



2021高科技、媒體與電信產業趨勢預測

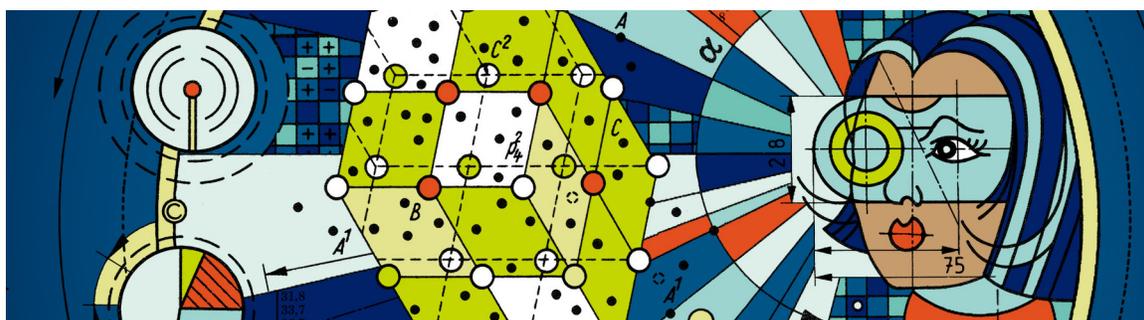
Deloitte's Technology, Media, and Telecommunications (TMT) group brings together one of the world's largest pools of industry experts—respected for helping companies of all shapes and sizes thrive in a digital world. Deloitte's TMT specialists can help companies take advantage of the ever-changing industry through a broad array of services designed to meet companies wherever they are, across the value chain and around the globe. Contact the authors for more information or read more on www.deloitte.com.

目錄

前言	2
智慧邊緣進行式	4
雲端遷移預測：大勢所趨的多雲部署模式	14
新世代無線接取網路	24
從虛擬到現實：企業和教育領域中的數位實境頭戴式裝置	38
遠距視訊看診正夯	46

前言

COVID-19 新冠肺炎：改變的催化劑



展望2021年，我們不得不談到新冠肺炎。在今年度《高科技、媒體與電信產業趨勢預測》的精選五項預測主題中，幾乎每項都或多或少受到了疫情的影響。勤業眾信衷心期望2021年的來臨，將代表全球已離疫情的結束更進一步，讓人們能全神貫注於明日的繁榮，不再為今日的危機而感到心力交瘁。

就今年高科技、媒體與電信產業的生態發展而言，市場觀察家的形容不外乎「疫情使整個產業以五個月的時間完成原需五年的改變」。事實上，相關產業確實需要一股改變的力量，而縱使沒有人希望疫情發生，這次的新冠肺炎仍成為了產業改變的催化劑。

在化學反應中，加入催化劑可提升反應速率；有時候，只要些許催化劑便能誘發大規模的反應。同理，SARS-CoV-2病毒的直徑只有100奈米、重量也只要一兆分之一毫克，卻為高科技、媒體與電信產業的各個面向帶來了顯著的變化。

部分改變進展快速，例如雲端運算、視訊問診與智慧邊緣。上述技術雖然在2019年便已有所發展，但拜疫情所賜而在今年突飛猛進，一舉超越

數年、甚至是數十年的進展速度。勤業眾信預期，以上技術在2021年將持續以高速進展。

高科技、媒體與電信產業的其他面向也難免受到疫情影響，但改變的程度或許不及以上三項技術。女子運動賽事的未來發展可能受到大型集會禁令的限制，而各地的封鎖令則導致人們花更多時間觀看影片，進而加速升級8K電視的潮流。由於面對面的人際互動會提升疫情風險，數位實境頭戴式裝置成為了培訓員工與教育學生的最佳利器。而在充滿不確定性的大環境下，坊間充斥著關於疫情的假消息，以及5G技術將造成健康風險的流言。與此同時，雖然體育場館紛紛受疫情影響而關閉，但「超量化數位運動員」未來將使觀賞職業運動賽事更為精彩。

誠然，迅速改變並不代表所有變化都是正面的；不過，許多因疫情而加速進展的趨勢，似乎都具有讓世界變得更美好的潛力。舉例而言，體壇的性別平衡是一件好事，這點無庸置疑。而因各地封鎖措施而在已開發國家盛行的視訊問診技術，未來將為開發中國家與偏遠地區的病患帶來更多且更好的醫療服務。雲端技術與開源或虛擬無線接取網路的運用，則有望降低軟體及行動網路

服務的價格，讓經濟地位較低的人們也能享受數位服務，並允許企業以更永續的方式經營，在關懷他人的同時也不忘愛護地球。

在去除催化劑之後，化學反應會回到先前較緩慢的速率。而在後疫情時代的世界中，這些改變、突破與創新是否將逐漸趨緩，抑或將持續、甚至永遠發展下去呢？

請見《2021高科技、媒體與電信產業趨勢預測》為您揭曉未來的可能。



Ariane Bucaille
Global TMT industry leader



Kevin Westcott
Global TM&E sector leader



Nobuo Okubo
Global technology sector leader



智慧邊緣進行式

邊緣運算與智慧化： 讓科技和電信業大步向前的關鍵推進力

Chris Arkenberg, Ariane Bucaille, Sanket Nesargi, Dan Littmann, and Jeff Loucks

數十年來，在儀表化 (instrumentation)、自動化和聯網化 (connectivity) 科技的催生之下，智慧邊緣 (intelligent edge) 漸趨成熟並發展成一套革命性技術，更進一步改變了部分全球最大的科技和通訊業者。儘管有關其市場規模的估算結果不一，¹Deloitte 預測 2021 年智慧邊緣的全球市場將上看 120 億美元，且年複合成長率將保持在 35% 左右。² 其 2021 年的成長主要得益於電信業者和超大規模雲端供應商 (hyperscale cloud providers) 的擴大應用；前者將為 5G 網路部署智慧邊緣技術，而後者則運用智慧邊緣優化基礎設施與服務項目。這些高度資本密集企業所建立的相關使用情境和最佳實務，將可使不同產業的公司更容易取得智慧邊緣相關技術。及至 2023 年，預計將有 70% 的企業應用此技術，進行不同程度的資料處理工作。³ 正如一間領先的繪圖處理器 (GPU) 製造大廠所言：「我們即將邁入嶄新的階段，創造出比目前所使用的網路大上數千倍的網際網路。」⁴

儘管前方仍存在著挑戰與阻力，但 Deloitte 相信智慧邊緣已準備好改寫運算領域的現狀，進而為全球最大的科技業者們注入新世代的連網能力與運作效率。智慧邊緣能透過強大的運算能力，在資料生成與應用的位置就近進行處理，因此不論是在自駕車領域、虛擬實境或物聯網的應用方面，都有助於釋放更快速、更經濟且更安全的營運潛力，加速推動第四次工業革命。⁵

智慧邊緣是什麼？

智慧邊緣結合了先進的無線連接技術、密集的資料處理能力，以及設置於使用與產生資料設備的鄰近區域的人工智慧。⁶ 在雲端運算、資料分析和人工智慧予以強化之下，這項技術代表了工業監控、自動化製造、公用事業管理及電信業等領域趨勢的演變與融合。此外，智慧邊緣將上述三項技術部署在需快速分析資料並予以回應的設備附近，以藉此直接操作相關資料，或將其過濾後擷取出最關鍵的資訊並回傳至資料處理中心。而智慧邊緣最出色之處，莫過於將雲端技術導入遠端操作裝置中，大幅提升了其運作效能。

人工智慧的崛起加上人工智慧背後運算技術的進化，是促使半導體產業出現結構性轉變的主要推動力。⁷ 繪圖處理器 (GPU) 已成為資料中心賴以運作的重要元件之一，而專用人工智慧晶片的應用觸角則伸向邊緣及裝置設備，以便即時處理傳入的資料。⁸ 先進的連接能力 (通常結合了 5G 和 Wi-Fi 6 技術) 不僅將上述重要環節緊密相連結，而在由雲端到邊緣的各種動態組件交織而成的網絡上，虛擬化技術更使得眾多服務能無縫接軌地順暢運行。由此可見，有效規劃和實施智慧邊緣策略的關鍵，在於多個生態系統供應商間能否相互協調與協作。

智慧邊緣的興起可能會導致服務架構產生轉變，朝著地點導向、去中心化和分散式的方向發展。

然而，智慧邊緣並不會因此取代雲端或資料中心，而是化身為整個雲端到邊緣架構中的運作環節之一。⁹此外，就單項服務而言，部分組成會集中在雲端進行處理，另一部分會在資料中心運行，而更多的組成則在感測器陣列、自駕車輛，以及數十億個機器終端進行邊緣運算。在資料處理旅程的不同環節中，各項運算的執行方式、位置以及對連接能力和速度的要求皆有所不同，而在按其需求針對不同的組成進行分配之下，可能因此而改變了整個服務架構。

人工智慧的崛起加上人工智慧背後運算技術的進化，是促使半導體產業出現結構性轉變的主要推動力。

不過，目前仍有許多挑戰尚待克服，例如相關技術標準與最佳實務缺乏一致性，且可互通性和安全性的問題日後將變得更加明顯。如今的智慧邊緣結合了電信業者、超大規模資料中心和技術供應商所提供的解決方案，因此如何跨多個產業進行協調與整合，將是決定接下來能否有效部署智慧邊緣的關鍵所在。哪些環節該由何者掌管？哪些業者能夠充分發揮其技術能力？又有哪些企業能夠為整個市場提供最佳的端對端解決方案？以上問題的答案將影響未來數年的智慧邊緣布局。

智慧邊緣的重要性何在？

對於擁有資料導向使用情境的企業而言，智慧邊緣可提供以下數項關鍵能力：¹⁰

- 更有效運用頻寬並增強網路可視性 (network visibility)，從而降低成本

- 對廣域網路 (WAN) 的依賴性較低，因此面對不良、不可靠且易中斷的連線品質時具備較佳的復原能力
- 能夠將更多資料保留在本地，無須透過網路將其傳送至資料處理中心，進而更有效控管資料的分類、標準化、落地權和隱私權等等
- 以低延遲技術支援使用情境，加快回應時間
- 大幅提高自動化和自主性

在這些關鍵能力的支持下，智慧邊緣不僅可提高操作流程的可視性、啟動更快速的資料分析和即時回應機制，更有助於提升自動化成效及系統的動態反應能力。舉例而言，在延遲極低且安全性極高的環境中進行微型服務 (例如用於決定設施使用權的人臉辨識系統) 時，便無須透過雲端而僅需在邊緣裝置中執行。如此一來可精簡決策過程，從而降低網路傳輸成本與安全風險；換言之，邊緣裝置僅需將最重要的資訊回傳至雲端中心，而雲端中心則可藉此強化對邊緣裝置的管理。

智慧邊緣可用於支持大規模的轉型方案，進而推動製造業、物流業、機器人技術、移動性和消費性電子產品實現重大發展。¹¹例如，智慧邊緣系統可將供應鏈從相對脆弱的線性系統，轉變為可編程、回應性和適應性更佳的數位網絡，以因應不斷變化的外在需求與創新趨勢進行系統重整。¹²此外，公用事業和類似組織也可運用智慧邊緣技術，採用由人工智慧驅動的無人機，以應對因基礎設施老化所帶來的安全風險，¹³並藉此加快辨識和因應上述風險的速度。為此，挪威一座鑽油平台部署了一隻遠端自動化機器狗，不僅能夠主動巡視鑽油平台，還可運用其視覺功能檢查是否存在天然氣外洩等問題。¹⁴不僅如此，這類設備可用於全天候部署，以藉此勘察和監控資產、標記問題，並向鑽油網絡和工作人員提醒潛藏風險所在。

在這類操作中應用智慧邊緣技術，可帶來十分顯著的效果。以自動無人機檢查管線瑕疵為例，在過去仰賴雲端執行決策的模式下，無人機自身全部的儲存空間都將用於錄製和存放管線檢查影片，並在返回基地台後將影片上傳至遠端資料中心。然而，在上傳影片的過程中不僅需透過網路傳輸大量資訊，並且需耗費大量的時間。當雲端接收到這些資訊後，還需進一步透過機器學習評估管線是否存在瑕疵，並且在發現瑕疵後將相關資訊傳送至管線所在地，以觸發相應的處置措施：修復損壞部分並改變輸送路線。

而在智慧邊緣技術的協助下，用於評估管線是否存在瑕疵的人工智慧／機器學習推理演算法，將可從原本的雲端移至無人機上運行。無人機也不必掃描和分析整支影片，而僅需在近即時的小型影像緩衝區上，針對所見瑕疵進行分類。當無人機發現管線瑕疵時，現場附近的工作人員便可在其通知下迅速處理問題。此外，只有顯示管線瑕疵的影片片段才會歸檔到雲端中心，並用作機器學習模型和訓練集的材料，如此一來，其他第一線的無人機便可同步更新資訊，進而更有效地辨識出管線瑕疵。除了最大限度地降低所需分析和傳輸的資料量外，此做法也大大縮短了檢查工作和修復行動間的時間差，並且僅將網路用於關鍵資訊的傳輸，讓相關資訊能夠充分融入工具鏈之中，以促進更深入的洞察與學習。

智慧邊緣的適用對象

在管理基礎設施、網路、雲端、資料中心和連網終端（如感測器、致動器和各式裝置）方面，智慧邊緣可為企業帶來不少益處。這項技術可用於支援需要極低延遲的消費性使用情境，如雲端遊戲和擴增與虛擬實境。而對於需匯集、取得並分析大量企業和消費者資料的企業而言，智慧邊緣也可提供所需支持。不僅如此，智慧邊緣更有助於改善用以管理品質、材料和能源應用的工業流程，例如對廠區、裝配線和物流業務的監控工作。

不過，並非所有企業都能立即且廣泛地採行智慧邊緣解決方案。許多業者可能要在基礎設施和合作夥伴方面，先進行正確且合宜的投資，才有辦法從少數使用情境中尋得投資報酬率。然而，若能及早奠定好上述基礎，那麼該企業未來將有望創造更多應用機會。

在管理基礎設施、網路、雲端、資料中心和連網終端（如感測器、致動器和各式裝置）方面，智慧邊緣可為企業帶來不少益處。

智慧邊緣的驅動因素

未來一年間，驅動智慧邊緣初期發展的參與者不僅止於大型電信業者，還包括超大規模服務供應商、內容傳遞網路(CDN)供應商及科技公司，而以上業者同時扮演著銷售和應用智慧邊緣解決方案的角色。以科技公司而言，在向早期採用者銷售智慧邊緣組件、設備和軟體層的同時，也可能借助智慧邊緣技術強化自身的製造和供應鏈業務。同理，電信業者、超大規模資料中心和內容傳遞網路供應商，不僅為顧客提供更多技術支援，更也積極擴展專屬的智慧邊緣基礎設施，以推動自身的策略進程。除了上述早期採用者之外，從智慧邊緣的中期發展來看，製造業、物流業和供應鏈中的相關應用將有望逐步增加。

如今，對於邊緣運算和智慧邊緣技術的投資，大部分都來自美國的電信業者和通訊服務供應商。¹⁵由於有越來越多裝置在連線和離線模式間切換，且不同的頻寬需求也逐一浮現，讓網路供應商面臨著日益嚴峻的管理挑戰。正因如此，這些業者正致力於透過智慧邊緣技術改造並強化

自身的基礎設施，例如將中央機房擴展為新世代的資料中心和邊緣樞紐、為5G和多接入邊緣運算 (multi-access edge computing, MEC) 實現高密度的動態連接能力，¹⁶以及使用開放式無線接入網路 (Open RAN) 等解決方案將旗下更多網路虛擬化。上述做法有助於鞏固其核心業務，一方面能為訂閱用戶提供品質更佳的服務，一方面則向其企業客戶推銷網路解決方案。

超大規模雲端服務供應商也正迅速採取行動，以將智慧邊緣技術應用到資料驅動型的業務中，包括由使用情境所驅動的解決方案，例如需低延遲與高冗餘能力的自駕車和移動機器人，也推動了智慧邊緣的需求成長；為了在後疫情時代尋求更高的透明度和韌性，製造業和供應鏈業者也開始競相採用智慧邊緣技術。而在資料主權和合規性法規開始出現，智慧邊緣在此的優異能力將有望推動進一步需求。換言之，智慧邊緣有助於確保資料可安全地就近保存在蒐集時所使用的區域內，而不需傳送到外部的雲端系統。¹⁷此特點可望吸引更多社群媒體平台的青睞與投資，讓這類平台傾向於借助智慧邊緣技術，確保其如實遵從歐盟一般資料保護規範 (GDPR) 等監管規定的要求，將個人資訊在本地進行匿名處理。¹⁸

此外，製造業和移動產業 (如汽車製造商和叫車服務) 對智慧邊緣需求的增加，將有望發展出更多套裝型及託管型服務方案，進而簡化更多企業獲取和部署智慧邊緣技術的方式。而由於新冠疫情導致許多公司紛紛將業務加速遷移至雲端，因此，處於第一波雲端轉型的企業，便可趁此機會設計出最能滿足其使用情境需求的雲端至邊緣解決方案。¹⁹

智慧邊緣生態系的參與者

目前，沒有任何一家供應商能夠獨自建構一個有效的智慧邊緣解決方案。無論是電信業者、超大規模資料中心，或是內容傳遞網路供應商和科技公司，都在智慧邊緣發揮各自的作用，並為提供解決方案貢獻一己之力。而要讓不同的智慧邊緣要素協調一致並非易事，畢竟供應者在彼此合作的同時，往往也在相互競爭。因此，了解這些參與者的角色、各自能提供的服務，以及其在整個競爭版圖中的位置，將有助於各企業組織更有效地規劃和部署相關應用。

電信業者與不斷擴張的網際網路 (Telecoms)

電信業者在許多智慧邊緣部署中扮演著關鍵合作夥伴的角色，²⁰大型電信公司開始銷售自家的邊緣運算和物聯網解決方案，以及供企業內部使用的專網。作為邊緣生態系中的供應商，電信業者可為其企業客戶和合作夥伴提供有線與無線網路的端對端連接服務，包括光纖、電纜、4G/LTE 和 Wi-Fi，以及 5G 和 Wi-Fi 6 技術等等的進階解決方案。此外，電信企業還出租一些能直接接入回程 (backhaul) 的網路，並提供邊緣設備和資料中心放置的空間。另外，基地台營運商也將其塔台空間出租給需要部署邊緣設備的業者使用，而這些部署在基地台的設備，通常會直接與光纖網路相連。²¹

電信業者所面臨的主要挑戰之一，在於儘管其每年投入了數十億美元的資金更新網路，但這類公司在網路連接和通訊方面已不再擁有近乎壟斷的地位。究其原因，是因為許多通訊服務供應商紛紛在其 IP 網路外提供其他連網服務，同時也有越來越多的超大規模資料中心和內容傳遞網路業者，正著手建構其專屬的網路基礎設施。然而，電信公司所提供的服務結合了回程網路、5G、Wi-Fi 6 和智慧邊緣技術，將有望釋放更強大的託

管型連接能力，從而在新世代網路業務方面提升自身的服務品質並增添更多競爭優勢。

連結全球的 超大規模資料中心 (Hyperscalers)

提供端對端解決方案的超大規模資料中心可說是全球最富價值的企業之一，其業務內容涵蓋了雲端服務、企業生產力和消費者生活體驗等領域。這些服務項目高度仰賴資料以藉此改善和擴展內部營運能力，並藉由增進對客戶和使用者的了解，以提供更優質的服務並持續提升顧客參與度。此外，這類業者也正積極採用智慧邊緣技術，以推動上述兩項工作的進行。其具體做法則是將自身的超大規模資料處理能力，擴展並延伸到更貼近衡量對象及其所服務之企業的位置，以利就近執行所需任務。

而超大規模資料中心所面對的最大挑戰，是在與連網供應商合作的同時保持自身對資料的控管能力。超大規模網路可能會間接侵蝕通訊服務供應商所提供的服務範疇，尤其是透過自身平台提供網路連接服務時。然而，打造高品質的網路既困難又所費不貲，尤其是建置大規模的網路架構；因此，與連網供應商建立合作成為可行性更高的選擇。²²

在部署智慧邊緣技術的過程中，超大規模資料中心也會針對新的概念和使用情境證明其各自的效用，進一步推動整個市場的智慧邊緣應用布局。例如，部分超大規模資料中心營運商針對其所有消費性服務，採用語音人工智慧作為與消費者互動的主要介面形式。²³此外，能夠在各種裝置（智慧手機、智慧音箱或汽車）上運行自然語言處理且無需將資料回傳至雲端的做法，不但有助於降低延遲、防範網路故障和安全性漏洞，亦可在提供更優質服務的同時，將資料保留在適用的監管體制內。

