

全球低軌寬頻衛星 情勢觀察及分析

■文：馬承信 整理



圖片人物：工研院產科國際所產業分析師呂珮如

全球整個產業，回顧過往五年表現，地面設備服務部分佔九成比重，但是在去年，衛星製造及發射已經有不錯的年成長率，這部分是因為低軌衛星（LEO）需求製造、動能而衍生出來。

工研院產科國際所產業分析師呂珮如解釋，在衛星製造方面，衛星製造產值高度集中在美國，佔整體市場近 5%。2021 年單年衛星發射總數約 1715 顆，年增長約 39%。衛星發射產值同樣集中在美國，2021 年衛星發射達 135 次，年增 30%，主要貢獻自全球三大

衛星發射業者 CALT、SpaceX、Arianespace 囊括約七成。

至於衛星地面設備，產值佔總體的 51%，包含 GNSS、消費性裝置、網路裝置等次產品。2021 年因應衛星電視需求被 OTT 取代，消費性裝置持續下滑，而 GNSS 與網路裝置則小幅成長。此外，在衛星服務方面，2021 年 SIA 合併衛星電視 / 廣播 / 終端寬頻等為消費性衛星服務；其次為企業衛星服務（包含 FSS/MSS）。

從垂直應用面來看，全球通訊衛星設備市場仍以地面應用為

圖說：四大 LEO 通訊衛星業者布局



資料來源：工研院產科國際所

主，包含 Portable、Land Mobile（車載）、Land Fixed，以家戶 Land Fixed 設備及企業系統成長潛力最高。而汽車市場成長規模最為看好，預估 2030 年約 1.2 億輛，其餘量少單價高應用，包含機上聯網、海事，則看好破 1 萬以上。

業者布局

回顧四大業者布局，以全球最大 SpaceX 為例，2022 年 9 月達到訊號覆蓋至 41 國衛星通訊服務，用戶數突破 70 萬，為現今規

模最高的業者。另外，SpaceX 在 2022 年中啓動 Starlink Business 與 Maritime 服務，同年 7 月向 FCC 申請 gen.1 starlink 新增 MSS@2GHz band。

其餘三大業者，OneWeb 經歷重重困難，在 2022 年 7 月已經在阿拉斯加啓用服務，預計 2023 年完成與 Eutelsat 股權共持，布局 GEO+LEO 應用市場。Amazon 規劃 2023 年 Q1 啓動發射 2 顆試驗衛星，2023 年後將委由 ULA、ABL、Blue Origin、Arianespace 發射 3236 顆衛星。Telesat 部分，預計 2025 年啓動發射規劃，而因通膨原因將原本規劃 298 顆規模縮減至 188 顆。

兩大領先業者 SpaceX 及 OneWeb 已經實行落地商用服務。SpaceX 在 2020 年 10 月已經針對

to C 家戶為優先展開客戶，One Web 在 2021 年 10 月在阿拉斯加與電信商合作，啓動 LEO 衛星與地面 DWA 服務。

在固定式應用之外，移動式載具應用也開始發酵，陸、海、空應用同步發展。SpaceX 與 One Web 以因應多國改善數位落差目標，近兩年積極開拓移動陸海空衛星通訊應用，邁向動對動衛星訊號傳輸的新技術邁進，開拓高收益的商用利基市場。

現有產品規劃

SpaceX 至今已經提出 4 款產品，首款 Starlink Gen.1 已經停售，前期設計因天線數量過多造成成本過高，與本身低成本目標不一致而停售。standard Starlink 多用於家用、車用產品，以整併功能

降低整體成本為亮點。商用 High Performance Starlink 目前在室外天線含有機械轉軸，另一款 Flat High Performance 則會移除機械轉軸，因整體部件密度高而不需透過機械轉軸作為事先定向追蹤。

Starlink 提供五大服務：家用、商用、車用、海事及機上聯網。以車用標準型和平板型兩種方案為例，標準型會以定點接收服務為主，平板天線則能實際在移動載具上使用，傳輸效率、品質皆能更好。

