

# 5G 專網為何秀色可餐？ 對智慧製造有何意義？

■文：任苙萍

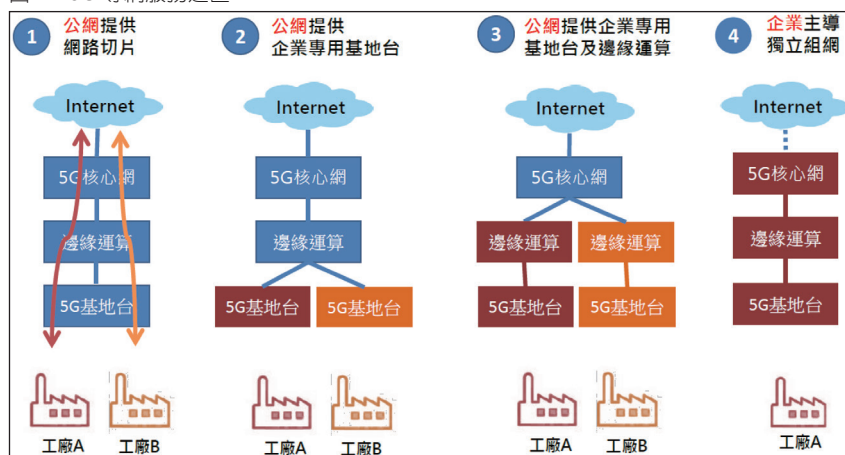


照片人物：經濟部技術處 5G 辦公室主任許冬陽

從前文機械設備及工廠業者說法不難發現：5G 通訊正在落實「智慧製造」情境。經濟部技術處 5G 辦公室主任許冬陽在日前「2020 無人載具科技創新研討會」亦提及 5G 之於智慧製造的相關議題：今年 5G 商用開台後，增強型行動寬頻通訊 (eMBB) 的大頻寬高速網路傳輸使 8K 或擴增實境／虛擬實境 (AR/VR) 眼鏡之高解析影像得以商用，讓人有身歷其境之感，當下以娛樂為主，但工業應用也逐漸浮現；眾所矚目的超可靠低延遲通訊 (uRLLC) 3GPP R16 版本剛於今年定案，預計一年後進入商用。

至於大連結 (mMTC) R17 標準仍在制訂中，目標是只要有通電的裝置皆能上網，每平方公里容納百萬個連接裝置。許冬陽表示，5G 將成為帶動數位轉型的一股重要力量，但它不會單獨存在：英國 5G 智慧製造提高 2% 工業效率，帶來 36 億英鎊的增長 (5G + AR + Big Data)；日本 5G 遠端操控工程機具，降低危險場所工安事故發生率 (5G + 8K)；德國 BMW 藉由終端、自動運輸系統掌握物流流程、AR 規劃廠區，加速產線生產效率 (5G + AR + Big Data)。基於下列考量，不少企業高度關注 5G 專網應用，預估 2030 年專網設備規模將達 180 億美元。

圖 1：5G 專網服務建置



資料來源：經濟部技術處 5G 辦公室

## 5G 專網受青睞，有四種部署形式

首先，是為了確保關鍵服務傳輸可靠性與通訊品質、節省維護成本、便於工廠產線動態配置。欲取代有線通訊，「6 個 9」的低延遲、高可靠是必備條件。其次，5G 專網能跟隨企業需求彈性調整網路架構——消費市場講究「以人為本」、但企業是以「物」為設計標的，例如同是醫院環境，4G 著眼的是方便候診病患及親友連網，會以門診區為主場；對照 5G 鎖定的萬物連網，充斥眾多設備的加護病房或許才是首善之區，有應用場景的區別。最後，當然就是考慮

