



AI和光纖相輔相成（上）

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

前言、什麼是人工智慧？

AI有兩個很重要的項目：「AI應用」及「AI代理」。先知道它們是什麼，才能瞭解光纖對它們的重要性。

一、「AI應用」常見於下列領域：

1. 商業：資料蒐集、資料分析、資料視覺化、決策；
2. 醫療照護：疾病診斷、療法開發、個人化照護；
3. 教育：個人化學習、提昇學員參與度、行政作業自動化；
4. 金融業：偵測風險和詐欺行為、提供個人化建議、文件處理；
5. 製造業：提昇作業效率、提高工作績效、改善品質；
6. 其他行業零售業、交通運輸業、能源業、政府機關、…。

「AI應用」包括：

1. 自然語言處理(NLP)：讓電腦理解並生成人類語言，例如機器翻譯、垃圾郵件篩選、和情緒分析。
2. 電腦視覺：讓電腦辨識及解讀影像內容，例如自動駕駛汽車、臉部辨識、和物體偵測。
3. 機器學習(ML)：讓電腦從資料中學習，並逐步改善其效能，例如預測分析、詐欺偵測、和推薦系統。
4. 機器人：是AI的分支，專門處理機器人的設計、建造、和操作，例如製造、醫療保健、和太空探索。



二、AI代理：

可以做到自行決策、解決問題、與外部環境互動、和執行操作。使用先進的自然語言處理技術，即「大型語言模型(Large Language Model, LLM)」，來逐步理解和回應使用者輸入，並確定何時使用外部工具。儘管AI代理可以自主決策，但需要“人”為它們定義目標和規則。

「AI代理」有不同級別的功能，從最簡單到最高級有5種代理類型：

1. 簡單反射代理(Simple Reflex Agents)

這是最簡單的代理形式。其運作建立在感知的基礎上，不保留任何記憶體，僅根據一組預先編程的執行與滿足條件動作。如果缺少資訊，它也不會與其他代理程式互動。

2. 模組反射型代理(Model-based Reflex Agents)

利用模組內既有的感知和記憶運作。當代理程式繼續接收新資訊時，模型會更新。代理行為取決於模型、反射、以前的感知(Perceptions)、和當前狀態。

此代理可以將資訊儲存在記憶體中。能夠在「局部可觀察和變化」的環境中運作，但其他的限制仍在。例如機器人吸塵器，當它清潔骯髒的房間時，它會感應家具障礙物並調整其路徑，把已經清潔過的區域的模型儲存起來，以免陷入重複清潔的循環中。

3. 目標型代理(Goal-based Agents)

其內部有一個模型也有一個或一組目標，會搜尋達到目標的一序列動作，在採取行動之前編列這些動作。例如，導航系統為什麼會自主的為您找到更快的路線？是因為你到達目的地的幾條路線中，AI代理的程式條和動作規則幫你指出其中較快的。

4. 效用型代理(Utility-based Agents)

此類代理在達成目標後，進一步的引入「效用」概念，綜合考量安全性、效率、成本、與用戶體驗等多重因素，評估各種方案選項的利與弊，選擇能帶來最大效益的策略。例如，導航系統可以用燃油效率最佳化，同時以行車時間和通行費最少的條件來選擇路線。

5. 學習代理(Learning Agents)

此代理程式與其他類型代理相同的功能，但其學習能力很獨特。新的體驗會自動的增加至初始知識庫，增強了AI在陌生環境中操作的能力。學習能力由四個元素組成：

- 從環境的感知和傳感器傳來的資訊中學習，提高代理知識。
- 針對品質是否符合效能標準做出回應並提供回饋意見。
- 在學習中採取有效能的動作或因應。
- 此模組對即將採取的對策找出各式各樣的問題。

例如電子商務網站的個性化推薦。學習代理在記憶中追蹤使用者的活動和偏好，向使用者推薦某些產品和服務。學習中持續儲存用戶的活動，代理程式隨著時間的累積用戶個性資訊後提高其準確性。



壹、AI與光纖

AI的功能取決於進階應用程式能否快速處理大規模資料，例如執行影像辨識、處理自然語言、分析和預測等任務。AI系統的「機器學習演算法」依靠連續進來的數據流提高其準確性。譬如，在自動駕駛汽車和金融演算等即時環境中，AI必須即時處理進來的信息並快速轉換資料，以防止延遲可能導致的不準確。大數據在訓練AI模型也很重要，因為數據可用性越高，預測準確性越高。

