



5G 企業專網於智慧工廠垂直應用之發展與趨勢

中華電信學院高雄所博士 / 陳益源
中華電信學院高雄所博士 / 許毓仁

關鍵字：5G 企業專網、智慧工廠、邊緣運算、網路切片、人工智慧

摘要

隨著台灣5G開台後，5G企業專網與智慧工廠的垂直應用正持續迅速發展中，深刻影響國內相關產業。5G技術具備三大特性，包含超高速的下載和上傳速度、極低的通訊延遲、可同時連接大量設備，特別適合應用於任何工廠場域，專網結合邊緣運算、網路切片、人工智慧和大數據分析，可建立具有高速數據傳輸和即時回傳資料功能的智慧工廠，讓工業4.0成為可能，從而提升製造效能並優化整體產能，5G企業專網將在製造業中驅動著數位轉型的浪潮，藉此提升整體製造效率和產業升級。本文將介紹5G企業專網應用於智慧工廠中多種架構與相關垂直應用服務，以及未來的發展與趨勢。

一、前言

隨著5G行動通訊技術的不斷演進，5G網路所具備的高速大頻寬、極低延遲以及廣泛大連接的特性，將改變人們未來生活、工作、娛樂和產業等各領域。創新型態的5G應用服務，如5G企業專網所提供的智慧工廠、智慧醫療以及智慧交通等也正逐步驗證測試這些應用服務的可行性，並不斷優化其與5G網路的整合，以實現未來落地朝商業化的發展。同時，5G對於滿足新興技術如人工智慧（Artificial Intelligence，AI）、物聯網（Internet of Things，IoT）和工廠自動化（Factory Automation，FA）等所需的高流量需求，以及支援多種應用程式如智慧聯網的交通控制、無人機應用、高解析度影片串

流和遠端協作等，都具有無限的潛力，因此5G的引進將有助於改變職場，並推動產業發展，重新定義人們的生活與工作方式。

二、5G 企業專網之智慧工廠應用

5G企業專網是指在特定場域實現網路信號覆蓋，對該工廠內的特定用戶提供通信服務的專用網路，與5G的公眾網路（或稱公網）相比，專用網路（專網）的區別主要在於專網在為智慧工廠內的特定設備和系統提供服務，以提升生產效率和管理效能。5G企業專網在智慧工廠中應用廣泛，可採用獨立運作的網路型態，與那些涵蓋大範圍的商用網路截然不同，這種專網具有整合平台，能夠支援人工智慧（AI）和物聯網（IoT）等技術應用，例如在智慧工廠的場域中，如生產線、設備監控系統以及原料倉儲，都可以透過5G企業專網的本地專用網路，實現智慧化和即時監控，以提升生產效能、品質管理和工廠管理的各種應用。中華電信提供的5G企業專網服務，有助於智慧工廠實現生產線的靈活調整和即時資料傳輸，進一步優化產能和作業效率[1-2]。在智慧工廠中，結合5G mmWave毫米波技術、人工智慧和大數據分析，更可以建立具備智慧化整合能力的製造環境，從而實現更高效的生產和製造流程，如圖1 [3]。

在智慧工廠中5G專用網路於工廠中，其優勢包括能夠完全掌控公司營運模式，減

少對電信網路供應商的依賴，能快速有效地回應業務需求，擁有足夠的網路覆蓋範圍和容量，這種專用網路具備強大的訊務切換能力，能夠提供5G的高速率、低延遲等應用服務，也支援在有限時間內可靠地傳輸大量資訊的能力。在不同工廠場域中，可以根據需求整合部署配置網路，維持服務的連續性，例如與智慧安防服務需求相結合，專用網路可以從專網切換到公網，實現緊急救助目的[4]。此外專用網路在專用頻譜上運作，擁有獨立的數據處理和儲存能力，以實現更好的控制和服務品質，並能針對特定需求提供客製化的性能和資源使用。對於企業來說，專用網路可以建置滿足任務需求並具備安全策略的網路，通過網路隔離資料來保護設備和用戶身份，確保關鍵資產的安全，這樣的網路環境提供了全面的端到端安全性，確保基礎架構和人員免受各種威脅，這些特性讓智慧工廠能夠更有效地實現生產管理和資訊保護的目標，如圖2。

利用5G企業專網帶來許多優勢，如在智慧工廠的應用中，5G企業專網能夠區隔



圖 1 5G 企業專網在智慧工廠的應用

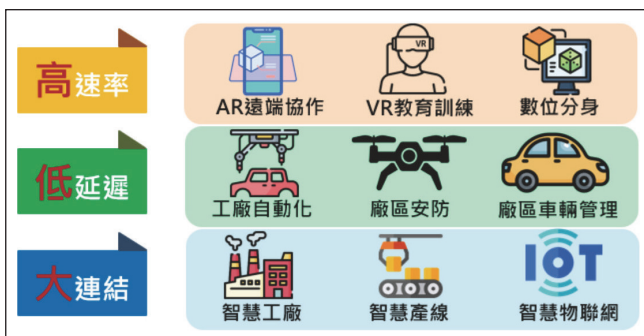


圖 2 5G 企業專網智慧工廠應用

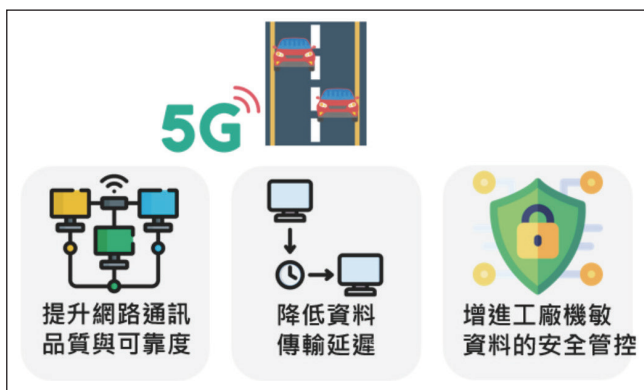


圖 3 5G 企業專網應用在智慧工廠的優點

網路，提升工廠內的網路品質，使得敏感資料僅在內部傳輸，這有助於提升網路的安全性。因為工廠內部資料能夠在近端位置處理，所以可以縮短資料傳輸的時間，滿足低延遲的需求。透過5G企業專網，電信業者能夠為智慧工廠提供高度安全性和品質的專網服務，同時也能夠根據不同工廠的需求，運用多接取邊緣運算（Multi-access Edge Computing, MEC）和網路切片（Network Slicing）等技術，打造出適合的工廠內的網路服務，對於有預算和網路服務內容需求的

