

國家發展委員會
110 年度

「亞洲·矽谷-5G 智慧城鄉產業應用計畫」

委託辦理案（案號：ndc110001）

國際 5G 產業暨應用服務趨勢研析報告

委託單位：國家發展委員會

執行單位：台北市電腦商業同業公會

執行時間：110 年 4 月 8 日至 111 年 12 月 31 日

中華民國 110 年 9 月

(本報告內容僅屬研究者自身之觀點，不應引申為本機關之意見)

壹、國際 5G AIoT 應用服務標竿案例研析

一、智慧製造：美國國防部 5G 智慧倉儲物流

(一)背景與政策動向

從 5G 商用進程觀察，截至 2021 年第三季，美國的 5G 用戶已超過 5,000 萬（2021 年全球 5G 用戶可望超過 6 億，美國為商用進程較快的國家之一），布署約 10 萬座 5G 基站，主要由 T-mobile 投入 5G SA 網路建置。觀察美國電信商在 5G 布建速度，目前由 T-Mobile 領先，5G 覆蓋超過 3.1 億人；其次為 AT&T，5G 覆蓋超過 2.5 億人；Verizon 則超過 2.3 億人。

若從政策面向觀察，一方面為改善美國農村與部落地區（約佔 35%）無基礎寬頻網路覆蓋，且鄉村地區上網速度只有城市的 1/4，推出 8 年期的「振興美國數位基礎建設計畫（Revitalize America's digital infrastructure）」，此為拜登政府提出之美國就業計畫（The American Jobs Plan）中的一部分，計畫經費原定 1,000 億美元。然而，經過 2021 年 6 月底民主與共和兩黨協商後的版本，將經費額度減少為 650 億美元，希望透過建設高速寬帶基礎設施，實現 100% 覆蓋，也期望促進網路供應商之間的價格透明度和競爭，包括取消造成公平競爭的各種障礙，並要求網路服務供應商明確揭露他們收取的價格。此外，基於寬頻網路的費用過高的考量，認為需降低寬頻網路服務的成本並促進更廣泛的採用，以讓每個美國人都能負擔得起寬頻網路的費用。

另一方面，美國政府部門為了強化在 5G 市場的競爭力，在 2020 年 11 月 17 日批准了部署 5G 開放無線接取網路之法案，編列 10 年 7.5 億美元聯邦預算，推動美國 5G 設備市場和 Open RAN 發展。其中，美國國防部更在下個月（2020 年 12 月 15 日）提出「5G 戰略實施計畫（5G Strategy Implementaion Plan）」，希望藉由先進的測試和實驗網路，加速開放 5G 系統之發展及其在國防部任務中的使用。

(二)需求痛點

隨著 5G 應用帶動各產業創新應用發展，美國國防部亦期望借助 5G 網路高速、多連結與低延遲之特性加速 5G 軍事應用推動並打造可隨時隨地部署之軍隊，以強化美國軍事能力，以維持美國於全球軍事領域之領先地位。

美國國防部於 2020 年發起 5G 網路技術之軍事相關應用研究計畫—5G to Next G Initiative，預計將投入逾 6 億美元，與相關產業合作夥伴於指定之軍事基地進行 5G 於軍事領域之應用機會與優勢評估，包含安全漏洞識別與處理、零信任架構、動態頻譜應用、無人機與機器人應用、AR 與 VR 之任務規劃與人員培訓應用、智慧倉儲、分布式軍隊指揮與控制機制強化等[2]。其中由於現行軍事基地之資產管理作業過度仰賴紙本與人工作業，為提升資產可見度與管理效率，因此美國國防部於本次研究中納入智慧倉儲與物流資產管理相關應用。

美國國防部亦透過建立與實驗 5G 應用原型強化供應鏈合作關係，如與基礎設施供應商共同針對強化 5G 基礎設施展開合作，預期未來 5 年內將透過產業協同實驗帶動逾 3,000 億美元之產業投資。

(三)解決方案介紹

美國國防部之 5G to Next G Initiative 於 5 個軍事基地推動，分別為加利福尼亞州聖地亞哥海軍基地(NBSD)、喬治亞州奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地(MCLB)、華盛頓劉易斯-麥科德聯合基地(JBLM)、內華達州拉斯維加斯內利斯空軍基地與猶他州希爾空軍基地。各基地推動之 5G 應用案例依基地特性與任務內容亦有所差異，其中 5G 智慧倉儲物流應用以加利福尼亞州聖地亞哥海軍基地(NBSD)與喬治亞州奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地(MCLB)為主要測試場域，主要利用 5G 網路結合自動化系統、機器視覺、倉儲機器人與物聯網等技術，輔助海軍後勤基地之資產管理、追蹤、分配與運輸，及軍用車輛之管理與維運作業，目的為

借助數位化提升軍隊資產管理與物流運作之效率。[3]美國國防部各基地 5G 軍用案例測試內容整理如下表：

表 1、美國國防部 5G 網路部署與應用案例

試驗地點	應用類型	試驗內容
聖地亞哥海軍基地 (NBSD)	5G 智慧倉儲 (轉運)	開發並驗證可支持陸地與海軍部隊間運轉之智慧倉庫，並將 5G 網路、機器人、MR 混合實境等技術用於倉庫內物資之識別、紀錄、管理、儲存、分配與運輸等作業，以提升海軍後勤中心作業效率
海軍陸戰隊後勤基地 (MCLB)	5G 智慧倉儲 (車載)	由於奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地為海軍陸戰隊物流營運核心，試驗重點為針對軍用車輛管理與維護之智慧倉庫應用，包括物聯網、智慧倉儲管理與貨品追蹤等技術，以改善軍隊物流運作效率
聯合基地 (JBLM)	AR 擴增實境/VR 虛擬實境培訓	利用可快速部署且安全、彈性之 5G 網路，結合 AR 擴增實境與 VR 虛擬實境技術，打造可模擬作戰期間任務規劃與操作情境之人員培訓平台
內利斯空軍基地	分散式指揮與控制	於敏捷作戰部署場景中開發與驗證可用於提升美國國軍空中、太空與網路作戰實力之 5G 網路架構，以強化軍隊之分散式指揮與控制能力
希爾空軍基地	動態頻譜應用	為解決美國空軍機載雷達與 5G 網路服務動態共享 3.1–3.45GHz 網路頻段之挑戰，採用與 Nokia 合作開發之天線系統及 Ericsson 之機器學習技術，開發並驗證網路頻譜共享系統原型之可行性，以滿足軍事偵察需求

資料來源：美國國防部，資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

(四)營運模式

美國國防部之 5G 智慧倉儲物流應用主要使用 5G to Next G Initiative 之 6 億美元經費，共耗資 9,000 萬美元。5G to Next G Initiative

共涉及逾 100 家國內外廠商，包含美國各軍事部門、學術專家與各領域領導廠商，各試驗基地採用之廠商亦有所不同[4]。

加利福尼亞州聖地亞哥海軍基地(NBSD)之 5G 智慧倉儲試驗主要由聖地亞哥海軍基地提供試驗場景，參與廠商包含負責部署支持商用設備 5G 網路之 AT&T、提供即時資產跟蹤與倉庫建模分析應用程式之 GE Research、提供庫存管理、網路安全、倉儲機器人與環境感測應用程式之 Vectrus Mission Solutions Corporation (Vectrus)，以及協助支持自動化系統、無人駕駛飛機系統(UAS)、生物辨識系統、AR、VR 與數位化庫存追蹤等應用之 Deloitte Consulting LLP。

喬治亞州奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地(MCLB)之則由海軍陸戰隊提供 27.9 萬平方公尺之倉儲空間作為試驗場景，參與廠商包含 Federated Wireless、GE Research、KPMG LLP 與 Scientific Research Corporation(SRC)。在通訊技術部分，4G 與 5G 專網主要使用 Federated Wireless 之 CBRS 共享頻譜。Federated Wireless 為海軍陸戰隊後勤司令部 5G CBRS 網路之主要供應商，負責利用開放標準與解決方案提供可覆蓋倉儲室內、外環境之測試平台，其合作廠商 JMA Wireless 負責提供 4G 與 5G xRAN E2E 無線接取解決方案(含毫米波無線電)，VT-ARC 則負責提供智慧倉庫物聯網所需之網路架構。[5]

在應用服務部分則由 GE Research、KPMG LLP、SRC 與 IKIN 共同提供。GE Research 負責提供即時資產追蹤、倉儲設施建模與預測分析解決方案。KPMG LLP 負責建置智慧倉儲內設備與貨品之自動化流程。SRC 負責提供基於 5G 技術之倉儲物流自動化管控、資產庫存追蹤、環境感測與設施接取控制解決方案。IKIN 負責提供貨品全息定位、識別與檢索技術。

其餘美國國防部 5G to Next G Initiative 合作夥伴包含 GBL System Corp. (GBL)、Oceus Networks、Booz-Allen Hamilton (BAH)、Nokia、General Dynamics Mission Systems, Inc.(GDMS)、Key Bridge Wireless

LLC、共享頻譜公司 SSC、Ericsson，以及國家頻譜聯盟、資訊戰研究計畫(IWRP)聯盟等。[3]

(五)效益分析

美國國防部於 2021 年 6 月 8 日展示智能倉庫之 5G 網路原型，後續將部署於喬治亞州奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地(MCLB)。此 5G 網路原型主要由 Federated Wireless、JMA 等美國廠商參與製造，採用軟體為核心之設計原理大幅提升建置速度，較其他採用傳統硬體解決方案之試驗團隊節省約 6 個月建置時間。JMA 於此次 5G 網路原型中首次利用均用 37 GHz 毫米波頻譜，其打造之 xRAN 解決方案不僅符合美國國防部之零信任架構要求，亦實現 1.5 Gbps 之超高下載速度與 15 毫秒之超低延遲品質[6]。而 GE Research 提供之資產管理技術則提供海軍後勤中心每 15 分鐘一次之貨品庫存快照，預期將可大幅提升貨品庫存可見度，作為補給決策之參考資訊。

二、智慧交通：德國漢堡智慧港

(一)背景與政策動向

觀察 5G 商用進程，可發現德國 5G 發展步伐快速，2019 年德國 4 家電信營運商獲取 5G 牌照後，即專注於城市 5G 網路發展，並逐步擴展至鄉鎮。營運商龍頭德國電信公司(Deutsche Telekom)就表示在 2021 年第三季，已於德國各地建立超過 55,000 個 5G 基站，使 5G 服務覆蓋 85%的德國人口，並目標在 2021 年底突破 90%大關。

此外，德國也是全球最積極推動 5G 企業專網的國家之一。身為工業 4.0 (Industry 4.0) 的發起國之一，為了加速推動國內智慧製造、農林業智慧應用，德國聯邦網路局 (Bundesnetzagentur, Federal Network Agency, BNetzA) 在規劃 5G 頻譜時，便特別保留 3.7-3.8 GHz 頻段，共 100 MHz 頻寬，提供 5G 垂直應用場域使用。

截至 2021 年 11 月，德國聯邦政府已經核發出超過 160 張 5G 專網頻譜執照，核發對象除了航空、汽車、製造業大廠，也包含中小企業。如德國漢莎航空旗下，專責飛機引擎、零件維修的漢莎技術公司（Lufthansa Technik），即是第一批獲得執照的業者。在獲證後即與 Vodafone 合作，於德國漢堡的飛機維修基地架設 5G 專網，發展 3D 機艙模擬、遠距設備品質檢測等智慧應用。

同時，BNetzA 考量中小企業為德國經濟重要支柱，為保障中小企業使用 5G 專網機會，在 3.7-3.8 GHz 專網頻段，以申請制方式配置，而不似 3.4-3.7 GHz 商用頻段以拍賣競標方式釋出，避免大型電信營運商參與競標，壓縮中小企業得標空間。藉此，讓國內不同規模的業者、新創，甚至是研究機構，都有機會向申請取得 5G 專網執照，運用 5G 技術發展垂直領域應用及新商模。

(二) 需求痛點

身為歐洲第 3 大及全球前 20 大集裝箱港口之一，德國漢堡港口面積總計 80 平方公里，擁有近 300 個泊位、4 個集裝箱碼頭、3 個郵輪碼頭、逾 40 公里海輪碼頭，與近 50 個專門處理滾輪船及散貨之設施，且港口位置鄰近漢堡市。優異之地理位置與港口設施使漢堡港成為倉儲與轉運之理想場所，每年吸引約 9,000 次船舶停靠，並透過每週逾 2,000 列之貨運火車將貨品分散至各地。[7]

有鑑於漢堡港於國際航運之重要性，以及其身為國內內城海港，不易擴充之先天限制，負責漢堡港管理與發展之權責單位－漢堡港務局 (HPA) 致力於導入創新與科技，以更有效地管理漢堡港區設施並維持漢堡港順暢運作，如改善港口能源管理、港口環境與基礎設施維護、交通控制與物業管理等。為發展前述應用，資通訊技術之穩定性與可用性對智慧運輸系統之運作影響極大，而現行混用光纖、航海無線電技術、公用 LTE 與室內 Wi-Fi 組成之電信網路，在穩定度與成本上不足以滿足

漢堡港務局(HPA)之服務水準協議(SLA)要求，因此需採用 5G 網路切片技術以確保特定應用所需之網路流量與品質。

(三)解決方案介紹

漢堡港務局(HPA)之智慧港計畫共包含三大應用場景，分別為利用高可用性與彈性網路提升港口區之交通流量管理、利用 5G 與虛擬實境、增強實境技術改善港口營運，以及移動式船隻排放量感測器[7]。其中漢堡港區交通流量管理主要建立一套智慧交通系統(ITS)，透過 5G 網路切片技術連結支持網路切片技術之交通號誌與漢堡港中央交通控系統，以進行交通號誌控制，達到交通流量管控效果。此外，以 5G 網路切片技術取代光纖亦可有效降低連結所有交通號誌所需之成本，使交通號誌之調整與更新能更具效率與效益。

在改善港口營運方面主要透過導入基於 5G 網路之擴增實境與虛擬實境解決方案輔助漢堡港工程團隊之日常作業。工程團隊可透過平板或智慧眼鏡上之擴增實境與虛擬實境應用程式檢視漢堡港區各建築與設施相關之施工計畫、文件與數據。漢堡港區原僅有漢堡港務局(HPA)室內環境使用擴增實境與虛擬實境技術，此次試驗期望能證明擴增實境與虛擬實境於戶外環境亦可提供相等之應用品質，因此將透過 5G 專用網路連結平板或智慧眼鏡與中央應用伺服器，以加速數據資料傳輸。

移動式船隻排放量感測器之目的為控制漢堡港之空氣污染情形，於漢堡港務局(HPA)之三艘船隻安裝環境感測器，以即時提供空氣品質數據並傳送到漢堡港務局(HPA)數據中心進行處理。數據將透過採用網路切片技術之 5G 網路傳輸，以降低數據傳輸過程之丟失率。以 5G 網路切片技術取代既有 LTE 連結與 VPN 通道之原因在於既有連線之配置與維護方式缺乏彈性且連線品質不夠可靠，容易導致數據丟失。此次試驗期望能證明 5G 網路切片技術可提供足夠可靠、高速之連線品質，以支持未來各類感測器數據傳輸之需求。

(四)營運模式

漢堡智慧港主要由 5G-MoNArch 推動，5G-MoNArch 係由歐盟委員會依 Horizon 2020 框架資助之 5G 試驗專案，專案重點為探討利用物理或虛擬架構運用網路切片技術提供之 5G 網路架構，包括切片控制、跨域管理、原生雲端協議等，並將透過漢堡智慧港與都靈旅遊城市兩大測試平台進行驗證。5G-MoNArch 專案參與者包含 Nokia、西班牙馬德里卡洛斯三世大學、德國電信、ATOS Spain、CEA-LETI、CERTH/ITI、漢堡港務局(HPA)、華為、Mobics Telecommunication and Consulting Services、Nokia 貝爾實驗室、Nomor Research、Real Wireless、Samsung、義大利電信與德國凱澤斯勞滕工業大學。[8]

漢堡智慧港由漢堡港務局(HPA)提供應用場域。在通訊技術方面，漢堡智慧港展示了 E2E 網路切片技術之可用性、可靠性與彈性，包括控制端與使用端分離、切片隔離與快速創建服務等，在三大驗證場景中均使用共通的 5G 網路基礎設施，但個別依應用案例進行網路切片。漢堡智慧港之 5G 網路頻譜由德國電信負責提供，為提供漢堡港區良好之網路覆蓋品質，漢堡港務局(HPA)於漢堡交易會和會議中心之電視塔上方均部署了 Nokia Airscale 基地台，並連接到距離漢堡港約 3 公里距離之德國電信本地數據中心，以及位於紐倫堡之區域數據中心。

漢堡智慧港採用之擴增實境與虛擬實境解決方案、交通設備單元、感測器、中央控制台與跨系統之整合則由 Nokia 貝爾實驗室、法國資訊服務管理公司 Atos、法國電子與資訊科技研究所 CEA-LETI 等合作廠商共同提供。

(五)效益分析

漢堡智慧港區之 5G 網路自 2018 年 1 月啟用，德國電信、Nokia、漢堡港務局(HPA)因漢堡智慧港區試驗於 MWC 獲頒 GloMo-Award 5G 產業合作夥伴獎。

2019年6月5日5G-MoNArch展示漢堡智慧港與都靈旅遊城市試驗結果。漢堡智慧港試驗重點之一為測試5G網路切片技術之延遲情形，經由三個應用場景試驗證實5G網路切片技術於港區水域與陸地均能維持一定之訊號穩定度，惟漢堡智慧港試驗進一步檢視單一基地台與紐倫堡區域數據中心之集中部署單一連接、單一基地台與漢堡本地數據中心之邊緣部署單一連接，以及雙基地台與漢堡本地數據中心之雙連接三種不同之部署與連接模式後，證實邊緣部署能達到低於5毫秒之延遲水準，原因為數據中心與終端設備間之距離較短。此外採用雙基地台連結時可以減少終端設備重傳情形。經由漢堡智慧港試驗證實5G網路切片技術可用於支持智慧港各項應用案例，儘管5G-MoNArch專案於2019年7月結束，漢堡港務局(HPA)仍期待持續推動5G網路切片技術之商業應用。[9]

三、智慧醫療：德國 Dusseldorf 5G 智慧醫療園區

(一)需求痛點

數據與網路亦替醫療產業注入一股新機，透過於診斷與治療過程引入數據或數位化應用，如即時翻閱虛擬的醫學研究報告、數據與病患資訊，將能減輕醫療人員負擔，並提供更準確、有效之醫療照護服務。尤其在 COVID-19 於全球大流行期間，病患實際到醫院就診的意願與機會大幅降低，透過遠距醫療相關應用，醫療人員便能初步檢視病患狀況，並針對急迫性與嚴重性較低症狀給予初步治療，以將醫療資源留給有需要的病患。醫療人員亦可線上加入於其他醫院舉行之手術，即時觀看手術過程並提供專業建議，而不需四處奔波增加感染風險。

為實現醫療產業之數位化應用，具備高速度、低延遲與多連結特性之5G網路技術成為必要之基本要求，將有助於即時蒐集與傳輸來自各

種醫療儀器之數據，以及經資料中心分析處理過之資訊，並支持混合實境、人工智慧等技術於診斷、治療與照護等各種場景之應用。

(二) 解決方案介紹

為實現以 5G 拯救生命之目標，由 5G.NRW 推動之 Giga for Health: 5G Medical Campus NRW 計畫在北萊茵-威斯特法倫州經濟、創新、數位化和能源部建議下於杜塞爾多夫教學醫院打造 5G 醫療園區。[10]

5G 醫療園區採用之 5G 網路技術由 Vodafone 負責提供。Vodafone 於 2020 年 6 月下旬發表其與 Ericsson 共同開發之可擴充式 5G 網路模組化解決方案－Vodafone Business Campus Private，目標客戶為中大型企業。作為 Vodafone 第一個以企業為目標客戶之 5G 網路解決方案，Vodafone Business Campus Private 之技術核心為 Vodafone RedBox，可提供 4 種應用模式，以支持不同使用情境。Vodafone RedBox 包含小型 5G 天線與即時數據中心，小型 5G 天線主要用於提供園區網路，企業可依期望涵蓋之園區範圍大小擴增天線數量或調整部署方式。即時數據中心則負責處理與傳輸 5G 園區網路內之高敏感性數據，以避免資料外洩。[11]

杜塞爾多夫教學醫院初期部署於手術醫療中心 II(ZOM II)之 5G 醫療園區網路便是採用 Vodafone Business Campus Private 之園區私人網路模式，除可整合園區內之資訊基礎設施，於跨多座建築情況下提供傳輸速度可達 3.7Gbps、延遲時間可小於 10 毫秒之室內本地 5G 網路，亦能整合 Vodafone 之 5G 行動網路基礎設施，以支援更大範圍之網路覆蓋，不僅確保 5G 醫療園區具備完整之 5G 網路覆蓋，亦支持救護車數位化應用所需之網路連線需求。5G 醫療園區內之醫療數據則透過即時數據中心處理並分送，以確保數據之安全性。醫療人員亦可隨時將醫療儀器與自動化設備等加入 5G 醫療園區網路，以發展新的智慧醫療應用。

