



疫情對於數位經濟的推動力前所未有，根據 IDC 公佈的資料，全球近幾年數位化轉型的投資年複合增長率將超過 15%，並預計 2022 年全球 GDP 65% 將實現數位化，而整個疫情期間，數位經濟直接投資規模接近 7 萬億美元。資料的通信、計算、分發能力都在快速升級。資料中心、有線網路、無線通訊、大量社交 APP 應用、針對疫情的流行病學調查跟蹤，背後都是不斷升級的技術和性能越來越強大的產品，5G、AI、物聯網這些前沿科技正快速反覆運算，以適應新常態下的各種需求。摩爾定律還在延續，但是傳統晶片越來越接近物理極限，可人們對於算力的渴求卻未滿足，於是新的技術和概念比如量子計算被提出；5G 網路建設腳步加快，具有更強覆蓋能力的星鏈（衛星通訊）也開始試運行，而更高性能的 6G 概念開始出現，這是人們要數字世界無處不在的需求體現；還有人有更大膽的想法，乾脆自己建立另一個世界——“元宇宙”……

■文：編輯部

量子計算：新時代的序幕

1980 年，物理學家 Paul Benioff 提出了一個構建小而強大的計算系統——量子電腦。他提出了使用亞原子粒子取代傳統電晶體的物理概念。有別於電晶體單一的狀態，“0”或者“1”，計算單元的最小單位量子 bit 出於疊加狀態，可以是任意狀態。例如，電晶體電腦可以用 8 個 bit 位表示 0 到 255 之間的數字，但每一個基本時鐘狀態

下只能表示其中一個，但是 8 個量子 bit 則可以同時表示這 256 個不同數位，這是量子計算系統有著超乎尋常計算能力潛力的原因之一。

『過去一百年，人類有兩個偉大的文明突破，一個是電腦的發明，另一個是量子力學的發現。兩者均促進人類世界發生跨越式的進步。大約二三十年前，這兩個偉大的思想交叉碰撞，發展出量子資訊

科學。』華為量子計算軟體與演算法首席科學家翁文康說。

根據 IBM 公佈的資料，在一項名為 Grover's Search 的演算法實踐中，在一萬億個列表中查找某一個項目，傳統的電晶體計算系統需要耗時 1 周時間，而量子電腦僅需 1 秒！速度相差 60 多萬倍。

『量子電腦在過去十年中發展迅速，從理論計算轉向現實世界的應用。使用相對較少數量的量子位元的系統已經可供研究人員使用一段時間，儘管存在固有的局限

性，但使用這種硬體的巧妙應用程式的數量已經清楚地證明了它們的強大功能。量子電腦將很快可靠地超越經典計算的極限』nature 雜誌這樣描述量子計算。

對相當多的行業來說，量子計算將帶來顛覆性的改變。

比如在天氣預報應用中，目前各國多採用超級電腦對天氣情況機型複雜的計算，但是算力仍然難以應對多變的氣候條件，只能做出較短時間的預測（距離近越精確），但是如果借助量子計算的強大算力來預測天氣變化，可能會說明科學家精確、系統地描繪出相當長一段時間的天氣變化。這對人類的製造、商業活動、農業生產等領域來說都具有積極意義。

再如 1994 年，Shor(Shor's algorithm) 發表的大數分解量子演算法，將會直接威脅到目前數位世界的網路加密系統，借助量子電腦的算力，互聯網傳輸的加密資訊會被這種演算法產生的量子攻擊輕易破解。現有的互聯網安全體系在量子攻擊面前會顯得形同虛設。