到維護企業營運機密資料安全。

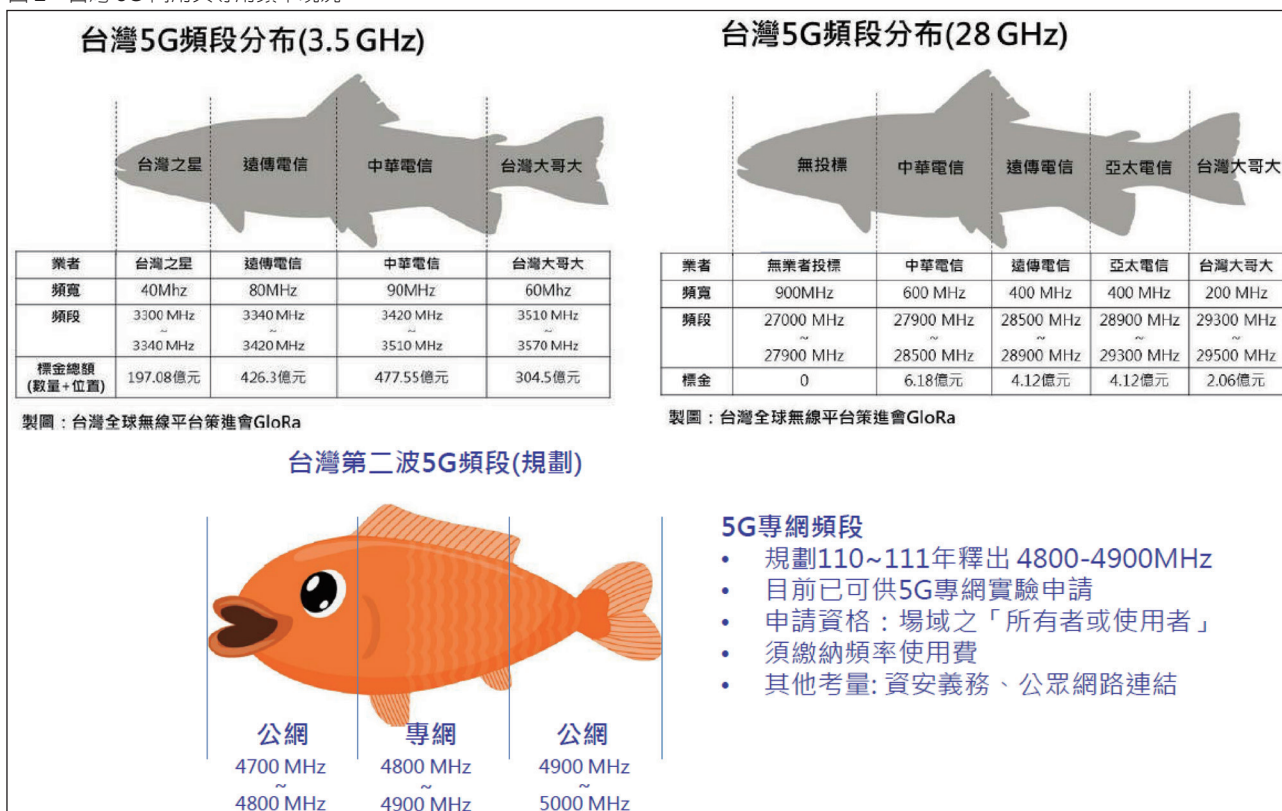
5G 專網服務選項多樣，衡量因素包括：資料安全、傳輸品質、使用範圍、建置及維運成本等，有四種部署形式。一是公網提供網路切片 (Network Slicing) 將軟體資源借助數位化方式，切分虛擬資源供企業使用，同一套大網可服務不同工廠，最具經濟效益；二是公網提供企業專用基地台、隔離建置，讓各個廠區能獨佔訊號，避免其他公網用戶搶用網路資源，缺點是成本高；三是公網提供企業專用基地台 + 邊緣運算 (Edge Computing)，在工廠架設小型伺服器作為邊緣雲端，確保廠內資料不外流，但由於連線資訊還是經由公網進行，仍有被竊取機密的風險。