基於 5G 園區網路，5G.NRW 於 5G 醫療園區展開各種智慧醫療應用之開發、測試與評估，如於病患身上黏貼監控貼片，透過 5G 園區網路即時將病患之生命徵象資訊發送到中央監控中心，以即時監控病患之狀態，以縮短病患出現異常症狀時緊急救護人員之應變時間。杜塞爾多夫教學醫院亦利用 5G 園區網路結合混合實境技術，將病患大腦之 3D 結構資訊與醫學報告資料透過即時數據傳輸投影到手術室內，以輔助腫瘤手術執行。此案例亦可應用於醫學院之模擬教學過程中。區域醫院與地方診所之醫療人員亦可透過 5G 園區網路取得病患於杜塞爾多夫教學醫院拍攝之超音波與核磁共振影像，並遠距與病患之原主治醫師進行討論。[12]

(三)營運模式

杜塞爾多夫之 5G 智慧醫療園區主要受到 5G.NRW 的資助，5G.NRW 全名為 Competence Center 5G.NRW – CC5G.NRW，主要由伍珀塔爾大學、杜伊斯堡-埃森大學、多特蒙德技術大學與亞琛工業大學支持組成，旨在透過 5G 園區網路計畫協助北萊茵-威斯特法倫州當地企業降低採用 5G 網路技術門檻，並透過 5G 垂直應用帶動當地經濟。5G.NRW 之 5G 園區網路計畫執行期間為 2019 年至 2021 年，計畫經費主要為北萊茵-威斯特法倫州經濟、創新、數位化和能源部贊助之 360 萬歐元。[13]

杜塞爾多夫之 5G 智慧醫療園區之合作夥伴除負責提供網路頻譜與專頻，並確保 5G 園區網路運作順暢之 Vodafone 外，在通訊技術方面亦包含負責提供 5G 室內小型天線—5G Radio Dot 及與 Vodafone 一同建置 5G Campus-Nets 專網之 Ericsson。

在智慧醫療應用與技術方面，除提供試驗場域之杜塞爾多夫教學醫院外，亦包含聯邦藥物和醫療器械研究所(BfArM)、北萊茵州法定健康保險醫師協會、伍珀塔爾大學 SIKoM +、亞琛工業大學高頻技術研究所、多特蒙德應用科學大學、Brainlab 股份公司與 Philips GmbH 等

[14]。其中 Brainlab 主要負責開發 Mixed Reality Viewer 與手術用影像軟硬體解決方案；Philips GmbH 負責提供並強化醫療自動化量測與模擬，以及混合實境之空間影像品質相關技術；多特蒙德應用科學大學則負責開發基於 5G 網路與混合實境技術之醫療教學培育內容。

(四)效益分析

Giga for Health：5G Medical Campus NRW 計畫於 2021 年初啟動，作為北萊茵-威斯特法倫州醫療衛生數位化發展之一部分，目的為利用 5G 技術拯救生命，並提升醫療服務品質、滿意度與成功率。同時將相關應用導入醫療教學中，以改善醫療專業人才培育，並進一步減輕醫療人員負擔。Giga for Health：5G Medical Campus NRW 計畫將於 2021 年 7 月舉辦正式啟動活動，杜塞爾多夫大學預期在一年後將有逾 10 萬名病患因此計畫而受益於 5G 網路技術。

四、智慧能源：俄羅斯 Polymetal 智慧礦場

(一)背景與政策動向

俄羅斯人口接近 1.47 億，電信市場為全歐洲最大，5G 服務需求及市場潛力龐大，國內電信營運商 Mobile TeleSystems GEET (MTS)、MegaFon、Beeline、Tattelecom、Tele2 等業者相互競爭 5G 頻譜。

2020 年 7 月，俄羅斯聯邦通訊管理局(Roskomnadzor)取消競標拍賣，改以申請授權方式，開放 MTS 使用 24.25-24.65 GHz 頻段，發展 5G 網路服務，讓 MTS 成為俄羅斯第一個獲得 5G 牌照的營運商。而 MTS 在 5G 網路服務發展上，主要鎖定大型企業用戶，針對工業、農業、醫藥、零售及物流領域規劃 5G 應用情境，推動企業 5G 專網及智慧應用。

另從政策面進行觀察，俄羅斯為推動國內經濟發展，強化國家數位競爭力，於 2017 年擬定數位經濟計畫，並以寬頻建設、5G 部署、網路安全、科技人才培育、打造智慧城市及智慧政府，做為計畫發展重點。5G 推動上，設定目標於 2022 年，將覆蓋 10 座具百萬人口數量級的城市，並在 2024 年，所有人口超過 100 萬的俄羅斯城市，都將提供穩定的 5G 網路服務。

此外，俄羅斯也預計藉由 5G 發展帶動智慧城市各項應用，如自駕車、大眾交通工具全面資訊化、房地產租賃與交易 e 化、停車空間控管自動化等。

(二)需求痛點

隨著全球各產業朝數位化發展，作業風險與勞力需求高之採礦產業亦逐步朝智慧化、自動化、無人化發展。由於地下採礦作業複雜，不僅作業所需之重型機械多元，亦需要大量勞力投入，以往缺乏地理資訊系統、三維地質模型與可視化管理工具輔助，較難精準、有效率地執行開採作業。此外，礦場所在之山區環境，地理與氣候環境均較惡劣，不僅影響通訊品質，亦提升通訊基礎設施維運成本。

在 5G 網路技術快速發展下，以往於地下礦場不易發展之智慧化解決方案重新出現導入曙光，基於專用 LTE 網路部署之 5G 專網提供高速、高容量、低延遲之傳輸品質，使礦場作業透過資訊技術朝智慧化與資訊透明化發展。

(三)解決方案介紹

為提升貴金屬產量與礦工作業安全性，Polymetal International PLC 身為全球前 10 大黃金與白銀生產商於 2020 年底透過與俄國領先電信公司 Mobile TeleSystems(MTS)合作，於位於俄羅斯薩哈共和國內茲丹寧斯科耶(Nezhdaninskoye, Nezhda)之金礦場部署俄羅斯首個商用 5G 專網，此將為首個部署於極端地理與氣候環境下之商業 5G 專網。

Nezhda 礦場位於俄羅斯雅庫特東北部，為 Polymetal 集團 100%持有之礦場，同時亦為俄羅斯第四大金礦場。Polymetal 預計於 Nezhda 礦場建設一個涵蓋露天礦、地下礦山與傳統選礦場之礦區，並於 2019 年第一季正式開工建設。[15]

透過 5G 專網提供之高速與低延遲網路服務，Polymetal 計畫將整合 5G 專網、跨 IP 電話、行動裝置、礦山調度系統、遠端控制設備、自動化設備、採礦機械、自動滅火系統與監控設備等礦場作業所需系統與設備，以改善礦場之遠距監控與管理作業流程。如遠端控制與調度礦場內之挖掘機、鑽機等。

Polymetal 智慧礦場之 5G 專網將採用 Ericsson 已取得 3GPP 標準認可之專用網路解決方案建置，將能支持 4G、5G NSA 與 5G NR SA 等模式，以提升大量資訊之傳輸速度與網路容錯能力，並有效降低部署於山區之網路設備的維護成本。[16]

(四)營運模式

MTS 於 2020 年 7 月下旬獲得由俄羅斯聯邦通信、信息技術和大眾傳媒監督局(Roskomnadzor)頒發之首張 5G 營運執照，將可於俄羅斯 83 個地區提供 5G 網路服務。為持續擴大網路基礎設施投資以提供企業更高品質與容量之網路服務，MTS 於俄羅斯地區新建逾 3,500 個行動通訊基地台，其 LTE 網路覆蓋率高達俄羅斯人口之 83%。除擴增網路基礎設施外，MTS 亦積極投入開發與測試針對產業環境之 5G 解決方案。有鑑於 MTS 為首批與俄羅斯企業針對產業發展需求成功部署私有 LTE 與 5G 網路之電信營運商，被 Polymetal 集團選為建置智慧礦場 5G 專網之關鍵合作夥伴。[17]

智慧礦場之 5G 專網主要使用 MTS 之 5G 頻段建置，網路基礎設施則由 Ericsson 提供，初期 5G 專網將以 4G LTE 模式運作，並朝同時支援 4G 與 5G NSA 模式規劃，並未來將允許於雙模核心功能下支持

5G NR SA 模式。在 Ericsson 符合 3GPP 標準之 5G 專網解決方案支持下，未來各營運商之網路功能亦將能用於智慧礦場解決方案中。

在智慧礦場解決方案中使用之 IP 電話、行動設備、礦山調度系統、遠端自動化控制設備、自動滅火系統與監控設備等，主要由 Yuzhno-Verkhoyansk、SMT Scharf AG 與 Sandvik 共同提供。Yuzhno-Verkhoyansk 隸屬 Polymetal 集團，為本次智慧礦場解決方案試驗場域提供者。SMT Scharf AG 則為地下採礦與隧道施工運輸設備之開發製造商，產品包含裝載機、升降機與地下卡車等，主要用於硬煤礦與金屬礦開採作業中。Sandvik 集團則為瑞典重工業集團，專注於採礦、岩石挖採、金屬切削與材料等技術領域，其採礦和岩石解決方案主要提供礦業與建造企業鑿岩、岩石切割、裝載、運輸、隧道挖掘與採石等作業所需之設備與工具。

(五)效益分析

Polymetal 智慧礦場建置計畫於 2020 年 11 月下旬宣布啟動，並開始安裝 5G 專網天線與網路基礎設施，目標為在傳統採礦作業中導入基於 5G 專網之環境監控、遠端控制與自動化技術，以提升俄羅斯第四大金礦場之產量，以及礦工作業安全。

五、智慧農業：日本山梨 Local 5G 智慧農業

(一)背景與政策動向

從 5G 商用進程觀察，截至 2021 年第二季，日本的 5G 用戶已超過 1,500 萬，約有 5 萬座 5G 基站，主要由 SoftBank 投入 5G SA 網路建置。觀察日本電信商在 5G 營運現況，目前以 SoftBank 為首，5G 用戶超過 1,000 萬人（含 MVNO）；其次為 NTT docomo，5G 用戶約 694 萬人；而 Rakuten Mobile 和 KDDI 的 5G 用戶則分別為 510 萬人和 470 萬人。

從政策面觀察，日本為了促進產業轉型升級，在 2019 年底開放 5G 中頻與高頻專頻執照申請，為鼓勵非電信商之其他產業（如製造業、有線電視業、政府與研究機構等）參與結合垂直應用行動專網之建置，日本政府針對 Local 5G 普及進行相關審議的新時代行動通訊系統委員會，在 2020 年 6 月 11 日公布 Local 5G 頻段擴增相關報告；並於 6 月 25 日截止相關意見徵集諮詢之回收。隨後於 2020 年 10 月審查的 Local 5G 檢討作業，討論範圍主要囊括頻段規劃、同步方式、發照範圍等 3 大議題。

在頻段規劃上，日本政府於 2020 年 12 月 18 日開放 Local 5G 擴展頻段（4.6-4.9GHz、28.3-29.1GHz）之許可證申請。在使用上，則明訂 4.6-4.8GHz 頻段主要於室內場域使用，而 4.8-4.9GHz 則用於室外場域。

而截至 2021 年 5 月 24 日，申請 Local 5G 頻譜許可證之企業累積達 55 家，其中，日本農業協會與當地的電信商也是 Local 5G 主要申請業者之一。隨著越來越多場域主、企業取得 Local 5G 許可證，針對相關網路、應用的部署也開始啟動。

以 Fujitsu 為例，該公司於 2020 年 5 月 11 日正式取得 Local 5G 許可證後，便於其位於東京日野市的工廠進行 Local 5G 的示範實驗。該工廠主要製造測量儀器、控制器、面板等，且需在加工現場進行各種產品的板金零件製作。因此在該場域中，含有許多影響無線電傳播的遮蔽物。Fujitsu 主要選擇在該工廠場域採用 4.6-4.8GHz 的室內用頻譜進行試驗，透過架設部署 5G 專網系統，驗證管理工廠所有生產控制系統與加工現場設備的大量數據通訊資料。

Local 5G 仍有需要克服的挑戰，對一般企業而言，Local 5G 技術的採用為新領域。由於 Local 5G 的佈建，可能會因天線的角度和設備之位置，就對傳輸穩定性產生顯著影響。因此，想迅速掌握將結合智慧製造或物聯網領域的 Local 5G，關於軟體、硬體與通訊等複雜技術並不容易。故一般企業將需要特定專門廠商（如系統整合商）協助。

再者，一般企業需要獲得 Local 5G 許可證才能使用 Local 5G 頻段。而根據日本無線電法，使用發射無線電波的設備時，也需要獲得許可，相關審查要項包括無線電波條件的確認和認證、無線電設備性能的確認以及無線電波干擾的確認等。這也非一般企業能夠瞭解且全盤掌握之事項。此時，也需要透過專門機構，或委託系統整合業者協助申請。

此外，還有佈建 Local 5G 網路的實際成本。就目前而言，雖然 NEC、Fujitsu 並未公佈詳細價格，但皆表示 Local 5G 導入成本將在數千萬至 1 億日元以下。而這僅是網路佈建成本，其他需導入一般企業產線或特定設備的 5G 模組、終端，價格依然處於高檔。如何降低此類設備成本將是重要待解問題。

最後，不能忽視的就是 Local 5G 的安裝維運費用。目前 Local 5G 尚於萌芽起步階段，除了前述網路佈建、設備成本不明確之外，安裝亦是需要支出的成本項目之一；更遑論後續的維運費用也不明確。在不確定實際基地台裝設數量以及採用設備數量，也很難估算後續需支付的 Local 5G 許可證的使用費。零零總總合計起來，或非一般中小型企業所能負擔。

接續，本計畫將針對日本 Local 5G 的智慧農業領域進行說明。

(二) 需求痛點

隨著生育率下降及人口高齡化問題日漸嚴重，日本農業正面臨勞動力不足與缺乏傳承之挑戰，智慧農業解決方案結合自動化與數位化被期許除能提升農業生產力與作業效率外，亦能幫助日本農業永續發展。

日本山梨縣之葡萄產量位居日本第一，長年以出產高品質晴王麝香葡萄聞名國內外，然高品質且穩定之葡萄產量主要仰賴當地資深農民多年累積的種植經驗，如捆包、摘採、花期管理等技術對葡萄生產質量有關鍵影響卻不易傳承，初加入的葡萄農因種植經驗不足而缺乏這

些關鍵技能，葡萄產量與品質均與資深農民無法比擬，促使山梨縣當地產學單位開始重視晴王麝香葡萄種植技術傳承。

除葡萄栽種技能傳承外，晴王麝香葡萄的名氣亦時常引來盜採者，在正式出貨前被盜採的葡萄造成農民財物損失，因此強烈需要能保護成長中葡萄免於被竊之有效方案，成為山梨縣農民採用智慧農業解決方案之動機之一。

(三) 解決方案介紹

為解決晴王麝香葡萄栽種技能傳承與盜採之問題，NEC 偕同 YSKe-com 電子公司、旭陽電氣株式會社等企業，以及 JA Fruit 山梨、農產協會與學術單位等組成解決農業問題之山梨縣地方 5G 示範聯盟，目的在提供安全、可靠之智慧農業技術與支持農業智慧化發展所需之 5G 通訊網路基礎設施，以共同推動高品質晴王麝香葡萄生產工藝可視化技術開發和示範，確保山梨縣農村地區之安全與日本最佳葡萄產區之持續性發展。

由 5G 示範聯盟於山梨縣山梨市 JA Fruit 山梨提供之試驗場域提出之高品質晴王麝香葡萄生產工藝可視化技術開發和示範共涵蓋兩個面向，分別為協助葡萄農民傳承葡萄栽種技術之農業區技術解決方案，以及防範晴王麝香葡萄遭盜採之生活區安全解決方案。[18]

表 2、高品質晴王麝香葡萄生產工藝可視化技術開發和示範內容

議題	解決方案	細節說明
農業區技術解決方案	採摘長度說明	利用人工智慧輔助判斷葡萄串採摘切割長度，並於智慧眼鏡顯示葡萄串採摘長度工作指令
	採摘數量說明	利用人工智慧統計葡萄生產數量，並於智慧眼鏡顯示葡萄採摘數量工作指令
	即時採收顏色判斷	利用人工智慧之色彩校正技術分析農民配戴智慧眼鏡所拍攝之葡萄高畫質圖像，比對葡萄與色卡上五種不同顏色之差異後，於智慧眼鏡顯示分析數據，以輔助農民判

		斷葡萄採收之最佳時機
	植被指數顯示	透過空中拍攝取得之葡萄園植被指數 (NDVI) 影像，檢視葡萄葉生長狀況，以提升葡萄品質
生活區安全解決方案	可疑人士檢測	於葡萄園四周安裝 4K 攝影鏡頭監控環境動態，搭配建置於 Local 5G 網路之可疑人士檢測系統，即時發現可疑人士並發出嚇阻警報與通報農民
	可疑車輛檢測	利用 4K 攝影鏡頭監控葡萄園四周之可疑車輛與車牌，搭配建置於 Local 5G 網路之可疑車輛檢測系統，並發出嚇阻警報與通報農民

資料來源：各業者，資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

為提升山梨縣葡萄農民之農業工作效率與葡萄生產質量，5G 示範聯盟推動為期兩年之農業區技術解決方案與生活區安全解決方案，除使用 Local 5G 網路、人工智慧、智慧眼鏡、AR 擴增實境等技術，將資深農民之經驗可視化後於新農民栽種過程進行傳承，亦結合無人機、天氣感測器、機器人除草機、害蟲控制機等自動化技術與農業管理系統，以輔助農民加強農業管理並減輕農務作業負擔。2020 年 5 月下旬起至當年 9 月中旬導入機器人除草機與無人害蟲控制機，6 月上旬與 8 月中旬開始則分兩階段導入智慧眼鏡應用。[19]

5G 示範聯盟於山梨縣推動之智慧農業解決方案亦考量未來橫向擴展到其他區域之可行性，包含 Local 5G 網路與遠程監控系統、自動駕駛除草機、除蟲機、感測器、數據分析平台之整合應用，以期能加速智慧農業生態系與商業模式之成形。

(四)營運模式

日本山梨 Local 5G 智慧農業解決方案主要由 5G 示範聯盟組成，成員包含 NEC、YSKe-com 電子公司、NTT DoCoMo CS、旭陽電氣株式會社、數字聯盟公司等企業，以及 JA Fruit 山梨、山梨縣資訊政策課

與農業技術課、山梨大學、全國農業合作社山梨縣本部、水果山梨農業合作社等。[18]

智慧農業解決方案採用之 5G 網路為日本 Local 5G 頻譜，主要由 NEC 負責 JA Fruit 山梨試驗場域之執照申請，並負責提供 Local 5G 基地台及 Local 5G 專網系統建置與解決方案開發。山梨縣和市町村 Local 5G 所使用之天線則由旭陽電氣株式會社提供與維護。

在智慧農業解決方案部分結合了山梨縣當地農業相關機構之專業知識，以及 YSKe-com 電子公司之解決方案。山梨縣資訊政策課與農業技術課主要負責協調山梨縣各政府機構提供山梨果樹實驗站之室內與室外場地，並由 JA Fruit 山梨之葡萄農提供試驗場域。全國農業合作社山梨縣本部負責提供無人機、除草機、除蟲機等農業機械，以及農業管理系統。YSKe-com 電子公司則依山梨縣農業發展需求負責智慧農業解決方案開發與系統建置，其於山梨縣提供之智慧農業解決方案主要參考山梨大學提供之葡萄種植研究知識作為基礎進行開發。最終智慧農業解決方案透過水果山梨農業合作社在全國農業合作社山梨縣本部協助下向山梨縣當地葡萄農與工會成員進行推廣。

(五)效益分析

日本山梨 Local 5G 智慧農業解決方案以解決山梨縣晴王麝香葡萄農民面臨之摘種技術傳承與盜採問題為宗旨，5G 示範聯盟期望透過 Local 5G 網路與人工智慧、擴增實境、無人農作機等技術，減少農民花費於農務作業之時間，目標減少 55%之採摘作業時間、75%之除草時間，以及 80%之管理控制時間。經由高品質晴王麝香葡萄生產工藝可視化技術開發和示範驗證，初加入之農民在智慧眼鏡協助下將能提升 40%以上之作業效率，同時亦提升葡萄生產質量與銷售量。除提升作業效率外，5G 示範聯盟在農業技術解決方案、安全解決方案與 Local 5G 解決方案亦分別驗證其假設目標。[18]

表 3、山梨 Local 5G 智慧農業解決方案驗證結果

解決方案	假設目標	驗證結果
採摘長度 說明	顯示：2 秒內顯示長度 檢測精準度：95%	顯示：1.8 秒內顯示長度 檢測精準度：93.5%
採摘數量 說明	顯示：2 秒內顯示顆粒數 檢測精準度：95%	顯示：2.11 秒內顯示顆粒數 檢測精準度：88.5%
即時採收 顏色判斷	顯示：3 秒內顯示顏色圖表 檢測精準度：85%	顯示：2.77 秒內顯示長度 檢測精準度：54.3%
植被指數 顯示	誤差 2m	誤差 2m 以內
可疑人士 檢測	日夜監控準確率：90% 10 秒內發送通報郵件	日夜監控準確率：93.8% 最大檢測距離 31m 1 秒內發送通報郵件
可疑車輛 檢測	日夜監控準確率：90% 10 秒內發送通報郵件	日夜監控準確率：86.7% 1 秒內發送通報郵件
Local 5G 網路	延遲：80 毫秒以下 農業技術解決方案上傳： 25Mbps 安全解決方案上傳：60Mbps	延遲：80 毫秒以下 農業技術解決方案上傳： 25Mbps 安全解決方案上傳：60Mbps

