

準備好迎接 5G 世界：

使用技術與硬體需求概論



Pietro Scalia
部門總經理
德州儀器

隨著全球 5G 部署推動助力增加，預計帶來超低延遲、更高速度、更低功耗及更多連接，各家硬體公司與工程師都在為 2020 之後的代表產品進行準備。

4G 的重點在於消費者的網路容量或「把網際網路裝進口袋」，但 5G 帶來的效益遠遠超過 4G。

何謂 5G？

5G 是可實現其他市場革命性應用的通訊骨幹，包括工業、汽車、醫療，甚至是國防市場。目前全球物聯網 (IoT) 連接越來越多，5G 在速度 (至少比 4G 快 10 倍)、延遲 (為 4G 的十分之一，最低可達 1 ms) 與密度 (每平方公里支援 1 百萬個 IoT 裝置) 的大幅進展讓許多創新應用變成可能，特別是安全、可靠性、服務品質、效率及成本都同等重要的應用。

如圖 1 所示，5G 技術可將物品與服務連接，其中「物品」位於消費者或企業空間，「服務」則通常在雲端。5G 網路能夠有彈性地對平行連接進行切片，依服務使用者要求提供最適合尺寸，並提供最佳成本/性能表現。

5G 不單只是通訊標準革命中的另一個「G」，此名稱包含至少三個主要趨勢。依國際電信聯盟定義

(請參閱圖 2)，第一個趨勢為增強型行動寬頻 (emBB)，可強化增強與虛擬實境等創新部分。第二個趨勢為大規模機器型通訊 (mMTC)，與 IoT 無所不在的感測器連接有關。第三個則為自動駕駛或遠端手術等重要應用提供超可靠且低延遲通訊。

5G 無所不在，可應用在智慧型手機、汽車、公共事業、可穿式裝置、醫院手術室、大型工廠、電網等各種裝置，讓我們朝智慧城市、智慧製造與緊密連接世界的概念更近一步。

分階段推出

5G New Radio (NR) 與 LTE-Advanced 間連接仍是 5G 平台的重要組成，以確保透過現有核心網路基礎架構正確運作。第三代行動通訊合作計畫 (3GPP) 第 15 版在 2017 年底定案推出，使整個產業在頻譜 sub-6-GHz 部分得以穩定發展。版本 15 可在 2020 年前推動大多數 5G 早期發展。

