110 年委託研究報告

5G/B5G 數位匯流之應用發展及技術研究採購案

期末報告

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國 111 年 2 月

110 年委託研究報告

PG11004-0196

「5G/B5G 數位匯流之應用發展及技術研究採購案」

期末報告

受委託單位

財團法人電信技術中心

計畫主持人

林杰龍

共同主持人

吳長益

研究人員

張嘉軒、池宗修、何乾榮、周傳凱、楊清方、薛茂呈、李恒寬、郭瑋婷

研究期程：中華民國 110 年 04 月至 110 年 11 月

研究經費：新臺幣 318 萬元

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國 111 年 2 月

工作項目與期末報告對照表

工作項目	對照章節(相關說明)	頁碼
蒐集及研析國際標準組織（至少包括 3GPP、ITU）之 5G/B5G 系統技術標準或規範，包含以下項目： (一) 提供 eMBB、URLLC、mMTC 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術（至少包含 Network Slicing 技術）。 (二) FWA 技術。 (三) FeMBMS 技術。	**第貳章、國際標準組織之 5G/B5G 系統技術標準或規範之蒐集及研析** 第一節、5G Stand Alone 技術 (包含 eMBB、URLLC、mMTC、Network Slicing 技術) 第二節、FWA 技術 第三節、FeMBMS 技術 第四節、其他 5G/B5G 系統技術 第五節、小結	p.13-84
蒐集及研析世界主要國家及區域之 5G/B5G 服務發展現況、技術研究與演進、技術監理措施，並至少包含下列項目： (一) (1)美國、(2)韓國、(3)日本、(4)中國及(5)歐盟成員國（擇 1 國以上）合計 5 國以上，提供 eMBB、URLLC、mMTC 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術（至少包含 Network Slicing 技術）。 (二) 美國、韓國及歐盟成員國（擇 1 國以上）合計 3 國以上之 FWA 及 FeMBMS 技術。	**第參章、主要國家及區域之服務發展現況、技術研究與演進、技術監理措施** 第一節、5G Stand Alone (包含美、韓、日、中、歐盟成員國) 第二節、FWA 技術 (包含美、韓、歐盟成員國) 第三節、FeMBMS 技術 (包含美、韓、歐盟成員國) 第四節、小結	p.85-275
研訂至少下列功能性審驗項目之審驗方法與合格條件： (一) 提供 eMBB 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術 (至少包含 Network Slicing 技術)。 (二) WWC 技術應用於 FWA 與 FeMBMS 服務之網路品質(QoS)研究。	**第肆章、相關功能性審驗項目之審驗方法與合格條件之研訂** 第一節、5G SA 網路品質研究 (包含 Network Slicing) 第二節、FWA 網路品質研究 第三節、FeMBMS 網路品質研究 第四節、語音功能品質研究 (包含撥通成功率、CSFB(Circuit Switched Fallback)斷話率、	p.276-340

(三) 語音功能至少應包含撥通成功率、CSFB(Circuit Switched Fallback)斷話率、VoLTE(Voice over LTE) 及 VoNR(Voice over NR)斷話率。	VoLTE(Voice over LTE) 及 VoNR(Voice over NR)斷話率 第五節、小結	
檢討更新我國公眾電信網路審驗技術規範，擬具適合我國之公眾電信網路審驗技術規範草案。	**第伍章、技術規範修訂** 第二節、我國公眾電信網路規範現況概述 第三節、公眾電信網路審驗技術規範部分條文修正草案總說明 第四節、國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點部分條文修正草案總說明 附件一、公眾電信網路審驗技術規範部分條文修正草案條文對照表 附件二、公眾電信網路審驗辦法暨公眾電信網路審驗技術規範相關書表 附件三、國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點部分條文修正草案條文對照表	p.361-365 附件及附錄 p.1-102
邀集國內專家、學者至少 3 名及通訊傳播業者至少 5 名（行動寬頻業者至少 3 名)舉辦至少 2 場次座談會。	**第伍章、技術規範修訂** 第一節、座談會 附錄一、座談會照片、簽到表及會議紀錄 附錄二、第一場座談會簡報檔 附錄三、第二場座談會簡報檔	p.341-360 附件及附錄 p.103-170
定期報告進度。	(定期會議紀錄暨簽到表另以電子檔燒錄於光碟)	NA
研究發現與建議事項。	**第陸章、研究發現與總體建議**	p.366-368

目次

表次.....VI

圖次.....IX

提要.....XIII

Abstract.....XVI

第壹章、 緒論.....1
第一節、 研究緣起與背景.....1
第二節、 研究動機與目的.....5
一、 5G SA 網路帶來的差異性變化.....5
二、 因應新服務型態之審驗標準.....5
第三節、 研究計畫架構.....7
第四節、 研究方法與執行步驟.....8
一、 研究方法.....8
(一) 文獻分析法.....8
(二) 個案研究與比較分析法.....9
(三) 辦理專家座談說明會.....9
二、 執行步驟.....9
(一) 蒐研技術標準及規範.....9
(二) 世界主要國家之情況探討.....10
(三) 研訂功能性審驗項目.....10
(四) 學者專家座談會.....10
第五節、 預期成果效益.....12

第貳章、 國際標準組織之 5G/B5G 系統技術標準或規範之蒐集及研析.....13
第一節、 5G Stand Alone 技術.....13
一、 ITU.....13
(一) ITU Stand Alone 技術標準.....15
(二) ITU Network Slicing 技術標準.....19
二、 3GPP.....21
(一) 3GPP Stand Alone 技術標準.....23
(二) 3GPP Network Slicing 技術標準.....29
第二節、 FWA 技術.....32
一、 ITU.....32
(一) 標準要求.....32
(二) 技術融合.....36
二、 3GPP、BBF.....37
(一) 標準演進.....37
(二) 業務區分.....45

(三) 技術融合 47
第三節、 FeMBMS 技術 55
一、 ITU 56
二、 3GPP 57
(一) 標準演進 57
(二) 發展現況 59
第四節、 其他 5G/B5G 系統技術 62
一、 B5G 62
(一) 兆赫茲(TeraHertz) 64
(二) 衛星 69
二、 PWS 71
(一) 標準演進 71
(二) 發展現況 76
第五節、 小結 79
一、 Stand Alone 與 Network Slicing 79
二、 FWA 80
三、 FeMBMS 81
四、 B5G 83
五、 PWS 84

第參章、 主要國家及區域之服務發展現況、技術研究與演進、技術監理措施 85
第一節、 5G Stand Alone 85
一、 服務發展現況 85
(一) 美國 88
(二) 韓國 91
(三) 日本 94
(四) 中國 98
(五) 歐盟 99
二、 技術研究與演進 102
(一) 5G 網路架構 102
(二) Network Slicing 120
三、 技術監理措施 127
(一) 美國 127
(二) 韓國 135
(三) 日本 142
(四) 中國 155
(五) 歐盟 159
第二節、 FWA 技術 167
一、 服務發展現況 167
(一) 美國 178
(二) 韓國 179

(三) 歐盟 180
二、 技術研究與演進 182
(一) 頻譜規劃 186
(二) 系統設計 188
(三) 國際大廠技術研究案例 199
三、 技術監理措施 202
(一) 美國 202
(二) 韓國 204
(三) 歐盟 205
第三節、 FeMBMS 技術 210
一、 服務發展現況 210
(一) 美國 210
(二) 韓國 211
(三) 歐盟 212
(四) 其他國家 213
(五) 總體服務描述 214
二、 技術研究與演進 222
(一) 5G 廣播基本特性 222
(二) 基於 LTE 的 5G 廣播系統 224
(三) 基於 LTE 的 5G 廣播發射機要求 245
(四) 基於 LTE 的 5G 廣播接收機要求 251
(五) 混合式單播/廣播服務 255
(六) 5G 廣播接收機類別 257
(七) 5G 廣播發射機執行指南 258
(八) 5G 廣播接收機執行指南 258
三、 技術監理措施 261
(一) 美國 261
(二) 韓國 262
(三) 歐盟 262
第四節、 小結 264
一、 5G Stand Alone 技術 264
二、 FWA 技術 269
三、 FeMBMS 技術 274
第肆章、 相關功能性審驗項目之審驗方法與合格條件之研訂 276
第一節、 5G SA 網路品質研究 276
一、 SA 網路 276
二、 Network Slicing 服務 280
第二節、 FWA 網路品質研究 288
一、 IP 語音服務 289
二、 IP 視訊會議服務 290

三、 Internet 影音服務 291
四、 Internet 網頁服務 291
五、 Internet VoIP 服務 292
第三節、 FeMBMS 網路品質研究 293
一、 5G NR MBMS 要求 293
二、 模擬分析 294
(一) 系統等級模擬假設 294
(二) 鏈路等級模擬假設 297
三、 需求分析 297
(一) Req.1：支援現有和新型服務 297
(二) Req.2：群播/廣播區域動態調整 298
(三) Req.3：同時支援廣播/群播和單播 298
(四) Req.4：群播/廣播和單播的多工 299
(五) Req.5：群播/廣播和單播之間的動態資源分配和對專用 MBMS 載波的支援 299
(六) Req.6：支援網路共用 299
(七) Req.7：支援大範圍區域服務 299
(八) Req.8：支援不同的行動情境 306
(九) Req.9：利用 RAN 設備提高能力和可靠性 308
(十) Req.10：支援 mMTC 用戶設備 308
第四節、 語音功能品質研究 309
一、 測試情境 309
(一) CSFB 311
(二) VoLTE 315
(三) VoNR 319
(四) EPS FallBack 320
二、 審驗方法 328
(一) 撥通測試 328
(二) 信號強度比對 329
三、 合格條件 329
(一) 撥通測試 329
(二) 信號強度比對 330
(三) 覆蓋指標與 MOS 關聯分析 330
第五節、 小結 333
一、 Stand Alone 333
二、 Network Slicing 網路 335
三、 FWA 337
四、 FeMBMS 337
五、 語音功能 338
第伍章、 技術規範修訂 341

第一節、 座談會.....341
一、 第一場座談會.....341
(一) 座談會辦理.....341
(二) 會議議程.....341
(三) 出席專家學者及廠商.....342
(四) 會議內容.....343
二、 第二場座談會.....346
(一) 座談會辦理.....346
(二) 會議議程.....346
(三) 出席專家學者及廠商.....346
(四) 會議內容.....347
三、 座談會總結.....353
(一) Stand Alone 與 Network Slicing.....353
(二) FWA 及語音功能.....354
(三) FeMBMS.....360
第二節、 我國公眾電信網路規範現況概述.....361
第三節、 公眾電信網路審驗技術規範部分條文修正草案總說明.....363
第四節、 國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點部分條文修正草案總說明.....365

第陸章、 研究發現與總體建議.....366
第一節、 主要研究發現.....366
一、 5G SA.....366
二、 FWA.....366
三、 FeMBMS.....367
四、 語音功能品質.....368
第二節、 總體建議事項.....369
一、 立即可行建議.....369
(一) 現階段網路切片規劃從加值服務開始.....369
(二) 訂定 FWA 審驗項目.....369
(三) 語音功能品質研究.....369
二、 中長期建議.....369
(一) FWA 服務可從提供高服務品質及偏鄉地區著手.....369
(二) 目前不適合研訂 FeMBMS 服務網路品質審驗項目.....370

英文縮寫及中英對照表.....371

參考資料.....381

索引.....387

表次

表 2-1、不同地區平均頻譜效益 17
表 2-2、三大情境應用範例 20
表 2-3、ITU 建議 KPI 值 20
表 2-4、SA 網路架構縮寫整理 23
表 2-5、3GPP TS 22.261 不同環境 eMBB 性能要求 25
表 2-6、mMTC 應用情境建議需求 28
表 2-7、低延遲高可靠度應用服務需求 29
表 2-8、網路切片工作目標 29
表 2-9、不同 SST 對應到不同的 NS 應用 31
表 2-10、WWC 功能方塊概述 49
表 2-11、無線數位電視技術與 5G 廣播-FeMBMS 技術之差異與優勢 56
表 2-12、THz 潛在應用服務 69
表 2-13、3GPP NTN 相關規格文件 70
表 2-14、行動通信電信終端設備技術規範之測試訊息碼 77
表 2-15、ITU 與 3GPP 比較 79
表 2-16、5G 廣播技術相關的 3GPP 標準 82

表 3-1、MR-DC 清單 108
表 3-2、美國聯邦法規(47 CFR)相關電信管理規則 128
表 3-3、美國商業行動無線服務技術監理規則 131
表 3-4、韓國電信終端設備符合性評估程序適用的 KS 標準 137
表 3-5、韓國 5G NR(3.5 GHz)檢測項目 141
表 3-6、韓國行動寬頻 5G NR(28 GHz)檢測項目 141
表 3-7、日本無線設備技術規範 146
表 3-8、行動臺混附發射區域不必要發射強度允許值 148
表 3-9、基地臺混附發射區域不必要發射強度允許值 148
表 3-10、日本 5G NR 行動臺相鄰頻道洩漏之功率容許值 149
表 3-11、5G NR 基地臺相鄰頻道洩漏之功率容許值 149
表 3-12、日本 5G NR 行動臺頻譜波罩容許值 151
表 3-13、日本 5G NR 基地臺頻譜波罩容許值 152
表 3-14、日本 5G NR 行動臺占用頻寬容許值 152
表 3-15、日本 5G NR 基地臺占用頻寬容許值 152
表 3-16、日本 5G NR 傳輸關閉時的功率限值 153
表 3-17、日本 5G NR 行動臺傳輸交互調變容許值規定 154
表 3-18、中國 5G 電信業者及頻譜範圍 155
表 3-19、中國 5G 行動通信相關技術標準 156
表 3-20、歐盟電信設備相關檢測技術規範 161
表 3-21、ETSI 5G NR 終端設備技術規範(草案)進度 162
表 3-22、許可頻塊邊緣遮罩(Permissive Block Edge Mask) 165

表 3-23、限制頻塊邊緣遮罩(RESTRICTIVE BLOCK EDGE MASK) 166
表 3-24、寬頻技術與比較 169
表 3-25、寬頻服務技術比較表 182
表 3-26、3.5 GHz 和 28 GHz 的覆蓋率實驗結果 201
表 3-27、FCC 點對點微波服務工作頻段 204
表 3-28、歐盟 FRS 系統主要技術規格摘要 209
表 3-29、對於 PMCH 上 MBMS 傳輸支援參數集的摘要 219
表 3-30、支援 PMCH 上 MBMS 傳輸的參數集的總結 248
表 3-31、5G 廣播接收機類別的 MBMS 特徵值(FEATURE VALUES) 257
表 3-32、不同國家 SA 現況重點整理 264
表 3-33、各國 SA 網路下應用服務發展現況 266
表 3-34、各國 5G 技術監理措施 268
表 3-35、各國固定無線接取技術監理要求 273
表 3-36、各國推動 5G 廣播政策 275

表 4-1、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 網路審驗項目) 276
表 4-2、3GPP TS 22.261 不同環境性能要求 280
表 4-3、3GPP TS 22.261 無線智慧交通系統基礎設施效能 281
表 4-4、3GPP TS 22.261 水平和垂直定位服務級別性能要求 282
表 4-5、3GPP TS 22.261 衛星通訊延遲 282
表 4-6、3GPP TS 22.261 衛星通訊性能要求 283
表 4-7、3GPP TS 22.261 高可用性物聯網效能要求 283
表 4-8、3GPP TS 22.261 高傳輸低延遲服務效能要求 284
表 4-9、3GPP TS 22.261 AI/ML 服務下載效能要求 284
表 4-10、5QI 與 QOS 特性對照表 285
表 4-11、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(網路切片審驗項目) 286
表 4-12、FWA 服務審驗項目 288
表 4-13、FWA 服務審驗方法 289
表 4-14、語音服務網路指標要求 290
表 4-15、IP 視訊會議服務編碼與會議頻寬一覽表 290
表 4-16、IP 視訊會議服務網路指標要求 291
表 4-17、互聯網影片服務網路指標要求 291
表 4-18、互聯網網頁瀏覽服務網路指標要求 292
表 4-19、VOIP 與視訊通話速率要求 292
表 4-20、VOIP 服務網路指標要求 292
表 4-21、系統等級評估的情境 294
表 4-22、不同情境的通道特性 295
表 4-23、不同情境的接收機特性 296
表 4-24、鏈路等級模擬參數 297
表 4-25、CAS 的 SNR 等級 302

表 4-26、CAS 分析.....303
表 4-27、VoLTE/VoNR 撥通率與斷話率.....329
表 4-28、VoLTE/VoNR 撥通率與斷話率與信號強度關係表.....330
表 4-29、VoLTE/VoNR MOS 值與信號強度關係表.....331
表 4-30、VoLTE/VoNR KPI 與信號強度關係表.....332
表 4-31、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 網路審驗項目).....333
表 4-32、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 新增項目).....334
表 4-33、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片獨立性).....335
表 4-34、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片管理).....336
表 4-35、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片管理).....336
表 4-36、FWA 服務審驗方法.....337
表 4-37、VoLTE/VoNR KPI 與信號強度關係表.....339

表 5-1、第一場座談會會議議程.....342
表 5-2、第一場座談會專家學者及廠商出席表.....342
表 5-3、第二場座談會會議議程.....346
表 5-4、第二場座談會專家學者及廠商出席表.....346
表 5-5、網路延遲.....348
表 5-6、RSRP 與 SINR 不同方案之比較.....350
表 5-7、5 家業者的訊號強度占比.....350
表 5-8、5 家業者的訊號與干擾雜訊占比.....351
表 5-9、5G SA 網路和網路切片相關結論整理.....354
表 5-10、FWA 及語音功能相關結論整理.....355
表 5-11、FeMBMS 相關結論整理.....360

圖次

圖 1-1、5G 服務人口覆蓋率 3
圖 1-2、5G 技術和垂直應用發展預估 3
圖 1-3、FWA 用戶成長趨勢圖 4
圖 1-4、研究架構圖 7
圖 1-5、本研究施行步驟 11

圖 2-1、ITU 5G VISION 13
圖 2-2、ITU 發展時程 14
圖 2-3、THE KEY CAPABILITIES OF 5G 14
圖 2-4、ITU 5G VISIO 15
圖 2-5、IMT-2020 網路架構 16
圖 2-6、網路切片應用服務示意圖 19
圖 2-7、3GPP 5G REL-17 & 18 22
圖 2-8、3GPP TS 23.501 SA 網路架構 23
圖 2-9、穿戴裝置連接方式 27
圖 2-10、NETWORK SLICING NSSF 選擇架構 30
圖 2-11、NSSF 於 5G 系統架構 30
圖 2-12、S-NSSAI 封包架構 31
圖 2-13、固定無線接取(FWA)網路 33
圖 2-14、典型的傳統有線接取 34
圖 2-15、有線與無線融合(WWC)標準文件 39
圖 2-16、5G-FMC 標準化時程表 39
圖 2-17、3GPP 和非 3GPP 接取的雙重註冊流程 41
圖 2-18、5G FWA 中 IPTV STB 的呼叫流程 43
圖 2-19、5G-RG 的混合接取 44
圖 2-20、在單接取 PDU 會話上具有混合接取的 5G RG 程序(包括切換) 44
圖 2-21、顯示不同功能的 WWC 架構概述 49
圖 2-22、將 RGS 連接到數據網路的不同部署方案 51
圖 2-23、WWC 架構元件與所屬規範 53
圖 2-24、基於 LTE 的 EMBMS 在 3GPP 的演進 58
圖 2-25、B5G 頻譜應用情境 68
圖 2-26、NTN 應用服務 71
圖 2-27、4G LTE 與 5G SA 之 PWS 比較表 71
圖 2-28、5G NR 訊框架構 72
圖 2-29、4G LTE 與 5G NR 實體層廣播通道 73
圖 2-30、4G LTE PWS 架構 74
圖 2-31、5G SA PWS 架構 75
圖 2-32、5G SA PWS 架構 WITHOUT PWS-IWF 75
圖 2-33、5G SA PWS 架構 WITH PWS-IWF 75

圖 3-1、全球 5G 建設分布 85
圖 3-2、5G SA 網路布建時程規劃 86
圖 3-3、T-MOBILE 5G 網路覆蓋率 90
圖 3-4、AT&T 5G 網路覆蓋率 90
圖 3-5、VERIZON 5G 網路覆蓋率 91
圖 3-6、SK 5G 網路覆蓋率 93
圖 3-7、KT 5G 網路覆蓋率 93
圖 3-8、網路切片應用 95
圖 3-9、NTT DOCOMO 5G 網路覆蓋率 96
圖 3-10、SOFTBANK 5G 網路覆蓋率 96
圖 3-11、KDDI 5G 網路覆蓋率 97
圖 3-12、RIC 網路切片技術 97
圖 3-13、傳輸切片規劃 98
圖 3-14、VODAFONE 5G 網路覆蓋率 101
圖 3-15、T-MOBILE 5G 網路覆蓋率 101
圖 3-16、T-MOBILE 5G 網路覆蓋率 102
圖 3-17、NSA+SA 逐步演進到 SA 網路 103
圖 3-18、3GPP TS 23.501 5G SA 網路架構 104
圖 3-19、不同應用服務在 UPF 端分流給各個邊緣運算節點 105
圖 3-20、5G 網路部署架構選項 107
圖 3-21、架構 3 網路架構 109
圖 3-22、架構 4 NSA 架構 110
圖 3-23、架構 7 NSA 架構 111
圖 3-24、MULTI-ACCESS EDGE COMPUTING(MEC)架構 117
圖 3-25、5G SBA 架構與 MEC 架構 118
圖 3-26、MEC 與 5G 網路整合 118
圖 3-27、MEC 部署案例 119
圖 3-28、網路切片 CALL FLOW 122
圖 3-29、網路切片應用潛力行業 123
圖 3-30、標準化切片類型 126
圖 3-31、網路切片藍圖導出 126
圖 3-32、虛擬自家網路切片 127
圖 3-33、美國 3.45 GHZ 頻段釋出配置規劃 132
圖 3-34、3.45GHZ 頻段頻譜波罩要求 134
圖 3-35、韓國電信技術監理組織架構 136
圖 3-36、總務省組織關係圖 143
圖 3-37、日本無線設備使用類別 143
圖 3-38、日本 5G 頻譜審議核配結果 144
圖 3-39、日本無線設備電臺執照申請程序 145

圖 3-40、歐盟三大標準化組織 160
圖 3-41、家庭寬頻技術使用率(家庭百分比) 168
圖 3-42、2021~2025 年全球行動與固網用戶預計淨增加量(百萬) 170
圖 3-43、英國的寬頻速度 V.S.普及率 170
圖 3-44、各國使用 5G FWA 的占比 171
圖 3-45、菲律賓的寬頻用戶(千戶)和 FWA 普及率 172
圖 3-46、2019 年高峰時段(20：00～22：00)英國固定寬頻下載速度 173
圖 3-47、2016~2024 年全球行動數據流量(COVID-19 之前) 176
圖 3-48、寬頻技術比較 183
圖 3-49、不同國家的 5G 頻譜 187
圖 3-50、全球 5G FWA 頻率規劃 187
圖 3-51、FWA 部署選擇範例 190
圖 3-52、需要戶外設備的情況 192
圖 3-53、不同解決方案的容量增益 192
圖 3-54、CPE 類型 193
圖 3-55、不同 CPE 的平均用戶體驗 193
圖 3-56、傳統天線輻射與波束成形 194
圖 3-57、波束切換 194
圖 3-58、廣播波束的覆蓋範圍 196
圖 3-59、SU-MIMO 波束成形 196
圖 3-60、MU-MIMO 波束成形 197
圖 3-61、4T4R 和 64T64R 用戶資料傳輸量和覆蓋範圍的比較 198
圖 3-62、結合中頻段和毫米波頻段 199
圖 3-63、ISD 350 M 室內、壁掛和屋頂天線的細分 200
圖 3-64、不同場景和頻率下 FWA 可行性的主要發現 201
圖 3-65、28 GHz 傳輸影響因素 202
圖 3-66、無線回傳頻段發展趨勢 206
圖 3-67、無線傳輸之頻率、涵蓋範圍及容量關係 207
圖 3-68、不同情境所適用的無線傳輸技術 207
圖 3-69、歐盟 E-BAND 頻段範圍 209
圖 3-70、ATSC 3.0 廣播核心網路與 5G NR 的複合 210
圖 3-71、ATSC 3.0 廣播和寬頻融合用例的設備配置 212
圖 3-72、對於ΔF = 1.25 KHZ 未使用ΔF = 0.370 KHZ 的子訊框的訊框結構 TYPE 1，一個子訊框包含一個時長為 1 MS 的時槽 219
圖 3-73、傳輸的訊框結構 TYPE 1 用於ΔF = 0.370 KHZ。CAS 是一個 NON-MBSFN 子訊框，設置 15 KHZ 的子載波間隔(SUBCARRIER SPACING) 219
圖 3-74、基於 LTE 的 5G 廣播實例，使用於線性電視和聲音廣播服務的 5G 廣播系統參考架構 225

圖 3-75、使用 UDP 代理用戶服務的端到端 IP 群播 227
圖 3-76、暫時行動群組識別(TMGI) 240
圖 3-77、不使用 F = 0.370 KHZ 的子訊框的訊框結構 TYPE 1 247
圖 3-78、使用 F = 0.370 KHZ 傳輸的訊框結構 TYPE 1 248
圖 3-79、在僅 5G 廣播接收模式和在 5G 廣播接收模式中非單播的用戶設備組件 256
圖 3-80、同時使用 5G 廣播和單播的應用服務 256

圖 4-1、用戶通話系統信令流程 310
圖 4-2、用戶通話斷話信令流程 311
圖 4-3、用戶通話中斷話定義圖 311
圖 4-4、4G 網路與 3G 網路架構 312
圖 4-5、CSFB 接取程序 313
圖 4-6、CSFB 流程 315
圖 4-7、LTE 網路與 IMS 架構圖 316
圖 4-8、VOLTE 呼叫流程 317
圖 4-9、VONR 建立流程 319
圖 4-10、通過 EPS FALLBACK 提供語音業務的網路架構 321
圖 4-11、5G 系統註冊流程圖 323
圖 4-12、IMS 註冊流程圖 325
圖 4-13、UE 語音方案確定過程 327

圖 5-1、5 家業者信號強度與訊號品質量測數目比例 351
圖 5-2、MOS 與 SINR 對應圖 352
圖 5-3、公眾電信網路之法規環境 361
圖 5-4、公眾電信網路設置申請審驗流程 362
圖 5-5、審驗、技術規範之分類 362

提要

關鍵詞：公眾電信網路、監理政策、網路切片、固定無線接取

一、研究緣起

因應 5G SA 網路帶來的差異性變化與新服務型態，透過研析國際標準演進及廣泛蒐集歐盟、美、日、韓、中主要國家之政策、法規、市場與產業發展現況之相關資訊，提出我國在數位匯流上之技術監理措施建議，以作為調適規範之參考，期藉完備的 5G 技術規範，促進垂直應用產業升級、加速應用服務創新，進而提升國內網路服務品質，促進我國數位匯流技術發展。

二、研究方法及過程

研究團隊採用文獻分析法、個案研究與比較分析法，並辦理座談會議蒐集國內現況及產官學等意見，最終整合各研究方法與工作項目的產出，提出我國就案關 5G/B5G 應用 WWC 技術之 FWA、FeMBMS 技術發展與技術標準，對現有《公眾電信網路審驗技術規範》之功能性審驗項目之審驗方法，以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》提出相關修訂建議，以調適我國既有技術監理制度。

三、重要發現

(一) 目前尚未有 5G SA 網路高需求與普及化的應用服務

2020 年起各國陸續開始展示 5G SA 網路下的網路切片功能，並提供實例展示，但實際上宣示意義大於實質意義，目前全球缺乏網路高需求與普及化的殺手級應用服務，現有的 4G 或 5G NSA 網路大多能因應目前的應用服務。未來高需求應用服務需建構在網路切片功能，會關係到電信服務商未來的潛在收入，各電信商與應用服務商也很謹慎的規劃與開發高階應用服務，如車聯網等，但目前全球還處於測試磨合狀態，需等待時機成熟後，才能發展出另一波新的應用服務革命。

(二) FWA 服務發展可期

FWA 可以利用 1 GHz 和 6 GHz 之間的頻率，也可以部署在 28 GHz 甚至更高頻率(毫米波)，經由分析 FWA 在全球的應用現況與發展，並解析 FWA 應用的各種技術與各個面向的優缺點，可以發現 FWA 服務未來逐步蓬勃發展的趨勢。

(三) FeMBMS 實現廣播和通訊融合的技術

FeMBMS 實現廣播電視和 5G 通訊網路共同協作發展的技術，引入更高效率融合 HPHT 及 LPLT 新的演進式 5G 廣播技術，改善過往 eMBMS 技術方案複雜與低效能限制的問題，以及應用情境少無法建立商業模式和生態等困境。

(四) 語音功能品質研究

由於地形遮蔽以及基地台佈建密度不足等因素，會影響基地台發射訊號強度，間接降低通話品質。目前各國少有針對 VoLTE 與 VoNR 制定語音品質審驗標準，本研究參考諸多文獻與場測資料，提出信號品質與撥通成功率的相應關係，並依此計算指定區域涵蓋率。此研究成果可作為電信業者與主管機關提升語音服務品質的參考依據，改善偏鄉地區的無線語音服務。

四、主要建議事項：立即可行建議

(一)現階段網路切片規劃從加值服務開始

關於網路切片審驗部分，全球國家目前尚無明確硬性規定各應用服務的最低要求值，由於各類新興應用服務尚在萌芽階段，為了不限制國內 5G 相關應用服務的發展，建議法規將網路切片規劃為加值服務，保留電信業者與應用服務商制定 SLA 的商業彈性，也符合加值服務的審驗方式與精神，待未來應用技術趨向明朗成熟時，再訂定明確規範，保障消費者權益。

(二)訂定 FWA 審驗項目

本研究參考國內外相關文獻，提出 FWA 服務品質審驗項目(包括數據、語音與 Internet 網頁下載功能)，向通傳會提出公眾電信網路審驗技術規範修訂(或研

擬)草案具體建議，完備國內相關技術法規。

(三)語音功能品質研究

經參考國內外相關文獻，本研究整理出語音服務品質的撥通成功率與其相對應的訊號強度值(RSRP、SINR)，提出查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點(或研擬)草案具體建議，可利於主管機關查驗無線環境中語音品質的參考。

五、主要建議事項：中長期建議

(一)FWA 服務可從提供高服務品質及偏鄉地區著手

由於臺灣地小人稠，而且有線固網寬頻已深入家庭應用，國內電信商在開發 FWA 的市場起步較慢。未來可以利用 FWA 技術克服「最後一哩」的施作困境，並結合新一代有線固網技術，融合成 WWC 網路，從而提供資源共享、服務共享等優點，更能減少運營商資本支出，同時，協助偏鄉地區解決數位鴻溝問題，提升國內網路服務品質。

(二)目前不適合研訂 FeMBMS 服務網路品質審驗項目

由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故現階段的案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，尚未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播商業化服務，因此各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施，待未來行動通信網路群播/廣播技術之應用服務普及後，再另行訂定相關技術規範。

Abstract

Key words: public telecommunications network, regulation policy, network slicing, fixed wireless access

1. Background

In response to the differential changes and new service modes due to 5G SA network, the evolution of international standards has been researched and analyzed along with the information regarding the status quo in terms of the policies, rules and laws, markets and industrial development in major countries in the European Union, USA, Japan, South Korea and China, in order to provide the suggestions about technical supervision measures on digital convergence in our country, as the reference for adjusting relevant regulations. This is aimed at facilitating the vertical upgrades in the applied industries and accelerating the innovation of application services through complete 5G technical specifications, so as to enhance the quality of domestic network services and promote the development of digital convergence technique in our country.

2. Methodology

The research team integrated the ultimate results of all research methodology and work projects by means of document analysis, case study and comparative analysis, as well as holding symposiums to collect domestic current situations and opinions from the fields of industries, governments and academia, and then put forward the FWA and FeMBMS technical development and technical standards with regard to 5G / B5G's applications of WWC technique in our country, rendering the revision suggestions about the examination methods of the functional examination items specified in the existing "Technical Specifications for Examination of Public Telecommunications Network" and "Directions for the Examination of the Construction of High-speed Base Stations in Remote Areas", so as to adjust our country's existing technical supervision systems.

3. Main Findings

(1) Currently, there is no application services regarding the high demand and popularization of 5G SA network

Countries around the world have started to exhibit the network slicing function under 5G SA network and provide examples since 2020; however, in fact, it is not so much substantive significance as declaration significance. Now, there lacks any killer application services for the high demand and popularization of networks worldwide, and most of the existing 4G or 5G NSA networks are capable of responding to the existing application services. In the future, high demand application services need to be built on the network slicing function, which is proportional to the potential income of telecom service providers in the future. Telecom providers and application service providers are also prudently planning and developing high-level application services, such as the vehicle to everything (V2X). However, the world is still in the state of testing now, and another wave of new application service revolution will not develop until the opportunities are mature.

(2) FWA service development is promising

FWA can utilize the frequencies between 1 GHz and 6 GHz, which can also be deployed at 28 GHz or even at higher frequencies (millimeter wave). By analyzing the current situation and development of FWA applications globally, as well as resolving the pros and cons of all techniques and each aspect of FWA applications, the tendency indicates that FWA services will have gradual and buoyant progress in the future.

(3) FeMBMS achieves the technique combining broadcasting and communication

FeMBMS accomplishes the technique of joint cooperative development of broadcast television and 5G communications networks, by using the newly-evolutionary 5G broadcasting technique that combines HPHT and LPLT with higher

efficiency, which improves the problems regarding complicated technical methods and low efficiency limitations in pervious eMBMS technical solutions, as well as the predicaments due to fewer application situations and incapability of establishing business model and ecology.

(4) Research on the Quality of Voice Function

Due to factors such as terrain shading and insufficient base station deployment density, the signal strength transmitted by the base station will be affected, and the call quality will be indirectly reduced. At present, few countries have formulated voice quality verification standards for VoLTE and VoNR, this study refers to many literatures and field trial data, proposes the corresponding relationship between signal quality and call setup successful rate, and calculates the coverage rate of designated areas based on this. The research results can be used as a reference for telecom operators and competent authorities to improve the quality of voice services and improve wireless voice services in remote areas.

4. Main Suggestions: Currently Available Suggestions

(1) At the current stage, network slicing plan should be started with value-added services

In terms of the examination of network slicing, countries around the world have no clear stipulations yet to reinforce the minimum requirements of all application services. As a variety of emerging application services are still in its infancy stage, it is recommended that network slicing should be stipulated as value-added services by laws and regulations, so as not to restrain the development of 5G application services in our country, while the business flexibility of SLA formulated by telecom providers and application service providers can be retained. This also aligns with the examination methods and spirit of value-added services. Once the application technique gradually becomes clear and mature in the future, precise specifications shall be stipulated to

protect consumer rights.

(2) Determining the FWA verification project

This research referring to relevant domestic and foreign literatures, proposes FWA service quality verification items (including data, voice and Internet web download functions). Provide specific suggestions on the revised (or developed) draft of the Technical Specifications for Examination of Public Telecommunications Network to National Communication Commission (NCC), and make domestic relevant technical regulations better.

(3) Research on the Quality of Voice Function

In this study, by referring to relevant domestic and foreign literatures, the call setup successful rate of voice service quality and its corresponding signal strength values (RSRP, SINR) were sorted out. To make specific proposals to National Communication Commission (NCC) for Directions for the Examination of the Construction of High-speed Base Stations in Remote Areas, it will help the administration to inspect the voice quality in the wireless environment.

5. Main Suggestions: Medium and Long Term Suggestions

(1) FWA service can be started from rural areas by providing high quality service

Taiwan is small in area but densely populated, and the applications of wired fixed network broadband is widely used in households; thus, domestic telecom companies have a slower start in the development of FWA market. In the future, FWA technique can be used to overcome the implementation dilemma called “Last Mile”. Combined with the new generation of wired fixed network technique, it can be integrated to become WWC network, thereby providing advantages such as resource sharing and service sharing, while operators can reduce their capital expenditure. Meanwhile, digital divide can be bridged in rural areas, and the quality of domestic network services

can be enhanced.

(2) Currently, it is not the right time to develop FeMBMS service network quality examination project

FeMBMS is an evolution method combing communication and broadcasting techniques released by 3GPP, which belongs to one of the evolution approaches of 5G broadcasting technique, and the developments of relevant technical services are still evolving constantly; therefore, in the current stage, state-owned proprietors often demonstrate or do field tests based on technical concepts, and have not yet to release 5G broadcasting commercial services with FeMBMS technique. Therefore, the competent authorities around the world have not stipulated technical supervision measures with regard to FeMBMS, and the relevant technical specifications will be established once the application service of mobile communication network multicast / broadcasting technique is popularized in the future.