資料來源：各業者，資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

依據 5G 示範聯盟規劃，如山梨縣 Local 5G 網路與解決方案試驗成功，相關試驗內容將進一步擴展至山梨縣之其他農業地區，並將 Local 5G 網路頻段由驗證時之 4.7GHz 移至 4.8GHz 以上，且改採對應之網路設備。如山梨縣 Local 5G 網路與解決方案試驗失敗，則將持續於山梨縣果樹實驗站進行驗證。

六、智慧農業：廣島 Local 5G 智慧養殖水下無人機應用

(一)需求痛點

在漁業養殖領域，牡蠣於養殖過程暴斃為牡蠣產量下滑之主要原因。造成牡蠣暴斃之原因包含養殖環境變化、海水含氧量與營養成分不足、生長受到藤壺、海藻等附著生物抑制等。以往要掌握牡蠣養殖環境之變化，需仰賴潛水員定期進行水下環境檢視，惟靠人工檢視無法做到即時且大範圍監視效果，亦將產生大量潛水員需求，超過現行人力負擔，因此亟須尋找能更有效率獲取牡蠣生長環境狀態之作法，如透過水下無人機進行養殖場水域環境檢視。

採用水下無人機之前提須有穩定之網路服務，然養殖牡蠣的沿海地區網路服務不如市區發達，Wi-Fi 訊號不穩定外，亦缺乏足夠 5G 基地台，形成當地政府與養殖業者採用智慧養殖解決方案以改善工作環境與促進養殖經濟之阻礙，亦為當地養殖產業數位化前必須解決之課題。

(二)解決方案介紹

作為日本總務省實現 Local 5G 解決地方問題發展試驗之一部分，Layers Consulting 於 2021 年 1 月 27 日宣布將於 1 月下旬至 2 月中旬間於廣島縣江田島市進行牡蠣智慧養殖試驗。試驗內容主要為利用水下無人機拍攝海面牡蠣養殖場之環境狀況，及透過安裝於水下無人機之感測器收集海水環境資訊，並透過 Local 5G 網路將影像及數據回傳至陸地進行分析，以提供牡蠣養殖者掌握牡蠣生長環境，並提前針對不力於牡蠣生長之環境因素採取措施。[20]

廣島智慧養殖驗證內容包含問題驗證與技術驗證，問題驗證又分為驗證陸地遠端遙控水下無人機進行檢視海面下環境檢視之可行性，包括牡蠣附著生物與海底沉積物等，以及透過水下無人機收集到之高畫質影像與水溫、鹽度等海水數據進行牡蠣養殖場環境分析兩項。[21]

為精準收集水下環境資訊，本次驗證採用 Blue Robotics 公司與 QYSEA 公司之水下無人機 BlueRO V2 與 FIFISH V6 Plus 共 3 台。每台水下無人機均搭載攝影機與各種感測器，並透過電纜連接到操作船上之 5G 路由器，位於岸邊的操作員透過 Local 5G 網路向停留在海上的操作船發送之訊號，將透過電纜傳送至水下無人機，以實現遠端操控。水下無人機拍攝之高畫質影像與海水環境數據亦將透過電纜與 Local 5G 網路即時回傳至岸邊的 5G 基地台。

本次驗證採用之感測器包含氧氣濃度、水溫、海水鹹度等，根據感測器接收到之海水環境數據，經分析將製成可視化之缺氧水域分布圖，以讓養殖者能快速掌握海水溶氧量不足位置並採取對策，期望藉由此次驗證能協助改善牡蠣養殖者之工作環境，並提升牡蠣生產量。

技術驗證部分則與當地電信營運商共同針對 Local 5G 網路於海面之通訊品質，以及部署海面 Local 5G 基礎設施等議題展開共享研究。水下無人機遠端遙控與即時高畫質影像傳輸均須高速、多連結與低延遲之網路服務支持，因此本次驗證於廣島縣江田島市牡蠣養殖場所在之海岸增設 Local 5G 網路基地台，以確保方圓 500 公尺內海面上之 Local 5G 網路通訊品質。為確保傳輸品質，東京大學研究室透過自訂頻寬將上傳效能提升至 200Mbps 以因應高畫質影像與數據傳輸需求。除 Local 5G 網路技術研究外，本次驗證亦將探討未來跨電信營運商共同維運之影響與模式。

(三)營運模式

隨著電信營運商於日本國內開通 5G 網路服務，各地方政府與企業亦可依需求於當地建置 Local 5G 網路以提供當地產業發展使用。由總務府頒發之 Local 5G 網路牌照數量持續增加，顯示各地區 5G 投資活躍程度。基於此前提，總務府推動實現 Local 5G 解決地方問題發展試驗，以期能利用 Local 5G 網路解決地方發展面臨之問題，並擴大 Local 5G 網路技術研究。實現 Local 5G 解決地方問題發展試驗於 2020 年 2

月起透過公開招標方式募集日本各地區面臨之區域性問題與技術性問題，並選擇解決方案與承包廠商。廣島縣江田島市之牡蠣智慧養殖試驗即為日本總務省 2020 年目標解決之地區性問題之一，其餘地區性問題包含山梨縣山梨市 Local 5G 智慧農業解決方案、奈良縣奈良市利用混合實境實現新旅遊體驗、愛知縣新城市遠距醫療與康復指導等共 19 個地區問題，涵蓋農業、漁業、製造業、運輸業、基礎設施、觀光業、災害應變、犯罪預防、醫療等領域。

廣島縣江田島市之牡蠣智慧養殖試驗由 Layers Consulting Co., Ltd. 主導，參與者包含 NTT DoCoMo、東京大學跨學科資訊研究院中尾實驗室、NEC Networks & System Integration Corp.(NEC Nets SI)、Blue Robotics、QYSEA 等。本次驗證場域由內能美漁業協會提供，Layers Consulting 作為計畫主要承包商主要負責各合作夥伴間之協調與解決方案調整。[22]

智慧養殖解決方案使用之 5G 網路主要由 NTT DoCoMo 與 NEC Nets SI 提供，NTT DoCoMo 提供 5G 網路系統基地台與行動站建置，並針對水下無人機遠端控制、高畫質影像傳輸系統參與技術驗證並提供環境建議。NEC 則負責 Local 5G 網路基地台與行動站基礎設施建置，並協助無線電波傳輸測試驗證。NEC 另成立 Nets Forest Land Aquaculture Co., Ltd.，以針對陸上水產養殖產業發展面臨之問題提供專業知識與解決方案。東京大學則與廣島縣簽訂以促進資通訊技術發展為目的之學術交流協議，於智慧養殖解決方案中主要協助 Local 5G 網路系統技術開發過程之政府部門與電信營運商等跨單位協調。

Blue Robotics 與 QYSEA 兩間公司主要則負責提供水下無人機設備 BlueRO V2 與 FIFISH V6 Plus，並參與水下無人機應用測試，同時並探討未來水下無人機與 5G 網路之整合應用機會，如重型機械清潔、牡蠣筏搬移、魚量偵測等遠距操控應用。[20]

(四)效益分析

經由本次試驗，東京大學跨學科資訊研究院中尾實驗室成功將水下無人機傳送數據到 5G 基地台之傳輸速度由一般電信營運商提供之 50Mbps 提升至 200Mbps，成功驗證 Local 5G 網路於沿海地區之通訊品質與資訊傳輸成功率。[20]

在水下無人機遠距監控應用部分，亦證實水下無人機搭配環境感測器可更有效地蒐集大範圍之水下環境資訊，並呈現於監測圖像中，讓牡蠣養殖者能更快速掌握牡蠣生長狀況並及時採取對策。

貳、國際 5G AIoT 關鍵業者布局

一、電信營運商 Verizon

(一)5G 垂直應用領域發展

Verizon 之 5G 垂直應用發展以美國為核心，藉由 2018 年於紐約市、馬薩諸塞州沃爾瑟姆、加利福尼亞州帕洛阿爾托、華盛頓特區與加利福尼亞州洛杉磯設立之 5G 實驗室[23]，Verizon 與當地新創企業合作探討 5G 技術並開發、測試 5G 解決方案。

各地區 5G 實驗室專注之產業與技術反應出 Verizon 對 5G 垂直應用領域之布局重點，包含媒體、金融科技應用、機器人、醫療保健、教育、公共安全、災害應變、網絡安全、飯店服務、沉浸式體驗相關應用(如擴增實境、全像投影)等，其中於零售、娛樂、運輸與製造領域已與產業企業展開實務合作。

(二)5G 垂直應用合作夥伴

Verizon 之 5G 垂直應用發展案例中，主要由 Verizon 擔任 5G 通訊科技提供者，偕同各領域技術與解決方案提供商，與美國各地企業合作，如與 Walgreens Boots Alliance 合作針對全國零售店鋪部署 NaaS 解決方案[24]，或與康寧、本田汽車等企業合作推動各領域之 5G 專網垂直應用[25]。

在技術與解決方案廠商部分，Verizon 之合作夥伴包含 TehcUnited New Jersey、immersiv.io、Supersphere、ShotTracker 與 SAP 等。其中 TehcUnited New Jersey 為替新紐澤西州當地企業、新創公司、政府單位與學術界提供資金與交流機會之非營利組織，Verizon 在新紐澤西州推動之 5G Impact Challenge 即是與 TehcUnited New Jersey 合作，由加入 TehcUnited New Jersey 之新創企業提供零售相關 5G 解決方案[26]。

immersiv.io 與 Supersphere 均為擅長於沉浸式體驗之技術廠商。immersiv.io 專注於體育與遊戲產業，其 AR 解決方案—ARISE 應用於 Verizon 於新澤西州紐瓦克保誠中心曲棍球場建置之 5G 垂直應用中，可用於提升運動賽事觀看體驗，及球員與球迷間之虛實互動[27]。Supersphere 則專注於藝術表演領域，其 ArcRunner 平台可將表演內容製作成各角度、4K 或 HD 之影片，使觀眾在任何時間與地點觀看均能有親臨現場之體驗[28]。

顧問公司 Deloitte 亦為 Verizon 之 5G 垂直應用發展合作夥伴之一，兩者合作推出基於 5G 與行動邊緣運算之零售產業數位化平台，並整合 SAP 的 Customer Activity Repository 和 SAP S/4HANA®，幫助零售企業及時掌握店內數據，提升庫存管理與店舖管理作業效率[29]。

二、電信營運商 Vodafone

(一)5G 垂直應用領域發展

Vodafone 集團為全球化大型電信營運商，其 5G 網路服務已覆蓋歐洲逾 50 個城市，因此 Vodafone 之 5G 垂直應用領域佈局亦以歐洲各國為主，包含英國、德國、義大利與西班牙。[30]

在垂直應用領域部分，Vodafone 涵蓋了汽車製造、飛機製造、交通運輸、娛樂賽事、醫療、石油與天然氣、環境保護等領域，透過佈建 Vodafone 5G 網路，並與各領域解決方案提供商合作，建立各產業之 5G 應用場景。

(二)5G 垂直應用合作夥伴

Vodafone 之 5G 垂直應用合作夥伴橫跨歐洲各國，其類型包含私人企業、學術單位與政府計畫。其中於汽車與飛機製造領域之應用以與私人企業合作為主，如福特集團、漢莎航空、e.GO、HORIBA MIR 等。

與醫療相關之 5G 垂直應用則與學術單位或學術醫院合作，如義大利理工學院(IIT)、威爾斯大學醫院、蘭多大學醫院等。此外 Vodafone 亦與英國西米德蘭茲 5G、西米德蘭茲交通局等政府單位合作，將 5G 專網應用於城市智慧化發展中。[31]

Vodafone 之 5G 垂直應用合作夥伴亦包含協助提供 5G 專網所需科技之廠商，以及負責提供應用場景相關解決方案之廠商。在部分合作案例中，Vodafone 採用合作夥伴之通訊設備搭建 5G 專網，並與解決方案廠商合作開發符合客戶所需之應用。如 Vodafone 於 e.Go 5G 工業 4.0 工廠與 Centrica Storage Limited (CSL)之 Easington 天然氣工廠中部署之 5G 專網便是使用 Ericsson 提供之設備[32]。Vodafone 於德國漢堡機場漢莎航空基地建置之 5G 專網則是使用 Nokia 之通訊技術[33]。

在解決方案合作夥伴部分，以福特電氣動力總成工廠為例，雖由 Ericsson 提供網路基礎設施與 5G 專網解決方案，Vodafone Business 主要負責建立垂直應用，透過 5G 專網即時收集與分析焊接設備產生之數據，使遠端之英國焊接研究所、英國真空爐製造商、德國工業機械製造商與荷蘭機器學習技術提供商等專家能遠距支援工廠作業。[34]

三、電信營運商 NTT DoCoMo

(一)5G 垂直應用領域發展

NTT DoCoMo 作為日本領先電信營運商之一，已擁有近 8,000 萬用戶，在 5G 垂直應用發展方面積極透過跨企業合作提供更多增值服務。NTT DoCoMo 之 5G 垂直應用佈局仍以日本國內為主，應用領域涵蓋交通運輸、製造與農漁養殖等。

其中在交通運輸方面，NTT DoCoMo 與日本當地鐵路公司合作，於新幹線上測試 5G 網路於高速移動下之傳輸速度與成功率，除確保乘

客於搭乘新幹線期間使用 5G 網路之順暢性外，對於未來 5G 網路於新幹線列車上之應用亦奠定發展基礎。[35]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

NTT DOCOMO 於交通運輸及製造領域之合作夥伴以私人企業為主，包括 Sony、OMRON、豐田汽車等，以將 5G 網路應用於企業日常作業中。此類合作關係中主要由合作企業提供操作流程與技術，但透過 NTT DOCOMO 之 5G 網路連接。以 OMRON 之產線自動化應用為例，OMRON 負責提供自動化零組件、工業控制技術、產線專業知識及測試場域，NTT DOCOMO 則負責提供 5G 測試相關技術。此合作案例中 OMRON 同時採用由 Nokia 提供之 5G 基地台與貝爾實驗室之專業技術。[36]

在山梨縣智慧農業與廣島智慧養殖案例中，NTT DOCOMO 之合作夥伴相對多元，其中包含山梨大學、東京大學等學術單位。以山梨縣智慧農業為例，主要由 NEC 與旭陽電氣負責提供應用所需之 Local 5G 基地台、天線與專網系統，垂直應用所需操作技術，如無人機、智慧眼鏡與溫溼度感測器等則由 Ysk e-com 電子公司、山梨大學與 NTT DoCoMo 之子公司—NTT DoCoMo CS 負責提供。[37]在廣島智慧養殖案例中採用之 Local 5G 網路主要由 NEC 提供基地台基礎設施、NTT DoCoMo 提供 5G 與無線網路系統，另由東京大學與 NEC Nets SI 負責 Local 5G 應用系統開發。在操作技術部分則由 Blue Robotics 與 QYSEA 提供水下無人機，負責進行牡蠣養殖場水下環境資訊蒐集。[38]

NTT DOCOMO 於 2021 年 2 月宣布集團內之 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.、NTT DOCOMO, INC. 和 NTT Ltd.等企業與 Advanced Wireless Network Co., Ltd.、FUJITSU LIMITED、Mobile Innovation Co., Ltd.、NEC 集團等國際企業已簽屬協議共同組成 5G 全球企業解決方案聯盟(5GEC)，旨在整合成員在 5G 網路各領域之專業提供企業 5G 解決方案，包含基於 5G 專網

之垂直應用。5GEC 預計於 2021 年下半年於泰國進行測試，並於 2022 年推出針對製造、建築等特定產業之商業垂直應用，未來亦計畫透過與亞太其他國家合作夥伴結盟跨入其他市場。[39]

四、電信營運商德國電信

(一)5G 垂直應用領域發展

德國電信之 5G 垂直應用佈局以德國為主，應用領域包含娛樂賽事、製造與交通運輸等領域。其中在運動賽事方面，有鑑於德國人民對足球運動之重視，以及國內近 2.5 萬個足球俱樂部、9 萬個運動俱樂部之龐大市場，德國電信與德國足協、地區足球聯賽俱樂部合作，透過 5G 網路支援 AR 擴增實境、AI 人工智慧等技術，推出一系列互動應用程式將現實運動場上的球員與遠端的球迷連結在一起，並提供更具臨場感之賽事直播，讓球迷在 COVID-19 疫情限制仍有創新的觀賽體驗。而此應用模式未來勢必將能進一步擴展到其他運動賽事或展演中，持續滿足觀看者的體驗。[40]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

由德國電信之 5G 垂直應用案例中可發現，德國電信除了與有 5G 垂直應用需求之企業合作外，亦積極與 Ericsson、Nokia、西門子等本身亦已投入 5G 垂直應用發展之企業合作，以期能建立 5G 生態系，促進更多垂直應用發展。

以德國漢堡智慧港為例，除德國電信外，另有 Nokia、法國 IT 服務管理公司 Atos、法國電子和資訊科技研究所 CEA LETI 參與其中，共同推出包含利用搭載 AR 擴增實境與 VR 虛擬實境技術之智慧眼鏡進行港口設施之維護、利用 5G 網路遠端管控交通號誌，以及利用 5G 網路接收安置於船隻之感測器監測到之數據三大應用。其中 Nokia 負

責提供網路基礎設施與 LTE 專網，Nokia 貝爾實驗室、法國 IT 服務管理公司 Atos、法國電子和資訊科技研究所 CEA LETI 則負責提供垂直應用中所需之 AR/VR 技術、感測器、交通號誌元件、中央控制台與系統整合等解決方案。德國電信則負責提供 LTE 專網系統整合相關技術。
[41]

在德國 Deutsche Messe 5G Smart Venue 案例中，德國電信與其子公司 T-Systems 主要負責提供 5G 公共網路頻譜及 5G 園區網路建置，其餘提供智慧製造使用之 5G 專網基地台及 5G 天線等則由西門子與 Ericsson 負責提供。藉由跨企業合作於 Deutsche Messe 展覽館打造出可供其他參展廠商使用之 5G 多功能園區。[42]

五、網路系統設備商 NOKIA

(一)5G 垂直應用領域發展

5G 垂直應用中網路系統與基礎設施為不可或缺之元素，身為網路系統設備商 Nokia 擁有豐富之 5G 垂直應用試驗參與經驗，其 5G 垂直應用領域涵蓋智慧場館、智慧醫療、互聯網汽車、雲端機器人、遠端監控、數位化體驗、電動遊戲等。奠基於創業多年以來累積之全球客戶，橫跨運輸、能源、製造、網路服務、公共部門等個領域，Nokia 之 5G 垂直應用發展雖以歐洲為主，亦涉及美國、日本、澳大利亞等歐洲以外國家。

在智慧醫療方面，Nokia 之 Future X 醫療保健架構以高性能 5G 網路整合感測器、醫療設備、監視攝影機等元素，輔助遠距診斷、病患運輸、自動化作業之進行。Nokia 已於芬蘭奧盧大學導入其機器人，測試機器人助理於醫療環境之可行性。[43]

在智慧交通領域，Nokia 亦與西班牙電信營運商 Telefónica、Ineco、Stellantis、CTAG、SICE 合作，參與西班牙經濟事務與數位轉型部發起，獲歐洲區域發展基金資助之 5G 網路試驗，於西班牙 Cereixal 打造由 5G 網路覆蓋之智慧道路，透過 5G 網路，結合互聯網汽車、感測器與邊緣運算技術提供駕駛輔助等智慧化應用，如天氣預報、道路施工訊息、交通流量與事故預警，以及對向來車、緊急煞車、其他車輛緊急切入等告警[44]。Nokia 亦參與由芬蘭公共資助之 LuxTurrin 5G 研究計畫，於埃斯波部署使用 Nokia AirScale 5G 無線網路之智慧路燈並設置綜合營運中心，透過智慧路燈裝載之感測器蒐集大量城市數據傳輸到數據平台，並提供當地企業使用，以協助埃斯波逐步成為智慧化城市。[45]

Nokia 之 5G 垂直應用亦涉及環境監測、礦場作業與災難緊急應對場景。2019 年 Nokia 與芬蘭環境研究所 SYKE、Telia、Nordkapp 合作，以搭載感測器與攝影機之無人機拍攝波羅的海藍綠藻生長情形，並利用 5G 網路即時將高畫質影像傳輸到研究中心，以機器視覺技術進行分析[46]。在 5G 災難緊急應變方面，Nokia 與 Verizon 合作利用 Nokia 之 5G NR 系統與 LTE Cell 於緊急狀態下提供救難人員穩定之通訊服務，並結合即時人工智慧、機器學習等預測分析技術輔助救援決策。5G 網路亦用於連結無人機與機器人，以協助救援作業進行[47]。2021 年 4 月 Nokia 與 Tele2、Qualcomm 與 SPBEK-Mining 合作，於全球主要鈮、鎳、鉑銅生產者、俄羅斯礦業公司 GMK Nor Nickel 之 Skalysty 礦區部署私有 5G 與 LTE 無線網路及 Nokia 私有無線網路礦山解決方案，以於歐亞大陸最深礦坑及其工廠間提供語音通訊、數據傳輸、影像監控、遠距操控所需之網路服務[48]。南美洲智利之 Minera Gold 亦以部署 Nokia 之 5G 企業網路，連結感測器、挖土機等設備以支持礦場設備自動化與遠距操控。