智慧工廠而言，可以與電信業者進行協商與測試，以選擇最適合的解決方案，充分運用5G技術的優勢，提供客製化且創新的服務給客戶，如圖3。

在建置5G企業專網方面，有兩種主要方式，其中一種是企業向國家申請5G專用頻段，來自行建立本地的5G專網；另一種途徑則是由行動營運商根據其公網基礎，協助企業建構專屬的5G專網，這種專網在架設時，可以運用網路切片和邊緣運算等技術，從而

將5G專網劃分成多個虛擬網路，為企業用戶提供差異化的服務。其中最大的優勢之一便是網路切片技術，是允許5G網路供應商和企業管理者將網路切片作為多個虛擬網路來使用。5G網路切片指的是在同一個實體網路架構下，建立了端到端，可根據需求客製化，且互相隔離的邏輯網路，來支援不同業務和用戶群體的獨立運作，提供差異化的網路服務。對於智慧工廠等應用場景而言，5G網路切片的應用將使工廠能夠針對特定應用場景，提供更準確的服務品質，包括了語音通訊、高解析度視訊傳輸以及來自工業物聯網感測器的數據，尤其對於需要提供高度可靠服務的工廠產線而言，可以考慮將特定的用戶或設備優先納入5G網路切片的應用，如圖4 [5]。

有關多接取邊緣運算MEC技術，是在行動網路的邊緣節點提供運算和資通訊服務的技術，各家網路營運商可根據自身網路環

境規劃相關服務。這種技術的核心概念，是在行動基地台附近的機房建立輕量級運算資源，並將涵蓋於該基地台的網路流量導入系統進行處理，當設備連接上無線接取網路（RAN），數據封包首先流至RAN中的MEC系統進行信號分析，若該用戶處於本地MEC範圍內，系統將攔截該用戶的數據封包，轉發至MEC系統中的應用服務進行處理。若不屬於該MEC管轄的用戶數據，則轉送至後端骨幹網路和電信核心網路（Core Network）進行處理，如圖5 [6]。

在工廠內，工業物聯網裝置在運作時會產生大量的感測資料，這些資料經常在經過運算和分析後，變成重要的指令判斷參數。舉例來說，在生產線上，可以收集機器溫度、振動和轉速等生產過程資料，透過分析運算和比對特定規則條件，得到的結果會被回饋給生產設備，以執行相應的應對動作，例如在機器溫度過高時進行降溫，異常振動

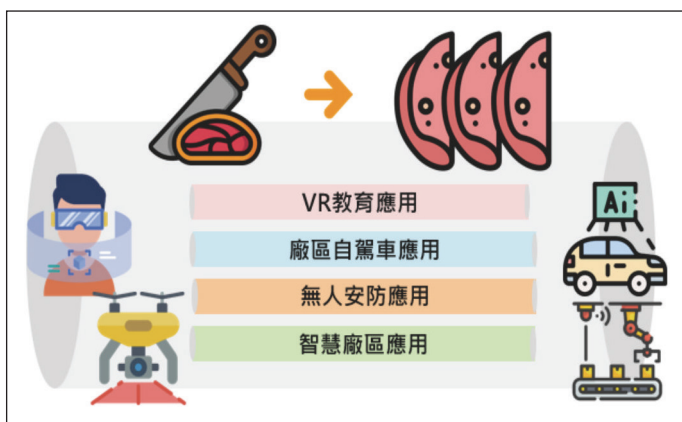


圖 4 5G 網路切片在智慧工廠的應用

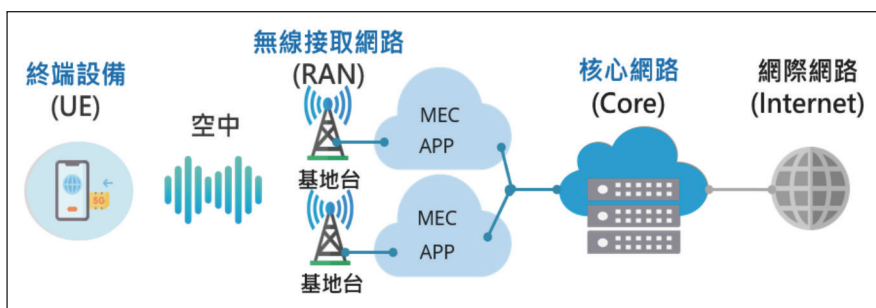


圖 5 MEC 與 Core 網路連接架構

時停機等。然而，若使用雲端物聯網架構，生產端資料需要透過核心網路傳輸到遠端進行運算，再回傳指令至生產端，這可能會產生傳輸延遲。物聯網的邊緣運算則將雲端集中式架構放在邊緣節點機房，能就近進行感測資料運算，減少傳輸延遲，確保資料安全性和在地儲存等優點。由於節點機房空間有限，MEC機房中的應用服務系統採用輕量化架構，企業專網整合方式多樣，可選擇不同廠商的設備，也可運用虛擬化、雲端化、微服務等技術。市場趨勢則朝向開放式架構發展，使企業能更靈活建構5G企業專網，以符合多樣需求，研究機構ABI Research報告指出，2030年企業垂直應用領域使用5G專網市場規模將達1,090億美元（逾新台幣3兆元），2022年起是關鍵時刻，包含透過各種PoC模式讓5G專網落地在各行各業，並證明5G專網效果[7]。

三、5G 企業專網架構

中華電信的5G企業專網產品服務，可根

據應用場域和客戶需求的不同，提供四種不同類型的選擇，分別是專屬一型至專屬四型的企業專網，這些專網採用多種核心網路技術，包括4G、5G NSA（Non-Standalone）和5G SA（Standalone）。除了中華電信，其他公有雲業者如微軟的Azure Private Edge Zone、Amazon AWS的Private 5G，以及一些核心網路軟體廠商如Druid和Mavenir，也推出了5G SA企業專網方案，以參與5G專網相關業務的競爭。中華電信對於企業專網的產品設計考慮了不同的應用場域需求，並提供多種選擇，以協助企業實現數位轉型與產業創新，特別是在智慧工廠、醫療、文化創意和城市治理等。

（一）中華電信專屬一型共用型 5G 企業專網 [8]

在5G架構下，企業可以透過Edge Cloud方式來實現智慧工廠的企業專網部署，此方式涉及建置User Plane Function（UPF）負責封包的路由以及轉發，讓行動終端設備能

