

透過無線通訊技術的演進， 來探討 5G 將所帶來的產業發展



前言

在無線通訊技術這將近 20 多年的演進，從第一代無線通訊系統（簡稱 1G：AMPS，Advanced Mobile Phone System），所提供的服務是以類比語音通訊為主；第二代無線通訊系統（簡稱 2G：主要是以泛歐系統規格 GSM，Global System for Mobile Communications），所提供的服務是以數位語音通訊以及簡單的 text 簡訊服務為主；第三代無線通訊系統（簡稱 3G，分別有 W-CDMA/cdma-2000 兩種主要規範），所提供的服務是以數位語音通訊與基本數據服務為主；第四代無線通訊系統（簡稱 4G：Long Term Evolution，主要有 FDD-LTE 和 TDD-LTE 兩種規範），所提供的服務是除了數位語音通訊外，也加入了多樣性的商業模式，如 OTT（Over-the-Top，如 Line、Wechat 等應用），micro-

payment（電子支付），EC（電子商務），O2O（On-line to Off-line），AR/VR（虛擬實境/擴充實境）等應用。而緊接而來的將是第五代無線通訊系統（簡稱 5G，目前是以 LTE-advanced 為規範，並未制訂完成）。這些的標準與規範，都是經由 3GPP (3rd Generation Partnership Project，第三代合作夥伴計劃) 所制訂出來的。

每一世代技術的演進，都有要解決目前技術的限制性，突破了限制性，其所呈現的服務也將有所不同。對人類生活的影響又是多大？又如何來評斷、分析與評估這些商業模式的好壞與優劣？而每一次無線通信技術的變革，也在在影響人類的生活，引起產業的全面革命。這背後的因素與關鍵為何？這將是在此份報告中，所要探討與闡釋的。

作者 / 洪英章 Elton Hung 資深顧問協理
台灣 IBM 全球企業諮詢服務事業群
通訊與媒體暨能源市場負責人

在第四代行動通訊技術，簡稱 4G (The Fourth Generation)。隨著 4G 行動網路開通，由於這項新世代行動網路技術具備高速、大量資料傳輸能力，相關服務與應用也應運而生。

實際上，4G 的應用服務與場景，已相當豐富，可包含：

- OTT(Over the Top) 服務，通常是指內容或服務建構在基礎電信服務之上，而不需要另外透過網路營運商。該概念早期特別指影音內容的分發，後來逐漸包含了各種基於網際網路的內容和服務。如：Line、Twitter、Facebook、IG、Google Voice、Wechat 等。
- 電子錢包 (Wелlet)
- 手機支付，如 GooglePay、ApplePay、LinePay、SumsangPay 等
- 支援數據視訊語音通話，如 Facetime、GoogleDuo、Line、Messenger 等
- On-line Gaming
- O2O EC (Online to Offline Electronic Commerce) 交易
- 觀看數位影音節目

隨著 4G 行動網路的全面普及，以及智慧型手機應用的多元發展，我國民眾使用手機的時間年年增長，手機上進行的活動也更加多樣化。4G 營運商雖能提供豐富多樣的服務，但由於台灣電信市場過於競爭，故各家都推出固定費率，也就是俗稱數據服務「吃到飽」的費率政策。尤其是在 2018 年四月到五月，所謂的「499 之亂」，嚴重地重創台灣電信營運市場。不但讓一般用戶的月租費急遽下降，因而造成「企業用戶數量」與「個別用戶數量」呈現死亡交叉。也造成用戶不再依賴手機補貼而需有網路忠誠度。因而導致手機銷售市場也隨之受挫。

另外，由於 4G 應用服務上，幾乎都是建構在數據交換服務上，導致電信營運商不但要為了頻寬大量使用下需擴充網路，造成網路建置成本的大量提高，且造成純語音服務的使用量大幅衰退，ARPU 嚴重下滑，而使得獲利下降，甚至呈現虧損。

以上所敘述的，都是目前在第四代無線通訊時代時，業者所提供的服務，以及所面臨到的難題。而當第五代無線通訊時代的來臨時，我們該如何看待整個電信市場所面臨到的衝擊以及因為 5G 的發展，將所帶來的產業發展與革命。

所謂 5G 是指「第 5 代行動通訊技術」，我們稱之為 LTE-Advanced (Advanced Long Term Evolution，進階長期演進技術)，其實目的就是要解決目前在 4G 無法解決的問題與限制。最主要的特徵與特性有三個。分別為：一、其速度號稱可比 4G 最高可快到 100 倍，網路延遲速度不到 1 毫秒 (4G 為 30-70 毫秒)；對消費者而言，最白話文的解釋就是：未來下載一部 H D 超高畫質的電影，只要幾秒鐘，對許多電信設計、網路等所有 3C 製造廠商而言，則是一個龐大的商機；二、能夠讓往電信網路承載更多的「節點」(Node) 或是「裝置」，以應付龐大節點的物聯網 (IoT, Internet of Things) 的應用；三、則是「超可靠低延遲性」(Low Latency)，透過超可靠低延遲性的，未來可發展出車聯網的應用與遠距即時手術，以降低風險。這將在下一個章節中，會進行較詳細的說明。