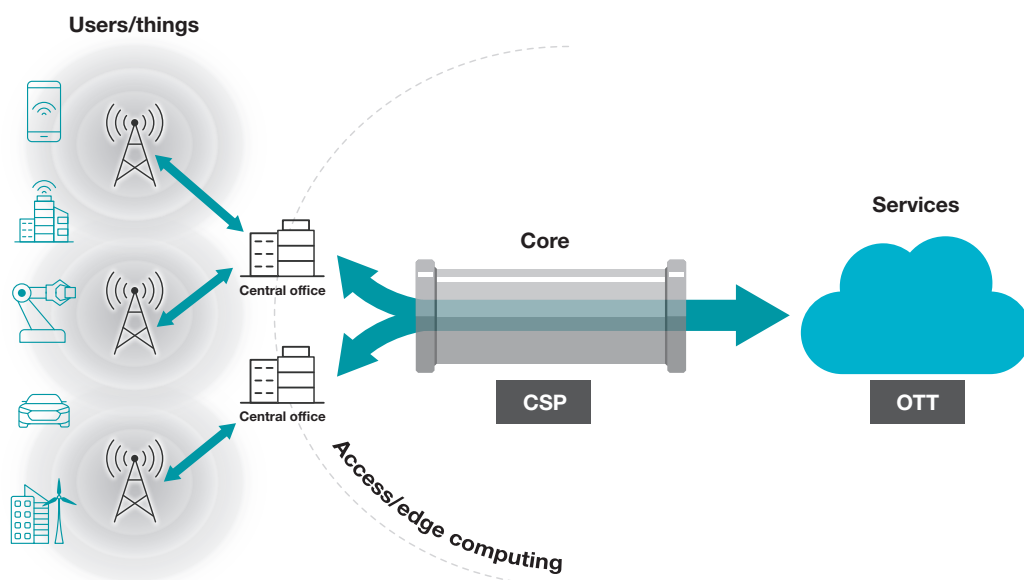


圖 1: 5G 如何將使用者/裝置與服務連接。

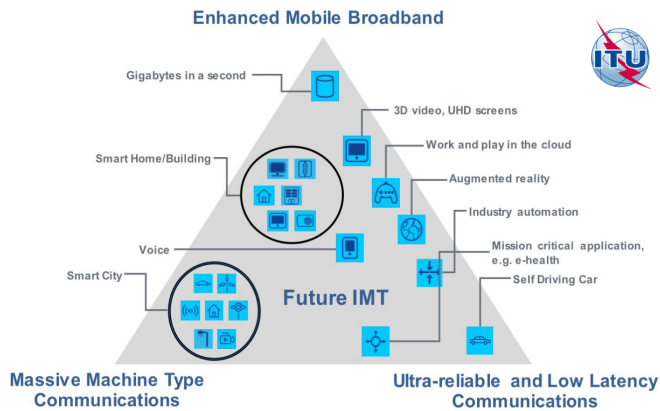


圖 2: ITU-R IMT-2020 願景建議的 5G 使用情境。

但真正影響 6 GHz 以上頻譜 (毫米波) 的標準為版本 16, 預計將於 2019 年中推出 (請參閱圖 3)。版本 16 是重要通訊服務、虛擬實境及低功率廣域網路 (LPWA) IoT 的關鍵要素。此標準具備頻譜共享、汽車蜂巢式車聯網 (C-V2X) 標準等各種新功能, 讓許多被稱為 5G 願景真正潛力的應用得以實現, 預計將徹底改變整個通訊產業。

5G 使用商業案例

第一個 5G 商業案例非常簡單明瞭:

其可提升網路容量、速度、可靠性與可用性, 並能以與 4G 相同的成本減少延遲。

第二個商業案例為已在美國公開發表的固定無線應用, 此應用透過毫米波頻率 (尚未由 3GPP 指定) 與遠

端使用者連接, 是替代光纖的平價安裝方式, 並可提供 300 Mbps 以上連接 (請參閱圖 4)。對參與早期 5G 測試及試用, 和已搶先在核心網路建置基礎架構支援 5G 服務發表, 並以新異質基地台增加涵蓋範圍的全球多數營運商來說, 此應用已經足夠。

在參與早期測試與試用的國家/地區中, 美國推出 5G 的腳步比其他國家/地區都來得快, 已備妥需要的高密度基地台, 但其在基地台接收站 (BTS) 安裝方面進度遲滯。提供各位參考, 2018 年美國約安裝了 20 萬個基地台, 中國則維持在 2 百萬個基地台左右。加上中國占了目前全球 IoT 連接的 70%, 使各國家/地區的部署需求大有不同。截至本文撰寫時間點, 南韓、澳洲、英國、義大利、西班牙、美國與德國已舉行過新頻率拍賣, 並已規劃未來其他拍賣。

在 2018 年世界行動通訊大會中, 全球行動通訊系統協會 (GSMA) 預測 2023 年消費者與企業應用的 5G 連接將達到 4 億, 美國將占其中 30%。

並非只有通訊服務業者 (CSP) 對 5G 感到期待, 還有許多非典型參與者也在 5G 領域努力進行開發。Facebook、Microsoft、Google 和 Amazon 等網路服務 (OTT) 媒體供應商, 皆在密切尋求商業機會。這些 OTT 供應商擁有雲端, 並於雲端提供大多數服務, 因此也是 5G 任務中的重要參與者。但這些供應商並不具備存取的部分, 這部分目前仍完全由 CSP 管理。

