府機構，做為天氣監測、空中交通管制、海上船舶交通管制、國防追蹤用途以及警政執法雷達使用。
- Ku 頻段(12-18GHz)：於歐盟多做為衛星通訊使用，主要使用 10.7-12.75GHz 之直播衛星服務，例如 Astra。
- Ka 頻段(26-40GHz)：於歐盟多做為衛星通訊使用，主要使用 27.5GHz 與 31GHz 之衛星上鏈通訊，以及軍事飛機的高解析度、近距離瞄準雷達使用。

歐盟於 2023 年宣布將用於韌性、互連互通以及安全之衛星基礎設施(Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite, IRIS^2)計畫，打造多軌道之衛星星系。該星系將由歐盟各會員國公私協力完成，目前針對提供政府服務部分，法國與德國已先後提交申請程序給 ITU，分別為法國 FMS-LEO 以及德國 DEUMULTIORBIT。

法國 FMS-LEO 於 2020 年 10 月提出，預計採非同步軌道衛星運作於距離地面 500-23,222 公里，使用頻段為 20.2-21.2GHz 以及 30-31GHz；德國 DEUMULTIORBIT 則於 2023 年 3 月提出，使用頻段為 20.2-21.2GHz、30-31GHz、43.5-47GHz、71-76GHz 以及 81-86GHz。

由於歐盟層級目前僅針對 MSS 衛星設定執照，其餘回歸各會員國內國法辦理頻段申請，本研究整理法國頻率主管機關國家頻率管理局(L'Agence nationale des fréquences, ANFR)近年通過之低軌衛星案例做為補充。

在法國，欲申請衛星頻譜之業者，均須取得 ANFR 之許可，近期分別有 2021 年 12 月 16 日通過之空中巴士集團(Airbus)低軌衛星執照、2021 年 1 月 27 日 Thales Alenia Space 取得低軌衛星頻率執照，以及 2020 年 9 月 O3BNext Lux 取得低軌衛星頻率執照，綜整如下。

表 3-22、法國近期核配之低軌衛星頻率執照

日期	業者名稱	頻率(GHz)與傳輸方向	極化	衛星系統	ITU 參照
2021/12/16	Airbus	● 2086.375-2086.625 (↑) ● 2264.882-2266.882 (↓) ● 8025-8341 (↓) ● 23204 - 23206 (↔)	右旋極化	VHR2020	● 2839 / 21.02.2017[189] ● 2874/10.07.2018
2021/1/27	Thales Alenia	● 17.8-18.6(↓) ● 18.8-20.2(↓) ● 19.7-20.2(↓) ● 27.5-30 (↑) ● 29.5-30(↑)	NA	MCSAT-2 LEO-2	● 2790/17.03.2015[190] ● 2798/07.07.2015 ● 2797/23.06.2015 ● 2808/24.11.2015 ● 2824/19.07.2016 ● 2884/27.11.2018
2021/1/27	Thales Alenia	● 10.7-12.75(↓) ● 12.75-13.25(↑) ● 13.75-14.5(↑)	NA	MCSAT-2 LEO-1	● 2790/17.03.2015[191] ● 2798/07.07.2015 ● 2796/09.06.2015 ● 2806/27.10.2015 ● 2884/27.11.2018
2020/9/8	O3bNext	● 17.8-18.6(↓) ● 18.8-19.3(↓) ● 19.3-19.7(↓)	NA	MCSAT-2 PIG	● 2767 / 15.04.2014[192] ● 2790/17.03.2015

[189] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000044559515

[190] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043142179

[191] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043099748?init=true&page=1&query=Thales+Alenia&searchField=ALL&tab_selection=all

[192] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042331106?init=true&page=1&query=O3bNext&searchField=ALL&tab_selection=all

日期	業者名稱	頻率(GHz)與傳輸方向	極化	衛星系統	ITU 參照
		● 19.7-20.2(↓) ● 27.5-29.1 (↑) ● 29.1-29.5(↑) ● 29.5-30.0(↑)			● 2798/07.07.2015 ● 2828/24.11.2015 ● 2870/15.05.2018 ● 2876/07.08.2018

資料來源：ANFR、本研究整理，2023 年 10 月

(三)、 應用案例

1. IRIS² 計畫

隨著俄烏戰爭促進對低軌衛星通訊應用於網路韌性之重視，歐洲議會正視透過多軌道衛星強化通訊能力，以維持政府部門使用者、企業能於無訊號區持續保有高速寬頻服務之能力。歐洲議會於 2023 年 3 月 20 日公告施行 2023 年第 588 號管制規範：建立歐盟安全連線計畫(Regulation (EU) 2023/588 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2023 establishing the Union Secure Connectivity Programme for the period 2023-2027)，將打造新的歐盟安全衛星星系計畫：用於韌性、互連互通以及安全之衛星基礎設施(IRIS²)。

IRIS² 計畫將促進歐盟衛星連線提升，對歐盟而言，安全連線已成為一種重要的公共服務，因此需要透過提升歐盟政府衛星通訊能力的品質與數量，帶來更快速的頻寬、低延遲以及更安全的解決方案。歐盟希望透過 IRIS² 計畫，提升歐盟的數位能力、韌性力以及安全性。[193]

IRIS² 計畫主要為歐盟政府用戶以及企業用戶提供強化通訊能力。在政府應用領域，將用在邊境監控、危機管理以及關鍵基礎設施之通訊能力保障用途(例如歐盟大使館之安全通訊)領域。

[193] EU(2023), IRIS²: the new EU Secure Satellite Constellation, https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-policy/iris2_en

資料來源： IRIS^2，2023 年 3 月

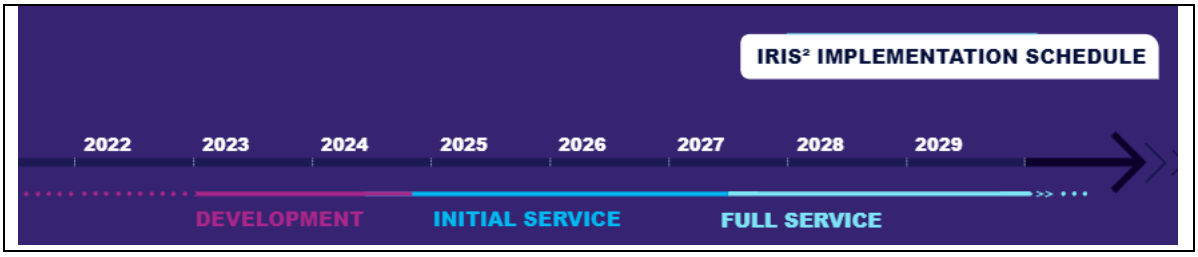
圖 3-74、歐盟 IRIS^2 計畫提供政府服務類型

至於商業應用，則可提供行動寬頻與固定寬頻接取等大眾市場需求，或是提供 B2B 服務、衛星運輸服務，強化網路以及以雲端服務為主的服務持續性。

IRIS^2 計畫被歐盟視為可運用量子通訊等新技術之多軌道衛星星系計畫，於全球範疇內提供長期可靠、安全、具成本效益之衛星通訊服務，改善無訊號區域之狀態，甚至未來尚可支援歐盟境外區域之通訊需求，為歐盟所欲推動的「新太空」生態體系做出貢獻。

歐盟希望透過 IRIS^2 計畫，讓其保有技術制定先行者優勢，透過歐洲量子通訊基礎設施(EuroQCI)的量子密碼學，以及基礎設施的安全設計方法增強網路安全，並歡迎來自歐盟境內擁有成熟技術的航太工業加入，整合成熟技術與創新技術，運用多軌道滿足未來潛在多樣衛星通訊需求。

根據 IRIS^2 計畫時程，預計在 2024 年提供初步服務，2027 年達到完整服務運作能力，如下圖。

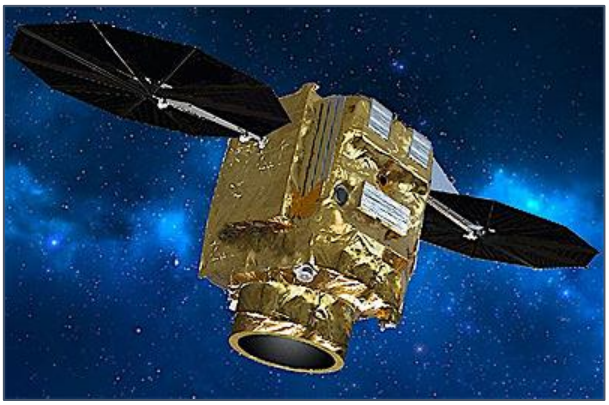


資料來源：EU，2023 年 3 月

圖 3-75、歐盟 IRIS^2 布建時程規劃

2. **VHR-2020**

法國空中巴士集團於 2021 年向法國 ANFR 申請衛星頻率執照獲准，其低軌衛星 VHR-2020 為 4 顆高解析度地球探索衛星組成，可以提供解析度達 30 公分的地面影像，實現及時地面影像擷取功能。



資料來源：GUMTER'S SPACE，2020 年 12 月

圖 3-76、法國 VHR-2020 衛星

(四)、 研究小結

歐盟衛星頻譜政策，過往主要定位為補充偏鄉網路涵蓋之用途，因此，歐盟於 2009 年發出兩張 MSS 執照，分別提供 Immarsat 與 Solaris 使用 2GHz

頻段；隨著低軌衛星通訊服務蓬勃發展，歐盟各會員國亦積極核發相關衛星頻率執照，以推動國內與歐盟整體衛星產業發展，例如法國近年來分別發出四張執照，給空中巴士集團、Thales Alenia 以及 O3b Next 使用。

隨著俄烏戰爭爆發，大大提升歐盟對低軌衛星通訊應用於網路韌性之重視，歐洲議會於本年度通過第 588 號管制規範：建立歐盟安全連線計畫，將打造新的歐盟安全衛星星系計畫：用於韌性、互連互通以及安全之衛星基礎設施(IRIS^2)，並預期於 2024 年初步提供服務、2027 年完成全面商轉。

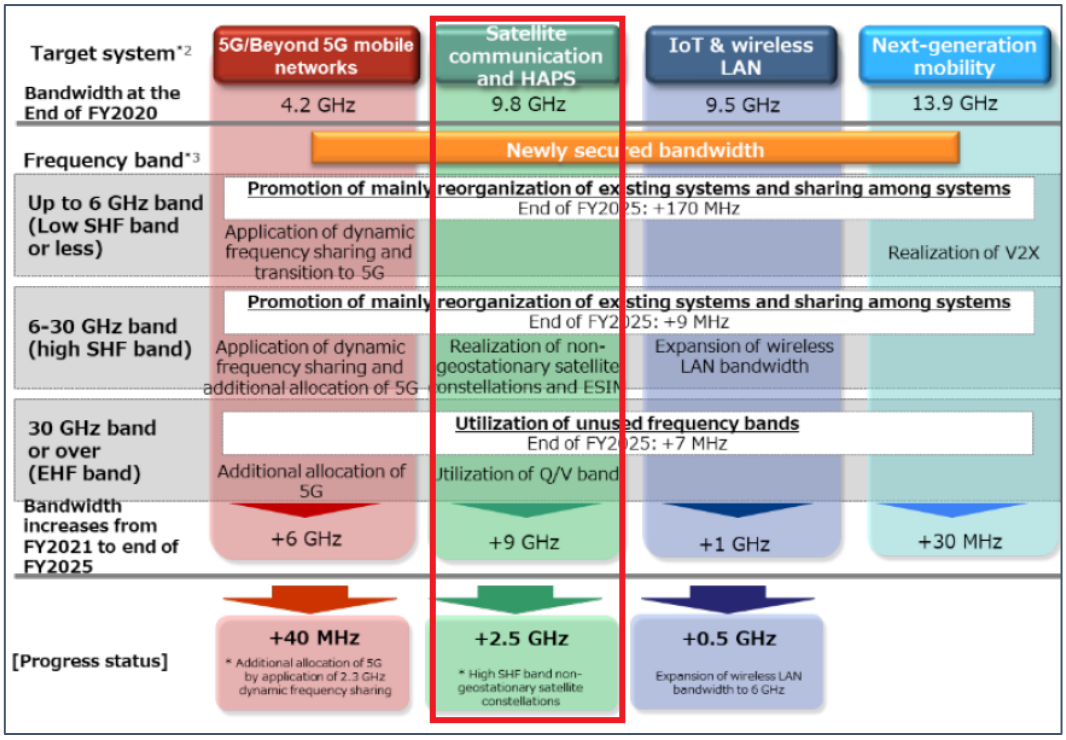
由歐盟衛星頻譜發展觀察，不難發現，隨著技術演進，衛星通訊的重要性大幅提供，從以往做為偏鄉寬頻網路替代產品、應用於不利通訊區域如海面、空中通訊之使用，到後來逐漸成為整體寬頻網路中不可或缺、提升韌性之一環，再更進一步扮演能夠驅動產業生態系統發展、導入創新應用如量子通訊、量子密碼學等安全網路韌性之概念，顯見衛星通訊於近年來的大幅成長，更使各國政府不得不加大投資力道與政策推動措施，以趕上此股全球衛星競賽之熱潮。

六、 日本

(一)、 發展政策

日本總務省於 2023 年 3 月公布財政年度 2022 年頻率重組行動計畫(FY 2022 Frequency Reorganization Action Plan)，針對衛星通訊服務可使用頻寬部分，目前可使用頻寬為 9.8GHz，總務省規劃從 2021 財政年度至 2025 財政年度年末時，衛星通訊服務於 30GHz 以上頻段能再整備出 9GHz 頻寬，截至 2023 年 3 月時，總務省已完成整備 2.5GHz 頻寬，主要為 6-30GHz 間供低軌道衛星使用頻段。

總務省自 2021 至 2025 年財政年度間，將整備 Ku 頻段、移動式衛星地球電臺(earth stations in motion, ESIM)使用 Ka 頻段、以及非同步軌道衛星通訊使用 Q/V 頻段運作饋線鏈路，如下圖。



資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-77、日本總務省 2025 年頻譜整備目標頻寬

總務省自 2021 年起至 2023 年所整備出之 2.5GHz 頻寬，主要藉由與既有服務之共享方得以實現，包括 2021 年 8 月時開放距離地面 500 公里之低軌道衛星使用 10.7-12.7GHz 做為衛星下鏈(太空對地球)，計有 2GHz 頻寬；另外 0.5GHz 頻寬，則為開放 14-14.5GHz 非同步軌道衛星上鏈(地球對太空)用途。2022 年 8 月則開放距離地面 1,200 公里之低軌道衛星。

除此之外，總務省規劃於 2024 財政年度後期，進行行動電話裝置使用 1.7/1.8GHz 頻段與非同步軌道衛星相連之技術與執照制度研究，包含評估是否採用頻譜共享技術、或從國際和諧共存的觀點比照無線電規則相關規範。

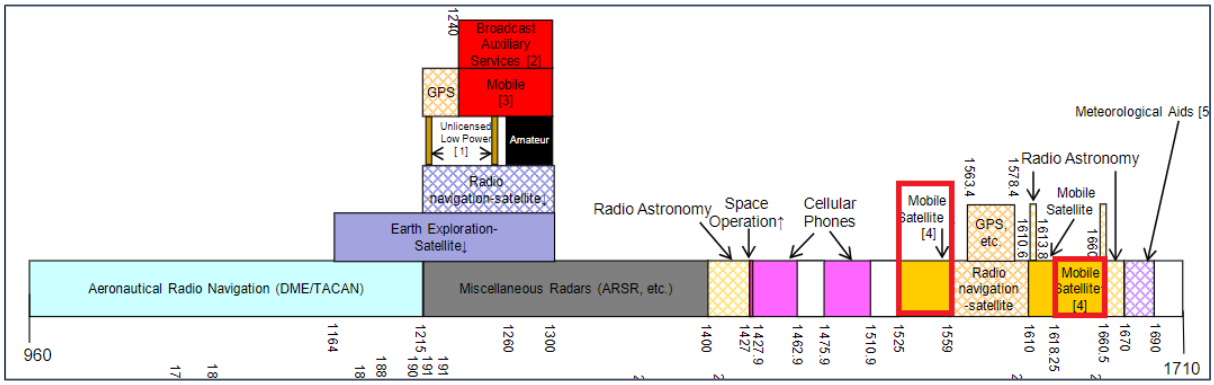
至於衛星寬頻通訊應用，例如移動式地球電臺(ESIM)應用於車輛之型態，參考 2019 年世界無線通訊大會(WRC-19)的結果，擴展與既有使用者之頻譜共享測試。目前總務省已研析延伸頻段(17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHz)之技術條件，預計於 2022 財政年度年底獲得結論，而後將更進一步依據技術評估結果決定後續政策方向。

(二)、 頻段規劃及執照釋出方式

目前日本涉及衛星通訊之頻段包括以下。

◆ 1525-1559MHz 與 1618.25-1660.5、2500-2535MHz 與 2655-2690MHz

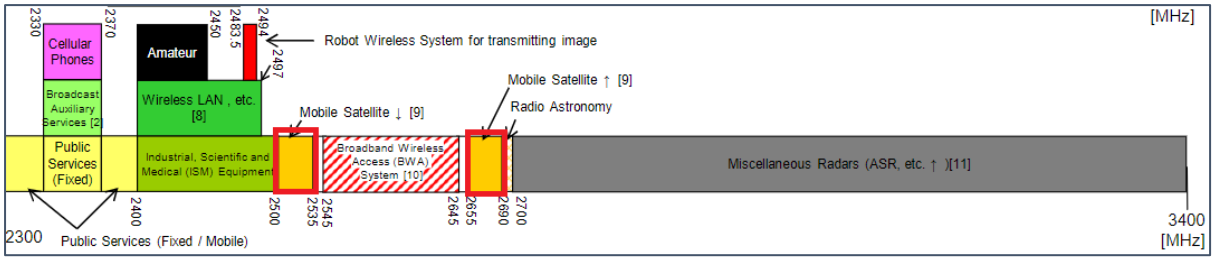
總務省核配 1525-1559MHz、1618.25-1660.5MHz 供 Inmarsat 等衛星行動服務使用，如下圖。



資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-78、日本總務省 960MHz-1.7GHz 頻段使用概況

總務省另外核配 2500-2535MHz、2655-2690MHz 供衛星行動通訊服務使用，如下圖。

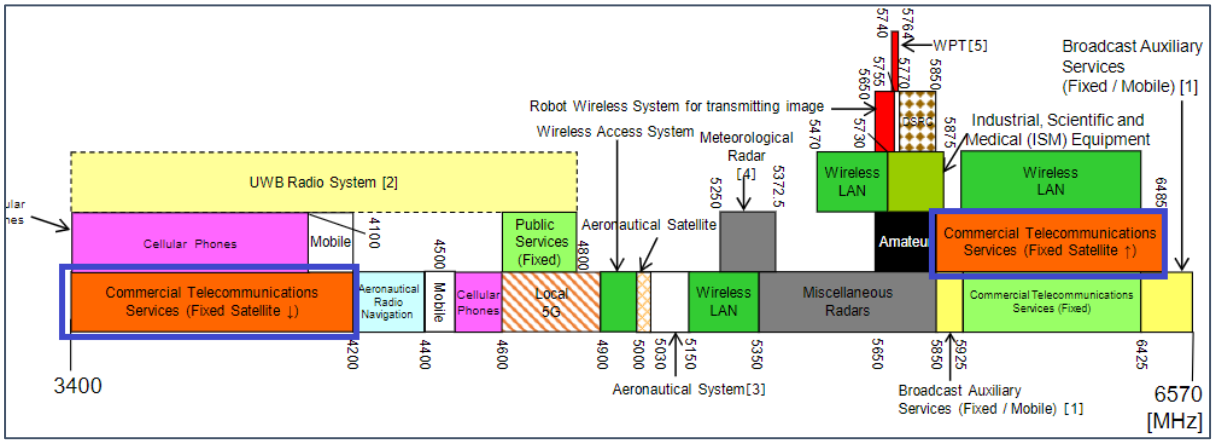


資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-79、日本總務省 2300MHz-3.4GHz 頻段使用概況

◆ 3400-4200MHz 與 5850-6485MHz、7250-7750MHz 與 7900-8400MHz

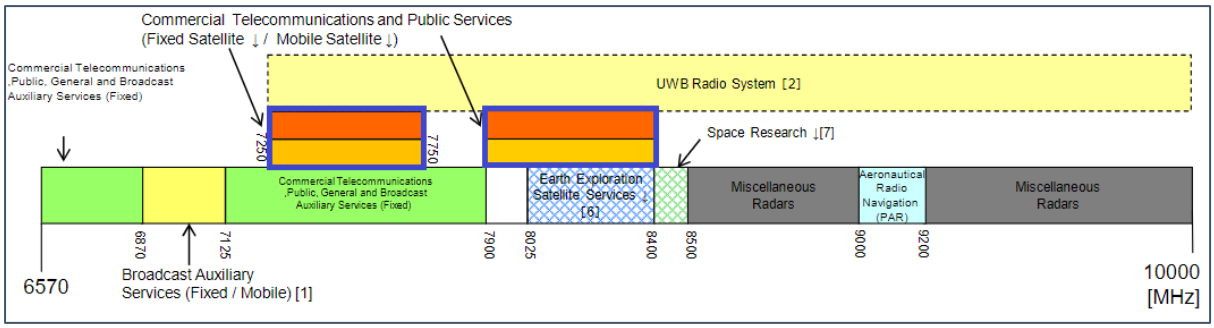
總務省核配 3400-4200MHz 做為衛星固定通訊服務下行鏈路、5850-6485MHz 做為衛星固定通訊服務上行鏈路，如下圖。



資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-80、日本總務省 3.4GHz-6.57GHz 頻段使用概況

總務省核配 7250-7750MHz 與 7900-8400MHz 做為衛星固定/衛星行動通訊服務下行鏈路，如下圖。

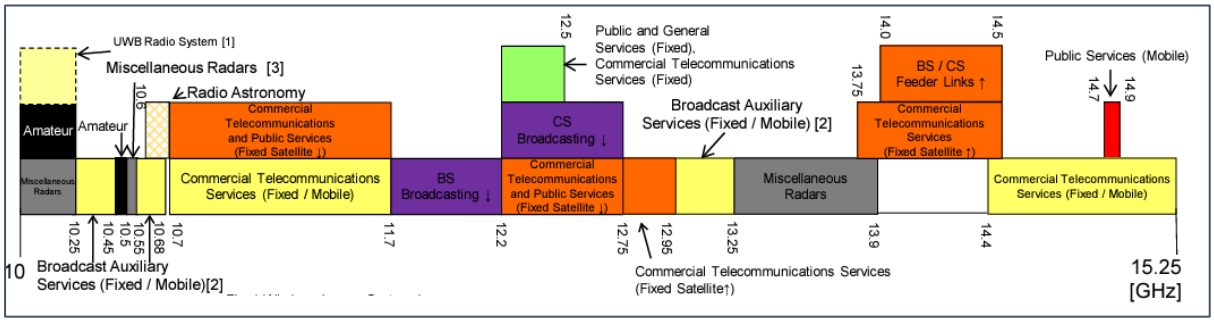


資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-81、日本總務省 6.57GHz-10GHz 頻段使用概況

◆ **10.7-11.7GHz 與 12.2-12.75GHz、12.75-12.95GHz 與 13.75-14.5GHz，17.7-21.2GHz 與 27.0-31GHz**

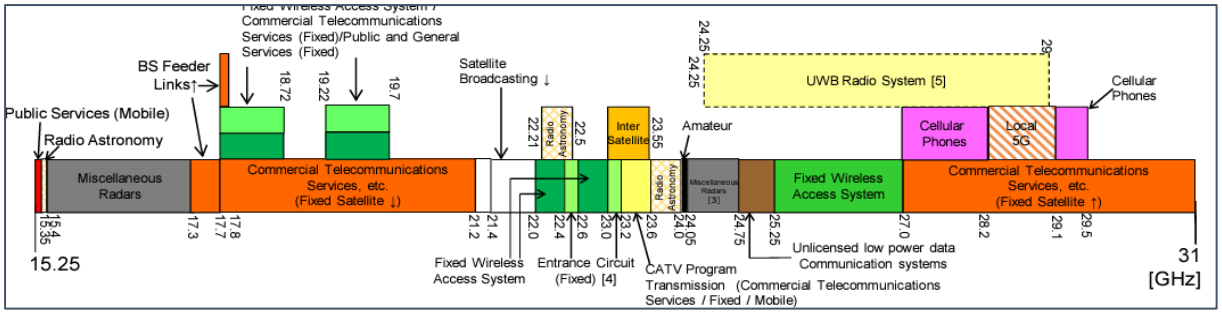
總務省核配 10.7-11.7GHz 與 12.2-12.75GHz 做為衛星固定通訊服務下行鏈路，12.75-12.95GHz 與 13.75-14.5GHz 做為衛星固定通訊服務上行鏈路，如下圖。



資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-82、日本總務省 10GHz-15.25GHz 頻段使用概況

總務省核配 17.7-21.2GHz 做為衛星固定通訊服務下行鏈路，27.0-31GHz 做為衛星固定通訊服務上行鏈路，如下圖。



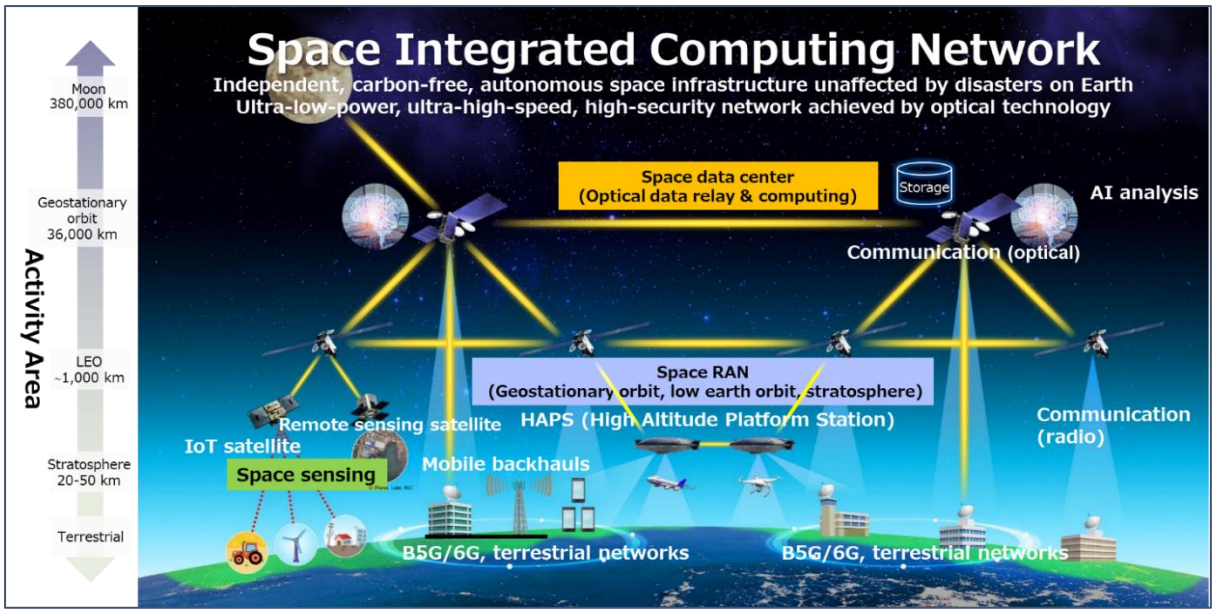
資料來源：總務省，2023 年 3 月

圖 3-83、日本總務省 15.25GHz-31GHz 頻段使用概況

(三)、 應用案例

1. Space Compass

隨著衛星寬頻通訊重要性日漸提高，許多企業紛紛加重對衛星通訊技術之投資。2022 年 4 月 26 日，日本衛星集團 SKY Perfect JSAT 與日本電信事業 NTT 集團宣布合資成立新的聯合控股公司，名稱為 Space Compass。Space Compass 公司規劃打造整合同步軌道衛星、地球觀測衛星以及高空通訊平臺之衛星整合計算網路(Space Integrated Computing Network)，如下圖。



資料來源：JSAT/NTT/Space Compass，2022 年 4 月

圖 3-84、日本 Space compass 公司整合衛星示意圖

Space Compass 公司預計透過同步軌道衛星跟低軌道地球探索衛星，搭配光無線數據轉接服務(Optical Data Relay Service)，提供高速數據傳輸服務，整合同步軌道跟低軌道衛星形成太空接取網路(Space RAN)，此外，Space Compass 公司尚規劃使用高空通訊平臺(HAPS)，提供低延遲通訊服務。Space Compass 規劃於 2024 年先以太空接取網路為優先，其次則規劃於 2025 年完成 HAPS，將可用於災難通訊、海事與航空通訊、離島與偏遠地區通訊等。

2. SDS-4

日本衛星集團 SKY Perfect JSAT 過往主要以同步軌道衛星為主，該公司曾於 2012 年運作一個小型低軌道衛星 SDS-4，該衛星主要做為實驗用

途，在距離地面 666 公里之高度運作，該衛星大小為 50 平方公分、總重量僅 50 公斤之立方衛星(Cube Sat)，並於 2021 年 7 月中止服務。[194]

SDS-4 主要有幾項應用功能：

- 自動識別系統：能接收來自海上船舶之訊號，並佳以識別身分；
- 測試扁平加熱管在軌道中的實驗狀態；
- 測試使用吸收太陽能之飛行實驗：測試太空中陽光對於熱塗層影響之狀態，並測試不同熱塗層之儀器；
- 石英晶體測試：測試日本製造之石英晶體，能否監測衛星從組裝到運作於軌道中之汙染情形。

(四)、 研究小結

參考日本對於衛星通訊之政策發展脈絡，可以發現日本正積極趕上國際間對於推動低軌衛星發展之腳步，已規劃研析手機裝置直連衛星之型態，預做技術和執照制度修正之準備。

除此之外，日本民間業者也緊跟國際間整合衛星網路發展趨勢，由 SKY Perfect JSAT 與日本電信事業 NTT 集團宣布合資成立之 Space Compass，刻正規劃打造太空接取網路，希望整合同步軌道、低軌道衛星以及高空通訊平臺，提供足夠的網路韌性，且亦可提供災害通訊、離島與偏鄉網路涵蓋

194 JSAT, Satellite Fleet, https://sky-brokers.com/wp-content/uploads/2020/12/Sky-Perfect-JSAT-Satellite-Fleet.pdf

等服務。

日本雖然不像其他國家如美國，有強而有力之民間企業如 SpaceX 主導低軌衛星產業發展，但觀察日本政府與業者之動態，不難發現其採取跟隨者政策與重視國際合作之策略。例如，日本總務省已規劃研析手機直連衛星所涉及之技術與執照問題，此外，雖然日本國內最大衛星業者 SKY Perfect JSAT 目前尚無運作中之低軌道衛星，但透過與電信業者 NTT 合資成立之 Space Compass，其推出之太空整合接取網，與歐盟目前推動之 IRIS^2 計畫在概念上亦相似，顯見除了美國大力推動太空產業發展之外，歐盟與日本亦都急起直追。

七、 小結

(一)、 低軌衛星國際現況

世界各國參與者正持續爭取衛星頻譜和低軌道資源，衛星製造、發射服務、地面設備、應用服務等市場充滿競爭機會，而國家監管政策與商業太空發展如何並進共存、達成最佳合作模式，又，不同應用間如何避免頻段干擾，則為各國規劃頻段與設定執照規範所關注的焦點。

現今美國衛星多由民間企業私有、提供商業服務，如 SpaceX 的 Starlink 服務與 Amazon 的 Project Kuiper，於此背景之下，以總統行政命令和政策指導太空活動的美國，正積極探討監管框架，從執照和頻率協調、法規、軌道碎片減排標準、出口管制、執照統一等不同面向發展整體監理措施，並推動商業太空許可流程簡化，乃至開展公私合作。

美國聯邦通訊委員會(FCC)已於 2020 年將衛星執照和衛星地面站執照整合為統一執照，簡化流程並加速地面站的部署。此外，FCC 亦要求業者在申請許可時，需與使用相同頻段的其他業者進行善意協調，以減低有害干擾。若未經協調或遇協調不成的情形，導致該業者之操作造成的干擾超過所規定的容許值時，則將由 FCC 介入處置、啟動頻段分割程序。

加拿大因其地廣人稀，衛星通訊被視為補救偏遠地區涵蓋、減少數位落差不可或缺之一環，太空研究與衛星通訊服務的發展方興未艾。除有數百家企業助加拿大居於航太領域之領先地位，聯邦政府方亦提供資金支持

加拿大太空總署(CSA)的研究發展，確保太空科學和技術為加拿大人提供社會和經濟效益。

加國以 P-007「提供衛星行動業務(MSS)服務的政策框架」與 RP-008「提供固定衛星業務(FSS)和廣播衛星業務(BSS)的政策框架」做為監管框架，管理執照資格、頻譜分配及使用等政策，國外經營者在加拿大經營電信服務前，須先向加拿大廣播電視暨通訊委員會(CRTC)申請基本國際電信服務(BITS)執照，該執照審核重點為考量民眾福祉的實際效益與國家資安，開放公眾於意見徵詢期發表意見回饋，並在外資控股設有比例限制。

值得一提的是，加拿大於 2011 年設立了加拿大共享服務局(Shared Services Canada, SSC)，該局受聯邦政府公共服務和採購部長管轄，負責從初期整合政府各部門數據中心、網路和電子郵件系統，SSC 甫於 2023 年 7 月完成新一期的 Starlink 服務採購，做為 SSC 提供給政府的共享衛星容量，供 SSC 及其合作組織、用戶之用。該服務主要用於固定地點，但也可被擴及航空、陸地移動和海事應用。

英國通訊管理局(Ofcom)也儲備完整的制度，規劃了「NGSO 地球電臺 Gateway 執照」與「NGSO 地球電臺網路執照」，且 GSO、NGSO 執照需分開個別申請。申請者應事前完成頻率干擾協調且規劃與未來業者之和諧共存、評估市場競爭及消費者權益等前置準備事項後再繳交申請書，Ofcom 進行初步審查後，亦同步將申請重點資訊公告在官網供公眾評論，參照公眾

意見再決議是否核發執照。

歐盟區加強重視低軌衛星通訊應用於網路韌性，可謂與俄烏戰爭有緊密關係，歐洲議會於 2023 年 3 月通過法案，將建構歐盟自有自控之多軌道衛星星系，以確保各種狀態下仍能透過衛星通訊持續運作政府服務與商用服務之能力，並宣布將用於韌性、互連互通以及安全之衛星基礎設施(IRIS^2)計畫，該星系將由歐盟各會員國公私協力完成，目前針對提供政府服務部分，法國與德國已先後提交申請程序給 ITU，分別為法國 FMS-LEO 以及德國 DEUMULTIORBIT。歐盟希望透過 IRIS^2 計畫，提升歐盟的數位能力、韌性力以及安全性。

在執照方面，歐盟層級目前僅針對 MSS 衛星設定執照，其餘回歸各會員國內國法辦理頻段申請，目前歐盟層級的 MSS 執照僅有 Immarsat Ventures Limited 及 Solaris Mobile Limited 分別獲得許可，前者獲 1980-1995MHz(地球對太空通訊)及 2170-2185MHz(太空對地球通訊)之頻譜使用權，後者則獲准 1995-2010MHz(地球對太空通訊)及 2185-2200MHz(太空對地球通訊)。至於常見各國使用之衛星通訊用頻段，則回歸歐盟各會員國主管機關管制。

日本總務省細緻分配頻段供不同類型的衛星通訊服務，並規劃研析手機直連衛星所涉及之技術與執照問題。即使日本國內最大衛星業者 SKY Perfect JSAT 目前亦無運作中之低軌道衛星，但透過與電信業者 NTT 合資

成立之 Space Compass，其推出之太空整合接取網，與歐盟目前推動之 IRIS^2 計畫在概念上亦相似，顯見日本正積極趕上國際間對於推動低軌衛星發展之腳步，預做技術和執照制度修正之準備。

續論主要國家於應用服務的發展，美國 SpaceX 的 Starlink 以低軌道衛星提供寬頻上網服務，有助補足偏遠地區涵蓋率；更輕便、及時的行動電話直連衛星服務也逐漸成為一個發展中的趨勢，有 AST SpaceMobile、Lynk Global 等多家企業積極參與，這項服務已成為 FCC 關注的重要監理議題。相較美國以強而有力之民間企業主導低軌衛星產業發展，歐盟及他國政府的參與較高，加拿大以 Telesat 的 Lightspeed LEO 及政府主導的加拿大共享服務局(SSC)共享衛星容量服務為代表，英國政府亦有持部分所有權的 Eutelsat OneWeb 公司採 B2B 模式，與全球各地業者合作提供商用及政府用低軌衛星通訊服務。

(二)、 近期發展之創新差異重點

由前述內容觀察，主要國家對於低軌衛星通訊，近期發展重點已從原先認知衛星通訊為語音為主的服務型態，轉向更看重衛星寬頻通訊扮演的角色。除此之外，各國莫不積極推動、發展衛星產業，從原先將衛星寬頻視為提供偏鄉網路涵蓋、海事通訊或飛航通訊應用的補充性角色，更逐漸轉向重視衛星寬頻通訊帶來之網路韌性能量，作為協助政府與公部門網路服

務不間斷之韌性角色，此一變革亦將影響未來各國對寬頻服務之政策態度。原先，主要國家以推動國內寬頻網路發展為主，重視高速光纖寬頻建設、提升偏鄉與普及寬頻服務之需求，隨著衛星寬頻通訊的重要性日漸提高，可預期各國皆會大力投注相關資源於低軌衛星網路建設投資，此一發展將有助於及早實現 2030 年對於無縫隙寬頻網路之目標，但同時，對於衛星寬頻建設之投資，主要角度為提升網路韌性，而非創造新形態的商業模式，因此，各國主管機關應考量如何為衛星寬頻通訊應用建構長期可運作、獲利之商業模式，以避免對於衛星寬頻建設之資本支出與維運支出成本過高，反而不利衛星產業長期運作。

(三)、 我國產業生態鏈位置及可能發展架構

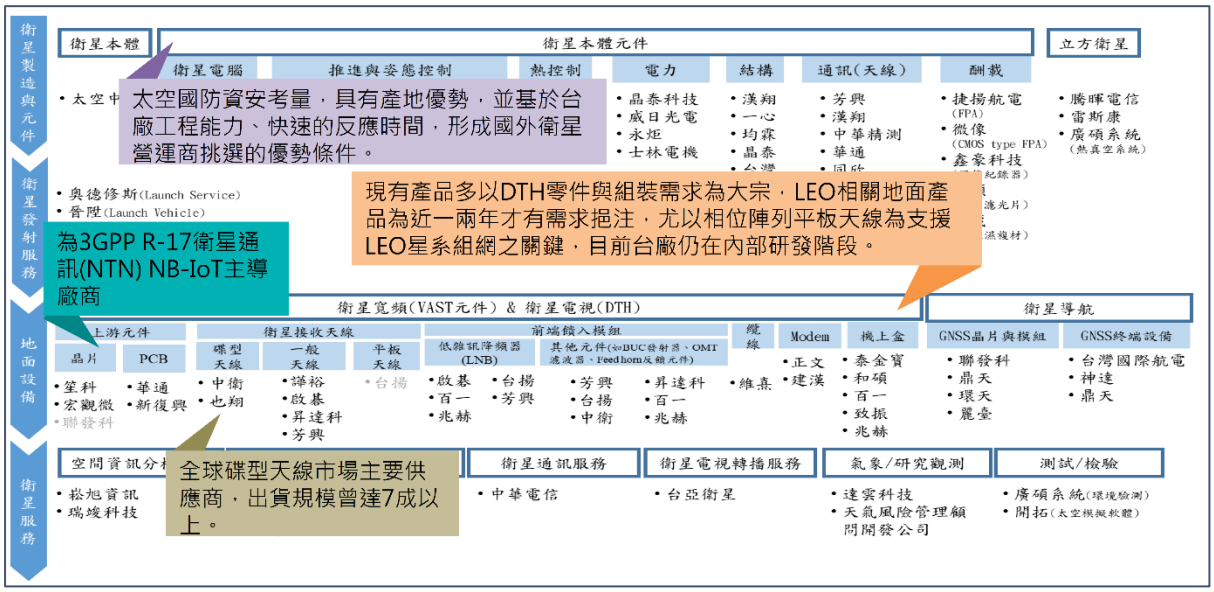
近年來隨著 Starlink 與 OneWeb 等營運商啟動低軌衛星商轉，低軌衛星的技術日新月異，全球低軌衛星網路基礎建設雖尚在草創時期，國際市場上仍在關注我國衛星產業，如何在地面設備與衛星本體製造等領域，加入國際營運商硬體供應鏈之際，政府與產業不妨以重要應用服務為出發點，預視可能的關鍵技術缺口以提前布局，除可將研發成果運用在解決地球的各項課題之外，亦可藉此卡位，取得先行者優勢，相關市場商機的持續發酵值得期待。

低軌衛星產業鏈內，共有 4 大主軸，包含，衛星製造、衛星發射、衛

星地面設備(基地台)和衛星服務。台灣衛星產業承襲網通產業的發展基礎，業者以投入在地面設備製造為主，包含小型衛星地面站(Very Small Aperture Terminal, VSAT)元件、視訊轉換器(Set_Top Box, STB)、全球衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)設備等。衛星產業跨入門檻高，而國內業者在供應地面設備元件已具產業化能量，且打入國際供應鏈，相對在天線、射頻具有研發基礎，對於取得 LEO 入門票相形具優勢。衛星本體則因 LEO 需求規模增加，將走向低成本、模組化、標準品趨勢，因此部分元件(如天線、高頻通訊模組、機構件、太陽能板)即便無飛測驗證，也開始湧現國際大廠洽談合作的商機，主要來自台廠可提供可靠、完整且快速的製程服務。對此，金仁寶、佳世達、宏碁等大型集團也積極切入，鎖定衛星地面端接收站、地面基地台主機板、電源供應器等零組件及組裝領域。

低軌衛星星系將同時對地面帶來相位陣列平板天線與衛星 IoT 的應用需求商機，前者關鍵與 5G 毫米波技術相近，有助於透過 5G 技術開發，擴大加值衛星市場；後者則目前主要由晶片商所關注，加上我國業者聯發科為 NTN 窄頻物聯網(Narrow Band Internet of Thing, NB-IoT)主題的主導報告者，將具備規格制訂引導力。同時，在衛星服務部分，鴻海今年科技日發表自家低軌衛星技術，第一顆企業實驗低軌通訊衛星「珍珠號」已於台灣時間 11 月 12 日凌晨發射，並順利進入軌道部署，期待透過低軌衛星帶來新的通訊突破。鴻海針對低軌衛星布局，已和微軟建立全球低軌衛星星系策

略夥伴關係，並結合富士康集團旗下「鴻佰科技」的製造能力和以色列商 Ramon.Space 太空技術專長，建立太空運算產品的生產線。



資料來源：工研院產科國際/ 研究團隊整理，2023 年 10 月

圖 3-85、低軌衛星我國產業生態鏈位置及可能發展架構

衛星製造部分，低軌衛星在太空建設中算是相對「簡單」的物件，但仍有一定難度，台灣衛星製造經驗先前多鎖定在科研部分，商用研發較少。不過，奠基於政策面國科會科技計畫第三期「國家太空科技發展長程(B5G)計畫」(原實施期程為 2019 年至 2028 年，今年 7 月宣布延長至 2031 年)，投入 251 億元進行低軌通訊衛星的研製、規劃國家發射場與人才培育。目前台灣自主研發的衛星以氣象衛星為主，繼福衛 7 號氣象衛星後，今年再度成功讓獵風者號上太空，參與台廠超過 20 家，部分元件如：衛星電腦、電力控制單元、GPS 導航接收機、光纖陀螺儀、推進實驗模組皆出自台廠，

自製率達到 3 成 5，相關投入廠商如下表，後續預計還有還有建漢、台揚、聯發科、同欣電、華芩科技、兆發科技、興普科技、永昇鋼鐵、台灣矽微、昇鑫機械、裕昌電機、益材科技、孟晉科技、苗鐵精密、鐳洋科技等台廠將持續加入。

項目	參與廠商
衛星電腦	中科院
電力控制單元	中科院
S頻段天線與濾波器	芳興科技
光纖陀螺儀	中科院、卓越光纖、鑫豪科技、科毅光電、光合訊科技
GPS導航接收機	工研院、兆發科技、興普科技、華泰電子、成功大學
推進實驗模組	公準精密、永昇鋼鐵、台灣矽微、昇鑫機械、裕昌電機、益材科技、孟晉科技、苗鐵精密、展杰工業、美勳實業
衛星結構體	漢翔公司
GNSS-R儀器低雜訊放大器	工研院
機械地面輔助測試系統	漢翔公司
地面衛星操控中心	凌群電腦、新鼎系統、國眾電腦、華芩科技
其他服務	台灣產物保險、富邦產物保險
資料處理及服務、資料應用技術	中央氣象局、中央大學、成功大學

資料來源：國家太空中心，2023 年 11 月

圖 3-86、投入低軌衛星研發之台廠與項目列表

第四章　產業訪談及座談會辦理

藉由訪談或座談會等方式，針對關鍵議題，如國際 5G/B5G/6G 焦點技術、新興無線通訊服務與應用項目(如車聯網)等，及我國發展方向；以及從各國新興技術與垂直應用之頻譜需求、創新應用頻譜資源規劃和供應、與頻譜整備作法，進行深度討論與分析。最後，參酌國際經驗與我國情勢，提出我國 5G/B5G/6G 相關頻譜規劃政策建議。

- 篩選具商用化潛力之計畫，進行至少 5 組之委託機關及受委辦廠商之深度訪談，並詢問頻率需求及使用時程
- 整理訪談紀錄，整理技術應用之種類、流程及產出，研析國內廠商之可能參與項目
- 過濾政府可協助方向及廠商間媒合可能性並擬定協助方案及評估經費、人力需求
- 辦理頻譜創新應用相關研習或座談活動 5 場次，邀請議題之相關利害關係者與會，蒐集國內現況及產官學等意

第一節　5 組之委託機關及受委辦廠商之深度訪談

本計畫篩選具商用化潛力之計畫，共計完成 6 組計畫(含委託機關及受委辦廠商) 之深度訪談，訪談對象如下表：

表 4-1、深度訪談計畫及對象列表

計畫名稱	委辦機關	受委辦廠商
5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫	國發會 促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫	亞旭電腦
5G 車聯網計畫	交通部 5G 車聯網計畫	華電聯網
5G 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統	國發會 促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫	伸波通訊、和碩聯合
5G 智慧影音沉浸式展演	經濟部產業發展署 5G+產業生態鏈推動計畫	智宏網、紅然
5G 遠距腹部超音波遙控診療驗證	數位部產業署 5G+系統暨應用淬鍊計畫	仁寶電腦、泰雅科技、神寶醫資、達明機械人
元宇宙之究極奧義～無限列車！	經濟部產業發展署 高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫	高雄捷運、方陣聯合、佳駿科技

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

本計畫於今年 7 月前已完成 2 組之委託機關及受委辦廠商之深度訪談，包含：亞旭電腦股份有限公司(國家發展委員會促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫，5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫)、伸波通訊股份有限公司(國家發展委員會促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫，5G O-RAN 專網系統結合低軌衛星通訊於貨輪之應用)；同時綜整訪談紀錄，整理技術應用之種類、流程及產出。

下半年度完成其餘之計畫(含委託機關及受委辦廠商) 之深度訪談，綜整訪談紀錄如後續各章節。

一、 委辦單位深度訪談：國發會「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」

(一)、 計畫簡介

國家發展委員會配合行政院核定之「亞洲·矽谷-5G 創新應用計畫」規劃，為整合 5G 智慧城市發展之相關需求，依據 5G 科技特性，善用臺灣高科技產業優勢，於國內場域導入 5G 及 AIoT 技術，發展 5G 開放網路實證場域智慧化創新服務。期望完備 5G 應用示範基礎環境，形成可複製擴散之應用模式，並建構 5G 開放網路生態系及國產化自主產業鏈，打造安全可靠之示範性 5G 開放網路。

同時，為促進 5G、人工智慧結合物聯網(AIoT)等技術之整合運用，國家發展委員會自 110 年 5 月推動「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」，結合在地場域進行應用服務與商業模式概念驗證，以發展智慧城鄉 2.0 之 5G 創新應用，加速業者投入智慧健康、智慧製造、智慧展演等相關領域，進而帶動國內 5G 垂直應用系統需求，提升我國 5G 產業技術自主能力與加速國產化腳步。

隨著疫情改變生活樣貌、工作模式，為全球經濟、產業與社會帶來不可

逆的變化，加速 5G、AIoT 等創新應用的需求，促使民眾力行新生活模式、產業推展新商業模式，「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」以 5G 智慧城鄉推動經驗與前期成果為基礎，本於臺灣科技島理念，鼓勵國內資通訊產業深化在 5G 及 AIoT 應用推動與擴散，除對現有生活面改善與未來新生活型態提出創新應用服務，同時對於國內產業在數位轉型提供產業創新動能。

110-111 年度核定通過 9 件，計畫名稱及補助金額如下表：

表 4-2、國發會「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」110-111 年度核定通過名單

	計畫名稱	補助金額(千元)
1	5G 運輸智慧即時監控平台(大同世界科技、伸波通訊)	30,000
2	5G 高雄榮家智慧長照計畫(中華系統整合)	18,000
3	5G 精準聯網醫療暨緊急救護系統計畫(中華電信)	21,000
4	中南部節目頻道 5G 直播互動暨影音驗證場域服務計畫(臺灣基礎開發)	3,500
5	電線電纜智慧工廠 5G 專頻專網彈性生產整廠解決方案計畫(先鋒機械、大亞電線電纜)	20,000
6	5G 跨平台 OMO 多功能互動系統計畫(光禾感知、超現實科技)	15,000
7	5G ORAN 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統(和碩聯合、伸波通訊)	40,000
8	智慧風電虛實整合模擬訓練系統建置計畫(華電聯網)	14,000
9	智慧展演-VR360 度環景演唱會(緯謙科技、緯創資通)	30,000
	總補助金額	**191,500**

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

112 年度核定通過 14 件(23 家)，計畫名稱及補助金額如下表：

表 4-3、國發會「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」112 年度核定通過名單

	計畫名稱	補助金額(千元)
1	5G 專網實踐 ESG 典範-霧峰生態智慧化球場計畫(大屯有線電視、互動國際數位、元扶企業)	27,220
2	5G 元宇宙科技推動城市行銷服務創新發展計畫(中華電信)	45,800
3	以 5G 車聯網技術建構輕軌路口安全智慧輔助系統(中華電信)	37,410
4	5G 專網古蹟場域智慧應用整合與開發計畫-以松山文創園區為例(台灣固網、緯創資通)	38,480
5	基於 5G 技術之輔助心臟醫療影像開發計畫(巨量移動科技)	29,930
6	360 自由全視角立體好球帶 5G 智慧棒球場域建立計畫(光陣三維)	18,000
7	5G 智慧教育元宇宙城鄉共享前瞻製播平台(宏達電、智宏網)	23,160
8	5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫(亞旭電腦、華碩電腦)	42,750
9	5G O-RAN 專網系統結合低軌衛星通訊於貨輪之應用(和碩聯合、伸波通訊)	40,500
10	綠色競爭力 ESG 數位轉型 5G 智慧製造 AI 增效節能技術平台(國眾電腦)	18,000
11	5G 偏鄉智慧 VR/AR 情境式遊戲化教學與校園智慧安全守護計畫(新永安有線電視、國興資訊)	20,300
12	離岸風電場結合國產 5G 專網應用計畫(資拓宏宇)	39,900
13	運用 5G O-RAN 通訊發展大型工業物件數位雙生維護檢測計畫(精誠軟體、萬潤科技)	24,000
14	整合全方位綠色 5G 專網的 AIOT 智慧農業應用及規劃全球市場推廣計畫(麗臺科技、華電聯網)	32,000
	總補助金額	437,450

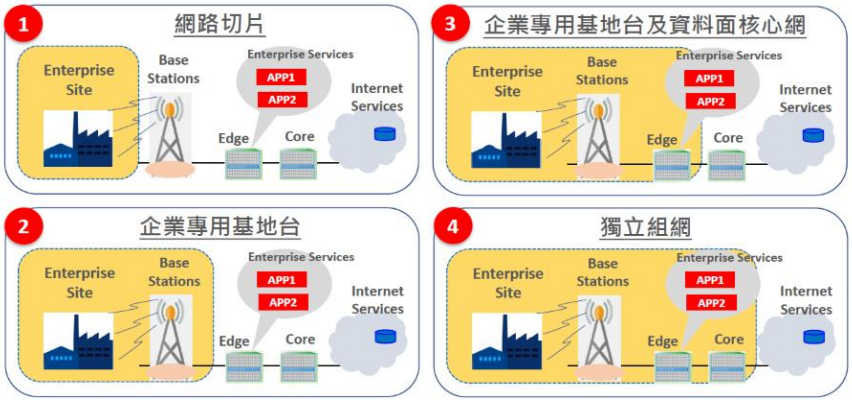
資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

(二)、 訪談紀錄

表 4-4、國發會「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」訪談記錄表

訪談對象	國發會 「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」委辦
訪談日期	民國 112 年 9 月 6 日
與談人	計畫委辦：黃偉峰 經理 資策會：王德仁、李穎芳
訪談內容	1. 兩年委辦之計畫中，含括之頻率應用服務 ◘ 以智慧製造、娛樂展演為最主要專網應用，因兩應用領域特性皆屬封閉環境，且終端類型可控。 2. 委辦之計畫中，對於頻率使用的回饋 ◘ 頻寬需求：多終端同時大頻寬、高流量需求，如：工廠組裝電路板(Printed Cicrcuit Board Assembly, PCBA)視覺瑕疵檢測、大型搬運車周邊安全檢測、起重機鋼卷搬運道安維護等應用。目前專網 100MHz 頻寬不敷使用。 ◘ 物聯網需求：窄頻、通訊介面整合的需求，如降低性能(Reduced Capability, RedCap)。

	◘ 異質網路混合組網的需求：新舊通訊介面的整合，頻率的需求往往不只專網頻段而已，共存共融已經是必然趨勢，另需同時考慮有線與多種無線通訊技術融合的網路架構。 ◘ 跟警消的干擾避免問題：目前實務上，即便做頻率錯開，警消依然無法給予使用權限(以松菸案於 8/2 召開行動寬頻協調會議為例) 3. 以委辦所接觸之場域經驗，專頻專網跟商頻專網的需求區隔 ◘ 密閉式封閉空間最適合專頻專網，如:智慧製造、展演 ◘ 純戶外型的專網以商頻專網適合，如：貨櫃碼頭 ◘ 室內室外混和型態，則可視需求研議，如：多廠區智慧製造、倉儲應用、Campus(校園禁止基地台架設、對比於 Wi-Fi 佈建納管的效益還有待評估) ◘ 跨區域/院區的獨立專網問題，如：台塑科 ■ 跨專網間用專線/vpn 連接，費用過高的問題 ■ 醫院+照護中心的應用 ■ 混和方式組網：遠距的採用點對點微波等可能作法，還有待商議

	4. 委辦計畫中，電信商對於商頻專網業務的看法 □ 專網服務在業務面跟電信服務切開，目前有投入商頻專網 PoS 服務的以中華電信、遠傳電信為主，架構上可參考遠傳電信所提出的四種專網模式設計。  □ 在商頻專網中採用 UE SIM 數量、資料量的計費方式，使用者無法彈性新增貨減少終端設備，同時資費負擔較沈重。

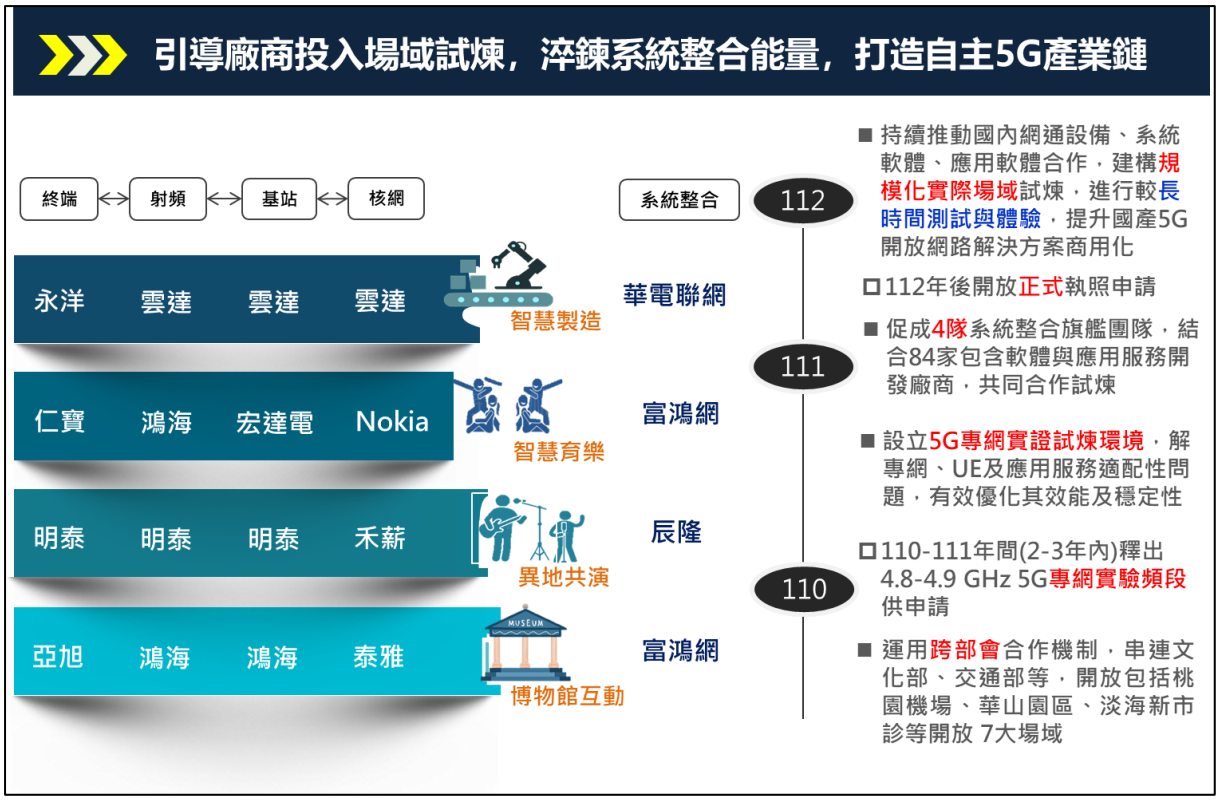
資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