但由於目前第五代無線通訊網路 (5G) 的相關的規範與標準，仍在 3GPP 聯盟中進行制訂中。各家廠商無不使出渾身解數，希望自家專利技術能獲採用，以便卡位利潤豐厚的新市場。中國電信設備大廠華為是態度最積極的業者之一，似乎決心當上 5G 盟主。可歸納為兩大類的規範與標準：

- 在 5G 通訊晶片的爭奪戰中，都來自國際的晶片大廠，如高通、英特爾、華為、三星等，為晶片專利的搶奪競爭者。
- 在通訊網路規範與標準的爭奪戰中，主要是以 Nokia、Ericsson 和華為三大通訊設備供應商 (NEP、Network Equipment Provider) 為主要競爭者。

而到目前為止，在 5G 相關的規範與標準制訂過程中，是以華為為最具領先，也就是勝出的廠商，號稱將掌握高達 12 兆美元以上核心與週邊商機。也因為如此，在這一波由美國對中國發動的貿易戰中，為了搶 5G 商機，連美國總統川普將華為視為最大的攻擊對象（在中美貿易戰的第一波中，中興通訊已經而易舉地被美國幾乎消滅）。川普也誓言：5G 是一場美國必須贏的競賽。

由於至今，5G 的技術規範與標準，尚未完全底定。所以在此，我們不以技術規劃與設計作為本報告之研究主題。而是我們針對 5G 所要發展的網路特性，以目前所掌握到的資訊，嘗試著做詳細地說明與分析。

第一代無線通訊的發展是為了解決人類生活上移動過程中需要通話的需求；2G的發展是為了解決1G所做不到的功能（如：加密性、簡訊等）；3G的發展是為了解決2G所做不到的功能（如：方向性斷訊、數據服務等）；4G的發展是為了解決3G所做不到的功能（如：較大頻寬、串流服務等）。而5G的發展的初衷，當然是為了解決4G所做不到的場景與服務。而在無線通訊的技術領域中，無線端，也就是透過空氣介質 (Air Interface) 的擷取技術 (Network Access)，往往都是無線通訊技術中，最難以突破的技術障礙。所以在以下就針對5G所規劃三大特性與場景，都是由於在無線擷取技術上的突破，而有了新的面貌。以下做詳細描述與說明。

增強型行動寬頻通訊 (eMBB, Enhanced Mobile Broadband)

增強後的寬頻傳輸，除了可針對現有的通訊服務提高其傳輸效能並給以用戶無縫的傳輸體驗外，其可進一步開拓新的應用領域和需求。這種寬頻應用情境可涵蓋不同的傳輸範圍，包括廣域覆蓋和熱點傳輸。對於廣域覆蓋的情況下，無縫的覆蓋以及較高的移動速度是主要需求，其數據傳輸速率亦須高於現有的數據傳輸速率。

在熱點的應用，主要針對具有高用戶密度的區域，其對於移動性的需求較低（也就是不是在定點使用，就是移動速度較慢），但會需要非常高的數據傳輸量，因此此類用戶的數據傳輸率比廣域覆蓋的用戶還高。然而，其高數據傳輸需求會小於熱點傳輸的應用。增強型行動寬頻預期將傳輸速度再提升至下行20G bit/sec、上行10G bit/sec。這是第一個突破。也就是5G的傳輸速度將是4G傳輸速度的20倍，或者高於20倍。而這樣的頻寬，將與有線寬頻的頻寬不相上下。

eMBB 用例側重於內容和速度。eMBB 有助於增強動態網路配置與管理，按需分配帶寬以滿足信號接收和速度需求。有了 eMBB，餐廳、體育場館或飯店大堂等場所的數位顯示器可實現更多功能—提供更豐富的圖像，更快地更新內容。而企業也能藉此改進整個組織範圍的協作、培訓和教育，從而實現更大的效益。EMBB 刷新速度更快，而且可以更廣泛地連接各種網路，因此有望改善車間內的無線連接，確保手機或平板電腦上的應用更順暢的運行。故此特性的應用場景，除了可以完全滿足目前4G的數據服務場景，它還將可除了可應用於超高畫質 Full HD 影片的下載或即時觀看。另外還能應用於需耗費大量頻寬的應用上，如 AR/VR 甚至 on-line gaming 的場景中。

所謂 AR，原文 Augmented Reality，台灣多翻譯為「擴增實境」，顧名思義就是將現實擴大了，是在現實場景中加入虛擬資訊。明顯例子包含 Google Glass 以及汽車車載系統（可將車速、導航等資訊投影（或反射）在擋風玻璃上，讓駕駛可以避免低頭，以提高駕駛的安全性）。而 AR 的應用場景，也可以應用於教學或工廠裝備維修時的訊息、資料豐富性上。

所謂 VR，原文 Virtual Reality，台灣翻譯為「虛擬實境」，較知名的產品包含 HTC Vive 以及 Oculus Rift，還有 Sony PlayStation VR 頭盔等等。虛擬實境是透過電腦來模擬具備整合視覺與聽覺訊息的3D 虛擬世界，臨場感與沉浸感格外強烈，也就是容易讓你身歷其境，不過一切你所看到看到的都是虛擬的！而 VR 的場景，將應用於醫學開刀3D 場景的模擬，作戰訓練的時境模擬上，皆可避免因失誤而導致的傷亡或損失。



