

附件二

國際匯流產業創新應用趨勢專題報告

中華民國 107 年 12 月

目錄

壹、 前言	2-8
貳、 主要國家與重要國際組織的數位經濟發展策略與趨勢.....	2-10
一、 世界經濟論壇（WEF）數位轉換倡議.....	2-10
（一） WEF：數位轉換的價值.....	2-10
（二） WEF：企業如何進行數位轉換.....	2-13
二、 OECD 之數位轉換觀點	2-15
（一） 數位轉換已成全球重要議程.....	2-15
（二） 各種新興技術引發數位轉換.....	2-16
（三） 數位轉換之影響與衝擊.....	2-18
三、 OECD 國家促進數位轉換之政策	2-22
（一） OECD 國家數位發展策略	2-22
（二） OECD 國家數位政策現況	2-24
四、 數位經濟產業發展重要議題分析.....	2-33
（一） 數位轉換應用案例：智慧城市應用.....	2-33
（二） 數位轉換應用案例：智慧零售應用.....	2-37
參、 新興聯網應用發展趨勢與關鍵議題探索.....	2-41
一、 主要國家及業者 5G 發展趨勢分析.....	2-41
（一） 主要國家 5G 頻譜規劃與發展政策	2-41
（二） 國際關鍵業者 5G 網路規劃.....	2-52
二、 國際物聯網發展趨勢分析.....	2-62
（一） 國際物聯網產業應用趨勢.....	2-62
（二） 國際物聯網營運模式案例分析.....	2-63

(三)	主要國家物聯網政策分析.....	2-68
肆、	預見未來數位轉換關鍵點.....	2-77
一、	通訊產業趨勢前瞻.....	2-77
(一)	臺灣資通訊產業近況分析.....	2-77
(二)	通訊網路技術趨勢分析.....	2-80
二、	5G+AIoT 之智慧化趨勢分析.....	2-96
(一)	智慧農業.....	2-96
(二)	智慧醫療.....	2-105
(三)	智慧語音.....	2-114
伍、	結論與建議.....	2-123
一、	主要國家與重要國際組織的數位經濟發展策略與趨勢.....	2-123
(一)	國際數位經濟發展策略分析.....	2-123
(二)	針對國際數位經濟發展趨勢對臺灣之建議.....	2-126
二、	新興聯網應用發展趨勢與關鍵議題探索.....	2-127
(一)	主要國家及業者 5G 發展趨勢分析.....	2-127
(二)	國際物聯網發展趨勢分析.....	2-129
(三)	針對國際新興聯網發展給臺灣之建議.....	2-132
三、	預見未來數位轉換關鍵點.....	2-133
(一)	通訊產業趨勢前瞻.....	2-133
(二)	5G+AIoT 之智慧化趨勢分析.....	2-135
(三)	針對未來數位轉換關鍵點給臺灣之建議.....	2-136
四、	總結.....	2-138
陸、	參考文獻.....	2-140

圖目錄

圖 1：數位轉換對產業及社會產生之價值.....	2-11
圖 2：WEF 數位轉換之新商業模式.....	2-13
圖 3：2002—2014 年各階工作百分比變化.....	2-19
圖 4：使用者曾因網路釣魚／網站嫁接造成財務損失的比例	2-20
圖 5：2016 年歐盟 28 國各產業大數據分析之資料來源.....	2-20
圖 6：OECD 個資洩漏狀況	2-21
圖 7：OECD 之資料信任度	2-22
圖 8：OECD 國家數位政策重要程度排序	2-23
圖 9：OECD 國家主導數位政策機關	2-24
圖 10：OECD 各國支持資通訊領域成長的政策.....	2-27
圖 11：OECD 各國支持資通訊領域政策之執行方式	2-28
圖 12：OECD 各國推動資通訊技術應用政策.....	2-29
圖 13：OECD 各國推動公共行政之資通訊應用的政策.....	2-29
圖 14：OECD 各國支持 ICT 創新的政策.....	2-30
圖 15：OECD 各國鼓勵智慧應用與服務的政策.....	2-31
圖 16：OECD 強化數位安全的政策數量	2-31
圖 17：OECD 引進數位安全策略的國家數量	2-32
圖 18：OECD 推動強化隱私的政策數量	2-33
圖 19：杜拜 10X 計畫車輛生命週期管理.....	2-34
圖 20：TransActive Grid 手機 APP 使用介面.....	2-35
圖 21：Sunport 轉接插座.....	2-37
圖 22：Walmart 人工智慧應用案例	2-38
圖 23：Lowe's 人工智慧應用案例.....	2-40

圖 24：美國 FCC 開放 5G mmWave 頻譜資源.....	2-41
圖 25：日本政府實現 5G 商用三大發展方向.....	2-44
圖 26：日本 6GHz 以下 5G 候補頻段.....	2-46
圖 27：日本 24GHz 以上 5G 候補頻段.....	2-46
圖 28：日本與區域 5G 推進組織合作.....	2-47
圖 29：以 5G 實現無線化社會.....	2-48
圖 30：結合 5G、AI、光纖進行 ICT 基礎設施整備改善.....	2-48
圖 31：Orange 的物聯網模式.....	2-64
圖 32：SIGFOX 的物聯網商業模式.....	2-66
圖 33：Port of Amsterdam 智慧停車商業模式.....	2-67
圖 34：CRYPTREC 密碼研究架構.....	2-72
圖 35：IPA 開發流程.....	2-73
圖 36：2019 年臺灣通訊產業產值預測.....	2-80
圖 37：邊緣運算架構.....	2-82
圖 38：ETSI 之 MEC 標準化進展圖.....	2-84
圖 39：MEC 在 3GPP 之標準化進程圖.....	2-87
圖 40：邊緣運算系統部署可能情境圖.....	2-89
圖 41：邊緣運算產業鏈.....	2-91
圖 42：Blue River Technology 之農業機器人.....	2-98
圖 43：Harvest CROO Robotics 與採收實況.....	2-99
圖 44：家用型農耕機器人 FarmBot Genesis.....	2-100
圖 46：Plantix 深度學習應用程式.....	2-101
圖 47：Trace Genomics 可進行土壤分析的服務.....	2-101
圖 48：經緯航太之智慧農業定翼式無人機「翼龍」.....	2-102
圖 49：Cainthu 利用人工智慧分析奶牛狀況.....	2-104

圖 50：全球人工智慧醫療市場規模，2016~2024.....	2-105
圖 51：全球前十大人工智慧醫療大廠之產品／服務類型.....	2-106
圖 52：新創人工智慧醫療之產品／服務類型.....	2-110
圖 53：當前內建 AI 語音助理的展品類別	2-116
圖 54：內建 AI 語音助理的行動裝置類別	2-117
圖 55：AI 智慧音箱產品線變化	2-118
圖 56：AI 語音助理平台大廠語音技術發展與佈局趨勢	2-119

表目錄

表 1：美國 FCC 5G 高頻頻譜拍賣規劃	2-42
表 2：中國大陸 5G 頻譜規劃.....	2-49
表 3：中國大陸頻譜收費標準.....	2-50
表 4：5G 頻譜使用費減免前後營運商需支付金額比較	2-51
表 5：各國 5G 業者近期重要規劃整理.....	2-60
表 6：中國大陸之 NB-IoT 建設 14 條指引整理	2-74
表 7：各國物聯網政策重點整理.....	2-76
表 8：ETSI 之 MEC 標準化工作項目	2-85
表 9：全球前十大人工智慧醫療大廠之產品／服務.....	2-106
表 10：新創人工智慧醫療之產品／服務.....	2-111

壹、前言

隨著近年來行動及固網網路寬頻的普及，不僅消費者可以使用的網路應用越來越多，企業對諸如雲端運算、大數據、物聯網等新興網路應用需求也越來越高，連帶帶動了數位經濟的發展。這樣的趨勢也驅動了商業模式的改變，過去傳統的企業生態因數位經濟產生質變，亦對社會產生衝擊與風險，如機器替代人力的失業問題、數位化所產生的資安風險、消費者連網數量增加引發的個資外洩，都是數位時代政府不得不面對的政策議題。

因此在第二章，本研究選擇重要國際組織：世界經濟論壇(The World Economic Forum, WEF)及經濟合作發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)對數位經濟與數位轉換觀點進行研究，摘要並歸納目前各國政府及企業，如何促進整體社會與產業界的數位轉換，強化其對社會的注意以及政府應對數位經濟所產生的衝擊與風險。

此外，5G 商用化的時程逐步接近，低功率廣域網(Low Power WAN)的普及也帶來新的商業模式及應用。然而無論是 5G 或是物聯網的普及均有賴於各國政府建立良好的監理基礎環境，包含 5G 頻譜的釋放與物聯網的推進與資安政策。在第三章中，本研究茲選擇各國際 5G 發展領先國家進行進行政策整理，並盤點各國際 5G 技術與商用領先業者近期 5G 布局。在物聯網方面，我們觀察到近年來物聯網裝置數量的顯著成長，預期將來物聯網相關之商業應用將成通訊產業主流，因此本研究綜整目前物聯網營運業者之數種主要商業模式，並列舉各主要國家近期對物聯相關之主要資安與推動政策。

在第四章，「預見未來數位轉換關鍵點」中，主要對近期的通訊產業之重大變革進行分析，可分為兩個部分，第一部分是通訊產業趨勢前

瞻，主要介紹臺灣資通訊產業在 2018 年的近況，以及 2019 年的發展預期，並分析 5G 所帶來的網路結構分散化發展。

網路結構分散化主要是因應行動寬頻應用的普及造成資料量增加，將運算能力放在雲端資料中心與終端設備之間的網路架構，此一網路架構稱為邊緣運算 (Edge Computing)。邊緣運算有助於即將到來的 5G 通訊技術標準，目前 MEC 的主要應用包括本地內容儲存、基於無線感測的業務優化處理、本地內容轉發、網路能力開放等，可滿足 5G 三大應用場景的需求。

此外，除了網路結構產生極大的變化，在產業及消費者應用端也產生極大的變化，由於人工智慧技術的長足發展，各項垂直產業智慧化的趨勢更為明顯。智慧農業、智慧醫療等結合人工智慧與通訊技術，在產業界有極大的應用價值。近期，最受矚目的莫過於智慧語音在智慧家庭的應用。

最後，在第五章結論的部分，本研究亦透過實際的產業及政府應用案例佐證，說明數位轉換的價值所在，以及綜整各國 5G 及物聯網政策、產業發展趨、商業模式案例，和網路結構、智慧化產業應用變遷對資通訊產業發展之影響，期能對主管機關訂定相關數位及通傳政策有所幫助。

貳、 主要國家與重要國際組織的數位經濟發展策略與趨勢

一、 世界經濟論壇（WEF）數位轉換倡議

（一） WEF：數位轉換的價值

世界經濟論壇（The World Economic Forum ,WEF）早在 2015 年發起數位轉換倡議（Digital Transformation Initiative ,DTI），該倡議對 13 個產業數位化的影響及結果進行評估，以確保企業和社會都能掌握數位化的價值。透過該倡議可以建立整合利害關係人的框架，為公私合作（Public Private Partnership, PPP）提供基礎，有助於確保數位轉換的利益能為所有人雨露均霑。

DTI 的核心目的是希望為衡量、優化和傳達數位投資對社會的貢獻，提供一個可用的指標。WEF 亦發現數位化具有巨大的潛力，估計未來十年數位化可以為企業和社會提供大約 100 兆美元的價值（如圖 1）。

不過，目前數位轉換仍面臨一些障礙，例如：監管及法規管理框架未能完全配合、基礎設施存在缺口，且新數位技術缺乏公眾信任等問題。

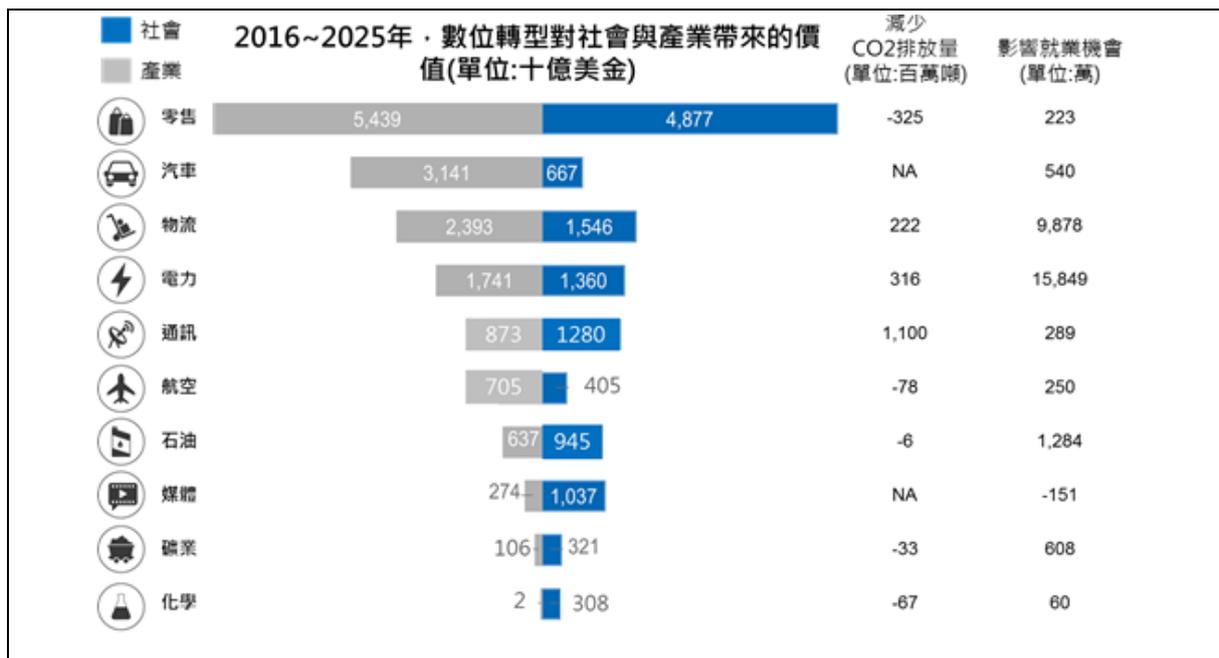


圖 1：數位轉換對產業及社會產生之價值

資料來源：WEF，MIC 整理，2018 年 5 月

在過去兩年的研究中，WEF 發現的研究對數位轉換的速度、規模和影響有重要的發現，在新的數位創新模式中，用戶轉為要求速度、方便性和立即滿足需求，連帶產生如分享經濟這種新的商業模式，打破過去幾十年成功的商業傳統。

在 2015 年，新的商業模式只佔所有企業總營收的 1%至 5%，但預計到 2020 年將達 30%。有一些現存企業將因為無法數位化而破產，即使是歷史悠久的企業可能也需要重新思考其業務和運營模式，以求在數位時代繼續蓬勃發展。

然而，數位化的社會效益，例如通過降低事故率，減少傷亡；或降低 CO2 排放等好處，並不會自然發生。如果數位化能夠為社會創造極大的價值，但卻對產業增加的收益有限，那麼此類的數位化必須以適當的激勵機制加以刺激，否則便不會發生。在這些情況下，

企業、監管機構和政策決策者需要彼此合作，為產業和更廣大的社會群體創造最大的價值。

隨著科技發展，成本更低和更先進的技術正在創造新的連結能力，現今已有 8 億的設備連接到網際網路；到 2030 年，預計將增長到 1 兆。隨著先進技術的成本持續下降，將產生新的應用，各種新興技術將以創新的方式結合使用，釋放出「組合」的效果，發揮出遠勝於其單獨部署時的能力。近來，各種基礎技術（如行動裝置、雲端運算、感測器、物聯網）的組合所產生的價值正以指數成長，便是極佳的證明。

依據國際研究機構 IDC 估計，在 2016 年至 2020 年之間，企業在新技術方面的支出將增長 13%。3D 列印和機器人技術的成本將會降低。雖然行動運算仍然是未來的關鍵技術之一，但預計將會從企業支出的 35% 降到 25%。未來具備潛力的新技術，如 AR/VR 和資安技術的投資占比將大幅提高。據 IDC 估計到 2020 年，這些新的技術將佔支出總額的 42%。

回顧數位技術在許多行業中所帶來的機會和挑戰，我們可以發現世界正處於十字路口，數位技術將可有效解決社會問題，有助於經濟增長、減少收入不平等。

例如，數位創新可以推動社會實現聯合國的可持續發展目標，並鞏固它的三個支柱：提高生活品質、促進公平增長和保護環境。但是，諸如監管不力、創新有限、技術問題等都會減低數位化帶來的機會。

數位革命為推動全球經濟的根本革新提供了難得的機會。但如同之前所提到，這種轉變並不會自動發生，並且可能會對社會產生意想不到的負面衝擊，政府對此也必須採取對策，有效管理。各國

政府及利益相關者須採取協作行動，才能利用數位轉換促進社會與經濟更為繁榮的明天。

(二) WEF：企業如何進行數位轉換

WEF 將數位轉換相關的議題，分為四大模塊(如圖 2)：首先，數位轉換如何配合公司原有的業務，即商業模式，其次是隨之改變的生產與作業流程如何配合，以及員工的工作技能如何搭配數位轉換。就最近的產業發展案例，WEF 也發現在企業的績效評估方面，數位化時代的企業已不再傾向以營業額等傳統財務指標作為目標，而轉以如註冊會員數量等數位指標作為目標。

企業成功數位轉型四項關鍵變革因素				
	商業模式	作業/生產模式	工作技能	績效評估
簡介	改變企業對投資、建立新興商業模式的評估方式與手法	重新檢視企業價值鏈中的主要與支援活動，優化企業內部流程	培養組織的數位能力與素養	採用新式績效評估指標，幫助企業快速識別、解決問題
具體方式	以投資、孵化新創等模式，取代傳統的併購、合作方式，以適應未來不確定性增加的市場。	調整績效評估、組織架構、流程、組織文化、組織成員五項要素的目標與管理方式	吸引數位新世代人才、營造有利人機互動、協作的環境，管理方式也應更加彈性	數量、品質因素都必須考量，例如以 NPS(淨推薦數)取代註冊會員數量指標
備註	到了2020年，企業有30%利潤來自新興商業模式		企業同時也期待內部人才的專業能力更加多元化	新式指標從顧客黏著度衡量企業的獲利能力與發展性
指標企業				

圖 2：WEF 數位轉換之新商業模式

資料來源：WEF，MIC 整理，2017 年 3 月

WEF 強調，將傳統企業改造成數位企業極為困難，許多公司都在某些部分獲得進展，但整體來說，目前幾乎沒有公司可以完成完整的數位轉換蛻變，也不存在數位轉換的教科書，或是行動清單。對企業管理者來說，數位轉換並沒有可以模仿的對象，只能依靠自

已摸索。

WEF 認為，企業要建立一個數位轉換策略，首先要面對三個關鍵問題：目前身處的產業將走向何方？我的公司在未來的角色是什麼？如何才能創造能夠平衡未來發展方向和公司能力的路線，以及是否能夠適應未來的產業發展？

WEF 認為，企業的數位轉換必須為客戶提供真正的商業價值，而不應該是為了技術而技術。有效的數位轉換通常可以促使客戶體驗的改善，創造產品和服務的數位化，引發新的經濟模式，最終導致業務營收的提升。WEF 認為所有的數位轉換都需要導入新的硬體及軟體，包括資料和分析、IT 系統、營運模式，甚至必須改變人員和文化。雖然數位轉換這個議題顯然根植於技術，但 WEF 認為，數位轉換成功的成功與否，還是取決於組織和文化。對企業來說，最大的挑戰在於如何雇用新的人才，提高自身員工的數位工作技能，並將企業文化轉變為更具創新性和適應性。

WEF 對企業進行數位轉換過程中，可能會面臨的問題並沒有確定的答案，但可以確定的是，數位轉換的目的除了追求未來的商業機會，也包含培植企業必要的數位人才。

以挪威石油有限公司為例，其數位轉換計畫為「GoDigital」專案。挪威石油有一個綜合運營中心，專責數位轉換事務，以提高安全，改善營運，減少碳排放為目標。來自挪威全公司各層級的 11 位領導人都肩負著探索未來的想法的任務。並且也展開對內部人力的數位培訓。挪威石油公司內部的數位學院，將投入 1,200 萬美元，提供員工數位教育服務。

二、 OECD 之數位轉換觀點

(一) 數位轉換已成全球重要議程

經濟合作發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 在 2016 年 6 月，於墨西哥坎昆 (Cancún) 舉行關於數位經濟的部長級會議。與會的 43 個 OECD 國家的部長均同意，數位化是未來發展的關鍵，並呼籲採取全面的政策措施推動數位轉換。

OECD 已認識到過去數十年來持續進行的數位變革，已經擴及到許多國家的整體社經發展的各個部分。OECD 認為目前 OECD 國家的數位基礎設施可稱完備，且持續增長，新興經濟體和發展中國家使用數位技術的情況也日漸普及，無論是電子商務、農業還是金融領域，均可看見數位化的巨大影響力。

坎昆部長級會議將數位經濟的目標設定為以整體政府 (Whole of Government, WOG) 發展整合式政策架構，以政策促進經濟與社會繁榮。坎昆會議會後發布宣言，43 個國家達成以下共識：

1. 為維護公共政策利益，保留網路開放，並強化隱私、智財權等保護，使用戶能獲得更高的網路信賴感。
2. 培養多元混合技能參與數位經濟，包括高品質就業及勞工關係等。
3. 在政府最高層以及整體社會發展隱私與資訊保護策略，並以國際協議使所有人均能享受數位化的好處。
4. 評估數位轉換對社會的作用，以及如何以政策防止數位落差。
5. 加強蒐集國際間數位科技的使用數據及評比，以開發更多數位經濟衡量指標，如數位信任、數位技能或國際資訊流動等。

OECD 認為數位轉換現已成為全球議程，數位化正大幅改變民

眾生活。坎昆部長會議一致認為，要獲得當前數位變革帶來的好處，前提是必需要解決數位轉換所帶來的挑戰，特別是在工作數位應用、數位技能和數位信任方面。坎昆會議還強調，各國政府亟需積極採取政策手段，集合數位轉換的利益相關方，共同參與政策的制定和實施，以達成數位轉換。

(二) 各種新興技術引發數位轉換

OECD 認為數位化(digitization)和網路互連(interconnection)，衍生出日益增長的生態系統，是數位轉換的主要驅動力。數位化是將資訊(如聲音、圖像、紙張)轉換為二進位制數位資訊的技術。雖然數位化的成本相當高昂，但數位化後的資訊有通用的資料格式，並且方便存儲。數位化後的資料具備：處理、存儲、過濾、追蹤、識別、複製和傳輸等等功能，並且可以以極高的速度和極低的邊際成本持續進行。與數位資訊相比，類比資訊的處理和傳播速度都較慢，各種格式(如紙張、膠卷、磁帶等)都嚴重限制了處理及加值的方式。簡而言之，數位化減少對資訊共用和開發的物理限制。而網際網路則帶來越來越多的互連，以及可以在全球範圍進行聯繫。

數位技術的生態系統推動整體經濟和社會不斷產生變革，其最大的驅動力是近幾十年來倍數增長的運算能力，每平方英寸的半導體積體電路所承載的電晶體數量每 18 到 24 月會增加一倍，這一現象已維持接近 50 年。自 2007 年智慧型手機開始普及，帶動雲端計算服務盛行，在過去十年中也出現一系列新結合行動網路的產品、應用和服務，形成日漸繁多的技術和應用生態系統。

近來也有許多技術已發展成熟，大幅促進增加個人、公司和政府層次的數位轉換，其中包含：

「物聯網」(Internet of Things, IoT)：由收集資料的感測器，及

可互連的網路組成。這些可連網的感測器用於監測各種生物狀態和生產流程，例如偵測人和動物的健康資訊、位置以及產品的製造過程以及其他應用。OECD 國家的連網設備數量預計將從 2016 年的 10 億台增加到 2022 年的 140 億台。這些設備將會成為重要的資料來源，藉由資料分析將可發揮其價值。

「大數據分析」(Big Data Analytics)：大數據分析是一套技術工具，可用於處理和解釋大量的數位化資料。它可以用來推測變數間的關係，建立可靠的決策模式，並對結果進行預測。拜連網裝置大量成長所賜，產業、政府和個人都能夠獲得巨大的資料數量，通過結合來自各種來源的資訊，大數據分析能夠協助人們進行即時且精準的決策。

「人工智慧」(Artificial Intelligence, AI)：由於近來機器學習的大幅進步，透過機器來執行與人類相似的認知功能已臻成熟，這就是所謂的人工智慧。AI 能自動學習複雜資料中的認知模式，並能使各種設備和系統智慧化。透過相關軟體和機器人的應用，人工智慧能夠獨立於人類的控制，自行決策。人工智慧可以解決複雜的問題，提高生產及決策效率和節省成本。

「區塊鏈」(Blockchain)：是一種分散式加密技術，除了支援資訊交換之外，它還支援價值交換、法律合約和其他類似的協定。例如比特幣便是其中一個應用，作為一個開放共用和可靠的公共賬本，其具備防篡改分散式資料庫的功能，且不需要任何權威機構或中介的保證才能運作。

總的來說，透過上述這些技術以及許多其他技術，如雲端運算、開源軟體、機器人和類神經網絡、虛擬實境的組合應用，形成新的技術生態系統，促進經濟和社會的數位轉換，相關的應用在各種產

業領域中日益發展，並引發市場和經濟的運作模式從根本上產生轉變。

(三) 數位轉換之影響與衝擊

1. 數位轉換之經濟意涵

數位轉換刺激企業體質的變革，在規模經濟方面，數位產品及服務固定成本低，邊際成本接近零。結合全球網際網路，這使得企業和平臺能夠快速擴展；且數位化使產品及服務變的高度複雜，產業標準使全球價值鏈能夠協作，透過整合全球層級的數位資源，促進規模經濟及範疇經濟；在速度方面，數位化加速通訊、商務、資訊的擴散及創新，改變經濟與社會行為。

數位轉換會使資料成為新的資源，使「所有權」、「資產」、「經濟價值」的意義產生改變，「軟」資本，如軟體和資料等軟資本日漸重要。傳統的「硬」資本，如渦輪引擎或其他生產設備，除用於生產之外，將可以產生資料，資料將可透過加值應用產生新的服務。軟體及資料是無形的機器編碼，可以在任何地方儲存或利用，其價值脫離地理位置的限制。

數位轉換亦會帶來去中心化的商業模式。數位化資訊透過網路跨越邊界，超越傳統的物理邊界，促進新的連結。傳統以網絡中心為主體的運作模式，透過數位科技，轉為「端到端」運作模式。透過網路及智慧型手機的普及，產生如行動支付、共享經濟、直播、P2P 金融等較為去中心化的商業模式。

2. 數位轉換之風險

不過，數位轉換除了會產生極大的價值，同時也會產生負面影響與衝擊。數位轉換意味著連網裝置大量增加，例如物聯網應用可以有高達數百萬同類型裝置同時連網，這將造成極大的數位風險。

舉例來說，如果受到網路攻擊，電動車的馬達或煞車可能會停止運作；醫療設備可能會回報錯誤的健康監測資料或甚至注入不正確的藥量；供暖系統的閥門可能會無法調節壓力，產生氣爆風險。

數位轉換透過連網裝置逐漸深入各角落，發生的數位安全問題將對生命、財產產生實質上的威脅。對目前一般使用者來說，數位安全風險已是嚴重問題。例如在 2016 年時即發生駭客藉由入侵數位錄影機和網路攝影機，對 Netflix、Google、Spotify 和 Twitter 等網站，進行分散式 DDoSs 攻擊。

此外，數位轉換亦會引發工作流失問題，據 OECD 統計，主要經濟體出現工作兩極化現象，中階例行性工作逐漸消失，但高階工作仍在成長，OECD 認為原因為自動化的普及，這個現象亦會惡化所得的不平等。(如圖 3)

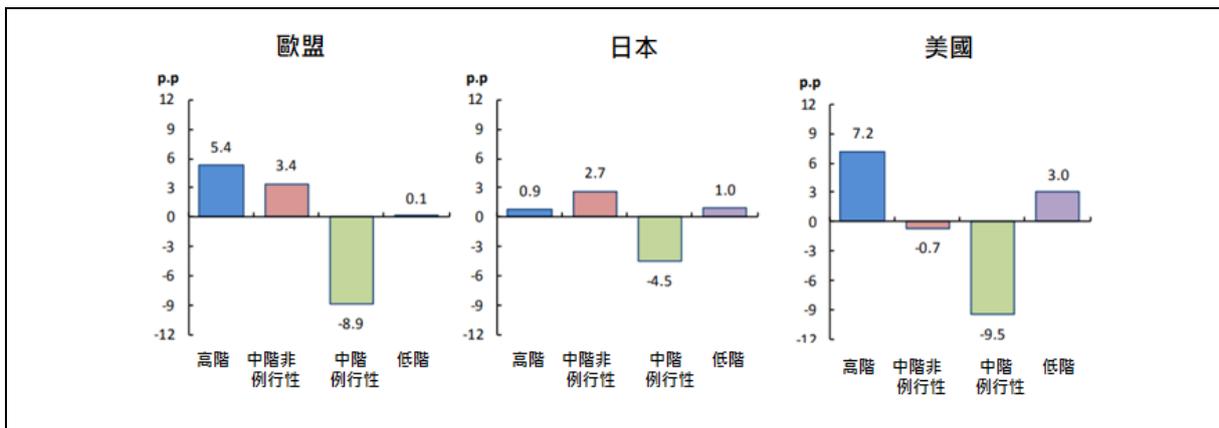


圖 3：2002—2014 年各階工作百分比變化

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

隨著電子商務的普及，網路詐騙的風險也越來越大。OECD 報告顯示許多國家的線上詐欺數量和類型都在增加，特別是利用網路釣魚或網站嫁接的身份盜竊 (identity theft) 事件日趨嚴重，駭客可藉此獲取重要的帳號、密碼，甚至信用卡號碼，造成受害者的財務

損失。(如圖 4)

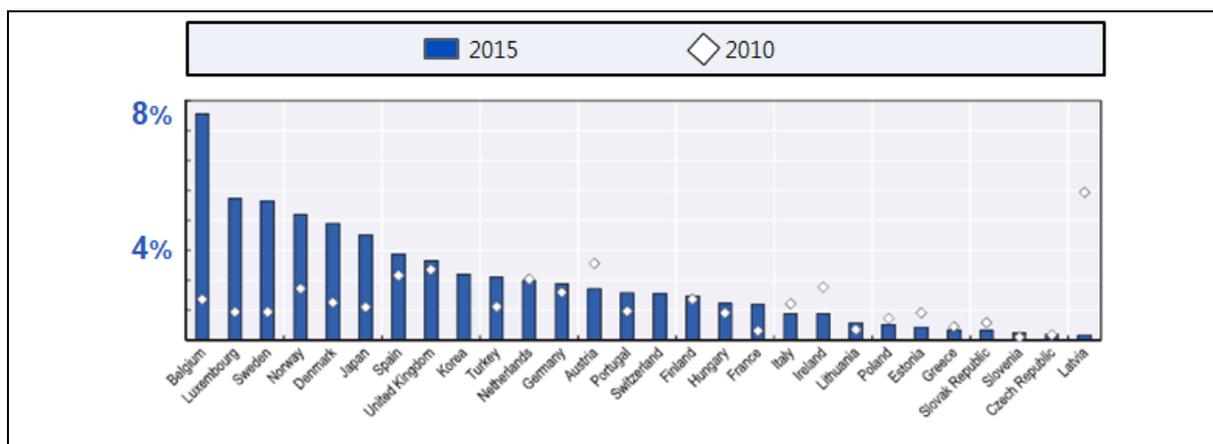


圖 4：使用者曾因網路釣魚／網站嫁接造成財務損失的比例

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

對企業來說，成功的數位轉換代表可以透過收集和分析大量的消費者資料，預測總體趨勢，如消費者需求的變化以及個人喜好，進而減少企業的庫存風險，達成投資效率最大化。OECD 統計歐盟各產業，資料分析的來源，發現不同產業所需資料之來源不同，所蒐集到的資料種類亦非常廣泛。(如圖 5)

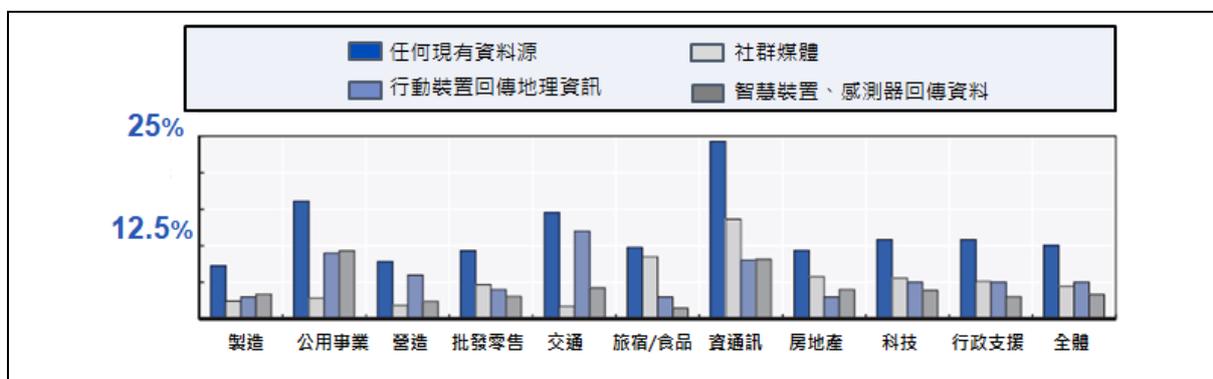


圖 5：2016 年歐盟 28 國各產業大數據分析之資料來源

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

網際網路的普及是數位轉換的重要基礎，但大量地使用網路也造成嚴重的個人資訊洩漏。OECD 發現，歐盟有超過 60% 的用戶的個資在網路上曝露，大多是姓名、出生日期、身份證號碼以及連

絡方式等資訊。但有約 20%的用戶甚至曝露健康、收入、位置等敏感資訊。(如圖 6)

OECD 發現網路使用者個資曝露的方式主要可分為兩種，一種是以獲得使用者同意的方式獲取個資，如利用必須要提供個資才能接受服務的條款；亦有可能讓使用者完全沒意識到，例如網頁透過 Cookie 追蹤個人的瀏覽行為。

