



電信工程雲端運算服務與技術應用之發展趨勢

中國電機工程學會秘書長 / 陳昌勇
中國電機工程學會助理工程師 / 陳慶哲

摘要

隨著人工智慧技術不斷的演進，以及雲端應用需求持續增長，而雲端運算服務發展至今已十餘年，協助各行各業數位轉型，利用快速、靈活、具備韌性與高效率的數位化架構，創造更多機會與價值。本文第一章回顧雲端運算服務與技術的興起及發展；第二章介紹雲端運算服務架構及與當今火紅的大數據及人工智慧間的密切關聯；第三章則深入介紹電信雲，說明電信網路雲化的關鍵技術與應用；接著於第四章展望雲端運算產業的發展。

一、雲端運算服務與技術簡介

雲端運算這個概念於 1950 ~ 1960 年代萌芽，最初由電腦科學家 Ramnath

Chellappa 在 1997 年發表的一篇論文中所使用，他描述了透過網路提供運算服務的新興範例，簡單來說就是透過網路，將運算資源集中於遠端伺服器上，好比放在雲端的天空，使用者可以隨時隨地透過網路存取這些資源。雲端運算本質上發展是一個技術不斷創新與改變的過程，包括分散式運算、叢集運算、網格運算等都是現今雲端運算技術的根基。到了 2000 年代中期，隨著運算資源虛擬化的興起和 Web 服務的發展，雲端運算成為商業服務開始起飛，雲服務商讓企業或個人存取或使用儲存在雲端或網際網路上的多樣化服務，包括運算及儲存資源、開發平台與工具、網路服務、應用軟體…等。2011 年美國國家標準技術研究院 (NIST) 更定義了雲端運算的五個基本特性：按需自助服務、廣泛的網路存取、資源池、快速彈性和可測量的服務。



1. 雲端服務的發展

從應用軟體發展與運作的角度來看，雲端運算有三層服務模式，由底層至最上層分別為：(1) 基礎設施服務 (Infrastructure as a Service, IaaS)、(2) 平台服務 (Platform as a Service, PaaS)、以及 (3) 應用軟體服務 (Software as a Service, SaaS)。這些服務是由多家公司逐步發展起來的，如 Salesforce 是 SaaS 模式的早期先驅，自 1999 年成立以來，其主要產品是一個基於網際網路的客戶關係管理系統，讓企業可以透過網路連線直接存取該系統功能來管理客戶資料、支撐銷售服務等，而不需在本地安裝。這種模式允許企業根據需要按月或按年訂閱，減少軟體建置及維護成本；Google 和 Microsoft 在 PaaS 領域扮演了重要角色：2008 年的 Google App Engine 和 Microsoft Azure 提供了開發者用來構建、測試和部署應用程式的平台，這些都是早期的 PaaS 例子；Amazon AWS 在 IaaS 領域具有重要的先驅地位：Amazon 為了支持其電子商務平台的增長，開發一套強大的內部基礎設施，並於 2002 年開始向外部開發者提供其內部基礎設施服務，2006 年 Amazon 正式推出雲端服務，最初的服務包括提供儲存資源和虛擬機運算資源。

眾多雲端服務陸續推出，包括 Google 於 2006 年推出 Google Docs 服務，它允許使用者保存文件、編輯文件並將其傳輸到部落格系統中；2007 年，Netflix 推出了基於雲端的串流影音服務；2011 年，蘋果推出了 iCloud，專注於儲存更多個人資料；此外，微軟也在 2011 年開始宣傳雲的應用服務，讓大眾意識到它能夠輕鬆儲存照片或影片；

Oracle 於 2012 年推出了 Oracle 雲，提供了包括 IaaS、PaaS、SaaS 三層基礎服務。這些基礎很快就成為常態，有些公有雲提供所有這些服務，而有些則專注於僅提供一層服務，SaaS 變得相當流行。

雲端運算帶來了多樣化創新的應用及服務模式，根據市調公司 Gartner 資料，全球雲服務市場規模從 2010 年不足 100 億美元增長到 2020 年的超過 3,000 億美元。近年因為疫情影響，各產業被迫加速朝向數位化轉型發展，更強化各行各業雲化的速度與投資。