▲ VR 的應用 (圖 / HTC 提供)

大規模機器型通訊 (mMTC, Massive Machine Type Communications)

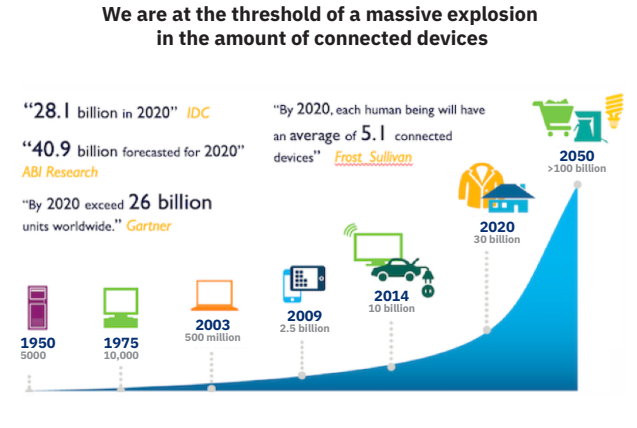
在 4G 服務全面展開之際，IoT 物聯網的口號與應用便是新一波大家所要探討的，以及想要實踐的場景。但以目前的網路環境而言，除了透過 4G NB-IoT(Narrow Band IoT) 外，也同時有採用以 LoRa 網路技術 (Long Range communications, 是一種低功耗廣域網 LPWAN) 、Sigfox 網路技術 (也是一種低功耗廣域網 LPWAN, Low Power Wide Area Network) 等來發展物聯網。(註一)

目前雖有此三種類型的無線通訊模式來發展物聯網，但其中針對 4G 無線網路仍有它一定的限制性。為了因應未來 5G 機器型通訊的各種可能應用情境，mMTC 技術的設計必須滿足未來的應用需求。隨著社會的互聯互通程度越來越高，人們需要更多的能量為其提供動力。所謂智慧城市、智慧家庭、智慧能源和公用事業、農業和運輸業都是 mMTC 的主要 5G 應用領域，提升邊緣計算 (稍後說明) 和機器對機器應用的規模與速度，同時降低能耗。mMTC 用例有望提高多個領域的機器智能，比如造就智慧農業的拖拉機、為智慧城市帶來互聯交通網的列車等。而在能源和公用事業行業，基於 mMTC 的監控工具可對更廣泛的實體基礎設施和智慧電網技術進行監控，即時報告並因應不斷變化的情況。

mMTC 還支持擴展能源市場，整合面向電動汽車的智能充電站。隨著基於 mMTC 的指示牌得到日益廣泛的應用，零售商可根據具體情況調整產品推薦、標牌和定價，從而與購物者建立更緊密的關係。mMTC 可通過多種方式提高應急和救災能力，例如擴大無人機攝像頭的使用。加大資源跟蹤與協調力度將有助於提高損害評估的準確性，從而更有效地開展協調工作。

由於目前 4G 的基地台，對於我們所謂的節點 (Node) 在處理與控制上有一定數量的限制 (limited Capacity)，所以在 4G 的網路環境下，就算每個人擁有平均五個裝置，則數量仍可在掌控中。但當未來的世界所需要連結的節點，將以百萬個或千萬個，甚至千億個計算時，不管是手持裝置，M2M(Machine to Machine communications) 或者是 V2V(車聯網, Vehicle-to-Vehicle communications)，則有待於在 5G 的網路技術設計時，有突破節點數量限制的需要。

Massive IoT connections are characterized by **high connection volumes**



▲ IoT 物聯網連結節點數量的趨勢 (Source: IBM)

超可靠度和低延遲通訊 (URLLC, Ultra-reliable and Low Latency Communications)

URLLC 應用在低時延 (Low Latency) 與高可靠度 (High Reliability) 的品質要求非常嚴苛，用戶平面的延遲部分需低至 0.5ms 以下，錯誤率 (Block Error Rate, BLER) 在 1ms 的延遲與封包大小為 32bytes 的情況下要達到 10-5 以下 (3GPP 規範: TR 38.913)。

URLLC 解決了對時間和安全最敏感的消息傳遞問題，URLLC 對自動駕駛汽車 (因應車聯網) 以及水電站或深海石油鑽井平台等遠程設備操控的進一步發展起到了至關重要的作用。工廠可能會使用雲計算和網路切片技術以及名為微蜂窩的低功率蜂窩基站，構建以車間為中心的私有網路，尤其是在 IP 密集型場所或軍事應用中。

URLLC 還可以幫助外科醫生操縱遠程手術機器人進行手術，並與患者進行安全的遠程視頻通話。URLCC 可以幫助智能電網簡化流程，保護運營安全，檢測並解決問題。URLLC 還可以幫助自動駕駛車輛相互通信溝通，以便在接近十字路口或遇到潛在危險時做出明智決策。而目前華為也透過實證，證明了透過 5G 網路可進行遠距手術。