第壹章、 緒論

第一節、 研究緣起與背景

國內第五代行動通訊技術(5G)已於 2020 年正式進入商用階段，隨著更高頻頻譜的釋出與新一代數據傳輸技術的快速演進，高速及大規模的傳輸、低延遲與高可靠度成為第五代行動通訊主要特性，也將以服務導向為核心架構帶動固定無線接取、高品質視聽娛樂、自駕車、智慧工廠、智慧城市、物聯網等多種創新應用，提供大眾穩定而多樣的網路服務。5G 釋照後，各電信業者亦即開始積極建置並部署 5G 行動寬頻業務網路，基於初期建置成本及電波涵蓋率考量，皆選擇先建置非獨立組網(Non-Standalone, NSA)架構網路，但 NSA 不足以支援多數需要低延遲、超大頻寬及服務可靠度等高性能指標之垂直場域應用，將於未來市場成熟後轉換為獨立組網(Standalone, SA)架構，並提供網路切片(Network Slicing, NS)功能來因應多元的垂直應用服務。臺灣的電信產業發展在全球地位並不低，電信業者在國際的能見度也很高，而國內資通產品製造與研發更是強項，從經濟部整合開放式無線電接取網路(Open Radio Access Network, O-RAN)產業的作法便可窺見 5G 其經濟戰略上的重要性。而在 5G 強大的性能下，陸續有相當多的應用情境開始進行整合工作，亦對產業升級有不小助益，例如在碼頭裡對貨櫃擺放位置的掌控；升級傳統產業使用之機械，轉型為智慧工廠；物流業的無人搬運機；結合土壤、氣候環境感應器以調配供水、養分的智慧農業等均是未來新興產業，而為了提供滿足各場域的資料傳輸要求，對電信基礎設施，乃至整體網路運作系統的品質都是一大難題。

2019 年初美國電信商 Verizon 便已提供 5G 固定無線接取(Fixed Wireless Access, FWA)商業化服務，由於該技術具有傳統固網傳輸能力，又無布建光纖場地及管道需求的優點，同時可對線上影音服務帶來極高的數據使用量。隨著全球 5G 商用網路愈趨普及，家庭固網寬頻需求增加，將使得 FWA 流量大幅成長，在成本與時效的考量下，逐漸顯示出 FWA 技術之優勢。

進一步演進式多媒體廣播群播服務(Further evolved Multimedia Broadcast

Multicast Services, FeMBMS)技術融合電視廣播產業技術與電信產業 5G 新無線電(NR)技術，用戶能透過行動終端設備上收視視訊內容，此外電視廣播業者亦能將其節目內容提供予用戶，以擴大其市場滲透率，將為我國數位匯流技術發展帶來新的契機。

從 5G 技術的蓬勃發展來看，第三代合作夥伴計劃(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)所發布 Rel-15 版本的增強型行動寬頻(enhanced Mobile Broadband, eMBB)到 Rel-16 版本的超可靠度和低延遲通訊(ultra-Reliable and Low Latency Communications, uRLLC)與大規模機器類型通訊(massive Machine Type Communications, mMTC)，都在向世界宣示著無線通訊技術正朝著高傳輸、低延遲與多連結的方向邁進，其目的便是為了提供給消費大眾一個穩定且多樣化的網路服務。為了達成此一目標，眾多相關技術便應運而生，諸如大規模多輸入多輸出系統(Massive Multi-input Multi-output, Massive MIMO)、多重連結(Multi-Connection)、軟體定義無線電(SDR)、軟體定義網路(Software Defined Networking, SDN)、網路切片(NS)、人工智慧(Artificial Intelligence, AI)、有線與無線融合(Wireline and Wireless Convergence, WWC)等技術被導入 5G 發展藍圖中。

根據 Bankr 分析機構透過 Ericsson 已安裝基地臺之數據(含亞洲、美國與歐洲)，配合 6 人口密度演算法[1]，估算未來 5G 服務人口的覆蓋率，使用 5G 服務之人口將從 2020 年的 11.7 億人成長到 2025 年的 44.1 億人，占全球人口的 53%，而在 2022 年時，使用人數預期將會翻倍。

[1] 6 人口密度演算法：將分析標的之人群，透過人數或是情境進行分類。例如：每平方公里以 10、100、1,000、10,000、100,000 人劃分成六個區間，或是荒野、鄉村、郊區、都會區、密集都會區、地鐵等，並針對影響因子進行分析。

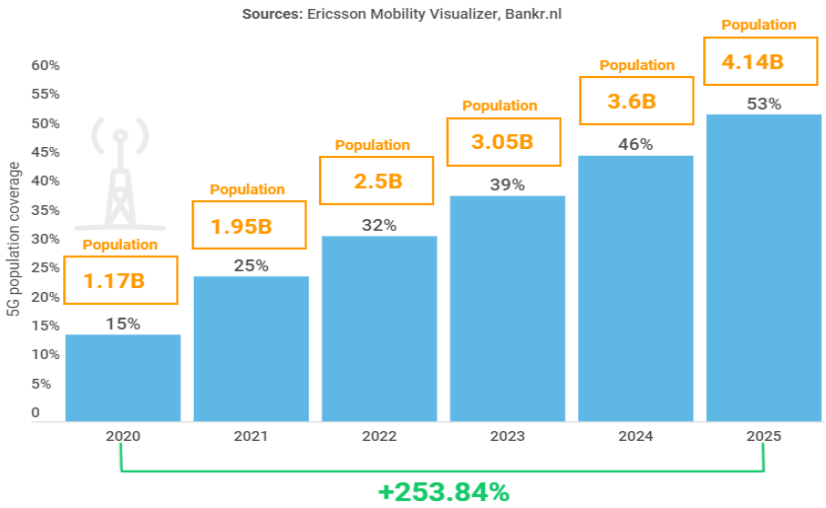


圖 1-1、5G 服務人口覆蓋率

資料來源：Bankr

在如此快速發展的潮流中，加上 5G 技術的高適應性，未來在各行各業必將引領各式各樣的創新服務誕生，由 IDTechEx 公司所做的產業評估，在未來的 5 年裡，將有 6 大領域的產業會崛起，分別是自動化、增強型行動寬頻、娛樂業、遊戲與虛擬實境(Virtual Reality, VR)、零售業與智慧家庭。其中，本專案所研析之固定無線接取亦在其中，根據其預測將在今年展開。

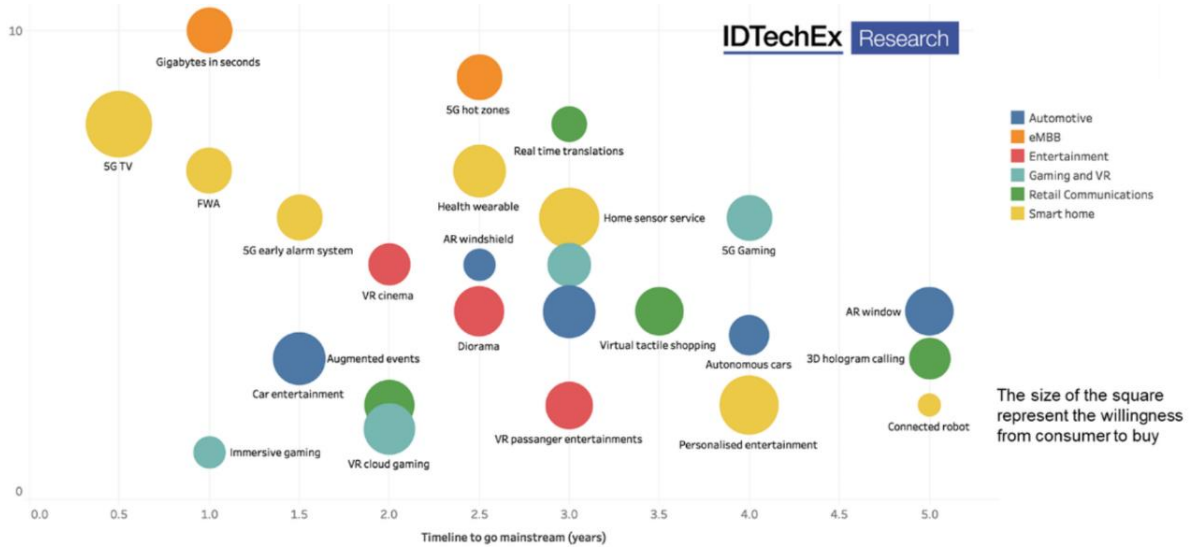


圖 1-2、5G 技術和垂直應用發展預估

資料來源：IDTechEx

根據 Ericsson Mobility Visualizer 分析數據指出，有關 FWA 技術服務將會由目前的 7.5 億用戶成長到 2026 年的 18.1 億用戶，在接下來的 5 年裡，5G FWA 技術將會快速成長，甚至被視為取代 30 億數位用戶線路(Digital Subscriber Line, DSL)的固網用戶。

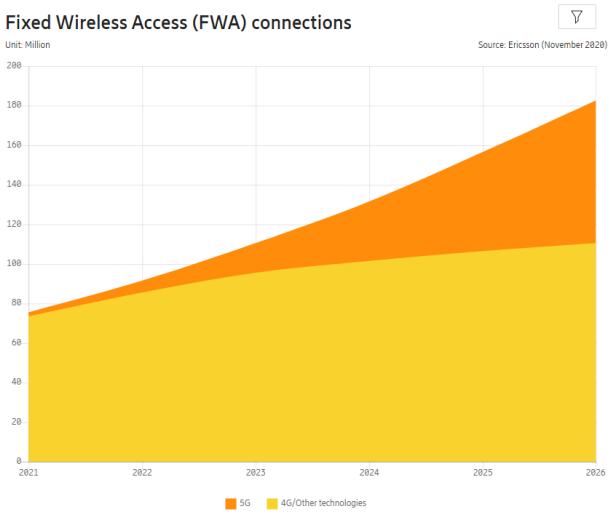


圖 1-3、FWA 用戶成長趨勢圖

資料來源：Ericsson

然而頻譜是屬於有限資源，在此情況下，頻譜將會有耗盡的時候，未來除了往更高頻的使用發展外，如何提高頻譜使用效率，也是目前可行的方式，因此，FeMBMS 預期也將會是一匹黑馬，雖然目前尚未有營運商正式商轉使用，但根據新思界產業研究中心出具的報告指出，全球的 LTE/5G 廣播市場 2019 年至 2024 年將會以複合年成長率 11.7 %的方式崛起，特別是在即時廣播的情境下，例如體育館的群播、緊急告警與大規模部署機器對機器(Machine to Machine, M2M)通訊等。

第二節、 研究動機與目的

一、 5G SA 網路帶來的差異性變化

目前國內營運商採用之 5G 系統尚為 NSA 的版本，其採用之核心網路，基本上可算是過渡到 SA 的中間版本，將 4G 核網的功能升級成可銜接 5G 基地臺(gNB)，除了提供更高速的資料傳輸量(Throughput)外，也提高未來對接 SA 版本核網的可能性，營運商可透過逐步升級的方式來升級核心網路，降低營運的風險。而在法規的調適部分，由於 5G SA 核心網路採用扁平式與超文本傳輸協定 2.0(Hyper Text Transfer Protocol 2.0, HTTP2.0)的架構，因此在架構上與 LTE 和 5G NSA 有很大的不同，加上採用的功能元件，如接取和行動管理功能(Access and Mobility Management Function, AMF)、連結管理功能(Session Management Function, SMF)、網路切片選擇功能(Network Slice Selection Function, NSSF)等，也都採用網路虛擬化功能(Network Virtualization Function, NFV)方式軟體化，所以在管理方式上將產生一定的變化。

二、 因應新服務型態之審驗標準

以本專案探討的 FWA、FeMBMS 與 VoNR 等服務來看，由於其本質上或功能面上的不同，再加上消費者保護主義的愈加提升，傳統的評量標準可能已不敷使用。舉 FeMBMS 為例，以往的行動寬頻網路多採點對點的方式傳輸，但在目前火熱的網紅現場直播上，耗費的頻寬與傳輸資源將會與觀看的觀眾人數成正比，但若採用 FeMBMS 技術後，耗費的無線頻寬資源，在每個基地臺細胞的覆蓋範圍下，僅需耗費單一用戶的資源，是以在此情境下，審驗的考量點便會發生在其功能的確認，再因其即時性的需求，反應時間也可能是另一項考量點，但在單向傳輸情境下，這或許便不是必要條件。

國家通訊傳播委員會主管我國數位匯流發展與電信資訊傳播監理，為調適目前我國《公眾電信網路審驗技術規範》以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》以因應新技術的演進與服務型態的轉變，本計畫先以蒐集研析 3GPP、國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)之

5G/B5G(Beyond 5G)網路架構及相關網路技術，進而探討世界主要先進國家關於FWA 與 FeMBMS 等技術之服務發展現況、技術演進及相關技術監理措施，並聚焦於 5G/B5G 應用於數位匯流服務之發展，研訂各項功能性審驗項目之審驗方法與合格條件，例如 FWA、FeMBMS 服務及語音功能在 5G 網路中所需要之關鍵績效指標(Key Performance Indicators, KPI)等，以作為國家通訊傳播委員會未來修訂《公眾電信網路審驗技術規範》以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》之參考。

第三節、 研究計畫架構

為能充分瞭解 5G/B5G 應用 WWC 技術之 FWA、FeMBMS 技術發展趨勢，掌握國際組織與案例國家相關技術規範最新動態，有利國內審驗制度與國際接軌，本研究蒐集研析國際組織與歐盟成員國、美、日、韓、中主要國家之技術、政策、法規、市場與產業發展之相關資訊及動態，綜整我國與國際間就有關《公眾電信網路審驗技術規範》及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》，就功能性審驗項目進行探討，並邀集國內專家、學者及通訊傳播業者舉辦座談會，討論我國《公眾電信網路審驗技術規範》及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》相關條文及蒐集各界意見，最後提出國內適用之相對應修(訂)規範建議，以期藉由技術規範之完備，助我國電信產業創新研發環境之建構。本研究架構，如圖 1-4 所示。

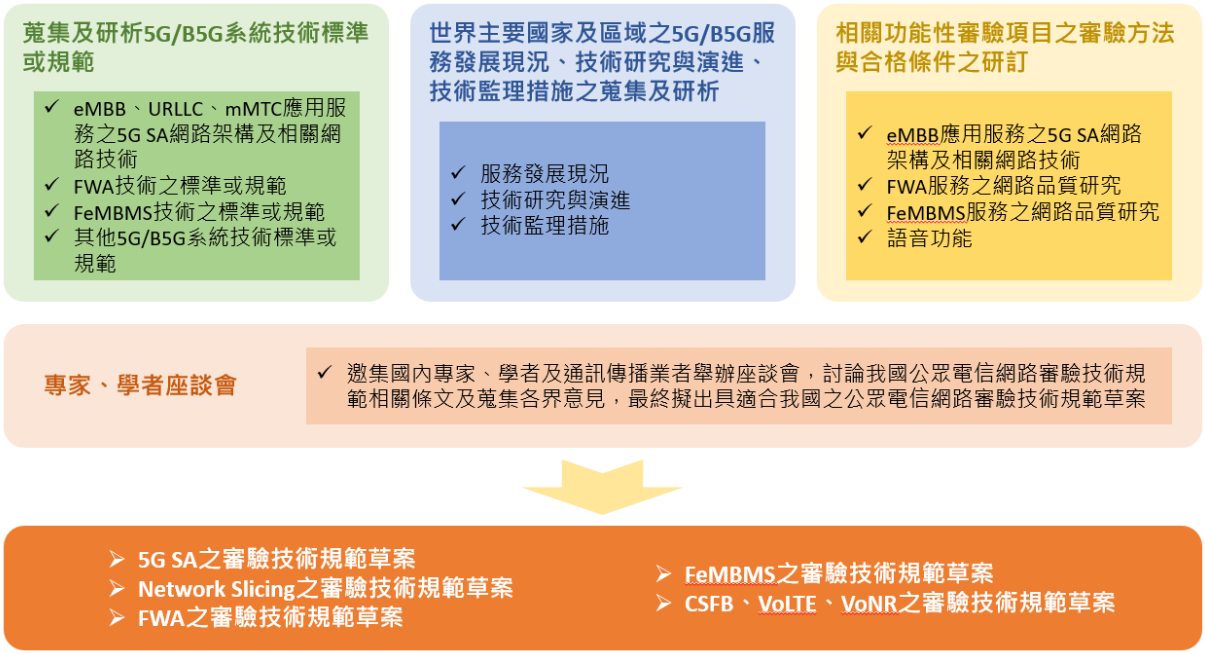


圖 1-4、研究架構圖

資料來源：本研究整理

第四節、 研究方法與執行步驟

一、 研究方法

本計畫依據各委託辦理工作項目，採用文獻分析法、個案研究與比較分析法，並辦理座談會議蒐集國內現況及產官學等意見，最終整合各研究方法與工作項目的產出，提出我國就案關 5G/B5G 應用 WWC 技術之 FWA、FeMBMS 技術發展與技術標準，對現有《公眾電信網路審驗技術規範》之功能性審驗項目之審驗方法，以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》提出相關修訂建議，以調適我國既有技術監理制度，促進我國數位匯流技術發展。相關研究方法分述如下：

(一) 文獻分析法

針對國際組織有關 5G/B5G 技術標準或規範及世界主要國家之 5G/B5G 服務發展現況、技術研究與演進等，包含 FWA 及 FeMBMS 技術，主要採取文獻分析法(Document Analysis)。本計畫將依研究所需之各項議題，透過蒐集有關市場資訊、調查報告、產業動態等文獻資料，從而全面而精準地掌握所要研究問題。蒐集內容儘量要求豐富及廣博，再將所蒐集來的資料，經過分析後歸納統整，再分析事件淵源、原因、背景、影響及其意義等。文獻資料包含國際標準組織指導文件、政府單位報告、政策文件、工商業界研究、文件記錄資料庫、企業組織資料、圖書館中的書籍、論文與期刊、報章新聞等等。其分析步驟包括：閱覽與整理 (Reading and Organizing)、描述 (Description)、分類 (Classfying) 及詮釋 (Interpretation)。

針對本計畫涉及的國際組織及案例國家所發展或制定之規範，研究團隊廣泛蒐集國際組織與歐盟(其中一國)、美、日、韓、中主要國家之政策、法規、市場與產業發展之相關資訊，並於研究議題初步研析後，進行我國《公眾電信網路審驗技術規範》、《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》探討及座談會之舉辦，廣邀蒐集產官學研各界意見，最後綜整提出適用國內《公眾電信網路審驗技術規範》及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建

設作業要點》修正草案。

(二) 個案研究與比較分析法

由於 FWA 與 FeMBMS 服務之現況、技術研究及演進，各國均有不同之需求發展，故須先行瞭解國際組織與主要國家通訊產業以及其他領域重點產業狀況，將每個國家定義成個案，進行資料準備、蒐集及分析，並找出各指標的關聯性，從中尋找可資參考之重點，並研析可供我國參酌之概念或原則。同時，在瞭解國際組織與主要國家之現況、技術研究及演進後，須綜合比較分析各國政策之考量與規範架構，方能實質理解各國有關 5G/B5G 服務發展之焦點。而後，將前述所得之資料與考量我國產業現況與基礎環境後，綜整剖析我國技術規範、國際標準、區域標準組織及案例國家就案關 5G/B5G 應用之 FWA、FeMBMS 技術發展與技術標準，對現有《公眾電信網路審驗技術規範》之功能性審驗項目之審驗方法，以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》提出相關修訂建議，以調適我國既有技術監理制度，促進我國數位匯流技術發展，據以精進國內審驗技術規範進而與國際接軌。

(三) 辦理專家座談說明會

為能廣泛蒐集國內廠商意見，本研究舉辦專家座談會，將邀請國內專家學者及上市、上櫃或相關新興廠商，蒐集國內現況及產官學等意見，配合通訊傳播技術匯流與市場發展需要，針對我國《公眾電信網路審驗技術規範》，就功能性審驗項目之審驗方法，以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》探討相關具體修訂或增訂建議，據以檢討最佳化國內既有審驗技術規範，提升相關產業發展效益。

二、 執行步驟

本研究計畫之執行步驟如圖 1-5，主要可分為以下四大步驟：

(一) 蒐研技術標準及規範

蒐集及研析 3GPP、ITU 之 5G/B5G 系統技術標準或規範，包含 eMBB、

uRLLC、mMTC 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術、FWA 技術、FeMBMS 技術，相關細節詳述於本報告第貳章。

(二) 世界主要國家之情況探討

蒐集及研析世界主要國家及區域之 5G/B5G 服務發展現況、技術研究與演進、技術監理措施，亦包含 eMBB、uRLLC、mMTC 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術、FWA 技術、FeMBMS 技術，研究細節於本報告第參章中描述。

(三) 研訂功能性審驗項目

相關功能性審驗項目之審驗方法與合格條件之研訂，包含 eMBB 應用服務之 5G SA 網路架構及相關網路技術、FWA 及 FeMBMS 服務之網路品質研究及語音功能，檢討更新我國《公眾電信網路審驗技術規範》以及《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》，相關內容於本報告第肆章呈現。

(四) 學者專家座談會

邀集國內專家、學者及通訊傳播業者舉辦座談會，討論我國《公眾電信網路審驗技術規範》、《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》相關條文及蒐集各界意見，最終擬出具適合我國之修正草案。

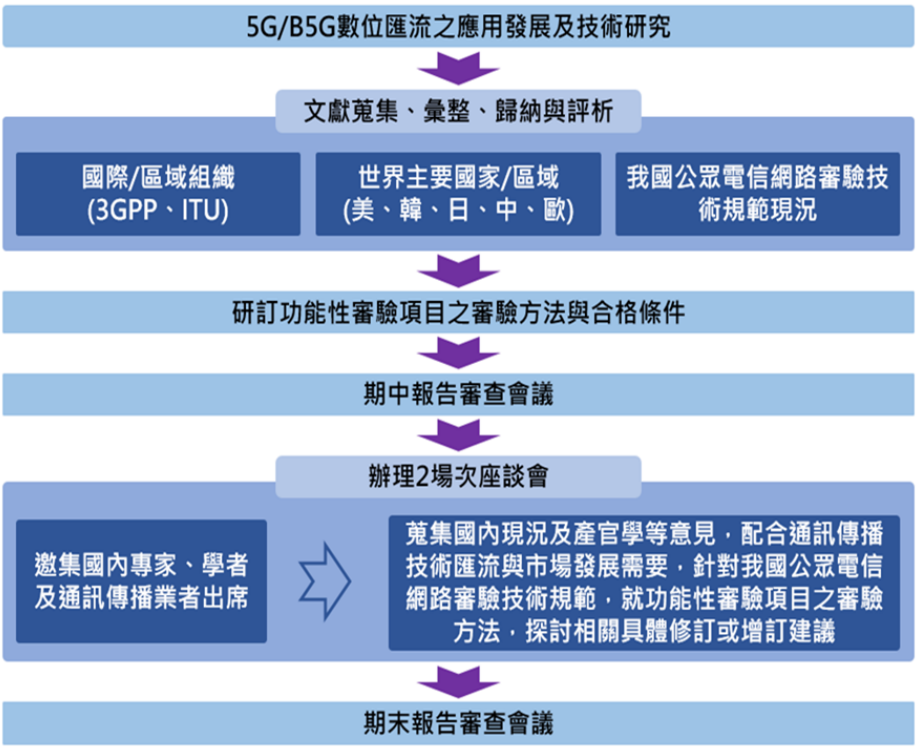


圖 1-5、本研究施行步驟

資料來源：本研究整理

第五節、 預期成果效益

目前臺灣已有超過百萬用戶在使用 5G 提供的服務，站在政府保護消費者的立場，電信業者如何提供優良通信品質，以維護消費者權益，政府單位可藉由適當的政策規劃來引導產業走向；而優良的通信服務是所有智慧型連網服務的基石，產業升級並創造高效率的企業，讓臺灣企業成為獨角獸企業，輸出國外，擴展國力。本計畫將透過修改《公眾電信網路審驗技術規範》以適應 5G eMBB 之特性，並解析思考 FWA 與 FeMBMS 兩大領域相關之審驗管理規則，擴充語音功能相關之技術標準，與業界先進討論，協助主管機關修訂相關法規，促進我國數位匯流技術發展。在基礎設施方面，本計畫可協助政府調適現行法規以因應 5G 發展現況，加速國家 5G SA 布建以完備良好、先進且穩定的基礎設施；於服務面向，完備的 5G 技術規範可促進垂直應用產業升級、加速應用服務創新，進而提升國內網路服務品質；於技術面向，5G 應用以創新服務為導向，有健全的網路規範必能建構良好的商用環境，不但利於產業加速 5G NR 技術開發，更有助於主管機關推動 5G 相關產業鏈之整合，以帶動國家整體發展。

第貳章、 國際標準組織之 5G/B5G 系統技術標準或規範之蒐集及研析

第一節、 5G Stand Alone 技術

5G 目的為提供高傳輸速率、超可靠度與低時延及大量連接等特性，並融合軟體化、虛擬化及資訊技術(Information Technology, IT)化的彈性網路架構，逐步實現各種 5G 跨領域垂直應用。隨著 5G/B5G 持續加速發展，也逐步由 5G NSA 演化到 5G SA 架構，國際電信聯盟組織(ITU)針對 5G/B5G 有訂定相關目標，此外相關技術規格則由 3GPP 討論制定。

一、 ITU

2015 年 9 月國際電信聯盟無線電通信部門(ITU-R)綜合未來的應用情境提案與技術需求，公布了 5G 相關願景，並正式命名為 IMT-2020。同時也發佈了八大技術需求，如圖 2-1 所示。

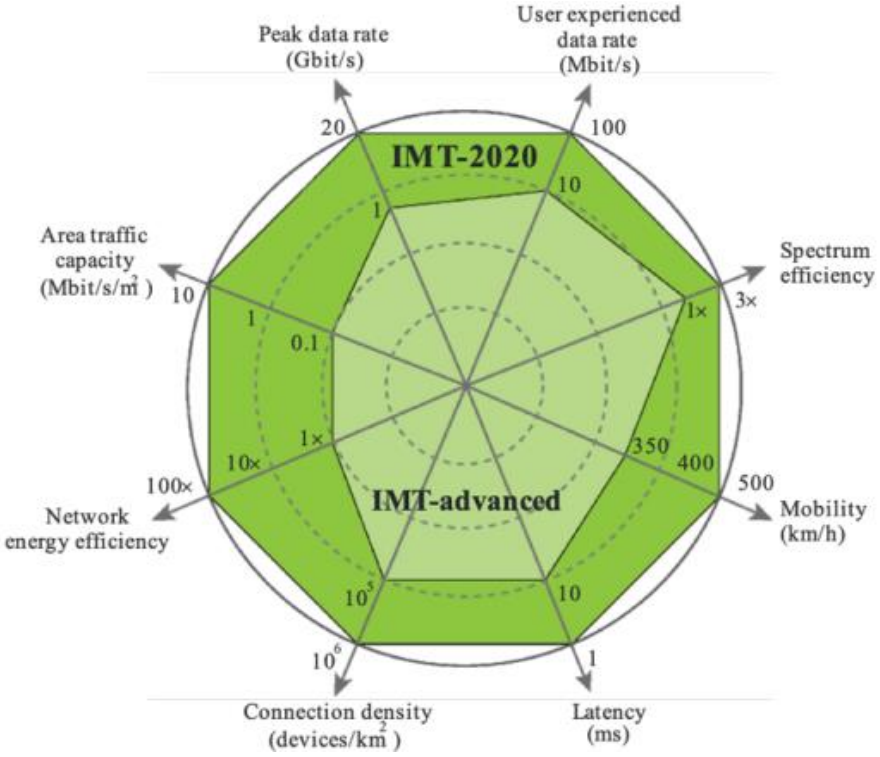


圖 2-1、ITU 5G Vision

資料來源：ITU

ITU 之 5G 技術規劃里程碑如圖 2-2。

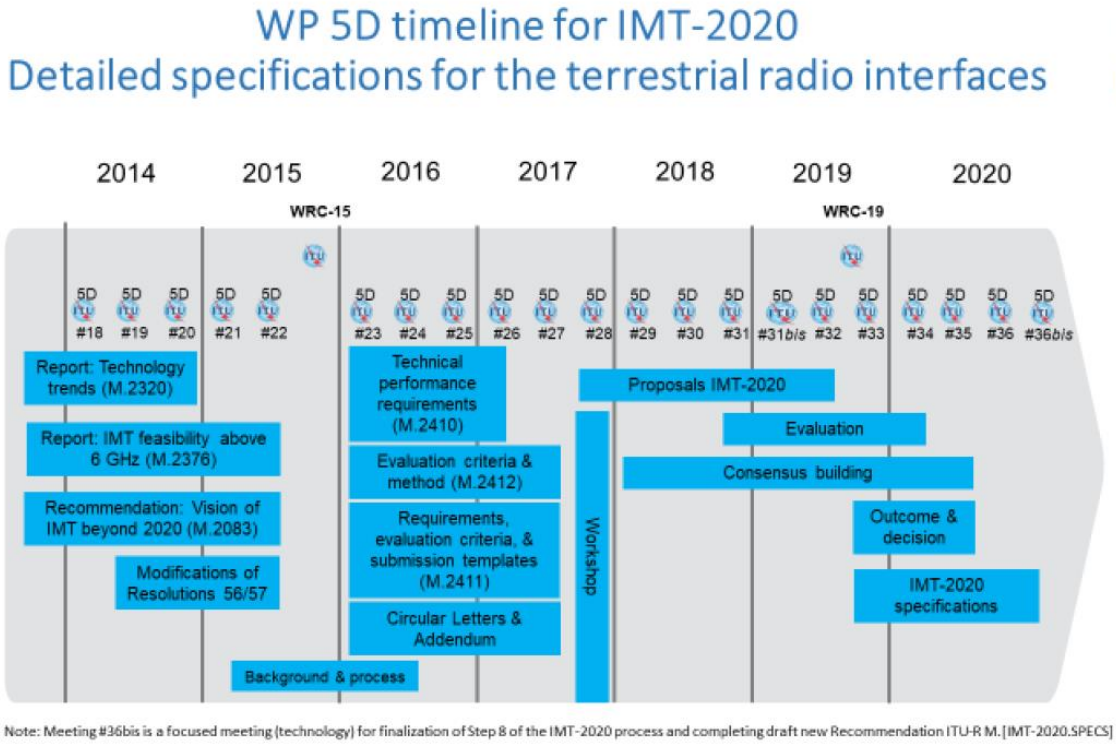


圖 2-2、ITU 發展時程

資料來源：ITU

根據應用服務願景，ITU 所規劃的 5G 服務類型，5G 技術分類，分三大類型，分別為 eMBB、uRLLC 與 mMTC，各類型之垂直服務領域便介於此三種分類之間，如圖 2-3。

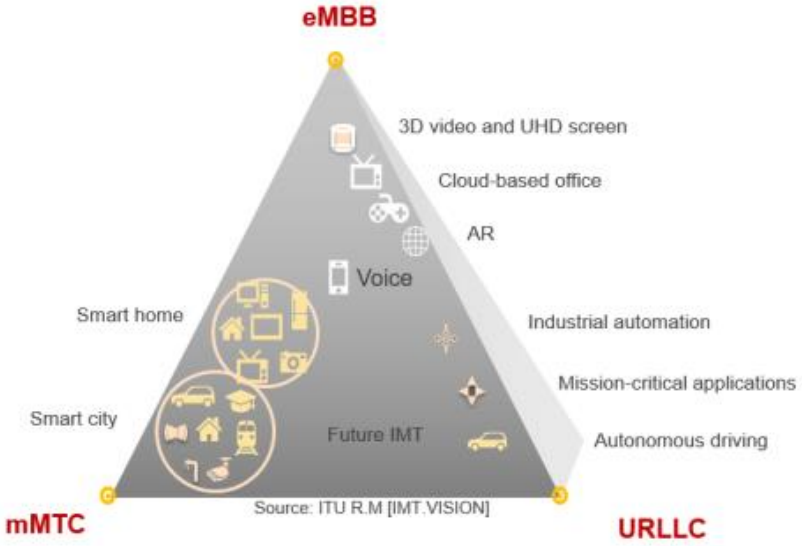


圖 2-3、The key capabilities of 5G

資料來源：ITU

參考 ETSI TR 103 702，當中便以視訊串流(Video Streaming)、視訊會議(Video Conferencing)、即時通訊(Messaging)、擴增實境(Augmented Reality, AR)、虛擬實境(VR)與雲端遊戲(Cloud Gaming)六種應用服務為例，定義其技術面與服務面服務品質(Quality of Service, QoS)，包含資料傳輸率(Data Rate)、延遲(Latency)、封包遺失率(Packet Loss)、精準定位(Position Accuracy)、延遲變異(Delay Variance)、斷話率(Call Drop Ratio)、視訊接取時間(Video Access Time)等參數進行分析，從多樣性之量測數據中，透過相關性之分析技巧，尋找出與垂直場域相關性較高之關鍵參數，繪製出類似如下之示意圖，可清楚了解該場域之服務效能，如圖 2-4。

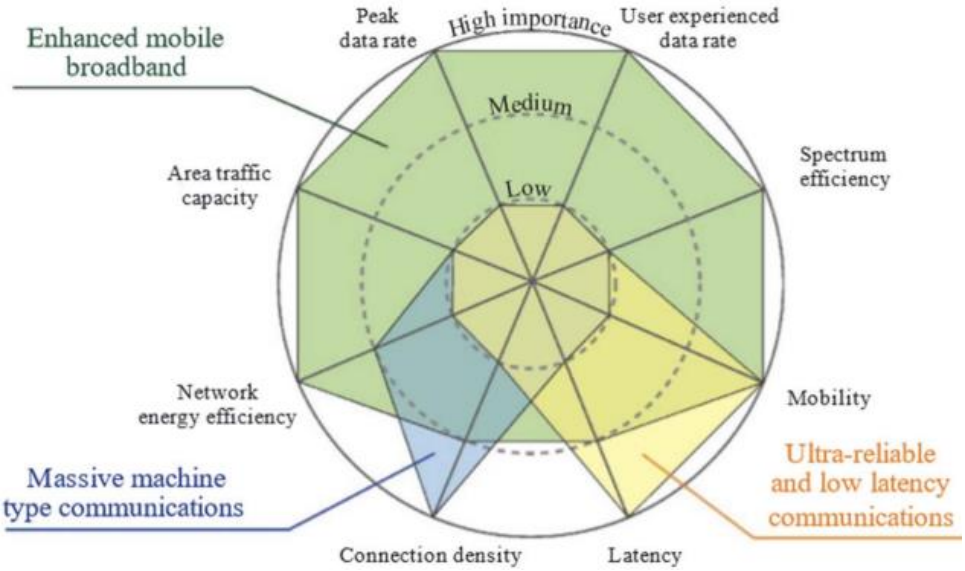


圖 2-4、ITU 5G Visio

資料來源：ITU & ETSI

(一) ITU Stand Alone 技術標準

ITU-R M.2410-0 針對 5G 三種應用情境，說明了 IMT-2020 最低需求(Minimum requirement)與效能(Performance)，國際電信聯盟電信標準化部門(ITU-T) Y.3102 說明了 IMT-2020 網路架構，該架構為 SA 網路，該架構由不同的網路功能組成，如圖 2-5 所示。圖中分為用戶設備(User Equipment, UE)、接取網路(Access Network, AN)與核心網路(Core Network, CN)，最後再到網際網路，圖中上下可區分為控制平面(Control plane)與用戶平面(User Plane, UP)兩部分，其中核心網路元件大多屬於控制平面，當一個連線開始時，會先透過控制平面完成相

互溝通，然後資料流再交由用戶平面功能(User Plane Function, UPF)直接連到網際網路，之後傳輸便能減少大量的時間，達到 5G 三個面向的目標。其中核心網路各元件功能，將在後面章節做詳細說明。

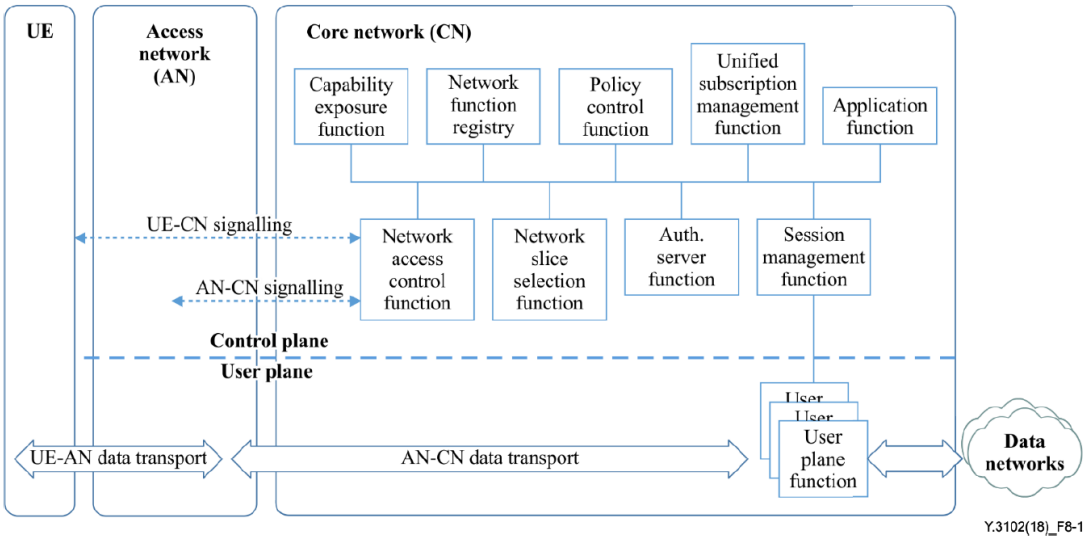


圖 2-5、IMT-2020 網路架構

資料來源：ITU-T Y.3102

透過 SA 網路架構，提供符合不同應用情境的需求，eMBB、uRLLC 與 mMTC 情境，個情境要求說明如下。

1、 eMBB(Enhanced mobile broadband)

IMT-2020 為了確保 5G 相關技術能符合不同的應用需求，於是採用了一些指標來訂定了效能需求，但這些指標並是不是為了限制不同應用情境的效能。在 ITU-R M.2410-0 文件內說明了與 eMBB 相關的指標，如最大資料傳輸量(Peak data rate)、最大頻譜效益(Peak spectral efficiency)、用戶體驗資料傳輸量(User experienced data rate)、平均頻譜效益(Average spectral efficiency)、單位區域容量(Area traffic capacity)。以下針對不同 KPI 做描述。

(1) 最大資料傳輸量(Peak data rate)

最大資料傳輸量需要在理想的情況下才能達到，包含零錯誤(error-free)與高頻譜效益，ITU 建議上下行最大資料傳輸量需求如下：

– 最大資料下行傳輸量為 20 Gbit/s.