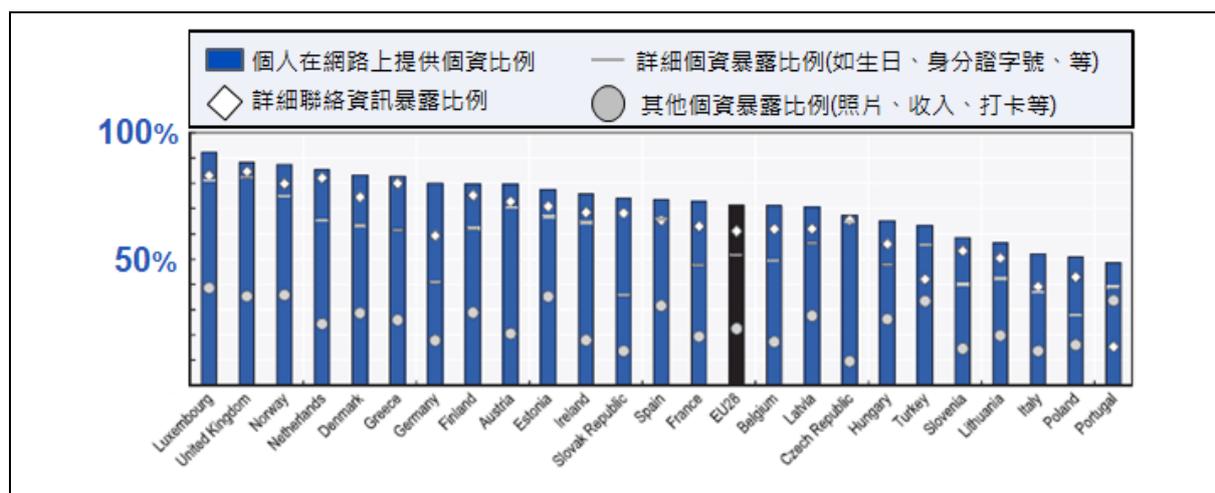


圖 6：OECD 個資洩漏狀況

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

OECD 指出，前述這些數位風險問題，已經對產業及個人採用數位及網路科技造成阻礙，進而有礙數位轉換發展。例如歐盟在 2014 年就有超過 30%的企業因安全問題而不使用雲端運算。(如圖 7)

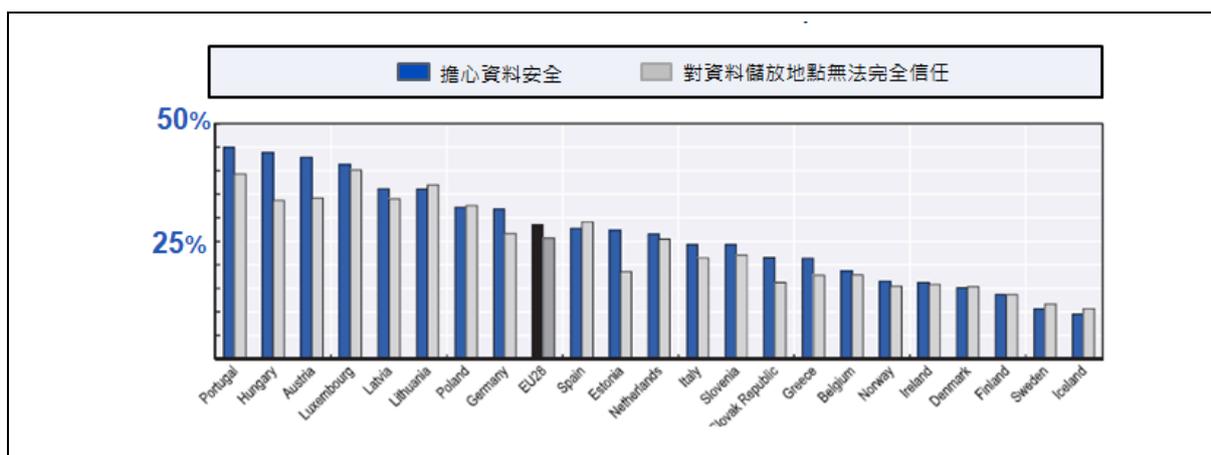


圖 7：OECD 之資料信任度

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

三、 OECD 國家促進數位轉換之政策

(一) OECD 國家數位發展策略

「2017 年 OECD 數位經濟展望報告」(OECD Digital Economy Outlook 2017) 指出，OECD 成員國大多將國家數位發展策略 (National Digital Strategy, NDS) 列為發展數位經濟的優先政策。根據 OECD 調查顯示，目前各國管理國家數位發展策略的方法各不相同。2016 年針對 OECD 的 32 個會員國和其 6 個夥伴經濟體的「OECD 數位經濟展望政策調查」(2016 OECD Digital Economy Outlook Policy Questionnaire) 指出，除了美國是採取較為分散、以市場驅動的方式發展其數位政策以外，大部分國家均有一個統合性的國家數位發展策略方案，約有三分之二的國家數位發展策略是單一獨立的政策，而約有三分之一國家與其他政策結合，成為更廣泛國家政策的組成部分。

在大部分情況下，國家數位發展策略與其他政策(如創新政策)會互相協調合作。大多數歐洲 OECD 成員國已將其國家數位發展策

略與諸如歐洲數位議程（A Digital Agenda for Europe）、歐洲數位單一市場發展策略（European Digital Single Market）、歐洲 2020 發展策略（Europe 2020）、歐盟 E 化政府行動計畫（EU eGovernment Action Plan 2016-2020）等政策互相結合。

根據 OECD 統計，平均而言，各國的國家數位發展策略約需七年的執行時間。展望未來三至五年，各 OECD 國家之數位政策目標的重要度排序，大致與 2017 相同，但可以觀察到的是，電信基礎設施相關政策的重要程度下降，資安及開放資料的重要程度上升，顯示各國未來新推出之資通訊政策將漸朝資安方向前進。OECD 國家對於其數位政策重要程度的排序可參見圖 8。

政策目標	列入NDS的國家數量	2017年優先程度	未來3-5年預期變化
強化數位政府服務	21	1	持平
持續發展電信基礎建設	22	2	下降3名
推動資通訊技能及競爭力	16	3	持平
強化安全性	18	4	上升2名
優化資料取用，如政府資訊公開(PSI)及開方政府資料(OGD)	6	5	上升1名
鼓勵資通訊科技的商業應用，中小企業尤為重點	3	6	下降1名
鼓勵特定領域的資通訊科技應用，如醫療衛生及教育領域	3	7	上升1名
強化隱私	5	8	持平
強化數位身分	2	9	持平
推動資通訊部門及其國際化	2	10	持平

圖 8：OECD 國家數位政策重要程度排序

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

OECD 也指出，各國政府在實施上述政策目標時也會面臨若干挑戰，31 個國家認為在所有挑戰中，最明顯的下列三項，分別為：(1) 缺乏數位認識；(2) 數位技能、培訓和相關教育不足；和 (3) 與多方利益相關者、多邊和多層次的數位政策的治理協調。

各國管理國家數位發展策略的方法各不相同，據統計，在 OECD 的 35 個國家中，負責主導發展、協調、執行和監測國家數位發展策略的機關，往往是非專責數位事務的部會或機關，但幾乎所有國家都讓多方利益相關者和組織參與，並共同投入國家數位發展策略。

此外在主導機關的層級方面，最多數國家皆屬於以非專責數位事務的部會主導數位事務，次多數的國家才以專責數位事務的數位事務部會主導，而少數國家（奧地利、盧森堡、墨西哥、斯洛伐克）則將主導國家數位發展策略的機關，設置於政府首腦層級如總理辦公室、總統府等。（如圖 9）

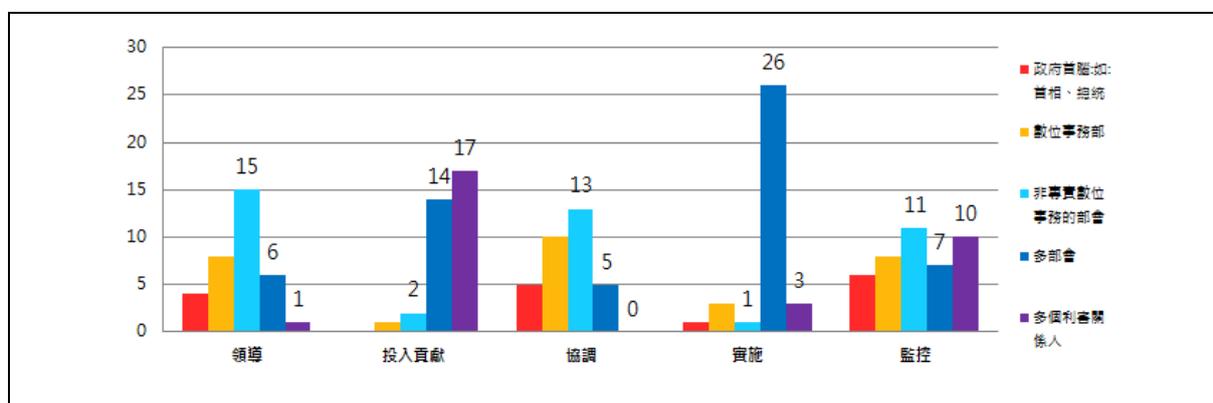


圖 9：OECD 國家主導數位政策機關

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

(二) OECD 國家數位政策現況

OECD 在 2017 數位經濟展望報告中指出，數位轉換必須考慮

許多政策面向，例如資通訊技術的使用和技能、相關的數位技術創新、數位技術的應用和轉型、數位風險和信任等議題。每個領域的政策問題都可能相互關聯，因此在政策制定時必需要從總體角度加以考慮。正如坎昆部長級會議所提到的，充分發展數位經濟的需要採取整體政府的模式，以積極且全面的處理廣泛的政策問題。大多數 OECD 國家均在制定其國家數位發展策略時加入這樣的考量。

舉例來說，物聯網很快就會成為消費者日常生活的一部分，透過數據分析增強的物聯網應用和服務將促進產業發展。然而，促進物聯網和其他數位科技發展，需要一個綜合性政策框架，包括建立必要的數位基礎設施；推動個人、企業和政府皆具備必要的數位科技使用技能；促進創新，應用和轉型；最後，相關政策必須建立使用者對物聯網等數位科技的信任感。

許多 OECD 國家也將數位經濟政策結合其他特定的社會經濟目標，例如以數位科技改善對病人和老年人的照護；為女童和婦女提供更多的就業機會；為貧困兒童和生活在偏遠地區的人提供更好的教育，當然，還包含促進增長和就業。OECD 各成員國在這方面的主要優先政策，包括增加高速寬頻網路的涵蓋、修改相關法規，以提高通信服務的連網速度和涵蓋範圍。許多國家還將重點放在資通訊領域的培訓和創新，並通過 E 化政務服務，培訓計畫和補貼，鼓勵資通訊技術的使用與普及。與此同時，各國也開始關注到資安問題，建立國家數位安全發展策略，以應對數位化帶來的挑戰和風險，同時隱私保護亦為各國政府關注的重要議題。

如同前面提到的，數位轉換不僅能創造價值，也可能對社會產生衝擊，這需要周密的政策考量，以便於在減少衝擊的同時，實現數位轉換的利益。

3. OECD 國家通信監理趨勢

數位轉換高度依賴通訊基礎設施與服務，但是目前仍有許多監管法規對部署基礎設施形成障礙，並未跟上科技、商業模式的發展。目前 OECD 國家現在及未來的立法方向，將以降低相關業者經營負擔為主，期望加速建設數位轉換的軟硬體設施及配套，能更順利優化數位化時代的基礎設施和服務。

這方面的關鍵政策關鍵挑戰是數位匯流。匯流是指電信和廣播電視等不同產業部門之間的融合，這使得政府不同監管部門需要更密切地合作，以把握通信產業變革帶來的機會。數位匯流引發監管方式的變革，其方向包括監管機關的整併，以及對併購更加友善的監管環境。

OECD 各國通信政策決策者和監管機關過去幾年皆積極改善高速寬頻網路監管架構，有利於促進競爭，推動通信市場的創新和投資。例如，在 2017 年 9 月瑞士修訂新的電信法草案，根據此前的公眾諮詢，新法案有以下措施：加強消費者在通信市場的地位；限制國際漫遊價格；使頻譜的使用更加靈活；減少電信運營商的行政負擔等。

為了降低通訊業者投資負擔並刺激市場競爭，OECD 國家近年推動「網路基礎設施共享」的模式，讓業者得以在服務差異化方面投入更多心力。歐洲議會和歐洲理事會也已在 2014 年頒布「歐盟降低寬頻成本指令」(European Union Broadband Cost Reduction Directive, Directive 2014/61/EU)，歐盟成員國必須將其納入各國法律。該指令內容包括營運商之間的基礎設施、資訊、以及建網工程的協調，並讓 ISP 業者可使用任意網路基礎設施發送數位內容，這些措施有助於促進及推展高速寬頻網路。

目前芬蘭、匈牙利、愛爾蘭、西班牙和瑞典等國已將上述立法方針內國法化。捷克，拉脫維亞和斯洛維尼亞目前正在將該指令轉化為國家法律。西班牙的被動基礎設施共享則是該國通信基礎設施增長的關鍵因素，對將光纖廣泛部署到企業和家戶極有助益。由此可以觀察到

4. OECD 國家資通訊發展政策趨勢

2016 年，OECD 針對其 38 個成員國的數位經濟政策，進行統計與調查，由此可以觀察到各國資通訊及數位政策的發展狀況，包含資通訊領域的投資及補助政策，促進應用政策等。

根據 OECD 調查（如圖 10），有超過 90% 的國家，至少有一項政策用以支持資通訊領域的創新。政府的支持主要透過稅收優惠、研發補貼、定額補助及教育訓練等方式，例如英國政府對企業提供社群媒體商務教育資料，以提高其電子商務技能；瑞士及西班牙也為其資通訊相關企業提供海外推廣諮詢服務。

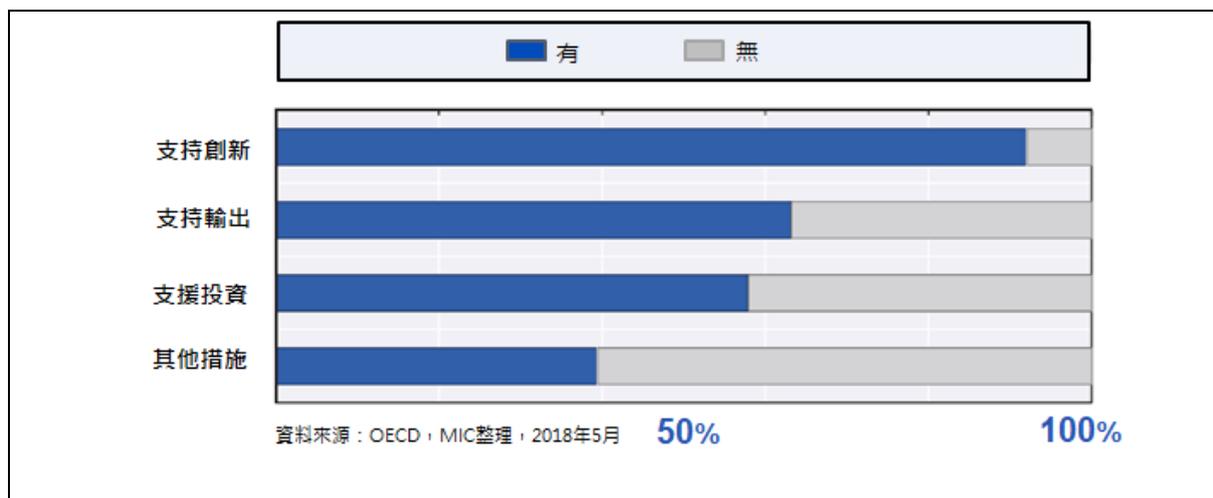


圖 10：OECD 各國支持資通訊領域成長的政策

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

在支持資通訊創新的政策方面，OECD 國家中，政府撥款以及提供育成為最重要之政策手段；而在投資方面，最主要之政策支持為政府提供資通訊相關企業的貸款（如圖 11）；許多國家亦以加速器為新創企業提供指導和種子基金。目前英國、盧森堡、巴西等國均有加速器計畫。

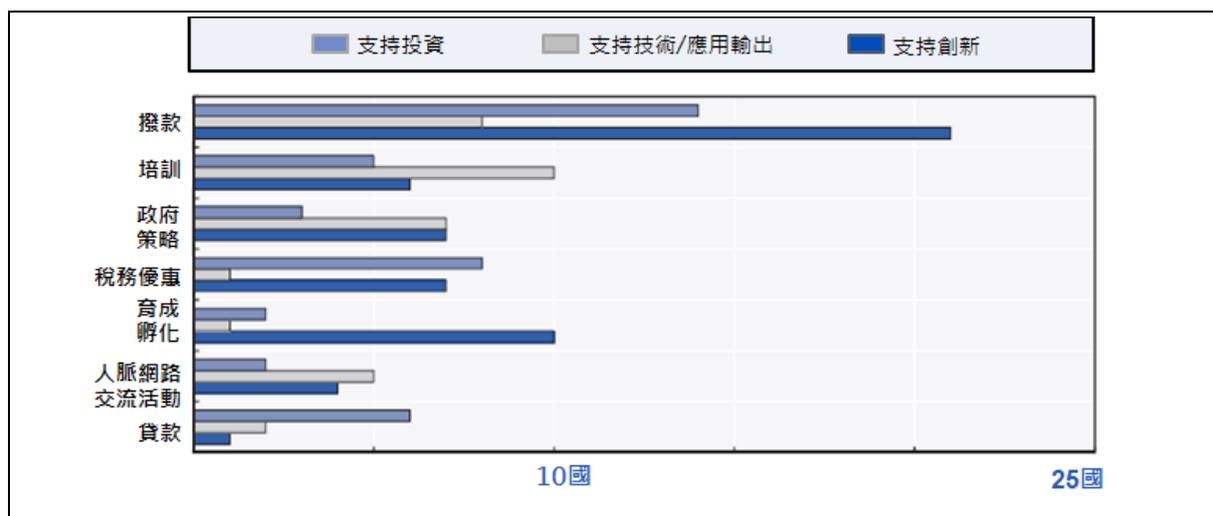


圖 11：OECD 各國支持資通訊領域政策之執行方式

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

OECD 的調查亦顯示，35 國中有 33 國的政策旨在提高個人的資通訊使用率，最多國家施行的政策主要是促進政府在行政流程應用資通訊技術（如圖 12），最常見的電子公共行政服務，如稅務申報，更新個人資料和民事登記等。許多政府也對外開放公共部門資訊（public sector information, PSI）。

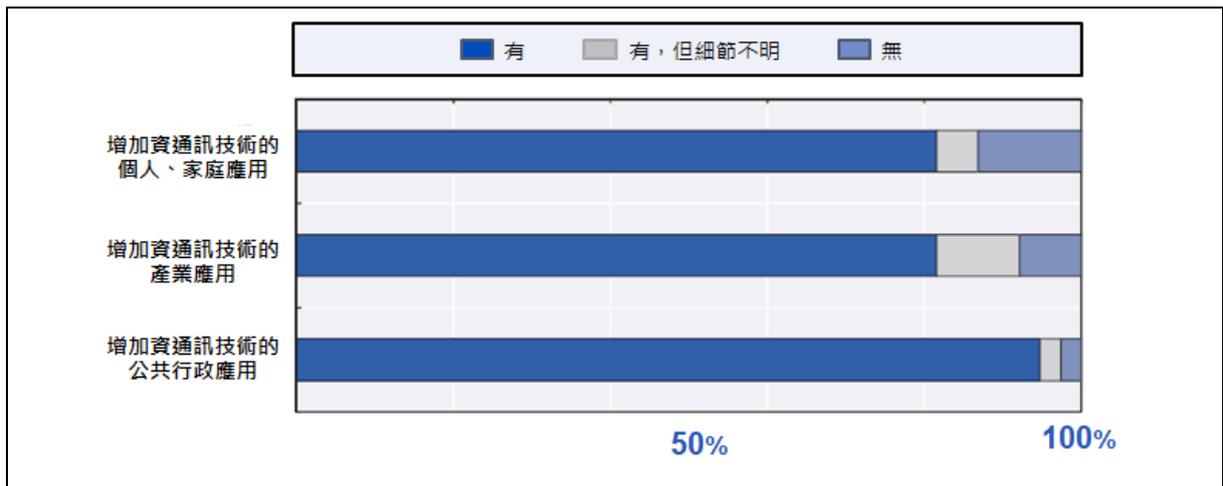


圖 12：OECD 各國推動資通訊技術應用政策

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

E 化政府服務則為 OECD 國家公部門資通訊應用政策最為普遍的項目（如圖 13），例如瑞士已經為國外選民提供電子投票系統；哥倫比亞除了一般 E 化服務，包括簽發和續簽護照等外交服務也能在網路上完成。線上稅務服務則是目前各國政府對企業最常見的 E 化服務。

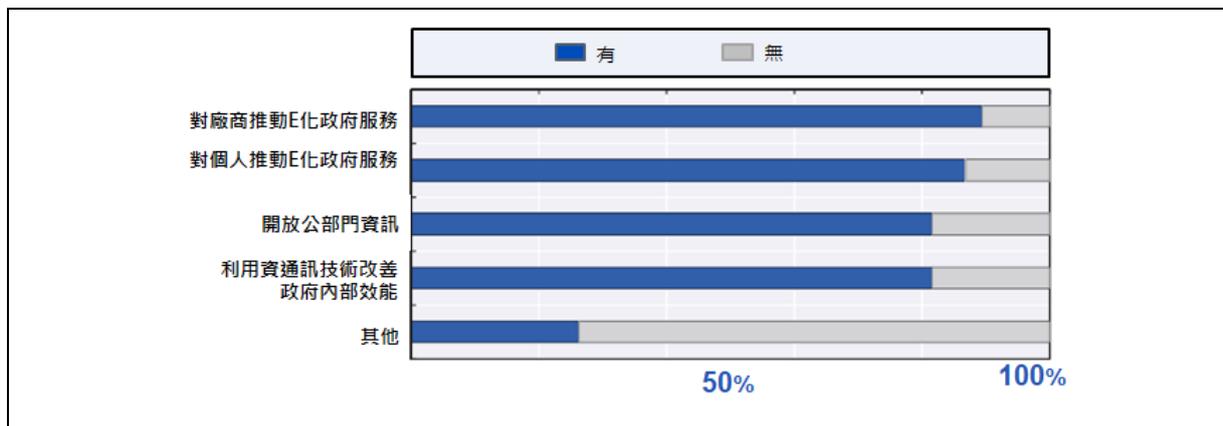


圖 13：OECD 各國推動公共行政之資通訊應用的政策

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

最常見的鼓勵數位創新政策是改善數位創新條件及投資誘因，

包含鼓勵資訊和通信技術的擴散、發展創新網絡或獲取金融支援等（如圖 14）。

以丹麥為例，高等教育和科學部以及科學、技術和創新署已經幫助建立 22 個創新網絡。這些創新網絡為企業提供各自專業領域內最新的研究和創新趨勢，也能幫助企業尋找創新計劃的國內外合作夥伴。

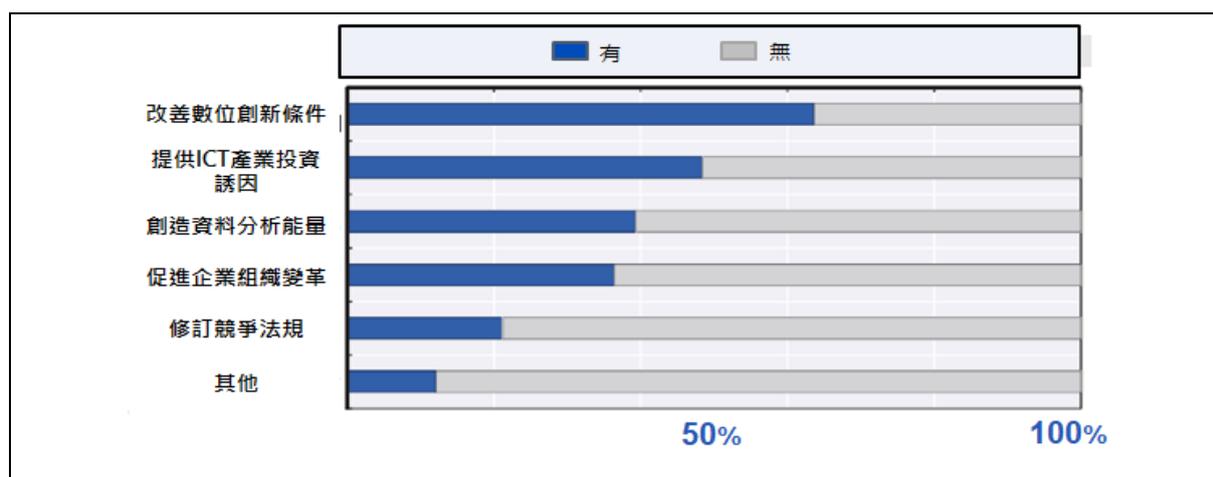


圖 14：OECD 各國支持 ICT 創新的政策

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

所有 OECD 國家均具備或計劃至少制定一項政策或監管措施來加強數位應用和服務。絕大多數（80%）的 OECD 國家均具備促進跨組織和部門資料使用政策（如圖 15），像如由政府推廣產業的資料開放格式。在具體案例上，葡萄牙有一個教育計畫名為 B-on（Biblioteca do Conhecimento Online），為一個線上知識庫，專門為科學研究和高等教育機構提供無限且永久的科學期刊和電子圖書全文。

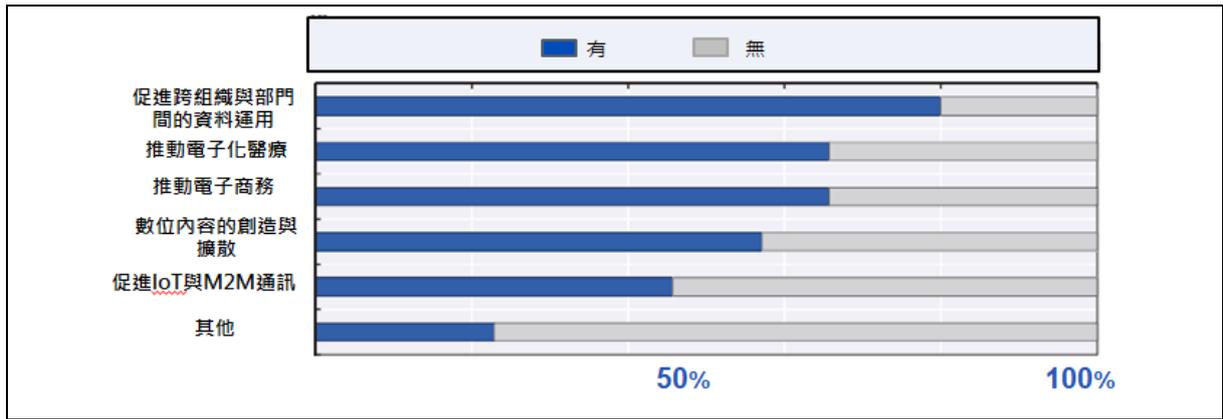


圖 15：OECD 各國鼓勵智慧應用與服務的政策

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

5. OECD 國家數位安全政策趨勢

有鑑於數位化帶來的資安問題以及個資外洩，幾乎所有 OECD 國家都認為實施國家數位安全策略，對整體社會能夠保持對數位創信的信任至關重要，也推出具體政策。

據 OECD 統計，近年推出資安相關政策政策的國家大幅增加，截至 2016 年，已有 29 個國家建立國家數位安全策略（如圖 16）。

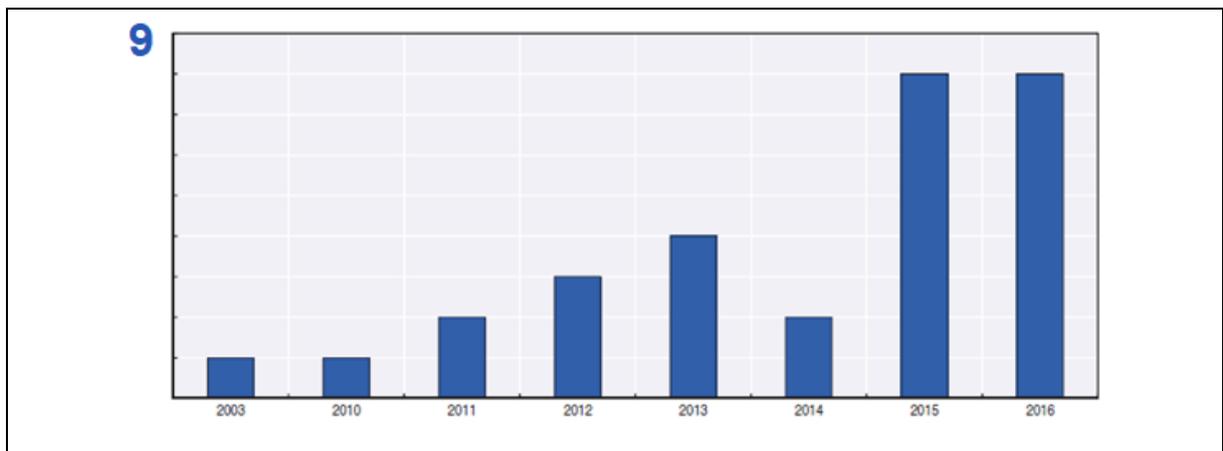


圖 16：OECD 強化數位安全的政策數量

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

在資安政策的細節方面，根據 OECD 調查，各國首要之務是建立資安能量，目前各國對網路安全專家的需求顯著增加，但供給量卻並不足夠，因此增加的數位安全技術／管理專業人員，是 OECD 大多數國家資安政策的主要目標(33 個國家中有 31 個有相關政策) (如圖 17)。

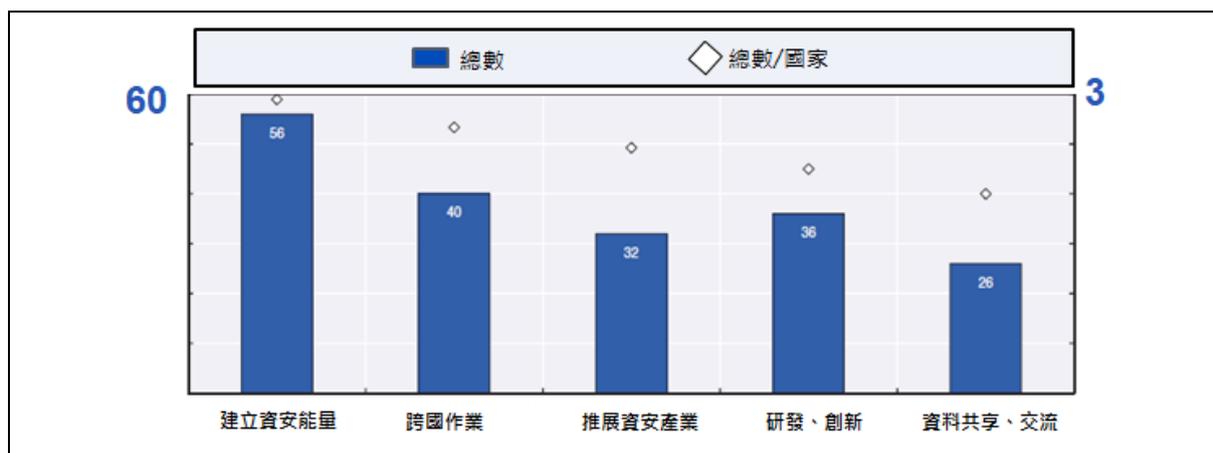


圖 17：OECD 引進數位安全策略的國家數量

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

在個資保護方面，提高使用者的隱私權意識和教育是最常見的政策措施(如圖 18)，如歐盟之「一般資料保護規範」(General Data Protection Regulation, GDPR) 要求資料保護主管機關必須提高一般使用者認識對個資處理的認識。

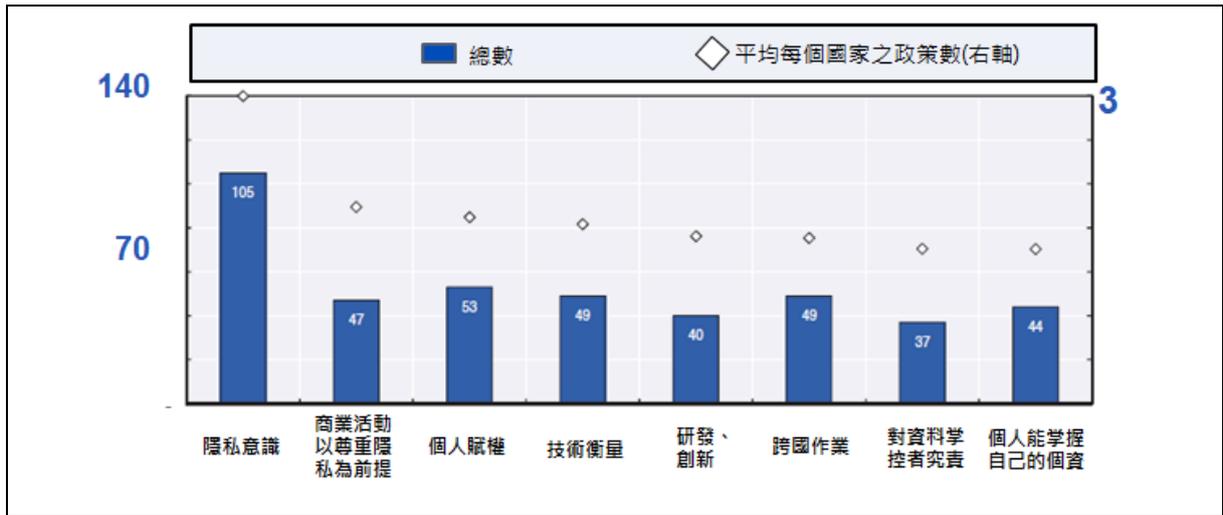


圖 18：OECD 推動強化隱私的政策數量

資料來源：OECD，MIC 整理，2018 年 5 月

四、數位經濟產業發展重要議題分析

(一) 數位轉換應用案例：智慧城市應用

1. 杜拜：區塊鏈智慧交通管理系統

杜拜道路與交通管理局（Road and Transport Authority, RTA）計劃在 2020 年推出基於區塊鏈技術的「車輛生命週期管理系統」，該系統將為客戶提供從「製造商一路到廢料場」的車輛歷史記錄。透過將車輛製造的歷程紀錄寫入區塊鏈資料中，其不可修改特性可使車輛的利益相關人，如汽車製造商、經銷商、監管機構、保險公司、買方、賣方甚至廢棄廠帶來益處。因為其提供車輛交易的透明度和信任度，防止糾紛並降低服務成本。並可以追蹤所有權，銷售和事故歷史，為供應鏈創建更智能，更高效的系統。