二、 委辦單位深度訪談：經濟部產業發展署「5G+產業生態鏈推動計畫」

(一)、 計畫簡介

迎接 5G 高頻率、大頻寬、超高速、低延遲、以及多樣化應用等功能特性帶來的龐大商機，行政院推動「台灣 5G 行動計畫」，預計 4 年，以鬆綁、創新、實證、鏈結等策略，全力發展各式 5G 電信加值服務及垂直應用服務，打造台灣為適合 5G 創新運用發展的環境，藉以提升數位競爭力、深化產業創新。同時，於 2018 年 10 月辦理「5G 應用與產業創新策略(SRB)會議」，其中重點建議項目包含「廣設實驗場域：場域實證可發掘應用瓶頸、商業模式與法令限制，做為後續政策與法規調整之參考；建議中央與地方政府合作，統整考量並廣設 5G 實驗場域，並制定彈性化實驗條例，在 5G 開台前發展創新應用服務並驗證。」

經濟部產業發展署「5G+產業生態鏈推動計畫」著重於連結 5G 技術供給端與服務應用端，建立有效的供需對接機制，加速 5G 服務落地，形成 5G 加值產業生態。目標為推動台灣網通商由設備供應轉型為垂直應用系統整合商。本計畫工作以軟體加值 5G 硬體角度出發，凝聚通訊產業多方需求意見，形成 5G 系統軟體開發方向共識，透過場域實證引導機制，發掘潛力優質開發團隊，並以大帶小的企業陪伴成長機制，提供技術資源，降低軟體開發團隊開發門檻，加速我國 5G 軟體發展，促成網通硬體產業與之合作。



資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 4-1、經濟部產業發展署「5G+產業生態鏈推動計畫」計畫架構

(二)、 訪談紀錄

表 4-5、經濟部產業發展署「5G+產業生態鏈推動計畫」訪談紀錄表

訪談對象	經濟部產業發展署「5G+產業生態鏈推動計畫」委辦
訪談日期	民國 112 年 9 月 21 日
與談人	計畫委辦：工業局電子資訊組 曾偉華科長 資策會：王德仁、李穎芳
訪談內容	1. 計畫背景 □ 隨著 5G 商轉邁入第 4 年，工業局推動「5G 產業生態鏈計畫」也邁入第 4 年。自 110 年開始，爭取成為國際開放架構組織電信基礎建設計畫(Telecom Infra Project, TIP)認可，經審核認可即可獲得「TIP 標章」，至今已協助超過 20 家台廠進行 5G 開放網路互通互連及效能整合測試驗證，並可上架 TIP 網站市集(TIP Exchange)做為採購對象，加速臺灣網通產業打入國際市場。 □ 工業局在年初(2023/2/27~3/2)帶領 17 家網通業者(如台灣大哥大、仁寶、明泰科技、泰雅科技等)，參與全球科技界矚目的「世界行動通訊大會(Mobile World Congress, MWC)」，在本次活動呈現國際 5G 供應鏈合作成果。

	2. 委辦之計畫的建議回饋 □ 跟警消的干擾避免問題:目前實務上,即便做頻率錯開,警消依然無法給予使用權限(以松菸案於 2023/8/2 召開行動寬頻協調會議為例) □ 欠缺 5G 應用終端。在消費市場，5G 硬體(如：手機)跑得比軟體快，多數 APP 用 4G 都跑得動，但消費者的 5G 手機裡頭 APP 都還是跟 4G 時代一樣，如果沒有新應用，消費者對 5G 新通訊沒有感覺。5G 組成必須靠端、網、雲，電信業者花很多錢標頻譜、系統整合業者也建置了很多 5G 專網，但終端樣態始終很有限，所以用戶/場域主感受不大，我們必須有多種新終端，比方智慧眼鏡、VR 頭盔或遊戲裝置，同時靠時間推移把終端價錢下降。毫米波的應用普及更是如此,目前市面上還看不到毫米波的商用終端。 3. 對 5G 政策協助方案的建議 □ 藉由開放網路技術，以降低對傳統封閉式電信設備依賴，讓臺灣資通訊產業有能力投入如基站、傳輸、核心

	網路解決方案能力，並具備扮演行動網路設備供應角色。 ◘ 目前已有四家臺廠驗測通過獲得 TIP 標章，包含優達科技的蜂巢基地台回傳路由器(Disaggregated Cell Site Gateway, DCSG)、萊昂仕科技、雲達科技的 Open RAN 以及鈺登科技的 Open Wi-Fi 等，並上架 TIP 網站市集(TIP Exchange)，推薦給 TIP 國際電信或系統整合業者會員做為採購對象。標章廠商亦透過 TIP 平台轉介，將產品賣入美國、歐洲等國電信商，更與 TIP 合作將產品銷售到非洲電信商，協助當地 5G 建設，此為臺廠過往較少觸及的市場。 ◘ 期待將會有更多的應用場景被發現，更多的需求問題被解決，更多的創新方案被孕育。針對今年可以被解決的缺口，搭配做為後續公開徵案的題目，並媒合輔導廠商組隊，開發 5G O-RAN 垂直應用方案進行實證。 ◘ 針對今年做不到的技術缺口，期望做為明年推動的主軸。

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

三、 委辦單位深度訪談：經濟部產業發展署「高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫」

(一)、 計畫簡介

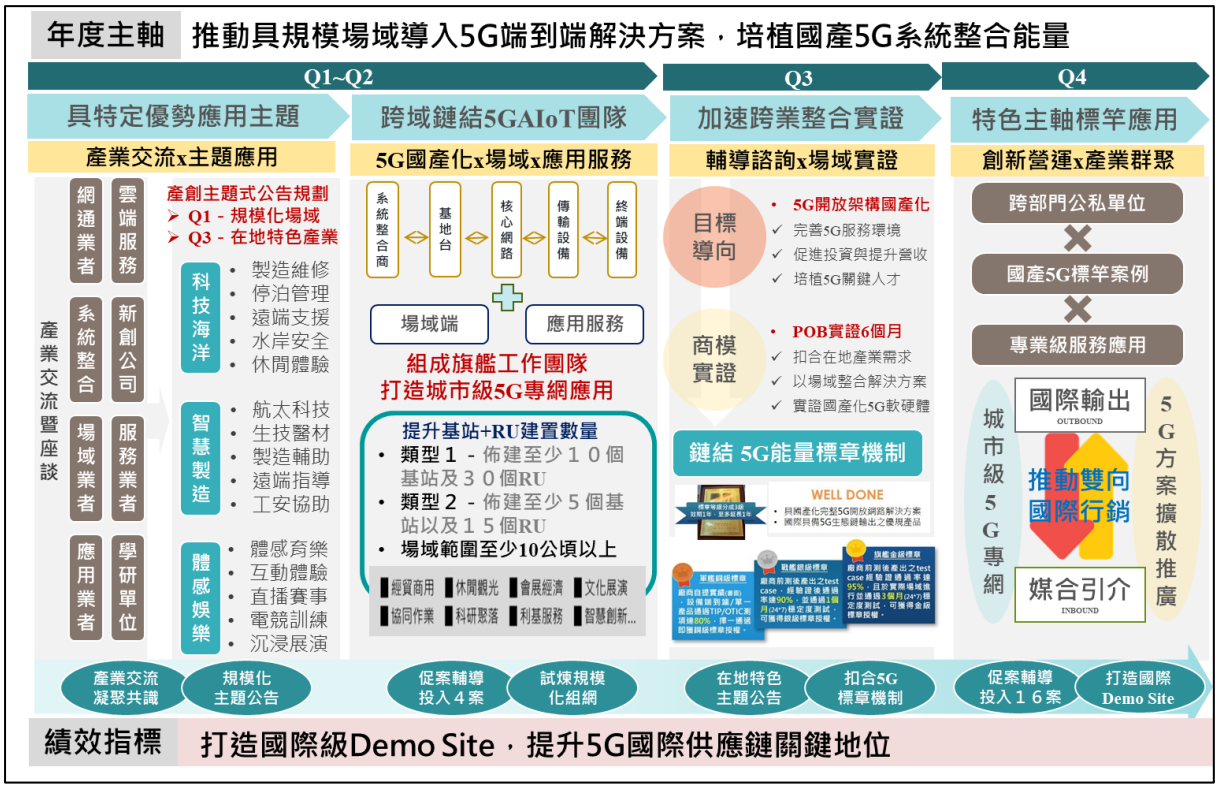
經濟部產業發展署「高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫」以開放跨領域場域，導入 5G 軟硬體設備整合垂直應用服務，加速 5G AIoT 產品或服務落地驗證，透過政府既有補助政策工具，輔導建構前瞻科技試煉示範案例，並透過在地產業發展 5G 垂直應用服務，從亞灣進一步擴及高雄全領域類型場域。相關工作包含；

打造亞洲新灣區 5G AIoT 亮點示範案場，先行接洽各類應用場域(如：高雄車站、駁二特區／棧庫群、文化中心、衛武營特區、高雄圖書館總館等)營運單位需求，提前進行各類 5G AIoT 合作可能研商，針對 5G 發展重點項目，吸引資通訊業者、系統整合商前來發展。

同時佈署規模化場域，以大規模及多應用整合，打造城市級 5G 專網服務。透過公私部門合作，整合網通設備及系統整合業者能量，降低 5G 佈署障礙測試都會區具高成本效益的 5G 基礎設施佈署模式以及 5G 專網測試大平台，推動完整 5G 智慧城市場景，如：教育、展覽、娛樂、公共服務、公共安全、醫療健康等。

最後研析亞洲新灣區具利基發展優勢(如：科技海洋、智慧製造、電子競賽...等)與商業化可行之 5G 創新應用商業化實證主題項目，以在地產業

需求為出發，規劃 5G 創新應用商業化實證(Proof of Business, PoB)主題項目。



資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 4-2、經濟部產業發展署「高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫」計畫架構

(二)、 訪談紀錄

表 4-6、經濟部產業發展署「高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫」訪談紀錄表

訪談對象	經濟部產業發展署「亞灣 5G AIoT 規模化創新應用計畫」委辦
訪談日期	民國 112 年 9 月 8 日
與談人	計畫委辦：張劭農 資深規劃師 資策會：王德仁、李穎芳
訪談內容	1. 兩年委辦之計畫中，含括之頻率應用主軸 □ 以國內具備 5G 開放網路架構之無線接取、核心網路、行動邊緣運算等技術之設備、系統整合及應用解決方案開發能力業者為補助對象。本計畫實證場域以落地高雄為限，並以亞洲新灣區優先，於智慧製造、體感育樂、智慧園區或其他具發展潛力之產業場域，進行 5G AIoT 規模化實證試煉。 □ 「規模化」為今年度之審查重點，以分為兩大類 • A 類：整體佈建至少(含)12 個基站(基頻模組(BaseBand Unit, BBU)或 CU 中央單元+DU 控制單元)，且 5G 網路訊號覆蓋需達總面積至少(含)50,000 平方公尺。

	• B 類：整體佈建至少(含)8 個基站(BBU 基頻模組或 CU 中央單元+DU 控制單元)，且 5G 網路訊號覆蓋需達總面積至少(含)15,000 平方公尺。 □ 應用類型 • 智慧製造：針對智慧製造及工安巡檢等重要營運流程優化透過無人巡檢、AI 製造輔助、AR 遠端協作、設備稼動異常、製程自動化、數據管理等應用，能提供 5G 多連結的智慧科技設備及提升生產營運可靠度、製造效率提升、生產品質優化等。其量化指標如端到端網路延遲、網路可靠度、網路服務可用度等或連線時基地台資訊、用戶數據總流量或終端用戶連線速率(上行／下行)等。 • 體感育樂：針對沉浸式體驗、延展實境(XR)、混合實境(Mixed Reality, MR)、虛擬實境(VR)或擴增實境(AR)、異地共演等應用的流暢度，能提供超大頻寬的傳輸速率、5G 多連結的智慧科技裝置與最佳化的使用者體驗，其量化指標如使用者體驗速率、延遲性、流量密度、連線密度等或應用服務整體使用狀況或體驗人數／人次，如使用者使用紀錄，包含用

	戶上下線時間、連線時基地台資訊、用戶數據使用量統計或終端用戶連線速率最大化(上行／下行)等。 • 智慧園區或其他：可依場域特性、應用領域、應用情境或導入 5G 網路方案所改變的關鍵網路效能提出量化指標，如端到端網路延遲、網路連線速率、移動可靠度、網路服務可用度、超低延遲(10 毫秒以下)等或連線時基地台資訊、終端段用戶連線速率(上行／下行等)等，以說明其提案可有效滿足選定之應用領域。 2. 委辦之計畫中，對於頻率使用的回饋 □ 干擾評估作業流程：警消清頻預計於 113 年完成，然目前之干擾評估作業流程需於各場域實證補助計畫收件後，才能申請干擾評估的調查權，萬一有干擾情形，加上協調等時間，對於執行計畫的期程造成延宕。 □ 目前干擾問題解決辦法：亞灣計畫 110-111 年採用委外租賃頻譜的方式做移頻，部分計畫(如中華電信 HOLO Park

	場域)則改採用商頻專網。亞灣計畫管理面來看，現在的戶外案場，亞灣區需保證清頻。 □ 專網頻寬不足：影音應用頻寬不足，後續商業模式無法做到企業對消費者(Business to Consumer, B2C)的生意。 3. 以委辦所接觸之場域經驗，對於專網管理辦法的意見反饋 □ 專網連接雲端的需求：數位部「雲世代數位轉型計畫」，推動智慧工廠採用雲端套件的服務，但與專網不可連接公網的限制互相牴觸。目前專網連接雲端需要通過專審，今年僅四件送審，業者仍在觀望居多。 □ 5G 行動專網的樣態無法合法：如文化部 5G 展演車、新竹 5G 行動救災車等。 □ 專網連接公網的需求：眾多應用仍須有串接的需求 • 即時翻譯系統、國際觀光導覽 • 跨國協同作戰 • 緊急臨時公眾網路(HAPS) • 生成式 AI 的藝術應用等

4. 目前各實證場域執行狀況

□ 111 年計畫核定名單(111/10/21 核定，共計 12 案)，112 年計畫核定名單尚未公告

	公司名稱	計畫名稱
1	夢想創造股份有限公司、大塊文化出版股份有限公司、福利事國際有限公司	XR 影視內容產製創新計畫
2	光禹國際數位娛樂開發股份有限公司、和合佰納媒體事業股份有限公司、鴻州企業有限公司	5G 全息裸眼元宇宙商用平台
3	國眾電腦股份有限公司、宏達國際電子股份有限公司、坤眾科技股份有限公司	5G AIoT 工業元宇宙智慧安防技術平台
4	頎邦科技股份有限公司、資拓宏宇國際股份有限公司、華電聯網股份有限公司、愛吠的狗娛樂股份有限公司	5G 封測製程高質化前瞻關鍵技術發展計畫

	5	鑫蘊林科股份有限公司、邁森科技股份有限公司、好想股份有限公司	5G-AIoT 全方位智慧工業整合型服務方案
	6	萬潤科技股份有限公司、中華電信股份有限公司、佐翼科技有限公司	智慧工安風險管理創新服務-5G 智能巡檢
	7	豪勉科技股份有限公司、翰揚生理感測股份有限公司、瑞德感知科技股份有限公司、慧誠智醫股份有限公司	5G 全息遠距智匯醫護行動小棧計畫
	8	雲高科技股份有限公司、大綜電腦系統股份有限公司、晶新資訊股份有限公司	智慧工安風控支援決策整合服務計畫
	9	亞果遊艇開發股份有限公司、力新國際科技股份有限公司、燦星國際旅行社股份有限公司	全球首座 5G 智慧遊艇碼頭營運建置計畫

10	亞旭電腦股份有限公司、鼎拉斯數位股份有限公司、十三行互動有限公司	5G 沉浸式互動展演平台
11	高雄展覽館股份有限公司、仁寶電腦工業股份有限公司、光陣三維科技股份有限公司	5G 智慧場館會展創新應用整合平台
12	高雄捷運股份有限公司、方陣聯合數位科技股份有限公司、佳駿科技股份有限公司	元宇宙之究極奧義~無限列車!

5. 專網干擾協調議題

- 於 112 年 9 月初時，為釐清申請案和諧共用之可行性，邀請相關部會及廠商召開會議討論評估方式，協調干擾評估及建議配套措施
  (1) 依據「行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法」第 10 條規定，5G 專頻專網應於申請前徵得設置場域範圍內之既有網路設置者與既設微波電台設置者之同意。

(2) 因本部核發之 5G 專頻專網執照頻段為 4.8-4.9GHz。若申請者有戶外設置基地台之需求，則需徵得 4.8-4.8GHz 合法既有使用者(警政署、消防署單位)同意。另外警消微波網路系統移頻計畫於 113 年底完成。

(3) 為釐清申請案和諧共用之可行性，透過本次會議討論評估方式，評估申請者之設置位置與貴單位之微波站台有無干擾之虞及建議配套措施。

(4) 高雄市(已申請干擾評估 3 案；潛在申請 6 案)

申請者	縣市/區域	地點描述或地址	計畫或應用	案源
中華電信/高雄市政府交通局	高雄市前鎮區	「高雄輕軌路口」八個路口	以5G車聯網技術建構輕軌路口安全智慧輔助系統	國發會二期
中華電信	高雄市鼓山區	HOLO PARK- 光禹浮空劇院生活廣場	HOLO PARK- 光禹浮空劇院生活廣場	一般
遠傳電信	高雄市永安區	永安漁場	無人機於漁場巡檢與投料應用	一般
潛在申請案件				
高雄展覽館	高雄市前鎮區	高雄展覽館	文化 5G-智慧展館	實驗網+亞灣 5G AIoT
亞果遊艇	高雄市苓雅區	愛河灣遊艇碼頭區 A 區	全球首座5G智慧遊艇碼頭營運建置計畫	亞灣 5G AIoT
鑫蘊林科	高雄市小港區	中港廠區	5G-AIoT 全方位智慧工業整合型服務方案	亞灣 5G AIoT
國眾電腦	高雄市仁武區	台塑仁武廠	5G AIoT 工業元宇宙智慧安防技術平	亞灣 5G AIoT

			台	
中華電信	台南市安平區 高雄市苓雅區	南紡購物中心、安平老街、鹽水國中/高雄展覽館	5G 元宇宙科技推動城市行銷服務創新發展計畫	國發會二期
精誠、萬潤科技	高雄市小港區	高雄中鋼焦爐氣桶槽區(室外)	運用 5G O-RAN 通訊發展大型工業物件數位雙生維護檢測計畫	國發會二期

(5) 台北市(已申請干擾評估 1 案；潛在申請 2 案)

申請者	縣市/區域	地點描述或地址	計畫或應用	案源
台灣固網	台北市信義區	松山文創園區	5G 專網古蹟場域智慧應用整合與開發計畫	國發會二期
潛在申請案件				
南港展覽館	台北市南港區	南港展覽館 台北市南港區經貿二路 2 號	文化 5G-智慧展館	產業署補助法人
中正紀念堂	台北市中正區	中正紀念堂 台北市中正區中山南路 21 號	文化 5G-智慧展演	產業署補助法人
南港展覽館	台北市南港區	南港展覽館 台北市南港區經貿二路 2 號	文化 5G-智慧展館	產業署補助法人

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

四、 委辦單位深度訪談：數位部產業署 5G+系統暨應用淬鍊計畫

(一)、 計畫簡介

數位部產業署「5G+系統暨應用淬鍊計畫」為四年期的研發型計畫。

「5G 垂直應用專網系統」部分，以完成 5G 專網系統解決方案發展為目標，打造符合 3GPP 標準之 5G 網路系統，包含基植於網路虛擬化平台之小基站、網路干擾管理與網管自動化系統、智慧型行動網緣運算閘道器、核心網路以及虛擬化系統與管理平台等。

「發展全方位資安防護系統」部分，以 5G 資安防護規劃發展設備及虛擬環境合規維運驗證技術，並建構 5G 網路整體的資安策略偵防協作系統，以確保 5G 網路提供大流量、高可靠度與低延遲的服務同時，能夠確保整體垂直應用服務的安全性。

「整合科技創新應用」部分，以創新整合驗證場域進行技術與應用服務驗證，發展先進技術與新產業生態系強化軟硬整合、智慧型數據分析與系統布局能力，建立在地應用服務與 5G 聯網解決方案實際案例，並與場域業主合作進行應用服務技術驗證(Technical Trail)，帶動產品與服務跨業無縫整合，建構 5G 專網應用運行案例，為台灣在新一波通訊產業發展帶來新契機。

最後是「系統整合與實地技術驗證」部分，提供國內垂直產業規劃 5G

垂直應用與網路部署時，與 5G 產業鏈關鍵廠商的合作參考方向。瞭解目前國際於 5G 主要候選頻段之應用現況，配合推動我國 5G 垂直場域專用頻譜的釋出及相關法規調適，以加速 5G 產業應用發展商機。同時依國際頻譜發展政策與趨勢，協助與交通部、國家通訊傳播委員會合作進行我國 5G 垂直場域頻譜之政策及法規調適，協助產業在可負擔的前提下取得專用頻譜，以推展產業應用商機。本計畫亦推動由國內公協會成立「開放 5G 系統產業聯盟」，鏈結電信運營商、國內研發法人、硬體設備廠商、國際大廠國際大廠網路功能虛擬化基礎設施(Network Functions Virtualization Infrastructure, NFVI)平台、測試儀器與電信開源軟體等，協助國內產業掌握此波 5G 新商機。

(二)、 訪談紀錄

表 4-7、數位部產業署「5G+系統暨應用淬鍊計畫」訪談紀錄表

訪談對象	數位部產業署「5G+系統暨應用淬鍊計畫」計畫委辦
訪談日期	民國　112　年　10　月　16　日
與談人	計畫委辦：黃宇 資策會 軟體技術研究院： 李揚 副主任、王德仁 協理、李穎芳 組長、王薑珮
訪談內容	計畫成果 1. 本計畫為技術導向的研發型計畫，重點在於技術的突破，包

	含：多基站智慧協調管理技術、5G 時間敏感專網技術、虛擬化平臺效能最佳化與管理系統三項，具 5G 無線通信系統重要技術特徵的技術 2. 研發成果特別重視落實於業者建置 5G 專網，兼具技術與產業價值。 <u>計畫執行回饋</u> 1. 本計畫雖以 5G 專網為主，因其它連結技術包括 Wi-Fi、藍牙、 Zigbee、LoRa、UWB 等多種異質通訊技術的整合，分別可提供大量資訊流量、準確定位或或低功耗特性，應可與專網配合發展計畫擬支持的應用場域。 2. 5G 推出至今仍未有顯著殺手級應用或產品出現，建議可深入檢視原因，以及頻率相關法規、資源可協助突破的可能性，並協同業者發展與技術相稱的產品或服務。。

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

五、 委辦單位深度訪談：交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」

(一)、 計畫簡介

「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」宗旨為協助國內相關產業進一步提升技術能量及國際市場競爭力，一同擘劃我國 5G 智慧城市新紀元。淡海新市鎮做為城市發展的重要區域，規劃了多元完善的交通運具，區域人口目前雖僅萬餘人，但隨著區域內重大建設陸續到位，未來人口預期將持續成長。在兼具運具多元性及低人口密度的環境優勢下，具備輕軌、公車、機車、汽車等混合車流，有別於其他封閉式場域，能在真實道路進行各種測試、資料蒐集及實證服務模式的淡海新市鎮自然成為「5G 智慧交通實驗場域」的首選。本計畫為持續完善開放試驗場域精神，建構聯網車環境，調合國內外環境與需求差異，透過淡海場域試驗平臺孕育我國霧端應用服務新興產業，且塑造產業國際標準基礎及實證服務商業模式，以接軌國際標準新技術。未來，期待台灣智慧交通相關產業一起投入開發，並在 5G 通信環境下創造新興智慧交通服務與產品，一同搶攻國際市場。

交通部交通科技及資訊司(原科技顧問室)推動「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」，其計畫宗旨呼應了「110 至 113 年智慧運輸系統發展建設計畫」的「5G 智慧交通實驗場域政策」發展目標。而在第五代移動通信世代(5G)與人工智慧(AI)快速發展的此刻，由交通部推展的淡海新市鎮智慧

交通場域試驗與智慧無人巴士接駁研究計畫，將我國智慧城市的發展帶入了另一個嶄新的里程。

淡海新市鎮實驗場域為打造軟硬體兼備的優質基礎建設，結合交通業跟通訊業，以迎接 5G 市場的來臨。試驗場域以實現未來生活城為願景，在淡海新市鎮智慧交通生活情境實驗場域中，不僅能讓不同領域的專才進行技術合作，透過實驗場域產生產業生態鏈，將智慧交通落實於生活之中，亦是讓智慧交通更貼近大眾的最佳方案。透過於淡海新市鎮成立 5G 智慧交通實驗場域，由交通部擔任規劃擔任整體系統研發整合與性能驗證的總合角色，在營運服務面投入沙盒運行，創新服務，驗證各種營用模式；而系統供應面則藉由實車搭載，累積數據，精進各項系統。

淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫持續完善開放試驗場域精神，建構聯網車環境，調合國內外環境與需求差異，透過淡海場域試驗平臺孕育我國霧端應用服務新興產業，且塑造產業國際標準基礎及實證服務商業模式，以接軌國際標準新技術。

資料來源：淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫，2022 年 11 月

圖 4-3、淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計目標與目的

(二)、 訪談紀錄

表 4-8、交通部科技顧問室「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」訪談紀錄表

訪談對象	交通部科技顧問室	
訪談日期	民國 112 年 10 月 16 日	
與談人	交通部 交通科技及資訊司： 李霞 簡正 張祐榕 科長 楊承翰 技正 張于庭 副研究員 交通部 運輸研究所： 周家慶 博士	華電聯網： 林君潔 工程師 資策會 科法所： 陳箴 副法律研究員 資策會 軟體技術研究院： 李揚 副主任、王德仁 協理、 李穎芳 組長、王嘉珮
訪談內容	對於車聯網議題之相關看法及建議： 1. 希望能釐清在車聯網議題中，數位部及國家通訊傳播委員會(National Communications Commission, NCC)的分工方式為何，在申請頻段及電台使用時主責單位為數位部，但後續監管為 NCC，故整體申請使用上的規範相當複雜。 2. 在車聯網議題當中，有非常多的單位都在為此努力及深耕，包含經濟部、產業界等等，而交通部科技顧問室主要在淡海	

	新市鎮的場域中進行車聯網相關實驗，在此場域中有架設RSU，且也開放外界有意願進入此實驗場域測試的業者可攜帶自家的 OBU 或 RSU 一同申請測試，故整體在申請頻段及增加設備上遇到相當多的申請程序問題，本次僅針對淡海場域所遇到的困難提出相對應的建議。 3. 淡海場域強調希望透過建置完善的 RSU 設備後，能讓所有有意願的驗測廠商加入時可不用重複建置環境，且在場域內的 RSU 設備所發射的訊號都符合驗測標準，故驗測廠商只要能接受到場域內 RSU 所發射的訊號，或廠商的 OBU 發射的訊號能被場域內的 RSU 所接收，就符合美國 Omni Air 的驗測流程，後續若有意願將設備輸出到國際，則國際接受度會更高。基於這樣的實驗環境建置理念，本實驗案需要合法的實驗頻率使用核准，在初期申請時非常順利，但在後期有新廠商的 OBU 或 RSU 欲進入場域測試時，會需不斷重複進行專用網路申請變更及電臺審驗變更，希望能有相對應的簡化，以解決耗費大量時間申請變更流程的痛點。 4. 在 NCC 的專用網路申請規範中，提案時即明確要求要申請者須提出之資訊，包含：設置點點位、廠牌型號等，後續申請設置電台時，會核對當前設置之點位是否符合先前申請內

	容，未在計畫書中的申請內容不予核可，而只要其中有任何一項資訊變更，即必須提出變更申請流程。 5. 淡海新市鎮場域案與其他實驗案不同之處為：其他實驗場域都為固定實驗路線及設備建置，而本案實驗場域會有設備增減的情況，故會有重複審驗的問題，是否能參考無人載具科技創新實驗條例，將淡海場域劃分至車聯網實驗頻譜特定實驗場域範圍，以簡化審驗流程。 6. 監理沙盒可以簡化短期性非封閉場域實驗相關流程，其為國際常用的創新實驗機制，在定義區域下可以簡化相關流程審驗，但目前台灣尚未定義監理沙盒適用機制，若要排除相關規範則需要修正電信法，或許可比照國外監理沙盒實施方式，簡化或排除相關申請流程。 7. 國外有些自駕車歸屬於無人載具，不特別定義為車聯網，國內能否參照此方式，將車聯網解釋自駕車初階的一環，為無人載具的變形，嘗試將車聯網定義在無人載具下，使車聯網可適用無人載具相關實驗規範，可後續再討論可行性。 8. 針對 OBU 相關審驗，未來希望能比照國際之型式審驗，雖現行國內並沒有相關規範，但 NCC 未來應該也會往型式審驗方式進行規範。

	9. 現行法規中，低功率設備可採用簡化流程申請，RSU 因非低功率設備，不符合低功率審驗模式，故無法簡化相關審驗流程，或許會後能與華電聯網公司研討為何 DSRC 能符合低功率，但 C-V2X 無法，若 C-V2X 也能符合低功率設備，則可簡化審驗流程。 10. 以國際案例而言，美國及加拿皆認為 RSU 並不適合採取型式認證方式，因為自行設置 RSU 會有干擾及交通安全的問題，故較多還是以劃定區域範圍限制核發許可數量。且因 RSU 在本質上較屬於基礎建設，故建置及後續維護該由何方負責，是否能比照現行交通號誌維護管理的機制，仍是待討論的議題，故 RSU 在監管上的挑戰比 OBU 更為困難。 11. 在 DSRC 時代，認為因電信商沒有介入，故應該由政府進行主導、建置及投資，但在 C-V2X 階段，電信業者及 3GPP 都認為應由電信商建置即可，不需政府介入。在這個課題方面，是否能參考國外使用方式並結合國內發展現況，提出相關建議？車聯網應該屬於商網還是專網模式，也還是長期待討論的議題，若需走出實驗網進行大量佈建，則需建立商業模式，或由地方政府負責，不以商業模式只建立相關基礎設施，在整體網路架構的定義上尚未有相關的定案。國外多以政府委

	由電信商進行 RSU 建置，而 OBU 部分則建議規範為型式審驗，而後續號碼核配及終端裝置管理措施也尚待討論。 12. 國外車聯網多以車為出發點，重視車與車之間的溝通及車隊管理機制，屬於民間主導，不一定需要政府介入，只有與道路相關的議題需政府主導，其餘車對人、車對車等等，都可由營運商為主體進行發想。 13. 針對車聯網中長期修正建議，本部多以短期計畫及場域為主，故只能提供短期試驗修正建議，中長期建議應該多訪問相關部門後才能共同研擬並提出建議。 14. 車聯網議題上，經濟部也為重要的一環，應該邀請經濟部一同討論，以了解其對於車聯網議題的態度，建議也可訪問車聯網協會。 <u>對於 5G 專網之相關看法及建議：</u> 1. 在 5G 專網的相關申請上，沒有特別的困難，頻率目前足用。 2. 5G 相關計畫與淡海計畫最大的差異在於，5G 計畫的所有設備及建制都是固定且提案時就定義完整的，但車聯網淡海計畫卻不固定，會有相關設備新增的問題，故在變更申請上會有許多困難。

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

六、 委辦單位深度訪談小結

綜上訪談各計畫委辦單位的紀錄，彙整各單位對於頻率資源應用相關意見之回饋如下：

(一)、 頻率使用與挑戰

- 高頻寬需求:在工業、智慧製造等場景中,存在多終端同時大頻寬、高流量的需求，目前的頻寬可能不足以滿足這些需求
- 物聯網需求：窄頻、通訊介面整合的需求，如 RedCap
- 異質網路整合：新舊通訊介面的融合，創造更靈活的網路架構
- 干擾問題：特別是在警消專網議題中，需要明定協調機制及做法

(二)、 網路架構與應用

- 專頻/ 商頻專網的適用性：密閉空間適合專頻專網，而戶外應用則適合商頻專網
- 室內外混合型態：需視具體需求決定,例如多廠區智慧製造或校園應用
- 跨區域獨立專網串連:對於大型企業或跨區域服務,獨立專網串連顯得尤為重要

(三)、 法規與政策建議

- 因應室內外混和環境型態,需研究場域溢波(<-125dBm)限制條件之合理性

- 研究專網連接公網之管理辦法

(四)、 其他重要議題

- 5G 應用終端的開發：推動更多 5G 應用終端的開發，以滿足不同領域的需求
- 開放網路技術：降低對傳統封閉式電信設備的依賴，推動開放網路技術的應用
- 地區特定應用：如高雄亞洲新灣區的特定應用，強調地區特色和特定產業的需求

七、 受委辦單位深度訪談：亞旭電腦「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」

(一)、 廠商簡介

「亞旭電腦」[195]成立於 1989 年，為華碩集團一員，深耕網路通訊開發及電子產品製造。近年除專注於網路通訊開發及電子產品製造外，更聚焦 5G、Wi-Fi 6 專網應用；透過 5G 及 Wi-Fi 6 端到端異質網路整合的專網解決方案，提供工業等級專網一站式服務，並運用低總擁有成本、簡易佈署與管理、高效卓越性能等三項關鍵優勢，滿足各項專網應用需求。以自身研發的 5G 小基站、5G 終端設備、Wi-Fi 6/6E 無線網路設備、Wi-Fi 7 路由器等，藉由零死角的無線訊號覆蓋、連結更多的無線接取設備、大幅降低網路傳輸延遲時間等特性，可備援網路支援不中斷服務，搭配 AirWave Management Platform(AMP)網管軟體及第三方物聯網設備與 5G 核心網路相結合，實現高頻寬、低延遲、多連結、高資安的 5G 端到端專網解決方案，積極打造 5G 專網場域及實證案例，陸續切進監測水中生態、智慧製造及沉浸式展演等應用。

亞旭的 5G/Wi-Fi 6 專網解決方案已實際成功應用於不同領域。如可將水下感測裝置數據和高解析度影像即時傳輸到網管系統及戰情中心，以利監測水中生態。

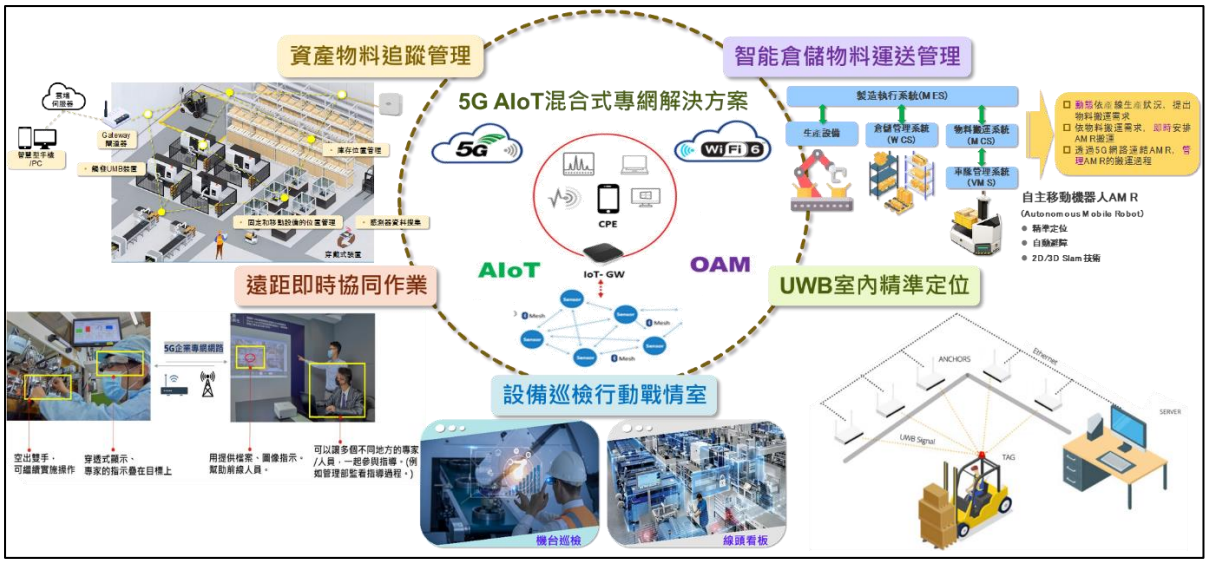
[195] 亞旭電腦 https://www.askey.com.tw/tw/

在智慧製造方面，亞旭在台灣精密螺絲廠運用亞旭的 5G New Radio (5G NR) ODU/CPE/USB Dongle 等接取設備，使自主移動機器人(AMR)、無人搬運車(AGV)和 VR 蒐集的數據能快速傳輸至網管系統，讓操作人員可即時協同作業和進行遠端維護，將工廠效能、產能最大化。

智慧育樂應用方面，亞旭攜手高雄市政府，在壽山動物園建立「5G 動物園開放平台」，整合 5G 商頻專網、5G 專頻專網與光纖網路之複合式網路架構，搭配 AR/VR、4K/8K 串流、現場 360 直播、基於位置的服務(Location-Based Service, LBS)定位等技術提升遊客互動體驗。

智慧展演應用方面，亞旭高雄衛武營國家藝術文化中心打造沉浸式展演平台，結合沉浸式投影、定位服務和 AR 互動等多種技術，實現多人、異地的虛擬互動體驗。

今年度，亞旭電腦以「5G AIoT 智慧製造跨場域應用」通過國家發展委員會促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫，以亞旭自有 5G AIoT 企業專網設備，結合國內外大廠組成國際跨業合作團隊(華碩電腦、凌華電腦、Microsoft、Druid 等)，發展並淬煉 5G 智慧製造解決方案，逐步進軍國際 5G 企業專網市場。同時以多場域、多應用方式進行 5G AIoT 企業專網深度實證，實現各項智慧製造先進應用，解決亞旭/華碩自有工廠既存痛點，以支援數位轉型的 5G 基礎建設提昇工廠管理效率及產線產能。



資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-4、亞旭電腦 5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫架構

(二)、 企業訪談記錄表

表 4-9、亞旭電腦企業訪談記錄表

公司	亞旭電腦股份有限公司
訪談日期	民國 112 年 5 月 16 日
訪談人員	• 亞旭電腦：周明峰 特別助理、洪文堅 特別助理、張誌偉 經理、王亮淵 經理 • 資策會：王德仁 協理、王嘉珮
訪談內容	1. 5G 技術中，哪些最有機會在 B5G 世代(2028 年前)普及，獲得國際主流營運商採用，並推出商用服務? 在台灣最有機會獲得電信商或專網營運者青睞，具市場獲利潛力？ □ 5G RedCap(NR-LITE)之物聯網應用： (1). 物聯網應用是在 3GPP Releases 17 版才出來的，物聯網需要低成本，此應用未來需求量會非常大，但非近一兩年內，可能為 4~5 年後的需求，NR-LITE 綁定小基站非大基站，可以解決物聯網連線需求大導致系統無法負荷的問題。 (2). RedCap 是為了提供較低成本的基站讓物聯網應用使用，但低成本相對覆蓋率較小，故本公司認為是假議題。

	◘ 5G 非地面通訊(NTN)之連網服務： NTN 是大議題且互補的，可以作為專網搭配使用，但成本較高，若政府與衛星公司(SpaceX 等)進行合作，開放給專網業者對接使用，才能達到 NTN 連網服務，由政府角度出發，並分發給業者使用，才是正確的，故 NTN 有潛力但需要政府出頭。 ◘ 毫米波通訊應用服務： 毫米波在運營商應用服務較多，只能進行 FWA 服務，應用無法廣泛推動，FWA 只有運營商有 Model 可以開發，但為短距離應用，故毫米波應用服務方面目前除了 FWA，無其他應用市場。 ◘ 端到端網路切片之 5G 專網服務： 端到端網路切片為商網議題，專網服務為企業獨用，多為物聯網連線，幾乎不需要使用到網路切片，或許只有少數的大型特殊專網工廠才需要。 ◘ 工業物聯網(Industrial Internet of Things, IIoT)或時間敏感型網路(Time-Sensitive Networking, TSN)之 5G 專網服務：

TSN 需要結合超可靠低延遲通訊(Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC)，國內尚未有其需求，TSN 需求為超低延遲，投資成本非常高，應用通常為高精密控制網路，此應用場景非常特殊，故其需求非常少，只有機器對機器的傳輸會需要TSN，大約只有未來的智慧工廠會有其需求，故目前台灣市場並未有大量的 TSN 需求。TSN 非鋼需，5G+TSN 可作為更好更重要的解決方案。

IIoT 為鋼需議題,但不見得必須使用 TSN 作為解決方案，有完整的互聯互接標準會更完善。IIoT 較偏向於能支持已經完整測試過且便於對接的 5G 工業物聯標準，如開放平台通訊- 統一架構(Open Platform Communications Unified Architectu, OPC UA)標準。

□ 異質網路混合組網：

異質網路混合組網為重要議題，尤其 5G+Wi-Fi6 討論度最高。

2. 公司對頻率相關應用之看法與投入情形：

□ 車聯網：

亞旭目前有車隊管理系統，2015 年開發行車記錄器連網功能，透過連網設備搭配 AI 識別及 AR 功能進行車況、路況辨識，並連結到後端的車聯網管理雲端系統，並開發 C-V2X、車載單元(OBU)、路側單元(RSU)，是台灣第一個量產 Roadside Unit 的企業。但目前開發的系統僅能供台灣使用，而無法符合國際規格，因台灣所推的號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準(TCROS)為台灣獨規，非美規也非歐規，故所開發的車聯網產品並不適用於其他國家，在台灣車側與路側皆為政府主導，但美國及歐洲等大多為企業主導，故規範皆不相同，無法將台灣市場推廣至國際。

台灣的智慧交通系統各縣市的規範皆不相同，且大多為台灣獨規，故台灣目前主推電動車，在車聯網技術並無廠商特別專研。綜上所述，亞旭雖在車聯網技術方面有著墨，但因為很難商品化，故國際市場上只有販售車側系統(OBU)，路側系統無法打入市場。

	◘ ESG： 目前在通訊業較為落後，因運營商多注重在大型基站上的節能，並強調以 AI 功能自動化節能、自動感測器更優化，但此節能方式只適用於大型基站，大型基站著重於流量控管達到節能目的，而小型基站的節能只能從系統架構及設備結構進行改進，本身整體設計的能量耗損就相對低，故在 O-RAN 架構下開發小型基站並不合理，小型基站的市場為 5G Coverage Hole，多為民生物聯網應用，使用小基站達到小區域需要的應用。 小基站不容易有網路切片的需求，但大型網路概念下，會有網路切片需求，但非從頻譜的角度進行，而是從網路資源的角度切入，包含 Backhaul 需求。 ◘ 衛星通訊應用： 亞旭目前並無投入供應鏈的規劃，但可進行應用規劃(與 Starlink 合作專網等等)，短期而言，投入衛星供應鏈大市場並無潛力。

	3. 對專網管理政策的看法： (1). 專網頻譜定義-125dBm 的強度範圍，很容易超標，若要低於-125dBm 只能降低訊號發射強度，但會導致範圍內的效能不佳，很難達到這樣的標準，或許可多開幾次公聽會一同研討。 (2). 專網的監理屬於 NCC，目前審查標準作業程序(Standard Operating Procedures, SOP)並未明確定義，NCC 與數位部尚未協調出何方負責審理，審理方式為自評測試報告或是由監理單位抽審至現場量測皆未定義。 (3). 警消專用通訊使用微波，會影響 5G 專網，但 5G 專網不影響警用微波，政府尚未定義何段頻譜範圍會影響警消所用之微波、如何證明是否干擾，目前為向財團法人電信技術中心(Telecom Technology Center, TTC)申請後由 TTC 單點測試，建議由政府統一測試定義如何會干擾，明確定出干擾標準。 (4). 5G 專網只能自用不可盈利及不可連接公眾網路之規範，於企業而言無相對利益，連 AI 應用都無法實行，故專網的實際使用無法廣泛，此條管理辦法無法讓專

	網真的達到廣泛、應用開發無法商品化，5G 專網若想推動全球化，則台灣的專網不該受限，5G 專網的價值為數位轉型，要能連上公眾網路，才會有大量複製的開發潛力。 (5). 專網資安層級要求： a. 公眾網路資安要求需要高，但企業專網可依企業需求而定，並非所有企業的專網都需要高強度的資安，如：肉品工廠 vs 台積電工場所需的資安等級不相同，建議可定義最低標準的資安層級，再由企業視需求自行調整即可。 b. 目前的資安標章的測試標準也尚未定義完整的測試步驟，只有定義測試項目。各家廠商的網路配置接不相同、所需的資安層級也不同，故政府所定義的資安要求應該回歸到設備是否有通過基本資安檢測，若要按照國際標準進行標準定義，則須先參與國際組織，否則定義的標準都只單單適用於台灣，而無法被國際所認證。

	4. 對頻譜管理政策的看法： (1). 目前頻譜政策的分配並未明確，交通部郵電司未將分配頻譜資源的工作交付給數位部，仍由交通部負責，監理單位為 NCC，若要從產業角度看頻譜資源議題，數位部不應只管理 N79 頻譜，而應該更廣泛的進行頻譜資源分配。目前從產業導向來看，頻譜政策偏向保守，導致無法與國際接軌，如 Wi-Fi 6e，北美開 1.2GHz，但台灣中華電信認為開 1.2GHz 會影響商用頻譜，若 Wi-Fi 很廣泛就不需要用到 5G，故中華電信並不希望 Wi-Fi 6e 頻譜使用 1.2GHz，Wi-Fi 對商網來說會是競爭，故營運商會希望 Wi-Fi 頻譜不要開放過大，保留給未來 5G 使用。總體來說，無法與北美接軌，因頻譜開放不相同，無法走向國際化。 (2). 若數位部想將頻譜進行規範，則不應從台灣運營商的角度看待頻譜分配的議題，也不該讓營運商進行控制。

訪談照片	

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

八、 受委辦單位深度訪談：伸波通訊「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」

(一)、 廠商簡介

「伸波通訊股份有限公司」[196]以無線通訊產業軟硬體研發為核心，提供服務包括：無線通訊設備室內無線涵蓋優化方案、行動網路優化工具平台和網路優化服務等，近年更搭上 5G 專網風潮，提供各樣專網建置及應用系統整合。

在 111 年度新竹市政府與伸波通訊聯手合作，並夥同國內外科技大廠英特爾、微軟、和碩聯合科技，規劃 5G 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統，透過申請國家發展委員會計畫徵案補助共同研發「5G ORAN 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統」，用以開發高可靠度 5G 救災專網系統結合可移動式衛星，成為全國首創 5G 整合衛星通訊的應用，合力打造「救災零時差、通訊無死角」的專用通訊網路。

今年度更將 5G 整合衛星的通訊系統，由路上延伸至海上，解決遠洋貨輪痛點，再度攜手台灣微軟及和碩，一起幫陽明海運打造台灣第一艘 5G 專網貨輪，全貨輪覆蓋 5G 網路，並透過低軌衛星訊號上雲，提供船上人員基本網路及通訊服務，預計於今年底建置完成，2024 年第 3 季度完成驗證。若順利驗證成功，陽明海運導入 5G 專網應用後，除滿足船員基本的數位平權外，期望可以導入更多新的應用，如遠距醫療與數位雙生維修等服務。

[196] 伸波通訊 https://www.wavein.com.tw/

(二)、 企業訪談記錄表

表 4-10、伸波通訊企業訪談記錄表

公司	伸波通訊股份有限公司
訪談日期	民國 112 年 5 月 31 日
訪談人員	● 伸波通訊：黃文傑 董事長、賴順應 營運長 ● 資策會：王德仁、李穎芳、王嘉珮 ● TTC：許瑾寧 等
訪談內容	1. 公司對頻率相關應用之看法與投入情形： □ 衛星通訊應用： (1). 伸波在衛星投入方面有三塊領域，包含衛星運營(代理)、地面站及 EP，其中最著墨於地面站提供專案衛星服務。伸波屬於 SI 角色只支援專案問題，不介入成為衛星營運商，而是提供應用解決方案。 (2). 伸波在衛星應用方面相關案例： a. 離岸風電工廠。 b. 陽明海運：貨船衛星網路，針對醫療救援及船員網路提供 4Gbps/月，但遠洋訊號不佳，實測上傳 0.6Gbps，下載 4Gbps。核網、CU、DU 採用

	和碩設備，並使用 Starlink 對接 5G，船內 5G 專網採用 4.8~4.9GHz 頻段。 c. 5G 結合衛星通訊示範場域：在馬祖、新竹及北科大建立 5G 結合衛星通訊示範場域，採用 SES 定點式衛星接收站。 d. 移動式海岸及山難 5G 專網救災通訊：使用 COMP 中軌衛星接收站(40*40*25)，可放置車頂進行移動通訊，但換手時會有 6 秒斷線，Throughput 上下行約 15M，其目標為打造移動式海岸及山難 5G 專網救災通訊。 (3). 伸波也是軌道及軌道間的系統整合商，在衛星及衛星間夾帶雷射光，以台灣為例，發展低軌衛星無法發射幾千顆，故可發射幾十顆衛星，完整經過台灣約莫四分鐘，繞行一圈約需 70 分鐘會再回到台灣，針對中間斷訊問題可用低軌轉中軌，使用商務中軌做 SES，達到全球覆蓋。 (4). 衛星與頻譜實際使用並不衝突。

2. 對網通軟體技術之看法與投入情形：

□ 5G Open RAN 專網服務：

(1). 針對 5G 專網連網際網路議題，伸波為系統整合商，技術方面都可達到使其連線，但法規如何規定對伸波而言，將依據政府及衛星供應商之頻譜規範。

(2). 5G 專網規範在台灣相對嚴謹。伸波認為應關注的重點非政策，而是要能落地且對產業與使用者有幫助，而 5G 專網到底能有什麼益處、解決何種問題、為何要落地、5G 專網的性價比是否真的高於其他網路解決方案，才是 5G 專網真正要釐清的問題。

(3). 5G Open RAN 專網服務在特殊場域才會有價值，實際使用與 Wi-Fi 並無差別，尤其在不移動的情況之下，甚至有可能比 Wi-Fi 更差，只有 All-In-One Small Cell 可能會有機會，其餘則沒有。

(4). 伸波在 5G Open RAN 專網服務相關案例：

a. 中小企業處案例：以實證雲端核網(Cloud Core)，透過 VPN 連線 ADSL 及 Small Cell 連接專網，證明專網與 VPN 可以對接。

	b. 緯創合作案例：5G 智慧醫療老人照護，藉由 5G 專網多據點對連。 3. 在韌性網路之服務等級協定(Service-Level Agreement, SLA)相關看法為何？有無須政府介入協助之處？ (1). 低軌衛星的商業模式為 B2C，原始設計 Uplink 頻寬小、Downlink 頻寬大，也無法提供 SLA，不適合韌性網路使用。 (2). 韌性網路在技術層面其實都已經達到、並整體架構已備妥，只待政府確認整體韌性網路願意以多少成本建設並購買設備，韌性網路非新興議題，美國國防部之技術尤為成熟，以全球覆蓋為例：美國建置一個韌性網路解決方案，由 SES 提供一個 One Cloud Only 的 Direct Link，無論從全球何地連線終將回到白宮，中間不經過任何的 Cloud 及網路，是完全乾淨的全球覆蓋網路環境，相對成本非常高。故韌性網路的基礎架構及技術是已有先例且可行的，就待台灣電信法規定義完善，伸波是系統整合商，可在其中扮演系統架構提供者的角色。

	(3). 以台灣地形來說中軌衛星更適合作為韌性網路解決方案之選項，低軌衛星不適合，若使用低軌衛星其需解決的最大問題是要連線至何處，因低軌衛星約 250 公里的範圍需要一個地面接收站，但依台灣來說 250 公里勢必在海上或對岸，故台灣若要連接則需依靠日本或菲律賓，故低軌衛星並不適合作為台灣建置韌性網路的選項。伸波認為台灣若能發射自己的低軌衛星並與其他國家的中軌衛星串接會是較為可行的解決方案，韌性網路最終需要能移動與隱形的能力，才能真的躲過攻擊。 (4). 衛星服務當中，成本最高的並非設備，而是傳輸成本及接收何種資訊。建構韌性網路的租借費用是商業問題，如何連線與商業模式如何運作才是需持續討論的議題。 4. 在資安議題部分： 伸波認為不應針對衛星與 5G 通訊傳輸加密，因為皆不安全，而是應針對 end to end 進行資訊加密。

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

九、 受委辦單位深度訪談：仁寶電腦「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」

(一)、 廠商簡介

全球筆電代工大廠仁寶電腦,自 2018 年開始布局 5G 技術發展與應用,鎖定智慧製造、雲端遊戲、健康醫療與智慧教育 4 大領域,提供 5G 智慧應用完整解決方案。2020 年推出 5G 小基站、5G 通訊模組、5G 無線網路分享器、5G 智慧穿戴裝置等,並首創開放式 XR Cube 邊緣運算解決方案,實際應用案例則包含,在日月光高雄首座 5G 專網工廠導入 MR 眼鏡,與華電聯網合作打造全球首創的 5G XR 風電虛實整合模擬訓練系統。

仁寶持續發展符合 O-RAN 規格的 5G 基站產品,並攜手合作夥伴,提供端到端 5G O-RAN 一站式解決方案,相關應用也已落實在智慧醫療、智慧工廠、智慧展演等應用上。今年將擴大 5G 應用在智慧展演領域,包含與高雄市政府和經濟部合作 5G MR 無人機競賽,此外,智慧醫療應用上也持續與資策會、工研院共同發表 5G 遠距腹部超音波遙控診斷驗證等遠距醫療成果。

(二)、 訪談記錄表

表 4-11、仁寶電腦「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」訪談紀錄表

公司名稱	仁寶電腦股份有限公司
訪談日期	民國 112 年 9 月 11 日
與談人	仁寶電腦 莊弘毅 總監、范綱明 處長 資策會 軟體技術研究院：王德仁 協理、李穎芳 組長
訪談內容	1. 仁寶 5G 應用 仁寶電腦做為全球智慧裝置領導大廠，從雲、網、端全面開展，全球第一款 APAL 5G MiFi、APAL 5G 混合實境智慧眼鏡、XR Cube 雲端服務平台等陸續整合上線，除了 5G 端到端的網路產品外，更整合應用打入電競娛樂、數位教育、未來工廠、遠距醫療，推波元宇宙在各產業的實現速度。 2. 5G 無人機電競應用 仁寶連續 2 年(2022-2023)分別在新竹與高雄登場的 5G 無人機競賽，透過與資策會、工研院在經濟部技術處(現改組為經濟部產業技術司)支持下開始技術上的合作，開發出全球首套 5G 無人機電競系統，輕量化 5G 攝影機與超低延遲數位圖像傳

	輸，實證 5G 專網大頻寬、低延遲特性，展現無人機高速定位、5G 傳輸影像串流、混合實境 MR 運算等技術能量與商業化驗證，無人機穿梭在夜光 LED 虛實整合賽道，視覺效果上刺激又擬真，讓玩家大呼過癮。 3. 5G 混合實境應用 元宇宙是很大的命題，大家都有不同解讀面向，在仁寶多年代工與終端裝置的產業脈絡下，現在的 APAL 5G 混合實境智慧眼已是第 3 代產品。APAL 5G 混合實境智慧眼除了應用在電競娛樂產業，也適合導入智慧工廠做為人機協作工具。目前在日月光高雄 5G 智慧工廠內，可以看到穿著無塵衣的工程師帶著仁寶電腦的 5G MR 智慧眼鏡，透過虛實疊加畫面，雙手操作設備設定，達成遠端協作效果，也是目前全球唯一具有 5G 通訊功能的 MR 智慧眼鏡，未來勢必能在智慧工廠、工業製造、教育訓練、技術維修與大型演唱會視聽體驗及研討會等產業大有可為。 4. 5G 遠距醫療應用 仁寶將 5G 小基站結合旗下的神寶醫資的遠距醫療超音波影像傳輸系統，打造行動醫療專車，遠距深入新竹縣尖石鄉，

	為偏鄉民眾進行腹部超音波掃描檢查，大幅推進遠距及行動醫療應用模式，進行即時傳輸影像，快速提供醫療建議，將大型醫院專科醫師的診療能量帶入偏鄉。 5. 頻率資源相關回饋及建議 (1). 依據電信管理法規定，專網不得連接公共電信網路，對於特殊應用情境的專網，如前面所提及的行動醫療車應用，在實際應用情境上不符合需求。建議可針對特定應用(警消、醫護等公共利益相關領域)研議開放連接公共網路以及連接雲端的限制。 (2). 現在專網的建置都需要在申請時即明定設置區域及使用電波涵蓋區域，但行動醫療車應用在實務上每次的地點都不一樣，這樣醫療車僅剩展示效果，實在很可惜！同上建議，一樣建議可針對特定應用(警消、醫護等公共利益相關領域)研議更彈性的管理方式。 (3). 室內室外的專網應用整合仍有些挑戰，包括室外警消頻率干擾，限制戶外使用外，限制專網區域邊界的無線電波功率小於-125dBm 等。高雄亞灣 5G AIoT 創新園區 5G 戶外實驗專網，提供 5G 無人載具運行驗證，也是用實驗網的形

	式，無法做為長期商業使用的模式，期待在室內銜接戶外專網應用上面，也能有更明確的作法跟管理方式。

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

十、 受委辦單位深度訪談：智宏網科技「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」

(一)、 廠商簡介

智宏網是 HTC 集團旗下的子公司，專門提供 5G RAN 軟體解決方案，兼容於 O-RAN 開放式介面，支持開放式虛擬化無線存取網路(Open Virtualized Radio Access Network, Open vRAN)。智宏網專注於基頻單元軟體開發及優化，除在網路基礎設施上著墨，同時還關注各應用領域之網路差異化需求，將 5G 網路與應用與應用進行整合與調校，達到彈性佈建的效果。

智宏網之產品主力為小型可移動式 5G 企業專網「REIGN CORE」，其為一款輕便型 5G 專網，將組成 5G 專網所需要的網通設備集成到一個小型的移動式機櫃中。採用外觀像行李箱的機櫃，幫助用戶在有限的空間內快速、便捷地佈署 5G 網路，適用於演示、教育、應用開發或 PoC 等用途。REIGN CORE 符合 3GPP 及 O-RAN 規範，採用通用型 x86 架構的伺服器建構 5G 網路系統，組成包含 5G 核網與基頻單元伺服器、O-RAN 無線電單元(O-RAN Radio Uni, O-RU)以及層三交換機，其中基頻單元伺服器承載由 G REIGNS 研發的 O-RAN 集中式單元(O-RAN Central Unit, O-CU)/ O-RAN 分散式單元(O-RAN Distributed Unit, O-DU)軟體，可依所需的場景彈性搭配合適的配置設定。

(二)、 訪談記錄表

表 4-12、智宏網科技「促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫」訪談紀錄表

公司名稱	智宏網股份有限公司
訪談日期	民國 112 年 6 月 28 日
與談人	智紅網 韓景光 副總 資策會 軟體技術研究院：王德仁 協理、李穎芳 組長
訪談內容	1. 智宏網商業模式 延續 4G 時代累積的 BBU 技術經驗，特別鎖定企業專網市場，提供便利架設專網的軟體技術，客戶可以只買智宏網軟體，若客戶需要軟硬體一起供貨，智宏網也可採購美超微伺服器，將軟體跟硬體整合在一起，而若客戶需要更完整方案，也有交換器及核網搭配夥伴可一起出貨。 智宏網 5G 系統的專長是可以針對不同應用去優化網路，做不同設定，瞭解客戶最大需求，比方上行或下行及特殊應用，又或是結合母公司宏達電的 VR 裝置。 2. 目前投入之頻率應用---智慧倉儲與製造工廠 追求佈線成本最小化，讓工廠環境中的應用設備可任意調整，不受空間拘束。2020 年加入高雄「亞灣 5G AIoT 創新

	園區推動方案」，推廣應用整合 5G AIoT、智慧工廠、遠距協作等多項 5G 創新服務。 3. 目前投入之頻率應用---智慧展演相關應用 目前台北兩廳院 5G 專網中部分就是使用智宏網的軟體方案，另外一個概念性驗證(Proof of concept, PoC)則在高雄展覽館，另外就是與新創展演業者打造 5G 沉浸式站展演藝術，例如這次華山魔術方塊劇場的演出，採用 5G 技術來取代傳統的影音設備佈建方式。過去使用實體線路進行佈建需要大量時間，並需要高空作業，一個活動場地通常需要花費兩週以上的時間進行設置；透過 5G 行動專網技術強化高解析度投影機的佈建速度，預計經過熟練操作後，佈建時間可以縮短至半天左右，不僅滿足了數據傳輸頻寬和秒數延遲的需求，還提升了展場運用效率，同時也滿足了快速複製展演場地的需求。 4. 頻率資源相關建議 在 PoC(概念驗證)兩三多後，希望有更多服務驗證(Proof of Service, PoS)或商業驗證(PoB)的機會，但在此同時，專網頻率使用許可的申請成為一大阻礙。 以 5G 展演應用來說，智宏網主打的「可移動式 5G 企業專網」就是配合展演到處移動最好的網路架構；但是同樣的，

	往往只是短期的使用，再申請頻譜上造成反覆的重工，而且專網型態上屬實驗網或是固定式專網型態，無法明確定義。期盼能在相關應用模式上，頻譜使用許可的申請可以有更明確、更簡便的作法。

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

十一、受委辦單位深度訪談：華電聯網「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」

(一)、廠商簡介

華電聯網股份有限公司成立於 1994 年，以「華電聯網 超乎想像」為品牌核心理念，致力於提供資通訊、數位媒體、智慧應用、資安等 4 大領域產品應用及服務。

在「5G 專網與智慧應用解決方案」部分，華電聯網提供彈性且可客制的 5G 專用網路解決方案。面對產業特殊場域時，能夠滿足其特性需求，解決產業痛點並構建差異化 5G 專用服務網路；依據場域範圍提供不同距離覆蓋，從室內到室外可混合不同類型的基站。可適用於任何產業和場域，符合持續增長的網路規模和業務應用。

在「智慧交通服務」部分，以智慧城的概念為出發點，結合資訊、通訊、電子、控制及管理等技術運用於各種運輸軟硬體建設，促進運輸效率、品質與安全，進而落實環境保護及綠色運輸之發展。成功案例包括，自 2008 年起陸續協助台灣高速公路建置交控中心系統之軟體開發、環島鐵路整體系統安全提昇計畫中將智慧影像辨識系統導入到臺灣鐵路各車站錄影監控系統內，近年來配合交通部計畫，選定淡海新市鎮做為基地，打造我國首座「5G 智慧交通試驗場域」，以提供台灣智慧運輸車聯網相關產業，就其各類智慧運輸的先進功能及車聯網技術創新應用，得以進行場域實證作業，

以實驗場域為樞紐，串連全球產業鏈；打造我國成為全球智慧交通運輸服務的先導者。

(二)、 訪談記錄表

表 4-13、華電聯網「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」訪談紀錄表

公司名稱	華電聯網股份有限公司
訪談日期	民國 112 年 6 月 28 日
與談人	華電聯網 楊純福 協理、楊璨凱 資深經理 資策會 軟體技術研究院：李揚 主任、王德仁 協理、李穎芳 組長、王薑珮
訪談內容	1. TCROS 與目前國際標準(Ex: SAE J2735, or other)接軌之現況？ 台灣無法定義國際標準協定，比較能做應用層調和，而 RSU 與 OBU 所使用的應用層協定標準有分歐規 CAM/DENM 及美規 SAE J2735，歐規部分則是英國及德國有較明確的定義，而歐盟其他相關協定陸續定義皆與 SAE 非常類似，全球的 C-V2X 應該最終都會使用 SAE 規格，而 C-V2X 則將底層至應用層協定統一移植 DSRC 所使用之協定，並稱為 PC5。 2. C-V2X 通訊建議頻段與頻寬(5.9GHz, or mmWave)?是否有已知之干擾(如車載雷達)?排除干擾之建議?

