

財團法人電信技術中心出國報告

出席印尼 2024 年 第 10 屆亞太頻譜管理會議 出國報告書

單位名稱：財團法人電信技術中心

姓名職稱：王資寧 副研究員

胡依淳 副研究員

派赴國家：印尼雅加達

出國期間：2024 年 4 月 22 日至 2024 年 4 月 25 日止

報告日期：2024 年 5 月 25 日

目錄

壹、目的.....	1
貳、行程.....	2
參、會議過程及內容	4
一、開幕.....	4
(一)主辦單位：印尼資訊通信技術部郵政和資訊學資源管理和設備總局 (DG SDPPI) Dr. Ir. Ismail MT 致詞	4
(二)貴賓致詞：亞太地區電信社群秘書長 Masanori Kondo	4
(三)印尼通訊和資訊部部長 Budi Arie Setiadi 致詞	4
二、場次二之一：WRC-23 之決議成果及邁向 WRC-27	5
(一)亞太地區電信社群 (APT) 對於 WRC-23 之看法	5
(二)GSMA-WRC-23 對於行動用途之決議成果	8
(三)WRC 和未來頻譜-以節目製作和特別活動 (Program Making and Special Events, PMSE) 為例	10
(四)DSA-探討 WRC-23 對於各區 6425-7125 GHz 之決議影響	13
(五)GSOA-WRC-23 之衛星議題	14
(六)Nokia-6 GHz 頻段與未來 IMT 頻段	16
三、場次二之二：展望 WRC-27-ITU 的觀點	18
四、場次三：6 GHz 頻段之下一步發展及初探未來的協調方法	19
(一)柬埔寨 6 GHz 頻段的狀態	19
(二)韓國 6GHz 頻譜的現況與未來	19
(三)印尼對於 6 GHz 頻段之觀點	20
(四)新加坡對於 6 GHz 頻段未來協調方法	20
五、場次四：6 GHz 以下新興的中頻段生態系統-關鍵頻率的潛力	22
(一)泰國 Sub-6GHz 中頻段之頻譜的進步與發展	22
(二)巴基斯坦電信管理局 (PTA) -6 GHz 以下新興中頻生態系統	23
(三)中國工信部-6GHz 以下新興中頻生態系統	26
(四)GSA-6GHz 以下新興中頻生態系統	29
(五)印尼電信公司 Telkomsel-6GHz 以下新興中頻生態系統	32
(六)GSOA-6GHz 以下新興中頻生態系統	33
六、Thinking Point：無線備援作為 5G 及 5G-Advanced 布建之推動者	36
七、場次五：亞太地區之 5G 潛力：克服挑戰，抓住機會	38
(一)斯里蘭卡 5G 變革性技術	38
(二)GSMA 之 5G 現況及頻譜使用	38
(三)韓國之 5G 頻譜現況及未來	39
(四)中國之 5G 到 5G-A 時代的頻譜需求	41
八、場次六：國家案例研究主題-展示未來頻譜藍圖及計畫	42
(一)Ericsson 討論從 5G 到 6G 亞太地區的技术演進與頻譜需求	42

(二)越南未來頻譜藍圖	43
(三)印尼頻譜價格計算方式與趨勢	44
九、場次七：頻譜釋出之頻譜定價、頻譜執照和續照之實行方式	45
(一)頻譜釋出 – 頻譜定價、頻譜執照和續照之實行方式	45
(二)成熟行動市場中的頻譜執照定價和續照政策	49
(三)GSMA-有效的頻譜定價在 5G 時代至關重要	51
十、場次八：探索新互連方式：彌補數位落差之策略、技術與協調	52
(一)亞太電信組織（APT）視角之數位落差	52
(二)孟加拉探索新連接方法，彌補數位落差之策略、技術及協調	53
(三)印尼 XL AXIATA 行動通訊業者提出電信產業面臨的挑戰	54
(四)Rivada 太空網路公司提出無所不在的連接	55
十一、場次九：連結天空與地面：混合網路與全球涵蓋之新技術與監管改革	57
(一)Access Partnership 顧問公司提出全球互連議題	57
(二)越南 ARFM 討論 D2D 議題	58
(三)Intelsat 國際頻譜政策總監討論衛星產業觀點	59
十二、場次十：管理不同 GSO 和 NGSO 系統之共存，提出技術、監理挑戰及解決方案建議	60
(一)Amazon 針對 ITU 提出不同類型干擾定義進行分享	60
(二)印尼通訊與資訊部-監理方面管理 GSO 和 NGSO 的共存	61
(三)Viasa 將討論 NGSO-NGSO 與 NGSO-GSO 共存環境之議題	62
十三、場次十一：未來連接生態系統中的創新頻譜共享策略	62
(一)Hewlett Packard Enterprise Aruba Networking-使用自動頻率協調的標準功率 Wi-Fi	62
(二)SENNHEISER-頻譜共享之觀點	65
(三)Indosat Ooredoo Hutchison -頻譜共享之觀點	66
(四)Windsor Place Consulting- 6 GHz 頻段共享的重要方法	68
肆、心得及建議	71
伍、附件：相關照片及資料	74

壹、目的

本中心為執行數位發展部「ITU 及國內頻率資源管理規範研究」補助計畫案，達成參與國際電信聯合會（ITU）相關會議、蒐集國際頻譜管理發展趨勢等計畫工作目標需求，由本中心研究企劃組王資寧副研究員及胡依淳副研究員出席位於印尼舉辦之 2024 年第十屆亞太頻譜管理會議（10th Asia-Pacific Spectrum Management Conference），掌握亞太地區國家頻譜管理新趨勢並建立國際鏈結。

亞太頻譜管理會議（Asia-Pacific Spectrum Management Conference）為全球頻譜系列（Global Spectrum Series）之區域會議之一，於 2013 年召開首次會議，其後每年舉辦一次，主要探討亞太地區頻率規劃、分配與管理之區域性會議，第十屆亞太頻譜管理會議於 2024 年 4 月 23 日開始至 4 月 24 日結束，為期 2 天，就分享 WRC-23 決議成果、展望 WRC-27 之議題、6 GHz 頻段發展與規劃、頻譜藍圖與展望、探索新互連之方式、衛星與非地面網路未來形態等，邀請亞太地區主管機關、不同頻率用途之產業代表、國際組織或研究單位分享觀點。

貳、行程

表 1：出國行程表

日期	行程
2024 年 4 月 22 日 09:15~13:35	差旅時間：臺灣桃園機場至蘇加諾-哈達國際機場 (搭乘中華航空 CI761)
2024 年 4 月 23 至 24 日 9:00-18:00	參加 2024 年第 10 屆亞太頻譜管理會議(10th ASIA-PACIFIC Spectrum Management Conference)兩天議程 主要參與議題：行動技術與頻譜發展趨勢
2024 年 4 月 25 日 14:40~21:15	差旅時間：蘇加諾-哈達國際機場至桃園機場 (搭乘中華航空 CI762)

表 2：會議參與進程

2024 年 4 月 23 日	
時間	主題
09:00 - 09:40	Session 1: Opening Ceremony and Keynote Addresses
09:40 - 11:10	Session 2i: WRC-23 - Debrief, outcomes and next steps towards WRC-27
11:00 - 11:35	Refreshment Break
11:35 - 12:05	Session 2ii: Looking ahead to WRC-27 - the view from ITU
12:05 - 13:10	Session 3: What next for the 6GHz band: To what extent do we have a platform for a future coordinated approach?
13:10 - 14:10	Lunch
14:10 - 15:30	Session 4: The emerging mid-band ecosystem below 6GHz - unlocking the potential of these key frequencies
15:55 - 16:15	Thinking Point: Wireless Backhaul as future proof enabler of 5G and 5G-Advanced deployment
16:15 - 17:25	Session 5: Unleashing the full potential of 5G in the APAC region: overcoming challenges and seizing the opportunities

2024 年 4 月 24 日	
時間	主題
09:00 – 10:00	Session 6: Country Case Study Session – a showcase of future spectrum roadmaps and award plans
10:00 – 10:50	Session 7: Spectrum Awards Masterclass – Best practice in spectrum pricing, licensing, and renewals
10:50 – 11:20	Refreshment Break
11:20 – 12:25	Session 8: Exploring new ways for universal connectivity: strategies, technologies and coordination to bridge the digital gap
12:25 – 13:15	Session 9: Bridging the sky and earth: new technologies and regulatory reform for hybrid networks and global coverage
13:15 – 14:10	Lunch
14:10 – 15:00	Session 10: Managing Co-existence of different GSO and NGSO systems – technical and regulatory challenges and solutions
15:00 – 16:10	Session 11: Innovative spectrum sharing strategies in the future connectivity ecosystem
16:10 – 16:15	Closing Remarks

參、會議過程及內容

一、開幕

(一) 主辦單位：印尼資訊通信技術部郵政和資訊學資源管理和設備總局（DG SDPPI）Dr. Ir. Ismail MT 致詞

Dr. Ir. Ismail MT 致詞時提到，第 10 屆亞太區頻譜管理會議旨在解決頻譜管理相關議題，並專注電信技術智慧化之發展與培育國內數位人才。通訊發展著重於智慧化 5G、5G 演進以及 6G 網路發展，包含 Wi-Fi、衛星以及非地面網路技術，希望印尼政府支持相關產業並加強與全球的合作。透過亞太區管理會議之平臺，與電信監理機關利害關係人以及學術界之領域專家學者齊聚一堂共同努力。同時於此會議展示亞太區先進與創新技術，其中為無線電頻譜提升社會經濟與用途，強化頻譜使用來支持經濟成長與技術創新。

(二) 貴賓致詞：亞太地區電信社群秘書長 Masanori Kondo

亞太區頻譜管理會議為亞洲區頻譜管理政策重要之討論論壇，同時向全球學習。透過實施 3 年策略計畫，目標於 2026 年提升數位水準，並且透過增強連結性、促進數位轉型、確保網路安全，來改善相容性與優先考慮永續性等措施，達到頻譜有效管理之基礎。本次會議中將深入探討共同成果，如 WRC-23 討論 5G 技術尚未開發之潛力並制定未來策略，本次會議將研究（1）頻譜藍圖之複雜性；（2）頻譜執照費用；（3）探討如何於不同系統間之共存，其延伸混合網路所需之監管革新及創新解決方案，來實現共同通訊願景。

(三) 印尼通訊和資訊部部長 Budi Arie Setiadi 致詞

本次會議為合作精神下相互參與和授權管理無線電頻譜資源之論壇，將分享頻譜最佳實踐場所。許多無線電技術供應商擔任監理主管機關及營運商之顧問並提供諮詢用途，來重新定義技術進步之數位願景。本次會議探討頻譜政策及法規之議題，如（1）衛星及網路互連；（2）6G；（3）Wi-Fi 6E 與 Wi-Fi 7；（4）NGSO 等先進技術，同時交流頻譜管理、頻率拍賣等議題觀點及討論各種挑戰與經驗分享，來推動未來數位相容性。

二、 場次二之一：WRC-23 之決議成果及邁向 WRC-27

本場次主要探討 2023 年世界無線電通訊大會（World Radiocommunication Conference 2023, WRC-23）之決議成果，以及邁向 2027 年世界無線電通訊大會（World Radiocommunication Conference 2027, WRC-27）之展望。國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）於 2023 年 11 月 20 日至 12 月 15 日於杜拜召開全球通訊產業矚目之 WRC-23 大會，來自 163 個成員國的 3,900 多名代表共襄盛舉，就關鍵討論議題作出決議，亞太地區和全球各利害關係人正思考如何滿足決議及未來頻譜規劃，主管機關面臨將充足的頻譜提供給滿足行動寬頻用途不斷增長的需求，並滿足衛星、Wi-Fi、廣播和其他關鍵用途未來增長需求之挑戰。

WRC-23 後一周舉行 WRC-27 的第一次準備會議，本次會議將討論在未來四年中在亞太地區（第 3 區）和國際主要討論之議題，以及對亞洲地區之頻譜發展。

（一）亞太地區電信社群（APT）對於 WRC-23 之看法

亞太地區電信社群（Asia-Pacific Telecommunity, APT）為 WRC-23 成立籌備組（APT Conference Preparatory Group for WRC-23, APG-23），負責協調亞太區區域觀點的重要小組。自 2020 年起召開 6 次 APT 籌備組會議（包含 2 次虛擬會議和 4 次混合會議）¹，其中第六次籌備組會議（APG23-6）共有 921 人參與，38 個會員中有 32 個會員、2 個準會員、40 個附屬會員，以及 424 人以個人身分出席參與。APT 向 WRC-23 提交 320 份共同提案（APT Common Proposals, ACPs）。

儘管 APT 之會員存在不同頻譜使用需求，仍會共同努力以達成 WRC-23 的成果。整體來說，APT 成員對 WRC-23 之決議結果尚稱滿意。WRC-23 之最終決議文件已發布，決議將於 2025 年 1 月 1 日生效，新的無線電規則（Radio Regulation, RR）將於 2024 年 8 月至 9 月發布。

APT 於 2024 年 3 月 4 日至 3 月 8 日在泰國芭達雅（Pattaya）召開第 32 次亞

¹ 2020 年 9 月 24 日-2020 年 9 月 25 日：APG23-1（線上會議）；2021 年 4 月 19 日-2021 年 4 月 23 日：APG23-2（線上會議）；2021 年 11 月 8 日-2021 年 11 月 13 日：APG23-3（線上會議）；2022 年 8 月 15 日-2022 年 8 月 20 日：APG23-4（泰國曼谷/線上會議）；2023 年 2 月 20 日-2023 年 2 月 25 日：APG23-5（韓國釜山/線上會議）；2023 年 8 月 14 日-2023 年 8 月 19 日：APG23-6（澳洲布里斯本/線上會議）

太地區電信組織無線小組會議（The 32nd Meeting of the APT Wireless Group, AWG-32），主要探討 WRC-23 會議之主要成果²。針對 WRC-23 討論國際行動電信（International Mobile Telecommunications, IMT）議題（Agenda items, AI）包含 1.1、1.2、1.3 與 1.4：

- 議題 1.1：考量可能採取措施，在 4800-4990 MHz 頻段內保護在國際空域和水域運作的航空及水上行動用途電臺，免受各國領土內其他電臺干擾之問題，並根據 WRC-19 修訂版第 223 號決議審議第 5.441B 款中的功率流量密度標準（power flux density, pfd）。
- 議題 1.2：考量將 3300-3400 MHz（1、2 區）、3600-3800 MHz（2 區）、6425-7025 MHz（1 區）、7025-7125 MHz（全區）和 10.0-10.5 GHz（2 區）頻段用 IMT，包括可能對行動用途以外之分配。
- 議題 1.3：第 1 區 3600-3800 MHz 頻段給行動用途（航空用途除外）作為主要用途之議題。
- 議題 1.4：在 2.7 GHz 以下特定頻段中，透過使用高空通訊平臺作為國際行動基地臺，促進行動用途之互通性。

WRC-23 議題 1.1、1.2、1.3 之最終決議如下表。

表 3：WRC-23 議題 1.1、1.2、1.3 之最終決議

AI	頻段 (MHz)	世界無線電頻率分配區域	WRC-23決議
1.1	4800 – 4990	R1(第1區) R2(第2區)	• WRC-19 ➢ 根據RR 5.441B：39個國家4800-4990 MHz用於IMT，受PFD限制和第9.21條協調機制之程序 ➢ PFD限制保護國際水域中的飛機、船隻；為符合限制，離海岸超過500公里的IMT設有排除區 • WRC-23 ➢ PFD限制沒有變化；在第223號決議中被排除在限制範圍之外的國家列表沒有變化 ➢ 在RR 5.441B中新增了12個R1地區和R2地區之國家
1.2	3300 - 3400	R1 R2 R3(第3區)	增加16個國家供IMT使用 (主要為非洲國家) 分配給行動用途 (Mobile Service)；整個R2地區供IMT使用 增加1個國家供IMT使用 (新加坡)
	3600 - 3700	R2	整個R2地區供IMT使用
	3700 - 3800	R2	R2地區其中15個國家供IMT使用
	6425 - 7125	R1 R2	整個R1地區供IMT使用 R2地區其中2個國家供IMT使用 (巴西、墨西哥)
	6425 - 7025	R3	R3地區其中3個國家供IMT使用 (柬埔寨、寮國、馬爾地夫)
	7025 - 7125	R3	整個R3地區供IMT使用
	10 - 10.5 GHz	R2	R2地區其中12個國家供IMT使用
	3600 – 3800	R1	整個R1地區，將行動用途(航空行動用途除外)由次要用途升級為主要用途 在60個國家3.6–3.8 GHz用於IMT；在6個國家3.6–3.7 GHz用於IMT

資料來源：APT, AWG-32/INF-02(Rev.1)

² APT (2024), The 32nd Meeting of the APT Wireless Group, MAIN WRC-23 RESULTS, https://www.apr.int/sites/default/files/2024/03/AWG-32-INF-02Rev.1_Main_WRC-23_Results.pdf

至於議題 1.4，WRC-23 決議開放 694-960 MHz、1710-1980 MHz、2010-2025 MHz、2110-2170 MHz、2500-2690 MHz 等頻段供 HIBS 使用，並限制平臺飛行高度於 18 至 25 km。

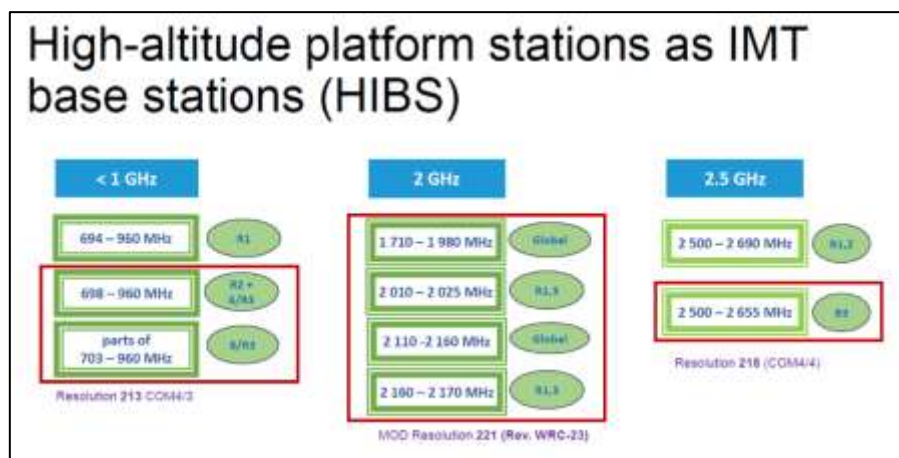


圖 1：WRC-23 議題 1.4 之最終決議

資料來源：AWG-32/INF-02(Rev.1)

針對 WRC-23 討論衛星議題，主要包含議題 1.15、1.16、1.19、7A 與 7B，彙整各議題之決議與影響如下表。

表 4：WRC-23 之議題 1.15、1.16、1.19、7A 與 7B 之決議

議題		WRC-23 決議	影響
1.15	GSO ESIM 使用 13 GHz 頻段	允許飛機和船舶上的 ESIM 透過 GSO 系統在 12.75-13.25GHz(上行鏈路)下運作	滿足與飛機和船舶的非安全通訊日益增長的需求
1.16	NGSO ESIM 使用 Ka 頻段	允許在 17.7-18.6 GHz、18.8-19.3 GHz、19.7-20.2 GHz(下行鏈路)和 27.5-29.1 GHz、29.5-30 GHz(上行鏈路)的 FSS 中使用航空和海事和 NGSO ESIM。同時保護固定、行動、衛星和科學用途	-
1.19	第 2 區 17.3-17.7 GHz 頻段供衛星固定用途 (FSS)	主要分配給第 2 區中 17.3-17.7 GHz(空對地)的 FSS，用於 GSO 和非 GSO 網路，並保護現有用途，包括 BSS 饋線鏈路	協調頻段與第 1 區類似的 FSS 分配
7A	FSS、BSS、MSS 中 NGSO 太空站的軌道容差值 (Orbit tolerances)	定義 NGSO FSS、BSS 和 MSS 軌道特性的容差值，例如遠地點高度、近地點高度、軌道平面傾角	更有效利用軌道和頻譜資源
7B	為掌握 NGSO 於中長	應於規定時間內回報衛星布	定期報告布建資訊(四年一

議題	WRC-23 決議	影響
期可能歷經衛星布建數量減少之情況，因此考慮於第 35 號決議中加入衛星數量通報之規定。(即里程碑後程序 (post-milestone procedure))	建資訊	次)，包括布建之衛星數量。若數量低於通知數量，則每年報告一次

資料來源：AWG-32/INF-02(Rev.1)

ITU 將於 2027 年召開世界無線電通訊大會 (WRC-27)，展望未來重要之探討議題如下：

- 議題 1.7：主要用於 IMT-2030 及以後的 IMT 在 4400-4800 MHz / 7125-8400 MHz / 14.8-15.35 GHz 使用。
- 議題 1.13：694-2700 MHz 頻段為衛星行動分配 (Mobile Satellite Service, MSS)，探討太空電臺與 IMT 陸地設備之間的直接連接。
- 議題 1.12：修改 13.75-14 GHz 的共享條件，以允許使用更小天線的 FSS 地面電臺，以提供更多頻譜。



圖 2：未來 WRC-27 之討論議題

資料來源：AWG-32/INF-02(Rev.1)

(二) GSMA-WRC-23 對於行動用途之決議成果

GSMA 於 2024 年 2 月發布 2024 年頻譜政策趨勢 (Spectrum Policy Trends 2024) 報告，包含：WRC-23 決議對於 2024 年頻譜政策之影響、技術中立執照和網路落

日可提高頻譜效率、頻譜定價政策彌補涵蓋範圍與使用差距、放棄採用單一批發網路（single wholesale networks, SWN）政策、專用行動網路之間管政策等議題。

以下針對 WRC-23 對於行動用途之決議，以及 WRC-27 將研議之頻譜。

WRC-23 對於 IMT 頻段 3.5 GHz、6 GHz 和低頻段之決議：

- 5G 核心頻段：歐洲、中東、非洲地區(Europe, Middle East, and Africa, EMEA) 和美洲地區之多數國家 5G 用途達成和諧使用 3.5 GHz 頻段；
- 中頻段擴充容量：確定 ITU 各區域可使用之 6 GHz 頻段範圍，第 1 區 6425-7125 MHz 頻段；第 3 區 7025-7125 MHz 供 IMT 使用；
- 低頻段實現數位平等：中東地區、非洲地區可使用 600 MHz 頻段供 IMT 使用；歐洲可使用 470-694 MHz 頻段供 IMT 使用。

Mid-band capacity expansion	Final harmonisation of 5G core band	Low band for digital equality
6 GHz	3.5 GHz	Low Bands
- IMT throughout EMEA and CIS in 6.425-7.125 GHz - IMT footnotes for APAC and Americas - Footprint expansion in 2027 60% of global population covered by countries supporting 6 GHz IMT 700 MHz of new IMT capacity in 6 GHz band	- Harmonisation throughout EMEA, CIS and the Americas within 3.3-3.4 and 3.6-3.8 GHz 400 MHz+ harmonised spectrum in nearly all countries - Harmonisation of 3.5 GHz completed in over 150 countries	- IMT throughout Middle East in 600 MHz - Mobile allocation in 470-694 MHz in Europe 600 MHz foothold in some African countries 60+ countries signed into new footnotes for low-band spectrum

圖 3：WRC-23 對於 IMT 頻段之決議

資料來源：GSMA

WRC-27 分別對於 IMT、D2D 與衛星行動用途考量之頻段如下：

- 新增 IMT 使用頻段：4400-4800 MHz（第 1 區、第 3 區）、7125-7250 MHz（全球）、7750-8400 MHz（第 2 區）、14.8-15.35 GHz（全球）頻段；
- 設備直連頻段（Direct to Device, D2D）：衛星行動使用 IMT 頻段介於 694/698 MHz 至 2.7 GHz 之間；
- 新增衛星行動用途頻段（New Mobile Satellite）：1427-1432 MHz、1645.5-1646.5 MHz、1880-1920 MHz、2010-2025 MHz、2120-2170 MHz。

WRC-27 Agenda		
Region 1	Region 2	Region 3
4 400-4 800 MHz		4 400-4 800 MHz
7 125-7 250 MHz 7 750-8 400 MHz	7 125-8 400 MHz	7 125-8 400 MHz
14.8-15.35 GHz	14.8-15.35 GHz	14.8-15.35 GHz

Direct to Device Mobile satellite in IMT bands between 694/698 MHz and 2.7 GHz	New Mobile Satellite 1 427-1 432 MHz 1 645.5-1 646.5 MHz 1 880-1 920 MHz 2 010-2 025 MHz 2 120-2 170 MHz
--	--

