

5G 的智慧盤算

■文：任苙萍

台灣 5G 頻譜第一階段競標以新台幣 1380.81 億元拍板！在釋出的 3.5GHz、28GHz、1800MHz 三個頻段中，以 3.5GHz 最搶手，標金高達 1364.33 億元，名列全球第三位（僅次於德國和義大利），且若以人口數、使用年限計算單位取得成本，更改寫世界記錄——由中華電信搶佔 90MHz 最大頻寬、遠傳電信奪下 80MHz，台灣大哥大和台灣之星分別取得 60MHz、40MHz。競爭激烈之餘，亞太電信反其道而行、放棄出價，擬以策略合作因應。究竟，各國對 5G 的期待如何？有何盤算？

5G 乃應蘊「服務」而生，中頻段較具應用價值

亞太電信網路技術中心資深協理楊騰達表示，有別於 4G 之前皆是先有技術、再思考能提供哪些服務？5G 是一種劃時代變革（Revolution），一開始就設想好要做什麼？市場需要什麼？它並非關鍵（Critical）技術，精髓不在於提供多少頻寬、而是能發酵多少應用，是各式應用的高速公路；它乃應蘊「服務」而生，從「低延遲、廣覆蓋、大數據」三面向拼湊不同應用的樣貌，而物聯網（IoT）佔有重要地位。4G 之後，營運商須擁



照片人物：亞太電信網路技術中心資深協理楊騰達

有更多頻譜才能讓用戶體驗飛速下載，因而點燃競標資金戰火，5G 廝殺更是激烈。

楊騰達指出，越高頻的頻段，頻寬速度越大——以此次 3.5 GHz 標售為例，總共有 270 MHz 可供釋出。麻煩的是，各國頻譜政策規劃不一；所幸，台灣選定的 28GHz 是國際熱門頻段，待正式商用化後較能在全球暢行無阻。再者，頻段與應用亦關係密切：Sub-GHz 低頻段的基地台覆蓋範圍較大，通常可超過 1 公里，但吞吐量（Throughput）極小，與現行 LTE 差距不大；中頻段約在 350 ~ 500 公尺，傳輸速度上看 1Gbps；高頻實測僅約 200 公尺左右，但可達到 10Gbps 高速。對 IoT 應用而言，

或許低頻更合適；但若須頻繁上行高清影像，高頻無疑更對胃口。

「這也解釋了為何台灣 5G 競標之所以創下天價的原因——中頻段的『中庸』特性，在應用上較具價值」，楊騰達揭密。此外，頻譜政策亦導致各國發展取向不甚相同：韓國押寶中頻，以消費市場為主；美國主打高頻，大力推動「固定無線接取」（FWA）的定點分享服務以取代有線網路；英國志在普及光纖、無線網路，擬以「鄉村包圍城市」；澳洲偏重 8K、360 度投影及高清影像解析和演算，用於防恐及農業測試。值得注意的是，基於譜頻效益及吞吐量考量，高、中、低頻堆疊將成常態，未必任何地方都能享受 5G 快感。

4G 改變生活、5G 改變社會，但殺手級應用未現

楊騰達還提到，由於 5G 需要更多站點擴大覆蓋率，使許多路燈、交通號誌充當微型基地台 (Small Cell)，對建構智慧城市大有助益。他分享，4G 進入 5G 時代，韓國以擴增實境／虛擬實境 (AR/VR) 為敲門磚，人均數據使用量從 8GB 遽升至 26 GB，吃到飽資費專案的月租費約折合新台幣 2,600 元，用戶平均使用量約在 30 GB。他坦言，當前「4G 改變生活、5G 改變社會」口號雖喊得響亮，但現今所推出的 5G 服務並不是非 5G 不可，而是能提升使用者經驗值，尚未看到真正為 5G 量身打造的殺手級應用。

楊騰達看好未來訴求穩定、安全、獨立的「企業專網」，可能是下一個 5G 潛力新星。借鏡日本觀點，NTT Docomo 認為大容量、低延遲和多裝置連接特性是 IoT、

人工智慧 (AI)、AR/VR 和雲端等數位轉型的支柱，可創造新價值並解決社會問題，工作場域、智慧城市、娛樂和醫療是重點應用，將於今年春天展開商用服務。日本總務省 (MIC) 主導的超高頻 (SHF)、大系統容量、低延遲、大規模連線等 5G 基礎技術的四年研發專案，當中有兩個專案是由 DOCOMO 推動；與此同時，日本將在全國針對不同社會應用領域展開為期三年的場域測試。

實務上，部署 Low-SHF (3 ~ 6GHz) 有兩種途徑。一是與富士通 (FUJITSU) 合作「Distributed MIMO」(分佈式多輸入多輸出)，由集中式基頻單元 (C-BBU) 協調大規模收發模組 (RRH) 以抑制干擾並避免遮蔽效應 (shadowing effect)，增加區域頻譜效率，但「需要許多光纖和部署站點」是最大技術課題，須彈性配置以適合各種場景；二是與 NEC 共同建置「Massive MIMO」(大規模多輸入多輸出)，以 128 個天線單元及超過 5Gbps 的 16 空間多工 (Spatial Multiplexing)，輔以 10 Gbps 光纖頻寬強化 BBU 和 TP-BBU (「傳輸