– 最大資料上行傳輸量為 10 Gbit/s.

(2) 最大頻譜效益(Peak spectral efficiency)

最大頻譜效益需要在理想的情況下才能達到，包含零錯誤(error-free)，並假設下行與上行的天線配置分別採用 8 與 4 個資料流(data streams)，ITU 建議上下行最大頻譜效益需求如下：

– 最大下行頻譜效益為 30 bit/s/Hz.

– 最大上行頻譜效益為 15 bit/s/Hz.

(3) 用戶體驗資料傳輸量(User experienced data rate)

用戶體驗資料傳輸量與最大資料傳輸量評量的目的不相同，用戶體驗資料傳輸量更能凸顯用戶實際的資料傳輸量，用戶體驗資料傳輸量為所有用戶資料傳輸量的累積分布函數(Cumulative Distribution Function, CDF)中，後 5 %點位時用戶的資料傳輸量，ITU 建議在密集城市內目標值如下：

– 下行用戶體驗資料傳輸量為 100 Mbit/s.

– 上行用戶體驗資料傳輸量為 50 Mbit/s.

(4) 平均頻譜效益(Average spectral efficiency)

平均頻譜效益為用來評量單位頻譜能提供的資料傳輸量為何，可以用來評估無線環境的傳輸品質，ITU 針對不同環境下上下行的建議值如下表 2-1。

表 2-1、不同地區平均頻譜效益

測試環境	下行(bit/s/Hz/TRxP)	上行(bit/s/Hz/TRxP)
室內熱區 – eMBB	9	6.75
擁擠都市 – eMBB	7.8	5.4
郊區 – eMBB	3.3	1.6

資料來源：ITU-R M.2410-0

(5) 單位區域容量(Area traffic capacity)

單位區域容量可以用來評估單位面積內能提供的資料傳輸量為何，尤其在用戶壅擠的環境下，能提供多少的資料傳輸量，ITU 建議下行的單位區域資料傳輸量為 10 Mbit/s/m^2。

2、 mMTC (massive Mhachine Type Communication)

ITU-R M.2410-0 文件為了確保連線密度(Connection density)上的需求，要求在單位面積內(per km^2)能讓一定數量的終端產品能提供一定品質的服務。連線密度必須在有限的頻寬與固定傳收天線下來定義，至於這些終端的 QoS 要求則在 ITU-R M.2412-0 文件內說明。對於 mMTC 應用情境下，則要求在單位平方公里區域內，能提供一百萬個終端服務的容量。

3、 uRLLC (ultra-Reliable and Low Latency Communication)

ITU 為了能提供低延遲的傳輸需求，於 ITU-R M.2410-0 文件說明了幾個與延遲相關的指標，如用戶平面延遲(User Plane Latency)、控制平面延遲(Control Plane Latency)，分別說明如下。

(1) 用戶平面延遲(User Plane Latency)

用戶平面延遲主要用來評估傳輸通道建立後，資料傳輸的延遲，ITU 依據不同的應用情境，採用不同建議值如下：

– eMBB 應用為 4 ms

– uRLLC 應用為 1 ms

(2) 控制平面延遲(Control Plane Latency)

控制平面延遲用來評估用戶從休眠狀態(Idle state)到啟動狀態(Active state)下的時間延遲，ITU 建議在 uRLLC 與 eMBB 應用情境下建議值為 20 ms。

(二) ITU Network Slicing 技術標準

網路切片功能可以提供客戶客製化的網路，透過不一樣的資源配置，滿足各式 5G 應用服務需求，ITU-T T.3100 針對網路切片定義為一個邏輯(logical)的網路，並能提供特定的網路能力與特性，透過該方式能將特定服務提供給特定服務商或承租者。ITU-T Y.3112 指出網路切片要求相關的裝置或服務可以分配到適合的切片，如圖 2-6，根據不同的服務型態，網路切片能將無線接取網路(Radio Access Network)、傳輸網路(Transport Network)與核心網路(Core Network)進行指定服務的切片。網路切片能根據用戶訂閱的內容或服務提供者的政策，將用戶分配到一個特定網路切片，但當用戶同時有多個切片需求時，則由系統進行網路切片選擇程序(Network slice selection process)。此外也要求，當某一網路切片發生錯誤時，不能影響到其他的網路切片運作。

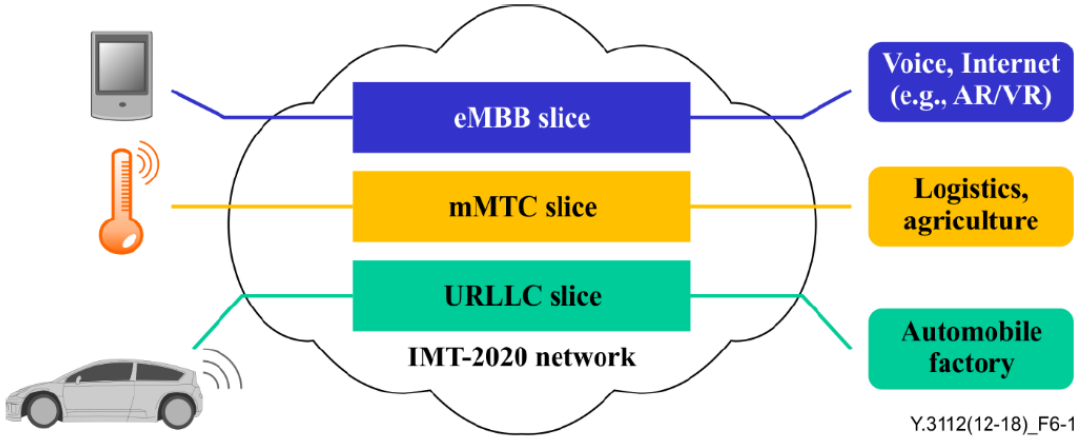


圖 2-6、網路切片應用服務示意圖

資料來源：ITU-T Y.3112

對於 IMT-2020 網路而言，他必須能提供不同型態的應用服務，例如 mMTC 情境下，終端感測器能提供溫度、濕度等相關資訊，但這類應用則不包含行動通訊的換手(Handover)機制；eMBB 情境則能提供大量資料傳輸量的服務，如 4K/8K 超高畫質(Ultra High Definition, UHD)等；uRLLC 情境則需要低延遲，如 AR 應用等，ITU 對於三大應用情境與案例如表 2-2 所示。

表 2-2、三大情境應用範例

使用情境	典型特性	服務範例
eMBB	高資料傳輸量(e.g.下載最高資料量為 20 Gbit/s)	4K/8K UHD、全息投影、AR/VR
mMTC	大量連結	傳感器網路服務(如電網、農業等)
uRLLC	低延遲、高可靠度、精準定位	動態控制、自動駕駛、智慧工廠、智慧電網、AR/VR

資料來源：ITU-T Y.3112

由於 5G 垂直應用領域涉及範圍相當多元，電信商與垂直應用服務提供業者有各自服務等級協議(Service Level Agreement, SLA)指標，Euro 5G 聯盟根據 ITU 5G 三大應用特性規範 IMT-2020 網路效能要求，如表 2-3，這些指標通常是在最佳網路參數(如最大通道頻寬、最高階調變及最佳化 MIMO 效能等)條件下進行測試。

表 2-3、ITU 建議 KPI 值

效能要求	使用情境	KPI (最低要求)
最大資料傳輸量	eMBB	最大資料下行傳輸量為 20 Gbit/s. 最大資料上行傳輸量為 10 Gbit/s.
最大頻譜效益	eMBB	最大下載頻譜效益為 30 bit/s/Hz. 最大上行頻譜效益為 15 bit/s/Hz.
用戶體驗資料傳輸量	eMBB	用戶體驗下行資料傳輸量為 100 Mbit/s. 用戶體驗上行資料傳輸量為 50 Mbit/s.
5 %用戶頻譜效益	eMBB	室內熱點：DL：0.3 / UL：0.21 bit/s/Hz 密集市區：DL：0.225 / UL：0.15 bit/s/Hz 鄉村：DL：0.12 / UL：0.045 bit/s/Hz
平均頻譜效益	eMBB	室內熱點：DL：9 / UL：6.75 bit/s/Hz/TRxP 密集市區：DL：7.8 / UL：5.4 bit/s/Hz/TRxP 鄉村：DL：3.3 / UL：1.6 bit/s/Hz/TRxP
區域內資料容量	eMBB	室內區域下載：10 Mbit/s/m^2 熱點 – eMBB 測試環境
用戶平面延遲	eMBB and uRLLC	eMBB 延遲為 4 ms uRLLC 延遲為 1 ms
控制平面延遲	eMBB and uRLLC	延遲為 20 ms
連接密度	mMTC	每平方公里 1,000,000 裝置
能源效益	eMBB	a)高負載資料傳輸效益：驗證平均能源效益 b)當無資料時低能源消耗：需支援高休眠率與長休眠區間

可靠度	uRLLC	成功機率在傳輸 layer 2 PDU 之 32 bytes 在 1 ms 內需為 $1\text{-}10^{-5}$
移動性	eMBB	室內熱點：靜止，行人 密集市區：靜止，行人，交通工具(高於 30 km/h) 鄉村：靜止，行人，高速交通工具(高於 500 km/h)
行動中斷時間	eMBB and uRLLC	0 ms
(最大聚合系統)頻寬	IMT-2020	至少 100 MHz 高頻率高於 1 GHz (e.g. above 6 GHz)

資料來源：5G ppp, D2.6 Final report on programme progress and KPIs

二、 3GPP

對應 ITU 所發佈的 5G 願景與技術需求，3GPP 即進行對 5G 之標準制定規劃，2016 年 6 月 3GPP 確認 5G 標準於 Rel-15，按照時程，2017 年底首先通過 5G NR 非獨立組網(NSA)版本，讓 5G NR 與 LTE 以相容方式連接，而 5G 獨立 NR 版本則於 2018 年 6 月完成，Rel-15 將是 5G 的第一個商用化版本。3GPP 於 2018 年第三季則開始啟動 Rel-16 版本之研究與工作執行階段,原預計於 2019 年底完成 Rel-16 版本之定稿,但因 Covid-19 疫情影響,3GPP 國際標準組織於 2020 年 7 月 3 日宣布 Rel-16 標準凍結，意味著第一個 5G 版本標準完成，這也代表 5G 相關設備商、營運商、終端廠商或是其他應用服務供應商，都可以更積極地佈局 5G 市場。5G 完整技術標準包含在 Rel-15 和 Rel-16 版本，Rel-16 則增強了 5G 的功能，讓 5G 進一步融入各行各業。Rel-16 標準涉及主題包含了多媒體服務，車聯網(Vehicle to Everything, V2X)應用層服務，5G 衛星接取，5G 的無線和有線融合等技術。隨著 Rel-16 版制定，5G 於各行業帶動商機熱潮，我國電信三雄於 2020 年 6 月底陸續開臺，臺灣正式進入 5G 元年。以 5G 網路為基礎發展的各式應用服務，如 AI、IoT、AR/VR、車聯網、智慧製造、智慧醫療、智慧農業等創新應用，未來將成為電信公司營收成長最重要的動能來源。

Rel-17 預計於 2022 年 6 月完成，將針對 Rel-16 的功能進行增強，包含多輸入多輸出系統、裝置節能、5G NR 免授權頻譜、超可靠度和低延遲通訊與工業物聯網(Industrial Internet of Things, IIoT)、接取與回傳整合網路、非地面網路(Non-

Terrestrial Networks, NTN)、NR 側鏈與車聯網、定位、多無線電雙連接與窄頻物聯網/機器類型通訊等。此外，也增加小數據(Small Data Enhancements)、輕量新無線電(NR Light)、Above 52.6 GHz、NR 廣播/群播、增強覆蓋、多重 SIM、彈性雙工(Flexible Duplexing)與延展實境(Extended Reality, XR，即 VR、AR 及 MR 的融合)等項目，藉此擴展和最佳化 5G 對物聯網的支援。Rel-17 版本在基礎上強化整體網路容量、覆蓋範圍、延遲、裝置功率和移動性，持續推進 5G 新無線電大規模多重輸入輸出技術、毫米波頻段的波束管理、多傳輸點操作、更高的移動性和其他改進之處。圖 2-7 為 3GPP 第 90 次會議公布 Rel-17 時間表，制定時程極將長達 18 個月，將有可能成為 5G 的主要版本。

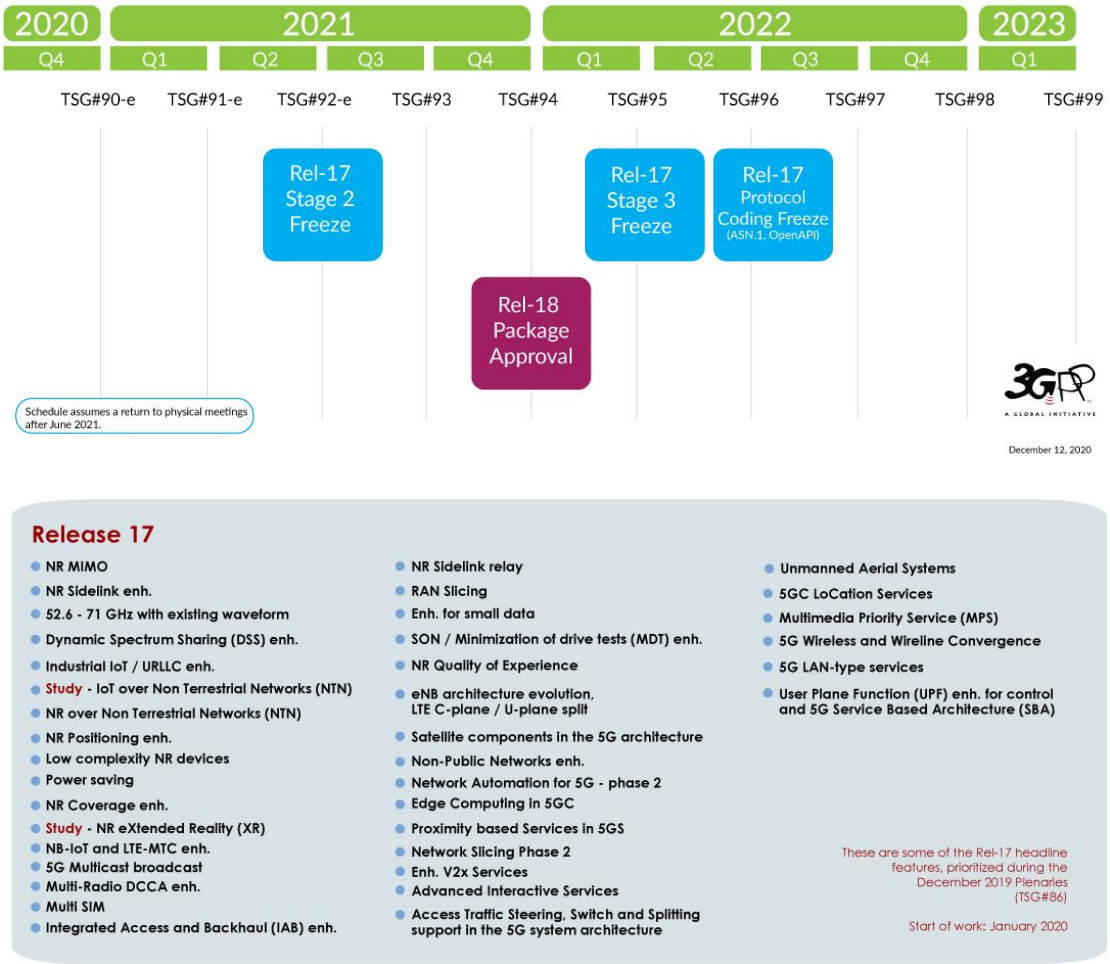


圖 2-7、3GPP 5G Rel-17 & 18

資料來源：3GPP

(一) 3GPP Stand Alone 技術標準

根據 3GPP 定義，5G NR 網路分別為非獨立組網(NSA)及獨立組網(SA)二種架構。目前全球多數電信運應商都以部署 5G NSA 網路為優先，亦即仍需使用 4G 演進式數據封包核心(Evolved Packet Core, EPC)，並整合 4G 基地臺及 5G NR 基地臺來提供 5G 網路服務。5G SA 架構採用以服務導向架構(Service Based Architecture, SBA)的核心網路架構，也更能體現 ITU 所規劃的 5G 三大應用場景，包括超可靠與低時延通訊 uRLLC、eMBB 及 mMTC。3GPP TS 23.501 文件內提出了 SA 的網路架構，如圖 2-8，相較於 3G/4G 網路架構，5G SA 網路採用 SBA 架構，用來提供多元的應用服務內容，5G SA 網路架構是由許多網路功能元件(Network Functions, NF)所組成，每一個 NF 都執行不同的任務，5G SA 網路的 NF 縮寫整理如表 2-4。

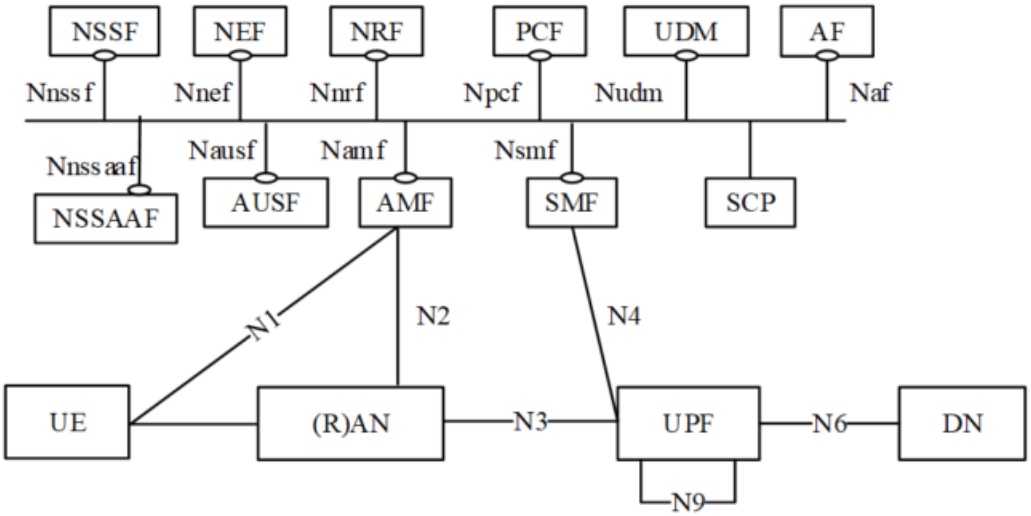


圖 2-8、3GPP TS 23.501 SA 網路架構

資料來源：3GPP TS 23.501

表 2-4、SA 網路架構縮寫整理

項次	縮寫	全名
1	AUSF	Authentication Server Function
2	AMF	Access and Mobility Management Function
3	DN	Data Network

4	NEF	Network Exposure Function
5	NRF	Network Repository Function
6	NSSAAF	Network Slice Specific Authentication and Authorization Function
7	NSSF	Network Slice Selection Function
8	PCF	Policy Control Function
9	SMF	Session Management Function
10	UDM	Unified Data Management
11	UPF	User Plane Function
12	AF	Application Function
13	UE	User Equipment
14	RAN	(Radio) Access Network
15	SCP	Service Communication Proxy

資料來源：3GPP TS 23.501

透過 SA 架構，3GPP 分別針對三大應用情境，提出了相關的文件，3GPP TR 22.861 針對 mMTC 進行描述，3GPP TR 22.862 針對 uRLLC 進行描述，3GPP TR 22.863 針對 eMBB 進行說明。各文件說明如下：

1、 eMBB

3GPP TR 22.863 描述了不同情境下，提出對 eMBB 的建議需求，該文件將 eMBB 分為幾大類，說明如下：

(1) 高速傳輸(Higher Data Rate)

高速傳輸為 eMBB 中主要的目標，高速傳輸包括了上下行鏈路的最大資料傳輸量、用戶體驗資料傳輸量，該相關指標將可以容忍行人移動速度(10 km/h)的影響，為了能與有線傳輸做競爭，3GPP 要求最大資料傳輸量需要 10 Gbps 以上，而用戶體驗資料傳輸量需達到 1 Gbps，相關的應用如 4K/8K UHD。

(2) 高密度(Higher Density)

該要求需要在單位面積內，能提供高速資料傳輸或能同時接受大量的裝置

聯網，該相關指標將可以容忍汽車移動速度(60 km/h)的影響，典型的應用為用戶可以上下載高容量資料傳輸量，用來應用在高解析度視訊會議。

(3) 高覆蓋範圍(Deployment and Coverage)

該要求需要提供較大的覆蓋範圍，包括室內/室外、區域連接與廣域連接，該相關指標將可以容忍移動速度(120 km/h)的影響，對於廣域連接而言，不論何時何地，系統需可以支援最小用戶體驗資料傳輸量達到 100 Mbps。

(4) 高移動速度(Higher User Mobility)

該要求需要提供高速移動速度，該相關指標將可以容忍移動速度(1,000 km/h)的影響，主要情境在汽車、火車與飛行器上使用娛樂媒體，其中在速度 200 km/h 汽車與速度 500 km/h 火車上，用戶體驗資料傳輸量能達到下行 50 Mbps 與上行 25 Mbps，而對於速度 1000 km/h 下，系統能提供下行 15 Mbps 與上行 7.5 Mbps。

(5) 裝置傳輸速度多樣性(Device with highly variable data rate)

該要求需要配合終端同時有多個應用服務時，能有效的調配不同資料傳輸量，該方式可以減少終端電池的損耗與封包標頭的浪費。

此外，3GPP TS 22.261 也針對不同環境下針對 eMBB 有不同的要求，整理如下表 2-5。其中，表中「人潮密集區域」用戶體驗資料傳輸量上行比下行大的主因為該情境為「人潮密集區域」，例如體育場或音樂會，用戶於該情境下常用網路來分享所見所聞，導致上行網路吞吐量需求較下行網路高。

表 2-5、3GPP TS 22.261 不同環境 eMBB 性能要求

情境	用戶體驗下行資料傳輸量	用戶體驗上行資料傳輸量	區域內下行資料容量	區域內上行資料容量	用戶速度
都市大區域	50 Mbit/s	25 Mbit/s	100 Gbit/s/km^2	50 Gbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具上(up to 120 km/h)
郊區大區域	50 Mbit/s	25 Mbit/s	1 Gbit/s/km^2	500 Mbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具

					上(up to 120 km/h)
室內熱點	1 Gbit/s	500 Mbit/s	15 Tbit/s/km^2	2 Tbit/s/km^2	行人
人潮密集區域	25 Mbit/s	50 Mbit/s	[3.75] Tbit/s/km^2	[7.5] Tbit/s/km^2	行人
密集都市	300 Mbit/s	50 Mbit/s	750 Gbit/s/km^2	125 Gbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具上(up to 60 km/h)
廣播服務	Maximum 200 Mbit/s (per TV channel)	N/A or modest (e.g. 500 kbit/s per user)	N/A	N/A	靜止用戶，行人與用戶在交通工具上(up to 500 km/h)
高速火車	50 Mbit/s	25 Mbit/s	15 Gbit/s/train	7.5 Gbit/s/train	用戶在高速火車上(up to 500 km/h)
高速交通工具	50 Mbit/s	25 Mbit/s	[100] Gbit/s/km^2	[50] Gbit/s/km^2	用戶在交通工具上 (up to 250 km/h)
飛機上連接	15 Mbit/s	7.5 Mbit/s	1.2 Gbit/s/plane	600 Mbit/s/plane	用戶在飛機上(up to 1,000 km/h)

資料來源：3GPP TS 22.261

2、 mMTC

3GPP TR 22.861 描述了不同應用情境下，提出對 mMTC 的說明，該文件將 mMTC 分為幾大類應用，包括了物聯網(Internet of Things, IoT)、智慧穿戴(Smart wearables)與感知網路(Sensor Network)，並以營運觀點(Operational aspects)、連接觀點(Connectivity aspects)來分析 mMTC。

從營運觀點來看，由於許多物聯網裝置已經存在於現行的網路系統，5G 的加入能提供更廣泛的應用，容納更多種類與需求的物聯網裝置，5G 網路能提供的應用情境說明如下：

(1) 裝置傳輸速度多樣性(Device with highly variable data rate)

一個簡單的終端裝置被安裝並啟用，例如智慧電表等應用，他能收集電力使用量，並提供定期的回報，也能讓用戶能及時了解用電狀態，是適合 5G 的應用

情境。

(2) 多樣的資料大小(variable data size)

當一個攝影機被架設在路口時，他會需要將不同的資料傳到不同目的的地方，即時影像傳輸時，則需要較大的頻寬，但如果只是要回報簡單的訊息給交通交管中心時，則採用較小的封包傳送即可，此封包多樣變化的應用情境，也適合採用 5G 網路來布建。

從連接觀點來看，物聯網裝置可能採用不同的方式來連結網路，可分為直接與 5G 網路連結(Direct 3GPP connection)或間接與 5G 網路連結(Indirect 3GPP connection)，如圖 2-9 所示。圖 2-9 中的穿戴裝置可以直接與基地臺連結或是採用中繼站方式，透過手機連結到 5G 基地臺，這兩種情境都需要被支援。

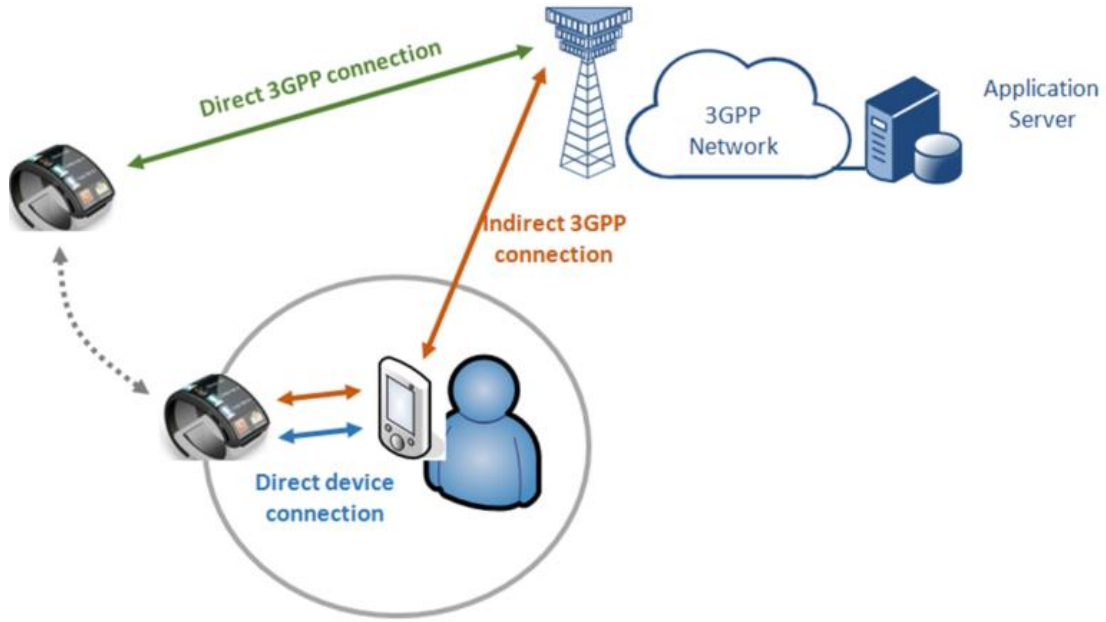


圖 2-9、穿戴裝置連接方式

資料來源：3GPP TR 22.861

此外，3GPP TS 22.261 也針對間接連網下針對 mMTC 有不同的要求，整理如下表 2-6。

表 2-6、mMTC 應用情境建議需求

情境	最大下行資料傳輸量	最大上行資料傳輸量	區域內用戶密度	範圍內單次中繼
居家情境	1 Gbit/s	500 Mbit/s	50 devices/house	室內 10 m
工廠感應器	100 kbit/s	5 Mbit/s	10,000 evices/factory	室內/金屬 30 m
智慧電表	100 bytes/15 mins	100 bytes/15 mins	200 devices/hectare	室內/深度室內 > 100 m
公眾安全	12 Mbit/s	12 Mbit/s	30 devices/building	室內(樓梯間) > 50 m
穿戴裝置	10 Mbit/s	10 Mbit/s	10 Wearables/100 m^2	室內/室外 10 m

資料來源：3GPP TS 22.261

3、 uRLLC

3GPP TR 22.862 描述了不同應用情境下，提出對 uRLLC 的說明，該文件將 uRLLC 區分為幾大類，包括了高可靠度與低延遲(Higher reliability and lower latency)、極低延遲(Very low latency)說明 uRLLC。

(1) 高可靠度與低延遲(Higher reliability and lower latency)

透過高可靠度與低延遲，可以實現遠端控制無人機(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)操控，這類的應用必須低延遲，但由於該類應用會由人進行操控，所以也不需要超低延遲來支援，此外工廠自動化也需要此類的要求，例如包裝機或印表機等固定工作。

(2) 極低延遲(Very low latency)

透過極低延遲，讓訊息能在傳送與接收間快速傳遞，這類應用包括了及時的 VR 應用，及時的遠端控制機器人或載具，也包含了遠端醫療照護和手術等。

此外，3GPP TS 22.261 也針對間接連網下針對 uRLLC 有不同的要求，整理如下表 2-7。

表 2-7、低延遲高可靠度應用服務需求

使用情境	最大允許延遲	服務資料傳輸量:用戶體驗資料傳輸量	可靠度	用戶速度
雲端/邊緣	5 ms	0.1 to [1] Gbit/s	99.99 % in uplink and 99.9 % in downlink	固定或行人
遊戲或互動資料交換	10 ms	0.1 to [1] Gbit/s	99.99 %	固定或行人
虛擬實境	[5 to 10] ms	0.1 to [10] Gbit/s	[99.99 %]	固定或行人

資料來源：3GPP TS 22.261

(二) 3GPP Network Slicing 技術標準

3GPP TR 23.799 於 Rel-14 時，就提出網路切片(Network Slicing, NS)的議題，並提出一些待解決的議題，如網路切片在漫遊狀態時要如何運作，以及如何選擇 NS，也包括 NS 服務如何建立、修改與刪除，因此 3GPP 建立了多個工作目標來討論 NS 相關議題，如表 2-8，此外該文件也提出一個網路切片的架構，如圖 2-10，根據本籍用戶伺服器(Home Subscriber Server, HSS)與營運商的規則下 NSSF 負責選擇一個適當的 Networl slice ID 給特定的用戶。

表 2-8、網路切片工作目標

工作目標 ID	工作目標	工作目標描述
NS_WT_#1	網路切片 Instance 選擇與分配	1) 初始網路切片 instance 選擇支援用戶的服務建立與重選機制來支援用戶行動 2) 網路切片 instance 識別 3) 網路切片用戶認證 網路與用戶提供協助來進行網路切片 instance 選擇
NS_WT_#2	網路切片隔離	1) 安全隔離 2) 資源隔離 3) OAM 隔離
NS_WT_#3	網路切片架構	1) 定義網路功能與介面來支援不同網路切片目標 2) 定義通用功能來支援用戶同時接取多個網路切片
NS_WT_#4	網路切片漫遊	1) 決定 visiting 與 home 網路漫遊功能

NS_WT_#5	網路切片術語與定義	1) 如果網路切片支援 E2E 系統，需要考慮新的接取與核心切片 instances.

