

第五章 Mid band 既有使用者整備替代技術實測與分析評估

本研究延續 113 年度整備替代技術實測，於本年度進一步與 U6 頻段既有使用者合作，進行替代傳輸技術傳輸現有鏈路訊務的可行性驗證。主要合作單位包含中華電信股份有限公司與台灣電視公司等，研究團隊與既有使用者協調，於其現行鏈路場域進行測試與分析，評估運用 4G/5G 固定無線接取、自由空間光通信、7 GHz 固定微波及免執照固定微波等技術作為替代通信方案之可行性。

在不洩漏商業機密資料且符合既有使用者資安規範之前提下，本研究以替代鏈路與現有微波鏈路同步傳輸運作中之實際訊務，進行替代鏈路技術之可靠性與適配性分析與比較，以評估其於既有通信環境中之可行性與穩定性。

同時，為因應 FR3 頻段（7-24 GHz）未來可能成為 6G 行動通信候選頻段之發展趨勢，本研究進行國內外 FR3 頻段用途與規劃蒐整，並參考國際電信標準組織（ITU-R、3GPP）針對 FR3 頻段之應用情境與鄰頻干擾評估文獻，草擬我國 FR3 頻段作為行動通信用途之干擾查測機制雛形，作為未來我國頻譜和諧共用及 6G 技術發展規劃之參考依據。

此外，鑒於 U6 頻段亦為國際 6G 頻譜發展之潛在候選範圍，本研究針對 U6 頻段既有使用者進行深度訪談與交流，說明國際 6 GHz 頻段發展現況、替代技術實測成果及頻率和諧共存評估結果，並蒐集使用者目前無線電頻率運作情形、實際需求及頻譜清整備之可行性建議。

最終，為兼顧既有通信需求與國家通信網路韌性之前提下，研提 U6 頻段既有使用者之通信鏈路整備建議方案，供主管機關後續制定我國 6 GHz 頻段整備與 6G 頻譜政策時參考。

第一節 評估既有使用者合適替代鏈路技術

一、5G FWA 實證場域測試

(一) 替代鏈路場域規劃方向

本計畫與臺灣電視公司（以下簡稱台視）合作驗證使用 5G 行動通信網路使用 FWA（Fixed Wireless Access, 固定無線存取）服務傳輸電視節目影音內容，台灣電視公司主要業務為製播節目及新聞並透過 DVB-T、全國有線電視系統、MOD 及網路平臺，提供收視服務。台視 U6 頻段微波鏈路主要是把主控室播出四個頻道之節目傳送至全省主要的發射電臺，再經由無線電視發射電臺以電波方式傳播電視內容至收視戶家中電視機。其傳輸架構如圖 5-1 所示，主控室將 4 路的高畫質串列數位介面（High Definition Serial Digital Interface, HD-SDI）電視節目影音資料經數位頭端轉換成非同步串流介面（Asynchronous Serial Interface, ASI）輸出，ASI 介面輸出再轉換為類同步數位階層（Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH）的 DS3 格式，經由微波支線傳送至山上的微波接收電臺，再經幹線微波傳輸至全省各地，同時也傳送至無線電視發射電臺，發射電臺將接收到的 DS3 資料轉換為 ASI 介面，再經由單頻網無縫交換機（Seamless Switch）送到無線電發射機廣播出去。

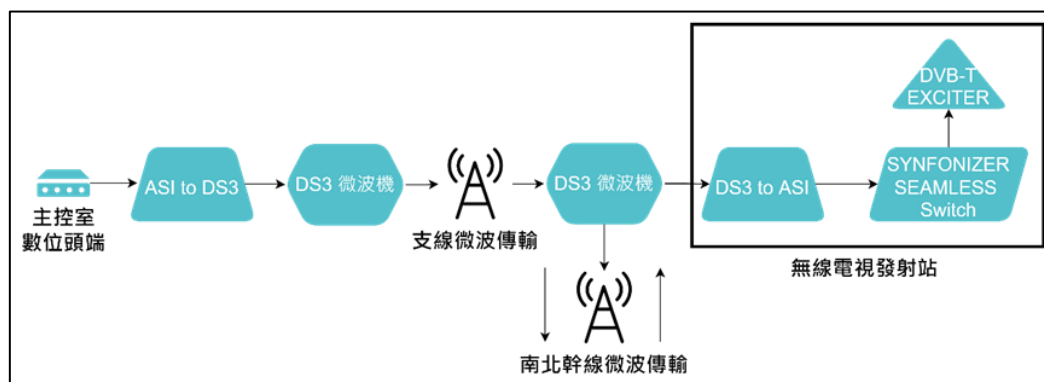


圖 5-1、微波傳輸無線電視節目影音資料傳輸架構

資料來源：台視，本研究整理

此次和台灣電視公司合作，利用 5G FWA 傳輸其電視節目影音串流 ASI 輸出的 MPEG2-TS (MPEG2 Transport Stream, 傳輸串流) 資料。5G 網路傳送的資料格式是乙太網路封包，無法直接傳送原本微波使用的 DS3 格式資料，因此傳輸架構須做調整，如圖 5-2 所示，在主控室將 ASI 輸出的電視節目影音串流轉換為乙太網路封包後經由 FWA 送到 5G 行動網路，在無線電視發射電臺再由 FWA 將資料接收回來，接收到的乙太封包格式資料轉換為影音串流 ASI，再經由單頻網無縫交換機 (Seamless Switch) 送到無線電發射機廣播出去。

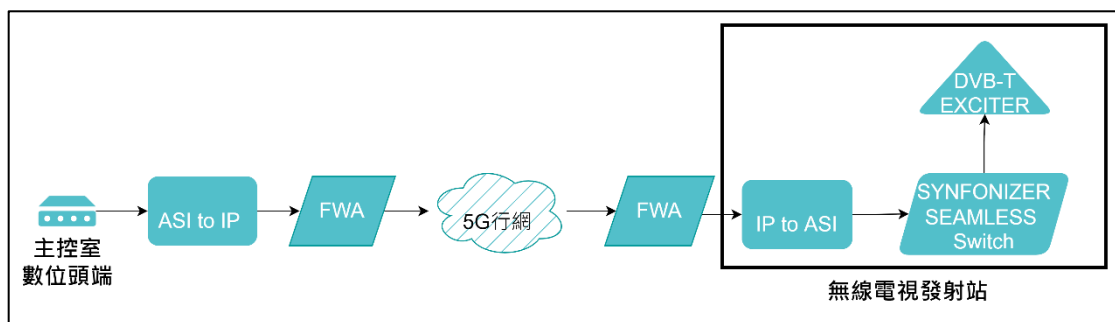


圖 5-2、5G 行動網路傳輸無線電視節目影音資料傳輸架構

資料來源：本研究整理

本計畫實測場域設置選擇在台視主控室，竹子山無線電視發射電臺和枕頭山無線電視發射電臺三個站點，台視主控室位於臺北市中心，竹子山無線電視發射電臺和枕頭山無線電視發射電臺皆位於山區。三個地點的 5G 訊號品質良好，傳輸速度符合需求，地理位置如圖 5-3 所示。



圖 5-3、5G FWA 實測場域地理位置圖

資料來源：本研究整理

(二) 傳輸驗證架構與方式

1. 測試場域和架構規劃

本計畫 5G FWA 場域實測分為 2 條鏈路，鏈路一是主控室到南部枕頭山發射電臺，鏈路二是從主控室到北部竹子山發射電臺，兩條鏈路的距離如表 5-1 所示。

表 5-1、5G FWA 實測場域鏈路距離

鏈路名稱	傳輸路徑	距離 (公里)
鏈路一	主控室到枕頭山發射電臺	219.5
鏈路二	主控室到竹子山發射電臺	15.5

資料來源：本研究整理

場域實測傳輸架構如圖 5-4 所示，主控室到竹子山發射電臺鏈路使用電信業者的 5G MDVPN inter mobile 方案，兩端都是使用 5G FWA 做傳輸和接收，此網路架構屬於封閉式網路，無法連接外網。主控室到枕頭山發射電臺使用固網 (光世代) 和 5G 行網的傳輸組合，此網路架構屬於開放式網路，可以連接外網，主控

室的節目串流數據從固網傳送，枕頭山發射電臺使用 5G FWA 做接收。行動網路傳輸的瓶頸會是在上傳的頻寬，固網上下行的頻寬可以依照需求作客制，因此使用固網傳輸的方案來當作對照組，可以用來比較兩種方案的差異。此次驗證也搭配以使用者資料包協定（User Datagram Protocol, UDP）開發的 Zixi 網路協定，透過自有的錯誤矯正機制，在 UDP 的低延遲基礎下，提供類似於傳輸控制協定（Transmission Control Protocol, TCP）的高可靠性，Zixi 亦支援加密協定，透過此協定可以增加傳輸的可靠度、低延遲和安全性。此外兩條鏈路都是使用虛擬專用網路（Virtual Private Network, VPN）的技術做傳輸，確保傳輸資料安全性。

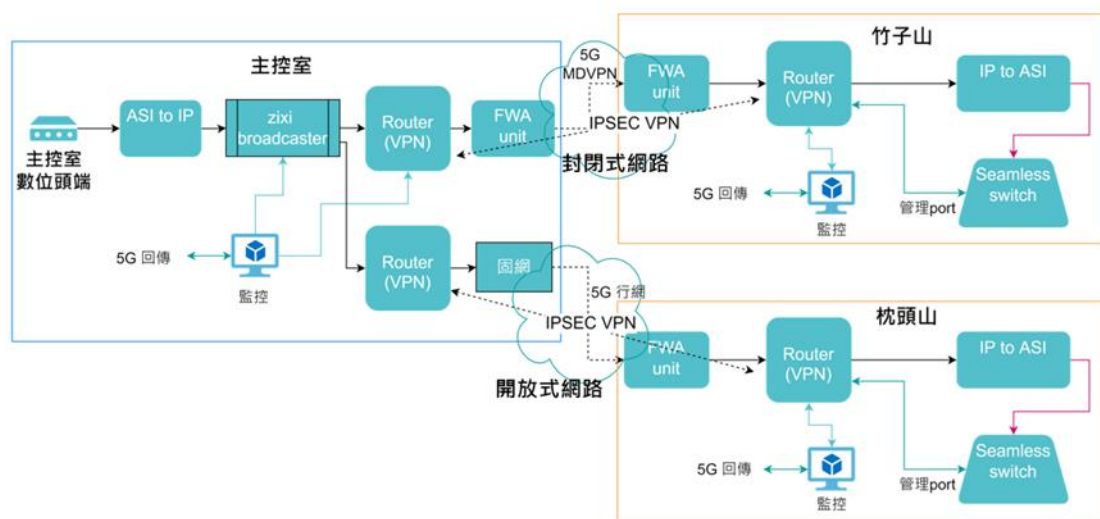


圖 5- 4、5G FWA 實測場域傳輸架構圖

資料來源：本研究整理

場域測試流程如圖 5- 5 所示，當傳輸鏈路建立完成之後，持續監控在竹子山和枕頭山接收電臺的 ASI seamless switch 設備的各項指標，TS 同步封包 (TS sync packet)、連續性計數器 (Continuity Counter, CC)、MIP 封包 (Mega-frame Initialization Packet, MIP) 等。此外也會監控路由器的網路流量變化，以了解在傳輸期間網路的穩定性。

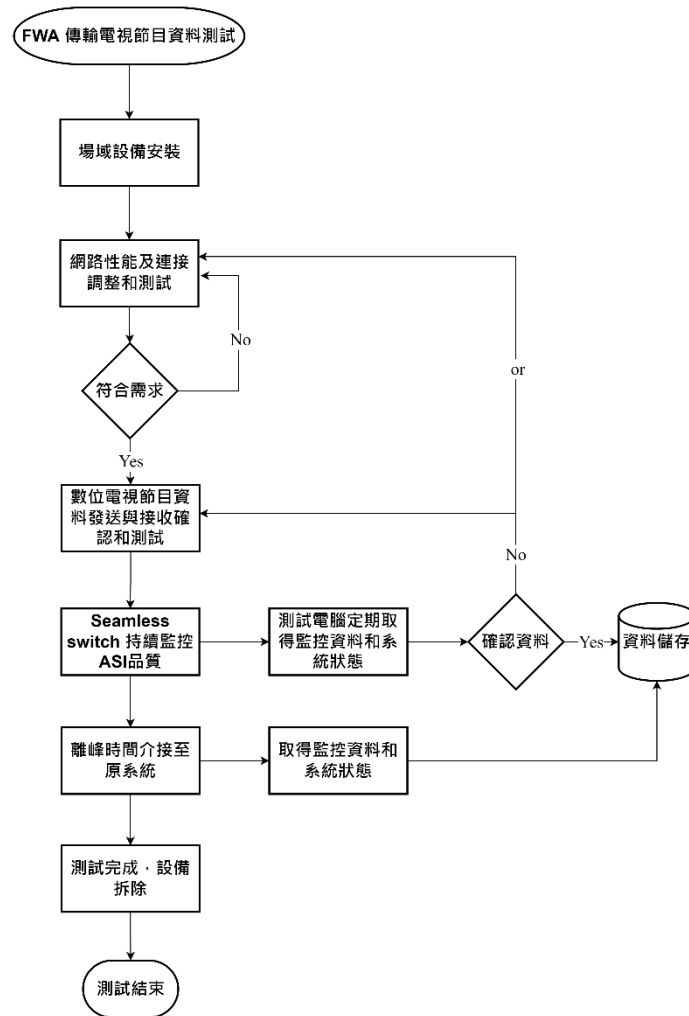


圖 5-5、5G FWA 實測場域測試流程圖

資料來源：本研究整理

2. 場域設備架設

場域在架設 FWA 之前為了尋找行動網路訊號最好的地點，須先了解基地臺的位置，然後在微波站臺場域找到朝基地臺方位的區域，在此區域尋找訊號良好及合適的架設地點。無線電視發射站場域附近的基地臺的位置可以從電信業者所公布的 5G 訊號涵蓋圖中推估，如圖 5-6 和圖 5-7 所示，推估出竹子山和枕頭山微波站附近的基地臺位置。臺北主控室因為在市區，基地臺涵蓋密集，遍布台視大樓四周，很容易就可以對到基地臺所在位置的方位，如圖 5-8 所示，只是因為基地臺天線方向會往地面傾，所

以在建築物的頂樓行網訊號強度不一定是最好，建築物中間樓層的窗戶旁邊行網訊號強度可能會比較好。

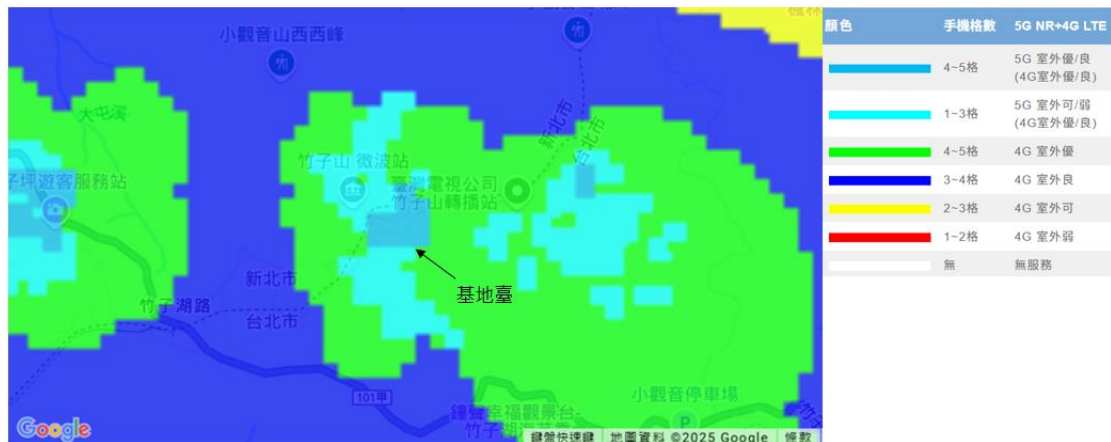


圖 5-6、台視竹子山附近基地臺位置推估

資料來源：本研究整理

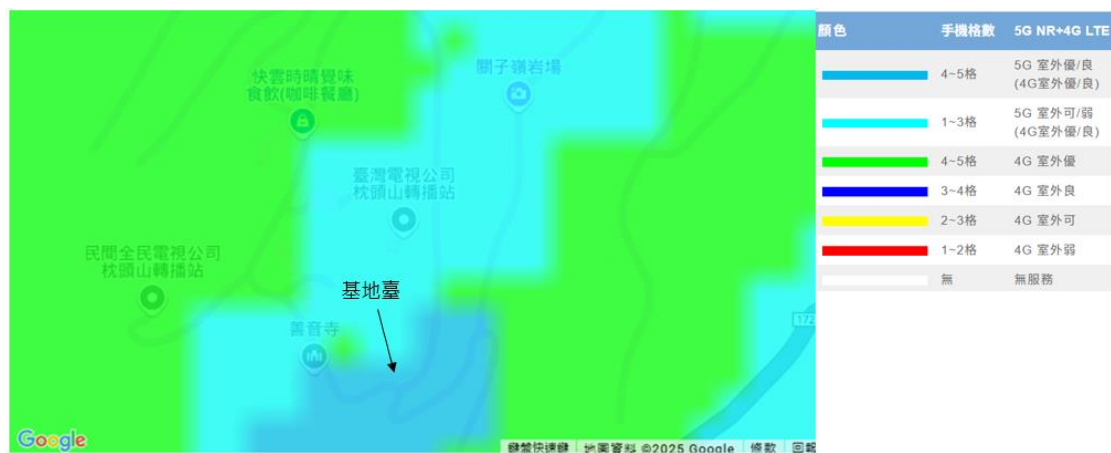


圖 5-7、台視枕頭山附近基地臺位置推估

資料來源：本研究整理



圖 5-8、臺北主控室 5G 訊號涵蓋

資料來源：本研究整理

因為山區的微波站大多在置高點，常有雷擊發生，因此 FWA 終端的架設位置選擇在有屋簷遮蔽之處以避免直擊雷擊中，但仍可能會有感應雷產生而損毀設備，因此建議加裝乙太網路雷擊保護器以保護後端設備和 FWA 終端設備，如圖 5-9 所示。竹子山 FWA 終端架設如圖 5-10 所示，枕頭山 FWA 終端架設如圖 5-11 所示，台視主控室 FWA 終端架設如圖 5-12 所示。



圖 5-9、POE 乙太網路雷擊保護器

資料來源：本研究整理



圖 5-10、竹子山 FWA 終端架設

資料來源：本研究整理



圖 5-11、枕頭山 FWA 終端架設

資料來源：本研究整理



圖 5-12、台視主控室 FWA 終端架設(窗戶旁邊)

資料來源：本研究整理

ASI over IP 設備、VPN 路由器和控制電腦安裝在機房內，有電源和溫溼度控制，確保設備的可靠度，場域設備安裝如圖 5-13、圖 5-14 和圖 5-15 所示。



圖 5-13、台視主控室 ASI over IP 設備

資料來源：本研究整理



圖 5- 14、枕頭山 ASI over IP 設備

資料來源：本研究整理



圖 5- 15、竹子山 ASI over IP 設備

資料來源：本研究整理

(三) 實測結果分析

由主控室傳輸到竹子山和枕頭山的 ASI 資料內容是 MPEG2 傳輸串流 (MPEG2-TS)，國內數位電視系統是屬於單頻網 (Single Frequency, SFN)，因此使用 ASI seamless switch 監控 TS sync 封包、Continuity Counter 封包和 MIP 封包，這些封包的功能如表 5- 2 所示。

表 5-2、監控的 MPEG2-TS 封包功能介紹

MPEG2-TS 封包類別	封包功能
TS sync	MPEG2-TS 的同步封包，用來標示一串 TS 封包的起點，TS sync 錯誤會導致一串 TS 封包無法被辨識。
Continuity Counter	用來標示一串 TS 封包裡的封包順序，CC 錯誤表示可能缺少或重複封包，或順序亂掉。
MIP	DVB-T SFN 網路中用來同步各發射站用的封包，包含時間與同步資訊，搭配發射站的發射機上的 GPS 時間來達成 SFN 網路。SFN 網路才會需要使用這個封包。

資料來源：本研究整理

MIP 的封包監控包含封包有無遺失、封包指標有無錯誤、時間有無同步、週期有無固定和封包速率是否符合預期，如果發生問題會歸類成 MIP 錯誤，因為任何一種錯誤都有可能導致發射訊號無法在單頻網中同步，而成為單頻網中的干擾源。TS sync、CC 和 MIP 錯誤中最嚴重的是 TS sync 錯誤，因為這會導致 CC 和 MIP 也跟著出現錯誤。

在實際的應用中，ASI seamless switch 通常會有 2 路或 3 路的 ASI 輸入，其來源會有 1 路為主要，是最穩定的來源，搭配 1 路或 2 路的備援來源，當正在輸出給發射機的來源 ASI 偵測到上述 3 種錯誤中的其中一種時，會切換到其他沒有問題的來源，確保輸出到無線電視發射機上的訊號沒有問題，如圖 5-16 所示。

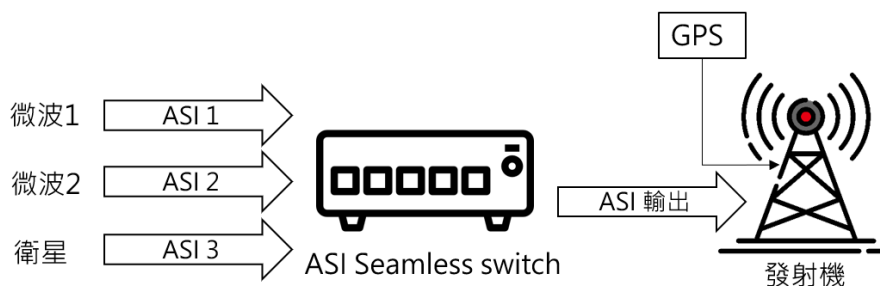


圖 5-16、ASI seamless switch 實際應用圖

資料來源：本研究整理

此次在場域架設的 ASI seamless switch 可以支援 2 路 ASI 輸

入，其中 1 路是使用衛星接收解調出的 ASI 訊號，另 1 路是透過 5G FWA 傳輸過去，經由 ASI over IP 設備解調出的 ASI 訊號，如圖 5-17 所示

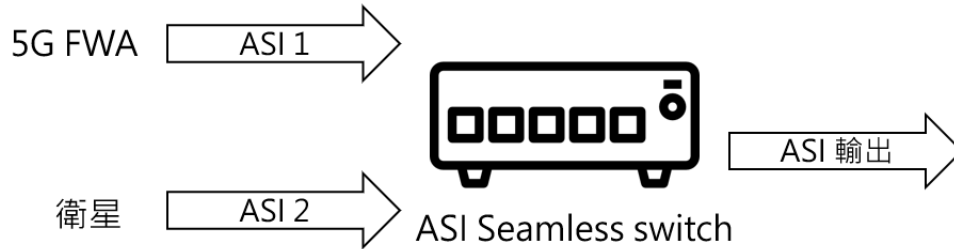


圖 5-17、5G FWA 場域 ASI 監控架構

資料來源：本研究整理

1. 臺北主控室到枕頭山發射站鏈路分析

此條鏈路的資料從臺北主控室經由光世代網路上傳電視節目資料，到枕頭山再由 5G FWA 經由 5G 行動網路將資料下傳，屬於開放式網路，網路傳輸速度規格如表 5-3 所示。傳輸期間，鏈路的網路速度接近 20 Mbps，如圖 5-18 所示，分析測試期間 9 月 2 日到 10 月 10 日的資料，ASI1（5G FWA 傳輸）的 TS sync error 發生時也同時發生 MIP error，只有 2 次 MIP error 單獨發生，CC error 則比較常單獨發生，ASI2（衛星傳輸）的 TS sync error 發生時也會發生 MIP error，ASI2 沒有單獨發生 MIP error 和 CC error，對系統而言 TS sync error 和 MIP error 會產生斷線的影響，因此分析可用性以 TS sync error 和 MIP error 為主。

表 5-3、臺北主控室到枕頭山發射站鏈路網路特性

網路類別	網路速度
光世代(固定 IP)	上傳速度 300 Mbps，下載速度 300 Mbps
5G 行動網路(固定 IP)	不限速容量為 600 GB，超過 600 GB 之後上傳速度 20 Mbps，下載速度 50 Mbps

資料來源：本研究整理

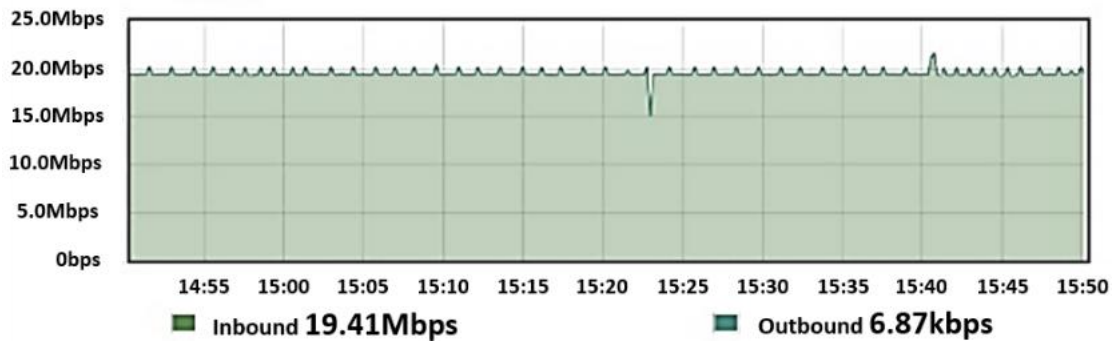


圖 5-18、臺北主控室臺到枕頭山發射站鏈路網路傳輸速度

資料來源：本研究整理

測試期間 9 月 2 日到 10 月 10 日的時序圖如圖 5-19 所示，共發生了 202 次 TS sync error，其中 9 月 9 日的下午 2 點到 12 點密集發生了 149 次，斷線的時間皆為 1 秒鐘，平均 4 分鐘發生一次，因為發生時間比較規律且密集，不像一般通信系統隨機發生的狀況，推論是電信業者有在做系統維護等人為因素的介入，但後續都沒有再發生類似的情形，統計這段時間的斷線資料如表 5-4 所示。

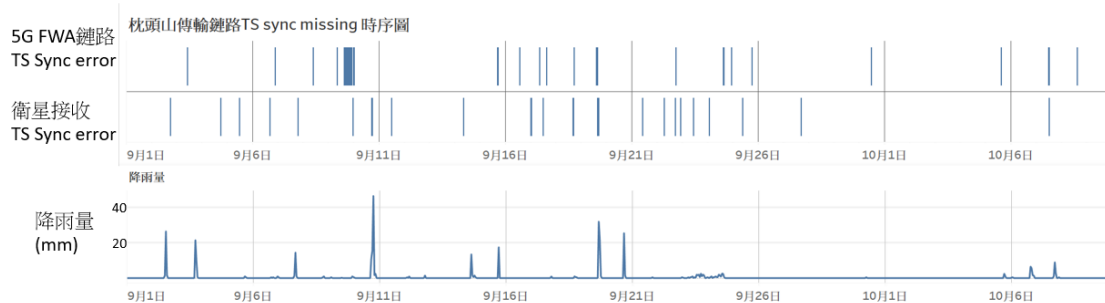


圖 5-19、枕頭山微波站測試期間 9 月 2 日到 10 月 10 日傳輸時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

表 5-4、枕頭山微波站測試期間 9 月 2 日到 10 月 10 日斷線資料統計

項目	數值
斷線次數(次)	202
最大斷線時間(s)	229
總斷線時間(s)	594
平均斷線時間(s)	2.94
標準差	16.57

資料來源：本研究整理

分析傳輸鏈路的可靠度計算如下：

$$\frac{\text{總傳輸時間}-\text{TS sync missing 時間}}{\text{總傳輸時間}} \times 100\% = \frac{3247140s-594s}{3247140s} \times 100\% = 99.98\%$$

8月12日至8月14日期間楊柳颱風經過臺灣南部，颱風路徑如圖 5- 20 所示，分析此段時間的傳輸狀況，時序圖如圖 5- 21 所示，統計這段時間的斷線資料如表 5- 5 所示。

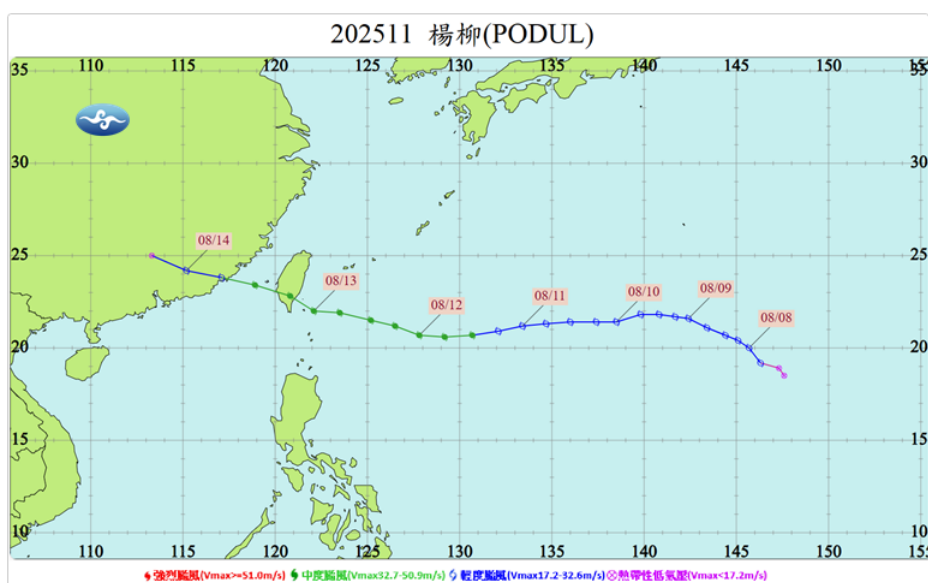


圖 5- 20、楊柳颱風路圖

資料來源：颱風資料庫，本研究整理

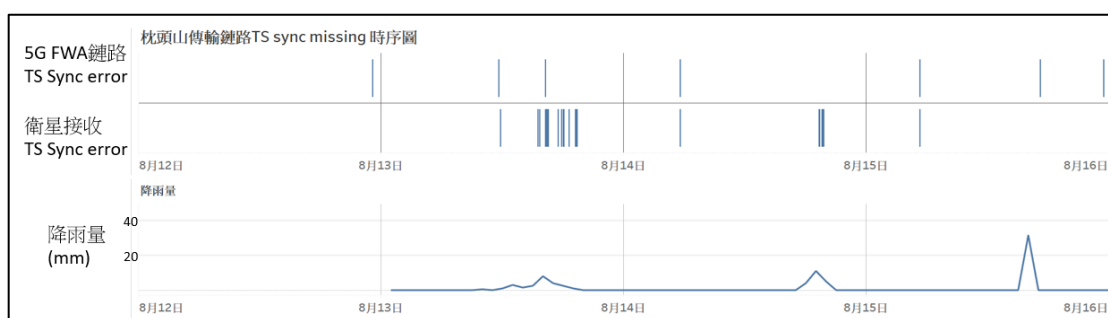


圖 5- 21、枕頭山微波站 8/12 到 8/16 傳輸時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

表 5- 5、枕頭山微波站 8/12 到 8/16 斷線資料統計

項目	數值
斷線次數(次)	8
最大斷線時間(s)	14

項目	數值
總斷線時間(s)	24
平均斷線時間(s)	0.11
標準差	4.27

資料來源：本研究整理

這段時間的傳輸鏈路可靠度計算如下：

$$\frac{\text{總傳輸時間} - \text{TS sync missing 時間}}{\text{總傳輸時間}} \times 100\% = \frac{345480s - 24s}{345480s} \times 100\% = 99.99\%$$

2. 臺北主控室到竹子山發射站鏈路分析

此條鏈路資料從臺北主控室由 5G FWA 經由 5G MDVPN 行動網路上傳電視節目資料，到竹子山再由 5G FWA 經由 5G MDVPN 行動網路將資料下載，5G MDVPN 是屬於封閉網路，不可連接到外網。測試期間發現兩端的 ASI over IP 設備的連線常常發生無法自動回復的斷線現象，此時需手動設定，設備才能回復連線，這套 ASI over IP 設備因為有運行 Zixi 協定，而這套協定是需要經由網路取得執照，但因為 5G MDVPN 是屬於封閉網路，因此設備無法自行連接到外網取得執照，因而造成設備無法連線。網路傳輸速度規格如表 5-6 所示。傳輸期間，鏈路的網路速度接近 20 Mbps，如圖 5-22 所示。

表 5-6、臺北主控室到竹子山發射站鏈路網路特性

網路類別	網路速度
5G MDVPN 行動網路(固定 IP)	不限速容量為 600 GB，超過 600 GB 之後上傳速度 20 Mbps，下載速度 50 Mbps

資料來源：本研究整理

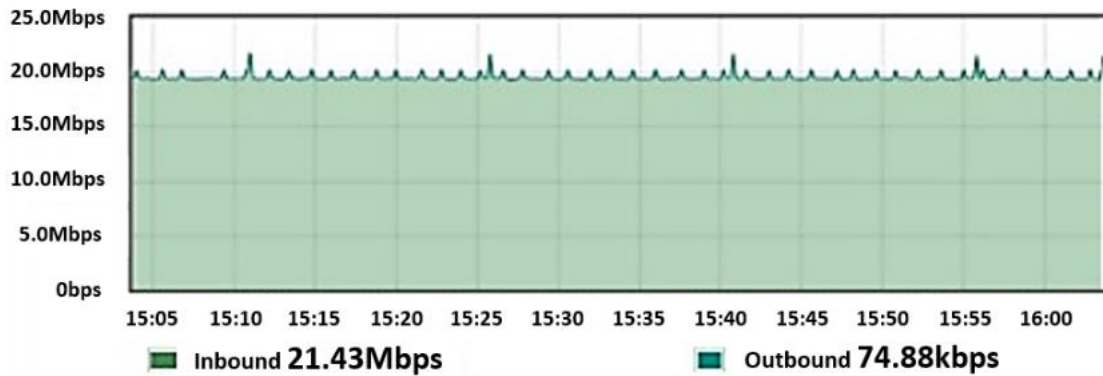


圖 5-22、臺北總臺到竹子山發射站鏈路網路傳輸速度

資料來源：本研究整理

在收集資料 9 月 3 日~10 月 1 日期間，此條鏈路除了因 ASI over IP 設備問題而頻繁斷線之外，還出現 TS sync error 和 MIP error 大量出現的狀況，從原本一天只有幾十個 TS sync error 和 MIP error 變成一天有幾百個 TS sync error 和 1~2 萬個 MIP error 發生，超出系統可記錄資料筆數限制(1250)筆故分析資料以 9 月 3 日到 9 月 18 日有記錄完整的資料為主。

9 月 3 日到 9 月 18 日的時序圖如圖 5-23 所示，共發生了 337 次 TS sync error，紅色方塊標示的是因 ASI over IP 設備問題而斷線的期間，總共發生 10 次，在計算系統可靠度時會將這些時間排除，統計這段時間的斷線資料如表 5-7 所示。

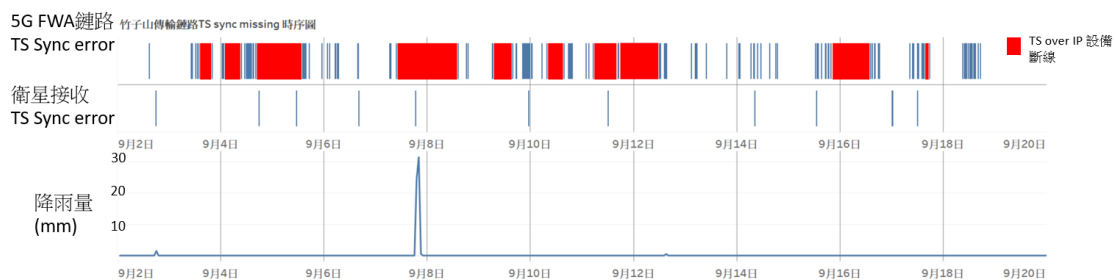


圖 5-23、竹子山微波站測試期間 9 月 3 日到 9 月 18 日傳輸時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

表 5-7、竹子山微波站測試期間 9 月 3 日到 9 月 18 日斷線資料統計

項目	數值
斷線次數(次)	337
最大斷線時間(s)	142

總斷線時間(s)	1263
平均斷線時間(s)	3.74
標準差	11.29

資料來源：本研究整理

這段時間的傳輸鏈路可靠度計算如下：

$$\frac{\text{總傳輸時間}-\text{TS sync missing 時間}}{\text{總傳輸時間}} \times 100\% = \frac{885860s-1263s}{885860s} \times 100\% = 99.85\%$$

9 月 18 日到 9 月 29 日的這幾天共發生了 3661 次 TS sync error，因為沒有詳細的測試資料紀錄，所以依 9 月 3 日到 9 月 18 日所測得的斷線時間依比例增加推估此段時間的可靠度為 98.55%。

$$\frac{\text{總傳輸時間}-\text{TS sync missing 時間}}{\text{總傳輸時間}} \times 100\% = \frac{950580s-13720s}{950580s} \times 100\% = 98.55\%$$

3. 5G FWA 額外分析

本研究於替代鏈路驗證過程中，針對以 5G FWA 傳輸既有業者之微波資料進行進一步技術分析。由於原始資料須轉換為乙太網路封包格式，因此需配置額外之轉換設備（例如 ASI over IP）。此類設備與實際所採用網路環境間可能存在介面匹配性問題。

本次測試中發現，此套 ASI over IP 設備並不適用於封閉式網路架構（如專線或 MDVPN），若需於該類環境中運行，必須選用不需定期授權或執照更新的設備型式。此外，整套傳輸設備與網路系統仍需一段時間進行整合與穩定化，實際測試中曾出現設備無法辨識網路閘道器的情況，需透過系統除錯與參數調整後方能恢復正常運作。

根據測試經驗，整體系統約需一個月以上之穩定運行期，方可確認其在現行網路環境下之可靠度與適用性。雖單一路徑的 FWA 可靠度仍低於傳統微波鏈路，但若採用多路 FWA 並行架構、

結合多家電信業者之網路，並於後端配置 ASI seamless switch 進行自動切換，則整體鏈路可靠度可望接近或達到微波等級水準。

二、自由空間光通信實證場域測試

(一) 替代鏈路場域規劃

在無線通信技術不斷演進的背景下，自由空間光通信（Free Space Optical Communication, FSO）因其高頻寬、免執照、低功耗及無線頻譜干擾的優勢，成為既有微波鏈路的重要替代技術。去年本研究與財團法人中央廣播電臺合作進行的 FSO 技術測試顯示，在傳輸控制協定（Transmission Control Protocol, TCP）與使用者資料報協定（User Datagram Protocol, UDP）的資料傳輸上具備極高的穩定性，且在長時間測試下，鏈路速度可達 99% 之硬體極限，高於 2,330 Mbps，即便經歷颱風與超大豪雨等級的降雨狀況，仍能保持 99.9% 的高可靠性，顯示 FSO 在惡劣環境下依然具備穩定的通信能力。

本研究規劃於既有使用者實際場域導入介接微波鏈路測試前，先進行本研究採用 FSO 可用傳輸距測試，於今年 2 月 14 日、2 月 17 日進行 2 公里、3 公里之傳輸距離測試如圖 5- 24，測試鏈路建立後，使用 EXFO 網路測試儀評估其資料傳輸上之可用性，測試時依據 10G 乙太網路標準（Ethernet）及 10G SONET/SDH BERT（TDM）測試標準驗證資料傳輸效能並記錄測試期間位元錯誤率（Bit Error Rate）確認穩定性。

2 公里鏈路測試結果符合 10G 乙太網路及 SONET/SDH 測試標準，測試期間內無誤碼，傳輸穩定，而 3 公里鏈路測試則接近本研究採用 FSO 設備極限，即使光束對焦位於中心點仍無法建立連線，因此未能進一步測試。測試期間（02/14、02/17）氣象條件良好，能見度均高於 5 公里圖 5- 25，且未出現影響光束傳輸的霧氣

或降雨。

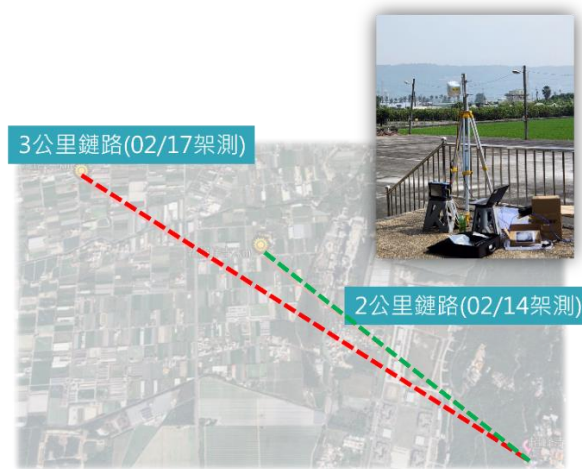


圖 5-24、本研究採用 FSO 傳輸距離測試示意圖

資料來源：本研究整理

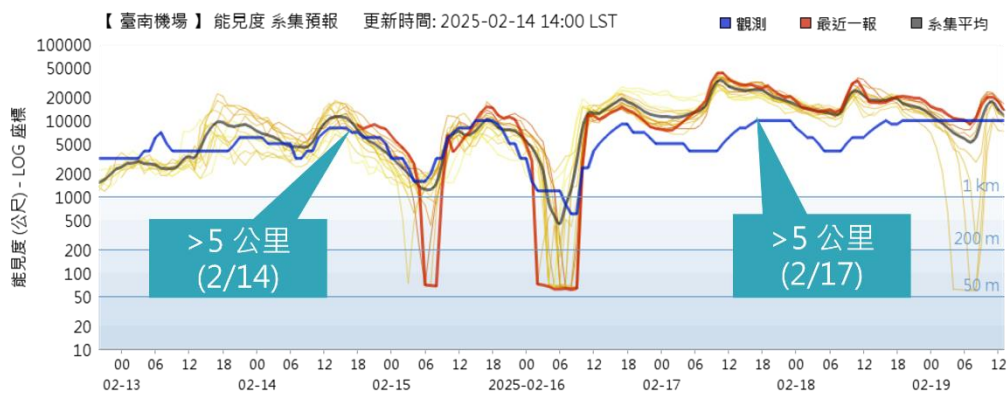


圖 5-25、測試期間能見度觀測資料

資料來源：天氣與氣候監測網、本研究整理

結果顯示本研究採用 FSO 設備在傳輸距離 2 公里以內，可提供穩定的高頻寬傳輸，測試報告詳見附件一。

(二) 傳輸架構驗證與方式

本研究與中華電信合作，選定澎湖離島望安至將軍嶼既有微波鏈路作為 FSO 實測場域，並進一步介接至既有使用者的傳輸網路，進行資料傳輸業務測試，以驗證 FSO 作為替代鏈路的可行性，傳輸鏈路地點如圖 5-26。

1. 測試目標與測試環境規劃

本次測試目標為驗證 FSO 鏈路在離島跨海環境氣候條件下的穩定性，並確保其可作為既有微波鏈路的替代方案。澎湖離島因氣候變化明顯，適合驗證 FSO 在高濕度與降雨環境下的表現，此外也需確認測試區域的光學干擾程度，如霧氣、沙塵等因素，如前述根據目前設備能力，架設與測試流程如圖 5-27，測試鏈路架構如圖 5-28，其中 Router 使用浮動 IP 上傳設備環境之資訊，主要為傳輸架設地點之振動、溫濕度及發射功率等環境物理層之狀態及氣象站紀錄之天候資料，另外長時間運行測試，可觀測記錄連續運行期間鏈路斷線頻率與恢復時間，並且透過自行架設之多參數氣象觀測站臺可研析氣象因素對 FSO 鏈路的影響，了解霧氣與降雨對封包遺失率與傳輸速率的影響，特別於離外島氣候較為特殊，設備是否能在大風、超大豪雨條件下維持可用性，進一步評估其在離島環境使用之可能。



圖 5-26、望安將軍嶼既有微波鏈路與 FSO 鏈路距離

資料來源：本研究整理

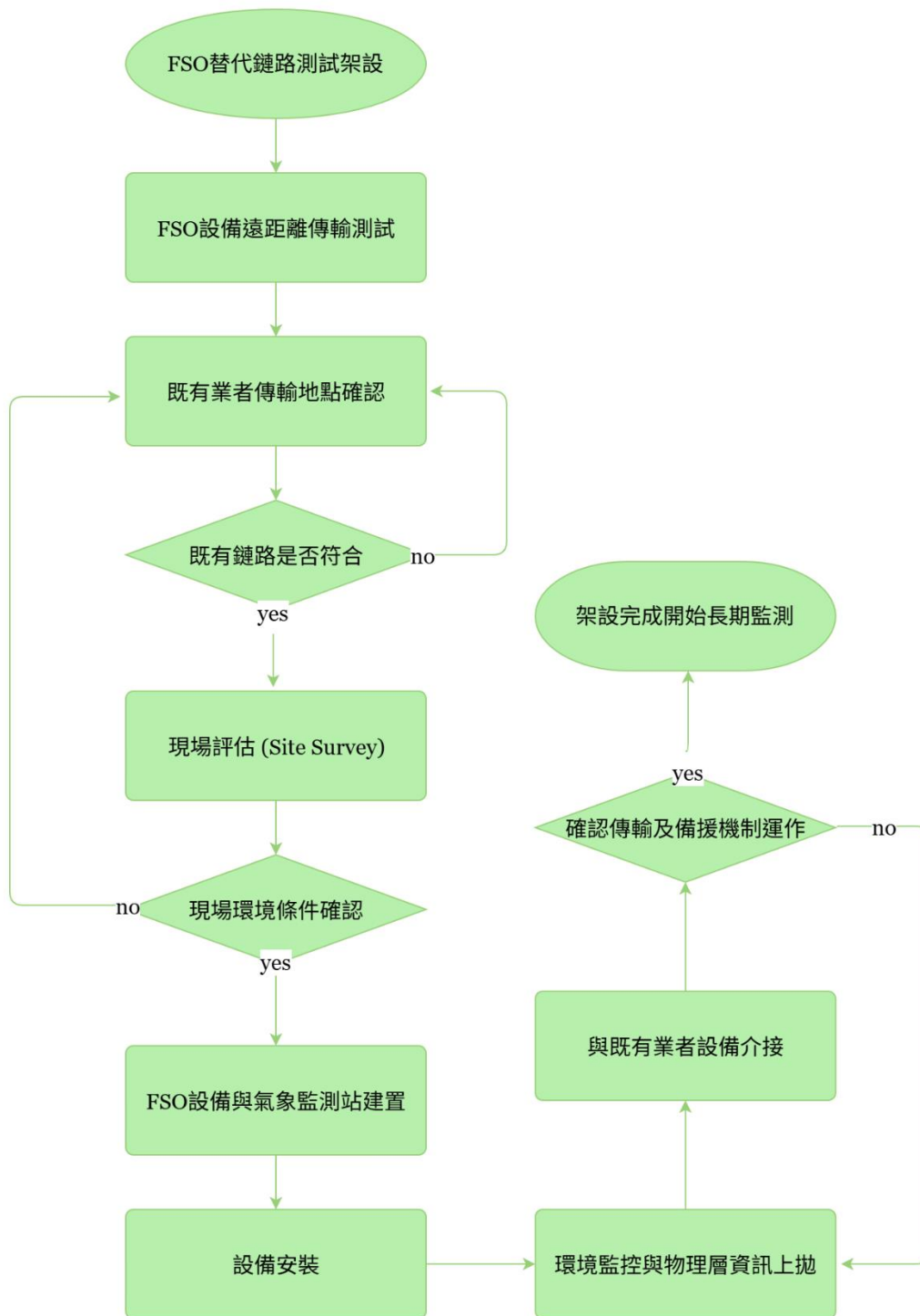


圖 5- 27、FSO 介接鏈路架設與測試流程

資料來源：本研究整理

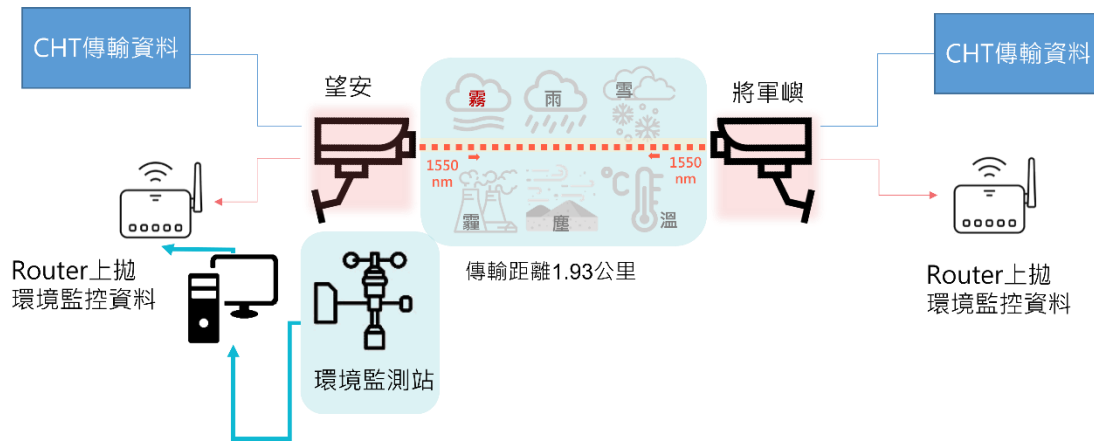


圖 5-28、FSO 鏈路架構圖

資料來源：本研究整理

2. 測試鏈路傳輸資料規劃

根據封包傳輸效能監測的各項指標來設計測試方法，以確保鏈路具備高穩定性與可靠性，圖 5-29 為介接後測試流程圖，實際介接後端封包傳輸網路（Packet Transport Network, PTN）網路設備則由既有使用者提供之設備進行介接，相關架構可見圖 5-30，即與微波共同傳輸既有鏈路傳輸資料。

FSO 透過介接既有使用者之多協定標籤交換-傳輸模式（Multiprotocol Label Switching-Transport Profile, MPLS-TP）設備可以介接 PTN，可承載 IP、乙太網路（Ethernet）、時分多工等業務，適合行動網路回傳、企業專線、電信骨幹，並且具備標籤交換路由（Label Switched Path 1:1 Protection, LSP 1:1）保護、環狀保護（Ring Protection）、鏈路聚合組（Link Aggregation Group, LAG）能夠將多條物理連線組合成一條邏輯連線，可分工提高網路的承載、可靠性及達到負載均衡保護等功能，確保電信等級封包傳輸網路之穩定性，此設備支援多種維運管理機制（Operations, Administration, and Maintenance, OAM），可用於分析鏈路的品質、連通性與穩定度，以傳輸網路管理系統（Transport Network Management System, TNMS）而言，可監測 L2 之資料傳輸情況，

主要功能如下：

- (1) 設備監控：即時查看 MPLS-TP 設備、光纖、微波、FSO 等設備的運作狀態。
- (2) 流量監測：分析吞吐量(Throughput)、封包錯誤率(Packet Error Rate)、延遲(Latency)、抖動(Jitter)等重要指標。
- (3) 運維管理：支援 ITU-T Y.1731、ITU-T G.8113.1/G.8113.2，確保端到端網路穩定性與服務品質協議 (Service Level Agreement, SLA) 監測。
- (4) 故障管理：提供異常告警、故障定位、自動切換保護，確保網路不中斷。

透過封包傳輸效能監測，可用來記錄監測 FSO、微波、光纖等異質傳輸技術，確保資料能夠穩定傳輸，同時檢視微波備援切換的效能。本次測試通過該設備系統功能長期監測 FSO 鏈路狀態 (UP/DOWN)、吞吐量 (流量負載分析)、錯誤率 (例如掉包率、誤碼率)、延遲與抖動 (Latency & Jitter) 及相關 OAM 訊息，透過儲存之 OAM 紀錄之資料分析 FSO 鏈路的實際介接使用情況。

同時因 FSO 通信可能受環境影響 (如霧霾、雨、遮蔽)，透過本研究設置的多參數氣象站、能見度儀與望安機場天候觀測資料蒐集，對應分析相關傳輸情況。另，FSO 設備本身亦具備實時鏈路健康監控，透過 4G 行動網路傳輸鏈路物理層與環境檢測之資訊，以利分析 FSO 鏈路介接傳輸測試結果，此管理介面與傳輸資料介面為分開形式，可確保既有使用者於測試期間無傳輸資料外洩等資安之疑慮。

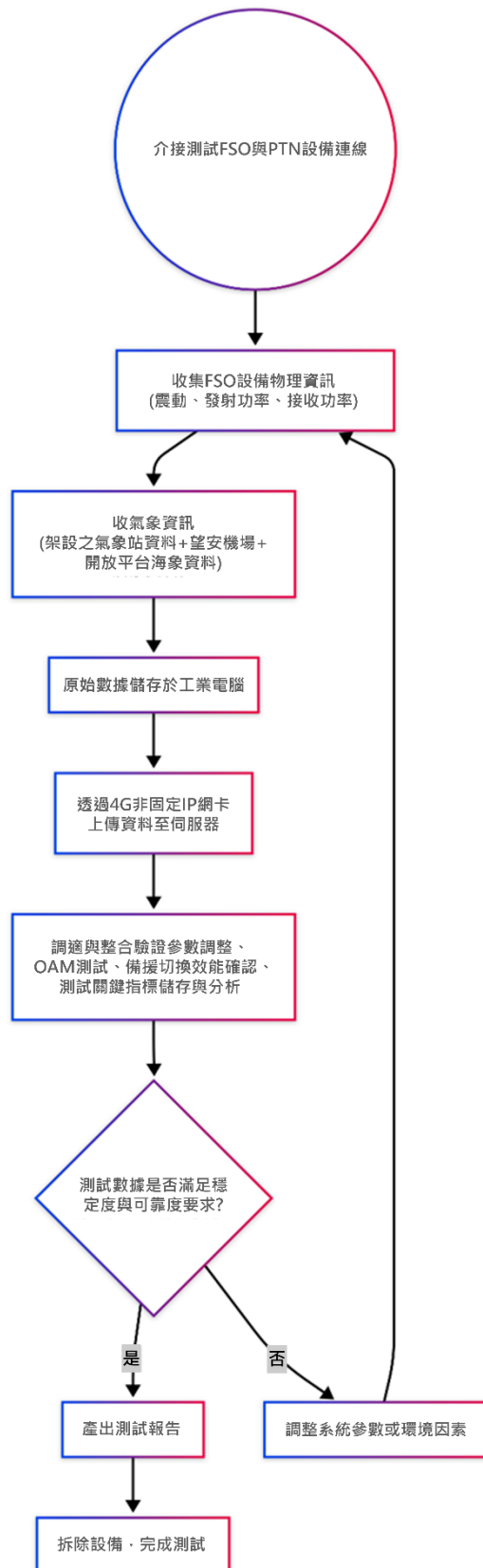


圖 5- 29、FSO 介接傳輸資料分析流程圖

資料來源：本研究整理

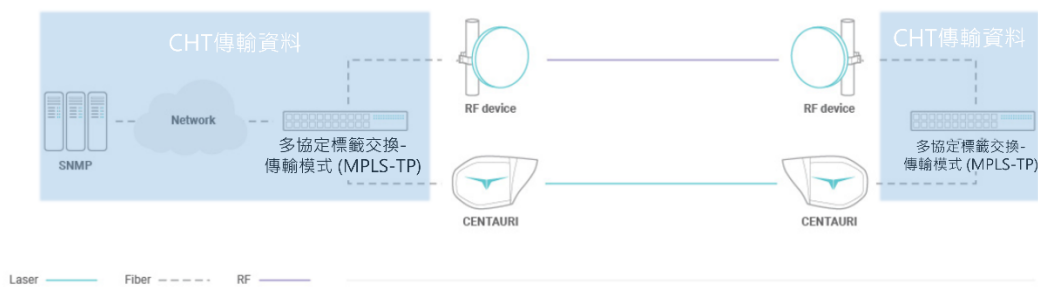


圖 5-30、FSO 介接傳輸資料架構

資料來源：本研究整理

最後將彙整各項測試資料，驗證 FSO 是否達到既有微波業者傳輸之需求，滿足作為替代鏈路之參考方案。

介接測試將分析多項關鍵因素，包括替代鏈路傳輸效能 KPI 測試資料分析、導入實際資料流，以及約 2 公里傳輸距離 FSO 的布建，以評估其在跨海環境與實際介接既有業者傳輸資料下的穩定性與長期運用結果。

3. 實證鏈路架設


本次研究於 2025 年 8 月 8 日架設自由空間光通信(Free Space Optics, FSO) 跨海鏈路，鏈路長度為 1.93 公里，以驗證 FSO 技術在跨海場景下的高速傳輸能力與氣候耐受性。此實驗介接既有微波鏈路，評估於島嶼、港口及離岸設施等特殊地理條件下的應用需求，並評估其作為行動回傳或點對點微波替代技術的可行性。

(1) FSO 設備

通信設備採用新加坡 Transcelestial 廠商之 CENTAURI 10G 產品，使用 1550 nm 不可見光，光功率最高可達 23 dBm，在晴朗天候下，於 200 公尺至 2.5 公里距離內可達近乎 99.999% 的可靠度，並提供全雙工 10 Gbps 傳輸速率，該設備具備自動光束對準與大氣擾動補償功能，可降低因海面反射、霧氣或降雨造成的鏈路衰

減。詳細規格如表 5-8 所示。

表 5-8、Transcelestial CENTAURI 10G 規格

外觀	
最大傳輸速度	全雙工 10 Gbps
典型 3 公里往返延遲時間	< 25 μ s
資料傳輸介面	SFP+
波長	1550 nm
自動功率控制	可達 23 dBm
自動追蹤範圍	水平 $\pm 2^\circ$,垂直 $\pm 2^\circ$
尺寸	32 (長) \times 18 (寬) \times 20 (高) 公分
裝置淨重	2.7 公斤
消耗功率	< 32W

資料來源：Transcelestial 規格書







(2) 架設方式與對焦考量

由於光通信設備之光波束極小，對焦精度對於鏈路穩定性影響重大。為確保點對點光通信的對焦穩定，本次架設採用穩固的金屬抱桿作為掛設方式，避免使用過長抱桿導致晃動，並於架設前以震動感測裝置評估抱桿穩定度，並提供原廠進行場地架設前分析報告如表 5-9。同時，考量設備多布建於其他通信裝置附近，亦需注意電磁相容性（Electro-Magnetic Compatibility, EMC），避免設備電路受其他發射機干擾，常見建議之規劃方式如圖 5-31，著重之要點為主要結構上有二個以上固定支撐點，抱桿上無其他大型設備並且設備鎖固處相對於固定抱桿之位置需要低於一公尺之穩定範圍並且距離屋頂邊緣位置亦不可過遠降低頂樓相關的光反射干擾，本次架設於將軍嶼時使用既有微波塔鎖附抱桿外亦增加一角鋼輔助，加強抗震穩定度，架設完成狀況如圖 5-32 和圖 5-33；另望安屋頂處因安裝位置受限，僅能以微波塔延伸協助支撐抱桿，整體穩定之狀況較將軍嶼不佳，而最為穩固之

牆面鎖固位置亦離設備較遠，所以整體 SST 場域穩定分析報告分數為 99.95%，略遜於將軍嶼之 99.99%。

在長距離鏈路的對焦上，除裸視粗調校正外，本次亦使用長焦距相機或望遠鏡作為輔助，本研究所採用之設備內建類光學攝影機功能，可透過應用程式進行即時對焦微調如圖 5-34，藉由軟體設定第一設備，進行對正第二設備，有效縮短架設時間並提升便利性。另外雖架設處緯度於各時節的日出日落方位如圖 5-35，分析於架設上應避開 65 度至 116 度及 244 度至 295 度的朝向布建，然因原始鏈路設定僅能設置約 69 度方位角、俯角 0.8 度，本次測試設備訊號接收端可能會受太陽光直射之影響，亦值得後續分析觀測。

表 5-9、場域穩定度分析報告表

將軍嶼場域	望安場域																
 <p>Client and Installation Partner: TTC, dBTech</p> <p>Site Location: JiangyunYu</p> <p>Image:</p>  <table border="1"> <tr> <td>CENTAURI Site Score</td> <td>99.99%</td> </tr> <tr> <td>Result</td> <td>Site suitable</td> </tr> <tr> <td>Date Range:</td> <td>2025/08/06 - 2025/08/08</td> </tr> <tr> <td>Time Range:</td> <td>15:00 - 07:00, 40.0 hours of data</td> </tr> </table> <p>Measured Data:</p>  <p>This report was generated using data sent to Transcesteal Technologies PTE. LTD. CENTAURI Site Score suitable above 99.9%. For more information, please contact sst@transcesteal.com Report Date Generated: 11/08/2025 07:56:49</p>	CENTAURI Site Score	99.99%	Result	Site suitable	Date Range:	2025/08/06 - 2025/08/08	Time Range:	15:00 - 07:00, 40.0 hours of data	 <p>Client and Installation Partner: TTC, dBTech</p> <p>Site Location: WanAn</p> <p>Image:</p>  <table border="1"> <tr> <td>CENTAURI Site Score</td> <td>99.95%</td> </tr> <tr> <td>Result</td> <td>Site suitable, more data needed</td> </tr> <tr> <td>Date Range:</td> <td>2025/08/07 - 2025/08/08</td> </tr> <tr> <td>Time Range:</td> <td>16:00 - 10:00, 19.0 hours of data</td> </tr> </table> <p>Measured Data:</p>  <p>This report was generated using data sent to Transcesteal Technologies PTE. LTD. CENTAURI Site Score suitable above 99.9%. For more information, please contact sst@transcesteal.com Report Date Generated: 11/08/2025 07:46:01</p>	CENTAURI Site Score	99.95%	Result	Site suitable, more data needed	Date Range:	2025/08/07 - 2025/08/08	Time Range:	16:00 - 10:00, 19.0 hours of data
CENTAURI Site Score	99.99%																
Result	Site suitable																
Date Range:	2025/08/06 - 2025/08/08																
Time Range:	15:00 - 07:00, 40.0 hours of data																
CENTAURI Site Score	99.95%																
Result	Site suitable, more data needed																
Date Range:	2025/08/07 - 2025/08/08																
Time Range:	16:00 - 10:00, 19.0 hours of data																

資料來源：SST Site Report



圖 5-31、良好架設範例圖

資料來源：Transcelestial 規格書

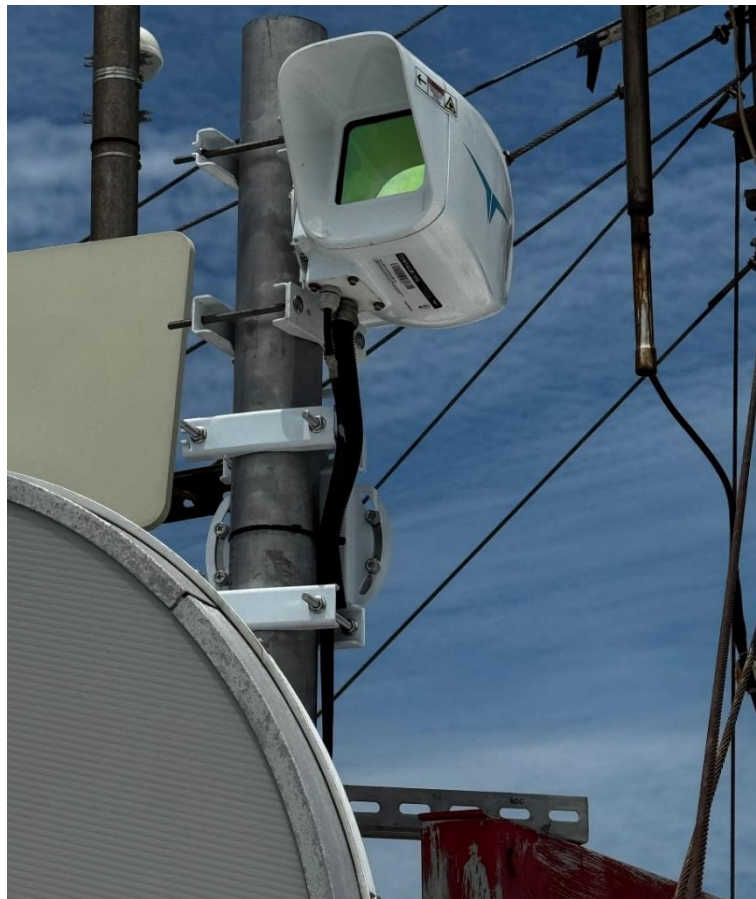


圖 5-32、將軍嶼 FSO 安裝圖

資料來源：本研究整理

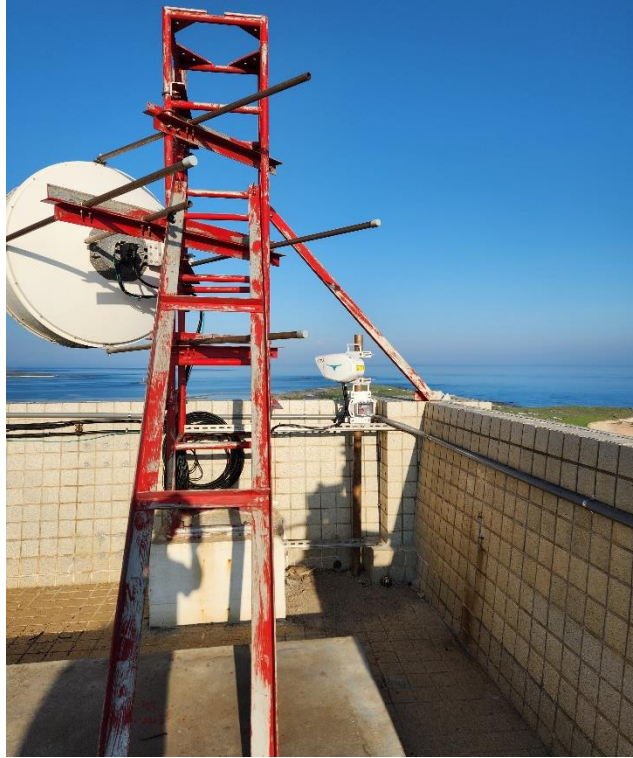


圖 5-33、望安 FSO 安裝圖

資料來源：本研究整理

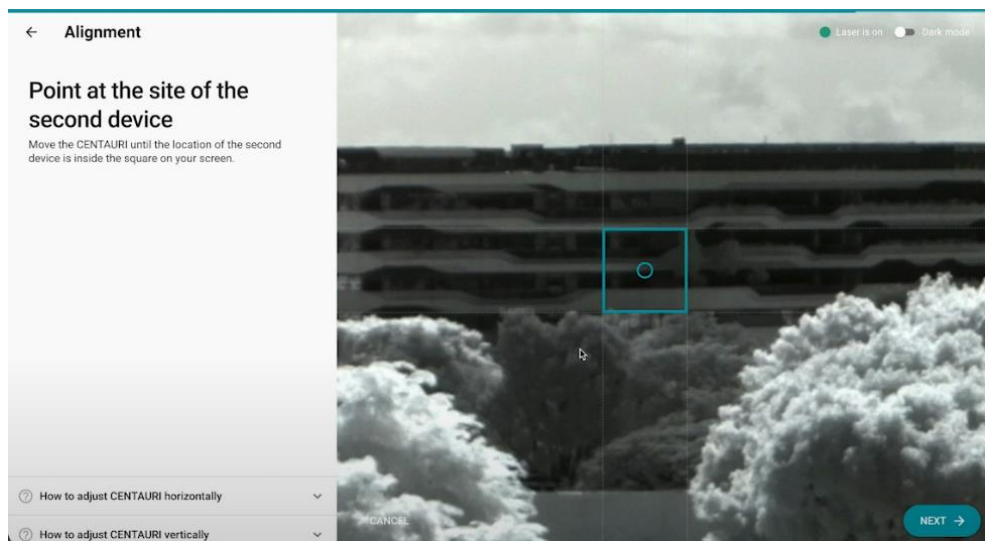


圖 5-34、內建對焦輔助介面

資料來源：Transcelestial 技術資料

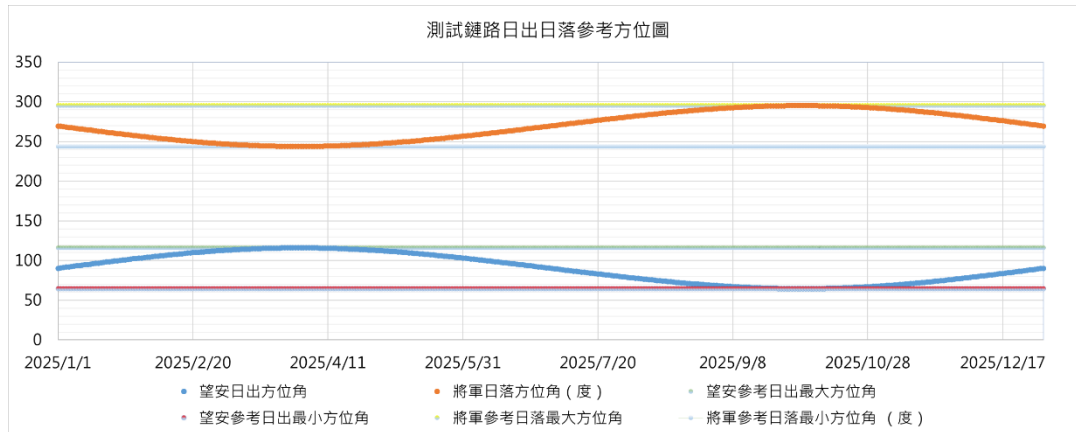


圖 5-35、日出日落方位圖

資料來源：本研究整理

(3) 遠端監控與供電整合

為確保設備長期穩定運作，本次架設導入簡單網路管理協定（simple network management protocol, SNMP）協議，可供網路管理者遠端監控設備狀態並建立告警系統，此外，原廠亦提供雲端網路管理系統如圖 5-36，可透過網際網路觀察設備狀態與歷史紀錄，提升後續資料分析的便利性。

在資料傳輸與供電方面，設備採用光纖作為主要傳輸介面，並支援乙太網路供電（Power over Ethernet, PoE）方式，亦可使用 48V DC 以符合常見網通機房用電規格，便於與其他通信設備整合。

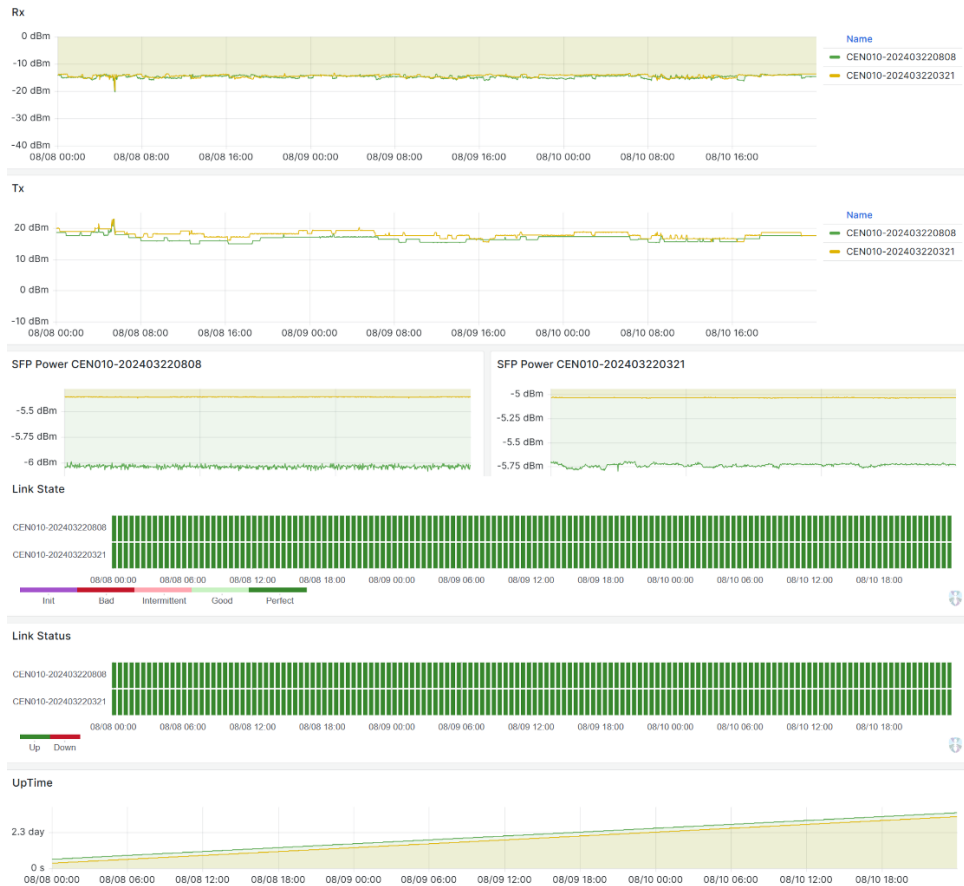


圖 5-36、雲端之資訊儀表板

資料來源：Transcelestial 技術文件

(4) 氣象觀測設備


在進行 FSO 測試時，環境氣象條件對訊號傳輸衰減與可靠度有關鍵性影響，又因 WMO（世界氣象組織）在其代碼手冊³³⁸中，對天氣現象的描述是以能見度、降水、風場、溫濕度等多因子綜合判斷為基礎，因此單一感測器無法完整對應 WMO 的標準分類，為精準掌握跨海環境下的氣候影響，故同時整合這三類觀測設備，將量測數據客觀量化，並依據 WMO Code Table 4680 的標準代碼描述，確認當下的氣候現象，確保測試結果與國際標準一致，使 FSO 鏈路評估上更具科學與客觀性，本次實驗同步布

³³⁸ World Meteorological Organization (WMO). Manual on Codes (WMO-No. 306), Volume I.1 – International Codes, Part A – Alphanumeric Codes. Geneva, 2019.

