

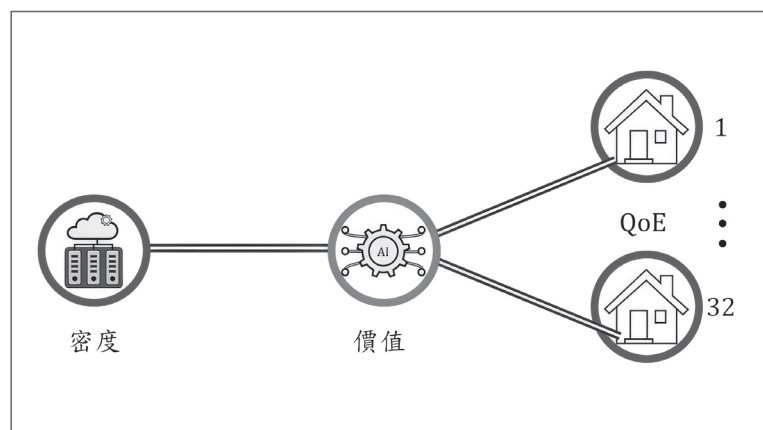
AI和光纖相輔相成（下）

交通部中華技術服務社 顧問 劉時淼老師
兼台灣區電信工程工業同業公會 技術諮詢顧問

三、AI光纖帶來的衝擊：密度、價值、和體驗

前面提到在AI領域有三個地方需要光纖：數據中心、網路、和AI光纖到府。現有的基礎數位網路必須將光纖從核心(數據中心)涵蓋到網路邊際，傳輸速率及使用頻寬必須大幅昇級，確保家庭或企業高效無縫的連接AI世界，才能因應AI發展。因此，光纖的佈建密度對AI的發展至關重要！

1. AI光纖網路和數據中心的密度：無論AI引擎在雲端或任何地方處理大量資料時，那個地方必須光纖到位，資料才能即時傳輸且造成信號損失或延遲最小。
2. AI傳輸和接取網路：當為了即時蒐集並高效處理數據和低延遲傳輸，數據中心必須靠近網路，網路邊緣的端點會充當分配節點，確保資料透過FTTH傳送到客戶。這就是接取網路的價值！包含：AI管理的網路服務、「AI代理」、雲端入口網站、軟體、與服務人員協同工作，創建智慧網路卓越的QoS和QoE。
3. AI光纖到府：AI光纖藉由光纖網路連接AI家庭，提供網路連接。無論是遠距醫療、智慧助理、家庭自動化還是AI化的娛樂，光纖都能為這些「AI應用」提供卓越的QoE



圖四 密度、價值、與體驗



。神奇的是，光纖家庭利用Gigabyte等級的光通路，利用上行數據，再利用下行數據反饋到自己的AI個人模型，不斷的學習。

四、再深入探討AI數據中心、密集AI光纖、及AI光纖到府：

1. AI數據中心

- a. 三合一價值(Triad of Value)¹：AI數據中心需要高效率、有彈性、智慧化的管理。AI數據中心的實體一直在光纖、電源、和處理器/GPU晶片的「密度」打轉。當電源和晶片出現供貨危機或其他政治因素而短缺時，光纖仍可透過“雲”整合資訊傳輸到網路彌補這一缺口。
- b. 光纖密集：AI的不斷成長。在消費、企業、和各行業市場開創新應用程序的需求，帶動更多頻寬需求和連接，光纖的連接也跟著成長。康寧光纖公司說：未來大型語言模型(LLMs)的AI應用需要光纖的量是當下架構規模的五倍。

2. 從AI光纖在網路和數據中心的角度來看，下列幾個面向值得關注：

- a. 數據中心互連是AI發展的必然：速率和擴充性並非AI資料傳輸的唯一挑戰，如何讓使用者容易接取才重要！電信業者和設備供應商將建立新的AI光纖連接方法，包括數據中心之間的骨幹或長途連接，以及網路邊緣光纖末端客戶的接取。
- b. 空間優化：生成AI與圖形處理器叢集(GPU Cluster)必須互連才能滿足大量且密集的資料處理，AI才得以持續的演進。理想的AI數據中心可能需要比傳統網路多十倍的線路。在此情況下，只有光纖才可能在侷限的空間內發揮高效的傳輸性能。
- c. 速度、規模、和彈性：隨著頻寬需求的成長，網路部署必須快速和維持可擴充性。為了提高資料處理能力，光纖鏈路的結構化佈線(綜合佈線)，電纜和光纖間配合也很重要。正確的設計可降低信號的比次錯誤率，並促進了大型網路的連接。
- d. 被動化(Passiveness)：要滿足高速率的大數據資訊，網路結點必須全面使用被動元件，形成被動光網路(Passive Optical Network, PON)，結點不得有一丁點的電信號介入，因為光電轉換的時間會造成網路傳輸延遲。為了提高資料處理能力，光纖網路的佈建可採網狀、星狀、網星狀混合、或環狀建置，必要時使用交接方式增加光纖的調度靈活性。