此計畫的合作廠商有 IBM、迪拜海關、杜拜警察局、杜拜經濟發展部、阿聯酋航空標準化和計量局和內政部等。

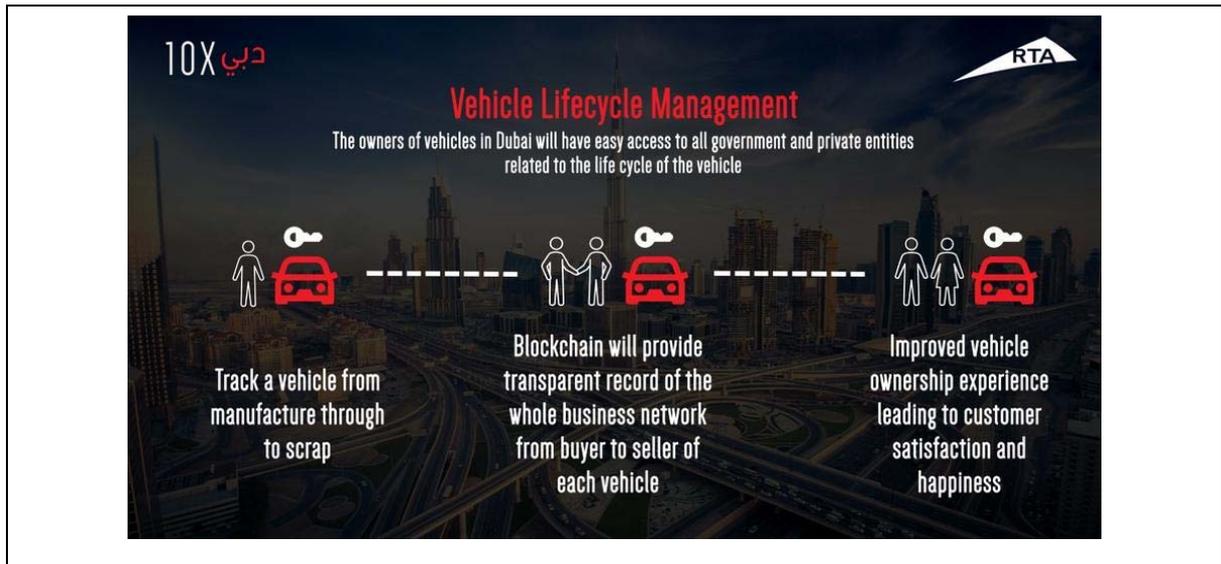


圖 19：杜拜 10X 計畫車輛生命週期管理

資料來源：arabian business，MIC 整理，2018 年 4 月

以臺灣為例，五年內汽車不需要驗車，造成事故車或是贓車送至解體工廠變造後，能夠將零件拆卸重新拼裝，再製成中古車售出，可能造成消費者權益受損。此外在中古車市場，容易因為消費者難以分辨車輛狀況好壞，因而降低願付價格的情形，在這種情況下，狀況保持良好的中古車，其市場價格往往不能達到車主的願售價格，因而使得狀況良好的中古車退出市場，是所謂的「劣幣驅逐良幣」。

在區塊鏈技術利用加密技術，而且所有車輛歷程皆可以公開收到其車輛資訊時，狀態良好的中古車，便可因車輛資訊的品質保證而提高售價。以區塊鏈技術紀錄車輛產出紀錄，利用其寫入資料便不可修改的特性，可以防止資料偽造，避免消費者在中古車市場買到贓車、事故車、拼裝車等等，刻意掩蓋其車籍資料的中古車。

2. 布魯克林：區塊鏈微電網

美國布魯克林社區、能源公司 LO3 與區塊鏈開發商 ConsenSys，合作建置區塊鏈微電網平台 TransActive Grid，此一平台使得有家用

太陽能發電的家戶，與沒有太陽能發電設備的家戶，可以在交換剩餘電力時，免除能源商的認證，直接由微電網設備上記錄，直接進行交易。且每一筆交易紀錄，都在區塊鏈平台上做紀錄，促成社區能源交易。

TransActiveGrid 的設備包括智能儀表以及區塊鏈智能合約，其智能合約可以在以太坊區塊鏈自動執行，結合西門子公司的微電網技術，以便追蹤紀錄每筆使用電量交易。目前實施範圍有公園坡 (Park Slope) 公園和鄰近的紐約布魯克林區波倫山 (Boerum Hill)、郭瓦納斯 (Gowanus)。

該計畫由西門子公司數字電網部門 (Siemens Digital Grid)、西門子新創事業的部門 Next47 共同參與。此一計畫也受到紐約市《能源願景改革》(Reforming the Energy Vision) 計畫的資助。



圖 20：TransActive Grid 手機 APP 使用介面

資料來源：LO3 energy，MIC 整理，2018 年 4 月

臺灣現有之供電系統以石油及天然氣為主，化石燃料多採用集中式電源，缺乏雙向監控及分散式電源機制，一旦電廠發生事故，

將造成大規模停電，經濟產值損失龐大，且遠距離的輸送，會造成電力損耗。相對來說，分散式電網分布在需電單位區域附近，當發生大規模天災時，可以及時提供電力輸送，避免大規模停電，因此世界各國之電源供應系統逐漸轉型為分散式電源發展，如美國提出的「電網現代化倡議」(Grid Modernization Initiative)、日本的「分散型電源系統連繫技術指針」，逐步由集中式供電轉型為用戶端之間，以容量小的分散式電源互相支援。

區塊鏈的應用恰可促進分散式電源的發展。在過去，再生能源交易相當繁雜，以 SunPort 這家公司為例，SunPort 販售太陽能電源插座，使得沒有裝設太陽能板的家戶，只要在家中既有的插座上裝上 SunPort 產出的轉接頭，便能自動切換成太陽能產出的綠電。為了使這套機制能運作，SunPort 需要依靠美國的太陽能可再生能源信用證 (SRECs) 制度，需要以政府信用為背書，才能夠將可再生電源商業化，跨越電力實際運行中的實時平衡性限制。區塊鏈技術能加速社區間小規模的環保電力交易，其交易資訊透明化且具即時性，也因其不可修改性，因此可以免除中間能源商或是政府介入，不需要再依靠政府核發可再生能源認證，以降低交易成本。對於裝設太陽發電設備的用戶來說，這樣的系統能給予更高經濟上的回饋；對於沒有能力裝設的用戶來說，也能以便宜的價格獲取乾淨的再生能源電力，達到雙贏。



圖 21：Sunport 轉接插座

資料來源：Sunport，MIC 整理，2018 年 4 月

(二) 數位轉換應用案例：智慧零售應用

1. Walmart：智慧語音與貨架掃描

Walmart 陸續併購電商 Jet.com、建置自有的雲端，作為 AI 的訓練基礎，甚至更名「WalMart Stores Inc.」為「Walmart Inc.」，力圖轉型並投資 AI。

現階段 Walmart 的 AI 應用為虛擬語音助理和貨價掃描機器人，由創新科技採用團隊 WalmartLabs 規劃，未來將於結帳區設置開發面部偵測與辨識，瞭解消費者排隊等候的情緒變化，以提供個人化體驗、簡化營運流程，因應 Amazon 的挑戰。

在虛擬語音助理應用方面，Walmart 與 Google Home 合作，讓消費者能透過 Google 語音助理，透過手機或 Google Echo 智慧音響等設備訂購 Walmart 商品，並由 Google 的線上購物中心 Google Express 送貨到府。據此，Walmart 得以擁有家居市場的通路，擴大消費者旅程到最前端的需求確認情境，減少消費者購買決策思考過

程，且能一站式的購買。

在貨架掃描機器人方面，Walmart 則採用 Bossa Nova Robotics 的機器人，配置在美國 50 家分店，用於自動掃描貨架和商品，確認是否有空缺或放錯之商品、標錯或遺失的標籤，連動後端存貨與採購系統，可即時提醒店員進行補貨和修正。既能減少消費者想買卻買不到的不良體驗，又能節省貨架盤點這類的高重複性、零碎且可預測的任務人力，讓員工能更專注服務消費者，或是補貨和調整的工作。

@WalmartLabs 成立於 2005 年，研究與採用零售科技，讓 Walmart 在虛實通路保持競爭。

虛擬語音助理	貨架掃描機器人
	
<ul style="list-style-type: none">• 推出時間：2017 年 9 月• 合作團隊：Google Home、Google Express• Google Home 裝置語音訂購與回購，並由 Google Express 運送。	<ul style="list-style-type: none">• 推出時間：2017 年 10 月• 合作團隊：Bossa Nova Robotics• 掃描貨架檢視是否有空缺或放錯之商品、標錯或遺失的標籤，能提醒員工及時修正。

圖 22：Walmart 人工智慧應用案例

資料來源：Walmart，MIC 整理，2018 年 1 月

2. Lowe's：機器人店員與沉浸式購物

Lowe's 的賣場商品為裝修工具與家具用品等，當消費者需要某些耗材時，例如特定品牌與型號的釘子或鑽具，較難以運用言語或文字表達清楚，所以消費者會攜帶到店詢問店員。另一方面，消費者選購家具用品時，注重搭配的適切性與整體視覺呈現的效果，然

而網路或賣場上過多、分散的商品擺設，無法滿足其採買的需求，故 Lowe's 的科技採用團隊 Innovation Labs 分別針對以上兩種情境，提供 LoweBot 與 Hologram 兩種 AI 應用。

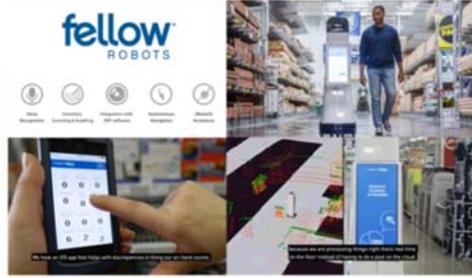
LoweBot 採用 Fellow Robots 解決方案，每台機器人搭配了互動面板與攝影機，能進行多國語言問答互動，以電腦視覺辨識欲尋找之商品，並自動導航帶領消費者前往選購；無須協助消費者時，亦可偵測掃描貨架檢查是否有缺貨，店員從應用程式（APP）即時確認貨架概況並進行補貨，進而讓商品進銷存管理最佳化，並可掌握走道與貨架的空間概況。目前 LoweBot 鋪設在美國舊金山灣區的 11 個據點。

消費者在選購系統家具或裝潢建材時，會先於社群媒體 Pinterest 標註喜歡的設計風格，再思考要在哪種通路找到他們想要商品組合，然標註之圖片缺乏整體呈現。故 Lowe's 和微軟合作，讓 Pinterest 的標註可透過 Cortana 深度分析，找出可能喜歡的設計，以 HoloLens 擴充實境展示，能直覺式瞭解整體的空間規劃和資訊，並以口語或手勢變換顏色、花紋、造型等，供直接選購或寄送此設計，讓消費者能思考比較，目前美國擁有 5 個試驗據點。



廣泛思考潛在的技術應用，探索技術如何改變消費者與員工的未來生活。

零售智慧機器人：LoweBot



- 推出時間：2016 年 8 月
- 合作團隊：Fellow Robots
- 可辨識欲查詢物件、多國語言問答、路線導航、自動掃描貨架。

尺寸與造型優化：Hologram 居家設計



- 推出時間：2016 年 8 月
- 合作團隊：Microsoft Cortana、HoloLens
- Cortana 分析 Pinterest 數據，找出偏好設計，並以 HoloLens 混合實境展示展體配置與資訊。

圖 23：Lowe's 人工智慧應用案例

資料來源：Lowe's，MIC 整理，2018 年 1 月

參、新興聯網應用發展趨勢與關鍵議題探索

一、主要國家及業者 5G 發展趨勢分析

(一) 主要國家 5G 頻譜規劃與發展政策

1. 美國

聯邦通信委員會 (FCC) 2016 年起便針對低、中、高頻段頻譜進行一連串的規畫布局。並於 2016 年 7 月 14 日公布「頻譜開發計畫」(Spectrum Frontiers)，開放近 11 GHz 可以靈活用於行動和固定無線寬頻服務、包含授權頻譜 (Licensed) 與共享與免授權頻譜 (Shared and unlicensed) 的高頻段頻譜。

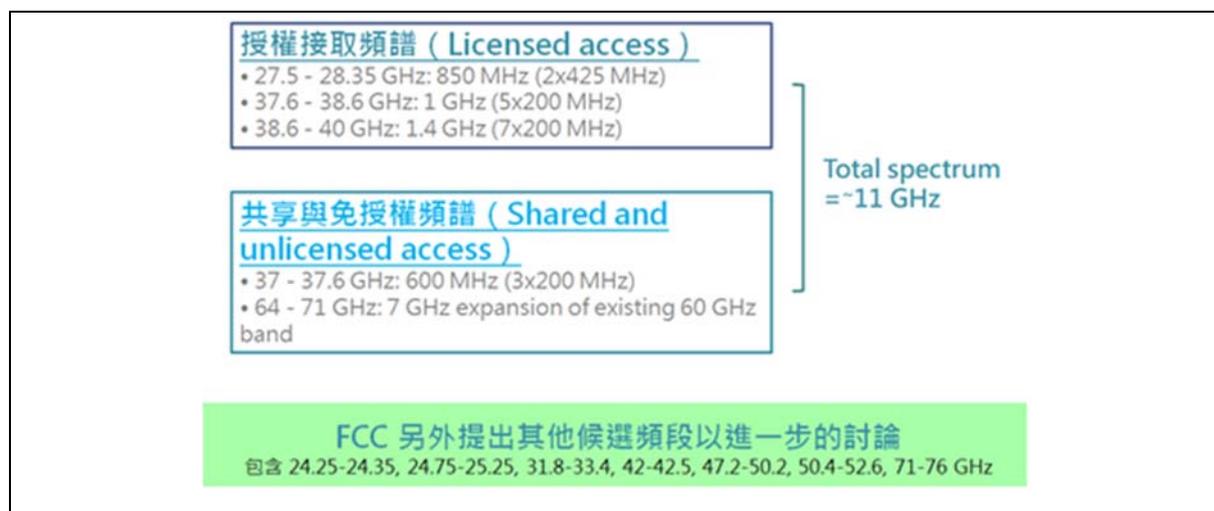


圖 24：美國 FCC 開放 5G mmWave 頻譜資源

資料來源：FCC，MIC 整理，2018 年 4 月

2018 年 3 月 2 日，美國國會重申對電信基礎設施、寬頻建設和加快 5G 網路部署之承諾，達成出售高頻段頻譜的協議，稱為「RayBaum Act」。而此項協議中的一項重要規定便是—28 年以來將首次重新授權美國 FCC 進行頻譜拍賣，未來頻譜拍賣、分配計畫，將充分授權 FCC 執行，且允許 FCC 將高頻段頻譜競標的押金存入

美國的財政部。針對 5G 頻譜的管理與後續發展則有五大方向：

- (1) 加快釋出低頻頻段。透過激勵拍賣促使廣播電視公司釋出 600MHz 頻譜。
- (2) 針對中頻頻段的共用更為重視。尤其 2017 年 FCC 開放 3.5GHz CBRS 頻譜共用機制。
- (3) 發掘高頻候選頻段，如 24.25–24.35GHz、24.75–25.25GHz、31.8–33.4GHz、42–42.5GHz、47.2–50.2GHz、50.4–52.6GHz 以及 71–76GHz 等。
- (4) 擴展並發揮免授權頻譜的作用。FCC 已擴展 57–71GHz 免授權頻段，已有 14GHz 的連續頻寬可用，如何適當運用將是日後重點。
- (5) 為使 5G 產業與市場部署更加靈活、便捷，政府部門將簡化、縮短基地台的審批過程與時間。

隨著美國總統川普於 3 月 23 日正式簽署「RayBaum Act」的執行令後，也進一步地促使 FCC 按照原訂規劃於 2018 年 11 月釋出 5G 頻譜資源。2018 年 3 月 27 日 FCC 發佈 5G 頻譜競標規則；4 月 17 日，FCC 正式敲定將於同年 11 月 14 日進行 5G 網路 28GHz 頻段的營運執照競標，隨後則將進行 24GHz 的標售（日期未定）。

表 1：美國 FCC 5G 高頻頻譜拍賣規劃

主管機關	FCC（美國聯邦通訊委員會）	
頻譜	28GHz	24GHz
競標時間	2018/11/14	未定，會在 28GHz 頻段拍賣完成後
方式	以 2 組 425MHz 頻譜塊形式、郡縣層級單位發放執照	以部分經濟區域（PEA）為單位，提供 7 組 100MHz 頻譜塊發放執照

主管機關	FCC (美國聯邦通訊委員會)
備註	部分經濟區域的許可範圍比郡縣層級還要大。

資料來源：FCC，MIC 整理，2018 年 4 月

FCC 將 28GHz 頻段的拍賣代號稱為「Auction 101」，將以兩組 425MHz 的頻寬區塊形式（共 850MHz），分別為 27.5–27.925GHz 及 27.925–28.35GHz，依照郡縣層級單位（county-by-county basis）發放執照，各組執照數達 1,537 張，共 3,074 張；而後續針對 24GHz（24.25–25.25GHz）的頻譜拍賣代號為「Auction 102」，將以 7 組各 100MHz 為區塊單位（共 700MHz 頻寬）進行拍賣，依照部分經濟區域（Partial Economic Areas, PEA）發放執照，而各組執照數為 416 組，共 2,912 張。換句話說，FCC 將在 2018 年底前在美國不同地區且以不同頻段，開放將近 6,000 張 5G 頻譜營運執照，總釋出的頻譜資源達 1.55GHz。

至於在拍賣的規則上，FCC 研議「Auction 101」28GHz 頻段的拍賣將採取同時「多輪拍賣的形式（multi-round auction format）」；「Auction 102」針對 24GHz 頻譜的拍賣則採用「價格鐘拍賣制度（clock auction format）」。此外，FCC 也提供針對中小企業以及偏鄉服務營運商建議上限分別 2 千 5 百萬及 1 千萬的投標貸款。

申請參與競標的營運商皆必須提交預付款，作為取得競標資格的可退還保證金，而 FCC 對於預付款的計算是以 0.001 美元/MHz/POP 為基礎，基本上相當於最低開標價格的一半。而根據 FCC 的計算，「Auction 101」28GHz 頻段拍賣最低開標價格將高達 1.26 億美元，參與競標者的預付款約 6 千 3 百萬美元。至於隨後的

「Auction 102」競標底價總額達 4.4 億美元，預付款 2.2 億美元。整體平均來看，此次 FCC 競標 28GHz 與 24GHz，約以 15 萬美元 /MHz 的底價進行，而實際開標後的價格如何，則有待 11 月拍賣結束後揭曉。

2. 日本

日本政府早在 2015 年就開展了針對 5G 下世代通訊之發展規劃，以實現 2020 年東京奧運為 5G 正式邁入商用之舞台為目標，推出全球首發 5G 服務。故提出「5G 研究開發與綜合實證試驗」、「國際合作協調」、「頻譜規劃具體化與技術條件制訂」三大方向，積極鏈結日本產官學研各界一同努力。



圖 25：日本政府實現 5G 商用三大發展方向

資料來源：日本總務省，MIC 整理，2018 年 8 月

隨著 5G 技術的持續發展，日本 5GMF 在 2016 年 1 月成立由

NTT DoCoMo 主導的 5G 試驗促進小組（5G trial promotion Group）後，集結各相關廠與學研單位一同參與 5G 的“Concept of trial”規劃，以加速 5G 技術發展、標準制定以及整體系統網路之建構。

為確保 2020 年順利使 5G 系統邁入商用化，5GMF 規劃 5G 整合驗證測試網建構，於 2017 年開始進行為期三年的 5G 無線接取技術、網路架構與應用服務的“綜合測試驗證（Integrated Verification Trial）”。

隨後日本總務省（MIC）於 2017 年 7 月進行了 5G 諮詢，透過「電波政策 2020 懇談會」的運作，討論日本未來的頻譜規劃；同年發佈 5G 頻譜策略，計畫 2020 年東京奧運會之前實現 5G 網路正式商用，重點考慮規劃 3.6—4.2GHz、4.4—4.9GHz 作為 5G 6GHz 以下的候選頻譜，並確保將有 500MHz 的頻寬可用；而 27.5—29.5GHz 頻段則參考國際如美國、南韓之投入，將確保 2GHz 的頻寬。

而為了確保日本 2020 年能夠實現 5G 商用，預計 2018 年夏季完成 5G 頻譜技術條件，並爭取同年底進行頻譜重新配置；相較於他國藉由拍賣方式進行 5G 頻譜配置，日本政府將於 2019 年 3 月底採用「比較審查方法」進行 3.6—4.2GHz、4.4—4.9GHz 與 27.5—29.5GHz 等頻段的 5G 頻譜分配作業。

除了前述日本所規劃 3.6—4.2GHz、4.4—4.9GHz 與 27.5—29.5GHz 三段 5G 必要頻譜外，日本將於 2020 年上半年增加未來 5G 可用的頻譜。在 6GHz 以下頻段，主要有以下三頻段：1.7GHz 與 2.3GHz 頻段、2.6GHz 頻段以及 3.4—3.8GHz 頻段。

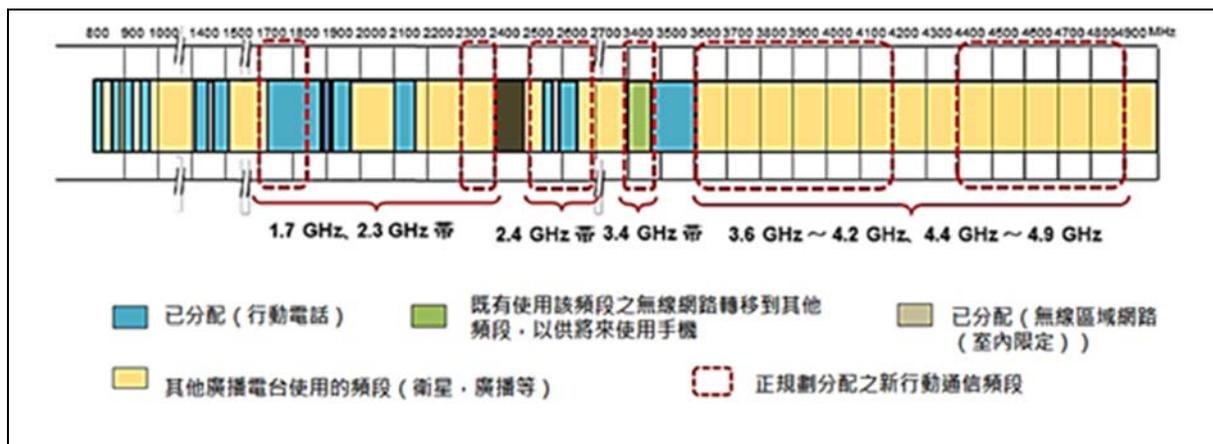


圖 26：日本 6GHz 以下 5G 候補頻段

資料來源：日本總務省移動通信課，MIC 整理，2018 年 8 月

此外，日本政府同時也在研議 WRC-19 提出的其他 5G 候選頻段（如 24.25-86GHz），以及為求與國際協調並進的可能頻段，如部分國家正著眼之 24.5-27.5GHz，以及 43.5GHz 以下，歐盟國家關注的 37.0-40GHz、40.5-43.5GHz，或是美國瞄準研究的 37.0-40GHz。

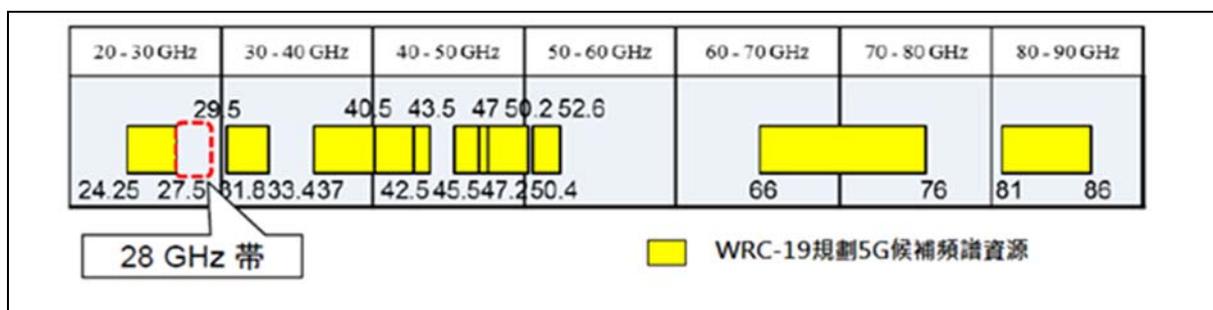


圖 27：日本 24GHz 以上 5G 候補頻段

資料來源：日本總務省移動通信課，MIC 整理，2018 年 8 月

在國際合作協調方面，日本緊跟著 5G 國際標準化的腳步發展以求與國際接軌。像是由 5GMF 領軍，積極與主要國家／區域的 5G 推進組織進行產官學研各層面的合作，加強各組織間的資訊互

通共享和跨國合作目的。

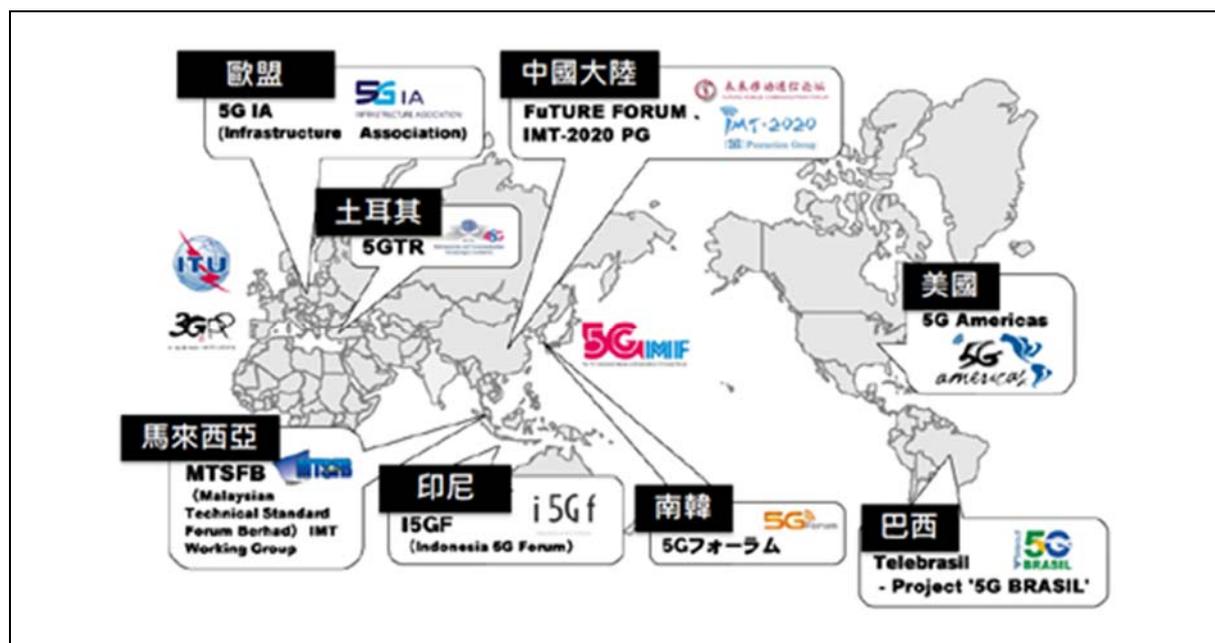


圖 28：日本與區域 5G 推進組織合作

資料來源：日本總務省，MIC 整理，2018 年 8 月

而為了解決各種社會問題，促進國家發展，日本總務省於 2018 年 1 月召開「ICT 基礎設施區域發展戰略審查委員會」，針對日本人口老年化、出生率下降造成的勞動力短缺、交通工具適用性、以及天然災害問題，透過各方討論，期望 2020 年之後藉由 5G、AI 與 ICT 技術建立新興科技與通訊基礎設施新利用模式，為各領域等提供更完備的服務。

例如藉由 5G 實現需要超低延遲通訊的公共交通自動駕駛系統的部署；在農林漁牧業人口高齡化狀態下，透過 5G IoT 技術加上無人機／機器人等輔助，實現智慧化管理；或者在遠端進行施工現場的遠距測量與機具作業。而有鑑於日本近年常遭受天災侵襲，政府亦期望在城鎮中部署高解析影像攝影機、感測器蒐集各項數據，以全面且即時地掌握災害訊息，並快速反應地提供疏散預警與醫療

救難資訊，打造能即時反應、快速疏導的“抗災環境”。



圖 29：以 5G 實現無線化社會

資料來源：日本總務省，MIC 整理，2018 年 8 月

因此，在同年 7 月的第 5 次會議中，日本總務省提出了「ICT 基礎設施整備改善解決方案」。透過開發、部署 5G 和光纖等 ICT 基礎設施，結合光纖固網與 5G 光纖級行動通訊，融合 AI 與 IoT 等技術，藉 ICT 基礎設施整備改善解決方案，根據區域與應用領域，一步步滿足未來日本在人民生活與產業發展需求。

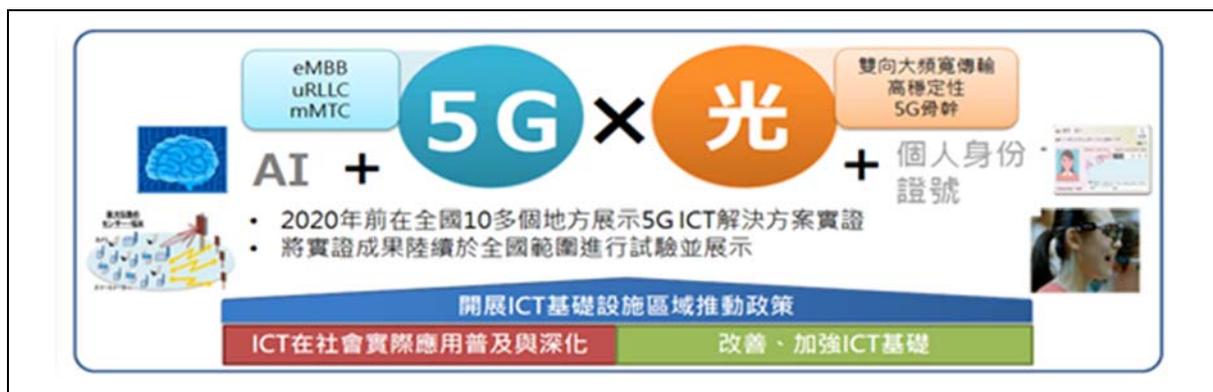


圖 30：結合 5G、AI、光纖進行 ICT 基礎設施整備改善

資料來源：日本總務省，MIC 整理，2018 年 8 月

3. 中國大陸

中國政府於 2017 年 11 月 15 日公佈「工業和資訊化部關於第五代國際移動通信系統(IMT-2020)使用 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 頻段相關事宜的通知」，預計在 3.3GHz-3.6GHz 以及 4.8GHz-5GHz 兩頻段上部署 5G；在 6GHz 以下頻段，工信部批准超過 400MHz 的頻寬。

表 2：中國大陸 5G 頻譜規劃

	3.3-3.4GHz	3.4-3.6GHz	4.8-5GHz
與其他系統共存問題	與無線電定位服務共存	與衛星固定服務共存	與無線電天文服務 (radio astronomy service) 共存
政府政策與管控	原則上室內使用	5G 系統技術的試驗頻段，但須考慮對衛星的保護	考慮地理區域隔離
產業進展	產業成熟度還需進一步推動	中國大陸 5G 核心頻段，產業成熟度相對高	產業成熟度還需進一步推動

資料來源：中國大陸工信部，MIC 整理，2018 年 5 月

在毫米波頻譜方面，2017 年 6 月 18 日工信部公開徵集用於 5G 技術試驗的「5G 毫米波頻段規劃徵集意見」，確定 24.75-27.5GHz 和 37-42.5GHz 頻段，預計釋出 8.25GHz 高頻段頻譜資源，2018 年將推動更進一步毫米波頻譜規劃。同時也允許 5905-5925MHz 頻段用於 LTE-V 試驗，確定窄頻物聯網 (NB-IoT) 應用的用頻方向，將為 5G 物聯網未來應用提供先導示範。「2018 年全國無線電管理工作要點」宣佈將適時發布 eMTC 頻率管理規定及射頻技術

指標，也會配合 5G 需求調整 230MHz、800MHz 頻段專網及公共廣播頻率使用規劃和相關規定。

中國大陸頻譜資源釋出分配方式與他國不區分頻譜和業務牌照並採用拍賣的方式不同，是採取頻譜和業務牌照分別頒發的頻譜劃分方式，同時會收取一定的頻率占用費。然而各國相似之處皆在於各地區都在爭奪 5G 建設的高低，意圖在新一代通信技術上面走在前列。不過，一直以來 5G 建設的高成本也成為業界的煩惱。雖然 5G 相對於 4G 而言，能力方面將全面大幅提升，建設成本卻由於諸多原因而面臨挑戰。

中信建投通信行業分析部門的資料顯示，預計中國大陸 2019 年起將正式開啟 5G 建設，2020 年起大規模建設。預計未來 5G 基站量將是 4G 的 2 倍，運營商 5G 建網主體投資可能將達 1.23 萬億元，較 4G 投資增長 68%。

因此，中國大陸發改委於 2018 年 4 月 24 日宣佈，為降低企業負擔、促進國家資通訊與航太產業發展，將採用「頭三年減免，後三年逐步到位」方式，調降 5G 網路之頻譜使用費，同時也降低 3000MHz 以上頻段頻率占用費收費標準。

表 3：中國大陸頻譜收費標準

時間	5G 使用許可證 發放前三年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年起
無線電頻率占用費率 (規定金額比例)	減免	25%	50%	75%	100%
備註：按財務年度計算		第四年之後按照中國大陸國家規定收費標準計算			

資料來源：中國大陸國家發展和改革委員會，MIC 整理，2018 年 5 月

表 4：5G 頻譜使用費減免前後營運商需支付金額比較

頻譜	減免前費用 (人民幣/年)	減免後費用 (人民幣/年)	備註
3.3~3.4 GHz (原則上室內使用)	8 億	1.5 億	6 GHz 以下頻譜， 三大營運商平均每 年能節省五十多億 人民幣
3.4~3.6 GHz	16 億	10 億	
4.8~5.0 GHz	16 億	6 億	
毫米波 (24.75~27.5GHz、 37~42.5 GHz，僅計算 室外環境)	620 億	38.75 億	三大營運商前三年 將節省 52.5 億元， 後續三年將會節省 26.25 億元開支

資料來源：中國大陸國家發展和改革委員會，MIC 整理，2018 年 5 月

此外，2018 年 3 月工信部進一步發佈「全國無線電管理工作要點」，制定中頻段無線電設備射頻技術指標，提出部分毫米波頻段頻率規劃方案。適應物聯網、工業互聯網、車聯網發展，制定廣域物聯網、車聯網頻率使用規劃及相關管理規定。研究制定無人機頻率使用管理規定、無線電充電設備頻率使用管理規定和技術規範，以加快 5G 系統頻譜規劃進程。

中國大陸工信部 5G 頻譜研究將聚焦在研究「5G 中頻段頻率許可方案」、「確定 5G 中頻段射頻技術指標」、「3.5GHz 頻段 5G 系統與衛星干擾協調管理辦法」、「車聯網頻率規劃方案」、「推動 5G 毫米波頻率規劃」等五方面中，並繼續為 5G 協調出更多的頻譜資源。

(二) 國際關鍵業者 5G 網路規劃

1. 美國／T-Mobile

T-Mobile 不同於其他美國營運商密切關注固定無線技術，而更側重於利用它在今年早些時候在拍賣中贏得的 600MHz 頻段的無線電頻譜 — 這段曾經被認為由於陣列天線尺寸龐大同時帶寬有限因此不適合 5G 的頻譜 — 而 T-Mobile 卻為它繪製了它的下一代網路戰略。

儘管高頻段的帶寬較大使得容量顯著增加，成為一些運營商優先考量 5G 頻段的重點，但其傳播特性不能與更低的頻段相比，因此 T-Mobile 認為應該更多地關注中低頻段的無線電頻譜。為此，T-Mobile 於 2018 年 8 月懷俄明州夏延 (Cheyenne) 的第一個 600MHz 頻段的站點上開通交換機，預計 2019 年將加快部署基於這些電波的 5G 網路。