圖 4：WRC-27 對於 IMT 考量之頻段

資料來源：GSMA

(三) WRC 和未來頻譜-以節目製作和特別活動（Program Making and Special Events, PMSE）為例

在傳統受眾、手機消費和新支付平臺的推動下，對於節目製作和特別活動（Program Making and Special Events, PMSE）應用的需求正在增加。PMSE 設備包括：無線麥克風、入耳式監聽系統、對講系統與無線攝影機等。

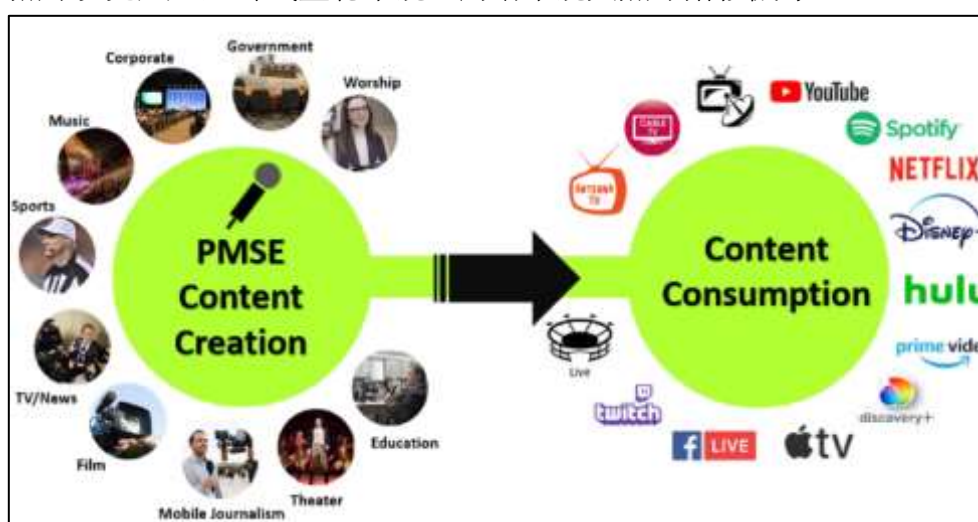


圖 5：PMSE 支應用與使用平臺

資料來源：Shure³

³ Shure 是一家成立於 1925 年的美國公司，主要生產高品質的音頻設備。Shure 以其麥克風、耳機、無線系統和其他音頻設備而聞名，廣泛應用於音樂、廣播、錄音和現場演出等領域。

全球音樂旅遊市場預計將從 2023 年 59.1 億美元增至 2033 年 140 億美元，並在未來十年以 9% 的複合年增長率（CAGR）增長。例如：美國知名歌手泰勒絲（Taylor Swift）於 2024 年 2 月 16 至 18 日在澳洲墨爾本舉行為期三天的巡演，此次巡演創造了 5.58 億美元的經濟價值；周杰倫於 2023 年 8 月下旬在中國呼和浩特（Hohhot）體育場舉辦演唱會，為期四天演唱會帶動當地旅遊消費達 4.001 億美元。

以音訊節目製作和特別活動之頻譜（Audio PMSE Spectrum）需求來說，全球使用核心頻段範圍為 470-698 MHz，並與電視共享。根據歐洲研究顯示約 96 MHz 頻寬足以滿足 1 GHz 以下 UHF 頻段之日常使用，平均頻譜需求範圍小型活動為 42 MHz 頻寬；大型活動為 115 MHz 頻寬；重大活動為 174 MHz 頻寬。

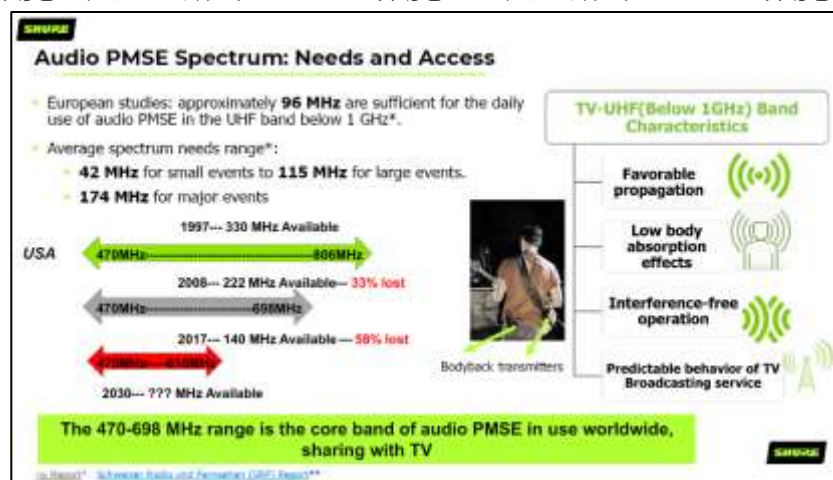


圖 6：Audio PMSE 之頻譜需求

資料來源：Shure

WRC-23 討論議題 1.5 為考慮 ITU-R 第 1 區（歐洲、中東和非洲）470-694 MHz 頻段之監管措施。該議題決議如下：

- 在 ITU-R 第 1 區（EMEA）的頻率分配表中，沒有對行動用途進行全面的頻率分配，而是透過各國可用註腳之方式標明可使用之用途；
- 現有註腳目前和未來在 470-694 MHz 範圍內使用 PMSE，在該頻段使用 PMSE 的增加 4 個國家；
- 鼓勵主管機關為 PMSE 提供頻譜，並為 PMSE 開放全球/區域統一頻段。

綜上所述，WRC-23 議題 1.5 至關重要，因為其將影響歐洲、中東和非洲（EMEA）470-694 MHz 頻段使用之無線麥克風。

預計未來 3 年內將布建 600 MHz 行動網路之國家，區分為兩種類型：

- 美國行動頻譜規劃之頻段為 617-652MHz（下行）/663-698MHz（上行）；
- APT 行動頻譜規劃之頻段為 612-652MHz（下行）/663-703MHz（上行）。

表 5：預計未來 3 年內將布建 600 MHz 行動網路之國家

國家	頻譜規劃	預計時間
墨西哥	採用美國行動頻譜規劃	2024?
阿聯酋、沙烏地阿拉伯、奈及利亞	採用美國行動頻譜規劃	2024?
香港	採用美國行動頻譜規劃	過去曾於 2021 拍賣（無人競標）
印度	採用 APT 行動頻譜規劃	600MHz 拍賣會已舉行兩次（無人競標）

註：以色列允許在 470-502 MHz 頻段使用無線麥克風。

資料來源：Shure

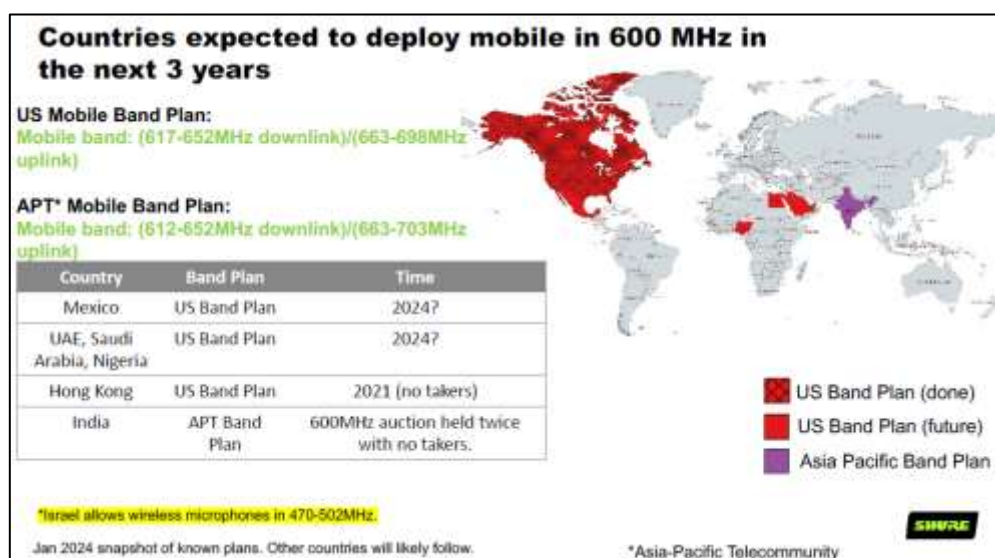


圖 7：使用 600 MHz 頻段布建行動網路之國家

資料來源：Shure

節目製作與特殊事件轉播（Program Making and Special Events，PMSE）是國家文化和創意產業的關鍵元素。頻譜是可靠和安全的內容製作的基本要素。然而，可用的頻譜資源正在減少，以支持其他依賴內容豐富其商業產品的用戶。因此，Shure 正在推動以下措施：

- 長期接取 UHF 頻段（470-698 MHz）以滿足不斷增長的 PMSE 需求；
- 改造 DECT 頻段（1880-1930 MHz），以支持無線會議系統並為 DECT-NR 鋪路；

- 利用其他頻段，如 1240-1260 MHz，1350-1400 MHz 或其他適合的頻段；
- 修改相關法規，如允許無線多頻道聲頻系統（Wireless Multi-Channel Audio Systems, WMAS）技術（取消 200 kHz 頻寬限制，將最大允許發射功率加倍（增加 3 dB）並提高功率高達 100 mW）。

(四) DSA-探討 WRC-23 對於各區 6425-7125 GHz 之決議影響

本小節將探討 WRC-23 對於各區 6425-7125 GHz 之決議影響。

根據 RR 第 5.45E 款，在第 1 區 6425-7125 MHz 頻段（Band 4+ Band 5）供地面 IMT 使用，且不排除分配給該頻段的其他用途使用，在《無線電規則》（Radio Regulations, RR）中沒有規定優先權（WRC-23 第 220 號決議）。該頻段也用於無線存取系統（Wireless Access Systems, WAS），包括無線區域網路（Radio Local Area Networks, RLANs）。對於第 1 區之決議，將進行以下事項：

- 歐洲正討論「數位網路法」（Digital Networks Act），將綜合考量未來之寬頻存取需求。
- 部分歐洲國家之主管機關對於需要更多 5G 頻譜提出了疑問，並仍在考量是否採用 WRC-23 所決議可供 IMT 使用之頻段。
- CEPT SE45 和 PT1 小組正探討歐洲 6425-7125 MHz 頻段內使用 Wi-Fi 和/或 IMT 之條件。
- CEPT 亦考量「混合共享」（Hybrid Sharing）框架，以在需求情況下使行動通訊和 Wi-Fi 共存於 6 GHz 上半部頻段。

在第 2 區，整體來說 6425-7125 MHz 頻段未有任何變動，也未納入未來 WRC 之討論議題（Future Agenda Item, FAI）。另外，根據 RR 第 5.457F 款修改巴西和墨西哥之註腳，此兩國可於 6425-7125 MHz 頻段（Band 4+ Band 5）供地面 IMT 使用，且不排除分配給該頻段的其他用途使用，在 RR 中沒有規定優先權（WRC-23 第 220 號決議）。

在第 3 區，整體來說 6425-7025 MHz 頻段未有任何變動，也未納入未來 WRC 之討論議題。而在 7025-7125 MHz 頻段（Band 5）供地面 IMT 使用，且不排除分配給該頻段的其他用途使用，在《無線電規則》（Radio Regulations, RR）中沒有規定優先權（WRC-23 第 220 號決議）。另外，根據 RR 第 5.457D 款修改柬埔寨、寮國和馬爾地夫之註腳，此三國家可於 6425-7025 MHz 頻段供地面 IMT 使用。

綜上所述，第 1 區 6425-7125 MHz 頻段用於 IMT，然而歐洲仍在決定如何使用該頻段。第 1 區以外的 5 個國家（巴西、墨西哥、柬埔寨、寮國和馬爾地夫）亦可採用該頻段用於 IMT。未來 WRC-27 未納入持續探討 6 GHz 頻段之議題，其表示日後由各國根據國內需求決定使用 6425-7125 MHz 頻段。此外，依據第 5.457E 款和第 5.457F 款明確表示該頻段亦用於 WAS/RLAN，目前全球 60%以上之國家開放該頻段供 Wi-Fi 使用，6 GHz 頻段之設備生態系統逐漸成熟（如下圖），且新一代 Wi-Fi 7 設備已獲得 Wi-Fi 聯盟認證，Wi-Fi 7 網路已經開始布建，產業界正邁向 Wi-Fi 7 提前準備。

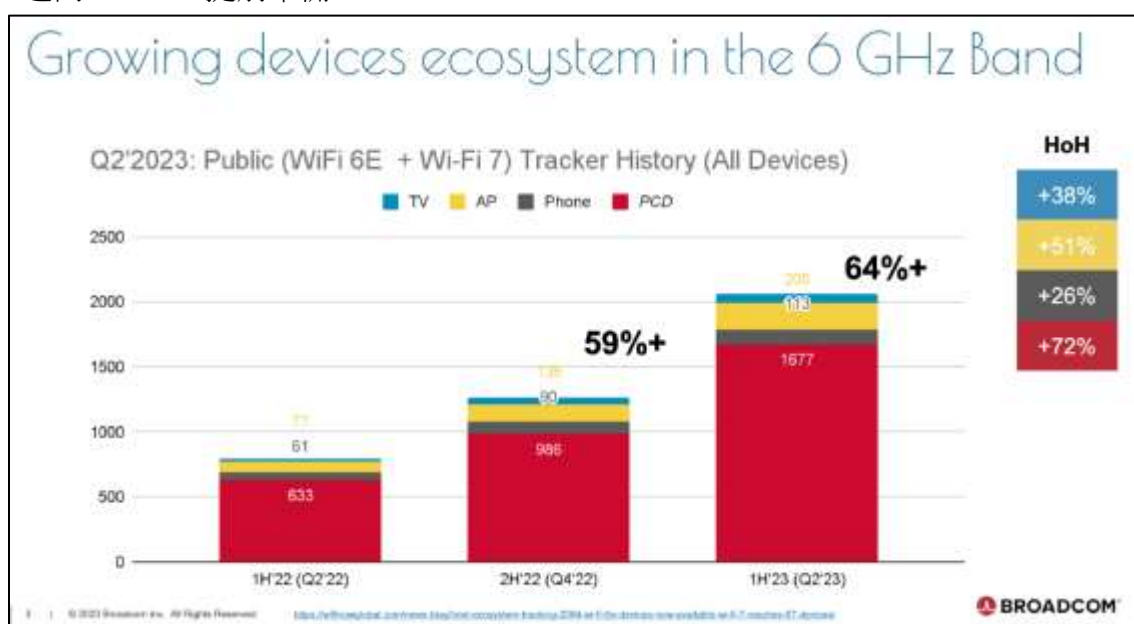


圖 8：6 GHz 頻段之設備生態系統

資料來源：Wi-Fi NOW, <https://wifinowglobal.com/news-blog/intel-ecosystem-tracking-2064-wi-fi-6e-devices-now-available-wi-fi-7-reaches-67-devices/>

(五) GSOA-WRC-23 之衛星議題

綜觀 WRC-23 探討有關衛星之議題可區分為以下三種：加強使用現有衛星頻段、開發新的衛星頻段與保護衛星頻段免受其他用途之影響，彙整如下表。

表 6：WRC-23 探討有關衛星之議題

加強使用現有衛星頻段	
AI 1.15	在 12.75-13.25 GHz 的 GSO 衛星固定地球電臺用於飛機和船舶-第 172 號決議（WRC-19）
AI 1.16	在 Ka 頻段的 NGSOESIMs-第 173 號決議（WRC-19）
AI 1.17	Ku 和 Ka 頻段的衛星間連接-第 773 號決議（WRC-19）

AI 7	衛星程序改進-第 86 號決議 (WRC-07)
AI 9.1 d)	在 36-37 GHz 的被動地球遙測 (EESS) 與在 37.5-38 GHz 的 NGSO 固定衛星用途 (FSS) (WRC-19 文件 535)
開發新的衛星頻段	
AI 1.18	新增分配 MSS 頻段用於窄頻行動衛星系統-第 248 號決議 (WRC-19)
AI 1.19	第 2 區在 17.3-17.7 GHz 新增主要用途分配予 FSS 使用-第 174 號決議 (WRC-19)
保護衛星頻段免受其他用途之影響	
AI 1.2	在 3/6/7/10 GHz 供 IMT 使用-第 245 號決議 (WRC-19)
AI 1.3	第 1 區域 3.6-3.8 GHz 供行動用途 (MS) 使用-第 246 號決議 (WRC-19)
AI 9.1 c)	在固定用途 (FS) 頻段中的 IMT-第 175 號決議 (WRC-19)
RR21.5	RR21.5 和 IMT 電臺 (WRC-19 文件 550)
AI 10	WRC-27 討論議題

資料來源：GSOA

WRC-23 衛星之議題主要決議彙整如下：

- **ESIM (AI 1.15/1.16)**：針對此兩議題，已通過一項決議，根據該決議，與 GEO 衛星（在 Ku 頻段）和 NGSO 衛星（在 Ka 頻段）通訊的航空和海上衛星終端（ESIMs）將進行操作。
- **第 2 區 17 GHz 頻段之分配 (AI 1.19)**：第 2 區 17.3-17.7 GHz 頻段供 FSS（空對地）使用。
- **保護 GSO 免受 NGSO efd 之影響 (AI 7J)**：將開始有關 NGSO 總體限制的會議，目前會議僅限於規劃，直到 ITU-R 工作組完成該方法的開發工作，預計該工作將在 2027 年 7 月完成。
- **無人航空系統 (Unmanned Aircraft System, UAS) 控制與非有效載荷通訊 (Control and Non-Payload Communications, CNPC)⁴連接 (AI 1.8)**：此決議之結果為無變更 (No Change, NOC)，因為 ITU 將等待國際民航組織 (International Civil Aviation Organisation, ICAO) 完成訂定相關之標準和建議措施 (SARPS)。

未來，預期 6G 將是非地面網路 (Non-Terrestrial Networks, NTN) 和地面網路

⁴ CNPC (Control and Non-Payload Communications, 控制與非有效載荷通訊) 是無人航空系統 (UAS) 中專門用於控制和管理無人機飛行操作的通訊鏈路。這些鏈路在無人機的營運中至關重要，因為它們負責傳遞飛行控制指令、導航數據和其他關鍵訊息，確保無人機能夠按照預定的航線和任務執行。

(Terrestrial Networks, TN) 的融合，衛星與太空技術是 6G 網路發展的重要資產，在涵蓋範圍、彈性、可擴展性和可持續性方面的獨特優勢。綜觀 WRC-27 之討論議題多數著重在衛星議題，如下圖。

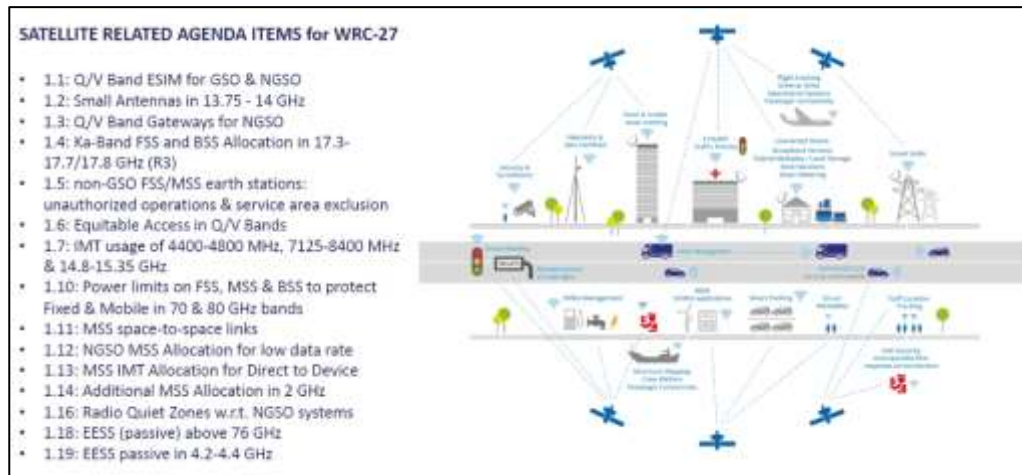


圖 9：未來 WRC-27 探討衛星之議題

資料來源：GSOA

(六) Nokia-6 GHz 頻段與未來 IMT 頻段

6 GHz 上半頻段 (6425-7125 MHz) 為 WRC-23 重點討論之議題，下圖為全球各區域可供 IMT 使用之概況。整個第 1 區 6425-7125 MHz 供 IMT 使用；第 2 區未決議可供 IMT 使用 (巴西、墨西哥除外)；整個第 3 區 7025-7125 MHz 供 IMT 使用，以及僅有柬埔寨、寮國和馬爾地夫可使用 6425-7025 GHz 頻段供 IMT 使用。

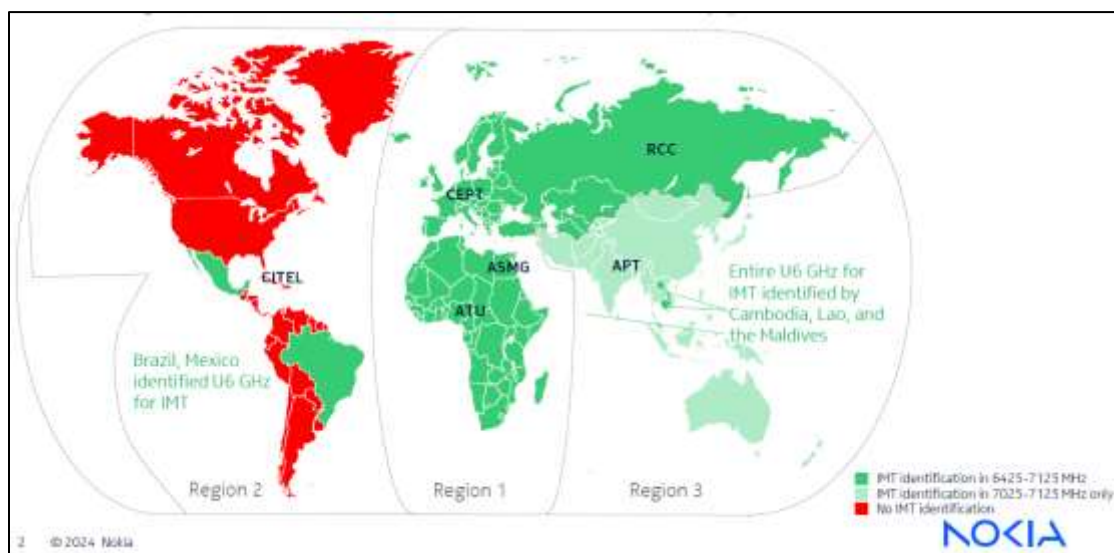


圖 10：全球各區 6 GHz 頻段供 IMT 使用之概況

資料來源：Nokia

對於 6 GHz 上半頻段（6425-7125 MHz），在 WRC-23 之前已對初始原型進行試驗，顯示重複使用現有之 C 頻段（4-8 GHz 頻段）在技術上是可行的。自 WRC-23 決定以來，投資和開發計畫正在進行中，並考量無線電規則著手制定一致性規範。

綜上所述，在 WRC-23 已決議 6.425-7.125 GHz 頻段 IMT 使用，將促進 5G-Advanced 之發展，並為 6G 鋪路，在未來 WRC-27 將進一步研究新的頻譜範圍：4400-4800 MHz、7125-8400 MHz 和 14.8-15.35 GHz。

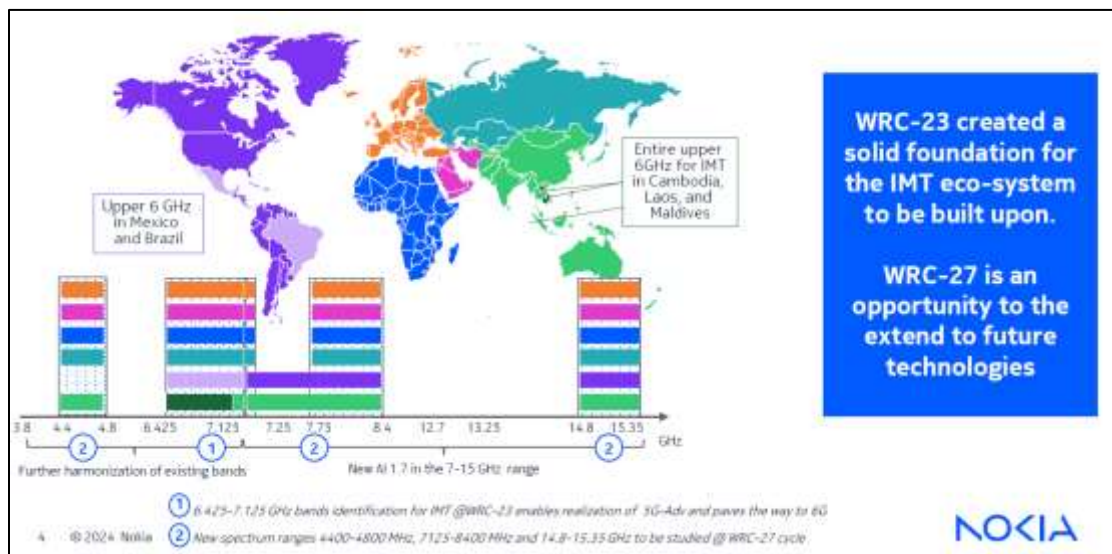


圖 11：全球 IMT 使用頻譜分布圖

資料來源：Nokia

三、 場次二之二：展望 WRC-27-ITU 的觀點

Telkom 大學認為 WRC 大會為一個科技進步之工作流程，將結束一個工作流程後，同時建立另一個工作流程，以利科技持續進步與探索，且將根據每屆 WRC 大會之決議，將確保無線電頻譜和諧共用以及通訊產業後續發展。WRC 會議每 4 年舉辦一次，下次於 2027 年舉行，並且討論議題分成 3 部分（1）衛星用途；（2）地面用途；（3）科學用途。