資料來源：3GPP TR 23.799

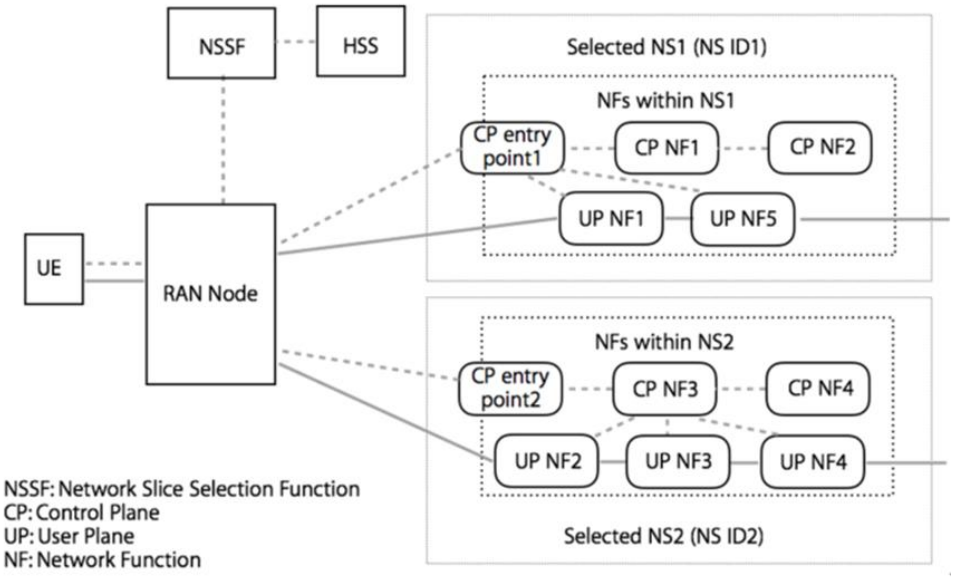


圖 2-10、Network slicing NSSF 選擇架構

資料來源：3GPP TR 23.799

在 5G SA 網路架構下，為了符合三大應用情境，可以採用 NS 來達到該目標，其中 NSSF 為網路切片中負責切片選擇的功能，在 3GPP TS 29.531 中，說明了網路切片的功能，NSSF 提供 AMF 與不同 PLMN 中的 NSSF 服務，如圖 2-11 所示。

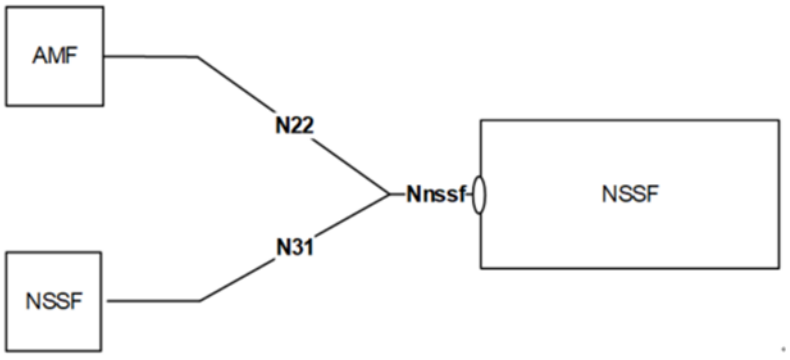


圖 2-11、NSSF 於 5G 系統架構

資料來源：3GPP TS 29.531

網路切片為了能辨別不同的應用場景，3GPP TS 23.003 說明了單一網路切

片選擇輔助訊息(Single Network Slice Selection Assistance Information, S-NSSAI)封包的架構，如圖 2-12，其中切片/服務類型(Slice/Service Type, SST)部分則顯示出不同的應用情境分類，SST 值說明如表 2-9。

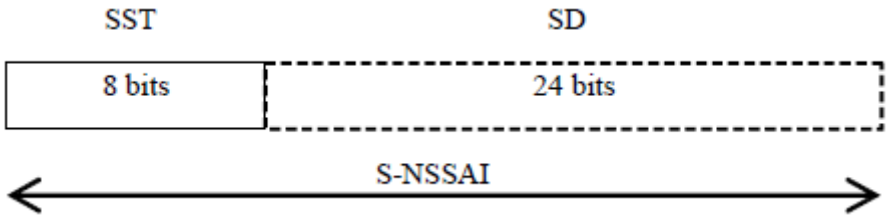


圖 2-12、S-NSSAI 封包架構

資料來源：3GPP TS 23.003

表 2-9、不同 SST 對應到不同的 NS 應用

切片/服務類型 (SST)	SST value	特性
eMBB	1	切片針對處理 5G 大頻寬
uRLLC	2	切片針對處理 5G 高可靠度與低延遲
mIoT	3	切片針對處理 5G 大量 IoT
V2X	4	切片針對處理 V2X 服務

資料來源：3GPP TS 23.501

第二節、 FWA 技術

5G 的出現被營運商視為一個機會，在結構融合之外，將網路的固定端和行動端進行融合，使固定和行動功能在共享基礎設施(例如 Cloud Center Office)上共存。特別是，功能融合為有線和無線會話提供了單一的控制平面。融合的動機各不相同，但包括：

- 為客戶提供無縫、接取獨立的服務體驗
- 實現多接取連接
- 簡化網路營運所需的網路功能集
- 實現共同的用戶管理
- 擴展其 5G 核心網的地理覆蓋範圍
- 擴展其固定接取的服務供應

5G NR FWA 可以補充(即備份)或替代銅纜或光纖方案，提供更高的用戶移動性和一致性服務體驗。由於固定無線接取沒有官方標準，營運商採用專有的供應商方案，結合了不同的頻譜和緩解干擾技術，以實現目標容量並降低每位元成本。為了讓有線網路與無線網路之間介接更為方便，3GPP、寬頻論壇(Broadband Forum, BBF)和美國有線電視實驗室(CableLabs)已聯合創建技術報告和規範，定義支援 5G WWC 架構所需的服務和系統。

一、 ITU

(一) 標準要求

FWA 是一種使用無線電頻譜連接互聯網來替代固定線路的方式，如圖 2-13。FWA 很大程度上重用了行動寬頻(Mobile Broadband, MBB)網路架構；FWA 網路由標準 3GPP 架構、包括 LTE/5G 基地臺和核心網路組成。然而，FWA 可能需要與 MBB 不同的架構最佳化。例如，對於 FWA 用戶，核心網路的用戶平面和控制平面設計可能不同。

FWA 服務支援的行動用戶較少，因此控制平面負載較低，需要輕型控制平

面節點。另一方面，用戶平面的數據消耗更高，分散式的用戶平面將有利於提高網路性能並降低傳輸成本。

在一般行動通訊架構下，基地臺需負責信號的發送和接收，利用光纖連接到集中式基頻處理池。通過這種方式，基頻處理池可以共享整體計算資源，便於負載均衡，適合流量變化大的情境。相較於流量較為固定之固網傳輸，集中式基頻處理池的效益在 FWA 的情境下，所能提供之效能增益較小，同時會增加前傳之傳輸成本。

因此，部署 FWA 需要考慮面向包括：

1. FWA 專用基地臺和頻率或在 FWA、MBB、IoT 和其他營運商服務之間共享基地臺和頻率。
2. FWA 專用核心網或與其他營運商服務共享。
3. 物理或虛擬化核心和無線電基地臺。
4. 基地臺的無線電和基頻處理的放置位置，以及核心網的用戶和控制平面組件。
5. 遠端(基地臺)站點與數據中心站點之間的傳輸類型。

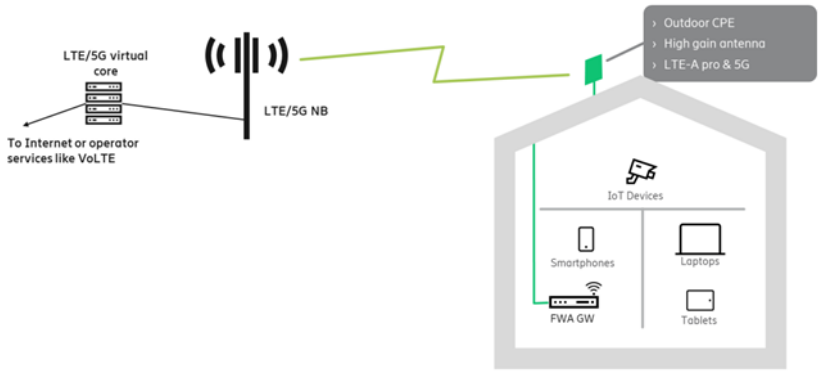


圖 2-13、固定無線接取(FWA)網路

資料來源：A Review of Fixed Wireless Access Technology And Economics

行動接取與固定接取的迅速發展提供了以用戶為中心的服務需求。多種接取方式的發展使得用戶可以跨越時間、空間和接取方式的限制使用多樣的網路服務，但是，眾多服務不可能用一種技術包辦全部，行動和固定接取技術應該並

存。

目前的傳統有線網路與 3GPP 行動網路有不同的“核心網路”。它們具有自己獨特的控制平面、用戶平面和服務交付功能，這些功能包括身分驗證、計費、IP 地址管理、策略控制和合法攔截。在 BBF 定義的有線網路中，“核心網路”包括一個寬頻網路閘道器(Broadband Network Gateway, BNG)，充當面向最終用戶的接取路由器並提供 IP 服務。最終用戶通常是部署了住宅閘道器/用戶終端設備(RG/CPE)的住宅客戶。RG/CPE 請求來自有線“核心網路”的連接，例如通過 DSL 或光纖接取，以便訪問 Internet、語音和網際網路協定電視(Internet Protocol Television, IPTV)服務。有線核心網還可以包括保存訂閱數據並參與連接授權的認證授權與計費(Authentication, Authorization and Accounting, AAA)伺服器，以及用於提供 IP 地址的動態主機配置協定(Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP)伺服器，如圖 2-14。

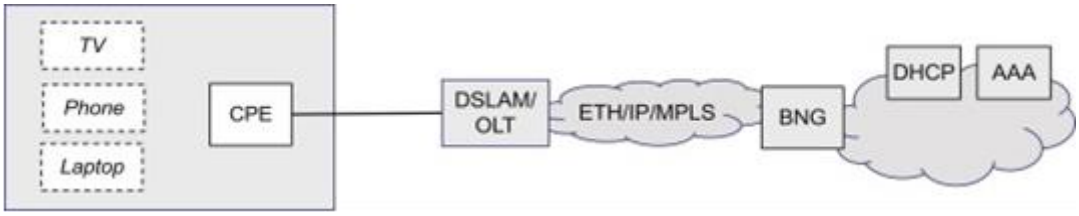


圖 2-14、典型的傳統有線接取

資料來源：BBF

為了應對數據量的高速增長，ITU-R 從 2012 年開始研究 5G 技術(系統需求規格定義在 IMT-2020 標準中)[2]。按照 ITU 的定義，5G 需要具備比 4G 更高的性能。5G 網路主要在室內和熱點區域提供覆蓋，與固定接取應用場景有了極大重疊性。

此外，10G 被動式光纖網路(Passive Optical Network, PON)逐漸成為 PON 網路的主流技術[3]，由於接取速率與 5G 具有很強的相似性，這使得 5G 核心網路

[2] ITU towards “IMT for 2020 and beyond”, https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx

[3] White Paper on 50G-PON Technology. https://res-www.zte.com.cn/mediares/zte/Files/PDF/white_book/White_Paper_on_50G-PON_Technology_20201210_EN.pdf?la=en

(5G Core, 5GC)能夠更好地支援固定行動融合(Fixed Mobile Convergence, FMC)。同時，IP 技術的廣泛應用使得固定和行動通信網路正在逐步向分層化、全 IP 化的網路架構演進，相似的網路結構和介面協定為固定通信網路和行動通信網路的融合奠定了基礎。而且，5G 網路採用了最新的 SDN、NFV 和雲計算技術，實現了以 IT 技術為基礎的雲端化架構的 5GC，大大地減少對接取網路技術的依賴以應對熱點區域的流量暴增，易於整合未來的新興服務[4]。

目前，國際上許多標準化組織都紛紛提出對 5G 時代固定行動融合(FMC)的看法，並著手制定一些基於固定和行動網路融合的標準。國際電信聯盟(ITU)在 ITU-T Y.3130 中視 FMC 為 5G 的必選項[5,6]。ITU-T Y.3130 規定了與服務相關的要求，例如統一用戶身分、統一計費、業務連續性和保障服務品質的支援、網路能力需求諸如控制平面融合、用戶數據管理等，以及基於雲的基礎設施，以支援 IMT-2020 網路中的固定行動融合；IMT-2020 標準規劃其核心網路可適用於新無線電接取技術以及現有的固定和無線網路(例如無線區域網路(Wireless Local Area Network, WLAN))。此核心網使用通用控制機制，與接取技術無關。通過 IMT-2020 網路提供的 FMC，最終用戶可以享受無縫服務體驗和無處不在的服務可用性，服務提供商可以為固定和行動接取網路提供無縫服務。FMC 提供了 IMT-2020 網路中的不同接取網路之間協調的可能性，以實現具有以下特點的網路。

1. 通過固定接取和行動接取的協調實現靈活的網路連接，例如流量從行動接取網路分流到固定接取網路；
2. 實現固定和行動網路的融合網路功能或能力，例如，統一收費；
3. 在固定網路和行動網路之間共享基礎設施資源；
4. 在固定和行動網路之間共享共同的增值服務；
5. 減少資本支出(Capital Expenditure, CAPEX)和營運費用(Operating Expense, OPEX)，例如，共享一般性用戶資料數據，以及常用功能如收費等。

[4] IMT-2020(5G) https://www.itu.int/pub/T-TUT-IMT.
[5] ITU-T Y.3101. Requirements of the IMT-2020 fixed mobile convergence.
[6] ITU-T Q.1762/Y.2802. Fixed-mobile convergence general requirements.

為了達到以上的網路功能，FMC 網路需要提供的服務要求包括：

1. 統一用戶身分

使用統一的用戶身分，對用戶體驗是一個重大的改進。統一用戶身分可提供功能如下：

(1) 支援最終用戶的單一身分識別。

(2) 支援最終用戶的單一身分驗證和授權。

(3) 統一計費。

2. 保證服務連續性和服務品質

當發生固定和行動網路之間的切換，無論切換是由網路側或用戶側開始，服務連續性可支援無縫服務體驗。而且，服務連續性可支援從單一接取網路轉換到具有不同接取網路技術的多個接取網路的無縫服務體驗。保證的 QoS 可支援單路和多路接取網路連接。

(二) 技術融合

1. 控制平面融合

(1) 認證與授權：IMT-2020 FMC 網路需要為認證和授權數據提供統一的儲存功能，並提供統一的認證和授權框架。

(2) QoS 控制：IMT-2020 FMC 網路需要統一測量的功能(如頻寬、延遲)。以達到統一 QoS 策略管理。其中 QoS 決策位於控制平面，而分散式的 QoS 執行點位於用戶平面。

(3) 收費：為單一用戶在固定與行動網路整合費用資訊。

(4) 會話管理：FMC 網路能夠選擇接取網路來傳輸資料。而且能夠將資料拆分，經由不同的接取網路傳送。

(5) 移動性管理：FMC 網路能夠支援統一的行動狀態管理，維持會話連續性。例如用戶端設備在單一網路內行動(NR 網路)以及不同網路間行動(固定網路與行動網路)，可以改變設備的接取點。

2. 用戶資料管理

用戶數據儲存的位置和結構在不同的接取網路中有所不同。例如，在固定網路中，用戶數據儲存在認證授權與計費(AAA)伺服器，而在 4G 網路中，資料則是在 HSS 伺服器儲存和管理。這種數據分離導致數據冗餘和服務開發困難等缺點。FMC 網路需要能統一管理用戶資料。

3. 網路功能揭露

在網路營運商設定的能力限制內，為了允許第三方訪問有關 IMT-2020 網路提供的服務訊息，動態制訂不同需求的網路能力，IMT-2020 FMC 網路要能夠提供網路資訊，資訊包括用戶接取類型(如單一接取(固定網路或行動網路)、多路接取(固定網路與行動網路))。

4. 基於雲的基礎設施

基於雲的網路基礎設施是一組互連的多層數據中心(例如，邊緣數據中心、核心數據中心)，具有通用標準化硬體、集中管理和 NFV 和 SDN 技術支援。IMT-2020 FMC 網路可部署在基於雲的網路基礎設施上，以支援靈活和自動化。

二、 3GPP、BBF

(一) 標準演進

2016-2017 年，BBF 和 3GPP 開始討論 5G 網路融合的可能性，即 RG 從 5G 核心獲得連接服務，基本上用 5G 核心網(SMF、UPF、UDM 等)取代傳統的有線核心網(BNG、AAA、DHCP 等)。

2016 年，BBF 向 3GPP 發起聯絡函，聯合 3GPP 共同推動 FMC 的研究[7]。2017 年 6 月份的 3GPP SA 全會上已經立項相關研究課題[8]。基於 3GPP 和 BBF 之間的初步討論，WWC 的工作於 3GPP Rel-16 開始。這個想法是根據每個小組

[7] BBF –5G Fixe Mobile Convergence, https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201707/Documents/Manuel-Paul-5G-Convergence.pdf

[8] 3GPP TR 23.716. Study on the Wireless and Wireline Convergence for the 5G system (5GS) architecture.

的專業知識和範圍來劃分工作。3GPP 定義 5GC 所需的擴展，而 BBF 將定義 RG 和有線接取網路相關的特定接取方面。後來的 CableLabs 指定了有線電纜接取，也為 3GPP 工作做出了貢獻。因此，WWC 的工作定義對 5GC 有線集成的支援。BBF 的 5G FMC 方案為 5GC 網路增強了支援有線接取的能力[9]。BBF 確定了三套主要技術規範，包括 5G 有線與無線融合架構(TR-470)、接取閘道器功能(Access Gateway Function, AGF)要求(TR-456)和設備數據模型(TR-181)。為 FMC、AGF 和 CPE(支援 5G 的路由器)提供功能和介面。

BBF 的 TR-456 和 CableLabs WR-TR-5WWC-ARCH[10]指定了 AGF，以支援原本由寬頻遠端接取伺服器(Broadband Remote Access Server, BRAS)和 BNG 提供的功能。AGF 為固定網路和 5G RG 提供 AAA 服務以及分層流量限制和監管，閘道器經由 5GC 網內的 UPF 提供服務。雖然策略和用戶資料庫是當今有線寬頻網路中不同的元素，但在 5G 基於服務的架構(Service Based Architecture, SBA)下，資源(例如政策控制功能(Policy Control Function, PCF)和認證伺服器功能(Authentication Server Function, AUSF))能夠在行動設備、固定無線和有線接取網路之間共享。

文件 TR-470 由 BBF 與 3GPP 一起製作，描述了 5G FMC 架構，為網路架構師和規劃人員提供了指南，並使固定和行動功能能夠在共享基礎設施上共存。這將促進多接取連接，並為消費者提供無縫、獨立於接取的服務體驗。文件 TR-456 描述了 AGF 的功能要求。AGF 位於固定接取網和 5G 核心網之間，支援 5G 和有線住宅閘道器，創建真正的融合部署。

相關 BBF 與 3GPP 所制定的有線與無線融合規範如圖 2-15 所示，FMC 標準化時程如圖 2-16 所示。

[9] BBF SD-407. 5G Fixed Mobile Convergence.

[10] CableLabs WR-TR-5WWC-ARCH: "5G Wireless Wireline Converged Core Architecture"

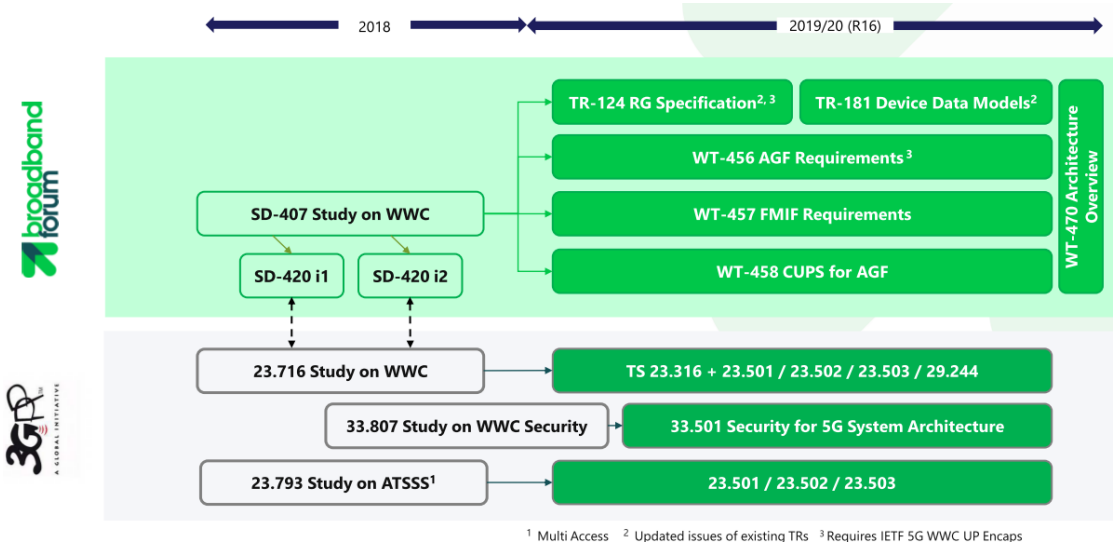


圖 2-15、有線與無線融合(WWC)標準文件

資料來源：BBF

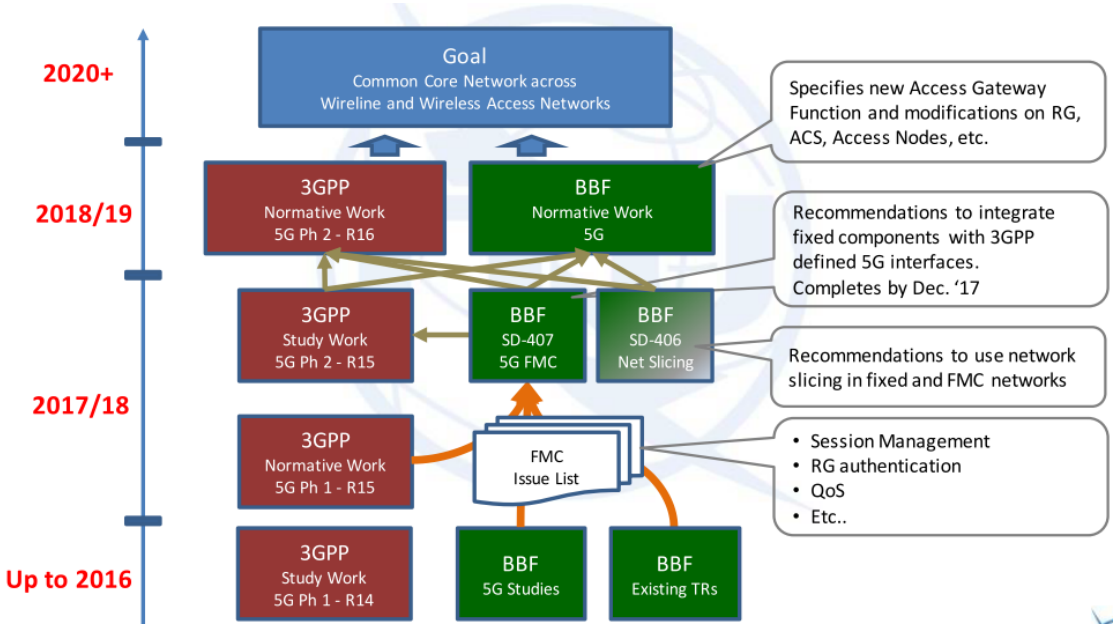


圖 2-16、5G-FMC 標準化時程表

資料來源：ITU

由 3GPP 和 BBF 共同定義的用於 FMC 的 5G WWC 架構[11]，定義了功能和介面，來實現 3GPP 第 16 版的案例，包括有線接取到 5G 核心網的網路功能。WWC 支援多種部署場景，以支援不同的網路環境、起點和優先級，以及不同的 RG 類型、接取網路和與 5G 核心網的介面模型。作為這些場景的一部分，支援

[11] ITU towards "IMT for 2020 and beyond", https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx

3GPP 程序的設備通過 LAN 中的 Wi-Fi 和/或通過無線電接取網路(Radio Access Network, RAN)連接到 RG，也可以接取 5G 核心網路。

為了使協力廠商能夠訪問有關 5G 網路提供的功能資訊(例如連接、QoS 和移動性資訊)，並在規定的範圍內動態自訂針對各種案例的網路功能，3GPP 定義了支援 5G 網路所需要的功能。

1、 支援 FMC 的 5G 核心網路

在以前的行動網路中，在引入無線新技術的同時，會推出一種新型的核心網路，因此，新的核心網路和原系統核心網路之間需要進行互動一直是一種技術挑戰。5G 核心網路具有與接取網路技術無關的共同控制機制(如網路連接和認證機制)，通過多接取網的多連接可以提高網路的傳輸性能。5G 網路需要支援新的 5G 接取，傳統的 4G/3G 接取、Wi-Fi 接取網路和固定寬頻接取網路，可以分別採用獨立的核心網切片來支援這些不同的接取方式。

考慮到 5GC 與現有有線核心網路共存仍然很重要，也可以採用交互操作模型，在此模型中，有線核心網路繼續提供用戶管理和 IP 功能，但 5G 固定行動交互功能通過連接有線核心網路到融合的核心網路。這樣可以儘量保護營運商的現有投資，尤其對固網的改動最小，不用改動住宅閘道器。

在 3GPP TS 23.502 文件中定義了 5GC 的元件功能，其中包括了 3GPP 與非 3GPP 設備之間的互動流程。圖 2-17 描述了 3GPP 和非 3GPP 接取中的雙重註冊流程。描述當 UE 已經在非 3GPP 接取網路中註冊時，如何切換到 3GPP 接取網路。

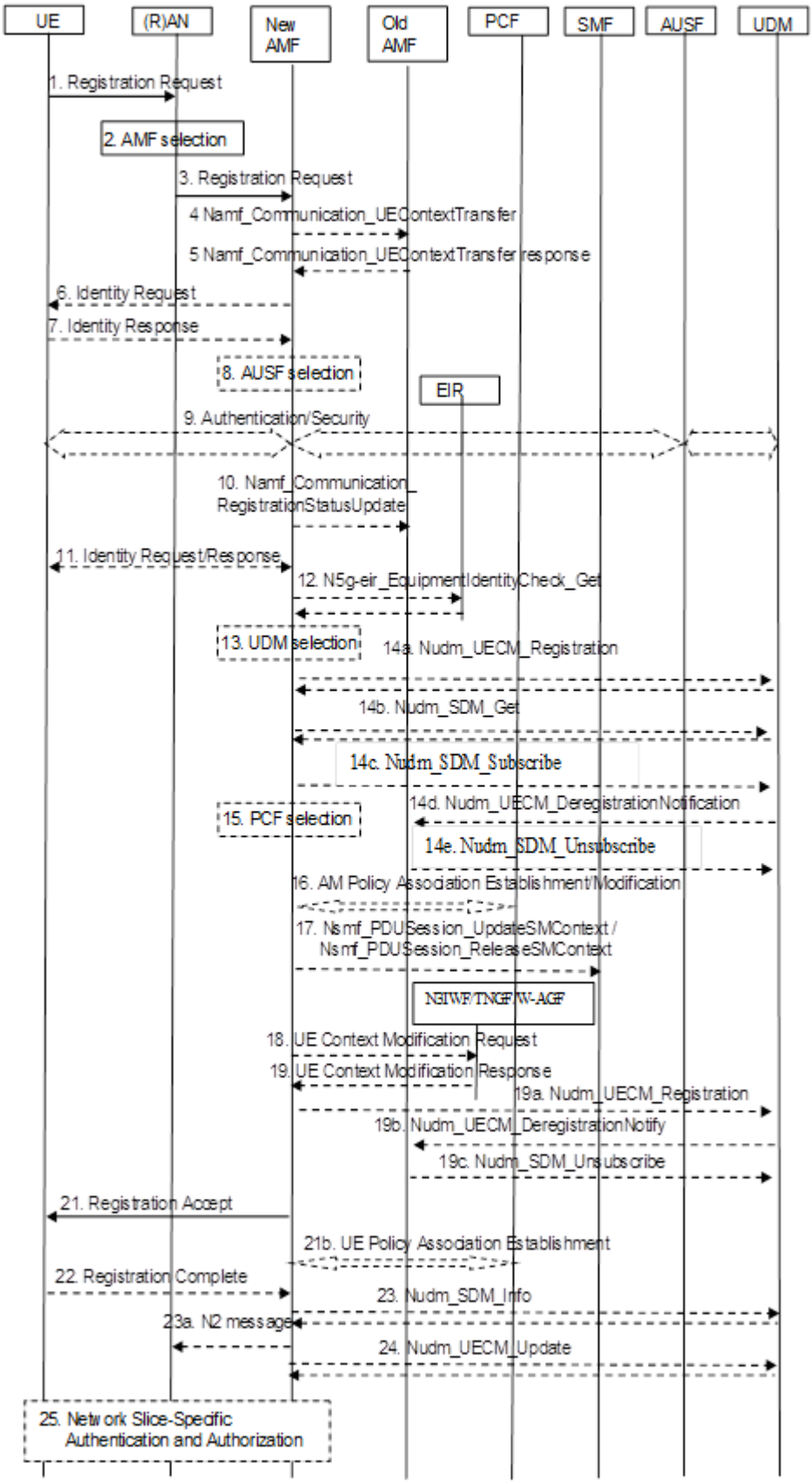


圖 2-17、3GPP 和非 3GPP 接取的雙重註冊流程

資料來源：3GPP TS 23.502

2、 支援 FMC 的 5G 業務網路

對於語音業務，網際網路協定多媒體子系統(Internet Protocol Multimedia Subsystem, IMS)可以統一為行動和固定用戶服務，提供類似於 4G 階段的行動固定融合業務 VoWi-Fi。對於視訊業務(IPTV 等)，目前固定接取網路已經成熟地提供 IPTV 視訊業務，但是行動網路尚未提供 IPTV 等業務，5G 網路具備大頻寬能力，5G 時代的行動固定融合的 IPTV 業務網路成為可能。當固定接取也通過 5GC 來實現時，則技術上也能為固定用戶提供邊緣計算業務。

5G FWA 中 IPTV STB 的呼叫流程如下所述(如圖 2-18)。

(1) 5G 住宅閘道器(5G Residential Gateway, 5G-RG)執行註冊和會話管理程序。

(2) IPTV STB 向 5G-RG 請求 IP 地址和/或首碼。

(3) IPTV STB 執行額外的註冊過程。

(4) 最終用戶執行通道請求，STB 執行對 5GC 的網際網路群組管理協定/群播收聽器探索協定(Internet Group Management Protocol/Multicast Listener Discovery, IGMP/MLD)請求。

(5) 如果有多個 STB，5G-RG 可以執行 IGMP/MLD 代理/探聽功能。5G-RG 將代理 IGMP/MLD 請求。在 IPv4 的情況下，PDU 會話被分配一個 Ipv4 地址。在 Ipv6 的情況下，被分配了廣域網路(Wide Area Network, WAN)介面的鏈路本地地址。5GC 最多向 5G-RG 發送一個(S,G)群播群組。5G-RG 為請求相同(S,G)的多個 STB 複製群播(S,G)訊息。在 5G-RG 不執行代理的情況下，它會橋接來自 STB IGMP/MLD 請求。每個 STB 都需要自己單獨的 PDU 會話。

(6) 5G-RG 發起了(S,G)請求，5GC 將在每個 PDU 會話上發送群播流量。如果 5G-RG 在“N”個 PDU 會話中請求相同的(S,G)，則 5GC 預計在每個 PDU 會話上發送相同(S,G)的流量副本。

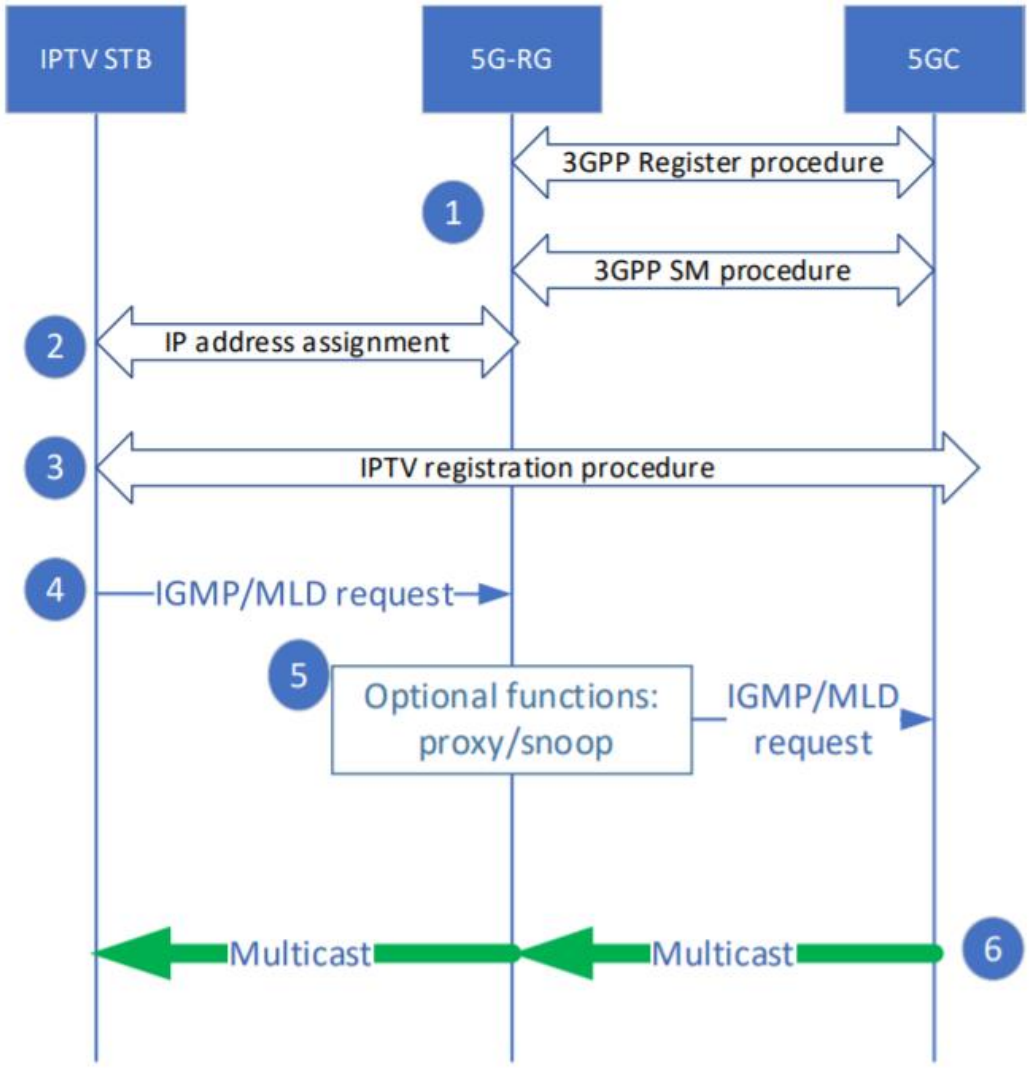


圖 2-18、5G FWA 中 IPTV STB 的呼叫流程

資料來源：BBF TR-470

3、 支援 FMC 的 5G 接取網路

除了通過 5GC 進行 FMC 以外，可以通過無線網進行行動固定融合，一個是 5G 基地臺支援 Wi-Fi 接取，通過 Wi-Fi 實現分流；另一個是 5G 基地臺支援無線固定接取，通過無線方式為用戶家庭的用戶終端設備(Customer Premises Equipment, CPE)設備提供寬頻接取(如 FWA)，包括頻率選擇策略、5G 針對固定寬頻接取的最佳化、資源配置、基地臺的組網方案等。

混合接取是指 5G RG 同時通過 3GPP 接取和非 3GPP 接取連接到 5GC 的場景，如圖 2-19。它不僅可以通過在兩個接取網路之間分配流量來增加 5GC 提供

的頻寬，還可以在故障情況下提供服務連續性。

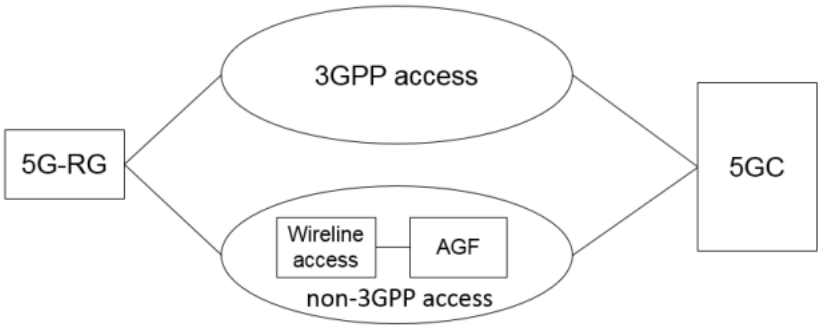


圖 2-19、5G-RG 的混合接取

資料來源：BBF TR-470

其中，基於單一接取 PDU 會話的混合接取服務在給定時間只能使用一次接取，即 3GPP 接取或有線接取。這些會話可以在兩種接取類型之間切換，同時保持會話/服務的連續性。這意味著 PDU 會話錨點與 AGF 或 3GPP 接取之間的單個 N3/N9 隧道以及在這些接取網路之間行動隧道的能力。單一接取 PDU 會話使 5G-RG 能夠在可用接取之間行動所有 PDU 會話，例如，從非 3GPP 到 3GPP，圖 2-20 顯示 5G RG 觸發的切換程序，觸發從有線接取到無線接取的切換。

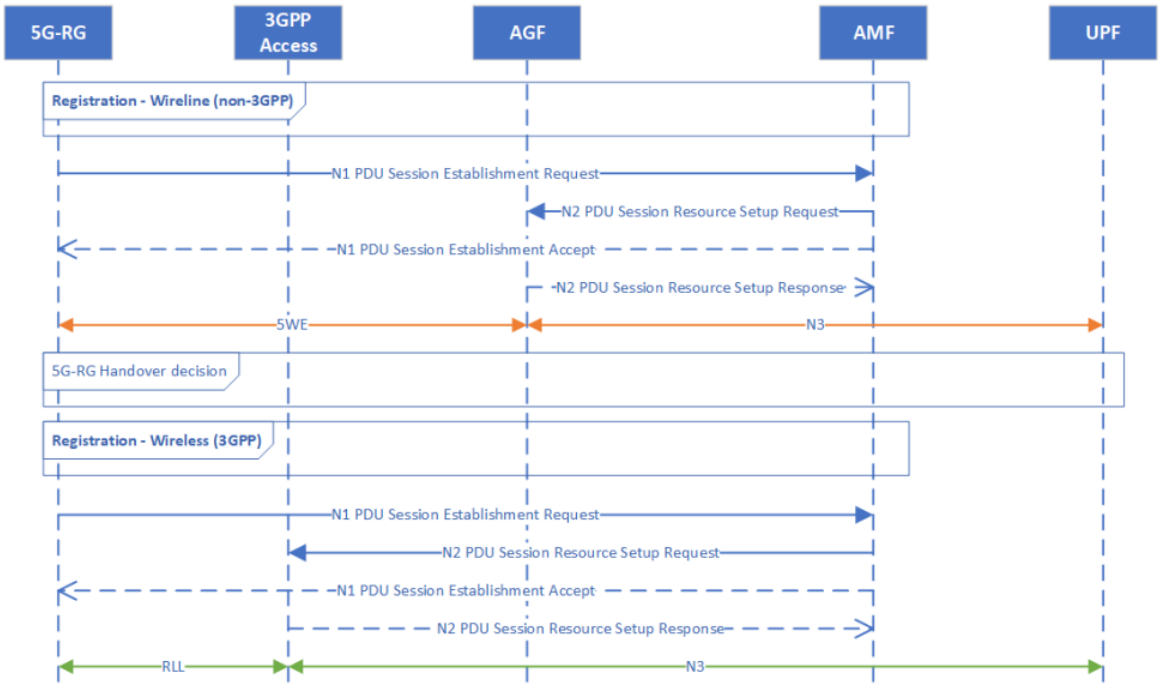


圖 2-20、在單接取 PDU 會話上具有混合接取的 5G RG 程序(包括切換)

資料來源：BBF TR-470

(二) 業務區分

WWC 包括業務層面和網路層面的需求，業務層面主要是統一用戶帳號和認證、統一計費、業務連續性保障以及業務體驗一致性等，網路層面包括統一網路架構下的網路建設與降低維運成本。

4G 時代，通過接取統一的 EPC 融合核心網，實現了 Wi-Fi 與 LTE 之間的交互操作。但是實際部署的營運商很少，主要應用場景是提供 VoWi-Fi，為用戶提供語音業務在 LTE 和 Wi-Fi 之間的移動性。

在 5G 時代，擴大了固定接取的範圍。除了傳統意義上的 Wi-Fi 接取，還包括了其他固定接取方式。通過融合 5GC 實現行動固定融合；支援 5GC 切片、支援服務化/虛擬化，也為今後支援 FMC 提供了極大的網路部署靈活性。在這種集成模型中，融合 5GC 提供傳統上由有線核心網路提供的功能。下面將介紹兩種採用融合 5GC 的 FMC 業務場景，這兩種業務的呼叫流程可參考圖 2-20，除了單一接取 PDU 會話的混合接取服務(PDU 連接服務可以一次使用一個接取)，也可以同時使用 3GPP 接取和非 3GPP 接取。在同時接取的情況下，PDU 會話同時與兩個獨立的 N3/N9 隧道相關聯。來自 5G-RG 的多路訪問 PDU 會話使用相同的 SMF 和相同的 UPF。在 UPF 與 AGF 共存的情況下，組合的 UPF 需要能夠支援 3GPP 接取 PDU 會話和其他混合接取要求。

1、 經過固定或/和行動接取的固定業務

固定寬頻服務的終端(如 CPE、RG)可由融合 5GC 進行全域控制，並可通過固定和行動接取連網。支援固定接取的 CPE 終端類型，包括單純固定接取 CPE、單純行動接取 CPE(5G+Wi-Fi)、多接取 CPE(固定+5G+Wi-Fi)。CPE 類型分為兩類：固定網路 RG(Fixed Network-RG)，它們是可能已經部署且不支援 3GPP 過程的 RG；和 5G-RG 是已增強支援 5G 控制平面並直接與 5G 核心通信。5G-RG 可以僅具有有線、僅無線(FWA)或兩種類型的 WAN 介面。支援 5G 的 RG 是可以支援任一操作模式的 RG：5G-RG 和固定網路住宅閘道器(Fixed Network Residential Gateway, FN-RG)。這使 RG 能夠回退到 FN-RG 模式，以防網路不支

援 5G WWC。

採用 5GC 的 FMC 固定業務舉例說明如下，用戶可以有一個可攜式 RG，在家的時候，用戶可以接取固定的寬頻服務，出去的時候，用戶可以帶著這個 RG，並可以通過行動接取連接網路。用戶可以使用相同的身分連接到 RG 創建的 Wi-Fi 熱點的終端上網，RG 可以訪問同一營運商提供的 5GC 網路，得到統一的帳單。

還有一種情況是連接到固定寬頻線路的 RG 同時在家中提供有線 LAN 和 Wi-Fi 連接。用戶正在看電視，電視通過有線 LAN 介面連接到 RG，同時通過 Wi-Fi 用手機在 IMS 的基礎上進行語音通話。如果 5G 網路檢測到此 RG 的固定接取網提供的頻寬不足以支援電視服務和語音呼叫服務，在 5GC 的控制下，RG 同時通過行動設備接取行動網路(不釋放已存在的固定連接)，以擴大頻寬，從而滿足其所提供的服務的要求。

2、 經過固定或/和行動接取的行動業務

行動寬頻服務的終端(如手機)可由融合 5G 進行全域控制，並可通過固定和行動接取融合 5GC 連網。

採用 5GC 的 FMC 行動業務舉例說明如下，行動寬頻服務的用戶正在通過 5GC 基於 IMS 進行語音呼叫。當用戶走進他的房子時，手機覆蓋太弱，無法為這個電話提供足夠的頻寬。融合 5G 檢測到這種情況，可以將行動設備無縫切換到 RG 在家中提供的 Wi-Fi 熱點。語音對話仍在繼續，此對話的所有封包都不會丟失。

還有一個例子，用戶可以通過行動寬頻訪問多種類型的服務(例如資料服務和語音服務)。當用戶啟動語音呼叫時，將選擇行動連接並將其用於語音服務。同時當用戶啟動多媒體檔下載時，將選擇固定連接並將其用於資料下載流量。

通過 5GC 提供的 FMC，最終用戶可以享受無縫的服務體驗和無處不在的服務可用性，服務提供者可以為固定和行動接取網路提供無縫的服務實現。

(三) 技術融合

從 5G 雲端化架構來看，融合包括了控制平面、轉發平面、能力開放介面的融合。

1、 控制面的融合

用戶平面和控制平面的分離是 5G 網路架構的關鍵設計原則，它將網路元件功能(例如服務閘道器(Serving Gateway, SGW)、寬頻遠端接取伺服器(Broadband Remote Access Server, BRAS)等)分離為控制平面功能和用戶平面功能。控制平面執行大部分的控制邏輯，用戶平面主要在控制平面的指示下提供封包交換。

5GC 的控制與轉發分離適用於行動固定融合場景的部署，其中控制面的 3A 認證、QoS 控制、計費和移動性管理等機制可以進行融合。

2、 轉發面的融合

用戶資料儲存的位置和結構在不同的接取網中有所不同。例如，固定用戶資料儲存在固定網路的認證授權與計費(AAA)伺服器中，而行動用戶資料儲存在 4G 網路的 HSS 中。這種資料分離會導致資料冗餘和服務開發困難等缺點。因此，統一的資料庫可以降低維護成本，為服務開發和資料分析提供更快的條件。

FMC 的用戶資料管理需要一個 5G FMC 網路來支援單一的集中用戶資料儲存，以便最終用戶使用固定和行動接取技術訪問 5GC 網路。

3、 能力開放介面的融合

WWC 需要進行實質性的架構和營運轉型，因為某些資產是共享的，而不是根據接取類型專用。這種轉型必須考慮到有線用戶的龐大安裝基數，因此，寬頻線路遷移是 5G WWC 架構的一個主要面向。在 3GPP 第 15 版中，5G 核心網的目標是成為所有接取的“通用核心網”。N1、N2 和 N3 介面主要用於下世代無線電接取網路(Next Generation Radio Access Network, NG-RAN)，但重新用於不受信任的非 3GPP 接取。因此，很自然地以類似的方式將有線接取作為另一種非

3GPP 接取。但是，在涉及有線接取時，有幾個重要方面需要考慮：

(1) 對接取網路的影響

許多有線營運商通過第三方實體獲得銅纜和光纖的接取，這意味著 5GC 和 RG 之間的介入網路。因此，支援 5G 的新協議和程序需要讓它們可以通過現有接取網路並集成到現有操作程序中。

(2) 對現有業務的影響

並非所有業務都由接取網中的 BNG 提供，也並非所有營運商都會在 5G 版本中重新實現所有業務。同時，在 5G 環境中也需要考慮 RG 的配置和管理。因此，設計上使 BBF TR-69/369 配合 5GC，以提供增強的 RG 管理平台。

(3) 對 RG 的影響

許多有線營運商擁有大量安裝了傳統 RG 的客戶群，因此希望有一種融合解決方案，既不需要一次性更換所有這些 RG，也不需要在正常業務週期之外更換。以及，需要一種在更換所有 RG 之前可以將核心網路升級到 5GC 的遷移策略。因此，3GPP 和 BBF 同意支援兩種場景：

a) 支援 5G 的 RG(5G 住宅閘道器，稱為 5G-RG)，其中 RG 充當 UE 並使用 N1 請求訪問 5GC。該場景需要 RGs 支援 3GPP 特定功能，例如非接取層(Non-Access Stratum, NAS) N1，即具有新功能的 RGs。

b) 傳統 RG(固定網路住宅閘道器，稱為 FN-RG)，不具有任何 5G 或 3GPP 特定功能。這些 FN-RG 使用傳統機制來訪問傳統有線核心網路(例如乙太網路的點對點協定(Point-to-Point Protocol over Ethernet, PPPoE)或乙太網路的互聯網協定(Internet Protocol over Ethernet, IPoE))。

圖 2-21 說明了實現 BBF 和 3GPP Rel-16 WWC 工作所提出的案例所需要的功能和介面[12]。

[12] BBF TR-470, https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-470.pdf

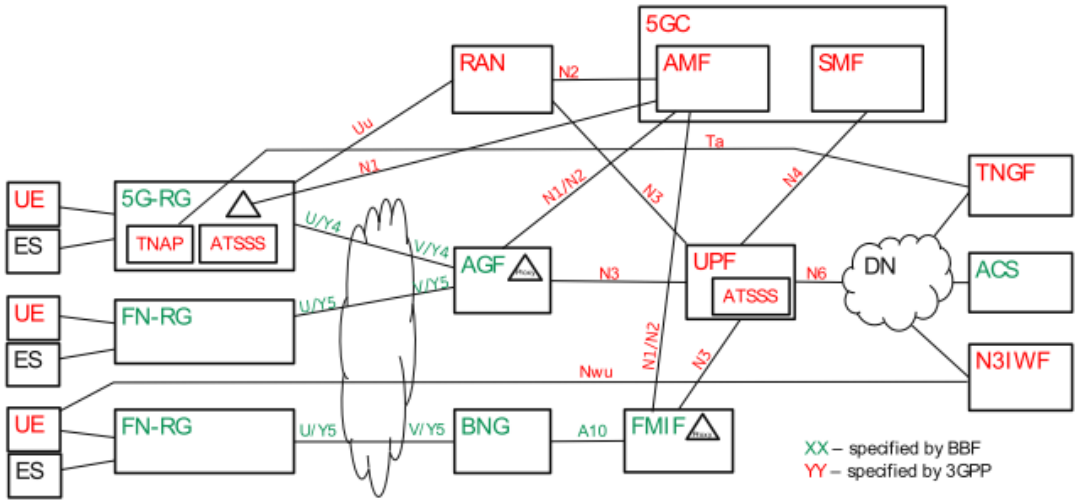


圖 2-21、顯示不同功能的 WWC 架構概述

資料來源：BBF TR-470

功能方塊概述如下表 2-10

表 2-10、WWC 功能方塊概述

5G-RG	5G Residential Gateway。5G-RG 是通過 5G 功能(如 QoS 處理、NAS 堆疊)以及可能的附加功能(如帶 ATSSS 的多址 PDU 等)來增強的 RG。5G-RG 具有 BBF TR-124i6 的“5G-WWC”要求中描述的 5G 特定要求。5G-RG 支援 FN-RG 要求，以防由於網路側缺乏 5G WWC 支援而無法作為 5G-RG 運行。
5GC	5G Core。5G 核心網承載了 5G 系統的所有非接取功能。文件 TS 23.501、TS 23.502 和 TS 23.503 提供了 5G 系統的第 2 階段描述。TS 23.316 描述了支援 WWC 架構的特定 5GC 要求。
ACS	Auto Configuration Server。自動配置伺服器使用 BBF TR-069/369 協議提供對 FN-RG 和 5G-RG 設備的管理。BBF TR-069 和 TR-369 定義遠端控制終端設備的通訊協定。BBF TR-181 提供了數據模型。
AGF	Access Gateway Function。AGF 是將有線接取網路連接到 5GC 的功能。AGF 可支援 5G-RG(直接模式)和 FN-RG(自我調整模式)。對於後者，AGF 為 FN RGs 提供 NAS 功能(N1 介面)。BBF TR-456 中規定了 AGF。
AMF	Access and Mobility Management Function。AMF 的功能在 TS 23.501 的第 6.2.1 節中有詳細描述。AMF 提供的一些功能包括註冊、連接、可達性管理等。
ATSSS	Access Traffic Steering Switching Splitting。TS 23.501 中的第 5.32 節詳細描述了對 ATSSS 機制的支援。任何類型的接取網路都可以支援此功能，並支援多路訪問(MA) PDU 連接服務。
BNG	Broadband Network Gateway。傳統的有線接取 IP 邊緣。首先在 BBF TR-101 中指定，它在 BBF TR 的 177、178、187 等中增加了附加功能。
DN	Data Network 數據網路。TS 23.501 第 4.2.2 條描述了該網路功能，包括營運商服務、互聯網接取或協力廠商服務。
ES	End System。家庭中由 FN-RG 或 5G-RG 支援的不使用 3GPP 5G 程序的連網設

	備。
FMIF	Fixed Mobile Interworking Function。從 BBF A10 介面接收的訂戶流量並將其適應 5G 核心的功能使能互通，請參閱 WT-457。
FN-RG	Fixed Network Residential Gateway。FN-RG 是一個住宅閘道器，它將家庭 LAN 連接到 WAN，而不使用 5G NAS。FN-RG 沒有 N1 介面。FN-RG 中實現的功能將遵循 TR-124 規範，支援所選的“點菜式”設備設定檔的組合。
N3IWF	Non-3GPP access Interworking Function。N3IWF 的功能在 TS 23.501 的第 6.2.9 節中有詳細描述。N3IWF 提供的一些功能包括支援與 UE 建立 Ipsec 隧道、終止 N2 和 N3 介面到 5GC 控制和用戶平面、處理來自 SMF 的 N2 信令等。
RAN	Radio Access Network。根據 TS 23.501 中的第 3.1 條，由連接到 5G 核心網路的 NG-RAN 和/或非 3GPP AN 組成的接取網路。
SMF	Session Management Function。連結管理功能。SMF 的功能在 TS 23.501 的第 6.2.2 節中有詳細描述。SMF 提供的一些功能包括會話管理、UE IP 地址分配和管理、DHCPv4 和 DHCPv6 功能、響應分配和保留優先順序(Allocation and Retention Priority, ARP)請求、UP 功能的選擇和控制等。
TNAP	Trusted Non-3GPP Access Point。TNAP 為在家庭中使用 3GPP 程序和對 5GC 的可信賴訪問的設備提供 5G-RG 端支援。TNAP 程序在 TS 23.502 條款 4.12a 中描述。
TNGF	Trusted Non-3GPP Gateway Function。可信賴非 3GPP 閘道器功能。TNGF 為在家庭中使用 3GPP 程序和對 5GC 的可信賴訪問的設備提供網路端支援。TNGF 在 TS 23.501 條款 6.2.9A 中描述，過程在 TS 23.502 條款 4.12a 中描述。
UE	支援 5G 的用戶設備。使用 3GPP 5G 程序的連網設備。
UPF	User Plane Function。UPF 的功能在 TS 23.501 的第 6.2.3 節中有詳細描述。UPF 提供的一些功能包括：響應 SMF 請求分配 UE IP 地址、與 DN 互連的外部 PDU 會話點、用戶平面策略規則實施、上行和下行流量記帳中的傳輸級別標記。UPF 可以與 AGF(co-located AGF-UPF)結合使用。

資料來源：BBF TR-470

AGF 是 BBF 和 CableLabs 指定的有線接取網路中的功能。它就像一個 RAN 節點，支援 N2 和 N3 走向 5GC，並在 RG 和 UPF 之間中繼數據流量。AGF 某種程度上功能有些差異，取決於要服務的是 FN-RG 還是 5G-RG。Y4 介面由 BBF 和 CableLabs 定義，是支援 5G 能力的新介面，例如 NAS 傳輸並基於乙太網和 IP 協議。另一方面，Y5 介面是沒有特定 5G 功能並使用現有有線會話模型和協議的傳統介面。如上所述，5G-RG 充當 UE，包括對 NAS 的支援。因此，5G-RG 將向網路註冊並請求建立 PDU 會話。AGF 支援面向 5G-RG(Y4)的特定接取介面，並在 5GC 中中繼 5G-RG 和 AMF 之間的 NAS 信令(N1 介面)。FN-RG 不支援 NAS，而是 AGF 將代表 FN-RG 充當面向 5GC 的 UE。這可以被認為類似於網路共享，但形式稍微複雜一些。因此，AGF 將代表 RG 向 5GC 註冊，請求建

立 PDU 會話等，以響應 5GC 中的訂閱訊息和使用現有協議的 FN-RG 行為的組合。在這種情況下，N1 介面終止於 AGF。

RG 的主要目的是讓連接到 RG 的設備(例如筆記型電腦、平板電腦、機上盒等)能夠訪問網路中的服務(例如互聯網、語音或電視)。RG 後面的這些設備(從 5G 核心的角度來看)通常沒有 3GPP 功能，也沒有 5GC 訂閱或憑證。它們僅使用由 RG(PDU 會話)設置的連接。然而，在 RG 後面的設備是具有 3GPP 5G 能力的 UE 的情況下，這樣的 UE 可以通過 RG 連接到 5GC。

BBF 在 5G 固定行動融合方面的工作使多種場景能夠支援不同的網路環境、起點和優先級。圖 2-22 代表了六個場景，具有不同的 RG 類型、接取網路和與 5G 核心網的介面模型。作為這些場景的一部分，支援 3GPP 程序的設備通過 LAN 中的 Wi-Fi 和/或通過 NG-RAN 連接到 RG，也可以訪問 5G 核心網路。

該架構包括一個網路功能，用於將有線接取連接到 5G 核心，即 TR-456 中規定的 AGF，以及固定行動網路互聯功能(Fixed Mobile Interworking Function, FMIF)。

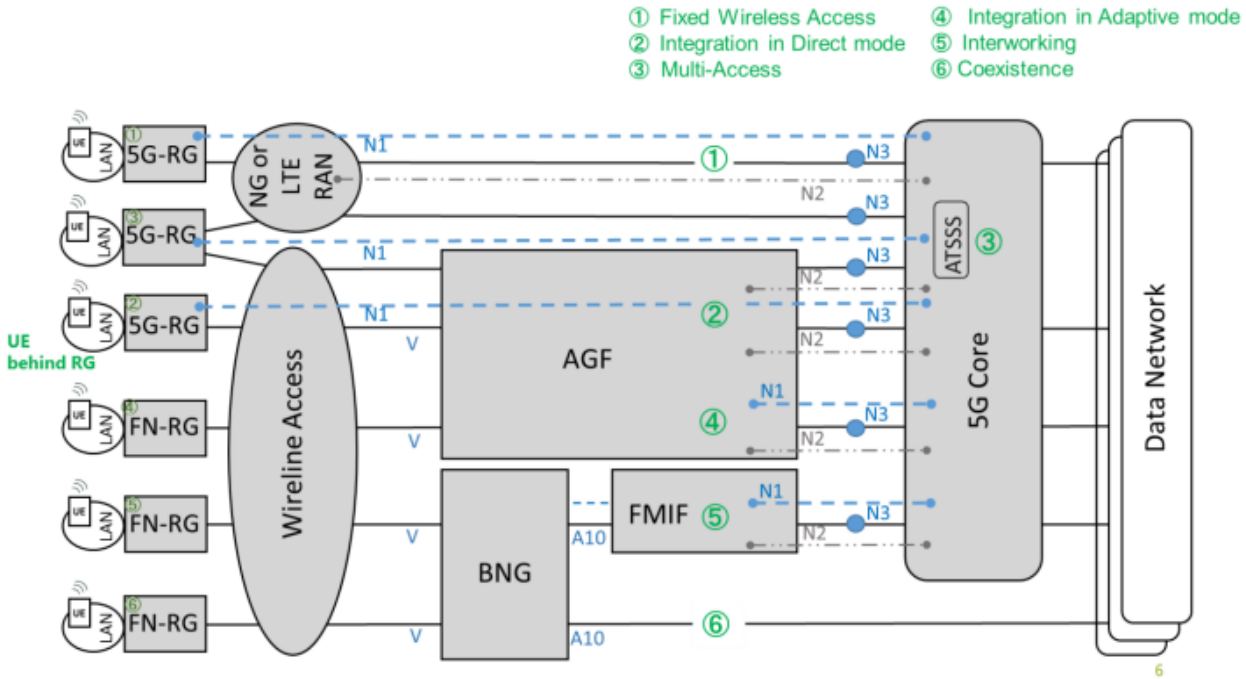


圖 2-22、將 RGs 連接到數據網路的不同部署方案

資料來源：BBF TR-470

圖 2-22 之相關說明如下：

- **固定無線接取(5G-RG)：**

5G-RG 通過 NG-RAN 或 LTE-RAN 連接。如果 RAN 基於 LTE，則使用 EPC-5GC 互通。

- **直接模式集成(5G-RG)：**

RG 通過有線接取網路連接。AGF 基於 N2 和 N3 介面在有線接取網路(在第 2 層聚合)和 5G 核心網路之間進行協調。5G-RG 可以基於 N1 介面直接向 5G 核心網註冊。基於這個原因，AGF 將會話集成在“直接模式”中。5G-RG 和 AGF 之間針對 NAS 信令和 PDU 會話多路複用的特定傳輸要求與此場景相關。

- **多址接取(5G-RG)：**

5G-RG 通過有線接取網路(直接模式)和 NG 或 LTE RAN 連接。5G-RG 可以一次連接到一個接取網路(主動-備用)，這兩個接取網路都處於“轉向”(基於資料流的負載分佈)或“分裂”(基於每個封包或每個資料流的負載分佈)，見 TS 23.501 的第 5.32 條。

- **自適應模式集成(FN-RG)：**

與 2.類似，RG 通過有線接取網連接，AGF 基於 N2 和 N3 介面與 5G 核心網進行協調。但是 FN-RG 不支援 N1，所以 AGF 代表 FN-RG 作為 N1 介面的端點。AGF 將會話集成為“自適應模式”。給定的 AGF 實例可以在直接模式(5G-RG)和自適應模式(FN-RG)下同時聚合會話。AGF 需求定義在 TR-456 中。

- **互通(FN-RG)：**

會話由 BNG 管理。基於 5G 核心網的服務通過 FMIF 傳遞到 5G 核心。FMIF 支援連接 5G 核心網的 N2 和 N3 介面。由於 FN-RG 不支援 N1 介面，

FMIF 代表 FN-RG 作為 N1 介面的端點。

- **共存(FN-RG)：**

這不是融合會話模型，因為這些會話不是 5G 核心網路的一部分。但是，需要共存才能使 5G 核心網不支援的服務在融合服務提供商網路中可用。共存的用戶會話由 BNG 或語音或 IPTV 的專用平台管理。

WWC 架構中相關的元件與對應的規範如圖 2-23 所示。

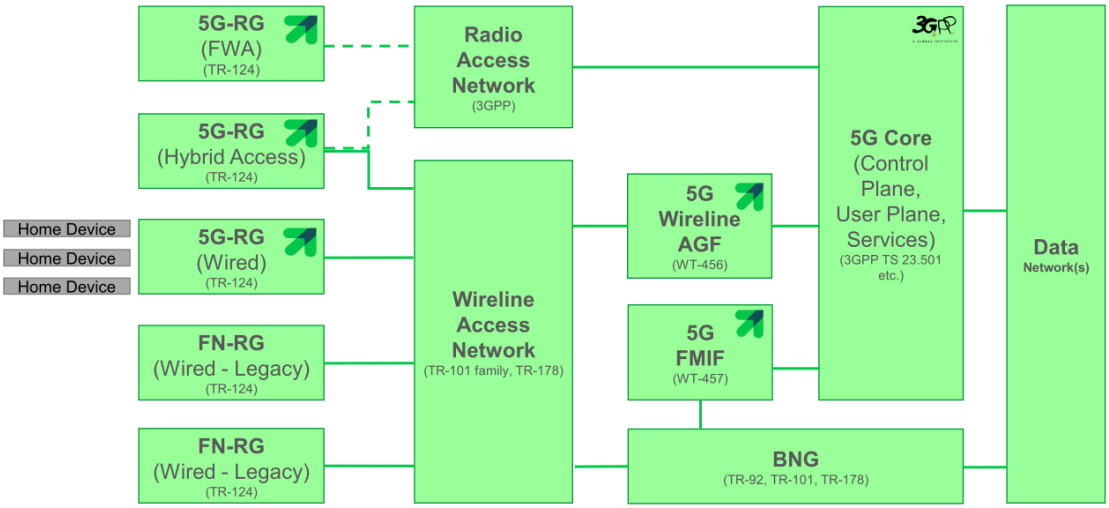


圖 2-23、WWC 架構元件與所屬規範

資料來源：BBF

部署 WWC 的營運商需執行一系列步驟：

步驟 1：部署 5G 核心和服務。

步驟 2：使用基於線路 ID 的標識符填充用 UDM，以供要轉換的訂戶使用，並為其有線服務配置文件的 5GC 實例化提供訂閱訊息。

步驟 3：部署首選的互通解決方案。這可以是獨立 AGF(通過接取連接，僅在直接模式下或僅在自適應模式下或兩者兼有)、UPF 集成 AGF、BNG 集成 AGF 或 AN 集成 AGF 的任意組合。隨著 5G-RG 的推出，5G 核心統一數據管理和身分驗證伺服器功能已更新，包含 5G-RG 憑證。

步驟 4：此時客戶自行安裝 5G CPE 不需要與任何網路變化進行協調。

同樣，如果出現任何問題，客戶可以退出安裝並仍然接受服務。

第三節、 FeMBMS 技術

多年來廣播網路營運商(Broadcast Network Operator, BNO)一直在努力使用 DVB-H 和 MediaFLO 來擴展和進一步多樣化其傳統業務模式，同時通過更多設備覆蓋更多收視戶。不幸的是，他們沒有成功。儘管如此，廣播網路營運商仍然希望借助 5G 等新技術來實現這一目標。

5G 顯然有望帶來全新的原創技術和商機。事實上，5G 正在為整個生態系統帶來新的廣播和群播功能，使新的應用成為可能。雖然影像播送傳遞很重要，但 5G 廣播/群播並不一定僅意味著行動電視。

5G 群播為廣播網路營運商創造了機會，使他們的基礎設施更加動態，並說明他們發現新的傳遞功能。它還支援行動網路營運商卸載繁重的串流媒體和資料負載，以避免基礎設施超額配置。因此，它們可以為消費者提供更高品質的服務，同時降低 CAPEX 和 OPEX。

更廣的覆蓋範圍和頻譜效率—通過覆蓋網路廣播/群播資訊比向行動網路蜂巢發送數十萬次資訊要高效得多。由於更大的社區覆蓋範圍，這種改進的彈性將大大降低部署和營運成本。

更好的服務品質和更高的體驗品質—消費者期望更高品質的高畫質(High Definition, HD)和超高畫質(Ultra High Definition, UHD)解析度以及高動態範圍(High Dynamic Range, HDR)以獲得更好的影像品質。憑藉 5G 群播提供的更低延遲和更高彈性，可以通過更多即時應用程式改善消費者體驗。

3GPP 於版本 Rel-14 至 Rel-16 將 FeMBMS 指定為專用和混合模式的新廣播/群播增強。使用 5G 上的廣播和/或群播，行動網路營運商(Mobile Network Operator, MNO)可以通過覆蓋網路或補充下行鏈路(Supplementary Downlink, SDL)向行動消費者提供優質內容，同時仍然連接到具有始終如一的高服務品質(QoS)和更高體驗品質(Quality of Experience, QoE)的蜂巢網路概念。

表 2-11、無線數位電視技術與 5G 廣播-FeMBMS 技術之差異與優勢

	無線數位電視技術	5G 廣播-FeMBMS 技術
營運商	廣播營運商僅提供 HPHT 頭端	廣播營運商提供 HPHT 頭端並結合電信營運商提供 LPLT 頭端
使用者	用戶增長空間受範圍限制	可直接通過頻寬發展，且不受限制
隨選視訊	僅限收視直播頻道內容	除可收視直播內容外，使用者可點播隨選視訊內容
網路功能	無	透過 5G 進行寬頻上網
終端機	終端機功能受限，呈現在電視的操作系統體驗性服務較差	系統體驗性服務佳，除能用智慧電視還含括行動接收設備(手機、平板等等)向用戶提供

資料來源：本研究整理

一、ITU

在 2021 年三月 ITU-R 無線通信研究委員會 WP6A 線上會議中歐洲廣播聯盟(European Broadcasting Union, EBU)提議在 ITU-R 關於地面廣播的文件中反映基於歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)標準 TS103.720 的基於 LTE 的 5G 地面廣播系統(5G 廣播)的資訊。

推薦：10 例(WP6A 相關 8 例，WP6B 相關 2 例)

報告：14 例(WP6A 相關 13 例，WP6B 相關 1 例)

數位地面廣播：數位地面廣播

新報告/ ITU-R BT.草案[INTRO_NEWTECH]

其中，這次報告 ITU-R BT.2295-3“地面數位廣播系統”(6A/157)，ITU-R BT.2016-2 建議書“VHF/UHF 頻段中行動接收器的行動錯誤修正多媒體廣播接收、資料訊框、調製方法、無線電發射方法”(6A/158)，ITU-R BT.2049-7 報告“行動接收多媒體廣播和資料應用(6A/159)”被提議為修改。

但中國方面的意見認為 ETSI TS103.720 這份文件中的“5G Broadcast”不應表述為“5G”，因為它是基於 LTE 的應用，因此決定繼續在阿聯酋、中國、巴西、EBU 等之間進行討論。

在報告 ITU-R BT.2295-3(02/2020)“地面數位廣播系統”的附件一描述多媒體廣播群播服務(Multimedia Broadcast Multicast Service, MBMS)的內容如下：

MBMS 系統概要(多媒體廣播/群播服務)

存在滿足行動電信服務和互動式數位廣播服務之間互通性要求的通訊系統，例如 MBMS。

MBMS 系統旨在在廣播以外的服務中工作。

ITU-R BT.2049-7 (02/2016)報告包含其附件 9，其中規定：

– MBMS 關鍵特性；
– MBMS 要求；
– MBMS 廣播群播服務中心描述；
– MBMS 用戶設備手持終端能力；
– MBMS 服務和應用類型；
– MBMS 無線承載實現描述；
– 用於行動接收的 MBMS 效能；
– 行動接收 MBMS 規範；和
– 參考資料。

二、 3GPP

(一) 標準演進

自發布 Rel-9 中採用演進式多媒體廣播群播服務(evolved Multimedia Broadcast Multicast Service, eMBMS)以來，3GPP 在所有版本中都增強了 4G LTE 的點對多點(Point to Multipoint, PTM)通訊功能。

eMBMS 在核心網路中引入了新的點對多點無線電承載和群播支援，對 LTE 的現有無線電和核心網路協定進行了很小的更改。定義了新的實體、傳輸和邏輯通道以啟用單頻網路(Single Frequency Network, SFN)，也稱為群播-廣播單頻網

路(Multicast-Broadcast Single Frequency Network, MBSFN)以及網路體系結構中的新邏輯實體。

eMBMS Rel-9 很大程度上基於 Rel-6 中針對 3G 標準化的原始多媒體廣播群播服務(MBMS)技術，最初被認為是在較大的預規劃區域中以相當靜態的設置提供的附加行動電視服務。自推出以來，eMBMS 經歷了一系列非常重要的增強。Rel-14 與 Rel-9 中開發的第一個 eMBMS 版本有很大不同，但是由於 4G LTE 的向後相容設計理念，它具有悠久的歷史。例如，在 LTE Rel-8 中被定義為強制性要求的持續啟用(always-on)的訊令(例如，特定於 cell 的參考訊號，同步訊號等)的使用要求定義特殊的 MBSFN 子訊框和新的實體通道。

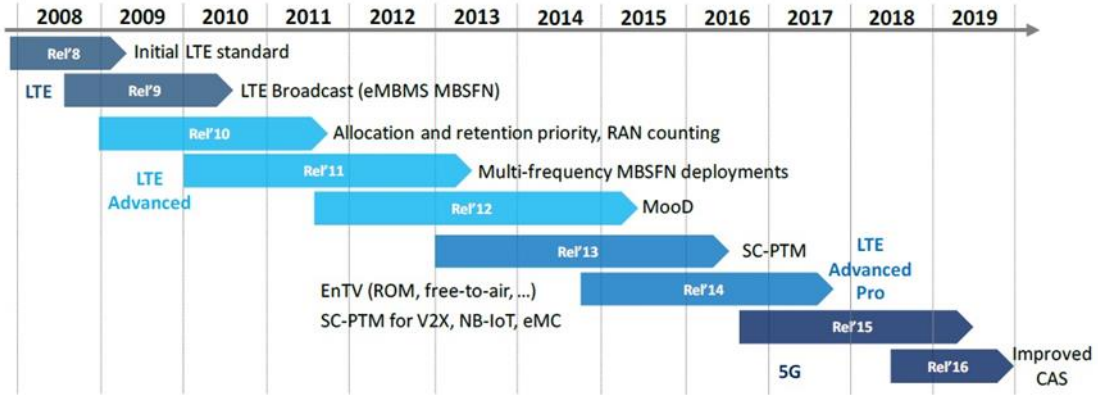


圖 2-24、基於 LTE 的 eMBMS 在 3GPP 的演進

資料來源：5G-PPP 5G-Xcast project

Rel-10 引入了對 MBMS 服務感興趣的連接模式下基於 RAN 的用戶設備(UE)計數。此版本還允許將未使用的 MBSFN 子訊框用於單播接收，並通過引入分配和保留優先級會話參數來增強 MBMS 會話的接納控制。

Rel-11 在多頻部署中引入了服務獲取和連續性，其中 MBMS 服務通過一個以上的頻率提供。

Rel-12 引入了作為主要增強功能之一：隨選 MBMS 操作(MBMS Operation on Demand, MOOD)，該功能可根據 UE 的服務消耗報告啟用自動和無縫的 MBMS 服務的啟動和停用。Rel-12 還引入了實體測量方面的改善(例如，訊號功

率，錯誤率)可以命令 UE 執行這些操作以進行 MBSFN 網路最佳化，並為關鍵通訊提供特定的 eMBMS 支援(特別是作為群組通訊服務啟用器的一部分)。

Rel-13 引入了單蜂巢點到多點(Single-Cell PTM, SC-PTM)來增加點對多點的資源分配靈活性。SC-PTM 允許一個細胞(cell)向一組用戶設備廣播相同的內容，在同一實體下行共用通道(PDSCH)上進行多工廣播和單播的資料，來替代作為廣播所專用實體通道的實體群播通道(Physical Multicast Channel, PMCH)。這允許非常靈活和彈性的無線資源分配用於廣播傳輸等效於單播。此外它還有減少的端到端延遲的效益。SC-PTM 還可以將單播回饋用於進階鏈路自適應方案，例如自適應調變和對少量用戶設備群組的編碼。但是，此特性最終未在 Rel-13 中標準化。SC-PTM 延用 eMBMS 架構和核心網路的程序，以及在 RAN 中延用部分 eMBMS 的程序。

Rel-14 引入了用於 V2X 通訊的 MBSFN 和 SC-PTM，用於物聯網解決 eMTC 和窄頻物聯網(Narrowband Internet of Things, NB-IoT)的 SC-PTM。Rel-14 還引入了許多特性，使用 eMBMS 增強電視服務的傳遞，將 MBMS 的覆蓋範圍擴展到傳統的電視接收機，並啟用部署支援公共廣播要求的專用廣播 eMBMS 網路。所提供的服務可以讓所有人都可以接收的方式發送，包括那些非行動通訊的訂戶。這擴展了行動廣播的應用性以支援公共廣播的要求。

(二) 發展現況

5G 的第一個 3GPP 版本，即 Rel-15 已分為三個階段。2017 年 12 月最初批准了早期的非獨立組網(NSA)版本，該版本仰賴於 LTE 和 NR 的空中介面，並持續使用 LTE 的核心網路。NSA 聚焦於用戶平面，並將控制平面使用於 LTE。2018 年 6 月指定了 5G 的獨立組網(SA)版本。它包括一個完整的 5G 核心網路，並具有完整的用戶平面和控制平面的功能。最後一版 Rel-15 於 2018 年底發布，它將使 5G 核心能夠同時與 LTE RAN 和 NR RAN 互通工作。

與 LTE 相比，NR 的空中介面帶來了大量改進，以滿足 IMT-2020 對 eMBB 和 uRLLC 服務的新要求，並涵蓋了廣泛的新產業數位化的用例。空中介面的主

要改進是更高效能的前向糾錯(Forward Error Correction, FEC)碼、大頻寬、適應新頻段和頻寬分配的新正交分頻多工(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)波形參數集、動態訊框結構或大規模 MIMO 方案等。但是 NR Rel-15 只支援點對點(Point-to-Point, PTP)時，當向大量用戶同時傳輸相同的內容時，這將會是效率低下的問題。事實上，其中點對多點將可提高 5G 的整體性能，3GPP 提供了來自 4 個垂直領域的一系列用例：媒體和娛樂(M&E)、車聯網(V2X)通訊、物聯網(IoT)和公共告警(PW)。點對多點傳輸在其他垂直領域也很有用，例如機載通訊(例如使用無人機)。

在 3GPP TR 22.261 中將彈性的廣播/群播服務確定為要在 5G 系統中使用的基本功能，在 3GPP TR 38.913 列出了 3GPP 中對下一代接取技術的群播/廣播的要求。Rel-16 中討論了 5G 中廣播和群播功能的支援，並且批准了一項名為“基於 LTE 的 5G 地面廣播(LTE-based 5G Terrestrial Broadcast)”的研究項目(SI)。儘管該 SI 與該項目高度相關，但它基於 LTE 的 EnTV 解決方案。3GPP 目前沒有在 5G NR 中使用點對多點的計劃，該研究至少已延後到 Rel-17。

3GPP “基於 LTE 的 5G 地面廣播(LTE-based 5G Terrestrial Broadcast)”的研究項目(SI)呈現出 5G 的空中介面，該介面支援在 5G NR 中使用群播和廣播。除了提供 3GPP 的要求之外，它還分析在 Rel-14 eMBMS 的局限性。同時定義了 RAN 邏輯架構和無線接取技術(Radio Access Technology, RAT)協議，以分別在 NR 中啟用點對多點。

依據 3GPP 中設想的方法，已為 5G 中的點對多點確定了兩個不同的軌道：具有群播能力的 NR 混合模式(mixed mode)和相似於為 Rel-16 提出的 LTE EnTV 模式但具有新的 5G 空中介面的地面廣播模式(terrestrial broadcast mode)。這兩種模式在與採用的 NR 點對點空中介面的相似程度方面是有所不同。雖然前者模式是於點對點和點對多點傳輸之間的動態和無縫隙切換；後者模式於專用僅下行網路適用於數位地面電視(Digital Terrestrial Television, DTT)的高功率高塔和/或低功率低塔部署，並且它允許通過 SFN 區域進行全國電視發送。另一方面在

混合模式中使用純下行(DL-only)服務將額外允許在頻譜的剩餘部分分配做其他的服務。

第四節、 其他 5G/B5G 系統技術

一、 B5G

5G 和 AI 是全球數十年來最具顛覆性的兩大技術。儘管兩項技術已分別帶動許多產業的革新，實現新的體驗，但真正將改變一切的是 5G 和 AI 的結合。5G 與未來的 AI 發展與自動化，有著緊密的關聯性，為了實現 AI，必須讓電腦像人一樣能「把從外部蒐集回來資訊和數據，傳輸並儲存起來，從中學習且正確理解後，做出判斷、回應和行動」。因此，AI 的發展跟「物聯網」和「演算法」密不可分。未來由 5G、AI 所釋放出來的產值，將高達 4.3 兆美元，林百里表示，人工智慧像是飛行員引領方向、5G 則是引擎帶動飛機起飛，而雲端產業(Cloud)則是飛機的機身承載這些產業所需要的內容，至於乘客則是由 IoT 物聯網來扮演，由於他們是收入的主要來源，所以要讓他們開心滿意，乘客才會買單、這架飛機才能起飛。

AI 結合 IoT 的大規模資料傳輸需求，將串連起各種設備的資訊，並且分析學習後給出回應，那麼大量設備蒐集而來形式多樣的大規模資料，對於資訊的傳輸會是一大考驗，其中影像資訊不但更複雜，資料量也更大，因此過去 4G 時代的網路，還沒有辦法滿足 AI 對資料傳輸量、傳輸速度和運算能力的要求。而 5G 通訊的 3 大核心技術：eMBB、uRLLC 和 mMTC，讓 5G 不只是具有更快的傳輸速度，還能大幅縮短通訊的延遲時間，並使 5G 的基地臺能夠同時連結更大量的設備，滿足 AioT 應用的發展需求，像是實現自駕車對緊急煞車的安全性要求，以及大量終端設備的數據串連。這也是為什麼近幾年 5G 通訊才剛逐漸落地，AI 新科技熱潮便席捲而來。

此外，5G 網路和裝置上應用 AI 也能提升無線通訊的效率、延長電池續航力、強化用戶體驗，必須深入瞭解無線領域知識，才能知道要在何處使用 AI 功能。無線產業長久以來關注的是 AI 如何讓 5G 網路更好，AI 顯然將深深影響 5G 網路管理的多項關鍵領域，如強化服務品質、簡化部署、提高網路效率與增強網路安全性。5G 的低延遲和高容量也能將 AI 處理分散到裝置、邊緣雲端和中央

雲端，推動彈性系統解決方案提供多種全新和強化體驗。此無線邊緣架構具有更強適應性，能依據每一個使用場景進行效能和功耗的控制，以達到特定應用要求的延遲率或運算需求。目前 5G 正在改善許多場景中藉 AI 強化的體驗，如透過無限延展實境(XR)提供的個人化銷售、以大幅改善語音用戶介面，實現直覺式虛擬助理。

由於全球邁入工業 4.0 與自動化時代，所有設備越來越依賴連接性，5G 被視為產業智慧化的關鍵技術，5G 能可靠地處理大量數據，可以連接智慧裝置及機台，其擁有高網速、大頻寬和超低延遲特性，也成為推動車聯網與自動駕駛技術相關應用的助力。

高延遲使遠端控制機台變得非常困難，拜於無線通訊得進步，5G 最高峰值資料速率可達 20 Gb/s，最高速率 500 km/h 下，延遲時間為 1 ms，可以同步處理大量連網汽車及智慧設備。

5G 不僅比 4G 有更快網路速度，它使遠端操控更接近即時，提升工廠環境安全性，由於超低延遲也讓連網汽車瞬間做出反應，而 5G 有望推進人工智慧、虛擬實境、物聯網以及遠距醫療等技術。

其中瑞典建築設備公司 Volvo Construction Equipment(Volvo CE)目前積極開發 5G 應用於自駕車，Volvo CE 正與愛立信(Ericsson)及北歐電信龍頭 Telia 合作，於瑞典 Eskilstuna 研發工廠測試 5G 網路，成為該國第一個工業 5G 網路，也是全球首批使用 5G 技術，打造建築機械遠端控制解決方案與工業自動化解決方案的公司之一。

臺灣部分，在自動化領域多年的台達電，今年 3 月首度對外公開桃園一廠全台首座導入 5G 企業專網的智慧工廠生產線，台達電聯手遠傳電信、微軟、參數科技花費半年建置，台達在工廠內一條產線導入使用 3.5 GHz 頻段的 5G 專網，建立一條 5G 示範產線，上線 3 個月以來，達到單位面積產值提升 75 %、人均產值提升 69 %的效果。工廠內有活動式製程，無人搬運車(Automated Guided Vehicle, AGV)在廠區行動，執行產線間的物料搬運；導入混合實境(Mixed Reality,

MR)、擴增實境(Augmented Reality, AR)技術，應用在倉儲備料、產線組裝與產線稽查，MR 不只做到遠端除錯、還能防呆，進一步辨識操作員手勢；廠內還有台達電自製的自動插件機，取代過往人工插件，能夠自動判斷產品組裝所需的物料、零件，透過結合 5G 低延遲，提升產線運轉效率。為了監控設備、營運管理，台達在工廠設置智慧製造戰情中心，他們利用 5G 的大規模物聯網連線，蒐集各產線生產設備、管理及營運數據，供管理者在遠端掌握資訊，調整決策。

5G 公私聯盟協會(5G Infrastructure Public-Private Partnership, 5GPPP)於 2013 年 12 月由歐盟委員會(EC)正式宣佈成立，主要深入研究 5G 通訊基礎設施的解決方案、架構、技術以及標準等。5GPPP 聯盟成員包含 Ericsson、Alcatel-Lucent、Nokia Solutions and Networks、Deutsche Telekom、Portugal Telecom、Telecom Italia、華為等大廠。

5GPPP 提出了 B5G 的新視野與研究[13]，在 5G 的發展時程上可以分 3 個階段：

- 5G phase 1 – 在 2018 年頻譜分配上為 6 GHz 以下，並陸續提出相關技術文件。
- 5G phase 2 – 相關技術將在 2025 年確認，並提出 6 GHz 以上的頻譜技術。
- Post 5G phase 2 – 2030 年將邁入 6G 領域。

在文件內將 5G phase 2 視為 B5G，討論議題包括 TeraHertz 技術(Fundamental techniques TB/S communication)、頻譜管理(Spectrum management)與系統設計(System design)等，說明如下：

(一) 兆赫茲(TeraHertz)

在未來的高峰值與高平均資料傳輸量的需求下，無線網路需要能支援此需求，高資料傳輸量可以透過增加高頻頻譜、更佳的頻譜使用效率與大量的小細胞

[13] Aguiar. et al. “Vision Document for B5G Research”, 5GPPP

(Small cells)部署來達成，說明如下：

1、 高頻頻譜支援技術(Enabling techniques and technologies for higher carrier frequencies)

在 5G 與 B5G 研究與發展中，毫米波(millimeter Wave, mmW)為一個異質(Heterogeneous network)網路的重要要素，在毫米波技術中，波束成形(Beamforming possibilities)、空間多工(Spatial multiplexing)與空間多樣性(Space diversity)必須同時考慮，但在類比/數位轉換器(A/D converters)與天線設計上必須考量一些智慧組合，且該硬體上的限制將會影響實作的發展，此外，為了達到 B5G 的要求，系統設計在實體層(Physical Layer, PHY)與媒體接取控制(Media Access Control, MAC)層中尚須考量到效能(Performance)、複雜度(complexity)與毫米波功率(power of mm-wave communication)等。在 Tb/s 通訊中必須使用到極寬的頻寬，頻譜會座落在 300 GHz 或更高，在這種情況下，頻寬可能會高達 50 GHz，此外，在法規上，各國針對 300 GHz 上並未明朗。但在此條件下，會需要以下條件才能支援：

a) RF、類比基頻與數位邏輯需有半導體支援

b) 新的調變、解調變與同步方法需要提升到能量效率 1 pJ/bit

c) 天線陣列需要達到數十個或數百個

2、 大規模天線配置(Realizable massive MIMO)

大規模多輸入多輸出系統(Massive MIMO)技術已被證實可以同時達到高資料傳輸量與高能源效率，透過通道狀態資訊(Channel State Information, CSI)的訊息，可以使用簡單的預編碼(Precoding)技術達成，但在通道偵測時，容易發生導頻干擾(Pilot contamination)的情況，造成通道狀態資訊不正確，進而影響效能。為了解決上述問題，可以透過降低訓練符元資訊的需求，例如降低傳接收需要的天線數，透過天線選擇可以容易達到該目的。在許多研究中顯示大規模 MIMO 可以有效地應用在 sub-6 GHz 與高於 6 GHz 的頻段。

3、 終端間的通訊與細胞資料傳輸量降載(D2D networking and offloading)

裝置到裝置(Device to Device, D2D)技術被視為一個能有效傳輸的技術，透過鄰近終端間互相傳遞訊息，可以達到用戶間的高速與低延遲延遲，由於終端設備間的傳輸為區域性的，不需要再透過外部網路來轉介(例如基地臺)，可以更加節能，同時也能解決基地臺的資料傳輸量擁擠問題。為了達到 D2D，許多問題需要被解決，也有相當多的研究著墨於此，需克服問題如下：

(1) 哪個 D2D 連線需要被建立，是否需要考慮到傳輸內容

(2) 如何實現 D2D 通訊，建立直接通道或是由群組(cluster)來決定

(3) 應分配哪個無線資源，是否考慮干擾

(4) D2D 傳輸功率如何設置

(5) 由哪個節點來控制整個 D2D 網路

4、 頻譜管理(Spectrum management)

在 5G phase 1 時，sub-6G Hz 的頻譜可以透過不同頻率間的載波聚合(Carrier aggregation)來提升資料傳輸量，由於 5G phase 2 利用了毫米波技術，可以利用高於 6 GHz 的頻段，為了達到 5G 頻寬 500 MHz 到 1 GHz，可用採用的頻率可以為 10 GHz、25 GHz、28-31 GHz、40-52 GHz、66 GHz 和 70-80 GHz。在頻譜管理上，可以透過執照頻譜(licensed spectrum)與公用頻譜(un-licensed spectrum)間進行調配，意即將這兩類頻譜視為一樣的地位，能更有效率提升頻譜使用率，無論是哪一種頻譜都需要避免碰撞。

由於偏遠地區有較低的資料傳輸量需求，因此頻譜分配上要更加重要，此外，在較長的傳播距離下，終端需要較大的發送功率，基地臺為了能涵蓋較大範圍與降低功耗，也適合使用較低頻率，這與 5G 傳統的部署有很大的差異，因此 B5G 也需要考慮到所有情況，來建立較好的通訊品質。

5、 系統設計(System design)

在 5G Phase 2，B5G 相較於 5G 系統設計上需要較好的效能、容量與彈性，目前的方式朝網路虛擬化功能(NFV)、軟體定義網路(SDN)來實現，透過 NFV 與 SDN，B5G 網路能提供更彈性的架構，也利用該優勢，可針對不同需求，更加彈性的使用網路切片功能。

6、 TeraHz

從 100 GHz 到 3 THz 被視為下一代通訊的重要資源，這些頻段提供了潛在的革命應用型態，並能創造出新的應用情境，包括了硬體與軟體的演進。THz 波(兆赫茲波)是指頻率在 0.1 THz 到 10 THz 範圍的電磁波，波長大概在 0.03 到 3 mm 範圍，電磁波屬於遠紅外線(Far Infrared, FIR)，它的繞射特性比毫米波更差，因此通訊上的問題很多難度很高，說明如下：

(1) 本身的傳播特性存在嚴重的路徑損耗與大氣吸收，需要針對室內室外場景建立適合的 THz 多路徑模型。

(2) 晶片和射頻元件過去十年，晶片和射頻元件致力於開發晶片級的兆赫茲技術，但現在基於 InP、GaAs、SiGe、甚至 CMOS 技術已經在較低的 THz 頻段產生了一些突破。但是在更高的 THz 頻段，還需要進一步突破，以滿足高效率、低能耗和低成本需求。

(3) 天線和波束成形技術意味著路徑損耗的急遽增加。因此，需要超大規模的天線陣列來補償路徑損耗。另一方面，會導致非常狹窄的波束(類似於雷射波束)，因此如何最佳化波束成形技術，以合理的成本和效能來提升系統的性能也非常重要。

(4) 新的波形、訊號和通道，目前來看 OFDM 依然會是一個候選項，但是需要去探索新的波形，以降低峰均功率比(Peak-to-Average Power Ratio, PAPR)，滿足 THz 的硬體限制。另外，還需要開發合適的訊號來有效地搭配 THz 的各種操作。

B5G 提供了不同的頻譜，從 sub-6 GHz、3.5 GHz、4.5 GHz，毫米波 24 GHz、

28 GHz、39 GHz 一直到 67 GHz，sub-THz、100 GHz、300 GHz 等超高頻，由於高低頻有其不同的優缺點，能應用的範圍也不一致，圖 2-25 描繪了可能的應用情境。

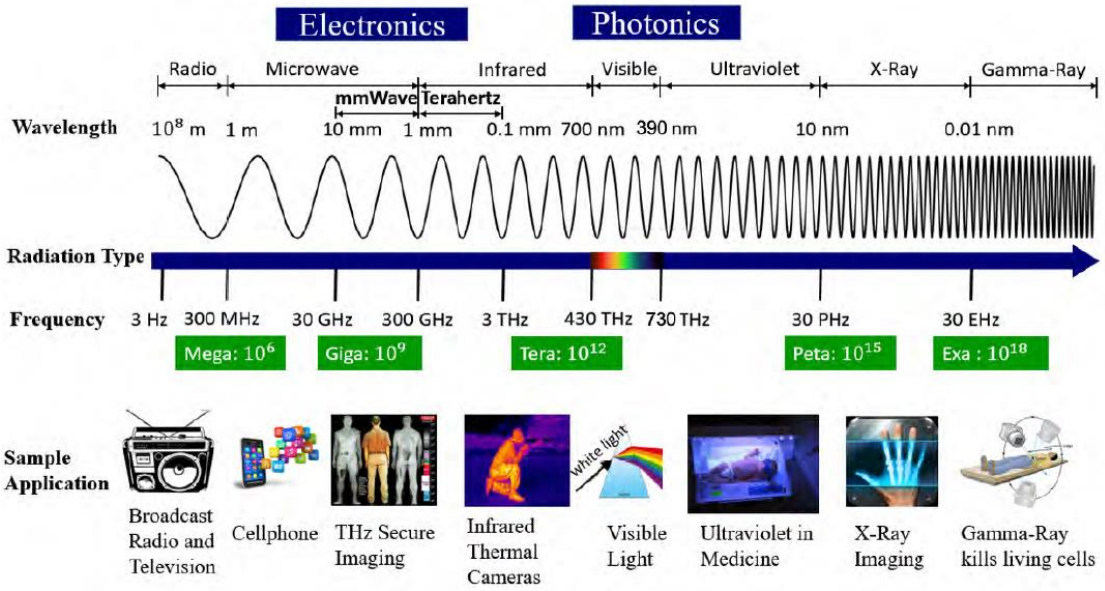


圖 2-25、B5G 頻譜應用情境

資料來源：“Terahertz Biomedical and Healthcare Technologies: Materials to Devices,” ELSEVIER, S. K. Mtech.

2020 年全球已開始 5G 商用化服務，雖然目前多以 sub-6 GHz 頻段為主，但 5G 毫米波頻段的商機，已蓄勢待發。市調機構認為，完整的 5G 技術才能真正實現 5G 通訊技術的三大特性(eMBB、uRLLC 與 mMTC)。5G 無線通訊毫米波是 3GPP 在規劃 Rel-15 標準時，定義 24 GHz 以上電磁波為毫米波，目前全球主流應用都在 6 GHz 以下的 sub-6 上，而現今 5G 毫米波也有三個主流區段：24-28 GHz、37-49 GHz、64-71 GHz。由於毫米波頻譜具備超大頻寬特性，可實現對超高傳輸速率與低延遲有較大需求的應用，因此也被視為下一波 5G 技術的重要演進方向，且晶片商、網通業者與電信營運商也多看好 5G 毫米波技術市場前景。不過毫米波技術波長較短，訊號衰減程度大、穿透力與傳輸距離相對較為受限，因此在基地臺布建上得較以往更為密集。

毫米波技術與 sub-6 GHz 有著顯著不同，FWA 則是其中一個領先應用，這是由於 5G 毫米波頻段和高速技術的出現能進一步支援該應用所需頻寬，資策會

產業情報研究所(MIC)表示，在 4G 時代，FWA 因頻寬問題而無法成為應用主流，但到了 5G 時代，看準 5G 毫米波可望促使 FWA 突破「最後一哩」，成為未來 5G 服務重點，更多毫米波技術在後面 FWA 章節進行說明。美國電信營運商 Verizon 早在 5G 技術剛開始發展時，即力推該服務，且根據資策會 MIC 統計，在 2020 年中，全球已有 30 家的電信營運商正推出 FWA 的服務提供消費者選擇，地區以歐洲與中東等地的電信商為主。

THz 與毫米波一樣，有大量頻譜可用。但與毫米波不同，THz 可以處理其他的應用。這些應用可分為五大類，如表 2-12：

表 2-12、THz 潛在應用服務

應用	使用情境
無線感知	機器人控制 飛行器控制 自動駕駛
傳感器	空氣品質檢測 個人健康監測系統 手勢偵測 爆裂物檢測與瓦斯偵測
影像	夜視(毫米波攝影機) 高畫質影像雷達 THz 身體安全掃描
通訊	無線行動通訊 無線光纖 裝置間無線電通訊 資料中心連接
定位	精準定位

資料來源：本研究整理

(二) 衛星

5G 技術競爭與商用部署中，為開拓我國產業新藍海，蔡英文總統已於 109 年宣示臺灣將進軍太空產業，低軌衛星通訊為未來商轉之關鍵技術，政府也預計於 2021 至 2024 年投入 40 億元，開發國內第一顆實驗型低軌衛星通訊技術開發與系統建置。因此國內產官學研都開始從不同面向進行先期探索，思考新應用型態、新終端產品，與支援新應用模式所需的各種新興科技，以求取得相關技術與

應用發展的市場話語權。

5G 非地面網路(NTN)技術規格正在行動通訊標準組織 3GPP 進行研究報告制定階段，預計於 2021 年中，完成第一份 5G 非地面網路技術規格。該版本將先著重在低軌道及同步軌道衛星，做為 5G 基地臺到 5G 終端的傳送途徑，與現有 5G 網路形成互補，大幅提升高山、沙漠、海洋與偏遠區域覆蓋區域。在 3GPP 等文件中，討論了衛星通訊相關議題，包括 NTN 技術的技術特性、優勢及垂直應用等。相關文件及內容整理如表 2-13。

表 2-13、3GPP NTN 相關規格文件

技術文件	標題
TR 22.822	Study on using satellite access in 5G
TR 23.737	Study on architecture aspects for using satellite access in 5G
TR 38.811	Study on NR to support non-terrestrial networks
TR 38.821	Solutions for NR to support non-terrestrial networks

資料來源：本研究整理

在未來 B5G 在 NTN 應用服務方面可以大致區分為三部分，包括服務連續性(service continuity)，提供 NTN 與地面網路的 5G 網路做不間斷服務；服務涵蓋性(service ubiquity)，提供在災難狀態下，提升網路服務覆蓋率；服務可擴展性(service scalability)，提供在高負載地面網路下，提供 NTN 網路服務。應用情境如圖 2-26 所示。

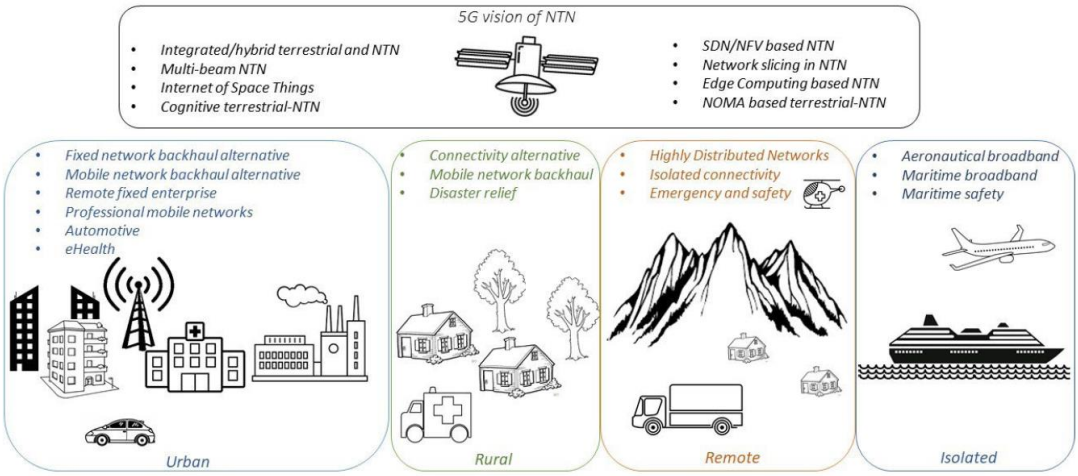


圖 2-26、NTN 應用服務

資料來源：“Satellite-5G Integration: A Network Perspective”, IEEE Network, 2018

二、 PWS

公眾告警是一項能夠確保公眾獲得及時、準確的警報、告警以及其他相關突發事件的服務，諸如地震、海嘯、颶風和火山災害。透過廣播告警訊息，讓市民採取適當的行動，以避免受到嚴重傷害或生命財產損失。在某些情況下，告警可透過商業或政府電臺與電視台廣播設施進行。此外，告警也可經由蜂巢式行動網路(Cellular Mobile Networks)發送到大量用戶。透過多樣性的管道配置，可以提高可靠性、彈性和安全性。

細胞廣播是依據用戶端所在之位置提供將文字/圖片訊息或指令，以非侵入並確保及時的傳遞到電信終端設備的技術，並能透過單一基地臺或是大到整個國家的廣播，發送至數以百萬計的終端設備，且僅需要幾秒鐘的時間，而公眾告警即可藉由細胞廣播技術提供政府相關部門傳遞訊息之需求。

(一) 標準演進

當來到第五代行動通訊系統時,3GPP 技術規範同樣地提供 CBS 功能給 PWS 服務使用，但相較於 4G LTE 系統，為了可以提供更快速的傳遞資訊，5G SA 架構已有根本上的差異，下頁是本團隊整理之資料。

項次	技術規範	PWS 版本差異 (4G vs 5G)
	Public Warning System in 5G SA	
1	NR and NG-RAN overall description (3GPP TS 38.300)	Different
2	AMF Services (3GPP TS 29.518)	Different
3	Cell Broadcast Service specification (3GPP TS 23.041)	Different
4	NG-Application Protocol (3GPP TS 38.413) S1 Application Protocol (3GPP TS 36.413)	Same
	Rel-16 Ver.	
1	enhanced Public Warning System (ePWS) (3GPP TS 22.268)	Different

圖 2-27、4G LTE 與 5G SA 之 PWS 比較表

資料來源：本研究整理

除了原本 PWS Protocol (3GPP TS 38.413 / 3GPP TS 36.413)是一樣的之外，其他差異部分總結有 4 項：

1、 新無線接取端：

雖然 4G 與 5G 皆採 OFDM 調變方式，但由於 5G 為達到以服務為導向之目的，相較於 4G 固定的 RF 參數，特別設計了 5G 參數集功能(Numerologies)，該功能讓基地臺可以依據服務型態的不同或調適該區域之特性，調整子載波間隔、符元長度(Symbol Duration)、時槽(Slot)長度，進而適用於極大頻寬、極低延遲、毫米波等等，如下圖所示。

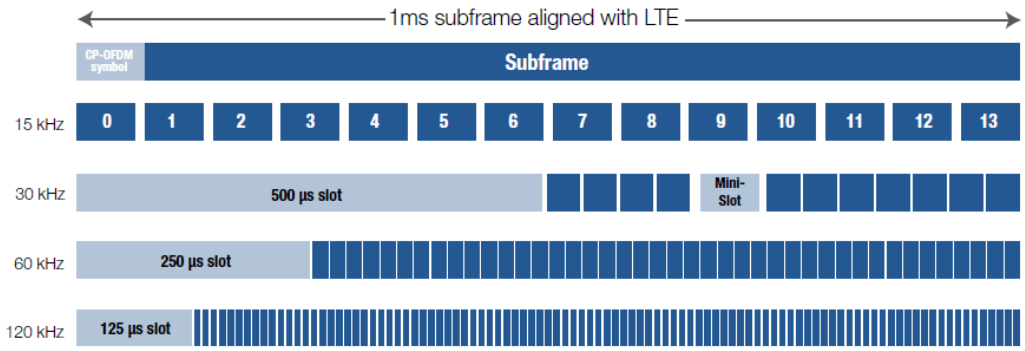


圖 2-28、5G NR 訊框架構

資料來源：Keysight

同時用來乘載 CBS 訊息的實體廣播通道(Physical Broadcasting Channel, PBCH)在 4G LTE 與 5G SA 中資源區塊(Resource Block, RB)的分配位置也有所不同，如下圖所示。左邊紫色區塊為 LTE 放置 PBCH 的位置，時間軸的起始點在 Subframe #0 的 Slot #1 位置，頻率軸則是放置在中心頻率兩旁的 72 個子載波上。右邊紫色區塊則是 5G SA 放置 PBCH 的位置，在此已與主同步信號(Primary Synchronization Signal, PSS)、輔助同步信號(Secondary Synchronization Signal, SSS)整合為同步訊號區塊(Synchronization Signal Block, SSB)，與 LTE 同樣放置在中心頻率上，但所占頻寬擴展為 20 RBs，為 240 個子載波寬度(Subcarrier Spacing)。

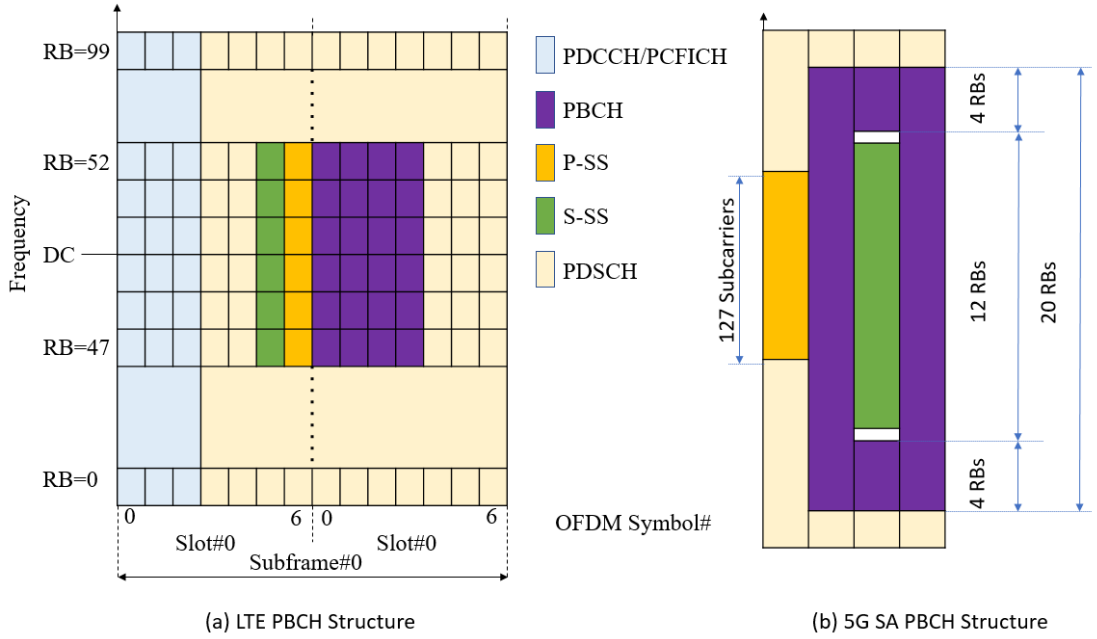


圖 2-29、4G LTE 與 5G NR 實體層廣播通道

資料來源：本研究整理

2、 新形態核心網路架構與功能區塊：

5G SA 網路採用 ALL IP 扁平化架構，各功能區塊是基於服務導向架構(SBA)，以 HTTP 2.0 協定方式溝通所組成的網路，有別於 4G LTE 的特定連接對口方式，而且功能區塊也有所不同。

原本在 4G LTE 掌管註冊、接取、換手的行動管理實體(Mobility Management Entity, MME)，在 5G SA 中拆分為接取和行動管理功能(AMF)與會話管理功能(SMF)。

(1) Access and Mobility Management Function (AMF)：

管理接取控制(Access Control)與移動性(Mobility)，例如：中斷 NAS Signaling、NAS 信令加密保護、註冊管理、連線管理、認證、安全上下文管理(Security Context Management)。

(2) Session Management Function (SMF)：

該單元依據網路政策(Network Policy)設定 UE IP Address Allocation、管理

連結(Session)功能、DHCP、中斷 NAS Signaling、下載鏈路資料通知(DL Data Notification)。

3、 新細胞廣播服務(Cellular Broadcast Service, CBS)架構：

下圖為 4G LTE 的 PWS 架構：

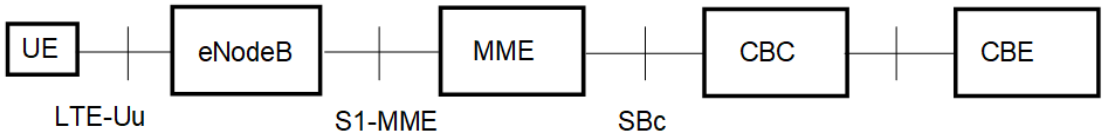


圖 2-30、4G LTE PWS 架構

資料來源：3GPP TS 23.041

由災防訊息整合平臺(Cell Broadcast Entity, CBE)發送訊息至各業者的細胞廣播控制中心(Cell Broadcast Center, CBC)，再透過各 MME 採 Write-Replace Warning (WRW) Request 轉發至其管轄之基地臺(evolved Node B, eNB)，終端用戶則於廣播控制通道(Broadcast Control Channel, BCCH)中，藉由 Paging/SIB1/SIB12 接收廣播相關訊息。

下圖為 5G SA 的 PWS 架構：

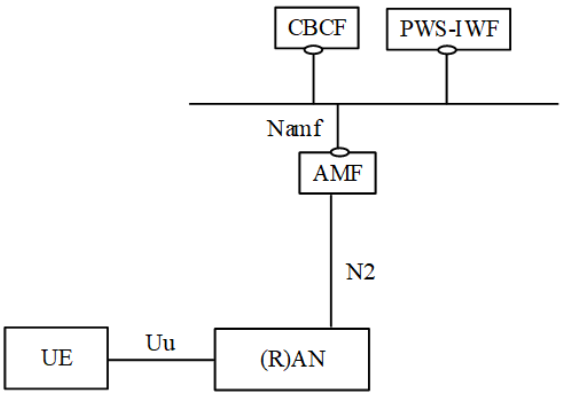


圖 2-31、5G SA PWS 架構

資料來源：3GPP TS 23.041

在 5G SA 網路中可能用到的功能區塊有 AMF、Cell Broadcast Center Function (CBCF)、PWS Inter Working Function (PWS-IWF)，依據有無 PWS Inter Working Function (PWS-IWF)可分為底下兩種架構：

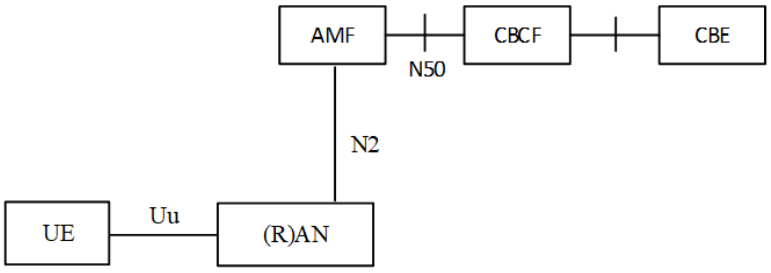


圖 2-32、5G SA PWS 架構 without PWS-IWF

資料來源：3GPP TS 23.041

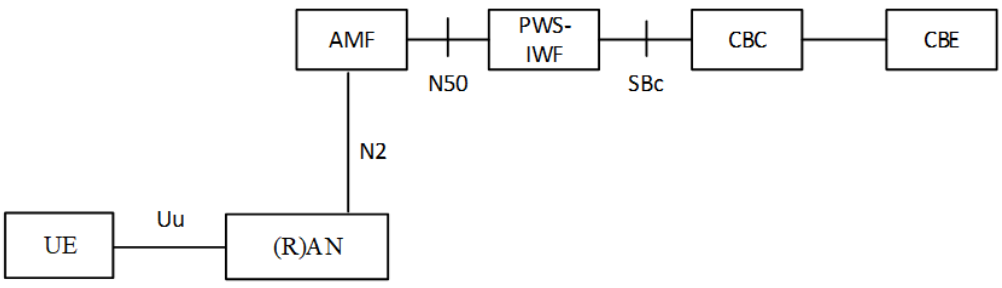


圖 2-33、5G SA PWS 架構 with PWS-IWF

資料來源：3GPP TS 23.041

4、 Rel-16 enhanced PWS (ePWS)：

根據 3GPP TS 22.268 和 3GPP TS 23.041，訂定增強型災防告警系統(enhanced Public Warning System, ePWS)的目的，是為了提供更好的服務給以下兩類人員：

(1) 需要輔助性技術支援，才能了解告警訊息內容者。

(2) 對發佈地區語言不流利者。

技術面上，為了擴大 PWS 服務在人事物上的適用範圍，因此，在 Rel-16 版本中定義的 ePWS 功能包含兩項新功能，無關語言之內容格式(language-independent content functionality)和 ePWS 災難特徵類別(ePWS disaster characteristics functionality)，據此終端設備可以有底下三種設備類型：

(1) 具備用戶介面且支援無關語言之內容格式，並可以將文字告警訊息(text-based warning messages)依據災難類別呈現者。

(2) 具備用戶介面且支援無關語言之內容格式，但無法將文字告警訊息(text-based warning messages)呈現者。此類設備須具備能將該文字告警訊息對應至預先儲存在設備中之無關語言功能之內容。

(3) 不具備用戶介面但支援 ePWS 災難特徵類別功能者。

簡單來說，前兩類設備的差別在於有無螢幕可以將告警訊息呈現，但都能透過 language-independent content functionality 來觸發該終端設備原先設計好的對應功能，例如關閉設備電源或是觸發大樓的告警系統等，可以說是為了 IoT 設備而衍伸出來的功能，至於第三類設備，就沒有用戶的設定或操作畫面，則是僅透過 ePWS 災難特徵類別和收到的文字告警訊息，來決定執行哪些功能。

(二) 發展現況

我國目前的 PWS 服務是透過電信營運商提供之 LTE CBS 服務傳送，將中央部會及地方政府發布之訊息(如地震、海嘯、水庫洩洪、土石流等)通知特定區域或全國民眾。CBS 告警訊息源於中央災害防救業務主管機關，透過國家災害

防救科技中心(簡稱：災防中心)之「災害訊息廣播平台」發布，由建置在災防中心之 CBE 將告警訊息傳至電信業者(如中華電信、台灣大哥大、遠傳電信、亞太電信、台灣之星)機房之 CBC，藉由其核心網路將訊息傳送至位於廣播範圍內之基地臺，並週期性的於特定細胞中以特定頻率和特定時間持續廣播。

在國內法規部分，可分為終端設備型式認證與網路審驗兩個層面。終端設備型式認證針對用戶端之手機，進行各訊息碼的功能性測試，依據告警類別分類，測試之訊息碼如下表所列：

表 2-14、行動通信電信終端設備技術規範之測試訊息碼

訊息碼/訊息內容語言		類別名稱	預設接收或關閉	訊息碼可否由用戶自行選擇接收或關閉
911/中文	919/英文	警訊通知 Alert Message	預設接收	可
4370/中文	4383/英文	國家級警報 Presidential Alert	預設接收	否
4371/中文	4384/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4372/中文	4385/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4373/中文	4386/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4374/中文	4387/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4375/中文	4388/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4376/中文	4389/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4377/中文	4390/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4378/中文	4391/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4379/中文	4392/英文	緊急警報 Emergency Alert	預設接收	可
4380/中文	4393/英文	每月測試用訊息 Required Monthly Test	預設關閉	可

資料來源：NCC PLMN ALL

其中訊息碼 4370 與 4383 屬國家級警報，不可由用戶自行設定取消，因此，

屬最高等級且緊急的警報會以此型態發布，例如地震或海嘯等告警，同時也會確認該接收設備的特殊聲響(基頻 853 Hz 及 960 Hz，混音產生聲響)與特殊間隔之震動信號功能，其他功能確認項目如下所列：

1、 終端設備接獲之災防告警細胞廣播訊息，不可由用戶轉發或編輯該訊息內容。

2、 設備處理災防告警細胞廣播訊息接收之排程應優於設備其他功能，但不可影響語音通話及數據傳輸。

3、 設備接收基地臺發送之災防告警細胞廣播訊息屬同一訊息者，設備應不再重複顯示其訊息內容，亦不再產生聲響及振動。

系統審驗則是針對電信業者與災防中心，利用災防訊息整合平台通報網頁，以 4380 訊息碼進行測試，並考量雙方之備援系統，共有四種組合測試，選定測試範圍後，對 3G、4G 與 5G NSA 系統發送告警訊息，透過經 NCC 型式認證通過之手機，確認是否接收到該告警訊息。測試之訊息碼包含上表所列全部，並發送中文與英文細胞廣播訊息，而備援系統的測試部分僅需針對訊息碼 4380 測試即可。

第五節、 小結

一、 Stand Alone 與 Network Slicing

ITU-R 於 2015 年提出 5G 相關願景，稱為 IMT-2020，其中說明了 eMBB、uRLLC 與 mMTC 三種未來應用情境，隨後 3GPP 針對這些目標分別陸續討論與訂定相關 5G 標準技術，2016 年 3GPP 確認 5G 標準於 Rel-15 版本，2017 年底首先通過 5G NSA 版本，讓 5G NR 與 LTE 以相容方式連接，而 5G SA 版本則於 2018 年 6 月完成，3GPP 也於 2020 年 7 月宣布 Rel-16 標準凍結，隨後 Rel-17 也預計於 2022 年 6 月完成，將一些較新穎的技術提出相關的技術規格或需求，以符合未來應用需求。本專案針對 ITU 與 3GPP 兩大標準組織進行 SA 網路與網路切片進行研析，兩個組織針對 SA 網路架構皆為相同的架構，由於未來 5G 網路會逐步汰換為 SA 網路，以因應不同服務需求，3GPP 同時也會針對未來需求，訂定共同標準內容，以供產業的開發與應用，而針對網路切片，ITU 則提出概念性的說明，並針對三種應用情境提出對應的應用服務(如表 2-2)，3GPP 則針對網路切片提出相關的技術內容，主要相關的核心網路原件為 NSSF，並於 NSSAI 封包中攜帶不同的應用服務訊息。此外，兩大組織針對三大應用情境，皆有建議的數值，整理如下表。

表 2-15、ITU 與 3GPP 比較

類型	ITU	3GPP
增強型行動寬頻		
最大資料傳輸量	• 最大下行資料傳輸量為20 Gbit/s. • 最大上行資料傳輸量為 10 Gbit/s.	• 最大下行資料傳輸量為1 Gbits[14] • 最大上行資料傳輸量為500 Mbit/s
最大頻譜效益	• 最大下行頻譜效益為30 bit/s/Hz. • 最大上行頻譜效益為 15 bit/s/Hz.	NA
用戶體驗資料傳輸量	• 下行用戶體驗資料傳輸量	• 都市上行用戶體驗資料傳

[14] 3GPP TS 22.261 針對不同應用情境定義不同的建議值(參考表 2-6)

	為100 Mbit/s. • 上行用戶體驗資料傳輸量為50 Mbit/s.	輸量為25 Mbit/s[15] • 都市下行用戶體驗資料傳輸量為 50 Mbit/s[2]
超可靠和低延遲通訊		
用戶平面延遲	• eMBB延遲為4 ms • uRLLC 延遲為 1 ms	最大允許端到端延遲[16]
控制平面延遲	eMBB 與 uRLLC 延遲為 20 ms	
大規模機器類型通訊		
單位面積終端容量	支援每平方公里 1,000,000 個裝置	智慧工廠支援 10,000 個裝置[17]

資料來源：本研究整理

ITU 與 3GPP 皆有針對不同應用服務提出建議值，其中 3GPP 則分為不同的情境有不同要求，未來可以參考 3GPP 的建議值來做為應用服務要求的檢視，但由許多應用情境可能包含不同面向，較難直接對應出建議值，因為認定上較有爭議，因此這類建議值不適合訂定，且會阻礙應用服務發展，因此建議該值只做為業界開發應用服務的參考值。

二、 FWA

2016 年 7 月，對於固定寬頻與行動網路的接取融合議題，BBF 從網路部署的角度文件化可用和可預見的解決方案，從 TR-348 混合接取寬頻網路架構開始。緊隨其後的是 2019 年 5 月的 TR-378 混合接取寬頻網路節點要求，它定義了許多混合 CPE(Hybrid CPE)和混合接取閘道器(Hybrid Access Gateway)的要求，並文件化可用的 L3 和 L4 解決方案。這些技術報告是從固定網路營運商的角度編寫的，儘管這些解決方案使用行動網路作為資源，但這些技術報告缺少融合的角度，因為在最初的技術報告中定義了太多的混合接取部署，不是全部適用於融合架構。

與此同時，3GPP 正在開發他們自己的“混合接取”，在智慧型手機上同時使用 5G 和 Wi-Fi 介面，以便能夠在兩個可用的網路連接上引導、切換和分割流量。

[15] 3GPP 針對不同的環境與移動速度有不同的用戶體驗資料傳輸量(參考表 2-5)
[16] 3GPP TS 22.261 針對不同使用情境有不同的延遲與可靠度建議值(參考表 2-7)
[17] 3GPP TS 22.261 針對不同的環境有不同的裝置容量需求(參考表 2-6)

4G/5G 屬於 3GPP(行動網路)標準化生態系統，而 Wi-Fi 屬於 Wi-Fi 聯盟(固定網路)，兩者並沒有很多共同點，儘管智慧手機已經同時有兩個介面多年，但在它們之間無縫行動流量還是一個挑戰。3GPP Rel-16，於 2020 年 7 月發布，定義了接取數據資料之選取/交換/分岐功能(Access Traffic Steering Switching Splitting, ATSSS)，首次以標準化的方式解決此問題。BBF 現在已與 3GPP 合作，共同滿足將所有行動和固定流量融合到單個 5G 融合核心的要求。這定義了新的 BBF TR-470 & 5G 無線有線融合架構，它採用基於 ATSSS 的 3GPP 融合架構，並將規範擴展到包括對固定寬頻接取網路和 CPE 的要求。

WWC 當前倡議的範圍僅限於在 5G 核心和由 WI-FI、光纖、銅纜或混合光纖同軸電纜支援的住宅網路閘道器之間提供服務連續性。3GPP Rel-17 版規範可能會擴大倡議到家庭中的單個服務。

全球行動供應商協會(Global Mobile Supplier Association, GSA) 2020 年 11 月宣布成立 GSA 4G-5G 固定無線接取論壇，將領先的晶片組、模組和終端供應商以及其他希望促進 4G 和 5G FWA 的電信行業代表聚集在一起分享無線接取技術、產品和服務，報告 FWA 部署的進展並鼓勵全球採用。

各國的地方政府和監管機構正在採取措施將 FWA 納入其國家議程。一些國家已經將 FWA 納入其國家寬頻計劃。要在固定寬頻上取得成功，無線寬頻至關重要，行動營運商必須擁有足夠的頻譜來提供無線頻寬。隨著行動營運商擁有充足的頻譜和 5G，電信行業需要重新審視 FMC 解決方案。

三、 FeMBMS

3GPP Rel-14 的 FeMBMS 或是 Rel-16 的 5G 廣播將會是為智慧手機用戶提供即時影像的最佳解決方案。與傳統數位電視廣播相比，未來 3GPP 的 5G 廣播可以通過融合廣播/群播的點對多點傳輸和單播的點對點傳輸來提供無縫覆蓋，通過數位電視廣播營運商部署 HPHT 的廣播可以大大降低室外覆蓋成本，而行動通訊網路營運商部署 LPLT 的群播與單播可以提供室內覆蓋並實現互動式用戶體驗。同時，5G 廣播通過統一的傳輸協定提供了足夠的靈活性來支援不同格

式的節目源。5G 廣播支援無 SIM 卡的純接收模式(Receive-Only Mode, ROM)，即用戶無需預先訂閱網路即可以接收 5G 廣播訊號，這一點對於免費轉播(Free to Air)的公共服務尤為重要。

產業發展的健全需先有技術標準的發表與支援，因此由國際標準制定可完善國際間的產業標準體系。國際中的相關組織(如歐洲廣播聯盟(EBU)、德國無線廣播技術研究所(Institut für Rundfunktechnik GmbH, IRT)等)提出滿足 5G 情境、又契合無線交互廣播電視網路發展需求的技術規範，使得 5G 廣播電視和 5G 通訊網路共同協作發展，表 2-16 為 3GPP 與 5G Broadcast 技術相關的 3GPP 標準。

表 2-16、5G 廣播技術相關的 3GPP 標準

3GPP 標準	**標準名稱及範圍**
TR 36.776	基於 LTE 的 5G 地面廣播研究： 本文件的目的是確認基於 LTE 的 eMBMS 與 3GPP TR 38.913 中定義的專用廣播網路的 5G 要求之間的差距，並研究縮小這些差距的解決方案。
TR 36.976	基於 LTE 的 5G 廣播總體描述： 本文件提供基於 LTE 5G 地面廣播的概述和整體描述，包括： - 提供免費轉播(Free To Air)的服務； - 僅包含專用於 MBMS 傳輸的細胞(MBMS-dedicated cell)或支援單播和 MBMS 傳輸的細胞(FeMBMS/Unicast-mixed cell)作為發射機的無線網路(radio network)；和 - 純接收模式(ROM)設備和用戶設備支援 FeMBMS 作為接收機。
TS 36.211	E-UTRA；實體通道和調變： 本文件描述 E-UTRA 的實體通道。
TS 36.212	E-UTRA；多工和通道編碼： 本文件規定 E-UTRA 實體通道的編碼、多工和映射。
TS 36.213	E-UTRA；實體層程序： 本文件規定並建立 E-UTRA 的 FDD 和 TDD 模式中實體層程序的特性。
TS 36.306	用戶設備無線接取能力： 本文件定義 E-UTRA 用戶設備的無線接取能力參數。
TS 36.331	E-UTRA；無線資源控制(RRC)；協定規範： 本文件規定用戶設備和 E-UTRAN 之間的無線介面以及 RN 和 E-UTRAN 之間的無線介面的無線資源控制協定。 本文件的範圍還包括： - 在 eNB 間切換時，在來源 eNB 和目標 eNB 之間的透明容器中傳輸的無線相關資訊； - 在 RAT 間切換時，在來源 eNB 或目標 eNB 與另一個系統之間的透明容器中傳輸的無線相關資訊。

TS 36.443	M2 應用程式協定(M2AP, M2 Application Protocol)： 本文件規定 M2 介面的 E-UTRAN 無線網路層訊令協定。通過本文中所定義的訊令協定 M2 應用程式協定(M2AP)支援 M2 介面的功能。M2AP 是根據 TS 36.401 和 TS 36.300 規定的一般原則開發的。
TS 36.101	用戶設備無線傳輸及接收： 本文件規定 EUTRA 用戶設備(UE)的最低射頻特性和最低性能要求。
TS 36.104	基地臺(BS)無線傳輸及接收： 本文件規定了 E-UTRA、帶有 NB-IoT 或 NB-IoT 基地臺(BS)的 E-UTRA 的最低射頻特性和最低性能要求。
TS 36.133	E-UTRA；支援無線資源管理的要求： 本文件規定了對演進 UTRA 的 FDD 和 TDD 模式的無線資源管理支援的的要求。這些要求包括對 UTRAN 和用戶設備中測量的要求，以及在延遲和響應特性方面對節點動態行為和交互的要求。
TS 36.300	UTRA 和 UTRA 的總體描述： 本文件提供了 E-UTRAN 無線介面協定架構的概述和總體描述。無線介面協定的詳細資訊在 36 系列的配套規範中指定。
TS 23.501	5G 系統的系統架構： 本文件定義了 5G 系統的第二階段系統架構。5G 系統提供資料的連接和服務。 本規範涵蓋了所有方面的漫遊和非漫遊場景，包括 5GS 和 EPS 之間的互通、5GS 內的移動性、QoS、策略控制和計費、身分驗證以及一般的 5G 系統範圍特性，例如簡訊、定位服務、緊急服務。

資料來源：http://www.future-forum.org/

四、 B5G

由於目前並無有力的單位或資料說明 B5G 的範圍為何，於是業界普遍將 B5G 視為較新技術或原技術的升級，由於 3GPP 已將 Rel-16 定稿，因此大家普遍認為 Rel-17 後到 6G 正式版本前即為 B5G 的範疇。此外，5GPPP 聯盟提出了 B5G 的新視野與研究，在文件內將 5G phase 2 視為 B5G 的範圍，5G phase 2 的完整內容將在 2025 年確認。雖然如此，專家普遍認為 TeraHz 與衛星通訊為 B5G 的範圍，本研究案也針對這兩部分進行說明，TeraHz 為 100 GHz 到 3 THz，該頻段被視為下一代通訊的重要資源，但高頻在通訊上的難度很高，需要有相對應的技術與規格來配合，如軟硬體限制、毫米波與波束成形技術，可用來滿足更廣泛的應用情境。衛星通訊為未來商用部署重要的一環，臺灣也宣示進軍太空產業，成為全球衛星通訊的供應鏈，5G 非地面網路(NTN)技術規格正在行動通訊標準組織 3GPP 進行研究報告制定階段，也預計於 2021 年，完成第一份 5G 非

地面網路技術規格。該版本將先著重在低軌道及同步軌道衛星，做為 5G 基地臺到 5G 終端的傳送途徑，與現有 5G 網路進行整合，提供更完善的 5G 覆蓋範圍，可克服偏鄉布建基地臺難度，並拉近城鄉之間的覆蓋率差異性，對臺灣的無線通訊技術提供了無差異的服務。

五、 PWS

從現行《公眾電信網路審驗技術規範》來看，測試方式是透過發送不同的訊息碼，來確認終端用戶於多個地區是否能收到並正確解碼為準則，因為是採服務功能性確認方式，即便升級至 ePWS 服務，也能以相同模式來對 PWS 進行審驗。

唯對於 ePWS 新增之無關語言之內容格式(language-independent content functionality)及 ePWS 災難特徵類別(ePWS disaster characteristics functionality)，則建議需另行新增功能性確認，才能確保電信營運商送出之災難類別碼是正確的。同時，以此二項功能判斷，CBE 設備發送之訊息可能具備此兩項功能，但由於 CBE 設備並非屬 3GPP 制定範疇，尚待 CBE 製造商開發出此類設備時才能確認，同時，也需知道電信營運商採用何種 5G CBS 架構，才能確定測試方法。另外，對於沒有用戶介面之器材設備，3GPP 建議可採忽略該等告警訊息，或依據告警訊息內容執行特定功能兩類做法。

第參章、 主要國家及區域之服務發展現況、技術研究與演進、技術監理措施

第一節、 5G Stand Alone

一、 服務發展現況

全球的電信服務商都積極的加速 5G 的發展，即使 5G 的建設受到各國封城的影響，各國電信也者依然積極的朝 5G SA 網路升級與布建，根據 GSMA Intelligence 統計，截至 2020 年有全球 217 個營運商在 100 個市場中做了總共 561 次 5G 的試驗(trials)，截至 2020 年 Q3，全球有 74 家電信營運商在 55 個國家內宣布 5G 服務上線，並有 21 家電信營運商計畫提供 5G 服務，如下圖這些營運商所服務的用戶已達全球 40 %。

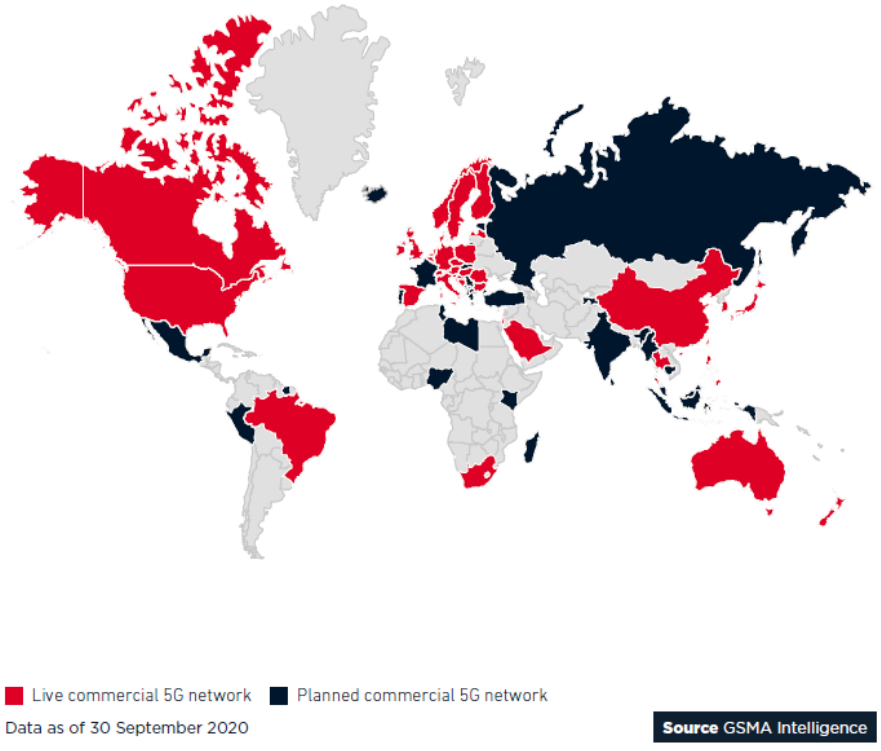


圖 3-1、全球 5G 建設分布

資料來源：GSMA Intelligence “Global mobile trends 2021”

根據 GSMA Intelligence 調查，蒐集各國營運商針對 5G SA 網路的預計布建時程，如下頁圖，歐洲最早開始進行 SA 的部署，而亞洲則在 2020 與 2021 間，進行大量的網路布建與升級。

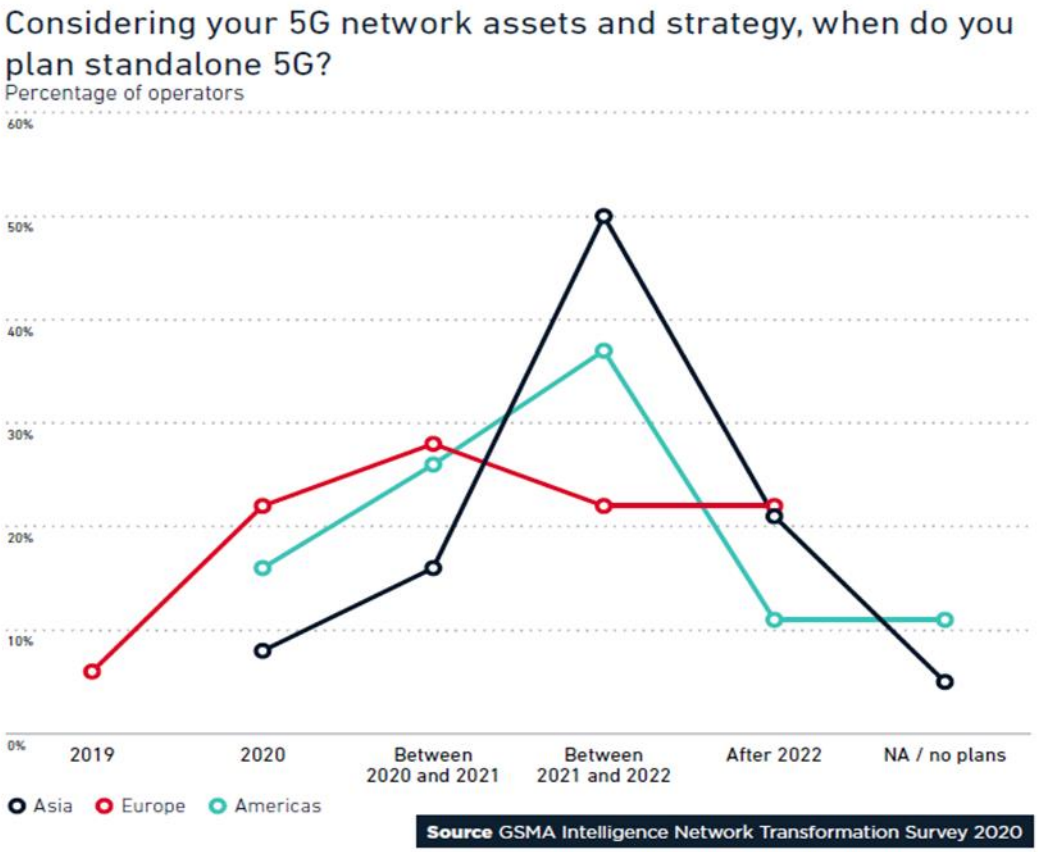


圖 3-2、5G SA 網路布建時程規劃

資料來源：GSMA Intelligence “Global mobile trends 2021”

儘管 5G 發展迅速，但 4G 仍將在很長一段時間內繼續承載大部分行動通訊業務。5G 初期，NSA 已經商用，未來幾年將引入 SA，並與 4G 和 NSA 網路共存。隨著時間的推移，4G 和 NSA 將逐漸向 SA 演進。營運商的主要擔憂是 SA 部署可能對其 4G 和 NSA 網路產生負面影響。許多人尋求在不對現有設備進行重大更改的情況下，快速部署 SA 網路，目的是共享站點、電源和傳輸資源以降低成本。

2019 年中國政府於年中頒發頻譜牌照後，在 10 月底開通服務僅兩個月時間內，中國三大行動營運商就建設了 14 萬個 5G 基地臺，佔了全球總數的四分之一。中國營運商撥出了 1,800 億元人民幣用於 SA 5G 項目的第二階段發展，中國營運商也急於 2020 底前完成 70 萬個 5G 站臺，預計能涵蓋 2 億個用戶，截至 2020 年 9 月前，China Mobile 約有 1 億 1 千萬個 5G 用戶，China Telecom 約有 6 千 4 百萬個 5G 用戶。由於 5G 手機價格降低，也刺激了 5G 服務的發展，5G

目前都朝向 eMBB 來發展，中國聯通和中國移動 2020 年上半年分別同期增長 40 %和 27 %的資料傳輸量，達到每位用戶每月約 9 GB。

中國移動是全球最大的用戶營運商，並於 2020 年初開始部署 SA，截至 2020 第二季度末，在 50 多個城市擁有 188,000 個 5G 站點，它的目標是到 2020 年底將其基地臺總數達到近 400,000 個，中國移動新推出的所有站點都是 SA 版本，也將現有站點已升級為雙模(NSA 和 SA)。中國移動使用 2.6 GHz 和 4.9 GHz 頻段的頻譜，並計劃在未來使用 700 MHz 和毫米波技術。

中國電信和中國聯通於 2019 年 9 月同意建設和營運全國性 SA RAN 網路。中國電信和中國聯通計劃共享 25 萬個 RAN 站點，截至 2019 年底，大約在 40 個城市建設約 40,000 個站點，使用了 3.5 GHz 和 2.1 GHz 頻譜。2020 年 11 月 7 日，中國電信正式宣佈在中國 300 多個城市開通 SA 商用網路。

韓國 LG Uplus 於 2020 年 6 月完成了在 SA 網路上運行的高品質語音技術測試，SK Telecom 和 KT 在 2021 年開通 SA 5G 網路。

美國 AT&T 在 2020 年 8 月份表示，儘管發生了 Covid-19 大流行，但其 SA 核心網路的工作仍在按計劃進行，並且有望在未來幾個月內開始初步商業部署，同時 T-Mobile US 也大膽宣稱在 SA 5G 提供世界第一全國覆蓋，此時，Verizon 也準備在今年將部分流量轉移到 SA 核心網路，宣布使用該 SA 基礎設施成功完成端到端數據會話(data session)。

新加坡於 2021 年推出 SA 5G 網路，StarHub、M1 和新加坡電信 2020 年宣布使用 2.1 GHz 和 3.5 GHz 頻段進行有限的 NSA 測試。

澳大利亞和紐西蘭營運商(Telstra 和 Vodafone NZ)正在談論關於工業和農業應用案例。Telstra 於 2020 年 5 月份表示已將其整個 5G RAN 升級到 SA，但正在測試兼容設備，預計要到今年晚些時候才能商用，市場領導者也強調 SA 將提高網路效率並推動新的應用服務。

以下針對美國、韓國、日本、中國與德國進行服務發展說明。

(一) 美國

2020 年 8 月，T-Mobile 宣布完成全球第一個 5G SA 商用網路，AT&T 與 Verizon 當時尚未部署 5G SA 網路，這兩家電信業者也持續推動 SA 網路布建速度。Verizon 也於 2020 年 7 月完成了 SA 網路得測試，並於 2021 年全面提供商用服務，AT&T 也指出在 2021 年能提供大規模的 SA 網路。

2019 年 6 月，AT&T 與 Verizon 加緊在網路切片的發展，在 2020 與 2021 年間完成，網路切片能提供一個有效率的網路，電信營運商能平行的分配網路資源，並提供一定服務品質(QoS)，不同的商業模式也會依據服務品質或效能，收取不同的價格，行動虛擬網路營運商(Mobile Virtual Network Operator, MVNO)業者也能根據網路切片協議(slice agreements)建構網路。GSMA 估計在 2025 年時網路切片能帶來 3,000 億美元的收益。

網路切片最早於 Next Generation Mobile Networks (NGMN)所制定，並指出網路切片為 5G 網路的一部分，並與傳統虛擬私人網路(Virtual Private Network, VPN)概念相近，目的為創立多個邏輯的網路，每個獨立網路將可能被指定為高資料傳輸量、低延遲或其他參數設定，每個網路切片能支援多個 sessions 或 flows，並對於不同服務能管理與監控 QoS，美國電信商中 AT&T 在網路切片部分能取得較好的優勢，原因為全虛擬化的架構，AT&T 的副執行長 Paul Greendyk 指出，網路切片為一個耐人尋味的工具，他能提供電信商有效管理網路並提供客戶服務解決方案，已有些網路切片服務存在，例如接取點名稱(Access Point Name, APN)的使用與管理。

Verizon 為美國網路切片最早的實現者，並於 2020 年提供 SA 的網路來支援網路切片，2020 年 7 月，美國電信商 Verizon 宣布可以在一個 5G SA 網路架構上，成功實現 end-to-end(端到端)資料傳輸，並指出 SA 網路能支援網路切片功能。同時也指出他們已經開始把資料流移動到新的 SA 架構。Verizon 與其他美國電信商布建的 NSA 網路並無法支撐新的服務型態，將 5G 流量逐步移動到雲

化(cloud-native)5G SA 架構將能提升 5G 能力。Verizon 指出網路切片將會利用雲化架構，並結合內建的人工智慧與機器學習(Machine Learning, ML)技術，提供動態的資源分配，目的為支援更多的 5G 應用服務，舉例而言，IoT 的應用服務將與 AR/VR 應用服務有很大系統要求差異性。

Verizon 的虛擬 5G 端到端網路將能支援網路切片與多接取邊緣運算(Multi-access Edge Computing, MEC)，並於 2020 年宣稱相較於其他美國競爭者，Verizon 的虛擬 5G 網路為競爭者中能提供網路切片與 MEC，並在 SA 網路中成功的完成資料傳輸，預計將會開始將資料流由舊系統移到新系統，於 2021 年達到全面商業化，此外 Verizon 也將虛擬化 RAN(virtualized RAN)納入系統架構，虛擬化 RAN 概念將軟體與硬體功能區分開，也能用一般的硬體來實現，該方法讓電信商有更大的彈性與加速新服務的發展，也有較好的擴充性與效率。5G 網路一個重要的特性為低延遲，為了達到該目的，會需要 MEC 的架構，將系統從雲端移到更接近用戶的地方，Verizon 指出 5G 網路另一個不同為網路切片功能，他能讓電信營運商有能力去提供不同設定的網路給服務提供商，網路切片需要一個可編程的網路(programmable)，應用範圍從大規模裝置的 mMTC、智慧手機的使用到 eMBB 的 AR/VR 的應用，車聯網的 uRLLC，都會需要強力的邊緣運算能力，目前 Verizon 採用人工的方式來調整系統參數，未來將採用虛擬化的動態來達成。事實上，Verizon 在 5G 的發展上，相較於其他的主要電信商並不算快，因為 Verizon 將毫米波視為主要發展目標，能提供高速傳輸，但卻有較小的傳輸距離。

美國近幾年積極部署 SA 網路，各電信商 5G 分佈如下圖。

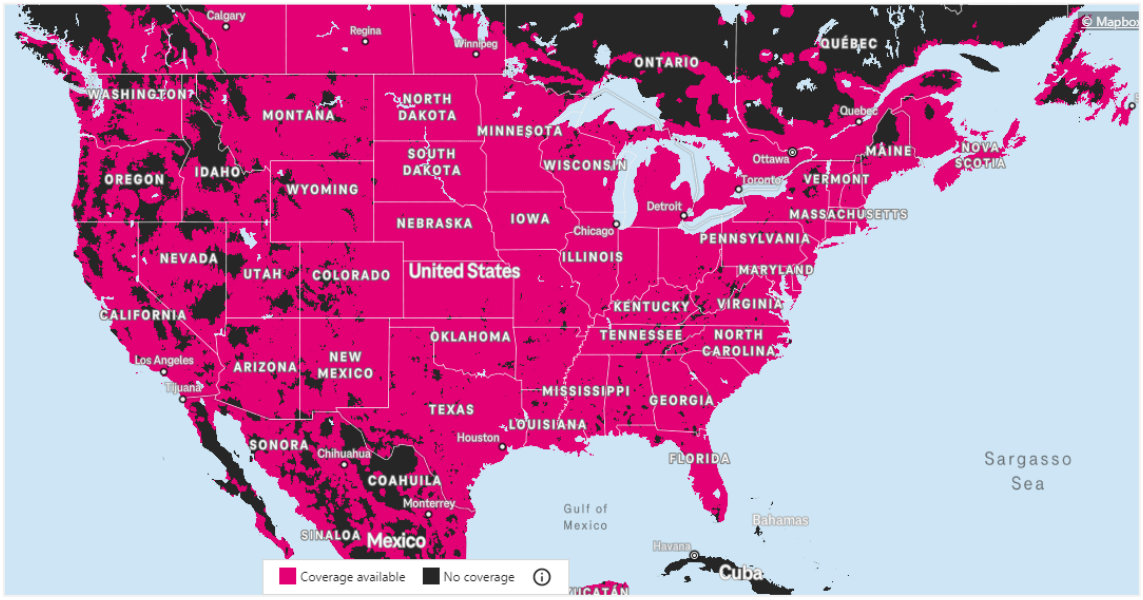


圖 3-3、T-Mobile 5G 網路覆蓋率

資料來源：T-Mobile

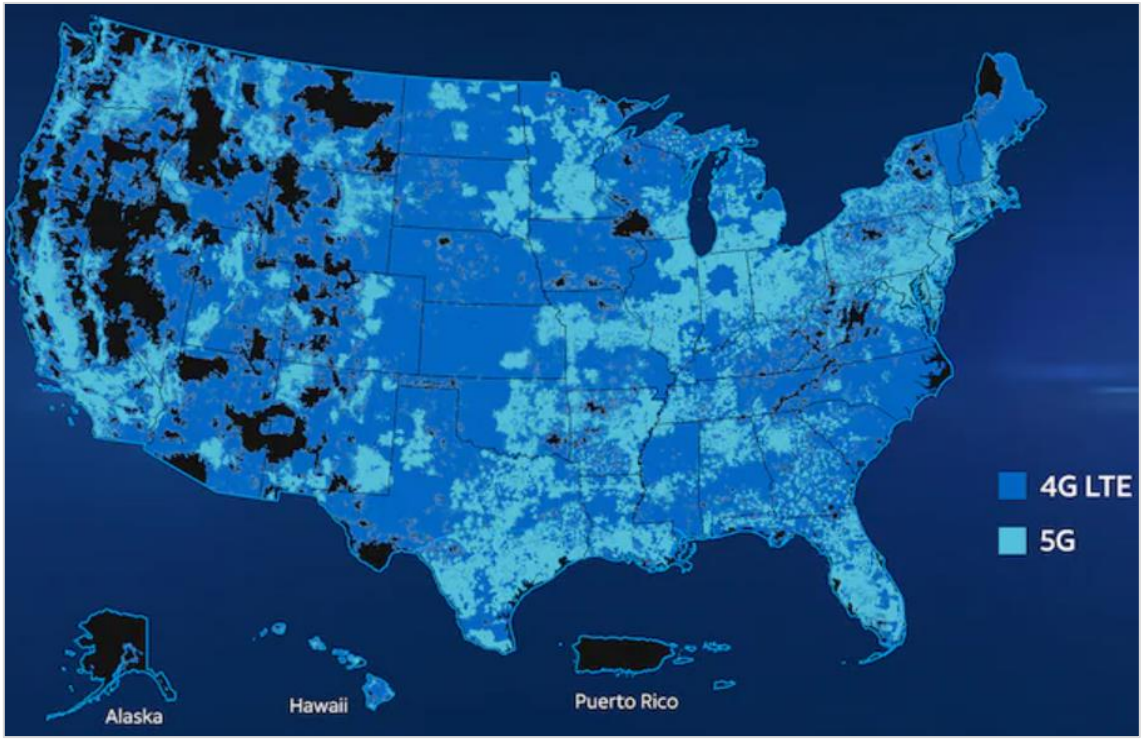


圖 3-4、AT&T 5G 網路覆蓋率

資料來源：AT&T

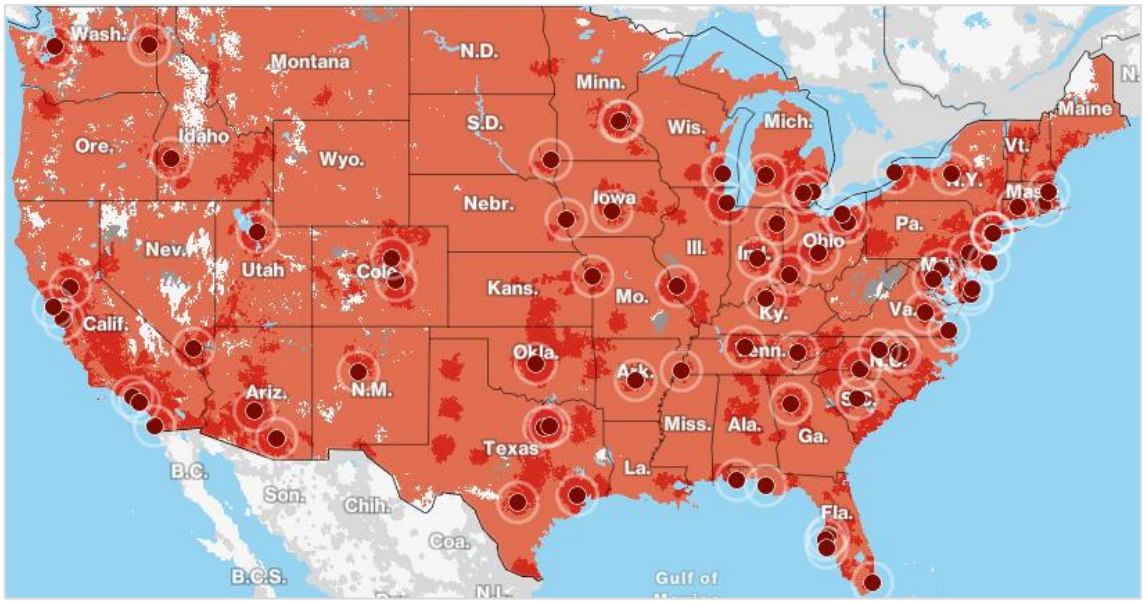


圖 3-5、Verizon 5G 網路覆蓋率

資料來源：Verizon

(二) 韓國

韓國 SK 電信商於 2015 年 8 月與愛立信(Ericsson)設備商共同簽訂合作意向書(Letter of Intent, LoI)，宣布共同合作 5G 核心網路之網路切片技術。在這份協議中，SK 電信商與 Ericsson 將會藉由網路切片的開發與部署來最佳化 5G 服務。兩家公司於 2015 年共同合作建立 5G 測試環境(Test Bed)，目的為展示全世界最先進的 5G 端到端服務。5G 的應用情境包含遠端機器(Remote Machinery)、智慧運輸(Intelligent Transportation)與虛擬實境(VR)，以展示新效能與安全需求，為了達到該目的，5G 網路將採用網路切片技術，利用邏輯(logical)而非實體的資源(Physical Resource)來達成，實現營運商網路即服務(Networks-as-a-Service)基礎。為了實現網路切片，將採用 Ericsson 的虛擬核網(Virtual Evolved Packet Core solution)，此合作將採用 Ericsson 的區域雲端實驗室(Regional Cloud Lab)，該實驗室分散在南韓安陽、日本橫濱與中國上海和北京，該實驗室於 2014 年運作，支援營運商開發與驗證雲端(Cloud)、網路虛擬化(NFV)與軟體定義網路(SDN)技術。

2020 年 7 月，KT 針對商業模式發表網路切片技術，透過實體(Physical)的

5G 網路可以切分為多個虛擬(Virtual)的網路，以符合電信營運商能提供商業用戶符合他們需求的服務。舉例來說。客戶可以使用切片技術，利用 eMBB 概念，將智慧手機與閉路電視(Closed-Circuit Television, CCTVs)服務區分，CCTVs 的影像可以不間斷的在手機進行傳輸。KT 也發佈了網路切片技術於企業應用，KT 表示將提供符合需求的 5G 網路於企業客戶，客戶能依據自身的目的來最佳化網路，來達到特定服務需求，客戶能將網路切分為不同的工作群組(Workforce)或應用(Application)，來達到資料不中斷目的，KT 也不斷尋找不同的企業客戶應用，於 2020 年 5 月，已發表 5G 網路透過智慧手機於倉庫的自動貨車(Autonomous carts)服務，實現 mMTC 與 uRLLC，並於 12 月與國家消防局(National Fire Agency)發表 5G 緊急視訊服務(5G Emergency Video Call Service)，實現 eMBB 與 uRLLC 效能。

韓國政府針對網路切片修改了網路中立(Network Neutrality)指引，為了能符合 5G 特定的使用目的，如自動車(Autonomous Vehicle)與智慧工廠(Smart Factory)，韓國科學技術情報通訊部(The Ministry of Science and ICT, MSIT)將會針對網路切片修正網路中立指引，MSIT 與行動通訊服務供應商和內容服務商(Content Provider)共同討論網路中立議題。網路中立指引的修正關鍵點為特定服務(Special Service)概念，允許邏輯(Logical)資料管理，同時研究團隊也規定安全機制(Safety Mechanism)，以避免任何大眾網路服務用戶的負面效益，特定服務的定義為一個服務被用在特定目的與特定區域，透過區隔流量管理技術來保證傳輸品質。