一、用光纖支援AI基礎設施

光纖是AI的發展的關鍵。利用光纖的高頻寬、低延遲、和可擴充的傳輸特性來處理大型資料集和即時跨領域應用，快速的傳輸連接，可以大幅提高AI演算法的性能。AI技術因光纖而得以發展到極致，創造出以資料為中心的世界。

- 滿足數據需求的大頻寬：尤其是那些利用機器學習的AI系統，需要大量資料集來進行高效率的訓練和操作。光纖能夠高速傳輸大量數據，讓伺服器、資料中心和AI處理單元之間的資料近乎縫接軌的傳輸，使AI系統能夠不間斷地深度學習、模式識別、和即時分析等任務。
- 即時應用的低延遲：低延遲對於需要「立即決策」的場景至關重要，例如自動駕駛汽車、機器人自動化、和金融交易。“延遲”是指AI資料在起始點傳到終端目標所需的時間，即使慢了一點點也會對AI效能產生負面影響。光纖的低延遲特性能夠“幾乎即時”把資料傳輸。這種快速的數據轉換促進了AI模型學習和適應所需的快速回饋循環，使AI模型做出即時決策。
- 可擴充性：AI技術的不斷進步，要處理和儲存的資料數據也隨之增加，這時系統“擴充性”就顯得重要。無論是增強處理能力還是添加額外的伺服器，這些龐大的資料集需要強大的基礎設施傳遞。光纖可以擴充以滿足這些需求。透過光纖，AI的潛力可以充分釋放，讓AI應用可以不所推陳出新。沒有光纖，AI系統不可能正常運作。

二、數據中心的光纖網路

AI系統裡有一個叫“圖形處理器(Graphics Processing Unit, GPU)”的元件，又稱顯示核心、視覺處理器、顯示晶片、或圖形晶片(Graphics Chip)，是一種專門執行繪圖運算工作的微處理器。

以人腦而言，20,000個GPU的概念可以很清標，但光通信連接10,000,000,000個GPU來執行智慧任務是什麼概念…很難想像。

讓我們從較小的配置，逐漸擴大到由數千個GPU建立的GPU叢集。以NVIDIA(英偉達

)¹高性能計算(High-Performance Computing, HPC)網絡設計指南為例，大型的GPU集群建立是透過“可擴展的256個GPU較小單元(Pod)”來構建，每個Pod由8個電腦機架和中間2個網路機架組成。這些Pod內部和之間的連接是通過一種叫做“InfiniBand” 高速率、低延遲交換協議建立，如英偉達的Quantum-2交換機。

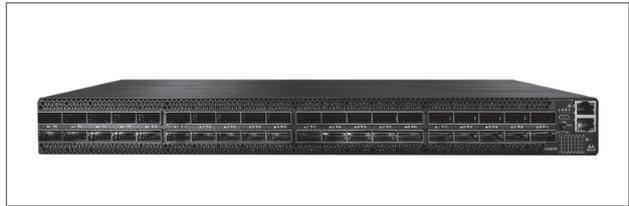


圖1 英偉達Quantum-2交換機

目前的InfiniBand交換器採用800G OSFP²端口，採用雙400G“次資料速率(Next Data Rate, NDR)”連接埠。此配置每個埠使用8根光纖，每個交換機有64400G埠。下一代交換器，無論它們用什麼名稱，都很可能會採用“極限數據速率(Extreme Data Rate, XDR)”速度，相當於每台交換機有64x800G端口，每個端口使用8心單模態光纖。這種4通道(8光纖)的速率如下表所示：

速率名稱	通道(Gbps)	
Enhanced Data Rate (EDR)	25G	100G
High Data Rate (HDR)	50G	200G
Next Data Rate(NDR)	100G	400G
Extreme Data Rate(XDR)	200G	800G
Gigantic Data Rate(GDR)	400G	1600G

在佈線方法方面。高效能運算(High Performance Computation, HPC)領域最佳的佈線方式是點對點“有源光纜(Active Optical Cables, AOC)” ，在光收發器之間建立了牢固的連接。然而，隨著最新800G NDR連接埠介面的推出，多光纖插入式(Multifiber Push-On, MPO)連接器出現，無源的MPO-MPO的點對點連接跳線一時成為市場的寵兒。



圖二 (左)有源光跳線，(右)無源光跳線

1. 依據維基百科：英偉達公司是一家無晶圓廠製造商，設計和製造圖形處理單元(GPU)的科技公司，設計底層晶片和電路板，然後與晶圓廠合作夥伴合作製造晶片。從遊戲圖形晶片供應商，擴展到高效能運算(HPC)和AI領域。台積電(TSMC)是最新Nvidia Blackwell一代晶片的半導體代工廠。
2. OSFP(Octal Small Formfactor Pluggable)，Octal表示八進位。

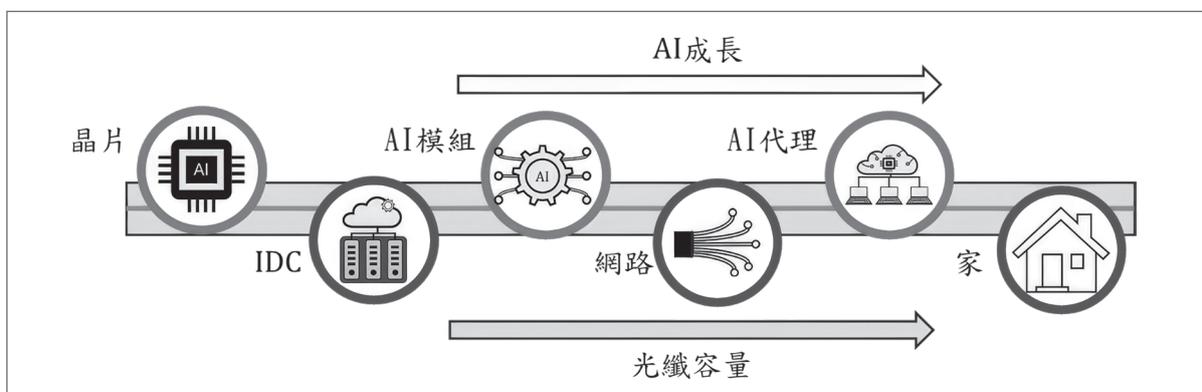


如今AI數據中心處理速率都建立在400至800 Gbps的網路框架之上，有的更快。值得注意的是，小而美的數據中心從1 Gbps到100 Gbps也使用光纖，不僅滿足當前的需求，還可以不斷擴充。

本公會雙月刊第231期「光纖的進步」一文中，提到當下的光纖傳輸速率已達1.6Tbps。要說明的是，這1.6Tbps是光收發訊機的調變速率，不等於光纖的傳輸極限，目前沒有數據顯示光纖的速率極限。就看兩端收發信機的速率什麼時候再往上飆，直到光纖傳輸飽和失真為止！

貳、AI光纖的三個主場優勢：數據中心、網路、和光纖到府

用於與AI數據傳輸、運作、儲存有關的光纖稱為“AI光纖”，「AI應用」與「AI代理」從深層學習演算求出大量數據並予以處理，藉著AI光纖把這些數據送到使用者，又把數據送去深度學習，使AI數據以指數形(次方)成長。AI越是成長，越需要光纖，如下圖。



圖三 光纖與AI同步演進



龐大的AI資料和數據能夠在網路上交換和傳遞，光纖是關鍵：

一、數據中心：數據中心以輻射狀(Hub and Spoke)的形態擴充，大量的資訊數據就是靠著光纖在輻軸間傳送。就算好不容易把這些資訊數據傳送了，這些交換後或處理後的數據若無法透過光纖到府(客戶家)送給使用者使用，仍然沒什麼意義。

二、光纖網路：AI光纖網路傳輸以千兆位元(Gigabit)起跳。網路的主要功能有數據處理、雲端連結、邊際運算(Edge Computing)³、及提昇網路客服品質。當越來越多的AI數據往網路邊緣移動時，光纖就越顯得越重要。應該這麼說：「AI應用」會往網路邊緣移動，是因為光纖！

三、光纖到府：數據中心的AI數據靠著光纖平順的送到客戶家裡，給使用者帶來全新的AI體驗(Quality of Experience, QoE)⁴。電信業有一個服務評估標準叫做“服務質量(Quality of Service, QoS)”長年以來一直在光纖網路上運作，是QoE的前身。QoS的自主網路中心(Autonomous Networks)⁵和邊際運算提昇了AI的QoE，是保住客戶連網重要的一環。

AI有能力利用「超學習(hyper-learning)⁶」和「前後連貫資料(Contextual Data)」建立了一種稱為“超個人化持續情境(Persistent Contextual Hyper Personalization, PCHP)⁷”，為使用者帶來高度的個人體驗。當使用者習慣於AI光纖網路的應用時，他得到的不只是高速率的網路連結，還會涉及其他生活或工作上相關的應用和學習，如遠距醫療、遊戲、AI引導教育…等。

3. 邊緣運算(Edge Computing)是一種網路運算架構，運算過程盡可能靠近資料來源以減少延遲和頻寬使用。目的是減少集中遠端位置(例如「雲」)中執行的運算量，從而最大限度地減少異地用戶端和伺服器之間的通信量。近年來，技術的快速發展使硬體趨向小型化、高密度以及軟體的虛擬化，讓邊緣運算的實用度更加可行。

4. 依據維基百科：QoE (Quality of Experience) 是指用戶對設備，網路和系統，或業務的質量和性能(包括有效性和可用性等方面)的綜合主觀感受，也就是從業務套用的舒適度來定義的。通過QoE評分運營商可以將用戶對於視頻業務質量和性能綜合評介，最佳化網路。QoE=用戶感覺到的“質量”或“性能”或“舒適度”。

5. 自主網路代表一種變革性的網路方式，系統能夠自我監控、自我配置、自我修復、及自我優化，無需人工監督。這種範式轉移由人工智慧(AI)與機器學習(ML)的進步推動，使網路能動態適應變化，並主動解決效能瓶頸與安全威脅等問題。

6. 「超學習」是一種強調在快速變化世界中持續適應與學習的概念，重點在於情緒智力與認知發展。

7. 超個人化能最能發揮作用是，當品牌對顧客有深入了解時(注意：不是人對品牌)。使用超個人化工具的品牌能在資料庫中找到某位顧客，在最適合的時間與地點傳遞與其情境契合的訊息，達到產品定向行銷的效果。

參、光纖網路已就緒

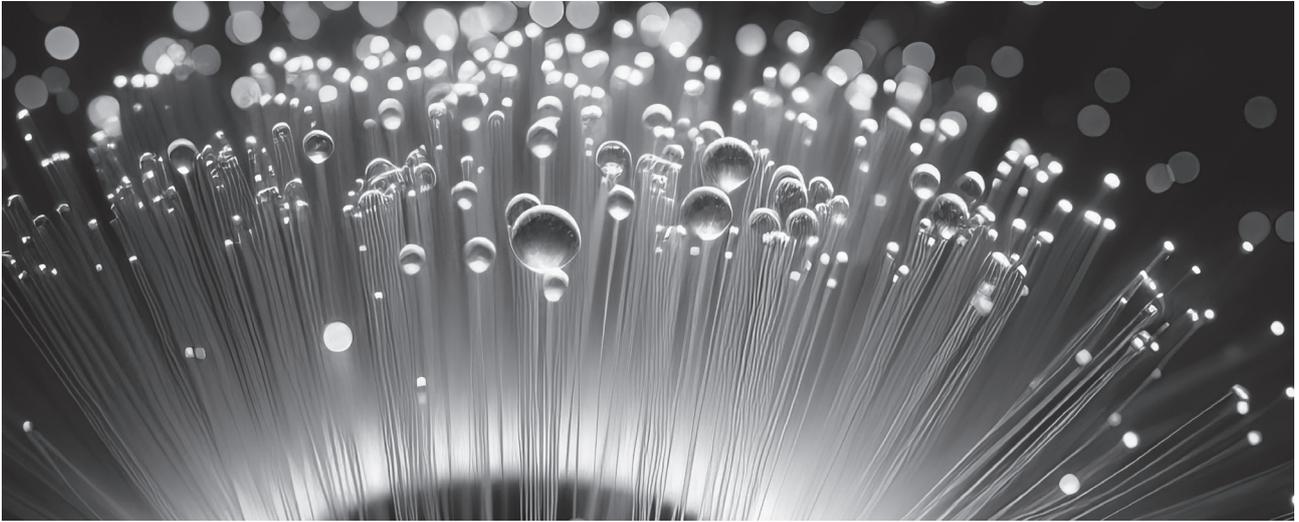
網際網路代表人類資訊互連的存在，而AI則超越互連進入思想鏈推理(Chain-of-Thought Reasoning)⁸的境界。在人工通用智慧(Artificial General Intelligence, AGI)⁹的趨勢下，AI機器的意識和感知走進我們的生活、工作、和思維裡。

