

114 年委託研究報告

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配
機制及系統軟體規劃

完整期末報告(公開版)

計畫委託機關：數位發展部

中華民國 114 年 12 月

114 年委託研究報告

114-03-0157

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配 機制及系統軟體規劃

受委託單位

台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司

計畫主持人

陳志仁

協同主持人

陳韋伶

計畫顧問

袁國芝

研究人員

陳蔓萱、陳宥睿、郭展睿

研究期程：中華民國 114 年 2 月至 114 年 12 月

研究經費：新臺幣 688 萬元

本報告不必然代表數位發展部意見

中華民國 114 年 12 月

摘要

關鍵詞：非地面網路、衛星手機直連、高空平台基地台、D2D 頻譜、頻率資源分配、頻譜拍賣、競價機制 PoC、競價系統規劃

一. 計畫緣由

(一) 行動通信與非地面網路結合為通訊品質提升之必要發展方向

ITU WRC-27加上3GPP R20，6G 頻譜與標準制定將逐漸成形，亦會是第一個原生結合非地面網路(NTN)與行動通信(IMT)的新一代通訊技術。NTN 分別為透過基地台、衛星終端、手機直連(Direct to Device, D2D)，將其整合入地面網路(TN)內。這有效於擴展通信範圍，大幅提高陸地100%地理、海上及空中等網路覆蓋的可行性，同時提升網路可靠性。119年我國低頻重耕與6G 商用時間表銜接，因此有必要事先探討 NTN 在我國落地的各個面向。

(二) 我國 119 及 122 年面臨頻譜屆期重耕，釋出機制須考量 TN+NTN

119年屆期的700, 900及1800 MHz 頻段因其優異的傳播特性，在提供廣泛且穩定的行動通訊服務上扮演關鍵角色。122年屆期的2100及2600 MHz 頻段則與國際上 D2D 供應商的使用頻譜高度重疊，同樣作為行動通信網路廣域覆蓋及備援的新支點。依據《電信管理法》第54條規定，頻譜釋出需考量電信產業政策目標、電信市場情況及公共利益需求；頻譜作為新世代基建，釋照面對新技術、新情境、新頻段的多元化與複雜度。將面臨提高資源使用率、產業發展激勵、電信業良性競爭等複合式議題，必須及早評估合適的頻譜分配機制，以盡可能提高頻譜政策推動評估之全面性。

(三) 建立模擬系統以協助未來參與競標業者了解新式頻譜競標機制

當頻譜需求考量日漸複雜，新興技術發展影響行動通信營運商的商業模式，也直接影響營運商對頻段組合的需求與評價，在此情

形下，適合採用的拍賣機制也可能與以往不同。而頻譜拍賣為我國通訊基礎建設的根本，事關重大，必須確保所有參與者都可基於理性評估進行競標決策，故有透過模擬系統進行頻譜釋出者與競價者模擬之必要。

(四) 因 IMT 結合 NTN 發展下複雜的頻譜管理，須優化頻譜管理系統

當行動通信結合 NTN 發展，將涉及更多全球性的營運商關注衛星通訊系統於我國落地之監理程序，故有檢討簡化、明確化相關程序之必要；此外，在頻率使用上亦將出現更多三維空間的頻譜使用及干擾議題，也需透過頻譜管理系統優化來提高監理機關頻譜管理及使用者干擾處理等工作之效率。

二. 研究發現

(一) 行動通信整合非地面網路發展趨勢

1. D2D 服務落地須面對使用 IMT 頻譜及 MSS 頻譜兩種模式

D2D 通訊可以使用兩類頻譜：一類是已核配給行動通訊業務的 IMT 頻段，另一類是已核配給衛星行動業務 (MSS) 的頻段。MSS 所使用的頻譜因在全球或大區域範圍內可用，且屬專有頻段，故可減少與地面通訊之干擾，具有較佳通訊品質。使用 IMT 頻段提供 D2D 服務者依各國核配各有不同，目前以 694MHz~2.7GHz 非 TDD 頻段為主。由於此模式允許 MNO 自行決定如何最佳地利用其授權的 IMT 頻段，為用戶提供衛星連接，市場主導的選擇將有助於最高效、最優化地利用行動授權頻譜，並透過增加 D2D 服務提高消費者的市場黏著度。參考國內通信行自行統計之我國 2025 年上半年 iPhone 市佔率超過三成來看，IMT 頻段及 MSS 頻段的落地模式皆有來自市場驅動的壓力。

2. 各國 D2D 頻譜與授權監理方式

目前美國、英國、澳洲、日本已公告 D2D 頻段，原則上以非 TDD 頻段、大區域或全國執照為佳，英國針對各頻段另有經實驗後的功率限制。美國、英國及日本要求 MNO 在許可證變更申請中列出可用於 D2D 服務的具體頻率，並由 MNO 與衛星服務商簽訂合約；藉由 MNO 對手機裝置 SIM 卡控制，以規範 D2D 服務的提供。澳洲則開放 D2D 服務業者向指定頻譜使用者租賃頻譜即可提供服務，由主要頻譜使用自治干擾防制措施，監管強度更低。

(二) 頻率資源分配機制趨勢與議題

1. 國際間近年以 SMRA、CA 為主要模式

現行 SMRA 多已演進為改良式 SMRA 機制，運作方式與 CA 相近，但其關鍵特徵仍在於具備「暫時得標機制」，可在每回合判定各競價者的暫時得標數量，有助於維持競價連續性與標的配置的穩定性，且不易被策略性退場干擾，提升整體拍賣效率。新式 CA 機制則增加了判斷標單數量增減變化接受與否的程序，等同於隱含類似暫時得標的效果。令其有助於維持需求的連續性與拍賣穩定性，進而提升數量階段的配置效率與拍賣結果的可預測性。

而在英國於2012年採 CCA 後，即因規則複雜度與支付價格不可預測之問題引發爭議，此後轉而以 SMRA(2018年、2021年)與 CA(2025年)為主要模式。從兩種競價機制來看，SMRA 會決定每回合的暫時得標者，得標者的異動要等其他競價人取代。反之 CA 則沒有暫時得標者，並且 CA 在符合不流標和提出上限的條件下，可以提出增減量的需求。因此，在多頻段的同時競價時，CA 較 SMRA 有彈性，同時 CA 也可能減少回合數量的產生，縮短拍賣時長。

2. 我國 119 年釋照將面臨議題

我國過去多次頻譜拍賣時市場背景皆不盡相同，從技術供給面、市場需求面及產業競爭面來看，皆已演變許多；119 年拍賣與過往可能有以下三大差異點：

(1) 可能同時存在 3 世代之電信技術，為歷次以來最複雜

目前 4G 仍有約六成使用者、5G SA 建設地點有限的情況下，若延續過去轉換率未加促進的情況，預期 119 年仍將維持至少三成 4G 用戶。以三成用戶而言要談論 4G 關閉可能過早，但屆時 4G 業務的維持也將造成頻譜資源使用的不效率，故需透過釋照策略引導加速過渡至 5G，並積極迎接 6G 環境。

(2) 拍賣之頻譜商品有可能為歷次以來最多

119 年屆期頻譜為 700 MHz、900 MHz、1800MHz，另有 2.1GHz、2.6GHz 則於 122 年屆期。期間尚有 600MHz、800MHz、4.7GHz、4.9GHz、6G 新頻段等，造成在一次拍賣中最多可能同時存在 5 種異質商品，為歷次拍賣以來最多。應以競價機制避免多產品使拍賣頻段回合數過多、時間冗長。

(3) 參與競價者為歷次以來最少

在 113 年電信市場完成業者合併後，市場上之持有行動通信頻譜的既有業者僅剩 3 家，則市場更趨穩定。頻譜再釋照重點應在釋照義務條件及留意資訊揭露程度以確保公平競爭。

三. 研究建議

(一) 行動通信整合非地面網路於我國落地之建議

(1) 需修訂《中華民國無線電頻率分配表》以放寬 D2D 服務可

用之 IMT 頻段

考量目前相關頻率於國內分配狀況，並避免為 TDD 頻段，且該頻段需同時於《中華民國無線電頻率分配表》供 MSS 使用等要素，故現行僅 2.5 / 2.6GHz 可用。後續配合 WRC-27 議題 1.3 收斂對於 D2D 於 IMT 頻段提供服務之干擾及監管配套建議後，同時進行國內使用干擾評估及公眾諮詢後，應修正《中華民國無線電頻率分配表》開放更多頻段可供落地。

(2) D2D 授權方式建議以由 MNO 變更申請以提供服務為優先

參考已訂定 D2D 國內實施規範並實際推出 D2D 服務的國家，本計畫提出：對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權。因考量我國 MNO 家數少，且擁有頻譜皆為全區執照，此方法可有效降低監理成本，建議優先考慮。

(3) HAPS 應用法規協調、落地實證及商模財務規劃

建議以下各項跨部會協商及實證、商模財務規劃事項，應於 115 年至 118 年間分年投入，以及早因應未來災時緊急需求：

I. 我國應以 HIBS 形式為主，必要時透過 MNO 提供必要服務

我國在 HAPS 應以無人機型 HIBS 為發展目標，展開相關服務實證及頻譜使用及飛航制度協調。HIBS 在我國之應用情境以災時及偏遠地區為主，目前我國在行動通信業者間亦已建立災害漫遊機制，故未來落地營運機制應與 D2D 作法相似，最有效率解決干擾和使用優先性的問題。

II. 應與民航局協調「遙控無人機」之飛航管制議題

在飛航制度方面，若要以無人機進行 PoC、PoS，目前升空須通報民航局，但仍需視高度而定，超過6萬英哩已非民航法相關飛航服務範圍，以國防部戰術管制為主。而針對 HIBS 應用情境下的「遙控無人機」，亦需檢討既有民航法及《遙控無人機管制規則》之相關規範適用性，如可容許之飛行區域、飛行高度等。

III. 建立災時相關服務採購之商模財務機制

在法規及商模方面，應就災害情境下的頻譜使用，頻譜干擾及 HIBS 漫遊進行實證，並規劃營運主體、財務模式及我國災時服務採購及相關收費等機制，以利業者評估投入。

(二) 頻率資源分配之影響及競價機制 PoC 之必要性

拍賣機制須搭配相應的完整規則設計，包括競價方式與出價內容、回合價格、數量競價階段結束條件、得標判定(含暫時得標與最終得標)、資格點數以及得標支付價格決定方式等。除核心拍賣機制與規則外，亦需考慮包括揭露資訊範圍(尤其是每回合結束後的超額資訊與暫時得標者)、頻譜上限、義務綁定、新進者保護、押標金等措施。不同的機制選用、規則與其他措施的設計都將會影響後續拍賣效率，亦為維持市場公平競爭與避免策略性行為的重要政策工具。

(1) 我國 119 年屆期再釋照建議優先考慮 SMRA、CA

綜合三類拍賣機制的制度特性與國際實務經驗；若我國119年屆期釋照的頻段，為多標的、多頻段且高度互補的較複雜情境下，可採 CCA 使業者可以單一出價涵蓋其最適組合，

惟若頻譜互補性不高，尚無充足的頻譜組合誘因採用風險較高的 CCA 方式。反之，在考量價格透明性、拍賣穩定性、業者策略風險可控程度與行政操作負擔等因素，具暫時得標概念的 SMRA 與 CA 在現行市場環境下應更具可行性與穩定性。

(2) 我國 119 年屆期再釋照拍賣方法相關規則設計建議

對我國 119 年頻譜釋照資源分配機制建議如下表。

項目	119 年釋照建議
底價	119 年以 3GHz 以下頻段為主，國內商業模式明確，應以模型法定價為主，標竿法參考佐證
價格上升幅度	若採具有價格範圍設計的 CA 機制，相較僅有單一回合價(即為前述價格範圍上限)的 SMRA 或 CCA，可設定較高的價格上升幅度
得標支付價格	數量競價階段： <ul style="list-style-type: none"> • SMRA、CA：最佳價格 • CCA：次佳價格 位置競價階段： <ul style="list-style-type: none"> • 可視市場風險接受程度考慮是否納入次佳價格
拍賣穩定/ 資源有效釋出	建議納入每回合暫時得標者(SMRA)或標單數量變化判定規則(CA)，並建議在所有拍賣機制中納入資格點數制
避免零碎頻段	在具標單數量變化判定規則的 CA 機制下建議納入全或無減量標單
合理分配	必須納入頻譜上限
降溫機制	若納入仍應有相應結束條件
公平競爭及 反聯合行為	因極有可能僅 3 家參與競價，必須納入投標者資本結構確認、投標者資訊保密承諾及禁止資訊交流及拍賣回合中不揭露可能識別投標者身分或出價內容的資訊
新進者友善機制	<ul style="list-style-type: none"> • 若既有業者對於易懂的拍賣方法亦有偏好，則建

項目	119 年釋照建議
	<p>議納入考量</p> <ul style="list-style-type: none"> · 可視釋出頻段特性(該頻段譜資源是否足以設定新進業者特定頻塊及輪次)考慮納入預留特定頻段區塊或設立特定拍賣輪次或放寬部分義務要求(eg. 強制批發或共享方式)

(三)核配、管理、競價之系統規劃

我國頻譜釋出系統業務面及系統面流程架構，需求建議將包含業務需求說明、使用者權限架構設計、系統定位與模組、系統功能需求說明、其他需求(如資料移轉、資料交換、備份備援、資安配合事項、系統測試需求、教育訓練、上線輔導需求、使用者手冊、系統維護/變更需求等)，並明列交付項目及期程。

目次

第一章 研究計畫之緣由	19
第一節 計畫背景及動機	19
第二節 計畫目的	22
第三節 本研究成果說明	23
第二章 行動通信網路整合非地面網路發展趨勢分析	32
第一節 技術標準及發展	32
第二節 影響非地面網路發展的關聯技術	44
第三節 市場發展趨勢	58
第四節 國內市場發展現況及未來動向	65
第三章 行動通信網路整合非地面網路之主要國家與地區相關規範	71
第一節 英國	71
第二節 美國	80
第三節 澳洲	83
第四節 日本	89
第五節 新加坡	99
第六節 中國大陸	102
第七節 香港	106
第八節 南韓	111
第九節 行動通信網路整合非地面網路之監理綜合分析	114
第十節 我國 D2D 諮詢文件建議	126
第四章 行動通信頻譜競價機制研析	143
第一節 行動通信常用競價機制	143
第二節 我國近年競價採用方法及對後續競價之適用性檢討	150
第三節 國際行動通信頻譜拍賣案例	153
第四節 拍賣機制比較及我國 119 年頻譜屆期重拍適用性分析	196
第五章 模擬拍賣操作	207
第一節 模擬拍賣操作教育訓練方法規劃	208

第二節	CCA 拍賣模擬.....	210
第三節	CA 拍賣模擬.....	241
第四節	SMRA 拍賣模擬.....	281
第五節	潛在參與競價業者之意見歸納及拍賣機制回饋建議.....	303
第六章	核配、管理與競價之系統規劃.....	307
第一節	核配申請相關書表欄位規劃.....	307
第二節	頻譜管理系統需求建議.....	312
第三節	競價系統需求分析.....	317
第七章	研究結論及後續建議.....	329
第一節	結論.....	329
第二節	建議.....	335
第八章	參考文獻.....	342

圖次

圖 1-1 我國市場預測及 6G 技術規格及國際 6G 時間表	19
圖 1-2 計畫執行動機	21
圖 1-3 計畫目的與執行工作	22
圖 2-1 日本宇宙通訊概念示意圖與 HAPS 相關計畫	34
圖 2-2 Softbank 提供的 HAPS 服務內容概要	35
圖 2-3 NTT 提供的 HAPS 服務內容概要	36
圖 2-4 智慧型手機與低軌衛星連線之通訊架構	38
圖 2-5 衛星 D2D 服務商業模式	42
圖 2-6 LEO 衛星平均發射成本變化	45
圖 2-7 獵鷹 9 號及獵鷹重型火箭於三大發射場每年發射次數	46
圖 2-8 2023 至今獵鷹 9 號及獵鷹重型火箭於三大發射場每月發射次數	46
圖 2-9 HAPS 載具類型	47
圖 2-10 歐洲 HAPS 相關計畫	48
圖 2-11 大型 LEO 業者推動之衛星通訊價值鏈變化	52
圖 2-12 多層 NTN 與 TN 互聯模式	53
圖 2-13 TN 與 NTN 之鄰頻干擾情境	57
圖 2-14 太空產業市場區分產值	59
圖 2-15 低軌通訊衛星技術優勢與應用情境(1)	60
圖 2-16 低軌通訊衛星應用情境(2)	61
圖 2-17 我國 4G、5G 每單位傳輸量價格變化	65
圖 2-18 我國主要 NTN 通訊應用情境	66
圖 3-1 HAPS 使用頻段規劃	90
圖 3-2 日本國內 HAPS 發展狀況時間軸	91
圖 3-3 衛星直連手機系統配置及總務省電台認定	93
圖 3-4 日本就衛星直連手機於 2 GHz 頻段共用干擾評估之目標頻段	94
圖 3-5 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統干擾評估方法	96
圖 3-6 衛星直接通訊系統頻率使用示意圖	98
圖 3-7 各高度之飛航管制示意圖	124
圖 3-8 我國 HAPS 發展路徑建議	125
圖 3-9 D2D 網路架構圖	128
圖 4-1 119 及 122 年屆期頻段及潛在新釋照頻段整理	151
圖 4-2 英國 2018 年 2.3 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化	182
圖 4-3 英國 2018 年 3.4 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化	182
圖 4-4 英國 2021 年 700 MHz FDD 頻段拍賣每回合需求與價格變化	186
圖 4-5 英國 2021 年 3.6 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化	186

圖 4-6 英國 2025 年 CA 拍賣機制—標單分類與判定	191
圖 4-7 英國 2025 年 CA 拍賣機制—出價內容	192
圖 4-8 英國 2025 年 CA 拍賣機制—標單價格點排序	192
圖 4-9 英國 2025 年 CA 拍賣機制—數量變化標單投標判定	193
圖 4-10 英國 2025 年 CA 拍賣機制—確定價格	194
圖 4-11 頻率資源分配機制與競價拍賣設計構面示意圖	197
圖 5-1 本計畫座談會時程規劃	209
圖 5-2 CCA 最大化總價格計算 – 排列	215
圖 5-3 CCA 最大化總價格計算 – 組合	216
圖 5-4 CCA 最大化總價格計算 – 排序	217
圖 5-5 CCA 拍賣機制模擬檔案角色設計	219
圖 5-6 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計	220
圖 5-7 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計—主要競價階段	221
圖 5-8 CCA 主要競價階段—主持人檔案操作說明(1/2)	221
圖 5-9 CCA 主要競價階段—主持人檔案操作說明(2/2)	222
圖 5-10 CCA 主要競價階段—參加者檔案操作說明	223
圖 5-11 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計—補充競價階段	224
圖 5-12 CCA 補充競價階段—參加者檔案操作說明(1/2)	225
圖 5-13 CCA 補充競價階段—參加者檔案操作說明(2/2)	226
圖 5-14 CCA 最終得標組合計算操作說明(1/2)	227
圖 5-15 CCA 最終得標組合計算操作說明(2/2)	228
圖 5-16 CCA 最終得標組合計算巨集	230
圖 5-17 CCA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定	232
圖 5-18 CCA 拍賣機制腳本設計—主要競價階段	233
圖 5-19 CCA 拍賣機制腳本設計—補充競價階段	235
圖 5-20 CCA 拍賣機制腳本設計—最終得標組合	236
圖 5-21 CA 拍賣機制模擬檔案角色設計	246
圖 5-22 CA 拍賣機制模擬檔案架構設計	248
圖 5-23 CA 主持人檔案操作說明—rules 分頁	249
圖 5-24 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(1/5)	250
圖 5-25 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(2/5)	251
圖 5-26 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(3/5)	252
圖 5-27 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(4/5)	253
圖 5-28 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(5/5)	254
圖 5-29 CA 主持人檔案操作說明—sort 分頁	255
圖 5-30 CA 主持人 sort 分頁排序巨集	256
圖 5-31 CA 主持人檔案操作說明—accept 分頁	257

圖 5-32 CA 主持人 accept 分頁判定巨集	262
圖 5-33 CA 主持人檔案操作說明—control	263
圖 5-34 CA 主持人 control 分頁尋找提名價巨集	265
圖 5-35 CA 主持人檔案操作說明—price	266
圖 5-36 CA 參加者檔案操作說明—rounds_player 分頁	267
圖 5-37 CA 數量分配階段—作業程序 A	268
圖 5-38 CA 數量分配階段—作業程序 B	269
圖 5-39 CA 數量分配階段—作業程序 C	270
圖 5-40 CA 數量分配階段—作業程序 D	271
圖 5-41 CA 數量分配階段—作業程序 E	272
圖 5-42 CA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定	273
圖 5-43 CA 拍賣機制腳本設計—第一回合結束暫時得標量	274
圖 5-44 CA 拍賣機制腳本設計—第二回合投標單及排序	275
圖 5-45 CA 拍賣機制腳本設計—第二回合投標判定	275
圖 5-46 CA 拍賣機制腳本設計—第二回合結束暫時得標量	276
圖 5-47 CA 拍賣機制腳本設計—第三回合進程序與結果	276
圖 5-48 CA 拍賣機制腳本設計—第四回合進程序與結果	277
圖 5-49 CA 拍賣機制腳本設計—第五回合進程序與結果	277
圖 5-50 模擬 SMRA 拍賣機制與我國 5G 釋照異同	282
圖 5-51 SMRA 拍賣機制暫時得標者分配機制說明 (1/2)	284
圖 5-52 SMRA 拍賣機制暫時得標者分配機制說明 (2/2)	285
圖 5-53 SMRA 拍賣機制模擬檔案角色設計	287
圖 5-54 SMRA 拍賣機制模擬檔案架構設計	288
圖 5-55 SMRA 主持人檔案操作說明—rules 分頁	289
圖 5-56 SMRA 主持人 rules 分頁產生亂數巨集	290
圖 5-57 SMRA 主持人 rules 分頁數量分配巨集	293
圖 5-58 SMRA 主持人檔案操作說明—rounds_player 分頁	294
圖 5-59 SMRA 主持人檔案操作說明—dealer 分頁	295
圖 5-60 SMRA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定	296
圖 5-61 CA 拍賣機制腳本設計—第一回合	297
圖 5-62 CA 拍賣機制腳本設計—第二回合	298
圖 5-63 CA 拍賣機制腳本設計—第三回合	299
圖 5-64 CA 拍賣機制腳本設計—第四回合	299
圖 5-65 CA 拍賣機制腳本設計—第五回合	300
圖 6-1 行動通信頻譜競價流程圖	308
圖 6-2 申請頻率使用—無線電頻率核配申請表(電信事業)-110 年 11 月版	309
圖 6-3 申請核發頻率使用證明—電信事業無線電頻率核准使用申請書-112 年 1 月版	

.....	310
圖 6-4 韓國 KCA 公共頻率需求管理系統主要功能一覽	313
圖 6-5 頻率管理系統規劃.....	314
圖 6-6 競標系統功能模組(初步規劃示意).....	318
圖 6-7 競標系統業務流程圖(初步規劃示意).....	319
圖 6-8 競價系統需求規格(規劃示意).....	320
圖 7-1 改良型 SMRA 與改良型 CA 示例說明.....	332

表次

表 1-1 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議.....	29
表 2-2 日本電信業者 Softbank 與各類型非地面網路(NTN)業者合作	37
表 2-3 HAPS 與低軌衛星系統應用比較.....	37
表 2-4 主要衛星營運商對地通訊使用頻段及合作業者	40
表 2-5 澳洲低軌道衛星工作小組通訊技術方案建議.....	43
表 2-6 各衛星頻段頻寬及使用特性	51
表 2-7 終端設備類型及頻譜效率(單位：bit/s/Hz)	51
表 2-8 WRC-23 及 WRC-27 有關 IMT 頻段之重點議題.....	54
表 3-1 Ofcom 開放 D2D 服務之行動通信頻段.....	73
表 3-2 《太空補充涵蓋》開放衛星業者頻率使用範圍	80
表 3-3 IMT 及 MSS 衛星直連行動服務模式比較	85
表 3-4 澳洲 IMT 衛星直連手機服務潛在使用頻段	86
表 3-5 2040 年日本頻寬確保目標	89
表 3-6 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五系統之干擾組合	95
表 3-7 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五系統之干擾評估結果	97
表 3-8 新加坡衛星通信站執照申請要點.....	100
表 3-9 中國現行衛星通訊服務使用軌道及頻段.....	102
表 3-10 中國現行手機直連衛星通訊服務使用軌道及頻段.....	103
表 3-11 2023 年《中華人民共和國無線電頻率劃分規定》要點.....	104
表 3-12 2024 年香港頻譜拍賣設計	108
表 3-13 2024 年香港 850-900 MHz 及 2.3 GHz 頻譜拍賣結果.....	108
表 3-14 2024 年香港 6-7 GHz 頻譜拍賣結果.....	109
表 3-15 2024-2026 年香港頻譜供應表	109
表 3-16 D2D 服務使用之頻段類型	115
表 3-17 各國 D2D 指定頻段綜理表(以已公告 D2D 頻段之國家為主).....	117
表 3-18 我國 D2D 潛在頻段規劃及使用情形	118
表 3-19 三種 D2D 授權方案比較	120
表 4-1 近年競價採用的機制分析	152
表 4-2 英國 2012 年 CCA 拍賣保障頻寬選項.....	155
表 4-3 英國 2012 年 CCA 拍賣數量競價階段規則細表(節錄).....	160
表 4-4 英國 2012 年 CCA 拍賣主要競價階段規則細表(節錄).....	161
表 4-5 英國 2012 年 CCA 拍賣補充競價階段規則細表(節錄).....	163
表 4-6 英國 2012 年 CCA 拍賣結果.....	164
表 4-7 英國 2012 年 CCA 拍賣出價策略分析.....	165
表 4-8 加拿大 2014 年 CCA 拍賣結果.....	171

表 4-9 瑞士 2012 年 CCA 拍賣結果.....	172
表 4-10 瑞士 2012 年 CCA 拍賣結果分析.....	173
表 4-11 英國 2018 年 SMRA 拍賣數量競價階段規則細表(節錄).....	177
表 4-12 英國 2018 年 4G/5G 頻段拍賣結果.....	181
表 4-13 英國 2021 年 5G 頻段拍賣結果.....	185
表 4-14 英國 2025 年毫米波頻段拍賣過程.....	194
表 4-15 英國 2025 年毫米波頻段拍賣結果.....	195
表 4-16 頻譜拍賣機制比較.....	198
表 4-17 拍賣標的設計考量因素與建議.....	200
表 4-18 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議.....	201
表 4-19 拍賣核心規則設計考量因素與建議.....	202
表 4-20 拍賣附屬規則設計考量因素與建議.....	203
表 4-21 新進者友善相關規則設計考量因素與建議.....	205
表 4-22 義務相關規則設計考量因素與建議.....	205
表 5-1 第一次座談會 Q&A 詳細列表.....	238
表 5-2 第二次座談會 Q&A 詳細列表.....	279
表 5-3 第三次座談會 Q&A 詳細列表.....	301
表 5-4 潛在參與競價業者拍賣機制回饋建議表.....	303
表 7-1 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議.....	338

第一章 研究計畫之緣由

第一節 計畫背景及動機

一. 行動通信與非地面網路結合為通訊品質提升之必要發展方向

隨著全球對非地面網路(Non-Terrestrial Network, NTN)在行動通信應用上的關注日益提升,世界無線電通信大會(WRC-23)亦將相關議題列為重點。為因應未來行動通信市場對 NTN 整合的需求,我國亟需掌握國際發展趨勢,並深入探討國內頻譜資源分配機制及系統規劃。

5G 與6G 行動通信技術的發展,除仰賴傳統地面網路外,NTN 的應用價值亦不容忽視。目前 NTN 結合行動通信的新商模正在發展中,分別為透過基地台、衛星終端、手機直連(Direct to Device, D2D)之方式,行動通信網路與 NTN 的整合將能有效擴展通信範圍,大幅提高探討陸地100%地理覆蓋、海上及空中等網路覆蓋的可行性,同時提升網路可靠性。而119年我國低頻重耕恰巧與6G 商用時間表銜接,屆時根據歐洲太空總署(ESA)、全球衛星營運商協會(GSOA)及行動通信設備商預估, TN+NTN 將成為行動通信的基礎架構。

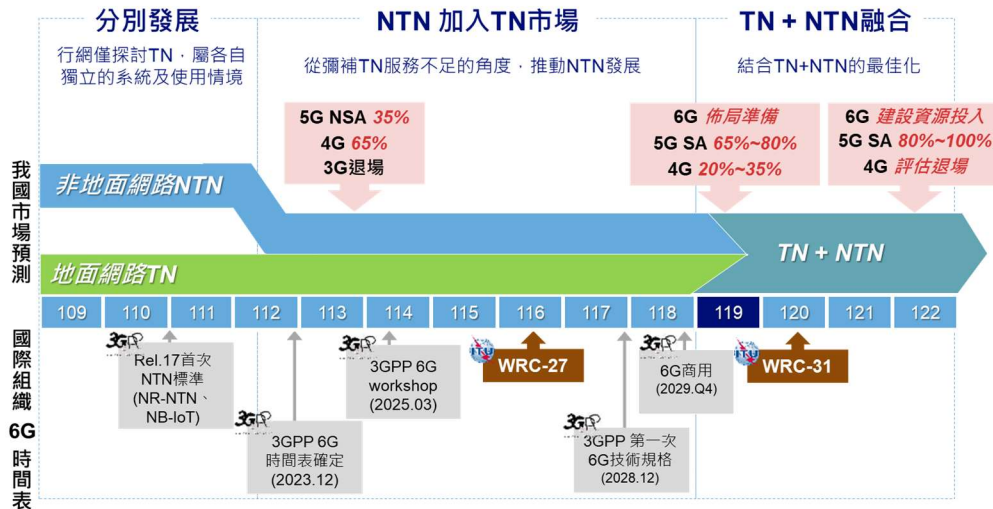


圖 1-1 我國市場預測及 6G 技術規格及國際 6G 時間表

資料來源：Ericsson、Nokia 官方網站，NRI 分析

二. 我國行動通信市場 119 年將面臨 700MHz、900MHz 及 1800MHz C1-C5 屆期重耕，釋出機制必須考量 TN+NTN 需求

我國於102年釋出的4G 頻段(包含700MHz、900MHz 及1800MHz C1-C5)即將於119年屆期。上述頻段因其優異的傳播特性，在提供廣泛且穩定的行動通訊服務上扮演關鍵角色。然而，隨著5G、6G 技術的快速發展，以及 NTN 加入，低頻釋出必須考慮未來與 NTN 共用需求，故必須透過適當機制評估最適的頻譜拍賣釋出方式。依據《電信管理法》第54條規定，頻譜釋出需考量電信產業政策目標、電信市場情況及公共利益需求，頻譜作為新世代基建，119年釋照面對新技術、新情境、新頻段的多元化與複雜度，面臨提高資源使用率、產業發展激勵、電信業良性競爭等複合式議題，必須及早評估合適的頻譜分配機制，以盡可能提高頻譜政策推動評估之全面性。

三. 為協助頻譜釋出機關及未來參與競標業者了解未來頻譜競標機制，必須有建立模擬系統的必要性

當頻譜需求考量日漸複雜，新興技術發展影響行動通信營運商的商業模式，也直接影響營運商對頻段組合的需求與評價，在此情形下，適合採用的拍賣機制也可能與以往不同。而頻譜拍賣為我國通訊基礎建設的根本，事關重大，必須確保所有參與者都可基於理性評估進行競標決策，故有透過模擬系統進行頻譜釋出者與競價者模擬之必要。



圖 1-2 計畫執行動機

資料來源：NRI 整理

四. 配合行動通信結合 NTN 之發展下日漸複雜的頻譜管理工作，須同步評估優化頻譜管理系統

當行動通信結合 NTN 發展，將涉及更多全球性的營運商關注衛星通訊系統於我國落地之監理程序，故有檢討簡化、明確化相關程序之必要；此外，在頻率使用上亦將出現更多三維空間的頻譜使用及干擾議題，也需透過頻譜管理系統優化來提高監理機關頻譜管理及使用者干擾處理等工作之效率。

第二節 計畫目的

一、蒐集國內外非地面網路技術發展與市場趨勢，掌握我國電信市場潛在的新通訊技術商業模式及業者經營策略。

二、透析國際行動通信整合非地面網路頻譜資源分配情形及干擾管控措施，配合我國數位政策目標及頻率供應計畫運用市場設計機制促進頻譜使用效益。

三、設計我國頻譜釋照競價機制可操作的模擬程式，用以實證機制設計效果並建立理性支撐及資源使用之公平性與效率。

四、導入先期系統規劃以完善我國頻率資源管理系統下的配套措施及資訊蒐集，以期落實我國政策決策之科學性。



圖 1-3 計畫目的與執行工作

資料來源：NRI 整理

第三節 本研究成果說明

一. 行動通信整合非地面網路於我國落地之建議

(一) D2D 服務落地須面對使用 IMT 頻譜及 MSS 頻譜兩種模式

D2D 通訊可以使用兩類頻譜：一類是已核配給行動通訊業務的 IMT 頻段，另一類是已核配給衛星行動業務 (MSS) 的頻段。MSS 所使用的頻譜因在全球或大區域範圍內可用，且屬專有頻段，故可減少與地面通訊之干擾，具有較佳通訊品質。惟受限於手機端需有特定硬體才能接收衛星頻段訊號，故必須與手機廠商相配合，目前僅新開發之少數高階設備方可使用相關服務，未來 iPhone 以外之各大品牌的手機設備上是否會因應以 MSS 作 D2D 通訊開發提高該硬體規格在終端設備的普及程度仍待觀察。

而使用 IMT 頻段提供 D2D 服務者，使用頻段依各國核配各有不同，目前以 694MHz~2.7GHz 非 TDD 頻段為主。由於此模式允許 MNO 自自行決定如何最佳地利用其授權的 IMT 頻段，為用戶提供衛星連接，市場主導的選擇將有助於最高效、最優化地利用行動授權頻譜，並透過增加 D2D 服務提高消費者的市場黏著度。惟技術共存及干擾問題尚待 WRC-27 歸納，但由於需與 MNO 合作，故 MNO 有部分責任減輕干擾並進行管理。其推廣優勢為使用 IMT 頻段的 D2D 服務可直接使用標準智慧型手機，毋需轉換設備與通訊標準，較容易形成普及規模。

參考國內通信行自行統計之我國 2025 年上半年 iPhone 市佔率超過三成來看，IMT 頻段及 MSS 頻段的落地模式皆有來自市場驅動的壓力。而我國今年 6 月份也因應 MSS 發展需求，完成《電信事業申請衛星通信用無線電頻率核配有關事

項》、《受理電信事業申請核配衛星通信用無線電頻率審查作業要點》、《電信事業申請無線電頻率核配審查收費標準》及《頻率使用費收費標準」等4項法規修正，並正式開放受理衛星行動通信頻率供公眾通信服務使用。

(二) 需修訂《中華民國無線電頻率分配表》以放寬 D2D 服務可用之 IMT 頻段

目前國際與 WRC-27 對 D2D 使用 IMT 頻段聚焦於以 694MHz ~ 2.7GHz 為主，美國、英國、澳洲、日本已公告 D2D 頻段，原則上以非 TDD 頻段、大區域或全國執照為佳，英國針對各頻段另有經實驗後的功率限制。考量目前相關頻率於國內分配狀況，並避免為 TDD 頻段，且該頻段需同時於《中華民國無線電頻率分配表》供 MSS 使用等要素，故現行僅 2.5 / 2.6GHz 可用。後續配合 WRC-27 議題 1.3 收斂對於 D2D 於 IMT 頻段提供服務之干擾及監管配套建議後，同時進行國內使用干擾評估及公眾諮詢後，應修正《中華民國無線電頻率分配表》開放更多頻段可供落地。

(三) D2D 授權方式建議以由 MNO 變更申請以提供服務為優先

目前參考已訂定 D2D 國內實施規範並實際推出 D2D 服務的國家，可歸納出三種 D2D 授權方案，其中方案一為符合既有技術和非技術條件的 D2D 服務及手機，可豁免頻譜許可，監管程度最低，惟我國國土面積小，潛在干擾風險較高，不建議採用；方案二為對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權，監理強度次之，考量我國 MNO 家數少，且擁有頻譜皆為全區執照，採用方案二可有效降低監理成本，建議優先考慮；方案三為高度監理，MNO、衛星業者及各終端設備皆需有完整執照或核准，在我國電

信監理權責分工下，將產生許多監理介面，反而造成服務落地困難，亦不建議採用。

在方案二下，屆時需由國內持有 IMT 頻段之電信業者申請變更頻率使用證明(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，以附加 D2D 服務使用 IMT 頻段相關限制及義務，例如頻率干擾協調、取得與國外衛星業者協議書、通訊監察等。

考量國際間 D2D 服務目前已有多國推出，故時程上建議於 700MHz、900MHz 及 1800MHz 頻譜屆期之前，配合 WRC-27 議題 1-3 之決議，確認相關配套措施，以利於 119 年屆期後同步施行推行。

(四) HAPS 應用法規協調、落地實證及商模財務規劃

參考日本 2026 年後軟銀及 NTT 之 HAPS 服務陸續商化營運，建議以下各項跨部會協商及實證、商模財務規劃事項，應於 115 年至 118 年間分年投入，以及早因應未來災時緊急需求。

1. 我國應以 HIBS 形式為主，必要時透過 MNO 提供必要服務

我國在 HAPS 應用，除了持續透過 PoC 精進無人載具及通訊酬載技術外，應以無人機型 HIBS 為發展目標，展開相關服務實證及頻譜使用及飛航制度協調。由於 HIBS 在我國之應用情境以災時及偏遠地區為主，目前我國在行動通信業者間亦已建立災害漫遊機制，故未來落地營運機制應與 D2D 作法相似，透過 MNO 既有 IMT 頻譜提供 HIBS 使用，將 HIBS 作為 MNO 服務的一種方式，進行必要的網路切片管理，最容易解決干擾和使用優先性的問題。

2. 應與民航局協調「遙控無人機」之飛航管制議題

在飛航制度方面，若要以無人機進行 PoC、PoS，目前升空須通報民航局，但仍需視高度而定，超過6萬英哩已非民航法相關飛航服務範圍，以國防部戰術管制為主。而針對 HIBS 應用情境下的「遙控無人機」，亦需檢討既有民航法及《遙控無人機管制規則》之相關規範適用性，如可容許之飛行區域、飛行高度等。

3. 建立災時相關服務採購之商模財務機制

在法規及商模方面，應就災害情境下的頻譜使用，頻譜干擾及 HIBS 漫遊進行實證，並規劃營運主體、財務模式及我國災時服務採購及相關收費等機制，以利業者評估投入。

二. 頻率資源分配之影響及競價機制 PoC 之必要性

國際間主要的拍賣機制大致可以分為三類：SMRA、CA 以及 CCA，不同拍賣機制須搭配相應的完整規則設計，包括競價方式與出價內容、回合價格、數量競價階段結束條件、得標判定(含暫時得標與最終得標)、資格點數以及得標支付價格決定方式等。除核心拍賣機制與規則外，亦需考慮一系列輔助性配套措施的設定，包括揭露資訊範圍(尤其是每回合結束後的超額資訊與暫時得標者)、頻譜上限、義務綁定、新進者保護、押標金等措施。不同的機制選用、規則與其他措施的設計都將會影響後續拍賣效率，亦為維持市場公平競爭與避免策略性行為的重要政策工具。

(一) 國際間近年以 SMRA、CA 為主要模式

現行 SMRA 多已演進為改良式 SMRA 機制，運作方式與 CA 相近，但其關鍵特徵仍在於具備「暫時得標機制」，可在每回合判定各競價者的暫時得標數量，有助於維持競價

連續性與標的配置的穩定性，且不易被策略性退場干擾，提升整體拍賣效率。

相較之下，傳統 CA 機制並無暫時得標設計，但英國2025年毫米波拍賣所採用的 CA 機制則經過規則變形，增加了依據「競標者之資格點數」與「頻段之超額數量」判斷標單數量增減變化接受與否的程序，等同於隱含類似暫時得標的效果，也使得 CA 的出價內容需增加投標金額以及全或無(all or nothing)標單等要素，且因為其類似暫時得標的機制，有助於維持需求的連續性與拍賣穩定性，進而提升數量階段的配置效率與拍賣結果的可預測性。值得我國在未來拍賣方式設計中加以借鏡。

CCA 與上述兩種機制最大的不同則為其在數量競價階段又分為主要階段與補充階段，其主要階段雖與 SMRA、CA 同樣採同時、多回合、上升的競價方式，但未含暫時得標或者類似暫時得標的概念。而補充階段則透過組合標允許競價者可針對所有頻段組合一次性提出完整需求數量與組合價格，避免因僅取得部分頻段而影響業者頻譜規劃或商業價值。然而，補充階段亦使得競價者在主要階段後仍需面對不可預期的補充組合競價，增加投標策略複雜度、組合計算負擔與操作風險。此外，CCA 的最終得標價可能與主要階段的最後回合價格不一致，並可能導致各競價者最終得標單價(每 MHz 價格)不一致；且國際上 CCA 拍賣在支付價格上多採次佳價格原則，也提高業者最後支付價格的不確定性。英國於2012年採 CCA 後，即因規則複雜度與支付價格不可預測之問題引發爭議，此後轉而以 SMRA(2018年、2021年)與 CA(2025年)為主要模式。

(二) 我國 119 年屆期再釋照建議優先考慮 SMRA、CA

綜合三類拍賣機制的制度特性與國際實務經驗，若我國119年屆期釋照的頻段，為多標的、多頻段且高度互補的較複雜情境下，可採 CCA 使業者可以單一出價涵蓋其最適組合，惟目前若單就700、900、1800MHz 或其相鄰頻段(如800MHz)，頻譜同質性高，尚無充足的頻譜組合誘因採用風險較高的 CCA 方式；反之，在考量價格透明性、拍賣穩定性、業者策略風險可控程度與行政操作負擔等因素，具暫時得標概念的 SMRA 與 CA 在現行市場環境下應更具可行性與穩定性。

(三) 我國 119 年屆期再釋照拍賣方法相關規則設計建議

本計畫共開發 CCA、CA、SMRA 三組拍賣模擬程式檔案，供業者模擬操作，並透過三場實體座談會進行教學，於教學結束就拍賣方法之議題正式諮詢三家前在競價業者意見。

就業者意見而言，大多支持採用 CA 及 SMRA。在選定拍賣機制及相應之價格制度後，最關鍵的便是暫時得標或者類似暫時得標(依據前一回合的得標數量，判斷本回合的數量變化是否被接受)的規則設計，將會同時影響競價者的需求調整彈性與整體拍賣的穩定性，是維持有效價格發現與確保頻譜成功釋出的關鍵工具。

在附屬規則方面，頻譜上限可避免過度集中、維持競爭；資訊揭露原則需兼顧透明度與防止合謀；而公平競爭規範則能避免策略性操弄、確保結果反映真實需求。在附屬規則中，新進者保護設計也是許多國家頻譜拍賣的共同關注點，透過設定得標金額折扣、預留頻段或者是特定拍賣輪次等措

施，可降低新進者初期投入的不利條件，避免因既有業者規模優勢而排擠潛在競爭者。

表 1-1 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
底價	<ul style="list-style-type: none"> 國際標竿法 計量經濟標竿法 經濟價值評估模型法 機會成本模型法 (或稱可避免成本模型法) 	<ul style="list-style-type: none"> 原則上以模型法較可符合國內真實狀況 仍須考量釋出頻段國內建設經驗參數及商業模式明確程度選用 	119 年以 3GHz 以下頻段為主，國內商業模式明確，應以模型法定價為主，標竿法參考佐證
價格上升幅度	1%~20%，可依所選拍賣機制的回合價格規則而調整	如英國 2025 年 CA 規則，減標的競價者可在起標價與該回合價之間自行設定投標金額	若採具有價格範圍設計的 CA 機制，相較僅有單一回合價(即為前述價格範圍上限)的 SMRA 或 CCA，可設定較高的價格上升幅度
	保留監理機關視回合競爭情形決定的彈性	依競爭情形(競標回合數、出價情形)判斷	<ul style="list-style-type: none"> 於指定回合數後加速→上升幅度擴大 達指定價格後降溫→上升幅度縮小
得標支付價格	<ul style="list-style-type: none"> 最佳價格 次佳價格 	採用回合價格逐步上升的機制可搭配最佳價格，提升透明度；若為組合標，可採次佳價格以鼓勵如實揭露最高願付價值，但相對會增加價格不確定性	數量競價階段 <ul style="list-style-type: none"> SMRA、CA：最佳價格 CCA：次佳價格 位置競價階段 <ul style="list-style-type: none"> 可視市場風險接受程度考慮是否納入次佳價格
拍賣穩定 / 資源有效	每回合暫時得標者	可確保資源有效釋出，減少最後流標風險	在 SMRA 機制下建議納入
	標單數量變化判定規則(CA)	依據競價規則判定各競價者標單數量變化接受與否，類似暫時得	在 CA 機制下建議納入

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
釋出		標	
	資格點數規則	競標者可於各頻段間進行轉換，確保資源有效釋出且可鼓勵誠實揭露需求、促進價格發現	無負面影響，建議納入。在具有暫時得標設定的 SMRA 機制下，建議同樣納入一定次數的資格點數上限保留規則
避免零碎頻段	全或無減量標單(英國 2025 年 CA)	競價者可於投標時聲明，其僅接受維持原數量或減至所投標的數量，不接受於兩者間的部分減少	在具標單數量變化判定規則的 CA 機制下建議納入
合理分配	頻譜持有上限設定	確保合理競爭下之可取得資源差異	必須納入
降溫機制	保留提前結束拍賣之彈性	必須確保提前結束拍賣對各競價者得標頻段已難有影響	若納入仍應有相應結束條件
公平競爭及反聯合行為	投標者資本結構確認	確認不同競價者是否應視為同一申請人(如有同集團控制關係)，或是否有投標資訊交換之疑慮	必須納入
	投標者資訊保密承諾及禁止資訊交流	確保競價者知悉相關行為將涉及違法並有相應罰則	必須納入
	每回合資訊揭露程度	不揭露可能識別投標者身分或出價內容的資訊	必須納入，因極有可能僅 3 家參與競價，故每回合應僅揭露最低限度的必要資訊。
新進者友善機制	選擇易懂的拍賣方法	無新進者參與時，是否有可能因此選擇觀點造成不同的拍賣結果	若既有業者對於易懂的拍賣方法亦有偏好，則建議納入
	預留特定頻段區塊(加拿大 2021 年 3.5 GHz)	頻譜資源是否足夠	<ul style="list-style-type: none"> 可考慮納入，需視釋出頻段特性而定 該頻段譜資源是否足以設定新進業者特定頻塊及輪次
	設立特定拍賣輪次(英國 2012 年)	對整體拍賣時間的影響	

項目	選項	考量因素	119年釋照建議
	800MHz/2.6GHz)		該頻段特性是否適合新進業者參與。範例：若119年僅3GHz以下頻段釋出，未有容量頻段時，考量頻段特性仍須用於覆蓋，但對新進業者投資門檻過高，應採強制批發或共享方式讓既有業者與新進業者合作
	放寬部分義務要求 (德國2019年 2GHz/3.6GHz)	不會直接提高新進者與既有業者對競價之競爭能力，但會激勵沒有既有基礎設施的業者參與投標	

資料來源：NRI 整理

三. 核配、管理、競價之系統規劃

在目前初步規劃之競標模擬程式中，將藉由多角色操作競價模擬程式，模擬不同拍賣方式及不同出價情境下之競價機制。其中頻段釋出者可選擇拍賣頻段位置、最小釋照單位、頻段組合、底價、拍賣方式...等條件。而競價者則視可參與競價業者數而定，可分別根據頻段組合提出需求段組合、頻寬及承諾單價。

依據透過競標程式 PoC 測試，除了可協助競拍者與競價者更清楚遊戲規則，亦有助於更完整建立的頻譜競標系統需求。針對我國119年將屆期之700MHz、900MHz及1800MHz等頻段釋出所需之業務面及系統面流程架構之整合，與公部門系統對於提出競價系統規劃建置規格需求建議。需求建議將包含業務需求說明、使用者權限架構設計、系統定位與模組、系統功能需求說明、其他需求(如資料移轉、資料交換、備份備援、資安配合事項、系統測試需求、教育訓練、上線輔導需求、使用者手冊、系統維護/變更需求等)，並明列交付項目及期程。

第二章 行動通信網路整合非地面網路發展趨勢分析

本節將分析 NTN(包含衛星、高空平台 HAPS、無人航空系統 UAS 等)技術特性與通信類型，及探討不同技術間的關聯性，分析關聯技術(包含火箭發射、航空載具(飛船、無人機)、相控陣列天線等)對 NTN 之發展影響，評估行動通信網路如何與不同非地面網路進行整合，如 HIBS、D2D 等，探討異質網路與既有網路(固網、行動)互連技術及用戶接收方式。

第一節 技術標準及發展

技術方面包含非地面網路技術特性、非地面網路通信類型、影響非地面網路發展的關聯技術、異質網路與既有網路互連技術及用戶接收方式、異質網路與既有網路互連下的頻譜影響及潛在干擾等五大部分探討。

一. 非地面網路技術特性

在未來的6G 網路架構中，NTN 是多層空間網路的重要組成部分，NTN 的主要組成部分包括地球靜止軌道(Geostationary Orbit，簡稱 GEO)、中地球軌道(Medium Earth Orbit，簡稱 MEO)、低地球軌道(Low Earth Orbit，簡稱 LEO)衛星、高空平台(High Altitude Platform Station，簡稱 HAPS)和無人航空系統(Unmanned Aircraft System，簡稱 UAS)。它們通過改善服務質量、彈性和覆蓋範圍來與地面網路融合。與5G 相比，119年預計為6G 商用首年，在6G 將從一開始就將 NTN 納入行動通信網路架構考量，形成整體的通訊架構。

(一) GEO

GEO 位於35,786公里高空的地球靜止軌道，可24小時覆蓋地球上的固定位置，位於相對固定位置，且由於其天線尺寸和功率使其衛星尺寸最大，近3500公斤，平均生命週期為15

年。具有良好的鏈路，但在 NTN 架構中為延遲最高的系統，約600-700毫秒。

(二) MEO

MEO 軌道高度位於距地7,000-25,000公里處，衛星重量約700公斤，約10-30顆 MEO 衛星可覆蓋全球，平均生命週期為15年。每顆衛星與地面接收站的連接時間約2-4小時不等，延遲為<150毫秒，提供良好的鏈路，但對於小型和簡單的 UE 來說仍是挑戰。

(三) LEO/VLEO

LEO 軌道高度位於距地350-1,500公里處，為爭取軌道空間，另有極低軌衛星(Very Low Earth Orbit, 簡稱 VLEO)，在250-350公里處。衛星重量約5~1,000公斤，須至少超過100顆 LEO 衛星方可達成覆蓋，平均生命週期為5-7年。每顆衛星與地面接收站的連接時間約15分鐘，延遲為<50毫秒，對低延遲需求的應用而言極具優勢。

(四) HAPS

高空平台 HAPS 為無人航空系統 UAS 的一種，由於 HAPS 可固定在約20km 高空的特定靜止位置，故其商業運營最小可用一個高空平台達成，覆蓋半徑約50km，以英國為例，若要覆蓋英國保守估計約需50-100架飛機(加上替換)，擴展到歐洲，則估計需要1,000架。一旦 PoS 實證可行，根據產業現況，製造到服務擴張估計需要3-5年。但基於 HAPS 需要機場，且需要空中管理相關法規調適，目前仍落後於 LEO。透過 HAPS 可支持更高的容量密度，最終市場取決於與光纖、地面無線和 LEO 衛星等競爭技術的每用戶成本。

由於 HAPS 位處平流層，故必須透過衛星通訊作為後傳鏈路，此也限制了 HAPS 的應用拓展速度。故現階段許多 HAPS 的技術及概念驗證皆將高空平台直接與地面網路連接，稱作 HIBS(High Altitude IMT Base Stations)。HIBS 同樣位於平流層，為用戶設備和地面基地台提供上行鏈路和下行鏈路方向的移動連接。HIBS 的真正好處是其直接為地面網路的一部分，並使用與地面基地台相同的頻段，不需衛星鏈路即可運作。在 WRC-23中，提出了由 HIBS 服務空中移動式基地台與陸地 IMT 基地台一起使用的地面移動式基地台本質上相同。

而在各國推動 TN+NTN 的發展模式中，日本並無主導低軌通訊衛星系統的衛星營運商，主要仰賴民間 MNO 與 SpaceX、OneWeb、Kuiper 等衛星系統合作，為確保緊急情況下的 NTN 通訊能力，日本政府將「GEO+HAPS」視為該國 NTN 重要技術之一，以發展具國家自主性的通訊系統。

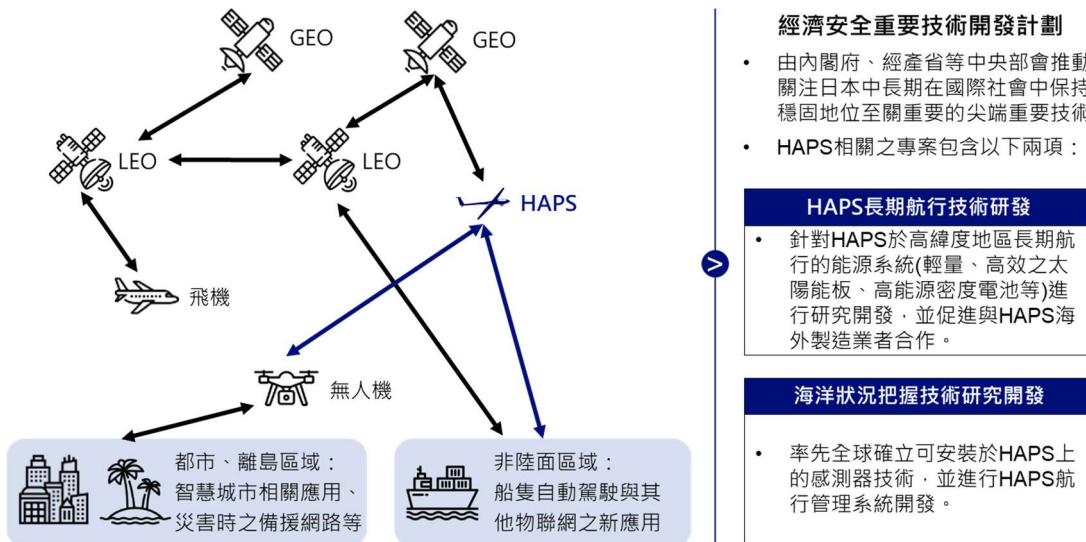


圖 2-1 日本宇宙通訊概念示意圖與 HAPS 相關計畫

資料來源：NICT、內閣府、NEDO，NRI 分析

HAPS 和空中系統無人機、城市空中交通飛行器等空中平台越來越多具體應用，包括軍事行動、救災工作以及偏遠和危險地區的探索，在 UAS 領域中，航空技術的演進推進了通訊系統的進步。

目前 HAPS 商業化方面推動速度較快的是 NTT Docomo 及 Softbank。Softbank 以輕於空氣的 LTA 型(Lighter-than-Air，多由飛船搭載)的 HAPS 為主，同時進行重於空氣的 HTA 型(Heavier-than-Air Platforms，多由無人機搭載)的 HAPS 技術開發，並分別與 SCEYE 及 AeroVironment 等兩家美國的飛行器製造商形成夥伴關係，共同進行研發及營運，目前已與 AeroVironment 合資成立 HAPSMobile 作為未來的營運公司。

依 Softbank 計畫，LTA 型的 HAPS 預計於2026年開始 Pre-service，針對災害救助的需求提供通訊服務，並預計於2027年開始完整服務，提供商業上的通訊服務運用等。

通訊業者		載具平台		
預計服務內容	<ul style="list-style-type: none"> ■ 遭逢重大災害時，提供偏遠孤立及地上交通困難的地區通訊服務，並藉由機載遙測儀器確認災情狀況 ■ 提供通訊服務消除偏遠地區的數位落差 			
服務開始預計時間	<ul style="list-style-type: none"> ■ LTA型(飛船)：2027年開始提供服務 ■ HTA型(無人機)：2029年開始商用服務 			

圖 2 -2 Softbank 提供的 HAPS 服務內容概要

資料來源：Softbank、AeroVironment，NRI 整理

NTT 提供的 HAPS 通訊服務，將由 NTT 與 SKY Perfect JSAT 合資成立的 SPACE COMPASS 進行設備的開發及提供，並由空中巴士的子公司 AALTO 提供無人機載具。目前 SPACE COMPASS 預計於2026年開始第一階段(Phase 1)的服務，針對災難救助及商業運用需求，提供涵蓋範圍有限的 LTE 通訊服務。於2028年之後預計進入第二階段(Phase 2)，開始提供5G 通訊服務；第三階段(Phase 3)則藉由技術進步，提高單機的波束數量及功率等，進一步提升涵蓋範圍。

通訊業者	 	載具平台	
預計服務內容	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對商業客戶提出的需求，提供LTE訊號涵蓋不足的地區通訊服務 ■ 遭逢重大災害時，依據地方政府要求，提供受災地區通訊服務 		
服務開始預計時間	<ul style="list-style-type: none"> ■ Phase 1：2026年 ■ Phase 2/3：2028年以後 		

圖 2 -3 NTT 提供的 HAPS 服務內容概要

資料來源：NTT，NRI 整理

從日本的發展經驗來看，HAPS 主要的競爭通訊系統為低軌衛星系統，相較之下 HAPS 有延遲、硬體價格及生命週期的優勢，手機直連潛力較低軌更大，且可直接發射使用，且可回收、維修，對類似台灣無自有 LEO 系統的島國而言仍具有發展潛力。

表 2-2 日本電信業者 Softbank 與各類型非地面網路(NTN)業者合作

NTN工具	高空平台(HAPS)	低軌衛星(LEO)	地球同步衛星
圖示			
合作業者			
通訊應用	LTE/5G/6G	高速衛星數據傳輸	NB-IoT(窄頻物聯網) 衛星通訊
接收裝置	智慧型手機、平板等	小型接收裝置	超小型接收裝置
應用場景	手機直連、無人機等	船隻、飛機、 備援網路等	船隻、工程用機械等
特徵	<ul style="list-style-type: none"> • 手機可直連 • 覆蓋範圍廣 	<ul style="list-style-type: none"> • 低延遲 • 覆蓋範圍達全世界 	<ul style="list-style-type: none"> • 專提供窄頻物聯網 • 覆蓋範圍達全世界

資料來源：Softbank，NRI 製作

表 2-3 HAPS 與低軌衛星系統應用比較

通訊技術	HAPS	低軌道衛星
延遲(ms)	<50	<150
高度	約 20 km	數百-2,000 km
地面覆蓋半徑	50 km	數百 km
生命週期	LTA ¹ 型：大於 5 年 HTA ² 型：大於 8 年	約 5~7 年
硬體價格	500 萬美元 (以 Airbus Zephyr 為例)	差異較大，50 萬至 4,500 萬美元 (不含發射、基地台等成本)
其他優勢	<ul style="list-style-type: none"> • 手機可直連，無須建置基地台 • 可直接發射使用 • 可回收、維修 	<ul style="list-style-type: none"> • 商業模式已成形，具體使用案例較多 • 若與國外業者合作，可降低硬體投資成本

資料來源：GSMA《High Altitude Platform Systems》、日經 XTECH，NRI 整理製作

¹ Lighter Than Air

² Heavier Than Air

二. 非地面網路通信類型

隨著主要業者星系佈建規模逐漸提高，近年低軌衛星通訊業者商業模式已從 B2B 轉向 B2C，智慧型手機成為重要的終端通訊裝置。而目前智慧型手機與低軌衛星連線之通訊架構有三種，分別為透過基地台、衛星終端(即衛星地面接收天線)、手機直連之方式。電子訊號在長距離下的衰減幅度大，因此低軌道衛星所配合之接收天線具有大尺寸、可追蹤衛星之特性，透過基地台與衛星終端的連線方式可取得較佳的連線速度，估計可達100 Mbps。

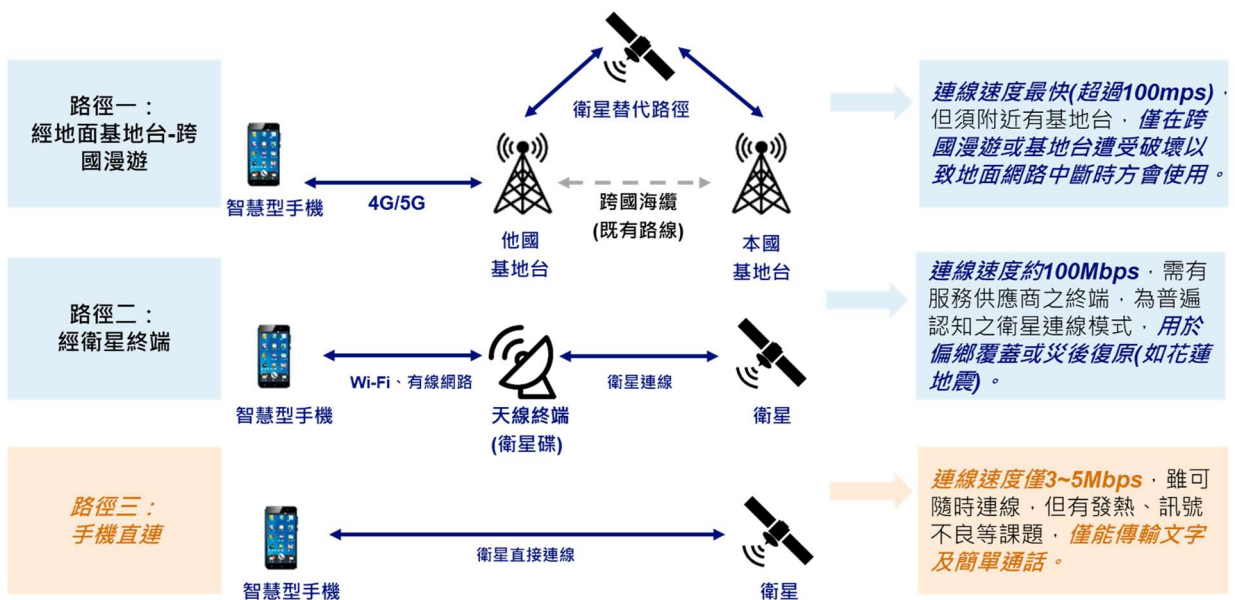


圖 2-4 智慧型手機與低軌衛星連線之通訊架構

資料來源：GSMA，NRI 分析

若為衛星直連手機，受限傳輸距離及手機天線大小兩項客觀物理條件，連線速度僅有3~5 Mbps³，且設備亦需面對過熱風險，僅能傳輸文字訊息及簡單通話，適用於山難與天災等緊急需求，難以成為普及服務，若要擴大商用尚需一段技術發展，以克服易發熱、

³ GSMA, 2022, Satellite 2.0: going direct to device

訊號不良等問題。

而低軌通訊衛星營運所需之電信頻譜資源分為 Service Link 及 Feeder Link 兩種，Feeder Link 為衛星通訊營運訊號落地 Gateway 或 UT 所需資源，如前圖所示；Service Link 為衛星電信營運商提供用戶接取所需之頻譜⁴，目前海外衛星商落地為加速市場普及擴大，大多與各國在地電信商合作獲得頻譜使用資源。

目前主要衛星營運商如 SpaceX、Amazon，積極垂直整合衛星通訊上游價值鏈；惟在通訊零售端，不論是 B2B 或 B2C 業務，皆會受各國衛星通訊服務落地監理、頻譜資源使用、干擾處理、該國 TN 與 NTN 系統轉換之通訊品質確保、當地終端用戶掌握等商業經營上的限制影響，使衛星營運商不得不與 MNO 合作。特別是在頻譜使用方面，隨 D2D(Direct to Device)、物聯網、低功率使用者終端等需求增加，近年衛星對地通訊已擴大使用 L-band、S-band 及其他 IMT 頻段，衛星營運商及 MNO 的合作更加密切(詳下表)。

由於衛星地面接收站面積較大，連線鏈路距離長，故相較於地面行動網路，D2D 服務在頻譜利用率方面效率較低；故 D2D 服務供應商若要提供穩定的寬頻服務，每單位傳輸就需要相對地面行動網路更多的頻譜資源。以美國衛星業者 AST 為例，其目標為利用 40 MHz 的頻譜提供約 120 Mbps 的頻寬傳輸，而乾淨的 40 MHz 地面頻譜價值可能超過 130 億美元(即 >1 美元/MHz/每人)，使得衛星商單獨提供服務的商模不易在消費端普及。

⁴ 手機直連之情況下，衛星營運所需頻譜與提供用戶接取頻譜相同。另外衛星電信營運商提供用戶接取頻譜可能與地面行動通訊營運商合作。

表 2-4 主要衛星營運商對地通訊使用頻段及合作業者

衛星 營運商	合作業者 (舉例)	對地通訊使用頻段				頻譜申請/擁有人		主要應 用
		固定/行動超高頻	FSS 頻段	MSS 頻段	其他 IMT 頻段	衛星商	MNO	
Kuiper	Verizon	V	Ku & Ka bands	—	—	●		後傳鏈 路
Telesat	Telefonica	—	Ku & Ka bands	—	—	●		後傳鏈 路
Eutelsat- Oneweb	AT&T	V	Ku & Ka bands	—	—	●		後傳鏈 路
Starlink	KDDI、Optus 、T-Mobile	E、V bands	Ku & Ka bands	(申請未獲准)	1910-1915、1990- 1995MHz	●	●	後傳鏈 路、 D2D (SMS、 語音)
Viasat (Inmarsat)	Skylo	—	Ka bands	L-band	—	●		後傳鏈 路、 D2D
Echostar	—	—	—	S-band	—	●		D2D
Globalstar	Apple(手機)	—	—	L-band、S- band	—	●		D2D(SO S)
Beidu	Huawei(手機)	—	—	L-band	—	●		D2D(SO S)

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

Iridium	—	—	—	L-band	—	●		船舶通訊
AST Space Mobile	Vodafone、Rakuten、AT&T	Q & V bands	—	L-band(2025年)、S-band	758-894MHz	●	●	D2D(簡訊、語音)
Lynk Global	PNCC、Spark 等		—	—	617-960 MHz (10-20MHz 頻寬)	●		D2D (簡訊)

資料來源：各種公開資料，NRI 整理

近年 MNO 基於 iPhone 驅動或為取得新用戶，將不得不因應市場趨勢，提供用戶免費 D2D 緊急服務，故須將部分 FDD 頻譜轉作 D2D 服務使用，原頻段中之地面通訊流量往中頻移動。

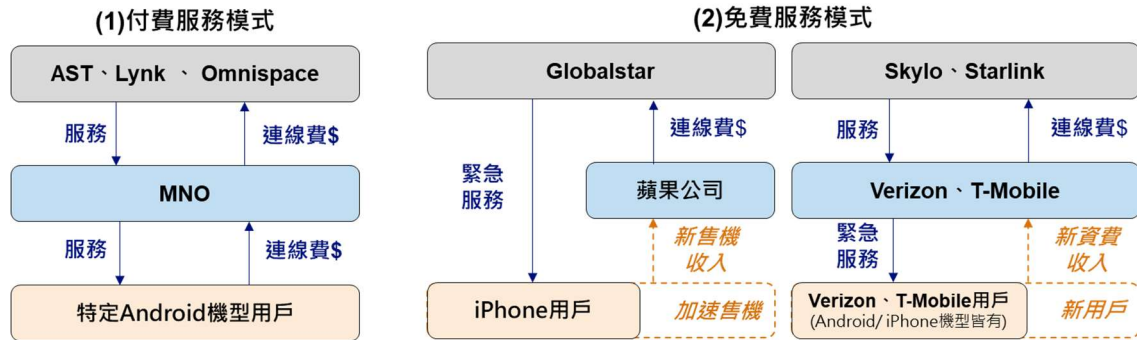


圖 2-5 衛星 D2D 服務商業模式

資料來源：DITRDCA(2024)、GSMA(2025)、Analysys Mason，NRI 分析

因應此一商業模式需求，在政策方面，政府部門需思考國內衛星通訊與地面行動通訊之競合策略，依各國人口、商業、地理環境等條件制定合適通訊基礎建設，以提高通訊人口或地理覆蓋。以澳洲為例，為滿足通訊困難族群之通訊需求(含地理、經濟困難)於2022年成立低軌道衛星工作小組，依據都市化發展與人口分散程度，參考衛星通訊、Wi-Fi、地面通訊網路特性組合成國家電信網路，依區域及對應技術已與業者合作展開相關技術及商業問題之克服⁵(如下表)。

⁵ DITRDCA(2024). Low Earth Orbit Satellite Working Group—2023Chair’s Report

表 2-5 澳洲低軌道衛星工作小組通訊技術方案建議

區域	技術方案	成本	缺點與挑戰
都會區	Wi-Fi 基礎設施(不需衛星)	★	<ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi安全性問題 • 依賴既有基礎設施
偏僻地區	人口聚集區-小範圍	★★	<ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi安全性問題 • 若人數過於集中，可能有容量不足問題(可採用多重下行鏈路down link)
	人口聚集區-中等範圍	★★★	<ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi安全性問題 • 單一下行鏈路:若衛星線路設備故障，整段無線網站網路癱瘓 • 多重下行鏈路:成本上升 • 基礎設施建設複雜
	人口中度分散	★★★	<ul style="list-style-type: none"> • 營運管理、接取規則複雜
	人口高度分散	★★★★	<ul style="list-style-type: none"> • 成本高 • 基礎設施維護困難
熱帶與亞熱帶地區	特殊技術方案	★★★★★	<ul style="list-style-type: none"> • 由於大雨將影響衛星傳輸，需要大型天線等技術方案克服環境問題
所有區域	低軌衛星作為IMT網路備用與延伸	不一定	<ul style="list-style-type: none"> • 擴大IMT網路覆蓋範圍

資料來源：DITRDCA、澳洲低軌道衛星工作小組，NRI 製作

第二節 影響非地面網路發展的關聯技術

重點技術包含火箭發射技術、UAS 無人載具技術、天線技術等，將影響通訊系統發展速度、應用情境及頻譜使用。

一. 火箭發射技術

火箭發射成本一直是制約低軌通訊衛星發展的重要因素。傳統火箭發射成本高昂，使得低軌衛星的部署成本居高不下。近年火箭發射技術的發展，對低軌通訊衛星系統的影響主要發生在發射成本降低、發射頻率增加、發射靈活性提高、發射技術提升，都為低軌通訊衛星系統的發展提供了強有力的支持。

然而，隨著 SpaceX 等公司的崛起，可重複使用火箭技術逐漸成熟，火箭發射成本大幅降低，直接降低了低軌通訊衛星系統的建置成本。隨著獵鷹9號及獵鷹重型運載火箭商業化，使發射成本從2020年代前的每公斤6,000美元降低75%，至1,500美元以下。這使得更多新創公司得以加入低軌衛星市場，促進了市場競爭，加速了技術創新。同時，低成本也為低軌通訊衛星系統的普及奠定了基礎，使得更多人能夠享受到高速、穩定的網路服務。

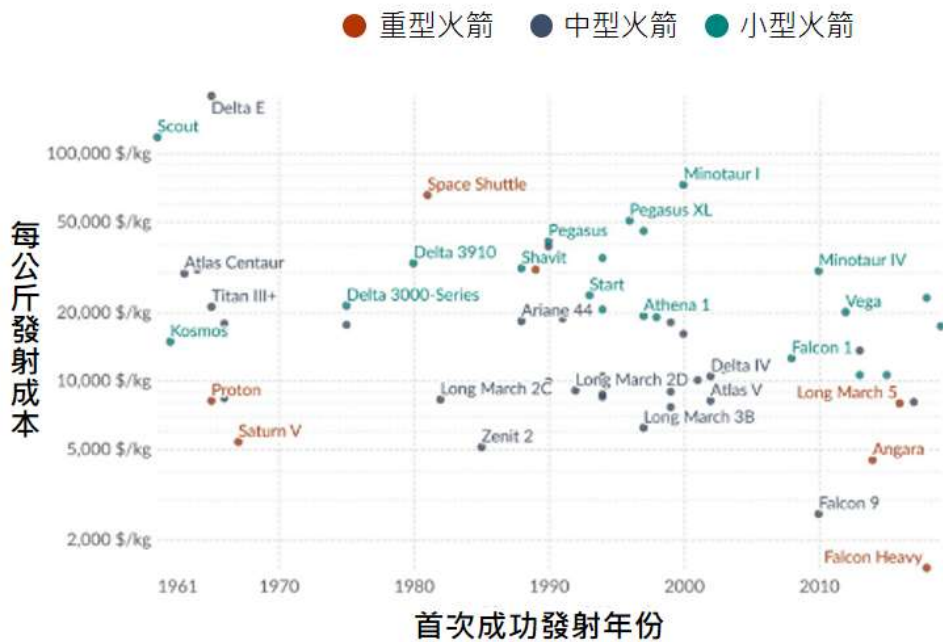


圖 2 -6 LEO 衛星平均發射成本變化

資料來源：Space Ambition(2024.02 更新)

除了成本降低，再加上火箭往返重用技術精進，火箭發射頻率的增加也對低軌通訊衛星系統產生了積極影響。過去，火箭發射頻率較低，導致低軌衛星的部署速度緩慢，難以快速形成覆蓋全球的星座。如今，隨著火箭發射技術的進步，發射頻率顯著提高，低軌衛星的部署速度大大加快。根據獵鷹9號及獵鷹重型火箭每年發射次數統計，相較於2020年，2024年的發射次數已大幅提高5倍，平均每2天一次發射，大幅提高 LEO 衛星商用化可行性，使 NTN 從完全依賴大型 GEO 的系統轉向越來越依賴 GEO、MEO 和 LEO 衛星的系統。

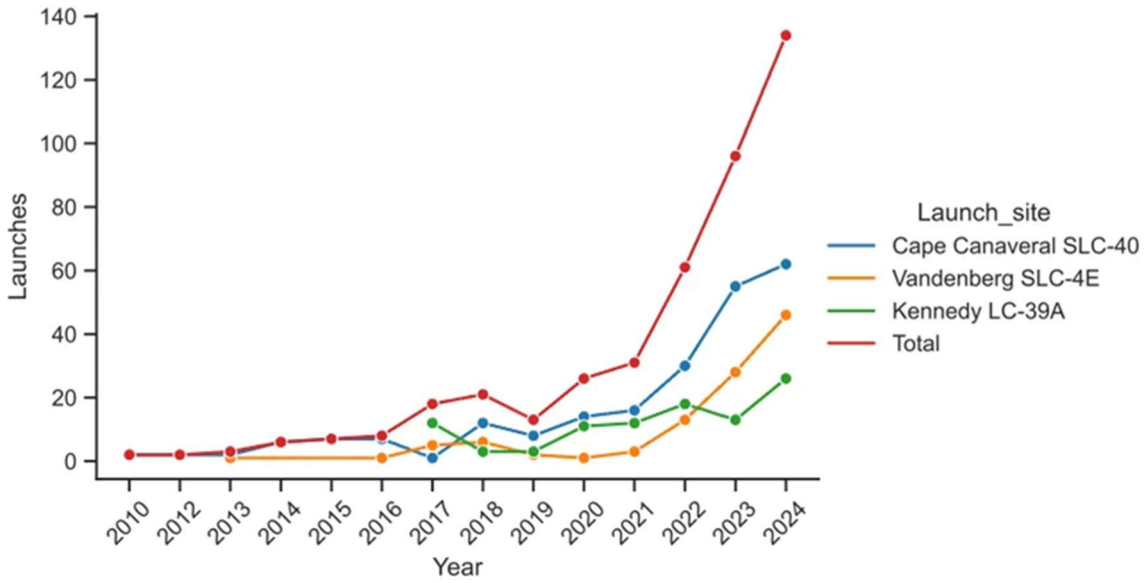


圖 2-7 獵鷹 9 號及獵鷹重型火箭於三大發射場每年發射次數

資料來源：r/SpaceXLounge(2025.01)