對部署智慧邊緣技術的企業而言，超大規模資料中心提供了公有雲、以公有雲為基礎運作的IT服務與管理解決方案，以及人工智慧技術；而部分超大規模資料中心也已經擁有專屬的內容傳遞網路。至於超大規模資料中心開發和行銷上述智慧邊緣解決方案的目的是，希望藉此支援自身不斷擴大的業務服務內容，無論是在雲端、支付、醫療保健、交通運輸、媒體或娛樂領域等方面。

期盼成為超大規模資料中心的 內容傳遞網路業者(CDNs)

內容傳遞網路可說是智慧邊緣應用的原型，其最初開發的目的便在於將內容轉移到更靠近消費者之處，以加速早期網路的發展。目前，部分內容傳遞網路供應商正致力於尋求並推廣智慧邊緣解決方案，使得CDNs既與電信業者和超大規模資料中心合作，也站在與之競爭的對立位置。²⁵

內容傳遞網路供應商與許多企業間存在著緊密的合作關係，且多半擁有業界最佳的服務品質、冗餘能力、安全性和傳遞技術。現在有越來越多公司需要強大的傳遞服務，而智慧邊緣的應用將可幫助這類業者強化網路傳遞能力，同時提升其服務品質。不過，由於部分超大規模資料中心和電信公司已完整掌控其專屬的內容傳遞網路，因此，當前主要推動智慧邊緣應用的產業可能並不需要外部的內容傳遞網路業者。此外，內容傳遞網路供應商與接下來可能部署智慧邊緣的產業間（如製造業和汽車產業），未必存在緊密的業務連結。

提供硬體和託管服務的 技術供應商(Tech providers)

在雲端至邊緣的價值鏈之下，有無數的硬體元件和軟體層齊力撐起這片架構。這意味著技術供應商擁有巨大的業績成長潛力，有望將其產品和服務銷售至資料中心、網路、內部設施和各個終端（從廠區、智慧建築到電腦和車輛）。

其中，對資料中心設備和Wi-Fi連接能力的需求可能特別顯著。一項預測指出，2025年以前，邊緣資料中心的市場規模將逼近160億美元。²⁶而技術供應商不僅能協助電信公司將交換中心轉變為現代資料中心，為製造業者建置更強大的內部運作能力，還能为企業客戶提供智慧邊緣設備和微型資料中心。此外，技術供應商還可提供中介軟體和管理層，以便將混合雲整合至無縫連接的架構之下。在這方面，邊緣技術可說是為混合雲提供了可供其運作的位置。

此外，並非所有的智慧邊緣解決方案都需動用5G技術；事實上，更多的解決方案會根據使用情境的需求，而選擇開發內含Wi-Fi、LTE和5G技術的混合型網路。而這意味著經營Wi-Fi業務的科技業者有望窺見更多商機。最新一代的Wi-Fi (Wi-Fi 6) 不僅提供頻寬切片 (bandwidth slicing) 技術、更出色的電源管理能力，還能支援更多裝置；²⁷而上述特色都能讓本地網路的運作更加穩健且靈活。另外，私營的本地網路還可幫助企業減少對雲端供應商和電信業者的依賴。

儘管如此，技術供應商在智慧邊緣市場中的地位，仍有可能面臨到其最大客戶的挑戰，例如超大規模資料中心和電信公司。這些業者一方面積極建構自身專屬的元件，另一方面則盡可能朝將硬體轉為軟體的去實體化方向努力。然而，隨著智慧邊緣市場漸趨成熟，缺乏打造專屬解決方案能力的第二階段採用者也逐漸增加，而技術供應商有望為這類對象提供相關的技術支援。在實現工業4.0的道路上，這種轉變可能會成為下一個重要里程碑，意味著新一代雲端至邊緣架構的標準化和商品化程度將有所提升。

半導體業者 (Semiconductors)

要在輕巧的邊緣裝置上運行人工智慧可能需具備更專業的運算解決方案，例如使用客製化的現場可程式閘陣列 (field programmable gate arrays, 簡稱「FPGA」) 和特定應用積體電路 (application-specific integrated circuits, 簡稱「ASIC」)，以及在裝置、邊緣設備和微型資料中心中用於加速人工智慧演算法的繪圖處理器。對邊緣人工智慧晶片的需求也明顯增加，該市場的規模有望在未來數年內大幅擴張。²⁸正因如此，越來越多半導體公司正在加速生產邊緣人工智慧晶片，以滿足上述需求。²⁹另有部分企業正積極尋求大型併購交易，以藉此鞏固自身在下一波機器智慧和運算浪潮中的優勢。³⁰而超大規模資料中心也致力於設計更多專屬的專業晶片，以支持其龐大的業務運作。至於晶圓廠和晶片設計公司則卯足全力，以回應資料中心、人工智慧及不斷擴大的工業系統數位化所帶來的相關需求。

智慧邊緣所面對的潛在阻力

智慧邊緣的市場漸趨成熟，而這個過程中也出現了不少挑戰。新冠疫情的危機不僅打亂需求、破壞供應鏈，甚至拖累獲利能力、讓許多企業的成本上漲，並為市場前景注入了不確定性。此外，持續進行的貿易戰也為供應鏈蒙上一層陰影，使得企業在尋求合適的供應來源時需面對更棘手的問題，且需投入更多的成本與時間。受到大環境的影響，需求變得難以預測，供應鏈也不再像以往一般可靠。此情況可能會導致企業在新興技術的資本支出上，採取更為保守的做法。換言之，企業可能會認為與其推展智慧邊緣應用，不如以更少的風險強化現有的雲端技術，以便更有效地應

對伴隨疫情危機而來的遠端和聯網服務需求。³¹因此，就近期的發展趨勢而言，許多企業可能會忙於為自身打造雲端遷移的基礎架構，從而使智慧邊緣的開發工作落到大型供應商手中。

儘管智慧邊緣的應用方式已漸趨明朗，但許多企業仍將其視為一種前瞻性的策略投資，而非有助於推動當前業務的明顯途徑。此外，推展相關應用不但極具挑戰性且成本高昂，往往需要多個供應商彼此協調合作；再加上標準和最佳實務尚未成形，各種終端邊緣裝置也無法保證其安全性。

³²以目前經濟發展受阻的情況來看，未來可能只有根基深厚的大型企業才有能力進行這方面的投資，而即便是這類知名企業，也需跨多個供應商協調整合各項相關服務。

因此，到了2021年，智慧邊緣的應用版圖可能多半已由處於主導地位的科技和電信業領導者所佔據，而此情況將進一步強化上述業者在下一波轉型浪潮中的競爭優勢。此外，早期採用者在未來一年間所進行的努力，將有利於凸顯出智慧邊緣技術的價值。而在隨後的兩年中，市場可能會針對相關應用整理出最佳實務做法，並建立起適用標準和可互通性，而這些進展在提升早期領導者地位的同時，也可望使小型企業的智慧邊緣部署工作變得更加容易。

結論

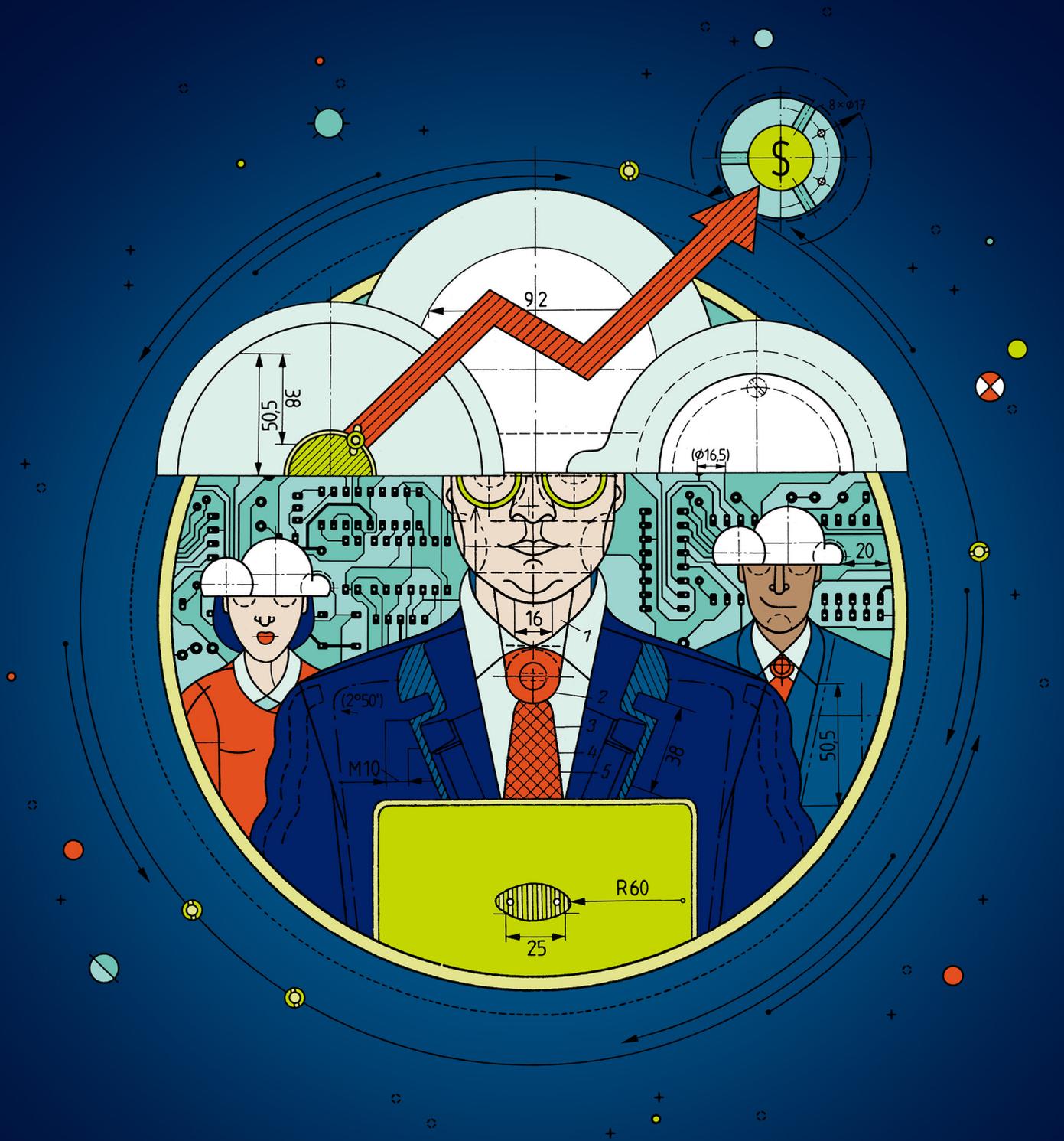
無論是電信公司、超大規模資料中心、內容傳遞網路業者或技術供應商，智慧邊緣生態系中的各方參與者都與該技術的成敗以及新世代雲端至邊緣架構和服務間，有著相互依存的利害關係。智慧邊緣領域看似年輕且充滿活力，但背後其實已累積了數十年的發展動能，由朝著儀表化、監測與設施自動化演進的運算和網路趨勢所奠定。而隨著數位化、連網能力和資料分析等迅速成熟，智慧邊緣技術已開始逐步改變部分全球最大的實體系統。

如同以往更新大規模基礎設施一樣，隨著智慧邊緣的應用不斷擴大，過程中可能會出現許多令人意想不到的創新元素。因此，企業高層應主動參與其中，並制定出目標明確且具策略價值的先導計畫。此外，也應跳脫出對相關流行語或術語的執著，將焦點轉向發展使用情境、建立衡量指標並確立預期成果。更重要的是應充分體認到，「邊緣」和「智慧」這兩個字眼充其量僅代表更全面的解決方案中的部分環節，而整體解決方案的最終目的在於打造更快的資料處理速度、更高的運作自主權和透明度，以及更靈活且更具適應力的企業體質。

Endnotes

1. Charles McLellan, "Edge computing: the state of the next IT transformation," ZDNet, October 1, 2018. <https://www.zdnet.com/article/edge-computing-the-state-of-the-next-it-transformation/>
2. This estimate is based on 3rd party market research and Deloitte's own evaluations. For this evaluation, the market includes hardware, applications, and services that directly serve demand for edge computing and intelligence. Given the broad nature of the market, these estimates may be more directional than precise.
3. Robert Clark, "Telcos need to get in shape for the rush to the edge," Light Reading, September 17, 2020. <https://www.lightreading.com/the-edge/telcos-need-to-get-in-shape-for-rush-to-edge/d/d-id/764000>
4. Ibid Forbes <https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2020/09/13/its-officialnvidia-acquires-arm-for-40b-to-create-what-could-be-a-computing-juggernaut/#777ba24d4973>
5. Klaus Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond," World Economic Forum, January 14, 2016. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
6. George Leopold, "Edge computing seen transitioning to 'intelligent edge,'" Enterprise AI, September 10, 2020. <https://www.enterpriseai.news/2020/09/10/edge-computing-seen-transitioning-to-intelligent-edge/>
7. Patrick Moorehead, "It's official - NVIDIA acquires Arm for \$40 billion to create what could be a computing juggernaut," Forbes, September 13, 2020. <https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2020/09/13/its-officialnvidia-acquires-arm-for-40b-to-create-what-could-be-a-computing-juggernaut/#777ba24d4973>
8. Mark Casey, Jeff Loucks, Duncan Stewart, Craig Wigginton, "Bringing AI to the device: Edge AI chips come into their own," Deloitte Insights, December 9, 2019. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2020/ai-chips.html>
9. Ken Carroll, Mahesh Chandramouli, "Scaling IoT to meet enterprise needs," Deloitte Insights, June 20, 2019. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/internet-of-things/enterprise-iot-solutions-edge-computing-cloud.html>
10. Ibid Deloitte <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/internet-of-things/enterprise-iot-solutions-edge-computing-cloud.html>
11. Ibid Deloitte <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/intelligent-edge-network.html>
12. Rafael Calderon, Amit Sinha, Ednilson Bernardes, Thorsten Wuest, "Digital supply networks," Deloitte, July 2020. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/digital-supply-networks-book.html?id=us:2sm:3ab:dsnbook:eng:cons:082520:dsn20&pkid=K0139277>
13. John McCormick, "California utilities hope drones, AI will lower risk of future wildfires," The Wall Street Journal, September 11, 2020. <https://www.wsj.com/articles/california-utilities-hope-drones-ai-will-lower-risk-of-future-wildfires-11599816601?mod=djemAIPro>
14. Charlotte Jee, "Boston Dynamics' dog robot Spot is going to patrol an oil rig in Norway," MIT Technology Review, February 13, 2020. <https://www.technologyreview.com/2020/02/13/844815/boston-dynamics-spot-dog-robot-is-going-to-patrol-an-oil-rig-in-norway/>
15. Technology Business Research, Inc., "Telecom edge compute market landscape," June 11, 2019
16. Dr. Song Jun, "Challenges & key issues of constructing 'MEC-ready' 5G bearer networks for carriers," telecoms.com, January 20, 2020. <https://telecoms.com/intelligence/challenges-key-issues-of-constructing-mec-ready-5g-bearer-networks-for-carriers/>

17. Pablo Valerio, "To comply with GDPR, most data should remain at the edge," IoT Times, October 31, 2018. <https://iot.eetimes.com/to-comply-with-gdpr-most-data-should-remain-at-the-edge/>
18. Sam Schechner, Emily Glazer, "Ireland to order Facebook to stop sending user data to U.S.," The Wall Street Journal, September 9, 2020. <https://www.wsj.com/articles/ireland-to-order-facebook-to-stop-sending-user-data-to-u-s-11599671980>
19. Aaron Tilley, "A cloud surge lifts Amazon, Microsoft, and Google's results," The Wall Street Journal, July 31, 2020. https://www.wsj.com/articles/big-businesses-multiyear-bets-fuel-cloud-growth-11596196893?mod=tech_lead_pos1
20. Mike Robuck, "Verizon and IBM take their talents to the enterprise edge with IoT and 5G," Fierce Telecom, July 16, 2020. <https://www.fiercetelecom.com/telecom/verizon-and-ibm-take-their-talents-to-enterprise-edge-iot-and-5g>
21. Mike Dano, "SBA, American Tower double down on edge computing opportunity," Light Reading, August 4, 2020. <https://www.lightreading.com/the-edge/sba-american-tower-double-down-on-edge-computing-opportunity/d/d-id/762941?>
22. Rich Miller, "The AWS cloud extends to the edge, with likely boost for colo providers," Data Center Frontier, December 20, 2019. <https://datacenterfrontier.com/the-aws-cloud-extends-to-the-edge-with-likely-boost-for-colo-providers/>
23. Technology Business Research, Inc., "Webscale ICT market landscape," Third Calendar Quarter, 2019.
24. Chris Arkenberg, Mark Casey, Craig Wigginton, "Coming to a CDN near you: videos, games, and much, much more," Deloitte Insights, December 9, 2019. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2020/content-delivery-networks-video-streaming.html>
25. Matthew Prince, "The edge computing opportunity: it's not what you think," The Cloudflare Blog, July 26, 2020. <https://blog.cloudflare.com/cloudflare-workers-serverless-week/>
26. Preeti Wadhvani, Saloni Gankar, "Edge data center market size worth over \$20 billion by 2026," Global Market Insights, October 5, 2020. <https://www.gminsights.com/pressrelease/edge-data-center-market>
27. Paul Gillin, "How three wireless technologies will soon ignite the edge computing revolution," SiliconANGLE, January 26, 2020. <https://siliconangle.com/2020/01/26/three-wireless-technologies-will-soon-ignite-edge-computing-revolution/>
28. Ibid Deloitte <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2020/ai-chips.html>
29. Patrick Moorhead, "Intel quietly becoming a player on the 'edge'," Forbes, April 13, 2020. <https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2020/04/13/intel-quietly-becoming-a-player-on-the-edge/#388df1944dba>
30. Don Clark, "Nvidia buys Arm from SoftBank for \$40 billion," The New York Times, September 13, 2020. <https://www.nytimes.com/2020/09/13/technology/nvidia-arm-softbank.html>
31. Mike Robuck, "Report: Despite Covid-19 disruption in 2020, data center capex poised to hit more than \$200B over next five years," Fierce Telecom, July 24, 2020. <https://www.fiercetelecom.com/telecom/report-despite-covid-19-disruption-2020-data-center-capex-poised-to-hit-more-than-200b-over>
32. Pete Bartolik, "Edge computing frameworks abound—with none yet dominant," IoT World Today, January 14, 2020. <https://www.iotworldtoday.com/2020/01/14/edge-computing-frameworks-abound-with-none-yet-dominant/>



雲端遷移預測

大勢所趨的多雲部署模式

Duncan Stewart, Nobuo Okubo, Patrick Jehu, and Michael Liu

雲端運算在過去十年間始終是主要趨勢，其2015的市場規模更經歷了三位數的年成長幅度。儘管最大型超大規模公有雲供應商 (hyperscale public cloud provider) 的年成長率，在2019年年底已降至「僅有」31%，且隨著該產業漸趨成熟，其成長率在2020年和2021年預計將進一步緩慢下降。但無論如何，雲端運算應用的成長速度仍超越許多其他產業的成長狀況。

有鑑於新冠疫情和相伴而生的全球性經濟衰退現象，導致企業在多個領域的支出皆遭到削減，因此2020年雲端相關支出下跌了幾個百分點，其實也算是意料之中。然而，雲端市場卻展現了優異的韌性。儘管某些指標顯示雲端市場2020年的成長幅度基本持平，但若透過其他衡量成長表現的指標來看，即便是面對近代史上最嚴峻的經濟萎縮時期，該市場的成長速度仍超越2019年。而導致此需求增加的可能因素，包括了新冠疫情、封鎖性措施，以及遠距工作 (work from anywhere) 盛行。此外，由於各企業組織未來可能因節省成本、提高敏捷性並促進創新等因素，而將工作負載遷移至雲端，因此雲端服務市場在2021年至2025年的獲利成長幅度，預測可望保持在2019年甚至高於該年的水準 (即大於30%)。

