

2024 第四季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

6G時代運用人工智慧輔助頻譜管理之願景與挑戰

頻譜新聞

10-12月國內外頻譜新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

委辦單位

moda
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

2024 第四季

目錄

1

專題分析：6G時代運用人工智慧輔助頻譜管理之願景與挑戰

- | | |
|----------------------------|----|
| 一、 6G 時代人工智慧技術於頻譜管理之角色與重要性 | 3 |
| 二、 歐、美、英等國家智慧頻譜管理政策發展概況 | 7 |
| 三、 技術、制度及產業面向之挑戰 | 13 |
| 四、 結論與展望 | 16 |

2

第四季10篇之國內外頻譜新聞及趨勢

[十月國內外頻譜新聞超連結](#)

[十一月國內外頻譜新聞超連結](#)

專題分析：6G時代運用人工智慧輔助頻譜管理之願景與挑戰

人工智慧在行動通信中的應用，特別是在頻譜管理方面，將在未來 6G 的發展中發揮關鍵作用。隨著 6G 網路朝向超高頻段（例如 THz 頻段）和大規模的連結需求進一步推進，人工智慧技術將成為高效率頻譜管理的核心驅動力。在本文中，將依序探討人工智慧在頻譜管理的具體應用場景、潛在的技術挑戰以及未來展望。

一、6G 時代人工智慧技術於頻譜管理之角色與重要性

6G 技術作為次世代無線通信系統，將面臨前所未有的挑戰與機遇。為了滿足日益增長的數據流量、低延遲、高可靠性等需求，6G 網路對頻譜資源的需求也遠超以往。本節主要探討 6G 網路的頻譜需求特性，以及人工智慧技術在頻譜管理中的角色定位與創新應用潛力。

（一）6G 網路的頻譜需求與特性

1. 超高頻段的使用需求

隨著 6G 技術的進步，對於超高頻段（如 THz 頻段）的需求日益增加。根據研究，6G 系統需要支持的峰值數據速率可達 1 Tbps，並且用戶體驗傳輸速率需提高至 1 Gbps 以上，這要求使用頻寬達到 100 GHz 以上。潛在的超高頻段包括 W 頻段（92-115 GHz）和 D 頻段（130-175 GHz）等。這些超高頻段雖然提供了更大量的頻譜資源，但也帶來了訊號穿透力弱、傳輸距離短等技術挑戰，需要更複雜的頻譜管理技術支持。

2. 動態頻譜共享需求

隨著 6G 接取設備的激增，頻譜需求將大幅提高，傳統的固定分配策略已無法滿足需求。動態頻譜管理（Dynamic spectrum management, DSM）允許次級用戶在主要用戶閒置時共享頻譜。這

種機制雖然有潛力提高資源利用率，但根據產業分析，其實際操作上面臨諸多挑戰。主要障礙包括系統建置的複雜性，以及來自商業層面的抗拒。後者主要源於對服務品質和性能保證的疑慮，特別是在需要進行重大基礎設施投資（如衛星、固定無線網路和行動網路）的情況下，業者需要確保能在適當期限內持續使用特定頻段。相比於固定期限的傳統執照，缺乏明確使用保證的動態頻譜接取方式可能無法提供足夠的投資保障。

實現動態頻譜共享將需要：

- 智慧化管理系統；
- 多租戶環境的協調機制；
- 跨域協作能力；
- 即時的頻譜感知；
- 智慧干擾管理。

這種動態共享機制不僅可以提高資源利用率，還能降低營運成本，使得服務提供商能夠以更低的成本滿足日益增長的用戶需求。

3. 異質網路整合需求

在滿足基本的頻譜需求和共享機制後，6G系統還需要更充分地實現異質網路的整合。6G必須能夠同時支持包括Wi-Fi、低軌衛星和行動網路等多種技術的協同運作。這種整合需要：

- 有效的資源共享機制；
- 高階MIMO技術支持；
- 統一的無線波形準則；
- 跨系統的無縫切換能力。

異質網路的整合需求促使頻譜管理系統需要處理來自多種無線標準和協議的干擾挑戰，並實現各網路間的協同運作。

(二) 人工智慧技術在頻譜管理中的角色定位

1. 即時監測與優化

作為人工智慧在頻譜管理中最基礎的角色，即時監測與優化能力包括：

- 即時性能監控：持續監控無線網路性能指標；
- 智慧優化算法：自動調整無線電參數；
- 環境感知能力：感知周圍環境變化並調整策略；
- 異常行為識別和頻譜使用趨勢分析。

這些功能為頻譜管理系統提供了即時、精確的數據基礎，使其能夠快速回應網路環境的變化。

2. 自動化管理

基於即時監測數據，人工智慧技術可以實現頻譜資源的自動化管理：

- 自動頻譜分配：根據流量模式預測高峰時段，自動調整頻譜分配；
- 智慧資源調度：根據即時數據自動調整無線電資源的配置；
- 自我修復能力：實現系統故障的自動檢測與修復。

這種自動化管理機制大幅減少了人工干預的需求，提高了系統運作的效率。

3. 智慧決策支援

在實現監測和自動化的基礎上，人工智慧技術能夠提供更高層次的決策支援：

- 數據驅動的決策分析：透過分析歷史和即時數據，提供頻譜使用情況的深度見解；
- 預測性分析：預測未來的頻譜需求變化；

- 風險評估：評估不同頻譜分配策略的潛在影響；
- 異質網路環境中的頻譜分配協調。

(三) 創新應用潛力

1. 干擾預測與防制

作為確保系統穩定運作的基礎，人工智慧技術在干擾管理方面展現出的潛力包括：

- 即時監測：持續監控無線環境中的干擾情況；
- 智慧防制策略：制定自動調整策略以減少干擾；
- 協同工作：不同設備間共享干擾資訊；
- 預測模型：識別潛在干擾源並提前採取措施。

2. 使用效率優化

在確保系統穩定運作的基礎上，人工智慧技術能夠進一步提升頻譜資源的使用效率：

- 自動化調整：根據即時流量數據調整頻譜分配；
- 機器學習算法：從歷史數據學習用戶行為模式；
- 多接取技術：促進超大規模MIMO等技術的應用；
- 需求預測：分析頻譜使用模式預測資源需求。

3. 智慧頻譜共享

作為最複雜的應用場景，人工智慧在頻譜共享方面的創新應用包括：

- 跨網路協調：協調不同營運商間的頻譜共享；
- 智慧合約：實現自動化的頻譜租賃和交易機制；

- 靈活配置：根據即時需求調整頻譜分配；
- 動態分配系統：將頻譜資源分配給次要用戶。

人工智慧技術將在6G時代的頻譜管理中展現出重要的創新應用潛力。透過即時監測與優化、自動化管理、智慧決策支援等功能，人工智慧不僅能提升無線通信系統的性能，也將推動通信產業向更高效、更靈活的方向發展。這些創新應用將為應對6G時代的頻譜管理挑戰提供重要支持。

二、 歐、美、英等國家智慧頻譜管理政策發展概況

在6G技術發展及數位轉型加速的背景下，各國積極探索人工智慧在頻譜管理中的應用。本節分析主要國家與地區在此領域的政策發展現況，探討其戰略規劃及執行經驗，以供政策規劃參考。

（一） 歐盟

歐盟在檢視5G發展的經驗教訓後，已認知到會員國間頻譜釋照時程的差異與延遲，以及頻譜政策協調不足等問題，導致在5G布建上落後於國際主要競爭對手。為避免相同情況在6G時代重演，歐盟正積極思考如何透過人工智慧等創新技術來改善頻譜管理機制，以因應未來十年數位發展的需求與目標。

歐盟預見6G時代的頻譜需求將更加多元且複雜，包括垂直應用場景、物聯網應用、衛星通信整合等新型態無線服務。為提升頻譜使用效率以滿足這些需求，歐盟特別重視人工智慧在頻譜管理中的輔助角色。透過人工智慧技術，可實現更智慧化的頻譜共享機制，結合資料庫、授權共享接取機制與地理位置資訊，達成動態且有效的頻譜資源配置。

歐盟認為，人工智慧不僅能優化現有的頻譜管理方式，更可能帶來革新性的改變。例如，人工智慧可協助建立更精準的頻譜使用條件，實現「使用或喪失」原則的動態監測，開發智慧干擾管理解

決方案，以及提供預測性的頻譜使用效率評估。這些創新應用將有助於提升用戶體驗、改善服務品質、促進市場競爭力，並實現環境永續性。

為確保未來6G及時布建，歐盟強調需要建立更有效的頻譜政策協調機制。這包括制定強制性的6G頻譜路徑圖，協調2G/3G的頻譜重耕（Refarming）規劃，以及發展一致性的頻譜釋照程序。特別是在跨境頻譜管理方面，人工智慧的應用將扮演關鍵角色，協助實現更有效的頻譜協調，促進泛歐洲營運商的發展。

歐盟也認識到，要充分發揮人工智慧在頻譜管理中的潛力，必須建立相應的標準制定框架和治理機制。這將確保人工智慧技術的應用既能提升頻譜使用效率，又能維護市場公平與網路安全。透過這些政策規劃，歐盟期望能在6G時代建立更智慧、更有效的頻譜管理體系，進而提升其在全球通信產業的競爭力。

（二）美國

為確保在6G時代保持全球領導地位，美國積極探索運用人工智慧技術優化頻譜管理機制。依據總統備忘錄「現代化美國頻譜政策與建立國家頻譜戰略」的指示，美國商務部所轄國家電信暨資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）於2023年11月發布國家頻譜戰略，明確將人工智慧與機器學習（Artificial Intelligence/Machine Learning, AI/ML）等新興技術視為提升頻譜效率與促進共存的關鍵推動力。該戰略強調，要提高頻譜使用效率與效能，必須強化頻譜接取與管理的框架、流程與工具，而AI/ML技術在實現即時動態頻譜共享與智慧化頻譜管理方面可發揮關鍵作用。

在監理層面，美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）於2023年8月全體委員一致透過發布技術調查公告（Notice of Inquiry, NOI），展開一項旨在增進對非聯邦頻譜使用理解的徵詢程序。FCC主席Rosenworcel指出，隨著數以億計的無線

連接——從智慧型手機到醫療感測器——都在使用這項無形基礎設施，頻譜擁擠問題日益嚴重。為避免創新停滯，必須發展更智慧的政策來促進這項稀有資源的有效利用。FCC在NOI中還提到，大型無線網路營運商每分鐘可產生數百萬筆效能測量數據，透過機器學習分析這些數據，可以更好地理解網路使用情況，提升頻譜效率，並實現網路自我修復等功能。

FCC技術諮詢委員會（Technological Advisory Council, TAC）也設立專門工作組研究AI/ML在頻譜管理的應用，特別關注人工智慧在頻譜使用監測、干擾預測與防制、動態頻譜共享機制優化等領域的實務應用潛力。

在最近一次TAC會議討論中，該工作組深入探討了AI/ML技術如何提升頻譜管理效率，並強調此技術將在電信基礎設施的未來扮演至關重要的角色。工作組成員指出，AI/ML可以透過即時分析無線電頻譜使用情況來促進動態頻譜分配，確保資源在各用戶之間有效共享。工作組還討論到干擾管理方面的應用，認為透過預測並即時防止干擾事件的發生，人工智慧技術可以提高通信穩定性和連接品質。另外，工作組提出了在6G網路下應用人工智慧的可能性，指出隨著6G進一步向高頻段（如毫米波和THz頻段）發展，AI/ML能夠透過數據驅動的方式來動態調整頻譜資源，以適應更高速和低延遲的需求。工作組共同主席特別強調人工智慧在未來頻譜管理架構中的作用，包括支持模組化與可擴展性，並呼籲建立更多的實驗與監理合作，以鼓勵人工智慧創新在頻譜管理上的應用。

在高層政策指導方面，白宮於2023年10月發布的人工智慧行政命令為各部門提供了重要指引，特別強調在通信基礎設施等關鍵領域應用人工智慧時，需要建立可驗證、可靠且標準化的評估機制，確保系統安全性與可信度。該行政命令特別鼓勵FCC探索人工智慧對通信網路的影響，包括：研究人工智慧在提升頻譜管理效率與非聯邦頻譜使用效率的潛力、擴大非聯邦頻譜共享機會、與NTIA協調以創造聯邦與非聯邦頻譜共享機會，以及支持運用人工智慧技術增

強網路安全性、韌性與互通性的努力。總體而言，FCC的目標是透過人工智慧技術的導入，使美國在頻譜效率、網路安全和成本管理方面保持領先地位，並逐步實現高度自動化的頻譜管理系統。

（三）英國

英國數位、科學、創新與技術部（Department for Science, Innovation & Technology, DSIT）於2023年發布的頻譜聲明強調了人工智慧技術在輔助頻譜管理中的潛在應用，以應對6G時代頻譜需求增長和管理複雜性增加的挑戰。文件指出，AI/ML技術在干擾緩解和頻譜優化方面具有巨大潛力，並可提升頻譜資源的整體利用效率。這一政策表明了政府對人工智慧技術在頻譜管理中角色的重視，並鼓勵針對未來頻譜需求的創新方法探索。

DSIT特別強調了人工智慧在動態頻譜接取（Dynamic Spectrum Access, DSA）中的潛力。DSA是一種允許根據需求動態調整頻譜資源分配的技術，可用於提高頻譜使用效率並適應需求波動。人工智慧技術在此場景中可協助實現更精確的頻率協調和傳播預測，從而更有效地利用頻譜資源。然而，英國政府同時認識到人工智慧應用在頻譜管理中的挑戰。儘管人工智慧技術具有潛在的效率提升效果，政府指出需要進行更深入的研究以評估其成本和風險。因此，英國在政策中表達了謹慎的樂觀態度，並強調在大規模布建人工智慧輔助頻譜管理之前，應首先進行試點和驗證，以確保技術的應用能夠符合預期的成本效益和效能。

根據規劃，英國通信管理局（Office of Communications, Ofcom）將於2024/2025年推動人工智慧戰略方案，主要關注於應對人工智慧的風險及其對競爭的影響，並在策略的一小部分提到如何利用人工智慧提升Ofcom自身工作的效率。Ofcom在其人工智慧策略中提到未來可能使用人工智慧技術來改善其在不同領域的營運管理，例如測量線上體驗，以支持市場監理和競爭分析。

儘管人工智慧在頻譜管理領域的應用仍在初步探索階段，

Ofcom指出人工智慧技術未來在多方面提升監理效率的潛力，例如支持更大規模的數據利用以促進決策、增強資源分配的優先次序、數位化報告流程，甚至應用於網路安全領域。這些策略顯示，英國政府和Ofcom均將人工智慧視為提升公共服務和內部管理的潛在工具，並強調運用人工智慧於監理過程中以加強透明度和增進決策的科學性。

值得注意的是，為了深入評估人工智慧技術在頻譜管理中的應用前景，英國頻譜政策論壇（United Kingdom Spectrum Policy Forum, UK SPF）於2024年8月啟動了一項獨立研究計畫。該研究將著重探討人工智慧技術如何提升英國頻譜管理效率，並改善頻段共享機制。研究範圍包括評估不同技術方案、分析成本效益、探討商業可行性，以及釐清相關單位責任歸屬等議題。UK SPF已委託Smith Institute及其頻譜政策合作夥伴Spectrivity執行這項研究，特別關注頻譜管理中工程、政策和外交等多面向的整合，以及人工智慧技術在頻率協調和頻譜共享方面的應用潛力。這項研究預計將為Ofcom等監理機構在推動人工智慧輔助頻譜管理時，提供更全面的決策參考依據，特別是在因應6G網路大規模採用人工智慧的趨勢，以及相關授權制度的調整方面，以確保英國在全球技術發展中保持領先地位。

（四）阿拉伯聯合大公國

阿拉伯聯合大公國（簡稱阿聯）透過電信與數位政府監理局（Telecommunications and Digital Government Regulatory Authority, TDRA）推動頻譜管理現代化，展現其在區域發展的領先地位。TDRA在檢視全球頻譜管理發展趨勢後，於2022年啟動「頻譜敏捷性」（Spectrum Agility）研究計畫，旨在規劃2031年願景，以支持國家數位政府願景、戰略和政策。

TDRA在評估無線技術發展機會和頻譜管理解決方案的演進後，提出了三個主要發展情境：增量式發展、全面轉型，以及目標導向方案。在此基礎上，TDRA制定了以用戶參與、人工智慧推廣和自

動化增強為核心的發展目標，並規劃分階段推動：第一階段（預計2024-2026年）以推動供給面的演進為先，包括人工智慧和先進頻譜共享方法的實施；第二階段（預計2026-2031年）則期望結合供給趨勢與自主發展方案，朝向2031年願景邁進。

為確保頻譜管理系統的敏捷性，TDRA強調用戶需要成為頻譜管理系統的一部分。這包括即時管理用戶頻率以確保更高的服務水準和效率，以及在某些條件下為用戶提供快速的頻譜授權。這種「即時頻譜管理」的理念，反映了TDRA在推動頻譜管理創新時注重用戶體驗的特點。

在技術應用方面，TDRA特別關注人工智慧在頻譜管理各環節的應用潛力。包括在申請提交階段提供人工智慧輔助支持、在申請處理和授權階段實現自動化處理，以及在監測階段運用進階人工智慧處理大量監測數據。這種分階段、系統性的人工智慧應用規劃，展現了TDRA在推動技術創新時的全面思考。