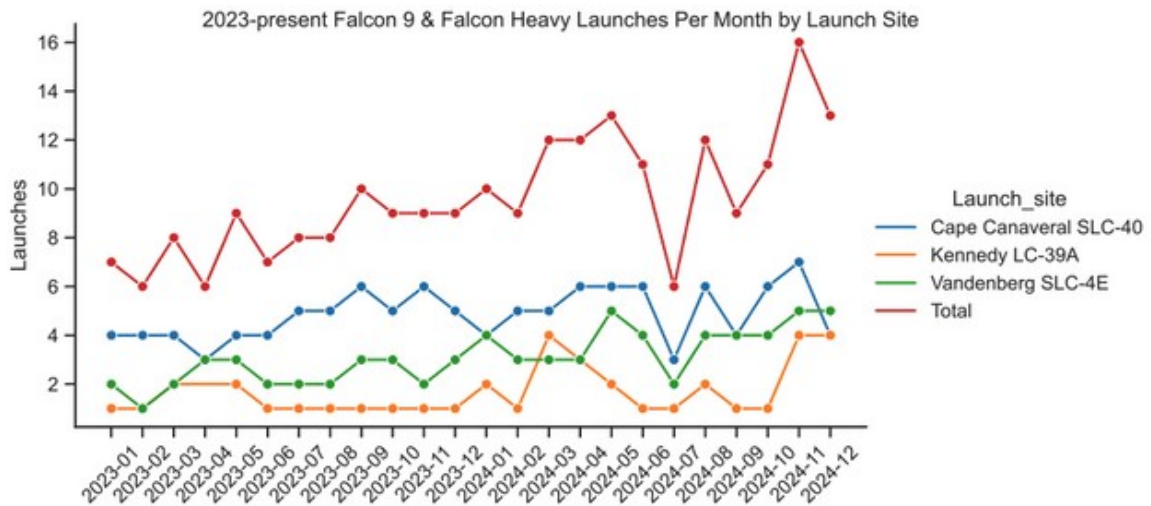


圖 2-8 2023 至今獵鷹 9 號及獵鷹重型火箭於三大發射場每月發射次數

資料來源：r/SpaceXLounge(2025.01)

火箭發射頻率的增加，使得低軌通訊衛星系統能夠更快速地完成星座部署，提供更全面的網路覆蓋。這不僅提高了網路服務的品

質，也為低軌衛星系統的商業應用提供了更多可能性。例如，在應急通信、偏遠地區網路覆蓋等方面，快速部署的低軌衛星系統具有重要意義。過去，衛星發射需要提前很長時間預約，且發射地點受到限制。如今，隨著商業火箭發射服務的興起，衛星發射變得更加靈活，可以根據市場需求或技術發展，隨時調整星座部署。

二. 無人載具技術

HAPS 是 UAS 的關鍵類型之一，而 HAPS 載具主要可分為輕於空氣的 LTA 與重於空氣的 HTA 兩大類型，而在 LTA 中又可分為飛艇型和氣球型，三者之特性、使用目的、發展進程有所異同。平均每個 HAPS 的成本固定翼飛機為200萬至1,000萬英鎊的，飛船為5,000萬至1億英鎊。

	 LTA (①氣球型、②飛艇型) 	HTA 
科技進展	<ul style="list-style-type: none"> ■ 氣球型：多使用於國防目的 ■ 飛艇型：美國業者SCEYE預計於2025年進行商業化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本電信業者聯盟積極推動之HAPS類型
整體成本	<ul style="list-style-type: none"> ■ 整體成本：氣球型<飛艇型<HTA，無公開明確成本金額 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Airbus推出之Zephyr，價格約為500萬美金
重複使用性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 氣球型：一次性、無動力驅動 ■ 飛艇型：可重複使用、動力驅動 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可重複使用、動力驅動
飛行狀況	<ul style="list-style-type: none"> ■ 維持定點位置與高度，可能因風向而異動位置 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可調整飛行方向
地勤作業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 氣球型：地勤設備少，通常於空曠處起降 ■ 飛艇型：存放於機庫，可由專家團隊於各處起降 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可於機場進行起降
速度	<ul style="list-style-type: none"> ■ 10-15 m/s (較HTA HAPS之速度低) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 20.8-33.3 m/s ■ 在保持機動性的同時，不過度消耗電力

圖 2 -9 HAPS 載具類型

資料來源：Frontex HAPS 市場報告、 U.S. Naval Institute，NRI 整理

HAPS 載具技術發展目前在歐洲目前有兩項重點計畫，一為歐盟

EuroHAPS，由歐盟執委會及歐盟六國國防部協助，合作單位為 Thales Alenia Space、CIRA 等單位，自2023年3月起將進行約38個月的試驗。研發載具包含多種可於平流層航行之 LTA HAPS，以長距離用飛艇、混合型飛艇及自主平流層氣球系統為三種載具為主，以滿足歐盟國家廣泛之應用需求，目的為增進情報、監視、偵查(ISR)及通訊之能力。

另一項為英國國防部，自2022年5月起為第一期，與 Sierra Nevada Cooperation 合作；2024年為第二期，合作業者增加 AALTO，主要目的為研發、測試使用於情報、監視、偵查(ISR)之無人高空平台(氣球型與 HTA)。第一期已完成可快速佈署之無人氣球型的起降、ISR 功能演示及平流層之通訊測試，第二期計畫將針對不同類型 HAPS 進行至少30日之飛行測試。惟目前英國市場於實證後對於 HAPS 正式服務推出仍較保守看待，政策關注焦點仍回到衛星通訊。

	歐盟EuroHAPS	Project Aether
計畫簡介	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 推動單位：歐盟執委會、歐盟六國國防部協助 ✓ 合作單位：Thales Alenia Space、CIRA等單位 ✓ 時程：自2023年3月起38個月 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 推動單位：英國國防部 ✓ 合作單位：Sierra Nevada Cooperation(第一期與第二期)、AALTO (第二期) ✓ 時程： <ul style="list-style-type: none"> 第一期：自2022年5月起19個月 第二期：2024年開始 
計畫目標	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研發多種可於平流層航行之LTA HAPS(氣球型、飛艇型) ✓ 增進情報、監視、偵查(ISR)及通訊之能力 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研發、測試使用於情報、監視、偵查(ISR)之無人高空平台(氣球型與HTA)
計畫簡述	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 結合以下3類型之LTA HAPS，以滿足歐盟國家廣泛之應用需求： <ul style="list-style-type: none"> • 長距離用飛艇：專為長航程、高負載設計 • 混合型飛艇：產生額外上升力 • 自主平流層氣球系統 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SNC已完成第一期計畫，成功展示： <ul style="list-style-type: none"> • 可快速佈署之無人氣球型的起降 • ISR功能演示 • 平流層之通訊測試 • 第二期計畫將針對不同類型HAPS進行至少30日之飛行測試 

圖 2 -10 歐洲 HAPS 相關計畫

資料來源：Frontex HAPS 市場報告、U.S. Naval Institute，NRI 整理

展望6G，對流層中的空中設備也應在此架構中考慮，用於空中出租車(電動垂直起降飛行器(electric Vertical Take-off and Landing aircraft, eVTOL))和用於遠程監控或事件連接的無人機。後者提供了高流動性和受限的機載設施的額外挑戰。

三. 天線技術

對於未來的 NTN 服務，包括 D2D，最終使用者終端(UE)技術是確保通訊系統使用成本效益的關鍵考量。對於消費級服務，理想的情況是所有 5G 和 6G 設備都能支援在全球範圍內提供的標準化頻率，由於設備製造商不太可能容忍將額外設備納入大眾市場最終用戶產品的成本，故衍生了通訊半導體設備重大投資，以最大化利用和擴展軟體無線架構的能力，以開發較低功率的 NTN 天線系統，以及可以在可調 LEO 模式和較低功率靜態 GEO 模式之間切換的 NTN 終端。

以3GPP TR 38.821描述的兩種用於5G NTN 的代表 UE 類型為基礎，一為具有全向天線和2 GHz+23 dBm 發射功率的智慧型手機類型，另一種是用10 GHz 以上、2W 功率和定向天線的 VSAT 終端。以上述兩種 UE 為基礎，可衍生出共五種 UE 類型：

類型1：低發射功率和全向天線、低頻率的智慧型手機終端。

類型2：低發射功率的小型碟形天線(<60 cm)或貼片天線，以與智慧型手機 RF 元件相容。不同之處在於終端使用另一根天線而非全向天線，透過天線增益和更低的天線雜訊溫度來改善鏈路。

類型3：發射功率降低的 VSAT 終端，以實現更低成本的 5G-NTN 設備。特別是 RF 設備是調變解調器的成本驅動因素，因此功耗需降低至約200mW。

類型4：主要用於10 GHz 以上，增加2 W 的發射功率的碟形天線。

類型5：固定安裝的 UE，具有更大的碟形天線尺寸(直徑1.5 m)以實現更高的傳輸能力。

至於車載天線終端和相關性能假設目前在5GAA 主要探討方向為 6 GHz 以下頻段，擁有比智慧型手機性能稍高、比 VSAT 性能稍低的終端，故將會以類型1及類型3兩種UE 技術為基礎進行改良。考量頻寬、各頻段通訊特性及終端設備類型，D2D 及 VSAT 仍以 S-band 等6GHz 以下頻段較適合，特別近年許多衛星營運商希望利用 S-band(頻寬約5MHz)，但以歐洲為例，30MHz 的 MSS 頻段在2027年前皆由 Inmarsat 和 Echostar 共享，阻礙了新進者的使用。故監管機構面臨提供使用、干擾處理的壓力，需提出解決方案，以提高頻譜利用價值，實現新服務。

表 2-6 各衛星頻段頻寬及使用特性

Band	用途	頻寬	用戶可使用的最大頻寬
<1GHz	衛星行動	UL/DL : 1.0GHz	UL/DL : 1MHz
S band	衛星行動	UL/DL : 2.0GHz	UL : 30MHz (2x15MHz) DL : 30MHz (2x15MHz)
C band	衛星固定	UL/DL : 4.8GHz	UL : Typ. 36MHz DL : Typ. 18MHz (1/2*DL)
K/Ka band	衛星固定	UL : 30GHz DL : 20GHz	UL : 400MHz (Up to 2.4GHz) DL : 400GHz (Up to 2.4GHz)
Q band	衛星固定	UL : 49GHz DL : 39GHz	UL : 2GHz DL : 2GHz

資料來源：3GPP，NRI 整理

表 2-7 終端設備類型及頻譜效率(單位：bit/s/Hz)

方向 頻段 終端類型	上行鏈路		下行鏈路	
	S-band	Ka band	S-band	Ka band
手持/低功率	0.05	(不適合)	0.05	(不適合)
手持/高功率	0.55	(不適合)	0.32	(不適合)
VSAT/低功率	1.76	0.61	1.27	1.65
VSAT/高功率	2.51	2.21	1.27	1.65
大型地面站/高功率	(不適合)	2.77	(不適合)	1.65

資料來源：3GPP，NRI 整理

四. 異質網路與既有網路互連技術及用戶接取方式

主要衛星營運商如 SpaxeX、Amazon，積極垂直整合衛星通訊上游價值鏈；惟在通訊零售端，不論是 B2B 或 B2C 業務，皆會受各國衛星通訊服務落地監理、頻譜資源使用、干擾處理、該國 TN 與 NTN 系統轉換之通訊品質確保、當地終端用戶掌握等商業經營上的限制影響，使衛星營運商不得不與 MNO 合作。特別是在頻譜使用方面，隨 D2D、物聯網、低功率使用者終端等需求增加，近年衛星對地通訊已擴大使用 L-band、S-band 及其他 IMT 頻段，衛星營運商及 MNO 的合作更加密切。

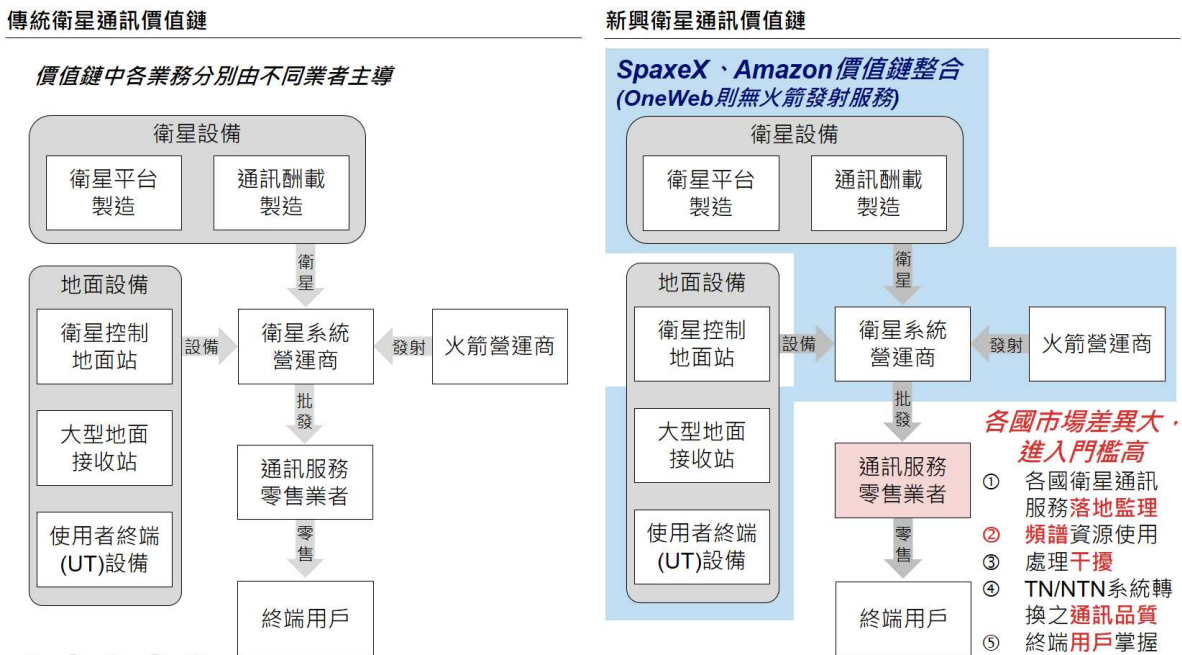


圖 2 -11 大型 LEO 業者推動之衛星通訊價值鏈變化

資料來源：r/SpaceXLounge(2025.01)

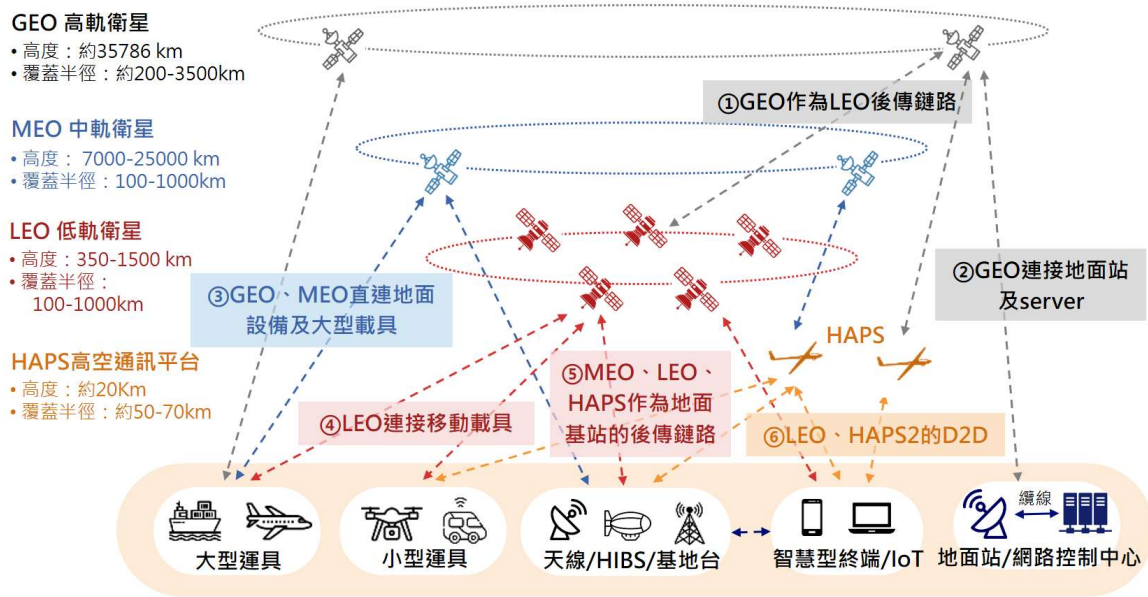


圖 2-12 多層 NTN 與 TN 互聯模式

資料來源：NRI 製作

在衛星固定系統中，與目前常被討論的低軌道衛星相比，HAPS 可提供手機可直連且更低延遲的網路服務，並使擁有國家網路自主權，無須受其他國際單位干涉。

在行動通信系統方面，WRC-23已達成 HIBS 使用標準共識，恰為與我國119、122年屆期頻段，而 WRC-27則進一步討論 IMT 低頻頻段用於衛星直連、或 C-band 共用時之規範，故119年的頻譜釋出必須對 NTN 於我國的發展有更完整的評估。

表 2-8 WRC-23 及 WRC-27 有關 IMT 頻段之重點議題

議案號	議題	鎖定頻段	我國目前用途
WRC-23			
167	固定業務高空平台HAPS	31-31.3GHz(global)	無(固定、行動、衛星標準頻率與時間信號、太空研究)
168		38-39.5GHz(global)	供行動通信技術研發、產品開發及應用服務等測試實驗網路之用
213	行動通信業務高空基地台 HIBS	694-960MHz	IMT 119屆期 、公共用專網
221		1710-1980、2010-2025、2110-2170MHz	IMT 119、122屆期
218		2500-2690MHz	IMT 122屆期
220	IMT在不妨礙現行用途(衛星通訊、太空研究)下和諧使用	6425-7125MHz(globally)	行動通信、免執照低功率無線資訊傳輸設備等低功率射頻器材測試實驗網路
223	新增IMT頻段	4800-4990MHz(globally)	4.8-4.9GHz 5G專網實驗頻段
WRC-27			
256	由ITU進行4.4至4.8GHz、7.125-8.4GHz、14.8-15.35GHz三頻段之頻譜共用研究，並制定相關技術規則，預計於WRC27決議。	4.4至4.8GHz (region1、3)	4.4-4.7GHz警消、4.7-4.8GHz無(IMT)
		7.125-8.4GHz(region2、3)	無(行動、固定、太空研究、衛星地球探測、衛星固定、衛星水上、衛星氣象)
		14.8-15.35GHz(globally)	公眾通信中繼網路
253	WRC-27前研究衛星直連頻譜	694/698-2700MHz	IMT 119、122屆期

資料來源：WRC-23 Final Acts、數位發展部，NRI 分析

五. 異質網路與既有網路互連下的頻譜影響及潛在干擾

(一) HIBS 與地面網路之干擾

在不同的 IMT 頻段內，HIBS 與現有服務之間能進行頻率共享與整合運作，主要依賴於強制要求進行協調與通知、承諾立即消除干擾設定等各項保障措施、及嚴格的功率通量密度限制(Power Flux Density，簡稱 PFD)限制等機制。

1. 跨頻段通用的保障措施

(1) 各國 D2D 服務監理情形無優先權原則

HIBS 的使用對各管理機構來說是新增的服務型態，應屬次級使用，不得優先於其他地面 IMT 的使用。

(2) 消除干擾承諾

在 HIBS 營運者向主管機關提交相關資料時，必須承諾若發生不可接受的干擾，將立即消除對現有主要服務的不可接受干擾，或將其降低至可接受的干擾程度。

(3) 協調與通知

HIBS 營運者應根據《無線電規則》第 11 條通知發射和接收 HIBS 站的頻率指配，提交所有強制性參考資料及說明供審核，以確保符合規定的條件。

(4) 保護地面 IMT 系統

HIBS 被視為地面 IMT 網路的一部分，可能與地面 IMT 基地台使用相同的頻段，因此必須確保對鄰近管理機構領土內的 IMT 地面系統(包括 IMT 移動式基地台和固定式基地台)進行保護。

2. 針對特定 IMT 頻段的干擾預防要求與 PFD 限制

各 HIBS 潛在使用頻段因其傳播特性有利於大面積覆蓋，因此也較容易產生干擾問題也較為突出，必須透過 PFD 限制加以預防。

(1) 694-960MHz

為了保護 IMT 移動式基地台，HIBS 在鄰近管理機構領土表面產生的 PFD 限制不得超過 $-114 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ (適用於 $0^\circ < \theta < 90^\circ$)。

為了保護 IMT 固定式基地台，則採用與入射角 θ 相關的 PFD 限制，例如在 0° 時開始的限制(低於 $-136 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$)。

(2) 2500-2690 MHz

為保護 IMT 移動式基地台和 IMT 固定式基地台，適用特定的 PFD 限制，除非獲得受影響管理機構的明確同意。

(3) 1710-1980 MHz, 2010-2025 MHz, 和 2110-2170 MHz

保護 IMT 移動式基地台的 PFD 限制為 $-111 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ (適用於 $0^\circ < \theta < 90^\circ$)。

保護 IMT 固定式基地台也採用與入射角 θ 相關的 pfd 限制。

(二) 衛星網路與地面網路之干擾

D2D 市場中的兩種主要頻譜使用類型，一種是使用行動衛星服務(MSS)已分配的 S 波段和 L 波段頻譜，另一種是利用行動網路營運商在地面網路上使用的頻譜。而 3GPP 定義了 NTN 頻段，其中 FR1(低於 6GHz)和 FR2(高於 10GHz) 可用於新的 NTN 標準。這些頻段與地面行動服務使用的頻段重疊或相鄰。

當衛星覆蓋區域與同一位置的多個 TN 區域重疊，且 TN FDD 上/下行頻段與 NTN FDD 上/下行頻段相鄰。在下行方向，NTN 或 TN 使用者終端(UE)可能會受到來自基地台或衛星的鄰頻干擾。同樣，在上行方向，衛星或基地台可能會受到來自 TN 或 NTN UE 的鄰頻干擾。在 2 GHz IMT 頻段多已從 FDD 轉向 TDD，NTN 與 TN 間的頻率干擾問題將變得更加複雜，在 TN 時分雙工(TDD)頻段 n34(FR1 頻段)，當衛星覆蓋區域與 TN 區域重疊，並且 NTN 上行頻段與 TN TDD 頻段相鄰時，衛星可能會受到 TN 基地台造成的鄰頻干擾，而 TN UE 也可能會受到 NTN UE 造成的鄰頻干擾。

目前，提供 NTN 服務的 MNO 多以自我干擾管理為基礎運作，但當 NTN 服務的採用擴展到更大規模時，可能會出現額外挑戰。3GPP 正設法研究相關參數標準，讓 NTN 與 TN 在 FR 1 和 FR 2 頻段共存。

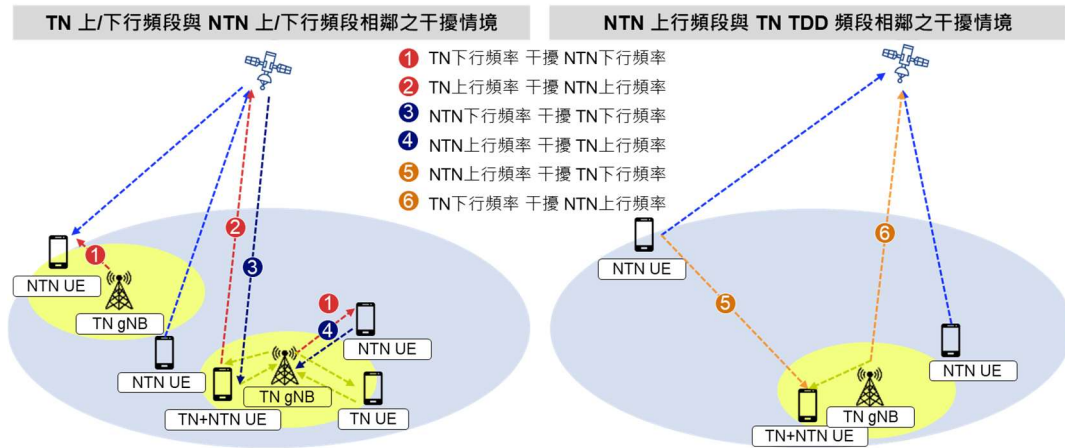


圖 2-13 TN 與 NTN 之鄰頻干擾情境

資料來源：NRI 分析

第三節 市場發展趨勢

一. 行動通信整合非地面網路於全球市場預估產值

根據波士頓諮詢顧問公司⁶，全球衛星產業價值將從2024年的2仟5佰億美元達到2030年4仟億美元，其中最大份額來自於低軌衛星，佔40%。而由衛星通訊服務衍生而得的產值將達到2040年的1兆美元。行動通信整合非地面網路方面，GSMA⁷估計 D2D 服務市場價值將在2035年達到3佰億美元。同時 GSMA 也評估物聯網服務將達1仟億美元，而其中2佰億美元可為非地面網路通信提供代替服務，以民生公共服務及車聯網為大宗。

從太空產業的市場區塊產值來看，根據美國衛星產業協會調查⁸，太空產業在2024年的產值為4仟億美元，其中地面設備佔1仟5佰億美元37.5%、衛星維運1仟1佰億美元28.5%、衛星通信服務佔1仟1佰億美元27.5%、衛星製造佔1佰億美元4.25%及衛星發射7拾億元1.75%。份額37.5%的地面設備區塊其中衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)佔75%、終端消費佔12%、基地台設備佔11%。份額27.5%的衛星通信服務區塊其中一般消費應用(Global Navigation Satellite System, GNSS)佔81%、商業消費應用佔16%、遙測應用佔3%。

根據我國國家太空中心統計，我國衛星產值達約2仟5佰億新台幣，其中98%來自於地面通信設備，其餘則為衛星應用服務。

⁶ Regulating the Next Generation of Satellites (2024), BCG

⁷ The Mobile Economy Asia Pacific 2024 (2024), GSMA

⁸ 2024 State of the Satellite Industry Report (2024), Satellite Industry Association

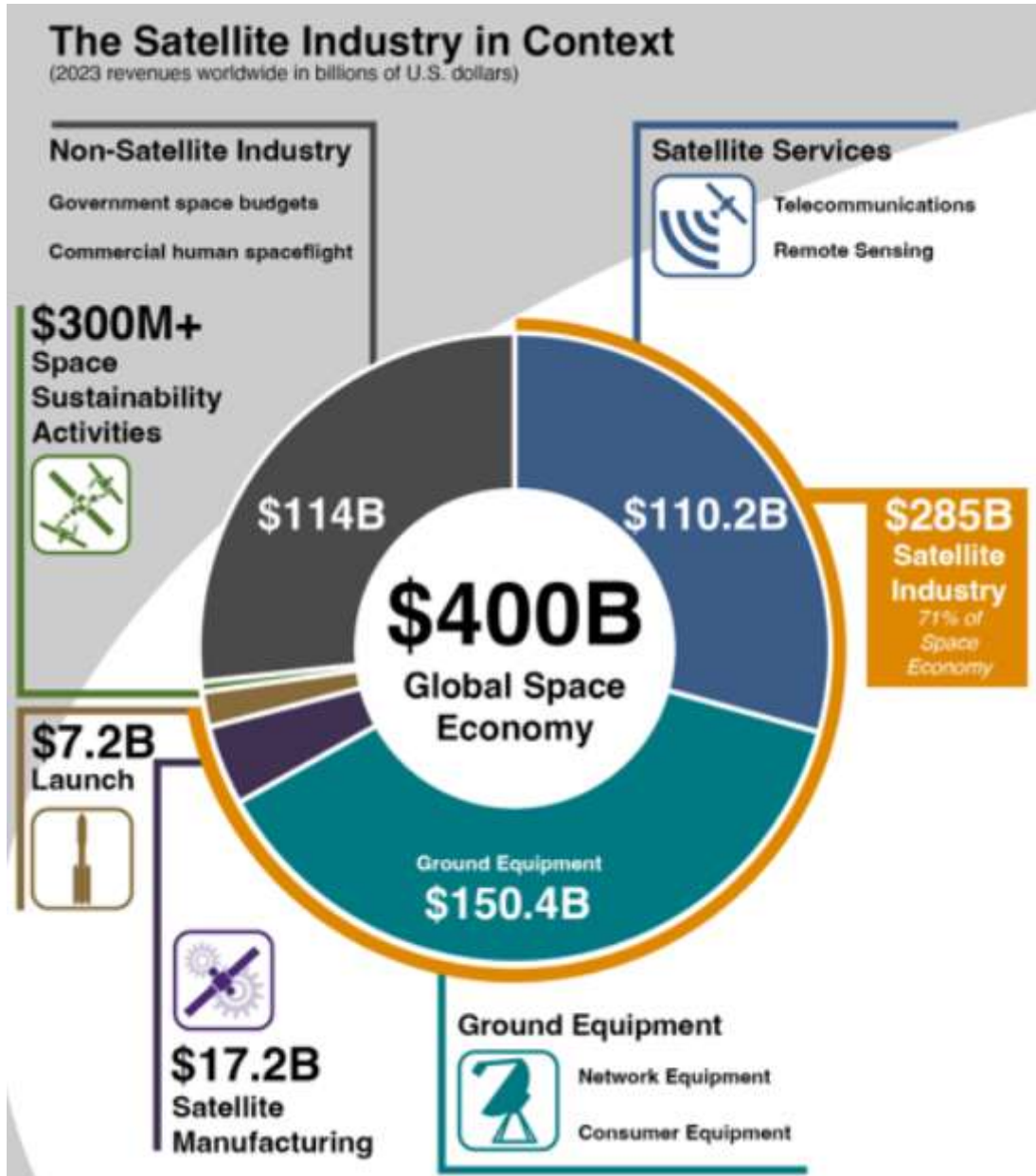


圖 2-14 太空產業市場區分產值

資料來源：美國衛星產業協會

二. 行動通信整合非地面網路各國重點應用情境

低軌道通訊衛星相較於地面通訊系統，其具有相對不受環境條件限制的無縫覆蓋、超過300公里半徑的大範圍覆蓋、長距離下的低延遲性等三大優勢，在地廣人稀的國家已經成為重要的通訊解決方案，故近年蓬勃成長。

然而我國雖屬地狹人稠、基地台覆蓋率高之海島國家，考量地形、區域及產業特性，主要低軌通訊衛星應用仍以災難備援及偏鄉普及等特殊情境為主。未來伴隨應用成熟度提高，或可走向海上應用、衛星物聯網、遠距醫療及金融等領域發展。



圖 2-15 低軌通訊衛星技術優勢與應用情境(1)

資料來源：NRI 分析

若從台灣可能發生之對於地面行動通信網路補充性質作維度區分，則以多聚焦於原本網路無法涵蓋之場域；若係以補充既有網路不足者，多半應用於亟需網路可用性保證之金融機構等事業作為緊急或災害備援。而從使用者區分，則主要分為公共性質及產業性質應用，就目前衛星通訊的傳輸成本來看，尚未看到具有影響頻譜需求、傳輸規模的 B2C 可行應用。

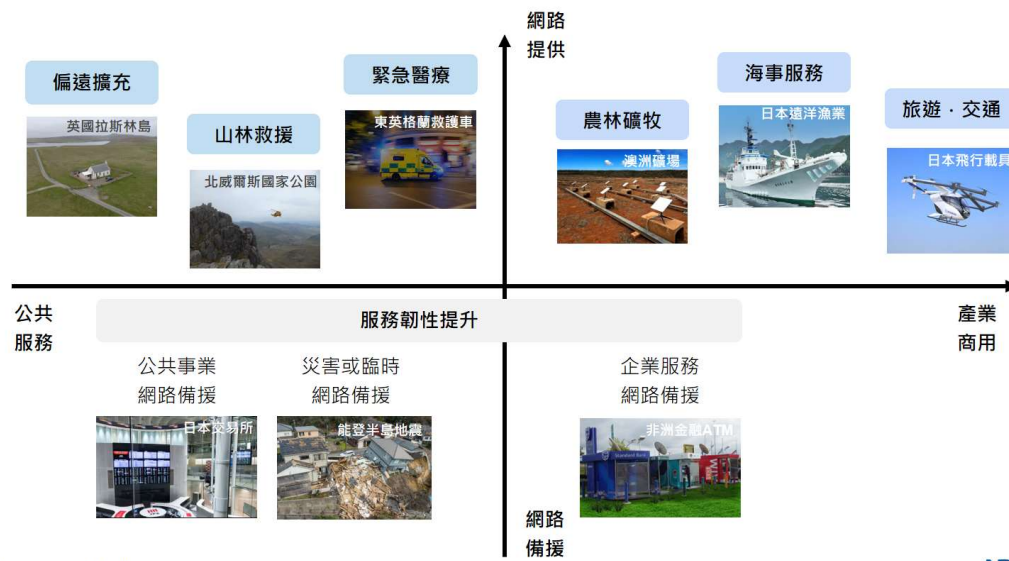


圖 2-16 低軌通訊衛星應用情境(2)

資料來源：NRI 分析

(一) PPDR 救援

美國聯邦通訊委員會 (FCC) 2025 年已批准 AST SpaceMobile 與 AT&T 合作，利用 BlueBird 衛星，在公共安全專用的頻譜上測試直接連接到蜂窩網路的功能，測試成功後，部分使用 FirstNet 的緊急人員將試用公共安全級別的衛星通訊，以克服偏遠地區如國家公園等場所的公共安全搜救網路連線。

英國 Snowdonia Aerospace 所開發的「龍」無人飛行器系統，搭載獨立空基 5G NR，為遊客及搜救隊提供即時網路連接，協助緊急救援，並在北威爾斯國家公園進行試驗。日本 SoftBank 的 HAPS Mobile 也以災時的手機直連救援及無人機應用作為主要場景，展開 5G 通訊的相關試驗。

(二) 移動中車輛連線

英國 Hybrid Connex 結合軟體平台及特殊遠距蜂巢天線，將救護車與 LEO 相連，自動選擇最強的訊號，確保救護人員獲得快速有彈性的無縫連結，並已在東英格蘭救護車上進行試驗。

另外，市場上許多 Tesla 車主已經在車頂安裝了 Starlink Mini 天線，Tesla 最近已在2025年底於美國提交了一項專利申請(專利編號 U.S. 2025/0368267)⁹，旨在將具備無線電頻率 (RF) 的透明材料整合進車頂結構，意味著在未來幾年內，衛星通訊天線可能會直接整合進 Tesla 車型中，這不僅能促進車輛與衛星和其他外部設備的通訊，消除在偏遠地區的地面通訊盲區，確保在長程公路旅行時服務不間斷，並可進行商用車隊的遠距監控和車隊管理。

(三) 鐵路運輸連線

歐洲在2020年已完成鐵路行動通訊系統 (FRMCS) 的標準化，而近年，由歐洲太空總署資助 Sodor 計畫開發用於鐵路的異質網路整合系統，讓地面5G網路和 LEO 衛星連接，以供乘客、列車營運及監控使用。

(四) 無人機超視距通訊

無人機操作面臨的最大挑戰之一，即為在超視距(Beyond Visual Line of Sight, 簡稱 BVLOS)且嚴苛的環境中保持可靠的指揮、控制和有效載荷資料鏈路，而衛星通訊將可擴大超視距無人機作業的應用場景。無人機衛星通訊解決方案業者 Gotonomi 整合了自身的輕型超低功耗衛星終端、Viasat 的安全 Velaris L 頻段網路和 Videosoft Global 的工業級串

⁹ <https://www.techritual.com/2025/12/14/469498/>

流媒體軟體，提供200 kbps 的連接¹⁰，並在歐盟、美國、加拿大、澳洲、英國和巴西進行的飛行試驗。

(五) 衛星物聯網

德國電信專注於衛星物聯網應用，分別與 Skylo 及 Intelsat 合作，展開多元使用方案，如應用於風力發電場域，透過整合行動和衛星通訊的物聯網連結，可依當時的環境條件操控風場警示燈，符合航空規定並降低光害。日本 Softbank 和 Skylo 亦有類似的衛星物聯網應用正在發展中。

(六) 企業備援網路

在 Starlink 於2025年底在韓國正式推出後，衛星導航解決方案提供商 KT SAT 贏得了一份合同，將為樂天地產開發公司提供星鏈服務。樂天地產開發公司決定利用這項服務來增強其位於首爾南部、世界第六高樓—樂天世界塔的災害備援應變能力。

三. 行動通信整合非地面網路未來頻譜需求影響

根據 WRC-27，IMT 為 D2D 指定使用的頻段為694-698 MHz 及 2.7 GHz。我國這些頻段現有使用者有國防部與實驗專用網路，目前追蹤其中694-698 MHz 段國防用途已清頻完成可備以釋出，而 2.7 GHz 則因專網使用需求不俗，正深入探討移頻或擴大使用的可能性。

GSMA 認為全球約4%人口居住在無行動通信網路覆蓋的地理區域，而 D2D 應用可填充這個市場空白。我國行動通信網路人口覆蓋率趨於理想(>95%)，然而本團隊以業者實際基地台資料計算

¹⁰ <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2025/10/gotonomi-videosoft-to-showcase-flight-proven-bvlos-connectivity-at-bcn-drone-day/>
<https://gotonomi.com/resources/why-satellite-connectivity-is-vital-for-safe-bvlos-drone-operations/>
<https://www.groundcontrol.com/blog/enabling-bvlos-drone-operations-anywhere-on-earth/>

地理覆蓋率來看，離島46%、偏鄉15%及山地部落僅2%。有鑑於我國特殊的地理環境，若為建立更完整的數位包容服務，應探究其非地面網路支援覆蓋率的可能性。

以本團隊過去使用頻率需求模型評估我國衛星直連手機服務的應用來看，若設定一般消費完全使用直連手機服務代替行動通信者為行動通信市場中佔比0.0001%，則頻率需求仍非常低，少於10 MHz。以目前發展程度而言，行動通信整合非地面網路應用所需的頻寬並不直接對頻譜資源有重大影響，且僅為行動通信營運商的備援服務；目前以頻譜共享共存的概念整合行動通信與非地面網路較具經濟效益，亦有助於衛星消費型通信服務擴大其經營。而從衛星營運(例如衛星作為行動通信服務的 Backhaul)來看，英國 Ofcom 2024年正召集意見，評估開放 Q/V band: 37.5 – 43.5 GHz, 47.2 – 50.2 GHz and 50.4 – 52.4 GHz、E band: 71 – 76 GHz and 81 – 86 GHz 予衛星設備(Gateway)使用。有鑑於行動通信整合非地面網路的模式多元，頻譜的釋出亦應對應於其營運模式進行規劃與釋出。

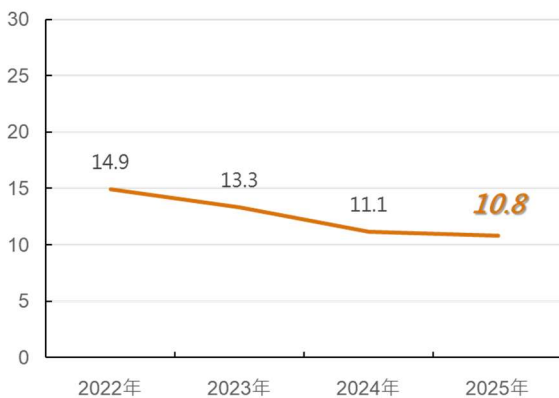
第四節 國內市場發展現況及未來動向

一. 我國行動通信覆蓋人口覆蓋程度高，且價格實惠，使衛星通訊應用僅以少數利基使用情境為主

Starlink 美國最低速方案每月 USD 50美元 (50GB)；台灣僅海上方案，每月 TWD 38,000 (200GB)，超量 1GB 為 TWD 110(含租 Starlink Enterprise Kit)，價格遠高於我國現行4G、5G 平均傳輸單價 (詳下圖)。

4G 每單位傳輸量(Gbytes)價格變化(2022-2025年)

元(NTD)/GBytes



5G 每單位傳輸量(Gbytes)價格變化(2022-2025年)

元(NTD)/GBytes

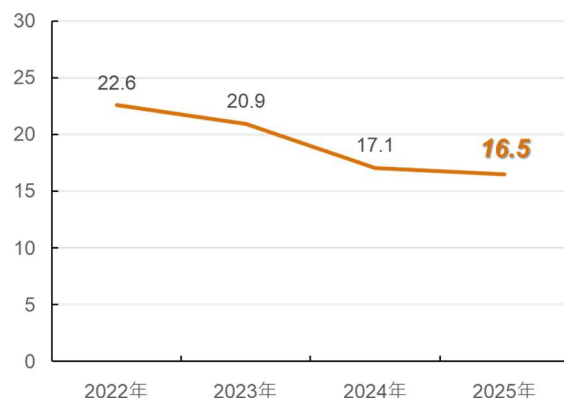


圖 2-17 我國 4G、5G 每單位傳輸量價格變化

資料來源：NCC 統計資料、NRI 分析

另考量我國地面通訊覆蓋狀況，未來非地面通訊需求將以「無網路覆蓋區」及「韌性備援」兩種需求為主。無地面網路可用網路之環境主要為山區、海上及空中，情境包含弱訊區的 D2D 聯繫、偏遠地區物聯網、山林救援、海事/海巡救援、空中無人載具等。而韌性備援需求如公共、企業之聯外網路備援。因上述情境特性為非特定時間發生，或發生時立即需要通訊，因此較適合以衛星

服務。

而災時臨時網路部分地面網路銜接，可接受災後一定時間內完成建構，故可透過移動式基地台及 HIBS，配合採取限制應用服務之措施建構適合災時通訊的網路環境。



圖 2-18 我國主要 NTN 通訊應用情境

資料來源：NRI 分析

二. 國內引進非地面網路通信服務現況：三大業者差異化發展，中華電信領先推進

考慮到前述急難救助及通訊韌性等需求日漸重要，由通訊衛星系統等組成的非地面網路通信，將可以作為一種滿足前述需求的關鍵解決方案；同時，我國的重要戰略地位，也獲得國際上的許多家衛星通信服務業者的重視。在這樣的前提之下，配合數發部開放受理業者申請衛星行動通信頻段與擴增衛星固定通訊頻段，目前國內的三大電信業者都積極地與海外衛星通信服務業者合作，推動引進非地面網路通信服務至國內，或是進行相關技術與服務的驗證。

國內的電信業者引進衛星行動通信服務，是以推動衛星固定通信，

以衛星作為後傳鏈路(Backhaul)的服務型態為主；目前，中華電信及遠傳電信預計將引入的衛星通信服務，都預計將採用這種服務模式。台灣大哥大目前則暫無引入衛星固定通信的服務型態之明確計畫，但正與 Lync Global 等海外業者合作，積極驗證 D2D 服務。

(一) 中華電信

中華電信採取整合高、中、低等多層軌道的衛星策略，形成全面的備援網路架構；具體推動措施，則包含與 OneWeb(低軌衛星服務)及 SES(中軌衛星服務)等國際業者合作。

在低軌衛星方面，中華電信與 OneWeb 合作，並於2025年6月取得商用許可，成為我國第一家取得低軌衛星商用許可的公司。OneWeb 衛星系統預計將被用作行動基地台與核心網路連線的備援後傳鏈路，特別針對離島、偏遠地區及重要通訊節點進行設置，並以 Ku 頻段(下鏈12GHz/上鏈14GHz)提供服務。

在中軌衛星方面，中華電信與盧森堡衛星服務商 SES 合作，推動引進 O3b mPOWER 中軌衛星通信服務，提供高速、低延遲的衛星通信；相較於低軌衛星，SES 的中軌衛星具有更大的波束覆蓋面積和容量，可提供100 Mbps 下載與50 Mbps 上傳的網路速度。

中華電信與 SES 合作的 O3b mPOWER 預計將使用 Ka 頻段(下鏈17GHz/上鏈27GHz)提供服務。於2025年11月，中華電信通過主管機關審驗，開始提供 O3b mPOWER 的商轉，主要將應用於航運業、科技業等重要民生經濟產業，以及作為政府機關與企業的通訊備援方案。

另外，在高軌衛星方面，除了我國已有的中新二號等衛星資源之外，中華電信於2025年4月與美國 Astranis 公司達成合作，將引進其 MicroGEO 小型高軌衛星，預計最快將於2026年開始提供服務，並提供整顆衛星頻寬專屬我國使用，這將成為我國擁有的第一顆專屬衛星，提升我國通信服務獨立性與可靠性。

(二) 遠傳電信

目前，遠傳電信針對衛星通信服務的主要方向集中在與 Amazon Kuiper 低軌衛星系統的合作洽談。Amazon Kuiper 規劃使用的28.5~29.2GHz 頻段，對應到遠傳電信目前擁有的 Ka 頻段資源。而遠傳電信與 Amazon Kuiper 之間，也已展開技術架構、營運模式及商業應用等不同層面的討論，服務範圍可能將涵蓋企業專網、產業鏈通訊備援，以及政府機關等的安全連線需求等。

由於 Amazon Kuiper 預計最快也要在2026年才完成建置以及開始在北美的商業運轉，因此預計最快也要在2027年才能引入國內開始服務。

(三) 台灣大哥大

如同前述，在衛星通信方面，台灣大哥大主要採取的行動為與美國衛星行動通信新創業者 Lynk Global 合作進行 D2D 的相關驗證。於2024年11月，台灣大哥大宣布與 Lynk Global 合作成功驗證「太空基地台」技術，成為國內第一達成 D2D 技術驗證的電信業者。該測試利用900 MHz 頻段連結 Lynk Global 低軌衛星，驗證以現有台灣行動通訊業者的無線頻譜，即可利用衛星支援行動通訊服務。

目前國內三大電信業者已形成的衛星通信服務佈局已形成差異

化。中華電信透過 OneWeb、SES、Astranis 等多軌衛星系統提供企業用通信備援與政府韌性應用；遠傳以 28GHz 頻段優勢爭取 Kuiper 合作，瞄準 2027 年商用；台灣大則聚焦於 D2D 驗證，並希望能在未來推動相關應用。

三. MSS 專用頻段 D2D 通信：以 Apple 與 Globalstar 為例

衛星通信服務除了藉由 MNO 進行落地之外，另一種應用模式則是透過 MSS 專用頻段進行 D2D 連線，而不經由 MNO；目前這種服務型態主要用於緊急救援等應用上；代表性的例子包含 Apple 與 Globalstar 的合作。

目前 Apple 透過 Globalstar 提供的衛星通信服務包含以下四種：(1) 衛星緊急 SOS、(2) 衛星簡訊、(3) 衛星定位分享 (Find My)、(4) 道路救援服務。目前，在 iPhone 14 或更新的型號上，這些服務在特定的國家可免費使用。衛星簡訊功能目前限於美國、加拿大與墨西哥，而道路救援服務僅在美國、英國與澳洲提供。

作為支撐上述服務的基礎設施，Globalstar 目前擁有 24 顆低軌衛星，軌道高度約 1400 公里，以提供幾乎涵蓋全球的通信覆蓋(不包括北緯 62 度以上的極地與某些遠海區域)。上述服務使用的頻段為國際電信聯盟特別指定用於行動衛星服務的 L 頻段與 S 頻段；上鏈使用 1610~1626.5 MHz 的 L 頻段，下鏈則使用 2483.5~2500 MHz 的 S 頻段。

四. D2D 應用及支援裝置發展動向

非地面網路通信服務的普及需要克服的最大的困難之一，即是受到相關設備的限制。相較於年銷量達十億支以上的手機，衛星電話的年銷量數量級僅數百萬左右。銷售量的差異，也使衛星通信等非地面網路通信的相關產業鏈的發展規模難以與地面網路通訊設備比擬。但是 D2D 可能成為打破現狀的重要途徑；透過將人手一支的手機轉變為非地面網路通信的一環，D2D 應用將有機

會使非地面網路通信的市場大幅擴張。

由裝置支援度的現況來看，目前支援 D2D 的手機產品已超過60款，包含 iPhone 13 以上的所有 iPhone、Google Pixel 9 系列、Samsung S21、Z Flip 3 及 Z Fold 3 以上系列等，主要涵蓋各大廠牌的高階機型及部分中階機型。以技術普及的趨勢來看，可以預測各大廠牌 D2D 功能將會往廉價的機型推廣，因此在未來，D2D 將可能成為手機廣泛支援的服務之一。

目前全球各大電信雖仍在摸索 D2D 服務的商業模式，但各國已開始有商用 D2D 服務的推出（北美 T-Satellite、日本 au Starlink Direct 等），且更多電信業者（Verizon、AT&T、德國電信等）也預計推出服務，以及各種低、中、高軌衛星系統的加速建立，代表 D2D 已進入到商業化階段，可想見到，手機等各種裝置的支援也將持續成長。

第三章 行動通信網路整合非地面網路之主要國家與地

區相關規範

本節將針對主要國家與地區(英國、法國、德國、美國、澳洲、日本、南韓、新加坡、中國、香港)之行動通信網路整合非地面網路頻率分配機制及相關監理規範、頻率干擾處理機制進行探討；另考量我國現況，就申請制度則主要關注相關業者於他國設立衛星地球電台，其設立是否需要無線電頻率及地面站許可，以及是否設有外資相關限制。¹¹

值得說明的是由於各國家地區的現實情形有別，例如具有大面積國土或有地形阻隔者、或基於推動國家關鍵產業發展，對於非地面網路的投入程度通常較為顯著，反之則有相當程度落差。對此，本節針對各國家地區之調研以行動通信與非地面網路之整合為優先，包括衛星直連手機服務相關發展及規範，若該國家地區尚未對此有進一步市場投入或監理進展，則以其固定衛星或行動通信服務為觀察切入。

第一節 英國

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

英國地區基於1990年代之歐洲電信自由化相關指令，外資可獨資進入衛星通訊市場，因此有別於本節部分國家地區，低軌衛星通訊服務業者如 Starlink 可直接於英國向一般用戶提供服務；OneWeb 的服務主要則面向企業、政府及電信業者等客戶；另外，Amazon 旗下的 Project Kuiper 已於2024年向 Ofcom 提出申請，並於同年9月發布公眾諮詢，預計於2025年向英國推出衛星寬頻網

¹¹ 有關衛星通訊市場外資管制之一般性投資審查部分，除香港及新加坡(《重大投資法》授權政府制定相關規範中)，其餘各國皆有一般性投資審查，因而暫不於本節討論之。

路服務。

就電信業者與衛星業者合作，則以 Vodafone 最為積極。Vodafone 作為低軌衛星 AST SpaceMobile 之投資合作者，雙方於2025年1月29日完成全球首次衛星直連手機視訊通話測試，最高傳輸速度達120 Mbps，計畫於2025年下旬至2026年於歐洲推出第一個面向智慧型手機之商用衛星寬頻服務。

二. 頻譜應用分配

鑒於近來衛星通訊技術發展，加以 Inmarsat 和 EchoStar 現持有 2 GHz 之 MSS 頻段授權於2027年5月到期，於2024年7月發布《從天空和太空改善行動連結性》(Improving mobile connectivity from the sky and space)¹²公眾諮詢文件，尋求外界對於衛星直連手機(Direct to Device, D2D)及行動衛星服務(Mobile Satellite Services)、高空平台(High Altitude Platform Station, HAPS)的頻譜管理建議。該文件中指出有兩種支援衛星直連手機的模式：一種為 MSS 頻段中的 D2D(D2D in MSS spectrum)，另一種則為行動頻段中的 D2D(D2D in mobile bands)。MSS 頻段目前受 ITU 分配給船舶、航空及衛星物聯網等衛星服務使用，此類包括蘋果手機運用 Globalstar 的緊急通信服務，現 ITU 《無線電規則》(Radio Regulations)並沒有將任何低於3 GHz 的頻段提供給 MSS 使用，惟 WRC-27議程項目1.13將審視 D2D 衛星服務與地面行動服務的共存。另為促進頻譜使用效率，Ofcom 考慮在將 MSS 頻段與新進業者共享。

從該次公眾諮詢中歸納了五大議題，分別如下：

¹² Ofcom, 2024, 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/improving-mobile-connectivity-from-the-sky-and-space---summary-of-responses-and-next-steps.pdf?v=385776>

(一) 在行動通信頻段啟用衛星直連到設備(D2D)服務

預計使用 IMT 頻段的 D2D 服務於英國市場將於2026年正式向消費者提供服務，故於今年度基於 Ofcom 所規劃的釋出相關頻譜規劃、限制、落地方法、監理配套等方案，啟動了2次公眾諮詢，2025年3月份諮詢結束後，Ofcom 就業者所提意見進行修正，於2025年9月份針對修正後研訂之《2025年無線電(直接至設備衛星通訊)(豁免)規則(草案)》進行第二次公眾諮詢。

1. 開放使用頻段

Ofcom 將在頻分雙工 (FDD) 或補充下行鏈路 (SDL) 頻段中，授權在700MHz-2.6GHz 以下的現有移動頻率子集中開展 D2D 業務。頻段選擇及各頻段中向任何方向發射之功率限制如下：

表 3-1 Ofcom 開放 D2D 服務之行動通信頻段

頻段	頻率範圍		雙工模式	技術	設備最大平均功率限制 (dBm TRP)	行動下行頻譜中 D2D 衛星發射功率密度限制 (dBW / MHz / m ²)
	用戶設備發送/行動基地台接收 UE Tx/BS Rx	行動基地台發送/用戶設備接收 BS Tx/UE Rx				
700MHz	703 – 733	758 – 788	FDD	LTE、NR	25	-119
		738 – 758	SDL	LTE、NR	25	
800MHz	832 – 862	791 – 821	FDD	LTE、NR	33	
900MHz	880.1 – 914.9	925.1 – 959.9	FDD	GSM	25	
				LTE、NR	30	

頻段	頻率範圍		雙工模式	技術	設備最大平均功率限制 (dBm TRP)	行動下行頻譜中 D2D 衛星發射功率密度限制 (dBW / MHz / m ²)
	用戶設備發送/行動基地台接收 UE Tx/BS Rx	行動基地台發送/用戶設備接收 BS Tx/UE Rx				
1800 MHz	1710.1 – 1785	1805.1 – 1880	FDD	GSM	25	-111
				LTE、NR	24	
2.1GHz*	1920 – 1979.7	2110.3 – 2169.7	FDD	LTE、NR	25	
2.6GHz	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD	LTE、NR	25	-108

資料來源：Ofcom，NRI 整理

前述表中的所有行動頻段均已在全國範圍內獲得許可，適合在英國境內提供 D2D 服務。在 TDD 頻段運作的 D2D 網路更加複雜，因此對相鄰頻道移動系統造成干擾的風險增加。故避免使用 TDD 頻段。以目前 IMT 頻譜使用狀況而言，1900 – 1920 MHz、2350 – 2390 MHz、2570 – 2620 MHz 及所有授權給 MNO 的 3 GHz 以上頻段均為 TDD。其中 1400MHz 英國皇家天文學會認為相鄰頻段(1400 – 1427 MHz)的運作受到國際保護，用於被動式地球探測衛星服務，不建議開放 D2D。

MSS 業者認為 2.1GHz 與 MSS 分配範圍(1980–2010、2170 – 2200 和 2483.5–2500)相近，有干擾可能，但已有許多現有用戶已經在 2170-2200 MHz 的 MSS 下行鏈路附近共存，故 Ofcom 認為風險已降低。另須保護空中交通管制雷達系統(2.7-3.1 GHz)免受在 2.6 GHz 頻段運作的 D2D 服務潛在干擾。

2. 干擾處理

(1) 遵守衛星發射功率密度限制及設備最大功率限制

為保護原(同頻以陸域、離岸或境外之行動網路為主)或鄰頻(行動網路和其他頻譜使用者，如空中交通管制雷達)之既有使用者，於 D2D 衛星傳輸服務提供者須遵守各頻段總體功率通量密度(PFD)限制，即對衛星向地球表面傳輸的最大功率的規定，以及設備最大平均功率限制。

(2) 建議 D2D 衛星服務的最小仰角傳輸為 10 度

由於行動基地台的天線對天空的區分度通常大於對地平線的區分度，因此較低仰角的衛星傳輸比較高仰角的衛星傳輸更容易造成干擾。

在2025年3月第一次公眾諮詢時提出的最小仰角為20度。在 D2D 衛星星座部署階段，20度的最小仰角可能會限制連續覆蓋，尤其是在高緯度地區。因此，Ofcom 將最小仰角由20度修正為10度，並透過實證證明不會導致干擾風險大幅增加。且無論如何，D2D 提供者不得對上行頻譜中的行動基地台造成干擾，如果發生有害干擾，Ofcom 可以對 D2D 提供者採取執法行動。

3. D2D 授權方式

對於 D2D 服務，行動手機將與太空站發送和接收訊號，現有的豁免條款尚未涵蓋地面行動手機的使用。為了在英國授權 D2D 服務，必須針對連接 D2D 服務的裝置(行動手機和其他支援 SIM 卡的裝置)制定豁免條例。

授權機制的目的是使 D2D 服務與現有頻譜使用者的共存，透過授權才能保護其他同頻道和鄰頻用戶免受 D2D 造成

的有害干擾，並使 Ofcom 能夠監控許可條件的遵守情況，在發生有害干擾時採取行動。

目前建議方案為由 MNO 提出申請，使 MNO 能夠在適當的監管監督下創新利用其現有頻譜，並有以下配套規定：

- (1) 為連接 D2D 服務的行動手機和其他支援 SIM 卡的裝置建立自由裁量授權豁免；
- (2) 邀請任何計劃透過其頻譜提供 D2D 服務的行動通信營運商向 Ofcom 提出請求，更改與擬用於 D2D 服務的頻段相關的現有無線電報許可。
- (3) 期望 MNO 提供以下說明：
 - A. 其計劃用於 D2D 服務的頻率詳情。
 - B. MNO 與衛星營運商之間商業協議的證明，該協議應包含要求衛星營運商遵守技術條件的條款。
- (4) 保留在許可證變更過程中 Ofcom 向行動通信營運商索取資訊的權利。
 - A. 確保提供 D2D 服務的衛星營運商遵守 D2D 許可證計畫草案中規定的技術和協調條件
 - B. 如果行動網路營運商和衛星營運商終止其商業協議，則應停止提供 D2D 服務

此授權方式因屬修改既有授權，故不會對 MNO 或衛星營運商收取新的費用。故為公眾諮詢時多數業者表達較務實且靈活的方法，暨能一定程度透過 MNO 管理干擾問題，同時也能降低監管負擔。

(二) 2GHz MSS 頻譜的授權方法檢討

由於2027年5月時，獨家授權給 Viasat 和 Echostar 的 2GHz(1980-2010 MHz 和 2170-2200 MHz)MSS 頻譜屆期，故於2025年7月展開第1次公眾諮詢。而公眾諮詢後 Ofcom 至今尚未對諮詢結果公布後續規劃。

(三) 授權機制規劃歐洲理事會關於短距離設備 (SRD) 頻段衛星物聯網發射決議草案的制定工作

該草案於2025年7月完成，英國將考慮實施該建議的可行性，為相關內容尚未公告。

(四) 授權使用 HAPS

就高空平台方面，WRC-23將1710–1980 MHz、2010–2025 MHz、2100–2170 MHz、2500–2690 MHz 分配予 HAPS 使用，然而因為這些頻段在英國國內目前優先核配給地面行動網路，尚未授權給高空平台使用。惟公眾諮詢期間本議題所獲得的市場回應有限，Ofcom 推論為市場尚未成熟，故暫緩推動。

(五) 其他衛星頻譜提供

此外，Ofcom 於2024年3月亦就 27.5-30 GHz 頻段使用發布公眾諮詢，提議增加 560 MHz 的頻譜供衛星地面閘道站使用，並計劃透過現有的 NGSO 和 永久地面站(Permanent Earth Stations)許可框架來授權衛星地面閘道站的使用。

針對收回的頻譜資源，Ofcom 提出了幾種可能的核配方式，包括允許陸地衛星終端(land-based satellite terminals)使用 112 MHz 的頻寬(28.8365-28.9485 GHz)，以及在 27.9405 -

28.0525 GHz 和 28.9485 – 29.0605 GHz 頻段提供 2×112 MHz 的頻譜，用於固定無線鏈路(point-to-point fixed links)。

為了解決衛星通訊業者在獲取頻譜上的困難，Ofcom 計劃允許衛星通訊業者直接向 Ofcom 申請頻譜核配，而不再完全依賴與固定鏈路業者的商業談判。

三. 監理框架及申請制度

依照現有許可制度，若要在英國設置衛星地面站，閘道地面站(gateway Earth stations) 需要透過個別的執照授權。用戶終端(user terminals)則須申請地面站網絡(ESN, Earth Station Network) 許可或獲免執照(licence exemption)營運。固定衛星服務(Fixed Satellite Services, FSS) 終端通常需要 ESN 許可證，但行動衛星服務(MSS, Mobile Satellite Services) 終端通常可免執照運行。在 Ofcom 2022年所公布的《太空頻譜戰略》(Space Spectrum Strategy) 中，表示考慮將 MSS 終端改為需要 ESN 許可證的模式。對於連接到由行動網路業者(其無線電授權已修改，包含提供 D2D 服務的協調條款)提供的 D2D 服務的行動手機，則依前述《2025年無線電(直接至設備衛星通訊)(豁免)規則》可酌情豁免授權。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

《從天空和太空改善行動連結性》公眾諮詢文件指出，蘋果和 Globalstar 於2022年推出緊急通訊服務，該服務使用 MSS 頻率且手機符合現行 MSS 裝置驗證規範，故在現行 MSS 終端驗證條件下得以開通。然而隨著衛星通信技術及服務發展，Ofcom 考慮取消目前的免執照政策，轉而引入許可證制度，以應對更高的干擾風險。

就行動頻譜(mobile spectrum)引入 D2D 服務的干擾問題，除了業者間協調以外，Ofcom 主要以功率及仰角限制以保護非 MNO 的

既有頻譜使用者，對於部分鄰頻的影響仍持續進行觀察及評估。
另就 27.5-30 GHz 的諮詢，Ofcom 認為仍須進行個案干擾評估，
亦計劃透過地域隔離或頻譜共享機制以降低影響。

第二節 美國

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

2024年11月26日，FCC 批准 SpaceX 按《太空補充涵蓋》(Supplemental Coverage from Space, SCS)¹³規則提交之申請，旗下 Starlink 計畫將透過與 T-Mobile 之頻譜租賃協議，使用1910-1915 MHz 及1990-1995 MHz 頻段，為無地面涵蓋的區域提供網路補充，此為 FCC 首次批准業者進行衛星直連行動服務。

二. 頻譜應用分配

2024年3月，FCC 宣布《太空補充涵蓋》監理框架以衛星通訊服務補充既有地面網路之不足，彌平數位落差。FCC 開放在特定行動頻段(600 MHz、700 MHz、800 MHz、PCS 寬頻、AWS H-block) 內為提供衛星行動通訊服務作為次級使用(secondary allocation)，衛星業者須透過與現有行動網路業者(MNO)租賃頻譜的方式來提供 D2D 服務。

表 3-2 《太空補充涵蓋》開放衛星業者頻率使用範圍

頻段	頻率範圍
600 MHz	614-652 MHz 663-698 MHz
700 MHz	698-769 MHz 775-799 MHz 805-806 MHz
800 MHz	824-849 MHz 869-894 MHz
Broadband PCS	1850-1915 MHz 1930-1995 MHz
AWS-H Block	1915-1920 MHz 1995-2000 MHz

資料來源：FCC，NRI 整理

¹³ FCC, 2024, Supplemental Coverage from Space Framework, <https://www.fcc.gov/document/fcc-advances-supplemental-coverage-space-framework-0>

三. 監理框架及申請制度

《太空補充涵蓋》規則允許衛星營運商向地面行動服務業者租賃頻譜，於地面網路未涵蓋的地區直接向消費者既有的行動通訊終端設備提供服務。根據《美國聯邦法規》第47篇第25節，衛星營運商須先與地面行動業者達成協議，協議內容應包括預計提供之操作頻段，以及預計提供服務之地理獨立區域。

申請頻譜租賃的各方須填寫 FCC 表格608¹⁴，確認租賃申請是否是為了提供太空補充地面涵蓋服務，並根據第1.9047(d)(2)條的要求提交文件。其次，有意提供太空補充涵蓋服務的業者，須透過 FCC 表格312提交新的申請，或提交修改申請以擴展其服務範圍並須符合相關技術要求規範。

FCC 於《美國聯邦法規》第47第25節增訂25.115(q)、25.125(e)兩項新規以「規則授權」(Licensed by Rule)，意即適用於太空補充涵蓋目的之地面設備，若遵守既有租賃安排或協議，並符合 FCC 設備授權之技術參數、地面執照持有人核准條件，便無需單獨申請個別的頻譜許可。另根據新訂的第25.125(c) 條，所有用於提供太空補充涵蓋服務的地面站設備，必須在開始服務前獲得 FCC 設備許可(equipment authorization)，以確保設備符合技術與安全標準。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

為防止有害干擾，FCC 劃出6個地理獨立區域(Geographically Independent Area, GIA)，地面行動通訊業者若要將頻譜租賃予衛星通訊業者，除租賃頻率需屬於 SCS 頻段外，還必須在單個地理獨立區域內擁有與租賃頻率同頻的所有執照(all co-channel licenses)，而衛星通訊業者則基於上述開放的頻率區間及租用協

¹⁴ FCC, Forms, <https://www.fcc.gov/licensing-databases/forms>

議，在該地理獨立區域內以次級使用的方式提供 SCS 服務。

另就衛星通訊營運安全性風險，美國國家標準與技術研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 於 2023 年 7 月發布了《商業衛星運營網路安全簡介》(Introduction to Cybersecurity for Commercial Satellite Operations，以下簡稱 NIST IR 8270)，說明如何將 NIST 的網路安全框架應用於商業衛星營運服務。此外，因應美國多家電信業者於 2024 年受中國政府支持的駭客組織「鹽颱風」(Salt Typhoon) 攻擊，FCC 於 2024 年 12 月提出宣告性裁定 (Declaratory Ruling) 規定電信業者必須根據《通訊協助執法法案》(Communication Assistance for Law Enforcement Act, CALEA) 第 105 條，電信業者需要確保其網路免受未經授權的存取和通訊攔截，並向 FCC 提交年度證明，確認其已創建、更新並實施網路安全風險管理計劃。

第三節 澳洲

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

澳洲市場業者相當積極投入行動通信及非地面網路之整合，例如澳洲最大電信業者 Telstra 於2025年1月上旬與 Starlink 達成進一步的合作，計畫為澳洲客戶提供衛星直連手機的 SMS 簡訊服務；2024年10月亦與美國低軌衛星通訊新創 Lyrk Global 合作進行衛星直連手機之測試；2024年2月則宣布和 OneWeb 啟用全球最大規模之低軌衛星回程網路，根據雙方協議 Telstra 將向澳洲偏遠地區的行動網路客戶提供高達25 Gbit/s 的 LEO 容量。

2023年澳洲第二大電信商 Optus 亦有與 Starlink 達成類似前者之協議，並預計於2024年底推出，然而該計畫現已推遲，正在重新評估時程。此外，澳洲競爭與消費者委員會(ACCC)已批准澳洲第二大電信業者 Optus 與第三大電信業者 TPG 之間價值16億澳元的網路共享協議，雙方將於偏遠地區共用無線接取網路；而 TPG Telecom 也於2024年8月與 Lyrk Global 合作，預計於2025年進行衛星直連手機之 SMS 簡訊測試，進一步推動行動通信整合非地面網路在澳洲的發展。

二. 頻譜應用分配

就頻譜管理或電信監理相關業務，澳洲主管機關為澳洲通訊及媒體管理局(Australian Communications and Media Authority, ACMA)，其每年固定更新「五年頻譜展望」(Five-year spectrum outlook)說明其頻譜管理計畫。

2024年10月最新公布之《2024-29 五年頻譜展望》中，針對衛星通信方面，ACMA 正積極規劃 2 GHz(1980 - 2005 MHz、2170 - 2195 MHz)行動衛星服務(MSS)頻段，並計劃於2026年啟動核配程序，以支援窄頻物聯網(NB-IoT)應用，並將適度規劃調整頻譜分

配與監管，以支持衛星直連行動通信(澳洲稱為 Satellite-to-Direct-Mobile)等創新技術與服務，確保衛星能夠成為地面網路的有效補充，尤其是針對偏遠地區的通訊需求。此外，ACMA 將持續關注相關國際監管趨勢，例如 WRC-27 議題 1.13 正研擬將特定頻段分配給行動衛星服務(MSS)，以提供衛星直連 IMT 終端設備的能力。

就無人載具方面，ACMA 將之稱為遠端操控飛行系統(remotely piloted aircraft systems, RPAS)，並主要聚焦於5030 – 5091 MHz 頻段的規劃。此頻段已由 ITU WRC-12 指定為無人載具與非酬載通訊(Control and Non Payload Communications, CNPC)專用頻段，適用於視距(line-of-sight, LoS)與超視距(beyond line-of-sight, BLoS)模式。除國防用途外，在非管制空域運作的 RPAS 目前主要使用 LIPD 級許可(Low interference potential devices class licence)。然而，在管制空域，RPAS 的操作受到更嚴格的監管，且 LIPD 級許可所授權的系統可能不具備安全關鍵控制鏈路所需的干擾保護等級。國際上正在對5030 – 5091 MHz 頻段進行審查，將其作為非酬載通訊在管制空域使用的潛在候選頻段，儘管對 LoS 安排的考量比 BLoS 更為優先。

針對 6G 技術，雖然目前 6G 仍處於標準化的早期階段，但 ACMA 已開始關注其對於頻譜管理的影響，特別是在 6 GHz 頻段的應用上，正評估是否開放更多6 GHz 頻譜資源供 IMT 國際行動通訊或 Wi-Fi 6/6E/7使用，並計畫與 ITU 及 APT 合作，確保澳洲的頻譜管理與國際發展相符。

三. 監理框架及申請制度

隨著衛星通訊應用之發展，並考量其可促進鄉村及偏遠地區之通訊涵蓋，ACMA 於2023年10月將「衛星直連行動服務」之發展及相關頻譜管理議題列為重點工作項目，後於2024 年 9 月發布

《IMT 衛星直連行動服務監管指南》(以下簡稱監管指南)(Regulatory guide: Operation of an IMT satellite direct-to-mobile service)¹⁵。ACMA 依據使用頻率及設備之不同，將衛星直連行動服務區分為 MSS、IMT 兩種模式：第一種為 MSS 衛星直連行動服務，其使用行動衛星服務 (MSS) 頻段，而該頻段已在 ITU 和澳洲頻譜計畫獲得分配，此類服務需要手機內建 MSS 模組，若現有 MSS 營運商若已持有許可，則可直接提供服務，無需額外許可，惟此類不在該指南討論範圍；第二種為 IMT 衛星直連行動服務，其使用 IMT 頻段(主要供地面行動網路使用)，允許一般智慧型手機直接連接衛星，無需額外硬體模組，然而由於 ITU 並未為此分配 IMT 頻譜，此類服務在國際上被歸類為「無干擾、無保護」(No-Interference, No-Protection) 運行模式，即不得干擾現有地面 IMT 服務，若受到干擾，衛星通訊服務商不得要求保護。

表 3-3 IMT 及 MSS 衛星直連行動服務模式比較

	IMT 衛星直連行動服務 (International Mobile Telecommunications)	MSS 衛星直連行動服務 (Mobile-Satellite Services)
使用頻率	地面行動通信用途頻率 (原MNOs使用頻率)	衛星行動通信用途頻率 (MSS專用)
行動電話	無額外衛星通信功能 之一般行動電話	整合衛星通信功能並使用MSS頻段 之行動電話
ITU及 國際標準	ITU框架尚未支援 國際上採取「無干擾、無保護」基準	專用頻段及監管規範
監管指南 規範對象	O	X

資料來源：ACMA，NRI 整理

IMT 衛星直連行動服務的監管涉及頻譜許可、地理適用範圍及太空物體管理等議題。首先就頻譜許可部分，IMT 衛星直連行動服

¹⁵ ACMA, 2024, Regulatory guide: Operation of an IMT satellite direct-to-mobile service , <https://www.acma.gov.au/publications/2024-09/guide/regulatory-guide-operation-imt-satellite-direct-mobile-service>

務通常由行動網路營運商 (MNOs) 之頻譜執照 (Spectrum Licence)作為授權。若 IMT 手機的發射信號符合執照條件，則可合法使用，無需額外 ACMA 許可。IMT 衛星直連行動服務最適於全澳洲範圍頻譜執照 (Australia-wide Spectrum Licence) 營運。原因在於：此類執照可避免多個執照持有者之間的頻譜衝突，無需與不同執照持有者進行干擾協調，且衛星訊號覆蓋範圍較廣，難以限制在特定地理區域；若在非全澳頻譜執照區域(如偏遠地區)營運，需額外考慮：對鄰近頻譜使用者的干擾風險；可能需限制特定區域的服務，以避免影響其他無線電服務。

目前適用於 IMT 衛星直連行動服務的潛在頻譜彙整如下表，惟 1800 MHz 和 2 GHz 頻段並未享有澳洲全境之頻率執照許可，僅限於特定都會區及區域，故須考量干擾風險及緩解措施之必要，而不建議使用。

表 3-4 澳洲 IMT 衛星直連手機服務潛在使用頻段

頻段	頻率執照地區 (Spectrum licence area)	設備執照地區 (Apparatus licence area)
700 MHz	澳洲全境 (ASMG area)	具公共電信服務設備執照且於ASMG外部地區
800 MHz	澳洲全境 (ASMG area)	具公共電信服務設備執照且於ASMG外部地區
850/900 MHz	澳洲全境 (ASMG area)	具公共電信服務設備執照且於ASMG外部地區
1800 MHz	特定都會區及區域地區	偏遠地區
2 GHz	特定都會區 (entire band) 特定區域地區 (upper 2x20 MHz)	特定區域地區 (lower 2x40 MHz) 偏遠地區 (entire band)
2.5 GHz	澳洲全境 (ASMG area)	無執照發放

資料來源：ACMA，NRI 整理

換言之，採取 IMT 衛星直連手機服務模式者，須由衛星業者與持有澳洲全境(Australia-wide)頻率執照之地面行動業者達成合作協議(協議類型及條款則由相關人自行決定)，且電波發射符合原執照條件之參數範圍，便無需另外取得執照及協調地理邊界問題。由於 ITU 未對 IMT 頻段內的衛星應用提供正式保護，ACMA

建議行動網路業者(MNOs)與衛星通訊營運商應簽訂合作協議，以確保頻譜使用的合法性。若未達成協議，依據《無線電通訊法》(Radiocommunications Act)第 195 節，ACMA 可能將未授權訊號視為干擾並採取行動。

對於提供 IMT 衛星直連行動服務的外國衛星，ACMA 認為該衛星位處外太空，不屬於澳洲頻譜執照適用範圍，衛星系統應符合 ITU 無線電規則，特別是第4.4條(無干擾、無保護原則)，即不得影響其他合法使用者；若受到干擾，不能要求 ACMA 干預。此外，澳洲頻譜執照的地理範圍並不延伸至外太空，但可涵蓋大氣層內的無線電發射。因此，衛星在澳洲上空運行時，其訊號雖然可能覆蓋澳洲，但並不受 ACMA 頻譜執照直接管轄。

綜言之，MSS 衛星直連手機服務若已採用 ITU 或澳洲規範取得相關執照，則無須額外申請執照；而 IMT 衛星直連手機服務，因其採用行動寬頻頻段及考量衛星服務的涵蓋範圍，ACMA 衛星通訊服務商應與持有全澳執照之行動通訊業者合作並簽訂協議。此外，WRC-27將研議是否在 ITU《無線電規則》中納入 IMT 與 MSS 的頻譜使用，故 ACMA 認為屆時也應在 WRC-27會後檢討澳洲國內相關規劃，以與會議結論保持一致。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

針對衛星直連行動通信可能產生之干擾問題，依上述《IMT 衛星直連行動服務監管指南》已要求衛星通訊服務業者應與持有澳洲全境執照之行動通信業者合作並簽立協議，若未達成協議，依據《無線電通訊法》(Radiocommunications Act)第 195 節，ACMA 可能將未授權訊號視為干擾並採取行動。另外，ACMA 建議衛星通訊服務業者應盡早完成盡職調查(Due-diligence)，以達與無線電天文學界等其他利用該頻段用戶之共存目標，尤其是位於澳洲西部的 Murchison 天文台，該區受嚴格無線電寧靜區限制，可能影

響 IMT 衛星直連行動服務的可行性。

在反無人載具技術及管制方面，ACMA 已禁止一般市場流通之無人載具干擾設備，但允許執法機構使用相關技術，以確保公共安全。最後就非地面網路安全性風險，澳洲目前則尚未有相關規範。

第四節 日本

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

就日本行動通信整合非地面網路市場近況，2020年3月日本樂天電信(Rakuten Mobile)與美國 AST SpaceMobile 結為戰略夥伴，合作推出名為 SpaceMobile 的衛星直連手機網路服務計畫，並於2023年4月以未經改造之智慧型手機，於美國德州撥出，透過 AT&T 的網路並藉由 AST SpaceMobile 的 BlueWalker 3衛星連接至日本樂天電信的接收者，達成首次衛星直連手機語音通話測試。第二大業者 KDDI 則與美國 Starlink 合作，於2024年10月於沖繩縣久米島透過旗下 au 智慧型手機測試，成功展示其即將推出之 Starlink Direct to Cell 服務，驗證即使在無法接收 KDDI 地面網路的區域，也能夠連接 Starlink 衛星收發訊息、通話和瀏覽網頁。日本最大電信業者 NTT Docomo 則於2023年11月宣布與 Amazon 的 Project Kuiper 低軌衛星計畫建立戰略合作關係，更於2024年6月與空巴子公司 AALTO 合作投入可停留在平流層之高空平臺 (High Altitude Platform Station, HAPS)，預計於2026年提供服務。

