

2021 年全球邊緣運算新興技術議題

台灣亞太產業分析專業協進會 103 年認證產業分析師 施柏榮

一、前言

展望 2021 年全球邊緣運算產業發展，可以歸納為：『雲端服務提供商介入 5G 產業』、『行動邊緣運算架構具現化到 5G 硬體產品系統』、『資訊設備從單一設備產品轉向硬體設備的系統整合』三個主要的發展趨勢，其中，雲端服務也包括機器學習（ML）等人工智慧服務項目，邊緣運算系統整合則包括分散式資料庫、數據交換與資訊安全等項目。依循上述邊緣運算產業趨勢展望，以下進一步提出 2021 年關鍵技術議題分析。

二、2021 年邊緣運算新興技術議題

（一）分散式雲（Distributed Cloud）

「分散式雲」意指將公有雲（Public Cloud）服務的運算、儲存、應用程式等功能，放置其他營運服務提供商的 IT 設備、基礎建設進行執行。分散式雲的技術核心，與專用於特定商業、企業領域的「企業雲」（Enterprise Cloud）並不相同，分散式雲並非強調針對特定商業、企業領域，主要客戶對象為電信通訊、網路傳輸服務提供商，針對這些服務提供商的數據處理、儲存需求，提供更鄰近數據生成點的公有雲服務，因此，分散式雲也可以被視為是「公有雲」服務的變異型態，只是營運者出現變化。

相關產業技術有：無伺服器（Serverless）、微服務（Micro-service）、容器化（Container）、多代理人基礎的彈性邊緣運算（Multi-agent Based Flexible Edge Computing）等。AWS、Azure、GCP、Oracle 等全球主要雲端服務提供商，皆是相關技術主要的布局廠商。值得一提的是，分散式雲尋求的運算架構，主要乃是依循「垂直分層型」（Hierarchical）的運算架構，並非是水平型（Flat）或分散式系統的運算架構，因此，運算、儲存資源的提取與分享是發生在雲端至邊緣端的垂直介面。

主要帶來的效益有二：第一，降低數據必須「跳轉」到不同營運商的網路環境所可能產生的延遲率；第二，將部分雲端服務的運算、儲存功能遷移到行動邊緣運算節點，則可以針對 VR、AR、遊戲、自駕車、串流影音等應用，實現「即時性」的分析情境。2020 年分散雲技術，已從產品原型邁入到真實環境試驗的階段，比如 AWS 在美國推出 Wavelength 即是一個明確的案例。2021 年分散雲技術，預計鎖定「5G 基礎建設」、「區域型 5G 企業專網」為場域，成為 5G 行動運算服務的核心技術組成。

（二）軟體定義廣域網路（SD-WAN）

「軟體定義廣域網路」意指採用軟體定義網路（SDN）技術來管理廣域網路（WAN）的技術解決方案，此一解決方案，主要是用來解決巨量物聯網時代，既有的雲端運算架構無法因應更為分散化、異質化的用戶服務，除了此一趨勢背景之外，傳統的電信網路配置與管理方法，也使得網路維運與管理成本提高，因此必須尋求更為彈性化的網路管理方法。軟體定義廣域網路，是在廣域網路的位置之上，藉由軟體應用程式來感知、確認最佳化路由，實現邊緣運算資源池（Edge Resource Pool）的關鍵技術。

相關產業技術有：軟體定義網路（SDN）、虛擬化（Virtualization）資源管理技術、雲端虛擬化（Cloud Computing Virtualization）、動態路徑檢測（Dynamic Path Selection）等。除了 VMware、AT&T 之外，2020 年包括 Cisco、HPE 等資訊設備與系統服務提供商也積極布局軟體定義廣域網路，這也顯示出隨著邊緣運算微型資料中心、邊緣運算伺服器，甚至是 5G 基站設備的數量、網路連結更為大量的情境之下，資訊設備必須採用軟體定義網路、虛擬化技術，提升整體設備網路的路由管理效率。

主要帶來的效益有二：第一，當節點愈來愈多之時，可以簡化分支網路管理的難度，將多種實體網路，連結到同一個邏輯網路，比如 MPLS、LTE、Internet 等，以解決臨場次系統（System）整合的問題，建構類似於系統體系（System of Systems）應用情境；第二，藉由軟體定義廣域網路，實現分散式閘道網路、雲端視協調器等，解決客戶採用混合雲應用情境，產生的內部網路環境管理難題。2021 年，值得重點關注的是資訊設備製造商，如何藉由軟體定義廣域網路技術，來建構遠端設備託管。