AI有一股力量帶著我們超越了Excel的運算、機器學習處理、超脫速率框架的極限，AI數據演變出比數據資產本身更有價值的“前後文”和“語法”，加上雲端儲存和運算的虛擬化，產生大量數據以及數據處理，為AI化提供了養份。

在深度學習方面，「生成式AI(Generative AI, GenAI)」¹⁰進行大量運算，演算後的數據再從大型語言模型(LLMs)¹¹系統靠AI光纖網路傳送。AI數據的傳送又帶動光纖網路的建設、光纖通信材料、及相關光電設備市場。當有線和無線的業務整合時，光纖網路早就把網路的上行和下行通信電路整合起來。「AI代理」各等級的應用藉著光纖網路的效率，把使用者的QoE推到新的境界。

當然，電信光纖網路業者會遇到挑戰。從施工到維運、行銷人員到業務主管都必須為「AI代理」的需求進行成長學習，及學會使用「AI代理」工具調整“由人主導”的光纖系統進而由「AI代理」管理。

8. Chain-of-Thought(思維鏈)是一種讓AI模型在回答問題時，像人類一樣「逐步推理、條理清楚地表達解答過程」的方法。當AI使用思維鏈時，它不會像以往那樣直接輸出最終答案，而是會先展開自己的思考脈絡，先寫出每個中間步驟，再慢慢推導出結論。這樣的方式讓AI的回答更有邏輯、可檢視，也更接近人類的思考習慣。
9. AI的執行若是建在一組預先確定的參數內，超出這範圍就沒有運作能力。通用AI(AGI)在AI裡建立一套具有像人腦一樣的智慧 and 自學能力的軟體，能夠執行不一定受過相關訓練或專門開發的執行任務。是一種論述追求，旨在開發具有自主自控能力、合理程度的自我理解，以及能夠學習新技能的AI系統。即使在建立它時沒教給它的設定和情境中的複雜問題，AGI也能夠解決。具有人類能力的AGI目前仍停在理論性概念，也是研究目標。
10. 生成式AI(Generative AI)，即AI生出內容，主要用於創造性的工作。也就是讓電腦能夠模仿人類的創造力，產生出新的、原創的、有意義的內容。
11. 大型語言模型(LLM)，是設計用來理解、生成及操作人類語言的先進人工智慧系統。建立在機器學習技術上，特別是使用一種稱為“變換器模型”的神經網路，使它們能以模仿人類理解的方式處理與預測文字。LLMs訓練於大量文字資料之上，能辨識語言模式並在各種應用中產生類似人類的回應。



一、AI正在推動光纖網路演化

1. 當我們從資訊時代到知識系統、到AI自主推理、和使用符合AI運作的網路架構，光纖一直是最佳選擇。AI的規模和影響力為電信網路和光纖發展帶來前所未有的成長契機。
2. 在雲端和AI世界裡，網路協定和架構必須昇級。光纖網路朝著AI運用修正，推出新的數據服務，為企業及客戶提供更好QoE。
3. 光纖的擴建一開始是為了雲端、大型企業(如AWS、Microsoft, Google, Meta)、及AI數據中心建置。長遠觀之，在未來數年AI與AI之間的相互學習將會爆炸性出現，任何靠機器手臂做的事都會自動化。接下來是需要更大容量的大企業AI代理，然後是真正的數位家庭價值。

二、AI光纖在AI業務裡扮演的角色

下列業務顯示出電信網路的光纖在AI領域的角色：

1. 買賣新的AI技術：是大筆的數據資料換主，需要頻寬。
2. 提高網路和其他系統即時通信：只有延遲趨近於光束的光纖做得到。
3. 提高連網價值或把AI全部引進客戶端：光纖到府AI化才有可能。

上述三項業務，只有強大的光纖網路才能帶動。反過來，AI運作可優化資料串流和減少停機時間，可以透過「預測威脅偵防」來強化網路的安全性和提昇彈性。這對經濟活動有深遠的影響，可以刺激投資並促進跨行業創新，明顯的提昇網路安全和營運效率。

根據The Futurum Group智慧團隊¹²在2024年的年調查，確實有不少公司希望透過AI來增強客戶體驗、降低成本、提高員工生產力、改善網路營運並實現收入目標。

12. The Futurum Group，總部位於美國奧斯汀，成立於 2015年，是一家全球技術研究和諮詢公司，提供諮詢、研究、情報、媒體和上市服務。他們為技術分析師提供見解和市場研究，並提供一系列服務來為客戶提供價值和見解。