同時 T-Mobile 將愛立信和諾基亞視為合作夥伴，期望利用 600MHz，在 2020 年部署一張全國性 5G 網路。而愛立信表示，它將為 T-Mobile 的 5G 網路提供 600MHz、28GHz 和 39GHz 的無線電硬件。另外，諾基亞和高通也推出了支持 600MHz 頻段的新技術，三星和 LG 都計劃在今年第四季度推出新的手機。其他一些競爭對手幾乎完全專注於使用 5G 產品的中高頻頻譜，使 T-Mobile 可以繼續保持其新的 600MHz 頻譜持有量，並將支持下一代 5G 服務。

在近期的全球移動通訊大會 (Mobile World Congress) 上 T-Mobile 宣布其計劃，希望 2018 年年底將在 30 個城市建立 5G 網路，其中包括紐約、洛杉磯、達拉斯和拉斯維加斯。T-Mobile 也承諾，在 2019 年年初推出首批 5G 智慧型手機時，讓上述四個城市 (紐約、洛杉磯、達拉斯和拉斯維加斯) 的客戶首先體驗 5G 技術。

2. 美國／Verizon

Verizon 瞄準 28GHz 毫米波 (mmWave) 頻段作為操作使用。並且依 Verizon 5G 標準商轉 FWA，利用固定式無線技術來為家庭消費者解決最後一公里的寬頻接入問題。希望通過固定式 5G 寬頻讓使用者享受到類似光纖級別的體驗服務。

在經過 11 個市場測試過 5G 的住家寬頻應用、彙整及改善客戶體驗後，Verizon 決定於 2018 年底推出 5G 商用服務，此一 5G 家用無線寬頻服務所使用的並非銅線或光纖，而是以無線訊號提供網路存取服務，是該公司第一個 5G 應用。

其計畫提供寬頻連網、語音、多媒體影視等整合性服務，且沒有流量限制。除了提供搭載 WiFi 功能的室內 5G 家庭網路之免費專業安裝服務，並可根據需要提供室外天線。預計未來美國將會有 3~5 個城市推出 5G 家用無線寬頻服務。而率先推出的城市為加州沙加緬度，連網速度為 1Gpbs。

Verizon 5G 服務的開創性在於將在其傳統的固網覆蓋範圍之外提供這一服務，據該公司表示，隨著時間的推移，該運營商將擴大約 3000 萬家庭的潛在市場。

3. 美國／AT&T

2018 年 1 月 4 日 AT&T 宣布將在 2018 年底以前成為第一家在 12 個城市推出行動 5G 服務的美國企業，同時還計劃推出一款能接入該網絡的設備。

AT&T 計劃到今年年底在 12 個城市推出支持 3GPP 標準的 5G 服務，可能使用 39GHz 或 28GHz 頻段。而目前該運營商已經明確表示亞特蘭大、達拉斯和韋科將會是其提供 5G 服務的首批城市。目標的客群將著重於一般居民、小型企業、零售業者以及教育用途上。

AT&T 已於 2018 年 4 月 2 日申請在美國加州進行 5G 移動服務測試，並且向 FCC 申請了試驗無線牌照，計劃在加州伯班克使用 28GHz 基站和終端進行測試。

此外 AT&T 也在 2018 年 5 月 15 日開始進行為期一個月的測試，此次試驗集中在 28GHz 頻段。不過此前該運營商曾申請 2 月份在達拉斯進行類似的測試，卻並未獲批。

3GPP（國際無線標準制定機構）甫於 2017 年 12 月敲定 5G NR（New Radio）標準，AT&T 為參與廠商之一。AT&T 表示，這項標準化里程碑讓公司得以盡早推出行動 5G 服務。至於 AT&T 將在 2018 年底推 5G 設備的計劃能否成行則有待商榷，畢竟主要晶片供應商高通早前曾表示，首批 5G 無線設備起碼要等到 2019 年才能推出。

對此，Mansfield 回應稱，為了能確保該設備順利進入市場，他們已經跟大量合作商和供應商展開合作。其相關合作廠商包括愛立信、三星、諾基亞和英特爾。

4. 日本／NTT DoCoMo

NTT DoCoMo 從 2014 年便和合作夥伴開始進行 5G 試驗，並於 2017 年展開各種結合應用服務與新興技術的外場測試，截至 2018 年 3 月為止，NTT DoCoMo 已和包含 Ericsson、Intel、Nokia、MTK、Samsung、Fujitsu、NEC、Huawei、Rohde & Schwarz 及 Keysight Technologies 等晶片、系統設備與測試大廠完成 168 場 5G 試驗。此外，NTT DoCoMo 為了創造出色的 5G 服務，打算擴大 5G 服務共創合作，因此也與許多合作夥伴合作進行「5G+創新應用服務」的驗證。

為此，2018 年 1 月開始 NTT DoCoMo 更藉由“DoCoMo 5G 開放

合作夥伴計畫”並免費提供永久性 5G 測試連接環境，以「對產業貢獻」、「解決社會問題和本地製造」、「擴大合作夥伴事業」三大共創價值為目標，積極與日本各垂直應用領域產學研界展開合作，進行 5G 應用實驗網的部署與驗證，以共同創建新興應用服務。而此計畫開始即有 453 家企業／組織加入，至 2018 年 6 月此計畫成員規模已成長將近 1,400 家企業／組織。

而 2018 年 5 月 23 日於台場東京國際展覽中心中，由 NTT DoCoMo 辦理的“5G 東京灣峰會”即展現了該公司與合作夥伴的 5G 技術應用研發驗證成果。如 NTT DoCoMo 和 YAMAHA 合作的 5G 異地同步表演；與小松製作所（KOMATSU）合作於小松製作所位於千葉縣的實驗場域，透過 5G 傳輸，從東京 NTT DoCoMo 的總部進行遠距遙控等。

5. 日本／KDDI

KDDI 認為 5G 將藉由與物聯網、大數據、人工智慧的結合，改變民眾生活、大幅提升用戶體驗。隨著 5G 技術逐漸完善，KDDI 針對移動交通、遠距操控、安全監控、社教生活、資訊娛樂等面向，結合 5G 與各面向新興應用關聯創新技術，打造具無線接取網路虛擬化與切片環境之 5G 實驗網，進行概念性驗證(Proof of Concept)。

在 KDDI 的新興應用結合 5G 應用概念性驗證非常多元化，其中針對資訊娛樂領域的試驗多針對全景影像、自由視角觀影、VR 等應用展開驗證。2018 年 6 月 27 日 KDDI 便完成與南韓 Samsung、國際先進電信研究所（ATR）合作的 5G 即時自由視點影像（包含 Time slicing、Free-view VR 等應用）串流測試。測試位置在沖繩的那霸體育場，趁著職業棒球比賽期間，採用 Samsung 5G 端到端解決方案，包括 vEPC、vRAN、5G 接取裝置（Access Units）和 10

套 5G 平板設備。並於場中設置共 16 個攝影機，用於從不同角度拍攝打擊手，並即時生成自由視點影像，藉由 5G 網路，傳輸 5G 平板電腦中。

除了持續進行 5G 應用概念性驗證外，KDDI 思考未來 5G 大量的基地台拓建、覆蓋將是影響 5G 2020 年商用進程的關鍵，為了在不影響景觀，以融入城市為設計目標下，KDDI 與 NTT DoCoMo、Softbank 已分別展開研發計畫，期望能在都會中靈活地布建基地台，將利用人孔蓋和路燈作為基地台設備安裝地點。現階段，KDDI 規劃在遊客眾多的觀光景點部署 5G 示範實驗網路，其中針對 KDDI 稱為“Zero site”路燈型基地台的開發，將會把 5G NR 設備、天線、配電裝置安裝於燈桿之中，並能融合於街景設計中，而此規劃比起將基地台安裝在建築物屋頂上花費更少時間，且還具有不損害景觀的優點。

而實際上，KDDI 已於 2017 年 10 月在廣島福山市的觀光景點“鞆之浦”展開了“Zero site”路燈型基地台示範實驗，由於鞆之浦為是濱海的觀光漁村，所以也趁此研究天氣、地形對訊號傳輸的影響，以及設備維運的問題。後續 KDDI 則將投入在東京都會地區的 5G“Zero site”路燈型基地台實驗部署，初期除了熱門景點外，度假飯店周遭亦為部署選項。

6. 日本／Softbank

Softbank 認為未來的人工智慧、物聯網、智慧汽車、機器人、VR／AR 等服務與垂直應用領域將藉由 5G 全面發展；因此，Softbank 積極地進行 5G 的示範實驗。Softbank 利用 5G 結合物聯網解決方案，打造 5G 示範實驗場域，期望與各公司共同創建新的 5G

解決方案，服務和產品。

Softbank 的 5G 示範實驗場域稱為“5G×IoT studio”，有室內外兩類型，室內實驗室位於東京台場，於 2018 年 5 月開幕。由於 Softbank 認為 5G 運算架構的革新構築在邊緣運算（MEC）的基礎上，有利於未來 5G 應用達到真正地、最佳效能表現。

因此，“5G×IoT studio”的網路環境建構，主要著重於打造具人工智慧的邊緣運算 5G 網路。主要由 Softbank 與 2016 年收購的 ARM 聯合合作夥伴 NVIDIA、Intel、Nokia 等，提供各類 5G 實驗室設備與周邊設備，以及模擬 MEC 功能之高性能伺服器，提供欲引入 5G 與 IoT 之公私營機關，進行相關技術與應用驗證的場域。

根據 Softbank 於“5G×IoT studio”所進行的「即時人流追蹤」試驗可發現，Softbank 將 4 台相機放置在空間的中心，捕捉人流影像，並根據拍攝的圖像透過 5G 傳輸至後端，藉由邊緣運算與 GPU 進行 AI 人流動線追蹤數據即時分析，並顯示人在屏幕上的位置。此一試驗，未來可應用於分析零售店等客戶行為，並掌握工廠／倉庫等事件發生時的情況。

7. 中國大陸／中國移動

中國移動於 2018 年當地時間 26 日在西班牙巴塞隆納召開的 2018 年世界移動大會上宣佈，未來將在政府的指導下建設世界上規模最大的 5G 試驗網，並正式公佈了 2018 年 5G 規模實驗計劃。

其計劃和全球進程相似，2019 年預備、2020 年期望可正式 5G 商用。已選定的 5 個試驗城市包括杭州、上海、廣州、蘇州、武漢，每個城市將建設超過 100 個 5G 基地台。中國移動還將在北京、成都、深圳等 12 個城市進行 5G 業務和應用示範，主要項目 4K 高清、

增強現實、虛擬現實、無人機等。

中國移動在試點城市的選擇上非常謹慎，往往選擇在 5 大經濟發達（往往是 GDP 排名全國前十）、交通便利、人口密度大的城市展開，其需要涉及 26 個應用場景覆蓋城區、密集城區、郊區、湖面、城中村等，並建設 20 平方公里的車聯網區域。

此外，中國移動與華為合作的 5G 商用系統性站點位於杭州，採用 3GPP 非獨立組網模式下的 5G 新空口標準。目前已完成 5G 網路傳輸、對接 4K 影音、工業機器人等應用端測試；中興通訊聯合中國移動廣東公司，2 日在廣州成功打通基於 3GPP R15 標準的首次通話。

在智慧城市方面，中國移動於 2018 年 9 月在河北雄安新區試點部署並成功演示超級智慧系統，為河北雄安新區城市綜合治理、環境監控等領域的智慧城市應用提供了可行性方案。

終端峰會上，中國移動還與 28 家「5G 終端先行者計劃」成員，包括 6 家主流晶片企業、13 家主流終端企業、5 家元器件企業、4 家儀表企業簽署合作備忘，明確各方職責，督促各方落實共識和承諾，切實有效推進 5G 終端產業發展和孵化產品。

8. 中國大陸／中國聯通

中國聯通在 2018 年 6 月 28 日 5G 及網絡轉型發布會上，介紹了 5G 建網策略。主要說明其 2019 年將進行 5G 業務規模示範應用及試商用，計劃在 2020 年正式商用。5G 網絡將以剛剛凍結的 SA 為目標架構，前期主要聚焦 5G eMBB 應用。

中國聯通 2018 年將在重點城市開展 5G 小規模試驗，計畫從 2017—2019 年在 6 個城市包括北京、天津、上海和深圳在內，進行

容量和性能測試，2020 年商用前建設約 1,000 個站。

此外，基於最新凍結的 5G SA 標準，中國聯通還推出智慧無人駕駛、裸眼 VR、智慧家庭等多項 5G 創新成果及應用，並攜手四十餘家知名企業成立 5G 聯合創新實驗室和產業聯盟。

中國聯通與網路服務業者騰訊成立 5G 聯合創新實驗室，在核心網新商業模式、邊緣計算、網絡切片、高精度定位等領域開展研究、試驗和應用孵化；與百度成立 5G+AI 聯合實驗室，致力於車聯網、AI、大數據等領域的創新產品、商業模式研究；與中國科學院共同成立 5G 技術聯合實驗室，在 5G 的核心技術領域開展深度合作研究，建立 5G 技術在野外科學台站及科學考察等領域的應用示範。

同時，攜手互聯網公司、設備及晶片廠商等啟動 5G 網絡切片合作夥伴計劃，共同探索網絡切片如何為人和社會提供更大的價值，並與中科院、格力、北汽福田、Intel、富士康等四十餘家單位共同成立中國聯通 5G 工業互聯網產業聯盟，推動供需對接、知識共享和優勢互補，促進 5G 工業互聯網產業發展。

9. 中國大陸／中國電信

中國電信早在 2017 年 10 月 27 日，就在深圳開通首個 5G 基站進行試點，區域以深圳軟件產業基地為中心，覆蓋雙創園、科技生態園、深圳大學校區和香港大學、香港理工大學的深圳孵化基地等區域。

隨後幾個月，中國電信相繼在雄安、深圳、上海、蘇州、成都、蘭州等六個城市開通 5G 試點，每個城市 6—8 站，主要在 3.5GHz 頻段的無線組網能力和方案驗證。整個開通過程在 17 年 12 月上旬完成。此舉標誌著中國電信的 5G 試點工作進入新階段。

2018年起，中國電信加快了在5G部署。今年6月，中國電信在2018上海世界移動大會上發布了《中國電信5G技術白皮書》。內容詳細闡明了中國電信的5G路線。中國電信在白皮書中表示，其5G網路將優先選擇SA方案組網，通過核心網路互連操作達到4G和5G網路的協作。

此外，8月，中國電信亦結盟終端廠商啟動5G的開發項目，預計將與合作夥伴聯合開發的5G應用在2019年推出，展示其成果。並且在9月7日的建成首個基於自主掌控開放平台5G模型網的經營商，啟動5G SA（獨立組網）測試。

而在2018年9月的第十屆天翼智慧生態產業高峰論壇上，中國電信表示將成立5G創新中心，全力做好5G研究創新；打造5G示範工程，開展17個城市規模試驗；按照總體規劃，2017—2018年開展5G實驗室和外場測試，2019年將開展試商用部署，在2020年前後實現規模商用。

表 5：各國 5G 業者近期重要規劃整理

地區	業者	近期重要 5G 規劃
美國	T-Mobile	2018 年底前在 30 個城市部署 5G 網路，至少包含紐約、洛杉磯、達拉斯和拉斯維加斯
	Verizon	2018 年底在美國 3~5 個城市推出，率先推出的城市為加州沙加緬度預計提供 1Gpbs 的連網速度。
	AT&T	2018 年底前於 12 個城市商轉行動 5G，首批商轉城市預計為達拉斯(Dallas)、亞

地區	業者	近期重要 5G 規劃
		特蘭大(Atlanta)等地區
日本	NTT DoCoMo	2018 年與 Nokia 簽訂新合約，將提供 5G 無線基站，2020 年商轉 5G 服務，重點放在 4.5GHz、28 GHz、39GHz 頻段的測試。
	KDDI	2020 年商轉 5G 服務，2018 年 6 月 27 完成與南韓 Samsung 合作的 5G 即時自由視點影像 (Time slicing、Free-view VR 等) 串流測試
	Softbank	2018 年推 5G 機器人實驗，2020 年商轉 5G 服務，利用 5G 結合物聯網，與各公司共同創建新的 5G 解決方案，服務和產品。
中國大陸	中國移動	2019 年預備、2020 年期望可正式 5G 商用。已選定 5 個試驗城市如杭州、上海、廣州、蘇州、武漢，每個城市將建設超過 100 個 5G 基地台。
	中國聯通	2018 年將在重點城市開展 5G 小規模試驗，2019 年前在 6 個城市包括北京、天津、上海和深圳，進行容量和性能測試，2020 年商用前建設約 1,000 個基站。
	中國電信	2018 年 6 月，中國電信在 2018 上海世界移動大會上發布了《中國電信 5G 技術白皮書》。闡明中國電信的 5G 路線。其 5G

地區	業者	近期重要 5G 規劃
		網路將優先選擇 SA 方案組網，通過核心網路互連操作達到 4G 和 5G 網路的協作。

資料來源：各業者，MIC 整理，2018 年 5 月

二、 國際物聯網發展趨勢分析

(一) 國際物聯網產業應用趨勢

過去數年的時間，物聯網發展一直是通訊產業的熱門議題，透過智慧型手機的普及、連網技術更趨進步，及傳感技術與數據處理成本下降，讓許多物聯網的藍圖一步步應用在日常生活當中。

然而連網裝置成長之快，感測層蒐集的資料，必須透過網路傳輸，以及平台或雲端的儲存，甚至發展其他應用服務，也因為物聯網應用範圍廣泛，累積的數據資料非常龐大，裝置間的相互連接，及資訊的傳遞與分析，將成為物聯網發展的關鍵。國際顧問公司麥肯錫預估全球物聯網市場規模可望在 2025 年前達到 11 兆美元，發展商機更勝電腦及智慧型手機。

根據國際研究機構 Gartner 預計，2020 年全球物聯網連接數將達到 260 億個，市場規模將達到 1.9 兆美元；IDC 則預測，2020 年全球物聯網連接數量將達到 300 億個。無論 260 億個還是 300 億個，都表明了物聯網市場空間巨大，有望成為通信業發展的主力。而在大陸市場，物聯網的發展尤其迅猛。中國資訊通信研究院預計，2020 年，物聯網連接數將達到 80 億個，其中蜂窩網路規模超過 10 億個。

透過物聯網技術，各項產業智慧應用的發展也逐漸升溫，包含智慧城市、智慧製造等應用成長均非常快速。在針對一般消費者方面，智慧門鎖、智慧家庭、智慧電表等新等應用與硬體也持續發展，

業界也競相投資物聯網技術。預期未來物聯網的應用將更為廣泛。多數企業漸漸將物聯網結合至自身的核心產品和計畫，以推升企業數位轉換發展。在 2022 年以前，物聯網將成為數百萬業務流程管理中，扮演核心角色。尤其在製造業方面，工業物聯網（IIoT）可望快速起飛。預期工業物聯網將透過購併和取得大數據革新製造業，目前已經有很多創新企業開始布局工業物聯網，讓聯網裝置在工廠中發揮更大功能。

物聯網除了能改善消費者生活與企業運作效率，也將推升資安防護需求。隨著連網裝置的大量普及，資安的重要性自然也不言而喻。物聯網資安需要多管齊下，且所有在物聯網生態系統的參與者，都應肩負保護資訊安全的責任。因此，預料各界在 2018 年對物聯網資安的投資將持續增加。多國政府也推出相關政策，確保物聯網生態系的資訊安全。

（二）國際物聯網營運模式案例分析

目前各國已出現許多種物聯網應用的商業模式，綜整可分為電信商提供連網服務、新創系統整合業者提供軟硬體解決方案以及物聯網業者建置完整網路並提供連網服務等三種。

1. 營運模式一：電信商提供連網服務

位於東歐的 Moldova—Hîncești city 為了實現智慧城市的理想，以確保其數位發展的地位，因此與 Orange Moldova 合作，推出智慧城市的相關應用：智慧停車路燈。此為東歐首次實施智慧城市概念的案例，內容將針對城市主要街道上的公共照明系統進行智慧管理。

由於操作模式是利用終端設備蒐集到的數據，彙整之後以 LoRa 通訊技術傳到基地台，再用 IP 連線傳送到伺服器，最後傳到客戶的後台控制軟體。所以當地必須先建立專用於該項目的無線基礎設施，

並在現有電線桿的燈柱上安裝相應設備。如此，所有的動作方能透過線上照明管理系統平台進行遠端操控。

解決方案設計與軟硬體開發、製造皆由 Flashnet 完成，而數據傳輸服務則是交由當地營運商 Orange 合作。LoRa 設備由 LoRa Alliance 認證。雖然本案例未提及頻段，但我們已知同一套系統在匈牙利利用的是 868MHZ 的 ISM 雙向頻段。

Orange 基地台涵蓋範圍為 3~5km，所使用之技術可以在五公里內接收 5,000 個終端提供的數據。目前 Orange 在摩爾多瓦的 LoRa 布建屬於小範圍試點，並未有完整覆蓋。不過卻奠定了當地聯網服務的基礎，開啟了未來在空氣與飲用水質測量、陸上交通管制、城市視頻監控，或是垃圾收集管理等多方應用。

Orange 對 LPWN 聯網技術採用持開放態度，未來會針對不同區域或是應用建立合適的 LPWN 網路，如在法國推展 oRa (2017 年完全覆蓋)、西班牙以及比利時則是布建 LTE-M。

其他像是韓國 SKT、荷蘭 kpn、新加坡 SingTel 等電信業者皆有建網、測試或是商用案例。

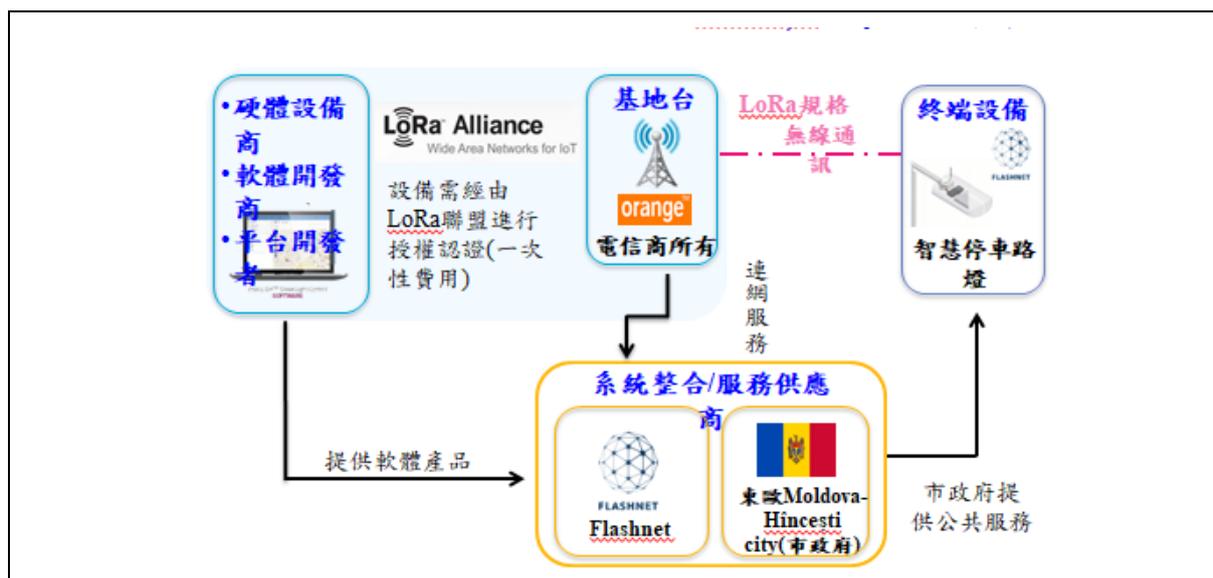


圖 31：Orange 的物聯網模式

2. 營運模式二：物聯網業者建置完整網路並提供連網服務

法國 MAAF 保險公司向 SIGFOX 購置煙霧偵測器並支付每年 SIGFOX 註冊費（聯網費用）後，便可主動提供其保戶簡訊示警加值服務。在此商業模式下，SIGFOX 賺取的是通訊費，保險公司可以得到數據，保戶則享受服務。

其聯網費用之收費模式為在 SIGFOX 範圍從 1 美元／月到 1 美元／年的資費方案中，依照用戶連結的裝置數量進行個案調整；亦有法國業者 Capturs 提供完整 GPS 定位解決方案，以裝置／服務／聯網三項產品服務進行網綁銷售，每個定位裝置一年收取 1.99 歐元。

SIGFOX 的獨特技術在於，裝置平時多處閒置狀態，較省電且能夠同時連接較多裝置，符合物聯網的網路連結需求。基地台在 2016 年 3 月的法國覆蓋率已經達到 92%，郊區涵蓋範圍為 30—50 km，都會區涵蓋範圍為 3—10 km。而此案例之頻段為 868 MHz。

SIGFOX 計畫於 2018 年將網路布建推進到 60 個國家。與其他 LPWAN 技術相較，SIGFOX 是傳輸速率最低的技術，僅 100bits/s，每天每個裝置只能傳送最多 140 個訊息，每個訊息酬載（Payload）最大 12bytes。裝置（TX）跟基地台（RX）之間不需要任何溝通，裝置只要在對的頻率發射訊號（使用 SigFox Radio Protocol），基地台會自行接收訊息。

SIGFOX 定位為物聯網的營運商，所以該公司自己掌握核心網路的營運與布建，強調一個國家地區一個營運商，全球同一網路。這是該技術最大的特色，但某種程度也是發展的一大阻礙，因為網

路服務商若少了電信商的支持，將無法進入其產業鏈，SIGFOX 要進入消費性物聯網市場難度會大幅度提升。

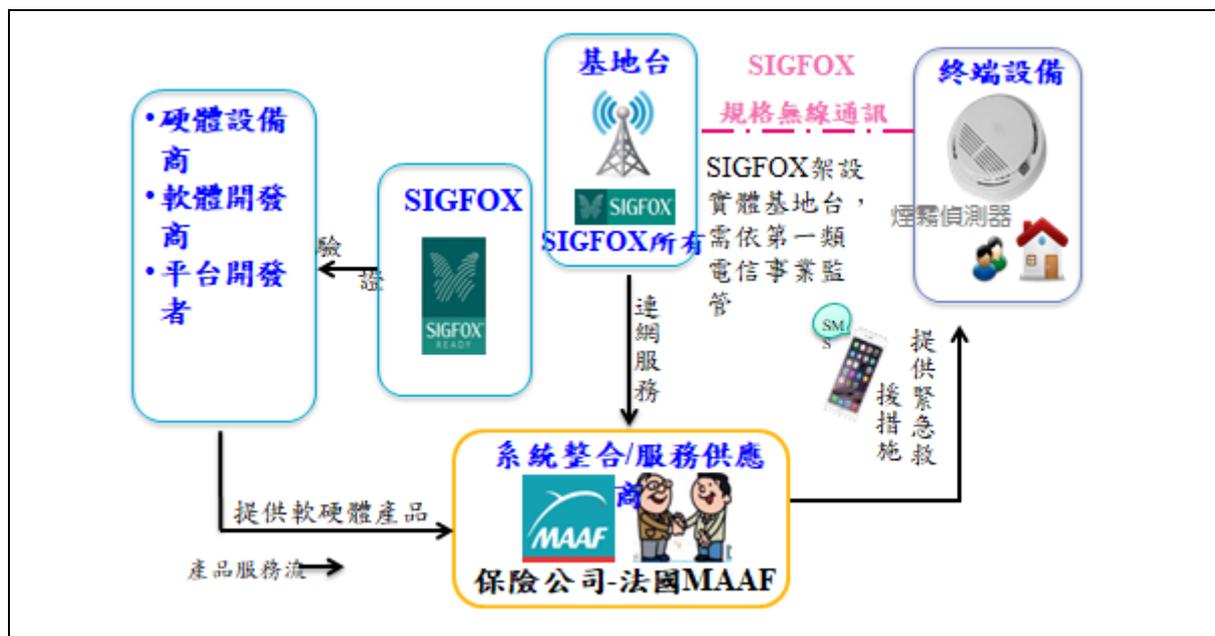


圖 32：SIGFOX 的物聯網商業模式

資料來源：Sigfox，MIC 整理，2018 年 10 月

3. 營運模式三：新創系統整合業者提供軟硬體解決方案

為了更有效的管理和維護當地港口，阿姆斯特丹港務局提出了智慧貨物停車方案，提升了港口的永續性。此方案透過傳感器提供的訊息，讓業者不用辛苦的找尋停靠處即能快速地找到停泊空間，展現新營運模式。

阿姆斯特丹港務局與 The Things Industries 首先利用 LoRa 聯盟授權認證的智慧城市停車傳感器，和特定相關應用程式作為軟體設備的基礎。接著再向 kerlink 購買硬體設備，與其基地台連接，使駕駛員可藉由智慧停車感測裝置，自動引導至無人停車位，改善交通流量並減少排放。

基於傳感器易於安裝配置、附有雙重檢測技術之優點，汽車停放的資訊將變得更精確。此外，業者成功將道路優化，以適應天氣

變化和防止偷盜行為的發生。

收費方面，Port of Amsterdam 將支付 The Things Network 系統整合費用與後端伺服器租賃費用，而 LoRa 在雲端服務的部分只會收取一次性的費用。使用之頻段為 868 MHz。硬體設備參與之廠商有 Kerlink、MultiConnect、Gemtek、The Things Industries、Wifx Sarl。此案例中，The Things Network 僅使用 6 個基地台即完成阿姆斯特丹全市覆蓋，而目前該市擁有 22 個基地台提供完整 LoRa 聯網服務。

The Things Industries 為荷蘭的新創系統整合業者，其商業模式為整合 LoRa 軟硬體設備（基地台、伺服器、軟體等）、協助基地台建置評估以及後端伺服器租賃服務（LoRa 以區域網路為主）。國內 LoRa 業者 Gemtek 為 The Things Industries 合作夥伴，主要提供 16 項 Channel Gateway 產品。The Things Industries 未來將會持續利用其技術，開發到更廣的領域上，以提升整體效率。

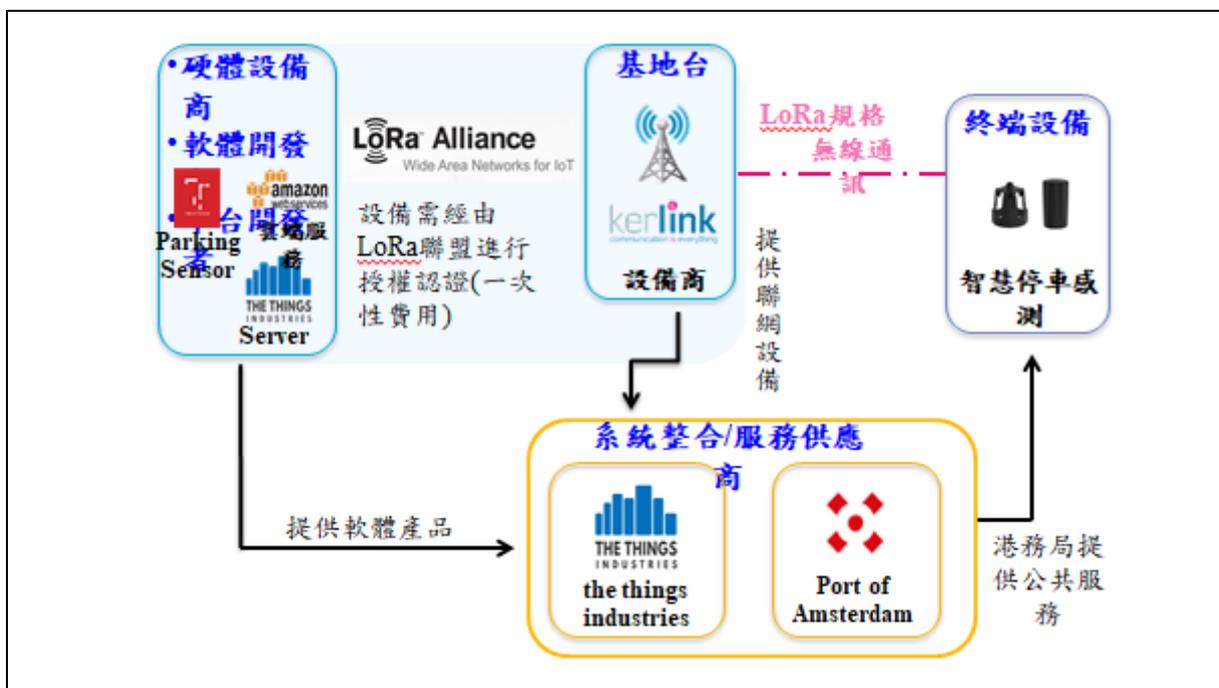


圖 33：Port of Amsterdam 智慧停車商業模式

(三) 主要國家物聯網政策分析

1. 美國

美國最先提出物聯網的概念，其發展焦點著重於重新檢視 IoT 相關發展策略，促進相關核心能力之建立與發展，以強化 IoT 在智慧製造、IOV (Internet of Vehicles) 等領域優勢。

因此，為了引導創新研發，完善整體 IoT 相關政策，美國參議院於 2016 年 4 月提出創新發展與物聯網法案 (DIGIT)，由參議院商務同意通過，以成立相關委員會來研擬主要程序架構、創新建議與制定頻譜使用規範。

美國國土安全部 (DHS, Department of Homeland Security) 於同年 11 月發表 IoT 安全守則 (Strategic Principles for Securing the Internet of Things)，內容主要針對相關裝置在製造階段、使用更新與漏洞管理上，安全系統的實行與衡量，同時能夠在連線前提供透明資訊與適時預警系統。

為了創造工業與製造業在資訊與數據流通優勢，美國商務部在 2016 年除了推動「製造創新國家網絡計畫」(NNMI)，建立工業用物聯網網路平台之外，還針對了自動駕駛進行創新研發，並且結合 ICT 產業改善交通基礎建設與管理機制，藉此搶進汽車聯網世界地位。

而 NIST 基於促進產業競爭力以及提高經濟安全的使命，在推動物聯網設備安全上進行許多研究與討論。在其研究上揭露，因連網裝置的快速擴散，以及可預料中的 IoT 又用的興起，各式新興的連網裝置，將能夠增加商業活動進行的效率以及滿足顧客需求。

NIST 認為發展 IoT 領域的資訊安全時，所面臨到的最主要挑戰，是要能夠跨行業、大規模的建構整個 IoT 生態系統中設備及資料的安全標準。NIST 針對 IoT 的資訊安全計畫重點，則為培養大眾對 IoT 的信任感，並透過制定標準、指導準則及相關工具，讓美國在此領域達到領導者的地位。參與 NIST IoT 資訊安全計畫的成員，包括政府組織、產業界、研究與學界、標準發展組織，以及國際組織等機構。

NIST 推動物聯網資訊安全發展主要有四個重點領域，包含：

- (1) 基礎研究：進行基礎研究，包含發展 IoT 資訊安全領域的指導準則以及最佳典範。
- (2) 應用研究：與各領域產業進行合作，並由各產業夥伴進行主導，針對市場應用面進行研究。
- (3) 技術轉移：為產業提供解決方案、最佳典範以及指導準則，讓產業界可實現技術方面的精進與創新。
- (4) 發展標準：發展與協調相關標準，以弭平與國際標準不一致之部分、與之接軌。