建多項氣象監測設備如下：

能見度量測：採用 Biral SWS-100 能見度儀，利用向散射技術做為能見度量測方式，依設備規格書能見度量測範圍可由 10 公尺至 75 公里（依據選項調整），能提供氣象光學距離（Meteorological Optical Range, MOR）對應世界氣象組織可量化能見度之天氣狀態描述，廣泛應用於國外氣象監測網路、機場跑道、地面或海上交通重要處，其規格如表 5-10。


表 5-10、Biral SWS-100 規格

外觀	
能見度範圍	10 m - 30 km
量測誤差	600 公尺≤4.2%、2 公里≤5.1%、 5 公里≤6.8%、10 公里≤9.6%、 15 公里≤12.3%、20 公里≤14.8%、 25 公里≤17.1%、30 公里≤19.4%
尺寸	81（長）×34（寬）×31（高）公分

資料來源：Biral 規格書

雨量觀測：使用 EML 廠商，型號為 ARG-314 傾斗式雨量計，該設備符合世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）標準，並可提供 0.5 mm 解析度符合國內雨量量測場景，並具備自動排水功能可無人看守，其規格如表 5-11

表 5-11、EML ARG-314 傾斗式雨量計規格

外觀	
解析度	0.5 mm
降雨強度	0.5 mm +/- 3% up to 1500 mm/hr（含數學校正）
重量	2.5 kg

資料來源：EML 規格書

多參數氣象站：使用 Gill MetConnect-One，可測得風速、風向、氣溫、濕度、氣壓等天候資訊，並可將前述雨量計、能見度儀之訊號輸入，將所有氣象資料進行彙整，多參數氣象站相關規格如表 5-12 所示。

表 5-12、Gill MetConnect-One 多參數氣象站規格

外觀	
風速	0-60 m/s
風向	0-359°
氣溫	-35°C-70°C
波長	1550 nm
濕度	0-100% RH
氣壓	300-1100 hPa
輸出介面	RS232、RS422、RS485
額外類比訊號輸入	二埠 4-20 mA or 0-5V
重量	3 kg

資料來源：Gill MetConnect-One 規格書

透過上述設備，可即時掌握 跨海 FSO 鏈路所在位置的實際環境條件，並進一步分析天候狀態對無線光學鏈路穩定度的影響。

(三) 實測結果分析

1. 介接架構與資料蒐集

本實測主要目標為介接微波既有使用者望安至將軍傳輸之 PTN 設備，建構一套具備自動切換與流量分擔能力的雙路徑傳輸鏈路架構，而 FSO 傳輸之增強型小封裝可插拔收發器 (Small Form-factor Pluggable plus, SFP+) 介接於既有之 PTN 設備 10 GE 傳輸

端口，並透過該設備之系統與相關協定進行鏈路傳輸狀態監控與資料擷取。初期傳輸資料以 4G/5G 行動通信之訊務為主要測試訊務來源，並透過 PTN 設備收集 L2 層級的傳輸指標，確定架設 FSO 鏈路穩定運作後，將傳輸訊務切換至 FSO 所傳輸之鏈路，使其成為主路徑，並由 PTN 設備持續蒐集鏈路品質數據，而既有之微波鏈路切換為備援，另外後續亦可擴充加入固定寬頻測試 LAG 效能。

(1) 介接設備與網路系統拓樸

介接設備選擇 PTN 設備主要因素為既有訊務為 4G/5G 行動通信，而其演進已由以電路交換為主的架構走向全 IP 的封包化網路，PTN 設備透過標籤交換（MPLS / MPLS-TP）與端到端偽線仿真（Pseudo-Wire Emulation Edge to Edge, PWE3）機制，將上層 4G/5G 與既有傳統業務（E1/T1、SDH/PDH、ATM、乙太）封裝並端對端承載，可參考圖 5-37；對於二層多點需求，PTN 支援虛擬私有區域網路服務（Virtual Private LAN Service, VPLS）提供虛擬 LAN 功能，該 PTN 設備在承載層可提供階層化 QoS、精細流量排程與完整 OAM（Y.1731、IEEE 802.1ag、MPLS OAM），以落實延遲、丟包、抖動監測與 SLA 驗證，另外該設備能以 LSP 方式提供路徑保護與流量調度，即可依 SLA 與資源條件採用 1+1、1:1 或 MPLS-TP FRR（Fast Reroute, FRR）等保護型式，並於 LSP 層設定優先權與頻寬保留，達到主/備切換、快速復原與頻寬效率的平衡。

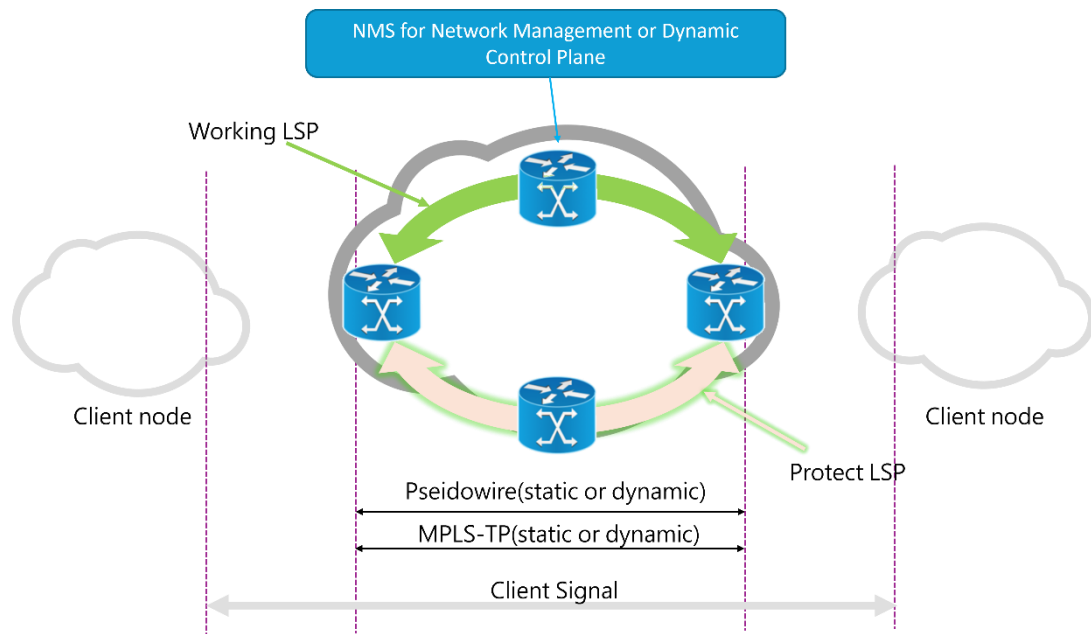


圖 5- 37、PTN 網路模型

資料來源：本研究整理

FSO 與既有微波以光纖介面方式接取 PTN，當監測封包品質退化時，PTN 以 OAM 指標驅動保護切換或流量重定位，避免 FSO 傳輸異常時對既有用途的衝擊，總結而言，選擇 PTN 作為承載平臺可在不改變上層 4G/5G 用途邏輯以 FSO 介接傳輸，並提供協定相容性、並利用 OAM 與 QoS 等機制保障用途品質。

與微波系統互為主備援架構方式有二類，第一類型 1:1 備援（1-to-1 protection）為主路由承載正常流量，備援路由或稱保護路徑平時不承載主用途，只在主路徑失效或品質惡化時接手流量（可動態切換或手動切換）；第二類型為 1+1 備援（1-plus-1 protection）則是主路徑與備援路徑同時並行送出相同流量，接收端自動選擇最佳路徑之流量並丟棄另一份（同步雙發，接收端選擇轉接），本次布建優先採 1:1 架構的理由如下：

- A. 資源效率高，1+1 需要雙倍端到端傳輸資源（主/備同時承載完整流量），而 1:1 僅在必要時才使用備援，透過 OAM 與 SNMP 持續監控主路徑 KPI（FCSERR、RX

power、FDV 等），當達到自訂閾值時才觸發 LSP 重路由或手動切換。1:1 與現有 MPLS/LSP FRR 控制平面互補，避免 1+1 帶來的接收端複雜性（雙流合併、時序/序號管理）。

- B. 減少物理層對應問題，對 FSO 物理特性較為友善，FSO 受天候快速波動（熱閃爍、短時降雨）影響大，1+1 對「同步複製」的要求使得任何短暫位移或時延差異需被處理，反而增加系統複雜性。1:1 只在確定主路徑物理劣化（例如 RX dBm 過低、FCS 錯誤、循環冗餘檢測碼錯誤）時切換，對實務運維更可控。
- C. 可靠度與業務等級可調整，透過 LSP 保護路徑與 NMS 策略，可將不同業務等級映射到不同保護策略（某些低延遲/高優先流量可設定更嚴格的自動保護條件），1:1 容易在策略層面做差異化調配；1+1 則一視同仁，缺乏彈性。
- D. 操作與驗證較容易 1:1 測試與驗證（切換測試、回復測試、事件關聯紀錄）較簡單；1+1 必需驗證同步發送、接收端邏輯要有一致性，測試複雜度更高。

LSP 是 MPLS 控制平面建立的一條標籤交換路徑，封包進入網域時被打上標籤，並依標籤在網內快速轉發，不須逐跳做 IP 路由查表，支援流量工程、QoS 綁定與快速重路由(Fast Reroute)，行動基地臺或服務流可透過 PTN 被映射到一條或多條 LSP，訊務可在控制平面上以 FSO 路徑作為優先選項；若 FSO 出現物理層退化（由 OAM/SNMP 偵測），可由 MPLS 機制執行快速重路由（將 LSP 重導至微波介接之 GE 埠），達到業務不中斷的保護效果，架構如圖 5-38，優點包括預先規劃保護路徑、可追蹤的切換事件與細緻的 QoS 控制。

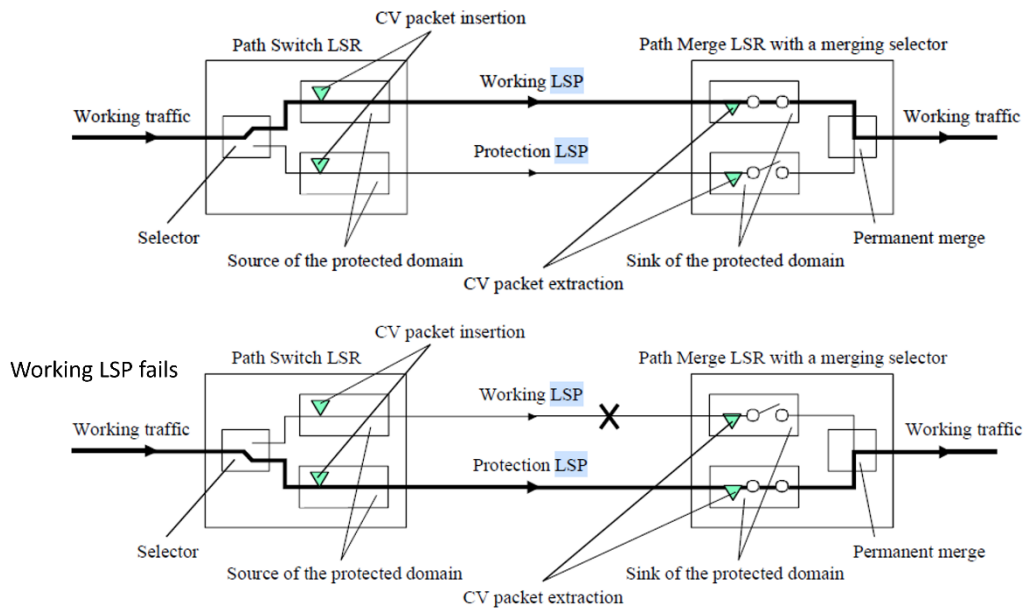


圖 5-38、LSP 運作架構圖

資料來源：ITU-T Y.1720³³⁹

LAG 為將多個實體乙太端口聚合為一個邏輯介面，提供頻寬匯流、端口冗餘與負載平衡(可透過 LACP 或靜態聚合實現)。在端口層提供容錯(單一端口故障不中斷鏈路)與增加總吞吐量。未來若需要在端口層增加頻寬或降低單端口故障影響，可在 PTN 端把多個 GE/10GE 端口加入 LAG；LSP 綁定至該 LAG 時，LSP 所判斷的是一條高容量且具端口冗餘的邏輯鏈路可減少因單端口故障造成的 LSP 重路由次數，降低切換次數與業務中斷風險，故 PTN 端導入 LAG，讓 LSP 維持路徑工程的優勢，LAG 補強資料傳輸管理形成分層保護 (Control-plane: LSP；Data-plane: LAG) 達到傳輸實務最佳化。綜上，使用 1:1 備援架構使得維運與事件關聯更簡潔且可驗證是何種物理層指標觸發 LSP reroute，能同時記錄切換前後 KPI (FCSERR、FDV、RX dBm、METAR/氣象站資料)，便於根因分析，整體測試鏈路傳輸架構如圖 5-39。

³³⁹ ITU-T Rec. Y.1720 Protection switching for MPLS networks

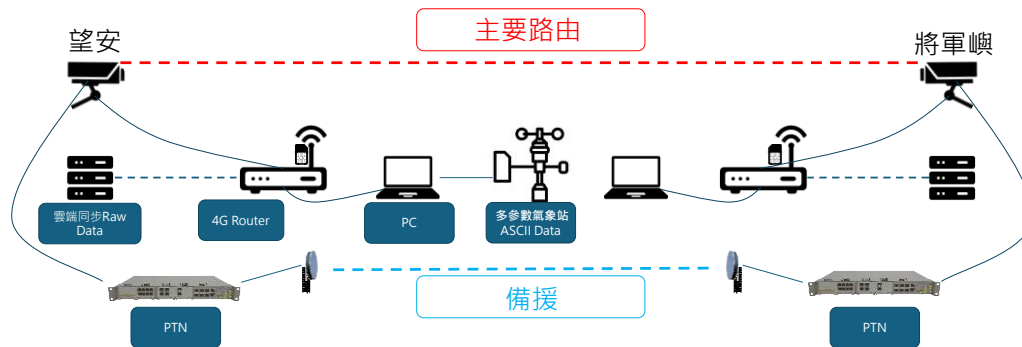


圖 5-39、鏈路傳輸架構

資料來源：本研究整理

(2) 資料蒐集

主要分成物理層、傳輸層與鏈路傳輸環境資料蒐集，相關蒐集流程如下圖 5-40，包含物理層的吸收/發射功率、連線狀態與鏈路及架設環境因子（雨量、能見度、風速、震動等），FSO、微波系統之吞吐量、切換事件與保護行為，以及納入 OAM 相關資訊如（Delay/Loss/Jitter/FCSERR/TPBAD/RPBAD）以利跨層關聯分析，搜尋 PTN 設備相關規格整理下方常見可取得之性能指標對照相關來源及反應於 FSO、微波上之特徵整理如下表 5-13。

訊框接收錯誤率（Frame Check Sequence Error Rate, FCSERR）反映接收端在傳輸層上檢出錯誤框架的比例，該數值，用以量化物理層位元錯誤發生次數，對 FSO 鏈路而言 FCSERR 可直接驗證光路品質的關鍵指標，當能見度降低、發射與接收對準偏移或發生熱閃爍時，FCSRR 常會出現短時且劇烈的尖峰上升，導致上層重傳與吞吐下降；相對地，數位微波的 FCSRR 變化則較平緩且呈現持續性上升趨勢，可以此設置相關告警門檻。

封包丟棄率（Drop）由介面或隊列計數器提供，代表在傳輸過程中因隊列溢位、排程優先權或頻寬不足而被丟棄的封包比率，是反映壅塞與服務品質退化的重要指標而 FSO 在遭遇瞬時抖動或速率突降時，封包丟棄率會出現短時上升，直接影響即時

應用的體驗與整體吞吐量；數位微波則多在長期頻寬受限或降階情況下逐步提高丟棄率，二者狀況不同。

OAM 發射封包錯誤（Transmitted Packets Bad, TPBAD）由 Y.1731 或其他 OAM 測試流統計產生，是針對測試流（control/test packets）在短時間尺度內鏈路品質變動的敏感指標。TPBAD 能最快偵測到突發性物理層劣化，且常在訊務流異常前被捕捉到，故宜將其設定為即時告警觸發來源；當 TPBAD 突然飆高時，應立即展開事件追蹤並與接收封包錯誤（Received Packets Bad, RPBAD）做對照以確認影響範圍。

接收業務封包錯誤率記錄實際訊務流在接收端檢出的錯誤封包比例，用以評估用戶或業務層的封包完整性與服務影響程度。當 RPBAD 與 FCSRR 同步上揚時，意味著物理層問題已傳導至傳輸層，可以將 RPBAD 視為判斷用戶體驗退化的直接依據，並以其變化與 OAM 測試封包互相比對以精準定位問題。

訊框延遲變異（Frame Delay Variation, FDV）衡量封包到達時間的變異性，通常由 Y.1731 或 1588v2 測得並以毫秒表示，對語音、視訊及 IEEE 1588 時鐘同步等即時服務高度敏感。FSO 在光強快速波動或熱閃爍期間常伴隨短暫的尖峰式抖動以及少量但持續時間較長的延遲異常（長尾現象），主要是 FSO 解調變方式即使訊號還能判斷 1/0，也可能因為大氣擾動、雲霧、降雨、熱氣流造成光強度瞬間波動，導致部分封包需要重傳，即使位元層面沒有大量錯誤也會造成到達間隔變不穩這些時間上的不均勻，也會表現在抖動數值上，此類變動會導致 1588 時鐘同步失敗或語音／視訊服務品質明顯惡化；數位微波則多以均值抬升為主且尖峰較少。

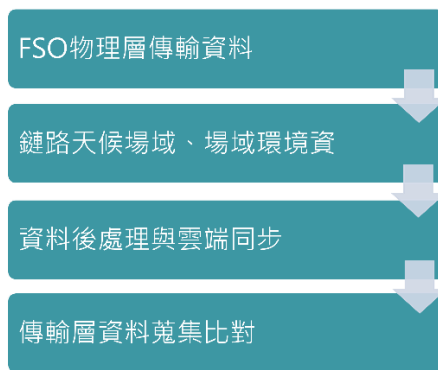


圖 5-40、資料蒐集流程圖

資料來源：本研究整理

表 5-13、鏈路傳輸層觀察指標

關鍵性能指標	來源	代表意義	對 FSO 的典型反應	對數位微波的典型反應
FCSRR	L2 介面統計	接收端 FCS 錯誤，反映封包在傳輸過程中位元錯誤，直接驗證 FSO 鏈路品質	天候（雲霧、雨、熱閃爍）引起光強度快速波動時，錯誤率升高速度快	遭遇多路徑衰落或降雨衰減時，錯誤率會在數十秒到數分鐘內慢慢升高，變化曲線平滑
Drop	介面/佇列統計	封包因壅塞或因優先等級被丟棄	抖動大時鏈路反應不佳	降階時整體丟棄率上升
TPBAD	OAM 測試封包統計	OAM 測試封包錯誤或遺失，可觀測即時小時區內訊號品質	鏈路品質異常時，錯誤次數會忽然升高	RF 干擾或降階時持續偏高
RPBAD	L2/LSP 層	接收端口收到的服務封包錯誤	反應類似 FCSRR，且可針對特定服務流定位	與 TPBAD 對照可判斷是測試流還是訊務流受影響
FDV	Y.1731 / 1588v2	抖動，對時間同步與即時業務影響大	霧/雨，能見度不佳時長尾明顯	高負載或降階時均值上升

資料來源：本研究整理

另外觀察訊務之 LSP 切換次數記錄主備路徑間保護切換事件發生的頻率與類型，此數據來源為 MPLS-TP OAM 或保護機制之事件紀錄，是判斷鏈路穩定性與保護策略行為的關鍵觀察資料，於 1:1 架構中，頻繁的切換通常代表主路徑出現短時但反覆

的劣化（例如 FSO 的熱閃爍或對準抖動），或是保護閾值設定過敏導致過度切換，兩者皆會造成服務抖動與用戶體驗惡化，實際介接導入上 LSP 切換應設定容忍範圍（例如每小時/每日最大可接受次數）並分級處理，若切換次數短時間內急增，亦需先檢查是否為短暫物理層事件（關聯 FCSRR、TPBAD、氣象資料）；若切換頻率持續偏高，應調整上下線抑制參數以避免「震盪式」切換。

上述資料蒐集方式則是透過布建程式每分鐘於 FSO 管理端口以 SNMP 方式詢問，同步擷取多參數氣象站 RS422 ASCII 格式之資料並進行 60 秒內的原始資料處理，同時以每小時使用爬蟲程式撈取望安機場氣象站之 METAR 報文、蒐集海象環境資訊平臺之海溫資訊，再將所有資料與本地端儲存資料同步上拋至雲端伺服器，供後續分析使用，鏈路環境分析所用之監控資料蒐集內容如圖 5-41 所示。傳輸層資料方面因介接設備之資料取得須經由既有使用者之 NMS 依據既有之套裝程式抓取獲得，目前傳輸層資料僅能取得 FCSRR、TPBAD、RPBAD 及吞吐量，又因取得資料受限於圖形化介面，因此以既有使用者目前 NMS 可取得之傳輸層資訊與物理層資料加上同期環境資料進行因果判讀。

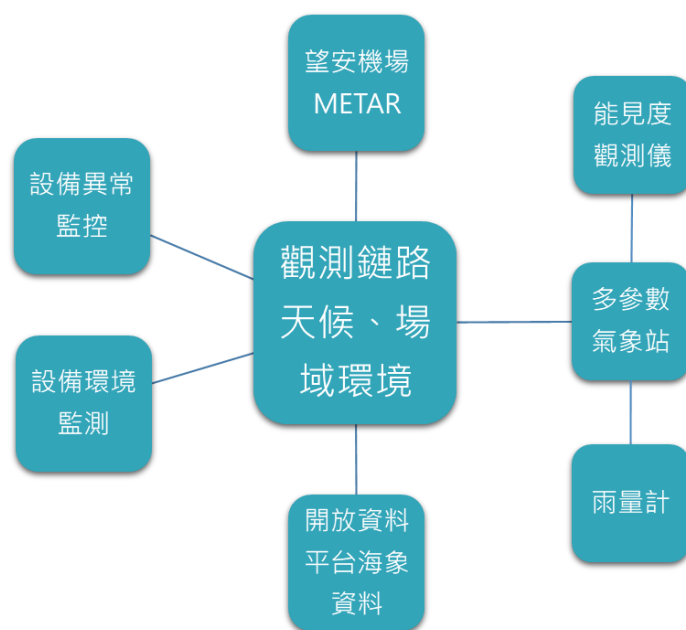


圖 5-41、鏈路氣候、場域環境監控資料蒐集組成圖

資料來源：本研究整理

2. 鏈路傳輸分析

(1) FSO 跨海鏈路傳輸測試

使用設備紀錄 2025/8/8 7:25~2025/10/8 23:59 FSO 連線狀態目前物理層連線狀態取樣為 60 秒一筆資料。總資料筆數為 88,835，共發生 201 次斷線，測試時序圖如圖 5-42，橘色部分為 FSO 鏈路連線狀態，圖中藍色部分為能見度，可由圖見得約 2,000 公尺以下之能見度可能產生斷線情況，而斷線狀況大致可分為 14 區間，最長斷線時間為約為連續 78 分鐘，主要受楊柳中度颱風、樺加沙強烈颱風分別於 8/12~8~14、9/21~9/23 侵襲所導致，期間望安自架多參數氣象站測得約 30 公尺/秒之 10 級風速，8/14 凌晨 0 時測得國際標準雨量強降雨等級 4.49 mm/hr，當時能見度最低測得僅 4.01 公尺，FSO 與微波切換狀況良好，二者吞吐量狀況可參考圖 5-43。

2025 年 8 月 14 日颱風期間之傳輸層狀況如圖 5- 44 所示。於本次觀測中，採用 PTN 設備之網路管理系統蒐集傳輸層數據，其取樣率為每 5 分鐘一筆資料，可取得性能指標顯示框架序錯誤數量並不多，最多僅達 8 次；而接收端錯誤封包在五分鐘內最高累積 23 筆錯誤。整體而言，錯誤事件呈現非連續分布，對既有傳輸服務與使用者而言均屬於「無感」之狀態。

在介接參數調適方面，本次系統設定等待恢復時間(Wait-to-Restore, WTR)為 30 秒，即若 FSO 於 30 秒內未再發生異常，則自動切回原始傳輸路徑；同時，透過雙向轉送偵測設定為 100 毫秒進行循環冗餘檢查，若連續三次檢測異常，則觸發 LSP 切換；此外，亦在設備端口設定延遲抑制時間(Hold-off Time)為 750 毫秒，以降低因小型可插拔模組(Small Form-factor Pluggable Plus, SFP+)在 FSO 傳輸中敏感性過高而導致之誤切換情況。

整體而言，FSO 與微波鏈路 1:1 傳輸鏈路運行穩定，沒有接獲訊務使用人員回報相關問題，系統在極端氣候條件下仍能維持高可靠度與穩定性，顯示本次設計之保護機制具備實務可行性與通信韌性。

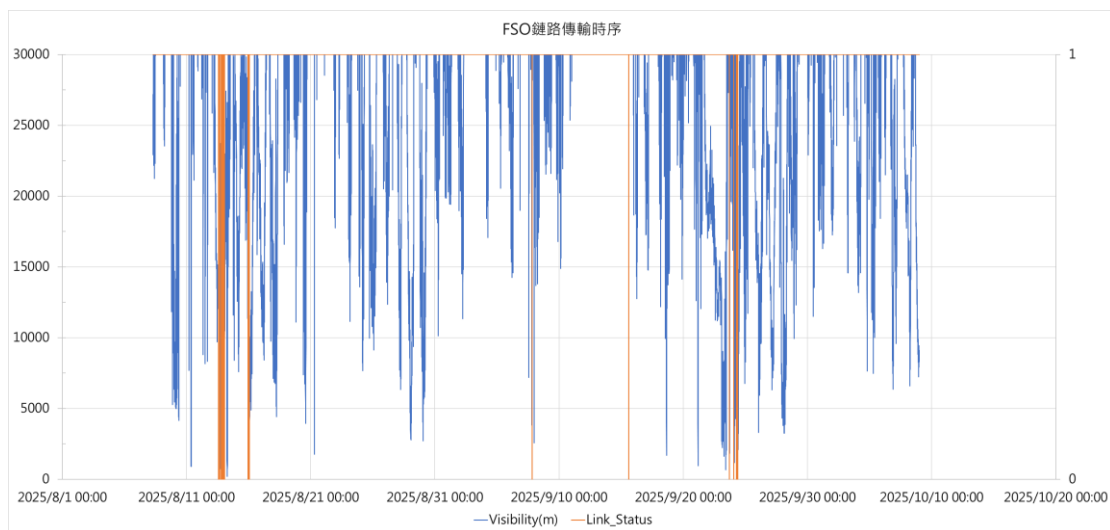


圖 5- 42、FSO 鏈路及能見度時序圖

資料來源：本研究整理

日期: 114 年 8/14

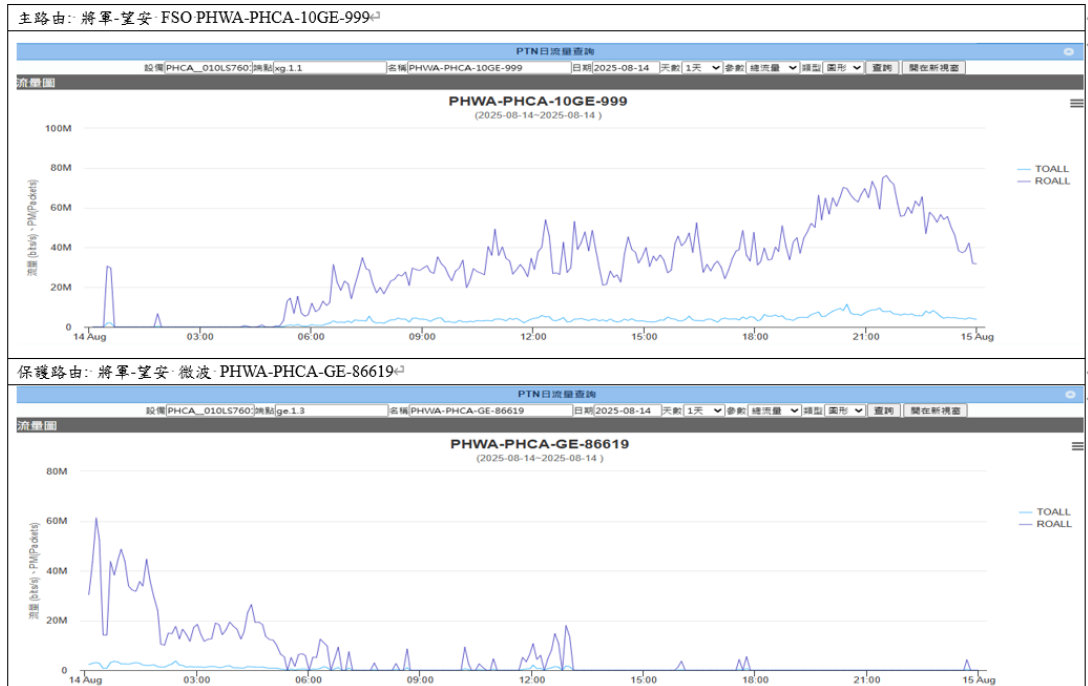


圖 5-43、FSO 及微波鏈路吞吐量圖

資料來源：傳輸鏈路資料



圖 5-44、FSO 及微波鏈路 L2 性能指標圖

資料來源：傳輸鏈路資料

(2) 可靠度指標估算方法

採用區間平均法(非連續區間取 30 秒、連續區間取 60 秒)，根據測試時間蒐集共有 88,835 筆資料，總時間為 5,330,100 秒，總斷線時間秒數為 11,460 秒，可靠度計算如下：

$$Availability = 1 - \frac{T_{down}}{T_{total}} = 1 - \frac{11,460}{5,330,100} \approx 99.785\%$$

每單位時間的故障發生率計算如下：

$$\lambda = \frac{\text{斷線次數}}{T_{up}} = \frac{201}{5,318,640} \approx 3.78 \times 10^{-5} \text{ 次/秒}$$

故障發生率倒數即為故障間隔約 441 分鐘/次。

FSO 本次測試平均修復時間 (Mean Time To Repair, MTTR) 計算式如下：

$$MTTR = T_{\text{down}} / \text{斷線次數} = 11,460,201 \approx 57.02$$

約為 57 秒/次，對應之恢復率約為 0.0175 次/秒(約 63 次/小時)。

(3) 特殊事件

為釐清斷線事件與特殊天候之關聯性，本研究採用多元資料來源進行交叉比對與判斷，具體方法如下：

多參數氣象站資料研究團隊於望安地區自架多參數氣象站，持續記錄風速、降雨量、溫濕度、氣壓等環境參數，FSO 設備本身具備震動與光軸偏移的直接依據。

能見度感測設備系統端布建能見度感測器，以即時量測光通道可視距離，於 8 月 15 日至 8 月 16 日平流霧期間，最低能見度長時間低於 900 公尺，足佐證霧氣水滴散射造成 FSO 功率衰減。

望安機場 METAR 天候解析為補強區域性能見度與天候狀況判斷，另外本研究同步參考中央氣象局與海洋觀測資料平臺所提供之海象開放資料，作為宏觀天候背景判斷依據，並與本地感測數據進行交叉驗證。

透過上述多源資料整合與時序比對，本研究得以精確判定斷線事件與特殊天候之因果關係，並進一步分析其對 FSO 傳輸穩定性與保護機制觸發的影響。

風力導致震動斷線：8/13-8/14 颱風（最大風速約 11 級），由望安設備（CEN010-20240321）觀察可知當時震動依據風向為

Z 軸單向偏移，震動幅度達計算指數 5 以上，強風造成設備震動、光軸偏移即有可能斷線，連線狀態與震動情況比對如圖 5-45 所示，再參考下雨造成之光衰，如圖 5-46 之時間點，綜合影響產生斷線情況。



圖 5-45、望安 FSO 震動資訊比對連線狀態圖

資料來源：本研究整理

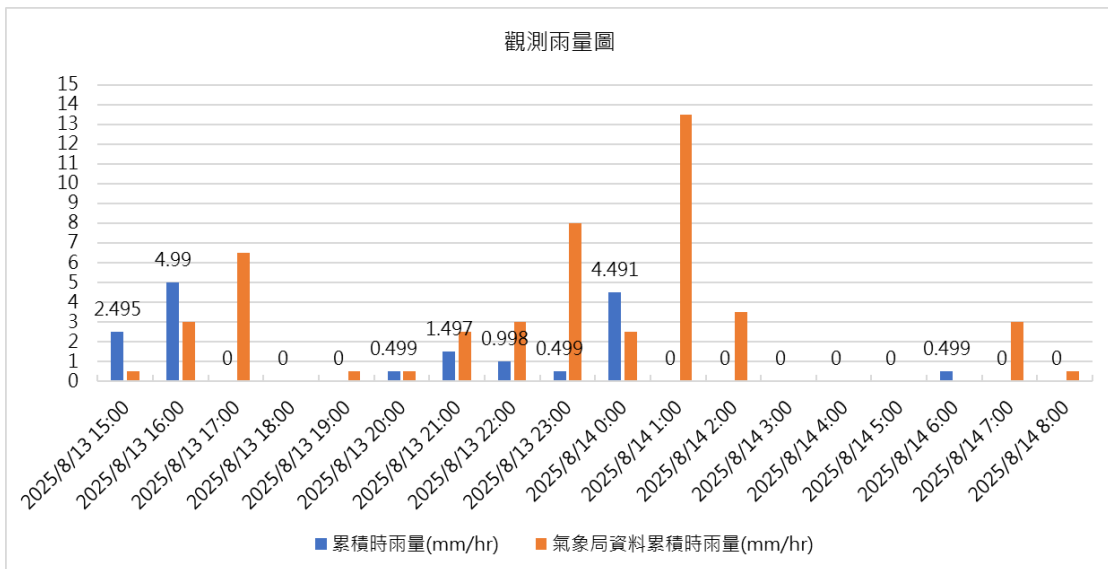


圖 5-46、望安觀測雨量圖

資料來源：本研究整理

濃霧導致能見度下降斷線：8/15 午夜~8/16 凌晨時，依據氣候觀測資料分析判斷為颱風後產生平流霧，導致能見度長時間低於 900 公尺，而霧氣中水滴散射造成長時間功率衰減造成 FSO 連線斷線，由圖 5-47 可見，時間長達近 80 分鐘，平流霧之濃淡

與時間關係經資料分析量化後如圖 5- 48，濃霧散去後即立刻恢復連線。

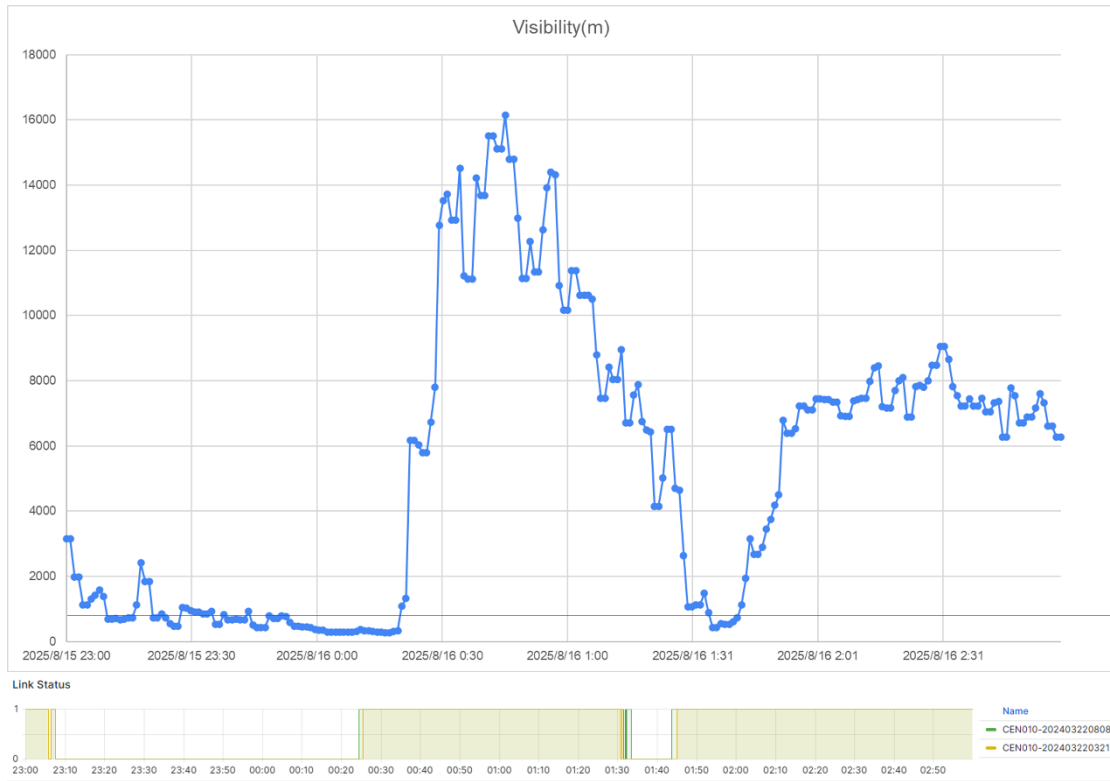


圖 5- 47、望安能見度資訊比對連線狀態圖

資料來源：本研究整理

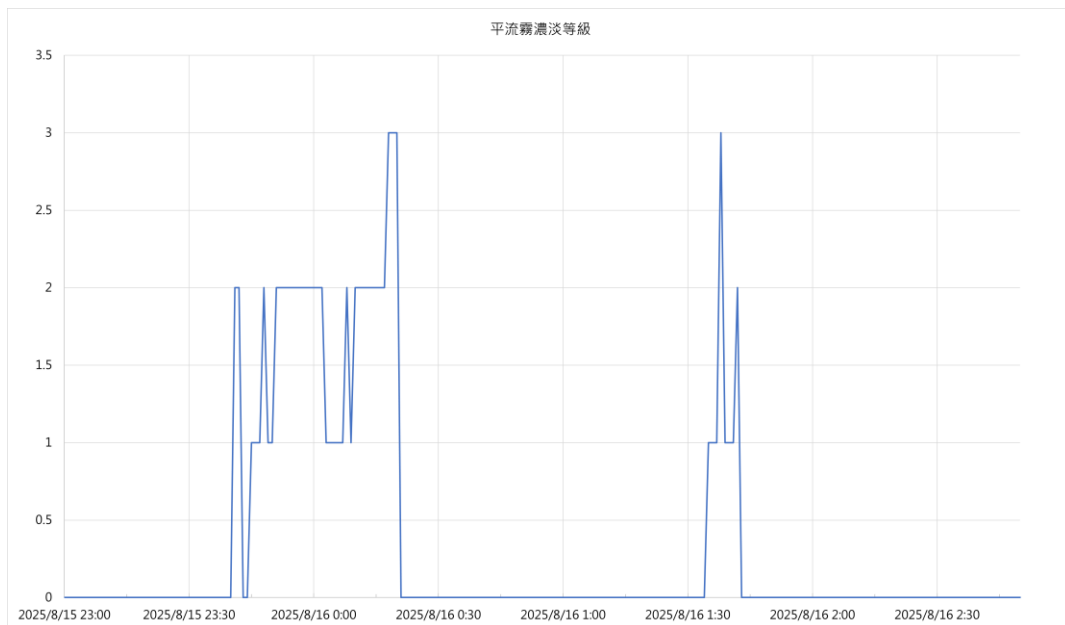


圖 5- 48、平流霧產生濃度時序圖

資料來源：本研究整理

異物遮擋光路：測試期間發生 60 秒內等級之斷線二次，時間分別於 2025/9/7 19:43、2025/9/15 14:41，參考天候參數與設備狀態，應為海鳥或其他遮蔽物造成。

(4) 傳輸層測試狀況

本研究於 FSO 傳輸層測試期間，觀察到特定時段發生多起鏈路切換事件 (LSP switching)，其特徵為訊號強度出現短時間內劇烈波動，但並未伴隨霧、降雨或遮蔽等典型衰減因素，此類現象常出現在每日 10:00-14:00 時段，與海上鹽霧與海陸熱差共同作用，造成光束路徑不穩定。經判定此類事件主要由熱閃爍與大氣湍流造成，主要影響為光束飄移與光強度閃爍現象，屬於非氣象災害型干擾，對於傳輸影響可參考圖 5-49，而這類干擾並未實際影響傳輸鏈路，僅造成 PTN 設備負擔具有短時間切換之狀況，而誤切換之狀態可透過 L2 Switch 作為緩衝或者優化 PTN 邏輯判斷參數進行優化。

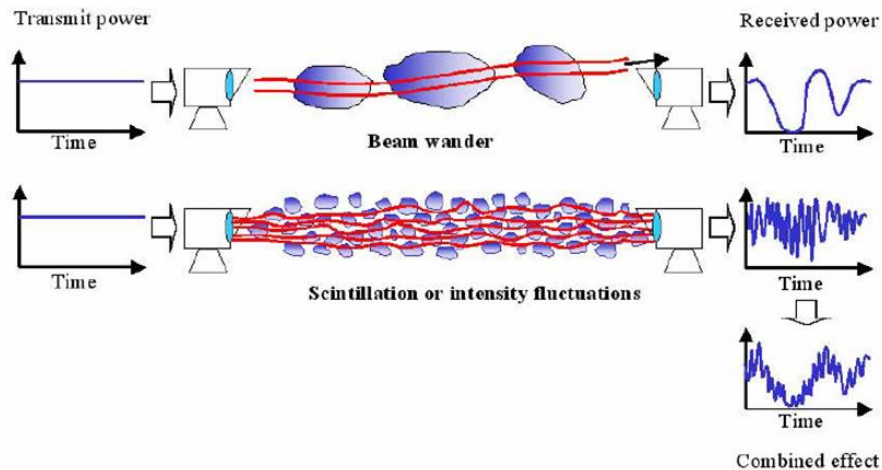


圖 5-49、大氣湍流、熱閃爍產生現象

資料來源：Optics express, vol. 14, no. 12, pp. 4958-4968, 2006³⁴⁰

³⁴⁰ K. Kazaura, K. Omae, T. Suzuki, M. Matsumoto, E. Mutafungwa, T. O. Korhonen, T. Murakami, K. Takahashi, H. Matsumoto, K. Wakamori, and Y. Arimoto, "Enhancing

熱閃爍與湍流判斷依據為 FSO 訊號強度出現頻繁波動，但無持續性衰減或斷訊，代表光束受折射率微結構擾動影響，設備端光軸對焦參數頻繁調整，對焦狀態時序如圖 5-50，顯示目標偏移或光路不穩定，非物理遮蔽所致，當時風速 $> 5 \text{ m/s}$ 且風向變化頻繁，符合湍流形成條件，且若海溫高於氣溫 $> 2^\circ\text{C}$ ，日照強烈（中午時段），代表地表熱對流活躍，折射率梯度劇烈，無霧、無雨、能見度穩定，排除典型氣象衰減因素，LSP 切換頻率異常升高，但設備物理層無錯誤回報，判定為誤切換。

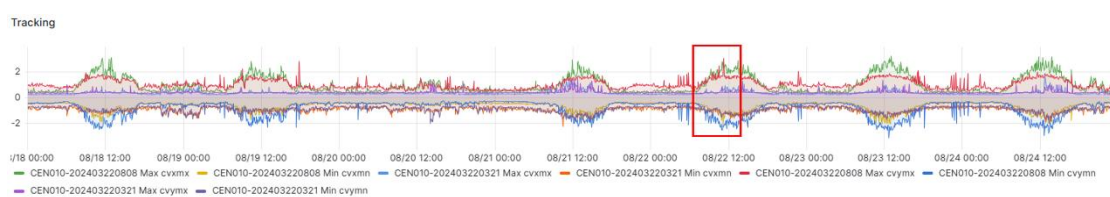


圖 5-50、FSO 設備光軸對焦時序圖

資料來源：本研究整理

由於 SFP+ 檢測以訊號強度波動為切換依據，當 FSO 傳輸受熱閃爍影響，光功率在毫秒級時間內波動，若波動頻繁，可能被誤判為模組故障或光路遮蔽故在熱閃爍條件下易誤判為鏈路衰退，又因 SFP+ 回報機制通常以數十毫秒為單位，無法即時反映毫秒級波動，造成上層誤判進而觸發不必要之切換程序；在資料鏈結層（Layer 2），FSO 傳輸的光訊號波動可能導致封包位元錯誤，進而觸發循環冗餘檢測碼（Cyclic Redundancy Check, CRC）檢查失敗，折射率擾動導致光束偏移或散射，BFD 設定為 100 ms，錯誤累積三次則 PTN 判定鏈路品質下降觸發 LSP 切換，影響整體邏輯鏈路穩定性。

綜合上述反應，推定為熱閃爍與湍流造成的瞬斷物理現象，

performance of next generation FSO communication systems using soft computing based predictions," Optics express, vol. 14, no. 12, pp. 4958-4968, 2006.

雖不構成實質鏈路中斷，卻會觸發誤切換干擾判斷邏輯。

(5) 整體測試結果

實際測試目前使用設備於接收功率低於-25 dBm 傳輸告警，約-27 dBm 時即傳輸不穩定斷線，鏈路可靠度在正常天候下可達99.999%，颱風與平流霧特殊天候狀態下可靠度顯著下降，適合作為與微波/光纖互為主備援的鏈路，建議未來可強化設備減震與光軸校準之演算法，相關 LSP 切換邏輯可聯動氣象資料（風速、能見度）建立「環境條件-斷線切換」模型。

在晴朗天候下，FSO 跨海鏈路可穩定提供 10 Gbps 高速傳輸，延遲低於傳統微波鏈路，適合作為高容量回傳方案。然而，在低能見度或強風降雨條件下，鏈路品質會下降，需搭配自動功率控制、混合 RF/FSO 備援機制，以確保服務連續性。

本次 1.93 公里跨海 FSO 鏈路實驗，驗證我國特殊地理環境（島嶼、港口、離岸設施）下的應用潛力，另外 FSO 不依賴傳統無線電頻譜，可作為行動網路回傳與微波鏈路的補充及備援方案。

氣候敏感性上需建立氣候條件下的性能模型，可作為未來設備性能增強與規劃鏈路切換邏輯上之依據。

FSO 建構混合網路架構建議與微波、毫米波或衛星鏈路形成異質備援架構，以提升整體網路韌性。

3. 額外分析討論

根據文獻³⁴¹可以得知波長選擇對於 FSO 傳輸抵抗環境之衰減

³⁴¹ S. Nagpal and A. Gupta, “Comparative analysis of Free Space Optical Communication System for various optical transmission windows under adverse weather conditions,” *Procedia Computer Science*, vol. 89, pp. 99–106, 2016

影響甚鉅，受惠於 1550 nm 在標準單模光纖中損耗僅 ≈ 0.2 dB/公里，是三個主要低水氣吸收大氣窗口波長（850/1310/1550 nm）中最低的，參考圖 5-51，於不同衰減下仍有足夠的品質因子，在 20 dB/公里衰減下仍有足夠之眼高如圖 5-52，要有效抵抗大氣衰減並延伸中／長距離鏈路，1,550 nm 波段是唯一能搭配摻鉕光纖低雜訊高增益放大器（Erbium Doped Fiber Amplifier, EDFA）成熟技術的選擇，文獻中實驗量測之不同衰減下之 BER 可參考表 5-14，於總衰減 40 dB 狀況實測下比一般企業網路評估標準 $BER < 10^{-9}$ 及骨幹網路或資料中心之標準 $BER < 10^{-12}$ 更佳，另外依據 CNS/IEC 60825-1 雷射安全規範，波長約 1,550 nm 屬於眼睛相對安全的紅外波段，但連續照射時，入瞳孔最大許可功率約落在 200 mW（23 dBm）上下，商用 EDFA，輸出增益於 20-25 dBm 區間達到飽和，再往上推就會引發非線性現象，反而拉低實際增益效率。

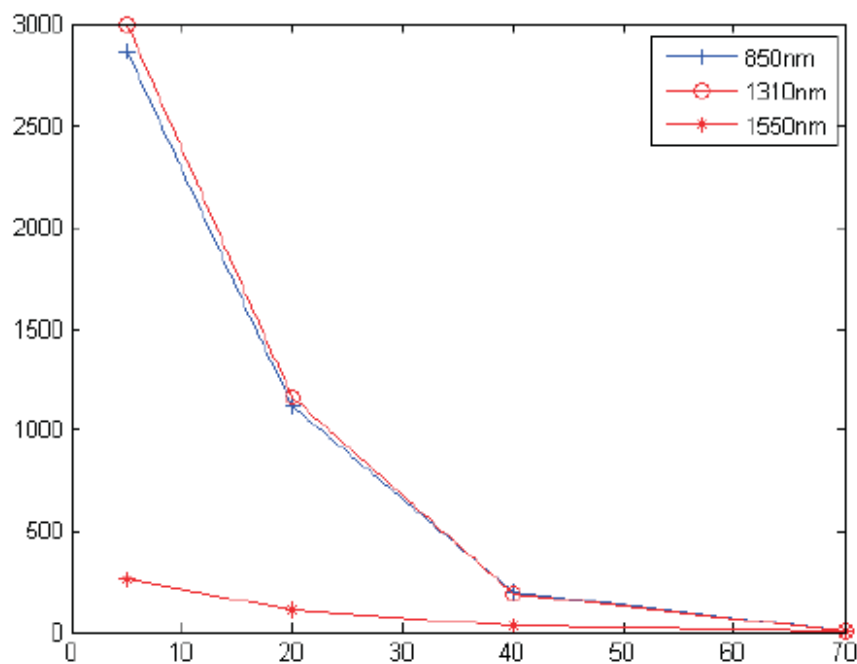


圖 5-51、不同波長雷射光對應傳輸衰減下之品質因子

資料來源：參考文獻³⁴⁷

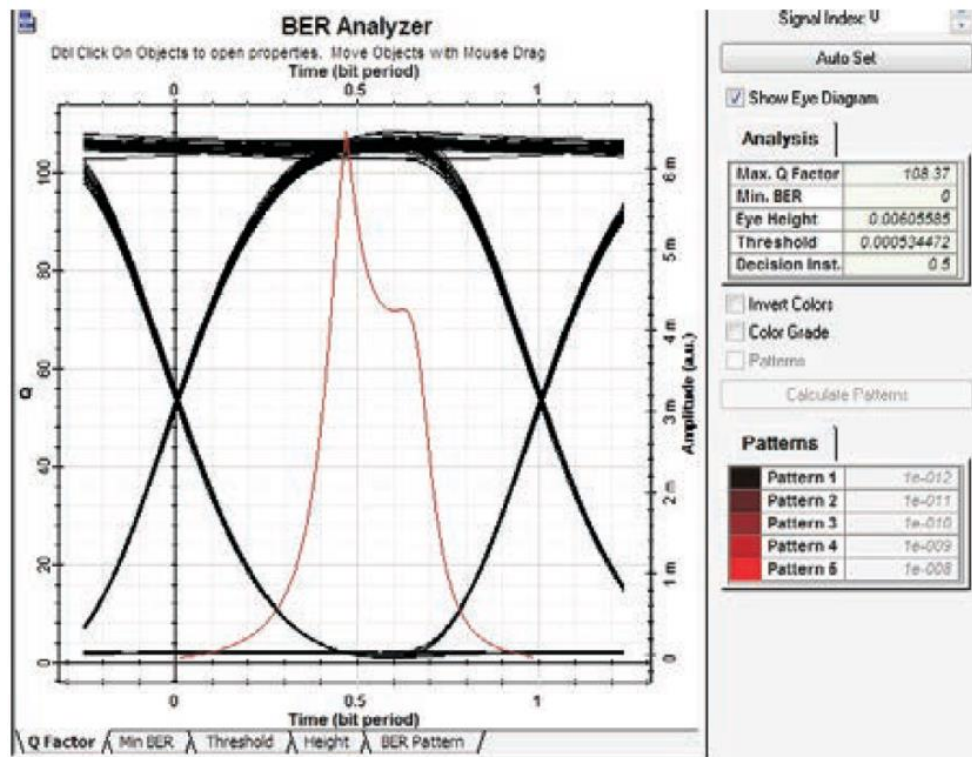


圖 5- 52、1550nm 光波長於 20 dB/公里衰減下的眼圖

資料來源：參考文獻³⁴⁷

表 5- 14、不同波長對應傳輸衰減之 BER

Attenuation(dB/km)	850 nm	1310 nm	1550 nm
5	0	0	0
20	0	0	0
40	0	0	9.17421e-202
70	2.13586e-016	8.66465e-016	0.00153508

資料來源：參考文獻³⁴⁷

另外干擾防止上亦受惠於 1,550 nm 波長之使用，太陽光於此波長之能量較低，如圖 5- 53 太陽光譜中 1,550 nm 背景輻射低，太陽光在可見光（400-700 nm）及近紅外（700-1000 nm）的輻射最強，1,550 nm，太陽光譜輻射能量已衰減超過一倍以上，背景光功率本身就遠低於系統信號強度。另外光通信系統都會配置干涉濾光片，降低太陽散射與大氣輻射雜訊；若再搭配接收光學系統的小視場角（FOV $\leq 100 \mu\text{rad}$ ），可排除絕大多數散射光，只留直線傳輸的雷射光束，因此本次測試東西向鏈路且處於日出日落升

降角度範圍內之結果仍無受太陽升降影響之情況。

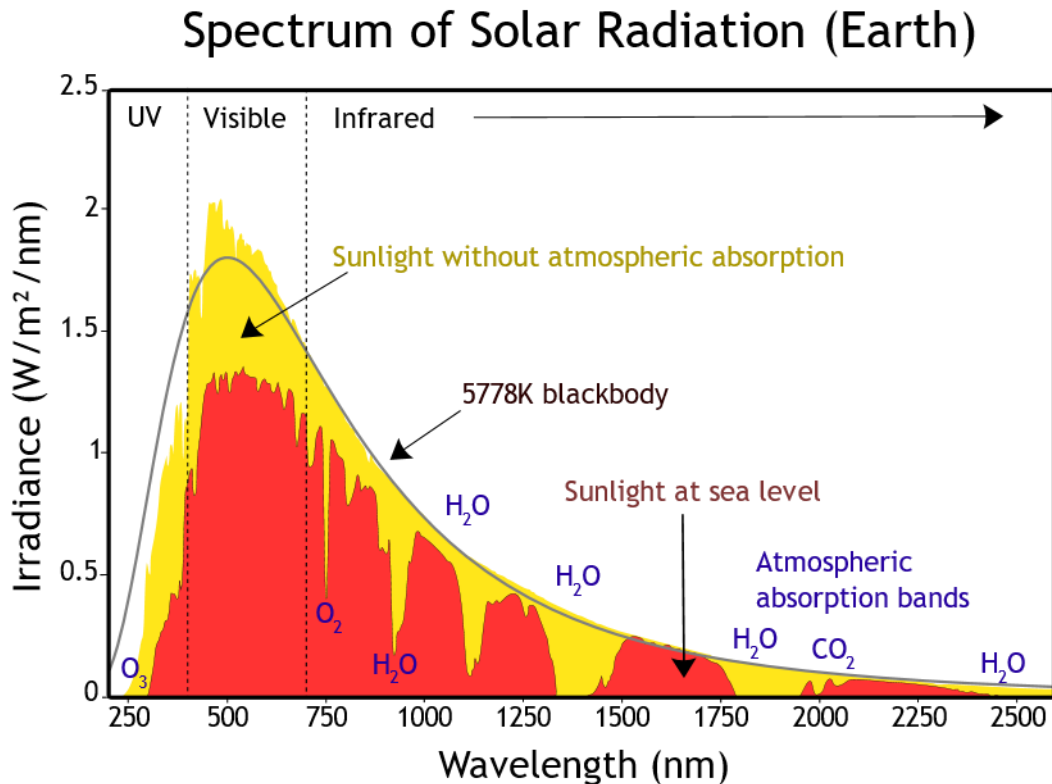


圖 5- 53、太陽光輻射能量頻譜圖

資料來源：Wikipedia³⁴²

我國雨量分級表為災害預防使用，其定義不適合 FSO 環境監測雨量判斷定義，故參考 ITU-R P.1817-1343、WMO Manual on Codes 4680、4687，如

表 5- 15，其中 WMO 4680 表中對於雨量之表示方式除了現象以外還增加了強度說明，對於降雨之描述較為精細，再對照 ITU-R P.1817-1 提供之能見度參考衰減，約 2 公里鏈路長度，依據接收靈敏度之分析，目前設備性能於本測試距離能見度為 2,000 公尺時衰減 14 dB 就可能因為光衰而造成傳輸中斷。

³⁴² R. A. Rohde, "Solar Spectrum," Wikipedia, Wikimedia Foundation, Aug. 25, 2007

³⁴³ ITU-R P.1817-1 Propagation data required for the design of terrestrial free-space optical links

表 5-15、國際標準雨量及能見度對照表

ITU-R P.1817	WMO 4680 中 文描述 (代碼)	ITU-R P.1817 雨量值 (mm/hr)	WMO 4687 雨量 值 (mm/hr)	能見度(m)	衰減 (dB/km)
Drizzle 毛毛雨	毛毛雨， 非凍結， 輕 (51)	0.25	0.10-0.19	18,100	0.6
	毛毛雨， 非凍結， 中 (52)	0.25	0.20-0.39	18,100	0.6
	毛毛雨， 非凍結， 強 (53)	0.25	0.40-0.79	18,100	0.6
Light rain 輕雨	雨，非凍 結，輕 (61) / 陣 雨輕 (81)	2.5	1.0-1.9	5,900	2
Average rain 中等 雨	雨，非凍 結，中 (62) / 陣 雨中 (82)	12.5	2.0-3.9	2,800	4.6
Strong rain 強降 雨	雨，非凍 結，強 (63) / 陣 雨強 (83)	25	4.0-7.9	1,900	6.9
Storm 暴 雨	陣雨，劇 烈 (84)	100	8.0-15.9	770	18.3

資料來源：本研究整理

輻射霧 (Radiation Fog) 現象是由地表輻射冷卻所引發的近地層霧氣，屬於典型的凌晨至日出前霧層，其形成機制主要來自於日落後地表失去太陽輻射加熱，開始向大氣中釋放長波輻射，導致地表溫度下降，當地表附近空氣冷卻至露點溫度，加上風速極

低或靜風 (<1.5 m/s)，有利冷卻與霧層穩定空氣中的水氣即凝結成微小水滴，而澎湖地區屬於典型海島型氣候，受海洋調節影響，晝夜溫差相對較小，但在秋冬季節（10月至翌年2月）乾冷空氣南下時，仍可能出現輻射霧現象。

三、7 GHz 微波實證場域測試

(一) 替代鏈路場域規劃方向

7 GHz 微波因其使用頻段和 6 GHz 相近且訊號傳播特性差異小，因此可當作 6 GHz 微波移頻的候選頻段，本研究 and 國內電信業者合作，使用電信業者已運行的 7GHz 微波站臺進行測試驗證。

(二) 傳輸驗證架構與方式

此次與中華電信合作，規劃使用 3 條 6 GHz 和 3 條 7 GHz 的微波鏈路相關運行資料做分析，例如接收信號強度 (Received Signal Level, RSL)、位元錯誤率 (Bit Error Rate, BER)、訊號雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio, SNR)、均方誤差 (Mean Squared Error, MSE) 等微波運行數據，將 6 GHz 和 7 GHz 微波運行資料互相對照，以瞭解 7 GHz 微波替代 6 GHz 微波的可行性，測試的微波站點如表 5-16 所示，地理位置如圖 5-54 所示。

表 5-16、6 GHz/7 GHz 頻段微波鏈路站點

名稱	微波鏈路	距離
6 GHz/7 GHz 微波鏈路系統	金門太武山-臺中鞍馬山	264 公里
	東引二重山-北竿壁山	53 公里
	南竿牛背嶺-東莒頂山	23 公里

資料來源：本研究整理

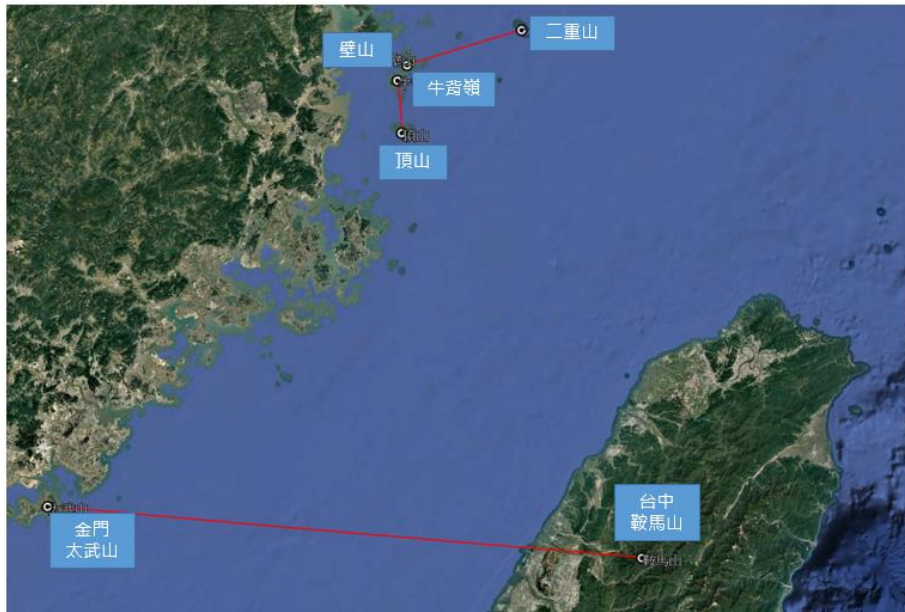


圖 5-54、電信業者提供的 3 條 6 GHz/7 GHz 微波地理位置圖
資料來源：本研究整理

(三) 實測結果分析

1. 金門太武山-臺中鞍馬山微波鏈路

此鏈路為距離 264 公里的跨海鏈路，使用了空間分集和頻率分集的技術來提高可靠度，如圖 5-55 所示，此鏈路的 U6 和 L7 頻段微波頻段使用規格如表 5-17 所示。

表 5-17、臺金微波頻段頻譜規格

頻段	頻段使用總頻寬 (MHz)	Go 頻道數	Return 頻道數	頻道頻寬 (MHz)
U6	6440 ~ 7100	8	8	40
L7	7138.5 ~ 7579.5	8	8	28

資料來源：本研究整理

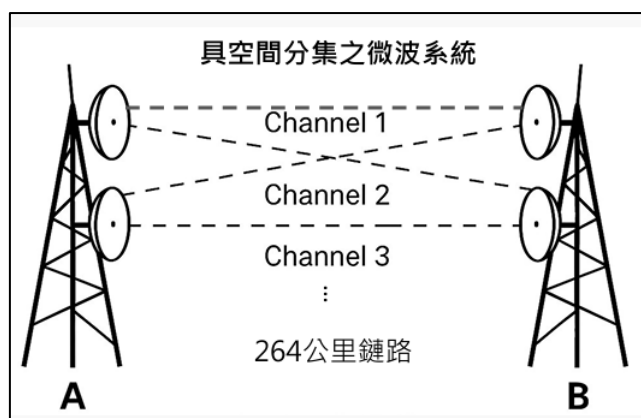


圖 5-55、微波空間分集和頻率分級示意圖

資料來源：本研究整理

統計太武山和鞍馬山微波站 7 月 1 日到 8 月 31 日接收到的 SNR 和接收強度數據，太武山的 U6 和 L7 頻段數據如表 5-18 和表 5-19 所示，鞍馬山的 U6 和 L7 頻段數據如表 5-20 和表 5-21 所示。

表 5-18、太武山 U6 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日主天線 SNR 和接收強度數據

頻道	SNR 最大值	SNR 最小值	SNR 平均值	SNR 標準差	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)	接收強度標準差
1	41.3	5.8	31.7	4.5	-34	-89	-55.8	7.4
2	41.2	-2.7	31.1	4.7	-34	-89	-56.1	6.9
3	39.3	5.4	28.7	4.9	-33	-89	-55.2	6.9
4	41.7	5.7	31.5	4.6	-34	-89	-55.5	7
5	40.8	5.7	31.5	4.4	-33	-89	-55.2	6.9
6	40.9	5.7	31.5	4.7	-35	-89	-56.1	6.9
7	41.4	5.7	31	5	-34	-89	-55.7	7.2
8	41.1	5.8	32	4.8	-34	-89	-55.9	7.4

資料來源：本研究整理

表 5-19、太武山 L7 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日主天線 SNR 和接收強度數據

頻道	SNR 最大值	SNR 最小值	SNR 平均值	SNR 標準差	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)	接收強度標準差
1	34.7	7.8	29.4	3.7	-35	-89	-57.1	7.2
2	34.7	6.6	29.2	3.6	-35	-89	-57.3	7.0
3	36.4	8.3	29.1	3.4	-34	-89	-56.6	7.0
4	34.7	8.3	29.7	3.9	-36	-89	-57.3	7.1

頻道	SNR 最大值	SNR 最小值	SNR 平均值	SNR 標準差	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)	接收強度標準差
5	34	2.4	29.1	3.7	-32	-89	-53.5	7.2
6	32.9	8.3	29.4	3.0	-33	-89	-55.1	6.7
7	35.8	8.3	28.8	3.4	-26	-89	-48.8	7.8
8	37.6	8.4	31.1	4.4	-31	-89	-53.5	7.0

資料來源：本研究整理

表 5-20、鞍馬山 U6 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日主天線 SNR 和接收強度數據

頻道	SNR 最大值	SNR 最小值	SNR 平均值	SNR 標準差	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)	接收強度標準差
1	42.6	2.8	29.1	5	-33	-89	-56.0	7.1
2	38.6	0	27.3	4.8	-34	-89	-56.6	6.6
3	38.1	-2.9	27.2	4.6	-36	-89	-57.0	6.8
4	39.7	5.5	29.4	5.0	-34	-89	-56.0	7.0
5	40.7	5.6	29.2	4.3	-34	-89	-56.5	7.0
6	40.5	0	29.2	5.1	-34	-89	-56.0	7.0
7	40.2	5.4	29.3	5.1	-34	-89	-55.9	7.0
8	39.9	5.7	28.9	4.9	-35	-89	-56.1	6.9

資料來源：本研究整理

表 5-21、鞍馬山 L7 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日主天線 SNR 和接收強度數據

頻道	SNR 最大值	SNR 最小值	SNR 平均值	SNR 標準差	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)	接收強度標準差
1	33	-2.0	29.0	3.6	-35	-89	-57.7	7.2
2	34.2	8.3	29.5	3.7	-34	-89	-56.9	7.1
3	32.8	8.3	28.8	3.4	-37	-89	-58.0	7.1
4	32.4	8.3	28.5	3.3	-34	-89	-57.7	7.3
5	29.1	8.5	26.6	2.5	-34	-89	-56.3	7.0
6	33.3	8.4	28.8	3.3	-34	-89	-56.3	7.1
7	34.0	8.2	30.0	3.3	-33	-89	-55.7	7.3
8	35.0	8.5	30.0	3.9	-34	-89	-56.5	7.2

資料來源：本研究整理

太武山的 U6 和 L7 頻段微波 SNR 時序圖如圖 5-56 和圖 5-57 所示，太武山的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5-58 所示，鞍馬山的 U6 和 L7 頻段微波 SNR 時序圖如圖 5-59 和圖 5-60

所示，鞍馬山的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5- 61 所示。7 月到 8 月期間歷經 3 個颱風警報，7 月 5 日到 7 月 7 日是丹娜絲颱風，7 月 18 日到 7 月 19 日是薇帕颱風，8 月 12 日到 8 月 14 日是楊柳颱風，三個颱風的路徑如圖 5- 62 所示。

分析 SNR 時序圖，U6 和 L7 頻段微波的趨勢差不多，兩種頻段微波在丹娜絲颱風警報之後的數日內都有明顯的劣化現象，推論是後續帶來的雨量所導致。

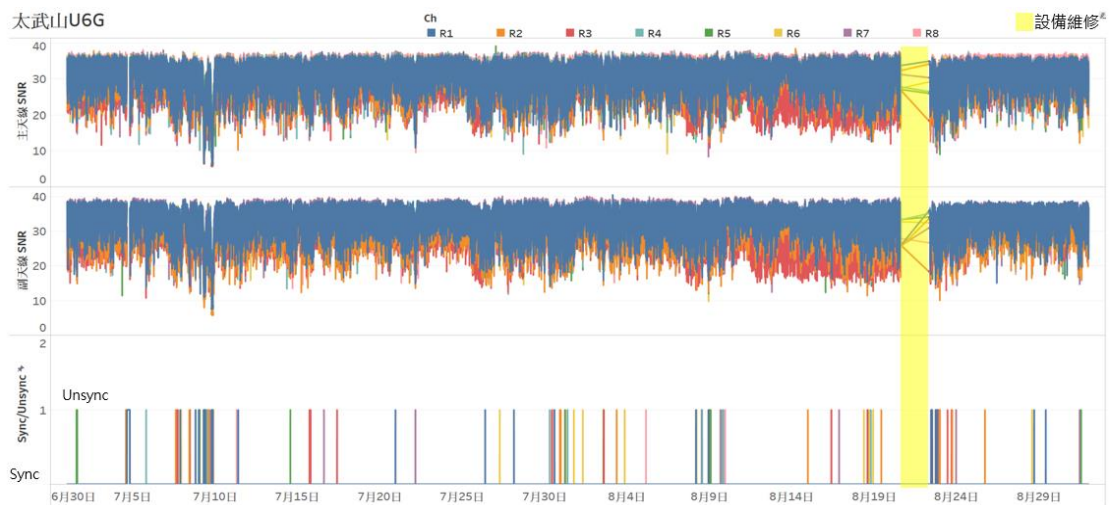


圖 5- 56、太武山 U6 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日 SNR 時序圖
資料來源：本研究整理



圖 5- 57、太武山 L7 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日 SNR 時序圖
資料來源：本研究整理

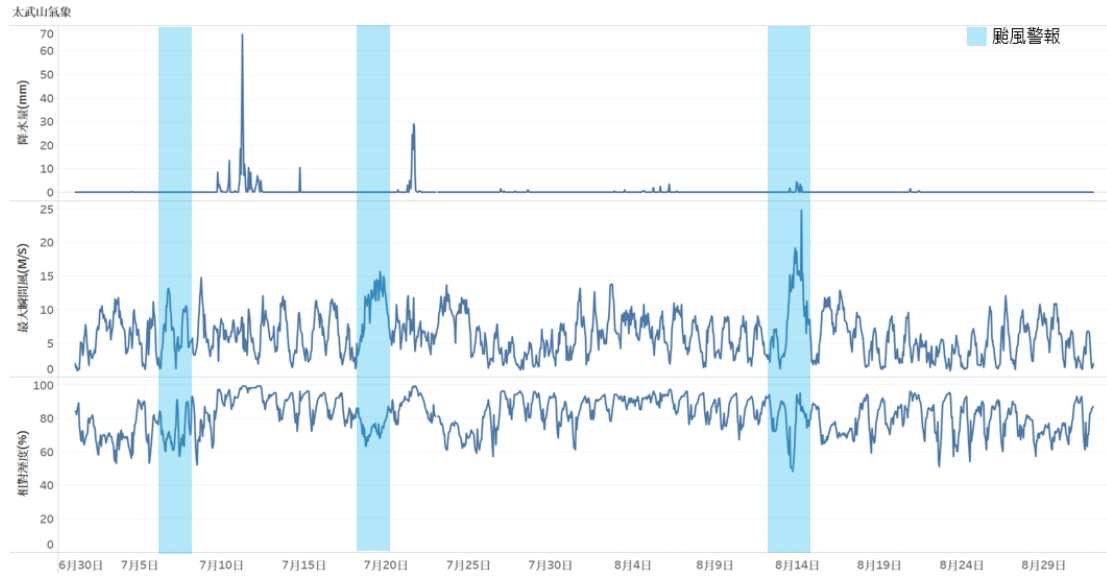


圖 5-58、太武山 7 月 1 日到 8 月 31 日天氣時序圖

資料來源：本研究整理,CODis 氣候觀測資料

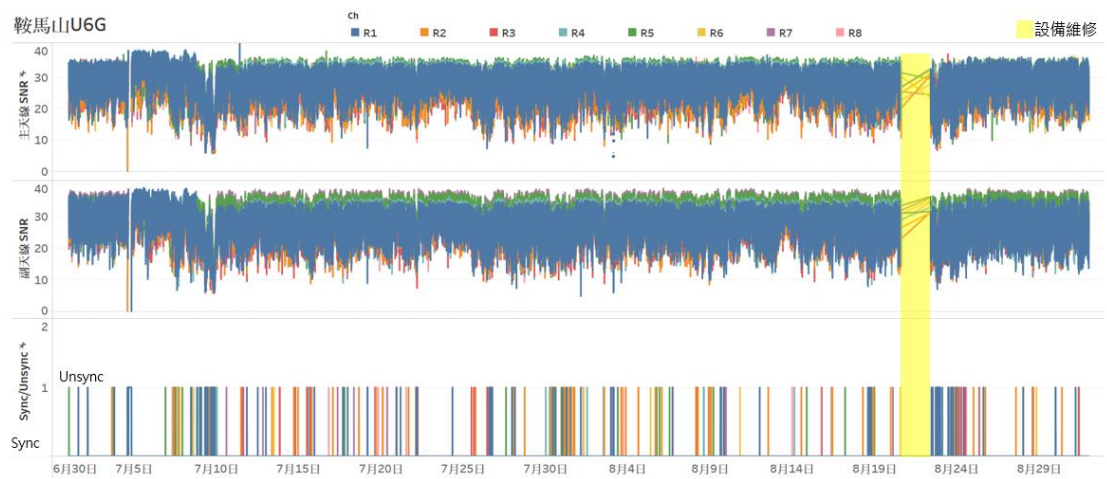


圖 5-59、鞍馬山 U6 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日 SNR 時序圖

資料來源：本研究整理



圖 5- 60、鞍馬山 L6 頻段微波 7 月 1 日到 8 月 31 日 SNR 時序圖
 資料來源：本研究整理

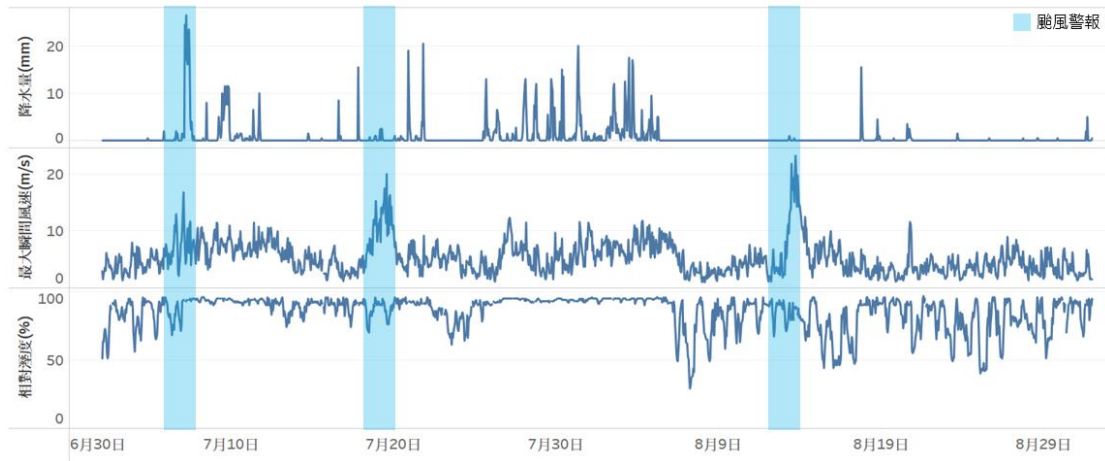


圖 5- 61、鞍馬山 7 月 1 日到 8 月 31 日天氣時序圖
 資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