「我們在短短兩個月內便目睹了原需兩年才能完成的數位轉型。」

—Microsoft執行長Satya Nadella，
2020年4月¹

從何得知雲端應用規模正在擴大？

誠然，雲端部署並非唯一的解決方案。若從企業整體層面來看，只有極少數系統採用單純的本地部署 (on-premise)，或僅使用公有雲或私有雲服務。事實上，大多數的部署模式都會結合公有雲和私有雲，而這種雖然綁定在一起但仍保持獨立的運作方式，一般稱之為混合雲 (hybrid cloud)。混合雲的種類繁多，例如公私雲混合或者將本地資源與公有雲融合在一起等等，²但不論是哪種型態的混合雲架構，都提供了多元建置下的應用優勢。

由此可見，混合雲顯然是業界的新常態。2020年3月的一項報告指出，全球超過90%的企業在2022年之前都會採用混合雲架構。³而同月份的另一項調查也發現，97%的IT經理計劃跨兩個或多個雲端服務分配工作負載，以求最大限度提升組織韌性、滿足法規與合規需求，並有效利用不同供應商所提供的最佳服務。⁴

雖然當前的經濟情勢的確不容樂觀，且許多企業仍會將部分資源保留在組織本地；但隨著雲端遷移的需求逐漸增加，對雲端服務供應商而言，未來的相關應用前景仍值得期待。事實上，從各項具體且可測量的指標中，可進一步觀察到雲端遷移需求加速發展的現象；上述指標包括工作負載、公有雲供應商的營收表現、半導體公司的營收表現 (因其提供的晶片是驅動雲端技術的基礎要件)，以及全球電信網路雲端流量的成長狀況。

不過，有許多有關雲端應用的預測如同黑盒子一般，是建立在無法複製的專有資訊之上。⁵然而，由於超大規模公有雲服務供應商的營收表現、資料中心晶片的獲利表現，以及雲端流量等指標皆屬公開資訊，因此任何人都可複製本報告的分析過程，並從中觀察到相同的趨勢。

本地部署vs雲端工作負載

2020年4月針對50名資訊長所進行的調查發現，受訪者預計企業本地工作負載的比例，將從2019年的59%降至2021年的35%，降幅達41%。⁶此外，受訪資訊長也預計同一期間內公有雲的工作負載比例將從23%上升至38%，且私有雲和混合雲將分別佔總工作負載的20%和7%。不僅如此，68%的受訪者更將「遷移至公有雲及／或擴展私有雲」列為2020年影響IT支出的最大驅動因素；而此回答比例較六個月前的類似調查高出了20%。

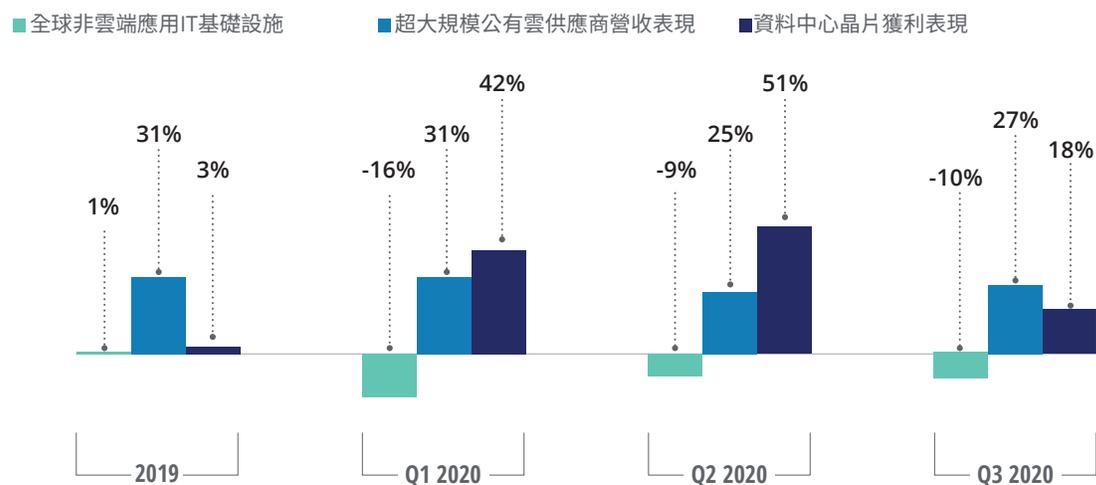
超大規模雲端供應商的營收表現

就揭露其細分營收的五家最大型超大規模公有雲供應商而言，其2019年的總營收成長了31%，達到940億美元。儘管2020年第一季技術支出普遍疲軟，但營收卻比去年同期增加了31%。而到了第二季，增長幅度較去年提高了25%，並在第三季微幅上升至27%。換言之，在今年的前九個月當中，相關營收平均成長了28%。此外，2020年的營收預計將逼近1,250億美元大關，而2021年的營收則可望進一步增加，達到1,600億美元以上的水準。⁷雖然與2019年全年相比，2020年前九個月的成長幅度下降了4%，但若是以絕對美元價值計算，則2020年整體超大規模公有雲供應商市場（不僅僅是最大型的五家）的成長率，實際上則超越了2019年的相關數據。具體而言，與2018年上半年相比，2019年同期的雲端市場規模增加了約400億美元；而與2019年上半年相比，2020年同期的雲端市場規模則成長了約500億美元。

圖1.

雲端應用支出較整體IT支出表現為佳

支出年成長率 (%)



資料來源：Deloitte針對季度和年度財務報表的分析數據。

資料中心相關的半導體營收表現

截至2020年年中，全球共有541座超大規模資料中心，其中26間是在2020年上半年新設立的，另外176間則預計在未來數年內相繼設置。⁸而這些資料中心都需要使用晶片。儘管晶片支出與雲端服務營收並非完全相關，但從長遠來看，兩者間存在著一定的關聯性，即晶片收入的提升可視為先行指標：意即在雲端服務的收入開始流動前，資料中心需先採購並安裝晶片以投入運作。⁹就揭露其細分之資料中心銷售額的前三大半導體公司而言，其2019年的總營收僅成長3%，落在略低於300億美元的水準。然而，這些公司的營收表現在2020年第一季經歷了爆炸式的成長，較前一年驟增了42%。而同年第二季其總收入則較去年同期增加了51%。雖然第三季的表現已降至15%，但在2020年的前九個月之中，上述公司的平均營收成長率仍高達36%。再者，其2020年的總營收預計將超過350億美元，且有望於2021年突破400億美元大關。

全球雲端網路流量

有關2020年2月1日至4月19日期間網路流量的深度封包檢測(deep-packet inspection)報告指出，全球雲端網路流量在整體網路流量中的佔比從1.26%上升至1.83%，成長幅度為45%。¹⁰而在同一時間範圍內，整體網路流量本身提升了38%，這意味著若以每天傳輸的絕對位元數進行衡量，則雲端網路流量幾乎成長了100%。

更多有關雲端應用成長趨勢的證據

目前僅約10家大型超大規模公有雲供應商和晶片公司按季度詳列其雲端應用相關營收。不過，仍有許多其他企業為雲端應用提供晶片、資料儲存及網路連接解決方案，而這些企業即使未必提供詳細的季度數據，但其所發表的評論與以上公布的確切數字資訊，兩者之間確實存在相互呼應之處。例如，客戶遍布多個市場的儲存解決方案供應商美光科技(Micron)於2020年第二季表

示，「在家工作和數位學習經濟的強勁需求，再加上全球電商活動顯著增加，使得我們旗下的雲端DRAM(動態隨機存取記憶體)銷售額季增率大幅成長。」¹¹

此外，投資者也不斷向雲端產業投入大量資金。截至2020年8月中旬，前三大雲端應用指數股票型基金(ETFs)的總資產額累計達60億美元，比年初新增了20多億美元；而除了相關資產上漲外，獲利表現也有所提升。截至10月30日止，上述三支基金的平均報酬率為47%，相較之下，那斯達克指數(NASDAQ)和標準普爾500指數(S&P 500)的報酬率則分別為22%和1%。¹²

此外，投資者也不斷向雲端產業投入大量資金。截至2020年8月中旬，前三大雲端應用指數股票型基金(ETFs)的總資產額累計達60億美元，比年初新增了20多億美元。

受到疫情的影響，企業對雲端應用的青睞漸增，並進而促成併購活動升溫。據估計，光是2020年前四個月中所完成的資料中心併購案總值(28宗交易)便高達75億美元，此交易規模高於2019年全年數據。¹³

值得注意的現象

儘管雲端應用整體發展迅速，但由於其服務對象遍布多個產業領域，且許多產業已大幅削減對外開支，因此總體成長表現雖然強勁，但其實個別發展情況不一。正如產業刊物《Siliconangle》所言：「大型雲端服務參與者……規模如此之大，導致其服務對象也無可避免地涵蓋了受疫情打擊最重的產業領域，而從這類公司近期的表現中，可觀察到部分開支放緩的跡象。」¹⁴

雲端應用發展走向

雖然雲端應用在2020年前九個月的成長情況十分迅速，但許多預測指出在隨後的幾季中將有所趨緩。儘管如此，有兩項因素表明這種成長下降的幅度將可望低於預期。首先，封鎖性措施可能不會像2020年年初一般統一進行，但隨著疫情加劇和局部性封鎖措施的推行，遠距工作現象和雲端應用的成長情況仍有望向上提升。再者，長期而言，許多員工和雇主在「強制性實驗」¹⁵之下，已將遠距工作視為成功的業務運作模式。例如，德國西門子公司(Siemens)允許員工在可行且合理的範圍內，每週採取兩到三天的遠距工作模式，且該企業旗下遍布43個國家、約125處據點的14萬多名員工皆適用此政策。¹⁶這類因遠距工作現象的盛行而持續或增加的作業型態，將有望持續強化市場對相關雲端應用的需求。

此外，就產業格局而言，許多科技市場都出現了明顯的集中現象，即整個市場的業務幾乎都由一兩家大型公司承攬，連雲端應用領域也不例外。在2019年排名前五的超大規模雲端服務供應商中，兩家最大型供應商的營收佔上述五家業者總收入的78%，而在同年為資料中心提供晶片的半導體企業總營收中，最大型晶片公司的收入佔比則高達82%。¹⁷至少截至目前為止，疫情的影響並未進一步加劇市場集中的現象；事實上，在疫情的助攻下讓雲端應用加速發展的這段時期內，主要超大規模雲端服務供應商的市場份額反而略

為下降(下降1%至3%)。長遠來看，隨著成長率恢復到歷史水準，市場集中度仍可能在過去科技發展套路的影響下再次提高。另外，伴隨規模經濟而生的效益往往也發揮了關鍵作用，雖然最終未必會演變成「贏者全拿」(winner take all)的局面，但仍有可能會形成「贏者得大多數」(winner take most)的發展態勢。

而超大規模雲端服務市場可能正從全球化走向與中國市場「脫鉤」。換言之，中國市場將主要由中國供應商提供服務，而世界其他地區則主要由美國擁有的超大規模供應商提供相關服務。根據有限的數據，2020年9月中國雲端應用市場的成長速度似乎超越了世界其他地區。而縱使上述脫鉤現象日後不會加劇，未來也有可能繼續延續。¹⁸

另外，值得注意的是除了全球疫情外，企業向雲端遷移的做法也有望在市場需求方面創造長期優勢。稱為「一切即服務」(everything or anything as a service)或「XaaS」的靈活消費模式，已演變成各領域日益重視的策略目標。雖然該市場並非僅仰賴於雲端技術，但雲端服務仍是推動其發展的關鍵助力。截至2018年，XaaS市場規模已逼近940億美元，且根據疫情爆發前的預測，在未來五年內的年成長率預估為24%，並且有望在2024年之前達到3,400億美元以上的水準。¹⁹雖說新冠疫情很可能助長了靈活消費模式的成長表現，但即使是在後疫情時代之下，將其業務遷移至雲端的企業將有望獲得更顯著的財務可預測性、聚合效應所帶來的更低單位成本，以及更密切的顧客關係。此外，已將其產品或服務轉向XaaS模式的公司，已證明了自己不僅在消費者和投資者身上取得了巨大成功，同時也挑戰了傳統的評價方法，並為保留舊有業務模式(如永久授權和長期合約)的產業參與者帶來了不少壓力。²⁰

結論

雲端服務供應商可採取幾個步驟以確保業績持續成長。

蜘蛛人電影有一句名言：「欲戴王冠、必成其重。」雖然成長表現高出預期確實值得高興，但為了跟上成長的腳步，雲端服務供應商可能需投入更多資金。2019年，超大規模雲端服務業者的資本支出總額（包括IT基礎設施和實體基礎設施支出）超過1,200億美元。²¹而鑑於其營收持續增加，這類企業的資本支出將可望持續以兩位數的速度成長，並在2022年之前達到1,500億美元的水準。此外，對雲端服務供應商而言，不僅需在資本支出方面投入更多資金，也需在人工智慧應用程式和開發工具這這方面進行投資和併購，以藉此吸引並保留企業客戶。²²

另外，當雲端所處理的企業工作負載從約三分之一上升到約三分之二，且此上升速度快於預期時，則有關隱私和安全性的疑慮屆時便會逐一浮現，並且需盡快予以解決。舉例而言，醫療保健產業是疫情期間最快將其業務遷移至雲端的產業之一，但正因如此，其暴露在新漏洞之下的可能性也隨之提升，尤其在未能按正確程序進行遷移作業的情況下更是如此。正如相關產業新聞媒體《Healthcare IT News》所言：「雖然雲端運算技術能夠更有效改善醫療保健資源的運用情況，但同時也帶來了巨大風險。特別是當雲端應用速度使資訊安全人員無法適當執行其工作任務時，這種相伴而生的風險將會更加明顯，更何況此應用趨勢即使在疫情消退後也不會消失。」²³

對超大規模雲端服務供應商而言，智慧邊緣技術是另一項值得關注的新興趨勢。智慧邊緣技術將運算能力（特別是人工智慧的運算能力）部署在更靠近最終使用者的位置（通常距離不到50公里），而非集中式的資料中心。此外，該技術的用途並非取代企業和超大規模雲端資料中心，而是提供了可在網路上分配運算任務的方法，以提高網路服務及時性、連接性和安全性。²⁴在智慧邊緣模式中，過去傳輸至資料中心的大部分資料將不再流向資料中心。在此情況下，超大規模雲端服務供應商不僅需確保這些資料能夠順利返回集中式的雲端進行分析和人工智慧訓練，並且需同時確保自身不會失去對這些資料的存取權限。雲端服務供應商的另一個目標，則是開發因延遲要求和其他因素而必須部署於邊緣的垂直專用應用程式，而這類業者能夠同時處理資料傳輸和應用程式開發工作的途徑之一，便是透過建立適當的合作夥伴關係。²⁵

雲端服務使用者在繼續進行其雲端遷移作業時，應考慮以下因素：

雲端遷移策略：雲端遷移不僅僅是簡單地將工作負載遷移到雲端；若企業希望藉此降低成本並創造新的商機，則後續還需不斷進行業務重整與改造工作。事實上，在疫情爆發前，雲端遷移作業本身便十分繁複。即使是單一應用程式也可能綁定多個業務流程，從而影響供應商、資產負債表和法規遵從性，更何況不同的利害關係人可能對此抱有不同的動機和期望。換言之，原先十分簡單的流程也有可能演變成目標之間相互衝突、依賴關係瀕臨破裂，且成本超支的複雜局面。而在後疫情時代，這些因素所帶來的挑戰性只會不減反增。因此，在遷移過程中如何「在不中斷業務的情況下推動市場創新」，對企業而言將是至關重要的課題。²⁶

雲端應用、安全性和新冠疫情：如上所述，雲端服務使用量的增加意味著受到網路攻擊的風險也隨之提升，使得安全性議題的重要程度前所未有（尤其是考慮到疫情影響下的使用量增長情況）。在2020年4月針對資安專業人員的一項調查中，有94%的受訪者認為疫情導致網路威脅等級上升。且有近四分之一的人指出，這類新增的威脅是「危急且迫在眉睫的」。另外，僅15%的受訪者表示，網路威脅在後疫情時代將恢復到以前的水準，而六分之五的人則認為這種新的威脅等級並不會有所減弱。²⁷

雲端遷移的成本與效益：在疫情期間，隨著多家企業迅速將其業務遷移至雲端，部分公司開始觀察到其成本出現上揚趨勢。有企業發現，即使不將新應用程式或資料的成本列入計算，光是雲端服務使用量的增加也會使成本上升20%至50%。²⁸隨著遷移作業的進行，企業也會因同時負擔雲端系統和舊有系統的費用，以及在兩者間同步資料所衍生的成本，而面臨重複支出的情況。²⁹未來，企業應考慮進行成本規劃（例如善用保留實例方案的折扣），以減少由於倉促部署而導致的昂貴修復費用。另外，成本治理系統（cost governance system）也可協助企業控制開支。若企業有意進行成本效益分析，也能夠使用雲端應用價值估算器，以評估組織當前的業務現狀與未來潛在機會間的差距；此做法有利於改善基礎設施、增進員工生產力，同時提高商業價值。³⁰

創造價值的新契機：向雲端遷移不僅能使組織從疫情下的經濟打擊中復原，也可在疫情消退後持續成長茁壯。換言之，雲端技術的應用有助於企業提高韌性並支持其業務連續性，繼而讓企業藉此嘗試新事物並提供新的服務。而未來雲端應用更可帶來合作機會、自動化、規模化、創新和敏捷性等優勢。³¹以創新方面為例，2018年Deloitte的一項調查發現，三分之二的受訪者認為雲端應用提供了完整運用最新技術的機會。³²另一項研究則表明，接受調查的公司中有93%使用雲端服務滿足其部分或全部的人工智慧需求，並因此減少了在基礎設施和專業知識方面所需的投資。³³

在新冠疫情加速推動企業業務朝雲端遷移之下，雲端應用市場未來有望擺脫疫情的影響，變得前所未有的強大。此外，雲端服務供應商和生態系統中的其他供應商也可藉此機會，有效利用新增的使用量推動自身成長；與此同時，雲端服務使用者則可積極探索新方法，以充分運用雲端技術創造價值。總而言之，雲端技術並非只是一種可選用的運算方式，在不久的將來，甚至有望成為所有類型企業的標準作業流程。

永續發展與雲端服務

包含世界經濟論壇³⁴、經濟合作暨發展組織（OECD）³⁵在內，有許多專家和組織呼籲在疫情後進行「綠色重置」（green reset）。而在實現永續發展方面，雲端運算技術不但不會成為阻力，反而可望成為重要助力。

2018年，雲端運算供應商因其能源使用量而飽受批評，甚至將這類企業貼上「耗能大戶」的標籤。不過，近期的文章卻指出，上述疑慮缺乏公正性。畢竟在2010年至2018年間，雲端運算的輸出成長了600%，但其能源使用量僅上升了6%。³⁶

此外，雲端運算的能耗成長速度不僅慢於運算輸出，且其使用的能源量往往低於非雲端運算的應用方式。平均而言，辦公室生產力應用程式若使用公有雲提供的運算服務，則每位員工每年的碳排量為6到7公斤左右。相較之下，若採用非虛擬化的內部解決方案，則每位員工每年的碳排量逼近30公斤之多。³⁷此外，以消費領域而言，截至2019年，觀看一部兩小時的Netflix電影僅會消耗Netflix及其發行合作夥伴8瓦時的能源，³⁸而這些能耗量只是開車去電影院，甚至乘坐大眾交通工具所需能源的一小部分。

能源使用效率是用以衡量雲端運算對環境影響程度的主要指標，而該領域在這方面的表現已取得長足的進步。例如，大型資料中心的年均能源使用效率在13年間下降了36%，從2007年的2.5降至2020年的1.59（數字越小越好）。而超大規模資料中心在相關數據上表現更加出色，其能源使用效率約落在1.1到1.2之間。³⁹然而，這種改進的腳步在最近幾年已逐漸趨緩；不過超大規模雲端服務供應商目前正攜手晶片公司，以求盡可能地將能源消耗降至最低。

大部分的雲端運算能源需求可透過兩大趨勢加以說明：其一，若雲端服務的整體使用量增加一倍，那麼在其他條件都相同的情況下，能源使用量自然也會增加一倍；其二，人工智慧技術在雲端運算中的佔比逐步提高。2012年年中至2018年間，最先進的人工智慧所使用的雲端運算資源成長了30萬倍，而此增幅多半可歸因於機器學習。這類人工智慧應用，或者更確切而言，是「深度學習」此一機器學習分支模型。過去十年間，深度學習在雲端運算中的應用越來越廣泛，並由此衍生了許多新功能。然而，為了強化深度學習的能力，研究人員需使用更多的資料集對此模型進行訓練。可想而知，這種需進行大量運算的做法勢必會提高能源使用量。一名加拿大人工智慧研究人員表示，「人們所擔憂的是整體機器學習演算法不但會消耗更多能源、使用更多資料，而且所需的訓練時間也會越來越長。」⁴¹