為此，從產品設計之初即開始把關，NIST 針對物聯網製造安全考量至電量消耗、製造成本以及產品生命週期等，其開發設計時可能面臨的問題包含為減少耗能而降低安全防護的規格、硬體空間不足限縮安全機制以及產品生命週期過短而缺乏更新安全軟體的機制等。

除了產品設計外，市場面包含市場准入時機、市場先機以及多樣化，尤以現在 3D 列印技術等裝置以及集資服務等，讓新產品開發更加快速，進入市場的門檻也更低，此類產品開發其產品上市時機相當重要，由於上述之限制通常缺乏安全的考量，生產者需要嵌入合適的

安全機制，面對產品訂價的壓力以及功能的市場期待，需要以整體的考量才能將產品上市。

而 NIST 所公布的物聯網設備安全議題中，於資料的傳輸與連接安全為相當重要的環節，包含傳輸過程的安全、設備間互動的安全、以及儲存安全等，NIST 也針對這些物聯網設備的特殊性逐步更改過去的安全標準與需求。

既有的傳輸安全作法，多以加密的方式進行資料防竊，這些加密演算法大多為了桌上型電腦以及伺服器所設計，其運算能力的需求也相對較高，但由於許多物聯網設備具有硬體空間的限制，其運算能力不適用於該加密方式，因此 NIST 將發展輕量化加密的研究計畫。

此外，傳輸的安全包含設備對設備之連接，設備對外的連接等，在這些互動過程中，各式的資料透過裝置與服務不斷的被蒐集、儲存以及交換，其連線方式以及雲端儲存的安全也受到重視，因此也針對 Network of Things、低耗電藍芽裝置、雲端等安全議題進行研究與探討。

2. 日本

日本的物聯網設備安全屬於日本政府整體資訊及網路安全規劃下的一環，並未有單獨的權責機構，其中與物聯網設備及其安全檢證有相關的機構為網路安全策略本部以及經濟產業省。

其《網路安全策略》的三大目標為：(1) 經濟社會的活力、成長與永續發展、(2) 國民能安心、安全生活之社會的實現、(3) 國際社會和平、安定及本國安全的保障，實施策略則應遵循：情報自由流通、法律支配、開放性、自律性、多元主體協作。

三大目標下與網通設備安全標準相關細項包含：

- (1) 經濟社會方面的物聯網系統安全、企業資訊系統安全
- (2) 安心安全生活方面的重要基礎建設安全
- (3) 國際社會方面的與各國協作

由於物聯網的發展，越來越多的重要基礎設施連結至網路，如這些基礎設施遭受攻擊，將會嚴重影響人民生命以及財產安全，而日本網路安全策略本部也將基礎設施安全視為重要的推動項目，從電信、金融機構、航空、電力等業者，皆制定相關的安全指南，以確保該資訊安全能具備最基本的安全標準，針對不同業別制定專門的安全基準，且在特定業別內也針對不同的系統推出特定的指南，如電力相關的包含電器設備技術基準、電力控制系統安全指南以及智慧中介系統指南等。

而在經產省方面，經產省與各法人、其他政府機構合作，推動密碼、自動化控制系統以及 IT 產品的安全評價，這些項目因為物聯網設備不斷的推陳出新，其安全防護也會出現很大的變化，目前相關單位透過標準化規範，讓業者能較容易採用相關資安措施。

經產省的 CRYPTREC 計畫透過密碼技術研討會的方式，研究密碼的相關技術，並提供業界推薦的密碼化以及數位簽章演算法，也能確保電子化政府的資訊安全，該研究包含輕量級的密碼，針對硬體空間不足的物聯網裝置而言，輕量級的密碼受到日本、美國等政府的重視。

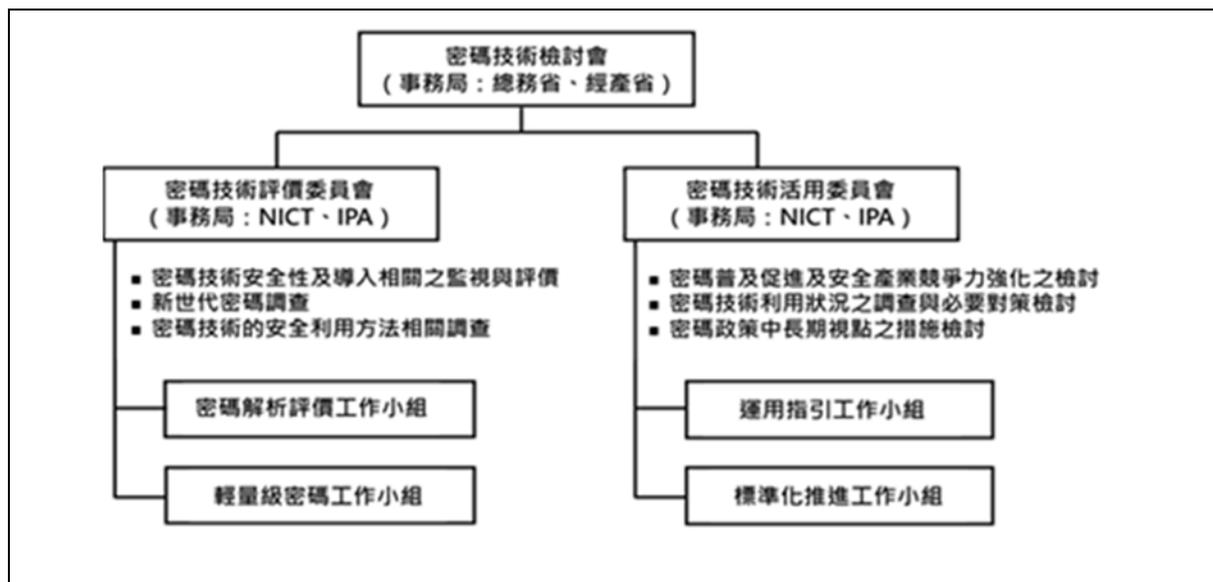


圖 34：CRYPTREC 密碼研究架構

資料來源：經產省，MIC 整理，2018 年 10 月

工業自動化控制系統的部分，JIPDEC 受到政府的委託，推動 CSMS 制度，針對裝置供應商、系統整合業者、系統實際營運及使用者進行認證，並且設計共通的標準，要求企業組織以及活動必須依照 CSMS 書面化的提出改善作為。

IT 產品的安全評價認證由萬物聯網世界的品質指南檢討工作小組推動，而 IPA 則是針對開發證流程進行認證，為增加 IT 產品的國際競爭力，透過認證的方式讓採購方便比較其安全功能，日本也有參加 CCRA 國際相互承認協議，證明其認證具有公信力，有助於日本 IT 產品銷售至國外。

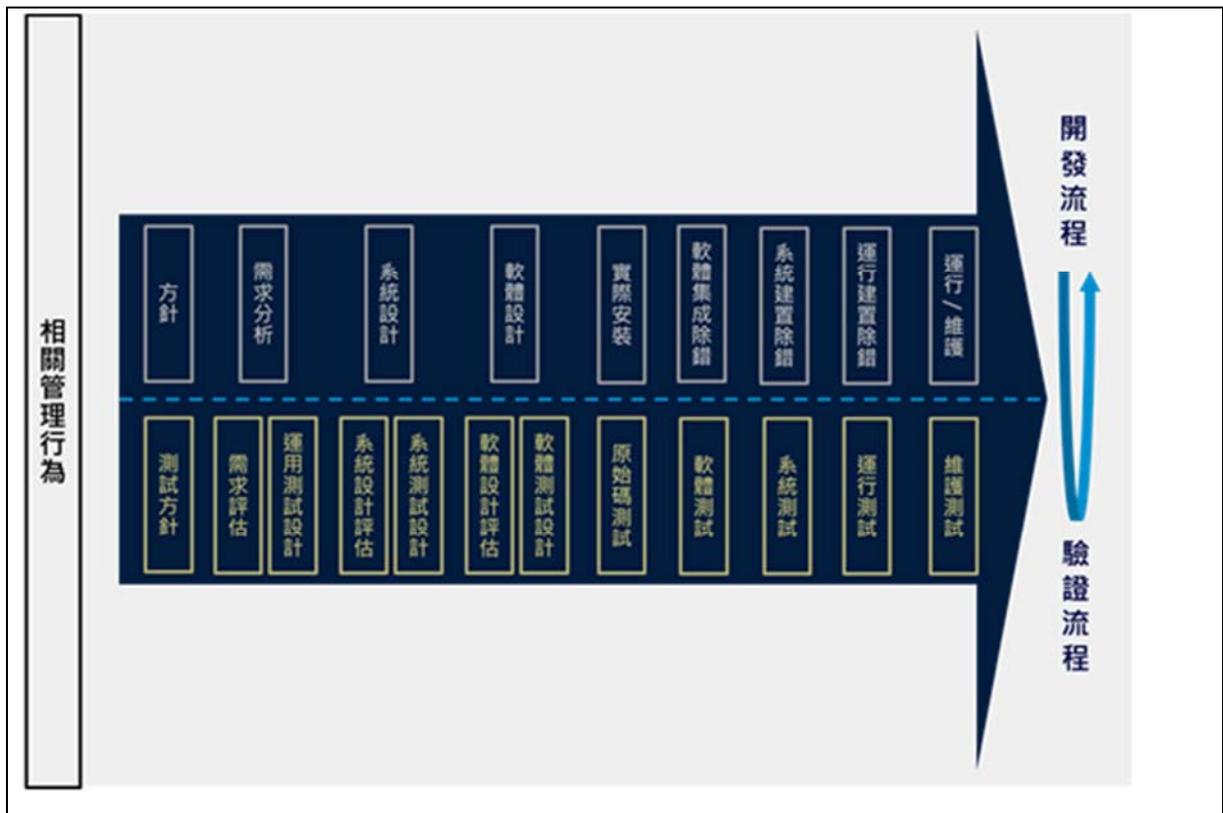


圖 35：IPA 開發流程

資料來源：IPA，MIC 整理，2018 年 10 月

3. 中國大陸

物聯網為中國大陸重要政策，在 2011 年 3 月正式提出《物聯網“十二五”發展規劃》，指出發展方向。2017 年 6 月工信部發佈《關於全面推進移動物聯網 (NB-IoT) 建設發展的通知》，該項政策提出推動 NB-IoT 網路建設的 14 條指引，進一步推進了中國大陸 NB-IoT 網路建設。

NB-IoT 網路部署方面，要求電信業者加速 NB-IoT 網路部署力度，提供良好的網路覆蓋和服務品質，到 2017 年末，實現 NB-IoT 網路覆蓋直轄市、省會城市等主要城市，基地台規模達到 40 萬個。到 2020 年，NB-IoT 網路實現全國普遍覆蓋，室內、交通

路網、地下網路等應用場景實現深度覆蓋，基地台規模達到 150 萬個。

NB-IoT 應用推廣方面，通過試點示範，進一步明確 NB-IoT 技術的適用場景，加強不同供應商產品的互通性，促進 NB-IoT 技術和產業健康發展。2017 年實現基於 NB-IoT 的 M2M（機器與機器）連接超過 2,000 萬，2020 年總連接數超過 6 億。

NB-IoT 產業鏈建構方面，加快 NB-IoT 專用晶片、模組、網路設備、物聯應用產品和服務平臺等產品研發，由於既有 NB-IoT 終端模組價格過高，影響大規模布建意願，需加強各環節合作，突破模組等薄弱環節。NB-IoT 模組價格需在 30 人民幣左右，與目前 2G IoT 模組相當，才有取代誘因；然 2017 上半年，NB-IoT 模組尚未達規模出貨量，價格高居不下（約 80-100 人民幣），無法廣泛推廣，因此成為重點政策。

表 6：中國大陸之 NB-IoT 建設 14 條指引整理

三大方向	建設指引	建設重點
加強 NB-IoT 標準與技術研究，打造完整產業體系	引領國際標準研究，加快 NB-IoT 標準在國內落地	國際和國內標準的研究制定工作
	開展關鍵技術研究，增強 NB-IoT 服務能力	不同垂直行業應用需求、eSIM/軟 SIM 應用方案研究
	促進產業全面發展，健全 NB-IoT 完整產業鏈	加強各環節協同創新，突破模組等薄弱環節
	加快推進網路部署，構建 NB-IoT 網路基礎設施	電信企業加速 NB-IoT 網路部署力度
推廣 NB-IoT 在細分領域的應用，逐步形成規模應用體系	開展 NB-IoT 應用試點示範工程，促進技術產業成熟	鼓勵各地因地制宜，開展 NB-IoT 試點示範

三大方向	建設指引	建設重點
	推廣 NB-IoT 在公共服務領域的應用，推進智慧城市建設	以水、電、氣表智慧計量、公共停車管理、環保監測等領域為切入點
	推動 NB-IoT 在個人生活領域的應用，促進資訊消費發展	加強商業模式創新，發展智慧家居、穿戴式設備、兒童及老人照看等應用
	探索 NB-IoT 在工業製造領域的應用，服務製造強國建設	智慧製造、物流運輸、農業生產等領域的應用
	鼓勵 NB-IoT 在新技術新業務中的應用，助力創新創業	企業應用 NB-IoT 技術開展技術和業務創新
優化 NB-IoT 應用政策環境，創造良好可持續發展條件	合理配置 NB-IoT 系統工作頻率，統籌規劃碼號資源配置	頻段配置、碼號資源統籌規劃
	建立健全 NB-IoT 網路和資訊安全保障體系，提升安全保護能力	建立 NB-IoT 網路安全管理機制
	積極引導融合創新，營造良好發展環境	加強資訊行業與垂直行業融合創新
	組織建立產業聯盟，建設 NB-IoT 公共服務平臺	強化 NB-IoT 相關研究、測試驗證和產業推進
	完善資料統計機制，跟蹤 NB-IoT 產業發展基本情況	及時跟蹤瞭解 NB-IoT 產業發展動態

資料來源：中國大陸工信部、MIC 整理，2018 年 9 月

中國大陸 NB-IoT 萬事具備，從晶片、模組、裝置、網路、解決方案等供給面已完備，而模組價格是一個雞生蛋、蛋生雞的問題，也就是需求規模與模組價格兩者是互為因果、相互影響。因此中國大陸 NB-IoT 應用導入初期，一方面電信業者提供採購補貼降低導

入障礙，另一方面從公用事業領域創造需求，不難看出政府扮演關鍵角色，同時解決供需兩端的問題，啟動 NB-IoT 市場。

然公用事業的導入不僅扮演 NB-IoT 市場的開啟，更重要的是藉此蒐集 NB-IoT 導入前、導入後成本效益分析資訊。在沒有政府力量主導下，包括 NB-IoT 服務內容、成本結構、效益分析等項目，要能算得出成本投資、看得見用戶與營收成長才是吸引垂直行業應用的關鍵，也是市場所在。

中國大陸 NB-IoT 產業生態體系，在國家的支持下，利用公用事業先行累積大量、多樣化的應用案例、實績，使得當地通訊業者有機會代表中國在 NB-IoT 國際市場搶得優先地位，並且成為支撐中國 NB-IoT 生態鏈運轉的重要力量。

表 7：各國物聯網政策重點整理

地區	物聯網政策重點
日本	重心放在物聯網資訊安全與國際協作，發動標準組織認證物聯網產品品質，避免危害系統安全，並增加產品可信度。
美國	目的在強化美國物聯網產業在智慧製造、IOV (Internet of Vehicles) 等領域優勢。已成立相關委員會來研擬主要程序架構、創新建議與制定頻譜使用規範。
中國大陸	2011 年開始發動，技術選擇以 NB-IoT 為主，從晶片、模組、裝置、網絡、解決方案等供給面已完備，鼓勵標準制定、生態系完善，發動產業聯盟及資安保護。

資料來源：各國政府，MIC 整理，2018 年 9 月

肆、 預見未來數位轉換關鍵點

一、 通訊產業趨勢前瞻

(一) 臺灣資通訊產業近況分析

觀察 2018 年從第一季開始資訊硬體產業產值表現，因受產業淡季週期及工作天數減少等影響，第一季整體產值僅為 25,325 百萬美元，相較 2017 年同期微幅衰退 0.9%，相較 2017 年第四季則是大幅衰退 15.6%。

進一步分析 2018 年第一季資訊硬體主要次產業產值表現，除伺服器產業持續受惠於國際大廠建置雲端資料中心的訂單需求，而使產值較 2017 年同期維持成長態勢外，其他各次產業皆出現衰退現象，如筆記型電腦產業因商用市場換機效益趨緩，產值相較 2017 年同期衰退 4.6%；桌上型電腦與主機板產業則因 CPU 新品上市時間遞延，產業產值分別衰退 2.1%與 11.4%。

此外，2017 年影響產業表現的另一重要原因，則是關鍵零組件（如記憶體）的價格上漲，而使整體產業產值出現成長的狀況，在 2018 年的影響性，將隨著供應體系的產能調節，將逐季減緩。相較於 2018 年第一季出貨低迷狀況，全球品牌大廠在第二季紛紛拉高出貨訂單，預期可望帶動臺灣筆記型電腦產業出貨量成長 10.7%，而達 32,206 千台。其中，從 2018 年 4 月開始，各大品牌廠商將推出搭載 Intel 新款 Coffee Lake CPU 之相關產品，預期出貨量會在第二季開始逐步放大；再者，華為訴求全螢幕新品雖將曲高和寡，但預期也會帶動競爭對手附和而有相應產品刺激市場需求，再加上原有電競產品仍有需求成長，預期出貨量應有一成以上成長幅度。

對於 2018 年整年及下半年來看，全球政經狀況恐是最大不確定性。其中，美國對中國大陸採取 301 制裁雖未涉及行動電腦裝置產業，但由於美國行動電腦裝置進口量規模巨大，雖因美商因素使得列入可能性較低，但恐仍是美國政府口袋名單之一。而美國制裁中國大陸通訊業者—中興科技雖屬國安個案，但對於同為中國大陸科技業者之聯想或華為，料亦將被列為美國高度關切名單之中，尤其聯想對行動電腦裝置產業影響程度更高。

在桌上型電腦產業方面，估計 2018 年第二季臺灣桌上型電腦出貨量約 11,802 千台，季成長率約-0.1%，相較於 2017 年同期衰退約 2.0%。影響 2018 年第二季桌機出貨表現之因素有以下幾點：首先，Intel 及 AMD 4 月份推出多款產品，有效滿足不同預算客戶的需求。Intel 此次推出的新品涵蓋 Core i5、Core i3、Pentium、Celeron 系列處理器，以及 Q370、H370、B360、H310 晶片組，滿足高、中、低階桌機需求；AMD 第二代 Ryzen 處理器在 4 月 19 日開賣，共計發布四款，目前已掀起市場話題。

第二，主要電腦品牌商 4 月份起陸續推出新電競機種，包含 HP 入門級 Pavilion、ASUS ROG Strix 等系列，尚有其他採用 Intel 第八代處理器之電競桌機。最後，因中國大陸召開「第十三屆全國人民代表大會」，而延遲的商用換機需求可望於第二季陸續恢復市場買氣。上述因素預料將使第二季的出貨表現約略相同於第一季。

產值方面，商用換機需求浮現及原物料上漲，產生拉高 ASP 之效應，估計 2018 年第二季臺灣桌上型電腦產值約 3,069 百萬美元，季成長率為-0.1%，相較於 2017 年同期小幅衰退約 1.3%。

主機板產業方面，進入 2018 年前半年，臺灣主機板（含系統）

出貨量約 19,743 千片，季成長率約-1.4%，相較於 2017 年同期衰退約 3.6%。第二季為傳統淡季，消費端大多觀望第三季業者是否推出效能較佳之新品。挖礦部分，雖然少了小型礦主需求，臺灣業者仍持續為中大型業者研製新產品，以高毛利產品提升公司獲利。需要注意的是，身為挖礦最重要市場的中國大陸，傳出因挖礦影響金融市場機制、礦場消耗過多電力、以及地下交易等問題，中國大陸政府有意以公權力限制其使用。加上 4 月份比特大陸 (Bitmain) 於部分地區推出以太幣挖礦機 Antminer F3，售價為 800 美元，預期可能衝擊挖礦主機板市場。

產值方面，關鍵零組件成本上漲未見回穩，加上高階電競需求有利拉升 ASP。即使第二季面臨傳統淡季，且 Intel 中低階產品已釋出，然預估產品平均售價仍能維持一定水準，預估第二季主機板總產值將達 928 百萬美元，季成長率約-1.4%，相較於去年同期成長約-1.7%。

在伺服器產業方面，由於實際價格與實體成本等因素，伺服器處理器新平台的換機效益並未達到預期。因此，2018 年第二季出貨表現相對上一季呈現下滑。從產品組合來看，系統含半成品型態 (Full System & Barebone) 的出貨，相較上一季下滑 5.3%，達 952.7 千台，主板型態 (Motherboard) 的出貨則較上一季下滑 4.3%，達 1,151.5 千片。然而，伺服器舊平台估計將於 2018 年下半年陸續停止供貨，可望帶起新平台之新一波實質換機需求，因此 2018 年下半年之整體預期表現，相對樂觀。

2018 年臺灣整體通訊產值預估將達新台幣 3.4 兆元，較 2017 年成長 6.2%，其中行動通訊裝置占 67%，在智慧型手機新機種的加持下，預估 2019 年整體產業產值將達到近 3.5 兆新台幣規模，較

2018 年成長 2.5%。

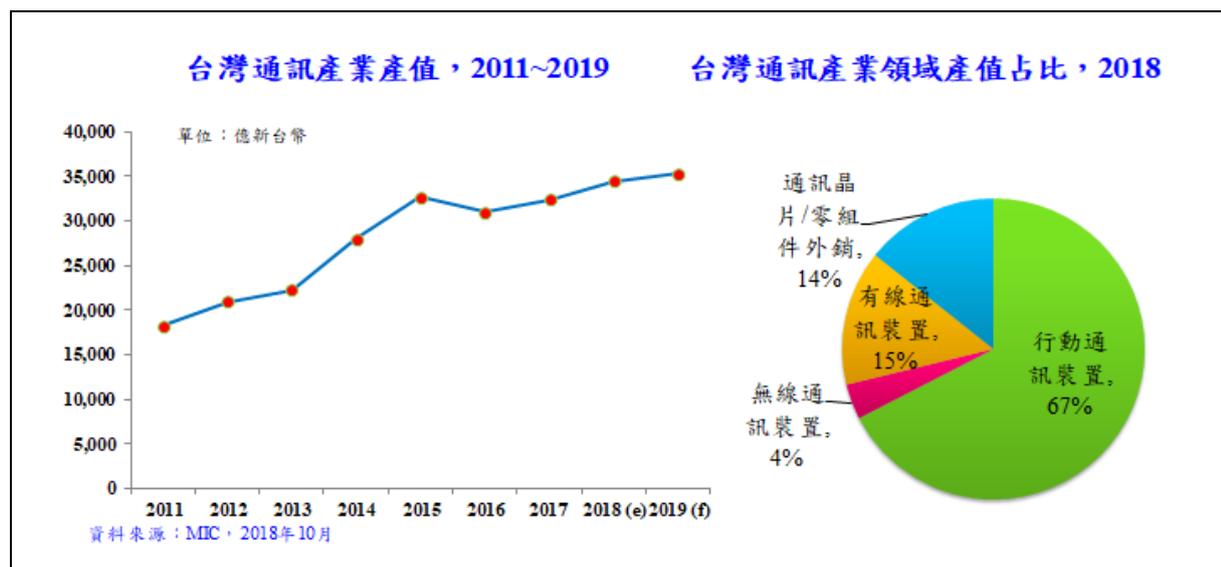


圖 36：2019 年臺灣通訊產業產值預測

資料來源：MIC，2018 年 10 月

(二) 通訊網路技術趨勢分析

1. 邊緣運算發展之背景

近年因物聯網（Internet of Things，以下簡稱 IoT）的發展，各類終端設備導入如燈光、聲音、影像、溫度、速度、壓力等感測器，創造出智慧音箱、智慧家電、掃地機器人等智慧裝置，這些裝置皆被賦予聯網能力，不斷透過網路傳送各類數據至雲端進行運算。同時，下世代行動網路如 5G 技術也持續發展並朝向正式商業應用，5G 技術與 4G 相較不僅大幅提升資料傳輸速率，還能容納大量 IoT 裝置之連結。

基於這兩大趨勢，可預期未來 IoT 設備將向雲端上傳大量資料，而這龐大的資料流量將對電信服務提供者與雲端服務業者產生壓力。對前者而言，須提供足以消化這些流量的巨大網路頻寬；而後者除須增加連線成本以提高網路頻寬外，還得提升運算能力以將大

量資料於極短時間內運算完畢。

這些問題或許可透過兩種方式解決。第一種方式為增加網路頻寬，但依 2017 年 6 月思科 (Cisco) 所發布的視覺化網路指數 (Visual Networking Index, VNI) 之預測，2016 年到 2021 年全球平均寬頻速度將從 27.5 Mbps 提升至 53.0 Mbps、即成長約 1.9 倍，但同期間全球網路流量預期將成長 3 倍，也就是說網路頻寬的增加幅度趕不上資料流量的成長速度，故透過增加網路頻寬來處理龐大的資料上傳需求應有實際上的困難。

第二種方式則是讓終端設備擁有運算能力，終端設備產生資料並對資料做運算處理，故不會出現大量資料要上傳到雲端的狀況。然而、讓終端設備擁有運算能力將提高其成本與售價，且會影響某些使用電池方式供電的終端設備之續航力，因此、似乎也不太能解決問題。

既然頻寬增加的速度趕不上資料量增加的速度，而讓終端設備具有運算能力又有成本考量，於是出現了第三種較折衷的構想，此構想乃是將運算能力放在雲端資料中心與終端設備間，稱為邊緣運算 (Edge Computing)。

2. 邊緣運算技術概念

邊緣運算是個用以解決網路壅塞與高延遲問題的網路架構概念，由歐洲電信標準協會 (European Telecommunications Standards Institute, 以下簡稱 ETSI) 在 2014 年提出。

其概念乃是指將雲端的運算與儲存能力移到靠近資料來源的位置、也就是行動網路的邊緣，於邊緣節點 (Edge Node) 如閘道器 (Gateway)、交換器 (Switch) 與伺服器等裝置中，運算具有時

間敏感性的資料並直接回傳至終端設備；而需長時間分析與儲存的資料則經整理後分流至雲端。故終端設備所產生之大部分資料無須上傳雲端，雲端只需處理經邊緣設備整理後的少量資訊，進而大幅降低網路頻寬負荷，且因運算能力並不在終端裝置上，故不影響終端裝置的成本與續航力。(如圖 37 所示)

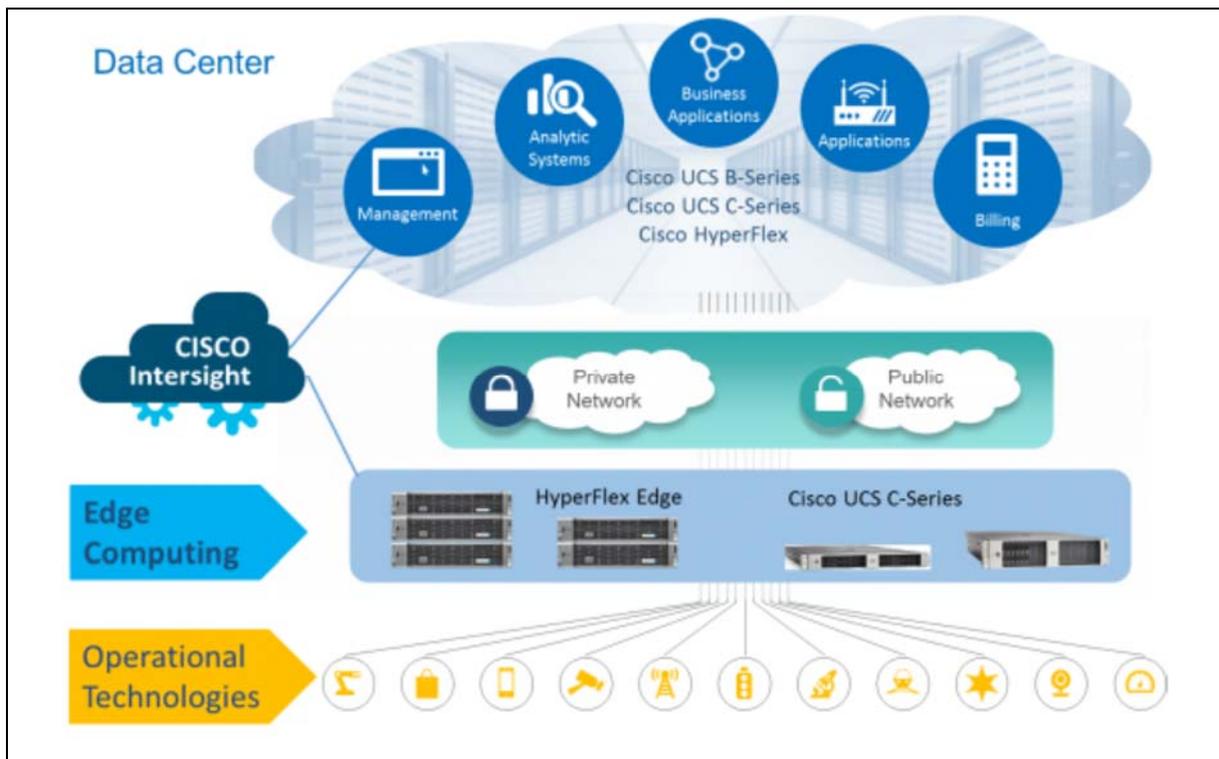


圖 37：邊緣運算架構

資料來源：CISCO，2018 年 10 月

3. 邊緣運算技術優點

邊緣運算透過將運算與儲存能力從雲端移到邊緣而大幅降低網路頻寬負荷，此外其基於其架構特性，還產生了低網路延遲、可離線運算與高資料安全性三個優點。

(1) 低網路延遲

網路壅塞是造成高網路延遲的主要原因，進而降低網路資源利

用率、應用程式性能及使用體驗。而這種低效率的根本原因，在於傳統網路架構的傳輸控制協定(Transmission Control Protocol, TCP)很難即時地反應快速變化的網路狀態，造成網路頻寬使用效率不佳。

然而邊緣運算可即時依網路狀況進行頻寬使用最佳化，例如在網路較壅塞下邊緣運算設備(Edge Computing Device)將主動通知影片伺服器降低串流影片的編碼率以節省頻寬使用，提升網路頻寬使用效率，進而有效降低網路延遲狀況。此外，因邊緣節點更接近於終端設備與使用者，縮短了資料來回傳送的實體距離，故也能縮短資料傳送時間，減少網路延遲。

(2) 可離線運算

邊緣運算架構下，來自終端設備的資料上傳至邊緣運算設備進行運算與儲存，無須透過雲端進行運算與儲存，故在失去與雲端之連線或難以取得網路連線的使用情境中，邊緣運算設備依然能持續收集來自終端設備的資料並運算之，直到與雲端的連線恢復後再將整理後的資料上傳雲端。這種在與雲端之連線中斷時仍持續進行運算並維持終端監控設備正常運作之特性，對於智慧工廠及生理監控等智慧監控不宜停止之使用情境而言十分重要。

(3) 高資料安全性

在雲端運算下，IoT 裝置取得的資料直接上傳雲端，但終端 IoT 裝置可能未具備完善安全認證機制或傳輸時未進行加密，使得資料可能於上傳過程中遭到截取或外洩，並可能成為網路入侵的管道，產生資安疑慮。然而若採用邊緣運算架構，因大部分資料不會上傳雲端，而是儲存在邊緣運算設備並進行運算，故降低了資料於上傳過程中可能發生的外洩，這點對高隱私性或機密資料而言極為重要，

也成為採用邊緣運算架構的一大優點。此外，邊緣運算設備本身還能提供防火牆、認證與資料加密等網路安全功能，進一步提升資料安全性。

4. 邊緣運算國際標準化進展

(1) ETSI

ETSI 於 2014 年建立行動邊緣運算技術標準工作組 (Mobile Edge Computing Industry Specification Group, MEC ISG)，致力於提供應用服務及內容供應商在行動網路的邊緣處即可享受到雲端的運算能力。

2015 年 ETSI 發佈邊緣運算白皮書，內容涉及邊緣運算的定義、應用場景、平台架構、導入技術以及部署方案等諸多內容；之後，ETSI 啟動第一階段邊緣運算標準化工作，如下圖所示。

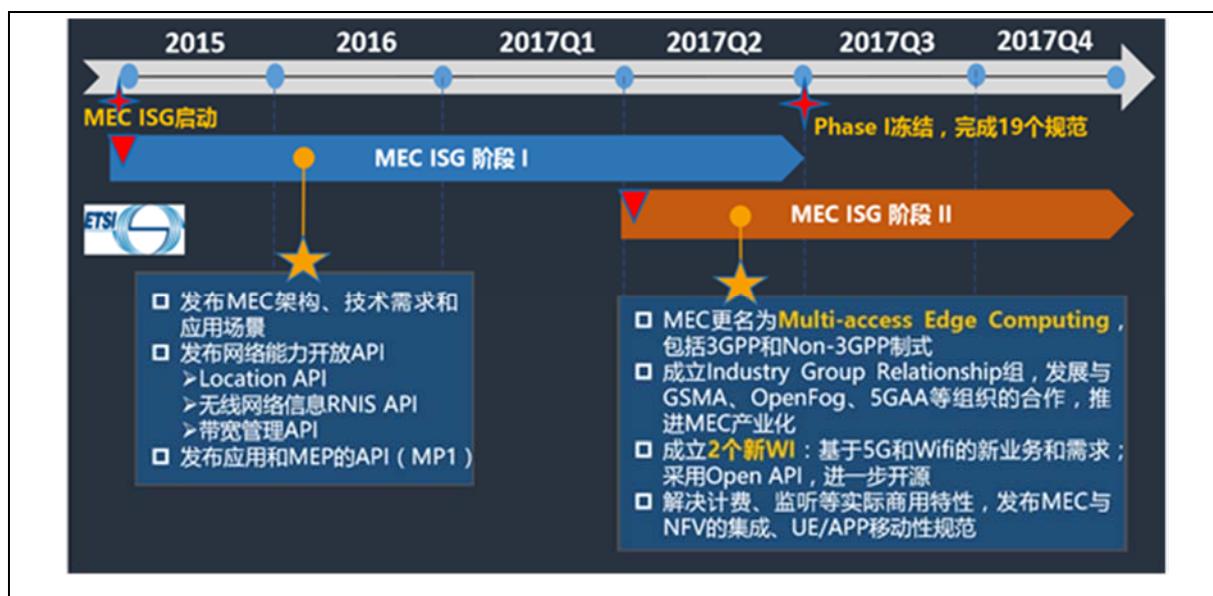


圖 38：ETSI 之 MEC 標準化進展圖

資料來源：中國聯通，2018 年 10 月

2017 年第 2 季 ETSI 將邊緣運算概念擴展為多接入邊緣運算，

並發佈三份與 MEC 相關的技術規範，分別涉及 MEC 術語、技術需求、應用、MEC 框架與參考架構。

截止目前，ETSI 已經提出了：邊緣運算平台架構、邊緣運算技術需求、邊緣運算 API 介面準則、邊緣運算 APP、邊緣雲平台管理、基於 NFV 的邊緣雲部署等多個版本的白皮書。ETSI 有關邊緣運算標準化工作的第一階段已經於 2017 年結束。