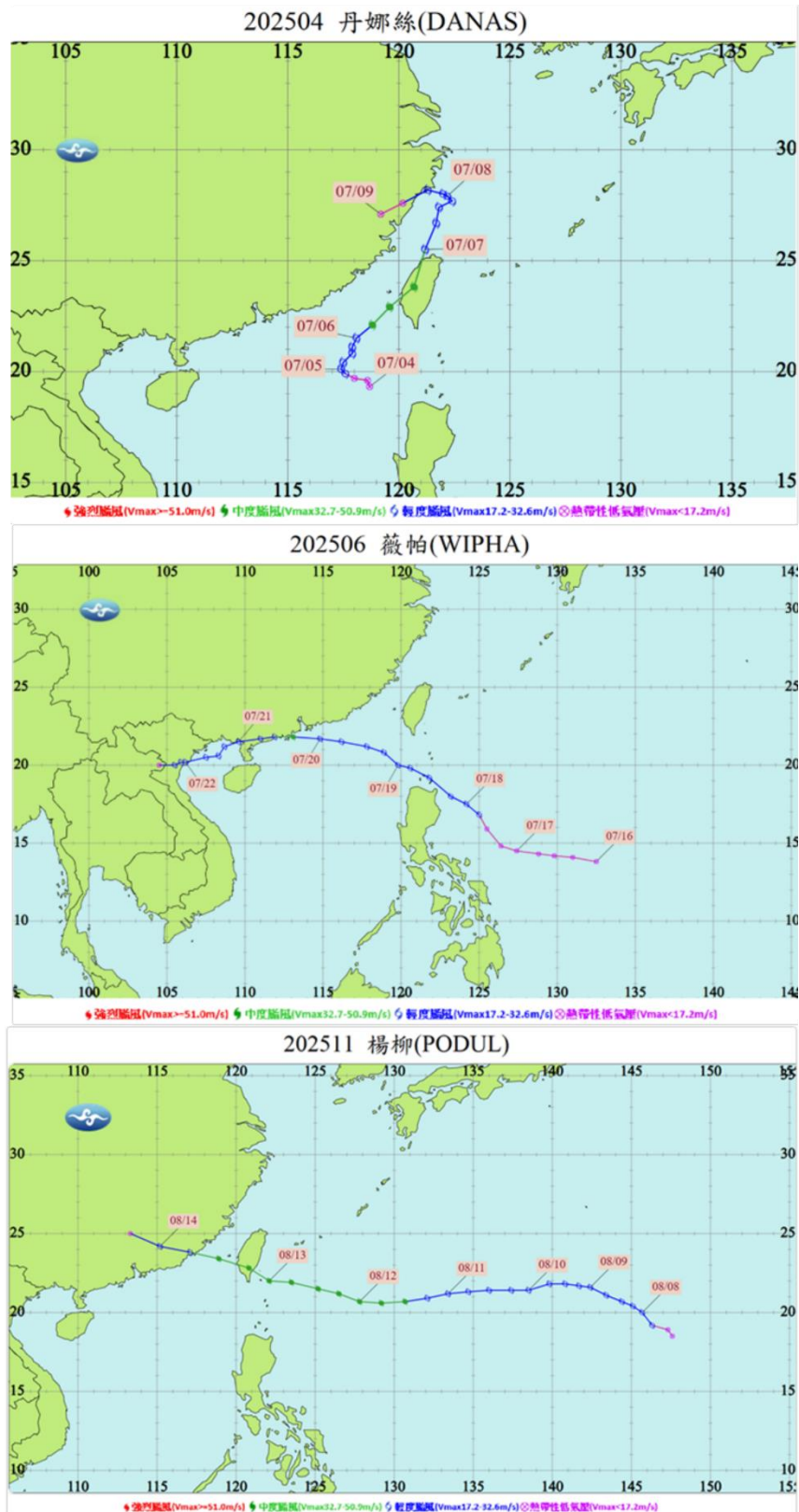


圖 5- 62、114 年 7 月~8 月颱風路徑圖

資料來源：颱風資料庫，本研究整理

8 個頻道各自使用空間分集來提高可靠度，在計算可靠度時只要主天線或副天線其中一路有連線，系統會判定連線，可靠度計算公式如下：

$$\frac{\text{總量測次數} - \text{Unsync 次數}}{\text{總量測次數}}$$

分析太武山和鞍馬山 U6 和 L7 頻段每一個頻道的可靠度如表 5-22 和表 5-23 所示。

表 5-22、太武山微波可靠度

頻道	U6 頻段微波可靠度(%)	L7 頻段微波可靠度(%)
1	99.552	99.449
2	99.521	99.449
3	99.530	99.450
4	99.521	99.424
5	99.582	99.523
6	99.555	99.547
7	99.556	99.525
8	99.558	99.497

資料來源：本研究整理

表 5-23、鞍馬山微波可靠度

頻道	U6 頻段微波可靠度(%)	L7 頻段微波可靠度(%)
1	99.414	99.350
2	99.426	99.336
3	99.441	99.309
4	99.454	99.312
5	99.459	99.374
6	99.448	99.376
7	99.453	99.380
8	99.450	99.365

資料來源：本研究整理

2. 東引二重山-北竿壁山微波鏈路

此鏈路為距離 53 公里的跨海鏈路，使用了空間分集和頻率分集的技術來提高可靠度，在同一個頻道中也使用了水平極化和垂直極化來提高頻率的使用率和頻道數，此鏈路為 7GHz 頻段微波，頻段使用規格如表 5-24 所示。

表 5-24、東引-北竿微波頻段頻譜規格

頻段	頻段使用總頻寬 (MHz)	Go 頻道數	Return 頻道數	頻道頻寬 (MHz)
L7	7150 ~ 7694	4(含 V/H 極化)	4(含 V/H 極化)	112

資料來源：本研究整理

因為是新建的微波鏈路，二重山從 9 月 1 日才開始有傳輸特性的數據，壁山則從 9 月 15 日才開始有數據，此條鏈路沒有提供 SNR 指標，因此改用 MSE，這項參數是把 RF 訊號解調後由後端的基頻系統計算得出，MSE 值是負數，愈小代表訊號品質愈好，統計這段期間接收到的 MSE 和接收強度數據，二重山的數據如表 5-25 所示，壁山的數據如表 5-26 所示。

表 5-25、二重山 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日微波 MSE 和接收強度數據

頻道	MSE 最大值	MSE 最小值	MSE 平均值	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)
1	0	-41.81	-39.17	-26	-71	-36.78
2	0	-41.56	-39.22	-26	-73	-36.56
3	0	-40.51	-36.54	-26	-68	-36.91
4	0	-40.76	-35.85	-26	-66	-37.75

資料來源：本研究整理

表 5-26、壁山 L7 頻段微波 9 月 15 日到 9 月 30 日微波 MSE 和接收強度數據

頻道	MSE 最大值	MSE 最小值	MSE 平均值	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)
1	0	-41.48	-40.12	-26	-70	-38.16
2	0	-41.85	-40.54	-26	-65	-36.76
3	0	-41.68	-40.22	-26	-73	-38.86
4	0	-41.98	-41.88	-26	-66	-34.75

資料來源：本研究整理

二重山的 L7 頻段微波 MSE 和接收強度時序圖如圖 5-63 所示，二重山的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5-64 所示，壁山 L7 頻段微波 MSE 和接收強度時序圖如圖 5-65 所示，壁山的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5-66 所示。9 月 21 日到 9 月 23 日有樺加沙颱風警報，颱風的路徑如圖 5-67 所示，颱風經

過我國的南邊海域，對馬祖海域沒有直接影響。

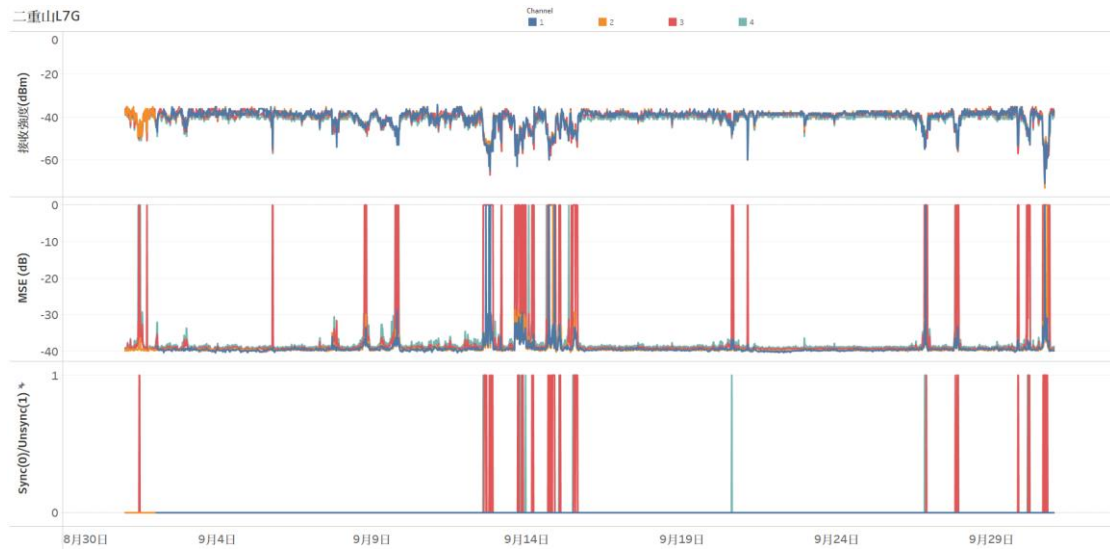


圖 5- 63、二重山 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日 MSE 和接收強度時序圖

資料來源：本研究整理

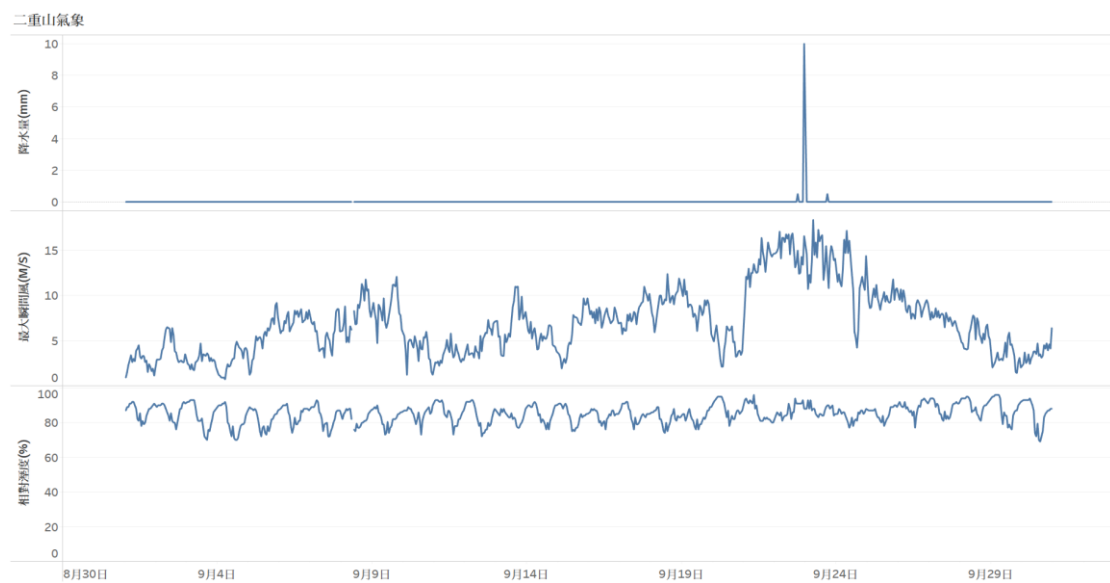


圖 5- 64、二重山 9 月 1 日到 9 月 30 日天氣時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

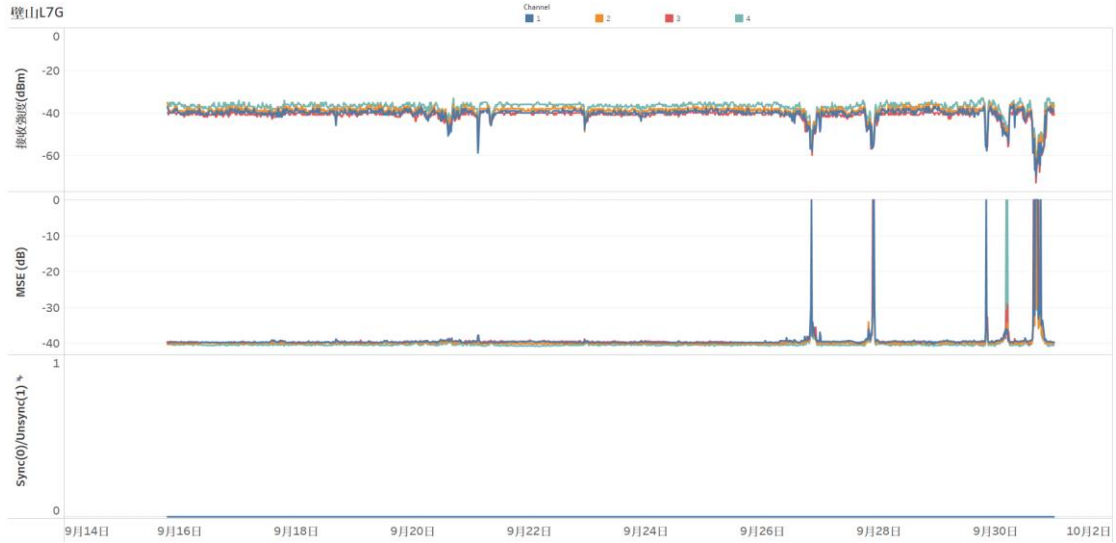


圖 5- 65、壁山 L7 頻段微波 9 月 15 日到 9 月 30 日 MSE 和接收強度時序圖

資料來源：本研究整理

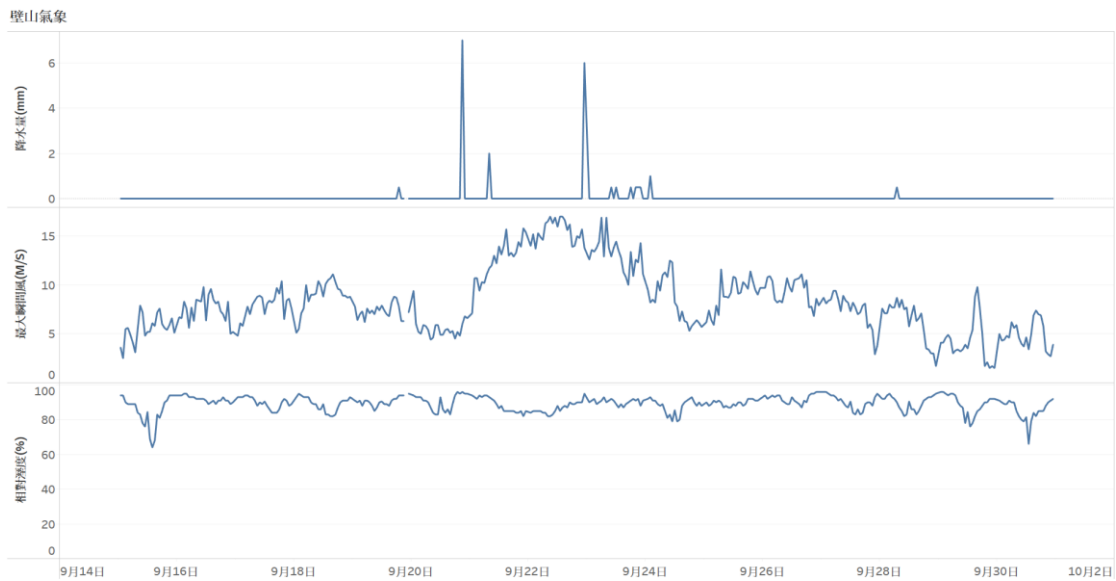


圖 5- 66、壁山 9 月 15 日到 9 月 30 日天氣時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

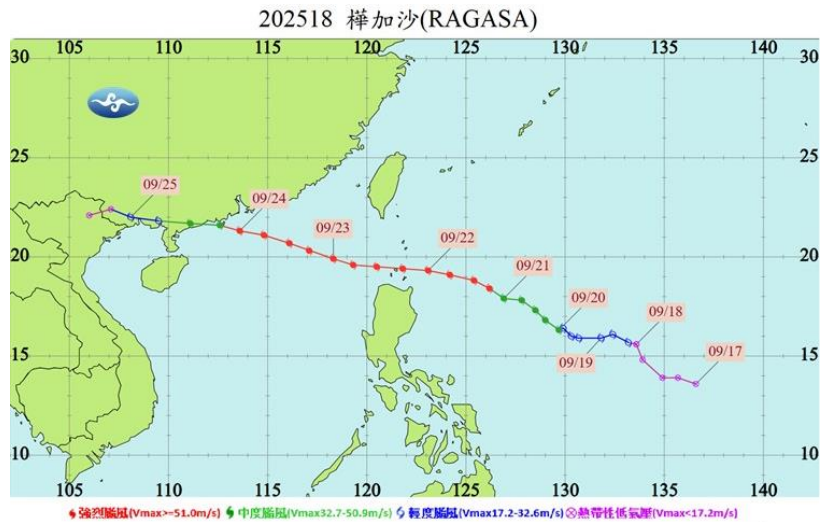


圖 5-67、樺加沙颱風路徑圖

資料來源：颱風資料庫，本研究整理

4 個頻道各自的可靠度計算公式如下：

$$\frac{\text{總測試時間} - \text{斷線時間}}{\text{總測試時間}}$$

分析二重山和壁山 L7 頻段每一個頻道的可靠度如表 5-27 和表 5-28 所示。

表 5-27、二重山微波可靠度

頻道	微波可靠度(%)
1	100
2	100
3	99.75
4	99.64

資料來源：本研究整理

表 5-28、壁山微波可靠度

頻道	微波可靠度(%)
1	100
2	100
3	100
4	100

資料來源：本研究整理

3. 南竿牛背嶺-東莒頂山微波鏈路

此鏈路為距離 23 公里的跨海鏈路，使用了頻率分集的技術來提高可靠度，在同一個頻道中也使用了水平極化和垂直極化來提高頻率的使用率和頻道數，此鏈路為 7 GHz 頻段微波，頻段使用規格如表 5-29 所示。

表 5-29、南竿牛背嶺-東莒頂山微波頻段頻譜規格

頻段	頻段使用總頻寬 (MHz)	Go 頻道數	Return 頻道數	頻道頻寬 (MHz)
L7	7150 ~ 7694	4(含 V/H 極化)	4(含 V/H 極化)	112

資料來源：本研究整理

因為是新建的微波鏈路，從 9 月 1 日才開始有傳輸特性的數據，此條鏈路沒有提供 SNR 指標，因此改用 MSE，這項參數是把 RF 訊號解調後由後端的基頻系統計算得出，MSE 值是負數，愈小代表訊號品質愈好，統計這段期間接收到的 MSE 和接收強度數據，牛背嶺的接收數據如表 5-30 所示，頂山的接收數據如表 5-31 所示。

表 5-30、牛背嶺 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日微波 MSE 和接收強度數據

頻道	MSE 最大值	MSE 最小值	MSE 平均值	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)
1	0	-41.5	-39.58	-26	-73	-37.77
2	0	-41.55	-40.21	-26	-77	-37.32
3	0	-41.50	-40.29	-26	-91	-38.65
4	0	-41.81	-40.36	-26	-90	-36.61

資料來源：本研究整理

表 5-31、頂山 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日微波 MSE 和接收強度數據

頻道	MSE 最大值	MSE 最小值	MSE 平均值	接收強度最大值 (dBm)	接收強度最小值 (dBm)	接收強度平均值 (dBm)
1	0	-42.01	-40.80	-30	-96	-39.04
2	0	-41.61	-40.32	-28	-94	-36.88
3	0	-40.96	-39.93	-26	-91	-37.65
4	0	-42.02	-40.51	-26	-92	-37.32

資料來源：本研究整理

牛背嶺的 L7 頻段微波 MSE 和接收強度時序圖如圖 5-68 所

示，牛背嶺的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5-69 所示，頂山 L7 頻段微波 MSE 和接收強度時序圖如圖 5-70 所示，頂山的雨量、最大風速和相對溼度資訊時序如圖 5-71 所示。

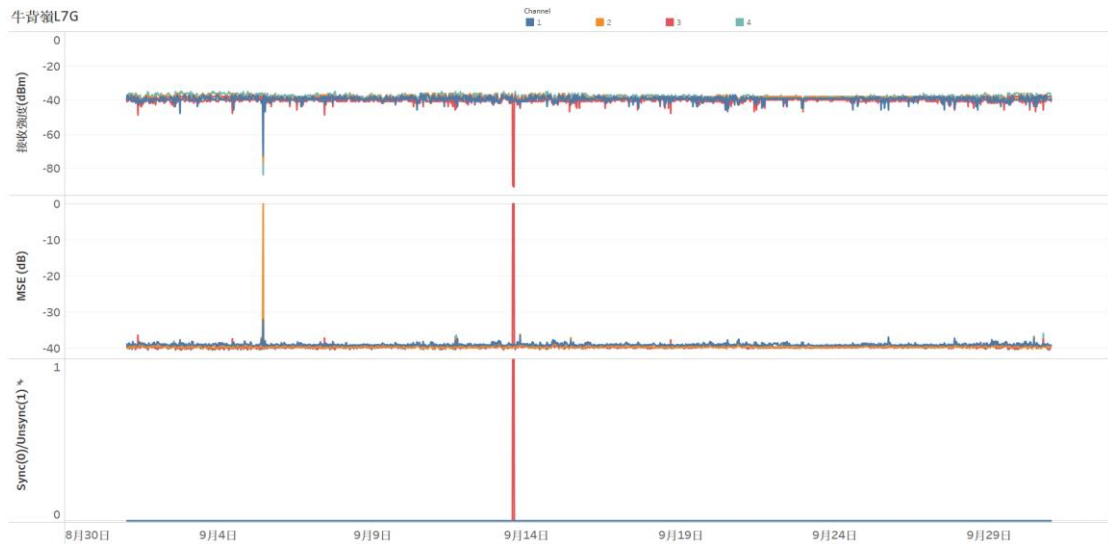


圖 5-68、牛背嶺 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日 MSE 和接收強度時序圖

資料來源：本研究整理



圖 5-69、牛背嶺 9 月 1 日到 9 月 30 日天氣時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

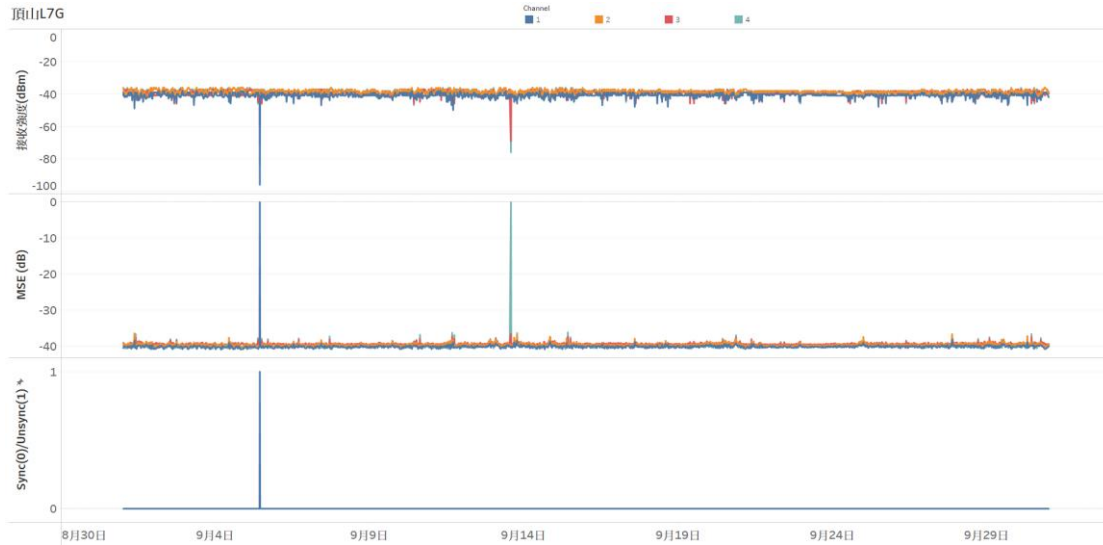


圖 5-70、頂山 L7 頻段微波 9 月 1 日到 9 月 30 日 MSE 和接收強度
 時序圖

資料來源：本研究整理

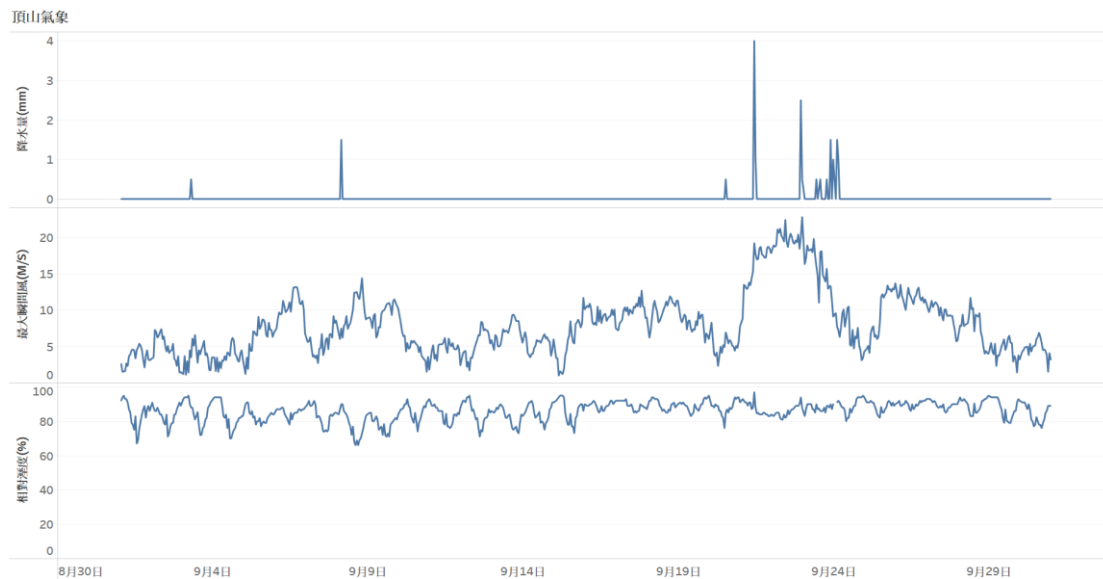


圖 5-71、頂山 9 月 1 日到 9 月 30 日天氣時序圖

資料來源：CODis 氣候觀測資料,本研究整理

4 個頻道各自的可靠度計算公式如下：

$$\frac{\text{總測試時間} - \text{斷線時間}}{\text{總測試時間}}$$

分析牛背嶺和頂山 L7 頻段每一個頻道的可靠度如表 5-32 和

表 5-33 所示。

表 5-32、牛背嶺微波可靠度

頻道	微波可靠度(%)
1	100
2	100
3	99.98
4	99.98

資料來源：本研究整理

表 5-33、頂山微波可靠度

頻道	微波可靠度(%)
1	99.999
2	99.999
3	99.98
4	99.98

資料來源：本研究整理

第二節 建立 FR3 頻段之干擾評估與查測機制

隨著全球行動通信技術持續演進，各國為滿足 6G 時代高速寬頻與低延遲需求，紛紛重新規劃頻譜資源配置。其中，FR3 頻段（7.125–24 GHz）因具備涵蓋範圍廣、可用頻寬大、傳輸容量高等特性，已成為國際關注焦點，然而，該頻段內仍存在多數既有系統（如固定微波、衛星、雷達等），新興行動通信系統之導入勢必面臨干擾與頻譜管理的挑戰，因此，建立完善之干擾評估與查測機制，以支援未來 6G 頻譜應用與國家監理規劃，已成為必要課題。本章節以 FR3 頻段中具潛力之行動通信候選頻段為核心，從既有使用者資料盤點出發，逐步建構干擾評估架構，最終建立具科學依據與技術可行性的干擾管理與查測系統。

國際趨勢與候選頻段發展，根據 2023 年世界無線電通信大會（WRC-23）之決議，全球各主要地區已就 WRC-27 階段將討論的行動通信用（IMT）候選頻段達成共識。這些新興中高頻段可望成為 6G 主要應用區域。由圖 5-72 可觀察得到，目前最受關注之候選頻段包括如下。

- 6.425-7.125 GHz；
- 7.125-8.4 GHz；
- 14.8-15.35 GHz。

其中後兩者屬於 FR3 範圍內的核心區段，並已被多國納入 6G 候選規劃。此外，根據北美地區研究進展，12.7–13.25 GHz 頻段亦被提出作為潛在候選頻段，主要因其具備較大可用頻寬與較低路徑損耗，可兼顧高速傳輸與涵蓋特性，並已展開相關法規與技術研究。

相比之下，ITU-R 於 WRC-27 階段的研究焦點則集中於 14.5–15.35 GHz 區段，由此可見，各國依據自身頻譜現況與應用需求進行差異化規劃。為與國際發展接軌，本研究後續干擾評估與查測機制聚

焦於①7.125–8.4 GHz、②12.7–13.25 GHz、③14.8–15.35 GHz，三個主要頻段，以作為主要評估與技術分析範圍。

干擾評估與查測機制建置，本研究依據國際標準發展趨勢與我國頻譜現況，規劃建立一套系統化的干擾評估與查測機制，流程如下(如圖 5-73 所示)。

掌握頻譜使用現況:蒐集並統計國內 FR3 頻段內既有使用者類型、系統架構與站臺數量，建立初步之「既有使用者資料庫」，作為後續技術研析與干擾分析之基礎資料。

進行技術研析與干擾情境探討:分析現有系統運作特性，結合國際技術標準 (ITU-R、3GPP) 之建議模型，評估各類干擾來源、干擾途徑及影響程度，針對特定頻段進行潛在干擾場景探討。

國際標準與設備調查:研析國際上已使用之干擾查測技術標準與儀測設備，評估其在我國環境下的應用可行性，作為後續設備選型與測試規範制定之依據。

干擾來源分析與查測機制建置:根據評估結果，針對可能產生干擾之場景(如固定微波、雷達、衛星通信等)進行查測設備配置與操作流程設計，建立可支援監測、即時頻譜擷取、干擾源定位及訊號源分析等功能之查測方法。

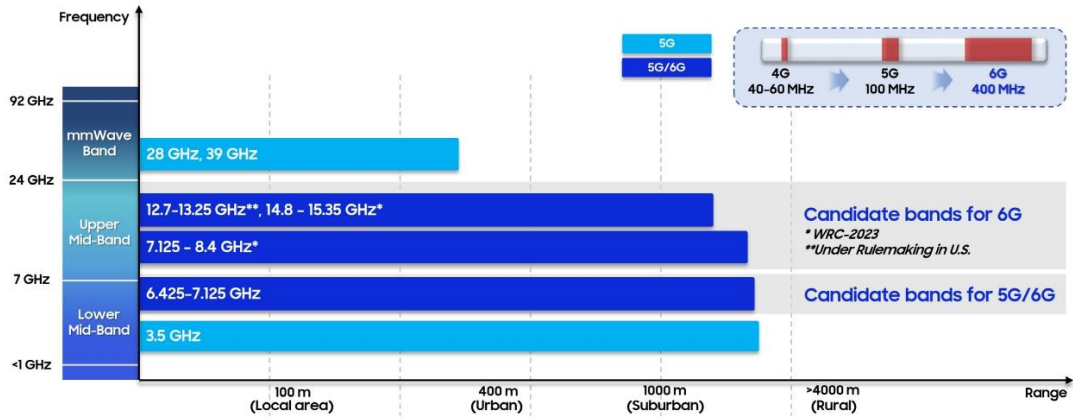


圖 5- 72、6G 候選頻段與可分配頻寬³⁴⁴

資料來源：Upper Mid-Band Spectrum for 6G: Opportunities and Key Enablers.

³⁴⁴ Xu, Gary, et al. (2024.8.12) "Upper Mid-Band Spectrum for 6G: Opportunities and Key Enablers." Samsung Research, <https://research.samsung.com/blog/Upper-Mid-Band-Spectrum-for-6G-Opportunities-and-Key-Enablers>.

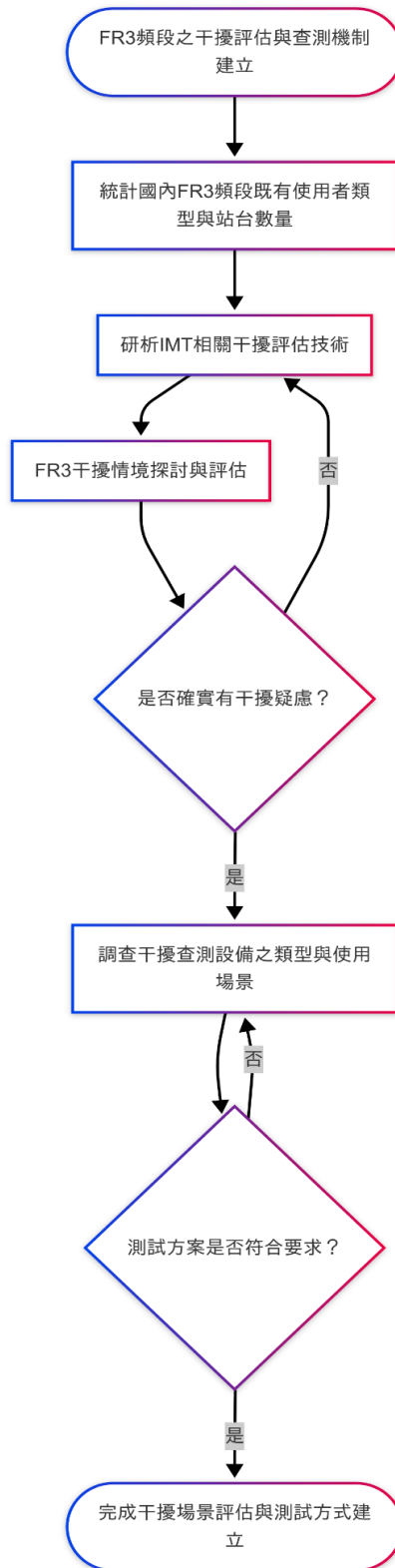


圖 5- 73、FR3 干擾評估與查測機制建立流程圖

資料來源：本研究整理

一、FR3 既有使用者調查

本研究透過通傳系統資料進行國內 FR3 頻段既有使用者及站臺數量之統計分析。截至 114 年 3 月 14 日之最新資料，統計結果如下。

依使用者類型統計，使用單位屬性概略區分為五大類別，共 55 家既有使用者。整體而言，財團法人與政府機關合計占比約八成，顯示 FR3 頻段目前仍以公共性與研究性質之通信應用為主。

- 財團法人：如財團法人電信技術中心、財團法人公共電視文化事業基金會、財團法人慈濟傳播人文志業基金會……等。
- 政府機關：如海洋委員會海巡署、內政部消防署、交通部民用航空局飛航服務總臺……等。
- 民營事業單位：如東森電視事業股份有限公司、聯利媒體股份有限公司、三立電視股份有限公司……等。
- 公股企業：如中華電信股份有限公司、中國電視事業股份有限公司、中華電視股份有限公司……等。
- 國營事業：如台灣中油股份有限公司、台灣電力股份有限公司。

依站臺數量統計，依據通傳系統登錄資料，FR3 頻段共計 1,561 座電臺，其站臺分布概況可參考圖 5-74 所示。

依應用系統類別統計，統計既有使用者之通信系統類型，FR3 頻段目前共涵蓋下列 12 類無線通信系統，包括中繼固定微波、中繼微波、微波行動、中繼衛星、固定微波、衛星固定、專用雷達、專用衛星、專用衛星行動、雷達行動、實驗衛星、衛星廣播等 12 類型。

代表性使用者與站臺分布如圖 5-75。由統計結果可知，FR3 頻段主要應用系統為實驗衛星與專用雷達，其次為衛星固定與微波系統。整體而言，衛星與雷達應用為該頻段現階段使用之核心型態，其他民用或廣播系統數量則相對較少。

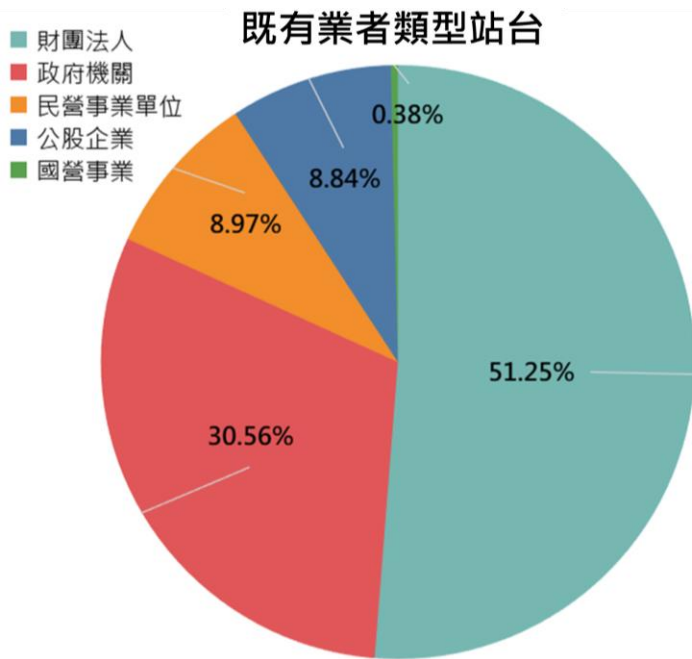


圖 5- 74、FR3 既有使用者類型站臺比例

資料來源：通傳系統、本研究整理

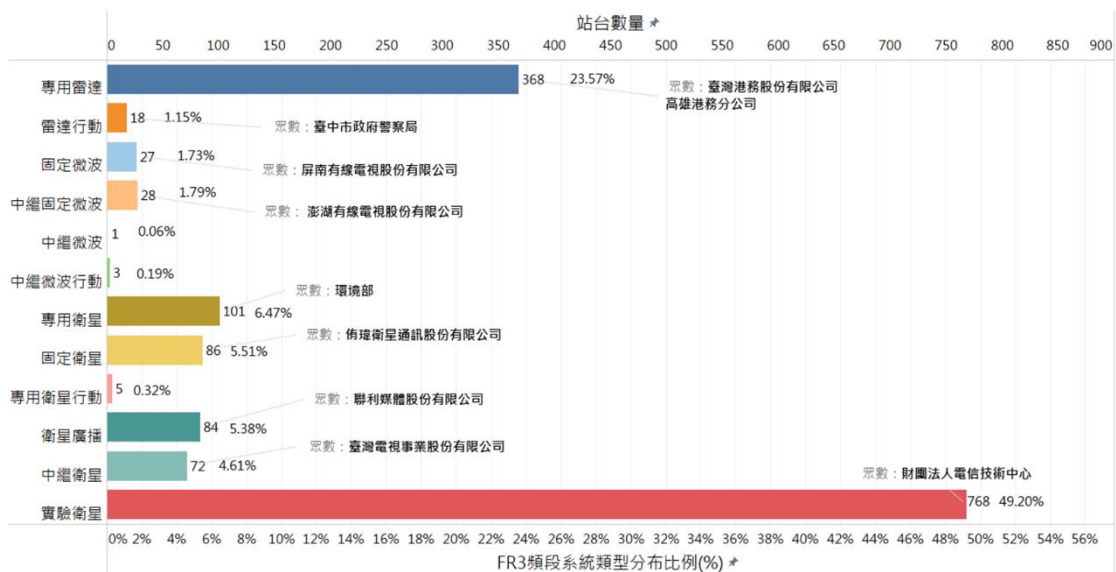


圖 5- 75、FR3 既有使用者系統類型分布

資料來源：通傳系統、本研究整理

由於 FR3 頻率範圍較大，因此整理相關既有業者於頻譜使用資料如圖 5- 76，並將 FR3 國際上第三區有討論規劃之頻段進行分類解說如下：

(一) 7.125-8.4 GHz

根據圖 5- 77 顯示，此頻段多屬於微波系統，具有 4 站海事雷達、1 站專用衛星，該頻段之頻寬總計 1,275 MHz，存在六家業者，四家微波既有業者合計使用頻寬 222 MHz，中繼微波行動 3 站（綠色部分合計 50 MHz），中繼固定微波 26 站（鵝黃色部分合計 60 MHz）、固定微波 19 站（淺藍色部分合計 112 MHz）、專用雷達 4 站（深藍色部分合計 28 MHz）、專用衛星 1 站（咖啡色部分 15 MHz），此頻段使用者複雜，若未來規劃為 6G 候選頻段，建議必須進行跨系統共存與干擾評估，特別是針對海事雷達與專用衛星的保護機制，並研擬適當的頻譜共享或隔離措施。

(二) 12.7-13.25 GHz

本頻段總計 550 MHz，目前僅有 3 站微波站臺使用，整體使用情況相對稀少，與其他 FR3 頻段相比，既有業者數量與頻寬占用皆較低。在國際分配上，12.75-13.25 GHz 已被劃分為衛星固定用途（FSS）的主要上行頻段（Earth-to-space），並於 WRC-23 通過決議 Resolution 121³⁴⁵，允許航空與海事行動地球站（ESIMs）於此段運作，即未來欲核配此頻段供 6G 行動通信使用，需同時考量 FSS、ESIM 與 NTN 的共存機制，特別是上行干擾管理與跨境協調。

此外，需注意鄰頻干擾議題，下鄰頻 10.7-11.45 GHz 為 FSS 下行頻段，若 IMT NTN 系統於 12.7-13.25 GHz 運作，必須管制帶外發射與混附發射，以避免影響衛星接收品質；上鄰頻 13.25-13.75 GHz 為衛星地球探測用途與空間研究用途（SRS active）的核心頻段，廣泛用於散射儀、高度計與降水雷達等科學觀測。此類系統對干擾極為敏感，因此未來在規劃 6G 使用時，建議必須進行鄰頻相

³⁴⁵ Resolution 121 (WRC-23) (2023), Use of the frequency band 12.75–13.25 GHz by earth stations in motion. ITU.

容性研究，並設置保護頻段或功率限制。

綜合而言，12.7-13.25 GHz 我國既有使用者數量有限，整備難度相對較低，具備作為次優先 6G 候選頻段的潛力。然而，未來若要釋出，仍需建立國內既有使用者資料庫，確認微波站臺與衛星地球站的實際分布及鄰頻干擾評估，特別是對 EESS 的保護技術規範（發射遮罩、PFD 限制、保護頻段），確保 IMT NTN 可與既有服務共存。

(三) 14.8-15.35 GHz

頻寬總計 550 MHz，目前該頻段無既有使用者，若開放作為行動通信用途，鄰近使用者為衛星上行頻段(14-14.5 GHz)，兩者間隔約 300 MHz，干擾風險低；另外 15.35 GHz 以上頻段，現階段僅有 24 GHz 具雷達系統使用，評估亦無干擾疑慮。未來可規劃作為我國 6G 候選頻段，整備成本最低。

綜上因此未來若行動通信頻段優先考慮此三頻段作為 6G 候選頻段，則應針對微波、雷達系統、衛星等系統進行完整的干擾評估與保護設計，確保新舊服務能協調共存。

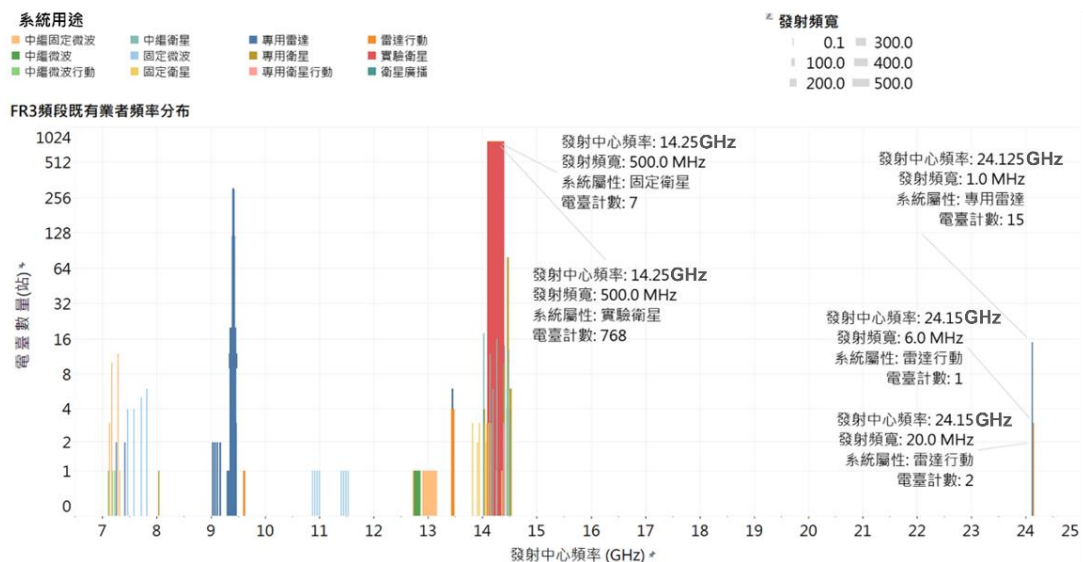


圖 5- 76、FR3 既有使用者使用頻譜分布

資料來源：通傳系統、本研究整理

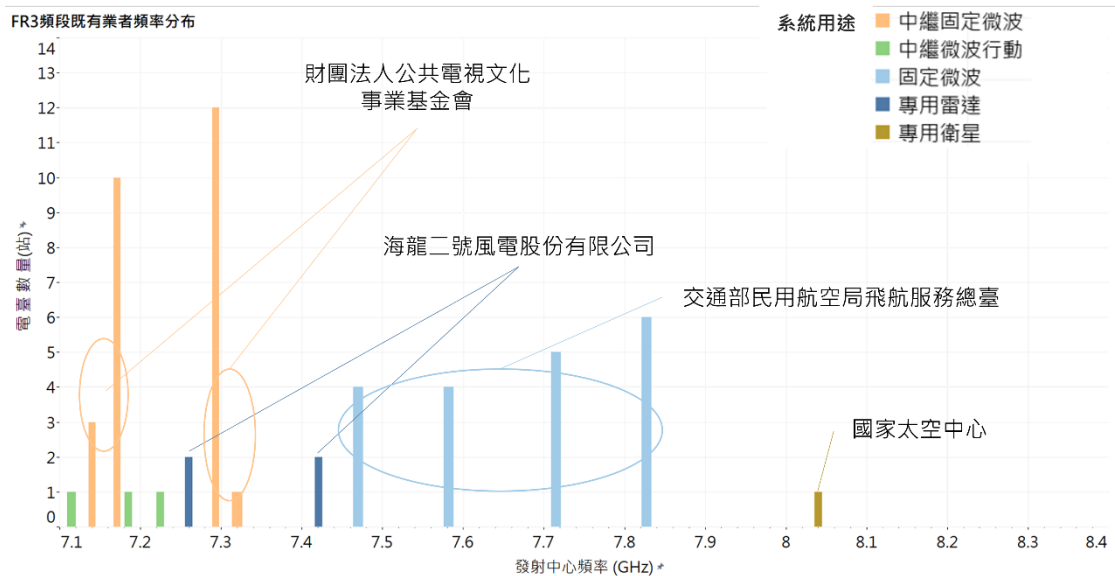


圖 5- 77、7.125-8.4 GHz 頻譜使用狀況

資料來源：通傳系統、本研究整理

二、干擾技術評估

隨著無線通信需求的急速成長與應用場景的不斷擴大，FR3 頻段作為未來行動通信中極具潛力的頻譜資源，其干擾查測與預估技術成為確保通信品質與網路效能的關鍵。國際上已針對多種特定干擾情境展開深入研究，國際相關標準組織如 ITU 建議書中亦涵蓋了諸多系統間之干擾標準、物理傳播模型與統計模型等方法，這些研究在描述自由空間傳播、繞射、散射以至異常短期傳播等現象上均提供了具體數據與理論基礎，本研究依國際標準和技術工具為依據，系統性地分析 FR3 頻段中干擾查測機制的關鍵技術，並探討如何利用現有模型與參數來預測與管理干擾情況，透過深入研析與後續設備測試驗證，期望能為未來行動通信系統在 FR3 頻段頻譜資源管理與干擾控管方面提供理論基礎和工程應用參考。

(一) 3GPP 相關文獻

在行動通信全球標準化方面，3GPP TR 38.901³⁴⁶研究報告為

³⁴⁶ 3GPP. (2023). 技術報告 TR 38.901: 無線通道模型 (Release 19) 3rd Generation Partnership Project (3GPP) From: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38901.htm>

IMT 系統干擾評估技術提供了一致性的頻道模型描述方法，從 0.5-100 GHz 的頻率使用範圍，可有效預估 FR3 頻段內各項干擾指標。透過該標準中定義的路徑損耗、穿透損耗以及 LoS 機率等關鍵參數，不僅可以預測目標區域內干擾源對用戶端的影響，還能利用大尺度參數與快速衰落模型模擬基地臺與行動用戶在移動狀態下的干擾變化。更進一步，附加模型如簇狀延遲線 (Clustered Delay Line, CDL) 與抽頭延遲線 (Tapped Delay Line, TDL) 的建立，結合多路徑衰落延遲、功率及角度資訊後應用於 MIMO 系統，可以精確構建具空間相關性的通道矩陣，圖 5-78 為快速衰落模型建構流程圖，該模型屬於通道參數建立的核心，直接影響干擾、系統性能評估結果。

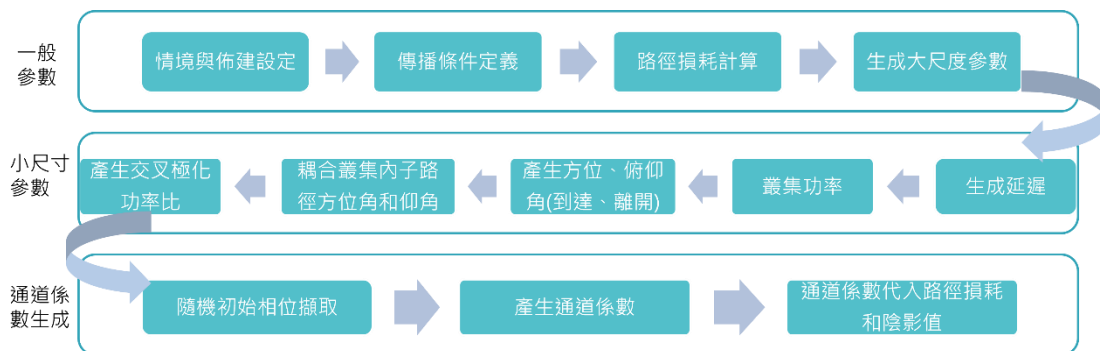


圖 5-78、快速衰落模型建立流程圖

資料來源：3GPP TR 38.901、本研究整理

1. 大尺度參數建立

首先進行情境與布建設定，先選定系統布建情境（例如室外街區、基地臺或微基地臺、室內辦公或工廠等），再設定網路布局與天線參數（含基地臺與用戶端位置、天線指向、天線陣列配置等），再定義傳播條件，決定視距 (Line-of-Sight, LOS) 或非視距 (Non-Line-of-Sight, NLOS) 狀態，並依此設定相關的遮蔽與穿透參數，計算路徑損耗，應用路徑損耗模型（包含自由空間損耗、建物穿透、遮蔽衰落等效應），得到初步的大尺度衰減與信號損

失數值並生成大尺度參數，包括延遲展寬、陰影衰落、角度展寬（水平及垂直）等，作為後續細部模擬之基礎。

2. 小尺寸參數部分

根據指數分布產生各個多徑的延遲值，再進行叢集功率分配，為各叢集分配信號功率（並引入局部陰影效應），確定各多徑成份的相對強度，產生對應角度分布，可將功率權重化的到達角（Angle of Arrival, AOA）、離開角（Angle of Departure, AOD）及垂直方向角度（Zenith Angle of Arrival、Zenith Angle of Departure, ZOA、ZOD），以精準符合小尺寸尺度的特性，最後設定極化參數，隨機生成天線極化角及交叉極化比（Cross-Polarization Ratio, XPR），評估極化效應對通道特性的影響。

3. 通道係數生成部分

擷取隨機初始相位，從均勻分佈中取樣，每個多徑成份皆賦予一個初始相位，模擬實際環境中隨機相位變化，產生通道係數並根據發射機與接收機天線的輻射場模式與位置關係，運用空間座標轉換及都卜勒效應計算每條多徑通道係數。此階段會將大尺度與小尺度參數結合，合成最終可用於系統模擬（例如干擾查測、頻譜分析）的通道矩陣。另外各步驟中可選擇搭配空間一致性機制、阻擋模型或多頻模擬模組，以更貼近實際運作環境。

此流程圖所述的快速衰落模型，屬於整個電波傳遞評估的核心，會影響干擾評估與系統性能模擬。

在某些情境下，不同業者或不同系統可能同時在多個頻段上運作，或同一基地臺同時使用不同頻段資源，為了正確分析彼此間的干擾情形，必須進行多頻模擬，並透過統一的隨機模型生成機制，以確保各頻段的延遲、角度等參數在統計上呈現關聯性，這樣才能獲得跨頻干擾累加的正確估算。

除了干擾與共用分析外，當需要比較不同頻段下的傳輸效能、調變效能或連線品質時，保持跨頻參數（例如延遲展寬、角度展寬、陰影衰落）在統計上有一致性，是校正模型的重要環節。

多頻評估主要適用於那些超寬頻系統或需要同時模擬多個不同頻段情況，例如跨頻資源調配、頻譜共用及干擾管理的評估，這樣的評估能確保各頻段模擬結果在統計上具有一致性，從而使後續的干擾查測與頻譜共用分析更加準確。

(二) ITU 相關文獻

FR3 頻段之應用涵蓋 7.125-8.4 GHz 等主要區間，其應用範疇包括中短距離點對點連結、影音廣播、區域網路、行動與個人通信，以及部分衛星通信。其頻段特性能夠提供較大頻寬，進而支援高速數據傳輸與低延遲要求，因此廣泛被視為承載未來 6G 服務的重要資源，相關文獻顯示，FR3 頻段在物理傳播特性上較之其他頻段具有獨特之優勢與限制，例如在都市密集區內反射、衍射與對流層散射等現象均需精細量測，才能準確預估既有使用者與行動網路之干擾狀況，而 ITU 建議書具備許多特定干擾情境的研究報告，包含各系統間干擾的標準，偏重於特定干擾情境的物理傳播、統計模型。

在此頻段內，依據 ITU 國家頻譜管理手冊³⁴⁷可初步了解此頻段之電波傳遞特性，相關資料整理於表 5-34，除了需考量傳統的電磁波傳播因素外，環境條件對於信號衰減的影響亦相當顯著；ITU-R P.452 干擾預測模型涵蓋 FR3 頻段（0-50 GHz），這份文件主要說明地面電臺之間（包括部分地空情境）的電波傳播與干擾預測，傳遞方式涵蓋自由空間傳播、繞射、對流層散射及異常傳播，可參考圖 5-79，該文件模型摘要如下：LoS 傳播、繞射、對流層散射及異常短期干擾的傳播模型、對 5 GHz 以上降雨散射損失提供計算模

³⁴⁷ ITU (2015b) Handbook on National Spectrum Management. Geneva: ITU. <https://www.itu.int/pub/R-HDB-21>.

型。後續將分析 FR3 頻段傳播所須評估之相關因子，以提供適用不同場景之干擾評估與查測技術。

表 5-34、電波傳遞特性

頻段	頻率	傳播模式	傳播距離	頻寬	干擾量
SHF	3-30 GHz	LoS 傳播	傳播約 30 km 內	最高可達 1 GHz	干擾一般較為局限

資料來源：ITU-R、本研究整理

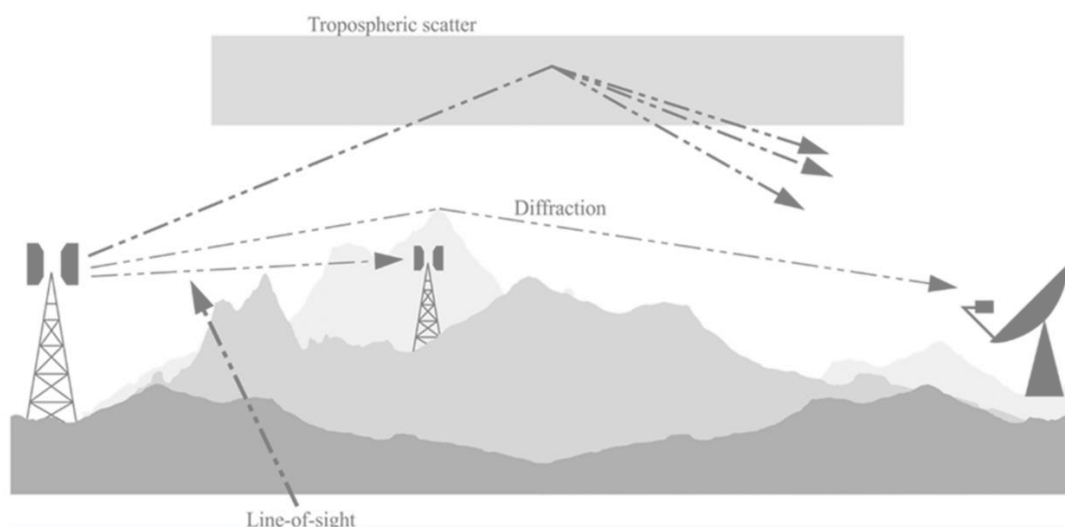


圖 5-79、地面通信系統電波傳播示意圖

資料來源：ITU-R P.452³⁴⁸

1. 降雨與大氣衰減：

在 FR3 頻段內，尤其在 10 GHz 以上，雨滴造成的衰減可能顯著影響信號傳輸，導致深度衰落（deep fade），影響系統可靠性，ITU-R P.838 建議使用 $R=0.01$ (mm/h) 降雨強度，代表一年內超過 0.01% 時間的降雨密度，作為衰減概率分布的基礎。若無法取得特定區域的長期雨量數據，可依據 ITU-R P.837 內的降雨模型來估算，此外在 15 GHz 以上，大氣層氣體（如氧氣、水蒸氣）對於信號的吸收逐漸明顯，導致額外的氣體衰減（gaseous

³⁴⁸ ITU-R P.452 (2023), Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 100 MHz. ITU. <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.452/en>

attenuation)，ITU-R P.530³⁴⁹提供不同時間下的衰減水準估算方法。

2. 地面電波傳播環境：

地面電波傳遞受繞射影響（Diffraction Loss）、多重路徑衰減（Multipath Fading）、天線焦散（Antenna Defocusing）、沙塵暴衰減（Dust Storm Attenuation），ITU-R P.530 提供適用於地面電波的信號處理模型，可作為 FR3 頻段干擾偵測的參考。

3. 地對空傳播因素：

在地對空鏈路評估時，信號主要受到距離衰減外、亦受到閃爍衰落（Scintillation Fading）及去極化（Depolarization）影響，閃爍衰落為對流層折射率變化所引起，會導致信號振幅的快速波動。ITU-R P.618 主要提供用於地球到太空之傳播預測方法，可用於 FR3 頻段的地面到衛星通信干擾評估，去極化（Depolarization）指的是電磁波的偏振狀態改變，可能影響雙極化頻率複用系統（Dual-Polarization Frequency Reuse Systems）的訊號完整度。

另外 ITU-R M.1461³⁵⁰提供雷達測定與其他系統間確定干擾可能性的評估，若雷達系統受到其他用途（如行動通信、衛星通信等）的影響，根據建議書中的內容，產生干擾時，需要評估其對雷達接收機的影響，並確保 I/N 比值不低於-6 dB，若超過此閾值，則可判定形成干擾，I/N 如果低於-6 dB，則雷達接收機的雜訊功率會增加約 1 dB，影響雷達探測性能。

天線場型亦是評估干擾的重要考慮因子，舉例而言，干擾檢

³⁴⁹ ITU-R. (2021). P.530-18: Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems. International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector. Retrieved from <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.530>

³⁵⁰ ITU-R. (2000) M.1461: Procedures for assessing interference from radar systems. International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector. Retrieved from <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1461>

測或評估時並無法取得未知設備天線場型，透過 ITU-R F.1336³⁵¹ 提供之微波與行動通信之天線場型圖可用來建立相關評估模型，為干擾查測提供參考依據。

三、干擾場景與查測設備調查

對於 FR3 可能面臨之干擾狀況為以下之狀況，在 FR3 頻段的規劃中，干擾場景的研析是干擾查測機制的核心工作。由於 FR3 涵蓋 7.125-24.25 GHz 的廣大頻譜，既有使用者包括固定微波鏈路、衛星上行用途、部分雷達系統以及潛在的超寬頻 (Ultra Wideband, UWB) 應用，因此在新興 IMT 系統導入時，必須全面考量不同場景下的干擾風險。以下將針對四種主要情境進行分析，並結合國際研究成果，說明可能的干擾型態與影響。

(一) 干擾場景研析

1. 固定微波鏈路 DDMT 基地臺：

首先，IMT 基地臺與固定微波鏈路的共存問題，是 FR3 頻段中最常被討論的場景之一，固定微波系統長期用於骨幹回傳，對鏈路穩定度要求極高。由於 FR3 基地臺的發射功率相對較大，若其旁瓣輻射與微波接收端主瓣重疊，將可能導致干擾功率超過門檻值，國際上已有研究指出，在視距環境下，若未採取地理隔離或天線方向控制，干擾風險將顯著增加，這一場景的干擾主要表現為鄰頻干擾與天線旁瓣耦合，對固定微波的穩定性構成挑戰，考量我國既有使用者分布，可能發生干擾疑慮頻段為 7.125-8.4 GHz，典型場景為室外街區點對點。

³⁵¹ ITU-R, "Recommendation F.1336-5: Reference radiation patterns for fixed wireless system antennas for use in coordination studies and interference assessment," ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2019. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.1336>

2. IMT 基地臺"海事雷達

IMT 用戶端與雷達系統的鄰頻干擾亦是需要注意的干擾場景，雖然我國目前在 15-17 GHz 區段並無大規模雷達使用，但國際上許多軍用與氣象雷達仍活躍於此頻段，ITU-R M.1849-3³⁵²第八章指出，即使干擾僅出現在雷達掃描的某些方向或短時間內，也可能導致雷達無法偵測初始環境，進而影響預警能力，此特性使得雷達系統對「瞬時干擾」具有高度敏感性，此標準反映出雷達系統對累積干擾的容忍度低，特別是在高密度 IMT 終端布建的情境下，若未妥善控管鄰頻輻射與設備密度，將可能造成雷達性能劣化；歐洲 CEPT ECC Report 240³⁵³的研究亦補充指出在雷達系統附近運作的多個 IMT 終端設備產生的聚合干擾可能導致不可接受之性能下降。上述文件均表明行動用戶端雖然發射功率有限，但在高密度布建的情境下，累積干擾可能對雷達接收機造成瞬時性能劣化，而這類干擾往往以鄰頻干擾的形式出現，並可能在特定地理區域或特定時間段內集中發生干擾現象。我國海事雷達多於 X Band 使用，FR3 的低段（7.125-8.4 GHz）與 X 頻段之間相隔不到 1 GHz，有鄰頻阻塞或帶外輻射干擾疑慮，典型受干擾場景為海岸／船舶使用之雷達。

另外在毫米波或 FR 頻段，IMT 天線之波束更窄，為了涵蓋服務區，系統會在多個波束之間輪流發送同步訊號（SSB, Synchronization Signal Block）。這個輪流發送的過程，在頻譜或 IQ 錄製波形中，會呈現類似雷達 PRF（脈衝重複頻率）的時序結構，造成波束掃描與雷達脈衝重複間隔交錯之干擾問題。

³⁵² ITU-R, "Recommendation M.1849-3: Technical and operational characteristics of radar systems and criteria for sharing with IMT systems," ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2022. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1849>

³⁵³ CEPT ECC, "ECC Report 240: Technical studies on the coexistence between radar systems and mobile communication systems," European Communications Office, 2016. Available: <https://docdb.cept.org/download/1886c872-fec6/ECCREP240.PDF>

3. IMT 基地臺或用戶端 D 衛星系統

FR3 頻段規劃中，衛星系統與 IMT 系統的共存問題需重新審視，過去多數研究聚焦於 IMT 系統對衛星接收端的干擾，但實際上，衛星系統本身亦可能成為干擾源，影響 IMT 接收性能。以下針對三個具代表性的場景進行分析：

(1) 基地臺或用戶端累積功率造成衛星下鏈干擾（12.7-13.25 GHz）

此頻段為衛星對地下行鏈路，常用於商業通信、廣播，可能對 SNG 車輛或接收站造成同頻干擾，尤其在都會區或活動現場密集布建基地臺或用戶端時。若 IMT 系統於鄰近頻段布建，基地臺或用戶端的累積發射功率可能造成衛星接收端的同頻或鄰頻干擾。國際研究指出，在高密度 IMT 布建下，衛星接收端的 $C/(I+N)$ 可能下降超過 1 dB，導致鏈路品質劣化。

(2) 衛星上行造成 IMT 接收機飽和（7.125-8.4 GHz）

此頻段為 FR3 下緣，與部分 FSS 上行頻段重疊。雖然我國目前僅有單一業者使用該頻段進行衛星上行，但其地球站發射功率高（可達數十瓦），若 IMT 基地臺或用戶端布建於地球站附近，可能導致接收機飽和。

(3) IMT 系統鄰頻的無線電天文學衛星天文（Radio Astronomy Satellite, RAS）及衛星上鏈干擾（14.8-15.35 GHz）

根據 ITU-R R23-WP5D³⁵⁴ 文件，目前正進行 14.8-15.35 GHz IMT 系統與 15.35-15.4 GHz RAS 系統的相容性研究，作為 WRC-27 議題 1.7 的技術準備，RAS 對干擾極為敏感，接收機要求干擾

³⁵⁴ ITU-R, “R23-WP5D: Technical preparation for compatibility studies between IMT systems and RAS in the 14.8–15.35 GHz band,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2023. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d>

功率低於-255 dBW/Hz，IMT 系統即使不在同頻，也可能透過鄰頻洩漏或混附發射形成干擾。

在我國規劃 FR3 頻段（14.8-15.35 GHz）作為行動通信用途時，雖然目前國內該頻段尚無既有使用者，但鄰頻的 14.0-14.5 GHz 為國際通用的衛星固定用途（FSS）上行頻段，包含 OneWeb、SES 等低軌與中軌衛星系統皆使用此頻段進行地球站向衛星的發射。因此，IMT 系統在鄰近頻段布建時，仍需審慎評估來自地球站的干擾風險，該頻段與 14.8-15.35 GHz 相距僅 300 MHz，亦需考量太空端衛星接收機的干擾風險，特別是在 IMT 系統大量布建的情境下，基地臺與用戶端的累積發射功率可能穿透大氣層，進入衛星接收主波束，造成干擾，國際研究亦指出，若 IMT 系統未妥善控管發射功率與天線方向，可能導致衛星接收機性能劣化，影響上行鏈路的訊號品質與容量，進而影響整體衛星通信服務。

衛星上行造成 IMT 接收機飽和（14.8-15.35 GHz），根據 ECC Report 280 與 ITU-R 技術建議，若 IMT 系統布建於 14.8-15.35 GHz，需評估鄰近 FSS 上行地球站（14.0-14.5 GHz）高功率發射對 IMT 接收機的干擾風險，若接收機未具備足夠的鄰頻抑制能力，可能遭遇瞬時飽和或性能退化。

4. 大規模布建超寬頻（UWB）系統干擾議題

UWB 系統的特徵在於其極低的發射功率密度（通常 ≤ -41.3 dBm/MHz），並將能量分散於數 GHz 頻寬之內。ITU-R SM.1757 與 ETSI 的研究普遍認為，單一 UWB 設備對 IMT 或衛星系統的干擾可忽略不計。然而，當 UWB 設備在室內定位或物聯網應用中大量布建時，累積干擾效應可能逐漸顯現，特別是在鄰近敏感系統如無線電天文學衛星天文（Radio Astronomy Service, RAS）或遭遇 FSS 上行的情境下，換言之雖然 UWB 在單一設備層級被認為可在 FR3 頻段共存，但在大規模布建下仍需透過功率

限制與密度監測來避免潛在風險。

綜合而言，FR3 頻段的干擾場景呈現出多層次的挑戰，固定微波鏈路面臨鄰頻與旁辦干擾，雷達系統則對用戶端的累積干擾敏感，衛星上行鏈路需要嚴格的鄰頻保護，而 UWB 則在大規模布建下可能帶來聚合效應，綜合整理相關場景於表 5-35。另外，國際研究一致指出，FR3 頻段的共存問題並非單一技術即可解決，而是需要結合 I/N 標準、天線設計、傳播模型以及地理隔離等多重手段，才能確保新興 IMT 系統與既有用途之間的和諧共存。

表 5-35、干擾場景研析表

干擾源	受影響系統	頻段	典型場景	干擾機制與技術說明
IMT 基地臺、行動用戶終端	固定微波鏈路	7.125-8.4 GHz	室外街區點對點微波回傳	高功率基地臺旁辦與微波接收主辦重疊，造成鄰頻干擾；視距環境下若無地理隔離或方向控管，干擾風險顯著。
IMT 用戶端	海事雷達 (X Band)	7.125-8.4 GHz	海岸／船舶雷達布建區	高密度用戶端布建造成鄰頻聚合干擾；ITU-R M.1849-3 355 指出雷達對瞬時干擾極敏感，CEPT ECC Report 240 補充聚合干擾可能導致性能下降。SSB 訊號結構亦可能與雷達 PRF 交錯

³⁵⁵ ITU-R, “Recommendation M.1849-3: Technical and operational characteristics of radar systems and criteria for sharing with IMT systems,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2022. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1849>

干擾源	受影響系統	頻段	典型場景	干擾機制與技術說明
				產生干擾。
IMT 基地臺、用戶端	衛星下行接收端 (SNG 車、接收站)	12.7-13.25 GHz	都會區或活動現場密集布建	累積功率造成同頻或鄰頻干擾，影響商業通信與廣播接收；C/(I+N)下降超過 1 dB，鏈路品質劣化。
衛星地球站 (FSS 上行)	IMT 接收機 (基地臺或用戶端)	7.125-8.4 GHz、14.8-15.35 GHz	地球站附近布建 IMT 設備	地球站高功率發射造成接收機飽和；若 IMT 接收機鄰頻抑制不足，可能遭遇瞬時阻斷。
IMT 基地臺、用戶端	RAS (無線電天文) 與衛星接收端	14.8-15.35 GHz	鄰近射電天文觀測站或衛星主波束方向	RAS 要求干擾功率低於 -255 dBW/Hz，IMT 系統即使不在同頻亦可能透過鄰頻洩漏或混附發射造成干擾；IMT 累積功率可能穿透大氣層進入衛星接收主瓣，影響上行鏈路品質。

資料來源：研究整理

(二) 查測使用設備調查

在 FR3 頻段干擾場景之技術驗證與模擬作業中，查測設備的選用需依據干擾源特性、受影響系統敏感度、頻段範圍與場域布建條件進行分類規劃，本研究依干擾類型進行設備對應分析，涵蓋固定微波鏈路、雷達系統、衛星通信與 UWB 聚合干擾等四大類場景，首先統一介紹本研究所採用之主要查測設備，後續各場景將依實際

需求引用並補充應用方式。

(1) 主要查測設備功能：

寬頻頻譜監測儀代表設備為 R&S®ESMD (Electromagnetic Signal Monitoring Device) 頻率範圍，具備多通道監測、IQ 錄製與干擾強度，適合長時間背景監測與干擾事件記錄。

即時頻譜分析儀代表設備為 R&S®FSW (Frequency Spectrum Analyzer Wideband)、Tektronix®RSA 系列 (Real-Time Spectrum Analyzer) 具備微秒級干擾波形捕捉能力，支援脈衝結構與調變特徵分析，適合雷達與 UWB 干擾場景。

可攜式頻譜分析儀代表設備為 Anritsu®Spectrum Master 具備即時掃描、IQ 錄製與 GPS 定位功能，適合現場巡查與機動查測。

干擾源定位系統與高指向性天線代表設備有 PCTEL®SeeWave (Spectrum Scanning and Localization System) 搭配 Horn 或 Yagi 天線進行方向性分析與多站點定位，適合複雜場域干擾源追蹤。

寬頻升降頻模組代表設備為 TMYTEK®UD Box (Ultra-wideband Down/Up Converter) 支援 0.1 - 20 GHz 頻率範圍，具備 USB 控制介面與 LabVIEW API，可將高頻訊號轉換至掃頻器可解析之中頻範圍，保留原始調變與脈衝結構。

干擾波形與密度分析軟體代表工具有 R&S®VSE (Vector Signal Explorer) 支援同步訊號區塊 (SSB)、雷達脈衝重複頻率 (PRF) 與 UWB 結構分析，並可進行干擾密度統計與事件資料庫建立。

(2) 場景應用對應分析：

上述設備於特定場景中可互相搭配使用，下列介紹 FR3 干擾場景使用干擾查測設備上之分析介紹。

固定微波鏈路干擾查測建議使用 PR200 搭配 UD Box 擴展頻率響應，並以 Spectrum Master 進行基地臺訊號掃描，而干擾源定位可搭配 SeeWave 系統與高指向性天線。

雷達系統干擾查測建議使用 ESMD 進行背景監測，FSW 或 RSA 捕捉瞬時干擾波形，VSE K6 分析雷達脈衝結構，現場巡查可使用 Spectrum Master，定位則採用 SeeWave 系統。

衛星通信干擾查測建議使用 Spectrum Master 或 PR200 搭配 UD Box 進行高頻段掃描，干擾源定位採用 SeeWave 系統，地球站干擾模擬可使用 FSW 與 VSE 進行鄰頻阻斷分析。

上行干擾查測建議使用 ESMD 進行功率通量密度 (PFD) 量測，FSW 分析混附發射與鄰頻洩漏，VSE 進行結構比對。

大量 UWB 聚合干擾查測建議使用 ESMD 或 RSA 進行背景監測與波形擷取，Spectrum Master 進行現場掃描，SeeWave 協助定位高密度布建來源，UD Box 用於高頻段訊號轉換，VSE 進行干擾密度統計與特徵分析。

綜合上述分析，FR3 頻段干擾場景涵蓋固定微波、雷達、衛星通信、RAS 及 UWB 聚合效應等多元情境，各場景所需查測設備雖有重疊，但其應用方式與技術焦點皆有所差異，為快速掌握查測策略與設備配置，最後彙整對應表如表 5-36，統整各干擾場景之干擾情況與建議查測設備組合，作為結尾摘要，該表亦可作為後續查測架構設計之技術基礎。