TDRA也認識到，要在頻譜管理中充分發揮人工智慧的潛力，必須建立完善的政策框架和評估機制。因此，TDRA在規劃中特別強調風險評估和成本效益分析的重要性，並採取循序漸進的方式推動創新應用。這種務實的做法確保了技術創新能夠有效服務於實際需求。

從發展目標來看，TDRA期望透過這些創新措施，在2031年前建立一個高度敏捷的頻譜管理系統。這個系統將能夠更好地滿足用戶需求，提高頻譜使用效率，以支持阿聯國家數位轉型。在此過程中，TDRA也特別重視與國際標準的協調，以確保其發展方向與全球趨勢保持一致。

三、 技術、制度及產業面向之挑戰

人工智慧技術在6G時代的頻譜管理中扮演關鍵角色，同時也帶來前所未有的挑戰。這些挑戰涉及技術、制度及產業等多個層面，

需要產官學研各界共同努力，才能建立高效、靈活且可持續的頻譜管理體系。本節將從這三個面向探討人工智慧輔助頻譜管理在發展過程中將可能面臨的主要挑戰。

(一) 技術發展挑戰

人工智慧在頻譜管理中的應用面臨多重技術挑戰，主要出現在演算法可靠性、即時處理能力、資安隱私保護，以及異質系統整合等方面。

首先是數據品質和人工智慧演算法可靠性的挑戰。人工智慧輔助頻譜管理需要大量且多樣化的數據以支持機器學習演算法的訓練，這些數據必須精確反映頻譜使用情況並具備即時更新的能力。根據國際間電信主管機關的研究，數據標準化不足和訓練數據集缺乏代表性是當前技術應用中的主要障礙。此外，人工智慧模型在識別和處理頻譜干擾時的可靠性尤為重要，這些模型必須達到高度準確和即時反應的能力，以適應6G網路中頻繁的頻譜需求波動。

其次則是即時處理能力的需求。在6G環境下，網路架構日益複雜，人工智慧系統需要同時處理來自不同來源的大量數據和信號。特別是在高密度布建環境中，系統必須能夠即時進行頻譜資源的動態分配和干擾管理。這對人工智慧系統的運算能力和優化演算法都是高度需求。人工智慧需要能夠在毫秒級別內完成資源調度決策，同時還要確保決策的準確性和可靠性。

在資安與隱私保護方面，人工智慧系統在收集和處理大量網路營運數據時，不可避免地會涉及敏感資訊。如何在確保數據安全的同時又能充分利用這些數據來優化頻譜管理，是一個重要的技術挑戰。特別是在跨境數據流動和多方數據共享的場景下，需要開發更先進的隱私保護技術，如聯邦學習或差分隱私等方案。

最後是異質系統整合的挑戰。6G時代的無線通信環境將更加複雜，涉及多種不同的通信技術和網路架構。人工智慧系統需要實現對這些異質網路的統一管理和優化，確保不同系統之間的無縫協作。

這不僅需要解決技術相容性問題，還需要建立統一的介面標準和協議，以支持跨系統的資源調度和優化。

為克服這些技術挑戰，業界已開始探索多種解決方案。例如，在數據品質方面，可透過建立資料共享平臺和標準化接口來擴大訓練數據的來源；在即時處理方面，採用邊緣運算和分散式架構來提升系統響應速度；在隱私保護方面，結合聯邦學習等新興技術來確保數據安全。這些解決方案的實施效果和成本效益都需要透過試點項目來進一步驗證。

目前AI/ML技術在頻譜管理中已有具體應用案例。例如美國在3.5 GHz頻段（CBRS）的頻譜共享應用中，採用機器學習模型進行訊號檢測、識別和分類，以識別雜訊和干擾程度，實現共享頻譜接取的動態協調。此外，美國FCC也運用人工智慧技術協助寬頻網路規劃，透過分析不同地理區域、人口密度和經濟因素，協助判斷特定區域最具經濟效益的寬頻技術布建方案。

（二）制度規範挑戰

在制度規範方面，人工智慧輔助頻譜管理帶來了監理框架調適、責任歸屬界定、跨境協調機制，以及標準制定等多方面的挑戰。隨著人工智慧技術在頻譜管理中的應用日益深入，現有的監理體系需要進行相應的調整和創新。

監理框架的調適是首要挑戰。現行的頻譜管理體系已建立一定的共享機制。基於預設條件的頻譜共享已在國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）定義的頻率分配中得到廣泛應用，一些國家在商定的頻率分配和共享建議的框架下，結合協調措施，制定本國的頻譜指配方案。然而，這種固定的管理模式在面對人工智慧驅動的動態頻譜管理需求時，仍存在適應性不足的問題。特別是在共享規則需要快速因應時變的系統使用情況時，現有機制的反應速度和靈活性都面臨挑戰。歐盟電子通訊監理者團體（Body of European Regulators for Electronic Communications,

BEREC) 和Ofcom均指出，人工智慧在頻譜管理中的廣泛應用需要建立新的監理框架，以處理諸如自動化決策、數據治理、演算法透明度等議題。監理機構需要在保持技術創新活力和確保管理有效性之間找到平衡點，這對監理框架的靈活性和適應性帶來更高的需求。

責任歸屬的界定也是一個關鍵挑戰。當人工智慧系統在頻譜管理中發揮越來越重要的作用時，如何明確界定各方責任變得尤為重要。例如，在人工智慧系統做出的頻譜分配決策導致干擾或服務中斷時，需要明確技術提供商、頻譜管理機構和使用者各自應承擔的責任。這不僅涉及法律層面的問題，還需要建立相應的爭議解決機制。

跨境協調機制的建立也面臨諸多挑戰。由於無線電波不受地理邊界限制，各國在頻譜管理上的協調一直是重要議題。在引入人工智慧技術後，這種協調的複雜性進一步提高。不同國家在人工智慧技術應用、數據共享、隱私保護等方面的政策差異，可能影響跨境頻譜管理的效果。因此，需要建立更完善的國際協調機制，確保人工智慧輔助頻譜管理能夠在跨境環境下有效運作。

標準制定需求則是確保人工智慧系統互通性和可擴展性的關鍵。目前，人工智慧在頻譜管理中的應用尚缺乏統一的技術標準和評估框架。這種標準制定的缺失可能導致市場碎片化，增加系統整合的難度和成本。建立涵蓋技術規範、介面協議、性能指標等方面的標準體系，將有助於推動人工智慧技術在頻譜管理領域的健康發展。

(三) 產業實踐挑戰

在產業實踐層面，人工智慧輔助頻譜管理面臨投資成本、商業模式、產業生態系整合，以及人才培育等多個方面的挑戰。這些挑戰直接影響著技術創新的落地和推廣。

投資成本考量是產業發展的首要障礙。人工智慧系統的開發和布建需要大量資金投入，包括硬體設施建設、軟體系統開發、數據蒐集處理等多個環節。高額的初期投資成本很容易形成推動相關計

畫的高門檻。如何在投資報酬和風險控管間取得平衡，將是推動產業發展的關鍵課題之一。

商業模式創新也面臨重大挑戰。傳統的頻譜管理商業模式可能無法適應人工智慧時代的需求，需要探索新的價值創造和分配方式。例如，如何將人工智慧系統帶來的效率提升轉化為商業價值，如何在多方參與的生態系統中建立合理的利益分配機制，都需要創新性的解決方案。市場對人工智慧驅動的頻譜管理解決方案的需求與接受度仍在成長階段，商業模式的不確定性增加了企業的投資風險。

產業生態系的整合是另一個重要挑戰。人工智慧輔助頻譜管理涉及多個產業團體，包括電信營運商、設備製造商、軟體開發商、系統整合商等。如何促進這些團體之間的有效協作，建立健康的產業生態系統，是推動技術發展的關鍵。不僅需要技術層面的整合，還需要建立有效的合作機制和利益分配模式。

人才培育的需求也日益突出。人工智慧輔助頻譜管理需要兼具通信技術和人工智慧專業知識的複合型人才，而這類人才目前相對稀缺。業界需要加強與教育機構的合作，開發針對性的培訓計畫，培養具備跨領域知識和實踐能力的專業人才。同時，現有從業人員的技能提升和知識更新也是重要課題。

面對這些多層面的挑戰，推動人工智慧在頻譜管理中的應用需要產官學研各界的共同努力。監理機構需要建立適應性的政策框架，業界需要加大創新投入，學術機構則需要加強基礎研究和人才培養。只有各方密切合作，才能實現人工智慧輔助頻譜管理的健康可持續發展，為6G時代的無線通信奠定堅實基礎。

四、 結論與展望

隨著6G技術的發展和數位轉型的深化，人工智慧在頻譜管理中的應用已成為全球關注的焦點。透過對技術發展現況、國際推動經驗，以及多面向挑戰的深入分析，本研究歸納幾個重要發現，並對

未來發展提出具體建議。

(一) 主要發現

在技術發展層面，人工智慧已展現出在頻譜管理中的巨大潛力。從歐盟、美國、英國到阿聯的實踐經驗表明，人工智慧技術能夠顯著提升頻譜使用效率、優化資源分配，並實現更智慧化的干擾管理。特別是在動態頻譜共享、自動化授權處理，以及預測性管理等方面，人工智慧的應用已取得初步成效。然而，人工智慧演算法的可靠性、即時處理能力，以及異質系統整合等技術挑戰仍需克服。

從制度規範來看，各國正在積極探索適應人工智慧時代的頻譜管理框架。美國FCC的技術調查公告（NOI）、英國Ofcom的人工智慧戰略方案，以及阿聯TDRA的「頻譜敏捷性」（Spectrum Agility）研究計畫等政策實踐，反映了監理機構在平衡創新發展和風險管控時採取的不同方法。其中，TDRA提出的用戶參與、人工智慧推廣和自動化增強三大核心目標，為制度創新提供了重要參考。制度創新的重點已從傳統的固定分配模式，轉向更靈活的動態管理機制。

在產業實踐方面，投資成本、商業模式創新，以及產業生態系整合等議題成為關注焦點。各國的政策探討也表明，推動人工智慧輔助頻譜管理的產業化發展，需要建立健全的產業支持政策，培育完整的產業生態系統，並加強複合型人才的培養。阿聯的經驗特別顯示，推動人工智慧輔助頻譜管理需要建立明確的發展時程和階段性目標，從2024-2026年的供給面演進，到2026-2031年的整合發展，為產業提供清晰的發展藍圖。

(二) 發展芻議

基於上述發現，對於推動人工智慧輔助頻譜管理的未來發展，提出以下芻議：

- 短期推動重點建議著重於基礎能力建設。包括規劃人工智慧技術在頻譜管理中的試驗證應用，研擬數據蒐集和共享

機制，以及布局專業人才培育。同時，可加速研議相關技術標準和評估框架，為未來大規模應用奠定基礎。

- 中期發展策略需要注重制度創新與產業培育。一方面，應建立適應人工智慧應用特點的監理框架，明確各方責任邊界，完善跨境協調機制；另一方面，要透過政策引導和市場機制，促進產業生態系統的形成和發展，降低技術應用門檻。
- 長期願景則應致力於謹慎推動頻譜管理體系的智慧化過程。考慮到干擾避免的複雜性和AI/ML技術應用經驗仍屬有限，不太可能在短期內顯著改變整體頻譜管理方法。然而，在特定指定用途的頻段內，透過配備機器學習能力的設備和網路來優化動態共享機制是可行的發展方向。在確保可靠性的前提下，逐步擴大人工智慧技術在頻譜管理中的應用範疇，朝向建立更具適應性的頻譜管理體系邁進。

(三) 未來研究方向

未來研究方向可聚焦於三個方面：

首先是關鍵技術的突破。需要加強對人工智慧演算法可靠性、即時處理能力、安全隱私保護等基礎技術的研究，開發更適合頻譜管理特點的人工智慧解決方案。特別是在處理高維度、動態變化的頻譜資源時，需要發展更高效的優化演算法和決策機制。

其次是制度創新的探索。應加強對人工智慧輔助頻譜管理的政策影響研究，探索更有效的監理模式和協調機制。特別是在跨境頻譜管理、責任界定等方面，需要進行深入的理論研究和實證分析，為政策制定提供科學依據。

最後是商業模式的創新。需要深入研究人工智慧技術在頻譜管理中的價值創造機制，探索可持續的商業模式和生態系統建設方案。這包括研究不同參與方的利益分配機制、合作模式，以及風險管理策略等。

面對6G時代的到來，人工智慧輔助頻譜管理既面臨重大機遇，也需要克服諸多挑戰。只有透過產官學研各方的共同努力，加強國際合作與經驗交流，才能充分發揮人工智慧技術在頻譜管理中的潛力，為未來無線通信的發展提供有力支撐。在此過程中，既要保持技術創新的活力，也要確保發展的安全性和可持續性，最終實現頻譜資源的高效利用和公平分配。

參考資料：

1. Analysys Mason (2024), Improved management of shared spectrum: a potential AI/ML use case, <https://s.moda.gov.tw/uJ6zgoSxVDYT>
2. ESPI (2023), Space Spectrum Management: Foundations for an informed policy discussion towards WRC-23 and beyond, <https://s.moda.gov.tw/nbuPdJTuwjn>
3. EU (2023), BEREC Report on the impact of Artificial Intelligence (AI) solutions in the telecommunications sector on regulation, <https://s.moda.gov.tw/EfTuoBn9mUjN>
4. EU (2024), White Paper - How to master Europe's digital infrastructure needs? <https://s.moda.gov.tw/ZcMbsgjFZH4J>
5. Highlights of FCC Notice of Inquiry (NOI) on radio spectrum usage & how AI might be used, <https://s.moda.gov.tw/aSLPPeyTXrGj>
6. Omdia (2024), Pioneer telecom regulators to use AI for spectrum management, competition monitoring, and policymaking, <https://s.moda.gov.tw/74PWvHcmFqnY>
7. TechUK (2024), Smith Institute Selected for AI Spectrum Management Study, <https://s.moda.gov.tw/2DLsFFcASCg1>
8. TechUK (2024), UK SPF Invitation to Tender: AI for spectrum management, <https://s.moda.gov.tw/wNmgkY4pF6wF>
9. UAE TDRA (2023), Agility in Spectrum Management, <https://s.moda.gov.tw/1CUXy4xmg6j2>

10. UK DSIT (2023), Policy Paper on AI regulation: a pro-innovation approach, <https://s.moda.gov.tw/Uo2TS4ZkpKrR>
11. UK DSIT (2024), Consultation outcome for A pro-innovation approach to AI regulation: government response, <https://s.moda.gov.tw/Wj8hEzP83dPn>
12. UK Ofcom (2023), Statement: Ofcom's Plan of Work 2024/25, <https://s.moda.gov.tw/XubYm9iRUfX1>
13. UK Ofcom (2024), Ofcom's Strategic Approach to AI 2024/25, <https://s.moda.gov.tw/ksmHLQPz263L>
14. UK Parliament (2024), Governance of artificial intelligence (AI), <https://s.moda.gov.tw/3xUPL72jGZrF>
15. US (2023), Modernizing United States Spectrum Policy and Establishing a National Spectrum Strategy, <https://s.moda.gov.tw/KMgsANNPipD6>
16. US (2024), National Spectrum Research and Development Plan, <https://s.moda.gov.tw/vrx8RCW8MF3K>
17. US FCC (2023), FCC Launches Technical Inquiry Into Spectrum Usage Data, <https://s.moda.gov.tw/9bEJe7RBP4L9>
18. US FCC (2023), Workshop on The Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence for Communications Networks and Consumers, <https://s.moda.gov.tw/euhoUSrSmB4A>
19. US FCC's Communications Security, Reliability, and Interoperability Council IX, <https://s.moda.gov.tw/hytJz9bhBhKh>
20. US FCC's Technological Advisory Council, <https://s.moda.gov.tw/ufZUFK8Tmckd>
21. US NTIA (2023), National Spectrum Strategy, <https://s.moda.gov.tw/8RRe8sZ8UGoG>

2024 第四季

國際頻譜趨勢 研析季報

委辦單位

moda
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

專題分析

6G時代運用人工智慧輔助頻譜管理之願景與挑戰

頻譜新聞

10-12月國內外頻譜新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

2024 第三季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

先進國家行動通信頻譜
政策觀測與未來趨勢

頻譜新聞

7-9月國內外頻譜
新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

委辦單位

moda
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

2024 第三季

目錄

1

專題分析：先進國家行動通信頻譜政策 觀測與未來趨勢

- | | | |
|----|-------------------|----|
| 一、 | 先進國家頻譜政策概述 | 3 |
| 二、 | 頻譜分配及使用狀況分析 | 5 |
| 三、 | 通信技術發展趨勢與挑戰 | 8 |
| 四、 | 行動通信市場與商業發展 | 10 |
| 五、 | 未來行動通信頻譜政策及應用趨勢分析 | 13 |

2

第三季15篇之國內外頻譜新聞及趨勢

[七月國內外頻譜新聞超連結](#)

[八月國內外頻譜新聞超連結](#)

[九月國內外頻譜新聞超連結](#)