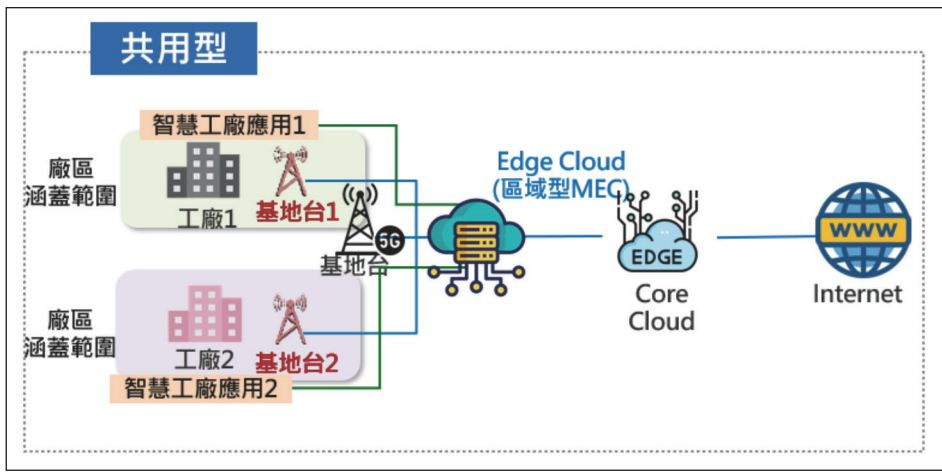


圖 6 中華電信專屬一型共用型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

夠通到外部網路的元件於Edge Cloud，並與 Core Cloud的Session Management Function (SMF) 負責連線管理，包含建立、釋放與修改連線的網路元件進行連接，以提供本地卸載服務。圖6顯示專屬一型企業專網的架構，多家工廠可以共用同一個Edge Cloud，應用服務可放置於Edge Cloud。本地服務的封包將被傳送至本地端，而不屬於本地服務的封包則會經由Core Cloud傳送到Internet。這種架構需要由電信業者來建置UPF，相關網路元件需要進行局部設定，而維運和資訊安全則由電信業者負責。此類型適合部署在電信業者自建的邊緣雲機房，這樣工廠可以將應用服務放置於Edge Cloud，無需負擔核心網路設備和網路維護的成本，並且維運技術門檻較低，適用於特定案例的中小型工廠，其應用領域包括生產線產品資料的收集和分析、製程優化、倉儲管理、無人搬運

車，以及提升營運效率的遠距辦公和遠距操作等。

(二) 中華電信專屬二型專用型 5G 企業專網 [8]

利用MEC於行動網路邊緣雲，直接從基地台取得數據資料，以減少核心網路的負擔，在本地端進行高解析度的影像處理和數據發送，就不需等待遠端伺服器回應，這種方式可降低延遲，能夠更靈活、快速與安全地提供新的應用與服務，從而讓使用者獲得最佳的體驗。這種方式的優點在於方便部署，可以在用戶專屬機房、基地台端或不同地區的集中式機房進行部署，同時提供了數據封包導引流量功能，如圖7。目前這種方式已經被應用於4G和5G NSA等企業專網環境，同時也適用於5G SA專屬二型企業專網

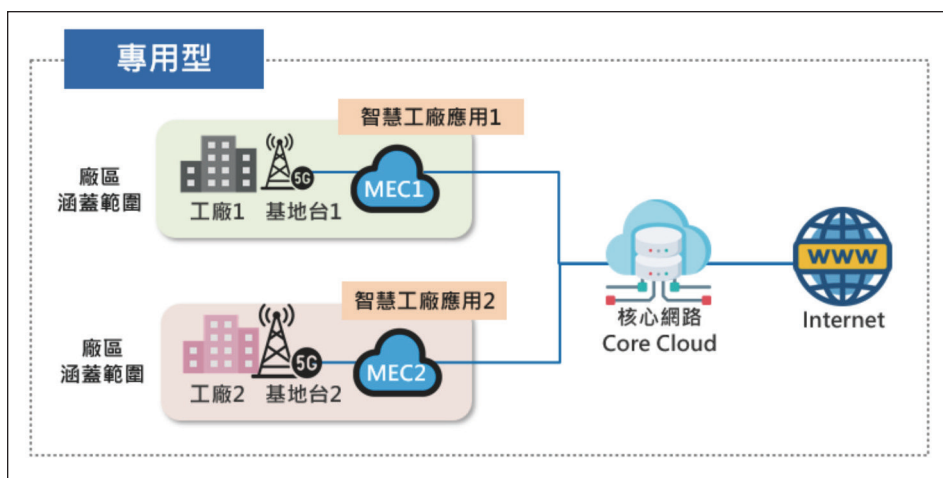


圖 7 中華電信專屬二型專用型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

架構。在企業的廠區內，可以建置專用基地台和專屬MEC，使得範圍內的用戶可以連接到工廠的應用服務，由MEC提供本地卸載功能。建置MEC可以快速實現工廠專網部署，並且不需要基地台與核心網路配合進行額外的局部設定。另外資料安全方面，通過專用基地台使得資料由基地台後端透過MEC進入工廠內網，用以區分工廠內外區域，這種方案適用於較小範圍的應用場域，如工廠內網、智慧工廠、智慧安防、多視角即時監控和AR/VR教育訓練等。

(三) 中華電信專屬三型獨立型 5G 企業專網 [8]

此型式的企業專網架構，如圖8所示，在企業總部架設了私有的小型獨立核心網路和專用基地台，視工廠場域的範圍，可以設

置多個專用基地台。行動網路營運商提供獨立的SIM卡給用戶，僅能使用特定的SIM卡註冊到私有的獨立核心網路，整個網路由總部端的獨立核心網路統一管控，因此企業對網路的掌握度最高，確保企業內部服務伺服器的資料傳輸在內部網路中進行，有助於保障機敏資料的安全。如果大型工廠在不同地區且有分部，可以在每個分部設置MEC設備，透過專線連接到位於企業總部的小型獨立核心網路，由一個獨立核心網路設備和多個分部的MEC設備組成企業專網。對於企業專屬的小型核心網路和專用基地台，企業需要負擔網路維護和設備成本，維運技術要求較高，因此適合公家單位或那些重視機敏資料保護和資訊安全的製造業、醫療業等。例如，在工廠的產線專網中，可能專注於延遲性能和裝置連接數量，而在即時智慧監控的專網中，則更關注大量資料傳輸，特別注