以下幾種途徑可有效控制雲端應用不斷增升的能源需求：

提高電晶體 (transistor) 整體運作效率：隨著時間流逝，電晶體的體積也不斷縮小。如今，就最先進的10奈米半導體元件製程節點而言，其能源效率較15年前的90奈米節點高出20到30倍。⁴²在此演變下，資料中心晶片的運作效率未來預計將持續提升。

改用人工智慧專用晶片：起初，所有人工智慧運算都是在通用CPU晶片上進行。而隨著時間的推移，資料中心內部開始部署更多人工智慧專用晶片，包括：繪圖處理器 (GPU，用於訓練和推理)、現場可程式閘陣列 (FPGA，主要用於推理) 以及特定應用積體電路 (ASIC，用於訓練和推理)。⁴³儘管能源效率因具體的晶片和任務類型而異，但總體而言，GPU在訓練時的效率是CPU的10至100倍，推理時的效率則是CPU的1至10倍；FPGA的推理效率較CPU提高了10至100倍；而ASIC在訓練和推理上的效率則較CPU高出了100至1,000倍。⁴⁴隨著越來越多人工智慧專用晶片投入資料中心的應用中，資料中心的運作效率將有望不斷提升。

改善人工智慧專用晶片的效能：從CPU轉向人工智慧專用晶片雖有助於提升人工智慧的能源效率，不過人工智慧晶片技術並非一成不變。例如，Nvidia的下一代人工智慧GPU Tesla T4與其前身Tesla P4相比，其推理人工智慧晶片的能源效率便提升了一倍之多。⁴⁵

將部分人工智慧運算任務轉移至邊緣裝置：過去，由於智慧型手機、監視器、感測器和機器人等邊緣裝置，均缺乏複雜的人工智慧資料處理能力，因此幾乎所有人工智慧運算都在雲端進行。相較之下，2024年預計將有超過15億台裝置擁有專用的邊緣人工智慧晶片，該晶片又稱為神經網路處理器 (neural processing units，簡稱「NPU」)。⁴⁶NPU主要用於推理，且可能會隨著時間而降低其對能源的需求：其運作效率多半優於資料中心所使用的晶片，且有助於免除向雲端傳輸大型資料檔案的必要性 (此做法會消耗更多能源)。除了在效率表現上相對出色外，邊緣人工智慧晶片的發展也十分迅速。根據某公司的說法，其當前所採用的邊緣人工智慧解決方案，在運作效率上較去年使用的方案高出25倍。⁴⁷

Endnotes

1. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2020/04/30/2-years-digital-transformation-2-months/>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#Hybrid_cloud
3. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA46165020>
4. <https://www.businesswire.com/news/home/20200309005328/en/Infrastructure-Security-Challenges-Threaten-Multi-Cloud-Edge-Deployments>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Replication_crisis
6. <https://www.thestreet.com/investing/public-clouds-are-bright-spot-as-information-technology-spending-eases>
7. Deloitte analysis of publicly reported quarterly financial statements.
8. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/07/07/2058752/0/en/Hyperscale-Data-Center-Count-Reaches-541-in-Mid-2020-Another-176-in-the-Pipeline.html>
9. Deloitte analysis of publicly reported quarterly financial statements.
10. <https://www.sandvine.com/covid-internet-spotlight-report?hsCtaTracking=69c3275d-0a47-4def-b46d-506266477a50%7Cac52173f-34c1-42df-8469-a091e7219e7a>
11. <https://investors.micron.com/static-files/d94b9944-ddad-48b5-915f-a9c430b1156b>
12. <https://etfdb.com/etfs/industry/cloud-computing/>
13. <https://cloudcomputing-news.net/news/2020/apr/24/2020-to-be-a-bumper-year-for-data-centre-ma-amid-covid-19-as-value-surpasses-2019-total/>
14. <https://siliconangle.com/2020/08/15/cloud-computing-market-remains-strong-not-immune-covid-19/>
15. <https://www.ben-evans.com/benedictevans/2020/4/13/covid-and-forced-experiments>
16. <https://sightsinplus.com/news/jobs-news/siemens-to-let-staff-work-from-anywhere-permanently/>
17. Deloitte analysis of publicly reported quarterly financial statements.
18. Deloitte analysis of publicly reported quarterly financial statements.
19. <https://www.imarcgroup.com/global-anything-as-a-service-market>
20. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consulting/solutions/xaas-everything-as-a-service-models-our-offerings.html>
21. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/03/24/2005658/0/en/Hyperscale-Operator-Spending-on-Data-Centers-up-11-in-2019-Despite-only-Modest-Capex-Growth.html>
22. <https://www.zdnet.com/article/google-expands-its-cloud-ai-portfolio/>
23. <https://www.healthcareitnews.com/news/hasty-rush-cloud-hosting-during-covid-19-crisis-could-set-stage-cyberpandemic>
24. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/intelligent-edge-network.html>
25. <https://www.rcrwireless.com/20200305/telco-cloud/google-cloud-jumps-into-5g-and-telco-edge-computing-with-a-gmec-vision>
26. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology/us-cons-cloud-migration.pdf>

27. Download required: <https://www.blackhat.com/latestintel/06182020-cyber-threats-in-turbulent-times.html>
28. <https://www.infoworld.com/article/3569276/covid-19-leads-to-shocking-cloud-computing-bills.html>
29. <https://www.networkworld.com/article/3164444/how-to-calculate-the-true-cost-of-migrating-to-the-cloud.html>
30. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology-media-and-telecommunications/solutions/cloud-value-calculator.html>
31. <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/digital-transformation/articles/learn-to-love-the-cloud.html>
32. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4557_accelerating-agility-with-XaaS/DI_accelerating-agility_with-XaaS.pdf
33. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/about-deloitte/deloitte-cn-dtt-thriving-in-the-era-of-persuasive-ai-en-200819.pdf>
34. <https://www.weforum.org/agenda/2020/05/the-covid-19-reset-sustainability/>
35. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/building-back-better-a-sustainable-resilient-recovery-after-covid-19-52b869f5/>
36. <https://www.nytimes.com/2020/02/27/technology/cloud-computing-energy-usage.html>
37. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/cloud-computing-efficiency-IB.pdf>
38. Netflix used 451,000 megawatt hours to deliver video in 2019, and Netflix viewers consumed about 112 billion hours during the year. https://s22.q4cdn.com/959853165/files/doc_downloads/2020/02/0220_Netflix_EnvironmentalSocialGovernanceReport_FINAL.pdf and <https://variety.com/2019/tv/global/netflix-cindy-holland-subscribers-watch-average-two-hours-day-1203159868/amp/>
39. <https://datacenterfrontier.com/data-bytes-cloud-capex-pue-trends-hpc-spending-servers-on-the-edge/>
40. <https://openai.com/blog/ai-and-compute/#modern>
41. <https://www.wired.com/story/ai-great-things-burn-planet>
42. Figure7,page18:<https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/AI-Chips%E2%80%9494What-They-Are-and-Why-They-Matter.pdf>
43. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Images/infographics/technologymediatelecommunications/gx-deloitte-tmt-2018-nextgen-machine-learning-report.pdf>
44. Table2,page23:<https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/AI-Chips%E2%80%9494What-They-Are-and-Why-They-Matter.pdf>
45. Chart5,page13:<https://www.nvidia.com/content/dam/en-zz/Solutions/Data-Center/tesla-product-literature/t4-inference-print-update-inference-tech-overview-final.pdf>
46. <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tmt-predictions-2020-ai-chips.html>
47. <https://community.arm.com/developer/ip-products/processors/b/processors-ip-blog/posts/cortex-m55-and-ethos-u55-processors-extending-the-performance-of-arm-ml-portfolio-for-endpoint-devices#:~:text=Figure%20%3A%20The%20Cortex%2DM55,speeds%20and%20higher%20energy%20efficiency.&text=On%2Ddevice%20processing%2C%20or%20endpoint,to%20the%20cloud%20for%20inferencing.>



新世代無線存取網路

透過開放式和虛擬化的無線存取網路， 為行動網路開創美好未來

Naima Essing, Kevin Westcott, Sanket Nesargi, and Jeff Loucks

行動網路業者(Mobile network operators, MNOs)具備建構和運行大型高性能無線網路的能力。這類業者仰賴高度專業化的無線技術和聯網設備，以及高度整合的專有軟體，藉此為大眾提供便捷的行動服務，並串聯起人們的手機、平板電腦、個人電腦和其他設備。然而，運作成本高昂、靈活性受限，再加上可選擇的供應商過少，導致行動網路業者紛紛將其業務從上述系統轉向更加開放、標準化導向，且以軟體為中心的虛擬平台。

許多行動網路業者正在往開放式和虛擬化核心網路發展，並取得了顯著的營運獲利。如今，這些業者更將目光投向分散式行動邊緣網路：無線存取網路(radio access network，簡稱「RAN」)。由於行動網路業者必須先更換或擴充現有相關設備，才能夠提供5G服務，因此便可藉此機會採用開放式和虛擬化RAN架構，以作為5G部署的前置作業。

開放式RAN市場現仍處於起步階段。據估計，全球目前有35項相關部署工作正在進行，¹多是行動網路業者為測試開放式RAN，而在未開發地區、農村和新興市場推行的項目。儘管初期部署進展緩慢，但相關項目的數量很可能在2021年增長為原先的兩倍。這項科技可能需三到五年的時間才能完全發展成熟，但得益於其本身的網路設計邏輯，以及與營運商需求間的策略一致性，開放式RAN的應用將有望加速成長；而經濟和競爭

因素也有利於推動此市場向前邁進。若這種趨勢持續延續，則開放式RAN市場將具備大幅成長的潛力。分析師預估其有機會實現兩位數的成長，²還可望從目前在整體RAN市場中佔比不到1%的情況，³在2025年以前⁴一路上升至10%。此外，若政府強制要求行動網路業者更換受限制之供應商已安裝的5G RAN設備，則該市場的成長率可能還會進一步提高。

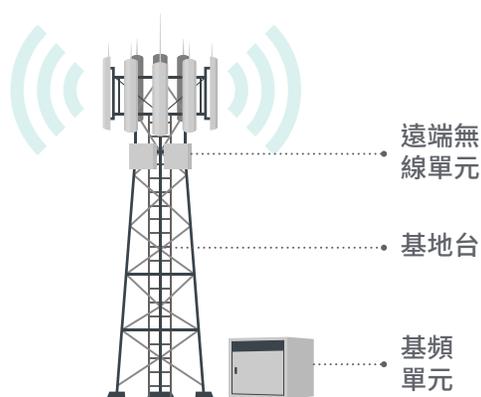
為何使用開放式RAN？

就其基礎組成而言，位於行動網路邊緣的RAN架構包括了基地台頂部的遠端無線單元(remote radio unit，簡稱「RRU」或「RU」)，以及基地台底部的基頻單元(baseband unit，簡稱「BBU」)，而此兩種裝置間會相互進行通訊。除了使用專用硬體和供應商定義的通訊介面外，RAN的硬體內部還內建了與之高度整合的軟體導向功能。

從行動網路業者的角度來看，傳統系統雖然運作良好，但其中卻存在著不少缺點。例如，在升級或變更無線網路時(即使是小型的升級或變更)，都需更換整個系統中的硬體裝置。此過程不但成本高昂，且需消耗大量人力和時間。再者，由於連接硬體的設備和介面本身具專有性質，因此行動網路營運商不得不與供應商持續保持既有的合作關係。

圖1.

傳統RAN架構仰賴專業硬體 和專有軟體，不但會提高成本、 使靈活性受限，更降低了可選擇的 供應商數量



資料來源：Deloitte分析。

而透過將RAN基頻單元虛擬化，並在RAN無線電和基頻組件間使用標準導向通訊介面替換專有介面，便可創造出基於標準的開放式介面，進而實現設備互操作性和多供應商的RAN部署方式。上述做法不但為網路營運商提供了更大的靈活性，更使其能在同類最佳解決方案供應商中進行選擇。此外，若可將當前由少數供應商主導的市場向新供應商開放，則開放式RAN的部署成本將有望降低，還能透過競爭促進創新，甚至讓行動網路業者避開受限於少數供應業者。⁵再者，由於虛擬架構允許營運商使用軟體推出各種網路功能並實現智慧自動化，因此該架構有利於加速新服務的推出，從而幫助網路營運商更有效管理其網路，進而提高連網效能。

開放式RAN並非全新的概念。數十年來，行動網路營運商對於開放式RAN架構的討論未曾中斷。然而，儘管開放式RAN十分具吸引力，但迄今為止仍面臨著技術工程和系統整合方面的挑戰，使得相關架構的部署速度趨緩且備受質疑。此外，

對相關術語和可用科技選項的嚴重混淆，也阻礙了進一步的應用。

而隨著周邊生態系統的發展、合作關係的建立、供應商投資增加，以及營運商在相關實驗、測試和部署方面的努力，開放式RAN的發展動能正逐漸壯大。過去數年間，透過實驗室測試和現場部署推動的實驗項目，正慢慢縮小開放式RAN和專有RAN解決方案間的效能差距，並逐步排除已知障礙。此外，不斷攀升的資本成本和國家安全隱憂進一步限制了財務靈活性，再加上政府採行多重供應商選擇的政策，使得網路系統朝向虛擬化和開放式RAN架構的方向發展。開放式RAN也正好搭上由多種技術趨勢匯流而成的浪潮，包括5G、雲端虛擬化、分散式邊緣運算和人工智慧驅動的自動化技術等等。以上所有因素都有助於將開放式RAN從新潮的概念推向現實世界。

開放式RAN和 虛擬化RAN的差異

如同所有新興技術，有關開放式RAN的分類法目前仍未有定論。工程、配置和標準方面的各種發展導致了術語上的衝突。在此將試圖釐清相關用語，以利深入理解和討論該技術。

開放式RAN包含兩個基本概念：虛擬化和開放性。

虛擬RAN將軟體導向功能從底層硬體中分離出來，並使用低成本、通用硬體的編程RAN架構取代專用硬體。此做法讓網路營運商得以應用單一虛擬化基頻單元支持多個無線通訊，而無須在每個基地台設置具固定功能的實體專有基頻單元。⁶虛擬架構有助於在RAN邊緣網路上透過動態方式導入和管理軟體導向服務，且不必對底層硬體進行任何更換動作。

開放式RAN則將虛擬化提升至另一層次：不僅將軟體應用程式從底層硬體基礎設施中分離出來，並將中央單元(centralized unit)、分布單元(distributed unit)和無線電單元(radio unit)等基頻組件間的專有通訊介面，更換為開放式的標準導向介面。這種介面可使行動網路營運商從不同供應商處，採購具備「即插即用」互操作性的無線電、基頻單元和軟體產品。⁷

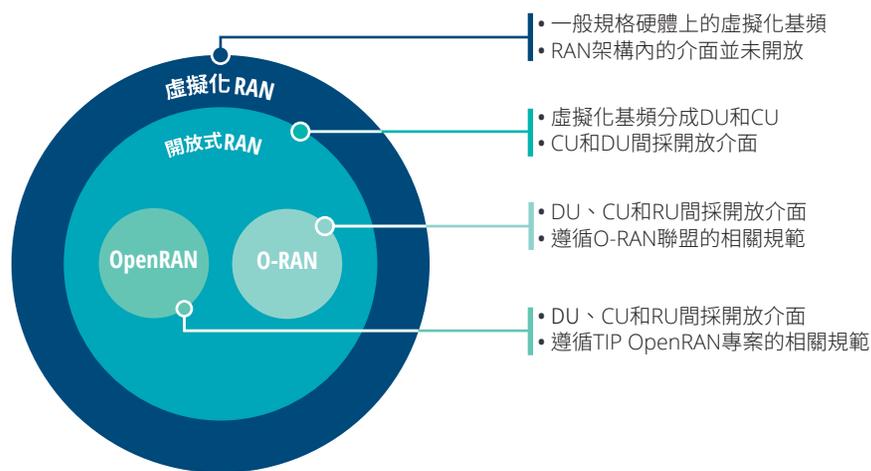
虛擬化RAN未必等同於開放式RAN。無論是將RAN邊緣網路虛擬化或是將其開放，這兩項決定各自獨立。在針對RAN進行虛擬化時，營運商可將軟體功能從底層RAN硬體中分離出來，接著將其遷移至雲端架構，但過程中可決定是否開放並標準化通訊介面。不過，本文基於撰寫之目的，此處主要使用術語「開放式RAN」來指稱虛擬化和開放式RAN架構，而該架構的特點在於除了能使行動網路營運商透過虛擬方式靈活管理RAN基頻組件外，也能讓其自由選擇從不同供應商處採購基頻軟硬體組件(圖2)。

許多人認為，虛擬化只不過是邁向最終全面開放的關鍵第一步。但事實上，只要通訊介面仍掌握在既有供應商手中且遲遲無法全面開放，那麼新供應商便難以參與其中。

開放式RAN架構中也存在著程度不一的開放性和多種「偏好」。例如，O-RAN聯盟(支持O-RAN架構)和電信基礎架構專案(Telecom Infrastructure Project, 簡稱「TIP」;支持OpenRAN架構，切勿與本文對「開放式RAN」的定義混為一談)，旨在推廣基於特定標準的開放式RAN參考架構、標準與程序，以藉此促進供應商服務間的互操作性。

圖2.

虛擬化RAN未必等同於開放式RAN



CU=中央單元，DU=分布單元，RU=無線電單元
資料來源：Deloitte分析。

多種因素相互融合並齊力推動開放式RAN的應用

幾項主要驅動因素正在加速開放式RAN的部署應用，但每一項都伴隨著多重障礙。

虛擬化RAN架構有利於降低整體擁有成本

虛擬化RAN架構（無論採開放式或封閉式）最引人注目的價值主張之一，是其能夠降低RAN網路的整體擁有成本，而成本下降則主要得益於以下面向：

降低前期資本部署成本：隨著資本密集度提高以及訂閱人數和獲利成長速度趨緩，行動網路營運商將虛擬化RAN視為從根本上扭轉網路經濟現狀的主要手段。例如，降低資本成本是最佳化下一代5G無線網路部署的關鍵，而未來5G的部署將需新增約三到四倍的基地台（儘管多為設置在屋頂、路燈和電線桿上的小型基地台）。⁸為實現5G在覆蓋範圍、容量、速度和低延遲方面的承諾，同時克服高頻帶電磁波的有限傳播特性，網路密度的提升勢在必行。據估計，到了2021年，美國5G基地台的數目將從目前的約20萬座，再向上新增超過200萬座。⁹而由於開放式RAN允許營運商使用單一虛擬化基頻單元，整合基頻功能並用以支持多個無線電的傳輸工作，因此有助於降低整體硬體成本，並且實現佔地面積小、易於安裝和更加節能的部署配置。

就實體設備方面的投資來看，虛擬化架構還可保證這些投資「未來有保障」。換言之，為因應不斷變化的市場狀況，營運商僅需在同一實體基礎設施上使用軟體升級RAN功能，而無須淘汰和撤換整個實體系統。

開放式RAN架構因開放通訊介面而使供應商間得以彼此競爭，並因此而進一步壓低硬體成本。這意味著開放式RAN允許營運商在多個供應商間進行選擇，且選項不僅限於傳統電信供應商，還包

括大型科技公司，如硬體製造商、大規模網路企業（webscaler）、ODM，以及其他有意進入此市場的業者。由於可透過任一供應商提供的現成硬體替換單一RAN組件，不僅有利於提高營運靈活性，還可減少系統擴展與維護時所需的成本和停機時間。話雖如此，伴隨著供應商選項的增加而節省下來的開支，目前仍僅止於理論上的推測。許多產業專家認為，測試和整合多供應商系統所需的額外成本、時間與精力，可能會抵銷部分因供應商多樣性而帶來的好處。¹⁰此外，處理密集型RAN技術在通用硬體上所展現的效能，可能無法與其在定制型最佳化硬體平台上的效能相提並論。

透過自動化技術降低營業費用：除了有助於減少網路營運和維護方面的持續性支出外，開放式RAN還可解決因日益增長的資料流量與消費者期望間的衝突所帶來的挑戰。軟體導向的RAN架構不僅賦予營運商更高的營運靈活性和智慧自動化能力，並且從根本上改變了其管理網路的方式。¹¹另外，在行動網路邊緣的分散式RAN節點上推出新特性和功能時，可編程RAN架構還能使整體過程變得更加簡易且更具成本效益。再者，開放式介面的應用也讓新的網路特性和功能可在任一供應商的硬體上運作，這意味著未來無須再採用目前的普遍做法，即派遣工程師和技術人員專門執行適用於特定供應商的整合工作。如此一來，在針對網路系統進行維護、更新和最佳化時，開放式RAN架構便能以靈活性高、集中管理且自動化的運算過程，取代大多數耗時費力的人工作業。