專題分析：先進國家行動通信頻譜政策觀測與未來趨勢

一、先進國家頻譜政策概述

（一）目前政策推動方向

在全球行動通信產業中，頻譜政策的制定和推動對於提升各國國家通信競爭力至關重要。本研究觀測美國、英國和南韓等行動通信發展之概況，在其行動通信頻譜政策之制定亦具備領先見解使該國得以持續引領全球行動通信產業趨勢。

美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission, FCC）自釋出 5G 頻譜以來已辦理多次中頻和高頻頻譜拍賣，如 C 頻段（3.7-4.2 GHz）拍賣釋出後已成為其電信業者布建 5G 網路之核心，預期可在未來 6G 網路中亦發揮關鍵作用。FCC 的政策不僅著重於擴展中頻段的供應，還強調在中頻段內推動創新技術應用，如動態頻譜共享（Dynamic Spectrum Sharing, DSS）等多種技術，讓不同電信業者在相同頻段下得以共享頻譜資源，從而實現更靈活的頻譜使用。

英國通信主管機構通訊管理局（Office of communications, Ofcom）亦推動針對中頻和高頻再釋出和管理創新技術之頻譜重耕規劃。英國正推動 5G 網路擴展，並研究如何透過頻譜拍賣、動態頻譜共享等方式提升頻譜使用效率。頻譜政策措施亦著重於區域網路之發展，例如工業和智慧城市應用場景下之區網發展。

韓國在頻譜政策上亦擁有前瞻性思維，該國目前 5G 頻譜主要使用 3.5 GHz 頻段，至於 800、900 MHz 頻段預期將在 2026 年屆期；3.5 GHz 頻段執照預計於 2028 年屆期。韓國主管機關提出於 2026 年全面推廣 5G 高頻段應用計畫，並將 6G 研發分為兩個階段，首先於 2021-2025 年先聚焦 100-300 GHz 頻段之使用情況，接著於 2024-2028 年著力推進 6G 的商業化，前述政策得以滿足當前 5G 需求，同時為 6G 網路發展鋪路。

(二) WRC-23 決議之影響

2023 年世界無線電通信大會 (World Radiocommunication Conferences-23, WRC-23) 成為全球頻譜政策的關注焦點，會議中確立多項關鍵決議。多數國家已在 3.5 GHz 頻段上達成共識，將廣泛應用該頻段於 5G 技術，此頻段成為全球 5G 網路發展核心之一。6 GHz 上半段頻段 (6425-7125 MHz) 為 WRC-23 重點討論之議題，為 5G 及未來 6G 網路布建提供重要頻譜資源，最終 WRC-23 決議，第 1 區將定義 6425-7125 MHz 提供給國際行動通信 (International Mobile Telecommunications, IMT) 使用；第 2 區則未通過該頻段可供 IMT 使用 (巴西、墨西哥除外) 之決議；整個第 3 區 7025-7125 MHz 通過供 IMT 使用，以及少部分國家如柬埔寨、寮國和馬爾地夫等核配 6425-7025 GHz 頻段供 IMT 使用。在低頻段的分配，特別是在中東和非洲地區，600 MHz 頻段已被確立供 IMT 使用，以推動數位平等和通信網路高度涵蓋；在歐洲，470-694 MHz 頻段供 IMT 使用，提升區域內之通信和涵蓋範圍。

WRC 大會制訂之頻譜分配決議，為使有限之頻譜資源得到有效利用，各國在 6 GHz 頻段的具體政策仍存在差異。例如，美國、巴西和加拿大已全面開放 6 GHz 頻段供免執照使用，為 Wi-Fi 等技術提供更大之頻寬資源；而英國和法國則傾向將部分 U6 頻段 (6425-7125 MHz) 保留供 IMT 使用之保守態度，以便滿足未來行動網路之需求。相關政策上的差異反映出各國根據自身技術需求和產業狀況，靈活調整頻譜分配策略的趨勢。

此外，WRC-23 已決策於 WRC-27 規劃探討之議題，由於 6G 發展非地面網路 (Non-Terrestrial Network, NTN) 亦屬重要議題，故衛星直連地面行動終端 (Direct-To-Device, D2D) 技術，使偏遠地區能

獲穩定之網路連接；探究 IMT 新頻譜之可行性，包含 4 GHz、8 GHz、15 GHz 頻段。

二、頻譜分配及使用狀況分析

目前全球行動頻段包括適合 5G 的新頻譜以及 2G、3G 和 4G 網路的低頻段和中頻段。

3GPP 提出兩組 5G NR 頻段：FR1（低於 7125 MHz）以及 FR2（高於 24.25 GHz），這些頻段以「n」開頭為編號，表示已有對應的 4G E-UTRA 頻段編號，即某一頻段可用於 4G 或 5G 服務。






Country		Low-band (<1 GHz)	Mid-band (1 - 6 GHz)	High-band (>6 GHz)
China		700 MHz	2.6 GHz 3.6 GHz 4.9 GHz	-
South Korea		700 MHz	3.6 GHz	28 GHz
Japan		-	3.6 GHz 3.7 GHz 4 GHz 4.5 GHz	28 GHz
USA		600 MHz	2.5 GHz 3.45 - 3.55GHz 3.5 - 3.7 GHz 3.7 - 3.98 GHz	24 GHz 28 GHz 39 GHz 47 GHz
EU		700 MHz	3.6 GHz	26 GHz

圖 1：國際市場分配的 5G 頻段

資料來源：5G Observatory (2024/5)

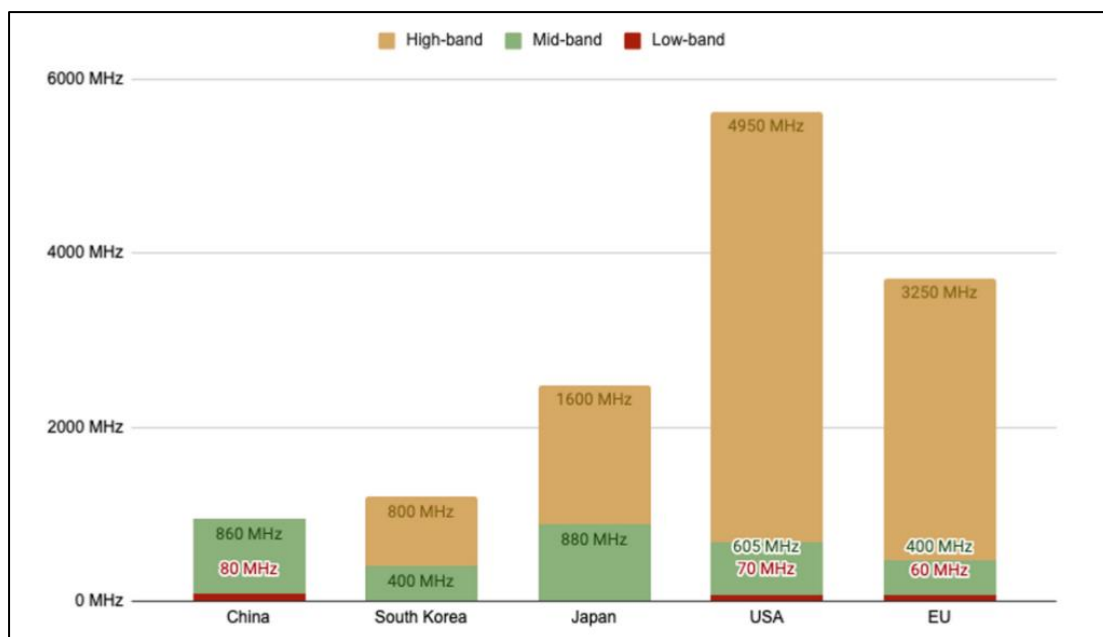


圖 2：國際市場分配的 5G 頻譜頻寬數量

資料來源：5G Observatory (2024/5)

行動通信網路之頻譜使用，不同頻段決定其應用場景和使用效果。頻譜政策制定者通常將 5G 頻譜策略劃分為以下三種頻段類型。

1. 低頻段（低於 1 GHz）

低頻段（低於 1 GHz）主要用於廣域涵蓋，適合布建於偏遠地區。以美國的 600-800 MHz 頻段為例，該頻段用於 5G 網路之長距離涵蓋，特別是在鄉村和郊區，能夠有效補充城市地區的 5G 網路涵蓋。

2. 中頻段（1-6 GHz）

中頻段內之 C 頻段（3.7-4.2 GHz）被國際間視為 5G 網路發展之關鍵資源。C 頻段能夠在保持良好涵蓋的同時提供較高的傳輸速率，故許多國家皆透過拍賣方式釋出此頻段。例如，歐盟分配 3.4-3.8 GHz 供 IMT 使用；美國、英國、日本、韓國，以及中國等則已釋出 3.5 GHz 頻段，以確保 5G 網路的快速擴展。

除此之外，6GHz 頻段亦為各國關注焦點。目前多數國家選擇採取將 6 GHz 頻段 L6 部分（5925-6425 MHz）用於免執照使用，U6 部分（6425-7125 MHz）保留給 IMT 使用之作法，但各國仍在探索更

靈活的解決方案。截至 2024 年 7 月，6 GHz 政策之全球概況如下圖所示。

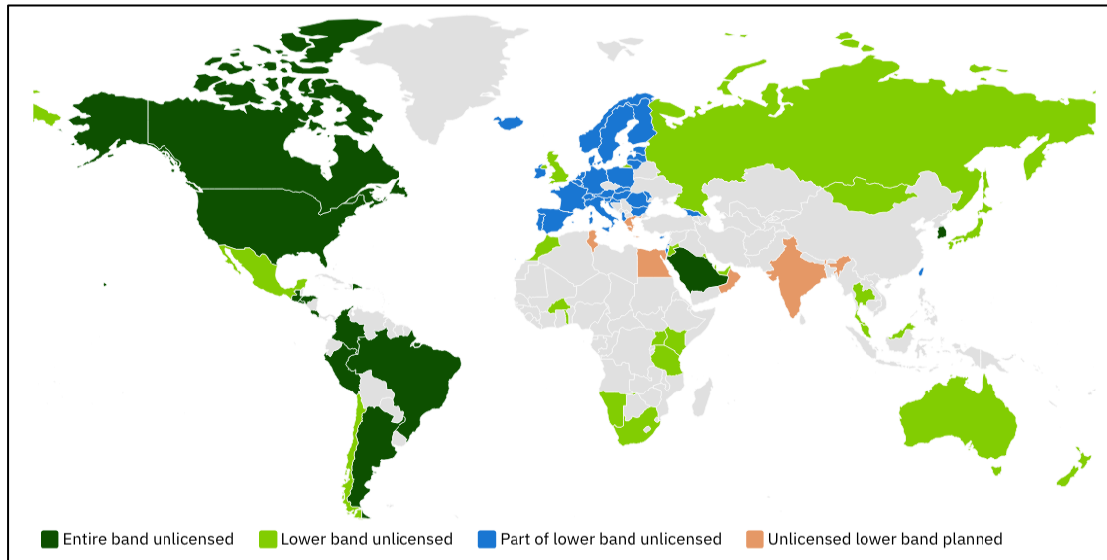


圖 3：6 GHz 政策全球概覽

資料來源：PolicyTracker (2024/7)

以下簡要說明各主要國家 6GHz 分配狀態。

- 日本：考慮將整個 6 GHz 頻段（5925-7125 MHz）用於免執照，並可於戶外使用。
- 印度：主管機關曾發表白皮書，表明支持 5925-6425 MHz 開放給免執照使用之作法，但整體而言仍持保守態度。
- 英國：允許免執照設備和 IMT 共用部分 6 GHz 頻段，推動混合解決方案，以達成高效率的頻譜利用。
- 巴西：正在諮詢探索英國式的混合共享模式，允許 Wi-Fi 和行動設備共同使用頻段。
- 韓國、加拿大、巴西、美國：已開放整個 6 GHz 頻段（5925-7125 MHz）供免執照使用。
- 多數國家（如，澳洲、俄羅斯、英國、法國、德國、義大利、瑞典）：支持開放 L6 頻段（5925-6425 MHz）供 Wi-Fi 使用，並將 U6 頻段（6425-7125 MHz）仍考量或探討供 IMT 或 Wi-Fi 使用。

多數國家於 WRC-23 制定決議後，仍持續調整對於 6GHz 頻段的立場。儘管部分國家已經開始拍賣其他頻段，如 900 MHz、2.1 GHz 和 2.6 GHz，但 6GHz 頻段之政策仍不斷變化中，反映出各國在尋求提高頻譜使用效率與滿足無線通信需求間之權衡。

3. 高頻段（大於 6 GHz）

高頻段之應用主要集中在毫米波（mmWave）頻段。此頻段已於 WRC-19 決議供 IMT 使用，至今全世界僅有美國釋出 24 GHz、28 GHz、37 GHz、39 GHz、47 GHz 等高頻段，與日本和韓國釋出 28 GHz。歐洲在內等多個國家正考慮釋出 26 GHz 或 40 GHz。此外，2023 年 3 月，歐洲通信主管機關 CEPT 核准新決議，允許 40.5-42.5 GHz 和 42.5-43.5 GHz 頻段用於衛星和 5G，並於 2023 年 7 月正式生效。儘管毫米波頻段作為行動通信網路之新興領域，各國電信業者亦強調此頻段對 5G 技術發展之重要性。然而，國際間近期毫米波頻段之拍賣效益不彰，此一現象源於相關設備生態系統仍不夠完善。

三、通信技術發展趨勢與挑戰

（一） 6G 頻譜需求與新興頻段

隨著全球通信技術進入 5G 成熟期，各國已逐步朝向 6G 技術研發邁進，未來 6G 網路的頻譜需求預計將大幅上升，特別是 7-15 GHz 和 D 頻段（110-170 GHz）的頻譜範圍內，這些頻段被視為推動 6G 發展的關鍵資源，不僅可以提供極高的傳輸速率，還能大幅降低通信延遲，從而滿足未來智慧城市、工業物聯網及自動駕駛等高需求應用場景的需求，為未來各類技術創新奠定基礎。

多國主管機關和研究機構已開始研究 6G 所需之頻段。如：日本電信業者 NTT DOCOMO 已開始測試 6G 潛在頻譜，並重點研究 110-170 GHz 的應用場景。中國領先於 6G 標準的制定工作，計畫在 2030 年完成 6G 商業化。此外，韓國亦研發 6G 技術創新跨 5 大產業，推

動 13 項戰略技術發展和標準化目標於 2026 年實現 6G。6G 技術創新項目探討新頻段實現超高速、低延遲通信方面之可能性。

儘管 6G 技術具備極大潛力，但新興技術與頻段的商業化仍面臨不少挑戰。最顯著之問題是高頻譜實際應用中面臨的技術障礙。隨著頻率的提高，信號間傳播距離顯著縮短，需要更多基地臺確保訊號的穩定性，故通信網路布建成本增加。此外，高頻譜技術之設備生態系統不完善，亦限制商業應用布建。

未來幾年，隨著 6G 技術的逐步成熟，如何有效利用 7-15 GHz 和 D 頻段將成為全球通信產業的核心課題。這些頻段不僅能支援超高速、低延遲的通信需求，還將在智慧城市、工業物聯網、自動駕駛、AR/VR 等多領域帶來突破性的應用發展。

（二） 頻譜共享的挑戰與創新解決方案

在頻譜資源日益稀缺的情況下，頻譜共享成為全球通信產業的關鍵挑戰之一，尤其是在高需求頻段如 6 GHz 的應用上。因應此一挑戰，美國率先提出「公民寬頻無線電服務」（Citizens Broadband Radio Service, CBRS）系統，允許在 3.5 GHz 頻段中不同類型的用戶共用頻譜資源，以達動態頻譜共享模式。

CBRS 系統允許政府、軍事、商業營運商及私人網路經營者共享 3.5 GHz 頻段，並透過動態頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）來協調頻譜的分配和使用，以提高頻譜的使用效率。此外，CBRS 還允許基於需求的動態分配，當某一用戶不需要使用頻譜時，其他用戶可以臨時獲取該頻段的使用權，該創新的頻譜管理方式不僅提高頻譜資源的利用率，也有效減少頻譜資源的浪費。

歐洲地區國家也在探索不同的頻譜共享模式，如，德國和英國積極研究頻譜共享混合模式，該模式允許 6 GHz 頻段既用於免執照設備如 Wi-Fi，亦可分配供 IMT 使用。不僅能滿足現有 Wi-Fi 網路對大頻寬的需求，又能因應未來 5G 及 6G 網路提前預留所需之頻譜。

歐洲通信主管機關期望能使用頻譜共享的形式在不影響既有免執照應用的同時，保障行動網路未來的發展。

然而，不同國家的政策和技術標準不一致，導致國際間頻譜共享技術之協調困難。此外，動態頻譜管理技術的實施成本高昂，在建立複雜的監管和分配系統時，對中小型營運商而言將會是沉重負擔。

綜上所述，全球通信技術因頻譜需求不斷增長，頻譜共享勢必將成為未來的重要發展方向。如何協調不同用戶和應用之間的需求，以及有效管理多方共享頻譜的使用權，並確保不同類型用戶之的訊號不互相干擾，將會是各國主管機關發展 6G 技術時需共同面對的挑戰。未來，動態頻譜共享技術有望透過創新解決方案，為下世代通信網路提供全面布建支持。