WRC-27 會議中衛星議題討論固定衛星用途、廣播用途以及監理相關議題，如航空 ESIM 使用更高頻段 50.4-51.4 GHz 頻段、NGSO 在議題 1.5 項目地球電臺進行未經授權操作等議題，且占工作小組 4A 最多，包含固定衛星用途與廣播用途之監理議題。

另外於衛星議題將衛星行動用途與固定衛星用途分開說明，主要是因為有許多不同議程項目，如直連設備用途、MSS 分配給 IoT 以及 MSS 與 IMT 設備間之互連等議題。

WRC-23 會議討論地面用途，截至目前 IMT 頻譜達 19,736 MHz，但於亞太區域所提供頻譜接取遠低於此頻寬，同時提醒監理主管機關頻率使用效率、討論頻譜如何授權並提供 IMT 使用。另外於第 3 區討論 IMT 未來頻率範圍從 6 GHz-7 GHz、14.8-15.3 GHz 頻段。

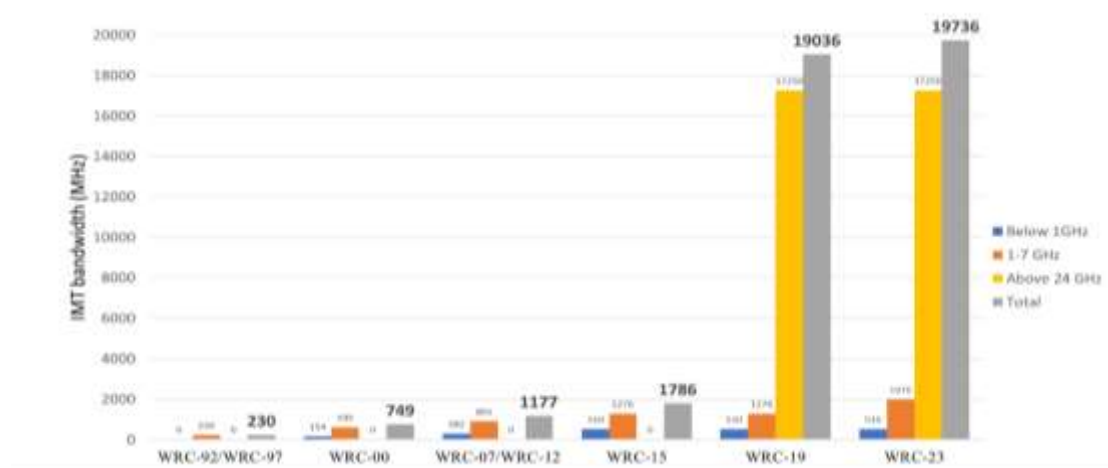


圖 12：第 3 區 IMT 頻段之頻寬

資料來源：Telkom 大學

同時 WRC-27 將討論航空、固定、行動及無線電定位用途相關議題，如討論

分配 231.5-275 GHz 及 275-700 GHz 頻段供無線電定位使用；71-76 GHz、81-86 GHz 頻段 PFD 與 EIRP 功率限制，以保護 71-76 GHz、81-86 GHz 的固定和行動服務。

目前商用衛星及地面用途擴大經營，於 WRC-27 探討科學用途，以建立特定無線電天文臺、地球探測衛星用途之保護。特別是議程 1.19 項目全球分配 4200-4400 MHz、8400-8500 MHz 頻段用於地球探測衛星用途（Earth Exploration-Satellite Service, EESS）海平面溫度測量，與 IMT 頻段共存為重要討論議題。

四、 場次三：6 GHz 頻段之下一步發展及初探未來的協調方法

WRC-23 針對 6 GHz 頻段（6425-7125 MHz）使用與協調，在各區域仍然存在很大差異與不確定性，本場次會議討論 6GHz 頻段短期和長期未來使用的影響，以及如何協調使用。

（一）柬埔寨 6 GHz 頻段的狀態

在 WRC-23 針對 6 GHz 頻段加入註腳，柬埔寨可使用 6425-7025 MHz 頻段（600 MHz 頻寬），並規劃將於 2029 年會使用該頻段。

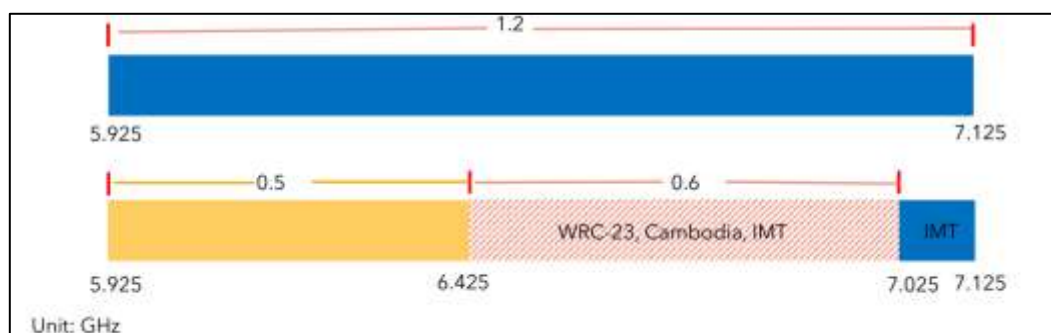


圖 13：柬埔寨未來將使用 6425-7025 MHz 頻段

資料來源：Telecommunication Regulator of Cambodia (TRC)

（二）韓國 6GHz 頻譜的現況與未來

回顧韓國頻譜政策（Spectrum Strategy），自 3G 時代需使用之頻寬逐步增加，自 2012 年起韓國拍賣 1.8 GHz、2.6 GHz 頻段用於 4G；2018 年拍賣 3.5 GHz、28 GHz 頻段用於 5G，6 GHz 頻段供免執照使用，WRC-23 亦決議該頻段頻段也用於無接取系統（WAS），包括無線電區域網路（RLAN）。另外，韓國 4.8 GHz 頻段供「e-Um 5G」執照（5G 專網執照）使用。預期未來頻譜之趨勢如下：

- 將在取得執照（licensed）和免執照（unlicensed）之間的平衡
- 需要更寬且連續之頻譜，且行動數據流量將被分流到 Wi-Fi
- 共享頻譜機制

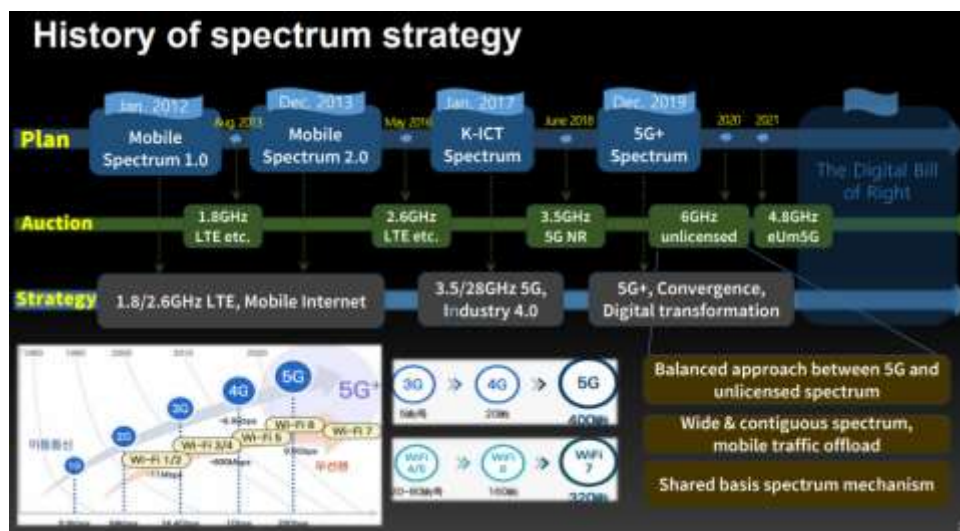


圖 14：韓國頻譜政策（Spectrum Strategy）

資料來源：Ministry of ICT & Science Technology-National Radio Research Agency

（三）印尼對於 6 GHz 頻段之觀點

目前 6 GHz 的 5G 使用案例尚未建立仍在開發中，甚至支援 6 GHz 的裝置/手機也尚未上市。然而，6GHz 已供 Wi-Fi 使用，Wi-Fi 6E/7 AP 和用戶端設備（智慧型手機、VR/AR 設備）可用。70%以上的國家已經開放 6 GHz 部分頻段（5925-6245 MHz）或整個頻段（5925-7125 MHz），其中超過 32%的國家分配整個頻段供 Wi-Fi 使用。除香港主管機關規劃於 2024 年第 4 季拍賣 6 GHz 頻段非成對頻率（6570-6770 MHz 與 6925-7125 MHz，合計 400 MHz 頻寬）外，6 GHz 尚未包含在亞太地區的 IMT 頻譜拍賣中，且香港之行動網路經營者（MNO）也認為拍賣此頻段言之過早。

（四）新加坡對於 6 GHz 頻段未來協調方法

2023 年行動用戶達 85 億人，其中 5G 行動用戶數達 16 億，預期至 2028 年底，5G 將成為主導行動接取技術，2029 年行動用戶將突破 92 億。4G 用戶仍持續成長，預計至 2023 年將達到 52 億。GSMA 提出 2025-2030 年人口稠密城市需要 2 GHz 頻寬之中頻段頻譜，滿足頻譜需求的潛在中頻段候選頻譜包含：3.3-4.2

GHz、4.8 GHz 和 6 GHz。

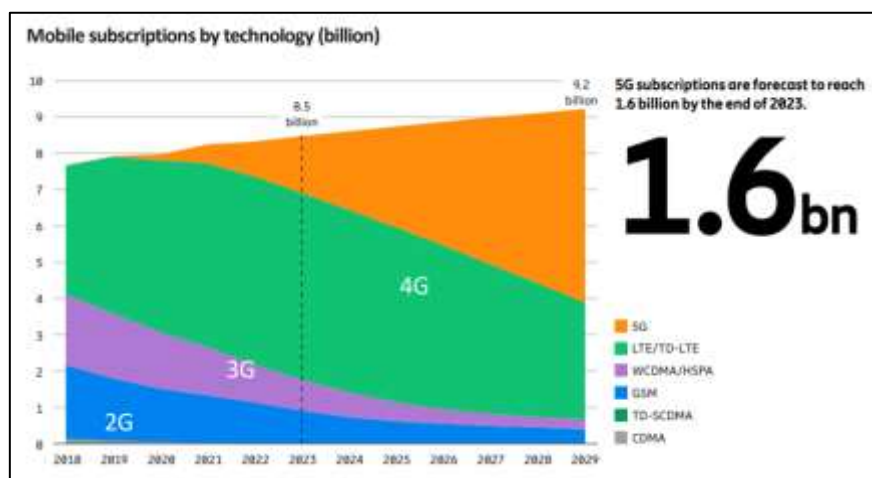


圖 15：2G-5G 之行動用戶數統計

資料來源：Ericsson Mobility Report

新加坡電信（Singtel）為新加坡的行動和家庭用戶帶來先進技術，其為全球首家在大型體育賽事中布建 5G 網路切片的用途供應商。網路切片可以為不同細分市場引入新的商業模式，基於 5G 網路切片的消費者用途必須具有吸引力、價值和差異化，與 4G 用途相比具有明顯的優勢。例如：新加坡大獎賽（Singapore Grand Prix）⁵的車迷們享受高品質的視訊串流。

Segment	1–2 years	2–4 years
Consumer	Individual customized slices	Autonomous vehicles
	Smart home devices and appliances	Remote work and telecommuting
Enterprise	Logistics and transportation	Smart cities
	Smart factories and industrial IoT	Remote training and education
	Healthcare	
Public sector	Public safety and emergency	Smart energy grids
	Smart transportation infrastructure	Smart water management
	Public Wi-Fi networks	

圖 16：新加坡電信（Singtel）對於中短期網路切片的使用案例

資料來源：Singtel

以新加坡來說，其為城市型國家，新加坡電信（Singtel）認同 2025-2030 年需要額外分配中頻段頻譜，且 6 GHz 是確保新加坡未來容量需求的關鍵。

⁵ 新加坡大獎賽（Singapore Grand Prix）是新加坡舉辦的一級方程式（Formula 1）大獎賽。通常在新加坡市中心的濱海灣街道賽道（Marina Bay Street Circuit）上舉行。新加坡大獎賽以其夜間比賽的獨特魅力聞名，是一級方程式賽季中的一大亮點。

五、場次四：6 GHz 以下新興的中頻段生態系統-關鍵頻率的潛力

中頻段之頻譜在目前和未來各種技術持續發揮關鍵作用，生態系統發展中。在亞太地區，中頻段之頻譜包括 2.1 GHz、2.3 GHz、2.6 GHz、3.5 GHz 和 3.8 GHz，多個頻段分配給 4G 和 5G 用途；此外，亦考量分配 4.6 GHz 和 4.9 GHz 等其他頻段。本小節將探討在這些頻段推行用途所取得之進展，以及為平衡 IMT 用途的頻譜需求與其他主要頻譜使用者需求，確保從中頻段之頻譜中獲得最大價值。

(一) 泰國 Sub-6GHz 中頻段之頻譜的進步與發展

泰國目前使用與未來分配頻譜可分為 4 種狀態，如下表。

表 7：泰國目前使用與未來分配頻譜

狀態	頻段
即將到期	• 850 MHz • 1500 MHz • 2100 MHz (FDD) * • 2300 MHz
可使用	• 1800 MHz * • 2100 MHz (TDD) • 26 GHz *
考慮釋出	• 450 MHz • 3300-3400 MHz • 3400-3700 MHz • 28 GHz
研析中	• 600 MHz • 3700-4200 MHz • Upper 6 GHz

註：(1) 700 MHz、900 MHz 和 2600 MHz 頻段目前正在使用，但近期不會重新分配

(2) 4.9 GHz 頻段將用於「5G 專用網路」

資料來源：Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission

泰國電信主管機關國家廣播及電信委員會（Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission, NBTC）目前已提出頻譜路線初步草案（Roadmap：Initial Draft），針對中頻段之頻譜，可用於未來分配的中頻段頻譜達 365 MHz 頻寬，包含 1500 MHz、1800 MHz、2100 MHz 和 2300 MHz 頻段，如下圖紅框處。將進一步考量或諮詢相關議題之頻段如下：

- 3500 MHz

- 技術：對衛星用途的干擾（VSAT、TVRO）

- 非技術性：地面數位電視對 TVRO 的依賴
- 政策選項：引進 5G 專用的可能性
- 1500 / 2100 MHz (TDD)：生態系已就緒
- 1800 MHz 部分頻段：之前拍賣頻譜定價過高
- 4800-4990 MHz：5G 專用（生態系已就緒）



圖 17：泰國目前已提出頻譜路線初步草案（Roadmap：Initial Draft）

資料來源：Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission

（二）巴基斯坦電信管理局（PTA）-6 GHz 以下新興中頻生態系統

根據 Ericsson 於 2023 年 11 月公告之 Mobility Report，統計截至 2023 年底 5G 使用中頻段與所有頻段的比例，全球已使用 45% 之所有頻段供 5G 用途，其中 40% 為中頻段（占 88.8%）；以各區域來說，除歐洲地區外（僅占 35%），5G 使用中頻段占所有頻段皆高達近 9 成，甚至完全使用中頻段。整體來說，5G 中頻段涵蓋率從 2022 年的 10% 增加至 2023 年底的 30% 左右（除中國外）。以全球涵蓋技術（4G、5G）來說，4G 在 2023 年達 90%，至 2029 年達 95%；5G 在 2023 年達 45%，至 2029 年達 85%，大幅增長。

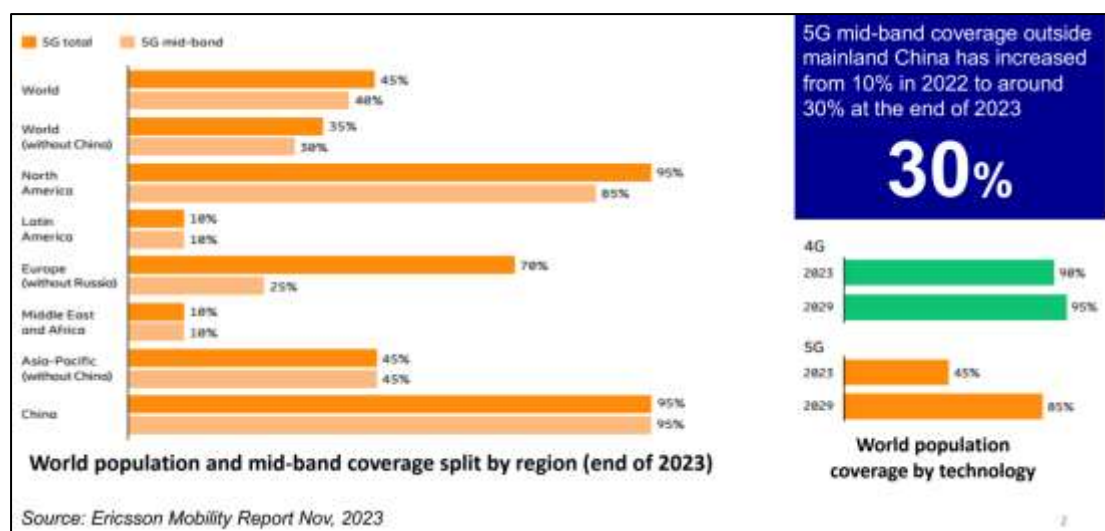


圖 18：全球與各區域世界人口和中頻段涵蓋範圍（截至 2023 年底）
資料來源：Ericsson Mobility Report Nov, 2023

又根據 GSA 對於 4G 和 5G 之中頻段之終端設備數量統計，顯示在 4G(LTE) 的關鍵頻段均有大量的設備支援，發展相當成熟。

LTE		5G	
Band	Number of Devices	Band	Number of Announced Devices
1900 MHz (b25)	2,394	1900 MHz (n2)	468
TDD 1900 MHz (b39)	5,222	1700 MHz (n66)	547
TDD 2600 MHz (b38)	7,775	TDD 2600 MHz (n38)	673
AWS (b4)	8,085	2600 MHz (n7)	737
TDD 2600 MHz (b41)	8,145	TDD 4700 MHz (n79)	731
1900 MHz (b2)	7,905	1800 MHz (n3)	1,013
TDD 2300 MHz (b40)	9,417	TDD 3700 MHz (n77)	1,129
2100 MHz (b1)	14,629	2100 MHz (n1)	1,161
2600 MHz (b7)	14,246	TDD 2500 MHz (n41)	1,292
1800 MHz (b3)	16,628	TDD 3500 MHz (n78)	1,387

Source: GSA's GAMBoD database, Data up to: Oct 2022

Source: GSA's GAMBoD database, Data up to: Apr 2023

圖 19：GSA 對於 4G 和 5G 之中頻段設備數量
資料來源：GSA

巴基斯坦行動通訊市場有 5 家 MNO，依用戶市占率排列如下：Jazz⁶（占 37%）、Telenor Pakistan⁷（占 24%）、Zong⁸（占 25%）、Ufone⁹（占 13%）與 SCO（占 1%）。2023 年 12 月中旬 PTCL（子公司 Ufone）與 Telenor 達成協議，以 4 億美元收購 Telenor Pakistan。¹⁰國際金融公司（International Finance Corporation, IFC）董事會已於 2024 年 4 月核准該合併案，預計將於 7 月 31 日完成收購。



圖 20：巴基斯坦行動通訊市場之概況

資料來源：Pakistan Telecommunication Authority

巴基斯坦之中頻段有 1800 MHz、1900 MHz、2100 MHz、2600 MHz、3500 MHz 與 4600/4900 MHz（該頻段供政府使用），如下表。5G 可使用 3300-3600 MHz（共 300 MHz 頻寬），另外還有 310 MHz 可使用（即 140 MHz（2600 MHz 頻段）+170 MHz（3415-3585 GHz 頻段））。

其中 2600 MHz 頻段分配的過程依序如下：

- PEMRA（廣播主管機關）將其中 140 MHz 核配執照予 Southern Network Limited (SNL) 用於多點多頻分配用途（Multichannel Multipoint Distribution

⁶ Jazz：是巴基斯坦最大的行動網路營運商，由 Mobilink 和 Warid 合併而成，提供多種移動通信和數據用途。

⁷ Telenor Pakistan：Telenor 是一家挪威的電信公司，在巴基斯坦提供廣泛的行動通訊用途，並擁有龐大的用戶基礎。

⁸ Zong：是中國移動（China Mobile）的子公司，提供多種行動通訊和數據用途，並在 4G 用途方面有著較高的市占率。

⁹ Ufone：是巴基斯坦電信公司（PTCL）的子公司，提供行動通訊用途。

¹⁰ DAWN(2024), International Finance Corporation approves \$400m for PTCL to buy Telenor, <https://www.dawn.com/news/1826776/international-finance-corporation-approves-400m-for-ptcl-to-buy-telenor>

Service, MMDS)，以在三個城市建立和營運電視頻道分發站(a TV Channel Distribution Station)；

- 隨後，PEMRA 撤銷上述執照；
- SNL 在信德高等法院 (Sindh High Court) 對 PEMRA 的決定提出挑戰。
- 目前，此事已解決，整個頻段 (194 MHz) 將可用於下一代行動用途 (Next Generation Mobile Services, NGMS) 的分配。

Band	E-UTRA / NR Band	BW (MHz)	UL (MHz)	DL (MHz)	Comments
1800	b3, n3	75x2	1710 – 1785	1805 – 1880	2 x 3.6 MHz (1733.9 - 1737.5/1826.9 - 1832.5 MHz) is available. 6.6 MHz litigated (6.6 MHz頻譜的使用權分配可能涉及法律糾紛或訴訟)
1900	b2, n2	60x2	1850 – 1910	1930 – 1990	Allocated to WLL Operators (提供無線區域網路(Wireless Local Loop, WLL)服務)
2100	b1, n1	60x2	1920 – 1980	2110 – 2170	2 x 15 MHz (1960 - 1975 /2150 - 2165 MHz) is available. 2 x 10 MHz litigated (20 MHz頻譜的使用權分配可能涉及法律糾紛或訴訟)
2300	b40, n40	100	2300 – 2400		95 MHz (2305-2400 MHz) is available
2600	b41, n41	194	2496 – 2690		140MHz used by Southern Network Limited (SNL) for MMDS. Sub-judice (目前正處於法律訴訟中 - 還未有最終的法律決定) 54 MHz (2496 - 2550 MHz) is available and earmarked for NGMS/5G (下一代行動服務(Next Generation Mobile Services))
3500	n78	500	3300 – 3800		115 MHz (3300 - 3415 MHz) is available 3415 - 3585 MHz currently assigned to WLL operators, which will become available at expiry of WLL licenses in 2H-2024 – Total=115+170=285 MHz 3600 - 3700 MHz is in Govt use
	n77	900	3300 – 4200		3700 - 4200 MHz is used for FSS DL (National Space Agency)
4600/4900	n79	600	4400 – 5000		Govt Use (政府使用)

圖 21：巴基斯坦之中頻段頻譜分配

資料來源：Pakistan Telecommunication Authority

(三) 中國工信部-6GHz 以下新興中頻生態系統

根據中國發布之「2023 年通訊業統計公報」，中國目前已布建 1,162 萬臺基地臺，其中 338 萬臺為 5G 基地臺（2023 年已布建超過 100 萬臺），約 60%之中國人口使用 5G 用途（8.05 億 5G 用戶）。在 5G 投資方面，已投資人民幣 1,905 億元，其中通訊領域占 45.3%，並投入 31,600 個「5G+工業連網」計畫（5G+ Industrial Interne projects）。