3. 電力對數據中心和AI光纖的影響

AI在三、五年內建設新廠需要百萬瓦的電力。從發展的角度看，電力會是個限制，光纖卻會因電力的限制而成長。

¹ “The Value Triad”，三合一價值：增加營收、降低成本、情感獻出(Revenue Gain, Cost Reduction, and Emotional Contribution)



- a. 在電力方面：配合密集的AI數據中心，以AI光纖為主導地位，既有的供電方式必須配合改變：此改變不只是一種演變，也是一種對數據中心和光纖產業的革命。

數據中心應該擺在最容易接取AI光纖的位置而不是電源。以往，數據中心建置地點是選在電力基礎設施附近或供電方便的地方，然後光纖再跟上來建設。然而，AI運作電力供應放在數據中心附近，即模組化直流電力系統應附屬於數據中心。讓數據中心靠近光纖網路獲取最佳接取點為優先，成為一種新標準。這種想法完全顛覆了傳統以電力為中心的思維，對光纖業的影響很直接。網路的建設以提供服務給客戶為導向，電力是“幫助網路”提供服務給客戶。

4. 晶片對數據中心和AI光纖的影響

GPU執行快速又密集的計算，大量資料必須快速傳輸才能滿足運算需求，AI晶片和光纖網路的共生關係越來越緊密。

- a. 「AI應用」程式使用LLMs、海量數據、或檢索擴增資料(Retrieval-Augmented Generation, RAG)²，跨數據中心高速的資料傳輸的需求不斷，成為學習的常態，只有光纖可以促進AI晶片與數據中心內其他組件快速溝通。
- b. 此外，晶片處理和記憶體前後文的對應產生大量的AI負載需要傳輸，迫使連接數據中心的傳輸網路架構必須光纖化，以先進的佈線方式因應更複雜、更高階的「AI應用」程式的部署。

肆、AI光纖網路

光纖網路的營運目標是降低網路成本、增加營收、留住客戶。換句話說，健康的財務和穩健運營可以在中長期內產生更大的利潤³，而「AI代理」可以極大化這些利潤。不過，網路本身必須可靠、可用、且可擴充，光纖網路確實有這些條件。「AI代理」不但會強化這些性質，同時可以處理有線和無線網路整合後增加的複雜性，讓網路發揮更大的價值。

一、傳統機器學習：

LLM驅動「生成式AI」的深度學習固然很重要，機器學習(ML)在網路營運的成本效益中則扮演關鍵的角色，因為下一代AI LLM的網路效能就是靠ML的基礎訂出標準。但是ML的服務和支援之間仍有一個缺口，「AI代理」可以彌補此一缺口，隨著「推理模

2 RAG (Retrieval-Augmented Generation)是一種自然語言處理模型，結合了檢索(Retrieval)和生成(Generation)的技術，中文稱為“檢索擴增生成資料”。使用檢索模組從大量資料中提取相關訊息，再將這些訊息融入生成模型中，生成更準確和豐富的答案或內容。這種結合使模型能夠更能理解問題並生成更有意義的答案，是自然語言理解和生成領域的一個前緣技術。

3 「稅前息前折舊攤銷前的獲利(EBITDA)」：Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization)。EBITDA 是用來評估公司核心獲利能力的指標，與公司營業沒有直接關係的項目都刪除了(利息、稅務、折舊、和攤銷)，更可以看到公司主要業務的賺錢能力，通常也會與營業現金流(透過公司本身營運實際流入的現金)比較接近。



型」和「自主決策應用」的成長，ML將會直接過渡到AI代理。

二、展望更智慧的AI網路：

Futurum Group 2024年9月的最新報告，「光纖和AI：唇齒相依(Meant for Each Other)」⁴，介紹了自然語言處理(NLP)如何以自然的對話方式理解和參與人類語言。「生成式AI」聊天機器人無需廣泛的技術專業知識，可是需要頻寬，而這頻寬就在光纖裡。

三、虛擬化⁵：

虛擬化是未來的關鍵。使用雲端原生編排(Cloud Native Orchestration)⁶來提供非接觸式即時服務管理，確保用戶服務的個性化，並機動的調整網路規模，從而節省帶寬和系統的容量。