（三）微型資料中心網路（Micro-Datacenter Network）

「微型資料中心網路」意指由大量的微型資料中心（Micro-Datacenter）所形成的新型態的儲存網路（Network）或網格（Grid）基礎建設，以及讓此一網路基礎建設可以加以運行、管理的解決方案。微型資料中心網路的整合，意味著大量散落的資料中心可以形成一個資料儲存的集體，而資料中心的連結拓樸（Topology）的型態，也會決定此一網路的效率與「可擴充性」。如果此微型資料中心網路是由單一營運商進行維運，也可以被視為是「高速封閉型網路」（High-Speed Closed Network）。

相關產業技術有：邊緣運算網狀網路（Edge Computing Mesh Network）、即時性遠程監控（Real-Time Remote Monitoring）、彈性與高效能資料中心網路拓樸（Flexible and High-performance Datacenter Network Topology）等。Nokia、Ericsson、Huawei 等電信設備製造商，以及 Cisco、Schneider 與資訊設備與系統服務商，是全球目前主要的布局廠商。前瞻 2021 年，可以預期上述兩種不同的廠商，皆會鎖定不同區域的電信服務提供商作為客戶對象，期望協助其建置電信基礎建設。

主要帶來的效益有二：第一，對於數據資料具有高度機敏性質的應用情境而言，藉由微型資料中心網路，可在邊緣運算的位置建置「封閉型網路」；第二，微型資料中心網路、網格化，能夠因應「短期遽增」的數據運算、儲存需求，進行儲存資源彈性化配置，以強化整體基礎建設的韌性。如果以邊緣運算產業技術整體發展路徑來觀察，微型資料中心產品與市場成熟化之後，便會衍伸出如何有效串接各資料中心的需求，不過，資料中心網路的分層、拓樸型態，仍會因為不同的應用情境的特性而有差異。

（四）數據分散式服務（Data Distribution Service, DDS）

「數據分散式服務」意指專用於「機器對機器」（M2M）與「即時性應用程式」的中介軟體（Middleware），它簡化既有複雜化的網路編程，並且實現一種新型態的「發布—訂閱模式」（Publish-subscribe Pattern）。在這樣的發布—訂閱模式之下，資訊的發布者不會針對資訊進行編程，而是直接發布到特定的接收者，而接收者只會提出對於特定的主題、內容具有接收興趣，但不會知道有哪些的發布者；在這種資訊傳送與分享的模式，建構一個擴充性、伸縮性更高，並且點對點傳輸的網路拓樸形態。

相關產業技術有：點對點傳輸 (Peer-to-Peer)、分散式檔案系統 (Distributed File System)、叢集系統 (Cluster System)、群播 (Multi-cast)、動態發現 (Dynamic Discovery)。由於數據分散式服務也可以被視為是一種聯網模式，因此，全球主要推動者多為聯盟型態，比如物件管理組織 (Object Management Group, OMG)、工業物聯網聯盟 (Industrial Internet Consortium, IIC) 皆是全球主要布局者，另外，RTI、ADLINK 等則是數據分散式服務的主要布局廠商，持續推動該技術的落地應用。

數據分散式服務雖然類屬中介軟體，然而對於強調臨場即時性分析的邊緣運算來說，則是非常關鍵的技術項目，主要帶來的效益有二：第一，數據、資訊發布者與接收者之間呈現鬆散的耦合狀態，兩者彼此獨立，可以改善傳統「主從式」(Client/Server) 架構，所可能出現的傳輸瓶頸問題；第二，允許點對點傳輸 (P2P)，能夠盡量避免因為架構中的某一個節點故障，而造成整個體系的問題。2021 年，預期數據分散式服務將持續在工業物聯網、智慧電網、機器人協作系統等邊緣運算應用情境中驗證。

(五) 微型化邊緣運算區塊鏈 (Tiny Edge-Chain)

「微型化邊緣運算區塊鏈」意指以區塊鏈 (Blockchain) 為基礎的邊緣運算資料交換技術；更細部來探討，即是應用「分散式帳本」(Distributed Ledger Technology)、與微型化的「共識演算法」，建立可信任的分散式運算架構 (Trustable Distributed Computing)；並且藉由此一機制，來控制雲端、邊緣運算的資源池與物聯網設備，讓物聯網的行為與活動都可以在區塊鏈中被記錄與追蹤，達最佳化資源管理。如果以資料傳輸的安全性等即來看，邊緣運算區塊鏈是一種安全性更高的分散式運算架構。