	設站 RSU 走 C-V2X，與 5G small scale 很類似，通訊範圍無遮蔽情況下為一公里，power 約一瓦，頻寬不寬，頻段依照美國使用 5.905-5.925 GHz 頻段，其原本是預留給 Wi-Fi 及 DSRC 使用，但現今 Wi-Fi 規劃使用 5.850-5.905GHz，並保持彈性角度，因尚未發展完整，而 5.905-5.925GHz 則是確定給 C-V2X 使用。 實際驗證車載通訊 latency 約 100ms 以下，而地圖測試為 300ms，頻段為專屬因而無疊合問題，且頻段非常夠用，也無頻段干擾問題。 3. C-V2X 在通訊規格之期望要求(Ex: latency、reliability…)： 公定 latency 約 100ms 以下，但也依照不同情境會有不同的定義，如大封包傳輸約為 300ms 以下。 4. C-V2X 網路未來規劃為專網、虛擬行動網路服務(MVNO)、公網或有創新模式建議?若是專網，建置方式(BOT, or ??)之建議 RSU 與 OBU 間，不可走專網結構，因為專網有不可與公網連線之限制，車聯網為 V2N，若無法與公網連線就不可使用 V2N。目前使用光纖進行資料傳輸，尚無法使用 5G 連線，因目前 5G 尚未成熟。整體而言，營運由誰負擔視營運模

	式而定，是待討論之議題，因為會牽扯到路側設施，路側設施屬於公單負責，整體管理及監理短期無法完全釋放給業者。 目前 C-V2X 在實驗佈建上已經是一個完整且成功的類專網模式，RSU 如同基站，但不需要使用核網，RSU 與 OBU 可以直接相互溝通，只由一個主中心及多個區域中心進行控管即可。 5. 其他相關分享： (1). 以前路側所有設施設備都統稱為 RSU，包含號誌控制器、CCTV、網路傳輸、影像辨識等等，自從車聯網議題出現之後，美國將 RSU 重新定義，RSU 只指車載設備與路側設備間的通訊，RSE 則指車聯網的通訊設備。 (2). C-V2X 在 3GPP 中的 LTE-V 技術只有到 R14 (使用頻段 5.9GHz)，真正的 5G 及更強大的應用則是在 R16、R17(使用頻段 2.5GHz，但實質性待確認)，但 R16 及 R17 之間有互斥且晶片不相容之問題。 (3). C-V2X 目前台灣發展與國際發展模式完全不同，因為台灣缺少車廠，國際皆由車廠發展成熟後要求政府佈建，而台灣則是從路側開始發展，且以大眾運輸為先導測試，並

	使用國際標準及頻段，若一般民眾的私用車則需購買符合國際標準規範的汽車或設備才可對接相關訊號，只屬於 V2I 的實現，但 V2V 才是車廠真正重視的議題，而台灣目前無法達到，也無法訂定標準供國際使用，只能遵循國際標準。 (4). 淡海新市鎮：頻譜使用部分後續會慢慢佈建，目前都使用實驗頻段，未來如何可以不要使用實驗申請以及管理方式皆未定，RSU 的佈建都要受監管，或許可參考國外案例，如歐洲使用總量管制等等，還有許多細節及議題都須作後續研究及討論。 6. 整體討論綜整及議題條列： 目前 C-V2X 標準大致分為歐規 CAM/DENM 及美規 SAE J2735，但歐規目前與美規 SAE 標準相似，而中規及日規較特殊，但預期未來也將與美規 SAE 靠齊。反觀台灣市場較小，無法制定可供國際參考之標準，僅能進行應用層調和，而台灣車聯網的調和、建制及大量佈建將由政府、營運商或業者三方中何方負責進行目前未定，現今僅由交通部委由華電聯網進行調和應用層標準及介面制定，依照實際實驗測試結果

	而言，5.905-5.925 GHz 頻段並不受其他頻段干擾影響，延遲約 100ms 以下，也符合國際規範，故此頻段非常適合 C-V2X 使用。 (1). 議題 1：台灣 C-V2X 是否將參照美國 SAE 標準進行規劃？是否也採用 5.905-5.925 GHz 頻段？將由政府、營運商或業者三方中何方負責進行佈建？ (2). 議題 2：台灣 C-V2X 在最終娛樂應用方面，將使用 2.5GHz 頻段嗎？將由政府、營運商或業者三方中何方負責進行號碼及 SIM 分配？使用者是否願意花成本購買車聯網服務？整體商業模式的發展也是一個重大且待定的議題，政府是否願意整合道路安全及娛樂應用的車聯網商業模式？
訪談照片	

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

十二、受委辦單位深度訪談小結

綜上訪談各計畫受委辦單位的紀錄，彙整各單位對於頻率資源應用相關意見之回饋如下：

(一)、 頻率使用與頻譜需求

- 從產業導向來看，若想將頻譜進行規範，則不應從台灣運營商的角度看待頻譜分配的問題，需多融入不同應用業者之使用意見
- 警消微波干擾問題，尚未明確定義專網何段頻譜會影響警消所用之微波，及如何證明是否干擾？目前僅透過向財團法人電信技術中心(TTC)申請後由 TTC 單點測試是否有干擾問題存在，建議有標準流程定義

(二)、 5G Open RAN 發展狀態

- 針對 5G 專網連網際網路議題，網通設備及系統整合商技術方面都已成熟，各種應用類型端到端連線皆可以實行
- 5G Open RAN 專網服務僅在特殊場域才會有價值，目前產品及技術成熟度都還有待加強，且建置成本過高

(三)、 其他頻率應用

- 異質網路混合組網為重要議題，尤其在專網場域中多採 5G 整合 Wi-Fi 6 為大宗
- 物聯網應用未來需求量將非常大，RedCap 相關議題還需要時間發

酵，可能為 4-5 年後的需求，建議可先觀測國際產業動態及標準走向預做準備

- NTN 是韌性網路下重大議題且可作為專網搭配使用，但成本較高，若政府能與衛星公司(SpaceX、OneWeb 等)進行合作，並分發開放給專網業者對接使用，才能達到 NTN 連網服務
- 毫米波在運營商應用服務較多，只能提供固定無線接入(FWA)服務，且 FWA 只有運營商具有商業模式可開發，無法廣泛推動，故毫米波應用服務方面目前除了 FWA，無其他應用市場
- 端到端網路切片為商網議題，而專網服務為企業獨用，且多為物聯網連線，幾乎不需要使用到網路切片，僅需 QoS 之應用，可能只有少數大型特殊專網工廠才需要

(四)、 專網及頻譜管理政策建議

- 專網管理辦法中，建築物外外訊號強度應小於-125dBm；實際使用上相當容易超標，若要低於-125dBm 只能降低訊號發射強度，但會導致實施範圍內的訊號效能不佳，建議可多開幾次公聽會一同研討
- 5G 專網只能自用不可盈利、及不可連接公眾網路之規範，於企業而言無相對利益，如:AI 應用無法實行、應用開發無法商品化。5G 專網若想推動全球化，則在台灣不該受限，5G 專網的價值為

數位轉型，要能連上公眾網路，才會有大量複製的開發潛力

- 長期而言,應關注的重點政策方向應是能讓應用落地且對產業與使用者有幫助，5G 專網有何益處、能解決何種問題、為何要落地、效益比是否真的高於其他網路解決方案，才是 5G 專網真正要釐清的問題
- 專網監理與審查部分，專網的監理屬於 NCC，頻譜干擾等問題的審查流程並未明確定義，而審理方式為自評測試報告或是由監理單位抽審至現場量測建議可明定依循作法
- 專網資安層級會因企業需求而有所不同，建議可定義低標準的資安層級為資安驗測標準，再由企業視需求自行調整。目前資安標章的測試標準也尚未定義完整的測試步驟，故政府所定義的資安要求建議回歸設備是否有通過基本資安檢測

第二節　電信商之深度訪談

一、　中華電信

表 4-14、中華電信訪談紀錄表

公司名稱	中華電信
訪談日期	民國　112　年　9　月　21　日
與談人	中華電信：經營規劃處 張維儒 科長、廖宏祥 博士、朱怡靜 資策會：李揚、王德仁、李穎芳
訪談內容	1. 對於商頻專網之看法與建議 □ 應用面 • 商頻本身已經足夠支持專網應用 • 非單一頻段，覆蓋範圍，可彈性搭配客戶需求 • 客戶在乎成本問題，商頻絕對遠低於專頻 4.8-4.9 • 客戶找誰來做專網這件事？佈建、管理、維運的問題 □ 頻譜的需求 • 新標到的 Sub-6G 加上原本 3G 的頻段，搭配 re-farming 規劃，後續亦將陸續加入 4G 頻段的 re-farming • 28G 的部份，缺乏商用終端 • 既有頻譜已夠滿足應用需求

2. 對於專頻專網之看法與建議

- 客戶要求專頻專網多是為了補助要求，中華電信配合執行(Cost 反而更高)，但功能上不足的部份以商頻專網補強
- 台灣通訊設備業的機會
  - 台廠 ORAN 的設備不具備價格優勢，沒有競爭力
  - 目前台廠已經有十幾家加入測試，4G 時代中磊等廠商性價比還不錯，
  - 5G 時代看得到產品的進步，但性價比上嚴重不足，穩定性(全年不當機, Lab 7*24)、功能性(如災防告警細胞廣播訊息系統 Public Warning System, PWS)等無法達成)
  - 政府補助的案場優先小規模導入台場設備
- NSA/ SA 的架構需求
  - NSA 的架構用 Carrier 切開(南部的案場使用)
  - SA 架構，台場的 total solution，整體的穩定性還需要優化，還需要加強調教，但具備更多彈性調整的空間(對比於 N, E 的 solution)
  - 核網的架構，可獨立在近端，也可以與商網共用(Slicing 技術)

	◘ 專頻專網的長期維運建議 • 還是要以「成效」來說服客戶長期投入。頻率租賃費用很低，但設備成本太高；期待台廠 O-RAN 設備降低成本，且台廠設備欠缺大功率(5w, 10W)的設備，佈建上不容易 • 台廠網通設備待解決的問題：穩定性、大功率、網管、資安 • 當補助結束，電信業者還是希望客戶轉回商頻專網 • 目前專網的網管，大多是中華電信代管，極少量有自己 IT 人員可以管理 3. <u>可商業化 5G 專網之垂直應用領域</u> ◘ 智慧製造、智慧工廠 • 用電信網路取代 Wi-Fi，穩定度可以更好，如：Wi-Fi 掉包導致搬運車撞車 • 中小企業：提供「租賃式專網」服務 ◘ 智慧城市治理 • 智慧交通：搭配影像邊緣運算 • 港灣無人機巡航、安防

	• 智慧農業巡察 • 高鐵巡軌、電纜巡察 • 相關應用搭配往東南亞的政策，台灣練兵，整系統輸出 □ 遠距醫療 • 頻寬、即時性，如：榮總案場(導入 NEC 設備特別的低延遲優化) □ 沉浸式展演 • 期待「商頻專網+專頻專網的整合」:技術上可以整合，但要看業者的需求及相關限制(專網管理辦法、智財規範等) 4. 資源需求(頻譜、頻寬、號碼) □ 頻寬的需求目前還算足夠，僅展演特定場域會有不足問題 □ 公用陸上行動網路(Public land mobile network, PLMN)有申請四個，目前夠用(466 11, 466 92) □ 目前沒有討論號碼可攜(公網、專網號碼銜接)的需求 □ 介接雲端的問題，中華的態度是不對接，因無法掌控在專網中的資安行為

	5. 5G 新應用領域 □ 寬頻 PPDR • 台灣具有天災、國防的特殊環境需求，5, 6 年前中華已經開始關心 • 商網可以做到的事情，就不要另外創造專網，這才是資源效益最大化(PPDR、專網皆是如此) • 參考美國 FirstNet 架構，才能真正推廣到警消第一線 • 平常可以給商網使用，緊急時可以保障警消優先權 • 很期待政府出面整合，如核心網路特定地點設置(備援機制等)，頻率的整治 • 提供額外的頻譜，平常做商用才能強化覆蓋性及設備建置，但附加了 PPDR 用戶的優先權，警消單位專用號碼由 PPDR 專屬核發 • 另一種就是政府開標，建置 PPDR 專頻專網 • 後續跨部會的整合將是最大的困難跟挑戰 • ITU 建議亞洲地區的 700-800MHz(目前 700 已滿，建議 800 實驗頻段的清理)

	◘ FWA • FWA 定位在有線涵蓋不到的地方，當個快速克服連線的解決方案，技術面有持續關注，但是真正使用機會很低，如：偏遠地區點對點/ 點對多點的需求，看個案需求 • 潛在可能應用：廠房點對點之間的傳輸 ◘ 物聯網應用 • 智慧型電表基礎建設(Automated Metering Infrastructure, AMI)為最大宗 • NB-IoT 1800, 900MHz 都有做，但效益真的太低 • RedCap 技術的看法：客戶有需求就可以導入，只要技術跟 Vendor 設備已經 ready，提供服務都不是困難，重點在需求先上來(market driven) ◘ NTN 低軌電信 • 跟電信業者就是互補，做為備援(如：馬祖斷網)，或是做為涵蓋範圍的補充(如：登山客使用等) • 實際使用上，品質/價格跟行動寬頻完全沒得比 • 船運是新興客戶標的，提供語音以外的大量 Data 服務

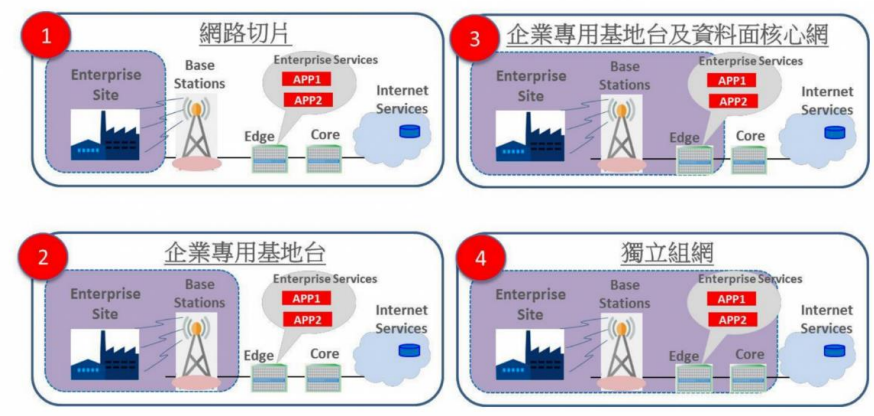
	• 衛星通常是採用各地區代理，中華電信就有提供各大衛星商的代理服務 • 法規面，衛星商要符合落地許可太困難，所以找電信商代理是較好的選擇 6. <u>對於法規的建議</u> □ 頻率供應計畫積極調查衛星需求，目前還沒有 cover 到的，希望可以在開放 □ 跟 5G 地面網路 28GHz 有互相重疊的部份，希望能夠找到共融的方式，技術層面能夠不干擾，希望還是能讓衛星使用 28GHz 的頻段 □ 衛星通訊 Uplink 往上打 Service Link，部分頻率可能會與現行 5G 28GHz 頻段重疊(對終端服務的部份)，可能會引起干擾疑慮，期望能有明確規範，避免後續爭議

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

二、 遠傳電信

表 4-15、遠傳電信訪談紀錄表

公司名稱	遠傳電信
訪談日期	民國 112 年 9 月 7 日
與談人	遠傳：梁翔渝 協理、汪以仁 協理、江竑毅 經理、李佳芸 產品副理 資策會：王德仁、李穎芳
訪談內容	1. 對於政策工具的建議 □ 目前政策工具就是以補貼硬體為主，重點都放在補貼國產設備(專網補貼指定國產網通設備)，但目前台廠的設備價格比外國的還貴，且效能不足以支撐應用。對場域反而成為硬傷 □ 若著眼於加速各產業垂直應用，不局限於國產設備反而能帶出 5G 專網的商業規模。以數位轉型的需求才能真正帶動產業的升級。 □ 國產設備的限制反而框住了專網的發展，場域要的是滿足營運目標，穩定且效能符合需求(reliability, stability)才是第一優先考量

	◘ 不要讓「國產」影響了垂直產業的發展，國產基地台只是產業中的極小一環；同時台灣網通設備商欠缺「professional service」概念，停留在原有設計製造商(Original Design Manufacturer, ODM)的思維，無法在佈建及整合測試時，提供系統整合商、電信商需要的專業服務 2. 對於商頻專網及專頻專網之建議 ◘ 遠傳電信的專網案場以「商頻專網」為大宗，參考下圖四種網路架構，以 2, 3 為大宗，少量的 4。第三種方案布建的複雜度較高，但好處是企業本身的應用系統，可以直接與 5G MEC 運算設備對接，資料處理和轉傳無需經過遠傳 5G EPC 核網，直接在企業本地端 5G MEC 設備上就能處理完，因此，可以避免企業資料在公網上到處流竄。遠傳認為這會是未來企業較容易採行的方案之一。 

	(1) 將 5G 網路基地臺架設於企業場域之外，基本上，全部通訊還是得經由遠傳 5G 公網，只是用網路切片方式在 5G 實體網路切出一塊專屬企業用專網，也就是說雖然是專用網路，但基地臺頻寬資源仍然是與他人共用 (2) 把 5G 基地臺直接放進企業家裡，可以擁有較完整頻寬資源，無須與他人共用，但是當透過 5G 專網存取應用系統資料時，仍須經過採用 NSA 架構的遠傳 5G 核心網路(EPC)來處理，使得企業機敏資料容易曝露在公網上。 (3) 除了在企業機房建置專用 5G 基地臺之外，還多加一臺 5G MEC 邊緣運算設備，一併放進企業內，其中 5G MEC 主要負責處理就是用戶封包層(User Plane)，它是 5G 核網兩個主要組成之一，另一個則是控制層(Control Plane)，但遠傳透過虛擬化技術，將兩者功能自 5G 核網分離，改將用戶封包層放到更靠近用戶端的 5G MEC 設備，讓企業可以就近在距離自己最近地方來處理資料封包，同時也能讓這些資料流僅在企業內流通，不會進到公網，確保資料隱私與資安。

	◘ 應用面包含 5G 智慧製造、5G 智慧醫療、5G 智慧城市、5G 智慧倉儲物流、5G 智慧展演等；其中仍以製造業、智慧醫療照護(裸視 3D 醫療教學)為大宗，港埠、展演等屬較狹隘且專用的專網應用 3. 商頻專網的優勢 ◘ 封閉跟聯外可以彈性，且室內室外可彈性佈建，沒有法規上的問題 ◘ 以應用為出發點，場域的多元性應用可以視需求(覆蓋範圍、資料量等)選擇適合的商用頻段及通訊系統。Ex.戶外型停車場一顆 700MHz 的基站就夠，不需要十多顆的 N79 基地台 ◘ 電信商可使用的頻段很多，商頻專網可以彈性使用雙頻的模式，針對終端的網路需求而彈性搭配(ex. mmWave + 700MHz)，不會用單一頻譜做思考 ◘ 專網頻譜使用費用需兼顧公平性(如：日本沒有頻譜的費用) ◘ 企業主角度來看只有應用跟維運，網路的性質並不重要

	4. 新應用技術導入的建議 □ FWA ■ 視使用者需求，採 Best effort 作法，4G 有使用，5G 目前看不出需求 ■ Best Quality 的作法是另外一回事，台灣的固網寬頻滲透率已經太高，目前看不出商機 □ PPDR ■ 參考美國的案例，給予「額外的頻譜」，由電信商做營運。然電信商同時也會考慮給予額外頻譜在營運面是否划算 ■ 頻譜跟頻寬：10-20MHz 可能足夠 ■ PPDR 頻段在非緊急時期的使用模式，將會嚴重影響到電信業者投入的意願 ■ PPDR 千萬不要限制採用國產設備 □ 窄頻物聯網 ■ 新技術(RedCap) 需待供應商產品完成，同時最重要需考慮終端的商品(大量、便宜) ■ RedCap 只能在 SA Mode 下執行，目前全球的 SA 進度不如預期，遠傳及中華也都還是部分侷限區域

	■ 技術面需同時考量既有技術，例如便宜低價的 Cat.0, Cat.1 取代 NB-IoT 無法達成的功能 ■ 遠傳 NB-IoT 採用 1800, 700MHz

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

三、 台灣大哥大

表 4-16、台灣大哥大訪談紀錄表

公司名稱	台灣大哥大
訪談日期	民國 112 年 10 月 13 日
與談人	台灣大哥大： 企業產品暨營運管理處 副處 長魏政賢 法規暨同業關係處 處長 吳中志、曾筱媛 無線網路規劃暨管理處 資深工程師 葉宇庭 資策會 軟體技術研究院： 李揚 副主任、王德仁 協理、李穎芳 組長、王薑珮
訪談內容	對於商頻專網及專頻專網之相關看法及建議： 1. 商頻專網與專頻專網的發展現況： 近兩年內，NCC 因頻譜標售創新高之原因，故特別以回饋金補助方式鼓勵電信業者於偏鄉地區及專網部分的推廣佈建，故有許多實際案例申請此項補助計畫，但僅以補助方式推動電信業者佈建相關基地台，而實質應用發展較慢，對企業客戶而言，在應用發展面向尚未成熟。而今年在應用面的發展有逐漸加速的趨勢，故今年數位發展部數位產業署也積極從使用者端(企業客戶)推廣相關補助，且今年也開放專

	頻專網申請，對企業客戶而言多了更多的選擇，是正向的推動方向。 目前專頻專網 4.8-4.9 頻段與警消使用頻道有部分干擾的問題，相對減少企業的使用意願，要如何佐證其不會干擾也是相當麻煩的議題，且專頻專網在戶外有-125dbm 的限制，如何控制在這個範圍內？以松菸之半開放的實際案例來看，待與相關負責同人討論後回覆如何控制並達到-125dbm 的限制。 2. 商頻專網與專頻專網實務上的困難，有以下幾項技術瓶頸尚待成熟及演進： (1). 技術面： a. 既有的客戶終端設備(CPE)支援有限，手機的發展技術相對發達，但以企業端物聯網角度而言，CPE 發展尚未成熟，無論機台、機器手臂、AMR 等，都無內建 5G 的傳輸模組，都須以外掛設備方式才能使用 5G 傳輸，不同於手機等消費性產品淘汰更新速度快，既有的生產設備要更新及汰換成有內建 5G 傳輸模組的新設備是相對困難的，故 CPE 的限制是目前實務應

	用上的瓶頸。 b. 在 5G 專網部分，其實尚未真的達到所謂的 5G 環境，目前多為非獨立組網(NSA)，只有某些特定的狀況可以達到獨立組網(SA)，但實際上尚無 CPE 設備可以支援 SA，故也期待切片技術的成熟，但 3GPP 也尚未定義完成，故無法真的商轉及推行。 綜上所述，這些問題都待時間演進並成熟相關技術，目前真正的 5G 純商頻專網還並未真正實現，而專頻專網可提供到 SA，但無論專頻專網或商頻專網的 5G 設備都不足以支援。 (2). 商務端限制： a. 5G 應用非常廣泛，雖使用 5G 可以使整體更好，但也並非一定要使用 5G。目前已有實際場域驗證過以 5G 取代 Wi-Fi 或固定網路，效能確實更佳，但 5G 建置成本較高，對企業而言可能效益不足，若建制 5G 專網只為了一兩個應用服務，不一定符合經濟效益。以國外案例而言，多以整個工廠或場域導入 5G 網路才可達到整體效益，但台灣的製造業者在工廠方面，無論設備、有線網路還是 Wi-Fi 佈建都已建置完善，

	要淘汰舊有設備改進行佈建5G專網尚無效益足夠的誘因。 b. 而對有興趣佈建5G專網工廠的企業而言，目前處在局部PoC階段，驗測5G效能的效益，且僅規劃未來擴廠新場域時，才願意導入5G相關設備，故需有擴大生產線及場域時才可能達到真正的5G佈建。 綜上所述，確實5G搭配應用可以達到很好的效果，但對使用者而言最大的問題是成本效益是否能回本。 上述這些困難確實需要政府協助推動以加速發展，從台灣大哥大在實務上經驗而言，目前電信業者端及應用端的發展都已完備，但台灣的對企業(2B)市場相較於國外，應用發展都會落後，其可能原因是台灣2B市場發展較保守，若政府在5G專網發展方面，能為產業帶頭領航，以資源補助方式推動企業加速發展，讓企業客戶端的意願提升，才不會因為企業決策較慢而喪失發展先機，落後於世界發展趨勢。 3. 貴公司在5G整體方案海外輸出方面，有無需要政府介入協助之處？ 各國的電信產業皆受到國家電信法規所保護，故要出口到其他國家，會以IT製造及應用服務解決方案為主，至於

	5G 專網部分其實都大同小異。故對國內產業發展而言，電信業也屬於國家法規規範，要走出國內是相較不容易的，但電信商可以做為幫助國內 5G 產業發展的推動者，真正能走進國際市場的還是應用及設備的業者，而 IT 製造、通訊製造以及應用開發部分也是台灣的強項，若能有機會透過 5G 專網將台灣真正帶入智慧製造 4.0 時代，就能將整套解決方案推向國際，是國家競爭的一大機會。 4. 對於商頻專網與專頻專網的相關發展上，有無希望政府能提供哪些資源： (1). 從使用者端推廣很重要，今年有由公協會推動企業實踐是很好的案例，有助於 5G 真正落地。 (2). 目前 5G 專網並不屬於智慧城市的範疇，若未來讓地方政府推動 5G 應用並鼓勵發展智慧城市，可比照媒合方式，媒合電信業者、5G 專網業者、應用開發業者及各大公協會，找出 5G 專網能帶給產業哪些效益，並由政府補助，讓企業願意投入。 5. 專網其實是從電信公司的角度出發，固有專網不能連接公網及雲端之規定，從公眾網路的觀點而言，若有介接公眾網路的需求，則應該統一申請登記成為電信事業，並一同競標專

	網頻率使用權利。專頻專網業者提出為何不能與電信網路串接的問題，值得各界一同討論究竟是從什麼角度提出此問題？提出對接的業者其目的為何？是為了企業客戶保護專頻專網所需要的互聯嗎？因技術都達得到，但究竟是為了什麼？若以企業專網的名義去申請，但卻實際做到區域性公共電信服務之時，就會造成電信事業既有業者的權益受到危害，電信業者在標頻譜使用權時也同時背負相當多的權利及義務，若專頻專網開放進入但卻不須承擔相同的義務，就可與公網互接從而得到利益，是相對不公平的。 6. 對於 PPDR 使用專網的看法為何： 電信管理法第 50 條明定「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。但有下列情形之一者，不在此限：1.陸、海、空各種交通工具之遇險求救及飛航氣象等交通安全之緊急通信。2.為維護國家安全、公共秩序或公共利益，有緊急進行通信之必要。3.為因應天災、事變或緊急危難等救援作業之通信。4.其他經主管機關核准。」 目前國內 PPDR 尚未定案使用專網型態，但 PPDR 是符合公眾利益可例外連接公網的。

	7. 專頻專網有無頻率使用不足的狀況： 目前尚無，因目前實際商轉的案例非常少。 8. 政府資這麼多工具鼓勵各界發展 5G 應用及技術，但大多都停留在 PoC 階段，政府仍然希望能往真正落地應用發展，則從電信商的角度來看，政府還需做哪些事情才能使其真正往落地發展？ 重點還是使用者端願意買單，對企業而言不會購買無法帶來利益的產品或解決方案，故應該先了解企業客戶為何不願意買單，才能找出問題並改善。 目前大型廠商都只願意進行第一階段 PoC 驗證其可行性，但其固有場域設備及環境都已完善，很難將舊有環境汰換，故大多只願意在 PoC 成功後，待有建立新的案子或案廠時才願意真正導入並打照一個全新的 5G 環境。 台灣還有很多中小型傳統製造業，其可能連 IT 及 Wi-Fi 都無建置的傳統工廠，相對有機會導入 5G，且有意願投資轉型，但是卻沒有相對應的技術人才，或許可往這方面去打入。 9. 垂直應用領域中除了智慧工廠以外，貴公司對於智慧展演及智慧醫療等應用領域的看法為何？

	(1). 以智慧展演來看，台灣大哥大是第一個主推智慧展演 5G 應用的廠家，在新莊棒球場中有實際應用的案例，智慧展演相對複雜，因為有牽扯商業模式，且屬於 B2B2C 的應用範疇，故如何商轉及營利是非常大的問題，故民用速度會較慢，目前只能重公眾展演場提供免費服務給民眾使用。 (2). 智慧醫療目前真正應用到 5G 的並不多，較多發展於遠距看診及智慧醫療車，目前還無法真正做到手術教學及遠距手術。 (3). 以 5G 垂直應用領域來看，台灣大哥大目前還是著重於智慧製造及智慧城市的發展，且製造業也是台灣非常強的重點產業，故往這兩個領域推廣會是非常好的方向。 10. 在 ORAN 部分，已有六七家廠商開發出基礎設備，以電信業角度來看，ORAN 發展足夠成熟嗎？ 以目前經驗來看，國內發展廠商多以達到初級認證，而少數幾家將進行銀級認證。以實務面或商轉角度來看，發展 ORAN 及 RAN 的狀況其實還不錯，因台灣的製造能力佳，基本功能都已完備，但還需花時間強化更精準的功能。

	新應用技術(PPDR、FWA、非地面通訊及車聯網)導入之建議： 1. PPDR： 數位部韌性司在三月已經召集三大電信公司及消防署等單位進行 PPDR 的 PoC 概念驗證，我國警消其實已有建立完善的警消系統，且也有核配相對應的專用頻段，若我國還要建立一個獨立的 PPDR 系統，在這樣的情況下數位部研議此 PoC 案為建置三大電信共識的分散式網路架構，其目的為將 PPDR 進行區分，在一般日常狀況下，警消救難依然採用舊有的專用警消電信網路，而在重大緊急狀況發生時，如戰爭，為了避免單一網路的中斷，則以分散式網路概念徵用三大電信的既有的頻率與基站，互為備援，以建置台灣的 PPDR 系統。而台灣大哥大目前是支持此 PoC 案，全力配合數位部進行，也認為以這樣的模式發展是比重新打造一個 PPDR 架構，更具有經濟效益及可行性的。因打造全新的 PPDR 就需統合現行的警消網路系統、採購新的終端設備及教學警消人員重新習慣新的系統，故台灣要達到重建 PPDR 系統，相對來說時間及成本很高。 2. FWA： 多發展於有線寬頻覆蓋的點對點應用，台灣全島的有線

	寬頻覆蓋相對完整，故 FWA 需求不高，而以偏遠地區而言，佈建有線網路都有困難，要佈建 FWA 基站也相對困難，效益面相對低，且無商業模式的存在，故真正應該推廣採用的是 NTN 網路，REDCap 應該才是 FWA 較有發展及商用的機會。 3. 非地面通訊(NTN)： 台灣大哥大在衛星方面目前沒有任何投入，也無地面接收站，但有在觀望，目前衛星開放頻段有部分與電信業者的 28G 頻段有重疊干擾問題，故還是希望能先與電信業者溝通達成共識後再使用此頻段，且提供相關的公開資訊，讓電信業者可以避開相關衛星業者的建置干擾問題。 星鏈(Starlink)日前也有提出新的 Direct to Cell 模式，可直接透過行動通訊業者與衛星業者合作，讓衛星通訊可以與行動業者的頻段做對接，讓一般民眾使用的商用手機即可連線衛星訊號。若未來這樣的應用模式會蓬勃發展，則衛星業者及電信業者的共識是極為重要的，而現有規範下衛星及行動的頻率使用上是分開的，故相關規定應該做出相對應的改變。台灣大哥大在這部分採取較開放的態度，現在處於觀察階段，且目前衛星多為國外業者，國外業者是否有願意進入

	台灣發展也是未知議題，且衛星服務屬於電信商還是服務商及商業模式也都尚待政府機關將相對應的規範明定，故台灣大哥大是否會支援相對應的發展仍待討論，但會持續配合政府進行相關測試，觀望衛星相關的市場的需求及落地。 4. 車聯網： 台灣大哥大將車聯網列為經營重點項目之一，與 5G 相關上屬於實驗性階段，車聯網的主導者是車廠，目前已有兩間車廠使用台灣大哥大的 SIM 卡。 而目前車聯網都還無真正使用到 5G，目前都只在車廠的資料收集及遠端控制，對頻寬要求並沒有很大。 車載後裝市場 2C 方面，台灣大哥大曾與富邦保險討論使用率保險(Usage-Based Insurance, UBI)之汽車綜合保險，但沒有成功。 而在車子部分，台灣大哥大希望打造車聯網平台，以支援車廠及使用者的需求，將金流交易、電商買賣、影視串流等功能進行包裝，也加入中古車估價、保養推薦等額外功能，但這些包裝服務都與 5G 無關。 在 5G 部分，台灣大哥大唯一有相關發展的為自駕車，與台大及台朔團隊合作，在桃園長庚養生村中建置貨運及客

	運自駕車，其場域內也架設 RSU 結合 5G 進行試驗，確實達到 5G 效益結合 RSU 的應用，本計畫本來希望能擴大場域到一般道路使用，但一般道路會有法規問題，故目前尚無談成相關的計劃擴大試驗細節。 5G+自駕車目前比較重視 2B 市場，2C 目前都掌握在車廠，故 2B 較有相關發展機會，如：海港卸貨等封閉區域的固定路徑等應用環境，很適合使用自駕車。甚至可以複製到其他科學園區等等進行固定區域載貨、載客。

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

四、 次世代電視暨智慧應用發展協會

表 4-17、次世代電視暨智慧應用發展協會訪談紀錄表

公司名稱	次世代電視暨智慧應用發展協會
訪談日期	民國 112 年 9 月 8 日
與談人	次世代電視暨智慧應用發展協會：石佳相 常務理事/ 紀淑芬秘書長 資策會：李揚、王德仁、王薳珮
訪談內容	1. 有線電視與寬頻使用現況： 現今台灣有線電視電纜用戶約 466.9 萬戶(原先 800 萬戶)，有逐年遞減之情況，原因非頻寬供應不足，而是用戶減少收看電視，內容為最大的問題，過頂服務(Over-the-Top service, OTT)能提供使用者更元的內容選擇。 中華電信的寬頻服務費用雖比有線電視電纜便宜，但收費方式分為兩次，中華電信酌收佈線費用，而網際網路服務供應商(Internet Service Provider, ISP)則收網路存取費用，則兩筆費用總和後卻比有線電視電纜高，故成本選擇也是使用者考量的問題之一。

	2. 有線電視產業對於 FWA 的技術填補有線網路不足之處看法如何?從技術面、營運面的角度？ FWA 從技術面與營運面皆有發展機會,但有線電視電纜業者非目標供應商，因電纜投資佈線都已完成，皆佈線至使用者家中(核心網路皆為光纖)，很難有放棄電纜改用無線 FWA 的機會，以成本面並無誘因進行置換，對目前的有線電視電纜業者而言，雖了解有新技術的演進，但當前目標為打平佈建電纜的成本。反觀多媒體內容傳輸平台(Multimedia on Demand, MOD)業者較有發展機會。 3. FWA 服務在台灣內需市場的建議 in terms of service scenarios, biz model, bandwidth, dedicated band ? 無線確實可以取代光纖，但卻沒有光纖網路穩定，成本也不比光纖低，因人口密集地光纖佈線趨近完整，故偏遠地區才是無線 FWA 的機會。 對美國而言,正在進行有線電纜剪線潮,將會是 FWA 的機會。但對台灣用戶而言,剪線的原因是用戶減少使用電視,轉而使用 OTT 服務，多數有線電視業者也從頻道經營轉型為 OTT。

	FWA 應該以 MOD 為主要的目標供應商，而非搶佔有線電視電纜市場，因電纜的佈建已完善，若置換成 FWA 對業者而言不敷成本效益。對 MOD 業者相對有動機使用 FWA，且以獨門獨戶與極少部分的偏遠一般使用者較有使用 FWA 的需求，因雙銅絞線之有線網路遲早需進行汰換，且頻寬之使用有距離限制，從住家到電信營運中心約 1.5km 之內的範圍才可使用，而無線網路則需使用行動分公司的基地台，故 MOD 業者才是發展 FWA 服務的主要目標供應商。 4. 無線電視與電信結合之議題，於台灣是否具市場可行性？ 無線電視與電信進行結合是國際趨勢，如美國使用 ATSC3.0，歐盟使用 5G Broadcast，日本則使用 Advanced-ISDB。3GPP 中以歐盟使用之 5G Broadcast 技術為主推，ATSC3.0 也為 5G Broadcast 之衍生，ATSC3.0 使用 DVB-T2，為 LDM 架構，與歐盟的單頻網架構不同，但傳輸技術都相同。日本同理，但比歐洲技術更為先進，可傳輸 8k 影像傳輸，但若要創造營收價值，則須搭配 5G 才可有效率的進行傳輸。

	而對台灣而言，與美國之商業模式較相近，應以美規 ATSC3.0 為參考。目前無線電台皆為 6Mb，未來若頻譜政策進行重整後或許可做到傳輸 8K，若以四個 6Mb 轉換為三個 8Mb，可支援 8k 影像傳輸，但此整併會將供應業者減為一家獨大使用三個 8Mb，故會是一個非常大的議題。 因電視及手機為普遍存在於一般民眾家中的設備，可做為救災及戰情使用，若政府能將 ATSC3.0 做為標規，則業者就願意佈建。 資安問題也是無線電視的重要議題，當發生戰情問題時，若使用網際網路有可能遭駭客監聽，故需要一個安全且不易被竊聽的無線廣播通道，電台將是最有效、效率最高、傳輸最穩、涵蓋也最普遍的選項。其可行性受下一代無線電視的規格所影響，DVB-T2 與 ATSC3.0 之晶片是否能打入台灣的手機市場將是決定台灣無線電視與電信結合成功與否的主因，相關發展進程可詢問聯發科。 5. <u>無線電視業者的未來發展建議：</u> 目前對無線電視業者而言，塔台的養護費用是最大的成本，若能將節目內容與塔台維護兩者分離，將塔台的養護交

	由電信業者，無線電視業者負責節目製作，則會較有經濟效益，且 OTT 與 Broadcast 的商業模式不會衝突而是互補，數位匯流將是未來趨勢。 6. 目前有線電視產業是否有遇到電信資源的需求或困擾，如頻譜、頻寬、終端號碼、網路界接規定： 頻譜資源重新整配為主要議題，目前使用 530~608MHz 頻段，且頻段皆為雙號，中間有空窗的單號頻段，所以需要頻譜重整，若能將頻譜進行重新整配，才能往 4K 發展，電信業者也會有意願一同參與。 7. 相關輔導計畫分享： 5G 專頻專網計畫：輔導三立與 TVBS 申請補助計畫，以異地共演為主要目標，5G 簡化異地連線報導的訊號延遲率，達到攝影棚內外的即時異地連線，以台北高雄異地連線為示範計畫。 因應目前攝影棚內的網路傳輸皆使用有線網路，5G 網路的佈建可減少攝影棚內的線路，只需一個基地台即可連線攝影機、燈光、麥克風等設備，不使用 Wi-Fi 之原因為其不

	穩定且頻寬不足，頻道數量有限，上限約六到七個頻道，而 5G-IoT 可支援上千的個頻道，故目前示範場域以 5G 進行無線佈建。

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

五、 電信商訪談小結

綜上訪談電信商之紀錄，各單位皆表示台灣在 5G 及通訊產業的發展面臨多項挑戰，包括技術限制、成本考量、政策規範等。然而，透過政府、企業與地方政府的合作，以及對國際市場的關注，台灣有機會在智慧應用和數位轉型領域取得重要進展。

彙整各單位對於頻率資源應用相關意見之回饋整體說明如下：

(一)、 商頻專網/專頻專網的發展與挑戰

- 專頻專網的限制與挑戰：存在對警消頻道的干擾擔憂，戶外有-125dBm 的訊號限制，這些因素增加企業的使用疑慮
- 商頻專網的現狀：目前多數為非獨立組網（NSA），期待未來技術如切片能帶來改善
- 技術與成本考量：5G 建置成本高，企業效益不易彰顯，且既有 CPE 種類有限，需要外掛設備才能使用 5G 傳輸

(二)、 頻率應用與建議

- PPDR(公共保護和災害救援)：建議可連接公網或直接使用公網進行規劃
- FWA(固定無線接入)：台灣有線寬頻覆蓋完整，FWA 需求低
- NTN(非地面網路)：建議衛星業者與電信業者合作，解決頻段重疊問題

(三)、 政策工具與建議

- 專網與公網的連接規定：建議若需連接公網，則應統一申請成為電信事業
- 地方政府在 5G 應用的角色：鼓勵地方政府推動 5G 應用，發展智慧城市，並透過政府補助促使企業投入
- 國際市場的機會：電信業者可作為國內 5G 產業發展的推動者，但真正國際市場的主角應是應用及設備業者

(四)、 台灣通訊產業鏈的機會

- O-RAN 技術的發展：國內 O-RAN 廠商多已達到 TIP 初級認證，具有實務應用潛力
- 製造能力與功能優化：台灣製造能力強，但仍需時間優化功能

(五)、 國際合作與市場擴展

- 推展國際市場而言，垂直領域應用的 Total Solutions 機會大於專網設備銷售
- 東南亞市場的機會：台灣可在東南亞市場進行'練兵'，並將整體系統輸出

第三節　座談會辦理

一、　座談會(一)：5G 新應用

世界行動通訊大會(MWC2023)及國內 2023 智慧城市展競相舉辦，是以帶來國內外最新 5G 專網應用分享，協助產業掌握最新國內外 5G 應用新興技術及趨勢；同時，全球行動通訊協會(GSMA)於 MWC2023 大會中宣布 Open Gateway 計畫，透過開放全球網路應用程式介面，讓電信業者開啟 API 經濟，更成為 5G 網路變現的新機會。藉由新型態的網路即服務模式(Network as a service, NaaS)，建立嶄新與高效能的應用程式和服務，也成為電信推動差異型服務新機會。

(一)、 活動資訊

- 活動時間：112 年 6 月 2 日(五)上午 10：00~11：30
- 活動地點：實體(資策會民生科服大樓 103 會議室)+線上(Microsoft Teams)
- 參與對象：電信業者、應用內容業者、網通設備業者、系統整合業者
- 活動議程：

表 4-18、座談會(一)「5G 新應用」議程規劃

時間	議題	主講人
9：30~10：00	來賓報到	
10：00~10：10	主席致詞	數位部 沈信雄專門委員
10：10~10：40	主題一：5G 專網應用趨勢 與國內外案例分享	資策會 王德仁協理
10：40~11：20	主題二：5G 網路變現新應用	資策會 吳明儒副主任
11：20~11：30	議題交流	資策會 李穎芳專案經理
11：30~	散會	

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-5、座談會(一)：5G 新應用座談會活動 eDM

(二)、 活動成果

- 參與人數：實體會議 20 人，線上會議 85 人
- 與會組成：電信商 3 家，網通設備商 15 家，系統整合商 2 家，電子資訊業 11 家，法人單位 3 家，大專院校 11 所，公部門及公共事業單位 3 處，其他 8 家。

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-6、5G 新應用座談會現場活動照片

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-7、5G 新應用座談會現場活動照片-2

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

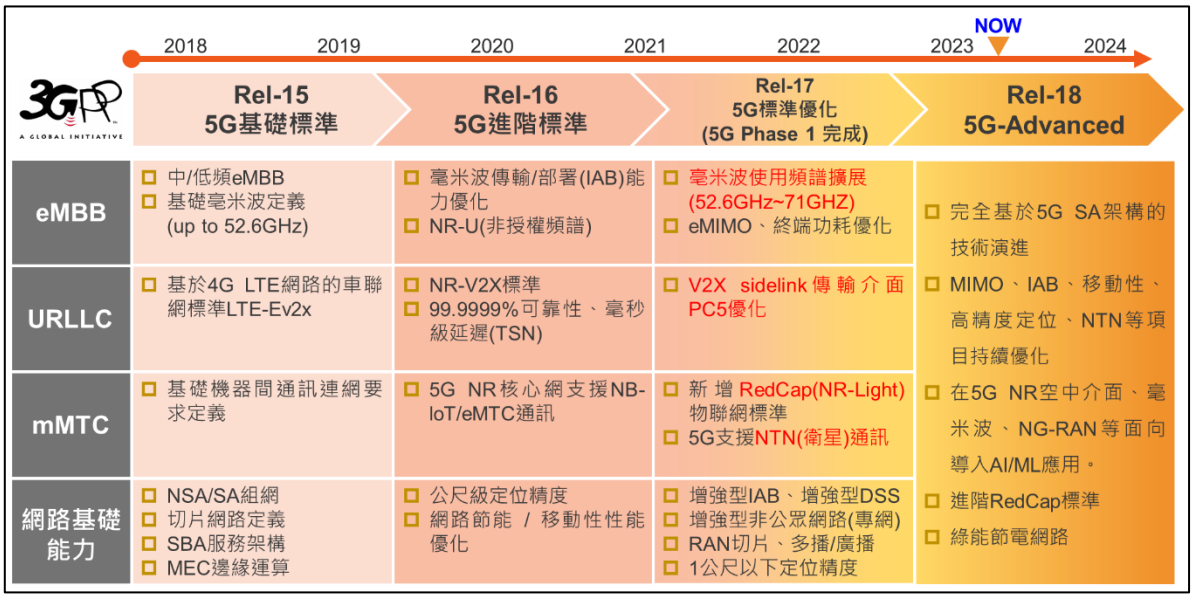
圖 4-8、5G 新應用座談會-線上會議照片

(三)、 議題說明

1. 主題一：5G 專網應用趨勢與國內外案例分享

(1) 5G/Wi-Fi 通訊標準現況

3GPP 在 2019 年針對 Release 17 初步討論時即首度納入 5G NR 增強的規範性工作以支援 NTN 非地面網路存取，包含衛星和高空平台站(HAPS)，並對物聯網進行支援，為窄頻物聯網(NB-IoT)和增強機器型通訊(Enhanced Machine Type Communication, eMTC)引入衛星支援做好準備。Release 17 於 2022 年 3 月成功凍結，並在 2022 年 6 月 10 日公布新版本，2023 年進入 B5G 世代，正式確立 Release 18 為 5G 演進的第一個版本，且確定其名稱為「5G-Advanced」。

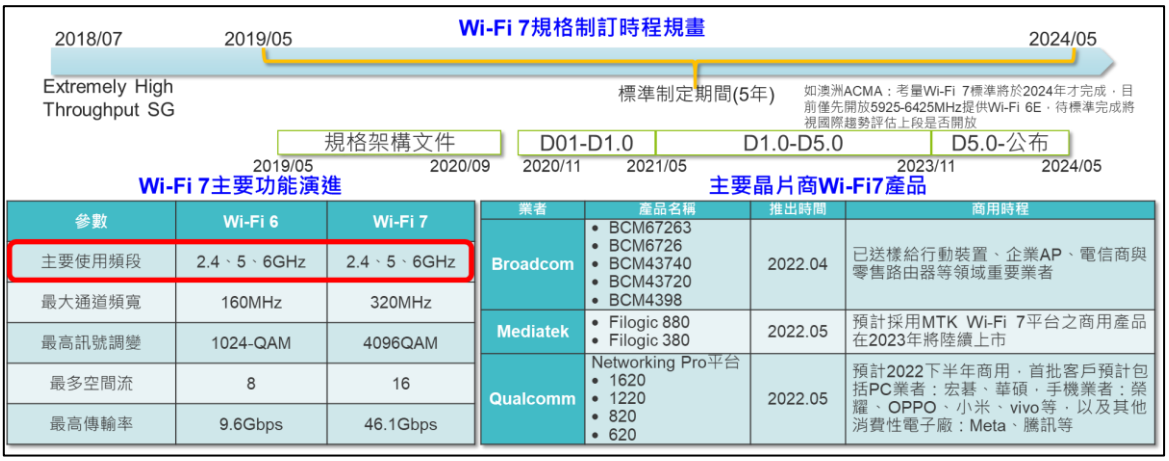


資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-9、3GPP 5G 通訊標準現況

另一方面，IEEE 正進行 Wi-Fi 7 規格制訂，計畫在 2024 年中期核准與

802.11be 修正案，屆時預期 Wi-Fi 聯盟也會推出認證計畫以確保互操作性。同時，Broadcom、Qualcomm 與聯發科已推出晶片解決方案，TP-Link 預計 2023 年推動 Wi-Fi 7 路由器上市



參數	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
主要使用頻段	2.4、5、6GHz	2.4、5、6GHz
最大通道頻寬	160MHz	320MHz
最高訊號調變	1024-QAM	4096QAM
最多空間流	8	16
最高傳輸率	9.6Gbps	46.1Gbps

業者	產品名稱	推出時間	商用時程
Broadcom	• BCM67263 • BCM6726 • BCM43740 • BCM43720 • BCM4398	2022.04	已送樣給行動裝置、企業AP、電信商與零售路由器等領域重要業者
Mediatek	• Filogic 880 • Filogic 380	2022.05	預計採用MTK Wi-Fi 7平台之商用產品在2023年將陸續上市
Qualcomm	Networking Pro平台 • 1620 • 1220 • 820 • 620	2022.05	預計2022下半年商用，首批客戶預計包括PC業者：宏碁、華碩，手機業者：榮耀、OPPO、小米、vivo等，以及其他消費性電子廠：Meta、騰訊等