IBM 一直在致力於將量子計算投入商業和科學應用，並在 2019 年 CES 上展示全球首台領子計算一體機 Q System one。這一

圖說：IBM 的量子電腦 Q System One



圖片來源：ibm.com

系統採用了包含第四代 20 位元量子 bit 的計算系統。這台設備使用了超導體技術，工作溫度接近絕對零度。

這一系統仍然在不斷升級，2021 年，IBM 宣佈其最新的 Q System One-Montreal 達到 128QV。

IBM 還計畫要在 2023 年製造實現超過 1000 量子比特的量子計算設備，並且向百萬級量子比特目標邁進，期望容錯量子電腦在未來十年內實現。

除了 IBM，Alibaba、

Google、Honeywell、Huawei、D-Wave Systems、IonQ、Xanadu 等公司都在運營或開發計算系統。

目前的量子計算系統主要停留在研究階段，儘管已經成功實現了過百的量子 bit 位元，但是由於系統的噪音較高，會出現不穩定，難以承受長時間繁重計算任務，學者們認為，要實現真正意義的實用，需要數萬乃至數十萬個量子 bit 才可以，因此，距離真正的量子時代，可能還要等上 20 年或者更長時間，除非在理論和技術方面有重大突破。

6G：構築永遠線上的世界

在行動通信領域，每一代新的行業規範，都要提前 10 年到 15 年進行技術研究工作。比如第五代

移動通信技術規範，也就是如今最為熱門的科技詞彙“5G”，也是經過了相當長的準備，技術上不斷反

覆運算，突破瓶頸，才慢慢有了今天的成果。因此當 2019 年 5G 真正開始普及的時候，科技人員已經著手準備 6G 的技術規範了。

6G 的願景描述中，6G 網路的速度將會是 5G 網路的 50 倍以



上，5G 網路的網速定義為 1Gbps 到 10Gbps 之間（已經百倍於 4G 網路），而到了 6G 網路時代，峰值下載速度將達到 1Tbps。通信時延將低至 0.1 毫秒，只有 5G 的十分之一，網路可靠性極大提升，網路中斷率小於百萬分之一，為自動駕駛、遠端醫療這種關鍵應用提供

無線通訊保障。此外，6G 網路還將大幅提升定位精度，不僅在室外可以與 GPS 配合得到精確位置資訊，還可以定位室內物品，精度可達 10cm，滿足物聯網設備的定位需求。

在網路架構方面，6G 網路將會引入高空無線平臺，來自太空的衛星通信設備也將成為 6G 網路的一個組成部分，地球表面將不會存在通信死角。

在頻譜資源方面，太赫茲頻段將被開放，以便實現超高通信速率的需求。不過太赫茲電磁波的物理特性更加接近於光，在太赫茲頻段傳輸的 6G 信號對光線和移動更加敏感，這需要繼續增加通信收發裝置的密度來保證通信品質，鑒於目前 5G 通信的基站密度已經達到了 200 米左右就需要一個信號傳遞裝置的情況，