二. 頻譜應用分配

日本電信主管機關為總務省 (Ministry of Internal Affairs and Communications)，並於每年定期發布《頻率重組行動計畫》(周波数再編アクションプラン)，根據最新發布之2024財政年度版，總務省預計於截至2040年為行動通信確保42.5 GHz 的頻寬，並為非地面網路確保16.7 GHz 的頻寬

表 3-5 2040 年日本頻寬確保目標

频段	行動通信	非地面網路
低頻(6 GHz 以下)	1.8 GHz	0.2 GHz
中頻(6 - 30 GHz)	4.5 GHz	14.2 GHz

高頻(30 GHz 以上)	36.2 GHz	2.3 GHz
---------------	----------	---------

資料來源：總務省，NRI 整理

對於非靜止衛星(LEO、MEO)通信，日本政府計劃在 IMT 特定頻段(如1.7/1.8GHz)進行衛星直連手機技術研究，並依據 WRC-23 的決議推動與地面行動通信的頻譜共享；另針對 Ka 頻段的非靜止衛星系統，日本亦正進行技術測試，預計2024財政年度結束前完成頻譜共享技術規劃；就靜止衛星(GEO)與行動地球電臺寬頻衛星通訊系統(ESIM)，則計畫擴展17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHz 頻段，以提升機上 Wi-Fi 及船舶連線服務的可用性。此外，日本政府正考慮將2.6 GHz 的5G 候選頻段與衛星行動通信系統實施動態頻率共享。

就高空平台(HAPS)方面，總務省計劃於20公里高空部署無人機作為基地台，以提供廣域通信支援，尤其適用於偏遠地區與災害應變。HAPS 主要使用 38-39.5GHz 頻段進行固定通信，以及2.7GHz 以下頻段進行行動通信。

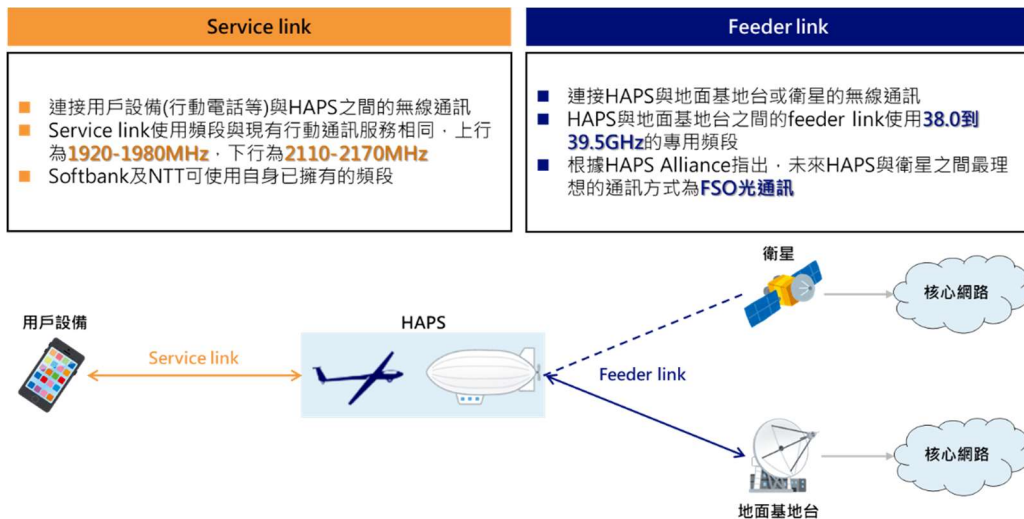


圖 3 -1 HAPS 使用頻段規劃

資料來源：總務省、HAPS Alliance，NRI 整理

日本目前主要由 NTT Docomo 及 Softbank 兩家行動通信服務商各自展開營運前的各項技術測試。2025年大阪關西博覽會將進行 HAPS 技術實驗與飛行載具示範，以驗證高空通信技術的可行性，預計在2026年兩業者皆有第一階段的 HAPS 服務推出，2028預計結合5G 技術擴大服務應用。總務省也高度關注 HAPS 的相關發展，並針對 WRC-23指定頻段後，2024年完成衛星-IMT 使用間及鄰頻使用的干擾測試，修訂《電波法施行規則》，並由政府主導啟動 HAPS 相關技術及制度檢討。同時，也在研究 HAPS 的頻譜共享技術，以確保該系統能與地面5G/6G 網路無縫整合，實現更有效率的通信傳輸。



圖 3-2 日本國內 HAPS 發展狀況時間軸

資料來源：總務省、NTT Docomo、Softbank，NRI 整理

就無人載具(UAV)通訊方面，總務省正積極拓展4G/5G 及自營寬頻無線接取系統(Broadband Wireless Access, BWA)頻譜在無人載具的通訊應用。該計畫將允許無人載具使用 3.4GHz /3.5GHz(4G)、3.4GHz / 3.5GHz / 3.7GHz / 4.5GHz / 4.9GHz / 28GHz(5G)、4.6 - 4.9GHz / 28.2 - 29.1GHz(Local 5G)、2.5GHz(BWA) 進行通信，並於2024年7月啟動頻譜共享技術測試，預計於2024財政年度結束前達成早期結論。此外，日本計畫將5GHz(5.2GHz /

5.6GHz)與 6GHz 頻段進一步擴展於無人載具之應用，並防止對其他無線系統的干擾，計畫於2024財政年結束前完成一套管理制度。此外，日本亦開放5.8GHz 頻段為實驗測試，以促進與國際無人載具標準的接軌。

就6G 行動通信方面，日本政府已制定 Beyond 5G(6G)技術戰略2.0，並計畫推進 AI 社會支援的次世代通信基礎建設。目前，日本將重點發展全光網絡(APN)、非地面網路(NTN)、無線接取(RAN)三大領域，並在 WRC-27(世界無線電會議) 討論 6G 專用頻譜(如 7125 - 8400MHz、14.8 - 15.35GHz、4400 - 4800MHz)。6G 技術將與非地面網路深度整合，使 6G 信號可直接連接衛星、HAPS、無人載具等，確保全球範圍內的無縫通信。此外，6G 預計將應用於智慧城市、元宇宙、工業4.0、自駕車等情境，進一步推動日本在全球無線通信領域的競爭力。

三. 監理框架及申請制度

按日本現行監理框架與制度，若業者有意於日本提供行動通信整合非地面網路服務，須依《電波法》及相關法令申請無線電台許可(無線局免許)，總務省會再根據許可核配頻率，若要將其用於電信用途則還須申請成為電信業者。收費方面，日本則收取無線電台申請費、完工檢查費、定期檢查費及頻率使用費。

而衛星直連手機的服務，依照《無線電施行條例》第3條，將此類「可攜式衛星行動服務」依無線電通訊業務分類定義為衛星行動服務項下，終端和低功率中繼器《無線電施行條例》第4條，被定義為「可攜式衛星行動地球電台」，而中繼器被定義為「地球電台」。在相關法規的服務定義中，也納入了「透過地球電台及可攜式衛星行動地球電台進行中繼」等說明。

考量衛星直連手機與行動無線電通訊使用相同的無線電設備，因此行動電話終端和低功率中繼器需要陸上行動電台(用於與基地

台通訊)和行動地球電台(用於與衛星站通訊)的無線電台許可證，而中繼器需要陸地行動中繼站(用於與基地台通訊)和地球站(用於與衛星站通訊)的雙重許可證。

在前述法規修正後，總務省制定《關於建立利用衛星星座為行動電話引入2GHz 頻段非地球靜止衛星通訊系統的部級條例》，該條例於2024年12月20日生效。首件申請由 KDDI 株式會社於同日提出，關東電信局認定該系統符合《無線電法》的規定，衛星直接通信電台牌照已於申請當月核准，並批准了該牌照。KDDI 目前已於2025年正式推出全面服務。

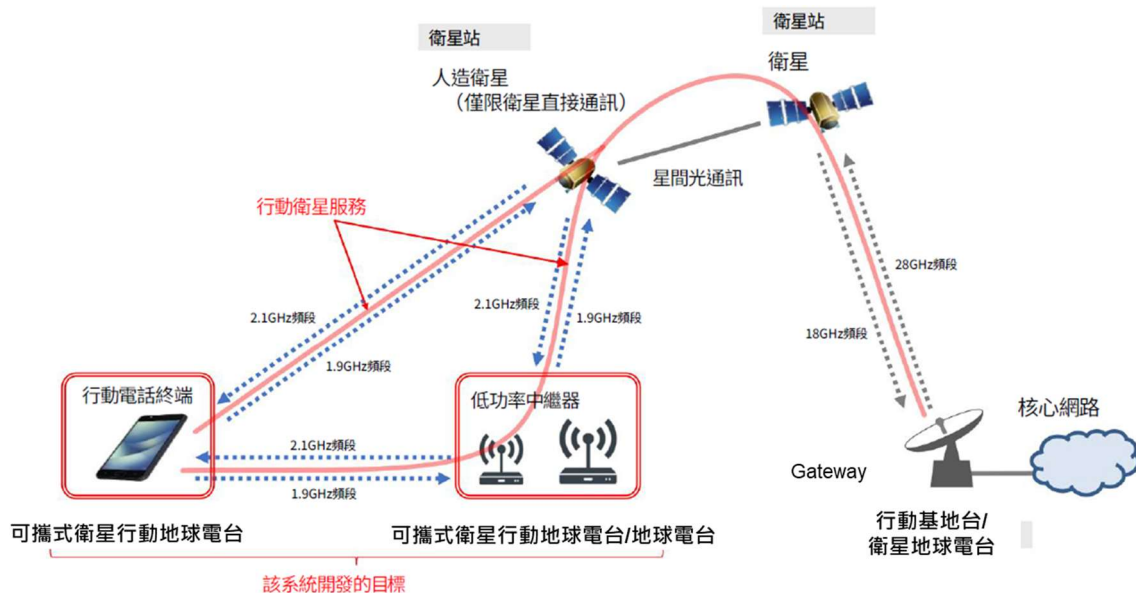


圖 3-3 衛星直連手機系統配置及總務省電台認定

資料來源：總務省，NRI 整理

另就外資相關規定，則依據《電波法》不得向外國政府、外國公司或外資擁有三分之一以上董事席位或表決權的實體核發無線電台執照，惟依據《電波法》第五條第二項有但書，為開展電信服務而設立的無線電台及為控制裝有無線電設備的衛星(用於進

行電信服務的衛星)的位置、姿態等而建立在陸地上的無線電台可不受上述外資董事席位及表決權限制。另2022年6月修法取消對於安裝在船舶和飛機上之無線電台外資限制。

對於搭載外國衛星的地面站，需事先確認是否已與日本主管機關完成國際協調。在沒有達成在日本領土內使用協議或正在進行國際協調的情況下，根據頻率協調等情況，可能無法設置無線電台。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

就衛星系統之資訊安全相關機制，日本經濟產業省則於2023年發布《民間太空系統網路安全對策指南》(民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ対策ガイドライン) 指導業者從衛星開發製造至資料傳輸利用等各階段應遵循之要點。

就衛星直連手機之頻率干擾問題，日本曾於2021年就行動通信使用1.7/1.8 GHz 頻段與非同步軌道衛星通訊辦理公眾諮詢，當時並未有結論，就前述《頻率重組行動計畫》看來很可能於明年持續推進。

2024年8月，日本總務省衛星通信系統委員會發布《2GHz 頻段非靜止衛星星座行動電話通訊系統技術條件》(衛星コンステレーションによる携帯電話向け2 GHz 帯非静止衛星通信システムの技術的条件)報告，探討衛星直連手機的頻譜共用干擾問題，共用檢討頻段為1884-2200 MHz，並如下圖所示。



圖 3-4 日本就衛星直連手機於 2 GHz 頻段共用干擾評估之目標頻段

資料來源：總務省，NRI 整理

以上報告詳細分析2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五個無線電系統的頻譜共用問題，重點說明如下：

- (1) 頻率配置：服務鏈路使用 IMT 頻段之2 GHz 頻段(地球到太空：1920-1980 MHz，太空到地球：2110-2170 MHz)，饋線鏈路則使用 Ka 頻段。
- (2) 系統構成：衛星、地面站、手機等地面終端設備。
- (3) 軌道高度：340/525公里。
- (4) 服務鏈路波束寬度：直徑約50公里。
- (5) 其他參數：頻率容許偏差、最大天線功率、天線增益等。

表 3-6 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五系統之干擾組合

	干擾方	受干擾方
G1	2GHz頻段非對地靜止衛星通訊系統(行動站) (地球→太空；1920-1980MHz)	數位無線電話系統 (DECT) (1884.5-1916.6MHz)
G2		準天頂衛星系統 (衛星站) (1980-2010MHz)
S1	2GHz頻段非對地靜止衛星通訊系統(衛星站) (太空→地球；2110-2170 MHz)	行動通訊系統 (行動站) (2110-2170MHz)
S2		太空操作系統 (衛星站) (2025-2110MHz)
S3		準天頂衛星系統 (行動站) (2170-2200MHz)

資料來源：總務省，NRI 整理

該文件就2 GHz 非同步軌道衛星通信系統頻譜共享提出三步驟評估方法如下：

步驟一、一對一對向模型：此模型用於初步評估干擾程度，將干擾方(2GHz 頻段非靜止衛星通信系統) 和受干擾方以干擾量最大化的條件進行對應配置，建立 1 對 1 對向模型，並進行干擾量計算。

步驟二、實際配置模型：在此步驟中，採取更接近現實運行環境

的實際配置模型，例如考慮天線增益的方向性衰減，重新計算干擾量。

步驟三、機率計算模型：本步驟採取蒙地卡羅(Monte Carlo)模擬大量隨機場景，例如：不同用戶位置、發射功率變化等，透過機率計算模型以更為全面評估干擾影響。

在進行頻譜共用評估時，按上述三步驟的順序依次進行。若步驟一的結果顯示干擾量超過容許值(即所需改善量為正值)，則繼續進行步驟二、步驟三的分析。然若需要考量多個干擾源的影響，步驟一的結果僅作為參考，最終判斷將基於步驟二、步驟三之模型。

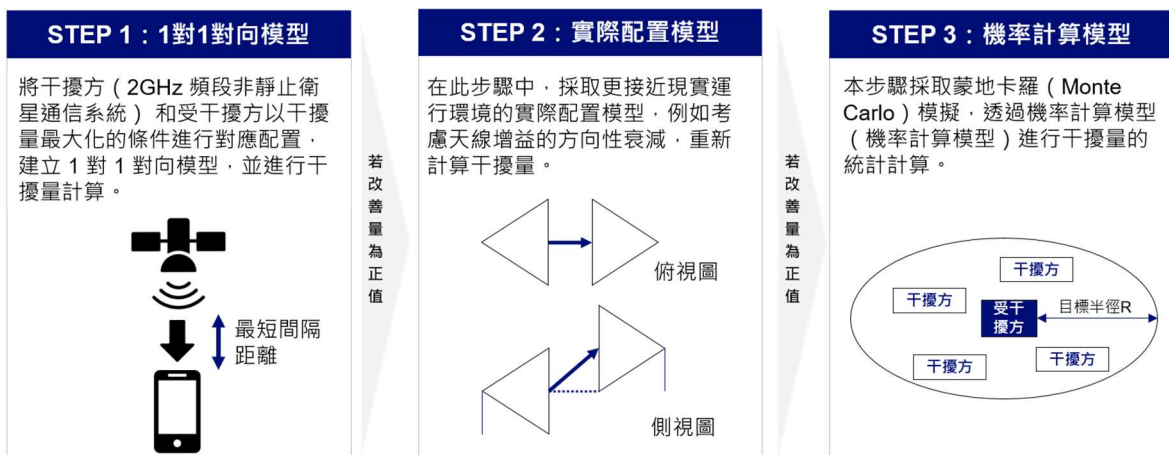


圖 3-5 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統干擾評估方法

資料來源：總務省，NRI 整理

下表綜整經三步驟後之評估結果：

表 3-7 2 GHz 非同步軌道衛星通信系統與其他五系統之干擾評估結果

干擾方	受干擾方	評估結果	
1	行動通訊系統 (行動站) (2110-2170MHz)	步驟1、2的共用評估結果顯示，所需改善量為負值 → 兩者共用可行，無須額外採取干擾解決方案	
2	2GHz頻段非對地 靜止衛星通訊系統 (衛星站) (2110-2170 MHz)	步驟1評估顯示仍存在所需改善量，進一步依步驟2、3進行評估後， 結果未超過 ITU-R 建議書 SA.609 及 SA.1155 所規定的保護基準值 → 兩者共用可行，但因無線電台之無線設備狀況可能有干擾風險， 根據實際情形相關執照持有者應個別協商並進行營運調整	
3	準天頂衛星系統 (行動站) (2170-2200MHz)	基於特定前提條件，使用步驟3進行評估結果顯示，準天頂衛星系 統之接收輸入端的干擾雜訊低於其可容許干擾功率 → 兩者共用可行，但實際運作時可能有干擾風險，相關執照持有者 應個別協商並進行營運調整	
4	2GHz頻段非對地 靜止衛星通訊系統 (行動站) (1920-1980MHz)	數位無線電話系統 (1884.5-1916.6MHz)	步驟1、2的共用評估結果顯示，仍存在所需改善量；進一步依步驟 3進行評估後，亦顯示仍有所需改善量。然而，考慮到衛星所覆蓋 的單一服務區域（單一小区）內，可同時傳輸的行動終端數量在實 際運行中會比評估模型假設的條件更加受限，故計算結果可進一步 預期改善，最終所需改善量變為負值 → 兩者共用可行，透過限制衛星涵蓋範圍內可同時發送訊號的行動 站數量，可降低干擾
5	2GHz頻段非對地 靜止衛星通訊系統 (行動站) (1920-1980MHz)	準天頂衛星系統 (衛星站) (1980-2010MHz)	將 2GHz 頻段非靜止衛星通信系統 (行動站) 與使用相同頻段的行動 通信系統(行動站)的無線電台數量合併計算，並計算兩個系統的總 體非必要發射功率，以評估對準天頂衛星系統 (衛星站) 的干擾量。 計算結果顯示，所需改善量為負值 → 兩者共用可行，無須額外採取干擾解決方案

資料來源：總務省，NRI 整理

衛星直接通訊的服務區域由任意數量的小區組成。因此，根據基地台的發展狀況和交通狀況，行動無線通信可以提供組合服務。當2 GHz 頻段(1920-1980 MHz, 2110-2170 MHz)於人口密集區，假設某電信業者使用20MHz x 2進行4G LTE 通訊，當到偏遠地區或山區須同時用於行動無線通訊及衛星直接通訊時，衛星直連通訊系統可利用分配給行動無線通訊的部分頻段(如下圖為5 MHz x 2頻寬)提供服務，其餘15MHz x 2頻寬仍維持用於行動無線通信，以避免干擾。

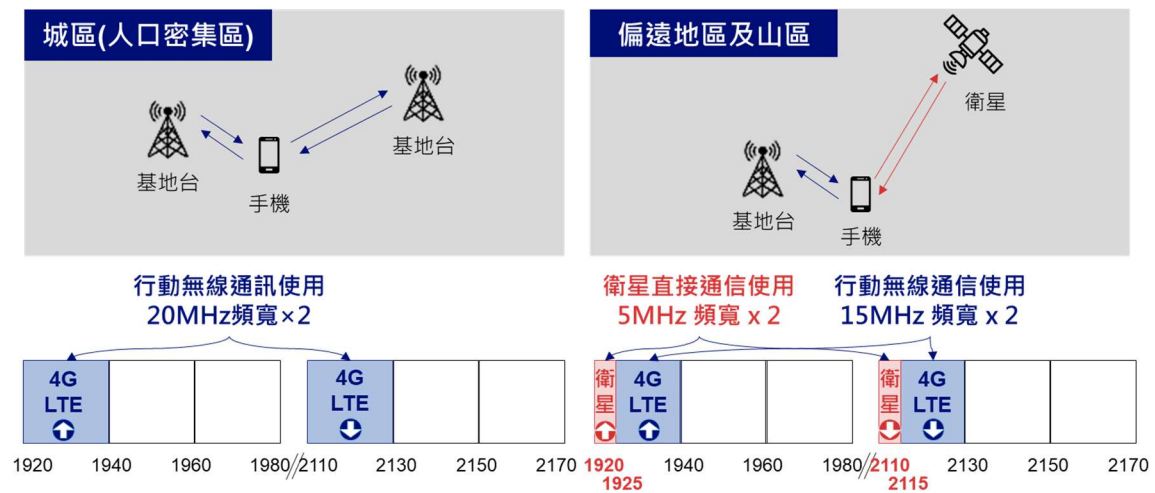


圖 3-6 衛星直接通訊系統頻率使用示意圖

資料來源：總務省，NRI 整理

第五節 新加坡

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

2023年6月，新加坡之主管機關資通訊媒體發展管理局(Infocomm Media Development Authority, IMDA)公布《數位連結藍圖》(Digital Connectivity Blueprint)政策文件，該文件指出雖陸域廣大之國家受惠於低軌衛星通訊所帶來的連結性明顯，相對新加坡這樣地小人稠的樞紐國家而言，則有機會於航海、航空等應用獲益。

國際航海衛星營運商 Inmarsat 即於2022年選擇新加坡完成其未來通訊網路「ORCHESTRA」第一階段測試，該測試旨在整合現有的 GEO、LEO 衛星和地面5G 網路，於新加坡的陸地信號塔和海上船舶之間進行，Inmarsat 表示之所以選擇新加坡測試，是因為新加坡為世界上最為繁忙之貨櫃港口，同時因赤道附近的氣候(如暴雨、潮濕)，環境條件亦相當惡劣，按 Inmarsat 現有服務及未來衛星網路規劃，均是使用 L 頻段，亦預計使用 Ka 頻段。¹⁶

2024年1月，新加坡第一大電信 Singtel 與代理 Starlink 代理商 KVH 合作，首度將低軌衛星寬頻服務加入其海運服務組合 iSHIP，惟 Starlink 服務僅適用於新加坡之海運客戶或途經新加坡水域的海域船舶。¹⁷按 Starlink 說明，目前在新加坡唯一可用的方案為 Starlink Business，且訂購該服務者依 IMDA 要求，須持有衛星通信站執照(Satellite Communication Station Licence)並繳納單站50星元的年度執照費用。¹⁸

¹⁶ Via Satellite (2022), Inmarsat Completes First Orchestra Technical Trials in Singapore, <https://www.satellitetoday.com/manufacturing/2022/05/19/inmarsat-completes-first-orchestra-technical-trials-in-singapore/>

¹⁷ Singtel (2024), Singtel adds Starlink connectivity to its maritime portfolio of services to drive industry innovation and growth, <https://www.singtel.com/about-us/media-centre/news-releases/singtel-adds-starlink-connectivity-to-its-maritime-portfolio-of->

¹⁸ Starlink (N.D.), How do I order Starlink for Business in Singapore? <https://www.starlink.com/support/article/a3fa6859-b40b-a48b-d811-6c5df8ef31d8>

二. 頻譜應用分配

新加坡主管機關 IMDA 目前尚未針對行動網路整合非地面網路提出整體頻譜應用分配規劃，其規劃文件《無線電頻譜總體計畫》(Radio Spectrum Master Plan)仍在更新中，故現有固定衛星服務仍是按2022年所公布之《新加坡頻率分配表》(Singapore Allocation Chart)和《頻譜管理手冊》(Spectrum Management Handbook)進行頻率劃分使用與管理。

三. 監理框架及申請制度

按新加坡現行監理框架與制度，若業者有意於新加坡提供行動通信整合非地面網路服務，欲獲得公共行動通信頻率核配，其資格必須是為持有設施型電信服務許可證(Facilities-Based Operations, FBO Licence)之電信營運商，而 FBO 許可持有者則需為於新加坡註冊之公司，該公司可由外國實體全資擁有。

設置及操作衛星地面站者則需申請衛星通信站執照(Satellite Communication Station Licence)，包括可攜式衛星通信終端(Portable Satellite Communication Terminal)、小型衛星地面終端設備(Very Small Aperture Terminal, VSAT)、地球電台(Earth Station)、遙測、追蹤和控制地面站(Tracking, Telemetry and Command (TT&C) Earth Station)均需申請。申請人必須是向新加坡會計及公司管理局(Accounting and Corporate Regulatory Authority, ACRA)所註冊之法人實體；執照有限期限為1年，每年可續約。費用方面，每站(每天線)費用為50至100星元(可攜式終端為50星元，其他三類為100星元)；若有使用無線電頻率者，則需就每頻率繳交300星元的申請處理費，並視使用頻寬大小繳交頻率使用費(Frequency fee)。

表 3-8 新加坡衛星通信站執照申請要點

納管種類	• 可攜式衛星通信終端
------	-------------

	(Portable Satellite Communication Terminal) <ul style="list-style-type: none"> • 小型衛星地面終端設備 (Very Small Aperture Terminal, VSAT) • 衛星地球電臺 (Earth Station) • 遙測、追蹤和控制地面站 (Tracking, Telemetry and Command (TT&C) Earth Station)
申請資格	向新加坡會計及公司管理局(ACRA)所註冊之法人實體
有效期限	1 年，每年可續約
執照費用	<ul style="list-style-type: none"> • 可攜式衛星通信終端 50 星元/站 • 小型衛星地面終端設備 100 星元/站 • 衛星地球電臺 100 星元/站 • 遙測、追蹤和控制地面站 100 星元/站
頻率申請處理費用	每站 300 星元
頻率使用費	每頻率每天線 300-4700 星元不等

資料來源：IMDA，NRI 整理

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

新加坡目前尚未針對非地面網路干擾行動通信，或非地面網路相關安全性風險提出相對應防治措施，現有可作參考者有如2019年5G 行動網路與固定衛星服務於3.5GHz 頻段鄰近共存，IMDA 對此採取的防治措施決定包括：裝設帶通濾波器、設置50 MHz 頻譜護衛頻帶，以及採取地域隔離設立禁制區(exclusion zones)。¹⁹

¹⁹ IMDA (2019), Second Public Consultation on 5G Mobile Services and Networks, Explanatory Memorandum.

第六節 中國大陸

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

2015年，中國大陸國家發展和改革委員會於《國家民用空間基礎設施中長期發展規劃(2015-2025年)》提出推進「天地一體化」通訊網路建設，後更於2020年4月首次將衛星網路納入新基建項目。²⁰目前中國衛星直連手機的應用，多仰賴於中高軌衛星，例如2022年9月華為 Mate 50系列採用北斗衛星(MEO、GEO)支援短訊服務、2023年9月華為 Mate 60系列則進一步採用中國電信營運之天通衛星(GEO)支援雙向語音通話服務。

表 3-9 中國現行衛星通訊服務使用軌道及頻段

衛星名稱	使用軌道	使用頻段
北斗衛星	MEO、GEO	1610 MHz - 1626.5 MHz(上行) 2483.5 MHz - 2500 MHz(下行)
天通衛星	GEO	1980 MHz - 2010 MHz (上行) 2170 MHz - 2200 MHz(下行)

資料來源：電信終端產業協會，NRI 整理

中國自2021年陸續向 ITU 提交低軌衛星巨型星座計畫，包括上海垣信衛星科技的「千帆星座」(G60)、中國衛星網路集團的「國網」(GW)、北京藍箭鴻擎科技的「鴻鵠-3」(Honghu-3)等。²¹其中「千帆星座」進展最快，首批 18 顆商業網路衛星於2024年8月6日發射升空，截至2025年1月23日已有四批送入軌道，目前在軌衛星數量為72顆，使用 Ku、Q/V 頻段；²²國網星座亦於2024年12月中將

²⁰ 中國政企合作基金(2020)，國家發改委首次明確“新基建”範圍，https://www.cpppf.org/content/details_46_1773.html。

²¹ 日經中文網(2024)，中國版「星鏈」相繼啟動，<https://zh.cn.nikkei.com/china/ceconomy/57564-2024-12-18-11-30-42.html>。

²² 工業和信息化部(2025)，工信部協調保障頻軌資源 助力“千帆星座”第四批衛星成功發射，<https://www.srrc.org.cn/article34328.aspx>。

第一批10顆衛星送入軌道，使用 Ka 頻段。²³

「千帆星座」計畫於2025年底發射648顆 GEN1衛星，達成區域網路涵蓋，並於2026至2027年計畫完成後續1296顆 GEN2衛星部署，實現全球網路涵蓋，至2030年底前預計完成15,000顆衛星。²⁴「國網」星座計畫則包含兩個子星座：GW-A59和 GW-A2，其中 GW-A59子星座計畫發射6080顆衛星，部署於500公里以下的極低軌道；GW-A2子星座則計畫發射6912顆衛星，部署於1145公里的近地軌道。²⁵另一低軌星座計畫「鴻鵠-3」則預計發射10,000顆衛星，惟目前細節尚未公開。²⁶

表 3-10 中國現行手機直連衛星通訊服務使用軌道及頻段

計畫項目	千帆星座 (G60)	國網 (GW)	鴻鵠-3 (Honghu-3)
公司名稱	上海垣信衛星科技	中國衛網路集團	北京藍箭鴻擎科技
預計發射總數	15,000	12,992	10,000
迄今在軌數量	72 (尚未提供服務)	10 (尚未提供服務)	0
使用頻段	Ku、Q/V	Ka	未公開

資料來源：工信部、日經中文網，NRI 整理

二. 頻譜應用分配

因應通訊技術發展，中國主管機關工業和信息化部(簡稱工信部)於2023年6月公布《中華人民共和國無線電頻率劃分規定》(工業和資訊化部令第62號)，在6GHz、26GHz、40GHz、70GHz 等頻段為 IMT(國際行動通信，含5G/6G)新增頻率劃分，並於全球率先將

²³ 工业和信息化部(2025)，我国卫星互联网低轨 01 组卫星发射成功 工信部创新卫星频轨资源管理方式提供支撑保障，<https://www.srrc.org.cn/article34328.aspx>。

²⁴ 中央社(2024)，中國版「星鏈」首批衛星發射升空 試圖追上美國，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202408070286.aspx>。

²⁵ 國防安全研究院(2023)，中國發展「國網」對抗美國「星鏈」，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=1950&pid=3931>。

²⁶ 同註 21。

6GHz 頻段用於 IMT 系統，為5G/6G 發展提供中頻段頻率資源。另為支持衛星網路及物聯網發展，於150MHz 和400MHz 頻段分別設立衛星水上行動和衛星行動業務規則條款，並於17.7-19.7 GHz 和27.5-29.5 GHz 頻段引入衛星動中通地球站(即於交通工具使用衛星通信終端者)使用，以及於37.5-51.4 GHz 其中部分頻段明確低軌與高軌衛星系統共用條件。²⁷

表 3-11 2023 年《中華人民共和國無線電頻率劃分規定》要點

重點頻段	增訂用途
6GHz、26GHz、 40GHz、70GHz	IMT(國際行動通信，含 5G/6G)
150MHz 400MHz	衛星水上行動規則條款 衛星行動業務規則條款
17.7-19.7 GHz 27.5-29.5 GHz	衛星動中通地球站
37.5-51.4 GHz	部分頻段明確低軌與高軌衛星系統共用條件

資料來源：工信部，NRI 整理

三. 監理框架及申請制度

針對衛星服務監理，中國主要監理機關為工業和信息化部。於中國境內提供衛星通信服務並設置地面站，依《中華人民共和國無線電管理條例》、《地面無線電台(站)管理規定》(工業和信息化部令第60號)、《無線電頻率使用許可管理辦法》(工業和信息化部令第40號)等規範，均須取得衛星地球站設置使用許可、無線電頻率使用許可，兩者實務上通常一併審核。

另就外資限制方面，依《中華人民共和國電信條例》第10條及《外商投資准入特別管理措施(負面清單)(2024年版)》，基礎電信業務(衛星通信及移動通信業務屬於此類)須由中方控股，持股不低於

²⁷ 工业和信息化部(2023)，《中华人民共和国无线电频率划分规定》解读，
<http://www.srrc.org.cn/article30495.aspx>。

51%。

就近期監理趨勢觀察，為明確地面及衛星無線電頻率使用許可、便利相對人申請，工信部於2024年1月發布七項地面、太空無線電業務相關許可之新版申請指南。2024年9月，中國國家互聯網信息辦公室就《終端設備直連衛星服務管理規定》草案徵求公開意見，以維護其國家安全利益。另為提升衛星網路國內協調效率、優化協調程序及促進衛星頻率軌道資源利用，工信部於2024年11月就《衛星網路國內協調管理辦法(暫行)》公開徵求意見，並規劃建立國內協調第三方評估機構及機制，預計於2025年施行。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

就非地面網路干擾行動通信之事前預防措施，與有害干擾處理相關規範，中國現有可作參考者有如：2018年中國5G與固定衛星服務於3 GHz - 5 GHz 存在干擾問題，工信部因而制定《3000—5000MHz 頻段第五代移動通信基站與衛星地球台等無線電台(站)干擾協調管理辦法》，建議改善措施則包括地面站加裝濾波器或更換高頻頭、地域隔離、加裝屏蔽網、降低5G基地台發射功率及調整天線最大輻射方向等。

針對衛星通訊蓬勃發展及可能衍生之干擾問題，前述《終端設備直連衛星服務管理規定》草案第22條要求提供境內終端設備直連衛星服務，應避免對其他依法設定、使用的無線電台(站)造成有害干擾。另《衛星網路國內協調管理辦法(暫行)》草案第28條亦就干擾處置進行規範，其中協調地位低者應立即主動採取降低功率等有效措施，直到關閉實際發射、消除有害干擾；地位較高的衛星操作單位則應按 ITU 及中國國內相關規定採取相應措施，配合規避有害干擾。

就安全性風險方面，《終端設備直連衛星服務管理規定》草案第21條要求相關衛星服務建設符合網路安全、資訊安全及國防相關

規範。詐騙及犯罪防治則參照同法第27條、第31條，前者要求業者建立反詐騙內控制度及安全評估，後者除要求落實管理制度外，若涉及犯罪則服務提供者應及時阻斷。資料傳輸則見第28條規定，提供中國終端設備直連衛星服務者應將閘道站、地面站等地面設施建置在境內，或使用境內的地面設施，接取在境內合法運作的地面通訊網路，且境內用戶資料應在境內地面設施處理，未經批准不得經由衛星轉送至境外關閘道站、地面站等設施。

第七節 香港

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

香港現有非地面網路市場發展受中國影響，自中國天通衛星於2024年7月於港落地啟用後，三大電信門市均可申辦天通衛星通訊方案，其中由和記電訊所營運的3香港則推出最低19元港幣的基本月費(約合新台幣80元)，另有數據用量較高且不需簽長約之方案可供用戶選擇。²⁸

二. 頻譜應用分配

為提升香港5G及6G發展，香港主管機關通訊事務管理局(簡稱通訊局)於2024年11月分別就850-900 MHz、2.3 GHz及6-7 GHz進行拍賣，共計510 MHz的頻譜資源，有效期皆為15年。在拍賣設計上，港府就850-900 MHz及2.3 GHz採取同時多輪拍賣(Simultaneous multi-round auctions, SMRA)，並設有限制使用區域以防干擾、最低90%人口涵蓋之附加義務；6-7 GHz則採取價格鐘拍賣(Clock auction, CA)，競標過程則區分為「數量競價階段」先競投頻段數量，後於「指配階段」決定各競投人獲指配的相連頻段，並設有最低50%人口涵蓋之附加義務。

²⁸ 香港 01(2024)，衛星通訊計畫比併 | csl、3HK、Smartone 三台比較！更有衛星蛋選擇，
https://www.hk01.com/article/1038203?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral。

呼應中國的頻譜規劃方向，香港為國際首次拍賣6-7 GHz 頻段之地區，計畫將該頻段作為推動市場建設6G 之催化劑。此外，港府預計於2025年進行一次2.5-2.6 GHz 共50MHz 的頻譜拍賣，以支持包括6G 在內之先進通訊應用。²⁹

²⁹ 立法會(2024)，《2024 年施政報告》電訊及廣播事務方面的政策措施，立法會CB(2)1282/2024(02)號文件。

表 3-12 2024 年香港頻譜拍賣設計

頻段範圍	頻塊大小	頻塊數量	競投上限	效期	拍賣方式	附加義務
850-900 MHz	2x5 MHz (成對)	2	10 MHz	15 年	同時多輪拍賣	限制使用區域以防干擾 最低 90%人口涵蓋
2.3 GHz	10 MHz	9	50 MHz	15 年	同時多輪拍賣	最低 90%人口涵蓋
6-7 GHz	20 MHz	20	140 MHz	15 年	價格鐘拍賣	最低 90%人口涵蓋

資料來源：通訊事務管理局，NRI 整理

表 3-13 2024 年香港 850-900 MHz 及 2.3 GHz 頻譜拍賣結果

頻率範圍(MHz)	成功競投人	頻譜使用費(港元)
832.5 - 837.5 877.5 - 882.5 (成對)	數碼通電訊有限公司	151,500,000
885.0 - 890.0 930.0 - 935.0 (成對)	和記電話有限公司	223,500,000
2300 - 2310	和記電話有限公司	142,500,000
2310 - 2320	和記電話有限公司	251,000,000
2320 - 2330	中國移動香港有限公司	217,000,000
2330 - 2340	中國移動香港有限公司	196,000,000
2340 - 2350	中國移動香港有限公司	215,000,000
2350 - 2360	中國移動香港有限公司	226,500,000
2360 - 2370	中國移動香港有限公司	219,500,000
2370 - 2380	Hong Kong Telecommunications Limited.	280,500,000
2380 - 2390	Hong Kong Telecommunications Limited	119,500,000

資料來源：通訊事務管理局，NRI 整理

表 3-14 2024 年香港 6-7 GHz 頻譜拍賣結果

頻率範圍(MHz)	成功競投人	頻譜使用費(港元)
6570 - 6670	中國移動香港有限公司	210,000,000
6670 - 6770	Hong Kong Telecommunications Limited	210,000,000
6925 - 7025	數碼通電訊有限公司	210,000,000

資料來源：通訊事務管理局，NRI 整理

表 3-15 2024-2026 年香港頻譜供應表

頻段 (MHz)	頻寬 (MHz)	最早供應時間	目標諮詢時間	附註
832.5 – 837.5 877.5 – 882.5 885 – 890 930 – 935	20	2024	已完成諮詢 (2023/01)	重新核配有關頻譜，以於 2026 年使用期限屆滿後供行動服務使用
2300 – 2390	90	2024	已完成諮詢 (2023/01)	重新核配有關頻譜，以於 2027 年使用期限屆滿後供行動服務使用
2515 – 2540 2635 – 2660	50	2025	已完成諮詢 (2024/10)	重新核配有關頻譜，以於 2028 年使用期限屆滿後供行動服務使用
6570 – 6770 6910 – 7125	415	2024	已完成諮詢 (2023/08)	核配新頻譜以提供行動服務
24250 – 26550 27750 – 27950	2300 200	2024	已完成諮詢 (2018/08)	核配新頻譜以提供行動服務
39500 – 43500	4000	2025/2026	2025/2026	核配新頻譜以提供行動／無線固定服務

資料來源：通訊事務管理局，NRI 整理

三. 監理框架及申請制度

針對衛星通信服務，香港主要監理機關為通訊事務管理局。依香港現行法例要求，衛星營運商需要取得由行政長官根據《外層空間條例》第523章所發出之外層空間牌照，以及由通訊事務管理局根據《電訊條例》第106章所發出之空間站傳送者牌照，才可發射

及操作衛星。

惟因低軌衛星以多顆衛星所組成之星座運作，按現行牌照制度，衛星營運商須按衛星數目申請相等數量的外層空間牌照及空間站傳送者牌照，通訊局預計於2025年展開研究工作，以簡化申請營運低軌衛星牌照的許可流程。³⁰

另為推動低空經濟發展及相關測試，通訊局將根據《電訊條例》第7E 條發出許可證，以短期性質免費指配不同頻段予行動電信商及有興趣者，使其可運用無線電設備進行各種無線電傳輸測試及技術應用(包括無人機)，並推行「監管沙盒」試點項目，以開展更多低空飛行之應用情境，包括無線電行動通訊網路、全球衛星導航系統的信號接收，以及低空監察系統的要求等。³¹

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

香港就非地面網路頻率干擾處理、資安相關機制尚不明確，近期可參考者與中國大陸相似，香港亦有5G 行動服務與固定衛星服務於3.5 GHz 頻段存在干擾之問題，其中3.4 - 3.6 GHz 自2020年4月1日起由固定衛星服務重新編配予行動服務後，於大埔及赤柱設立兩個限制區，令5G 服務與同頻、相鄰頻段操作的衛星地面站共存。因應業者要求，通訊局發出《於通訊事務管理局所訂立的限制區內裝設在3.4—3.6吉赫頻帶操作的無線電基地台的指引》，使行動網路業者可在受控的情況下於限制區設置3.5 GHz 無線電基地台。為解決以上問題，主管機關積極與有關衛星營運商聯繫，將其地面站遷移至春坎角電訊港，以利5G 服務發展，目前已有一家獲得土地進行遷移，另一家則承諾安裝帶通濾波器以防止干擾。

32

³⁰ 同註 29。

³¹ 立法會(2024)，會議過程正式紀錄(2024 年年 11 月 6 日)，<https://www.legco.gov.hk/yr2024/chinese/counmtg/floor/cm20241106-confirm-cc.pdf>。

³² 通訊事務管理局辦公室(2024)。2023/24 年營運基金報告書。

第八節 南韓

一. 行動通信整合 NTN 市場概況

就行動通信整合非地面網路之市場近況，2023年韓華與 OneWeb 簽訂協議提供低軌衛星服務；同年 Starlink 亦於韓國註冊子公司，預計最早於2025年4月推出衛星網路服務。

就手機製造商方面，2025年1月下旬 Samsung 發表 Galaxy 25 系列，全系列均具備衛星通訊硬體功能，可透過衛星窄帶非地面網路進行訊息收送，惟衛星服務能否正式開通使用仍視地區電信業者與衛星營運商達成協議。

為推進低軌衛星及通訊整體產業鏈之發展，南韓更於2024年5月宣布約3200億韓元(約合台幣72.3億元)之「低軌衛星通訊技術開發計畫」(저궤도 위성통신 기술개발사업)，為期6年，預計於2030年初發射兩顆基於6G 標準之低軌通訊衛星，並建造包括地面站及終端站的低軌衛星通訊試驗網路。考量開發一套低軌衛星系統並發射衛星需要5年以上的時間，同時考慮6G 標準尚在制定中，目前正是南韓企業進入基於6G 標準之低軌衛星通訊市場的最佳時機。

二. 頻譜應用分配

與台灣類似，南韓主導資通訊產業發展政策規劃的主管機關為科學技術與資通信部(Ministry of Science and ICT, MSIT)，負責監管的主管機關則為韓國通訊傳播委員會(Korea Communication Commission, KCC)。MSIT 於2024年9月發布最新《韓國頻譜計畫》(대한민국 스펙트럼 계획)(2024-2027年)，並於同年10月發布中長期無線電政策藍圖《第四次無線電發展計畫》(제4차 전파진흥기본계획)，皆相當注重非地面網路之頻譜資源。

作為中長期政策藍圖之《第四次無線電發展計畫》列出5大戰略領

域及對應之10項關鍵技術，其中衛星通訊列為第1大戰略領域，對應下一代衛星通訊、超小型物聯網兩項關鍵技術；非地面網路則為第2大戰略領域，對應空中通信、地下通信及水下通信三項關鍵技術。

綜合以上文件，MSIT 預計建立以需求為導向的頻率供應新流程，以支持城市空中交通(Urban Air Mobility, UAM)、自駕車等交通創新，及衛星等新興產業發展。為使韓國於城市空中交通領域居於領先，南韓將自2024年起提供試驗示範頻率(5G 頻率20-30 MHz 頻寬)，並在兼顧國際協調等情況下推動供給；自駕車則預計使用 5.9 GHz 等。就無人機等應用，則計劃在公、私部門需求集中的 5GHz 頻段進行兩者共用。

為提供超空間(Hyperspace，如船舶、飛機等)和災區(森林火災、地震等)穩定通訊，MSIT 亦支持衛星通信發展，尤其是低軌衛星通訊。考慮以上情形，南韓政府正研究擴大可用於衛星服務的 1,000 MHz 頻寬供應(頻率範圍如用於衛星服務之 10.7GHz – 11.7GHz)，以保障23顆非同步衛星(LEO、MEO)及5顆同步衛星(GEO)運作之頻譜資源，並有意重新分配低軌衛星通訊頻段，以確保足夠頻譜供應。

三. 監理框架及申請制度

按現行制度，於南韓提供衛星通訊服務，其無線電台和地面站(終端)皆須獲得許可證。惟根據 MSIT 於2025年1月22日就《無線電法施行令》(전파법시행령)所發布之修訂草案公告，為提高衛星通信服務用戶之便利性、活化市場，針對設立衛星通訊終端之新型無線電台將簡化其設立程序，若經營者作為代表獲得許可，則使用者無需單獨申請即可使用該服務；並新增行動地面站之定義(陸上行動地球電台、海上行動地球電台、空中行動地球電台)，為動力交通工具(船舶、飛機等)支援寬頻通訊的終端無線電台建

立管理基礎。

另就外資部分，於韓國經營基礎電信業務者，依《電信業務法》(전기통신사업법)第8條設有限制。

四. 頻率干擾處理及資安相關機制

為因應衛星網路及可能對衛星網路造成之干擾，南韓則是採取監測手段。過去南韓政府並沒有足夠權力定期進行檢查，因此於2024年5月17日修法增設衛星無線電監測中心，並對現有無線電台進行定期檢查，盼透過定期檢查機制有助於建立衛星無線電波之使用秩序。另外就安全性風險方面，雖然南韓目前尚未針對非地面網路特別制定規範，然而其2023年12月為確保網路穩定性，已修訂《電信業務法》(전기통신사업법)並於2024年6月30日施行，於該次修訂增加相關技術規範及管理措施。

第九節 行動通信網路整合非地面網路之監理綜合分析

本節將綜整上述各國對於行動通信網路整合非地面網路服務落地之評估結果及監理重點，歸納值得我國後續參考之建議方向。

一. D2D 服務落地須面對使用 IMT 頻譜及 MSS 頻譜兩種模式

D2D 通訊可以使用兩類頻譜：一類是已核配給行動通訊業務的 IMT 頻段，另一類是已核配給衛星行動業務 (MSS) 的頻段。目前這兩種 D2D 通訊模式均已投入使用。兩種方式都以提供無行動通信覆蓋區域的 SOS 和簡訊服務為主，就使用情境而言差異不大，而使用 IMT 頻譜的 D2D 通訊也提供資料傳輸服務。雖從應用角度使用兩種頻譜的 D2D 服務相似，但在監管框架方面卻有所不同。

MSS 所使用的頻譜屬於衛星服務中使用率較低的頻譜，頻譜取得成本亦相對 IMT 頻段較低，並且在全球或大區域範圍內可用，整體跨境間的監理差異較小。且因屬專有頻段，故可減少與地面通訊之干擾，具有較佳通訊品質。惟受限於手機端需有特定硬體才能接收衛星頻段訊號，故必須與手機廠商相配合，其中又以 Apple 為推動較成功的案例，目前 iPhone 14 以上可免費使用，主要商模為透過 D2D 緊急服務提供提升 iPhone 手機市占率，並加速用戶升級高解手機的週期。其他品牌亦為新開發之少數高階設備方可使用相關服務，未來各大品牌的手機設備上是否會因應以 MSS 作 D2D 通訊開發提高該硬體規格在終端設備的普及程度仍待觀察。

而使用 IMT 頻段提供 D2D 服務者，使用頻段依各國核配各有不同，目前以 694MHz~2.7GHz 非 TDD 頻段為主。由於此模式允許 MNO 自自行決定如何最佳地利用其授權的 IMT 頻段，為用戶提供衛星連接，市場主導的選擇將有助於最高效、最優化地利用行動授權頻譜，並透過增加 D2D 服務提高消費者的市場黏著度。惟技術共存及干擾問題尚待 WRC-27 討論，但由於需與 MNO 合作，故 MNO 有部分責任減輕干擾並進行管理。其

推廣優勢為使用 IMT 頻段的 D2D 服務可直接使用標準智慧型手機，毋需轉換設備與通訊標準，較容易形成普及規模。

表 3-16 D2D 服務使用之頻段類型

D2D 頻譜	使用 IMT 頻譜	MSS 衛星行動通信業務專用頻譜
應用情境	提供 SOS 和簡訊服務，部分業者也提供資料傳輸服務	SOS 和簡訊服務
市場範圍	與各國市場內的 MNO 合作，使用已分配給 MNO 的 IMT 頻段提供 D2D 服務。	衛星營運商使用專用的 MSS 頻譜(分配範圍可能為區域或全球範圍)提供 D2D 服務。
分配頻段	依各國不同，以 694MHz~2.7GHz 為主。	<ul style="list-style-type: none"> • L 頻段：1525-1559 MHz 與 1626.5-1660.5 MHz 配對 • 2 GHz 頻段：1980-2010 MHz 與 2170-2200 MHz 配對 • 大 LEO 頻段：1610-1626.5 MHz 與 2483.5-2500 MHz 配對
採用該頻段的好處	允許 MNO 自自行決定如何最佳地利用其授權的行動頻譜頻段，為用戶提供衛星連接，市場主導的選擇將有助於最高效、最優化地利用行動授權頻譜。	該頻譜目前在衛星服務中的使用率較低，頻譜取得成本亦相對 IMT 頻段較低，並且在全球或大區域範圍內可用。
使用規範	按照 MNO 的頻譜許可證的技術要求。	按照 MSS 頻譜許可證的技術要求，通常較少跨境差異。
干擾情形	技術共存及干擾問題尚待 WRC-27 討論，但由於需與 MNO 合作，故 MNO 有部分責任減輕干擾並進行管理。	<ul style="list-style-type: none"> • 減少與地面通訊之干擾，具有較佳通訊品質。 • L 頻段靠近 GPS，在高功率水準下，需格外謹慎。
終端設備	使用標準智慧型手機，毋需	手機需特定硬體才能接收衛星頻段

可用性	轉換設備與通訊標準，較容易形成普及規模。	訊號，目前僅少數高階設備。
WRC-27 探討重點	<ul style="list-style-type: none"> • WRC-27 議程 1.13 將為使用 IMT 頻段的 D2D 服務制定國際統一的技術標準、使用條件和監管規定。 • 協調 IMT 頻段中 D2D 的使用條件，主要頻段以 694MHz~2.7GHz 為主。 	<ul style="list-style-type: none"> • WRC-27 議程 1.12 和 1.14 將評估其他頻段是否適用於行動衛星服務：1427-1432 MHz、1645.5-1646.5 MHz、1880-1920 MHz、2010-2025 MHz、2120-2170 MHz。 • 除 1645.5-1646.5 MHz 頻段外，上述其他頻段均具有 IMT 標識。因此，任何引進新的行動衛星業務(包括 D2D 業務)都必須根據《無線電規則》保護現有的 IMT 用途。
使用的衛星營運商	AST SpaceMobile、Lynk、Starlink D2C	Globalstar、Viasat、EchoStar、Space42、Omnispace、Iridium

資料來源：DITRDCA(2024)、GSMA(2025)、mason 官網，NRI 整理

參考國內通信行自行統計之我國2025年上半年 iPhone 市佔率超過三成來看，IMT 頻段及 MSS 頻段的落地模式皆有來自市場驅動的壓力。而我國今年6月份也因應發展需求，完成《電信事業申請衛星通信用無線電頻率核配有關事項》、《受理電信事業申請核配衛星通信用無線電頻率審查作業要點》、《電信事業申請無線電頻率核配審查收費標準》及《頻率使用費收費標準》等4項法規修正，並正式開放受理衛星行動通信頻率供公眾通信服務使用。

二. IMT 可用頻段探討

目前國際與 WRC-27對 D2D 使用 IMT 頻段聚焦於以694MHz ~ 2.7GHz 為主，美國、英國、澳洲、日本已公告 D2D 頻段，原則上以非 TDD 頻段、大區域或全國執照為佳，英國針對各頻段另有經實驗後的功率限制。

表 3-17 各國 D2D 指定頻段綜理表(以已公告 D2D 頻段之國家為主)

國家	美國	英國	澳洲	日本
規範	《太空補充涵蓋》指定頻段	《2025 年無線電(直接至設備衛星通訊)(豁免)規則》指定頻段	《IMT 衛星直連行動服務監管指南》潛在頻段	《利用衛星星座的 2GHz 頻段非地球靜止衛星通訊系統技術要求》
原則 頻段	D2D 為次級使用，需透過 MNO 租賃頻譜或商業合作以提供服務			
600 MHz	○			
700 MHz	○ AST/AT&T	○ (25dBm TRP)	○	
800 MHz	○ AST/AT&T、Verizon	○ AST/Vodafone (25dBm TRP)	○	
900 MHz		○ AST/Vodafone (GSM: 33dBm TRP/LTE、NR: 25dBm TRP)	○	
1.8 GHz	○	○ (GSM: 30dBm TRP/LTE、NR: 25dBm TRP)	特定區域(較不建議)	
1.9 GHz	○ Starlink /T-Mobile			○ Starlink /KDDI
2.0 GHz			特定區域(較不建議)	
2.1 GHz		○(24dBm TRP)		○ Starlink /KDDI
2.5 GHz			○ Starlink /Telstra	
2.6 GHz		○(25dBm TRP)	○ Starlink /Telstra	

資料來源：FCC、Ofcom、ACMA、總務省，NRI 整理

考量目前相關頻率於國內分配狀況，並避免為 TDD 頻段，且該頻段需同時於《中華民國無線電頻率分配表》供 MSS 使用等要素，故現行僅 2.5 / 2.6GHz 可用。

後續隨 WRC-27 議題 1.11、1.12、1.14 議題對 MSS 頻段之新分配，以及 1.13 收斂對於 D2D 於 IMT 頻段提供服務之干擾、功率及監管配套建議後，同時進行國內使用干擾評估後，應於 117 年配合修正《中華民國無線電頻率分配表》及《無線電頻率供應計畫》，如下表中 600~900MHz、1.8、1.9、2.1GHz 尚未提供 MSS 服務之頻段，開放更多頻段可供衛星行動(空對地)之落地。

此時，於《電信事業申請衛星通信用無線電頻率核配有關事項》第二點，供申請使用之無線電頻率範圍、用途、使用期限及其他條件與限制中，供申請使用之頻段，亦須配合前述《中華民國無線電頻率分配表》之變更新增《無線電頻率供應計畫》所定開放電信事業申請設置使用同步或非同步衛星行動通信之頻段。

表 3-18 我國 D2D 潛在頻段規劃及使用情形

規範	已釋出給 IMT	雙工模式	於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用
600 MHz	—	—	—
700 MHz	○	FDD	—
800 MHz	—	—	—
900 MHz	○	FDD	—
1.8 GHz	○	FDD	—
1.9 / 2.1 GHz	○	FDD	—
2.5 / 2.6GHz	○	FDD / TDD	○

資料來源：NRI 整理

三. D2D 授權方式

目前參考已訂定 D2D 國內實施規範並實際推出 D2D 服務的國家，可歸納出三種 D2D 授權方案，其中方案一為符合既有技術和非技術條件的 D2D 服務及手機，可豁免頻譜許可，監管程度最低；方案二為對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權，監理強度次之；方案三為高度監理，MNO、衛星業者及各終端設備皆需有完整執照或核准。詳細方案說明如下表所示。

此三種方案中，目前除方案三之外，皆已有國家採用。綜合考量各項監管措施之利弊及我國國情、市場及監理特性，建議採取方案二。

表 3-19 三種 D2D 授權方案比較

序號	方案	監管負擔	干擾執法措施	要求對象	採用國家	實施概念	我國適用性
一	符合既有技術和非技術條件的 D2D 服務及手機，可豁免頻譜許可	小	不易實施	並未對 D2D 服務提供者施加直接的正式義務	澳洲	<ul style="list-style-type: none"> 在 WRC-27 前啟用 D2D 服務最直接的解決方案，可由衛星業者租賃頻譜後提供服務。 透過擁有大區域範圍執照的 MNO 提供頻譜，從 MNO 對區內頻譜地理管理解決干擾問題。 	不建議採用，較適合國土幅員廣大，干擾問題小的國家採用。
二	對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權	中	可	MNO	美國、英國、日本	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者認為此法 WRC-27 前較務實且靈活(不會有新的牌照或頻譜使用費)，使 MNO 能夠在適當的監管監督下創新地利用其現有頻譜。 <ol style="list-style-type: none"> MNO 須在許可證變更申請中列出可用於 D2D 服務的具體頻率。 由 MNO 與衛星服務商簽訂合約。 MNO 有控制手機 SIM 卡並可撤銷連接 D2D 服務的能力，且能終止商業合作關係或更換衛星營運商，整體幾乎不會增加任何額外負擔。 	可評估採用。
三	MNO、衛星業者及終端設備皆需發放執照或核准	高	可	衛星營運商、MNO、MVNO	—	<ul style="list-style-type: none"> 將中繼器視為地球電臺，手機及低功率中繼器視為 MSS 網路中的可攜式行動地球電臺。 各項業務及設備皆須申請許可證，且須依牌照應繳納費費用，監理成本相對較高。 	監理成本高，介面較多，不建議採用。

資料來源：FCC、Ofcom、ACMA、總務省，NRI 整理

(一) 方案一：符合既有技術和非技術條件的 D2D 服務及手機，可豁免頻譜許可

澳洲目前服務許可的模式較接近此種，可由衛星業者向行動通信業者租賃頻譜後提供服務，並未對 D2D 服務提供者施加直接的正式義務，整體監管負擔較小。

若對照我國體制，即針對 D2D 服務使用 IMT 頻段之行動裝置，由數位發展部與目前三家持有 IMT 頻段之電信業者進行協商，決定可供 D2D 服務使用頻段(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，修正《中華民國無線電頻率分配表》及《無線電頻率供應計畫》，將相關開放頻段公告。因屬電信業者已獲核配之持有 IMT 頻段，故僅須依據其導入 D2D 服務之情形提出變更「無線電頻率使用規劃書」，申請變更頻率使用證明。

另參考《電信事業申請衛星通信用無線電頻率核配有關事項》，應說明附加 D2D 服務使用 IMT 頻段相關限制及義務，並額外檢附通訊監察義務切結書、使用衛星系統權利合約書或與國外衛星機構合作協議文件、及合作之衛星機構符合有關機關國家安全考量之切結書、衛星系統在 ITU 登錄文件資料或承諾書。

但若發生干擾等問題或違法情事，在此一方法下，主管機關對提供 D2D 服務相關方的執法能力亦相對受限，不易及時解決干擾問題。故此種方法較適合國土幅員廣大，干擾問題小的國家採用，透過擁有大區域範圍執照的 MNO 提供頻譜，從 MNO 對區內頻譜地理管理解決干擾問題。考量我國國土幅員小，預期潛在干擾情形將與澳洲有所差異，故從本研究觀點不建議我國採用。

(二) 方案二(建議方案)：對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權

由於 MNO 有控制手機 SIM 卡並可撤銷連接 D2D 服務的能力，且能終止商業合作關係或更換衛星營運商，故方案二為由 MNO 與衛星服務商簽訂合約，針對 D2D 服務使用 IMT 頻段之行動裝置，由 MNO 在許可證變更申請中列出可用於 D2D 服務的具體頻率。因屬變更申請而非新申請，故不會有新的牌照或頻譜使用費，使 MNO 能夠在適當的監管監督下創新地利用其現有頻譜，屬中度監理，同時透過 MNO 對與衛星營運商的協調與商業合約，適度解決干擾問題。英國目前經兩次公眾諮詢後傾向採用此種方法，美國則介於此方法及方法一之間，日本 D2D 服務目前亦為由 MNO 提出申請，故一樣屬此方案。

由於我國 MNO 家數少，且擁有頻譜皆為全區執照，採用方案二可有效降低監理成本，建議優先考慮。屆時需決定可供 D2D 服務使用頻段(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，修正《中華民國無線電頻率分配表》及《無線電頻率供應計畫》，將公告開放頻段。

參考英國 Ofcom 制定《2025年無線電(直接至設備衛星通訊)(豁免)規則》，並經申請審查後發給 D2D 許可證之作法，建議可另訂《電信事業申請無線電頻率新增衛星通信直連設備有關事項》，說明開放申請之生效日期、適用範疇定義、可使用之無線電頻率、使用規定、保護標準及功率、仰角等限制條件。同時需要求申請之電信事業提出針對 D2D 之「無線電頻率使用規劃書」，其中應列出可用於 D2D 服務的具體無線電頻率、涵蓋區域範圍、干擾評估、網路設置計畫、干擾減輕措施等，供主管機關審查。申請

施另須檢附通訊監察義務切結書、使用衛星系統權利合約書或與國外衛星機構合作協議文件、及合作之衛星機構符合有關機關國家安全考量之切結書、衛星系統在 ITU 登錄文件資料或承諾書。

考量國際間 D2D 服務目前已有多國推出，故時程上建議於 700MHz、900MHz 及 1800MHz 頻譜屆期之前，配合 WRC-27 議題 1-3 之決議，確認相關配套措施，以利於 119 年屆期後同步施行推行。

(三) 方案三：MNO、衛星業者及各終端設備皆需有完整執照或核准

第三種方案為由國內行動通信業者與國外衛星業者共同持有無線電頻譜，在此情形下兩類業者皆須有完整執照並負擔相關義務。惟我國電信事業登記、頻譜管理及射頻設備分工複雜，不同業務分屬不同部會，若採此嚴謹繁瑣之監理方式，介面較多，不建議採用。

四. HAPS 應用法規協調、落地實證及商模財務規劃

參考日本 2026 年後軟銀及 NTT 之 HAPS 服務陸續商化營運，建議以下各項跨部會協商及實證、商模財務規劃事項，應於 115 年至 118 年間分年投入，以及早因應未來災時緊急需求。

(一) 我國應以 HIBS 形式為主，必要時透過 MNO 提供必要服務

我國在 HAPS 應用，除了持續透過 PoC 精進無人載具及通訊酬載技術外，應以無人機型 HIBS 為發展目標，展開相關服務實證及頻譜使用及飛航制度協調，中長期朝向 HAPS 發展。由於 HIBS 在我國之應用情境以災時及偏遠地區為主，目前我國在行動通信業者間亦已建立災害漫遊機制，故未來落地營運機制應與 D2D 作法相似，透過 MNO

既有 IMT 頻譜提供 HIBS 使用，將 HIBS 作為 MNO 服務的一種方式，進行必要的網路切片管理，最容易解決干擾和使用優先性的問題。

(二) 應與民航局協調「遙控無人機」之飛航管制議題

在飛航制度方面，若要以無人機進行 PoC、PoS，目前升空須通報民航局，但仍需視高度而定，超過6萬英呎已非民航法相關飛航服務範圍，以國防部戰術管制為主。而針對 HIBS 應用情境下的「遙控無人機」，亦需檢討既有民航法及《遙控無人機管制規則》之相關規範適用性，如可容許之飛行區域、飛行高度等。

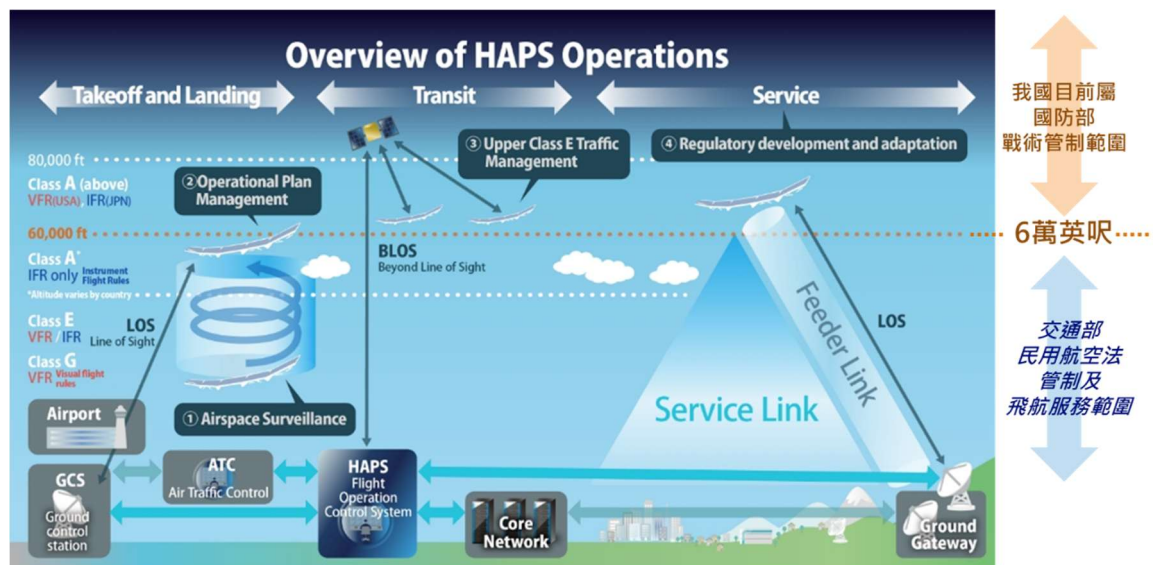


圖 3-7 各高度之飛航管制示意圖

資料來源：Softbank，NRI 整理

(三) 建立災時相關服務採購之商模財務機制

在法規及商模方面，應就災害情境下的頻譜使用，頻譜干擾及 HIBS 漫遊進行實證，並規劃營運主體、財務模式及我國災時服務採購及相關收費等機制，以利業者評估投入。



圖 3-8 我國 HAPS 發展路徑建議

資料來源：NRI 分析

第十節 我國 D2D 諮詢文件建議

本計畫將前述各國監理作法及我國相關建議，研擬為數位發展部對於我國衛星直連裝置(D2D)服務政策諮詢文件(草稿)如下。

一. 背景說明

本諮詢擬就行動通信(International Mobile Telecommunications, IMT) 頻段，以及衛星行動通信(Mobile Satellite Service, MSS)頻段，用於衛星直連裝置(Direct-to-Device, D2D)服務之政策規劃，進行公眾諮詢。

衛星通信服務已行之有年，並於多數國家使用 MSS 頻段，惟因技術限制，過往一般行動裝置雖可使用 IMT 頻段卻無法使用 MSS 頻段，故多半是由業者特有之衛星行動裝置提供服務。隨著技術快速發展，一般行動裝置已可在無行動通信訊號及 Wi-Fi 訊號之情形下，連接上衛星並使用緊急 SOS 服務，此即為 D2D 服務。

D2D 服務旨在為無地面行動通信涵蓋之區域提供衛星直連裝置之功能，以擴大地理涵蓋範圍，並於地面網路不幸發生中斷時，提供基本之備援服務。隨著低軌衛星(Low Earth Orbit, LEO)技術的快速發展，D2D 服務已成為全球通訊產業的焦點。低軌衛星相較於傳統高軌衛星，具有低延遲、高頻寬及靈活部署的優勢，特別適用於與現有行動通信網路的整合。國際間，諸如 SpaceX、OneWeb 及 Amazon 等衛星營運商已積極與行動通信業者合作，推動 D2D 服務的商業化，實現衛星通訊與地面網路的無縫連結。

在台灣，導入 D2D 服務將有助於增進偏鄉地區、山區及離島之通訊涵蓋範圍與品質，縮短數位落差，促進數位包容。此外，D2D 服務於災害應變中可發揮關鍵作用，例如於地震、颱風等天然災害導致地面網路中斷期間，提供緊急通訊及救援協調之可靠管道。與此同時，開放 D2D 服務有利於行動通信業者開拓新商機，透過與衛星營運商之合作，業者可更有效利用其頻譜

資源，實現頻譜利用之最大化，並吸引國內外投資，帶動相關產業鏈發展。

為示慎重並期周延，本部先就相關政策規劃進行公開意見徵詢，俾利集思廣益，凝聚共識，研擬頻譜管理與產業發展之最適規劃方案。爰就相關監理議題，彙整本份政策諮詢文件，請各界不吝提供寶貴意見，以臻完善未來 D2D 服務之發展。

二. D2D 模式與國際監理情形

(一) D2D 模式

1. D2D 之網路運作

當行動裝置無法接收到地面行動基地台的訊號，可能是因該地區為永久性的行動通信服務信號盲區(Dead Zone)，或因地面網路發生暫時性中斷，便可連線至 D2D 網路。

D2D 網路之組成如圖 3-9 所示，包括衛星、使用者終端(行動裝置)與閘道器。該系統由兩條雙向無線電鏈路構成：服務鏈路(Service Link)，亦即於衛星與行動裝置(亦稱為用戶設備，User Equipment, UE)之間所建立的連線；饋線鏈路(Feeder Link)，亦即在衛星與地面閘道器之間傳送和接收累積流量的連線。本諮詢文件之規劃僅針對與服務鏈路相關的頻譜管理考量。³³

³³ Ofcom 已針對饋線鏈路提供「非同步軌道閘道站執照」(Non-Geostationary Gateway Licence)，該執照適用於 Ku 頻段上行鏈路及 Ka 頻段之部分。此外，Ofcom 計劃就授權 Q/V 及 E 頻段頻譜中的饋線鏈路提出諮詢建議。

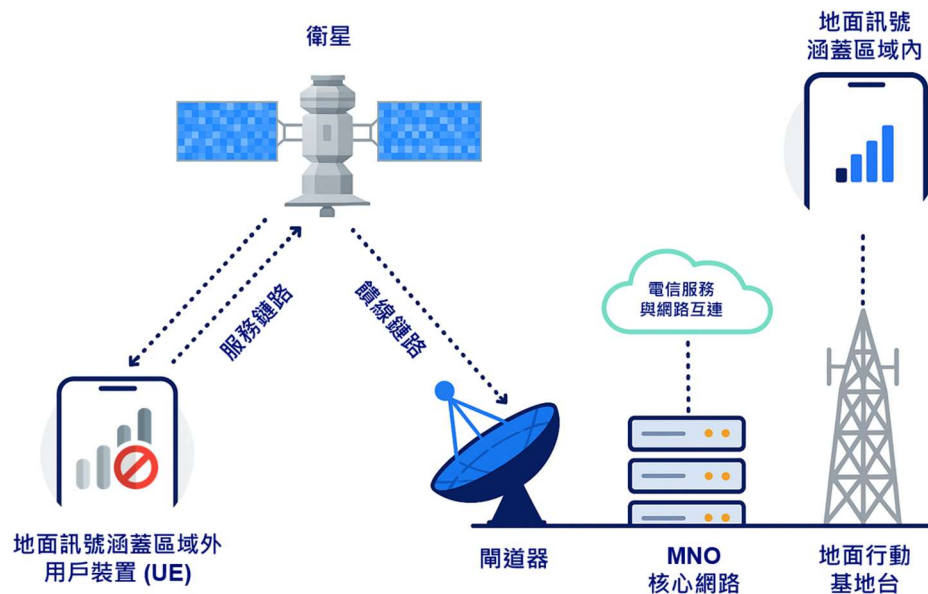


圖 3 -9 D2D 網路架構圖

資料來源：NRI 分析

鑑於標準行動裝置與衛星之間建立無線電通訊所面臨的挑戰，本部預期於行動頻段中所提供之 D2D 服務，將可能採用低地球軌道(Low Earth Orbit, LEO)的衛星星座，而非單一的地球同步軌道(Geostationary, GEO)衛星。

低軌衛星能在地面提供更強大且可靠的行動訊號，且可以透過增加衛星數量，逐步提升網路的涵蓋範圍與傳輸容量。然而，低軌衛星星座可能創造更為複雜的無線電環境，必須審慎管理，以避免對其他頻譜使用者造成干擾。

每個衛星星座的衛星數量將有所不同，部分 D2D 服務營運商所計畫之星座組成將少於100顆衛星，而另一部分營運商則正在建置由數百顆衛星組成的星座以提供初始服務，並計劃隨時間擴展和建置更多數量之衛星。D2D 衛星網路所提供的涵蓋範圍和傳輸容量將取決於衛星的數量、

高度、軌道平面及所使用的天線系統。本部預期，隨著 D2D 衛星星座的擴展，服務水準將逐步提升，涵蓋範圍、傳輸容量與可靠性也將隨之改善。

本部亦預期，營運商用於與行動裝置進行服務鏈路通訊之無線電設備(即無線接取網路, Radio Access Network, RAN)將有所不同。部分營運商將 RAN 建置於地面，透過饋線鏈路將無線電訊號傳送至衛星，再經由服務鏈路傳送至行動裝置，即為「彎管」(bent pipe)衛星架構，又稱為通透型(Transparent)衛星；另一方面，亦有將 RAN 基地台搭載於衛星，直接進行訊號的產生與處理，又稱為再生型(Regenerative)衛星。

2. D2D 商業服務模式

D2D 商業服務在全球仍處於早期發展階段。換言之，未來台灣可能會出現多種商業服務模式，旨在為無法連地面行動通信的行動裝置用戶提供通訊連線。

使用 D2D 網路的消費者體驗可能因營運商而異，並隨時間演進，例如：早期服務將僅限於簡訊(SMS)傳送，未來則預期引入語音和寬頻服務，此類服務之變化將可能影響消費者連線至緊急電話服務的方式。

在提供語音服務之情形，消費者體驗很可能會因衛星營運商與行動通信業者(MNO)之間所協議的商業模式而有所不同，例如：在部分模式中，消費者可在 MNO 的地面網路與衛星之間無縫切換；但在其他模式中，衛星通訊可被視為一項獨立服務，更類似於消費者於海外旅行所熟悉之國際漫遊服務。

其他國家所進行之 D2D 早期實驗與商業建置，採取模式為衛星營運商提供批發服務，而行動通信營運商(MNO)則向其終端用戶提供零售服務，例如：可將 D2D 服務納入其高階資費方案，或作為額外增值服務(bolt-on)提供；MNO 的用戶未必會察覺其服務在特定時刻是由 MNO 的地面基地台，或位於太空的衛星所提供。

議題1：對於以上衛星通信潛在商業服務模式之評估，有何看法及建議？

(二) 國際 D2D 服務監理情形

1. 國際協調

國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)的《無線電規則》(Radio Regulations)規範國際無線電頻譜及相關軌道資源之使用。D2D 服務被歸類為 MSS，惟現階段《無線電規則》並未在本文件預計用於 D2D 服務之頻段(即行動國際電信(IMT)服務所使用的頻段)，為 MSS 分配頻譜。因此，允許使用行動頻段提供衛星 D2D 服務之 ITU 成員國，必須確保 D2D 服務依據《無線電規則》第4.4條，以「無干擾、無保護」之基礎運作。就特定衛星的頻譜使用分配而言，相關的 ITU 成員國即為該衛星的申報管理機關，並承擔相應的義務。

隨著多家衛星公司尋求提供 D2D 服務，以及全球對於無縫連結的需求日益增加，國際間對於 D2D 服務的發展與授權產生高度關注，並已著手準備更新《無線電規則》，以納入對於 D2D 服務的考量。2027年世界無線電通信大會(WRC-27)，議程項目1.13將考慮將目前分配給地面行動

服務的頻段(694/698 MHz-2.7 GHz)，為 MSS 服務進行新的頻譜分配。

若 ITU 成員國就允許於行動頻段提供 D2D 服務的方式達成共識，WRC-27 將有機會決定：

- (1) 於部分行動頻段中新增 MSS 分配；
- (2) 實施一套共通的技術與操作措施，以確保 MSS 之衛星及終端設備(例如行動裝置)不會對地面行動服務之基地台與終端設備造成有害干擾，或要求其提供保護。

現階段缺乏國際協調或規範並不妨礙阻止個別國家於其境內授權 D2D 服務(需滿足特定條件)。本部認為，於 WRC-27 以前授權 D2D 服務，將使台灣的消費者與企業能及時獲得其帶來的益處。然而，本部亦計劃於 WRC-27 結果公布後，重新檢視授權框架。

2. 各國 D2D 服務監理情形

承前所述，全球已有數個國家及地區實施 D2D 服務之國家授權框架，綜整主要國家監理情形如下：

(1) 美國

聯邦通信委員會(FCC)已實施「太空補充涵蓋」(Supplemental Coverage from Space, SCS)監管框架，於美國頻率分配表(USFAT)中，為特定地面行動頻段³⁴新增次要之衛星行動服務用途分配，以支持雙向運作。衛星營運商需使用指定為 SCS 之頻段並與行動通信營運商

³⁴ 600 MHz (614-652 MHz, 663-758 MHz), 700 MHz (775 MHz-788 MHz, 805-806 MHz), 800 MHz (824-849 MHz, 869-894 MHz), PCS (1850-1915 MHz, 1930-1995 MHz), AWS-H (1915-1920 MHz, 1995-2000 MHz).