(二)5G 垂直應用合作夥伴

Nokia 作為網路系統設備廠商，其 5G 垂直應用多需與產業企業、電信營運商及系統整合商合作推出。以 2018 年赫爾辛基機場導入之 5G 機器人為例，由 Nokia 負責部署機場 5G 網路，然網路服務與機器人則主要由電信營運商 Telia 與機場營運商 Finavia 提供[49]。同年於宮城縣仙台市宮城樂天晴明公園進行之智慧體育場試驗，使用 Nokia 之 AirScale 基地台與 Intel 之 5G 行動試驗平台，以及樂天行動網路公司之 5G 網路，實現無人機配送、無人機身分驗證與 360 度 8K VR 直播等應用。[50]

各國當地之電信營運商為 Nokia 參與 5G 垂直應用之重要對象，如 2018 年 Nokia 與德國電信共同參與德國漢堡智慧港之 5G 試驗，由 Nokia 提供 5G 網路基礎設施，德國電信提供網路頻譜與 LTE 專網[51]。Nokia 於日本 OMRON 工廠進行之 5G 工廠自動化試驗，亦是與日本電信營運商 NTT DOCOMO 合作執行[52]。就連 Nokia 位於芬蘭奧盧之生產基地 Conscious Factory 之工業 4.0 試驗，雖主要解決方案由 Nokia 提供，如 Nokia AirScale 平台、Nokia 多接取邊緣計算平台、Nokia AirFrame 數據中心解決方案，仍有芬蘭電信營運商 Telia 參與協助 5G 通訊服務。[53]

隨著各產業相繼推動數位轉型，Nokia 亦透過加入產業聯盟方式與各產業領先企業建立連結，以成為企業推動 5G 垂直應用之合作夥伴。2016 年 9 月下旬 Nokia、Audi、BMW、Daimler、華為、Ericsson、Intel、Qualcomm 宣布組成 5G 汽車協會，共同開發、驗證與推廣 5G 通訊技術於汽車領域之應用，包含互聯網汽車、智慧交通等，並促成產業標準化、認證與監管機制成形。[54]

六、網路系統設備商 Ericsson

(一)5G 垂直應用領域發展

作為全球資訊與通訊技術提供商，Ericsson 參與之 5G 垂直應用領域亦十分多元，涵蓋智慧工廠、互聯網車輛、智慧辦公、智慧採礦、智慧港口、智慧醫療、智慧能源管理等領域。發展地區除歐洲外，Ericsson 於亞洲、美洲、澳洲亦均有 5G 垂直應用案例。在澳洲，Ericsson 曾與澳洲電信營運商 Telstra 合作，由 Ericsson 提供 5G 網路基礎設備做為當地 5G 網路鋪建基礎，以滿足 Telstra RAN 架構之 5G 需求。[55]

在亞洲，Ericsson 曾與中國大陸電信營運商中國聯通、上海振華重工業合作於青島港開發 5G 智慧港口，Ericsson 負責提供 5G 解決方案，以實現港口作業自動化並達到節省人力成本之目的[56]。Ericsson 位於南京之工廠亦導入基於 5G 網路技術之智慧工廠解決方案，利用 5G 網路結合 IoT、機器人與自動化設備實現產線自動化[57]。此外，Ericsson 亦與韓國電信、Intel 合作於韓國首爾進行移動中車輛之 5G 傳輸測試，透過 5G 網路將 4K 影片傳輸到移動車輛中，以驗證移動狀態下之傳輸品質。[58]

2018 年 Ericsson 與 AT&T、FOX Sports、Foxt 創新實驗室與 Intel 合作於紐約長島之 Shinnecock Hills 高爾夫俱樂部使用 5G 網路進行美國高爾夫球公開賽直播。Ericsson 負責提供 5G 網路所需之基礎設備，其餘合作夥伴如 MediaKind 負責提供 4K 影片編碼與解碼技術、AT&T 負責提供 5G 網路頻譜、Interl 則提供行動測試平台。藉由各領域合作，賽事直播期間 5G 網路實現逾 300Mbps 之上傳速度，提供球迷穩定且高畫質之直播畫面[59]。Ericsson 亦曾協助位於亞特蘭大之建築與家具供應商 Steelcase 辦公室部署基於 Ericsson 之 Cloud Core 與 IoT 連接管理平台之私有 5G 網路，並結合物聯網、數據與雲端運算技術以進行智慧辦公環境概念驗證。[60]

歐洲仍為 Ericsson 5G 垂直應用發展之核心地區，藉由與當地電信營運商合作，Ericsson 曾參與英國福特汽車製造廠、德國 Bosch 研發生產中心與晶圓廠、德國 Audi 汽車製造工廠、德國 e.Go 汽車製造工廠等與汽車製造相關之 5G 專網智慧製造垂直應用發展。除智慧製造外，於 COVID-19 於全球盛行期間，Ericsson 與伯明翰大學醫院 NHS 信託基金會 (UHB) 和倫敦國王學院合作於英國利用 5G 網路進行包含 5G 互聯網救護車及遠距診斷在內之智慧醫療試驗[61]。在智慧採礦方面，Ericsson 則於俄羅斯 Polymetal 基於 5G 專網之智慧礦場試驗中提供網路基礎設施與 LTE、5G 專網，並與 MTS、Yuzhno-Verkhoyansk 合作導入礦山調度系統、遠端自動化設備等解決方案。

(二)5G 垂直應用合作夥伴

Ericsson 於 5G 垂直應用中主要扮演網路設備與網路系統供應角色，必須結合擁有 5G 頻譜之電信營運商，及熟悉產業運作與掌握操作技術之系統整合廠商，始能構成完整之 5G 垂直應用解決方案。因此 Ericsson 亦重視跨企業、跨領域之合作夥伴關係。Ericsson 與澳洲電信營運商 Telstra 已建立多年之戰略夥伴關係，以共同推動澳洲地區之 5G 垂直應用發展。Ericsson 與 Telstra 已於澳洲進 30 個城市開通 5G 網路服務，並與當地產業合作夥伴共同建立 5G 生態系，藉由此次合作關係將有助於 Ericsson 將其網路設備與服務推廣至澳洲各產業。[62]

七、網路系統設備商 NEC

(一)5G 垂直應用領域發展

為協助客戶解決數位轉型過程中面臨之多元需求、高流量與安全性等挑戰，NEC 於 2019 年 2 月發表 NEC 5G 垂直業務平台，整合 NEC 與其合作夥伴所擁有之網路部署、虛擬化、雲端、自動化等專業知識與

解決方案，提供電信營運商與企業可用於發展 5G 創新垂直應用之單一平台，以減少系統整合時間，加速 5G 垂直應用推出。[63]

NEC 之 5G 垂直應用發展涵蓋智慧交通、智慧醫療與智慧製造等領域，多數透過與電信營運商及產業企業合作推出，且以日本國內產業發展為主。在智慧交通部分，NEC 於 2020 年 5 月參與住友商事株式會社與東京都政府基於「東京數據高速公路基本戰略」所簽訂之多功能智慧路燈安裝與驗證協議，於西新宿地區安裝兩種不同類型、結合行動通訊基地台、Wi-Fi、照明、流量分析攝影機與電子看板功能之多功能智慧路燈。主要目的為驗證由 NEC 提供之多功能智慧路燈於日常與緊急狀況下之功能。多功能智慧路燈搭載之行動通訊基地台將分為由多家電信營運商共用之 5G 共享天線，與各電信營運商自有基地台兩種模式，驗證結果將成為 NEC 強化城市公共安全解決方案之基礎[64]。NEC 亦曾與 NTT Communications Corporation、NTT DOCOMO, Inc. 與東武鐵道合作於東武晴空塔線高速列車上利用 5G 網路進行 4K 與 8K 高畫質影片傳輸試驗，以驗證 5G 行動網路於高速移動中之傳輸品質。[65]

在智慧醫療部分，NEC 於 2018 年 4 月與 NTT DOCOMO, Inc.、和歌山縣政府與和歌山醫科大學合作於不易取得醫療服務之和歌山縣建置遠距醫療系統，利用 NEC 提供之 5G 無線網路基地台連結醫療機構與和歌山醫科大學，實現遠距診斷及醫療數據傳輸等應用。2019 年 2 月 NEC 再次參與由 NTT DOCOMO, Inc. 主導、日本總務省委託之 5G 救護車運輸解決方案試驗，其餘參與者包含日本前橋市社區發展與公共平台促進組織、紅十字醫院、消防局與前橋工業大學等。試驗主題為以 5G 網路取代 4G 網路應用於交通事故之傷患運輸與治療，包含影像傳輸、病患資訊管理等，由 NEC 負責 5G 基地台與 5G 移動站建置，以提供試驗所需之高速、大容量行動網路傳輸。[66]

2020 年 3 月 NEC 與柯尼卡美能達公司合作於柯尼卡美能達之創新花園大阪中心，利用 5G 核心網路、基地台與終端設備建置 Local 5G

網路，並結合 NEC 之 NEC Smart Connectivity 網路服務，進行人工智慧、物聯網等技術於醫療保健與製造產業之應用[67]。NEC 之智慧製造 5G 垂直應用案例亦包含 2018 年 NEC 與 KDDI、Obayashi 合作於大林組東京機械工廠及大阪茨城相川大壩建造現場進行之基於 5G 通訊技術之遠端機械控制試驗，5G 網路服務提供遠距操作所需之穩定傳輸條件，有效降低操作風險並提升作業效率。[68]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

NEC 為全球資訊與網路技術整合廠商，主要業務為提供各地社會發展所需之解決方案。NEC 之 5G 垂直應用合作夥伴主要為電信營運商與垂直應用產業企業。在電信營運商方面，NEC 與 NTT DOCOMO, Inc.間常有緊密之合作，如東武鐵道之 5G 高速移動傳輸試驗、和歌山縣之遠距醫療試驗與前橋市之救護車運輸解決方案試驗。此外 NEC 於 2021 年 6 月下旬亦宣布將與 NTT Corporation 及其子公司 NTT DATA Corporation 組成合作聯盟，於 NTT DATA 德國慕尼黑實驗室之 Enso Lab 開發與驗證符合開放生態系統 O-RAN 聯盟規範之客製化產品，以期利用 NEC 之通訊系統整合技術與 NTT DATA 之資訊系統整合技術於未來 O-RAN 聯盟規範中取得優勢。初期合作聯盟以歐洲汽車製造產業為主要目標，未來將朝美國與全球汽車製造產業發展。[69]

NEC 亦透過與企業合作推出針對特定產業之 5G 垂直應用，並採用企業提供之場域進行垂直應用試驗，如於東武鐵道之高速列車上進行 5G 傳輸試驗，以及於 Obayashi 之工廠進行智慧製造解決方案試驗等。此外，NEC 參與之 5G 垂直應用發展不少是基於日本中央或地方政府之 5G 通訊技術相關計畫而推動。

八、垂直領域 SI 業者 GE

(一)5G 垂直應用領域發展

GE 成立 125 年以來持續專注於發展電力、可再生能源、航空與醫療領域解決方案，其解決方案部署於全球約 170 個地區之飛機、工業設備與醫療設施中。

GE 之 5G 垂直應用主要由其技術研發部門 GE Research 推動。相較於核心業務涵蓋全球多國市場，GE 之 5G 垂直應用發展案例尚不多元，較重要之案例為 2020 年 6 月與美國國防部合作之 5G 智慧倉儲解決方案。此案例為美國國防部推動之軍事基地 5G 網路部署與應用驗證計畫之一，參與廠商包含 GE Research、KPMG、IKIR、Scientific Research Corporation 等。美國國防部提供 GE Research 約 3,600 萬美元經費於加利福尼亞州聖地亞哥海軍基地(NBSD)與喬治亞州奧爾巴尼海軍陸戰隊後勤基地(MCLB)建置 5G 智慧倉儲解決方案。GE Research 結合其數位孿生技術與機器人，每 15 分鐘進行一次庫存快照，以即時反應倉庫庫存量，提升軍用倉儲運作效率。[70]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

除參與美國國防部之 5G 智慧倉儲解決方案外，GE Research 亦與電信營運商 Verizon 合作進行 5G 網路技術與應用試驗。2021 年 4 月 Verizon 於紐約 Niskayuna 園區之 GE 實驗室部署 5G 網路，並打造基於 Verizon 5G 網路之跨產業測試平台，以供 GE Research 研究人員進行遠距醫療監控、自動駕駛汽車、智慧風力發電廠設備管理等 5G 垂直應用開發與測試所需之高速與高容量網路。藉由與 Verizon 合作，GE Research 將有機會進一步探詢基於 5G 網路技術之人工智慧、機器學習、數位孿生與自動化技術於各產業之潛在發展機會，並加速其 5G 垂直應用解決方案推出。[71]

九、垂直領域 SI 業者 ABB

(一)5G 垂直應用領域發展

已成立逾 130 年之 ABB 長期專注於電力系統、電氣化、工業自動化、機器人、電動汽車等產品研發，以滿足全球逾 100 個國家之工業製造、交通運輸、基礎設施、公共事業領域企業之需求。

ABB 之 5G 垂直應用發展主要著重於智慧製造領域，初期主要以自有工廠作為試驗地點，推動地區則以歐洲國家為主，如瑞典、芬蘭、德國等。ABB 位於瑞典 Ludvika 之電力系統工廠中部署 LTE 與 5G 專用網路，並應用於其電力系統與自動化相關產品之生產過程，如乾燥設備之遠端監控、工廠設備之數據傳輸等。此應用是基於 Ericsson 與 ABB 於 2019 年 4 月展開之合作夥伴關係，並由瑞典電信營運商 Telia、系統整合商 AFRY 參與 5G 專用網路之部署、整合與管理[72]。ABB 位於芬蘭赫爾辛基、負責低壓傳動開發之 Pitäjänmäki 工廠亦參與 5G 智慧工廠試驗，透過 5G 無線網路與人工智慧技術遠端監控產品組裝過程與結果正確性。此試驗由 ABB 提供場域、電信營運商 Telia 提供 5G 網路連線、工業應用軟體開發商 Atostek 則負責提供機器視覺與人工智慧應用開發。[73]

除於自有工廠進行試驗外，ABB 亦與 BOSCH、Ericsson、Orange 與 T-Systems 合作於 BOSCH 位於德國巴登-符騰堡州羅伊特林根之半導體工廠部屬 5G 工業網路，進行工業 4.0 相關應用之開發與測試。在芬蘭商務部贊助下，ABB 與多個企業與學術單位合作參與芬蘭 5G 網路試驗之 WIVE 研究，參與者包含 Nokia、Telia、Kalmar、YLE、Digita、監管單位 FICORA，以及芬蘭當地之大學與技術研究中心。WIVE 研究重點為探討 5G 網路之低延遲特性於工廠與港口自動化作業中對時間要求性高者之幫助。試驗主要將 Nokia 之超可靠性低延遲通訊技術 (URLLC) 應用於中壓配電網路之故障排除作業與自動化裝箱作業中。[74]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

Ericsson 為 ABB 之重要 5G 垂直應用夥伴，雙方於 2017 年便成立第一個 5G 實驗室，2019 年漢諾威工業博覽會中不僅共同展示機器人、5G 無線網路技術與工業物聯網技術於工廠作業中之應用，更進一步簽屬備忘錄(MoU)強化雙方之合作夥伴關係[75]。ABB 與 Ericsson 長年共同探討無線通訊技術與工業自動化技術如何塑造未來工廠樣貌，並於 ABB 擅長之工業製造領域進行 5G 網路技術於工業 4.0 應用驗證。Ericsson 位於愛沙尼亞塔林製造工廠之無線電系統產品製造流程亦導入 ABB 之全自動化機器人解決方案，透過 5G 網路即時傳輸與分析產線數據。[76]

為持續探討 5G 網路於工業製造之應用，ABB 與 Ericsson 於 ABB 位於瑞典韋斯特羅斯之據點建立 5G 產業創新實驗室部署由 Ericsson 提供之 5G 虛擬化核心網路、邊緣運算、網路切片技術、物連網加速平台等最新技術與基礎設施，除提供雙方研究人員更先進之研究環境外，未來亦計畫開放其他合作夥伴作共同進行 5G 垂直應用試驗。目前 5G 產業創新實驗室已進行 5G 與智慧能源系統之整合驗證，未來亦將擴大至其他產業應用場景之試驗。[77]

ABB 與 Ericsson 之合作也擴展到亞洲地區，ABB 與 Ericsson 之泰國公司於 2020 年 11 月宣布將建立亞太地區之合作夥伴關係，基於此協議 Ericsson 將成為 ABB 於當地提供機器人、工業自動化服務以協助企業進行數位轉型時之 5G 解決方案首選合作夥伴。[78]

十、垂直領域 SI 業者西門子

(一)5G 垂直應用領域發展

身為以工業、基礎設施、交通與醫療領域之科技發展為主要業務之公司，西門子在 5G 網路時代亦積極協助其客戶將 5G 網路技術、智慧化應用與既有作業環境整合，如提升工廠運作效率與資源使用效率、提升供應鏈彈性、提升交通運輸安全性等。為驗證 5G 網路技術於工業製造之助益，西門子位於德國紐倫堡之汽車測試中心、位於德國安倍卡與卡爾斯魯爾之工廠均已部署私有 5G 工業網路，且均採用西門子自行開發之產品與解決方案。

基於對工業製造領域之熟悉，為向其他專注於工業之企業推廣其 5G 工業網路相關技術與產品，西門子於 2021 年 4 月之漢諾威工業博覽會中與德國電信合作在德國通訊產業監管機構 BNetzA 許可下，於位於德國西北部之 Deutsche Messe 展覽館佈建了兩個私有 5G 網路。私有 5G 園區網路將由西門子提供網路基礎設施，德國電信提供網路服務，範圍涵蓋 Deutsche Messe 展覽館共計 140 萬平方米之室內與室外場地。除於 2021 年漢諾威工業博覽會使用外，未來將持續提供 Deutsche Messe 展覽館其他租用企業進行 5G 垂直應用驗證使用。西門子除參與私有 5G 園區網路部署外，亦基於私有 5G 園區網路於 2021 年漢諾威工業博覽會中展示其 5G 工業網路。[79]

對西門子而言，像其這樣對客戶產業有深入了解之公司最適合負責協助客戶建立 5G 工業解決方案，因此西門子之 5G 垂直應用發展策略為基於其在工業網路領域之專業與對客戶需求之了解，將推出針對工業 4.0 之商用 5G 工業解決方案，包含核心網路、相關終端設備，以及與西門子既有工業自動化系統之整合，以協助其客戶降低部署 5G 工業網路與工業解決方案之門檻。而 5G 工業解決方案已優先於西門子之工廠進行開發與測試，相關經驗與知識亦將能提供客戶參考。

除專注於 5G 工業網路解決方案外，西門子亦於 2021 年之漢諾威工業博覽會展示其基於 5G 網路之數位孿生技術，未來將可用於產品生產生命週期中，包含工廠作業流程、設備環境、供應商與物流商配合情形等，以提升工廠管理者對各種異常狀態之反應速度。[80]

在台灣，西門子之 5G 發展以工業應用、互聯網交通與電網邊緣為主，其推動方式為基於既有客戶與產業優勢，提供 5G 工廠解決方案，如與亞達科技、帆宣系統科技合作開發 AIR 維運監控系統平台，與華電聯網合作於淡海 5G 試驗場域利用智慧交通號誌、智慧路燈與車聯網解決方案進行無人巴士測試等。[81]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

西門子之 5G 合作夥伴包含 Qualcomm Technologies，藉助 Qualcomm Technologies 在無線通訊技術方面之專業，促成西門子 5G 工業網路解決方案發展。西門子於德國紐倫堡之汽車測試中心部署之私有 5G 工業網路即是採用 Qualcomm Technologies 之頻段與網路基礎設施，結合西門子之無人搬運車、工業控制系統等設備，為全球首個利用 5G 專用網路進行汽車自動化生產之工廠。西門子與 Qualcomm Technologies 亦將共同探討與工業自動化相關之通訊協定，以促進未來工業製造領域之智慧化發展。[82]

西門子與德國電信之合作除於 Deutsche Messe 展覽館部署 5G 園區網路外，亦與其子公司 T-Systems 於 2019 年 10 月下旬建立合作夥伴關係，由雙方之物聯網專家團隊結合各自擁有之通訊、資訊與操作技術提升工廠營運相關解決方案之能力，如以即時數據分析與交換輔助設備健康管理、車隊管理等生產與營運流程。在此合作夥伴關係中，T-Systems 主要提供 5G 網路解決方案與數據分析技術，西門子則提供物聯網操作系統、自動化設備與工業數位化解決方案等。[83]

十一、垂直領域 SI 業者 BOSCH

(一)5G 垂直應用領域發展

作為物聯網供應商，BOSCH 一直以來透過其行動解決方案、工業技術、消費品、能源與建築技術業務於智慧家庭、工業 4.0、互聯網行動領域發展創新解決方案。在 5G 網路技術發展下，BOSCH 於 2014 年起投入 5G 研究，並透過參與聯盟加入其於 5G 垂直應用與產業標準發展之地位。

BOSCH 之 5G 垂直應用以工業 4.0 為主，隨著 5G 網路技術發展，BOSCH 於德國申請 5G 營運許可證，以加速 5G 垂直應用之開發與驗證。在監管單位授權下，BOSCH 於其位於巴登-符騰堡州斯圖加特-費爾巴哈郡之研發生產中心，及位於雷寧根郡之晶圓廠建立 Local 5G 網路，以探討 5G 與其產品、服務結合之可能[84]。選擇費爾巴哈郡研發生產中心與雷寧根郡晶圓廠之原因為費爾巴哈郡為 BOSCH 於德國最大之工廠之一，且位於市區方便各領域專家匯集，因此特別適合做為首座 5G 試驗工廠。[85]