信科技人員提出了“去蜂窩”化結構，人們試圖逐步取消對地面基地站的依賴，結合無線能量傳輸技術，保證 6G 終端設備可單獨長時間無線運行。

『伴隨全球範圍 6G 技術研究不斷深入，移動性能增強、網路架構設計、頻譜資源使用效率、通信與計算融合、能效等方面將是未來的重要機會與挑戰。』——

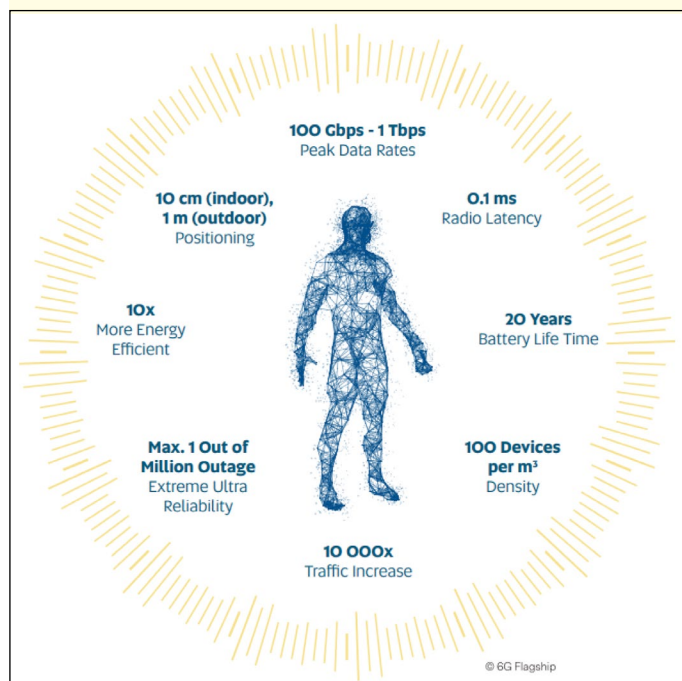
《MediaTek 6G 願景白皮書》

儘管目前的產品還不能實現 6G 願景所描繪的強大性能，但並非遙不可及，就像前幾代移動通信規範那樣，技術障礙會被逐漸克服。

2020 年 2 月 ITU 召開了無線通訊部門 WP 5D 會議，啟動《未來技術願景建議書》的撰寫計畫，3GPP 準備在 203 年開始 6G 相關的演技邛，並將在 2025 年下半年開始對 6G 技術進行初步的標準化制定工作，預計在 2028 年上半年完成。

大約在 2020 年左右，包括美國、中國、日本、韓國、歐盟在內的多個國家和地區先後提出了 6G 技術的戰略計畫，根據國情規劃技術路線。目前業界普遍預計的 6G 到來的時間點約為 2030 年前後。

“6G 使近乎即時和無處不在的连接成為可能，以改變人類，物理和數位世界的對話模式。這意味著利用資料、計算和通信進一步融入社會的新方法。該技術可以支援全息通信，觸覺互聯網，智慧型網路操作，網路和計算融合以及更多令人興奮的可能性。”是德科技



圖片來源：芬蘭奧盧大學《Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence》白皮書 <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526223544.pdf>

董事長、總裁兼首席執行官 Ron Nersesian

人類構建的數位世界，資訊越來越豐富，對即時交互的需求也越來越高。6G 將在 5G 的能力基礎之上進一步擴展，為醫療保健、製造、能源、交通和公共安全等垂直行業提供他們所需的無線接

入，為建立更加高效的複雜應急和災難管理體系奠定基礎，而移動通信會更加密切地融入我們的日常生活。

屆時，人們可能需要考慮的問題是如何“下線”，而不是如何永遠“線上”的問題。

參考

■ 芬蘭奧盧大學《Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence》白皮書
<http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526223544.pdf>

■ MediaTek 6G 願景白皮書

Wi-Fi 7：替代有線網路？

在 WiFi6 規格正式推出後不久，IEEE 802.11 工作組和 WiFi 聯盟已經在設計其繼任者——WiFi 7。在 IEEE 的命名中，WiFi 7 被編委 802.11be，該項目的工作組創建於 2019 年 5 月。WiFi 7 已經將規格升至 30 Gbps 的峰值輸送量，並在 WiFi 生態系統中整合顛覆性解決方案，如多鏈路操作和多接入點 (multi-AP) 協調。同時，為減少無線局域網 (WLAN) 中最壞情況下的延遲和抖動，將時間敏感型網路 (TSN) 功能集成進來，為關鍵應用做好準備。

2021 年 Wi-Fi 聯盟正式開始了 Wi-Fi 6E 產品的認證工作，同期發佈了 Wi-Fi 7 標準的 1.0 版草案。最早的正式版預計在 2022 年中旬發佈，最終定版可能要等到 2023 年底或更晚一點。

按照慣例，供應商通常會稍微超前一點。比如 2022 年 1 月 19 日，聯發科就演示了全球首個 Wi-Fi 7 技術。

MediaTek 副總經理暨智能連

接事業部總經理許皓鈞表示：“Wi-Fi 7 的推出標誌著 Wi-Fi 可以真正替代高頻寬的有線 / 乙太網技術。Wi-Fi 7 技術將為家用、商用和工業網路提供強大的核心網路能力，為多人 AR/VR 應用、雲遊戲、4K 視頻通話和 8K 流媒體等應用提供無縫連接。”

對很多人來說，還沒來得及體驗到極致的 Wi-Fi 6/6E 無線網路，Wi-Fi 7 已經在路上了。從 Wi-Fi 6 開始，其強大的性能已經超越了家庭應用的範疇，比如在 5G 網路的運營中，一些電信商就使用 Wi-Fi 6E 作為基站系統的網路吞吐補強。從某種角度來看，現