前面三個特性，包含「增強型行動寬頻通訊」(eMBB)、「大規模機器型通訊」(mMTC)和「超可靠度和低延遲通訊」(URLLC)是目前大多數所探討的建置 5G 網路會彰顯出來的特徵。

但是除了以上三個特性之外，但這三項都是屬於針對無線擷取網路 (Access Network) 部分的演進。但對於核心交換網路 (Core network) 也必須要有相對應的演進，才有辦法滿足在 5G 網路時代，所需要的各種服務應用場景。故在此，我們必須還要談到兩個部分，才算是完整的 5G 網路架構。一為「核心網路虛擬化」(NFV, Network Functions Virtualization)，另外一個就是「行動邊緣運算」(MEC, Mobile Edge Computing)。

核心網路虛擬化 (NFV, Network Functions Virtualization)

由於一個完整的無線電信網路是由「無線擷取網路」(Access Network)與「核心交換網路」(Core network)所建構而成的。每一世代的網路，都是互相匹配的。自第一代行動通訊 (1G) 到第四代行動通訊 (4G) 的發展過程中，在無線接取網路 (RAN) 技術上，自 FDMA、TDMA、CDMA、到 OFDMA，每一世代都明顯地被視為一項革命性技術；但是在核心網路 (Core Network) 技術上，革命性就不那麼顯著。大約只在 3G 世代歷經過一次從電路交換 (Circuit Switch) 到分封交換 (Packet Switch) 的一次重大變革。因此在 3G 階段的核心網路技術革命，還允許兩種交換模式共存併行了一整個世代，也就是運營商可以自由選擇採用電路抑或分封交換的技術，但直到 4G 世代才正式接軌到全 IP 化的分封交換核心網路架構。

演進到了 5G 網路，當然也必須要有能匹配的核心網路才可滿足。而「軟體定義網路」(SDN, Software-Defined Networking) 便視為未來 5G 核心基礎網路的最關鍵技術，因為需要能最有效地管理大量數據流量。在 AT&T 等跨國電信公司、Google 等跨國網路業者以及阿里巴巴等大型電商公司帶頭積極佈建下，中國移動、中國聯通、以及台灣五大電信公司也逐漸地將投入 SDN 網路的興建。

這個革命性演化進程的意義，就是核心網路不再僅僅需要使用昂貴且複雜的專屬軟、硬體設備 (註：這些軟、硬體

設備通常都是由網路設備供應商，如 Ericsson、Nokia 或華為給綁定，無法置換，且購買成本與維護成本不易降低)。若採用 SDN，則只需要採用一般通用目的伺服器 (通常是 x86 Server) 和 IP 路由器、乙太網路交換器即可組成，使得核心網路部署更進一步降低成本，也減少了對單一解決方案供應商的依靠或被捆綁。也因此，產業界公認無線接取網路每一代幾乎都是一場革命 (Revolution)，而核心網路技術被認定是不斷的演進 (Evaluation)。

面對 2020 年以後人類間甚至物聯網社會的無線行動通訊需求，第五代行動通訊 (5G) 被業界視為一項寄以厚望地革命性技術，在無線接取技術面上的革新理所當然，但是在核心網路上的面向上，5G 行動通訊系統將是一個全方位服務多技術融合的網路，通過 ICT 技術的演進和創新，來滿足未來包含廣泛資料和連接的各種業務的快速發展需要，最終滿足以用戶端為中心的無線聯網需求，其中一個重要關鍵就在於「軟體定義網路」(SDN, Software-Defined Networking) 以及搭配「網路功能虛擬化」(Network-Function Virtualization, NFV) 兩項技術的發展。

「軟體定義網路」(SDN) 的概念是讓軟體來控制網路，充分開放網路能力，是一種具有「控制信令」與「用戶數據」分離 (C-U Split, Control Panel & User Panel Split)、網路功能集中控制、開放應用程式界面 API 這三大特徵的新型網路架構和網路技術。通過引進 SDN 的概念，可以將封閉垂直一體的傳統電信網路架構一舉轉為彈性化、開放、高度整合、服務導向及確保服務水準的分層架構。

而「網路功能虛擬化」(NFV) 的理念之一也是在於解除特定軟硬體功能元件，被市場支配性廠商綁定的問題；其採用「雲端虛擬化」為主的 IT 手段改造 4G/5G 核心網路，採用「泛用型伺服器平台」(GPP, General Purpose Platform) 構建電信基礎環境，GPP 設備市場規模將遠大於專用電信設備，但單位計算性能價格比遠低於電信設備，並且成本下降和更新週期的幅度數倍於電信設備，這樣能夠以更低成本更快地引進新 IT 技術和新 IT 設備，維持硬體設備性能優於競爭對手。透過 NFV，既有專用 4G 核心網路的相關網路設備的功能以軟體的方式虛擬化，並經由雲端運算 (Cloud Computing) 相關技術，硬體資源虛擬化為多個 VM (Virtual Machine)，利用雲端計算的快速