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-10、IEEE Wi-Fi 7 通訊標準現況

(2) MWC 2023-國際趨勢觀測

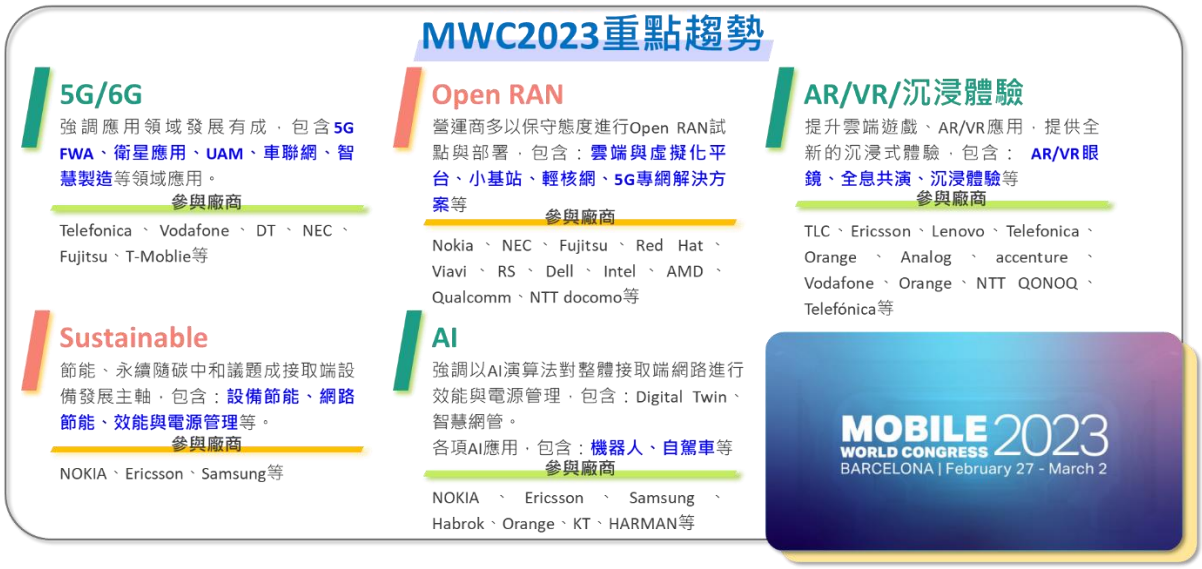
世界行動通訊大會(MWC)匯集全球知名的電信營運商、電信設備業者、電信服務 SI 業者。2023 年 MWC 主題為「高速連接-未來科技突破(Velocity：Unleashing Tomorrow's Technology Today)」，由於疫情已經獲得控制，全球通訊產業多回歸到正常參加國際大展的步調，因此有來自 200 個國家，約 8.9 萬與會者。

2023 年 MWC 五大展覽主軸，分別包括 5G 與 6G、元宇宙、開放網路(Open RAN)、金融科技、數位化轉型，前兩者為傳統的網通議題，後三者則可歸類成近年熱門的新興聯網應用，持續獲得重視與討論。

另外，根據 GSMA 統計，2022 年全球行動用戶已超過 10 億戶，2023 年將達到 15 億戶，同期，全球已有 229 個 5G 商用網路，預期 2023 年 5G 網路佈署毫米波(mmWave)、5G 獨立組網比重將會大幅增加。

2023 年展會中，5G 專網、Open RAN 為展出重點，電信營運商與設備商也展出 5G 應用以及新寬頻終端。電信營運商希望藉由 5G 開創寬頻連接外新營收，除吸引一般消費者增加 5G 滲透率，也針對企業提供 5G 解決方案。

電信營運商部分，本次展會各國大型電信營運商踴躍出席，並在展會中強調，電信業在全球連接面肩負聯網人權、降低碳排的社會責任，此外，也關注下一波 5G、6G 應用。展會中電信營運商展出主題，包含電信設備、綠能、AI、5G 應用，主要的 5G 應用又以元宇宙、車聯網等為主。



資料來源：本研究整理，2023 年 4 月

圖 4-11、MWC 2023-國際趨勢觀測

專網發展趨勢部分，大廠透過結盟、併購、策略調整，強化自有專網解決方案能量；從多家業者於本次 MWC 展會前與展期間，所發布結盟、併購、營運策略調整之動作來看，鎖定專網市場之供應商，已嘗試透過拓展自家解決方案之涵蓋服務範圍、強化技術與使用體驗等面對，滿足企業客戶客製化、易佈署管理、具導入效益等需求。如 Cisco 與 NTT 合作解決方案、AWS 提供雲端服務供電信商發展專網方案等，皆是採用結盟形式，整合供應商間彼此之優勢，擴大服務能量。HPE 則於展前發布收購 Athnonet 之消息，預期可強化 HPE 專網解決方案在 5G、Wi-Fi 等混合網之管理便利性，滿足企業用戶多元化的佈署需求。此外 Nokia、Celona 則調整營運策略以迎接專網市場的機會與挑戰，Nokia 強化 B2B 技術投入、並將拓展企業客戶、導入即服務等商業模式，設定為未來策略方向之一；Celona 則由 CBRS

市場拓展至全球專網市場，新產品支援 3.3~4.9GHz 頻段、4G/5G 服務、及雲端協作平台，預計今年底前於歐洲及亞洲進行市場開拓。

另外，專網佈署效益與佈署彈性仍是設備商解決方案著墨焦點；對企業客戶來講，企業網路選擇 5G 專網是否具備成本效益、5G 專網是否能與既有的網路基礎設施整合，是考量導入與否的關鍵之一。兩大電信設備商 Ericsson 與 Nokia 在本次 MWC 都有專網相關方案發布，且對於專網佈署效益及佈署彈性等面向各有著墨。Ericsson 在產品面，強調佈署後相對其他網路方案的效益，如減少設備空間、降低持有成本、降低能耗等，期望提升企業客戶在比較後選擇 5G 專網的興趣。此外 Ericsson 本次發布之室內定位軟體，強調不用額外安裝感測器，僅需透過既有網路設備即可完成定位，降低業者之佈署成本與難度。Nokia 則是在展會期間宣布更改品牌商標，並調整市場重心至營運商及企業客戶，同時搭配市場重心的轉換提出五項新產品策略方向，包括：無線電效能、功能均等、用戶偏好、AMD EPYC 處理器、高效節能等。

最後，由於設置 5G 專網之企業用戶未必設有通訊專門之職務，加上企業內若尚有內網、物聯網，則網路管理與維運將成為一大挑戰，因此投入 5G 專網的供應商也透過雲端化、單一平台式的管理介面，降低企業用戶之專網設置難度，同時整合既有自家應用服務，以期對應客戶之多元需求。

(3) 台北智慧城市展，5G 智慧應用方案

2023 年第十屆「智慧城市論壇暨展覽(Smart City Summit & Expo, SCSE)」於 3 月 28 日率先於台北南港展覽館 2 館開起為期四天的活動，而高雄館今年也擴大舉辦，並且晚兩天於 3 月 30 日開展，讓部分觀展者更有餘裕參與兩地活動。本次展會主題有二，一是數位轉型再創智慧城市新高峰，由城市、電信商、設備與系統整合商等展示的多元豐富智慧城市主題；二是新增的「2050 淨零城市展」，無論從產業、民眾生活等面向，透過前述各企業或城市群在綠色轉型的開發現況，展現台灣對於淨零碳排主題的投入。

通訊相關應用部分，電信商三大業者出席且陳列眾多 5G 與 AIoT 應用主題。**中華電信**規畫 13 項來自交通、醫療、娛樂與連網等領域的資通訊整合服務，包括以機器人為載具、獲獎的智慧港灣，以及以 AR 眼鏡為載體，可在五個場域使用的智慧醫療服務等；通訊產品部分，包括可讓客戶彈性組合超過 10 種功能並以 CHTCityOS 管理的智慧桿，以及利用衛星通訊當作回傳網路的 5G 企業專網方案也受到關注。**遠傳電信**則以「元宇宙數位治理」的標題吸引觀展者目光，內部有與加速器夥伴合作的智慧建築等主題、以及本身的數位雙生戰情室，可視化且更即時有效的監控與管理全台網路。遠距診療服務包括獲獎的「遠距眼科智能篩檢」，並在今年提升至「5G 遠距診療 2.0」方案，將擴大對高齡者與慢性病患者的照護。5G 巡邏車則利

用 5G SA 網路切片技術，透過車上的 5G 攝影機與閘道器(與雲端資料庫互連比對資訊)運作，即時判斷贓車傳送訊息給第一線警員馬上處理。除善用 5G 技術優勢(影像清晰度與頻寬優先支援)外，並較過去作法大幅提升效率；在淨零主題上，遠傳電信也透過 AI 技術，針對 4G 基地台話務流量等資料進行分析，挑選合適的站址後再掛上 5G NSA 設備，藉以節省非必要安裝與用電。在運作後，也透過機器學習技術，在不影響用戶使用下關閉部分 RF 元件進行休眠，可省電 4%。另一方面，該公司也推出碳盤查服務，管理企業用電狀況並透過公式產出報表，提供建議。台灣大哥大本次展示包括智慧環安、智慧零售、智慧家庭、智慧運動、智慧安控、智慧環保、智慧共享等七大應用領域，分別與其 5G AIoT 應用端生態圈夥伴合作。在智慧環安部分，一個實用的情境是救災現場，透過 5G 移動式緊急應變系統，以及搭載 5G SIM 卡的穿戴式多功能攝影機，警消人員可遠距即時掌控現場影像，透過多方通話、全球定位、生命救護等功能更有效與安全執行任務；零售部分主題上，台哥大與佐臻合作，技術面結合 AR 眼鏡、實體店感應器與 AI 影像分析等技術來掌握店內顧客行為，並整合大數據進行商品推播，另一種則是遠端購物，透過 AR 眼鏡瀏覽各種商品並以手勢採購。而佐臻透過與 Epson 的合作也在會場推出 AR 眼鏡價格方案，後續並將透過 Computex 等展會擴大在更多個垂直領域進行演示；在智慧家庭部分，台哥大與 Google 深度合作，透過語音助理操控更多產品，並且在其智慧家庭生

態系雲平台下，嘗試整合並提升個人健康與家庭娛樂體驗。

資料來源：本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-12、台北智慧城市展電信商智慧城市解決方案

在設備與系統整合商部分，技術面多著重於整合 5G 高可靠低延遲特性，應用於無人載具等系統；其目的在於減少人力使用成本，降低人力執行上的負擔，並提升人員的安全性。**無人載具**透過 5G 連網充分發揮高效率，可進行**精準、高效**與**安全**的作業，提供各領域**數位化、自動化**的一條龍方案(涵蓋智慧交通、港灣、醫療與零售等)。亞旭電腦則是持續推廣其民生物聯網方案，整合各類遠端與可攜式解決方案，可應用於智慧農業、防災監管等領域，另外也展示其 5G/Wi-Fi 企業專網產品。

資料來源：本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-13、台北智慧城市展 5G 智慧應用方案

(4) 衛星應用服務觀測/分析

觀察低軌衛星(LEO)現今發展階段，因應高頻段(Ku/Ka/Q/V Band)的衛星布局，使得低軌衛星通訊具備高速、大流量、低遲延等特性，加上其訊號廣覆蓋特性，有利於與目前 5G 地面網路進行整合，從偏遠地區、荒漠、海上、空中等區域聯網需求與 5G 進行互補，打造全球陸海空無縫上網的願景。

低軌衛星科技被視為達成永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)的解決方案，例如在遙測與成像方面，以衛星遙測圖像能辨識出貧困與作物缺乏地區，擬定政策促成地區農業改變，改善食物與營養供給，保護幼童與消弭國家之間的不平等，以及以衛星圖像識別地區水文情

況，協助確保水源永續供應。在通訊方面，一方面透過低軌衛星可以協助推動遠距學習，增進教育機會的平等，縮短落後地區與偏鄉孩童的數位落差；另外一方面促進具包容、安全、韌性及永續特質的城市與鄉村發展。

低軌衛星的快速普及主要因為低軌衛星的技術進步與發射成本的緣故，也包含了高通量衛星技術突破、衛星小型化/結構簡化、與火箭的發射成本降低三大原因。

由於衛星系統在太空中運作，因此與地面通訊相比，具備不受地形阻礙之優勢，可以覆蓋地球表面的大部分地區，接收與傳輸大範圍的數據與訊息。根據 SIA 指出，衛星可提供之應用服務除前面提到的遙測與成像(Remote Sensing and Imaging)及行動通訊(Mobile Communications)外，尚包括其他六種，大致可分為以下數種類型。

1) 寬頻連結(Broadband Connectivity)：許多國際通訊衛星營運商都有提供用戶高速寬頻服務，近期如美國 SpaceX、英國 OneWeb 等低軌衛星營運商正積極規劃與發射更多低軌衛星，進一步形成衛星星系網路。而衛星的寬頻連結服務將有助於減緩偏遠地區與都會地區之間的數位落差，並為陸地、海洋及空中用戶提供訊號連接。
2) 導航應用：如全球導航定位系統(Global Positioning System, GPS)，衛星為一般智慧型手機、汽車導航等導航設備，提供以位置資訊為基礎的服務。同時，導航衛星為包含行動通訊、金融網路、供電網

路、天氣雷達等關鍵設施，提供關鍵的時序資訊。

3) 緊急應變與救災(Emergency Response & Disaster Relief)：由於衛星運行在距離地球表面很高的太空中，因此當地面網路受颱風、地震等天然災害導致斷線情形下,衛星系統可提供緊急應變人員所需的語音、數據與寬頻服務。災害過後，衛星亦可作為災區重建地面網路時的替代網路。

4) 廣播(Broadcast)：衛星電視與電台經由廣播衛星對全世界的觀眾或聽眾傳輸即時新聞、體育賽事、天氣、娛樂節目等影音訊號。

5) 萬物聯網(Internet of Things)：萬物聯網將裝置連結到網際網路，這些裝置可以是筆記型電腦、平板電腦或手機，亦包含自動販賣機、定位標籤、連網汽車、重型機具或油井等各式設備。在地面網路覆蓋範圍外運作的萬物聯網設備，可經由衛星連結並傳輸資訊。

6) 衛星遠距醫療(Satellite Telehealth)：遠程醫療服務利用網際網路將患者連結至遠端的醫療人員，使醫療人員不需親自至現場，就能遠端監測患者狀況；衛星可提供偏鄉地區、無地面網路服務區域的患者，進行遠距醫療數據傳輸。

2. 主題二：5G 網路變現新應用

(1) Open Gateway API 之緣起

在 2023 年世界行動通訊大會(MWC 2023)上，首場專題演講「開放的未來願景」(Vision of an Open Future) [197]，GSMA 總幹事 Mats Granryd、西班牙電信(Telefonica)執行長 José María Álvarez-Pallete 以及 Orange 執行長 Christel Heydemann 在會中暢談基於開放基礎設施與 API 的行動產業新策略，以及連接全球網路的新方式，並聚焦於所謂「地球運算」(Earth Computing)的概念[198]。

根據 GSMA「2022 年網際網路價值鏈報告」指出，全球 87 個市場 230 運營商已推出行動 5G 服務，許多非洲、亞洲發展中市場的 5G 服務也將在 2030 年上線，雖然 5G 採用不斷擴大，但有超過 50%的 GSMA 調查對象認為，5G 只是一種速度升級，而不是真正的新技術，導致 5G 服務產生價格壓力且市場競爭加劇。特別是以電信營運商角度來看，電信業一方面投入大量基礎建設成本，扮演推動寬頻服務和智慧型裝置普及的角色，成為帶動數位創新應用服務的基礎；另一方面卻因為數位經濟崛起(如：Alphabet、Meta、Netflix、蘋果(Apple)、亞馬遜(Amazon)、微軟(Microsoft)等內容與應用程式提供者)，造成電信業者必須持續投入成本升級或佈建電信網路基礎

[197] Mobile Industry Deploys Open Network APIs and Prepares for New Era of Digital Services and Mobile Apps：https://www.mwcbarcelona.com/press-releases/gsma-open-gateway

[198] MWC23： GSMA Introduces New Era of Earth Computing： https://www.eetimes.com/mwc23-gsma-introduces-new-era-of-earth-computing/

建設，以維持網路速度以及使用品質，導致營收逐年下滑。因此，如何深化5G 應用、滲透並努力增加變現機會，成為通訊產業的關注重點。

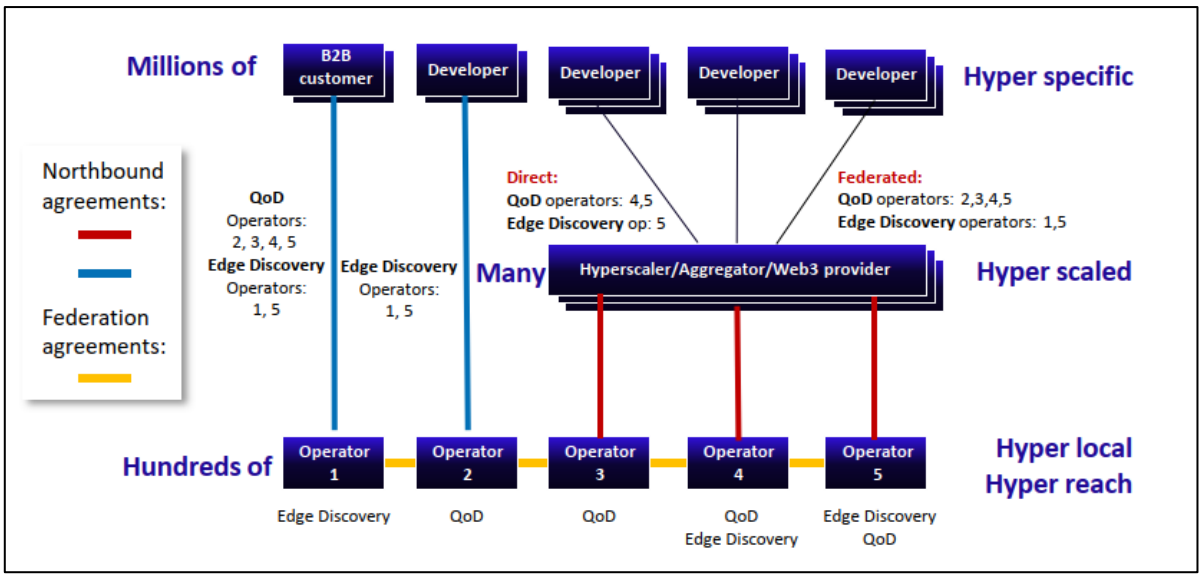
是以，GSMA 於 MWC 2023 中公布「Open Gateway 計畫」[199]，透過共享開放應用程式介面(Application Programming Interface, API)框架，讓電信營運商、企業和雲端供應商可透過 API 進行單點網路訪問或網路佈署，打造網路即服務(NaaS)的生態圈，創造「電信貨幣化(Telco Monetization)」的新營運模式。

(2) 什麼是 Open Gateway API

開放的網路 API 架構讓開發者得以推出新服務，以接取至營運商基礎設施和流量的核心功能。GSMA 認為此舉可望作為改善全球無線市場中產業和利益攸關者之間合作的下一步。

Open Gateway API 是由 Linux 開源項目 Camara 計畫支持[200]，用於定義、開發和測試 API，以提供電信營運商跨區域服務。由於電信營運商已躍身為基礎建設服務地位，因此電信廠商的開放標準化，可使電信廠商、雲端服務商或開發人員彼此互聯，從而更快進行網路增強或佈署。其運作模式可參考圖 4-14[201]。

[199] GSMA Open Gateway lays the foundation for a new era of Digital Services：https://www.gearrice.com/update/gsma-open-gateway-lays-the-foundation-for-a-new-era-of-digital-services/
[200] Linux, APIs enabling seamless access to Telco network capabilities, https://camaraproject.org/
[201] CAMARA Project, https://github.com/camaraproject



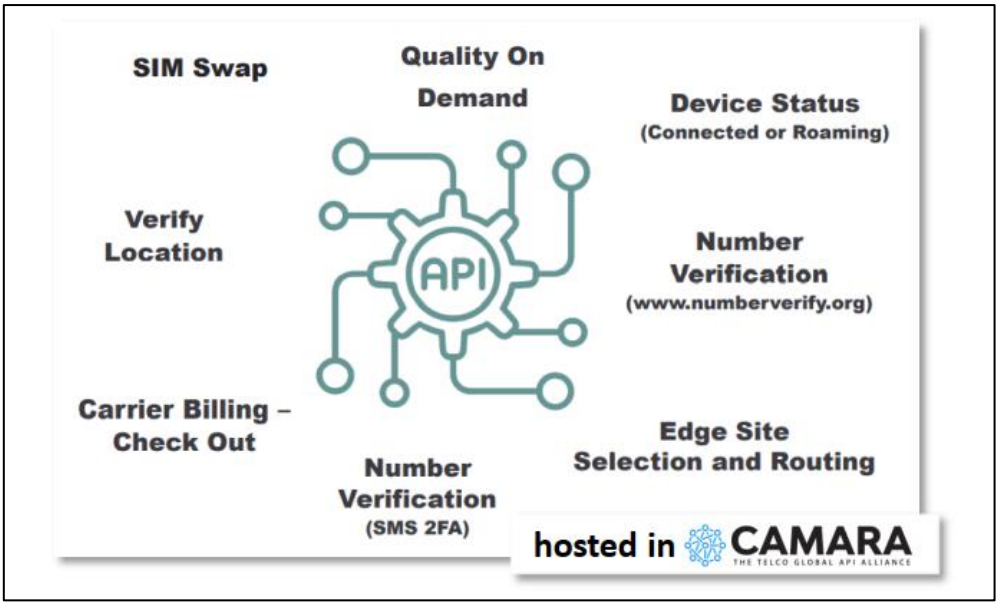
資料來源：GSMA Open Gateway-The Naas Initiative, 5G Future Summit, MWC2023，By Telefonica[202]，2023 年 3 月

圖 4-14、串連電信供應商及聚合新應用開發的機制

(3) Open Gateway API 有哪些應用

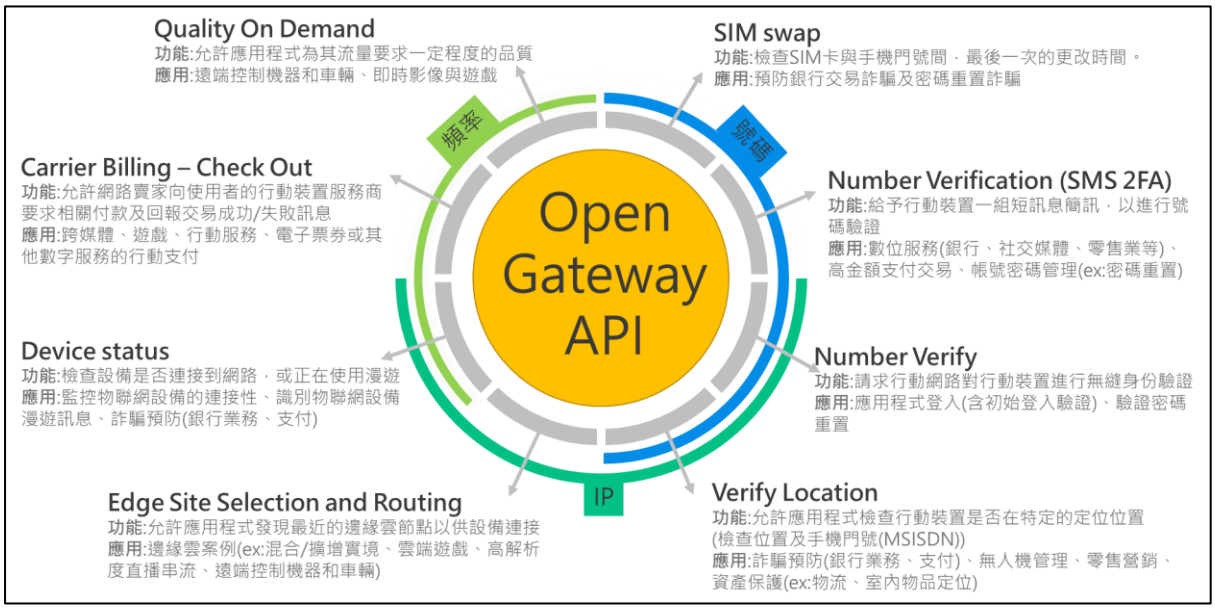
Open Gateway 計畫在第一階段共推出 8 個通用網路 API，包括：SIM 卡交換、需求品質(Quality on Demand, QoD)、設備連接或漫遊狀態、SMS 雙重認證(Two-factor authentication, 2FA)、邊緣站點選擇和路由，營運商計費和設備位置驗證等 8 個 API(如圖 4-15)，簡介其功能、應用、電信資源需求等如圖 4-16。

[202] MWC23 Barcelona – 5G Futures Summit, https://www.gsma.com/futurenetworks/gsma_events/mwc23-barcelona-5g-futures-summit/



資料來源：GSMA Open Gateway-The Naas Initiative, 5G Future Summit, MWC2023，By Telefonica，2023 年 3 月

圖 4-15、GSMA Open Gateway 計畫在第一階段推出 8 個通用網路 API



資料來源：本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-16、GSMA Open Gateway 計 8 個通用網路 API

(4) 國際對於 Open Gateway API 看法

目前獲得 AT&T Bharti Airtel、中國移動、德國電信、KT、MTN、Orange 等共 21 間電信營運商支持(如圖 4-17)，並在會場展示相關應用(如圖 4-18)，例如 Orange、Telefónica 和 Vodafone 與 Ericsson 和 Vonage 合作，展示透過 QoD API 用於雲端遊戲和互動式影音；Verizon 和 Vodafone 則透過 API 和移動邊緣計算(MEC)應用，舉辦即興的跨域音樂演奏會。

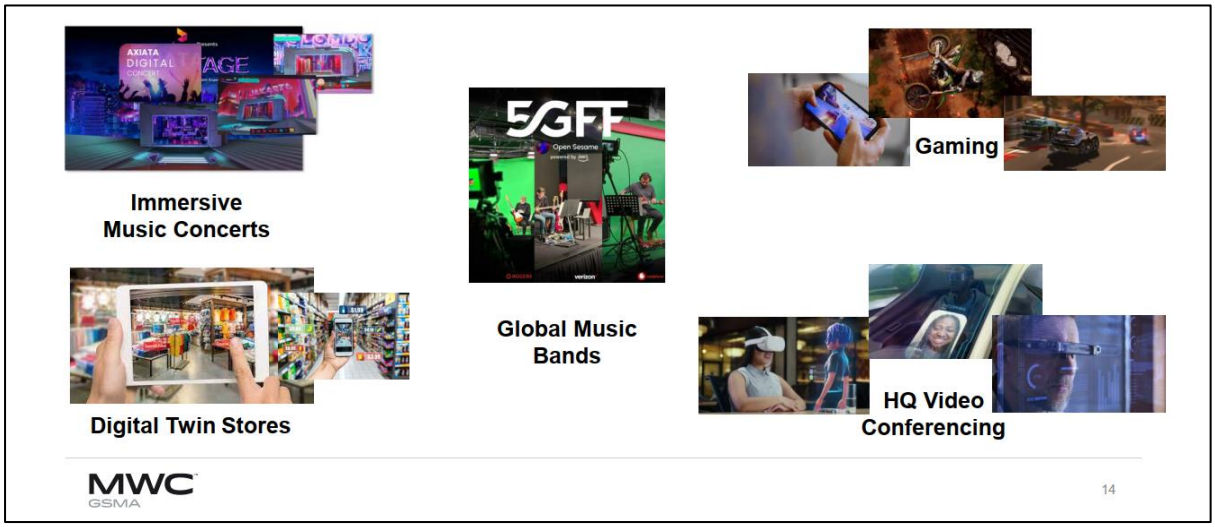
資料來源：5G Future Summit, MWC2023，本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-17、GSMA Open Gateway API 計畫獲得 21 間電信營運商支持

同時，Telefónica 宣布與 Microsoft 合作，向開發人員、雲端服務商或企業提供互操作性的 API，並以元宇宙通訊、支付與雲端遊戲等為用例展示(如圖 4-18)，以實現快速、安全的沉浸式體驗。隨著互動式的沉浸式體驗帶來之需求，Open Gateway 計畫將使電信營運商走向開放 API 經濟模式，

讓電信廠商可透過電信廠商彼此的互聯，讓彼此的應用服務擴展或串聯，現階段可提供如演藝活動、運動賽事的直播等服務，同時佈局元宇宙、Web3等未來趨勢，進而達到真正無疆界的網路漫遊與分散式運算，讓互動可更快速即時。

此外，Ericsson[203]與其收購的雲端通訊商 Vonage，要攜手百萬開發者打造全球網路的 API 市場，Vonage 早年以虛擬行動網路(MVNO)為主，近年轉型服務公司，設計各種創新服務給消費者及企業客戶，現在更擴大至整體網路 API。立信統計，全球網路 API 創新服務為電信業擴大利基，實現 5G 網路變現機會，全球 API 提供影音、語音及簡訊的通訊 API 市場，預估 2025 年可達 220 億美元。



資料來源：5G Future Summit, MWC2023，本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-18、國際大廠於會場展示 Open Gateway 相關應用

[203] Ericsson，Operators are opening up 5G networks to application developers to drive innovation：https://www.ericsson.com/en/news/2023/2/operators-are-opening-up-5g-networks-to-application-developers-to-drive-innovation

(5) 台廠對於 Open Gateway API 的看法

台灣大哥大總經理林之晨在參展 MWC 後直言[204]，MWC 2023 定義網路 API 化，將為未來 20 年奠定根基，另外隨著雲端服務與雲端運算普及化，「Always Connected」更會創造下一個 B5G 紀元。林之晨說道，這是一個新時代的開始，讓電信公司都能串接到標準化 API，讓應用開發商在上面開發更多樣的新服務。同時，林之晨觀察分析，已看到相關陣營開始成形，台灣需要選擇與誰加盟以及如何加盟，才能在新的時代浪潮下掌握先機。林之晨透露，台灣大已經開始著手研究所有網路 API 化陣營的解決方案優劣。

遠傳電信總經理井琪分享，開放全球網路 API，就像是蘋果開放 API，讓各個創新團隊一起發展創新應用服務，各擅勝場，也促進創新應用發展，早年 AT&T 也運行過類似概念，但基於網路穩定、可靠性及資安議題而發展受限。現在隨著技術、趨勢演進，開放網路的 API 成為電信推動差異型服務新機會。

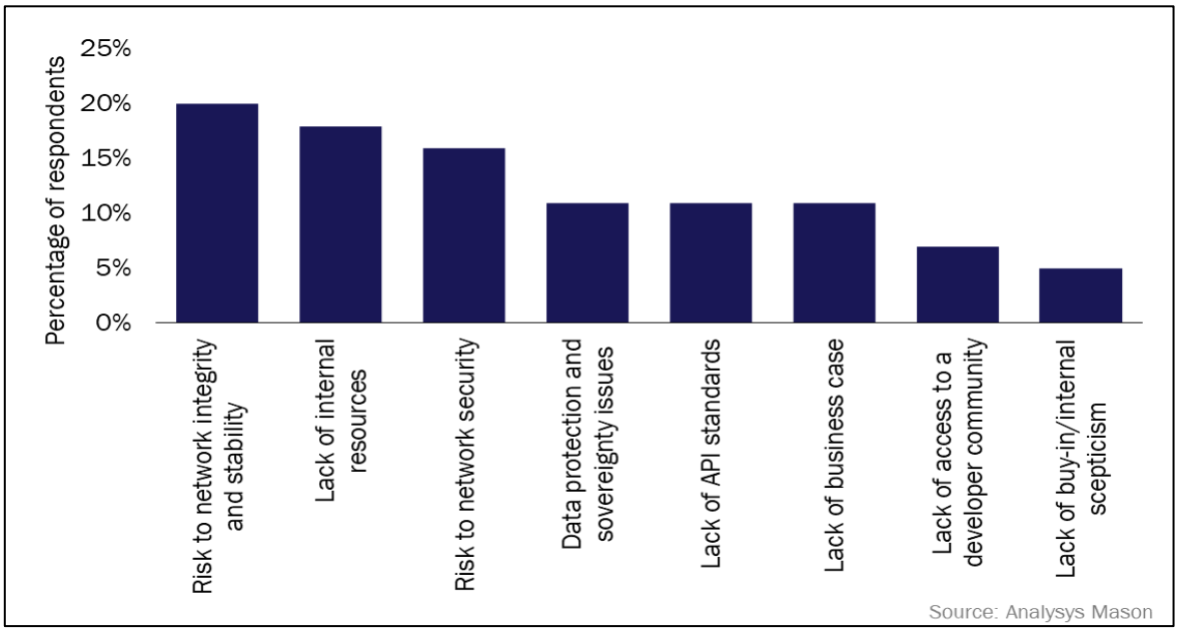
(6) Open Gateway API 的挑戰

根據英國通訊技術顧問公司 Analysys Mason 在 2023 年四月的「NPaaS：Operator Strategies and Implementation of 5G APIs」[205]中提到，移動網路運營

[204] 林之晨：定義網路 API 化時代來臨 https://wantrich.chinatimes.com/news/20230316900045-420301
[205] Analysys Mason，NPaaS： operator strategies and implementation of 5G APIs

商(MNO)對於銜接 Open Gateway API 時所需客服的幾項挑戰。

通訊服務供應商除了必須要建立與應用服務供應商緊密的合作連結以外，亦需要重新思考與公共雲服務商(Public Cloud Provider)的競合關係及商業模式。然而，其中最大的技術挑戰還是在於資訊安全、網路的完整性(特別是流量管理機制)及欠缺內部資源(Security, Network Integrity and Lack of Internal Resources)的設計，如圖 4-19 所示。



資料來源：Analysys Mason，本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-19、電信商對於網路即服務(NPaaS)的挑戰

資訊安全對於任何開放式架構都是必須思考的挑戰，特別是在行動網路中如何抵擋惡意的攻擊及通訊資源的濫用，甚至延伸至後續應用的收費營運模式及交易安全機制，都是在初期架構設計階段就必須同步考量的。

第二項技術挑戰則在於電信資源的分配，不論是在提供服務時的流量

配置，以及如何在有限的頻率及號碼資源中，提供更彈性且多元的服務。

而據 Analysys Mason 訪談 44 家通訊服務供應商的調查[206]，通訊服務供應商自認最大的挑戰還是如何穩定地協調管理所有電信資源；Open Gateway 計畫提出的網路供應即服務(NPaaS)的營運模式還在初期的探索階段，如何協調運營(Operations)、合規性(Compliance)和安全性(Security)等技術層面議題，同時兼顧外部的行銷運作及新應用模式開發，若沒有這一個跨領域的協調，就很難建立一個商業上成功的 NPaaS 平台，對於許多通訊服務供應商來說，這將是一項艱鉅的任務。

整體而言，除了技術上的挑戰，對電信營運商而言更需要思考的是營運模式的改變，以及對電信服務同業的心態調整，從競爭者轉變為共榮共創的商業夥伴，同時願意以開放的心態將資源、資訊共享，進而貢獻第三方 NPaaS 平台，促使新興服務應用快速商用化。對於第三方 NPaaS 平台業者而言，除了平台的技術開發以外，如何建立一套安全且完善的營運機制，並於定義合理的收費機制，則將是最大的挑戰[207]。

綜上所述，整理 Open Gateway API 對於電信營運商及驗信設備商之強弱危機分析(Strengths、Weaknesses、Opportunities、Threats Analysis, SWOT 如圖 4-20 及圖 4-21。

[206] Analysys Mason，MWC 2023： Camara Project and Open Gateway details are revealed but no answers about commercial models

[207] 經濟日報，5G 變現的機會來了 https://money.udn.com/money/story/5612/7078592

資料來源：本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-20、Open Gateway API 對於電信營運商之 SWOT 分析

資料來源：本研究整理，2023 年 5 月

圖 4-21、Open Gateway API 對於電信路設備商之 SWOT 分析

(四)、 議題討論

表 4-19、座談會(一) 5G 新應用之議題討論

20230602_5G 新應用座談會	
問題&建議	數位部 沈信雄專門委員： 早期通訊業者主要收入業務為語音及簡訊傳輸，而從 4G 開始則以上網為主，尤其是網路吃到飽，而以往的語音等服務則縮減剩下不到四分之一。在純資料的環境之下，Open Gateway API 希望達到類似語音傳輸的差異化服務收費方式；對業者而言會是一大商業模式的轉換，不再像過去以吃到飽收費為主，Open Gateway API 對業者而言會有所幫助，但是否能成功要再廣泛的收集業者的意見，甚或 Open Gateway API 的商業模式要完整擴散要等到 7G 或 10G 世代。 從使用者角度而言，或許 Cloud 就能滿足所有的上網需求，使用者對網路的需求已不再單單只是網速，但實際的需求會多廣，目前也無人能定義，這會是營運商最大需要克服的困難。
問題&建議	明泰科技 黃再裕 處長： 整體而言，Open Gateway API 要成功的機會非常低，因為以下原因： QoD 相對於 QoS，是在無線接取更進階的服務，相較之下對營運商是更大的技術挑戰；包含距離遠近、基地台位置以及干擾等皆是難

	以控制的變因，是以即使提供 QoD 的服務也難以量化定義其服務品質。同時，以台灣電信服務覆蓋率來看，台灣的網路覆蓋率極佳，但山區等偏遠地區要做到 QoD，以營運商商業面考量較難提供。 從營運商角度看，提供 Open Gateway API 服務本身成功機率非常低，就以現今每個營運商所提供的 API 都不相同而言，其原因是因為每個營運商都有內部系統必需認證、有內部的開源軟體(Open Source Software, OSS)及軟體資通安全(Embedded Software on Smartphone, ESS)要整合，這些都無法透過 Open Gateway API 達成。 Open Gateway API 的觀點與趨勢與以往皆不相同，不再是以營運商的角度出發，而是所有應用從雲端及地端出發，而營運商只會是一個單一端的提供，除非考慮搭配使用軟體定義網路(Software-defined networking, SDN)架構；但對於營運商而言，要做到完全互通的開發服務是有困難的，這也是 SDN 網路討論了很久卻無法落地的原因。若 SDN 網路能真正興起，營運商會能獲得主導地位，但單單只獲得主導地位也無法讓整個產業興起，因為物聯網碎片化導致實際整合相當困難，也因此雲端業者，如 Google、微軟、AWS 等大廠，都發覺要做到雲端服務最重要的的一步是整合地端設備，統一標準才能在雲端上提供服務，達到資料串流及更好的服務等，對營運商而言，整合效益及需求量是否足夠才會是驅使營運商提供 QoD 服務的重點。

問題&建議	Nokia 許百川顧問： 從商業模式以及互聯網典範移轉觀點來看 Open Gateway API，自由開放平台服務的利潤相當可觀，如：Meta、Youtube 的市場佔有率非常高，平台串流業者幾乎佔據 90%的利潤，對營運商而言反而利潤相當低，如何將利益重新分享會是非常大的障礙，而非技術障礙，技術其實都能達到，變現不單單是收費，而是將整個金流串起來成為服務的一環，但一定要有標準化，如何分工會非常重要，互聯網如何讓利、如何和平分利，將會是整個商業模式成功的重點。
問題&建議	遠傳梁翔渝協理： 電信商也相當重視 Open Gateway API，思考如何能將一些網路特性開放出來，讓解決方案提供商、應用商等能更好的與網路做結合，並提供更好的服務，網路性能開放對業者來說也是一項挑戰，包含網路設計、資安等都是需要詳細規劃的重點，因此營運商也要更審慎地思考如何能提供最完善的網路服務架構。 遠傳與 TVBS 合作進行直播馬拉松比賽，採用網路切片模式，可以確保在直播過程中網路特性的穩定，可視使用者需求並提供相對應的服務，未來也將針對網路開放提供使用者相對應的搭配，或許在未來醫療體系也可提供相關救護車應用，透過網路切片來確保傳回醫院的相關醫療資訊能即時，達到網路需求調用。

	對 Open Gateway API 而言，與各營運業者進行網路串聯會是最大的挑戰，若能從國家體制出發，以網路韌性政策下串接所有營運商的網路資源，才能達到真正的 Open Gateway API。

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

二、 座談會(二)：數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)

5G 通訊佈建及應用已在全球遍地開花，而俄烏戰爭的爆發，凸顯了非地面通訊(Non-Terrestrial Network, NTN)的重要性，如何順利將 5G 技術結合衛星訊號打造韌性網路；在現有的網路環境遭受衝擊時，能夠不中斷或快速復原，同時也可在平時催生無數智慧應用與無窮商機。

(一)、 活動資訊

- 活動時間：112 年 7 月 7 日(五)下午 14：00~16：00
- 活動地點：實體(資策會民生科服大樓 103 會議室)+線上 (Microsoft Teams)
- 參與對象：電信業者、應用內容業者、網通設備業者、系統整合業者
- 活動議程：

表 4-20、座談會(二)「數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)」議程規劃

時間	議題	主講人
14：00~14：30	來賓報到	
14：30~14：40	主席致詞	數位部 沈信雄 專門委員
14：40~15：00	主題一：5G NTN 標準及技術發展現況	資策會 連紹宇 總監
15：00~15：20	主題二：5G NTN 新應用-台灣的機會與挑戰	資策會 王德仁 協理
15：20~16：00	議題交流	資策會 李穎芳 專案經理

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-22、座談會(二)：數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會 eDM

(二)、 活動成果

- 參與人數：實體會議 31 人，線上會議 54 人
- 與會組成：電信商 3 家，網通設備商 6 家，系統整合商 11 家，電子資訊業 4 家，法人單位 3 家，大專院校 1 所，公部門及公共事業單位 2 處，其他 2 家。

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-23、數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會現場活動照片-1

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-24、數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會現場活動照片-2

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-25、數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會-線上會議照片

(三)、 議題說明

3GPP 在 Release 18 版本中，基本已確認 B5G 之新技術方向，除延續原有 Release 16、Release 17 的 eMBB、URLLC 外，非地面通訊(NTN)及 AI/ML 等，觀察技術觀點演變，預期 5G 產業生態鏈將迎來通訊技術、創新垂直應用服務及技術規範的持續演進及優化，帶動 5G 網路整合服務及網通硬體設備商機，推動資通訊產業端之數位轉型。基此趨勢，我國持續積極研議國際間 B5G/6G 通訊技術與應用趨勢走向，掌握全球非地面網路之發展動態，同時掌握國際主要國家及國際組織會議最新趨勢發展，以期擘建利於我國資通訊產業發展之基石。

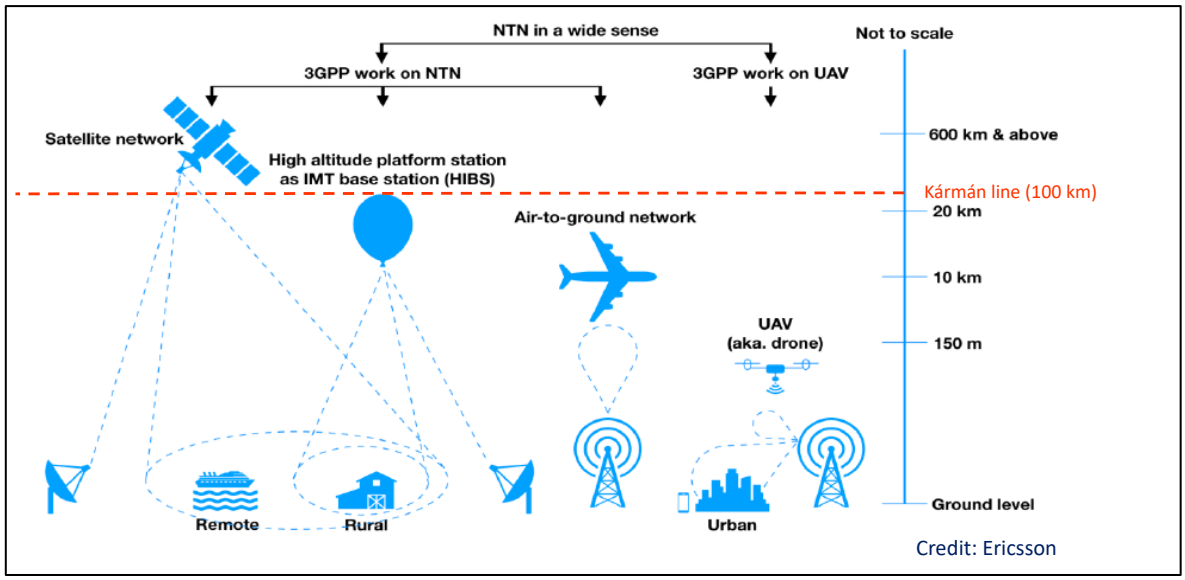
1. 主題一：5G NTN 標準及技術發展現況

◆ NTN 背景介紹

傳統的衛星產業開始構思與 3GPP 所制定的通訊架構(無論是運營商或者是設備商)銜接，各界都想要定義衛星的標準。本議題針對 3GPP 定義 NTN 標準進行快速的背景介紹：

非地面網路相對於地面系統，亦即把某些地面網路元件往空中移動，並可分成 Space-Borne Vehicles 及 Air-Borne Vehicles 兩個部分，區分方式可以 Kármán line 作為界線(如圖 4-26)，也可視為地球的大氣跟太空的分界，約莫距離地表大概 80 公里到 100 公里；在太空以上的佈署即為 Space-Borne Vehicles，亦可視為眾所認知的衛星；而 Kármán Line 以下的即為 Air-Borne

Vehicles。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

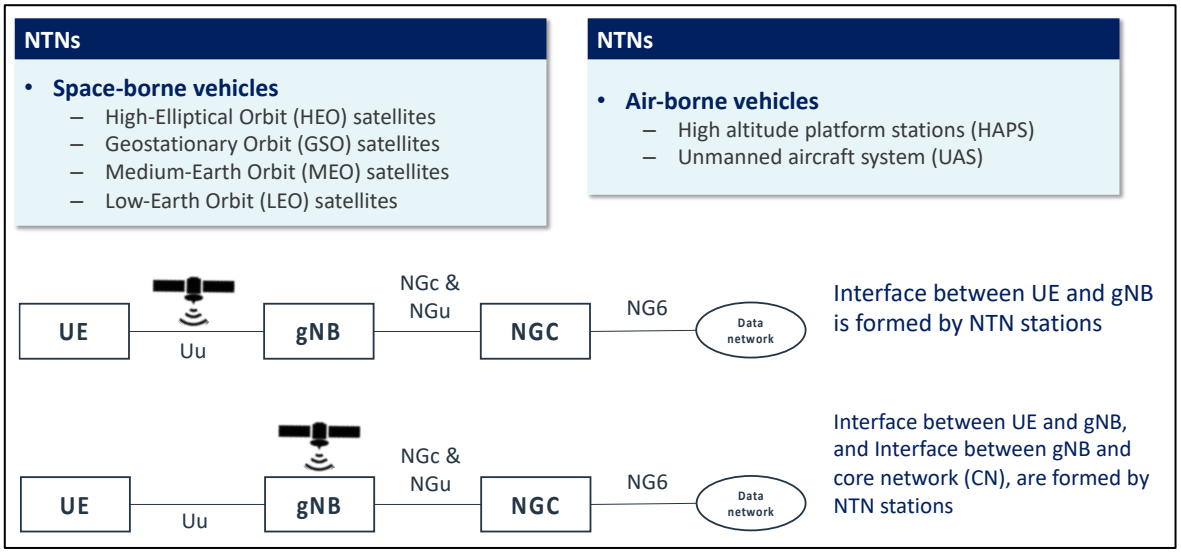
圖 4-26、3GPP 中非地面通訊背景簡介

在 Space-Borne Vehicles 中可以佈建多顆對地高度不同的衛星，高度不同則設計方式也不同，高地球軌道(High Earth orbit, HEO)、自由空間光(Free Space Optical, FSO)、中地球軌道(Medium Earth Orbit, MEO)、LEO 等等。而 Air-Borne Vehicles 則包含 HAPS 及無人飛行器系統(Unmanned Aircraft System, UAS)。傳統上無論是 UE 或核網都在佈建於地面上，當要將某些部分往空中佈建時，要將哪些進行佈建是 3GPP 正在討論的議題，可分為兩種情境：

- 情境一：衛星在空中，手機、基站、核網在地面上，可將訊號打到衛星，衛星再將訊號回傳給地面的基站，因此傳統手機與基站之間的無線標準 UE Interface 就不單單只是在地面上使用，同時需要將

連線衛星之間的介面納入考慮。

- 情境二：可否將地面基站完整移植到空中(放置衛星上)，手機維持在地面，透過無線介面網衛星發送訊號，則衛星在使用的介面為傳統基站對核網所使用的 NG 介面。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-27、3GPP 中非地面通訊之使用情境

當衛星對地高度不同時，特性也不相同，差別在當衛星佈署距離地表太低會受到重力所影響，為避免被地球引力所影響則需快速移動，可透過公式計算出距離地表的引力為多少，以及需多少速度可以避免被引力所影響，原則上距離地表越近則移動速度需越快，當距離地表約 35,000km，移動速度與地球自轉速度一致，故稱為 GSO 地球同步軌道衛星，而 UAS 系統(包含 HAPS)則是佈署在平流層。

距離地表越低則移動速度越快、繞行地球一圈的時間越短、訊號傳輸

時間也越短，距離地表越遠則反之。傳統地面上的基站涵蓋範圍約只有 1、2km 左右，能支援的手機數量約幾千個，而衛星訊號涵蓋範圍的 Beam 非常大，如低軌衛星約 700km 左右，能支援的 UE 數量約幾萬個起跳，是與傳統基站最不同之處。

表 4-21、衛星高度與通訊特性

Platforms	Altitude range	Orbit	Typical beam footprint size	Round trip propagation delay
LEO satellites	300 – 1,500 km	Orbit period: 90-120 min Circular around the Earth	100 – 1000 km	4-30 ms
MEO satellites	7,000 – 25,000 km		100 – 1000 km	200+ ms
GSO satellites	35,786 km	National station keeping position fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given Earth point	200 – 3500 km	400-500+ ms
UAS platforms (including HAPS)	8 – 50 km (20 km for HAPS)		5 - 200 km	< 10 ms
HEO satellites	400 – 50,000 km	Elliptical around the Earth	200 – 3500 km	400-500+ ms

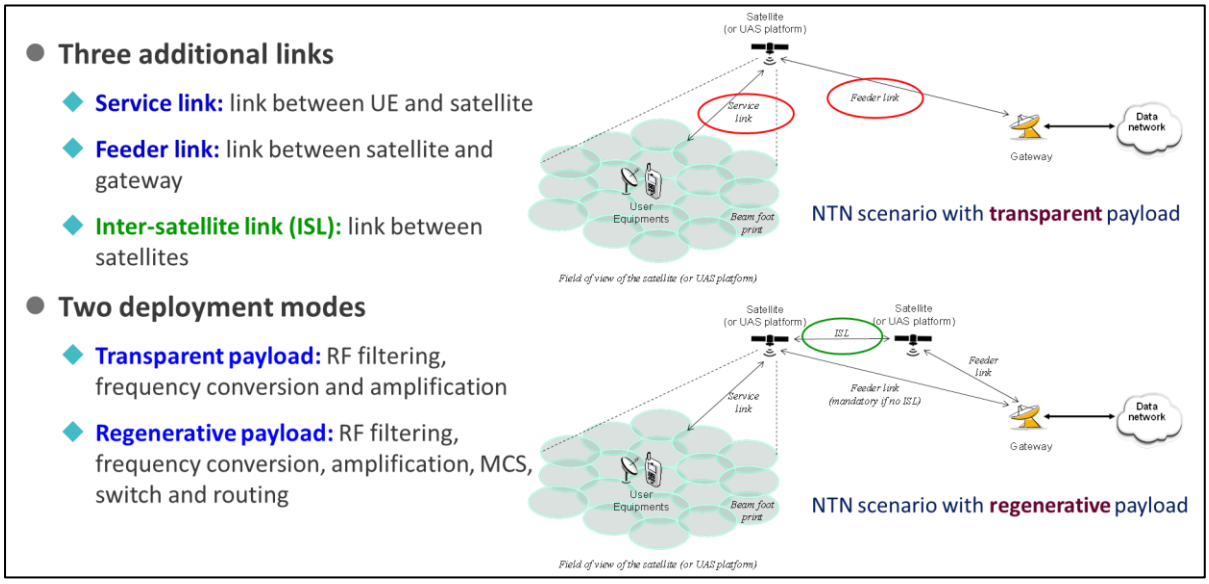
資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

◆ NTN 通訊特性

在 3GPP 標準之中，NTN 分為兩大主流。整體標準化從 Release 15 開始，Release 15 是 5G NR(New Radio)的標準第一版，在此版本僅談論地面上的介面規格，NTN 的部分僅提到標準架構無談到無線介面的問題。Release 16 開始討論將 NR 應用介面搬移至空中時，NTN 衍生的技術議題。相對於 Release 15 及 Release 16 皆為討論將地面介面是否適用於 NTN，Release 17 及 Release 18 則開始進入到討論標準化的階段。

技術面而言，當基站搬移至空中衛星時，會多出新的通訊鏈路(Link)；舉例來說，將手機或基站放在地面上，衛星放在空時，會多出 Service Link 及 Feeder Link；Service Link 為衛星對手機，Feeder Link 則為衛星對基站；即使將整個地面基站搬移至太空，也須對接地面核網，同樣透過 Feeder Link，而衛星與衛星之間則使用 Inter-Satellite Link。衛星上的主要架構分為衛星本體及通訊酬載(Payload)，通訊酬載又可分為兩大類：

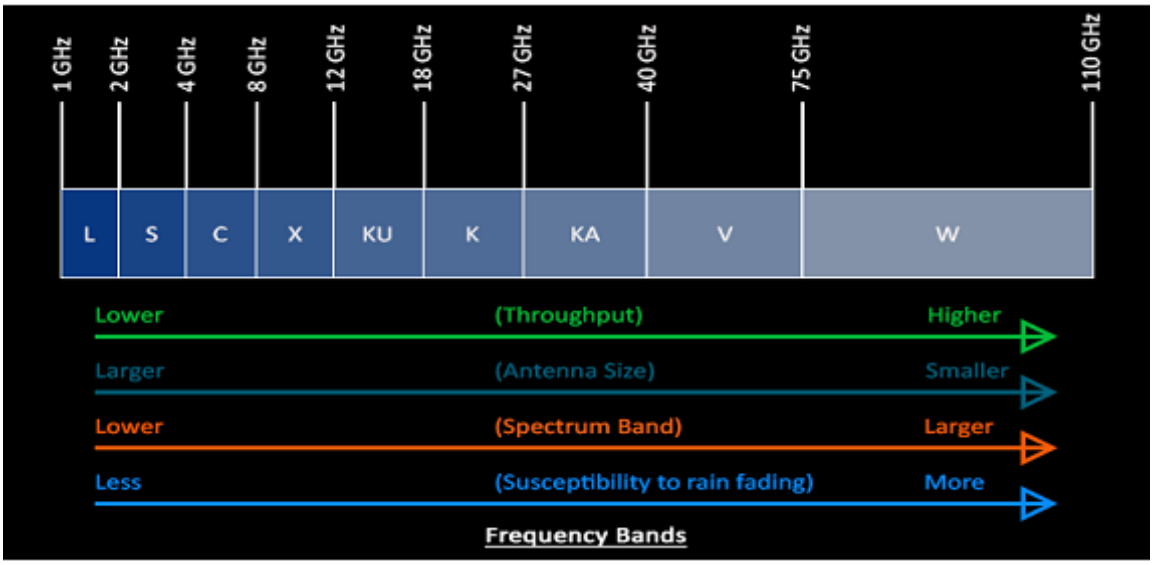
- Transparent Payload：顧名思義就是透明的 Payload，即為地面 UE 及基站不知曉衛星的所在，整體波形的產生及資源的分配皆在地面進行，不由衛星負責。
- Regenerative Payload：代表是衛星有改變波形及決定資源分配的能力。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-28、3GPP 中非地面通訊之通訊鏈路

而從頻率特性來看，衛星頻譜分配與傳統地面的頻譜分配非常類似，越低頻的地方則越擁擠頻寬越小，越高頻則頻寬越大；目前衛星應用的趨勢越往高頻發展，現在的主流為 Ku、K、Ka 及 V Band，W Band 因其超高頻尚不廣泛，V Band 已有廠商在使用。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

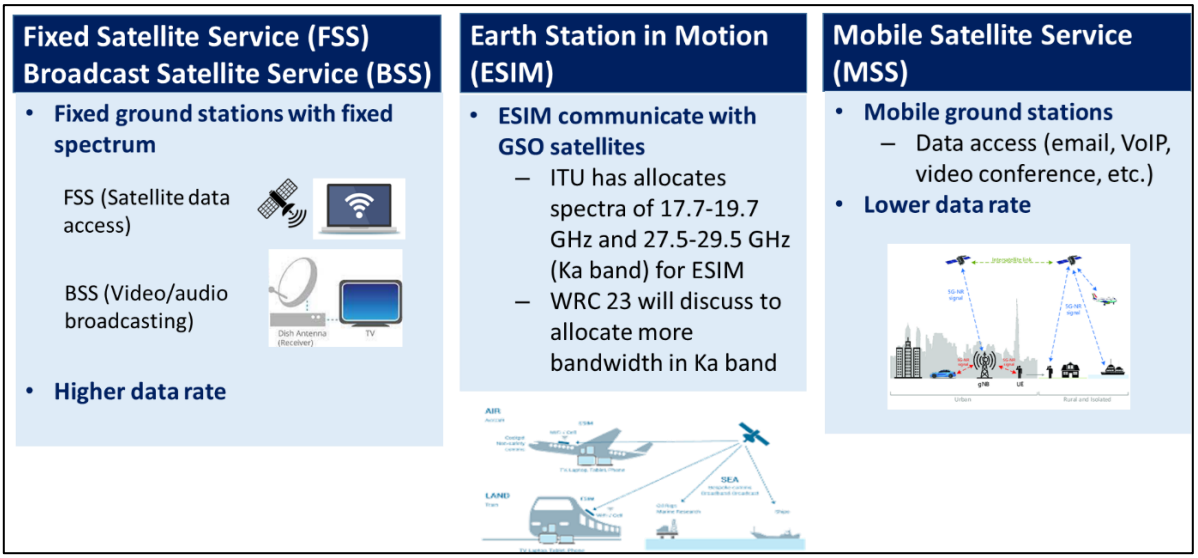
圖 4-29、衛星頻率配置及對應通訊特性

◆ **NTN 應用情境**

衛星的服務在 ITU 中定義了三大類主要的服務：

- 第一大類：包含固定衛星業務(FSS)及廣播衛星業務(BSS)，服務的地面終端位置不會移動，衛星可移動，能擁有較高的 data rate。
- 第二大類：為移動式衛星地球電臺(ESIM)，其地面終端會移動，可能是船、火車及汽車。
- 第三大類：為衛星行動業務(MSS)，為地面終端會移動，與 ESIM