圖 22：中國 5G 進展（截至 2023 年底）

資料來源：2023 年通訊業統計公報，

https://www.miit.gov.cn/gxsj/tjfx/txy/art/2024/art_76b8ecef28c34a508f32bdbaa31b0ed2.html

中國主要有 3 家 MNO，分別為中國電信、中國移動、中國聯通，其各家頻譜分配，如下表。中國總共為 IMT 分配 1269 MHz，並已核配 1109 MHz，其中已核配 814 MHz 為使用，持續將 900 MHz 和 2.1 GHz 頻段重新劃分為 5G 使用。中國 2023 年 7 月起在最新版《中國無線電頻率劃分條例》中確定 6425-7125 MHz 或其部分頻段用於 IMT。

表 8：中國頻譜分配

業者	頻譜分配
中國電信 (CTCC)	850 MHz (CDMA/LTE FDD/5G) 1700/1800 MHz (LTE FDD) 1900/2100 MHz (LTE FDD/5G) 3.3 GHz (5G) 3.5 GHz (5G)
中國移動 (CMCC)	900 MHz (GSM/LTE FDD) 1700/1800 MHz (GSM/LTE FDD) 1900 MHz (TD-LTE) 2000 MHz (TD-LTE)、2300 MHz (TD-LTE) 2600 MHz (TD-LTE/5G) 4.9 GHz (5G);
中國聯通 (CUCC)	900 MHz (GSM/WCDMA/LTE FDD/5G) 1700/1800 MHz (GSM/LTE FDD) 1900/2100 MHz (WCDMA/LTE FDD/5G) 2300 MHz (TD-LTE) 3.3 GHz (5G)

業者	頻譜分配
	3.5 GHz (5G);
中國廣播網路有限公司 (CBN)	700 MHz (5G) 3.3 GHz (5G) 4.9 GHz (5G)

資料來源：中國工信部

中國 C 頻段中，有 3400-3600 MHz 頻段的 IMT 基地臺(5G)與 3400-4200 MHz 頻段的 FSS 地球電臺使用，兩者之間存在頻段間和頻段內干擾，必須進行協調。IMT 基地臺的發射和 FSS 地球電臺低雜訊放大器 (low noise amplifier, LNA) 和低雜訊區塊下變頻器 (low-noise block down converter, LNB) 的過載是干擾的主要因素。C 頻段設備的法規要求如下：

- IMT 基地臺：限制 3400-3600 MHz 頻段內 5G 基地臺的不需要的發射功率 (limit the unwanted emission power) :
 - -26dBm/MHz@3650-3700 MHz，操作頻段：3400-3600 MHz
 - -47dBm/MHz@3700-4200 MHz，操作頻段：3400-3600 MHz
- FSS 地球電臺：透過在 LNA/LNB 添加濾波器，提高 LNA 和 LNB 的抗過載能力：
 - IMT-2020 (5G) 訊號抑制 $\geq 50\text{Db}$

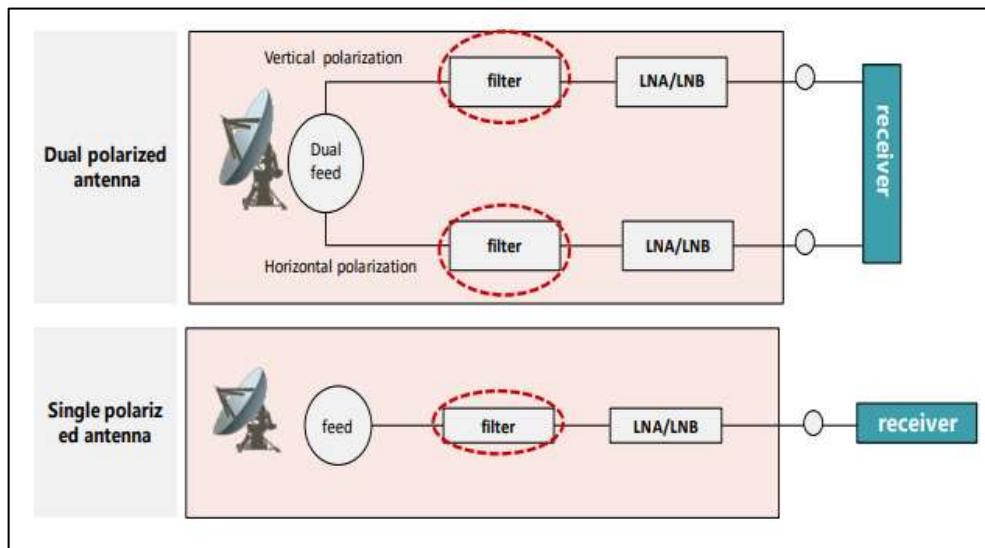


圖 23：中國 C 頻段 5G 與 FSS 之間的干擾協調

資料來源：工信部發布中低頻段 5G 系統設備射頻技術要求通知¹¹、《3000—5000MHz 頻段第五代行動通訊基地臺與衛星地球電臺等無線電臺(站)干擾協調管

¹¹ https://wap.miit.gov.cn/jgsj/wgj/wjfb/art/2022/art_9fd5895759c945dba3f1324741e73dbb.html

理辦法》通知¹²

基於理論分析的干擾協調區域如下：

- 3.4-3.6 GHz IMT-2020 (5G) 室外系統與 3.4-3.6 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 42.5 公里。
- 3.4-3.6 GHz IMT-2020 (5G) 室內系統與 3.4-3.6 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 1 公里。
- 3.4-3.6 GHz IMT-2020 (5G) 室外系統與 3.6-3.7 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 4 公里。
- 3.4-3.6 GHz IMT-2020 (5G) 室內系統與 3.6-3.7 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 50 公尺。
- 3.4-3.6 GHz IMT-2020 (5G) 室外系統與符合 3000—5000MHz 頻段第五代行動通訊基地臺與衛星地球電臺等無線電臺(站)干擾協調管理辦法》附件 4（採用濾波和抗飽和措施¹³）的 3.7-4.2 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 100 公尺。
- 3.4-3.6 GHz IMT-2020(5G)室外系統與不符合管理方法附件 4 的 3.7-4.2 GHz FSS 地球電臺，協調間隔距離 2 公里。

(四) GSA-6GHz 以下新興中頻生態系統

通訊由 1984 年 1G 時代（類比信號）演進至目前之 4G 時代（無線網路）、5G 時代（高速 eMBB 和垂直應用），乃至未來 2030 年 6G 時代（超廣連結與沉浸式增強體驗），每一代皆不斷創新且豐富使用者之體驗。

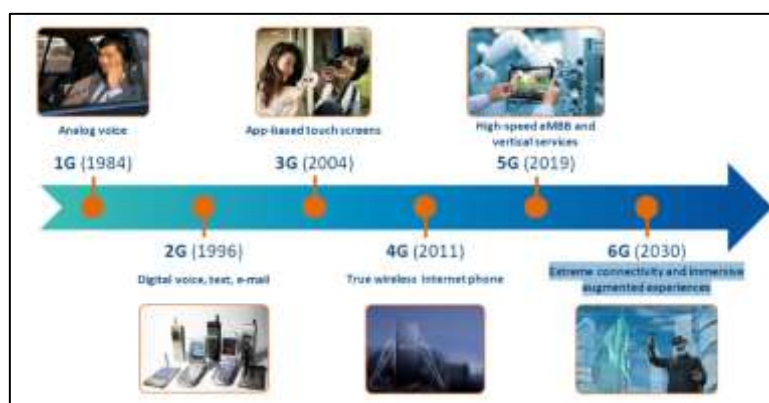


圖 24：1G 時代至 6G 時代演進

¹² https://wap.miit.gov.cn/jgsj/wgj/wjfb/art/2020/art_e311363e955e41e49b64e90d619182b0.html

¹³ 限制 5G 基地臺在 3400-3600 MHz 頻段的不需要的發射功率時，採取了過濾和抗飽和措施。具體來說，通過使用過濾器 and 抗飽和技術，可以有效地減少基地臺在該頻段的電磁輻射，從而避免對周圍環境和其他無線設備造成干擾。

資料來源：Global mobile Suppliers Association

頻率資源為發展無線電通訊技術之關鍵要素，低、中、高頻段有其獨特性又互補之作用，廣範圍使用案例多用中、低頻段；區域範圍使用案例（含 FWA）多用中、高頻段。以下分別說明低、中、高頻之主要特性：

- 高頻段（如：24.25-29.5 GHz、37-43.5 GHz 等）：極低延遲、極高傳輸量、超高可靠性、涵蓋範圍有限；
- 中頻段（如：2.3、2.6、3.3-4.2、4-4.5 GHz 等）：可平衡涵蓋範圍與容量、超高可靠性；
- 低頻段（如：600、700 MHz 等）：極低延遲、超高可靠性、廣涵蓋、傳輸量較侷限。

	Major Characteristics and potential		Wide area use cases	Localized use cases*
High Bands (e.g. 24.25-29.5 GHz, 37-43.5 GHz, etc.)	✓ Advanced antenna solutions ✓ Wide channel bandwidths ✓ Challenging radio wave propagation	➤ Extremely low latency ➤ Extremely high capacity ➤ Ultra-high reliability ➤ Limited coverage		
Mid Bands (e.g. 2.3, 2.6, 3.3-4.2 GHz, 4.4-5 GHz, etc.)	✓ Advanced antenna solutions ✓ Good balance between radio wave propagation and channel bandwidths	➤ Balance between coverage & capacity ➤ Ultra-high reliability		
Low Bands (e.g. 600, 700 MHz, etc.)	✓ Frequency Division Duplex (FDD) ✓ Favorable radio wave propagation ✓ Limited channel bandwidths	➤ Extremely low latency ➤ Ultra-high reliability ➤ Wide area coverage ➤ Limited capacity		

* FWA is considered within the localized use cases

圖 25：低、中、高頻之主要特性與應用範圍

資料來源：Global mobile Suppliers Association

在亞太地區，對中頻段之頻譜的依賴程度很高（如圖 26）。根據 Qualcomm 公告 Global update on 5G spectrum 報告，全球超過 1,000 個頻段組合供 4G 使用（如圖 27）；而 5G 的射頻複雜度很高，發展初期有超過 10,000 頻頻段組合（如圖 28）。

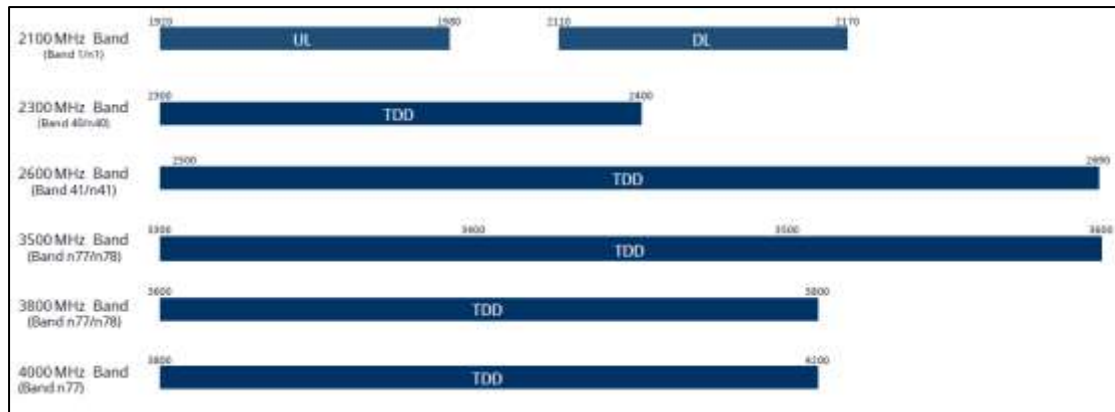


圖 26：亞太地區使用之中頻段

資料來源：Global mobile Suppliers Association



圖 27：全球 4G 頻譜組合

資料來源：Qualcomm, Global update on 5G spectrum,

<https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/spectrum-for-4g-and-5g.pdf>



圖 28：全球 4G 頻譜組合

資料來源：Qualcomm, Global update on 5G spectrum,

<https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/spectrum-for-4g-and-5g.pdf>

綜上所述，低、中、高頻段具有獨特又互補的作用。中頻段提供涵蓋範圍和容量之間的平衡，且設備生態系統較為成熟，因此 IMT 網路布建最為廣泛。全球不同國家或地區 IMT 頻譜組合具有多樣化與可用性，設備複雜度亦隨著不同國家採用不同頻段而增加，從 4G 到 5G 設備複雜度倍增，因此全球或區域協調（頻譜、標準、時間等）仍然至關重要。

(五) 印尼電信公司 Telkomsel-6GHz 以下新興中頻生態系統

依據 GSMA 於 2023 年底統計亞太地區分配給行動營運商的中、低頻段之頻譜顯示，中頻段之頻譜在亞太地區的國家分配良好；而中頻段之上半頻譜（即 3.3-7 GHz）在幾個東南亞國家的分配仍然較低。印尼低、中頻段約分配 520 MHz 供行動通訊使用，若以計算頻譜密度¹⁴（Spectrum Density），即頻譜分配量（以 MHz 為單位）除以用戶總數的比率，計算結果為 0.66，相較於日本、新加坡、緬甸和文萊，印尼頻譜密度較高，表示每個用戶可以獲得更多的頻譜資源。



圖 29：亞太地區低、中頻譜分配柱狀圖與頻譜密度計算
資源來源：GSMA、Telkomsel

¹⁴ 頻譜密度的大小通常是越大越好。這是因為較高的頻譜密度意味著每個用戶可以獲得更多的頻譜資源，從而能夠支援更多的數據流量和連接，提供更快的網路速度和更好的用戶體驗。因此，較大的頻譜密度通常被視為一個積極的指標，表明一個地區或國家的無線通訊基礎設施和用途水平相對較高。

針對使用低於 6GHz 的中頻用於 IMT 所面臨的挑戰以及緩解方法，從以下 3 個面向探討：

- 網路同步：同步（尤其是 TDD 中的同步）是避免干擾的最佳方式，並且可以透過同步程序最大限度地提高使用效率；因此，保護頻寬的需求變得越來越少，網路設備成本可能會降低。
- 頻譜協調：尤其是區域內的頻譜協調，可以提高投資效率，並促進支援生態系統（即設備、用例、共同創造等）的進一步發展。如：美國經濟增長的約 2000 億美元依賴 5G 頻譜協調。
- 技術共存：使用預先定義的措施（例如：功率通量密度限制、等效輻射功率（EIRP）遮罩、EIRP 偏移範圍等）納入技術限制或對共存技術的保護。



圖 30：低於 6GHz 的中頻用於 IMT 所面臨的挑戰以及緩解方法
資源來源：Telkomsel

(六) GSOA-6GHz 以下新興中頻生態系統

近年衛星通訊再次興起成為熱門探討之議題，衛星通信用途（Satcoms）預計將帶來以下社會和經濟效益，如下圖。



圖 31：衛星通訊的社會和經濟影響

資料來源：The Socio-Economic Value of Satellite Communications, VVA & LSTelcom, March 2023

亞太地區的衛星使用 C 頻段的情況多於歐洲，且 C 頻段衛星用途無可取代。



圖 32：亞太地區之 C 頻段概況

資料來源：GSOA

亞太地區各國積極使用衛星頻譜提供用途，主要以提供國家寬頻用途、災害發生時之通訊等，列舉如下：

- 日本：為一級行動網路經營者（Tier 1 MNOs）提供託管後傳網路用途。
- 菲律賓：支持社會包容和寬頻接取計畫。
- 馬紹爾群島：在島嶼間實現數據和行動用途。
- 萬那杜：提供企業級（enterprise-grade）衛星用途。
- 東加：在自然災害後保持公民的網路接取。
- 巴布亞紐幾內亞：為企業提供全新的網路解決方案。
- 香港：擴展企業網路在全球的涵蓋範圍。
- 印度：在印度建立夥伴關係，滿足在陸地、海上和空中的寬頻需求。
- 印尼：擴展該國的寬頻和無線基礎設施。

- 澳洲：為礦業連接設備和人員；為政府提供安全通訊。

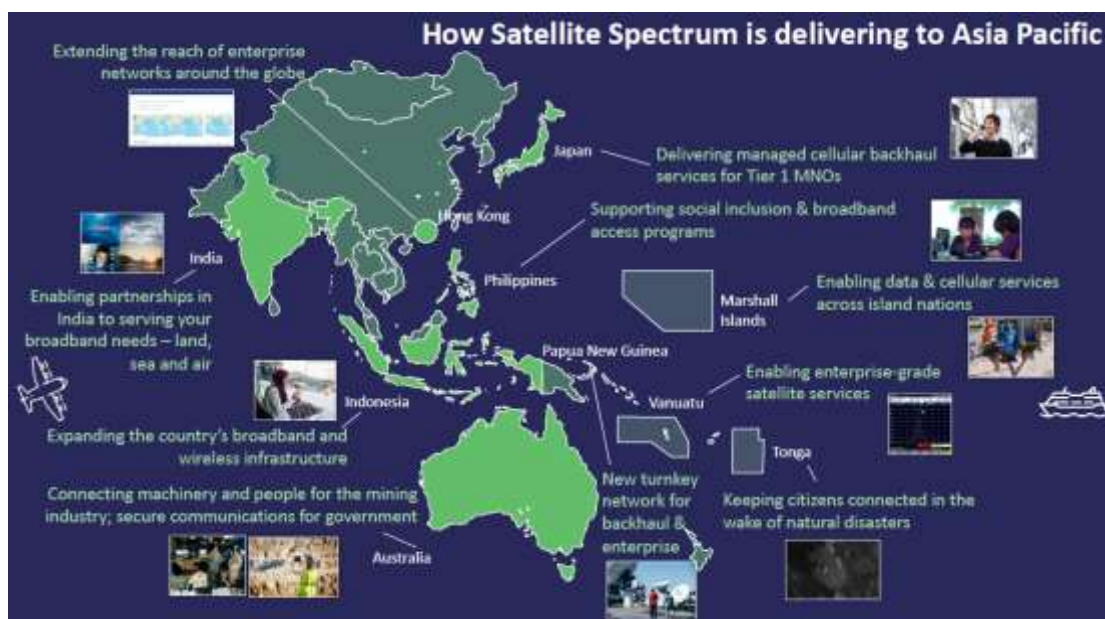


圖 33：亞太地區各國使用衛星頻譜所提供用途

資料來源：GSOA

在亞太地區，C 頻段僅在 3.6 GHz 以下調整為 IMT 使用，大多數主管機關持續在 3.6/3.7 GHz 以上使用衛星 C 頻段，同時在核配新的頻率時應優先考量相容性寬頻政策。另一方面，IMT 不會使用 3.7 GHz 以上的頻率來作涵蓋。

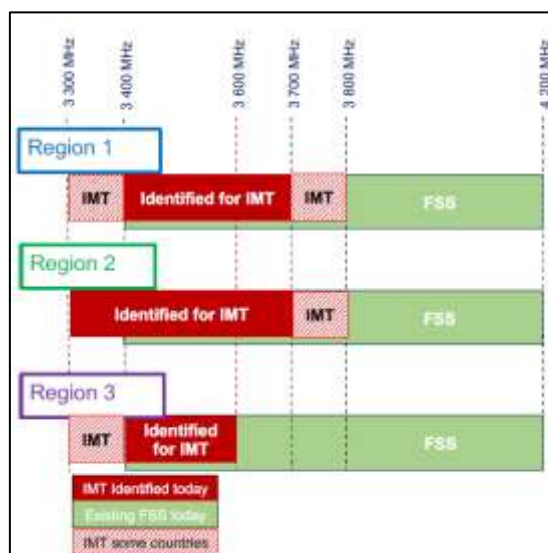


圖 34：第 1 區至第 3 區 3.3-4.2 GHz 頻段使用 IMT 與衛星

資料來源：GSOA

GSOA 提出 IMT 與 FSS 共存有兩種模式：同頻(co-frequency)或鄰頻(adjacent band)；以及主管機關、5G 業者、衛星用途用戶採取之緩解技術。

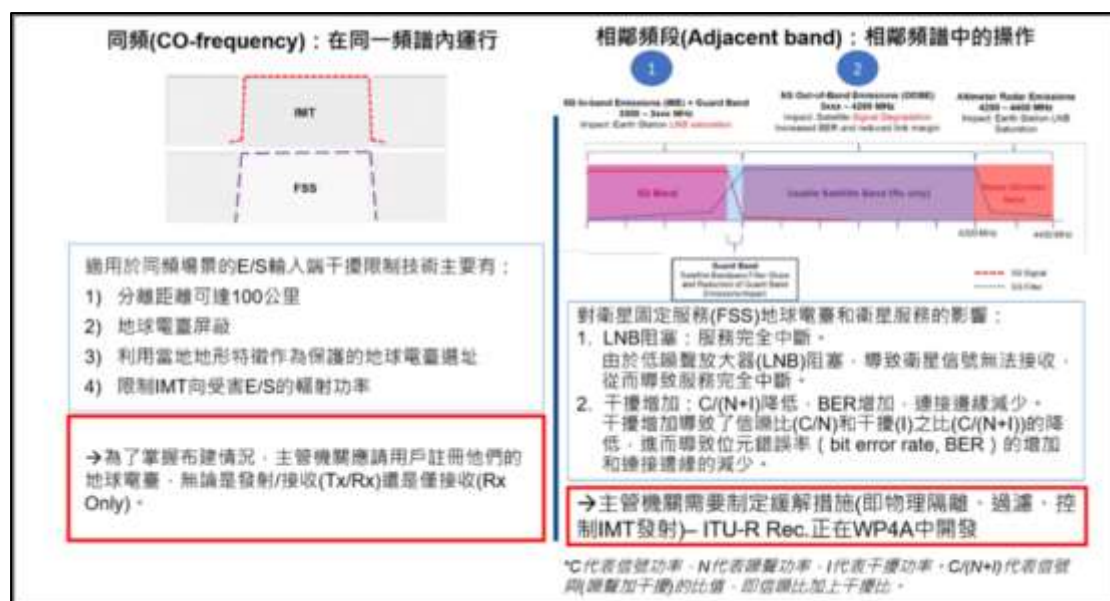


圖 35：IMT 與 FSS 共存模式

資料來源：GSOA



圖 36：主管機關、5G 業者、衛星用途用戶採取之緩解技術

資料來源：GSOA

六、 Thinking Point：無線備援作為 5G 及 5G-Advanced 布建之推動者

歐盟電信標準委員會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）提出無線電備援頻譜使用從 6-42GHz 頻段以及 E Band 從 71-86GHz 頻段。目前近 70%基地臺都採用無線技術，且使用點對點或點對多點無線電，並且於過去幾年 E Band 快速成長。透過無線電備援技術引進，進一步發展 5G 及 5G 演進，且未來預期強化 6G 與無線電備援連接。

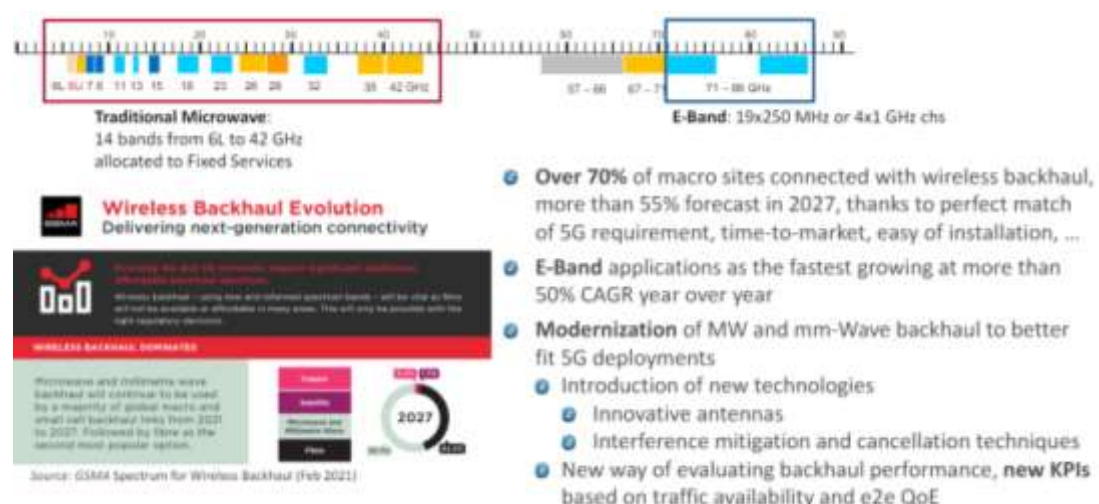


圖 37：無線電備援發展

資料來源：ETSI

根據毫米波特性和傳輸會受到雨衰的影響，且統計說明頻譜可能因地區不同，受到降雨強度影響而不同，因此 E Band 也可以發揮重要作用。WRC-23 決議後確定 26、38、42、67GHz 以及 71GHz 頻段給 IMT 使用。