然而，這類自動化應用本身也面臨著諸多挑戰。為實現上述營運效率，營運商需更加精通IT系統管理和軟體工程，並仿效雲端服務供應商的創新速度，從其展示如何透過網路平台操作獲取價值中學習。此外，營運商還需透過一連串開發與維運（DevOps）和創新與交付的服務導向實務，以快速且精準地部署新應用程式；而在傳統的RAN部

署中，營運商其實並不需要嘗試上述做法。¹²

就業務運作而言，並非所有營運商都熱衷於親力親為的模式。例如，任何可能影響網路可靠性的因素，都可能導致行動網路營運商暫緩其相關應用。為降低此風險，部分營運商偏好傳統系統的簡易性，能夠仰賴少數可信任的供應商提供全新且經充分測試的營運商等級解決方案，以及配套的一站式部署、維護與整合支援。一旦系統發生問題，便可仰賴與其合作的單一供應商進行補救，而無須親自識別和隔離問題，並從一群可靠性未經證實的小型供應商中追查問題來源，尤其是這些供應商很有可能把矛頭指向其他業者。

開放式RAN架構有助於推動創新

除了前文提到的可節省資本支出和營業費用外，開放式RAN還有助於加速創新。例如，在為網路導入新特性和新功能時，使用開放式RAN的行動網路營運商便不必更換網路設備，而是僅需在白箱設備上進行軟體更新便能達成其想要的變更，並可藉此大幅縮短系統更新和創新週期。此外，供應商服務間的互操作性也讓技術人員無須親赴現場進行客製化整合工作，從而進一步降低發布新產品和服務所需的時間、精力與成本。

由於開放式RAN有助於開放市場並降低參與門檻，因此供應商也可從該架構的應用中受益。再者，服務間的互操作性讓供應商可同時開發供多個營運商使用的產品和解決方案，而不必針對特定營運商打造專屬的一次性產品。另外，互操作性也有利於催生出同類最佳解決方案，供應商可專注於自身最擅長的領域（無論是硬體、軟體或矽晶圓），而無須憑一己之力開發出一個完整的端對端系統。

也許最重要的是開放式RAN系統可幫助行動網路營運商從網路流量中獲取洞察，並將其用於開發能夠提高網路效能的解決方案。不僅如此，開放式介面還鼓勵第三方廠商開發由人工智慧／機

器學習驅動的解決方案，進而協助營運商應對日益增多的頻寬密集型應用程式，以及在網路和各式裝置上流動的巨量資料。此外，在管理未來網路複雜性方面，諸如RAN智慧控制器(RAN intelligent controllers)和自我優化網路(self-optimizing networks)等應用，正逐漸成為不可或缺且最符合成本效益的方法。無論如何，上述努力的最終目標，是希望透過以人工智慧進行最佳化的閉環自動化系統，實現零接觸、全自動的端對端網路管理和協作服務，以求降低成本並達到超精實營運的目的。¹⁴

開放式RAN所帶來的創新還為營運商提供了更多的機會，得以從僅提供商品化連網能力的「笨水管」營運模式，轉變為提供差異化消費者體驗的運作型態。例如，行動網路營運商可為企業客戶提供針對特定使用案例進行最佳化的網路服務，包括有助於工廠機器人做出即時反應的超可靠網路，或廣泛用於監控天然氣管道或鑽油平台等資產的低功耗廣域網路(low-power wide area networks)。儘管企業是否會採用這類服務還有待觀察，但其確實具有為營運商開啟企業市場大門的潛力，而營運商在這塊市場上始終疏於經營。

雖然開放式RAN帶來的創新可能創造新的獲利機會，但同樣也會引進來自新參與者的競爭風險。競合這個概念可說是當前市場競爭格局的最佳註解；開放式RAN讓其他參與者（大規模網路企業、設備供應商、系統整合商等等）更容易使用新的低成本無線設備及其所帶來的出色可用性，而攪亂了目前行動通訊市場的格局。例如，**日本樂天株式會社**和**美國衛星廣播公司DISH Networks**計劃使用開放式架構打造低成本的替代網路，以直接與現有的行動網路營運商競爭。而更有效使用低成本無線設備的想法，則是當初促使**Facebook**啟動電信基礎架構專案的動機。

開放式RAN架構有利於提高供應商多樣性並增進供應鏈安全性

多年來的整併使RAN供應商市場集中在五大參與者身上：**華為 (Huawei)**、**愛立信 (Ericsson)**、**諾基亞 (Nokia)**、**中興 (ZTE)** 和 **三星 (Samsung)**。上述企業合佔95%以上的市場份額，前三名供應商（華為、愛立信和諾基亞）甚至掌控了80%的市場。¹⁵

在美國，市場集中度已成為政治辯論的焦點。美國政府建議並禁止使用聯邦資金，購買可能威脅國家安全的公司所提供的通訊設備或服務，此做法不但限制了當地企業與中國設備製造商的業務往來，¹⁶且同時排除了上述五大供應商中的兩名參與者（**華為**和**中興**），並凸顯了市場集中程度。此外，2020年4月，美國國務院宣布了5G乾淨路徑倡議（5G Clean Path initiative），規定所有進出美國外交系統（不論境內或境外）的5G網路流量，均不得使用不受信賴之供應商所提供的傳輸、控制、運算及儲存設備。

美國並非唯一採取此類行動的國家，全球多個政府也相繼提出相關倡議，以限制不受信任之供應商的產品與服務。2020年7月，英國宣布將禁止購買新5G設備，並要求業者將受限制之設備自現有網路中完全移除。而澳洲、紐西蘭和日本都在其5G部署中，強力禁止使用不受信賴之供應商所提供的設備。

隨著更多國家對相關供應商祭出限制，市場對採用新方法的迫切需求順勢帶動了全球對開放式RAN架構的興趣。為提供更多選擇，美國政策制定者似乎越來越支持開放式RAN倡議，希望透過開發替代供應商市場的方式擴展供應商生態系統，從而為行動網路營運商提供更高的靈活性和更多選擇。

對美國的行動網路營運商而言，若貿易緊張局勢升級，且國家安全與本土網路供應商綁在一起，那麼缺乏能與最大參與者匹敵的美國「在地供應商」這件事，便可能成為日後的一大隱憂。然而，儘管缺少一家主要的整合型無線設備製造商，美國仍是不少著名新興開放式RAN新創公司的所在地，包括**AltioStar**、**Mavenir**和**Parallel Networks**；這些供應商大多提供符合O-RAN架構的開放式RAN網路。此外，在硬體、矽晶圓和軟體供應鏈生態系統中，美國也擁有許多重量級的參與者。這些公司可透過彼此合作，齊心打造出營運商等級的端對端開放式RAN解決方案。

以開放式RAN為中心集結整個產業

透過開放市場並導入競爭，開放式RAN架構在傳統營運商和具前瞻性的新參與者間埋下了分歧。雖然大多數新參與者仍有待在市場中建立一席之地，但就目前的情況而言，由少數傳統供應商所組成的陣營仍牢牢掌握主導市場的力量，且實際上甚至可能變得更加強大。儘管如此，開放式RAN的應用將迫使現有供應商將其業務模式從硬體轉向軟體導向的方法，並在過渡過程中引進全新的業務和競爭風險。

這種緊張關係也同時驅動了不少由業界主導的開放式RAN計畫，旨在團結由供應鏈合作夥伴組成的生態系統，並透過對標準和參考架構的定義、開發與測試，推動開放式RAN的應用。除了第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project，簡稱「3GPP」）所定義的標準外，多個產業組織也正積極推展開放式RAN運動，且各個組織所抱持的目的皆不盡相同。這些由業界主導的主要開放式RAN倡議包括：

O-RAN聯盟：成立於2018年年初的O-RAN聯盟，象徵著全球營運商為定義新無線電架構所做的共同努力。該聯盟的主要目標在於開放遠端無線單元和基頻單元間的設計與介面，並聚焦於供應商服務間的互操作性。

電信基礎架構專案：此專案由Facebook於2016年年初啟動，下轄超過500名成員和12個專案小組。其openRAN專案小組致力於在O-RAN聯盟架構和介面的基礎上，針對白箱基頻和無線單元進行相關設計。電信基礎架構專案項目的主要目標是開發促進創新和實現供應商多樣性的生態系統，並利用該系統壓低用於接取、傳輸及核心網路所需的部署與維護成本。

Open RAN政策聯盟：於2020年年中成立的Open RAN政策聯盟 (Open RAN Policy Coalition) 旨在宣揚政府政策，以協助推展開放式RAN的應用。該聯盟的成員數量持續增加，包括營運商、設備製造商、軟體開發商和矽晶圓製造商。

開放式網路基金會：2020年8月，開放式網路基金會 (Open Networking Foundation) 宣布了幾項有關開放式RAN領域的新倡議。該基金會正積極尋求在開放式RAN組件 (如中央單元、分布單元

和RAN智慧控制器) 中納入開源功能。

從技術角度來看，O-RAN聯盟所從事的奠基工作，促使其與其他組織間建立起緊密的合作關係。電信基礎架構專案組織於2020年年初，宣布了自身與O-RAN聯盟間達成聯絡協議，一方面允許兩個組織共享資訊，一方面致力於避免業務重疊。2020年年中，電信業遊說組織「全球行動通訊系統協會」(GSMA) 也宣布將與O-RAN聯盟合作，以加快開放式RAN技術的應用。此外，開放式網路基金會也表示將與O-RAN聯盟攜手開發自家的解決方案。

正如同開放式RAN的其他面向，上述組織間複雜的依存關係和互動關係，可能會帶來更多混淆。儘管立意良善，但由於各項倡議所支持的開放式RAN架構略有出入，因此過多的倡議反而有可能使該產業進一步走向分裂化的局面。為打造出能夠廣泛吸引不同利害關係人的解決方案，這些組織勢必得協調其業務和努力方向，讓營運商更容易學習並接納開放式RAN架構。

開放式RAN供應商生態系統

電信生態系統中有著大大小小的公司，包括一級和二級營運商、大規模網路企業、傳統供應商，以及來自業界各角落的新創企業，無不圍繞著開放式RAN架構開始匯聚其資源。這些參與者包括：

傳統RAN設備供應商：這類企業對於開放式RAN架構的接納程度明顯不同。

- 案例：**華為、愛立信、諾基亞、三星、中興**

新開放式RAN供應商：部分資金充裕的新公司正著手發展軟體導向的RAN架構，並使用即插即用、不仰賴硬體的基礎設施，以期從根本上改善行動網路的經濟結構。在逐步提高其聲譽的同時，也將自身定位為開放式RAN應用趨勢下的主要受益者。

- 案例：**AltioStar、Mavenir、Parallel Network**

網路硬體、軟體和組件供應商：許多傳統上以企業為導向的硬體和組件供應商，都正積極參與開放式RAN產業計畫，以藉此定位其產品組合，並滿足營運商層出不窮的新興需求。儘管這類供應商大多不支援無線電相關技術，但正致力於尋求這方面的合作對象；換言之，此類企業希望在這些合作夥伴關係中，貢獻自身擅長的軟硬體設備或組件，以協力設計出完整的整合型解決方案。

- 案例：**思科 (Cisco)、富士通 (Fujitsu)、IBM、日本電氣 (NEC)、三星、慧與科技 (Hewlett Packard Enterprise)、戴爾科技 (Dell Technologies)、聯想 (Lenovo)**

晶片組供應商：每家晶片組供應商所提供的解決方案都不一樣，其中幾家提供了加速套件，以利開放式RAN的應用。越來越多觀點指出，必須在5G技術所使用的RAN矽晶圓解決方案上進行大量投資，以藉此縮小受限制和未受限制之供應商間的服務效能差距。

- 案例：**英特爾 (Intel)、高通 (Qualcomm)、Nvidia、Marvell、Xilinx**

雲端服務供應商：雲端供應商最初為行動網路營運商提供雲端虛擬環境的目的，在於容納和運行內部應用程式，並期望未來能進一步容納和運行軟體定義的外部解決方案。如今，大規模網路企業和行動網路營運商間的合作日漸頻繁，雙方皆致力於為企業提供適用於特定使用案例（如低延遲需求）的聯合解決方案。此外，新參與者（如日本樂天株式會社或美國衛星廣播公司DISH）所推出的新批發型無線網路，更使得大規模網路企業和OTT影音服務供應商（over-the-top media providers）成為有望與傳統行動網路營運商競爭的強勁對手。為連接下一批數以十億計的消費者，這些業者未來甚至有可能使用開放式架構，開發出可與傳統營運商競爭的網路服務。例如，出於對電信設備的高昂成本感到不滿，Facebook便因此而率先推出了電信基礎架構專案。

- 案例：**Amazon Web Services、Microsoft、Google、IBM、Facebook**

未來的障礙與挑戰

開放式RAN的應用之路上存在著許多挑戰，其中多涉及本文討論範圍之外的高階技術工程問題。以下則是更常引發討論的相關疑慮，也正是這些疑慮讓行動網路營運商暫緩其開放式RAN的部署進程：

營運商等級的可擴展性：迄今為止，針對開放式RAN進行的試驗主要侷限於地區或區域性的部署。就小規模應用而言，開放式RAN在系統整合上的複雜性，以及在RAN網路功能上所施加的負載量，已獲得解決並得到有效管理。事實上，有幾家營運商正在缺乏網路服務的地區，著手嘗試部署開放式RAN架構；這些地區較少面臨投資受阻的問題且對於高效能服務的要求較低，甚至極度缺乏或根本沒有既有基礎設施。以土耳其為例，**英國電信公司Vodafone**正攜手其供應商合作夥伴，在當地使用敏捷方法針對軟體和設備配置進行快速的迭代更新，同時密切追蹤各項關鍵績效指標的表現，藉此確認網路效能是否達標，並增進對相關應用的信心。

而上述架構可否擴大應用到流量負載更大、效能要求更高的大型網路中，目前仍有待商榷。不過，從目前正在運行但為數不多的開放式RAN部署中，也許可觀察到有關其可擴展性的些許證明。上述部署由日本電子商務巨頭**樂天株式會社**所主導，該公司有望在2021年年底於日本部署7,000個開放式RAN基地台，相當於奧地利或葡萄牙這類中等規模歐洲國家所需的部署數量。¹⁹但由於該網路目前的訂閱用戶數量相對較低，因此該技術是否具備足以支援數千萬用戶的可擴展性，仍有待時間證明。

沉沒成本難以回收：傳統RAN架構的整體擁有成本（包括底層設備、站點租金、技術支援、系統維護和能源成本）可能是行動網路中最昂貴的部分，佔總成本的65%至70%。因此，從成本的角度

來看，不難理解開放式RAN架構的吸引力何在。多項研究結論顯示，與傳統行動網路架構相比，開放式RAN的應用有助於減少40%至50%的資本支出，並降低30%至40%的營業費用。²⁰以上研究主要以**日本樂天株式會社**為例，該公司正致力於運用開放式RAN架構打造首個、同時也是最大型的端對端虛擬化雲端網路。

然而，關於整體擁有成本可望下降一事，雖然有機會體現在以綠地投資為主的模式下（例如上述日本樂天株式會社所做的努力），但在已進行大量投資的「棕地」環境中，這種大幅節省成本的可能性其實相當低。造成這種情況的主要原因之一，在於目前的5G部署其實是建立在現有4G基礎設施之上，所以需與現有4G基礎設施間實現互操作性；然而，4G的封閉供應商系統卻使網路營運商僅能使用由同一供應商所提供的服務。因此，對有意在現有基礎設施中採用開放式RAN架構的營運商而言，更新舊有設備的做法將大福增加部署開放式RAN所需的總體成本。²¹

對供應商間互操作性的疑慮：新解決方案無可避免地須與經過驗證、高度整合，且為高效能而設計的最佳化傳統RAN系統相競爭。雖然開放式RAN架構在實際應用上提供了更多可供選擇的供應商選項以及最佳的靈活性，但同時也提高了多個軟體和硬體組合間發生配置不相容的可能性。此外，因多供應商端對端解決方案所衍生的各種組合形式，都必須在受控環境下進行廣泛測試；與使用傳統配置相比，這意味著需花費大量額外的時間、精力與成本，以執行相關的測試工作。

由業界主導（包括O-RAN聯盟在內）的多項倡議正透過「plugfest插拔測試活動」，以尋求有助於緩解上述問題的辦法。這類活動聚集了由組件供應商所形成的不同生態系統，藉此測試、驗證和強化端對端營運商等級解決方案。此外，上述解決方案還可與現有的傳統架構進行交互操作。部分主要供應商和大型集團也建立了共用實驗室，

以便在受控和管理良好的環境中測試和驗證互操作性。²²

系統整合：系統整合的複雜性也為開放式RAN的應用帶來了重大阻礙。保留傳統模式的主要好處之一，在於營運商可以將與系統部署、更新和維護有關的責任全數交給供應商。若出現問題（問題總是會發生），在當前的環境下至少責任的歸屬顯而易見。若營運商有意擺脫對單一供應商一站式系統的依賴，則必須能夠有效協調和管理複雜的多供應商RAN部署模式，這也意味著其需使用來自組織內部、由供應商提供或由第三方運作的系統整合服務。而由於開放式RAN是相對較新的領域，因此難以覓得同時具有RAN應用經驗，且將營運商最大利益放在首位的系統整合商。

雖然是傳聞，但**日本樂天株式會社**的經歷再次為人們提供了樂觀的理由。據說在部署未開發地區的行動網路時，該企業肩負起系統整合商的重要角色，並且在至少10家不同的供應商間居中協調，在過程中完成許多業界首創之舉。其執行長最初認為在協調供應商時，RAN的整合工作將會是過程中最複雜的部分。然而，他事後承認，儘管RAN的整合工作極具挑戰性，但其中只有10%的挑戰來自RAN本身，而其餘90%的挑戰則來自「其他事項」。²³

著手部署開放式RAN

許多營運商都渴望透過開放式RAN擴展自身業務，且相關市場也正在蓬勃發展。許多業者相信該產業最終將克服技術和工程上的阻礙，並實現真正具可擴展性的商業級解決方案，儘管目前仍需要一些時間。2020年中期針對網路營運商的一項調查指出，大多數業者認為，5G開放式RAN基頻單元的實際應用將在兩年內間相繼出現。²⁴同

一研究也發現，該應用能否實現完整的功能和效能，未必是決定營運商會否採用的關鍵。許多受訪者表示，與傳統整合型系統相比，若開放式無線電設備能達到其80%的效能（尤其是在缺乏網路服務的地區），則自身將願意接納相關技術的應用。²⁵

即便就現況而言，開放式RAN還未做好大規模商業部署的準備，但現在卻非猶豫不前的時候。由於電信業需要長達數十年的規劃週期，因此及早採取行動的營運商未來將可望從中受益。換言之，現在正是營運商們評估自家公司業務現狀、了解業務未來走向，以及決定需採取何種轉變措施的最佳時機。

營運商應開始主動深入探究開放式RAN所帶來的機遇和挑戰，而展開此學習之旅的最佳起始點，便是藉由參與產業聯盟認清屬於炒作或者貼近現實的相關消息，並向已在實驗室和現場試驗中針對開放式RAN技術進行實測的業者學習。此外，營運商還可與供應商和其他專家合作，以了解全球同業的部署趨勢、衡量當前技術和生態系統的成熟度，並從自身獨特的立足點出發，評估替代部署方案的整體擁有成本。

在工程師解決技術問題的同時，營運商可果斷地著手制定營運計畫，並建立創新和持續向前邁進的組織文化，藉此支持以開放式雲端架構為基礎的新軟體導向業務運作模式。此外，若想成功過渡到開放式RAN架構，則營運商勢必得獲取新的技術能力、招募和培養內部人才，並採用嶄新的工作方式。

當前的重大開放式RAN部署與測試

日本樂天株式會社預計於2021年年底將7,000個相關基地台投入運行，引領著電信產業向開放式RAN架構轉型。該企業素來以具顛覆性的創新動能著稱，並致力於將不同供應商的優勢整合至網路的各項組成要件中，此做法可說是前所未見。然而，正因為該公司並無傳統基礎設施的包袱，因此有助於降低部署方面的風險與成本。