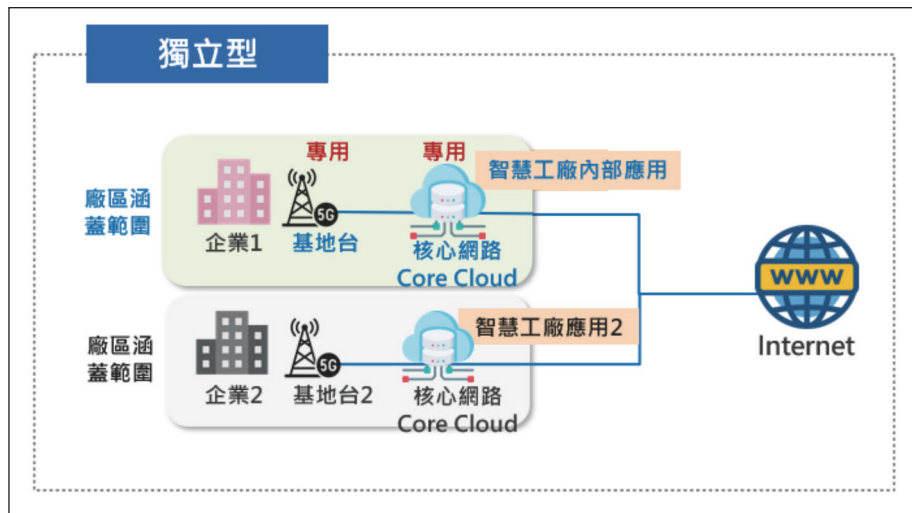


圖 8 中華電信專屬三型獨立型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

重上載資料的能力。此外，通過專用網路，企業還可以自行設定網路的運作時間和涵蓋範圍，於現場進行安裝和維護，可加速問題處理和排除，專屬核網為企業提供更完整的網路控制權和安全性。企業可以自行決定哪些使用者可以連線，資料也可以直接儲存在企業的設備內，無需流向企業外部，以降低不必要的風險。這種應用服務類型主要適用於半導體、高科技製造業等領域，用於生產線上的產品資料蒐集分析、製程優化、廠區安全、工廠自動化、移動式機器人、無人搬運車，以及提升營運效率的遠距辦公、遠距操作等。同樣，這種架構也可以在公共安全職安領域應用，例如工廠的安全監控、人員異常移動、車廂人潮疏導、即時影像告警服務等。

(四) 中華電信專屬四型網路切片型 5G 企業專網 [8]

此類型專網主要使用網路切片技術來提供企業專網服務，如圖9所示。網路切片技術可根據業務需求，例如資料安全性和低延遲，搭配邊緣運算技術，實現網路服務部署，以滿足企業的需求。透過網路切片技術，每個企業都可以被切割成專屬的網路切片，使企業網路應用服務能在各個獨立的網路切片中運行並提供服務。為了提升企業應用服務的品質，可以在靠近企業位置部署 MEC，並將企業應用建置於 MEC 的後端，這樣可以縮短應用的封包傳輸時間。這種 MEC 需要支援 5G 網路切片，並提供 QoS 管控功能，以確保服務封包能夠根據需要進行優先

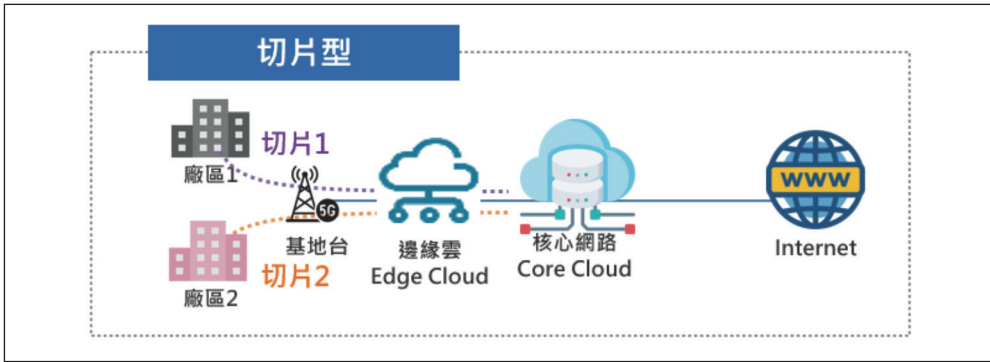


圖 9 中華電信專屬四型網路切片型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

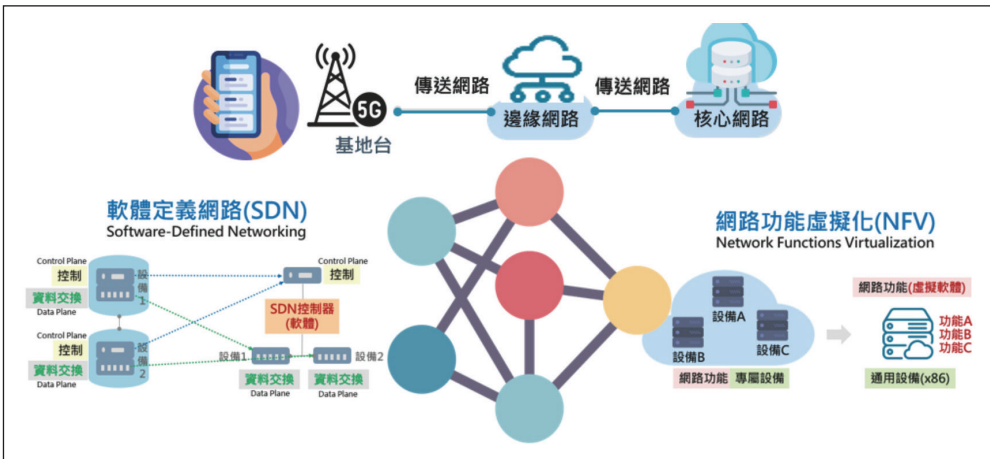


圖 10 SDN 與 NFV 應用於端對端網路切片技術架構

程度安排，並提供相應的服務能力。此應用服務是建立在5G網路切片技術之上，採用端對端的網路切片技術，範圍涵蓋終端、基地台、傳送網路、邊緣網路和核心網路。考慮到資料在網路中要經過多個設備，可以通過軟體定義網路（Software Defined Networking, SDN）技術來控制網路設備，將控制平面（Control Plane）和數據平面（Data Plane）

分離，由軟體集中控制，實現網路路由和頻寬自動調整。此外網路功能虛擬化（Network Function Virtualization, NFV）可將實體設備的功能軟體化，安裝於通用設備（x86），以構建虛擬開放式網路架構，降低成本和能源消耗，如圖10 [9]。這種軟體化技術為企業客戶提供獨立的虛擬邏輯網路，區隔不同的企業客戶，並且網路切片技術可以讓不同的虛

擬邏輯網路對應到不同的應用。這種方法的優勢在於不同的網路片之間相互獨立，網路上的服務不會相互干擾，能夠根據用戶需求和用途進行客製化的部署。通過使用電信業者提供的網路切片，企業無需自行建立核心網路和基地台，用戶只需使用單一SIM卡即可使用網路切片和公網。