表：Wi-Fi 7 與 Wi-Fi 6 規格對比 (COMPOTECHAsia 編輯部整理)

規格對比	Wi-Fi 7	Wi-Fi 6/6E
頻段	2.4GHz、5GHz、6GHz	2.4GHz、5GHz、6GHz (僅 Wi-Fi 6E)
通道頻寬	MAX 320MHz	20、40、80、160 (MHz)
調製方式	4096 QAM OFDMA	1024 QAM OFDMA
MIMO (多輸入輸出模式)	16 x 16 UL/DL MU-MIMO	8x 8UL/DL MU-MIMO
最大傳輸速率	30Gbps	9.6Gbps
加密協定支援	WPA3	WPA3
IEEE 命名	802.11be	802.11ax



圖片來源：wi-fi.org

在的 Wi-Fi 網路，某些性能已經超過了早期的行動通信基站。這也是聯發科喊出替代乙太網路這樣的宣傳口號的原因。

基本規格的大幅度提升，意味著 Wi-Fi 7 在很多技術內容上進行了調整和優化：

最大 320MHz 頻寬：為實現最大輸送量不低於 30Gbps 的目標，Wi-Fi 7 延續 Wi-Fi 6E 的 6GHz 頻段。而使用者要體驗

30Gbps 的網速，需要在 6GHz 頻段，同時具備 16 根天線的“怪物”。

Multi-RU 機制：Wi-Fi 7 中定義了允許將多個 RU 分配給單用戶的機制。為了平衡實現的複雜度和頻譜的利用率，協定中對 RU 的組合做了一定的限制，即：小規格 RU (小於 242-Tone 的 RU) 只能與小規格 RU 合併，大規格 RU (大於等於 242-Tone 的 RU) 只能與大規格 RU 合併，不允許小規格 RU 和大規格 RU 混合使用。

Multi-Link 多鏈路機制：802.11be 工作組定義了多鏈路聚合相關的技術，包括增強型多鏈路聚合的 MAC 架構、多鏈路通道接入和多鏈路傳輸等相關技術，從而實現 2.4 GHz、5 GHz 和 6 GHz

所有可用頻譜資源的有效利用。

MIMO 增強：在 Wi-Fi 7 中，空間流的數從 Wi-Fi 6 的 8 個增加到 16 個，理論上可以將物理傳輸速率提升兩倍以上。分散式 MIMO 的傳輸方式更加靈活，16 條資料流程可以不由一個接入點提供，而是由多個接入點同時提供，這意味著多個 AP 之間可以相互協同進行工作，為使用者提供更有效率的網路服務。

首次定義多 AP (Access Point) 間的協同調度：以往的 802.11 協議框架，AP 之間沒有太多協作的關係。自動調優、智慧漫遊等常見的 WLAN 功能屬於製造商自訂特性。AP 間協作的目的也僅是優化通道選擇，調整 AP 間負載等，以

實現射頻資源高效利用、均衡分配的目的。而 Wi-Fi 7 中的多 AP 間的協同調度，包括小區間的在時域和頻域的協調規劃，小區間的幹擾協調，以及分散式 MIMO，可以有效降低 AP 之間的幹擾，極大的提升空口資源的利用率。

TSN 時間敏感型網路：隨著 AR/VR，線上遊戲，物聯網，雲端計算等大資料應用不斷上線，TSN 網路具備的可靠性受到更多重視，這也是 802.11be 專案組一開始就在考慮的問題。