基於 Local 5G 網路，BOSCH 於雷寧根郡晶圓廠進行 5G AGV 自動運輸系統、遠距遙控機械手臂，以及超高解析度影像傳輸等應用之驗證，其中自動運輸系統與遠距遙控機械手臂均採用 BOSCH 基於 5G 網路之 ActiveShuttle system 編成控制解決方案。ActiveShuttle 為 BOSCH 首個 5G 產品，2019 年首次於漢諾威工業博覽會發表，主要用途為內部物流作業解決方案。BOSCH 於雷寧根郡晶圓廠進行之 Local 5G 網路試驗，後續亦應用於德累斯頓晶圓廠，以支持自動化、人工智慧與物聯網技術於晶圓生產流程中之應用。透過於自家工廠進行 Local 5G 試驗，BOSCH 期望未來能於全球逾 250 間工廠推出 5G 工業解決方案。[86]

除德國，BOSCH 之 5G 智慧工廠試驗亦擴及英國，其位於伍斯特之工廠在伍斯特郡 5G 聯盟協助下成為英國首個導入 5G 無線網路之工廠。伍斯特工廠之 5G 試驗主要為結合物聯網、感測器及數據分析技術進行工廠設備預防性維護與故障即時回饋。[87]

儘管智慧製造為 BOSCH 主要之 5G 垂直應用發展領域，BOSCH 亦參與智慧運輸相關 5G 垂直應用領域之發展。5G NetMobil 為德國教育和研究部資助之智慧運輸試驗計畫，為期三年之試驗期間共有逾 15 間研究機構與企業參與其中。5G NetMobil 之試驗場域為德國斯圖加特與希爾德斯海姆，試驗內容為利用 5G 網路技術連結道路基礎設施與互聯網車輛，以減少交通事故風險。[88]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

BOSCH 之 5G 垂直應用合作夥伴主要依發展內容而定，如費爾巴哈郡研發生產中心之 5G 網路係與 Nokia 合作部署，雷寧根郡晶圓廠之 5G 網路則由 Ericsson 協助部署。5G NetMobil 之合作夥伴則包含德累斯頓工業大學、凱澤斯勞滕工業大學等學術單位，BMW、大眾汽車等汽車製造商，德國電信、Vodafone 等電信營運商，Ericsson、Nokia 等網路設備供應商，在各領域專業企業合作共同提出智慧交通解決方案。

為提升於 5G 智慧製造領域之競爭優勢與影響力，BOSCH 參與互聯網工業與自動化 5G 聯盟(5G-ACIA)並擔任聯盟主席，與逾 70 家研究機構與企業建立符合製造業需求之 5G 網路標準，並推動 5G 網路技術於製造產業之發展[89]。除 5G-ACIA 外，BOSCH 亦積極參與由歐盟資助、為期兩年之 5G-SMART 研究計畫，計畫內容包含 BOSCH 晶圓廠之 5G 智慧製造解決方案、Ericsson 瑞典辦公室之 5G 應用、Fraunhofer IPT 之亞琛 5G 工業園區等試驗。合作夥伴則涵蓋電信營運商、工廠營運商、網路設備商、工業機械製造商及學術機構等，在各領域專業合作夥伴支援下，完成 5G 垂直應用解決方案之開發與驗證，並促進新通訊標準之產生。

十二、雲服務供應商 AWS

(一)5G 垂直應用領域發展

5G 之高速度、低延遲與多連結特性大量應用於各產業數位轉型解決方案，尤其對時間要求高之應用，如醫療急救、緊急救難、即時遊戲、擴增實際、自動駕駛車等更常將應用程式部署於接近企業終端之環境，並藉由 5G 網路高速、穩定之傳輸能力與邊緣運算能力，強化構成智慧化解決方案基礎之分析與預測能力。基與此背景使雲服務供應商亦於 5G 垂直應用領域中看見商機，相繼推出之元 5G 之雲服務。2019 年 12 月 AWS 正式發表其基於 5G 之邊緣運算服務—AWS Wavelength。AWS Wavelength 將 AWS 之運算與儲存服務部署於電信營運商之 5G 網路邊緣，以大幅縮短企業 5G 終端設備連接到部署於 AWS 之應用程式之時間。[90]

2021 年 6 月 AWS 於倫敦推出基於 Vodafone 之 4G 與 5G 網路之 AWS Wavelength 服務，當地企業可利用 5G 網路將蒐集到之數據傳送至 Vodafone 網路託管之 AWS 環境，以滿足超低延遲之解決方案需求。自動駕駛車公司 Aurigo 將 AWS Wavelength 應用於正在劍橋地區實驗之自動駕駛車遠端監控中；擴增實境技術公司 Immersal 則應用 AWS Wavelength 發展室內導航、沉浸式體驗等應用。Net4 則於供應鏈中導入 AWS Wavelength 結合攝影機之可視化解決方案，以發展庫存管理、外泄偵測等應用。AWS 預期 AWS Wavelength 將可應用於互聯網汽車、互動式即時影片、虛擬實境、擴增實境、智慧工廠、即時遊戲與醫療診斷等 5G 垂直應用領域。[91]

美國衛星電視公司 Dish Network 於 2021 年 6 月宣布將與 Nokia 合作於 AWS 之公有雲部署其 5G 獨立網路，成為全球於公有雲部署 5G 網路之首例。Dish Network 之 5G 獨立網路主要由 Nokia 負責部署，

Nokia 並提供 Dish Network 語音核心、雲分租核心、數據管理、設備管理、網路安全等服務，以讓其更快速回應終端客戶之需求。[92]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

為於全球推廣 AWS Wavelength 服務，AWS 與 Verizon、Vodafone、SK Telecom 和 KDDI 等電信營運商均已建立合作夥伴關係，以於美國、歐洲、日本及韓國等國家提供 AWS Wavelength 服務。

2019 年 AWS 與 Vodafone 合作將 AWS Wavelength 服務嵌入 Vodafone 之 5G 邊緣網路推出多接入邊緣運算(MEC)服務，以促進 AWS 與 Vodafone 之 5G 垂直應用開發，包括設備安全、智慧交通、智慧城市、智慧醫療等。此外，AWS 與 Vodafone 亦提供新創企業、軟體開發商、私人企業與應用統開發人員為期 3 個月的 AWS 多接入邊緣運算使用與專家諮詢機會，以幫助其學習在 AWS 環境上開發、測試與驗證 5G 應用程式，以加速產業推出基於 AWS 多接入邊緣運算服務之 5G 垂直應用。參與者最終由 AWS 與 Vodafone 挑選出優秀作品授予獨家使用權與專家技術支援。[93]

十三、雲服務供應商微軟 Azure

(一)5G 垂直應用領域發展

微軟之 5G 垂直應用領域發展主要基於其 Azure 雲服務與網路網路解決方案，微軟於 2020 年 3 月推出簡化版 Azure 雲服務—Azure Edge Zones 與 Azure Private Edge Zones，以 Amazon 與 Verizon 共同推出之邊緣運算雲端服務—AWS Wavelength 為目標競爭對手，微軟 Azure Edge Zones 服務之目的為提供更滿足企業需求之雲服務，以加速 Azure 朝 5G 垂直應用市場發展。由於 Azure Edge Zones 需仰賴電信營運商之 5G 網路，初期微軟透過與 AT&T 合作於洛杉磯、達拉斯、亞特蘭大、

紐約與邁阿密等地區推出 Azure Edge Zones 服務，未來亦計畫與 Rogers、Vodafone、Etisalat 等電信營運商合作，以擴大 Azure Edge Zones 服務範圍與國家。[94]

2021 年 6 月微軟進一步推出 Azure 私有多接取邊緣運算(private multi-access edge compute, MEC)產品，以幫助企業推出並管理基於雲端環境之應用程式，並滿足終端客戶之營運需求。微軟 MEC 產品之合作夥伴包含電信營運商、軟體開發商、網路廠商與系統整合商等類型之企業，包括 AT&T、Accenture、Cognizant、HCL、Tech Mahindra、ASOCS、Celona、HP、富士通、Samsung、VMware 等。[95]

基於 Azure 雲服務與核心網路解決方案，微軟與各領域企業展開 5G 垂直應用發展，包含智慧製造、智慧零售與智慧醫療等解決方案。在台灣，微軟與遠傳電信、台達電子於 2020 年 6 月宣布將合作於台達電子位於桃園龜山之工廠打造台灣第一座 5G 智慧工廠。5G 智慧工廠內將整合微軟雲服務，以及遠傳電信之 5G 智慧工廠專用網路與台達電子之智慧設備，導入智慧物流調度系統、Microsoft HoloLens 混合實境、AOI 瑕疵檢測設備、物聯網數位孿生與 AGV 無人搬運車等創新應用，以提升工廠作業效率並降低運作成本[96]。2021 年 6 月中旬微軟與英業達亦簽署合作備忘錄，共同推動 Inventec Smart Factory IoT+5G 平台建置計畫。計畫內容包含建立基於 5G 企業專網之智慧工廠解決方案，如工廠自動化與能源管理等數位孿生應用，以及提升英業達人員之 Azure 雲服務專業技能兩部分。[97]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

身為全球雲端服務主要供應商之一，微軟、Amazon 與 Google 成為各領域企業投入 5G 垂直應用與雲服務整合發展之重要合作對象，AT&T 與 Verizon 等電信營運商亦透過與雲服務供應商合作強化其 5G 網路服務。微軟自 2019 年 7 月中旬起便與美國電信營運商 AT&T Communications 針對 5G、雲服務與人工智慧技術應用展開合作[98]。

2021 年 6 月下旬更進一步收購 AT&T 之 5G 行動通訊網路相關部門之業務與技術人員，並承接 AT&T 5G 網路維運工作。藉由此次收購，微軟將其 Azure for Operators 服務與 AT&T 網路雲端平台技術整合，以提升微軟之電信雲端服務。[99]

除 AT&T，微軟亦與電信營運商 Verizon 合作，將微軟 Azure 邊緣運算服務與 Verizon 之 5G 邊緣網路結合，以提供零售、物流、製造與醫療等企業更快速之即時資料分析與傳輸服務。美國供應鏈解決方案供應商 Ice Mobility 已於其自動化封裝流程中導入採用微軟 Azure 雲服務之 Verizon 5G 邊緣網路平台，以即時掌握封裝錯誤資訊，有效縮減品質檢測作業時間。[100]

加拿大最大電信營運商 Rogers Communications 則於 2020 年初與微軟針對 5G 網路與 Azure 邊緣運算技術整合應用研究展開合作，並舉辦一場校園黑客松活動。合作地點為加拿大哥倫比亞大學，基於 Rogers 於 2018 年與加拿大哥倫比亞大學簽訂之協議，Rogers 已於哥倫比亞大學部署首個校園 5G 無線網路，過去主要提供哥倫比亞大學研究人員與 Rogers 技術人員研究 5G 網路技術使用，於微軟與 Rogers 的合作中則用於探討 5G 網路與 Azure 邊緣運算技術於智慧城市領域之整合創新應用。微軟與 Rogers 合作舉辦之校園黑客松活動之最終獲勝隊伍基於 5G 網路與邊緣運算，結合 3D 地圖、視覺化與人工智慧技術，針對加拿大基洛納市提出智慧交通相關應用。[101]

除與電信營運商合作，微軟亦透過併購提升其 Azure 雲服務於 5G 網路應用中之能力，2020 年 3 月微軟宣布收購專門提供電信營運商虛擬化雲原生解決方案之雲端行動網路平台商 Affirmed Networks，同年 7 月微軟收購專門提供電信營運商虛擬化網路軟體及通訊解決方案之 Metaswitch Networks。藉由兩次收購微軟獲取軟體定義網路與網路虛擬化等 5G 核心網路技術，以幫助採用 Azure 雲服務之企業更快速、低成本、安全地部署 5G 網路與服務。藉由此次收購微軟同時獲得 Affirmed

Networks 之既有合作客戶，包含 AT&T、Vodafone、Telus、Etisalat、LG U+ 等各國電信營運商。[102]

十四、雲服務供應商 Google 等

(一)5G 垂直應用領域發展

有鑑於電信營運商於 5G 垂直應用領域之發展潛力，為強化與電信營運商間之合作，Google Cloud 於 2020 年 3 月推出三項面向電信營運商發展策略，分別為將 5G 服務打造為以營利為目的之商業服務平台、提供以資料為核心之互動體驗，及提升電信核心系統作業效率。具體支援包含協助電信營運商將其營運支援系統(OSS)與業務支援系統(BSS)等遷移至 Google Cloud，以及輔助電信營運商導入資料分析與人工智慧技術以提升客戶體驗等。[103]

為支持電信營運商發展策略，Google Cloud 推出 Global Mobile Edge Cloud(GMEC)平台與 Anthos for Telecom 解決方案兩項產品，其中 GMEC 為提供以網路為核心之開放式雲端解決方案平台及可部署解決方案之分散式邊緣；Anthos for Telecom 則為針對電信營運商之混合與多雲應用程式平台。資料分析解決方案則使用 BigQuery 平台之機器學習技術，以實現即時資料分析與處理。

首間與 Google Cloud 合作之電信營運商為 AT&T，2020 年 3 月 AT&T 宣布與 Google Cloud 合作，提供 AT&T 之企業客戶透過 AT&T 之邊緣網路連線至 Google Cloud，並使用 Google Cloud 之人工智慧、機器學習技術開發適用於零售、製造、遊戲、運輸等各產業之 5G 垂直應用解決方案之服務。除 AT&T，NTT DoCoMo、Orange、TELUS、Swisscom、Verizon、Vodafone 等電信營運商亦均採用 Google Cloud 之服務。[104]

Google Cloud 於 2021 年宣布與 Intel 合作針對電信營運商提供參考架構與整合式解決方案，目的為協助電信營運商加速 5G 邊緣運算部署，並實現多雲架構。Google Cloud 與 Intel 之合作包含三大領域，分別為協助電信營運商加速虛擬化無線接取網路(vRAN)部署、開發原生雲端 5G 網路創新解決方案，以及加速電信營運商將應用程式傳遞至邊緣網路。Google Cloud 與 Intel 之參考架構與整合式解決方案將採用 Intel 之 FlexRAN 軟體與雲原生開放網路邊緣服務軟體(OpenNESS)兩項產品，搭配基於 Intel 基礎設施之數據開發套件與 Anthos 之多雲應用程式平台。[105]

2021 年 7 月 Google Cloud 宣布與 Ericsson 合作，雙方已於 Ericsson 位於美國矽谷之 D-15 實驗室共同進行研究，以整合 Google Cloud 之雲端技術與 Ericsson 之 5G 通訊技術，推出面相雲端服務提供商之 5G 邊緣雲端解決方案。Google Cloud 與 Ericsson 目的之目的除協助雲端服務提供商因應產業數位化帶來之壓力外，並期望建立產業採用雲端技術與雲原生服務之基礎。[106]

(二)5G 垂直應用合作夥伴

為健全電信營運商解決方案，並提供電信營運商合作夥伴更完整之服務，Google Cloud 與專注於通訊、媒體及金融服務之軟體開發商 Amdocs 及 NEC Corporation 之全資子公司 Netcracker 建立合作夥伴關係，以將兩公司之資料分析、5G 邊緣運算、BSS 與 OSS 解決方案整合至 Google Cloud 提供電信營運商使用。[103]

為強化與電信營運商之連結，Google 於 2021 年 6 月宣布加入由全球電信營運商、行動網路服務供應商及無線電領域學術研究機構組成之 O-RAN 聯盟。Google Cloud 將提供其 Kubernetes 開源技術、Anthos 多雲應用程式平台，以及人工智慧技術，以協助 O-RAN 聯盟成員建立 O-RAN 規範並促進 RAN 產業生態系。[107]

參、國內 5G AIoT 重點智慧應用及產業能量發展

一、智慧製造

(一)重點應用案例

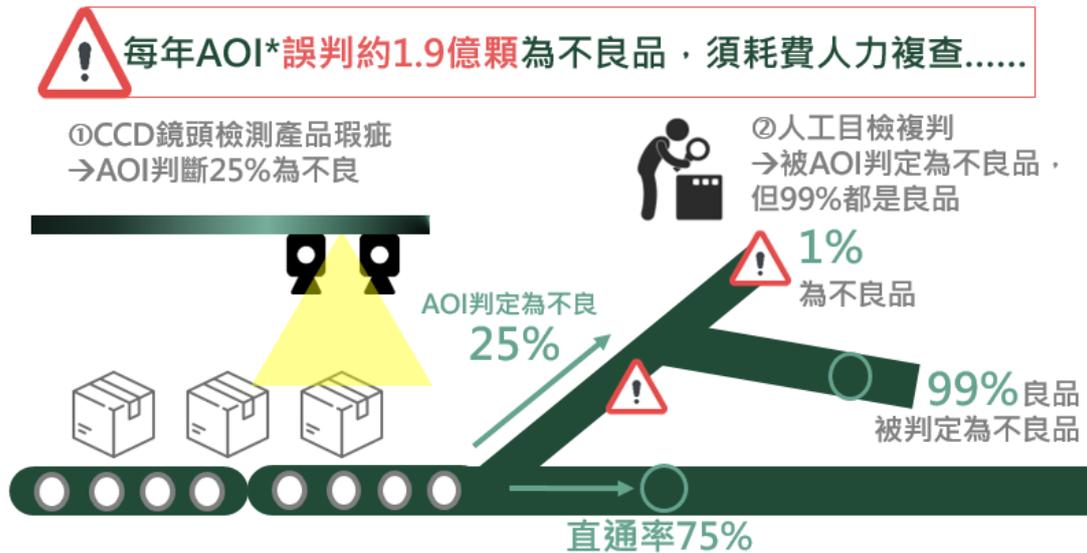
1.需求痛點

英業達為國際電子代工大廠，伺服器佔全球總出貨量的 20%，也是全球前五大筆電設計代工，客戶包括 Dell、HP、Apple、聯想、宏碁、富士通、華碩，2020 年營收達新台幣 5,082.95 億元。過去英業達主要生產設施位於中國大陸，為中國大陸最大出口商之一，近年國際產業分工受到中美貿易戰衝擊出現重組，英業達響應我國政府回台投資政策，將上海、重慶等生產基地 20%筆電產能移回台灣，讓台灣成為高階產品生產基地，佔據英業達 30%筆電產能。

面對人工成本高漲和數位轉型的壓力，智慧製造成為許多大型工廠的發展重點。英業達看見高階製造的發展機會，從三大層面推動製造業自動化。關於產品面，英業達看穩 5G 資料中心需求，借助自身伺服器代工背景優勢推動產品升級，主攻發展白牌伺服器；關於製程面，以 AI 為核心借助模型演算法提升品檢辨識精準率，優化過往以人力為主的品檢流程；關於聯網面，現階段已實現 Wi-Fi 全面覆蓋支援自動化應用，將導入低干擾、高頻寬的 5G 網路，配合多接取邊緣計算技術支援場域 AI 智慧化應用。

品檢流程需經過透過兩道程序，第一道是使用自動光學檢測(AOI)系統結合感光耦合元件(CCD)鏡頭進行外觀檢測，第二道是以人工目檢複查排除設備誤判情形，未經人工修復直接通過檢測的良率被稱為直通率，而設備誤判會致使直通率下降。需求痛點在於英業達工廠 AOI 系統誤判率高，AOI 系統每年約將 1.9 億顆良品誤判為不良品，需耗費大量人力進行複查。由於演算法仰賴人工依據情況調整參數，AOI 系統無法智慧辨識替代料，易因些微色差誤判為不良品。如圖 1 所示，

若第一道程序判斷 25%產品為不良，該批不良品經過第二道程序複判僅有 1%為不良，剩餘 99%良品被誤判為不良品。



資料來源:資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

圖 1、過去品檢流程圖

由於現行網路設備無法滿足運算需求，需要借助 5G 網路實現低延遲與高傳輸速率的服務。傳統上將 AI 導入 AOI 須於工廠布建多台伺服器進行運算，但廠房無空間放置，透過 MEC 支援影像傳輸至遠端伺服器運算可以解決空間不足問題，並降低基礎建設的建置與維運成本 [108]。

2. 解決方案介紹

英業達將陸廠伺服器與筆電部分產線移回台後，擇定龜山廠進行 5G+AI+AOI 製程品檢驗證，以改善誤判率與生產效能，落實 5G 工廠自動化目標。

如圖 2 所示，品檢流程初判階段為透過 AOI 系統結合將 CCD 鏡頭做 AI 分析判斷，取得元件錯誤位置資訊與判讀良莠，再藉由 5G 傳輸數據至 edge 運算以利製造雲進行複判，讓錯誤元件能即時送到修復

站，而未通過初判與複判檢測的不良品才會經由人判進行最後確認[109、110]。



資料來源:資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

圖 2、新品檢流程圖

3.營運模式

英業達解決方案系統架構分為雲、網、端[111]，關於雲方面，英業達自 2019 年起籌備 5G 研發中心，2020 年起正式實際應用在智慧製造場域裡，並與資安專家趨勢科技進行威脅建模與漏洞檢測、外部攻擊模擬等一系列訓練，確保 5G 製造資料中心的資訊安全。關於網方面，核心網路硬體由自家提供，基站由以色列虛擬無線接入網（vRAN）領域的先鋒企業 ASOCS[112]打造，虛擬化軟體解決方案部分，與微軟旗下的雲原生（cloud native 5G private core）網路解決方案提供商 Affirmed Networks[113]以及 ASOCS 合作。