第二階段標準化工作正在進行中，預計在 2018 年第 4 季完成，第三階段的標準化工作也同時規劃中。第二階段的主要任務有二，一是對第一階段所推出的各類標準進行修訂、演進，二是推出一批新的標準，目前正在進行標準化的工作項目（如表 8 所示）。

表 8：ETSI 之 MEC 標準化工作項目

標準號	項目名稱	內容
GS MEC 021	MEC APP 行動性	在 MEC 系統中，對端到端 MEC APP 行動性的支持
GS MEC 022	MEC 支持 V2X 應用	關注 MEC 對 V2X 的支持。蒐集和分析相關 V2X 應用案例，評估定義 MEC 特性和功能需求
GS MEC 023	可用開放 API 標準來描述 MEC RESTful API	開發使用 OpenAPI 規範的 ETSI MEC RESTful API 的描述，包括 RNI、Mp1、定位、UE Identity、頻寬管理等
GS MEC 024	MEC 支持網路切片	著重於 MEC 對網路切片的支持，以及來自多個管理域的資源和服務編排問題

標準號	項目名稱	內容
GS MEC 025	MEC 測試架構	列出 MEC 遵從性部署所需的功能和能力。並且將指定一個測試框架，定義用於開發互操作性或一致性測試策略的方法，測試系統和 MEC 標準的測試規範
GS MEC 026	MEC 支持監管需求	該工作項目的目標是指定被識別的功能，以支持在網路不提供這些的情況下，在合法攔截和保留數據方面的監要求
GS MEC 027	MEC 支持容器技術	當 MEC 的 APP 以容器的方式運行時，MEC 必需提供一些額外的支持
GS MEC 028	WLAN 訊息 API	為 WLAN 訊息指定一個新的 MEC 服務

資料來源：ETSI，2018 年 10 月

(2) 3GPP

隨著 ETSI MEC 影響力的擴大，3GPP 亦緊鑼密鼓投入邊緣運算研究。2016 年 4 月，3GPP SA2（服務及系統面第 2 工作組）正式將 MEC 列為 5G 架構的關鍵技術。SA2 主要是將 5G 系統架構在本地路由與業務操控、會話與服務連續性、網絡能力開放、QoS 與計費等各方面給予邊緣運算全面的支持，SA5 網絡功能管理與 SA6 通用 API 架構研究也進一步考慮邊緣運算需求（如圖 38 所示）。

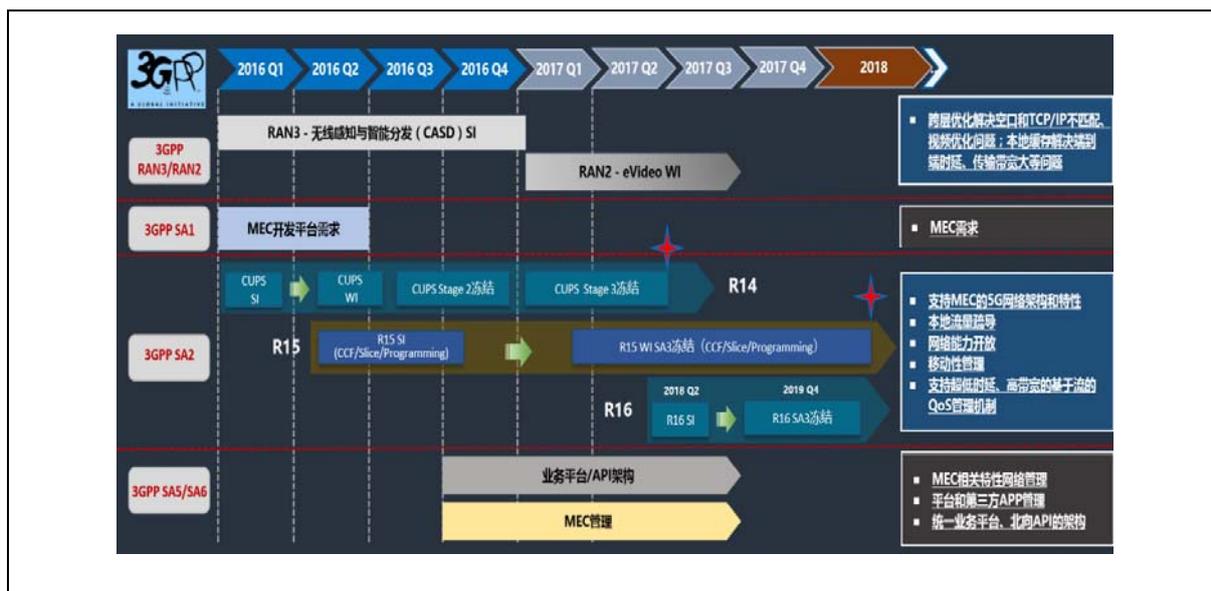


圖 39：MEC 在 3GPP 之標準化進程圖

資料來源：中國聯通，2018 年 10 月

在無線層標準方面，3GPP 在 Rel-14 中成立了「無線智慧感測與分發」研究項目，對本地轉發／本地緩存與跨層優化等 MEC 應用場景，從無線層角度進行研究並制定標準化方案，該研究項目於 2017 年 3 月結束，進一步在 Rel-15 成立「eVideo」研究項目展開標準化工作。

目前 Rel-15 正在制定的無線層標準化方案，為實現端到端本地分流網方案。5G 端到端架構設計初始將 MEC 本地分流作為需求和特性設計，提出可基於上行分類符 (Uplink classifier, UL-CL)、本地數據網路(Local area data network, LADN)以及 IPV6 Multihoming 的本地分流網方案，使得 UPF 可以利用 UL-CL 提供的資訊，知道如何將使用者資料傳送至正確的本地數據網路服務。

在 4G 標準中，針對無線資訊開放，3GPP 已定義核心網服務能力開放功能 (Service Capability Exposure Function, SCEF) 作為網

路統一能力開放設備 (TS23.682)。SCEF 可對接無線壅塞感測功能 (RAN Congestion Awareness Function, RCAF), 實現無線能力的統一收集和開放協力廠商 APP, 相關標準化已經完成。面對 5G 新興業務的無線層和應用層之跨層資訊交互應用和優化, 3GPP 則在 Rel-16 進行相關標準化工作, 在 Rel-16 對網路能力開放和精準定位進行規劃。

5. 邊緣運算技術應用情境

2018 年初, ETSI 發布邊緣運算整合 5G 和 C-RAN 的白皮書, 「MEC deployment in 4G and towards 5G」和「C-RAN and MEC: A Perfect Pairing」, 兩份白皮書提出邊緣運算在 5G 時代的演進方向和無縫接軌。同年 6 月 ETSI 發佈「MEC in 5G networks」白皮書, 概述 MEC 在 5G 中的作用。

在白皮書中提及 MEC 伺服器部署可能情境, 根據各種應用、性能或安全相關要求, 有多種部署選擇。隨著不同的需求, MEC 伺服器可被部署於基地台 (Base Station)、匯流聚合節點 (Aggregation Point)、或是核心網路端 (Core Network)。並結合使用者平面功能 (User Plane Function, UPF) 負責將用戶流量引導至資料網路中的 MEC (5G 中定義的 UPF 替代原來 4G 中執行路由和轉發功能的服務 Serving Gateway 和 PDN Gateway)。

以 MEC 運算平台部署在基地台端為例, 終端使用者利用行動裝置來存取網際網路上的服務時, 基地台接收到行動裝置訊號後, 可由部署在基地台端的 MEC 運算平台先行判斷該服務封包是否可由 MEC 運算平台提供服務, 或仍需要經過後端骨幹網路及電信核心網路以存取雲端服務。

而透過 MEC 技術的流量卸載，不僅可提供使用者更快速的服務回覆時間，更可以減少需要經過後端骨幹網路及電信核心網路的服務封包所佔用的大量頻寬，進而可減少網路建置的成本。

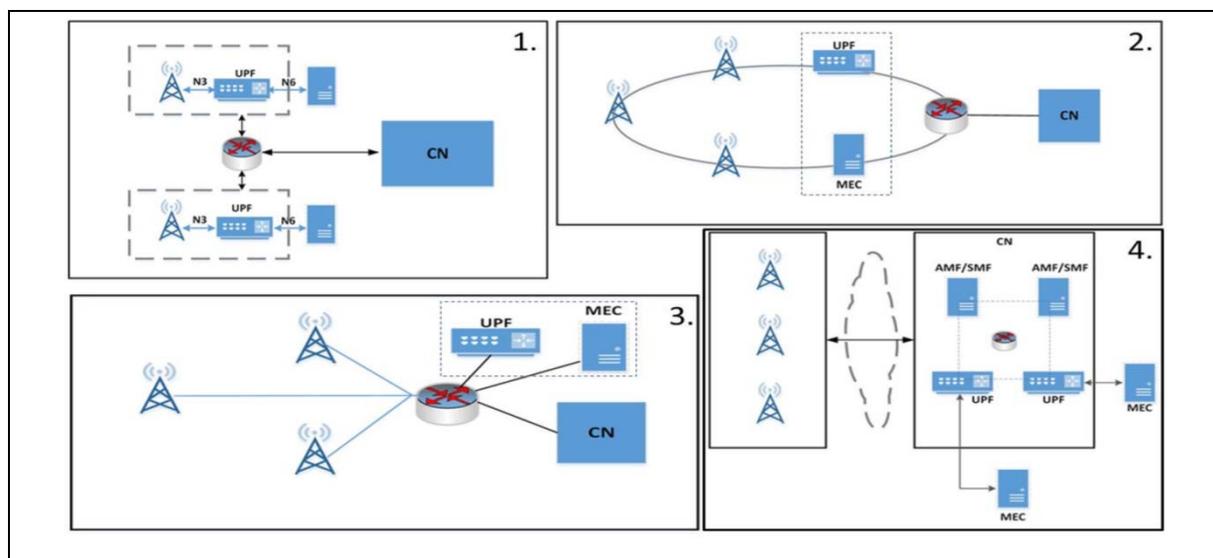


圖 40：邊緣運算系統部署可能情境圖

資料來源：ETSI，2018 年 10 月

(1) 低網路延遲帶來流暢的高畫質影音體驗

以色列軟體廠商 Saguna 與數位影音服務廠商 Vimmi 於 2017 年合作，利用 EC 技術提供超低延遲的線上影音服務，其概念乃是將影音內容寄存於邊緣運算設備中，並由邊緣運算設備對網路資源進行管控與分配。當訂戶提出影片觀看請求時，影音內容就直接從邊緣運算設備傳遞給用戶，並將帳務等資訊傳回核心網路。

透過採用邊緣運算傳遞影音，Vimmi 表示其可節省回程線路（Backhaul）流量達 70%到 90%，同時提升體驗品質（Quality of Experience, QoE），能於 4G 行動網路架構中將網路延遲時間降到低於 10 毫秒，並使 Vimmi 的基礎建設成本一年減少最多可達 30%。

(2) 即時、快速且低成本的駕駛人監控解決方案

Saguna、Vodafone 與 Amazon Web Services 於 2018 年 2 月世界通訊大會（Mobile World Congress，MWC）中，展示其駕駛人監控方案（Driver Monitoring Solution）之創新概念測試。過去提出的駕駛人監控方案需要在車上安裝智慧攝影機與 AI 系統，由 AI 系統對車內攝影機拍攝之駕駛人的行為與動作影像進行運算與分析，以判斷駕駛是否分心或有緊急狀況，進而對駕駛人提出警示。然而，此作法將提高於車內裝設駕駛人監控系統之成本、難以升級，並在汽車長達十年以上的生命週期裡變成落伍老舊的設備。

Saguna 等廠商合作提出的新方案則是讓車內只要裝上攝影機，將 AI 分析能力放在具有邊緣運算能力的行動網路裡，車內攝影機的畫面經行動網路傳至邊緣運算設備進行分析處理，並在判斷有異常狀態時回傳警示提醒駕駛人。Saguna 等廠商認為此方式可降低安裝駕駛人監控方案的成本、提供即時警示能力，且系統可持續透過軟體更新進行升級。

（3） 離線狀態下仍持續運作的監控與決策分析

SAP 提供生理感測器給參與 2017 至 2018 年 Volvo Ocean Race 的 AkzoNobel 帆船隊五位隊員使用，全天候 24 小時收集他們在疲憊、勞累、對氣候的反應與壓力狀態等面向之生理數據，並在帆船上設置邊緣運算裝置以對收集到的生理數據進行即時分析、儲存並提供圖像化的資料呈現，讓每位隊員可以持續不斷地了解其身心狀態，以便做好準備，用最佳狀態完成長達 8 個月的賽程，而這一切都在海上沒有網路連線之狀態下進行。

每當帆船抵達賽程中的 12 個停靠站點時，船上的邊緣運算設備就會把資料上傳到 SAP Leonardo IoT 雲端平台，透過此平台對資料進行完整分析並提供對接下來賽程的預測與建議。

6. 邊緣運算生態系發展歷程

邊緣運算產業之產業鏈組成廠商與 IoT 產業十分相似。最大差異在於各類邊緣運算設備對資料的運算能力，來自於晶片商的晶片及軟體廠商開發的邊緣運算應用軟體，故網通硬體設備廠商、晶片廠商與軟體開發者成為邊緣運算產業鏈中的一部分。而電信商與雲端平台業者都能透過使用邊緣運算設備而具備邊緣運算能力、提出相關應用，故電信商與雲端平台業者也是邊緣運算產業鏈的一份子。

(如圖 41 所示)

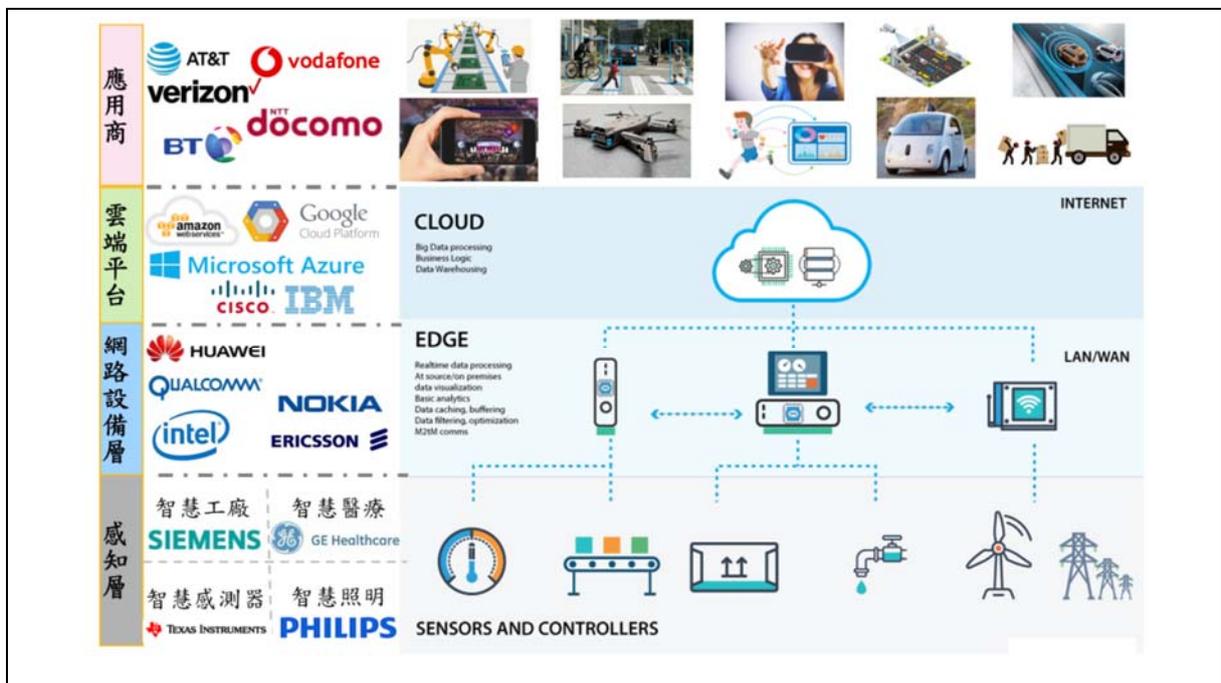


圖 41：邊緣運算產業鏈

資料來源：CISCO、各廠商，MIC 整理，2018 年 10 月

目前參與在邊緣運算產業中的大廠組成了數個產業聯盟，，分述如下：

(1) ETSI

ETSI 於 2014 年針對邊緣運算成立產業規格工作小組 (Industry Specification Group, ISG), 成員包含 Intel、AT&T、Orange、NTT、Vodafone、Nokia、華為、IBM 等大廠。此工作小組的主要目標乃是創建一個標準化且開放的環境, 使邊緣運算平台供應商, 服務提供商和第三方的應用程式能高效無縫地整合, 故針對邊緣運算的概念提出具體架構, 當時提出的架構名稱為行動邊緣運算 (Mobile Edge Computing, MEC), 並藉聯盟力量來推動建立 MEC 生態系統。

2016 年, ETSI 考量邊緣運算技術的利益並非專屬於行動網路, 無線網路與寬頻固網等網路存取方式也能享受邊緣運算技術所帶來的利益, 故將「行動邊緣運算」改稱為多接取邊緣運算 (Multi-Access Edge Computing, 簡稱仍為 MEC)。

MEC 架構著重於如何在電信業者的無線電接取網路 (Radio Access Network, 以下簡稱 RAN) 中整合 MEC 功能, 使電信業者得以利用 MEC 推出新服務並提升用戶體驗。

(2) 開放霧

開放霧聯盟 2015 年底由 ARM、Cisco、Dell、Intel、Microsoft 及普林斯頓大學共同成立。其於 2017 年 2 月為邊緣運算技術提出了一個能就近為一連串雲到物 (Cloud-to-Thing) 之間的資料產生源, 提供運算、儲存、控制與網路功能的系統級架構, 稱為開放霧參考架構 (OpenFog Reference Architecture), 開發者可透過此架構建置一個聯網裝置與系統間資料可快速傳送、受信任且安全的環境。開放霧聯盟希望藉提出此具開放性與互用性之系統架構來加速開放霧 (OpenFog) 架構的採用。

(3) 邊緣計算產業聯盟

華為、中國科學院瀋陽自動化研究所、中國信息通信研究院,

Intel、ARM 和軟通動力信息技術公司於 2016 年 11 月成立了邊緣計算產業聯盟 (Edge Computing Consortium, ECC)，其宗旨在於搭建邊緣計算產業合作平台，推動運營技術 (Operation Technology, OT) 與資通訊 (Information and Communication Technology, ICT) 產業開放協作，孵化行業應用最佳實踐，促進邊緣運算產業健康與可持續發展，並於 2017 年 11 月發表第二版邊緣運算參考架構 (Edge Computing Reference Architecture 2.0)。

ECC 雖由中國大陸發起，但以華為積極參與各標準制定聯盟的行動來看，ECC 可能成為邊緣運算標準訂定的重要角色之一。

(4) Intel Network Builders 社群

Intel 則於 2015 年 9 月成立了 Intel Network Builders 社群，其目標是透過為電信商和數據中心網路開發和部署經驗證之軟體定義網路 (Software-defined Networking, SDN) 和網絡功能虛擬化 (Network Functions Virtualization, NFV) 軟體解決方案，加速網路轉型。此社群吸引 Cisco、華為、IBM、Nokia、Verizon 等共超過 260 家廠商參與，並針對行動邊緣運算應用和服務的 NFV 平台發布了 Intel 網路邊緣虛擬化 (Network Edge Virtualization, NEV) 這套軟體開發套件 (Software Development Kit, SDK)，以便開發者針對 X86 架構開發邊緣運算應用。

7. 規格制定整合趨勢

大廠紛紛針對邊緣運算組成聯盟、提出標準、架構與最佳實務，但這種百家爭鳴之狀況卻因彼此的規格標準不相容而對邊緣運算的發展產生阻礙。如兩大聯盟 MEC 與開放霧各自提出之架構中，對資料從終端 IoT 裝置經邊緣節點傳遞到雲端之方式提出相同的垂直架構，但對於各邊緣節點間資料水平之傳遞方式卻有所差異。在

MEC 架構中，資料在節點間的水平傳遞需先上到雲端，再由雲端分配至各邊緣節點，開放霧則提出能讓各邊緣節點間直接進行資料水平傳遞之架構。然而這樣的差異就導致兩大陣營提出之架構間互不相容。

為解決此問題，ETSI MEC 產業規格小組與開放霧聯盟於 2017 年 9 月宣布簽定備忘錄，協議中第一項重點是互通性的邊緣運算應用程式介面 (Application Programming Interface, API)。ETSI 於 2017 年 7 月發佈的 MEC API 套件中已納入了可在開放霧參考架構中改寫及使用的功能，而在 9 月簽訂備忘錄並發布共同 API 後，透過在開放霧和 MEC 兩個架構間改寫及再利用 API，開發人員將更容易建立共通架構、統一管理策略和編寫可同時在開放霧和 MEC 架構運作的單一應用軟體。

此共同 API 的發布將降低邊緣運算軟體開發者面對之風險與成本，並促進開放軟體社群對邊緣運算相關應用軟體的開發。而 2018 年 AT&T 與 Intel 也分別宣布將開放其程式碼給 Linux 基金會的 Akraino Edge Stack 計畫，便於開放源軟體社群開發邊緣運算的網路虛擬化平台，預料將更進一步推動邊緣運算應用軟體的發展。

在 MEC 與霧運算之 API 於 2017 年 9 月統一後，邊緣運算應用軟體的發展預期將加速，相關應用領域之聯盟也自此開始出現。如 Intel、Toyota、NTT DoCoMo 及 Ericsson 於 2017 年底合作進行汽車 5G 技術試驗，其數據傳輸速度高達 1Gbit/s，適用於以時速 30 公里行駛的車輛，可進行 4K 影像通訊。其後，以上述廠商為基礎再加入 Denso，共同於 2018 年 2 月組成汽車邊緣運算聯盟 (Automotive Edge Computing Consortium, AECC) 以推動車聯網技術、標準及應用範例。

除 AECC 外，ETSI MEC 產業規格工作小組也於 2018 年 2 月起開始進行車聯網 API 標準制定專案。預期在兩大標準陣營統一 API 後，未來各類針對邊緣運算應用之聯盟與標準將逐一出現。此外、Intel 在上述所有技術聯盟中皆有參與，且在軟硬體及應用面皆有大量投入，其在標準制定上也因而具舉足輕重之影響力，值得持續關注。

二、 5G+AIoT 之智慧化趨勢分析

(一) 智慧農業

1. 全球人工智慧農業發展現況

面對全球農業不論是極端氣候、勞動人口高齡化、病蟲害等威脅不斷增高，運用諸如深度學習演算法、自動影像識別等技術，人工智慧技術之導入可謂是全球農業未來的發展趨勢，全球主要國家均積極投入政策資源，加速智慧農業之發展。

不僅可發展氣候衝擊預警、精準施肥、灌溉與除草等栽種管理、自動辨識農作物成熟度而協助採收、識別病蟲害威脅、基因定序開發新品種等，進而解決全球農業面臨之威脅，甚者可開創創新服務，並可進一步達到農產資源、農產人力與農業的全面升級與轉型。

為推行人工智慧技術於農業領域之應用，國際主要國家皆積極由政策面加上實質資源進行推廣。舉例而言，美國以資訊化支持農業發展，每年撥款十億美元建設農業資訊網路，以完善農業資訊化體系，並透過開放農業大數據給予民營企業，藉由大數據分析協助提升農業生產者用於農場生產管理之預測與管理。

另一方面，英國以大數據整合精準農業，推行農村地區實現寬頻全覆蓋、以及架構平台和通路，將農業生產資訊進行匯總和分析。另如法國打造大數據農業體系，集成創新技術研發、商業市場諮詢、法律顧問保障，以及網路應用等在內的「大農業」數據體系。最後如德國積極扶持數位農業的發展，搭配各式感測器、大數據分析等技術開發數位農業解決方案，農業生產者可於個人電腦端即時監測農作物受日照強度、土壤含水量、肥料分布狀況等資訊，藉以優化生產，實現增產增收。

2. 全球人工智慧農業三大應用趨勢

除上述國際主要農業大國，於政府端推廣人工智慧農業之政策外，亦有許多新創企業積極開發運用於農業領域之人工智慧技術。據 CB Insight 盤點全球農業科技新創公司，人工智慧技術導入農業領域之應用可區分三種類型，分別為：農作物栽培作業管理、病蟲害偵測與分析，以及禽舍環境與畜禽行為監測。

(1) 農作物栽培作業管理

除耕作、播種、採收等透過智慧機器人以提升效率外，亦涵蓋使用人工智慧影像識別技術自動分析農作物生長狀態，預測最佳施肥時程、最佳採收時程、精確噴灑農藥以減少環境雜草，防止產生除草劑之抗藥性問題等，優化整體農業生產。

(2) 病蟲害偵測與分析

係以機器視覺自動監測與識別農作物病蟲害狀況與防治、土壤探測掌握濕度、溫度、PH 值等，以及結合氣候災難預警之偵測分析系統。

(3) 禽舍環境與畜禽行為監測

將環境與畜禽間無形之互動與變化轉為數據，再以智慧化控制系統將數據的變化應用於禽畜飼養環境的及時調整，並透過空氣導流、溫溼度與光照等環境控制，建立穩定且安全的飼養環境，以因應環境氣候變化且減少畜禽疾病傳播。另外，亦透過畜禽之採食量、飲水量等追蹤，分析進而掌握畜禽生理健康狀態，即時發現生病或異常個體。

3. 商用人工智慧農業解決方案案例

人工智慧正成為廣泛農產業技術發展的重要力量，以下是目前智慧農業較具代表性的業者及產品案例。

以雜草控制應用解決方案為例，成立於 2011 年，美國加州的機器人研發公司 Blue River Technology（如圖 42 所示），發現除草劑抗藥性問題日趨嚴重，現今估計有 250 種雜草已具備除草劑的抗藥性。美國雜草科學協會針對雜草對玉米和大豆作物的影響之研究指出，估計美國農民每年會為此損失 430 億美元。故 Blue River Technology 認為利用自動化設備和機器人能幫助農民找到更有效的方法，保護農作物免受雜草的侵害，是未來的商機所在。Blue River Technology 開發了一款機器人名為 See & Spray，利用電腦視覺來監控精準噴灑棉花田內的雜草以防止除草劑的抗藥性，該公司宣稱其精確噴灑技術可將減少 90% 的支出。



圖 42：Blue River Technology 之農業機器人

資料來源：THE PROGRESSIVE FARMER，MIC 整理，2018 年 10 月

在採摘作業方面，由美國佛羅里達州的草莓種植業者在 2013 年成立的 Harvest CROO Robotics (HCR)，該公司開發了一款具備 16 個獨立的採摘機器人，幫助草莓農場採收和包裝，可在一天內收成 8 英畝土地，相當等於 30 名勞工的勞動力。



圖 43：Harvest CROO Robotics 與採收實況

資料來源：THE SNACK、NPR NEWS，MIC 整理，2018 年 10 月

美國初創公司 FarmBot 於 2016 年 8 月推出一款家用型農耕機器人 FarmBot Genesis，其具備超過 30 種不同作物的種植、鋤草、澆水的機器視覺檢測及數據蒐集功能，可參考植物年齡和來自當地感測器的天氣狀況等因素並結合外部數據。同時，此機械可使用不同的工具附加到通用工具支架上來執行不同的任務，包括種子注射器，澆水噴嘴和用於掩埋雜草的工具。此外，該機器能夠比較一個地區的所有植物與播種種子的位置來識別雜草。



圖 44：家用型農耕機器人 FarmBot Genesis

資料來源：：FarmBot，MIC 整理，2018 年 10 月

除了機器人的應用，使用機器視覺進行農作物和土壤監測、診斷，以及害蟲與土壤缺陷的機器視覺應用方面，德國柏林的 PEAT 農業科技公司 2015 年開發了 Plantix 的深度學習應用程式，可辨識土壤中潛在的缺陷和營養缺陷。透過軟體演算法進行分析，該算法將具特定的葉子模式與某些土壤缺陷、植物病蟲害和疾病產生相關聯。圖像辨識應用 APP 透過用戶的智慧型手機鏡頭拍攝可能缺陷的圖像來進行識別。然後向用戶提供土壤修復技術、缺陷提醒及其他可能的解決方案。PEAT 宣稱其軟體可以快速檢測，精確度高達 95 %，全球客戶目前已超過 50 萬。

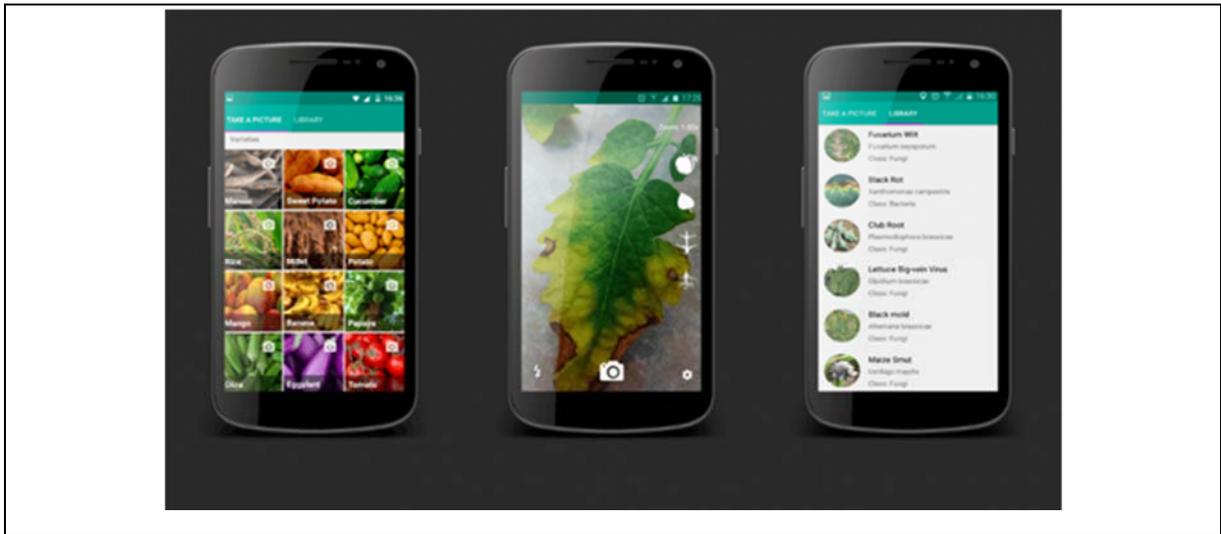


圖 45：Plantix 深度學習應用程式

資料來源：Bei RESET mitmachen，MIC 整理，2018 年 10 月

成立於 2015 年加州的 Trace Genomics 為農民提供土壤分析服務，由美國加州的一家生物科技公司 Illumina 開發使用機器學習的系統，為客戶提供了土壤的優勢和弱點。當農民提供土壤樣本給 Trace Genomics 後，用戶會收到其土壤含量的詳盡資料，包括細菌和真菌的病原體篩檢以及全面的微生物評估，防止有缺陷的作物，並優化健康作物生產的潛力。

What's Included?	Disease Risk Test	Fertility Test	Comprehensive Test (Includes Disease Risk and Fertility)
Bacterial Pathogen	✓		✓
Fungal Pathogen	✓		✓
Pathogen Detection	✓		✓
Disease Risk Report	✓		✓
Nutrient Cycling (N, P, & K)		✓	✓
Fertility Indicators		✓	✓
Fertility Report		✓	✓

圖 46：Trace Genomics 可進行土壤分析的服務

資料來源：TRACE GENOMICS，MIC 整理，2018 年 10 月

除了前述的各項農業機器人應用，使用無人機和電腦視覺分析農作物用的智慧應用也越來越廣泛。無人機早期是用來噴灑農藥，現在可結合 AI 來監測農作物健康。無人機與衛星更可以搭配合作，由衛星進行大範圍遙測，無人機則進行低空精準拍攝，臺灣商用無人機大廠經緯航太科技近來推出前瞻產品「翼龍」(Pterosaur) 固定翼式輕便無人機，運用航太科技實現智慧農業。「翼龍」擁有輕量、安全、無須跑道等優勢，可以在空中持續飛行達 70 分鐘，能夠長時間進行空拍，獲得農地與農產等數萬張高解析度影像。



圖 47：經緯航太之智慧農業定翼式無人機「翼龍」

資料來源：經緯航太科技股份有限公司，MIC 整理，2018 年 10 月

經緯航太已經將我國智慧農業輸出至馬來西亞與印尼。在馬來半島與婆羅洲的棕櫚園中，無人機以低空飛行精準拍攝每一棵樹的生長現況，已完成空拍與繪圖等工作，協助進行生產計畫、病蟲害

控制等更精準更智慧的農場管理。舉例來說，馬來西亞共有廣達 670 萬公頃的棕櫚園，在病蟲害管理上，可以透過「翼龍」無人機偵查發生病蟲害的棕櫚樹所在地，再進行精準投藥，既環保又節省成本。

「翼龍」每天透過一個航程就能夠巡查 2500 公頃的農地，並透過類神經網路深度學習、影像訓練等人工智慧，讓電腦辨識棕櫚樹的精準度高達 99.5%，搭配 GIS 地理資訊系統，還可將拍攝的資訊放在電腦上管理，運用達到 1.4 公分的超高解析度，進行更精準的農場管理。

人工智慧也可以用在禽畜的養殖業，加拿大的 Cainthus 機器視覺公司（如圖 48 所示），將人工智慧通過農場的攝像裝置獲得牛臉以及身體狀況的照片，進而通過深度學習對牛的情緒和健康狀況進行分析，然後幫助農場主判斷出那些牛隻是否感染疾病，或是否營養不良等。除了攝像裝置對牛進行「牛臉」識別外，還可搭配可穿戴的智慧設備，這讓農場主人可以更好的管理農場。荷蘭的 Connecterra 是一家動物智慧穿戴技術公司。透過戴在牛脖子上的感測器，與牧場上的固定探測器共同收集數據。這些數據上傳到雲伺服器上，以 Connecterra 所開發的機器學習演算法，使原始數據轉變直觀的資訊，提供客戶使用，包括奶牛的健康分析、發情期探測和預測、餵養狀況、位置服務等。Connecterra 大幅節省了奶農的工作時間，提高工作效率，特別是對有機農場更有幫助，因為他們可以很容易的瞭解放養時間、位置和吃草的時間。



圖 48：Cainthu 利用人工智慧分析奶牛狀況

資料來源：科技產業資訊室，MIC 整理，2018 年 10 月

以 AI 驅動的農業創新正不斷出現，且以特定農作物為目標以提高效率並解決該行業面臨的問題及挑戰，包括農作物產量、土壤健康和除草劑抗藥性。同時，農業機器人結合 AI，將成為農業的重要應用。面對極端氣候之下，農業不像其他行業易於風險建模和預測，因此 AI 應用進行廣泛的監測和預防，顯得至關重要。