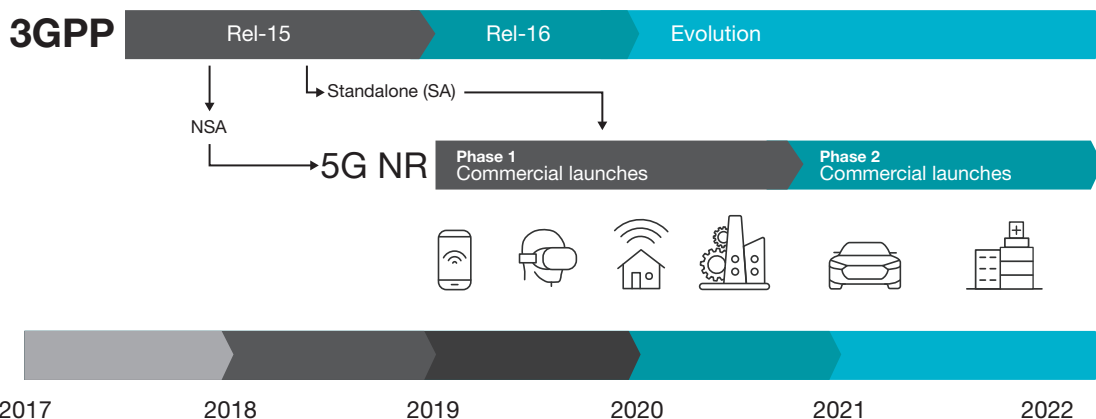


圖 3: 3GPP 版本時間軸。

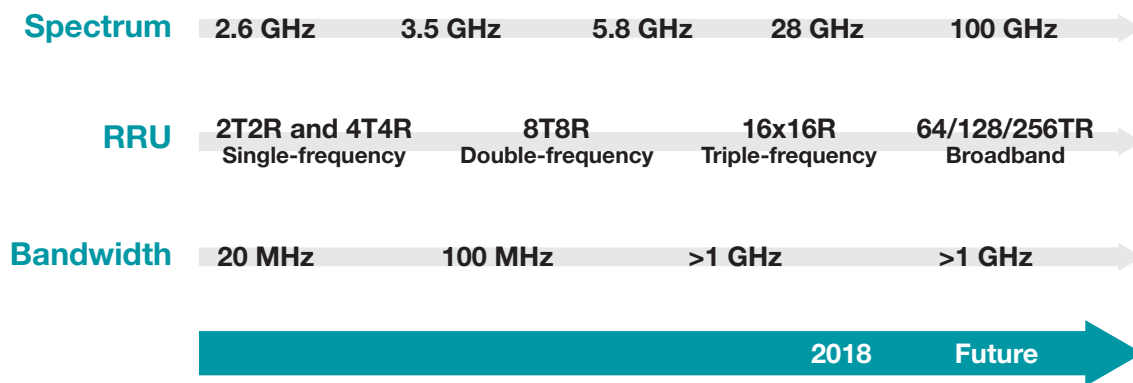


圖 4: 射頻參數演進過程。

5G 特性

在 4G 執行期間，許多網路功能就已虛擬化，使得基礎架構（以基礎架構做為服務）的公共雲端部分明顯成長。但相關管道仍操控在 CSP 手中。協作功能系統必須在供應商與使用者間建立適當連接，並以智慧化方式進行管理。這些連接的發展包含網路切片和邊緣運算等新技術，屬於 5G 的嶄新特性。

網路切片 (Network slicing)

邊緣運算使運算方式更貼近使用者，是 5G 拼圖的重要一角，但網路切片概念在 5G 未來中同等重要，可將軟體定義網路的 4G 概念提升到更高層次。

如圖 5 所示，網路切片讓業者得以分開封包傳輸層與控制層，並可針對需不同品質、延遲與頻寬程度的使用者，支援以平行方式執行的多種應用與服務。也就是說，5G 系統會有許多網路切片，或稱「快速通道」，來支援特定應用與客戶。