此外，為有效提升 AOI 系統品檢辨識率，英業達與自動測試設備提供商德律共同開發 AI 演算法，創建實時 AI 推論中心、AI 訓練中心，以資料中心倉儲的大量照片資料去訓練與測試 AI，為支援 AI 軟體，英業達自行開發 MEC 現場伺服器加速及時運算。關於端方面，硬體終端

部分採用德律搭載 Wi-Fi 網卡的 AOI 機台，以及可連接 5G-RU 的三星 5G 手機，系統整合部分由伸波通訊進行異質網路整合。

4.效益分析

5G 產線自動化智慧工廠順利改善產品檢測流程，可達到三大效益，包括生產能力提升、降低生產成本、製程最佳化。

第一、品管良率提升，透由 5G 網路回傳 SMT 產線的高清 2D 與 3D 影像，以 AI 自動辨識瑕疵元件及位置，讓 RLC 元件正確率達到 90%以上，有效降低誤判率。

第二、人力成本降低，透過 AI 自動判讀，及 5G 影像傳輸整合於複判站，對產線進行即時監控，降低人力複判成本 50%以上。

第三、製程直通率提升，將 AI 導入生產流程降低對人力複判的依賴程度，以及縮短製程所需工時，讓 PCB 段製程直通率從 75%提升至 85%以上。

(二)我國產業生態系

在國際分工重新布局的情形下，為了因應全球「變樣、變量」的生產趨勢，全球製造業開始朝在地製造、自動化的方向前進，驅動台灣製造業數位轉型的進程。

我國現行產業生態系包含四大層面，硬體與平台、系統整合服務(如圖 3 所示)。硬體層方面，設備所需的關鍵核心—感測元件生產商包含所羅門、凌華、台達電等。設備可細分為工具機、機械手臂、無人搬運機 (AGV)、工業電腦、AR/VR 五大類別。於平台層面，研華推出 WISE-PaaS 工業物聯網雲端服務平台，包含 AI 模型訓練與部屬服務框架、視覺化等 AIoT 服務，其他應用服務包括泓格科技研發的 IoTstar 物聯網雲端管理軟體、科智開發的 MusesAI 圖項分析平台[114]等，此外，

富士康工業互聯網（工業富聯，FII）通過整合生產製造、聯網技術、雲端儲存等服務，打造「Beacon」工業互聯網平台[115、116]。

系統整合服務層面，上游為原廠，即資通訊硬體供應商與資訊軟體供應商[117]，如上銀、達明、台達電、友嘉等；中游為經銷商/代理商，如所羅門、和椿、先構科研、士林電機等。下游為系統整合商，如盟立、均豪、易控、東佑達等。應用服務層面可分為六個類別，分別為智慧排程、品質檢測/物件辨識、設備監測、取放/搬運/上下料、網路安全、工業安全，各類別分別有台灣析數、致茂、富鴻網、上銀、中飛科技、奇偶等廠商。

硬體	平台	系統整合服務	應用服務
感測元件 所羅門、凌華、洋威、台達電、鈺創、敦南 設備 工具機： 友嘉、東台、永進、程泰、台中精機、協鴻、亞威、建暉、台灣龍澤 機械手臂： 上銀、台達電、鴻海、達明、新漢、正崑、勤堃、勵德、利苙 無人搬運車： 東元、綠捷、聯潤、祥儀、福泰益、廣運、仁寶、佳世達、塔奇恩、元裝、工研院、金屬中心 工業電腦： 研華、凌華、樺漢、安勤、研揚、友通、事欣科、振樺電、新漢 AR/VR： hTC	設備服務 研華 (WISE-PaaS 工業物聯網雲端服務平台) 應用服務 泓格 (IoTstar)、研華 (WISE-PaaS 工業物聯網雲端服務平台)、科智、新鼎 供應體系 富士康互聯網 (Fii BEACON)	原廠 上銀、達明、台達電、友嘉、東台、永進、研華、達易智造、程泰、台中精機、台灣龍澤、綠捷、聯潤、祥儀、佳世達、中興、明泰、合勤、中磊 經銷商/代理商 所羅門、和椿、先構技研、士林電機、申金科技、群亮力科技、攝陽、羅昇、友士、友上科技、格揚、名元弘、凌志、元裝、翔將國際、友上 系統整合商 盟立、均豪、易控、東佑達、群祥、陽程、亞德客、長毅、廣運、迅得、先構技研、富鴻網、信美、新漢、中華電信、和椿 電信業者 中華電信、台灣大哥大、遠傳	智慧排程 台灣析數、鼎新、資通、富鴻網 品質檢測/物件辨識 致茂、所羅門、由田、新技、富鴻網 設備監測 富鴻網、固德科技、譜威科技、台塑網科技、思納捷、凌華 取放/搬運/上下料 上銀、台達電、鴻海、達明、新漢、正崑、勤堃、勵德、利苙、東元、綠捷、聯潤、祥儀、福泰益、廣運、仁寶 網路安全 中飛科技、勤業眾信、精誠 工業安全 奇偶、精銳、陞泰、太和光、勝義、富鴻網

資料來源：資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

圖 3、智慧製造產業生態系

二、智慧交通

(一)重點應用案例

1.需求痛點

依照勞保局統計，「運輸及倉儲業」因過勞（職業促發腦心血管疾病）傷病、失能或死亡的發病數與其他行業相比，總是名列前茅。自 2011 年至 2019 年，因過勞發病申請勞保職災給付者，運輸及倉儲業的過勞案件數就佔了 15%[118]。2020 年 8 月北市勞動局針對北市 12 家客運業者進行專案勞檢，12 家竟全數違規，其中多違反工時規定[119]。

十年來台灣因疲勞駕駛而出車禍的事件層出不窮，主要來自於國內客運業長期存在缺工的問題，導致服務班次與路線無法增加，服務時間與空間涵蓋率不足。其次，駕駛員素質不一也造成服務品質不穩定[120]。

而自駕車在 5G 的發展下，結合物聯網設備應用，透過比 4G 網路快將近 10 倍速度，以及低延遲等特性[121]，即時將障礙物、路況、位置與車速等狀況，包括車道位置、轉彎角度、車道匯集等數據回傳[122]，將是未來支援物流或巴士的駕駛需求，避免駕駛過勞、支援駕駛缺工等現象。

2.解決方案介紹

新北市政府主導 5G 無人自動駕駛巴士的商轉載人測試計畫，由中華電信、勤崴國際和淡水客運合作，進行新台幣 5,000 萬(中央交通部補助 3,750 萬元、地方自籌 1,250 萬元)[123]的自駕巴士試驗計畫。透過 C-V2X (Cellular vehicle-to-everything)將智慧候車站牌建置於淡海輕軌綠山線之崁頂站及美麗新廣場站[124]。兩台核准自駕車將在專用道(單程 600 公尺)，以最高限速 30 公里的速度行駛，自整備間移動至實驗路段單趟長度約 1.2 公里。

總共八個月的智駕電巴計畫分為四階段：第一階段不提供載客服務，以一個月的時間進行基本測試；第二階段以半封閉載客進行測試，

維持三個月；第三階段提供完整載客測試，同樣維持三個月；而第四階段則以一個月的時間進行資料分析驗證。



資料來源：新北市交通局，2021 年 9 月

圖 4、智駕車測試路線圖



資料來源：新北市交通局，2021 年 9 月

圖 5、測試設備路線圖

智駕巴士在行駛時，皆有一位淡水客運司機隨車，遇到緊急情形時直接介入處理。路側設備包括環境偵測攝影機、行人偵測攝影機、與車

輛通訊的路側設備、連網的 LED 告示牌等設施。車身則配備三組光學攝影機、三組 Lidar、與 GPS 等設備[125]。



資料來源：智駕電巴計畫，2021 年 9 月

圖 6、智駕電動巴士設備圖

透過車載裝置與路側設備，將巴士與智慧站牌所偵測到的資料，回傳至淡海新市鎮的智駕電巴監控中心，取得自駕車位置、車內外影像、車流及天候狀況。為了避免網路的延遲時間過長，無法即時反應，因此在路測設施與智駕電巴之間，將透過 C-V2X 及路影機、雷達等技術，將周圍路燈號誌狀況與其他道路資訊快速傳遞。讓自駕車除了透過本身的攝影機、光達取得環境狀況，亦可透過 C-V2X 取得從路側攝影機、雷達等獲取的道路資訊[126]，提升自駕車行駛安全。此外，監控中心亦可查閱歷史資料，作為自駕車運輸效益分析，有效提升服務品質。

此外，試驗計畫也進行多項演練，包括消防、車禍事故、智慧號誌燈異常及臨停車運行車道、營運流程等，未來將會針對監控中心管理、智駕電巴調校、車輛功能、路側設施提升安全性，期待能延伸至觀光路線或社區接駁等服務應用。[127]

3.營運模式

中華電信自 108 年起，受新北市交通局委託執行「新北市自動駕駛電動巴士系統測試運行計畫」，與勤崴國際、淡水客運等單位共同合作，展開自駕車運行測試。

智駕電動巴士自駕系統是由勤崴國際打造，車用通訊系統與監控中心系統則由中華電信提供並建立監控中心，自駕巴士營運則是由淡水客運負責。

4.效益分析

此次試驗於實際公車營運路線（168 路線）上測試，歷經 1,339 小時、運行 6,618 班次、6,768 公里的測試，包括 3 個月不載客及 5 個月載客測試[128]。於民國 109 年 8 月進行試乘，提供民眾自輕軌崁頂站至淡海美麗新影城的接駁服務，5 個月內載客數逾 1 萬 5 千人次，人工介入操作的比率低於 2.6%，載客準點率達 97%，民眾對整體搭乘滿意度高達九成以上[129]。大部分反應的狀況為營運路線受限、班距太長、車速太慢(目前時速僅 15 公里)等，屬於非自駕技術問題。

中華電信將本次計畫之研發、技術優化的過程、測試結果轉予新北市交通局，有助市府未來針對監控中心的管理、智駕電巴的調校、車輛功能、路側設施提升安全性及營運服務的擴大建構，為民眾帶來更便利、安全的智慧生活體驗[130]。

新北市在 2021 年決定擴大規模，向交通部申請 3 年期計畫，希望能將現有的 2 個站點沿淡海輕軌站點布建，並將自駕巴士擴編為多車隊經營[131]。期待與交通部的在淡海新市鎮所打造的 5G 智慧城結合，讓 5G 交通應用規模更加擴大。

(二)我國產業生態系

台灣自駕電動巴士產業生態系中，可分為硬體、營運與系統整合和服務三大類別。第一類為提供硬體設備的電動巴士與零組件製造商、自駕感知系統設備商；第二類為營運與系統整合商，包括自駕技術/平台、車用通訊系統和智慧系統；第三類為提供載客服務的業者，包括客運業和旅遊業。

2021 年初，車輛研究測試中心、勤崑國際、豐榮客運、台灣智慧駕駛、車王電集團暨華德動能、理立系統成立「自駕產業發展聯盟」。聯盟中的六大業者分別率領不同的自駕巴士團隊，以豐榮客運為例，其台中 MIT 自駕巴士團隊成員為台數科集團、鼎漢國際工程顧問、緯創資通、工研院等，於水湳經貿園區接駁試行。

除了產業投入發展，自駕車法規與市府的路權管理議題也是發展關鍵，目前法規以交通部的無人載具實驗創新條例，而行駛場域的路權管制則須與當地政府合作、取得共識。此外，交通部也將自駕巴士納入客運公車汰舊換新補助，產官學研共同投入發展。



備註：綠字為淡水自駕巴士案例的參與業者

資料來源：資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

圖 7、台灣自駕電動巴士產業

三、智慧醫療

(一) 重點應用案例

1. 需求痛點

我國長期存在醫療資源分布不均問題，大型醫療院所大多集中在西部與北部。依據衛福部統計，在台北，平均每萬人可分配到 34.09 位醫生，而在台東，每萬人中卻僅有 12.56 位醫生[132]，可見城市與東部縣市資源落差之大。

台東是我國醫療資源較為欠缺的縣市，常住人口約 10 萬人，人口少較難以支持大型醫療院所營運，縣內 6 所大型醫院有 5 所集中於台東市區，而縣境全長約 176 公里，行政區地勢狹長，也導致屏東偏鄉就醫不便。

此外，因偏鄉缺乏眼科、皮膚科等專科醫師，若民眾要到市區醫院看專科門診，大多僅能選擇計程車包車前往。以大武鄉為例，計程車來回車資將近 1,200 元，加上交通時間長，就醫成本極高。並且許多高齡長者外出困難，長時間的舟車勞頓，使得長者難以負荷。

2. 解決方案介紹

為解決偏鄉專科資源不足、就醫交通不便問題，2019 年 12 月起，遠傳電信與台東縣政府合作，於海端、大武兩個偏鄉的衛生所及地方醫院設立 5G 基地台，建立我國首個 5G 遠距醫療示範場域。^[133]由遠傳提供 5G 通訊服務及遠距醫療視訊平台，並與台東馬偕紀念醫院、高雄醫學大學附設中和紀念醫院以及花蓮慈濟醫院等三大醫學中心合作，建立遠距會診機制並開設遠距醫療門診。

其中遠距會診是由醫學中心提供專科醫師資源，以線上同步視訊模式，提供衛生所或地區醫院的第一線醫師，會診諮詢支援，改善偏鄉專科醫療能量。



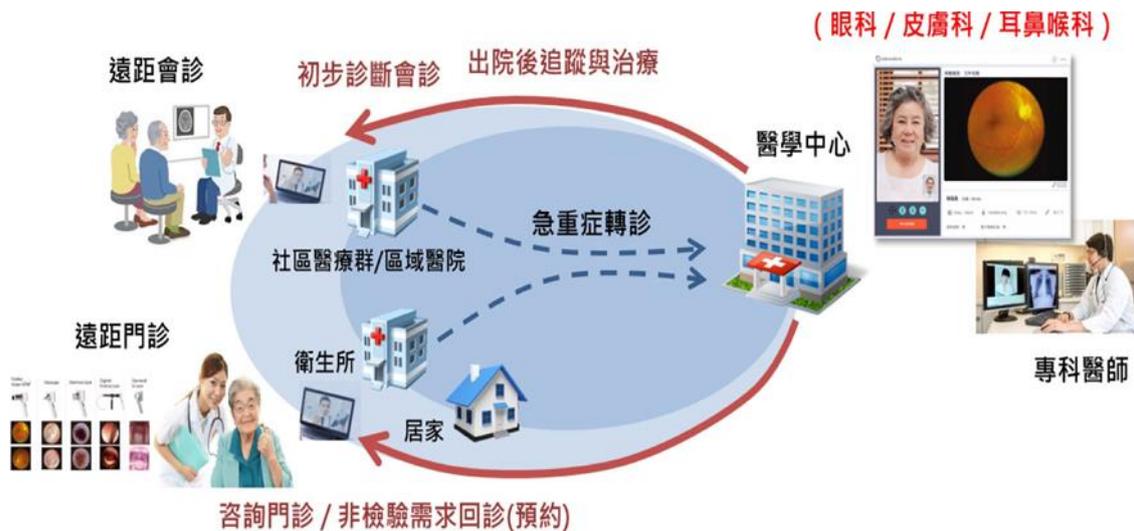
資料來源：遠傳電信，2021 年 9 月

圖 8、遠距會診情境

遠距門診則是讓醫學中心專科醫師與偏鄉衛生所、地區醫院合作，以線上問診模式，共同開設常態性的專科門診，解決偏鄉醫療機構因專科人力不足，無法設立專科門診問題。

而遠距視訊醫療因醫生與病患分處兩地，需有清晰現場視訊畫面及檢查影像幫助醫生診斷，畫面品質攸關醫師判斷結果，若網路不穩定將影響醫療品質。因此遠距醫療結合 5G，以其大頻寬特性傳輸高畫質影像，可方便醫生掌握問診、會診細節，而低延遲特色則有助於提升整體線上醫療的流暢度與體驗。

3.營運模式



資料來源：遠傳電信，2021 年 9 月

圖 9、遠傳遠距會診及遠距門診運作模式[134]

偏鄉患者前往地方衛生所、地區醫院就診時，由第一線現場醫護人員操作連的醫療診斷儀器，如數位五官鏡、數位聽診器、手持超音波等設備，替患者進行初步檢查，並以 5G 網路傳輸生理數據及檢查影像至合作醫學中心，再由遠端專科醫師以線上視訊平台提供專業診療服務。過程中可搭配遠距醫療輔助軟體，進行虛擬診間排程管理、紀錄患者就診及醫囑資訊，若評估患者病況嚴重則立即安排轉診。

4.效益分析

透過遠距視訊醫療，讓偏鄉民眾不必為了看病，長途跋涉到城市就醫，只要就近在當地衛生所或地區醫院，就能獲得醫學中心耳鼻喉科、皮膚科及眼科等專科醫療服務。遠傳 5G 遠距醫療示範場域推出一年內，服務人次已超過 2,000 人，節省時間成本以大武鄉為例，可減少每趟 4 小時的往返交通時間。[135]

(二)我國產業生態系

我國 5G 遠距視訊醫療服務發展上，目前著重於改善偏鄉醫療。生態系中，可分為終端設備硬體、系統整合及營運端、服務端三大類別。第一類為提供視訊硬體設備的製造商，以及各式聯網生理檢測設備廠商；第二類為統整合及營運端，包括提供網路通訊的電信業者、支援虛擬診間排程管理與醫療紀錄的軟體服務業者，以及系統整合業者；第三類為醫療服務提供者，即醫療機構，包括偏鄉衛生所、地區醫院以及配合專科支援的醫學中心。

我國遠距醫療發展阻力主要為法規限制及健保給付問題，遠距視訊醫療僅開放於偏鄉地區及通訊診療辦法中五類特殊病患，如非本國籍的外國病患，並且因健保不給付，配合專科會診的遠端醫院無法取得醫療服務收益，導致遠距服務難以長期維運。但近年因應新冠肺炎疫情，衛福部已有一系列開放措施，如開放居家檢疫或隔離者申請遠距視訊醫療，以及將偏鄉眼科、耳鼻喉科、皮膚科、急診正式納入健保[136]。隨著政策的放寬，以及民眾因疫情越加樂意、孰悉使用線上服務，預期我國遠距視訊醫療可望成為常態服務，產業鏈中相關設備製造廠商、軟體系統服務業者也將因此獲益。

遠距視訊醫療服務				
服務端	台大、榮總、北醫、馬偕、長庚、彰基、成大、彰濱秀傳、高醫、敏盛、慈濟、耕莘、中國醫、中山醫、亞東、聯合醫院等醫療體系及診所、衛生所			
	系統整合營運端	5G醫療通訊	資料蒐集管理工具	硬體連線管理工具
	中華電信、遠傳電信、台灣大哥大、亞太電信	資拓宏宇、宏碁智醫、商之器、凌華、仁寶、光寶等	仁寶、光寶、資拓宏宇、智能醫學等	研華、廣達、華碩、富鴻網、仁寶等
硬體設備端	遠距醫療視訊推車	數位五官鏡/聽診器	血壓計	心電圖
	研華、青輔實業、高誠	晉宏、創心醫電	泰博、百略、合世、優盛、豪展等	泰金寶、達楷、立創、亞提仕、經絡動力等
	手持超音波	耳溫槍	血糖機	智慧手錶/手環
	明基三豐、研華	泰博、百略、合世、優盛、豪展等	五鼎、泰柏、華廣、訊映、旺北等	華碩、麗臺、蓋得、昌泰科醫等

資料來源：資策會 MIC 整理，2021 年 9 月

圖 10、我國遠距視訊醫療產業生態系

肆、研究發現

一、國際 5G AIoT 產業暨應用服務

(一)國際 5G 應用服務

1.智慧製造

為了於全球軍事領域保持領先地位，美國國防部於 2020 年推出 5G 軍事相關應用研究計畫—5G to Next G Initiative，希望借助 5G 高速穩定的特性打造可隨時隨地部署之軍隊，研究內容包括改善資安問題、作業效率不佳，並且啟用前瞻技術，如動態頻譜技術、無人機與機器人等。其中，為改善現有軍事基地的資產管理效率，本計畫利用 5G 網路結合自動化系統、機器人等技術，打造軍隊的智慧倉儲系統。

本計畫與各軍事部門、學術專家、企業共同合作，參與業者涉及國內外逾 100 家企業，經費總額為 6 億美元，其中 5G 智慧倉儲系統耗費 9,000 萬美元。網路系統原型的核心為軟體，相較於其他以硬體為核心的解決方案可以節省約六個月的建置時間，xRan 解決方案採用毫米波頻譜實現高速下載、超低延遲，海軍後勤中心採用 GE Research 的資產管理技術以提升貨品庫存可見度。此外，藉由強化供應鏈合作關係，預期五年內可以創造逾 3,000 億美元之產業投資。

2.智慧交通

德國漢堡智慧港區試驗，透過在港口布建 5G 網路，實現與室內同等級的穩定室外網路品質，以支持港口運用擴增實境與虛擬實境，檢視漢堡港區各建築與設施相關之施工計畫、文件與數據，獲 MWC 頒發 GloMo-Award 5G 產業合作夥伴獎之肯定。