四、智慧工廠的邊緣運算架構

電信業者所提供的邊緣運算服務，致力於其部署在靠近工廠的小型數據中心，從而實現更高的效能。透過人工智慧（AI）技術的邊緣運算，能夠賦予終端設備更智慧的運行能力。在數據處理涵蓋5G、雲端、網路和終端設備的過程中，借助邊緣運算技術和5G低延遲的特性，實現了設備與邊緣之間更有效的短距離連接。工廠在生成大量數據資料和即時應用時，可通過雲端邊緣分配運算資源，實現在最佳效能位置靈活處理應用數據。此外多重存取邊緣運算（MEC）技術在智慧工廠中有著重要的應用，其目標在於增

進電信服務與工廠營運技術（OT）系統之間的協同效能。透過與行動核心網路的整合，創造了超低延遲和超高速的運行環境，從而提升用戶體驗，如圖11。相比其他虛擬雲端和行動邊緣技術，MEC具有更高的靈活性和可塑性，可在無線網路節點、匯流聚合節點和核心網路端進行部署。通過開放無線接取網路（RAN）邊緣，行動電信運營商能夠迅速部署先進的無線應用程序和服務，包括產線影像分析、工業物聯網、資訊疊加於擴增實境等，並透過MEC技術實現流量卸載，降低整體網路系統的成本。在工業物聯網、AR/VR、機器人技術、機器/深度學習和電信網路功能等新興應用的驅動下，邊緣運算需更靠近使用者，以應對智慧工廠對頻寬、延遲、數據等關鍵挑戰[10]。

五、智慧工廠的 AI 應用

電腦視覺（Computer Vision）技術結合深度學習的辨識能力，在語音和影像識別方面已取得巨大的突破，這項技術在智慧工廠

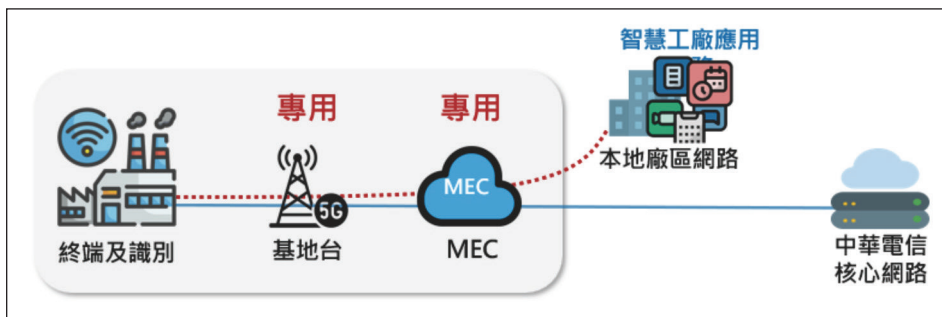


圖 11 5G MEC 在智慧工廠的架構

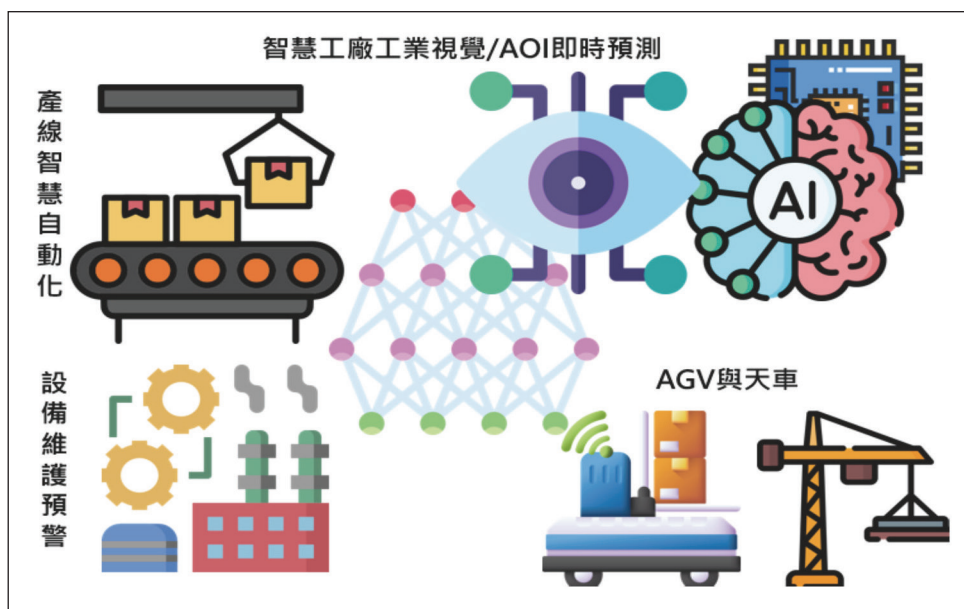


圖 12 智慧工廠 AI 的應用

相關應用領域日益增多，這種趨勢表明，電腦視覺技術具備獨立完成工廠場域監控和管理的能力。透過5G技術提高影像資料傳輸的頻寬速度和降低延遲，使現場設備能夠提供更高品質的影像，從而提升分析和判斷的準確性。同時，能夠即時接收告警資訊，並通過深度影像辨識技術利用5G網路傳送即時影像到運算層進行安全分析。當告警事件發生時，能夠迅速通報給管理人員，同時管理人員可以透過管理界面即時觀看工廠內任一攝影機的高畫質影像，以及隨時聯絡和阻止危險因素的發生，如圖12所示。

目前資訊科技（IT）的發展趨勢下，中華電信希望成為各行業數位轉型的推手，倚

賴在數據平台、數據分析和資通訊技術方面的優越性，不斷強化並提供多項關鍵的高階創新應用服務，協助企業引進資料儲存、分析平台，以及數據分析服務，以數據為基礎提升企業或工廠營運效益，推動不同產業的數位轉型。為此中華電信推出了Deep Flow智慧分析平台[11]，提供AI模型開發的統一管理機制（Machine Learning Operations，MLOps），包含AI模型開發、訓練、管理部署和監控等功能。該平台還提供參數優化和自動化建模功能，有效縮短50%以上的作業時間。通過這個一站式的MLOps平台，企業可以進行廠區的資料分析、定制建模和應用部署等操作，滿足智慧工廠AI應用服務開發、資料收集和處理、模型開發和訓練等需



求。此外Deep Flow智慧分析平台具有強大的自動機器學習（Auto ML）功能，可自動化機器學習開發流程，協助企業解決AI資源管理和部署困難的問題，實現智慧工廠輕鬆應對AI相關挑戰，加速數位轉型。

MLOps平台之特色：包含提供傳統機器學習演算法（例如邏輯迴歸、決策樹、聚類分析等）以及多種類型的深度學習演算法，包括卷積神經網路（Convolutional Neural Networks，CNN）、遞迴神經網路（Recurrent Neural Networks，RNN）和長短期記憶模型（Long Short-Term Memory，LSTM），平台亦提供友好的開發和測試環境，使用虛擬化技術可快速搭建機器學習環境，涵蓋監督式、非監督式和深度學習等多種類型。提供模型版本管理功能，允許驗證過程的追蹤與回溯，透過管理模型版本的變化，實現模型比對和評估。支援模型健康度監控，當模型部署至正式環境後，可監測模型精確度和資料偏移狀況，當模型精確度下降超過標準或資料偏移值過大，系統會自動觸發提醒，並啟動模型重訓練流程。