合作，由行動通信營運商將頻率出租予衛星營運商，且行動營運商需於單個定義的地理獨立區域 (Geographically Independent Area, GIA) 內持有與出租頻率同頻之所有執照 (co-channel licenses)，衛星營運商始能基於頻譜租賃協議，於該地理獨立區域提供 SCS 服務。擬申請 SCS 服務之衛星通信營運商，須提交詳盡之干擾分析，證明其運作不致對相鄰頻段及跨境頻譜使用造成有害干擾。

部分衛星營運商 (如 AST SpaceMobile 等) 已獲得 FCC 許可，於美國測試 D2D 服務。2024 年 10 月，FCC 亦授予 Starlink 臨時許可，做為颶風救援工作的一環，提供 D2D 服務以確保備援連線。2024 年 11 月，FCC 向 Starlink 與 T-Mobile 之合作授予有條件許可，允許其在 1910 - 1915 MHz 及 1990 - 1995 MHz 頻段向 T-Mobile 用戶開始提供商業服務。

(2) 澳洲

2023 年，澳洲通訊與媒體管理局 (Communications and Media Authority, ACMA) 針對衛星直連行動服務及其在澳洲面臨的監管問題進行諮詢。2024 年，ACMA 發布 D2D-IMT 服務營運監管指引 (Regulatory guide: Operation of an IMT satellite direct-to-mobile service)，列出多個潛在可用之全國性頻段³⁵，並建議衛星營運商與現有行動電信 (IMT) 執照持有者建立合作關係，便無需取得 AMCA 的額外許可。

³⁵ 700 MHz, 800 MHz, 850/900 MHz, 2.5 GHz

(3) 加拿大

創新、科學與經濟發展部(Department for Innovation, Science and Economic Development, ISED)已公布衛星補充行動之政策、授權和技術框架決定(Decision on a Policy, Licensing and Technical Framework for Supplemental Mobile Coverage by Satellite, SMCS)，將特定行動頻段³⁶以次級分配的方式分配予 D2D 服務，並將採取逐案審查申請，要求執照持有者不得對其他執照持有者之頻段造成有害干擾，亦不得要求保護。

就資格標準方面，ISED 應用現行 MSS 授權架構及諮詢文件中所列之資格標準：太空電臺頻譜執照(space station spectrum licences)核發予加拿大衛星營運商；外國衛星許可(foreign satellite approval, FSA)核發予合法外國衛星營運商；通用地球電臺頻譜執照(generic earth station spectrum licence)則核發予合法行動服務營運商(包括主執照與次執照持有人)。

若衛星營運商欲獲得 SMCS 許可，包括取得地球電臺執照或 FSA，則須事先與加拿大行動服務提供者簽訂 SMCS 協議，並於申請執照時提交予 ISED。此外，該協議需為非專屬協議，以促進在不受限制及非歧視之基礎上，向其他行動提供商轉售和共享可用之服務。

若行動服務提供者與多個衛星營運商就不同頻段簽訂 SMCS 協議，則 ISED 將要求個別之通用地球電臺執照與 FSA；另若行動營運商計畫與多個衛星營運商使用相

³⁶ 600 MHz (617-652 MHz, 663-698 MHz), 700 MHz (698-756 MHz, 777-787 MHz), 800 MHz (824-849 MHz/869-894 MHz), PCS (1850-1915 MHz, 1930-1995 MHz), AWS-1(1710-1755 MHz, 2110-2155 MHz), AWS-3 (1755-1870 MHz, 2155-2180 MHz).

同之頻段，ISED 得核發單一通用地球站許可證，惟行動營運商仍需與各個衛星營運商分別簽訂 SMCS 協議。

為求明確，需將以下 SMCS 協議之具體條款於申請時提交予 ISED：相關之彈性使用頻譜執照(即行動服務提供者之頻譜執照)；預計提供 SMCS 之特定頻譜區塊與區域(須為行動服務提供者的頻譜持有範圍)；協議需為非專屬性的條款；與協議期限相關之條款；涉及干擾管理、協調與技術規範遵循之責任條款；協助遵守 SMCS 通用地球電臺頻譜執照條件所需之措施；與頻譜管理相關之其他事項。

綜言之，僅有以下實體有資格取得用以提供 SMCS 之授權：與衛星營運商簽訂有效 SMCS 協議之行動服務提供者，得持有提供 SMCS 服務之通用地球電臺頻譜執照；與合法行動服務提供者簽訂有效 SMCS 協議之外國衛星營運商，得持有 FSA；與合法行動服務提供者簽訂有效 SMCS 協議之加拿大衛星營運商，得於加拿大提供 SMCS 服務。此外，不允許對任何提供 SMCS 之執照或許可進行分割、轉讓或次級授權；不限制有權提供 SMCS 之執照或許可持有者之所有權或控制權變更，惟須經審查；若所有權或控制權發生變化，SMCS 之資格要求及其他條件將繼續適用於該授權執照或許可。

有關 D2D 服務與地面服務之競合，如先前諮詢文件所述，ISED 將 SMCS 視為地面網路之補充，而非取代現有地面服務；地面服務將繼續成為解決涵蓋落差之重要部分，尤其是在道路涵蓋範圍。另就提供 D2D 服務是否可計入行動服務業者之涵蓋建設義務，ISED 堅持 SMCS

無法取代地面服務或涵蓋，因此 SMCS 之涵蓋範圍並不計入行動服務業者所持頻譜執照之建設義務。

(4) 歐盟

無線電頻譜政策小組(Radio Spectrum Policy Group, RSPG)於2025年2月發布公布歐盟衛星 D2D 通訊與單一市場議題意見草案(DRAFT Opinion on the EU-level policy approach to satellite Direct-to-Device connectivity and related Single Market issues)，建議歐盟委員會授權歐洲郵電管理委員會(CEPT)制定於行動頻段內衛星 D2D 服務的統一技術條件，並提出國家層級得授權 D2D 服務之三種方式，一是作為現有地面行動執照之部分(As an integral part of the terrestrial ECS licence)；二是採取與持有執照之地面行動業者合作(As a licence for D2D provision requiring cooperation with the terrestrial ECS licence holder)；三是 D2D 自有執照，且該地理區域與頻段不為持有執照之地面行動業者所使用(As a licence for D2D provision in geographical areas and available frequency bands not used by a terrestrial ECS licence holder)，換言之無需與地面行動業者合作。

(5) 英國

主管機關 Ofcom 於2025年3月公布 D2D-IMT 服務之諮詢文件(Consultation: Enabling Satellite Direct to Device services in Mobile spectrum bands)，就三個授權機制選項³⁷偏好選項二，即變更現有行動通信營運商電台執照，並

³⁷ 第一個選項為免執照授權 (Licence Exemption)，針對符合特定條件的 D2D 服務，對連接該服務的行動裝置提供有條件的免執照授權，此方式雖能提供一定程度的彈性，但在執法與干擾管理上的效力有限，故並非首選；第三個選項則為建立全新的授權機制 (New Licensing Regime)，針對直接連接並傳輸至 D2D 系統衛星組件的行動裝置，發給由 MNO 與衛星業者共同持有的使用者終端執

搭配終端執照豁免(a variation to the MNO's existing base station licence accompanied by a licence exemption)MNO 必須向 Ofcom 申請變更其現有的無線電臺執照，以納入 D2D 服務所需的協調條款，確保 MNO 與衛星業者之間的協調，降低對其他頻譜使用者的干擾風險，並針對行動通信業者經執照變更後提供之 D2D 服務，對連接該服務的行動裝置提供免執照授權，提供彈性的同時亦保有監管的可能。

此外，因應現行由 Inmarsat 及 EchoStar 所持有之 2 GHz MSS 執照即將於2027年5月到期，以及 D2D 技術與標準發展、國際相關監管工作準備等因素，Ofcom 亦於 2024年7月針對 D2D-MSS 服務發布初步諮詢文件(Call for Input: Improving mobile connectivity from the sky and space)，現階段已彙整完成利害關係人之意見陳述，尚待後續政策研議。目前該文件之初步構想指出，目前英國就開道地球電臺(Gateway Earth Stations)係透過個別營運執照核發管理，用戶終端則以衛星地球電臺網路(Earth Station Network, ESN)執照或免執照方式授權。就衛星服務方面，固定衛星服務(Fixed Satellite Services, FSS)之終端原則尚需取得 ESN 執照；而運作於 MSS 頻譜之終端，現行多屬免執照管理，例如 Apple 與 Globalstar 於 2022 年推出其緊急訊息服務，該服務使用 MSS 頻譜之現有衛星星系，並支援內建 MSS 頻率之次世代手機晶片組，即依現行衛星行動服務之免執照條款運行。惟 Ofcom 先前於《太空頻譜策略》(Space

照，透過共同持有執照，對 D2D 服務的提供與管理進行全面監管，雖能提供最嚴密的干擾控制與責任分擔，但也可能增加業者的行政負擔與建置成本。

Spectrum Strategy)文件已表示，有意評估是否將 MSS 終端亦納入 ESN 執照管理之可能性；本初步諮詢文件亦再次強調隨著新型衛星服務之出現，並於 MSS 頻譜提供消費性服務，基於干擾風險增加之考量，Ofcom 將適時檢討現行用戶終端之免執照機制，並評估是否改以執照授權制度管理。

上述各國之授權機制迄今均仰賴行動通信營運商與衛星營運商之商業合作關係，此方式允許衛星營運商使用已授權給行動通信營運商的頻譜，並促進兩者間的協調，有助於減少對地面行動通信的潛在干擾風險。本部參考目前國際針對 D2D-IMT 服務之監理政策，耙梳相關議題後再依我國《電信管理法》及相關法制架構，研析、制定政策方向，於以下章節中進一步討論相關細節。

三. 政策規劃方向

(一) 頻段規劃

綜前所述，為促進 D2D 服務之全球頻譜協調分配，國際電信聯盟無線電通信部門(ITU-R)正進行 694/698 MHz 至 2.6 GHz 頻段內，增列 MSS 頻譜之相關研究，並預計於 WRC-27完成。與此同時，因應 D2D 技術快速發展，多國已就國家授權 D2D 服務之相關監理及技術議題進行規範或探討，並選擇特定 IMT 頻段由行動通信服務與衛星通信服務共同使用，或盤點既有屆期或可能開放之 MSS 頻段。

我國鑑於國際發展趨勢與產業需求，為及早掌握相關應用及監理規劃之時程與市場需求，本部擬就 D2D 服務相關頻段規劃，蒐集各界意見，作為政策研議與授權機制設計之參考。

議題2：是否有特定行動通信頻段，應優先考量作為基於衛星之 D2D 服務之候選頻段？是否有其他您認為應納入的潛在頻段？

(二) 頻率干擾處理機制規劃

1. D2D 與現有頻譜使用者之共存考量

D2D 服務可能對其他頻譜使用者造成有害干擾。本部在授權 D2D 服務時，將考量關鍵共存因素，並進行必要之干擾與技術分析，以制定適當之技術規範，管理對其他頻譜使用者之干擾風險。

管理機制包括引進新頻譜使用者時，需評估對現有使用者之干擾風險，並要求新進入者採取相應措施以減緩干擾風險。若減緩措施無效，將採取必要之行動。

另透過管理授權頻譜使用，可降低干擾風險，並在干擾發生時具備處理能力。制定授權機制以前，需了解 D2D 服務導入所帶來之干擾風險性質。D2D 網路之干擾風險可分為兩類：一為「區域外干擾」，即衛星訊號落在 D2D 服務區域外之地面，包括對鄰近國家行動通信之干擾風險；二為「帶外干擾」，即衛星在授權頻段以外之頻率傳輸。雖然區域外及帶外發射為多數無線電系統之特性，但其訊號強度需控制在特定限制以下，以避免對其他頻譜使用者造成過度干擾。

行動通信營運商之地面網路亦可能因其合作衛星營運商在台灣相同地點、相同頻率傳輸而受到干擾，惟 D2D 網路內部干擾風險應可透過行動通信營運商與衛星營運商之協作以有效管理。

D2D 網路可能造成之過度干擾性質，因系統架構及部署方式而異。各衛星會於地面傳輸多個波束，當這些波束重疊時，會形成較強之聚合訊號，相較於單一波束，可能對其

他服務造成較高之干擾風險。本部預期衛星營運商能調整波束之功率、形狀及方向，以降低區域外及帶外聚合干擾之風險。

議題3：現有系統有無可能因導入使用行動頻段之衛星 D2D 服務而面臨增加之有害干擾風險？若有，是否有特定頻段應避免使用，以降低該干擾風險？

2. D2D 共存評估

本部考量 D2D 與現有頻譜使用者之共存情境，為將區域外及非預期輻射對其他行動通信造成之過度干擾風險降至最低，提議對 D2D 衛星傳輸施加技術規範，並進行逐頻段共存評估，調查哪些行動頻段與相鄰頻譜使用者之共存可能較具挑戰性，以及可能需要額外之共存減緩措施。

未來可能需進一步就共存技術條件進行諮詢，包含針對個別執照申請或免執照之具體細節，視採行之授權選項而定。在共存風險較低之行動頻段中或可更快授權 D2D 服務，因所需之共存評估較少，且需建置之減緩措施較少。

(1) 與同頻地面行動網路之共存

台灣境內同頻干擾將由衛星營運商及其合作行動通信營運商管理。雖然行動通信營運商之地面網路與其合作衛星營運商之衛星傳輸間存在「自我干擾」風險，本部預期地面與衛星組件之共存將透過行動通信營運商與 D2D 營運商之協調安排管理。本部認為，行動通信營運商及其合作 D2D 衛星營運商無法在相同地點使用相同頻譜傳輸，而不對地面與衛星服務組件造成干擾風險。

然而，目前衛星直連可使用情境僅在無行動通信訊號且無 Wi-Fi 訊號下使用。為了解 D2D 服務能否與同頻地面行動服務之共存，本部擬就該議題於本諮詢文件中提出討論。

(2) 對其他鄰近頻段使用者之潛在干擾

D2D 衛星服務若使用與既有行動服務相鄰之頻段，可能因發射功率、頻譜擴散或設備設計差異，對其他營運商之行動服務造成鄰頻干擾，特別是在接收器靈敏度較高之情形。

議題4：是否其他有位於頻段之同頻或相鄰頻段之服務應納入共存評估？若有，請提供干擾相關之證據，以及您認為必要之保護程度為何？

(三) 授權機制規劃

針對 D2D 服務使用 IMT 頻段，本部參酌國際經驗，提出以下三種選項徵詢各方意見：

(1) 選項一

針對 D2D 服務使用 IMT 頻段之行動裝置，由本部與持有 IMT 頻段之電信業者進行協商可供 D2D 服務使用頻段(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，並將該頻段公告，即可於國內使用，無需國內持有 IMT 頻段之電信業者向本部申請。本選項雖可減輕業者監管負擔，但若發生干擾等問題或違法情事，本部對

提供 D2D 服務相關方的執法能力將受限，難以及時解決干擾問題，無法充分履行本部頻譜管理之責。

(2) 選項二

針對 D2D 服務使用 IMT 頻段之行動裝置，需由國內持有 IMT 頻段之電信業者向本部申請變更頻率使用證明(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，以附加 D2D 服務使用 IMT 頻段相關限制及義務，例如頻率干擾協調、取得與國外衛星業者協議書、通訊監察等。惟採本選項，要於700MHz、900MHz 及1800MHz 頻譜屆期之前或之後推行本選項，仍尚待廣納各方意見。

(3) 選項三

由本部建立一套國內行動通信業者與國外衛星業者頻率共同持有機制。惟需由兩者向本部共同申請，或由兩者之一向本部申請，尚待討論。

現階段本部傾向選擇選項二。我們誠摯邀請利害關係人對三個選項提供看法及建議，以協助本部作出最終決定。

議題5-1：對於授權 D2D 服務使用 IMT 頻段之三種選項，有無建議採行何種選項或是其他建議方式？

議題5-2：如本部擬採行選項二，對於在700MHz、900MHz 及1800MHz 頻譜屆期之前或之後推行有何看法及建議？是否有其他未列本諮詢文件之執照授權機制選項，應納入本部之考量範疇？

議題6：您對於本諮詢文件之衛星直連裝置（D2D）服務規劃是否有其他看法或建議？

四. 諮詢問題彙整

議題1：對於以上衛星通信潛在商業服務模式之評估，有何看法及建議？

議題2：是否有特定行動通信頻段，應優先考量作為基於衛星之 D2D 服務之候選頻段？是否有其他您認為應納入的潛在頻段？

議題3：現有系統有無可能因導入使用行動頻段之衛星 D2D 服務而面臨增加之有害干擾風險？若有，是否有特定頻段應避免使用，以降低該干擾風險？

議題4：是否有其他位於同頻或相鄰頻段之服務應納入共存評估？若有，請提供干擾相關之證據，以及您認為必要之保護程度為何？

議題5-1：對於授權 D2D 服務使用 IMT 頻段之3種選項，有無建議採行何種選項或是其他建議方式？

議題5-2：如本部擬採行選項二，對於在700MHz、900MHz 及 1800MHz 頻譜屆期之前或之後推行有何看法及建議？是否有其他未列本諮詢文件之執照授權機制選項，應納入本部之考量範疇？

議題6：您對於本諮詢文件之衛星直連裝置(D2D)服務規劃是否有其他看法或建議？

第四章 行動通信頻譜競價機制研析

本章將介紹國際間行動通信頻譜常用的競價機制，詳述其機制架構、通常使用規則、經濟原理及運作目的。在競價機制外，同樣介紹各種競價機制在國際間所使用過的案例，分析其政策背景、詳細規則、拍賣結果與效益等。

第一節 行動通信常用競價機制

國際上曾經使用過的頻譜拍賣機制大致可以分為(從規則簡單至複雜):價格鐘拍賣(Clock Auction, CA)、SMRA、CCA 及 CMRA。上述拍賣的機制首重於價格發現(Price Discovery)過程，這樣的原理是利用頻譜評價的資訊不透明度和競價者心理；在這裡需要先說明兩個重要的拍賣宗旨，基本上任何複雜的拍賣規則設計都是為了更好地落實這些背後意義—價格發現、共同及私有價值(Common Value, Private Value)。

在任何決策的過程中，決策是決策者的對一件事情的評價，進而影響決策者如何行動；而精確的決策是取決於決策者是否有足夠的資訊來判斷給什麼樣的評價。回到拍賣規則的意義，價格發現是揭露資訊的過程，透過一回合又一回合的出價機會，使每個競價者有機會能獲得足夠的資訊來作出決策。然而，決策者應該是有自己蒐集資訊的能力的，也就是所謂的私有價值資訊，而從廠商的角度出發，它們的經營能力也代表著各自對同樣的生產資源給出的評價。不過，以電信營運商而言，尤其在4G 時代所面臨的市場差異化程度不高時，所面對的消費市場其實是相同的；頻率資源作為供給予對所有電信營運商並沒有太大的不同(在同一個頻段內的頻率)，因此頻率其實是有一個面對最終需求的共同價值。然而，它們在拍賣時不同營運商給出的評價並不資訊完全，才造成了私有和共同價值的不同，而在拍賣時的價格發現過程則可以

彌補這一點。

這樣的機制設計原理令拍賣機制像是有魔法一般可以使頻譜評價更為接近市場清除價格(Market Clearance Price)。試想如果最終拍賣結果的私有價值低於共同價值，則可能係營運商對頻譜的未來價值過於樂觀；反之，若共同價值高於私有價值，則營運商沒有太好地運用頻率資源，造成國家稀缺資源的浪費。當然，共同價值的獲得係必須透過瞭解市場商業模式和價值，而私有價值則係透過瞭解營運商的經營策略，這很大程度地依賴在消費需求與財務量化模擬的精確度；基於這樣的原理邏輯和量化實證分析，最終才得以實證拍賣是否的確達成了兼具頻率資源分配的效率 and 公平性。

一. 價格鐘拍賣 (Clock Auction, CA)

價格鐘顧名思義是拍賣時每回的價格如時鐘一般以固定的增幅額度往上。這樣的過程就如同上述說明的價格發現過程，是逐步揭露其資訊的。在 CA 機制裡，頻譜競價者會在每一個回合提出自己所需要的頻寬量。隨著每一回合提出的需求量仍然大於拍賣人提供的頻寬量，則頻寬的單位價格隨著一定的增額規則於每回合往上升，直至一個回合裡的需求量等於供給量。在無超額需求的狀態下維持數回後(視競價者被允許的可放棄出價次數而定)，即視為這樣的分配狀態是穩定的，並可結束其競價流程。

CA 規則簡單易懂，並確實提供資訊揭露功能，有助於減少因資訊不完全導致的過度出價的問題；從另一方面看，因此主管機關對機制設計也將更少干涉。惟 CA 注重於超額需求量的清除，卻不能夠提供頻段位置的保障。頻塊的連續性若被破壞，則頻率使用者將負擔一定的技術成本，或影響頻譜效率。因此亦有設定二階式的往例，我國109年3.5GHz 的5G 釋照在第一階段決定頻寬量得標數量時，其實更接近使用了 CA 作為頻譜釋照方式。另外

加拿大和澳洲都分別於2013及2014年使用了 CA 來釋出700 MHz 頻段。

需要注意的是，CA 的機制能被最有效使用是基於當次拍賣的標的物皆是替代品(Substitute)，意即其釋出的頻寬量多是屬於同樣的經濟特性。很明顯地，國內外皆係在釋出單獨頻段時使用了 CA。

二. 同時多回合拍賣 (Simultaneous Multiple Round Auction, SMRA)

SMRA 是國際間泛用的頻譜競價機制，如上述所介紹的，它的意義早已超過一個競價機制如此簡單。首先拍賣人會將欲釋出的頻譜劃分其執照和設定其底價(或其增額規則)，並「擺放在櫥窗中」供競價者自由選擇。在第一回合時，每個競價者都必須給出各自想標下的執照和其金額(視是否有增額規則限制)；第二回合開始時，競價者始得在不同執照中選擇其更想要標得的執照。同樣地，經過一系列的資訊揭露過程後，直至一個穩定狀態持續數回後，則結束整次拍賣。

SMRA 直白明瞭，並且給了競價者更多的選擇彈性；然而相較 CA，拍賣人需要定義頻譜執照，這包括了頻塊的位置和頻寬量。如上所述，我國109年3.5GHz的5G釋照由NCC稱為「改良性 SMRA」，其意義應是較貼近於當時釋照的第二階段，也就是競價者競標頻塊位置時。而我國91年的3G及4G釋照則是更純粹的 SMRA 代表。

因為美國開創性的成功，加上過去三十年來行動通信消費的結構並不複雜，主要以提供一般大眾通話和上網服務為主；因此 SMRA 被視為一個已實證且有效，也能降低政策風險的頻譜競價機制。必須注意的是，美國的電信環境是很多樣化的，提供行動通信服務和可競價頻譜的業者往往較其他國家多；不僅消費端的市場差異化高，連帶的配套措施如共享頻譜和區域釋照等的頻率

使用彈性也高，綜合來看競價也自然更激烈。這樣的市場特性反映了美國在使用 SMRA 時，其每回合自由換標的物的動態機制設計的優點—增進了很多競價的彈性。因應電信市場的垂直整合趨勢和新技术新應用的發展，國內外皆面臨電信環境發展的多樣性和利害關係人的重組，建議考慮我國政策特性，應當要重新檢視 SMRA 的效用性。

三. 組合價格鐘拍賣 (Combinatorial Clock Auction, CCA)

上述已經解釋過價格鐘的原理和其如何透過理論基礎來達成資源分配效果。組合價格鐘則是在價格鐘上附上了「組合」二字，明顯地這是在原本只容納獨立標的物的 CA 上允許了組合標的物。組合的訂定由拍賣人或競價者決定皆可，同樣地拍賣人至少需要對頻塊進行單獨設定，而競價者可提出對於單獨或兩個或以上的單獨組成的頻塊組合進行出價。

由於 CCA 由競價者提出的組合有多種，為了求得資源分配予每個組合局面下的唯一最佳解，理論上設定有三個階段的一時鐘競價階段、補充競標階段及計算應付價格階段；簡而言之，就是要計算出若選取第 x 個最佳解背後的机会成本(Alternative cost)作為 x 解付出的成本(標金)。由於理性選擇上，個人會考慮其機會成本來選擇是否進行什麼決策或行動，因此必要以資源分配予 x 外可能的最大機會成本作為得標人所需支付的市場清除價格。首先第一個階段與上開 CA 和 SMRA 的機制並沒有太多不同。第二階段則是 CCA 如何允許競價者提出其想要的組合的機會，也提供一個價值調整的機會(比如在第一階段只願支付一頻塊1元，則另一頻塊同1元，然這兩個頻塊的連續性或互補效益更高則提出高於 $1+1=2$ 的價格)。前兩個步驟注重競價者行為，而第三階段則要求到拍賣人對支付價格的計算。舉例來說，現有1號競價者對 A+B 頻段的願付價是50元，而2號及3號競價者分別對 A 與 B 單獨給

予了50元及40元的代價。此時若不計1號競價者則利潤最大化是取 A 和 B 的單價總共 $50+40$ 元=90元；不過，1號競價者更能對兩個頻段的綜合效應(Synergy)發揮更大的空間，使用第三階段求得分配予1號競價者的機會成本，以將頻率配給予更能體現其效用的人身上。第三階段係由拍賣人主導，利用其分配予1號競價者的最大化機會成本90元，減去本局裡出價最低者40元(最小邊際貢獻, Minimal Marginal Contribution)，以求得市場的剩餘價值。使1號競價者支付一個高於這個機會成本的價格，就是令所有人都沒有背離誘因的穩態結果。至於如何決定機會成本準確為何，則需要透過計算2與3號競價者在其出價背後所期望的最低利潤率為何；即其在什麼程度下願意放棄持有頻譜而將原需投入到頻譜標金的資源分配在其他地方。若1號競價者最終得標價格高於此，則表示1號競價者更願意較其他人付出更高的成本來獲得頻譜；最終頻譜的分配既滿足了拍賣效率兼具公平性和理論上更好的頻率使用效率。

萬變不離其宗，在每一種拍賣機制裡的價格發現過程去找到共同價值的原理是同樣的。而改變頻塊為可組合的設定，有力地解決了頻塊可能不連續的問題，連帶因應了新技術為了解決頻寬容量的瓶頸和地理銜接度(如 B5G 應用的通訊傳輸要求較高，則需要更適切的中頻段來對應訊務量需求，但又同時為了提供無縫覆蓋環境需要低頻的支撐)問題而需要低中高頻段搭配以提供完整電信解決方案的潛在議題。若在最終輔以計算機會成本來決定支付規則，則是體現了拍賣機制所帶來更好的效率與公平性。CCA 的使用彈性從單純定義組合限制到可能以機會成本來計算不同組合間的替代關係，設計空間甚多。

四. 同時多回合組合價格鐘拍賣制(Combinatorial Simultaneous)

Multiple Round Auction, CMRA)

CCA 在經過 Ausubel (2002)³⁸至 Cramton (2013)³⁹以來，被荷蘭(800, 900, 1800 MHz)、英國(800, 2600 MHz)等所使用。漸漸地在2010年丹麥和英國分別使用了 SMRA 的轉移特性，但允許頻塊組合。這種 CMRA 結合了 CCA 和 SMRA 拍賣機制的特性，希望達成一、消除頻塊不連續問題及二、減少 CCA 補充階段的複雜度。簡單來說，可以把 CMRA 想成拍賣人將欲釋出的頻段打包成幾個組合，像 SMRA 一樣「展示」拍賣標的物，而競價者出於自己想要的物件經過可以轉移暫時標得物的拍賣過程後，標得自己想要的頻塊組合包。

這樣的內容看起來完美地解決了 CCA 計算機會成本稍複雜(主要係拍賣人較難向競價者解釋計算的原則是什麼且不引起自我防衛心理而抗拒)，但又保留了一定的彈性空間讓市場自己發揮(由競價者的內生行為決定拍賣結果)。不過這其實隱藏不少問題，舉例119年700、900及1800 MHz 釋照來說，現有的三大業者其實早已割據一方。在頻譜上限、綁定義務等後續監管措施不強制施加或配套不完善的情形下，或會產生廠商勾結行為。這可能導致現有頻段使用者「有默契地」不干涉對方的頻塊，策略性造成減低需求(Demand Reduction)的虛假情形，使整個拍賣局面進入到低價均衡(Low Price Equilibrium)的結果。

不會有一個機制是十全十美的，因此在設計這樣較新的機制時，主管機關必須進行取捨；清楚明確定義拍賣機制應該要帶來的最終結果為何，而結果又是如何被政策目標所影響的。

透過競價機制演進和分類的情形我們可以觀察到，其實所謂拍賣機

³⁸ Ausubel, Milgrom (2002). "Ascending Auctions with Package Bidding.", The B.E. Journal of Theoretical Economics.

³⁹ Cramton, P., Shoham, Y., Steinberg, R. (2006). "Combinatorial Auctions.", Introduction to Combinatorial Auctions.

制的設計是很彈性的，不必要定義予一個名稱或類型來說明某一年哪個國家使用的拍賣機制為何(當然最多還是直接使用 SMRA 公版)。「不管黑貓白貓，能捉到老鼠就是好貓」，只要瞭解到拍賣機制的原理邏輯和拍賣所代表的背後主管機關的政策意涵，就可以從而設計出一個符合我國情況的最佳(或是說最適切)資源分配機制。如同 Dr. Milgrom 在專書《Putting Auction Theory to Work》述說「更好的機制設計(Better Mechanism Design)」裡引用哲學家 Alfred North Whitehead 所說的：「Theory about facts.」，關於事實的理論；意即設計後的實證分析為何，才是最能解釋成功的機制設計的最好說明。

第二節 我國近年競價採用方法及對後續競價之適用性檢討

我國過去多次頻譜拍賣時市場背景皆不盡相同，從技術供給面、市場需求面及產業競爭面來看，皆已演變許多。尤其經歷我國近年數位環境的持續發展，近年競價採用的機制分析，由表 4-1 說明之。

綜合過往拍賣之產品及市場狀況，可發現 119 年拍賣與過往可能有以下三大差異點：

一. 可能同時存在 3 世代之電信技術，為歷次以來最複雜

自 91 年拍賣以來，從 2G 過渡至 3G、3G 過渡至 4G 等電信技術轉換，已屬拍賣常見的情況。而在 119 年低頻屆期的時間點，配合在 116 年 WRC-27 後，6G 技術規格確定，至 119 年商業市場可能已經面對 D2D 需求及是否推出 6G 的壓力。而在目前 4G 仍有約六成使用者、5G SA 建設地點有限的情況下，若延續過去轉換率未加促進的情況，預期 119 年仍將維持至少三成 4G 用戶。以三成用戶而言要談論 4G 關閉可能過早，但屆時 4G 業務的維持也將造成頻譜資源使用的不效率，故需透過釋照策略引導加速過渡至 5G，並積極迎接 6G 環境。

二. 拍賣之頻譜商品有可能為歷次以來最多

119 年屆期頻譜為 700 MHz、900 MHz、1800MHz，另有 2.1GHz、2.6GHz 則於 122 年屆期。低頻段作為業者基本盤，已使用近 20 年的頻段，成本效益比甚高。業者繼續維持低覆蓋成本，商業上同時確保既有使用者服務品質，除非頻段上限有大幅調整，否則三家業者將傾向繼續持有既有頻段。

而在上述兩時間點可探討是否同時釋出的頻段，尚有 600MHz、800MHz、4.7GHz、4.9GHz、6G 新頻段等。其中若將 600MHz、700MHz、900MHz 視為同質商品，(若已整備頻段一次釋出)此時可發現在一次拍賣中最多可能同時存在 5 種異質商品，為歷次

拍賣以來最多。若仍然維持109年的改良型 SMRA 方法可能造成競價者無法在不同商品中轉換，也可能因多產品使拍賣頻段回合數過多、時間冗長。

因此如何透過拍賣機制設計，讓業者在競價過程中有機會視對手出價狀況，彈性調整商品組合，同時並提高競價效率，為拍賣機制選用之評估重點。



圖 4-1 119 及 122 年屆期頻段及潛在新釋照頻段整理

資料來源：NRI 整理

三. 參與競價者為歷次以來最少

在113年電信市場完成業者合併後，市場上之持有行動通信頻譜的既有業者僅剩3家，在無新進業者的情況下，則市場更趨穩定，同時又有以既有低頻再釋照為主軸，在此情況下，很可能最終拍賣價格不會超出底價太多，故除了將重點擺在釋照義務條件外，拍賣時也更須留意各回合競價結果資訊為最小程度公開、以確保公平競爭。

表 4-1 近年競價採用的機制分析

年份	頻段	機制	業者數	市場環境	釋出種類	技術成熟度	技術過渡	覆蓋情形	推動目標	對 119 年釋照建議
91	2100MHz	CA	7	手機滲透率未普及，市場屬於成長期	全新釋出	成本較高，商業模式仍成長中	2G 至 3G	2G 覆蓋率高	促進市場競爭，推動技術創新	目前行動通信市場已飽和，新商業模式仍處於摸索中，未見可預期的成長爆發期
102	700/900/1800MHz	傳統型 SMRA	7	行動通信市場接近成熟期，良好的市場基礎下，新技術革新有爆發式成長，競爭氛圍高	再釋照	LTE 結合低頻成本效益高	3G 至 4G	3G 覆蓋率高，4G 將重新覆蓋	提供低頻段提高 4G 覆蓋建設速度	與 119 年低頻釋照不同，5G 技術在 109 年未見有 4G 當年重耕的爆發式成長，市場已轉為緩步穩定轉換至 5G
104	2600MHz	傳統型 SMRA	5	4G 訊務量與國人使用網路滲透率持續增長，惟創新空間有限，競爭氛圍不甚激烈	再釋照	4G 技術成熟，需要擴充容量	4G 擴增	4G 低頻覆蓋率高	因應市場訊務量持續提升，提出 4G 容量提高通信品質	5G 技術自開台以來，電信業者依靠補助建設 3.5GHz 基地台，惟業者同時使用 2.1GHz 基地台作覆蓋建設，顯示訊務量有持續上升，但仍未達 3.5GHz 使用的成本效益比
106	1800MHz	傳統型 SMRA	5		再釋照					
109	3.5/28GHz	改良型 SMRA	5	頻後上限 3 分之 1，市場亦從 5 家業者整合為 3 家業者，顯示產業環境飽和，創新度有限	全新釋出	3.5GHz 作為 5G 容量頻段，新技術仍屬成長期，市場基於 4G 經驗普遍樂觀	5G 新頻段	4G 低頻覆蓋率高，5G 將建設容量頻段	推動 5G 技術創新落地	

資料來源：NRI 整理

第三節 國際行動通信頻譜拍賣案例

本節整理國際間常見的拍賣機制，並蒐集各拍賣機制下的國際代表性案例。

一. CCA

CCA 使用不只發生在多頻段拍賣時，也存在於同頻段拍賣；然而不論拍賣標的頻段，其實都含有異質商品的特性，也符合 CCA 的理論特質。為了進一步解析類似的 CCA 制度在不同市場競爭氛圍下所表現的結果差異，本計畫蒐有瑞士、英國及加拿大案例作為參考；並分別就其拍賣背景、頻段、規則、支付價格、結果等面向對 CCA 機制進行探討。

(一) 英國 2012 年 800 MHz、2600 MHz 頻段拍賣

在2012年，英國 Ofcom 為了普及4G 網路覆蓋、提升通信品質及促進新進業者加入，在釋出800及2600 MHz 時，採用了 CCA 拍賣機制來將這些複合式的政策議題包裹在同一次的多頻段拍賣裡。

1. 政策背景

2012年 Ofcom 將原為「地面數位視訊廣播」(Digital Video Broadcasting-Terrestrial, DVB-T)頻段的800 MHz 重耕為行動通信頻段，這麼做係因就歐洲議會訂立的政策目標方向：擴大4G 普及率，而提升整體國家數位包容度。面對日漸成熟的 LTE 技術，更多的網路應用服務到來，Ofcom 因就800 MHz 的數位包容議題也同時釋出2600 MHz 以支應人口密集區的網路流量成長及保證國民通信服務品質。

在這樣的背景下，Ofcom 遂著手於設定釋出800及2600 MHz 的拍賣機制的政策意涵，Ofcom 定調了政策目標為達到95% 4G 人口覆蓋率及90%機率下室內須達到2 Mbps 的下載速率。Ofcom 透過模擬計算覆蓋範圍使用頻段的效率，發現對營運商合理的頻率組合(達85%傳播效率)為2x5 MHz 的800 MHz + 2x20 MHz 的2.6 GHz 及2x15 MHz 800

MHz。面對覆蓋義務在不同頻段可以達成的可行性，因此 Ofcom 認為800及2600 MHz 面臨的拍賣機制其中重點是如何在複合式的評價問題下，由市場內生性決定頻譜的釋出價值。

遂此，Ofcom 決定採取 CCA 組合拍賣機制來進行本次雙頻段拍賣。

2. 拍賣框架

本次拍賣 Ofcom 使用 CCA，將其設定為數量競價階段與位置競價階段，前者又分別為有 Opt-in 階段、主要競價階段及補充競價階段。數量競價階段所拍賣的頻段都是虛擬頻塊，意即有分頻段及頻寬量但沒有指定頻塊位置的頻塊。

這個機制先是提供小型業者獲得最低保障頻寬的 Opt-in 階段，以多回合上升式拍賣進行；再來是所有營運商都可以參與的 Primary 主要競價階段，同樣以多回合上升式拍賣進行；接著是所有營運商可以參與的 Supplementary 補充競價階段，以單回合密封標單投入進行，目的係用以補充主要階段裡的出價，並搭配次佳價格的設計來誘發營運商提出真實頻譜評價。在已完成數量分配時，最後是 Assignment 位置競價階段，以單回合密封標單投入進行，決定在給定得標數量下，營運商想獲得的頻段位置。

3. 頻塊設計

前開提到本次拍賣 Ofcom 需要處理的政策議題較多；遂其將800 MHz 分為兩種頻塊，A1與 A2，A 頻塊皆代表800 MHz 段，然而 A1代表的是沒有附帶義務的淨800 MHz 成對頻塊，以2x5 MHz 為一個頻塊的單位。而 A2代表的是有附帶義務的800 MHz 成對頻塊，以2x10MHz 為一個頻塊的單位。另外亦設定有 C/D/E 分別代表2600 MHz 頻段中的頻塊，其中 C 頻段為上行頻塊、D1與 D2為下行頻塊(低功率執照)及 D 為 TDD 頻塊，提供了營運商在處理容量的頻寬是多樣式的選擇。

4. 拍賣規則

(1) 數量競價階段—Opt-in 階段

如上所述，這個階段的用意是提前讓符合資格的小業者提前進入拍賣以獲得保障頻寬，達到促進小業者加入市場的誘因。業者必須要在拍賣開始前並未持有以下頻段才可以進入 Opt-in 階段：880.1 ~ 914.9 及 925.1 ~ 959.9 MHz，並且在 1710.1~ 1781.7 MHz 及 1805.1 ~ 1876.7 MHz 不持有大於 30 MHz 頻寬。進入 Opt-in 階段的業者同時也需要有 6,750 點資格點數(如果其沒有持有 1800 MHz 頻段的頻寬)或 2,250 點資格點數(如果其持有 1800 MHz 頻段的頻寬)。

其中，保障頻寬可以是以下選項：

表 4-2 英國 2012 年 CCA 拍賣保障頻寬選項

項次	頻段(MHz)	不包括義務	包括義務
1	800	2 x 15 MHz	2 x 5 + 2 x 10 MHz
2	800 + 2600	2 x 10 + 2 x 10 MHz	2 x 10 + 2 x 10 MHz
3	800	2 x 5 MHz	2 x 10 MHz
4	2600	2 x 20 MHz	-

資料來源：Ofcom

(2) 數量競價階段—主要競價階段

主要競價階段將所有頻塊從底價開始，要求第一回合所有營運商必須提出各自的頻塊需求(否則失去資格)，當第一回合頻塊需求大於可供給量，則進入第二回合；而第二回合的價格係由底價上升一個幅度(增額幅度)，一直重覆直到價格上升到需求少於供給。

I. 資格點數

本次拍賣設有資格點數，資格點數由競價者拍賣前提出的押金為準。

資格點數的使用主要用於對頻塊下標時計算其資格使用。800 MHz 的資格點數被設定為 A1 每頻塊 2,250 點及 A2 每頻塊 4,500 點。而 2600 MHz 頻塊則設定為 C 每頻塊 150 點、D1 每頻塊 30 點、D2 每頻塊 60 點及 E 每頻塊 $n-1$ 點(n 為下標數量，這裡的設計即表示此不計入第一張執照)。

每一回合競價者提出的資格點數為其提出的需求乘以頻塊的加總，其所提出的需求總加總點數不可大於上一回合，只有符合這個規則，則頻塊的需求可以轉換。換言之，當資格點數歸零，則競價者不可提出下一回合的需求。

II. 回合上升/結束與增額幅度

每一回合加總所有需求後若大於供給量，被稱為「需求超額」。當一回合需求超額，則該回合有超額的頻塊的價格將增加 1% 至 100% (視超額幅度而定) 進入下一回合。

當一回合需求沒有超額，則結束主要競價階段的拍賣；至此拍賣將會進入補充競價階段。

(3) 數量競價階段—補充競價階段

補充競價階段顧名思義是為了補充，這裡補充的是對於主要競價階段。在這個階段裡，每一位競價者將會就自己想要的組合提出不同的頻塊組合，這些想要提出的組合會包括每個頻塊種類的頻寬量和價格。競價者會透過一封密封式的競價標單一次性向拍賣人提出所有其欲提出的組合。在收到並完成檢核所有競價者的下標單後，補充競價回合即結束。

I. 出價限制

在補充競價回合中，Ofcom 設定有每個競價者對每個組合的出價上下限額，其主因是要使補充階段所提出的標單始終有關於主要競價階段，符合「補充出價」的原則。

A. 價格下限

價格下限是為了使競價者不會不合邏輯地在補充階段提出有違於主要階段競價結果的規則。當競價者在補充階段提出的一個組合在主要階段曾經出現過，則其下限價格應當等於該競價者對於這個組合在主要階段最高的出價；而若此組合不曾出現，則這個組合等於這個組合的頻塊數量乘以其每個頻塊的底價的加總，換言之就是不可以低於 Ofcom 設定的底價。

B. 價格上限

價格上限是為了使競價者不會不合邏輯地在補充階段提出有違於主要階段競價結果的規則。其計算邏輯 $(Z+(RP-P))$ 如下：

Z：在同樣的資格點數上限下，可以提出其他組合的 最高願付價格

RP：在同樣的資格點數上限下，現在在補充階段提出的組合的回合單價乘以數量是其 相對評價

P：在同樣的資格點數上限下，在主要階段提出過組合當時的回價總價是其 共同評價

價格上限：以最高願付價格作為其基準，加上將共同評價與相對評價相減得的差異，作為 可補充出價上限的合理範圍 $(Z+(RP-P))$

II. 決標方式

當所有主要與補充競價階段都結束後，競價系統會紀錄所有競價者在主要競價階段及補充競價階段所出具的所有有效下標組合，並進入計算最終每個競價者的最終得標組合。Ofcom 使用了電腦程式計算所有競價組合之

中，所組合出來的總價格最大化組合，並且放鬆必須滿足所有頻塊都售出的限制。在決標的計算中，每個競價者最多可以獲得1個其曾經在主要及補充競價階段出具的有效得標組合，或並不得到任何組合；視電腦程式計算。意即，在所有有效得標組合中，若每個競價者滿足0至1個得標組合而總價格最大化的情況下，電腦程式計算在所有組成裡的總價格條例下，其中競價者A並不被分配任何有效組合，這樣的結果亦算有效；反之，若為售出所有組合使其總價格變低，則較低價格的這個組合縱使售出了所有頻塊，也不被視為最終電腦程式的解答。

當有多於一個組合的總價格最大化價值是相同最高的，則以哪一個勝出組合的資格點數最高；若有仍相同，則以抽籤決定選擇哪一個價格最大化的組合集。

(4) 位置競價階段

在競價者已知得到的數量後(即獲得幾個虛擬頻塊)，將會進入頻塊的位置拍定階段。這個階段 Ofcom 開放所有競價者進行協商，允許各競價者在協商後向拍賣人投入一封投標單，以表明其想獲得的位置和所欲提支付的價格。最後拍賣人會根據位置意願進行分配，若有重疊則視價格高低決定。此步驟類似於我國 109 年 5G 3500 MHz 拍賣的第二階段。

(5) 支付價格

Ofcom 在本次拍賣時設定的競價者最終需支付的價格具有經濟內涵，其選擇使用俗稱「次佳價格」的訂價方式來用以作為競價者需支付的金額，而非其在主要或補充競價階段中所出的「最高價格」。

「次佳價格」的基礎是由經濟學裡的「機會成本」而來，在訂價領域裡多有稱為「雷姆西定價法」(Ramsey Pricing)，其由來是提供公部門對獨占或寡占的特許經營事業進行

定價，因就公部門事業的直接利益不為盈利，遂此發展而得。

在這個案例裡，Ofcom 在計算最後得標組合時，競價者不會支付其得標組合的出價，而是以「機會成本」的概念計算該競價者對其他競價者造成的影響；簡而言之，就是該競價者得到這個組合使其他人損失的代價為何。比如說，在計算競價者 A 的得標價格時，Ofcom 會將該競價者 A 的所有出價組合抽離，並重新進行數量分配，此為其他競價者原本有的「機會」，而使競價者 A 支付他人原本該有的「機會」的量化「成本」，也就是其他人出價的價格。

「次佳價格」的優點是其具有公共經濟意義。更甚之，當競價者已知不需支付自己真實評價的價格時，而是因就市場反應下的共同評價支付他人的成本時，則其出價與實際成本脫勾；反之，競價者在拍賣機制中本該就為了贏得標的物而付出較他人高的價格(拍賣的本質意義)。因此，當「次佳價格」這個規則被使用時，將有效降低其隱藏真實評價的意願。

而「次佳價格」的缺點則是違背人們通常對拍賣的想法而造成一連串的有關於拍賣公開透明度的疑慮。畢竟，通常對於拍賣的想法應該是直覺的「價高者得」心態，而其他競爭對手支付的價格通常也會透明公開在拍賣過程中，以符合公開透明地銷售的拍賣心理。同樣地，使用「次佳價格」而非「最佳價格」，或更難以直覺地理解為何「次佳價格」在提供真實評價誘因後可能較「最佳價格」的最終總拍賣收入價格更高，畢竟這需要大量同類資料集的實證分析才可得出確切結論。

(6) 規則細表

I. 數量競價階段(含主要競價及補充競價階段)

表 4-3 英國 2012 年 CCA 拍賣數量競價階段規則細表(節錄)

類別	規則
數量上限	<p>頻寬上限：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 包括競價者原持有的 2570 ~ 2615 MHz，則 List A⁴⁰所列的頻段中，於拍賣結束後不可持有大於 210 MHz 頻寬，或 2. 不包括競價者原持有的 2570~2615 MHz，則 List A 頻段中，於拍賣結束後不可持有大於 215 MHz 頻寬；並且 3. List B⁴¹所列的頻段中，於拍賣結束後不可持有大於 55 MHz 頻寬。
競價前押標作業	<p>投標者於主要競價開始前提交各類別押標數量及其對應之押標金額，各類別押標數量不得超過各類別頻段上限。</p>
競價前押標作業	<p>投標者押標金為提交之各類別押標數量乘以單位底價之加總。</p>
資格點數	<p>各類別之單位頻塊有其對應資格點數。</p>
最終得標組合	<p>得標組合是所有有效投標組合(涵蓋主要及補充競價階段)中，總價值(TV)最高的一組。</p>
最終得標組合	<p>一個得標組合要被視為有效，需符合以下所有條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 皆為數量競價階段之有效投標(在期間內以指定方式遞交且符合前述各項規則) 2. 每位競價者最多只能有一個投標組合納入該得標

⁴⁰ 791 ~ 821、832 ~ 862、880.1 ~ 914.9、925.1 ~ 959.9、1710.1 ~ 1781.7、1805.1 ~ 1876.7、1920.0 ~ 1979.7、2110.3 ~ 2169.7、2500 ~ 2570、2570 ~ 2615 及 2620 ~ 2690 頻段

⁴¹ 791 ~ 821、832 ~ 862、880.1 ~ 914.9、925.1 ~ 959.9 頻段

類別	規則
	組合 3. 各類型的投標總數不得超過在拍賣中可供應的總數 4. 每位競價者取得的各類型頻段符合頻譜上限
最終得標組合	得標組合之總價值(TV)為組合中所有投標組合的出價金額總和。
最終得標組合	若有多組合的總價值並列最高，則依以下順序決定勝出組合：則依據得標組合總資格點數(得標組合中所有投標組合之資格點數加總)高低決定優先順序，點數多者優先；若仍平手，則從並列的最高順位組合中隨機選擇(如抽籤等方式)一組作為最終得標組合。
支付價格	最終得標組合中得標者依照其投標組合之報價作為其於數量競價階段所需支付價格。
回合繼續/結束作業	於確定最終得標組合及各得標者所需支付價格後，拍賣者應通知投標者並公告數量競價階段結果

資料來源：Ofcom，NRI 整理

II. 主要競價階段

表 4-4 英國 2012 年 CCA 拍賣主要競價階段規則細表(節錄)

類別	規則
競標方式	主要競價階段採同時、多回合、上升方式。
競標方式	每回合開始至回合結束前，投標者應就該回合各類別之回合價，就各類別(頻段)提出需求量。
競標方式	投標者在主要競價階段每回合中不得提交超過一份投標。
競標方式	投標者若在主要競價階段第一回合中未遞交有效投標(在期間內以指定方式遞交且資格點數至少應等於 1)，於後續拍賣程序中失去競價資格。
回合繼續/結束作業	每回合結束後，拍賣者分別加總各類別所有投標者提

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

類別	規則
	出之需求量，以確認各類別是否有超額需求。
回合繼續/結束作業	一類別超額數量為該類別總需求量減去該類別供給量。
回合繼續/結束作業	每回合結束後，拍賣者將向投標者揭露此回合各類別頻段的有效投標總數量，以及是否存在超額需求。
回合繼續/結束作業	若所有類別超額數量等於或小於 0，則主要競價階段結束。
回合繼續/結束作業	主要競價階段結束後，由拍賣者宣佈進入補充競價階段。
回合繼續/結束作業	雖然有超額需求時，原則上會進入下一回合，但如果拍賣者認為再多開幾輪，競價結果和價格都不會有實質改變，就可以提早結束主要競價階段。
回合價格	每回合開始前，拍賣者宣佈每類別回合價，第一回合每類別回合價為單位底價。
回合價格	各類別回合價格上升規則由超額需求而定(不同頻段規則不同，且未明定增額幅度)。
資格點數	投標者每回合之投標資格點數為該投標者所提出之各類別需求數量乘以每單位資格點數之加總。
資格點數	投標者每回合之投標資格點數不可超過該投標者該回合資格上限。
資格點數	投標者第一回合資格上限為該投標者主要競價開始前提交之各類別押標數量乘以每單位資格點數之加總。
資格點數	第二回合及後續回合，每回合投標者之資格上限為前一回合提出需求數量乘以每單位資格點數之加總。
資格點數	若投標者未遞交有效投標，或者於投標中進行違規行為，該投標者下一回合資格上限歸零，即下一回合不可再進行投標。

資料來源：Ofcom，NRI 整理

III. 補充競價階段

表 4-5 英國 2012 年 CCA 拍賣補充競價階段規則細表(節錄)

類別	規則
競標方式	投標者若欲於補充競價階段進行投標，應於補充標單中填寫各投標組合之各類別頻段需求數量與組合總價(補充標價格)。
競標方式	在補充競價階段，投標者可自由提出所欲標得的補充投標組合，也可以不提出任何補充投標組合。
競標方式	在補充競價階段，投標人可以提交任意數量之補充投標組合，但每一組補充投標組合最多只能提交一筆補充標價格，且必須一次性填寫於同一份補充標單中
資格點數	投標者補充投標組合之投標資格點數為該投標者所提出之各類別需求數量乘以每單位資格點數之加總。
資格點數	投標者補充投標組合之投標資格點數不可超過該投標者於主要競價階段第一回合資格上限。
補充標價格限制	組合總價(補充標價格)由投標人自由決定，但要遵守補充標價格限制條件。
補充標價格限制	【價格下限】投標者所提出的組合總價不得小於該組合內所包括的頻塊量的底價加總。
補充標價格限制	【價格下限】若投標者所提出的補充組合於主要競價階段也曾投標過，其補充標價格不得小於該投標者在主要競價階段對此組合所提出過的最高價格。
補充標價格限制	【價格上限】除主要競價階段最後一回合的報價組合外，皆受價格上限限制(最後一回合的報價組合的金額無上限)
補充標價格限制	【價格上限】補充標價格上限計算方式：該補充組合(a 個 A、b 個 B)在主要競價階段符合資格上限最後可報價的回合(FPB 主要回合最終出價：回合組合總價 P、c 個 A、d 個 B)，取那一回合的報價金額(A 回合價為 x、B 回合價為 y)，及那一回合組合曾出現(不論

類別	規則
	是在主要或補充階段)的最高報價金額 Z ，則上限為 $Z+(ax+by)-P$

資料來源：Ofcom，NRI 整理

5. 拍賣結果與研析

本小節主要說明這次英國2012年800及2600 MHz 的 CCA 拍賣結果，並且提供本計畫根據競價者出價行為後的分析意見。

(1) 拍賣結果

本次拍賣總共有 7 家業者參加：H3G、EE、Telefonica、Vodafone、Niche、HKT 及 MCC；其中 5 個得標。本小節綜整各個有得標的營運商及其頻率量如下表。

表 4-6 英國 2012 年 CCA 拍賣結果

頻段	H3G	EE	Telefonica	Vodafone	Niche
800MHz	10	10	20	20	0
2.6GHz	0	70	0	40	30
2.6GHz TDD	0	0	0	25	20
總支付價格(億元英鎊)	2.25	5.8	5.5	7.9	1.86
最終支付價格較底價高	0%	78%	120%	159%	344%

資料來源：Ofcom

(2) 競價者策略研析

由於 Ofcom 完整公開各競價者的出價紀錄，因此本計畫有機會就其出價策略進行分析，以觀察在此拍賣機制下各營運商的應對與其背後邏輯，供主管機關日後對營運

商競價行為分析用途。然本節分析僅為本計畫主觀意見，非屬易見的客觀事實，本計畫認為可進一步結合營運商的實際營運計畫方得更明確的策略指標。

表 4-7 英國 2012 年 CCA 拍賣出價策略分析⁴²

業者	補充階段投標數量	最高出價 (B ⁴³)	平均出價 (B)	說明
H3G	17	1.69	0.77	普遍出價很低，最高價格也比不過別人，因此也沒得到任何保留頻寬以外的組合， <u>是真實的評價</u>
EE	48	1.80	0.83	出價有高中低策略，高者為次高， <u>專注在取得 A1 頻段</u> ，並保持想要的 A1 頻段組合的多樣性，使計算分配時更有競爭力；而低價不會過低，對 B 頻段採取防守
Telefonica	11	1.35	1.13	出價範圍集中， <u>專注在取得 A2 頻段</u> ，使他人搶走 A2 的機會成本要付有一定門檻，跟 EE 和 Vodafone 都有少數重疊組合，因此價格支付增額較多
Vodafone	94	2.25	2.09	出價最積極，出的組合數量也最多， <u>想要的頻段必須要 A+B1+B2</u> ，因此與其他業者出價策略重疊可能也比較高，變相造成自己對其他人的機會成本變高(EE 之於 A1，Telefonica 之於 A2)，如願也獲得

⁴² Ofcom, 2012, Details of Bids made in the Auction (Zip), <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20220104120035/https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-management/spectrum-awards/awards-archive/800mhz-2.6ghz>

⁴³ Billion, 十億英鎊

業者	補充階段投標數量	最高出價 (B ⁴³)	平均出價 (B)	說明
				了涵蓋每個頻段的組合
Niche	89	0.34	0.22	相對於其他業者想要的 A 頻段，其只對 B 出價，嘗試以大量低價標來取得 B，但受到御三家的出價壓制，使其策略無法成功，反而支付溢價更高的價格

資源來源：NRI 分析

(二) 加拿大 2014 年 700 MHz 頻段拍賣

在 2014 年，加拿大 ISED 為了提高偏鄉地區的網路覆蓋率、提升通信品質及促進新進業者加入，在釋出 700 MHz 時，採用了 CCA 拍賣機制來將加拿大分區釋照的政策議題包裹在一次同頻段拍賣裡。

1. 政策背景

2012 年 ISED 將原為廣播所使用的 700 MHz 頻段重耕為行動通信頻段，這麼做係因就 2007 年同 ISED 制訂的頻譜政策框架 (Spectrum Policy Framework for Canada, SPFC) 的政策目標方向：持續促進競爭以提高國人電信服務消費品質、活絡無線電產業投資使國家擁有最新無線電通信技術及提升整體國家數位包容度。ISED 將 700 MHz 的頻譜執照設定為提高全國各地區數位普及度的重要政策工具，因此 700 MHz 的頻譜執照被投放成不同執照的不同區域分區執照。

在這樣的背景下，ISED 遂著手於設定釋出 700 MHz 的拍賣機制的政策意涵，ISED 定調了政策目標為在取得執照五

年內達到90%的高速封包接取(High Speed Packet Access, HSPA)標準的網路人口覆蓋，並在七年內達到97%的同樣覆蓋。根據本計畫查閱，HSPA 在2012的3GPP 釋出文件應為 Release 11⁴⁴，理論數值應達下行84 Mbps 及上行23 Mbps。並且，ISED 同樣也要求所有執照持有的營運商強制漫遊義務。

為因應地區服務特性的規模效益，ISED 決定採取 CCA 組合拍賣機制來進行本次同頻段但多分照的拍賣。

2. 拍賣框架

本次拍賣 ISED 使用 CCA，將其設定兩個大階段(數量分配及位置分配)及三個子階段，分別為數量競價階段有 Primary 階段及 Supplementary 階段；而位置競價階段有 Assignment 階段。數量競價階段所拍賣的頻段都是虛擬頻塊，意即有分頻段及頻寬量但沒有指定頻塊位置的頻塊。

首先所有營運商都可以參與的 Primary 主要競價階段，同樣以多回合上升式拍賣進行；接著是所有營運商可以參與的 Supplementary 補充競價階段，以單回合密封標單投入進行，目的係用以補充主要階段裡的出價，並搭配次佳價格的設計來誘發營運商提出真實頻譜評價。在已完成數量分配時，最後是 Assignment 位置競價階段，以單回合密封標單投入進行，決定在給定得標數量下，營運商想獲得的頻段位置。ISED 在位置競價階段由於頻塊種類的分別，將所有頻塊分開成三次的位置分配。

ISED 把加拿大全國劃分為14個分區，每個執照都被分為每14個分區作為一個獨立執照釋出。考慮到這個數量及地理區域連接概念的電信路網佈建複雜度；遂此，ISED 採用 CCA 作為拍賣機制。

⁴⁴ 3GPP, 2012, TS 25.306 R11, <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=1169>

3. 頻塊設計

ISED 將頻段執照分成 A、B/C、D/E 及 C1/C2，其中除了 A 是只有一塊的固定頻段外，其他都是由兩塊虛擬頻塊組成。其中，A 位於 698 ~ 704 MHz 段、B/C 是兩個成對的頻塊，位於 704 ~ 716 MHz 下行及 734 ~ 746 MHz 上行、D/E 是兩不成對頻塊，D 位於 716 ~ 722 MHz，而 E 位於 722 ~ 728 MHz 及 C1/C2 是兩個成對的頻塊，位於 746 ~ 756 MHz 下行及 776 ~ 786 MHz 上行。

4. 拍賣規則

(1) 數量競價階段—主要競價階段

主要競價階段將所有頻塊從底價開始，要求第一回合所有營運商必須提出各自的頻塊需求(否則失去資格)，當第一回合頻塊需求大於可供給量，則進入第二回合；而第二回合的價格係由底價上升一個幅度(增額幅度)，一直重覆直到價格上升到需求少於供給。

I. 資格點數

本次拍賣設有資格點數，資格點數由競價者拍賣前提出的押金為準。

資格點數的使用主要用於對頻塊下標時計算其資格使用。加拿大的頻譜資格點數是根據每個執照分區下的人口數量、其頻寬量及其頻譜評價所設定，結論是一個資格點數代表 5 MHz 頻寬在每 100,000 個人口數量下。

每一回合競價者提出的資格點數為其提出的需求乘以頻塊的加總，其所提出的需求總加總點數不可大於上一回合，只有符合這個規則，則頻塊的需求可以轉換。最終，當資格點數歸零，則競價者不可提出下一回合的需求。

然而，由於加拿大資格點數的設計包括對人口涵蓋率及其評價，ISED 表示若僅單純以資格點數的下降作為限制可能對某些標的執照的轉換上有限制；因此，ISED 設

計了「顯示性偏好」(Revealed Preference)。「顯示性偏好」作用是在競價者因轉換標的物導致資格點數下降後，因為新標的的價格再度攀升而想回頭對先前轉換前的標的物下標時，允許競價者在滿足「顯示性偏好」的計算條件下再次轉換標的。假設競價者希望一個回合中以「顯示性偏好」條件來提高其資格點數來標得組合 X，則其計算：

A)在一個回合 A 的提出的組合 X 的組合價格 PX 及其前開每一次有資格點數下降時的該回合 BN 的單價乘上這個組合 X 稱 P'X，PX-P'X 的值稱 dX；

B)前開每一次有資格點數下降時的該回合 BN 所提出的組合 Y 的組合價格 P'Y 與現在這個回合 A 的單價乘上這個組合 Y 稱 PY，PY-P'Y 的值 dY；

若 dX 小於等於 dY，則本次符合「顯示性偏好」條件，競價者被允許提高其資格點數。

II. 回合上升/結束與增額幅度

每一回合加總所有需求後若大於供給量，被稱為「需求超額」。當一回合需求超額，則該回合有超額的頻塊的價格將增加1%至20%(視超額幅度而定)進入下一回合。

當一回合需求沒有超額，則結束主要競價階段的拍賣；至此拍賣將會進入補充競價階段。

(2) 數量競價階段—補充競價階段

補充競價階段顧名思義是為了補充，這裡補充的是對於主要競價階段。在這個階段裡，每一位競價者將會就自己想要的組合提出不同的頻塊組合，這些想要提出的組合會包括每個頻塊種類的頻寬量和價格。競價者會透過一封密封式的競價標單一次性向拍賣人提出所有其欲提出的組合。在收到並完成檢核所有競價者的下標單後，補充競價回合即結束。

I. 出價限制

在補充競價回合中，ISED 設定有每個競價者對每個組合的出價下限額，其主要因是要使補充階段所提出的標單始終有關於主要競價階段，符合「補充出價」的原則。同樣地，本回合也有「顯示性偏好」條件的限制，由後節說明之。

A. 價格下限

價格下限是為了使競價者不會不合邏輯地在補充階段提出有違於主要階段競價結果的規則。當競價者在補充階段提出的一個組合在主要階段曾經出現過，則其下限價格應當等於該競價者對於這個組合在主要階段最高的出價；而若此組合不曾出現，則這個組合等於這個組合的頻塊數量乘以其每個頻塊的底價的加總，換言之就是不可以低於 ISED 設定的底價。

B. 價格上限

競價者在主要競價階段最終回合所出的組合不設有價格上限。而若，競價者欲在補充競價階段提出的組合的資格點數大於其在主要競價階段最終回合所剩下的資格點數，則其能出的價格應回到「顯示性偏好」條件的計算。

II. 決標方式

當所有主要與補充競價階段都結束後，競價系統會紀錄所有競價者在主要競價階段及補充競價階段所出具的所有有效下標組合，並進入計算最終每個競價者的最終得標組合。ISED 同樣與前節 Ofcom 的決標邏輯相同。

(3) 位置競價階段

在競價者已知得到的數量後(即獲得幾個虛擬頻塊)，將會進入頻塊的位置拍定階段。這個階段 Ofcom 開放所有競價者進行協商，允許各競價者在協商後向拍賣人投入一封投標單，以表明其想獲得的位置和所欲提支付的價格。最後拍賣人會根據位置意願進行分配，若有重疊則

視價格高低決定。此步驟類似於我國 109 年 5G 3500 MHz 拍賣的第二階段。

(4) 支付價格

ISED 的支付規則同樣循英國 Ofcom CCA 使用「次佳價格」。

5. 拍賣結果

本次拍賣總共有 10 家業者參加：Feenix、MTS、Bragg、TELUS、Vidéotron、Bell、Sasktel、Rogers、TBayTel 及 Novus；其中 8 個得標。本小節綜整各個有得標的營運商及其頻率量如下表。

表 4-8 加拿大 2014 年 CCA 拍賣結果

營運商	得標執照數	支付價格 (元加幣)	人口覆蓋數 (人)
Rogers	22	3,291,738,000	33,368,700
TELUS	30	1,142,953,484	33,475,915
Bell	31	565,705,517	33,475,915
Vidéotron	7	233,328,000	28,030,489
Bragg	4	20,298,000	3,101,204
MTS	1	8,772,072	1,206,968
Sasktel	1	7,556,929	1,030,039
Feenix	1	284,000	107,215

資料來源：ISED

(三) 瑞士 2012 年低中頻頻段 CCA 拍賣價格差異

本計畫並未蒐有國際上 CCA 拍賣機制案例無使用「次佳價格」的先例。據前節所述，「次佳價格」的原理是使用其他競價者的「機會成本」來進行計價。然而，在市場評價各異的情況下，「次佳價格」也可能造成拍賣支付價格的不同。本節以瑞士 2012 年的 CCA 拍賣案例說明之。

1. 拍賣結果

瑞士2012年 CCA 的拍賣結果整理如下表所示。

表 4-9 瑞士 2012 年 CCA 拍賣結果

頻段	總釋出頻率量	Orange	Sunrise	Swisscom	未拍出
800 MHz	2x30	2x10	2x10	2x10	0
900 MHz	2x35	2x5	2x15	2x15	0
1800 MHz	2x75	2x25	2x20	2x30	0
2.1 GHz	2x60	2x20	2x10	2x30	0
Unpaired 2.1 GHz	2x10	0	0	0	2x10
2.6 GHz	2x70	2x20	2x25	2x20	2x5
Unpaired 2.6 GHz	45	0	0	0	45
總釋出頻寬 (MHz)	605	160	160	255	30
支付價格 (百萬歐元)	-	155	482	360	-
總價/總量 (每 MHz 百萬歐元)	-	0.97	3.01	1.41	-

資料來源：Ofcom、DotEcon

可以發現，Orange 與 Sunrise 同樣取得160 MHz 的頻寬量，然而其支付的價格卻接近3倍。這樣的原因是因為：當時正值4G 技術的成長期，市場對傳播特性極佳的1 GHz 以下低頻資源尤為重視；而觀察 Orange 和 Sunrise 的得標頻段發現，其二者在800 MHz 的得標數量相同，然而 Orange 在900 MHz 的得標數量比 Sunrise 少了3倍。因此本計畫認為，相同的頻寬而誇張的價格差異是因為其低頻頻段的評價遠高於中頻頻段。同樣地，Swisscom 與 Sunrise 在低頻頻段得標頻寬相同，而 Swisscom 在中頻頻段資源上得到的

頻寬量雖然較多，但整體支付價格卻比 Sunrise 要低，也顯示了總價格的評價重點仍然重押在低頻資源，1800 MHz 以上資源評價在當時來說較低。

2. 價格差異研析

以上都是由組合總價與頻塊單價的差異直接相關的，然而與「次佳價格」造成的價格差異更有關係的是 Swisscom 與 Sunrise 的總頻寬量與其價格差異。在 Swisscom 仍然持有更多中頻頻寬量下，Sunrise 較少的中頻頻寬量與其價格形得不太合襯。

透過此拍賣機制諮商顧問公司 DotEcon 提供的圖表可見：

表 4-10 瑞士 2012 年 CCA 拍賣結果分析

頻段	Orange	Sunrise	Swisscom
800MHz	20	20	20
900MHz	10	30	30
1800MHz	50	40	60
2.1GHz	40	20	60
2.6GHz	40	50	40
2.6GHz TDD	0	0	45
最終支付價格較底價高	0.3%	157%	43%

資料來源：DotEcon

根據 DotEcon⁴⁵提供給 Ofcom 針對頻譜評價相關的文件顯示，其認為 Sunrise 並沒有加諸給 Swisscom 同樣的機會成本如 Swisscom 加諸給 Sunrise 的一樣，也顯示市場競爭的氛圍並不濃烈。本計畫認為，Swisscom 作為當地最大的營運商(市占率56%)，其在競價時為了取得更多頻譜，而又因為「次佳價格」的機制提出更有實力的出價時，對其他競

⁴⁵ DotEcon, 2013, International benchmarking of 900MHz and 1800MHz spectrum value. Final Report for Ofcom P.36

爭實力差異較大的營運商來說，會造成更大的機會成本壓力。

3. 支付規則的選擇

在瑞士的案例結果可以發現，當電信市場參進者寡少時，且各家營運商的競爭實力存在差異且市場立基相同時，「次佳價格」的使用很有可能會讓大型業者透過墊高機會成本(而事實上更大的營運商的機會成本的確也更大)；從而因此來排擠對於小型業者的生存空間。而在英國的案例可以發現，當市場參進者多元且立基市場各自不同時，「次佳價格」再搭配「價格上限」的設計的確可以提供一個給出真實評價的誘因制度。

對於我國來說，經過電信市場結構的重組後，我國目前的行動通信營運商已整合為3間；雖不至於寡占，但目前三大電信業者的營運立基點並無做出市場差異，恐使我國落入瑞士的案例中。然而，本計畫認為，透過適當的「頻譜上限」或「價格上限」設計，或會進一步限制有資本堡壘的業者對小型業者的影響力。本計畫初步建議除了拍賣機制的國際案例研析外，更應多瞭解當地市場競爭環境與我國的異同以截長補短，對我國頻譜拍賣機制的設計與選用才是更具有實作政策意義。

二. SMRA

根據前開介紹，SMRA 已逐漸被分為傳統式 SMRA 及改良型 SMRA，其中傳統式 SMRA 將頻塊切分為獨立執照並以多回合上升拍賣階段來決定其數量及位置分配(與上一節的 Clock-1類似)，而改良型 SMRA 則將數量及位置競價階段分離，使其架構上更接近 CA。可見 SMRA 及 CA 兩個拍賣機制的框架已逐漸模糊，本計畫同樣冀望以改良型 SMRA 及 Clock-1的精神，透過調研不同形態的拍賣案例，選擇對我國最有利的拍賣機制。

在這一個小節裡，主要介紹各 SMRA 的拍賣案例，本計畫目前選

用英國2018年2.3 GHz、3.4 GHz 以及2021年700、3600~3800 MHz 頻段拍賣作為介紹。英國在近年多頻段拍賣上屢有嘗試不同拍賣機制，包括前方章節介紹到的 CCA 與 CA 機制，都含有英國 Ofcom 使用在低頻和中頻互相搭配的案例。

(一) 英國 2018 年 4G/5G 頻段(2.3 GHz、3.4-3.6 GHz)拍賣

1. 政策背景與競標頻段

英國於2018年的公共部門頻譜釋出(Public Sector Spectrum Release, PSSR)拍賣，由英國國防部釋出2.3 GHz 與3.4-3.6 GHz 頻段，前者可立即用於4G，後者則為早期5G 的關鍵頻段。其中，2.3 GHz 與3.4-3.6 GHz 頻段，分別以10 MHz、5 MHz 為一頻塊單位，釋出4塊、30塊進行競標。且因此次競標頻段協同效應有限，Ofcom 採用 SMRA-clock 混合式設計，較2013年為處理複合式議題所採的 CCA 拍賣機制單純。

2. 拍賣框架

此次拍賣主要採兩階段架構，同樣分為數量競價階段與位置競價階段。操作形式與我國109年5G 拍賣時相仿，先由類似於 CA 的多回合式上升拍賣決定每個競價者得到的虛擬頻塊數量，再由單回合的密封式標單進行投標，以決定頻塊位置。

3. 拍賣規則

(1) 數量競價階段

基於各回合價格，競價者逐回合提出對於各頻段所需的頻塊數量。每回合投標結束後，將依據規則確定該回合暫時得標者，且若可供競標頻塊皆已被認定為暫時得標狀態，Ofcom 會在下一回合提高價格，反之則維持相同價格。若無競價者進行有效投標時，數量競價階段即結束並確定最終得標，且採 pay-as-bid 機制，最終得標者將「依自己最後同意的價格」付款，以降低預算限制下的投標難度。

整體競價規則與我國 109 年 5G 拍賣時相仿，但在部分規則上有些微差異，如額外納入「資格點數」與「暫時得標撤回」規則，並允許競價者聲明頻段「最低需求數量」，避免業者僅拿到零碎頻塊的而無法有效使用。

I. 頻譜上限

本次拍賣設定「單頻段出價頻塊上限」與「總頻段出價頻寬上限」兩項限制，主要基於頻段類別與競標者既有頻譜總量決定出價上限，因此各競標者出價上限將可能不相同。就「單頻段出價頻塊上限」而言，2.3 GHz 便根據業者原本已持有的可立即使用頻譜總量來決定，而 3.4 GHz 出價上限即為該頻段可供競價數量(30塊)。而「總頻段出價頻寬上限」則用340 MHz 減去該業者目前持有的全部頻譜，再向下取整到最接近的5 MHz 倍數，且以190 MHz 為上限。

II. 資格點數與資格點數上限保留

競價者在某一回合的資格點數，為其在該回合對各頻段所提出的出價數量乘以單位頻塊資格點數後的總合；若該回合未提出新出價數量，則以前一回合結束後仍保有且未撤回之暫時得標數量計算。2.3 GHz 頻段單一頻塊(10 MHz)資格點數為4，3.4 GHz 頻段單一頻塊(5 MHz)資格點數則設為1。

且同樣設有資格點數下降後不可逆之設計，即為自第二回合起，該競價者當回合資格點數不可高於其前一回合資格點數(資格點數上限)。此外，規則上亦允許競價者不提出需求數量，但申請保留其資格點數上限至下一回合而不立即下降，惟此「資格點數上限保留」行為每位競價者最多僅能執行三次。

III. 暫時得標判斷與撤回

每回合結束後，將依當回合所有出價數量與前一回合結束後之暫時得標組合，共同決定當回合之暫時得標組合。基於競價者的出價與暫時得標狀態將其分為三類，並依

序分配暫時得標資格，直至已分配數量等於該頻段可供拍賣的數量，或所有出價均獲資格為止。原則上即以價格高低為優先排序，再以依其所報頻塊數全獲暫時得標之競價者為優先，若條件相同則以電腦隨機亂數決定。

此外，拍賣規則中亦允許競價者在符合特定條件(c 次數限制五次)下可以撤回其所獲的暫時得標，但若撤回須一次撤回該類頻段的全部資格，後續回合中這些出價原則上不會再被認定為暫時得標；然而，若該頻段在撤回後未再發生新的撤回，且在最終回合結束時該頻段呈現供過於求的情形，則其中部分撤回的出價將仍被認定為最終得標出價，且其支付基準價格應為該回合價的兩倍。

整體而言，這個機制目的在於讓競價者在只有「部分出價被暫時判定為得標」的情況下，可以撤回其暫時得標，以保留調整出價策略的彈性。但為防止業者藉由撤回行為刻意影響市場價格或拖慢拍賣進程，同時設有嚴格的懲罰條款防止濫用，以維持拍賣秩序與價格穩定。於英國2018年實際拍賣過程中並未有競價者執行此「暫時得標撤回」行為。

表 4-11 英國 2018 年 SMRA 拍賣數量競價階段規則細表(節錄)

序號	類別	規則
1	競標方式	競價者於數量階段所遞交的 投標標單 須包含以下項目： 1. 對於各頻段的出價數量 2. 是否申請將資格點數上限保留到下一回合 3. 是否撤回各頻段的暫時得標
2	競標方式	競價者若在數量階段第一回合中未遞交有效投標，於後續拍賣程序中失去競價資格；然於後續數量階段中，競價者不需要在每一回合都遞交標單。
3	有效投標	數量階段之有效投標除須完成標單所需填寫內容(#1)外，亦須遵守標單遞交方式(#27,28)、投標限制(#4~8)、撤回暫時得標規定(#13)，以及資格點數上限保留規定(#19)。
4	單一頻段出價上限	競價者對於各頻段的出價數量，不得超過各頻段之 單一頻段出價上限(bid limit) ，否則即為 無效投標 。