最大的不同為其強調支援漫遊服務。



資料來源：ITU[208]，本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-30、衛星應用依移動性分類

此三大類應用服務會對應到不同的衛星佈署高度及合適的頻段，ITU 及美國 FCC 目前使用最廣泛的頻譜為 Ka Band 及 Ku Band，頻寬夠大且尚存許多空間可供使用為最大優勢。

[208] ITU, Non-geostationary satellite systems, https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/Earth-stations-in-motion-satellite-issues.aspx

表 4-22、衛星服務運營商採用之頻段及服務型態

Company	# Sat.	Band	Type	Product/Info.
Kepler Communications	360	Ku-band to & from Earth Ka-band for MSS, Inter-Satellite Link	LEO	MSS Customer/GW terminal, Control System
Mangata Networks	791	Ka- & V-band for Feeder Link Ka-band for Service Link	MEO	UT, GW, SON/NOC TT&C control solution
New Spectrum Satellite	15	Ka-band for Feeder Link	Virtual GEO	GEO framework Ground Track
Telesat	1,671	Ka-band	LEO	FSS
SES/O3b	70	Ka-band for MEO and GSO, Ku-band for LEO Feeder Link	LEO, MEO, GSO	FSS in Ku, MSS in Ka Satellite, GW, services
SpaceX/Starlink	30,000	Ku- & Ka-band for LEO V-band for VLEO (GEN1) Ku-, Ka-, E-Band for GEN2 system	LEO, VLEO	Space/ground segment, UT, services
Viasat	288	Ka-band and V-band	LEO, MEO	FSS
WorldVu/OneWeb	48,000	Ku- & Ka-band	LEO	WTO covered services MSS collectively with FSS

資料來源：ITU，本研究整理，2023 年 7 月

◆ 3GPP NTN 標準定義

如前面所述，3GPP 自 Release 15[209]後開始討論 NTN 相關標準；Release 15 主要制定出 3GPP 要支援 NTN 時所需含括的架構，是 Release 15 最重要的目標[210]。Release 16 則開始評估地面介面移至衛星上後是否適用，現階段將地面所用之介面搬移至衛星使用雖堪用但效能不佳[211]。主要尚有以下問題待解決：

- Mobility Management Procedures：以往在地面上進行 Mobility Management 時，基站不會移動，Tracking Area 也不會移動，是以

[209] 3GPP TR 23.737 – Study on architecture aspects for using satellite access in 5G
[210] 3GPP TR 38.811 ： Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks
[211] 3GPP TR 38.821 ： Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)

需要知道 UE 位置時，只需確認其連線至哪一個基站即可定位，而如今將基站擺放至低軌衛星上，低軌衛星會移動，則 Tracking Area 會移動，Mobility Management 概念也須隨之改變。

- S Band 與 Ka Band 上的廣泛鏈路和系統評估議題(Extensive Link Level and System Level Evaluations Were Conducted in S Band and Ka Band)。

到了 Release 17[212]，3GPP 重點在解決以下幾個問題，並對應到 RAN1 及 RAN2 各自領域的技術議題：

- Transparent Payload：透明酬載
- Earth-Fixed Tracking Area：即便衛星不間斷移動，但 Tracking Area 為固定於地面不移動，故當衛星移動至 Tracking Area 的範圍時，會調整自身以配合 Tracking Area，不同於傳統因地面基站不移動而與 Tracking Area 綁定不更動的作法。
- 頻分雙工(Frequency Division Duplexing, FDD)
- GNSS Signals are Available for all UEs：Release 18 以前所有 UE 都必須有 GNSS 訊號。

[212] RP-193234 ： Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)

RAN1 尚須解決以下幾個問題：

- Timing Relationship Enhancement：Propagation Delay 傳播延遲過長，故原先 UE 長時間的 Timing Advance 時間前置法，會因為衛星的傳播延遲過長而需解決補足 Timing Advance 的問題。
- Uplink Time and Frequency Synchronization 時間及頻率同步：都卜勒效應
- 混合式自動重送請求(Hybrid Automatic Repeat request, HARQ) Enhancement

RAN2 尚須解決以下幾個問題：

- 隨機進接頻道(Random Access Channel, RACH)：傳統地面基站及 UE 距離較近，約 1-2km，但衛星距離 UE 非常遠，故 RACH 需加倍，以支援衛星使用。
- 無線電連結控制(Radio Link Control, RLC)：原先傳送端無接收到接收端回傳的通知即判定為傳送失敗並重送，但衛星因傳播延遲的問題，故所有 Timing 都需要重送。

到了 Release 18[213]，同樣針對功能上的加強進行討論：

- Coverage Enhancement for NR NTN

[213] TS 22.261 ： Service requirements for the 5G system; Stage 1 (Release 18)

- Network Verified UE Location for NR NTN：傳統 UE 連線基站需要一個適當的核心網路進行介入，而衛星的 Beam 非常大，甚至可能跨國家，因而跨國家的 UE 如何選用適當的核心網路則須根據 UE 的 ID 或服務 UE 的營運商進行區分，但也因此有 UE 謊報 GPS 定位的可能性隱憂。
- Disabling of HARQ Feedback for IoT NTN：不需 IoT 設備大量傳輸是否連接成功之訊息。
- Improved GNSS Operations for IoT NTN：為省電不需終端過於頻繁傳輸 GPS 訊息，故調整傳送週期長度。

表 4-23、3GPP Study Item on NTN

3GPP Study Item on NTN	
3GPP Release 15	● **3GPP normative work on NR NTN started in 2017** ● **<u>Goal： Define possible architectures of NR NTN</u>** ● **Release 15 study focused on the following assumptions** Two frequency ranges： S Band (2~4 GHz) and Ka Band (27~40 GHz) GSO satellites, LEO satellites and HAPS Earth-fixed beams and Earth moving beams Typical footprint sizes and minimum elevation angles Two types of NTN terminals： handheld terminals and VSAT Antenna models for the satellite and HAPS antennas

3GPP Release 16	● **<u>Goal： Study on feasible solutions for adopting NR and NB-IoT to support NTN</u>** ● **Study on solutions for adapting NR to support NTN** ● **Identify a minimum set of necessary features enabling NR support for NTN** Mobility management procedures (especially for LEO satellites) Extensive link level and system level evaluations were conducted in S Band and Ka Band ● **The study concluded that the Release 15 and Release 16 NR functionalities form a good basis for supporting NTN, despite issues due to** Long propagation delays Large Doppler shifts Moving cells
3GPP Release 17	● **Specify necessary enhancements for LEO and GEO while also targeting implicit support for HAPS and air-to-ground networks** ● **Working assumptions in Release 17** Transparent payload Earth-fixed tracking area FDD GNSS signals are available for all UEs ● **RAN1 Issues** Timing Relationship Enhancement Uplink Time and Frequency Synchronization HARQ Enhancement ● **RAN2 Issues** Random Access Channel (RACH) RLC

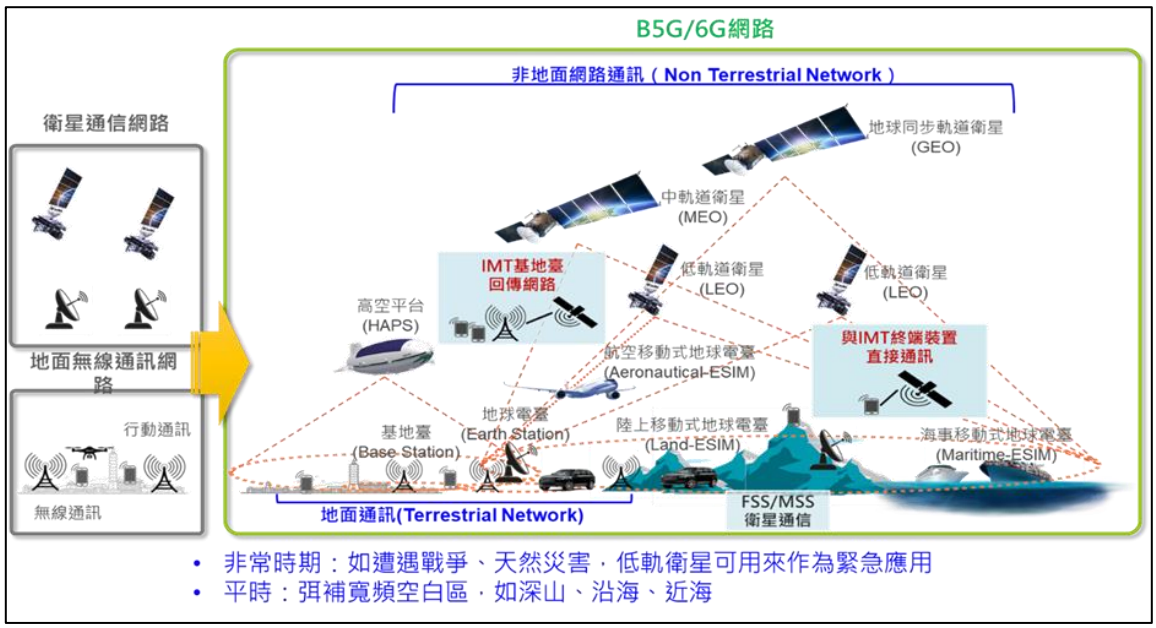
3GPP Release 18	● **Solutions for necessary enhancements to support LEO and GEO** ● **RAN1 Issues** Coverage enhancement for NR NTN Network verified UE location for NR NTN Disabling of HARQ feedback for IoT NTN Improved GNSS operations for IoT NTN ● **RAN2 Issues** IoT NTN enhancements Performance enhancement： HARQ enhancements, GNSS operation enhancements Mobility enhancement： enhancements for neighboring cell measurements NR NTN enhancements Network verified UE locations NTN-TN and NTN-NTN mobility and service continuity enhancements

資料來源：3GPP，本研究整理，2023 年 7 月

2. 主題二：5G NTN 新應用-台灣的機會與挑戰

過去 50 年衛星通訊藉由廣覆蓋、高靈活度等優勢，作為地面通訊網路延伸和備援，適合偏遠地區網路、航海通訊、緊急通訊、軍用通訊、科學勘探等應用領域。近年隨著衛星通訊技術演進與衛星寬頻成本下降，在高通量衛星頻寬龐大需求下，全球掀起衛星網路星系(Constellation)發展熱潮，衛星通訊進入新的發展階段。國際同步衛星(GEO)通信發展已有數十年歷史，過去受限於容量、速度與傳輸成本，多僅提供政府、科研或少數企業使

用。同時，俄烏戰爭的爆發，讓全球意識到，地面網路或是海底電纜若是沒有備援技術，一旦中斷，將無法與全球通訊網路進一步介接，網路韌性相對脆弱，因此 B5G 與非地面網路(NTN)的衛星通訊 6G 技術，開始備受矚目，並被視為強化網路韌性的重要技術。

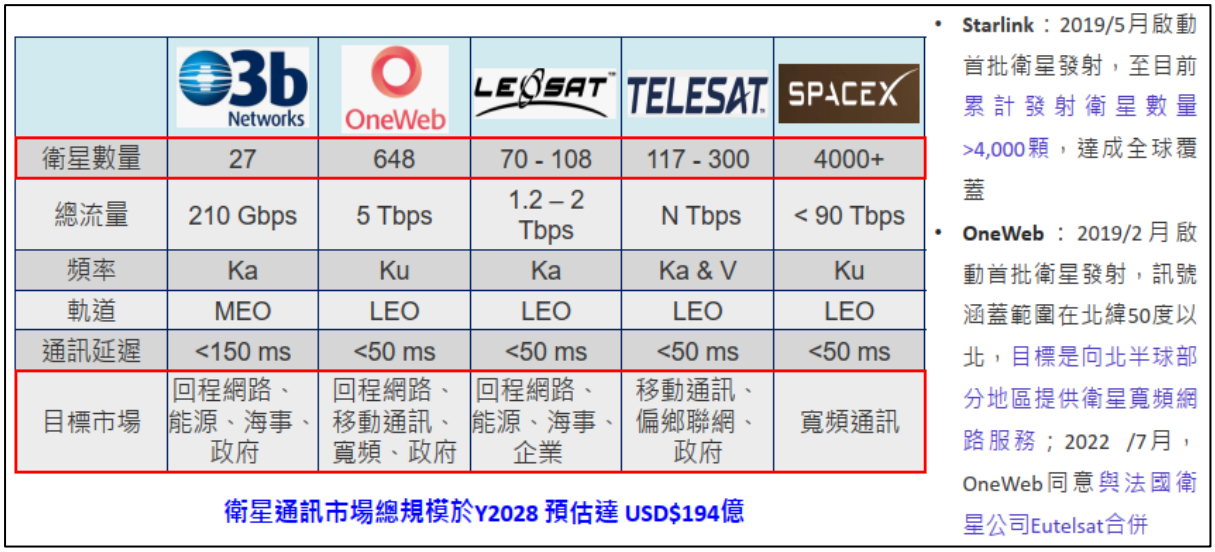


資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-31、5G 結合非地面網路達成韌性網路願景

非同步衛星通訊系統若以軌道距離地球表面區分，又可分為中軌道衛星(MEO)及低軌道衛星(LEO)兩種類型，其中因 LEO 具備高速、低延遲等特性，近年吸引產業投入發展。LEO 在通訊上的應用可分為寬頻通訊及物聯網等窄頻通訊應用。寬頻應用部分，隨高通量衛星技術之進展，近年受到國際科技大廠積極推動 LEO 衛星提供衛星寬頻服務，透過大規模星系之佈建規劃，達到高速、連續不中斷之連網服務，主要業者如 Starlink、Oneweb、

Telesat 及 Kuiper 等。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-32、國際主要非同步衛星服務商

在衛星物聯網發展部分，因應產業數位化、數據應用需求提升，同時在 LEO 衛星小型化發展之下，業者可利用低成本的小型衛星，提供具有廣覆蓋之優勢，協助企業、政府進行大範圍的數據蒐集與應用，其範疇涵蓋農業、貨物運輸、海事、公用事業等。目前已有多家業者投入衛星物聯網領域，包含 Orbcomm、Iridium、Globalstar，以及新興衛星物聯網營運商 Astrocast、Myriota、Swarm 等。

觀測國內、外 5G NTN 應用趨勢，目前皆著重在地面網路難以覆蓋的區域，提供陸、海、空全面覆蓋為主要特色，包括飛機、遠洋船隻、偏遠山區等的通訊，除兼顧網路韌性以外，更保障數位平權下每個人的基本通訊權益。以海上船舶應用為例，除維持船員基本的通訊及娛樂功能以外，透

過 5G 網路回傳影像，經 AI 影像辨識，預測船舶航行軌跡，建立碰撞預警機制，降低出入船隻發生碰撞事件，或用於追蹤海面的油污、空氣品質巡檢，搭配數據作業管制平臺等相關應用。

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-33、5G NTN 海上船舶應用

而衛星通訊的特色在於不受地面與地形限制，可應用於偏鄉、離島、山區或是緊急災防救助，盼在衛星通訊等數位科技崛起下，資通訊業者能跨域協作，強化國內通訊網路韌性，以達到聯合國永續發展目標 SDGs 第 11 項，促進具包容、安全、韌性及永續特質的城市與鄉村發展。

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

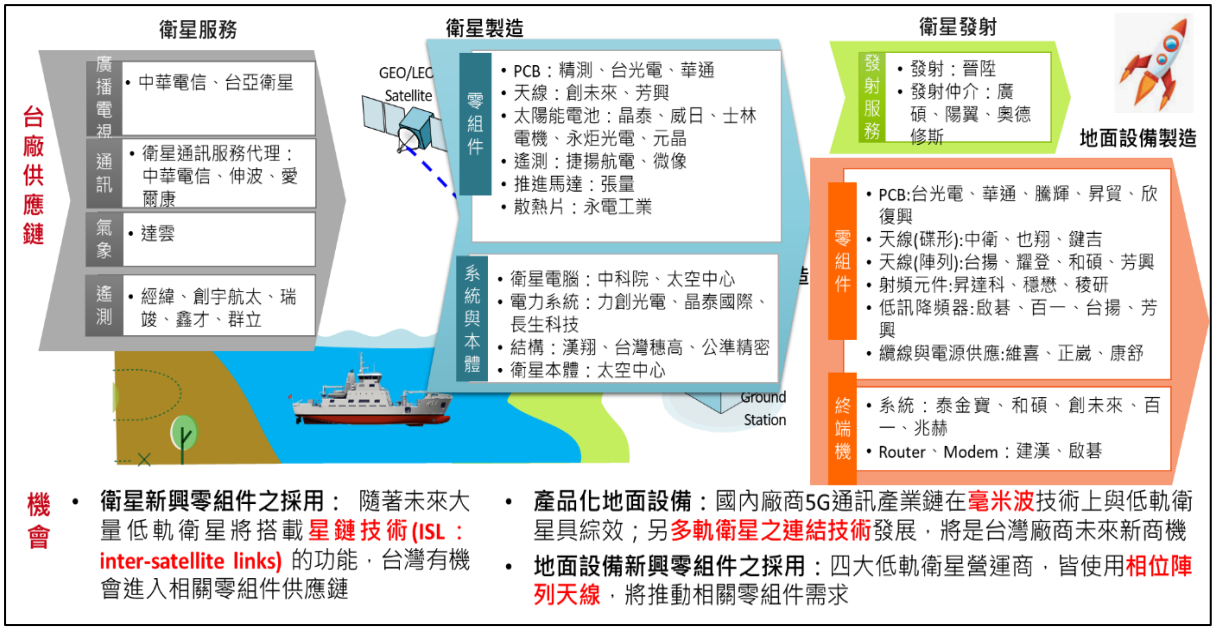
圖 4-34、5G NTN 偏鄉/無寬頻區域通訊應用

另一方面，據全球行動供應商協會(Global Mobile Suppliers Association, GSA)最新資料顯示，基於衛星的機器對機器(Machine to Machine, M2M)與物聯網(Internet of Things, IoT)服務則是發展相對緩慢的領域，猜測是因為市面上還有 NB-IoT、LoRaWAN 等較便宜的連線選擇。

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-35、5G NTN 物聯網通訊應用

最後，從產業角度來看，台灣在衛星通訊產業發展已久，過去大多聚焦在中軌道衛星及高軌道衛星，並以電子零組件、地面接收站設備等為主；隨著低軌道衛星商機開始發酵，台揚、昇達科等廠商已經投入相關產業鏈，另外還有新投入 5G NTN 應用的系統整合及設備商如和碩、伸波等，亦看好低軌道衛星未來商機。不過隨低軌道衛星廠商發展快速，勢必需要快速轉型，以瞄準低軌道衛星未來商機。藉由 NTN 技術，衛星與 5G 融合帶動產業升級，並打入下世代通訊之供應鏈。



資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

圖 4-36、5G NTN 台廠發展機會

(四)、 議題討論

表 4-24、座談會(二)數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會

20230707_數位韌性下的 5G 非地面通訊(NTN)座談會 議題討論記錄	
問題&建議	和碩聯合 黃中于副總： 3GPP 在衛星方面的進展對台灣而言越來越有利，因為應用範圍越來越廣，設備及元件的代工廠聯合將擁有非常大的發展機會，而啟動力將是較為困難需跨越的議題，因為客戶數量非常有限，UE 的需求量也不夠大。因此台灣應該著重於磨練關鍵技術，從國家的角度去發掘市場。
問題&建議	伸波通訊 鄭偉成總監 1. 今年與去年都有與和碩及其他案場合作多個中軌衛星相關的案例，台灣未來在衛星產業而言，將會有兩種面向：一、以衛星應用的設備提供服務的發展，二、發展衛星相關零組件。 2. 伸波在推動整個衛星相關服務時，發現以下幾個議題： (1). 應用產業尚不理解在應用時如何選擇使用低軌衛星或中軌衛星(如：為何低軌衛星需要使用地面站，中軌衛星則不需要等等)，因此也需花費較多的時間與業者溝通，或許未來可多以座談會形式推廣介紹為何需使用衛星及應該使用何種衛星之

	觀念。 (2). 在推廣應用服務的時候，發現業者要求想使用地面固定站，但除了政府的韌性備援需求外，其餘中低軌衛星的使用須視需求進行取捨，會受應用相關情境所影響。 (3). 衛星與高空氣球的傳輸平台議題，也應該進一步討論通訊應用是否可行。
問題&建議	數位部 沈信雄專門委員： 1. 數位部於 2022 年底開放低軌道衛星執照的申請，然而台灣的國際處境非常特別，因此在此類申請方面政府無法提供相對應的協助，即使是台灣上方的太空也無法申請，基於此前提，台灣在太空產業的相關應用發展會相對辛苦。 2. 現階段的衛星應用與 5G、6G 是分開的，但 ITU 及 3GPP 等都已針對融合進行研究，共有兩種做法，包含：1)衛星單純傳送無線電波；2)衛星本身即為基地台；但兩種方法在管制上皆不容易，從另一個角度來看，能提供衛星服務的廠商很有限，因此當使用衛星服務作為基地台時，衛星供應商及通訊供應商之間的分工將是非常大的議題。 3. 普及率方面，台灣的行動通訊普及率非常高，也因此台灣很少將衛星作為通訊考量之一，僅在偏遠地區的通訊會有較多的應用。

	4. 3GPP 中所定義的衛星技術越來越成熟，但技術如何發展成商業模式，仍有許多需跨越的議題。 5. 台灣在衛星發展的機會在地面接收設備，但也跟未來系統如何與 6G 技術融合非常有關係，若終端設備能同時具備 NTN 及地面接收兩種能力，則終端設備的發展機會將非常大，其發展機會在未來幾年會越來越明確。太空設備部分，也有相當大的機會，衛星本身每五年即須換新，故將會是一個非常大的市場。
問題&建議	中經院 溫蓓章： 馬祖斷網，有無可能用 HAPS 提供補充服務？技術可行性、應用困難點？
答覆	● 資策會 連紹宇 總監： 此議題有幾個問題：1)如何發射 HAPS 到平流層上，台灣是否有製作及發射 HAPS 的技術能力；2)HAPS 會移動，如何進行監管。 總體而言，台灣在發展 HAPS 的整體技術能力尚不確定是否完整，或許購買國外已開發的 HAPS 進行使用會是較為可行的方案。 ● 數位部 陳威呈科長：

	以數位韌性的角度而言，將行動通訊基地台往天上擺會是另一個解決方案，其可增加通訊鏈路並增加數位韌性。而如何與 NCC 管理天空上的移動通訊載具都將是未來需要持續討論的議題。HAPS 不單單是在離島有使用的需求，在台灣本島的使用需求也存在，如偏遠地區等，台灣 17%的面積涵蓋 83%的人口通訊使用需求，因此緊急通訊的需求是否可由 HAPS 來滿足，會是非常重要的議題。 6G 發展趨勢一定會與 NTN 衛星通訊掛勾，機會將會非常多，但何時台灣適合切入則待觀察。 ● 數位部 沈信雄專門委員： 馬祖若要使用 HAPS，在不考慮與周邊國互相干擾的狀況下，是合適的。但材質使用上則需考慮平流層上的紫外線問題，台灣目前可能沒有相關發展廠商，因此此類型的載具對業者而言將是一個新興的技術，反觀衛星技術已經近乎成熟，故業者在選擇上會更偏向於使用衛星，可直接租借相對應的服務，財務風險較小。 HAPS 的市場可能在訂製的載具使用需求，如何讓地面基地台與之對應，還待整體評估與測試。
問	雲達 蔡旺佑特助：

題&建議	衛星通訊的產業，雲達目前尚未介入，但也有國外廠商詢問是否可代工設備。雲達認為，在台灣在衛星應用方面，因為台灣的政治及地緣關係，軍用需求可能相對較高，未來衛星通訊的發展可能是待國外發展完善後，再引進相對應的服務進入台灣，故國際大廠在提供相對應的服務時，政府應該先行做相對應的研究，才能在服務進入台灣時快速的提出管理機制。
問題&建議	友達 梁立田特助： 在衛星通訊方面，台灣與 OneWeb 的合作在明年將開通，政府有無相對應的規範可供產業進行參考？
答覆	數位部 沈信雄專門委員： 目前已開放固定衛星的申請，按照法規要求提出相關文件即可。
問題	Softfoundry International Pte Ltd　Joni Kuo： 本公司在衛星應用方面，共有以下幾個應用案例： 1. 幫助亞太地區遠洋商船提供遠程設備檢修服務，因船舶在遠洋時 4G 及 5G 的通訊無法支援，因此與 Inmarsat 衛星合作進行服務提供。 2. 透過 Starlink 佈建偏鄉遠程通訊，低軌衛星在寬頻及可視化

	應用有非常好的表現。 總體而言，以衛星應用的場景來看，台灣的移動通訊做得非常完善，但偏鄉、離島及海上的應用，仍然有相當多無法得到良好通訊的問題待解決，因此衛星通訊是否能夠提升其通訊，以及數位韌性如何做到友善融合，將是非常重要的議題。
回覆	數位部 沈信雄專門委員： 異質網路結合將會是未來的趨勢，對使用者而言，平台不是重點，而是實際使用，只要網路能成功連線才是使用者唯一關心的重點。

資料來源：本研究整理，2023 年 7 月

三、 座談會(三)：國際下世代通訊趨勢

隨著 5G 佈建及應用遍地開花，國際組織持續探索 B5G/6G 新應用情境，台灣在國際上定位為極成熟且被信任的供應鏈，具備與國際大廠策略合作優勢，如何憑藉 5G 時代累積之系統開發垂直應用服務經驗，同時跟進標準動態，加速與國際接軌探索潛力應用情境，以爭取未來 6G 競局之關鍵位置。

(一)、 活動資訊

- 活動時間：9 月 22 日(五) 10:00~12:00
- 活動地點：實體(資策會民生科服大樓 103 會議室)+線上(Microsoft Teams)
- 參與對象：電信業者、應用內容業者、網通設備業者、系統整合業者
- 活動議程：

表 4-25、座談會(三)「國際下世代通訊趨勢」議程規劃

時間	議題	主講人
10:00~10:30	來賓報到	
10:30~10:40	主席致詞	
10:40~11:00	主題一：由 6G 願景初探應用發展趨勢	資策會　李 揚 副主任
11:00~11:30	主題二：3GPP 標準動態及技術發展觀測	資策會　連紹宇 技術總監
11:30~12:00	議題交流	
12:00~	散會	

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

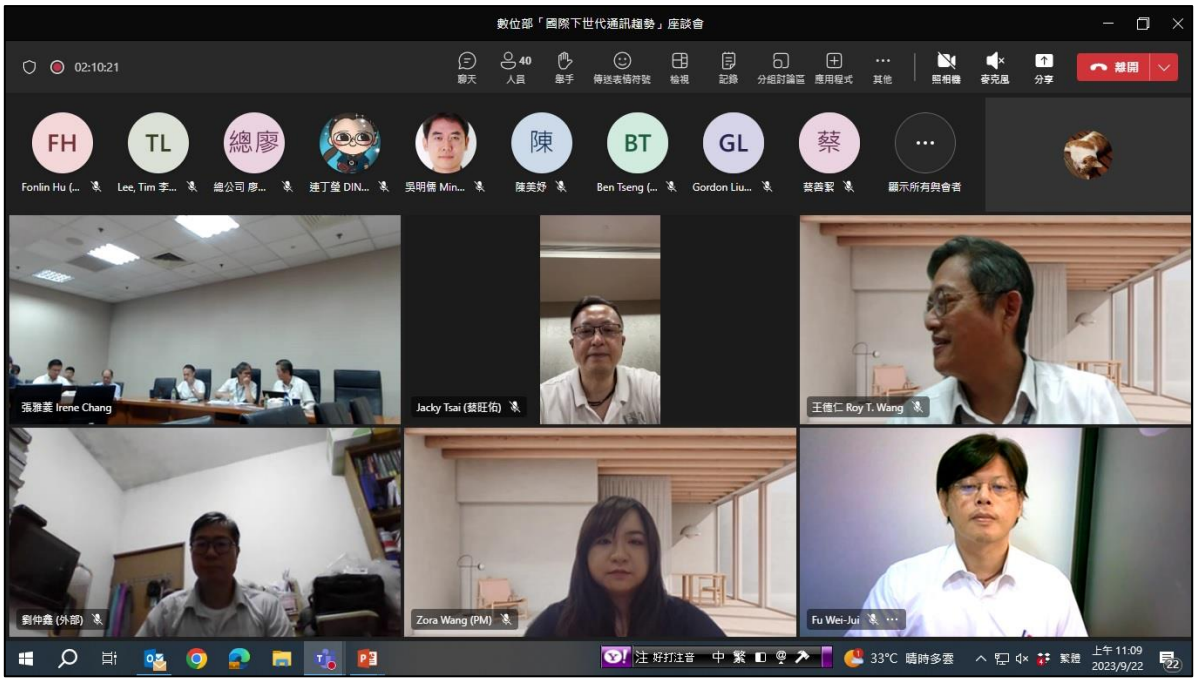
圖 4-37、座談會(三)「國際下世代通訊趨勢」eDM

(二)、 活動成果

- 參與人數：實體會議 27 人(男性 23 人，女性 4 人)，線上會議 53 人(男性 37 人，女性 16 人)
- 與會組成：電信商 4 家，網通設備商 9 家，系統整合商 5 家，電子資訊業 13 家，法人單位 3 家，大專院校 7 所

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月
圖 4-38、座談會(三)「國際下世代通訊趨勢」現場活動照片

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月
圖 4-39、5G 新應用座談會現場活動照片-2



資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

圖 4-40、座談會(三)「國際下世代通訊趨勢」線上會議照片

(三)、 議題說明

1. 主題一：由 6G 願景初探應用發展趨勢

(1) ITU IMT 2030 願景

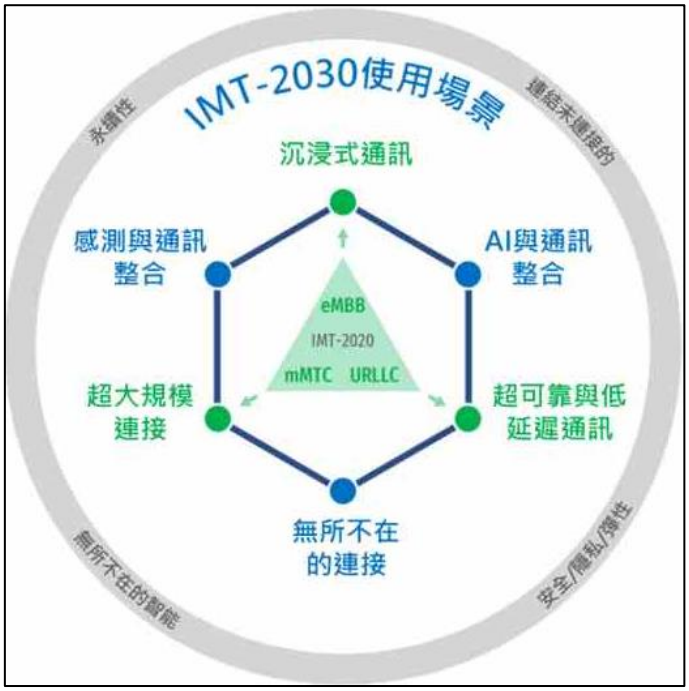
展望 2030 年全球第六代行動通訊(6G)，國際電信聯盟無線電通訊部門(ITU-R)5D 工作組(Working Party 5D, WP 5D)，於 2023 年 6 月制定「IMT 面向 2030 及未來發展的框架和總體目標建議書」，該建議書匯集全球 6G 願景共識，描繪 6G 目標與趨勢，以及 6G 典型場景與能力指標。[214]

依據 6G 建議書，ITU 公告六大 6G 使用場景(Usage Scenario)，除原有立基過去 5G 三大使用場景-增強型行動寬頻(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、大規模機器型通訊(Massive Machine Type Communication, mMTC)與超可靠低延遲通訊(URLLC)之進一步強化外(如下圖所示)，另提出三個 6G 新興使用場景，分別為：感測與通訊整合(Integrated Sensing and Communication, ISAC)、AI 與通訊整合(Integrated AI and Communication)，以及無所不在的連結(Ubiquitous Connectivity)。[215]

「感測與通訊的整合」係指透過無線電之特性能夠進行物體成像，例如：即使在沒有打開箱子的情境下，只要透過無線電波發射與接受訊號後，就能夠呈現盒內物體的大小、圖樣等，而且也能用於偵測物體距離、速度、角度等應用。「AI 與通訊的整合」強調 6G 時代會直接在通訊中嵌入 AI 能

[214] 資策會產業情報研究所，評 6G 整合感測通訊潛在應用，2023/10
[215] 資策會產業情報研究所，由 ITU《6G 願景》看國際新興應用發展與趨勢，2023/09

力，又常被稱為原生 AI(AI Native)，並讓通訊設備、系統可擁有分散式運算及深度學習功能。最後，「無所不在的連結」則是能夠達到陸地、海洋及天空的全方位通訊服務覆蓋，實現無論在地球的何處皆能有行動網路服務的狀態。



資料來源：ITU，本研究整理，2023 年 09 月

圖 4-41、ITU 六大 6G 使用場景

(2) 台灣 6G 發展願景

2023 年 4 月國科會第四次委員會議中，確立了我國「6G 前瞻布局」的願景與策略，成為社會與經濟可持續發展的強韌國家，透過 6G 技術實現 4 大發展主軸：創新應用(賦能)、擴大網路覆蓋(平權)、可信賴網路環境(可信任)、高效低耗能網路(永續)。

資料來源：國科會，本研究整理，2023 年 09 月

圖 4-42、台灣 6G 發展願

由於 6G 採用更高的無線頻率，並結合低軌衛星，未來人與萬物聯網將更為綿密，影響層面和 4G、5G 有相當大的差異，聯網所帶來的大數據蒐集、人工智慧應用，將對民眾的生活帶來很大的影響。6G 不只是技術發展，對人文社會未來也會帶來巨大影響。

回溯我國行動通訊供應鏈，在 4G 時代以終端產品為主，如手機、行動分享器等，另有少量出貨小型基地台與傳輸設備；到 5G 時代則有愈來愈多廠商朝基地台設備、系統整合以及應用服務市場切入，預期這樣的狀況也能在 6G 時期看見，甚至台灣廠商若能搶得先機，將可有更多商業揮灑空間。另外，綜整三大國際聯盟與設備大廠之 6G 發展相關資訊，未來 6G 前瞻應用趨勢將以生產製造垂直應用為主，而且我國在 5G 應用領域以智慧製造為最大宗，例如透過 5G 專網打造物聯網工廠，或是在產線導入 5G 的 AR 輔助、MR 眼鏡監工等，因此建議我國對 6G 新興應用之發展有興趣之

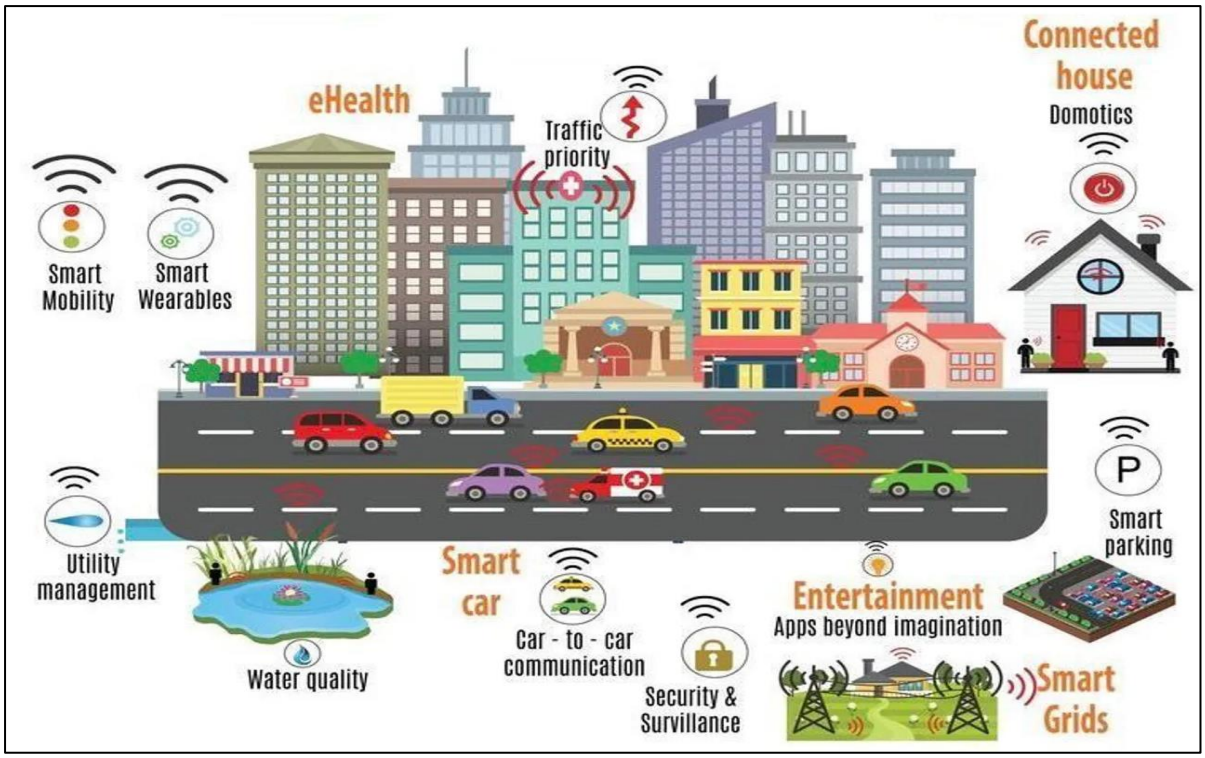
廠商，可優先切入生產製造領域。

(3) IMT 2030 應用趨勢與案例

◆ 無所不在的連結(Ubiquitous Intelligence)

無所不在的連結場景的主要目標是，以提高通訊覆蓋來降低偏鄉數位落差，應用集中在偏遠、郊區之農林漁牧產業。例如：針對過往收訊不佳的深山林地，運用通訊無所不在的覆蓋進行偏遠林區的遠程影像監控與管理、伐木及播種復育機器的遠端操控等工作。

另外，無所不在的連結場景也常會與政府之防災、救災有關，舉例來說，許多偏遠地區天然災害，如森林大火、土石流及洪水氾濫，過往需要經人為通報政府才有機會介入處置；然而，到 6G 時代由於通訊覆蓋可延伸至偏僻之處，只要搭配良好的感測與通報系統，政府就能化被動為主動，盡早做好災難控管。



資料來源：Sensors Volume 22[216]，本研究整理，2023 年 09 月

圖 4-43、智慧城市中「無所不在的連結」

◆ AI 與通訊整合(Integrated AI and Communication)

AI 與通訊整合場景之應用，聚焦在智慧製造領域，其中又以能自主決策、即時學習的工業機器人為大宗，例如 AI 自主決策工廠，強調未來工廠機器人能夠主動認知威脅、異常等狀況，並自行判斷該如何應對；甚至更延續的包括跨工廠的聯邦學習，期望能集體、即時的增強機器人能力。

再者，AI 與通訊整合也可用於漁業、教育應用，藉由具有 AI 分散式運算功能的通訊系統輔助，能即時監測浮標、水溫、潮汐等變化，以增加捕

[216] Artificial Intelligence Applications and Self-Learning 6G Networks for Smart Cities Digital Ecosystems，https://evolutionofnetworks.blogspot.com/

魚效率；教育方面，結合 AI 的自然語言處理(Natural language processing, NLP)與即時邊緣運算，可以讓教育機器人在互動當下，直接給予學生適切反饋。

至於在交通領域，透過 6G 的 AI 原生特性，未來蒐集資訊用的無人飛行器能夠使用 AI 提高資料傳輸安全性，並以即時邊緣運算提升整體效能；醫療應用方面， AI 遠端診療應用強調患者就算是在家中、救護車上等非醫療院所地點時，皆能因 6G 支援更即時的 AI 邊緣運算，盡速進行初步的醫療診治。

◆ **感測與通訊的整合(Integration of Sensing and Communication)**

ITU 定義整合感測通訊是面向下世代 6G 行動通訊關鍵場景之一，6G 行動通訊網路系統架構之設計，不僅將深度融合人工智慧與機器學習(Artificial Intelligence/Machine learning, AI/ML)，更將進一步結合感測能力，實現對行動網路訊號覆蓋範圍內目標物之定位、測距、成像、辨識等功能，從而建構集通訊、感測與 AI/ML 運算於一體之智慧化通訊網路。

可能的應用場景包括定位、成像與環境與模態探測，主要聚焦於機器人公分級定位操作、LV5 自動駕駛、醫療應用案例。運用 6G 感測能力即可達到在通訊時，做各種公分等級的定位與判斷，大大輔助自動駕駛的安全性與精確度，也降低對傳統傳感器的依賴，且還可延伸至空中或水下無人

機(Unmanned underwater vehicles, UUV)等載具上。在醫療領域上的創新應用，藉由通訊感測的功能，達到偵測人體心跳、血糖之功能，搭配植入式的心律調節器、胰島素幫浦，則能在實時監測生命徵象數據情況下，即時給予適當的醫療輔助或救治。

資料來源：Electrical Engineering and Systems Science[217]， 2023 年 09 月

圖 4-44、「感測與通訊的整合」情境示意圖

技術上以通訊的參考訊號做為感測訊號，實現目標定位、測速、手勢識別等業務；高速可靠的通訊能力也為感測數據的匯聚提供保障，能夠進一

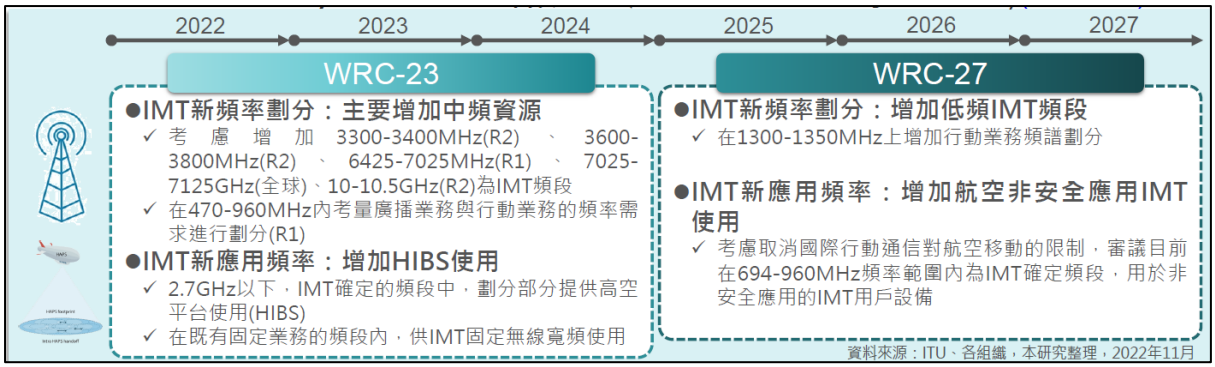
[217] Integrating Sensing and Communications for Ubiquitous IoT: Applications, Trends and Challenges，https://arxiv.org/abs/2104.11457，2023

步提高感測精度和感測分辨率；同時，藉由無線感測技術對通訊環境及通訊節點進行感測，獲得環境地圖、通訊節點位置、移動速度等多種訊息，運用感測訊息及感測結果，輔助通訊系統對通道估測、負載均衡、波束管理等模組進行優化。

(4) 6G 頻譜演進的觀點

IMT 2030 願景報告書提到需要多個頻率範圍來滿足國際行動電信(International Mobile Telecommunications, IMT)系統的容量和覆蓋範圍要求，併為新興服務和應用提供服務。除 IMT 系統的現有頻譜外，據日本 NIST 估計尚需指定 100 GHz 的新頻譜，提升頻譜利用率並擴展當前的頻譜範圍是 6G 頻譜演進無法避免的工作。

Sub-THz 頻譜應與低、中、和毫米波頻段範圍的進行頻段組合，以頻譜協同方式滿足全套的服務需求。6GHz 以下的頻譜對於無線信號廣覆蓋至關重要，在 6-24GHz 範圍內，是 6G 部署的重要範圍，所以對於尚無行動通信服務的頻譜，需設計與當前用戶共享的方法。



資料來源：ITU，本研究整理，2022 年 11 月

圖 4-45、ITU 對於 6G 頻譜議題

(5) 結論

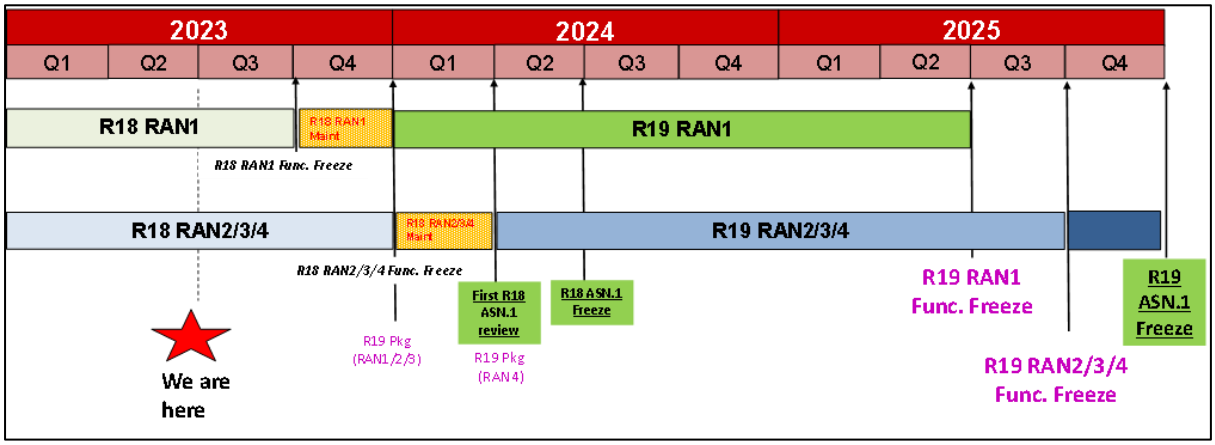
從典型應用場景觀察，6G 將在 5G 三大場景基礎上擴展，導入感知、人工智慧與通訊融合的全新思維，創新構建 6G 六大應用場景，且應用場景之間的交互共榮，豐富化 6G 垂直應用，全面引領數位化、智能化、可持續化的轉型。

從系統總體性能觀察，6G 總體性能指標將提供更高速率、更多連接、更低時延、更高精度、更廣覆蓋、更高可靠性，融合通信、計算、感知等能力支援各類智慧化服務。同時，6G 在系統設計等時即以節能永續理念研究，並將網路建設考慮到數位包容與數位信賴的社會需求。

在電信資源的角度上，頻譜資源是行動/無線通信發展的基礎，除了在新頻譜的規劃外，也重視資源組合與資源共用的需求議題，尤其在 Sub-THz 將滿足 6G 對超高速率、超大容量的頻譜需求。

2. 主題二：3GPP 標準動態及技術發展觀測

3GPP 於 2021 年 4 月之項目協作組(Project Coordination Group, PCG)會議上，正式確立 R18[218]為 5G 演進的第一個版本，且確定其名稱為「5G-Advanced」。3GPP Release 18 的內容、優先級和時間表，現正進入討論和決策階段。針對標準制定時程，3GPP 決議將於今年 12 月完成階段 3 協議凍結，預計 2024 年 3 月正式完成協議編碼凍結。



資料來源：3GPP，2023 年 10 月

圖 4-46、3GPP Release Timelines

綜觀 3GPP Technical Specification Groups(TSGs) SA[219]與 TSG RAN[220]中 Release 18 之各式研究立項(如下表)，可以兩大類劃分研究項目，分別為既有研究項目的持續演進及增強，以及新創立之研究項目。其中，於既有研究項目的持續演進和增強部分，觀察各研究立項之研究標的，另輔以依據網通設備商、通訊晶片商、電信運營商等大廠之關注標的，可歸納出六個

[218] 3GPP Release 18, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18
[219] TSG SA – Service and System Aspects, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa
[220] TSG RAN – Radio Access Network, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/radio-access-networks-ran

重點技術發展面向，分別為：eMBB 基礎架構增強、定位增強、工業物聯網增強、毫米波網路覆蓋與容量增強、Sub-100GHz 頻譜靈活高效使用與節能增強；另新創立之研究立項則包含：智慧中繼器、雙工操作、XR 多媒體應用、NR 側鏈路中繼增強與 AI/ML 無線接口。相較於 Release 17，Release 18 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：內容個性化網路(Content Personalization Network, 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、以電子節目選單(Electronic Program Guide, ePG)架構端到端服務品質(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[221]。

[221] 3GPP Release 18 觀測 B5G 關鍵技術發展方向，資策會產業情報研究所

表 4-26、3GPP Release 18 之研究項目

NR MIMO Evolution for DL and UL	Enhancement of NR Dynamic Spectrum Sharing	NR Support for Dedicated Spectrum Less Than 5 MHz for FR1
Study on AI/ML for NR Air Interface (new item since Release 18)	Multi-Carrier Enhancement for NR	Study on Network-Controlled Repeaters (new item since Release 18)
Study on Evolution of NR Duplex Operation	Study on XR Enhancements for NR	NR Support for UAV
NR Sidelink Evolution	NTN Enhancements	Study on Network Energy Saving for NR
Stud on Expanded and Improved NR Positioning	Further NR Mobility Enhancements	Further NR Coverage Enhancements
Study on Further NR RedCap UE Complex Reduction	Study on Low-Power Wake-Up Signal and Receiver for NR	Mobile Terminated Small Data Transmission (MT-SDT) for NR
Dual TX/RX MU-SIM	In-Device Co-existence Enhancements for NR and MR-DC	Evolution for NR MBS
Mobile IAB	Further Enhancement of Data Collection for SON/MDT in NR and EN-DC	AI/ML for NG-RAN (new item since Release 17)
Enhanced NR Sidelink Relay	Enhancements on QoE Managements for Diverse Services	Ambient IoT (new item since Release 18)

資料來源：3GPP，本研究整理，2023 年 09 月

Release 19 則可以視為 6G 標準制定的銜接。4G 改變民眾連網生活，5G 讓產業創造新價值，而 6G 的重點，則是以永續發展為基礎，促進社經的轉型升級；6G 時代所追求的，是覆蓋更全面、設備連接更無縫、以及使用體驗更真實的通訊技術。

表 4-27、3GPP Release 19 之潛在研究項目

AI/ML Air Interface (w/ mobility)	MIMO Evolution	Duplex Evolution
Ambient IoT	Network Energy Saving Enhancement	Mobility Enhancements
NTN Evolution	XR Evolution	AI/ML for NG-RAN
SON/MDT	Channel Model (possibly additional aspects e.g. for ISAC) for Future Evaluation	
Additional RAN1 led candidate topics		
Low-Power Wakeup Radio & Wakeup Radio (LP-WUR/WUR)	Multicarrier Enhancements	Coverage Enhancement
Positioning Enhancement		
Additional RAN2 led candidate topics		
Network Controlled Repeater (NCR)	Sidelink Relay Enhancement	Uncrewed Areal Vehicle (UAV) & Urban Air Mobility (UAM)
Broadcast/Multicast	Sidelink Enhancement	
Multi-User Subscriber Identification Module	UE Aggregation, Collaboration, and Backup	

Additional RAN3 led candidate topics		
Topological Enhancement (IAB, WAB, Femto, etc.)	QoE	

Others		
Lean Protocol Stack/High Speed Packetization/Layer2 UP Enhancements	RAN Architecture Enhancement/ AS Security Enhancement	Network/Outer Coding
RedCap Enhancement/High Reliability and Low Complexity IoT	Timing as a Service/High Accuracy Timing Service	SDT Enhancements
LTE Enhancements	Dynamic UE Capability Update	Others

資料來源：3GPP，本研究整理，2023 年 09 月

(四)、 議題討論

表 4-28、座談會(三)「國際下世代通訊趨勢」議題討論紀錄表

20230922_國際下世代通訊趨勢座談會	
問題&建議	和碩聯合 黃中于 副總： 黃副總在 2019 年 5G 討論最熱門之時就開始關注三星提出的 6G 白皮書，顯示當時三星對 6G 的遠見，反觀如今，5G 已然是一個成熟的議題，但仍存在一些問題及期待，目前 5G 最普遍使用之頻率範圍仍為 FR1，包括 sub-6GHz 以下的頻段，使用率高且已商業化，而毫米波(mmWave)的發展則停滯不前，毫米波的頻寬非常大，理想很好，但相關研發尚慢，其實技術不難達到，但若無法獲利則很難讓廠商願意研發並推進市場。 目前 5G 很有實用價值，但在強化型 5G 使用場景中，超可靠和低延遲通訊及大規模機器型通訊皆為有實際使用需求但尚無完整應用的兩大功能，智慧醫療及車聯網皆需要大量使用這兩項功能，但現階段的 IC 廠商皆只發展 IC，效益不足，這是 5G 的現況，理想很好但還是只延續 4G 的思想與功能。 而在 6G 方面，在三大新興使用情境(AI 和通訊融合、感測和通訊融合、無所不在的連接)是較熱門的，且一定會發展成功，尤其是無所不在的連接，低軌衛星及 GEO 有許多成功案例，未來發展也會很

	多，且所有手機都將會具備衛星通訊功能。AI/ML 也是必然的技術，應用範圍也相當廣泛。
答覆	資策會 軟體院 李揚 副主任： 台灣 5G 在 2020 年正式開台，目前用戶滲透率約 30%，要達到商業利益還有滿長一段路要走。目前 5G 及 6G 在討論的具話題聲量的技術並不多，反而較多討論的是具有價值的技術，如 mMTC 及 URLLC 目前無太多亮點，故討論聲量不多，其原因為需先有專網成立，則此兩種技術才能真正發展，5G 要真正成功，專網的發展是必然的，因從用戶的角度而言，4G 已可滿足用戶基本需求，在媒體觀看上相當順暢，故沈浸式通訊對用戶真的重要嗎？其可能非為大眾需求的技術，且替代技術也相當多，故這是 5G 需要突破的困境。
問題&建議	辰隆科技 林進坤 處長： 技術本身都需要較長時間的發展，如同現在 5G 時代，3G、4G 皆併存使用，每個世代從 2G、3G、4G 等等都需要約 10-30 年左右才能發展成熟，從一開始的討論階段到真正研發，最終到網路應用案例的產生，需要耗時非常久。故各個通訊世代中，發展的想像很多，但真的能在這些產業及技術中發展成功，甚至為國家帶來實質經濟效益，都需要機緣、運氣、實力與堅持。在 6G 的討論也已經有一段時間，從思想家開始到逐步有宣傳家進行擴散，最終要有實踐家將其開發出

	來，使消費者能真正分享這些成果，這些發展是需要時間的，有些議題已經在腦力激盪及開發階段，是非常好的挑戰。 辰隆科技在 5G 產業中發展之初的目的為發展物聯網，目前 5G 在物聯網發展的成效及功效尚未成熟，還有相當多的技術挑戰，辰隆科技認為在 R18 時，若這些產品及設備都發展成熟，才能讓使用者真正感受到 5G 的優勢。目前市面上所使用的產品多還在 R15 階段，故 5G 還有很長的發展之路。
問題&建議	資策會 軟體院 王德仁 協理： 從 3GPP 的 Release 發展過程中，NTN 為一個重要的技術重點，3GPP 定義規格標準，而 Starlink 及 OneWeb 則是實際實踐者，則 3GPP 所定義的規格與 Starlink 及 OneWeb 等廠商之間的競合關係為何？ 另外 Starlink 及 OneWeb 多使用 Ku 與 Ka band，未來 3GPP 若將規格定義完整後，是否會造成這些頻段有合作或競爭的機會？
答覆	資策會 連紹宇 技術總監： 3GPP 定義 NTN 標準有兩種說法： 1. 傳統許多廠商的技術及市場都已落後 SpaceX，SpaceX 是衛星開發業者，也同時是衛星發射業者，在成本上擁有競爭力，可在短期內發射衛星，故很多衛星軌道目前皆已被 SpaceX 所佔用。數據顯示，2020 年前的五十年，全世界各國平均每年

	發射 200-300 顆衛星，而 2021 年單 SpaceX 就發射了 1400 顆衛星，而這個趨勢未來也將持續，SpaceX 靠著成本優勢佔據空中軌道，也發展出新的商業模式及技術，使得傳統衛星業者都認為市場及競爭力萎縮，故轉而與傳統地面上的營運商合作。 2. 預期手機可以直接連上網，而不希望還要透過數據機，對使用者來說是最方便的，這是目前 3GPP 制定衛星標準的原因。 在頻率使用方面，大多數的 NTN 公司皆使用 Ku 與 Ka band，在 3GPP 中則有使用到 C band 及 S band 進行效能模擬，但 3GPP 也逐漸意識到 Ku 與 Ka band 為較主流的 NTN 頻譜，故 R17 開始也都集中到 Ku 與 Ka band，未來將成為低軌衛星的主要使用頻段。

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

四、座談會(四)：國際 5G 新應用趨勢

隨著 5G 網路的部署和發展，偏遠地區及網路死角擴展 5G FWA 的應用的需求，從而降低了傳統有線網路的成本和複雜性。而 V2X 技術允許車輛之間、車輛和基礎設施、車輛和行人之間通訊互連，實現更安全、更高效的道路交通。5G 新應用技術的發展，帶動智慧城市拓展的新面向。