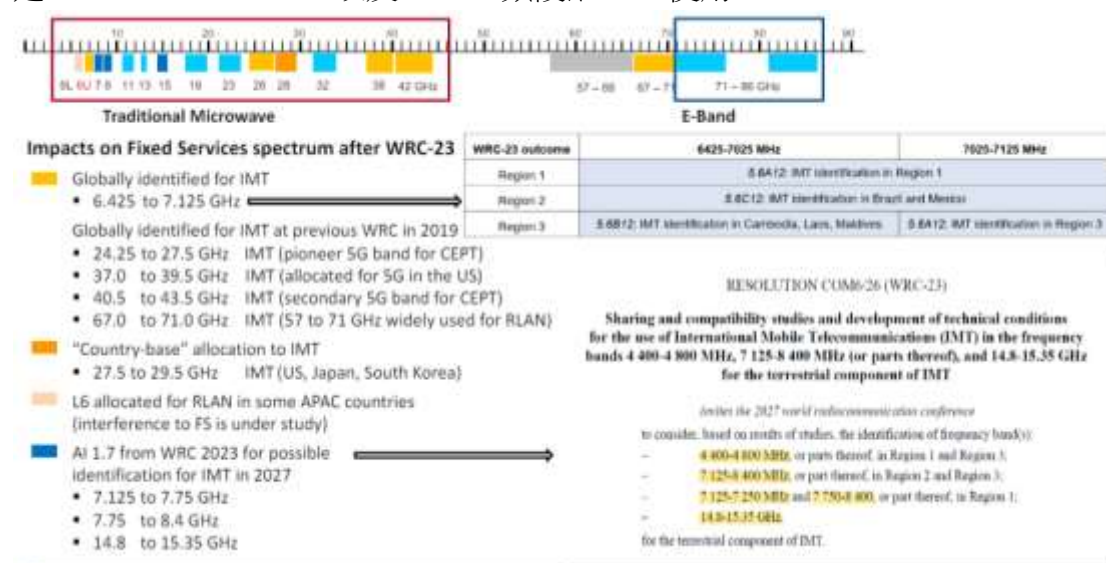


圖 38：ETSI 提出用於 IMT 頻段

資料來源：ETSI

最後微波（microwave）及毫米波備援對於目前及未來行動網路極為重要、能夠滿足 5G 布建要求的微波和毫米波解決方案、E-Band 備援可在亞太地區布建 5G 發揮非常重要的作用、7、8 GHz 頻段對於長途應用的重要性，目前頻譜法規和執照規則需要不斷更新，以促進創新並使備援網路可持續使用。

七、場次五：亞太地區之 5G 潛力：克服挑戰，抓住機會

亞太地區目前 5G 已發展一段時間，在面臨 COVID-19 的影響以及全球經濟及地緣政治擔憂等挑戰下，仍有 11 個國家成功推出商用 5G 用途，預計到 2026 年底 5G 用戶預計將超過 20 億。本場次會議將討論使用頻段及採取解決方案，來協調生態系統的形成程度，並探討整個地區需要解決之挑戰，以確保實現 5G 的全部優勢。

(一) 斯里蘭卡 5G 變革性技術

5G 擁有改變整個數位架構之強大願景及潛力，且推動未來 5G 可能性領域。斯里蘭卡電信管理委員會（Telecommunications Regulatory Commission）規劃 IMT 頻譜於 2024 年分配 1,249MHz 頻寬，且頻譜 5 年藍圖規劃分配 3400-3600MHz、3300-3400MHz、3700-3800MHz、6425-7125MHz 及 E Band 頻段給行動通訊。



圖 39：斯里蘭卡 5G 頻譜藍圖

資料來源：斯里蘭卡電信管理委員會

另外，於 6GHz 採用平衡方式，5925-6425MHz 頻段用於免執照，6425-7125MHz 頻段用於 IMT 用途，為斯里蘭卡最佳使用該頻段之方式。

(二) GSMA 之 5G 現況及頻譜使用

GSMA 提供行動通訊市場連線數量統計，從 5G 行動通訊推出到 2023 年，用戶已達 15 億，且 5G 連線數量明顯快於前幾代行動通訊，5G 將取代 4G 成為主流技術。

5G is the fastest growing mobile technology

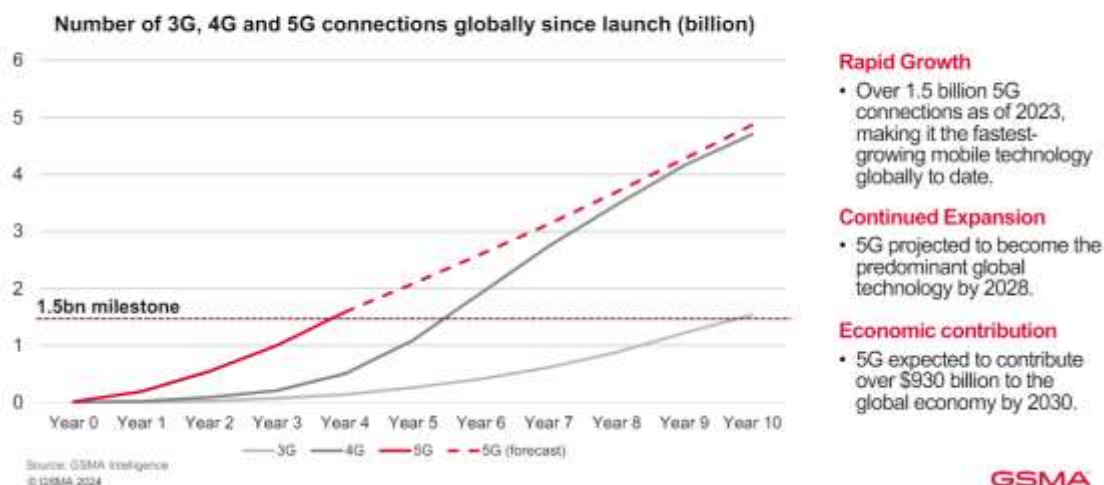


圖 40：行動通訊市場連線數量曲線圖

資料來源：GSMA

同時 5G 基礎建設、類別、用途及頻譜等不同面向，皆是 5G 發展關鍵，GSMA 針對中低頻段及高頻段、網路與用途體驗等發展面向，進行市場全面評估。

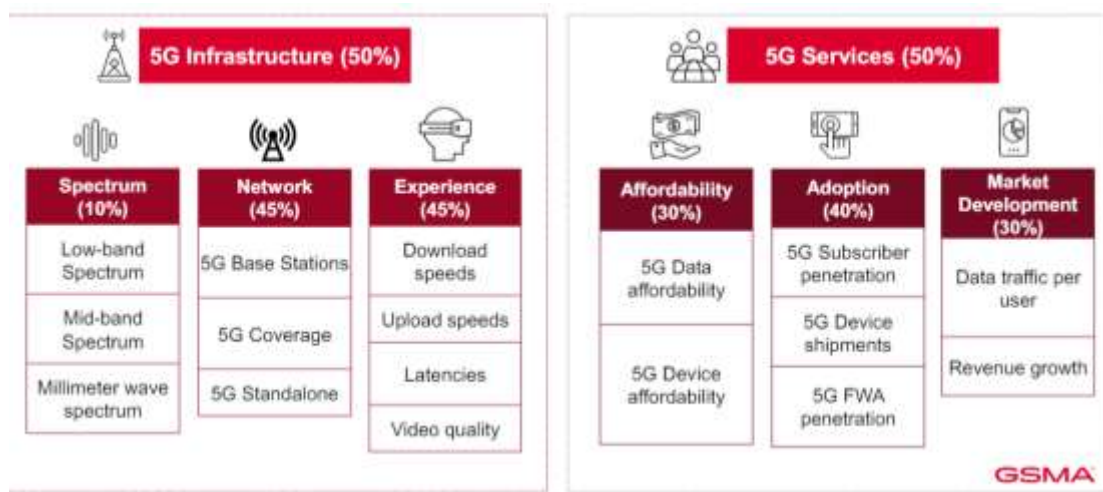


圖 41：5G 連結性指數全面評估 5G 發展

資料來源：GSMA

GSMA 預測平均每個國家需要 2GHz 頻寬來滿足 5G 需求，且利用毫米波補充容量，因此利用不同類型頻段以滿足 5G 高容量、低延遲類型用途。最後政策制定者、主管機關以及頻譜管理者皆為確保 IMT 頻譜在有需求時能及時取得使用頻段，並且有效分配頻譜。

(三) 韓國之 5G 頻譜現況及未來

韓國於 2013 年開始提供 4G 用途，意味頻譜執照有效期限將到期，目前將提供 1.8GHz 頻段換照，同時面臨發展 5G 網路之問題，且提供更大頻寬給行動通訊業者。

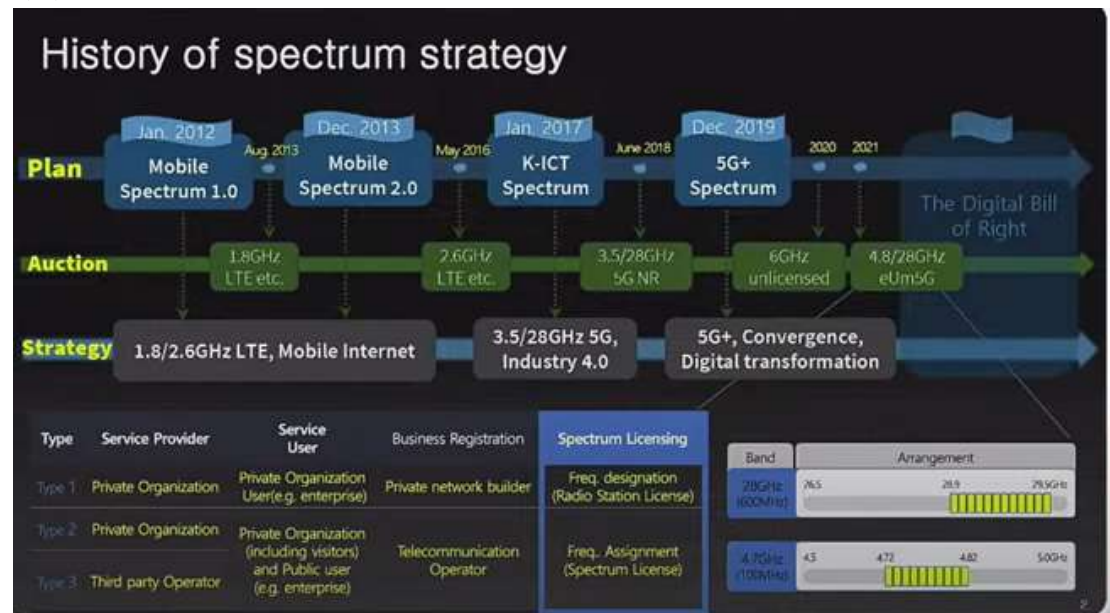


圖 42：韓國頻譜歷程

資料來源：韓國

同時規劃 5G 與 Wi-Fi 涵蓋，也將提供特定網路，如專用電信等 3 種技術來擴大基地臺涵蓋，如下圖。其中專用電信使用 4.8 GHz 及 28 GHz 頻段。

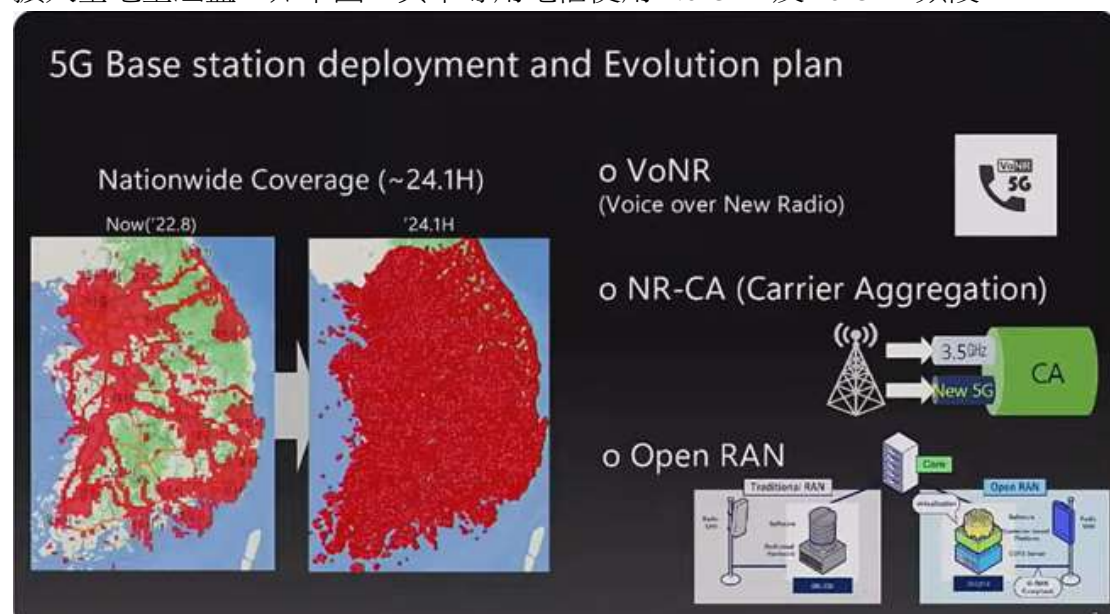


圖 43：5G 基地臺布建及演進規劃

資料來源：韓國

韓國使用不同通訊涵蓋以及頻譜資源之傳輸特性，來發展行動通訊之相關應

用，同時減少營運商之網路營運成本，且針對未來車聯網及 AI 技術做準備。

(四) 中國之 5G 到 5G-A 時代的頻譜需求

中國根據 WRC-23 成果以及 ITU 將共同制定或啟動 WRC-27 討論方向，且於未來幾年之相關進展，進一步探討行動通訊市場之發展。從 4G 時代約 5 年後發生 5G 帶來高速連線與數位化成熟度，各國皆已將其發展作為國家策略。

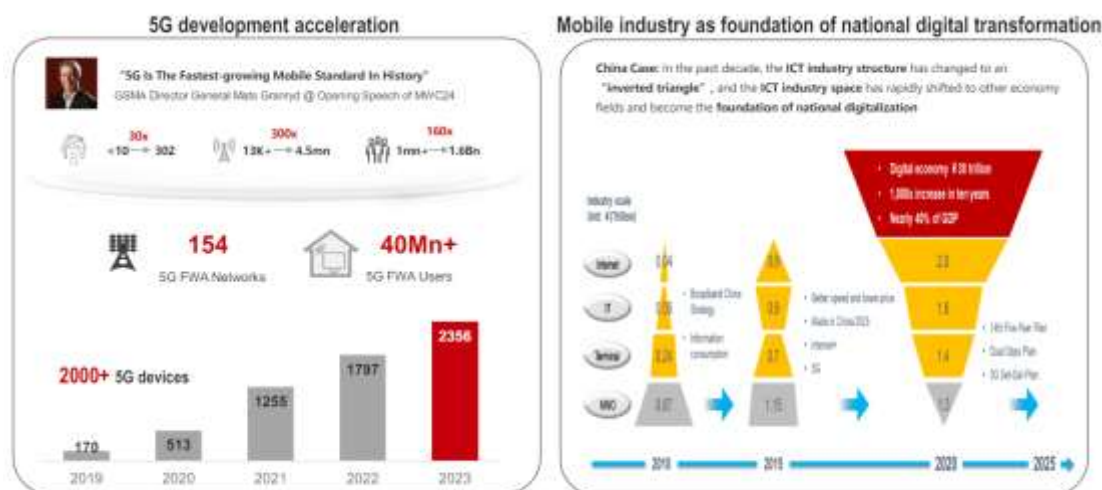


圖 44：5G 及 ICT 產業發展

資料來源：華為

目前商業網路 50%正在使用 FWA 類型功能，截至 2024 年 4 月超過 400 萬 5G FWA 用戶，估計至 2030 年可能達到 100 萬用戶，來改善中小企業之連接。

中國透過建立基礎設施發展作為國家核心策略，有助於數位經濟成長，所以將行動寬頻網路作為基礎為網際網路帶來增長之效益。

(五) 高通提出 5G FWA 及 5G 專網未來潛力

高通提出六大國家將於 2030 年前 5G FWA 用戶數量方面處於領先地位，印度將推動 5G FWA 技術的發展（到 2030 年將達到 7 千 4 百萬個連網家庭），印尼及巴西將有較高成長，主要是因為尚未開始。透過數位轉型推動數位經濟成為關鍵作用，5G 固定無線接取網路技術可以實現數位經濟。

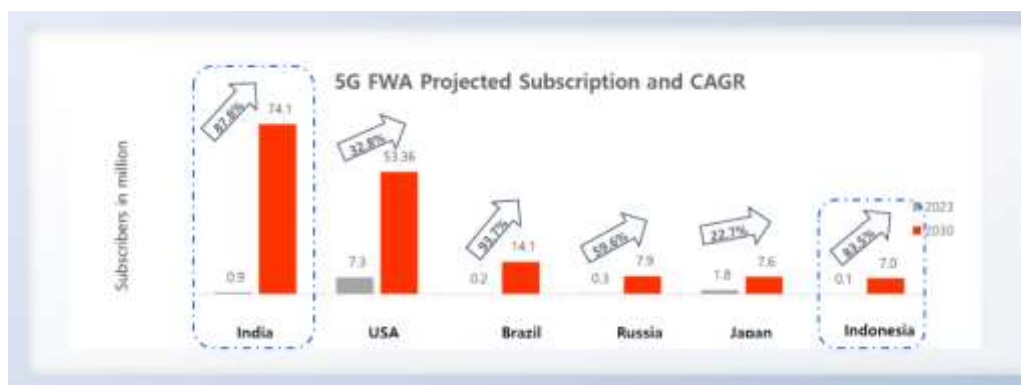


圖 45：高通提出 5G FWA 用戶成長快速國家

資料來源：Qualcomm

另外，5G 專用網路與物聯網垂直領域應用戶互相結合可帶來數位轉型變化及 5G 專用網路與公眾網路相互使用，透過專用網路布建虛擬私人網路來達成物聯網垂直領域之規模。5G 將透過低、中、高頻段使用，以頻譜執照或共享，甚至以免執照頻譜形式提供用途，同時與當地主管機關緊密合作。

八、 場次六：國家案例研究主題-展示未來頻譜藍圖及計畫

場次六：國家案例研究主題，將展示未來頻譜藍圖及整個地區頻譜計畫，將介紹頻譜藍圖重要性，並且是極為重要之政策工具。頻譜計畫將會在 3-5 年內發布，會有頻譜使用者、使用期限以及監理相關資訊，同時提前規劃頻譜需求及分配新的頻譜。

(一) Ericsson 討論從 5G 到 6G 亞太地區的技術演進與頻譜需求

Ericsson 提出依據現在數位化，5G 扮演最重要的角色。隨著行動通訊快速普及，6G 可能會在 2038 年超越 5G，但到 2041 年 5G 用戶數仍可能超過 20 億用戶（不包括物聯網），將於 5G 行動通訊時代發展是 6G 行動通訊時間內戰比非常重。因此需要前瞻性監理，包含頻譜管理及分配。

隨著行動通訊功能越多，在監理方面也要持續滾動調整。除消費者仰賴 5G 用途外，還可以預期消費者對於遊戲產業之品質需求，如極低延遲等要求。

根據新加坡數位藍圖可以分為三個層次：(1) 基礎層、處理層、(2) 5G 連接關鍵元件與光纖連接、(3) 軟體層，再來是政府。主管機關要求應該採取 5G 商用獨立組網進行全面布建涵蓋。印度於取得 5G 執照布建 40 萬基地臺並投入使

用；馬來西亞使用自己的方式來規範 5G 頻譜使用方式。

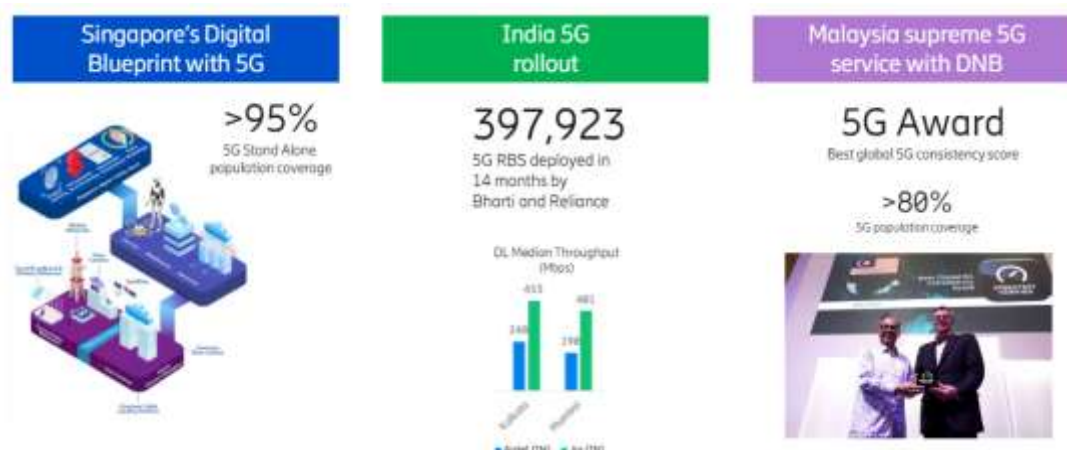


圖 46：新加坡、印度和馬來西亞推動 5G 之變革

資料來源：Ericsson

亞太地區國家均提供良好 5G 應用案例，如臺灣透過網路切片用途達到差異化流量，且與公務機關等（警察、救護車）合作等來強化 5G 網路及用途。

在數位化過程中，擁有新設備以及進行新的需求規劃是重要的。需要評估無線電設備中不同頻段技術，且進一步規劃分配頻譜，以利採取長期計畫。未來對於行動通訊推動，5G 網路需要提供之效能也需要監理支持，頻譜及監理對於國家制定目標極為重要。

（二）越南未來頻譜藍圖

越南建構數位政府，發展數位經濟、數位社會，用途全面數位轉型。行動通訊市場有三大業者：Viettel、VinaPhone 和 MobiFone，且智慧型手機用戶總數比例達 84.4%。目前 4G 行動網路涵蓋率為 99.8%，目標是到 2030 年，5G 行動網路涵蓋率將達到全國 99%的人口，並實現最低 100 Mbps 的速度。2024 年 3 月 1 日起不允許使用 2G 手機加入行動通訊網路，至 2024 年 9 月，全國將關閉 2G 網路，並於 2028 年內逐步關閉 3G，於 2024 年全國布建商用 5G。

2024 年 1 月 17 日，越南資訊及通訊管理局（Ministry of Information and Communications, MIC）決議進行 IMT 頻譜拍賣，包括 2500-2600 MHz 頻段和 3700-3900 MHz 頻段。拍賣最大限制為單一業者取得頻寬為 180MHz，取得 5G 頻譜執照 2 年內要布建 3,000 臺 5G 基地臺等相關要求。5G 頻譜執照使用期限 15 年。

(三) 印尼頻譜價格計算方式與趨勢

印尼通訊與資訊部（Ministry of Communications and Informatics, MCI）行動通訊用途品質及涵蓋範圍之目標，以及 2020 年 4G 涵蓋印尼之目標，期望於 2034 年達到用途品質 100%、2039 年達到傳輸速率 400Mbps，制定關於數位願景之長期計畫，如行動寬頻或無線寬頻。