表 5-36、干擾場景與查測設備對應表

干擾源系統	受干擾系統	頻段範圍	干擾型態與情境說明	建議查測設備組合
IMT 基地臺／用戶端	固定微波接收端	7.125-8.4 GHz	鄰頻干擾，基地臺旁瓣與微波主瓣重疊，視距環境下干擾風險高	R&S®PR200+TMYTEK®UD Box (頻率擴展)、高指向性天線搭配 PCTEL®SeeWave (干擾源定位)
IMT 用戶端 (高密度布建)	海事雷達接收端 (X Band)	鄰近 7.125-8.4 GHz	鄰頻聚合干擾，SSB 結構與雷達 PRF 交錯，雷達對瞬時干擾極敏感	R&S®ESMD (背景監測)、R&S®FSW 或 Tektronix®RSA(脈衝分析)、R&S®VSE K6 (雷達結構分析)
IMT 基地臺／用戶端	衛星下行接收端(SNG／接收站)	12.7-13.25 GHz	累積功率造成同頻／鄰頻干擾，C/(I+N) 降低，影響商業通信與廣播品質	Anritsu®Spectrum Master (現場掃描)、R&S®VSE (干擾結構分析)、PCTEL®SeeWave (定位)
衛星地球站 (FSS 上行)	IMT 接收機(基地臺／用戶端)	14.0-14.5 GHz 鄰近段	地球站高功率發射造成 IMT 接收飽和，鄰頻抑制不足時易阻斷	R&S®ESMD (PFD 量測)、R&S®FSW (飽和分析)、TMYTEK®UD Box (頻率轉換)
IMT 基地臺／用戶端 (大量布建)	衛星接收端(太空端)／RAS 系統	14.8-15.35 GHz	鄰頻洩漏或混附發射進入衛星主瓣或 RAS 接收機，干擾容忍度極低	R&S®ESMD (背景監測)、R&S®VSE(雜散結構分析)、PCTEL®SeeWave (主瓣方向定位)

資料來源：研究整理

四、干擾查測機制

(一) 干擾評估與保護標準

隨著 7.125-8.4 GHz、12.7-13.25 GHz、14.8-15.35 GHz 等三個頻段在國際上逐步進行討論與規劃，我國於此頻段干擾評估與保護標準之建立成為確保既有系統穩定運作與新系統共存可行性之關鍵，

下文整合目前 ITU-R 建議書與 3GPP 技術規範，依據系統分類、干擾門檻值、傳播模型、天線場型與功率遮罩之相關標準對應各類受干擾系統架構 FR3 干擾評估之參考準則。

(1) 系統分類與干擾門檻標準

在進行干擾評估時，首要步驟是釐清各類受干擾系統的技術特性與容忍門檻。不同系統對干擾的敏感度差異極大，例如 RAS 系統對混附發射極度敏感，而固定微波、衛星鏈路則對鄰頻保護要求較為嚴格。為此，國際標準機構（如 ITU-R、3GPP）針對各系統提出明確的長期保護研究（如 $I/N \leq -10$ dB、 $C/(I+N)$ 降幅 ≤ 1 dB），作為系統共存與干擾判斷標準，下表 5- 37 彙整各系統之容忍標準與建議書來源，作為查測機制判斷之基礎：

表 5- 37、各系統干擾門檻值

系統類型	干擾門檻標準	參考建議書
固定微波鏈路	$I/N \leq -10$ dB	ITU-R F.758 ³⁵⁶
海事／專用／氣象雷達	$I/N \leq -6$ dB；瞬時干擾需避免	ITU-R M.1849-3
衛星系統	$I/N \leq -12$ dB	ITU-R S.1432 ³⁵⁷ 、ITU-R S.1325 ³⁵⁸
行動通信系統	$I/N \leq -6$ dB 或 $C/(I+N)$ 劣化 ≤ 0.5 dB	ITU-R M.2292 ³⁵⁹ 、3GPP TS 38.101 ³⁶⁰ 、TS

³⁵⁶ ITU-R, “Recommendation F.758-7: System parameters and considerations for radio environment characteristics in radio system design,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.758>

³⁵⁷ ITU-R, “Recommendation S.1432: Methodology for the calculation of interference between space stations and terrestrial stations,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2000. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.1432>

³⁵⁸ ITU-R, “Recommendation S.1325: Technical and operational characteristics of earth stations tolerating interference in the fixed-satellite service,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 1997. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.1325>

³⁵⁹ ITU-R, “Recommendation M.2292: Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications in the bands identified for IMT,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2016. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2292>

³⁶⁰ 3GPP, “Technical Specification TS 38.101-1: NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38101-1.htm>

系統類型	干擾門檻標準	參考建議書
		38.104 ³⁶¹
無線電天文衛星	干擾功率密度 ≤ -255 dBW/Hz	ITU-R RA.769 ³⁶²

資料來源：研究整理

(2) 天線場型標準與干擾耦合分析

干擾是否成立，往往不僅取決於功率與頻率重疊，更關鍵的是干擾源與受干擾系統之天線場型是否產生空間耦合，若基地臺旁瓣與微波主瓣重疊，即使功率不高也可能造成顯著干擾。因此，查測機制需納入各系統之標準天線場型，並於查測作業中比對主瓣交疊情境。下表 5-38 整理各系統之天線場型建議書與技術特性，供干擾預測與查測時參考使用。

表 5-38、各系統天線參考場型

系統類型	天線場型標準建議書	技術特性摘要
固定微波鏈路	ITU-R F.1245-3363	主瓣窄 ($<3^\circ$)、旁瓣抑制高、適用於點對點視距傳輸。
海事／機場雷達	ITU-R M.1851-1364	具脈衝重複頻率 (PRF) 與掃描周期，主瓣方向性高，需考慮時間窗交錯干擾。
衛星地球站 (FSS)	ITU-R S.465-6365	主瓣增益高 (可達 50 dBi)，旁瓣抑制依仰

³⁶¹ 3GPP, “Technical Specification TS 38.104: NR; Base Station (BS) radio transmission and reception,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38104.htm>

³⁶² ITU-R, “Recommendation RA.769-2: Protection criteria used for radio astronomical measurements,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2003. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-RA.769>

³⁶³ ITU-R, “Recommendation F.1245-3: Mathematical model of average radiation pattern for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in coordination studies and interference assessment,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2012. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.1245>

³⁶⁴ ITU-R, “Recommendation M.1851-1: Mathematical models for the calculation of interference into mobile systems from other services,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2012. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1851>

³⁶⁵ ITU-R, “Recommendation S.465-6: Reference radiation pattern for earth stations operating in the fixed-satellite service,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2010. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.465>

系統類型	天線場型標準建議書	技術特性摘要
		角與頻率而異，適用於 2-31 GHz 區段。
射電天文系統 (RAS)	ITU-R RA.1631366	主瓣極窄、雜散容忍度極低，需避免任何鄰頻洩漏或混附發射進入主瓣。
IMT 基地臺	3GPP TS 38.104 附錄 B367	水平波束寬度 65°、仰角配置 0-15°，增益分佈依布建場景調整，適用於宏基地臺與小型基地臺。

資料來源：研究整理

(3) 傳播模型與路徑損耗

干擾功率是否足以影響接收端，需透過傳播模型進行路徑損耗估算，不同干擾路徑（地面站間、地面至太空、都會雜波環境）需採用不同模型進行模擬。ITU-R 建議使用 P.452 模型處理地面站間干擾，P.619 處理空地鏈路，P.2108 處理都會區雜波損失。查測機制可用來評估干擾來源之狀況，並納入地形、建物、天線高度等參數估算距離位置，下表 5-39 彙整各模型之適用場景與建議書來源。

表 5-39、傳播模型建議表

模型類型	建議模型與版本	適用場景與頻段	技術特性與制度應用說明
地面站間干擾預測	ITU-R P.452-16	100 MHz-50 GHz (FS、雷達、IMT)	支援地形遮蔽、氣候條件、地表反射；適用於微波鏈路、雷達與地球站對 IMT 接收機之干擾預測。制度上應納入地形資料與天線高度。

³⁶⁶ ITU-R, “Recommendation RA.1631: Spectrum usage and protection requirements for radio astronomy,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2003. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-RA.1631>

³⁶⁷ 3GPP, “Technical Specification TS 38.104: NR; Base Station (BS) radio transmission and reception,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38104.htm>

模型類型	建議模型與版本	適用場景與頻段	技術特性與制度應用說明
空地鏈路干擾預測	ITU-R P.619-4368	100 MHz-100 GHz (IMT → 衛星/RAS)	納入大氣吸收、雨衰、地球曲率與天線指向性；適用於IMT 混附發射進入衛星主瓣或RAS 主瓣之干擾模擬。制度上應納入仰角與主瓣方向。
都會區雜波損失預測	ITU-R P.2108369-0	0.5-100 GHz (UWB、IMT 密集布建)	建築物遮蔽、地表材質與設備分佈造成的雜波損失；適用於都會區IMT 用戶端或室內定位系統造成之聚合干擾分析。制度上應納入建物密度參數。
多路徑與衰落模型	ITU-R P.530-18	地面視距／非視距環境（雷達、IMT）	支援雨衰、閃爍、多路徑效應；適用於雷達與IMT 系統交錯布建場景之干擾穩定性分析。制度上應納入氣候與路徑類型。
IMT 系統內部模型	3GPP TR 38.901	FR1、FR2、FR3 (0.5-100 GHz)	包含室內、室外、都會、郊區、RMA、UMa、InH 等場景；支援 TDL、CDL、雙斜率模型。制度上應納入布建場景與天線配置。

³⁶⁸ ITU-R, “Recommendation P.619-4: Propagation data required for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth and satellites,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2015. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.619>

³⁶⁹ ITU-R, “Recommendation P.2108-1: Prediction of clutter loss,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108>

模型類型	建議模型與版本	適用場景與頻段	技術特性與制度應用說明
IMT 系統共存模型	3GPP TR 38.803 370 / TR 38.811371	IMT 與其他系統共存 (FDD/TDD、FS)	用於評估 IMT 與雷達、微波、衛星系統之干擾共存情境；支援干擾源密度、時間窗與頻率重疊分析。制度上應納入干擾源分佈與同步結構。

資料來源：研究整理

除上述技術標準外，為確保查測標準一致性與重現性，本機制亦需參考發射設備之功率遮罩規範，功率遮罩可限制主頻段功率、控制鄰頻洩漏、抑制混附發射，並依 3GPP 與 ITU-R 對於各系統之個別標準進行修正。

(二) 干擾查測架構

本研究所建立之干擾查測機制，是對於 FR3 頻段可能發生之系統間干擾情境，設計一套具備監測、分析、判定、定位、驗證與處理等階段之技術流程，此機制可作為干擾事件查核之依據，亦可供行動通信業者於系統布建前進行自我評估與參考，各階段之技術邏輯與制度應用說明如下：

查測流程起始於「干擾偵測」階段，此階段需先確認目標頻段是否涵蓋於 FR3 規劃範圍，並依系統類型選擇適當之監測設備，監

³⁷⁰ 3GPP, “Technical Report TR 38.803: Study on new radio access technology; Radio Frequency (RF) and co-existence aspects,” Release 14, 3rd Generation Partnership Project, 2017. Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3069>

³⁷¹ 3GPP, “Technical Report TR 38.811: Study on new radio access technology; Frequency ranges and bands,” Release 14, 3rd Generation Partnership Project, 2017. Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3067>

測作業可採固定監測站或攜帶式頻譜量測設備進行背景掃描，並依各系統之干擾容忍門檻，判斷是否存在潛在干擾。此階段之判定標準應參考 ITU-R F.758³⁷²、M.1849、RA.769 等建議書，並納入系統布建密度與天線場型參數。

若監測結果顯示存在異常訊號，則進入「訊號分析」階段。分析作業需針對異常訊號進行頻率、頻寬、功率與調製特徵之解析，並比對相關系統規範（如 3GPP TS 38.104、TS 38.101）與建議書（如 ITU-R SM.329）確認干擾源可能性與頻率重疊情形，此階段亦應建立干擾波形資料庫，供後續查測比對與制度審查使用。

完成訊號分析後，進入「干擾場景判定」階段。此階段需依據訊號特性與系統布建情境，判定是否屬於典型 FR3 干擾場景，包括固定微波鏈路與 IMT 基地臺互相干擾、IMT 基地臺干擾海事／專用雷達系統、IMT 系統與衛星接收端（FSS／RAS）間干擾等，相關判定作業應納入天線場型共同分析，並參考 ITU-R F.1245、M.1851、S.465、RA.1631 等建議書所定義之主瓣方向與旁瓣抑制等特性。

確認干擾場景後，進入「干擾定位」階段。定位作業需套用適合之傳播模型進行干擾源位置與影響範圍之預測，地面站間干擾可採用 ITU-R P.452 模型，空對地鏈路則建議使用 P.619 模型，都會區雜波損失則可參考 P.2108 模型，而評估上也需要參考相關傳播地形資料、天線高度及環境參數，並進行天線指向性搭配場型分析，以提升定位精度。

完成定位後，進入「現場驗證」階段。此階段需於現場重現干擾條件，並確認受害系統效能是否受損，相關驗證作業應結合 I/N

³⁷² ITU-R, “Recommendation F.758-7: System parameters and considerations in the development of propagation models for fixed wireless systems,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.758>

長期不受干擾之標準、天線場型與通道模型，並測試鏈路品質。若確實干擾成立，應記錄干擾強度、持續時間與影響範圍，並納入制度通報流程。

最後，進入「干擾事件報告與處理」階段。查測單位應撰寫干擾事件報告，包含監測紀錄、分析結果、定位座標與驗證資料，並依制度規定進行通報、排除或頻率調整。報告格式應符合主管機關技術審查要求，並納入干擾事件資料庫，以供後續頻率規劃與制度優化使用。

整體查測流程依據 ITU-R P.452 中對於 100 MHz 以上頻率地球表面站間干擾評估預測程序，進行設計，架構流程如圖 5-80，相關查測步驟與設備仍可依據需求自行調整或優化。



圖 5- 80、干擾查測機制流程圖

資料來源：研究整理

第三節 研提 U6 移頻建議方案

一、利害關係人

利害關係人 (Stakeholders) 係指在一個組織中，會影響組織目標或被組織影響的團體或個人。面對 U6 頻譜的重新整備，利害關係人必然會受到影響，為了完善評估，其中的利益及損害皆需進行盤點與

研析。本研究將利害關係人分為三類，分別是政府、電信業者以及 U6 頻段的既有使用者。

1. 政府

頻譜屬於國家擁有的稀有資源，而政府肩負頻譜管理及促進通信產業發展之責任。從國家整體利益角度而言，政府可將頻譜拍賣獲得之價金投入於社會或公共建設，而在新的規劃頻段之下，政府需制訂能為國家及相關業者創造最大利益之新規範或補償措施，並確保頻段的價值運用能完全的發揮。

2. 電信業者

電信業者在頻譜釋放給行動通信後將有更多 6G 頻寬可供使用，進而促使我國行動通信服務擁有更充足的頻譜資源以提供 6G 服務。U6 頻段目前為國際間熱門的 6G 候選頻段之一，我國整備 U6 頻段與國際的潮流一致，有利提升我國整體產業數位競爭力。

3. 我國 U6 頻段既有使用者

我國 U6 頻段 (6.425-7.125 GHz) 目前既有使用者有固定微波及衛星固定通信用途 (Fixed Satellite Service, FSS)。

固定微波是 U6 頻段的主要用途，占比超過 8 成，分布在全國各地，使用單位涵蓋政府機關、國營事業、電信業者、電視業者和無線廣播業者，目前國內 U6 頻段固定微波既有使用者及用途如表 5-40 所示。

表 5-40、U6 頻段微波既有使用者與傳輸用途

類型	業者名稱	微波傳輸用途
政府機關	水利署第五河川分署	傳送河川水文，雨量等資料，用於防洪預警
政府機關	水利署第十河川分署	傳送水庫，河川水文，雨量等資料，用於防洪預警
政府機關	交通部民用航空局飛航服務總臺	環境影像，航空無線電通信，設備監控信號，ADS-B 訊號

國營事業	台灣電力股份有限公司	通信，電力調度訊號
電信業者	中華電信	電信，網路資料
電視業者	中國電視股份有限公司	傳送無線電視節目資料
電視業者	中華電視股份有限公司	傳送無線電視節目資料，網路資料
電視業者	台灣電視事業股份有限公司	傳送無線電視節目資料
電視業者	民間全民電視股份有限公司	傳送無線電視節目資料
電視業者	財團法人公共電視文化事業基金會	傳送無線電視節目資料
廣播業者	財團法人中央廣播電臺	傳送無線廣播資料
廣播業者	中國廣播股份有限公司	傳送無線廣播資料

資料來源：本研究整理

其次，使用 U6 頻段作為衛星固定通信用途既有使用者有中華電信、臺亞衛星和漢聲廣播電臺，三家業者皆使用中華電信所屬的中新二號同步軌道衛星 ST-2，並以 6553-6725 MHz 頻段作為地球電臺對太空衛星的上鏈傳輸。目前國內 U6 頻段的衛星固定通信用途既有使用者如表 5-41 所示，雖然行動通信基地臺的天線輻射方向主要是對地上，但是天線旁瓣輻射會有朝天空輻射的機會，若基地臺的數量增多時，旁瓣輻射累積的電波能量若超過衛星接收端的靈敏度時，就有可能會對空中的衛星接收端產生干擾的風險，此類型干擾評估不易由現有環境進行實測評估。

表 5-41、國內使用 U6 頻段衛星固定通信用途既有使用者

類型	業者名稱
衛星業者	中華電信(ST-2)
衛星業者	臺亞衛星通信股份有限公司
衛星業者	漢聲廣播電臺

資料來源：本研究整理

(二) 我國 U6 頻段既有使用者分析

依據國家通訊傳播委員會登載資料顯示，U6 頻段目前在國內的既有使用者共有 14 家包含無線電視業者、廣播業者、政府機關、衛星業者、電信業者、國營事業單位，如表 5-42 所示。其固定微波或衛星固定通信站點分布在國內各地，如圖 5-81。

表 5- 42、U6 頻段既有使用者使用現況

類型	業者名稱	U6 微波使用現況
政府機關	水利署第五河川分署	不再使用
政府機關	水利署第十河川分署	備援鏈路
政府機關	交通部民用航空局飛航服務總臺	主要鏈路
國營事業	臺灣電力股份有限公司	主要鏈路，備援鏈路
電信業者	中華電信	主要鏈路，備援鏈路
電視業者	中國電視股份有限公司	主要鏈路
電視業者	中華電視股份有限公司	主要鏈路，備援鏈路
電視業者	臺灣電視事業股份有限公司	主要鏈路
電視業者	民間全民電視股份有限公司	主要鏈路
電視業者	財團法人公共電視文化事業基金會	主要鏈路
廣播業者	財團法人中央廣播電臺	備援鏈路
廣播業者	中國廣播股份有限公司	不再使用
衛星業者	中華電信 ST-2	上鏈鏈路
衛星業者	臺亞衛星通訊股份有限公司	上鏈鏈路
衛星業者	漢聲廣播電臺	上鏈鏈路

資料來源：本研究整理

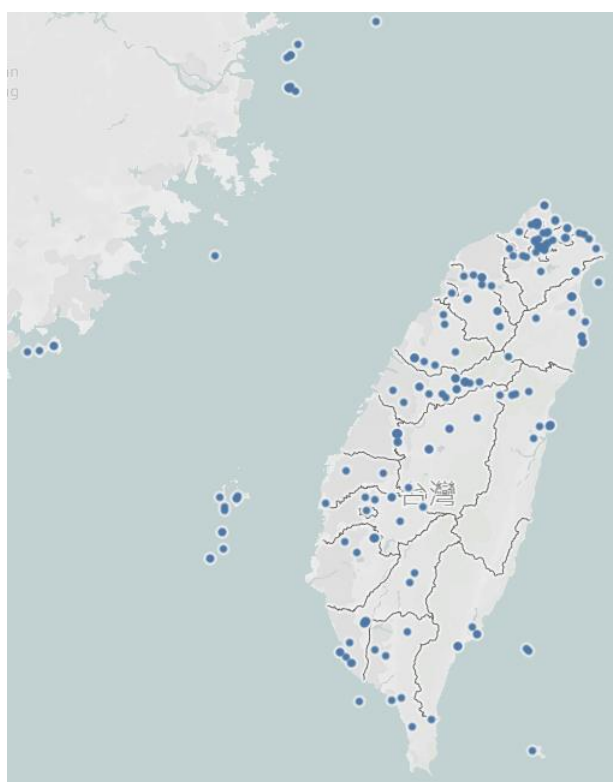


圖 5- 81、U6 既有業者微波站點地理分布圖

資料來源：通傳系統、本研究整理

1. 無線電視業者

使用 U6 頻段的國內無線電視業者有台視、中視、華視、公視及民視等五家，其用途是將無線電視訊號從電視臺主控室透過固定微波傳送至各地的無線電視發射站，臺視、中視、華視及公視的電視臺主控室設於臺北市，民視電視臺主控室設於新北市林口，無線電視發射站分布於全國各地的郊區或山區，例如竹子山、南港山、火炎山、八卦山、集集大山、枕頭山、壽山、中寮山及七星嶺等，目前的傳輸頻寬為 10 MHz 至 30 MHz，傳輸速度需求約為 20 至 50 Mbps。

2. 廣播業者

使用 U6 頻段的業者有中央廣播電臺、中國廣播公司和漢聲廣播電臺，其用途是將廣播聲音訊號從電臺總臺透過固定微波傳送至各地的廣播發射站，經由訪談了解中國廣播公司已不再使用 U6 頻段微波，中央廣播電臺的總臺在臺北市，其廣播發射站位於雲林和嘉義的郊區，目前的傳輸頻寬為 10 MHz 至 30 MHz，傳輸速度需求約為 1.5 Mbps。漢聲廣播電臺用途是將廣播聲音訊號從電臺總臺透過衛星固定通信傳送至各地的廣播發射站。

3. 政府機關

使用 U6 頻段的政府機關有水利署第五河川分署、水利署第十河川分署及交通部民用航空局飛航服務總臺，水利署第五河川分署其用途是將河川水文和雨量等資料從監控的河川傳回水情中心，水利署第十河川分署其用途是將水文和雨量等資料從石門水庫和翡翠水庫傳回水情中心，經由訪談了解第五河川分署已不使用 U6 頻段微波傳輸，第十河川分署目前的傳輸頻寬為 1.25 MHz 和 5 MHz，傳輸速度需求約為 4.096 Mbps 和 16.384 Mbps。民用航空局飛航服務總臺其用途是將環境影像、航空無線電通訊、設備監控信號和廣播式自動相關監視（ADS-B）訊號從高雄壽山透過固定微波傳到小港機場，目前的傳輸頻寬為 28 MHz，傳輸速度

需求約為 20 Mbps。

4. 衛星業者

使用 U6 頻段的衛星固定通信用途既有使用者有中華電信及臺亞衛星通訊公司，用途是使用 ST-2 衛星傳送電視節目與數據資料。

5. 電信業者

使用 U6 頻段的電信業者為中華電信，主要用途是建置固定微波鏈路作為光纖網路備援鏈路以強化偏遠地區及離外島通訊穩定和韌性，目前在金門、馬祖、澎湖、小琉球、綠島、蘭嶼、龜山島和部分偏遠山區，皆有布建 U6 頻段固定微波傳輸。

6. 國營事業單位

使用 U6 頻段的國營事業單位為臺灣電力股份有限公司，主要用途是建置固定微波鏈路作為光纖網路備援鏈路，以維繫國內各地區的發電廠、變電所和調度中心的通信，台電其固定微波網路分布於北部、中部、南部及東部，使用傳輸頻寬為 5 MHz 和 10 MHz，傳輸速度約為 12.352 Mbps 和 43.232 Mbps。

(三) 整備流程及方向

為確保未來 U6 頻段整備可兼具既有使用者需求與符合 6G 發展，本計畫規劃 4 個步驟進行 U6 頻段整備研究。首先，進行替代技術實測與頻率和諧共存系統 (AFC) 評估；其次，訪談既有使用者瞭解鏈路使用情形、頻率需求、替代方案可行性、設備頻率調整性；再則，評估既有使用者整備方案包含使用替代技術類型、沿用既有頻率、移頻、時程與成本估列；最後，研提 U6 頻段整備方案建議包含使用替代技術、保留部分頻段供既有使用者、既有使用者保護範圍/移頻補助成本，整備執行流程如圖 5-82 所示，因應既有

使用者不同的需求，本研究規劃出以下 4 個整備方向，配合實地拜訪 U6 頻段既有使用者，讓既有使用者了解國際及國內對 U6 頻段使用的現況及未來規劃方向，同時了解既有使用者 U6 頻段頻譜目前使用現況，以及蒐集業者 U6 頻段頻譜使用的相關站臺資訊，藉由分析了解既有使用者的情況，提供相對應的處理措施，以消除既有使用者的疑慮，以利後續 U6 頻段頻譜未來使用的規劃，完善 U6 頻段頻譜整備。

1. 使用替代技術取代原有 U6 頻段鏈路，例如光纖、固網、行動通信、FSO、低軌衛星或免執照微波等方案。
2. 保留 U6 部分頻段並設置護衛頻寬(Guard band)，提供衛星上鏈與因網路韌性需求持續使用微波鏈路的既有使用者。
3. 設置保護區域 (Guard zone)，並建置頻率和諧共存機制，提供離外島地區或既有使用者，因無法使用其他替代技術，繼續使用已核配 U6 頻率進行通信服務。
4. 使用 U6 頻段以外的微波。

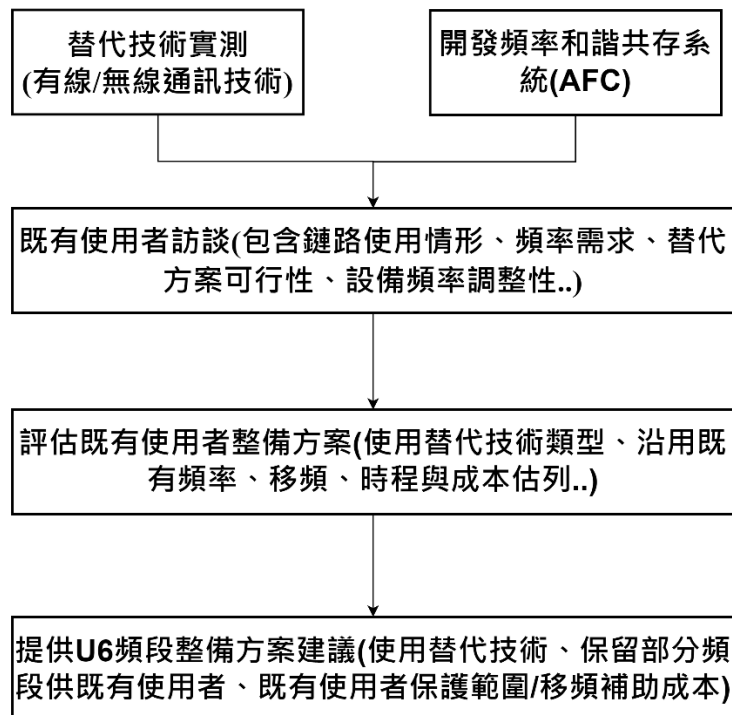


圖 5-82、U6 頻段整備流程

資料來源：本研究整理

二、頻譜整備候選方案

(一) 候選方案說明

對於我國 U6 頻段之頻譜，若欲規劃供行動通信服務使用，其所需之整備方案，本研究已歸納成四種可能之候選方案，如表 5-43 所示。

表 5-43、本研究研擬頻譜整備候選方案

方案	頻譜整備方案圖示
一	<p>行動通訊</p> <p>6425 7125</p>
二	<p>微波(離島和無替代技術區域)</p> <p>衛星 行動通訊</p> <p>6425 6725 7125</p>
三	<p>微波 G B 行動通訊</p> <p>衛星</p> <p>6425 6715 6725 7125</p>
四	<p>微波(既有鏈路)</p> <p>衛星 行動通訊</p> <p>6425 6715 7125</p>

資料來源：本研究整理

1. 候選方案一：全部頻段（6425-7125 MHz，700 MHz）作為行動通信用途。

本方案可以提供行動通信 700MHz 頻譜，如圖 5-83 所示，執行本方案須有補償機制以彌補既有使用者，如移頻和使用替代技術所需的相關費用，且須提供非 U6 頻段頻譜供移頻使用。依據本

計畫研析我國頻譜使用現狀，目前在 U4 頻段（4400-5000 MHz，600 MHz）的主要用途為微波、行動寬頻專用電信和實驗網路，主要使用者為政府單位骨幹微波，因為微波站點不多，站點彼此距離遠，頻譜重疊的機率低，藉由微波站的管理措施，妥善分配微波站點的使用頻率，讓頻率複用，提高頻譜使用效率，應可滿足 U6 頻段的既有使用者的移頻需求。受影響的鏈路及站臺數量如表 5-44 所示。



圖 5-83、候選方案一頻譜使用

資料來源：本研究整理

表 5-44、方案一受影響的鏈路及站臺數量

類型	鏈路數量(條)	站臺數量(站)
微波	513	225
衛星	8	5

資料來源：本研究整理

- 候選方案二：保留 6425-6725 MHz（300 MHz）作為既有衛星上鏈與微波鏈路共同使用，6725-7125 MHz（400 MHz）開放行動通信與離外島及無替代技術可用站點共同使用頻段。

本方案可提供行動通信 400MHz（6725-7125 MHz）頻譜如圖 5-84 所示，衛星上鏈電波發射方向為天上衛星，固定微波電波發射方向為陸地水平方向，兩系統藉由天線方向性的增益損耗與前後比（Front-to-Back Ratio）的損耗可高度共存，使用同一頻段。離外島及無替代技術可用的微波站點通常都是遠離市區，且海拔高度較高，可透過頻譜共享機制，達成行動通信與固定微波共同使用頻段。另外因行動通信基地臺的天線主波束往地面輻射，當

行動通信與衛星上鏈共存時，行動通信基地臺對於天上衛星干擾機率低，故建議無須保留護衛頻寬。本研究評估本方案受影響的鏈路及站臺數量如表 5-45 所示。針對共用頻段的既有使用者設計之頻譜共享機制，可參考 AFC 的機制，將既有微波站之位置建立資料庫，提供給行動業者作為建置基地臺的選址參考，而為保護既有微波用戶之通訊免受干擾，該頻譜共享資料庫以和諧共用為原則管理頻譜需求。其運作機制為當電信業者欲規劃新建基地臺時，可提供欲架設基地臺位置的經緯度、發射機電功率、天線場型等資訊，並向頻譜共享資料庫查詢可用頻段，而該資料庫將透過合適的評估標準對潛在使用者進行審核。



圖 5-84、候選方案二頻譜使用

資料來源：本研究整理

表 5-45、方案二受影響的鏈路及站臺數量

類型	鏈路數量(條)	站臺數量(站)
微波	209	138
衛星	0	0

資料來源：本研究整理

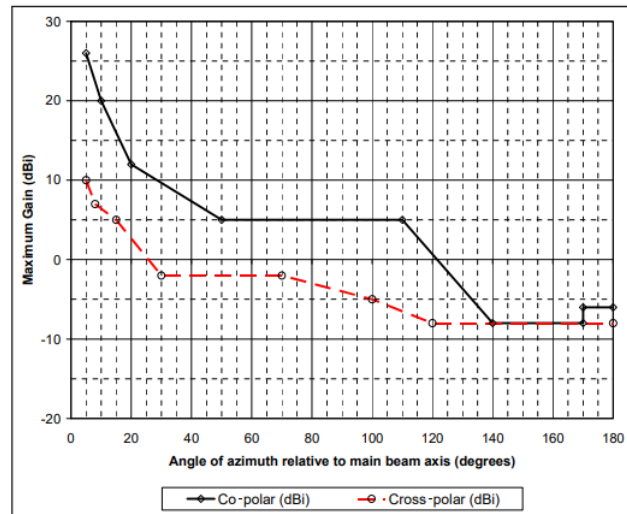
基地臺和微波站的保護距離預估，依 ITU³⁷³建議微波系統干擾門檻值為熱雜訊加接收機的雜訊指數再加 6dB 的餘裕為-115 dBm/MHz 估算，搭配 ETSI 規範³⁷⁴中效能最差的 Class 1 天線（天線規格如圖 5-85 所示）評估微波天線旁波束受到干擾的情形，基地臺發射功率使用 NCC 法規的最大值 50dBm/MHz，依 3GPP RMa³⁷⁵傳輸模型估算保護距離如表 5-46 所示，最短的保護距離是

373 ITU-R F.758-8, (02/2025)

374 ETSI EN 302 217-4 V2.1.1, Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas (2017-05)

375 3GPP TR 38.901 V17.1.0, Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (2023-12)

17.5 公里。



Angle (°)	Co-polar (dBi)	Angle (°)	Cross-polar (dBi)
5	26	5	10
10	20	8	7
20	12	15	5
50	5	30	-2
110	5	70	-2
140	-8	100	-5
170	-8	120	-8
170	-6	180	-8
180	-6		

圖 5- 85、3-14GHz Class1 微波天線輻射方向圖

資料來源：ETSI EN 302 217-4 V2.1.1，本研究整理

表 5- 46、微波站干擾保護距離估算

偏軸角(度)	Rma_LOS 估算保護距離(公里)
5	35.2
10	31.8
20	27.5
50	23.9
110	23.9
140	17.5
170	18.4

資料來源：本研究整理

對離外島的微波站在本島多設立在山區，但微波站所在的山區通常也會有基地臺架設，且和微波站的距離在 1 至 6 公里之內，

只是基地臺架設密度較低，人口密度也比較低，建議可以針對國內高山地區海拔 720 公尺以上微波站設保護區，如此對金門、馬祖和澎湖的微波站皆會受到保護。此外也可以避開大多數的行動通信基地臺，如圖 5-86 所示，淡黃色區域是海拔 720 公尺以下的區域。對小琉球，綠島和蘭嶼的微波站可以搭配用保護距離的方式設立保護區。

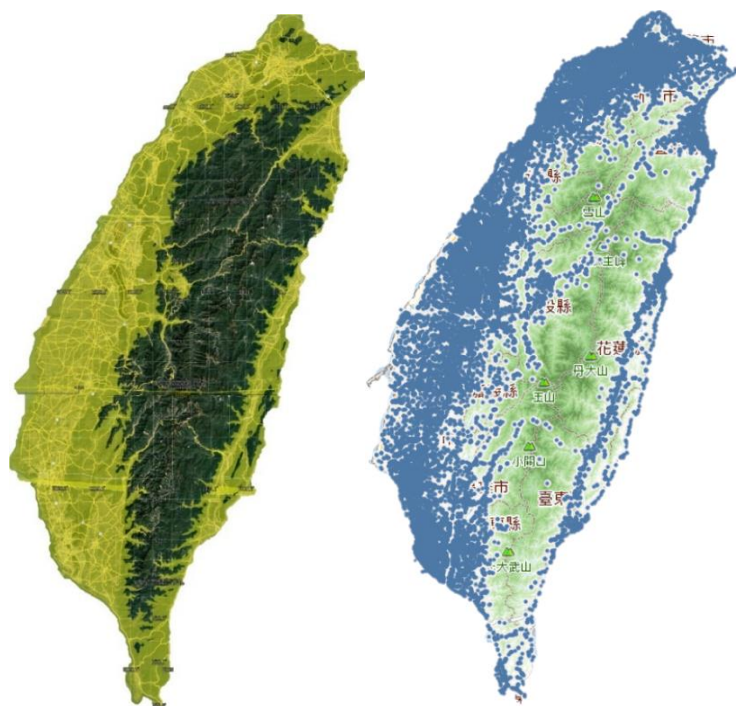


圖 5-86、國內海拔 720 公尺以下區域(淡黃色區域)及國內行動通信基地臺域涵蓋示意圖

資料來源：NCC，本研究整理

3. 候選方案三：保留 6425-6715 MHz（290 MHz）作為衛星上鏈、離外島與無替代技術可用站點共用頻段，開放 6725-7125 MHz（400 MHz）作為行動通信用途。

本方案可提供行動通信 400MHz（6725-7125 MHz）頻譜如圖 5-87 所示，保留 290MHz（6425-6715 MHz）衛星上鏈與固定微波共用，若離外島與無替代技術可用之固定微波站點需求頻寬超過 290 MHz 時，可以參考方案一的建議，移頻至 U4 頻段。微波站和

行動基地臺的天線在實際布建時都會在建築物的高點，高度差異不大，因此兩者的電波輻射會彼此影響，根據國家通訊傳播委員會的行動通信基地臺射頻設備技術規範中的規定如表 5-47 所示，基地臺在工作頻帶之外需有 10MHz 頻寬的區間讓基地臺的發射功率衰減到-13dBm 以下，大於 10MHz 之後的不必要發射的限制值也是維持在-13dBm，為了讓頻譜使用效率最大化，以 10MHz 的頻寬做為保護頻寬，保護頻寬和保護距離也有相關，參考方案二 ITU 建議的微波系統干擾門檻值為-115dBm，若微波站使用高效率微波天線，搭配 3GPP RMa 傳輸模型估算在離天線主波偏軸角 30 度以上區域的保護距離為 350 公尺，可以符合理論上的架設需求，唯實際狀況仍需透過實測方式才能驗證保護頻寬的大小。本方案受影響的鏈路及站臺數量如表 5-48 所示。



圖 5-87、候選方案三頻譜使用

資料來源：本研究整理

表 5-47、廣域範圍行動基地臺操作頻帶不必要發射限制值

量測濾波器-3dB 頻率點之偏移頻率 Δf	量測濾波器中心頻率點之偏移頻率 f_{offset}	限制值(註2)	解析頻寬
$0 \text{ MHz} \leq \Delta f < 5 \text{ MHz}$	$0.05 \text{ MHz} \leq f_{offset} < 5.05 \text{ MHz}$	$-5.2\text{dBm} - \frac{7}{5} \cdot \left(\frac{f_{offset}}{\text{MHz}} - 0.05 \right) \text{dB}$	100 kHz
$5 \text{ MHz} \leq \Delta f < \min(10 \text{ MHz}, \Delta f_{max})$	$5.05 \text{ MHz} \leq f_{offset} < \min(10.05 \text{ MHz}, f_{offset_{max}})$	-12.2 dBm	100 kHz
$10 \text{ MHz} \leq \Delta f \leq \Delta f_{max}$	$10.5 \text{ MHz} \leq f_{offset} < f_{offset_{max}}$	-13 dBm (註1)	1 MHz

註1：本限制值不適用於 $\Delta f_{max} < 10 \text{ MHz}$ 。
 註2：限制值得依附表41放寬。

資料來源：國家通訊傳播委員會

表 5-48、方案三受影響的鏈路及站臺數量

類型	鏈路數量(條)	站臺數量(站)
微波	513	225
衛星	0	0

資料來源：本研究整理

4. 候選方案四：6425-7125 MHz 開放行動通信、既有使用者（微波、衛星上鏈）以頻譜和諧機制共享頻譜，通訊頻譜規劃如圖 5-88 所示，採用本方案可參考本研究開發之 AFC 機制作為基礎進行功能延伸，以保護既有使用者與新進行動通信和諧共用。受影響的鏈路及站臺數量如表 5-49 所示。

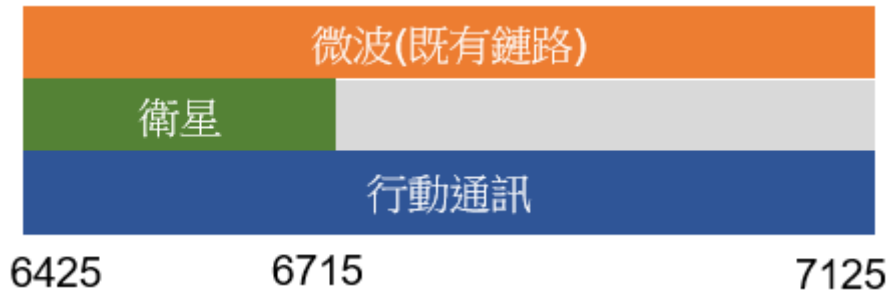


圖 5-88、候選方案四頻譜使用

資料來源：本研究整理

表 5-49、方案四受影響的鏈路及站臺數量

類型	鏈路數量(條)	站臺數量(站)
微波	0	0
衛星	0	0

資料來源：本研究整理

綜整上述頻譜整備方案，包含方案內容規劃、配套措施研析與釋出頻寬及所需護衛頻寬說明，如表 5-50 所示。

表 5-50、頻譜整備方案研析綜整

方案	內容	配套措施	釋出頻寬	所需護衛頻帶
一	U6 頻段全部作為行動通信用途	<ul style="list-style-type: none"> 採取補償機制彌補固定微波使用者之移頻費用或使用替代技術之費用 	700 MHz (專用)	0MHz
二	衛星和行動通	<ul style="list-style-type: none"> 採取補償機制彌補固定 	400 MHz	0 MHz

方案	內容	配套措施	釋出頻寬	所需護衛頻帶
	信用途分別使用部分的 U6 頻段，離外島與無替代技術可用站點和諧共用	微波使用者使用替代技術之費用 <ul style="list-style-type: none"> 針對共用此頻段的微波使用者需設計頻譜和諧共享機制 	(共用)	
三	衛星和微波共享部分的 U6 頻譜，行動通信用途使用部分的 U6 頻段	<ul style="list-style-type: none"> 採取補償機制彌補固定微波使用者之移頻費用或使用替代技術之費用 針對共用頻段的微波和衛星使用者需設計頻譜和諧共享機制 	400 MHz (專用)	10 MHz
四	所有使用者共享整個 U6 頻段	<ul style="list-style-type: none"> 針對共用此頻段的使用者需設計頻譜和諧共享機制 	700 MHz (共用)	0 MHz

資料來源：本研究整理

(二) 候選方案成本分析

1. 候選方案一：全部頻段（6425-7125 MHz，700 MHz）作為行動通信用途。

本方案建議電視業者、廣播業者和水利署使用光纖固網服務替代微波，但有些站點因為光纖尚未布建，需請中華電信協助光纖布建，航空局飛航服務總臺除了固網之外仍需要微波做為雙迴路，台電和中華電信也需要在離外島或偏遠地區架設微波以維持網路韌性，因此需要 U6 頻段以外的其他微波服務。

電視業者的微波用途是傳輸無線電視訊號，使用光纖固網替代可使用 T3 專線或乙太網路，使用 T3 專線可以直接傳輸目前微波傳輸的資料內容，但傳輸成本會比較高。使用乙太網路有專線或一般公眾網路的選擇，也會有不一樣的傳輸費用，專線成本會高於一般公眾網路。但使用乙太網路傳輸時須先將無線電視訊號網路封包化，因此需要 MPEG-2 傳輸串流轉換為乙太封包的設備一臺、網路媒體傳輸設備一臺跟 VPN 路由器（建立 VPN 鏈路），

每個無線發射站點和電視臺主控室都需要一套設備，微波中繼臺沒有無線電視發射站功能的不需要安裝此設備，但是電視臺業者的站臺有些是共站，傳輸設備的數量會根據在共站的站點裡的業者數量來計算，因為不同業者的傳輸串流來源不同，因此共站的站點會有多套的設備，初估一套設備費用約為 160 萬元（包含 TS over Ethernet 為 157 萬 5000 元，VPN 路由器 2 萬 5000 元），無線電視業者所需設備數量和費用如表 5-51 所示。

表 5-51、初估無線電視業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	TS over IP 設備數量(套)	初估總費用 (新臺幣萬元)
無線電視業者	48	60	9,600

資料來源：本研究整理

我國無線電視發射站多設置在郊區或是山上，有些站點目前並無光纖固網建設，因此需先將固網建設完善，業者才能使用，目前統計到尚未有光纖固網的站點和固網建設費用初估如表 5-52 所示，建設時程約 12 到 60 個月。

表 5-52、初估無線電視發射站點光纖基礎建設費用和時程

站點位置	費用 (新臺幣萬元)	建置時程(月)
八卦山(台視, 民視)	1200	18
八卦山(華視)	2000	24
八卦山(公視)	1600	18
八卦山(中視)	1800	36
枕頭山(台視)	604	36
枕頭山(民視)	604	36
集集大山	2000	60
壽山	10	12
合計費用 9,818 萬元		

資料來源：本研究整理

光纖尚未到達的發射站臺且行動通信網路訊號良好地區，本研究建議採用 5G FWA 作為傳輸替代技術，除了原有的設備之外，要再增加一臺 FWA 終端設備，FWA 終端設備一臺初估為 3.75 萬

元，由於傳輸串流源頭的電視臺主控室將可能成為傳輸瓶頸的問題，故建議電視臺主控室採用固網方式傳輸。

廣播業者微波站的用途是傳輸廣播聲音訊號，使用固網替代可使用 T1 專線或乙太網路，使用 T1 專線可以直接傳輸目前微波傳輸的資料內容，但傳輸費用會比較貴。使用乙太網路有專線或一般公眾網路的選擇，也會有不一樣的傳輸費用，專線成本會高於一般公眾網路。但使用乙太網路傳輸時須先將廣播聲音訊號網路封包化，因此需要聲音編解碼器（IP codec）將聲音訊號轉換為乙太封包，跟 VPN 路由器一臺（建立 VPN 鏈路），一路聲音頻道需要一臺聲音編解碼器，每個廣播發射站點和電臺總臺都需要一套設備，中繼臺沒有廣播發射站功能的不需要安裝，初估聲音編解碼器一臺為 12 萬 6000 元，VPN 路由器一臺為 2 萬 5000 元。初估廣播業者所需設備數量和費用如表 5-53 所示

表 5-53、初估廣播業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	IP codec 設備數量(臺)	VPN 路由器 (臺)	初估總費用 (新臺幣萬元)
廣播業者	3	24	3	310

資料來源：本研究整理

廣播電臺在雲林的兩個廣播站使用光纖固網需要額外的固網基礎建設，初估費用和時程如表 5-54 所示。

表 5-54、初估廣播電臺光纖基礎建設費用和時程

電臺站點位置	費用（新臺幣萬元）	建置時程(月)
雲林	400	20

資料來源：本研究整理

光纖尚未到達的廣播電臺發射站因其場域在電信業者的行動通信網路訊號涵蓋良好的範圍中，本研究建議採用 5G FWA 作為傳輸替代技術，要再增加一臺 FWA 設備，FWA 終端設備一臺預估為 3.75 萬元，初估的設備費用如表 5-55 所示。

表 5- 55、初估廣播業者架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	3	3	11.25

資料來源：本研究整理

水利署已使用固網作為主要傳輸用途，因其場域在電信業者的行動通信網路訊號涵蓋良好的範圍中，本研究建議採用 5G FWA 作為微波備援需求，初估的設備費用如表 5- 56 所示。

表 5- 56、初估水利署架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	4	4	15
VPN 路由器	4	4	10

資料來源：本研究整理

台電和民用航空局飛航服務總臺仍須使用微波傳輸，微波移頻費用包含天線，微波機，導波管等設備，一座微波站一個頻道的微波移頻費用初估需 250 萬，移頻所需設備數量和費用如表 5- 57 所示。

表 5- 57、初估政府機關和國營事業微波移頻費用

既有業者	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
台電和民航局	50	76	19,000

資料來源：本研究整理

中華電信 U6 頻段微波站點所在位置多在郊區，高山和離外島，其傳輸容量遠大於一般既有使用者，距離也比較長，還有許多跨海鏈路，因此其微波設備的規格和架設難度也和一般業者不同，其中也有客製化的產品，初估其微波移頻所需設備數量和費用如表 5- 58 所示。

表 5- 58、初估中華電信微波移頻費用

既有業者	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
中華電信	87	94	46,080

資料來源：中華電信，本研究整理

2. 候選方案二：保留 6425-6715 MHz (290 MHz) 作為既有衛星上鏈與微波鏈路共同使用，6725-7125 MHz (400 MHz) 開放行動通信與離外島及無替代技術可用站點共同使用頻段。

本方案建議電視業者在有光纖固網服務區域的無線電視發射站點使用固網技術替代微波，固網尚未到達的區域繼續使用微波，雖然發射站大多在山上，但是電視訊號主要還是要給一般民眾收視使用，所以發射站距離人口密集區都在 10 公里以內如圖 5- 89 所示，建議要移頻至 6425-6715 MHz 以提高微波和行動頻譜使用效率，中央廣播電臺和水利署可等單位以使用 5G FWA 或低軌衛星等替代技術，民用航空局飛航服務總臺和台電等單位建議保留微波，因其微波站點距離市區距離都在 10 公里以內，如圖 5- 90 所示，建議要移頻至 6425-6715 MHz 以提高微波和行動頻譜使用效率，中華電信站點多為離外島或偏遠山區，且頻譜需求大，建議全部保留，有進到人口密集區的鏈路再考慮移頻或使用替代技術。



圖 5- 89、U6 頻段無線電視發射站半徑 10 公里涵蓋範圍圖
 資料來源：NCC，本研究整理



圖 5- 90、民航局和台電 U6 頻段微波站半徑 10 公里涵蓋範圍圖
 資料來源：NCC，本研究整理

電視臺業者可以使用光纖固網替代的站點需要新增網路傳輸設備初估一套費用為 160 萬元，費用初估如表 5- 59 所示。

表 5- 59、初估無線電視業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	TS over IP 設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
無線電視業者	35	43	6,880

資料來源：本研究整理

電視臺業者需要移頻的站臺其微波移頻費用包含天線，微波機，導波管等設備，初估一座微波站一個頻道的微波設備更換費用需 250 萬，微波移頻費用初估如表 5- 60 所示。

表 5- 60、初估無線電視業者微波移頻費用

業者類別	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
無線電視業者	20	26	6,500

資料來源：本研究整理

中央廣播電臺和水利署等單位使用 5G FWA 做傳輸，中央廣播電臺需額外架設網路傳輸設備，費用初估如表 5- 61 和表 5- 62 所示，水利署只需要架設替代技術設備，費用初估如表 5- 63 所示。

表 5- 61、初估廣播業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	IP codec 設備數量(臺)	VPN 路由器 (臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
廣播業者	3	24	3	310

資料來源：本研究整理

表 5- 62、初估廣播業者架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	3	3	11.25

資料來源：本研究整理

表 5- 63、初估水利署架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	4	4	15

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
VPN 路由器	4	4	10

資料來源：本研究整理

台電和民用航空局飛航服務總臺等單位仍須使用微波傳輸，微波移頻費用包含天線，微波機，導波管等設備，一座微波站一個頻道微波更換設備的費用初估需 250 萬，微波移頻費用初估如表 5- 64 所示。

表 5- 64、初估政府機關和國營事業微波移頻費用

業者類別	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
政府機關和國營事業	50	76	19,000

資料來源：本研究整理

中華電信 U6 頻段微波站點所在位置多在偏遠郊區、高山和離外島，使用的微波頻寬也大於 300 MHz，因此建議保留現況，同時設計頻譜共享機制使其能和既有使用者和諧共用，有經過人口密集區的微波站再考慮移頻或使用替代技術。

3. 候選方案三：保留 6425-6715 MHz (290 MHz) 作為衛星上鏈、離外島與無替代技術可用站點共用頻段，開放 6725-7125 MHz (400 MHz) 作為行動通信用途。

本方案建議電視業者在有光纖固網服務區域的無線電視發射站點使用固網技術替代微波，固網尚未到達的區域繼續使用微波，但要移頻至 6425-6715 MHz 以提高微波和行動頻譜使用效率、中央廣播電臺和水利署等單位可以使用 5G FWA 或低軌衛星等替代技術，民用航空局飛航服務總臺和台電保留微波，要移頻至 6425-6715 MHz 以提高微波和行動頻譜使用效率，中華電信因為需要在離外島或偏遠地區架設微波，所需頻寬大於 300 MHz，因此除了 6425-6715 MHz 頻段之外，也需要 U6 頻段以外的微波頻段，因此

所有站臺都需要移頻。

電視臺業者可以使用固網替代的站點需要新增網路傳輸設備初估一套費用為 160 萬元，費用初估如所示表 5- 65。

表 5- 65、初估無線電視業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	TS over IP 設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
無線電視業者	35	43	6,880

資料來源：本研究整理

電視臺業者需要移頻的站臺其微波移頻費用包含天線，微波機，導波管等設備，初估一座微波站一個頻道的微波設備更換費用需 250 萬，微波移頻費用初估表 5- 66 所示。

表 5- 66、初估無線電視業者微波移頻費用

業者類別	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
無線電視業者	20	26	6,500

資料來源：本研究整理

中央廣播電臺和水利署等單位使用 5G FWA 做傳輸，中央廣播電臺需額外架設網路傳輸設備，費用初估如表 5- 67 和表 5- 68 所示，水利署只需要架設替代技術設備，費用初估如表 5- 69 所示。

表 5- 67、初估廣播業者架設網路傳輸設備費用

業者類別	站臺數	IP codec 設備數量(臺)	VPN 路由器 (臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
廣播業者	3	24	3	310

資料來源：本研究整理

表 5- 68、初估廣播業者架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	3	3	11.25

資料來源：本研究整理

表 5- 69、初估水利署架設替代技術費用

替代技術	站臺數	設備數量(臺)	預估總費用 (新臺幣萬元)
FWA	4	4	15
VPN 路由器	4	4	10

資料來源：本研究整理

台電和民用航空局飛航服務總臺等單位仍須使用微波傳輸，微波移頻費用包含天線，微波機，導波管等設備，一座微波站一個頻道微波更換設備的費用初估需 250 萬，微波移頻費用初估如表 5- 70 所示。

表 5- 70、初估政府機關和國營事業微波移頻費用

業者類別	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
政府機關和國營事業	50	76	19,000

資料來源：本研究整理

中華電信 U6 微波站點所在位置多在郊區，高山和離外島，其傳輸容量遠大於一般既有使用者，距離也比較長，還有許多跨海鏈路，因此其微波設備的規格和架設難度也和一般業者不同，其中也有客製化的產品，初估其微波移頻所需設備數量和費用如表 5- 71 所示。

表 5- 71、初估中華電信微波移頻費用

既有業者	站臺數	微波設備數量(套)	預估總費用 (新臺幣萬元)
中華電信	87	94	46,080

資料來源：中華電信，本研究整理

4. 候選方案四：6425-7125 MHz 開放行動通信、既有使用者(微波、衛星上鏈)和諧共用頻譜

本方案所有既有使用者無須做變動，行動通信要使用此頻譜時需要配合相關頻譜共用機制以降低用戶通信系統之間的干擾。如何

避免使用者間的干擾並訂定合適的機制將為一大政策重點，目前國際上主要國家針對和諧共用，主要有以下幾種措施：

- 劃定保護區以避免使用者間可能的干擾。
- 設定技術規範，如發射功率的限制。
- 頻譜共享機制，可增加頻譜的供應並解決無法即時釋出頻譜之狀況，如美國的 CBRS 及 AFC、歐盟的執照共享存取（Licensed Shared Access, LSA）、動態頻率選擇（Dynamic Frequency Selection, DFS）及靜態頻譜管理等。

雖然既有使用者設備無須變動，但因為所有使用者要頻譜和諧共用，所以需要建置一套頻譜和諧共用系統以管理此頻段的使用者，建置經費參考 108 年 3.5GHz 中頻段改善措施建置與潛在干擾評估及處理作業計畫中建立電子圖資系統費用，初估需 4500 萬元。

綜整四個候選方案所需的清移頻費用如表 5-72 所示。

表 5-72、頻譜整備方案清移頻費用預估比較表

方案	業者類別	受影響鏈路/電臺	既有鏈路微波移頻站臺數量/費用(新臺幣萬元)	既有鏈路建議改用固網站臺數量/費用(新臺幣萬元)	既有鏈路建議改用其他替代技術站臺數量/費用(新臺幣萬元)	總計(新臺幣萬元)
一	無線電視業者	89/66	0	48/19,418 ^{*1}	0	85,233
	廣播業者	18/11	0	3/710 ^{*1}	0	
	水利署	12/7	0	0	4/25	
	台電	86/40	40/18,000	0	0	
	民航局	4/3	3/1000	0	0	
	中華電信	304/87	87/46,080	0	0	
二	無線電視業者	89/66	20/6,500	35/6,880	0	32,727
	廣播業者	18/11	0	0	3/322	
	水利署	12/7	0	0	4/25	
	台電	86/40	40/18,000	0	0	
	民航局	4/3	3/1000	0	0	

方案	業者類別	受影響鏈路/電臺	既有鏈路微波移頻站臺數量/費用(新臺幣萬元)	既有鏈路建議改用固網站臺數量/費用(新臺幣萬元)	既有鏈路建議改用其他替代技術站臺數量/費用(新臺幣萬元)	總計(新臺幣萬元)
	中華電信	0	0	0	0	
三	無線電視業者	89/66	20/6,500	35/6,880	0	78,807
	廣播業者	18/11	0	0	3/322	
	水利署	12/7	0	0	4/25	
	台電	86/45	43/18,000	0	0	
	民航局	4/3	3/1000	0	0	
	中華電信	304/87	87/46,080	0	0	
四	無線電視業者	0	0	0	0	4,500*2
	廣播業者	0	0	0	0	
	水利署	0	0	0	0	
	台電	0	0	0	0	
	民航局	0	0	0	0	
	中華電信	0	0	0	0	

資料來源：本研究整理

*註 1:含固網建置費用

*註 2:建置頻譜和諧共用系統費用

5. 方案綜合分析：

綜整上述四個候選整備方案，針對優點、缺點、工程難易度、可能風險和可行性做比較分析，如表 5-73 所示。

表 5-73、四種頻譜候選整備方案之比較分析

項目	方案一	方案二	方案三	方案四
優點	<ul style="list-style-type: none"> 提供行動通信業者最大的連續頻寬。 行動通信頻譜使用最單純，無須複雜的共用機制。 	<ul style="list-style-type: none"> 移頻成本低。 透過共享機制，達成行動通信與固定微波頻譜共。 無須保留護衛頻寬。 	<ul style="list-style-type: none"> 行動通信頻譜為單純的 400 MHz 頻段。 	<ul style="list-style-type: none"> 既有使用者無須做任何設備變動。 行動通信可使用完整的 700 MHz 頻譜。 成本最低。
缺點	<ul style="list-style-type: none"> 移頻成本最高。 需和其他頻段的既有使用者協 	<ul style="list-style-type: none"> 行動通信頻譜為 400 MHz 需共用。 	<ul style="list-style-type: none"> 移頻成本最高。 需和其他頻段的既有使用者協 	<ul style="list-style-type: none"> 需要建置一套完整的頻譜和諧共用系統來管理此

項目	方案一	方案二	方案三	方案四
	<ul style="list-style-type: none"> 調。 需大規模布建光纖固網。 所有既有使用者都受影響。 	<ul style="list-style-type: none"> 須建立並管理頻譜共享資料庫。 使用者需移頻至保留頻段。 	<ul style="list-style-type: none"> 調。 需額外 10 MHz 護衛頻寬。 使用者需移頻至保留頻段。 	<ul style="list-style-type: none"> 頻段的使用者。 需制定干擾協調機制。 行動通信業者需配合頻譜共用機制，可能影響建置意願。
工程難易度	<ul style="list-style-type: none"> 高。 225 站需移頻或使用替代技術 需布建光纖基礎設施。 	<ul style="list-style-type: none"> 中。 138 站需移頻或使用替代技術。 	<ul style="list-style-type: none"> 中。 225 站需移頻或使用替代技術 	<ul style="list-style-type: none"> 低 受影響鏈路及站臺數量為 0。
可能風險	<ul style="list-style-type: none"> 移頻工程時間長，受影響站點多，潛在問題較多。 移頻至其他頻段的問題。 	<ul style="list-style-type: none"> 頻譜共享機制的建置與管理。 保留頻寬餘裕度 	<ul style="list-style-type: none"> 移頻工程時間長，受影響站點多，潛在問題較多。 移頻至其他頻段的問題。 	<ul style="list-style-type: none"> 和諧共用系統建置與實際運作的複雜度與成功性，行動通信干擾其他系統的風險高。 電信業者的建置意願
可行性	<ul style="list-style-type: none"> 低。受影響的使用者最多，潛在問題較多。 	<ul style="list-style-type: none"> 高。保留使用替代技術、移頻和頻譜共用的彈性。 	<ul style="list-style-type: none"> 中。保留頻寬不足以滿足頻寬需求大的使用者，因此受影響的使用者較多。 	<ul style="list-style-type: none"> 低。既有使用者無須變動，但干擾風險高，行動業者頻譜使用意願低。

資料來源：本研究整理

在綜合評估可行性、成本效益、工程執行難易度，以及未來行動通信頻寬需求後，方案二為目前最具優先性的選項。此方案不僅具備最低的移頻成本，受影響的既有站臺數量也相對有限，能在降低衝擊的前提下，保留以替代技術、移頻與頻譜共用方式進行調整的操作空間，整體成功率較高，有利於後續與既有使用者協作完成調整。

方案三則為次佳選擇。此方案採取保護頻寬配置並搭配移頻至 U4 頻段，和方案二搭配能依據不同使用情境的實際需求，與各類既有使用者協調採行不同的搭配方式，以提升規劃彈性並兼顧

系統穩定度與服務延續性。

第四節 小結

本研究針對 6GHz (U6) 頻段既有使用者之替代技術可行性進行實測與驗證，並延伸探討未來 6G 中高頻段 (FR3) 之干擾查測與頻譜整備策略及 U6 頻段頻譜整備。研究主軸涵蓋「5G FWA 替代技術傳輸驗證」、「離島自由空間光通信 (FSO) 實測」、「7GHz (L7) 頻段移頻評估」、「FR3 干擾查測技術建構」及「U6 頻譜整備建議方案」等五大方向。研究結果顯示，5G FWA 與 FSO 技術在實測中展現介接既有使用者原傳輸系統的可行性與高可靠度，L7 頻段微波可作為 U6 頻段微波移頻替代方案，而 FR3 頻段之查測與管理機制已建立基礎框架。以下歸納重點如下：

一、5G FWA 替代技術介接無線電視發射系統實測

研究團隊於臺視場域進行設備介接與傳輸性能實測，驗證 5G FWA 替代技術能否滿足既有通訊需求。跟傳統的 TDM 網路相比，乙太網路為新一代傳輸主流架構，搭配 Zixi 協定可提高影音資料傳輸的穩定性，在點對點的通訊架構中，使用光世代固網 (上傳) 及結合 5G FWA (下載) 公用網路的傳輸架構中，整體可靠度可達到「三個九 (99.9%)」，會比全部都是 5G 行動網路所組成的鏈路 (5G 上傳/下載) 更為穩定可靠。此外，乙太網路技術的開放性與演進性，也為後續系統升級與維運帶來更大彈性。

二、離島自由空間光通信 (FSO) 替代技術介接實測

為驗證 FSO 作為 U6 微波替代方案之可行性，本研究和中華電信合作於澎湖進行 1.93 公里跨海鏈路實測，採用 Transcelestial CENTAURI 10G 設備，採用 1:1 主備鏈路設計，透過 PTN 設備進行封包監測與自動切換，並於高濕度、強風、降雨等氣候條件下進行長期觀測。結果顯示，在晴朗天候下 FSO 傳輸可靠度可達 99.785%，具備高頻寬、高穩定性與低延遲特性，於 2 公里距離內可傳輸速率上限

10 Gbps 資料，測試期間歷經二次颱風侵襲，平均修復時間約 57 秒，展現良好的韌性與快速恢復能力。

綜合分析，FSO 具備高度可行性，可應用於行動回傳、企業專線與骨幹傳輸等多元場域，為離島、港口與地形受限地區提供具高可用性的無線高速傳輸選擇方案。

三、7 GHz 頻段移頻可行性分析

考量 U6 與 L7 頻段訊號傳播特性相近，本研究與電信業者合作進行 L7 (7 GHz) 微波鏈路實測，分析自臺灣至金門及馬祖的傳輸表現。結果顯示，兩頻段整體可靠度差異不大，U6 略優於 L7；但若採用空間分集、頻率分集、自適應編碼調變 (ACM) 等技術，可使 L7 微波表現達到與 U6 相同水準。於 53 公里以內距離的實測結果中，L7 鏈路可靠度最高可達 100%，顯示其具備取代 U6 微波之潛力，可作為未來移頻整備的重要參考依據。

四、FR3 頻段干擾查測技術與管理基礎建構

FR3 (7.125-24 GHz) 為 6G 通訊架構中關鍵中高頻資源，為因應 6G 行動通信頻譜規劃，提前評估既有使用者分布、潛在干擾風險與技術應對策略。研究首先盤點國內 55 個單位，共計 1,561 個站臺的現況，針對候選頻段 (7.125-8.4 GHz、12.7-13.25 GHz、14.8-15.35 GHz) 進行頻譜使用現況分析與干擾情境研析。干擾場景包含固定微波鏈路、海事雷達、衛星通訊、無線電天文 (RAS) 及超寬頻 (UWB) 設備等系統，干擾型態涵蓋鄰頻阻塞、旁瓣耦合、累積功率飽和與混附發射等。

本研究依據 ITU 與 3GPP 建議，建立干擾評估架構並導入現場查測與波形擷取工具，初步形成我國 FR3 干擾查測技術基礎。未來建議持續盤點既有使用者、強化場域實測能力，並推動跨系統相容性驗證，以確保新興 IMT 應用與既有系統共存安全。

五、U6 頻段頻譜整備方向與成本評估

U6 頻段為國際 6G 研究重點，但目前仍為國內微波與衛星業者長期使用之核心資源。研究訪查 14 家既有使用者後發現，多屬國家關鍵基礎設施，通訊的穩定性與可靠度必須被列為最高優先考量。部分業者已導入光纖或乙太網路傳輸，但仍有因韌性或地理限制需保留微波者。整體而言，完善光纖建設涵蓋率是釋放頻譜的關鍵策略。各類使用者建議如下：

- 無線電視業者：優先採用替代技術，僅於無替代方案區域保留微波。
- 廣播業與水利署：建議全面導入替代技術。
- 台電：為確保國內電力供應的穩定，必續確保電力監控與保護系統持續穩定運作，因此通訊的穩定度和可靠度列為最高優先考量。許多微波站點在地形環境崎嶇且施工困難的地區，容易受天災所影響，固網難以到達，目前尚無其他穩定的替代技術可以取代微波，因此需要使用微波傳輸通訊。
- 民航局飛航服務總臺：因安全及韌性需求，仍需保留微波鏈路。
- 中華電信：在國內離外島鏈路肩負著政府及民間業務通訊備援的任務，近來離外島海底光纖因外來因素而常有斷線的情況發生，主管機關對其容量備援率極為重視，離島與偏遠山區需維持微波鏈路確保備援。

費用分析顯示，中華電信移頻成本最高，其次為無線電視業者改採固網方案，第三為台電移頻，三者合計占整體成本約九成。

第六章 其他執行項目與成果彙整

第一節 座談會或經驗分享會議執行成果與規劃

一、辦理 1 場次 6G 國際標準與應用進程分享會議之成果

114 年度 6G 國際標準與應用進程分享會議賡續 113 年計畫，持續關注由 GSM 協會（Groupe Speciale Mobile Association, GSMA）於西班牙巴塞隆納舉辦之世界通信大會（Mobile World Congress, MWC）展覽，為全球規模最大行動通信相關會展。囊括全球手機廠商、軟體商、電信業者及無線通信產業專家學者等參與。包含諾基亞、愛立信、微軟、博通、安謀等全球知名廠商參加，展示旗下最新技術及應用。除展示新產品、用途和共同討論行動通信產業相關之趨勢與技術，更提供企業、投資者及解決方案／技術提供商之間進行 B2B 媒合會議，為現今世界最具指標性的行動通信相關會展。

MWC 2025 以 Converge、Connect 及 Create 為主題，重點放在 5G Inside、AI+ 等議題，同時也為即將到來的 6G 行動通信發展鋪路。訂於 114 年 3 月 3 日至 3 月 6 日舉辦，並由經濟部產業發展署集合工業技術研究院、中華電信、耀登科技等共 12 家廠商籌組台灣館，聚焦於「跨產業垂直應用」、「電信客戶數據中心」及「後 5G 時代關鍵技術」等三大主軸；數位發展部數位產業署則委託臺北市電腦商業同業公會，於新創展區 4 Years From Now 推廣數位金卡用途。此外亦有聯發科、和碩、技嘉、廣達等全球知名的國內廠商參展。

如此大規模之盛事難以獨立觀覽，整合國內公私部門能量，讓各與會單位分享及串連相關資訊，共同參與國際盛會。故本計畫為此於 114 年 2 月 11 日假臺北市辦理「MWC in Tawan-回顧 2024、展望 2025—MWC 行前交流會」。邀請參展團隊及即將前往巴塞隆納觀展之相關部會成員及廠商，瞭解今年度之觀展重點，以及相關意見之交流。

(一) MWC 行前交流會籌備概況

本屆行前交流會除廣續 113 年之規劃原則，彙整展覽各項重點議題、展區重要資訊等、邀請經濟部產業發展署介紹 MWC 2025 台灣館之亮點，亦邀請工業技術研究院中，長期關注通信領域之產業分析師，就此次展覽之重要廠商及前瞻技術進行分析及觀展建議。

此外亦邀請長期與我國公私部門皆有所合作，且於 MWC 展覽有大型展區之愛立信與諾基亞公司，分享本年度各公司展區之重點與趨勢。活動議程及海報如圖 6-1：



The poster for the MWC 2025 Pre-conference in Taiwan features a dark blue background with a central globe and various technology icons like AI+, B5G, and 5G. The event details are as follows:

活動議程	
13:30-14:00	報到入場
14:00-14:20	MWC回顧與展望
14:20-14:40	2025 MWC臺灣參展資訊分享
14:40-15:00	2025 MWC 參展展區精選介紹
15:00-17:00	交流時間

※主辦單位保留調整、終止、變更活動活動細節之權利※

協辦單位: 財團法人電信技術中心, 工業技術研究院, NICT, 國家科學及技術委員會, DoIT, 經濟部產業發展署

圖 6-1、MWC 行前交流會主視覺海報

資料來源：本研究繪製

(二) MWC 行前交流會辦理概況

114 年 MWC 行前交流會於 114 年 2 月 11 日假集思臺大國際會議廳辦理，現場共包含數位發展部、國家通信傳播委員會、國家科學技術委員會、行政院網通產業發展推動辦公室、國立陽明交通大學、臺北市電腦商業同業公會、台灣愛立信、台灣經濟研究院、中華電信、台灣大哥大及野村總研諮詢等產官學研單位參加。

活動由本計畫先就本年度 MWC 進行去年度回顧及今年度主題介紹，並表列國際重點關注廠商及國內參展廠商。後面依序由工業技術研究院分析師進行本年度 5G、6G 及衛星通信領域中之重點設備產商及營運商進行重點分享。後則就台灣館及就業金卡等攤位進行詳細之介紹，包含展區規劃、系列交流會，如前導宣傳、開館儀式、2 場次國際買主交流會及等活動。同時並邀請諾基亞及愛立信對各自的展區可公開情報部分進行分享。

分享後則為自由交流時間，各單位自由交換參展意見，並由諾基亞、愛立信等企業代表提供私展區之參展登記。為本年度 MWC 活動出發前做最充分之準備，活動現場交流如圖 6-2。



圖 6-2、MWC 行前交流會概況

資料來源：本研究團隊拍攝

二、辦理 4 場次國內座談會

本研究規劃舉辦 4 場國內座談會，座談會議題初步規劃針對「我國 6G 可用頻譜規劃方案」、「國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制干擾測試探討」、「微波替代驗證研究成果」、「6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析」等資訊進行探討，透過舉辦座談會與國內相關領域研究機構、專家學者、業界先進及潛在候選頻段既有使用者等利害關係人，針對關鍵議題進行深度討論，分享研究團隊執行成果的同時，接收各界廣納建言以精進本研究所提各項政策建議。進而促成我國 6G 頻譜資訊與國際接軌，以利我國主管機關數位發展部推動 6G 整備。各場次國內座談會議主題與預計辦理時間、參與人數規模規劃如下表。

表 6-1、4 場國內座談會之規劃

編號	座談會議主題	辦理時間
1	6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討	2025 年 7 月 15 日
2	國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討	2025 年 9 月 23 日
3	我國 6G 可用頻譜規劃方案探討	2025 年 10 月 3 日
4	U6 頻段整備技術探討	2025 年 10 月 16 日

資料來源：本研究整理

(一) 6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討座談會

1. 座談會準備概況

本場次座談會自 6 月即開始草擬議題與邀請名單，議題設定 WRC-27 相關於 6G 潛力頻譜之重點議題及先期研究，進一步整理出下階段全球無線電之發展重點，為確保我國頻譜整備以及相關之產經發展能與國際接軌，並希冀了解我國各界對 6G 行動通信潛在議題和下階段頻譜發展之看法與未來挑戰與需求，邀請各界專家學者與會。邀請單位包含公部門、專家學者、電信業者、產業協會、研究單位、ICT 產業，名單如下表所列。

表 6-2、「6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討座談會」座談會擬邀出席人員名單

單位類別	單位名稱
專家學者	陳文字 教授（國立成功大學） 連紹宇 教授（國立陽明交通大學/智慧科學暨綠能學院） 魏學文 教授（暨南大學電機系） 魏存毅 教授（國立臺北大學/通信系） 潘仁義 副教授（國立中正大學/通信工程學系）
法人與協會	台灣資通產業標準協會（TAICS） 工業技術研究院/資通所 財團法人台灣經濟研究院研究四所 台灣野村總合研究所
電信業者	中華電信、台灣大哥大、遠傳電信
產業業者	耀登科技/智聯、義傳科技

資料來源：本研究整理

2. 座談會執行成果

本場次之座談會採實體會議形式，在 114 年 7 月 15 日（二）下午 2 點至 5 點期間，於集思交通部會議中心 201 會議室正式召開。

出席與會人員包含有：（1）公部門代表數位發展部，（2）專家學者代表陳文字教授、連紹宇教授、魏學文教授、魏存義教授、潘仁義教授，（3）電信業者代表中華電信、台灣大哥大、遠傳電