此項 5G 交通試驗的關鍵參與者，包括資助試驗的歐盟 Horizon 2020 計畫、提供場域的主管機關漢堡港務局(HPA)，提供 5G 網路頻譜的德國電信，以及義大利電信、Nokia 貝爾實驗室、Samsung、Nomor

Research、Real Wireless、Mobics Telecommunication and Consulting Services、西班牙馬德里卡洛斯三世大學、德國凱澤斯勞滕工業大學等提供 5G 網路切片等技術應用。並採用 Nokia 基地台以及法國資訊服務管理公司 Atos、法國電子與資訊科技研究所 CEA-LETI 等業者合作提供之擴增實境與虛擬實境解決方案、交通感測器、控制台、跨系統整合等。

3. 智慧醫療

德國杜塞爾多夫教學醫院與電信業者 Vodafone 合作，共同打造 5G 智慧醫療試驗園區。醫院 5G 專網建立後，不僅強化了醫院數據資安，並提升醫院整體網路網速，傳輸速度可達 3.7Gbps、延遲時間小於 10 毫秒，使即時醫療數據可透過數據中心快速處理、發送，支援醫生進行臨床治療。

藉由 5G 網路的即時性，杜塞爾多夫教學醫院已發展 5G 緊急救護、遠距生理監測、手術及會診支援、遠距教學等多項應用。例如在救護車到院前，由一線救護人員傳輸傷者生理檢查數據及影像，使遠端醫生可掌握患者病情，即時指導救護人員進行急救處置。以及藉由聯網生理監測醫材結合 5G 即時傳輸患者生理數據，幫助醫護人員確保院內患者病況，補足醫護人員無法時刻陪伴的空缺，若患者有惡化趨勢則可即時發現、及早介入。至於在診間及手術室情境，以 5G 傳輸高畫質檢查醫學檢查影像，幫助醫生在治療過程中獲取充足資訊，並讓其他醫生能透過線上視訊方式參與，提供即時診療建議。

從杜塞爾多夫 5G 案例可發現，5G 通訊結合醫療物聯裝置與視訊設備，具備多元應用發展潛力，幫助醫療服務朝向遠距化發展，並能滿足醫療情境的即時性需求。

4.智慧能源

由於礦場的自然環境不利於通訊，開採作業往往充滿挑戰，而 5G 技術的出現將推動採礦作業朝智慧化與資訊透明化發展。為有效提升開採量與作業安全，俄國電信商 Mobile TeleSystems(MTS)與 Polymetal 集團於 Nezhda 礦場聯手打造商業 5G 專網解決方案，採用 MTS 建置的 5G 頻段以及 Ericsson 提供的網路基礎設施，結合集團子公司 Yuzhno-Verkhoyansk、採礦設備製造商 SMT Scharf AG 等企業提供的遠端自動化控制設備、環境監控系統等技術，以提升管理效率與降低網路維護成本。

5.智慧農業

觀察 5G 在農業應用，日本總務省針對地方經濟與在地 5G 網路技術發展，規劃 Local 5G 服務驗證，從 2020 年 2 月開始募集日本各地區之需求，並進行解決方案與承包廠商的招標。山梨縣山梨市 Local 5G 智慧農業解決方案和廣島縣江田島市之牡蠣智慧養殖試驗皆為日本 2020 年目標改善之地區應用。

由於農業解決方案的開發有賴 ICT 技術與垂直領域知識結合，不論是梨山市葡萄的種植或江田島市牡蠣養殖皆需要與農業、水產養殖相關合作社、協會等單位合作，如案例中的全國農業合作社、內能美漁業協會等，方能開發出有效的解決方案，如智慧眼鏡指引採摘葡萄時機、無人除草機協助務農、水下無人機的遠距操控與高畫質影像資料傳輸檢視水下環境，加速 5G 創新應用開發。

(二) 關鍵業者布局

1. 電信營運商

觀察 Verizon、Vodafone、NTT DoCoMo 以及德國電信的 5G 應用案例可發現，應用範疇十分廣泛，從交通運輸管理、運具製造、健康醫療、休閒娛樂、能源環境等領域，均有業者涉略發展新興應用。

應用服務發展上，電信營運商主要做為 5G 通訊技術提供者，大多偕同垂直領域技術與解決方案供應商共同開發，合作對象涵蓋新創業者、垂直領域知名企業。而部分案例還與政府單位合作，由政府單位提供場域及資源，試煉創新應用服務。

例如為了加速 5G 應用的創新創意發想，Verizon 自 2018 年起，在多個美國大型城市設立 5G 實驗室，與當地新創企業合作，探討 5G 技術應用潛力，支持新創開發試驗 5G 解決方案。為加強垂直應用技術開發可行性，與垂直領域經驗豐富的業者合作，如 Vodafone 與福特集團、漢莎航空合作，發展 5G 智慧製造技術，投入汽車、飛機產品開發。

2. 網路系統設備商

由於網路系統設備商於 5G 垂直應用中，僅扮演設備與系統供應角色，須結合擁有 5G 頻譜之營運商，及熟悉產業運作與掌握操作技術之系統整合廠商，始能構成完整之 5G 垂直應用解決方案。因此，不論是歐洲大廠 Nokia、Ericsson 或日本大廠 NEC，皆會與電信商進行合作。

Nokia 透過與各地電信商合作加入當地 5G 測試場域，如與德國電信合作參與德國漢堡 5G 智慧港試驗計畫、與日本 NTT DOCOMO 在日本 OMRON 工廠試驗 5G 自動化工廠、與芬蘭 Telia 合作切入奧盧 Conscious Factory 之工業 4.0 試驗。Ericsson 則選擇深化與電信商合作關係，如長期與澳洲 Telstra 合作，共同在 30 座城市開通 5G 網路服務並與當地產業共同建立生態系，深度經營澳洲市場。NEC 則時常與 NTT DOCOMO 共同在日本開發 5G 創新應用試驗，如東武高鐵上 5G 傳輸

試驗、和歌山縣之遠距醫療試驗與前橋市之救護車解決方案試驗。並且更進一步與 NTT 和其子公司組成合作聯盟，開發 O-RAN 聯盟規範之客製化產品，爭取未來開放網路架構發展的一席之地。

3. 垂直領域 SI 業者

5G 商業模式被認為與 4G 時代不同，主要商機並非 B2C 電信通話及與網路服務營收，而是智慧城市相關垂直領域應用，每一項垂直領域都能形成新的產業鏈，透過系統整合催生創新商機，因此眾多 SI 業者也紛紛插旗，把握商機。

觀察 GE、ABB、西門子、BOSCH 等業者 5G 應用發展布局，大多以工業自動化、智慧交通領域為主。例如 GE Research 利用數位孿生與機器人發展 5G 智慧倉儲解決方案，改善倉儲運作效率；BOSCH 於晶圓廠導入 AGV 自動運輸系統、自動機械手臂，打造智慧工廠；以及西門子在淡海 5G 試驗場域運用車聯網、智慧交通號誌進行自駕巴士試驗等。可見 5G 製造、交通應用為當前許多 SI 業者發展重心。

4. 雲服務供應商

借助高速穩定的 5G 網路與邊緣運算能力，可以大幅提升解決方案的數據傳輸與處理能力，雲服務供應商從中察覺到 5G 垂直應用之發展潛力，紛紛與電信營運商合作推出 5G 邊緣運算服務。AWS 於 2019 年底發表的 AWS Wavelength，將 AWS 的運算與儲存服務嵌入電信業者 5G 網路邊緣的運算中心中，以此減少從 5G 終端裝置連接到應用程式之間的網路跳轉和延遲時間，目前被實際應用於自動駕駛車遠端監控、擴增實境、供應鏈管理等領域。AWS 亦與 Vodafone 合作推出 MEC 服務，逐步朝 5G 垂直應用領域發展。微軟於 2020 年 3 月推出簡易版 Azure 雲服務—Azure Edge Zones，以 AWS Wavelength 為目標競爭對手，將 Azure 服務延伸至有需求的各地，以降低公、私網路的延遲性，並於同年進一步推出 MEC 產品，來加速 5G 和邊緣盈利應用。微軟為

實現其 Azure for Operators 服務與 AT&T 雲端平台的整合，收購 AT&T 之 5G 行動網路通訊部門，並陸續與其他電信營運商 Verizon、Rogers Communications 建立合作關係，以支援物流、製造、城市創新等 5G 創新應用。

Google Cloud 看中電信營運商於 5G 垂直應用之發展可能性，發布三項面對電信運營商發展策略，並推出開放式雲端解決方案平台—Global Mobile Edge Cloud(GMEC)平台、混合與多雲應用程式平台—Anthos for Telecom。Google Cloud 亦與 AT&T 合作，將 5G 網路與 Google Cloud 之服務、人工智慧、機器學習等技術結合，以提供企業進行零售、製作、遊戲等 5G 垂直應用領域解決方案之開發。此外，為了強化與電信商的連結，Google 加入由全球電信營運商、行動網路服務供應商及無線電領域學術研究機構組成之 O-RAN 聯盟，擔任技術提供者的角色協助成員建立 O-RAN 規範。

二、國內 5G AIoT 發展概況

(一)智慧製造

1.我國 5G 製造以 AI 結合智慧製造應用為主流訴求

為因應高度客製化消費時代，產業對於可滿足變樣變量訂單規格的智慧製造技術，需求開始浮現。在消費特性與生產模式已然出現質變的環境下，產業加速對未來生產據點區位的選擇判斷，未來移動主要考量因素之一將轉變為市場導向，研發佈局及生產聚落亦需高度貼近市場終端需求的變化。全球製造經營環境與生產要素特性的快速變遷，增添企業短期營運決策風險，然卻也是驅使企業思考是否加速導入智慧製造的關鍵點。

相較於數位雙生、AR/VR 等新興技術於智慧製造的應用，我國產業較偏好於工廠導入 AI 應用，主流的 AI 應用包括優化工業機器人運作，如結合深度學習之 3D 視覺模組；強化供應鏈管理、生產規劃及製

程最佳化，如智慧排程；提升工安與人員作業效能，如工廠環境及管線參數分析；強化生產設備，如設備預知保養；與提高品質管理，如產品品質瑕疵肇因分析等。

而本文所提及之我國業者英業達案例，即在在美中貿易戰衝擊下，調整全球產能布局，將高階技術及研發回流台灣，結合 AIoT 與 5G 於智慧製造，製程方面以 AI 優化 AOI 品檢辨識率，解決 AOI 誤判率高的問題，聯網面則以 5G 與 MEC 支援智慧製造技術驗證，解決產線無多餘空間放置伺服器執行 AI 運算的瓶頸。

2. 所需成本不貲為我國廠商投入 5G 製造的挑戰

製造業導入 AI 之最大痛點為 AI 技術人員訓練不易、導入成本過高/預算不足，不僅如此，新興應用領域如數位雙生、AR/VR 應用、機器手臂、AGV 等，由於廠商購置產線所需投入的投資成本較高，若要達到全面普及，則亦需投入一筆不小的成本，而公司內部也須設置自動化部門協助後續建置工作，顯見即使我國產業對於智慧製造有興趣，然而需要真正執行導入工作，成本費用仍是第一道關卡。

3. 建議可依行業類別建立成功案例，再進行業內擴散

由於對企業來說，評估是否發展智慧製造，甚至是 5G 製造，最核心的精神應在於智慧化系統設備與應用服務是否能夠真切降低生產成本、提高生產力、滿足市場客戶需求。建議我國思考如何配置政策資源於 5G 製造項目前，可依據各製造行業類別優先挑選指標性業者，如電子業、半導體、機械業、紡織業、醫材業等，以指標業者建立實際導入成功案例，挖掘並歸納各製造行業類別智慧化發展之痛點與需求，再結合公協會之力，進行成功經驗擴散。而政府可扮演橋接、補助、媒合的角色，並且可建立產業交流平台，引入新創能量，不僅可給予我國新創發展試煉的機會，也能透過大廠帶新廠、新廠互補大廠不足，共同提升產業競爭力。

(二)智慧交通

1.我國 5G 交通發展以自駕電動巴士服務先行

我國在 5G 交通的發展規畫，搭配經濟部 2019 年所推動的無人載具科技創新實驗計畫和交通部 2030 年客運（公車）全面電動化目標，鎖定自駕電動巴士為試驗題目，行駛路線固定以及逐步朝電動化汰換的需求，先以巴士載客服務作為 5G 電動自駕車的發展的開端，目前已在實際市區道路上進行短距離、少量站點試驗，為日後自駕商轉營運路線鋪路。

2.自駕電動巴士欲上路，須有完善的道路數位基礎建設支援

然而，自駕電動巴士雖然能透過搭載光達、攝影機等，蒐集道路資訊，運用 5G 即時分析影像以辨識路況，但是車輛在行駛中難免會有沒捕捉到的畫面或攝影機的死角，還須路側感測設備支援。如新北市政府在淡水試驗的自駕巴士服務路段，架設環境偵測攝影機、行人偵測攝影機、與車輛通訊的路側設備、連網的 LED 告示牌等，提供自駕車多一點資訊，以確保用路人和乘客的安全性。

3.建議將適合自駕車上路的道路基礎建設環境納入下一階段重點

在中央政府的政策支持下，我國在自駕技術、電動巴士的開發，已逐步形成涵蓋電動車製造商、感測系統設備供應商、自駕車系統與營運商、載客服務業者的產業生態系，然而台灣車廠規模與國際車廠相比，仍有差距。若能利用台灣道路類型眾多，致力於道路數位基礎建設的完善，以提供自駕車不同的行駛情境作為 5G 交通的核心競爭力。換句話說，除了車輛要智慧化，道路也要智慧化，透過台灣的智慧道路環境來支援 5G 自駕車的應用發展，可能是未來的發展方向之一。

(三)智慧醫療

1.隨法規開放及疫情影響，5G 遠距視訊醫療可望成為常規服務

我國科技大廠看好資訊技術與醫療領域結合，與電信業者合作，開始投入遠距視訊醫療。除遠傳電信於台東推動 5G 醫療外，廣達、研華、華碩等廠商也陸續有相關布局，如廣達攜手中華電信，推出視訊醫療推車，建置視訊醫療平台，導入雲林台大、成大分院及雲林當地醫療長照機構，建立醫療聯防體系，串聯大型醫院與中小型醫療單位能量，共同照護當地居民健康。

而科技大廠及電信業者大多以系統整合角色切入，整合既有醫療器材、視通訊設備，如血壓、血氧計、數位五官鏡等，在新設備開發上占比較少，整體解決方案可觀察出是大廠整合小廠共建而成，技術門檻較低，過往限制該項應用發展的法規限制及健保補助問題，但近年來已有逐步開放趨勢，並且因新冠肺炎爆發，民眾擔憂大醫院群聚接觸感染風險，遠距醫療需求大增，而民眾也開始越加熟悉接納線上服務，預期 5G 遠距視訊醫療可望成為醫院常態服務。

2.以 5G 技術發展急救、手術導航等多元應用，並向院外拓展醫療服務範疇

目前我國遠距醫療發展重心為改善偏鄉醫療，但觀察德國 Dusseldorf 5G 智慧醫療園區以及其他國際試驗案例可發現，5G 通訊技術結合醫療物聯網、視訊功能，具備多元的遠距醫療應用發展潛力。例如搭配混合實境技術，將患者腫瘤檢查影像建立之 3D 結構資訊，以及相關醫學檢查報告，即時投影至手術房中，結合 AI 提供執刀醫生指引。亦或是利用 5G 通訊建立遠距急救機制，將救護車內傷者影像及生理資訊即時傳輸給急診室醫師，使醫師得以在救護車到院前參與救治，把握搶救黃金時間。

打破醫療場域限制，延伸醫院服務範圍為遠距醫療服務發展目的之一，隨著我國醫療法規開放，以及 5G 通訊普及提升線上服務流暢度，

將加速遠距會診、遠距門診、居家視訊問診以及患者居家生理監護等服務推動，並預期將帶動聯網生理量測醫材與智慧穿戴需求，我國關聯業者應提前布局掌握商機。

伍、附錄（參考資料）

1.The global economic impact of 5G

<https://www.pwc.com/gx/en/tmt/5g/global-economic-impact-5g.pdf>

2.US DoD Awards \$600M for 5G Experiments

<https://www.defenseworld.net/news/28035#.YC9TKugzaMA>

3.5G/NextG Tranche 1 Virtual Industry Day

<https://5g-to-xg.org/wp-content/uploads/2020/03/5G-to-XG-Initiative-rev1.pdf>

4.DOD's 5G Experimentation Includes Smart Warehouses

<https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/21144655/dods-5g-experimentation-includes-smart-warehouses>

5.Federated Wireless kicks off 5G testbed for DoD

<https://www.fiercewireless.com/5g/federated-wireless-kicks-off-5g-testbed-for-dod>

6.JMA'S 5G X-RAN SHINES IN DEPARTMENT OF DEFENSE DEBUT

<https://jmawireless.com/jmas-5g-xran-shines-in-department-of-defense-debut/>

7.Smart Sea Port Use Case

<https://5g-monarch.eu/smart-sea-port-use-case/>

8.5G Mobile Network Architecture - Consortium & Facts

<https://5g-monarch.eu/about-the-project/consortium/>

9.5G-MoNArch project summary

https://5g-monarch.eu/wp-content/uploads/2019/09/5G-MoNArch_761445_Final_Project_Report_v1.0_clean.pdf

10.5G.NRW

<https://5g.nrw/>

11. Das 5G-Campus-Netz in der Box

<https://www.elektrotechnik.vogel.de/das-5g-campus-netz-in-der-box-a-942837/>

12. CAMPUS NETWORK FOR THE FIRST 5G CLINIC IN EUROPE

<https://www.vodafone.de/newsroom/netz/campus-netz-fuer-das-erste-5g-klinikum-in-europa/>

13. 5G-Innovationsschub für Nordrhein-Westfalen

<https://5g.nrw/ueber-uns/>

14. Europaweit erster 5G-Medizincampus: Giga for Health

<https://5g.nrw/europaweit-erster-5g-medizincampus-giga-for-health/>

15. NEZHDANINSKOE

<https://www.polymetalinternational.com/ru/assets/growth-projects/nezhda/#Exploration>

16. MTS Teams up with Ericsson on Russia's First Private 5G-Ready Network for Polymetal

<http://ir.mts.ru/ir-blog/mts-blog-details/2020/MTS-Teams-up-with-Ericsson-on-Russias-First-Private-5G-Ready-Network-for-Polymetal/default.aspx>

17. MTS 獲俄羅斯首張 5G 牌照

<http://www.iccsz.com/site/cn/News/2020/07/29/20200729055542034010.htm>

18. 農業分野の課題解決（スマートグラスを活用した熟練農業者技術の「見える化」の実現）に向けたローカル 5G 等の技術的条件及び利活用に関する調査検討の請負

<https://go5g.go.jp/sitemanager/wp-content/uploads/2021/05/%E4%BB%A4%E5%92%8C%EF%BC%92%E5%B9%B4%E5%BA%A6L5G%E9%96%8B%E7%99%BA%E5%AE%9F%E8%A8%BC%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5>

[/91%8A%E6%9B%B8%EF%BC%88%E6%A6%82%E8%A6%81%E7%89%88%EF%BC%89_No3_%E3%82%B9%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%83%88%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%82%B9%E3%82%92%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%81%97%E3%81%9F%E7%86%9F%E7%B7%B4%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E8%80%85%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%AE%E3%80%8C%E8%A6%8B%E3%81%88%E3%82%8B%E5%8C%96%E3%80%8D%E3%81%AE%E5%AE%9F%E7%8F%BE.pdf](https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/kankyo/smart/attach/pdf/2020-3project1-1.pdf)

- 19.高品質シャインマスカット生産のための匠の技の「見える化」技術の開発・実証

<https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/kankyo/smart/attach/pdf/2020-3project1-1.pdf>

- 20.ドコモや東大ら、水中ドローンを5Gで遠隔操作--海中可視化で牡蠣養殖の生産性向上へ

<https://japan.cnet.com/article/35165758/>

- 21.令和2年度 地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

https://www.soumu.go.jp/main_content/000712738.pdf

- 22.「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証に係る漁業分野におけるローカル5G等の技術的条件及び利活用に関する調査検討」の開始について

<https://www.nesic.co.jp/news/2020/20201120.html>

- 23.Growing the 5G ecosystem – Verizon expands 5G Labs to new locations on East and West Coasts

<https://www.verizon.com/about/news/growing-5g-ecosystem--verizon-expands-5g-labs-new-locations-east-and-west-coasts>

- 24.Verizon Business and Walgreens Boots Alliance announce a multi-year partnership

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-and-walgreens-multi-year-partnership>

25. Verizon and Corning co-innovating with 5G to create factory of the future

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-corning-co-innovating-5g>

26. Verizon 5G Ultra Wideband helping New Jersey small businesses rebound

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-new-jersey-small-businesses-rebound>

27. Verizon tests how 5G & edge compute can bring hockey fans real-time stats in arenas

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-5g-edge-compute-hockey-real-time-stats>

28. Verizon, Capitol Music Group & Motown Records transform music experiences with 5G

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-capitol-music-group-motown-records>

29. Verizon Business, Deloitte bring 5G to retail, transforming customer experiences

<https://www.verizon.com/about/news/verizon-business-deloitte-5g-retail>

30. Vodafone Italia switches on 5G in 5 cities

<https://www.vodafone.com/business/news-and-insights/company-news/vodafone-italia-switches-on-5g-in-5-cities>