美國衛星廣播公司Dish Network打算建立首個完全符合開放式RAN架構、且可獨立運作的全國5G無線網路系統。該公司目前正著手挑選能協助在未開發地區部署新網路的供應商，並預計在2023年6月以前，讓全美70%的人口都能享有以相關技術建置的5G連網服務。

英國電信公司Vodafone正在多個國家進行廣泛的開放式RAN系統測試（包含英國、南非、莫三比克、土耳其、愛爾蘭和剛果民主共和國等地），並為跨多種無線技術（2G、3G、4G和5G）的商業部署制定了明確的發展時程。該公司也積極針對遍布歐洲的業務推展開放式RAN的部署，預計將覆蓋14個國家共計100,000座基地台，且服務範圍將涵蓋4億人口。

西班牙電信公司Telefonica宣布將於2020年在德國、西班牙、英國和巴西進行4G和5G開放式RAN技術測試，並將與多家供應商合作，以在業務所及範圍內開發和部署O-RAN相關應用試驗。此外，該公司也在秘魯設置了數項開放式RAN專案。

德國電信公司Deutsche Telekom則與兩家供應商合作，聯手開發以分散式開放式RAN架構為基礎的可編程開放式RAN平台。此合作項目屬於該公司旗下歐洲開放測試與整合中心（Open Test and Integration Center）的業務之一，其目的在於測試符合O-RAN架構的解決方案。

總部設於**阿拉伯聯合大公國的電信服務供應商Etisalat**正與知名RAN技術供應商合作，共同推出中東地區的首個虛擬化RAN系統。該解決方案將可編程RAN軟體元素從硬體中剝離出來，藉此允許現成的通用硬體和服務器平台針對RAN軟體進行相關應用，從而提高部署靈活性、可擴展性、敏捷性，並改善能源效率。

結論

傳統RAN架構可說是封閉式專有系統僅存的最後堡壘之一。若開放式RAN的應用進程按過去的劇本重演，則其發展所需時間，可能會與整個產業轉向開放式與虛擬化核心網路所花費的時間相當，即從2013年（導入核心網路虛擬化基本原則）到2020年（業界一半以上的核心無線傳輸作業，已從專用網路解決方案過渡到虛擬網路解決方案），共計七年的過渡時期。而到了2023年，預計將有超過80%的核心無線網路將採取虛擬化的部署模式。²⁹儘管開放式RAN目前仍處於起步階段，但人們對該技術趨之若鶩的情況很可能會觸發下一波重大趨勢，且有望為電信業帶來革命性的變化。

Endnotes

1. Deloitte analysis of publicly available information (e.g., press releases, company websites, and industry newsletters); analysis may combine multiple deployments in the same country and may not be exhaustive.
2. Dell'Oro Group, "Open RAN market expected to eclipse \$5B," press release, September 1, 2020.
3. Matt Kapko, "Open RAN set to capture 10% of market by 2025," SDxCentral, September 2, 2020.
4. Ken Wieland, "5G gives RAN market a Q1 boost—Dell'Oro," Light Reading, May 15, 2020.
5. Thomas Seal, "Huawei Barometer' shows political pressure on 5G rollout: Map," Bloomberg, September 4, 2020.
6. Open RAN enables the relocation of the BBU from the cell site to a virtualized central (CU) or distributed (DU) data center.
7. Iain Gillott, "Open RAN integration: Run with it," iGR, April 2020.
8. Pongratz, "Industry voices—Pongratz: Virtualized and open RAN gain momentum," Fierce Wireless, March 6, 2020.
9. CTIA, *The state of wireless*, 2018.
10. Higher integration costs are discussed later in this article.
11. Open RAN Policy Coalition, "5G and open RAN security: Next generation trust," June 2020.
12. To push much of the traditional function of the core network out to the RAN edge network, Rakuten had to spend considerable time and energy in creating an entirely new automated operations support system (OSS), working closely with software developers to translate and enrich IT workload management techniques to meet carrier-grade requirements.
13. A recent survey on Connectivity and Mobile Trends highlights that consumers care most about network reliability and availability from their provider. See Kevin Westcott et al., *Build it and they will embrace it*, Deloitte Insights, 2019.
14. Claudio Coletti et al., "O-RAN: Towards an open and smart RAN," O-RAN Alliance, October 2018.
15. Dell'Oro Group, "RAN market returned to growth in 1Q 2020," press release, May 15, 2020.
16. Bevin Fletcher, "FCC 'stuns' RWA with immediate USF ban on Huawei," Fierce Wireless, July 1, 2020.
17. The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) is a standards organization which develops protocols for mobile telephony.
18. Jamie Davies, "GSMA cosies up to O-RAN Alliance," Telecoms, May 29, 2020.
19. Martijn Rasser and Ainikki Riikonen, "Open future: The way forward on 5G," Center for a New American Security, July 28, 2020.
20. Ibid.
21. Rakuten convinced Nokia to open its optical networking and radio equipment to enable open RAN in exchange for revenue associated with managing and maintaining the Phase 1 build out.
22. Eugina Jordan, "Open RAN 101—Integration and beyond: Why, what, when, how?," RCR Wireless News, July 23, 2020.
23. Matt Kapko, "How Rakuten Mobile corralled vendors for its open RAN vision," SDxCentral, May 5, 2020.
24. Gabriel Brown, "The outlook for 5G open vRAN," Light Reading, May 11, 2020.
25. Ibid.

26. Kapko, "How Rakuten Mobile corralled vendors for its open RAN vision."
27. Ray Le Maistre, "DISH commits to open RAN for US 5G rollout, enters retail mobile market," Telecom TV, July 1, 2020.
28. Matt Kapko, "Telefonica wades into open RAN across global footprint," SDxCentral, March 18, 2020.
29. Intel spokesperson citing Dell'Oro Jan 2020 report, Telecom TV presentation, June 23, 2020.



從虛擬到現實

企業和教育領域中的數位實境頭戴式裝置

Duncan Stewart, Kevin Westcott, and Allan Cook

全球疫情限制了人與人之間面對面的教學活動，在此情況下，企業應如何訓練員工卸載有害物質、設置風力發電機或維修噴射引擎？¹解決方案之一便是透過虛擬實境 (virtual reality，簡稱「VR」)、擴增實境 (augmented reality，簡稱「AR」) 和混合實境 (mixed reality，簡稱「MR」) 等數位實境技術模擬情境，以便相關人員在模擬實境中進行操作和練習。而VR、AR與MR又合稱為延展實境 (extended reality，簡稱「XR」) 或數位實境 (digital reality)；據估計，在企業和教育機構的需求帶動下，2021年商用和教育用途的XR頭戴式裝置的總銷售量，將比2019年的總銷售量增加100%。

全球XR頭戴式裝置、軟體與服務的總體支出 (包括消費性領域的支出)，在2020年上升至107億美元，較2019年增加了35%。²儘管此數值低於疫情前預測的近80%成長率，但與全球IT支出相比，其表現顯然要出色許多 (後者的支出於2020年同比下降了5%以上)。³在後疫情時代，XR技術預計將恢復更高的成長率，根據某機構的預測，該產業2024年的市場規模將達到1,370億美元，又或者其2021年至2024年間的年平均成長率將高達134% (此預測可能過於樂觀)。⁴

雖然各家機構在預測頭戴式裝置的預期成長率時，所使用的基數較低 (2015年至2019年間，企業和學校每年採購的VR、AR和MR頭戴式裝置數量不到10萬台)，但其上升趨勢顯然無庸置疑。事實上，許多企業和學校為防止疫情擴散，紛紛採用這類裝置取代面對面的教學互動，導致部分領

域的相關應用呈現出加速成長的趨勢。疫情肆虐之下，數位實境頭戴式裝置不僅獲得大量展示自身價值的機會，並且在疫情消退後，其使用率還有望在其他優勢的加持下持續攀升，上述優勢包括更低的成本、更高的安全性和更優異的學習保留率。

延展實境的商用趨勢

就整體XR產業來看，企業在員工培訓和工業設備維護上的相關應用，預測將於2020年分別達到13億美元和4億美元的規模。⁵儘管上述數據仍低於該技術於消費性領域的表現，但在未來幾年內，企業對XR裝置的採購量將可望急起直追，逐步縮短兩者間的差距。屆時，成長速度最快的數個數位實境市場，預計將全部集中在商用或教育領域。此外，2019年至2024年間，用於公共基礎建設維護、工業設備維護，以及物流和包裹配送管理的XR裝置銷量，預期將每年增加一倍以上。與此同時，中學後教育 (post-secondary) 和K-12教育體系在室內外教學場域中的相關支出，則預計將達到每年成長超過120%的水準。⁶

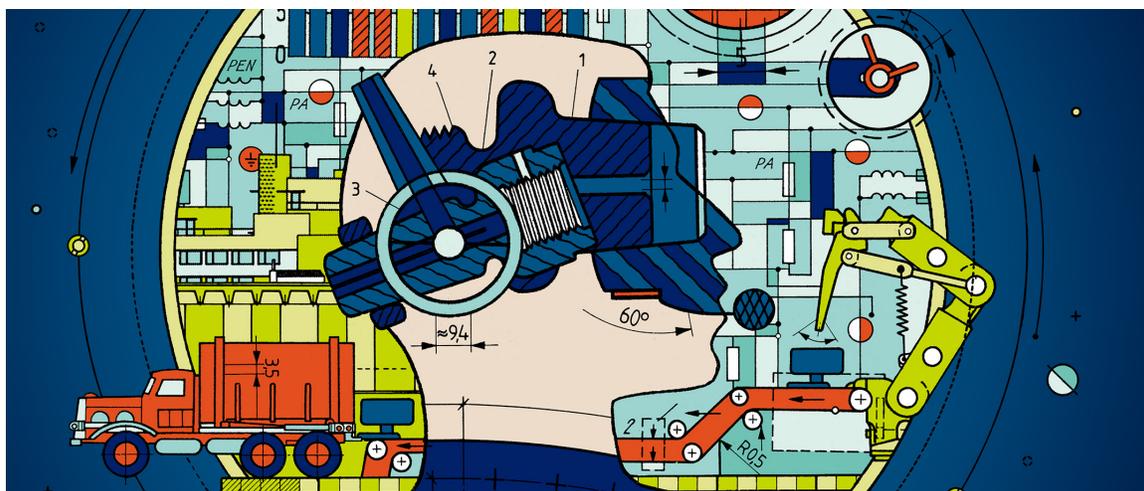
對於商用XR的未來銷售表現有望凌駕其在消費性領域表現的預測，乍看之下也許有點難以想像，尤其是在疫情期間，大量的消費者可能會借助VR頭戴式裝置排解受困在家中所累積的無聊情緒。(消費性領域的市場需求以VR頭戴式裝置為大宗，而AR和MR頭戴式裝置的需求則主要來自企業組織。) 科技部落客Ben Evans曾說過一句

令人印象深刻的話，他認為對各種技術（包括遠端工作工具、網購雜貨配送服務，以及串流遊戲和影音的家庭娛樂設備配置）而言，因疫情而採取的封鎖性措施就像是一場「強制性實驗」，而在此情境下，VR技術對消費者而言似乎是再合理不過的試驗對象。⁷然而，儘管消費型VR的銷售表現在2020年並未一蹶不振，但也並未呈現出明顯的成長走勢。正如Ben Evans所言：「(消費型)VR的銷量本該一飛衝天，但事實上這件事卻沒有發生。」⁸消費者在2020年購買了價值約29億美元的VR頭戴式裝置，較2019年的33億美元下降了12%，但市場預期2021年的銷售額將反彈至35億美元。⁹不過，與疫情期間受封鎖性措施影響的電影院上座率相比，其2020年的跌幅可說是小巫見大巫，畢竟這一年全球的電影院上座率驟降了66%。¹⁰然而，VR頭戴式裝置的銷售表現仍要比遊戲主機遜色不少；與去年同期相比，後者的銷售額在2020年3月增加了150%，而這多出自有數十億受困家中的民眾，為尋求娛樂管道而大肆購買遊戲主機的緣故。¹¹

有鑑於消費市場的成長不如預期，XR頭戴式裝置製造商已開始紛紛轉向以企業作為主要銷售對象。首款AR頭戴式裝置 Google Glass 於2014年問世時，其主要鎖定的目標是消費市場，但於

2017年重新推出後，反而以商用市場作為主打對象。¹²2020年4月，Magic Leap也公開表示決定以企業作為主要市場。¹³至於Microsoft的HoloLens則一直以來都鎖定企業組織，而非一般的消費大眾。甚至連Facebook旗下的Oculus和HTC等消費型VR公司，也在2019年成立了商用推廣部門。¹⁴有傳言稱，Apple可能在2021年推出AR和VR產品，且最初可能以消費者為主打對象，但這些產品後續也有可能朝向商用和教育用領域發展。¹⁵

值得注意的是，頭戴式裝置僅構成完整XR套裝體驗的一部分，若再加上商用XR的總體支出，則2019年商用數位實境市場的規模可能高達130億美元，比前一年增長了19%。由於此數據納入了內部研發業務，因此高於前文提到的XR市場總額，而在現階段的商用數位實境市場中，內部研發業務的規模可謂相當龐大。¹⁶然而，若將軟體、服務和內部研發業務排除在外，僅就頭戴式裝置確定其單位銷量和美元價值，則會是一項十分艱鉅的任務：因為目前沒有一家XR製造商會按季度或年度披露以美元或銷售單位計算的分段銷售額。儘管存在著一定的困難度，但仍有可能從頭戴式裝置製造商、企業和教育機構偶爾發布的消息及媒體報導中，蒐集到一些相關資訊。



為何商用和教育用頭戴式裝置的銷量不高？

2015年至2020年間有許多關於商用和教育用數位實境技術的公開消息發布，而在對這些資訊一一進行分析後，Deloitte Global從中發現了幾項重要趨勢。

頭戴式裝置屬於共享科技，而非個人獨享品

雖然企業所使用的部分科技工具屬於個人獨享（每位員工皆可分配到一個）的用品，如個人電腦和智慧型手機，但其他諸如印表機、LED投影機等工具，卻是由眾多員工所共享（數十名或數百名員工視需要共用同一件設備，且每次僅使用一小段時間）。後一種模式正逐漸成為XR頭戴式裝置的典型用法，例如Walmart於2018年購入了17,000台Oculus Go的入門級VR裝置，並針對其大型購物廣場和小型商場分別配置四台和兩台上述裝置。Walmart不僅成功透過這17,000台設備培訓了超過100萬名員工，且其訓練面向更涵蓋了45種以上的職能模式，包括新技術的運用、顧客服務與同理心，以及法規遵循能力。換言之，該公司平均約每60名員工會共用一台頭戴式裝置。¹⁷

並非所有員工都需要頭戴式裝置

可想而知，部分類型的員工（如辦公室職員）幾乎不需要使用XR頭戴式裝置。然而，即便是從事適用於數位實境裝置的業務，也並非所有員工都需配置一台相關設備。XR頭戴式裝置在職場中較常見的用途是讓新進人員能夠更快進入狀況，而非用於訓練現有員工。

並非所有工作場合都適用

加拿大薩克其萬省（Saskatchewan）有120萬居民，其中40%居住在偏遠地區。該省在其境內11個社區部署了兩台Google的AR頭戴式裝置，以

便現場醫護人員能夠與都市醫療中心的專家進行即時諮詢。薩克其萬大學外科部統一負責人Ivar Mendez表示，這種工具已證明其「對治療傷口而言，是極為寶貴的資產」。¹⁸不過就此類應用而言，雖然數位實境頭戴式裝置能夠在偏遠地區發揮良好作用，但在世界上大多數人口所居住的都市地區，卻顯得無用武之地。

頭戴式裝置的支出

可能僅佔專案總開支的一小部分

迄今為止，在所有已公開的XR專案項目中，金額最高的當屬2018年美國陸軍和Microsoft針對MR解決方案Hololens所敲定的4.8億美元交易案。¹⁹該協議內容與現成的頭戴式裝置無關，而是針對具有熱感應和夜視功能的客製化裝置；這類設備不僅能夠用於訓練，還可直接投入到戰場上使用。儘管雙方後續就追加訂單（40,219台相關裝置、總價超過20億美元且分多年交付完成）持續進行了不少討論，²⁰但最初的協議內容其實僅涵蓋兩年內需交貨完成的2,500台裝置。即使上述頭戴式裝置的價格是現成Hololens產品的10倍，即以每台約3萬美元進行計算，則2,500台裝置的硬體總值也不過7,500萬美元。換言之，整個MR解決方案的軟體、服務和研發部分，在該合約總體價值中的佔比可能高達六分之五以上，而頭戴式裝置本身只佔了16%。

數位實境頭戴式裝置仍處於早期發展階段，且多用於先導計畫

在有關於XR頭戴式裝置的公開消息中，有半數以上包含「先導計畫」、「試用」或「測試」一詞。由於對培訓用、商用和教育用頭戴式裝置的需求仍處於萌芽階段，因此不難想像個別公司或學校的採購數量可能僅限於數十台或數百台的水準。儘管如此，正如前文Walmart和美國陸軍的例子所顯示，後續的採購量仍有可能上看數萬台之多。

綜上所述，目前發展最快的頭戴式裝置市場包括沉浸式培訓（特別是現實中的人員培訓過程可能隱藏危險、實行困難或花費過高的情況）、供一線醫護人員使用、²¹用於零售業（與消費者面對面互動，但仍屬於企業使用案例），以及用於打造跨硬體、軟體和服務領域的數位實境策略。

教育領域的應用情形

如前所述，教育用XR市場有望成為未來幾年發展最快速的XR細分市場之一，但不可諱言的是此成長源自於較小的基數。在2015年至2020年間，教育用數位實境已逐步萌芽。有報告顯示，2019年全球教育用XR市場規模僅為6.8億美元，²²其中頭戴式裝置（有別於軟體、內容和服務）的比重可能不到1億美元。在針對相關公告和合作夥伴的研究中，Deloitte Global並未發現任何大型的教育

領域先導計畫。不過，小型的先導計畫確實存在，只不過這些項目中所使用的頭戴式裝置數量並不多。例如，加拿大布洛克大學（Brock University）在新冠疫情爆發前，便已開始在教學中使用VR技術，不過該校僅擁有六台相關裝置。²³

然而，由於新冠疫情導致學校和大學相繼關閉，因此XR技術和XR頭戴式裝置的價值也逐漸顯現。以加拿大一所中學後教育機構為例，該校正積極將VR技術應用到焊接和汽車噴漆等職業課程中。該機構發現這項技術既有用又安全，因此決定「當疫情限制措施放鬆後，仍會繼續使用此技術。」²⁴另外，肯塔基州的一所大學在疫情期間也改用HTC的Vive VR頭戴式裝置進行授課（雖然該校僅有18台相關設備）。²⁵而位於加州、密西根州和墨西哥的其他學校，也紛紛為MBA學程和其他課程提供並使用各種數位實境裝置。²⁶

結論

儘管商用和教育用XR裝置的銷量逐漸成長，但有一點需特別銘記在心：與軟體、研發、內容和服務相比，這些銷售數字可能僅佔數位實境專案總開支的一小部分，且此情況可能會持續一段時間。然而，隨著時間的推移，硬體部分在專案中的價值佔比將會逐步提升。畢竟其他成本大多屬於前期支出，而頭戴式裝置的重要性則會隨著先導計畫轉向全面部署而有所提高。

若商用頭戴式裝置銷量的發展軌跡能遵循過去其他數種工作設備的路線前進，則其成長表現將有望進一步提升。舉例而言，在1980年代，部分公司都擁有一台可攜式電腦或無線電話／行動電話，以供旗下員工共同使用。時過境遷，這些設備不僅證明了自身的實用性，且逐漸演變成每位員工都須配備的個人裝置；此外，由於價格大幅下降，因此所有人都能夠負擔得起這類設備。換言之，若人們對數位實境頭戴式裝置的效用和價格也萌生類似想法，則市場需求將可望增加10倍甚至更多。

然而，XR頭戴式裝置在疫情消退後的銷售表現尚有待時間證明，或許部分應用於商業和教育領域的數位實境相關設備，最終只是曇花一現的泡影：即便這類裝置能在疫情封鎖期間派上用場，但當人們的生活回復常軌後，便會發現沒有繼續使用的必要。不過對大多數組織而言，新冠疫情似乎為XR裝置提供了有利於其證明自身實用性的機會，並因此持續刺激對相關裝置的市場需求。畢竟，如果現實世界中的人員培訓過程可能存在安全隱憂、實行困難或成本過高等問題，那麼何不改在虛擬世界中進行訓練呢？