序號	類別	規則
5	總頻段出價上限	競價者對於所有頻段的出價數量或前一回合取得的暫時得標數量，乘以對應單位頻寬後的總和，不得超過該競價者的總頻段出價上限(overall bid constraint)，否則即為無效投標。
6	出價數量限制	若競價者於某一回合的出價已被認定為暫時得標，則該競價者在下一回合對同類型頻段的出價數量應符合以下規定，否則即為無效投標：若該頻段回合價上升，出價數量不得少於前一回合的暫時得標數量；若該頻段回合價維持不變，出價數量則必須多於前一回合的暫時得標數量。
7	最低需求量	在特定頻段中，若有一競價者在投標時已聲明了該頻段最低需求量(minimum requirement)，則其對於該頻段所提交的出價數量不得低於其所聲明的最低需求量。
8	資格點數	在數量階段任何回合中，競價者所使用的資格點數(#20)不得超過該競價者於當前回合的資格點數上限(#21)。
9	回合價格	在數量階段每回合開始前，拍賣官宣佈各類別頻段回合價，競價者每一筆出價數量即為競價者願意以該回合價所取得的數量。但若該出價被競價者撤回暫時得標後仍成為最終得標出價(#17)，則其價格應為該回合價的兩倍。
10	回合價格	第一回合各類別頻段回合價為單位底價。
11	回合價格	若各類別拍賣頻塊皆已被認定為暫時得標狀態(暫時得標頻塊數量=被拍賣頻塊數量)，且暫時得標價格皆為當回合價，則下一回合之回合價升高。
12	暫時得標分配	<p>在每回合結束後，拍賣官依下列程序為各類別頻段分配暫時得標(standing high bid status)。</p> <p>首先，將競價者劃分為三類：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第一類：以該回合價提交有效出價的競價者(無論該出價係於該回合或較早回合提出)； 2. 第二類：凡於低於該回合回合價之回合提交有效出價，且全部出價於前一回合結束後均維持暫時得標之競價者； 3. 第三類：凡於低於該回合回合價之回合提交有效出價，且僅有部分出價於前一回合結束後維持暫時得標，並於該回合未撤回暫時得標之競價者。 <p>接著依據上述類別順序建立競價者排序清單(bidder ranking list)，並在同類別中競價者排序以隨機方式(電腦亂數)決定。再者，對於第一類競價者，取其本回合的所有有效出價；對於第二、三類競價者，取其在前一回合結束後仍為暫時得標的出價。最後，拍賣官將上述出價依競價者排序整理成整體出價清單(overall bid list)，依序分配暫時得標資格，直至已分配數量等於該頻段可供拍賣的數量，或所有出價均獲資格為止。</p>

序號	類別	規則
13	暫時得標撤回	<p>在同時符合下列所有條件下，於數量階段的任一回合中(除第一回合外)，競價者可在出價標單上選擇撤回其暫時得標資格，且撤回時須一次撤回該類頻段的全部資格，後續回合中這些出價將不會再被認定為暫時得標。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在前一回合後，該競價者僅有部分出價數量被分配為暫時得標 2. 在當前回合，該競價者沒有提交新的有效出價 3. 該競價者於所有頻段撤回的總次數未達五次
14	階段結束條件	若無競價者有效投標時，數量階段即結束並確定最終得標出價(#15)。
15	最終得標出價	若無競價者有效投標時，數量階段即結束並以最後一回合結束後之暫時得標出價為最終得標出價。
16	最終得標出價	在特定頻段中，若有一競價者在投標時已聲明了該頻段最低需求量(minimum requirement)，但最後被分配到的暫時得標數量少於該最低需求量，則其暫時得標不會轉為最終得標出價，且該頻塊也不會有其他得標者(即無人得標)。
17	最終得標出價	對於已撤回暫時得標的出價，若該頻段在撤回後未再發生新的撤回，且在最終回合結束時該頻段的暫時得標數量少於可供拍賣數量，則其中部分撤回的出價將仍被認定為最終得標出價，其補回數量等於該頻段可供拍賣數量減去最終分配的得標數量。此外，對於上述撤回暫時得標的回補出價，不適用最低需求保護(#7)，亦即即使補回後該競價者得標數量少於事先聲明的最低需求量，該補回出價仍然有效並視為最終得標。
18	支付價格	數量階段最終得標之競價者所需支付的總支付基準價格(total base price)，為該競價者於各類別頻段之支付基準價格(base price)乘以其得標的頻塊數量總和。各得標者之支付基準價格為最終得標出價之該回合價格，但若該出價被競價者撤回暫時得標後仍成為最終得標出價(#17)，則其支付基準價格應為該回合價格的兩倍。
19	資格點數上限保留	於數量階段的任一回合中(除第一回合外)，競價者可在出價標單上選擇將其當前資格點數上限保留至下一回合，但僅在當回合未提交任何出價數量或撤回暫時得標，且其暫時得標所對應之資格點數低於當回合的資格點數上限，並且尚未超過可發生資格點數事件的次數上限(三次#23)時，方可適用。
20	資格點數	競價者在某一回合所使用的資格點數，為其在該回合對各類段所提出的出價數量乘以單位頻塊資格點數後的總和；若該回合未提出新出價數量，則以前一回合結束後仍保有且未撤回之暫時得標數量計算；若無新出價且無暫時得標，則計為零。

序號	類別	規則
21	資格點數上限	競價者於第一回合的初始資格點數上限取決於其繳納的保證金(deposit)。自第二回合起，其資格點數上限原則上等於前一回合使用的資格點數；惟若前一回合發生資格點數事件(#23)，則其資格點數上限等於前一回合的資格點數上限。
22	資格點數事件	一個回合中，若符合以下情況之一，則視為發生一次資格點數事件(eligibility event)，允許競價者在下一回合保留原有資格點數上限而不立即下降： 1. 競價者在該回合有效申請保留其資格上限(carry forward its eligibility limit) 2. 競價者在該回合未提交有效投標，且其暫時得標所對應之資格點數低於當回合的資格點數上限，並且尚未超過可發生資格點數事件的次數上限(三次#23)
23	資格點數事件	每位競價者最多僅能發生三次資格點數事件，且拍賣官應於每回合結束後(除最終回合外)通知各競價者其剩餘可發生資格點數事件的次數。
24	資訊揭露	拍賣官應於各回合開始前通知各競價者以下資訊： 1. 該回合的日期與具體時間 2. 該回合的各頻段回合價格 3. 該競價者該回合的資格點數上限 4. 該競價者可發生資格點數事件的剩餘次數 5. 該競價者可撤回暫時得標狀態的剩餘次數
25	資訊揭露	拍賣官應於各回合結束後通知各競價者以下資訊： 1. 該競價者在當前回合對各類別頻段提交的有效出價數量 2. 該競價者在當前回合結束後於各類別頻段獲分配為暫時得標的數量及價格 3. 該競價者在當前回合是否有效撤回暫時得標 4. 當前回合結束後各頻段的超額需求(excess demand)
26	資訊揭露	在數量階段結束並確定最終得標出價的數量與支付基準價格後，拍賣官應先通知所有競價者數量階段拍賣已結束，並公開公告數量階段拍賣結果，包括各頻段最終得標者名單、各得標者之得標數量與價格，以及未被任何競價者得標的頻塊數量。
27	標單遞交	競價者必須透過電子拍賣系統遞交標單，並於拍賣官所公告的回合截止時間前送達。但若因技術故障或其他因素導致競價者無法使用電子拍賣系統的情況，經拍賣官確認後，通知競價者以替代方式遞交標單，並規定相關的通訊認證要求；此時，競價者須依替代方式遞交標單並遵守通訊認證規定。

序號	類別	規則
28	標單遞交	若競價者提交的數量階段出價標單不完整或有缺陷，但拍賣官仍能判斷其意圖，應要求競價者於期限內由兩位授權人簽署確認，經確認後標單視為有效，未確認則視為無效標單。此外，若出價標單被認定為無效，拍賣官應於該回合結束後通知競價者，並說明其無效原因。

資料來源：Ofcom，NRI 整理

(2) 位置競價階段

數量競價階段結束後，首先確認各得標者於同一頻段中所獲得的總頻寬，並進行位置競價階段以分配具體頻率位置。此階段採單回合密封標方式進行，每一得標者可就不同的頻率排列方案提出報價，報價最高者獲得該配置。最終每家業者的應付金額包括其在數量競價階段的得標價及位置競價階段的額外出價。

4. 拍賣結果

此次拍賣共有五家競標者參與，包括 Airspan、EE、Hutchison 3G (H3G)、Vodafone、Telefónica，最終由除 Airspan 外其他四家主要電信業者得標。在數量競價階段中共計67回合(第67回合皆無競標者投標而結束該階段)，在4G 頻段(2.3 GHz)中，競爭快速收斂，由 Telefónica 一家獨得40 MHz；5G 頻段(3.4 GHz)則經由多回合逐步達成供需平衡，由四家業者共同取得所釋出競標的150 MHz。所有可供競標頻譜皆成功標出，無流標、無撤回後需懲罰付款之情形，總標金約為13.7億英鎊。

表 4-12 英國 2018 年 4G/5G 頻段拍賣結果

業者	2.3 GHz (共 40 MHz)	3.4 GHz (共 150 MHz)	總支付價格 (百萬英鎊)
EE	—	40 MHz	303.6
Hutchison 3G	—	20 MHz	164.4
Vodafone	—	50 MHz	523.6
Telefónica	40 MHz	40 MHz	378.2

資料來源：Ofcom，NRI 整理

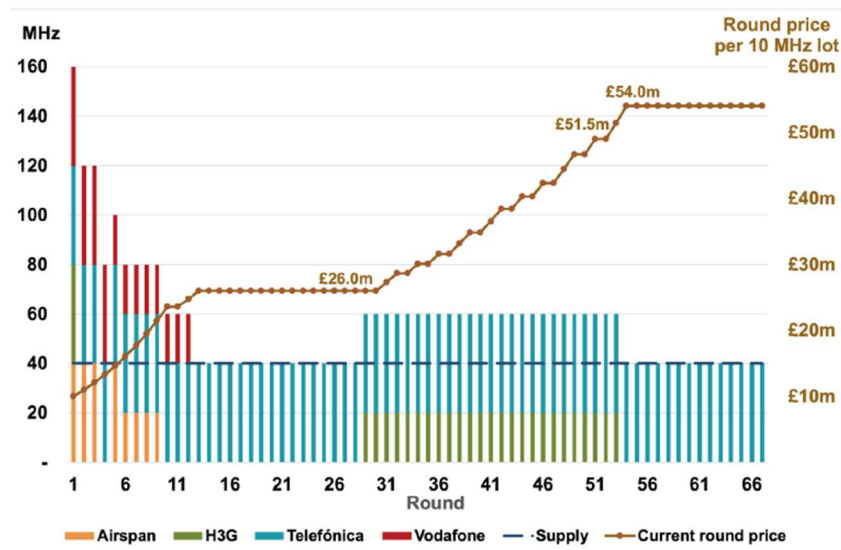


圖 4-2 英國 2018 年 2.3 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化

資料來源：LSE Press、Ofcom

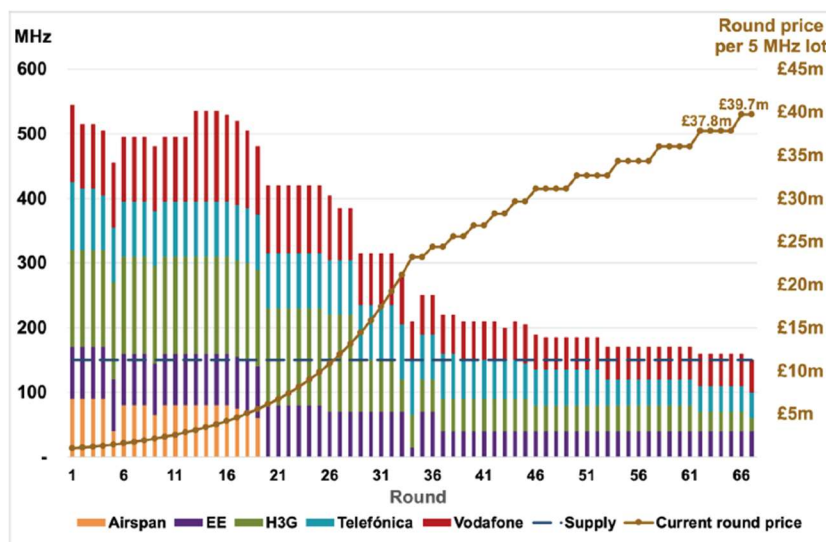


圖 4-3 英國 2018 年 3.4 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化

資料來源：LSE Press、Ofcom

(二) 英國 2021 年 5G 頻段(700 MHz、3.6-3.8 GHz)拍賣

1. 政策背景

邁入2020年，國際標準組織都定調3500 MHz 為5G 使用的黃金頻段。Ofcom 為加速5G 技術所帶來的新電信消費升

級外，也同樣尋找使5G普及的低頻資源，以其優越的穿透特性提供更具佈建效益的5G服務。而在歐洲，700 MHz的使用原本大多數位地面電視(Digital Terrestrial Television, DTT)；因應5G標準化的來臨，Ofcom遂啟動700 MHz清頻計畫(700 MHz clearance programme)，號稱Ofcom最大規模的重耕計畫：斥資4億英鎊與四年的時間，對700 MHz原有的使用用戶進行移頻。

此次大規模配合5G新頻段重耕的舉動，是為了要打造英國5G戰略的願景：一、建立三層結構的5G網路架構(低頻覆蓋、中頻容量、高頻速率)，二、推動智慧城市、物聯網及遠距醫療等應用，三、對齊歐盟國Band Plan以促進跨境漫遊。

為了達到這樣的目的，Ofcom原就延續使用2012年800及2600 MHz使用的CCA拍賣機制進行討論。最後，Ofcom總結了三個原因在本次拍賣不使用CCA而採SMRA：一、與2012年時針對800及2600 MHz進行的頻率使用效率模擬來看，700及3500 MHz互補性關聯度不強烈，二、2012年時使用CCA之於800 MHz設定了兩種頻段：沒有義務與有義務，然而在700 MHz拍賣時，英國已經通過共享偏鄉覆蓋義務(Shared Rural Network Coverage Obligations, SRN Coverage Obligations)案，已就營運商的強制漫遊義務進行補充，提高了大不列顛島的LTE地理覆蓋率，三、2012年使用CCA時，曾有營運商反映其機制操作複雜度較高，且價格不具完全透明性，不易預測及反應財務成本。遂此Ofcom決議在2021年使用改良型SMRA作為拍賣方式。

2. 拍賣框架

此次拍賣架構同樣分為兩大階段，數量競價階段與位置競價階段。

(1) 數量競價階段

頻段的價格在第一回合以底價揭露，競價者逐回合提出其對於頻段的所需頻寬量，每回合設定有暫時得標者，

當回合結束後無新需求或直到沒有超額需求時，則結束數量競價階段拍賣。

(2) 位置競價階段

結束數量競價階段後，營運商在得知自己確定所得的數量後，即進行位置競價階段。Ofcom 允許營運商進行協商後，投入單回合密封標單以作為 Ofcom 分配位置的決定證據。

3. 拍賣規則

(1) 頻譜上限

Ofcom 認為頻譜上限的設計將會是此次拍賣規範競爭的主要因素；為此，Ofcom 設計了單一營運商不可持有超過 37% 頻率量的限制。Ofcom 的頻譜上限計算是考慮到英國國內營運商當時頻譜持有的現況，比如在這次拍賣中設定了 37% 的上限後，EE 就不被允許再取得 700 MHz FDD 的低頻資源。

(2) 資格點數

在此次拍賣裡同樣地也有出現資格點數，其中 700 MHz 的 FDD 頻資格點數為每塊 4 點，700 MHz 下行專用頻塊每塊 1 點及 3600 MHz 頻塊每塊 1 點。每回合資格點數等於該競價者提出的頻塊需要量乘以其每塊的資格點數再加總；而每回合競價者提出的資格點數不得較上一回合高。然而，Ofcom 允許每位競價者有 3 次豁免不出價的機會，使其資格點數不會因沒有提出任何需要量而突然就降為 0。

(3) 支付規則

由於上次 Ofcom 使用 CCA 拍賣時使用的是「次佳價格」，而如前節所述，當時拍賣結束後有業者提出這個支付規則造成的價格不透明度較高，不利營運商公司內部控制程序。

這次，Ofcom 由於使用了 SMRA 的機制，而 SMRA 一向係以「最佳價格」作為支付規則；而本次拍賣也沒有

補充競價階段的操作。遂此，Ofcom 在數量競價階段使用的是支付價格同出價的支付規則。

然而，在位置競價階段 Ofcom 仍然保留了「次佳價格」的規則。Ofcom 認為，因就在位置競價階段為單回合式的密封標單，與前次 CCA 補充階段的性質相同；而本次 3600 MHz 的位置競爭影響營運商使用該頻段的技術效率，對其更為重要。因此，為鼓勵揭露真實偏好，仍在位置競價階段維持這樣的「次佳價格」支付規則。

4. 拍賣結果

此次拍賣共有四家競標者參與，包括 EE、Hutchison 3G (H3G)、Vodafone、Telefónica，最終四家業者皆有取得頻譜。在數量競價階段中共計11回合(第11回合皆無競標者投標而結束該階段)，由四家業者共同取得所釋出競標的200 MHz，總標金約為13.8億英鎊。

表 4-13 英國 2021 年 5G 頻段拍賣結果

業者	700 MHz FDD (共 60 MHz)	700 MHz 下行 (共 20 MHz)	3.6 GHz (共 120 MHz)	總支付價格 (百萬英鎊)
EE	20	20	40	475
Hutchison 3G	20	—	—	280
Telefónica	20	—	40	448
Vodafone	—	—	40	176

資料來源：Ofcom

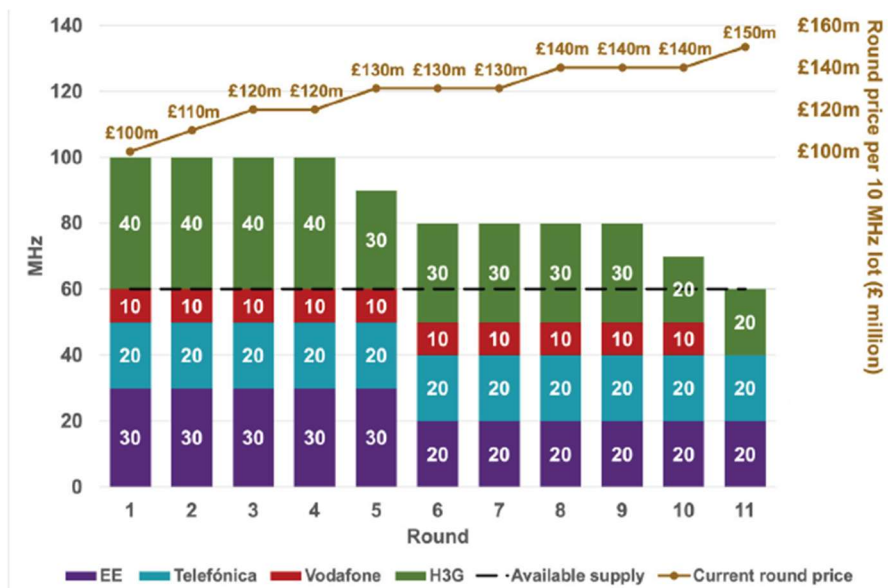


圖 4-4 英國 2021 年 700 MHz FDD 頻段拍賣每回合需求與價格變化

資料來源：LSE Press、Ofcom

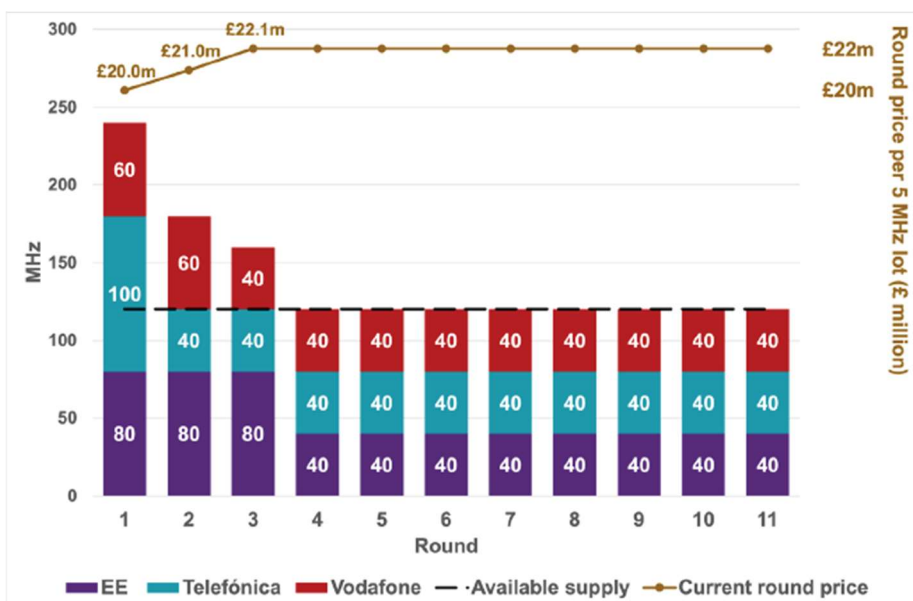


圖 4-5 英國 2021 年 3.6 GHz 頻段拍賣每回合需求與價格變化

資料來源：LSE Press、Ofcom

三. CA

我國過去109年度在5G 3500 MHz 使用的拍賣制度稱為「改良型 SMRA」，由於其分為兩個階段—「數量分配」及「位置分配」階段，其拍賣框架其實更類似於傳統的組合鐘拍賣，也就是本節介紹的 CA。然而，因其取得了傳統式 SMRA 的規則之一：暫時得標者(Standing Bid)，因此當時將其稱之為「改良型 SMRA」。緣此，其實我國最近一次頻譜拍賣是使用 CA 主體加上 SMRA 特徵；對於我國相關利害關係人應尚屬記憶猶在。然而，本計畫為探討拍賣機制的更多可能性與更廣泛面向，考慮其各個不同機制下案例的異同處，望能截長補短，對我國頻譜拍賣機制的設計與選用更具有實作政策意涵。

(一) 美國 2022 年 2500 MHz 頻段拍賣

1. 政策背景

美國為了進一步提高頻率使用效率，並且促進5G 普及發展；針對2500 MHz 的教育寬頻服務(Educational Broadband Service, EBS)進行重耕。過去，FCC 在1995年釋出2500 MHz 提供予全美各級區域教育電視類服務申請使用。然而在2018年的修正案⁴⁶中提出，基於過去此頻段只供公私教育機構等非盈利性質組織持有，且其射頻範圍僅限於35哩半徑；因此根據 FCC 統計，其2500 MHz 頻段約有一半的地區呈現閒置的空白頻譜狀態。基於此，FCC 開放區域型業者進入此頻段以提高其頻譜利用效益，並為5G 發展作出貢獻。

2. 拍賣框架

在美國2022年 2500 MHz (2496 ~ 2690 MHz)的拍賣，使用的是「Clock-1 Auction」。Clock-1是發生在 FCC 為了進一步簡化頻譜執照拍賣，從傳統式 CA 機制演變而來的新價

⁴⁶ FCC, 2018, Amendments of Parts 1, 21, 73, 74, and 101 of the Commission's Rules to Facilitate the Provision of Fixed and Mobile Broadband Access, Educational and Other Advanced Services in the 2150-2162 and 2500-2690 MHz Bands; Transforming the 2.5 Ghz Band

格鐘機制。美國向來有龐大的區域釋照量，因此 FCC 為了面對不同頻段又不同區域下切割得過於精細的執照，設計了這款名為 Clock-1 的拍賣機制。它跟 CA 的主要框架相同，都是每個執照回合上升至需求量少於供給量結束；值得一提的是 Clock-1 的名字之所以有「1」，是因為 FCC 已經事先將每個執照分割清楚為一個個，所有執照的供給都只有 1。當每個執照的當回合需求收斂為 1 時，則針對該執照的所有回合結束，該執照被拍出。

Clock-1 只有一個階段，受到 SMRA 啟發；也因此 Clock-1 會在同一個階段裡處理數量和位置分配的問題。FCC 設計這樣的機制概念主要就是為了避免 SMRA 拍賣時允許轉換標的物時的管理困難及以防整個拍賣過於複雜度。FCC 的設計理念是因就於頻譜執照本身的評價不高，且頻段多無互補性，也希望能更有利於區域型小業者的參進，避免大型跨區業者過度思考壟斷策略。

3. 頻塊設計

而其分割的方式是這樣的：FCC 將頻率執照區域切割，一共連州份及區域別計有 54 個地區，而每個地區有 3 種不同的執照，分別為 C1/C2/C3。C1 頻寬 49.5 MHz，受到 EBS 干擾最為嚴重，位於 2500 MHz 的頭段、C2 頻寬 50.5 MHz，受到干擾程度適中，位於 2500 MHz 的中段，C3 頻寬 17.5 MHz，近幾不受干擾，位於 2500 MHz 的尾段。頻塊的評價則受該區人口影響，從 500 美元至 290 萬美元，橫跨人口為 0 至 980 萬人口的區域。

4. 拍賣規則

(1) 出價方式

競價者可以有兩種出價方式，Simple Bid 及 Switch Bid；其中 Simple Bid 是指競價者簡單的表示維持對該標的需求，而 Switch Bid 是指競價者在同區域的 C1 及 C2 執照內進行轉換。競價者可以同時對兩個區域的同一種執照

C1 或 C2 下標，但是不可以同時下標一個區域的 C1 及 C2 執照；然而競價者可以任何時候同時對 C3 下標。

(2) 資格點數

競價者每一回合都必須提交 Bid，否則會被視為「不活躍」。而在 Clock-1 裡，競價者在開始拍賣前要繳交押金以換得資格點數，每張執照的資格點數以其人口數和頻寬量作乘。而競價者每回合在提交 Bid 的時候，必須維持其資格點數在上一回合的 95% 數量，若低於此值，就會被減去資格點數而在拍賣結束前都不允許被增加；係為一種「活躍規則」。

(3) 支付規則

Clock-1 維持 SMRA 與 CA 的特徵，以 pay-as-bid，支付出價的金額，來結算最後競價者所需支付的標金；是一種純粹的最佳價格結標。一切盡可能從簡，降低美國本土競價者學習的成本。

然而，本次拍賣設有最終懲罰條款：若競價者在最後得標時未依約支付標金而違反合約，也就是棄標，競價者會被 FCC 收取罰金。罰金的計算係由對 FCC 造成的差價損失加上一原標金的固定百分比(此拍賣為 15%)；其中，差價損失是原本 FCC 在本次拍賣要出售給競價者的價格減去 FCC 對此標的物進行重拍後獲得的新價格，若 FCC 未執行有重新拍賣，則新價格可以 FCC 對原執照的評價進行計算，其可以是底價、其他近似人口/區域/執照的拍出價格或 FCC 自行以合理資訊進行的評價。

5. 拍賣結果

拍賣可售執照數量為 8,017 張，拍出數量為 7,872 張。總共進行 73 輪。其籌得標金 42 億美元，較底價增額 48 倍。

(二) 英國 2025 年毫米波頻段(26 GHz、40 GHz)拍賣

1. 政策背景與競標頻段

Ofcom 於2025年進行毫米波頻段拍賣，建立在英國政府長期推動高頻段頻譜資源分配，以及支援5G 等行動通訊技術於高密度地區與企業應用的政策方向之上。此次拍賣的26 GHz (25.1-27.5 GHz)與40 GHz (40.5-43.5)頻段，皆屬於5G 使用頻段範圍內。Ofcom 從2022年起就針對這兩個頻段展開公眾諮詢及修法等相關作業，且同時對頻段既有使用者固定鏈路展為期五年的退場計畫，將於2028年底前撤銷26 GHz 頻段內高密度地區及其周邊地區之固定鏈路執照。

2024-2025年間，Ofcom 公告將全國劃分為高密度(high density)與低密度(low density)區域，採取不同的毫米波釋出方式，低密度區域執照以先到先得的方式發放，並採共享接取(shared access)的授權執照模式，高密度區域則採取拍賣方式進行執照釋出，並明確列出授權區域。此次拍賣的26 GHz、40 GHz 毫米波頻段便僅限於高密度地區使用，並以200 MHz 為一頻塊單位，分別釋出12塊(其中又分為 lower 和 upper 頻段分為7塊與5塊)、15塊進行競標，執照使用期限為15年。

2. 拍賣框架

本次拍賣雖採 CA 機制，但與英國最近兩次頻譜拍(SMRA 機制)整體階段設計相似，同樣都採取兩階段制進行數量與位置競價，先以同時、多回合、上升方式的數量競價階段確認競標者於各頻段的得標頻譜數量，再以單回合密封投標方式進行頻段位置確認。

3. 拍賣規則

2025年英國毫米波拍賣所採用的 CA 機制與過去國際上常見的傳統 CA 機制有所不同，最大的差異在於它並非僅採用單純的「時鐘價格→需求提出」流程，而是加入了更細

繳的標單判定機制，以及依價格點排序逐筆採納的處理方式，為「價格範圍→需求提出→標單逐筆判定」的強化版規則，使拍賣更能管理超額需求收斂過程、減少策略性操作，並避免因需求跳動造成拍賣不穩定。數量競價階段資格點數規則以及位置競價階段規則與英國既有拍賣模式大致一致，前文已說明，以下內容將專注於數量競價階段中與一般 CA 機制較為不同的規則與設計。

此機制的核心在於將投標者於每回合(除第一回合外)提出的標單區分為減量、維持與增量三種類型，減量標單表示投標者希望降低需求，維持標單代表其願意以回合價格保持前一回合的數量，而增量標單則是提出增加需求的意願。

第一回合的所有提出的需求數量全部都會被接受

於第二回合至後續回合，競標者提出的標單可被分為三種類型：



維持標單

本回合出價數量 = 該競價者就該頻段前一回合之「有效需求數量」(被接受的數量)

增量標單

本回合出價數量 > 該競價者就該頻段前一回合之「有效需求數量」(被接受的數量)

減量標單

本回合出價數量 < 該競價者就該頻段前一回合之「有效需求數量」(被接受的數量)

圖 4-6 英國 2025 年 CA 拍賣機制—標單分類與判定

資料來源：Ofcom，NRI 整理

其中，減量標單須於起標價至回合價間的數值(含起標價及回合價)再提出一個投標金額，該金額意思為，減量競價者願意以回合價標得需求數量，高於需求數量的則以投標金額標得；同時，減量標單亦可提出其是否須為全或無(all or nothing)標單，表示競價者只接受全部接受與不接受2種結果。此外，增量標單亦須提出一個金額作為後續標單判定順序的價格點(price point)計算基礎，該金額同樣須於起標價至回合價間(含起標價及回合價)。

	需求數量	投標金額	全或無標單
維持標單	XX		
增量標單	XX	僅影響標單排序	
減量標單	XX	具真實金額意義	XX

圖 4-7 英國 2025 年 CA 拍賣機制—出價內容

資料來源：Ofcom，NRI 整理

接著將增量與減量標單以價格點進行排序，作為後續判斷標單接受與否的順序。



圖 4-8 英國 2025 年 CA 拍賣機制—標單價格點排序

資料來源：Ofcom，NRI 整理

標單排序完成後，將再依據「競標者之資格點數」與「頻段之超額數量」規則判斷增量及減量標單的數量變化接受與否，有全部接受、部分接受與不接受3種結果。

投標判定 (Bid Selection) : 按標單順序依規則判斷標單之需求數量變化接受與否

- 競標者之資格點數** 接受後的資格點數不得大於目前資格點數上限 (包含已被接受的點數)
- 頻段之超額數量** 接受後該頻段之超額數量不得為負值

維持標單直接被接受，而對於增量和減量標單有三種投標判定：

全部接受	競標者提出的數量變化全部都被接受 → 本回合有效需求數量 = 本回合出價數量
部分接受	競標者提出的數量變化只有部分被接受；如競標者對頻段 A 提出的需求數量於第一回合中為 6，第二回合中減少為 4 (數量 - 2)，依據標單接受規則 *，可能僅被接受減少 1 (數量 - 1)，因此該競標者本回合有效需求數量 (被接受數量) 為 5
不接受	競標者提出的數量變化全都沒有被接受 → 本回合有效需求數量 = 前回合有效需求數量

圖 4-9 英國 2025 年 CA 拍賣機制—數量變化標單投標判定

資料來源：Ofcom，NRI 整理

完成所有投標判定後，該回合結束並可確定各競標者於各頻段所被接受的數量，接著依據頻段是否存在超額需求，以及是否有接受減量標單進行該回合「被接受的金額」確認，有可能是起標價、回合價或者是減量標單的投標金額。若當回合所有頻段皆無超額需求即結束數量競價階段，該金額即為得標金額；若尚未結束數量競價階段，則為下一回合升價基礎(即為下一回合起標價)。

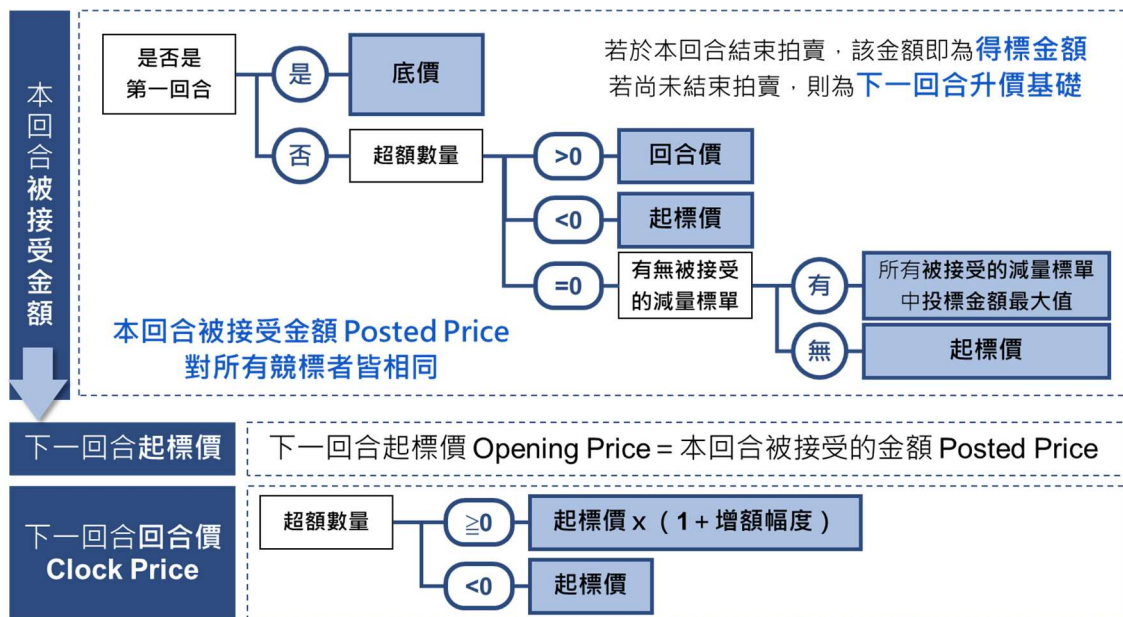


圖 4-10 英國 2025 年 CA 拍賣機制—確定價格

資料來源：Ofcom，NRI 整理

4. 拍賣過程與結果

本次拍賣由三家既有行動網路業者參與，包括 British Telecommunications (BT)、Telefónica、Vodafone。由於頻譜標的為高頻段毫米波，供給量大且市場上並無新增競爭者，整體拍賣呈現低競爭的情形，數量競價階段僅以2回合便結束，三家業者於26 GHz 與40 GHz 頻段中皆以底價(分別為每頻塊200萬及100萬英鎊)取得相同頻寬，分別為800 MHz 與1000 MHz，因此支付相同的總標金1,300萬英鎊。所有可供競標頻譜皆成功標出，總標金為3,900萬英鎊。

表 4-14 英國 2025 年毫米波頻段拍賣過程

頻段	26 GHz lower (25.1-26.5 GHz)	26 GHz upper (26.5-27.5 GHz)	40 GHz (40.5-43.5 GHz)
可競標數量	7 塊	5 塊	15 塊
第一回合(所有出價皆以底價被接受)			
起標價	200 萬英鎊	200 萬英鎊	100 萬英鎊
BT 出價數量	3	5	0
Telefónica 出價數量	4	0	5
Vodafone 出價數量	3	1	5
第二回合			
起標價	200 萬英鎊	200 萬英鎊	100 萬英鎊
回合價	210 萬英鎊	210 萬英鎊	105 萬英鎊
BT 出價數量	0 (-3)	4 (-1)	5 (+5)
Telefónica 出價數量	4	0	5
Vodafone 出價數量	3	1	5
BT 投標金額	200 萬英鎊	200 萬英鎊	100 萬英鎊
Telefónica 投標金額	維持標單(於第二回合出價數量等同於第一回合被接受的數量)不須提出投標金額。		
Vodafone 投標金額			

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

頻段	26 GHz lower (25.1-26.5 GHz)	26 GHz upper (26.5-27.5 GHz)	40 GHz (40.5-43.5 GHz)
可競標數量	7 塊	5 塊	15 塊
回合結果	BT 對於 26 GHz 提出的減量標單與 40 GHz 的增量標單皆被完全接受。		

資料來源：Ofcom，NRI 整理

表 4-15 英國 2025 年毫米波頻段拍賣結果

業者	26 GHz (共 2400 MHz)	40 GHz (共 3000 MHz)	總支付價格 (百萬英鎊)
BT	800 MHz	1000 MHz	13
Telefónica	800 MHz	1000 MHz	13
Vodafone	800 MHz	1000 MHz	13

資料來源：Ofcom，NRI 整理

第四節 拍賣機制比較及我國 119 年頻譜屆期重拍適用性分析

本研究由頻率資源分配的制度背景出發，評估我國於119年進行頻譜屆期釋照時，各類拍賣方式的適用性。國際間主要的拍賣機制大致可以分為三類：SMRA、CA 以及 CCA，不同拍賣機制須搭配相應的完整規則設計，包括競價方式與出價內容、回合價格、數量競價階段結束條件、得標判定(含暫時得標與最終得標)、資格點數以及得標支付價格決定方式等。除核心拍賣機制與規則外，亦需考慮一系列輔助性配套措施的設定，包括揭露資訊範圍(尤其是每回合結束後的超額資訊與暫時得標者)、頻譜上限、義務綁定、新進者保護、押標金等措施。不同的機制選用、規則與其他措施的設計都將會影響後續拍賣效率，亦為維持市場公平競爭與避免策略性行為的重要政策工具。

上述拍賣機制與相關規則配套均受釋照頻段與整體環境的影響。釋照頻段的類型、數量與技術特性，以及執照期限、最小釋照單位與是否採分區釋照，都會直接影響拍賣方式的選擇與具體規則設定。而通訊技術的演進亦會形塑市場對不同頻段的價值判斷，進而影響底價、資格點數權重等規則設計，例如新應用對覆蓋或容量的需求，進而影響業者對不同頻段的偏好，以及技術規格制定的時程等。此外，我國市場的競爭結構與主管機關的政策方向也將影響拍賣機制選用、規則設計以及配套措施。

因此，頻譜分配制度的設計不僅是單一拍賣機制的選擇，而是需在整體環境與頻率資源分配方式間取得平衡，使頻譜分配結果能兼顧頻譜效率、市場公平、技術發展與政策目標的達成。後續分析將在此架構下，分別就頻段拍賣方式之制度設計進行深入研析，以作為我國119年頻譜屆期重拍之政策建議。

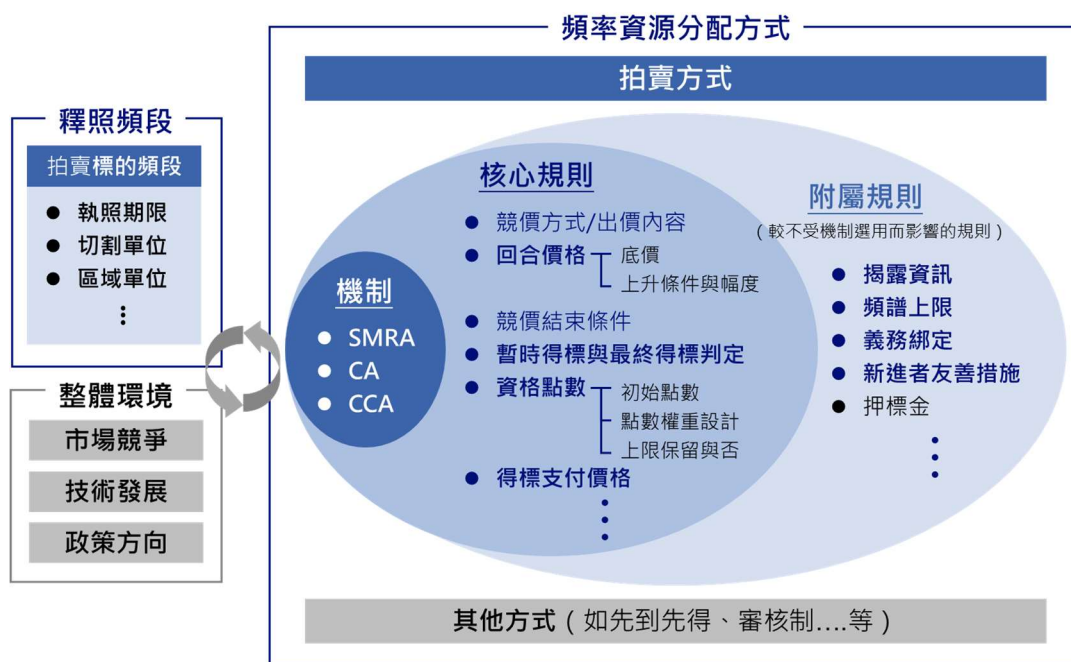


圖 4-11 頻率資源分配機制與競價拍賣設計構面示意圖

資料來源：NRI 製作

一. 頻譜拍賣機制比較與建議

本段落以英國 Ofcom 的三次代表性頻譜拍賣案例作為拍賣機制比較基礎，分別對應 SMRA(2018年)、CA(2025年)與 CCA(2012年)三種主要國際拍賣機制。選擇英國作為比較對象，主要原因在於其為少數同時採用過三類拍賣方式的國家，且拍賣規則、標單資訊與結果公開透明，提供充分資料進行制度對照。三種拍賣機制在位置競價階段的規則設計大致相似，其程序與運作方式亦與我國109年5G 頻譜拍賣相近，因此本研究不再重複論述相關細節；後續分析將著重於三項機制在數量競價階段的規則差異，包括出價方式、資格點數設計、暫時得標判定與最終得標邏輯等，以作為比較各制度在我國119年屆期釋照情境下適用性的基礎。

表 4-16 頻譜拍賣機制比較

拍賣機制	同時多回合拍賣 (SMRA)	價格鐘拍賣(CA)	組合價格鐘拍賣(CCA)
參考個案	英國 Ofcom 2018 年	英國 Ofcom 2025 年	英國 Ofcom 2012 年
拍賣階段	「數量競價」與「位置競價」兩階段		「數量主要競價」、「數量補充競價」與「位置競價」三階段
數量競價階段			
資格點數	皆有，且不同頻段亦有不同資格點數		
競價方式	同時、多回合、上升方式 (各頻段為分別競價)		<ul style="list-style-type: none"> ● 主要階段：同時、多回合、上升方式(各頻段為分別競價) ● 補充階段：單回合、密封、組合標(可同時對組合標的頻段出價)
出價內容	各頻段需求數量、資格點數上限保留與否	各頻段需求數量、投標金額、是否須為完整組合(全或無)之標單	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要階段：各頻段需求數量 ● 補充階段：各頻段需求數量及組合總價
是否有暫時得標概念	○ 各回合可產生暫時得標者，判定各競價者於各頻段的暫時得標狀態(數量與單價)	△ 依前一回合競價結果判斷競價者標單數量變化接受與否	X 無暫時得標概念
階段結束條件	各頻段皆無競價者出價	各頻段皆無超額數量	
最終得標出價	以數量階段最後一回合結束後之各頻段分配結果作為最終得標數量及價格		主要及補充競價階段所有有效投標組合中，組合價格總和最高的一組
支付價格	最佳價格	最佳價格	次佳價格
位置競價階段			
競價方式	依據數量分配結果，計算分配可能組合，供競價者填寫單回合密封標單		

資料來源：Ofcom，NRI 整理

現行 SMRA 多已演進為改良式 SMRA 機制，運作方式與 CA 相近，但其關鍵特徵仍在於具備「暫時得標機制」，可在每回合判定各競價者的暫時得標數量，有助於維持競價連續性與標的配置的穩定性，且不易被策略性退場干擾，提升整體拍賣效率。相較之下，傳統 CA 機制並無暫時得標設計，但英國2025年毫米波拍賣所採用的 CA 機制則經過規則變形，增加了依據「競標者之資格點數」與「頻段之超額數量」判斷標單數量增減變化接受與否的程序，等同於隱含類似暫時得標的效果，也使得 CA 的出價內容需增加投標金額⁴⁷以及全或無(all or nothing)標單⁴⁸等要素，且因為其類似暫時得標的機制，有助於維持需求的連續性與拍賣穩定性，進而提升數量階段的配置效率與拍賣結果的可預測性。值得我國在未來拍賣方式設計中加以借鏡，惟此次拍賣的實際競價情形相當平緩，僅進行兩回合便因需求快速收斂而以底價成交，使得此機制尚未經受高強度競價環境的完整驗證，因此其參考價值仍受限，實務運作經驗亦相對不足。

CCA 與上述兩種機制最大的不同則為其在數量競價階段又分為主要階段與補充階段，其主要階段雖與 SMRA、CA 同樣採同時、多回合、上升的競價方式，但未含暫時得標或者類似暫時得標的概念。而補充階段則透過組合標允許競價者可針對所有頻段組合一次性提出完整需求數量與組合價格，避免因僅取得部分頻段而影響業者頻譜規劃或商業價值。然而，補充階段亦使得競價者在主要階段後仍需面對不可預期的補充組合競價，增加投標策略複雜度、組合計算負擔與操作風險。此外，CCA 的最終得標價可能與主要階段的最後回合價格不一致，並可能導致各競價者最終

⁴⁷投標金額之意思為，競價者願意以回合價標得需求數量，高於需求數量的則願意以投標金額標得（因此，投標金額只在減量標單時有真實金額意義，增量標單時只影響判斷標單採用的順序）。

⁴⁸判斷標單數量變化接受與否有全部接受、部分接受與不接受3種結果；只有減量標單可以指定全或無，表示競價者只接受全部接受與不接受2種結果。

得標單價(每 MHz 價格)不一致；且國際上 CCA 拍賣在支付價格上多採次佳價格原則，也提高業者最後支付價格的不確定性。雖然 CCA 較能處理較複雜的跨頻段整合需求，並允許競價者於補充階段中對主要階段最終回合所取得的頻譜組合提出無上限金額的組合價格，使頻譜配置更有機率貼近由價值最高者取得的原則，進而可能帶來較高的標金收入。然而，英國於2012年採 CCA 後，即因規則複雜度與支付價格不可預測之問題引發爭議，此後轉而以 SMRA(2018年、2021年)與 CA(2025年)為主要模式。綜合三類拍賣機制的制度特性與國際實務經驗，若我國119年屆期釋照的頻段，為多標的、多頻段且高度互補的較複雜情境下，可採 CCA 使業者可以單一出價涵蓋其最適組合；反之，在考量價格透明性、拍賣穩定性、業者策略風險可控程度與行政操作負擔等因素，具暫時得標概念的 SMRA 與 CA 在現行市場環境下應更具可行性與穩定性。

二. 我國 119 年頻譜屆期重拍適用性分析

為研析我國119年頻譜屆期重拍的機制與規則設定，本小節以前述頻率資源分配機制架構為基礎，從釋照頻段競價拍賣的角度出發，逐項檢視影響拍賣標的與規則設定的關鍵因素，以提出適用於我國119年釋照情境的建議。

表 4-17 拍賣標的設計考量因素與建議

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
執照期限	5 年~20 年，或無特定期限	<ul style="list-style-type: none"> ● 設備、商業模式成熟度及投資回收年限，若尚具試驗性質，應配合較短的執照年限 ● 參考 5G 專網場域型點狀建設之回收年限約為 5-6 年，故若為 7GHz 以上，設備及商模成熟度低，建議以 	119 年以 3GHz 以下頻段為主，商業模式已成熟，人口覆蓋比例高，應配合新地理覆蓋建設義務，設定較長回收年限(至少 20 年)

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
		5-10 年為執照年限；若為 3-7GHz 頻段，可考慮設定年限為 10-20 年	
最小釋照單位	5MHz~100MHz	<ul style="list-style-type: none"> ● 根據頻段特性及技術發展調整 ● 須避免因釋出單位切分較細，產生頻段破碎結果 	僅 3 家既有業者，3 GHz 以下低頻建議視釋照數量及單一業者持有上限，以 10-15 MHz 為單位；3GHz 以上建議可再酌情增加
區域單位	<ul style="list-style-type: none"> ● 全國釋照 ● 區域釋照 	視頻段特性及該段商業模式而定	初步評估尚無分區釋照需求，但若有既有使用者，應針對已使用區域加以說明

資料來源：NRI 整理

在選定拍賣機制後，如何設計其核心規則將直接影響競價行為與最終配置結果，包括暫時得標、資格點數、回合價格設定等關鍵元素，皆是確保拍賣穩定性與效率的核心工具。以下將進一步說明拍賣方法核心中與價格相關的規則設計考量因素與建議。

表 4-18 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
底價	<ul style="list-style-type: none"> ● 國際標竿法 ● 計量經濟標竿法 ● 經濟價值評估模型法 ● 機會成本模型法 (或稱可避免成本模型法) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 原則上以模型法較可符合國內真實狀況 ● 仍須考量釋出頻段國內建設經驗參數及商業模式明確程度選用 	119 年以 3GHz 以下頻段為主，國內商業模式明確，應以模型法定價為主，標竿法參考佐證
價格上升幅度	1%~20%，可依所選拍賣機制的回合價格規則而調整	如英國 2025 年 CA 規則，減標的競價者可在起標價與該回合價之間自行設定投標金額	若採具有價格範圍設計的 CA 機制，相較僅有單一回合價(即為前述價格範圍上限)的 SMRA 或 CCA，可設定較高的價格上升幅度

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
	保留監理機關視回合競爭情形決定的彈性	依競爭情形(競標回合數、出價情形)判斷	<ul style="list-style-type: none"> ● 於指定回合數後加速 → 上升幅度擴大 ● 達指定價格後降溫 → 上升幅度縮小
得標支付價格	<ul style="list-style-type: none"> ● 最佳價格 ● 次佳價格 	採用回合價格逐步上升的機制可搭配最佳價格，提升透明度；若為組合標，可採次佳價格以鼓勵如實揭露最高願付價值，但相對會增加價格不確定性	數量競價階段 <ul style="list-style-type: none"> ● SMRA、CA：最佳價格 ● CCA：次佳價格 位置競價階段 <ul style="list-style-type: none"> ● 可視市場風險接受程度考慮是否納入次佳價格

資料來源：NRI 整理

在價格相關規則說明之後，亦須同時檢視其他核心制度要素。其中，最關鍵的便是暫時得標或者類似暫時得標(依據前一回合的得標數量，判斷本回合的數量變化是否被接受)的規則設計，將會同時影響競價者的需求調整彈性與整體拍賣的穩定性。對競價者而言，暫時得標提供了清楚的回合結果，使其後續投標須基於上一回合的暫時得標數量與價格調整需求，形成「逐步調整」的投標模式。此機制雖限制競價者在各回合間大幅度變動需求，但也避免投機性行為或過度試探行情，促使投標更貼近真實需求。對監理機關而言，暫時得標(或準暫時得標)可避免競價者因資訊不足或策略性退場造成需求瞬間崩落，導致某些頻段流標的風險，強化拍賣過程的連續性與可預測性。換言之，該機制在兼顧競價者彈性與制度穩定性之間取得平衡，是維持有效價格發現與確保頻譜成功釋出的關鍵工具。

表 4-19 拍賣核心規則設計考量因素與建議

目的	選項	考量因素	119 年釋照建議
拍賣 穩定 / 資源 有效 釋出	每回合暫時得標者	可確保資源有效釋出，減少最後流標風險	在 SMRA 機制下建議納入
	標單數量變化判定規則(CA)	依據競價規則判定各競價者標單數量變化接受與否，類似暫時得標	在 CA 機制下建議納入
	資格點數規則	競標者可於各頻段間進行轉換，確保資源有效釋出且可鼓勵誠實揭露需求、促進價格發現	無負面影響，建議納入。在具有暫時得標設定的 SMRA 機制下，建議同樣納入一定次數的資格點數上限保留規則
避免 零碎 頻段	暫時得標撤回 (英國 2018 年 SMRA)	若競價者僅有部分出價數量被認為暫時得標，其可於下回合選擇撤回	不建議納入，否則易使競價者利用試探性出價破壞拍賣穩定並影響效率；若仍採行，則須同步設置懲罰性配套措施
	全或無減量標單 (英國 2025 年 CA)	競價者可於投標時聲明，其僅接受維持原數量或減至所投標的數量，不接受部分數量減少。	在具標單數量變化判定規則的 CA 機制下建議納入
	最低需求數量	若得標頻塊低於競標者事先聲明的最低需求量，並不會變為最終得標，易有流標風險	非必要，透過合理的頻段最小釋照單位制定可達到相同效果

資料來源：NRI 整理

在核心規則之外，仍需搭配其他附屬規則，以確保拍賣秩序與市場公平性。其中，頻譜上限可避免過度集中、維持競爭；資訊揭露原則需兼顧透明度與防止合謀；而公平競爭規範則能避免策略性操弄、確保結果反映真實需求。

表 4-20 拍賣附屬規則設計考量因素與建議

目的	選項	考量因素	119 年釋照建議
合理 分配	頻譜持有上限 設定	確保合理競爭下之可取得資源差異	必須納入
降溫	保留提前結束	必須確保提前結束拍賣	若納入仍應有相應結束條件

目的	選項	考量因素	119年釋照建議
機制	拍賣之彈性	對各競價者得標頻段已難有影響	
	業者須依暫時得標金額繳納預儲金以確保業者理性出價	僅可防止業者因理性不足而產生之競標過熱	非必要，本次預計參與之業者已有多次競標經驗，不應有理性不足問題，且此方法將延長拍賣程序，亦仍無法確保標金繼續升高
公平競爭及反聯合行為	投標者資本結構確認	確認不同競價者是否應視為同一申請人(如有同集團控制關係)，或是否有投標資訊交換之疑慮	必須納入
	投標者資訊保密承諾及禁止資訊交流	確保競價者知悉相關行為將涉及違法並有相應罰則	必須納入
	每回合資訊揭露程度	不揭露可能識別投標者身分或出價內容的資訊	必須納入，因極有可能僅3家參與競價，故每回合應僅揭露最低限度的必要資訊。

資料來源：NRI 整理

在附屬規則中，新進者保護設計也是許多國家頻譜拍賣的共同關注點，透過設定得標金額折扣、預留頻段或者是特定拍賣輪次等措施，可降低新進者初期投入的不利條件，避免因既有業者規模優勢而排擠潛在競爭者。

若119年及122年以3GHz 以下頻段釋出為主，未有容量頻段時，考量頻段特性仍須用於覆蓋，基於頻譜使用之經濟效益，仍因有相應之地理覆蓋義務要求。但在此情況下，對新進業者投資門檻過高，因此可推估實質上有新進業者參與低頻競價之機率小，建議配合國家通訊傳播委員會(NCC)之特定電信服務市場界定機制先行，於拍賣時同時附加相應的批發義務或共享機制，當新進業者欲與既有業者合作，且既有業者經 NCC 指定為行動通信市場之市場顯著地位者時，無正當理由不得拒絕。

表 4-21 新進者友善相關規則設計考量因素與建議

選項	考量因素	119 年釋照建議
選擇易懂的拍賣方法	無新進者參與時，是否有可能因此選擇觀點造成不同的拍賣結果	若既有業者對於易懂的拍賣方法亦有偏好，則建議納入
得標金額折扣(美國 2021 年 3.45 GHz)	底價設定應包含可能的新進者折扣幅度	非必要，透過合理的底價制定配合其他措施可達到相同效果
預留特定頻段區塊(加拿大 2021 年 3.5 GHz)	頻譜資源是否足夠	<ul style="list-style-type: none"> ● 可考慮納入，需視釋出頻段特性而定 ● 該頻段譜資源是否足以設定新進業者特定頻塊及輪次 ● 該頻段特性是否適合新進業者參與。範例：若 119 年僅 3GHz 以下頻段釋出，未有容量頻段時，考量頻段特性仍須用於覆蓋，但對新進業者投資門檻過高，應採強制批發或共享方式讓既有業者與新進業者合作
設立特定拍賣輪次(英國 2012 年 800MHz/2.6GHz)	對整體拍賣時間的影響	
放寬部分義務要求(德國 2019 年 2GHz/3.6GHz)	不會直接提高新進者與既有業者對競價之競爭能力，但會激勵沒有既有基礎設施的業者參與投標	

資料來源：NRI 整理

最後，與拍賣相伴的義務設計(如覆蓋義務、建設時程、事故應對、服務品質等)與收回條件亦是釋照制度組成的一環，但其本質並非拍賣規則的一部分，且與後續負責監理業者營運的主管機關密切相關。因此，在規畫義務內容時，應同時考量未來執行與監理的可行性，避免造成拍賣階段與營運階段的制度脫節，確保釋照後的公共利益能順利落實。

表 4-22 義務相關規則設計考量因素與建議

選項	考量因素	119 年釋照建議
覆蓋範圍及比例、網速	<ul style="list-style-type: none"> ● 頻段特性 ● 我國過去建設經驗 	119 年以 3GHz 以下頻段為主，該頻段為 5G、6G 覆蓋頻段，業者於人口密集區多已達成投資回收，為催生新應用，應強化地理覆蓋(例如：道路覆蓋)，並設定網速門檻
建設基地台數、網速	<ul style="list-style-type: none"> ● 不同目的下之建設需求，如通訊韌性、新興產業推動、促進未來商業模式形成 	特定頻段之點狀覆蓋 <ul style="list-style-type: none"> ● 低頻：緊急防災地點，如緊急避難所、山屋、文健站、指定公共建築室內區域等，並考慮是否有漫遊或共享建設之配套 ● 中高頻：達一定尖峰使用者之指定地點，如體育場館、車站等
適當回應政府機構、地方政府、企業等的覆蓋和服務請求、服務提供系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 為促進頻譜使用效率，該頻段商用時應確保其他潛在用途未來可提供服務 ● 確保取得頻段之業者持續投資網路技術 	需有網路切片功能，須提供專網服務，並考慮要求確保需用時之頻寬，或保留後續制定費用計算基準相關規範之彈性
事故應對	我國建設環境條件及各類防災需求	移動式基地台數量、備援計畫、高抗災基地台數量、D2D 支援等
向 MVNO 開放網路	保留新進業者參與電信市場競爭之機制	119 年以 3GHz 以下頻段為主，對新進業者投資門檻過高，預期無新進業者有能力參與頻譜競價的機會較大，應採強制批發或共享方式讓既有業者與新進業者合作
義務未達成之收回條件	確保義務達成	確定義務達成判定標準、收回機制及相關主管機關之權責分工

資料來源：NRI 整理

第五章 模擬拍賣操作

為因應我國未來行動通信頻率資源管理之需求，並研析適切之頻譜拍賣機制，本次研究擬就當前行動通信領域常用之三種拍賣方式，包括 SMRA、CA 以及 CCA 進行模擬操作與程式建置，透過實際模擬拍賣流程，以深入剖析各拍賣機制之結構、運作邏輯、潛在效果及風險。

三種拍賣方式各具特性，SMRA 為我國過去頻譜拍賣之主流方式，具備規則清晰、操作簡便等優點，惟在複數頻段組合價值存在顯著交互作用時，業者在無法確保取得完整頻段組合的情況下，可能因個別頻段得標而承擔過高風險，降低出價意願並影響拍賣效率。CA 為 SMRA 之改良版本，透過價格鐘方式簡化出價流程，並可適度降低策略投機行為。CCA 則進一步允許組合競價，具誘導業者揭露真實評價之潛力，近年部分國家採用此模式，但其制度設計與操作細節仍存在實務上的挑戰與討論空間。

由於上述差異，本計畫於研究期間同步開 SMRA、CA 與 CCA 之模擬競價流程，並設計可操作之模擬檔案，以作為制度研析、政策測試及業者教育訓練之工具。透過模擬操作，主管機關可比對不同拍賣模式下之價格走勢、得標結果、市場競爭態樣及業者策略選擇，進一步研擬符合我國市場環境與政策目標之拍賣制度。此外，為利政策溝通與業者教學，本計畫亦針對各拍賣模式設計具體之拍賣腳本範例，包含起拍價、價格增幅、資格點數配置與出價策略情境，以協助業者理解各拍賣機制之核心運作，並提前熟悉競價過程，有助於未來拍賣作業之順利推動。

第一節 模擬拍賣操作教育訓練方法規劃

一. 模擬軟體選用

本次拍賣模擬選擇以 Excel 為開發工具，主要考量操作簡便、教學友善、系統彈性及便於跨單位分享等因素。Excel 具備直觀的表格操作介面，使用者普遍熟悉，無須額外學習專業系統操作方式，可迅速進入拍賣模擬操作，適合作為主管機關政策溝通與業者教育訓練之基礎工具。

此外，Excel 模擬檔案具有高度彈性，可根據不同政策需求或座談會場景，快速調整拍賣參數、設定不同頻段供給量，或變更價格增幅等拍賣條件，支援多種場景模擬與政策情境測試。檔案更可輕易跨單位分享與操作，無須額外安裝專業軟體亦避免業者資安疑慮，可於座談會、教育訓練或內部討論場合立即啟用，提升模擬工具的可用性與政策推廣的實務成效。

二. 業者教育訓練座談會規劃

本計畫透過與潛在參與競價之主要業者詳細說明拍賣規則、操作流程及模擬檔案架構，同時安排實際操作演練，協助業者熟悉模擬檔案與競價步驟，透過歷次座談會，業者可透過模擬工具初步掌握 CCA、CA 及 SMRA 拍賣方法之核心概念與模擬流程。本計畫已於6月18日舉行第一次拍賣機制座談會、於9月5日舉行第二次座談會及10月16日舉行第三次。已依序以 CCA、CA 及 SMRA 為目標，向業者說明其案例簡要說明、規則、模擬說明等。

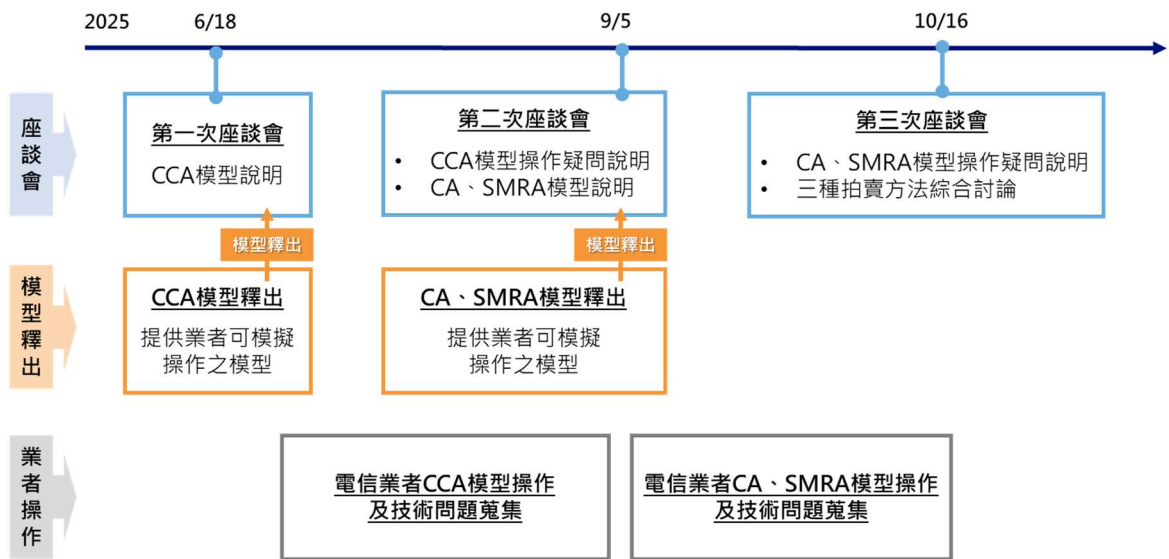


圖 5-1 本計畫座談會時程規劃

資料來源：NRI 整理

第二節 CCA 拍賣模擬

鑑於我國過去頻譜拍賣經驗以 SMRA 及 CA 為主，業者對於 CCA 模式相對陌生，且該模式之拍賣規則與競價邏輯較為複雜，因此本次期中報告特別優先以 CCA 為重點，率先建置可操作之競價模擬檔案，並已於第一次座談會中向業者詳細說明 CCA 拍賣架構、競價流程及操作方式，協助業者初步理解並實際練習 CCA 之競價過程。本階段重點在於透過模擬操作與實際互動，加速業者熟悉 CCA 相關機制，並為後續 SMRA 與 CA 模式之模擬建立良好基礎，期望透過模擬操作，使業者熟悉各拍賣模式之出價策略與規則應用，並提供主管機關分析各拍賣機制效果之工具，作為政策選擇之依據。

一. CCA 拍賣規則與機制設計

CCA 拍賣制度的最大特色，在於允許競標者針對多頻段的組合提出投標，並透過主要競價階段價格逐步上升的過程，搭配補充競價階段單回合密封式出價的設計，引導業者逐步揭露其對頻段組合之真實評價。相較於過去我國主要採用的 SMRA 拍賣方式，CCA 之設計更強調組合價值的考量，有助於避免業者因分批競標而在無法確保取得需求頻段組合的情況下，降低出價意願並影響拍賣效率。然而，CCA 在制度設計與實務執行上亦存在較高的複雜度，對業者的投標策略與拍賣規則設計皆具有更高挑戰。

本次模擬所採用之組合價格鐘拍賣(CCA)設計，主要依循英國 Ofcom 於2012年頻譜拍賣案例之制度，並針對我國市場情境及模擬教學需求進行簡化。整體拍賣流程包含三個主要階段，分別為主要競價階段、補充競價階段以及位置分配階段，其中本次模擬重點聚焦於前兩者，尤其是補充競價回合概念與我國5G 釋照時改良型 SMRA 較為不同之處，而位置分配階段則由於操作設計與我國5G 改良型 SMRA 作業邏輯相似，故不再重複建置模擬。

(一) 主要競價階段規則設計

主要競價階段的進行方式採同時、多回合、上升價格的競價模式，且同時有各類別頻段進行拍賣(如800MHz、2600MHz)，並各類別頻段皆有其取得上限及其資格點數。拍賣主持人於每回合開始前公告當回合價格後，所有參加者須依據該回合價格提出自身於各頻段的需求數量，且不得提交超過一份投標。其中，第一回合價格即為單位底價，若參加者在主要競價階段第一回合中未遞交有效投標(在期間內以指定方式遞交且資格點數至少應等於1)，於後續拍賣程序中失去競價資格。

每回合結束後，主持人將統計所有參加者針對各頻段所提出的需求量，並判斷是否存在超額需求，一類別超額數量為該類別總需求量減去該類別供給量(拍賣總量)。並由主持人向參加者揭露此回合各類別頻段的有效投標總數量，以及是否存在超額需求，並不揭露個別參加者的投標細節。此資訊揭露機制旨在保障投標隱私，同時防止業者於拍賣過程中進行合謀。

若總需求量超過供給量(超額數量大於0)，該頻段價格將於下一回合上升，為當前回合價乘以(1+增額幅度)，並四捨五入至整數；若需求量低於或等於供給量，則價格維持不變。當所有頻段皆無超額需求時，主要競價階段宣告結束，並由主持人公告拍賣進入補充競價階段。

值得注意的是，CCA 拍賣制度引入「資格點數(Eligibility Points)」機制，作為業者參與拍賣出價組合之限制。資格點數機制不僅限制業者於每回合可提出的需求規模，也確保業者於拍賣過程中逐步揭露其真實需求，避免業者無限制擴大或反覆的投標組合。資格點數會隨業者實際需求動態調整，且一旦資格點數下降，不得於後續回合回升，進一步抑制業者短期試探性投標行為。此制度設計有助於維持拍賣秩序，並確保價格競爭過程具有策略約束力，是 CCA 相較於傳統 SMRA 拍賣的一項重要差異。

其相應的規則設計為參加者每回合投標之組合資格點數為該投標者所提出之各類別需求數量乘以每單位資格點數之加總，且不得超過該參加者該回合資格上限。第一回合資格上限為該投參加主要競價開始前提交之押標金對應資格點數；第二回合及後續回合，每回合參加者之資格上限為前一回合的資格點數，不同類別頻塊之間的資格點數可相互流用交換，資格點數相關規則僅考慮「組合總資格點數」。此外，若投標者未遞交有效投標(未於時間內進行投標或遞交不符上述資格上限之投標組合)，或者於投標中進行違規行為，該投標者下一回合資格上限歸零，即下一回合不可再進行投標。

(二) 補充競價階段規則設計

補充競價階段是 CCA 拍賣制度中最具特色且與其他拍賣機制顯著不同之設計，相較於傳統 SMRA 或 CA 僅以公開的主要競價階段決定得標結果，CCA 透過設置補充競價階段，允許參加者在主要競價階段結束後，重新評估自身需求，並針對所有可能偏好的頻段組合，提出更能反映其真實價值的補充投標。補充競價的設計，除了提供參加者修正主要競價階段策略限制的機遇，亦有助於揭露參加者對頻段組合的整體市場評價，提升拍賣結果的配置效率。此階段所設置之價格限制與資格點數規範，更進一步約束參加者不得脫離其於主要階段所展現之合理需求範圍，以防止業者利用補充階段進行不當價格操縱。整體而言，補充競價階段是 CCA 能夠有效平衡策略投標、需求揭露與拍賣公平性的重要制度設計，為 CCA 區別於其他拍賣機制的核心要素之一。其相應的規則設計於下方說明。

補充競價階段採單回合密封標單方式進行，參加者可針對所有偏好之頻段組合，提出新的補充投標，進一步反映自身對頻段組合的實際願付價格，且不得得知他人出價內容。參加者於補充階段可自由提出多筆補充投標組合，也可以不提出任何補充投標組合。參加者可以提交任意數量之補充投標組合，但每一組補充投標組合最多只能提交一筆補充標價格，並須於

同一標單中一次性提交完畢。亦即參加者可於補充標單中明確列出所需求的各頻段數量組合及所願支付的總價格。

為維持補充競價之合理性與公平性，所有補充標單皆須遵守資格點數與價格上下限之限制。首先，參加者補充投標組合之資格點數不可超過該參加者於主要競價階段第一回合的資格上限。此外，為防止參加者因認知拍賣制度設有補充競價階段，便於主要競價階段採取消極投標、保留策略空間，拍賣規則特別設計補充競價階段之價格上下限機制。此限制旨在避免參加者刻意於主要競價階段提出低需求，以期在補充階段再大幅提高投標價格搶標，進而破壞拍賣過程的公平性與價格發現功能。

因此，補充競價階段雖允許參加者針對偏好組合提出補充標單，但其投標價格須受到明確的上下限約束。其中，價格下限必須高於該組合之各單位頻段底價加總，並且若參加者於主要競價階段也曾投標過該組合，其補充標價格不得小於該參加者在主要競價階段對此組合所提出過的最高價格，避免出現不合理的低價投標。同時，為避免過度投機與價格操控，除主要競價階段最後回合所提出的組合外，補充標單亦設有價格上限。價格上限根據參加者於主要競價階段的歷史出價計算，確保其補充投標仍需連貫於先前的出價行為，不能完全脫離主要階段的出價軌跡。

補充標價格上限的計算方式如下：假設某參加者在補充標提出了包含 a 個 A 類頻段與 b 個 B 類頻段的組合，首先需回溯該參加者於主要競價階段最後一次符合資格上限時，尚可投標該補充組合的主要競價回合(該主要回合投標的組合為 c 個 A、 d 個 B，該回合組合價格為 P ，單位價格分別為 x 、 y)。計算該回合下，此補充組合所對應的回合價格，記為 RP ，也就是 $RP = a * x + b * y$ 。接著，計算該組合在主要或補充階段曾出現過的最高價格，記為 Z 。最後，該補充組合的價格上限則為 $Z + RP - P$ 。

此機制計算邏輯的核心目的，是要求補充階段的投標價格，不得高於參加者於主要階段歷史投標所合理推導出的可接受價格範圍。具體而言，回溯該參加者最後可報價的回合後，RP代表該補充組合按當時價格應支付的成本，Z則反映該參加者對該組合願意支付的最高金額，P則為當回合該參加者實際出價組合的總價。因此，上限公式 $Z + RP - P$ ，等於允許參加者在可報價回合基礎上，延伸合理價格差異的最高幅度，避免補充階段投標出現過度偏離主要競價階段合理範圍的情況。換言之，透過此設計，參加者在主要競價階段的投標行為會直接影響其於補充階段的投標空間，若在主要階段選擇消極或低價投標，則在補充階段其出價範圍將受到嚴格限制，無法在補充競價階段進行大幅度策略性衝高。

透過此機制，拍賣設計有效保障拍賣過程的競爭秩序，有效抑制業者消極參與主要競價階段的誘因，促使業者於主要競價階段即審慎評估需求與價格，並在整體拍賣過程中維持合理且具競爭性的出價節奏。

(三) 最終得標組合計算與支付價格

拍賣最終得標組合之決定，係以「總價值最大化」為目標。主持人將彙整所有有效投標(在期間內以指定方式遞交且符合前述各項規則)，包含主要競價與補充競價階段，並尋找總價值(即投標組合的出價金額總和)最高的組合，作為最終得標結果。每位參加者最多僅能有一組投標組合納入最終得標組合，且該組合所需求之各頻段數量，必須符合拍賣供給總量以及參加者數量上限規定。當存在多組總價值相同的得標組合時，將優先選取總資格點數較高之組合；若資格點數亦相同，則透過隨機方式(如抽籤)決定最終得標結果。

總價值最大化的作業方式主要分為三個主要操作步驟：排列、組合及排序。首先將所有競價人提出過的所有有效組合與價格不分任何順序列出，假設參加者1在主要階段提出5個有效組合以及在補充階段提出5個有效組合，這總共10個有效組合中的每一個組合就會被視為一個獨立組合被陳列出來，同理

對待其他參加者；若有3位參加者，每位參加者有10個有效組合，則有30個單獨組合，每個組合都會有其頻段數量與價格。

所有有效組合：

參加者 1.				
編號	提出階段	A.	B.	組合價格
1.	主要	4.	4.	8,000.
2.	主要	4.	4.	8,400.
3.	主要	3.	4.	7,700.
4.	主要	4.	2.	6,820.
5.	主要	3.	2.	6,050.
1.	補充	4.	4.	8,400.
2.	補充	3.	4.	7,700.
3.	補充	4.	2.	6,820.
4.	補充	3.	2.	8,000.
5.	補充	1.	1.	4,370.
參加者 2.				
編號	提出階段	A.	B.	組合價格
1.	主要	4.	0.	4,000.
2.	主要	0.	4.	4,000.
3.	主要	2.	2.	4,400.
4.	主要	2.	2.	4,620.
5.	主要	3.	0.	3,630.
1.	補充	4.	0.	4,400.
2.	補充	0.	4.	4,840.
3.	補充	2.	2.	4,620.
4.	補充	3.	0.	4,000.
5.	補充	1.	2.	4,000.
參加者 3.				
編號	提出階段	A.	B.	組合價格
1.	主要	4.	2.	6,000.
2.	主要	2.	4.	6,200.
3.	主要	3.	3.	6,600.
4.	主要	3.	2.	5,720.
5.	主要	2.	2.	4,840.
1.	補充	4.	2.	6,600.
2.	補充	2.	4.	6,600.
3.	補充	3.	3.	6,600.
4.	補充	3.	2.	5,720.
5.	補充	2.	2.	5,000.