「AI代理」可透過預測和即時監控分析大量數據，機動分配資源，確保服務品質滿足用戶需求，隨著光纖進入這個虛實領域，把網路虛擬化的優點發揮到極致。

四、AI代理：

「AI代理」在網路管理和服務支援的工作，可以「自主執行任務」並能夠在環境變化的情況下「制定計劃」和「設定政策方向」及「目標」，以最少的人為干預進行操作。「生成式AI」和「對話式AI」可以處理日常業務，如計費、技術支援、和帳戶管理，提供即時服務、24/7運作。萬一網路障礙，使用客戶資料和前後情境可以快速且準確的通報。電信業者必須重新評估網路工作流程。

五、「AI光纖代理」可為光纖網路做更多事：

AI光纖代理深度的分析網路數據來優化能源、安全性、提高網路規劃水平，通過創造、執行、收集週遭的反饋，規劃下次任務，實現目標。系統學習模型(System Learning Models, SLM)用推理和規劃使AI光纖代理更有效率和迅速回應。

「AI光纖代理」在網路頂層的應用範例包括：

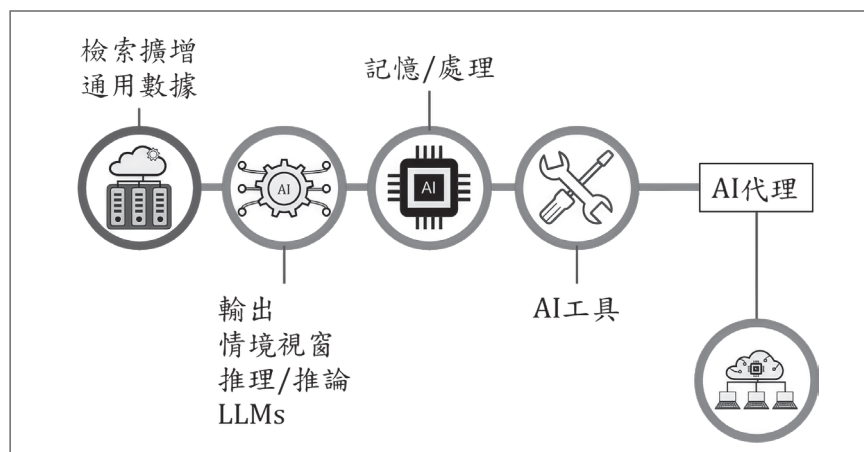
4. “Fiber and AI, AI and Fiber: Meant for Each Other - Sept. 2024”, <https://futurumgroup.com/press-release/fiber-and-ai-ai-and-fiber-meant-for-each-other-sept-2024/>
5. 虛擬化是創建實際技術的虛擬版本，例如作業系統(OS)、伺服器、儲存裝置或網路資源。虛擬化使用模擬硬體功能的軟體來建立虛擬系統。這種做法可讓IT人員在單一伺服器上執行多個作業系統、多個虛擬系統、和各種應用程式。虛擬化的好處是提高效率和規模經濟。作業系統虛擬化使用軟體，使硬體能夠同時執行多個作業系統映像。這技術幾十年前就開始在大型機上，以節省昂貴的處理能力。
6. 虛擬化是創建實際技術的虛擬版本，例如作業系統(OS)、伺服器、儲存裝置或網路資源。虛擬化使用模擬硬體功能的軟體來建立虛擬系統。這種做法可讓IT人員在單一伺服器上執行多個作業系統、多個虛擬系統、和各種應用程式。虛擬化的好處是提高效率和規模經濟。作業系統虛擬化使用軟體，使硬體能夠同時執行多個作業系統映像。這技術幾十年前就開始在大型機上，以節省昂貴的處理能力。

1. 網路效能指標：分析訊號強度、延遲、和錯誤率以識別問題。
2. 分析網路模式：使用“前後情境持續性”分析資料，預測未來需求並優化容量。
3. 自動網路恢復：在光纖中斷的情況下將流量自動化分流，以最大限度降低服務中斷的風險。

把「AI光纖代理」當成團隊成員，可做網路監控代理、客戶支援代理、預測性維護代理、數據分析代理、資源優化代理、現場技術人員代理、安全代理…等工作。

六、使「AI代理」有效化的步驟：

用「AI代理」選擇網路數據集並從網路傳感器收集信息，從光纖網路設備(例如OLT、ONT、W-Fi路由器)收集SNMP⁷數據，然後輸入到“那個能夠產生結果的模型”進行一系列學習，最後用在網路中。「AI代理」可以當成一個“網路自動化流程機器人”——實際學習和做出決策，不斷監控和改善流程，提高準確性和效率。



圖五 AI代理有效化

「AI代理」對通信網路造成下列影響：

模型訓練使用深度「學習」和「學習監督」模組來預測網路效能和使用者行為，並由AI代理預先資料處理和參數調整。一旦訓練完畢，這些模組就被用於即時網路監控和預測分析，提醒電信業者注意網路異常以及對常見問題自動回應，並提出可行建議。