(一)、 活動資訊

- 活動時間：112 年 9 月 22 日(五) 14:00~16:00
- 活動地點：實體(資策會民生科服大樓 103 會議室)+線上(Microsoft Teams)
- 參與對象：電信業者、應用內容業者、網通設備業者、系統整合業者
- 活動議程：

表 4-29、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」議程規劃

時間	議題	主講人
14:00~14:30	來賓報到	
14:30~14:40	主席致詞	數位部 沈信雄 專門委員
14:40~15:00	主題一：FWA 技術及產業發展現況	財團法人電信技術中心 王彥中 研究員
15:00~15:20	主題二：V2X 技術及產業發展現況	資策會　張文堯 研究員
15:20~16:00	議題交流	資策會　李穎芳　組長
16:00~	散會	

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

圖 4-47、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」eDM

(二)、 活動成果

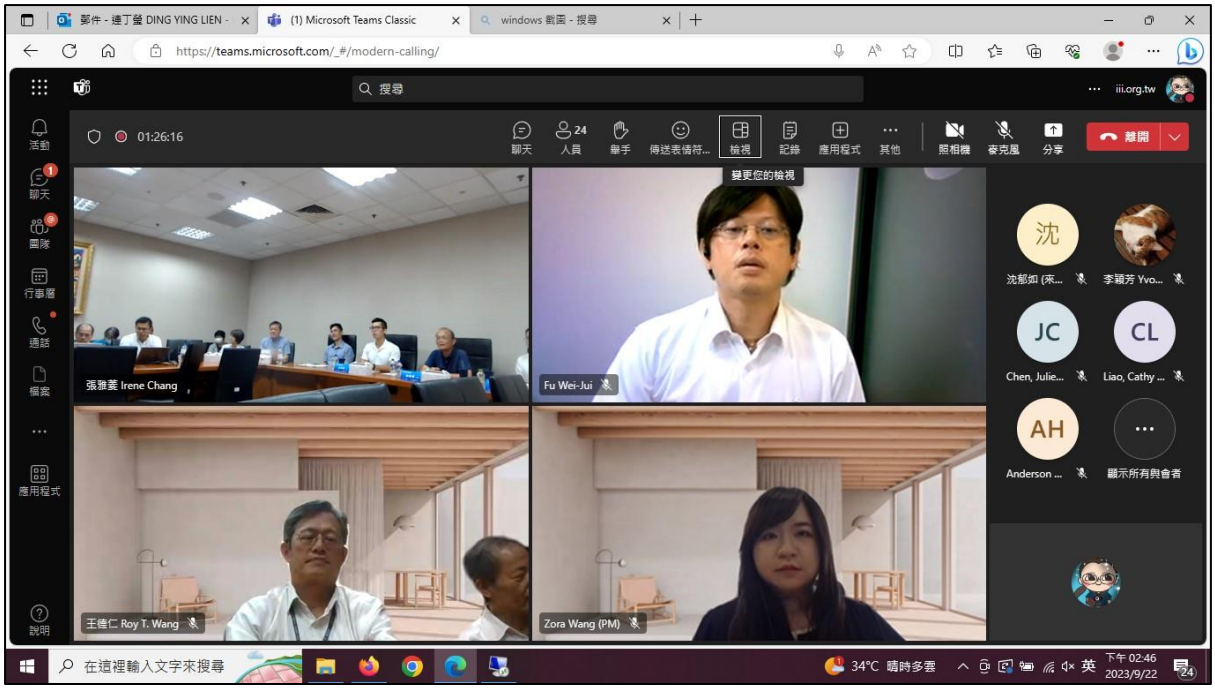
- 參與人數：實體會議 29 人，線上會議 44 人
- 與會組成：電信商 4 家，網通設備商 9 家，系統整合商 5 家，電子資訊業 13 家，法人單位 3 家，大專院校 7 所。

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-48、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」現場活動照片

資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-49、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」現場活動照片-2



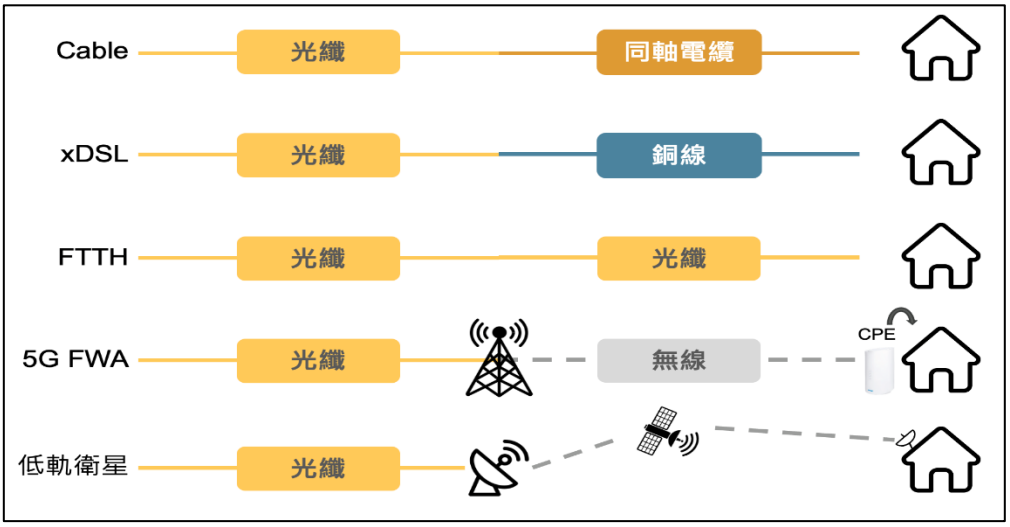
資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-50、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」線上會議照片

(三)、 議題說明

1. 主題一：FWA 技術及產業發展現況

家戶最後一哩的網路接取方式逐步演進，從雙絞線、同軸電纜到光纖，在行動寬頻網路大量普及後，在佈建速度上，受到地理因素的影響，無法很快速地實現。因此，漸漸發展出透過行動寬頻接取網路與家用 CPE 組成的固定無線接取固定無線接取(FWA)形式[222](如下圖)，是可替代有線寬頻的競爭性解決方案。



資料來源：富果研究部，2023 年 09 月

圖 4-51、固定無線接取 (Fixed Wireless Access) 概述

GSMA 在其發布的「2023 年全球行動經濟報告」中指出，FWA 做為 5G 主要應用案例再度受到關注。截至 2023 年 1 月，全球近 50 個國家已有超過 90 家固定寬頻服務提供者(絕大多數為行動網路業者)推出 5G FWA 服

[222] 5G Fixed Wireless Access - A powerful alternative to fiber to the home. 5g-fixed-wireless-access-a-powerful-alternative-to-fiber-to-the-home.pdf (samsung.com),2022/12/21

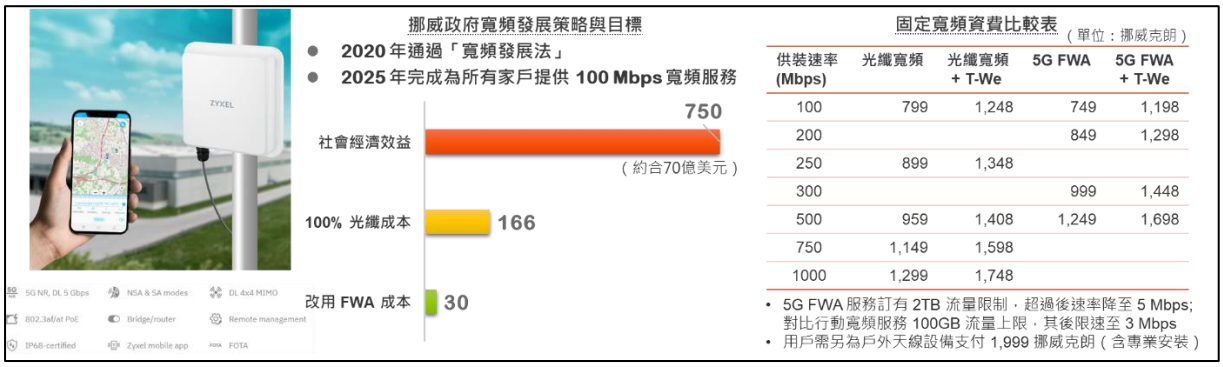
務，相當於約 40%商轉中的 5G 網路提供 FWA 方案。同時，相較於 4G 或其他 FWA 技術，使用 5G 技術的 FWA 方案能實現超過 10 倍的接取速率增長，並在容量方面呈現實質改善。目前大多數的 5G FWA 佈建都是以 3.5~3.8GHz 頻段為主，但全球電信業者將逐漸開始使用 5G 毫米波(mmWave)頻段，做為提高網路容量與效能的補充手段。

在美國，T-Mobile 於 2022 年底已累積超過 250 萬的 5G FWA 用戶，並預估在 2025 年增長為 7 到 8 百萬，其策略為「利用閒置頻譜容量創造新收入」，主要利用所持 2.5GHz 頻段超過 150MHz 頻寬資源，於光纖未達或有線主導地區創造競爭優勢；搭配家庭寬頻上網資費每月 50USD 方案，免費提供支援 Wi-Fi 6 的室內型 CPE 供用戶自行安裝設定，新用戶可享 15 日免費試用及最高 750 USD 的有線電視提前解約違約金補償。整體而言，5G FWA 用戶增量遠超預期，截至 2023 年第二季 FWA 用戶數量達 370 萬戶；預估 2025 年成長至 700～800 萬戶。

歐洲地區以挪威為例，國際市調單位 Omdia 報告指出[223]，挪威是少數已實現 4G 涵蓋率達 100%的國家。自 2020 年推出 5G 以來，其涵蓋率也有顯著增長。到 2022 年 6 月底，5G 涵蓋率達到 81.5%，而 2021 年 6 月時僅為 23.3%。挪威 Telenor 2021 年初即宣布採用合勤科技 4G/5G 雙模室外型 FWA CPE 進行大規模布署，確保用戶可在 5G 網路建設期間完成無縫升級；

[223] Omdia (2023), Norway： Country Regulation Overview - 2023, https://omdia.tech.informa.com/OM030406/Norway-Country-Regulation-Overview--2023

2022 年推出 T-We 影音服務；採不同速率級別設計資費方案，並提供新用戶前六個月月租費優惠，用戶於 Telenor 網站輸入居住地址，網站將依照該地點之訊號涵蓋情況提供 FWA 資費選項。



資料來源：研究團隊整理，2023 年 09 月

圖 4-52、5G FWA 應用實例: 挪威 Telenor

整體而言，FWA 更適合國土面積廣大之國家，做為以 FWA 提供高速寬頻上網加上影音或加值多樣服務之型態。對我國而言，由於現階段國內高速寬頻網路佈建範圍密集，因此市場對於 FWA 之接受度並不明顯。不過，建議臺灣可參考挪威、芬蘭與韓國案例，以 FWA 結合 5G、影音服務跟網路切片服務，該類態樣更能有效滿足特定區域市場對高速無線寬頻網路之特定需求。未來主管機關可藉由鼓勵業者以 FWA 結合各類應用之實驗網路，探究 FWA 因應不同區域提供當地高速無線寬頻服務之能力與適合場域，帶動潛在相關創新應用發展。

資料來源：研究團隊整理，2023 年 09 月

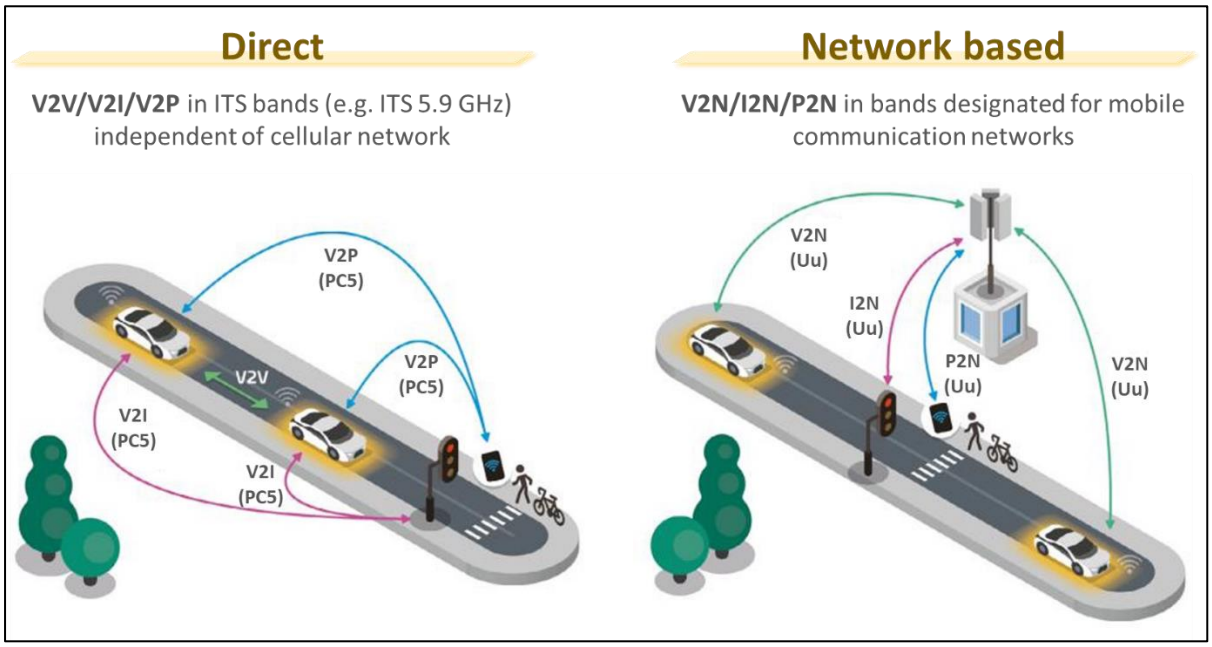
圖 4-53、5G FWA 之優勢與發展建議

2. 主題二：V2X 技術及產業發展現況

智慧交通迄今已為智慧城市領域的固定領域，探討的範疇已從初始的科技如何導入交通領域，漸拓展至解決交通問題、甚至進一步創造社會及個人價值。綜觀歐美相關應用可觀察到在活用聯網基礎建設下、發展諸如交通行動服務(Mobility as a service, MaaS)、自駕車接駁、運具共享與科技執法等數據驅動的智慧交通服務，進而達成提升交通效率、擴大公共運輸覆蓋、淨零碳排等社會願景，將成為國際間政府交通部門或城市規劃相關單位重要的政策推動之參考。

C-V2X 技術基於行動通訊技術，包括兩個主要的通訊模式：

- 直接通訊：允許車輛之間(V2V)、車輛與行人之間(V2P)、以及車輛與基礎設施之間(V2I)的直接通訊。不需要通過基地台或網路基礎設施。
- 網路通訊：使用行動通訊網路(如 4G 或 5G)允許車輛與網路(V2N)進行通訊。這可以用來從雲端獲取交通更新、道路規等訊息。



資料來源：5GAA，研究團隊整理，2023 年 09 月

圖 4-54、C-V2X 的兩大運作模式

透過 5G 通訊將車輛(V2V)、行人(V2P)、路側設備(V2I)及交控中心(V2N)連結，提供即時資訊串聯。透過預知號誌資訊、弱勢行人告警、路況預警等應用增加交通安全。如交通部在新北市淡海地區打造國家級車聯網環境，並導入自駕車進行半封閉環境之接駁服務實證。車聯網相關服務仰賴車側、路側、管理中心等感測及運算設備建置外，亦仰賴穩定且快速的

通訊環境，因此相關解決方案可見電信、網通及系統整合業者成為主要技術提供者。同時在帶動效益上，聯網可增加更多的資訊連結及互動，進而提升道路安全、運輸效率及使用者體驗。近年來 5G 持續進展，相關通訊技術也導入車聯網提升服務品質，其高速低延遲之特性，漸已導入交通安全相關應用服務上。

V2X 大幅增加車輛在安全、效率、便捷等面向的能力，進而成為自駕車不可或缺的一環。但 V2X 仍在發展中，需要藉由縝密的驗證及確認(Verification and Validation, V&V)來驗證其於不同應用情境的適用性，包含專用頻段的需求。

(四)、 議題討論

表 4-30、座談會(四)「國際 5G 新應用趨勢」議題討論紀錄表

20230922_國際 5G 新應用趨勢座談會	
問題&建議	資策會 軟體院 李揚 副主任： 國外是否有一些 FWA 做為中繼的商業模式之案例？目前 FWA 在 Microwave band 的用戶終端設備(CPE)產量約 45 萬，與家用 FWA 的 740 萬產量差距相當大。
答覆	財團法人電信技術中心 王彥中 資深研究員： 以目前收集的資料顯示，FWA 尚無類似網路相關應用，主要考量可能是因為 CPE 較趨近於用戶端裝置，類似於放大版的手機，而傳統微波通訊設備的使用功率會比較大，若將功率加入考量，CPE 設備的功率限制勢必須放大。 澳洲為例，其以光纖為主，但在功率不足無法到達的區域，也會將微波及 FWA 放入考慮，且 FWA 在可施範圍 10km 內實現數據化資料分佈服務(Data Distribution Service, DDS)的傳輸表現，但也須涵蓋其他相對應的技術一同使用才可達到。
問題	和碩科技 黃中于 副總： V2N(汽車對網路)雖然已成熟，但的確仍有當機的問題，若當機

& 建議	則高精地圖就無法完整傳輸，當高精地圖有缺漏時，AI 就無法判斷，也導致車子自動停車。 V2X 相對成熟，V2V(汽車對汽車)及 V2I(汽車對基礎設施)則相對困難，應由地方政府進行架設，但由地方政府負責卻有經費不足的問題，此為全世界皆有的共通困難。V2P(汽車對行人)需依靠行人端的手機，則手機廠商是否願意研發並推廣是 V2P 能否成功的關鍵。 FWA 則為必然發生的議題，如美國有許多鄉下地區沒有網路，FWA 的機會就多，反觀台灣網路佈建相對完整，FWA 的需求就不高，故都市型國家在 FWA 的發展相對低。
問題 & 建議	友達光電 梁立田 特助： V2X 在安全上的價值是其發展的重要元因，而先進駕駛輔助系統(ADAS)很多的發展目的與 V2X 是相同的，且已發展到 Level 2.9，其安全效益高，則反觀 V2X 的投資報酬率(ROI)是什麼？此應為重要之議題，故應預估自駕車在不同的價位及車種，會搭載哪些設備，以及會有什麼樣的 ROI，會是 V2X 發展的重要關鍵。
問題 & 建	辰隆科技 林進坤 處長： 辰隆科技在十年前嘗試發展三合一設備(Cable Modem + Data Router)，此設備既可以打電話、上網也可觀看有線電視，但因為時間性問題而發展不成功。林處長認為許多技術都有相當多的討論，但未

議	必適用於當時的時空背景，故整個商業模式要成功，時空背景很重要。 FWA 的產品以目前使用者的實際使用狀況來說，早在 3G 及 4G 時代就有家用型轉發器(HomeBooster)，但室內覆蓋(Indoor Coverage)受限，爾後 5G 時代也推出網路控制中繼器(Network Controlled Repeater, NCR)，顯示網路控制器在現行及未來通訊時代的重要性，以解決傳統 2G 及 3G 基地台干擾的問題。國外 FWA 的產品，因有使用的情境與需求故發展成熟，反觀國內，若在兩人或四人的家庭中使用 FWA 的產品，則可能原先的兩人或四人行動門號會解約其中一方，只需留下獨立一個門號使用即可，因爲 FWA 只須單一門號 SIM 卡轉接到網路控制器並轉為 Wi-Fi 分享給其他使用者。目前各大電信業者都在解決室內覆蓋基地台的設置數量有限的問題，故營運商多以 HomeBooster 解決室內覆蓋問題，增加家庭網路的覆蓋範圍，以解決基站建置成本高且有限建置數量的問題。綜上所述，FWA 的應用機會仍大，在不同領域會有不同的應用性及機會，但不會是完全取代。
問 題 & 建 議	華電聯網 樓軒宇 副理： 目前應用端推動部分，國外交通環境與台灣不相同，如美國主推 SAE J2735，各國在通訊協定部分也大多延續美國的 SAE J2735。台灣的交通環境則與美國非常不同，在美國一個車流道就會設置一個紅綠燈，左轉、直走、右轉都會有獨立的紅綠燈，而台灣則是全數使用

	單一紅綠燈，故從號誌控制器傳輸的語言及方式就與美國不同，且因RSU 傳輸到 OBU 必須使用國際通訊協定，則需透過一些介接的通訊協定，將台灣的紅綠燈及標誌等訊息統一收集並轉譯，才能成功將RSU 傳輸到 OBU。未來可能會推動號誌控制器專用的 TCROS，其預備給聯網車運用，則在專案及應用上會有幫助，也會有中央推動、地方落地車聯網的效果。 V2P 目前在國外有相當多無行動載具的應用情境，因國外通常是人讓車，而非車讓人，車子需知道行人的位置，有無透過行動載具通知行人車子的位置反而是次要的。 台灣將於今年 2023 年 11 月舉辦台北聯網車互通測試大會 OMNIAIR：OMNIAIR 多為國際上主要的車聯網廠商，若車聯網產品欲透過認證則皆由 OMNIAIR 進行。
答覆	財團法人電信技術中心 王彥中 資深研究員： 根據國家通訊傳播委員會在 111 年度所發佈之《通訊市場調查結果報告》中顯示，國內有近九成的民眾可以在住家上網，並以行動網路的使用率最高(46.4%)，略高於固定寬頻網路(43%)，甚至有些使用者家中並不存在有線網路，而獨靠手機行動網路上網。但從此份報告中也可發現，在固網服務方面，光纖(FTTX)為國內有線網路的使用主流(30.2%)，其次則為有線寬頻網路(Cable Modem)，占比約 24%，兩

	者加總後使用比例超過五成，ADSL 的使用相對較少(11.5%)。在這樣的狀況下可以考量以下問題： 國內無論居家或辦公室的大眾平均上網量約 4Mb，而在影音串流的時代下，電視螢幕的使用體驗仍較手機及平板更加有優勢，在這樣的流量現況下可引用 Ericsson 於 2022 年 6 月 30 日發布最新《Ericsson 行動報告(Ericsson Mobility Report)》，當中指出預測全球 5G 用戶數將於 2027 年底達到 44 億，占所有行動通訊用戶數的 48%，FWA 連接數卻只達到 2.3 億，FWA 的使用比例與 5G 相差甚遠，但 FWA 所產生的數據流量將會為佔整體行動數據流量的四分之一(25%)。反映出在一個固定的區域(如住家)，仍有可靠通訊及網路供應的需求，則可透過向 Cable 業者或有限固網業者申請固定寬頻，但若使用者處在一個業者無法提供可靠且快速的固定寬頻網路的環境，則 FWA 就會是行動網路業者的機會，且可參考挪威的使用案例，將 FWA 綁定影音服務，使用加價方式讓業者樂於提供此類型包裝服務，透過加入影音服務可同時提升月租費，此類型的綁定服務也或許可以解決國內行動業者有閒置頻段未使用的問題，若能將這些頻率從閒置轉為可獲利的用途，會是 FWA 及行動業者的機會。

問題&建議	資策會 科法所 陳箴 研究員： 淡海新市鎮車聯網示範場域，在執行過程中發現一些電台監管與法規問題： ● 在頻譜部分：無論美國加拿大歐盟，都規劃 5.905GHz 頻段給車聯網使用。 ● 電台監管部分：OBU 及 RSU 都為射頻器材，以我國法規而言都屬於電台監管的範疇，歸屬 NCC 主管。以目前來說遇到的問題為，需使用實驗頻譜的法規，相關車聯網實驗的廠商，要參與淡海車聯網實驗時都有一連串耗費時間的行政程序要申請，包含：網路設置的許可及審驗、電台設置的許可與審驗等，主要會遇到的問題以 OBU 為例，在未來的普及化應用上，是所有車子都會搭載的功能，若每一個設備都需進行冗長的程序申請，會相對麻煩，且對產業發展落地無益，或許未來可能可用型式審驗的制度來解決。而相對麻煩的部分是 RSU，RSU 較不適合採用商用的監管模式，且 RSU 主要應屬於政府設置或是採取何種模式，是非常重要且仍在討論的議題，而目前在電信管理法的現行規範下，若採取專網監管模式則難以施行，會有專用電信網路不得連接公眾網路的規範，此規範對車聯網發展也是未來在監管方面需要克服

	的障礙之一。 以國外案例來看，加拿大也有討論使用劃定區域中限定幾家廠商可設置 RSU，RSU 會涉及到安全問題，所以在監管部分不可只討論市場產業的公平競爭，而需考慮到監管，故會相對嚴謹。RSU 設置後的維護議題，也是一個跨部會的大議題，到底屬於地方政府、中央政府誰來負責，對安全性能較有保障及效率，仍須各界一同努力。 ● 車聯網實驗場域設置部分：現行在實驗頻譜也有一些挑戰，在 107 年電信法時代，有劃定特定給車聯網的實驗區域，在這些區域中的實驗申請可以簡化一些相對應得申請流程，但當年的規劃與現今需求已有落差，希望政府部分能協助重新規劃或新增規劃區域。
答覆	數位部 資源司 沈信雄 專門委員： 2013 年交通部運研所與數位部討論後，決定將 5850-5925MHz 規劃為 DSRC 的實驗頻道，且時至今日仍不會改變此規劃，且今年再開放 Wi-Fi 新頻段時，也遵循歐洲的標準，將 6GHz 的 Wi-Fi 頻段與 5925MHz 中間新增了 20MHz，寧可未來確定沒有干擾問題後，再將 Wi-Fi 頻段往下延伸，以預防未來不敷使用的可能性。 車聯網兩大相當大的挑戰包含：

	1. 在不將行人納入考量之下，光是機車、腳踏車等兩輪車都難以安裝 OBU。 2. GPS 定位並不準確，以台灣來說，機車非常多，且行駛的間距非常近，GPS 的精度能否精準的判斷，現今技術能否克服這個問題尚不清楚。 智慧型運輸系統(ITS)、C2V 及 DSRC 都是未來必然會做到的技術及趨勢，現今已經為 R18，未來將到 R20，但路上仍然有許多 R14、R15 的車子，如何將其整合將是一個大問題，政府應補助所有使用者汰換嗎？但每個 OBU 又有自己的專利，政府無法全面規範汰換，最終還是要靠車廠，且下一代技術是否又與現今技術的規範不相同，又是新的問題。 台灣的道路由不同政府機關監管，是非常大的議題，且也有一些道路屬於私人但需給大眾通過，則此類道路產權不屬於政府，無法在其安裝 RSU，則該由誰監管，又是另一個更加困難的問題。 技術上來看，國外皆以汽車為主要討論，但台灣以機車居多，這樣的頻寬是否夠機車使用也是一個重要議題。 而在器材認證方面之問題，無論 RSU 及 OBU，絕對不會只有射頻認證，還會有通訊協定認證，最終車聯網該由政府還是營運商負責建置是非常複雜的議題，需有完善得制度，是一個全新但又需融入舊

	制的規範。 在行人問題方面，車輛還是需要智慧化的感測，才能應付路邊行人的狀況，且都市與鄉村的道路狀況又不相同，都市有行人，鄉村可能有動物，很難在所有物體上搭載 RSU，故車輛還是需要有自行辨識的能力，才能應付這樣的狀況。
問題&建議	數位部 資源司 陳威呈 科長： 當巨量多機器型態通訊(mMTC)發生時，是否會有頻率使用超出預期的問題，可能導致原先規劃的 75MHz 不敷使用，即使已經多增加保留 20MHz 的 Guard Band 使用頻段，仍可能有不足使用的狀況發生，此議題值得關注，但目前也尚未正式開始使用，故此議題仍屬待討論。 在車聯網的部分，淡海試驗場域在第一期規劃的所有道路及設備設皆為新設，按照新制進行規劃，所有的道路建置皆符合新的法規及應用情境，故路側設備的實施相對容易且調整彈性大，但第二期計畫的試驗場域擴展到淡水其他舊的市區及道路，所遇到的問題就非常多，最大的困難即為一個全新的制度與架構需融入舊制的規範與設施，此問題值得各界一同思考解決方案，道路上的問題相當多變且快速，許多鄉鎮地區會有民眾在道路上晾曬衣服的狀況，路側設備難以即時反饋此類型多樣的狀況，且難以規範民眾改變舊有的生活習慣，

	也是路側設備難以推行的原因之一。 在 FWA 的部分，行動佈建相對低的國家更適合 FWA 發展，反觀台灣及新加波等國家，ADSL 及光纖的佈建相對密集，造成 FWA 的發展空間不足。但值得思考的是，頻譜乃有限資源，有越用越少的必然狀況，在這樣的狀況下，有無正在使用的頻段，可以釋放出來運用 FWA 替代掉原先的使用情境，且必須是光纖無法達到的情境(e.g. 微波、短距離通訊等)，可以使用 FWA 在既有的行動通訊 IMT 建設底下滿足使用需求，也為電信事業帶來新的發展方向，會是較容易發展 FWA 的方式，且 FWA 在國外是一個成熟的技術及商品，能否引進台灣進行應用，值得各界一同討論。

資料來源：本研究整理，2023 年 9 月

五、座談會(五)：頻率資源應用法規修正建議

資策會執行數位部「國內頻率資源創新應用調查及研究計畫」，蒐整國內創新應用之頻譜資源使用現況，並評估短中期使用需求，進而因應新應用模式具體提出資源近用建議方案，並擬提法規修正建議，敬邀產學研界先進共同研議可適性。

(一)、 活動資訊

- 活動時間：112 年 10 月 20 日(五) 14:30~16:00
- 活動地點：資策會民生科服大樓 102 會議室
- 參與對象：

表 4-31、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」出席名單

數位部	
資源管理司	沈信雄 專門委員 陳威呈 科長 王文哲 技士
電信營運商	
中華電信	經營規劃處 張維儒 科長 經營規劃處 廖宏祥 博士
遠傳電信	網路監理暨事務協調 徐子祥 技術副理

	法規處 黃漢臣 經理
台灣大哥大	法規暨同業關係處 曾筱媛 高級管理師 無線網路規劃暨管理處 蔡宏利經理
系統整合商	
華電聯網	楊純福 協理/ 林君潔 工程師
伸波通訊	黃文傑 董事長
亞旭電腦	劉均敬 副總
智宏網	韓景光 副總
雲達科技	蔡旺佑 特助
和碩聯合	黃中于 副總
學研法人	
資策會 科法所	王自雄 主任/ 陳箴 研究員
電信技術中心	王彥中 研究員/ 邱儀萱 研究員
陽明交通大學	王蓙君 教授
台灣車聯網產業協會	鄭維晃 秘書長
次世代電視暨智慧 應用發展協會	石佳相 常務理事

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

- 活動議程：

表 4-32、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」議程規劃

時間	議題	主講人
14:00~14:30	來賓報到	
14:30~14:35	主席致詞	數位部 沈信雄 專門委員
14:35~14:50	頻率資源應用研析成果分享	資策會　王德仁 協理
14:50~16:00	議題交流： • 專網管理辦法 • 車聯網 • 非地面通訊 • PPDR • 頻率資源規劃建議	資策會　李穎芳 組長
16:00~	散會	

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 4-55、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」eDM

(二)、 活動成果

- 參與人數：實體會議 28 人
- 與會組成：電信商 3 家，系統整合商 6 家，學研法人 5 所

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 4-56、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」照片

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 4-57、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」照片-2

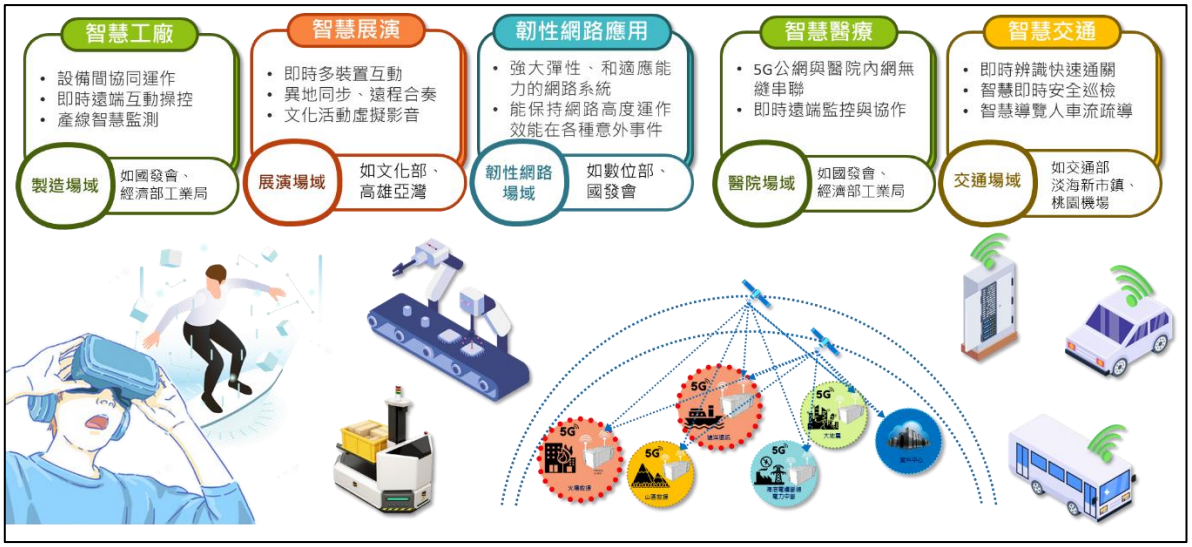
資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 4-58、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」照片-3

(三)、 議題說明

為探討創新應用對頻譜資源需求及網路連結架構之影響，因此研析計畫架構從針對本國國家重大政策之計畫中，挑選具有代表性之計畫，分析創新應用之應用方法與架構、分析創新應用對頻譜之需求；調研方法依據國內重大政策計畫中，因創新應用涉及頻率資源之運用，分析並調整其目標，研析頻譜資源之運用狀況；本研析計畫中，亦研析國內重大政策中具有代表性之計畫，研析計畫之研發創新應用重點及主要功能，並以無線通訊技術軟硬體整合之方式，研析如何有效率規劃頻率資源。

針對本國國家重大政策之計畫項目，盤點國內重大政策推動計畫，綜合上述國內重大政策推動計畫中，從大分類盤點並選定各個具代表性計畫；歸納選定之研析應用分類大項如：智慧製造應用、智慧展演、智慧交通、非地面通訊及智慧醫療等五大應用(如下圖)，再選定六個場域做為研析及訪談標的，做案例深入研析，並逐步研析出頻率資源之需求；再依此創新應用之頻譜資源需求、及無線網路連網架構之深入剖析，以供未來頻譜規劃與網路架構規劃之政策參考。



資料來源：本研究整理，2023 年 6 月

圖 5-1、計畫研析標的五大類應用

(四)、 議題討論

表 4-33、座談會(五)「頻率資源應用法規修正建議」議題討論紀錄表

20231020_頻率資源應用法規修正建議座談會	
議題討論 1：行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法	
問題&建議	和碩聯合 黃中于 副總： 民間若有申請專網的需求時，除了僅可使用頻率 4.8-4.9GHz 的條件外，是否可將地區性及時段一同列入考量。而在 N79 議題上，有與警消頻率干擾的疑慮，目前似乎只有高雄有開放 N79 頻段之使用，是否現階段其他縣市無法真正申請 N79 頻率使用？

答覆	數位部 資源司 陳威呈 科長： 早期 N79 已有既有的頻率使用者，在有動態頻譜共享機制之前，頻率皆有干擾狀況的發生，且警消所使用之微波接收端的訊號非常弱(-100dBm)，以現行小型基地台之訊號(30dBm)很容易干擾警消微波的通訊，為此，這幾年警消已進行移頻專案，預計於 2024 年底移頻完成，待移頻完成後其會使 N79 頻段的使用更為乾淨。目前高雄已移頻完成，故可使用 N79 頻段。
問題&建議	次世代電視暨智慧應用發展協會 石佳相 常務理事： 次世代電視暨智慧應用發展協會執行 5G 專頻專網計畫，電視台將專頻專網應用在節目製播，而 N79 頻譜目前只開放市內專頻專網申請，導致若有異地共演及新聞室外連線需求，無法連接專頻專網，故是否可利用公網網路切片將其打造成專網型態？ 異地共演及新聞室外連線的應用具有低延遲及高可靠度的需求，僅有 5G 網路的特性能保證此效能，但對電信業者而言較困難，因目前 5G 尚未成熟，大部分的網路架構依然使用 4G 的核網，故無法完全滿足此應用的需求，若能以特殊區域範圍形成媒體園區，並由電信商介入建構完善的 5G 專網，是能達到區域內的專網使用，但依然無法保證使用公網網路切片。

答覆	數位部 資源司 沈信雄 專門委員： 會後可與資策會提出此案例中詳細的公網網路切片之使用架構，數位部後續可針對此議題進行討論。
問題&建議	中華電信 張維儒 科長： 在 N79 頻段使用上，有使用 5G 分時雙工(Time-Division Duplexing, TDD)技術，會有上下鏈相互干擾的狀況，未來在相鄰頻段有規劃釋出商用網路執照時，會較容易有無限干擾的問題，是否有針對此議題延伸討論或相關處理原則？
答覆	數位部 資源司 陳威呈 科長： 頻率釋出的原因為產業有頻譜使用需求之時，故此議題上須先探討產業是否真的迫切需要釋出這些頻段？設備成熟度是否足以使用這些頻段？
問題&建議	華電聯網 楊純福 協理： 1. 以往許多戶外專網申請案例皆因有與警消頻率干擾疑慮而造成申請非常耗時的問題，是否有相關的標準程序或固定流程可加速申請？ 2. 在專網頻率使用部分，數位部是否有在評估後續會開放更多其他頻段以供使用？

答覆	數位部 資源司 陳威呈 科長： 1. 詳細執行還是要看警消移頻狀況，原則上若無既有使用者之地區，則室內室外之申請較無困難，而短期內室外之申請確實較為困難，期望警消移頻能如期在 2024 年底完成。 2. 需視當前 4.8-4.9GHz 頻段的實際使用狀況，包含：申請及建量，以評估使用現況是否需擴增頻率，才能決定是否釋出新的頻率，反之若實際使用狀況不佳，也可能將其 4.8-4.9GHz 規劃他用。
問題&建議	電信技術中心 王彥中 研究員： 在電信管理法中，有些業者已透過執照拍賣方式拿到頻段使用權，則有權力將其進行活用，在頻譜共享議題上，建議可參考美國的共享使用模式，主管機關也有權利要求業者進行相關頻譜共享。
議題討論 2：非地面通訊	
問題&建議	中華電信 張維儒 科長： 衛星頻段與電信業者既有頻段重疊之問題，基礎上都有要求要遵循合法使用優先權原則，但技術上確實有共存的機會，可避免相互干擾。

問題&建議	台灣大哥大 曾筱媛 高級管理師： 現行衛星使用頻率確實與行動通訊業者所使用之 28GHz 有重疊的狀況，建議可參考國際做法，並與行動通訊業者先行溝通，以針對使用權進行協調，且訂定須遵守之原則，包含： (1) 衛星業者須與行動通訊業者告知地面站設立地點、功率等資訊。 (2) 行動通訊業者之使用權優先於衛星業者。 (3) 主管機關若有相關公開資訊，包含：衛星業者地面站地點等，讓業者間可先行協調，以避免基地台干擾衛星接收站的問題。
問題&建議	遠傳電信 黃漢臣 經理： 基於頻率和諧共用及促進 28GHz 頻段使用之立場，遠傳不反對與衛星業者合作，但 28GHz 頻段使用權為透過競標取得，希望能遵循最高使用權且不得干擾之原則，若要合作電信業者也可和衛星業者先行協調如何避免干擾問題，若協調未果則希望主管機關能介入協助協調。
答覆	數位步 資源司 陳威呈 科長： 業者競標所得之頻段有絕對使用權力，目前僅有 28GHz 有使用重疊之問題，由政府單位出面協調必然可行。三大電信業者在 28GHz

	頻段已有基地台正在使用中，可由政府單位告知業者欲建置之區域，但部分區域屬於無法公開宣告之地區，可能須由電信業者定期詢問欲建置之區域是否有重疊問題發生之可能性。
問題&建議	台灣大哥大 蔡宏利 經理： 目前衛星頻段有多種業務用途共用之狀況，是否應該評估哪些衛星業者已規劃使用哪些頻段？建議盤點頻段未來使用需求並列出優先順序。
答覆	數位步 資源司 陳威呈 科長： 是否有行動通訊業者及衛星業者已在討論合作使用之頻段，但政府法規尚未開放，請儘速提出，以利行政程序實施。
問題&建議	電信技術中心 王彥中 研究員： 衛星頻段上還有有衛星直連手機的趨勢，不知道其在國內有無機會發展，可預作規劃。
議題討論 3：車聯網	
問題	台灣車聯網產業協會 鄭維晃 秘書長： 車聯網 C-V2X 的目標即為商用，較類似於 Wi-Fi 而非專網，實

& 建議	驗上有頻段、連網及電台的問題，建議參考 Wi-Fi 的型式審查方式。 針對車聯網使用頻段有過窄不足的問題，希望未來能增加使用頻寬。 目前車聯網相關實驗場域皆需分開申請，每輛車及道路都不相同，在申請上非常麻煩且耗時，若未來有商業應用，則不該當作電台進行規範。
問題&建議	華電聯網 林君潔 工程師： 在車聯網淡海新市鎮研究計畫中，會有持續新增新設備而要重新申請計畫變更的問題，相當耗時，希望未來在實驗行政程序的部分可以簡化相關流程。
問題&建議	資策會科法所 陳箴 研究員： 有關特定實驗場域範圍，若能增加許可區域，一定能加速並解決目前實驗申請的問題，讓車聯網實驗更為順利。在特定實驗場域範圍定義需求部分，希望能廣納企業意見，一次性公告所有車聯網實驗的需求區域。 車聯網若為專網，則會有專網不得連接公網之問題，未來若車聯網要普及落地應用時，不可能停留僅使用實驗頻譜，故不得連接公網會影響實際使用的運作，也是待討論的議題之一。

問題&建議	台灣大哥大 曾筱媛 高級管理師： 目前電信業者透過商頻專網確實可提供車聯網服務，如台灣大哥大在桃園長庚養生村透過當地既有的 3.5GHz 頻段建置自駕車應用，屬於車聯網應用的一環。
問題&建議	遠傳電信 徐子祥 技術副理： 在車聯網期望能簡短申請時程之議題上，早期交通部會公告車聯網之特區特頻，可以書面審查方式減少申請時間，但現今 NCC 及數位部的申請規範為需分開申請，故無法將分工流程進行簡化，且須先與數位部申請通過後才可與 NCC 申請，未來是否有機會改為可同時申請？
答覆	數位步 資源司 陳威呈 科長： 1. 針對頻段過窄之問題：目前在頻率分配表中，無任何備註 5850-5925MHz 只限定給車聯網使用，但在頻率供應計劃中，5850-5925MHz 之 75MHz 為車聯網實驗使用之頻段。 2. 針對電台申請時間過耗時之議題：同時向 NCC 及數位部申請尚不可行，因法定申請程序即為數位部先行通過後才可向 NCC 提出申請，故現行無法調整，但未來可討論是否需調整相關法規。

	3. 針對是否可連接公網之議題：目前車聯網屬於實驗階段，且隸屬於專用電信網路規範，故不可連接公網，若未來欲建立車聯網商用網路，則應該先討論 RSU 該用何種方式管理建置，是否可使用免執照方式進行管理？亦或者該由政府負責建置管理？RSU 建置會涉及到安全問題，不能因為國際聯盟已認證就直接定義 RSU 為可絕對信任之設備，故 RSU 到底該由誰來管理，目前國際上也無相關的共識，是各國都仍在討論的重要議題。 4. 針對申請變更程序冗長之議題：現行在 NCC 的架設許可及後續電臺審驗階段，若頻率供應計劃中有符合特定場域、特定頻率或特定條件公告，則可減免相關申請程序，如：從實體審查改為書面審查、架許階段可免付部分文件等，未來也會朝此方向努力，盡量協調簡化相關行政程序。 數位部 資源司 陳威呈 科長： 車聯網無論 OBU 或 RSU 不可能只進行無線電介面審查，且也會牽涉到功能驗證，而目前 NCC 及數位部都無法進行功能驗證，若要委由實驗室進行認證，則需要哪些儀器進行驗證也是未知議題，值得後續延伸討論。

問題&建議	資策會科法所 陳箴 研究員： 交通部底下有一個中華電信及 NCC 共同申請的車聯網資安憑證計畫，採自願性車聯網設備型式認證，若實驗可行，則未來規範可能同時會有交通部車聯網設備的型式認證及 NCC 的 RF 型式認證併行。
問題&建議	華電聯網 楊純福 協理： 針對專網與公網連接部分，有特別討論審查會議，則車聯網實驗網是否也可進行特別審查？讓整體實驗目的更加落實。
答覆	數位步 資源司 沈信雄 專門委員： 需參考管理法規規範並與 NCC 討論。
議題討論 3：PPDR	
問題&建議	次世代電視暨智慧應用發展協會 石佳相 常務理事： 頻率應增加 sub700 以下的頻段，歐盟於 2022 年 10 月已針對 sub700 頻段進行研析報告，其中有針對 PMSE 的公共媒體應用進行分析，將無線廣播電視朝向 5G、6G 整合，相當程度的涵蓋了 PPDR 及車聯網，車聯網部分雖不牽涉到 RSU 但 OBU 可接收單向資訊，而災難救助部分也大量使用到 sub700 進行通訊，因穿透性佳，相較高

	頻段更適合作為室內涵蓋的頻段，故特別合適做為車聯網應用及救災應用頻段，本頻段原先屬於媒體數位電視使用之頻段，而未來無論國際或國內，數位媒體與 5G、6G 相結合是必然的趨勢。美國使用區域動態地圖(Local Dynamic Map, LDM)概念，將有線電視頻譜切為兩個頻譜，台灣建議可參考此種發展方式。
問題&建議	中華電信 張維儒 科長： 1. 以台灣的地理環境而言，有必要將公用電信及安全進行整合。 2. 頻段重疊問題部分，去掉重疊問題應可整合少數頻段釋出使用。 3. 在 PPDR 導入模式應為專用或商用議題上，中華電信認為若有特定技術或特定需求且無法以商用網路使用時才以專用網路進行使用。PPDR 於平時使用量其實不高，但在特殊狀況下使用量會非常大，在頻率只配方面較難拿捏，故商用網路應該較為合適。
問題&建	台灣大哥大 曾筱媛 高級管理師： PPDR 建置模式現行國內要採納哪種方式仍屬於討論中的議題，其會涉及有多少成本能投入建置有關，數位部已規劃兩年的 PoC 建置案，現行 PoC 採用三大電信業者的商用頻率來配合研究，台灣大哥

議	大支持且配合目前數位部的 PoC 案，長期來看，兩年的 PoC 後，數位部及警消單位若對 PPDR 有更明確的政策及需求需要釋出專用頻段，我們建議包含 600 及 800MHz 頻段要一同規劃及釋出，應以整體進行考量，整體效率才會最大化。
問題&建議	台灣大哥大 蔡宏利 經理： 在頻段規劃部分，有上下行頻段分開的問題，歐盟在規劃 800MHz 時有將其規劃為相同方向以避免濾波器干擾問題，建議研究團隊可以研究以前的相關規劃。
問題&建議	遠傳電信 黃漢臣 經理： 在戰時 PPDR 演練時，所有電信業者都願意全力配合，但非戰時狀況之下，就目前研究單位規劃的建議而言，會使用到 1GHz 以下的 800MHz 頻段，而 1GHz 以下之頻段為稀缺資源，未來是否一定會使用到這些頻段值得考量，警消的真實需求為何也應納入討論，而已經規劃的相關頻段內，是否已有既有使用者，應進行盤點，未來才可有效的進行後續規劃，5G 專網 4.8-4.9GHz 頻段使用已定義完善，是否 PPDR 也可運用到 4.8-4.9GHz 頻段及適用其管理規則，而不需特別為 PPDR 定義或修改法規。

答覆	數位步 資源司 沈信雄 專門委員： 針對上下行頻段分開問題，確實應該將其顛倒，將低頻做為下行，高頻做為上行，才可與 700 及 900MHz 對接，建議可研究第一區之使用。 數位部 資源司 陳威呈 科長： 在頻段部分盤整國際案例後，ITU 於將全就分為三個 PPDR 建議頻段，若發生重大傷亡案件時，國際組織會自行攜帶通訊設備至台灣使用，則台灣的 PPDR 設備需使用國際頻段才可共連，故在規劃國內 PPDR 頻段時還是需要將國際頻段納入討論，如 694-894MHz 頻段為全球通用。以此頻段在國內的目前使用情況而言，800MHz 後段及 700MHz 全頻段已有行動通訊正在使用中，故僅剩 800MHZ 前段已保留可供使用，頻譜部分與 DSRC 情況類似，但因閒置過久而有釋放給新創事業使用的狀況，後續協調及 sub700 頻段介接議題值得研究及思考討論。
問題&建	中華電信 張維儒 科長： 在頻段方面確實參考歐盟上下鏈相反的方式較為協調，干擾會較小，應用頻寬也會較大，但中間已有智慧電表商用中，若採用歐盟配置則會有重疊問題，而採用美規部分會較容易處理。PPDR 會希望與

議	鄰近國家配置相近，故美規的配置應該會較適用於台灣。
答覆	數位部 資源司 沈信雄 專門委員： 1. 請資策會將美規納入研究。 2. PPDR 設備應與國際同步，每十年就換一代行動通訊，但設備無法每十年進行更新，也是一個值得擔心的議題。
問題&建議	陽明交通大學 王蒞君 教授： 在無人航空載具(UAV)中有軟體定義無線電(Software Defined Radio, SDR)技術，可動態找尋合適的頻寬，或許也可將此技術列為考量之一，應用到 PPDR 當中，以此提供參考。
答覆	數位部 資源司 王文哲 技士： 目前在我國的無線電頻率供應計劃中，PPDR 實驗頻段採用 3GPP 歐規的 Band20 頻段，與目前 3GPP 定義的美規 Band5、26、27、28 不相符，若近期要依照 Band27 進行 PPDR 開放的話，其優點為能與國際接軌，但缺點為此 800MHz 頻段較破碎化，若 119 年 4G 頻譜使用到期之時，則不一定要使用 Band27 頻段，可將 PPDR 及行動通訊的頻段共同納入考量，以促進頻譜效率使用最大化。

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

第五章　資源近用建議方案

本計畫研析國際電信資源規劃相關議題，其使用範疇、頻率與運用技術等，並將際電信資源規劃與國內頻率資源使用既有狀態相比對，找出現有制度或頻率資源供給上有無稀缺、供應不足或潛在難以回應產業市場需求之頻段，並研析相關法規及管理辦法；研提國內資源近用建議方案所需之法規修正建議，協助主管機關完善我國電信資源近用政策與法規制度環境，為創新應用建構一個充分提供良好發展契機之基礎環境。

第一節　國際電信資源規劃研析

一、　ITU 之 B5G/6G 標準進程與應用規劃

主責無線電通信管理的 ITU-R WP5D 工作小組[224]，於 2020 年 2 月在瑞士日內瓦召開第 34 次會議，確認正式啟動針對 2030 及 6G 之相關研究工作，研議製定一份新的「未來技術趨勢報告(Future Technology Trends)」，其潛在內容將包含如：激勵未來 2030 年及以後技術趨勢的驅動因素、未來 IMT 技術設計的驅動因素、增強無線電接口介面技術、增強無線電網路性能與精度技術、基於原生人工智慧的通信技術、集成感測和通信技術、地面和非地面綜合通信技術、高效頻譜利用與支持各種新用例和應用程序技

[224] Working Party 5D (WP 5D) - IMT Systems, https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx

術等。

另一方面，ITU-R WP5D 同時於 2021 年上半年提出「未來技術願景草案(Future Technology Vision Proposal)」，計畫於 2023 年中旬完成，而其內容主要描繪 2030 年與未來 IMT 系統整體，諸如應用場景、主要系統能力、特性等發展目標。而當 ITU-R 確認 6G 性能指標、頻譜資源分配、標準制訂時程與商用化時間後，3GPP 將接續進行下世代無線通訊技術標準的制訂作業。

進一步的，於「未來技術願景草案」完成當年度，ITU 也預計將召開 2023 年度的世界無線電通信大會(WRC-23)[225]，屆時將修訂、審校新的無線電通信規則，主要議程有移動寬頻(Mobile)、衛星(Satellite)、運輸(Transport)、科學(Science)及一般性(General)議題，而需研議之內容包含無線電頻譜、同步衛星和非同步衛星軌道的現有頻譜分配利用、高空 IMT 基地台(HAPS as IMT Base Station, HIBS)等國際條約，另有諸多爭議性問題也需於會議中解決。

ITU-R 之 6G 願景報告[226]，包含 2030 年以後之 IMT 趨勢、IMT 的演進與角色、2030 年以後的 IMT 使用場景、2030 年以後 IMT 所須具備的能力，

[225] ITU Preparations for CPM23-2, RA-23 and WRC-23, https://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/wrs/2020/Plenary%20Sessions%20%20Presentations/01.%20Opening%20and%20General%20-%2030%20Nov%202020/P5.%20WRS-20_WRC-23%20preparation.pdf

[226] The vision for IMT toward 2030 and beyond, https://one6g.org/5th-contribution-to-the-itu-r-vision-for-2030-and-beyond/

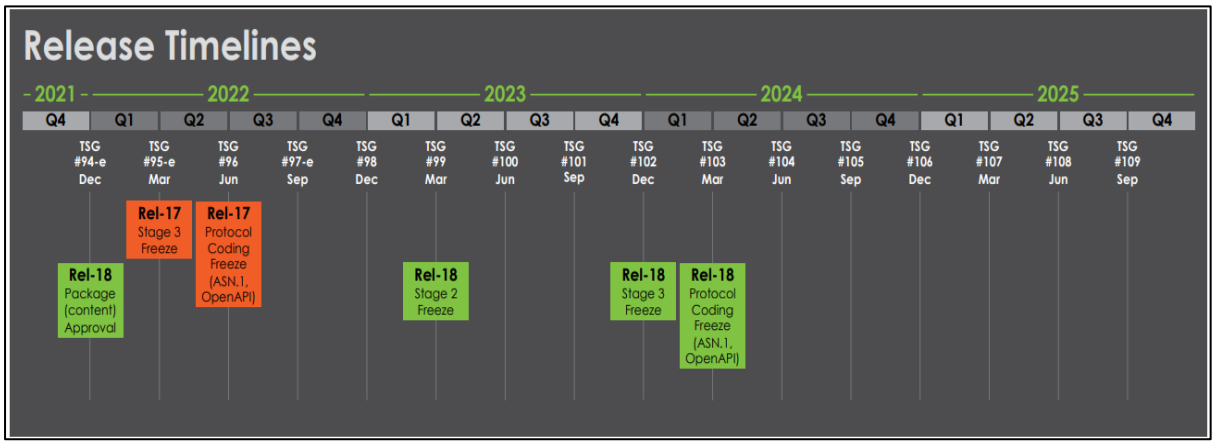
及其他框架與後續研究重點領域等六大部分。

在 2030 年以後的 IMT 趨勢章節部份，ITU-R 揭露初步對 6G 應用服務發展的方向及看法，現階段可分為 11 類，如無處不在的人工智慧與物聯網、全息通訊及 XR 等沉浸式媒體、數位雙生的可持續與超廣覆蓋的通訊、通訊與運算融合等。值得關注的是，2030 年以後的 IMT 使用場景章節，ITU-R WP5D 正在討論原來 IMT 三大使用場景，包含增強型行動寬頻(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、超高可靠及低延遲(Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC)，與超大連結機器型通訊(Massive Machine Type Communications, mMTC)，未來將持續演進，並加入各主要國家、組織及國際大廠之 6G 使用場景提案，初步規劃 6 個候選場景，分別為沉浸式通訊/擴展 eMBB 等、極超臨界通訊(Super Ultra Critical Communications)、大規模無所不在機器型通訊、全寬頻/全地球覆蓋、Compute-AI 服務/有品質保證的網路 AI 服務，以及感測與通訊等。

而 2030 年以後 IMT 所須具備的能力章節部份，目前各主要國家、組織與大廠已提出超過 60 項提案，包含探討傳輸速度、移動性、覆蓋、能源效率、頻譜效率等，逐步完成擬定 6G 技術特性定義、功能與指標等訂定，預計於 2023 年完成草案規劃。

二、 3GPP 之 B5G/6G 標準進程與應用規劃

3GPP 現仍如火如荼地進行 5G 最新演進版本[227]Release 17[228]之標準制定作業於 2022 年 3 月完成階段 3 協議凍結，並在 2022 年 6 月正式完成協議編碼凍結(ASN.1, OpenAPI)，公布新版本。同時，3GPP 亦於 2021 年 4 月之項目協作組(Project Coordination Group, PCG)會議上，正式確立 R18[229]為 5G 演進的第一個版本，且確定其名稱為「5G-Advanced」。3GPP Release 18 的內容、優先級和時間表，現正進入討論和決策階段。針對標準制定時程，3GPP 決議將於今年 12 月完成階段 3 協議凍結，預計 2024 年 3 月正式完成協議編碼凍結。



資料來源：3GPP，2023 年 6 月

圖 5-2、3GPP Release Timelines

227 3GPP Release 17, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-17

228 3GPP, TS 23.501.、3GPP, TS 23.122.、3GPP, TS 38.300.、3GPP, TS 23.122.、3GPP, TS 23.003.