信，(4) 研究單位代表台灣資通產業標準協會、工研院、台經院、野村，以及(5) ICT 產業代表耀登科技、義傳科技等共約 27 人。

座談會由電信技術中心巫國豪主任進行開場主持，並於長官致詞後，由主講人林咨銘博士進行議題分享與討論引導。主講人議題準備如下表所列。

表 6-3、「6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討座談會」討論議題

討論議題
<p>(一) 議題一：6G 地面網路(TN)之頻譜議題 (WRC-27 AI 1.7)</p> <p>1.1 ITU 已於 WRC-23 決議將於 WRC-27 討論多個 IMT 系統候選新頻段，對於現行已提供予微波與專用電信等固定式通信(FS)所使用之 4400-4800 MHz 頻段，我國可能之共存議題與發展可行性？</p> <p>1.2 承上，對於接續 WRC-23 關於 6425-7125 MHz 之決議，並繼續延伸之 7125-8400 MHz 識別可能性，我國現行頻率供應計畫雖未有註記，但對於我國發展此頻段之風險競爭與建議為何？</p> <p>1.3 承上，14.8-15.35 GHz 依據現行國際無線電規則已可提供行動無線電用途(MS)作為主要使用，試問我國是否有發展、甚至釋頻需求？</p>
<p>(二) 議題二：6G 非地面網路(NTN)之頻譜議題 (WRC-27 AI 1.13)</p> <p>2.1 WRC-27 已設定議程將討論 700-2700 MHz 間多個 IMT 頻段，以提供作為衛星行動無線電(MSS)之衛星直連裝置(D2D)所使用，試問此新興應用用途於我國發展之實際需求與潛力？</p> <p>2.2 承上，若該 D2D 應用用途配置於我國尚未提供予地面 IMT 系統所使用之頻段，其產業與技術可行性以及必要之管理限制為何？WRC 27 研議之 700 2700 MHz 頻段，是否有建議我國可考慮開放的頻段？</p> <p>2.3 承上，若將我國已配置於地面 IMT 系統使用之頻段，提供做為 D2D 應用用途之使用，其需考量之挑戰與議題為何？是否有共存或限制之必要？建議之共存方式為何？</p> <p>2.4 承上，對於 WRC-27 於議題 1.12(LDR 衛星物聯網)與議題 1.14(新興衛星通信)所討論之衛星行動無線電使用地面 IMT 頻譜之可行性，我國是否可能出現衝擊與挑戰？是否有開放或限制之必要？</p>

討論議題

2.5 我國應如何看待 6G 地面與非地面網路技術整合與頻譜共用之發展與影響？

資料來源：本研究整理

3. 分享及座談重點概要

主講人第一階段，先就 WRC-23 之背景進行簡介，包含 6G 頻譜發展概述，6G 地面網路頻譜，以及 6G 非地面網路頻譜議題，細部內容涵蓋國際無線電與 WRC、WRC-23 後頻譜發展、ITU-R 頻譜研究規劃，與 700-2700 MHz、4400-4800 MHz、7125-8400 MHz 和 14.8-15.35 GHz 等頻段。此外，主講人亦針對可能對 6G 頻譜發展造成重大影響之美國「大而美 (One Big Beautiful Bill)」法案進行整理概要與發展說明，以協助座談會相關頻譜與政策議題之討論。

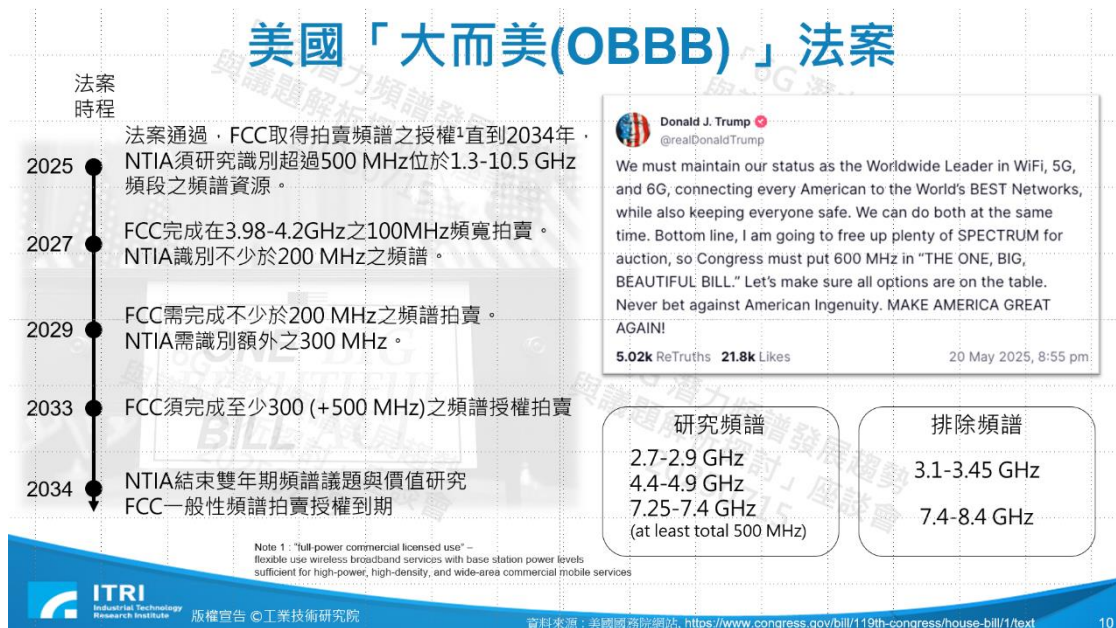


圖 6-3、美國「大而美(One Big Beautiful Bill)」法案概觀

來源：ITU-R，本研究整理

在資訊分享完成之後，主講人於第二階段將探討議題切分為兩大主軸，包含 6G 地面行動通信 (TN)，與 6G 非地面行動通信

(NTN)，並依據 WRC-27 研究議題之設定，引導與會來賓分別座談「WRC-27 AI 1.7」之 4400-4800 MHz、7125-8400 MHz 以及 14.8-15.35 GHz，以及「WRC-27 AI 1.12」、「WRC-27 AI 1.13」、「WRC-27 AI 1.14」等相關於 700-2700 MHz 頻段之議題。目標在探討 6G 潛力頻譜未來發展潛力與可行性，以利協助 6G 整備需求與議題評估。下表為此次分享座談會之分享重點與議題概要。

表 6-4、「6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討」之分享與議題綜整

座談重點	WRC-27 議題	頻率範圍	背景與議題概述	議題
6G 地面行動通信(TN)	議題 1.7	4400-4800 MHz	我國現行已提供供微波與專用電信等固定式通信(FS)所使用	未來發展潛力與可行性
		7125-8400 MHz	延伸自 WRC-23 關於 6425-7125 MHz 之決議，並尋求連續頻譜之擴增	
		14.8-15.35 GHz	現行國際無線電規則已可提供行動無線電服務(MS)作為主要使用	
6G 非地面行動通信(NTN)	議題 1.13	700-2700 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 使用 IMT 頻段以提供作為衛星行動無線電(MSS)之衛星直連裝置(D2D)所使用 • 同時涉及我國配置與尚未配置之 IMT 頻段 	6G 整備需求與議題評估
	議題 1.12 議題 1.14			

資料來源：本研究整理

4. 討論整理

(1) 4400-4800 MHz 頻段

在 6G 潛力頻譜之 4400-4800 MHz 頻段部分，會上討論主要圍繞在此頻段的既有使用者盤點、整備挑戰、共存可能性，以及其作為 6G 潛力頻段的優勢與頻寬需求。

以頻段現況來看，目前 4400-4700 MHz 主要由警消單位及中華電信用於骨幹微波；4800-4900 MHz 已核准超過 130 件 5G 專

網申請。相鄰的 4200-4400 MHz 為飛航雷達高度計，涉及航安；4990-5125 MHz 雖多為閒置，但部分政府機關已使用；而 3700-4500 MHz 則為衛星通信。在整備之挑戰部分，既有使用者的整備是最大問題，涉及高成本與時間，也可能影響通信穩定性。為避免重蹈覆轍，建議避免二次整備。同時，由於微波是主幹網路的備援，對於網路不中斷極為重要，建議保留部分頻段供其持續使用。若從共存之策略發展來論，技術面上，都市可用光纖替代微波，偏遠或離島則仍需微波，並可透過波束成形等新技術降低干擾。管理面上，建議公告微波電臺位置並採地理區隔，以利頻譜和諧共用。安全面上，針對緊鄰的雷達高度計，建議參考美國等地的研究，以確保飛航安全。若論此頻段之 6G 發展潛力，此頻段的最大優勢是能提供 4.4-4.8 GHz 的連續大頻寬，生態系統也相對成熟。學界建議 6G 拍賣至少應有 300 MHz，業界普遍認為每家至少需要 200 MHz。另一方面，若將 4.7-4.8 GHz 開放 IMT，需解決與 4.8-4.9 GHz 專網的干擾，可能透過頻率整併，或由得標業者協助專網改用商用網路。整體原則應該是「商用優先、專網輔助」。

根據會上討論之意見，此議題之結論為 4400-4800 MHz 頻段具備戰略價值，對 6G 發展意義重大。但政策上必須同時處理好整備成本、航安干擾，以及專網共存，並兼顧商用發展、公共安全與網路韌性。

(2) 7125-8400 MHz 頻段

在 6G 潛力頻譜之 7125-8400 MHz 頻段部分，會上討論主要圍繞在此頻段的頻段現況與戰略角色、國際趨勢與技術潛力、電信業者發展態度，以及政策規劃重點。

首先，這段頻譜目前依我國分配表，主要供固定微波、行動與衛星使用，其中以政府固定微波為主，對社會韌性有戰略重要

性。由於公開資訊有限，外界難以完整掌握實際使用情況。在國際上，這段頻譜被歸類為第三頻率範圍(Frequency Range 3, FR3)，雖此命名尚未被標準組織正式確認，但此頻率範圍已在內部積極討論並極具潛力成為 6G 第一波釋出頻段。日本 SoftBank 測試顯示，7 GHz 與 3.5 GHz 在非視距傳輸下效益相近，但上行表現稍弱。產業界已有模組開發需求，顯示市場潛力，但也有廠商對終端與生態成熟度持保留態度。導因於 5G 才剛開始獲利，我國電信業者普遍認為此頻段短期內無急迫需求，若過早釋出，布建成本與經濟效益可能不佳。此外，若 7125-8400 MHz 被納入成為 6G 頻段，將可能進一步帶來二次整備風險。為避免所提及及潛在風險，主管機關希望精準掌握市場需求，避免一次處理整段 1275 MHz 的壓力。現階段需求多集中於 7-8 GHz，且需確保至少 100-200 MHz 的頻寬。建議先觀察國際趨勢，再依市場成熟度逐步規劃釋出。

對於此頻段之討論，7125-8400 MHz 頻段雖具國際潛力，但國內短期尚無急迫性。會上意見主要在建議政府在保護既有使用與社會韌性的同時，持續追蹤國際發展，並逐步盤點市場需求，作為未來 6G 頻譜政策的依據。

(3) 14.8-15.35 GHz 頻段

在 6G 潛力頻譜之 14.8-15.35 GHz 頻段部分，會上討論重點在此頻段的國際現狀與需求評估以及政策與網路韌性建議。

關於國際現狀與需求評估部分，根據《國際無線電規則》，此頻段已允許行動無線電服務作為主要用途。考量到現階段需求有限，現有手機通信頻譜已足夠，未來是否會出現新增服務帶動需求，仍不明確，需要持續關注國際動態。對於政策與網路韌性之建議，會上在頻譜規劃之建議在須考量網路韌性，確保在主要網路中斷時有備援可用，包含保持開放態度持續擴大可用頻寬，並

同時保護既有使用者及特定情境下的服務需求。

綜合論之，14.8-15.35 GHz 頻段雖已有行動服務基礎，但目前需求不大。政策重點應放在持續追蹤國際趨勢、保障韌性與既有使用，同時保持靈活與開放的使用規劃。

(4) 700-2700 MHz 頻段 (D2D 發展需求)

關於座談會對於 700-2700 MHz 頻段用於衛星直連裝置之討論重點，主要圍繞在技術可行性與商業挑戰、NTN 角色與實際需求、頻譜共存與干擾考量、以及網路整合與營運模式等議題。

首先在可行性與挑戰部分，衛星直連手機技術已完成測試，技術上可行。但由於我國人口密集、地面網路已能涵蓋大部分需求，短期商業價值有限。消費者對高資費衛星服務接受度低，加上終端設備支援仍有限（如 iPhone 14 以上才具備 D2D 功能），因此整體普及率仍待提升。建議政府先評估產業效益與經濟規模，再討論頻譜釋出。關於 NTN 角色與實際需求部分，與會者普遍認為，D2D 應定位為地面網路的補充，以提升國家通信韌性，重點包括：公共安全與救災需求，以及偏鄉、山區、離島或災後區域的涵蓋不足情況。此外，非商業用途如 IoT、科研或海域應用，也可考慮釋出特定頻段。在頻譜議題部分，會上意見認為 700-2700 MHz 頻段應以行動網路為優先，衛星 D2D 作為補充。若使用已分配頻段，可能導致干擾，衛星接收訊號會受影響。建議使用未使用頻段或由行動業者自行決定，並針對緊急救助可設窄頻作 SOS 用途，並強調頻段切分需謹慎，以免影響緊急狀況下既有行動網路使用。在網路整合與營運議題部分，會上意見建議採單一業者與衛星業者合作，再透過跨業者漫遊提供服務，避免三家業者各自建立獨立 D2D 網路。同時可考慮共用授權頻譜，以提高頻譜利用效率。終端設備功率與功能限制仍是發展瓶頸。

針對會上意見概要分析，700-2700 MHz D2D 技術雖可行，但短期以通信韌性與公共安全為主要應用方向。政策需兼顧頻譜共存、干擾管理、終端支援與跨業者整合，以確保實際可用性與運作效率。

(5) 700-2700 MHz 頻段（D2D 於未配置頻段）

針對 700-2700 MHz 尚未配置予地面 IMT 系統之頻段，但卻可能提供與衛星直連裝置使用的議題，與會者主要發表行動業者的審慎態度與頻率選擇，D2D 的應用定位與政策規劃，以及管理限制與政策建議。

在發展態度與頻率選擇部分，行動業者對完全未配置的頻段持保留，因大多數手機尚未支援 D2D 功能，終端普及率低，並建議優先使用已分配但目前未使用的行動頻段，以降低技術風險。若開放頻段手機尚未支援，可能收不到訊號，因此使用現有閒置頻段是較可行方案。關於 D2D 的應用定位與政策規劃，與會者建議網路涵蓋優先，以地面行動網路為主要服務，利用衛星 D2D 作為補充，以提高韌性與涵蓋。此外，並建議將 NTN 定位為「備援用途」，適用於救災、偏鄉或網路故障情況，同時亦可考慮釋出頻段供 IoT 或科研應用，或規劃緊急頻譜提供窄頻供 SOS 或緊急救援用途。在管理限制與政策建議部分，會上建議主管機關研議制定未配置頻段的使用政策與技術規範，並明確使用原則，陳明訂定技術限制與管理規範，為 D2D 應用奠定基礎。若切分頻段給 D2D，緊急情況下可能無法使用現有行動頻段，需審慎規劃。

經綜合整理，對於 700-2700 MHz 未配置予 D2D 之頻段，雖技術可行但短期商用有限。政策重點應放在國家通信韌性、公共安全、與商業應用，並採用閒置頻段優先、明確管理規範、慎重切分的原則，確保未來使用安全與可行性。

(6) 700-2700 MHz 頻段 (D2D 於已配置頻段)

此部分之議題因涉及既有使用者較為複雜，討論議題主要涵蓋干擾與共存挑戰、頻譜使用優先順序與 D2D 定位、國家戰略與頻段切分衝擊、以及商業與技術限制等。

首先在干擾與共存挑戰部分，實測顯示，若 D2D 使用已配置的地面 IMT 頻段，無論衛星對地面或地面對衛星，干擾情況嚴重。此外，手機到衛星訊號弱，加上行動裝置功率不高，亦有高機率將限制 D2D 在此頻段的應用。因此，與會者發表共存意見，認為干擾程度受頻譜分配策略、功率通量密度及 EIRP 設定影響，因此建議採技術中立方式，由業者自行決定 D2D 採用頻率。關於 D2D 於此頻段之定位與使用頻率，會上意見認為應地面網路優先，建議此頻段應以地面 IMT 系統為主，因其系統容量大、使用效率高。若以涵蓋補充為考量，衛星 D2D 可作為主要補充，並用於救災、偏鄉或網路涵蓋不足地區，以提高網路韌性。若考量國家戰略與頻段切分衝擊，可將已釋出給 IMT 之頻段部分割給 D2D，可能導致緊急情況下無法使用現有行動頻段，因此需審慎規劃。不過考量到兩系統整合之可能性，國際經驗建議可將授權頻譜供衛星與地面通信共用，提升資源利用效率。同時亦可規劃在 700-2700 MHz 頻段規劃窄頻供 SOS 或緊急救援使用。在商業與技術限制方面，亦須同時慎慎考量終端設備限制、資費與商業模式、以及營運模式，建議由單一業者與衛星業者合作，再透過跨業者漫遊提供服務，避免三家業者各建獨立網路，以提升布建、管理、與使用效率。

會上主流意見，若欲規劃在已配置 700-2700 MHz 頻段使用 D2D，技術挑戰將以干擾問題與終端支援限制為主。政策應以地面網路優先、D2D 補充、韌性與公共安全為導向，並慎重規劃頻段切分與跨業者整合模式，以確保實際可行性與網路安全。

(7) 700-2700 MHz 頻段（地面與非地面整合共用）

此議題為座談會後半段針對地面與非地面整合共用之綜合討論，主要涉及議題包含國際標準與業界整合現狀、國家戰略與 NTN 角色定位、頻段政策衝擊與挑戰、與營運模式與技術限制。

在國際標準與業界整合現狀部分，目前 3GPP 與 GSOA 對 TN/NTN 整合尚未形成統一標準。3GPP 側重核心網路到實體層的完整架構，而 GSOA 則專注於空中介面和衛星與地面設備的連結。雖然標準還未完全一致，但雙方仍保持一定的協調。業界方面，國內外電信與衛星業者傾向將已取得授權頻譜提供衛星使用，使同一頻段可同時支援衛星通信與地面通信。此外，衛星行動服務協會 MSSA 也在嘗試整合雙方業者，以推動共用應用。若從國家戰略出發，700-2700 MHz 頻段應以地面 IMT 系統為優先，衛星 NTN 僅作補充。雖然我國 5G 涵蓋率已達 98%，但偏鄉、面山面海地區或緊急狀況下，仍需要 NTN 支援。D2D 與 HAPS 的角色應定位為「備援用途」，主要著重救災與通信韌性，當地面基地臺故障時可作為替代通信。此外，對於頻段切分所可能帶來的政策衝擊與挑戰，若將 700-2700 MHz 頻段切分予 D2D 頻段，可能導致緊急狀況下無法使用已釋出行動頻段，如 700、900、1800、2100、2600 MHz，而只能依賴額外開發頻段。因此建議在此頻段中預留窄頻段，用於 SOS 等緊急通信。最後在營運模式與技術限制方面，建議由單一業者與衛星業者合作，再透過跨業者漫遊提供 D2D 服務，以避免三家業者各建獨立網路。頻率選擇方面，則建議使用已分配給地面 IMT 但未使用的閒置頻段。另外，業者可採技術中立方式，自行決定 D2D 採用的頻率，以降低干擾問題。

總結而言，700-2700 MHz 頻段 TN/NTN 整合共用經座談意見建議，需兼顧標準協調、頻譜分配、網路韌性與緊急使用保障，並透過業者協作與技術中立的方式來推動。關於此座談會之會上

討論意見資訊，本研究將整理如下二表。

表 6-5、6G 地面網路(TN)之頻譜議題討論與會後整理

議題	公部門	專家學者	電信業者	產研法人	產業代表
4400-4800 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - 同鄰頻皆有使用者，且有新申請130家業者在案，亦可能面臨雷達高度計議題 - 想確認與鄰共存議題 	<ul style="list-style-type: none"> - 技術上存在共存方案，但須留意技術與資源整合問題，另可思考補助措施與協助移頻，並適時聽取業界意見，避免二次移頻。 - 建議追蹤並納入政策參考，但應避免頻譜碎片化，應整備至少300MHz頻寬，並與它類搭配使用。 	<ul style="list-style-type: none"> - 部分頻段已供實際使用，須審慎評估與既有專網與微波系統之干擾與共存問題。 - 強調頻譜和諧共用原則，建議事先公告既有電臺設置位置並進行地理區隔，以進行干擾緩解與避免。 - 對清移頻樂觀其成，建議妥善處理飛航安全與潛在干擾問題。 		<ul style="list-style-type: none"> - 適合MIMO技術發展，低頻段容易實作與達成效能。 - 從產業生態發展角度觀察與發展潛力，200MHz頻寬是基本需求
7125-8400 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - 無線電供應計畫無法看出此頻段使用情況，目前主要供政府機關使用 - 想確認整段頻寬需求 		<ul style="list-style-type: none"> - 考量業者負擔，建議先有完整配套措施與驗證再行釋出，並採「高用網路優先、專網輔助」之原則 - 大頻寬可提升頻譜使用效率，建議先保留U6頻段再追蹤繼續支持此頻段。 - 使用整段頻譜資源將有利行動通信發展，建議參考國際動態研擬移頻方案，避免二次移頻。 	<ul style="list-style-type: none"> - 該頻段可能成為全球首波釋出的6G頻譜，效能與3.5 GHz差異不大，希望最終頻寬為200 MHz - 過早推動式釋照存在風險，建議參考他國經驗與利害關係者進行滾動式討論。 	<ul style="list-style-type: none"> - 具備市場發展潛力，目前為重點發展方向，希望至少200 MHz以上頻寬，仍必須遵循法規與國家頻譜規劃。 - 強調基地台與終端設備，以及生態系統成熟度。
14.8-15.35 GHz		<p>手機通信需求已基本滿足，未來頻譜需求尚不明朗，建議考量韌性需求，以彈性開放態度持續擴大頻譜資源，兼顧實際需求與穩定性。</p>			

資料來源：本研究整理

表 6-6、6G 非地面網路(NTN)之頻譜議題討論與會後整理

議題	公部門	專家學者	電信業者	產研法人	產業代表
D2D發展需求與新應用挑戰	<p>我國因四面山面海，偏鄉地區與緊急情況下之通信韌性等，皆有使用NTN之需求，而HPAS亦有相關實驗專案。</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 已有廠商完成測試，證實技術可行性，但我國大眾用戶市場規模可能有限，建議開放前評估產業效益與經濟規模 - 傳統衛星系統與3GPP標準存在差異，未來6G整合地面與空中通信仍需更多技術驗證與標準協調。 - 建議可從補充網路涵蓋、公共安全與數位韌性的角度切入，思考其應用價值。 - 商業模式很重要，若無商業規模則產業發展意見將低，建議也觀察直接連到HAPS與地面物聯網使用的可能性。 	<ul style="list-style-type: none"> - 現階段多數手機尚未支援D2D應用，希望審慎看待頻譜使用政策及技術規範，並建議協商制定明確之使用原則與技術限制，以提升D2D整體與終端設備普及率。 - 建議單一行動業者以單一頻率與單一衛星業者合作提供，以跨業者邊境來提供D2D服務。 - 面對衛星資費附加項目，建議持續觀察國際市場動態與商業模式發展，支援韌性與救災通信。 		<ul style="list-style-type: none"> - 因行動通信於都會與一般環境中，吞吐量與涵蓋率皆表現良好，NTN的角色應定位為「備用用途」，亦可考慮釋出部分窄頻以支援緊急通信用途。 - 參考國際案例，干擾的實際程度仍取決於頻譜分配策略以及功率密度和無線電功率等參數。
D2D於未配置頻段之議題			<ul style="list-style-type: none"> - 建議預先建立頻譜使用規範、應用場景與干擾處理原則，再考慮進一步釋頻。 - 應讓行動業者自行決定其D2D應用頻率，政府應並採技術中立原則，避免過度干預技術選擇。 		
D2D於已配置頻段之議題			<ul style="list-style-type: none"> - 因為基地台布建數量多、容量大、頻譜使用效率高，應優先保障地面行動網絡使用權益。 - 若採用已分配給行動通信但尚未使用中之頻率予D2D服務，可避免干擾並有效運用資源。 - D2D應視為在基地台故障或無網路時的輔助通信方式。 		
地面與非地面整合共用	<p>NTN發展及與TN之整合，將是未來影響我國頻率規劃之重要因素，值得審慎思考與規劃。</p>		<ul style="list-style-type: none"> - 在山區、偏遠地區等實際地面通信仍存在收信不穩，仍高度仰賴衛星通信進行補充，建議應事先建立完善之應用場景規劃與頻譜政策 		<ul style="list-style-type: none"> - 國內外業者希望將同一段頻段同時供衛星通信與地面通信使用，但也有希望各自依據所取得頻段去發揮最大效益之聲音。 - 代表衛星通訊之GSOA與代表行動通訊之3GPP在對此議題發展雖存在差異，但樂見衛星與地面系統之融合發展

資料來源：本研究整理

(二) 國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討座談會

1. 座談會準備概況

本場次座談會自 8 月初即開始草擬議題與邀請名單，議題設定在「國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討」，除向國內透過分享 AFC 機制效益與安全性資訊之外，亦同時規劃透過討論來收集國內各界對未來 AFC 系統是否開放之看法與考量。邀請單位包含公部門、專家學者、電信業者、研究單位與其他利益相關團體，名單如下表所列。

表 6-7、「國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討座談會」座談會擬邀出席人員名單

單位類別	單位名稱
公部門	數位發展部、交通部航港局、交通部民用航空局
專家學者	張時中 教授（國立臺灣大學） 鄧添來 顧問（前交通部郵電司司長） 曾建超 教授（國立陽明交通大學） 黃琴雅 教授（國立臺灣科技大學） 陳文字 教授（國立成功大學）
電信業者	中華電信、台灣大哥大、遠傳電信
固定微波服務 使用單位	台灣電力股份有限公司 民間全民電視股份有限公司 中華電視股份有限公司 臺灣電視事業股份有限公司 中國電視事業股份有限公司 漢聲廣播電臺 財團法人中央廣播電臺
研究單位	中華電信研究院
其他	北亞環球光纖通信網路股份有限公司

資料來源：本研究整理

2. 座談會執行成果

本場次之座談會採實體會議形式，在 114 年 9 月 23 日下午 1 點 30 分至 4 點 30 分期間，於集思臺大會議中心洛克廳正式召開。

出席與會人員包含有：(1) 公部門代表數位發展部數位資源

司、交通部航港局、交通部民用航空局，(2) 專家學者代表張時中教授、鄧添來教授、曾建超教授、黃琴雅教授、陳文字教授，(3) 電信業者代表中華電信、台灣大哥大、遠傳電信，(4) 固定微波服務使用單位代表台灣電力股份有限公司、民間全民電視股份有限公司、中華電視股份有限公司、臺灣電視事業股份有限公司、中國電視事業股份有限公司、漢聲廣播電臺、財團法人中央廣播電臺，以及(5) 其他利益團體代表北亞環球光纖通信網路股份有限公司等共約 40 人。

座談會由電信技術中心黃祺婷擔任開場主持，在長官致詞結束後，隨即由主講人李佳儒工程師進行專案簡報與議題分享，最後由林杰龍經理負責討論引導。主講人議題準備如下表所列。

表 6-8、國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討論議題

討論議題
<p>(一) 議題一：AFC 系統地理位置和資料庫安全性與隱私探討</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. AFC 系統對於設備地理定位準確性與不確定性處理，是否有其他建議？ 2. AFC 需取得設備的實體位置資訊以進行干擾判定，這涉及用戶隱私揭露，是否有對於安全隱私管理的建議？ 3. AFC 運作仰賴授權設備（如微波站）的精確資訊，這些資料是否應公開、若公開會否涉及安全/商業風險，以及如何建立透明但安全的制度。 <p>(二) 議題二：AFC 頻譜共存技術與效益探討</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. AFC 系統已在美國和加拿大獲得授權並投入營運。其他國家，如沙烏地阿拉伯和哥倫比亞，已提出 AFC 的監管框架，而澳大利亞、巴西和南韓以及我國等國家則正在評估其可行性，未來 AFC 系統在我國授權投入營運，是否有針對技術上或是功能上的建議？ 2. 如果導入 AFC 機制，各位先進是否贊成？

資料來源：本研究整理

3. 分享及座談重點概要

主講人第一階段，先就 AFC 系統進行簡介。接著進一步說明 AFC 系統如何預防干擾以及設備地理位置定位方法。其後針對 AFC 系統在資訊安全防護進行說明，並最後揭露 AFC 系統戶外干擾測試施作的方式與結果。

在資訊分享完成之後，主講人於第二階段將探討議題切分為兩大方向，包含 AFC 系統地理位置和資料庫安全性與隱私探討以及 AFC 頻譜共存技術與效益探討等議題。

4. 討論整理

(1) 議題一：AFC 系統地理位置和資料庫安全性與隱私探討

AFC 系統對於設備地理定位準確性與不確定性處理建議

■ 置定位準確度為核心關鍵：

- 若無內建 GPS，需透過手機 APP 或演算法推算位置，誤差可達數百公尺，易造成干擾或頻段錯判。
- 建議採內建 GPS 模組的 AP 設備，以確保 AFC 計算結果的可靠性。

■ 避免模糊定位誤差：

- 誤差大將導致 AFC 在高敏感區（如機場）錯誤指派頻段。
- 應建立「定位誤差容許度」與自動重驗機制。

■ 設備狀態管理：

- AP 長期運作後可能進入睡眠或異常發射狀態，需有遠端監控與自動 reset 功能。
- 建議導入「設備健康監測」制度，以維持長期穩定運作。

AFC 系統涉及用戶隱私揭露之安全與隱私管理建議

- 限制資料外部公開與上雲儲存：
 - 建議 AFC 資料庫僅限封閉網路內部使用，避免地理資訊被濫用或外流。
- 資料去識別化管理：
 - 若必須交換資料，應移除可辨識使用者身分資訊（如地址、用戶名稱等），採「去識別化」或「匿名化」設計。
- 建立安全管控制度：
 - AFC 資料庫存取應由公信單位（如政府或授權中心）負責維護與授權。
 - 定期安全稽核、資料加密與操作記錄留存為必要機制。

授權設備資料公開與安全／商業風險平衡

- 不宜全面公開授權設備位置資料：
 - 微波站、基地臺等屬於關鍵通信設施，公開可能引發安全與商業風險。
 - 建議僅提供「必要揭露」予 AFC 系統進行干擾判斷。
- 建立透明但安全的制度：
 - 採「授權查詢」模式，僅經核可單位可查詢設備相關資訊。
 - 制定明確法規規範 AFC 資料存取權限、保存年限與跨單位資料交換機制。

(2) 議題二：AFC 頻譜共存技術與效益探討

各國現況與技術導入建議

- 國際發展現況：
 - 美國／加拿大：AFC 已正式營運並授權多家業者。
 - 澳洲：都市由 IMT 使用、鄉村由 Wi-Fi 使用。

- 巴西：改採分段制，部分頻段給 IMT、部分給 Wi-Fi。
- 南韓：雖早期宣示支援 AFC，但尚未實施。
- 英國（Ofcom）：採「階段性開放」與「低功率優先」策略，強調干擾可控後再擴大應用。
- 我國：目前僅開放 L6 頻段（5950-6425 MHz），U6（6425-7125 MHz）尚未開放。

■ 技術與營運建議：

- 建立完整 POC（Proof of Concept）驗證，確保 AFC 在我國地形與高密度環境下可行。
- AFC 系統營運建議由政府授權之公信機構（如 TTC）維護，確保資料安全與中立性。
- 強化干擾偵測與頻率自動調整演算法，並整合數位雙生（Digital Twin）模擬技術提升精度。

■ 經濟與成本考量：

- AFC 維運需資料庫、人力與平臺成本。
- 美國模式由 AP 製造商付費使用 AFC 平臺，成本最終轉嫁消費者。
- 若政府提供預算支持（如 TTC 維運），多數產業界表示可接受。

導入 AFC 機制的立場與共識

■ 產業界共識：

- 技術可行，但須先進行「穩定性驗證」與「干擾風險評估」。
- 建議逐步、條件式開放，不宜全面啟動。

■ 電信業者意見：

- 中華電信：主張「先求穩」，應建立完整驗證與干擾防護後再開放。
- 台灣大哥大：強調「資料去識別化」與「國家韌性」

保障。

■ 主管機關立場：

- 目前僅就 L6 頻段測試 AFC 功能，U6 預留觀察。
- 採「影響既有用戶最小化」為開放原則，視國際經驗與國內測試結果滾動修正。

■ 整體結論：

- 導入時機尚未成熟。
- 建議持續技術研究與實地測試，先完善驗證與管理制度，再逐步導入。

(三) 我國 6G 可用頻譜規劃方案探討座談會

1. 座談會準備概況

本場次座談會自 9 月初即開始草擬議題與邀請名單，主要目的為因應 6G 技術發展與頻譜需求變化，邀集產官學研各界共同研討我國 6G 可用頻譜之規劃方向。透過交流與意見彙整，評估各候選頻段作為 6G 用途之適切性與可行性，凝聚共識，作為政府制定未來頻譜整備政策與推動次世代通信環境發展之重要參考。邀請單位包含專家學者、電信業者、產業協會、研究單位等，名單如下表所列。

表 6-9、「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討座談會」座談會擬邀出席人員名單

單位類別	單位名稱
專家學者	李佳翰 教授（國立陽明交通大學電機工程學系） 許冬陽 主任（財團法人工業技術研究院資訊與通信研究所） 陳思豪 組長（財團法人台灣經濟研究院研究四所） 黃楚翔 助理教授（國立臺灣大學電機工程學系）
設備商	Ericsson、Keysight、Nokia、Qualcomm
電信業者	中華電信、台灣大哥大、遠傳電信
產業協會	台灣資通產業標準協會、台灣電信產業發展協會
研究單位	資訊工業策進會科技法律研究所

資料來源：本研究整理

2. 座談會執行成果

本場次之座談會採實體會議形式，在 114 年 10 月 3 日（五）下午 2 點至 5 點期間，於集思交通部會議中心 202 會議室正式召開。

出席與會人員包含有：（1）公部門代表數位發展部，（2）專家學者代表李佳翰教授、許冬陽主任、陳思豪組長、黃楚翔助理教授，（3）電信業者代表中華電信、台灣大哥大、遠傳電信，（4）設備商代表 Ericsson、Keysight、Nokia、Qualcomm，（5）產業協

會代表台灣資通產業標準協會，以及（6）資訊工業策進會科技法律研究所等共約 23 人。

座談會由電信技術中心巫國豪主任進行開場主持，並於長官致詞後，由主講人王資寧研究員進行議題分享與討論引導。主講人議題準備如下表所列。

表 6-10、「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討座談會」討論議題

討論議題
<p>議題一：6G 可用頻譜方向探討</p> <p>經本中心盤點，我國 6G 潛在可用頻譜包含「屆期與閒置頻段」、「待整備頻段」、「待 WRC-27 決議頻段」及「非地面通信使用頻段」等類型，以下將就各類型分別探討。</p> <p>1.1：「屆期與閒置頻段」：我國 700 MHz、900 MHz、1800 MHz 頻段之頻譜執照將於 119 年屆期，若再次釋出作為未來 6G 使用，請問既有頻段配置方案（band plan）是否需要調整？</p> <p>1.2：「屆期與閒置頻段」：目前 632-652/678-698 MHz、806-816/847-857 MHz、2300-2390 MHz 頻段皆為閒置狀態，是否建議規劃作為 6G 候選頻譜？</p> <p>1.3：「待整備頻段」：國際主要國家大多將 3570-4200MHz 頻段區分為行動通信與衛星通信兩類用途，若希望充分發揮 B5G 或 6G 之效能，行動通信至少應分配多少頻寬總量？另外，美國大而美法案（One Big Beautiful Bill Act）規劃於 3980-4200 頻段，拍賣至少 100 MHz 頻寬供行動通信使用，此頻段是否具備和諧共用之可能性？</p> <p>1.4：「待 WRC-27 決議頻段」：U4 頻段中（4.4-5.0 GHz），4400-4800 MHz 頻段為 WRC-27 的 6G 研析頻段之一，且韓國亦已規劃該頻段用於 2030 年 6G 商轉，我國採用該頻段作為 6G 頻譜之潛力如何？（目前我國警消微波骨幹使用 4.4-4.7 GHz 頻段，行動寬頻專網使用 4.8-4.9 GHz，4.9-5.0 GHz 則面臨須與 Wi-Fi 和諧共用之問題）</p> <p>1.5：U6 頻段（6425-7125 MHz）為國際熱門 6G 候選頻段，惟美國將其分配予免執照用途，我國採用 U6 頻段作為 6G 頻譜是否合宜？考量國內目前有 3 家電信業者，U6 頻段應釋出多少頻寬為宜？</p>

討論議題

1.6：「待 WRC-27 決議頻段」：7125-8400 MHz、10-10.5 GHz 及 14.8-15.35 GHz 頻段亦為國際討論中的 6G 研析頻段，惟前述頻段中，我國部分頻段已存在既有使用者（公部門），是否適宜作為我國 6G 頻譜？

1.7：除上述提及之頻段，請問是否有其他建議之 6G 候選頻段？

議題二：總體頻譜釋出方案規劃

2.1：在上述 6G 潛在可用頻段中，您認為哪些頻段更具前景或潛力？建議主管機關釋出頻段之優先順序？

2.2：承上題，就 6G 使用情境而言，您認為單一電信事業在低頻段與中頻段分別需要多少頻寬？就整體市場需要而言，您建議主管機關於低頻段與中頻段應分別釋出多少頻寬總量？

2.3：於低頻段部分，700、800、900 MHz 頻段是否應整體併同檢視其頻段配置與規劃？

議題三：頻譜釋出期程與執照效期規劃探討

3.1：行動通信技術通常每十年演進一個世代，對於 6G 後續頻譜釋出期程，是否建議以固定週期釋出頻譜？（如：每 5 年或每 10 年進行一次頻譜釋照）

3.2：具備廣涵蓋性質之頻段（coverage band），實務上電信業者運用該類頻段時，多採演進（migration）方式，從 4G 逐步汰換升級到 5G 或未來 6G，投資成本曲線較緩和；具高容量性質之頻段（capacity band）則因新增較多資本支出，需要較長投資回收期間。因此，兩種不同特性之頻譜執照是否應設定不同效期？或設定差異化規管義務？

資料來源：本研究整理

3. 分享及座談重點概要

主講人依序說明國際 6G 趨勢與頻段規劃、我國可供行動通信使用頻譜盤點、以及頻譜釋出期程與執照效期規劃。

首先，從國際發展趨勢觀察，行動通信演進以十年為一周期。4G 以行動上網與影音串流為主，5G 則實現低延遲與大連結應用，而 2030 年前後預期待問世的 6G，將更強調「智慧化」與「整合化」。

ITU-R 已於 2023 年底提出 IMT-2030 願景，3GPP 亦推進至 Rel-20 至 Rel-22，預計於 2030 年前完成標準化。

目前 4G 主要使用 3 GHz 以下頻段；擴展至 6 GHz 以下及毫米波；6G 將全面涵蓋低頻、中頻、高頻甚至 THz 範圍，重點關注 4.4-4.8 GHz、7.125-8.4 GHz 與 14.8-15.35 GHz 等頻段。各國趨勢大致分為兩方向：一是積極開放高頻資源，二是確保中頻與既有頻譜延續性。例如英國已於 2025 年 10 月完成拍賣 26 GHz 與 40 GHz；日本將首次採拍賣方式釋出毫米波；美國通過「大而美法案」，盤整 1.3-10.5 GHz 頻段以利後續拍賣；韓國將重新分配 3G、4G 共 370 MHz 頻寬；香港則積極釋出中頻，包括 2024 年底完成拍賣 U6 頻段，以及 2025 年 10 月即將拍賣 2.5/2.6 GHz。

我國方面，將參酌主要國家政策、WRC-23 決議及 WRC-27 潛在 IMT 頻段，並依「中華民國無線電頻率分配表」與「頻率供應計畫」盤點潛在可用頻譜，根據我國頻段使用狀況，初步分為以下四大類型如下圖。

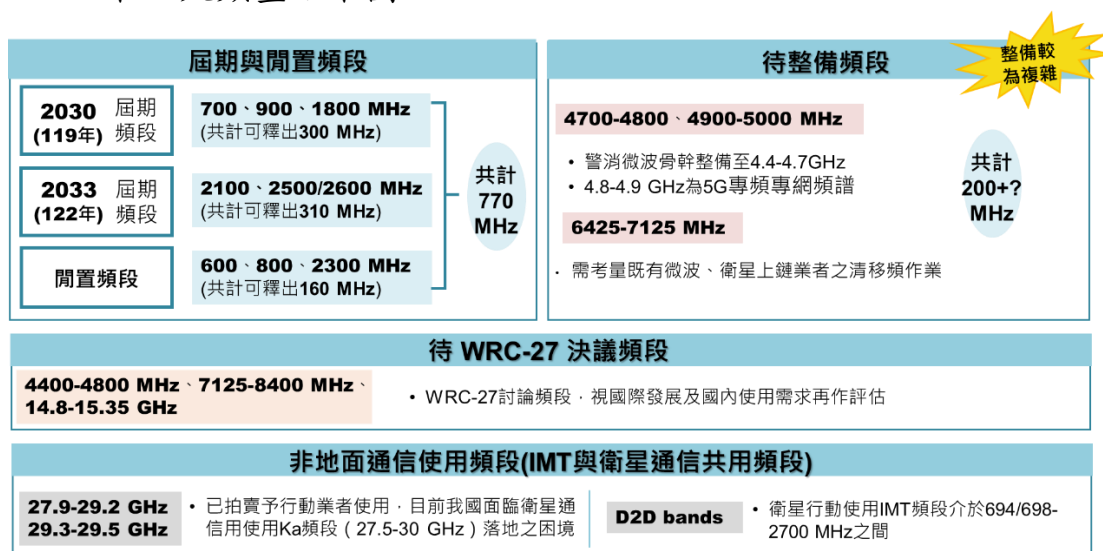


圖 6-4、盤點我國重點關注頻段

資料來源：本研究整理

依上圖之分類，以下說明幾個重要的待整備頻段：

- U3 頻段 (3.3-4.4 GHz)：國際上多採行動與衛星並存模式。美國在 3.55-3.7 GHz 頻段為 CBRS 共享頻段；3.7-3.98 GHz 頻段供 5G 使用。相較之下，我國目前 3.3-3.57 GHz 已供 5G 使用；3.7 GHz 以上供固定與衛星固定使用；4.2-4.4 GHz 則為雷達高度計專用。未來若能進一步釋出頻寬，可強化 6G 中頻資源，但須妥善處理干擾協調問題；
- U4 頻段 (4.4-5.0 GHz)：為國際高度關注的 6G 候選頻段。我國現階段部分頻譜供警消微波、專網及公部門使用。若該頻段規劃為 IMT，4.4-4.7 GHz 頻段將涉及警消骨幹二次移頻，應審慎評估；4.7-4.8 GHz 與 4.9-5.0 GHz 整備進度較快，可優先納入規劃；4.8-4.9 GHz 仍有專網使用，是否可形成連續頻段，將取決於現行執照期限與使用需求；
- U6 頻段 (6.425-7.125 GHz)：此頻段是 GSMA 認為具潛力的中頻段，但國際終端支援仍相對不成熟。我國若要採用，須處理微波與衛星使用者的干擾，以及 Wi-Fi 6E/7 的鄰頻協調等議題。

綜上所述，本計畫初步建議第一波頻譜規劃方案，主要以 119 年屆期為主，如下表。

表 6- 11、本計畫初步建議頻譜規劃方案

方案	說明	合計頻寬 (MHz)
一	僅有119年屆期頻段(700、900、1800 MHz)	300
二	119年屆期頻段(700、900、1800 MHz) + 閒置頻段(600 MHz、2300 MHz)	430
三	119年屆期頻段(700、900、1800 MHz) + U4頻段 + U6頻段可釋出頻寬	300+???
四	119年屆期頻段(700、900、1800 MHz) + 閒置頻段(600 MHz、2300 MHz) + U4頻段 + U6頻段可釋出頻寬	430+???

資料來源：本研究整理

最後探討頻譜釋出期程與執照效期規劃。依照目前時程規劃

來看，2025 年起逐漸展開第一波候選頻段的討論，並預計於 2027 年前決定拍賣頻段及採用之頻譜配置(Band Plan)，接者訂定相關規範與公眾諮詢，期望能 2030 年 4G 頻譜屆期前完成第一波頻譜拍賣。在執照設計方面，本計畫提出初步想法，可依頻段特性區分：高頻 (Capacity Band) 用於大容量應用，布建成本高、回收期長，建議執照效期 20 年；低頻 (Coverage Band) 用於涵蓋用途，布建成本低、回收期短，建議執照效期 10 年，以兼顧投資誘因與靈活性。

4. 討論整理

針對討論議題一「6G 可用頻譜方向探討」，與會專家普遍認為，6G 頻譜規劃應兼顧「國際接軌」、「頻譜連續性」以及「既有使用頻段之設備延續性」。具體而言，低頻段 (700、900、1800 MHz) 因涵蓋範圍廣且設備成熟，建議優先續用並維持現行頻譜配置；中頻段 (3.3-4.2 GHz) 仍為核心頻段，但需評估與衛星及固定鏈路的干擾情況；U4 頻段 (4.4-5.0 GHz) 具有潛力，惟釋出前應審慎考量警消及專網現有使用狀況，並進行必要的協調；U6 頻段 (6.425-7.125 GHz) 被視為最具潛力的 6G 候選頻段，可望整備 700 MHz 連續頻寬，但須解決與 Wi-Fi 及衛星共存的問題。整體而言，多數業者建議採取漸進式釋出策略，優先開放既有與終端設備相對成熟之頻段，再依據 WRC-27 進展及國際標準決議，逐步釋出新頻段。

在議題二「總體頻譜釋出方案規劃」中，多數與會者認為應「以市場機制為主、政府政策為輔」，同時兼顧國安及跨部會協調。針對不同頻段的特性，建議採分階段推動的方式：

- Sub-1 GHz 低頻段 (700/800/900 MHz) 應優先釋出，以確保廣域涵蓋與基礎連接服務品質；

- 中頻段 (n77、n79、U6) 作為容量頻段，建議確保單一業者至少取得 200 MHz 頻寬，以支援高速與高容量的行動通信需求；
- 高頻段則可視技術成熟度與市場需求，於後期再行釋出。

此外，中華電信與台灣大哥大均建議提前釋照屆期頻段，以避免影響現有網路營運與建設。整體而言，各界普遍贊同避免頻譜零碎化，並強化與國際標準的一致性，以確保未來 6G 網路的發展具備連貫性與國際競爭力。

針對議題三「頻譜釋出期程與執照效期規劃探討」，與會者普遍支持固定週期釋出制度（例如每 5 年一次），以配合技術演進節奏並回應市場需求。同時，也有與會者建議採取「先釋出 Coverage band，再依市場需求釋出 Capacity band」的方式，以避免過度投資或資源浪費。中華電信進一步建議，可於技術世代初期先行釋照一次，並於後期視需求再進行補充釋照，形成雙階段釋照機制，以兼顧網路延續性與政策靈活性。關於此座談會之會上討論意見資訊，本研究將整理如下表。

表 6-12、頻譜整備規劃方向之意見彙整

議題	主要討論重點	摘要與共識
議題一： 6G 可用頻譜方向探討	國際接軌與市場機制	頻譜規劃應以市場機制為主、政府聚焦制度與國安面；並與歐、美、日、韓等主要國家同步，以利設備與產業接軌。
	低頻段續用	700、900、1800 MHz 建議維持現行配置，確保既有設備延用與網路穩定，並搭配 600 MHz、2300 MHz 作補充。
	中頻與 U6 頻段發展	中頻段 (3.3-4.8 GHz) 為 6G 核心；U6 (6.425-7.125 GHz) 為最具潛力候選頻段，但須解決與 Wi-Fi、衛星之共存。建議單一業者確保 200 MHz 以上頻寬。

議題	主要討論重點	摘要與共識
	頻譜連續與技術趨勢	須避免頻譜零碎化，並關注虛擬單載波、載波聚合、非地面網路（NTN）等技術發展，強化未來應用支撐。
議題二： 總體頻譜釋 出方案規劃	釋出優先順序	依頻段特性分階段推動：先 Sub-1 GHz 廣涵蓋頻段，再釋中頻段提供容量（n77、U6），高頻段延後釋出。
	頻寬需求與配置	初期每業者應確保 200-300 MHz 頻寬；整體市場需約 600 MHz。Coverage band 與 Capacity band 應搭配配置。
	頻譜整合與共用	建議採頻譜重耕、動態共享或 MRSS 方式延續 5G 頻譜，避免破碎化並提升使用效率。
	政策協調與時程	須提前規劃屆期頻段釋照，跨部會協調警消、衛星及軍用頻譜；6G 商轉應與 2030 國際時程接軌。
議題三： 頻譜釋出期 程與執照效 期	釋照週期規劃	建議採固定週期（約 5 年）辦理，以對應 3GPP 技術演進與新應用需求。
	執照效期差異化	Coverage band 宜 20 年確保投資回收；Capacity band 可採 10-15 年或彈性效期。
	分階段釋照模式	採「先 Coverage、後 Capacity」兩階段釋照，初期確保涵蓋、後期依市場需求補充容量。
	其他：制度與技術連動	可將執照年限納入拍賣變數；依硬體或軟體升級類型調整政策設計。

資料來源：本研究整理

(四) U6 頻段整備技術探討座談會

1. 座談會準備概況

本場次座談會自 9 月初即開始草擬議題與邀請名單，議題設定在「U6 頻段整備技術探討」，除向國內透過分享替代技術實測成果之外，亦同時規劃透過討論來收集國內各界對未來 U6 頻段釋出的看法與考量。邀請單位包含公部門、專家學者、電信業者、衛星業者與其他利益相關團體，名單如下表所列。

表 6-13、「U6 頻段整備技術探討座談會」座談會擬邀出席人員名單

單位類別	單位名稱
公部門	數位發展部、內政部警政署、內政部消防署、經濟部水利署第十河川分署、交通部民用航空局飛航服務總臺
專家學者	洪樂文 教授（國立清華大學） 陳文字 教授（國立成功大學） 張時中 教授（國立臺灣大學） 鄧添來 顧問（前交通部郵電司司長） 謝欣霖 教授（國立臺北大學） 魏學文 教授（暨南大學電機系） 林丁丙 教授（國立臺灣科技大學）
電信業者	中華電信、台灣大哥大、遠傳電信
固定微波服務使用單位	中國電視事業股份有限公司 中華電視股份有限公司 民間全民電視股份有限公司 台灣電力股份有限公司 財團法人中央廣播電臺 財團法人公共電視文化事業基金會 臺灣電視事業股份有限公司
衛星業者	臺亞衛星通信股份有限公司 國防部心理作戰大隊第四中隊漢聲廣播電臺

資料來源：本研究整理

2. 座談會執行成果

本場次之座談會採實體會議形式，在 114 年 10 月 16 日（四）下午 2 點至 5 點期間，於集思台大會議中心洛克廳正式召開。

出席與會人員包含有：（1）公部門代表數位發展部，（2）專家學者代表張時中教授、林丁丙教授、鄧添來顧問，（3）電信業者代表中華電信、台灣大哥大、遠傳電信，（4）固定微波服務使用單位代表臺灣電力股份有限公司、財團法人公共電視文化事業基金會、民間全民電視股份有限公司、中華電視股份有限公司、臺灣電視事業股份有限公司、中國電視事業股份有限公司、漢聲廣播電臺、財團法人中央廣播電臺、交通部民用航空局飛航服務總臺、臺亞衛星通訊股份有限公司，（5）政府單位內政部警政署，以及（6）產業代表耀登科技、得安科技等共約 40 人。

座談會由電信技術中心陳譽明副主任進行開場主持，並於長官致詞後，隨即由主講人楊騰毅工程師進行專案簡報與議題分享，最後由陳譽明副主任負責討論引導。主講人議題準備如下表 6-14 所列。

表 6-14、U6 頻段整備技術探討討論議題

討論議題
<p>（一）議題一：U6 頻段規劃方向與共享可行性探討</p> <ol style="list-style-type: none">1. 參考國際技術發展與 U6 頻譜規劃趨勢，請問您對於我國未來 U6 頻段規劃之看法？主要考量因素為何？2. 為滿足離外島和固網無法到達地方之通信需求，是否應考慮保留特定區域(Guard Zone)持續使用微波通信？3. 若採部分頻段保留方案(Guard Band) ，規劃特定頻寬供固網難以涵蓋區域及既有使用者使用、其餘頻段供行動通信使用，您認為應優先注意哪些事項？。4. 若 U6 採取行動通信與既有使用者共存模式(Guard Band + Guard Zone) ，

討論議題

請問可行的共享機制為何？

(二) 議題二：通訊韌性備援技術探討

1. 若 U6 頻段部分或全頻段供行動通信使用，原微波鏈路的傳輸任務或補充功能，建議以何種技術（如 FSO、其他頻段微波、光纖、衛星、5G FWA）進行替代或補充？
2. 既有微波架構中導入多元備援技術，可形成可動態切換的韌性通訊系統，若未來整合新技術於現有網路中，您認為應優先注意哪些事項？

資料來源：本研究整理

3. 分享及座談重點概要

主講人第一階段，先就國際目前 6 GHz 頻段規劃進行簡介，接著進一步說明國內 U6 頻段目前的使用現況及團隊今年訪談既有使用者的意見綜整，接著介紹 FSO、5G FWA 及 L7 頻段微波等替代技術今年實測的結果分析。

在資訊分享完成之後，主講人於第二階段將探討議題切分為兩大方向，包含 U6 頻段規劃方向與共享可行性探討以及通訊韌性備援技術探討等議題。

4. 討論整理

◆ U6 頻段規劃方向與共享可行性探討

- (1) 參考國際技術發展與 U6 頻譜規劃趨勢，對於我國未來 U6 頻段規劃之看法和考量因素。

London Economics 在 2025 年針對英國 U6 頻段所進行的研究則指出，綜合考量產業效益、頻譜利用率及公共利益後，頻譜共用的整體經濟效益明顯優於完全釋出予 IMT 或全數保留於 Wi-Fi 的兩種極端模式。

依據 WRC-23 國際發展趨勢，及國內研析評估顯示，U6 頻段既不適合全面開放為無執照使用，也不宜全數劃給行動通信業者。若採取任何一端極端方案，都將對既有的微波與廣播電視傳輸造成重大影響。未來規劃應以共存與保護並行為原則，透過分區化管理與技術協調，兼顧固定服務與 IMT 系統之共用需求。

然而，在推動頻譜共用之前，必須確保既有使用者之服務不受影響，特別是涉及國安與網安的關鍵電路不得中斷，例如臺金或臺馬鏈路。

頻譜規劃研究亦應納入社會經濟效益的量化評估，作為政策決策與頻譜規劃的重要依據。我國應依照本地的實際使用環境與需求特性，建立具本土化參數的社會經濟效益模型，以評估不同頻譜配置方案（例如專用、共用或漸進式釋出）對公共安全、產業投資與頻譜使用效率的整體影響。藉由此類量化分析，主管機關可在政策制定過程中兼顧效率、公平與韌性，使公共資源在經濟效益與社會價值之間取得最適平衡，並逐步建構出兼具共享效益與國家韌性的頻譜管理模式。

U6 頻段頻譜規劃跟通訊與傳播韌性相關，數位發展部韌性司作為主管通訊安全與基礎設施穩定的核心機關，理應在此計畫中負責訂定韌性等級、應變標準及服務持續性指標，而非由執行單位或業者自行定義。缺乏其參與，將導致整體方向偏離國家韌性政策的初衷，僅停留在技術層面的試驗與測試。規劃應確保在最嚴峻的條件下，訊息傳遞不中斷、公共資訊得以持續播送。目前政策上有多項的電信普及服務的規範與補助措施，但缺乏相應的傳播普及服務政策。對無線電視業者而言，這樣的缺口極具實質影響。若政府未明確界定傳播服務在整體韌性政策中的定位，後續關於頻譜重整、傳輸備援與投資誘因的討論都將失去政策依據。

展望未來 5G 與 6G 系統開放運作後，U6 頻段仍具高度通訊效益。透過區域化頻譜管理與彈性共用機制，可兼顧 IMT 系統與既有固定服務（FS）微波傳輸。

(2) 離外島和固網無法到達地方之通信需求，是否應考慮保留特定區域持續使用微波通信？

目前台馬、台金等離島間的微波傳輸鏈路，均屬我國重要通訊骨幹，主管機關對其容量備援率極為重視。平時主要仰賴海纜傳輸，若海纜中斷，則須即時以微波系統承擔離島與本島間主要流量，以確保民生與公私部門之業務不中斷。

針對山區、綠島等無法光纖化之區域，微波仍為中華電信首要回傳技術。建議主管機關劃設保護區，並與 TTC 團隊及業者合作完成實測驗證，以確定保護範圍與干擾閾值。

無線電視綠島轉播站，外界多認為其僅服務當地居民，但實際上，整個台東市區與東海岸沿線的電視訊號皆仰賴該站點回傳。一旦該站中斷，整個東部訊號都將受影響。

臺灣電力公司目前於全國多數站點均建有自有光纖骨幹網路系統，作為主要通訊傳輸介質。然而，部分山區或地形偏遠地區因施工難度高，或中華電信等商用業者尚未布設光纖，該區域仍以微波系統作為主要連線方式，以確保監控與保護資料可即時回傳。

(3) 若採部分頻段保留方案，規劃特定頻寬供固網難以涵蓋區域及既有使用者使用、其餘頻段供行動通信使用，需優先注意哪些事項？

此部分應與微波設備原廠協調，確認能否於 300–400MHz 頻寬範圍內完成整合收容，並同步評估射頻元件改版之技術可行性

與成本影響。所有調整應建立在多方共識基礎上，確保既有業者之傳輸品質不受損，並兼顧韌性與備援需求。

在都市區域中，若微波需求相對較低，部分頻寬可規劃釋出予 IMT 使用。建議依地區業務性質與國安重要性採分區化管理原則設定頻譜使用優先權；對於涉國安傳輸之地點，應劃設專屬保護區以確保通訊穩定與安全。

進入 6G 時代後，系統架構將可靈活組合多個頻段運作，即使部分區域頻譜受限，仍可透過異頻段調度維持服務不中斷。然而，實現頻譜共用仍需配套完善的管理與技術轉換機制，以確保既有傳輸品質不受影響。若未來進行頻譜重整或縮減，建議採 U6 微波分段方式，部分頻段釋出供 IMT 使用，其餘則維持固定服務運作。

(4) 若 U6 採取行動通信與既有使用者共存模式（Guard Band + Guard Zone），建議的共享機制為何？

對於高山或偏遠地區，由於人員活動密度低、行動電話使用率有限，微波與行動網路間的干擾風險相對較小，可透過區域化頻譜管理實現共用；但在如綠島等觀光熱點，微波使用需求高，頻譜壅塞與干擾風險較大，應由各使用單位依實際需求持續調整與精進共用策略。未來，頻寬資源本身將不再是瓶頸，真正的挑戰在於如何依據應用場景與環境特性，設計具備多層備援與動態切換能力的韌性網路架構。

對於頻譜共用與管理的方向，美國的制度相當彈性且市場導向，當申請的頻段已有既有使用者時，主管機關通常會要求雙方自行協商共用或避讓方案，協商成功後再予以核配。這樣的制度設計雖具效率，但必須建立在成熟的法規環境與高度的產業自律基礎上。但台灣的情況較為複雜。由於國防、電力及關鍵基礎設

施佔用頻譜比例高，且土地面積有限、使用密度集中，業者之間難以單靠協商達成共識，因此仍需由主管機關統籌協調與主導規劃。未來在 5G 與 6G 開放應用階段，主管機關亦應提前規劃頻譜保護與干擾管制機制。

若假設成本無上限，最直接且穩定的方案當然是全面改採專線光纖傳輸，並免除傳輸租用費用。此方案雖具最高品質與穩定性，但成本極高，政府不可能以此為普遍做法。因此，後續推動仍需在成本效益與技術可行性之間取得平衡。

建議各既有使用單位提前思考自身傳輸路徑的調整策略與可行替代方案。台電與中華電信因系統規模龐大且屬關鍵基礎設施，將列為優先協調對象，透過專案方式研擬具體轉換方案。最終目標是建立兼顧可靠性、經濟性與政策延續性的整體通訊備援架構。

◆ 通訊韌性備援技術探討

(5) 若 U6 頻段部分或全頻段供行動通信使用，原微波鏈路的傳輸任務或補充功能，建議以何種技術（如 FSO、其他頻段微波、光纖、衛星、5G FWA）進行替代或補充？

本議題的核心並非僅能透過技術手段解決，而是政策目標與實際需求交織下的整體性課題，這些備援方案並非僅是技術更替的問題，而是涉及不同系統在物理層與環境層面上的差異。這些技術並非彼此取代，而是在不同環境條件下互補運作，構成多層次的韌性通訊架構。

自由空間光通訊於斷線情境下可能存在穩定性風險。對台電而言，此議題尤為關鍵，因為若超高壓變電所的保護繼電器因通訊中斷僅零點幾秒而未能正確動作，將可能引發全國電網的連鎖反應，造成大規模停電事故。因此，在任何通訊技術的採用上，

穩定性與可靠度必須被列為最高優先考量。

行動網路方案(FWA)缺乏穩定且專屬的傳輸資源，難以完全取代具固定頻寬與品質保證的專線或微波系統。尤其在公共安全或廣播傳輸等對延遲與穩定度要求極高的場域中，FWA 難以達到相同的服務可靠性。此類網路缺乏服務等級協定與頻寬資源獨立性，因此難以滿足韌性通訊的標準。未來若能採取專頻專網架構布建 FWA，將有機會大幅改善穩定性與可預測性。其於郊區環境中仍具一定可行性，但在都會區的穩定性與可預測性仍需更多實測驗證。其具有作為補充方案的潛力。若主管機關認為其具發展價值，建議可進行系統化盤點，列出全國各站點的 5G 涵蓋現況與多站臺重疊能力。若特定區域具兩個以上基地臺交疊涵蓋，則其可用性與冗餘度較高，適合規劃為 FWA 備援點；反之，若僅有單一路徑或位於邊界區，則應排除在主要替代方案之外。

無線電視廣播固定網路的建設在部分區域已逐步推進。以東部地區為例，民視與公視等單位已導入固定網路作為主要傳輸幹線，初步測試顯示其穩定度可達 99% 以上，整體效能表現良好。然而，固網的韌性仍取決於災難情境下的持續運作能力。在極端事件下仍存在高風險。此時波系統雖頻寬有限，但具備較高的架構獨立性與抗災能力，仍是備援體系中不可或缺的一環。

在國際發展趨勢方面，中軌與低軌衛星技術的商用化進展迅速。以日 KDDI 為例，已採用 Starlink 系統進行行動基地臺回傳測試，在偏鄉地區可穩定提供數百 Mbps 的傳輸能力。此架構與台灣地理條件高度相似，顯示若能引入衛星寬頻作為臨時或備援通道，不僅具技術可行性，也具明顯經濟效益。衛星終端設備體積小、布建迅速，僅需地面天線與月租費即可維持可用連線，能在光纖中斷時即時接手，確保訊務不中斷。衛星通訊展現出最高的可用性與地理彈性，能在光纖與微波同時中斷時維持最低限度

的聯外能力。

就固定網路而言，光纖依然是主幹傳輸的最優方案，但部分地區受地形限制，雙路由布建困難。例如山區僅有單一路線可鋪設，即便施工完成也難以提供冗餘路徑保護。這些區域亟需藉由微波或衛星等無線技術建立可即時啟用的備援機制，以降低單點故障風險。

(6) 既有微波架構中導入多元備援技術，可形成可動態切換的韌性通訊系統，若未來整合新技術於現有網路中，應優先注意哪些事項？

從工程設計角度觀察，路由規劃與可替代性是關鍵因素。例如部分電路（如綠島鏈路）屬於主用骨幹電路，完全依賴微波系統傳輸。若強行以光纖或其他無線技術替代，不僅品質難以維持，甚至可能導致整體訊號中斷。因此，這類關鍵電路應被劃設為保護區，維持現行微波架構與頻譜配置不變，以確保服務穩定與安全。

相對而言，若屬於備用電路或非關鍵節點，例如山區或偏遠地區雖已有光纖，但易受地震、土石流等環境因素影響而中斷，微波即能發揮重要的備援功能。這些地區的頻寬需求通常較低，適合採取多層次備援設計，例如以光纖為主、微波為次、衛星作為第三層緊急接續通道。目前中華電信多數重要區域已逐步導入光纖主用、微波備用架構，未來若能進一步整合衛星通信，即可形成更完整的三層防護體系，提升整體韌性。

切換機制的設計是整體韌性架構中不可忽視的核心議題。現行許多電路雖已具備主用與備用通道，但當主鏈路異常時，系統能否即時偵測並自動切換至備援通道，仍是影響服務連續性的關鍵。若切換延遲過長，或需人工介入操作，將可能導致短暫中斷

甚至影響關鍵任務之執行。

在後續規劃中，應將異質電路間的動態切換技術納入探討範圍。即使無法在本階段完全實現，也應預留未來研究方向與實驗條件。若能建立一套具備鏈路狀態自動判斷與快速切換能力的通訊架構，不僅能顯著縮短中斷時間，也將成為提升全國通訊系統韌性的重要基礎技術。

當通訊系統跨單位共用時，責任邊界模糊，問題發生後往往難以及時釐清與修復，系統恢復時間存在不可預測性。這種不確定性才是實際運行中最難管理的風險。

總之，在整體技術評估中，成本、可靠度與連線穩定性仍是決策的三大考量因素。

三、2nd Spectrum of tomorrow-次世代通信頻譜展望國際座談會

為使我國 6G 發展能與國際並駕齊驅，並掌握新興技術與應用之動向，本研究延續 113 年度辦理成果，舉辦「2nd Spectrum of tomorrow-次世代通信頻譜展望國際座談會」。本次會議以為期 1 日，總計至少共 6 小時之形式，邀請 4 位國際專家學者及 3 位國內專家學者與談，並廣邀相關之產官學研機構與專家參與交流。透過公開討論與經驗分享，探討國際無線電頻率應用之最新趨勢與研究成果，以強化我國與國際專業學研單位之合作與連結，深化 6G 前瞻技術與政策互動。

本研究與商周編輯顧問股份有限公司（商周）團隊合作，統籌規劃與執行國際座談會議，於 114 年 9 月 17 日假政大公企中心舉辦國際座談會議，以達成參與人數至少 100 人（不含工作人員）之目標。本次國際座談會亦維持 2024 年度之規劃，於會依前一日安排晚宴餐敘，邀集參與座談會之先進國家與國際組織的專家講者以及產學研代表進行交流，藉此促進數位外交互動，並借鏡國際 6G 推動重點，促使我國及早完善 6G 頻譜相關政策。

本研究計畫執行團隊已於活動過程中充分與數發部商討國際座談會細項，並確認委託機關之需求，包含會議議程、場地資訊、主視覺以及邀請對象等國際座談會議具體執行細節，國際座談會議議程如下表。

表 6-15、次世代通信頻譜展望國際座談會之會議規劃

時間	議程內容	邀請出席專家(單位)
9:00-09:30		報到
09:30-09:40	開幕致詞	➤ 致詞者：數位發展部 林宜敬部長

時間	議程內容	邀請出席專家(單位)
09:40-10:25	<p>專題演講一：國際間因應 6G 發展所需之頻譜資源整備或管理制度</p> <p>從制度面、整備措施的角度出發，探討<u>國際組織與各區域</u>如何整備 6G 頻譜資源。</p>	<p>➢ Dr. Kyu-Jin WEE, Chair of ITU-R Study Group 5</p>
10:25-11:10	<p>專題演講二：全球 6G 頻譜政策動態</p> <p>掌握全球 6G 發展動態與候選頻譜趨勢，包含 6G 頻譜政策制定與候選頻段整備情況等。</p>	<p>➢ John W. Kuzin, Senior Vice President, Spectrum Policy & Regulatory Counsel, Qualcomm Incorporated</p>
11:10-11:30	上午場休息時間	
11:30-12:30	<p>焦點座談一：6G 對全球通信市場、人類生活帶來之影響層面探討</p> <p>從專家角度，探討 6G 對市場面、技術面與應用面帶來哪些變革，各國如何因應。</p>	<p>1. 主持人： ➢ 財團法人電信技術中心研究企劃組-巫國豪主任</p> <p>2. 與會座談講者： ➢ Dr. Kyu-Jin WEE ➢ John W. Kuzin / Qualcomm ➢ 魏宏宇教授</p>
12:30-13:50	餐敘時間	
13:50-14:35	<p>專題演講三：6G 技術演進與趨勢</p> <p>分析 6G 技術發展趨勢、演進時程及目前國際發展重點，掌握發展 6G 產業領先地位的契機。</p>	<p>➢ Magnus Ewerbring, CTO, Asia-Pacific, Ericsson</p>
14:35-15:20	<p>專題演講四： 6G NTN 應用情境與頻譜資源整備</p> <p>探究 6G NTN 應用情境下涉及之頻譜整備議題</p>	<p>➢ Nobuyuki Kawai, Chair of APT WRC-27</p>
15:20-15:40	茶敘時間	

時間	議程內容	邀請出席專家(單位)
15:40-17:00	<p>焦點座談二：6G 頻譜所需之和諧共用措施</p> <p>擬從專家角度，探討國際間因應 6G 所準備之頻譜整備相關議題，以及各國有那些因應策略。</p>	<p>1.主持人：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 財團法人電信技術中心檢測暨網通技術組-郭作麟主任 <p>2.與會座談講者：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Magnus Ewerbring / Ericsson ➢ Nobuyuki Kawai /APT ➢ 陳文字教授 ➢ 張時中教授
17:00-17:05	閉幕式（財團法人電信技術中心-巫國豪主任致詞）	

(一) 座談會執行成果

為確保我國行動通信技術演進符合先進國家發展趨勢，數位發展部委託電信技術中心於 2025 年 9 月 17 日在政大公企中心 4 樓 A431 會議室辦理 1 場次 2nd Spectrum of tomorrow-次世代通信頻譜展望國際座談會議，透過邀請 ITU-R Study Group 5 主席 Dr. Kyu-Jin WEE、高通(Qualcomm)資深副總裁及頻譜政策與監理顧問 John W. Kuzin、愛立信(Ericsson)亞太區首席技術官 Magnus Ewerbring、APT WRC-27 主席 Nobuyuki Kawai 來臺，聚焦從 5G 邁向 6G，全球的通信版圖正在重塑，頻譜治理成為技術發展與產業創新的關鍵。本次座談會集結國際標準制定機構與國際間產業領導者，與我國產學研代表共同剖析 6G 的制度演進、技術變革與應用前景。

本次國際座談會針對 6G 相關研究成果，使與會來賓了解 6G 頻譜的需求、分配與技術演進，並強調 AI 在 6G 網路發展中的關鍵角色。與會者討論了如何於 WRC-27 等國際會議中協調頻譜配置，以確保地面網路與非地面網路的協同運作與和諧共存。同時，講者分享美國 CBRS 模式頻譜共享成功案例，並探討 AI 驅動的智慧頻譜管理機制未來應用方向，最後亦針我國 6G 研發與產業發展中的潛在機會進行交流與討論。

本次會議匯集線上 600 多位與線下 143 位代表參與，以大眾交

流、共享形式探討國際無線電頻率應用最新趨勢與研究成果，強化我國與國際專業學研單位之合作與連結。

(二) 座談會之重點概要

首先，Dr. Kyu-Jin WEE 之演講主要聚焦於國際無線電通信會議 (WRC) 的決策過程以及 6G 頻譜的分配和共存挑戰。他指出，未來 6G 頻譜將包含 WRC-27 議程項目 1.7 所討論之頻段，並強調區域性準備工作和非正式諮商的重要性。他提及 ITU-R WP5D 於技術準備解決 IMT 與現有用途之間的頻譜分享與共存問題。

此外，Dr. WEE 列出幾個熱門且具爭議性的技術議題，例如「逆向研究」的必要性、IMT 設備的保護特性標準以及是否應將「未超標機率值」納入頻段考量。他認為在 6G 時代，產業將會成為重要的消費者，不僅僅是個人用戶，而政府選擇頻段時，必須考慮在全球市場上哪些頻段的設備具有經濟效益。



圖 6-5、ITU-R 第五研究組主席 Dr. Kyu-Jin WEE 分享各式產業在未來都是 6G 的主要消費客戶

資料來源：本研究團隊拍攝

接著，John W. Kuzin 代表 Qualcomm 闡述產業對 6G 頻譜的迫

切需求和技術展望。並強調 AI 內容、影像需求、AR/VR 和雲端遊戲的快速成長，全球資料使用量預計到 2030 年將成長 3 倍，而 AI 資料傳輸量將占全球總量的三分之一。因此，6G 之設計必須是 AI 原生網路，以提供更高的效率、更好的頻譜使用和更高的傳輸量。此外，John W 認為 6G 應支持 100-400MHz 的寬頻道來滿足不斷增長的需求。

在頻譜目標上，他指出行動產業現在聚焦在 6.4-8.4 GHz 頻段，其中 6.4-7.1 GHz (Upper 6 頻段) 為 6G 具有潛力之候選頻段，主張應以科學與技術依據界定「有害干擾」標準，避免過度保護既有系統而浪費頻譜。他亦強調，在設備上進行處理之混合型 AI 技術研發對於管理網路負載和實現未來低延遲應用，如無人機、自主系統等新興服務的實現。



圖 6- 6、Qualcomm 資深副總 John W. Kuzin 分享 6G 擁有極速傳輸能力

資料來源：本研究團隊拍攝

Ericsson 亞太區首席技術長 Magnus Ewerbing，長期研究亞太地區通信技術策略與發展，其核心觀點在於 5G 獨立組網 (Standalone, SA) 將是邁向 6G 的基礎。他認為，若業者使用非獨

立組網 (Non-Standalone, NSA) 會阻礙產業發展。5G SA 能夠實現網路切片 (Slicing) 和網路能力開放 (Network Exposure)，將是 5G 商業化變現的關鍵步驟，並舉例說明 5G SA 現行應用於醫療手術和製造業品質的控制。

他將 6G 的發展概括為三個重點：擴展 (Extend)，如強化上行鏈路容量、演進 (Evolve)，如改善控制信令和致能 (Enable)，促進 XR 等新設備。此外，亦認為，各國政府應當協助推動 5G 涵蓋率與採用率，確保業者能夠充分利用 U6 頻段，以在 6G 時代保持競爭優勢。



圖 6-7、Ericsson 亞太區首席技術長 Magnus Ewerbring 指出，6G 價值若要被充分發揮，需加強差異化連線能力

資料來源：本研究團隊拍攝

最後，APT WRC-27 主席 Nobuyuki Kawai 之演講分享 6G 時代非地面網路 (NTN) 的發展與頻譜準備工作。他強調 NTN 是涵蓋偏遠地區和提供緊急通信的重要基礎設施，因此國際合作與頻率一致性非常重要。並分享日本 NTN 發展案例，日本 HAPS 預計於 2026 年開始商業營運，以及 KDDI 與 Starlink 合作推出的 D2C 用途，該用途使用 2 GHz 頻段，讓一般智慧型手機透過作業系統升級後直

接與衛星通信，並已擴展至數據通信用途。

在國際規範上，他提到 WRC-27 議程項目 1.13，專注於研究太空站與地面 IMT 用戶端設備之間直接連結的可行性。他認為要成功實現衛星到行動電話的連結，衛星業者與陸地業者之間的合作是成功的關鍵要素。此外，他指出關於 NTN 的頻譜和相容性研究，預計將會持續到 WRC-31 之後。