四、行動通信市場與商業發展

(一) 電信營運商與供應商的角色

2023 年電信營運商持續建立網路，聚焦於過渡至 B5G 階段，甚至更進一步邁向 6G，同時網路布建方式逐漸朝向開放式無線接取網路（Open Radio Access Network, Open RAN），尤其是考量採用獨立網路（Standalone, SA）。此外，全球多數行動網路經營者（Mobile Network Operator, MNO）正在探索人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、基於雲端的無線接取網路（cloud-based RAN）和基於太空的通信¹（space-based communications）的使用，致力於減少碳足跡。

例如，Telenor 參與多個有關 5G 和 6G 創新與研究的歐盟計畫；Etisalat（阿聯酋的主要電信營運商之一）於 2023 年 10 月推出商用 5G 獨立組網（Standalone, SA）；Telefónica 表示，預計 2023 至 2025

¹ 基於太空的通信(space-based communications)是指利用衛星或其他太空技術進行通信的技術，包括低軌道衛星(LEO)和高軌道衛星(如地球同步衛星)網路。

年將在其主要市場提供完整的 5G SA，現今的網路正朝向軟體平臺而非傳統電信服務的模式發展。

MNO 在 WRC-23 決議上可成功獲得多個新頻段可供 IMT 使用，持續透過拍賣獲取 5G 頻譜，除美國外，美國國會（Congress）尚未延長 FCC 拍賣頻譜的權力。

在頻譜釋出與管理方面，2024 年 2 月歐盟委員會（European Commission, EC）提出促進數位基礎設施的相關政策措施，包括在歐盟層級採取一致的頻譜釋出流程方法和更全面的頻譜管理。Orange、Telefonica 和 Deutsche Telekom 等歐洲電信網路營運商協會的 MNO 成員達成共識，將進行監管改革，放寬或改善頻譜分配等領域的規則。

（二）市場需求與潛力分析

多家供應商已明確提出 6G 頻譜目標和候選頻段，包含 Ericsson、華為、Intel、Nokia、Qualcomm、Samsung 等，如下圖 4 至圖 9 所示。可以發現未來 6G 頻譜為多層次頻譜的聚合（低頻、中頻及高頻頻段），並結合既有 IMT 頻譜和新頻譜，除了強調重新利用和釋出 3 GHz 以下頻譜之重要性外，對於未來的頻譜，供應商普遍支持對 7-24 GHz 頻段範圍的研究和應用前景，特別是 7-15 GHz 頻段成為關注的焦點。

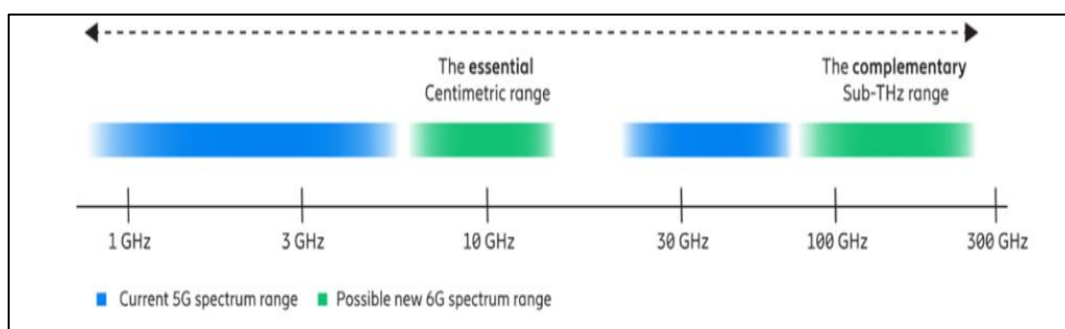


圖 4：Ericsson 提出 6G 頻譜-廣泛、多層次的頻譜融合

資料來源：Ericsson

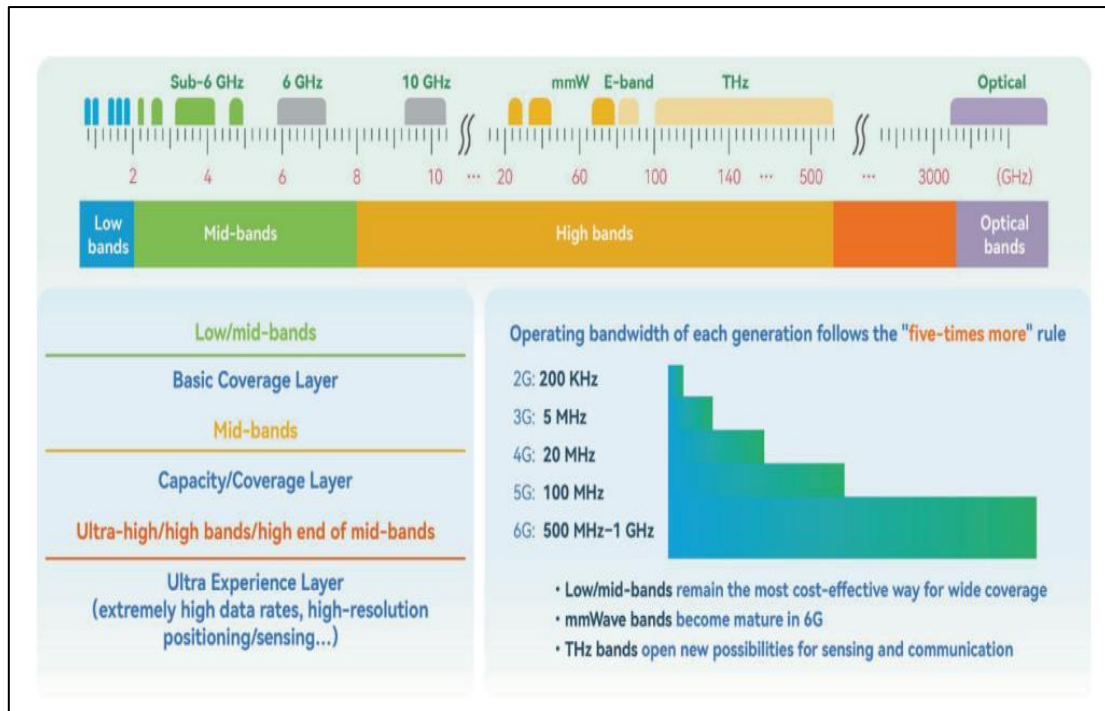


圖 5：華為提出 6G 頻譜-多層頻段框架

資料來源：華為

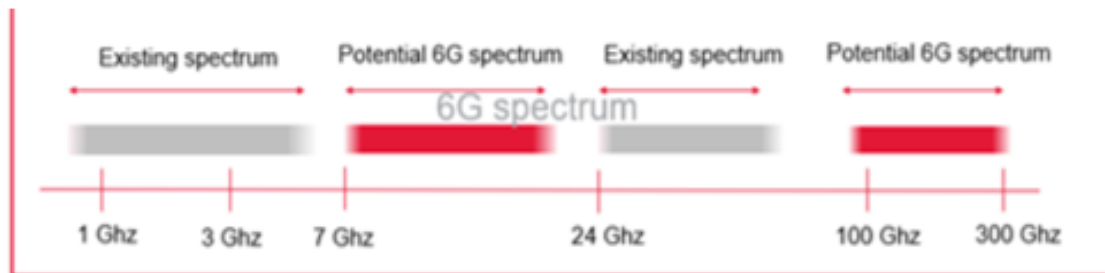


圖 6：Intel 提出 6G 候選頻段-多層頻譜

資料來源：Intel

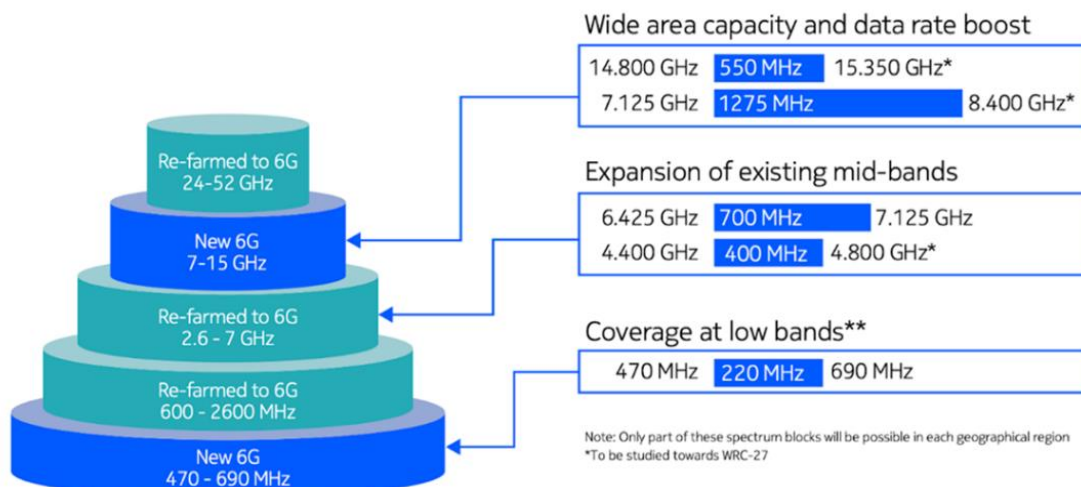


圖 7：Nokia 提出 6G 頻譜-結合既有頻譜和新頻譜

資料來源：Nokia

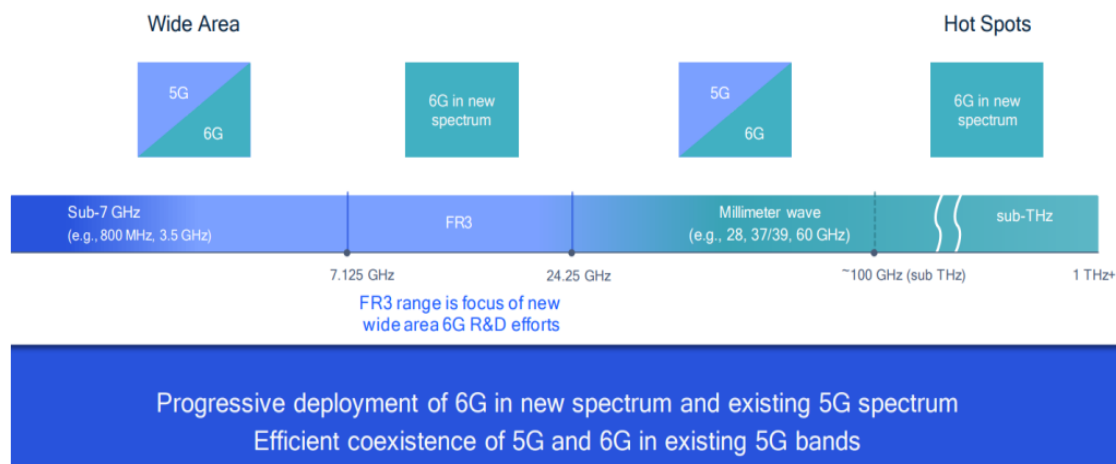


圖 8：Qualcomm 提出 6G 頻譜-現有和新頻譜以及新穎的共享方式
 資料來源：Qualcomm

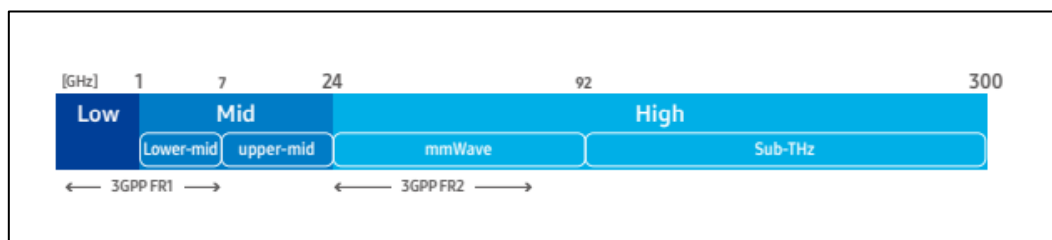


圖 9：Samsung-6G 頻譜分組

資料來源：Samsung

五、未來行動通信頻譜政策及應用趨勢分析

(一) 未來發展趨勢預測

根據 WRC-23 後的討論和結論，可更進一步預測未來頻譜政策的發展趨勢，特別是應用於 6G、人工智慧（AI）、開放無線接取網路（Open RAN）及衛星通信領域等。

1. 6G

ITU 於 2023 年 11 月提出 6G（IMT-2030）願景，未來 6G 使用情境以 5G 為基礎，並擴展新功能及更廣泛的使用範圍；3GPP 將於 Rel-20 進行 6G 研究；Rel-21 制定 6G 基本規格並提交予 IMT-2030。同時 5G Advanced 技術將持續發展，直到 2030 年及以後的新技術出現，確保 5G 向 6G 的平穩過渡。全球多數國家之 MNO 持續推動 6G，

如韓國預計於 2028 年 6G 商用化、中國預計 2025 年左右完成 6G 技術標準的制定、NTT DOCOMO 已經開始測試潛在的 6G 頻段。

2. 人工智慧 (AI)

AI 為各產業近期熱烈討論的議題，MNO 亦陸續探討 AI 與頻譜管理與新興應用之可能性。AI 可以自動化 6G 網路的管理和優化，提升網路效率，支持低延遲的邊緣計算，並促進新興應用（如智慧城市和自駕車）的發展。此外，AI 還能優化頻譜資源的分配，增強網路安全性，並透過數據分析支持企業的決策過程。總的來說，AI 將成為 6G 生態系統的關鍵推動力，提升數位經濟的潛力。如日本 SoftBank 指出 2023 年是 AI「劇變的年份」，將使其從電信基礎設施供應商轉型為下一代社會基礎設施供應商。

3. 開放無線接取網路 (Open RAN)

全球採用開放無線接取網路逐漸增加，如美國 AT&T 和 Verizon、印度 Reliance Jio、日本 NTT DOCOMO 和多家供應商成立「開放無線接取網路布建加速相容性和商業化聯盟」（the Acceleration of Compatibility and Commercialization for Open RAN Deployments Consortium），該聯盟將評估目前最佳實務作法尚未涵蓋的創新和技術的新方法。

4. 高空平臺服務 (High-Altitude Platform Services, HAPS) 和太空通信

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，使用非地面網路（Non-Terrestrial Network, NTN）連接補充既有行動用途，NTN 分為衛星和 HAPS，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。在 WRC-23 大會上，將 700-900 MHz、1.6 GHz 和 2.5 GHz 頻段納入 HAPS 通信的範圍，WRC-27 將著重探討衛星議

題，持續關注衛星直連設備（Direct to Device, D2D）用戶可以與地面行動服務共享哪些頻段（納入 WRC-27 討論議程 1.13）。

5. 綠色活動（Green activities）

為促進永續發展，全球多數 MNO 均承諾減少其碳足跡，儘管達成該目標的時間表各不相同。如卡達電信業者 Ooredoo²在 MWC24 上宣布與地區和國際公司合作，成立海灣合作委員會的創新中心，專注於電力解決方案，以重新定義電信產業如何應對不斷上升的燃料和電力成本以及對可持續能源替代品的日益增長的需求。

（二） 頻譜政策建議與跨國協調

綜觀全球正面臨頻譜需求增長與技術變革，各國應加強頻譜的動態管理，建立靈活的頻譜分配機制，根據市場需求和技術進步定期評估和調整頻譜使用情況。其次，應推動共用頻譜的發展，探索不同類型的用戶和服務之間的頻譜共享模式，以提高頻譜的使用效率，減少資源浪費。

此外，各國政府、主管機關與產業組織需加強跨國頻譜協調與管理，建立有效的國際合作框架，以應對頻譜的跨境影響，包括定期舉辦國際會議，促進各國之間的經驗分享與交流，進而協商共通的頻譜使用標準和政策。

最終，透過這些政策建議與跨國協調，不僅可以促進全球行動網路的協作和發展，還能推動新興技術的應用，確保在技術快速變革的背景下，各國能夠共同應對未來頻譜需求的挑戰，實現更為可持續的發展。

² Ooredoo 是一家總部位於卡達的國際電信營運商，成立於1987年，最初名為Qatar Telecom。Ooredoo在中東和北非地區擁有廣泛的業務，並在多個國家提供行動、固定、寬頻和數據服務。

參考資料：

1. Policytracker (2024.07), The Mobile Spectrum Handbook 2024-25
2. GSMA (2024/2), Mobile Policy Handbook An insider's guide to the issues, <https://s.moda.gov.tw/P5Mf5Wwt4Yvp>
3. 5G observatory (2024/6), 5G Observatory Report 20, <https://s.moda.gov.tw/38QNdfiD7iLC>

2024 第三季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

先進國家行動通信頻譜
政策觀測與未來趨勢

委辦單位

moda 數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

頻譜新聞

7-9月國內外頻譜
新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

2024 第二季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

5G毫米波頻段應用發展現況與挑戰

頻譜新聞

4-6月國內外頻譜新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

委辦單位

moda
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

財團法人 電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

2024 第二季

目錄

1

專題分析：5G毫米波頻段應用發展現況 與挑戰

- 一、 5G 毫米波技術簡介及其應用 3
- 二、 5G 毫米波服務發展面臨的挑戰與應對措施 5
- 三、 美、英、加等國家毫米波頻段最新釋照進程及市場應用現況 7
- 四、 5G 毫米波頻譜釋照政策評估與未來展望 17