Deep Flow智慧分析平台強大的自動機器學習（Auto ML）功能，如圖13所示，該功能能夠在機器學習開發過程中，自動化繁雜且重複的任務，進而生成專屬於相關企業領域的模型。這項功能有助於企業或工廠解決AI資源管理困難以及部署難度的問題，使企業能夠輕鬆地處理AI相關事務。因此，自動機器學習不僅能夠滿足企業或工廠用戶的需求，還能夠大幅簡化AI的運用流程，強大的Auto ML功能如下：

1. 自動資料擷取：解決系統工程問題，如資料介接、安全儲存、格式轉換等。
2. 自動資料處理：解決資料科學問題，如資料探索、資料清洗、特徵提取等。
3. 自動模型訓練：解決模型生成問題，如模型選擇、訓練優化、評估及版控等。
4. 自動部署管理：解決系統上線問題，如雲端/工廠端的程式派送、既有系統整合、版本更新等。

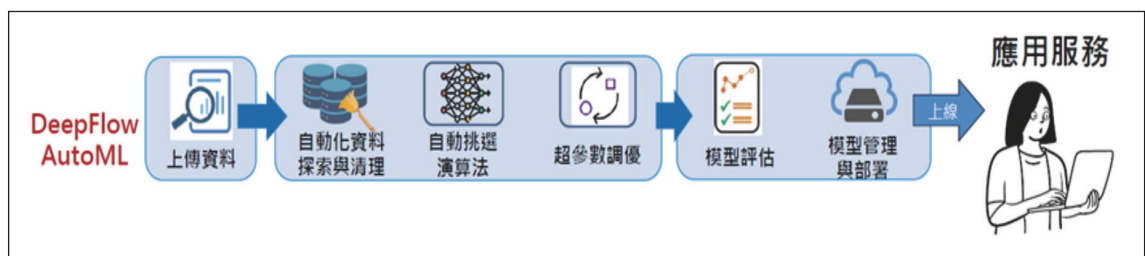


圖 13 自動機器學習功能示意圖



六、智慧工廠 5G 垂直應用

(一) 廠區工安管理應用

透過在工廠場域架設攝影機，拍攝現場畫面並進行影像串流。隨後，使用5G網路將即時影像傳送至各辨識模組進行影像辨識，這些辨識模組包括物件與人的辨識。其中，工作場域防護設備辨識模組能夠識別整張影像中存在的設備，人形偵測模組則會偵測出人形圖片並進行切割，然後輸入偵測模組進行分析。當施工人員在工作場域中出現不安全的工作行為、未穿戴符合場域的安全裝備或誤入禁制區時，系統會即時觸發事件告警，這些事件告警將透過5G網路傳送至職安管理平台，讓工廠人員可以透過現場攝影機即時查看廠區的情況。另外，深度學習影

像辨識技術的審查系統可以取代傳統的檢查員，快速且準確地完成對安全裝備和防護設備的檢測，審核結果和圖片將傳送至職安人員管理平台，使他們能夠了解各施工人員的審核情況。這種影像監控系統應用於大型工廠場域，不僅能提升工作效率，還能有效降低意外事故和職災的風險[12]，如圖14。

(二) 廠區產線監控應用

製造業早期成為邊緣運算的應用領域，透過這產線監控技術，能夠有效監督生產過程，同時預測產品的品質和生產速度等。舉例來說，透過開放平台，製造業可以集中管理各種設備的數據，通過整合這些數據，每個製造商都可以運用數據進行自家產品的開發和製造。此外，物聯網邊緣運算平台使得

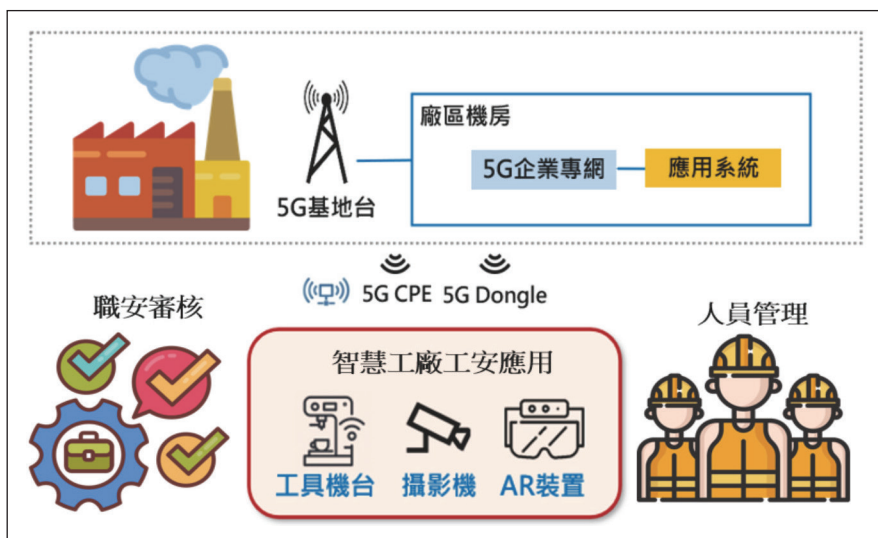


圖 14 智慧工廠應用之工安管理

工業機器人可以使用IoT設備的邊緣網路進行數據的收集和傳輸，迅速發現違規和低效的原因，並提醒機器故障和網路安全威脅等異常數據。透過感測器，製造工廠實現了關鍵系統的預測性維護，能夠預測錯誤的發生時機，於檢測出故障時發出警報，減少意外停機的時間。而邊緣運算技術使得工業設備無需人工介入即可做出決策，從操作維護到資產優化等各種工業物聯網應用方案，都得到了顯著提升的效率，同時也降低了錯誤的風險，有助於業者節約時間和成本[13]，如圖15。