229 3GPP Release 18, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18

綜觀 3GPP Technical Specification Groups(TSGs) SA[230]與 TSG RAN[231]中 Release 18 之各式研究立項，可以兩大類劃分研究項目，分別為既有研究項目的持續演進及增強，以及新創立之研究項目。其中，於既有研究項目的持續演進和增強部分，觀察各研究立項之研究標的，另輔以依據網通設備商、通訊晶片商、電信運營商等大廠之關注標的，可歸納出六個重點技術發展面向，分別為：eMBB 基礎架構增強、定位增強、工業物聯網增強、毫米波網路覆蓋與容量增強、Sub-100GHz 頻譜靈活高效使用與節能增強；另新創立之研究立項則包含：智慧中繼器、雙工操作、XR 多媒體應用、NR 側鏈路中繼增強與 AI/ML 無線接口。

綜合觀察邁入 5G 演進的第一個版本 Release 18，其相較於 Release 17，Release 18 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：內容個性化網路(Content Personalization Network, 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

230 TSG SA – Service and System Aspects, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa

231 TSG RAN – Radio Access Network, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/radio-access-networks-ran

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[232]。

3GPP 關於 B5G/6G 應用規劃部分，3GPP 於 SA 1 工作組[233]中，定義未來 B5G/6G 的應用情境，以相關應用情境為基礎，讓其他接取網路、系統、核心網路等工作組開展支援應用情境所需的技術。在 Release 18 中，5G Advanced 應用服務主要可分為垂直領域市場及非特定垂直領域兩大類型，應用範疇包含家庭、衛星影像監視應用、工業/工廠、能源等。

[232] 3GPP Release 18 觀測 B5G 關鍵技術發展方向，資策會產業情報研究所

[233] 3GPP SA WG1 – Services, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa/sa-wg1

表 5-1、3GPP Release 18 應用規劃

應用類型	應用項目
垂直應用市場	5GSATB (Satellite Backhual)：衛星回傳(衛星垂直應用)
	SVCS (Satellite Access for Video Surveillance)：影像監測衛星接取(衛星垂直應用)
	EXPOSE(Service Exposure for Verticals)：網路服務開放(多個垂直應用)
	LPHAP (Low Power High Accuracy Positioning)：低功耗高精準定位(工業、工廠垂直應用)
	SEI (Smart Energy and Infrastructure)：智慧能源及基礎設施(電網垂直應用)
	5TRS (Timing Resiliency Service)：彈性授時服務(多個垂直應用)
非特定垂直應用市場	PIN/Pirates (Personal IoT Networks)：個人物聯網路
	Resident/Pirates (Residential 5G Networks)：家庭 5G 網路
	Ranging：用戶設備測距服務及側鏈路定位
	AMMT (AI/ML Model Transfer)：人工智慧/機器學習模型傳輸(網路－用戶終端)
	EASNS(Enhancements to Network Slicing)：網路切片增

應用類型	應用項目
	強
	eMMTEL：IMS 演進
	TACMM (UE Tactile & Multi-Modal Communication)：用戶終端觸覺與多模態通訊(遊戲、機器人控制)
	VMR (Vehicle Mounted Relays)：車載中繼
	PALS：接取本地網路服務
	SFChain (Service Function Chaining)：功能服務鏈

資料來源：ATIS[234]，本研究整理，2023 年 6 月

[234] 3GPP – RELEASE 17 AND 18 , 2022/04/20, https://www.atis.org/wp-content/uploads/2022/04/3GPP-Webinar-Slides-Combined_4-20-22-002.pdf

三、 國際 B5G/6G 技術先期研究與發展方向

5G 已於 2019 年進入商轉，將於 2023 年後隨著 R18 以及 R19 制定工作持續進行，而 6G 標準有可能在 R20 與其後之版本進行討論，並於 2026 年完成首批標準制定研究。

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，探索 6G 潛在技術發展趨勢。

為了開發新興技術，確保其可行性，主要國家除了開啟跨國間 6G 發展合作關係，並參與各種國際型 6G 計畫、聯盟，各國也深怕本土產業的 6G 發展腳步落後，進而由政府發起組成本國的 6G 先期研究計畫或成立推動組織/聯盟，透過政府提供資源，為該國 6G 研究能量奠基。而最重要的目的，也無非是在 2030 年前的國際 6G 發展競局中，得以嶄露頭角，搶得先機；尤其不僅目標是豐富本國的 6G 技術專利能量，更期望在國際技術標準上掌握更多的話語權，進而立足於全球 6G 發展領頭地位。綜整目前國際產業之發展重點如下：

◆ **美國電信產業解決方案聯盟(the Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS)**

ATIS 成立的 Next G Alliance[235]於 2021 年 5 月發布技術工作計畫及關鍵領域六大工作小組，包含：國家 6G 藍圖(National 6G Roadmap)、綠色 G(Green G)、技術科技(Technology)、應用(Applications)、頻譜(Spectrum)、社會/經濟驅動(Societal/Economic Drivers)；並針對美洲國家 6G 發展提出六大目標，包含「信任、安全、彈性(Trust, Security, and Resilience)」、「具有成本效益的解決方案(Cost Efficiency)」、「強化數位世界(Enhanced Digital World)」、「AI 原生無線網路(AI-Native Future Network)」、「分散式雲端及通訊系統(Distributed Cloud and Communications Systems)」、「效率能源和環境(Energy Efficiency and the Environment)」，並於 2022 年 2 月發表首份 6G 發展白皮書(Next G Alliance Report： Roadmap to 6G)，旨在以「國家責任」、「應用與市場」、「科技發展」三個面向，確保未來 6G 所形塑的社會發展與達成 6G 通訊環境所需的新科技領域。

◆ **歐盟 6G 旗艦計畫(Flagship Initiative)「Hexa-X」**

歐盟 6G 旗艦計畫(Flagship Initiative)「Hexa-X」[236]由歐盟執委會(European Commission, EC)所發起，其目的在於創造 6G 特有的應用案例情

235 ATIS Next G Alliance, https://www.atis.org/tags/6g/

236 Hexa-X, https://hexa-x.eu/

境、開發 6G 基礎技術，並定義整合關鍵 6G 技術的智慧結構，並預計於 2030 年達成商業化。「Hexa-X」計畫已獲得 EC「Horizon 2020」資助，在於將物理世界、數位世界和人類世界串連一起，發揮可持續發展、包容性、且可信賴的核心價值；並專注於六大技術領域突破，包含：智慧連接(Connecting Intelligence)、網路中的網路(Network of Networks)、可持續性(Sustainability)、全球服務覆蓋(Global Service Coverage)、極致體驗(Extreme Experience)、資料可信度(Trustworthiness)。

◆ **下世代行動網路聯盟(Next Generation Mobile Networks Alliance, NGMN)**

NGMN[237]於 2020 年 10 月啟動 6G 研究項目，主要由歐美、亞洲 16 家電信營運商加入，並於 2021 年 4 月發布「6G 驅動與願景白皮書(6G Drivers and Vision)」、2022 年 2 月發布「6G 應用案例與分析白皮書(6G Use Cases and Analysis)」[238]具體說明未來標準發展組織工作所遵循的連接要求，並提出四大應用類別，包括：

- 增強型人類通信(Enhanced Human Communication)：包括可豐富人類交流的使用案例，例如沉浸式體驗、遠距同步呈現及多模態互動

237 Next Generation Mobile Networks Alliance, https://www.ngmn.org/

238 NGMN 6G DRIVERS AND VISION, https://www.ngmn.org/work-programme/ngmn-6g-drivers-and-vision.html

(Telepresence & Multimodal Interaction)等。

- 增強型機器通信(Enhanced Machine Communication)：呼應協作機器人和自主機器應用的成長趨勢、感測周邊環境和機器人之間、機器人與人類進行通信的需求。
- 賦能服務(Enabling Services)：包括需要附加功能的使用案例，例如高精準度定位、地圖繪製、環境或人體感測數據。
- 網路演化(Network Evolution)：與核心技術演進相關的各領域，包括人工智慧即服務(AI as a Service)、能源效率和提供無處不在的通訊覆蓋(Ubiquitous Coverage)。

◆ **one6G**

one6G[239]主要由全球電信商與電信設備商組成，其願景為發展、測試和推廣基於蜂巢和無線技術的下一代通訊解決方案。藉由支持全球 6G 研究和標準化工作，加快廣泛採用和整體市場滲透，同時滿足社會和產業對先進行動連網需求，進而強化先進自動駕駛、製造、智慧醫療/健康、遠距教育等領域的新服務應用開發。

239 one6G – Taking communications to the next level, https://one6g.org/

四、 PPDR

經經彙整芬蘭、法國、英國、韓國及美國等五個國家的寬頻 PPDR 發展現況與應用趨勢並作分析，得出綜合比較結果，說明如後。

(一)、 資源分配現況

在頻譜分配方式上，各案例國家為確保公共安全機構應對日常通訊、重大突發或公眾事件、重大災害的通訊需求，在 PPDR 頻譜分配方面採取不同策略。法國 RRF、韓國 Safe-Net 及美國 FirstNet 均使用專用頻譜實現通訊訊號涵蓋，英國 ESN Air 係針對空對地通訊分配專用頻譜，芬蘭 Virve 2.0 則是唯一未分配專用頻譜的案例。除韓國 Safe-Net 以專頻專網運作外，其餘四國案例均與該國行動業者建立共用網路合作模式，得在不同程度上利用業者持有之頻譜組合來滿足不同 PPDR 應用場景的通訊需求，並依照政府與業者簽定之服務水準協議（SLA）來規範公共安全服務的優先級別與特殊情況下的搶占權。

(二)、 法規政策發展

在推動發展寬頻 PPDR 的法規政策方面，案例國家除英國 ESN 直接由內政部主導外，其餘國家多以建立專責機構來協調統籌相關事宜。各案例國家均採納 4G、5G 行動通訊技術發展寬頻 PPDR，從而提高可用性、互通性和降低設備成本，並提供更廣泛的端到端解決方案，同時縮短了網路基

礎設施的部署時間。除韓國 Safe-Net 外，其餘國家寬頻 PPDR 通常與商用行動網路共享接取，這有助降低網路建置與維運成本，同時在平時營運與緊急通訊發揮效用，滿足了公共保護與災害救援之需求。綜如上述，行動通訊網路在致災情境下對政府緊急通訊扮演著關鍵的角色，建立國家寬頻 PPDR 網路，亦能視作應變或戰時應用資通訊科技強化通訊網路數位韌性的重要措施。

2015 年世界無線電通訊大會（WRC-15）提出建議，鼓勵各國使用 694-894 MHz 頻率範圍做為寬頻 PPDR 通訊使用，以便在實施跨國、跨區域的緊急救援時能夠採取協調一致的行動。我國於此頻率範圍中，扣除 700 MHz 頻段（703-748 MHz, 758-803 MHz）及 900 MHz 頻段（885-915 MHz, 930-960 MHz）已釋照供行動寬頻使用（執照期限至 119 年），餘 803-885 MHz、約 80 MHz 頻寬之頻率範圍，依據最新「無線電頻率供應計畫（草案）」、「中華民國無線電頻率分配表」之使用配置，目前使用情形如下：

- 民生公用事業(水、電、瓦斯)之智慧型讀表系統，使用 839-847MHz、共 8MHz 頻寬，通傳會訂定「智慧讀表射頻電機技術規格基準」以為規範。
- 公共安全與救難應變（即 PPDR）專屬無線通訊系統實驗網路：可使用上、下行各 10MHz 頻寬之成對頻塊（806-816MHz, 847-857MHz），惟迄今尚未有具體計畫。

- 民生公共物聯網實驗網路：可使用上、下行各 5MHz 頻寬之成對頻塊（816-821MHz, 857-862MHz），目前有國家高速網路與計算中心執行前瞻基建「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」之分項「公共物聯網骨幹網路實驗計畫」，建設基於公共利益的民生公共物聯網骨幹網路服務。

在前述對 800 MHz 頻段之頻率規劃中，PPDR 與民生公共物聯網實驗網路均使用歐規配置（對應 3GPP Band 20），其優點為與鄰接 700、900 MHz 頻段之行動寬頻上、下行頻塊方向一致，無須留置護衛頻帶（Guard Band）避免鄰頻干擾，但亦形成了此頻段留存近半頻率（821-839MHz, 862-885MHz）尚未納入規劃使用之情形，其可能之選項包括：

- 歐、美規混用（B20 + B5）：若採美規（3GPP Band 5）來加以利用，則必須額外留置若干頻寬之護衛頻帶，解決相鄰頻率上、下行交錯干擾之問題。此選項將增加約上、下行各 10MHz 頻寬（827-836MHz, 872-881MHz）之可再運用頻率。
- 全數改採美規配置（B27 + B5，或 B27 + B26）：雖與鄰接的 700、900 MHz 頻段仍須額外留置若干頻寬之護衛頻帶，但整體 800MHz 頻段較不會有零碎切割的情形，且與 ITU-R 對我國所屬 Region 3 之 PPDR 頻率規範建議相符。

基於有效運用頻率資源之目的，我國目前的 800 MHz 頻段規劃需與時

俱進檢討調整。然而，從芬蘭的案例中也可以得出一個重要的觀點，即為寬頻 PPDR 分配專用頻譜並非必須。這表明在某些情況下，與商用網路的共用或採用其他頻譜分配策略，仍可以成功地滿足寬頻 PPDR 的特殊需求，並確保最佳的頻譜資源利用和公共安全服務的提供。

五、 車聯網

(一)、 技術現況

現階段國際間持續討論 DSRC 與 C-V2X 何者較有發展前景，DSRC 具備發展久遠、相關設備成熟等優點。5G Amaricas 分析報告指出，C-V2X 有更好的長距離穩定度，提升安全性。另外，在交通雍塞期間，C-V2X 表現更穩定，同時未來能藉由 5G 導向各式創新服務，以及與其他技術共存能力更佳等優點。[240]

摘要比較 DSRC 與 C-V2X 如下。

表 5-2：車聯網技術與發展前景比較

比較項目	DSRC	C-V2X
設備成熟度	較高	發展中
適用頻段	5.9 GHz 60 GHz (802.11bd)	5.9 GHz (PC5) 行動通訊頻段 (uu)
通訊距離	短距離	較長
交通壅塞下通訊狀態	較差	穩定度較佳
未來發展性	較受侷限	結合 5G，發展度較高
與其他技術共存能力	較差	較佳

資料來源：5G Americas，2018 年 3 月

目前，兩大車聯網通訊技術標準 DSRC 及 C-V2X 的車對車直接通訊皆以 5.9 GHz 頻段為主，然各國技術標準之決定及建設規劃上仍有差異。

[240] 5G Americas (2018),Cellular V2X communications toward 5G, available at:

(二)、 政策與技術相容性

DSRC 經由架設 DSRC 路側設備(或基地台)進行通訊，不需透過電信商網路，由車間或車輛與路側設備進行短距通信，IEEE 802.11p 標準支援之相對車速為每小時 200 公里及 100 毫秒的反應時間，可使用約達 1000 公尺的通訊距離，新的 IEEE 802.11bd 標準支援之相對車速為每小時 500 公里，約達 2000 公尺以上的通訊距離，最重要的是 IEEE 802.11bd 標準向前相容於 IEEE 802.11p 標準，具備與 IEEE 802.11p 標準設備交互操作之能力。

以行動通訊技術為基礎的 4G/LTE C-V2X 與 5G NR V2X。雖然 4G/5G 車聯網發展較晚，但由於 3GPP、5GAA、高通大力推動，再加上相較於 IEEE 802.11p DSRC 較佳的通訊規格技術，形成全球車聯網 DSRC 與 C-V2X 兩大陣營對峙態勢。但目前 5G NR V2X 不具向下相容於 C-V2X 之能力，其 Uu 介面需藉助行動通訊業者的核心網路進行通訊距離大於 1 公里的交通資訊類 V2N 服務。因此 C-V2X 的 PC5 通訊方式若採 Uu 介面，則需使用行動通訊業者核心網路，此方式將面臨通訊延遲增加對於交通安全 V2X 服務等級之問題，而在普及建設之前，須在政府、電信業者、使用者三者間探討實際的車聯網商業模式。不過，C-V2X 在訊息層採用美規 SAE J2735 與歐規 CAM/DENM 標準，因此，除了通訊技術與系統不同外，基本上兩個應用系統的轉換應具可行性[241]。

[241] 周家慶 (2021)，5G 行動通訊於智慧運輸車聯網應用探討。

在頻率資源創新應用上，我國目前已於頻率供應計畫中配置 5850-5925MHz 頻段 可供車聯網技術與其創新應用的實驗運用，前段所論技術相容性資訊背景也可供我國未來頻譜及車聯網政策規劃之參考。我國雖非汽車製造大國，但在車聯網產業鏈中佔據代工製造產業這個重要的戰略位置。因此，對於持續發展中的 DSRC 與 C-V2X 規格競爭，現階段可觀望兼容之。綜觀國際現況，美國 FCC 縮小既有 DSRC 使用頻段，又再以豁免方式提供 C-V2X 使用，應為其產業發展利害關係人互相角力之結果，種種過程中產生的相關防干擾處置及社會成本，值得做為我國發展車聯網產業政策之借鏡與反思。在兩大技術方興未艾之時，韓國政府之車聯網政策則以建立制度，不選邊的務實為根本，於 2021 年 10 月所公布之「智慧交通 2030 基本方案」，自 2021 年起陸續於主要幹道與高速公路上安裝協同式智慧運輸系統（C-ITS）基礎設施，並建立認證系統，確保自駕車平穩運作；且將於 2024 年開始透過高速公路上之雙模（DSRC+LTE-V2X）實驗，做為未來確立整合標準之參考。於 2022 年 3 月發布次世代智慧交通系統實驗之頻率分配計畫，其頻譜運用將 5855-5875 MHz 共 20MHz 用於 LTE-V2X 使用；5875-5895MHz 之 20MHz 做為護衛頻段，避免 LTE-V2X 與 DSRC/WAVE 兩種技術互相干擾，並允許創新技術如 5G-V2X 將該頻段做為實驗頻譜進行驗證；5895-5925MHz 共 30MHz 則做為 DSRC/WAVE 等既有技術使用。一方面以 5895-5925MHz 的頻段規劃來卡位保護其既有汽車製造商已發展

多年之 DSRC 技術，另一方面也開放 5G-V2X 在美國的車聯網頻段 5875-5895MHz 上進行實驗網路之驗證，可預見韓國採取不做選擇，兼容並蓄，創新及守成兼具之作法，應可使其相關技術與產業獲得最佳效益。

另外，RSU 為車聯網之主要骨幹設備，其執照應由營運車聯網之個體持有，且由於其網路上運行的 Traffc 為與人命安全相關之實際交通出行，因此，RSU 與整個車聯網之營運、設置及安全標準，皆須有一定的資格與門檻，在日本，當 SAE 規定的自動駕駛「Level 3」駕駛位有人狀態、在限定的條件下進行自動駕駛，責任歸屬為車輛所有人承擔。在駕駛系統發生明確缺陷之際，則歸屬為廠商的責任。當汽車系統遭駭客入侵而發生意外，責任會由政府承擔。日本對於自駕車的責任歸屬安排，值得思考，若未來因車聯網路系統受駭客攻擊而產生之生命財產損失，其責任歸責又應如何。

在 OBU 的監理規劃上，可將其視為車聯網做為整體電信網路之網路終端，惟終端所需之干擾保護程度也涉及其所適用之執照類別，若需更高程度的干擾保護，則需更嚴謹之執照制度以確保其不受其它業務之電波干擾，此外，也須觀察 DSRC 及 C-V2X 在整個車聯網設計上對車載單元之技術進程，是否有能力確保其發射與接收不受影響之服務水準。

六、 非地面通訊

(一)、 資源分配現況：

觀察大部分研究國家如歐盟（以法國為例）、日本與英國，基本上現階段低軌衛星頻譜資源仍以主流頻段如C頻段(3-8GHz)、Ku頻段(12-18GHz)與Ka頻段（26-40GHz）為主，只有少數國家如美國，因應低軌衛星業者申請而開放Q頻段（33-50 GHz）或V頻段（40-75 GHz）。

日本則將Q/V頻段列為2025年底前開放釋出頻段，現階段先以Ku頻段為目標，整備10.7-12.7GHz以及14-14.5GHz，後續則延伸探討Ka頻段，甚或未來Q/V頻段。

(二)、 法規政策發展

隨著俄烏戰爭爆發，大大提升各國對低軌衛星通訊應用於網路韌性之重視，例如歐洲議會於本年度通過第588號管制規範：建立歐盟安全連線計畫，將打造新的歐盟安全衛星星系計畫：用於韌性、互連互通以及安全之衛星基礎設施（IRIS^2），並預期於2024年初布提供服務、2027年完成全面商轉；日本同樣存在由電信集團NTT與衛星公司JSAT打造之Space Compass，刻正規劃打造太空接取網路，希望整合同步軌道、低軌道衛星以及高空通訊平臺，提供足夠的網路韌性，且亦可提供災害通訊、離島與偏鄉網路涵蓋等服務；英國則透過投資oneweb公司之方式，確保其在太空產

業中保有具控制權之衛星網路，並藉由該低軌衛星網路推動各項創新應用。

美國對於低軌衛星網路之思維，其政策重點則與其他國家略有差異，美國更強調衛星產業發揮創新應用、促進太空產業發展之價值，相較於其他國家更重視衛星網路帶來提升網路韌性之角度，美國受惠於 Starlink 在太空產業之強勢地位，更重視低軌衛星帶來之各項創新應用服務，以維持其太空產業領先地位。

由此可見，除了美國將低軌衛星應用視為驅動太空產業的發展因素外，其他國家在法規政策上更強調衛星所帶來補足網路涵蓋、提升網路韌性所扮演之角色。

我國目前開放電信事業申請衛星固定通訊頻率，主要開放頻段包括：Ku/Ka 10.7-12.7GHz、13.75-14.5GHz、17.7-20.2GHz 及 27.5-30.0GHz 等頻段，開放頻段與英國、日本相比無明顯差異，例如英國開放衛星使用頻段從 10.7-12.75GHz、17.7-20.2GHz、27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz 以及 29.5-30GHz；同時規範 NGSO 頻段地面地球電臺與海事地球電臺使用 14.0-14.5GHz、27.5-27.8185GHz、28.4545-28.8265GHz 以及 29.5-30GHz；航空地球電臺則可使用 14.0-14.7GHz。並且持續徵詢公眾對於釋出 27.8285-27.0525GHz、27.8365-29.0605GHz 之可能性；法國目前 Thales Alenia 與 O3b Next 兩家業者已申請取得 10.7-12.75GHz、12.75-13.25GHz、13.75-14.5GHz、17.8-18.6GHz、18.8-20.2GHz、27.5-30GHz 等頻段；日本已釋出 10.7-

11.7GHz、12.2-12.95GHz、13.75-14.5GHz、17.7-21.2GHz 以及 27.0-31GHz 供衛星固定通訊使用。

須留意的是，根據歐盟最新衛星計畫 IRIS2，其中法國提交給 ITU 的申請文件中，申請 20.2-21.2GHz 以及 30-31GHz，德國提交給 ITU 的申請註冊頻段則包括 20.2-21.2GHz、30-31GHz、43.5-47GHz、71-76GHz 以及 81-86GHz。

由歐盟、日本的新發展，可以觀察到由於現行各國開放之衛星頻段多集中在 17.7-20.2GHz，似乎已有飽和狀態，故歐盟新衛星計畫 IRIS^2 透過法國與德國，向 ITU 申請註冊 20.2-21.2GHz 頻段以及 30-31GHz 頻段；日本則規劃將於 2025 年前檢視是否釋出 Q/V 頻段；此一趨勢值得我國主管機關持續追蹤、掌握，並視衛星市場發展需求，研議未來是否更進一步擴大釋出頻段範圍，將 20.2-21.2GHz、30-31GHz 頻段以及 Q/V 頻段列為潛在釋出頻段。

除此之外，歐盟與加拿大現行推動跨國/國家層級之公部門衛星網路計畫亦值得我國借鏡，以歐盟 IRIS^2 為例，該計畫即以維持公部門使用者能持續使用衛星寬頻服務之能力為目標，提供關鍵基礎設施通訊能力、國界邊境監控、緊急危機事件通訊或歐盟大使館通訊能力等，確保歐盟享有具備韌性、安全之衛星通訊網路；加拿大則提供政府共享衛星容量服務，為加拿大政府各層級包括聯邦、省以及各地區政府提供政府衛星服務網路。我

國政府刻正強調提升國內通訊網路韌性，確保緊急事件發生時公部門仍能持續保有透過衛星提供之通訊能力，故應可參考歐盟 IRIS^2 計畫，可考慮由我國獨資或與東亞鄰近友好國家共組聯盟，建構具韌性與安全性之公部門衛星通訊網路服務。

第二節　國內頻譜資源現況研析

為協助 ICT 服務市場發展，及協助我國科技研發、測試與接軌國際供應鏈，我國已針對行動通訊、無線通訊及衛星通訊等部份進行規劃與釋出供應。

在行動通訊部份，因應 2024 年我國 3G 業務即將終止，目前行動寬頻頻段主要為 4G、5G 使用，頻段包含 Sub-GHz、Sub-6GHz 及毫米波頻段，目前共計 2,460MHz 頻寬。此外，也規劃多個頻段，提供行動通訊創新實驗，並預計未來可提供行動通訊商用服務使用。

在衛星通信部份，也因應衛星通信對於滿足偏鄉連網需求及有助發展韌性網路建設，同時可提供我國相關科研單位、產業發展航太衛星科技。此外，ITU 與 3GPP 皆將衛星通訊納入未來 B5G/6G 擴大網路涵蓋與無縫服務的重要組成。因此，我國亦於 2022 年 3 月通過修改中華民國無線電頻率供應計畫，釋出數個頻段供衛星通訊使用，合計共 7,750MHz 頻寬。衛星通訊頻段使用上，衛星通訊業者間須協調共用頻段，同時也必須既有業務協調共存，如 27,900~29,500MHz 頻段已分配 5G 行動寬頻使用，衛星通訊服務業者若欲使用該頻段，須先與電信業者協調後，確認頻率干擾時的處理程序等，獲主管單位核配後才可使用。同時，依據行政院開放衛星頻率政策，新增 10.7~12.7GHz、13.75~14.5GHz、17.7~20.2GHz 及 27.5~30.0GHz 等頻段供同步與非同步衛星固定通信使用，其中 27.9~29.5GHz(泛稱 28GHz)

是目前 5G 所用頻段。NCC 表示，衛星屬於雙方「和諧使用」，不能影響其他業者，雙方可以協調使用[242]。

除上述頻段外，亦供應 5,850~5,925MHz 提供車聯網路側基礎設施及車載資通訊系統等測試實驗網路使用，讓我國產學研界可進行車聯網技術、裝置與系統及創新服務研發。

同時，綜合觀察國際 B5G/6G 技術與應用發展趨勢，以及主要標準組織如 ITU、3GPP 與國際大廠，對未來因應 6G 超大頻寬應用如全息投影通訊、XR，或大規模機器通訊連結、超廣覆蓋等應用需求，需要整合更多頻段資源以達成前述應用願景。

我國頻譜資源建議可從短中長期觀察，中短期部份，首先仍可將目前既定規劃中短期進行開放的頻段，其中行政院已指定 4,800~4,900MHz 為 5G 專網頻段。而 37,000~40,000MHz 頻段已是 3GPP 的 FR2 頻段(n260)，國際主要國家如美國已釋出提供 5G 使用。我國是否供應 5G 仍須觀察國內頻譜需求而定，在 2022 年台灣大哥大與台灣之星、遠傳與亞太電信分別提出合併申請後，我國回到三大電信業者鼎立的局面，未來三家電信業者之行動寬頻頻寬平均約為 860MHz，短期內是否仍須釋出新頻率值得討論。

此外，ITU 正於舉辦世界通訊大會，主要觀察議題包含行動通訊及衛

[242] 國家通訊傳播委員會，「電信事業申請衛星固定通信用無線電頻率核配有關事項」https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&cate=0&keyword=&is_history=0&pages=0&sn_f=47311/

星通訊部份。以新增行動通訊頻段的議題 1.2 而言，應密切關注與我國相關度較高的 7,025~7,125MHz 頻段。現階段 ITU 亞洲太平洋區域會議之成員國，皆支持將此頻段做為行動寬頻使用的研究。此外，該頻段也是下世代 Wi-Fi 所關注的新頻段，目前在全球範圍下雖已有美國、加拿大、南韓等國家開放 Wi-Fi 使用，但仍有多數地區、國家如日本、澳洲等保持觀望狀態，等待相關技術成熟，或進行與既有業務之干擾測試，才會決定該頻段之用途。我國目前已完成 5,945~6,425MHz 規劃，初步決定將可供應下世代 Wi-Fi 使用，6,425~7,125MHz 頻段上仍有既有業務，建議仍可持續觀察國際趨勢，並偕同關係人進行干擾測試後決定頻段用途。

長期而言，國際標準組織展望未來將支援更大頻寬的應用，開始討論更高頻段如 Sub-THz 作為行動通訊頻段之可能性，而產學界包含電信商、設備大廠與國際零組件業者等，為布局下世代無線電技術，也陸續投入 Sub-THz 頻段之技術研發，如 NTT DoCoMo、三星等業者皆認為未來 6G 時代將使用低中高頻段整合支援更豐富的通訊應用；其中 Teraherz 頻段將有機會提供傳輸速度超過 100Gbps 的服務。我國對於 Sub-THz 頻率之供應，建議參考主要國家作法，可先規劃實驗頻段提供產學研界進行技術研發測試，待國際標準規格方向更明確後，後續再依照國內實際需求，進行頻率供應之準備與規劃。

第三節　資源近用建議方案及擬提法規修正建議

以下，針對今年度研究之頻率創新應用領域，包含 5G 專網、非地面通訊(NTN)、車聯網及公共安全與救難應變寬頻通訊系統(PPDR)等方向，研提現況問題，以及建議之資源近用及法規修正方向。

一、 5G 專網

(一)、 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法(一)

◆ 現況問題 – 連結雲端與特別審查

依照行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法第八條接連規範專用電信網路在連接雲端之目的與用途而第十四條則規範行動寬頻專用電信網路若有連接雲端之需求者需進入特別審查程序。然於實際 5G 專網佈建時，會因共用核心網路的需求與大型雲端機房基礎設施即服務(Infrastructure as a Service, IaaS)的提供，創新應用服務設備放置在雲端的趨勢早已成形，又或企業內或企業間因產業供應鏈有跨區域、跨縣市不同專網，透過雲端服務連接的需求；以亞旭電腦、華碩電腦建置之 5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫為例，其場域坐落位置包含新北市中和區、樹林區、林口區、桃園市大園區等。若連結雲端的特別審查運作方式、流程與審查時間等相關規定不明確或者造成申請者時程上的困擾，勢必影響行動專網申請的意願與創新應用的發展。

◆ **資源近用及法規修正建議**

(1) 依據數位部產業發展署指出，行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法對於開放應用方面，可連接本身其他基於同一目的設置的 5G 專頻專網，並開放專網連接雲端，但業者需提出連接雲端服務之應用情境與資通安全維護計畫，由跨部會特別審查。顯示出行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法是鼓勵創新與鼓勵業界本身的跨區行動專網整合。

(2) 根據上述資訊，行動專網之「特別審查程序」審查連接雲端服務之情境規劃與資通安全維護計畫的規定與做法，該程序的執行成效，決定行動專網對於開放應用的目的是否達成。惟因本年度 6 月才開始受理行動專網申請，故建議觀察申請者與執行單位反饋後，再行研議是否要進行該程序的修正、修正之方向與時程。

(二)、 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法(二)

◆ **現況問題 – 連結公眾網路與室外電波強度**

依照行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法第五條與第八條規定，專用電信網路不得接取他人所設置之電信網路及不得透過雲端服務連接公眾電信網路；第十二條之網路設置計畫中，需明定設置區域及使用電波涵蓋區域。對於特殊應用情境的專網，如：行動醫療車、行動救災車、虛實互

動之創新應用之專網等，應用，上述規定似乎將造成創新應用與服務的使用限制與持續發展的阻礙。

以伸波通訊、和碩聯合所建置之「5G 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統」為例，將 5G 專網系統建置於行動救災車上，並結合低中軌衛星鏈路，打造「救災零時差、通訊無死角」的行動救災專用通訊網路，但受限於既有法規限制僅能做概念驗證，期待國內相關通信法規盡快研修與開放，依據救災需求提供各項客製化通訊服務，有效確保災害現場資訊回傳及應變中心決策命令下達，提升救災效益確保民眾生命財產安全。

仁寶電腦所建置之「5G 遠距腹部超音波遙控診療驗證」亦有相同問題，行動式 5G 專網巡迴醫療車，使醫護人員在定點照護時可即時讀取病歷資料，也結合行動超音波、攝影機，透過 5G 專網傳輸超音波清晰動態影像及多視角視訊畫面，用於遠距會診；但同樣受限於既有法規限制僅能做概念驗證，或是改用電信商所提供之專網系統連接公眾電信網路。

◆ 資源近用及法規修正建議

(1) 國家通訊傳播委員會為主管機關的電信管理法第 50 條確立專用電信網路基本上不得連接公眾電信網路或供設置目的以外之用，而數位發展部數位產業署為行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法的主管機關，必須依電信管理法為本，故若有特殊情境需要連結公眾電信網路，則依據電信管理法第 50 條需要主管機關(國家通訊傳

播委員會)核准，並依據行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法第 11 條：申請者應檢具目的事業主管機關或提供公共服務機關確認符合公共服務用途函，向主管機關(數位發展部數位產業署)提出申請，然後再經由第 14 條進行特別審查後，審查合格者，才可由主管機關(數位發展部數位產業署)發給網路設置計畫核准函及頻率使用證明。申請流程非常繁複，且新設計的特別審查會議也尚待觀察運作模式，然因本年度 6 月才開始受理專網申請，故建議可持續觀察業界意見及實際申請狀況後，再行研議是否修正。

(2) 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法第 18 條規定設置行動寬頻專用電信網路，其設置區域邊界之無線電波功率強度應小於-125dBm）。若警消專網移頻工作完成後，建議持續觀察行動專網申請之實際需求與產業界回饋意見後，再行研議是否修正設置區域邊界之無線電波功率強度，以避免干擾與符合所需之行動專網之覆蓋和傳輸能力。

二、 非地面通訊(NTN)

◆ 現況問題

依民國 112 年 07 修正公告之「電信事業申請衛星固定通信用無線電頻率核配有關事項」，頻率新增 Ku/Ka 10.7-12.7GHz、13.75-14.5GHz、17.7-20.2GHz 及 27.5-30.0GHz 等頻段)，提供同步與非同步衛星固定通信使用，然電信業者皆使用 28GHz 頻段提供 5G 服務，恐造成干擾問題。

◆ 資源近用及法規修正建議

(1) 持續探索衛星服務與行動通訊服務整合的技術議題，如星鏈(starlink)提供之 Direct to Cell 服務，並及早研究衛星頻譜或頻譜共享等法規因應措施，以因應未來異質無線網路整合服務的需求。

(2) 建議可參考歐盟 IRIS^2 計畫，更進一步建立我國公部門使用之衛星服務，並依市場需求整備所需頻譜資源，例如將 20.2-21.2GHz、30-31GHz 頻段以及 Q/V 頻段列為潛在釋出頻段。

(3) 地面接收站設置區域，可能與鄰近頻段產生問題，建議可設置禁制區(完全禁止使用)或協調保護區(協調後方可使用)訂定明確規範。

(4) 在申請者遞交的申請文件中，應要求申請者提供符合相關法規規範且無干擾之虞等相關說明與自證文件。

三、 車聯網

交通部推動「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」為協同新北市政府於淡海新市鎮打造「淡海 D-City 試驗場域」，並與華電聯網協同執行計畫及研擬「臺灣協同智慧運輸車聯網路側設施資通訊開放標準(TCROS)」，並協助建立整體車聯網實驗流程與相關申請程序規範。

因淡海試驗場域非封閉場域，所有車輛皆可在其試驗場域中行駛，欲申請場域實測者多為含有射頻元件之車聯網設備，是以如何在既有的頻譜配置、電台設置、電台審驗法規下，擬定申請規範並建立廠商之申請程序，同時釐清整體過程中可能遇到之障礙及法規面問題，並擬提建議如下。

(一)、 現況問題 – 實驗場域設置

依據現行無線電頻率供應計畫第一、(七)項和第四、(二)項說明，特定實驗場域係指經由無線電頻率供應計畫之主管機關公告，在特定條件下可供建置特定實驗研發所需無線通信功能及設備之地理範圍或區域。待主管機關公告特定實驗場域及其他測試條件後，各單位依電信相關法令向國家通訊傳播委員會提出申請時，其申請程序可較為簡化及快速。由此可見特定實驗場域之公告對於車聯網創新實驗之申請時效性上極為重要性，然目前數位發展部對於車聯網的特定實驗頻率已然公告，惟實驗場域部分尚待數位發展部另行公告之。而上述之淡海試驗場域也就尚未規劃為車聯網之

特定實驗場域，在申請過程中無法有效運用到政府對創新應用實驗場域的美意。

另在執行「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」期間，實驗場域中會不斷有新的射頻器材加入場域範圍內進行實驗，OBU、RSU 等設備廠商皆有實驗需求，電台設置清單會不斷更新，須一再申請網路設置計畫變更，耗時且行政成本高。而電台審驗的程序亦繁雜，特別是設置於公車上的OBU，必須配合公車班表，到場抽查審驗或拆除審驗皆不易進行。

◆ **資源近用及法規修正建議**

為促進電信網路研發及應用服務發展之創新，針對特定用途之車聯網創新實驗網路建議如下:

(1) 不定期檢討並調修車聯網創新實驗頻譜之特定實驗場域範圍，並公開場域可用資訊等，以利實驗申請者運用。。

(2) 因應創新實驗網路動態調整的實務基礎上，簡化實驗網路設置的許可及審驗方式，同時也簡化電台設置的許可與審驗等規定和執行流程。

(3) 現有實驗研發專用電信網路設置使用管理辦法第 15 條規定，技術實驗研發專用電信網路設置核准之有效期間為六個月，並以展期一次為限。考量車聯網實驗需耗費大量財力物力與技術研發投入，觀

諸世界各國多為超過三年以上之中長期型實驗計畫,建議實驗研發專用電信網路設置使用管理辦法之實驗網路設置期限應可視實驗案規模、實驗區域、影響範疇等，適度開放中長期實驗執照供特殊型實驗網路申請，以利簡政便民，有助創新實驗應用發展。

(二)、 現況問題 – 頻譜規劃

無論美國加拿大歐盟，皆規劃 5.905GHz 頻段給車聯網使用，台灣目前規劃將 5.850～5.925MHz 用做車聯網實驗頻段，供車聯網路側基礎設施及車載資通訊系統等測試之用。然當巨量多機器型態通訊(mMTC)發生時，潛在有頻率使用超出預期的問題，可能導致原先規劃的 75MHz 不敷使用。

◆ 資源近用及法規修正建議

(1) 是否有頻率不夠的問題,或是未來是否再開放其他頻段供智慧交通運輸系統使用，或者因技術演進，逐漸明確未來技術上將以 C-V2X 為主流技術，將影響整體頻段核配方式。由於現階段技術仍持續演進，未達成熟自駕車聯網所需環境，故建議應持續研析國際上車聯網技術趨勢，整備車聯網頻譜需求與配置。

(2) 車聯網可能成為公眾服務網路之一,故若以行動專用網路建置車聯網,則將與現行行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法有例外上的需求。專用電信規管之基本原則有二，主要包括：1、不得連接

公網；2、只能供自有使用，不得提供給非特定個人。建議應以營運模式與設備監管模式的角度持續研究。考量車聯網為對不特定用戶提供服務之性質，又需要連結公網雲端服務才能發揮其效力，建議或可考慮視為公眾電信網路之一種特殊態樣，採取公眾電信網路管理制度，而非以專用電信之角度進行規範。

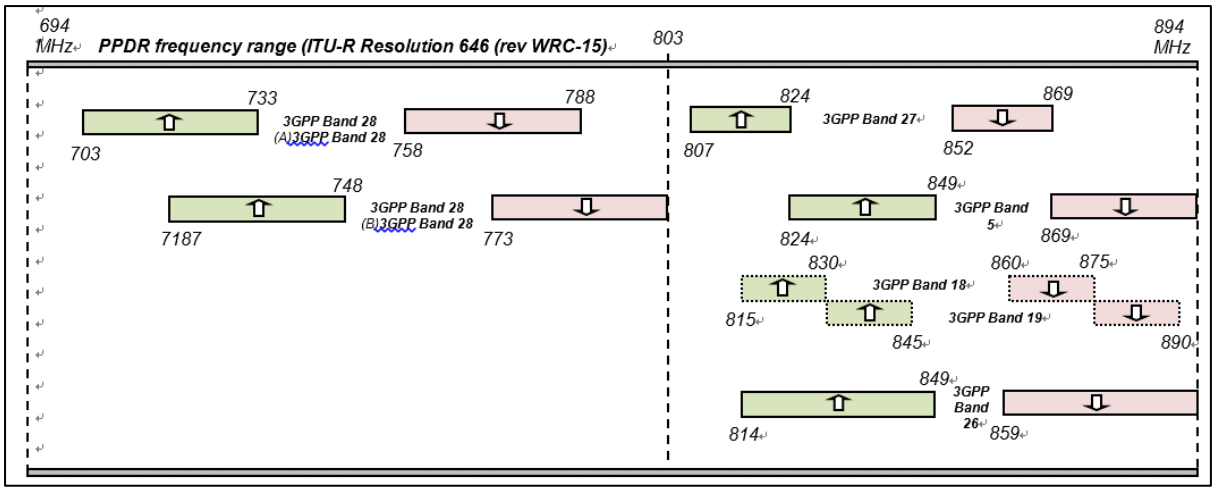
四、 公共安全與救難應變寬頻通訊系統(PPDR)

◆ 現況問題

目前推動 PPDR 較有進展的國家，美國是採取規劃出 PPDR 專有的頻段，但主責的行動電信營運商只要確保緊急通訊的優先性及保證進入情況下，可以將 PPDR 頻段用以商業用途。英國、法國則是在建立核網之外，採取共享行動電信營運商的 4G 商業網路策略。芬蘭則是採取政府不特別規劃 PPDR 頻段，完全的採取商業網路優先使用權的方式，僅有韓國採取專頻不共享方式。相較之下，台灣尚未有明確的作法規劃。

◆ 資源近用及法規修正建議

參考 ITU WRC-15 第 646 號決議，694-894MHz 之 PPDR 頻段，分別為 3GPP Band5、Band 26、Band 27 與 Band 28，如下圖。亞太區域國家電信社群(Asia-Pacific Tele- community, APT)於 2018 年發布建議，亞太區域國家規劃 PPDR 頻段時，可以前述頻段配置為主，並鼓勵亞太區域國家的主管機關透過相互合作和協商，促進 PPDR 頻段內用於緊急救災無線電通訊設備的跨境流通。



資料來源：ITU WRC-15，2015 年 12 月

圖 5-3、ITU WRC-15 建議之 PPDR 頻段

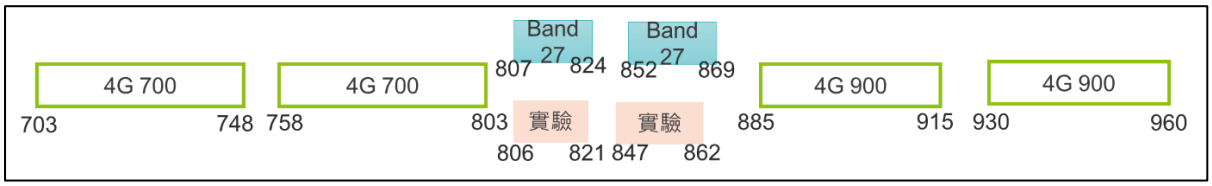
(1) 在頻段劃分方式配置建議為，若要釋出 PPDR 頻率規劃，可採 Band 27(807-824/852-869MHz)此頻段配置方式釋出

從亞太區域國家電信社群(APT)建議之四種頻段配置，包括 Band5、Band 26、Band 27 與 Band 28，分別討論如下：

- Band 28(703-748/758-803MHz)：我國已釋出該頻段供 4G 使用
- Band 5(824-849/869-894MHz)：部分頻段與我國 4G 900MHz 頻段(885-915/930-960MHz)重疊，無法採用
- Band 26(814-849/859-894MHz)：部分頻段與我國 4G 900MHz 頻段(885-915/930-960MHz)重疊，無法採用
- Band 27(807-824/852-869MHz)：依據 112 年 8 月公告修正「無線電頻率供應計畫」，部分頻段目前規劃為實驗網路頻率，包含公共安全與救難應變專屬無線通信系統實驗網路(Band 20，806-816、

847-857MHz，共計 2x10MHz)及民生公共物聯網實驗網路(816-821、857-862MHz，共計 2x5MHz)

建議若要釋出 PPDR 頻率規劃，可採 Band 27(807-824/852-869MHz)此頻段配置方式釋出。



資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

圖 5-4、Band5、Band 26、Band 27 與 Band 28 既有頻率規劃

(2) 網路佈建的方式的法規建議

目前先進國家對於 PPDR 之佈建型態，多以共用網路做為選項，避免維運單一專用 PPDR 網路所需成本過於龐大。同時依訪談電信業者建議，採用「與商業網路共享模式」，由電信網路營運商提供優先通信及接取保證。除了提供誘因讓行動電信營運商協助快速提升服務範圍覆蓋率之外，另一方面也兼顧稀有頻譜資源之使用效率。此外，將 PPDR 網路全權委託給行動電信營運商建置時也須考慮資安信任等管理機制設計。

(3) 長期建議

建議我國相關權責主管機關，應從災防體系整體思考國內 PPDR 之適用場景，建構我國災防政策後，數位發展部再依整體政策或災防運作需求，

提供相對應之網路建設規範或整備所需頻譜、號碼等資源，並提供適度誘因鼓勵電信事業參進合作、升級其既有網路基礎設施致使滿足 PPDR 運作需求。

第四節　3 年期程之進度規劃表

一、　國際作法

經檢視國際間通訊主管機關對於未來中長期電信資源政策規劃機制與做法，本研究盤點出包括澳洲與加拿大主管機關，都有公告未來中長期頻譜展望規劃政策文件，以下簡要介紹如後。

(一)、 澳洲

澳洲主管機關澳洲通訊與媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）每年定期發布未來五年頻譜展望（Five-year spectrum outlook），最新一期於 2023 年 10 月發布：2023-2028 五年頻譜展望以及 2023-2024 工作計畫報告（Five-year spectrum outlook 2023-28 and 2023-24 work program），向公眾揭露 2023 年至 2028 年澳洲主管機關對頻譜規劃之政策方向。[243]

1. **規劃方法**

ACMA 藉由定期對公眾諮詢每年度頻譜規劃與整備的措施，有助於讓澳洲產業及時向主管機關表達頻率使用相關需求，同時，產業也更能了解澳洲對於頻譜資源之未來規劃方向和步驟，有助於促進投資、創新與新技術之採用。隨著主管機關 2023 年 10 月公布最新一期之未來五年頻譜展望，向公眾說明澳洲主管機關將著重於辦理縮短數位落差以改善數位包容、推

[243] ACMA (2023), Five-year spectrum outlook 2023–28 and 2023-24 work program, https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2023-10/five-year_spectrum_outlook_2023-28.docx

動 2050 年淨零排碳目標以及強化澳洲向印太平洋區域國際參與之主軸。

對於澳洲之頻譜規劃方案架構，首先會由澳洲政府之立法與政策框架出發，並考量環境因素，來決定是否啟動頻譜規劃作業；決定啟動後，ACMA 會先設定預期達成之目標成效，再評估多種不同潛在方案之可能性，包括發照機制、接取型態（共享頻譜或排他性獨占使用）等，並衡量採用哪種方法較可能達成目標成效，以評估可採取之作法，並確保該作法可達到促進長期公共利益之目標。澳洲頻譜規劃方案架構如下圖。

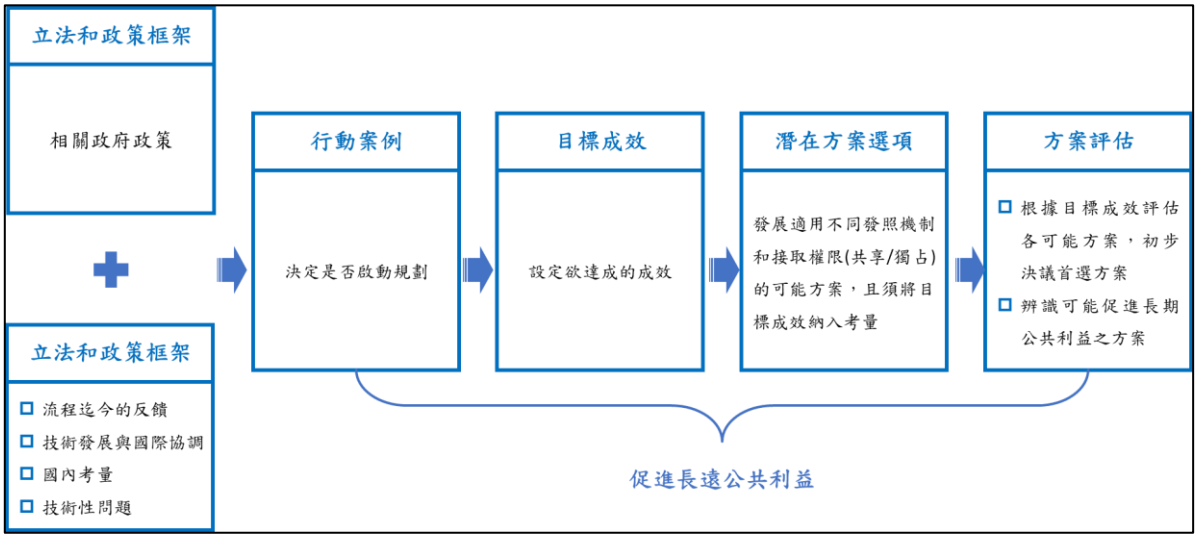


圖 5-5、澳洲頻譜規劃方案架構

資料來源：ACMA，本研究整理，2023 年 10 月

若 ACMA 決議針對特定頻譜啟動研析作業，將分為以下 4 個階段，分別為監督、初始調查、初始重新規畫以及實施階段。監督階段將會列出持續觀測國內外趨勢之頻譜資源，若 ACMA 認為有必要進一步辦理初始調

查，則會將候選頻段的潛在分配方案進行調查與重新界定潛在方案；初步重新規劃則會更進一步識別出潛在採取之分配方式，並詳列預期達成之公共利益成效；最後，實施階段則揭示辦理頻譜重整或重分配頻譜之細項做法。澳洲頻譜管理規劃 4 階段如下圖。

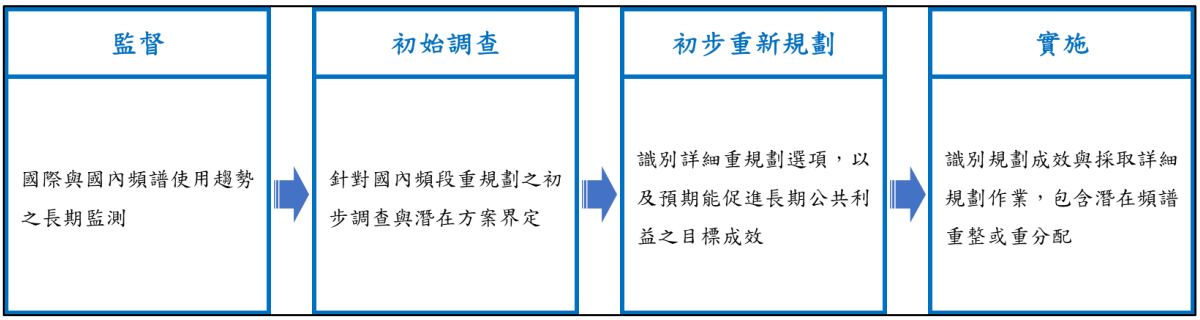


圖 5-6、澳洲頻譜管理規劃 4 階段

資料來源：ACMA，本研究整理，2023 年 10 月

2. 未來資源政策規劃建議

澳洲於 2023 年 10 月發布之 2023-2028 未來五年頻譜展望報告，提到將三個頻段納入初步重新規劃階段（Preliminary replanning stage），包括 1.5GHz 頻段、延伸 1.5GHz 頻段（1518-1525MHz、1668-1675MHz）以及 1.9GHz 頻段；此外，澳洲預計於 2023 年至 2024 年間，辦理 4 個中頻段頻譜釋出作業，以及預期未來將有更多業者將採取頻譜重整作業，將頻譜使用從原先 3G/4G，升級到 5G 布建用途。

不只是行動通訊頻譜列為澳洲未來五年期頻譜展望之整備、規劃對象，其他衛星通訊等頻譜亦被主管機關 ACMA 一併檢討，例如 ACMA 刻正辦

理 2GHz 衛星行動服務（MSS）分配作業，規劃釋出 1980-2005MHz 與 2170-2195MHz 供 MSS 使用。

(二)、 加拿大

加拿大通訊主管機關創新、科學與經濟發展部（ISED）於 2023 年 6 月公告未來 2023-2027 頻譜展望政策文件（Spectrum outlook 2023 to 2027），揭示加拿大未來五年之頻譜中長期規劃政策。加拿大從 2018 年開始發布未來五年頻譜展望報告，希望建立起顯著頻譜政策重要里程碑，以提升產業可取得頻譜資源之數量，同時也列出加拿大主管機關近期關注重點。

根據 ISED 於 2023-2027 頻譜展望政策之揭示內容，宣稱加拿大通訊主管機關之頻譜政策主題包括：

- 頻譜扮演經濟驅動者與能供者之角色，推動工業 4.0 發展；
- 因應新冠肺炎影響所推動之偏鄉連線涵蓋；
- 透過頻譜資源提升原住民寬頻連線能力；
- 頻譜、無線科技與氣候變遷之影響；
- 無線通訊市場競爭與可負擔價格議題；
- 頻譜使用費政策架構；
- 頻譜需求驅動者探討；
- 潛在諮詢或釋出頻段探討。

根據 ISED 於 2023 年之政策文件說明，ISED 將潛在釋出頻段區分成三種優先權層級，分別為優先權第 1 級、優先權第 2 級與優先權第 3 級。優先權第 1 級頻譜代表 ISED 規劃釋出、或已經啟動公眾諮詢之頻段；第 2 級頻譜指 ISED 有可能釋出，或可能會於一段期間內啟動公眾諮詢；第 3 級頻譜指 ISED 持續監控該頻段之發展。

ISED 於 2023 年發布之政策文件中，優先權第 1 級頻譜包括以下頻段：

- 採彈性使用執照釋出：3.8GHz、3.9GHz、24GHz、26GHz、28GHz 與 38GHz；
- 採免執照方式釋出：5.9GHz、95GHz 以上頻段（包含 116-122.25GHz、122.25-123GHz、174.8-182GHz、185-190GHz 以及 244-246GHz）。

ISED 揭示優先權第 2 級頻譜包括以下：

- 採彈性使用執照釋出：900MHz、1427-1518MHz、1695-1710MHz、2180-2200MHz 與 2000-2020MHz、2500MHz、37-37.6GHz、47.2-48.2GHz。
- 採後置迴路使用：21.2-21.8GHz 與 22.4-23GHz、71-76GHz、81-86GHz、92-95GHz、92-114.25GHz 與 130-174.8GHz。

二、 我國未來三年期程電信資源政策建議

(一)、 規劃方法建議

本研究參考其他國家主管機關評估未來中長期頻譜展望之作法，建議我國主管機關可依據市場需求之不同階段，設計定期觀測發展階段、評估調查需求階段、評估釋出選項階段以及實施階段，如下圖。

定期觀測發展階段，觀測國內外技術發展、應用型態與頻譜資源趨勢。評估調查需求階段，針對國內特定頻段評估、諮詢與調查市場需求。評估釋出選項階段，評估與諮詢應採取之釋出方式，以及預期能促進長期公共利益之目標成效。實施階段，制定頻段釋出方式細節與施行細則。

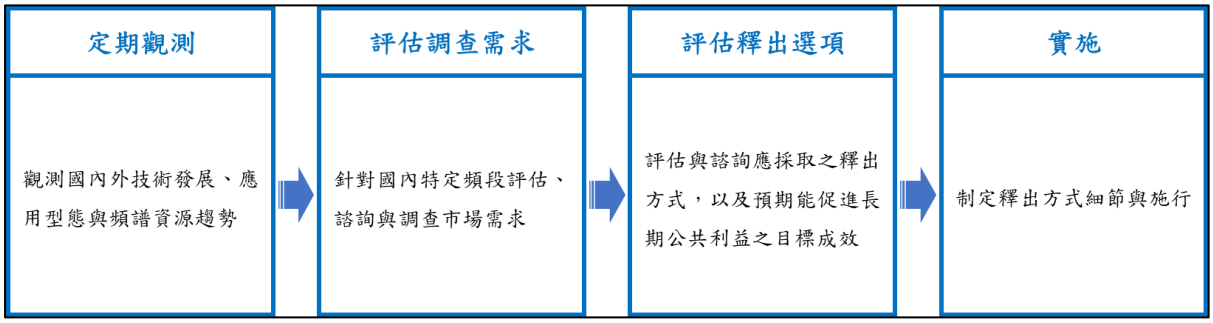


圖 5-7、我國未來中長期頻譜規劃階段建議方法

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

同時，亦可參考其他國家方式，依序市場發展與技術演進狀態，評估不同應用所需頻譜資源之整備進度。

在「行動通訊」頻譜規劃部分，建議持續觀測國內外發展趨勢，並評估、調查市場對於釋出其他 5G 中頻段的需求，以及 4G 頻譜執照屆期前的重整、重分配作業啟動規劃。

在「衛星通訊」頻譜規劃部分，建議參考其他國家的公部門衛星服務計畫，並評估、調查對於釋出 20.2-21.2 GHz、Q/V 頻段等高頻段的市場需求及對應商業發展預估時程。