圖 5-2 CCA 最大化總價格計算 – 排列

資料來源：NRI 整理

每位參加者的每個有效組合都被提出作為一個單獨組合後，每個單獨組合會與其他單獨組合進行配對，比如說參加者1的組合1、參加者2的組合1與參加者3的組合1，這3個單獨組合會組成配對組合1。配對組合2就會變成參加者1的組合1參加者2的組合2與參加者3的組合1，諸如此類，一直列舉直由於限制

每位參加者只能夠最終獲得其其中一個有效組合或得不到任何組合，所以參加者1的組合1不會與參加者1的其他組合進行配對，其中配對組合也會出現只有參加者1的組合1但沒有其他參加者組合與之配對。

組合序號	參加者編號	參加者組合編	組合階段	A	B	價格
1	1	1	主要	4	4	8000
1	2	1	主要	4	0	4000
1	3	1	主要	4	2	6000
2	1	1	主要	4	4	8000
2	2	1	主要	4	0	4000
2	3	2	主要	2	4	6200
3	1	1	主要	4	4	8000
3	2	1	主要	4	0	4000
3	3	3	主要	3	3	6600
4	1	1	主要	4	4	8000
4	2	1	主要	4	0	4000
4	3	4	主要	3	2	5720
5	1	1	主要	4	4	8000
5	2	1	主要	4	0	4000
5	3	5	主要	2	2	4840
6	1	1	主要	4	4	8000
6	2	1	主要	4	0	4000
6	3	1	補充	4	2	6600
7	1	1	主要	4	4	8000
7	2	1	主要	4	0	4000
7	3	2	補充	2	4	6600
8	1	1	主要	4	4	8000
8	2	1	主要	4	0	4000
8	3	3	補充	3	3	6600

圖 5-3 CCA 最大化總價格計算 – 組合

資料來源：NRI 整理

在把所有組合按照以上的方式配對之後，最終配對組合根據限制條例，可能會有以下的情況：每個參加者各有一個組合被選擇，這樣配對組合內會有每個參加者的其中一個組合(因為每個參加者被選中的組合上限數量是1個)或是只有其中一或二個參加者的組合被選擇(因為每參加者也可以完全不被選中任何一個組合)，這樣配對組合內會有1,330個組合。

每個配對組合會有這些資訊：一個單獨的序號、所有頻段所需求的數量以及價格；所有頻段所需求的數量及價格是配對組合裡的每個單獨組合的加總，比如第一個配對組合裡有參加1的組合1包括對頻段需求為1，提出價格為1以及參加者2的組合1包括對頻段需求為1，提出價格為1，則第一個配對組合的頻段需求總共為2，提出價格為2。

組合序號	價格
1040	19440
1004	19220
1008	19220
1009	19220
1048	19220
1052	19220
1053	19220
993	19000
997	19000
998	19000
1035	18840
1003	18820
1047	18820
985	18600
992	18600

圖 5 -4 CCA 最大化總價格計算 – 排序

資料來源：NRI 整理

每個配對組合會根據其價格進行從大到小的排序。以上圖為列，第1040個配對組合價格為19,440元，比起其他配對組合來說價格較高；因此這個組合就會是「總價值最大化」的組合。

值得注意的是，在國際 CCA 實務案例中，普遍採用次高價格作為支付價格計算基礎，主要目的是鼓勵業者揭露其真實評價，並降低策略性壓低出價的誘因。然而，次高價格機制在特定市場結構下可能衍生政策風險，例如當參加者數量有限或市場競爭不充分時，可能出現支付價格明顯低於業者實際評

價，以及各業者取得頻段所需支付價格的明顯落差，進而影響拍賣收益與頻譜價值合理性。此外，次高價格在計算過程上較為複雜，對於拍賣規則透明度與業者理解程度亦存在操作門檻。考量本計畫之主要目標為協助主管機關與業者熟悉 CCA 拍賣流程與競價邏輯，並優先建立基礎操作與規則認知，故本次模擬設計採取相對簡化之模式，支付價格以業者實際投標的價格為準。此設計不僅可避免次高價格機制所帶來之潛在政策疑慮，亦有助於業者在初期模擬中聚焦於需求判斷、資格點數管理及出價規則之理解，待未來政策推動進程成熟，再進一步評估是否採行次高價格支付機制。

二. CCA 模擬檔案架構與操作說明

本計畫 CCA 拍賣機制模擬之設計，旨在協助主管機關與業者實際拍賣之操作流程，並深入了解各拍賣階段之規則與出價邏輯。為此，本計畫開發一套 CCA 模擬檔案，採用 Excel 為操作平台，並依據上述規則設計之拍賣階段及參與角色，分別建置各階段與角色檔案，形成具有互動性的模擬架構。

本次 CCA 模擬系統之操作設計，明確區分主持人與參加者之角色，並依實際拍賣流程建立人員互動架構。拍賣操作流程以四人操作為基礎，一位主持人(Dealer)負責整體拍賣進度控制與資料整合，為拍賣操作核心角色，需負責宣告每回合價格、確認資格點數是否合規、判斷是否存在超額需求以及控制拍賣進入下一回合或結束階段；亦可即時讀取所有參加者所輸入的需求數量及資格點數，並依據系統設計之檢核規則，確認是否符合拍賣規範。三位參加者則各自於專屬檔案中操作，於每回合根據公告價格輸入需求數量，並於補充競價階段提出多組投標組合。參加者可於各自檔案即時得知當回合價格變動及是否存在超額需求，並透過系統設計之輔助功能檢核資格點數與價格上下限是否合規。

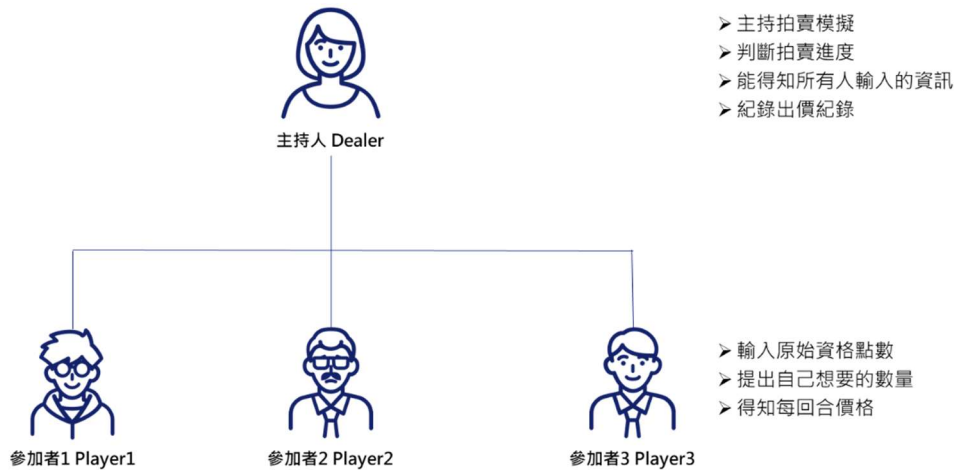


圖 5 -5 CCA 拍賣機制模擬檔案角色設計

資料來源：NRI 整理

本次拍賣模擬所建置之 CCA 模擬檔案，係依拍賣流程與上述參與角色設計，形成分階段且資料流自動串接的檔案架構。整體模擬系統主要分為三個階段，分別為主要競價回合(Prime)、補充競價回合(Supplementary, Sup)及最終得標計算(Calculation, Cal)，並於每個階段設置主持人、參加者及出價紀錄等專屬操作檔案。

在主要競價階段，模擬檔案包含主持人檔案、三位參加者檔案及出價紀錄檔。主持人檔案負責拍賣初始設定，並統整各參加者之需求量，計算回合價格、判定超額需求及控制拍賣進度；參加者檔案由參加者扮演人員分別於個別檔案中輸入回合需求數量，並依回合價格動態調整需求。

當主要競價階段結束後，進入補充競價階段。此階段同樣設有主持人檔案、三位參加者檔案及出價紀錄檔。參加者可於個別檔案提出多組補充組合，系統已內建價格上下限及資格點數自動檢核公式，以協助參加者確認投標有效性。主持人檔案負責確認補充回合提出之所有投標組合是否合規，並彙整所有出價資料。上述主要及補充競價階段，所有回合與組合出價資訊將同步記錄於出

價紀錄檔，作為得標計算基礎。

最終得標階段由主持人操作最終得標組合計算檔案，該檔案整合主要回合及補充回合所有有效出價，並可透過系統內建 VBA 巨集自動篩選出總價值最高之得標組合。最終得標結果將顯示各參加者之得標頻段數量及應支付價格，並記錄於得標結果分頁。

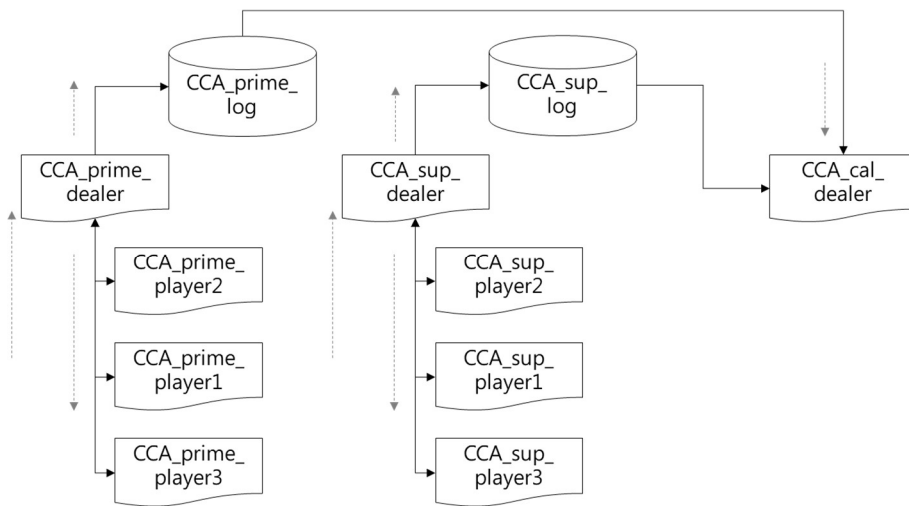


圖 5-6 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計

資料來源：NRI 整理

(一) 主要競價階段檔案架構與操作說明

主要競價階段之模擬檔案架構，依主持人與參加者操作需求，各自擁有獨立操作介面，並透過資料串接，於每回合即時更新各玩家頻率需求數量、回合是否存在超額需求與回合價格。主持人檔案串接三位參加者的操作檔案，參加者於各自檔案中輸入當回合的需求數量後，主持人檔案可即時讀取所有玩家之輸入結果，並於該檔案中進行超額需求檢核及回合價格計算。其中，主要競價階段之所有回合出價資訊，將完整記錄於紀錄檔，供後續補充競價階段及最終得標計算使用。

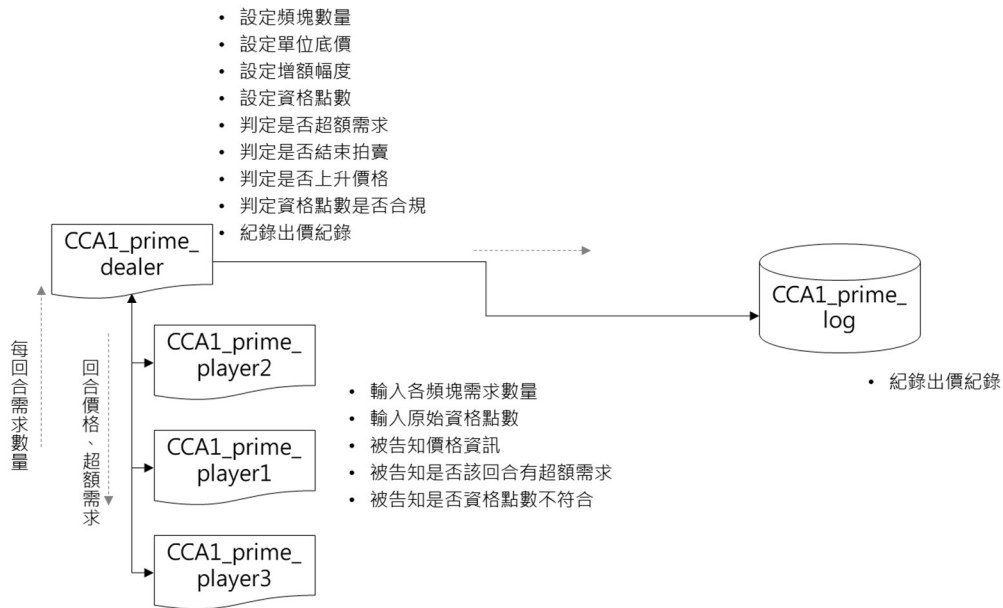


圖 5-7 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計—主要競價階段

資料來源：NRI 整理

主持人檔案為控制拍賣流程之核心檔案，負責起拍條件設定、彙整所有參加者需求、統一計算回合價格並判定拍賣進度。主持人可透過該檔案快速掌握整體拍賣進度，並確保每回合價格計算及拍賣狀態判斷符合拍賣規則。此設計除提升操作效率外，亦可避免因人工疏失而造成的計算錯誤。主持人首先可於 rules 工作表查看本次拍賣初始設定，包括各頻段之供給量、單位底價、價格增額幅度、資格點數與參加者之取得數量上限。

	A	B	C	D	E	F	G
	頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量	單位底價	增額幅度	資格點數 (每單位)	取得數量上限
1	A	10	8	1000	10%	1	4
2	B	10	8	1000	10%	1	4
3							
4							

圖 5-8 CCA 主要競價階段—主持人檔案操作說明(1/2)

資料來源：NRI 整理

於拍賣進行過程中，主持人檔案設有參加者1、參加者2、參加者3三個專屬工作表，分別連接各參加者檔案。主持人可即時讀取三位參加者於各回合輸入之需求數量，提供主持人完整檢視所有玩家需求之操作介面，協助主持人掌握即時出價情況。

而 rounds 工作表則再自動彙整所有上述參加者工作表之頻率需求量，並依據總需求量與供給量進行超額需求檢核。若當回合存在超額需求(Y)，系統將自動計算下一回合價格，並於 rounds 工作表即時顯示調整後回合價格，主持人無需手動輸入價格。若所有頻段於同回合皆無超額需求(N)，系統將自動判定拍賣結束(Y)。

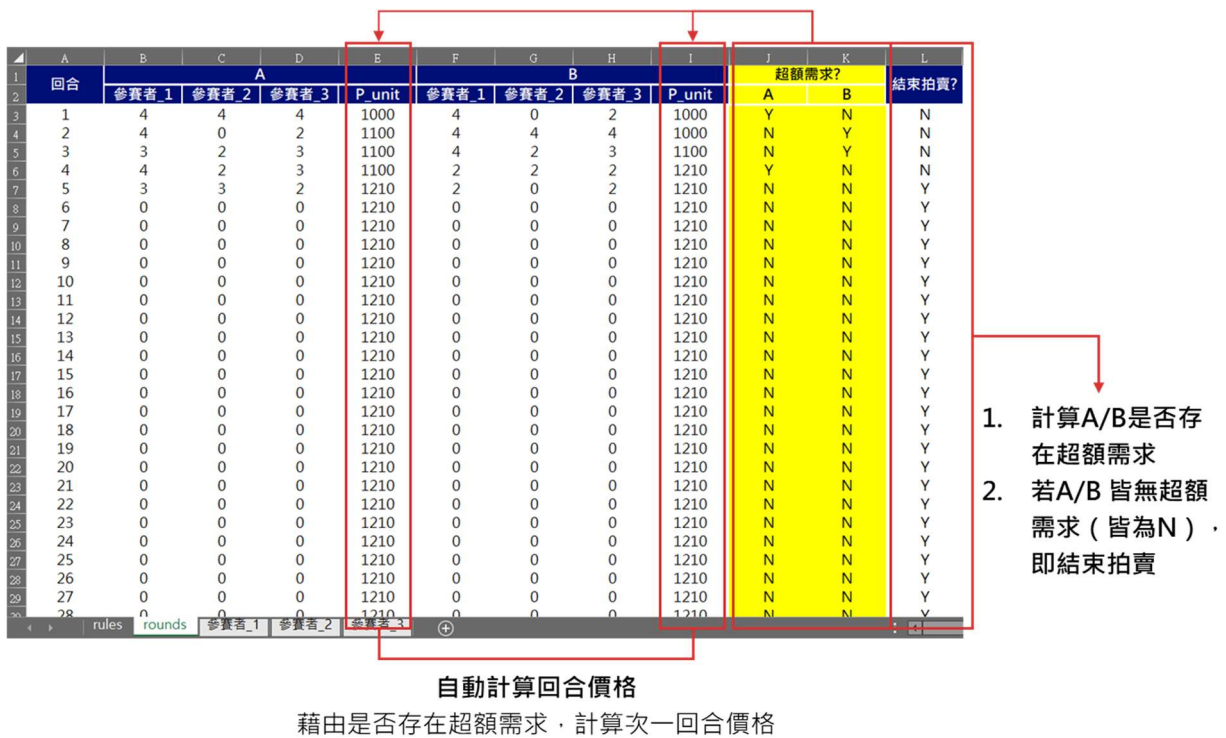


圖 5 -9 CCA 主要競價階段－主持人檔案操作說明(2/2)

資料來源：NRI 整理

參加者檔案為主要競價階段中，每位玩家專屬的操作介面。於每回合操作時，參加者須於個別檔案中，依據主持人檔案傳回的回合價格，逐回合輸入自身對 A 頻段與 B 頻段的需求數量，並全程於指定之對應回合欄位(白底欄位)內操作。系統將即時計算顯示組合之資格點數，並根據上一回合之資格點數，動態檢查是否符合資格上限，若資格點數超出規定，檔案將即時顯示不合格(FALSE)，提醒使用者修正輸入。此外，參加者可同步檢視主持人公告之各回合價格以及是否存在超額需求，方便了解拍賣進程，並進行出價策略調整。

顯示回合價格

自動計算組合資格點數
並檢核是否合規

顯示每回合
是否有超額需求

參加者1	只在白色底色的框內輸入				資格點數			資格點數合規?			超額需求?	
回合	A	價格	B	價格	資格點數	原資格點數	資格點數合規?	P.A	P.B	TTL	A	B
1	4	\$ 1,000.00	4	\$ 1,000.00	8	8	FALSE	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 8,000.00	Y	N
2	4	\$ 1,100.00	4	\$ 1,000.00	8	8	TRUE	\$ 4,400.00	\$ 4,000.00	\$ 8,400.00	N	Y
3	3	\$ 1,100.00	4	\$ 1,100.00	7	8	TRUE	\$ 3,300.00	\$ 4,400.00	\$ 7,700.00	N	Y
4	4	\$ 1,100.00	2	\$ 1,210.00	6	7	TRUE	\$ 4,400.00	\$ 2,420.00	\$ 6,820.00	Y	N
5	3	\$ 1,210.00	2	\$ 1,210.00	5	6	TRUE	\$ 3,630.00	\$ 2,420.00	\$ 6,050.00	N	N
6		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	5	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
7		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
8		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
9		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
10		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
11		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
12		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
13		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
14		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
15		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
16		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
17		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
18		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
19		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
20		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
21		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
22		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
23		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
24		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
25		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
26		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
27		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
28		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
29		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N
30		\$ 1,210.00		\$ 1,210.00	0	0	TRUE	\$ -	\$ -	\$ -	N	N

圖 5-10 CCA 主要競價階段－參加者檔案操作說明

資料來源：NRI 整理

(二) 補充競價階段檔案架構與操作說明

當主要競價階段結束後，拍賣將進入補充競價階段。補充競價階段之操作設計允許參加者自由提出多組補充投標組合，並於參加者專屬檔案中輸入各組合之需求數量與組合投標價格。補充投標須遵守資格點數上限及價格上下限規則，系統亦設

有公式自動計算每一補充組合之可接受價格範圍，協助參加者確認所提出之組合是否合規。

補充競價階段之模擬檔案設計，延續主要競價階段之結構，同樣依主持人與參加者操作需求，各自擁有獨立操作介面，並進一步強化補充組合資格檢核與價格限制計算之功能。然此階段主要以參加者檔案為核心操作介面，主持人檔案僅作為資料瀏覽與結果確認用途，不需額外操作，故於本階段不再詳述。次外，補充競價階段之所有組合出價資訊，也將完整記錄於紀錄檔，供後續最終得標計算使用。

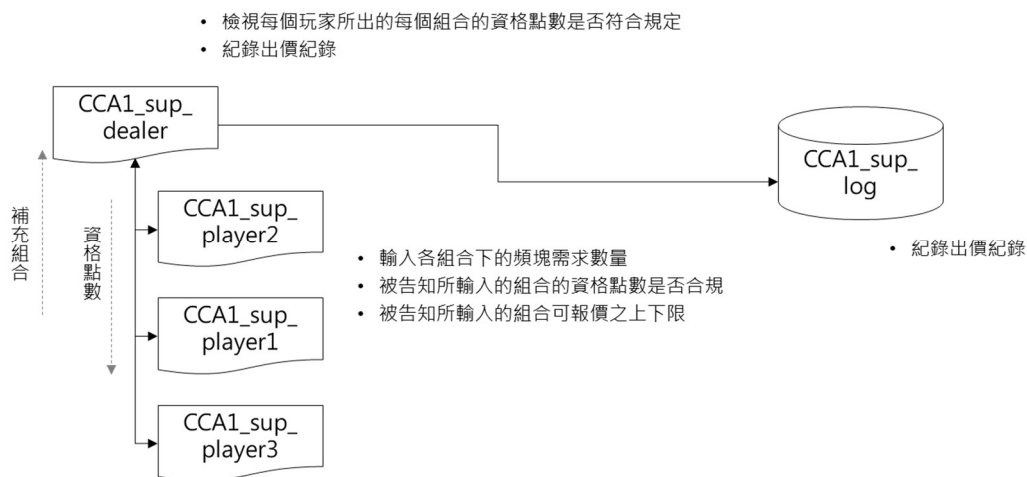


圖 5 -11 CCA 拍賣機制模擬檔案架構設計－補充競價階段

資料來源：NRI 整理

補充競價階段之參加者檔案中主要使用兩個工作表，供參加者檢視與後續價格限制計算之「主要階段回合記錄表」，以及「補充階段組合出價表」。前者串接主要競價階段參加者檔案，自動彙整該參加者於各回合的出價紀錄，主要作為後續補充組合可報價區間之計算基礎。於該工作表中，使用者不須進行任何輸入，僅作為瀏覽及計算之用途，協助參加者進行補充投標策略判斷。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	回合	A	PA	B	PB	資格點數	回合總價	組合
2	1	4	\$ 1,000	4	\$ 1,000	8	\$ 8,000	4A4B
3	2	4	\$ 1,100	4	\$ 1,000	8	\$ 8,400	4A4B
4	3	3	\$ 1,100	4	\$ 1,100	7	\$ 7,700	3A4B
5	4	4	\$ 1,100	2	\$ 1,210	6	\$ 6,820	4A2B
6	5	3	\$ 1,210	2	\$ 1,210	5	\$ 6,050	3A2B
7	6	0	\$ 1,210	0	\$ 1,210	0	\$ -	0A0B
8	7	0	\$ 1,210	0	\$ 1,210	0	\$ -	0A0B
9	8	0	\$ 1,210	0	\$ 1,210	0	\$ -	0A0B
10	9	0	\$ 1,210	0	\$ 1,210	0	\$ -	0A0B
11	10	0	\$ 1,210	0	\$ 1,210	0	\$ -	0A0B

圖 5-12 CCA 補充競價階段－參加者檔案操作說明(1/2)

資料來源：NRI 整理

參加者檔案於補充競價階段之操作重點在於「補充階段組合出價表」輸入補充組合的需求數量與對應組合總價。參加者可於指定輸入區(白底欄位)內，自由輸入多組 A、B 頻段組合及該組合的投標價格，每位參加者可根據自身拍賣策略提出多筆補充組合，且不受主要競價階段需求量限制，但必須符合取得數量、資格點數與價格限制規則，且每一組合最多只能提交一筆對應組合價格。

該工作表亦提供資格點數檢核區、數量上限檢核區及組合價格限制區。根據參加者輸入之各頻段需求數量，檢核該組合是否符合資格上限以及取得數量上限，不合規之投標將於系統中直接標示(N)，協助使用者確認是否需修正。組合價格限制區將自動依據參加者於主要階段各回合所提出的組合價格，計算每組補充組合之價格下限與上限。使用者輸入補充組合各頻段所需數量後，檔案中會同步顯示價格上下限範圍，協助使用者快速確認該組合可報價範圍，避免無效投標。

自動計算組合資格點數，並檢核
資格上限與數量上限是否合規

自動計算補充組合
可出價限制

參加者1				只在白色底色的框內輸入			Rule#26			Rule#27			Rule#5			Rule#29,30		Rule#31,32		計算輔助						
編號	A	B	組合報價	資格點數	檢核資格點數	檢核數量上限	價格下限	價格上限	補充組合	於主要階段 出價組合	參加者 階段回合	參加者 階段回合	組合	Z	RP=	P=	C=									
														ex-by	cc=dy	Z+RP+P	Z+RP+P									
1	4	4		8	-	-			4A4B	2	2	4A4B	\$ 8,400	\$ 8,400	\$ 8,400	\$ 8,400	\$ 8,400									
2	4	4		8	Y	Y	\$ 8,400	\$ 8,400	3A4B	3	3	3A4B	\$ 7,700	\$ 7,700	\$ 7,700	\$ 7,700	\$ 7,700									
3	3	4		7	Y	Y	\$ 7,700	\$ 7,700	4A2B	4	4	4A2B	\$ 6,820	\$ 6,820	\$ 6,820	\$ 6,820	\$ 6,820									
4	4	2		6	Y	Y	\$ 6,820	\$ 6,820	3A2B	5	5	3A2B	\$ 6,050	\$ 6,050	\$ 6,050	\$ 6,050	\$ 6,050									
5	3	2	\$ 8,000.00	5	Y	Y	\$ 6,050	無上標	1A1B	0	5	3A2B	\$ 8,000	\$ 2,420	\$ 6,050	\$ 4,370	\$ 6,050									
6	1	1		2	Y	Y	\$ 2,000	\$ 4,370	5A3B	0	2	4A4B	\$ 8,400	\$ 8,500	\$ 8,400	\$ 8,500	\$ 8,500									
7	5	3		8	Y	N	\$ 8,000	\$ 8,500	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
8	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
9	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
10	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
11	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
12	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
13	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
14	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
15	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
16	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
17	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
18	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
19	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
20	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
21	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
22	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
23	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
24	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
25	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
26	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
27	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
28	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
29	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									
30	0	0		0	Y	Y	\$ -	\$ -	AB	0	0	AB	0	0	\$ -	\$ -	\$ -									

參加者輸入
需求數量與組合報價

補充組合可出價限制之計算細節

圖 5-13 CCA 補充競價階段－參加者檔案操作說明(2/2)

資料來源：NRI 整理

(三) 最終得標組合計算檔案架構與操作說明

拍賣最終得標組合計算設有專屬主持人檔案 (CCA1_cal_dealer)，並區分為兩個工作表，分別為「出價紀錄 (log)」與「最終得標結果(result)」工作表，各自負責不同的功能與資料處理程序，協助使用者完成得標組合計算作業。

log 工作表主要負責自動彙整主要競價階段與補充競價階段，三位參加者於全程拍賣過程中所提出的所有投標組合。資料內容包含參加者編號(ID)、出價階段(S)、投標回合／組合編號(N)、各組合內 A 與 B 頻段的需求數量，以及該組合對應之出價價格(P)。log 工作表之設計已具備自動整合功能，使用者只需於前兩階段完成投標資料輸入，該工作表即可自動串接並同步更新所有參加者所有投標組合資訊，並確保主要競價與補充競價資料均完整納入，不需人工輸入或重複整理。此架構確保出價資料之正確性與完整性，並為後續最終得標組合選定提供計算基礎。

	A	B	C	D	E	F
1	ID	S	N	A	B	P
2	1	P	1	4	4	8000
3	1	P	2	4	4	8400
4	1	P	3	3	4	7700
5	1	P	4	4	2	6820
6	1	P	5	3	2	6050
7	1	P	6	0	0	0
8	1	P	7	0	0	0
9	1	P	8	0	0	0
10	1	P	9	0	0	0
11	1	P	10	0	0	0
12	1	P	11	0	0	0
13	1	P	12	0	0	0
14	1	P	13	0	0	0
15	1	P	14	0	0	0
16	1	P	15	0	0	0
17	1	P	16	0	0	0
18	1	P	17	0	0	0
19	1	P	18	0	0	0
20	1	P	19	0	0	0
21	1	P	20	0	0	0
22	1	P	21	0	0	0
23	1	P	22	0	0	0
24	1	P	23	0	0	0
25	1	P	24	0	0	0
26	1	P	25	0	0	0
27	1	P	26	0	0	0
28	1	P	27	0	0	0
29	1	P	28	0	0	0
30	1	P	29	0	0	0
31	1	P	30	0	0	0
32	2	P	1	4	0	4000

ID= 玩家識別碼
 玩家1的ID=1
 S= Stage
 表示出現該組合的階段
 P為主要競價階段
 S為補充競價階段
 第N個回合 / 組合
 回合 / 組合的數量與價格

圖 5 -14 CCA 最終得標組合計算操作說明(1/2)

資料來源：NRI 整理

result 工作表為計算最終得標組合之操作介面，使用者可於此工作表點選內建「計算最佳化組合(Cal)」按鈕，系統將自動執行巨集指令，篩選出所有有效投標組合中，合計總價值最高且符合拍賣規則之組合作為最終得標結果。計算結果將即時顯示於表單中，包含各參加者最終得標的 A、B 頻段數量及對應支付價格。使用者只需確認 log 工作表資料已同步，即可一鍵完成最終得標計算，無需人工比對或手動計算。

The image shows an Excel spreadsheet with the following content:

- Row 1: ~請按下鍵計算最佳化組合~
- Row 2: (empty)
- Row 3: Cal (button)
- Row 4: (empty)
- Row 5: (empty)
- Row 6: (empty)
- Row 7: (empty)
- Row 8: best (with arrow pointing to the first row of the results table)
- Row 9: best
- Row 10: best
- Row 11: (empty)
- Row 12: (empty)

The results table (rows 8-10) is as follows:

參加者	A量	B量	價格
1	3	2	\$8,000.00
2	0	4	\$4,840.00
3	4	2	\$6,600.00

圖 5 -15 CCA 最終得標組合計算操作說明(2/2)

資料來源：NRI 整理

最佳化計算以前節說明，主持人可以遵循前開說明的方式進行操作，以供操作演練來瞭解其原理。若有需要，亦可以使用 excel 檔案內巨集進行輔助，以找出最大化價格的組合。

```
Sub OptimizeAllocation_MaxPrice()
```

```
    Const SUP_A& = 8
```

```
    Const SUP_B& = 8
```

```
    Dim wsLog As Worksheet, wsRes As Worksheet
```

```
    Set wsLog = Worksheets("log")
```

```
    Set wsRes = Worksheets("result")
```

```
    Dim Combos(1 To 3) As Collection
```

```
    Dim pid&, i&, lastRow&, arrC As Variant
```

```
    For pid = 1 To 3
```

```
        Set Combos(pid) = New Collection
```

```
    Next pid
```

```
    lastRow = wsLog.Cells(wsLog.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
```

```
    For i = 2 To lastRow
```

```
        pid = wsLog.Cells(i, "A").Value
```

```
        'arrC(0)=RowIndex, (1)=A, (2)=B, (3)=Price
```

```
        arrC = Array(i, _
```

```
            wsLog.Cells(i, "D").Value, _
```

```
            wsLog.Cells(i, "E").Value, _
```

```
            wsLog.Cells(i, "F").Value)
```

```
        If arrC(1) <= 4 And arrC(2) <= 4 Then
```

```
            Combos(pid).Add arrC
```

```
        End If
```

```
    Next i
```

```
    Dim blank As Variant: blank = Array(0, 0, 0, 0)
```

```
    For pid = 1 To 3
```

```
        Combos(pid).Add blank
```

```
    Next pid
```

```

Dim bestP#
Dim bestRows$

bestP = -1

Dim c1 As Variant, c2 As Variant, c3 As Variant
Dim totA&, totB&, totP#

For Each c1 In Combos(1)
    For Each c2 In Combos(2)
        For Each c3 In Combos(3)

            totA = c1(1) + c2(1) + c3(1)
            totB = c1(2) + c2(2) + c3(2)

            If totA <= SUP_A And totB <= SUP_B Then
                totP = c1(3) + c2(3) + c3(3)

                If totP > bestP Then
                    bestP = totP
                    bestRows = Join(Array(c1(0), c2(0), c3(0)), ",")
                End If
            End If
        Next c3
    Next c2
Next c1

wsRes.Range("C8:F1000").ClearContents

If bestP < 0 Then
    MsgBox "找不到任何可行組合!", vbExclamation
Exit Sub
End If

```

圖 5 -16 CCA 最終得標組合計算巨集

資料來源：NRI 整理

三. CCA 模擬流程與拍賣腳本設計

在本次模擬操作設計中，拍賣全流程均透過 Excel 檔案進行。採用多人(多檔案)串接互動模式，扮演主持人的人員於主持人檔案中輸入初始拍賣設定後，後續該檔案便會串接其他檔案自動調整回合價格、整合出價資訊，以及確認超額需求。扮演參加者的人員依據回合價格於自身檔案中輸入需求數量，並須確保資格點數符合規範。當主要競價階段結束後，參加者得進入補充階段，於個別檔案中輸入多補充組合及投標價格，最終主持人可透過系統內建之巨集功能，快速計算出總價值最高之得標組合，或以手動方式進行驗證。

為利於主管機關與業者於模擬操作及後續政策溝通中，能迅速掌握拍賣流程及出價邏輯，本計畫設計範例「拍賣腳本」作為輔助說明工具。腳本包含拍賣起始條件設定、參加者需求輸入、資格點數管理、回合價格計算、超額需求判斷及補充投標組合設定等全流程示範。透過腳本設計，主持人可依腳本逐步引導參加者進行拍賣模擬，並於各操作環節即時說明拍賣規則及價格調整邏輯；參加者亦可透過腳本操作練習，理解資格點數動態限制與補充標單價格上下限之計算方式，有效提升政策說明效率，協助業者於短時間內建立正確操作概念。

本次拍賣腳本設計，基於以下拍賣初始參數進行設定。拍賣標的分為兩種頻段類別，分別為 A 類頻段與 B 類頻段，每個頻段之單位頻寬均為 10 MHz，且 A、B 兩類頻段各提供 8 塊供競標使用。本次設定之單位底價為每塊 1,000 元，A 與 B 兩類頻段適用相同底價，價格增額幅度設定亦皆為每回合 10%，即當某頻段於該回合存在超額需求時，其下一回合價格將自動上升 10%，若該頻段無超額需求則價格維持不變。資格點數設計方面，A 與 B 頻段每塊所需資格點數皆為 1 點；每位參加者在 A、B 頻段之最大可取得

數量上限則皆為4塊，參加者於各頻段之投標需求量，須符合資格點數及數量限制。

頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量(塊)	單位底價	增額幅度	資格點數 (每塊)	取得數量上限
A	10	8	1000	10%	1	4
B	10	8	1000	10%	1	4

頻段：A與B 單位頻塊：10 MHz 供給量：A與B各8塊 單位底價：A與B各為1,000元 增額幅度：A與B每回合(若有超額需求)皆上升10% 資格點數(每塊)：A與B每塊1點 取得數量上限：A與B各4塊

圖 5-17 CCA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定

資料來源：NRI 整理

拍賣腳本中的主要競價階段設計共進行五個回合，參加者於各回合根據單位價格動態調整需求量，並依資格點數規則進行合規投標。於第一回合，A與B頻段之單位價格皆為底價1,000元，三位參加者在此價格下需求積極，尤其於A頻段，需求分別皆為4塊，出現超額需求(Y)；B頻段需求則分別為4、0、2塊，未出現超額需求(N)。由於有超額需求，根據拍賣規則，A頻段於第二回合價格調升10%至1,100元，B頻段價格則因總需求不超過供給量，價格持平。

進入第二回合，參加者1保持4A4B的需求組合，參加者2與3則因為A頻段的價格上升，進行A、B頻段的需求轉換，分別為4B及2A4B。本回合轉為B頻段存在超額需求而A未有超額需求，因此B價格於第三回合上調至1,100元、A價格保持不變。自第三回合，隨價格皆上升至同樣水平，各參加者開始都有調整需求的情

況，三位玩家針對 A、B 頻段分別提出 3A4B、2A2B、3A3B 的組合，但 B 頻段仍存在超額需求因此價格上升至 1,210 元。第四回合後，轉由 A 頻段具超額需求，價格於第五回合同樣上升至 1,210 元。第五回合中，所有參加者之需求量進一步下降，A 頻段需求為 3、3、2 塊，B 頻段需求為 2、0、2 塊，此回合兩頻段皆無超額需求，根據拍賣規則，主持人宣告主要競價階段結束並進入補充競價階段。

回 合	A 需要量				B 需要量				超額需求?		結 束 拍 賣?
	參加者 1	參加者 2	參加者 3	單位價格	參加者 1	參加者 2	參加者 3	單位價格	A	B	
1	4	4	4	1,000	4	0	2	1,000	Y	N	N
2	4	0	2	1,100	4	4	4	1,000	N	Y	N
3	3	2	3	1,100	4	2	3	1,100	N	Y	N
4	4	2	3	1,100	2	2	2	1,210	Y	N	N
5	3	3	2	1,210	2	0	2	1,210	N	N	Y

回 合	參加者 1			參加者 2			參加者 3		
	A 需要量	B 需要量	資格點數	A 需要量	B 需要量	資格點數	A 需要量	B 需要量	資格點數
1	4	4	8	4	0	4	4	2	6
2	4	4	8	0	4	4	2	4	6
3	3	4	7	2	2	4	3	3	6
4	4	2	6	2	2	4	3	2	5
5	3	2	5	3	0	3	2	2	4

圖 5-18 CCA 拍賣機制腳本設計—主要競價階段

資料來源：NRI 整理

進入拍賣腳本之補充階段，參加者 1 於補充競價階段提出之標單中共提出 5 組補充組合，包含其於主要階段中曾出過的編號 1 至 4 的組合，以及未於主要階段中出過 1A1B 的全新組合(編號 5)。如上一小節補充競價階段規則設計所述，補充組合皆受到資格點數的限制，因此其 5 組補充組合資格點數皆未大於該參加主要階段

第一回合的資格上限8。亦受到價格上下限的限制，以編號5的1A1B 組合標單為例，由於該參加者未曾於主要階段中出過該組合，因此該組合價格下限為其底價加總2,000(1*1,000+1*1,000)元；若再以編號3的組合標單為例，參加者1提出4A2B 的組合，曾於主要階段出現過的最高組合總價為6,820元(4*1,100+2*1,210)，即為該補充組合之價格下限。此外，編號3的組合資格點數為6，其於主要競價階段中價的回合為第5回合(該回合資格上限為前一回合的資格點數6)，該回合頻段組合為3A2B，組合回合總價 P 為6,050(3*1,210+2*1,210)；若以該回合頻段單價(A、B 皆為1,210元) 乘上該補充組合4A2B 數量加總為7,260元；而參加者1於主要及補充競價階段中皆曾對3A2B 分別出過6,050元(第5回合)及8,000元(編號4組合)，因此取最高價格8,000原為 Z；因此，使用規則中 $Z+RP-P$ 公式計算編號3的組合價格上限為 $8,000+7,260-6,050=9,210$ 。也就是說，參加者1於補充階段中提出的4A2B 組合僅可出價於6,820~9,210元間(包含上下限)。參加者2與參加者3的補充組合報價標單亦同樣遵守上述資格點數與上下限之限制。

參加者 1 提出之補充競價階段標單

編號	A 量	B 量	組合價格	於主要階段出現回合	價格下限	資格點數	主要階段參考回合	價格上限	Z	RP	P
1	4	4	8,400	2	8,400	8	3	8,800	7,700	8,800	7,700
2	3	4	7,700	3	7,700	7	4	8,140	6,820	8,140	6,820
3	4	2	6,820	4	6,820	6	5	9,210	8,000	7,260	6,050
4	3	2	8,000	5	6,050	5	5	無上限	8,000	6,050	6,050
5	1	1	4,370	0	2,000	2	5	4,370	8,000	2,420	6,050

參加者 2 提出之補充競價階段標單

編號	A 量	B 量	組合價格	於主要階段出現回合	價格下限	資格點數	主要階段參考回合	價格上限	Z	RP	P
1	4	0	4,400	1	4,000	4	5	5,210	4,000	4,840	3,630
2	0	4	4,840	2	4,000	4	5	5,210	4,000	4,840	3,630
3	2	2	4,620	4	4,620	4	5	5,210	4,000	4,840	3,630
4	3	0	4,000	5	3,630	3	5	無上限	4,000	3,630	3,630
5	1	2	4,000	0	3,000	3	5	4,000	4,000	3,630	3,630

參加者 3 提出之補充競價階段標單

編號	A 量	B 量	組合價格	於主要階段出現回合	價格下限	資格點數	主要階段參考回合	價格上限	Z	RP	P
1	4	2	6,600	1	6,000	6	4	6,820	5,720	6,820	5,720
2	2	4	6,600	2	6,200	6	4	7,040	5,720	7,040	5,720
3	3	3	6,600	3	6,600	6	4	6,930	5,720	6,930	5,720
4	3	2	5,720	4	5,720	5	5	6,210	5,000	6,050	4,840
5	2	2	5,000	5	4,840	4	5	無上限	5,000	4,840	4,840

圖 5-19 CCA 拍賣機制腳本設計—補充競價階段

資料來源：NRI 整理

本次拍賣模擬所計算之最終得標組合，係依據所有有效投標資料，包含主要競價階段與補充競價階段，選取總價值最高之組合作為得標結果。最終得標組合涵蓋三位參加者，且每位參加者最多僅能有一組組合得標，並確保所有頻段配置數量符合拍賣供給總量及各參加者之數量上限。根據模擬結果，參加者1得標 A 頻段3塊、B 頻段2塊，支付價格為8,000元；參加者2得標 B 頻段4塊，支付價格為4,840元，並未得標 A 頻段；參加者3得標 A 頻段4塊、B 頻段2塊，支付價格為6,600元。三位參加者之總得標量分別為 A 頻段7塊、B 頻段8塊，均未超過原供給量。

最終得標組合：

	A 量	B 量	支付價格
參加者 1	3	2	8,000
參加者 2	0	4	4,840
參加者 3	4	2	6,600
總計	7	8	19,440

圖 5 -20 CCA 拍賣機制腳本設計－最終得標組合

資料來源：NRI 整理

透過本次模擬流程與拍賣腳本之設計，可提前驗證拍賣規則之操作可行性，評估不同市場情境下可能出現的投標策略，並了解各拍賣參數設定對最終得標價格與頻譜配置結果之影響。本模擬工具亦有助於政策溝通、業者操作訓練與拍賣前測試，為未來可能採行之拍賣制度奠定完善基礎。後續本計畫亦將同步開發 SMRA 與 CA 拍賣腳本，俾利進一步全面比較各拍賣制度之特性與適用性，協助主管機關選擇最符合我國市場需求之拍賣模式。

四. CCA 模擬拍賣教育訓練情形及業者意見交流

本計畫已於6月18日順利辦理第一次拍賣機制之業者座談會，並以業者較不熟悉的組合價格鐘拍賣(CCA)為主軸，向業者詳細說明拍賣規則、操作流程及模擬檔案架構，同時安排實際操作演練，協助業者熟悉模擬檔案與競價步驟，透過此次座談會，業者可初步掌握 CCA 模式之核心概念與模擬流程。

在本次委託單位及業者之模擬操作與討論過程中，亦逐步累積出多項值得後續深入研議之議題，作為未來拍賣制度優化之重要參考。例如，現行設計於每回合結束後，是否應揭露超額需求數量，或僅公告有效投標總數(家數)，尚存不同意見，公開資訊的多寡將直接影響參加者之投標策略。再者，資格點數初期設定方式亦有待討論，是否應如英國以各自押標金額比例計算，但拍賣機關可能須考量金額保密機制的配套措施，或應統一採取相同初始資格點數，對於資格管理及拍賣公平性具有不同影響。此外，支付價格機制選擇亦為重要設計考量，需進一步評估採最高價格(即得標者實際報價)或次高價格之適用性與市場誘因。另補充競價階段之密封標單是否於位置競價前即公開，或應待整個拍賣程序完全結束後再公告，亦攸關拍賣資訊透明度與策略性行為之可能性，此議題亦將於後續拍賣機制設計中持續研析。第一場座談會詳細問答如下表：

表 5-1 第一次座談會 Q&A 詳細列表

編號	問題	回應
1	案例裡頻譜上限 50% 是否與 119 年釋照有關聯？	頻率上限僅供模擬使用。(補充回答：119 年釋照維持 1/3 上限較不合理)
2	每回合揭露超額需求時，將揭露什麼資訊？	拍賣主持人將說明如下：本回合有效投標數為 N 個，其中 A 或 B 有超額需求。
3	資格點數是否可以互用？	不同頻塊之間的資格點數可相互流用交換，只要每回合使用的資格點數總和不超過前一回合總和，即不構成違規。
4	主要競價階段失去資格後，之前所出的標價組合是否仍被記錄為決定得標組合的候選組合？	是，惟主要階段失去資格將影響後續補充回合出價的價格上限及在計算決標組合時因價格最大化計算時因價格過低而較無競爭力。
5	資格點數的取得方式為何？	如 Ofcom 例子，資格點數於主要競價階段開始前提出押金以取得資格數。
6	若主要階段最終回合的需求少於供給，是否流用至補充回合進行？	是，可於補充階段對這些供給塊數提出補充組合標單。
7	補充回合的密封標單，是否於位置競價前將所有紀錄公開？	在整合拍賣階段結束後才會公開，然細節可進行調整。
8	CCA 較 SMRA(改良型)較優為何？	CCA 可以有效減少拍賣回合數。(補充：119 年釋照時面臨 700、

編號	問題	回應
		900MHz 多頻段問題，若使用 CCA 和資格點數可以增強業者對欲得標頻段的彈性)
9	同頻段的價格是否會因業者不同階段裡出價而造成支付的價格不同？	將有可能發生；但由於在拍賣決定頻譜價值時，背後有其邏輯(與範例隨機出價關聯性較低)，因此發生何情形的機會雖有，但價格差異不會甚大。
10	英國於 2012 拍賣後即不再使用 CCA，因為其計算太複雜，我國若採用是否合乎？	Ofcom 不再採取 CCA 非單一因素而成，且太複雜是其業者反應意見，非 Ofcom 放棄使用的原意；團隊將持續因就我國特性對機制進行修改，以合適於我國落地。
11	瑞士使用 CCA 拍賣時曾經出現該組合得標價格較當時其他業者提出的組合低？	瑞士 CCA 案例或有其他規則或條件造成其原因出現，由於目前所模擬的 Ofcom 案例為價格最大化得標，因此按其邏輯除非頻寬持有上限等的限制因素，才會造成計算得標組合時無法獲得最大化價格得標。(補充：CCA 將根據我國情況調整，以避免其他國家不公平的情況)
12	119 年釋照是否考慮以 CCA 作為拍賣方式？	尚未確定 119 年最終拍賣方式，考慮採用 CCA 主要是為了避免 SMRA 曾出現的問題；且具體細節可照我國國情調整。

資料來源：NRI 整理

未來本計畫將持續蒐集業者於實際操作過程中之技術建議與使用回饋，透過滾動式修正與優化，進一步完善 CCA、SMRA、CA 各拍賣模式之模擬程式，並強化系統操作便利性與模擬準確性。透過多輪座談交流與持續檢討，期能協助主管機關逐步建立更符合我國市場結構及政策需求之頻譜拍賣制度，提升拍賣程序公平性、操作性與政策適配性，為我國未來頻譜管理奠定良好基礎。

第三節 CA 拍賣模擬

根據前章所述，CA 與改良型 SMRA 的界限逐漸模糊，這兩個機制確實有可以截長補短的互補之處。因此，雖然過去我國業者對改良型 SMRA 較為熟悉，本次模擬規則仍有加入一些重大改變。本計畫已於第二次座談會中向業者詳細說明 CA 拍賣架構、競價流程及操作方式，協助業者初步理解並實際練習 CA 競價過程。

一. CA 拍賣規則與機制設計

過去 CA 拍賣制度的最大特色，在於所有頻段皆以同回合價格 (uniform price) 進行拍賣，競價人只需要提出所需的該頻段數量以參與競價；操作簡單使競價人學習成本低，也較低操作風險。惟 CA 拍賣制度過去多以一個頻段作為拍賣標的，在釋出更多頻段的情況下難較整體進行處理。根據經濟學家 Ausbel 與 Cramton 在《Demand Reduction and Inefficiency in Multi-Unit Auctions》⁴⁹ 中指出，使用同回合價格在多個頻段 (Multi-Unit) 的拍賣中，競價人可能因此進行策略性的減少提出需求 (Demand Reduction) 以抑制價格的競價操作。在本計畫所參考的 CA 規則設計中，設計有對需求變化判定是否接受的機制，因此會有並非所有競價人在競價過程中減少需求量都會被接受的情況；雖未有研究實證此機制有效於防止以上不效率行為，惟至少可以從防止不合理需求減少方向出發。

本計畫模擬所採用的價格鐘拍賣 (CA) 設計，主要依循英國 Ofcom 於 2025 年頻譜拍賣制度，並針對我國市場情境及模擬教學需求進行簡化。整體拍賣流程包含兩個主要階段，分別為數量分配階段以及位置分配階段，其中本次模擬重點聚焦於前者，尤其是數量分配階段與我國過去使用的回合上升規則都較有不同之處。而位

⁴⁹ Ausbel, Cramton (2002), Demand Reduction and Inefficiency in Multi-Unit Auctions

置分配階段則由於操作設計與我國5G改良型 SMRA 作業邏輯相似，故不再重複建置模擬。

本次模擬的 CA 規則與傳統使用的價格鐘拍賣差異主要體驗於：1)競價人提出每回合投標時，所需要遞交的資訊較多、2)新增了標單判定的規則及3)因就判定結果而調整價格上升幅度的規則。前章本計畫已對相應的拍賣案例進行整體說明，下節主要圍繞於有操作差異的部分進行說明。

(一) 標單判定規則設計

數量分配階段的進行方式採同時、多回合、上升價格的競價模式，且同時有各類別頻段進行拍賣(如25GHz、40GHz)，並各類別頻段皆有其取得上限及其資格點數。相同於上節 CCA 的說明與基本規則，CA 同樣要求競價人第一回合必須出價，並設有資格點數下降不可逆制度，以此鼓勵競價人應提出真誠需求。

本次模擬的 CA 拍賣制度相較於其他拍賣方式的一項特殊設計，在於其引入「投標判定(Bid Selection)」機制，作為競價人提出需求變化時所需要遵循的規則。在競價人提出標單時，對於所需要數量有變化時(第一個回合的所有標單都會被接受)，將會接受一個系統邏輯的判定，以判定是否接受其所提出的數量變化需求。

因此，有別於僅提出對該頻段所需求的數量，競價人需要提出「維持」、「增加」及「減少」的標單。「維持」需求代表於目前所提出的且已被接受的需求量將接受該回合價格；比如說若在本回合提出2個需求量被接受時，當進入下一回合時價格上升，競價人仍維持此對2個的需求，就應該提出「維持」標單。「增加」需求代表於該回合在此頻段上需求提高，在不違反資格上限條件之下，提出增加頻段需求量的標單；比如說競價人原本於本回合僅提出1個需求量，當進入下一回合時希望在下一回合價格的情況下增加需求量使需求量變為2個時，就應該提出「增加」標單。「減少」需求代表於目前所提出的

且已被接受的需求量，在上升到下一回合價格時，競價人不希望再維持此對2個的需求，就應該提出「減少」標單。

在競價人有機會提出增加或減少的標單時，即有機會對目前的需求量進行調整。然而，這些提出需求量的變化都必須經過接受與否的判斷，而判斷邏輯主要為競價人對提出該標單的需求量變化是否會使整體超額需求小於0。若第一回合結束時超額需求為1，而第二回合有競價人提出減少2個需求量，使超額需求降為-1時，除非有其他競價人提出增加標單而其亦不違反資格點數限制而被接受時，則因接受其減少標單會使超額需求小於0，則競價人該標單的數量變化不會被接受或被部分接受，然超額需求不會降為負值。

除了提出以上三種需求量變化(或不變化)的標單外，競價人在提出「增加」或「減少」標單時也應該提出價格點。價格點是協助競價的價格發現過程更為精準的機制，其區間是在當前回合價格至當前回合價乘以(1+增額幅度)之間。競價人需要在提出標單種類(維持、增加及減少)及頻段需求數量時，同時也提出一個投標價格，而這個價格是競價人在上開所說明的價格區間裡做選擇。這個投標價格會被使用於計算價格點(Price Point)，價格點是決定每個標單判定順序的依據；其計算方式是由投標價格與起標價格的價差除以回合價格與起標價格的價差再乘以100：

$$\frac{\text{投標價格} - \text{起標價格}}{\text{回合價格} - \text{起標價格}} * 100 = \text{價格點}$$

比如說，競價人甲在第 n 個回合投標金額為1,100元，該回合起標價格為1,000元，增額幅度為20%，即回合價格1,200元；因此競價人甲該標單的價格點為50。標單判定過程會根據競價人提出標單的價格點作為排序，價格點越低的標單會被排在越前面，若價格點點數相同，則以隨機決定先後順序。

系統會根據這個順序對標單進行判定。除了以上之外，競價人還需要提出該標單是否屬於「全或無」，「全或無」的意思為

競價人的標單在判定過程中，拍賣人判定其是否接受時，競價人只接受其全部接受該標單或亦可以接受僅部分接受該標單。意即，若本回合競價人甲提出需求量希望從2減少為0時，若競價人甲同時提出該標單為是「全或無」標單，則競價人不可以只接受部分數量的變化。比如說，若本回合競價人甲提出需求量希望從2減少為0時，若目前超額需求僅為1，則因為全部接受此標單會使超額需求降為-1，因此會接著檢查是否可以只接受數量變化1，則部分接受標單而超額需求為0，不為負值；然而競價人提出的該變化量為-2的標單為「全或無」標單，則不接受系統判定只部分接受-1的變化，因此該標單會被暫列為不接受。若在下一個判定順序的標單有增加標單，使超額需求增加，則競價人的-2標單被再次判定時可能因超額需求量的增加而使其標單可能被重新接受。

因此，所有競價人的每張標單判定結果會有「全部接受」、「部分接受」及「不接受」三種結果。而根據價格點排位順序進行逐一判定，因此在系統裡會建立一個暫存標單順序清單。在進行判定時若有標單被全部接受，則該標單會在清單中被移除，不需要再接受判定。而當在清單裡有標單被全部接受或部分接受時，清單都會回到最前面的順位重新判定(已被移除的標單就不在清單裡了)，一直到當所有標單都已經檢視過，判定順序已經來到最後一位且不再觸發因全部接受或部分接受而回到清單最前面順序的時候，則該回合的整個判定流程結束。

(二) 回合價格上升規則設定

本案例使用的價格鐘回合價格上升方式稍與其他方式有所不同，也屬於本次模擬的一大特色。我國過往使用的拍賣皆在每回合設定一個固定幅度往上升，而為了使價格發現過程更為平滑，且使逼近極限值時更為準確，皆使用較小固定幅度的上升方式；惟本次模擬中，上升幅度會視每回合判定後的情況進行調整。本次模擬中，第一回合仍然同樣地使用底價作為該回合起始價格(Opening Price)，惟第二回合後的回合上升幅度視情況而定。當超額需求大於0時，則使用已設定的固定幅度往上升價，即起始價格 $\times(1+\text{固定幅度})$ 作為本回合的被接受金

額(Posted Price)。當超額需求小於 0 時，則不會往上升價，維持回合起始價格。當超額需求等於 0 時，則需要視該回合是否有被接受的減量標單：若無，則不會往上升價，維持回合起始價格；若有，則會在所有被接受的減量標單中尋找投標金額的最大值，作為本回合的被接受金額及下回合的起始價格。

二. CA 模擬檔案架構與操作說明

本計畫 CA 拍賣機制模擬之設計，旨在協助主管機關與業者實際拍賣之操作流程，並深入了解各拍賣階段之規則與出價邏輯。為此，本計畫開發一套 CA 模擬檔案，採用 Excel 為操作平台，並依據上述規則設計之拍賣階段及參與角色，分別建置各階段與角色檔案，形成具有互動性的模擬架構。

本次 CA 模擬系統之操作設計，明確區分主持人與參加者之角色，並依實際拍賣流程建立人員互動架構。拍賣操作流程以四人操作為基礎，一位主持人(Dealer)負責整體拍賣進度控制與資料整合，為拍賣操作核心角色，需負責進行計算價格點、進行標單排序、進行標單接受判定過程、計算每回合底價、宣告每回合價格、確認資格點數是否合規、判斷是否存在超額需求以及控制拍賣進入下一回合或結束階段；亦可以即時讀取所有參加者所輸入的需求數量及資格點數，並依據系統設計之檢核規則，確認是否符合拍賣規範。三位參加者則各自於同一檔案中的各自分頁操作，於每回合根據公告價格輸入需求數量、選擇標單類型及提出投標金額，並查看主持人公佈的相關資訊。參加者可於各自分頁中查閱當回合公告價格及是否存在超額需求，並透過系統設計之輔助功能檢核資格點數、價格點、標單是否被接受、提出需求量目前被接受的數量。

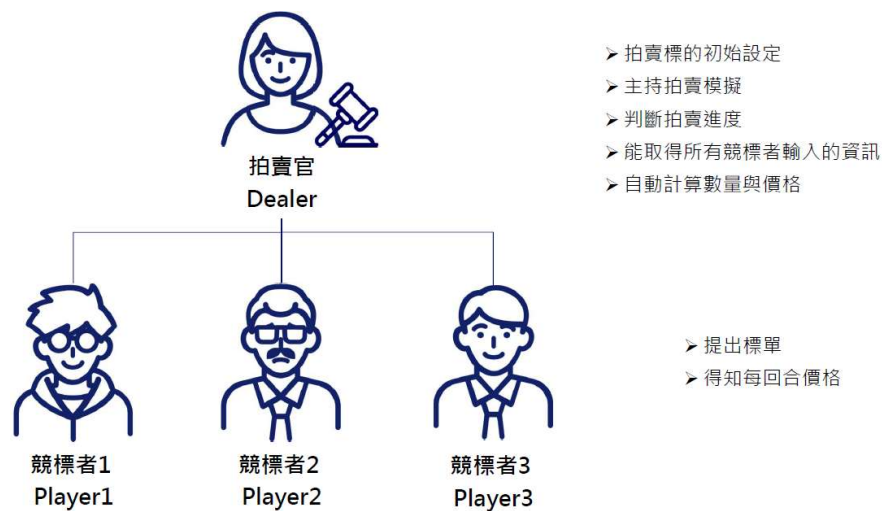


圖 5 -21 CA 拍賣機制模擬檔案角色設計

資料來源：NRI 整理

惟請注意，由於 CA 模擬僅一個數量分配階段，因此檔案設計架構上以主持人及參加者們集合使用一個檔案。本次拍賣模擬所建置之 CA 模擬檔案，係依拍賣流程與上述參與角色設計，形成分階段且資料流自動串接的檔案架構。整體模擬系統分為一個數量分配階段，除了每位參加者有其專屬的輸入標單資訊分頁外，並於每個回合間設置主持人專用的巨集操作檔案，以輔助標單判定流程。

整個模擬檔案包含設定分頁、主持人分頁、三位參加者分頁及判定輔助分頁。設定分頁由主持人負責拍賣初始設定；主持人分頁可以協助主持人統整各參加者之需求量、計算回合價格、判定超額需求及控制拍賣進度；參加者分頁由參加者扮演人員分別於個別分頁中輸入回合需求數量、投標金額及選擇是否全或無標單，並依回合價格動態調整需求；判定輔助分頁由主持人依參加者提交的標單進行排序、判定是否接受、計算接受後暫時回合數量分配狀態及計算回合價格。

以下介紹檔案中各分頁：Rules 分頁係供主持人設定頻段頻塊供

給量、底價、資格點數上限及增額規則的競價初始設定頁面；Round_players 係供三位參加者輸入每回合標單資訊，提供對每頻段需求數量、投標價格及「全或無」的資訊，以及這個分頁裡可以供參加者檢查其資格點數是否合規、其價格點的計算結果、其提出頻段需求量對應的標單種類、其每回合被接受的結果、每回合的起始價格及回合價格；以上參加者提供的資訊會連結到 bids 分頁，bids 分頁係供主持人檢查所有參加者提供的標單資訊的頁面，主持人可以在這個分頁裡統一檢查參加者提出的標單資訊是否合規；每回合標單資訊會被讀取至 sort 分頁，sort 分頁係供主持人對所有標單進行價格點排序的分頁；排序結果會被連結至 accept 分頁，accept 分頁係供主持人對已排序的標單順序清單進行投標判定的分頁，這個分頁會計算所有投標判定後的接受狀態並提供判定結果，accept 分頁的資訊會被連結到 bids 分頁，供主持人進行查閱及連結回參加者各自的頁面裡進行每回合資訊揭露；Control 分頁係供主持人控制回合進行的頁面，主持人在這個分頁會進行回合進度的選擇；price 分頁係供主持人計算該回合價格的分頁，由於 CA 競價模擬規則會視向個參加者提出的價格作為均衡價格的參考，則若符合超額需求條件，每回合都需要找出所有被接受的減少標單中的投標金額，因此 price 分頁就是協助主持人找到這個規則的分頁。

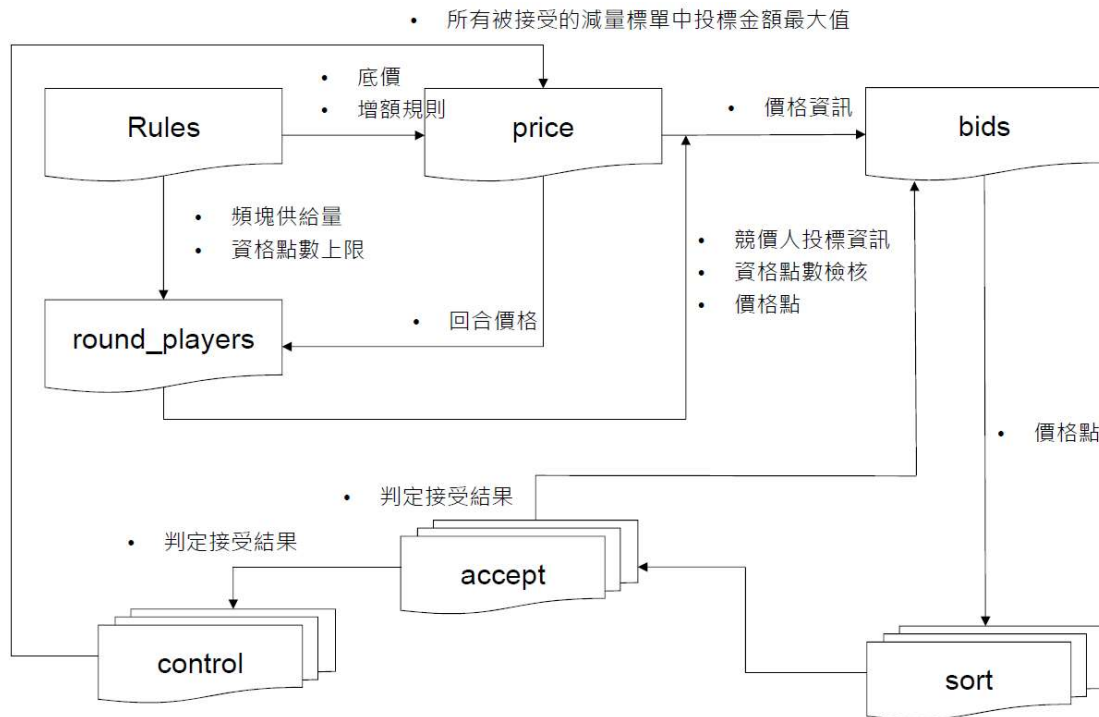


圖 5-22 CA 拍賣機制模擬檔案架構設計

資料來源：NRI 整理

(一) 數量分配檔案架構與操作說明

數量分配模擬檔案架構，依主持人與參加者操作需求，各自擁有獨立操作介面，並透過資料串接，於每回合即時更新各玩家頻率需求數量、價格點、判定結果、回合是否存在超額需求與回合價格。主持人分頁串接三位參加者的操作分頁，參加者於各自分頁中輸入當回合的需求數量後，主持人分頁可即時讀取所有玩家的輸入結果，並於該分頁中進行超額需求、資格點數、判定結果、回合價格的檢核及價格點的計算；並在分頁中使用各式巨集輔助判定工作：依價格點進行排序、判定迴圈的使用、查找提名價格。

主持人分頁為控制拍賣流程的核心檔案，負責起拍條件設定、彙整所有參加者需求、統一計算回合價格並判定拍賣進度。主持人可透過該檔案快速掌握整體拍賣進度，並確保每回合價格計算及拍賣狀態判斷符合拍賣規則。此設計可以協助主持

人在主持競價模擬時進行判斷及檢查參加者提出的標單是否合乎規則。

主持人首先可於 rules 工作表查看本次拍賣初始設定，包括各頻段之供給量、單位底價、價格增額幅度、資格點數與參加者之取得數量上限。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	主持人							
2								
3	拍賣者輸入標的相關設定							
4								
5	頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量	單位底價	報價金額 單位	增額幅度	資格點數 (每單位頻塊)	取得數量 上限
6	A	10	8	1,000	10	10%	1	4
7	B	10	8	800	10	10%	1	4

圖 5-23 CA 主持人檔案操作說明—rules 分頁

資料來源：NRI 整理

於拍賣進行過程中，主持人分頁設有參加者投標資訊的統整表格，分別連接各參加者的輸入分頁。主持人可即時讀取三位參加者於各回合輸入的需求數量及投標金額，提供主持人完整檢視所有玩家需求之操作介面，協助主持人掌握即時出價情況。bids 工作表是主持人可以查看所有競價模擬所需要的分頁，工作表會自動彙整所有上述參加者工作表之頻率需求量，並依據總需求量與供給量進行超額需求檢核。從左到右說明這個分頁，可以分為五個區塊：1)檢查參加者投標資訊、2)檢查每個標單的判定結果、3)檢查參加者資格點數、4)檢查超額需求及5)檢查價格點及標單種類。以下分區塊說明之。

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

The screenshot displays a complex data table for an auction. The table has columns labeled A through AH. The data includes bid amounts, player names, and various status indicators. Four red callout boxes are overlaid on the table:

- 檢查參加者投標資訊**: Located in the lower-left quadrant, pointing to columns containing bidder information.
- 檢查判定接受狀態**: Located in the lower-middle, pointing to columns with acceptance status.
- 檢查參加者資格點數**: Located in the lower-right, pointing to columns with qualification points.
- 檢查價格點及標單種類**: Located in the lower-right, pointing to columns with price points and bid types.