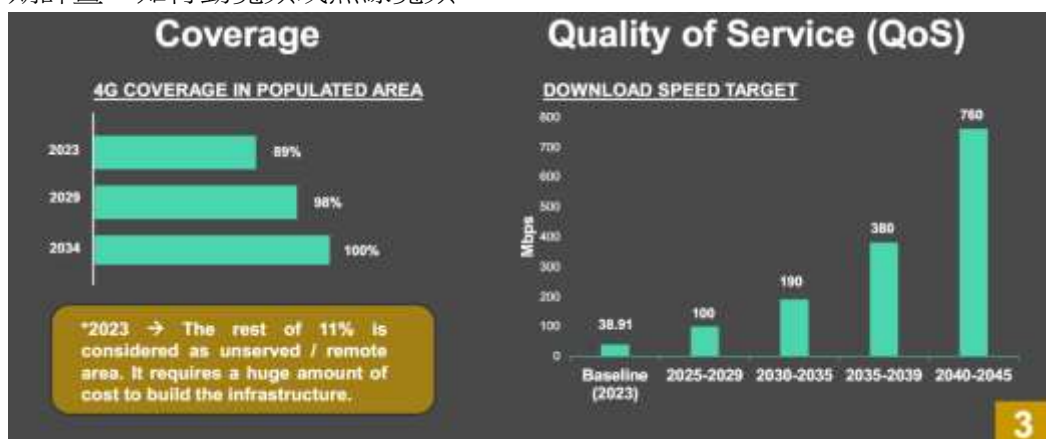


圖 47：印尼數位願景及 2045 年目標

資料來源：MCI

根據印尼目前使用的頻譜包含：2.1 GHz、2.3 GHz、5 GHz，其中 2.3 GHz、2.1 GHz 與 1800 MHz 頻段已用於 5G 商用用途，該等頻段透過利用動態頻譜共享（DSS）與載波聚合（CA）等技術，可加強既有 4G 頻段以動態承載方式，搭載 5G 酬載訊務量（payload traffic）。除既有使用頻段外，規劃釋出新頻段包含：700 MHz、2.6 GHz、3.3 GHz、3.5 GHz 與 26 GHz，預計今天將 700 MHz、3.3 GHz、3.5 GHz 與 26 GHz 等頻段一起釋出。尚在研究和監測其生態系統的其他頻段包含 1427-1518 MHz、4800-4990 MHz（WRC-23）、6425-7125 MHz（WRC-23）與 28 GHz。同時提供頻譜使用費措施，如拍賣機制、預付費用、拍賣價格之年費制、某些情境下頻譜使用效率低，而降低頻率使用費、零頻譜費以及微波鏈路和綜合執照費的評估等頻譜相關費用措施。

EXISTING BANDS	NEW BANDS RELEASE TARGET			
850/900/1800 MHz 2.1/2.3/5 GHz	700 MHz	2.6 GHz	3.3 & 3.5 GHz	26 GHz
Started in 2021, some bands already being used for 5G	Plan to be released in year 2024	Plan to be released in year 2025	Plan to be released in year 2025	Plan to be released in year 2024
2.3 GHz, 2.1 GHz, 1800 MHz bands have been utilized for 5G commercial services By harnessing the advanced feature of Dynamic Spectrum Sharing (DSS) and Carrier Aggregation (CA), existing 4G bands can be optimized to carry 5G payload traffic dynamically	- ASO have been completed nationwide in year 2023 - Auction of 700 MHz band will be held in year 2024 - Total bandwidth 45 MHz FDD	- Current usage: pay-TV via satellite (BSS) using 150 MHz of bandwidth - This band will be available for IMT after the end of Broadcasting Satellite Service (BSS)	- Current usage: BWA & Fixed Satellite Service - Most 3.3 GHz Band have been available after BWA migration 3.5 GHz Band will be available gradually on defined areas	- Total bandwidth identified for IMT: 2750 MHz TDD - Some portion of this band (1600 MHz) is planned to be auctioned in 2024 - The other 1150 MHz of bandwidth is still under study
Indonesia implements Neutral Technology policy in all IMT frequency bands				

圖 48：印尼發布新頻譜規劃

資料來源：MCI

九、場次七：頻譜釋出之頻譜定價、頻譜執照和續照之實行方式

為促進市場公平競爭，電信主管機關持續尋找頻譜執照與頻譜交易之有效方法，亞太地區各國之作法存在差異。本次會議將探討頻譜執照釋出機制、定價和續照流程等方面的最新思維和實行方式，以及實行成果。

(一) 頻譜釋出 – 頻譜定價、頻譜執照和續照之實行方式

綜觀亞太地區 2022 年以後頻譜釋出 (spectrum awards) 概況，如下表與下圖，圖中黃底表示釋出頻譜之國家，橘底表示未釋出 3.4-3.8 GHz 頻段用於 5G。

表 9：亞太地區 2022 年以後頻譜釋出概況

亞太地區 國家	釋出頻譜 時間	釋出頻段	備註
中國	2022	6 GHz、26 GHz	-
印度	2022	600、700、800、900、1800、2100、2300、2500 MHz；26 GHz	600 MHz、2300MHz 未釋出
孟加拉	2022	2.3 GHz、2.6 GHz	共釋出 190 MHz，30 MHz 未釋出
澳洲	2023	3.8 GHz(100 MHz)	部分區域未釋出頻譜
韓國	2024	28 GHz	由於 3 大業者未能履行布建義務，因此於 2023 年主管機關依序取消頻譜執照，於 2024 年重新拍賣，並同時釋出 700 MHz 頻段
日本	2023	700 MHz	釋出予 Rakuten

越南	2023	2.3 GHz、3.7-3.8 GHz、3.8-3.9 GHz	3.8-3.9 GHz 未釋出
印尼	2023	Tri 繳回 2.1 GHz 之 10 MHz 頻寬	
紐西蘭	2023	3.5 GHz	採直接分配方式

資料來源：NERA



圖 49：亞太地區 2022 年以後頻譜釋出概況

資料來源：NERA

NERA 於 2024 年發布之《Round-by-Round：從前 35 年的頻譜拍賣中汲取的經驗教訓》，針對 60 多個國家或地區進行調查，顯示自 3G 時代起，全球大多數主管機關通常採用拍賣機制頻譜釋出(如下圖)，以同時拍賣(Simultaneous auctions)的方式，且偏好以同時多回合拍賣的形式(simultaneous multi-round formats)，如：時鐘拍賣(Clock Auction)，同時拍賣多個頻段。主管機關在擬定拍賣制度時，會以頻譜使用效率和用途提供以及設備生態系統等面向考量，而並非僅考量拍賣收入。

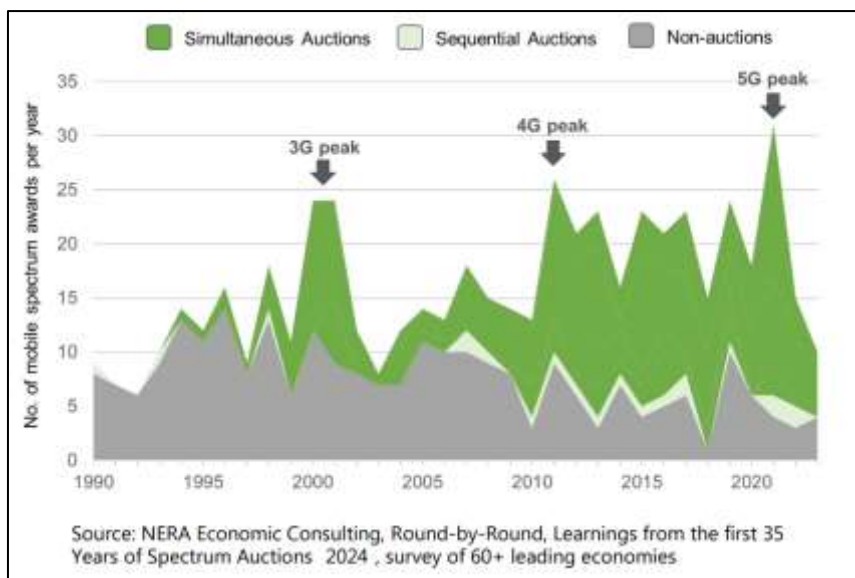


圖 50：全球 60 多個國家或地區頻譜拍賣方式

資料來源：NERA

觀察 4G 與 5G，頻譜拍賣價格發生了顯著變化，4G 時代的特點是價格上升幅度較大且低頻段頻譜的價格遠高於中、高頻段；而 5G 時代的特點是高頻段頻譜價格下降以及各頻段價格趨於一致。

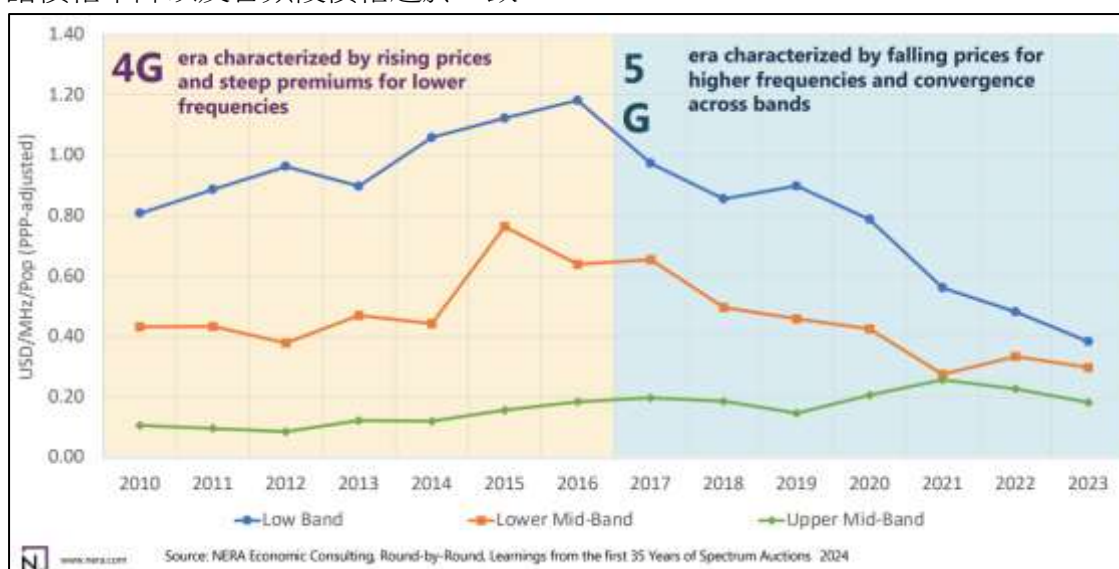


圖 51：全球 60 多個國家或地區頻譜拍賣價格之趨勢變化

資料來源：NERA

針對頻譜執照使用期限屆期之處理方式，各國採取以下幾種不同之作法：

- 期望以名目成本（nominal cost）進行續照，頻譜持有者希望在續照時價格保持不變或僅有些微增加：美國；
- 期望以實質費用（material fee）進行續照，在某些情況下，頻譜持有者可能

會接受更高的續照費用：英國、加拿大；

- 根據具體情況進行續照和定價：法國、羅馬尼亞；
- 混合續照/重新分配：紐西蘭、香港；
- 重新分配/拍賣：荷蘭、德國。



圖 52：頻譜執照使用期限到期之處理方式

資料來源：Coleago Consulting, Spectrum licence pricing and renewal policy in mature mobile markets

由於行動通訊營運商（MNO）面臨盈利之挑戰，近期對於無線電頻譜以無現金拍賣（cashless auctions）方式值得關注，以替代拍賣方式釋出頻譜。無現金拍賣涉及除了金錢以外的標準進行競爭性投標，主要以網路涵蓋範圍為標準，如：歐盟成員國鼓勵優先考慮涵蓋義務、紐西蘭主管機關透過直接釋出 5G 頻譜予業者，使業者得以換取用於偏遠地區布建之資金。另一方面，若採用頻譜拍賣也可以將資金返還給業者，以換取履行義務，達成無現金拍賣。

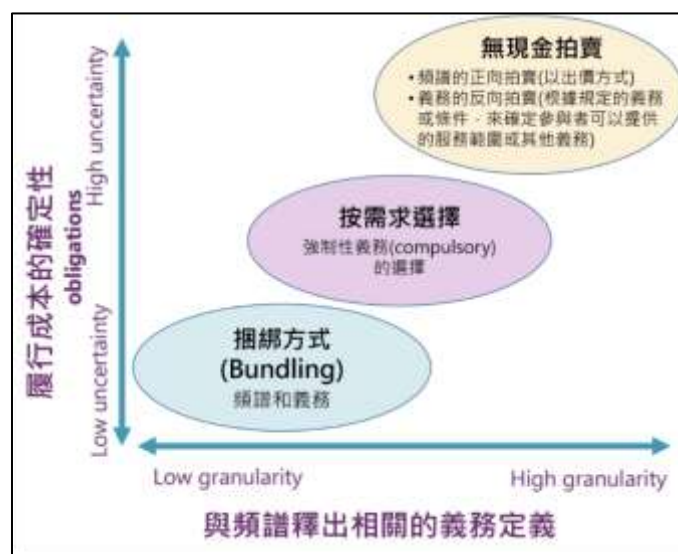


圖 53：無現金拍賣

資料來源：NERA

(二) 成熟行動市場中的頻譜執照定價和續照政策

頻譜拍賣具有良好的配置效率，並為國家籌集資金。尤其是在收入稅基較低的國家，從頻譜拍賣中獲取資金成為國家預算的重要來源。除了頻譜拍賣標金外，一些國家透過每年徵收頻譜費用來籌集資金。然而，在有效使用頻譜的背景下，並沒有理由徵收年度費用，該費用即屬一種稅收。

在產業生命週期中，成熟階段通常成長率放緩，市場已趨於飽和，行動通信產業處於產業生命週期的成熟階段。

教科書告訴我們：	然而，對於移動通信行業來說，情況略有不同：
• 收入增長緩慢或停滯不前	• 收入增長緩慢或停滯不前
• 行動網路營運商合併是趨勢，且沒有新進業者進入市場	• 行動網路營運商合併是趨勢，且沒有新進業者進入市場
• 市場利潤率等於資本成本	• 利潤率等於資本成本
• 對產品/服務的需求不再增長	• 對於數據和速度的需求增長
• 只需最低限度的投資即可繼續經營	• 需要持續投資以： ➢ 跟上技術進步，如5G、6G ➢ 擴展涵蓋範圍 ➢ 確保一致的速率涵蓋

圖 54：行動通信產業處於產業生命週期的成熟階段

資料來源：Coleago Consulting

為了保持市場競爭，頻譜需要在營運商之間進行分配，由於市占率較高的營運商具有規模經濟，但頻譜成本對市占率較低的營運商較為不利。行動網路營運主要由固定成本支配，尤其是網路成本，成本與用戶數或收入的增長關係不大，頻譜執照增加了固定成本問題。若市占率失衡時，主導營運商將變得更加主導市場，而小型營運商將無法獲得資本成本回報，進一步投資是毫無意義的，導致競爭的惡性循環。隨著對於 5G 需要的頻譜越來越多，這種失衡將加劇。最終，市占率較低的營運商將不再具有可持續的營運模式。

以墨西哥為例，由於高頻譜費用破壞了墨西哥網路的競爭，Telefónica 返還頻譜，並成為 AT&T 的 MVNO。AT&T 在 2019 年 5 月和 2022 年 12 月分別返還平均權重為 18.77 MHz 的 800MHz 頻譜和 2.29 MHz 的 1900MHz、AWS 和 850MHz 頻譜。另一方面，墨西哥電信主管機關 IFT 規劃將於 2025 年拍賣 600MHz、3500MHz、1500MHz 和歸還的頻譜，為發展 5G 作準備，然而 AT&T 公開表示將不會購買更多頻譜；Altán 市占率僅 4%，且面臨的財務壓力。

表 10：墨西哥三大行動網路營運商之營收、營收市占率、頻譜使用費

Operator	Mobile service revenue \$ million	Revenue market share	Spectrum fees \$ million	Spectrum fees % of revenue
Telcel	150,631	68%	8,785.3	5.8%
AT&T	63,384	29%	7,747.4	12.2%
Altán	8,001	4%	482.4	6.0%

資料來源：Coleago Consulting

針對頻譜執照到期之續照，在 5G 時代下對於頻譜執照續照進行拍賣可能不符合公眾利益，其理由可從替代用途、市場結構、對投資的影響、對頻譜使用效率的影響、對消費者的影響等探討，如下表。

表 11：5G 時代下對於頻譜執照續照進行拍賣之影響

替代用途	行動通訊是最高價值的用途。正如許多拍賣所揭示，沒有其他用途願意與行動服務提供者的支付意願相符。
市場結構 (競爭)	如果沒有頻譜上限，那麼拍賣可能會讓主導地位的營運商獲取，減少競爭是不符合公共利益的。
對投資的影響	- 頻譜的拍賣和重新分配可能意味著營運商獲得不同的頻譜，但頻譜數量是相同的，從而導致額外的成本。 - 頻譜持有量的不確定性 => 業者無法最佳地規劃投資。
對頻譜有效使用的影響	頻譜持有量的不確定性意味著營運商無法最佳地規劃其投資，從而增加成本，進而影響零售價格。
對消費者的影響	存在服務連續性、競爭減少以及可能高零售價的風險。

資料來源：Coleago Consulting

無限期的頻譜執照雖然可以避免續約問題，然而仍應注意，若未有適當的規則以保持頻譜管理的靈活性，無限期的許可證會帶來問題，因此建議允許頻譜交易，使頻譜可以轉讓給價值更高的使用者。以下是各國對於頻譜執照續照之態度。

表 12：各國對於頻譜執照續照之態度

國家	對於頻譜執照續照之預期
美國	預期自動續照
日本	預期自動續照
芬蘭	預期自動續照
加拿大	強烈預期續照
紐西蘭	預期續照(較為緩和)
英國	預期永久續照

資料來源：Coleago Consulting

(三) GSMA-有效的頻譜定價在 5G 時代至關重要

有效的頻譜定價在 5G 時代至關重要，高頻譜價格會帶來負面影響。GSMA 對於頻譜定價的政策建議如下：

- 設定適度的底價和年費，並依市場定價；
- 考量允許營運商將頻譜使用費轉化為投資承諾的機制；
- 需要時盡快釋出頻譜，避免頻譜閒置；
- 避免採取增加營運商風險並損害其市場價值的措施；
- 發布長期頻譜路線圖，將公共福利利益置於國家收入之上。

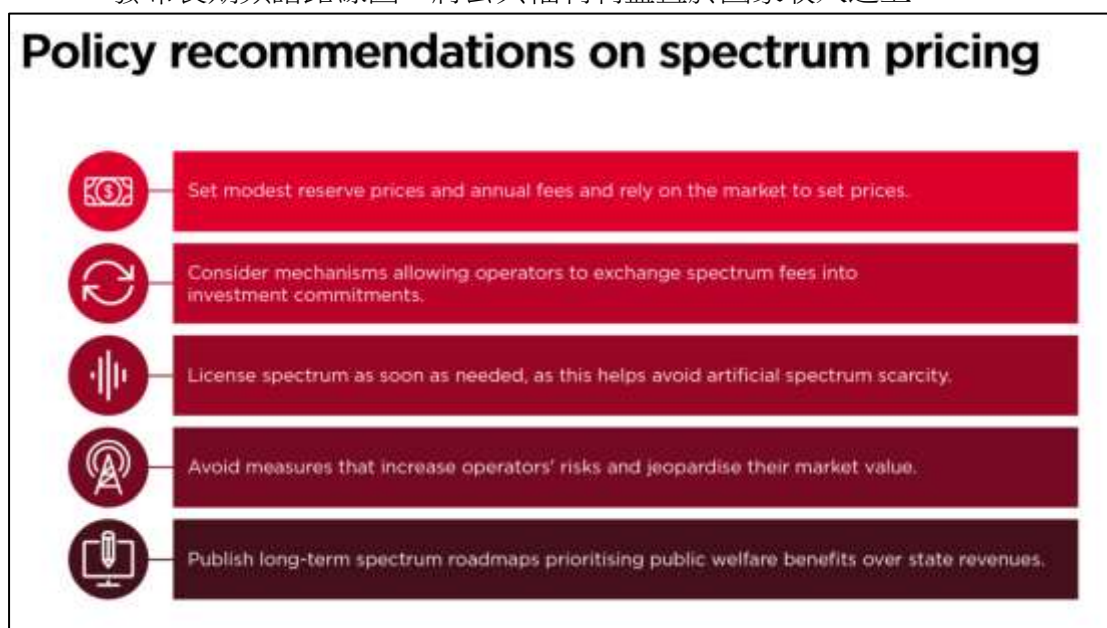


圖 55：頻譜定價的政策建議

資料來源：GSMA

十、 場次八：探索新互連方式：彌補數位落差之策略、技術與協調

為解決亞太地區的數位落差仍為所有國家的優先討論議題。雖然互連方式不斷發展，但連接新區域的速度明顯放緩，特別是向一些經濟和技術最具挑戰性之地區。同時持續擴大涵蓋範圍並為所有公民帶來相互連接之好處，採取新技術及創新政策行動以及確保所有利益相關者的共同努力至關重要。除了可見的涵蓋範圍差距外，同時存在使用落差，有 47% 的居民仍然未申裝服務，主要是設備負擔能力及缺乏數位技能等障礙。本次會議將探討該地區為解決此問題而採用不同方法，將探討政策制定者和產業如何齊心協力，利用創新技術和策略來解決已開發及發展中國家之網路連結性及縮小數位落差。

（一）亞太電信組織（APT）視角之數位落差

根據亞太電信組織（Asia-Pacific Telecommunity, APT）研究亞太地區各國政府已關注數位落差及相關措施，目前全球 26 億人無法上網、亞太地區仍有 40% 人口無法上網、技術歧視、貧窮及社會排斥之形式以及 COVID-19 肆虐造成數位落差與其後果。數位落差分成 3 種形式：（1）接取設備：缺乏連接和負擔得起的設備；（2）使用設備：缺乏數位技術；（3）使用品質之落差：缺乏利用之處，可根據以上 3 種形式之數位設備之因素來解決數位落差。APT 提出解決數位落差之方式，並規劃 2024-2026 年策略，有 5 種不同面向：（1）數位包容：消除障礙，促進數位包容；（2）信任與安全：透過電信及 ICT 確保安全的網路空間、安全性和彈性；（3）數位連接：加強數位基礎設施的接取及效率；（4）永續發展：擴大對電信及 ICT 參與；（5）數位轉型：利用電信及 ICT 且以創新 ICT 為優勢。

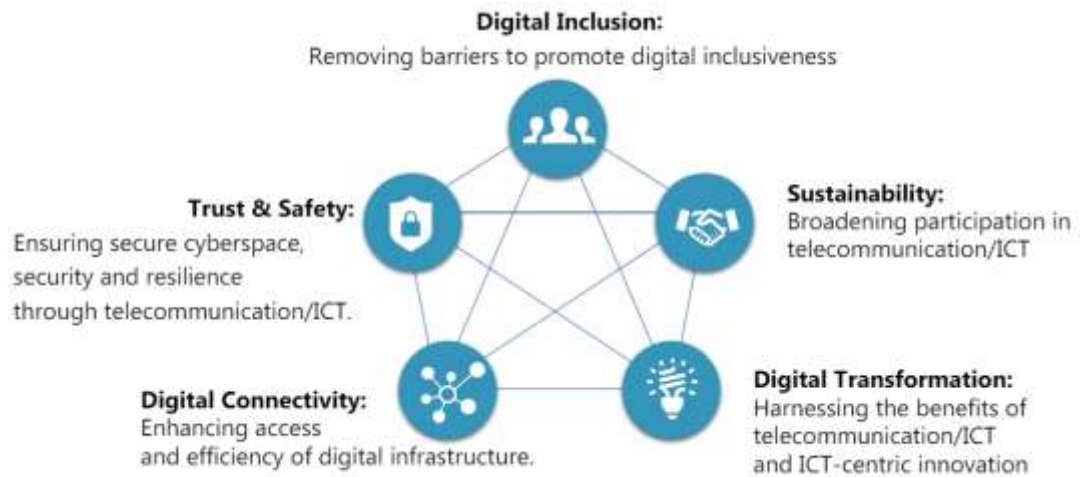


圖 56：APT 提出 2024-2026 年數位落差之解決方式政策規劃

資料來源：APT

為弭平數位落差，APT 提出數位連接強化普及與連接性。同時提出縮小數位落差之目標相關建議，包括（1）提高無障礙性、可用性和可負擔性：制定及更新全國寬頻計畫、公平、可預測與透明化政策和監理環境、透過行動、衛星和固定網路開發之良好寬頻連接永續投資、網路傳輸及網路相關布建、推廣 IPv6 以及開發價格實惠、優良之設備；（2）為頻譜使用創造有利的政策和監理環境：制定頻譜藍圖並協調制定頻譜管理方案、公平取得頻譜資源、可預測和透明化的政策和監理環境、協調 IMT 和其他無線技術的頻段、實踐評估頻譜管理以及協作和跨境協調。目前改善數位落差支方式，將推動使用 5G 及 FWA 應用來彌補該區域之數位落差。

（二）孟加拉探索新連接方法，彌補數位落差之策略、技術及協調

根據孟加拉電信監理委員會（Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission, BTRC）提供孟加拉電信市場概況，行動約 1.9 億用戶數、行動網路約 1.18 億用戶數以及固定寬頻約 1,200 萬用戶數，且持續上升並使用新技術。本次會議探討互連之政策與消除數位落差技術與協調之新方法。孟加拉國因應地理限制為通訊基礎建設建置帶來挑戰，但也持續投入在 4G 更多資金來改善服務品質，同時也面臨自然災害可能帶來行動網路技術布建之障礙，考量到其因素將考慮使用衛星連接，以利偏鄉或用途不普及之地區提供服務。另外，建設社區網路成本較低，且透過 Wi-Fi 及行動網路等技術，實現區域資源共享。BTRC 指出降