例如，有心人可透過探查哪個機台傳送多少資料而推估設備／產線稼動率。顧及絕對安全，極端作法是由企業主導獨立組網、從頭到尾自建。許冬陽透露，台灣電信業者對企業專網相當積極，盼能藉此開拓 5G 殺手級應用並形成商業模式，必要時還可向政府申請企業專網頻段。他補充，現階段 3.5GHz 下行速率達 1Gbps、28GHz 可達 10Gbps，更高速就得仰賴毫米波 (mmWave)，台灣最快明、後年問世。具體第二波 5G 頻段規劃如下：4700 ~ 4800 MHz、4900 ~ 5000 MHz 為公網，中間 4800 ~ 4900 MHz 頻段劃歸專網 (擬於 2021 ~ 2022 年釋出)。

## 5G 市場在何方？當務之急是「應用落地」

許冬陽指出，公網、專網需求大相逕庭：公網服務主要應用在線上影音、網頁瀏覽、一對多線上影音直播、程式檔案下載等，以時間區分，可明顯看出下載需求大於上傳；反之，專網著重以 AR 眼鏡、MR 頭盔、感測器、AI/4K/8K 閉路電視攝影機 (CCTV) 等影像監控設備等終端裝置，收集大量工業生產或影音數據供遠端協作／指導、無人載具遠端操作等，上傳需求大於下載，須以「分時多工」(TDMA) 應對。因為位置相近的兩個同頻或鄰頻基地台若採用不同時分雙工 (TDD) 組態，部分訊框

圖 2：台灣 5G 商用與專用頻率現況



資料來源：經濟部技術處 5G 辦公室

(subframe) 會發生下載干擾上傳、導致網路無法使用。

因此，專屬頻段對企業專網而言有其必要性。然而，許冬陽不諱言一個關鍵：從終端、基地台、核心網路到營運管理，台灣都有完整供應鏈，重點是市場在哪？要賣給誰？「應用落地」為當務之急。為此，選定國家戲劇院兩廳院推出沉浸式 VR 應用的實驗劇場，讓表演者圍繞架設於舞台中央的 VR 攝影機演出，讓展演內容與民衆互動、現場體驗 5G VR360 與 5G 多視角現場直播，冀結合科技與文化，吸引年輕人參與。用於智慧製造，則旨在解決工廠老師傅經驗傳承痛點，增進新進人員的現場機具操作熟練度。

許冬陽解釋，5G 收集大量感測數據、數位雙胞胎系統分析刀具運動軌跡後，再由 5G AR 眼鏡或平板電腦疊加軌跡指引於實體工具機上，讓新手有如獲得老師傅數十年功力加持、迅速掌握加工狀態並

即時調整加工參數，以提高產品良率。他總結，5G 專網有賴網通廠、系統整合商、行業場域主與電信業者通力合作，健全 5G 生態鏈；而台灣已於去年 12 月提出 5G 專網專頻政策，並責成經濟部技術處依企業數位化需求鏈結 ICT 與垂直應用產業，打造 5G 專網應用解決方案典範，引領產業轉型、提升競爭力。

## 電信業者摩拳擦掌，積極搶進

電信業者又是怎麼看待智慧製造？遠傳電信企業產品服務管理處協理張文津坦承他們以往跟工廠關係並不密切，但 5G 時代將全然不同！諾基亞 (Nokia) 去年預測，全球 5G 專網可能應用場域達 1,458 萬個；其中，「工廠製造」將一躍成為最大宗的垂直應用場域，超越機場／車站等交通樞紐、倉儲中心、醫院和實驗室等。智慧製造的痛點在於傳統 IP 網路採