隨著氣候變化的不斷研究和評估，農作物和土壤監測技術也將成為未來的重要應用。透過無人機和衛星等技術獲取的數據進行預測變化和識別的新能力，預測未來 5 - 10 年衛星機器視覺應用（天氣、農作物健康、預測農作物產量等）將在大型工業農場變得越來越普遍。

AI 浪潮是全面性產業翻轉及顛覆，目前尚未出現領導廠商及商業模式。人工智慧的農業趨勢，將是以農業為主體，分別結合 AI、無人機、5G 物聯網、智慧機械／自動化系統、區塊鏈的整合模式。隨著 AI、通信等新科技的成熟，可以解決糧食短缺、人口增加等問

題，同時農業供應鏈上需要更多的效率和創新，預測傳統農業將須與無人機技術或是智慧機械公司雙方整合合作模式，並形成另一種新商業模式創新，才能在未來新農業裡具有競爭力並創造價值。

(二) 智慧醫療

1. 全球人工智慧醫療發展趨勢

拜資通訊科技與演算法、類神經網路等研究之長足進步，推進人工智慧技術跳躍式成長，在國際大廠如：Tesla、NVIDIA、Google、Apple 等推波助瀾下，不僅廣泛運用於諸如自動車、家庭語音助理等，甚者進入醫療領域，掀起醫療技術、管理等全面項的創新革命。

據 Global Market Insights 預估，如圖 49 所示，全球人工智慧醫療市場規模於 2024 年將達到 100 億美元，由 2017 至 2024 年之年複合成長率（CAGR）將高達 34%，顯而易見人工智慧醫療正加速發展。

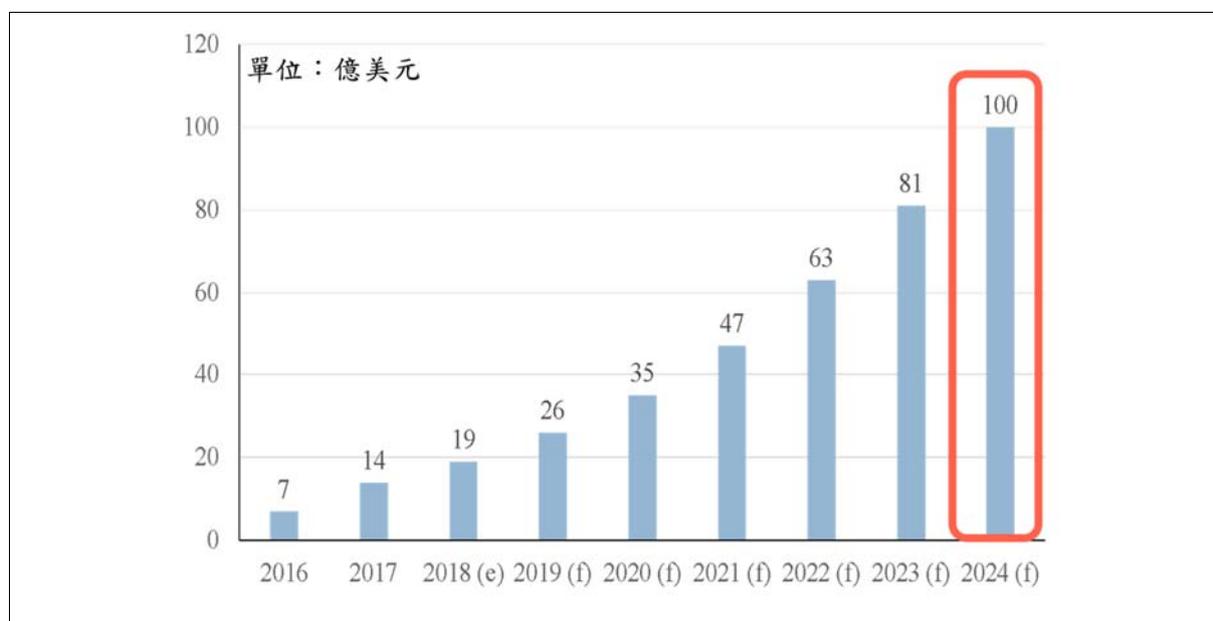


圖 49：全球人工智慧醫療市場規模，2016~2024

資料來源：Global Market Insights，MIC 整理，2018 年 9 月

2. 人工智慧醫療發展聚焦智慧診療

盤點全球前十大最受矚目之人工智慧醫療產品／服務大廠，如圖 50 所示，現時人工智慧在醫療領域之應用範疇以智慧診療為主，其次為智慧健康管理。

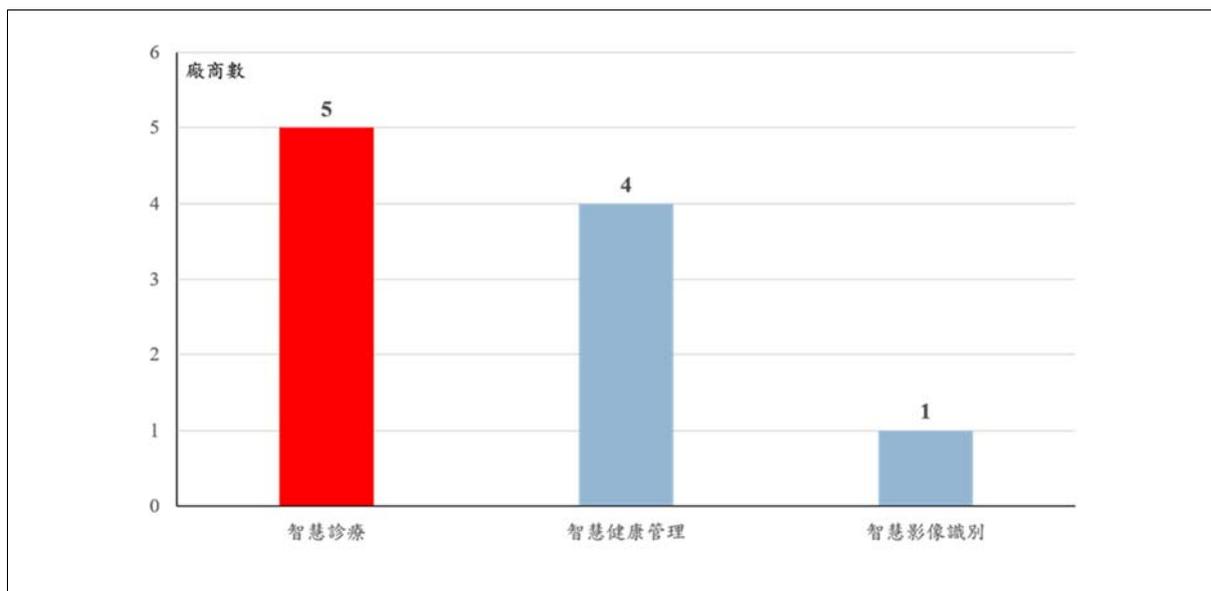


圖 50：全球前十大人工智慧醫療大廠之產品／服務類型

資料來源：MIC，2018 年 9 月

智慧診療的部分，如：IBM 之 Watson Health 專攻癌症治療，依據病患症狀、病史等紀錄，辨識出乳癌、肺癌等八種癌症，並可提出治療與照護建議；另如：MYCIN 之 MYCIN Health，輔助感染科醫師針對血液感染患者進行診斷和治療用抗菌素類藥物選擇建議（如表 9 所示）。

表 9：全球前十大人工智慧醫療大廠之產品／服務

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
軟體	智慧診療	IBM	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Watson Health ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用範疇：乳腺癌、肺癌等，多種癌症的輔助診療
		MYCIN	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：MYCIN ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用範疇：血液感染患者進行診斷和治療用抗菌素類藥物選擇
		GNS Healthcare	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：REFS ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用範疇：利用 Causal machine learning 進行大數據分析，提供藥品與醫療服務建議
		iCAD	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：PowerLook® Tomo Detection solution ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用範疇：協助放射科醫生判讀乳癌影像 DBT
		Infermedica	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Infermedica Platform ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用範疇：以推理技術優化初步

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
軟體			醫療診斷的診斷過程
	智慧影像識別	IDx	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：IDx—DR ● 應用屬性：自動影像識別 ● 應用範疇：糖尿病視網膜病變自動檢測
	智慧健康管理	Lumiata	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Lumiata ● 應用屬性：健康管理 ● 應用範疇：以病患的病歷、病理生理學數據建構醫療圖譜，用以預測病患治療需求與建議治療方案
		AiCure	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：AiCure ● 應用屬性：虛擬護士 ● 應用範疇：透過智慧型手機，以臉部辨識技術提醒病患用藥與確認是否正確服藥
		AdviNow Medical	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：On-Call Solution ● 應用屬性：遠距醫療 ● 應用範疇：利用 AR 量測病人身體指數與病症診斷
Sevamob	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：AI based 		

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
			point-of-care screening <ul style="list-style-type: none"> ● 應用屬性：遠距醫療 ● 應用範疇：輔助診斷患者血液、眼睛與皮膚病症

資料來源：Healthcare Tech，MIC 整理，2018 年 9 月

智慧健康管理的一部分，如：Lumiata 之 Lumiata Health，以病患的病歷、病理生理學數據建構醫療圖譜，用以預測病患治療需求與建議治療方案；另如：AiCure 之 AiCure Health，運用臉部辨識技術，透過智慧型手機提醒病患用藥與確認是否正確服藥。

值得一提的是，全球前十大最受矚目之人工智慧醫療大廠，其產品／服務之性質皆歸屬軟體。換言之，現時人工智慧醫療之發展，為架構於既有的醫療硬體設備上導入人工智慧技術而開發創新解決方案。

(1) 新創人工智慧醫療發展以智慧健康管理為主

盤點 CB Insight 所公布之全球百大人工智慧新創企業，其中醫療領域總計八家新創廠商，而新創企業於人工智慧醫療產品／服務之發展以智慧健康管理為主，其次為智慧診療與智慧藥物研發，如圖 50 所示。

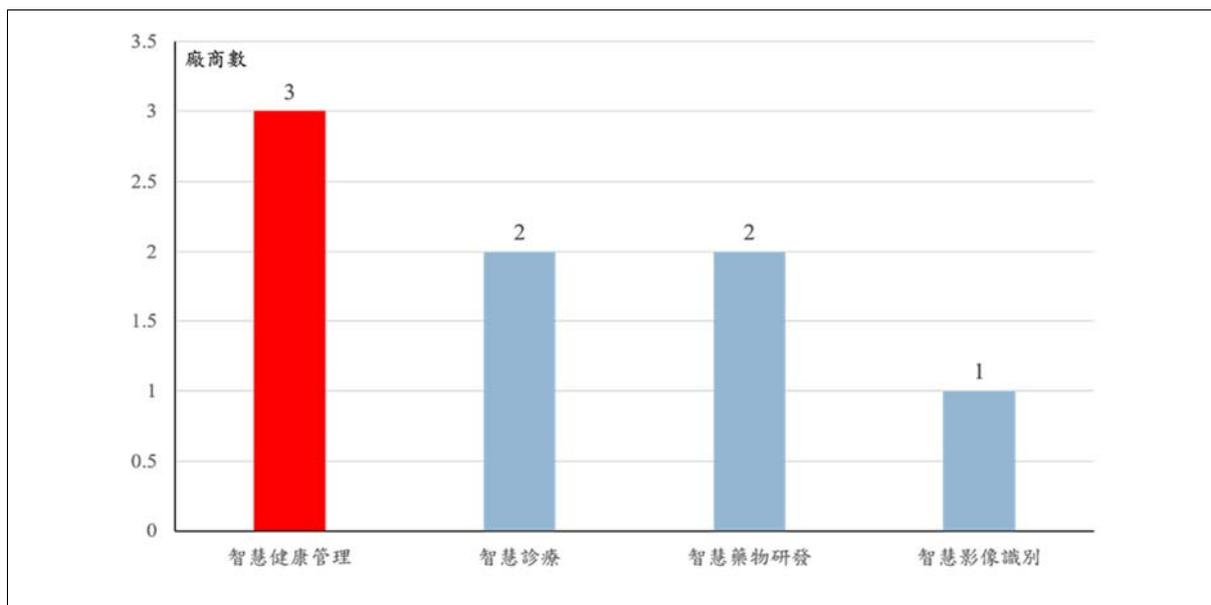


圖 51：新創人工智慧醫療之產品／服務類型

資料來源：MIC，2018 年 9 月

智慧健康管理的部分，如：Tempus 之 Tempus system，建立分子分析平台與臨床數據資料庫，收集、分析、應用患者資料於個人化照護醫療；另如：AiCure 之 AiCure AI platform，以智慧型手機之攝影鏡頭，發展基於人臉辨識、藥品辨識、嘴形辨識等技術，提供完整解決方案提醒患者按時吃藥，如表 10 所示。

表 10：新創人工智慧醫療之產品／服務

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
軟體	智慧診療	Flatiron	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：OncoCloud ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用目標：以機器學習、自然語言辨識等技術，結合腫瘤科醫生、相關學術論文、病患資料，將癌症治療資源整合成社群，以利醫生更好交流治療方法，更讓病患得到更好的治療 ● 總獲投金額：313 百萬美元 ● 募資階段：C 輪
		Freenome	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：AI genomics ● 應用屬性：輔助診斷與治療建議 ● 應用目標：以上千筆癌症病患血液資料，開發早期癌症篩檢技術 ● 總獲投金額：79 百萬美元 ● 募資階段：A 輪
	智慧藥物研發	Recursion Pharmaceuticals	<ul style="list-style-type: none"> ● 應用屬性：輔助藥物研發 ● 應用目標：以機器學習，加速開發心臟病、神經疾病、皮膚病、腫瘤、免疫和眼睛相關藥品

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
軟體			<ul style="list-style-type: none"> ● 總獲投金額：119 百萬美元 ● 募資階段：B 輪
		InSilico Medicine	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：InSilico Medicine AI Solution ● 應用屬性：輔助藥物研發 ● 應用目標：以機器學習分析百萬種藥物樣品分子，加速新藥的開發 ● 總獲投金額：14 百萬美元 ● 募資階段：B 輪
	智慧健康管理	Babylon Health	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Ask Babylon Talk to a doctor ● 應用屬性：遠距醫療 ● 應用目標：24 小時與醫師連線，進行遠端醫療 ● 總獲投金額：85 百萬美元 ● 募資階段：B 輪
	Temus	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Tempus system ● 應用屬性：健康管理 ● 應用目標：建立分子和臨床數據 	

AI 技術類型	AI 醫療應用類型	大廠	說明
			資料庫收集、分析、應用資料在照護醫療 <ul style="list-style-type: none"> ● 總獲投金額：210 百萬美元 ● 募資階段：D 輪
	智慧影像識別	AiCure	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：AiCure AI platform ● 應用屬性：虛擬護士 ● 應用目標：以智慧型手機人臉辨識、藥品辨識、嘴形辨識等，提供完整解決方案提醒病人按時吃藥 ● 總獲投金額：31 百萬美元 ● 募資階段：B 輪
		Arterys	<ul style="list-style-type: none"> ● 產品／服務：Arterys MICA ● 應用屬性：影像識別 ● 應用目標：心臟病，肝癌與肺癌，MRI 與 CT 影像自動辨識診斷 ● 總獲投金額：43.7 百萬美元 ● 募資階段：B 輪

資料來源：Healthcare Tech，MIC 整理，2018 年 9 月

智慧診療的部分，如：Flatiron 之 OncoCloud，以機器學習、自然語言辨識等技術，結合腫瘤科醫師之領域知識、相關學術論文，以及病患資料，將癌症治療資源整合成社群，提供醫師更好的交流治療方法，進而讓病患得到更好的醫療照護；另如：Freenome 之 AI genomics，以上千筆癌症病患血液資料，開發早期癌症篩檢技術，輔助並進而提高醫師篩檢癌症之精準度。

智慧藥物研發的部分，如：Recursion Pharmaceuticals 之 Recursion，以機器學習加速開發心臟病、神經疾病、皮膚病、腫瘤、免疫與眼睛疾病相關之藥品；另如：InSilico Medicine 之 InSilico Medicine AI Solution，以機器學習分析百萬種藥物樣品分子，藉以加速新藥的開發。

人工智慧醫療的發展，不僅有賴人工智慧技術層面如：機器學習、深度學習、影像識別等演算法之軟體研發能量，甚者更仰賴基礎端大量的醫療相關資料，以及具備高水準之醫師團隊，方能先行以醫師人工標註／篩選醫療相關資料，進而以有價值之醫療資料作為發展人工智慧醫療創新應用／解決方案的基礎，如：發展智慧影像識別技術，須先行以醫師人工審視患者 MRI 或 CT 影像，找出病癥且標註，方能以此資料作為發展智慧影像識別演算法之基礎。

（三） 智慧語音

「智慧音箱／語音助理」的產品服務概念，非常類似當今民眾愛用的智慧手機，擁有多樣化的服務功能；但兩者最大差別在於，智慧手機隨身攜帶，而智慧音箱則坐落在家中，或其他空間中（例如：轎車內或飯店中）。使用者可透過「智慧音箱／語音助理」操控該空間中的家電與裝置，亦可享受其內容資訊服務。顯然，該產

品定位與功能，跟個人形影不離的智慧手機並不相同。

先不論它未來在商務應用的各種可能，單單它可以讓家庭各成員，簡單使用語音來操作特定電器或詢問廣泛資訊等（按：目前智慧音箱雖是由一個人的智慧裝置與一個人的帳號中設定，但它提供的服務功能是開放給所有家人也能使用的設計），就有產品魅力與應用價值。以其可能做到的服務功能來衡量，加上智慧音箱／語音助理的價格大多相當平價，「智慧音箱／語音助理」屬於性價比偏高的產品。據此推測有望快速成為許多家庭中的智慧管家，或擔任個人的語音助理秘書。以下將觀察 AI 語音助理目前產品的發展，技術與未來的應用趨勢。

1. 智慧語音產品發展

（1） 內建 AI 語音助理產品多元化

即便 AI 語音助理平台大廠多推出自有品牌 AI 智慧音箱，但其最終目的事實上是想引導各式智慧裝置內建 AI 語音助理。為此，平台大廠幾乎均免費開放第三方語音開發工具，甚至提供虛擬測試環境，藉此降低智慧產品業者進入生態系的門檻。至今，內建 AI 語音助理的智慧產品類型持續增加，相關零組件與組裝代工需求可望隨之攀升。

	家用智慧裝置	智慧家電	穿戴式裝置	智慧手機	PC	智慧車	車內裝置
amazon alexa	<ul style="list-style-type: none"> Amazon : Echo, Dot, Show, Spot, Look... iCobee4 : Thermostat, Light Switch... Device : Light Switch Jabra : Wireless Earbuds ASUS Lyra Voice Mesh Router UBTECH : Robot GE : Smart Lighting Fixture Vobot : Smart Alarm Toshiba : Security Camera LG : Hub Robot - Airbot Speaker : Lenovo, Sonos One, iHome, Bury Genie, Ultimate Ears, Fabriaq, Harman, Inovoxia Tribby, Magnavox... 	<ul style="list-style-type: none"> Amazon : Fire TV LG : Smart Refrigerator Hisense : Smart LED TV Sharp : Smart LED TV 	<ul style="list-style-type: none"> 66 Audio : Headphones Guess : Smart Watch Martian mVoice Smart Watch IMCO CoWatch 	<ul style="list-style-type: none"> Huawei : Mate 9 HTC : U11 Coolpad : Splatter unlocked smartphone 	<ul style="list-style-type: none"> HP : Pavilion Wave, Envy AIO Acer : Spin3, Spin5, Nitro5, Aspire NB/DT... Asus : ZenBook and VivoBook NB Lenovo : ThinkPad, Yoga 730 NB Wistron : AIO PC Quanta : Convertible NB Compal : Convertible NB 	<ul style="list-style-type: none"> Ford : Fusion Energi ... BMW/Mini : All Models Hyundai : All Models Toyota : 2018 Camry, Sienna SEAT : Ataca, Leon, Arona, Ibiza and SUV range... 	<ul style="list-style-type: none"> Garmin : Dash Cam Logitech : ZeroTouch Dashboard Car Mount...
Google ASSISTANT	<ul style="list-style-type: none"> Google : Google Home, Mini, Max Anker : ZOLO Mojo LG : ThinQ WK7 nVidia : Shield Harman JBL Link View Lenovo Smart Display LG ThinQ View WK9 Sony Display(規劃中) Nest Cam IQ Indoor Speaker : Harman JBL Link 10/20/300/500, Sony LF-S50G, Panasonic SC-GA10, Onkyo VC-GX30, Onkyo VC-GX30, Onkyo VC-GX30, Mobvoi TicHome Mini, Best Buy Insignia Voice Speaker... 	<ul style="list-style-type: none"> Sony Bravia Android TV LG OLED AI TV 	<ul style="list-style-type: none"> GC Connect, Guess Connect, Hugo Boss Touch, TH24/7 You, Misfit Vapor, Movado Connect, Michael Kors Access Softie/GraysonTAG, Fossil Q, Control/Explorer/Venture, Emporio Armani EA Connected, Diesel On Touchscreen Smartwatch, Ticwatch S8E, LV Tambour Horizon, Montblanc Summit, Huawei Watch 2 TAG Heuer Connected Modular 45/41, Casio Pro Trek Smart, LG Watch Sport/Style, Polar M600, The Mission, by Nixon... 	<ul style="list-style-type: none"> Google Pixel 2 LG : G6, V30 smartphone Nokia : 8 Oppe : R11 Vivo : V7Plus Xiaomi : MI A1 Reliance : Jio Sony : Xperia XZ1 	<ul style="list-style-type: none"> Pixelbook 	<ul style="list-style-type: none"> Acura NSX, Audi 7種車款 Buick 4種車款 Cadillac 6種車款 Chevrolet 15種車款 Chrysler : 300 Dodge : Challenger, Charger Genesis : G80 Ford : 15種車款 GMC : 6種車款 Honda : 6種車款 Hyundai : 9種車款 Jeep : Compass Kia : 8種車款 Lincoln : 6種車款 Mercedes : 7種車款 Subaru : 10種車款 Volvo : 3種車款 	
DUEROS	<ul style="list-style-type: none"> Baidu : DOSS小度探智能音箱, 小度智能音箱, 小度在家視頻音箱, 度秘機器人 GIMI : 無屏電視Z5 西安電視G-1 智能音箱 : Ubee, 蘇寧小Biu, GGMM 玖勝小勝, 藍港小寶, 庫客... 	<ul style="list-style-type: none"> Lenovo 電視65吋 創維智慧電視 Skywatch(規劃中) TCL(規劃中) nVidia(規劃中) Haier U+ 智慧冰箱 Midea(規劃中) 		<ul style="list-style-type: none"> Vivo : X9, X21 HTC : U11, U11+ Huawei : P20 koobe(規劃中) 		<ul style="list-style-type: none"> Hyundai Kia 一汽奔騰 北氣新能源 東風風神SUV 	

圖 52：當前內建 AI 語音助理的展品類別

備註：以上僅羅列當前三大標竿平台業者

資料來源：各公司，MIC 整理，2018 年 9 月

(2) AI 語音助理行動化，帶出低功耗議題

觀察內建 AI 語音助理的行動裝置，產品類型明顯持續增加，透露出 AI 語音助理欲從「智慧管家」轉型「貼身特助」的企圖心。行動裝置內建 AI 語音助理，有助無縫串連家庭場域、移動中，及辦公室場域，方便使用者隨時交代 AI 語音助理代辦事項。但當使用者不斷喚醒 AI 語音助理時，對於行動裝置的電池續航力，將是一大考驗。因此，如何兼顧 AI 語音助理的貼身服務潛力，及行動裝置有限的電力，必然是須事先克服的問題。

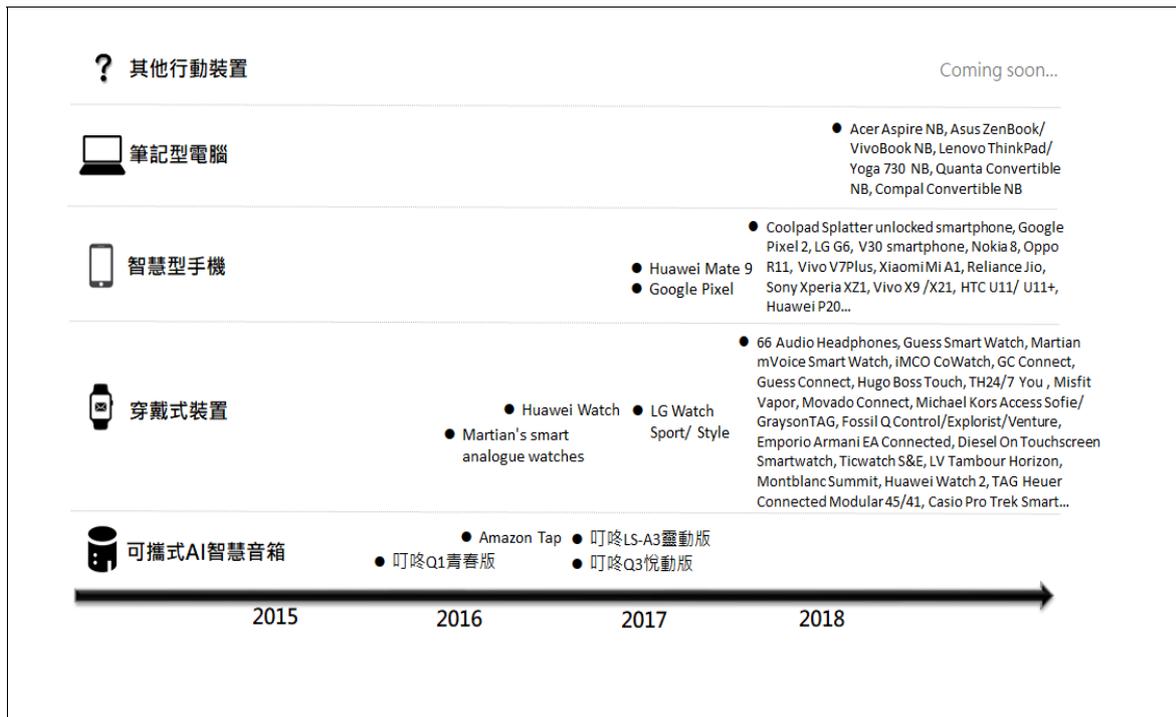


圖 53：內建 AI 語音助理的行動裝置類別

備註：僅羅列各類內建 AI 語音助理裝置之主要品牌

資料來源：各公司，MIC 整理，2018 年 9 月

(3) 語音結合視覺、智慧音箱，擴展第三方應用服務空間

近期 AI 語音助理平台大廠紛紛推出配備「鏡頭」與「螢幕」的視頻音箱，從 AI 智慧音箱產品線的變化，顯示「語音」結合「視覺」技術之趨勢。AI 語音助理長出「眼睛」與「臉」事出有因。AI 語音助理問世之初僅被賦予「聽與說」的能力，在此條件之下，可執行的任務類型、提供的服務因此受限。尤其當 AI 語音助理需跟使用者描述特定景象或圖片時，挑戰之大可想而知。

語音結合視覺技術後，AI 語音助理在進行口頭說明的同時，可搭配視覺化資訊，有助聽者更有效率的接受與消化資訊。此外，AI 智慧音箱增添鏡頭與螢幕，亦有助進一步打開第三方應用服務發揮空間，如：家庭社交功能、孩童伴讀，更可成為銀髮族的第二雙眼

睛，協助辨識保健食品、藥盒、保養品的外包裝資訊，再由 AI 語音助理口頭說明這些產品的成份、使用方式，及使用期限等。

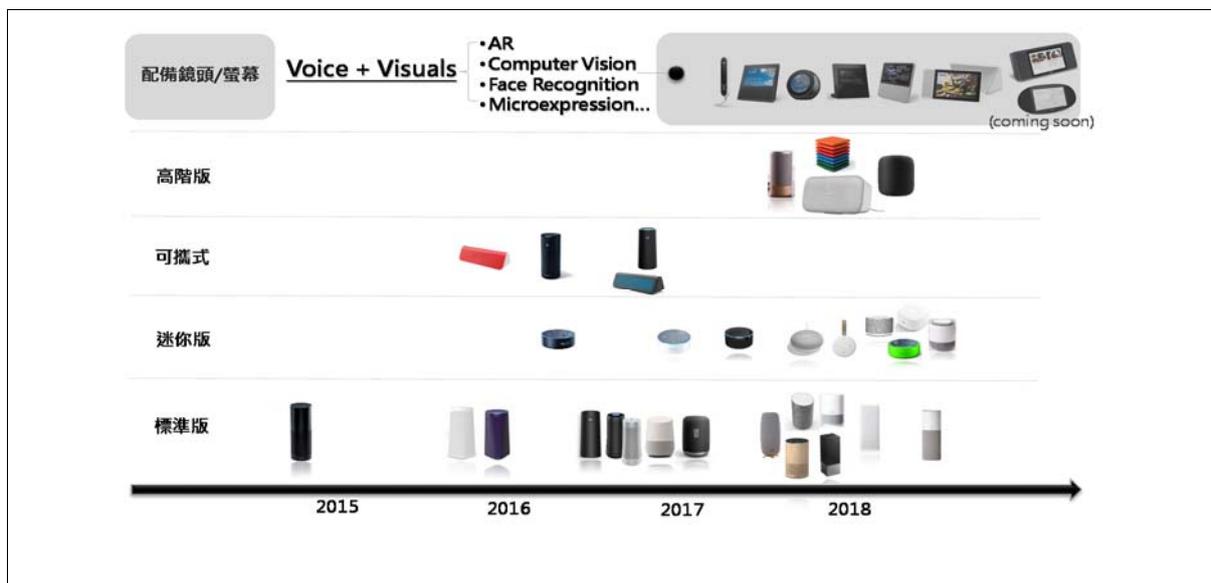


圖 54：AI 智慧音箱產品線變化

備註：僅圖示中系、美系主要品牌家用 AI 智慧音箱系列產品

資料來源：各公司，MIC 整理，2018 年 9 月

(4) AI 語音助理互動自然化，含對話管理、情緒辨識技術

觀察 AI 語音助理平台大廠的語音技術佈局軌跡，最初聚焦語音轉文字、文字轉語音、自然語言處理等核心技術。接著，開始運用語音合成技術，以賦予 AI 語音助理聲韻美感；並藉由聲紋辨識技術，來提供個人化的互動體驗。

隨著 AI 語音助理核心技術趨於成熟，平台大廠將目標轉向「優化使用者與 AI 語音助理的對話體驗」，企圖打造更貼近人類對話情境，期望使用者與 AI 語音助理能更自在地交談。為達此理想境界，自然語言理解、對話管理技術甚為關鍵。從 Amazon、Google 等大廠當前語音技術開發要項，便可看出端倪。

此外，觀察 AI 語音助理的「自我提升」方向，亦可看出其並

不想永遠只當個「聽令做事」者，最終目的乃是要成為瞭解主人，並能隨時提供各種支援的貼身助手。據此，可預期未來 AI 語音助理除了會結合更多視覺相關技術之外，情緒辨識相關技術亦有機會陸續被整合進來。

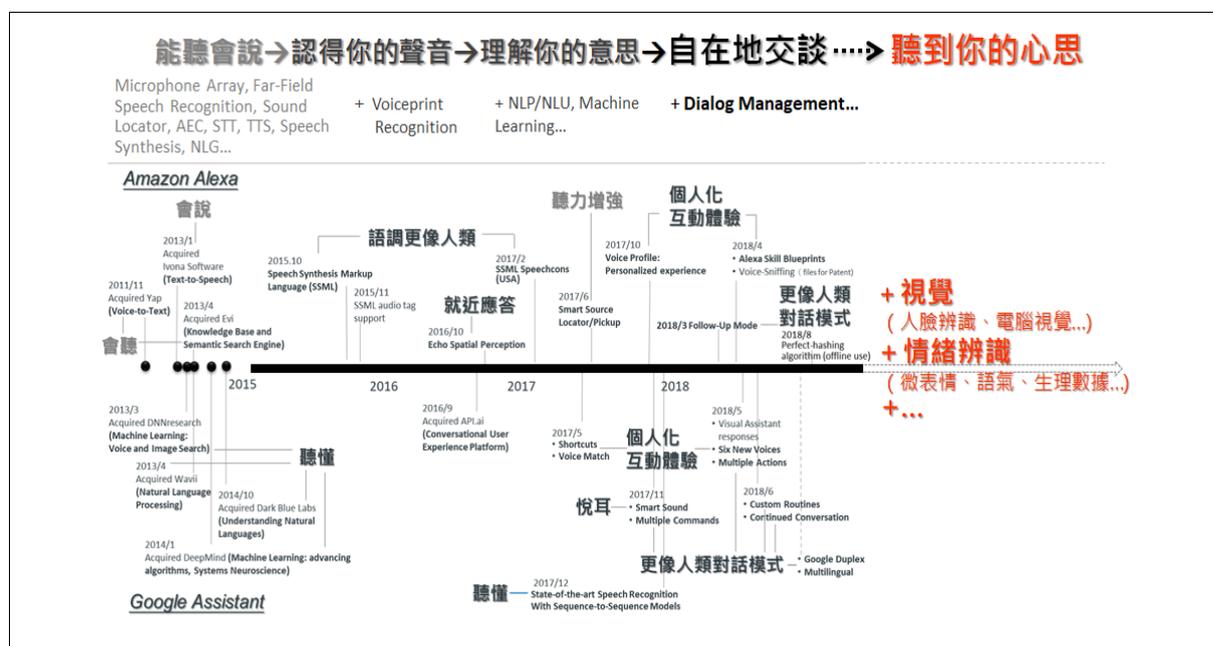


圖 55：AI 語音助理平台大廠語音技術發展與布局趨勢

資料來源：各公司，MIC 整理，2018 年 9 月

2. 未來智慧家庭語音應用趨勢

觀察近年通用型 AI 語音助理平台大廠應用布局方向，顯然已從家庭場域逐步跨入個人用、車用，甚至商業應用領域。然觀察這些大廠在商用領域的拓展，事實上著墨並不多。探究原因，商用 AI 語音助理解決方案涉及企業內部系統整合、售後服務，加上企業用戶亦多有客製化需求，這與 AI 語音助理平台大廠的事業策略目的並不吻合。因此，當前大多僅是試試水溫，或透過跨業合作方式，零星地布局零售業、飯店業等垂直應用領域。從 AI 語音助理企業解決方案的特性，及企業用戶的期待來看，或許當地系統整合商、

企業解決方案供應商，更具進軍籌碼。

綜觀商用 AI 語音助理推廣狀況，平行應用方面目前以客戶服務、業務部門等營運環節導入意願最高。主因在於，前者透過 AI 語音助理與真人客戶協作，可有感降低營運成本，亦有助管理階層監督客服電話品質；後者則因業務拜訪客戶多以車代步，故在移動中使用 AI 語音助理可有效提高工作效率。垂直應用方面，當前則以金融、電信業的 AI 語音助理解決方案較為成熟，醫療保健、電商等領域則因有實際需求支撐，故拓展潛力相對看好。

通用型 AI 語音助理需處理的語音數據量龐大，加上需連結、更新數以萬計的第三方應用服務，故均仰賴運端運算。然在商用領域中，企業客戶常考量內部敏感數據，或是其他資安考量，仍無法完全對公有雲服務敞開雙手；在此顧慮之下，催生出邊緣運算或離線運算的 AI 語音助理需求。