2. 雲端運算的關鍵技術

雲端運算技術隨著各種場域需求朝向多元發展，以下介紹幾個關鍵技術，這些技術的結合使得雲端運算平台能夠滿足現代企業各種需求。

(1) **硬體資源虛擬化 (virtualization) / 虛擬化資源管理 (VIM)**：是一種將實體運算資源，如 CPU、記憶體、儲存空間等分割成多個邏輯資源的技術。它指在硬體上建立虛擬層 (Hypervisor)，此層是虛擬化或硬體與軟體分離的底層技術，其允許使用者在同一實體主機上同時運行多個虛擬機 (Virtual Machine, VM)，有效提高硬體使用率。跨多個不同實體資源，即跨多個虛擬層的虛擬資源管理，則需要虛擬化資源管理平台 (Virtual Infrastructure Manager, VIM)，使虛擬機可以在不同實體資源上彈性生成、遷移及消滅。



- (2) **容器化／容器管理：**容器 (Container) 就像是標準化的貨櫃，將應用程式及其所有依賴的程式庫、設定檔等打包在一起，形成一個獨立的執行環境。容器比虛擬機更加輕量化，不同容器可共享主機核心作業系統但彼此隔離，啟動速度更快，易於部署、也易擴展和縮容，故資源利用率更高。容器運行在一個稱為「容器引擎」的軟體上，最常見的容器引擎是 Docker，其促進容器可以在不同的作業系統上運行，故使容器有高可移植性。另 Google 於 2014 年開發 Kubernetes 容器協作管理平台並開放為開源碼，它助益了應用程序於跨叢集環境上自動化的部署、擴展和管理。
- (3) **分散式運算和分散式儲存：**分散式運算允許任務分佈在多個運算節點上處理，提高了運算效率和可靠性。分散式儲存技術則允許數據儲存在多個地理上分散的伺服器上，以提高數據可用性和耐用性。
- (4) **軟體定義網路及網路功能虛擬化：**雲端運算依賴於高速、可靠的網路連接。軟體定義網路 (Software Defined Networking, SDN) 將網路的控制平面和轉送平面分開，構建靈活、易擴展、好管理的網路；網路功能虛擬化 (Network Function Virtualization, NFV) 將網路功能軟體化，並安裝於標準化 IT 通用伺服器上，並藉可動態調度之雲端運算資源提升延展性、彈性與可靠性。這些技術因採軟體方式，在網路資源配置速度及調度彈性上相較實體網路設備有顯著之改善。
- (5) **自動化編排及管理：**應用自動化編排與管理技術發展工具，讓配置及管理雲端 IT 基礎設施更加容易，即所謂「基礎設施即程式碼 (Infrastructure as Code, IaC)」，並減低人工錯誤、強化了標準化和可複製性。
- (6) **雲端運算安全：**雲端運算需要強大的安全技術來保護數據和應用。這包括加密技術、身分識別和存取管理、多因子認證、防火牆、入侵檢測和防護系統等等。
- (7) **應用程式介面和中介服務：**應用程式介面 (Application Programming Interface, API) 是雲服務交互溝通的核心技術，應用程式可透過 API 存取和控制雲資源。中介服務如 API 閘道等則可以幫助管理和保護 API 通信，提供負載平衡、安全驗證和速率限制等功能。
- (8) **雲原生 (Cloud-native)：**透過將大型應用程式拆分成更多、更小且獨立的服務，透過持續整合與持續部署，將這些服務獨立開發、部署，提升系統開發效率與部署彈性。這是基於容器的應用服務設計與開發方法。
- (9) **無伺服器運算 (Serverless Computing)：**無伺服器 and 容器在管理基礎架構和應用程式執行方式上有顯著差異。無伺服器運算由雲端供應商處理所有基礎設施，開發人員只專注於為特定功能編寫程式碼，在執行時，功能由事件觸發並獨立運行，無需保持持續運行，並根據實際執行時間和消耗的資源付費。無伺