圖 5-24 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(1/5)

資料來源：NRI 整理

首先，1)及2)這個兩個區塊可以依主持人觀察每回合的各個價格，以協助判定目前升價情形，1.的部分從 price 分頁以函式串接了每回合的價格計算結果至欄位裡；2.的部分從 rounds_player 以函式串接了每個參加者提供的標單資訊；3.的部分從 accept 分頁以函式串接了接受與不接受的判定結果。這個區塊的功能以頻段 A 與 B 各一式之。

1. 串接起始、
回合及提名價格

3. 回傳輔助工
具的判定結果

1	A	B	頻段A			F	G	H	I	頻段B				O	P	
2	投標標準	參加者	起標價	回合價	提名價	數量	金額	全或無	回傳狀態	起標價	回合價	提名價	數量	金額	全或無	回傳狀態
3	1	1	-	\$ 1,000	\$ -	4	\$ 1,000	-	不被接受	-	\$ 800	\$ -	4	\$ 800	-	不被接受
4	1	2	-	\$ 1,000	\$ -	4	\$ 1,000	-	不被接受	-	\$ 800	\$ -	0	\$ 800	-	不被接受
5	1	3	-	\$ 1,000	\$ -	4	\$ 1,000	-	不被接受	-	\$ 800	\$ -	2	\$ 800	-	不被接受
6	2	1	\$ 1,000	\$ 1,100	\$ 1,050	4	\$ 1,030	N	不被接受	\$ 800	\$ 800	\$ -	4	\$ 800	N	不被接受
7	2	2	\$ 1,000	\$ 1,100	\$ 1,050	0	\$ 1,070	Y	不被接受	\$ 800	\$ 800	\$ -	4	\$ 800	N	接受
8	2	3	\$ 1,000	\$ 1,100	\$ 1,050	2	\$ 1,050	N	接受	\$ 800	\$ 800	\$ -	4	\$ 800	N	不被接受
9	3	1	\$ 1,100	\$ 1,210	\$ 1,110	3	\$ 1,140	N	不被接受	\$ 800	\$ 880	\$ -	4	\$ 800	N	不被接受
10	3	2	\$ 1,100	\$ 1,210	\$ 1,110	0	\$ 1,110	N	接受	\$ 800	\$ 880	\$ -	4	\$ 880	N	不被接受
11	3	3	\$ 1,100	\$ 1,210	\$ 1,110	2	\$ 1,210	N	不被接受	\$ 800	\$ 880	\$ -	4	\$ 810	N	不被接受
12	4	1	\$ 1,110	\$ 1,230	\$ 1,160	3	\$ 1,160	N	接受	\$ 880	\$ 970	\$ -	3	\$ 890	N	不被接受
13	4	2	\$ 1,110	\$ 1,230	\$ 1,160	4	\$ 1,110	N	接受	\$ 880	\$ 970	\$ -	0	\$ 890	Y	接受
14	4	3	\$ 1,110	\$ 1,230	\$ 1,160	2	\$ 1,210	Y	不被接受	\$ 880	\$ 970	\$ -	3	\$ 930	N	不被接受
15	5	1	\$ 1,230	\$ 1,360	\$ -	3	\$ 1,230	N	不被接受	\$ 890	\$ 980	\$ -	3	\$ 910	N	不被接受
16	5	2	\$ 1,230	\$ 1,360	\$ -	3	\$ 1,300	N	不被接受	\$ 890	\$ 980	\$ -	0	\$ -	N	不被接受
17	5	3	\$ 1,230	\$ 1,360	\$ -	0	\$ 1,230	N	不被接受	\$ 890	\$ 980	\$ -	4	\$ 930	N	不被接受
18	6	1	-	-	-	0	\$ -	0	不被接受	-	-	\$ -	0	\$ -	0	不被接受

2. 串接參加者
提出的資訊

圖 5 -25 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(2/5)

資料來源：NRI 整理

下一個3)區塊協助主持人檢查資格點數是否合乎規則。這個區塊根據參加者提供的需求數量，計算相應所需要使用的資格點數。若資格點數並不合乎規定(超過該回合應有上限)，則欄位會顯示為「N」。並且，這個區塊亦會協助主持人檢查每位參加者目前所投標的頻段各別數量，是否超過每個頻段的頻寬上限。

計算資格點數是否超過上限

	A	B	Q	R	S	T
1	投標標單			投標有效性檢核		
2	回合	參加者	資格點數	資格合規?	A量超限?	B量超限?
3	1	1	8	0	N	N
4	1	2	4	Y	N	N
5	1	3	6	Y	N	N
6	2	1	8	Y	N	N
7	2	2	4	Y	N	N
8	2	3	6	Y	N	N
9	3	1	7	Y	N	N
10	3	2	4	Y	N	N
11	3	3	6	Y	N	N
12	4	1	6	Y	N	N
13	4	2	4	Y	N	N
14	4	3	5	Y	N	N
15	5	1	6	Y	N	N
16	5	2	3	Y	N	N
17	5	3	4	Y	N	N
18	6	1	0	Y	N	N

圖 5-26 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(3/5)

資料來源：NRI 整理

下一個4)區塊，可以供主持人檢視拍賣是否仍有超額需求量的提出，進而判斷是否拍賣可以結束。在1.的部分，會計算每位參加者提出的需求量，計算目前參加者的需求量仍然超過供給量的數量。而2.的部分則是參考超額的數量來判斷拍賣是否已經達到供需均衡，使拍賣可以結束；若拍賣可以結束，則會顯示「Y」，則主持人可宣告拍賣結束。

1. 各參加者各頻
段暫時得標數量

2. 是否結束拍賣

1	投標標單		接受結果				
	A	B	U	V	W	X	Y
2	回合	參加者	A暫得	B暫得	A超額	B超額	結束
3	1	1	4	4	4	-2	N
4	1	2	4	0	4	-2	N
5	1	3	4	2	4	-2	N
6	2	1	4	4	2	0	N
7	2	2	4	0	2	0	N
8	2	3	2	4	2	0	N
9	3	1	4	4	0	2	N
10	3	2	2	2	0	2	N
11	3	3	2	4	0	2	N
12	4	1	3	4	1	0	N
13	4	2	4	0	1	0	N
14	4	3	2	4	1	0	N
15	5	1	3	4	0	0	Y
16	5	2	4	0	0	0	Y
17	5	3	1	4	0	0	Y
18	6	1	3	4	0	0	Y

圖 5-27 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(4/5)

資料來源：NRI 整理

主持人 bids 分頁的最後一個功能區塊是用以輔助主持人進行判定清單的排序。在1.的部分主持人可以觀察參加者提出的需求變化數量，這裡以函式計算參加者在回合裡提出的需求數量之於之前回合的需求的變化值。在2.的部分，這裡有輔助計算函式以協助主持人計算每份標單的價格點，以供後序的判定清單排序所用。

1. 觀察參加者的需求數量變化值 2. 計算價格點

	A	B	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1	投標標單		頻段A				頻段B		
2	回合	參加者	標單屬性	數量變化	價格點	前回合暫得	標單屬性	數量變化	價格點
3	1	1	維持	4	-1		0 維持	4	-1
4	1	2	維持	4	-1		0 維持	0	-1
5	1	3	維持	4	-1		0 維持	2	-1
6	2	1	維持	0	-1		4 維持	0	-1
7	2	2	減量	-4	70		0 增量	4	0
8	2	3	減量	-2	50		2 增量	2	0
9	3	1	減量	-1	36.36363636		4 維持	0	-1
10	3	2	減量	-4	9.090909091		0 增量	4	100
11	3	3	維持	0	-1		4 維持	0	-1
12	4	1	減量	-1	41.66666667		4 減量	-1	11.11111111
13	4	2	增量	2	0		2 減量	-2	11.11111111
14	4	3	維持	0	-1		4 減量	-1	55.55555556
15	5	1	維持	0	-1		4 減量	-1	22.22222222
16	5	2	減量	-1	53.84615385		0 維持	0	-1
17	5	3	減量	-2	0		4 維持	0	-1
18	6	1	減量	-3	0		4 減量	-4	0

圖 5-28 CA 主持人檔案操作說明—bids 分頁(5/5)

資料來源：NRI 整理

主持人除了可以使用 bids 分頁來進行所有資料的彙整並檢查外，也可以使用其他工具來輔助其判定參加者標單。主持人 sort 分頁可以協助主持人進行排序。在 sort 分頁裡，有每回合的排序結果顯示區塊和巨集啟動按鈕。

回合	參加者	標的	數量	金額	全或無	數量變化	價格點	順序
1	1	A	4	\$1,000	-	4	-1	1
1	1	B	4	\$800	-	4	-1	2
1	3	A	4	\$1,000	-	4	-1	3
1	2	A	4	\$1,000	-	4	-1	4
1	3	A	2	\$800	-	2	-1	5
1	2	B	0	\$800	-	0	-1	6
1	1	A	4	\$1,000	-	4	-1	
1	1	B	4	\$800	-	4	-1	
1	2	A	4	\$1,000	-	4	-1	
1	3	A	4	\$1,000	-	4	-1	
1	2	B	0	\$800	-	0	-1	
1	3	B	2	\$800	-	2	-1	

圖 5 -29 CA 主持人檔案操作說明—sort 分頁

資料來源：NRI 整理

```

Sub SortRounds_WithOrderAndRnd_v3()
    Dim ws As Worksheet
    Dim startCol As Long
    Dim i As Long, r As Long
    Dim inputRange As Range, tmpRange As Range
    Dim outputRange As Range
    Dim orderCol As Long, rndCol As Long

    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("sort")

    startCol = 1

    Do While ws.Cells(2, startCol).Value <> ""
        Set inputRange = ws.Range(ws.Cells(2, startCol), ws.Cells(7, startCol + 7))
        Set outputRange = ws.Range(ws.Cells(9, startCol), ws.Cells(14,
startCol + 7))
    
```

```

inputRange.Copy
outputRange.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

orderCol = startCol + 8
rndCol = startCol + 9

For i = 2 To 7
    ws.Cells(i, rndCol).Value = Rnd()
    If IsNumeric(ws.Cells(i, startCol + 7).Value) Then
        ws.Cells(i, startCol + 7).Value = CDbI(ws.Cells(i, startCol +
7).Value)
    End If
Next i

Set tmpRange = ws.Range(ws.Cells(2, startCol), ws.Cells(7, rndCol))
tmpRange.Sort _
    Key1:=ws.Cells(2, startCol + 7), Order1:=xlAscending, _
    Key2:=ws.Cells(2, rndCol), Order2:=xlAscending, _
    Header:=xlNo

For r = 0 To 5
    ws.Cells(2 + r, orderCol).Value = r + 1
Next r

ws.Range(ws.Cells(2, rndCol), ws.Cells(7, rndCol)).ClearContents

startCol = startCol + 10
Loop

Application.CutCopyMode = False
MsgBox "完成"
End Sub

```

圖 5 -30 CA 主持人 sort 分頁排序巨集

資料來源：NRI 整理

主持人 accept 分頁是協助主持人判定是否接受標單的分頁，主持人可以依循前節所說明的規則進行手動操作或由系統協助判定。在執行了 sort 分頁或對參加者的投標單進行排序之後，主持人可以在 accept 分頁對已排序的清單進行投標判定。在這個分頁裡，由上往下的區塊為「判定結果」、「讀取已排序的清單」、「判定過程清單」及「判定巨集按鈕」。「判定結果」區塊為寫入判定後結果的顯示區域；「讀取已排序的清單」區塊為將讀取 sort 分頁中排序結果以供 accept 分頁巨集讀取資料其進行判定的排序清單；「判定過程清單」為巨集在運行判定邏輯判斷時，每一個步驟的動態紀錄表；「判定巨集按鈕」則為供主持人啟動輔助程式的區域。

判定結果

二回合暫時得標	回合	參加者	A	價格	B	價格	資格點數	上回合資格點數
	1	1	4	1100	4	800	8	8
	1	2	4	1100	0	800	4	4
	1	3	2	1100	4	800	6	6
		總需要	10	1100	8	800		
		超額數量	2	1100	0	800		

讀取排序

回合	順序	參加者	標的	數量	金額	全或無	數量變化	價格點	已移除	變動資格點
2	1	1	A	4	1030	N	0	-1	0	0
2	2	1	B	4	800	N	0	-1	0	0
2	3	3	B	4	800	N	2	0	0	2
2	4	2	B	4	800	N	4	0	1	4
2	5	3	A	2	1050	N	-2	50	1	-2
2	6	2	A	0	1070	Y	-4	70	0	-4

判定清單

回合	順序	參加者	標的	數量	金額	全或無	數量變化	價格點	剩餘
2	1	1	A	4	1030	N	0	0	0
2	2	1	B	4	800	N	0	0	0
2	3	2	B	4	800	N	4	4	4
2	4	3	B	4	800	N	2	2	2
2	5	3	A	2	1050	N	-2	0	0
2	1	1	A	4	1030	N	0	0	0
2	2	1	B	4	800	N	0	0	0
2	3	2	B	4	800	N	4	4	4
2	4	3	B	4	800	N	2	0	0
2	1	1	A	4	1030	N	0	0	0
2	2	1	B	4	800	N	0	0	0
2	3	2	B	4	800	N	4	4	4
2	6	2	A	0	1070	Y	-4	0	0

判定巨集

按一下進行判定

圖 5-31 CA 主持人檔案操作說明—accept 分頁

資料來源：NRI 整理

```

Sub ProcessRound(startCol As Long)
    Dim ws As Worksheet
    Dim seq As Long, maxSeq As Long
    Dim r As Long, outRow As Long
    Dim target As String, sFlag As String
    Dim hVal As Double, addVal As Double, remainVal As Double
    Dim curVal As Double
    Dim processed As Boolean

    Dim wVal As Double, curS As Double, maxS As Double, targetRow As Long

    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("accept")

    outRow = 18
    maxSeq = Application.WorksheetFunction.Max(ws.Range(ws.Cells(10, startCol +
1), ws.Cells(15, startCol + 1)))
    seq = 1

    ws.Range(ws.Cells(10, startCol + 9), ws.Cells(15, startCol + 9)).Value = 0

    Do
        processed = False

        For r = 10 To 15
            If ws.Cells(r, startCol + 1).Value = seq Then
                target = ws.Cells(r, startCol + 3).Value
                sFlag = ws.Cells(r, startCol + 6).Value

            If ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 0 Then
                hVal = Val(ws.Cells(r, startCol + 7).Value) ' T 欄
            ElseIf ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 2 Then
                hVal = GetLatestRemainder(ws, seq, outRow, startCol)
            Else
                GoTo NextR
            End If
        
```

```

addVal = 0
remainVal = 0

If ws.Cells(r, startCol + 8).Value = -1 Then
    ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1
ElseIf hVal <> 0 Then
    If target = "A" Then
        curVal = ws.Cells(7, startCol + 2).Value + hVal
        If curVal < 0 Then
            If sFlag = "N" Then
                addVal = -ws.Cells(7, startCol + 2).Value
                remainVal = hVal - addVal
                ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 2
            ElseIf sFlag = "Y" Then
                addVal = 0
                remainVal = hVal
                ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 0
            End If
        Else
            addVal = hVal
            remainVal = 0
            ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1
        End If
    ElseIf target = "B" Then
        curVal = ws.Cells(7, startCol + 4).Value + hVal
        If curVal < 0 Then
            If sFlag = "N" Then
                addVal = -ws.Cells(7, startCol + 4).Value
                remainVal = hVal - addVal
                ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 2
            ElseIf sFlag = "Y" Then
                addVal = 0
                remainVal = hVal
                ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 0
            End If
        Else
    
```

```

        addVal = hVal
        remainVal = 0
        ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1
    End If
End If

If addVal <> 0 Then
    wVal = Val(ws.Cells(r, startCol + 10).Value)

    Select Case ws.Cells(r, startCol + 2).Value
        Case 1: targetRow = 3
        Case 2: targetRow = 4
        Case 3: targetRow = 5
    End Select

    curS = ws.Cells(targetRow, startCol + 6).Value
    maxS = ws.Cells(targetRow, startCol + 7).Value

    Dim usedPoints As Double
    usedPoints = (wVal / hVal) * addVal
    If curS + usedPoints > maxS Then

        Dim allowedPoints As Double, ratio As Double

        allowedPoints = maxS - curS
        ratio = allowedPoints / wVal

        addVal = hVal * ratio
        remainVal = hVal - addVal

        ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 2
        ws.Cells(targetRow, startCol + 6).Value = maxS
    Else
        ws.Cells(targetRow, startCol + 6).Value = curS + usedPoints
        ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1
    End If

```

```

Debug.Print "Row=" & r & " Part=" & ws.Cells(r, startCol + 2).Value & _
    " hVal=" & hVal & " addVal=" & addVal & " remainVal=" &
remainVal & _
    " wVal=" & wVal & " usedPoints=" & usedPoints & _
    " curS->" & ws.Cells(targetRow, startCol + 6).Value & " maxS="
& maxS
End If

    If addVal <> 0 Then
        If target = "A" Then
            ws.Cells(6, startCol + 2).Value = ws.Cells(6,
startCol + 2).Value + addVal

            Select Case ws.Cells(r, startCol + 2).Value
                Case 1: ws.Cells(3, startCol + 2).Value =
ws.Cells(3, startCol + 2).Value + addVal
                Case 2: ws.Cells(4, startCol + 2).Value =
ws.Cells(4, startCol + 2).Value + addVal
                Case 3: ws.Cells(5, startCol + 2).Value =
ws.Cells(5, startCol + 2).Value + addVal
            End Select
        ElseIf target = "B" Then
            ws.Cells(6, startCol + 4).Value = ws.Cells(6,
startCol + 4).Value + addVal

            Select Case ws.Cells(r, startCol + 2).Value
                Case 1: ws.Cells(3, startCol + 4).Value =
ws.Cells(3, startCol + 4).Value + addVal
                Case 2: ws.Cells(4, startCol + 4).Value =
ws.Cells(4, startCol + 4).Value + addVal
                Case 3: ws.Cells(5, startCol + 4).Value =
ws.Cells(5, startCol + 4).Value + addVal
            End Select
        End If
    End If
Else
    ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1
End If

```

```

        If addVal = 0 And remainVal = hVal Then
            ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 0
        End If

        ws.Range(ws.Cells(r, startCol), ws.Cells(r, startCol + 7)).Copy
        ws.Cells(outRow, startCol).PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
        ws.Cells(outRow, startCol + 9).Value = remainVal
        outRow = outRow + 1

        If ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 1 Then
            processed = True
        ElseIf ws.Cells(r, startCol + 9).Value = 2 And addVal <> 0 Then
            processed = True
        End If
    End If
NextR:
    Next r

    If processed Then
        seq = 1
    Else
        If seq = maxSeq Then
            MsgBox "結束"
            Exit Sub
        Else
            seq = seq + 1
        End If
    End If
Loop

Application.CutCopyMode = False
MsgBox "回合完成"
End Sub

```

圖 5 -32 CA 主持人 accept 分頁判定巨集

資料來源：NRI 整理

主持人可以使用各式巨集協助其排序及判定投標。在完成每回合的判定接受投標而得到目前參加者的暫時得標數量之後，主持人需要回合進行過渡往下一回合的準備，主持人需要公佈本回合被接受的金額，也就是提名價格；若主持人使用輔助巨集協助判定，則需要在檔案中設定回合次數及重設相關欄位。在選擇當前回合



圖 5 -33 CA 主持人檔案操作說明—control

資料來源：NRI 整理

```

Sub ExtractMaxAcceptedReduced_FixedRounds()
    Dim wsSrc As Worksheet, wsOut As Worksheet
    Dim lastRow As Long, lastRound As Long
    Dim i As Long, r As Long
    Dim maxG As Double, maxN As Double
    Dim foundG As Boolean, foundN As Boolean

    Set wsSrc = ThisWorkbook.Sheets("bids")
    lastRow = wsSrc.Cells(wsSrc.Rows.Count, "A").End(xlUp).row
    lastRound = Application.WorksheetFunction.Max(wsSrc.Range("A3:A" &
lastRow))

    Set wsOut = ThisWorkbook.Sheets("control")
    wsOut.Range("C2:E" & wsOut.Rows.Count).ClearContents

    For r = 1 To lastRound
        maxG = -1: foundG = False
        maxN = -1: foundN = False

        ' 掃描 bids
        For i = 3 To lastRow
            If wsSrc.Cells(i, "A").Value = r Then
                If (wsSrc.Cells(i, "I").Value = "接受" Or wsSrc.Cells(i, "I").Value
= "部分接受") _
                    And wsSrc.Cells(i, "AB").Value = "減量" Then

                    If Not foundG Then
                        maxG = wsSrc.Cells(i, "G").Value
                        foundG = True
                    ElseIf wsSrc.Cells(i, "G").Value > maxG Then
                        maxG = wsSrc.Cells(i, "G").Value
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

```

        If (wsSrc.Cells(i, "I").Value = "接受" Or wsSrc.Cells(i, "I").Value
= "部分接受") _
            And wsSrc.Cells(i, "AF").Value = "減量" Then

                If Not foundN Then
                    maxN = wsSrc.Cells(i, "N").Value
                    foundN = True
                ElseIf wsSrc.Cells(i, "N").Value > maxN Then
                    maxN = wsSrc.Cells(i, "N").Value
                End If
            End If
        End If
    End If
Next i

wsOut.Cells(r + 1, "C").Value = r
If foundG Then wsOut.Cells(r + 1, "D").Value = maxG
If foundN Then wsOut.Cells(r + 1, "E").Value = maxN
Next r

MsgBox "完成"
End Sub

```

圖 5 -34 CA 主持人 control 分頁尋找提名價巨集

資料來源：NRI 整理

屬於主持人操作的最後一個分頁，price 分百，主持人不需要對其進行操作之；此為暫存所有價格資訊的過渡分頁。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	回合	頻段A						頻段B					
2		起標價	回合價	競標者1	競標者2	競標者3	被接受金額	起標價	回合價	競標者1	競標者2	競標者3	被接受金額
3	1	-	\$ 1,000	4	4	4	\$ 1,000	-	\$ 800	4	0	2	\$ 800
4	2	\$ 1,000	\$ 1,100	4	4	2	\$ 1,100	\$ 800	\$ 800	4	0	4	\$ 800
5	3	\$ 1,100	\$ 1,210	4	2	2	\$ 1,110	\$ 800	\$ 880	4	2	4	\$ 880
6	4	\$ 1,110	\$ 1,230	3	4	2	\$ 1,230	\$ 880	\$ 970	4	0	4	\$ 890
7	5	\$ 1,230	\$ 1,360	3	4	1	-	\$ 890	\$ 980	4	0	4	\$ 890
8	6	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
9	7	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
10	8	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
11	9	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
12	10	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													

圖 5 -35 CA 主持人檔案操作說明—price

資料來源：NRI 整理

參加者的操作分頁相對單純，參加者只會有一個分頁上進行操作並查閱結果。參加者 rounds_player 分頁從左到右分別可以「查看價格」、「輸入需求量」、「輸入投標價格」、「選擇全或無」、「檢查投標判定結果」、「檢查投標合規性」及「檢查回合結果」。「查看價格」是指參加者可以查看目前回合的起始價格、回合價格及被接受金額；「輸入需求量」、「輸入投標價格」及「選擇全或無」則是參加者需要實際操作的部分，如前開所述，參加者需要提交一個包括這些資訊的完整標單；「檢查投標判定結果」、「檢查投標合規性」及「檢查回合結果」可以讓參加者檢查其所需要知道的回合資訊，這些都將由主持人的 bids 分頁以函式串接結果。

投標標單	起標價	回合價	標段A	數量	金額	全或無	回傳狀態	起標價	回合價	頻段B	數量	金額	全或無	回傳狀態	精點數	資格點數合規?	A量超限?	B量超限?	斷得	B暫得	A超額	B超額	結果
1	-	\$ 1,000	\$ -	4	\$ 1,000	N	不被接受	\$ 800	\$ -	-	4	\$ 800	-	不被接受	8	N	N	N	4	4	4	-2	N
2	\$ 1,000	\$ 1,100	\$ 1,050	4	\$ 1,030	N	不被接受	\$ 800	\$ 800	\$ -	4	\$ 800	N	不被接受	8 Y	N	N	N	4	4	2	0	N
3	\$ 1,100	\$ 1,210	\$ 1,110	3	\$ 1,140	N	不被接受	\$ 800	\$ 880	\$ -	4	\$ 800	N	不被接受	7 Y	N	N	N	4	4	0	2	N
4	\$ 1,110	\$ 1,230	\$ 1,160	3	\$ 1,160	N	接受	\$ 880	\$ 970	\$ 890	3	\$ 890	N	不被接受	6 Y	N	N	N	3	4	1	0	N
5	\$ 1,230	\$ 1,360	\$ -	3	\$ 1,230	N	不被接受	\$ 890	\$ 980	\$ -	3	\$ 910	N	不被接受	6 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y
6	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	0 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y
7	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	0 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y
8	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	0 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y
9	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	0 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y
10	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	-	-	\$ -	-	-	-	不被接受	0 Y	N	N	N	3	4	0	0	Y

圖 5-36 CA 參加者檔案操作說明—rounds_player 分頁

資料來源：NRI 整理

(二) 標單判定流程操作說明

CA 模擬檔案的設計流程分為 A 至 E 共 5 個模組，A 為參加者投標起始程序，B 為判定事前檢查，C 為判定迴圈，D 為結束程序檢定，E 為價格上升幅度檢定；每個回合執行順序由 A 開始持續執行至 E，進入下一回合時重新開始啟動 A 程序。從 A 程序啟動時，將視目前是否第一回合；若是，則參加者必須要提出需求數量，而主持人將會全部接受參加者提出的標單；非第一回合，則參加者需要提出「維持」、「增加」及「減少」的標單種類及其需要數量，並同時提出投標金額，即在回合起始金額至其增額幅度之間選擇一個價格；至此程序進入 B。

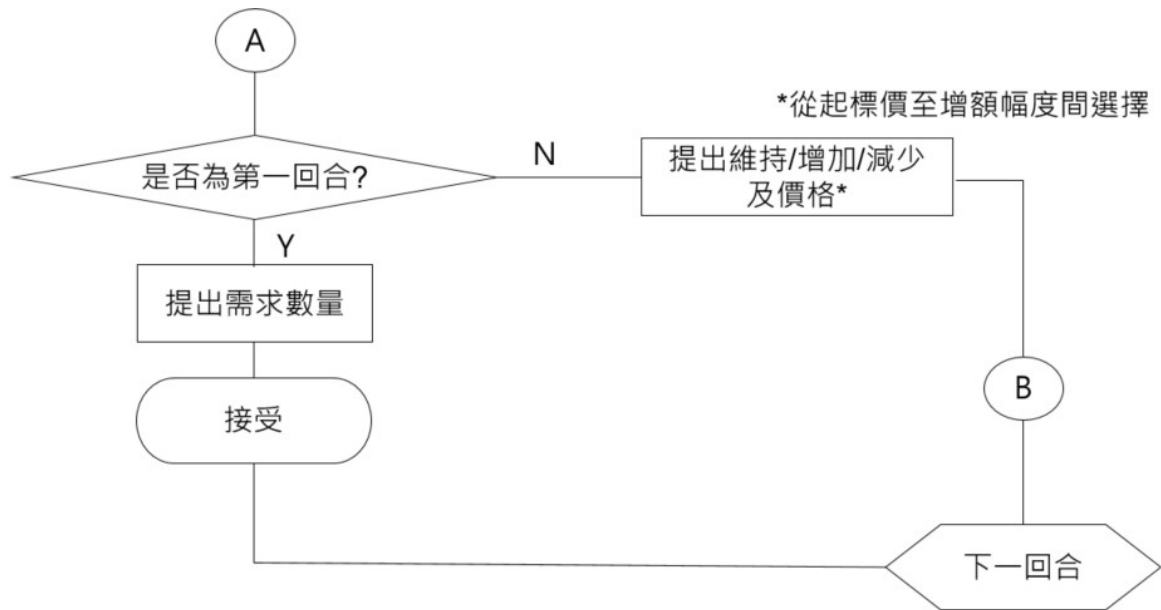


圖 5-37 CA 數量分配階段—作業程序 A

資料來源：NRI 整理

程序 B 會基於標單的種類分別作出判定，當標單種類為「維持」時，由於規則認定應「全部接受」，因此會優先接受，而其因為維持需求量導致其對超額需求量的影響變化為 0；當標單種類為「增加」或「減少」時，就需要按照該標單的投標金額計算價格點，並進行排序之。排序依價格點從小至大進行排序，最小為優先，而同點則隨機；至此進入程序 C。

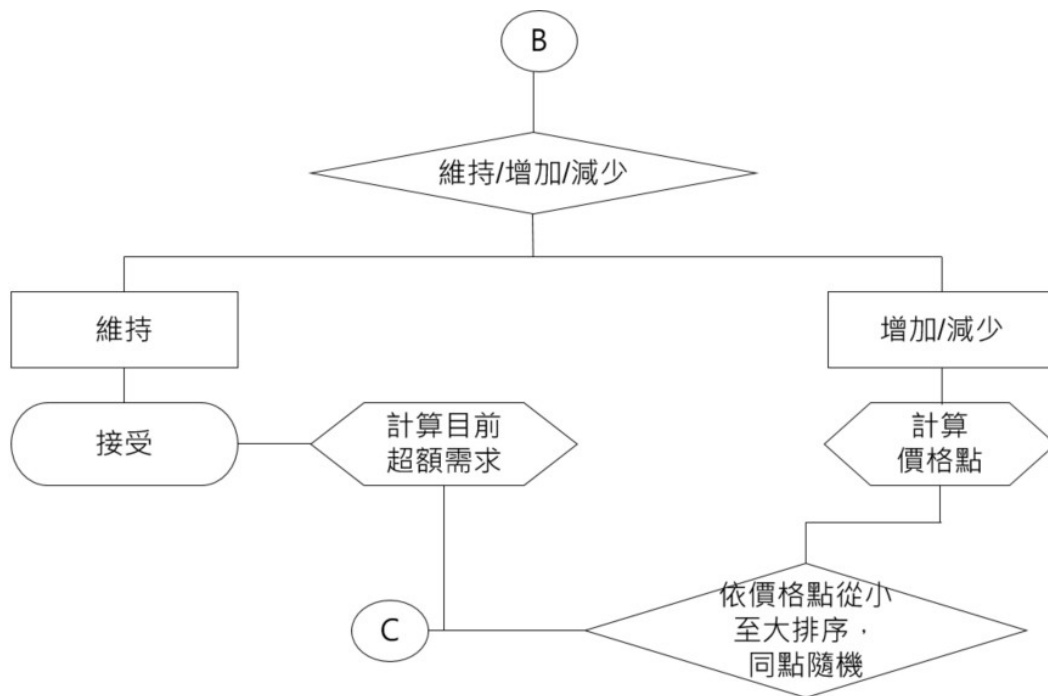


圖 5-38 CA 數量分配階段一作業程序 B

資料來源：NRI 整理

程序 C 接著會開始檢視排序清單，從清單第一順位開始，檢視其提出的數量變化，判斷若接受後超額需求是否小於 0；若是，接著判斷其是否為部分標單(若可部分接受使超額需求不小於 0 則可以被接受之)；若否，則無法接受(因參加者要求必須接受其所有數量)；因此，若這個標單被接受後會使超額需求小於 0，且不為部分標單，則系統判定不接受之；這份標單會被暫存並回到原本的順序但目前先跳過，等待清單順序因判定變化才會回到其順位。然而若從程序 C 開始檢視排序清單，從清單第一順位開始，檢視其提出的數量變化，判斷若接受後超額需求不會小於 0，則判定接受後是否使參加者的總資格點數上升；若否，接受後不會使資格點數上升超過該回合資格點數上限，則系統判斷直接接受該標單之。若接受後會使資格點數上升超過該回合資格點數上限，則會進入判定該標單是否部分標單；若是，系統會接著判斷部分接受後超額需求是否小於 0；若否，則該標單將被系統刪減掉可以被接受的部分數量，該標單被部分接受之。若系統判斷部分接受後超額需求仍然小於 0，該標單不被接受之。至此進入程序 D。

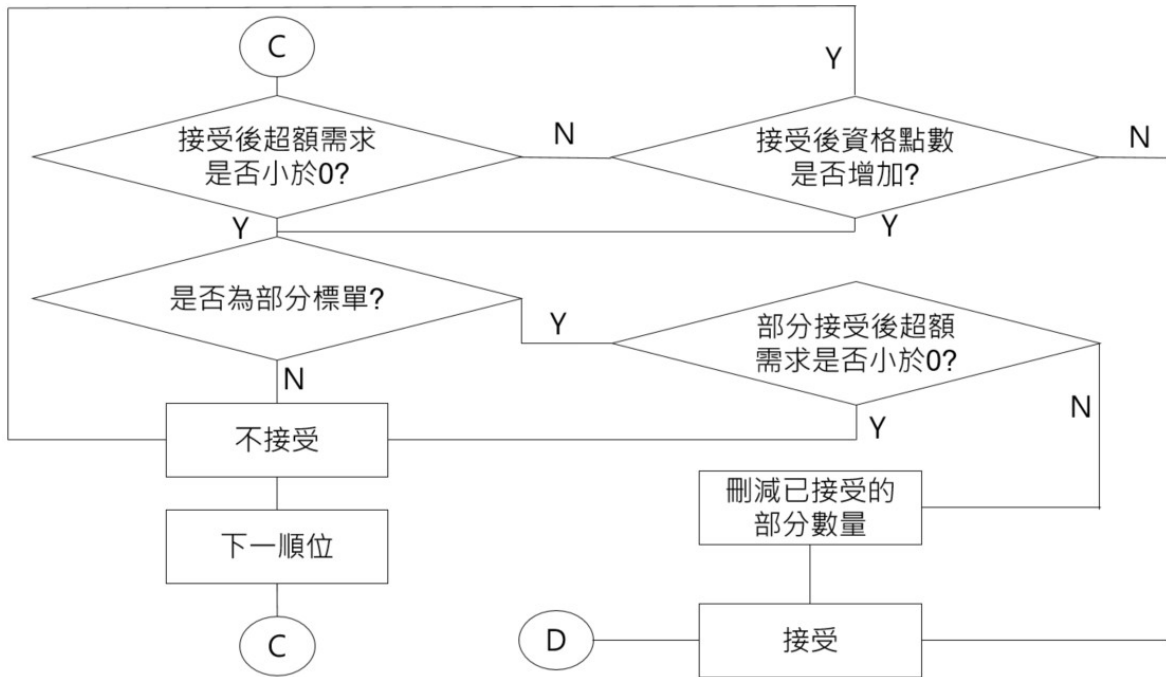


圖 5 -39 CA 數量分配階段—作業程序 C

資料來源：NRI 整理

程序 D 會在有標單被接受的時候，對順序清單進行檢查。程序會判斷是否所有組合皆已檢查之，若否則會回到第一順位，回到程序 C 重啟判定迴圈程序。若是，所有組合都已被檢查，則將會結束該回合的判定。至此進入程序 E。

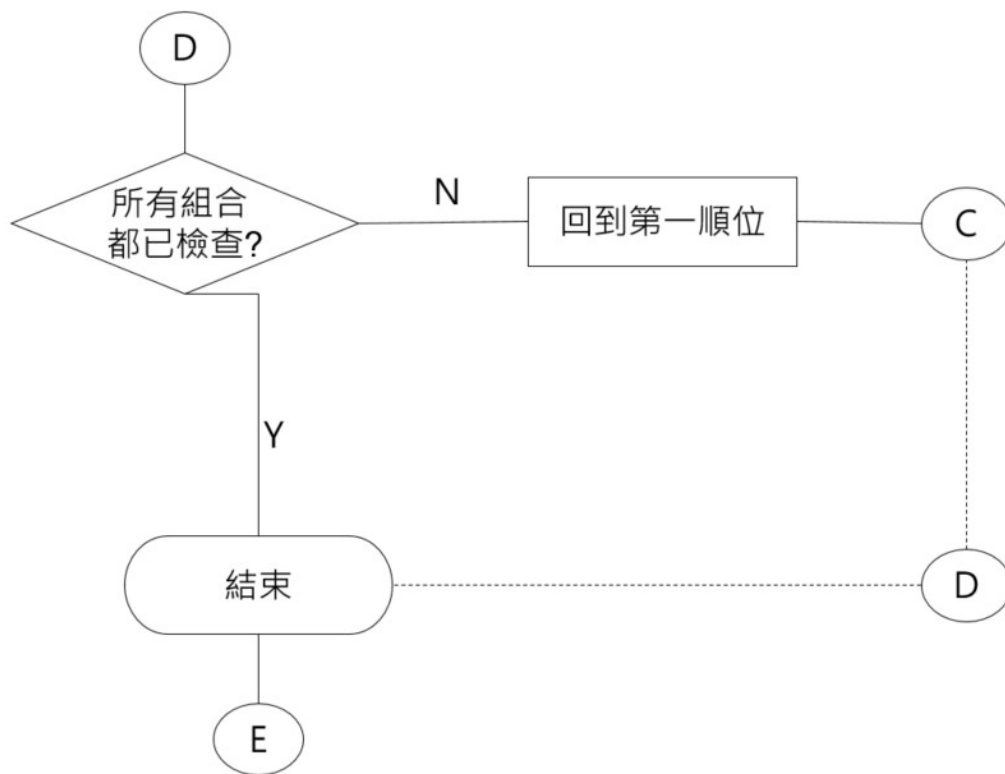


圖 5 -40 CA 數量分配階段—作業程序 D

資料來源：NRI 整理

程序 E 在每回合判定結束後會進行回合價格的計算。程序一開始會計算判定邏輯結束後的頻段需求量變化，得出目前超額需求的數量。若超額需求大於 0，即下一回合的起始價格按照本回合的回合價格乘以增額幅度，接著回到程序 A 進行下一回合的投標與判定程序。若超額需求等於 0，則會程序會檢查程序 B 裡是否有減少標單被接受；若無，下一回合的價格為本回合的起始價格；若有，下一回合的起始價格為本回合程序 B 中被接受的減少標單中其中投標金額最大者，作為下一回合的起始價格。因就程序 C 的判定邏輯，除非第一回合該回合已有超額需求小於 0 的負值出現，否則在第一回合之後的回合不會出現超額需求小於 0 的負值。

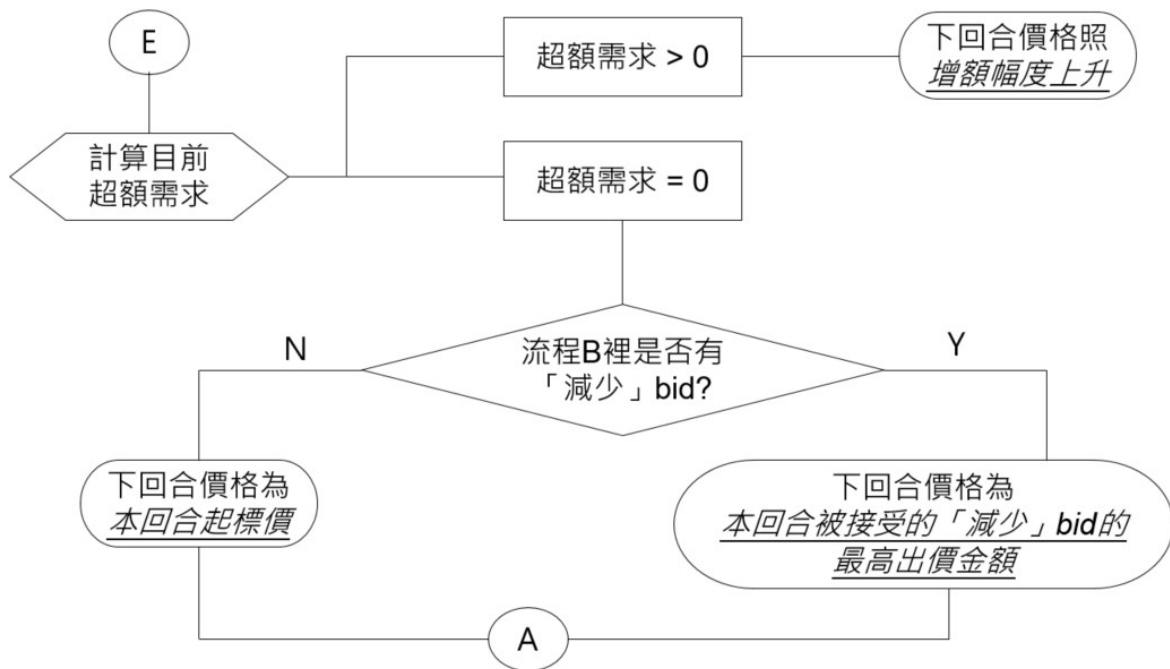


圖 5 -41 CA 數量分配階段一作業程序 E

資料來源：NRI 整理

三. CA 模擬流程與拍賣腳本設計

在本次模擬操作設計中，拍賣全流程均透過 Excel 檔案進行。採用多人串接互動模式，扮演主持人的人員於主持人檔案中輸入初始拍賣設定後，後續該檔案便會串接其他檔案自動調整回合價格、整合出價資訊，以及確認超額需求。扮演參加者的人員依據回合價格於自身檔案中輸入需求數量，並須確保資格點數符合規範。當主要競價階段結束後，參加者得進入補充階段，於個別檔案中輸入多補充組合及投標價格，最終主持人可透過系統內建之巨集功能，快速計算出總價值最高之得標組合，或以手動方式進行驗證。

為利於主管機關與業者於模擬操作及後續政策溝通中，能迅速掌握拍賣流程及出價邏輯，本計畫設計範例「拍賣腳本」作為輔助說明工具。腳本包含拍賣起始條件設定、參加者需求輸入、資格

點數管理、回合價格計算、超額需求判斷及補充投標組合設定等全流程示範。透過腳本設計，主持人可依腳本逐步引導參加者進行拍賣模擬，並於各操作環節即時說明拍賣規則及價格調整邏輯；參加者亦可透過腳本操作練習，理解資格點數動態限制與補充標單價格上下限之計算方式，有效提升政策說明效率，協助業者於短時間內建立正確操作概念。

本次拍賣腳本設計，基於以下拍賣初始參數進行設定。拍賣標的分為兩種頻段類別，分別為 A 類頻段與 B 類頻段，每個頻段之單位頻寬均為 10 MHz，且 A、B 兩類頻段各提供 8 塊供競標使用。本次設定之 A 單位底價為每塊 1,000 元及 B 單位底價為每塊 800 元。價格增額幅度設定皆為每回合 10%，即當某頻段於該回合存在超額需求時，其下一回合價格將自動上升 10%；若該頻段無超額需求則價格維持不變。資格點數設計方面，A 與 B 頻段每塊所需資格點數皆為 1 點；每位參加者在 A、B 頻段之最大可取得數量上限則皆為 4 塊，參加者於各頻段之投標需求量，須符合資格點數及數量限制。

頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量(塊)	單位底價	增額幅度	資格點數 (每塊)	取得 數量上限
A	10	8	1,000	10%	1	4
B	10	8	800	10%	1	4

頻段：A 與 B
 單位頻塊：10 MHz
 供給量：A 與 B 各 8 塊
 頻塊底價：A 為 1,000 元，B 為 800 元
 增額幅度：A 與 B 每回合預設為上升 10%
 資格點數(每塊)：A 與 B 每塊 1 點
 取得數量上限：A 與 B 各 4 塊

圖 5-42 CA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定

資料來源：NRI 整理

拍賣腳本中的主要競價階段設計共進行五個回合，參加者於各回

合根據單位價格動態調整需求量，並依資格點數規則進行合規投標。於第一回合，A 頻段之單位價格為底價1,000元，而 B 元800元。三位參加者在此價格下對 A 頻段需求積極，需求分別皆為4塊，出現超額需求(Y)；B 頻段需求則分別為4、0、2塊，未出現超額需求(N)。由於此為第一回合，因此主持人依系統規則必須接受所有參加者的投標；而參加者的投標金額也都將遵守為底價。根據拍賣規則，A 頻段於第二回合價格調升10%至1,100元，B 頻段價格則因總需求不超過供給量，價格持平。

競標者	A量 ¹²	被接受金額 ¹³	B量	被接受金額	資格點數
甲	4	1,000	4	800	8
乙	4	1,000	0	0	4
丙	4	1,000	2	800	6
超額需求		4		-2	

圖 5 -43 CA 拍賣機制腳本設計－第一回合結束暫時得標量

資料來源：NRI 整理

在第二回合開始，參加者會提出頻率求量、投標金額及是否完整標單(全或無)。在這個回合裡，參加者甲維持其提出需求，因此主持人將自動接受之；參加者乙提出完整減少 A 量至0，同時提出可全部或部分接受 B 需求量升至4；參加者丙提出可全部或部分接受 A 需求量降至2，同時可全部或部分接受 B 需求量升至4。根據參加者乙和丙的投標價格，系統計算價格點其排序：判定順序由丙提出 B 增加2開始(投標價格800同回合價格，價格點等於0)，接著判定由乙提出 B 量增加4，接著為丙提出 A 量減少2(投標價格1,050，計算價格點50)，最後為乙提出 A 量完整標單減少4(投標價格1,070，計算價格點70)。

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

第二回合投標單：

競標者	A 量	投標金額	完整標單	價格點	B 量	投標金額	完整標單	價格點
甲	4	1,100	N	無	4	800	N	無
乙	0	1,070	Y	70	4	800	N	0
丙	2	1,050	N	50	4	800	N	0

第二回合排序：

順序 ¹⁹	競標者	標的	數量	變化	價格點
1	丙	B	4	2	0
2	乙	B	4	4	0
3	丙	A	2	-2	50
4	乙	A	0	-4	70

圖 5-44 CA 拍賣機制腳本設計－第二回合投標單及排序

資料來源：NRI 整理

主持人接著從標單排序清單進行判定是否接受。順序1的丙 B 增量2個需求量，因丙目前資格點數僅為6，無法接受之；順序2的乙 B 增量標單同樣因資格點數不被接受之；順序3丙減量 A 至2個，由於減量後 A 的總需求量仍超額2個，因此丙的減量標單被接受之；由於有被接受的標單，因此順序回到1；此時由於丙目前使用的資格點數因被接受 A 減量2個，因此僅使用4點，而丙該回合仍有資格點數6點，因此可接受丙增加 B 需求量2個，資格點數使用維持上限6點；由於有被接受的標單，因此順序回到1，惟順序1已被完整接受，因此已移除於清單之中，因此順序移到2；惟順序2的乙提出需求增量仍未符合資格點數，因此依然不被接受之；順序至3，惟丙該標單已被接受，因此已移除於清單之中，因此順序移到4；順序4的乙提出完整減量 A 至0個，由於乙目前的 A 需求數量為4，完整減量後使超額需求降至低於0，因此不被接受之；至此，所有標單已被完整檢查，因此可以進入下一回合。

順序	競標者	標的	數量	變化	完整標單	所需資格點數上限	接受後超額量	判定
1	丙	B	4	2	N	8	0	不接受
2	乙	B	4	4	N	8	4	不接受
3	丙	A	2	-2	N	4	2	接受
1	丙	B	4	2	N	6	2	接受
2	乙	B	4	4	N	8	4	不接受
3	丙	A	2	-2	N	-	-	已接受
4	乙	A	0	-4	Y	-	-2	不接受

圖 5-45 CA 拍賣機制腳本設計－第二回合投標判定

資料來源：NRI 整理

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

競標者	A量	被接受金額	B量	被接受金額	資格點數
甲	4	1,100	4	80029	8
乙	4	1,100	0	0	4
丙	2	1,100	4	800	6
超額需求		2		0	

圖 5 -46 CA 拍賣機制腳本設計－第二回合結束暫時得標量

資料來源：NRI 整理

以下第三回合至第五回合，遵循判定規則持續進行之。

第三回合設定：

競標者	A量	B量
起標價	1,100	800
回合價	1,210	880

第三回合投標單：

競標者	A量	投標金額	完整標單	價格點	B量	投標金額	完整標單	價格點
甲	3	1,140	N	82	4	800	N	無
乙	0	1,110	N	55	4	880	N	100
丙	2	1,210	N	無	4	810	N	無

第三回合排序：

順序	競標者	標的	數量	變化	價格點
1	乙	A	0	-4	9
2	甲	A	3	-1	36
3	乙	B	4	4	100

第三回合判定步驟：

順序	競標者	標的	數量	變化	完整標單	所需資格點數上限	接受後超額量	判定
1	乙	A	0	-4	N	2	0	部分接受
1	乙	A	0	-2	N	2	-2	不接受
2	甲	A	3	-1	N	7	-1	不接受
3	乙	B	4	4	N	4	2	部分接受
1	乙	A	0	-2	N	2	-2	不接受
2	甲	A	3	-1	N	-	-	已接受
3	乙	B	4	2	N	4	4	不接受

第三回合結束後的暫時得標量：

競標者	A量	被接受金額	B量	被接受金額	資格點數
甲	4	111,032	4	880	8
乙	2	1,110	2	880	4
丙	2	1,110	4	880	6
超額需求		0		2	

圖 5 -47 CA 拍賣機制腳本設計－第三回合進程序與結果

資料來源：NRI 整理

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

第四回合設定：

競標者	A量	B量
起標價	1,110	880
回合價	1,230	970

第四回合投標單：

競標者	A量	投標金額	完整標單	價格點	B量	投標金額	完整標單	價格點
甲	3	1,160	N	42	3	910	N	33
乙	4	1,110	N	0	0	890	Y	11
丙	2	1,210	N	無	3	930	N	55

第四回合排序：

順序	競標者	標的	數量	變化	價格點
1	乙	A	4	2	0
2	乙	B	0	-2	11
3	甲	B	3	-1	33
4	甲	A	3	-1	42
5	丙	B	3	-1	55

第四回合判定步驟：

順序	競標者	標的	數量	變化	完整標單	所需資格點數上限	接受後超額量	判定
1	乙	A	4	2	N	6	2	不接受
2	乙	B	0	-2	Y	2	0	接受
1	乙	A	4	2	N	4	2	接受
1	乙	A	4	0	N	-	-	已接受
2	乙	B	0	0	Y	-	-	已接受
3	甲	B	3	-1	N	7	-1	不接受
4	甲	A	3	-1	N	7	1	接受
1	乙	A	4	0	N	-	-	已接受
2	乙	B	0	0	Y	-	-	已接受
3	甲	B	3	-1	N	7	-1	不接受
4	甲	A	3	0	N	-	-	已接受
5	丙	B	3	-1	N	5	-1	不接受

第四回合結束後的暫時得標量：

競標者	A量	被接受金額	B量	被接受金額	資格點數
甲	3	1,230	4	890	7
乙	4	1,230	0	-	4
丙	2	1,230	4	890	6
超額需求		1		0	

圖 5-48 CA 拍賣機制腳本設計－第四回合進程序與結果

資料來源：NRI 整理

第五回合設定：

競標者	A量	B量
起標價	1,230	890
回合價	1,360	980

第五回合投標單：

競標者	A量	投標金額	完整標單	價格點	B量	投標金額	完整標單	價格點
甲	3	1,230	N	無	3	910	N	22
乙	3	1,300	N	54	0	0	N	無
丙	0	1,230	Y	0	4	930	N	無

第五回合排序：

順序	競標者	標的	數量	變化	價格點
1	乙	A	0	-2	0
2	乙	B	3	-1	22
3	甲	B	3	-1	54

第五回合判定步驟：

順序	競標者	標的	數量	變化	完整標單	所需資格點數上限	接受後超額量	判定
1	丙	A	0	-2	Y	4	-1	不接受
2	甲	B	0	-1	N	6	-1	不接受
3	乙	A	3	1	N	3	0	接受
1	丙	A	0	-2	Y	4	-1	不接受
2	甲	B	0	-1	N	6	-1	不接受
3	乙	A	3	0	N	-	-	已接受

第五回合結束後的暫時得標量：

競標者	A量	被接受金額	B量	被接受金額	資格點數
甲	3	1,300	4	890	7
乙	3	1,300	0	-	3
丙	2	1,300	4	890	6
超額需求		0		0	

圖 5-49 CA 拍賣機制腳本設計－第五回合進程序與結果

資料來源：NRI 整理

至第五回合止，所有 A 與 B 頻段在判定後的超額需求皆不大於 0，至此拍賣結束。

四. CA 模擬拍賣教育訓練情形及業者意見交流

本計畫已於9月5日順利辦理第二次拍賣機制之業者座談會，並以2025年 Ofcom 使用的價格鐘拍賣(CA)為主軸。會中已向業者詳細說明拍賣規則、操作流程及模擬檔案架構，同時安排實際操作演練，協助業者熟悉模擬檔案與競價步驟。透過此次座談會，業者可初步掌握 CA 模式之核心概念與模擬流程。

在本計畫及業者之模擬操作與討論過程中，有別於第一次座談會，比較兩次座談會提問下逐步瞭解業者對於拍賣機制選擇的疑慮之處。例如，對於當時尚未完成拍賣的 Ofcom 拍賣的使用新式 CA 機制的效果如何、與過去使用的拍賣機制差異為何等等。相同於第一次座談會的提問，業者也持續提及拍賣過程大資訊揭露的問題。然而相關問題逐漸較第一次座談會時收斂，可能歸屬於業者對過去曾使用過相同機制的經驗有關係。

第二場座談會詳細問答如下表：

表 5-2 第二次座談會 Q&A 詳細列表

編號	問題	回應
1	Ofcom 尚未完成新版 CA 的拍賣，如何知道新方法的效果為何？	照原理來看，新版 CA 確能達到拍賣效率更高的情況，即更快結清市場，加速拍賣過程。
2	每回合揭露超額需求時，將揭露什麼資訊？	競價者會知道自己的標單判定接受結果，及 A 或 B 是否有超額需求。
3	與舊版 CA 的差異為何？	1. 新增有資格點數可供互換標的，增加競價者拍賣策略彈性及 2. 新增判定流程使拍賣效率上升。
4	與 CCA 的差異為何？	CCA 有自選組合及補充回合為其主要操作方式，新版 CA 同樣提供資格點數但降低二階段數量競價的操作難度。

編號	問題	回應
5	判定流程是否使拍賣標的不會流標？	按照原理，若第一回合需求大於供給，以後回合超額需求不會為負；的確降低流標情形的發生。
6	新增投標金額的機制是否會使競價者的得標金額不同？	不會，判定流程同樣會決定每回合的暫時得標的回合價格為何。
7	為何維持標單的投標金額不可選擇，而其他種類標單自選投標金額？	競價者的投標金額表示其價格和數量偏好，因此在表達偏好有變動時自選投標金額；維持則代表目前價格區間內需求偏好仍然存在，則直接揭露即可。

資料來源：NRI 整理

第四節 SMRA 拍賣模擬

我國過去 5G 3.5GHz 及 28GHz 頻譜拍賣以改良型 SMRA 作為拍賣機制，我國目前電信業者皆有參與當次拍賣，對改良型 SMRA 仍屬有經驗，也算記憶猶新。因此本計畫在執行 CCA 及 CA 機制後，最後使用改良型 SMRA 兼資格點數制進行討論，冀望逐漸收斂探討內容之。本階段同樣重點在於透過模擬操作與實際互動，加速業者熟悉新加入資格點數的改良型 SMRA 機制；期望透過模擬操作，使業者熟悉各拍賣模式之出價策略與規則應用，並提供主管機關分析各拍賣機制效果之工具，作為政策選擇之依據。

一. SMRA 拍賣規則與機制設計

相較於1994年美國 FCC 使用的 SMRA 拍賣機制，歷經多來多國使用經驗下，已逐漸更新為改良型 SMRA 制。此改良型 SMRA 制主體結構已與 CA 拍賣機制大同小異，僅「暫時得標」機制有別；主體皆已於傳統 SMRA 機制的切分執照同時拍賣的方式差距甚遠。因此，本計畫最後模擬的改良型 SMRA 制模擬主軸以其判定「暫時得標」者及加以資格點數制為主要。

相較於過去我國主要採用的改良型 SMRA 機制，改良型 SMRA 兼資格點數制的設計在稍微平衡如 CCA 般複雜機制與有效彌補原本所欠缺的組合頻段的概念。惟其組合標的概念不如 CCA 般有效，或可於資格點數權重的設計著手，協助於避免業者因分批競標而在無法確保取得需求頻段組合的情況。

本次模擬所採用之同時多回合上升拍賣(SMRA)設計，主要依循英國 Ofcom 於2018年頻譜拍賣案例之制度，並針對我國市場情境及模擬教學需求進行簡化。整體拍賣流程包含兩個階段，分別為數量分配階段及位置分配階段，其中本次模擬重點聚焦於前者，尤其是數量分配階段的操作方式與我國5G 釋照時改良型 SMRA

較為不同之處，而位置分配階段則由於操作設計與我國5G 改良型 SMRA 作業邏輯相似，故不再重複建置模擬。

規則細節差異		
項目	英國2018年	我國108年
回合價格上升條件	前一回合結束後，該頻段暫時得標分配數量等於總拍賣數量，且暫時得標價格皆為回合價	該頻段前一回合所有競價者出價數量總和 \geq 總拍賣數量
數量階段結束條件	各頻段皆無競價者出價	連續二回合各頻段皆無競價者出價

➡ 本次以英國2018年規則進行操作模擬

英國另增規則		
項目	英國背景與規則說明	本次模擬
暫時得標出價撤回	<ul style="list-style-type: none"> ■ 競標者在符合條件下（主要為僅有部分出價被認定暫時得標）可以撤回其已暫時得標的頻塊 ■ 亦有相應的懲罰性配套機制 ■ 英國實際拍賣過程中，無任何業者執行此動作 	不納入
資格點數	具資格點數規則，並配有保留資格點數上限至下一回合的規則	納入
最低需求量	競標者可事先聲明最低需求量(3.4 GHz)，若得標頻塊低於該數值，並不會變為最終得標出價，但該頻塊也不會有其他得標者（流標）	與競價機制本身較不相關
替換執照	釋照頻段(3.4 GHz)的既有執照持有人可選擇是否換發替換執照	

圖 5 -50 模擬 SMRA 拍賣機制與我國 5G 釋照異同

資料來源：NRI 整理

與上一節在模擬 CCA 或 CA 機制拍賣時候，本次模擬 SMRA 拍賣最大的不同在於參加者每回合提出的需求資訊。在之前說明的機制裡，SMRA 機制可以允許參加者在特定情況下不需要提出其需求資訊，仍然在一些情況下不失去其有效出價身份及資格點數上限。這將會是本節主要說明的規則重點。

(一) 暫時得標者規則設計

過去改良型 SMRA 機制也有暫時得標者制度，惟本次模擬拍賣與前次經驗有所不同之，因此此處會重點說明。在本次模擬中，每回合結束後主持人都會依排序清單來決定哪些投標為暫時得標者(Standing High Bid)，排序為先者將先獲分配頻塊。而決定順序的方式，會先將每位參加者每分三個類別：

第1類：以該回合價提交有效出價的競標者(無論該出價係於該回合或較早回合提出)

第2類：在最近一輪競標中，凡於低於該回合回合價之回合提交有效出價，且全部出價於前一回合結束後均維持暫時得標之競標者

第3類：在最近一輪競標中，凡於低於該回合回合價之回合提交有效出價，且僅有部分出價於前一回合結束後維持暫時得標之競標者

這些類別的分類方式，是以參加者在該回合提出了什麼種類的標單作為分類基礎。

在第1類裡，說明的是如果一位參加者在某個回合裡有提出有效的頻率需求出價資訊，則可以被視作為第1類身分。有效出價資訊指的是，若該位參加者是從上一回合結果而成為暫時得標者(在上一回合以該回合價格被分配需求量)的參加者或是在本回合有提出新的需求資訊(在該回合以該回合價格提出頻段需求量)的參加者。若持有這兩者狀態的參加者，就可以作為第1類身分，而第1類身分會在分配頻塊的時候居為優先。

在第2類裡，說明的是如果一位參加者在某個回合裡，以低於該回合的價格提出過有效出價，並且在該回合結束時其提出的需求量獲得全部分配的結果時的參加者。若是這個狀態的參加者，就可以作為第2類身分，而第2類身分會在分配頻塊的時候居為次優。

在第3類裡，說明的是如果一位參加者在某個回合裡，以低於該回合的價格提出過有效出價，並且在該回合結束時其提出的需求量僅獲得部分分配的結果時的參加者。若是這個狀態的參加者，就可以作為第3類身分，而第3類身分會在分配頻塊的時候居為最後。

就這樣依序1至3類,1為最優先,在該回合將被優先分配頻塊,依序分配剩餘的頻塊數量。但是,若為上述類別者,將依亂數決定優先序。

比如說,參加者甲、乙及丙都在該回合提出了報價(也就是有效需求),因此他們都被歸類為第1類身分。此時,因此身分別相同,所以無法從標單種類上排出優先順序,必須以亂數決定先後順序。結果是甲的亂數數值最高,所以甲的需求量被優先分配了,乙為次高,最後為丙。此時,丙因此優先序最後,所以僅獲得分配數量為其一部分的需求量。價格因超額需求上升。

競價人	是否觸發資格點數事件?	頻段A的需求量	回合價格A	頻段B的需求量	回合價格B	標單種類A	亂數結果A	暫時得標結果A	標單種類B	亂數結果B	暫時得標結果B
甲	否	4	10	4	5	1	0.6	4	1	0.7	4
乙	否	3	10	3	5	1	0.5	3	1	0.1	2
丙	否	3	10	2	5	1	0.1	1	1	0.4	2

因不觸發資格點數事件, 因此需求對頻段都提出該回合的需求量

在本回合提出了有效需求 (effective demand) , 因此為第 1 類標單

因為無法從標單種類上排出優先順序, 因此以亂數決定

甲的亂數數值最高, 優先分配;
乙為次高, 最後為丙, 此時丙獲分配數量僅為其一部分的需求量

圖 5 -51 SMRA 拍賣機制暫時得標者分配機制說明 (1/2)

資料來源：NRI 整理

假設接下來進入到下一個回合。乙在這個回合裡進行了報價, 因此乙被歸類為第1分類, 而甲在這個回合裡沒有提出報價, 但因為甲在上一個回合的價格下被分配了所有的需求量, 所

以雖然甲在這個回合價格下沒有提出報價，所以甲仍然被歸為第2分類。而丙則是因為在這個回合也沒有提出有效報價，但是有別於甲，丙沒有在上一回合獲得所有其所提出的需求量，而是只獲得分配一部分的需求量，因此丙現在被歸為第3類。

競價人	是否觸發資格點數事件?	頻段A的需求量	回合價格A	頻段B的需求量	回合價格B	標單種類A	亂數結果A	暫時得標結果A	標單種類B	亂數結果B	暫時得標結果B
甲	是	(4)	11	(4)	5.5	2	-	4	2	0.4	4
乙	否	3	11	3	5.5	1	-	3	1	0.1	3
丙	是	(1)	11	(2)	5.5	3	-	1	2	0.2	1

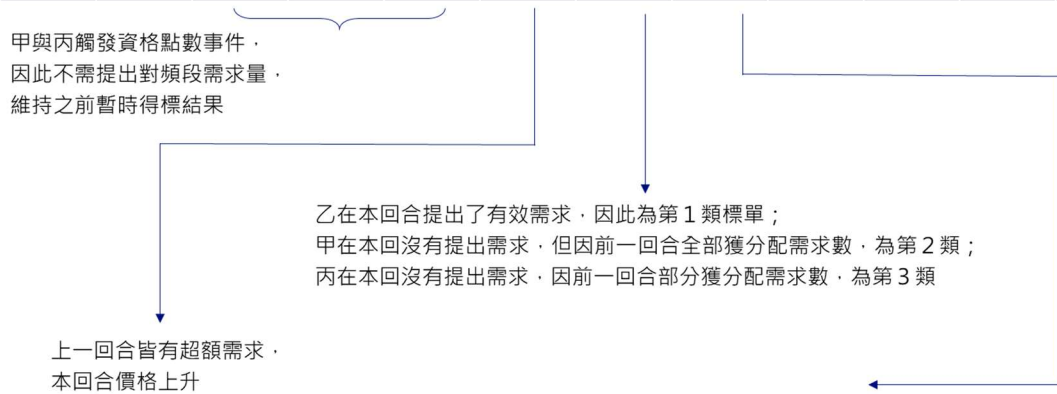


圖 5 -52 SMRA 拍賣機制暫時得標者分配機制說明 (2/2)

資料來源：NRI 整理

(二) 資格點數及上限保留規則設計

資格點數雖然未被使用於我國過去的拍賣經驗上，但由於前兩次本計畫執行 CCA 及 CA 機制座談會時，都已經向業者介紹資格點數上限及下降不逆機制，業者至此尚算熟悉。惟在本次 SMRA 模擬機制裡，對比於前兩次的資格點數制，加入了資格點數保留事件，與之都稍有不同。在資格點數上限的設定，維持與前次的設定相同：參加者所使用的資格點數不得超過於當前回合的資格點數上限、參加者第一回合開始前以保證金取得相應資格點數量及資格點數上限原則上等於前一回

合使用的資格點數；這就是和之前一樣的資格點數下降不逆制。基本上，資格點數下降不逆是為了鼓勵參加者要在每一回合揭露其偏好，若參加者在某回合沒有提出相應的需求量，其資格點數上限就會下降，甚至於降為0，而該回合之後的回合則不允許再超過該上限；意即若某回合內參加者未出價，資格點數降為0之後，參加者便失去了再出任何價的資格。

然而，本次模擬 SMRA 機制裡有一項規則使資格點數在參加者沒有出價時，不會立刻下降為0；這稱作為資格點數事件 (Eligibility Event)。資格點數事件的發生次數上限為三次，未免於濫用。在符合以下情況下，允許參加者在下一回合保留原有資格點數上限而不立即下降：一)參加者在該回合有效申請保留其資格上限及二)參加者在該回合未提交投標，且其暫時得標對應之資格點數低於當回合的上限。

舉個例子來說：在第 n 回合時，甲未有從 $n-1$ 回合時獲得任何暫時得標量而甲在 n 回合時的資格點數上限為3；若甲申請觸發資格點數事件，則甲在 n 回合時不需要提出任何需求量，但在第 $n+1$ 回合時，甲的資格點數仍然為3。

二. SMRA 模擬檔案架構與操作說明

本計畫 SMRA 拍賣機制模擬之設計，旨在協助主管機關與業者實際拍賣之操作流程，並深入了解各拍賣階段之規則與出價邏輯。為此，本計畫開發一套 SMRA 模擬檔案，採用 Excel 為操作平台，並依據上述規則設計之拍賣階段及參與角色，分別建置各階段與角色分頁，形成具有互動性的模擬架構。

本次 SMRA 模擬系統之操作設計，明確區分主持人與參加者之角色，並依實際拍賣流程建立人員互動架構。拍賣操作流程以四人操作為基礎，一位主持人(Dealer)負責整體拍賣進度控制與資料整合，為拍賣操作核心角色，需負責宣告每回合價格、確認資格點數是否合規、判斷是否存在超額需求以及控制拍賣進入下一回合或結束階段；亦可即時讀取所有參加者所輸入的需求數量及資

格點數，並依據系統設計之檢核規則，確認是否符合拍賣規範。三位參加者則各自於專屬分頁中操作，於每回合根據公告價格輸入需求數量。參加者可於各自檔案即時得知當回合價格變動及是否存在超額需求，並透過系統設計之輔助功能檢核資格點數與價格上下限是否合規。

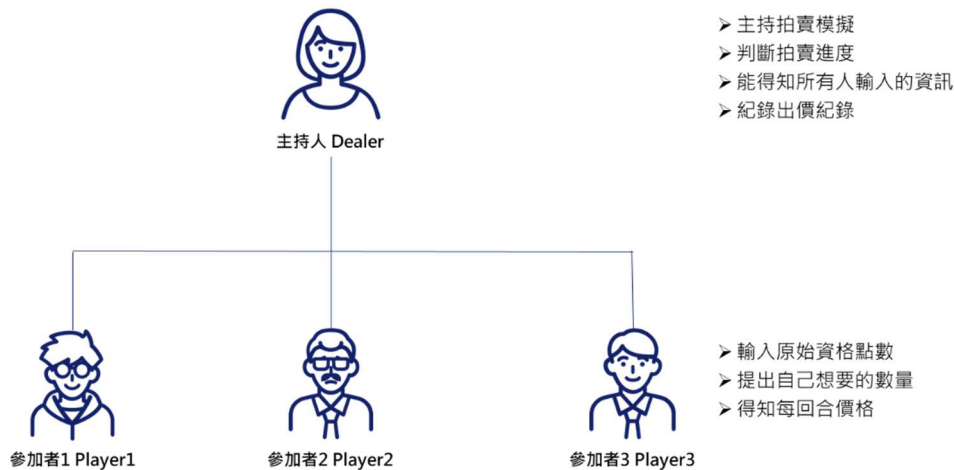


圖 5 -53 SMRA 拍賣機制模擬檔案角色設計

資料來源：NRI 整理

本次拍賣模擬所建置之 SMRA 模擬檔案，係依拍賣流程與上述參與角色設計，形成分階段且資料流自動串接的檔案架構。整體模擬系統為一個數量分配階段，於每個階段設置主持人、參加者及出價紀錄等專屬操作分頁。

在數量分配階段，模擬檔案包含主持人檔案、三位參加者檔案及出價紀錄檔。主持人檔案負責拍賣初始設定，並統整各參加者之需求量，計算回合價格、判定超額需求及控制拍賣進度；參加者檔案由參加者扮演人員分別於個別檔案中輸入回合需求數量，並依回合價格動態調整需求。

在 rules 分頁中，主持人可以設定相應的模擬拍賣規則，如頻塊數量與底價、增額規則、資格點數上限、可保留資格點數次數及

使用輔助判斷工具。在 rounds_player 分頁中，參加者可以輸入需求量，提出是否保留資格點數、檢視暫時得標結果、檢視回合價格及檢視亂標結果。最後在 dealer 分頁中，主持人可以檢視參加者提出的標單、對標單進行排序、以亂數決定暫時得標狀況及宣佈各參加者的暫時得標數量。

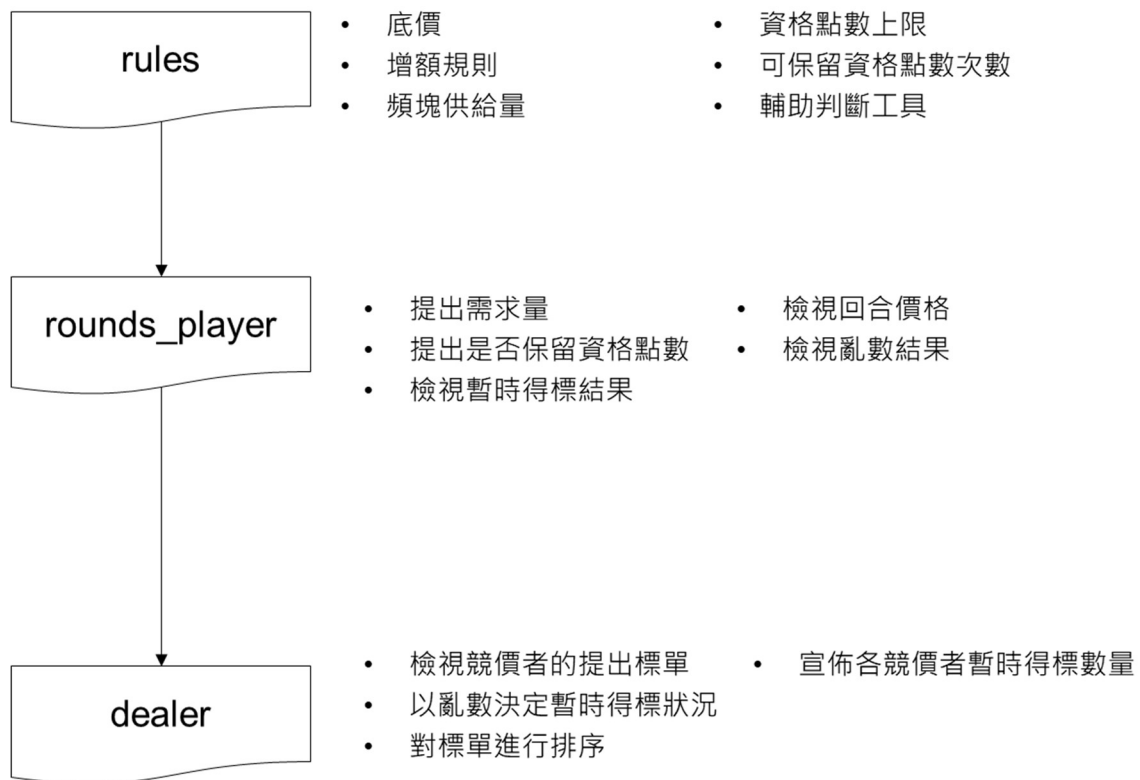


圖 5 -54 SMRA 拍賣機制模擬檔案架構設計

資料來源：NRI 整理

主持人首先可於 rules 工作表查看本次拍賣初始設定，包括各頻段之供給量、單位底價、價格增額幅度、資格點數權重、參加者之取得數量上限及設定可使用資格點數保留事件的次數。主持人並且可以在這個分頁裡使用輔助巨集，如協助產出亂數及協助分配數量的工具，這些工具使用的結果將連接至之後主持人使用 dealer 分頁時的分配數量欄位。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	拍賣者輸入標的相關設定							
3								
4	頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量	單位底價	報價金額 單位	增額幅度	資格點數 (每單位頻塊)	取得數量 上限
5	A	10	8	1,000	10	10%	1	4
6	B	10	8	800	10	10%	1	4
7								
8	競價者初始設定						輸入競價設定	
9	參加者	資格點數	可保留資格點數次數					
10	甲	8			1			
11	乙	8			1	輸入允許資格點數保留的次數		
12	丙	8			1			
13	輸入競價者人起始資格點數							
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								

圖 5 -55 SMRA 主持人檔案操作說明—rules 分頁

資料來源：NRI 整理

```
Sub GenerateRandomNumbers_Dealer()  
  
    Dim ws As Worksheet  
    Set ws = ThisWorkbook.Worksheets("dealer")  
  
    Dim i As Long  
  
    Application.ScreenUpdating = False  
    Application.Calculation = xlCalculationManual  
  
    Randomize  
  
    For i = 3 To 17  
        ws.Range("V" & i).Value = Rnd()  
    Next i  
  
    For i = 3 To 17  
        ws.Range("AA" & i).Value = Rnd()  
    Next i  
  
    Application.Calculation = xlCalculationAutomatic  
    Application.ScreenUpdating = True  
  
    MsgBox "亂數已生成", vbInformation  
  
End Sub
```

圖 5 -56 SMRA 主持人 rules 分頁產生亂數巨集

資料來源：NRI 整理

```
Private Sub RunAllocation_Round_Rev2(ws As Worksheet, col1 As String, col2 As String, colDemand As String, colResult As String, startRow As Long, endRow As Long)
```

```
    Dim i As Long
```

```
    Dim n As Long
```

```
    n = endRow - startRow + 1
```

```
    Dim level1() As Double, level2() As Double
```

```
    Dim demand() As Double, allocation() As Double
```

```
    Dim totalSupply As Double, remain As Double
```

```
    Dim minVal As Double, tieCount As Long
```

```
    ReDim level1(1 To n)
```

```
    ReDim level2(1 To n)
```

```
    ReDim demand(1 To n)
```

```
    ReDim allocation(1 To n)
```

```
    totalSupply = 8
```

```
    remain = totalSupply
```

```
    For i = 1 To n
```

```
        level1(i) = ws.Range(col1 & (startRow + i - 1)).Value
```

```
        level2(i) = ws.Range(col2 & (startRow + i - 1)).Value
```

```
        demand(i) = ws.Range(colDemand & (startRow + i - 1)).Value
```

```
        allocation(i) = 0
```

```
    Next i
```

```
    minVal = Application.Min(level1)
```

```
    tieCount = 0
```

```
    For i = 1 To n
```

```
        If level1(i) = minVal Then tieCount = tieCount + 1
```

```
    Next i
```

```

If tieCount = 1 Then
    For i = 1 To n
        If level1(i) = minVal Then
            allocation(i) = WorksheetFunction.Min(demand(i), remain)
            remain = remain - allocation(i)
        Exit For
    End If
Next i
End If

Dim idx() As Long
Dim j As Long, k As Long
ReDim idx(1 To n)
For i = 1 To n
    idx(i) = i
Next i

For j = 1 To n - 1
    For k = j + 1 To n
        If (level1(idx(j)) > level1(idx(k))) Or _
            (level1(idx(j)) = level1(idx(k)) And level2(idx(j)) > level2(idx(k)))
Then
            Dim tmp As Long
            tmp = idx(j)
            idx(j) = idx(k)
            idx(k) = tmp
        End If
    Next k
Next j

```

```

For j = 1 To n
    i = idx(j)
    If allocation(i) = 0 And remain > 0 Then
        allocation(i) = WorksheetFunction.Min(demand(i), remain)
        remain = remain - allocation(i)
    End If
Next j