另外，部分應用場域無法妥協 AI 語音助理回應速度，如：車用；原因在於，倘若語音助理延遲回應，恐將造成駕駛人分心，加上行車中無線網路較不穩定，故亦相對適用邊緣運算 AI 語音助理。有感於當地端 AI 語音助理解決方案的市場潛力，Amazon 著手開發平台新演算法，期望在最小記憶體空間條件下，兼顧當地端運算效能與 AI 語音助理答覆精準度。隨著雲端 AI 語音助理出現「在地分身」，可預期 AI 語音助理裝置規格也將隨之改變；可預期邊緣運算、離線運算晶片需求出現，而在地端 AI 語音助理智慧裝置的記憶體空間、主機板等零組件，自然也需配合調整。

未來 AI 語音助理裝置產品設計與產品線，朝向多元化、視頻化、行動化發展。AI 語音助理從「智慧管家」轉型「貼身特助」的企圖心明確。然而，隨時待命的 AI 語音助理便利性高，但卻也考

驗行動裝置的電池續航力。此外，AI 語音平台大廠策略性地引導智慧裝置內建 AI 語音助理，為此幾乎均不惜免費開放第三方語音開發工具，甚至提供虛擬測試環境。至今，內建 AI 語音助理的智慧產品類型續增，包括各式智慧裝置、家電、PC、智慧手機、穿戴式裝置與車載系統等。隨著語音助理入住智慧產品，產品設計亦將隨之改變，除了增添喇叭、麥克風陣列，部分產品更配備鏡頭與螢幕。

觀察 Amazon、Google 等 AI 語音助理平台大廠當前技術投入要項，可看出其全力「優化人機對話體驗」的野心。為此，除了需進一步疊加多項語音技術，精進自然語言理解、對話管理技術之外，更結合視覺感知等技術，期望使用者與 AI 語音助理之間的互動更加自然。

此外，從 AI 語音助理的轉型意圖來看，顯然它並不想永遠當個只會聽令做事的助手，而是進化成很瞭解主人，並能隨時提供支援的貼心特助。由人性化的角度推演，預期 AI 語音助理除了將結合更多視覺相關技術，如：電腦視覺，亦可望進一步整合情緒辨識技術，如：語氣分析、微表情等，甚至配合使用者生理數據，以精準提供對應的應用服務。

受惠於語音技術突破、AI 技術加持、語音數據資料充沛，及無線網路環境趨於完善等有利條件成立，開啟 AI 語音助理商業應用潛力。綜觀當前通用型 AI 語音助理平台廠商雖嘗試跨足商用、垂直應用領域，但由於該應用場域涉及產業知識、系統整合、售後服務等業務，這些顯然不是通用型 AI 語音助理平台廠的業務重心，亦不易與本業產生綜效。反觀，企業內部系統整合、客製化解決方案為系統整合商的強項，從此角度來看，或許在商用 AI 語音助理領域，具有在地系統整合資源與能力的廠商，將更有勝算。

伍、 結論與建議

一、 主要國家與重要國際組織的數位經濟發展策略 與趨勢

(一) 國際數位經濟發展策略分析

數位轉換已成為當前國際資通訊科技產業與各國政府關注之議題，許多國際組織包含 OECD 已認識到過去數十年來持續進行的數位變革，已擴及到許多國家的整體社經發展。OECD 認為目前 OECD 國家的數位基礎設施可稱完備，且持續增長，新興經濟體和發展中國家使用數位技術的情況也日漸普及，無論是電子商務、農業還是金融領域，均可看見數位化的巨大影響力。

OECD 認為數位化(digitization)和網路互連(interconnection)，是數位轉換的主要驅動力。雖然數位化的成本相當高昂，但數位化後的資訊有通用的資料格式，並且方便存儲。與數位資訊相比，類比資訊的處理和傳播速度都較慢。簡而言之，數位化減少對資訊共用和開發的物理限制。而網際網路則帶來越來越多的互連，以及可以在全球範圍進行聯繫。

數位技術的生態系統推動整體經濟和社會不斷產生變革，其最大的驅動力是近幾十年來倍數增長的運算能力。此外，自 2007 年智慧型手機開始普及，帶動雲端計算服務盛行，在過去十年中也出現一系列新結合行動網路的產品、應用和服務，形成日漸繁多的技術和應用生態系統。透過上述這些技術以及許多其他技術，如雲端運算、開源軟體、機器人和類神經網絡、虛擬實境的組合應用，形成新的技術生態系統，促進經濟和社會的數位轉換，相關的應用在各種產業領域中日益發展，並引發市場和經濟的運作模式從根本上

產生轉變。

在鼓勵數位化與推動數位轉換的國家政策方面，根據 OECD 調查顯示，2016 年針對 OECD 的 32 個會員國和其 6 個夥伴經濟體的「OECD 數位經濟展望政策調查」(2016 OECD Digital Economy Outlook Policy Questionnaire) 指出，除了美國是採取較為分散、以市場驅動的方式發展其數位政策以外，大部分國家均有一個統合性的國家數位發展策略方案，約有三分之二的國家數位發展策略是單一獨立的政策，而約有三分之一國家與其他政策結合，成為更廣泛國家政策的組成部分。

在大部分情況下，國家數位發展策略與其他政策(如創新政策)會互相協調合作。大多數歐洲 OECD 成員國已將其國家數位發展策略與諸如歐洲數位議程(A Digital Agenda for Europe)、歐洲數位單一市場發展策略(European Digital Single Market)、歐洲 2020 發展策略(Europe 2020)、歐盟 E 化政府行動計畫(EU eGovernment Action Plan 2016-2020) 等政策互相結合。

整體社會的數位化發展勢必影響到企業，WEF 認為，企業的數位轉換必須為客戶提供真正的商業價值，而不應該是為了技術而技術。有效的數位轉換可以促使客戶體驗的改善，創造產品和服務的數位化，引發新的經濟模式，最終導致營收的提升。企業數位轉換需要導入新的硬體及軟體，包括資料和分析、IT 系統、營運模式，甚至必須改變人員和文化。

雖然數位轉換這個議題顯然根植於技術，但 WEF 認為，數位轉換成功的成功與否，最大的挑戰在於如何雇用新的人才，提高自身員工的數位工作技能，並將企業文化轉變為更具創新性和適應性。

在數位轉換的重要商用案例方面，杜拜道路與交通管理局（Road and Transport Authority, RTA）將在 2020 年推出基於區塊鏈技術的「車輛生命週期管理系統」，該系統將為客戶提供從「製造商一路到廢料場」的車輛歷史記錄。透過將車輛製造的歷程紀錄寫入區塊鏈資料中，其不可修改特性可提高車輛交易的透明度和信任度，防止糾紛並降低服務成本。並可以追蹤所有權，銷售和事故歷史，為供應鏈創建更智能，更高效的系統，使車輛的利益相關人，如汽車製造商、經銷商、監管機構、保險公司、買方、賣方甚至廢棄廠帶來益處。

不僅是政府服務，企業端的數位轉換潮流更是如火如荼，如 Walmart 陸續併購電商 Jet.com、建置自有的雲端，作為 AI 的訓練基礎，甚至更名「WalMart Stores Inc.」為「Walmart Inc.」，力圖轉型並投資 AI。現階段 Walmart 的 AI 應用為虛擬語音助理和貨價掃描機器人，由創新科技採用團隊 WalmartLabs 規劃，未來將於結帳區設置開發面部偵測與辨識，瞭解消費者排隊等候的情緒變化，以提供個人化體驗、簡化營運流程，因應 Amazon 的挑戰。

(二) 針對國際數位經濟發展趨勢對臺灣之建議

如同前述，當前各類新興科技如 AI、區塊鏈、雲端、大數據等技術不斷迅猛發展，對產業的衝擊也至為明顯，過去以地理疆界區分的市場，如今已漸融為一體。臺灣作為嵌入全球化網絡的經濟體，自然也無法自外於此一趨勢。特別是當前我國廠商在製造產業上，必須面對紅色供應鏈競爭，在數位與內容產業又必須應對西方國家大軍壓境，在此雙面夾擊下，在數位轉換上有著不可不做的壓力。

依據 OECD 與 WEF 對數位轉換的分析，所謂數位轉換，意指透過數位科技的基礎，整體改變企業長期經營方向、商業模式及其相應的組織架構、資源配置，是企業重新塑造競爭優勢、轉變成新的企業型態的過程。以臺灣當前產業形勢，數位轉換的速度需要加快，才能因應現今環境的挑戰。以製造業為例，競爭國家如德國、美國、日本、韓國及中國大陸等都在推動製造業升級，積極往工業 4.0 方向邁進，而臺灣雖有大型科技業已經朝高度自動化、數位化的方向發展，但大多數的中小企業仍未導入相關技術。

綜觀全球嚴峻的市場競爭形勢及國內產業現況，數位轉換勢在必行，為有效達成臺灣產業轉型升級的目標，本研究在此有幾點建議，首先，依據 OECD 國家的經驗，政府應該率先做為數位轉換的先導示範。數位轉換有助產業升級，同樣亦有助於政府提升對民間的服務效率，透過政府的首開數位轉換的風氣，可傳達政府支持轉型的決心。除此之外，政府在關鍵領域加強應用數位科技，如醫療、救災、城市管理等，將可有效提高社會效率以及國人生命財產安全。其次，政府應透過對相關數位科技的創新採購，鼓勵廠商發展更多的數位化政府應用。

最後，政府應組織跨部會層級的數位轉換團隊，透過法規與政

策協調、跨機關交流、標竿示範等方式，從提高政府效能的角度出發，協助各級政府機關積極實行數位化策略，並將轉型的策略與方法進行產業擴散。

二、 新興聯網應用發展趨勢與關鍵議題探索

(一) 主要國家及業者 5G 發展趨勢分析

在各主要國家 5G 政策部分，目前全球 5G 頻譜競拍首例為英國，雖然距離該國 5G 商用化還有一段距離，但不難發現相較於其他歐洲國家，英國已上緊發條為其 5G 發展加速。Ofcom 專司頻譜的管理單位更強調，此次競拍頻譜的主要任務並非提高財政收入，而是希望快速且有效率的釋出頻段，並確保發放出的頻譜資源可幫助提高民眾的行動寬頻體驗，並為未來 5G 商用服務做好準備。

在日本方面，為了確保日本 2020 年能夠實現 5G 商用，預計 2018 年夏季完成 5G 頻譜技術條件，並爭取同年底進行頻譜重新配置；相較於他國藉由拍賣方式進行 5G 頻譜配置，日本政府將於 2019 年 3 月底採用「比較審查方法」進行 3.6—4.2GHz、4.4—4.9GHz 與 27.5—29.5GHz 等頻段的 5G 頻譜分配作業。

除了前述日本所規劃 3.6—4.2GHz、4.4—4.9GHz 與 27.5—29.5GHz 三段 5G 必要頻譜外，日本將於 2020 年上半年增加未來 5G 可用的頻譜。在 6GHz 以下頻段，主要有以下三頻段：1.7GHz 與 2.3GHz 頻段、2.6GHz 頻段以及 3.4—3.8GHz 頻段。

至於南韓在 2018 年 6 月將正式啟動底價高達 3.3 兆韓元，包括 3.5GHz 與 28GHz 兩頻段的 5G 頻譜拍賣，期望透過頻譜資源的釋出加速南韓 5G 商用進程；同時間，為了避免後續 5G 網路布建各

項工程受到阻礙，更由政府協調地方自治團體與鐵路公社的設施管理機關需要義務提供光纖、銅導線、管線、電線桿、可支撐通訊裝備的支架、通訊機房、行動通訊中繼器、通訊電纜…等，以架設 5G 網路；且要求電信業者共享既有管線與電線桿、纜線等電信基礎設施外，未來也要合作共建，以有效利用資源並減少重複投資。透過頻譜釋出與基礎設施共享共建措施雙管齊下的方式，促使南韓 5G 網路的初期架設能順利進行，並達成全球最早商業化的目標。

在中國大陸部分，中國大陸政府於 2017 年 11 月 15 日公佈「工業和資訊化部關於第五代國際移動通信系統（IMT-2020）使用 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 頻段相關事宜的通知」，預計在 3.3GHz-3.6GHz 以及 4.8GHz-5GHz 兩頻段上部署 5G；在 6GHz 以下頻段，工信部批准超過 400MHz 的頻寬。在毫米波頻譜方面，2017 年 6 月 18 日工信部公開徵集用於 5G 技術試驗的「5G 毫米波頻段規劃徵集意見」，確定 24.75-27.5GHz 和 37-42.5GHz 頻段，預計釋出 8.25GHz 高頻段頻譜資源，2018 年推動更進一步毫米波頻譜規劃。同時也允許 5905-5925MHz 頻段用於 LTE-V 試驗，確定窄頻物聯網（NB-IoT）應用的用頻方向，將為 5G 物聯網未來應用提供先導示範。「2018 年全國無線電管理工作要點」宣佈將適時發布 eMTC 頻率管理規定及射頻技術指標，也會配合 5G 需求調整 230MHz、800MHz 頻段專網及公共廣播頻率使用規劃和相關規定。

至於美國為加快發展新一代的 5G 無線網路，加強美國的電信基礎建設發展和改善網路服務，美國國會兩黨參眾議員合作達成允許 FCC 拍賣高頻段頻譜的協議，並由 FCC 敲定將於 2018 年 11 月 14 日啟動 28GHz 頻譜拍賣，緊隨其後為 24GHz 的拍賣。主要的目

的，無非就是期望美國在 5G 網路的發展可處於全球領先地位，而美國主要電信營運商 AT&T、Verizon，皆將 2018 年下旬作為 5G FWA（Fixed Wireless Access）的商用起始，因此 28GHz 頻譜的取得重要性不言而喻。如南韓一般，政府除了釋出頻譜外，為了讓 5G 市場拓展與產業發展更為順遂，針對基地台架設的審批流程也將簡化，以利營運商 5G 基礎建設的部署。

在各國電信業者 5G 網路規劃的部份，中美日等國進度較為領先，各主導業者也都有 5G 實驗網相關規劃。

綜整各國發展模式，美國由電信業者自行發展，業者以強化自身行動服務業務競爭力為主要考量，整合既有行網、固網、5G 提供用戶完整的服務。英國政府則由電信業者自行發展，業者以自身當前業務狀況佈局 5G；另一方面，為了藉由 5G 帶動國家經濟，政府亦提供友善環境，協助 5G 相關解決方案早日商業化。

在日本方面，由國家主導，目的在於為各行業導入 ICT 解決方案，產業升級，例如影視內容朝向 4K/8K 發展為最直接的政策指導，電信業者升級網路容量刻不容緩。韓國亦由國家主導，目的為建構 5G 自主性技術、產業鏈等，電信業者在 5G 應用的發展，提高網路容量為首要，其次發展智慧城市、智慧家庭等物聯網應用。中國大陸亦由國家主導，以製造之政策指導為核心，專注在企業垂直領域市場，電信業者發展物聯網相關應用較網路容量的擴增更為積極。此外，各國政府對 5G 網路共建共享均持正面態度，有助加速部署、有效利用資源、減少重複投資，逐漸成為國家政策。

（二）國際物聯網發展趨勢分析

根據國際研究機構 Gartner 預計，2020 年全球物聯網連接數將達到 260 億個，市場規模將達到 1.9 兆美元；IDC 則預測，2020 年

全球物聯網連接數量將達到 300 億個。無論 260 億個還是 300 億個，都表明了物聯網市場空間巨大，有望成為通信業發展的主力。各項物聯網產業智慧應用的發展也逐漸升溫，包含智慧城市、智慧製造等應用成長均非常快速。在針對一般消費者方面，智慧門鎖、智慧家庭、智慧電表等新等應用與硬體也持續發展，業界也競相投資物聯網技術。預期未來物聯網的應用將更為廣泛。

在物聯網監管面方面，各主要國家(歐美日)對於 LPWAN 頻段取得、使用限制之規範，基本上採取美執照頻段，且沿用既有技術管理規則，在符合基本發射功率要求、頻率占用時間等規定，經過型式審驗就可使用。在商業模式方面，物聯網主要支援低移動、低上網速率之應用，如智慧電表、固定煙霧感測器、定位追蹤等，但需求方(如傳統營運商與新創業者)採用 LPWAN 除了從應用評估技術可行性，更重要的是經營成本與產業生態系完整度。

在各國推動政策方面，以中國大陸為例，華為是 NB-IoT 主要的推動者和標準制定者，NB-IoT 也是第一個由中國大陸業者提出的全球化商用標準，透過推動新通信技術，讓中國大陸在資通訊產的發展上創造出新的機會。

在完備 NB-IoT 應用環境過程中，中國大陸政府可說不遺餘力，從政策指導方針、頻譜確立、號碼發放、繼而由電信業者、設備業者等大廠帶動，催生中國大陸 NB-IoT 產業鏈，進一步由地方政府提供示範場域、從公共領域導入 NB-IoT 應用，建構業者對 NB-IoT 商業化服務內容、資費設計等具體的概念；相關動作接二連三，充分展現中國大陸政府支持 NB-IoT 的力道。

隨著中國移動、中國電信對 NB-IoT 裝置補貼政策的確立，以及在多個城市展開前期服務部署，搭配通訊產業上中下游解決方案

的完整與成熟化發展，中國大陸 NB-IoT 商機已在眼前。

中國大陸 NB-IoT 產業生態體系，在國家的支持下，利用公用事業先行累積大量、多樣化的應用案例、實績，使得當地通訊業者有機會代表中國在 NB-IoT 國際市場搶得優先地位，並且成為支撐中國 NB-IoT 生態鏈運轉的重要力量。

而日本及美國則較側重物聯網之安全，在日本方面，經產省與各法人、其他政府機構合作，推動密碼、自動化控制系統以及 IT 產品的安全評價，這些項目因為物聯網設備不斷的推陳出新，其安全防護也會出現很大的變化，目前相關單位透過標準化規範，讓業者能較容易採用相關資安措施。

經產省的 CRYPTREC 計畫透過密碼技術研討會的方式，研究密碼的相關技術，並提供業界推薦的密碼化以及數位簽章演算法，也能確保電子化政府的資訊安全，該研究包含輕量級的密碼，針對硬體空間不足的物聯網裝置而言，輕量級的密碼受到日本、美國等政府的重視。

美國物聯網資安政策方面，從產品設計之初即開始把關，NIST 針對物聯網製造安全考量至電量消耗、製造成本以及產品生命週期等，其開發設計時可能面臨的問題包含為減少耗能而降低安全防護的規格、硬體空間不足限縮安全機制以及產品生命週期過短而缺乏更新安全軟體的機制等。除了產品設計外，市場面包含市場准入時機、市場先機以及多樣化，尤以現在 3D 列印技術等裝置以及集資服務等，讓新產品開發更加快速，進入市場的門檻也更低，此類產品開發其產品上市時機相當重要，由於上述之限制通常缺乏安全的考量，生產者需要嵌入合適的安全機制，面對產品訂價的壓力以及功能的市場期待，需要以整體的考量才能將產品上市。

NIST 所公布的物聯網設備安全議題中，於資料的傳輸與連接安全為相當重要的環節，包含傳輸過程的安全、設備間互動的安全、以及儲存安全等，NIST 也針對這些物聯網設備的特殊性逐步更改過去的安全標準與需求。

既有的傳輸安全作法，多以加密的方式進行資料防竊，這些加密演算法大多為了桌上型電腦以及伺服器所設計，其運算能力的需求也相對較高，但由於許多物聯網設備具有硬體空間的限制，其運算能力不適用於該加密方式，因此 NIST 將發展輕量化加密的研究計畫。此外，傳輸的安全包含設備對設備之連接，設備對外的連接等，在這些互動過程中，各式的資料透過裝置與服務不斷的被蒐集、儲存以及交換，其連線方式以及雲端儲存的安全也受到重視，因此也針對 Network of Things、低功耗藍芽裝置、雲端等安全議題進行研究與探討。

(三) 針對國際新興聯網發展給臺灣之建議

近期國際物聯網與 5G 通訊發展迅速，在物聯網方面，多種商業模式與通訊技術百花齊放，未來物聯網時代，將是高度人機協同的時代，人與人、人與物、物與物之間的互動，將非常密切，應用無所不在。臺灣目前在智慧城市、智慧交通等方面，已開始有物聯網的商業應用案例。由於物聯網應用多涉及公共服務層面，政府應順應此潮流，應加強推動政府與業者的夥伴關係 (Public Private Partnership)，進一步將目前在城市管理、交通管理方面的物聯網應用擴大至醫療、環保等各層面。此外，依據國際經驗，各國政府對物聯網最為關注的議題為資安問題。政府宜及早提出我國物聯網資安白皮書及並強化網路安全，清楚說明政府之物聯網策略藍圖及產業別發展計畫，並且應有效執行資安措施以及個資保護，建構可受

信賴的物聯網發展環境。

在 5G 發展方面，去年 3GPP 已完成第一波技術標準制定，目前各國業者都正積極佈局，並投入相關基礎建設，例如日本、韓國、中國大陸、美國等國在 2018、2019 年均有大規模 5G 網路試驗，預計在 2020 年前正式推向商轉。5G 將改變當前產業生態及我們的生活方式，臺灣有全球領先的資通訊產業鏈及製造業實力，如果能發揮我國快速配合市場趨勢的優勢，整合軟體和創新應用，整合資訊科技(IT)、操作科技(OT)與通訊科技(CT)的技術，提供過去不同以往的解決方案，將可創造極大的商機，建議政府相關單位可著重發展相關的垂直整合運用。

綜合而言，為了掌握市場先機，臺灣應加速推動 5G 的基礎建設，打造有利 5G 創新應用的環境。營造頻譜、5G 網路共用的有利環境。監理機關亦應落實 5G 頻譜整備及法規調適，並與利害關係人諮詢與協商，排除 5G 發展相關制度性障礙等。鑑於當前國際 5G 發展上，各國政府目前首要之務皆為釋出足夠 5G 頻譜資源，因而在國際主流頻段如中頻 3.5GHz 及高頻 28GHz 方面，我國主管機關應視我國頻率資源安排狀況，釋出足夠頻寬供 5G 通訊服務使用。此外，車聯網及自駕車應用為 5G 最受期待之垂直領域應用，是故主管機關應確保主要幹道、水道以及軌道等區域具備 5G 涵蓋範圍，以因應未來各項自動駕駛或遠端遙控之通訊所需。

三、 預見未來數位轉換關鍵點

(一) 通訊產業趨勢前瞻

當前電信市場正處於從 4G 轉移到 5G 的轉換期，在此轉換期中可透過邊緣運算技術讓消費者預先體驗 5G 時代才會有的低延遲

優質網路服務體驗，對 5G 進行暖身並點燃消費大眾對 5G 的期待。全球大廠也紛紛瞄準自現在轉換期起到日後 5G 時代來臨後，邊緣運算所帶來的龐大商機。

在轉換期中，邊緣運算也有許多應用機會。如雲端平台業者主打為企業顧客推出智慧零售、智慧工廠與智慧醫療等應用提升其營運效率、降低連線成本並提高內部資料之安全性；電信商則針對終端顧客推出低延遲高畫質影音服務，為一般消費者提供更好的串流影音體驗。此外，新應用領域如車聯網、無人車與智慧城市方案等也正由各大廠積極開發技術與應用中。

5G 及其應用於未來將改變你我的日常生活，在商店裡我們或許用即時人臉辨識便可進行付款，有任何意外傷害或事故也可透過路口監視器即時辨識並通報救援，各類導航裝置將能依最即時的道路實況來提供最佳路徑，公車站牌也將顯示最即時且準確的公車到站時間資訊。這一切改變都奠基在邊緣技術所帶來的低延遲網路，使即時的資料運算與回饋得以實現，人們的生活也預料將因邊緣運算技術與相關應用而變得更方便且更安全。

雖然邊緣運算的未來值得期待，但仍有某些不確定性。首先，邊緣運算發展上最大的不確定性在於 5G 商用化的時程。目前對邊緣運算的應用大都還處於測試與展示的階段，並未有任何大量且大規模的應用案例，最大的癥結點就在於能大規模提供邊緣運算能力的是電信商，但電信商礙於 5G 標準尚未確定，不宜進行大規模之基礎建設投資。因此，雖各家電信商都對邊緣運算抱持高度興趣且積極進行技術與應用測試，但仍無法廣泛的提供運算能力與相關應用。

應用軟體面上，以開放源軟體為主的邊緣運算應用軟體其穩定

性、性能及在不同硬體設備上的相容性皆有待考驗，而電信商與雲端平台業者是否願意不自主開發應用軟體，改為採用開放源軟體處理網路虛擬化、網路流量控管與資料分析等重要工作也是一大問題。

(二) 5G+AIoT 之智慧化趨勢分析

在第四章中，我們回顧了 5G 通訊以及 AI 物聯網技術在各項應用中的案例。在智慧農頁方面，據 CB Insight 盤點全球農業科技新創公司，人工智慧技術導入農業領域之應用可區分三種類型，分別為：農作物栽培作業管理、病蟲害偵測與分析，以及禽舍環境與畜禽行為監測。

綜整第四章所提到的智慧農業案例，可以推想在未來，農場將透過科技協助，以增加產量並降低用藥、人力成本，其中又以無人機與智慧農業最受矚目。無人機能應用在傳統的農田上，不同於飛機，自動化無人機能在離地 10 公尺低空飛行，透過地面影像探勘更準確的噴灑農藥；而智慧農業則是架設許多感測器，採集、分析大量資料，如土壤成分、酸鹼值與天氣溼度等，有效地同時控制肥料、農藥，進而降低蟲害、用藥過量問題、提升產量，並縮減人力需求。

智慧農場在未來將推廣至大型複合農場，除了土壤、空氣與水源監測外，還搭配牲畜的穿戴裝置、穀物儲藏等不同的應用，面對巨量的感測器，物聯網同樣也是重要的技術，然而通訊業者除了提供高品質的閘道器與資料蒐集平台外，也需要農業知識與數據分析相關團隊，才能提供符合農場需求的完整解決方案。

而綜整第四章所提到之智慧醫療案例，亦可歸納出未來我國發展智慧醫療之關鍵策略。透過前述案例，人工智慧醫療的發展，不

僅有賴人工智慧技術層面如：機器學習、深度學習、影像識別等演算法之軟體研發能量，甚者更仰賴基礎端大量的醫療相關資料，以及具備高水準之醫師團隊，方能先行以醫師人工標註／篩選醫療相關資料，進而以有價值之醫療資料作為發展人工智慧醫療創新應用／解決方案的基礎，如：發展智慧影像識別技術，須先行以醫師人工審視患者 MRI 或 CT 影像，找出病癥且標註，方能以此資料作為發展智慧影像識別演算法之基礎。

而在智慧語音應用方面，透過此前的案例整理與分析，可以發現為了提高核心技術的掌握度，並迅速壯大生態系，各資訊大廠除了頻頻購併、挖角技術人才，更幾乎均免費開放第三方語音開發工具、虛擬測試環境，甚至提供資金與技術人力支援。然而，資訊科技大廠的 AI 語音助理事業策略方向，卻也間接擠壓上游語音技術供應商的業務成長空間。下游廠商語音技術話語權提升的態勢下，底層語音技術供應商逐步面臨商業模式調整抉擇點。

AI 語音助理應用市場大致可分為通用型與商用型，下游資訊大廠拓展通用型市場無疑具有絕對優勢。姑且不論跨產業整合本需龐大銀彈資源，下游資訊大廠對於消費者數據與偏好掌握度高，乃是不爭的事實，而這對於 AI 語音助理「聰明與否」甚為關鍵。

衡量資源優劣勢，雖上游語音科技業者難在 B2C 市場與資訊大廠抗衡，但在 B2B 市場卻有勝算。首先，商業 AI 語音利基應用客製化程度高，且企業用戶重視系統整合、供應商即時支援等能力，這與資訊大廠事業策略方向並不吻合。商用 AI 語音市場成長潛力偏向樂觀，在下游大廠大舉進軍意願不高的預期下，語音技術供應商可望有更大的發揮空間。

(三) 針對未來數位轉換關鍵點給臺灣之建議

5G 及 AI、物聯網發展所帶來的變革除了在應用層面發酵，亦已擴展到網路結構層面。網路邊緣運算 (Edge Computing)，這個趨勢將在 2018 年開始顯著影響產業、技術與產品的研發與設計方向。我國工研院預估全球邊緣運算市場規模，將從 2017 年的 80 億美元成長至 2022 年的 133 億美元。並且邊緣運算未來也將與人工智慧結合，成為發展智慧化產業不可或缺的一部分。目前 AI 發展初期主要由雲端運算主導，但在網路頻寬、通訊延遲、資料安全等限制因素下，運算任務需要轉移至終端裝置或就近的網路設備上，也就是邊緣運算。未來，5G、AI、物聯網等等的應用都與邊緣運算密切相關，在自駕車、智慧製造、智慧醫療、智慧農業等，均會扮演重要角色。

而臺灣廠商的優勢正在於這些垂直產業應用，這些產業的 AI 與物聯網系統都需要與其專業結合，而不同類型的設備需要對應不同模式的運算晶片與通訊設備，臺灣廠商的特色是快速彈性的客製化設計能力，在這種少量多樣的需求中，其優勢將會延續。而政府有關部門應著重發展上述垂直展業所需的 5G、AI 以及物聯網生態系。當前我國在 AI 晶片製造佔有優勢，但在 AI 晶片設計與演算法開發等領域，尚未能與國際領導廠商抗衡。在網通設備方面，儘管具備製造能力，但未具獨立品牌。未來政府應以 AI 加值通訊產業，以通訊設備協助 AI 推廣，強化我國 5G+AIoT 產業發展。

除了加強投資 AI 研發，在 IoT 發展方面，由於技術已臻成熟。我國相關主管機關應著重生態系之培植，如提供物聯網通訊頻段、簡化審驗流程。在與消費者較直接相關之智慧醫療、智慧語音等相關應用，相關部會應共同研擬資訊安全標準及落實個資保護，例如於智慧農業配合相關主管機關，與各方利害關係人建立合作關係，

有助於營造健全的 IoT 生態系。

四、 總結

本次研究發現，當前各先進國家無不關注在數位化潮流下，數位經濟對社會以及產業帶來的機會與衝擊，各項數位科技，如大數據分析、人工智慧、新興聯網技術等帶來的數位化，促進不同產業間的競爭，也使民眾及企業得以因數位化提升福利與效率，也就是所謂的數位轉換。整體而言，數位轉換的發展在產業面，可以促進產業升級，刺激多元創新應用與服務的產生；在消費面，可以提升生活品質；在政府面，可以提高公共資源運用效率。

就政府而言，在此數位轉換的關鍵時點，政府應進行法規調適，避免阻礙創新，數位經濟涵蓋層面多元多樣，並宜廣泛觀測以及時與社群對話，貼近國際趨勢，以充分掌握數位科技發展機會。此外，數位經濟發展也會影響社會議題，如數位人權、普及使用、資訊素養與培力等面向，都是數位經濟的發展的關鍵。政府主管機關需要廣泛借鏡國際數位經濟發展經驗，了解產業政策、法治規範、監管作為等最新動態。

本研究透過觀察最新國際數位科技產業動態與各國國際組織與主要國家在相關數位與科技政策上的布局作為我國政府擘畫重大資通訊與數位經濟政策之參考依據。

就產業面，在當前 5G+AIoT 趨勢下，民眾之食、衣、住、行、育、樂、醫療照護等日常活動，皆將與智慧終端產生互動。而人工智慧與通訊變革的威力，亦將成為未來產業升級轉型的關鍵，帶動製造、交通、農業、醫療等領域的發展。政府宜應掌握此波機會，透過法規與政策協助，推動我國政府、社會與產業的全面數位轉

換。

陸、 參考文獻

中文文獻

1. 《關鍵業者 5G 發展動態觀測》，MIC，2017 年 11 月
2. 《NB-IoT 與 eMTC 發展趨勢分析》，MIC，2017 年 12 月
3. 《零售業之人工智慧應用現況與趨勢》，MIC，2018 年 1 月
4. 《中國大陸 NB-IoT 發展動向分析》，MIC，2018 年 2 月
5. 《日本物聯網設備認證及驗證制度》，MIC，2018 年 3 月
6. 《歐盟物聯網設備安全政策推動分析》，MIC，2018 年 3 月
7. 《英國 5G 發展政策觀察》，MIC，2018 年 3 月
8. 《主要國家 5G 頻譜競拍態勢分析》，MIC，2018 年 4 月
9. 《中國大陸 5G 發展動態觀測》，MIC，2018 年 5 月
10. 《國際 5G 頻譜與技術發展動態觀測》，MIC，2018 年 5 月
11. 《邊緣運算技術應用與大廠動態》，MIC，2018 年 5 月
12. 《中國 5G：典型行業應用分析》，GSAM，2018 年 7 月
13. 《電信業數字化轉型白皮書》，中國信通院，2018 年 7 月
14. 《日本 5G 發展現況觀察》，MIC，2018 年 8 月
15. 《國際主要國家與電信業者之 5G 應用及布建規劃》，MIC，2018 年 8 月
16. 《AI 語音技術供應商策略方向探討》，MIC，2018 年 8 月
17. 《5G 智慧型手機發展前瞻》，MIC，2018 年 8 月
18. 《5G 世代下之醫療創新應用與商機探索》，MIC，2018 年 9 月
19. 《AI 資安新創產品發展分析》，MIC，2018 年 9 月
20. 《全球人工智慧醫療發展趨勢分析》，MIC，2018 年 9 月
21. 《從 AI 語音助理發展趨勢看台廠課題與機會》，MIC，2018 年 9 月
22. 《我國發展人工智慧農業之機會與挑戰》，MIC，2018 年 9 月

23. 《AI 垂直市場應用案例分析-零售業》，富士 Chimera 總研，2018 年 9 月
 24. 《下世代行動通訊頻譜規劃動態》，MIC，2018 年 9 月
 25. 《2018 年智慧型手機市場發展分析》，富士 Chimera 總研，2018 年 10 月
 26. 《物聯網資安商機與新創產品布局》，MIC，2018 年 10 月
 27. 《MEC 發展現況與中國大陸電信業者布局分析》，MIC，2018 年 10 月
英文文獻
1. Digital Transformation. Changes and chances，FRAUNHOFER，2015 年
 2. Digital Transformation Initiative，WEF，2017 年 1 月
 3. Technology assessment:Internet of Things，GAO，2017 年 5 月
 4. Information Economy Report 2017，UNCTAD，2017 年 9 月
 5. OECD Digital Economy Outlook 2017，OECD，2017 年 10 月
 6. 2017 Strategic Roadmap for Adopting Communities of Practice to Support Digital Transformation，Gartner，2017 年 11 月
 7. View on 5G Architecture，5GPPP，2017 年 12 月
 8. Next Generation Mobile Technologies: A 5G strategy for the UK，DCMS，2017 年 12 月
 9. Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing，Journal of Industrial Information Integration，2018 年
 10. The 5G era in the US，GSMA，2018 年 3 月
 11. 5G for Connected Industries and Automation，5GACIA，2018 年 4 月
 12. 5G-oriented Terminal and Chipset Technology White Paper，中國聯通，2018 年 6 月
 13. how greater china is set to lead the global industrial iot market，GSMA，2018 年 7 月