工作流程是個“回饋循環”，根據新數據和使用者回饋進行改進，從而增強使用者體驗和網路效能。在收集回饋改善的過程中，AI代理發揮著至關重要的作用。

伍、AI光纖到府

光纖到府正在AI化。許多家庭的速率將會昇級到Gbps（過去是Mbps），在這速率下多

7. 簡單網路管理協定(SNMP, Simple Network Management Protocol)是網際網路協定族的一部分。由一組網管標準組成，包含一個應用層協定(Application Layer Protocol)、資料庫模式(Database Schema)，和一組資料物件。能夠支援網路管理系統，監測連接到網路上的裝置是否有任何引起管理上的問題。



種設備和應用有發揮功能的空間。光纖網路經營希望減少用戶流失並提昇每用戶平均收入，而AI的體驗正是實現這目標最好手段。隨著社經活動的演進，AI光纖不只是實體的電信網路，而是和語言思維繫在一起的軟體管道。於是，光纖到府會有下列幾個面象：

一、AI光纖到府會是：

1. 大頻寬：「AI應用」程式需要大頻寬和低延遲通信，包括傳統機器學習、數據分析、和物聯網(IoT)設備，電信公司不得不把通信頻寬昇級以處理大量的資料傳輸。
2. 上行(從用戶回到機房)比下行重要：從某種意義來講，隨著客戶透過上行電路提供數據模型，AI則利用「超學習」和「前後連貫資料」建立「超個人化持續情境」，家庭將成為“個性化模型”的AI創建中心。
3. 網路對家庭的重要性增加：「AI代理」預測網路流量可以防止擁塞，確保順暢的連網，使AI光纖家庭的網路串流更流暢、下載更快、並提高整體效能。最重要的是AI光纖用戶如何與模型溝通，或與需要使用文本、視頻、成像、和語法組合的「多模組應用程序」進行溝通。
4. 是生活也是行銷平台：食、衣、住、行、育、樂透過AI光纖，AI程式可以導引出與客戶的個人化客服業務。利用公開信息、互動數據資料、和深度學習AI流程，通過介面與每一客戶互動並提供建議或行銷。電信業者已經開始自動化客戶關係管理(CRM)系統，同時透過AI光纖到戶行銷，例如Salesforce的Agent force平台。

二、以傳統光纖到府為基礎：

FBA⁸最近一篇「在互聯家庭中尋找更多獲利機會(Finding More Monetization Opportunities in the Connected Home)⁹」文中指出連網家庭市場的機會更大，例如以人工智能提供優質的智慧家庭功能、在數據中分析找到見解、在智慧家庭生態系統中建立整合、提供維護和支援、以及針對用戶銷售數據丟出廣告的可行性，這些運作都可以細水長流。

三、體驗品質(Quality of Experience)：

從家裡到數據中心的程式主機，網路連線和寬頻服務無縫接軌，提供網路端對端的體驗品質。AI藉著“善體人意”的應用程式推出新的服務，為客戶找出個性化的服務，恪遵QoE和QoS指標以維持網路和客戶間的親密度及粘著度。

8. 光纖寬頻協會(The Fiber Broadband Association, FBA)，美國Washington, DC，是一個促進光纖光態系統中寬頻佈建及提昇世界各地通信品質的一個組織。

9. <https://fiberbroadband.org/2024/12/03/finding-more-monetization-opportunities-in-the-connected-home/>



四、融合(Convergence)：

敏感電信業者早就意識到，要和使用者維持最佳關係除了頻寬之外，還要知道他們在那裡？想什麼？用什麼設備？隨著無線和有線的融合，AI光纖家庭的用戶不斷的提供生活資訊，AI則不停的學習回饋，兩者全然的融合成一個學習和成長的共同體。

AI光纖的應用無可限量，「AI應用」的通信需求就是光纖的亮點。隨著數位家庭中越來越多的設備AI化，數據的蒐集和共享、AI的學習、及QoE，三者之間的關係相當密切。

五、連網和AI光纖的強大結合：

寬頻、平等接取、和AI光纖到府讓普羅大眾可以平等的接取AI資訊，解決數位落差。台灣NCC近年規定新建築必須引進光纖，2025年更進一步展開一場「藉由電信網路光纖化促進建築智慧化的研究」，準備讓民眾更有機會接取未來AI化的網路服務，為全國各地提供高速率互聯網，進而促進經濟發展、教育機會、和改善醫療保健服務。

六、AI機器會說任何語言或進行交流，不懂電腦的民眾也可以和AI溝通，享受AI帶來的好處。由於AI光纖的上行速率在Gbps以上，連線的個人都是AI模型的學習對象，進而對連線的使用者個人化。於是我們獲得所要的資訊，了解如何充實並改善生活，增加知識，把錢花在刀口上，做到真正為民眾服務—所有這些都因AI光纖到家。