For i = 1 To n
    ws.Range(colResult & (startRow + i - 1)).Value = allocation(i)
Next i
End Sub

```

圖 5 -57 SMRA 主持人 rules 分頁數量分配巨集

資料來源：NRI 整理

在參加者使用的 rounds_player 分頁中，參加者可以輸入其標單資訊，包括：本回合是否提交投標(若不提交則觸發資格點數事件)及輸入欲提出的投標數量。同時參加者也可以查看其提出的標單資訊是否有誤，如是否仍剩餘資格點數事件次數？若無，檔案會自動屏蔽可以輸入的空格，參加者必須選擇提交標單抑或其使用的資格點數是否合規。參加者並且可以查看到每回合的數量分配結果，及其獲分配的亂數。

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	R	S	T	
2	投標標準	頻段A				檢核工具													
3	回合	是否提交?	回合價	提出數量	回合價	提出數量	回合使用點數	保留?	剩餘保留次數	是否仍有剩餘保留次數?	資格點數超額?	A層超額?	B層超額?	A暫得	B暫得	結束	點數 A	點數 B	
4	1	是	\$ 1,000	4	\$ 800	4	8	不保留	1	Y	N	N	N	4	4	N	0.6	0.7	
5	2	否	\$ 1,100	4	\$ 880	4	0	保留	0	N	N	N	N	4	4	N	0.2	0.8	
6	3	是	\$ 1,100	4	\$ 968	4	8	不保留	0	N	N	N	N	4	4	N	0.6	0.9	
7	4	是	\$ 1,210	4	\$ 968	4	8	不保留	0	N	N	N	N	4	4	N	0.7	0.1	
8	5	是	\$ 1,331	4	\$ 968	4	8	不保留	0	N	N	N	N	4	4	Y	0.6	0.4	
9	在橘色底輸入標單資訊				查看標單是否提出有誤					查看暫時得標資訊									

圖 5-58 SMRA 主持人檔案操作說明—rounds_player 分頁

資料來源：NRI 整理

最後在 dealer 分頁中，主持人可以在此分頁中查看參加者出價的資訊，並且同樣擁有與參加者分頁中檢查標單是否合規、每回合分配結果及產生亂數結果的區域，這些與參加者的分頁有資料串接。並且，主持人可以在這個分頁裡進行標單判定、對標單類別進行排序及分配每參加者暫時得標結果的欄位，其中標單判定和排序可以手動方式進行或已經串接了 rules 分頁中的巨集，以供主持人進行回合。

排序之計算方式，有效提升政策說明效率，協助業者於短時間內建立正確操作概念。

本次拍賣腳本設計，基於以下拍賣初始參數進行設定。拍賣標的分為兩種頻段類別，分別為 A 類頻段與 B 類頻段，每個頻段之單位頻寬均為 10 MHz，且 A、B 兩類頻段各提供 8 塊供競標使用。本次設定 A 單位底價為每塊 1,000 元，B 單位底價為每塊 800 元，價格增額幅度設定亦皆為每回合 10%；即當某頻段於該回合存在超額需求時，其下一回合價格將自動上升 10%，若該頻段無超額需求則價格維持不變。資格點數設計方面，A 與 B 頻段每塊所需資格點數皆為 1 點；每位參加者在 A、B 頻段之最大可取得數量上限則皆為 4 塊，參加者於各頻段之投標需求量，須符合資格點數上限及數量限制。

頻段	單位頻塊 (MHz)	供給量(塊)	單位底價	增額幅度	資格點數 (每塊)	取得 數量上限
A	10	8	1,000	10%	1	4
B	10	8	800	10%	1	4

頻段：A 與 B
 單位頻塊：10 MHz
 供給量：A 與 B 各 8 塊
 頻塊底價：A 為 1,000 元，B 為 800 元
 增額幅度：A 與 B 每回合預設為上升 10%
 資格點數(每塊)：A 與 B 每塊 1 點
 取得數量上限：A 與 B 各 4 塊

圖 5 -60 SMRA 拍賣機制腳本設計—拍賣初始設定

資料來源：NRI 整理

拍賣腳本中的主要競價階段設計共進行五個回合，參加者於各回合根據單位價格動態調整需求量，並依資格點數規則進行合規投標。於第一回合，A 頻段之單位價格為底價 1,000 元，而 B 元 800 元。三位參加者在此價格下對 A 頻段需求積極，需求分別皆為 4 塊，出現超額需求；B 頻段需求則分別為 4、3、2 塊，未出現超額需求。由於此為第一回合，參加者不可觸發資格點數事件，而參

加者的投標金額也都將遵守為底價。由於參加者都不為前一回合後的暫時得標者，以及參加者都沒有觸發資格點數保留事件，而提出有效投標；因此三位參加者皆為第1類分身。此情況下，參加者同等級類別下應以亂數決定先後順序，用以分配供給量之。根據亂數結果，對於頻段 A：系統分配甲亂數20點、乙亂數50點及丙亂數3點；對於頻段 B：系統分配甲亂數100點、乙亂數2點及丙亂數40點。腳本設計以最大至小排序亂數，因此對於頻段 A：系統優先分配乙4個及甲4個，頻段 A 供給量共8個已分配完成，因此丙雖提出4個需求量，惟因其順序最後，不獲分配之；對於頻段 B：系統優先分配甲4個、丙2個及最後乙獲2個，至此頻段 B 供給量共8個分配完成。

根據拍賣規則，A 與 B 頻段於第二回合價格調升10%至1,100元及880元。

第一回合結束後的暫時得標量：

競標者	是否觸發資格點數事件
甲	否
乙	否
丙	否

第一回合投標單：

競標者	A 量	B 量
甲	4	4
乙	4	3
丙	4	2

A						
競標者	標單種類	類別排序	亂數	亂數排序	暫時得標A量	金額
甲	1	1	20	2	4	1,000
乙	1	1	50	1	4	1,000
丙	1	1	3	3	0	1,000

B						
競標者	標單種類	類別排序	亂數	亂數排序	B量	金額
甲	1	1	100	1	4	800
乙	1	1	2	3	2	800
丙	1	1	40	2	2	800

圖 5 -61 CA 拍賣機制腳本設計－第一回合

資料來源：NRI 整理

在第二回合開始，參加者皆不保留資格點數。此回合甲持續提出有效需求量，因此會持續被歸類為第1分類；乙則因上一回合頻段 A 有獲得全部分配數量，本回合於頻段 A 不提出有效需求量，因此會被歸類為第2分類；丙則提出有效需求量，因此會被歸類為第1分類。根據頻段 A 的排序，乙雖然需求量为4，惟因其分類較甲及丙次之，因此頻段 A 分配予甲4個及丙3個後，乙始得最後1個頻段 A 剩餘的供給量。而在頻段 B，由於每位參加者皆提出有效需求，因此仍以亂數決定排序之：甲為最優先，得全部分配量其需求量4個；乙為次優，得全部分配其需求量3個；丙為最後，僅得部分分配其需求量1個(原需求3個)。

第二回合設定：

競標者	A量	B量
回合價	1,100	880

第二回合投標單：

競標者	A量	B量	保留資格?
甲	4	4	不保留
乙	-	3	不保留
丙	3	3	不保留

第二回合結束後的暫時得標量：

競標者	A					B				
	種類	亂數	類別排序	亂數排序	暫時得標A量	種類	亂數	類別排序	亂數排序	暫時得標B量
甲	1	60	1	1	4	1	30	1	1	4
乙	2	22	2	3	1	1	25	1	2	3
丙	1	50	1	2	3	1	20	1	3	1

圖 5 -62 CA 拍賣機制腳本設計－第二回合

資料來源：NRI 整理

以下第三回合至第五回合，遵循判定規則持續進行之。

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

第四回合設定：

競標者	A量	B量
回合價	1,210	970

第四回合投標單：

競標者	A量	B量	保留資格?
甲	-	-	不保留
乙	-	-	不保留
丙	3	3	不保留

第四回合結束後的暫時得標量：

競標者	A					B				
	種類	亂數	類別排序	亂數排序	A量	種類	亂數	類別排序	亂數排序	B量
甲	2 ³¹	30	1	1	3	1	25	1	3	2
乙	2	60	1	2	2	1	27	1	2	3
丙	1	80	1	3	3	1	45	1	1	3

圖 5-63 CA 拍賣機制腳本設計－第三回合

資料來源：NRI 整理

第四回合設定：

競標者	A量	B量
回合價	1,210	970

第四回合投標單：

競標者	A量	B量	保留資格?
甲	-	-	不保留
乙	-	-	不保留
丙	3	3	不保留

第四回合結束後的暫時得標量：

競標者	A					B				
	種類	亂數	類別排序	亂數排序	A量	種類	亂數	類別排序	亂數排序	B量
甲	2 ³¹	30	1	1	3	1	25	1	3	2
乙	2	60	1	2	2	1	27	1	2	3
丙	1	80	1	3	3	1	45	1	1	3

圖 5-64 CA 拍賣機制腳本設計－第四回合

資料來源：NRI 整理

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

第五回合設定：

競標者	A量	B量
回合價	1,210	1070

第五回合投標單：

競標者	A量	B量	保留資格?
甲	-	-	不保留
乙	-	-	不保留
丙	-	-	不保留

第五回合結束³²後的暫時得標量：

競標者	A					B				
	種類	亂數	類別排序	亂數排序	A量	種類	亂數	類別排序	亂數排序	B量
甲	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2
乙	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3
丙	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3

圖 5 -65 CA 拍賣機制腳本設計－第五回合

資料來源：NRI 整理

四. SMRA 模擬拍賣教育訓練情形及業者意見交流

本計畫已於10月16日順利辦理第三次拍賣機制之業者座談會，並以業者較為熟悉且有操作經驗的同時多回合上升拍賣(SMRA)為主軸，向業者詳細說明拍賣規則、操作流程及模擬檔案架構，同時安排實際操作演練，協助業者熟悉模擬檔案與競價步驟。由於本次座談會使用的改良型 SMRA 兼資格點數制較過去使用的改良型 SMRA 有所不同，因此透過此次座談會，業者可掌握新式 SMRA 模式之核心概念與模擬流程。

在本計畫及業者之模擬操作與討論過程中，有別於前兩次座談會，因資格點數與改良型 SMRA 此兩規則，在前次座談會及前次拍賣中皆使業者有強烈印象，因此本次座談會問題更偏向於對目前市場競爭情形所導向拍賣時可能發生的情況。

第三場座談會詳細問答如下表：

表 5-3 第三次座談會 Q&A 詳細列表

編號	問題	回應
1	資格點數的設計與底價是否有相關？	資格點數類似於底價設定，其設計都與頻段特性的確有直接相關，惟點數與底價兩者之間不必屬直接相關。
2	研究單位使用的案例皆屬英國 Ofcom 案例，是否有其他國家案例可參考？	因本案屬於拍賣機制模擬與規則研析，而並非所有國家都透露如 Ofcom 詳細的說明，因此使用英國案例屬於巧合。
3	本次 SMRA 與過去 119 年使用的 SMRA 有什麼差別？	本次 SMRA 與過去使用的機制最大差異為有資格點數制。

編號	問題	回應
4	無論使用何種拍賣機制，主管機關是否會考慮有降溫機制？	拍賣的上升過程屬於價格發現正常過程，是所有競價人共同參與並一同發現市場共同價值的公開機制；且過去設定價格增額幅度 1%，升額幅度已屬細膩，正常程序下不需要降溫機制。
5	簡報中介紹但不納入的最低頻寬需求量，是為何用？	為了使競價人可以提早宣告其所需的最低頻寬量，其在拍賣中提出需求時，不得提出這個最低數量。
6	研究機關是否可以提供各拍賣機制的優缺點？	本計畫最終將說明各機制的特點與適用情境予主管機關參考。

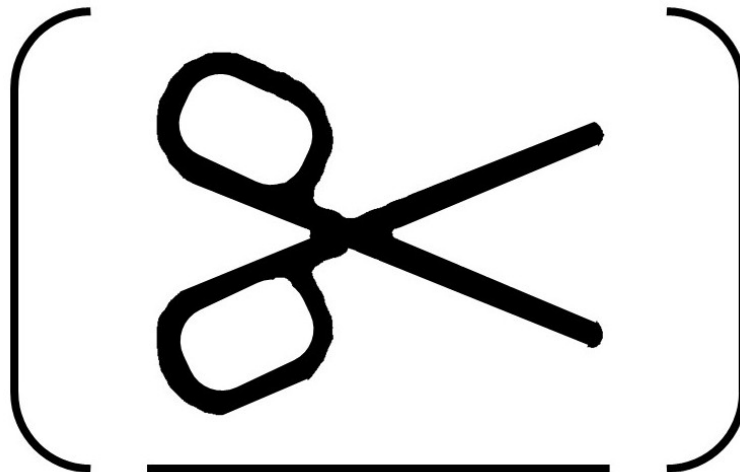
資料來源：NRI 整理

第五節 潛在參與競價業者之意見歸納及拍賣機制回饋建議

一. 業者回饋意見表

以下為本計畫舉行三次座談會後，供其中潛在參與 119 年頻譜拍賣的業者回覆對三種拍賣機制意見的問答表格：

表 5-4 潛在參與競價業者拍賣機制回饋建議表



二. 意見歸納

本計畫歸納以上業者意見，觀察業者的見解。電信業者普遍認為 108 年 3.5 及 28GHz 拍賣時長過長，因此認同資格點數下降後不逆制度有效於減少回合次數，協助收斂拍賣共識。其中有業者針對 108 年該次拍賣的競價金額認為過高，惟本計畫認為，當次拍賣為五家業者參與，頻寬上限限 3 分之 1，屬實合理競爭範疇。且拍賣乃係公開透明的共同評價機制，若市場當時估值有共識，便會以當時所有的價格結清；無論用任何拍賣機制，最終達成的共同價值發現皆不會改變。再且主管機關於競價所得的標金也部分轉入補助建設 5G 基地台鼓勵業者重耕。

另外，亦有業者提出以指配制分配 119 年屆期再釋照頻譜，同其他業者擔心若低頻再釋照未取得現有使用的頻譜，可能造成額外的移頻負擔成本；此兩類意見應屬一同。本計畫認為，目前潛在參與 119 年競價作業的 3 家業者於原低頻已使用有時，從其意見

回覆亦相信市場已有共識減低移頻成本，對於此類機會成本的計算，屬於業者對頻譜的估值與評價作業，應回歸屬於拍賣以業者內生性行為自行結清市場，即為有效率之。反之，業者擔心低頻挪移的態度，也顯示我國目前市場結構趨向穩定；穩定的市場樣態或有助於我國電信市場維持基本既有服務，惟其另一面向或需主管機關思考如何加速創新技術的普及。

至於業者對 CCA 拍賣機制的意見應屬有共識，因就 CCA 補充競價階段有一個主要階段的最終組合未設有投標金額上限及 CCA 其他補充競價回合的組合允許在其上下限內提出金額，業者認為此將使拍賣策略操作困難，恐有操作風險及其不可預測性，因此皆建議不採用之。雖本計畫認同 Ofcom 補充階段階段的不確定性有助於業者誠實投標，惟在我國電信普及頻譜的使用下、臨界三代新舊技術過渡及業者回饋意見下，認為 CCA 或確有其風險。更甚至，業者的意見更著重於「得標價格的不一致」，此原因係因為國際上 CCA 案例皆使用「次佳價格」的設定，而本計畫也有研析其內容於前章；本計畫認為因為國際上未見有不使用次佳價格的 CCA 機制，若為此使用複雜度去除此機制，恐有失整套機制的設計理論。

對於 CA 拍賣機制，業者的意見未見有甚大的意見者，全部業者雖有數次提及對於 CA 機制的不熟悉而擔心過程未如預期，惟不如 CCA 般提出堅定反對意見。對於此機制，有業者表示目前瞭解階段下已經可以接受，僅須再加以詳釋；亦有業者表示國際上使用此 CA 機制者未有大量應用案例的結果可供研析，因此本計畫確實瞭解此 CA 機制在 2025 年 10 月使用後的結果詳述如前章內容，可見因就頻段特性，就算使用新式 CA 機制進行拍賣亦不會有別於其他機制，而結果看來也未見有操作風險之。惟對於 CA 機制，有業者認為其暫時得標機制未能允許其有自由轉移頻段的優勢，然而本計畫認為此機制能夠提出減量標單的規則，較以往使用的暫時得標者機制較有助於業者表達需求。

對於改良型 SMRA 兼資格點數制，業者普遍對此機制意見較少。縱觀業者所提的所有意見主軸，皆注重於「操作風險」；同樣經過本計畫向電信業者深度訪談，業者表示若在機制先天性「操作風

險」可以保證的情況下，的確對其他機制非屬抗拒之；惟諭請主管機關需要考量若沿著使用 SMRA 的風險因業者皆有操作經驗而更低，則 119 年拍賣頻段為再釋照的情況下，是否有需要別於過往經驗而提高「操作風險」。綜上，本計畫認為提出意見更少的原因是在於「操作風險」更低。而對於新增的資格點數制來說，業者皆同意新增的資格點數機制的確相較於原改良型 SMRA 制能夠有更好的拍賣效率，但業者皆提出應該要搭配「資格點數事件」。本計畫認為新增資格點數的確有受到業者同意並歡迎，惟各業者提出資格點數制應該要搭配保留事件的原因，或與資訊揭露機制有關，於下段詳述之。

揭露資訊是拍賣過程中很敏感的一點；由於拍賣的價格發現過程，是以各參加者在其各自的資訊下提出各自的私有評價，在拍賣中以其內生行為發現共同評價。在資訊揭露的問題交流下，所有業者都同意揭露更多資訊以利各自的操作策略判斷。在上一段討論到，新增資格點數制同時希望有保留事件的搭配，而其原因是為了能夠使業者觀察其他業者的行動，而使其調整策略。本計畫認為保留事件的設定主軸是為了彌補 SMRA 的暫時得標者機制：「每回合結束後即決定各頻段之暫時得標者，暫時得標者將被動觀察後續競價情形，直至遭其他競價者取代其暫時得標者資格」，此一個使加入了多頻段和資格點數制違反 SMRA 操作天性的緩衝橋接機制。本計畫認為為了使參加拍賣業者可以觀察他人的需求使其可能有機會行使訊號傳遞(signaling)進而策略性降低需求，不宜過度放寬拍賣時揭露的資訊。

資格點數權重亦是設計拍賣規則重要的一環，尤其在未來多頻段拍賣的趨勢下，資格點數都是在各自機制裡允許業者提出組合偏好的通用辦法。各業者皆提出在設計資格點數權重時，應加以考慮頻寬上限及頻寬單位，及其不同頻段之間的價值。惟參考過往國際案例，各個案例在每個機制設計資格點數權重時都有其背後實際的評價考量，而本計畫因未涉及有頻段評價的多個因素研析，因此尚未能提出實際權重轉換公式的客觀意見，此需要透過我國政策目標及低頻覆蓋技術來看。惟本計畫的確同意業者意見，在因應未來多頻段轉換的拍賣機制時，的確應該多加思考背後意義

並行政策溝通之。

另外，業者以意見回覆討論頻譜零碎的議題。雖然自我國使用二階式改良型 SMRA 制後，頻譜零碎的議題未如當年 4G 時代般嚴重(這同時也需要考慮到近次拍賣已經僅剩下 3 個業者)；然而本計畫同步有瞭解到，在上行流量持續提升的情況下，技術面的確以大塊連續低頻更能達到更好的技術效益。因此，其中有業者建請拍賣頻段單位應放寬為 10~15MHz 或提出最小宣告頻寬量；以此為業者頻段使用的特性；惟本計畫認為，在未來多頻段組合的營運策略下，低頻段的再釋照希望避免頻譜零碎的意見可以理解之，但業者亦應瞭解到低頻段已經不如以往 4G 需要作為承擔容量的頻段，恐不應以頻譜零碎化以模糊焦點。

第六章 核配、管理與競價之系統規劃

我國行動通信頻率(含非地面網路)申請包含向 MODA 申請核配無線電頻率及向 NCC 申請網路設置計畫核准流程，國際趨勢為簡化申請程序，故本計畫將循此原則進行申請書表之檢討。透過本計畫對於未來頻譜資源高效管理、公平分配、政策透明化、服務雲端化之核心建議，短期將反映為具體的頻譜管理系統檢討可視化及評估功能強化建議，並提出逐步將頻譜管理系統擴大為民眾、業者共用系統之相關建議，相關原則亦將反映於競價系統的規劃中。

第一節 核配申請相關書表欄位規劃

依照《電信管理法》第 53 條第 1 項，「電信事業申請使用無線電頻率，除本法另有規定外，應檢具申請書、無線電頻率使用規劃書及相關資格證明文件，向主管機關申請核配。」針對無線電頻率使用規劃書已於同法第 2 項載明應說明下列事項：

- 一、電信設備概況之構想：
 - (一)採用技術之種類及特性。
 - (二)系統架構、通訊型態及服務內容。
- 二、網路設置計畫構想。
- 三、無線電頻率使用規劃構想。
- 四、無線電頻率使用應履行之事項及責任擔保。
- 五、其他經主管機關指定之事項。

惟申請書內容並未於法規中限制，故本節將針對行動通信頻率之頻率核配申請書、頻率使用證明及頻率核配表欄位進行檢討及規劃。又配合我國通訊服務涵蓋範圍提升及加速衛星產業與國際接軌之政策目標，數位發展部已於 114 年 6 月 24 日公告完成 4 項法規修正，正式開放電信業

者申請「衛星行動通信」頻率供公眾服務使用，故針對行動通信頻率核配申請相關書表規劃將至少考量行動通信有無整合非地面網路 2 種情況。

此外，亞洲標竿國家如韓國、日本、新加坡等目前相關申請程序皆已與線上系統結合，目前數位發展部亦在規劃頻譜管理系統，配合頻譜管理系統數位化進程，相關書表規劃應以線上系統申請為基礎進行規劃，並考量數位化下之申請流程簡化進行規劃。

一. 現況書表說明

我國行動通信頻率按過去經驗皆採競價拍賣方式釋出，而行動通信頻率之頻率核配申請書主要用途在於競價前提出申請，作為表示申請意願使用(即下圖流程中之「遞送申請」階段)，而相關細節大多呈現於無線電頻率使用規劃書。

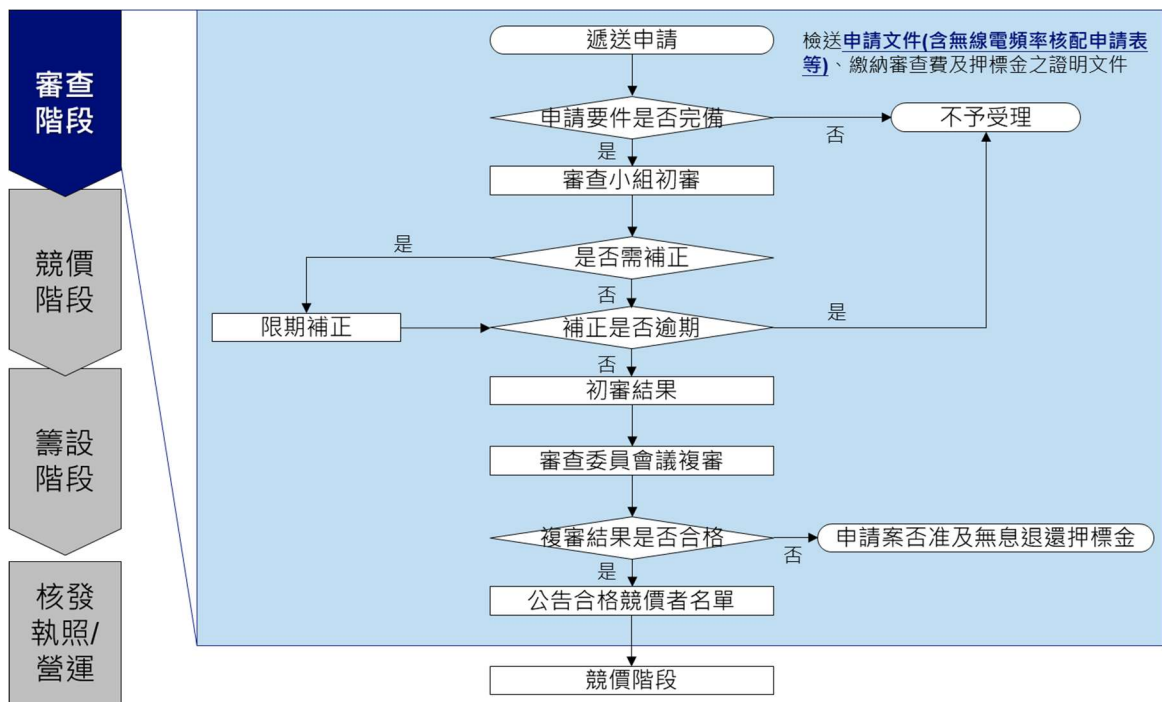


圖 6-1 行動通信頻譜競價流程圖

資料來源：NRI 參考 NCC 過去頻譜競價程序繪製

參考112年1月更新之無線電頻率申請核配申請表(尚無行動通信用版本)，及110年11月之無線電頻率核配申請表(電信事業)，主要

應包含項目為「申請人資料」及「申請核配頻率(依《電信管理法》第54條或第55條)」兩大項。而原109年10月版中原有申請頻率改配(依《電信管理法》第59條)之選項，至110年11月起更新表單已由「電信事業無線電頻率使用權移轉申請書」取代。

無線電頻率核配申請表
(電信事業)

填表日期： 年 月 日 第1頁(共1頁)

公司名稱					
公司所在地					
代表人姓名					
代表人身分證號					
代表人戶籍地址					
聯絡人姓名					
聯絡人電話	(公司及代表人印章)				
<input type="checkbox"/> 申請頻率核配(依電信管理法第54條或第55條)					
公告開放之無線電頻率 (電信事業申請無線電 頻率核配辦法第4條)	頻 段	<input type="checkbox"/> 1GHz 以下	<input type="checkbox"/> 1GHz 至 3GHz	<input type="checkbox"/> 3GHz 至 6GHz	<input type="checkbox"/> 6GHz 以上
	起迄頻率 (MHz)				

備註：
無線電頻率為配對頻段，應分別敘明上行、下行頻率。

圖 6-2 申請頻率使用—無線電頻率核配申請表(電信事業)-110年11月版

資料來源：數位發展部

二. 行動通信頻率核配申請書

(一) 申請人資料

申請人資料參考112年1月版之電信事業無線電頻率核准使用申請書，應包含公司名稱、公司所在地、公司統一編號、代表人姓名、聯絡人姓名、聯絡人電話等6項，並新增實收資本額

項目。不論行動通信頻率申請人是否有非地面網路之建設規劃，依相關規定皆有最低實收資本額要求，故建議新增實收資本額項目。

電信事業無線電頻率核准使用申請書		
<p>依據「電信事業申請無線電頻率核配辦法」規定，取得頻率核配資格之申請人，復依「無線電頻率使用管理辦法」第14條之規定，檢具申請文件，向主管機關申請核發頻率使用核准函。</p> <p>此致</p> <p>數位發展部</p>		
公司名稱		(公司及代表人印章)
公司所在地		
公司統一編號		
代表人姓名		
聯絡人姓名		
聯絡人電話		
送審文件檢查	<p>※雙線以下申請人請勿填寫。</p> <p><input type="checkbox"/>1.申請書(本表)。</p> <p><input type="checkbox"/>2.無線電頻率使用規劃書(含電子檔)。</p> <p><input type="checkbox"/>3.依「電信事業申請無線電頻率核配辦法」規定取得頻率核配資格之證明文件影本。</p> <p><input type="checkbox"/>4.其他經主管機關指定之文件。</p> <p>以上文件屬影本者，應註明與正本相符，並蓋公司及代表人章。</p>	
備註：申請公文檢附本表者，免於機關(或公司)及代表人印章欄位用印。		

圖 6-3 申請核發頻率使用證明－電信事業無線電頻率核准使用申請書-
112 年 1 月版

資料來源：數位發展部

(二) 申請核配頻率(依《電信管理法》第 54 條或第 55 條)

申請核配頻率欄位需依公開開放之無線電頻率勾選頻段，並填寫擬申請之起迄頻率，於109年版申請表最高僅到6GHz 以上，惟參考日本2024年《頻率重組行動計畫》為行動通信頻譜預留之頻段已考慮至30GHz 以上，故將勾選頻段分為1GHz 以下、超過1GHz 至3GHz 以下、超過3GHz 至6GHz 以下、超過

6GHz 至30GHz 以下、超過30GHz 等五區間，並依公告開放申請之無線電頻率之相關說明，敘明是否同時申請供衛星通信使用。

三. 頻率使用證明

參考韓國《電信法施行細則》附件6-3號即為頻率使用許可證格式，關鍵要項包含受核准公司名稱、核准日期、有效期限、核准使用頻率、核准使用區域、其他核准條件，與我國應屬雷同；韓國於許可證上另有呈現其他技術面項目，如傳輸技術、占用頻寬、電台型式等，後續將進一步與數位發展部探討技術項目之必要性。

四. 頻率核配表

參考113年9月更新之行動通信頻率核配清單，欄位包含業者名稱、頻段、上行頻率、下行頻率、頻寬、頻率使用期限等，若考量衛星通信，可評估納入饋線鏈路及服務鏈路之使用頻段。

第二節 頻譜管理系統需求建議

在現代通信技術快速發展的背景下，頻譜資源已成為國家數位基礎設施的重要組成部分。然而，頻譜資源作為有限且不可再生的公共資源，其分配和管理的挑戰性也日益凸顯。不僅需要應對頻譜使用效率低下、干擾問題頻發等現實挑戰，還需滿足多方利益相關者的需求，包括監管機構的政策執行能力、電信業者的業務發展空間，以及公眾對於透明化管理和穩定通信服務的期望。

一. 現行頻譜管理問題分析

面對如此多元且復雜的需求，傳統的頻譜管理方式顯得愈加力不從心。主要表現在：1.資源分配的靈活性不足：頻譜分配週期長，頻譜資源的分配需考慮長期新技術應用和等綜合因素；2.頻譜相關資料互通性不足：部門間數據孤島現象普遍，頻譜分配與使用情況無有效資料整合，且對外公開的程度有限。

為應對上述挑戰，應透過建構及優化頻譜管理系統，進行頻譜規劃相關所需資料的蒐整，並藉由頻率使用數據的可視化和公開化，協助監管機構進行資源高效管理和公平分配，助力實現頻譜資源的有效分配、精準監控與政策透明化，未來更可將管理端的資訊擴散至民眾與業者端，實現多方價值的共創。以提升頻譜管理的科學性與效率，實現資源最大化利用和國家數位基礎設施的長期可持續發展。

二. 國際頻譜管理系統規劃趨勢

目前英國、新加坡、日本、韓國等頻譜申請使用皆已數位化，透過線上系統即可完成頻譜資源的申請，惟受限於使用者身分限制，不易瞭解上述國家頻譜管理系統全貌。

其中，韓國對公共頻譜管理及民間頻譜管理各自有開放系統，可

初步窺知其系統功能。原則上，各項頻譜使用及站台資訊查詢、頻譜使用申請、使用狀況調查等功能皆可對外開放，以提高頻譜管理業務效率。而在頻率使用申請方面，也透過線上頻譜使用申請，可使申請者明確申請必要資訊，並加速各項頻率使用規劃資訊之數位化。



圖 6-4 韓國 KCA⁵⁰公共頻率需求管理系統主要功能一覽

資料來源：韓國 KCA 公共頻率需求管理系統

三. 頻譜管理系統規劃原則

透過本計畫對於未來頻譜資源高效管理、公平分配與政策透明化之核心建議，短期將反映為具體的頻譜管理系統檢討可視化及評估功能強化建議，並提出逐步將頻譜管理系統擴大為民眾、業者共用系統之相關建議。

⁵⁰ Korea communications Agency

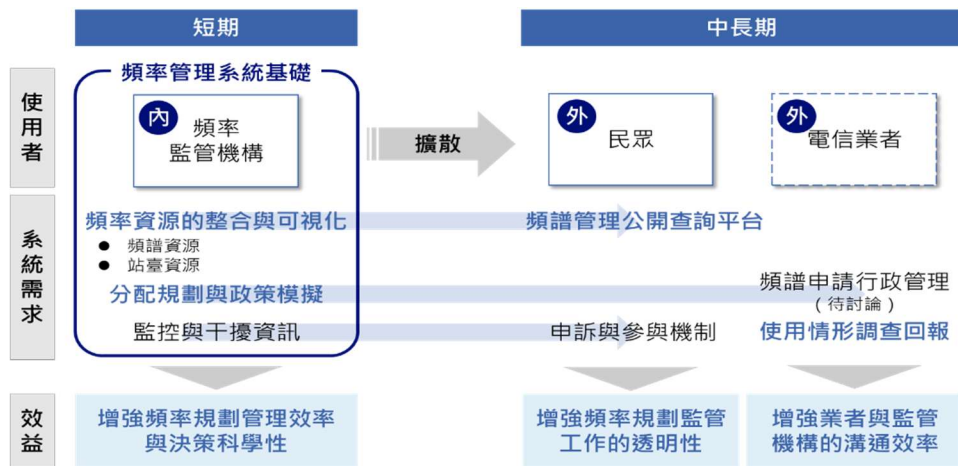


圖 6-5 頻率管理系統規劃

資料來源：NRI 整理

四. 頻譜管理系統規劃步驟

研究團隊預計從監管需求與技術可行性兩大層面進行全面分析，以構建一個專供監管機構內部使用的頻譜管理系統，支持監管機構在資源分配、干擾管理與政策執行上的精準化、高效化目標。

以下是系統規劃的主要步驟與方法：

(一) 需求收集與分析

首先，研究團隊將與監管機構內部該系統主要使用者進行深度交流，全面梳理頻譜分配與監控的核心業務需求，了解當前系統運作的不足之處以及未來的目標功能。需求收集將重點聚焦於頻譜資源分配所需數據、數據管理與可視化等監管核心職責。

(二) 系統架構設計

在需求分析的基礎上，研究團隊將規劃設計符合內部使用場景的技術架構，包括數據收集與存儲、頻譜分配管理工具以及決策支援模組。考量到監管工作的敏感性和數據安全需求，技術架構將採用高安全性設計，確保數據的存取權限嚴格受控。

(三) 功能模組規劃

系統將圍繞監管機構的核心需求設計以下模組：

1. 頻率資源管理模組

系統內建頻率資源管理模組，整合所有頻段的基本信息，包括頻率範圍、使用狀態(如使用中、未分配、規劃中)分配對象、使用期限、分配條件、競價情形、歷史變更等，模組應支持自動更新數據，如到期提醒和頻段狀態變更通知，幫助監管單位隨時掌握資源狀況，用於政策回顧和未來規劃，並可對頻率資源進行全生命周期管理。

2. 頻譜使用資訊回饋模組

未來在頻譜管理數位化過程中，可透過每年透過系統回報更新使用者主動回饋頻譜使用狀態，以瞭解頻譜資源是否有效利用，並蒐集追蹤頻譜有效利用及潛在干擾影響程度。

3. 頻譜分配數據分析模組

在頻譜使用資訊回饋模組的基礎下，可進一步發展系統內建數據分析模組，支持多維度的數據交叉分析，以直觀的圖表形式呈現，通過數據可視化與條件篩選功能，幫助決策者快速理解數據趨勢與分配情形。亦可結合外部資訊如各鄉鎮區域人口資料，例如，在城市密集區域，建議分配更高頻率以支持行動通訊網絡，而在偏鄉地區則分配低頻率以實現廣域覆蓋。

4. 增加 AI 輔助功能

建立基於檢索增強生成(Retrieval-Augmented Generation, 簡稱 RAG)的 AI 輔助功能，讓使用者可透過 AI 快速尋找資訊或生成分析圖表，並限制在回答問題前先「查找前述頻譜資源及使用者資料庫」，從而提供更準確、更具體的回答及分析資訊。

(四) 數據整合與標準化

預計盤點頻譜管理所需相關資訊，再整合現有監管機構內部的頻譜資源數據、基地台分布數據，並建立統一的數據標準與接口規範，確保系統內部數據流轉的高效性與準確性。例如，

將業者的基站分布數據與監管部門的頻率使用數據進行整合，生成完整的頻譜資源地圖。

第三節 競價系統需求分析

本系統將就上述所評估適合我國頻譜競價機制，針對我國 119 年將屆期之 700MHz、900MHz 及 1800MHz 等頻段釋出所需架構提出規劃及建議。旨在建立一套完整競價系統規劃方案，滿足監管機構在頻譜資源分配與市場監管上的核心需求。透過完整的系統規劃，涵蓋需求分析、技術架構設計、功能模組設計、整合性考量及未來維運策略，確保後續競價系統的高效運行與穩定運營及競價流程的公平透明。

一. 競價系統功能規劃

依據透過競標程式 PoC 測試，除了可協助競拍者與競價者更清楚遊戲規則，亦有助於更完整建立的頻譜競標系統需求。參考 109 年競價系統之四大功能模組，其中競價作業模組最可能依據拍賣方法的規則不同，而改變流程與系統功能設計。

期末階段對於競價系統之需求確認，本研究團隊擬透過訪談、業務流程分析及國際標準對標，整理監管機構的核心需求，確定系統應具備的關鍵功能與技術要求，並確保系統功能與現行監管框架相容。可能的主要功能包括競價管理、標案設置、投標行為進行與支援。

在技術架構設計上，系統將採用模組化設計，整合登入、競價、查詢等核心模組，以提升系統的靈活性與可維護性；並透過權限控管與加密機制，確保競價與頻譜管理數據的安全性與機密性。此外，此系統規劃亦考量了教育訓練與維運需求，在導入後能夠持續支援監管機構的發展需求，確保系統具備穩定性與可靠性可擴展性。

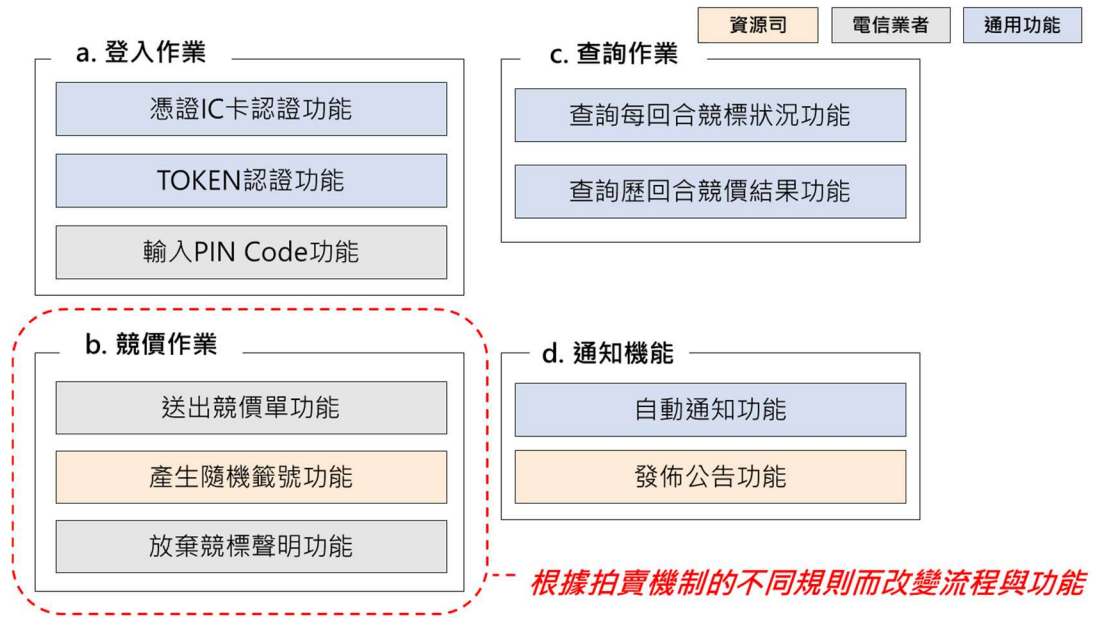


圖 6-6 競標系統功能模組(初步規劃示意)

資料來源：NRI 分析

二. 競價系統業務流程規劃

透過模擬將建立之業務流程圖如下圖所示，從系統使用者、作業內容、所涉及的系統功能等進行各段業務流程，並連結涉及資料的盤點庫。

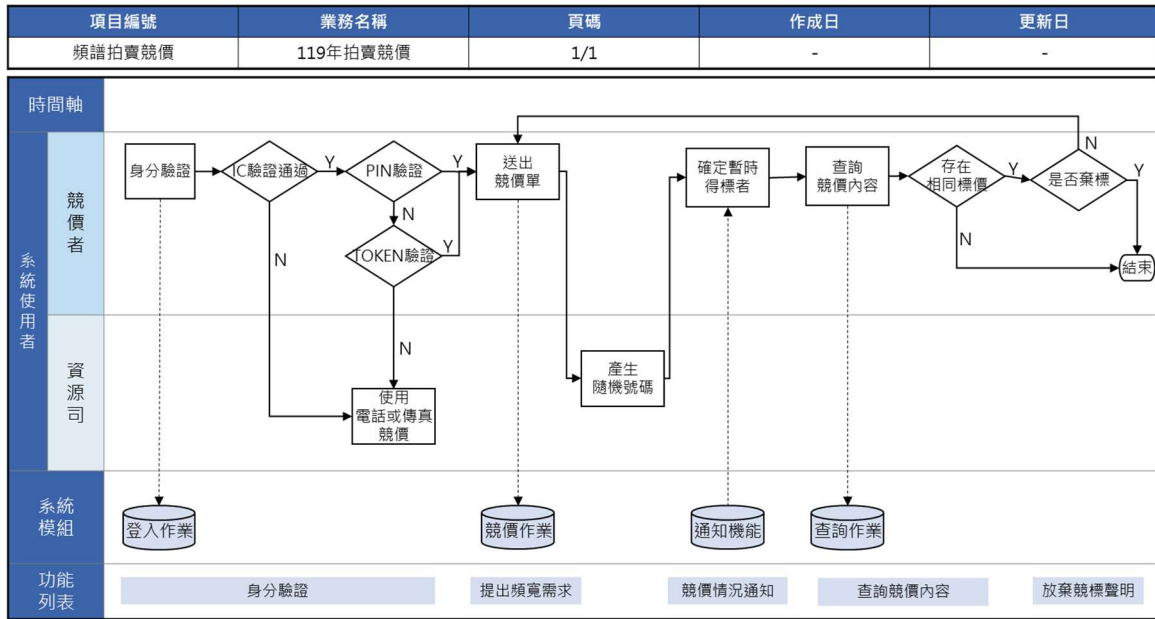


圖 6-7 競標系統業務流程圖(初步規劃示意)

資料來源：NRI 分析

三. 競價系統需求規格

整體而言，本計畫規劃針對我國119年將屆期釋出之700MHz、900MHz及1800MHz等頻段特性與使用狀況，並結合頻譜競價機制、業務／行政流程規章、政策需求等，同時考量業務面與系統面之需求，提出完整的技術與業務框架規劃，並協助草擬競價系統開發之徵求建議書。

需求分析將包含業務需求說明、使用者權限架構設計、系統定位與模組、系統功能需求說明、其他需求(如資料移轉、資料交換、備份備援、資安配合事項、系統測試需求、教育訓練、上線輔導需求、使用者手冊、系統維護/變更需求等)，並明列交付項目及期程。透過需求規格的規劃，使未來的系統開發與實施能夠緊密貼合監管機構的需求，更確保競價時期系統的穩定運營。

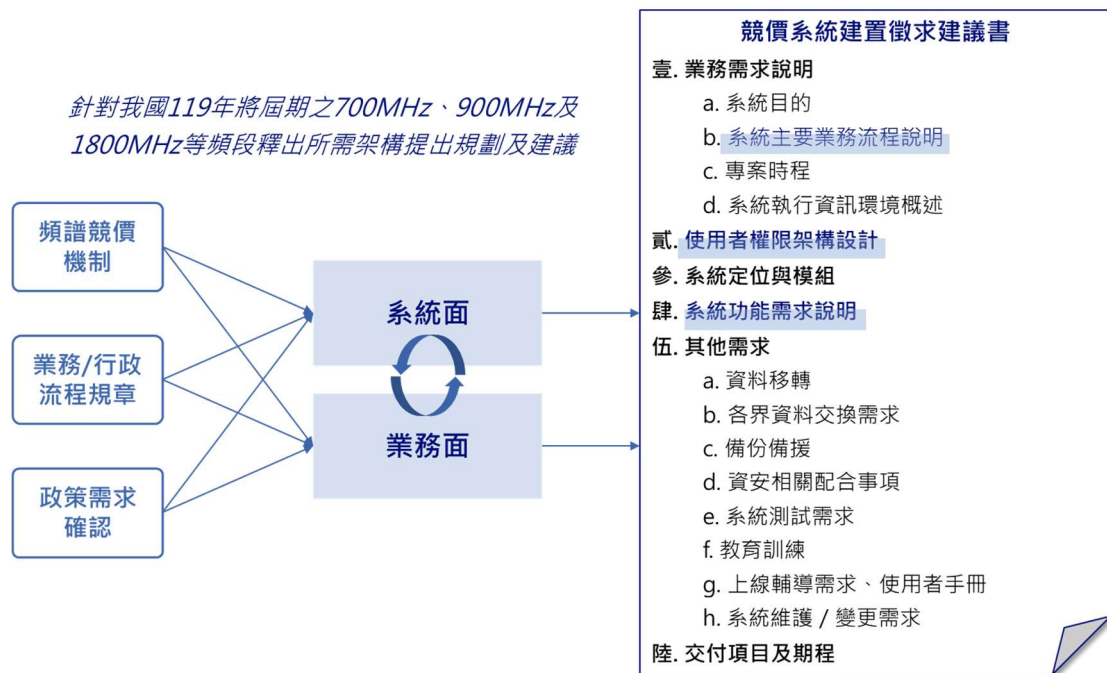


圖 6-8 競價系統需求規格(規劃示意)

資料來源：NRI 分析

(一) 業務需求說明

1. 系統目的

- (1) 提升競價效率與公平性：採用線上網路報價方式，以提高整體競價效率，降低人為錯誤發生率，並減少無效報價。
- (2) 確保資訊公開透明：建置響應式競價網站，即時公布競價資訊，以達資訊透明化。
- (3) 滿足法規與技術要求：依據主管機關所訂競價規則(例如兩階段競價：數量競價、位置競價)，設計開發電子式競價系統，並符合安全資訊系統開發規範(SSDLC)。
- (4) 高可用性與災害復原：建置高可用性(HA)備援機制，確保主系統故障時能迅速切換，並要求系統災難復原時間。

2. 主要業務流程

業務流程依據所選擇的拍賣方法，進行該拍賣方法之業務流程說明。以改良型 SMRA 為例，包含整體競價作業及兩階段競價業務流程規劃。

(1) 競價作業

設定競價起訖時間、暫時棄權次數、暫時得標序位電腦抽籤。

系統端核心功能包含系統管理(基本資料建置、參數管理)、標準時間鐘顯示、競價者狀態更新與記錄、佈告欄功能。

(2) 第一階段：數量競價

同時、多回合、上升競價。競價者需指定報價頻段與頻寬，報價金額需為該回合之回合價。

系統端核心功能包含報價單核對(合法時間、有效報價金額等)、暫時得標序位及頻寬計算、競價結果廣播、加速競價機制、補充數量競價功能。

(3) 第二階段：位置競價

標的單元排列組合，供得標者選取頻率位置意向及報價，報價總和最高之組合得標。

系統端核心功能包含標的單元排列組合模擬、位置意向報價介面、得標組合判定。

3. 系統執行資訊環境概述

(1) 部署位置：需指定中控室和伺服器機房及競價端場所。

(2) 設備提供：除維護使用現有設備外，其餘不足的軟硬體、網路、電話線路均由承包商提供。

- (3) 網路架構：競價系統與外部公開查詢網站應實體隔離。機房需建置兩路企業型雙向達一定規格以上之專線電路，並與每個競價業者以 IPsec VPN 獨立連接。
- (4) 中控室及機房：相關設備包含主、備援伺服器、交換機、電腦終端機供系統連線及教育訓練/備援使用，配備電話、數位側錄設備及 UPS 等，相關規格視實際環境需求建置。

(二) 使用者權限架構

1. 分級認證

競價系統各項功能存取需建立嚴格的基於角色(Role-Based)的存取控制，區分中控室、維護人員、競價者等權限，並經系統身分認證。

2. 多因素驗證(MFA)

伺服器、中控室電腦與競價者端終端機均需以憑證方式加強驗證機制。

3. 權限控管

- (1) 提供系統管理人員使用者帳號、權限、群組管理及操作記錄查詢功能。
- (2) 建立並管理應用程式與使用者權限對應表，以利稽核控管。
- (3) 使用者介面只顯示其權限允許操作的功能。

4. 密碼原則

需定義密碼長度、內容、錯誤次數(3 次即鎖住)、有效期限等規則，並以不可逆加密演算法儲存密碼。

5. 自動簽退

簽到後若一定時間內未執行任何交易，系統應自動簽退。

(三) 系統定位與模組

精準執行主管機關設定的兩階段競價規則(數量競價、位置競價)，確保競價過程的邏輯正確性、即時性與不可否認性。並需具備高強度的備援機制及極低延遲的報價與廣播能力，以應對競價期間的即時高併發交易。

由於系統涉及國家重要資源與鉅額資金，必須採用最高標準的資安措施，涵蓋 SSDLC、MFA、憑證加簽與嚴格的內外部網路實體隔離。且過程中所有操作、報價、系統狀態變更都必須被完整記錄、數位簽章，並具備不可否認性，以供未來稽核與爭議處理。

1. 登入作業(使用者介面與存取)

實施帳號/密碼搭配憑證的多因素認證。

2. 競價作業(核心競價業務執行邏輯)

包含競價基本參數設定、競價作業控制、競價規則執行、報價驗證與處理、即時狀態公布、以及對每筆登入、報價、操作進行電子憑證加簽，確保資料在傳輸和儲存過程中的完整性與不可否認機制。

3. 通知作業

即時發布或更新競價期間的文字公告，並於競價時透過低延遲通道(如 WebSocket)即時更新競價者介面，廣播當前回合結果、回合價、暫時得標狀態、是否進入加速競價等資訊。

4. 查詢作業

建議可提供競價者確認連線狀態、報價紀錄、棄權次數、即時帳號鎖定/解除等。競價結束時提供即時(延遲資訊)或最終的競價結果、釋照頻段等資訊。

5. 報表與資料處理(用於競價過程中的資料產出與交付)

- (1) 根據競價者、標的物、回合等維度，即時輸出競價過程中的各式報表，供中控室人員查閱。
- (2) 依照法規要求，輸出具備不可否認性(加簽)的最終競價結果與暫時得標者清單。
- (3) 將所有競價原始資料及側錄檔案，轉換成 word, excel, txt 等標準格式，供交付與永久保存。

6. 系統監控與維運(用於系統運行期間的健康度監測與維護)

- (1) 於中控端應提供圖形化儀表板(Dashboard)，即時顯示競價系統整體健康狀況、異常警報與關鍵統計指標。
- (2) 監測伺服器資源使用率(CPU, RAM, Disk)、網路延遲、服務程序狀態等，並在達到閾值時發出警報。
- (3) 實時監測競價者端與系統之間的網路連線品質(如 IPsec VPN 狀態、封包丟失率)。
- (4) 規範系統維護期間的軟體變更流程，包括測試、上線、上線失敗的回復等機制。

(四) 系統功能需求說明

1. 競價系統

投標報價、電子報價單列印、競價資訊查詢與列印、資料不可否認性記錄(登錄、報價、查詢、聲明等資訊需存入硬碟比對)，並確保競價資料廣播與狀態更新的極低延遲。

2. 主控端

- (1) 系統管理、競價者狀態、參數管理、佈告欄、查詢/列印(以回合、競價者、標的物為主)。
- (2) 建議導入 AI/ML 異常行為偵測模型，即時監測報價頻率、金額、連線狀況，提前警示潛在的競價操縱或網路攻擊行為。

3. 公開查詢網站

- (1) 響應式(RWD)設計、網站無障礙規範(110.07)需達 AAA 等級、中英文版本、實體隔離建置。
- (2) 建議可採雲端原生架構，以無伺服器架構部署，以應對高併發查詢流量，並利用 CDN 服務提升全球存取速度與韌性。

4. 程式開發

- (1) 遵循 SSDLC、資料核驗(長度、型態、範圍等)、防呆功能、交易完整性與一致性。
- (2) DevOps/CI/CD 流程:結合自動化程式碼掃描與部署流水線，強制執行安全程式設計規範，確保程式碼品質與安全

(五) 其他需求

1. 資料交換需求

- (1) 傳輸加密：伺服器、中控室電腦與競價者端終端機之間傳輸內容需經過加密處理。
- (2) 資料加密：伺服器資料庫敏感性資料需進行加密處理。
- (3) 電子憑證：所有競價過程的出價紀錄，需採電子憑證加簽不可否認性機制及加密。
- (4) 備份資料格式：競價作業產生的所有原始資料、側錄檔案等，須製作成電子檔 3 份，並須提供轉換成 word、excel、txt、mp3 或 wav 格式的檔案及其轉換程式。

2. 備份備援

- (1) 高可用性(HA)：伺服主機、專線網路、寬頻網路設備、防火牆及 Internet 線路均需建置 HA 機制。
- (2) 熱備援同步：備援主機的系統、資料庫、檔案需與正式主機隨時同步。

- (3) 災難復原目標：系統災難復原時間(Recovery Time Objective, RTO)應小於指定時間。
- (4) 備份機制：每日對競價資料、系統日誌、程式碼進行完整備份，並存儲於異地，並具備可驗證的還原能力。
- (5) 離線作業：需建置離線作業處理機制，當電子系統完全無法運作時，可迅速啟用離線手工作業流程的支援系統或文件。

3. 資安事項

- (1) 安全開發標準：系統開發需遵循安全軟體發展(SSDLC)。
- (2) 資安檢測：程式須經源碼檢測，並檢查及測試應用程式無最新 OWASP TOP 10 弱點。檢測報告需於系統環境安裝建置階段及正式競價前 3 日完成交付。
- (3) 網路防護：需說明 Internet 上的資安防護機制(如 DDoS 防護等)，並在建議書中詳細說明網路攻擊偵測與防護之規劃與具體做法。
- (4) 權限分層：隔離資料庫網段與應用系統網段，並提供特定來源存取限制功能。應用系統角色權限需與作業系統及資料庫等最高權限使用者及群組區隔。
- (5) 稽核軌跡：系統所有作業(含查詢、變更)及安控相關交易資料，包含所有使用者、管理員、系統的操作軌跡、時間戳記、IP 位置等，均應保留電腦稽核軌跡資料。
- (6) 異常偵測：監測登入嘗試失敗、異常報價頻率、短時間內高頻率棄權等行為，即時發出安全警報。

4. 系統測試需求

- (1) 測試類別：需規劃測試計畫、設計、準備、執行及缺失矯正活動。

- (2) 效能測試：需自備測試工具及使用者端模擬工具，以本會測試環境為準。
- (3) 競價系統：模擬多個使用者同時作業並維持達指定時間門檻。
- (4) 公開查詢網站：模擬 500 個使用者同時作業並維持達指定時間門檻。
- (5) 反應時間：需達 90% 及平均值分別小於指定秒數。

5. 教育訓練

- (1) 至少 5 天教育訓練，包含系統操作與管理，並提供至少 2 名客服人力協助。
- (2) 系統管理維護訓練：訓練對象為數位發展部資訊人員，內容須包含系統架構、資料庫結構、程式語言及所有使用之軟體/開發工具、檔案管理、障礙排除等。
- (3) 系統操作訓練：提供操作教育訓練，確保業者了解競價規則及系統操作。

6. 上機輔導

- (1) 需擬訂演練規劃、建置演練系統及資料，供本部人員模擬競價業者進行全流程之實機演練。
- (2) 正式競價前(預估 30 工作天)：提供 2 名系統維運人員駐點服務。
- (3) 正式競價階段(預估 30 工作天)：需派駐客服人員、系統維運工程師、資安人員各 1 名。

7. 使用者手冊

需於指定時間內交付系統操作手冊、系統維護手冊。若內含有套裝軟體者，應交付使用授權書、技術檔及操作手冊。

8. 系統維護及變更

需說明上線維運階段對於系統的變更管理要求，包含不同變更等級的上線程式、方法及管理措施，並應註明上線發行失敗的回復作業程式。

第七章 研究結論及後續建議

第一節 結論

一. 行動通信整合非地面網路發展趨勢

(一) D2D 服務落地須面對使用 IMT 頻譜及 MSS 頻譜兩種模式

D2D 通訊可以使用兩類頻譜：一類是已核配給行動通訊業務的 IMT 頻段，另一類是已核配給衛星行動業務 (MSS) 的頻段。MSS 所使用的頻譜因在全球或大區域範圍內可用，且屬專有頻段，故可減少與地面通訊之干擾，具有較佳通訊品質。惟受限於手機端需有特定硬體才能接收衛星頻段訊號，故必須與手機廠商相配合，目前僅新開發之少數高階設備方可使用相關服務，未來 iPhone 以外之各大品牌的手機設備上是否會因應以 MSS 作 D2D 通訊開發提高該硬體規格在終端設備的普及程度仍待觀察。

而使用 IMT 頻段提供 D2D 服務者，使用頻段依各國核配各有不同，目前以 694MHz~2.7GHz 非 TDD 頻段為主。由於此模式允許 MNO 自自行決定如何最佳地利用其授權的 IMT 頻段，為用戶提供衛星連接，市場主導的選擇將有助於最高效、最優化地利用行動授權頻譜，並透過增加 D2D 服務提高消費者的市場黏著度。惟技術共存及干擾問題尚待 WRC-27 歸納，但由於需與 MNO 合作，故 MNO 有部分責任減輕干擾並進行管理。其推廣優勢為使用 IMT 頻段的 D2D 服務可直接使用標準智慧型手機，毋需轉換設備與通訊標準，較容易形成普及規模。

參考國內通信行自行統計之我國 2025 年上半年 iPhone 市佔率超過三成來看，IMT 頻段及 MSS 頻段的落地模式皆有來自市場驅動的壓力。而我國今年 6 月份也因應 MSS 發展需求，完成《電信事業申請衛星通信用無線電頻率核配有關事項》、《受理電信事業申請核配衛星通信用無線電頻率審查作業要點》、《電信事業申請無線電頻率核配審查收費標準》

及《頻率使用費收費標準》等4項法規修正，並正式開放受理衛星行動通信頻率供公眾通信服務使用。

(二) 各國 D2D 頻譜與授權監理方式

目前國際與 WRC-27 對 D2D 使用 IMT 頻段聚焦於以 694MHz ~2.7GHz 為主，美國、英國、澳洲、日本已公告 D2D 頻段，原則上以非 TDD 頻段、大區域或全國執照為佳，英國針對各頻段另有經實驗後的功率限制。

美國、英國及日本要求 MNO 在許可證變更申請中列出可用於 D2D 服務的具體頻率，並由 MNO 與衛星服務商簽訂合約；藉由 MNO 對手機裝置 SIM 卡控制，以規範 D2D 服務的提供。澳洲則開放 D2D 服務業者向指定頻譜使用者租賃頻譜即可提供服務，由主要頻譜使用自治干擾防制措施，監管強度更低。

二. 頻率資源分配機制趨勢與議題

(一) 國際間近年以 SMRA、CA 為主要模式

現行 SMRA 多已演進為改良式 SMRA 機制，運作方式與 CA 相近，但其關鍵特徵仍在於具備「暫時得標機制」，可在每回合判定各競價者的暫時得標數量，有助於維持競價連續性與標的配置的穩定性，且不易被策略性退場干擾，提升整體拍賣效率。

相較之下，傳統 CA 機制並無暫時得標設計，但英國2025年毫米波拍賣所採用的 CA 機制則經過規則變形，增加了依據「競標者之資格點數」與「頻段之超額數量」判斷標單數量增減變化接受與否的程序，等同於隱含類似暫時得標的效果，也使得 CA 的出價內容需增加投標金額以及全或無(all or nothing)標單等要素，且因為其類似暫時得標的機制，有助於維持需求的連續性與拍賣穩定性，進而提升數量階段的配置效率與拍賣結果的可預測性。值得我國在未來拍賣方式設計中加以借鏡。

CCA 與上述兩種機制最大的不同則為其在數量競價階段又分為主要階段與補充階段，其主要階段雖與 SMRA、CA 同

樣採同時、多回合、上升的競價方式，但未含暫時得標或者類似暫時得標的概念。而補充階段則透過組合標允許競價者可針對所有頻段組合一次性提出完整需求數量與組合價格，避免因僅取得部分頻段而影響業者頻譜規劃或商業價值。然而，補充階段亦使得競價者在主要階段後仍需面對不可預期的補充組合競價，增加投標策略複雜度、組合計算負擔與操作風險。此外，CCA 的最終得標價可能與主要階段的最後回合價格不一致，並可能導致各競價者最終得標單價(每 MHz 價格)不一致；且國際上 CCA 拍賣在支付價格上多採次佳價格原則，也提高業者最後支付價格的不確定性。英國於2012年採 CCA 後，即因規則複雜度與支付價格不可預測之問題引發爭議，此後轉而以 SMRA(2018年、2021年)與 CA(2025年)為主要模式。

以此看來，國際上採用各式改良型 SMRA 與 CA 是主要趨勢。因此，本計畫提供已調研案例的改良型 SMRA 與改良型 CA 精簡版說明如下：

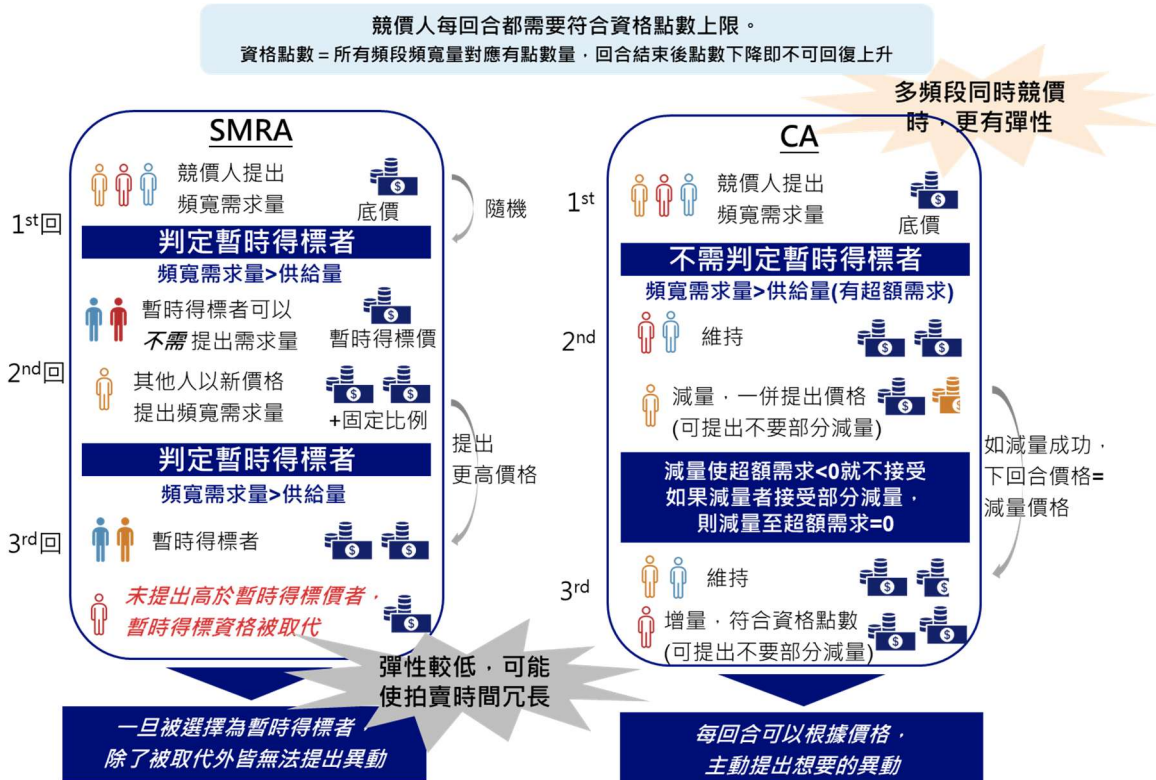


圖 7-1 改良型 SMRA 與改良型 CA 示例說明

資料來源：NRI 分析

SMRA 僅要求競價人提出頻寬需求量，同時對所有頻段提出需求量。每回合結束後會決定暫時得標者，並以該回合價格作為暫時得標價格。若標的頻段需求大於供給，則價格會按固定比例上升。暫時得標者可以在下一回合不提出頻寬需求量，但若其他競價人以更高的價格提出頻寬需求量，則暫時得標者的資格會被取代。

同時，在 SMRA 及 CA 裡，都有資格點數上限的規定。資格點數是每個頻段和頻寬量對應出來的點數。競價人在第一回合提出的頻寬需求量會決定其對應的資格點數(各個頻段加總)，爾後每個回合對所有頻段提出的頻寬需求數量所對應的點數都不可以高於總計的點數量。如果在某回合，競價人提出的頻寬量使點數下降，就不可以再回復上升其點數。

而 CA 則要求競價人在第一回合提出頻寬需求量後，從第二回合開始提出投標種類，分為維持(維持上一回合的頻寬需求量)、減量(減少上一回合提出的頻寬需求量)及增量(增加上一回合提出的頻寬需求量)。每回合都計算加總所有需求量減掉供給量的超額需求量；再來系統會對投標種類進行判定，如果減量的需求會使超額需求量小於0，則不接受減量(或者如果競價人接受部分減量，就使需求量減到=0)；如果增量，就要視其資格點數是否超限。回合結束後，如果有被接受的減量種類，則會以該減量投標的價格作為下一回合的價格。

從兩種競價機制來看，SMRA 會決定每回合的暫時得標者，得標者的異動要等其他競價人取代。反之 CA 則沒有暫時得標者，並且 CA 在符合不流標和提出上限的條件下，可以提出增減量的需求。因此，在多頻段的同時競價時，CA 較 SMRA 有彈性，同時 CA 也可能減少回合數量的產生，縮短拍賣時長。

(二) 我國 119 年釋照將面臨議題

我國過去多次頻譜拍賣時市場背景皆不盡相同，從技術供給面、市場需求面及產業競爭面來看，皆已演變許多；119 年拍賣與過往可能有以下三大差異點：

1. 可能同時存在 3 世代之電信技術，為歷次以來最複雜

自91年拍賣以來，從2G 過渡至3G、3G 過渡至4G 等電信技術轉換，已屬拍賣常見的情況。而在119年低頻屆期的時間點，配合在116年 WRC-27後，6G 技術規格確定，至119年商業市場可能已經面對 D2D 需求及是否推出6G 的壓力。而在目前4G 仍有約六成使用者、5G SA 建設地點有限的情況下，若延續過去轉換率未加促進的情況，預期119年仍將維持至少三成4G 用戶。以三成用戶而言要談論4G 關閉可能過早，但屆時4G 業務的維持也將造成頻譜資源使用的不效率，故需透過釋照策略引導加速過渡至5G，並積極迎接6G 環境。

2. 拍賣之頻譜商品有可能為歷次以來最多

119年屆期頻譜為700 MHz、900 MHz、1800MHz，另有2.1GHz、2.6GHz則於122年屆期。低頻段作為業者基本盤，已使用近20年的頻段，成本效益比甚高。業者繼續維持低覆蓋成本，商業上同時確保既有使用者服務品質，除非頻段上限有大幅調整，否則三家業者將傾向繼續持有既有頻段。

而在上述兩時間點可探討是否同時釋出的頻段，尚有600MHz、800MHz、4.7GHz、4.9GHz、6G 新頻段等。其中若將600MHz、700MHz、900MHz視為同質商品，(若已整備頻段一次釋出)此時可發現在一次拍賣中最多可能同時存在 5 種異質商品，為歷次拍賣以來最多。若仍然維持109年的改良型 SMRA 方法可能造成競價者無法在不同商品中轉換，也可能因多產品使拍賣頻段回合數過多、時間冗長。

因此如何透過拍賣機制設計，讓業者在競價過程中有機會視對手出價狀況，彈性調整商品組合，同時並提高競價效率，為拍賣機制選用之評估重點。

3. 參與競價者為歷次以來最少

在113年電信市場完成業者合併後，市場上之持有行動通信頻譜的既有業者僅剩3家，在無新進業者的情況下，則市場更趨穩定，同時又有以既有低頻再釋照為主軸，在此情況下，很可能最終拍賣價格不會超出底價太多，故除了將重點擺在釋照義務條件外，拍賣時也更須留意各回合競價結果資訊為最小程度公開、以確保公平競爭。

第二節 建議

一. 行動通信整合非地面網路於我國落地之建議

(一) 需修訂《中華民國無線電頻率分配表》以放寬 D2D 服務可用之 IMT 頻段

目前國際與 WRC-27 對 D2D 使用 IMT 頻段聚焦於以 694MHz ~ 2.7GHz 為主，美國、英國、澳洲、日本已公告 D2D 頻段，原則上以非 TDD 頻段、大區域或全國執照為佳，英國針對各頻段另有經實驗後的功率限制。考量目前相關頻率於國內分配狀況，並避免為 TDD 頻段，且該頻段需同時於《中華民國無線電頻率分配表》供 MSS 使用等要素，故現行僅 2.5 / 2.6GHz 可用。後續配合 WRC-27 議題 1.3 收斂對於 D2D 於 IMT 頻段提供服務之干擾及監管配套建議後，同時進行國內使用干擾評估及公眾諮詢後，應修正《中華民國無線電頻率分配表》開放更多頻段可供落地。

(二) D2D 授權方式建議以由 MNO 變更申請以提供服務為優先

目前參考已訂定 D2D 國內實施規範並實際推出 D2D 服務的國家，可歸納出三種 D2D 授權方案，其中方案一為符合既有技術和非技術條件的 D2D 服務及手機，可豁免頻譜許可，監管程度最低，惟我國國土面積小，潛在干擾風險較高，不建議採用；方案二為對於連接到由 MNO 提供的 D2D 服務的行動手機，可酌情豁免授權，監理強度次之，考量我國 MNO 家數少，且擁有頻譜皆為全區執照，採用方案二可有效降低監理成本，建議優先考慮；方案三為高度監理，MNO、衛星業者及各終端設備皆需有完整執照或核准，在我國電信監理權責分工下，將產生許多監理介面，反而造成服務落地困難，亦不建議採用。

在方案二下，屆時需由國內持有 IMT 頻段之電信業者申請變更頻率使用證明(該頻段需同時於中華民國無線電頻率分配表供 MSS 使用)，以附加 D2D 服務使用 IMT 頻段相關限制及義務，例如頻率干擾協調、取得與國外衛星業者協議書、通訊監察等。

考量國際間 D2D 服務目前已有各國推出，故時程上建議於 700MHz、900MHz 及 1800MHz 頻譜屆期之前，配合 WRC-27 議題 1-3 之決議，確認相關配套措施，以利於 119 年屆期後同步施行推行。

(三) HAPS 應用法規協調、落地實證及商模財務規劃

參考日本 2026 年後軟銀及 NTT 之 HAPS 服務陸續商化營運，建議以下各項跨部會協商及實證、商模財務規劃事項，應於 115 年至 118 年間分年投入，以及早因應未來災時緊急需求。

1. 我國應以 HIBS 形式為主，必要時透過 MNO 提供必要服務

我國在 HAPS 應用，除了持續透過 PoC 精進無人載具及通訊酬載技術外，應以無人機型 HIBS 為發展目標，展開相關服務實證及頻譜使用及飛航制度協調。由於 HIBS 在我國之應用情境以災時及偏遠地區為主，目前我國在行動通信業者間亦已建立災害漫遊機制，故未來落地營運機制應與 D2D 作法相似，透過 MNO 既有 IMT 頻譜提供 HIBS 使用，將 HIBS 作為 MNO 服務的一種方式，進行必要的網路切片管理，最容易解決干擾和使用優先性的問題。

2. 應與民航局協調「遙控無人機」之飛航管制議題

在飛航制度方面，若要以無人機進行 PoC、PoS，目前升空須通報民航局，但仍需視高度而定，超過 6 萬英哩已非民航法相關飛航服務範圍，以國防部戰術管制為主。而針對 HIBS 應用情境下的「遙控無人機」，亦需檢討既有民航法及《遙控無人機管制規則》之相關規範適用性，如可容許之飛行區域、飛行高度等。

3. 建立災時相關服務採購之商模財務機制

在法規及商模方面，應就災害情境下的頻譜使用，頻譜干擾及 HIBS 漫遊進行實證，並規劃營運主體、財務模式及我國災時服務採購及相關收費等機制，以利業者評估投入。

二. 頻率資源分配之影響及競價機制 PoC 之必要性

國際間主要的拍賣機制大致可以分為三類：SMRA、CA 以及 CCA，不同拍賣機制須搭配相應的完整規則設計，包括競價方式與出價內容、回合價格、數量競價階段結束條件、得標判定(含暫時得標與最終得標)、資格點數以及得標支付價格決定方式等。除核心拍賣機制與規則外，亦需考慮一系列輔助性配套措施的設定，包括揭露資訊範圍(尤其是每回合結束後的超額資訊與暫時得標者)、頻譜上限、義務綁定、新進者保護、押標金等措施。不同的機制選用、規則與其他措施的設計都將會影響後續拍賣效率，亦為維持市場公平競爭與避免策略性行為的重要政策工具。

(一) 我國 119 年屆期再釋照建議優先考慮 SMRA、CA

綜合三類拍賣機制的制度特性與國際實務經驗，若我國 119 年屆期釋照的頻段，為多標的、多頻段且高度互補的較複雜情境下，可採 CCA 使業者可以單一出價涵蓋其最適組合，惟目前若單就 700、900、1800MHz 或其相鄰頻段(如 800MHz)，頻譜同質性高，尚無充足的頻譜組合誘因採用風險較高的 CCA 方式；反之，在考量價格透明性、拍賣穩定性、業者策略風險可控程度與行政操作負擔等因素，具暫時得標概念的 SMRA 與 CA 在現行市場環境下應更具可行性與穩定性。

(二) 我國 119 年屆期再釋照拍賣方法相關規則設計建議

本計畫共開發 CCA、CA、SMRA 三組拍賣模擬程式檔案，供業者模擬操作，並透過三場實體座談會進行教學，於教學結束就拍賣方法之議題正式諮詢三家前在競價業者意見。

就業者意見而言，大多支持採用 CA 及 SMRA。在選定拍賣機制及相應之價格制度後，最關鍵的便是暫時得標或者類似暫時得標(依據前一回合的得標數量，判斷本回合的數量變化是否被接受)的規則設計，將會同時影響競價者的需求

調整彈性與整體拍賣的穩定性，是維持有效價格發現與確保頻譜成功釋出的關鍵工具。

在附屬規則方面，頻譜上限可避免過度集中、維持競爭；資訊揭露原則需兼顧透明度與防止合謀；而公平競爭規範則能避免策略性操弄、確保結果反映真實需求。在附屬規則中，新進者保護設計也是許多國家頻譜拍賣的共同關注點，透過設定得標金額折扣、預留頻段或者是特定拍賣輪次等措施，可降低新進者初期投入的不利條件，避免因既有業者規模優勢而排擠潛在競爭者。

表 7-1 拍賣價格相關規則設計考量因素與建議

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
底價	<ul style="list-style-type: none"> 國際標竿法 計量經濟標竿法 經濟價值評估模型法 機會成本模型法 (或稱可避免成本模型法) 	<ul style="list-style-type: none"> 原則上以模型法較可符合國內真實狀況 仍須考量釋出頻段國內建設經驗參數及商業模式明確程度選用 	119 年以 3GHz 以下頻段為主，國內商業模式明確，應以模型法定價為主，標竿法參考佐證
價格上升幅度	1%~20%，可依所選拍賣機制的回合價格規則而調整	如英國 2025 年 CA 規則，減標的競價者可在起標價與該回合價之間自行設定投標金額	若採具有價格範圍設計的 CA 機制，相較僅有單一回合價(即為前述價格範圍上限)的 SMRA 或 CCA，可設定較高的價格上升幅度
	保留監理機關視回合競爭情形決定的彈性	依競爭情形(競標回合數、出價情形)判斷	<ul style="list-style-type: none"> 於指定回合數後加速→上升幅度擴大 達指定價格後降溫→上升幅度縮小
得標支付價格	<ul style="list-style-type: none"> 最佳價格 次佳價格 	採用回合價格逐步上升的機制可搭配最佳價格，提升透明度；若為組合標，可採次佳價格以鼓勵如實揭露最	數量競價階段 <ul style="list-style-type: none"> SMRA、CA：最佳價格 CCA：次佳價格 位置競價階段 <ul style="list-style-type: none"> 可視市場風險接受程度

行動通信整合非地面網路之頻率資源分配機制及系統軟體規劃

項目	選項	考量因素	119 年釋照建議
		高願付價值，但相對會增加價格不確定性	考慮是否納入次佳價格
拍賣穩定 / 資源有效釋出	每回合暫時得標者	可確保資源有效釋出，減少最後流標風險	在 SMRA 機制下建議納入
	標單數量變化判定規則(CA)	依據競價規則判定各競價者標單數量變化接受與否，類似暫時得標	在 CA 機制下建議納入
	資格點數規則	競標者可於各頻段間進行轉換，確保資源有效釋出且可鼓勵誠實揭露需求、促進價格發現	無負面影響，建議納入。在具有暫時得標設定的 SMRA 機制下，建議同樣納入一定次數的資格點數上限保留規則
避免零碎頻段	全或無減量標單(英國 2025 年 CA)	競價者可於投標時聲明，其僅接受維持原數量或減至所投標的數量，不接受於兩者間的部分減少	在具標單數量變化判定規則的 CA 機制下建議納入
合理分配	頻譜持有上限設定	確保合理競爭下之可取得資源差異	必須納入
降溫機制	保留提前結束拍賣之彈性	必須確保提前結束拍賣對各競價者得標頻段已難有影響	若納入仍應有相應結束條件
公平競爭及反聯合行為	投標者資本結構確認	確認不同競價者是否應視為同一申請人(如有同集團控制關係)，或是否有投標資訊交換之疑慮	必須納入
	投標者資訊保密承諾及禁止資訊交流	確保競價者知悉相關行為將涉及違法並有相應罰則	必須納入
	每回合資訊揭露程度	不揭露可能識別投標者身分或出價內容的資訊	必須納入，因極有可能僅 3 家參與競價，故每回合應僅揭露最低限度的必要資訊。
新進	選擇易懂的拍賣方法	無新進者參與時，是否	若既有業者對於易懂的拍

項目	選項	考量因素	119年釋照建議
者友善機制		有可能因此選擇觀點造成不同的拍賣結果	賣方法亦有偏好，則建議納入
	預留特定頻段區塊(加拿大 2021 年 3.5 GHz)	頻譜資源是否足夠	<ul style="list-style-type: none"> 可考慮納入，需視釋出頻段特性而定 該頻段譜資源是否足以設定新進業者特定頻塊及輪次
	設立特定拍賣輪次(英國 2012 年 800MHz/2.6GHz)	對整體拍賣時間的影響	該頻段特性是否適合新進業者參與。範例：若 119 年僅 3GHz 以下頻段釋出，未有容量頻段時，考量頻段特性仍須用於覆蓋，但對新進業者投資門檻過高，應採強制批發或共享方式讓既有業者與新進業者合作
	放寬部分義務要求(德國 2019 年 2GHz/3.6GHz)	不會直接提高新進者與既有業者對競價之競爭能力，但會激勵沒有既有基礎設施的業者參與投標	

資料來源：NRI 整理

三. 核配、管理、競價之系統規劃

在目前初步規劃之競標模擬程式中，將藉由多角色操作競價模擬程式，模擬不同拍賣方式及不同出價情境下之競價機制。其中頻段釋出者可選擇拍賣頻段位置、最小釋照單位、頻段組合、底價、拍賣方式...等條件。而競價者則視可參與競價業者數而定，可分別根據頻段組合提出需求段組合、頻寬及承諾單價。

依據透過競標程式 PoC 測試，除了可協助競拍者與競價者更清楚遊戲規則，亦有助於更完整建立的頻譜競標系統需求。針對我國 119 年將屆期之 700MHz、900MHz 及 1800MHz 等頻段釋出所需之業務面及系統面流程架構之整合，與公部門系統對於提出競價系統規劃建置規格需求建議。需求建議將包含業務需求說明、使用者權限架構設計、系統定位與模組、系統功能需求說明、其他需求(如資料移轉、資料交換、備份備援、資安配合事項、系統測試需求、教育訓練、上線輔導需求、使用者手冊、系統維護/變更需

求等)，並明列交付項目及期程。

第八章 參考文獻

一. 中文參考文獻

- 中華人民共和國國家發展改革委員會(2018).國家發展改革委財政部關於無線電頻率占用費標準等有關問題通知
- 西双版纳傣族自治州人民政府(2021).頻率占用費收費依據及標準
- 周韻采(2020).頻譜市場的競爭機制研析，NCC 委託研究報告
- 通訊事務管理局辦公室(2021). 600 兆赫、700 兆赫、850 兆赫、2.5/2.6 吉赫及 4.9 吉赫頻帶的頻譜拍賣順利完成
- 蔡宗翰(2013).以拍賣賽局理論分析第二價格競標之效益與實證
- 樊沁萍、陳人傑(2018).頻譜拍賣制度之理論回顧、政策經驗與模擬研究
- 數位發展部(2023).數位部攜手電信業者前進屏東展示 5G 創新應用引導產業數位轉型
- 國家通訊傳播委員會(2022). NCC 持續關注國際低軌衛星應用與營運商發展趨勢-歷史資料
- 國家通訊傳播委員會(2023).112 年通訊傳播市場報告
- 陳志仁、張正武、田崎嘉邦、郭力慈、沈宜中、王懷賢 (2016).我國 3G 頻譜屆期釋出規劃及 B4G/5G 規範與發展研究－我國未來頻譜政策規劃

二. 英文參考文獻

- 3GPP(2012), TS 25.306 Release 11
- 3GPP(2024), Service requirements for the 5G system Release 19
- Ahmed Sherif(2023). Cumulative number of Starlink satellites launched from 2019 to 2023
- DSIT(2021). 5G Testbeds and Trials Programme
- DITRDCA(2024). Low Earth Orbit Satellite Working Group 2023 Chairs Report
- Ericsson(2024). Mobility Report June, 2024
- FCC(2023). 3.5 GHz Band Overview
- FCC(2023). Auction Formats
- FCC(2022) Auction of Flexible-Use Licenses in the 2.5 GHz Band Closes; Winning Bidders Announced for Auction 108
- Gartner(2024). Gartner Predicts Worldwide Shipments of AI PCs and GenAI Smartphones to Total 295 Million Units in 2024
- GOV.UK(2023). 5G Innovation Regions: successful regions
- GSMA(2024). The State of 5G 2024
- GSMA(2023). 5G commercial networks
- GSMA(2022). Best Practice in Mobile Spectrum Licensing
- GSMA(2021). Spectrum Sharing
- GSMA(2017). Spectrum Pricing and Economics
- Geoffrey Myers(2023). Learning and governance in spectrum auction design: lessons from a small island
- IMDA(2021). Decision issued by the info-communications media development authority on next wave of 5g growth & deployment in

singapore: policy and regulatory design for 2.1 GHz band

- ISED(2014) Consultation on a Licensing Framework for Mobile Broadband Services (MBS) — 700 MHz Band (sf10370)
- ITU(2017).Spectrum Pricing- Administered Incentive Pricing (AIP)
- IMDA(2023).Auction of 2.1 GHz Spectrum Rights (2022) for 5G
- IMDA(2022).Spectrum Management Handbook
- International Institute of Communications(2019). Singapore Ups 5G Spectrum Allocation to Four Operators
- Jozef2(2020).Spectrum Auction formats – SMRA vs. CCA
- KAUFMAN, J.S.(1981). Blocking in a shared resource environment. IEEE Trans. Commun., Vol. COM-29, 10, p. 1474-1481
- Mckinsey & Co(2023). Automotive software and electronics 2030
- Melissa De Witte(2020).The bid picture: Stanford economists explain the ideas behind their 2020 Nobel Memorial Prize in Economic Sciences
- National Audit Office(2014).4G-radio-spectrum-auction-lessons-learned
- Nan Guo,Robert C Qiu,Shaomin S. Mo,Kazuaki Takahashi (2007) .60-GHz Millimeter-Wave Radio: Principle P,Technology, and New Results
- Ofcom(2012) Second consultation on assessment of future mobile competition and proposals for the award of 800 MHz and 2.6 GHz spectrum and related issues
- Ofcom(2020) Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands
- Office of Parliamentary Counsel, Canberra(2024). Radiocommunications Act 1992
- Office of the Communications Authority(2019).AUCTION OF RADIO SPECTRUM IN THE 3.5 GHz BAND FOR THE PROVISION OF PUBLIC MOBILE SERVICES

- OneWeb(2023). OneWeb confirms successful deployment of 16 satellites including next-generation JoeySat
- Petroc Taylor(2024).Global number of network operators investing in 5G standalone (5G SA) 2018-2023
- Petroc Taylor(2023). Number of satellites in orbit as of October 2023, by category or major operator
- Petroc Taylor(2024).Satellite connectivity - statistics & facts
- Petroc Taylor(2023).Telecoms in the United States - statistics & facts
- Petroc Taylor(2024).Telecom services: global spending forecast 2008-2024
- Qualcomm(2023).Global 5G spectrum update and innovations for future wireless systems
- ROBERTS, J.W.(1981). A service system with heterogeneous user requirements. Perf. of Data Commun. Sys. and their Applications, G. Pujolle (Ed.), p. 423-431, North-Holland
- Shuner Hu, Ruhua Shi(2021).Analysis of Recent Development of Spectrum Auction and Forecast of Future Development
- Vadim Nozdrin(2021).Economic Efficiency of Spectrum Allocation, ITU Journal on Future and Evolving Technologies, Volume 2 (2021), Issue 1, 15 March 2021

三. 其他外文參考文獻

- ARCEP(2023).Les fiches pratiques- Les redevances d'utilisation de fréquences
- ARCEP(2023).Le spectre électromagnétique
- ARCEP(2020).5G-Résultat final de la procédure d'attribution de fréquences de la bande 3,4 - 3,8 GHz
- ARCEP(2019).5G- Attributions des fréquences de la bande 3,4 – 3,8 GHz : l'Arcep transmet au Gouvernement sa proposition de modalités d'attribution et d'obligations pour les candidats
- 總務省事務局(2023).新たな割当方式の制度化に向けた検討について
- 사회문화조사실 과학방송통신팀입법조사관 장은덕(2017). 국내외 주파수 경매 현황 등
- MSIT(2023). 과기정통부, 28GHz 대역 주파수 할당 공고