舉例來說，營運業者可能會遇到需要 eMBB 來使用增擴實境工具的客戶，但同一個業者可能也要支援 mMTC 網路、自動駕駛或遠端手術的客戶，客戶間對網路屬性的需求差異非常大。每種應用都有其特定要求，若將網路切成不同專屬工作階段或平行連接，即可使各種切片達最佳化。

此方法讓營運業者得以網路即服務的方式將網路販售給客戶，每個客戶都可體驗到自己的網路切片就像與整體網路完全分開，有點像「享用自己的一片蛋糕」概念，以對配方中的可用成分進行即時調變。實質上，網路切片可提高執行新服務的營運效率並縮短上市時間。

網路切片確實可能成為最關鍵要素之一，提供企業客戶符合成本效益的新 5G 服務。

邊緣運算

邊緣運算的意思是讓實際決策接近資料來源。邊緣運算透過讓運算智慧接近各種資料來源，來減少執行所需服務的延遲。邊緣運算不會透過整個核心網路將資料傳到雲端進行處理，而是利用分散式網路架構來確保幾乎即時性的資料處理，以減少特定服務中無法接受的延遲。

隨著要求即時運算資源的重要應用增加，再加上自動駕駛、遠端醫療與虛擬實境應用等由人工智慧 (AI) 輔助的智慧功能需求大增，使得運算必須更接近終端使用者，進而移往邊緣。舉例來說，若在整個網路往復中損失數十毫秒，汽車在收到煞車指令可能仍會繼續行駛數英尺。但若使用邊緣資源並將延遲減少為十分之一，則可大幅縮短發出指令到實際煞車的時間。

邊緣運算資源又稱多重存取邊緣運算，可輕鬆地與傳統無線存取網路 (RAN) 中心整合。其可透過 AI 加速器，在與天線叢集相距可變距離下找到額外硬體資源和伺服器，距離最高可達數公里。因此會造成額外硬體基礎架構增加。

5G 未來的重要硬體

5G 網路擁有 NR 存取標準與未來，非常適合具多元應用的各種垂直市場。這也代表主動式天線系統 (AAS) 等設備會出現大量硬體需求，並透過天線整合使遠端射頻頭端概念更進化。此天線整合採用空間分集與區域波束與大規模 MIMO (mMIMO) 技術，可幫助克服強化容量的 5G 挑戰。

AAS、mMIMO 與波束成形

AAS 技術可讓基地台效率最大化，營運業者可大幅增加容量 (5G 最高可達五倍) 與網路涵蓋範圍目標。功率放大器 (PA) 叢集與天線元件為 AAS (目前最高可達 1,024 個 PA) 的重要組成，可提供完整網路存取功能以連接位於與 AAS 相同位置或中心 (雲端 RAN) 的基頻節點。mMIMO 是支援數種根據空間分集提供個別使用者同步與獨立資料路徑的技術，其頻率可重複使用，並且是實現 BTS 高容量以執行空間多工的重要推手。

其擁有許多不同天線，因此也可強化波束成形 (採用 3D 方向與集中波束的技術)。此技術可減少鄰近通道干擾，並可以相同功率實現最大可達距離，以將資料流量導向所需目的地。如此一來，即可使整體容量最佳化並提升無線訊號傳輸速率。

AAS 部署在 4G 終止階段開始執行，現已成為需強化容量與涵蓋範圍時所採用的新安裝方式。採用新頻率頻譜、與 4G 向後相容的硬體及搭載可升級軟體的基頻，有助於推動大型 BTS 硬體升級。

若想增加新服務涵蓋範圍密度，則需部署小型基地台 (特別是在住宅高樓、體育場、購物中心和主題樂園等高密度環境)，在功耗更低且每秒位元數更高的情況下，使傳輸更接近使用者。