服器運算非常適合具有不可預測的工作負載、短期功能和注重成本效率的應用程式，此技術可以簡化開發和運營。

二、IT 資訊雲之發展與展望

雲端服務豐富且多樣，本文先從以支撐資訊系統運作的 IT 資訊雲服務為角度，從服務模式、雲端環境架構等發展做多種維度的說明。

1. IaaS/PaaS/SaaS 三層服務模式

雲端運算有三層服務模式，即前章中提及之 IaaS 基礎設施服務、PaaS 平台服務以及 SaaS 應用軟體服務。

- (1) **基礎設施服務 (IaaS)**：透過網路提供 IT 基礎設施，包括運算資源、儲存空間和網路等，使用者無需預先建置硬體 IT 基礎設施。IaaS 服務之特色包括可根據需求輕鬆配置運算規格、作業系統和應用程式等；可透過 Web 介面或 API 按需自動存取和管理資源；可根據需求擴展或縮減資源，確保最佳的資源利用率和成本效率；用戶通常只需為他們使用的資源付費。
- (2) **平台服務 (PaaS)**：透過網路提供使用者開發、部署和管理應用程式的平台，使用者可直接應用相關平台而無需擔心底層基礎設施。PaaS 抽象化了基礎設施管理的複雜性，使用者能夠專注於應用程式的開發和部署。PaaS 的種類也隨著技術演進越來越多樣，從早期之程式開發

框架與環境、自動化部署和擴展工具、資料庫和中介軟體服務、團隊協作環境等，到大數據梳理與分析框架、機器學習訓練框架、生成式 AI 應用框架…等，讓應用程式發展與維護的複雜度下降。

- (3) **應用軟體服務 (SaaS)**：直接提供雲端軟體應用服務，使用者可以透過 Web 瀏覽器或專用客戶端軟體存取和使用應用服務，無需安裝於本地基礎設施。SaaS 服務有以下特色：由 SaaS 供應商處理應用程式管理的各個方面，包括維護、更新和安全性，使用者不需處理軟體更新與維護等議題；SaaS 應用程式通常設計為透過共享基礎架構為多租戶提供服務；SaaS 應用程式可以從具有網際網路連接的多樣化設備存取，提供靈活性和便利性；通常是基於訂閱的定價。

2. IT 資訊雲的部署與使用

IT 資訊雲從雲運算環境之部署與使用之架構來看，大體包含公有雲、私有雲、混合雲、邊緣雲及多雲，摘要說明如下：

- (1) **私雲 (Private Cloud)**：雲端基礎設施為一個組織所專用。私雲允許組織在安全性、控制權和客製化方面有更高的自主權。私雲可以建置在組織內部數據中心中並由組織負責營運及維護工作，但也可由第三方雲服務商來建置與管理。私有雲的資源為專屬專用，因此組織具有完整控制力，可彈性依據企業應用情境進行規範，此外由於環境是專屬專用，故一般認為有更高的資料安全性。



- (2) **公雲 (Public Cloud)**：公雲的特點包括：共享資源，這意味著多個用戶或組織可以使用相同的硬體、儲存和網路基礎設施。資源通常會被虛擬化，讓每個用戶感覺像是擁有專用的環境；由於資源是共享的，公雲服務的成本通常較低，用戶可以按需付費以有效地控制成本；公雲可以快速擴展或縮減資源，根據用戶需求進行動態調整；公雲服務可以隨時隨地透過網際網路存取，為分散的團隊和業務提供了便利；責任分擔：雲端應用的運作乃雲端業者和用戶共同負責，如同租屋房東和房客的概念。一些著名的國際公雲包括 Amazon AWS、Microsoft Azure 及 Google GCP 等，而我國也從 2010 年起由中華電信陸續推出一系列商用 hcloud 公雲服務。
- (3) **邊緣雲 (Edge Cloud)**：針對具備嚴格低延遲與高頻寬需求的應用，邊緣雲技術因而崛起，乃於靠近客戶端的位置建設雲基礎設施以提供運算，取代將所有資料傳輸到遠端的中央雲進行處理，可達成高頻寬低延遲等服務特性，也可滿足資料在地的需求。一些大型公雲服務業者也都提供邊緣雲方案，如 AWS Outposts、Azure Stack 和 Google Distributed Cloud，這些服務讓企業可以在靠近用戶或設備的位置部署雲運算資源，同時仍然利用公有雲的管理和運營能力。
- (4) **混合雲 (Hybrid Cloud)**：結合了私雲的控制性和公雲的彈性，允許數據和應用在這兩者之間進行共享和協作，企業可