2

第二季15篇之國內外頻譜新聞及趨勢

[四月國內外頻譜新聞超連結](#)

[五月國內外頻譜新聞超連結](#)

[六月國內外頻譜新聞超連結](#)

專題分析：5G毫米波頻段應用發展現況與挑戰

一、5G毫米波技術簡介及其應用

(一)概述

無線電頻譜資源是構成行動通信服務之關鍵核心要素之一。早期行動通信技術標準主要使用1GHz以下低頻段和3GHz以下中頻段，該類頻段在涵蓋範圍、容量和延遲之間取得了平衡。然而，隨著行動寬頻服務需求增加、各類如雨後春筍般冒出行動應用程式（mobile application, 簡稱APP）的普及，5G技術制定更加重視更高的頻譜效率，並能在更廣泛的頻段內運行，包括高頻段的毫米波（mmWave）頻段。

(二)毫米波技術及其特點

毫米波頻段（30-300 GHz）具有高指向性和大頻寬特性，使其能夠提供極高的數據傳輸速率和大容量。這些特點使毫米波特別適合於城市密集區域和高流量場所，如體育場和音樂會場地。此外，毫米波技術還支持先進的波束成形（Beamforming）和多輸入多輸出（MIMO）技術，有助於提高信號品質和網路涵蓋範圍。

(三)全球毫米波頻段分配

在2019年年底舉辦的世界無線電通信大會（World Radiocommunication Conference 2019, WRC-19），針對行動通信技術（International Mobile Telecommunications, IMT）新增全球通用頻段進行討論並制定最終決議，以支持增強型行動寬頻、大規模機器類通信及超可靠低延遲通信等多樣化使用場景。依據WRC-19的第241-244號決議，ITU決定將24.25-27.5 GHz、37-43.5 GHz、45.5-47 GHz、47.2-48.2 GHz和66-71 GHz等毫米波頻段為分配給IMT使用頻段。

各國政府陸續依據ITU決議將上述頻段核配給國內行動通信頻譜使用。例如，歐洲將26 GHz頻段（24.25-27.5 GHz）納為5G前導頻段之一，而美國、日本和韓國則核配28 GHz頻段（26.5-29.5 GHz）用於IMT/5G。相關毫米波頻段的生態系統正在迅速發展。

(四)毫米波在5G中的關鍵應用

毫米波技術在5G通信中至關重要，為實現超高速、大容量和低延遲通信提供了可能性。相關特性支持了新興應用，例如擴增實境（Augmented Reality, AR）、虛擬實境（Virtual Reality, VR）和遠距醫療。隨著物聯網（Internet of Things, IoT）和智慧城市的發展，毫米波技術預計能支持大量設備連接，同時保持高效的網路性能。毫米波技術在5G中的應用主要包括：

- 高速數據傳輸：適用於需要大數據量的應用，如4K/8K影像傳輸、VR和AR。
- 低延遲通信：支持需要極低延遲的應用，如自動駕駛、遠距醫療和工業自動化。
- 密集區域涵蓋：在體育場、音樂會等高流量場所提供穩定的高速連網。

毫米波頻段被認為將可做為5G傳輸流量的承載頻段，對於在高需求地區提供額外的行動容量和性能具有重要的商業吸引力。雖然毫米波的低傳播特性導致需要更高的網路密集度，但隨著布建設施成本逐年下降，且在特定位置架設毫米波基地臺可以高經濟效率應對增加的流量需求，從而降低電信業者的總擁有成本（Total Cost of Ownership, TCO）。

毫米波技術不僅為當前的5G應用提供了支持，還為未來的6G通信技術奠定了基礎。新興應用如厘米級定位精度的定位服務、透過5G網路進行的交通監控等，預計將進一步推動毫米波技術的發展和標準化，為使用次毫米波和THz頻段提供了先決條件。

(五)相關設備與標準

根據第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）的標準，5G使用的高頻段（FR2）已為多個頻段完成了標準化，包括：26/28 GHz頻段的n257（26.5-29.5 GHz）、n258（24.25-27.5 GHz）和n261（27.5-28.35 GHz），39/41 GHz頻段的n259（39.5 to 43.5 GHz）和n260（37-40 GHz），47 GHz頻段的n262（47.2-48.2 GHz），以及60 GHz頻段的n263（57-71 GHz）。5G毫米波頻段計畫

之頻率範圍及相關參數，如下表所列。

表1：5G毫米波頻段計畫之頻率範圍及相關參數

頻段計畫	通稱	頻率範圍	雙工模式	NR 頻寬
n257	28 GHz	26.50-29.50 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n258	26 GHz	24.25-27.50 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n259	41 GHz	39.50-43.50 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n260	39 GHz	37.00-40.00 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n261	28 GHz	27.50-28.35 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n262	47 GHz	47.20-48.20 GHz	TDD	50, 100, 200, 400
n263	60 GHz	57.00-71.00 GHz	TDD	100, 400, 800, 1600, 2000

資料來源：本研究彙整

截至2024年1月，已有143款支援高頻毫米波頻段的設備上市，其中123款已可商用¹。隨著設備的多頻段支持能力不斷提升，未來將進一步促進5G毫米波技術的廣泛採用。

二、5G毫米波服務發展面臨的挑戰與應對措施

(一)市場規模與增長

根據國外研究機構預測²，5G毫米波市場規模將從2022年的27.9億美元增長到2032年的77.9億美元，年複合增長率為15.05%。5G毫米波技術的高網路性能使其成為與基於光纖的有線通信相媲美的替代方案，為商業和住宅應用的無線寬頻服務開闢了新機會。

(二)傳播特性與技術挑戰

毫米波頻段（30-300 GHz）技術通常具備高指向性和有限距離的傳播特性。這種高指向性（或高直射性）的特性有以下幾個主要的優點：

- 減少干擾：由於信號能量集中在一個狹窄的波束內，可以有效減少對其他無線電信號的干擾
- 提高信號品質：高指向性也可以提高信號的強度和品質，

¹ GSA (2024), 5G-Ecosystem January 2024 Member report, <https://s.moda.gov.tw/QPVdvYF3y37j>

² Custom Market Insights (2024), Global 5g mmWave Market 2024–2033, <https://s.moda.gov.tw/hmhdopBSfFCJ>

特別是在需要精確目標的應用中，如波束成形技術

- 支持高密度用戶環境：在高密度的用戶環境中，毫米波的高指向性可以更好地管理和分配頻譜資源，提供穩定的高速通信服務

然而，毫米波也有一些挑戰，例如訊號容易受到牆壁等障礙物的阻擋，傳播距離較短，需要更多的小型基地臺來涵蓋同樣的區域。這對行動網路電信業者提出了新的挑戰，需要重新思考布建模型以適應毫米波的特性。

(三)基地臺設備挑戰

毫米波技術由於其高頻特性，相較於6 GHz以下頻段，其無線電波傳播損失更大，涵蓋半徑較小。毫米波基地臺需要提高天線性能、縮小天線尺寸，並開發新的解決方案以放寬天線安裝位置的限制。與6 GHz以下頻段相比，毫米波的設備成本和經濟效益目前較低，需要更多的技術創新來提升其商業可行性。

(四)終端設備挑戰

目前市場上支持毫米波的終端設備數量在增加，但其市占率仍然偏低。未來的挑戰在於推廣支持毫米波的終端設備，使其不僅限於較貴的進階設備類型，還能涵蓋更廣泛的價格範圍，以促進毫米波技術的普及。

(五)技術創新與應對措施

為克服上述挑戰，業界正在開發多種解決方案，例如使用波束成形技術提高天線增益、應用多輸入多輸出（Multi-Input Multi-Output, MIMO）技術提升通信性能、開發小型化高性能天線等。這些技術創新有望推動毫米波在商業領域的廣泛應用，特別是在高流量和高速服務需求的場所。

(六)國際實踐的比較

不同國家對毫米波頻段管理做法略有差異。例如，美國在運動賽場、車站等高流量區域推廣固定無線接取（Fixed Wireless Access, FWA）和熱點服務，而歐洲國家如德國、芬蘭和義大利則主要關注FWA、智慧型手機和工業應用的早期商業化。相關國際案例為制定

有效的毫米波頻段政策提供了寶貴的經驗，有助於推動區域毫米波技術的推廣和政策制定。

(七) 政策法规的應對措施

政策制定者和主管機關需要制定支持毫米波技術發展的政策和法規，包括經濟誘因措施（如抵稅、資金補貼和技術創新基金補助），以鼓勵電信業者和設備製造商投資於毫米波技術。政府還應透過提供更多的天線安裝位置和簡化執照申請流程來降低布建成本，並制定合理的頻譜管理政策，如頻譜拍賣和共享頻譜執照，以支持毫米波商業化。

(八) 未來展望

隨著技術的進步和成本的降低，毫米波技術在智慧工廠、自動駕駛汽車、遠距醫療和媒體等產業的應用前景廣泛。國際上，許多國家已經開始探索毫米波技術的商業應用，這些國際案例為毫米波技術的未來發展提供了寶貴的經驗和借鑑。隨著6G技術的研究進展，毫米波技術將繼續在全球通信領域中扮演關鍵角色。

三、美、英、加等國家毫米波頻段最新釋照進程及市場應用現況

(一) 美國

1. 頻譜分配及釋照進程

美國積極推動5G毫米波技術，以下是該國頻譜分配及釋照進度：

(1) 早期規劃與規則制定

- 2016年7月：美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）宣佈針對24 GHz以上頻譜用於無線寬頻業務的新規則，使美國成為首個規劃毫米波頻譜用於5G技術的國家。此一政策之主旨，在為5G技術的商業化和布建提供良善基礎。

(2) 主要頻譜拍賣

- 第101號拍賣³：FCC在2018年11月舉行28 GHz頻段

³ <https://s.moda.gov.tw/tMT7bHGytCHc>

(27.5-28.35 GHz) 的拍賣，釋出850 MHz的分時雙工 (Time-Division Duplexing, TDD) 頻譜；以同時、多回合及上升競價 (Simultaneous Multiple Round Auction, SMRA) 方式進行，該頻譜劃分為兩個425 MHz頻塊，並以區域執照級別釋出執照。

- 第102號拍賣⁴：28 GHz頻段拍賣結束後，FCC緊接著在2019年3月通過組合價格鐘拍賣 (Combinatorial Clock Auction, CCA) 方式釋出700 MHz頻寬 (24.25-24.45 GHz和24.75-25.25 GHz)，執照以部分經濟區 (Partial Economic Area, PEA) 為基礎釋出。
- 2019年5月：FCC允許非聯邦固定和行動地面通信用途使用37 GHz頻段 (37.0-38.6 GHz)，該頻段分為兩個區段：下層頻段 (37.0-37.6 GHz) 和上層頻段 (37.6-38.6 GHz)。這些頻段的釋出方式主要採以PEA為基礎的區域執照，以及和其他主要用途共用。
- 第103號拍賣⁵：FCC在2020年3月完成37 GHz上層頻段 (37.6-38.6 GHz)、39 GHz頻段 (38.6-40.0 GHz) 和47 GHz頻段 (47.2-48.2 GHz) 的拍賣 (第103號拍賣)，釋出約3.4 GHz頻寬，共計14,142張上層微波彈性使用服務 (Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS) 執照。

(3) 政策和技術支持

- 美國積極釋出毫米波頻譜，認為毫米波頻譜提供了大頻寬和低延遲的優勢，適用於大數據傳輸需求。FCC多次拍賣共為市場提供近5 GHz的5G頻譜資源，這些頻譜多採以PEA為基礎的100 MHz頻塊執照。小型競標者和鄉村競標者在拍賣中可享受價格抵減，例如，小型企業可享受25%的拍賣價格抵減。

⁴ <https://s.moda.gov.tw/wi6u6E8Gh6k9>

⁵ <https://s.moda.gov.tw/FRxDAK2uJQMu>

- FCC致力於釋出更多毫米波頻譜，包括26 GHz和42 GHz頻段共計2.75 GHz頻寬，並加強70/80/90 GHz頻段的使用，以支持5G服務的發展。

2. 市場應用現況

5G毫米波技術已經在多個市場中展現其應用特性，包括：

(1) 行動熱點與行動網路服務

- 2019年，Verizon和T-Mobile均推出了5G毫米波行動網路服務，旨在搶占新興的5G市占率。Verizon在美國超過1,500個城市的體育場、車站和城市區域安裝了超過40,000個毫米波基地臺，並規劃到2025年為5,000萬戶提供FWA服務。2021年FCC拍賣時，Verizon獲得3.7 GHz中頻段頻譜資源後，Verizon開始重新定位其5G服務，減少對毫米波的高度依賴。

(2) 固定無線接取（FWA）

- US Cellular和Verizon等公司也利用毫米波頻段開發了5G FWA服務，以競爭固定寬頻市場。這些服務主要針對城市地區和高流量區域，為家庭和企業提供高速無線網路。

(3) 新興應用案例

- 大型活動中的成功應用⁶：在2023年的第57屆超級盃中，Verizon成功運用其毫米波5G技術，確保超過50.5%的現場觀眾能夠享受高速穩定的網路連線。Verizon在Allegiant體育場布建約250個5G毫米波基地臺，在賽事期間處理了高達52.34 TB的數據流量。現場量測最高下載速度達到4,404 Mbps，最高上傳速度達到671 Mbps。這次布建成功地展示了毫米波技術在大型活動中的潛力，確保用戶在擁擠環境中的穩定連線。

⁶ Verizon (2024), Verizon customers used 52.34 TB of data in and around Allegiant Stadium for Super Bowl LVIII, <https://s.moda.gov.tw/5KFpc3UcTLxR>

- 其他應用場景：隨著基礎設施的成熟和終端設備的普及，毫米波技術在體育場、車站、室內購物中心和人群密集的戶外場所應用取得了顯著進展。例如，在體育場內觀看比賽時，使用毫米波技術提供了更快速和更穩定的網路服務，提升了用戶體驗。

(二)英國

1. 頻譜分配及釋照進程

英國在推動5G毫米波技術的發展方面，採取了多項重要措施。主要進展說明如下：

(1) 26 GHz 頻段的規劃與分配

- 2019年7月：英國通信管理局（Office of Communications, Ofcom）將24.25-26.5 GHz頻段納入共享頻譜框架，允許低功率室內使用，提供2.25 GHz的頻譜資源以支持新型室內5G應用。此決策旨在快速促進創新和商業應用，這些執照採取先到先得（First-Come First-Served, FCFS）的方式進行發放。
- 2019年12月：Ofcom開始受理24.25-26.5 GHz頻段的共享接取執照申請，主要針對低功率室內應用。
- 2022年1月：Ofcom宣布26 GHz頻段將不再接受新的固定鏈路應用，以騰出空間供未來5G使用。

(2) 40 GHz 頻段的規劃與分配

- 2023年9月：Ofcom發布聲明，將40.5-43.5 GHz頻段（40 GHz頻段）指定為涵蓋68個高密度區域的拍賣對象，這些區域預計將擁有最高的毫米波布建量。在其他地區，從2028年6月起，該頻段將透過共享接取執照框架，以先到先得的方式核發執照。
- 目前，40 GHz頻段有三個既有執照持有者，其持有的全國性固定服務執照將在2028年6月1日屆期。

(3) 頻譜拍賣計畫

- 2022年5月：Ofcom公佈26 GHz和40 GHz頻段的拍賣

計畫⁷，預計將於2024年進行拍賣，釋出超過6 GHz的頻寬。

- 在高密度區域，Ofcom計畫核發城市（Citywide）寬頻使用權，並透過共享接取執照框架提供一些區域執照，目的是在高需求地區提升頻譜利用效率和促進投資。
- 既有使用者的影響：在26 GHz頻段，大多數既有用戶被要求搬遷至其他頻段，以避免與新的5G布建產生干擾。例如，固定點對點鏈路需要在高密度區域移頻調整。在40 GHz頻段，目前的執照禁止用於行動服務，因此除非Ofcom變更或撤銷現有執照，否則不能用於5G行動服務。
- 未來展望
- 拍賣設計與諮詢：Ofcom計畫採用實務上最佳的拍賣設計，包括價格鐘型式和地理區域類別，以確保拍賣過程的公平性和效率。
- 競爭與市場進入：為促進市場競爭，Ofcom可能採取部分必要措施，如對小型競標者提供優惠或設置頻譜取得上限，確保各類電信業者都有機會參與拍賣。

2. 市場應用現況

利物浦5G健康和社會照護測試場域（Liverpool 5G Health and Social Care Testbed）是英國在5G毫米波（mmWave）頻段應用方面的重要實例⁸。該測試計畫展現5G技術在改善公共服務中的巨大潛力，特別是在健康和社會照護領域。

(1) 測試背景

利物浦5G健康和社會照護測試於2018年4月啟動，是歐洲首個此類測試，為期20個月，取得英國數位、文化、媒體和體育部（Department for Culture, Media and Sport, DCMS）5G實驗計畫的資

⁷ Ofcom (2022), Consultation: Enabling mmWave spectrum for new uses <https://s.moda.gov.tw/FNUpVfo8Jt8p>

