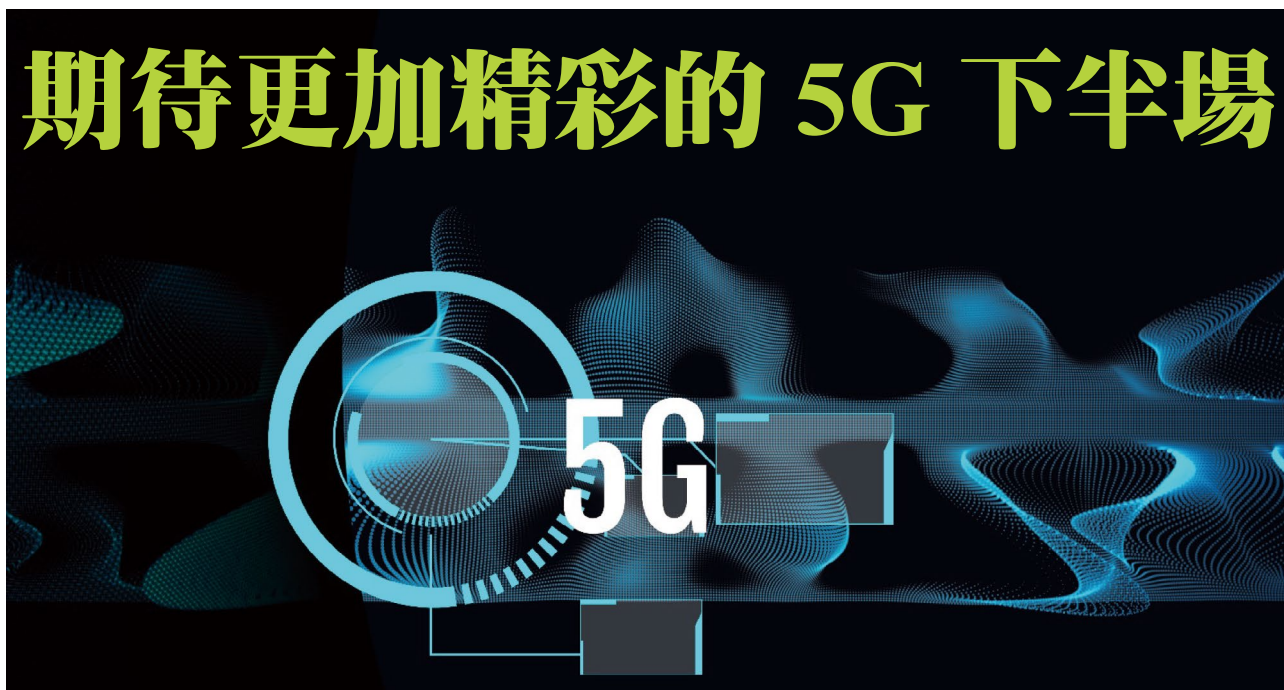


期待更加精彩的 5G 下半場



■文：編輯部

2024年6月18日，在上海舉行的3GPP RAN（無線接入網路）第104次會議上，5G通信技術（正式名稱IMT-2020）的第四個版本——3GPP R18（2021年4月提出）標準宣佈凍結。與此同時也掀開新的篇章，5G通信正式進入5G-Advanced（以下簡稱5G-A）時代，近兩年一些關於5G的一些新概念，比如華為提出的5.5G、日本提出的Beyond 5G實際上就是5G-Advanced的不同解讀。

5G 下半場開啓

對國際電聯（ITU）下屬的ITU-R WP 5D工作組來說，

3GPP RAN第104次會議只是歷年來閉門會議中的一次，但在5G通信的發展歷史上，是一個重要的時間點。首個5G-A標準的凍結（定稿，不再修改，交由ITU進行終審發佈），標誌著5G下半場的開啓。

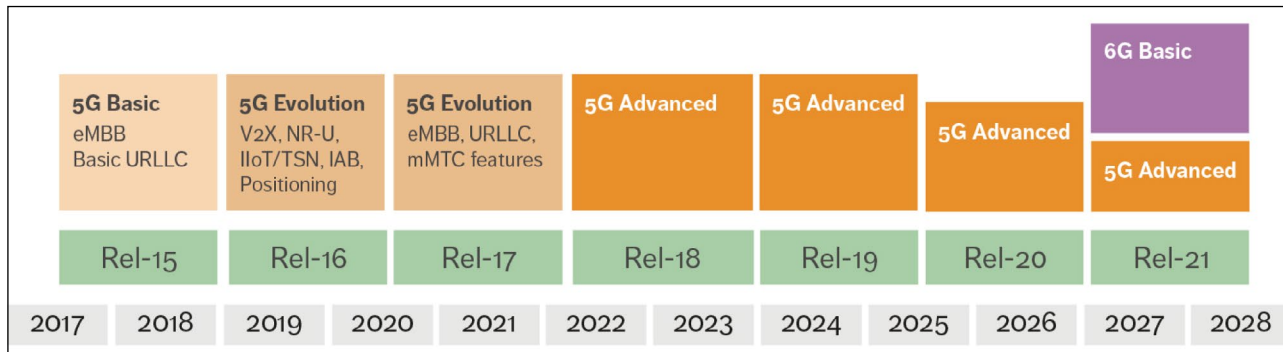
“3GPP第18版及更高版本預示著5G Advanced，標誌著移動通信的關鍵時刻，開啓了數位和物理領域的無縫融合。在這個變革的時代見證了XR、集成感測和通信的融合，以及人工智慧和機器學習對網路的深遠影響，激發了創新並重新定義了連接”愛立信網路解決方案經理Christina Chaccour博士表示。

注：ITU-R WP 5D是國際電聯ITU最重要的工作組之一，負責全球移動通信系統（International Mobile Telecommunications, IMT）陸地無線通訊技術的標準化工作。在過去20多年中，ITU-R WP 5D完成的3G（IMT-2000）、4G（IMT-Advanced）、5G（IMT-2020）移動通信技術在全球範圍內獲得認可。

5G通信從無到有，先後經歷了3GPP R15、R16、R17三個版本，歷時7年多，現已覆蓋全球40%的人口，服務的使用者超過14億（截至到2023年第三季度的資料）。

在首個5G通信標準3GPP

圖說：3GPP 5G 演進時間表



圖片來源：ericsson.com

R15 凍結後不久，2019 年的端午節前夕，中國政府就頒發了首批 5G 牌照，經過幾年的持續投入，中國已建成全球規模最大、技術領先的 5G 網路。根據官方最新資料，中國建成的 5G 基站數量接近 319 萬，全球占比超 60%，5G 行業虛擬專用為網路超 2 萬個，5G 直接帶動經濟總產出 1.45 萬億元，間接經濟增加值 1.27 萬億元，融入國民經濟類別超六成，應用案例數超 9.4 萬個，5G 通信技術正在不斷釋放科技帶來的更多經濟價值。

正是中國在 5G 技術的不斷投入，使得 5G 技術在最開始的質疑聲中，蹣跚前行。因此在 3GPP R18 標準的制定過程中，ITU 也給與中國公司更多的信任。中國移動在 5G-A 標準制定中，不僅擔任了 RAN 副主席、RAN1 副主席、CT4 主席等領導職位，而且主導提交技術提案 3000 餘篇，還作為 30 餘項標準專案的第一報告

人，主導立項數目列全球各公司首位，為 5G-A 標準最終定版做出了相當大貢獻。

5G-A 充分考慮架構演進及功能增強，從以往的消費者為中心的移動寬頻 (MBB) 網路成長為真正的工業互聯網的核心。5G-A 融入了大量的創新，特別是在 AI 和通信感知 (也稱通感一體化) 能力方面，同時在擁有海量設備的物聯網領域，R17 版本提出的 RedCap 概念，在 R18 版本中升級為 eRedCap，進行了大量針對消費和工業應用的優化。

中興通訊副總裁王欣暉指出：5G-A 正在探索更多垂直行業的應用場景，從多個維度擴展網路性能，從而更大幅度地滿足未來幾年的實際市場需求，這些應用包括內生 AI (Intrinsic AI)、無處不在的網路 (Ubiquitous Network)、基於 NR 的海量物聯網 (NR based Massive IoTs)、下一代工業物聯網 (Industrial IoT 2.0)、

安全 / 區塊鏈技術 (Security/Blockchain) 等。

《5G-Advanced 網路技術演進白皮書 2.0》指出：在網路架構方面，5G-A 網路將沿著雲原生、邊緣網路以及網路即服務理念發展，滿足網路功能快速部署、按需反覆運算的訴求。在網路技術方面，5G-A 網路能力將沿著“智慧、融合和使能”三個方面持續增強。

“智慧”：將聚焦提高網路智慧化水準，降低運維成本，進一步促進智慧化技術在電信網路中的應用和融合，開展分散式智慧架構，以及終端與網路協同智慧的研究。

“融合”：將促進 5G 網路與行業網路、家用網路和天地一體網路融合組網，協同發展。

“使能”：將繼續助力 5G 網路服務垂直行業，在完善基礎的網路切片、邊緣計算標誌性能力的同時，將支持互動式通信、廣播通信等讓網路服務“更多元”；在端到端品質的測量

和保障、方案簡化方面讓網路品質“更確定”；在時間同步、位置服務等方面讓網路能力“更開放”。

5G 下半場：R18、R19 有更多創新

相比傳統 5G，5G-A(3GPP R18) 國際標準規劃的網路能力將有 10 倍提升，下行峰值提升至 10Gbps，上行峰值提升至 1Gbps，能夠滿足沉浸即時、智慧上行、工業互聯、通感一體、千億數量級別物聯及天地一體等應用場景的網路需求。

R18：為 5G 進一步普及鋪路

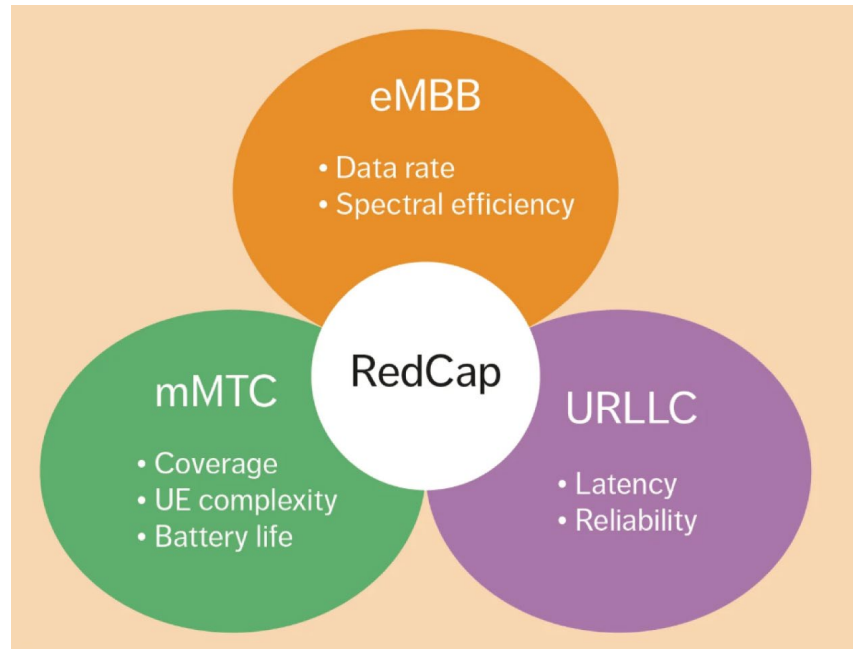
相比上一個版本 R17，R18 版本主要在三個方面進行了提升：

首先是針對 eMBB 用例，R18 新增三個值得注意的功能是波束成形 /MIMO、移動性增強和網路節能。

先進天線系統 (AAS) 是提高無線網路頻譜效率的主要驅動力，並且由於實現第 1 層 / 第 2 層移動性、上行鏈路 MIMO 的進一步改進以及與固定無線接入應用相關的增強等因素，它們將繼續發展，並探索進一步降低網路能耗的機會。

其次是非 eMBB 用例的主要增強功能：非 eMBB 應用程式 (例如新的或現有的垂直

圖說：Rel-17 RedCap 以 eMBB、mMTC 和 URLLC 之間的需求空間為目標



圖片來源：ericsson.com

行業) 最顯著的增強功能包括 RedCap、XR 以及國家安全和公共安全 (NSPS)。

RedCap UE 有望在未來的許多應用中發揮重要作用。基於 R17，R18 eRedCap 解決方案將進一步降低設備成本和功耗。將研究能夠收集能量的解決方案，例如節能喚醒收音機。

在 R18 中，3GPP RAN 小組將實現資源高效和低延遲的無線電資源配置、具有一致資料速率的移動性支援、相容 XR 流量和延遲要求的 UE 節能運行。除了汽車和工業用例外，NSPS 是使用 5GS 的最突出的新垂直領域。正在考慮對無人機遠端控制和檢測進行 RAN 增強，以提高急救人員的態勢感知能力。R18 還將通過 UE (使用者終端) 到

UE 中繼等技術進一步提高 5G 對覆蓋外場景的支援。

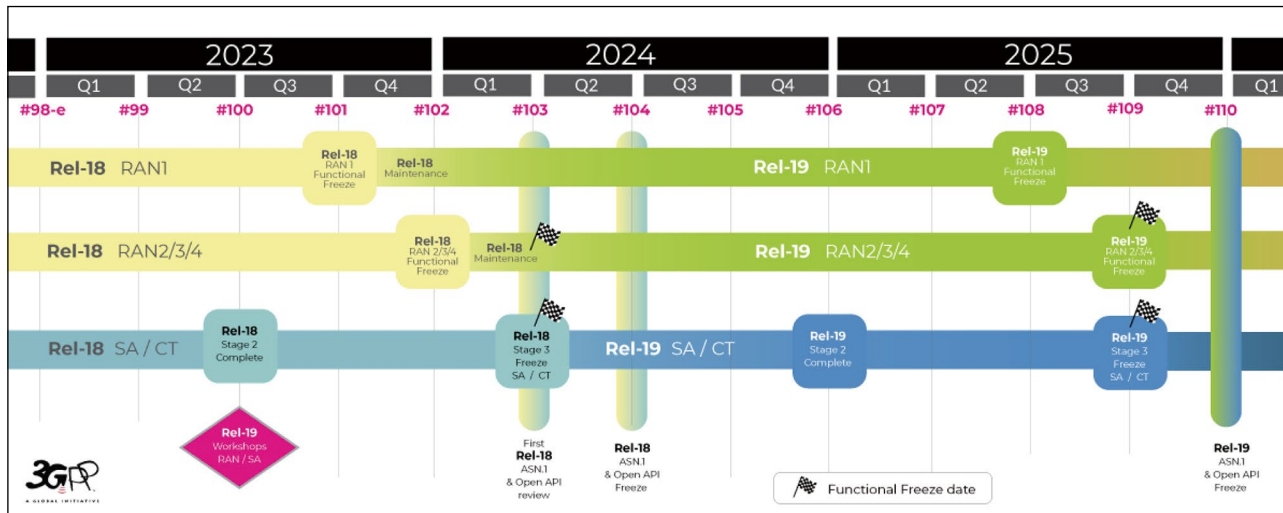
最後是 MBB 和非 MBB 用例的跨域功能：

針對 MBB 和非 MBB 用例的三個跨域功能：用於實體層 (PHY) 增強的 AI/ML、用於 RAN 增強的 AI/ML 和全雙工。

由於 AI/ML 可以顯著提高 PHY 性能。因此，RAN 標準化將通過為 AI/ML 相關的 PHY 增強建立一個通用框架來探索機會，包括適當的 AI/ML 建模、評估方法和性能要求 / 測試。具體 AI/ML 增強的第一個領域可能是波束管理或通道估計 / 預測。

在 R17 中，研究項目之一是確定適合 RAN 的用例和相應的基於 AI/ML 的解決方案。在 R18 中，重點將放在對現有架

圖說：3GPP R18-R19 時間表



圖片來源：3gpp.org

構中當前介面的增強上。

5G A 將通過在網路的不同級別中加入合適的基於機器學習的技術，為無線網路引入更多智慧。未來的增強功能還將涵蓋各種新的垂直領域和用例，這些領域和用例由基於單一平臺的人工智慧 / 機器學習技術提供支援。

R-19：提高性能並滿足 5G 商用部署中的關鍵需求

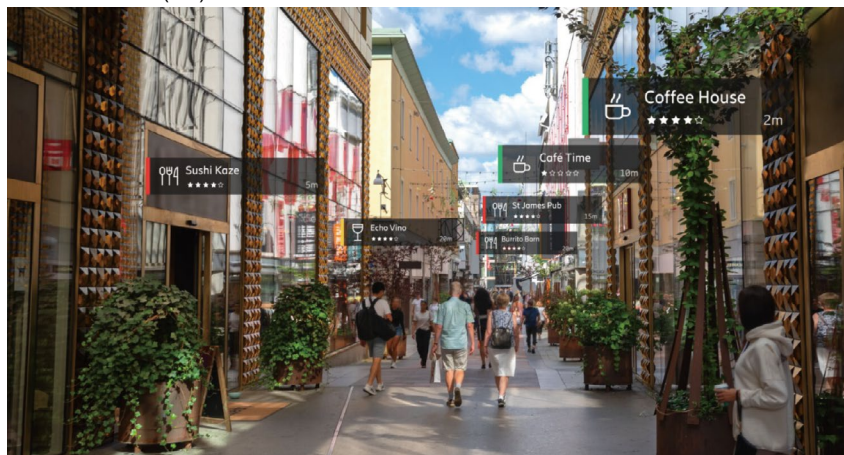
在 R18 凍結之後，R-19 標準的討論就會馬上站看，預計前後同樣需要 2 年時間。

在 R19 標準中，大規模 MIMO 將支援超大規模的天線陣列，從而提供更高的增益和更靈活的波束賦形。這將提高鏈路和網路性能，對 6 — 7 GHz 範圍內的新頻段至關重要。R19 將引入增強功能以實現具有成本效益的分散式發射器。這是

邁向大規模部署 D-MIMO 的又一步。最後，Release 19 將允許 UE(使用者終端)發起的測量報告，從而加快 5G 波束管理程式。此功能將允許更快的波束選擇，將會與移動用戶高度相關。

為提高移動性，在 5G-A 中，3GPP 引入了一種減少服務中斷時間的新切換程式，稱為 L1/L2 觸發的移動性 (LTM)。在 R 19 中，LTM 框架將得到擴展，

圖說：擴展顯示 (XR) 概念



圖片來源：ericsson.com

以支援不同 gNB 的服務社區之間的切換。LTM 框架將增加對跨 FR1 和 FR2 的 NR-NR 雙連接的支援。R19 還將探索使用人工智慧和機器學習 (AI/ML) 來提高移動性。例如，AI/M 可用于預測未來最佳服務社區。

動態頻譜共用 (DSS) 是 5G 中的一項關鍵部署功能，它允許 4G 和 5G 載波共用相同的頻率，從而促進從 4G 向 5G 遷移。基於 DSS 方案，一個基站

可以在相同頻譜中為 4G 和 5G 終端提供服務，這項技術在當今的基站中得到廣泛部署。

針對消費和企業服務：擴展現實 (XR)、虛擬實境 (VR)、增強現實 (AR) 有嚴格的時延要求，即較低且限定在一定範圍內的端到端時延。

在 Release 18，3GPP 引入了 5G 無線接入網 (RAN) 和核心網側對 XR 的增強功能。這項工作將在 Release 19 繼續。包時延資訊可用來提升上下行調度，從而提高 XR 容量。利用未使用的測量間隙進行資料傳輸，以減少測量間隙對資料速率的影響。

室內定位技術是 5G-A 特別提出的應用，R18 研究了使用 AI/ML 來提高基於 5G 的定位精度，3GPP 研究項目的重點是使用人工智慧識別 gNB 和 UEs 之間的視距鏈路 (LOS)，因為在視距條件下的定位可提供高精度。3GPP 將在 Release 19 中標準化 AI/ML 驅動的定位，以提高定位精度。

5G 應用中為數不多的減法項目中，R17 引入了低複雜度 NR RedCap 終端 (Reduced Capability)，支援工業無線感測器網路、可穿戴設備和無線攝像頭。RedCap 終端可以配備單個接收通道，以支援更小尺寸的可穿戴設備。R18 規定

了定位和更低的峰值資料速率 10 Mbps，這將進一步降低這些設備的連接複雜度和功耗。

RedCap 剩下的部分將會在 Release 19 討論，即支持衛星通信，以實現真正無處不在的 NR IoT 覆蓋。

非地面網路，R19 目標之一是提升衛星的下行覆蓋，3GPP 將研究是否需要對 5G 架構進行改變才能在衛星上安裝完整的 gNB。

網路節能，R 19 將進一步引入節能功能，包括：按需的輔社區 SSB 傳輸、按需的面向空間態 UE 的 SIB1 傳輸。

機器學習和 AI 將進步提升網路的自動化水準，3GPP 已經研究如何將人工智慧和機器學習應用於 5G RAN 和實體層。針對新用例的研究將在 R19 進行。一個新的用例是 AI 輔助的動態社區成形。在定位、波束管理、通道狀態資訊上報等方面，借助 AI 和 ML 技術對實體層進行大規模增強。R19 將會為人工智慧 / 機器學習應用於空口定義一個整體框架，並將為人工智慧 / 機器學習在如定位和波束管理的用例進行相關標準化工作。此外，3GPP 還將繼續探索人工智慧 / 機器學習在其它用例的可用性，如移動性。

部署 5G-A：製造商和移動通信運營商比 ITU 更積極

相比 3GPP-R18 標準按部就班的制定過程，運營商和設備的步伐顯得更加急促。

2023 年初，高通就推出了首個 5G Advanced-ready 數據機及射頻系統 X75 和 X72。

2024 年出西班牙巴賽隆納舉辦的 MWC 上，愛立信與臺灣中華電信簽署合作諒解備忘錄。雙方將針對 5G Advanced 相關技術發展持續合作，致力推進商用服務，探索特定場域包含延展實境 (Extended Reality, XR) 與媒體應用、時間關鍵型通訊與工業自動化應用、5G 輕量版 (RedCap)、AI 驅動的網路節能方案與智慧化網路營運等技術，為下世代 6G 的早期研究與發展奠定基礎。

同期，華為發佈全球首個基於 3GPP R18 標準的 5G-A 商用板 Apollo。Apollo 版本通過智慧載頻選擇和智慧載波聚合，釋放多頻網路潛能，實現多業務場景下的上下行體驗提升可達 30%。在多天線場景中，Apollo 版本引入智慧波束管理，通過軟硬體融合創新，持續釋放 TDD 大頻寬和 M-MIMO 的潛力，進一步提升網路能力和使用者體驗 20%。此外，Apollo 版本在 RAN 側首次引入數位變

生系統，基於其多目標決策能力，實現體驗和節能雙優。

2024 MWC 上海期間，中國移動、中國電信、中國聯通、香港電訊、阿聯酋 DU、阿曼電信和華為公司聯合發佈了 5G-A 商用領航計畫，宣佈將聯合打造 5G-A 高品質生態系統，達成 6 項共識：領航運營商聚力、打造領航城市、升級經營模式、驅動業務創新、高品質建網、共推生態繁榮。

期待 5G 後半程的發力

產業界迫不及待推動 5G-A，主要原因還是因為非常看重 5G-A 所帶來的網路能力提升，以及新的應用場景。例如萬兆下行、千兆上行、通信感知、無源物聯、空天地一體、網路智慧化等。

更為重要的是，5G 通信的市場推廣並未像 3G、4G 時代那麼順利，疊加了 COVID-19 疫情和戰爭等因素，使得通信市場受到波及，5G 進入下半場才開始逐漸發力。

2024 年《愛立信移動市場報告》6 月刊稱：就簽約數而言，5G 有望成為主流的移動接入技術。雖然 5G 的人口覆蓋

率正逐步擴大，但在中國大陸（超過 7 成）以外，全球只有約 25% 的基站部署了 5G 中頻。

中國大陸以外的 5G 中頻段人口覆蓋率已達到 35%。北美和印度的中頻段覆蓋率分別達到 85% 和 90%。

在簽約數方面，5G 在全球所有地區一直保持持續增長。2024 年前三月，全球新增約 1.6 億的 5G 簽約數，簽約總數突破 17 億。預計 2024 年全年新增簽約數將近 6 億。

研究人員預計，到 2029 年末，5G 簽約數將接近 56 億，全球 5G 人口覆蓋率（除中國大陸外）將增加一倍，從 2023 年末的 40% 提高至 2029 年末的 80%。

預計到 2029 年底，5G 簽約數將占移動簽約總數的約 60%。

從地區來看，預計到 2029 年底，北美地區的 5G 簽約數將占到簽約總數的 90%（4.3 億）。

預計到 2029 年底，印度的 5G 簽約數將從 2023 年底的 1.19 億（約占該國移動簽約總數的 10%）增長至約 8.4 億（占簽約總數的 65%）。

5G 下半場會更加精彩，不過 6G 也不遠了。

參考資料：

- 華為：《5G-Advanced 網路技術演進白皮書 2.0》
- 中興：《5G-Advanced：從 5G 演進到 6G 的必經之路》
- 愛立信：《向 5G 高級的 5G 演進：3GPP 版本 17 和 18 概述》
- 愛立信：《5G 新浪潮 — 3GPP Release 19》 CTA