部署能力，使得各個 EPC 軟體網路元件 (Network Entity) 容量配置調整週期從數周縮短到數分鐘，大幅提升 EPC (Evolved Packet Core) 網路元件部署和更新的敏捷性，並實現設備容量按需求 (On Demand) 動態彈性擴充，確保系統的可維護性，負載平衡機制提升系統服務水準，每個 VM (Virtual Machine) 都可以遷移和重生，在本地或異地相互熱備援，進一步確保網路的高可靠性。

行動邊緣運算 (MEC, Mobile Edge Computing)

檢視「行動邊緣運算」概念，簡單來說就是一種「就近運算」的分散運算的概念，即為將運算設置於更靠近資料源所在的 Local Network 內進行分析、運算，而不像以前集中式地將終端大 / 小資料皆傳回雲端進行分析，如此一來便可減少原始資料於雲端與終端間往返的傳輸 / 等待時間，並可大幅壓低運算服務的網路頻寬成本並大幅縮短網路回應的時間。基本上邊緣運算通常採設置於本地端、雲端兩處交界的區塊進行數據分析 / 運算處理，即相較雲運算會更接近資料進出的區網位置，透過將運算環境設置於本地端、同時既可靠近雲端邊界附近就近銜接服務，在概念上取得效率與效益上的優勢。

以現有的新創應用服務而言，邊緣運算更適合用來部署如 AI、AR/VR、自動駕駛車等新創應用服務。因為如 AI、自動駕駛車等應用，通常需要在用戶終端預先進行大量數據採集、分析、運算，若將採集資料全數傳回雲端進行分析，前端應用很可能因為數據傳輸效能而影響使用體驗，若能採如邊緣運算架構進行整合，即可將原始採集資料先經由近端的運算架構先行分析與處理，再將關鍵資訊數據透過雲端系統進行最終分析與決策，讓整體系統的反應效能進一步提升，甚至可以降低終端設備介接雲端決策的傳輸效能瓶頸問題。

特別是在無人機、AR/VR 等新興 IoT 應用場域，前端設備的採集資訊量往往超過雲服務可處理的即時傳輸、即時回傳的效能要求，系統對網通低延遲與高頻傳輸的高頻寬要求極高，系統整合後的整體服務回應時間通常需在數十毫秒內完成，若無邊緣運算整合，系統反應時間可能會高於數百毫秒反饋延遲表現，直接影響服務品質。

AI 的進步會率先在邊緣運算中實現，過去 AI 仰賴強大的雲端運算能力，來進行數據分析與演算法運作，但隨著晶片能力提升、邊緣運算平台成熟，開始可賦予現場端裝置、閘道器擁有較為初階的 AI 能力（如 iPhone X 以上的機種，已開始引入較為初階的 AI 晶片），數據資料能在 Edge 端便進行更快的篩選、分類、彙整、分析，並且利用這些數據資料來不斷修正與優化模型。如汽車自動煞車系統、工廠自動化設備即時示警、家庭智慧音箱都是邊緣運算的運用案例。

預期產業發展趨勢

從第一代無線通訊網路開始，每一個世代的無線網路釋照、營運，都是造成整個產業革命。2G 時代，通話拉近了人們的距離，email 拉長了人們工作的時間。3G 時代，讓人們透過手持裝置，而豐富了生活，不管是上網、看電視、影片，或者是將無線網路逐漸應用於工作與商業活動中。而 4G 時代，觸控螢幕的興起，手機的移動性、運算能力與頻寬，開始逐漸取代了人們對 desktop、筆記型電腦的依賴，透過手機，不管上網、購物、繳款、轉帳、交談、社群聯結，工作上的協同合作與會議等等，已徹底翻轉人們生活的方式。人們可以透過手機，不用出門，而完全滿足生活上的需要。

所以對於 5G 時代的即將來臨，人們有了更大的期待與憧憬。大家也好奇著 5G 時代的來臨，對這些電信運營商將面臨多少和多大的挑戰？而因為 5G 的來臨，對於產業又有什麼樣的改變與革命？這是在這章節需要詳細討論的部分。

在針對電信營運商 (CSP, Communication Services Provider) 在真正運營的過程與內容上，其實是有幾個重要的項目，是需要也值得我們深入調查、瞭解與分析的。以台灣電信市場為例，分析如下：

就困境而言

- 對於每一個 CSP，每一年要投入的 Capex(資本支出) 和 Opex(運營成本) 都是相當龐大的金額。對於 CSP 而言，Capex 通常都是用來投資網路建設等需要的成本支出。動輒數百億台幣，且還需加上無線頻段的有一

定年限的投標特許權利金。還有 Opex 的成本。而經過 2G、3G 與 4G 市場的激烈競爭，已經持續十幾年來都是以月租固定費率再加上手機補貼來吸引、留住用戶，以保持市場上的競爭優勢。而非以用戶使用量的多寡，來制訂浮動費率。

- 而由於採用固定費率，就是大家所稱之的「吃到飽」，嚴重地影響到 ARPU（如第 31 頁中 NCC 所公告的資料），不但沒能成長，反而衰退嚴重，而造成營收不足，無法獲利。