（三）數位分身

數位分身 在實體和數位世界之間建立連接，透過無縫的數據傳輸，使物品甚至生物能同時存在於現實和虛擬世界中。數位分身即是實體產品或系統的虛擬映像，透過感測

器收集實體產品的資料，供虛擬分身進行分析處理，讓數位分身能即時監控實體產品狀態，快速反應各種變化，根據數據進行分析和預測，提升產業效率，整合工業物聯網、機器/深度學習、雲端運算、大數據分析和5G等技術以產生綜效，如圖16所示。隨著資料收集和運算技術進步，數位分身產生大量樣本資訊，可用於其他應用和服務的深入分析和解決，強化數位分身的效益與價值。而擴增實境AR則為數位分身和使用者搭建橋樑，以直觀方式呈現資訊，降低成本、提升效率。數位分身可在產品設計、生產監控、品質檢測等階段廣泛應用，甚至透過室內定位技術和智慧眼鏡進一步強化使用者體驗，如圖17。在智慧製造領域，數位分身可以透過標準介面和異質系統交接，來擴展到不同的產業，佔有5G驅動的智慧製造趨勢中的重要地位。

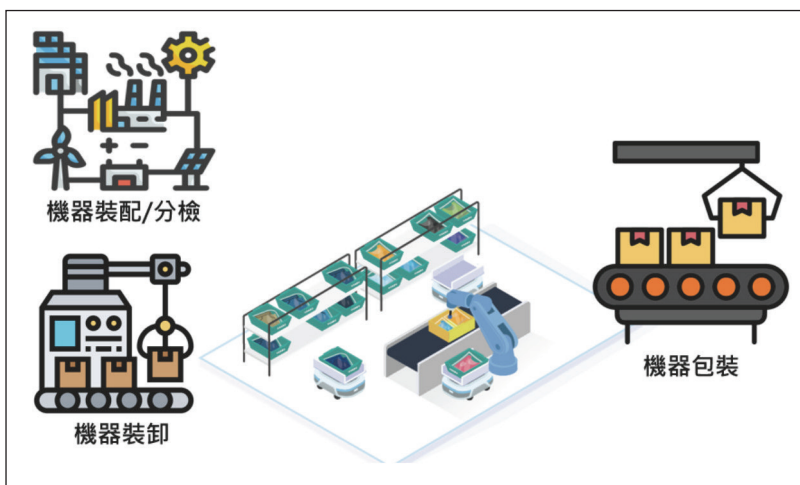


圖 15 智慧工廠應用 - 產線監控與預測分析

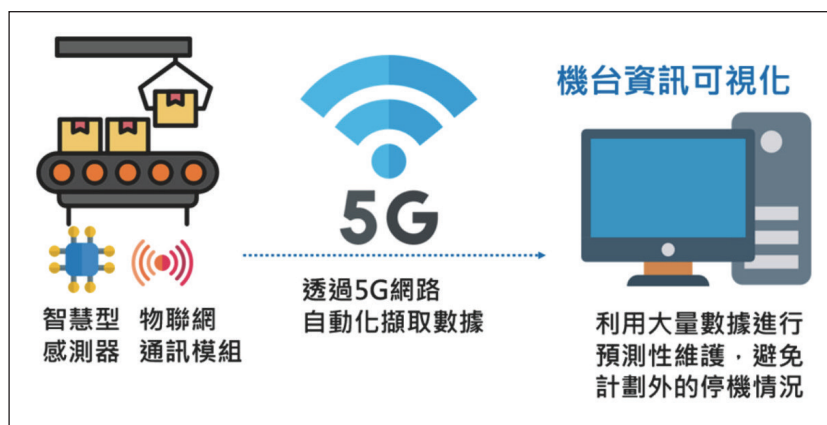


圖 16 智慧工廠應用 - 數位分身



圖 17 智慧工廠應用 -AR 眼鏡之資訊疊加

(四) 廠區與車輛巡檢

透過5G網路，以大頻寬和低延遲的特性，傳送從廠區交通號誌桿或交通幹道取得的監控影像至雲端平台，如圖18所示。在雲端平台上，利用多樣化的辨識模組和強大的運算能力，對即時影像進行AI辨識、細部解析和分類，得出智慧辨識結果。這些結果能透過5G網路迅速傳回監控人員，使其能即時處理相關資訊，這系統能夠有效地監控廠區交通狀況、車流密度，甚至提醒司機注意車

速等。同時，此技術也在智慧交通和公共安全方面有著廣泛的應用，將交通管理和資訊傳輸更加智慧化和高效率。

透過車輛攝影機結合車牌辨識AI模型，利用AI影像辨識技術進行監控，當廠區車輛違反交通法規時，系統會拍照存證並開單告發。這套系統將車牌辨識AI模型植入邊緣影像辨識設備，使其能在手機大小的設備上運行，透過在汽機車或其他可移動載具上加裝內嵌攝影機，能夠在複雜的廠區巡檢中即時

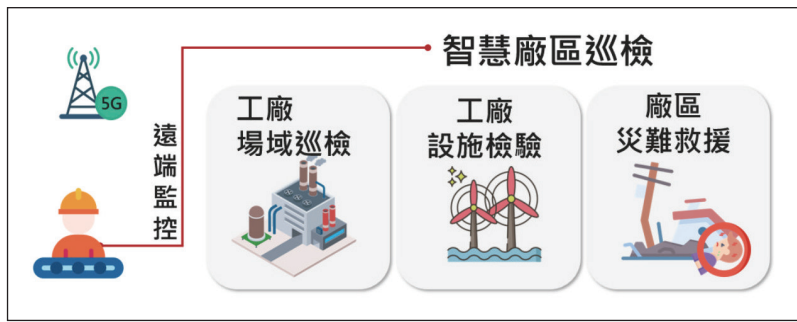


圖 18 智慧工廠應用 - 廠區監控

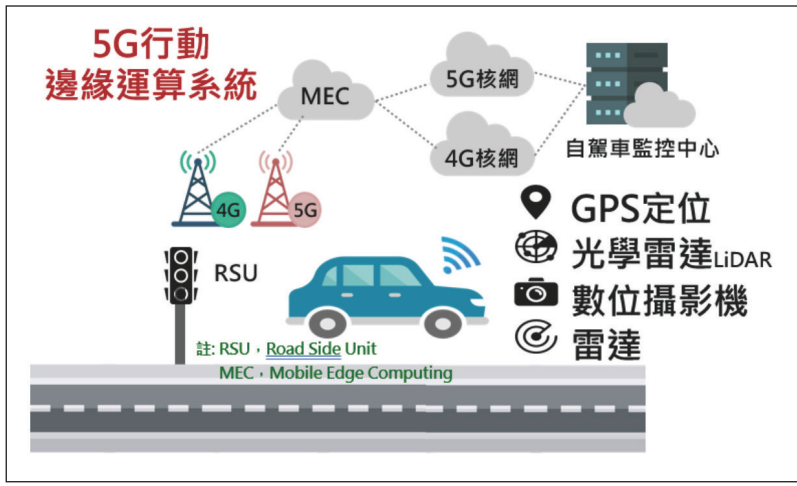


圖 19 智慧工廠應用 - 廠區車輛安全巡檢

快速地取得詳細即時影像，並配合固定交通號誌桿或交通幹道取得的監控影像，此系統具有更高的覆蓋率和便利性。利用5G網路的大頻寬和低延遲特性，將影像傳送至雲端平台進行即時影像AI辨識，利用雲端平台的多樣化辨識模組和強大運算能力，將即時影像進行細部解析和資料分類，從而獲得智慧辨識結果，這些結果將傳送回汽機車或可移動載具，以實現在工廠中的快速巡檢目的，如圖19 [14]。