⁸ GOV.UK (2018), Liverpool 5G Testbed, <https://s.moda.gov.tw/CRCE9X5bLbJC>

金支持，總額達到490萬英鎊。該計畫由利物浦5G聯盟主導，整合多個公部門、民間單位和第三方的合作夥伴，包括利物浦市議會、利物浦大學、利物浦約翰摩爾大學、Blu Wireless Technology公司等。

(2) 目標和活動

該測試的主要目標是探索5G連線技術是否能夠以足夠低的成本和高效的方式應用於健康和社會照護服務，並縮小數位落差。具體目標包括：

- 提供負擔得起的連線服務；
- 增強社會照護服務的能力；
- 提高健康和照護服務的效率；
- 改善人們的生活品質，減少社交孤立。

在測試期間，利物浦5G聯盟動員了11個合作夥伴和超過15個合作廠商，建立了一個支持健康和社會照護產品的5G毫米波網路，為179名社區居民提供服務。這些合作夥伴來自公部門、民間機構和第三方單位，形成了一個獨特而創新的聯盟。

(3) 實現和成就

從2018年4月至2019年11月，該測試計畫取得了以下成就：

- 建立英國最大的5G毫米波網路，也是全球第二大，並在家庭中布建了大量物聯網設備；
- 展示5G網路在未來5年內對社會健康結果的積極影響；
- 證明5G毫米波技術支持的健康和社會照護服務可以降低成本，從而增加服務容量；
- 證明5G毫米波網路在成本效益方面優於傳統蜂巢式網路架構，並且可以靈活布建於需要的地區。

(4) 關鍵影響

該測試計畫展示5G技術在支持新技術和既有技術方面的有效性，特別是在健康和社會照護應用中。分析顯示，使用5G技術支持的健康技術能達到以下貢獻：

- 改善服務使用者的健康結果，提高其自主健康管理的能力；

- 提高生活品質，減少孤獨感；
- 增加健康和社會照護服務的容量，減少對社會照護、基礎健康服務和醫院服務的需求；
- 每年為健康和社會照護服務節省超過20萬英鎊的潛在成本（每100名使用者）。

(5) 具體案例

利物浦5G試驗在多個應用中展示其成果。例如，在遠距健康監控方面，5G網路支持的設備使得老年人和病患能夠在家中進行健康監測，減少了對醫院和護理機構的依賴。此外，5G網路還支持VR應用，使得健康照護提供者能夠進行遠距諮詢和診斷，提升服務的便捷性和涵蓋範圍。

(三) 加拿大

1. 頻譜分配及釋照進程

加拿大在毫米波頻段的頻譜分配和釋照進程中採取了多項措施，以推動5G技術的發展。說明如下：

(1) 2022年毫米波釋照公眾諮詢⁹

加拿大創新、科學與經濟發展部（Innovation, Science and Economic Development Canada, ISED）在2022年發布了針對26 GHz、28 GHz和38 GHz頻段的毫米波（mmWave）頻譜釋照框架公眾諮詢文件，重點包括：

- 拍賣釋照：ISED提出了26.5-27.5 GHz（26 GHz 頻段）、27.5-28.35 GHz（28 GHz 頻段）和37.6-40.0 GHz（38 GHz 頻段）的頻譜拍賣政策和框架，涵蓋拍賣格式、規則和過程。
- 執照效期：建議所有透過拍賣獲得的靈活使用執照應具有相同的屆期日期，以便於管理。
- 持照者義務：包括布建規範，適用於透過拍賣取得的執照，並針對既有固定持照者的轉換過程徵求意見。

⁹ ISED (2022), Consultation on a Policy and Licensing Framework for Spectrum in the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://s.moda.gov.tw/HxjE4MHZmxWH>

見。

(2) 2023年非競爭性區域 (Non-Competitive Local, NCL) 釋照框架決定¹⁰

為了支持民間企業以及偏遠和原住民社區，ISED在2023年推出了NCL釋照框架，主要內容包括：

- 靈活使用：允許持有執照者在26、28和38 GHz的mmWave頻段中提供多種無線服務。
- 政策目標：確保加拿大人能夠使用最新的無線電信服務，促進新興技術和服務的投資和創新。
- 非競爭性釋照：通過NCL框架以先到先得的方式釋放3900 MHz頻段及毫米波頻段的主要5G頻譜，並支持創新應用和垂直產業的發展。

(3) 2024年對既有執照持有者安排及拍賣考量¹¹

ISED在2024年公告針對既有執照持有者的協調及未來拍賣考量的決議，主要包括：

- 既有執照持有者的釋照過程：ISED宣布釋照過程，涉及24.25-24.45 GHz和25.05-25.25 GHz頻段內現有的24 GHz頻譜執照，以及38.7-39.1 GHz和39.4-39.8 GHz頻段內現有的38 GHz頻譜執照。
- 非競爭性區域釋照框架：ISED計畫釋出26、28和38 GHz頻段的部分頻譜，以支持創新應用和促進垂直產業領域和其他非傳統用戶的頻譜取得。
- 政策考量：ISED強調毫米波頻段的釋出，是支持服務提供商投資和改善服務的機會，透過大頻塊毫米波頻譜使服務提供商能夠向消費者提供高速和高容量的5G服務。此外，毫米波頻譜提供了促進區域和國家層級競爭的關鍵機會，從而導致行動無線市場

¹⁰ ISED (2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://s.moda.gov.tw/eL6cmPhSDJFc>

¹¹ ISED (2024), Decision on the Licensing Process for Existing Licensees in the 24 and 38 GHz Bands and Considerations Related to the mmWave Auction, <https://s.moda.gov.tw/LRu7vAZprP1m>

為消費者提供更多選擇和具有競爭力的產品。

2. 市場應用現況

加拿大5G毫米波市場應用現況主要集中在既有執照持有人進行FWA試驗和5G專網的布建。TeraGo作為加拿大無線接取服務提供商之一，積極推動5G毫米波技術的應用，特別是在工業和企業領域。以下說明該公司的重要案例和進展：

(1) 運用5G毫米波技術於工業4.0

2023年3月27日，TeraGo宣布在McMaster大學新製造研究所（McMaster Manufacturing Research Institute, MMRI）布建加拿大首個專門用於工業4.0研究的5G毫米波專網。此專網將允許研究人員在未來三年內測試和開發利用5G毫米波網路能力的新型先進製造技術。5G毫米波網路提供高頻寬和超低延遲，可以同時支持數千臺設備，這將使工業界能夠降低成本、提高效率，並透過增強AR、高速視覺系統、大規模工業物聯網布建和自動駕駛車輛等創新技術來提高工人的安全性。

(2) 運用5G毫米波技術於固定無線接取

2019年12月，TeraGo宣布與Nokia合作，在大多倫多地區（Greater Toronto Area, GTA）和大金馬蹄地區（Greater Golden Horseshoe Area, GCH）展開5G固定無線技術試驗，使用TeraGo自有24 GHz和38 GHz頻段的固定無線5G毫米波設備。2021年2月16日，TeraGo宣布試驗取得了顯著進展，傳輸速率達到約1.5 Gbps。公司希望隨著新CPE設備的可用性，在未來將速度提升至10 Gbps。

(四)其他國家或地區

全球其他國家也正積極推動5G技術的發展和採用，並透過各種執照方式釋出毫米波頻段來實現此目標。以下是一些主要國家和地區的5G毫米波頻段釋照和市場應用現況：

1. 義大利

義大利政府在2018年10月拍賣了26 GHz頻段（26.5-27.5 GHz）用於5G服務，四家行動業者及寬頻業者Fastweb均以拍賣底價取得200 MHz頻寬的頻譜執照。義大利電信（Telecom Italia, TIM）積極

布建5G毫米波服務，提供諸如在文化活動和現場娛樂中的沉浸式體驗等次世代解決方案，這些服務利用擴增和虛擬實境等技術。Fastweb則專注於使用26 GHz頻譜提供5G FWA服務。

2. 日本

2019年，日本政府為四大電信業者KDDI、NTT DoCoMo、樂天行動和軟體銀行核配每家400 MHz的28 GHz頻譜。這些電信業者已經推出了5G毫米波服務，主要用於增強高流量地區如城市中心和熱點的容量。日本的積極策略和較早的頻譜核配使其成為5G毫米波布建的領導者。

3. 法國

2019年1月，法國發布一項針對26.5至27.5 GHz頻段建立5G試驗平臺的文件，旨在讓市場參與者獲得26 GHz頻段的頻譜，用於建立小規模5G網路的開放試驗平臺，並向第三方開放這些平臺。這也針對那些希望測試新使用案例的市場參與者，包括創新技術和服務公司、初創企業和垂直產業領域（如健康、能源、智慧城市等）。2019年10月，法國宣布了首批11個入選計畫，這些計畫包括各種電信業者和垂直產業參與者。

4. 澳洲

澳洲提出一種混合頻譜執照模式，在城市地區進行頻譜拍賣，在農村地區則採用設備（即站點）執照模式，涵蓋24.25-27.5 GHz頻段。2020年8月，澳洲通信和媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）針對26 GHz和28 GHz毫米波頻段的5G應用發布了草案諮詢文件，並於2021年4月完成了26 GHz頻段（25.1-27.1 GHz）的拍賣。兩大電信業者Telstra和Optus隨後在少數地區推出了使用這些頻率的商用5G服務。此外，總部位於英國的小公司Dense Air的子公司在墨爾本和雪梨取得兩張執照，用於提供中立型小型蜂巢式無線基礎設施服務。

5. 南韓

南韓是5G毫米波技術的早期採用者，三大電信業者LG U+、KT和SK Telecom於2018年拍賣均以底價獲得800 MHz頻寬、五年執照

效期的28 GHz頻段（26.5-28.9GHz）頻譜執照，並被要求在2021年前布建至少15,000個基地臺。然而，2022年末的韓國政府統計結果顯示，KT和LG U+未能達到布建規範，導致其執照被撤銷。SK Telecom也面臨六個月的執照縮短處罰。

6. 香港

2019年3月，香港主管機關為三家電信業者中國移動香港（China Mobile Hong Kong Company Limited, CMHK）、HKT和SmarTone分配26 GHz和28 GHz頻段的400 MHz頻譜。業者被要求在2024年底前安裝至少2,500個無線電設施。然而，到2021年底，電信業者因兼容網路設備和手機供應延遲而請求放寬相關規範。

7. 總結

5G毫米波技術的布建在不同國家和地區有顯著差異。義大利和日本在布建策略和提供先進5G服務方面走在領先地位。澳洲和南韓也取得顯著進展，儘管南韓業者在達到布建規範面臨挑戰。香港由於人口密度高和經濟發達而成為理想的5G毫米波展示基地，但設備取得延宕的後勤挑戰延緩了其進展。總體而言，高密度化網路的高成本和相對昂貴的毫米波兼容設備的有限可用性，仍然是5G毫米波技術廣泛採用的主要障礙。儘管面臨這些挑戰，相關國家和業者的持續努力與投資，突顯了5G毫米波在提升行動通信網路方面的重要性和潛力。

四、5G毫米波頻譜釋照政策評估與未來展望

在全球5G毫米波頻譜釋照的進程中，不同國家和地區採取了各種策略來管理和分配這些關鍵資源。透過比較美國、英國和加拿大在相關方面的政策，可以深入了解到不同國家如何平衡頻譜資源的分配和市場需求，從而為未來的頻譜管理提供有價值的參考。

（一）執照效期和服務分區

執照效期和服務分區是頻譜管理政策中的兩個關鍵元素，它們對於確保頻譜的有效利用和市場的健康發展至關重要。執照效期涉及頻譜執照的有效時間，直接影響到投資者的信心和長期規劃；而

服務分區則決定了頻譜資源的地理分佈和使用範圍，影響到網路涵蓋和服務品質。

藉由研究國際情況，案例國家對毫米波頻段設定了不同的執照效期和服務分區。說明如後。

1. 美國

FCC對28 GHz、37 GHz、39 GHz和47 GHz頻段的初始執照期限為10年，屆期允許申請續照。這種相對較短的執照期限旨在激勵業者迅速布建和利用頻譜資源，並在期滿後重新評估和分配，以確保頻譜的最佳利用。

服務分區方面，美國採用了PEA的劃分方式，尤其是針對37 GHz和39 GHz頻段。PEA的設計考慮了經濟活動和人口密度，旨在確保頻譜能夠有效涵蓋高需求區域，同時避免過度集中於某些地區。

2. 英國

Ofcom在26 GHz和40 GHz頻段的執照有效期為15年。這樣的期限設計提供了業者足夠的時間進行基礎設施建設和業務發展，同時也能定期評估市場變化和技術進步，以調整頻譜分配策略。

在服務分區方面，Ofcom決定核發涵蓋所有主要城市和城鎮（高密度地區）的次國家級執照，並在低密度地區採用共享接取執照框架，按照先到先得的原則發放區域執照。這種分區策略旨在平衡高需求區域的頻譜利用和低需求區域的服務涵蓋。

3. 加拿大

ISED在26 GHz、28 GHz和38 GHz頻段的釋照規劃中，執照有效期為10年，屆期可以續照。在24 GHz頻段，ISED決定以非競爭性區域釋照架構發放固定用途執照，初始有效期為1年，此後每年續期，直至新的執照發照程序建立。

加拿大的服務分區設計包括五個層級，每個層級對應不同的無線服務和應用需求。第1層為全國單一服務區，第2層由14個大型服務分區組成，第3層包含59個較小區域，第4層由172個區域化服務分區組成，第5層包含654個最小服務分區。這些服務分區的設計考慮了毫米波頻譜的傳播特性和干擾協調挑戰，特別是第5層服務分區適

用於毫米波頻段，允許無線服務提供者更具體地瞄準其目的地區域進行網路布建。

(二)執照頻塊大小

頻塊大小是頻譜拍賣或分配的基本單位，拍賣時競標者會針對每個頻段出價競標頻塊的數量。這些頻塊就像積木一樣，競標者可以選擇拍賣的最小單位及其數量。在某些情況下，主管機關還會規定最低出價的頻譜數量，以確保有效的頻譜利用和市場競爭力。

根據3GPP針對5G NR FR2頻段的標準，支持的頻道頻寬為50 MHz、100 MHz、200 MHz和400 MHz。3GPP標準為各國主管機關設計拍賣頻塊大小提供了參考依據。

1. 美國

FCC針對下一代無線服務拍賣了37 GHz上層頻段、39 GHz頻段和47 GHz頻段，這些頻段的最小頻塊頻寬為100 MHz。這種設計旨在確保業者能夠靈活組合頻塊，以滿足不同的網路需求，同時也確保頻譜資源的有效利用。

2. 英國

Ofcom在其2023年11月8日發布「毫米波頻段新用途能力建構-拍賣設計」聲明和諮詢文件中提到，40 GHz頻段的拍賣單位為200 MHz。這種較大的拍賣單位設計，意在提供更高的頻譜利用效率，適合用於高流量、高需求的應用場景，如城市中心和工業區。

3. 加拿大

ISED在其38 GHz頻段拍賣諮詢文件中，同樣提出以100 MHz為頻塊劃分單位，與美國的設計相似，旨在為業者提供靈活的頻譜組合選擇，同時確保高效的頻譜利用。ISED還在其他毫米波頻段如26 GHz和28 GHz的諮詢文件中，提到類似的頻塊設計，以促進5G網路的布建和擴展。

(三)網路布建或頻譜使用義務

網路布建或頻譜使用義務是各國在分配5G毫米波頻譜時為執照持有者設置的規定，旨在確保頻譜資源的有效利用和最大化公共利益。這些義務通常包括一定的網路建設要求和頻譜使用期限，未能

達到這些要求的執照持有者可能面臨執照取消或其他懲罰措施。以下是美國、加拿大和英國在此方面的具體做法和規定。

1. 美國

FCC於2020年完成了第103號拍賣，提供了14,144個涵蓋37 GHz上層頻段（37.6-38.6 GHz）、39 GHz頻段（38.6-40 GHz）和47 GHz頻段（47.2-48.2 GHz）的上層微波彈性使用服務（UMFUS）執照，這些執照基於PEA核發。本次拍賣規定了以下建置要求：

- 行動或點對多點服務執照持有者：必須證明至少為執照服務區內40%的人口提供可靠信號涵蓋和服務，並且他們正在使用設施為該區域的客戶或內部使用提供服務。
- 點對點服務執照持有者：對於人口等於或少於268,000的執照服務區，必須證明擁有四個正在營運並提供服務的鏈路。對於人口大於268,000的執照服務區，必須證明至少擁有一個正在營運的鏈路，並且能夠為執照服務區內每67,000人口提供服務。
- 地理區域涵蓋：行動或點對多點服務執照持有者必須證明至少為執照地理區域的25%提供可靠信號涵蓋和服務。固定點對點鏈路或其他低功率點對點連接的執照持有者，必須證明在執照服務區內至少25%的人口普查區布建至少一個發射器或接收器。

如果執照持有者未能滿足這些要求，執照將自動取消。執照持有者可以選擇按郡縣細分執照，以降低執照服務區內的人口，從而更易於滿足建置要求。

2. 加拿大

ISED在其針對26 GHz、28 GHz和38 GHz頻段的頻譜政策和執照框架諮詢文件中，規定了獲得執照的公司需要在初始執照發行日期後第5年和第9.5年，根據文件附件D中指定的每個服務區的站點數量，證明其頻譜的使用狀況並積極提供服務。ISED提出了兩個選項：

- 選項1：較低的布建要求，以考慮毫米波頻段商業模式的不

確定性

- 選項2：較高的布建要求，是選項1的三到五倍，以鼓勵更大程度地利用頻譜

ISED 諮詢文件附件 D 中的示例要求如下：

表2：加拿大針對毫米波之布建要求選項

	選項 1		選項 2	
	每 100 MHz 的站臺數 / 第 5 年	每 100 MHz 的站臺數 / 第 9.5 年	每 100 MHz 的站臺數 / 第 5 年	每 100 MHz 的站臺數 / 第 9.5 年
偏遠地區 (霍塔湖)	1	2	5	10
村鎮 (Harbour Grace)	2	4	10	20
城市 (St. John's)	3	11	15	51
都會 (溫哥華)	80	101	400	505

資料來源：本研究彙整

3. 英國

Ofcom在其2023年3月發布「聲明和進一步磋商：啟用毫米波頻段用於新用途」文件中提出，頻譜使用執照頒發將包含啟動使用時限或「用它或失去它」的使用規定。該規定要求執照持有人在指定時間段內使用相關頻段，否則可能會導致執照被撤銷。然而，Ofcom認為，頻譜囤積和其他頻譜分配低效問題可以透過其他方法解決，無需訴諸於「用它或失去它」的規定。基於以下原因，Ofcom決定不在核發執照時加入任何啟動使用時限規定：

- 核發執照可以轉讓給第三方；
- 頻段暫時未使用且在某些地區沒有立即使用的規劃，但存在需求時，Ofcom可以透過「區域接取執照框架」釋照；
- 15年固定期限執照將有助於頻譜的有效利用。

(四)綜合評價與未來展望

綜合以上討論，美國、英國和加拿大在5G毫米波頻譜的釋照政策上有許多相似之處，也有各自獨特的做法。各國在執照效期和服務分區、執照頻塊大小、網路布建或頻譜使用義務方面的規定，均旨在確保頻譜的有效利用，促進市場競爭，推動5G技術的發展。

美、英、加三國在執照效期和服務分區的設計上，都展現了高

度的靈活性和適應性。美國和加拿大採用較短的10年執照期限，允許頻繁的續照來激勵投資和技術更新。英國則採用較長的15年期限，以確保長遠的市場穩定和規劃。

服務分區方面，美國的部分經濟區和加拿大的五層服務分區體系，提供了廣泛的靈活性，能夠適應不同規模的市場需求和應用場景。英國的次國家級和當地語系化服務分區，則有助於針對高密度和低密度區域進行細緻化管理。透過這些措施，各國在確保頻譜資源高效利用和市場競爭力方面，都取得了顯著的平衡。

不同國家在設計頻譜頻塊大小時，考慮了各自市場需求和技術標準。美國和加拿大選擇了較小的100 MHz頻塊，提供了更大的靈活性，適合於多樣化的市場需求。而英國選擇較大的200 MHz頻塊，旨在應對高流量、高需求的使用場景。

這些頻塊大小的設計，不僅反映了各國對頻譜資源高效利用的考量，也為業者提供了靈活的頻譜組合選擇，以支持不同的應用需求和市場發展戰略。透過這些設計，各國主管機關希望能夠在確保市場競爭力的同時，推動5G毫米波技術的快速布建和應用，從而實現行動通信網路的全面升級。

美、英、加三國在網路布建和頻譜使用義務方面採取了嚴格且靈活的措施，確保頻譜資源不被閒置。美國的布建要求透過設定具體的涵蓋標準，確保執照持有人積極布建網路。加拿大透過提供不同的布建選項，適應市場的不確定性，同時鼓勵更大程度地利用頻譜。英國的「用它或失去它」規定則強調頻譜資源的高效利用，防止頻譜囤積。總體來看，這些措施不僅推動了5G網路的快速建設和涵蓋，還確保了頻譜資源的高效利用，為市場帶來了更多的競爭和創新機會。

未來，隨著5G技術的進一步成熟和應用場景的多樣化，各國的頻譜管理政策也需持續更新和調整，以適應新的市場需求和技術變革。例如，如何更好地平衡頻譜資源的分配與使用，提高頻譜利用效率，避免頻譜囤積，都是需要持續探索的議題。

各國主管機關在制定頻譜政策時，應充分考慮市場需求和技術

發展趨勢，並與業界保持密切溝通，及時調整和優化政策措施，以確保5G毫米波技術能夠為各行各業帶來更大的經濟和社會效益。

參考資料：

1. 5G Americas White Paper: The Evolution of 5G Spectrum, <https://s.moda.gov.tw/Rpp2Kab6qMRM>
2. 5GMF White Paper: 5G Enhancement with Millimeter Wave Deployment Ver.3.0 (March 12, 2024), <https://s.moda.gov.tw/A86spXaZY6tk>
3. Custom Market Insights (2024), Global 5g mmWave Market 2024–2033, <https://s.moda.gov.tw/hmhdopBStFCJ>
4. FCC Explores Spectrum Sharing Approaches for the 42 GHz Spectrum Band, <https://s.moda.gov.tw/tBS7ixd6oMER>
5. GSA (2024), 5G-Ecosystem January 2024 Member report, <https://s.moda.gov.tw/QPVdvYF3y37j>
6. GSMA: 5G mmWave Deployment Best Practices Whitepaper, <https://s.moda.gov.tw/nUAGFtm5uPTC>
7. GSMA: 5G mmWave, <https://s.moda.gov.tw/r6dzZTEE813u>
8. ISED (2022), Consultation on a Policy and Licensing Framework for Spectrum in the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://s.moda.gov.tw/HxjE4MHZmxWH>
9. ISED (2022), Consultation on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://s.moda.gov.tw/eL6cmPhSDJFc>
10. ISED (2023), Decision on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands, <https://s.moda.gov.tw/eL6cmPhSDJFc>
11. Ofcom (2022), Consultation: Enabling mmWave spectrum for new uses, <https://s.moda.gov.tw/FNUpVfo8Jt8p>
12. Ofcom (2024), Enabling mmWave spectrum for new uses: Statement and consultation on auction design,

<https://s.moda.gov.tw/PrwJPzdRKKYR>

13. TRAI (2024), Consultation Paper on Auction of Frequency Spectrum in 37-37.5 GHz, 37.5-40 GHz, and 42.5-43.5 GHz bands Identified for IMT, <https://s.moda.gov.tw/p3JWby9hgSE2>
14. Verizon (2024), Verizon customers used 52.34 TB of data in and around Allegiant Stadium for Super Bowl LVIII, <https://s.moda.gov.tw/5KFpc3UcTLxR>

2024 第二季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

5G毫米波頻段應用發展現況與挑戰

頻譜新聞

4-6月國內外頻譜新聞及趨勢

委辦單位

mod^a
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

2024 第一季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

淺談美國**6G**電信聯盟組織
對**6G**頻譜之探索及動向

頻譜新聞

1-3月國內外頻譜
新聞及趨勢

委辦單位

mod^a 數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

本報告不必然代表數位發展部意見

2024 第一季

目錄

1

專題分析：淺談美國相關6G電信聯盟組織對6G頻譜之探索及動向

- | | | |
|----|----------------------|---|
| 一、 | 簡介與美國友好之 6G 相關聯盟 | 1 |
| 二、 | 各 6G 聯盟之 6G 頻譜相關初步研究 | 2 |
| 三、 | 各聯盟之互動及合作 | 5 |
| 四、 | 多國 6G 原則聯合決議之意義 | 9 |

2

國內外頻譜新聞及趨勢

[一月國內外頻譜新聞超連結](#)

[二月國內外頻譜新聞超連結](#)

[三月國內外頻譜新聞超連結](#)

專題分析：淺談美國相關6G電信聯盟組織對6G頻譜之探索及動向

一、簡介與美國友好之 6G 相關聯盟

美國電信產業解決方案聯盟（Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS）為美國國家標準協會（American National Standards Institute, ANSI）之認可機構，也是國際組織第 3 代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）的北美合作夥伴，同時也是國際電信聯合會（International Telecommunication Union ITU）無線電通訊部門以及美洲電信委員會（Inter-American Telecommunication Commission, CITEL）的成員。3GPP 於 1988 年 12 月成立之初聯合 6 個國家/區域電信標準發展組織，包括歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）、日本電波產業（Association of Radio Industries and Businesses, ARIB）與日本電信技術委員會（Telecommunication Technology Committee, TTC）、中國通信標準化協會（China Communications Standards Association, CCSA）、韓國電信技術協會（Telecommunications Technology Association, TTA）以及北美的 ATIS，共同產出 3GPP 的技術規格定義文件（Specification），作為代表北美區域電信標準發展組織的 ATIS，在制定 4G/5G/6G 技術上扮演重要角色。

為提升未來 10 年北美行動技術在 6G 領域的領先地位，ATIS 於 2020 年 10 月宣布成立 Next G Alliance（下稱 NEXT G 聯盟）。NEXT G 聯盟創始成員包括美國主要電信業者 AT&T、Verizon、T Mobile 和 Cellular，加拿大電信業者 Bell、Telus，以及 Apple、Facebook、Google、Microsoft、Qualcomm、Samsung、Ciena、Cisco、Intel、JMA、Mavenir 等。我國包括台積電、聯發科及財團法人工業技術研究院，亦已成為該聯盟會員。NEXT G 聯盟內部共設立 6 個工作組，分別為：應用組、社會和經濟需求組、綠色通訊組、頻譜組、國家 6G 藍圖組和技術組，涵蓋引領人類世界邁向 6G 環境的研發、製造、標準化和市場需求各個層面。

新世代行動網路聯盟（Next Generation Mobile Networks Alliance NGMN, NGMN）為全球最重要 5G/6G 推動倡議組織之一，是由全球行動網路領導業者集合創立的論壇，並開放給行動產業的各種合作夥伴參加。其目標是確保下一代網路基礎設施、服務平臺和設備能夠滿足營運商的要求，並滿足終端用戶的需求和期望。

NGMN 的董事會成員由德國電信、加拿大 Telus、法國 Orange、英國 Vodafone、美國 UScellular、韓國 SK Telecom 和中國移動等行動電信公司的重要幹部組成。英國 BT、加拿大 Bell、荷蘭 KPN、日本 NTT docomo、新加坡電信及我國中華電信在內等國際主要電信經營者亦為主要成員。

NGMN 的願景是提供有影響力的產業指導原則，實現創新、可持續和負擔得起的行動電信服務，特別關注掌握、未來綠色網路和 6G 發展，同時繼續支持 5G 全面建設。

二、各 6G 聯盟之 6G 頻譜相關初步研究

NEXT G 聯盟的頻譜工作小組致力於瞭解影響 6G 頻譜政策的頻譜接取、管理、政策建議、標準和長期需求。該小組於 2023 年 8 月發表 6G 頻譜之考量（Next G Alliance report：6G spectrum considerations，下稱頻譜白皮書），評估北美潛在 6G 合適頻段，總結加拿大、墨西哥和美國目前 3G/4G/5G 頻譜分配情況，並對適合 6G 的頻段進行研究。旨在從北美的角度就 6G 頻譜需求達成全球共識。

該報告指出，6G 將利用目前行動服務使用的既有頻段，但僅靠既有頻段無法滿足 ICT 產業的容量需求。原因有二：

1. 一般來說，低頻段通常無法在連續頻譜上維持較大頻寬的波形，迫使人們依賴複雜的技術，例如載波聚合和多種射頻前端（Multiple Radio Front End）。
2. 對於新型態多應用頻譜接取之峰值數據速率要求，將需要大量頻譜，以支援需充分流量聚合的多重接取使用案例（Multiple Access Use Cases），並善用無線電資源維持穩定的頻寬負載。

NEXT G 聯盟認為未來可能需要考慮一些監理彈性，使6G能在既有頻段使用更寬的通道頻寬，也有必要與其他服務（例如衛星和無線電定位）進行相容性協調。另外，空中介面的向下相容性必須具有成本效益，使既有頻段能繼續為跨多個世代之行動通信用戶提供服務。對於未來尋找新頻譜以滿足6G需求時，NEXT G 聯盟建議從以下層面進行考量，包括，涵蓋需求、通道頻寬需求、頻譜連續性、協調和頻譜存取：

- 涵蓋需求：6G 可能需要在廣泛的頻率範圍內進行頻譜分配。主要指導原則是頻譜分配滿足相應布建的需求。分配給行動網路涵蓋的 6G 頻譜需要允許重複使用現有 5G 既有涵蓋區的站點，以使 6G 網路布建合乎經濟上的可行性。
- 頻寬需求：支援 6G 應用案例需要提供各種頻道頻寬。為支援各種 6G 使用案例，應允許在多個不同頻段根據頻譜特性（如：數量、頻率範圍）的高效率運用。
- 頻譜連續性：雖然帶內載波聚合技術允許使用不連續的頻譜區塊，但也同時帶來延遲和信令問題。未來 6G 系統對於頻譜資源穩定性及可用性的需求將可支援更廣泛、連續的通道頻寬，以滿足各種潛在 6G 技術和應用案例。
- 協調：頻譜分配和使用的最新趨勢表明，行動服務頻譜根據區域和國內優先順序而存在差異。頻譜規劃和相關監管規則的協調可以創造規模經濟，實現價格實惠的設備和服務。實務上可能很難出現全球性所有頻段都共通可用，然而，設定優先的 6G 頻段將能最大限度地減少頻譜碎片化，並為頻譜之經濟高效率運用創造有效率的生態系統。NEXT G 聯盟建議在最大化頻譜利用和提高頻譜容量和效率之間取得平衡。
- 頻譜存取：針對潛在 6G 使用案例的適當頻譜存取框架，將取決於未來基於相關候選頻譜範圍內既有業者的研究。

NEXT G 聯盟的結論是，包括6G在內，往後各世代商用行動寬頻將繼續依賴既有頻譜，6G是否能夠獲取更多頻譜取決於新技術及監理制度兩項變數。頻譜接取方式有多種類型，包括免執照、共享執照及特許執照，鑑於頻譜需求隨著每一代商用行動網路的發展而增長，若要能充分利用6G的潛力，需對所有潛在可用頻譜進行全面清點。

此外，NEXT G聯盟在2023年發表頻譜白皮書之時，預告將會發表配套文件，該配套文件將涵蓋6G頻譜需求特性的驅動因素，並建立方法論，可用於根據特定應用的關鍵性能指標及技術性能需求推導出6G頻譜需求。該配套文件預計將於2024第1季發表，現階段尚未揭露。

不過，在NEXT G 聯盟近期與歐盟合作發表的6G路線圖中，也可以透過其針對微電子學之頻率特性及使用效率的探討，瞭解NEXT G聯盟的立場及關注重點，本文後段將進一步探討。

另一個由德國主導的聯盟NGMN於2023年9月發表6G立場聲明：營運商之觀點（6G Position Statement：An Operator View）。該報告深入探討行動網路朝向簡化、節能、預測性網路管理、資料安全、AI帶動通訊產業轉型、網路韌性、全球6G標準等議題，從行動網路營運商的角度，說明作為布建6G時代網路基礎設施的行動電信網路，需要做甚麼樣的改變以順利走向6G時代。

例如，未來6G網路營運將著重於如何使網路簡化、降低營運成本，同時，在面對各種需求不同的6G案例能保持彈性且靈活的布建，並持續轉型為低碳經濟。該報告亦提出，現有IMT頻譜（小於7 GHz）之部分，對於未來6G是不可或缺；6-15 GHz頻段的新頻譜，須符合IMT-2020或更高版本之技術規範。

接著，NGMN在2024年2月發表ITU-R IMT-2030框架：回顧與未來方向（ITU-R Framework for IMT-2030: Review and Future Direction），報告中介紹ITU-R IMT-2030的框架和目標，以及NGMN對未來行動通訊技術發展的期望，報告涵蓋未來6G願景、使用場景、基本功能和永續發展等內容，且強調行動網路全球統一標準的重要性，從營

運商角度提出對ITU-R在IMT-2030過程中應考慮層面之建議，包括對6G的期待願景、網路營運之標準化、未來6G布建問題等，NGMN希望在這個階段實際提出營運商之需求，與ITU進行交流，俾利未來形成雙贏局面。

從以上兩個聯盟的研究報告主題脈絡可發現，在WRC 23會議之前，各聯盟著重在B5G/6G頻譜政策的探討，希望能影響WRC23對IMT相關頻段的重要決策。而在WRC 23會議之後，IMT頻譜相關議題塵埃落定，NGMN便繼續研究實際層面的6G應用，開始強調6G標準化的重要性，並關注IMT網路商業之可持續性。因此，建議IMT-2030應更注重網路實際布建相關的問題，如頻段、頻寬、能源效率、成本優勢、流量需求和傳播特性、站點密度等。

NEXT G聯盟在頻譜議題上，雖在2023年舉辦之世界無線電大會（World Radio Conference 2023, WRC-23）之前並未明確指出6G主要頻段位置，但透過其分析北美頻率使用現況，亦旨在將其不同之處與其他地區國家進行協商協調。透過與歐盟共同發表的6G路線圖，可發現NEXT G聯盟面對WRC-23中出現競逐IMT頻段資源之攻防策略，並未刻意強調美中之間對於6GHz頻段列為免執照頻譜或IMT頻段的矛盾，而是透過發表大量6G研究，結合美國資通訊產業優勢與其他國家合作聯盟，輸出其6G觀點，預作布局提早擴大有利於其本國產業的6G應用之影響勢力範圍，為互利共榮的區域合作鋪路。