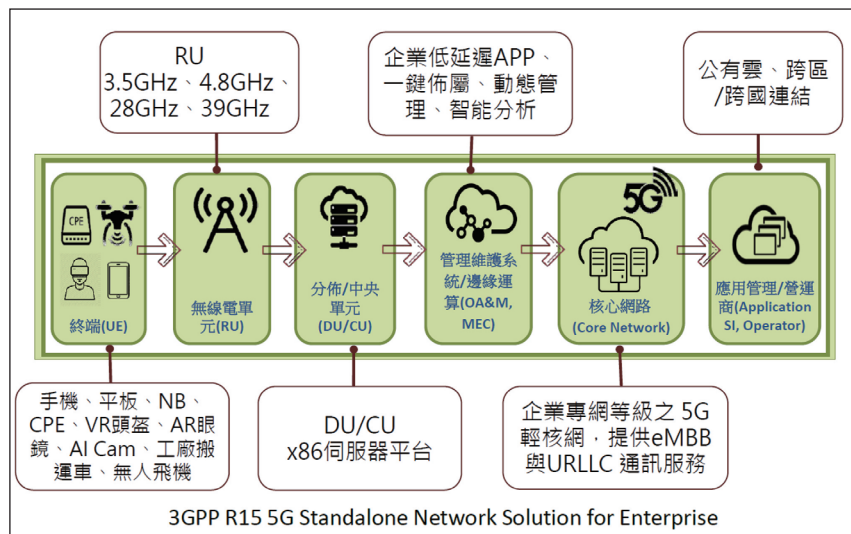


照片人物：遠傳電信企業產品服務管理處協理張文津

「Best Effort」模式傳輸，視網路負載狀況儘量以「最佳」傳輸速率傳送資料、無法確認傳輸穩定度，容易發生延遲或封包遺失，且工控設備不易頻繁補丁 (patch)，對安全性的要求更高。

張文津分享，截至今年 8 月，全球已有 82 張 5G 商轉網路，預計年底將大幅增加超過百張，今年年底全球 5G 用戶數可望達 1.9 億、2024 年全球 5G 用戶數將達 19 億，專網是重中之重。未來 5G 發展需求依序為：傳輸速度、低時延、設備連接密度、流量密度、安全性。5G+ 智慧製造架構由下至上分別為數據層、網路層、平台層、應用層，時間敏感網路 (TSN)、網路切片和邊緣運算等 5G 網路基礎設施正是「網路層」新成員。他剖析，現行工廠網路多以 Wi-Fi、實體線路混合佈建，環境複雜；再者，Wi-Fi 連接行經多個節點，訊號不穩且安全堪慮。