由於價格將是刺激銷售成長的關鍵因素之一，因此，現有製造商和新參與者未來都有望推出以1,000美元的誘人價格為主打的高品質數位實境裝置。其他有助於刺激相關裝置銷量表現的因素包括：

- 截至目前為止，部分商用VR計畫的實際數據顯示，相關計畫平均為企業提高了32%的生產率。²⁷
- 學術研究表明，AR技術在職場的應用效果優於視訊工具。員工普遍偏好此技術，且其問題解決能力也獲得改善。此外，員工犯錯的次數也有所減少，而且一致認為AR技術比一般的視頻通話更有效。²⁸
- 使用AR裝置進行培訓的學習保留率可高達75%，明顯優於大多數的培訓形式。（口頭授課和閱讀的學習保留率只有5%至10%。）²⁹另一項研究則表明，AR技術有助於促進知識轉移，並使學習成果增加一倍以上。³⁰
- VR技術適用於各種學習風格，³¹且對於需要重複進行和重視保留率的培訓項目特別有效。³²
- 在危險環境中進行訓練時（如消防員培訓），VR技術對員工和學習者而言都是高安全性、低風險的好選擇。³³

使用VR裝置時，人們不必特地前往訓練設施所在地，也無須將重型設備帶到指定地點。³⁴

如果現實世界中的人員培訓過程可能存在安全隱憂、實行困難或成本過高等問題，那麼何不改在虛擬世界中進行訓練呢？

以下數種最佳實務可供有意部署XR技術的企業和教育機構參考：³⁵

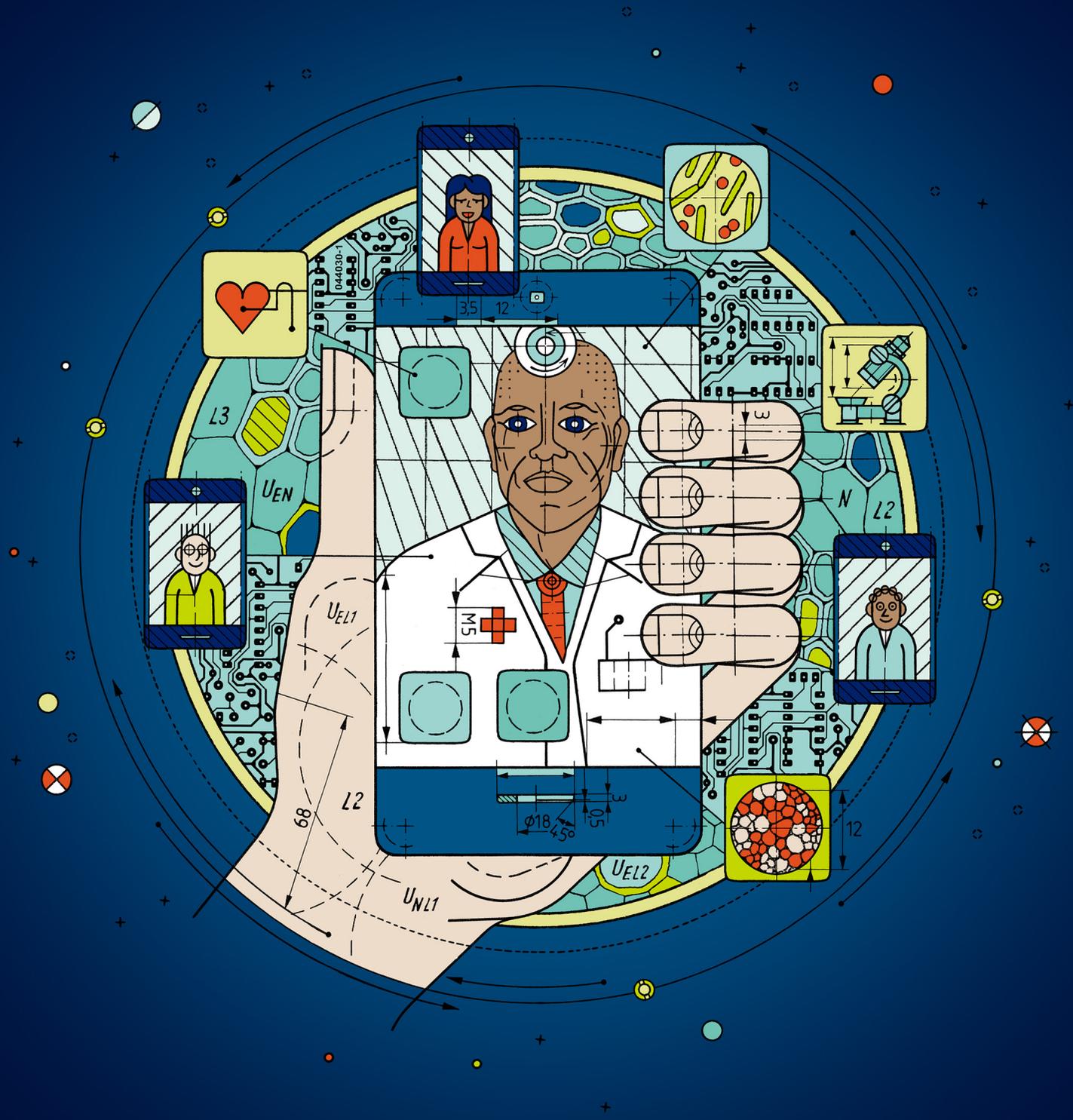
- **提高影響力：**XR技術並非專注於打造時髦、新潮的事物，而是與業務成果和投資報酬率息息相關。人們需透過數位實境技術的應用，以過去認為不可能的方式有效解決問題。
- **提高互動性：**「為科技而科技」的迷思對任何人都沒有幫助，再好的科技也必須與人類的工作方式相結合，才有望實現更出色的業務成果。
- **提高彈性和可擴充性：**設計完善的解決方案需具備能隨著日新月異的科技不斷演進的特性。
- **提高對管理變化的適應力：**未來數年間，XR技術將對工作場所和教育機構產生深遠的影響，而這意味著人們工作和思維的方式也會有所轉變。
- **提高易用性：**數位實境裝置的使用方式需變得比現在更直觀、更簡便，尤其是對一般消費者而言；當然，企業和教育機構也不例外。
- **提高外觀吸引力：**許多早期的XR頭戴式裝置不是看起來體積過大、戴起來不舒適，就是讓使用者難以活動、行動不便。外觀吸引力對消費市場而言尤其重要，但此準則也同時適用於商用和教育領域。

並非所有的工作和學習情境都能夠適用XR技術，例如練習外科手術或精密機械操作時接收到的細微觸覺反饋，便很難藉此方式進行模擬。然而，隨著科技不斷發展，未來XR裝置在觸覺技術方面的進步也指日可待。³⁶屆時，數位實境裝置在企業和教育機構中的應用不但會變得更加普遍，並且有望改變人們執行工作或從事學習活動的方式。

Endnotes

1. Tony DeMarinis et al., *Real learning in a virtual world: How VR can improve learning and training outcomes*, Deloitte Insights, August 14, 2018.
2. IDC, "Worldwide spending on augmented and virtual reality forecast to deliver strong growth through 2024, according to a new IDC spending guide," November 17, 2020.
3. Gartner, "Gartner says worldwide IT spending to grow 4% in 2021," press release, October 20, 2020.
4. IDC, "Worldwide spending on augmented and virtual reality forecast to deliver strong growth through 2024."
5. Ibid.
6. Ibid.
7. Benedict Evans, "COVID and forced experiments," April 13, 2020. For the previous statement about the consumer headset market being almost entirely for VR devices, see Jeremy Horwitz, "What's next for consumer AR in 2020," *VentureBeat*, December 26, 2019.
8. Benedict Evans, "The VR winter," May 9, 2020.
9. SuperData, "SuperData XR Q3 2020 update," October 28, 2020.
10. Georg Szalai, "Global cinema revenue to drop 66 percent in 2020 amid pandemic: Forecast," *Hollywood Reporter*, September 3, 2020.
11. Christopher Dring, "What is happening with video game sales during coronavirus," *GamesIndustry.biz*, March 31, 2020.
12. Jay Kothari, "A new chapter for Glass," X blog, July 18, 2017.
13. Rony Abovitz, "Charting a new course," *Magic Leap*, April 22, 2020.
14. Charlie Fink, "HTC doubles down with Vive VR Enterprise Solutions," *Forbes*, July 1, 2019; Oculus, "Introducing the new Oculus for business," April 30, 2019.
15. MacRumors, "Apple glasses," October 22, 2020. *TMT Predictions 2021* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc.
16. SuperData, "XR will save enterprise \$13.5 billion in training costs," February 13, 2019.
17. Jane Incao, "How VR is transforming the way we train associates," *Walmart*, September 20, 2018.
18. John Dujay, "Google Glass returns as workplace tool," *Canadian HR Reporter*, February 1, 2018.
19. Makena Kelly, "Microsoft secures \$480 million HoloLens contract from US Army," *The Verge*, November 28, 2018.
20. Todd South, "The Army wants to buy 40,000 'mixed reality' goggles," *ArmyTimes*, February 11, 2020.
21. Jeremy Horwitz, "NHS finds VR training boosts coronavirus frontline worker performance," *VentureBeat*, June 17, 2020.
22. Technavio, "COVID-19 impacts: Virtual reality market in education sector will accelerate at a CAGR of over 59% through 2020-2024," *Business Wire*, August 7, 2020.
23. Maryanne St. Denis, "Brock prof to enhance online learning with 3D classroom," *The BrockNews*, July 18, 2019.
24. Denise Ryan, "COVID-19: Trades schools are thriving in the new normal," *Vancouver Sun*, June 7, 2020.

25. Alicia Kelso, "How one UofL class turned to virtual reality during COVID-19," UofL News, July 13, 2020.
26. VirBELA, "VirBELA use cases," accessed November 4, 2020.
27. Magid Abraham and Marco Annunziata, "Augmented reality is already improving worker performance," *Harvard Business Review*, March 13, 2017.
28. XMReality, "Field study shows that remote guidance using augmented reality (AR) is more effective than a standard video call," press release, October 30, 2018.
29. Bobby Carlton, *VR Learn: Virtual reality and learning*, Elliott Masie, January 2017.
30. Johannes Moskaliuk, Johanna Bertram, and Ulrike Cress, "Impact of virtual training environments on the acquisition and transfer of knowledge," *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 16, no. 3 (2013).
31. Pixo, "How virtual reality suits different learning styles," October 21, 2019.
32. DeMarinis et al., *Real learning in a virtual world*.
33. US Fire Administration, "Virtual reality training may save firefighter lives," July 8, 2020.
34. Dieter Holger, "How businesses are cutting employee training costs with VR," VR Scout, March 17, 2018.
35. Henrik Ebbesen and Claus Machholdt, "Digital reality changes everything," Deloitte Digital, accessed November 4, 2020.
36. Sophie Bushwick, "New virtual reality interface enables 'touch' across long distances," *Scientific American*, November 20, 2019.



遠距視訊看診正夯

新冠疫情激起大眾對視訊看診服務的青睞

Duncan Stewart, Ariane Bucaille, Bill Fera, and Kenneth Abrams

在所有受疫情影響而轉移至線上的活動中，遠距視訊看診服務也許是最令人忐忑不安的一種。畢竟，究竟醫師要如何透過Zoom或Skype這類軟體測量患者的血壓、檢查喉嚨，或評估患者皮膚上的腫瘤？然而事實證明，許多患者（和醫師）已迅速改變自己對視訊看診的成見，甚至未來仍有意長期使用這項技術。

據預測，全球醫師透過線上視訊提供看診服務的比例，將從2019年的大約1%上升至2021年的5%。¹雖然5%聽起來仍不算多，但事實上，在經濟合作暨發展組織（OECD）下轄的36個會員國中，光是2019年便有85億看診人次，且總價值高達約5,000億美元。按照以上數據計算，則其中的5%便可換算成4億人次以上的視訊看診服務，其總價值約250億美元。不過，在計算該活動的實際產值時，仍需將醫師在親自看診和視訊看診所獲得的報酬（不論是直接由患者支付，或由私人保險、國民健康保險支付）兩相比較之後，才能得出較確切的數字。

視訊看診服務的成長與新冠疫情間的關係十分密切。2020年4月，在美國聯邦醫療保險（Medicare）體系下的所有基本就醫活動中，便有43.5%透過遠距醫療進行，而在疫情爆發前則僅有0.1%。²雖然遠距醫療也涵蓋了電話、電子郵件和非視訊軟體解決方案，但實際上採用視訊看診服務的人數卻大幅上升。此外，使用美國退伍軍人事務部（Department of Veteran's Affairs）視訊連接系統的人數也增加至每週12萬人次，而2019年同

期的數據則為每週1萬人次。³與此同時，2020年春季法國的視訊診察服務也增加了40%至100%。⁴而在2020年5月的一項調查中，有14%的加拿大人表示，自己未來會盡可能以視訊看診服務作為首選。⁵

對於提供相關技術支援的公司而言，視訊看診和其他類型的線上診療服務漸增將帶來更多商機。據本報告預測，2021年純遠距醫療線上看診解決方案的市場規模將達到80億美元。⁶而在線上看診量增長的帶動下，2021年預計將售出價值超過330億美元的醫療級居家健康照護科技產品（主要為治療用和監測用解決方案），較2019年的數據增加近20%左右。⁷

此趨勢從何而來？

儘管視訊看診技術已存在多年，但如今有幾項因素（其中以新冠疫情的影響最為顯著）相互交織，並演變成推動此趨勢發展的重要驅動力。

新冠疫情讓人們別無選擇，法規障礙也逐步降低

僅僅在2020年3月間，英國、美國和德國的主管機關便相繼鬆綁了法規障礙、修改了隱私相關規定，並公開支持遠距醫療服務（包括視訊看診在內）。⁸正如某位英國醫師所言：「基本上，我們在短短一週內目睹了需10年才會產生的變化。」⁹

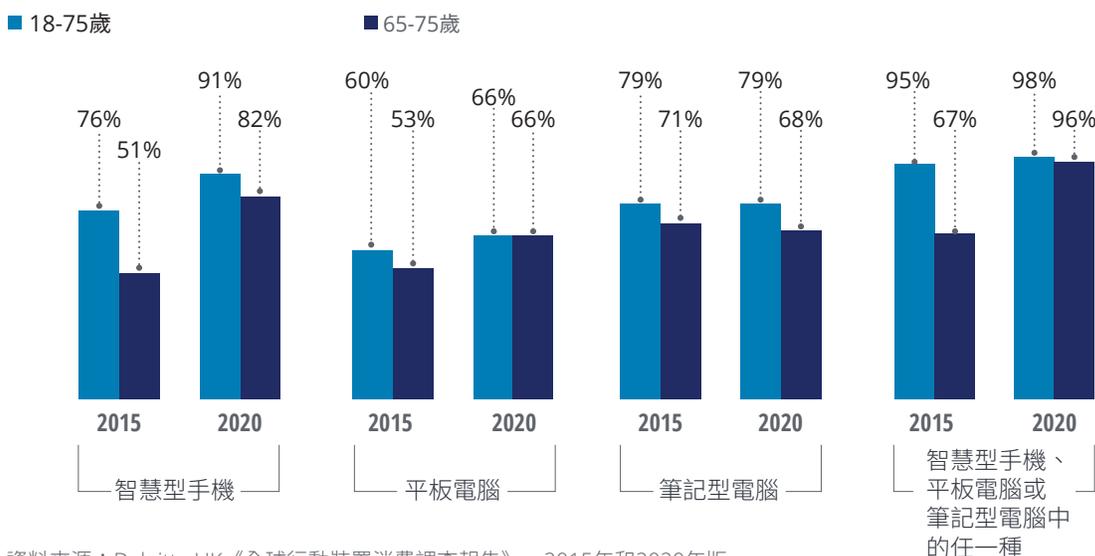
新冠疫情也迫使人們學習如何使用相關通訊軟體。在疫情肆虐期間，由於受封鎖性措施影響而改在家中工作之故，讓數以億計從未使用過視訊會議軟體和硬體的民眾，因此有了初次嘗試相關軟硬體的機會。雖然在疫情爆發前，視訊會議軟體已算是相對容易上手的工具，但真正使用此工具者其實並不多。而在疫情爆發之後，幾乎人人都搖身成為設定視訊會議的老手，既能正確調整照明亮度，也能在必要時切斷自己的聲音或取消靜音等等。

重點在於，在這群學會使用視訊會議軟體的新成員中，同時包含了數千萬名65歲以上的族群，而該族群求醫問診的次數要比年輕人更加頻繁。雖然65歲以上族群僅佔美國總人口的17%，但其就診次數在全美相關數據中的佔比卻超過30%。¹⁰此外，美國65歲以上人口在2016年的醫院就診次數，比美國一般大眾的平均就診次數高出80%。從過去的研究來看，即使年長族群手邊擁有合適的工具和連網設備，其使用數位應用程式的意願仍舊偏低，而不熟悉操作方式則是導致此現象的原因之一。¹¹然而，新冠疫情為這類群體提供了改變的動力。為了與子女、孫子和朋友保持聯繫，65歲以上族群在操作視訊軟硬體方面，可說是接受了帶有半強迫性質的速成培訓。對這群長者而言，能夠使用這項科技與醫師進行視訊看診互動，算是意料之外的好處；但無論如何，此改變將有利於大幅擴展視訊看診的市場規模。

圖1.

在英國，行動裝置（不含筆電）擁有率的世代差距正逐漸縮小

英國行動裝置擁有率（按年齡區分）



資料來源：Deloitte UK《全球行動裝置消費調查報告》，2015年和2020年版。

行動和連網裝置逐漸觸及關鍵多數，尤其是年長族群

過去五年間，數位裝置擁有率所呈現出的世代差距已迅速縮小。越來越多的年長人口開始學會自行上網，且此能力進一步提高了採用視訊看診服務的機會。對於行動受限或基於其他限制因素而難以親自就醫的人而言，視訊看診服務無疑是值得納入考量的選項之一。

從以往的研究來看，儘管視訊通話所需設備（筆記型電腦、智慧型手機和平板電腦）已十分普及，但在65歲以上的人群中，上述裝置的擁有率卻沒有那麼普遍。然而，如圖1所示，這種情況已開始改變。2015年，65歲至75歲的英國人中，有三分之一的人缺乏能夠用於醫療視訊看診的相關設備。但到了2020年，由於有越來越多年長者開始購買平板電腦及智慧型手機，因此該數據已從原先的三分之一降至25分之一。

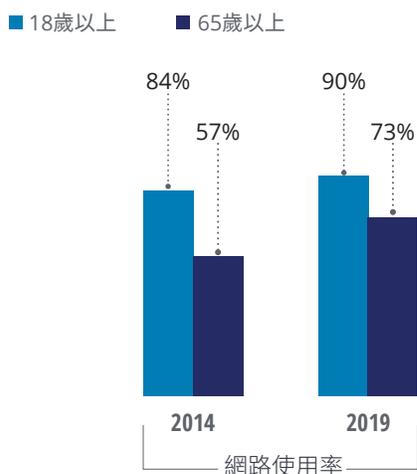
當然，這些裝置在未連網的情況下無法確實發揮效用，但65歲以上人口在連網方面的能力也有顯著的改善。在2014年至2019年的這五年間，美國的整體網路使用率上升了6%，而相較之下，65歲以上族群的網路使用率則上升了16%。¹²雖然2019年時並非所有美國年長人口都使用網路服務，但在疫情大流行期間，其中四分之三的人很可能都有連網經驗。而對於促進65歲以上族群廣泛採用視訊看診服務而言，此數據也許已經達到具有指標性意義的關鍵多數。

而5G技術也將進一步加快遠距醫療的發展，有助於加速傳輸較大圖像和高品質的視訊檔案，以及提升擴增實境（AR）、虛擬實境（VR）和空間運算的效能，並提供更可靠且高品質的連線服務。在部分情況下，5G技術甚至可使遠距醫療能夠提供比診斷和監測還要更複雜的服務，讓醫師能夠使用超低延遲（低於10毫秒）的虛擬實境技術，為患者執行實際的醫療流程和手術。¹⁷

圖2.