從現有的資料來看，Wi-Fi 7 帶來的改變將是全方位的，除了提升使用者體驗，在 Wi-Fi 設備之間的通信也更加積極和靈活，這為未來複雜的應用場景鋪平了道路。

星鏈：從太空將地球“包起來”的互聯網

從 1954 年 10 月 4 日，前蘇聯發射了世界上第一顆人造衛星

開始，通信就成為它的一項重要職責，早期只是服務於國防或者專門

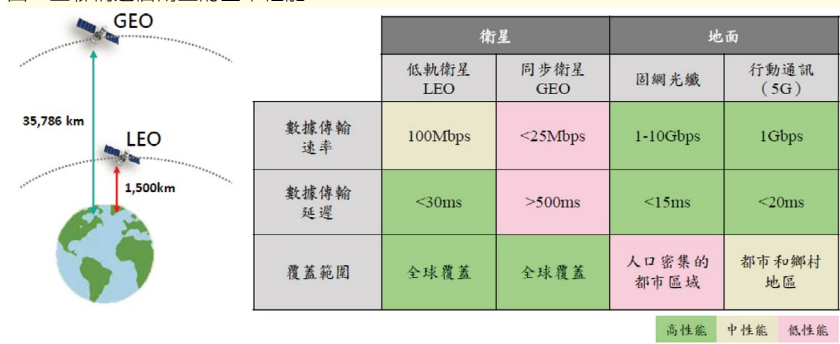


圖／SpaceX 官方網站

機構。隨著人類移動通信技術的進步，特別是人們對時刻線上的要求，比如在偏僻的旅遊地、郵輪、飛機、還有自然災害等不同場景下的通信需求激增，透過堆積地面基站的方式保持通信已經不能滿足需求，且在人跡罕至的地方部署移動通信基站並不經濟，更何況地標面積的 70% 是海洋，於是大規模的衛星通信構想出現了。

2015 年，科技狂人馬斯克就提出了建設全球衛星網路的計畫，旨在通過衛星提供互聯網接入服務，命名為 Starlink—星鏈，在計畫提出後不久就著手實施。星鏈計畫建設兩座星鏈系統。正在實施的是第一座星鏈，目標是向低軌空間發射 11914 顆衛星，分兩階段實施，第一階段四千多顆衛星要在

圖：互聯網通信衛星的基本性能



圖片來源：MIC 資策會

2024 年 3 月前發射其中一半，到 2027 年 3 月前全部發射完畢；同時第二階段 7000 多顆衛星也會持續發射，計畫在 2027 年底前全部發射完畢，目前第一座星鏈已發射近 2000 顆衛星。更加宏偉的是第二座星鏈，預計要發射 30000 顆衛星，現已向美國相關機構提出申請。加上世界各地的政府和公司的類似計畫，屆時，整個地球將會被互聯網通信衛星包裹起來。

產業情報研究所 (MIC) 曾巧靈產業分析師表示，全球寬頻上網仍存在服務缺口 2019 年全球有 49% 的人口 (37 億人) 無法上網，其中在已開發國家中仍有 13% 的人口沒有網路。所以，已開發國家透過大型計畫，補助國內寬頻網路建設，滿足國內偏遠地區的寬頻網路需求，降低國內數位落差。因低

軌衛星 (LEO) 距離地球之物理距離較短，因此訊號傳輸所需能量相對於同步衛星 (GEO) 低，另外資料傳輸的延遲也比 GEO 低，有著接近地面行動通訊的延遲率。有別於地面通訊，低軌衛星在訊號覆蓋範圍上有著較大的優勢，其覆蓋範圍依照布建的衛星數量，最終可達到全球覆蓋的目標。低軌衛星通訊還可作為特殊用途的通訊備援，如災難通訊備援、國防戰地通訊等緊急應用。

由於近幾年低軌衛星技術上的突破與星鏈計畫等項目逐步實現，衛星發射的價格下降了 90% 還多。僅從數量上看，Starlink 項目發射的衛星數量遠遠超過了世界上任何一國發射的衛星數。以往全球衛星寬頻通訊難以突破 30 億美元的規模 (主要集中在衛星電池

應用)，市場瓶頸將被突破，大規模部署衛星成為可能，預期將帶動整個通訊型態的轉變。

根據 Starlink 公佈的收費標準，除了收發設備，每個使用者的月費用約為 80 美元，約為傳統互聯網服務商價格的 2 倍左右，但 Starlink 具有“移動”方面的優勢，可以在任何可以“看到”衛星的場景使用，比如在郵輪中，80 美元可能只夠幾小時或 2 天左右的網費。鑒於其蘊含的商業潛力，有關機構預測，Starlink 至 2025 年的營運規模就預估可達 300 億美元。