相關產業技術有：物聯網區塊鏈 (IoT Blockchain)、智慧合約 (Smart Contract)、分散式共識 (Distributed Consensus)、內部貨幣 (Internal Currency)、分散式帳本技術等。目前 AWS、Azure、GCP 已提出支援分散式帳本等技術，但尚未導入到邊緣運算的設備資源管理；Cisco 則曾經提出物聯網區塊鏈機制的原型報告，但也同樣處於概念驗證的階段。然而，隨著多利害關係人、零信任情境的需求強化，加上區塊鏈演算法朝向微型化演進，預期 2021 年會在部分高機敏的應用情境中取得驗證。

微型化邊緣運算區塊鏈，將會是更為適合物聯網網路傳輸環境的解決方案。主要帶來的效益有二：第一，對於無法建構長期信任的場域，比如該情境有多個利害關係人、短期服務提供

商的場域，區塊鏈為基礎的邊緣運算架構，可以提供一個可追蹤、記錄的安全性資料交換方案；第二，對於進行點對點、水平型態的數據交換的需求情境，微型化邊緣運算可以實現一個節點可持續擴充的「去中心化」(Decentralization) 創新應用。2021 年預期將會於金融、零售、醫療、智慧電網等情境進行系統驗證。

(六) 邊緣運算聯邦式學習 (Federated Learning for Edge)

「邊緣運算聯邦式學習」意指以聯邦式學習模型 (FL) 為基礎，在非雲端的邊緣運算環境之中，進行數據訓練與學習的模型。邊緣運算聯邦式學習模型，主要相對於雲端中心型學習模型、邊緣封閉型學習模型而存在；更為具體而言，邊緣運算聯邦式學習模型，並不倚賴在特定端點匯聚大量的數據湖 (Data Lake) 之後，再執行數據訓練，而是強調在水平層級的邊緣運算伺服器等節點之上，採用類似「去中心化」數據情境進行特定機器學習訓練，數據、資料並不會因為訓練的需求，而匯聚到特定資料池。

相關產業技術有：聯邦式學習 (Federated Learning)、分散式學習 (Distributed Learning)、協作型機器學習 (Collaborative Machine Learning)、邊緣運算人工智慧晶片組 (Edge AI Chipsets)。Google 是聯邦式學習模型相關技術方法，布局最早的廠商；2019 年 Nvidia 提出鎖定在智慧醫療的 Clara 運算解決方案，則是近年備受關注的邊緣運算聯邦式學習產品。回顧全球科研機構技術發表，邊緣運算聯邦式學習模型多數被應用在醫療影像、基因體分析等，具有個人資料安全保護特性之應用。

彙整而言，帶來的效益可歸類為二：第一，相對於中心化的數據訓練情境，去中心化的邊緣運算聯邦式學習模型，共享的是模型、權重等資訊，較能夠顧及到資料隱私性；第二，對於數據散落在不同的利害關係人、不同的數據池，涉及到商業祕密與數位化資產的情境來說，在邊緣運算的端點上執行聯邦式學習模型，相對集中式學習模型，較有機會取得不同利害關係人的採用。從數據訓練角度來看，聯邦式學習模型更適合具有分散、去中心化特質的邊緣運算，除了醫療之外，金融保險也是適用的應用情境。

(七) O-RAN 邊緣運算伺服器 (O-RAN Edge Server)

「O-RAN 邊緣運算伺服器」意指以 5G 開放式無線電接取網路 (O-RAN) 為應用的邊緣運算伺服器 (Edge Server) 之硬體、設備與系統整合平台。傳統電信基站設備掌握在少數的電

信設備提供商，O-RAN 則嘗試打破這樣的生態系，將電信設備架構分成中央單元 (Central Unit, CU)、分散單元 (Distributed Unit, DU) 以及無線電單元 (Radio Unit, RU) 等分層，而邊緣運算伺服器則主要應用在中央單元 (CU) 與分散單元 (DU) 的傳輸介面、路由、控制與管理，以滿足 O-RAN 開放化需求。

相關產業技術有：網路虛擬化技術 (NFV)、時脈同步 (Timing Synchronization)、服務管理與編排 (Service Management and Orchestration)、近即時網路智慧化控制 (Near-RT RAN Intelligent Controller)。邊緣運算伺服器目前布局的業者有：HPE、Dell、Cisco 等，預計在 2021 年這些資訊設備製造商也會逐步切入 O-RAN 的架構之中，除此之外，Nokia、Ericsson 等也預期會在 2021 年持續尋求白牌資訊設備製造商與系統服務商的協助，以因應 O-RAN 帶來的新興 5G 設備、基地的變化。

O-RAN 邊緣運算伺服器，將成為 5G O-RAN 產業生態系不可或缺的關鍵硬體設備，帶來的效益有二：第一，藉由 5G O-RAN 的功能分層，可以為邊緣運算伺服器帶來更明確的定義，對於資訊設備製造商而言，創造一個可預期的需求市場；第二，O-RAN 邊緣運算伺服器成為眾多虛擬化、服務管理的運算節點，可以強化更多即時性分析的創新應用。然而，O-RAN 邊緣運算伺服器的規格，仍需要通過 O-RAN 聯盟的測試，也預計在 2021 年，全球將有愈來愈多 O-RAN 邊緣運算伺服器產品於市場中推出。

(八) 邊緣運算人工智慧晶片組 (Edge AI Chipsets)

「邊緣運算人工智慧晶片組」意指相對於雲端運算伺服器等設備，配置於非雲端環境的邊緣運算伺服器、設備，並且能夠執行機器學習模型、推論的晶片處理器、加速器與開發板。假設在邊緣端、物端設備配置邊緣運算人工智慧晶片，則可以在「無雲」或者「間歇雲」環境中，自動化執行機器學習 (ML)、深度學習 (Deep Learning)，實現即時性、智慧化的數據分析與數據交換。然而，邊緣運算人工智慧的數據訓練、學習、部署的方法，可能會因為應用情境的網路架構、資訊安全需求，而出現不同。

相關產業技術有：邊緣運算人工智慧 (Edge AI)、人工智慧晶片 (AI on Chip) 等，前者涉及到人工智慧模型與推論在雲端、邊緣運算、物端之間的部署架構，後者則是指涉圖形處理器 (GPU)、神經處理單元 (NPU)、張量處理器 (TPU) 等晶片與處理器硬體單元、指令集架構等。除了 Intel、ARM、Nvidia 等半導體設計與製造商之外，2015 年之後 AWS、Azure、GCP

等雲端服務提供商亦是全球主要的投資者。前瞻 2021 年，預計邊緣運算人工智慧晶片，將進一步與不同人工智慧平台進行扣合。

邊緣運算人工智慧晶片帶來的效益，與人工智慧晶片有部分重疊，但兩者最大的差異在於邊緣運算人工智慧晶片，主要是以降低雲端運算數據壅塞，縮短智慧分析可能的延遲率等，以及「補足雲端運算服務」作為主要核心效益思考。然而，邊緣運算人工智慧晶片的設計架構、材料、製程等課題，會受到不同的應用、資訊設備類型牽引，2021 年必須持續觀察面向有二：第一，雲端服務提供商與半導體設計商的異業合作態勢；第二，邊緣運算人工智慧所採用的數據累積、數據訓練、數據推論的生成模型。

三、結論

前瞻 2021 年，對於臺灣聚焦於雲端服務提供商以及相關產業的廠商而言，以「微型資料中心」為基礎，延伸出來之硬體、網路、儲存之維運服務（Maintenance Service）與託管服務（Colocation Services），將是廠商必須關注的產業戰略高地；臺灣擁有資料中心維運與託管能力的廠商，可以在雲端服務提供商、電信服務提供商之間扮演整合者的角色，以掌握潛力市場商機。對於臺灣聚焦於資訊硬體提供商以及相關產業的廠商而言，牽動硬體設備發展的因素，已然從單純的硬體效能，轉向更為高價值得數據、資料處理服務，藉由軟體定義網路等技術來強化設備的「可擴充性」，以及強化自身「分散式數據管理」能力，將會成為市場競爭、市場區隔的要素。如何準確掌握不同應用情境的數據需求，推動軟硬體整合，仍然是資訊硬體提供商所必須面對的課題。

（本文作者為資策會 MIC 執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師）

原文出處：ITIS 智網 <http://www.itis.org.tw/>