31. Vodafone and Immense join Midlands Future Mobility with commitment to deploy 5G on key test routes

<https://newscentre.vodafone.co.uk/business/vodafone-driverless-cars-midlands-future-mobility-commitment-to-deploy-5g-on-key-routes/>

32. e.GO partners with Ericsson and Vodafone to launch 5G car

manufacturing in Germany

<https://www.rs-online.com/designspark/e-go-partners-with-ericsson-and-vodafone-to-launch-5g-car-manufacturing-in-Germany>

33.5G helped us through Covid' – Lufthansa Technik on private 5G with Nokia, Vodafone

<https://enterpriseiotinsights.com/20210201/channels/news/lufthansa-5g-saved-our-business>

34.5G Network at Ford EV Plant to Focus on Welding Machine Data

<https://www.5g-encode.com/5g-network-at-ford-ev-plant-to-focus-on-welding-machine-data>

35.NTT DOCOMO and JR EAST Verify Stable 5G Communication aboard ALFA-X Shinkansen Test Train Running at 360km/h

https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2021/0128_00.html

36.DOCOMO to Commence 5G Trials at Manufacturing Sites in Partnership with OMRON and Nokia

https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2019/0910_00.html

37.農業分野の課題解決（スマートグラスを活用した熟練農業者技術の「見える化」の実現）に向けたローカル5G等の技術的条件及び利活用に関する調査検討の請負

https://go5g.go.jp/sitemanager/wp-content/uploads/2021/05/%E4%BB%A4%E5%92%8C%EF%BC%92%E5%B9%B4%E5%BA%A6L5G%E9%96%8B%E7%99%BA%E5%AE%9F%E8%A8%BC%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8%EF%BC%88%E6%A6%82%E8%A6%81%E7%89%88%EF%BC%89_No3_%E3%82%B9%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%83%88%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%82%B9%E3%8

[2%92%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%81%97%E3%81%9F%E7%86%9F%E7%B7%B4%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E8%80%85%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%AE%E3%80%8C%E8%A6%8B%E3%81%88%E3%82%8B%E5%8C%96%E3%80%8D%E3%81%AE%E5%AE%9F%E7%8F%BE.pdf](#)

38.ドコモや東大ら、水中ドローンを5Gで遠隔操作--海中可視化で牡蠣養殖の生産性向上へ

<https://japan.cnet.com/article/35165758/>

39.NTT DOCOMO to Establish a 5G Consortium in Thailand with Leading Partners

https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2021/020300.html

40.Experience the stars of the German national soccer team up with the new AR app

<https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/ar-app-shows-the-stars-of-the-german-national-soccer-team-up-628828>

41.Nokia Hamburg Case Study

https://onestore.nokia.com/asset/206571?_ga=2.236384257.1252692745.1612845532-657107205.1612845532&_gac=1.89489129.1612845564.Cj0KQCQiA34OBBhCcARIsAG32uvOase7OFIvLLC4htqiQVB-oH9_Ve_53dIIZiTnvNXeobXZHL7N6AD8aAqsXEALw_wcB

42.Deutsche Messe AG：Siemens 針對德國漢諾威展覽館中的工業應用設置私人5G網路

<https://www.siemens.com.tw/di/5g-industrial-application/>

43.eHealth - Deliver intelligent, connected healthcare

<https://www.nokia.com/networks/5g/use-cases/ehealth/>

44.Connected Vehicles - Making journeys safer, more efficient, and more

fun

<https://www.nokia.com/networks/5g/use-cases/connected-vehicles/#managed-connectivity>

45.Espoo City gets smart with a 5G powered urban digital platform

https://onestore.nokia.com/asset/207365?_ga=2.4744883.1603081168.1626095763-1739308132.1626095763

46.5G USED FOR MONITORING BLUE-GREEN ALGAE IN THE BALTIC SEA

<https://www.teliacompany.com/en/news/news-articles/2019/5g-used-for-monitoring-blue-green-algae-in-the-baltic-sea/>

47.Ready, Respond, Recover, Rebuild Crisis Management Strategies Presented at Operation Convergent Response (OCR)

<https://www.nokia.com/blog/ready-respond-recover-rebuild-crisis-management-strategies-presented-operation-convergent-response/>

48.Nornickel and Nokia successfully test mobile network in Eurasia's deepest mine

<https://www.globalminingreview.com/finance-business/28042021/nornickel-and-nokia-successfully-test-mobile-network-in-eurasias-deepest-mine/>

49.TELIA AND FINAVIA BRING 5G ROBOT TO HELSINKI AIRPORT

<https://www.teliacompany.com/en/news/news-articles/2018/telia-and-finavia-bring-5g-robot-to-helsinki-airport/>

50.Rakuten Conducts 5G Trial at Rakuten Seimei Park Miyagi

https://global.rakuten.com/corp/news/press/2018/1116_01.html?category=corp&month=11&year=2018

51.Nokia, Deutsche Telekom and Hamburg Port Authority collaborate in 5G research in industrial environment

<https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2018/02/02/nokia->

[deutsche-telekom-and-hamburg-port-authority-collaborate-in-5g-research-in-industrial-environment/](#)

52.Nokia, NTT DOCOMO and OMRON bring 5G to the factory floor in Industry 4.0 trial

[https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2019/09/10/nokia-ntt-docomo-and-omron-bring-5g-to-the-factory-floor-in-industry-40-trial/](#)

53.Nokia and Telia conduct Industry 4.0 trial in Finland leveraging low-latency and high-bandwidth of 5G technology

[https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2018/04/12/nokia-and-telia-conduct-industry-40-trial-in-finland-leveraging-low-latency-and-high-bandwidth-of-5g-technology/](#)

54.Telecommunications and automotive players form global cross-industry 5G Automotive Association

[https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2016/09/27/telecommunications-and-automotive-players-form-global-cross-industry-5g-automotive-association/](#)

55.Australia's first 5G network enabled by Ericsson Transport

[https://www.ericsson.com/en/cases/2020/telstra-first-5g-network-enabled-by-ericsson-transport](#)

56.Automated 5G smart factory and harbor in China

[https://www.ericsson.com/en/cases/2019/5g-smart-harbor-at-the-port-of-qingdao](#)

57.5G-Smart-Factories-Nanjing

[https://www.ericsson.com/en/cases/2017/smartfactory/5g-smart-factories-nanjing](#)

58.5G live in Korea

[https://www.ericsson.com/en/cases/2018/5g-live-in-korea](#)

59.5g trials - 5g wireless networks drives 4k streaming at US Open 2018

<https://www.ericsson.com/en/cases/2018/5g-at-the-us-open>

60.Creating smart offices with 5G and IoT

<https://www.ericsson.com/en/cases/2019/smart-office-iot-steelcase-and-ericsson>

61.5G enables the UK's first remote diagnosis

<https://www.ericsson.com/en/cases/2020/the-5g-connected-ambulance>

62.5g network in Australia launched with Telstra

<https://www.ericsson.com/en/cases/2020/delivering-5g-for-australia>

63.NEC launches NEC 5G Vertical Business Platform

https://www.nec.com/en/press/201902/global_20190220_02.html

64.Tokyo Metropolitan Government to trial 5G Antenna-equipped Smart Poles in Cooperation with Sumitomo Corporation and NEC

https://www.nec.com/en/press/202005/global_20200525_02.html

65.NEC contributes to high-definition video transmission test utilizing 5G conducted by NTT Communications, NTT DOCOMO and TOBU RAILWAY

https://www.nec.com/en/press/201902/global_20190205_01.html

66.NEC provides 5G base station to test advanced ambulance transportation solution utilizing 5G

https://www.nec.com/en/press/201903/global_20190329_01.html

67.Konica Minolta and NEC strengthen cooperation to promote DX by utilizing local 5G

https://www.nec.com/en/press/202003/global_20200312_02.html

68.KDDI, Obayashi, and NEC use 5G to successfully remotely control construction machinery in a cooperative operation

https://www.nec.com/en/press/201901/global_20190128_01.html

69.NTT Group and NEC accelerate activities to promote 5G tailored for enterprises

https://www.nec.com/en/press/202106/global_20210628_02.html

70.DOD Taps GE Research to Create 5G-Enabled Smart Warehouses at Two Military Bases

<https://potomacofficersclub.com/news/dod-taps-ge-research-to-create-5g-enabled-smart-warehouses-at-two-military-bases/>

71.GE adds Verizon 5G to Testbed to explore Energy, Health Care and Aviation use cases

<https://www.ge.com/research/newsroom/ge-adds-verizon-5g-testbed-explore-energy-health-care-and-aviation-use-cases>

72.ABB Power plugs into Ericsson 5G tech to increase factory productivity

<https://www.computerweekly.com/news/252482057/ABB-Power-Grids-plugs-into-Ericsson-5G-tech-to-increase-factory-productivity>

73.ABB、世界初の 5G と AI を活用した産業用アプリケーションをフィンランドの自社ドライブ工場に導入

<https://new.abb.com/news/ja/detail/25464/worlds-first-industrial-application-utilizing-5g-and-ai-adopted-at-abb-drives-factory-in-helsinki>

74.Nokia, ABB and Kalmar conduct industry's first trial with ultra-reliable low-latency 5G technology for electricity grid and harbor automation

<https://new.abb.com/news/detail/10496/nokia-abb-and-kalmar-conduct-industrys-first-trial-with-ultra-reliable-low-latency-5g-technology-for-electricity-grid-and-harbor-automation>

75.Ericsson and ABB join forces to accelerate wireless automation for flexible factories

<https://www.ericsson.com/en/press-releases/2019/4/ericsson-and-abb-join-forces-to-accelerate-wireless-automation-for-flexible-factories>

76.Ericsson Estonia and ABB walk the walk on 5G smart manufacturing

<https://www.ericsson.com/en/news/2019/4/ericsson-and-abb-5g-smart->

[manufacturing-estonia](#)

77.ABB and Ericsson establish joint 5G industrial innovation lab

<https://www.ericsson.com/en/blog/2017/10/abb-and-ericsson-establish-joint-5g-industrial-innovation-lab>

78.Ericsson to Power ABB's Robotics and Industrial Automation in Thailand with 5G Solutions

<https://www.thefastmode.com/technology-solutions/18443-ericsson-to-power-abbs-robotics-and-industrial-automation-in-thailand-with-5g-solutions>

79.Siemens Sets Up Private 5G Network with Focus on Industrial Applications in Exhibition Hall

<https://www.automation.com/en-us/articles/february-2021/siemens-private-5g-network-focus-industrial-hall>

80.Siemens highlights digital twin technology with 5G

<https://www.eenewseurope.com/news/siemens-highlights-digital-twin-technology-5g>

81.西門子秀 5G 戰力！不跟電信商搶飯吃，如何在台灣靠智慧工廠、車聯網淘金？

<https://www.bnext.com.tw/article/62091/siemens-2021-strategy>

82.Siemens and Qualcomm Technologies set up the first private standalone 5G network in an industrial environment

<https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-and-qualcomm-set-first-private-standalone-5g-network-industrial-environment>

83.T-Systems and Siemens partner to drive the digitalization of German industry

<https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/t-systems-and-siemens-partner-drive-digitalization-german-industry>

84. Bosch and Ericsson hone 5G for Industry 4.0, rollout private 5G in Germany
<https://enterpriseiotinsights.com/20200806/channels/news/bosch-ericsson-hone-5g-for-manufacturing>
85. “5G is a standard of superlatives”
<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/5g-is-a-standard-of-superlatives-207680.html>
86. Bosch confirms private 5G rollouts with Nokia, targets 250 5G factory networks
<https://enterpriseiotinsights.com/20201130/channels/news/bosch-confirms-private-5g-rollouts-with-nokia>
87. Leading in 5G technology
<https://www.bosch.co.uk/internet-of-things/leading-in-5g-technology/>
88. A milestone on the road to fully connected traffic
<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/a-milestone-on-the-road-to-fully-connected-traffic-211392.html>
89. 5G: the force is with you
<https://www.boschrexroth.com/en/dc/5g-the-force-is-with-you/>
90. 宣布 AWS Wavelength 以交付 5G 的超低延遲應用程式
<https://aws.amazon.com/tw/about-aws/whats-new/2019/12/announcing-aws-wavelength-delivering-ultra-low-latency-applications-5g/>
91. Announcing general availability of AWS Wavelength in London
<https://aws.amazon.com/tw/blogs/industries/announcing-general-availability-of-aws-wavelength-in-london/>
92. Nokia and DISH to deploy first 5G standalone core network in the public cloud with AWS
<https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/06/21/nokia-and-dish-to-deploy-first-5g-standalone-core-network-in-the-public-cloud->

[with-aws/](#)

93.AWS and Vodafone Business Bring Edge Computing Closer to Organizations in Europe

<https://aws.amazon.com/tw/blogs/industries/aws-and-vodafone-business-bring-edge-computing-closer-to-organizations-in-europe/>

94.Microsoft partners with the industry to unlock new 5G scenarios with Azure Edge Zones

<https://azure.microsoft.com/zh-tw/blog/microsoft-partners-with-the-industry-to-unlock-new-5g-scenarios-with-azure-edge-zones/>

95.Unlocking the enterprise opportunity with 5G, edge compute, and cloud

<https://azure.microsoft.com/en-us/blog/unlocking-the-enterprise-opportunity-with-5g-edge-compute-and-cloud/>

96.全台第一座 5G 智慧工廠 微軟、遠傳、台達 三強聯手 展現跨界綜效

<https://news.microsoft.com/zh-tw/5g-smart-factory-msft-fet-delta-2/>

97.微軟攜手英業達啟動 5G 智慧工廠策略合作 再創智慧製造轉型新動能

<https://news.microsoft.com/zh-tw/microsoft-inventec-5g-smart-factory-iot/>

98.AT&T and Microsoft announce a strategic alliance to deliver innovation with cloud, AI and 5G

<https://news.microsoft.com/2019/07/17/att-and-microsoft-announce-a-strategic-alliance-to-deliver-innovation-with-cloud-ai-and-5g/>

99.微軟收購 AT&T 的 5G 行動通訊網路技術、工程部門

<https://www.ithome.com.tw/news/145377>

100.Verizon teams with Microsoft to offer private 5G mobile edge computing

<https://news.microsoft.com/2020/10/19/verizon-teams-with-microsoft->

[to-offer-private-5g-mobile-edge-computing/](#)

101. Making Smart Cities: The power of hackathons brings together Rogers, UBC students, City of Kelowna, and Microsoft to advance 5G smart city applications

<https://www.microsoft.com/en-us/garage/blog/2021/05/making-smart-cities-the-power-of-hackathons/>

102. Microsoft announces definitive agreement to acquire Metaswitch Networks, expanding approach to empower operators and partner with network equipment providers to deliver on promise of 5G

<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/05/14/microsoft-announces-definitive-agreement-to-acquire-metaswitch-networks-expanding-approach-to-empower-operators-and-partner-with-network-equipment-providers-to-deliver-on-promise-of-5g/>

103. Google Cloud 公開適用於電信產業的策略，並宣布全新的解決方案、客戶和合作夥伴

<https://cloud.google.com/press-releases/2020/0305/google-cloud-telco-strategy?hl=zh-tw>

104. Google Cloud 電信業解決方案

<https://cloud.google.com/solutions/telecommunications>

105. Partnering with Intel to accelerate cloud-native 5G

<https://cloud.google.com/blog/topics/partners/speeding-up-cloud-native-5g-networks-with-intel-and-google-cloud>

106. Nokia and UTS forge five-year partnership to launch 5G lab

<https://www.zdnet.com/article/nokia-and-uts-forge-five-year-partnership-to-launch-5g-lab/>

107. Google joins the O-RAN ALLIANCE to advance telecommunication networks

<https://cloud.google.com/blog/topics/telecommunications/google->

[cloud-joins-o-ran-alliance](#)

108.多接取邊緣運算（MEC）技術

<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messages/contents.aspx?&MmmID=654304432061644411&CatID=654313611231473607&MSID=1000640406731504736#>

109.英業達：5G 智慧工廠落地 從代工轉型解決方案提供者

<https://udn.com/news/story/6868/5439879>

110.英業達跨足 5G 智慧工廠 投入創新應用領域

<https://www.cio.com.tw/inkada-5g-smart-factory-inputs-into-innovation-applications/>

111.雲+網+端是網際網路的基本結構

<https://www.itread01.com/content/1546734986.html>

112.STL 投資 5G 虛擬無線接入創新者 ASOCS

<https://hk.prnasia.com/story/270173-2.shtml>

113.微軟與英業達雙雄聯手，軟硬整合打造 5G 智慧工廠架構

<https://technews.tw/2021/06/17/inventec-5g/>

114.科智企業 MusesAI

<https://www.musesai.com/>

115.工業富聯領先轉型，無人工廠升級「無憂工廠」

<https://www.bnext.com.tw/article/52412/fii-industry-of-internet-cover-story-4>

116.「富士康工業互聯網 beacon」資訊懶人包

<https://1applehealth.com/tag/%E5%AF%8C%E5%A3%AB%E5%BA%B7%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E4%BA%92%E8%81%AF%E7%B6%B2beacon-1>

117.十年河東，十年河西，SI 產業翻身

<https://m.moneydj.com/fla.aspx?a=21e115d8-be32-44f4-8bff-d7c92dc65805>

- 118.【東亞過勞監察】過勞司機與公共安全
<http://oshlink.org.tw/about/issue/karo-overwork/375>
- 119.血汗！北市 12 家客運勞檢全違規 有業者違規 7 次罰不怕
<https://udn.com/news/story/7323/4934197>
- 120.自駕巴士應用於都市公共運輸的發展契機
<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?MmmID=654304432122064271&MSID=1073040461227637426>
- 121.5G 重塑產業---交通篇，5G+AI 將讓自駕車聰明到超乎你想像
<https://www.inside.com.tw/article/17045-5g-ai-will-make-driving-smarter-than-you-think>
- 122.5G 應用大數據 自駕車的安全未來
<https://www.fetnet.net/content/cbu/tw/lifecircle/5g-autopilot.html>
- 123.新北智駕電動巴士專區
<https://www.traffic.ntpc.gov.tw/home.jsp?id=acb536e8e0fbb8ab>
- 124.全台首創智駕電動巴士載客運行 168 公車路線正式上路 中華電信協助新北推展公共運輸系統測試營運計畫
<https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/messages/2020/msg-200903-140000>
- 125.中華電信發表無人電動巴士八個月的測試成果
<https://chinese.engadget.com/cht-driverless-electric-bus-test-result-104551432.html>
- 126.國內首創無人巴士公共運輸接駁服務 中華電發表智駕電巴營運成果
<https://tw.news.yahoo.com/%E6%9C%89%E5%BD%B1-%E5%9C%8B%E5%85%A7%E9%A6%96%E5%89%B5%E7%84%A1%E4%BA%BA%E5%B7%B4%E5%A3%AB%E5%85%AC%E5%85%B1%E9%81%8B%E8%BC%B8%E6%8E%A5%E9%A7%81%E6%9C%8D%E5%8B%99->

[/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E9%9B%BB%E7%99%BC%E8%A1%A8%E6%99%BA%E9%A7%95%E9%9B%BB%E5%B7%B4%E7%87%9F%E9%81%8B%E6%88%90%E6%9E%9C-095914962.html](https://www.ithome.com.tw/news/139771)

- 127.〈中華電智駕巴士〉經歷近一年測試 首創公共運輸接駁服務
<https://news.cnyes.com/news/id/4609897>
- 128.台灣第一個上路載客運行的「智駕巴士」 8/3 於淡海輕軌起跑
<https://www.storm.mg/article/2910302>
- 129.新北智駕電動巴士上路測試 中華電助陣秀成果
<https://newtalk.tw/news/view/2021-03-10/547180>
- 130.國內首創無人巴士公共運輸接駁服務 中華電發表智駕電巴營運成果
<https://tw.news.yahoo.com/%E6%9C%89%E5%BD%B1-%E5%9C%8B%E5%85%A7%E9%A6%96%E5%89%B5%E7%84%A1%E4%BA%BA%E5%B7%B4%E5%A3%AB%E5%85%AC%E5%85%B1%E9%81%8B%E8%BC%B8%E6%8E%A5%E9%A7%81%E6%9C%8D%E5%8B%99-%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E9%9B%BB%E7%99%BC%E8%A1%A8%E6%99%BA%E9%A7%95%E9%9B%BB%E5%B7%B4%E7%87%9F%E9%81%8B%E6%88%90%E6%9E%9C-095914962.html>
- 131.新北市為自駕電動巴士授予公車路線，明年擬擴大大自駕車測試
<https://www.ithome.com.tw/news/139771>
- 132.全台首個 5G 遠距醫療計畫啟動！哪 3 項專科門診最先上線？
<https://www.1111.com.tw/5g/jobns/20063>
- 133.遠傳／三大醫學中心啟動 5G 遠距診療計畫
<https://enterprise.fetnet.net/content/ebu/tw/epaper/tech/26th/p04.html>
- 134.全臺第一！遠傳打造 5G 遠距診療臨床示範計畫
<https://www.fetnet.net/content/cbu/tw/network/index/enterprise/5g-clinic.html>

135.遠傳 5G 遠距診療 用「心」護離島

<https://market.ltn.com.tw/article/10218>

136.全民健康保險遠距醫療給付計畫

https://www.tma.tw/files/meeting/N202117153930_001.pdf