在「PPDR」頻譜規劃部分，建議參考 ITU WRC-15 和 APT 的建議，評估、諮詢公眾對於釋出 800MHz 頻段供 PPDR 使用的可能性，並研究不同網路布建模式下的成本核算與對比。

在「車聯網」頻譜規劃部分，建議持續研析國際車聯網技術趨勢，評估、調查市場對於取得 5.9 GHz 頻段應用於 V2X 的需求，並視為公眾電信網路之一種特殊態樣，進行商用化下的營運模式及管理辦法研議。

(二)、 未來政策規劃建議

本研究依據前述章節內容以及探討之主題，分別從行動通訊（5G/FWA）、低軌衛星、PPDR 以及 V2X 等創新應用進行討論。根據本研究前述分析國際上 FWA 釋出選項以及國內業者需求，本研究建議未來 2024 年可持續觀測國內外發展趨勢，包括掌握 FWA 技術演進以及設備成熟度，隨著未來設備逐漸邁向成熟，相關費用亦應會隨之下降，此時，主管機關可於 2025 年可評估、調查國內市場對於釋出其他 5G 中頻段之需求，包括透過追蹤國內行動通訊市場用量變化，或探詢除了行動通訊市場外，是否仍有其他適合導入 FWA 之應用，以及適用領域。由於 4G 頻譜（700MHz、

900MHz 與 1800MHz）即將於 2030 年屆期，故有必要自 2026 年啟動相關調查，包括計算國內頻寬需求，評估導入 FWA 之可行性與成本效益等，以預先整備因應後續 4G 頻譜重整、重分配作業。

至於低軌衛星議題，本研究發現其他國家已有陸續釋出 20.2-21.2GHz 頻段之作業，顯見原有低軌衛星頻譜資源已逐漸無法滿足未來蓬勃發展之通訊需求，隨著 WRC-23 後全球對於衛星頻譜核配議題顯有變化，同時 3GPP 亦持續探討、研析 NTN 技術，因此建議我國主管機關可自 2025 年評估 20.2-21.2GHz 頻段相關需求，併盤點國內業界動態及需求，協助解決國內業者欲辦理國際合作所面臨之障礙，同時參考其他國家作法，了解國內產業生態發展以及 3GPP NTN 技術成熟度，以利未來更進一步評估 Q 頻段與 V 頻段釋出供衛星通訊使用之可能性。

由於國內近年來對於 PPDR 應用需求日增，考量 PPDR 為強健我國網路韌性重要之一環，故建議主管機關可於 2024 年起評估、諮詢公眾對於釋出 800MHz 頻段供 PPDR 使用之可能性，參考本研究蒐集國內利害關係人意見及審查委員建議，應先透過跨部會溝通協調，確立 PPDR 主責機關，同時也盤點、調查需求單位之實際需求情境及需求頻寬，並依照需求單位實際情境與需求，由主責機關決定布建方式及經費來源，頻率主管機關則配合整備所需頻譜資源，包含研議釋出方式以及附加執照條件等，若市場上的確有業者有意願取得該頻段並配合國家政策布建 PPDR 網路，則可於

2025 年更進一步評估釋出選項，並研議執照條件或附加義務之訂定方式。

針對 V2X 議題，目前已逐漸可觀察到國際間將 5.9GHz 頻段用於 C-V2X 實驗用途，且加以自駕車、車聯網技術日漸成熟，故本研究建議主管機關可於 2024 年評估調查市場對於取得 5.9GHz 頻段應用於 V2X 之需求，以及辦理需求情境研析、劃定實驗場域；待劃定更多實驗場域後，則更進一步透過實測干擾評估作業，掌握後續可釋出頻寬方式；同時，如同本研究前文中所提，對於車聯網之執照方式，亦須充分針對現行法規制度進行研議與修正若市場。若主管機關發現對市場上對將該頻段應用於 V2X 已有高度需求，則可更進一步於後續評估釋出選項。

綜上所述，本研究研提我國未來三年期程之電信資源政策建議，如下圖綜整。

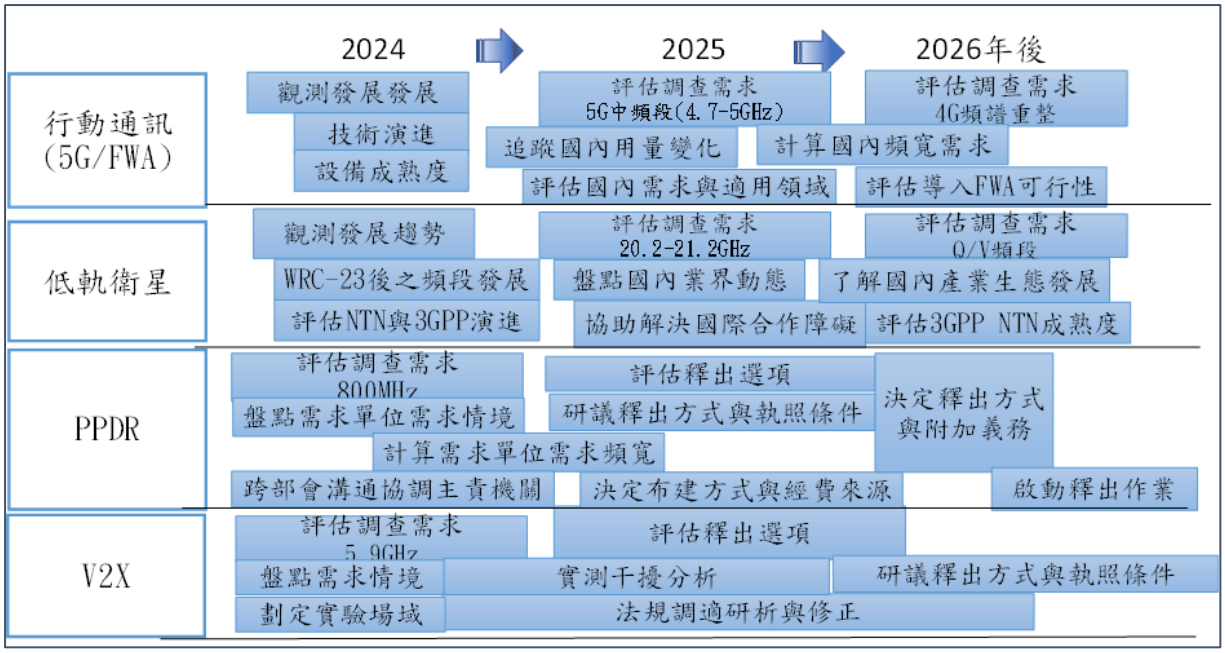


圖 5-8、本研究研提之未來三年電信資源政策建議

資料來源：本研究整理，2023 年 10 月

第六章　結論

國內頻率資源創新應用及產業生態鏈研析部分，共完成六個重大政策下通訊相關應用及驗證計畫研析，包含 5G AIoT 智慧製造跨場域應用計畫(亞旭電腦股份有限公司，國家發展委員會促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫)、元宇宙之究極奧義-無限列車(高雄捷運股份有限公司,經濟部產業發展署高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫)、5G 專網結合可移動衛星之數位韌性通訊系統(和碩聯合科技股份有限公司，國家發展委員會促進 5G 及人工智慧導入智慧城鄉物聯網創新應用補助計畫)、淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫(華電聯網股份有限公司，交通部)、5G 遠距腹部超音波遙控診療計畫(仁寶電腦股份有限公司、智宏網股份有限公司，數位發展部數位產業署)、5G 智慧影音沉浸式展演計畫(智宏網股份有限公司，經濟部產業發展署)等，涵蓋智慧製造、智慧醫療、智慧交通、非地面通訊、智慧展演等應用領域；並依期中審查委員見，加入 2 例電信商企業專網研析，分別為智慧鋼廠及智慧校園相關應用。

國際新應用模式研析部分，完成 FWA、PPDR、車聯網及低軌到衛星通訊之國際案例研析及綜整分析，並研析我國產業生態鏈位置及可能發展架構。

產業訪談部分，已完成計完成 6 組計畫(含委託機關及受委辦廠商)之深度訪談，並依期中審查委員見，增加訪談三大電信營運商(中華電信、台灣

大哥大、遠傳電信)及數位電視產業之次世代電視暨智慧應用發展協會，彙整需求並提出協助方案。座談會辦理部分，共完成 5 場次座談，包含 5G 新應用、數位韌性下的 5G 非地面通訊、國際下世代通訊趨勢、國際下世代通訊趨勢、國際 5G 新應用趨勢及頻率資源應用法規修正建議；邀請各議題之相關利害關係者與會，蒐集國內現況及產官學等之意見。

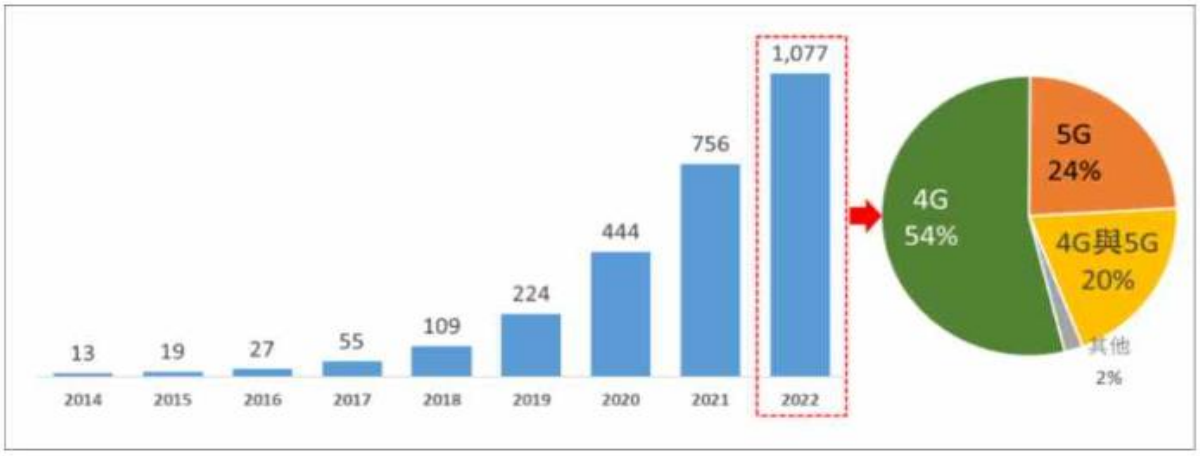
最後綜上研究；研析國際電信資源規劃相關議題，其使用範疇、頻率與運用技術等，並將國際電信資源規劃與國內頻率資源使用既有狀態相比對，找出現有制度或頻率資源供給上有無稀缺、供應不足或潛在難以回應產業市場需求之頻段，並研析相關法規及管理辦法；研提國內資源近用建議方案所需之法規修正建議，並提出我國未來三年期程電信資源政策建議，協助主管機關完善我國電信資源近用政策與法規制度環境，為創新應用建構一個充分提供良好發展契機之基礎環境。

整體而言，透過研析重大政策下各部會通訊相關應用及驗證計畫，訪談頻率使用及創新應用相關產業，盤點國內 5G/B5G 通訊技術、低軌衛星通訊、無線網路技術(如：Wi-Fi、ITS 等)等發展架構及產業生態鏈，調研創新技術應用種類、特性及成熟度等，蒐整國內創新應用之頻譜資源使用現況並評估短中期使用需求，透過深度訪談篩選出具商用化潛力計畫擬提協助方案，促成整體通傳產業新創發展。

根據國際組織 GSA(U.S. General Services Administration)於 2023 年 2 月

份的報告[244]，截至 2022 年底，全球企業專網的佈署數量已達 1,077 座，較 2021 年的 756 座成長 42.4%，2023 年亦呈現穩定增加的趨勢，顯示全球在企業專網佈署上，雖然尚未達到指數成長的幅度，但仍是穩健成長未來可期的市場。

在專網採用的技術方面，GSA 的資料顯示，目前全球專網約有 54%採 4G 技術，24%採 5G 技術，20%採 4G 及 5G 技術，全球合計有 44%的專網為 5G 專網；相較 GSA 於 2022 年 2 月的報告，當時全球 656 座專網中，合計有 38%的專網為 5G 專網，顯示在過去一年，5G 專網的占比呈現小幅提升的趨勢。



資料來源：GSA，本研究整理，2023 年 4 月

圖 6-1、全球專網佈署數量

隨各國專用頻譜陸續釋出，數位部也在 2023 年 6 月 1 日正式公告 5G

[244] Private Mobile Networks - Private-Mobile-Networks February-2023 Summary Report, https://gsacom.com/paper/private-mobile-networks-february-2023-summary-report/

專頻專網管理辦法，明訂申請者資格、使用場域、審查審驗方式、每年頻率使用費計算方式，並於 6 月 5 日起開放受理企業申請，台灣將正式邁入 5G 專頻專網時代；系統整合及網路服務商可直接參與 5G 專網市場，向場域業者提供總體解決方案，同時雲端大廠也可藉既有之雲端和 MEC 服務選擇合作夥伴切入此市場。隨系統整合及網路服務商之企業規模、所在位置之不同，各業者亦採取不同之市場切入策略，並建立所需之合作關係，以強化本身 5G 專網解決方案之服務能量。

5G 專網建置過程中，除涉及專網設備如核心網路(Core)、無線接取設備(Radio Access Network, RAN)的佈署外，佈署前的網路規劃、佈署過程中的系統整合、及佈署後的維運管理等服務面向，亦是 5G 專網從無到有的關鍵環節之一，提供端到端專網解決方案之設備業者或專網系統整合業者，已多將相關服務管理納入其方案中，以降低場域業者在佈署上的負擔。

台灣目前已有數家系統整合商及有線電視業者參與專網建置，藉由重大政策下各部會對於頻率應用場域驗證補助案，累積服務經驗與應用案例，促成現今專頻專網辦法正式上路後的銷售能量。觀測近年 5G 專網及各頻率應用場域實證經驗，如何降低導入成本、開發應用場景、說明導入效益，仍是場域業者是否願意佈署專網之重點。而系統整合及網路服務商做為與場域業者密切接觸之服務供應商，如何經營彼此合作關係，預期也將是關鍵之一。

是以，本計畫今年度執行成果，調研國內 5G/B5G(O-RAN、NTN)架構及產業生態鏈及生態鏈位置，包含電信營運商、電信設備商、應用服務業者及系統整合商等，觀測以下趨勢：

◆ **電信營運商透過跨域結盟，強化自有專網解決方案能量**

過往在專網市場，多局限於電信營運商及系統整合業者協助專網客戶之網路佈署、維運；但隨著 5G 專網架構及應用的多元性，搭配開放式架構(如 5G O-RAN)及相關軟硬體技術的發展，雲端服務平臺業者和網通設備供應商也有加入市場的機會。

無論是電信營運商或系統整合業者，對於如何拓展 5G 專網市場，扮演好合作夥伴間的協調者角色、促進應用發展的討論，皆是不可或缺的作為。特別是 5G 應用與場域業者的需求之間，存在著互為因果的關係，如何讓應用與需求更為具體的浮現便成為重點之一。隨著對場域端熟悉度的增加，未來有望在營運商及系統整合業者上看到更多的進展。

◆ **電信設備商焦點著墨於專網佈署效益與佈署彈性**

過去行動網路設備依賴大廠提供專賣的軟硬體，運營商的設備採購與可提供的服務均需仰賴設備商，導致無法為客戶提供彈性/快速、客製、差異化的服務。5G 技術因具備可客製化專用網路的特性，如 O-RAN 系統架構即是開放介面、開放軟/硬體讓硬體設備容易採購與升級，並藉由軟體創

作，快速佈署應用服務、滿足不同客戶需求，增加營收項目。就好比在 iOS 或 Android 開放平台上所締造的豐富產業鏈、創造的新應用，消費者可選購各家製造的手機，可安裝各種的應用程式。

同時，在各領域專網應用中，為了讓用戶能掌握跨域異質資源之運行品質與狀態，透過網路管理系統定期監控基站網路及終端裝置的流量使用狀況，進而搭配 AI 人工智慧演算法將終端裝置重新導向至特定基站等設計，提供更彈性化的網路佈署及更高的服務品質。

◆ **應用服務業者整合自家服務及異質網路管理平台，對應多元場景需求**

5G 專網為獨立運作的網路型態，能提供企業於特定區域內專用，與公用網路隔離，無需共享網路資源且免受外界干擾，更可針對企業不同場域應用需求，量身打造適切的 5G 專網，助企業進行數位轉型。

◆ **系統整合商鎖定特定領域，推出垂直應用服務**

應用案例需要投入資源開發，如何刺激有意義的應用及擴大採用範圍，將是建立完整產業生態系的關鍵之一。對系統整合業者來說，目前在 5G 專網上尚未出現殺手級應用，這也影響場域業者對於導入 5G 專網之意願。除針對各應用領域推出更多元垂直應用服務以外，系統整合商搭配網通設備商多元設備樣態，推出攜式 5G 專網，藉降低佈署成本、可快速完成佈建等誘因，刺激場域業者先嘗試導入，再摸索可能之應用，亦成為另一種市場

開拓方式。此外，相對於電信營運商之 5G 專網，系統整合業者所推動之 5G 專網解決方案預期將更著重於專頻專網；今年正式上路之 5G 專網管理辦法，將有利於場域業者申請專用頻譜進行 5G 應用，而不需侷限於頻譜使用許可時間相對較短的實驗頻譜辦法。對系統整合商來說，也期待可藉此進一步降低場域業者對申設 5G 專網之顧慮。

自 2020 年 IMT-2020 全球 5G 標準於 ITU 國際電信聯盟底定，國際產業組織便在此基礎下，接著研發 B5G 行動通訊技術，期盼迎接在 2030 年到來的 6G 各式新興應用。台灣產業，以輸出半導體、零組件與相關技術為主，居於全球資通訊產業之基礎供應鏈地位上，也將持續追隨國際發展情勢，利用自身產業與技術優勢，協助促進全球 6G 通訊產業發展。

概觀下世代 B5G 全球無線電之發展，以行動通訊於地面與非地面之應用發展為主，WRC 世界無線電通信大會更是積極討論拓展各式相關之頻譜議題，以期在促進公平合理有效率使用頻譜資源之條件下，和諧穩定的拓展全球無線電系統與服務 ITU-R 也接受 WRC-19 委託，於 2023 年初完成相關的頻譜研究與建議，以其作為修訂 RR 國際無線電規則之討論參考。而預計於 2023 年底召開的 WRC-23 大會上將基於 ITU-R 之研究，進一步討論協議各項涉及行動通訊的頻譜配置與使用。

經由對國際間各單位為 WRC-23 頻譜決議發展所進行之準備，不難窺見下世代行動通訊系統將朝向資料更快速，應用更多元，涵蓋更寬廣的發

展方向進行。IMT 國際行動電信除了將在 WRC-23 取得更大量與更多樣的頻譜資源外，也將透過持續的營運與服務的創新，繼續將 B5G 行動通訊服務拓展至更寬廣的陸、海、空區域。建議持續關注 IMT 國際行動電信於各頻段之議題發展、HIBS 高空國際行動電信基地臺之議題發展，以及 WRC-23 之討論與決議，以作為後續資源近用建議方案之依據，並供無線電通訊產業發展參考。

參考書目

[1] 112 年度「國內頻率資源創新應用調查及研究」委託研究計畫建議書

[2] 行政院-重要政策-台灣 5G 行動計畫，臺灣 5G 行動計畫 _DIGIWeb.pdf, 2020/5

[3] 行政院－國家發展委員會－前瞻基礎建設計畫 2.0, https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=608FE9340FE6990D&upn=60F66A08939511F4, 2020/9/8

[4] 行政院－國家發展委員會－亞洲・矽谷 2.0 推動方案, https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=809B3C5533BE83A2, 2016/9

[5] 經濟部-工業局-高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫，高雄亞洲新灣區 5G AIoT 創新應用補助計畫.pdf , 2022/5

[6] Omdia, the $5bn ‘ripple effect’ of private LTE and 5G networks, https://omdia.tech.informa.com/pr, 2021/02

[7] MIC，日本 Local 5G 專網實證案例觀察產業研究報告.pdf, 2023/8

[8] 工研院產科國際所(IEK)，從 MWC 2023 看沉浸式會展科技與虛實整合會展商機.pdf , 2023/5

[9] 資策會產業情報研究所(MIC)，全球衛星市場與衛星服務市場規模.pdf, 2023/2

[10] 交通部科技顧問室/華電聯網-淡海新市鎮智慧交通場域研究計畫，淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫.pdf, 2020/3

[11] 交通部科技顧問室-重要政策-5G 帶動智慧交通與服務創新與產業發展計畫, 5G 帶動智慧交通技術與服務創新及產業發展計畫.pdf, 2021/9

[12] 資策會產業情報研究所(MIC), 車聯網相關通訊技術與市場發展趨勢分析, 2023/4

[13] 衛生福利部統計處, 健康平均餘命指標資料表.pdf, 2023/5/8

[14] 資策會產業情報研究所(MIC), 日本遠距醫療系統發展動向與全球市場概況.pdf, 2021/5

[15] 工研院產科國際所(IEK), 國際 5G 智慧展演案例分析報告.pdf，2020/11/12

[16] 中冠資訊 https://www.icsc.com.tw/ph_7g_81.html，2023/02

[17] iThome，中鋼如何用 5G 加速智慧製造，https://www.ithome.com.tw/article/156616

[18] 數位發展部, 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法.pdf, 2023/7

[19] 數位發展部, 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法.pdf, 2023/7

[20] 5G Fixed Wireless Access - A powerful alternative to fiber to the home. 5g-fixed-wireless-access-a-powerful-alternative-to-fiber-to-the-home.pdf (samsung.com),2022/12/21

[21] GSMA (2022), The Mobile Economy 2023 , available at: https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2023/03/270223-The-Mobile-Economy-2023.pdf

[22] 5G Americas (2021), Fixed wireless access with 5G networks, A 5G Americas white paper.

[23] CITA (2021), 5GFixedWirelessBroadband. Helping close the digital divide in rural America. https://www.ctia.org/news/5g-fixed-wireless-broadband

[24] MIC (2021), 美國 FCC 推動上層微波彈性使用服務之規劃觀察

[25] 5G Americas (2021), Fixed wireless access with 5G networks, A 5G Americas white paper.

[26] CTIA (2023), How much licensed spectrum is needed to meet future demands for network capacity? https://api.ctia.org/wp-content/uploads/2023/04/Network-Capacity-Constraints-and-the-Need-for-Spectrum-Brattle.pdf

[27] Telecompaper (2023), Verizon subscriber growth improves in Q4 on FWA demand, but outlook muted. https://www.telecompaper.com/news/verizon-subscriber-growth-improves-in-q4-on-fwa-demand-but-outlook-muted--1450995 (2023/5/9)

[28] Telecompaper (2022), US broadband penetration to reach almost 100% by 2026 – study https://www.telecompaper.com/news/us-broadband-penetration-to-reach-almost-100-by-2026-study--1427459 (2023/5/9)

[29] CNet, (2023), Verizon 5G Home Internet vs. T-Mobile Home Internet: Can You Trust a Mobile Company for Your Home's Broadband? https://www.cnet.com/home/internet/verizon-5g-home-internet-vs-t-mobile-home-internet/#jumplink1

[30] Mike Dano (2022), A look at FWA's Pyrrhic victory over cable. https://www.lightreading.com/broadband/fixed-wireless-access-(fwa)/a-look-at-fwas-pyrrhic-victory-over-cable/a/d-id/779421

[31] Mike Dano (2023), 5G FWA networks in the US could be overloaded by 2027 – study https://www.lightreading.com/broadband/fixed-wireless-

access-(fwa)/5g-fwa-networks-in-us-could-be-overloaded-by-2027---study/a/d-id/784443?

[32] Light reading Mike Dano (2023), UScellular poised for big growth in FWA. https://www.lightreading.com/broadband/fixed-wireless-access-(fwa)/uscellular-poised-for-big-growth-in-fwa-/d/d-id/784797

[33] MIC (2022)，從新創 Starry 看美國 FWA 市場發展.

[34] Fierce telecom (2023), FCC wants to fine Starry, 21 others $9M for RDOF defaults. https://www.fiercetelecom.com/telecom/fcc-wants-fine-starry-21-others-9m-rdof-defaults

[35] CTIA (2023), How much licensed spectrum is needed to meet future demands for network capacity? https://api.ctia.org/wp-content/uploads/2023/04/Network-Capacity-Constraints-and-the-Need-for-Spectrum-Brattle.pdf

[36] ESA (2023), ESA adopts new guidelines on State aid for broadband networks, https://www.eftasurv.int/newsroom/updates/esa-adopts-new-guidelines-state-aid-broadband-networks

[37] Omdia (2023), Norway: Country Regulation Overview - 2023, https://omdia.tech.informa.com/OM030406/Norway-Country-Regulation-Overview--2023

[38] GSMA (2022), GSMA report demonstrates policy action is needed for EU to achieve Digital Decade goals, https://www.gsma.com/gsmaeurope/news/mobile-economy-europe-2022/

[39] Nkom (2023), Hearing of initial assessments for allocation of the 1500 MHz and 26 GHz bands, https://nkom.no/hoeringer/horing-av-innledende-vurderinger-for-tildeling-av-1500-mhz-og-26-ghz-bandene

[40] Nkom (2023), Consultation of local 5G networks in the 3.8-4.2 GHz band, https://nkom.no/hoeringer/horing-av-lokale-5g-nett-i-3-8-4-2-ghz-bandet

[41] TeleGeography (2023), Nkom officially opens 3.8GHz-4.2GHz band for local 5G network deployments, https://www.commsupdate.com/articles/2023/01/19/nkom-officially-opens-3-8ghz-4-2ghz-band-for-local-5g-network-deployments/

[42] European Commission (2021), Mandate to CEPT on technical conditions regarding the shared use of the 3.8-4.2 GHz frequency band for terrestrial wireless broadband systems providing local-area network connectivity in the Union, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/radio-spectrum-cept-mandates

[43] Zyxel (2020), Joining Telenor Norway on their massive 5G roll out, https://service-provider.zyxel.com/emea/en/customer-stories/telenor-norway-5g-roll-out

[44] Telenor (2020), Super speed in your home: Now you can get 5G-ready broadband, https://www.mynewsdesk.com/no/telenor/pressreleases/3053175

[45] Telecompaper (2020), Telenor Norway brings in Next mobile subscriptions with unlimited data at prices dependent on speed, https://www.telecompaper.com/news/1341274

[46] Telecompaper (2022), Telenor Norway starts offering TV via 5G home FWA, https://www.telecompaper.com/news/1416716

[47] Telecompaper (2022), Telenor Norway says 94% of customers have switched from copper ahead of year-end shutdown, https://www.telecompaper.com/news/1436526

[48] Telenor, Fiber broadband, https://www.telenor.no/privat/internett/fiber/

[49] Telenor, Wireless Broadband, https://www.telenor.no/privat/internett/tradlost-bredband/

[50] Digital Economy and Society Index (DESI) 2022, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi, 2022/7

[51] Digital Economy and Society Index (DESI) 2022, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022 , 2022/7

[52] Digital Economy and Society Index (DESI) 2022—Finland, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi , 2022/7

[53] Subtonomy, https://www.subtonomy.com/broadband-fwa-mobile-broadband ,

[54] Telia, https://www.telia.fi/kauppa/kodin-netti/5g-netti-kotiin

[55] 電信技術中心（2022），日本總務省公布數位田園都市國家基礎建設整備計畫, https://www.ttc.org.tw/News/more?id=0e116a60e76d436b8f8e1431aface54b

[56] 以 1 日圓兌 0.0072 美元計算。

[57] 總務省（2022），デジタル田園都市国家インフラ整備計画, https://www.soumu.go.jp/main_content/000803507.pdf

[58] 總務省（2019），第 5 世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000378.html

[59] Rakuten Turbo 5G, https://network.mobile.rakuten.co.jp/internet/turbo/product/?l-

id=rmt_gheader_product_01&a8=s7Jmh7cw.ILVantuaaLwMVDQyId6L4Je5aMuc4tCquKw.IJ7p4XDqIJ0v41QYQXMjuHbe5JIF7Jmgs00000015198001, 2023/1

[60] MSIT (2019), Korea to Announce 5G+ Strategy Pledging to Provide World's Best 5G Service Based on World's First 5G Commercialization, https://www.msit.go.kr/eng/newsLetter/view.do?sCode=&mId=&mPid=&pageIndex=3&newsLetterSeqNo=41&searchOpt=

[61] Netmanias (2021), The Ministry of Science and ICT in Korea announced the "Private 5G Network Frequency Supply Plan" - mmWave and Sub-6 Spectrum, https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=blog&no=15139

[62] IEEE Technology blog (2022), Samsung achieves record speeds over 10km 5G mmWave FWA trial in Australiahttps://techblog.comsoc.org/2022/11/08/samsung-achieves-record-speeds-over-10km-5g-mmwave-fwa-trial-in-australia/

[63] Telecoms Infrastructure Blog (2023), Seoul Metro Wi-Fi Backhauled by Samsung's 5G mmWave Network Solution, https://www.telecomsinfrastructure.com/2023/01/seoul-metro-wi-fi-backhauled-by.html

[64] 整體資源規劃政策，https://moda.gov.tw/digital-affairs/resource-management/operations/274, 2022/3

[65] GSA(2023), 4G 5G Fixed Wireless Access forum, 4G-5G FWA: BEST PRACTICES FOR MONETIZATION AND CLOSING THE DIGITAL DIVIDE.

[66] Erillisverkot, https://www.erillisverkot.fi/en/about-us/

[67] Finlex (2018), HE 226/2018 - The government's presentation to parliament

on amending the law on electronic communication services and the law on public administration security network operations into laws, https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2018/20180226

[68] 芬蘭 PRIORITY 專案 (2021), PRIORITY for Mission Critical Communications Solutions, https://criticalbroadband.fi/trial-1/

[69] Marjo Heikkiläd 等人 (2021), Field trial with tactical bubbles for mission critical communications, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ett.4385

[70] Ericsson (2022), Cooperation and collaboration: Building Finland's next-generation public safety network, https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/articles/erillisverkot-public-safety-network

[71] TCCA (2016), A review of the Spectrum Status for Broadband PPDR in Europe.

[72] Ericsson (2023), Band 68 spectrum: a lifeline for public safety services in Europe. https://www.ericsson.com/en/news/2023/5/band-68-spectrum-a-lifeline-for-public-safety-services-in-europe

[73] Cyber Circle(2021),"Le Réseau Radio du Futur : Un outil de communication majeur pour les missions des forces de sécurité et de secours", une Parole d'Expert du Préfet Guillaume LAMBERT, https://cybercercle.com/le-reseau-radio-du-futur-un-outil-de-communication-majeur-pour-les-missions-des-forces-de-securite-et-de-secours-une-parole-dexpert-du-prefet-guillaume-lambert/

[74] ESN(2019) Interview with Radio Network of the Future https://medium.com/@ESNCommunicationsTeam/interview-with-radio-network-of-the-future-8908b9c0f50c

[75] le ministère de l'intérieur (2022), Lancement du projet "Réseau Radio du Futur" (RRF), le réseau très haut-débit souverain des services de sécurité et de secours.
https://www.interieur.gouv.fr/actualites/communiques/lancement-du-projet-reseau-radio-du-futur-rrf-reseau-tres-haut-debit

[76] Source security (2022), Consortium led by Airbus and Capgemini was selected by the French Ministry of the Interior for RRF contract.
https://www.sourcesecurity.com/news/consortium-led-airbus-capgemini-selected-french-ministry-interior-rff-contract-co-14596-ga-co-1535019470-ga-co-1611295863-ga-co-1666002562-ga-co-1666003136-ga-co-1666003497-ga.1666004143.html

[77] Legifrance (2023), LOI n° 2023-22 du 24 janvier 2023 d'orientation et de programmation du ministère de l'intérieur (1)

[78] Legifrance (2023), Décret n° 2023-225 du 30 mars 2023 portant création de l'agence des communications mobiles opérationnelles de sécurité et de secours.

[79] Telecommunications Policy(2023), The role of mobile network operators in next-generation public

[80] 英國內政部與其他相關政府部門共同出資提出「緊急服務行動計畫」（ Emergency Services Mobile Communications Programme, ESMCP），此計劃包括三大項目 Mobile Services、Delivery Partner、User Services

[81] National Audit Office (2019)，Progress delivering the Emergency Services Network

[82] RICHARD HARRAP，(2023)，「ESN provides ultra-reliable connectivity and support for innovative applications」，https://iffmag.com/esn-provides-ultra-reliable-connectivity-and-support-for-innovative-applications/

[83] Home Office(2023), Emergency Services Network: overview. https://www.gov.uk/government/publications/the-emergency-services-mobile-communications-programme/emergency-services-network

[84] Telecommunications Policy(2023), “The role of mobile network operators in next-generation public”

[85] ESN 相關計畫仍持續的在招標中

[86] Ofcom 的頻譜管理職，法源來自 2003 年通信法（The Communications Act 2003）和 2006 年無線電報法案（Wireless Telegraphy Act 2006）

[87] Ofcom (2017), EE application for licence variations in support of enhanced mobile communications for the emergency services

[88] Mast Database(2023), UK mobile spectrum allocation，https://mastdatabase.co.uk/gb/spectrum/

[89] Home Office(2023), Emergency Services Network: overview.

[90] Home Office(2023), Emergency Services Network: overview.

[91] 以提供 95% 的英國覆蓋率，allthingsfirstnet(2023)，Public Safety Advocate: UK Public-Safety Broadband Network Update

[92] Air-to-Ground (A2G) Network for Emergency Communications, https://www.connectivity.technology/2020/06/air-to-ground-a2g-network-

for-emergency.html , 2020/6

[93] theregister(2021/12/16)，” Samsung gets 2-year contract extensions to provide rugged handsets for UK's troubled Emergency Services Network”，
https://www.theregister.com/2021/12/16/samsung_esn_extension/

[94] urgentcomm(2023), UK Home Office officially cuts ESN ties with Motorola Solutions, but transition work still needed

[95] 以 1 英鎊兌換 1.27 美元計算

[96] Home Office(2022)，Emergency Services Mobile Communications Programme-Summary of the Full Business Case (FBC) version agreed by the Major Projects Review Group (MPRG) on 23/07/2021

[97] Korea Safenet, https://www.preventionweb.net/files/56219_3th07kyunghichang.pdf, 2018/7

[98] Disaster and Safety Communications Network, https://www.mois.go.kr/eng/sub/a03/bestPractices7/screen.do, 2023/6

[99] FirstNet Authority History, https://www.firstnet.gov/about/history

[100]The 911 Commission Report. https://govinfo.library.unt.edu/911/report/911Report.pdf, 2004

[101]Middle Class Tax Relief and Job Creation Act of 2012, https://www.congress.gov/112/plaws/publ96/PLAW-112publ96.pdf, 2012

[102]FirstNet Partners with AT&T to Build Wireless Broadband Network for America's First Responders, https://2014-2018.firstnet.gov/news/firstnet-partners-att-build-wireless-broadband-network-americas-first-responders,

2017/3/30

[103]FirstNet & 5G: An Experience Unlike Anything Else for America's First Responders, https://about.att.com/story/2021/fn_5g.html, 2021/4/1

[104]FirstNet Enhances Emergency Response for Public Safety, https://www.5gamericas.org/firstnet-enhances-emergency-response-for-public-safety/, 2022/3/22

[105]https://www.gao.gov/assets/gao-15-407.pdf, 2015/4

[106]LMR and LTE for Public Safety in 700MHz Spectrum, https://downloads.hindawi.com/journals/wcmc/2019/7810546.pdf, 2019

[107]National Public Safety Telecommunications Council LMR-LTE Integration and InteroperabilityWorking Group, "Public Safety Land Mobile Radio (LMR) Interoperability with LTE Mission Critical Push to Talk,"Tech. Rep., https://www.npstc.org/download.jsp?tableId=37&column=217&id=4031&file=NPSTC_Public_Safety_LMR_LTE_IO_, 2018/1/8

[108]NG911 & FirstNet Guide for State & Local Authorities, https://www.911.gov/projects/ng911-for-public-safety-leaders/ng911-and-firstnet-guide-for-state-and-local-authorities/, 2023/4/4

[109]FirstNet Roadmap 2023, https://www.firstnet.gov/sites/default/files/Roadmap_2023.pdf, 2023

[110]FirstNet Push-to-Talk: LMR Interoperability Option, https://www.firstnet.com/content/dam/firstnet/white-papers/firstnet-ptt-lmr-interoperability-overview.pdf, 2020/12

[111]https://www.firstnet.com/devices.html

[112]https://www.verizon.com/business/products/devices/public-sector/#public-safety

[113]FirstNet Push-to-Talk Android App User Guide, https://www.firstnet.com/content/dam/firstnet/white-papers/firstnet-ptt-android-companion-app-guide.pdf, 2022/12

[114]美國 FirstNet 與 AT&T 協議共建全美公共安全寬頻網, https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=64&tp=1&d=7812, 2017/6

[115]Band 14 interference on ERCES, https://www.linkedin.com/pulse/band-14-interference-erces-gabriel-guevara/, 2021/5/2

[116]FirstNet cell sites launching nationwide to support public safety, https://www.firstnet.com/community/news/firstnet-cell-sites-launching-nationwide.html, 2022/2/4

[117]What are Cellular Frequency Bands?, https://www.wilsonamplifiers.com/blog/frequencies-by-provider/, 2022/5/20

[118]Antenna Frequency Information, https://5gstore.com/landing/af/lte_band_12131729_700mhz/,

[119]FirstNet and 5G: Reliably connecting first responders to help keep communities safe, https://www.firstnet.com/community/news/firstnet-and-5g-reliably-connecting-first-responders-to-help-kee.html, 2022/8/31

[120]Verizon website, https://www.verizon.com/business/resources/5g/basics/, Everything you need to know about Verizon 5G.

[121]FirstNet-ready Vehicle Gateway Enhances Wireless Communication for EMS, https://www.lannerinc.com/ru/applications-ru/transportation/firstnet-ready-vehicle-gateway-enhances-wireless-communication-for-ems,

[122]https://5gaa.org/members/, 2023/09

[123]遠傳領先佈局物聯網商機　車聯網、資產追蹤應用受矚目, https://news.fenc.com/news_detail.aspx?lang=zh--&id=4594, 2018/11

[124]Quinn Nghiem (2023), Advocates for Connected Vehicle Technology Urge the FCC to Act. https://broadbandbreakfast.com/2023/06/advocates-for-connected-vehicle-technology-urge-the-fcc-to-act/

[125]Davis Wright Tremaine (2022), FCC Approves C-V2X Technology for Connected Vehicles Ahead of Final ITS Rules. https://www.dwt.com/blogs/broadband-advisor/2023/05/fcc-connected-vehicles-c-v2x

[126]新通訊，2022, 建構下世代行車安全藍圖 DSRC/C-V2X 標準細比拚。https://www.dekra.com.tw/tc/xin-tong-xun-jian-gou-xia-shi-dai-xing-che-an-quan-lan-tu-dsrc-c-v2x-biao-zhun-xi-bi-pan/

[127]NHTSA (2022), Newly Released Estimates Show Traffic Fatalities Reached a 16-Year High in 2021. NHTSA’s 2021 Estimate of Traffic Deaths Shows 16-Year High

[128]ITS America (2023), ITS America National V2X Deployment Plan. https://itsa.org/wp-content/uploads/2023/04/V2XDeploymentPlan-1.pdf

[129]ITE (2022), ITE Urges Progress in V2X Deployment in Joint Statement with Industry Stakeholders. https://www.ite.org/ITEORG/assets/File/ITE%20V2X%20statement.pdf

[130]FCC(2020), FCC MODERNIZES 5.9 GHz BAND FOR WI-FI AND AUTO SAFETY. https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-368228A1.pdf

[131]Request for Waiver of 5.9 GHz Band Rules to Permit Initial Deployments of Cellular Vehicle-to-Everything Technology, Ford Motor Company, et

al., ET Docket No. 19-138, Appendix 1 at 10–11 (filed Dec. 13, 2021) (Joint Waiver Request), https://www.fcc.gov/ecfs/file/download/DOC-5f6d7d2ef3400000-A.pdf?file_name=CV2X%20Waiver%20Request%2012%2013%202021.pdf; see also Letter from the C-V2X Joint Waiver Parties to Marlene H. Dortch, Secretary, FCC, ET Docket No. 19-138, at 3 (filed Apr. 20, 2022) (Joint Waiver Request Supplement), https://www.fcc.gov/ecfs/document/104201266008794/1.

[132]FCC(2023), DOC-396083A1, re Requests for Waiver of 5.9 GHz Band Rules to Permit Initial Deployment of Cellular Vehicle-to-Everything Technology, ET Docket No. 19-138. FCC 在這份文件裡說明法規適用並列出准予豁免名單。https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-396083A1.pdf

[133]FCC(2023), Request for Waiver of 5.9 GHz Band Rules to Permit Initial Deployment of Cellular Vehicle-to Everything Technology. https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-23-343A1.pdf

[134]The mobile network (2022), Understanding the Cellular V2X ecosystem. https://the-mobile-network.com/2023/05/understanding-the-cellular-v2x-ecosystem/

[135]Qualcomm (2018), 5G NR based C-V2X . 5G NR based C-V2X (qualcomm.com)

[136]Qualcomm (2019), Introduce to C-V2X. https://www.qualcomm.com/products/automotive/c-v2x

[137]McGregor (2023), Qualcomm Brings Home Broadband To The Car. Qualcomm Brings Home Broadband To The Car (forbes.com)

[138]Audi (2020)，Audi of America, Virginia DOT and Qualcomm Announce Initial C-V2X Deployment in Virginia. https://www.qualcomm.com/news/releases/2020/01/audi-america-virginia-dot-and-qualcomm-announce-initial-c-v2x-deployment

[139]Walford (2023), Car Communication Comes Of Age – C-V2X (Cellular-Vehicle-To-Everything) Explained. https://www.danlawinc.com/car-communication-comes-of-age-c-v2x-explained/

[140]Audi (2021), Car2X & C-V2X–connected vehicle pilot projects from the US. https://www.audi.com/en/innovation/autonomous-driving/car-to-x.html

[141]財團法人車輛研究測試中心，智慧安全車輛與車載無線通訊國際發展趨勢簡介, https://reurl.cc/WGVGDy, 2009/10

[142]MIC’ s Initiatives for Automated Driving Society，https://en.sip-adus.go.jp/conference/its2021/file/2021doc_04.pdf, 2021/10

[143]Choi, J., Marojevic, V., Dietrich, C. B., Reed, J. H., & Ahn, S. (2020). Survey of spectrum regulation for intelligent transportation systems. IEEE Access, 8, 140145-140160.

[144]日本總務省 (2022)，周波数再編アクションプラン（令和 4 年度版）の公表, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000451.html

[145]Business Network (2023)，5.9GHz 帯を「協調型自動運転」に活用へ 総務省が次世代 ITS の研究会 https://businessnetwork.jp/article/12826/.

[146]総務省移動通信課新世代移動通信システム推進室(2023)，自動運転

時代の“次世代の ITS 通信”研究会，
https://www.soumu.go.jp/main_content/000878289.pdf
[147]総務省移動通信課新世代移動通信システム推進室(2023)，自動運転
時代の“次世代の ITS 通信”研究会，
https://www.soumu.go.jp/main_content/000878289.pdf
[148]総務省移動通信課新世代移動通信システム推進室(2023)，自動運転
時代の“次世代の ITS 通信”研究会，
https://www.soumu.go.jp/main_content/000878289.pdf
[149]Qualcomm(2018)，C-V2X Trial in Japan，
https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/c-v2x_trial_in_japan_-_december_2018.pdf
[150]Line of Sight
[151]丰田通商株式會社，https://www.toyota-tsusho.com/chinese/ir/library/integrated-report/pdf/ar2022c_all.pdf，2023/07
[152]EDN, Maurizio Di Paolo Emilio,Power Electronics News (2023), 多元化策略推動下一代電動車安全上路
https://www.edntaiwan.com/20230411ta31-how-toyota-is-diversifying-its-strategies-for-next-gen-vehicles/
[153]Toyota ITS Connect (2015) https://global.toyota/jp/download/10064667/
[154]Smart City Korea (2021), MOLIT establishes the master plan for intelligent transportation system 2030(‘21~’30),

https://smartcity.go.kr/en/2021/10/19/%EA%B5%AD%ED%86%A0%EB%B6%80-%EC%A7%80%EB%8A%A5%ED%98%95%EA%B5%90%ED%86%B5%EC%B2%B4%EA%B3%84-%EA%B8%B0%EB%B3%B8%EA%B3%84%ED%9A%8D-20302130-%EC%88%98%EB%A6%BD/

[155]Smart City Korea (2022), MSIT confirms frequency allocation plan for next-generation intelligent transportation system (C-ITS) pilot project, https://smartcity.go.kr/en/2022/03/16/%EA%B3%BC%EA%B8%B0%EC%A0%95%ED%86%B5%EB%B6%80-%EC%B0%A8%EC%84%B8%EB%8C%80%EC%A7%80%EB%8A%A5%ED%98%95%EA%B5%90%ED%86%B5%EC%B2%B4%EA%B3%84c-its-%EC%8B%9C%EB%B2%94%EC%82%AC%EC%97%85-%EC%A3%BC%ED%8C%8C/

[156]工信部（2018），工業和信息化部印發《車聯網（智能網聯汽車）產業發展行動計劃》。http://www.miit.gov.cn/n1146290/n4388791/c6565746/content.html

[157]IEK (2017), 中國車聯網發展態勢與創新應用, https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt_more.aspx?actiontype=rpt&indu_idno=14&domain=67&rpt_idno=740106683

[158]Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council. https://www.legislation.gov.uk/eudr/2010/40/contents

[159]Cooperative, connected and automated mobility (CCAM), https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/cooperative-connected-and-automated-mobility-ccam_en,

2021/11

[160]CCAM Roadmap for 2035, https://ertico.com/focus-areas/connected-cooperative-automated-mobility/, 2022

[161](2023), EU Directorate-General for Mobility and Transport, Sustainable transport: rules to boost intelligent transport systems for safer and more efficient transport agreed

[162]EC (2008), 2008/671/EC: Commission Decision of 5 August 2008 on the harmonised use of radio spectrum in the 5875 - 5905 MHz frequency band for safety-related applications of Intelligent Transport Systems (ITS),https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008D0671

[163]歐盟決議引述 ETSI Technical Report 103 111 V1.1.1 (2014-10) – part on spectrum requirements for urban rail systems in the 5,9 GHz range 報告，指出城市軌道運輸界認為，為運行基於城市軌道通訊的列車控制系統，至少需要 20 MHz 的協調頻譜。此類系統能夠安全且有效率地管理城市軌道交通，特別是透過縮短連續列車之間的間隔，以提高公共交通基礎設施的吞吐量。觀察歐盟各國的當地授權，許多地鐵線路已經使用了 5905–5935MHz 或更高的部分頻段。

[164]EC (2021), Commission Implementing Decision (EU) 2020/1426 of 7 October 2020 on the harmonised use of radio spectrum in the 5 875-5 935 MHz frequency band for safety-related applications of intelligent transport systems (ITS) and repealing Decision 2008/671/EC , https://eur-lex.europa.eu/legal-

content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32021D1730

[165]Connected and automated mobility: three 5G Corridor trial projects to be launched at ICT 2018 event, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/connected-and-automated-mobility-three-5g-corridor-trial-projects-be-launched-ict-2018-event, 201811

[166]5G Corridors, https://5gobservatory.eu/5g-corridors/, 202309

[167]5G cross-border corridors, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cross-border-corridors, 202303

[168]Use case, https://5gcarmen.eu/use-cases/, 202309

[169]我國車聯網產業鏈發展分析，MIC，2023/03

[170]Federal Register (2021), E.O. 14056 of Dec 1, https://www.federalregister.gov/documents/2021/12/03/2021-26459/the-national-space-council

[171]Federal Register (2020), E.O. 13914 of Apr 6, 2020, https://www.federalregister.gov/documents/2020/04/10/2020-07800/encouraging-international-support-for-the-recovery-and-use-of-space-resources

[172]Congressional Research Service (2018), Commercial Space: Federal Regulation, Oversight, and Utilization (R45416), https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45416

[173]Office of Space Commerce (2020), National Space Policy, https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-policy/

[174]Federal Register (2021), 86 FR 11880, https://www.federalregister.gov/documents/2021/03/01/2020-28907/further-streamlining-fcc-rules-governing-satellite-services

[175]FCC (2020), Further Streamlining Part 25 Rules Governing Satellite Services , Report and Order, https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-159A1.pdf

[176]FCC (2023), Single Network Future: Supplemental Coverage from Space, Space Innovation, Notice of Proposed Rulemaking, https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-23-22A1.pdf

[177]ISED (1999), RP-007 – Policy Framework for the Provision of Mobile Satellite Service Via Regional and Global Satellite Systems in the Canadian Market, https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/policies/radio-systems-policies-rp/rp-007-policy-framework-provision-mobile-satellite-service-regional-and-global-satellite-systems

[178]ISED (2017), RP-008 – Policy Framework for Fixed-Satellite Service (FSS) and Broadcasting-Satellite Service (BSS), https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/policies/radio-systems-policies-rp/rp-008-policy-framework-fixed-satellite-service-fss-and-broadcasting-satellite-service-bss

[179]Ofcom (2022), Statement: Space spectrum strategy, https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/space-spectrum-strategy

[180]Ofcom (2022), UK frequency allocations for Satellite Earth Stations, https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0028/44875/ofw241.pdf

[181]Ofcom (2022), Non-geostationary satellite earth stations licensing guidance, https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/229224/ngso-

guidance.pdf

[182]Ofcom (2023), Consultation: Expanding spectrum access for satellite gateways in the 28 GHz band, https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/expanding-spectrum-access-for-satellite-gateways-in-the-28-ghz-band

[183]Ofcom (2021), Satellite (non-geostationary earth station) radio licence application form – OfW564 https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/non-geostationary-satellite-systems

[184]BT (2023), BT and OneWeb deliver high-speed satellite connectivity to Lundy Island, https://newsroom.bt.com/bt-and-oneweb-deliver-high-speed-satellite-connectivity-to-lundy-island/

[185]Eutelsat OneWeb (2023), Telstra and OneWeb seal deal on delivering new satellite solutions, https://oneweb.net/resources/telstra-and-oneweb-seal-deal-delivering-new-satellite-solutions

[186]Eutelsat OneWeb (2022), OneWeb and HD Hyundai Avikus to advance marine technology by unlocking the potential of LEO connectivity, https://oneweb.net/resources/oneweb-and-hd-hyundai-avikus-advance-marine-technology-unlocking-potential-leo

[187]Eutelsat OneWeb (2021), OneWeb and Tampnet sign Agreement to further develop Next Generation of Offshore Connectivity Capabilities, https://oneweb.net/resources/oneweb-and-tampnet-sign-agreement-further-develop-next-generation-offshore-connectivity

[188]EC (2009), 2009/449/EC: Commission Decision of 13 May 2009 on the selection of operators of pan-European systems providing mobile satellite services (MSS), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0449

[189]https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000044559515

[190]https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043142179

[191]https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043099748?init=true&page=1&query=Thales+Alenia&searchField=ALL&tab_selection=all

[192]https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042331106?init=true&page=1&query=O3bNext&searchField=ALL&tab_selection=all

[193]EU(2023), IRIS²: the new EU Secure Satellite Constellation, https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-policy/iris2_en

[194]JSAT, Satellite Fleet, https://sky-brokers.com/wp-content/uploads/2020/12/Sky-Perfect-JSAT-Satellite-Fleet.pdf

[195]亞旭電腦 https://www.askey.com.tw/tw/

[196]伸波通訊 https://www.wavein.com.tw/

[197]Mobile Industry Deploys Open Network APIs and Prepares for New Era of Digital Services and Mobile Apps：https://www.mwcbarcelona.com/press-releases/gsma-open-gateway

[198]MWC23： GSMA Introduces New Era of Earth Computing：https://www.eetimes.com/mwc23-gsma-introduces-new-era-of-earth-computing/

[199]GSMA Open Gateway lays the foundation for a new era of Digital Services：https://www.gearrice.com/update/gsma-open-gateway-lays-the-foundation-for-a-new-era-of-digital-services/

[200]Linux, APIs enabling seamless access to Telco network capabilities, https://camaraproject.org/

[201]CAMARA Project, https://github.com/camaraproject

[202]MWC23 Barcelona – 5G Futures Summit, https://www.gsma.com/futurenetworks/gsma_events/mwc23-barcelona-5g-futures-summit/

[203]Ericsson，Operators are opening up 5G networks to application developers to drive innovation：https://www.ericsson.com/en/news/2023/2/operators-are-opening-up-5g-networks-to-application-developers-to-drive-innovation

[204]林之晨：定義網路 API 化時代來臨 https://wantrich.chinatimes.com/news/20230316900045-420301

[205]Analysys Mason，NPaaS： operator strategies and implementation of 5G APIs

[206]Analysys Mason，MWC 2023： Camara Project and Open Gateway details are revealed but no answers about commercial models

[207]經濟日報，5G 變現的機會來了 https://money.udn.com/money/story/5612/7078592

[208]ITU, Non-geostationary satellite systems, https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/Earth-stations-in-motion-satellite-issues.aspx

[209]3GPP TR 23.737 – Study on architecture aspects for using satellite access in 5G

[210]3GPP TR 38.811 ： Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks

[211]3GPP TR 38.821 ： Solutions for NR to support non-terrestrial

networks (NTN)

[212]RP-193234：Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)

[213]TS 22.261：Service requirements for the 5G system; Stage 1 (Release 18)

[214]資策會產業情報研究所，評 6G 整合感測通訊潛在應用，2023/10

[215]資策會產業情報研究所，由 ITU《6G 願景》看國際新興應用發展與趨勢，2023/09

[216]Artificial Intelligence Applications and Self-Learning 6G Networks for Smart Cities Digital Ecosystems，https://evolutionofnetworks.blogspot.com/

[217]Integrating Sensing and Communications for Ubiquitous IoT: Applications, Trends and Challenges，https://arxiv.org/abs/2104.11457，2023

[218]3GPP Release 18, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18

[219]TSG SA – Service and System Aspects, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa

[220]TSG RAN – Radio Access Network, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/radio-access-networks-ran

[221]3GPP Release 18 觀測 B5G 關鍵技術發展方向，資策會產業情報研究所

[222]5G Fixed Wireless Access - A powerful alternative to fiber to the home. 5g-fixed-wireless-access-a-powerful-alternative-to-fiber-to-the-home.pdf (samsung.com),2022/12/21

[223]Omdia (2023), Norway： Country Regulation Overview - 2023, https://omdia.tech.informa.com/OM030406/Norway-Country-Regulation-Overview--2023

[224]Working Party 5D (WP 5D) - IMT Systems, https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx

[225]ITU Preparations for CPM23-2, RA-23 and WRC-23, https://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/wrs/2020/Plenary%20Sessions%20%20Presentations/01.%20Opening%20and%20General%20-%2030%20Nov%202020/P5.%20WRS-20_WRC-23%20preparation.pdf

[226]The vision for IMT toward 2030 and beyond, https://one6g.org/5th-contribution-to-the-itu-r-vision-for-2030-and-beyond/

[227]3GPP Release 17, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-17

[228]3GPP, TS 23.501.、3GPP, TS 23.122.、3GPP, TS 38.300.、3GPP, TS 23.122.、3GPP, TS 23.003.

[229]3GPP Release 18, https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18

[230]TSG SA – Service and System Aspects, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa

[231]TSG RAN – Radio Access Network, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/radio-access-networks-ran

[232]3GPP Release 18 觀測 B5G 關鍵技術發展方向，資策會產業情報研究所

[233]3GPP SA WG1 – Services, https://www.3gpp.org/3gpp-groups/service-system-aspects-sa/sa-wg1

[234]3GPP – RELEASE 17 AND 18 , 2022/04/20, https://www.atis.org/wp-content/uploads/2022/04/3GPP-Webinar-Slides-Combined_4-20-22-002.pdf

[235]ATIS Next G Alliance, https://www.atis.org/tags/6g/

[236]Hexa-X, https://hexa-x.eu/

[237]Next Generation Mobile Networks Alliance, https://www.ngmn.org/

[238]NGMN 6G DRIVERS AND VISION, https://www.ngmn.org/work-programme/ngmn-6g-drivers-and-vision.html

[239]one6G – Taking communications to the next level, https://one6g.org/

[240]5G Americas (2018),Cellular V2X communications toward 5G, available at:

[241]周家慶 (2021)，5G 行動通訊於智慧運輸車聯網應用探討。

[242]國家通訊傳播委員會，「電信事業申請衛星固定通信用無線電頻率核配有關事項」

https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&cate=0&keyword=&is_history=0&pages=0&sn_f=47311/

[243]ACMA (2023), Five-year spectrum outlook 2023–28 and 2023-24 work program, https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2023-10/five-year_spectrum_outlook_2023-28.docx

[244]Private Mobile Networks - Private-Mobile-Networks February-2023 Summary Report, https://gsacom.com/paper/private-mobile-networks-february-2023-summary-report/