點」基頻單元) 之間的分割。

有效部署、天線設計、無線電資源排程，缺一不可

Docomo 說明，過去集中式的無線接入網 (C-RAN) 要實現完整數位化 Massive MIMO，需大肆擴張 Fronthaul (前程傳輸) 頻寬，但如今有更好的替代方式。至於 High-SHF (28GHz) 的大規模 MIMO 天線系統，則由 256 個單元 X 16 子陣列組成，在 16 波束的空間多工幫襯下，戶外傳輸率可達 20 Gbps 以上。現行應用場景是：沿著鐵軌在河邊橋樑建置 4.5GHz 和 28 GHz 無線網路，當火車進入 5G 區域時，會將即時影像以 8K 格式 + 5G 傳送給行經列車的乘客 (基地台由 NEC 提供)。

其他用例還包括：建置移動式衛星辦公室，讓分處三地的會議成員得以 4K 格式 + 5G 雙向傳輸 360 度視訊會議的即時影像並加以編輯；或用於遠程醫療服務、內視鏡手術教育。富士通進一步剖析天線設計訣竅：增強網路容

圖 1：韓國 SK Telecom 宣佈已在多個供應商之 5G 商用網路完成全球首個獨立組網 (SA) 5G 數據對話，擬於今年上半年推出全球首個 5G SA 服務



資料來源：https://www.sktelecom.com/en/press/press_detail.do?page.page=1&idx=1440&page.type=all&page.keyword=

圖 2：沿鐵路安裝的 5G 基地台 (左)；將即時視訊影像傳送到行經火車上 (右)



資料來源：https://www.nec.com/en/press/201902/global_20190205_01.html

量可從細胞基地台高密度化 (Cell Densification)、加大頻寬、改善頻譜效率等三面向著手。其中，當屬第一項最具效果；而研究如何為超高密度的基地台環境協調出妥善的無線電資源排程演算，是頭號課題。超高密度「分佈式天線系統」(Distributed Antenna System, DAS) 的設計要點有二。

首先是超高密度部署，將每個傳輸點之間的距離控制在 100 公尺以內，以分散式配置為佳，若數目夠多且配置得當，可實現近乎無障礙的線性通訊；其次是採 C-RAN 架構，將每個傳輸點個別連接 C-BBU，然後集中在 C-BBU 做基頻處理。富士通亦對協調無線電資源排程提出建議：借助演算法協調多用戶 MIMO (MU-MIMO) 以抑制超高密度傳輸點之間的重大干擾，結合聯合傳輸 (Joint Transmission, JT) 與用戶設備 (UE) 的空間多工，因為空間相關性低、接收功率高，可較區域型天線系統實現更高的吞吐量。

「無線電資源管理」拉抬成本效益

富士通透露，善用「強制歸零」(ZF) 技巧有助於協調 MU-MIMO；只須與發射端的權重矩陣相乘，就可將用戶間干擾 (IUI) 歸零，並藉由 TDD (時分雙工) 的「信道互易性」(Channel Reciprocity) 估量時域校準。最後是傳輸點之間的校正；可先針對校正標的雙向收、發參考訊號，再由雙向信道計

量校正係數。業界普遍贊同：要實現國際電信聯盟 (ITU) 所定義 5G 三大應用場景——增強行動寬頻 (eMBB)、大規模機器通訊 (mMTC) 與超可靠低延遲通訊 (uRLLC)，單是仰賴密集式蜂巢和大規模 MIMO 天線系統的成本效益並不高。

因此，不如一開始就為 5G 蜂巢式網路注入智慧，借助 AI 依不同市場需求做網路切片 (Network Slicing)、以提升頻譜效率並擴增容量，不必再為形形色色的垂直應用建立專用網路——後續文章所提及的「無線電資源管理」(RRM) 便是其中一種手段，並可定義 5G 基地台／雲端伺服器負載能力，以分割、處理、解析流動數據。當網路檢測到預先定義的服務指標，利用機器學習 (ML) 訓練收集到的大數據、推論出優化模型，就可據此靈活調度、配置、優化及修復，滿足三大應用場景所需。

AI 與 5G 將趨於深度融合

根據 IBM 和 Morning Consult 數據顯示，近七成的 IT 專業人員期望 5G 對其業務產生重大影響，包括：更快的 AI 應用程式、雲端服務速度及與邊緣運算；另有學者預言，今後十年雲端、AI 與 5G 三種技術將趨向融合，並催生新的業務模式。英特爾 (Intel) 在 2020 美國消費電子展 (CES) 即宣稱：5G、AI 與智能邊緣是其戰略基礎，且它們並非獨立技術——5G 使智能設備成為可能。不過，智能設備在開發 AI 和 5G 亦面臨挑戰：須

為每種技術的核心提供矽技術和軟體支援——在創建的數據中，有多達半數來自數十億台的邊緣智能設備。

然而，它們只有 1% 是由 AI 模型處理，AI 正在使 5G 與運算、通訊的融合變得越來越重要，以便就近移動、處理。中興通訊近期更公開宣示：營運商可利用 AI 提高 5G 網路效率、為客戶創造價值並精準匹配需求，增加營收。另一方面，藉虛擬測試優化網路性能、降低維護成本。AI 與 5G 將循三階段走向深度融合：

1. AI + 5G：催生行業應用多樣性，5G 有利於提升 AI 賦能垂直行業的能力；
2. AI in 5G：打造自主進化網路，推動 5G 網路的智慧化演進；
3. 5G X AI，AI 和 5G 相輔相成、螺旋上升，引發原子裂變，邁向 6G 時代！

不少 AI 專家直言：AI 最大用途是探索未知、定義問題、尋求解方。AI 與 5G，並非只是相提並論的時髦詞彙，而是相互為用的好搭檔。如何從海量數據找出有意義的參數特徵值、並找出彼此依存關係與影響力度，將是勝負見分曉的契機。

CTA