從硬體的觀點來看，最顯著的挑戰為密度：第一個挑

戰是如何在體積越來越小的封裝中管理熱能。第二個挑戰則是如何透過大規模功能與元件整合，滿足預期有效性。第三個挑戰，是需在執行過程中同時維持低功耗與高性能。

為了達到此目標，AAS 中從收發器到時脈再到電源管理的所有元件都需經過重新設計或修改，以滿足新設備元件數增加所產生的挑戰要求。執行的方式可從射頻 (RF) 收發器開始，整合更多元件、增加輔助功能並建立智慧系統解決方案，以集合許多採共用電源管理叢集的新元件。

時脈、整合式收發器與電源

多通道、高度整合的 RF 收發器是 5G 硬體重要的一塊拼圖。RF 訊號頻寬必須高達 1 GHz，並需能在多頻段中運作。採用 RF 取樣技術可以較簡單的架構和低成本實現所述特性。具 10 Gbps 以上功能的串化器/解串化器收發器及整合式低抖動鎖相迴路 (PLL)/電壓控制振盪器 (VCXO)，是新興晶片系統的其他重要特色，可透過使用低頻率參考時脈來簡化取樣時脈產生。

符合 5G 高頻寬網路時序要求是非常重要的。在目前行動網路中，電壓控制振盪器 (VCXO)/溫度補償晶體振盪器 (TCXO) 等時序訊號源的抖動必須非常低，並且需能處理越來越低雜訊要求和支援正交振幅調變，以達毫米波傳輸最佳性能。

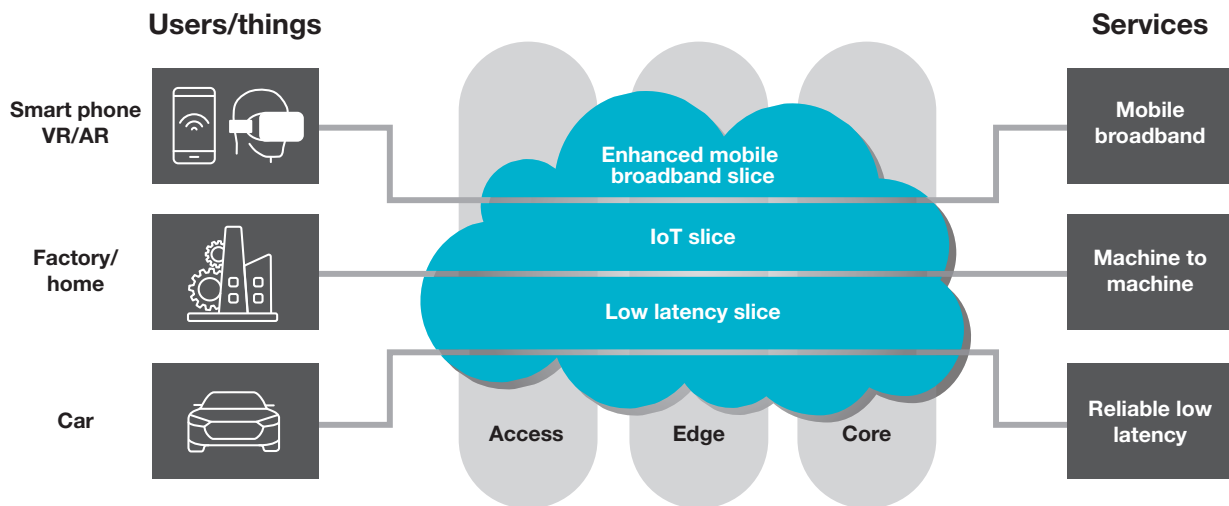


圖 5: 5G 網路切片。

根據雲端 RAN 架構，通用公共射頻介面 (CPRI) 的最新規格稱為 eCPRI (Ethernet CPRI)，可做為[基頻單元 \(BBU\)](#) 庫和[遠端射頻單元 \(RRU\)](#) 網路間的多點鏈路，提供高頻寬鏈路以符合多個 RRU 的要求。此外，由於在 5G 去程傳輸採用 5G eCPRI，因此也出現新的時序要求。點到點 CPRI 鏈路中保證的時間與頻率同步無法再於後續處理，而需在整體 5G 時序解決方案中就執行。因此，時脈樹從 CPRI 傳輸採用的 VCXO 式抖動清除器解決方案演化成 TCXO 式網路同步器解決方案，以處理 eCPRI 的需求。