三、各聯盟之互動及合作

NEXT G聯盟與世界6G主要政策制定者密切合作，積極推動國際合作。回溯到更早之前，Next G聯盟於2022年8月、2022年5月和2021年12月，分別與歐洲6G智慧網路和服務產業協會（6G Smart Networks and Services Industry Association, 6G IA）、日本Beyond 5G推進聯盟 Beyond 5G Promotion Consortium, B5GPC）及南韓5G論壇（5G Forum）簽署合作備忘錄，以促進雙方6G及相關通訊產業的合作。2023年9月，Next G聯盟和印度巴拉特6G聯盟（Bharat 6G Alliance）宣布簽署合作備忘錄，共同發展6G無線技術的合作機會，

支持共同6G願景，創建安全可信賴的電信系統，以及彈性的供應鏈。

接著，NEXT G 聯盟/ATIS 和歐盟智慧網路和服務聯合組織（the EU Smart Networks and Services Joint Undertaking, SNS JU）在2023年12月共同發布一份關於6G無線通訊系統研發的共同願景和產業路線圖之重要文件（下稱「歐盟美國B5G/6G路線圖」）。該文件包含一系列針對6G網路和服務的關鍵策略觀察及建議，表達Next G聯盟和SNS JU的觀點和優先事項。

由NEXT G 聯盟主導的「歐美B5G/6G路線圖」是根據2023年5月31日在瑞典舉行的貿易和技術理事會（Trade and Technology Council, TTC）第四次部長級會議上，歐盟和美國政府重申合作開發6G網路的承諾。根據兩國政府之間的聯合聲明：「以TTC 6G共同願景為基礎，目標是擴大美國和歐盟資助機構（即SNS JU和國家科學基金會NSF）之間現有的6G研發合作，在全球監理及標準化機構中，透過志同道合的合作夥伴建立起關鍵群體，並在技術試驗和試點方面進行合作，以促進市場應用。」為了履行此職責，「歐美B5G/6G路線圖」的文件內容包含一系列針對6G網路和服務的關鍵策略思考和建議，透過歐盟和美國作為政策資助工具，提供候選6G路線圖，也對於在歐美政策範圍之外的合作機會提供指導原則，協助大西洋兩岸的學術和商業利害關係人找到互利的機會。

該文件提供六個具體合作方向及6G頻譜進一步合作為架構，六個具體合作方向包括：永續發展、微電子學、開放式解決方案、可信度與網路安全、雲端解決方案、分散式運算、人工智慧/機器學習，並外加一項頻譜合作（如圖1），規劃於雙方的合作短期行動時間表中：

- 在2024年第一季組織一次面對面的歐盟-美國研討會，討論重要文件的建議及潛在回饋。
- 透過協同研發以分析機會，並制定具體的策略合作議程（2024年6月）。
- 針對1至2個垂直產業組織協調概念驗證實驗（PoC）。歐盟和美國應合作投資支持這些活動（2024年6月中旬之前組

織，2025年實施）。

- 針對歐盟和美國針對所需 6G 頻譜達成共同願景的可能性，進行相關工作（2024年6月）。

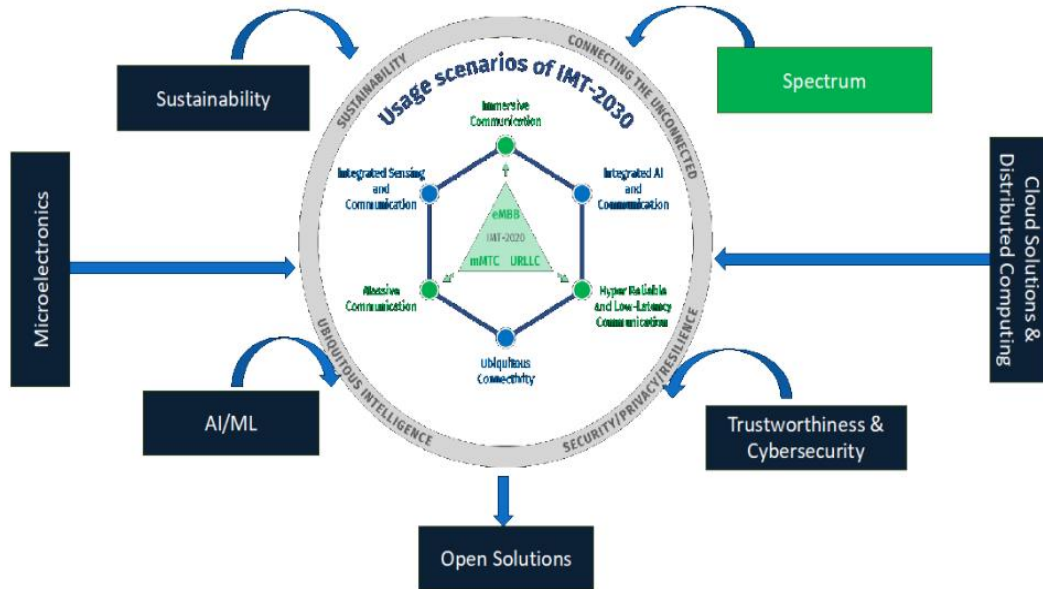


圖1：歐盟美國B5G/6G路線圖與IMT2030使用情境之對照合圖

資料來源：歐盟美國B5G/6G路線圖 (2023/12)

在六個具體合作項目的架構下，歐盟美國B5G/6G路線圖在微電子學的合作項目之中提出以下重點，並表示相較於既有的5G技術，6G將進一步突破極限，在以下各方面提供新需求，以服務全球市場的工業能力。本文節錄其中與頻譜及6G發展有關的內容：

- 增加（7-24 GHz）中頻譜頻譜；該類頻譜可聚合起來支援 6G 行動裝置的更高傳輸速率，同時與既有行動服務進行智慧共享，以上目標需進入 Angstrom 埃米時代¹以滿足低功耗計算和人工智慧輔助訊號處理之需求。
- 71 GHz 以上的更高頻譜：目前 5G 不支援此頻段。90 GHz 以上的 sub-THz 通訊之應用如「類光纖」後傳網路、工業或高密度場景中的多點接取，這些應用皆需開發新技術能力，以最小損耗涵蓋非常大的頻寬，以及具有最佳化非線性的高功

¹ Angstrom為英特爾提出的新半導體製程名稱，英特爾期待透過其製程超越目前的微米時代，1 埃米=0.1微米。

率放大器，所涵蓋的頻譜範圍也需要異質技術的有效整合。

- 聯合通訊和感測（Joint Communication and Sensing, JCAS）等新技術的出現需要整合異質技術、超寬頻收發器（基頻 >5 GHz）以及中等到高頻譜效率的支援。
- 複雜的工業應用將推動對整合感測器以及射頻、光學和 MEMS 設備的需求。該領域的基本要求包括處理大量邊緣資料的更強大的資料處理能力、用於低延遲過濾的整合人工智慧/機器學習處理以及無電池設備功能。
- 6G 進一步推動處理高資料速率和低延遲要求 SoC 晶片需求，能將數位訊號處理、記憶體和電源管理等各種功能整合到單一晶片中，從而提高效率和成本效益。
- AI/ML 作為一項技術出現，將整合到 6G 平臺的各個層級。隨著業界目前正在研究的「雲端原生轉型」（Cloud native transformation），6G 目前被視為一個人工智慧原生平臺（即具有從平臺內部或外部生成高數據量的系統性能力）。這可能會在不同層面產生多重影響，例如：
 1. 需要強大的 GPU 技術，能夠根據流量/通道特徵對無線電波形進行 AI/ML 輔助的智慧，重新配置管理，同時也能夠與 NTN 存取能力進行統一；
 2. 從端到端或本地角度支援人工智慧/機器學習輔助安全所需的處理能力；
 3. 即時 AI/ML 輔助功能處置/執行的處理能力，作為案例場景的功能等等。
- 建構在可重構智慧表面（Reflective Intelligent Surfaces, RIS）之上的新應用場景需取得使用複合材料建造的智慧表面，以減少對公眾產生電磁波。
- 從 5G 開始的虛擬化網路發展預計將繼續下去，將在 2030 年因 6G 的出現而得到加強。

上述內容呈現目前世界各地正在研究的一系列 6G 議題，並將構成歐盟與美國進一步合作的基礎。在此背景下，歐盟與美國在 6G 相關

微電子領域的合作目標為：

- 關鍵技術建構模組的可行性和風險消除工作，以實現 6G 願景和新 6G 應用之需求。
- 增強利害關係人對標準化層面支援的關鍵技術之信心。
- 確定這些技術所仰賴的供應方關鍵要素。
- 培養促成這些技術的跨大西洋知識庫。

總而言之，6G使用情境要求在5G無法提供的KPI上進一步增強，例如峰值資料速率、使用者體驗的資料速率、頻譜效率、延遲、可靠性等。因此歐美6G路線圖首先著重在6G領域技術上如何以更先進半導體技術聚合，以在可用頻譜資源中提供更強大的KPI。

該文件也引述NGMN的研究²，說明未來6G需考慮所有頻段的重要性（從低於7 GHz到中上頻段7-24 GHz、毫米波至sub-THz），並表示，適當的頻譜使用需在頻譜和干擾管理、感測、共享、監控、控制、預測、適應和保護方面進行大量研究工作。歐美二大經濟體在6G應用合作的首要工作為6G頻率和諧共用（Harmonizing 6G spectrum），雙方應進一步合作確定可用於6G之頻譜機會。對於達成共同願景目標可進行的工作包括：

- 在私部門、學術界和政府之間的積極合作計畫。
- 建立在聯合 6G 技術開發基礎上的綜合目標。
- 共同發展促進 6G 技術在全球市場的快速商業化應用之策略。

以上介紹歐盟美國6G路線圖中與頻譜及微電子學相關的部分內容，從中不難發現，6G的未來發展版圖已經成為在世界政治經濟戰略局勢中一個重要堡壘。

四、多國 6G 原則聯合決議之意義

從各聯盟的跨國跨區域合作再往前推進，在WRC-23會議之後，美國白宮於2024年2月26日發表一份多國6G原則聯合決議³，更進一

² NGMN. (2023). 6G Position Statement, An operator view. <https://s.moda.gov.tw/8uus5ftM76ah>

³ The white house (2024), Joint Statement Endorsing Principles for 6G: Secure, Open, and Resilient by Design. <https://s.moda.gov.tw/dq5By76K4h3n>

步聯合澳洲、加拿大、捷克、芬蘭、法國、日本、韓國、瑞典和英國政府就「6G無線通訊系統研發的共同原則」達成共識，各國共同宣布將在6G發展上共同努力，支援開放、自由、全球、可互通、可靠、韌性和安全的連線。該決議並呼籲其他政府、組織和利害關係人一同支持和維護這些原則。

除了簽署國之外，多國6G原則聯合決議並呼籲簽署國以外的其他政府、組織和利害關係人一同支持和維護這些原則。聯合決議國將在國內採取相關政策，亦鼓勵第三方國家採取這些政策，以推動6G網路的研發和標準化。以下為聯合決議之6項共同原則：

1. 保護國家安全的可信任技術

由安全和韌性技術支援的6G技術，可作為更廣泛的安全可信任通訊生態系統的一部分，有助於參與政府和合作夥伴保護國家安全的能力。

2. 安全、有韌性且保護隱私

- 由各組織發展的6G技術擁有系統化的網路安全方法，包括透過使用技術標準、介面和規範；其方法包括設計安全（security-by-design）確保基本服務的可用性；以及確保遭遇故障時之安全性並能夠快速恢復之系統設計。
- 6G技術具備可靠、韌性與安全，並保護個人隱私。
- 6G技術和架構可提供高水準的通訊網路安全性，包括減輕因日益增加的網路複雜性或大型攻擊所帶來的潛在風險。

3. 全球產業領導/集體標準制定與國際合作

- 6G技術建立在全球技術標準、介面和規範的基礎上，透過公開、透明、公正和基於共識的決策過程來制定。
- 6G技術基於尊重智慧財產權的全球標準，促進永續性、可接取性、共同參與、互通性、競爭力、開放性和安全性。

4. 合作促進開放且互通的創新

- 6G技術採用符合全球產業領導的共同標準設定及國際合

作原則之技術、標準和介面，以實現不同供應商產品之間（包含軟體和硬體）的無縫互通。

- 6G 技術認同在促進開放、安全、韌性、包容、互通網路議題之國際合作重要性，例如開放式無線存取網路（Open Radio Access Networks），並發展安全、韌性、包容和永續之 6G 生態系統。
- 6G 技術從聯合研究、開發和測試中受益，並利用虛擬化、軟體定義網路、人工智慧等創新技術。

5. 可負擔性、永續性和全球連接性

- 6G 技術可實現節能布建及營運，提高環境永續性、設備的修復性和回收性，以及支持社會永續發展所需的可負擔性。
- 6G 技術透過標準化和競爭實現規模經濟環境等機制，實現永續性與消弭數位落差，提供可靠的涵蓋範圍和一致的使用體驗，減少服務品質之差異，同時允許使用創新案例。
- 6G 技術幫助其他產業和部門實現數位轉型以降低其對環境產生的影響。
- 發展中國家可以廣泛獲取或使用 6G 技術。
- 6G 技術利用非地面網路（Non-terrestrial networks, NTN），例如衛星和高空平臺（High-Altitude Platform Station, HAPS）提升其優勢。

6. 頻譜和製造

- 6G 技術具備安全和韌性的供應鏈。
- 6G 技術與多家軟體和硬體供應商合作，促進 ICT 價值鏈並在運算和連接所有要素的全球競爭市場位居要角。
- 6G 技術可使用新頻譜分配或已分配給無線服務的頻譜。
- 6G 技術有效地使用頻譜，並透過設計包含頻譜共享機制，與現有服務供應商共存。

分析以上由美國提出的六項共同原則，前提為國家安全，聯合

團結抵禦不同陣營的力量，主軸則為6G發展所需的技術共同標準，在國際合作的原則下，透過技術、標準和介面的合作，達成實現不同供應商產品包含軟硬體的無縫互通。在技術上，認同採用開放式無線存取網路（Open Radio Access Networks）作為6G之網路模式，此外，對於6G研發，約定透過聯合研究、開發、測試，並採用虛擬化、軟體定義網路、人工智慧等創新技術。在網路層面上，也正式建議6G採用NTN網路包含衛星及高空平臺網路等整合方式提供服務，這也意味著，頻譜監理及使用上必須更加具備彈性，不預設固定的6G頻段，但表明其可使用已分配給無線服務的頻譜，透過頻譜共享機制，與既有業者共存。

在WRC- 23的頻率分配表中，美國成功保有其本土6GHz頻段的開放性，確保6GHz頻段供免執照Wi-Fi使用，但在世界上其他區域包括中國，6GHz頻段作為IMT系統的5G advance使用頻段，相關技術及案例亦大有發展空間。未來顯然仍有待各種案例研發應用的摸索。

雖然美國在5G的起步較慢，但在6G已急起直追，各種公開聯盟活動也正大光明的展現其帶領世界走向新技術革命的雄心，整合在高階晶片設計、人工智慧、機器學習等領域的各種軟體優勢，從基礎研究到聯合世界各國的區域合作，美國主導6G未來面貌及標準發展的各項活動已如火如荼展開。

未來估計於2030年之前，B5G/6G的商業模式仍將持續進化。在6G的發展舞臺上，我國所擁有的晶片製造強項一向為關鍵產業，而架構於晶片製造優勢之上的6G應用服務，若結合我國發展良好的製造需求，也能作為6G智慧製造案例之研究基礎，進一步推進製造業的高效率革命。

借鏡美國為6G為IMT 2030所做的各種準備，從現在到未來，我國仍須持續密切觀察B5G/6G案例在實際技術及頻譜需求的進展，讓技術發展與電信監理環境之間維持良好溝通，建立充沛研究能量，掌握重要原則，以利推動我國B5G/6G產業發展，並兼顧頻譜使用效率，建構彈性靈活頻譜政策。

參考資料：

1. ATIS(2022), ATIS' Next G Alliance and Japan's Beyond 5G Promotion Consortium Announce Memorandum of Understanding, <https://s.moda.gov.tw/5jzrUSizQGmB>
2. NEXT G ALLIANCE(2024), National 6G Roadmap Working Group: Three Years of Accomplishment, <https://s.moda.gov.tw/KJBZw6R6kYvB>
3. NGMN(2024), NGMN PUBLISHES ITU-R FRAMEWORK FOR IMT-2030: REVIEW AND FUTURE DIRECTION, <https://s.moda.gov.tw/wsMTjZ5mgsCd>
4. White House(2024), Joint Statement Endorsing Principles for 6G: Secure, Open, and Resilient by Design, <https://s.moda.gov.tw/dq5By76K4h3n>
5. NOKIA(2024), 6G mid-band spectrum technology explained, <https://s.moda.gov.tw/71cWde3WB95Q>

2024 第一季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

淺談美國**6G**電信聯盟組織
對**6G**頻譜之探索及動向

委辦單位

mod^a 數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

頻譜新聞

1-3月國內外頻譜
新聞及趨勢