另一家運營衛星網路通信的公司 Oneweb，預計在今年開始商業試運行；在馬斯克提出星鏈計畫的一年之後，憑藉火箭發射技術的積累，中國航太科技和航太科工集團分別發起“鴻雁星座”和“虹雲工程”，並於 2018 年發射了首顆實驗衛星，已經投入試運行，同時還提出了超過 1 萬顆的類似星鏈計畫。

互聯網衛星營運商除了陸上服務，也將擴展至航空、海上甚至太空的全覆蓋場景；消費端的直接連接使用外，也將擴展至企業與政府使用，可望帶動更多應用的興起。

元宇宙：又一科技驅動力

2021 年，“元 宇 宙” (MetaVerse) 的出現，一下吸引了科技界的目光。

遊戲平臺 Roblox 於 2021 年

3 月 10 日在美國上市，作為第一家將“元宇宙”寫進招股書的公司，成為“元宇宙”第一股。

2021 年 10 月 28 日，

Connect 2021 大會上，Facebook CEO 祖克柏正式宣佈，Facebook 改名為「Meta」。未來，Meta 將會投入數百億美元，全力奔向元宇宙。

“從現在起，我們將是元宇宙優先，不再 Facebook 優先。”祖

圖：虛擬實境虛擬世界通過 VR 攝像機關看城市和人



圖：Facebook F 創始人兼 CEO 祖克柏正式宣佈，Facebook 改名為「Meta」



克柏說

同期，包括 NVIDIA、微軟、Google、Alibaba、tencent 在內的一批科技巨頭都宣佈了進軍元宇宙。

對使用者來說，元宇宙就是另一可以去探索的世界，這個未知世界有現實世界可以提供或者尚不能提供的東西，裡面有人也有 AI，就像一個可以永遠玩下去的遊戲，煩惱和喜悅並存。

但是對這個宇宙的創建者來說，它吸納了大量最為先進的科技和概念，如 5G/6G、Web3.0、人工智慧、雲端、物聯網、AR/VR/MR、區塊鏈、量子計算等等，對電子資訊科技的推動力巨大，所以

你能想到的和還沒來得及知道的科技都在與元宇宙掛鉤，畢竟宇宙是包羅萬象的。

創造這個宇宙也不是一家公司能夠實現的，不僅要領先科技公司積極參與，很多國家和地區政府也熱情參與進來，紛紛制定出相關的產業規劃。

目前的科技水準，要實現元宇宙描述的虛擬世界尚有距離，與之相關的科技水準正在快速攀升，比如沉浸式體驗和可穿戴裝置。

由疫情帶來的混合工作模式興起，加速了新媒體影音串流、娛樂、遊戲、遠距辦公、線上學習、健身領域的趨勢發展。

從 2022 CES 電子展上可以

看到，體現在 Samsung、LG、SONY、等國際大廠以 AI 人工智慧融入沉浸體驗影音科技改變顯示器的呈現方式，包括 8K、Mini/Micro LED、透明顯示、電競產品等新興視聽裝置不斷湧現；元宇宙概念的可攜式穿戴裝置進入蓬勃發展階段，沉浸式的體驗正改變人們的生活工作習慣。

計算能力決定了元宇宙的極限，因此作為元宇宙概念的推動者，Meta 將很大一部分資源都投入在了改善元宇宙設備計算能力方面。

“我們為元宇宙構建的體驗需要巨大的計算能力（每秒數萬億次操作！），RSC 將啓用新的 AI 模型，可以從數萬億個示例中學習，理解數百種語言等等”祖克柏在其 Facebook 中說。Meta 預計在 2022 年將完工的一台人工智慧電腦將是世界上最快的 AI 超級計算設備。

目前的科技水準，要實現元宇宙描述的虛擬世界尚有距離，但是元宇宙概念對相關的科技的驅動作用是非常明顯的，比如沉浸式體驗和可穿戴裝置。根據現階段的科技，大部份業者認為許多元宇宙的產品，可能 5~10 年後才能大量問世。

對千禧後成長起來的年輕人來說，元宇宙描繪的願景很難拒絕，他們將會是潛在的龐大消費群體，那麼對相關業者來說，機會就會很多，只是不要讓他們等太久。

CTA