應用私雲來運行對安全性或合規性有高要求的工作，並根據需要擴展使用公雲資源與服務，例如在處理高峰負載或需要額外儲存空間時；混合雲可優化成本，例如經常使用的應用和數據可以保存在私雲中，而間歇性的或大量的數據處理需求則可以利用公雲資源，避免過度購買硬體設備；混合雲可以用作災難復原解決方案的一部分，企業可以將關鍵數據和應用保存在私雲中，而在公雲中保留備份，可在災害發生時快速恢復；公雲業者經常推出新的服務和技術，企業可以利用這些創新來加速開發和部署新應用，同時保留現有系統在私雲中的穩定性。混合雲已是許多企業採行的主流雲架構。

- (5) **多雲 (Multi Cloud)**：為使用多個公雲業者所提供的服務，採用多雲可降低雲服務供應商綁定的風險，能夠為特定使用情境提供最佳功能，並提供服務韌性和遷移機會，除此之外，還具備雲端核心的敏捷性、可擴展性和彈性。對於全球性公司來說，多雲策略還可用於在不同地理位置獲取公共雲服務。然而，多雲也會帶來額外的複雜性，導致成本不易控制，因此管理和治理這些多雲服務的需求就變得非常重要，多雲管理平台的需求乃因運而生。

3. 軟體定義資料中心

因應雲端運算技術的興起，傳統 IT 部門需建設實體 IT 資料中心逐步演進到採用雲端軟體定義資料中心 (Software-Defined



Data Center, SDDC)。相關技術包含運算虛擬化／容器化、網路功能虛擬化、軟體定義網路、軟體定義儲存並結合了營維協作管理等關鍵技術。透過 SDDC 營維協作管理功能，管理者可快速建立虛擬化資料中心，其中可包含數個虛擬資訊雲，每個資訊雲可運作特定資訊系統，虛擬資訊雲間的網路資源及連結也可動態配置、調整，增加安全性，SDDC 以軟體方式彈性應需提供虛擬資料中心並支援各式資訊系統佈建架構，取代傳統實體資訊機房林立，可提高資源使用率、管理效益並可節降企業 IT 基礎設施採購與維護成本。

4. 雲端服務的新興發展

數位時代數據資料成指數型成長，巨量資料的梳理及分析應用，已是國家社會治理與發展、企業生存必須面臨的課題。而 AI 的興起，特別是生成式 AI 的快速發展影響產業發展和商業模式，也是創新的強大動能。雲端運算服務也需要快速發展以因應巨量數據和 AI 的應用需求。以下略做說明。

(1) 巨量資料儲存與處理服務

傳統的資料中心難以應對海量資料的儲存和處理需求。資料分析在企業決策中的戰略地位日益突顯，如何高效管理和利用資料將深切影響企業競爭力。資料密集型的任務對運算、儲存資源有巨大的需求，巨量資料的快速處理分析以符合即時性也是挑戰，又雲端之運算與儲存資源可彈性擴展、作業可分散處理的特性，雲端資料平台服務應需而生。國際三大公雲在資料處理領域展現了各自的優勢，包括數據倉

庫、物件儲存、關聯式資料庫、內建 AI 和機器學習能力、整合其他產品等，適合大規模數據分析和處理，並應用全球廣泛的資料中心網路提供高擴展性。企業可根據自身的需求和技術環境做彈性服務組合，選擇合適的解決方案。

(2) 人工智慧服務

現今雲端 AI 平台大致可分為機器學習平台、預建 AI 服務和 AI 基礎設施三大類服務。機器學習平台提供一站式的機器學習開發環境，涵蓋資料預處理、模型訓練、部署等流程，不僅提供託管的開發環境，還內建常用機器學習框架以及自動化機器學習工具，讓 AI 開發更有效率；預建 AI 服務則將複雜的 AI 技術如電腦視覺、自然語言處理等，打包成簡單易用的 API，讓開發者快速將 AI 整合到應用中，例如：圖像識別、光學字元辨識、聊天機器人等，幫助企業和開發者快速整合 AI 功能，實現業務流程的智慧化和自動化；AI 基礎設施服務則提供 AI 算力服務，以按需計費模式提供 GPU 算力資源，免除企業購買昂貴硬體的高額成本。

近年來 AI 基礎模型興起，利用大型語言模型，在超大規模資料集上進行預訓練，可以應用於多種任務，如文本分類、問答、摘要、機器翻譯、程式碼生成等。企業可以在雲端快速微調 AI 模型，大幅縮短開發週期與成本。雲端業者也紛紛發布支持 AI 模型的開發工具，提供多種大型語言模型 AI 應用，讓用戶快速建立文本生成、對話、圖像生成等 AI 應用。企業可以利用雲端提供的 AI 模型開發平台，快速建構更多智慧應用，在專業領域知識與 AI 融合，加速 AI 創新。



(3) 智慧雲 (Intelligent Cloud)

智慧雲將資料處理和機器學習融入雲端基礎架構中，使用機器學習自動分類資料，並且智慧化分析和洞察，使企業能夠以更低的門檻、更敏捷的方式處理海量資料，來實現數據分析、程序自動化、預測模型和決策支援系統等功能以支撐智慧應用，推動業務創新。智慧雲將持續融合產業知識，形成面向製造、零售、金融、醫療等垂直產業的複合型 AI 解決方案。

(4) 邊緣 AI (Edge AI) 與隱私運算

隨著物聯網設備的成長和 5G 網路的普及，AI 運算也開始朝向邊緣端以提高資料的隱私性和應用的即時性。邊緣設備必須具備資料安全和隱私保護機制，隱私運算技術允許在數據加密或匿名的狀態下進行分析，減少了數據洩露的風險。萬物智聯為未來趨勢，隨著資料主權意識的覺醒和隱私立法的規範，保障資料的隱私和安全是雲端運算發展的重要課題。

(5) 綠能 AI 資料中心

AI 蓬勃發展帶動龐大運算資源的需求，而資料中心作為這些運算的基礎設施，其能源消耗問題日益受到關注。降低 AI 資料中心的能耗，同時提升 AI 運算效率，對減緩氣候變遷是非常重要的。許多相關技術都在持續發展，包括：太陽能、風能、水能等再生能源技術及能源儲存技術如電池等；資料中心基礎設施技術，如液冷技術、高密度運算等；國際 IOWN GF 組織推動的以資料為中心的運算架構 (Data Centric Infrastructure, DCI)，發展在光域直接進行數據處理的技術，避免光電轉換所帶來的能源損耗和處理延遲。

三、電信雲之發展與展望

隨著雲技術演進，電信服務提供商與電信設備商也開始關注電信服務雲化的議題，電信雲是指將電信網路元件功能或服務，例如：5G 核心網路、防火牆、路由器…等，進行軟硬解耦，將網路功能軟體轉移到雲端標準化的硬體伺服器上運作。在過去傳統的電信網路功能都需要專屬的硬體設備，因此在採購、部署、更版上需要付出較高的人力與時間成本，因此全球電信業者朝網路雲化演進，包含網路功能虛擬化、雲化 (Cloudification)、雲原生 (Cloud-native) 化等數個轉型階段，來提升服務靈活性與擴展性，以及提高資源利用率來提升成本效益，並強化整體雲網服務整合之自動化管理，以節降維運成本。本章節將分述電信雲的關鍵技術與應用案例。

1. 電信雲關鍵技術概述

電信雲涵蓋電信網路功能虛擬化與雲化、軟體／硬體解耦、雲網整合營維等關鍵技術，因牽涉多樣技術，特別是資訊技術 (IT) 與通信技術 (CT) 兩領域，需高度專業來處理複雜的系統整合與維持穩定的系統運作。AT&T、Orange、NTT、BT 等十數家國際指標電信業者，為了能推動電信網路雲化，2012 年於歐洲電信標準協會 (ETSI) 成立網路功能虛擬化產業規格小組 (ISG NFV)，訂定 NFV 技術規範，包括網路設備軟硬解耦／分離、開放的虛擬化網路功能 (Virtualized Network Function, VNF) 及其效能／安全性／可靠性、虛擬化網路功能管理協作 (VNF Management and Orchestration,