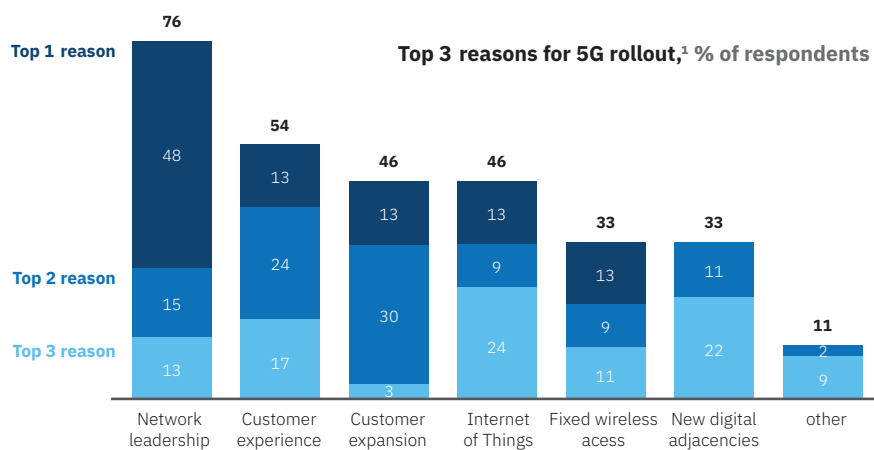
在 2G 時期，CSP 大約三年就已損益兩平，獲利迅速，故基站佈建擴增迅速，以獲得更大利潤。在 3G 時期，雖頻譜使用權取得成本高漲，但也都能有機會損益兩平，進而獲利。而到了 4G 時期，網路建置成本高漲（因固網接取頻寬加大，佈建成本因而提高），但因各家為搶奪市場領先地位，費率惡性競爭，導致每一家的獲利嚴重衰減，造成營運上的困境。

- 當 5G 即將釋照之際，各家 CSP 為了因應支付 5G 頻譜的授權金以及龐大的 Capex，對於目前 4G 網路建設的投資，勢必形成排擠效應，而不願繼續投資在 4G 網路建設。故雖然每家 CSP 都戰戰兢兢地準備 5G 網路的建設，但仍希望釋照的時間點能延後，除了等待 5G 規範與標準的完備外，也可以在目前的 4G 網路營運上，爭取成本回收與獲利的時間和空間。

- 在吹噓 5G 時代龐大頻寬、低延遲性特徵和萬物皆聯的同時，其實電信營運商並不是那麼容易可以創造或發展出實際的、有價值的應用服務，以便於在短期間能損益兩平，甚至獲利？

為了實際瞭解建立 5G 並實現其潛力的動力，麥肯錫最近對全球大型電信營運商 46 位技術長（CTO）進行專有調查全球 5G 發展計劃。有了以下具有重大參考價值的發現。

儘管許多電信營運商公開表示他們認為物聯網是 5G 優先考慮發展的方向，但據調查顯示，實際上看到的，則是在新一波無線網路市場的驅使帶動過程下，各家業者的積極投入，其目的主要是為了鞏固，獲得或重新獲得在網路市場的領導地位。大約一半認為建設 5G 網路，「取得領先地位」為第一優先考量。第二個優先事項是「客戶體驗」，第三個優先事項是「網路容量擴增」。相比之下，運營商並未將物聯網視為核心 5G 的發展目標，因為在目前的 4G 網路環境中，現有的網路能力足以滿足大多數物聯網應用服務的案例。而雖然我們期望 5G 網路的使用頻寬跟固定有線網路的頻寬相近，但只有 22% 運營商認為這是 5G 的第一或第二優先事項，與物聯網相同。分析表如下：



¹ 100% = 46 operations. Original question: What are your top 3 reasons for 5G rollout?

▲全球大型電信營運商技術長問卷調查 資料來源：2018 麥肯錫 5G Survey

無線網路的下一章—突破與創新

5G 技術的到來，人們期望的將要試著徹底改變遊戲規則。該如何「突破」呢？又該如何「創新」呢？筆者有下列幾個方向與建議：

一、「節流」之計

- 透過「網路虛擬化」(NFV) 的技術與實踐，針對將 5G 核心網路的建置做一最佳化。NFV 通過多個虛擬機中鏈接在一起的「虛擬化網路功能」(VNF)，取代單一物理網路設備。VNF 有助於更有效地利用網路資源，支持在相同的物理基礎架構上運行更多軟體。如果有「軟體定義網路」(SDN) 層加持，VNF 的靈活性及可擴展性將得到進一步提升，能夠以硬體設計做不到的方式連接和重新連接網路。一來可降低設備供應商 (NEP) 的依賴程度，二來可將核心網路的資源做一最佳調配，大量降低網路部署成本。
- 大規模虛擬化需借助「網路雲基礎架構」(Cloud)，通過網路服務和應用的生命週期管理來實現快速縮放、資源共享、敏捷性和高可用性，從而優化網路。雖然現在可以在孤立的解決方案中部署 VNF，但是，要想實現更全面的優化，必須移除這些「孤島」，唯有這樣，VNF 才能在多個職能領域、地點和服務環境中運行。在這樣的網路雲環境中部署 VNF 有助於提高可擴展性和業務敏捷性，加快服務創新與交付步伐。此外，這種部署模式還能實現 IT 應用的規模經濟，幫助 CSP 顯著節省成本。
- 引進 AI，透過 AI 的技術與服務，可提升網路管理的成效，並降低網路障礙之情事發生。包含可在網路管理機制中導入 AI，透過 AI，可提前掌握網路元件故障的可能性，以便進行事前維護、維修；另外，導入 AI，可降低網路維護人員的編制，減少 Opex 的支出。