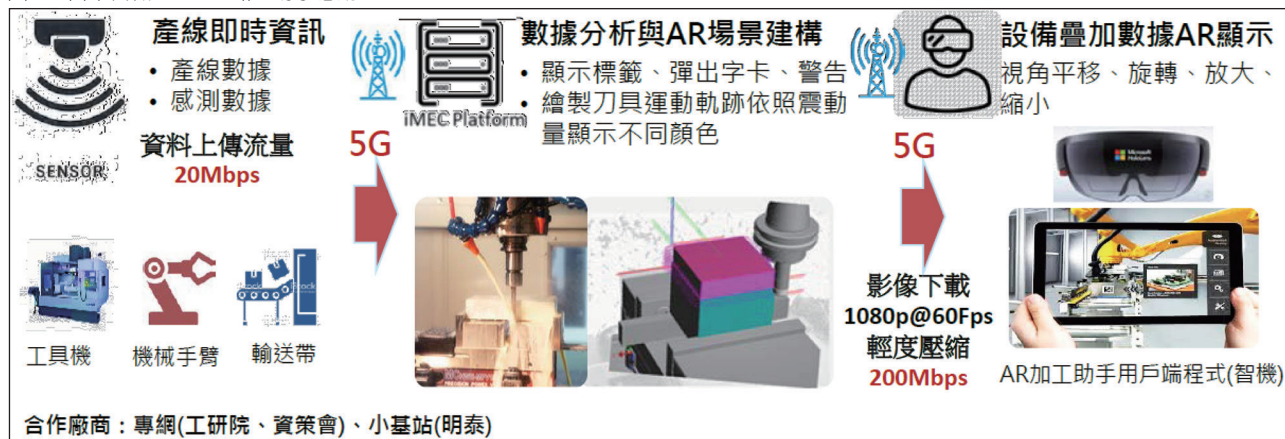
圖 3：台灣自主研发 5G 專網系統



資料來源：經濟部技術處 5G 辦公室



圖 4：台中智機——AR 加工助手應用



資料來源：經濟部技術處 5G 辦公室

以無人搬運車 (AGV) 為例，需安裝電磁感應、磁帶導引、雷射制導、自然尋標、視覺導航等技術，場地佈置時間長、精準度低、成本高；還無法主動繞行障礙物、運行自動化，工作效率較低。那麼，一個有趣的反思是：5G 可取代 Wi-Fi 嗎？遠傳認為，以往兩者的確涇渭分明：區域網路 (LAN) 歸 Wi-Fi、廣域網路 (WAN) 屬蜂巢網路，但 5G 專網應用於特定場域，較 Wi-Fi 更安全、迅速、大連結、佈署簡單，將打破這個通則。例如，跨區域輸入資料必須重新連線 Wi-Fi 才能繼續作業，這對非定點的巡查人員來說十分不便，改用 5G 就沒這個困擾。

張文津介紹遠傳 5G 智慧工廠專網的優勢：讓室內和園區同一張網，易於管理、移動性佳且兼顧安全和隱私。用它取代其他區域網通訊技術用於廠內導航，可不受場地限制、節省部署成本；搭配「行動邊緣運算」(MEC) 設施，讓資料流不須經過多節點即可回傳，達到超低時延。他補充，現行 R15 是非

獨立組網 (NSA) 架構，著重吞吐量，最新的 R17 版本擬於明年 9 月凍結。值得注意的是，有鑑於地面會受地理環境和電力供應影響，對於林木盜伐、山區監控力有未逮，R17 傳輸將不限定在地面站，加入「衛星」協同發功，讓物聯網 (IoT) 更具應用價值。

### 「MEC」行動邊緣運算 隱含「多接取」期望

特別一提，同樣是「MEC」，沛博科技 (Perobot) 對其有不同的定義：「多接取」(Multi-access) 邊緣運算。企業及應用部門 Associate Manager 薛祖榕表示，智慧工廠讓各廠房之間須即時處理的資訊變得又多、又複雜，將運算從雲端移到邊緣，可有效解決各廠房／企業到雲端的傳輸成本，並增加資料在端點之間的運算效率，包括：倉儲、員工、車輛運輸、AGV 等管理。問題是：不同系統可能有冗餘或功能重複，造成成本浪費且無法有效擴充；不同技術疊代快，



照片人物：沛博科技企業及應用部門 Associate Manager 薛祖榕

可能發生技術不相容；不同產品或有衝突，穩定性、操作流程、保固條件和成本代價亦不同。

更重要的是，關於員工、物料、倉儲資料的隱私保護。為此，鴻海集團攜手沛博力推「5G MEC Intelligence」，具備以下特性：1. 低延遲；2. 資料保護性；3. 多接取、5G 整合不同端點；4. 虛擬化將異質服務共構在單一平台，

只須管理一套系統；5. 高可用性 (High Availability, HA) 架構可為機器視覺資料備援；6. 開道安全保護。薛祖榕說明，從底層通訊協定到 4G/5G、乙太網，都能在單一平台運作，輔以 AIOT 實體／虛擬加速技術管理各種服務的虛擬機器 (VM) 和容器 (Container) 之虛擬交換，可在開放式邊緣運算平台架構電腦視覺服務。

薛祖榕直指，加入 5G 分散／集中單元不僅可改進邊緣運算效能，還能管理更多 AIoT 裝置、在中央伺服器加入更多安全機制，並與後端軟體開發套件 (SDK) 整合；以 MEC 智能服務為中心，在儀表板做「可視化」呈現。目前鴻海集團已用於管理員工差勤、物料管理和交通派車；台泥亦採用不同邊緣設備管理旗下各個工廠；林口長庚醫院則用於所有醫護、行政人員和

病患的門禁管理，不脫工作手套、零接觸管理病歷，未來擬擴展至交通車和餐廳做人員身份識別。如何將營運技術 (OT) 和資訊科技 (IT) 無縫接軌，已是系統商共同課題。