低數位落差之連結性的挑戰，包含地理限制、基礎建設不足、自然災害、識字率低以及財務資源不足等因素，因此將規劃以行動網路技術、衛星連接、太陽能解決方案以及社區網路來克服數位落差。另外規劃 174-230 及 522-614 MHz 頻段供數位地面電視廣播使用，600MHz、700MHz 頻段供 IMT 使用，預計 700MHz 頻段將於 2027 年開始分配給 IMT。



圖 57：BTRC 頻率規劃

資料來源：BTRC

BTRC 為了降低數位落差採取以下措施：

- 彈性的頻譜管理政策：增加頻譜分配期限、費用及收費之付款條件；
- 為 4G 及 5G 行動通訊網路分配足夠的頻譜；
- 基於機會成本設定頻譜價格；
- 允許 MNO 進行 FWA。

根據上述，BTRC 利用不同解決方案於不同環境中提供行動網路、寬頻網路、衛星網路連線或透過實際監理措施簡化布建網路之流程，來改善數位落差。

(三) 印尼 XL AXIATA 行動通訊業者提出電信產業面臨的挑戰

印尼 XL AXIATA 行動通訊業者提及行動通訊市場成長快速，雖然流量增加，迎來產量下降、地理限制電信業者基礎建設與經營難度高以及頻譜成本高，面臨一大挑戰。因此建設更多站點、光纖以及行動通訊核心網路等來涵蓋各地區，根據印尼面積達 190 萬平方公里，且分佈在數千個島嶼上站陸地面積的 20%，除了首都雅加達以外，其餘地區布建成本較高，而且人煙稀少，同時與其他國家（例如泰國、孟加拉、新加坡、印度等）相比，印尼目前分配給 IMT 的頻譜仍相當低。未來預期增加頻譜容量來應對不斷增加的流量與改善涵蓋範圍將提高行動業者的成本效率並加速整體數位經濟。

針對 5G 中頻段頻譜需求，以對於 5G 頻段進行部分頻率分配與共享，將期望中頻段（2.6 GHz 和 3.5 GHz）供 5G 行動通訊之必要性及可行性，此外低頻段

為黃金頻段可提供 5G 通訊服務較大涵蓋範圍，同時降低布建成本並提高偏鄉涵蓋。

最後 XL AXIATA 行動通訊業者提出成功推動印尼數位經濟之關鍵，(1) 電信服務供應商：透過商業計畫模式，實現互利互惠以及加速布建、透過數位化及自動化等相關建設，達到最好的用途品質；(2) 政府監理主管機關：確保 IMT(低、中、高頻段) 頻譜分配之政策，以提高技術效益和經濟影響、重新審視頻譜評估與頻譜執照規劃，以加速數位化、支持降低開發、營運成本的認可及政策；(3) 產業與企業：參與基礎設施開發，特別是在鄉村及偏遠地區、作為電信服務用戶積極貢獻提高生產力，如探索 5G 應用並參與共同開發、作為相互合作夥伴關係，為電信基礎設施提供免費用途，為用戶及員工提供服務；(4) 技術持有者：評估農村發展的替代解決方案，如衛星設備連設備 (Device to Device, D2D) 避免干擾既有的行動產業。

(四) Rivada 太空網路公司提出無所不在的連接

Rivada 太空網路公司於 2022 年 3 月成立，總公司位於德國慕尼黑，是一家新的跨國公司，推出低軌道衛星 (Low-Earth Orbit, LEO) 之全球性、低延遲、點對點及數據連接網路，預計衛星使用 Ka 頻段並將在 1050 公里高度運行，至 2026 年將投入 300 顆衛星使用，至 2028 年中期擴增至 600 顆衛星。同時將為企業對企業 (business-to-business, B2B) 及企業對政府單位 (business-to-government, B2G) 之全球客戶提供任何地點超低延遲與高頻寬安全連接用途。

根據衛星操作的特性，可有效提升 (1) 鄉村及偏遠地區的連結性：衛星通訊於地面基礎設施缺乏之地點擴展在寬頻網路接取，使居民能夠取得線上教育、醫療保健服務、經濟機會及政府服務；(2) 遙測與環境監測：衛星連接使遠端感測器能夠收集氣候相關參數之數據，對於氣候研究、環境監測和生態系統管理至關重要；(3) 海事和航空互連：衛星通訊透過在偏遠和海洋區域提供連接，為飛機、海上船舶與海上平臺提供服務，來實現通訊、導航、安全及營運效率；(4) 危機溝通與公共安全：衛星在危機期間為公共安全機構、緊急應變人員和政府組織提供備用通訊能力，確保於挑戰的情況下，能持續保持連續性之通訊、指揮和

控制功能；(5) 災難復原及恢復力：在地面網路受損或中斷時，透過衛星通訊維持通訊鏈路，以支援災難復原和恢復力，進一步促進快速反應、狀態意識和災後復原工作。

同時根據目前及新的衛星技術，包含 (1) 高通量衛星 (High-Throughput Satellites, HTS)：透過使用多個點波束和頻率復用技術，與傳統衛星相比，可提供更高的資料吞吐量和容量；(2) LEO 衛星：提供更低的延遲和更高的數據吞吐量，成為提供低成本、高速連接之理想選擇；(3) 設備直連衛星技術：與智慧型手機及其他行動裝置整合之設備直連衛星技術彙總地面及太空技術；(4) 軟體定義衛星：衛星根據特定用戶需求、流量模式和服務優先順序，來彈性調整其涵蓋範圍、頻寬及容量；(5) 光學衛星間鏈路 (Optical Inter-Satellite Links OISL)：允許衛星直接相互通信，無需仰賴地面基礎設施，來實現不間斷網路切換及全球涵蓋；(6) 免 Gateway (Gateway-less) 技術：稱為終端到終端技術，能夠在衛星系統涵蓋範圍內的任何地方進行安全端對端通訊。

Rivada 特別為 B2B 客戶設計 3 種類型，如無使用衛星間連結 (inter-satellite links, ISL) 之衛星傳送至 Gateway、使用 ISL 傳送至 Gateway 以及 ISL 形成太空網狀網路做傳輸。

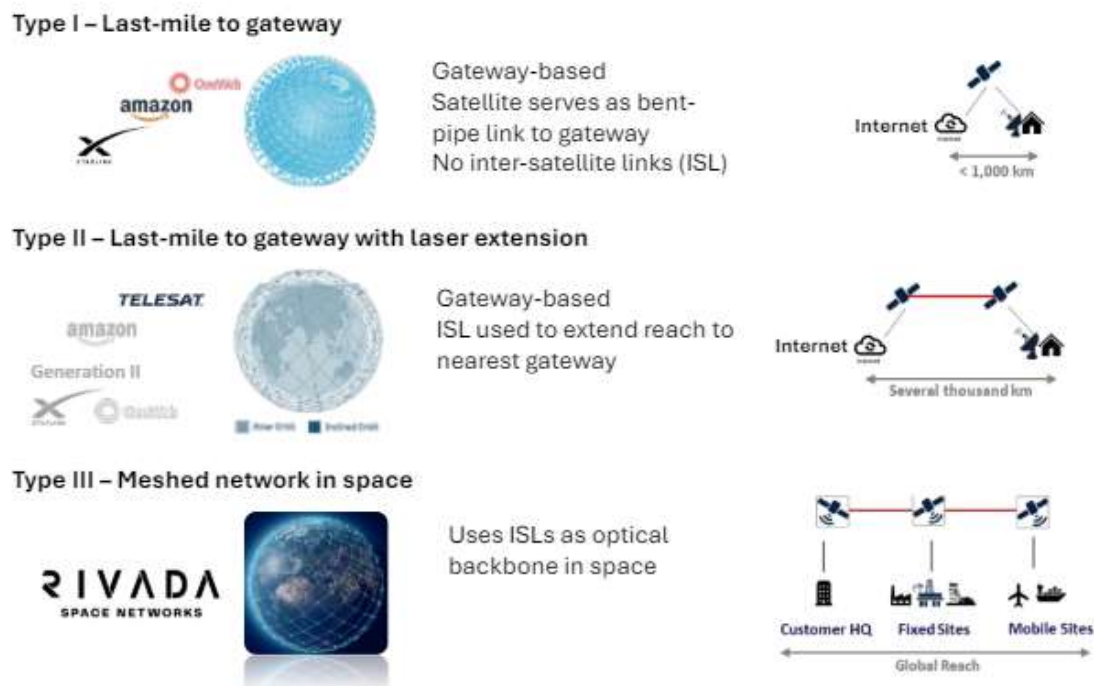


圖 58：Rivada 為 B2B 客戶設計傳輸類型

資料來源：Rivada

十一、場次九：連結天空與地面：混合網路與全球涵蓋之新技術與監管改革

全球太空與衛星產業正在大規模發展，湧入大量創新技術、服務和商業模式。尤其是設備直連之連結與混合網路引進，使用非地面連接補充既有行動用途。其解決數位落差並提供創新技術之潛力，特別是在偏遠地區，但對於如何提供上述服務，提出相關監理與技術挑戰。本場次會議將探討考量並滿足網路連線需求的不同方法，以及防止干擾的方式提供所需頻譜之相關挑戰。關注重點為直連設備及高空行動通訊基地臺（HAPS IMT Base Station, HIBS）來補充地面連接之潛力，以及進一步研究最佳頻段與分配方式，來發揮混合網路之潛力。

（一）Access Partnership 顧問公司提出全球互連議題

Access Partnership 顧問公司為全球技術顧問公司，於 1999 年以來協助科技公司應對複雜之監理挑戰，並將產品及用途拓展至新市場，同時提供法規與新興技術發展建議。於本次會議提出 WRC-23 全球互連之創新技術與監理方式，包含（1）全球連結創新技術：確定新技術與服務、公平監理架構機會以及彌補數位落差做出貢獻；（2）無線電規則更新：擴大通訊網路使用以及技術設施之推廣供公眾使用；（3）頻譜及頻率使用之用途：國際行動通訊（International Mobile Telecommunications, IMT）頻譜、高空行動通訊基地臺（HIBS）使用頻段以及移動式地球電臺（Earth Station in Motion, ESIM）使用頻段；（4）加強通訊：新增航空頻率、低延遲服務改善資料提供以及支援天氣預報和救災通訊。

WRC-23 決議也規劃未來議程，未來 4 年將探討（1）協調及監理：新技術協調使用、促進新法規制定以利監理，同時提高通訊服務使用效率、通訊用途廣泛使用後有利於全球資訊經濟；（2）新監理框架議程：衛星用途頻段分配之公平性、行動服務分配、ESIM 與衛星系統通訊之開發、無線電定位、航空用途及月球通訊的進步、保護無線電天文臺、加強 D2D 連線；（3）相容性決策：會員國、科技業、學術界及科學實體的參與、國家、地區及 ITU-R 合作促進通訊技術開發、盡可能協調，降低有害干擾。

針對加強地面網路及衛星網路之互連，將從地面網路擴大挑戰至衛星通訊系統之混合技術，逐漸演變不同的監理框架。



圖 59：監理框架之演變

資料來源：Access Partnership

(二) 越南 ARFM 討論 D2D 議題

越南無線電頻率管理局（Authority Of Radio Frequency Management , ARFM）目前太空有成千上萬顆衛星，電信業者與衛星業者合作提供 D2D 直連服務，供行動用戶使用者可使用手機設備直連衛星之標準，其合作模式於 2021 年開始推出，並開始蓬勃 D2D 市場。

Telecoms operator	Satellite/NTN company	Market	Number of mobile connections (million)
Bharti Airtel	OneWeb	India	351
Vodafone	Project Kuiper	Europe, Africa	341
Telefónica	OneWeb and Starlink	Europe, Latin America	262
MTN	Starlink, OneWeb, AST SpaceMobile and Lynk Global	Africa	232
Orange	OneWeb	Europe, Africa, Latin America	229
Deutsche Telekom	Skylo and Intelsat	Europe, US	193
Veon	OneWeb	Asia, Eurasia, Ukraine	158
Vodafone	AST SpaceMobile	Africa	153
Verizon	Project Kuiper	US	144
T-Mobile	Starlink	US	119
AT&T	OneWeb and AST SpaceMobile	US	114
KDDI	Starlink	Japan	67
Telstra and Optus	Starlink	Australia	28
STC	AALTO	Saudi Arabia	25
BT	OneWeb	UK	22
Rakuten	AST SpaceMobile	Japan	6

圖 60：衛星與行動業者合作之概況

資料來源：ARFM

同時 WRC-27 正在考慮 IMT 頻段，第一區：4400-4800MHz、7125-7250MHz、7750-8400MHz 以及 14.8-15.35GHz 頻段；第二區：7750-8400MHz 以及 14.8-15.35GHz 頻段；第三區：4400-4800MHz、7750-8400MHz 以及 14.8-15.35GHz 頻段。另外 WRC-27 考慮行動衛星用途頻段，依照行動衛星使用 IMT 頻段手機直連衛星類型（D2D）可使用 694/698MHz、2.7GHz 頻段，且額外規劃新的行動衛星用途頻段 1427-1432 MHz、1645.5-1646.5 MHz、1880-1920 MHz、2010-2025 MHz 以及 2120-2170MHz 頻段。同時與其他用途共享和相容，以避免干擾。

（三）Intelsat 國際頻譜政策總監討論衛星產業觀點

Intelsat 分享衛星產業觀點以及對未來連接之願景，目前技術正在進步，但仍有 27 億人口對於接取用途、成本或可用性面臨挑戰，尤其是偏遠地區，其衛星

服務推動對未來連結之願景。Intelsat 認為要實現行動通訊網路普及連線，相信在未来技術會於不同領域之間融合，如地面網路及非地面網路、地面網路及衛星網路之結合，6G 目標將是整合相關技術，統一 IMT 接取技術平臺來提高效率、應用案例與能力。

6G 願景未來目標為使用衛星擴大涵蓋範圍、接取衛星網路以及地面網路並提供無所不在的網路連線，其願景將需要前所未有的跨產業合作。對於衛星及行動之間合作，以及所有技術合作夥伴要實現技術融合願景。另外，3GPP Release 17 是實現非人工智慧整合到 5G，並達成 6G 願景。最近與 ISA、歐洲太空局及 GSMA 達成協議，促進合作，並協調標準以共同承諾並倡導來實現快速創新的政策，來對 D2D 技術的市場成長。

因此，其推動此融合及技術最大主因為頻譜，並且取得足夠頻譜是實現這 6G 及 WRC-27 至關重要，且 WRC-27 超過 80% 項目與衛星相關，實際具體項目擇多探討 D2D、MSS 等頻譜議題。

十二、場次十：管理不同 GSO 和 NGSO 系統之共存，提出技術、監理挑戰及解決方案建議

在擁擠頻譜環境中，管理 GSO 及 NGSO 衛星系統以及多個不同 NGSO 系統共存是一項具有挑戰性的任務。同時為確保不間斷的連接，需要解決固定 GSO 波束和動態 NGSO 移動問題，同時避免干擾和擁擠。本場次會議探討目前管理衛星頻譜使用的監理框架和執照規則，以及可能需要重新審視監理框架和執照規則，以應對快速發展之行業需求。將探索不同的技術和政策解決方案，成為未來連接框架的一部分，以及需要採取哪些措施來確保 GSO 和 NGSO 系統以及多個不同 NGSO 系統的和諧共存，來實現新興及既有系統和諧共存。

(一) Amazon 針對 ITU 提出不同類型干擾定義進行分享

Amazon 提出 ITU 定義 4 種不同類型干擾，如（1）允許干擾：通常為 2 個系統運作，建立基礎界線或限制；（2）可接受的干擾：兩個系統間衛星協調，

且同意傳輸功率等級，為協調之協議；(3) 不可接受的干擾：高於允許或可接受限制；(4) 有害干擾：反覆或嚴重降低用途品質。

根據 ITU RR 之規定，第 1.167 號允許的干擾，為觀測或預測干擾符合條例、ITU-R 建議書或特別協議中規定的限制干擾及共享標準。第 1.168 號接受干擾，為高於允許干擾定義之干擾等級，其不損害其他主管部門的情況下，與兩個或多個主管部門之間協商。第 169 號有害的干擾，為無線電導航用途、其他安全用途的功能、嚴重降低、阻礙或重複中斷 RR 運作的無線電通訊用途。

(二) 印尼通訊與資訊部-監理方面管理 GSO 和 NGSO 的共存

印尼通訊與資訊部 (Management, Ministry of Communications and Informatics, MCI) 衛星單位分享衛星議題，印尼衛星利用 6 顆同步軌道固定衛星達成 212 Gbps 容量；於 2024-2026 年增加 2 顆同步軌道固定衛星達成 180 Gbps 傳輸容量；44 顆國外衛星達到 42 Gbps 傳輸容量。至 2030 年預計需求達 1.5 Tbps 容量之目標市場。同時應如何縮小供給與需求之差距，(1) 修訂 MCI 法規導入國家能量；(2) 透過 GSO 及 NGSO 落地權為全球衛星提供機會：透過政府計畫解決戰略需求、更多投資的獎勵措施（如頻譜費：印尼衛星業者價格較低）；

(3) 平衡全球趨勢：促進與當地實體的夥伴關係之合作、保護既有網路、保護資料安全及合法攔截要求。目前印尼衛星行動應用法規：印尼頻譜頻率分配表，針對 ITU 第 156 號決議 (WRC-15) 之 19.7-20.2 GHz 與 29.5-30 GHz 及 ITU 第 169 號決議 (WRC-19) 17.7-19.7 GHz 與 27.5-29.5 GHz 之進行分配；WRC-23 新的 ESIM 頻率分配尚未被採用，正在等待新修訂；地球電臺可用於飛機和船舶，詳細程序等待衛星監管資訊。

WRC-23 NGSO 監理架構的主要成果：NGSO 軌道特性的相容性；符合規定之頻率分配啟動；保護 7/8 GHz 及 20/30 GHz 之同步軌道衛星及行動衛星；保護 GSO 避免 Q/V 頻段之 NGSO 影響；NGSO 協商會議；未來不會有任何項目審查保護既有 GSO 之 EPFD 限制，以避免受 NGSO 影響。

目前印尼認為的關鍵問題：GSO 及 NGSO 都需要滿足印尼之衛星需求；需要在兩種技術之間取得平衡，以保護 GSO，同時助於發展 NGSO 之優勢；完

善、正確之 ITU 方法和程序，來簡化國家執照流程；確保資料安全及保護；關注行動應用，如管理跨境非法終端。

(三) Viasa 將討論 NGSO-NGSO 與 NGSO-GSO 共存環境之議題

Viasa 通訊解決方案公司將討論 NGSO-NGSO 與 NGSO-GSO 共存環境，公平合理使用頻譜與軌道資源為共存之關鍵，像是無線電頻率及任何軌道相關資源，包含同步軌道衛星皆為有限之自然資源，必須按照 RR 規定，合理、高效率及符合成本使用，以利各國或企業能夠公平地取得軌道和頻率。可持續發展之 NGSO 網路可能造成 RR 第 44 條威脅且不受現行 RR 第 22 條的約束。

目前全球 NGSO 衛星系統及 RR 第 44 條共存條款，是目前尚未解決之問題。無線電通訊局主任向 WRC-23 提交的報告指出更新之重要性，應更新評估 NGSO 是否符合 EPFD 之限制值以及 BR 使用的軟體方，為 4A 工作小組正在進行之工作。干擾風險增加為龐大 NGSO，包含數千顆 NGSO 產生干擾總和、適用程序不明確，如強制性總 EPFD 限制等相關原因。

十三、 場次十一：未來連接生態系統中的創新頻譜共享策略

隨著資通訊需求超越了傳統頻譜的可用性，有必要探索創新之解決方案，以確保所有用戶都能獲得所需之無線頻寬。本場次會議探討目前正在使用的不同頻譜共享模型，並在 6G 和其他未來技術即將出現的情況下，研究頻譜共享模型未來可能如何演變，以及增加共享可能在不斷發展的連接環境中扮演的角色。

(一) Hewlett Packard Enterprise Aruba Networking-使用自動頻率協調的標準功率 Wi-Fi

取得對新頻譜的專用接取權變得越來越困難，以需求面來說，包含新的應用案例、工作和生活方式的改變、對服務品質和用戶體驗的需求提高，以及新技術的引入；以供給面來說，頻譜是稀缺資源、受到物理特性限制、存在既有用戶和舊有技術問題，以及全球協調的挑戰。美國 NTIA 在其國家頻譜戰略中表示，下一代 Wi-Fi 網路、低軌道衛星、快速增長的太空發射頻率、聚合的數據傳輸需求、5G 和 6G 寬頻網路、私有無線網路、自動駕駛車輛和其他先進系統驅動著需求。

動態頻譜共享是滿足這些不斷增長需求的關鍵之一。

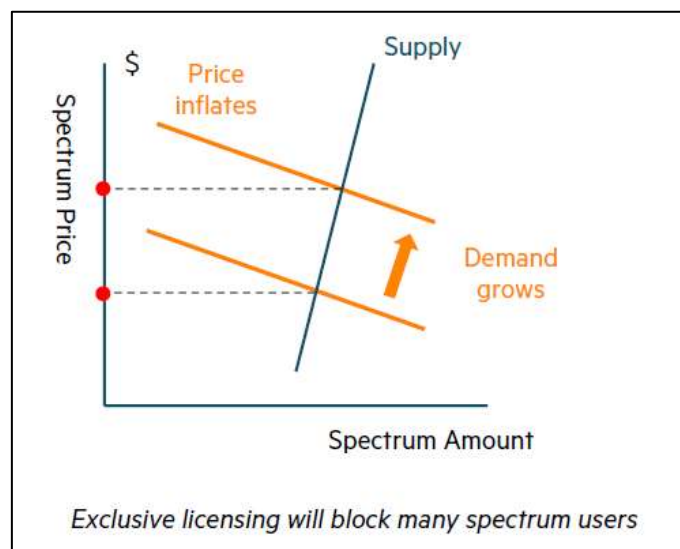


圖 61：頻譜需求持續增長（供需圖）

資料來源：HPE

6 GHz Wi-Fi 設計用於與現有使用者共享，採用低功率、非常低功率、標準功率使用案例與情境如下圖。

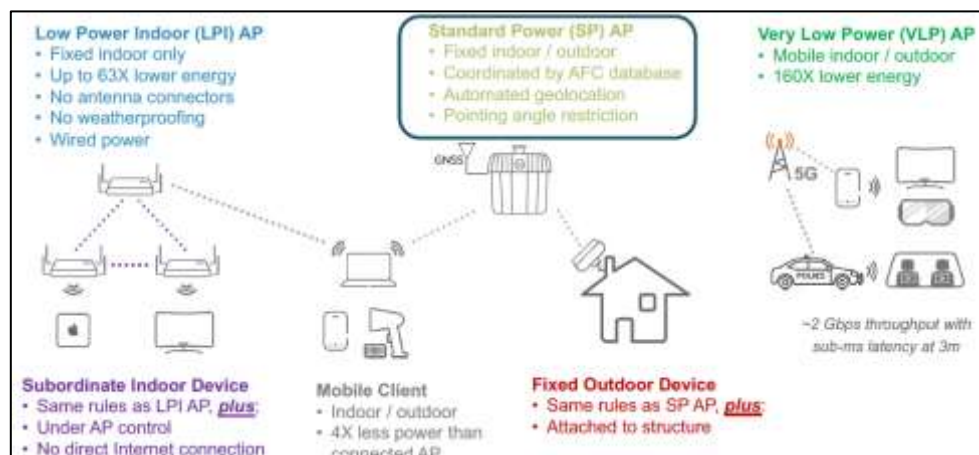


圖 62：6 GHz Wi-Fi 使用案例與情境

資料來源：HPE

自動頻率協調（Automated Frequency Coordination, AFC）為主管機關提供自動協調工具，使 6GHz 頻段的使用更有效率。

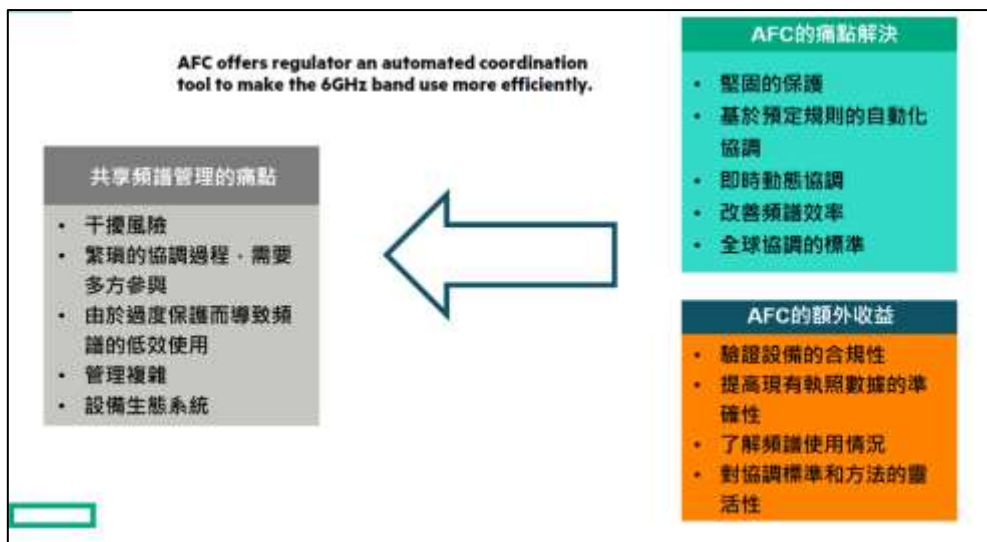


圖 63：AFC 之特點

資料來源：HPE

AFC 透過以下方式保護固定用途：

- AFC 系統根據地理位置檢查受影響的固定用途；
- AFC 系統計算每個固定用途接收器前方的三維保護區域；
- 對於同頻和相鄰頻道，FS 接收器的保護標準為-6dB I/N；
- 保護區域每 24 小時更新一次，使用最新的固定用途訊息。