圖 6-8、APT WRC-27 主席 Nobuyuki Kawai 分享日本推出手機直接連結低軌道衛星，實現新時代

資料來源：本研究團隊拍攝

(三) 討論整理

於四場專題演講結束後，分別有兩場焦點論壇由我國專家學者與國際講者共同討論，從各自的角度提出建議，涵蓋 6G 網路演進路徑、頻譜資源的動態分享與共存、AI 與新殺手級應用，以及我國 6G 時代的發展機會與政策建議等重點。以下分別說明兩場焦點座談的討論內容：

1. 焦點座談一

本場座談討論 6G 導入後對社會的影響、產業對頻譜的需求、

以及我國在技術發展中的定位：

- Kyu-Jin WEE 針對 6G 時代的消費者變化之內容探討，說明 IMT 用途與既有用途共存的挑戰需找到平衡，必須採取 bands by bands（逐頻段）和分區域的討論方式。各國主管機關選擇頻段時，須考量全球市場中，哪些頻段的設備具有經濟效益，以降低布建成本。
- John W. Kuzin 針對 6G 應用與頻譜需求探討，分享未來 AI 發展將帶來比 5G 更高之資料傳輸需求，因此需要高容量的網路。行動通信目前使用頻段聚焦於 6.4-8.4 GHz 頻段，且經研究，行動業者需要至少 400MHz 頻寬來布建 6G 基礎設施。John W 建議我國持續關注並準備使用 6 GHz 以上之新頻段，因為這是全球導入 6G 的主要趨勢。
- 魏宏宇教授探討我國 6G 研發定位與優勢，並分享目前我國的 6G 研發聚焦在「無線通信加 X」的概念，包含通信加運算、加感測功能、以及 6G+AI，這三者構成未來的「黃金三角」（6G、AI、Data）。我國優勢在於：產業、學校、研究單位之間的緊密結合與高彈性，以及伺服器、天線等硬體和次系統供應能力。

2. 焦點座談二

本場座談著重於 6G 頻譜的和諧共用措施，特別是地面網路與非地面網路（NTN）的整合，以及頻譜共享技術的導入：

- Magnus Ewerbing 針對網路演進、NTN 整合分享，6G 標準應內建衛星功能，使系統能有效管理地面和衛星之間的頻段和用途轉移，以達到最高的效率。6G 網路應具備 Level 5 的完全自主能力，以徹底改變網路的經營方式。此外，各國主管機關之政策制定者應推動 5G 涵蓋率，以

確保業者能夠充分利用 U6 頻段，以在 6G 時代保持競爭優勢。

- Nobuyuki Kawai 探討 NTN 整合與合作，說明衛星到手機的用途主要分為兩種模式：使用 IMT 頻譜（由行動業者控制，如 KDDI 的案例）或使用 MSS 頻譜（衛星業者專屬）。NTN 相關的研究工作，預計將會持續到 WRC-31 之後，因為此議題非常複雜，並非單一 WRC 週期能解決。
- 陳文字教授分享 AI 頻譜共享技術，提及頻譜管理應採 AI 合作式的解決方案，將頻譜視為資源，以即時方式配合需求，並建議我國應建立 AI 中心作為智慧型管理者，推動頻譜共享。針對授權與非授權頻譜的關係，他主張兩者應視為互補：授權頻譜（如 4 GHz 以下）適合行動業者用於 outdoor 賺取利潤；而 Wi-Fi 7（非授權，6 GHz）適合 indoor 使用，兩者應切開，避免干擾。
- 張時中教授則針對頻譜政策與誘因提出相關看法，其說明美國的 CBRS 頻段（3.55-3.7 GHz）是頻譜分享的成功案例，透過 SAS 管理系統（System Administrator System, SAS）和拍賣誘因實現軍方與商業電信業者的共享。政策上建議政府應持續沙盒計畫，創造誘因，鼓勵學界和企業進行創新的應用研究。此外，考量我國不少頻譜執照將於 2030 年屆期，政策制定者必須在 2028 年就作出決策，設計下一階段執照的釋放措施。

第二節 國內外頻譜資訊定期蒐集與研析

一、每月定期公開發布國內外頻譜新聞及趨勢

本研究延續 113 年執行方式，擬針對每月國內外之頻譜趨勢及發展蒐集相關資料，並撰寫 5 則與頻譜相關之新聞，其交付時程擬於當月第三周以電子檔形式交付數位發展部，以利審核及公布資訊。每月定期公開發布國內外頻譜資訊內容將會觀測至 12 月初，以利後續期末審查會議後交付完整內容。

每月定期公開發布國內外頻譜新聞、趨勢及初步研析交付之內容將包含封面、目錄、每月初步研析內容，截至 114 年 10 月研究團隊已交付 10 個月之定期公開發布國內外頻譜新聞。數發部官網已上傳 1 至 10 月之定期公開發布國內外頻譜新聞、趨勢及研析³⁷⁶。交付模板如下圖所示。



圖 6-9、每月定期公開發布國內外頻譜新聞模板

資料來源：本研究製作

³⁷⁶ 數位發展部，6G 產業發展先期規劃/研發計畫，<https://moda.gov.tw/digital-affairs/resource-management/programs/3787>

二、每季定期公告國際頻譜趨勢研析報告

本研究延續 113 年執行方式，每季研析報告之研析內容擬訂定以專題研析之形式撰寫。季度研析報告擬加每月定期公開資訊，故每季研析報告 1 份包含國際頻譜趨勢專題研析 1 篇以及 15 則每月定期公開發布國內外頻譜新聞、趨勢，其交付時程擬於下個季度之第一個月的月中交付數位發展部，並於下個季度之第二個月由數發部發布，且待期末審查會議後，完成交付第四季度之研析報告。

每季公告國際頻譜趨勢研析報告交付之內容將包含封面、目錄、季度專題研析、每月定期公開資訊 15 則，截至 114 年 10 月本團隊已交付第三季度定期公開資訊。交付模板如下圖所示。



圖 6-10、每季公告國際頻譜趨勢研析報告模板

資料來源：本研究製作

三、發表頻譜效能提升相關主題之論文

隨著 6 GHz 頻段開放供 Wi-Fi 使用，AFC 成為確保既有服務不受 Wi-Fi 訊號干擾的關鍵機制。WiFi Alliance 釋出的 AFC DUT Test Harness 提供一致的測試流程與模擬環境，其中的 Control App 負責接收測試腳本的指令並操作待測設備（Device Under Test, DUT）。然而，由於不同廠牌 DUT 在作業系統與控制介面上存在差異顯著，Control App 必須針對各 DUT 進行交叉編譯與安裝，且缺乏統一的控制指令標準，導致跨設備測試的布建與維護成本偏高，因此本研究以產學研究方式探討 AFC DUT 測試環境的優化並產出 1 篇論文，產出內容、投遞論文單位，以及發表時程，彙整如表 6-16 所示，論文發表證明如圖 6-11 所示。

表 6-16、學研單位合作發表

題目	6 GHz Wi-Fi 自動頻率協調系統之 DUT 測試環境自動化改良
產出內容	提出一種改良 AFC DUT 自動化控制架構，包含兩項核心設計。首先，在執行位置上進行調整，將 Control App 由原本安裝於各 DUT 上改為集中於 Test Harness 主機端執行，並透過 Secure Shell (SSH) 協定遠端下達控制命令，以降低跨設備重複編譯與布建的負擔。此一流程改良使跨廠商、多型號 DUT 僅需撰寫與載入對應的設定檔即可完成支援，無須修改或重新編譯程式碼，保留原有 Test Harness 與 Test Scripts 的結構與功能，並顯著降低跨設備測試的整合與維護成本。
投遞論文單位	台灣網際網路研討會 (Taiwan Academic Network Conference, TANET)
投遞與發表時程	已完成投遞及發表。

資料來源：本研究整理

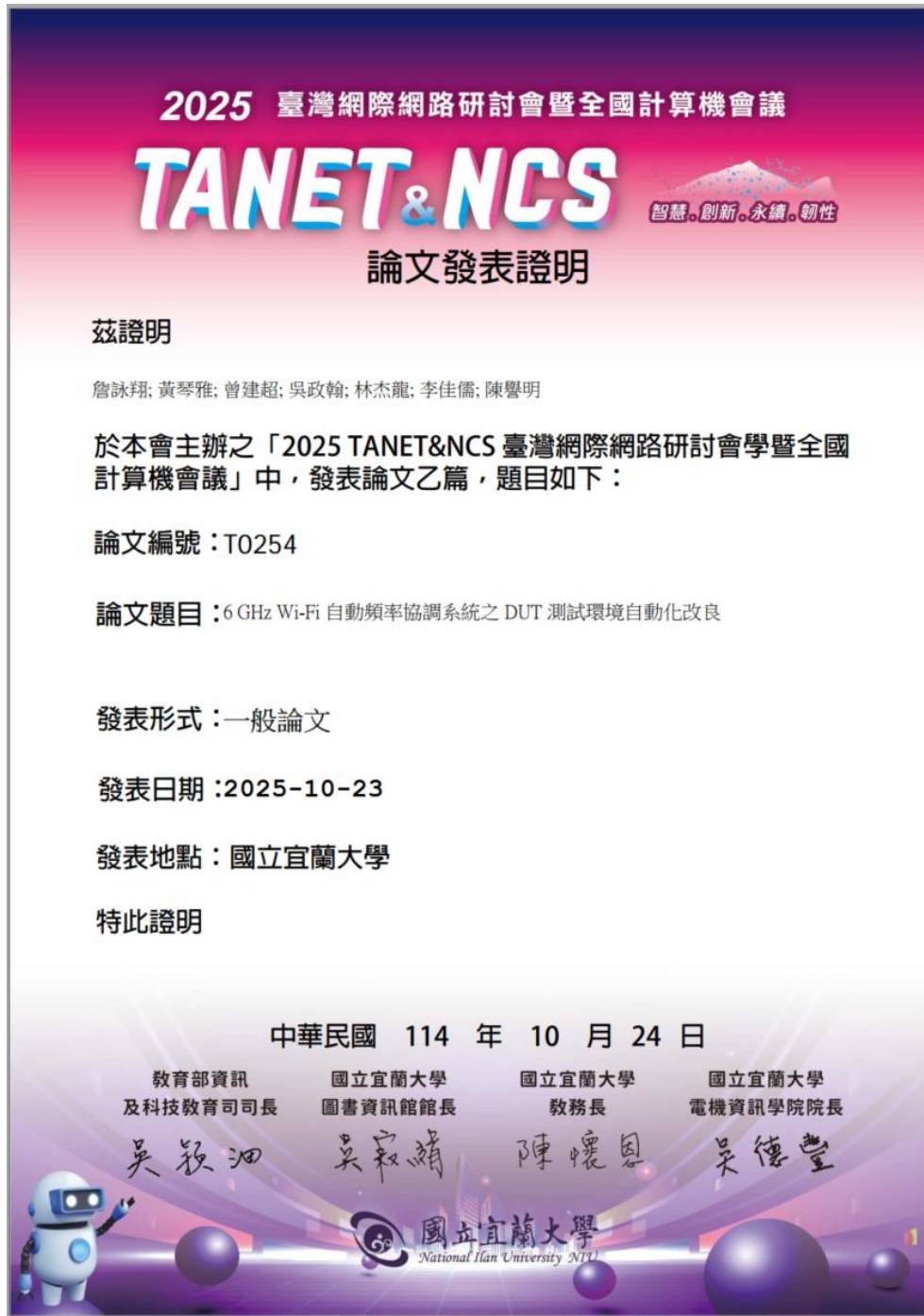


圖 6-11、論文發表證明

資料來源：本研究製作

第三節 派駐人力說明

本研究延續前一年度計畫，自契約起始日即指派李珮綺助理研究員、王晟宇助理等二員派駐委託機關，後因業務調整之因素，王員改由馮意庭副研究員接續派駐；李員則因個人規劃於 114 年 10 月 17 日離職，從 10 月 18 日改由契約研究人員劉大溶副研究員接替至 11 月 9 日。自 11 月 10 日起由王皓民助理研究員擔任常駐履約人員接續派駐工作，執行委託機關各項交辦工作。

第七章 結論與建議

一、ITU 實質參與及頻譜跨域應用議題觀測

(一) 6G 頻譜跨域應用議題觀測

本研究依據計畫宗旨與執行規劃完成以下幾項研究成果，並於研析完成後整理出 6G 無線電頻譜之發展背景與下階段趨勢，包含：

- WRC-23 決議後更新與發展
- 6G 標準演進與頻譜實務考量
- WRC-27 議題與 ITU-R 研究準備

依據第二章節之研析，本研究先後整理出以下兩點觀察。首先，在單純之地面行動通信部分，從 WRC-27 議題 1.7 的討論觀察可見，6G 頻譜發展正呈現出向中頻段與高頻段延伸的趨勢，以滿足未來通信對高容量、高速率與低延遲的需求。4400-4800 MHz 頻段具有現有布建基礎與產業熟悉度，有望作為 6G 初期可行擴展頻段之一；7125-8400 MHz 則填補目前中頻段與毫米波之間的頻譜空隙，具備高容量潛力與全球協調的可能性；而 14.8-15.35 GHz 雖屬高頻段範疇，但因干擾管理相對較易，值得繼續關注產業與研究發展。整體而言，議題 1.7 顯示出業界與監管機關正積極尋求在技術成熟度與產業可行性之間取得平衡，為 6G 預留具擴展性且具備全球共識潛力的頻譜資源。由於此議題及相關頻譜，強調在現有產業與營運架構下尋求擴充與最佳化，以滿足日益提升的傳輸容量與連線密度需求，可被定性為「6G 演化新興頻譜」。

接著在地面與非地面行動通信整合部分。從 WRC-27 議題 1.12 至議題 1.14 涵蓋 700 MHz 至 2700 MHz 頻段的討論可觀察到，該頻段已成為 6G 地面與非地面整合應用的關鍵焦點，反映出全球對提升頻譜使用效率與擴展服務涵蓋的高度重視。在議題 1.12 中，2

GHz 附近多個頻段將有可能被識別用於提供涵蓋全球或區域範圍的低速率雙向通信服務，特別適用於物聯網、遠端感測與機器對機器應用，並可補充地面網路未能涵蓋的偏遠地區通信需求。議題 1.13 和議題 1.14 更進一步提出在 700-2700 MHz 之間探索 MSS 衛星行動用途直連裝置的可行性與未來頻譜配置，代表該頻段正逐步從傳統地面行動用途，擴展為融合地面與衛星通信的重要資源。整體而言，700-2700 MHz 之頻段具備良好涵蓋特性與成熟設備生態，未來在 6G 布建中可望發揮關鍵承載角色，特別是在支持全球涵蓋應用上展現關鍵價值。著眼於此議題及其涵蓋頻譜，乃是因應新興應用快速成長，必需重新檢視現行頻譜管理制度與配置原則，因此可被另外歸類為「6G 新應用頻譜改革」。

本研究接著參酌此整理之兩項觀察結論，再參考 ITU-R 於 2025 年之發展研究狀態與觀測觀察，針對 WRC-27 頻譜整備候選方向具體提出以下兩項建議。針對 6G (即 IMT-2030) 應用之需求，WRC-27 的頻譜策略可分為兩類：

1. 6G 演化新興頻譜 (New Spectrum)

新興地面 IMT 頻譜以地面行動通信網路為核心，支援 6G 連續頻寬之延伸應用。涉及 WRC-27 議題 1.7 之頻段，包括：4400-4800 MHz (中頻段，共存條件為研究重點)、7125-8400 MHz (高頻段，衛星服務多，達成共識困難)、14.8-15.35 GHz (準毫米波段，相較 7 GHz 頻段國際關注與貢獻較少)。

2. 6G 新應用頻譜改革 (Spectrum Reform)

衛星直連共用頻譜之發展策略，意在改革涵蓋 700-2700 MHz 之既有行動通信頻譜，支持衛星直連 D2D 等新興應用，重點在於控制對地面 IMT 系統的干擾，並須評估考量新增 MSS 之分配、控制下行干擾及確保現有 IMT 系統免受有害干擾，且需進一步分

析與跨境干擾緩解措施等。

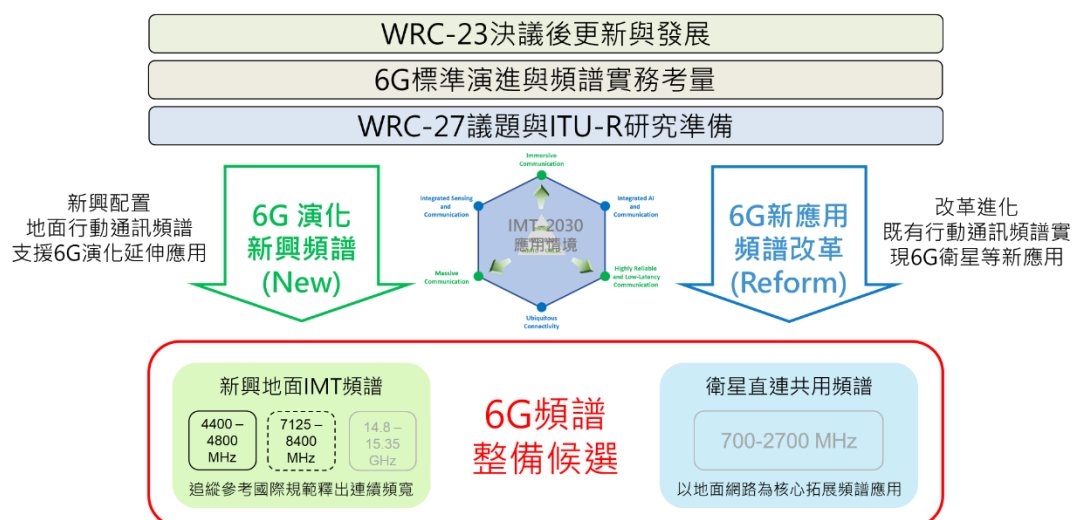


圖 7-1、WRC-27 應對策略與政策建議準備-頻譜整備

來源：本研究整理

(二) ITU 實質參與研析

關於本研究項目另一重點在鎖定 ITU 實質參與模式，在解析 ITU 國際電信聯合會參與機制概況，並鎖定 ITU 重要活動與實質參與模式研析後，針對未來 ITU 相關會議與活動之實質參與模式，可以考慮以下兩種模式：

1. 專家協助模式

在此模式下，我國可扮演專家派遣國角色，透過派遣具備專業知識與國際經驗的專家，協助友邦掌握技術與標準趨勢，提升國家會員在 ITU 的發言權。依據本研究前章節之討論，派遣外國專家協助國家會員發展，基本符合 ITU 制度規範，同時具備高度可行性且具戰略價值，但亦需考量政治、商業及國安風險。

2. 專案推動模式

我國於此模式將專案支援國角色，協助資源或技術能力有限的會員國友邦進行基礎建設或政策規劃，並申請執行 WSIS 專案，

發揮正向影響力與外交軟實力。此模式高度可行且合法，但需注意尊重與友邦間之主權、保持透明並管理資安與數據風險。

於本研究研究專案期間，WRC-27 已經 ITU 決議將於 2027 年 10 月 18 日至 11 月 12 日在中國上海舉辦召開，並已正式對外確認公開³⁷⁷。基於 WRC-27 會議的性質，ITU 會員國可自行選任代表出席並行使國家會員的權能。依本專案之研究，已經加入成為 ITU 國家會員的友邦，自可依據 ITU 憲章指派具專業與可信度的專家參與 WRC-27 會議。若我國具無線電領域專長的人員能取得友邦的同意與授權，以專家身分協助其以國家名義提出提案或進行發言，不僅能協助友邦掌握國際最新技術趨勢、深化對複雜議題的理解，亦有助於提升其在國際場合的發言權與影響力。



	專家協助模式	專案推動模式
我國角色	專家派遣國	專案支援國
目的與功能	<ul style="list-style-type: none"> - 掌握國際最新技術發展、深入了解複雜技術議題、標準制定趨勢及強化國際合作。 	<ul style="list-style-type: none"> - 協助資源與能力有限之會員國基礎建設、政策規劃或數位應用。
可行性與考量	<ul style="list-style-type: none"> - ITU 允許非國家會員及特定單位在授權的框架下參與技術討論。 - 國家會員可透過正式管道邀請外國專家代表參與。 	<ul style="list-style-type: none"> - 不違反章程與公約前提下，主權國家可自由決定是否採用外部技術支援或 WSIS 專案協作。 - ITU 並未設下「國籍限制」，只要專案提交者是會員國主體，參與內容符合該會員國發展目標，便屬合法有效之參與。
受協助友邦可能獲益	<ul style="list-style-type: none"> - 具備專業和國際經驗之外部專家，可協助掌握國際最新技術發展、標準制定趨勢及強化國際合作的需求。 - 提升國際發言權與影響力。 	<ul style="list-style-type: none"> - 提升國家資訊社會建設與國際形象。 - 補足技術落差與策略執行能力。
小結整理	<ul style="list-style-type: none"> - 派遣外國專家協助國家會員發展，基本符合 ITU 制度規範，同時具備高度可行性且具戰略價值，但亦需考量政治、商業及國安風險。 	<ul style="list-style-type: none"> - 協助國家會員申請執行 WSIS 專案，可發揮正向影響力與外交軟實力，但應在尊重國家主權、確保透明程序與維持國際觀感中取得平衡，方能長期參與並維持可信度與合法性。

圖 7-2、ITU 實質參與模式說明與比較

來源：本研究整理

二、國際間 6G 候選頻段研析及國內既有使用者盤點

本分項主要觀測國際 6G 頻譜規劃與產業新技術推動政策，蒐研 APT、3GPP、GSMA、NGMN、Next G 聯盟等五大國際通信領域組

³⁷⁷ 內容節錄自 WRC-27 官方網頁，<https://www.itu.int/wrc-27/>（最後瀏覽日：2025/12/1）。

織研究報告與白皮書；以及歐盟、英國、美國、日本、韓國、中國與香港等國家之頻譜相關政策，同時盤點我國 6G 候選頻段國內既有使用者概況。

全球主要國家與國際組織已逐步形成 6G 頻譜發展的整體方向，相較於 5G 世代以中頻段為主的布局，6G 世代將朝向「低、中、高頻段多層次整合」的新架構發展，並加強跨域協同與技術融合。根據 WRC-27 所列新的 IMT 候選頻段為 4.4-4.8 GHz、7.125-8.4 GHz 及 14.8-15.35 GHz。同時，歐盟、美國、日本、韓國等皆同步推進中頻段與毫米波頻段之整備工作，包含重新釋出 3G、4G 頻譜或拍賣毫米波頻段，並特別將 U6 頻段（6425-7125 MHz）及 7-8 GHz 頻段作為 6G 核心候選頻段。

在此國際趨勢下，我國 6G 頻譜策略需兼顧「國際接軌」與「國內延續使用」。目前我國 5G 主要使用 3.3-3.57 GHz 及 28 GHz 頻段，而 700 MHz、900 MHz、1800 MHz 將於 119 年屆期，可作為 6G 優先釋出之重點頻段。中頻段方面，U3（3.57-4.2 GHz）及 U4（4.4-5.0 GHz）具延展潛力，但需考量警消微波與專網等既有使用者的遷移與干擾協調；U6 頻段（6425-7125 MHz）被視為最具潛力的 6G 候選頻段，可望整備至多 700 MHz 連續頻寬，惟仍須審慎評估與 Wi-Fi 6E/7 及衛星服務之共存模式。至於更高頻段，則可依技術成熟與市場需求分階段推動，以維持整體頻譜供應的靈活性與前瞻性。

為更具體掌握我國頻譜釋出政策規劃，本研究進一步進行我國 6G 候選頻段國內既有使用者盤點，頻率範圍從低頻段 400 MHz 到高频段 28 GHz，以及 NTN 使用之 S 頻段。透過電臺資料庫比對與用途分類，掌握各頻段之服務性質及使用者數量。該盤點可釐清各頻段現行使用情形、潛在釋出時程及干擾評估結果，作為後續頻譜重整與 6G 布建的重要依據。

承上所述，本研究將我國可供使用頻譜依釋出難易度與使用潛

力，區分為三大類型：屆期與閒置頻段、待整備頻段及待觀察頻段，並據此提出五個頻譜規劃方案。此規劃應考量短期可快速釋出之頻段、中期需技術或制度整備之時程，以及長期發展階段之共享與協同策略。進一步而言，為確保頻譜連續性與國際同步，我國 6G 規劃宜採取漸進式釋出策略，優先開放既有與終端設備相對成熟之頻段，再依據 WRC-27 進展及國際標準決議，逐步釋出新頻段。此外，建議建立固定週期之釋照制度（如每五年一次），以配合技術演進與產業投資規劃。執照效期可採差異化設計，訊號傳輸範圍較廣，有利電信事業布建網路之頻段稱為涵蓋頻段（Coverage band），可設定較長年限以確保投資回收，訊號承載訊務量高，以提供高速傳輸為主之承載頻段（Capacity band）則保留政策調整彈性。同時，主管機關可參考國際經驗，導入頻譜共享、拍賣與市場機制並行的混合模式，並結合跨部會協調機制，妥善處理警消、國防及衛星等特殊用途之頻譜共存問題。

三、Mid band 和諧有效使用機制環境建立與實測

（一）立即可行之建議

鑑於我國地狹人稠的環境與美國大相逕庭，若要立即實施 AFC 系統以保護既有站臺，建議可先於各區域設置頻段保護區，以保障各地既有站臺所使用的頻段免於干擾，維持既有無線通信服務的穩定性。

在 AFC 系統的營運方面，建議可比照美國模式，開放由具備技術能力之民間企業參與管理與營運，但其系統設計與營運管理流程應經中央主管機關審查與認證，以確保系統運作的安全性與合規性。

（二）中長期建議

若要透過 AFC 系統實現頻譜共享，並最大化頻譜使用效益，在我國的應用環境中，仍有許多亟待改善的面向。首先，地貌圖資與

Clutter 模型目前仍沿用美國所採用的方法，但由於我國地形地貌與美國有顯著差異，建議應重新定義符合我國在地特性的地貌分類與 Clutter 模型，以提升干擾預測的精準度。

其次，在建物圖資方面，我國目前缺乏完整的建物資料，使得在進行地面物體（如建築物）遮蔽效應評估時，缺乏可靠的參考依據，容易導致計算結果產生偏差。為提升 AFC 系統的準確性與實用性，建議我國應建置專屬的建物資料庫，強化空間資訊基礎。

此外，鑒於我國地狹人稠，若使用標準功率的無線接取點（AP），極可能出現多個 AP 訊號能量疊加的情況，進而增加干擾的風險。因此，有必要針對此現象進行模擬與實地測試，以評估潛在影響並研擬因應策略，進一步優化 AFC 系統的演算法，達成頻譜使用效率的最佳化。

（三）未來延伸應用

面對即將到來的第六代行動通信，釋出新的 IMT 頻譜是必然的趨勢，但由於乾淨頻譜的日益稀缺，頻譜共享機制的重要性也與日俱增。本研究提出的方法與所建置的資料庫，將為未來導入智慧頻譜管理系統的開發與模型訓練提供實質貢獻。同時，藉由 AFC 系統的研究經驗，我們得以將非授權頻譜的應用延伸至授權頻譜領域，探討行動通信基地臺對既有站臺的干擾風險，進而確保周邊無線環境的穩定運作，不僅能提升頻譜使用效益，更能因應未來乾淨頻譜不足的挑戰。本研究近年在 AFC 技術上的累積成果，為智慧頻譜管理的導入奠定了堅實基礎。透過這些成果的整合應用，未來的頻譜管理將朝向更智慧化、彈性化的方向發展，實現更高效率且以使用者為中心的頻譜資源分配機制。

四、Mid band 既有使用者整備替代技術實測與分析評估

（一）介接替代技術實測分析

本研究在臺視和中華電信的場域做實測，結果顯示 5G 固定無線接取 (FWA) 搭配光世代固網和自由空間光通信 (FSO) 在既有使用者的場域是可行的方案，可靠度也有一定的水準，在實際應用上，依使用者的傳輸標準需求，可以作為主要或備援鏈路的選項之一。針對 7 GHz 微波，U6 頻段與 L7 頻段微波在傳輸表現上並沒有太大差異，L7 頻段可以供有移頻需求的 U6 頻段既有使用者移頻使用。

(二) 替代技術應用評估

1. 固定無線接取 (FWA) 技術

FWA 之資料傳輸需以 IP 化架構為基礎，運作高度依賴電信業者提供之安全機制與服務方案。其可用容量受 5G 基地臺負載與無線環境干擾影響，目前業者尚無提供 FWA 的服務，建議業者推出具 SLA (服務等級協議) 保證且傳輸容量可以客製之方案，故使用者在服務穩定性與維運控制方面具一定限制。若發生 ISP 端異常，用戶端對恢復時程缺乏主導性。

綜合評估，建議採用多家行動網路業者並行架構以提升整體可靠度、鼓勵業者推出具保證頻寬或專用通道方案並完善固網和行動網路建設，以強化 FWA 於場域 (如影音播送、災時通信) 的應用潛力。

2. 自由空間光通信 (FSO) 技術

FSO 具備高頻寬、低延遲與不需申請頻譜等優點，適用於離島、港口及特殊地形等光纖難以到達區域。建議未來導入時採用 1:1 主備鏈路架構，並搭配具 OAM (Operations, Administration, and Maintenance) 功能之 PTN 設備與 L2 交換機，確保封包層之即時監測與自動切換機制。同時應設置氣象監測設備，建立「環境條件鏈路品質」關聯模型，作為維運與事件判斷依據。

在設備布建面，應強化光束對準穩定性、遮蔽風險評估與結構抗風性設計，以提升鏈路可靠度。整體而言，FSO 具備成為微波替代技術之潛力，能支援我國既有鏈路場域之通信韌性強化及頻寬擴充需求。

3. L7 微波移頻

U6 與 L7 微波頻段將列入未來 6G 候選頻譜範圍，其使用仍需考量頻譜重整及干擾管理議題。微波系統受天候、海象及環境干擾影響較大，需定期檢修，維運及建置成本亦較高。然而，微波可透過空間分集、頻率分集、自適應調變及備援路由設計等方式提升可靠度，於特定應用（如離島備援、偏遠地區傳輸）仍具不可替代性。對於有微波使用需求的使用者，L7 頻段可以為 U6 頻段的替代頻段

4. 光纖固定網路（固網）技術

相較於無線替代方案，有線光纖網路之傳輸效能與可靠度表現最佳，且維運主控性高，為既有 U6 使用者最穩定之替代選項。然而，光纖布建受限於地形、施工成本及時間，部分偏遠或離島地區仍難以全面涵蓋。建議相關單位持續推動光纖骨幹與延伸網路建設，將其視為 U6 頻譜釋放與替代技術推動之重要前置條件。

表 7-1、替代技術綜整表

	FSO	7 GHz 微波	FWA
波長/頻率	1550 nm	7 GHz	4G & 5G
應用情境	<2 公里	<100 公里	不受距離限制
實測鏈路	1.94 公里	264 公里	15.5 / 219.5 公里
傳輸速度	10 Gbps	448 Mbps(理論最大值)	305 Mbps 下載 /43 Mbps 上傳
影響因子	天候、風力	天候及海象	行動通信網路訊號涵蓋

	FSO	7 GHz 微波	FWA
建置成本	100 萬	500~4,000 萬(依建置需求)	CPE:7.4 萬 VPN 路由器:5 萬
維運風險	<ul style="list-style-type: none"> • 天候敏感度較高 • 對準位移、震動敏感 • 鏡頭汙染處理 	<ul style="list-style-type: none"> • 天候海象及干擾影響餘裕度 • 需要固定檢修，維運成本較高 • 頻譜依賴、電臺申請 	<ul style="list-style-type: none"> • 容量受 5G 網路影響，無 SLA 保證 • 受基地臺負載影響 • ISP 端異常需營運商處理，恢復速度不可控

資料來源：本研究整理

(三) FR3 干擾查測機制研析

本研究針對我國 FR3 頻段（7.125–15.35 GHz）之既有使用狀況進行盤點與干擾風險分析，研析結果顯示：

- 7.125–8.4 GHz 為使用最密集之區段，涵蓋固定微波、雷達及衛星等多類系統，干擾風險較高。
- 12.7–13.25 GHz 使用者數量相對較少，但鄰近頻段涉及衛星固定業務（FSS）及衛星地球探測業務（EESS），需審慎評估鄰頻干擾影響。
- 14.8–15.35 GHz 目前國內尚無既有使用者，具整備彈性，但仍應考量對 RAS 與 FSS 衛星上行鏈路之保護需求。

針對潛在干擾情境，本研究依據 ITU-R 建議書與 3GPP 通道模型進行技術評估，涵蓋視距與非視距傳播、繞射、對流層散射、降雨衰減及混附發射等多項因素，並建構涵蓋多頻段及多應用場景的干擾預測模型。分析結果歸納出主要干擾型態包括①IMT 基地臺對固定微波接收端之旁瓣干擾、②用戶端設備對雷達系統之聚合干擾、③IMT 系統對衛星下行接收之鄰頻干擾、④衛星固定業務(FSS) 地球站上行對 IMT 接收機之飽和風險及⑤大規模布建超寬頻（UWB）系統於高密度環境下之累積干擾效應。

為有效支援上述干擾場景之查測與管理需求，本研究建構一套具寬頻監測、即時頻譜擷取、干擾源定位與頻率轉換分析功能的查測設備架構，並依不同應用場景提出相應操作建議。該架構具實務可行性與技術延展性，可作為未來國內 FR3 頻段監測及干擾分析之基礎。綜合分析，建議後續推動下列工作項目，確保我國在 FR3 頻段之頻譜規劃與 6G 發展具備前瞻性與可行性。

- 建立既有使用者資料庫，作為頻譜共存及干擾評估之依據。
- 研訂鄰頻保護準則，確立頻段間功率限制與距離分隔條件。
- 建構干擾技術驗證平臺，用以模擬不同應用情境下之干擾行為。
- 制定共存技術規範，規範不同系統間之協同運作機制。
- 導入地理隔離與設備設計措施，降低干擾發生機率並強化頻譜使用效率。

(四) U6 頻段移頻方案建議

為完善 U6 頻段之頻譜整備規劃，本研究訪查 14 家既有使用者，蒐集其實際使用現況與未來需求，並依據不同業務性質與通信用途，評估以替代技術、部分頻譜保留、劃定保護範圍及和諧共用等多元整備方向，據此規劃出四項完整的 U6 頻譜調整建議方案，並完成各方案之初步費用評估，如表 7-2 所示。

根據 GSMA 於 2025 年的研析³⁷⁸中指出，每一家電信業者在 6G 時代需要 200~400MHz 的新增中高频頻譜資源，然目前國內離島及偏遠地區之微波鏈路，仍肩負政府單位及民間通信備援的關鍵角色。近年離島海底光纖多次因外力因素造成中斷，顯示微波鏈路於緊急

³⁷⁸ Gsma (2025), Mobile evolution: spectrum for 6G. <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/mobile-evolution-spectrum-for-6g/>

與備援通信中的重要性。

對於固網無法涵蓋的地區（多為地形崎嶇、天災頻仍或施工困難區域），現階段尚無其他成熟技術可完全取代微波傳輸，因此微波系統在國內通信基礎設施中仍具必要性。

綜合評估結果顯示，為兼顧現有通信韌性與國家未來 6G 發展需求，本研究建議採行整備方案以「方案二」（保留 6425-6725 MHz 作為既有衛星上鏈與微波鏈路共同使用，6725-7125 MHz 開放行動通信與離外島及無替代技術可用站點共同使用頻段）和「方案三」（保留 6425-6715 MHz 作為衛星上鏈、離外島與無替代技術可用站點共用頻段，開放 6725-7125 MHz 作為行動通信用途）為最具可行性。此二方案兼顧國內目前之營運環境與國際頻譜發展趨勢，亦可確保離島通信備援及關鍵業務連續性，同時為後續釋放 U6 頻段以供 6G 行動通信使用奠定基礎。

表 7-2、頻譜整備方案時程及初估費用

方案	業者類別	受影響鏈路	配套措施所需時程	整備所需時程	總計 (新臺幣萬元)
一	無線電視業者	89	完善光纖固網設施: 1~5 年 使用替代技術 :2~3 年	3~5 年	85,233
	廣播業者	18			
	水利署	12			
	台電	86	微波移頻 :3~4 年		
	民航局	4			
	中華電信	304			
二	無線電視業者	89	使用替代技術 :2~3 年	3~4 年	32,727
	廣播業者	18			
	水利署	12	微波移頻 :2~3 年		
	台電	86	微波移頻 :3~4 年		

方案	業者類別	受影響鏈路	配套措施所需時程	整備所需時程	總計 (新臺幣萬元)
	民航局	4			
	中華電信	0			
三	無線電視業者	89	使用替代技術 :2~3年 微波移頻 :2~3年	3~4年	78,807
	廣播業者	18			
	水利署	12			
	台電	86	微波移頻 :3~4年		
	民航局	4			
	中華電信	304			
四	無線電視業者	0	建置頻譜和諧共用系統 :2~3年	2~3年	4500
	廣播業者	0			
	水利署	0			
	台電	0			
	民航局	0			
	中華電信	0			

資料來源：本研究整理

五、本案計畫未來 2 年執行架構建議

(一) 整體推動架構與策略方向

本研究建議未來兩年以「6G 頻譜整備」與「國際參與深化」為核心主軸，透過政策規劃、技術支援與國際連結三大面向形成完整推動架構。

第一年著重於國內候選頻段盤點、WRC-27 議題追蹤、干擾技術試驗規劃與 AFC 管理需求研析，並同步啟動替代技術之場域規劃與初期分析，建立後續政策所需基礎資料。

第二年則聚焦於干擾與替代技術之實證、智慧頻譜管理平台建

置、AFC 初版系統開發與試辦場域啟動，同時深化國際議題研析與政策研擬，作為 WRC-27 前建立頻譜策略與制度的重要依據。

(二) 頻譜整備與既有使用者協調機制

依據本研究成果，我國 6G 主要候選頻段仍以中頻段（U3、U4、U6）及較高頻段（7-24 GHz）為核心，既有使用者多元，需同步規劃協調與轉換機制。

第一年建議優先針對 U6 頻段完成既有使用者盤點、鏈路使用特性與移頻可行性分析，並研擬整備方案。針對 FSO、FWA、L7 微波等替代技術啟動場域規劃與初期試驗設計，同時進行 U3/U4 系統使用調查與需求研析。

第二年將進行替代技術實地測試，驗證其於實際營運狀態下的可用度、韌性與連續性，並整合天候與環境資料建立可用度模型。同時完成 U3/U4 既有服務之補償與轉換時程評估，建置不中斷服務之轉換作業流程與協調機制。

(三) 智慧頻譜管理與 AFC 制度導入

第一年建議完成在地化地形模型、建物遮蔽資料與 Clutter 類別等基礎圖資蒐集與建置，同時整合微波、衛星、Wi-Fi 及 IMT 設備之監測資訊，建立初步頻譜監測資料架構與 7-24 GHz 頻段之干擾預測模型雛形。

第二年可進一步建置全國性頻譜使用情形查測資料庫及可視化平臺，提供跨系統頻率使用查詢與干擾查測能力，與試點業者合作啟動小規模 AFC 實驗場域，推動我國 AFC 制度化方向；由主管機關統籌審查與資安監理，確保共享運作安全與透明。

(四) 國際參與與政策協調機制

為因應 WRC-27 前的國際趨勢，本研究建議透過現有跨部會機

制，成立 6G 國際協調專家小組，由政府主導整合產學研資源，掌握國際頻譜發展方向。

第一年應以議題盤點、6G 頻譜研究資料整合、政策觀點研擬與國內立場統整為主要工作，針對 WRC-27 議題 1.7（6G 演化新興頻譜）、議題 1.12-1.14（6G 新應用頻譜改革，即地面與非地面整合應用）進行深入分析。

（五）整體預期效益與執行展望

綜合以上建議，兩年內可達成以下具體成果：第一年可完成候選頻段盤點、干擾管理與替代技術初期規劃、智慧頻譜管理資料基礎建置、WRC-27 議題分析與立場準備。第二年將深化干擾與替代技術驗證、完成 AFC 初版系統與全國監測資料庫整合、形塑 6G 之頻譜策略架構與協調機制，作為我國 WRC-27 前頻譜規劃之重要成果。

表 7-3、本案未來 2 年執行架構建議

推動面向	第 1 年執行重點	第 2 年執行重點
整體推動架構與策略方向	完成候選頻段盤點、WRC-27 議題追蹤、干擾試驗規劃與 AFC 管理需求研析，並啟動替代技術場域規劃與初期分析	推動干擾與替代技術實證，建置智慧頻譜管理平臺並開發 AFC 初版系統，並深化國際議題研析與政策研擬
頻譜整備與使用者協調機制	確認 U6 移頻採行方案方向(方案二/方案三)、移頻可行性評估與整備規劃，啟動替代技術場域規劃與初期試驗，並完成 U3/U4 系統調查與需求研析	進行替代技術實地測試並建立可用度模型，完成 U3/U4 補償與轉換時程評估，並建立不中斷服務的轉換流程
智慧頻譜管理與 AFC 制度導入	建置地形、遮蔽與 Clutter 圖資並整合查詢資料，形成初步頻譜查測架構與 7-24 GHz 干擾模型雛形	建立全國頻譜使用查測資料庫與可視化平臺，與試點業者合作啟動小規模 AFC 實驗場域，並推動制度化與資安管理機制
國際參與與政策協調	完成 WRC-27 議題盤點、6G 資料整合與政策立場研擬，並深入分析議題 1.7 與 1.12-1.14	持續追蹤 ITU-R、3GPP 與 APT 的研究進展，並強化國際議題研析以提升政策一致性

整體預期效益	達成頻譜盤點、初期規劃、資料架構建置與國際議題分析等基礎成果	完成替代技術驗證、AFC 初版系統與監測資料庫整合，並形成 6G 頻譜策略架構
--------	--------------------------------	---

資料來源：本研究整理

附件一 FSO 架設設備 2 公里測試結果

TCP/UDP測試結果Pass								
iSAM								
Services Summary								
	Profile Name	Service Performance Test	RFC 6349 Test					
1	Priority	PASS	PASS					
Service Performance Summary								
	Profile Name	Direction	TX CIR (Mbit/s)	FD (ms) (RTT) (Latency)	IFDV (ms) (Jitter)	FLR (%) (Frame Loss)	RX Rate (Mbit/s)	Service Verdict
1	Priority	L->R	10000.0	0.01417	0.00003	0.0000	10000.00	PASS
		R->L	10000.0		0.00003	0.0000	9999.99	
Total RX Rate (Mbits/s)							L->R	10000.00
							R->L	9999.99
RFC 6349								
MTU (bytes)			1500					
Minimum RTT (ms)			0.021					
RFC 6349 TCP Throughput Summary								
	Profile Name	Direction	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)	TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)	
1	Priority	L->R	24 KiB (2 conn.@ 12 KiB)	9414.8	9399.2 Pass	100.00	15.81	
		R->L	24 KiB (2 conn.@ 12 KiB)	9414.8	9399.2 Pass	100.00	15.95	

SONET/SDH BERT 測試結果 Pass

FTBx-8880 Report



PASS

Report Header: EXFO Inc.
Report Title:
Report Date: 2/14/2025 4:49:15 PM
Type: SONET/SDH BERT

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Test Status	Completed
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	2/14/2025 04:43:34 PM
Duration	00d:00:05:02
Test Recovery	0

附件二 FR3 頻段既有使用者之分類與去識別化資料

表 1、既有使用者類型一覽表

類型代碼	既有使用者類型
A	政府機關
B	財團法人
C	國營事業
D	公股企業
E	民營事業單位

資料來源：通傳會系統、本研究整理

表 2、既有使用者代碼、名稱一覽表

使用者代碼	既有使用者名稱
A-1	中央研究院
A-2	內政部消防署
A-3	內政部警政署刑事警察局
A-4	交通部中央氣象署
A-5	交通部民用航空局飛航用途總臺
A-6	交通部航港局
A-7	交通部運輸研究所
A-8	花蓮縣警察局
A-9	金門縣港務處
A-10	金門縣警察局
A-11	海洋委員會海巡署
A-12	海洋委員會海巡署艦隊分署
A-13	高雄市政府警察局
A-14	高雄市政府警察局交通警察大隊
A-15	國立中央大學
A-16	國防部心理作戰大隊（漢聲廣播電臺）
A-17	國家太空中心
A-18	國家海洋研究院
A-19	臺中市政府警察局
A-20	臺北市政府工務局衛生下水道工程處
A-21	環境部
B-1	財團法人公共電視文化事業基金會

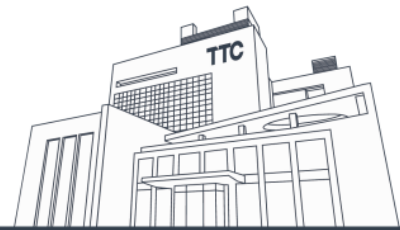
使用者代碼	既有使用者名稱
B-2	財團法人慈濟傳播人文志業基金會
B-3	財團法人電信技術中心
C-1	台灣中油股份有限公司
C-2	台灣電力股份有限公司
D-1	中國電視事業股份有限公司
D-2	中華電信股份有限公司
D-3	中華電視股份有限公司
D-4	高雄港務分公司
D-5	麥寮工業區專用港管理股份有限公司
D-6	台灣港務股份有限公司
D-7	台灣港務股份有限公司（高雄港務分公司）
D-8	台灣港務股份有限公司（基隆港務分公司）
D-9	台灣港務股份有限公司（臺中港務分公司）
D-10	臺灣電視事業股份有限公司
E-1	三立電視股份有限公司
E-2	大彰化東南離岸風力發電股份有限公司
E-3	中天電視股份有限公司
E-4	中國廣播股份有限公司
E-5	允能風力發電股份有限公司
E-6	臺亞衛星通信股份有限公司
E-7	正聲廣播股份有限公司
E-8	民間全民電視股份有限公司
E-9	年代網際事業股份有限公司
E-10	侑瑋衛星通信股份有限公司
E-11	和平工業區專用港實業股份有限公司
E-12	東森電視事業股份有限公司
E-13	屏南有線電視股份有限公司
E-14	飛凡傳播股份有限公司
E-15	海龍二號風電股份有限公司
E-16	壹傳媒電視廣播股份有限公司
E-17	漢聲廣播電臺
E-18	澎湖有線電視股份有限公司
E-19	聯利媒體股份有限公司

資料來源：通傳會系統、本研究整理

附件三 期中執行成果簡報

6G頻譜整備及應用規劃委託 研究案 後續擴充

期中審查會議
2025/ 06/ 26



財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

目錄

TTC

- 01 ▶ 期中階段重點執行成果摘要
- 02 ▶ ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測
- 03 ▶ 國際間對6G候選頻段趨勢研析及國內既有使用者盤點
- 04 ▶ Mid band和諧有效使用機制環境建立與實測
- 05 ▶ Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估
- 06 ▶ 後續工作規劃

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

1

期中階段重點執行 成果摘要

計畫目標

背景

- 科技地緣政治競爭持續發酵，驅使國際主要國家與組織急於投入6G技術加速布局，爭取在6G市場取得先機。
- 全球各國將6G行動通信視為重要戰略，投入資源探索其產業和國家總體策略價值。

目標

- 本計畫延續數位發展部113年6G頻譜整備及應用規劃計畫之成果，持續推動6G頻譜與應用的前瞻規劃。
- 在6G頻譜整備方面，**聚焦國際頻譜趨勢、潛在候選頻段的盤點，持續完善中頻段(Mid band)頻譜干擾處理資訊系統及實際場測，建立頻譜共享技術之認證機制與干擾防制機制，以及研擬未來6G多元技術和諧共用可行性建議與驗證**，以增加我國頻譜規劃之彈性。
- 在6G應用規劃方面，**積極參與ITU會議，掌握WRC-27重點議題與各國策略，分析國際生態系6G應用趨勢**，協助我國掌握6G跨域應用方向，並尋求我國參與國際合作之機會。
- **舉辦國際座談會**，邀請至少4位國際專家學者及3位國內專家學者出席會議，匯集產官學研各界，共同交流全球無線頻譜應用的最新趨勢與研究成果，以強化我國與國際專業學研單位之合作與鏈結。

計畫時程(1/3)

TTC

★：舉辦座談會、經驗分享會

6/16交付期中報告

11/3交付期末報告

工作項目	114年 月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 日常業務支援工作之推動												
派駐2名人員												
2. 國際間對6G候選頻段趨勢研析及國內既有使用者盤點												
國際6G趨勢研析(5個國際組織、6個國家)												
國內既有使用者盤點與提出頻譜規劃方案												
出席泰國亞太頻譜管理會議												
出席韓國亞太經濟合作電信暨資訊工作小組(APEC TELWG70)會議												
出席韓國亞太經濟合作電信暨資訊工作小組(APEC TELWG71)會議												
每月發布國內外頻譜新聞及趨勢至少5則												
每季公告國際頻譜趨勢研析報告至少1份												
與產業或學研單位合作發表頻譜效能提升相關主題之論文至少1篇												
辦理6G頻譜及應用相關議題國際座談會議												
辦理6G應用或標準分享會議												

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

4

計畫時程(2/3)

TTC

★：舉辦座談會、經驗分享會

6/16交付期中報告

11/3交付期末報告

工作項目	114年 月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. Mid band和諧有效使用機制環境建立與實測												
評估成立符合美國FCC要求之AFC量測實驗室之可行性												
和諧有效使用機制技術評估驗證												
輔導至少兩家AP設備製造商於導入和諧有效使用機制與實測												
4. Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估												
評估並實測最佳替代鏈路技術(全程至少完成兩次場域實測活動)												
研析行動通信網路使用FR3頻段之干擾評估與干擾查測機制												
研提U6移頻建議方案												
5. ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測												
參與ITU相關組織及會議、彙整ITU關注議題發展趨勢及實證項目測試進度												
彙整國際對WRC-27重要議題重點及應對策略、提出相應政策建議												

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

5

計畫時程(3/3)

★：舉辦座談會、經驗分享會

6/16交付期中報告

11/3交付期末報告

工作項目	114年 月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6. 座談會辦理												
辦理座談會或經驗分享會至少4場次							★	★★	★			
7. 履約期間提供本部服務												
履約期間提供服務												
8. 提供本案計畫未來2年之執行架構及幕僚工作												
本案計畫未來2年之執行架構												
協助修訂頻率分配表與供應計畫，並支持頻譜規劃及相關會議作業												

期中階段成果摘要 (1/2)

ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測

- 完成WRC-23後頻譜發展彙整
 - 國際無線電發展現況簡介
 - WRC-23決議統整
 - WRC-27議題發展概述
 - 6G國際標準發展與實務考量
- 進行WRC-27研究與實測研析
 - 議題1.7 - IMT行動通信新頻譜
 - 議題1.12 - 衛星物聯網
 - 議題1.13 - 衛星直聯終端
 - 議題1.14 - 新興衛星通訊
- 6G頻譜整備政策初析
 - 完成初步研析成果彙整

國際間對6G候選頻段趨勢研析及國內既有使用者盤點

- 完成國際組織6G相關報告成果蒐研與分析
 - APT、3GPP、GSMA、NGMN、Next G聯盟
- 完成主要國家6G相關政策與頻譜議題資料蒐研
 - 歐盟、英國、美國、日本、韓國、中國與香港
- 已初步完成盤點我國6G候選頻段國內既有使用者概況
- 已初步提出我國6G可用頻譜規劃方案
- 出席第11屆亞太頻譜管理會議、第70次亞太經濟合作電信暨資訊工作小組
- 完成1月至6月份月報、第一季報

期中階段成果摘要 (2/2)

TTC

Mid band和諧有效使用機制環境建立與實測

- 完成FCC法規規範研析
 - 完成CFR 47 Part 15法規研析
 - 完成地理位置合理性研析
- 進行符合FCC要求之AFC系統驗證
 - 完成符合FCC 規範RF項目量測
 - 完成地理位置合理性驗證
 - 進行AFC設備量測與驗證建置
- 優化OPEN AFC系統
 - 完成導入高精度臺灣地貌圖資
 - 研析Open AFC資安防護機制
- 輔導AP製造商導入AFC機制與實測
 - 完成AP製造商與AFC系統連線測試 (2家)

Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估

- 完成替代技術實測場域測試規劃
 - 完成臺視5G FWA、中華電信FSO實測場域測試規劃
 - 進行中華電信7GHz微波實測場域測試規劃
- 研析FR3干擾查測機制
 - 完成FR3既有使用者盤點與頻率使用分析
 - 完成ITU、3GPP國際組織干擾標準與FR3頻率之傳輸特性研析
 - 進行干擾情境與檢測設備研析
- 研析U6移頻建議方案
 - 進行既有使用者訪談(已完成6家)
 - 規劃U6既有使用者各鏈路清移頻方向(包含停止使用頻率、使用替代技術、調整至其他頻率、設置保護區...)

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

8

TTC

ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測

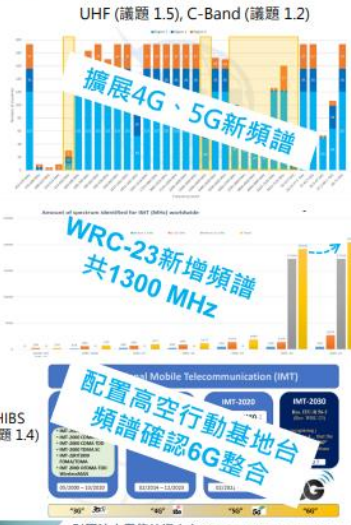
財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

9

第二章
第一節
頁19-34

WRC-23後頻譜發展彙整 - WRC-23決議統整

行動通信無線電概況



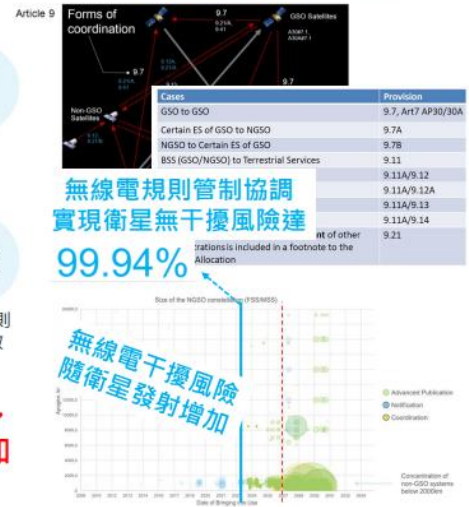
163 Member States
967 Docs.
151 observers
6 024 proposals

ITUWRC DUBAI 2023

WRC-23決議後·新版國際無線電規則經ITU修訂後於2025/01/01實施生效

**6G行動通信穩定發展·
衛星通信風險持續增加**

衛星通信無線電概況

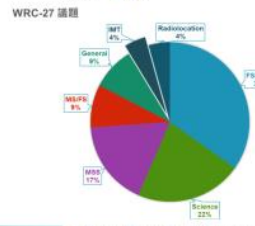


第二章
第一節
頁35-57

WRC-23後頻譜發展彙整 - WRC-27 議題

WRC-27發展議題

固定衛星與廣播衛星議題	行動衛星議題
1.1 Aeronautical/maritime earth stations in motion - 47.2-50.2 GHz / 50.4-51.4 GHz 1.2 Revisions of sharing condition for terrestrial Earth stations (with small antennas) - 13.75-14 GHz 1.3 Gateway Earth stations of NGSO systems (I-1) - 51.4-52.4 GHz 1.4 New FSS / BSS allocations in Region 3 - 17.3-17.738 GHz 1.5 Unauthorized operations of non-geostationary-satellite earth stations 1.6 Equitable access to the bands 37.5-42.5 GHz / 42.5-43.5 GHz / 47.2-50.2 GHz / 50.4-51.4 GHz of FSS systems / networks	1.11 Space-to-space NGSO links 1518-1544 MHz / 1545-1550 MHz; 1610-1645.5 MHz / 1645.5-1660 MHz; 1670-1675 MHz / 2483.5-2500 MHz 1.12 New MSS allocations for L1 development 3427-3432 MHz / 3645.5-3646.5 MHz; 3880-3220 MHz / 2010-2025 MHz 1.13 MSS allocations for direct IMT - space stations connectivity 1.14 MSS - Additional allocations 2010-2025 MHz / 2160-2170 MHz; 2 120-2 160 MHz
衛星法規議題	科學議題
1.7 IMT - 4400-4800 MHz / 7125-8400 MHz / 14.6-15.35 GHz 1.8 Radiolocation-231.5-275 GHz / 275-700 GHz 1.9 Aeronautical mobile (AM) high frequency modernization 1.10 Power flux-density / power limits - 71.76 GHz / 81-86 GHz	1.15 Lunar communications 1.16 Radio Quiet Zones 1.17 Space weather sensors protection 1.18 Protection of EESS and RAS > 76 GHz 1.19 EESS allocation - 4200-4400 MHz / 8400-8500 MHz



**WRC-27議題
約有80%主題
相對於太空無線電
(仍有諸多頻段重疊於行動通信)**

6G國際標準發展與實務考量

產業強調5G關鍵驅動力與經驗以開啟6G優先願景

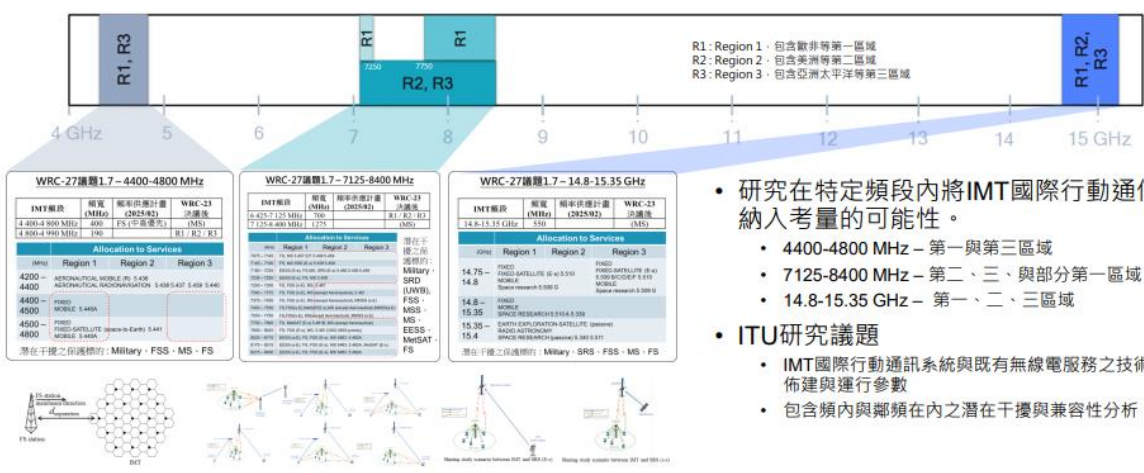


頻譜議題複雜·需綜整考量國際情勢與發展框架



WRC-27研究與實測研析 - IMT行動無線電

WRC 27 議題1.7 - IMT行動通信新頻譜



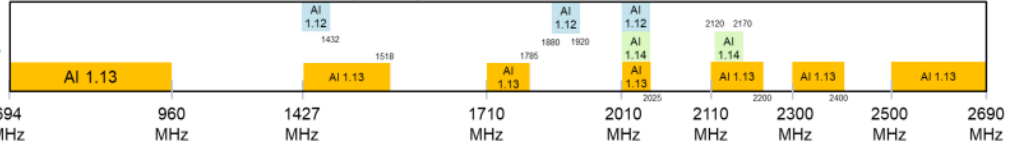
- 研究在特定頻段內將IMT國際行動通信，納入考量的可能性。
 - 4400-4800 MHz - 第一與第三區域
 - 7125-8400 MHz - 第二、三、與部分第一區域
 - 14.8-15.35 GHz - 第一、二、三區域
- ITU研究議題
 - IMT國際行動通訊系統與既有無線電服務之技術、佈建與運行參數
 - 包含頻內與鄰頻在內之潛在干擾與兼容性分析

(各項研析結果將進一步並持續更新至期末報告)

WRC-27研究與實測研析-衛星無線電於IMT頻譜

WRC 27 議題1.12, 1.13, 1.14 - 衛星通訊新頻譜

衛星物聯網
新興衛星通訊
衛星直聯終端



AI 1.12 - 衛星物聯網

- 研究議題：
 - 頻譜需求、技術、和營運特徵與條件

AI 1.13 - 衛星直聯終端

- 研究議題
 - 技術、營運與法規條件以支援區域性或國家之配置使用

AI 1.14 - 新興衛星通訊

- 研究議題
 - 將次要頻率提升為主要頻率配置，並研究與IMT之共存

(MHz)	Region 1	Region 2	Region 3
1427 - 1432	FIXED MOBILE except aeronautical mobile (S)	FIXED MOBILE except aeronautical mobile (S)	FIXED MOBILE except aeronautical mobile (S)
1645.5 - 1648.5	MOBILE-SATELLITE (earth-to-space)	MOBILE-SATELLITE (earth-to-space)	MOBILE-SATELLITE (earth-to-space)
1880 - 1920	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A
2010 - 2025	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A

(MHz)	Region 1	Region 2	Region 3
694B - 980	SS, FS, MS, RNS, RLS, 5.295, 5.296A, 5.307A, 5.308A, 5.313A, 5.317A, HBS	SS, FS, MS, RNS, RLS, 5.295, 5.296A, 5.307A, 5.308A, 5.313A, 5.317A, HBS	SS, FS, MS, RNS, RLS, 5.295, 5.296A, 5.307A, 5.308A, 5.313A, 5.317A, HBS
1427 - 1518	SOS, FS, MS, BS, BS, 5.341A, 5.341B, 5.346, 5.346A	SOS, FS, MS, BS, BS, 5.341A, 5.341B, 5.346, 5.346A	SOS, FS, MS, BS, BS, 5.341A, 5.341B, 5.346, 5.346A
1710 - 1785	FS, MS, 5.384A, 5.388, HBS	FS, MS, 5.384A, 5.388, HBS	FS, MS, 5.384A, 5.388, HBS
2010 - 2025	FS, MS, MSS, 5.384A, 5.388, HBS	FS, MS, MSS, 5.384A, 5.388, HBS	FS, MS, MSS, 5.384A, 5.388, HBS
2110 - 2230	FS, MS, SRS, MSS, 5.388, HBS	FS, MS, SRS, MSS, 5.388, HBS	FS, MS, SRS, MSS, 5.388, HBS
2300 - 2400	FS, MS, AS, RLS, MRS, RCS, 5.384A	FS, MS, AS, RLS, MRS, RCS, 5.384A	FS, MS, AS, RLS, MRS, RCS, 5.384A
2500 - 2690	FS, MS, FS, FSS, BSS, BSS, EESS, RAS, 5.384A, HBS	FS, MS, FS, FSS, BSS, BSS, EESS, RAS, 5.384A, HBS	FS, MS, FS, FSS, BSS, BSS, EESS, RAS, 5.384A, HBS

(MHz)	Region 1	Region 2	Region 3
2010 - 2025	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A	FIXED MOBILE 5.388A, 5.388A
2120 - 2160	FIXED MOBILE 5.388A, HBS	FIXED MOBILE 5.388A, HBS	FIXED MOBILE 5.388A, HBS
2160 - 2170	FIXED MOBILE 5.388A, HBS	FIXED MOBILE 5.388A, HBS	FIXED MOBILE 5.388A, HBS

(各項研析結果將進一步並持續更新至期末報告)

期中成果與後續工作規劃

第二章
第三節
頁83-87

WRC-23後頻譜發展觀察

WRC-27頻譜關注重點與面臨挑戰

6G候選頻譜初步研析與觀察

6G頻譜整備
政策初析

尋求配置新頻譜以
支援既存行動通信
與其未來持續演化
之新興應用

6G 演化
新興頻譜
(New)



6G新應用
頻譜改革
(Reform)

改革現行應用頻段以
支援並擴展融合衛星
通訊及其相關新應用

第七章
第一節

6G頻譜整備候選

持續深入研析ITU-R相關
於IMT地面與非地面網路
以識別具備潛力且適合我
國環境發展之6G頻譜整
備候選

國際間6G候選頻段趨勢研
析及國內既有使用者盤點

主要國際組織6G發展與推動彙整

- 各國際組織積極推動6G發展，聚焦頻段涵蓋中高頻與毫米波，技術重點包含原生AI架構、多層網路、低軌衛星整合及簡化架構設計，因應未來通信挑戰。

國際組織	關注頻段	推動策略方向	技術發展重點
APT	<1 GHz、3.5 GHz、6 GHz、mmWave	建議建構多層網路架構以涵蓋偏鄉與災難應變場景，強調地面與非地面系統整合	聚焦於跨平臺互連與氣候干擾等技術挑戰，涵蓋低軌衛星與高空通信平臺應用整合
3GPP	7-24 GHz、5150-7125 MHz(免執照)、4.4-15.35 GHz	自Release 20起導入AI與感測融合設計，推動智慧型6G系統核心標準研究	聚焦原生AI、原生雲架構、JCAS、核心網與接取網融合
GSMA	6 GHz(中頻段為重點)、部分毫米波	推動技術中立與頻譜重耕政策，支援傳統網路退場與新技術導入	2G/3G 退場 與 D2D(Device-to-Device)低軌衛星技術納入6G接取選項
NGMN	<7 GHz、6-15 GHz、Sub-THz	主張以簡化、模組化與永續原則設計6G網路架構	提出13項設計原則，包括量子安全、原生AI、數位雙生與模組化網路系統等
Next G Alliance	中頻、高頻、感測融合頻段	以北美實際應用場景為主，推動技術與市場需求對接	著重FWA接取、中高頻段運用、工業自動化、低延遲通信與邊緣網路布建

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

主要國家/地區IMT頻譜使用現況與6G潛在頻譜規劃

- 目前主要國家/地區普遍認同6G將整合低頻、中頻與高頻段進行布建。

歐盟：候選頻段為低頻段(700、800、900 MHz)、中頻段(3.6 GHz、3.8-4.2 GHz)、高頻段(26、42 GHz)及部分U6頻段(7125-7250 MHz)

美國：10-10.5 GHz、12.7-13.25 GHz、110-170 GHz等較高頻段，以及3.1-3.45 GHz、7.125-8.4 GHz等中頻段，並開放整段6 GHz供Wi-Fi使用

英國：規劃於3年內完成釋出1.4 GHz頻段(1492-1517 MHz)與毫米波頻段(26 GHz、40 GHz)，積極推動U6頻段行動通信與Wi-Fi共享機制

韓國：積極研究7-24 GHz(4.4-4.8、7.125-8.4、14.8-15.35 GHz)與WRC候選頻段，強化標準制定與國際協調

香港：已於2024年底完成拍賣850/900、2300 MHz(即將屆期，重新拍賣) 以及部分U6頻段(6570-6770與6925-7025 MHz)

	1 GHz以下	~3.5 GHz	6 GHz (5945-7125 MHz)	7-15 GHz	毫米波或以上
EU	700 - 800 - 900 MHz	1.8 - 2 - 2.6 - 3.6 GHz 3.8-4.2	5945-6425	10-10.5	26 GHz 42 GHz
UK	700 - 800 - 900 MHz	1.4 GHz 3.41-3.8 - 3.8-4.2 GHz	5925-6425 6425-7125	10-10.5	26 GHz 40 GHz
US	600 - 700 - 800 MHz	3.4-3.6 - 3.6-4.1 GHz	5925-7125	7-15 (7.125-8.4 - 10-10.5 - 12.7-13.25)	24 GHz 28 GHz 37 - 39 - 47 GHz
JP	700 - 800 - 900 MHz	3.4-3.6 GHz	5925-6425 6425-7125	10.4-10.5	28 GHz
KR	800 - 900 MHz	3.4-3.7 GHz 4.4-4.8 GHz	5925-7125	7-24 (7.125-8.4 - 14.8-15.35)	28 GHz
CN	700 - 800 - 900 MHz	3.3-3.6 GHz	5925-6425 6425-7125	10.4-10.5	26 GHz 40 GHz
HK	850/900 MHz	2.3 GHz 2.5/2.6 GHz	5925-6425 6425-7125	6570-6770 6925-7025	40 GHz

免執照使用(Wi-Fi)
 規劃予IMT使用
 反對作為IMT
 已釋出供IMT使用

考慮IMT與免執照共享
 作為IMT候選頻段
 實驗頻段

國際間U6頻段使用現況與規劃

- 目前國際間U6頻段大致分為三種模式：整個U6頻段開放Wi-Fi使用、拍賣供行動使用，以及評估行動與Wi-Fi共享。

國家	U6分配用途/既有使用者		規劃用途	規劃/採取措施
美國	分配用途: • 固定 • 衛星固定	既有使用者: • 固定微波 • 衛星固定 • 廣播輔助服務 • 有線電視中繼	2020年已開放整個U6頻段Wi-Fi使用	<ul style="list-style-type: none"> • 標準功率裝置：AFC機制 • 室內低功率(LPI)：競爭式協定 • 超低功率(VLP)：競爭式協定、發射功率控制機制
韓國	• 固定微波中繼(廣播用途) • 行動廣播中繼		2020年已開放Wi-Fi使用，但仍與微波、中繼等用途共用頻段	調整Wi-Fi技術限制(例如：增加發射功率)
香港	分配用途: • 固定 • 衛星固定	6570-6770、6925-7125 MHz 頻段既有使用者: • 固定 • 外部廣播鏈路	2024年11月已完成拍賣6570-6770 MHz及6925-7125 MHz供行動使用	<ul style="list-style-type: none"> • 既有使用者移頻至6440-6560 MHz、6780-6900 MHz及7166-7194 MHz，並於2024年底前完成遷移 • 遵守「共同主要用途」(co-primary service)原則，新的無線電臺不得對既有無線電臺造成有害干擾，並採用「先到先得」(first-come-first-served)原則，確保既有電臺享有優先保護
英國	分配用途: • 衛星 • 固定 • 無線電天文(RAS) • 節目製作與特殊事件轉播(PMSE)	既有使用者: • 衛星地球探測 • 衛星固定 • 固定鏈路 • 無線電天文 • PMSE	<ul style="list-style-type: none"> • 考量Wi-Fi與行動共享 • 規劃開放給行動用途室內低功率 Wi-Fi使用 	<ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi 與 RAS：禁止 Wi-Fi 使用 6645-6685 MHz，以保護 RAS(6650-6675.2 MHz)既有使用者 • 行動與RAS：針對同頻、鄰頻使用，增加協調要求 • 行動與衛星固定：遵循WRC-23決議，將EIRP mask納入行動通信執照技術條件 • 行動與固定鏈路：針對高密度地區及其周圍地區之固定鏈路進行清頻作業 • 行動與PMSE：考慮未來禁止或限制PMSE使用7110-7125 MHz

6G候選頻段盤點

- 目前閒置頻段600 MHz具備單一實驗網路使用者，2300 MHz閒置頻段僅有一行動衛星實驗網路鄰頻使用者，為6G候選頻段於FR1可考慮新增之頻段，而800 MHz具有智慧電表基礎設施 (Advanced Metering Infrastructure, AMI)系統，較為複雜。
- 行動通訊既有頻段須考慮屆期與系統世代交替。
- U3、U4、U6頻段使用者較多，清移頻須考慮成本與既有使用者權益。

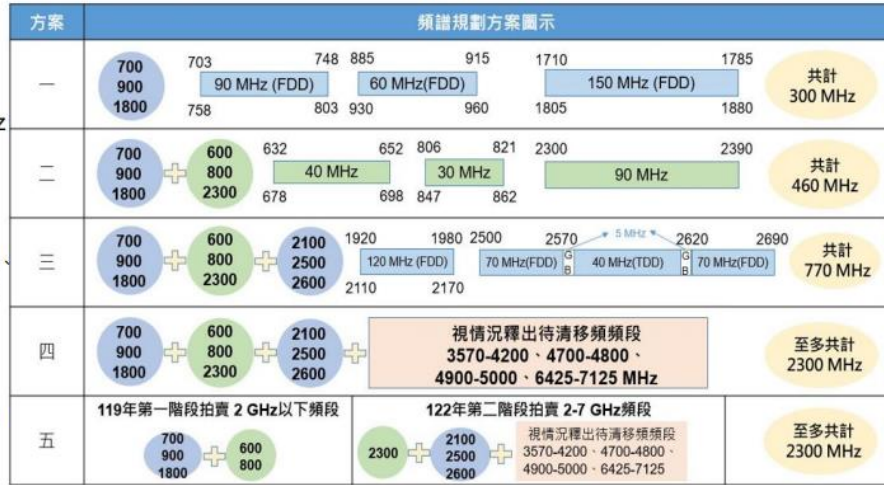
項次	3GPP定義頻率區間	頻段名稱	頻率範圍	備註
1	FR1	400 MHz	405-472.5 MHz	專用電信無線電
2	FR1	600 MHz	627-703 MHz	TVWS頻段
3	FR1	700 MHz	698-808 MHz	行動通信頻段
4	FR1	800 MHz	811-885 MHz	智慧電表使用頻段
5	FR1	900 MHz	880-965 MHz	ORT系統使用頻段
6	FR1	1800 MHz	1700-1890 MHz	行動通信頻段
7	FR1	2100 MHz	1910-2180 MHz	行動通信頻段
8	FR1	2300 MHz	2345-2400 MHz	行動通信頻段
9	FR1	2600 MHz	2490-2700 MHz	行動通信頻段
10	FR1	3500 MHz	3290-3580 MHz	行動通信頻段
11	FR1	U3	3570-4210 MHz	行動通信頻段
12	FR1	U4	4300-5100 MHz	微波系統
13	n104	U6	6325-7225 MHz	詳見第五章第三節
14	FR3	FR3	7125 MHz-24250 MHz	詳見第五章第二節
15	FR2	24 GHz	24250-27500 MHz	MEO下鏈
16	FR2	28 GHz	27500-29500 MHz	NGSO上鏈
17	FR2	40 GHz	37000-43500 MHz	無既有使用者
18	FR2	46GHz	45500-47000 MHz	無既有使用者
19	FR2	48 GHz	47200-48200 MHz	無既有使用者
20	FR2	68 GHz	66000-71000 MHz	無既有使用者
21	NTN FR1	L Band (下鏈)	1518-1559 MHz	無既有使用者，3GPP NTN規劃頻段
22	NTN FR1	L Band (上鏈)	1610-1660.5 MHz 1668-1675 MHz	無既有使用者
23	NTN FR1	S Band (下鏈)	2170-2200 MHz	3GPP NTN規劃頻段
24	NTN FR1	S Band (上鏈)	1980-2020 MHz	無既有使用者
25	NTN FR1	LS Band n254 (上鏈)	2483.5-2500 MHz	無既有使用者

資料來源：通傳系統 (2025/3/15)及本研究整理

我國6G可用頻譜規劃方案初探

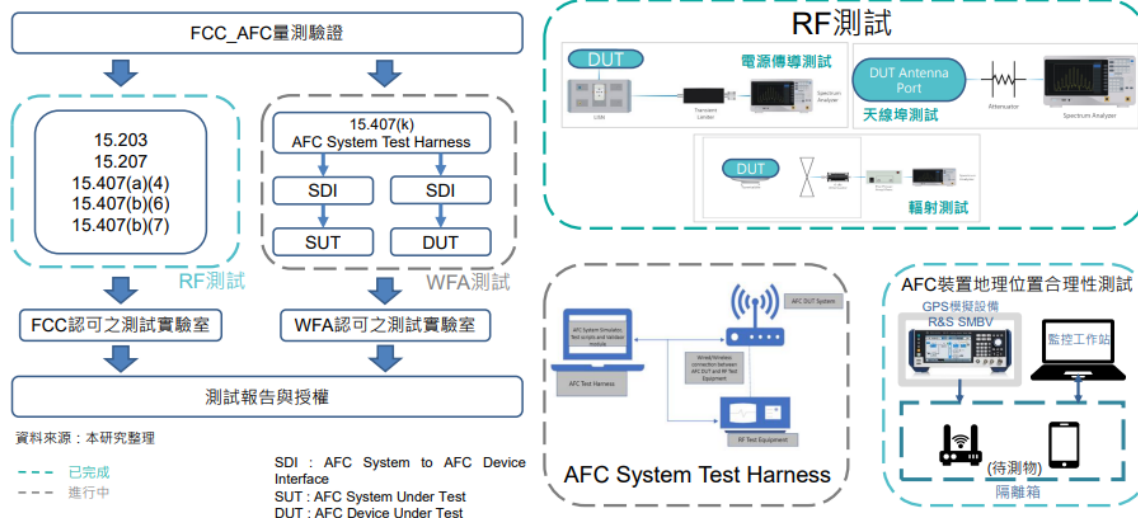
- 參考各主要國家、WRC-23 決議與 WRC-27 探討之最新潛在 IMT 使用頻段，同時考量我國「中華民國無線電頻率分配表」與「無線電頻率供應計畫」，盤點並研提我國 6G 可用頻譜規劃方案。

- 119年屆期頻段：
700、900、1800 MHz
- 122年屆期頻段：
2100、2500、2600 MHz
- 閒置頻段：
600、800、2300 MHz
- 待清移頻後釋出頻段：
3570-4200、4700-4800、
4900-5000、6425-7125 MHz
- 6G觀察頻段（視WRC-27決議而定）：
4400-4800、7125-8400 MHz、14.8-15.35 GHz



Mid band和諧有效使用 機制環境建立與實測

符合FCC要求之AFC系統驗證 (1/2)



符合FCC要求之AFC系統驗證 (2/2)

- 參考FCC法規15.407(k)(9)(i)、15.407(k)(9)(iii)、15.407(k)(9)(iv) · 完成AFC裝置地理位置合理性測試

項目	說明
設備識別資訊	ASUS BE19000 Tri-band WiFi Router
定位技術方法	使用手機GPS定位方案
定位精度測試資料	採用95%信心水準誤差區間 樣本數：14524筆 水平誤差：1.32~1.37公尺 垂直誤差：0.0319~0.0307公尺
不確定度模型	採用高斯分布，無動態更新
電源重啟後行為	存取點裝置電源重啟後需重新定位，精度不會下降
API描述	使用手機APP定位，裝置於每次開機時，需透過手機進行地理位置定位
資料保護與安全性說明	WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2)使用AES 加密演算法



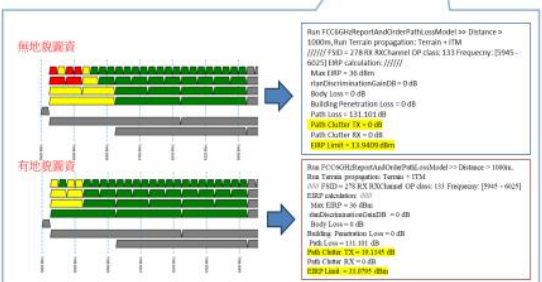
優化OPEN AFC系統 (1/2)

【導入高精度臺灣地貌圖資】

- 完成臺灣地貌圖檔轉換和匯入，取代原先精度較差的國際人口密度圖資。
- 提升AFC系統計算雜散損耗準確度，增加頻譜使用效率。

康訊臺灣圖資		臺灣分類說明	美國代碼	美國分類說明
解析度	20公尺	0	0	未分類
座標系統	WGS84	1	21	開發區-開放空間
涵蓋範圍	臺灣、澎湖、金門、馬祖。	2	24	開發區-高密度
		3	24	開發區-高密度
		4	24	開發區-高密度
		5	24	開發區-高密度
		6	24	開發區-高密度
		7	23	開發區-中密度
		8	24	開發區-高密度
		9	23	開發區-中密度
		10	22	開發區-低密度
		11	22	開發區-低密度
		12	11	開放水域
		13	22	開發區-低密度
		14	21	開發區-開放空間
		15	52	米以下
		16	42	常綠林(高度5米以上)

在有地貌圖資的條件下，因為系統會把雜散損耗納入計算，所以AP可以獲得較多的可用頻段和最大發射功率。



優化OPEN AFC系統 (2/2)

【研析Open AFC資安防護機制】

- 了解不同資安危脅OPEN AFC系統防護做法，可作為未來發展智慧頻譜共享服務系統之重要參考。

- 身份與存取管理安全
 - 支援OIDC認證
 - bcrypt密碼雜湊處理
 - RBAC權限管理
- 網路通信與應用程式介面安全
 - 只允許使用TLS 1.2以上版本
 - 安全標頭設定(Security Headers)
 - 連線超時控制
 - 內容安全策略(Content Security Policy)
- 資料保護與儲存安全
 - ORM框架
 - 唯一拘束(Unique Constraint)
 - PKCE(Proof Key for Code)機制
 - Exchange Open SSL 錯誤佇列清理

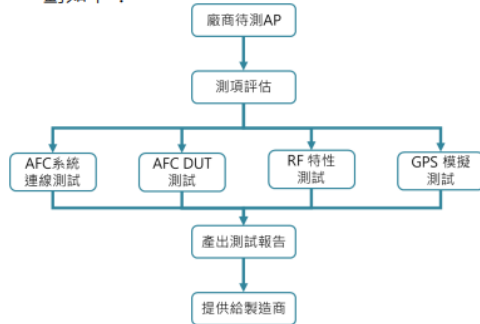
- 彩虹表 (Rainbow Table) 攻擊
- 暴力破解攻擊 (Brute-force attack)
- 提權攻擊 (Privilege Escalation Attack)
- 降級(Protocol downgrade)攻擊
- Beast(Browser Exploit Against SSL/TLS)攻擊
- MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)攻擊
- 跨站腳本攻擊(Cross-Site Scripting, XSS)
- 分散式阻斷服務 (Distributed Denial of Service, DDOS)
- SQL 注入攻擊 (SQL Injection)
- 跨站請求偽造 (Cross-Site Request Forgery, CSRF)
- 心臟出血(Heartbleed)攻擊

輔導AP製造商導入和諧有效使用機制與實測

【AP製造商導入成果】

- 已跟華碩和Ruckus公司的AP研發團隊進行合作，目前完成AP和TTC AFC系統的連線測試。

- 了解AP廠商在AFC功能開發情況，依據實際狀況評估執行項目，最後產出測報，流程規劃如下：



【華碩】

- 旗下Wi-Fi 7產品已取得FCC標準功率存取點認證。以Broadcom開發的手機定位APP進行AP位置設定，採用AP直接連接Wi-Fi聯盟的AFC系統的方式。



【Ruckus】

- 旗下Wi-Fi 7產品已取得FCC標準功率存取點認證。RUCKUS有兩個雲端伺服器，分別為AFC代理伺服器 and 地理定位服務伺服器，AP先獲得位置資訊後再由代理伺服器轉發至CommScope公司的AFC系統。



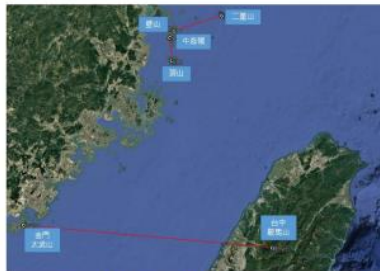
Mid band既有使用者移頻 替代技術實測與分析評估

替代技術實證場域驗證規劃

替代技術	實證場域鏈路	傳輸資料類型
5G FWA	<ul style="list-style-type: none"> 臺北主控室到竹子山發射站 --> 臺視臺北主控室到竹子山發射站 臺北主控室到臺南枕頭山發射站 --> 臺視臺北主控室到臺南枕頭山發射站 	電視節目資料流
7 GHz微波	<ul style="list-style-type: none"> 金門太武山-臺中鞍馬山 東引二重山-北竿壁山 南竿牛苧嶺-東莒頂山 	電信網路數據
FSO	澎湖將軍到澎湖望安	電信網路數據



5G FWA實證場域位置圖



7 GHz微波場域位置圖

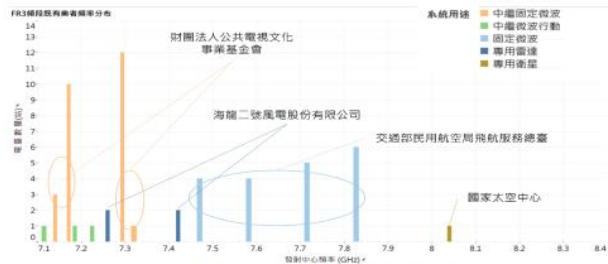


FSO實證場域位置圖

FR3干擾查測機制

1. 既有使用者調查與頻譜分布

- 55家既有使用者，設置1,561個站臺
- 主要用途：中繼與固定微波、專用雷達、實驗衛星等
- 行動通訊頻譜候選頻段：7.125–8.4 GHz多屬微波系統；12.7–13.25 GHz及14.8–15.35 GHz較少使用者。



2. 評估適用FR3頻段電波傳播模型

- 研析ITU與3GPP電波傳播模型
- 分析各系統干擾評估所需參數與流程

3. 查測機制建立規劃

- 研究波束成型干擾評估、調查具有掃頻與測向能力的設備，以及推動分布式監測系統以進行多場域干擾定位。

7.125-8.4 GHz頻譜使用狀況

標準文獻	適合系統	研析內容
3GPP TR 38.901	行動通訊傳播	<ul style="list-style-type: none"> 統一通道模型涵蓋 0.5–100 GHz，考量路徑損耗、穿透損耗和 LoS 機率 大尺度參數與快速衰落模型研析，如簇狀延遲線 (CDL) 與抽頭延遲線 (TDL) 模擬基地臺與移動用戶間多路徑及動態干擾變化，提供數值依據以支援系統性能與干擾預測 ITU-R P.452：描述自由空間傳播、繞射、散射及異常傳播效應
ITU-R 系列文獻	各系統干擾評估	<ul style="list-style-type: none"> ITU-R P.530/P.837：提供降雨及大氣(氣體)衰減模型 ITU-R P.618：說明地對空鏈路中閃爍衰落與極化影響 ITU-R M.1461：針對雷達干擾評估提出指導 ITU-R F.1336：提供天線場型參考

研提U6移頻建議方案

● U6頻段整備工作規劃

既有使用者訪談(包含鏈路使用情形、頻率需求、替代方案可行性、設備頻率調整性..)