鎖定 sub-6-GHz 傳輸的 5G 大型基地台預計可支援多載波行動通訊標準全球系統 (GSM)，因此時脈樹也必須符合標定相位雜訊需求，且不得違反整體 GSM 阻隔規格。對 5G mMIMO 基地台來說，波束成形可有效利用頻譜，同時將干擾降到最低。因此 RF 訊號鏈時脈樹中各種輸出間偏斜有非常嚴格的限制。除系統級天線校驗機制外，零延遲模式等幾種電路板和晶片層級技術可將時脈樹的程序、電壓與溫度邊緣延遲變異降到最低，以提升波束成形效率。

5G 也對典型負載點進行變更，功率擺盪 (調整) 從數十瓦特改成數百瓦特，以滿足 IoT、小基地台與主動式天線的功耗需求。更具體的來說，功率/電流要求提升使配電匯流排數值移至 12 V，以滿足 AAS、分散式天線系統與下一代 mMIMO 射頻需求。

由於 RRU 和 BBU 功率增加，電源管理匯流排 (PMBus) 所扮演的角色越來越重要。同時，高電壓降壓轉換器也不斷進化以因應 PA 數量增加，並需具備 3D 散熱與具可變電流限制的 100 V 操作轉換器。為了在射頻中提供精確時脈與收發器電路並提高密度，還有一種透過多通道專屬轉換器降低體積與雜訊的方式，可將轉換器做為低壓降穩壓器的替代方案，並以高於 1 MHz 速度進行切換，即可縮小尺寸並維持效率。

將材料費用、複雜度與成本最小化是贏得 5G 硬體競賽的重要關鍵，將功能整合在整合電路中則是達成此目標的最佳方式。半導體公司必須與基地台設備客戶密切合作，製造高度整合 RF 收發器及最佳化訊號鏈與電源，以支援不斷進化的 5G 發展。

接下來 5G 的走向將會如何？

通訊產業最近的記錄顯示，升級到下一種技術前會有 10 年的週期時間。5G 應用的步伐看來類似，預計之後將會達成成熟度高峰。

5G 旨在透過新型基礎架構、新式裝置與新使用案例，將新生活型態導入全球互聯概念。透過其高容量與低延遲特性，5G 將會大幅改變人類與裝置間的互聯方式。

若以企業層級來看，5G 帶來的改變更是顯著，其使關鍵設計服務得以實現，進而為整個產業帶來革命性變化。真正的 5G 可實現機器對機器技術、低功耗感測器、行動管理、遠端設備/資產監控、智慧電網等未來工廠願景。

當版本 16 可實現頻率頻譜高階部分，5G 的其他面向也會隨之強化。毫米波交錯網路可使密集的都市區[小基地台](#)回程傳送變得更平價。這些網路在車對車或車聯網系統中也可運作自如，此外由於車輛必須與其他車輛和道路號誌進行通訊，並且需與更新數位對應資訊進行交換，故此技術是推動自動駕駛的重要關鍵。

5G 或許是網路的未來趨勢，但由現在的工程師所打造，並會大幅改善我們居住的世界。

如需詳細資訊

[探索 TI 通訊設備解決方案。](#)

重要聲明: 本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前未取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

此平台列是德州儀器的商標。所有其它商標皆屬於其各自所有人之財產。

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale (www.ti.com/legal/termsofsale.html) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated