

產業研究報告

由 3GPP Release 17 觀測 5G 後期標準關鍵技術與應用發展方向

前言

世界各國無不積極推進 5G 發展進程，而關乎 5G 商用落地發展為重之技術標準，其不僅極大影響 5G 技術之演進，更是牽動全球無線電通訊產業之發展。本研究將由全世界行動通訊標準制定之國際標準組織-3GPP 出發，藉由研析進行中的 5G 標準第三個版本 Release 17，掌握 5G 技術與應用之關鍵發展方向。

黃仕宗

目錄

5G 後期標準：Release 17	1
Release 17 關鍵技術發展方向	2
Release 17 關鍵應用發展方向	13
結論	18

圖目錄

圖一、Release 17 工作時間表	2
圖二、NR 終端裝置三類狀態	4
圖三、NR-Light 技術範疇	5
圖四、LTE 與 NR 頻譜共享	9
圖五、5G NR 三類型鏈結模式	10
圖六、NR V2X 與 LTE V2X	14
圖七、單播、廣播/群播概念圖	15

表目錄

表一、R17 四大研究主題	3
---------------	---

5G 後期標準：Release 17

5G NR 技術標準起始於 2016 年 Release 14 階段，其後主要透過 3GPP 中 RAN 工作組與 SA 工作組開展相關研究工作，其間歷經 Release 15 (以下簡稱 R15)、Release 16 (以下簡稱 R16) 兩個版本演化至今之 Release 17 (以下簡稱 R17)。

2017 年啟動之 R15，係 5G NR 標準的第一個階段，主要係著重於強化移動場景下之寬頻與部分低時延、高可靠場景，且完成 NR 非獨立組網 (non stand alone, NSA) 與獨立組網 (stand alone, SA) 之標準。

2018 年啟動之 R16，係 5G NR 標準的第二個階段，其於 R15 基礎上進一步增強移動場景下之寬頻，如引入增強型多天線傳輸 (Multi-input Multi-output, MIMO)、蜂巢網路定位、終端節能 (UE power save)、載波聚合 (Carrier Aggregation, CA)、雙鏈結 (Multi-RAT Dual Connectivity, MR-DC) 等技術，且強化支援垂直產業 (如：工業物聯網場景、車聯網等) 應用需求進行標準化設計，如確立工業物聯網架構、有線/無線聚合等，而其於 2019 年底完成，而最終版於 2020 年 7 月正式凍結。

2019 年 12 月於 3GPP RAN 工作組第 86 次全會，啟動 R17 規劃與佈局之標準設計工作。R17 除了立基於 R15 與 R16 針對特定技術進一步增強外，其另將大連接、低功耗之海量機器通訊作為 5G NR 應用的一個重要發展方向，基於既有架構與功能由技術面推進，藉以支持物聯網應用之開展。

Release 17 時間表

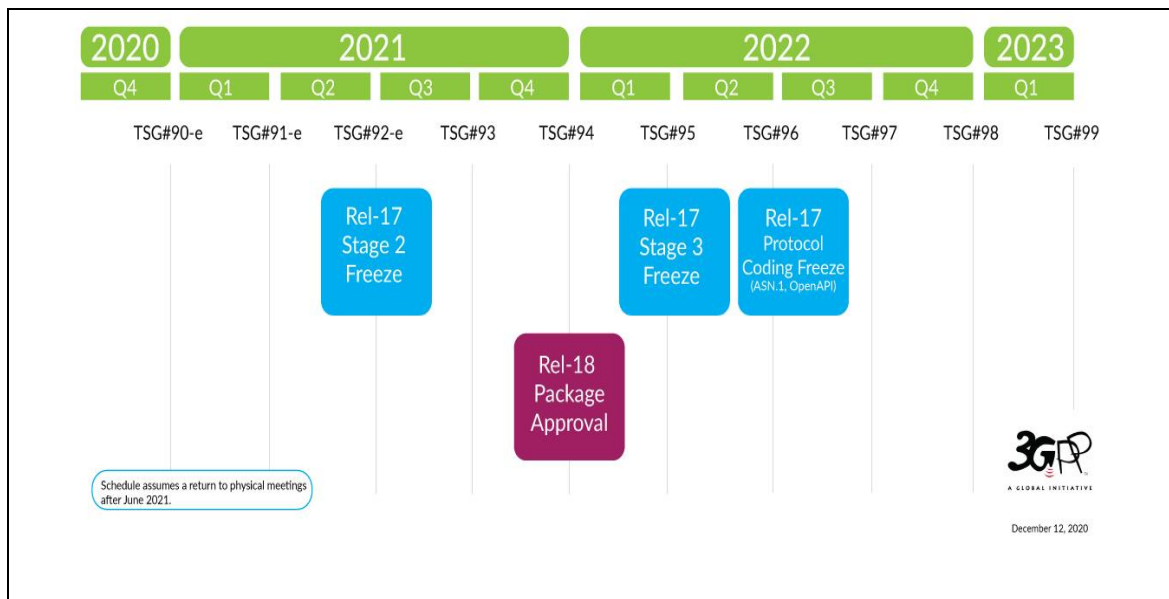
2021 年 6 月 7 日，3GPP 召開技術規範組 (TSGs#90-e) 全體會議，正式核定 R17 時間表 (如下圖所示)，其考量 2020 年線上會議對工作進程之影響，再考量遠端工作至少需維持至 2021 年 6 月，而遠端工作所衍生之龐大郵件流量延宕與會代表之工作進程，故於全體會議上 TSG RAN、TSG SA 和 TSG CT 主席共同決議將 5G 最新演進版本 R17 之凍結時間推遲 6 個月。惟值得一提的是，該時間表係以假設 3GPP 於 2021 年下半年可重返實體會議為前提。以下簡述新版 R17 工作時間表之關鍵時間點。

R17 階段 2 功能凍結：2021 年 6 月 (TSGs#92-e)

R17 階段 3 協議凍結：2022 年 3 月 (TSGs#95)

R17 協議編碼凍結 (ASN.1, OpenAPI)：2022 年 6 月 (TSGs#96)

圖一、Release 17 工作時間表



資料來源：3GPP · 2021 年 9 月

Release 17 關鍵技術發展方向

R17 於 5G NR 上之技術標準發展，依據各研究立項之內容，可區分為四大主題，涵蓋工業物聯網、網路部署與自動化、eMBB 設備增強與垂直應用，以及總計 14 項主要之研究項目。以下針對各主題，以及相對應關鍵之技術/應用研究項目進行論述，如下表所示。

表一、R17 四大研究主題

主題	研究項目
工業物聯網	非活動狀態下小數據包傳輸
	NR-Light
	NR 定位增強
網路部屬與自動化	網路切片增強
	NR 頻譜範圍擴展至 71GHz
	動態頻譜共享
	雙鏈結增強
eMBB 設備增強	終端節能增強
	MIMO 增強
	Multi-SIM
垂直應用	NR-V2X
	NR 廣播/群播
	擴展實境
	NB-IoT / eMTC 與非地面網路集成

資料來源：3GPP · MIC 整理 · 2021 年 9 月

工業物聯網

非活動狀態下小數據包傳輸

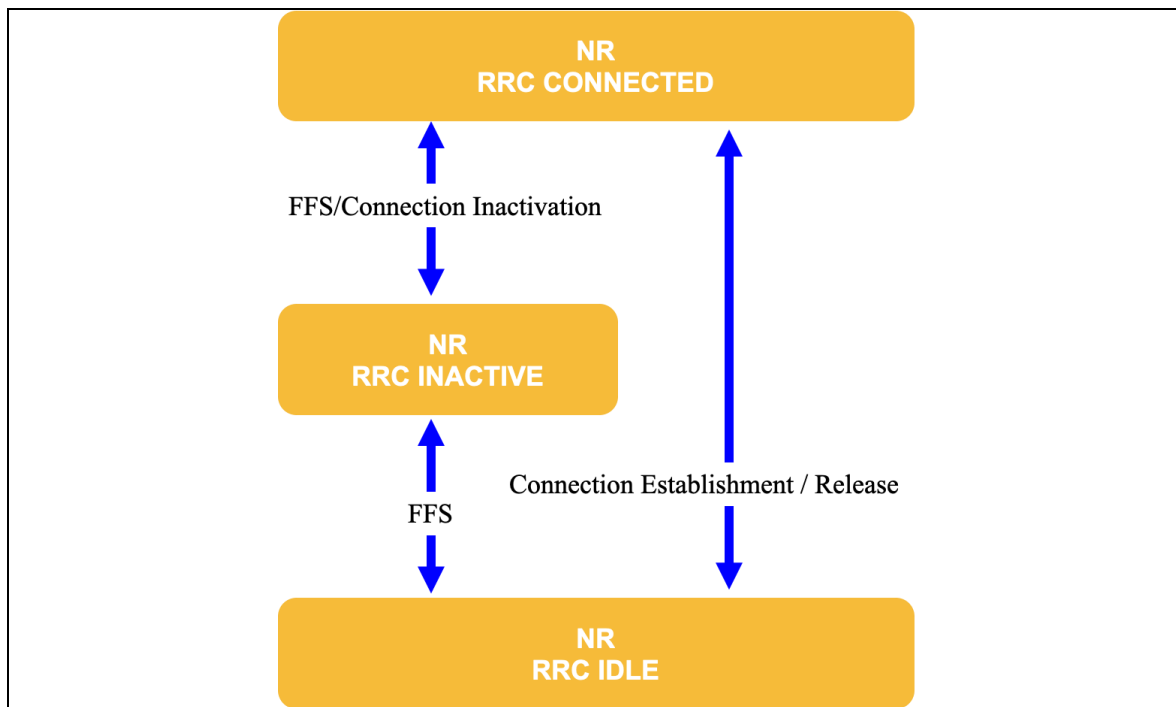
就行動通訊而言，以智慧型手機為例，手機與基地台間除了主/被動傳遞/接收語音數據、多媒體數據外，亦包涵各式操作指令數據，藉以對手機下達指令，使其知曉何時需要傳遞/接收訊號。

手機與基地台間之數據的傳遞與接收，係稱作無線電資源管理 (Radio Resource Control, RRC)。而於 4G 時代，手機與基地台間依據是否有傳遞/接收訊號，手機有兩類狀態：RRC 閒置 (RRC Idle) 狀態、RRC 連線 (RRC Connected) 狀態。其中，RRC 閒置狀態，係指手機進入睡眠狀態，其於手機無任何傳遞/接收數據一段時間後，因手機不需要與基地台交互 RRC 指令，故自動進入 RRC 閒置狀態，其目的在於避免手機不必要的電力消耗；相反的，當手機需要與基地台進行交互 RRC 指令以傳遞/接收數據時，則手機將進入 RRC 連線狀態，藉以和基地台取得通訊。

進入 5G 世代，為求終端裝置 (如手機) 可加快 RRC 閒置狀態與 RRC 連線狀態間的切換，5G 新增一類狀態-RRC 非活動 (RRC Inactive) 狀態 (如下圖所示)，其介於

RRC 閒置狀態與 RRC 連線狀態之間，該狀態下終端裝置不如 RRC 閒置狀態為進入睡眠，亦不如 RRC 連線狀態下為連線通訊狀態，其可簡易視為半睡眠半連線狀態，主要目的為快速喚醒終端裝置與基地台取得連線通訊。

圖二、NR 終端裝置三類狀態



資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 9 月

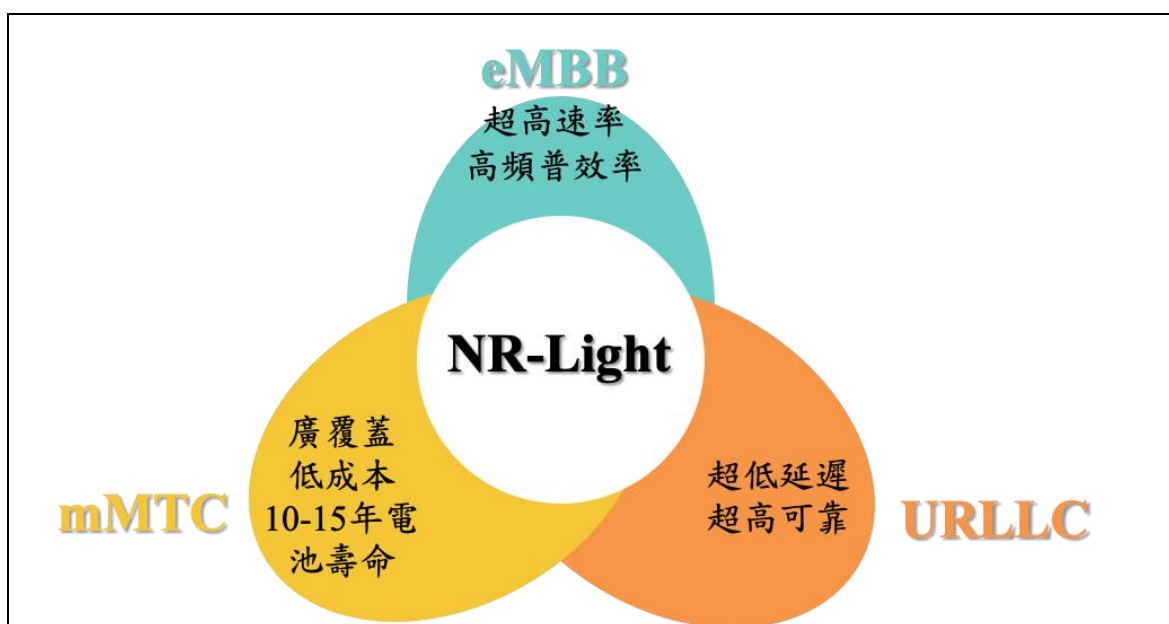
觀察 R17 中針對終端裝置於 RRC 非活動狀態下之研究立項，其聚焦於架構讓處於 RRC 非活動狀態下之終端裝置，可以與基地台進行小數據包的傳輸。探究其由，以智慧型手機為例，現時為數眾多應用程式 (Application, APP)，其縱然終端使用者未使用，這些 APP 仍會於背景傳輸少量數據予服務伺服器，致使手機很難進入 RRC 非活動狀態或 RRC 閒置狀態，進而導致手機終端的高耗電。

故 R17 聚焦研議如何讓處於 RRC 非活動狀態下之終端裝置可以傳輸小數據包，藉以不僅達成降低終端裝置能耗，亦有助於如工業物聯網、穿戴裝置等感測器應用之發展。而 R17 中主要具體之兩個研究面向，分別為：(1).架構基於隨機存取通道(Random Access Channel, RACH) 系統下之 UL 小數據傳輸，以及(2).研究在預先配置的實體上行共享通道 (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) 上進行 UL 數據傳輸。

NR-Light

NR-Light 可謂為簡化版的 5G NR，一如 LTE 世代中針對低功耗、低速率、低成本、大連結、廣覆蓋物聯網應用的 NB-IoT / eMTC，其即為簡化版的 LTE。NR-Light 的重要性，在於補足了 5G 所定義之 eMBB、uRLLC、mMTC 三大場景之不足，如下圖所示。

圖三、NR-Light 技術範疇



資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 9 月

eMBB 主要係針對需求大頻寬之應用，如 4K/8K 影音串流等，uRLLC 主要係針對需求超高可靠與超低時延之應用，如遠端機器人控制、自動駕駛等，而 mMTC 主要係針對需求低速率大規模物聯網之應用。

然而，對於需求「中低速率」之大規模物聯網應用，如智慧製造中廠區內的超高畫質攝影機、生產線上大量感測器等，因 NB-IoT / eMTC 之時延與頻寬能力不足以滿足需求，且 eMBB / uRLLC 雖能滿足中低速率大規模連結需求，惟其功耗過高而不適用；因此，5G 世代需求一性能與功耗介於 NB-IoT / eMTC 與 NR eMBB / uRLLC 之間，且僅需使用 10~20MHz 頻寬即可實現下載速度 100Mbps 與上載速度 50Mbps 之技術，而 NR-Light 即扮演此關鍵角色。

進一步研析具備簡化版 5G NR 技術-NR Light 後，相對應的輕量化 NR 終端裝置-NR Light 終端裝置，即為 3GPP 重點研究立項之一。相較於 4G 世代下之 NB-IoT /

eMTC，邁入 5G 世代後，因 5G 引入眾多新興技術且頻寬更大，致使對應之 NR 終端裝置複雜度與功耗增加。以智慧型手機為例，NR 手機具備比 LTE 手機更多一倍之天線數量，且須處理 100MHz 頻寬數據（4G 為 20MHz）等，使得 NR 手機不僅較 LTE 手機更為昂貴，且功耗更是大幅提升。

惟對於如穿戴式裝置、工業物聯網相機、感測器等使用情境，其並不需求 NR 的超高速傳輸、超低延遲等技術特性，而是需求更小的頻寬、更低的速率、更少的天線等來降低終端裝置的成本、複雜性與功耗，故 NR Light 終端裝置即扮演重要角色，以能滿足 5G 世代下大規模物聯網之需求。

觀察 R17 中 NR-Light 終端裝置聚焦之技術研究方向，其主要涵蓋：降低行動終端裝置成本和複雜性、降低 UE 上下行頻寬、減少 UE RX 天線，包括 2RX、1RX、降低基頻（Baseband）複雜度、降低 UE Tx 功率等級等。

NR 定位增強

高精度定位始於 3GPP 於 R15 研議之基本定位協議，透過依據基地台的地理座標作為定位的資訊，基地台資訊係透過位置更新（TA updating, TAU），以及呼叫（paging）方式取得，其定位精準度與區域內基地台之覆蓋範圍大小有關，其目的在於解決室內場景下無法使用衛星定位，再者 LTE、Wi-Fi 定位技術精準度不足之問題。

其後，R16 進行精準定位之擴展與效能之提升，透過多輸入多輸出（Multi-input Multi-output, MIMO）多波束之特性，定義基於 LTE 之增強型 E-CID（Enhanced Cell ID）定位法，除使用基地台的地理座標資訊外，亦同時採用參考訊號功率（Reference Signal Received Power, RSRP）、到達時間差（Time Difference of Arrival, TDOA）、時間前置（Timing Advance, TADV）、來回時間（Round Trip Time, RTT）、到達角度（Angle-of-Arrival, AoA）等量測資訊，藉以提高定位精準度。

惟隨著定位技術於各垂直領域之應用擴散，部分室內場景下之定位精準度仍無法滿足需求，如工業物聯網應用中的室內資產追蹤、AGV 追蹤等，需求極高定位精準度。為此 3GPP 於 R17 考慮進一步增強定位技術，期把室內定位精準度提升至毫米等級，以利 5G 工業物聯網之應用發展。而觀察 R17 為提升定位精準度，其聚焦之技術研究面項，如包含：降低 UE Rx/Tx 或 gNB Rx/TX 時差（Time Difference）時延、上行鏈路到達角（Uplink angle-of-arrival, UL AoA）網路定位技術、下行鏈路到達角（Downlink angle-of-departure, DL-AoD）定位技術等。

網路部署與自動化

網路切片增強

網路切片 (Network Slicing)，係指借助切片技術於物理網路上建立多個邏輯虛擬網路，而每個邏輯虛擬網路各自皆有屬於自身之網路配置 (如：網路頻寬、封包傳送路徑等)，故每個邏輯虛擬網路彼此獨立而不互相干擾，可以配置應用於不同之應用情境。

網路切片技術，早於 4G LTE 世代即已開始研析，惟不同於現時 5G 世代下採用之網路切片原理，4G LTE 世代所載用採用網路切片之原理，係以硬體切分方式達成網路切片之需求；而在 5G 世代，則轉而改以軟體切分方式達成網路切片，其效益在於具備較高之效率，且富於靈活與彈性，僅需透過軟體定義網路 (Software-Defined Networking, SDN) 與網路功能虛擬化 (Network Functions Virtualization, NFV) 技術，即可達成網路切片功能。簡言之，相較於 4G 世代的物理切割實現網路切片，5G 世代將 4G 行動核心網功能由傳統硬體電信設備中抽離，改以軟體方式於伺服器上運行，再以 SDN 技術集中管理網路資源，透過軟體定義架構之方式，達成虛擬化之網路切片功能。

隨著數位轉型驅動各垂直領域邁入智慧化升級，舉凡製造、運輸、醫療等各垂直領域對網路頻寬、延遲性、可靠性等需求迥異，而網路切片於滿足各垂直領域差異化之性能需求上扮演重要角色，惟其亦對 5G 網路之架構設計帶來不小挑戰。而為強化網路切片效率，近期之 R15、R16，不僅於物理層面推動網路架構朝向靈活性與彈性方向發展，再者對於電信運營商需求於物理架構以外之頻譜層面實行網路切片以滿足不同應用場景之需求，於終端無線切片接入、服務連續性等面向之能力進行強化。

進入 R17 階段，為進一步增強網路切片能力，研究聚焦如增強隨機接取配置與接取禁止機制、強化終端對切片訊息的感測能力、切片的重映射、回饋與數據轉發機制等。而具體之關鍵研究標的，包含：探討與網路切片相關之最大 PDU 會話 (PDU Sessions) 數量、網路切片中每個終端用戶裝置 UL 與 DL 的速率限制、定義網路切片中配額 (quota) 事件通知機制、動態調整以滿足每個網路切片中 UL 與 DL 的速率限制、定義 5G 核心網路 (5G Core Network, 5GC) 基地台訪問網路切片技術等。

NR 頻譜範圍擴展至 71GHz

依據 3GPP R15 之定義，現時 5G NR 頻段整體區分為兩個頻率範圍 (Frequency Range)，分別為 Frequency Range 1 (FR1) 的 6GHz 以下頻段 (410MHz~7.125GHz，即 sub-6GHz)，以及 Frequency Range 2 (FR2) 的毫

米波頻段 (24.25GHz~52.6GHz)，其中 FR1 頻段號由 1 到 255，另 FR2 頻段號由 257 到 511。

擴展 5G 頻段，早於 3GPP RAN1 於技術報告 TR 38.807 中，即已針對 52.6GHz (FS_NR_beyond_52GHz) 以上頻段進行研究，而該研究顯示 52.6-71GHz 為全球可用，且其因為接近 52.6GHz 以下頻段，以及有助於大幅提高無線通訊之數據速率與容量而對 3GPP 具有極大吸引力。

於該技術報告 TR 38.807 研究顯示 52.6-71GHz 為全球可用中，其中又以 60GHz 頻段 (57-66GHz) 與擴展之 60GHz 頻段(57-71GHz)較為適合，而近期則於 2019 年 11 月 22 日 WRC-19 大會，確立 66-71 GHz 頻段可供 5G 使用。

對於擴展 5G 頻段之建議，RAN1 對 5G 頻段擴展至 52.6 -71GHz 之研究，其建議標準循環前綴 (Normal CP, NCP) 的副載波間距 (Subcarrier spacing) 為 120KHz，以及額外的子副載波間距為 480KHz 與 960KHz，且對於進接頻道 (channel access) 建議採行「定向通話前監聽 (Listen-Before-Talk, LBT)」技術與 no-LBT 模式，藉以滿足廣泛之垂直應用需求與監管要求。

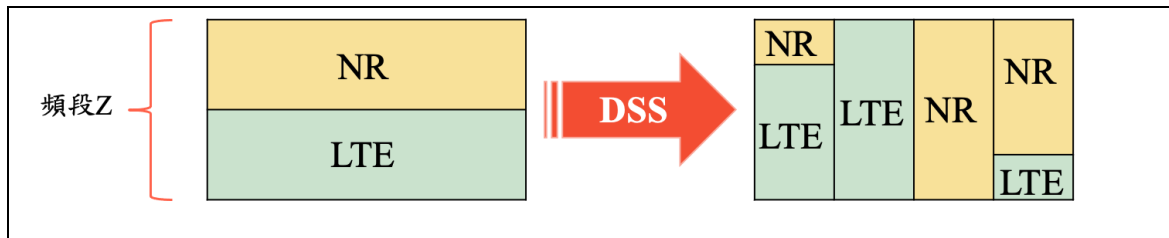
R17 中針對擴展 NR 至 52.6-71GHz，主要有兩個面向研究範疇，分別為：物理層架構 (Physical layer aspects)、物理層程序 (Physical layer procedures)。於物理層架構部分，主要研究之技術標的包含：釐清適用於 480KHz 與 960KHz 的時間線 (Time line)、該頻率範圍內，定義適用 64 個單邊帶調變 (Single Side Band, SSB) 波束用於許可與未許可的操作、研議用於 SSB 的 120KHz 子載波間距 (Subcarrier Spacing, SCS)，以及適用於初始部分頻寬 (Bandwidth Part, BWP) 中 120KHz SCS 的接入訊號與通道等。

另於物理層程序部分，則主要聚焦在以波束 (Beam) 為基礎運作之訊息接入機制中，釐清適用於 52.6-71GHz 間未經許可之頻譜使用的監管要求，其中涵蓋 LBT 與 No-LBT 的相關程序。

動態頻譜共享

動態頻譜共享 (Dynamic Spectrum Sharing, DSS)，以 4G LTE 與 5G NR 為例，係指 LTE 與 NR 共享同一頻譜，其目的在於最大程度提升頻譜使用效率，以及逐漸把現時 LTE 轉化為 NR 網路，故行動網路運營商會選擇將一部分 LTE 頻譜轉給 NR 使用(如下圖所示)，即 LTE 與 NR 兩造頻率範圍不再維持靜態劃分，而是允許 LTE 與 NR 可以動態的共享頻譜。

圖四、LTE 與 NR 頻譜共享



資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 9 月

現今動態頻譜共享遭遇之技術瓶頸，係於 LTE 系統端的物理下行控制通道 (Physical Downlink Control Channel, PDCCH) 分布在每一子幀(Frame)的前三個符號，系統可以任意配置物理下行控制通道占用 1 個、2 個或 3 個符號。

惟以 NR 系統而言，不同的是 NR 物理下行控制通道可以配置符號於每一時隙 (Timeslot)，所以若要把 NR 物理下行控制通道配置於前三個符號以外的位置，則需要特定終端用戶裝置 (UE) 具備相應能力支持，然而並非所有終端用戶裝置皆支持於 3 個符號以為之位置接收 NR 物理下行控制通道。

在此狀況下，為避免多數終端用戶裝置無法接收 NR 物理下行控制通道，故 NR 系統多默認把 NR 物理下行控制通道配置於時隙的前 3 個符號。而此顯而易見的是，原本實屬稀缺之時隙前 3 個符號位置，須面對 LTE 與 NR 物理下行控制通道互爭奪局面，從而導致物理下行控制通道資源受限。

為改善與優化動態頻譜共享之效益，3GPP 於 R17 聚焦兩面項技術研究，分別為：

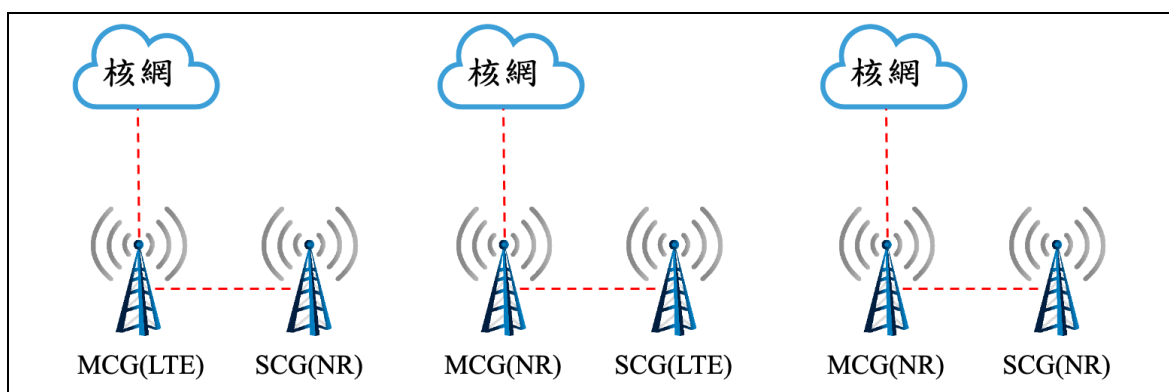
- SCell 排程 PCell(PDCCH of SCell scheduling PDSCH or PUSCH on P(S)Cell)：因 LTE 頻譜之頻率 (Frequency) 較 NR 頻譜之頻率為低，故現時系統部署主要將與 LTE 共享之載波配置為 PCell，然而 NR 現今系統無法配置 SCell 跨載波排成 PCell，所以 NR 系統僅能將排成 PCell 之 PDCCH 配置於 PCell 上，惟 PCell 之 PDCCH 資源匱乏。在此之下，R17 研議允許 NR 支持由 SCell 來排程 PCell，於此即可將排成 PCell 的 PDCCH 轉移至 SCell 上，進而解決 PCell 上 PDCCH 資源匱乏問題。
- 一個 DCI 排程多個 PDSCH (PDCCH of P(S)Cell/SCell scheduling PDSCH on multiple cells using a single DCI)：現時 PDSCH 之排程是一個 DCI 排成一個 PDSCH，然而為緩解 PDCCH 資源匱乏問題，故 R17 研議允許一個 DCI 可以排程 2 個 PDSCH，且該 PDSCH 各至配置於不同之載波上。

雙鏈結增強

雙鏈結 (Multi-RAT Dual Connectivity, MR-DC)，係同時連接兩類網路，而其最早於 4G LTE 時代發起，趨時引入的雙鏈結為 LTE-LTE DC。於雙鏈結中，為區分兩類網路的主從關係，把跟核心網路連接的網路稱為主細胞群 (Master Cell Group, MCG)，而把另一網路稱為輔細胞群 (Secondary Cell Group, SCG)。

於 5G NR 中，為滿足不同行動網路營運商需求，以及最大程度使用既有 4G LTE 網路，5G NR 以此定義三種類型雙鏈結模式，如下圖所示。

圖五、5G NR 三類型鏈結模式



資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 9 月

其中，EN-DC，係 LTE-NR DC，即 LTE 為主細胞群，而 NR 為輔細胞群；相反的，NE-DC，係 NR-LTE DC，即 NR 為主細胞群，而 LTE 為輔細胞群；另 NR-DC，係鏈結兩個 NR 網路，不論主細胞群或輔細胞群皆為 NR。

在雙鏈結情境中，物理上行控制通道 (Physical Uplink Control Channel, PUCCH) 默認只與主細胞群中的主要細胞組 (Primary Cell, PCell) 發送訊號，於輔細胞群中亦只與主輔細胞組 (Primary Secondary Cell, PSCell) 發送訊號。惟於獨立 CA (Standalone CA) 場景中，係用戶終端裝置僅有配置主細胞群而沒有輔細胞群的狀況下，網路將額外配置一個輔細胞群來發送物理上行控制通道，而此額外用來發送物理上行控制通道之輔細胞群即稱作 PUCCH-SCell。

於 3GPP R17 中，為優化雙鏈結的網路效益，其聚焦兩面向的技術研究，分別為：(1). 輔細胞群的高效活化/去活化 (SCG High Efficient Activation/Deactivation)，以及 (2). 輔細胞組的高效活化/去活化 (Secondary Cell High Efficient Activation/Deactivation, SCell High Efficient Activation/Deactivation)。

eMBB設備增強

終端節能增強

終端用戶裝置之電力可持續使用時間，係關乎終端用戶使用體驗的重要影響因素之一。惟邁入 5G 世代，NR 終端裝置因需支持更高頻寬、高速數據處理等，致使終端裝置能耗較 LTE 裝置進一步提升，而為改善/提升電池續航力，終端節能技術歷年多位列 3GPP NR 標準化過程中的一個重要技術研究方向，而隨著公開發行 (Release) 標準的更新，NR 終端裝置能源效率正逐步獲得提升。

於 R15 終端裝置節電技術，主要係採用非連續接收 (Discontinuous reception ,DRX) 操作與使用部分頻寬 (Bandwidth part ,BWP) 技術降低終端裝置功耗。進一步於 R16 開展連接狀態下之終端裝置節能優化，提出如 DRX 喚醒訊號 (Wake Up Signal, WUS)、動態跨時隙調度、MIMO 層數自適應、Scell Dormant BWT、終端輔助訊息上鏈等節電技術，透過降低連接狀態下終端裝置非必要之訊號監聽 (Channel Listene)，藉以大幅度減少終端裝置不必要之 PDCCH 檢測、PDSCH 快取，進而提升終端裝置節電效率。

觀察 R17，進一步聚焦閒置 (idle) 模式/非啟動 (inactive) 模式下之終端裝置節能，而終端裝置於閒置/非啟動模式之能耗問題，主要係由於週期性的單邊帶調變 (SSB) 傳輸造成時頻域同步時間較長，以及現時尋呼 (Paging) 流程機制導致終端裝置非必要之尋呼下鏈訊號監聽所致，而具體之技術研究標的包含：(1).時頻域跟蹤同步優化與(2).尋呼設計優化。

MIMO 增強

多輸入多輸出系統 (MIMO)，係多天線無線通訊系統，其利用發射端之多個天線各自獨立發送訊號，以及接收端之多個天線接收訊號並復原訊號之方式，可以在不需要額外增加頻寬或發送功率下，大幅提升系統的傳輸速率、品質與傳訊號輸範圍，且提升頻譜使用效率。

MIMO 技術早於 LTE 世代 3GPP 於 R8 引入，其允許下行至多使用 4X4 天線、上行至多使用 1X4 天線 (1 發射、4 接收)，而後於 R10 (LTE-A)進一步強化 MIMO 技術規格，提升下行天線組至 8X8、上型天線組至 4X2，透過允許更多天線組同時間之發射與接收，提升每 Hz 頻率之傳輸速率。

至 R15 標準，5G 始支持 MIMO 技術且引入多項 MIMO 功能，如包含導入相位噪聲參考訊號 (phase noise reference signal, PTRS)、準同位 (Quasi Co-Location,

QCL)、波束管理(Beam Management)、通道狀態資訊(Channel State Information, CSI) 獲取等。

其後，R16 立基 R15 MIMO 技術基礎進一步強化，技術端導入如多用戶多輸入多輸出 (Multi-User Multiple-Input Multiple-Output, MU-MIMO) 增強、多收發節點 (Multiple Transmission Points, Multi-TRP) 增強等，功能端則涵蓋如基於離散傅立葉轉換 (Discrete Fourier Transform, DFT) 壓縮功能之增強行編碼、支持輔助基地台 (Secondary Cell, SCell) 波束故障復原、以及基於單一信噪比之波速管理等，進一步提升多用戶場景下 MIMO 性能。

觀察 R17，3GPP 為進一步完善 MIMO 技術，以及優化於不同場景下 MIMO 之效能，除延續 R16 中對探測參考訊號 (Sounding Reference Signal, SRS) 與通道狀態資訊 (CSI) 技術研究外，另聚焦探討三個面向之技術發展議題：

多波束運作 (Multi-Beam Operation)：係聚焦透過標準化傳送配置指標 (Transmission Configuration Indicator, TCI) 框架，以強化 DL/UL 之數據控制傳輸與接收之通用波束，期以降低延遲與功耗，且進一步支持以 L1/L2 為中心之基地台間 (inter-cell) 訊號的移動性。

多收發節點(Multi-TRP): 係立基 R15 中 Multi-TRP TX-支持動態節點選擇(Dynamic Point Selection, DPS) 技術規範，探究常規傳播條件之 DPS TX 技術需求，以及立基 R16 中 eMIMO WI-多重下行控制訊息 (Multi DL control information, Multi-DCI) 與單一下行控制訊息 (Single DL control information, Single -DCI) 之 eMBB Multi-TRP TX 技術規範，探討 Single-DCI 下 URLLC Multi-TRP Tx 技術需求。

空中下載技術 (Over-the-Air, OTA)：係探討 5G NSA/SA 下，MIMO OTA 之技術需求，其技術需求測試項目涵蓋如：透過狀態空間 (State-Space, SS) 向受測設備 (Device Under Test, DUT) 發送固定之有效載荷，於使用固定參考通路 (Fixed Reference Channel, FRC) 狀態下測試 MIMO OTA 在 NR 物理層的流量，並涵蓋計算 ACKs 數量、NACKs 數量與 DTX 數量；或如，針對 5G NR 頻率範圍 1 (FR1) 中 MIMO OTA 流量，測定其平均總輻射多天線靈敏度(Total Radiated Multi-antenna Sensitivity, TRMS) 的可用空間數據模式描繪 (Free Space Data Mode Portrait, FS DMP)、可用空間數據模式現象 (Free Space Data Mode Landscape, FSDML)、可用空間數據模式遮護 (Free Space Data Mode Screen Up, FS DMSU)；又如針對 5G NR 頻率範圍 2 (FR2) 中 MIMO OTA 流量，測定其 MIMO 平均球型覆蓋率 (MIMO Average Spherical Coverage, MASC) 等。

Multi-SIM

Multi-SIM，係指終端用戶裝置搭載兩張以上 SIM 卡，而依據終端用戶裝置對複數張 SIM 卡支援度的不同，以同時搭載兩張 SIM 卡為例，概略可區分為：雙卡單待、雙卡雙待-單通、雙卡雙待-雙通。其中雙卡單待，係終端用戶裝置（如：智慧型手機）同時搭載兩張 SIM 卡，惟卻僅支援其中一張 SIM 卡上線，另一張 SIM 卡處於離線狀態，需另行透過智慧型手機重新啟動方式切換。

雙卡雙待-單通，係兩張 SIM 卡可同時上線，惟終端用戶裝置僅配置一組天線與晶片組，故當其中一張 SIM 卡運作（如通話）時，另一張 SIM 卡會暫時處於離線狀態；雙卡雙待-雙通，係兩張 SIM 卡可同時上線，且因終端用戶裝置配置兩組天線與晶片組，彼此可獨立運作，故兩張 SIM 卡可同時上線，即一張 SIM 卡運作時，另一張 SIM 仍處於上線狀態。

Multi-SIM 的效益在於可以滿足終端用戶對終端裝置的使用需求，如以 SIM 卡區分私人生活與公務、外地旅遊/出差維持原 SIM 卡通話，另以旅遊/出差地 SIM 卡進行網路連接等。由於為數眾多之終端使用者有 Multi-SIM 需求，但 3GPP 於 R15/16 卻未進行相關研究，以至於廠商各自提出解決方案，而其影響所及衍伸了許多問題，如：不同行動網路相互干擾造成連網性能下降、終端裝置發射功率過高、網路接通率下降等。

為解決上述問題，3GPP 終於自 R17 正式開始研議 Multi-SIM 技術，期透過網路協議層面解決前述問題，而具體主要探究之技術項目/關鍵議題包含：介接具備 Multi-SIM 之終端裝置與移動終端之操作技術、架構複數個 Multi-SIM 終端裝置的尋呼接收技術、研議 Multi-SIM 終端裝置之協調機制等。

Release 17 關鍵應用發展方向

R17 於 5G NR 上之關鍵應用發展，主要聚焦四大垂直應用，分別為：NR-V2X、NR 廣播/群播、擴展實境、NB-IoT / eMTC 與非地面網路集成，以下逐一論述。

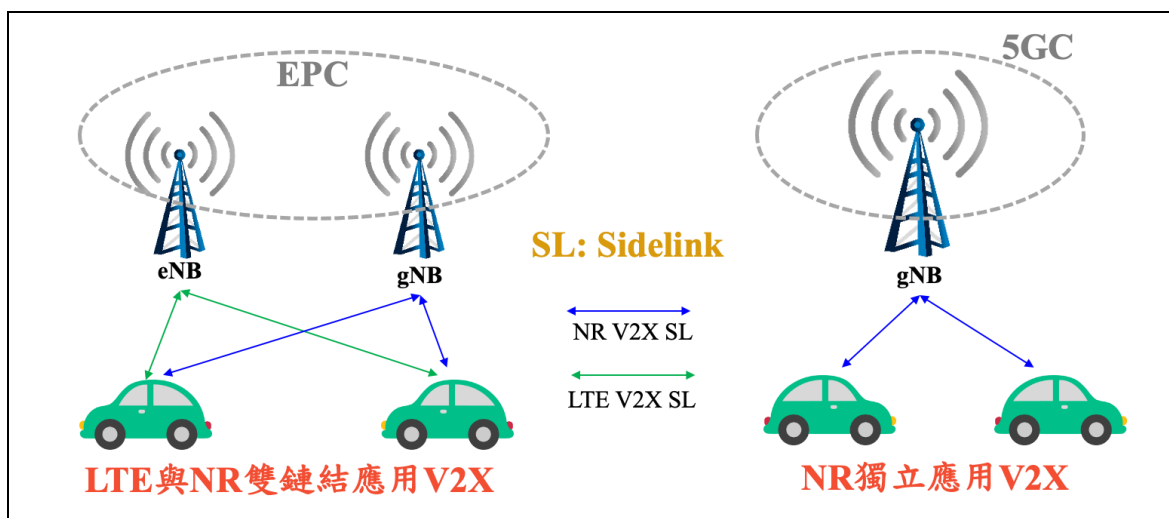
NR-V2X

為實現智慧交通，3GPP 將行動蜂窩網路擴展延伸至車用領域，於 R14 首度引入 C-V2X，架構基本之安全使用案例；R15 則針對 LTE V2X 聚焦功能增強，如進一步強化於 R14 中引進之側鏈路（Sidelink）傳輸模式進行載波聚合、高階調變（High Order Modulation）、支援 64 正交振幅調變（64QAM）調製、降低時延、車側鏈

路中的傳輸分群與短間隔時間傳輸 (Transmission Time Interval, TTI) 等，著重於以 LTE 為基礎的技術發展，並且與 R14 UE 共存。

邁入 5G 世代，3GPP 於 R16 正式進行基於 5G NR 的 V2X 研究，期以借助 5G NR 的超低時延、超高可靠性、超大頻寬特性提升 V2X 服務品質。R16 版本中對於 V2X 的技術研究，聚焦於 NR V2X 與 LTE V2X 的互補與互通 (如下圖所示)，並以此定義四大類 25 個應用場景，其中四大類分別為：

圖六、NR V2X 與 LTE V2X



資料來源：3GPP · MIC 整理 · 2021 年 9 月

車輛列隊行駛 (Vehicle Platooning)：係領頭車輛向隊伍的其他車輛，以定期方式共享前方路況訊息，進而達成車隊保持最小間距的列隊行駛。

透過擴展感測器 (Extended Sensors) 的協作通訊：係車輛車載設備 (OBU)、行人、路側設施 (RSU)、V2X 雲端應用伺服器之間進行即時的感測器數據、影像分享，藉以加強車輛的環境感知。

先進駕駛 (Advanced Driving)：先進駕駛可以實現半自動駕駛或全自動駕駛，透過每輛車、路側設施與其他車輛間的感測器數據共享，進而允許車輛間協調駕駛。再者，透過每輛車與其附近車輛共享自身駕駛意圖/方向，藉以提高道路駕駛的安全性、避免事故與提高交通效率。

遠端駕駛：透過 5G NR 的超低時延、超高可靠性、超大頻寬等特性，實現遠端車輛控制。

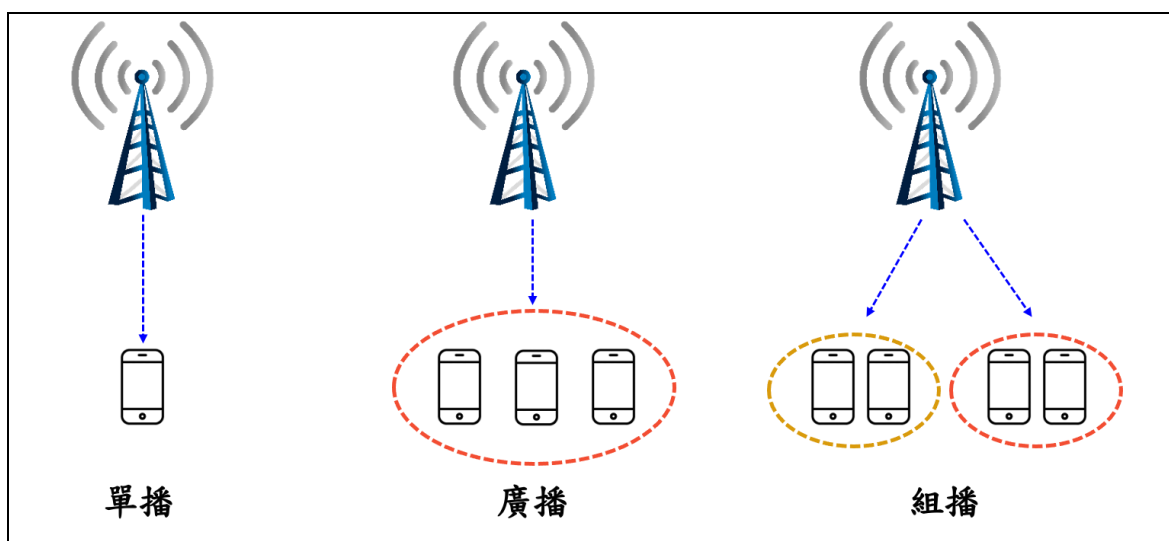
觀察 R17 中 V2X 之技術研究方向，則可聚焦於進一步提升 NR 側鏈路直接通訊的應用場景，將其由 V2X 擴展至公共安全、急難服務等。為了確保側鏈路能夠更好地支持新興應用，R17 亦將著重於側鏈路的頻譜效率、可靠性、時延、功耗等事項。

R17 中 V2X 主要之具體研究方向，包含：拓展側鏈路通訊範圍，延伸至一千公里的覆蓋範圍且具備 99%的可靠度、提高側鏈路通訊的數據傳輸量與傳輸速率，速率達 1,000Mbps、支持側鏈路相對位置，降低誤差至 0.1 公尺準確度等。

NR廣播/群播

現時移動通訊系統（如：3G、4G），其對終端用戶訊息之傳遞，係採單點對單點的傳輸，例如基地台 A 傳遞一個訊息給終端用戶 A，而此稱為「單播」。不同於單播，「廣播」與「群播」係屬單點對多點的訊息傳輸，而兩造之差異在於廣播是對某區域內的所有終端用戶傳遞訊息，而群播則是對特定分組內的終端用戶傳遞訊息，如下圖所示。

圖七、單播、廣播/群播概念圖



資料來源：3GPP，MIC 整理，2021 年 9 月

5G NR 廣播/群播服務，造起於 2009 年 3GPP 在 R9 版本定義之 eMBMS (Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services)，即 LTE 廣播 (LTE Broadcast)，其效益在於允許行動網路運營商可以透過 eMBMS 同時向多位終端用戶傳遞廣播影音串流服務(如體育運動賽事)，藉以提升網路資源使用效率。其後 2017 年 3GPP 在 R14

版本進一步增強 eMBMS 功能，定義 enTV(Enhanced Televisio) 增強型電視服務，技術標準滿足分發傳送公共服務媒體 (Public Service Media, PSM) 內容所需的技術要求。

邁入 5G 世代，5G 廣播/群播服務被視為是 5G 重要的應用之一，為進一步強化廣播/群播可應用類型與場景，3GPP 於 R17 版本定義 FeMBMS (Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service)，透過 5G 複合無線電視的廣播網路與行動通訊的蜂巢網路，不僅提供終端使用者更加彈性、靈活的多媒體應用，甚者開創媒體傳播以外的創新應用模式。而借重 5G NR 廣播/群播網路預期可開創之新興應用諸如：4K/8K 超高畫質視訊、多視角視訊、緊急救難訊息廣播、大量物聯網設備之 OTA (Over-the-air programming) 軟體升級等。

為達上述 5G NR 廣播/群播服務創新應用場景，3GPP 於 R17 中 5G NR 廣播/群播之重要技術研究方向，涵蓋如：組調度機制(group scheduling mechanism)標準化、單播與廣播/群播間的動態轉換、廣播/群播的連續性、廣播/群播上行反饋機制標準化等。

擴展實境

擴展實境(Extending Reality, XR)，係 5G 面向終端消費者重要的多媒體應用之一，亦是推動 5G 落地消費市場普及的重要策略之一。XR，係指借助電腦技術結合可穿戴設備，而生成所有之真實與虛擬融合的人機互動，涵蓋增強現實(Augmented Reality, AR)、混和現實 (Mixed Reality, MR) 與虛擬現實 (Virtual Reality, VR)。而 R17 中對 NR 在 XR 適用性之評估，重點在期望可改善現時 VR 終端裝置的不便利使用。

現時 VR 裝置之體積偏大與重量偏高而不利於終端使用者使用，其緣由主要是 VR 的高解析影像對 CPU 與 GPU 要求極高的圖像運算能力，於無線傳輸速度不足與時延較長的情況下，即有 VR 裝置為求影像表現良好而將 CPU/GPU 零組件配置於 VR 裝置內，卻也致使 VR 裝置現時的體積與重量並不利終端使用者長時間配戴使用。

在此狀況下，借助 5G 的超高速與極低時延，透過將 VR 裝置中 CPU 與 GPU 分離出來放置於雲端，以雲端邊緣運算處理影像訊號，並搭配輕量化 VR 裝置的分佈式架構，或可改善現時 VR 裝置體積與重量的問題。

R17 中對 5G 網路如何能夠適配 XR 應用進行評估，具體來說就是評估雲端邊緣運算、輕量化終端裝置的分佈式架構是否足以支持 XR 應用場景。具體研究項目如包含：(1).VR1 視區從屬串流 (Viewport Dependent Streaming, VDS)、(2).VR2 分拆渲染 (Split Rendering)、XR 分佈式運算等。

NB-IoT / eMTC與非地面網路集成

5G 重要目標之一係達成萬物聯網、實現全聯網與全覆蓋。惟對於偏遠地區、地勢起伏較大之區域，因基地台建設成本高，抑或無法建設基地台等原因，致使該些區域缺乏 5G 網路覆蓋。在此之下，非地面網路 (Non-Terrestrial Networks, NTN) 對於補足地面網路之覆蓋範圍，即扮演重要角色。

NR 與非地面網路的融合發展，於 R16 既有之相關研究與標準中，主要聚焦於非地面網路於各式場景下與 NR 融合的移動性議題，如：非地面網路波束級別(Beam Level) 的移動性 (mobility)、中繼站式非地面網路與隨動波束狀態下的移動性、細胞級別 (Cell Level) 的移動性等議題。

現時 R17 之研究標的，除進一步完善非地面網路與 NR 的融合外，更進一步聚焦 NB-IoT / eMTC 與非地面網路的集成。而其重要性不僅在於完善 5G 三大特性之一的 mMTC 能夠向下更加適配 4G LTE 的 NB-IoT / eMTC，更甚者為與非地面網路的融合，藉以支援偏遠山區之農業、礦業、林業、海洋運輸等垂直領域的物聯網應用，以實現全面之萬物聯網。

R17 中針對 NB-IoT / eMTC 與非地面網路集成之研究，聚焦於兩個面向的技術研究，分別為：確認適用於 NB-IoT / eMTC 的應用場景，以及研究必要之程序或架構的改變，以支持 NB-IoT / eMTC 與非地面網路的集成，以下說明：

確認適用於 NB-IoT / eMTC 的應用場景：立基於 R16-TR 38.821 文件中 NR 支持非地面網路的解決方案，進一步研究於 sub 6 GHz 頻段的適用性，以及在非地面網路場景中 PC3、PC5 類型終端設備的有效載荷與鏈路預算 (Link budget)。

研究必要之程序或架構的改變，以支持 NB-IoT / eMTC 與非地面網路的集成，包含：
(1).立基於 R16-TR 38.821 文件中 NR 支持非地面網路的解決方案，探討隨機存取程序 (Random Access Procedure)；(2).時間與頻率的調整機制，包含：定時提前 (Timing Advance, TA)、UE 頻率補償機制；(3).排程與混合式自動重送請求 (HARQ-ACK) 反饋相關的定時偏移 (Timing offset)，以及 HARQ 相關操作；(4).與上鏈排成請求 (Scheduling Request, SR)、不連續接收 (Discontinuous Reception, DRX) 等相關之計時機制；(5).省電模式 (Idle Mode) 與連接模式 (Connected Mode) 下的移動性 (mobility)；(6).基於無線連結失敗 (Radio Link Failure, RLF) 之 NB-IoT 的協調機制；(7)強化區域跟蹤。

結論

5G 通訊技術之演進，正逐步引領世代邁入通訊科技革新之制高點，由 2016 年 3GPP R14 正式開展 5G 研究開始，其後歷經 R15、R16，乃至於今的 R17，每一標準版本的演變，其不僅由核心層面更趨完善 5G 三大技術特性，更者推進 5G 在產業乃至於個人的通訊技術應用全進化。

而 5G 每一標準之演進，可總結簡述如下：

2017 年，作為 5G 標準第一階段之 R15，主要係針對增強移動通訊場景與部分低延遲、高可靠場景，且完成 NSA 與 SA 標準。

2018 年，邁入 5G 標準第二階段之 R16，立基 R15 基礎上採用 MIMO、終端節能、載波聚合等技術，進一步強化移動通訊場景，且針對如工業物聯網、車聯網等需求低延遲、高可靠場景，制定工業物聯網架構、有線/無線載波聚合、非授權頻段、非公共網路等技術標準，強化 5G 對部分低延遲、高可靠場景的支持。

2019 年，演進 5G 標準第三階段之 R17，其除以 R15、R16 為基礎進一步針對特定技術（如定位、MIMO 等）進行強化外，其本次技術標準研究可歸納為四大主題，分別為(1).工業物聯網（包含如 RRC 非活動狀態下曉數據包傳輸、NR-Light 等）、(2).網路部屬與自動化（包含如 NR 頻譜擴展至 71GHz、雙鏈結增強等）、(3).eMBB 設備增強（包含如 Multi-SIM、終端節能增強等）、(4).垂直應用（包含如擴展實境、NB-IoT/eMTC 與非地面網路集成等）。

簡言之，R17 版本之 5G 技術演進，正逐步邁入各垂直領域之技術應用落地標準，主要目標便是達成 5G 核心目標-萬物聯網。

值得注意的是，5G 標準演進至 R17 已不僅是針對單純通訊技術端之技術完善/革新，更多的是落地不同垂直領域，透過 5G 技術實現垂直領域之全面革新。故不論於產品、服務，抑或商業模式面向，於 5G 技術的逐步滲透下，結合機器學習、機器視覺等創新技術，正大力推促全面向的革新與轉變，而可預期的是，於現時全球各產業數位轉型大勝其道之際，5G 毫無疑問地將是關鍵角色之一。



發行所	財團法人資訊工業策進會 產業情報研究所(MIC)
地址	台北市 106 敦化南路二段 216 號 19 樓
電話	(02)2735-6070
傳真	(02)2732-1353
全球資訊網	https://mic.iii.org.tw
會員服務專線	(02)2378-2306
會員傳真專線	(02)2732-8943
E-mail	members@micmail.iii.org.tw
AISP 會員網站	https://mic.iii.org.tw/aisp

以上研究報告經 MIC 整理分析所得，由於產業變動快速，並不保證上述報告於未來仍維持正確與完整，引用時請注意發佈日期，及立論之假設或當時情境。
著作權所有，非經 MIC 書面同意，不得翻印或轉載