VNF MANO) 技術框架等，其中 VNF MANO 框架定義了管理虛擬化網路功能的生命周期，亦與電信服務商既有的營運支撐系統有介面整合，讓電信設備商與電信服務商遵循共通的架構。在電信雲運作概念下，設備商交付電信服務商虛擬化的電信網元，並可由電信服務商將網元上架至電信雲平台並進行管理。

電信雲與資訊雲雖然都是雲端服務，但由於其服務性質以及對服務品質的要求不同，因此在技術上存在一些顯著差異。以下是一些電信雲需要特別考量的技術議題：網路服務的網元組成複雜且有相依性，常牽涉一群控制 (Control Plane) 網元、及資料傳輸 (Data Plane) 網元，需要專業技術支撐正確部署及運作；網路服務牽涉大量資料傳輸，電信雲基礎設施需要特別支撐相關傳輸容量與效率；需要彈性將網路服務和 IT 應用服務直接串整的技術；因牽涉電信服務的運作，需要非常嚴謹的安全防護的技術。

2. 電信雲服務案例

以下為電信雲服務案例：

(1) IP 多媒體子系統 (IP Multimedia Subsystem, IMS)

IMS 用於提供語音通話、視訊通話和即時訊息等多種服務。透過將 IMS 功能虛擬化，運營商可以降低成本，提高資源利用率，並更靈活地推出新服務。

(2) 5G 核網 (5G Core Network)

各大電信服務商的 5G 網路核心網元皆

朝雲化技術發展，5G 核網之重要網元如使用者平面網元 (UPF)、接取與移動管理網元 (AMF) 等均是雲原生化的軟體功能，因此能夠在雲平台上快速部署及更新 5G 核心網路服務，大幅提升彈性與效率。

(3) 開放式無線接取網路 (Open Radio Access Network, O-RAN)

國際 O-RAN 聯盟推動行動接取網路 (RAN) 功能虛擬化，將網路功能元件拆分成中央單元 (CU)、分佈單元 (DU) 及射頻單元 (RU) 三部分。除了 RU 做為發射器的實體元件之外，負責無線資源管理的 CU 與負責基頻與信號處理的 DU 都能夠虛擬化並運作於雲端。

(4) 5G 專網 (5G private network)

5G 專網是針對特定行業或企業需求定制的私有 5G 網路。電信運營商利用邊緣雲技術，可以快速部署和管理 5G 網元供專屬客戶服務和應用。例如：在工廠園區內部署 5G 專網，可以支持機器人自動化、遠端控制和即時監控等應用，提升生產效率和安全性。

3. 電信雲演進趨勢

現階段，電信雲的應用發展仍受到廠商綁定 (Vendor Lock-in)、開放架構整合複雜等挑戰，對電信業者而言，許多導入電信雲應有之利益尚未彰顯。唯 2023 年 Gartner 調研機構揭示未來 5 到 10 年電信網路仍持續朝雲原生、整合雲管、邊緣運算、人工智慧等方向發展；電信產業創新研究機構 STL Partner 也揭示電信營運商前進電信雲的技術趨勢，包括軟／硬解耦的開放架構、雲原生



運作，並透過雲管、雲平台、開發與維運協作（Development and Operations, DevOps）等技術，最終演進至高彈性自主與自動化的公雲／私雲聯合架構。電信業者亦致力於應用電信雲的特性提供網路即服務（Network as a Service, NaaS），並將與雲端應用服務無縫整合，達成雲網融合。

四、雲端運算之發展展望

雲端運算產業牽涉多元而複雜的生態系，包括資料中心（Internet Data Center, IDC）服務提供商、IDC 基礎設施供應商、超大規模雲服務商（Hyperscaler）、雲代管服務商、設備商、電信服務商、平台服務商、應用軟體供應商以及系統整合商等，這些業者透過不同的技術和策略，有著多樣的競合關係，以滿足不斷變遷的市場。舉例來說，以規模通信見長的電信業者及以 IT 技術見長的 Hyperscaler 如國際三大公雲（AWS, Azure, GCP）有著微妙的競合關係，如國內中華電信除了發展自有的 hcloud 公雲服務，2019 年起也積極和三大公雲合作提供雲端託管服務；在 5G 專網方面，三大公雲也和 5G 核網軟體商及行動接取網路設備商合作，提供可快速建置的 5G 專網服務；公雲業者進駐電信業者的 IDC 並提供多元的網路連結服務；電信業者應用公雲業者基礎設施與平台服務，發展各類創新應用。在多元的雲端生態系中，不同業者的競合更推動了技術和服務的創新與品質的提升，而合作也有助於資源共享和市場擴展。隨著市場的不斷發展，雲端生態系的競合將更加複雜和多變，企業需要不斷適應市場變化，透過創新和合作，提升自身競爭力。

雲端運算技術與服務仍蓬勃發展，新技術與服務推陳出新，如巨量資料處理與分析應用、生成式 AI、邊緣運算…等，往往重新定義了企業的應用及商業模式。三個關鍵趨勢具備翻轉及塑造新產業的潛力包括「人工智慧與機器學習融合」—可以為企業自動化分析大量數據並產生具備高度價值的資訊，如市場趨勢預測、客戶行為、潛在的系統故障..等，有助於高效的企業營運。生成式 AI 的發展將繼續推動創意產業的變革，如娛樂、設計和廣告，也將在科學研究、教育和商業應用中發揮更大作用。然而，生成式也會帶來倫理和社會面的挑戰議題，如生成虛假信息和侵犯隱私等問題。因此，未來生成式 AI 的發展將需要技術進步和政策監管的雙重推動，以確保其負責任和安全的使用；「更加關注的雲端安全性和符合法規性」—隨著雲端運算變得越來越普遍，網路威脅的頻率和複雜性不斷增加，企業需要更強大的雲端安全性確保。雲端服務供應商致力先進的安全方案，例如增強的加密技術、身分識別和存取管理以及人工智慧驅動的威脅偵測…等。另隨著歐盟率先頒佈資料保護法規（General Data Protection Regulation, GDPR）和美國加州頒佈消費者隱私保護法（California Consumer Privacy Act, CCPA），雲端服務必須符合法規的需求與日俱增，故可預期會有更多的雲端安全解決方案，以確保企業可以自信、安全地利用雲端，同時遵守法律和道德標準；「可持續的雲端運算」—面對氣候變遷，所有產業必須面對永續發展的嚴肅課題，由於全球資料流量的爆炸性增長，以及高性能運算的需求不斷增加，資料中心能耗在全球總能耗中的比例



正逐年上升。減少雲端服務對環境的影響涉及持續優化資料中心各式設備的能源效率、使用綠色能源以及更永續的營運實踐。

雲端運算技術與服務已是社會先進化、產業數位化與智慧化的重要基石，雲端運算提供出色的靈活性、可擴展性，提升應用效率與效益。整體而言，雲端運算技術與應用

持續蓬勃發展，如電信網路與業務雲化轉型、數據驅動與生成式 AI 創新應用、雲資料中心節能、雲安全與隱私確保…等等，充滿挑戰及新契機。

參考文獻

1. 中國電機工程學會成立 90 週年紀念專刊，2024。



- ▲ 中國電機工程學會 114 年年會籌備委員會合影。左起依序為：中華電信臺南營運處副總經理羅國斌、中華電信臺南營運處副總經理黃柏裕、中華電信臺南營運處總經理蔡旻宏、台達電子工業股份有限公司技術長郭大維、國立臺灣大學電機資訊學院院長吳宗霖、國立中山大學校長李志鵬、中華電信股份有限公司董事長簡志誠、中華電信股份有限公司總經理林榮賜、中國電機工程學會秘書長陳昌勇、中華電信高雄營運處總經理柯偉震、中華電信股份有限公司執行副總經理黃志雄、中華電信經營規劃處副總經理李儒坤、中華電信投資事業處副總經理陳元凱、國立陽明交通大學電機學院院長王蒞君、中華電信高雄營運處副總經理孫明源。