## 「智慧製造」是工業 4.0 精髓

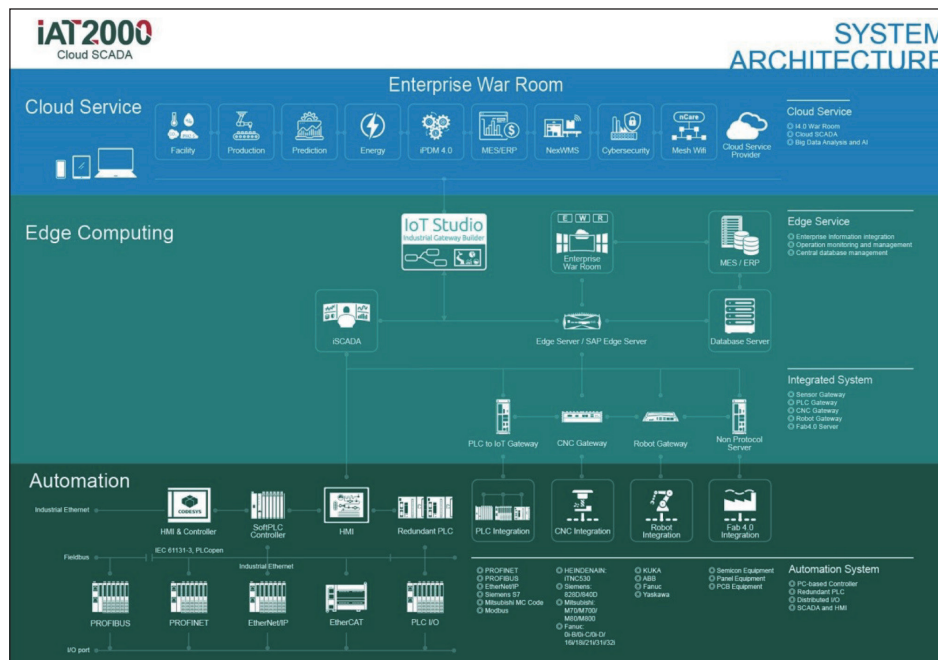


照片人物：新漢智能 IoT 自動化解決方案處長羅仕昀

主打軟體即服務 (SaaS) 的新漢智能 (Nexcom)，看到多軸機械手臂接傳統可程式化邏輯控制器 (PLC) 效能差強人意的需求缺口，改用 PC-based 的「多軸多工智慧型運動控制器」可支援多軸數運動——不須額外增加硬體配置，只要寫一個控制器即可讓效能大幅跳升並降低查線成本。IoT 自動化解決方案處長羅仕昀指出，由數據驅動的閉迴路控制設計擁有「回授」至容器邊緣開道器和公有雲的能力，可為邊緣和雲端運算的機器學習 (ML) 奠基；新漢開放式架構且符合標準工業通訊協定的「iAT2000 雲智能化監控系統」，可為工業 4.0 打造整廠解決方案。

羅仕昀描繪工業 4.0 發展歷程最早可追溯至 2008 年美國的先進製造技術計劃 (AMP)，2011 年於漢諾威工業博覽會 (Hannover

圖 5：新漢智能 iAT2000 雲智能化監控系統透過雲端服務規劃軟體「IoT Studio」連結 IT 與 OT，可依用戶實際需求將機台和製程的自動化予以整合



資料來源：<https://www.nexaiot.com/tw/iAT2000/System%20Overview>

Messe) 首度出現工業 4.0 一詞，復於 2015 年 4 月經德國電工電子與資訊技術標準化委員會率先發佈《工業 4.0 參考架構模型》(RAMI 4.0)。到了 2016 年開始倡導數位轉型，隨後在 2017 年誕生「數位雙胞胎」(Digital Twins) 概念。從工業 3.0 的大量生產到自動化，工業 4.0 的精髓應聚焦於智慧製造、數位工廠、智慧機械和虛實整合系統 (CPS)。CTA