二、投入巨額成本建置 5G 網路，必須要獲得豐厚的回報

關於 5G，大多數人都認為它肯定不便宜。成功的實施需要大量投資。據分析機構估算，2020 到 2035 年間，美國、中國、日本、德國、韓國、英國和法國的網路設備公司、電信公司和政府機構的平均年研發和資本支出總計將超過 2,000 億美元。（註二）與行業規模相比，預估的投資總和無疑是巨大的。相比之下，在 2017 年，電信營運商 (CSP) 的全球收入約為 1.4 萬億美元。雖然 5G 投資將分攤在多年進行，並由 CSP、電子企業和政府機構共同分擔，但仍是一筆巨大開銷。智能手機收入本身並不足以證明這筆投資的合理性。但擴展價值網可以從中受益，並為投資回報做出貢獻。

三、提出新穎的應用服務與商業模式實能發揮作用

由於 5G 有了三個主要的特性，所以每個 CSP 應該以這三個獨特的特性，作為新穎應用服務與商業模式的發展起源，如利用幾乎與有線網路的頻寬特性，提供需要高速傳輸的 AR/VR 服務，應用於商用行為或者是數位學習教育上；利用可連結大量節點的特性，發展智慧工廠，並結合邊緣運算的優勢，能在生產、製程上，快速地、有效地掌握工廠生產的良率，以將產值最大化，為企業創造大量獲利；再利用低延遲性的特性，發展車聯網、無人駕駛電動車與遠距醫療手術。這些都是 5G 服務發展的重點。但商業模式則是非常重要的考量因素，因為高單價的服務費率，將無法提高用戶的使用率；但低單價的服務費率，又是會造成 CSP 無法回收投資成本的疑慮。故筆者認為，有了新穎的應用服務，應嘗試著先推廣於企業，也就是 B2B（企業到企業），等到造成一定規模效益，再推廣於一般個人用戶，也就是 B2B2C（企業到企業，再到個人消費）。這樣才有可能創造三贏的機會（CSP，企業與個人）。

四、建立新型態的合作關係及合資企業，將成為大勢所趨

5G 正在催生一系列的全新合作關係。CSP 負責容量和網路運營，其他電子企業則負責提供技術和專業知識。因此，5G 計劃催生出一系列合資企業，包括：

- 英特爾、易利信、豐田、日本電裝和 NTT DoCoMo 正在日本開展 5G 試驗，當他們從 5G 聯網車輛上傳輸 4K 視頻時，實現了 600Mbps 到 1Gbps 的傳輸速度。（註三）
- 諾基亞攜手 T-Mobile，共同構建了「全國性的」5G 網路，並提供包括無線平台、核心網路技術及管理系統在內的產品。（註四）
- 易利信攜手 IBM 研究院，共同開發了支持 3GPP 5G 標準的無線前端解決方案，支持客戶通過復用現有的室內網路基礎架構，從 4G 升級到 5G。（註五）
- 英國電信與華為建立了 5G 研究合作關係，考察在全球範圍內部署速度更快的通信網路的技術和商業可行性。（註六）

建立合作關係能給企業、市場或其服務的整個行業創造更多價值。例如提高機器到機器的通信效力。監測控制與數據採集 (SCADA) 系統可在其運行和監控的網路中提供更高的可擴展性和互操作性，還能通過更高水平的嵌入式安全功能，快速發現入侵行為。

結論與建議

5G 無線網路的興起，將勢必帶動所有產業的革命

筆者以自己在電信產業 20 多年的經驗觀察，台灣在歷經 2G 時期台灣電信產業的開放，3G 市場的蓬勃發展，4G 是業者被政府 NCC 拉著走，而 5G 市場，是除了 5G 技術與規範尚未制訂完成，另外的隱憂，是各個 4G 的運營商，必未能在經營上有足夠的獲利，甚至因為同業的惡性競爭，而有虧損之虞。再因建設一個完整的網路，需要投入難以想像的成本，不易回收，故裹足不前。

引用華為的說法：「5G 是未來十年主流，而 6G 將是 2030 年以後的事」。在未來的任何的商業行為或者是人們的生活，都將持續與科技的演進與創新息息相關、密不可分。從 2G、3G，到目前 4G，每一次通訊技術的演進，都扭轉了所有產業的革新與再造。緊接而來的 5G、6G，相信也將會將所有產業進行大幅度的轉型與革命。值得期待。

根據一份來自易利信的產業分析報告「5G 潛在商機報告」中，深入分析 10 大產業在邁入 5G 時代中，將迎接的產業轉型與潛在商機。為電信業者揭露產業數位化下尚未被開發的潛在商機，並聚焦全球八大產業，包括「製造業」、「公共安全」、「金融服務業」、「醫療保健產業」、「汽車業」、「大眾運輸」、「媒體與娛樂產業」以及「能源和公共事業」等，讓外界對 5G 應用有更具體的想像。

在電信產業的發展過程中，IBM 一直都沒有缺席過。IBM 也針對幾項重點產業，開始、積極地投入發展創新服務的行列中，包含：

- 在「金融服務業」中，如何將 5G 新的科技，能從 Bank1.0、Bank2.0、Bank3.0，轉型到 Bank4.0。到時，銀行將被重新定義，未來的金融服務勢必無所不在，但不一定會在銀行裡。
- 在「製造業」，未來如何利用物聯網的技術，再加上「邊緣運算」，能提升產能，而轉型成「智慧製造」。
- 在「醫療保健產業」中，如何運用高速頻寬、低延遲性，再加上 AI，為人類的醫療、保健的科技，做更好的發展與演進。
- 在「能源和公共事業」上，利用 5G 的通訊優勢，打造智慧城市與智慧電網，以增進人類生活的品質。
- 在「汽車業」方面，透過車聯網的設計與 ecosystem(生態圈)的建立，讓交通運輸上具有更好的方便性。

以上這些服務，都不會是在想像，而是在未來的幾年內，將陸陸續續地呈現在現實的生活中。「科技」始終來自於人性，這是 Nokia 經典的名言。若能將人類發展的科技，合理地、適當地應用於人類的生活，這將是致力發展科技的每一個投入工作者，所衷心的期盼。

參考資料

- 5G 如何引發電子行業革命
IBM 商業價值研究院
- Digital and Profitable BENCHMARK INSIGHTS
IBM 商業價值研究院
- GIA TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY FULL
STORYLINE
IBM 商業價值研究院
- IBV Cloud Telecommunications POV
IBM 商業價值研究院
- Incumbents strike back TELCO INDUSTRY
PERSPECTIVES SOURCE
IBM 商業價值研究院
- Reenvisioning the CSP network EXEC REPORT
IBM 商業價值研究院

網路資料來源

- 註一，萬物聯網，淺談 IoT 低功耗廣域網路趨勢：LoRa、SIGFOX、NB-IoT | 大和有話說”：<https://meethub.bnext.com.tw/%E8%90%AC%E7%89%A9%E8%81%AF%E7%B6%B2%EF%BC%8C%E6%B7%BA%E8%AB%87iot%E4%BD%8E%E5%8A%9F%E8%80%97%E5%BB%A3%E5%9F%9F%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E8%B6%A8%E5%8B%A2%EF%BC%9Alora%E3%80%81sigfox%E3%80%81nb-iot%E4%BD%9C/>
- 註二，“Revenue forecast mobile operators worldwide from 2012 to 2020 (in billion U.S. dollars).” Statista.
<https://www.statista.com/statistics/371>
- 註三，eichert, Corinne. “Intel and Ericsson 5G connected cars trial attains 1Gbps speeds.” ZDNet. November 2017. <https://www.zdnet.com/article/intel-and-ericsson-5g-connected-cars-trial-attains-1gbps-speeds/>

- 註四，Morris, Iain. “Nokia reels in \$3.5B 5G deal with T-Mobile US.” Lightreading.com. July 2018. [https://www.lightreading.com/mobile/5g/nokia-reels-in-\\$35b-5g-deal-with-t-mobile-us/d/d-id/744997](https://www.lightreading.com/mobile/5g/nokia-reels-in-$35b-5g-deal-with-t-mobile-us/d/d-id/744997)
- 註五，“Ericsson wins awards for innovations in 5G technology.” Ericsson. February 2018. <https://www.ericsson.com/en/news/2018/2/ericsson-wins-awards-for-innovations-in-5g-technology>
- 註六，Huawei embark on pioneering 5G research partnership.” BT.com. June 2018.
<http://home.bt.com/tech-gadgets/internet/broadband/bt-huawei-5g-mobile-technology-partnership-11364119667641>

© Copyright IBM Corporation 2019

台灣 IBM 公司
台北市信義區松仁路 7 號 4 樓

2019 年 6 月

IBM、IBM 標 誌、ibm.com 是 International Business Machines Corporation. 的商標，已在全球許多國家或司法管轄區註冊。其他產品和服務名稱可能是 IBM 或其他公司的商標。現行 IBM 商標清單可在「著作權及商標資訊」網頁（網址為 ibm.com/legal/copytrade.shtml）上取得。

本文件內容為發佈首日時的最新資訊，且 IBM 得隨時進行變更內容。IBM 並不一定在擁有營運據點的每個國家 / 地區，提供所有的產品與服務。

此檔所提供的資訊係依「現況」提供本出版品，不提供任何明示或默示之保證，包括不提供任何可商用性及特定目的之適用性的保證，也不提供不違反規定的保證或條款。IBM 產品依相關合約條款之規定提供保證。

此出版品僅作為一般性參考資料。並不可代替其他研究或專業評論。IBM 概不負責任何因此出版品所造成的組織或個人損失。

此報告中引用之資料係從協力廠商來源所衍生，IBM 不負責審查、驗證或審計此資料。此資料所推論之結果係基於現況，IBM 不作任何聲明或保證（不論為明示或暗示）。