OneWeb 與多家廠商合作。在可調式拋物面天線，OneWeb 協同作夥伴 Hughes Network 為美國空軍研究室展示其 LEO 通訊 DEMO；平板易經天線方面，OneWeb 與 Kymeta 在法國 Toulouse 進行車用 u8 天線與

圖說：SpaceX 家用產品 Starlink Gen.1 以及 standard Starlink



資料來源：工研院產科國際所

OneWeb 地面戰測試。在平板相位陣列天線，OneWeb、Satcom Direct 在 EBACE2022 展會宣布合作，預定於 2023 年推展機上聯網服務的規劃，預計 2024 年上市。

用戶終端未來規劃

陸地上應用前幾年會以單價低的拋物面形天線來做布建，2023 年之後才有辦法做完整的覆蓋，高效的平板形天線布建則落在 2023 年之後，海事部分則與陸地布建相似。在機上聯網部分，因機上結構關係單純以平板形天線為主，目前在整個實測上基本上時程會落在 2023 年之後。整個產品線目前以 LEO 接收發為主。

生態系觀察

以兩大廠商 SpaceX 與 OneWeb 為主。Starlink 在衛星製造端以 Hawthorne 工廠生產為主，規模日產 6 顆衛星，而台灣廠商亦有參與衛星機構件、電力、通訊等原件。而 OneWeb 則由合資公司 OneWeb Sat. 於佛羅里達工廠生產，日產 2 顆衛星。

衛星發射方面，SpaceX 具備一箭多星、火箭回收關鍵技術，能在成本控制上達到很好的效果。

OneWeb 第一階段前 13 批衛星由 Arianespace 發射，其餘批次由 SpaceX 與 NSIL 接手，第二階段衛星則委由 Relativity Space 發射。

針對地面設備，Starlink 地面開發組測於 Redmond 工廠、Austin，周產 2 萬套 Starlink Kit。台廠商在這部分與 Space 有密切合作，設備間聯網裝置包含電源供應器、連結線、室內單元等次系統主導性較高，現時台商以元件及模組方式做供應。OneWeb 地面設備主要由 Hughes、Intellian、JetTalk、Kymeta、Stellar Blu、SD 生產其陸海空場域 UT 設備與地面戰，其中台商有參與 POC 開發。

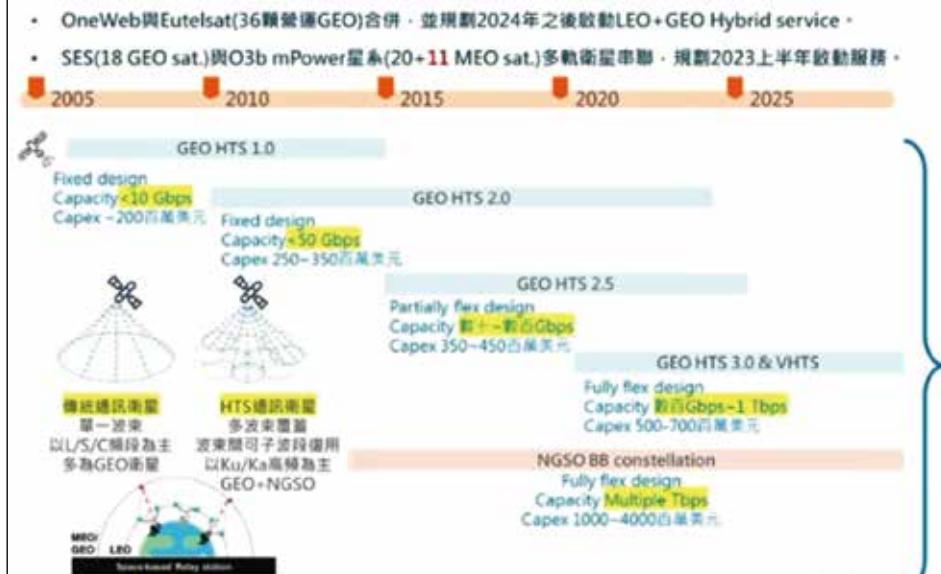
衛星服務部分，SpaceX 服務從頭到腳，Starlink service 在各國落地升級頻譜及申請資格，特殊情況則會借助夥伴，像是在日本與 KDDI 合作，或是在美國為實現蜂窩式通訊與 T-Mobile 合作。OneWeb 則與多家電信商、服務方案商合作，落地服務展開將交由在地服務業者為主，如 AT&T、GoGo、Navarino。