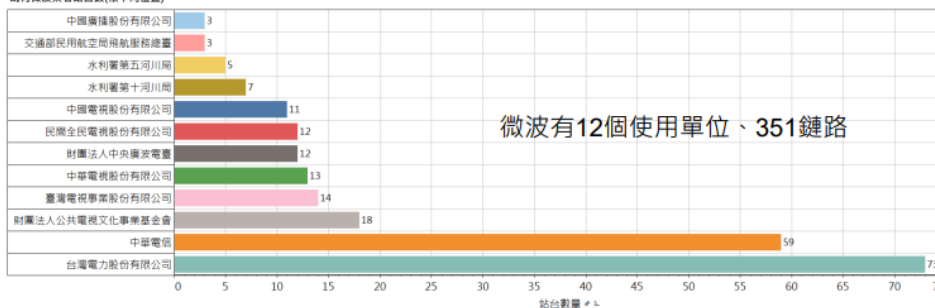
評估既有使用者整備方案(使用替代技術類型、沿用既有頻率、移頻、時程與成本估列..)·替代技術實測驗證

提供U6頻段整備方案建議(使用替代技術、保留部分頻段供既有使用者、既有使用者保護範圍/移頻補助成本)

● 建議方案：

1. 使用替代技術
2. 保留U6部分頻段
3. 劃定保護範圍
4. 移頻至其他頻段

既有微波業者站台數(依不同位置)



微波有12個使用單位、351鏈路

U6既有業者微波鏈路現況

- 已完成【6家】既有使用者訪談。

單位	業者目前現況	用途
臺灣電力股份有限公司	主要鏈路為光纖網路，大部分U6微波已封存，並使用5.8GHz微波作為替代技術，部分地區光纖無法到達沿用U6頻段微波	電力調度資料和語音傳送
民間全民電視股份有限公司	西部主要鏈路為U6頻段微波(衛星備援)，東部主要鏈路為光纖網路	傳輸電視節目資料流
財團法人公共電視文化事業基金會	主要鏈路為U6頻段微波(衛星備援)	傳輸電視節目資料流
臺灣電視事業股份有限公司	主要鏈路為U6頻段微波(衛星備援)	傳輸電視節目資料流
財團法人中央廣播電臺	主要鏈路為光纖網路(U6頻段微波備援)，評估以低軌衛星作為備援	傳輸廣播語音資料
水利署第十河川局	主要鏈路為固網(U6頻微波備援)，非關鍵基礎設施	傳輸水文雨量資料，用於防洪
中國廣播股份有限公司	已停用U6頻段微波，未來無U6頻段使用需求	

後續工作規劃

後續工作規劃-各分項執行(1/2)

ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測

- 持續追蹤彙整ITU-R相關於WRC-27之頻譜研究與實務進度
 - 議題1.7 - IMT行動通信新頻譜
 - 議題1.12 –衛星物聯網
 - 議題1.13 –衛星直聯終端
 - 議題1.14 –新興衛星通訊
- 研析ITU會員實務與活動參與
 - 評估ITU相關組織參與策略與合作機會
- 研析6G頻譜整備與候選頻譜
 - 彙整WRC重要議題及ITU研究成果，提出應對策略與政策建議

國際間對6G候選頻段趨勢研析及國內既有使用者盤點

- 持續關注各國U6頻段規劃之作法，以及其他6G潛在頻段之發展
 - 如：英國對於U6頻段之公開諮詢意見蒐集結果
- 持續針對6G候選頻段，盤點國內既有使用者之概況
- 辦理座談會議，與我國產、官、學界之專家探討我國6G可用頻譜規劃方案
- 出席第71次亞太經濟合作電信暨資訊工作小組

後續工作規劃-各分項執行(2/2)

Mid band和諧有效使用機制環境建立與實測

- 符合FCC規範AFC量測驗證
 - 完成AFC DUT設備量測與驗證，並於期末產出報告
- 優化OPEN AFC
 - 完成優化OPEN AFC系統環境
 - AFC系統運行IMT 7 GHz頻段的可行性評估
 - 完成適合臺灣的圖資型態評估建議
- 輔導AP製造商導入AFC機制與實測
 - 完成AFC DUT、RF特性和GPS測試

Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估

- 完成替代技術實測場域測試
 - 完成5G FWA實測數據分析
 - 完成FSO實測數據分析
 - 完成6 GHz和7 GHz微波實測數據分析
- 完成FR3干擾查測機制
 - 完成行動通信、微波系統與雷達系統相關頻譜干擾議題探討
 - 完成干擾查測設備型別及建立干擾評估與查測機制
- 完成U6頻譜整備方案建議
 - 包含使用替代技術、保留部分頻段供既有使用者、既有使用者保護範圍、移頻補助成本等方案建議

國際座談會規劃

主題：2nd Spectrum of tomorrow-International Seminar on Next-Generation Communication Spectrum Policy and Planning (次世代通信頻譜展望國際座談會)

2025/9/17	議程內容	擬邀請出席專家	邀約情況
09:40-10:20	專題演講一：國際間因應6G發展所需之頻譜資源整備或管理制度	Dr. Kyu-Jin WEE, Chair of ITU-R Study Group 5	同意出席
10:20-11:00	專題演講二：先進國家6G頻譜資源整備或管理制度發展	美國FCC代表	Moda邀約中
11:20-12:10	焦點座談一：6G對全球通信市場、人類生活帶來之影響層面探討	主持人：鄧惟中副院長	同意出席
		與談人1：Dr. Kyu-Jin WEE	同意出席
		與談人2：美國FCC代表	Moda邀約中
		與談人3：魏宏宇教授	同意出席
與談人4：蘇炫榮教授	邀約中		
13:30-14:10	專題演講三：6G技術演進與趨勢	Magnus Ewerbring, CTO, Asia-Pacific, Ericsson	同意出席
14:10-14:50	專題演講四：6G技術所需之頻譜資源整備	John W. Kuzin, Senior Vice President, Spectrum Policy & Regulatory Counsel, Qualcomm Incorporated	同意出席
15:10-15:50	專題演講五：6G NTN應用情境與頻譜資源整備	Nobuyuki Kawai, Chair of APT WRC-27	同意出席
15:50-17:00	焦點座談二：6G頻譜所需之和諧共用措施	國立臺灣大學廖婉君副校長	邀約中
		與談人1：Ericsson	同意出席
		與談人2：Qualcomm	同意出席
		與談人3：Nobuyuki Kawai	同意出席
		與談人4：陳文字教授	同意出席
與談人5：張時中教授	同意出席		

舉辦國內四場次座談會議規劃

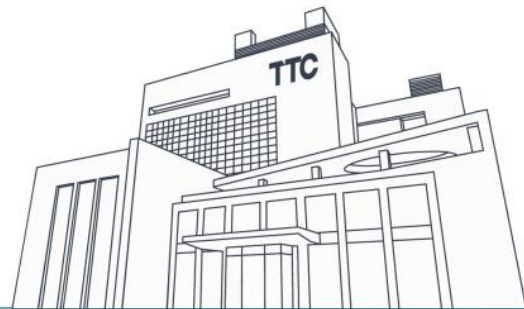
TTC

	主題	執行單位	時程規劃
1	6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討	工研院+TTC(研企組)	114年7月15日
2	國內發展6 GHz頻段AFC機制干擾測試探討	TTC(檢技組)	114年9月下旬
3	我國6G可用頻譜規劃方案	TTC(研企組)	114年10月上旬
4	微波替代鏈路研究成果	TTC(檢技組)	114年10月下旬

TTC

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

前瞻、專業、活力



附件一、雙周進度規劃(1/3)

TTC

查核點	國際間6G候選頻段研析及國內既有使用者盤點	Mid band 和諧有效使用機制環境建立與實測	Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估	ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測
1 (2025/02/14)	• 【NEXT G】之6G頻譜規劃與新技術推動政策	• FCC法規規範研析 • OPEN AFC優化-臺灣地貌圖資轉換	• 聯繫站臺架設與接取意願	• WRC-23後頻譜重點發展議題確認 (行動無線電部分)
2 (2025/02/27)	• 【GSMA】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 2/21完成1、2月國內外頻譜新聞5則 • 啟動籌備國際會議	• WiFi Alliance & WinnForum測試規範研析 • OPEN AFC優化-臺灣地貌圖資匯入	• FSO長距離測試評估	• WRC-23後頻譜重點發展議題確認 (衛星無線電部分)
3 (2025/03/14)	• 【韓國】之6G頻譜規劃與新技術推動政策	• 符合美國FCC要求之AFC量測驗證 • OPEN AFC優化-臺灣地貌圖資測試	• 盤點國內FR3頻段內業者	• ITU-R 6G標準與頻譜發展進度
4 (2025/03/28)	• 【英國】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 4/7完成3月國內外頻譜新聞5則	• AFC裝置GPS測試流程規劃 • OPEN AFC優化- 監控管理功能研析	• 完成鏈路站臺會勘	• 6G國際標準組織頻譜發展與實務重點
5 (2025/04/11)	• 【中國】之6G頻譜規劃與新技術推動政策	• GPS模擬環境設備測試隔離箱規劃與建置 • AP設備製造廠商導入規劃	• 評估場域驗證所需設備儀器	• WRC-27行動無線電研究與實務進度 (議題1.7, New IMT)
6 (2025/04/25)	• 【香港】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 4/15完成Q1季報 • 4/28完成4月國內外頻譜新聞5則	• GPS模擬環境設備測試隔離箱功能測試 • OPEN AFC資安防護研析(系統架構) • OPEN AFC優化- 版本更新	• 研析國際ITU、3GPP相關干擾技術報告	• WRC-27衛星無線電研究與實務進度(議題1.12, LDR-MSS)
7 (2025/05/09)	• 【美國】、【NGMN】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 【APT】、【歐盟】之6G頻譜規劃與新技術推動政策	• 符合美國FCC要求之AFC量測報告 • OPEN AFC資安防護研析(API安全控制機制) • OPEN AFC運行7G Hz頻段的可行性評估規劃	• FSO、FWA實測場域所需設備準備 • U6既有使用者現況盤點	• WRC-27衛星無線電研究與實務進度(議題1.13, D2D-MSS)
8 (2025/05/23)	• 【日本】、【3GPP】、之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 5/23完成5月國內外頻譜新聞5則	• AFC裝置GPS測試 • OPEN AFC資安防護研析(資料庫安全架構) • Wi-Fi AP AFC DUT建置規劃	• U6既有使用者調查相關文件製作 • U6既有使用者實際訪查安排	• WRC-27衛星無線電研究與實務進度 (議題1.14, New MSS)

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

38

附件一、雙周進度規劃(2/3)

TTC

查核點	國際間6G候選頻段研析及國內既有使用者盤點	Mid band 和諧有效使用機制環境建立與實測	Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估	ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測
9 (2025/06/06)	• 撰寫期中報告	• 撰寫期中報告	• 撰寫期中報告 • 開始布署FSO、FWA場域	• 撰寫期中報告
10 (2025/06/20)	• 6/16交付期中報告 • 6/20完成6月國內外頻譜新聞5則	• 6/16交付期中報告	• 6/16交付期中報告	• 6/16交付期中報告
11 (2025/07/04)	• 期中審查意見修訂 • 更新【NEXT G】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 籌備國際會議	• 期中審查意見修訂 • AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬實驗規劃 • 建置WIFI AP測試環境(AFC DUT檢測環境)	• FR3干擾情境評估分析 • U6既有使用者拜訪及現況調查	• 期中審查意見修訂 • 「6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討」議題研擬準備
12 (2025/07/18)	• 更新【韓國】、【英國】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 籌備國際會議 • 7/15完成Q2季報 • 7/25完成7月國內外頻譜新聞5則	• AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬實驗規劃 • 第一家AP設備廠商導入測試 • Wi-Fi AP AFC DUT軟體調整	• 完成布署FSO、FWA微波場域	• 完成「6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討」座談會召開與意見整理
13 (2025/08/01)	• 更新【中國】、【GSMA】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 7/29-8/6出席APEC TEL 71會議 • 籌備國際會議	• AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬資料蒐集 • 第一家AP設備廠商導入測試 • OPEN AFC運行7G Hz頻段的可行性評估(傳播模型盤點)	• 鏈路傳輸系統調整 • 場域資料收集與分析	• ITU會員實務與參與研析
14 (2025/08/15)	• 更新【美國】、【APT】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 • 籌備國際會議 • 8/22完成8月國內外頻譜新聞5則	• AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬資料蒐集 • 第一家AP設備廠商導入測試報告撰寫	• 蒐集干擾查測設備與方法 • U6既有使用者拜訪及現況調查	• 參與ITU相關組織與合作機會評估

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

39

附件一、雙周進度規劃(3/3)

TTC

查核點	國際間6G候選頻段研析及國內既有使用者盤點	Mid band 和諧有效使用機制環境建立與實測	Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估	ITU實質參與及頻譜跨域應用議題觀測
15 (2025/08/29)	<ul style="list-style-type: none"> 更新【歐盟】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 辦理國際會議 提出我國6G可用頻譜規劃方案 	<ul style="list-style-type: none"> AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬資料處理、分析與歸納 第二家AP設備廠商導入測試 OPEN AFC運行7G Hz頻段的可行性評估(傳播模型研析) 	<ul style="list-style-type: none"> 場域資料收集與分析初步報告 	<ul style="list-style-type: none"> WRC-27準備與研究文件整理研析(行動無線電部分)
16 (2025/09/12)	<ul style="list-style-type: none"> 更新【日本】、【NGMN】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 提出我國6G可用頻譜規劃方案 	<ul style="list-style-type: none"> AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬資料處理、分析與歸納 第二家AP設備廠商導入測試 	<ul style="list-style-type: none"> 7/6GHz專用微波評估報告 	<ul style="list-style-type: none"> WRC-27準備與研究文件整理研析(衛星無線電部分)
17 (2025/09/26)	<ul style="list-style-type: none"> 9/24完成9月國內外頻譜新聞5則 更新【3GPP】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 9月底前辦理一場次座談會 	<ul style="list-style-type: none"> AFC系統人口圖資與地貌圖資差異性比較模擬資料處理、分析與歸納 第二家AP設備廠商導入測試報告撰寫 	<ul style="list-style-type: none"> 完成干擾查測機制建立 	<ul style="list-style-type: none"> WRC-27應對策略與政策建議準備
18 (2025/10/09)	<ul style="list-style-type: none"> 更新【香港】之6G頻譜規劃與新技術推動政策 	<ul style="list-style-type: none"> 9月底前辦理一場次座談會 OPEN AFC運行7G Hz頻段的可行性評估(盤點軟體修改範圍) 	<ul style="list-style-type: none"> 總結場域資料分析報告 	<ul style="list-style-type: none"> WRC-27應對策略與政策建議準備
19 (2025/10/24)	<ul style="list-style-type: none"> 10/15完成Q3季報 10/24完成10月國內外頻譜新聞5則 撰寫期末報告 	<ul style="list-style-type: none"> 撰寫期末報告 	<ul style="list-style-type: none"> 撰寫期末報告 10月底前辦理一場次座談會 	<ul style="list-style-type: none"> 撰寫期末報告
20 (2025/11/07)	<ul style="list-style-type: none"> 11/3交付期末報告 期末審查意見修訂 	<ul style="list-style-type: none"> 11/3交付期末報告 期末審查意見修訂 	<ul style="list-style-type: none"> 11/3交付期末報告 期末審查意見修訂 	<ul style="list-style-type: none"> 11/3交付期末報告 期末審查意見修訂
21 (2025/11/21)	<ul style="list-style-type: none"> 11/21完成11月國內外頻譜新聞5則 			
22 (2025/12/05)	<ul style="list-style-type: none"> 撰寫12月份國內外頻譜新聞與趨勢5則 			
23 (2025/12/19)	<ul style="list-style-type: none"> 12/12完成Q4季報、完成12月份國內外頻譜新聞與趨勢5則 			

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

40

附件二、出差會議成果摘要

TTC

	會議名稱	參與人員	時間	地點	議程內容	進度說明
1	亞太地區第十一屆頻譜管理會議	王資寧 研究員 賴芄聿 助理研究員	114.03.13-03.14	泰國曼谷	會議著重於探討亞太地區對WRC-27及6G頻譜之規劃，強調U6頻段之規劃、衛星通信頻譜管理政策為全球頻譜策略之關鍵，同時研析衛星直連裝置之應用及頻譜管理議題。	完成內部出國程序，並繳交出國報告
2	APEC TEL第70次會議	徐玉珊 資深研究員兼副理 呂少琪 助理研究員	114.03.02-03.08	韓國慶洲	會議圍繞數位轉型與AI創新應用，強調各經濟體促進普及性之數位連結，並攜手打造安全、可信賴的數位環境。	完成內部出國程序，並繳交出國報告

財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

41

附件四 辦理國內外座談會與分享會之相關佐證資料

1. MWC 行前交流會

mo ^o a MWC行前交流會 簽到表				
日期：114年2月11日 星期二 14:00-17:00				
地點：集思台大會議中心拉斐爾廳				
編號	單位	姓名	職稱	簽到
1	數位發展部	沈	專門委員	沈
2	數位發展部	陳	專員	陳
3	行政院教育科學文化處	林	簡議	林
4	國科會科技辦公室	蔡	研究員	蔡
5	經濟部產業發展署	曾	科長	
6	經濟部產業發展署	張	技士	張
7	經濟部產業發展署	林	專案經理	林
8	國家通訊傳播委員會	鄭	技正	鄭
9	國家通訊傳播委員會	洪	科長	洪
10	國家通訊傳播委員會	陳	科長	陳
11	電信技術中心	劉	副研究員	劉

mo ^o a MWC行前交流會 簽到表				
日期：114年2月11日 星期二 14:00-17:00				
地點：集思台大會議中心拉斐爾廳				
編號	單位	姓名	職稱	簽到
12	電信技術中心	林	經理	
13	電信技術中心	李	助理研究員	李
14	電信技術中心	吳	工程師	吳
15	工業技術研究院	王	組長	王
16	工業技術研究院	謝	技術组组长	謝
17	工業技術研究院	楊	資深研究員	
18	工業技術研究院	楊	資深研究員	楊
19	工業技術研究院	宋	專案經理	
21	工業技術研究院	趙	副組長	趙
20	台灣諾基亞	Chan	行動網路部技術總監	Chan
22	台灣諾基亞	謝	協理	謝


mo ^o a MWC行前交流會 簽到表				
日期：114年2月11日 星期二 14:00-17:00				
地點：集思台大會議中心拉斐爾廳				
編號	單位	姓名	職稱	簽到
23	台灣總立信	王	資深協理	王
24	中華電信	張	科長	張
25	台灣大哥大	錢	處長	錢
26	台灣大哥大	徐	副處長	徐
27	遠傳電信	楊	技術經理	楊
28	遠傳電信	徐	技術副理	徐
29	遠傳電信	黃	工程師	黃
30	遠傳電信	葉	工程師	葉
31	國立陽明交通大學	伍	教授	伍
32	中央研究院	王	研究員	王
33	台北市電腦商業同業公會	林	專案經理	林

mo ^o a MWC行前交流會 簽到表				
日期：114年2月11日 星期二 14:00-17:00				
地點：集思台大會議中心拉斐爾廳				
編號	單位	姓名	職稱	簽到
34	台北市電腦商業同業公會	吳	專員	吳
35	台北市電腦商業同業公會	劉	執行主編	劉
36	台北市電腦商業同業公會	盧	高級專員	盧
37	台北市電腦商業同業公會	張	專案經理	張
38	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	廖	助理顧問師	廖
39	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	陳	顧問師	陳
40	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	梁	資深顧問師	梁
41	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	吳	助理顧問師	吳
42	資策會產業情報研究所	李	產業分析師	李
43	資訊工業策進會數位轉型研究所	張	正規副研	張
44	台灣經濟研究院	陳	副所長	陳

2. 6G 潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討座談會

管制


【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考選與其他研究管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資。該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 SERVICE@TTC.CC.TW 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人修權。 		
單位	簽名處		
數位發展部			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

管制



【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考選與其他研究管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資。該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 SERVICE@TTC.CC.TW 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人修權。 		
單位	簽名處		
財團法人電信技術中心			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)






管制

【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考選與其他研究管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資。該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 SERVICE@TTC.CC.TW 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人修權。 		
單位	簽名處		
內政部警政署			
國家通訊傳播委員會			
經濟部產業技術司			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考選與其他研究管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資。該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 SERVICE@TTC.CC.TW 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人修權。 		
單位	姓名	職務	簽名處
成功大學	陳	教授	
陽明交大	連	教授	
中正大學	潘	教授	
臺北大學	魏	教授	
暨南大學	魏	教授	

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

管制
【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位係基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他考考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資)；該個資僅於內部紀錄存檔期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人及 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動聯絡人執行、無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人格權。 		
單位	簽名處		
中華電信股份有限公司			
台灣大哥大股份有限公司			
遠傳電信股份有限公司			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

管制
【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位係基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他考考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資)；該個資僅於內部紀錄存檔期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人及 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動聯絡人執行、無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人格權。 		
單位	簽名處		
耀登科技股份有限公司			
聯發科技股份有限公司			
義傳科技股份有限公司			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

管制
【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位係基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他考考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資)；該個資僅於內部紀錄存檔期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人及 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動聯絡人執行、無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人格權。 		
單位	簽名處		
台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司			
財團法人工業技術研究院			
財團法人台灣經濟研究院			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

管制
【6G潛力頻譜發展趨勢與議題解析探討】座談會

活動時間	114年7月15日(星期二)下午2時00分		
活動地點	集思交通部會議中心 201 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心、工業技術研究院	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位係基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他考考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及其他應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」)，包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資)；該個資僅於內部紀錄存檔期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人及 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動聯絡人執行、無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人格權。 		
單位	簽名處		
台灣資通產業標準協會			

講者簽到表 (版本: 111.8.26)

3. 國內發展 6GHz 頻段 AFC 機制效益與安全性探討座談會

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名身分確認、計畫內部管理用、本活動聯繫名單表所列各機關人員資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關(構)、或其他任何同意之對象、於本中心執行業務所必須之保存期間及所提供服務之地區內、採自動化機器方式提供其他非自動化之利用方式使用、並維持其目的有效期間內得提供。

2. 您提供之個人資料將與本中心所訂定之資訊安全暨個人資料管理相關程序妥善處理、以及本中心之員工及合作單位均受契約限制、以確保個人資料無不當洩漏之虞、如您對本中心所訂定之程序或條件、請逕知本中心處理。

3. 您提供個人資料僅供本中心執行相關服務、若您有相關意見或疑問、您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。

4. 若您提供之個人資料不正確、將可能影響您與本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
01	數位發展部	陳	科長	陳
02	數位發展部	毛	技正	毛
03	財團法人電信技術中心檢核組	郭	主任	郭
04	財團法人電信技術中心檢核組	陳	副主任	陳
05	財團法人電信技術中心檢核組	林	經理	林
06	財團法人電信技術中心檢核組	李	工程師	李
07	財團法人電信技術中心檢核組	吳	工程師	吳
08	財團法人電信技術中心檢核組	黃	副管理師	黃
09	財團法人電信技術中心檢核組	蔡	助理管理師	蔡
10	財團法人電信技術中心研企組	馮	副研究員	馮
11	財團法人電信技術中心研企組	李	助理研究員	李

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名身分確認、計畫內部管理用、本活動聯繫名單表所列各機關人員資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關(構)、或其他任何同意之對象、於本中心執行業務所必須之保存期間及所提供服務之地區內、採自動化機器方式提供其他非自動化之利用方式使用、並維持其目的有效期間內得提供。

2. 您提供之個人資料將與本中心所訂定之資訊安全暨個人資料管理相關程序妥善處理、以及本中心之員工及合作單位均受契約限制、以確保個人資料無不當洩漏之虞、如您對本中心所訂定之程序或條件、請逕知本中心處理。

3. 您提供個人資料僅供本中心執行相關服務、若您有相關意見或疑問、您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。

4. 若您提供之個人資料不正確、將可能影響您與本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
01	國立臺灣大學	張	教授	張
02	前交通部郵電司司長	鄭	顧問	鄭
03	國立陽明交通大學	曾	教授	曾
04	國立臺灣科技大學	黃	教授	黃
05	國立成功大學	陳	教授	陳
06	教誨部	吳		吳
07				
08				
09				
10				
11				

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名身分確認、計畫內部管理用、本活動聯繫名單表所列各機關人員資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關(構)、或其他任何同意之對象、於本中心執行業務所必須之保存期間及所提供服務之地區內、採自動化機器方式提供其他非自動化之利用方式使用、並維持其目的有效期間內得提供。

2. 您提供之個人資料將與本中心所訂定之資訊安全暨個人資料管理相關程序妥善處理、以及本中心之員工及合作單位均受契約限制、以確保個人資料無不當洩漏之虞、如您對本中心所訂定之程序或條件、請逕知本中心處理。

3. 您提供個人資料僅供本中心執行相關服務、若您有相關意見或疑問、您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。

4. 若您提供之個人資料不正確、將可能影響您與本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
12	台灣電力股份有限公司	王	專員	王
13	遠傳電信股份有限公司	黃	經理	黃
14	遠傳電信股份有限公司	黃	副理	黃
15	交通部民用航空局飛航服務總臺	李	工務員	李
16	交通部航港局	蔡	技士	蔡
17	交通部航港局	黃	科員	黃
18	民間全民電視股份有限公司	翁	主任	翁
19	民間全民電視股份有限公司	簡	技術指導	簡
20	中華電信總公司	張	科長	張
21	中華電信總公司	朱	高級工程師	朱
22	中華電信研究院	王	高級研究員	王

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名身分確認、計畫內部管理用、本活動聯繫名單表所列各機關人員資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關(構)、或其他任何同意之對象、於本中心執行業務所必須之保存期間及所提供服務之地區內、採自動化機器方式提供其他非自動化之利用方式使用、並維持其目的有效期間內得提供。

2. 您提供之個人資料將與本中心所訂定之資訊安全暨個人資料管理相關程序妥善處理、以及本中心之員工及合作單位均受契約限制、以確保個人資料無不當洩漏之虞、如您對本中心所訂定之程序或條件、請逕知本中心處理。

3. 您提供個人資料僅供本中心執行相關服務、若您有相關意見或疑問、您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。

4. 若您提供之個人資料不正確、將可能影響您與本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
01	中華電視股份有限公司	黃	副主任	黃
02	台灣電力股份有限公司	洪	資深專業工程師	洪
03	台灣電力股份有限公司	李	專員	李
04	臺灣電視事業股份有限公司	倪	副主任	倪
05	財團法人中央廣播電臺	林	副理	林
06	財團法人中央廣播電臺	周	工程師	周
07	台灣大哥大股份有限公司	林	部經理	林
08	台灣大哥大股份有限公司	莊	經理	莊
09	台灣大哥大股份有限公司	楊	高級管理師	楊
10	台灣電力股份有限公司	趙	課長	趙
11	台灣電力股份有限公司	吳	專員	吳

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：臺思台大會議中心浩克廳

為提供本活動各項通知、報名事宜、作業及內容管理，本活動採免費本表所列各項個人資料，以提供本中心、本中心主管機關、依法定機關查閱及其他與本中心業務往來之機關（構），或其他任何同意之對象，於本中心因執行業務所必須之保存範圍及所提報服務之地區內，藉由電腦機器或其他非自動化工具等方式使用，且於特定目的有效期間內持續保存。
2. 您提供之個人資料將由本中心制訂之專章安全政策與管理規範所不妥善處理，以及本中心之員工及合作單位均須訂定密碼，以確保個人資料與不當洩漏之虞，如您備有本中心所有資料之原檔或附件，請通知本中心處理。
3. 您提供個人資料係依法第3條行使相關權利，若您有相關需求或疑問，您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。
4. 如您提供之個人資料不正確，將可能影響您向本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
23	中華電信研究院	林	高級研究員	
24	中華電信網分	葉	科長	葉
25	中華電信網分	黃	高級工程師	黃
26	中華電信網分	陳	高級工程師	陳
27	中國電視事業股份有限公司	張	副工程師	張
28	財團法人公共電視文化事業基金會	謝	工程師	
29	漢聲廣播電臺	葉	分隊長	葉
30	漢聲廣播電臺	陳	通信官	
31	FET		RP	
32	FET		RP	孫
33	遠傳電信FET	葉	NT	葉

國內發展6GHz頻段AFC機制效益與安全性探討

時間：2025年09月23日（星期二）14:00
地點：臺思台大會議中心浩克廳

為提供本活動各項通知、報名事宜、作業及內容管理，本活動採免費本表所列各項個人資料，以提供本中心、本中心主管機關、依法定機關查閱及其他與本中心業務往來之機關（構），或其他任何同意之對象，於本中心因執行業務所必須之保存範圍及所提報服務之地區內，藉由電腦機器或其他非自動化工具等方式使用，且於特定目的有效期間內持續保存。
2. 您提供之個人資料將由本中心制訂之專章安全政策與管理規範所不妥善處理，以及本中心之員工及合作單位均須訂定密碼，以確保個人資料與不當洩漏之虞，如您備有本中心所有資料之原檔或附件，請通知本中心處理。
3. 您提供個人資料係依法第3條行使相關權利，若您有相關需求或疑問，您可透過電子郵件 (service@ttc.org.tw) 與我們聯繫。
4. 如您提供之個人資料不正確，將可能影響您向本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
01	北亞濃城	葉	經理	葉
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				

4. 我國 6G 可用頻譜規劃方案探討座談會

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資；該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容及您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人人格權。 		
單位	簽名處		
數位發展部			

請依簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資；該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容及您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人人格權。 		
單位	簽名處		
財團法人電信技術中心			

請依簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資；該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容及您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人人格權。 		
單位	姓名	職務	簽名處
財團法人資訊工業策進會	李	組長	
財團法人工業技術研究院	許	主任	
財團法人台灣經濟研究院	陳	組長	

請依簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資；該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容及您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開。您並同意不行使著作人人格權。 		
單位	姓名	職務	簽名處
國立陽明交通大學 電機工程學系	李	教授	
國立臺灣大學 電機工程學系	黃	助理教授	

請依簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資，該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人修權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
台灣資訊產業標準協會	沈	副秘書長	
台灣電信產業發展協會	劉	副秘書長	

請查簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資，該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人修權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
財團法人 資訊工業策進會 科技法律研究所	羅	專案經理	

請查簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資，該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人修權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
中華電信	張	科長	
中華電信	朱	高級工程師	
中華電信研究院	郭	高級研究員	

請查簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」），包含本表所列個資、肖像、發言過程以及您因本次活動所提供之任何個資，該個資僅於內部規程存儲期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限地域地使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人修權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
中華電信	李		

請查簽到表 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本活動所提供之任何個資），該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
中華電信	張	科長	張
中華電信	朱	高級工程師	朱
中華電信研究院	郭	高級研究員	郭

中華電信 洪 凌 凌

請簽到後 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本活動所提供之任何個資），該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
中華電信	李	張	李 張

請簽到後 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本活動所提供之任何個資），該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
台灣是德科技	張	資深專案經理	張
台灣是德科技	郭	資深專案經理	郭

請簽到後 (版本: 111.8.26)

管制

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會 簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00 - 17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名處簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考核與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料（以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您因本活動所提供之任何個資），該個資僅於內部規程存續期間、中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位（以下合稱「使用單位」）依前開目的方式使用，您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
高通	洪	公共事務總監	洪
愛立信	陳	解決方案經理	陳

請簽到後 (版本: 111.8.26)

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名或簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、審查過程以及您向本活動所提供之任何個資)。該個資僅於內部現存儲期間，中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
遠傳電信	黃	經理	
遠傳電信	Add	Manager	
遠傳電信	黃	副理	

讀者資訊表 (版本: 111.8.26)

「我國 6G 可用頻譜規劃方案探討」座談會
簽到表

活動時間	114年10月3日(五) 14:00-17:00		
活動地點	集思交通部會議中心 202 會議室		
主辦單位	財團法人電信技術中心	指導單位	數位發展部
個資宣告暨著作權授權同意事項	<p>當您於簽名或簽署本簽到表後，表示您知悉且同意以下事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●主辦單位得基於「契約、類似契約或其他法律關係事務」、「會議管理」、「場所進出安全管理」、「計畫、管制考卷與其他研考管理」、「政府資訊公開、檔案管理及應用」之目的，蒐集您的個人資料(以下簡稱「個資」，包含本表所列個資、履歷、發言過程以及您向本活動所提供之任何個資)。該個資僅於內部現存儲期間，中華民國境內及完成目的必要地區，以電子或紙本形式，提供主辦單位、指導單位、主辦單位合作對象、本活動主管機關及其他依法有權單位(以下合稱「使用單位」)依前開目的方式使用。您得依個資法第3條向本活動聯絡人或 service@ttc.org.tw 行使相關權利，但未提供完整正確之個資，將可能使本活動無法順利執行，無法提供您相關服務或影響您的權益。 ●您同意授權使用單位就您的發言內容或您所提供之資料等智慧財產，得永久、無償、不限形式且不限制地域使用著作財產權及依政府資訊公開法進行公開，您並同意不行使著作人格權。 		
單位	姓名	職稱	簽名處
遠傳電信	徐	技術副理	
遠傳電信	陳	資深工程師	
遠傳電信	楊	技術經理	

讀者資訊表 (版本: 111.8.26)

5. U6 頻段整備技術探討座談會

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名費審核、計畫及內部管理、本活動經費來源及各項個人資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關（構）、或其他應付之對象、於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。

編號	單位名稱	姓名	職務	簽到處
01	民間全民電視股份有限公司	翁	主任	翁
02	民間全民電視股份有限公司	簡	技術指導	簡
03	臺灣電視事業股份有限公司	林	主任	林
04	中華電視股份有限公司	黃	副主任	黃
05	台灣電力股份有限公司	趙	課長	趙
06	台灣電力股份有限公司	李	專員	李
07	遠傳電信股份有限公司	黃	經理	黃
08	遠傳電信股份有限公司	黃	副理	黃
09	遠傳電信股份有限公司	徐	副理	徐
10	遠傳電信股份有限公司	賴	副理	賴
11	遠傳電信股份有限公司	施	資深研究員	施

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名費審核、計畫及內部管理、本活動經費來源及各項個人資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關（構）、或其他應付之對象、於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。

編號	單位名稱	姓名	職務	簽到處
12	台灣大哥大股份有限公司	林	總經理	林
13	台灣大哥大股份有限公司	溫	資深主任工程師	溫
14	中華電信網路技術分公司	葉	科長	葉
15	中華電信網路技術分公司	黃	高級工程師	黃
16	中華電信網路技術分公司	陳	高級工程師	陳
17	財團法人公共電視文化事業基金會	謝	工程師	謝
18	中國電視事業股份有限公司	王	副工程師	王
19	財團法人中央廣播電臺	周	副組長	周
20	內政部警政署	李	技士	李
21	內政部警政署	鄧	技士	鄧
22	耀睿科技股份有限公司	吳	經理	吳

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名費審核、計畫及內部管理、本活動經費來源及各項個人資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關（構）、或其他應付之對象、於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。

編號	單位名稱	姓名	職務	簽到處
23	耀睿科技股份有限公司	何	副理	何
24	得安科技有限公司	陳	經理	陳
25	得安科技有限公司	傅	副理	傅
26	得安科技有限公司	顏	副理	顏
27	得安科技有限公司	林	業務工程師	林
28	FET			林
29	TWM	林	經理	林
30	PTT	施	資深研	施
31	航服服務總臺	張	工程師	張
32	台電公司			吳
33	台亞程呈	俞	副理	俞

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

為提供本活動各項通知服務、報名費審核、計畫及內部管理、本活動經費來源及各項個人資料、以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關及其他與本中心業務往來之機關（構）、或其他應付之對象、於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。於本中心執行業務時必須之保存期間及所服務之地區內、藉自動化機器或其他方式之利用方式使用、並特制定本活動個人資料保護政策。

編號	單位名稱	姓名	職務	簽到處
01	國立臺灣大學	張	教授	張
02	前交通部郵電司司長	鄧	顧問	鄧
03	國立臺灣科技大學	林	教授	林
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

1. 為提供本活動各項通知服務、報名費查詢、計畫及內部管理、本活動計畫表所列各項個人資料，以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關或本中心業務以外之機關（構）、或與他項同意之對象，於本中心所執行業務時必須之保存期間及提供服務之地區內，藉自動化機器或其他非自動化之利用方式使用，並將其定目的有效期限內持續保存。
2. 您提供之個人資料除本中心所執行之上述合法業務管理相關程序外，亦將處理、以及本中心之員工及合作單位均受保護契約，以確保個人資料無不當外洩之虞。如您懷疑本中心所處理之資料有外洩情形，請通知本中心處理。
3. 若您提供個人資料係依法第3條行使相關權利，若您有相關意見或疑問，您可透過電子郵件（service@ttc.org.tw）與我們聯繫。
4. 若您提供之個人資料不正確，將可能影響您向本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
01	數位發展部	陳	科長	陳
02	數位發展部	毛	技正	毛
03	財團法人電信技術中心檢核組	郭	主任	郭
04	財團法人電信技術中心檢核組	陳	副主任	陳
05	財團法人電信技術中心檢核組	林	經理	林
06	財團法人電信技術中心檢核組	劉	副經理	劉
07	財團法人電信技術中心檢核組	楊	工程師	楊
08	財團法人電信技術中心檢核組	黃	副管理師	黃
09	財團法人電信技術中心檢核組	蔡	助理管理師	蔡
10	財團法人電信技術中心研企組	邱	資深研究員	邱
11	財團法人電信技術中心研企組	馮	副研究員	馮

我國U6頻段整備技術探討

時間：2025年10月16日（星期四）下午2時
地點：集思台大會議中心洽克廳

1. 為提供本活動各項通知服務、報名費查詢、計畫及內部管理、本活動計畫表所列各項個人資料，以利提供本中心、本中心主管機關、依法有關業務之機關或本中心業務以外之機關（構）、或與他項同意之對象，於本中心所執行業務時必須之保存期間及提供服務之地區內，藉自動化機器或其他非自動化之利用方式使用，並將其定目的有效期限內持續保存。
2. 您提供之個人資料除本中心所執行之上述合法業務管理相關程序外，亦將處理、以及本中心之員工及合作單位均受保護契約，以確保個人資料無不當外洩之虞。如您懷疑本中心所處理之資料有外洩情形，請通知本中心處理。
3. 若您提供個人資料係依法第3條行使相關權利，若您有相關意見或疑問，您可透過電子郵件（service@ttc.org.tw）與我們聯繫。
4. 若您提供之個人資料不正確，將可能影響您向本中心提供相關服務及資訊服務之權益。

編號	單位名稱	姓名	職稱	簽到處
12	財團法人電信技術中心研企組	李	助理研究員	李
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

6. 2nd Spectrum of tomorrow-次世代通信頻譜展望國際座談會

7位+1

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表-貴賓
日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

編號	姓名	單位/職稱	簽到
001	林	數位發展部 部長	✓
002		數位發展部 部長室	
003		數位發展部 部長隨扈	
004	曾	數位發展部 資源管理司 司長	✓
005	陳	數位發展部 資源管理司 副司長	✓
006	沈	數位發展部 資源管理司 專門委員	✓
007	陳	數位發展部 資源管理司 科長	✓
008	毛	數位發展部 資源管理司 技正	✓
009	林	數位發展部 資源管理司 科員	✓
010	江	財團法人電信技術中心 副執行長	✓
011			
012			
013			
014			
015			

7位

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表-貴賓
日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到序號	姓名	單位/職稱	簽到
V001	林	工業技術研究院 博士	✓
V002	薛	前交通部郵電司 司長	✓
V003	吳	國家科學及技術委員會 研究員	
V004	詹	財團法人人工智慧科技基金會 董事長	✓
V005	劉	台灣電信產業發展協會 副秘書長	✓
V006	吳	鴻海研究院 所長	✓
V007	Jas	President, Nokia Solutions Taiwan	✓
V008	陳	聯發科技 處長	✓
V009	連	國立陽明交通大學 教授	

8位

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表-講師
日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

姓名	單位/職稱	簽到
Dr. K	Chair of TU-R Study Group 5	✓
Johr	Senior Vice President, Spectrum Policy & Regulatory Counsel, Qualcomm	✓
M	CTO, Asia-Pacific, Ericsson	✓
Nobu	Chair of APT WRC-27	✓
魏	國立台灣大學電機工程學系 暨電信工程學研究所教授	✓
陳	國立成功大學交通管理科學系 暨電信管理研究所專任教授兼系主任	✓
張	國立臺灣大學電機工程學系教授	✓
Julia	Director, Government Affairs, Qualcomm	✓
Emily	Government and Policy Advocacy, Ericsson Asia	✓

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表-TTC
日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

編號	姓名	輩 / 素	簽到
001	巫	輩食	✓
002	徐	輩食	✓
003	邱	輩食	
004	劉	輩食	✓
005	王	輩食	✓
006	胡	輩食	✓
007	楊	素食	✓
008	劉	輩食	✓
009	林	輩食	✓
010	賴	輩食	✓
011	呂	輩食	✓
012	李	輩食	✓
013	馮	輩食	✓
014	郭	輩食	✓
015	陳	輩食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
046	王	葷食	
047	王	葷食	
048	王	葷食	
049	王	葷食	
050	安	葷食	
051	朱	葷食	
052	江	葷食	
053	何	葷食	
054	何	葷食	
055	何	葷食	
056	余	葷食	
057	吳	葷食	
058	呂	葷食	
059	李	葷食	
060	李	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
061	李	葷食	
062	李	葷食	
063	李	葷食	
064	李	葷食	
065	李	葷食	
066	李	葷食	
067	李	葷食	
068	李	葷食	
069	李	葷食	
070	李	葷食	
071	沈	葷食	
072	周	葷食	
073	周	葷食	
074	林	葷食	
075	林	素食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
076	林	葷食	
077	林	葷食	
078	林	葷食	
079	林	葷食	
080	林	葷食	
081	林	葷食	
082	林	葷食	
083	林	葷食	
084	林	葷食	
085	邱	葷食	
086	邱	葷食	
087	金	不用餐	
088	俊	葷食	
089	洪	葷食	
090	洪	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
091	孫	葷食	
092	徐	葷食	
093	徐	葷食	
094	徐	葷食	
095	翁	葷食	
096	張	葷食	
097	張	葷食	
098	張	素食	
099	張	葷食	
100	張	葷食	
101	張	葷食	
102	張	葷食	
103	張	葷食	
104	張	葷食	
105	莊	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
106	許	葷食	
107	許	葷食	
108	許	葷食	
109	許	葷食	
110	許	葷食	
111	郭	葷食	
112	郭	葷食	
113	陳	葷食	
114	陳	葷食	
115	陳	葷食	
116	陳	葷食	
117	陳	葷食	
118	陳	葷食	
119	陳	葷食	
120	陳	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
121	陳	素食	
122	陳	葷食	
123	陳	葷食	
124	陳	葷食	
125	陳	葷食	
126	傅	葷食	
127	喬	葷食	
128	彭	葷食	
129	曾	葷食	
130	曾	葷食	
131	曾	素食	
132	曾	葷食	
133	游	葷食	
134	賀	葷食	
135	黃	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
136	黃	葷食	
137	黃	素食	
138	黃	葷食	
139	黃	葷食	
140	黃	葷食	
141	黃	葷食	
142	黃	葷食	
143	黃	葷食	
144	黃	葷食	
145	黃	葷食	
146	黃	葷食	
147	黃	素食	
148	黃	葷食	
149	黃	葷食	
150	楊	葷食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷/素	簽到
151	楊	葷食	
152	楊	葷食	
153	楊	葷食	
154	楊	葷食	
155	溫	葷食	
156	葉	素食	
157	葉	葷食	
158	葉	葷食	
159	廖	葷食	
160	廖	葷食	
161	翟	葷食	
162	趙	葷食	
163	趙	葷食	
164	劉	素食	
165	劉	素食	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷 / 素	簽到
166	劉	素食	劉
167	潘	素食	
168	蔡	素食	蔡
169	蔡	葷食	蔡
170	蔡	葷食	
171	蔡	葷食	蔡
172	蔡	葷食	蔡
173	蔡	葷食	蔡
174	蔣	葷食	
175	鄭	葷食	
176	鄭	葷食	
177	盧	葷食	盧
178	蕭	葷食	蕭
179	蕭	葷食	蕭
180	蕭	葷食	蕭

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷 / 素	簽到
181	賴	葷食	賴
182	鍾	葷食	
183	鍾	葷食	鍾
184	簡	葷食	簡
185	簡	葷食	簡
186	羅	葷食	
187	蘇	葷食	
188	蘇	葷食	
189	蘇	葷食	蘇
190	陳	葷食	
191	潘	葷食	潘
192	Mir	葷食	
193	羅	葷食	羅
194	高	葷食	高
195	陳	葷食	陳

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷 / 素	簽到
196	林	葷食	林
197	李	葷食	李
198	陳	葷食	
199	黃	葷食	黃
200	陳	素食	陳
201	Pat	葷食	Pat
202	Ma	葷食	Ma
203	王	葷食	
204	莊	葷食	
205 (154)	楊	葷食	
206	劉	不用餐	劉
207	程	不用餐	程
208	G	不用餐	
209	徐	不用餐	
210	A	不用餐	

【次世代通信頻譜展望國際座談會】簽到表

日期：2025/09/17 (三) 09:30-17:05

報到編號	姓名	葷 / 素	簽到
211	林	不用餐	林
212	陳	不用餐	
213	曾	不用餐	
214	林	不用餐	
	吳		
	劉		
	八大	林	
	八大	林	

參考文獻

一、英文文獻

1. 3GPP (2025), Technical Specification Group Radio Access Network; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone, 3GPP Specification TS 38.101.
2. 3GPP 6G Workshop, available from <https://www.3gpp.org/technologies/6gworkshop-2025>. (last visited 2025.10.01).
3. 3GPP (2025) , 3GPP workshop on 6G. <https://www.3gpp.org/technologies/6gworkshop-2025> (last visited 2025.06.01)
4. 3GPP(2025), Draft meeting report 109. https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_109/Report/ (last visited 2025/10/16)
5. 3GPP(2025), Overview of AI/ML related Work in 3GPP. <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/ai-ml-2025> (last visited 2025.06.01)
6. 3GPP(2025), Rel-20 Planning and Progress in TSG SA. <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/sa-rel20> (last visited 2025.06.01)
7. 3GPP (2025) , Summary of 3GPP's 6G Workshop (March 2025) . <https://www.free6gtraining.com/2025/03/summary-of-3gpps-6g-workshop-march-2025.html> (last visited 2025.06.01)
8. 3GPP, “Technical Report TR 38.803: Study on new radio access technology; Radio Frequency (RF) and co-existence aspects,” Release 14, 3rd Generation Partnership Project, 2017. Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3069>
9. 3GPP, “Technical Report TR 38.811: Study on new radio access technology; Frequency ranges and bands,” Release 14, 3rd Generation Partnership Project, 2017. Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3067>
10. 3GPP, “Technical Specification TS 38.101-1: NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38101-1.htm>
11. 3GPP, “Technical Specification TS 38.104: NR; Base Station (BS) radio transmission and reception,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38104.htm>

12. 3GPP, “Technical Specification TS 38.104: NR; Base Station (BS) radio transmission and reception,” Release 17, 3rd Generation Partnership Project, 2023. Available: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38104.htm>
13. 3GPP, Summary Report from 3GPP plenaries #105, <https://sns-trackers.sns-ju.eu/standards-tracker/standardisation-updates/summary-report-3gpp-plenaries-105-melbourne-australia-9> (last visited : 2025/4/8) 。
14. 3GPP, Summary Report from 3GPP plenaries #106, <https://sns-trackers.sns-ju.eu/standards-tracker/standardisation-updates/summary-report-3gpp-plenaries-106-madrid-spain-9-13> (last visited : 2025/4/8) 。
15. 3GPP. (2023). 技術報告 TR 38.901 : 無線通道模型 (Release 19) 3rd Generation Partnership Project (3GPP) From:<https://www.3gpp.org/DynaReport/38901.htm>
16. 5G America (2024), The 6G Upgrade in the 7-8 GHz Spectrum Range, <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2024/10/The-6G-Upgrade-in-the-7-8-GHz-Spectrum-Id.pdf>
17. 5G Americas (2024) , 3GPP Technology Trends- White Paper 1 [HTTP://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2024/01/3GPP-Technology-Trends-WP.pdf](http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2024/01/3GPP-Technology-Trends-WP.pdf) (last visited 2025.06.01)
18. APT (2024) , APT REPORT ON MULTI CONNECTIVITY FOR MULTILAYERED NETWORK ACCESS USING TERRESTRIAL AND NON-TERRESTRIAL SYSTEMS, <https://apt.int/awg-Reports>
19. APT (2025) , The 2nd Meeting of the APT Conference Preparatory Group for WRC-27 (APG27-2), <https://www.appt.int/2025-APG27-2>
20. APT (2024) , The 1st Meeting of the APT Conference Preparatory Group for WRC-27 (APG27-1), <https://www.appt.int/2024-APG27-1>
21. APT (2025) , TRENDS AND SPECTRUM DEVELOPMENTS FOR IMT USAGE IN 2025- 2030 IN ASIA-PACIFIC REGION, <https://apt.int/awg-Reports> 。
22. APT, APG Office Bearers, <https://apt.int/OB/APG>
23. APT, APT Conference Preparatory Group for WRC-27 (APG-27) , <https://apt.int/APTAPG>
24. Australia (2025), Representative MSS system characteristics for studies related to WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0300!!MSW-E.
25. Brazil (2025), WRC-27 AGENDA ITEM 1.7- Sharing study between the mobile satellite service (earth to-space) in the frequency band 7 900-8 025 mhz and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0673!!MSW-E.

26. Brazil (2025), WRC-27 AGENDA ITEM 1.7-Sharing study between the fixed service and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0670!!MSW-E.
27. Brazil (2025), WRC-27 AGENDA ITEM 1.7- Considerations on studying sharing between the earth exploration satellite service (earth-to-space) in geostationary orbit in the frequency band 7 190-7 250 MHz and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0677!!MSW-E.
28. Brazil (2025), WRC-27 AGENDA ITEM 1.7- Sharing study between the meteorological satellite service (space-to-earth) in the frequency bands 7 450-7 550 mhz and 7 750-7 900 MHz and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0674!!MSW-E.
29. C114 通信網，中國移動張濱：技術、場景、標準三方面發力，攻關 RIS 商用挑戰，<https://www.c114.com.cn/news/118/a1277619.html>（最後瀏覽日：2025/4/14）。
30. Canada and Norway (2025), Studies and elements for the working document regarding WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0277!!MSW-E.
31. CEPT ECC, “ECC Report 240: Technical studies on the coexistence between radar systems and mobile communication systems,” European Communications Office, 2016. Available: <https://docdb.cept.org/download/1886c872-fec6/ECCREP240.PDF>
32. CEPT, SEAMCAT - Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool,<https://www.cept.org/eco/eco-tools-and-services/seamcat-spectrum-engineering-advanced-monte-carlo-analysis-tool>,（最後瀏覽日：2025/10/17）
33. China (2024), Technical and operational characteristics of the existing mobile-satellite service system for sharing and compatibility studies in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0154!!MSW-E.
34. China (2025), Considerations on protection criterion related to interference to GSO MSS in the frequency range 1 980-2 010 MHz (e-to-s) and 2 170-2 200 MHz (s-to-e) for sharing studies for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0291!!MSW-E.
35. China (2025), Preliminary sharing and compatibility studies of the aeronautical mobile service and IMT operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0470!!MSW-E.
36. China (2025), Preliminary sharing and compatibility studies of the fixed service and IMT operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0706!!MSW-E.
37. China (2025), Preliminary Sharing and compatibility studies of the fixed-satellite service in frequency band 4 500-4 800 MHz and IMT operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0469!!MSW-E.

38. China (2025), Preliminary sharing and compatibility studies of the maritime mobile service and imt operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0471!!MSW-E.
39. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 427-1 518 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0281!!MSW-E.
40. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 427-1 518 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0281!!MSW-E.
41. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 710-2 025 MHz and 2 110-2 200 MH in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0290!!MSW-E.
42. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 710-2 025 MHz and 2 110-2 200 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0290!!MSW-E.
43. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 710-2 025 MHz and 2 110-2 200 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0290!!MSW-E.
44. China (2025), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 2 500-2 570 MHz and 2 620-2 690 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0284!!MSW-E.
45. China (2025), Proposal on sharing and compatibility studies between MSS and IMT under WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0287!!MSW-E.
46. China (2025), Proposal on sharing and compatibility studies of IMT systems in the frequency band 14.8-15.35 GHz in relation to WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0708!!MSW-E.
47. China (2025), Sharing and compatibility studies of the earth exploration satellite service and IMT operating in the frequency band 8 025-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0709!!MSW-E.
48. China (2025), Sharing and compatibility Study between IMT in 4 400-4 800 MHz band and radio altimeter in 4 200-4 400 MHz band, Document 5D R23-WP5D-C-0472!!MSW-E.
49. China (2025), Updates to sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and imt systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0710!!MSW-E.
50. China (20252), Proposal for sharing and compatibility studies in the frequency bands 1 427-1 518 MHz in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0281!!MSW-E.

51. Congress.Gov, H.R.2449- FUTURE Networks Act, 119th Congress (2025-2026) . <https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/2449/text/ih?format=txt&overview=closed>
52. Congress.gov, One Big Beautiful Bill Act, 119th Congress (2025-2026), <https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/1/text>
53. Constitution of the International Telecommunication Union (2023), Radiocommunication Conferences and Radiocommunication Assemblies, Article 13, pp. 20-21. 內容整理自 WRC-23 官方網頁, <https://www.itu.int/wrc-23/> (最後瀏覽日：2025/10/1)。
54. Convention of The International Telecommunication Unit (1992), Participation of Entities and Organizations Other than Administrations in the Union's Activities, Article 19, pp. 121-125.
55. Croatia and Türkiye (2025), Proposed addition to the working document on sharing and compatibility studies between the fixed service and IMT operating in the 7 125–8 400 MHz band under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0741!!MSW-E.
56. European Space Agency (2025), Compatibility study between EESS (space-to-earth) non-GSO systems and potential allocation of imt in the frequency band 8 025-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0514!!MSW-E.
57. FCC Technology Advisory Council (2023), 6G Working Group Position Paper, https://www.fcc.gov/sites/default/files/Consolidated_6G_Paper_FCCTAC23_Final_for_Web.pdf
58. FCC, FCC Seeks Comment on Auction of AWS-3 Licenses, March 11, 2025. <https://www.fcc.gov/document/comment-sought-auction-aws-3-licenses>
59. FCC, Ruckus T670 , <https://fcc.report/FCC-ID/S9GT670>, (最後瀏覽日：2025/10/1)。
60. FCC, 華碩 GT-BE98 PRO, <https://fcc.report/FCC-ID/MSQ-RTBE6M00>, (最後瀏覽日：2025/10/1)。
61. FCC 設備代碼：<https://apps.fcc.gov/oetcf/eas/reports/EquipmentRulesList.cfm>
62. France (2025), Characteristics and protection criteria of the existing SAP/SAB wireless video links for sharing and compatibility studies under agenda item 1.12 in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0266!!MSW-E.
63. France (2025), Compatibility study between imt in the frequency band 4 400-4 800 MHz and Aeronautical Radionavigation Service operating in the frequency band 4 200-4 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0747!!MSW-E.
64. France (2025), Reply liaison statement to Working Party 5D on protection criterion for terrestrial IMT, Document 4C R23-WP4C-C-0331!!MSW-E.
65. France (2025), Sharing between the aeronautical mobile service and IMT operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-

0748!!MSW-E.

66. France (2025), Sharing studies between FSS and MSS (earth-to-space), and IMT systems in the frequency band 7 900-8 400 MHz under wrc-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0750!!MSW-E.
67. France and Luxembourg (2025), Sharing studies between FSS, MSS and MMSS (earth-to-space), and IMT systems in the frequency band 7 900-8 400 MHz under wrc-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0548!!MSW-E.
68. Germany (2025), Sharing and compatibility studies between FSS and MSS (earth-to-space) and imt in the frequency band 7 900-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0632!!MSW-E.
69. Germany and France (2025), Sharing studies for AI 1.7 between IMT and EESS (s-e) in the 8 025-8 400 MHz frequency range, Document 5D R23-WP5D-C-0539!!MSW-E.
70. Global Digital Compact, available from <https://www.un.org/digital-emerging-technologies/global-digital-compact>. (last visited 2025.10.01)
71. Greece (2025), Characteristics and protection criteria of the existing SAP/SAB wireless video links for sharing and compatibility studies under agenda item 1.14 in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0269!!MSW-E.
72. GSMA (2022), The Maths of Mid-Band Spectrum, <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/the-maths-of-mid-band/>
73. GSMA (2024), Mobile Evolution in 6 GHz, https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2024/09/GSMA_Mobile-Evolution-in-6-GHz.pdf
74. GSMA (2025), Considerations for studies regarding WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0303!!MSW-E.
75. GSMA (2025), Considerations for studies regarding WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-C-0304!!MSW-E.
76. GSMA (2025), For the benefit of billions: the impact of WRC-23 decisions on spectrum policy in 2024. <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/for-the-benefit-of-billions-the-impact-of-wrc-23-decisions-on-spectrum-policy-in-2024/#:~:text=WRC%2D23%20marks%20a%20significant,harmonisation%20and%20avoid%20interference%20issues>.
77. GSMA (2025), Moving Beyond the Hype: Assessing the Potential, Challenges, and Path to Adoption for D2D Connectivity
78. GSMA (2025), Private mobile network strategies gain momentum. <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/private-mobile-network-strategies-gain-momentum/>
79. GSMA (2025), sharing study between IMT and Metsat (space-to-earth) in the

band 7 450-7 550 MHz for WRC-27 Agenda Item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0703!!MSW-E.

80. GSMA (2025), Sharing study between IMT and SRS (near-Earth) (Earth-to-space) in the band 7 190-7 235 MHz for WRC-27 Agenda Item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0705!!MSW-E.
81. GSMA (2025), Spectrum for D2D.<https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2025/09/Spectrum-for-D2D-Public-Policy-Paper-v2.pdf>
82. GSMA (2025), Spectrum Policy Trends 2025, <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2025/02/GSMA-Spectrum-Policy-Trends-2025-1.pdf>
83. IMT-2030 (6G) 推進組，場景客製化的 6G 分散式網路架構及技術研究，44-46 頁。Tao, Z., Wang, H., Feng, H. et al. Ultrabroadband on-chip photonics for full-spectrum wireless communications. *Nature* 645, 80–87 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09451-8> (last visited : 2025/9/30)
84. India (2025), Incumbent system characteristics in the 2.4/2.5/2.6 GHz frequency bands for sharing and compatibility studies in preparation for WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0340!!MSW-E.
85. India (2025), Incumbent system characteristics in the 2.4/2.5/2.6 GHz frequency bands for sharing and compatibility studies in preparation for WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0340!!MSW-E.
86. India (2025), Sharing and compatibility studies between FS and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0690!!MSW-E.
87. India (2025), Sharing and compatibility studies between MSS (e-s) in the frequency band 7 900-8 025 MHz and IMT systems under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0693!!MSW-E.
88. International Maritime Organization (2025), Report of the twentieth meeting of the joint IMO/ITU Experts Group on maritime radiocommunication matters, Document 4C R23-WP4C-C-0206!!MSW-E.
89. ITU (2003), Declaration of Principles : Building the Information Society: a global challenge in the new Millennium, available from <https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/dop.html>. (last visited 2025.10.01)
90. ITU (2006), Participation of observers in conferences, assemblies and meetings of the Union, ITU-R Resolution 145.
91. ITU (2023), Report of the CPM on technical, operational matters to be considered by World Radiocommunication Conference 2023. ISBN: 978-92-61-37411-2.
92. ITU (2024), Outcomes of the World Radiocommunication Conference 2023.