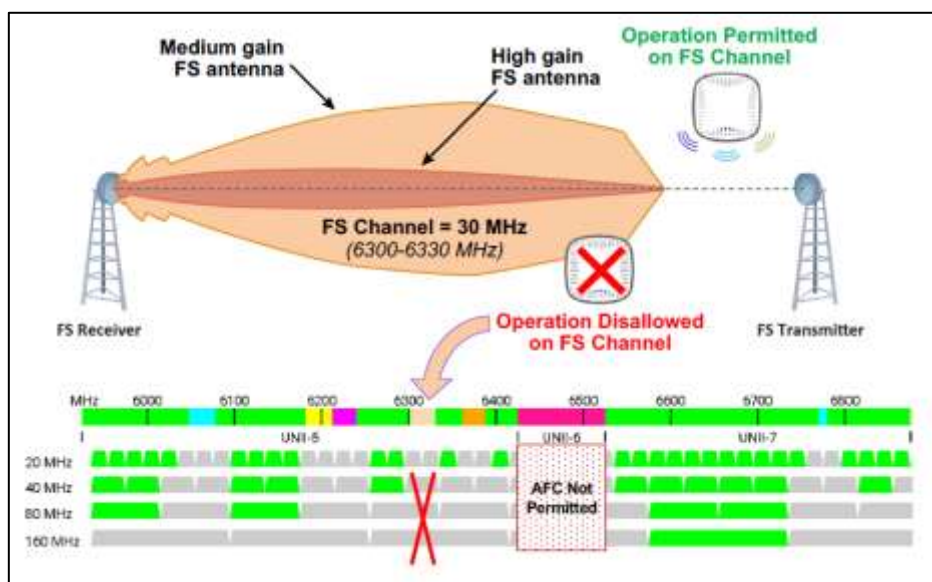


圖 64：AFC 保護固定用途之方式

資料來源：HPE

AFC 的保護輪廓（Protection contour）¹⁵隨著等效輻射功率（EIRP）和地形的

¹⁵保護輪廓是指在無線通訊系統中，用來確保特定用途或用戶不受到干擾的區域。對於自動頻

變化而變化：

- 山丘、山脈和其他地形障礙可能會降低某些方向上的保護輪廓。
- 保護輪廓的大小隨著 Wi-Fi 設備的 EIRP 增加而增加。相反，隨著 EIRP 減少，保護輪廓會縮小。
- 鼓勵 Wi-Fi 營運商盡可能地使用最少的功率來完成任務。

HPE 提出之概念性 AFC 流程依序如下：

1. 接取點向「中央入口」報告位置坐標、AP 型號/RMN、序列號和任何虛擬用途引擎（Virtual Service Engines, VSEs）；
2. 中央入口將接取點訊息轉發給 AFC；
3. AFC 將查詢 ULS 的現有用戶、檢查保護輪廓等，然後向中央入口返回每個接取點可以操作的通道和功率級別的列表；
4. AFC 將返回每個通道的可用通道和最大 EIRP；
5. 中央入口將根據 AFC 允許的通道和功率級別應用並指示接取點啟動 6 GHz 無線電，並將配置發送給 AP/ gateway；
6. 一旦啟動，這些接取點每 24 小時向 AFC「報到」一次（如果報到未發生或失敗，則有一個 24 小時的寬限期，過了這個寬限期，一旦接取點通過了此寬限期，它必須停用 6 GHz 無線電）。

(二) SENNHEISER-頻譜共享之觀點

頻譜共享是有效頻譜管理的基礎，對於確保頻譜資源得到最大使用效率，並不是新概念。自有頻譜管理以來，就存在用途內和用途間的頻譜共享，例如：Band II FM 廣播、個人行動無線電（Private Mobile Radio）、音頻節目製作和特別活動（Programme Making and Special Events, PMSE）和電視廣播之間的共享，共享方法通常基於地理位置、頻率、時間、編碼或以上因素的組合，以便多個用戶或用途可以共用同一頻譜資源而不互相干擾。

目前頻譜共享可能將更具挑戰性，理由如下：

- 現代數據需求驅動對大頻寬連接的需求，使得頻譜共享變得更加複雜。

率協調（AFC）系統而言，保護輪廓通常是在一定的頻段內，環繞著受保護用途（如固定用途）的地理區域。這些輪廓的形狀和大小通常取決於多種因素，包括設備的發射功率、天線高度、地形、以及其他無線信號的干擾等因素。

- 國家頻譜分配給單一營運商，通常會假設這些營運商在所有時間和地點都使用這些頻譜，但這種假設可能不準確，導致頻譜資源的浪費。
- 共享研究中的保護標準可能非常保守：在進行頻譜共享研究時，保護現有用途的標準往往非常保守，這可能限制了共享的靈活性和有效性。

以利害關係人的角度對於頻譜共享之觀點如下：

- 音頻 PMSE 幾乎完全以共享方式運作，並帶來顯著的經濟和文化價值-無線麥克風是最早的電視空白頻段（未被電視廣播使用的頻譜）設備；
- 創新的共享模式應是有效且適當的，並滿足共享各方的需求，例如 QoS 要求；
- 新技術，如無線多通道音頻系統和 DECT-2020 NR（IMT-2020），需要更新現有的共享框架；
- 動態頻譜共享是根據需要動態分配和重新分配頻譜，因此帶來的複雜性（增加成本）和風險（成本），對製造商和用戶構成挑戰；
- 創新的頻譜共享方法，例如 DSA，在合適的情況下可以有效，但共享方法應該根據用戶需求進行匹配。

(三) Indosat Ooredoo Hutchison -頻譜共享之觀點

目前 5G 已逐步發展，帶來機會與挑戰並存。從第一波 5G 頻譜拍賣，以年化和 WACC 調整後的頻譜成本與經常性行動收入的比率計算，頻譜成本相當高，尤其是前四名皆為亞太地區國家，印尼排列第四，如下圖。

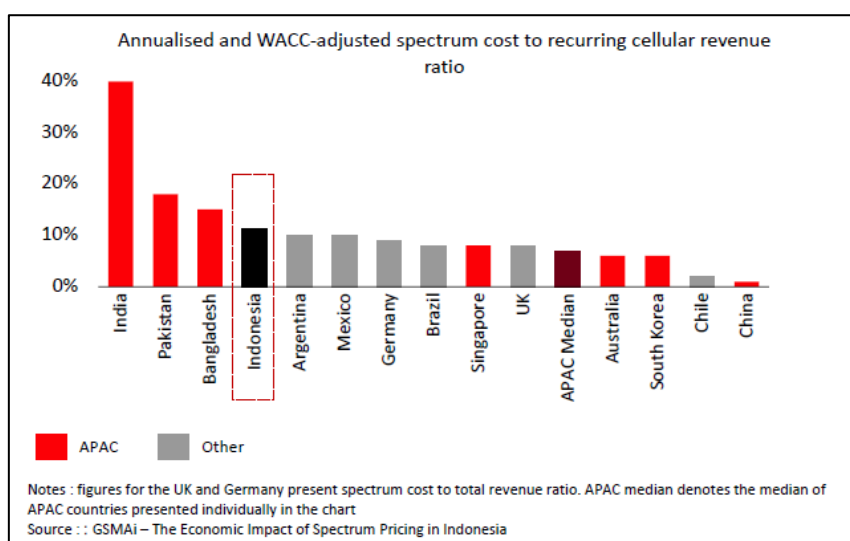


圖 65：第一波 5G 頻譜拍賣成本

資料來源：GSMAi-The Economic Impact of Spectrum Pricing in Indonesia

2019 年 Coleago 分析一些國家的頻譜成本百分比，其中印尼已經高於平均水平，如下圖。從歷史上看，印尼目前的頻譜成本與收入比率已經超過 10%

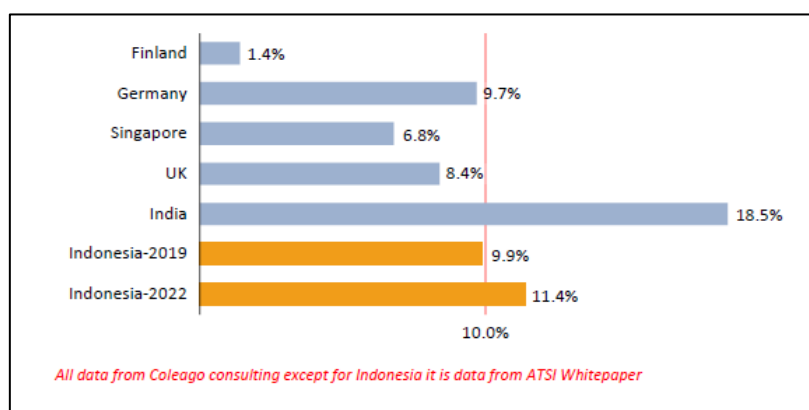


圖 66：頻譜成本百分比

資料來源：Coleago

營運商正在探索多項服務來克服所需的資本支出和營運支出，營運模式可能未來的網路營運模式將更傾向於利用共享和中立站臺（neutral hosts）¹⁶的基礎設施（>90%），以降低成本和提高效率，而不是依賴高成本、高複雜度的毫米波技術。根據 Analysys Mason 的另一項調查顯示，81.5%已經參與共享的業者能夠在前3年看到收益。網路共享最大的優點是能夠降低資本支出和營運支出（占40%），如下圖。印尼業者正探索網路共享模式的機會。

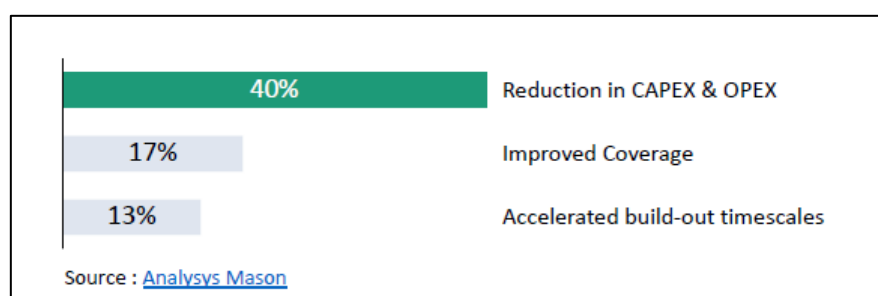


圖 67：網路共享之優點

資料來源：Analysys Mason

以中國網路共享為例，中國電信和中國聯通簽署NSA 來布建和管理5G RAN。兩家業者在分配占比為60%與40%。多年來，NSA 將有助於節省總計330億美元的聯合資本支出和31億美元的營運支出，並減少600萬噸碳排放。

¹⁶ 中立主機是指由第三方公司營運的基礎設施，這些基礎設施可以被多個營運商共同使用，而不屬於任何一家特定營運商。這些第三方公司提供中立的平臺，支持不同營運商的需求。

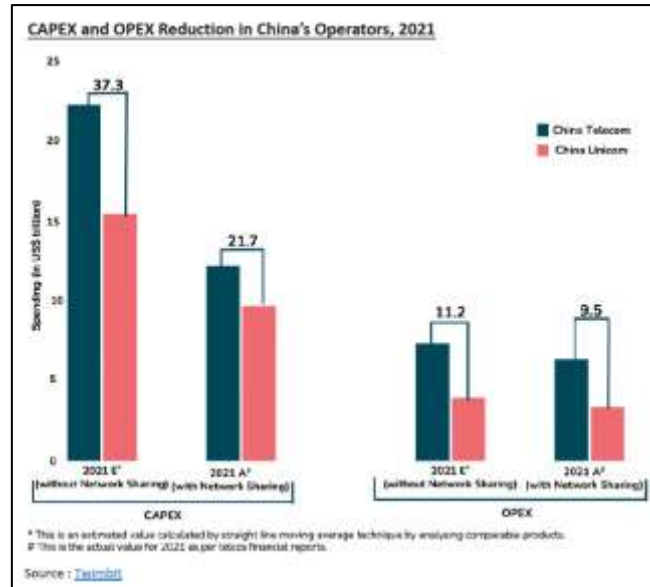


圖 68：中國網路共享-節省資本支出和營運支出

資料來源：Twimbit

總而言之，「網路共享」對電信業有明顯的好處，應持續考量如何激勵產業內所有利害關係人，以加速「網路共享」的實施。

(四) Windsor Place Consulting- 6 GHz 頻段共享的重要方法

頻譜共享可以是：

- 透過頻譜租賃和頻譜交易的協議或以市場機制（拍賣）來獲取和分配頻譜資源；
- 在多個維度上分享：時間、空間和地理；
- 透過使用不斷發展的先進技術（例如認知無線電）。

一般來說，可以共享許多頻段，透過保持地理隔離並確保嚴格遵守防止用途之間干擾的操作限制。在以下情況下應促進頻譜共享：

- 對頻譜的需求足很大而導致壅塞；
- 允許不同使用者使用相同的技術；
- 其他調整頻譜使用和分配的方法已變得繁瑣且成本高昂，破壞經濟和技術效率的目標。

因此，只有當同頻道運作的兩個系統的經濟效率大於在頻段內獨立運作的兩個系統的經濟效率時，才應頻譜共享。在一些共享案例中，共享會導致效率損失，因為兩個系統相互干擾並導致效能大幅下降。

IMT 和 Wi-Fi 可以共用 6 GHz 頻段嗎？由於相互有害干擾，IMT 和 Wi-Fi 用途無法共享 6GHz 頻段。具體來說，對於這些所謂的混合選項，Wi-Fi 和 IMT 上行鏈路和下行鏈路之間存在相互有害干擾的巨大風險，如果 Wi-Fi 和 IMT 在同一頻道中運行，則它們的性能會顯著下降。例如，下行鏈路方向（室內和室外）的研究顯示：

1. Wi-Fi 對 IMT 下行鏈路的干擾

- Wi-Fi 將保持傳輸，因為它無法偵測到 IMT 下行鏈路訊號的存在。因此，Wi-Fi 傳輸會對 IMT 造成潛在的有害干擾。
- IMT 下行鏈路吞吐量會因 Wi-Fi 發射而大幅下降，並根據不同環境以一定比例降至零。

2. IMT 下行對 Wi-Fi 的干擾

- 如果 Wi-Fi 可以偵測到接收到的 IMT 下行鏈路訊號，Wi-Fi 將停止傳輸，導致 Wi-Fi 吞吐量為零。
- 如果 Wi-Fi 無法偵測到接收到的 IMT 下行鏈路訊號，而 Wi-Fi 會發射訊號，則 IMT 下行鏈路訊號會降低 Wi-Fi 吞吐量。

採用以下方法無法實現在 6 GHz 頻段供 IMT 和 Wi-Fi 在同頻道共享：

- 地理隔離是不切實際的：同一地點可能需要 IMT 和 Wi-Fi（例如密集的城市/郊區）；並且 Wi-Fi 的位置可能並不總是足夠準確。
- 使用資料庫並不總是可行。除了 Wi-Fi 位置的不確定性之外，並非所有主管機關都樂於授權資料庫的私有所有權（尤其出於隱私、安全和其他原因），也沒有資源來運作資料庫。
- 若降低 Wi-Fi 偵測門檻值，Wi-Fi 偵測 IMT 的能力將會提升。但這有很多含義：
 - Wi-Fi 偵測門檻值的降低將使 Wi-Fi 對其他 Wi-Fi 無線電用途更加敏感，以及其他同頻用途，會導致 Wi-Fi 使用不穩定。
 - 可能需要更改 Wi-Fi 端的協議，這可能意味著適用標準、實施成本和額外設備硬體成本的額外工作。

綜上所述，雖然鼓勵頻譜共享是一個值得讚賞的目標，但政策制定者和主管機關必須意識到對於專用頻譜分配的持續需求，特別是在 IMT 頻段，因此必須在關鍵頻段上作出頻譜重整的艱難決定。建議亞太地區之國家更實際的方法是：

- 儘快將 6 GHz 頻段的下半部分（5925-6425 MHz）分配給免執照/Wi-Fi 用途（例如馬來西亞、新加坡、日本、澳大利亞、泰國、台灣等）；
- Wi-Fi（包括 2.4 GHz、5 GHz 和 6 GHz 下半部分）已經能夠在室內提供超過 1 Gbit/s 的數據傳輸速率。安裝多個 Wi-Fi 接取點並結合內部光纖網路可以實現幾 Gbps 的速率。如果在長期內需要更高的數據速率，毫米波頻段的 Wi-Fi 會更適合這種需求；
- 考慮到對 5G 需求的迅速成長，儘快完成 6 GHz 頻段的上半部分（6425-7125 MHz）IMT 執照的分配。
- 在頻譜共享方面，可以在頻段的下半部分實現，如在室內使用的低功率 Wi-Fi 設備和微波之間共享。

肆、心得及建議

本次第 10 屆亞太頻譜管理會議於印尼雅加達舉辦，會議議程為期 2 天、每天召開 8 小時之會議，邀集近 30 位來自國際通訊標準組織、產業組織、國家代表、行動網路營運商、設備商代表等與會人員進行分享與互動式討論。本次會議討論議題相當多元，涵蓋 WRC-23 之決議與 WRC-27 展望與未來關注之議題、中頻段為亞太地區之關鍵頻譜、GSO 與 NGSO 系統共存議題、創新頻譜共享策略、衛星與非地面網路未來形態等主題。以下綜整討論度較高之議題及參與本次會議之建議與未來展望。

1、WRC-23 之決議成果及未來 WRC-27 關注之議題

儘管各國存在不同頻譜使用需求，仍會共同努力以達成 WRC-23 的成果。WRC-23 之最終決議文件已發布，決議將於 2025 年 1 月 1 日生效，新的無線電規則（Radio Regulation, RR）將於 2024 年 8 月至 9 月發布。WRC-23 決議成果包含多數國家 5G 和諧使用 3.5 GHz 頻段；確定 ITU 各區域可使用之 6 GHz 頻段範圍；開放 694-960 MHz、1710-1980 MHz、2010-2025 MHz、2110-2170 MHz、2500-2690 MHz 等頻段供 HIBS 使用，並限制平臺飛行高度於 18 至 25 km。WRC-27 未來重要之探討議題，如 IMT-2030 及以後的 IMT 使用頻段；694-2700 MHz 頻段 MSS 之太空電臺與 IMT 陸地設備之間的直接連接；新增衛星行動用途頻段（New Mobile Satellite）；修改 13.75-14 GHz 的共享條件，以提供更多頻譜。

2、探討中頻段為亞太區域關鍵頻譜

在亞太地區，中頻段頻譜（如：2.3、2.6、3.3-4.2、4-4.5 GHz 等）可平衡涵蓋範圍與容量、超高可靠性，多個頻段分配給 4G 和 5G 用途；此外，亦考量分配 4.6 GHz 和 4.9 GHz 等其他頻段。統計截至 2023 年底 5G 使用中頻段與所有頻段的比例，全球已使用 45% 之所有頻段供 5G 使用，其中 40% 為中頻段（占 88.8%）；以各區域來說，除歐洲地區外（僅占 35%），5G 使用中頻段占所有頻段皆高達近 9 成，甚至完全使用中頻段。在亞太地區，對中頻段之頻譜的依賴程度很高。根據 Qualcomm 公告 Global update on 5G spectrum 報告，全球超過 1,000 個頻段組合供 4G 使用。中頻段提供涵蓋範圍和容量之間的平衡，且設備生態系統較為成熟，

因此 IMT 網路布建最為廣泛。

3、 GSO 和 NGSO 系統之共存議題

全球 NGSO 衛星系統及 ITU 第 44 條共存條款，是目前尚未解決之問題。ITU 無線電通訊局主任向 WRC-23 提交的報告指出更新之重要性，且 WRC-23 主要針對 NGSO 軌道特性的相容性之監理架構進行探討、啟動符合規定之頻率分配、保護 7/8GHz 及 20/30GHz 之同步軌道衛星及行動衛星、保護 GSO 避免 Q/V 頻段之 NGSO 影響、NGSO 協商會議以及未來不會有任何項目影響既有 GSO 保護之 EPFD 限制規定，為避免 GSO 受 NGSO 影響來提出相關成果。另外，ITU 定義 4 種不同類型干擾，如（1）允許的干擾：通常為 2 個系統運作，建立基礎線或限制；（2）可接受的干擾：兩個系統間衛星協調，且同意傳輸功率等級，為協調之協議；（3）不可接受的干擾：高於允許或可接受限制；（4）有害干擾：反覆或嚴重降低用途品質。

4、 創新頻譜共享策略

美國 6 GHz 頻段使用 Wi-Fi 設計用於與現有使用者共享，採用低功率、非常低功率、標準功率使用案例與情境，透過自動頻率協調（Automated Frequency Coordination, AFC）為主管機關提供自動協調工具，使 6GHz 頻段的使用更有效率。頻譜共享可以是透過頻譜租賃和頻譜交易的協議或以市場機制（拍賣）來獲取和分配頻譜資源；在多個維度上分享：時間、空間和地理；透過使用不斷發展的先進技術（例如認知無線電）。一般來說，可以共享許多頻段，透過保持地理隔離並確保嚴格遵守防止用途之間干擾的操作限制。

5、 探索網路互連，並達成地面與天空之連結來減少數位落差

全球太空與衛星產業正在大規模發展，以及快速發展創新技術、服務和商業模式。尤其是設備直連之連結與混合網路引進，使用非地面連接補充既有行動用途。其解決數位落差並提供創新技術之潛力，特別是在偏遠地區。WRC-23 全球互連之創新技術與監理方式，包含（1）全球連結創新技術：確定新技術與服務、公平監理架構機會以及彌補數位落差做出貢獻；（2）無線電規則更新：擴大通訊網路使用以及技術設施之推廣供公眾使用；（3）頻譜及頻率使用之用途：國際行

動通訊 (International Mobile Telecommunications, IMT) 頻譜、高空行動通訊基地臺 (HIBS) 使用頻段以及移動式地球電臺 (Earth Station in Motion, ESIM) 使用頻段；
(4) 加強通訊：新增航空頻率、低延遲用途改善資料提供以及支援天氣預報和救災通訊。

6、 建議本中心未來應持續參與國際頻譜相關會議活動及相關國際組織

近年來通訊技術發生了巨大的變化，技術變化多元且快速，尤其是地面網路與非地面網路互連之議題，將於全球熱烈討論，未來網路環境之面臨挑戰。5G 至 6G 技術將不斷推進，且達成目標所需的技術為革命性的進展。雖然我國並非 ITU 會員國，仍可透過參與不同形式之會議了解各國或區域組織之最新發展現況與監管制度，且我國行動通訊市場競爭且普及程度相當高，對於新興技術與應用應即時掌握，因此建議未來我國頻率主管機關與本中心應持續參與亞太地區頻譜管理會議或其他相關會議，已掌握國際最新頻率管理制度脈動，甚至應持續爭取加入亞太區域電信聯盟 (APT)，將我國所執行關於頻譜管理、B5G/6G、AFC、頻譜共享、消除數位落差等政策與技術能量和其他國家分享，提升我國國際地位，並強化本中心與其他亞太地區國家頻譜相關研究機構間之溝通、鏈結與國際合作，展現本中心在頻譜管理政策與技術上之研究能量，以及對我國與其他亞太區域可帶來之頻譜管理實務經驗。

伍、附件：相關照片及資料



圖 69：參與人員於會議現場及講者合照留影（資料來源：現場拍攝）