在美國，網路使用率的世代差距正逐漸縮小

美國網路使用率（按年齡區分）



資料來源：皮尤民調研究中心（Pew Research Center），「網路／寬頻使用情況報告」，2019年。

新冠疫情可能使視訊看診成為常態

從過往的慣例來看，消費者和企業間大部份的電子通訊互動，都是透過電子郵件、即時訊息或語音通話來進行，只有在絕對必要的情況下才會使用視訊溝通。雖然沒有確切的數據可說明目前的情況是否有所改變，但如同某位評論員的觀察，仍有部分跡象顯示「在新冠疫情影響下，視訊通話已變成新常態。」¹⁸ 視訊通話的魅力可能來自於新穎性，但如果人們對視訊技術的偏好明顯勝過非視訊的互動方式，則將有望對醫療視訊看診服務產生兩項關鍵影響。首先，若視訊通話逐漸取代電子郵件和語音通話方式，則前述關於所有看診活動中僅5%為視訊看診的預測，可能是過於低估了其未來的可能性。其次，就醫學的角度而言，視訊技術有助於增進線上看診服務的效益。也許最明顯之處在於，視訊通話可幫助醫護人員評估病患身上的撕裂傷或疹子，同時也可顯示出醫病雙方當下的臉部表情。早在視訊通話普及之前，1979年的一項開創性研究便得出以下結論：「有效的非語言溝通是決定醫病互動成功與否的關鍵，包括臉部表情、說話語調等等。」¹⁹

評估全球醫師看診市場規模

前文在討論視訊看診活動時，曾針對這方面所能產生的總收入進行預測。而為何該預測認為相關服務在2021年可望創造價值250億美元的營收呢？

實體門診的市場規模十分龐大，然而就目前的情況而言，儘管能從部分資料來源中取得有關特定國家每年門診次數的相關數據，但卻沒有任何資料能夠確切顯示全球的門診總次數數據。因此，本報告採用了兩種不同的方法估算該市場規模，並且預估及至2021年，全球的醫師看診活動（包括實體和線上看診）將有望創造7,000億美元以上的醫療收入。此外，在上述醫療總營收中，OECD所有成員國的佔比將超過5,000億美元；而其中若有5%是屬於視訊看診營收，則其總價值將可達到250億美元左右。

方法一：將各國單次看診服務費用加總計算

OECD每年會按國別發布人均醫療諮詢次數的相關數據。²⁰ 本報告在此將該最新數據乘以各國2020年人口總數，藉此確定每個國家每年的醫師看診總次數（圖3）。該分析顯示，在總人口數為13.1億人的36個OECD成員國中，每年醫師看診總次數超過85億。

在某些國家中，患者、保險公司或上述兩者都會針對醫師看診服務支付特定費用。而在設有國家醫療衛生體系的地區，一般患者基本上無須支付或僅需支付少許費用。本報告在此將未投保患者與家醫科醫師進行15分鐘諮詢服務所需費用，假定為平均看診費用。由此計算出的數字幾乎可認定為最低限度的費用，畢竟若是以專科醫師作為諮詢對象，則價格將會高出許多。

圖3.

全球每年醫師實體看診和視訊看診的服務總次數超過87億次

按國別區分的每年醫師看診服務總次數，2019年數據（或目前可取得的最新數據）

國家	每年看診次數（單位：百萬次）
日本	1594
美國	930
韓國	866
德國	829
土耳其	801
義大利	411
法國	385
墨西哥	361
西班牙	341
英國	340
波蘭	288
加拿大	253
澳洲	199
荷蘭	154
匈牙利	103
哥倫比亞	94
捷克	88
比利時	83
智利	73
葡萄牙	71
斯洛伐克	60
奧地利	59
以色列	54
瑞士	37
希臘	34
瑞典	27
立陶宛	27
愛爾蘭	25
芬蘭	24
挪威	24
丹麥	22
紐西蘭	18
斯洛維尼亞	14
拉脫維亞	11
愛沙尼亞	7
盧森堡	4

資料來源：OECD醫療照護資料，缺乏相關數據的國家則以Deloitte研究資料為準。

根據36個OECD國家的各種資料來源推算，上述地區每次看診費用的加權平均值約為61美元（儘管各國間的費用落差顯著）。²¹若進一步將各國的看診次數乘以該國的每次看診費用，則可得出總金額約為5,200億美元。

方法二：以GDP佔比推算醫師看診服務總營收

第二種用於估算醫師看診市場規模的方法，是採用自上而下的方式，以醫療照護支出在GDP中的佔比反推醫師看診總收入。

2018年，36個OECD成員國的名目GDP總計為53兆美元。²²同年，上述國家在醫療照護方面的支出平均佔其總體GDP的8.8%，²³不過實際支出情況因國家而異。若將各國的醫療照護支出百分比乘以其GDP，換算成實際金額後彼此相加，便可推算出36個OECD國家的醫療照護總支出為6.6兆美元。

雖說OECD確實擁有一般基礎保健支出的相關數據（不包括所有院內護理及其他基礎保健服務，如牙科、預防性和居家治療服務），但這些資料為2016年的統計數據，且僅針對其36個成員國中的22個國家。然而，若僅就上述數據來看，此22國在2016年的一般基礎保健（或稱看診服務）支出，平均佔其醫療照護總支出的6.8%。²⁴

假設36個OECD成員國大致上皆適用此一比例，則可得出這些國家2016年的一般基礎保健總支出為4,500億美元左右。如果再將用於專科醫師諮詢服務的開支列入計算，那麼OECD所有國家用於看診服務的總支出將超過5,000億美元；此數字或多或少與使用方法一所得出的數據一致。

若將各國的醫療照護支出百分比乘以其GDP，換算成實際金額後彼此相加，便可推算出36個OECD國家的醫療照護總支出為6.6兆美元。

部分非OECD國家也擁有每年患者看診次數的相關數據。例如，巴西在2017年每人的年平均求診次數為2.8次。若以巴西超過2.12億的人口計算，則該國醫師的看診總次數逼近6億次。²⁵即使假設每次看診費用僅為25美元，這也意味著全球相關市場的規模將可望再向上增加150億美元。儘管目前缺乏針對俄羅斯、中國和印度等大型市場的相關資料，但在這些國家中，即使每人每年只求診一、兩次，其看診市場的規模也會高達數十億次。簡而言之，據估計，全球每年的醫師看診市場不僅逼近120億人次，且看診服務的總價值高達約7,000億美元。

結論

儘管未來視訊看診的使用率未必會停留在疫情期間的水平，但幾乎可以肯定該活動不會返回疫情爆發前的1%佔比。有證據表明，許多護理人員都同意上述看法：美國2020年夏季的醫療照護專業人員網路研討會中調查發現，僅5%的受訪者預期線上看診活動會恢復到疫情爆發前的水準。²⁶

而線上看診有望持續延續的重要原因之一，便在於患者對於此類服務的偏好。近期的一項調查指出，近半數的美國人表示，自己更青睞提供電話或網路會議諮詢服務的醫療照護專業人員。²⁷再者，線上看診服務往往更具效率，可將看診時間縮短約20%，²⁸並減少患者等待專科門診的時間（疫情前的研究指出，透過線上諮詢的方式，患者在紐約市等待專科醫師諮詢的時間中位數下降了50%，而在舊金山則下降了75%）。²⁹此外，患者也無須舟車勞頓往返於醫師所在地，民眾甚至認為線上看診是較安全的做法。³⁰若視訊看診服務能在便利性之外讓為患者創造價值，那麼其採用率將可望隨時間推移而向上成長。

然而，仍有部分患者認為視訊看診無法與醫師實體面對面看診相提並論。2020年4月的一項調查發現，66%的受訪者認為醫師或護士需親自對其身體進行檢查，以了解實際的醫療需求。而56%的受訪者則認為，從視訊看診中獲得的護理品質、價值，並不如醫師實體看診來得高。³¹

從更廣泛的角度來看，儘管許多患者、醫療專業人員、保險公司和監管機構偏好視訊看診服務，但若欲使其採用率高於疫情期間的水平，則需要的不僅僅是部分利害關係人的贊同，而是更多或甚至全體相關人士的支持。醫療照護供應商和醫療照護生態系統，已將視訊看診和其他類型的線上醫療服務視為實體照護方案的替代途徑。而為了使相關服務進一步演變為「新常態」，除了需將視訊看診服務定位為照護管理不可或缺的一環之外，也需確保該服務能夠有效降低照護總成本。

此外，為適應新的醫療照護模式，醫師和醫療專業人員仍需繼續學習如何善用視訊科技，並調整自身於視訊看診過程中的作為。例如，醫療照護人員需調整其學習和培訓的方式，以便從臨床禮儀 (bedside manner) 轉向以「線上」禮儀 (“webside” manner) 為主的服務模式。此外，也應善用穿戴式裝置和「近距傳感裝置」(nearables，或稱智慧物品，即帶有小型無線運算設備的日常用品)，以及更普遍的團隊解決方案，來為患者提供更主動的照護，並同時滿足照護人員的需求。

而在保險公司扮演著關鍵角色的市場中，保險業者和政府是否願意繼續為視訊看診提供補貼，將會對該服務的發展產生舉足輕重的影響。從過去的情況來看，許多保險公司並未為線上看診活動支付與患者親自就診相同的費率（或者完全未給付）。然而，新冠疫情再次促使該形勢發生了轉變。在疫情肆虐之下，許多美國保險業者和美國聯邦醫療保險和補助服務中心 (US Center for Medicare and Medicaid Services) 放寬了有關線上看診補貼的規定。美國一項分析顯示，2019年3月提交的醫療索賠案件中，僅0.2%與遠距醫療有關；但到了2020年3月，該數據卻上升至7.5%。³²在2020年新冠疫情加劇前的一份調查中，三分之二的醫療專業人士認為，「有利於加速（線上醫療服務應用）的做法包括：克服如許可證限制、執業場所給付不平等法規障礙，同時採行有助於獎勵優質醫療成果的給付方式。」³³

在與線上醫療有關的投資及併購活動方面，投資者和企業有望觀察到更高水準的投資金額。事實上，2020年前兩季全球用於醫療創新的資金，較2019年同期數據上升了19%，並達到創紀錄的91億美元。³⁴ 2020年8月，美國遠距醫療公司Teladoc更斥資185億美元，收購了慢性疾病數位管理公司Livongo，使兩家遠距醫療產業的領導企業合為一體。³⁵儘管相關併購活動的交易規模未必如同上述案例一般高額，但仍有可能出現更多的遠距醫療併購案。

視訊看診服務的發展也可能為其他產業帶來影響。例如，在廣泛提供線上醫療服務方面，電信業者將發揮至關重要的作用。儘管美國人口中，有90%的成年人和73%的65歲以上族群都享有連網服務，但為了普及視訊看診服務，這兩項數字勢必得再向上提升。就其他已開發國家而言，連網人口的比例與上述數據大致相似，但在開發中國家和全球農村地區則明顯偏低。

此外，生產醫療監測相關科技產品的產業將有望從視訊看診的成長中受益。舉例而言，雖然智慧手錶的銷售額在2020年下降至250億美元，但到了2024年，隨著其在醫療應用中的使用機會逐漸增加，其銷售額預計將回升至640億美元。³⁶此發展將進而推動醫療照護產業的變革：智慧手錶等穿戴式裝置有望在未來五年內使醫院的成本降低16%。³⁷不過，穿戴式裝置在使用上也需注意其適用性。例如，美國食品藥物管理局 (Food and Drug Administration) 核准的Apple Watch手腕穿戴式裝置，雖然在監測心房顫動患者的健康狀況方面十分有用，但如果想在假定健康的人群中篩查患有此疾病的患者，卻因偽陽性率過高而派不上用場。³⁸

如今，大概沒有人還會期望醫師手提黑色工具包登門提供醫療服務。然而，視訊看診技術讓患者可以再次在家中接受醫療照護。儘管該技術可能永遠無法完全取代實體的醫療諮詢模式，但隨著時間的推移，對於適合採用相關技術的場合而言，視訊看診服務將可望在普及度和可接受度上，如同現在去診所求診般稀鬆平常。

Endnotes

1. Benjamin Mueller, "Telemedicine arrives in the U.K.: '10 years of change in one week,'" *New York Times*, April 4, 2020.
2. Assistant Secretary for Planning and Evaluation, "Medicare beneficiary use of telehealth visits: Early data from the start of the COVID-19 pandemic," July 28, 2020.
3. Office of Public and Intergovernmental Affairs, "VA Video Connect visits increase 1000% during COVID-19 pandemic," U.S. Department of Veterans Affairs, June 12, 2020.
4. *Connexion*, "Covid-19 sparks rise in online GP services in France," March 6, 2020.
5. Amina Zafar, "Many Canadians used virtual medical care during COVID-19, poll suggests," CBC, June 8, 2020.
6. Daily Chronicle, "Astonishing growth in telehealth virtual visits market which is growing exponentially with the major key players in the market within the forecast period 2020-2027," August 28, 2020.
7. Kavita Joshi and Onkar Sumant, *Home and medical equipment market*, Allied Market Research, March 2020.
8. Mueller, "Telemedicine arrives in the U.K."
9. Ibid.
10. Jill J. Ashman, Pinyao Rui, and Titilayo Okeyode, "Characteristics of office-based physician visits, 2016," NCHS Data Brief No. 331, Centers of Disease Control and Prevention, January 2019.
11. Lancaster University, "Why some older people are rejecting digital technologies," Science Daily, March 12, 2018.
12. Pew Research Center, "Internet/broadband fact sheet," June 12, 2019.
13. Federal Communications Commission, *2019 Broadband deployment report*, May 29, 2019.
14. Karen Taylor, Bill Hall, and Sara Siegel, *Digital transformation: Shaping the future of European Healthcare*, Deloitte, September 2020.
15. Alex Schulte, Melissa Majerol, and Jessica Nadler, *Narrowing the rural-urban health divide: Bringing virtual health to rural communities*, Deloitte Insights, November 27, 2019.
16. David Jarvis, Mark Casey, and Craig Wigginton, *High speed from low orbit: A broadband revolution or a bunch of space junk?—TMT Predictions 2020*, Deloitte Insights, December 9, 2019.
17. AT&T Business, "5 ways 5G will transform healthcare: Improving patient experience with personalized, preventative care," accessed September 28, 2020.
18. Sukhbir Cheema, "Videocalling is the 'new normal' and it's all because of coronavirus," Mashable SE Asia, accessed September 28, 2020.
19. Howard S. Friedman, "Nonverbal communication between patients and medical practitioners," *Journal of Social Sciences* 35, no. 1 (1979): pp. 82–99.
20. "This indicator presents data on the number of consultations patients have with doctors in a given year. Consultations with doctors can take place in doctors' offices or clinics, in hospital outpatient departments, or, in some cases, in patients' own homes. Consultations with doctors refer to the number of contacts with physicians, both generalists and specialists. There are variations across countries in the coverage of different types of consultations, notably in outpatient departments of hospitals. The data come from administrative sources or surveys, depending on the country. This indicator is measured per capita." See: OECD, "Data: Doctors' consultations," accessed September 28, 2020.

21. The weighted average cost is weighted by the number of annual visits per country times the price per visit paid in that country.
22. The World Bank, "GDP (current US\$)," accessed September 28, 2020.
23. OECD, "OECD health statistics 2020," July 1, 2020.
24. OECD, "Primary care," accessed September 28, 2020.
25. The Commonwealth Fund, "Average annual number of physician visits per capita, 2017," accessed September 28, 2020.
26. Edward Worthington, "The future of telehealth and telemedicine," Alpha Sense, accessed September 28, 2020.
27. KlickHealth, "Patients prefer physicians who offer telemedicine during COVID-19 and beyond, says new Everyday Health and Klick Health research," August 6, 2020.
28. Jake DiBattista, "Is there a real time advantage to telemedicine?," MiraMed, accessed September 28, 2020.
29. Brooke LeVasseur, "How telehealth and econsults are reducing patient wait times," Patient Safety & Quality Healthcare, November 14, 2019.
30. Jacob E. Simmering et al., "Are well-child visits a risk factor for subsequent influenza-like illness visits?," *Infection Control and Hospital Epidemiology* 35, no. 3 (2014): pp. 251–6.
31. David Betts, Leslie Korenda, and Shane Giuliani, *Are consumers already living the future of health? Key trends in agency, virtual health, remote monitoring, and data-sharing*, Deloitte Insights, August 13, 2020.
32. Worthington, "The future of telehealth and telemedicine."
33. Bill Fera, Casey Korba, and Maulesh Shukla, *The future of virtual health: Executives see industrywide investments on the horizon*, Deloitte Insights, April 30, 2020.
34. StartUp Health, "StartUp Health's 2020 midyear funding report shows a robust, diversified health innovation market," July 1, 2020.
35. Tom Murphy, "Telemedicine provider Teladoc to spend \$18.5B on Livongo," Associated Press, August 5, 2020.
36. GlobalData, "Wearable tech market set to grow 137% by 2024 but smartwatches to see a 10% decline in revenue this year due to shipment delays and tighter consumer wallets, says GlobalData," August 13, 2020.
37. Alexandro Pando, "Wearable health technologies and their impact on the health industry," *Forbes*, May 2, 2019.
38. Mark Terry, "Apple Watch atrial fibrillation study has high rate of false positives," Bio Space, March 18, 2019. Apple Watch is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries. *TMT Predictions 2021* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc.

聯絡我們

勤業眾信高科技、媒體及電信產業服務團隊

陳明輝 會計師 Gordon Chen

高科技產業負責人

gordonchen@deloitte.com.tw

潘家涓 執行副總經理 Maggie Pan

財務顧問服務

mpan@deloitte.com.tw

溫紹群 執行副總經理 Rick Wen

電信、媒體與娛樂產業負責人

rickswen@deloitte.com.tw

李惠先 會計師 Susan Lee

稅務服務

susanhlee@deloitte.com.tw

吳佳翰 執行副總經理 Chia-han Wu

風險諮詢服務

chiahwu@deloitte.com.tw

陳宥嘉 會計師 Arthur Chen

稅務服務

arthurychen@deloitte.com.tw

林彥良 執行副總經理 Max Lin

風險諮詢服務

maxylin@deloitte.com.tw

鄭興 執行副總經理 Benson Cheng

管理顧問服務

bensonhcheng@deloitte.com.tw

專案聯絡

方瑋如 Betty Fang

高科技、媒體及電信產業專案主任

befang@deloitte.com.tw

張竣庭 Joseph Jang

高科技、媒體及電信產業專員

josjang@deloitte.com.tw

Deloitte.

Insights

Sign up for Deloitte Insights updates at www.deloitte.com/insights.



Follow @DeloitteInsight

Deloitte Insights contributors

Editorial: Junko Kaji, Preetha Devan, Nairita Gangopadhyay, Rupesh Bhat, Abrar Khan, Sayanika Bordoloi, and Aparna Prusty

Creative: Kevin Weier, Jaime Austin, Govindh Raj, Tushar Barman, and Swagata Samanta

Promotion: Alexandra Kawecki

Cover artwork: Christian Gralingen

About Deloitte

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms, and their related entities (collectively, the “Deloitte organization”). DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) and each of its member firms and related entities are legally separate and independent entities, which cannot obligate or bind each other in respect of third parties. DTTL and each DTTL member firm and related entity is liable only for its own acts and omissions, and not those of each other. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.com/about to learn more.

About this publication

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms or their related entities (collectively, the “Deloitte organization”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser.

No representations, warranties or undertakings (express or implied) are given as to the accuracy or completeness of the information in this communication, and none of DTTL, its member firms, related entities, employees or agents shall be liable or responsible for any loss or damage whatsoever arising directly or indirectly in connection with any person relying on this communication. DTTL and each of its member firms, and their related entities, are legally separate and independent entities.

© 2020. For information, contact Deloitte Global.



Deloitte 泛指 Deloitte Touche Tohmatsu Limited (簡稱“DTTL”), 以及其一家或多家會員所及其相關實體。DTTL 全球每一個會員所及其相關實體均為具有獨立法律地位之個別法律實體, DTTL 並不向客戶提供服務。請參閱 www.deloitte.com/about 了解更多。

Deloitte 亞太 (Deloitte AP) 是一家私人擔保有限公司, 也是 DTTL 的一家會員所。Deloitte 亞太及其相關實體的成員, 皆為具有獨立法律地位之個別法律實體, 提供來自100多個城市的服務, 包括: 奧克蘭、曼谷、北京、河內、香港、雅加達、吉隆坡、馬尼拉、墨爾本、大阪、首爾、上海、新加坡、雪梨、台北和東京。

本出版物係依一般性資訊編寫而成, 僅供讀者參考之用。Deloitte 及其會員所與關聯機構 (統稱“Deloitte 聯盟”) 不因本出版物而被視為對任何人提供專業意見或服務。在做成任何決定或採取任何有可能影響企業財務或企業本身的行動前, 請先諮詢專業顧問。對信賴本出版物而導致損失之任何人, Deloitte 聯盟之任一個體均不對其損失負任何責任。

© 2021 勤業眾信版權所有 保留一切權利