93. ITU Constitution, Article 3, “Right and Obligations of Member States and Sector Members,” 頁 8-9.
94. ITU Gateway for WSIS, available from <https://www.itu.int/en/itu-wsis/Pages/default.aspx> (last visited 2025.10.01).
95. ITU Plan of Action (2003), available from <https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/poa.html>. (last visited 2025.10.01)
96. ITU (2015b) Handbook on National Spectrum Management. Geneva: ITU. <https://www.itu.int/pub/R-HDB-21>.
97. ITU-R (2015), Recommendation M.2083 : IMT Vision-Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond.
98. ITU-R (2017), Protection criteria related to the operation of data relay satellite systems, ITU-R SA.1155-2.
99. ITU-R (2023), Recommendation M.2160- Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.
100. ITU-R (2025), Characteristics of space research service systems in the frequency range 14.8-15.35 GHz, ITU-R SA.2141.
101. ITU-R (2025), Space research earth station and radio astronomy reference antenna radiation pattern for use in interference calculations, including coordination procedures, for frequencies less than 30 GHz, ITUR SA.509.
102. ITU-R P.1817-1 Propagation data required for the design of terrestrial free-space optical links
103. ITU-R P.452 (2023) , Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 100 MHz. ITU. <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.452/en>
104. ITU-R, “R23-WP5D: Technical preparation for compatibility studies between IMT systems and RAS in the 14.8–15.35 GHz band,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2023. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d>
105. ITU-R, “Recommendation F.1245-3: Mathematical model of average radiation pattern for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in coordination studies and interference assessment,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2012. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.1245>
106. ITU-R, “Recommendation F.1336-5: Reference radiation patterns for fixed wireless system antennas for use in coordination studies and interference assessment,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2019. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.1336>
107. ITU-R, “Recommendation F.758-7: System parameters and considerations for radio environment characteristics in radio system design,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. Available:

<https://www.itu.int/rec/R-REC-F.758>

108. ITU-R, “Recommendation F.758-7: System parameters and considerations in the development of propagation models for fixed wireless systems,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.758>
109. ITU-R, “Recommendation M.1849-3: Technical and operational characteristics of radar systems and criteria for sharing with IMT systems,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2022. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1849>
110. ITU-R, “Recommendation M.1849-3: Technical and operational characteristics of radar systems and criteria for sharing with IMT systems,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2022. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1849>
111. ITU-R, “Recommendation M.1851-1: Mathematical models for the calculation of interference into mobile systems from other services,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2012. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1851>
112. ITU-R, “Recommendation M.2292: Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications in the bands identified for IMT,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2016. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2292>
113. ITU-R, “Recommendation P.2108-1: Prediction of clutter loss,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2021. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2108>
114. ITU-R, “Recommendation P.619-4: Propagation data required for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth and satellites,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2015. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.619>
115. ITU-R, “Recommendation RA.1631: Spectrum usage and protection requirements for radio astronomy,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2003. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-RA.1631>
116. ITU-R, “Recommendation RA.769-2: Protection criteria used for radio astronomical measurements,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2003. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-RA.769>
117. ITU-R, “Recommendation S.1325: Technical and operational characteristics of earth stations tolerating interference in the fixed-satellite service,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 1997. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.1325>
118. ITU-R, “Recommendation S.1432: Methodology for the calculation of interference between space stations and terrestrial stations,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2000. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.1432>

- 119.ITU-R, “Recommendation S.465-6: Reference radiation pattern for earth stations operating in the fixed-satellite service,” ITU Radiocommunication Sector, Geneva, 2010. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-S.465>
- 120.ITU-R. (2000) M.1461: Procedures for assessing interference from radar systems. International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector. Retrieved from <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1461>
- 121.ITU-R. (2021). P.530-18: Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems. International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector. Retrieved from <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.530>
- 122.ITU-T Rec. Y.1720 Protection switching for MPLS networks
- 123.Japan (2025), Proposals on Sharing studies between the fixed service and IMT operating in the frequency band 14.8-15.35 GHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0736!!MSW-E.
- 124.Japan (2025), Proposals on sharing studies between the fixed service and imt operating in the frequency band 4 400-4 800 mhz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0734!!MSW-E.
- 125.Japan (2025), Proposed modification to working document on sharing between the fixed service and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz on WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0735!!MSW-E.
- 126.Japan (2025), Proposed modifications on working document regarding WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0320!!MSW-E.
- 127.Japan (2025), Sharing and compatibility studies between the incumbent MSS systems and the envisaged MSS systems for direct connectivity in the 2.5/2.6 GHz frequency bands, Document 4C R23-WP4C-C-0323!!MSW-E.
- 128.K. Kazaura, K. Omae, T. Suzuki, M. Matsumoto, E. Mutafungwa, T. O. Korhonen, T. Murakami, K. Takahashi, H. Matsumoto, K. Wakamori, and Y. Arimoto, "Enhancing performance of next generation FSO communication systems using soft computing based predictions," Optics express, vol. 14, no. 12, pp. 4958-4968, 2006.
- 129.KDB 987594 :
<https://apps.fcc.gov/oetcf/kdb/forms/FTSSearchResultPage.cfm?switch=P&id=277034>
- 130.KDDI, au Expands Coverage to Cover All of Japan with au Starlink Direct, a Direct to Cell Satellite Service, <https://s.moda.gov.tw/cXJTQCZXrwA8> (last visited : 2025/6/3)
- 131.Mexico (2025), Input for working document regarding WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0301!!MSW-E.
- 132.MSIT (2023), Spectrum Bands for 6G Successfully Identified at WRC-23, Paving the Way for a New Era of 6G,

<https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=953&searchOpt=ALL&searchTxt=> (last visited : 2025/5/29)

- 133.MSIT (2024) , 전파로 확장하는 디지털 변형 대한민국! 과기정통부, 「 제 4 차 전파진흥기본계획 」 발표, <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3185007&searchOpt=ALL&searchTxt=>
- 134.MSIT (2025) , 6G 표준 글로벌 경쟁 본격화, 한국서 닷 올려, https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=1ddeb6745a9443191f83150e915f067&convType=html&convLocale=ko_KR&contextPath=/SynapDocViewServer/。依照 3GPP 之 6G 標準化時程，預計 2024 年至 2026 年為 6G 技術標準與方法之評估階段、2027 年至 2029 年為 6G 技術驗證階段、2029 年至 2030 年為確定 6G 技術標準階段，目標於 2030 年實現 6G 商用化 (last visited : 2025/5/29)
- 135.MSIT(2024), 대한민국 스펙트럼 플랜('24~'27), 頁 14。
- 136.MSIT (2025) , 과기정통부, 6 세대 이동통신 국제표준 기반 「저궤도 위성통신 핵심기술」 확보본격추진 <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=307&mPid=208&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3185513>
- 137.NewDaily, '5G 와이파이' 6 GHz 대역, 16 년만에 '비면허 주파수'로 공급, <https://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2020/10/15/2020101500052.html> (last visited : 2025/5/29)
- 138.NGA (2025), Integrated Sensing and Communications Readiness Report, Phase I. https://nextgalliance.org/white_papers/integrated-sensing-and-communications-readiness-report-phase-i/ (last visit: 2025/10/16)
- 139.NGA (2023) , 6G Spectrum Consideration. https://nextgalliance.org/white_papers/6g-spectrum-considerations/ (last view: 2025/6/1)
- 140.NGA (2024) , Channel Measurements and Modeling for Joint/Integrated Communication and Sensing, as well as 7-24 GHz Communication. https://nextgalliance.org/white_papers/channel-measurements-and-modeling-for-joint-integrated-communication-and-sensing-as-well-as-7-24-ghz-communication/ (last view: 2025/6/1)
- 141.NGA (2024) , Next G Alliance Submits Key Insights on 6G Advancement to NTIA. <https://nextgalliance.org/> (2025/5/31)
- 142.NGA (2024) , Spectrum Needs for 6G. https://nextgalliance.org/white_papers/spectrum-needs-for-6g/ (last view: 2025/6/1)

- 143.NGA(2025), Forging the Future with Industry Verticals. <https://nextgalliance.org/forging-the-future-with-industry-verticals/> (last view: 2025/6/4)
- 144.NGA (2025) , Terminology for Frequency Ranges. https://nextgalliance.org/white_papers/terminology-for-frequency-ranges/ (last view: 2025/6/1)
- 145.NGMN (2021) , 6G Drivers and Vision, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN-6G-Drivers-and-Vision-V1.0_final_New.pdf
- 146.NGMN (2022) , 6G Use Cases and Analysis, <https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/220222-NGMN-6G-Use-Cases-and-Analysis-1.pdf>
- 147.NGMN (2023) , 6G Position Statement: An Operator View, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN_6G_Position_Statement.pdf
- 148.NGMN (2023) , 6G Requirements and Design Consideration , https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN_6G_Requirements_and_Design_Considerations.pdf
- 149.NGMN (2023) , 6G Trustworthiness Considerations, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN_6G_Trustworthiness.pdf
- 150.NGMN (2024) , ITU-R Framework for IMT-2030: Review and Future Direction, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/ITU-R_FRAMEWORK_FOR_IMT-2030.pdf
- 151.NGMN (2025) , 6G Key Messages-An Operator View, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/2506_NGMN_6G-Key-Messages_An-Operator-View_V1.0.pdf
- 152.NGMN (2025) , Network Architecture Evolution Towards 6G, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/250218_Network_Architecture_Evolution_towards_6G_V1.0.pdf
- 153.Nokia (2023) , Spectrum for 6G explained, <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/spectrum-for-6G-explained/>
- 154.Nokia (2025) , 6G system architecture: where innovation meets evolution for a more sustainable and connected world. <https://www.nokia.com/6g/6g-system-architecture-where-innovation-meets-evolution-for-a-more-sustainable-and-connected-world/> (last visited 2025.06.01)
- 155.NTIA (2024) , National Spectrum Strategy Implementation Plan. <https://www.ntia.gov/sites/default/files/publications/national-spectrum-strategy-implementation-plan.pdf>
- 156.OFCA (2024) , Spectrum Release Plan for 2024-2026, https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_144/spectrum_plan2024_

en.pdf

157. OFCA, AUCTION OF RADIO SPECTRUM IN THE 2.5/2.6 GHz BAND FOR THE PROVISION OF PUBLIC MOBILE SERVICES BIDDER NOTICE, https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/tc/content_1761/bidder_notice_20250905.pdf
158. OFCA, AUCTION OF RADIO SPECTRUM IN THE 2.5/2.6 GHz BAND FOR THE PROVISION OF PUBLIC MOBILE SERVICES INFORMATION MEMORANDUM, https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/tc/content_1761/2_5_2_6_ghz_band_auction_IM.pdf
159. OFCA, AUCTION OF RADIO SPECTRUM IN THE 2.5/2.6 GHz BAND FOR THE PROVISION OF PUBLIC MOBILE SERVICES QUALIFIED BIDDER NOTICE, https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/tc/content_1761/qualified_bidder_notice_20251003.pdf
160. OFCA, Spectrum Management,
https://www.ofca.gov.hk/en/industry_focus/radio_spectrum/management/index.html
161. Ofcom (2022), Enabling mmWave spectrum for new uses- Making the 26 GHz and 40 GHz bands available for mobile technology, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/237135-enabling-mmwave-spectrum-for-new-uses/may-2022-documents/mmwave-spectrum-condoc.pdf?v=327827>
162. Ofcom (2022), Enabling mmWave spectrum for new uses- Making the 26 GHz and 40 GHz bands available for mobile technology, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/237135-enabling-mmwave-spectrum-for-new-uses/may-2022-documents/mmwave-spectrum-condoc.pdf?v=327827>
163. Ofcom (2023), Statement and further consultation: Enabling mmWave spectrum for new uses, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/237135-enabling-mmwave-spectrum-for-new-uses/may-2023-documents/03-23-statement-and-consultation-mmwave2.pdf?v=329329>
164. Ofcom (2024), Mobile and Wi-Fi in Upper 6 GHz, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/263766-hybrid-sharing-enabling-both-licensed-mobile-and-wi-fi-users-to-access-the-upper-6-ghz-band/associated-documents/mobile-and-wi-fi-in-upper-6-ghz.pdf?v=357119>
165. Ofcom (2025), Award of licences in the 25.1-27.5 and 40.5-43.5 GHz bands Information Memorandum, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/237135-enabling-mmwave-spectrum-for-new-uses/associated-documents/nov-204-updates/mmwave-information-memorandum-v3.0->

002.pdf?v=402790

166. Ofcom (2025), Award of the mmWave (26 GHz and 40 GHz) spectrum bands, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/237135-enabling-mmwave-spectrum-for-new-uses/associated-documents/oct-25-updates/regulation-120-results-of-the-mmwave-auction.pdf?v=406750>
167. Ofcom (2025), Consultation: Expanding access to the 6 GHz band for commercial mobile and Wi-Fi services, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/consultation-expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-commercial-mobile-and-wi-fi-services> (last visited at 2025.10.13).
168. Ofcom (2025), Expanding access to the 6 GHz band for mobile and Wi-Fi services, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/consultation-expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-commercial-mobile-and-wi-fi-services/main-document/expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-mobile-and-wi-fi-services.pdf?v=391052>
169. Ofcom (2025), mmWave Auction, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-awards/award-of-26-ghz-and-40-ghz-mmwave-spectrum-by-auction> (last visited at 2025.10.14).
170. Ofcom (2025), Ofcom's Plan of Work 2025/26, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/consultation-ofcoms-plan-of-work-202526/main-document/statement-ofcoms-plan-of-work-2025-26.pdf?v=393600>.
171. Ofcom(2024), Call for Input : Improving mobile connectivity from the sky and space, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space/main-documents/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space.pdf?v=370909>
172. Ofcom(2024), Statement : Improving mobile connectivity from the sky and space--summary of responses and next steps, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-2-6-weeks/call-for-input-improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space/main-documents/improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space--summary-of-responses-and-next-steps.pdf?v=385776>
173. Ofcom(2025), Award of 1492-1517 MHz spectrum for mobile services- Consultation on Ofcom's proposals, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/269383-call-for-input-making-more-spectrum-in-the-1.4-ghz-band-available-for-mobile-services/associated-documents/consultation-award-of-1492-1517-mhz-spectrum-for-mobile-services.pdf?v=390906>
174. Ofcom(2025), Award of 1492-1517 MHz spectrum for mobile services-

Consultation on Ofcom's proposed competition assessment, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/269383-call-for-input-making-more-spectrum-in-the-1.4-ghz-band-available-for-mobile-services/associated-documents/consultation-award-of-1492-1517-mhz-spectrum-for-mobile-services---competition-assessment.pdf?v=400373>

175. Ofcom(2025), Consultation: Expanding access to the 6 GHz band for commercial mobile and Wi-Fi services, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/consultation-expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-commercial-mobile-and-wi-fi-services> (last visited 114.10.09).
176. Ofcom(2025), Consultation: Expanding access to the 6 GHz band for commercial mobile and Wi-Fi services, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/consultation-expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-commercial-mobile-and-wi-fi-services> (last visited 114.10.09).
177. Ofcom(2025), Consultation: Expanding spectrum access for satellite gateways, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/expanding-spectrum-access-for-satellite-gateways> (last visited 114.10.09).
178. Ofcom(2025), Consultation: Future authorisation of the 1900–1920 MHz band, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/frequencies/future-authorisation-of-the-19001920-mhz-band> (last visited 114.10.09).
179. Ofcom(2025), Consultation: Proposals for revising and improving our NGSO licensing process, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/consultation-proposals-for-revising-and-improving-our-ngso-licensing-process> (last visited 114.10.09).
180. Ofcom(2025), Consultation: Updates to Procedures for the management of satellite filings, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/updates-to-procedures-for-the-management-of-satellite-filings> (last visited 114.10.09).
181. Ofcom(2025), Enabling Satellite Direct to Device services in Mobile spectrum bands, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands/main-documents/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands.pdf?v=404525>
182. Ofcom(2025), Enabling Satellite Direct to Device services in Mobile spectrum bands, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands/main-documents/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands.pdf?v=393278>
183. Ofcom(2025), Enabling Satellite Direct to Device services in Mobile spectrum bands-Statement and further consultation, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands-main-documents/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands-statement-and-further-consultation.pdf?v=404525>

y-1-10-weeks/consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands/main-documents/statement-and-further-consultation-enabling-satellite-direct-to-device-services-in-mobile-spectrum-bands.pdf?v=402573

- 184.Ofcom(2025), mmWave Auction, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-awards/award-of-26-ghz-and-40-ghz-mmwave-spectrum-by-auction> (last visited at 2025.10.09).
- 185.Ofcom (2025) , Ofcom's Three-Year Plan 2025-2028, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/about-ofcom/how-ofcom-is-run/annual-reports/ofcoms-3-year-plan/three--year-plan-2025-2028.pdf?v=393493>
- 186.Ofcom(2025), Review of Annual Licence Fees-Decision to revise Annual Licence Fees for 900, 1800 and 2100 MHz spectrum, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/consultation-review-of-annual-licence-fees/main-documents/statement-review-of-annual-licence-fees.pdf?v=403704> (last visited 114.07.18).
- 187.Ofcom(2025), Shared Access Licence Guidance document, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/consultation-supporting-increased-use-of-shared-spectrum/associated-documents/shared-access-licence-guidance-document-2024.pdf?v=388817>
- 188.Ofcom(2025), Consultation: Updating fees for Satellite Gateways, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/space-and-satellites/updating-fees-for-satellite-gateways> (last visited 114.10.09).
- 189.Qualcomm Inc.(2025), Sharing and compatibility of the MSS (earth-to-space) GSO systems operating in the frequency band 7 900-8 025 MHz and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz (or parts thereof), Document 5D R23-WP5D-C-0778!!MSW-E.
- 190.R. A. Rohde, "Solar Spectrum," Wikipedia, Wikimedia Foundation, Aug. 25, 2007
- 191.Radio Regulation (2024), NO. 5.388.
- 192.Radio Regulation (2024), No. 5.432A , No. 5.432B , No. 5.433A .
- 193.Radio Regulation (2024), No. 5.480A.
- 194.Regulation (EU) 2021/695 of the European Parliament and of the Council of 28 April 2021 establishing Horizon Europe-the Framework Programme for Research and Innovation, laying down its rules for participation and dissemination, and repealing Regulations (EU) No 1290/2013 and (EU) No 1291/2013, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0695&qid=1686987058047> .
- 195.Republic of Korea (2025), Sharing and compatibility study between imt in 4 400-

- 4 800 MHz band and radio altimeter in 4 200-4 400 MHz band, Document 5D R23-WP5D-C-0663!!MSW-E.
196. Resolution 121 (WRC-23) (2023), Use of the frequency band 12.75–13.25 GHz by earth stations in motion. ITU.
197. RSPG (2025), 6G Strategic vision- RSPG Report, https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/89457260-ab6b-495a-9a10-437711cbe831_en?filename=RSPG25-006final-RSPG_Report_on_6G_strategic_vision.pdf
198. RSPG (2025), 6G Strategic vision- RSPG Report, https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/89457260-ab6b-495a-9a10-437711cbe831_en?filename=RSPG25-006final-RSPG_Report_on_6G_strategic_vision.pdf
199. RSPG (2025), Draft Opinion on Long-term vision for the upper 6 GHz band, https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/1436dce2-8160-470e-9db0-0b70ec9e7a74_en?filename=RSPG25-018final-Draft-RSPG_Opinion_Upper_6GHz.pdf
200. Russian Federation (2025), Sharing studies between fixed-satellite service in frequency band 4 500-4 800 MHz and IMT operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0648!!MSW-E.
201. Russian Federation (2025), Sharing studies between space research service in frequency band 14.5-15.35 GHz and IMT operating in the frequency band 14.8-15.35 GHz, Document 5D R23-WP5D-C-0647!!MSW-E.
202. Russian Federation (2025), Technical and operational characteristics of mobile satellite system in the frequency band 1 980-2 010 MHz for sharing and compatibility studies on WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0308!!MSW-E.
203. Russian Federation (2025), Technical and operational characteristics of mobile satellite system in the frequency bands 1 980-2 010 MHz and 2 170-2 200 MHz for sharing and compatibility studies on WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-C-0310!!MSW-E.
204. S. Nagpal and A. Gupta, “Comparative analysis of Free Space Optical Communication System for various optical transmission windows under adverse weather conditions,” *Procedia Computer Science*, vol. 89, pp. 99–106, 2016
205. Samsung Research (2024), Upper Mid-Band Spectrum for 6G: Opportunities and Key Enablers, <https://research.samsung.com/blog/Upper-Mid-Band-Spectrum-for-6G-Opportunities-and-Key-Enablers>
206. Saudi Arabia (2025), PART 1: Sharing between the fixed service and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0612!!MSW-E.
207. SNS JU(2025), SNS JU CALLS for Proposals 2025, <https://smart->

networks.europa.eu/current-call-for-proposals/ (last visited 114.06.06).

- 208.South Africa (2025), Characteristics and protection criteria of the existing studio transmitter links (uni-directional point-to-point) for sharing and compatibility studies under agenda item 1.12 and 1.14 in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0344!!MSW-E.
- 209.South Africa (2025), Characteristics and protection criteria of the existing studio transmitter links (uni-directional point-to-point) for sharing and compatibility studies under agenda item 1.12 and 1.14 in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0344!!MSW-E.
- 210.Space Compass, Space Compass and NTT DOCOMO Successfully Demonstrate Data Connectivity to 4G Devices via HAPS at 20 km Above Kenya, <https://space-compass.com/en/news/000074.html> (last visited : 2025/6/3)
- 211.Tech Review Africa, “Eswatini Communications Commission wins WSIS 2025 champion award,” available from <https://techreviewafrica.com/news/2486/eswatini-communications-commission-wins-wsis-2025-champion-award#0>. (last visited 2025.10.01)
- 212.Telefon AB-LM Ericsson (2025), Preliminary coExistence Study of IMT operating between 4 400-4 800 MHz and AM(R)S in the band 4 200-4 400 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0644!!MSW-E.
- 213.Telefon AB-LM Ericsson (2025), Sharing study between IMT and EESS in the DL (space-to-earth) in the frequency band 7 125-8 400 MHz (or parts thereof), Document 5D R23-WP5D-C-0683!!MSW-E.
- 214.Telefon AB-LM Ericsson (2025), WRC-2027 agenda item 1.7 coexistence study between IMT and FSS/MSS in the UL (earth-to-space) for the 7 125-8 400 MHz band (or parts thereof), Document 5D R23-WP5D-C-0645!!MSW-E.
- 215.The 2030 Agenda for Sustainable Development, available from <https://sdgs.un.org/goals> . (last visited 2025.10.01)
- 216.The Twelve-Factors APP(2017) , <https://12factor.net/>(last visited 2025.06.09).
- 217.Tonga (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0338!!MSW-E.
- 218.UN (2001), World Summit on the Information Society : resolution / adopted by the General Assembly, Resolution A/RES/56/183.
- 219.UN (2005), Tunis Agenda for the Information Society, available from <https://digitallibrary.un.org/record/565827?v=pdf>. (last visited 2025.10.01)
- 220.UN (2016), Outcome document of the high-level meeting of the General Assembly on the overall review of the implementation of the outcomes of the World Summit on the Information Society, Resolution A/70/125.
- 221.United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (2025), Characteristics and protection criteria of the existing SAP/SAB wireless video links for sharing and compatibility studies under agenda item 1.13 in preparation for WRC-27,

Document 4C R23-WP4C-C-0273!!MSW-E.

222. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (2025), Characteristics and protection criteria of the existing SAP/SAB wireless video links for sharing and compatibility studies under agenda item 1.13 in preparation for WRC-27, Document 4C R23-WP4C-C-0273!!MSW-E.
223. United States of America (2025), Compatibility of the aeronautical radionavigation service (RR No. 5.438) Operating in the frequency band 4 200-4 400 MHz and IMT Operating in the frequency band 4 400-4 800 MHz, Document 5D R23-WP5D-C-0766!!MSW-E.
224. United States of America (2025), Sharing and compatibility of the FSS/MSS (earth-to-space) operating in the frequency band 7 900-8 400 MHz and IMT operating in the frequency band 7 125-8 400 MHz (or parts thereof), Document 5D R23-WP5D-C-0763!!MSW-E.
225. United States of America (2025), Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and imt systems in the frequency band 14.8-15.35 GHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0767!!MSW-E.
226. United States of America (2025), Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under wrc-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0762!!MSW-E.
227. United States of America (2025), Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0762!!MSW-E.
228. United States of America (2025), Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0765!!MSW-E.
229. United States of America (2025), Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and imt systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-C-0765!!MSW-E.
230. United States of America (2025), Sharing between fixed systems and IMT systems operating in the frequency band 14.8-15.35 GHz, Document 5D R23-WP5D-C-0768!!MSW-E.
231. United States of America (2025), Sharing between the aeronautical mobile service and IMT operating in the frequency band 14.8-15.35 GHz, Document 5D R23-WP5D-C-0769!!MSW-E.
232. United States of America (2025), Sharing between the fixed service and IMT operating

233. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0246!!MSW-E.
234. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0263!!MSW-E.
235. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0263!!MSW-E.
236. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to wrc-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0263!!MSW-E.
237. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0263!!MSW-E.
238. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-C-0264!!MSW-E.
239. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies of possible new allocations to the low-data-rate non-GSO MSS on WRC-27 agenda item 1.12, Document 4C R23-WP4C-C-0258!!MSW-E.
240. United States of America (2025), Working document on sharing and compatibility studies of possible new allocations to the mss on WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-C-0257!!MSW-E.
241. Viasat (2025), Your response, <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/consultation-expanding-access-to-the-6-ghz-band-for-commercial-mobile-and-wi-fi-services/responses/viasat.pdf?v=397082>
242. World Meteorological Organization (2025), Preliminary position on WRC-27 agenda, Document 4C R23-WP4C-C-0243!!MSW-E.
243. World Meteorological Organization (2025), Preliminary position on WRC-27 agenda, Document 4C R23-WP4C-C-0243!!MSW-E.
244. World Meteorological Organization (WMO). Manual on Codes (WMO-No. 306), Volume I.1-International Codes, Part A-Alphanumeric Codes. Geneva, 2019.
245. WP4C (2024), Working document on sharing and compatibility studies in relation to WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-241010-TD-0058!!MSW-E.
246. WP4C (2024), Working document on sharing and compatibility studies of possible new allocations to the MSS on WRC-27 agenda item 1.14, Document

4C R23-WP4C-241010-TD-0055!!MSW-E.

- 247.WP4C (2024), Working document regarding WRC-27 agenda item 1.12- Studies on low-data-rate non-GSO mobile-satellite systems in the mobile-satellite service, Document 4C R23-WP4C-241010-TD-0050!!MSW-E.
- 248.WP4C (2024), Working Party 5D : Reply liaison statement to Working Party 4C- WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-C-0200!!MSW-E
- 249.WP4C (2024), Working Party 7B : Reply liaison statement to Working Party 4C on WRC-27 agenda items 1.12, 1.13, 1.14 and 1.15, Document 4C R23-WP4C-C-0196!!MSW-E.
- 250.WP4C (2025), Report of the thirty-second meeting of Working Party 4C, Document 4C R23-WP4C-C-0204!!MSW-E.
- 251.WP4C (2025), Working document on sharing and compatibility studies of possible new allocations to the MSS on WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0094!!MSW-E.
- 252.WP4C (2025), Working document on sharing and compatibility studies of possible new allocations to the MSS on WRC-27 agenda item 1.14, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0094!!MSW-E.
- 253.WP4C (2025), Working document on sharing and compatibility studies under WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0098!!MSW-E.
- 254.WP4C (2025), Working document on sharing and compatibility studies under WRC-27 agenda item 1.13, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0098!!MSW-E.
- 255.WP4C (2025), Working document regarding WRC-27 agenda item 1.12 : Studies on low-data-rate non-GSO mobile-satellite systems in the mobile-satellite service, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0093!!MSW-E.
- 256.WP4C (2025), Working document regarding WRC-27 agenda item 1.12 : Studies on low-data-rate non-GSO mobile-satellite systems in the mobile-satellite service, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0093!!MSW-E.
- 257.WP4C (2025), Working document regarding WRC-27 agenda item 1.12 : Studies on low-data-rate non-GSO mobile-satellite systems in the mobile-satellite service, Document 4C R23-WP4C-250423-TD-0093!!MSW-E.
- 258.WP5D (2025), SWG agenda item 1.7 : ANNEX 3-Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 14.8-15.35 GHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-250204-TD-0240!!MSW-E.
- 259.WP5D (2025), SWG agenda item 1.7: Annex 1- Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and imt systems in the frequency band 4 400-4 800 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-250204-TD-0233!!MSW-E.

- 260.WP5D (2025), SWG agenda item 1.7:- ANNEX 2-Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and imt systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-250204-TD-0234!!MSW-E.
- 261.WP5D (2025), SWG WRC-27 agenda item 1.7 : ANNEX 2-Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under wrc-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-250624-TD-0333!!MSW-E.
- 262.WP5D (2025), SWG WRC-27 agenda item 1.7 : ANNEX 2-Sharing and compatibility studies between services to which the band is currently allocated and IMT systems in the frequency band 7 125-8 400 MHz under WRC-27 agenda item 1.7, Document 5D R23-WP5D-250624-TD-0336!R1!MSW-E.
- 263.WRC-07 (2007), Resolution 416- Use of the bands 4 400-4 940 MHz and 5 925-6 700 MHz by an aeronautical mobile telemetry application in the mobile service.
- 264.WRC-23 (2023), Resolution 129- Studies on possible revisions of sharing conditions in the frequency band 13.75-14 GHz to allow the use of uplink fixed-satellite service earth stations with smaller antenna sizes.
- 265.WRC-23 (2023), Resolution 130- Studies relating to the use of the frequency band 51.4-52.4 GHz to enable its use by gateway earth stations transmitting to non-geostationary-satellite orbit systems in the fixed-satellite service (Earth-to-space).
- 266.WRC-23 (2023), Resolution 131- Consideration of technical and regulatory measures for fixed-satellite service satellite networks/systems in the frequency bands 37.5-42.5 GHz (space-to-Earth), 42.5-43.5 GHz (Earth-to-space), 47.2-50.2 GHz (Earth-to-space) and 50.4-51.4 GHz (Earth-to-space) for equitable access to these frequency bands.
- 267.WRC-23 (2023), Resolution 14- Studies on development of regulatory measures, and implementability thereof, to limit the unauthorized operations of non-geostationary-satellite orbit (non-GSO) earth stations in the fixed-satellite service (FSS) and mobile-satellite service (MSS) and associated issues related to the service area of non-GSO FSS and MSS satellite systems.
- 268.WRC-23 (2023), Resolution 176- Studies on the use of the frequency bands 47.2-50.2 GHz (Earth-to-space) and 50.4-51.4 GHz (Earth-to-space), or parts thereof, by aeronautical and maritime earth stations in motion in the fixed-satellite service.
- 269.WRC-23 (2023), Resolution 212- Implementation of International Mobile Telecommunications in the frequency bands 1 885-2 025 MHz and 2 110-2 200 MH.
- 270.WRC-23 (2023), Resolution 213- Use of high-altitude platform stations as International Mobile Telecommunications base stations in the frequency band 694-960 MHz, or portions thereof.
- 271.WRC-23 (2023), Resolution 219- Terrestrial component of International Mobile Telecommunications in the frequency band 10-10.5 GHz in Region 2.

- 272.WRC-23 (2023), Resolution 220- Terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) within the frequency band 6 425-7 125 MHz.
- 273.WRC-23 (2023), Resolution 221- Use of high-altitude platform stations as International Mobile Telecommunications base stations in the frequency bands 1 710-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz and 2 110-2 170 MHz.
- 274.WRC-23 (2023), Resolution 223- Additional frequency bands identified for International Mobile Telecommunications.
- 275.WRC-23 (2023), Resolution 223- Additional frequency bands identified for International Mobile Telecommunications.
- 276.WRC-23 (2023), Resolution 224- Frequency bands for the terrestrial component of International Mobile Telecommunications below 1 GHz.
- 277.WRC-23 (2023), Resolution 249- space-to-space transmissions in the frequency bands 1 518-1 544 MHz, 1 545-1 559 MHz, 1 610-1 645.5 MHz, 1 646.5-1 660 MHz, 1 670-1 675 MHz and 2 483.5-2 500 MHz.
- 278.WRC-23 (2023), Resolution 252- Studies on potential new allocations to, and regulatory actions for, the mobile-satellite service in the frequency bands 1 427-1 432 MHz (space-to-Earth), 1 645.5-1 646.5 MHz (space-to-Earth) (Earth-to-space), 1 880-1 920 MHz (space-to-Earth) (Earth-to-space) and 2 010-2 025 MHz (space-to-Earth) (Earth-to-space) required for the future development of low-data-rate non-geostationary mobile-satellite systems.
- 279.WRC-23 (2023), Resolution 253- space-to-space transmissions in the frequency bands 1 518-1 544 MHz, 1 545-1 559 MHz, 1 610-1 645.5 MHz, 1 646.5-1 660 MHz, 1 670-1 675 MHz and 2 483.5-2 500 MHz.
- 280.WRC-23 (2023), Resolution 254- Studies on possible new frequency allocations to the mobile-satellite service in the frequency bands 2 010-2 025 MHz (Earth-to-space) and 2 160-2 170 MHz (space-to-Earth) in Regions 1 and 3 and 2 120-2 160 MHz (space-to-Earth) in all Regions.
- 281.WRC-23 (2023), Resolution 256- Sharing and compatibility studies and development of technical conditions for the use of International Mobile Telecommunications (IMT) in the frequency bands 4 400-4 800 MHz, 7 125-8 400 MHz (or parts thereof), and 14.8-15.35 GHz for the terrestrial component of IMT.
- 282.WRC-23 (2023), Resolution 35- A milestone-based approach for the implementation of frequency assignments to space stations in a non-geostationary-satellite system in specific frequency bands and services.
- 283.WRC-23 (2023), Resolution 411- Consideration of appropriate regulatory actions to update Appendix 26 in support of modernization of high-frequency spectrum use in the aeronautical mobile (OR) service.
- 284.WRC-23 (2023), Resolution 663- Studies on possible new additional allocations to the radiolocation service on a primary basis in the frequency range 231.5-275 GHz, and possible new identifications for radiolocation service applications in

frequency bands within the frequency range 275-700 GHz.

- 285.WRC-23 (2023), Resolution 674- Studies on possible allocations to the Earth exploration-satellite service (passive) in the bands 4 200-4 400 MHz and 8 400-8 500 MHz.
- 286.WRC-23 (2023), Resolution 680- Studies on frequency-related matters, including possible new or modified space research service (space-to-space) allocations, for future development of communications on the lunar surface and between lunar orbit and the lunar surface.
- 287.WRC-23 (2023), Resolution 681- Studies of technical and regulatory provisions necessary to protect radio astronomy operating in specific Radio Quiet Zones and, in radio astronomy service primary allocated frequency bands globally, from aggregate radio-frequency interference caused by systems in the non-geostationary-satellite orbit.
- 288.WRC-23 (2023), Resolution 682- Consideration of regulatory provisions and potential primary allocations to the meteorological aids service (space weather) to accommodate receive-only space weather sensor applications in the Radio Regulations.
- 289.WRC-23 (2023), Resolution 712- Studies on compatibility between the Earth exploration-satellite service (passive), the radio astronomy service in certain bands above 76 GHz, and active services in adjacent and nearby frequency bands.
- 290.WRC-23 (2023), Resolution 736- Possible new primary allocation to the fixed-satellite service (space-to-Earth) in the frequency band 17.3-17.7 GHz and possible new primary allocation to the broadcasting-satellite service (space-to-Earth) in the frequency band 17.3-17.8 GHz in Region 3, and consideration of equivalent power flux-density limits to be applied in Regions 1 and 3 to non-geostationary-satellite systems in the fixed-satellite service (space-to-Earth) in the frequency band 17.3-17.7 GHz.
- 291.WRC-23 (2023), Resolution 775- Power flux-density and equivalent isotropically radiated power limits for inclusion in Article 21 for the fixed-satellite, mobile-satellite and broadcasting-satellite services to protect the fixed and mobile services in the frequency bands 71-76 GHz and 81-86 GHz.
- 292.WSIS Prizes Home, available from <https://www.itu.int/net4/wsis/stocktaking/Prizes/2025>. (last visited 2025.10.01)
- 293.WSIS Winning Projects, available from <https://www.itu.int/net4/wsis/stocktaking/Prizes/2025/Winners?jts=0XR0IW#st art> . (last visited 2025.10.01)
- 294.Xu, Gary, et al. (2024.8.12) "Upper Mid-Band Spectrum for 6G: Opportunities and Key Enablers." Samsung Research, <https://research.samsung.com/blog/Upper-Mid-Band-Spectrum-for-6G-Opportunities-and-Key-Enablers>.

二、其他文獻

1. +Digital, 貴重な「4.9GHz 帯」の獲得に名乗りを上げたのがソフトバンクだけだった理由, <https://news.mynavi.jp/article/mobiletopics-143/?utm> (最後瀏覽日: 2025/9/26)
2. 中國人民共和國中央人民政府, 政府工作報告, https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202503/content_7013163.htm (最後瀏覽日: 2025/4/8)。
3. 中國科技網, 亞冬會用上了 5G 毫米波, https://www.stdaily.com/web/gdxw/2025-02/14/content_296939.html (最後瀏覽日: 2025/4/14)。
4. 中華人民共和國工業和資訊化部, 工業和資訊化部等三部門關於促進環保裝備製造業高品質發展的若干意見, https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/yj/art/2025/art_e639a3d7eccf48e2bcd ef48cb1632813.html (最後瀏覽日: 2025/4/9)。
5. 北京未來行動通信論壇, 起飛! 這個 6G 概念驗證試飛場啟用, <https://www.g6gconference.com/index/Details/index.html?id=998> (最後瀏覽日: 2025/4/10)。
6. 有關中國歷年所發布之 6G 白皮書, 詳見 IMT-2030 (6G) 推進組官方網站之 成 果 發 布 專 區 , <https://www.imt2030.org.cn/html/default/zhongwen/chengguofabu/index.html?index=2> (最後瀏覽日: 2025/4/8)。
7. 香港 01, 中國在 6G 通信領域取得新突破, 成功研製超寬頻整合式光電系統 架 構 , <https://www.hk01.com/%E5%8D%B3%E6%99%82%E4%B8%AD%E5%9C%8B/60271562/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%9C%A86g%E9%80%9A%E8%A8%8A%E9%A0%98%E5%9F%9F%E5%8F%96%E5%BE%97%E6%96%B0%E7%AA%81%E7%A0%B4-%E6%88%90%E5%8A%9F%E7%A0%94%E8%A3%BD%E8%B6%85%E5%AF%AC%E5%B8%B6%E5%85%89%E9%9B%BB%E8%9E%8D%E5%90%88%E9%9B%86%E6%88%90%E7%B3%BB%E7%B5%B1> (最後瀏覽日: 2025/9/30)
8. 香港特別行政區政府 (2025) , 新聞公報 , <https://www.info.gov.hk/gia/general/202505/08/P2025050800336.htm>
9. 株式会社 NTT ドコモ、KDD I 株式会社/沖繩セルラー電話株式会社、ソフトバンク株式會社、樂天モバイル株式會社、Sharing Design 株式會社、ソニーワイヤレスコミュニケーションズ株式會社、阪神電氣鐵道株式會社、一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟及び A 社(由於該公司名稱不願透露, 因此稱為 A 社)。
10. 新浪財經, 中國電信海南公司 5G-A 整合感測與通信基地臺首秀博覽, <https://finance.sina.com.cn/stock/relnews/cn/2025-03-26/doc->

ineqyzva5788341.shtml (最後瀏覽日：2025/4/14)。

11. 經濟參考報，針對 6G 突破，中國電信完成 3.5GHz 可重構智慧表面鄉村網路
驗 證 ，
<http://jjckb.xinhuanet.com/20250331/2fb86c90ba6d4172b1b6550f5969949f/c.html>
ml (最後瀏覽日：2025/4/14)。
12. 鉅亨網新聞中心，中國成功研製全球首顆全頻段 6G 晶片！引領通信技術
新突破，<https://news.cnyes.com/news/id/6133726> (最後瀏覽日：2025/9/30)
13. 電波法の一部改正（令和 7 年 4 月 25 日法律第 27 号〔第 1 条〕公布の日
か ら 施 行 ） ， https://www.sn-hoki.co.jp/article/pickup_hourei/pickup_hourei4116572/?srsltid=AfmBOooVLErsqQ2Tlavq30maTQQc_v_de-OD-gGTIEqWQDQE0QabV4pD&utm (最後
瀏覽日：2025/10/01)
14. 総務省，周波数再編アクションプラン（令和 7 年度版）の公表草案，
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000557.html (最
後瀏覽日：2025/9/26)
15. 総務省，26GHz 帯及び 40GHz 帯における第 5 世代行動通信システムの利
用に関する調査の実施，https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000698.html (最後瀏覽日：2025/10/01)。意見徴詢期
間則為 2025 年 5 月 19 日至 6 月 18 日。
16. 総務省，26GHz 帯及び 40GHz 帯における第 5 世代行動通信システムの利
用に関する調査の結果の公表，https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000716.html (最後瀏覽日：2025/10/01)
17. 総務省，電波法，https://laws.e-gov.go.jp/law/325AC0000000131/#Mp-Ch_2-Se_1-At_27_20_2 (最後瀏覽日：2025/10/01)

中英文名詞對照（依縮寫字首排序）

縮寫	原文	中文
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作夥伴計畫
ACAS	Traffic Collision Avoidance System	空中防撞系統
ACP	APT Common Proposals	APT 共同建議書
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	廣播式自動相關監視
AFC	Automated Frequency Coordination	自動頻率協調機制
AI/ML	Artificial Intelligence/Machine Learning	人工智慧/機器學習
AMS	Aeronautical Mobile Service	航空行動用途
AOA	Angle of Arrival	到達角
AOD	Angle of Departure	離開角
APT	Asia-Pacific Telemmunity	亞太地區電信組織
ARNS	Aeronautical Radionavigation Service	航空無線電導航用途
ASI	Asynchronous Serial Interface	非同步串流介面
BR	Radiocommunication Bureau	無線電事務局
BSS	Broadcasting Satellite Service	廣播衛星系統
CBP	contention-based protocol	競爭式協定
CBRS	Citizens Broadband Radio Service	公民寬頻無線電用途
CC	Continuity Counter	連續性計數器
CDF	Cumulative Distribution Function	分布函數
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications	歐洲郵政和電信管理局
CSP	Content Security Policy	內容安全政策
D2D	Direct-to-Device	衛星直連通信裝置
DDOS	Distributed Denial of Service	分散式阻斷服務
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications	數位增強無線通信
D-MIMO	Distributed Multiple Input Multiple Output	散式天線技術
DRS	Data Relay Satellite	資料中繼衛星系統
DSS	Dynamic Spectrum Sharing	動態頻譜共享
EDFA	Erbium Doped Fiber Amplifier	摻鉕光纖低雜訊高增益放大器
EESS	Earth Exploration Satellite Service	衛星地球探測用途

縮寫	原文	中文
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power	等效全向輻射功率
eMBB	enhanced mobile broadband	增強型行動寬頻
ES	Earth Station	地球電臺
ESIM	Earth Station in Motion	移動式地球電臺
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	歐洲技術標準協會
FCC	Federal Communications Commission	聯邦通信委員會
FSO	free space optical	自由光通信
FSS	Fixed Satellite Service	衛星固定用途
FWA	5G fixed wireless access	5G 固定無線接取
GSA	Global mobile Suppliers Association	全球行動供應商協會
GSMA	Groupe Speciale Mobile Association	全球行動通信系統協會
GSO	Geostationary Satellite Orbit	同步軌道衛星
HAPS	High Altitude Platform Station	高空通信平臺
HIBS	High-altitude platform stations as IMT Base Stations	高空行動通信平臺
I/N	Interference-to-Noise	干擾雜訊
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民用航空組織
IGF	Internet Governance Forum	網路治理論壇
IMT	International Mobile Telecommunications	國際行動通信
IoT	Internet of Thing	物聯網
ISAC	Integrated Sensing and Communication	整合感測與通信
ITS	Intelligent Transportation System	智慧運輸系統
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯合會
ITU-R	ITU Radio Sector	無線電通信部門
JCAS	Joint communications and sensing	聯合通信與感測
KPI	Key Performance Indicator	關鍵效能指標
LACP	Link Aggregation Control Protocol	鏈路聚合控制協定
LAG	Link Aggregation Group	鏈路聚合
LAN	Local Area Network	無線區域網路
LDR	Low Data Rate	低傳輸速率
LEO	Low Earth Orbit	低軌道衛星
LMS	Land Mobile Service	地面行動用途
LOS	Line-of-Sight	視距

縮寫	原文	中文
LSP	Label Switched Path	標號交換路徑
MEO	Medium Earth orbit	中軌道
MFA	Multi-Factor Authentication	多因素認證
MIMO	Multiple-Input Single-Output	多輸入多輸出
MIP	Modulation Information Packet	調變資訊封包
MMS	Maritime Mobile Service	海事行動用途
mmWAVE	millimetre Waves	毫米波
MNOs	Mobile Network Operator	行動網路經營者
MOR	Meteorological Optical Range	氣象光學距離
MSE	Mean Squared Error	均方誤差
MSIT	Ministry of Science and ICT	韓國科學技術資通信部
MSS	Mobile Satellite Service	衛星行動用途
NCC	National Communications Commission	國家通信傳播委員會
NGMN Alliance	Next Generation Mobile Networks Alliance	次世代行動網路聯盟
NGSO	Non-Geostationary Satellite Orbit	非同步軌道衛星
NLCD	National Land Cover Database	國家土地涵蓋資料庫
NLOS	Non-Line-of-Sight	非視距
NPNs	Non-Public Networks	非公眾網路
NSA	Non-Standalone	非獨立組網
NTIA	National Telecommunications and Information Administration	國家電信與資訊管理局
NTN	Non-Terrestrial Networks	非地面網路
OAM	Operations, Administration, and Maintenance	維運管理機制
OFCA	Office of the Communications Authority	香港通信事務管理局
Ofcom	Office of Communications	英國通信管理局
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	類同步數位階層
PFD	Power Flux Density	功率密度
PMN	Private Mobile Networks	專網
PPDR	Public Protection and Disaster Relief	公共安全與救難應變
PSD	Power Spectral Density	功率頻譜密度
PTN	Packet Transport Network	分封傳輸網
RA	Radio Altimeter	無線電高度計

縮寫	原文	中文
RAN	Radio Access Network	無線電接取網路
RBAC	Role-Based Access Control	角色的存取控制
RDSS	Radiodetermination Satellite Service	無線電測定衛星用途
RedCap	Reduced Capability	輕量化裝置
RIS	Reflective Intelligent Surfaces	可重構智慧表面
RLS	Radio Location Service	無線電定位用途
RLS	Radio Location Service	無線電定位用途
RMR	Railway Mobile Radio	鐵路行動通信系統
RNSS	Radio Navigation Satellite Service	無線電導航衛星用途
RPAF	Radio Performance Assessment Framework	無線電效能評估框架
RQZ	Radio Quiet Zones	無線電天文寧靜區
RR	Radio Regulations	國際無線電規則
RSPG	The Radio Spectrum Policy Group	歐盟無線電頻率政策小組
SA	Standalone	獨立組網
SAB	Services Ancillary to Broadcasting	廣播輔助用途
SAP	Services Ancillary to Programme making	節目製作輔助
SCED	Secretary for Commerce and Economic Development	商務及經濟發展局
SDGs	Sustainable Development Goals	永續發展目標
SFN	Single Frequency	單頻網
SG	Study Groups	研究群組
SISO	Single-Input Single-Output	單輸入單輸出
SLA	Service Level Agreement	用途品質協議
SMRA	Simultaneous Multiple Round Ascending	多輪同步遞增競價
SNR	Signal-to-Noise Ratio	訊號雜訊比
SOS	Space Operation Service	太空運行用途
SPS	Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard	全球定位系統標準定位 用途效能標準
SRDs	Short-range Devices	短距離設備
SRS	Space Research Service	太空研究用途
SSO	Single Sign-On	單點登入
SST	Sea Surface Temperature	海面溫度

縮寫	原文	中文
SUF	Spectrum Utilization Fees	頻譜使用費
TCP	Transmission Control Protocol	傳輸控制協定
TDM	Time-Division Multiplexing	分時多工
TELWG	Telecommunications and Information Working Group	電信暨資訊工作小組
TIP	Telecom Infra Project	電信基礎設施計畫
TLS	Transport Layer Security	傳輸層安全性協定
TNMS	Transport Network Management System	傳輸網路管理系統
TNMS	Transport Network Management System	傳輸網路管理系統
TPC	transmit power control mechanism	發射功率控制機制
TRP	Total Radiated Power	總輻射功率
TSG	Technical Specification Group	技術規範組
TTA	Telecommunications Technology Association	韓國電信技術協會
UAS	Unmanned Aerial Systems	飛行器系統
UE	User Equipment	使用者設備
UHF	Ultra High Frequency	超高頻
ULS	Universal Licensing System	通用授權系統
V2X	Vehicle-to-Everything	車連網
VHF	Very High Frequency	特高頻
VLP	very low power	超低功率
VPN	Virtual Private Network	虛擬專用網路
WFA	Wi-Fi Alliance	Wi-Fi 聯盟
WMO	World Meteorological Organization	世界氣象組織
WP 4C	Working Party	ITU-R 工作群組 4C
WP 5D	Working Party 5D	ITU-R 工作群組 5D
WRC	World Radiocommunication Conferences	世界無線電大會
XPR	Cross-Polarization Ratio	交叉極化比
XR	Extended Reality	延展實境
ZOA、ZOD	Zenith Angle of Arrival、Zenith Angle of Departure	垂直方向角度

期末報告審查會議意見回覆表

審查委員意見

陳玟良委員(召集人)

項次	委員提問與建議事項	研究單位處理情形及意見
一、委員意見：		
委員一：陳玟良		
1	感謝團隊在ITU參與及頻譜應用觀測、國際6G候選頻段盤點、Mid band 和諧使用機制與實測、Mid band整備替代分析評估等各方面在報告詳實說明。	感謝委員肯定。
2	第二章整理完備內容豐富，但建議另以圖或表整理補充本章內容小節，俾利閱讀或查詢。	感謝委員指導。已於第二章第四節內，新增相關之圖表於各子小節文末之整理，以利讀者閱讀與概要了解各節之整理內容。請見期末報告修正版表2-14、表2-15，以及增加「三、ITU實質參與研析彙整」段落補充說明。
3	考量報告近700頁，建議在報告最前面另建立「執行摘要」或「研究成果」，明確本計畫實質貢獻。	感謝委員指導。請見期末報告修正版第XVI頁至第XXXIII頁補充說明。
4	第295頁摘述香港U6拍賣事宜，建議補充說明當時頻譜拍賣環境，業者因設備與技術等因素，影響其參與程度。	感謝委員指導。請見期末報告修正版第303-304頁補充說明。
委員二：陳彥宏		
1	本案資料完整，全面盤點了各種利害關係人的看法。	感謝委員肯定。
2	建議提供數發部五種6G頻譜規劃方案(簡報 P.15)的後續影響(一頁說明)，例如： 1) 方案 1-3 為降低政府和業者的資本支出，側重維持現有電信服務的連續性。 2) 方案 4-5 為發展6G政策 →方案 4 為風險規避，把不確定性高的	感謝委員指導。已補充五種6G頻譜規劃方案之優缺點分析，分為頻譜政策面、產業發展面及財務效益面等三大面向，請見期末報告修正版表 3-58。

	技術遞延處理(U3、U4、U5、U6) →方案5為刺激6G業者和設備商發展，優先釋出6G關鍵頻段，但短期沉沒成本較高。	
委員三：鄧添來		
1	資料搜集及研究題材豐富，符合合約要求。	感謝委員肯定。
2	U6使用者仍多，若要移頻費用極高，本研究擬採方案四以AFC方式和諧避開現有使用者經濟可行，另考量在偏遠地區行動電話用量不大，天線可減少一組，現使用者可調位置或改進天線，相互避讓方式更佳。	感謝委員指導。續將持續研究AFC機制，擴充技術量能，將IMT相關情境納入，作為未來頻譜和諧共用的基礎。
3	NTN的頻譜需求可能逐漸增加，後續研究請注意其發展及其傳輸特性，預先對6G擬用頻譜作處理。	感謝委員指導。國際電信聯合會(ITU)及3GPP等國際組織因應NTN發展，均以啟動研析相關應用場景所需頻譜資源以及傳輸特性。WRC-23會議中對於NTN相關之高空通訊平臺用於基地臺(High Altitude Platform Station(HAPS)/High Altitude Internet/Broadband Station(HIBS))已有初步頻段決議，隨著6G演進，未來WRC-27亦有探討NTN頻譜並制定分配決議之規劃，值得後續研究團隊持續追蹤與掌握。
委員四：陳文祥		
1	本案為後續擴充案，依目前的研究成果6G頻譜整備應用規劃，是否有延伸研究的需求及必要性？	感謝委員指導。 基於目前「6G頻譜整備與應用規劃」的研究成果，後續仍具備延伸研究的需求與必要性。首先，全球6G技術與標準仍快速演進，包含中高頻段(如U6、7-15GHz)、毫米波等候選頻段的使用模式尚未定案，各國政策也持續更新，因此需進一步追蹤其對我國頻譜布局的影響。其次，非地面通信(NTN)與地面網路整合已成6G的核心發展方向，D2D、UAV、HAPS等應用逐步進入商用前期，後續干擾協調、共享機制與空域管理的規範均需更深入評估。此外，我國潛在可用頻段之釋出難易度、清頻進度與需求預估，亦需在技術成熟及產業意見變化下滾動檢討。最後，全球通信、生態與供應鏈快速變化，持續蒐整國際作法並研議國內產

		業化方向，有助強化 6G 全面發展。綜合而言，延伸研究將有助於我國 6G 頻譜政策的前瞻性與整體準備。
2	結合國內外座談會建議，說明 5 個「6G 頻譜規劃方案」及 4 個「U6 頻譜行動通訊服務候選方案」之個別最佳選擇方案。	<p>感謝委員指導。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 個「6G 頻譜規劃方案」：已補充本計畫對於五種 6G 頻譜規劃方案之最佳建議，並進行優缺點分析，請見期末報告修正版表 3-58。 • 4 個 U6 頻譜整備方案的最佳選擇方案說明請見期末報告修正版表 5-73。
3	第四章的儀器實測畫面，是否可以經文字辨識軟體，重新編輯，提高文字內容的可判讀性。	感謝委員指導。已重新替換成清晰可讀的圖片，呈現於期末報告圖4-47。
二、工作小組意見：		
國際間 6G 候選頻段趨勢研析及國內既有使用者盤點		
1	第 171 頁表 3-5 中「帛琉」內容提到「非 ITU 的成員，……」，惟經查帛琉已於 2024 年 9 月 19 日成為 ITU 成員國。請釐清此部分是否因「IMT 使用趨勢和發展報告」發布時間差異所致或屬誤植，並據以修正及補充說明。	<p>謝謝工作小組指導。經查詢，帛琉已於 2024 年 9 月 19 日正式成為 ITU 第 194 個成員國。</p> <p>本研究表 3- 5 所彙整之內容，係取自 APT 發布之《Trends And Spectrum Developments For IMT Usage In 2025-2030 In Asia-Pacific Region》，該文件最早可回朔於 2024 年 3 月。該文件編制時，帛琉尚未成為 ITU 成員國，故原表述中出現「非 ITU 成員國」之情形。</p> <p>綜合以上，本研究已將表格中相關文字修訂為：「仍在規劃階段。」請見期末報告修正版表 3-5。請見期末報告修正版第 175 頁。</p>
2	第 234 至 236 頁所研析之美國 6G 產業新技術推動政策動向，內容與去年期末報告多有重疊，未見明顯新進展。建議針對表 3-21 所列策略目標及其預期成果，對於預定執行期間執行中或已屆期者，補充研析是否有相關具體成果資料，以提升內容完整性。	謝謝工作小組指導，已於該段落及表 3-21 針對已推動項目補充說明相關推動成果資訊。請見期末報告修正版第 241-244 頁。
3	第 293 頁表 3-34「香港 2024-2026 頻譜計畫」之英文內容，請翻譯為中文。	謝謝工作小組指導。已依據審查意見新增中英對照翻譯表第 302 頁，表 3-34。

4	第三節「我國 6G 候選頻段既有使用者盤點」內容涉及使用者名單，請於製作及印製完版期末報告時區分為「公開版」及「非公開版」，公開版不列使用者名單，僅保留統計資料即可。	謝謝工作小組指導。已依據審查意見分為公開版和非公開版兩種版本。
5	第 316 頁表 3-54「5G 頻譜之終端設備支援數量與我國已釋出頻段」中，排序第 23 之「n70」頻段範圍「1965-1710/1995-2020」有誤，請查明並修正。	謝謝工作小組指導。頻段範圍更正為 1695-1710/1995-2020。請見期末報告修正版第 326 頁。
6	第 337 頁至 344 頁提及美國於 TELWG 推動 IoT 資安標章相關議題，惟該議題原規劃於 TELWG 71 次會議舉辦圓桌會議，最終因美國國內政策因素取消，建議補充前述規劃取消之說明。	謝謝工作小組指導。美國原規劃於 TELWG 71 會期舉辦「物聯網資安標章工作坊」，惟於會前表示因「未預期情況 (unforeseen circumstances)」無法如期辦理，並同步說明該工作坊將於未來另擇期重新安排。請見期末報告修正版第 353 頁。
7	第 344 頁第 2 段提及「我國已完成『AI 基本法』」，惟查該法目前仍處立法審議階段，尚未完成立法院三讀通過，建議修正文字並補充說明，以確保內容正確性。	謝謝工作小組指導。我國《AI 基本法》草案已於 2025 年 8 月由行政院通過並送交立法院審議，草案共 17 條，提出永續、隱私保護、安全、公平、透明、問責等七大原則，建立 AI 研發與應用的治理框架，同時要求政府推動 AI 創新、資料治理及跨部門國際合作。請見期末報告修正版第 357 頁。
與產業或學研單位合作發表頻譜效能提升相關主題之論文		
1	與產業或學研單位合作發表頻譜效能提升相關主題之論文建議補充檢附論文已完成投稿並獲發表之相關佐證資料。	謝謝工作小組指導，謝謝工作小組指導，已依據審查意見補充論文發表證明。請見期末報告修正版第 643 頁，圖 6-11。
辦理 6G 頻譜及應用相關議題國際座談會		
1	本次國際座談會須邀請至少 4 位國際專家學者及 3 位國內專家學者出席會議，參與人數至少 100 人。請補充檢附相關佐證資料；若佐證內容涉及個人資料，請於期末報告定稿及印製時區分為「公開版」及「非公開版」，公開版請勿列印涉及個資之部分。	謝謝工作小組指導。以簽到表佐證當日活動人數概況，並將個資去識別化。相關佐證資料詳見期末報告修正版附件四。
辦理 6G 應用或標準分享會議		
1	第 572 頁「後則就台灣館及就業金卡等攤位進行詳細之介紹，包含展區規劃、系列交流就會等活動。」，請說明何謂系列交流就會。	謝謝工作小組指導。已依據審查意見修正，請見期末報告修正版第 591 頁。為系列交流會，就字為誤植並已修正，並補充相關台灣館及 4YFN 於 MWC 交流會上所介紹的內容說明。

2	<p>本案需求計畫書載明，本次交流會議須邀請至少 3 位國內專家學者出席，且實際與會人數須達 20 人以上（不含工作人員）。請補充檢附相關佐證資料；若佐證內容涉及個人資料，請於期末報告定稿及印製時區分為「公開版」及「非公開版」，公開版請勿列印涉及個資之部分。</p>	<p>謝謝工作小組指導。以簽到表佐證當日活動人數概況，並將個資去識別化。相關佐證資料詳見期末報告修正版附件四。</p>
---	---	---

Mid band 和諧有效使用機制環境建立與實測

1	<p>第 347 頁情境分類 P2 內容中「……、雙模用戶端 (Dual Client, 6XD)、……」之代碼疑有誤，請查證並修正。</p>	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正第 361 頁情境分類 P2 內容為雙模用戶端 (Dual Client, 6CD)。</p>
2	<p>本節研析我國成立符合美國 FCC 要求之 AFC 量測實驗室之可行性，內容已就 AFC 相關量測標準、技術規範及法規架構進行說明，惟目前仍偏重國際制度介紹，對於「在我國實際落地設置實驗室」所需之條件與成本評估尚不夠具體，建議補充測試能量與設備需求、建置與維運成本、法規合規性或導入風險等相關說明。</p>	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正補充測試能量與設備需求、建置與維運成本、法規合規性或導入風險等相關說明。請見期末報告修正版第 377-380 頁。</p>
3	<p>第 376 頁「ITU-R P.1411」傳播模型使用場景類型之文字敘述採「城市超高層建築、城市高層建築」等用語，惟表 4-7 場景類型則使用「都市高層建築、都市低層建築」等，前後不一致，建議統一用語。</p>	<p>謝謝工作小組指導。請見期末報告修正版，已經第四章統一用語，將城市改為都市。</p>
4	<p>第 419 頁第 7 行「……，目前 FCC 標準所規範的 AFC 測試工具 Test Harness 無法對圖 4-24 所包含之項目，……」，所引圖號疑有誤，請釐清並予以修正。</p>	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正第 437 頁，修正為「目前 FCC 標準所規範的 AFC 測試工具 Test Harness 無法對地理定位合理性所包含之項目進行測試」。</p>
5	<p>第 424 頁「ASUS AFC DUT 詳細測試報告內容請參閱附件」；第 426 頁「ASUS 完整 RF 特性測試報告詳附件」；第 429 頁「Ruckus 完整 RF 特性測試報告詳附件」；第 430 頁「智易 AFC DUT 詳細測試報告內容請參閱附件」，經檢視皆未檢附相關附件，請確認補充。</p>	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正，因測試報告資料內容過於龐大，故測試報告額外印製測試手冊文件供委員參閱。</p>

Mid band 既有使用者移頻替代技術實測與分析評估

1	<p>第 553 頁所述方案三於 6715–6725MHz</p>	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見增加 10</p>
---	-----------------------------------	------------------------------

	設置 10MHz GB，惟未進一步說明其設置理由與考量。建議補充設置 GB 之相關研析。	MHz 保護頻帶設置的理由與考量。請見期末報告修正版第 572 頁。
2	第 553 頁「U6 頻譜整備候選方案三」及第 562 頁「候選方案三成本分析」中，均提及「若離外島與無替代技術可用站點之固定微波需求頻寬超過 290MHz 時，需移至其他 U6 頻段以外的微波頻段」之說明；第 555 頁「候選方案一成本分析」中提及「航空局飛航服務總、台電和中華電信仍需要 U6 頻段以外的其他微波服務。」，惟本章節並未進一步說明應移轉至何種替代頻段。另就第 7 章「L7 微波移頻技術」中雖提及 L7 可作為 U6 頻段之替代頻段，然本報告其他章節亦提及 L7 頻段列為未來 IMT 可能使用之頻段。建議就此部分補充研析說明。	謝謝工作小組指導已依據審查意見增列非 7 GHz 頻段之 U6 頻段的移頻候選頻段為 U4 頻段，並詳述理由與考量。請見期末報告修正版第 572 頁。
3	本節雖已研提四項頻譜整備方案並完成各方案成本分析，惟尚未進一步就各方案之可行性、工程難易程度、優缺點及可能風險等進行綜合研析，亦未說明相較之下何者為較佳或較優先考量之選項。建議補充相關分析與評估理由。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見增列 5. 方案綜合分析小分項，詳述可行性、工程難易程度、優缺點及可能風險和優先考量方案之分析。請見期末報告修正版表 5-73。
ITU 實質參與及頻譜跨域應用議題觀測		
1	第 24 頁「3GHz」段落提及「WRC-92」，惟後續內容(如第 28 頁「WRC-23 行動通信與決議小結」)均記載為「WARC-92」，請確認並更正是否有誤植。	謝謝工作小組指導，正確原文應為「WARC-92」，已依據審查意見修正，並完成全文審視確認。
2	第 29 頁圖 2-1 請使用更清晰的圖片呈現，並建議將區間區分為「sub 1GHz、1-7GHz、7-24GHz、24G 以上」。	<p>謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正圖 2-1，並以更清晰之圖片完成置換。</p> <p>惟本研究目標在呈現 WRC-23 相關於 IMT 行動通信之決議，而依據 WRC 之討論議程乃是分為 sub 1GHz、1-11 GHz、以及 Above 11 GHz，例如 WRC-23 議題 1.2 所一併討論之 3 GHz、6 GHz 與 10 GHz。</p> <p>研究團隊理解有部分產業考量標準技術發展，已將頻段切分為不同方式討論，如 7-24 GHz。但為真實呈現 WRC-23 所討論之配置與趨勢，仍維持原本之頻譜區間呈現方式。</p>

		特此加註說明，還望委員理解並擔待。
3	第 46 頁「(四)科學議題」第一段及第 50 頁第 5 行記載「議題 1.15 探討為行動寬頻需求分配新的 IMT 頻段」，惟與第 46-47 頁對「議題 1.15」所述內容「聚焦於月球表面與月球軌道之間通訊」不一致，請釐清。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正該概要說明文字，並完成相關段落之確認。
4	第 46 頁「(四)科學議題」第一段及第 50 頁第 6 行記載「議題 1.16 進行現有 IMT 頻段的共享與相容性研究」，惟與第 47-48 頁對「議題 1.16」所述內容「聚焦於研究制定技術與法規措施，保護無線電天文用途 (RAS)」不一致，請釐清。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正該概要說明文字，並完成相關段落之確認。
5	第 46 頁「(四)科學議題」第一段及第 50 頁第 7 行記載「議題 1.17 聚焦於太空天氣監測，討論保護 EESS (地球探測衛星業務) 頻段免受干擾」，惟與第 47-48 頁對「議題 1.17」所述內容「聚焦於太空天氣感測器法規訂定與保護機制」似乎無涉「保護 EESS 頻段」，請釐清。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正該概要說明文字，並完成相關段落之確認。
6	第 55 頁圖 2-6 標題「系統」及「技術」底下內容皆相同，請釐清修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見釐清修正圖 2-6 之說明概要文字，並完成圖片內容更新。
7	第 101 頁第 1 段「WP4C 目前初步討論研究之範圍，可能包含 IMT 對 LDR-MSS 以及 IMT 對 LDR-MSS 之干擾研究。」前後用語重複，疑有敘述錯誤，請確認是否修正或更正為正確之研究範圍。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正該段文字，請見期末報告修正版第 102 頁。
8	第 128 頁「FS 固定用途」第二段中「此外，美國也針對集中於 1780-1850MHz 貢獻了模擬數據.....。」，但此段落係說明 2300-2690MHz 頻段相關議題，且此段註腳 157 號與第 124 頁 (1710-2200MHz 頻段相關議題) 之註腳第 146 號相同，內容疑有錯置或引用不當之情形，請一併釐清並更正。	謝謝工作小組指導，該相關文字經確認屬於前章節段落之註腳 146 之說明文字，已依據審查意見修正刪除原註腳 157 之重複內容。
9	第三節延續 113 年針對非國家會員參與 ITU 相關會議及活動之研究成果，提出「專家派遣模式」及「專案推動模式」	謝謝工作小組指導，已依據審查意見針對兩年度研究範圍成果提出補充與差異說明文字。

	參與機制。建議補充本年及 113 年研究成果之比較分析，評估各參與模式之風險與可行性，並進一步研擬適合我國參與 ITU 相關活動之合作模式與具體建議。	參與風險與可行性亦已說明於表 2-12 與表 2-13，及其相關段落，詳見期末報告修正版第 159、162 頁。 針對適合我國參與 ITU 相關活動之合作模式與具體建議，也依照審查意見補充於圖 7-2 之說明段落。
座談會與經驗分享會		
1	本案需求計畫書載明，依契約規定，座談會須邀請至少 3 位國內專家學者出席，且實際與會人數須達 20 人以上(不含工作人員)。請補充檢附相關佐證資料；若佐證內容涉及個人資料，請於期末報告定稿及印製時區分為「公開版」及「非公開版」，公開版請勿列印涉及個資之部分。	謝謝工作小組指導。以簽到表佐證當日活動人數概況，並將個資去識別化。相關佐證資料詳見期末報告修正版附件四。
本案計畫未來 2 年之執行架構		
1	本案需求計畫書已載明應提出未來 2 年之計畫執行架構，並需分年度說明各年預期完成之工作項目；惟本小節僅概述 2 年期之執行架構建議，未依年度區分說明預期完成之工作項目，請修正。	謝謝工作小組指導，已分年度說明各年預期完成之工作項目，並彙整如表 7-3。請見期末報告修正版第 659-660 頁。
其他格式及錯漏字		
1	第 171 頁表 3-5 中「尼泊爾」之文字「1427-1518 MHz、4800-4990 MHz 以及 <u>所要</u> 毫米波未分配予 IMT。」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，改為「1427-1518 MHz、4800-4990 MHz 以及所有毫米波未分配予 IMT。」
2	第 185 頁至 187 頁標題目前編號誤為「4、5、6」(如「4.6G 使用案例與服務需求研究」、「5.6G 系統架構研究」、「6.6G 無線電研」)，應更正為「1、2、3」，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修格式。
3	第 186 頁第 2 段第 1 行「系統架構之設計原則著重於適當的功能 <u>集</u> 設計……」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
4	第 188 頁最後 1 行「但最後並未 <u>透</u> 過……」、第 189 頁第 9 行「儘管該 n7 頻段的 NTN 提案未獲 <u>透</u> 過，……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
5	第 222 頁「C 行動用途」第 2 行已出現 CEPT，惟至第 4 行方載明中英全文對照；另第 2 行之 WAS/RLAN 則未提供	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正中英簡稱，並補上 WAS/RLAN 之中英文全名及調整 CEPT 中英文全名及簡稱之呈現順序。

	中英全文對照。考量報告可讀性，請通盤檢視全文，於各專有名詞首次出現時，一律列示中英文全名，後續重複出現時則僅列英文簡稱即可。	
6	第 262 至 263 頁「方案 1」、「方案 2」均已編列標題編號，惟「方案 3」未編列，請補齊。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
7	第 279 頁第 1 行「中國於 2023 年 4 月 26 日修訂 <u>透過</u> 之「中華人民共和國無線電頻率分配規定」……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
8	第 295 頁倒數第 11 行「……，OFCA 依據國際電信聯合會 (ITU) 於 2023 年無線電通信大會 (WRC-23) <u>透過</u> 的……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
9	第 333 頁第 1 段倒數第 2 行「……頻譜訂價與發照制度等關鍵議題。 <u>等</u> ，邀請亞太地區主管機關……」疑有贅字，語意不通順，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正贅字。
10	第 337 頁第 2 段「……陪同數發布長官出席會議。」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
11	第 341 頁第 1 段「……陪同數發布長官出席會議。」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
12	第 610 頁第 1 段「……， <u>探討論</u> 國際無線電頻率應用之最新趨勢與研究成果，……」贅字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正贅字。
13	第 612 頁第 1 段「……次世代通信頻譜展望國際座談會之 <u>國際座談會議</u> ，……」贅字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正贅字。
14	第 615 頁第 2 段中「……，確保業者能夠充分利用 <u>U6 GHz 頻段</u> ，……」，請釐清此處係指「U6 頻段」或「6GHz 頻段」，並予以修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
15	第 616 頁「……，分別有兩場焦點 <u>論壇談</u> 由我國專家學者與國際講者共同討論，……」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
16	第 618 頁第 1 行「各國主 <u>觀</u> 機關之……，以確保業者能夠充分利用 <u>U6 GHz 頻段</u> ，……」錯別字請修正，另請釐清此處係指「U6 頻段」或「6GHz 頻段」，並予以修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
17	第 355 頁第 2 行「……，如圖 4-3 圖 4-3 所示，……」贅字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正贅字。

18	圖 4-8 至圖 4-13 之內容係以表格方式呈現，建議將標題修正為「表 4-○」。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正標題格式。請見期末報告修正版表 4-4 至表 4-9。
19	第 385 頁「支援多種認證方法」第 1 段「OpenAFC 系統支援兩種認證機制：非身分驗證通信協定（OpenID Connect, OIDC）本機認證和 OIDC 單一登入（Single Sign-On, SSO）認證……」後續文字又重複「OIDC 本機認證和 OIDC 單一登入（SSO）認證」等語句，疑為重複敘述，請確認修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正重複語句。
20	第 400 頁第 8 行「…… <u>美各</u> 地塊其解析度為……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
21	圖 4-45 之內容係以表格方式呈現，建議將標題修正為「表 4-45」。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正標題格式。請見期末報告修正版表 4-16。
22	第 412 頁第 1 段「……，參數有中心頻率（Center Frequency）、間距寬度（Span Width）、（Resolution Bandwidth）和（Video Bandwidth），……」部分僅列英文未附中文字對照，請補充。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見新增中英文對照翻譯。
23	第 414 頁第 3 行「……， <u>量測程</u> 可確認每條測試步驟的結果；……」疑有漏字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正漏字。
24	第 415 頁倒數第 2 行「……，測試結果為 <u>透過</u> 。……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
25	圖 4-57 及圖 4-58 之內容係以表格方式呈現，建議將標題修正為「表 4-○」。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正標題格式。請見期末報告修正版表 4-21 至表 4-22。
26	圖 4-61 之內容係以表格方式呈現，建議將標題修正為「表 4-61」，另請將英文內容中譯。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見新增中文翻譯。請見期末報告修正版表 4-23。
27	第 419 頁第 2 行「……，目前華碩與正文已 <u>透過</u> FCC 認證，……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
28	第 422 頁、第 427「此測試比對 TTC AFC Server LOG 和 AP 設備的狀態來判斷測試是否透過，……，判定測試 <u>透過</u> 。」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
29	第 429 頁「直接從 AP 設備的發送請求命令來判斷測試是否透過，……，判定測試 <u>透過</u> 。」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
30	第 433 頁「思科幾乎所有 Wi-Fi 6E AP 均 <u>透過</u> FCC 標準功率認證並支援 AFC，……」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。

31	第 446 頁第 1 行「牆面鎖固位置亦離設備較遠， <u>，.....</u> 」標點符號重複，請刪除。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見刪除標點符號。
32	第 508 頁第 2 段「.....，牛背嶺的接收數據如表 5-18 表 5-30 所示，.....」，「表 5-18」請刪除。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見刪除相關內容。
33	第 548 頁「圖 5-84」之圖號有誤，應為「圖 5-83」，後續圖號序列亦隨之錯置，請一併修正，並同步更正內文相關引用處。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正圖號序列。
34	第 551 頁「表 5-47」之表號有誤，應為「表 5-46」，後續表號序列亦隨之錯置，請一併修正，並同步更正內文相關引用處。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正表號序列。
35	第 559 頁「.....、中央廣播電臺和水利署可等單位以使用 5G FWA 或.....」標點符號及敘述有誤，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
36	第 518 頁第一段最後 1 行「.....，並研擬適當的頻譜共享或隔離措施。 <u>。</u> 」標點符號重複，請刪除。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
37	第 44 頁內文「WRC-27 議題 1.12 的核心在於應對低數據速 NGSO.....」請確認是否有漏字。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正缺漏之文字部分。
38	第 85 頁第 9 行「以下 <u>以</u> 點建議：.....」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
39	第 101 頁第 2 行「然而， <u>針對也</u> 部分研究認為.....」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
40	第 108 頁「IMT 行動通信應用」第 2 段第 4 行「均提供了相關的研究 <u>訓</u> 與看法。.....」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
41	第 108 頁「IMT 行動通信應用」第 2 段第 6 行「不過對於研究方想與看法，各單位的意見卻有 <u>分析</u> 。.....」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
42	第 119 頁「FS 固定用途」第 1 段第 1 行「FS 固定用途為頻段 <u>支柱</u> 要分配用途之一，.....」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
43	第 123 頁第 5 行「中國、美國與東 <u>家</u> 所提出相關於.....，」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
44	第 150 頁第 1 段「該階段最重要的成果之一是『突尼斯議程』的透過，確立『網路治理論壇(Internet Governance Forum,	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正文字用語。

	IGF)』的設立.....」及同頁最後一行「藉由決議之 <u>透過</u> ，.....」，用語不順，建議修正。	
45	第 154 頁「本研究將 WSIS 高峰會依據行動方針所設置之獎項與今年得獎之專案整理如下圖。.....」錯別字請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
46	第 157 頁表 2-12「專家協助國」中「目的與功能」之文字「.....，協助國家掌握 <u>掌握</u> 國際最新技術發展、.....」贅字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正贅字。
47	第 583 頁第 2 段第 7 行「.....。關於 D2D 於此頻段之定位與使用 <u>順率</u> ，.....」疑為錯別字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
48	第 602 頁表格中「討論議題二」之第 2 點未編列標號，請補充。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
49	第 607 頁第 2 段「.....。此時波系統雖頻寬有限，.....」疑有漏字，請修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。
50	經查研究人員楊韻蓉及李珮綺雖於研究期間中途離職，惟建議封面及內頁之研究人員名單仍予保留列名，請確認。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正研究人員名單。
51	查本案計畫書附件 3 第 2 點規定，本文前應加列「中英文摘要」(頁碼延續目次、表次、圖次，以羅馬數字編列)，簡略說明研究緣起、研究方法及過程、重要發現及主要建議意見，並加註關鍵詞(至多五個)；各項建議意見應以表格或條列方式分項條述內容(含做法及理由)，並明列其主、協辦機關或單位；其餘相關規定參照契約第 7 條第 1 款第 2 目、計畫書等相關條文辦理。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
52	為提升報告結構一致性及可讀性，建議標題編號依序使用「一、(一)、1、(1)」，後續次級編號(如 A、B、C.....或等)請統一格式，並避免使用「一」符號。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正格式。
53	請將各圖表文字調整為較大字級，並確保圖表清晰呈現、避免模糊，以提升可讀性。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見調整字體清晰度。
54	考量報告可讀性，請通盤檢視全文，於各專有名詞首次出現時，一律列示中英文全名，後續重複出現時則僅列英文簡稱即可。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正中英文全名與簡稱。
55	報告書內容若涉及既有使用者名單部分，請於製作及印製完版期末報告時區	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正將既有使用者名單放置非公開版本。

	分為「公開版」及「非公開版」，公開版不列使用者名單，僅保留統計資料即可。	
56	查本次國際研析重點國家與地區包含香港，建議於「第3頁第二段第6行」及「第15頁(二)比較分析法」補充「香港」。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見補充文字。
57	報告書內容如「○○提案未獲 <u>通過</u> 」、「○年○月○日修訂 <u>通過</u> 之○○○法規」、「○○案藉由會議決議 <u>通過</u> 」等，均將「通過」以「透過」表示，與常用用語不符，請全面檢視並修正。	謝謝工作小組指導，已依據審查意見修正錯別字。