(五) 無人機巡檢

無人機結合5G網路的高速傳輸，可連結後端雲端運算系統，達到飛行巡檢過程即時進行AI即時分析影像，對偵測到的異常事件發出告警，通知相關人員快速反應處理，尤其是對無人機自動飛行反應能力的提升，或是對廠區與交通安防巡檢，或災害現場的狀況掌握與指揮調度的幫助效果最為明顯，讓無人機的應用範圍更廣泛，如圖20。無人機

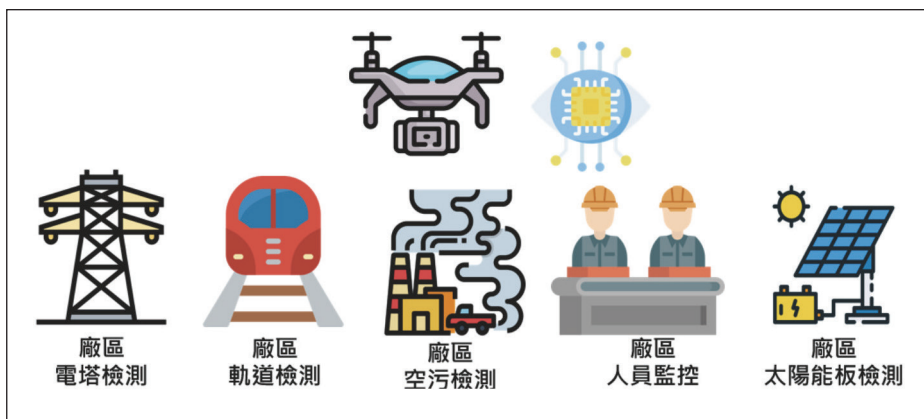


圖 20 智慧工廠應用 - 無人機巡檢

在智慧工廠中的應用日益重要，可以用於監測和檢查製造過程，從而提高生產效率和品質控制。無人機也可以執行定期巡檢，監控生產設備的運作狀況，檢測可能的異常並進行預防性維護，有助於減少停機時間和維護成本。

此外無人機還可以用於庫存管理，追蹤和監視庫存物品的位置和數量，透過無人機的自動化和遠程監控功能，智慧工廠能夠實時收集數據，提供更準確的生產分析和預測，這種數據驅動的方法有助於做出更明智的生產決策，優化生產流程，提高生產效率和質量。因此智慧工廠中皆需建立與累積對應其需求的AI辨識與偵測模型，以及豐富建立AI模型所需訓練數據集之影像分類與標註資料，更進一步可運用諸如自動化機器學習Auto ML的技術加速AI模型的產出，適合應用在大型工廠的巡檢中[15]。

七、結論

5G企業專網在智慧工廠的垂直應用呈現重要的趨勢，透過5G技術，企業得以建立高速、低延遲的專屬網路，實現智慧工廠的數位轉型與智慧化進程。垂直應用涵蓋智慧製造、智慧物流、智慧能源及智慧工業等範疇。在智慧工廠中，5G企業專網有助於支援工業物聯網的即時數據傳輸，促進設備之間的通信，提升生產效率和品質。此外，5G企業專網可支援機器人自動化操作、虛擬實境（VR）和擴增實境（AR）應用，進一步優化生產流程和培訓過程。

隨著5G技術的普及，工廠可更靈活地部署物聯網設備，實現即時監控與預測性維護，此種數據驅動已成為智慧工廠發展的重要驅動力，包括提升生產效能、降低成本，並促進智慧製造的持續演進，同時透過邊緣



運算技術有效監控生產過程，預測生產品質與速度，以及透過感測器監控關鍵系統，提供AI預測性維護，減少停機時間。而專網的邊緣運算技術，使工業設備無需人力介入即可做出決策，並提供各種工業物聯網應用解決方案，能顯著提高效率，同時有助於節省時間和成本，因此在AI人工智慧的持續發展下，再加上工業物聯網和專網邊緣運算技術的部署，將協助維持工廠產能和安全，來創造出更理想的智慧工廠垂直創新應用。

參考文獻

1. 網頁資料：5G 專網方案技術 - 行動寬頻 - 中華電信研究院，https://www.chttl.com.tw/rd_mob-private.html
2. 網頁資料：中華電信 5G 企業專網：專網獨立運作，提升企業管理效能與競爭力！<https://www.cht.com.tw/home/enterprise/mobile/5genterprise/712>
3. 網頁資料：中華電信結盟聯發科技打造 5G 毫米波測試環境搶攻全球 5G 市場，<https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/messages/2022/0407-1400>
4. 網頁資料：資深產業分析，“邁向智慧製造 -5G 技術下的智慧工廠”，<https://w3.sipa.gov.tw/SPANews/newsletter/download.jsp?FileName=1612169515411.pdf>
5. 網頁資料：Gb 級 5G 來了，企業架構無線內網有新方法 <https://www.ithome.com.tw/news/138728>
6. 網頁資料：邊緣計算 - 六大科技小旅程，https://sixtech.shu-xiang.org/html/resource/edge_computing_resource.html
7. 網頁資料：工業技術與資訊月刊：產研聯手搶攻北美 5G 專網市場，<https://news.cnyes.com/news/id/5126159>
8. 網頁資料：中華電信 5G 企業專網，<https://www.cht.com.tw/home/campaign/5genterprise/CHT-5G-Private-Network.html>
9. 網頁資料：SDN/NFV（軟體定義網路 / 網路功能虛擬化）之發展現況與應用實例，<https://tprc.tanet.edu.tw/tpnet2019/training/10809.pdf>
10. 網頁資料：中華電信結盟台達電子打造 5G 企業專網智能工廠；迅速調整產線配置提升產線效率，<https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/messages/2022/0719-1410>
11. 網頁資料：中華電信 Deep Flow AI 智慧分析平台，<https://www.ecosyp.org.tw/Frontend/CloudService/ServicePage?ServiceID=S000000322>
12. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，5G 於智慧工地與運輸安防之應用。
13. 電信研究期刊，第 52 卷第 1 期，民國 111 年 3 月，5G 開放專網機車智慧地面巡檢應用方案。
14. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，5G 智慧地面巡檢系統。
15. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，無人機空中智慧巡檢應用。