GEO 能跟 LEO 系統做整併？

去年最大議題是 OneWeb 與 Eutelsat 合併，並規劃 2024 年之後啟動 LEO+GEO Hybrid 服務。同時，SES(18 GEO sat.)與 O3b Power 星系 (20+11 MEO sat.) 多軌彗星串聯，規劃 2023 年上半年啟動服務。GEO 系統是否能跟 LEO 系統做整併？傳統型 GEO 為單波束，以 L/S/C 低頻段為主，但是以 HTS 通訊衛星則為多波束，較以 Ku/Ka 高頻段為主，而在這部分更適合和未來 LEO 做銜接，相對與容量一致性，這也表示 GEO 在高傳輸下是可以和 LEO 做合併。

整體展現出來的優勢，能夠透過 GEO 廣覆蓋來增加覆蓋狀況，也能增加網路密度與網路彈性。相對劣勢在於聯網整體複雜度較高，會間接影響到天線上面的成本、功耗、複雜性等，增加開發困

圖說：多軌多頻通訊衛星未來趨勢



資料來源：工研院產科國際所

圖說：各個時段 Hybrid 服務規劃



資料來源：工研院產科國際所

難度，而傳輸時延性不同也使服務品質在兩星系切換上造成落差。

再者，以 OneWeb 來說，已經提出 LEO&GEO Hybrid 服務結合。第一個展開在 2024 年以前，會個別提供各自專有地面設備做對應；2024 到 2027 年會以單一地面設備配置 2 個 Modem 來做對應；2028 之後朝向 1 個天線對應 1 組 Modem 來做高度整合技術發展。

另外，在衛星聯通手機，除了寬頻上採用 FR2(50 Mbps+)，主要連結固定式接取、機上聯網、海事聯網等應用，至於在直接聯通到手機部分，則是採用窄頻 FR1(1/2 Mbps)。以 Dierct to phone 計畫為例，2022 年 11 月 Globalstar(LEO) 以 2.4GHz 頻段提供 Apple iphone 14 MSS 緊急

求救服務 (限於北美) 單向發送訊號及定位。而 SpaceX 與 T-Mobile 預計今年合作 Coverage Above and Beyond 計畫，預計將先分配 T-Mobile PCS 頻段 1.9GHz 供 Starlink MSS 使用。

廠商整體策略

SpaceX 與 OneWeb 使用兩項不同系統。呂珮如表示，目前 SpaceX 規模領先全球，台灣若想切入市場以合作為主，透過合作加入未來衛星供應鏈，才有機會影響後續產品發展。OneWeb 目前積極開拓策略合作夥伴，台灣廠商有較完整解決方案更適合與 OneWeb 進行合作，由其台灣汽車車聯網已有相關解決方案，能在相關方面精進著墨，透過汽車車聯網場景驗證

來做更好的回饋。

整體 UT 布建可看到能看到 3 個產品身影，包含可調式拋物面天線、機械式相位陣列天線及全電子式相位陣列天線 (ESA) 發展，這是目前兩大業者可能的走向。在固定式應用家戶或是企業應用部分，主要關鍵合作對象是衛星營運商與地面網路服務商，前者打入其專屬通訊服務，後者將針對區域或各國市場提供拓展多軌衛星整合應用的可能性。

移動式衛星寬頻 UT 布局，多半需串聯系統整合商、場域服務業者進行實測，前者多半選擇有具整合實力與開發經驗業者，亦為台商優先採購合作的對象，宜結合計畫成果或結合參展邀約洽談，進行初步接洽。CTA