修正指引將可以允許電信商去針對自動車提供低延遲服務，也能提供大量的高品質影像傳輸服務，同時 MSIT 可以透過評估通訊品質來評估特定服務，當用戶或內容服務商在特定服務下，有不好的使用體驗時，新的指引允許 MSIT 要求電信商提供網路流量相關資訊。允許特定服務的需求也滿足全球的趨勢，美國於 2018 年也廢除了網路中立準則；透過開放網路規定(Open Internet Regulation)，歐盟依法監管網路中立原則，歐盟與韓國一樣都支援 5G 特定服務。

韓國近幾年積極部署 SA 網路，各電信商 5G 分佈如下圖。



圖 3-6、SK 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF[18]



圖 3-7、KT 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF

[18] NPERF：https://www.nperf.com/en/map/KR/-/-/signal/?ll=35.95128693544543&lg=128.005&zoom=6

(三) 日本

2016 年 6 月日本電信商 NTT DOCOMO 與電信商 Ericsson 共同成功的展示全球第一個 5G 動態網路切片的概念證明(Proof of Concept, PoC)，成為 5G 網路的新里程碑。本次 PoC 展示了如何將一個硬體網路切分為多個虛擬的網路，並根據不同服務型態，有能力提供適當的網路資源與網路分布，該 PoC 能根據服務需求，能自動建立網路切片管理功能(Slice-Management Function)，能夠同時在多個邏輯(Logical)的網路上應付多元的服務型，本次展示能根據不同的規則(Policy)與特定服務需求(如延遲、安全或資料傳輸量)，將 5G 服務彈性的與網路連結。

2020 年 12 月本電信商軟銀(Softbank)宣布，軟銀已選擇諾基亞(Nokia)的原生雲(Cloud-Native) 5G 核心元件來布建軟銀獨立 5G 服務，諾基亞 SA 網路將協助支援新的消費者和企業使用案例，例如 eMBB 的沉浸式體驗(VR/AR/MR)、固定無線接取(FWA)、影像監控和分析(Video Surveillance and Analytics)、雲機器人(Cloud Robotics)以及 mMTC 與 uRLLC 的車聯網。諾基亞的 5G 核心網原生雲為營運商提供了 5G 時代所需的各種功能，從而提高了網路可擴展性和可靠性，SoftBank 的用戶也將體驗到 5G 的好處，例如更低的延遲、更高的頻寬和大規模的設備連接。

2020 年 9 月，三星電子(Samsung Electronics)與日本電信商 KDDI 合作，完成與驗證 5G 端到端網路切片技術，兩家公司於東京利用 5G 獨立組網網路共同執行 5G 技術的驗證與測試，他們採用 RAN 智慧控制(RAN Intelligent Controller, RIC)，根據服務的狀況，能有效率的控制基地臺的資源配置。網路切片為 5G 網路的基本技術，將實體的網路切分為多個虛擬的網路，這種方式可以允許電信商達到不同網路特性，如高速傳輸、低延遲與大規模連接。5G 網路切片需求持續的成長，傳統的一致性服務政策(Service Policies)已經不能滿足多樣的 5G 需求，舉例來說，電信業能透過 5G 切片技術提供虛擬網路，來保證可靠度能接近 100%和延遲達到毫秒等級(Millisecond Level)，利用 uRLLC 能應用在自動駕駛(Self-

Driving)、雲端遊戲(Cloud Gaming)、工業物聯網(IioT)等，在高速傳輸 eMBB 方面，則能應用在擴增實境、虛擬實境或高畫質影像串流(ultra-high-Definition Video Streaming)，三星電子與 KDDI 也計畫提出 5G 垂直應用網路切片驗證標準給國際組織參考。

網路切片技術能提供行動通訊業者新的機會，創造 5G 商業價值，三星電子與 KDDI 展示能透過 RIC 來達成端到端的 5G 網路切片技術，該展示呈現了網路切片下的各式應用，網路系統採用三星的虛擬核網(Virtualized Core)與虛擬 RAN(Virtualized RAN)，網路切片關鍵為將一個實體的網路架構切分為多個虛擬網路，每個虛擬網路存在不同的服務特性。舉例來說，電信業者可以針對自動駕駛服務創造一個低延遲網路切片，同時也能提供給影音串流大頻寬的網路切片，兩個應用服務可以同時被使用，且彼此不影響，如圖 3-8。

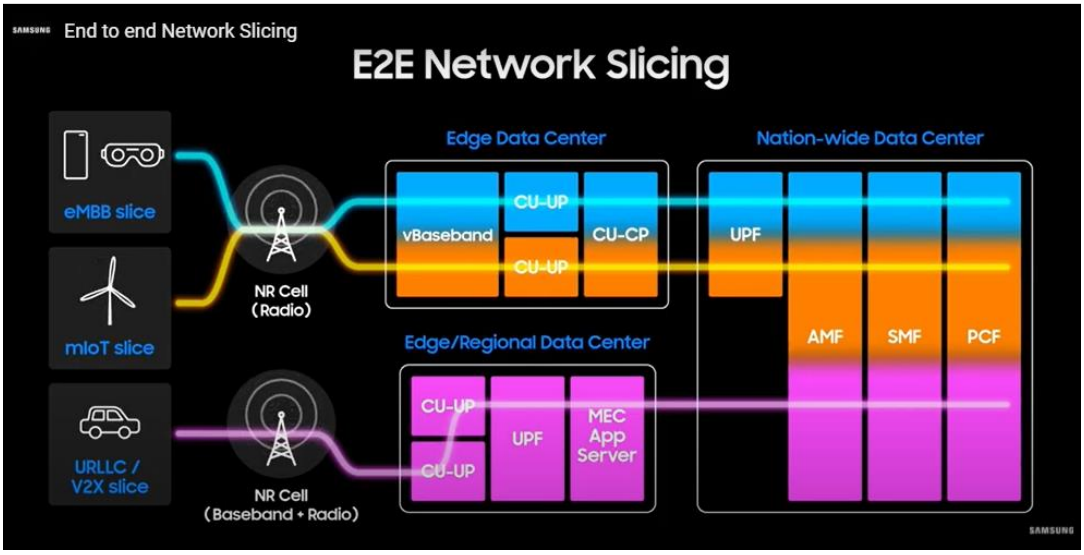


圖 3-8、網路切片應用

資料來源：三星電子

透過三星電子與 KDDI 展示 5G 網路切片技術來驗證低延遲 uRLLC、資料傳輸量保證 eMBB 與創立多個網路切片，RIC 可以管理資源來達到不同服務需求，如圖 3-12，假如不使用網路切片，電信業者會需要增加 RAN 與 Core 來實現新的商業模式，網路切片能有效的提供新服務型態需求。

日本近幾年積極部署 SA 網路，各電信商 5G 分佈如下圖。



圖 3-9、NTT DOCOMO 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF[19]

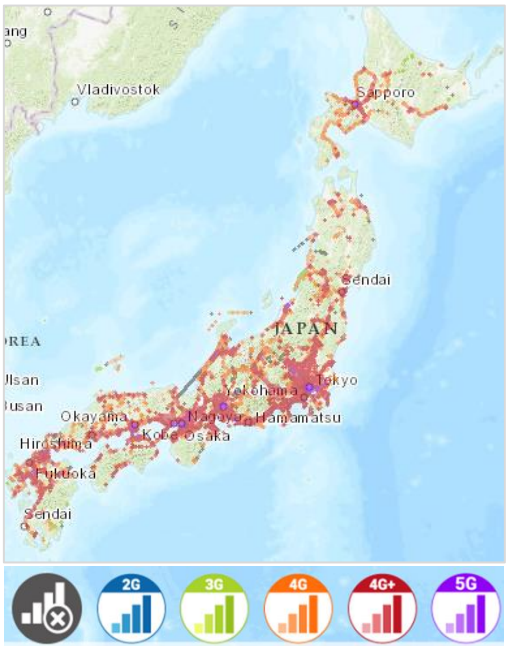


圖 3-10、Softbank 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF

[19] NPERF：https://www.nperf.com/en/map/KR/-/-/signal/?ll=35.95128693544543&lg=128.005&zoom=6

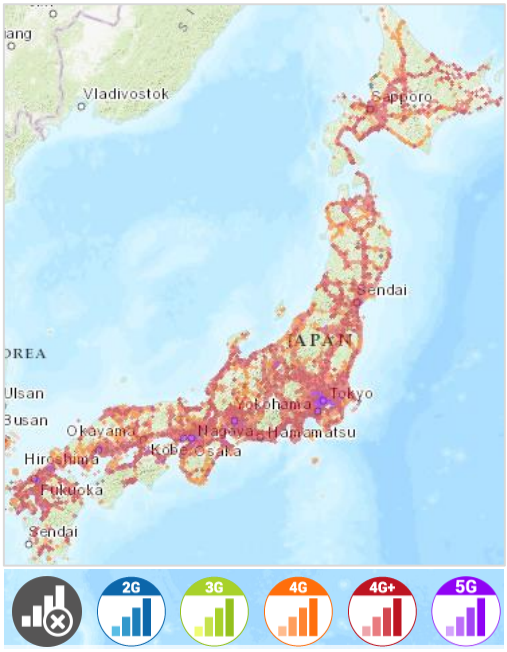


圖 3-11、KDDI 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF[20]

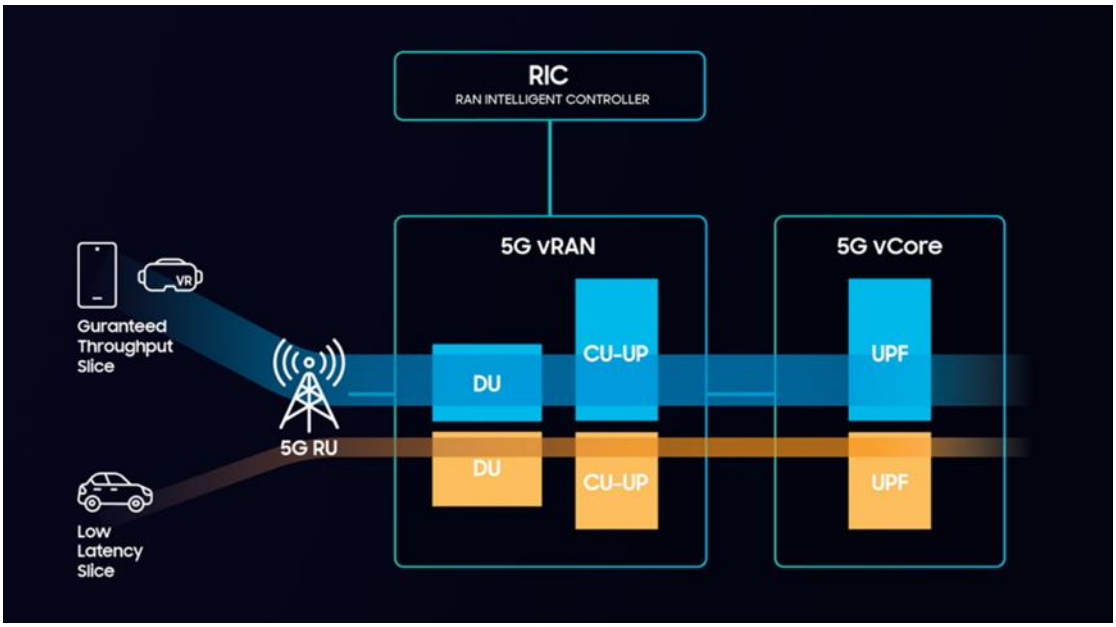


圖 3-12、RIC 網路切片技術

資料來源：三星電子

[20] NPERF：https://www.nperf.com/en/map/KR/-/-/signal/?ll=35.95128693544543&lg=128.005&zoom=6

(四) 中國

中國聯通(China Unicom)於 2021 年全面擴展網路切片技術，並在 2020 年於 300 個城市推出 5G SA 網路。2020 年 4 月，中興通訊(ZTE)與中國聯通(China Unicom)於深圳共同驗證展示網路切片技術，在 2019 年 1 月，中國聯通發表了網路切片白皮書，文件內指出網路切片與邊緣運算為未來 5G 的重要技術，同一時間中國聯通也與各家公司共同研究與實現網路切片技術，其中與中興通訊的合作專案中，中國聯通基於不同商業情境設計了一個多樣的網路切片活化模式，透過硬體的 FlexE 與軟體的 SR+EVPN 方式來實現，如下圖。

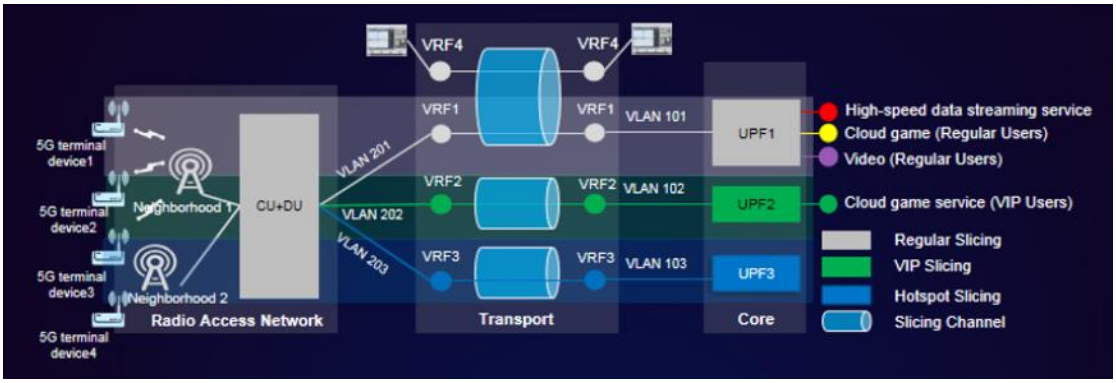


圖 3-13、傳輸切片規劃

資料來源：ZTE

北京紫光展銳(UNISOC)於 2020 年 10 月發佈與中國聯通(China Unicom)成功的展示全球第一個網路切片選擇(network slicing selection)的解決方案。該方案能透過應用描述(Application Descriptors)、領域描述(Domain Descriptors)、IP 描述(IP Descriptors)來獨立與彈性的調整網路切片，以符合不同的商業情境。網路切片技術為一個高度複雜的機制，長遠來看該技術會限制於終端裝置的能力，主要來自於通訊晶片限制，紫光展銳所開發的 5G 晶片能符合 3GPP 5G 網路切片選擇機制，透過單一手機內不同的應用，能有效率的被分配到對應的切片，以提升用戶體驗品質，透過兩家公司的合作展示，將在未來提供給 5G 應用服務。

中國電信(China Telecom)宣布試驗(Trial)5G 網路切片專案，該專案將有利於發展企業與工業應用，中國電信參與“5G Slicing + MEC + Intelligent Manufacturing”試驗來探討 5G 網路切片與 MEC 技術，將替未來的 5G 應用鋪

路。中國電信為 NFV 技術領導者，並與 ETSI 合作探討網路切片標準，根據 ETSI 定義，網路切片允許從現有的網路功能分配資源給不同的服務商或承租者，為了符合該需求，中國電信於 2018 年建立了 5G SA 試驗網路，展示 5G 網路切片與 MEC，可於智慧工廠內實現 mMTC 目標，並利用 eMBB 來達到 20 Mbps 高畫質影像傳輸與 uRLLC 來達到低於 20 ms 的延遲。

(五) 歐盟

2021 年 4 月，Vodafone、Ericsson、Qualcomm 與 Oppo 共同於德國完成布建歐洲最大的 5G SA 網路，Vodafone 升級了 1,000 座基地臺到 SA 版本，並用 3.5 GHz 頻段，覆蓋了 170 個城市，主要大城市包含法蘭克福(Frankfurt)、柏林(Berlin)、漢堡(Hamburg)、慕尼黑(Munich)與杜塞道夫(Dusseldorf)，小城市如馬德堡(Magdeburg)、索林根(Solingen)與美因茲(Mainz)，並預計於年底完成 4,000 座基地臺升級，此外，Vodafone 網路也支援網路切片，以符合不同特性的使用情境。德國電信(Deutsche Telekom)在德國也提供少數區域 5G 網路，目前 Vodafone 與 Deutsche Telekom 也大量倚靠動態頻譜共享(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)來強化 5G 的覆蓋率。

對於 5G SA 網路而言，目前採用 700 MHz 頻寬下，速度可達到 1,000 Mbps，同時延遲也會低於 NSA 網路，Vodafone CTO Gerhard Mack 表示，預計於 2023 年，德國用戶瀏覽網路速度介於 10~15 毫秒(Milliseconds, ms)。相較於 NSA，SA 網路也能同時容納 10 倍以上的終端裝置。5G SA 網路能增加 20 %的覆蓋率，相較於 NSA 的 5G 和 LTE 共存網路架構，SA 也能降低 20 %的終端電源消耗，降低碳排量。

Vodafone 於德國的第一個 5G 資料中心坐落於法蘭克福，允許資料處理速度能接近於即時(Real time)，Vodafone 表示將進行部署網路切片於 SA 網路上，並預計發展私人(Private)網路來確保頻寬與延遲。Vodafone Germany CTO Gerhard Mack 指出，5G 網路有三個面向，目前都著重於高頻寬傳輸，我們目前則朝向低延遲與網路切片進行。

2021 年 2 月，德國 pay-TV 德國天空(SKY DEUTSCHLAND)與 Vodafone 合作，提供 LiveU LU800 解決方案，提供及時的德甲聯賽 5G Live 展示，LiveU 為一個成功的 5G eMBB 應用，透過多個鏡頭來展示身歷其境的運動賽事，該測試也進行了網路切片測試，確保大頻寬來實現。本次測試展示了 LiveU 主要賽事，與 uRLLC 相關的可靠度(reliability)與移動性(mobility)，允許球迷能透過攝影機更接近球員，相較於傳統的方式，能讓球迷更即時地融入比賽，該測試也顯現出 5G 網路切片的重要性，確保高品質的可靠度，觀眾可以透過 LU-Smart mobile app 來觀看即時賽事。

網路切片技術為下一代 5G 重要的能力，在德國的測試中展示了極佳的穩定性(Stability)與速度(Speed)，保證網路頻寬來提供 Tier 1 的運動賽事，網路切片為 5G 的一個優勢，能提供電信業者切割他們的網路來提供特定的服務，提供軟體定義架構與適當且動態的頻寬配置，對於擁擠的群眾環境下相當有幫助。德國天空副總裁 Alessandro Reitano 表示，這將是 5G 的一個重要的測試，透過 IP-Bounding 與網路切片能力來達到優質的賽事廣播。同時 LiveU EMEA 總裁 Zion Eilam 也表示，本次測試對於 5G 在業界的發展取得相當大的進展，尤其在動態 live sport 的商品上，就如德國天空所宣稱的，網路切片技術能增加彈性與擴展覆蓋角度，並提供觀看者更佳沉浸於活動，本次展示成功的展示 5G 與網路切片技術，也確立了我們於市場的領先地位，也讓遠端產品朝下一個階段邁進。在智慧工廠部分，Konecranes CTO, Juha Pankakoski 也表示他們多年來一直在為工業 4.0 做準備，也利用 mMTC 與工業 4.0 結合，參與了一些公共研究項目，基於德國的工廠共享的數據，也已經構建了新功能，將為裝置建立之間的連結。

德國近幾年積極部署 SA 網路，各電信商 5G 分佈如下圖。

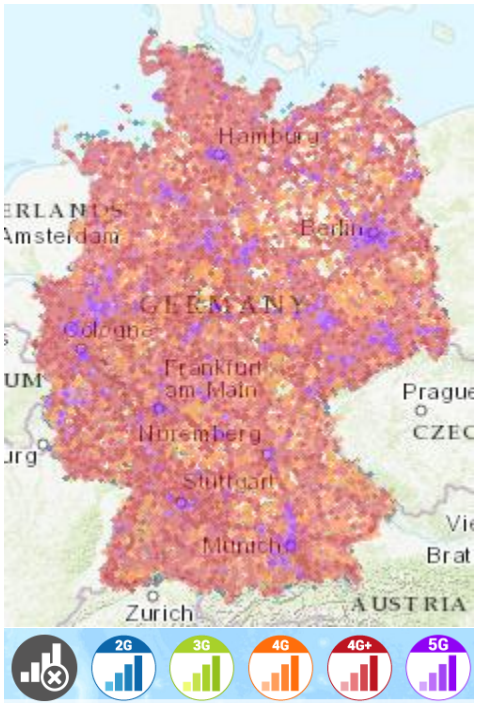


圖 3-14、Vodafone 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF[21]

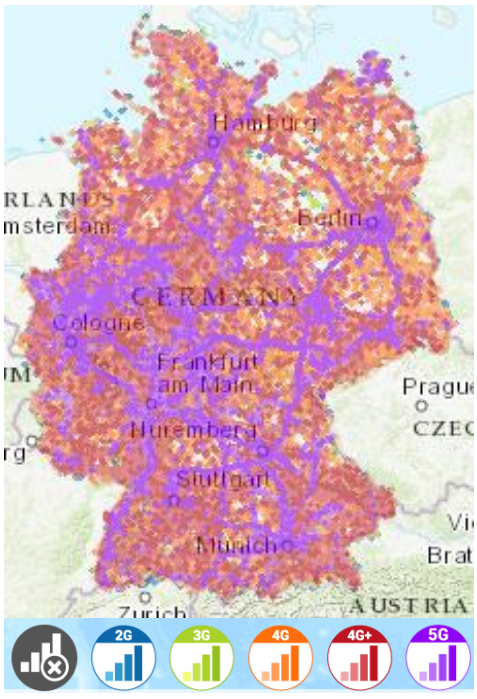


圖 3-15、T-Mobile 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF

[21] NPERF：https://www.nperf.com/en/map/KR/-/-/signal/?ll=35.95128693544543&lg=128.005&zoom=6



圖 3-16、T-Mobile 5G 網路覆蓋率

資料來源：NPERF[22]

二、 技術研究與演進

ITU 與 3GPP 訂定了 5G 的願景與標準，全球不論是晶片商、製造商與電信商皆遵循 3GPP 的技術規格，因此各國的技術研究與演進相同，本研究將針對技術部分說明，不另行分國家描述。

(一) 5G 網路架構

一般來說，布建 SA 網路有兩種方式：覆蓋(Overlay)和多模式(Multi-Mode)。對於 SA Overlay，新的網路直接進行疊加，對現有 4G 和 NSA 網路不做任何改動，SA 根據 3GPP 標準介面與 4G 進行互連，這樣做的主要好處是能快速引入 5G，另一個優勢是可以引入新的設備供應商。但這種方法需要足夠的空間來安裝附加設備，如果機房空間或資源有限，現有的 4G 或 NSA 設備將需要升級或更換為雙模或多模設備，部署新站點時，雙模或多模選項最具成本效益，透過部署一套設備，營運商可以同時提供 NSA 和 SA 服務，或實施 2G、3G、4G 和 5G。

[22] NPERF：https://www.nperf.com/en/map/KR/-/-/signal/?ll=35.95128693544543&lg=128.005&zoom=6

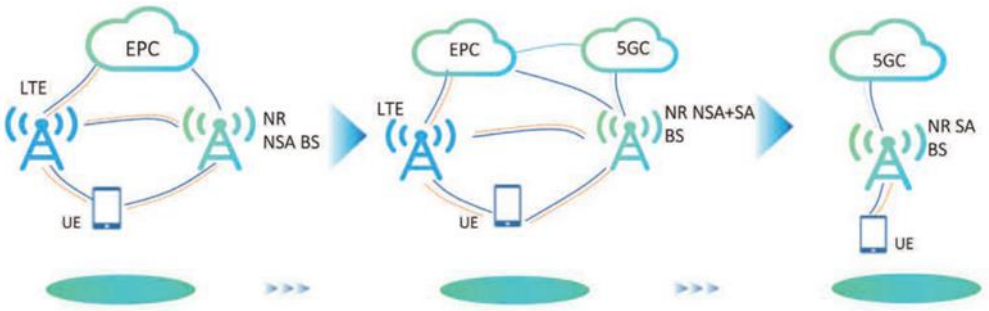


圖 3-17、NSA+SA 逐步演進到 SA 網路

資料來源：Mobile word love “Standalone 5G Now Ready for Prime Time”

5G 網路架構為一個 SBA 的架構，以下說明 SBA 架構與 5G 網路架構，配合該架構，同時也說明 RAN 端的 O-RAN 發展。

1、 SBA 架構

5GC SBA 是基於一組 NF，透過服務的介面(Service Based Interfaces, SBI)向其他授權的 NF 提供服務，網路儲存庫功能(Network Repository Function, NRF)允許 NF 進行註冊並能服務其他 NF 提供之服務，這些介面都是標準化與開放的。SA 架構 2 也預計能提供垂直應用服務，為了解決這些問題，必須支援網路暴露能力(Network Exposure Capability)和網路切片功能，以確保網路開放性、服務等級協議(SLA)、系統隔離性和易用性。

SBA 架構可以讓 5G 網路功能變得更加精細和分拆(Decoupled)，這架構允許在對其他服務的影響最小的情況下，能獨立更新單個服務，提供網路供應商之獨立性、自動化和快速的營運流程，能減少交付和部署時間，並提高營運效率。SBA 架構基本原則如下：

(1) 控制平面網路功能可以提供一個或多個 NF 服務。

(2) NF 服務基於 Request-response 或 Subscribe-notify 模型所組成。

(3) 利用基於 HTTP 的應用程式介面(Application Programming Interface, API)通用協定，替換了 Diameter 協定的方式。

3GPP TS 23.501 中定義了 SA 架構 2 的 5G 架構，如圖 3-18 所示，以下說明 SA 每個單體的功能：

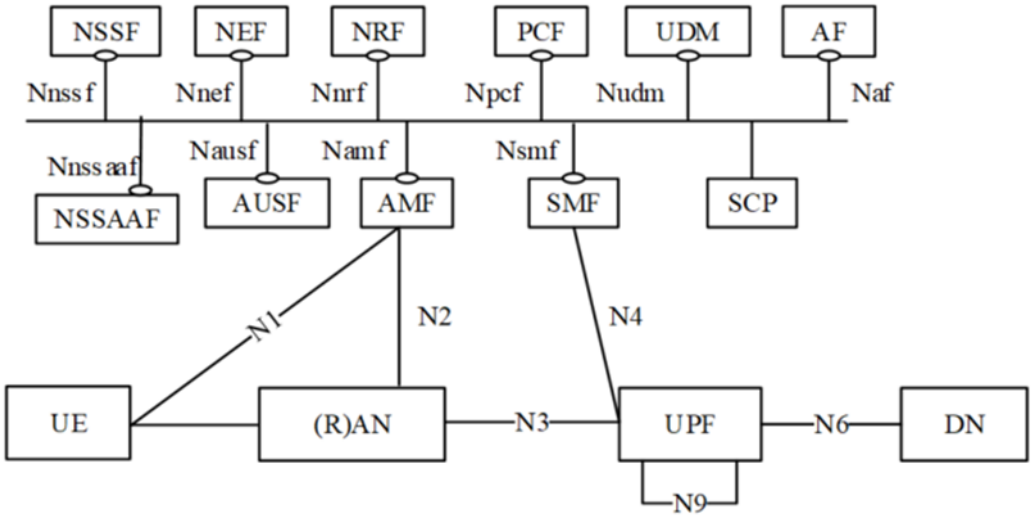


圖 3-18、3GPP TS 23.501 5G SA 網路架構

資料來源：3GPP TS 23.501

(1) UE (User Equipment)

終端用戶直接用於通信的任何設備(如行動電話、筆記型電腦等)。

(2) RAN (Radio Access Network)

提供對核心網路的無線電技術發射站臺。

(3) UPF (User Plane Function)

SBA 的主要好處是 5G 核心網路元件可以被定義為網路功能元件(NF)，和用於服務 NF 利用 API 連結在一起。此外，5G 核心網路將用戶平面與控制平面分離(Control and User Plane Separation, CUPS)。此功能的一個主要優點是控制平面可以集中管理，而用戶平面功能(UPF)可以分佈到網路的各個部分，以實現低延遲或降載流量。CUPS 功能的一個關鍵應用是允許 IP 流量根據使用情境內容分發給網路中不同部分元件，從而實現 uRLLC、eMBB 和 mMTC，如圖 3-19。

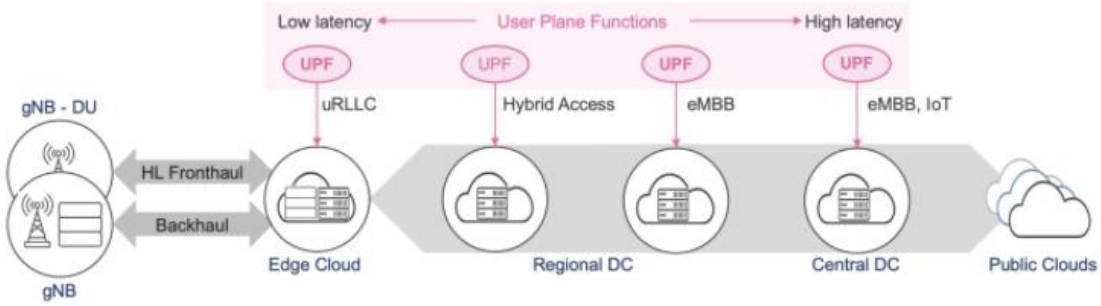


圖 3-19、不同應用服務在 UPF 端分流給各個邊緣運算節點

資料來源：Linkedin “Introduction to 5G Core Service-Based Architecture (SBA) Component”

(4) DN (Data Network)

用來處理不同應用情境的資料儲存和處理節點。

(5) AMF (Access and Mobility Management Function)

監督網路和設備之間的身分驗證、連接和移動性管理，它從 UE 端接收和會話相關訊息。

(6) SMF (Session Management Function)

處理連結(Session)管理、IP 地址分配和策略實施控制。

(7) NSSAAF (Network Slice Specific Authentication and Authorization Function)

目的為藉由網路切片的認證和授權功能(Network Slice Specific Authentication and Authorization Function, NSSAAF)，讓認證(authentication)、授權(authorization)和認證授權與計費(AAA)伺服器能夠認證/重新認證或授權/重新授權給 UE 的上層。

(8) AUSF (Authentication Server Function)

在所屬網路中對 UE 進行認證，使用 5G-AKA 或 EAP-AKA 時，將依賴後端服務驗證數據和金鑰，類似 4G HSS 的身分驗證功能，為一個包含用戶相關和訂戶相關訊息的資料庫。

(9) SCP (Service Communication Proxy)

SCP 是一個去中心化(decentralized)的解決方案，由控制平面和數據平面組成，SCP 會與 5G 網路功能元件(NF)一起部署，用來提供路由控制。

(10) NSSF (Network Slice Selection Function)

UE 連接(attach)期間，提供需要的選擇網路切片實例(Network slice instance, NSI)，並可將流量重新導向(redirect)到特定網路切片，AMF 也提供用戶接取到對應的切片。

(11) NEF (Network Exposure Function)

提供一種安全地方是來與 3GPP 網路功能元件間溝通，並也提供 API 給外部網路溝通。

(12) NRF (Network Repository Function)

允許每個網路功能能互相發現(discover)其他網路功能所提供的服務，可視為服務的儲存庫(repository)，提供 5G 核心元件間相互發現(discovery)的機制。

(13) PCF (Policy Control Function)

透過統一的策略框架來治理網路行為，可透過資料儲存庫(Unified data repository, UDR)做出的策略來決定訂閱訊息內容，也支援 5G QoS 策略和計費控制功能。

(14) UDM (Unified Data Management)

為用戶訂閱訊息的聚合儲存庫，可替許多網路功能提供服務，5G UDM 可以使用 UDR 來儲存和檢索訂閱數據。

(15) AF (Application Function)

根據策略(policy)控制，並可接取 NRF，也支援流量路由(routing)到應用服務功能。

2、 5G 網路架構類型

3GPP 針對 5G 網路提出了六種部署架構，如圖 3-20 所示。這些架構可分為兩種部署場景：SA 與 NSA，差別於 SA 透過使用單一 RAT，而 NSA 可利用現有的 LTE 系統共同實現 5G 部署。選項中 1、2 和 5 屬於 SA 類別，而選項 3、4

和 7 則屬於 NSA 類別。然而，由於選項 1 是一個傳統 LTE 架構，其中演進式通用行動通訊系統地面無線接取網路(Evolved UTRAN, E-UTRAN) NodeB (eNB)連接到演進式數據封包核心(EPC)，也簡稱 4G 核心網，在討論 5G 部署場景時不納入考慮。

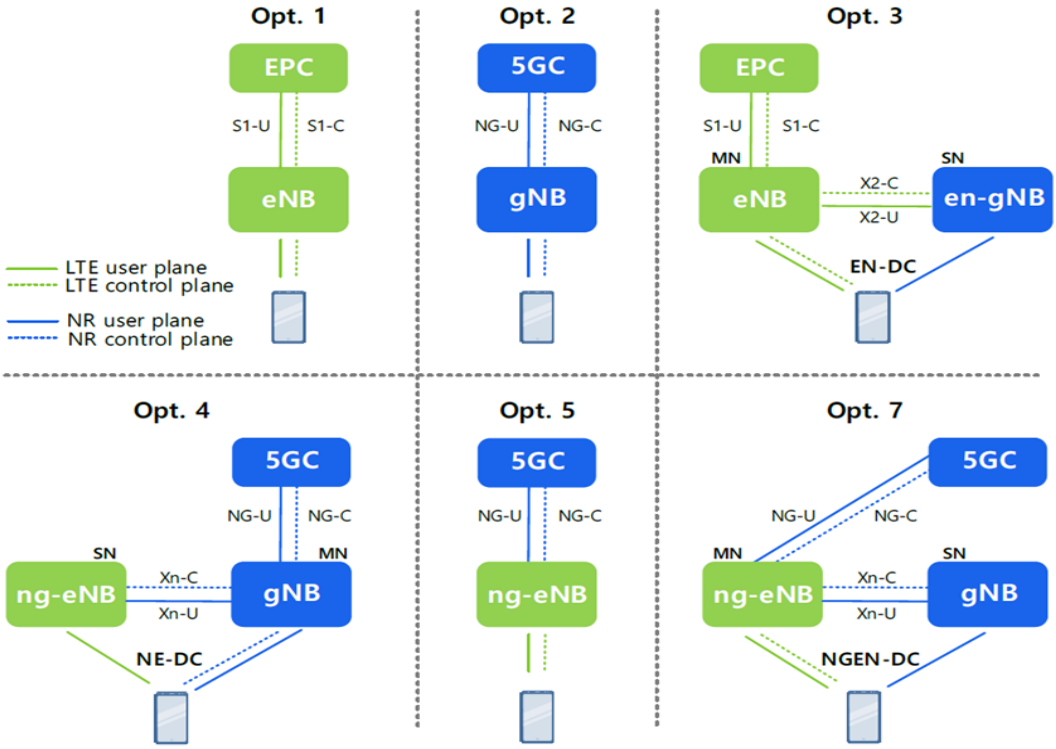


圖 3-20、5G 網路部署架構選項

資料來源：Samsung Technical White Paper：5G Standalone Architecture

在 NSA 部署中，多無線電雙連接(Multi-Radio Dual Connectivity, MR-DC)為 UE 提供 4G 與 5G 不同 RAN 節點同時連接(即 5G NodeB (gNB)和 4G eNB)。在兩個連接點中，一個為主節點(Master Node, MN)，另一個則為輔助節點(Secondary Node, SN)。MN 可以和 4G/5G 核心網路相連，但 SN 取決於不同選項，只可以和特定核心網路連接。通常，MR-DC 可分類如表 3-1 所示。在 MR-DC 中，UE 與 MN/CN 連接，並可以透過 MN 與 SN 進行控制面(Control plane)通訊，對於用戶平面(User Plane)，UE 則可以直接與 MN/SN 連接，也可以通過 MN 與 SN 連接。

表 3-1、MR-DC 清單

項目	核網	架構	備註
E-UTRA-NR Dual Connectivity (EN-DC)	EPC	Option 3	將eNB作為MN、en-gNB[23]作為SN
NR-E-UTRA Dual Connectivity (NE-DC)	5GC	Option 4	將gNB作為MN、ng-eNB[24]作為SN
NG-RAN E-UTRA-NR Dual Connectivity (NGEN-DC)	5GC	Option 7	將ng-eNB作為MN、gNB作為SN
NR-NR Dual Connectivity (NR-DC)	5GC	Option 2	將一個gNB作為MN、另一個gNB作為SN

資料來源：Samsung Technical White Paper：5G Standalone Architecture

以下針對圖 3-20 不同部署架構說明如下：

(1) 架構 3/3a/3x

Option 3 家族為 NSA 架構，將 en-gNB 部署在 LTE 的網路中，因此不需要 5GC 核心網路，為目前全球業者優先選擇。此架構中，使用 EN-DC 部署 5G 網路服務，將 LTE 作為 MN，NR 作為 SN，該架構對於已擁有全國性 LTE 網路的營運商有極大的優勢，因為它允許在沒有 5GC 核心網路的情況下，能以最少的 LTE 網路升級來快速部署 5G，但它的缺點為新的 5G 應用服務會受限於 4G EPC 與 RAN 的能力，例如，他不支援 uRLLC 或網路切片。因此，如果營運商要提供完整的 5G 服務，選擇架構 3 的營運商將面臨逐步轉往架構 2 的長期任務。此架構根據流量走向，可進一步分為三種類型，如圖 3-21 所示。

[23] en-gNB 為一個 5G gNB，但可以與 4G EPC 和 4G eNB 進行溝通。
[24] ng-eNB 為一個 4G eNB，但可以與 5G Core 和 5G gNB 進行溝通。

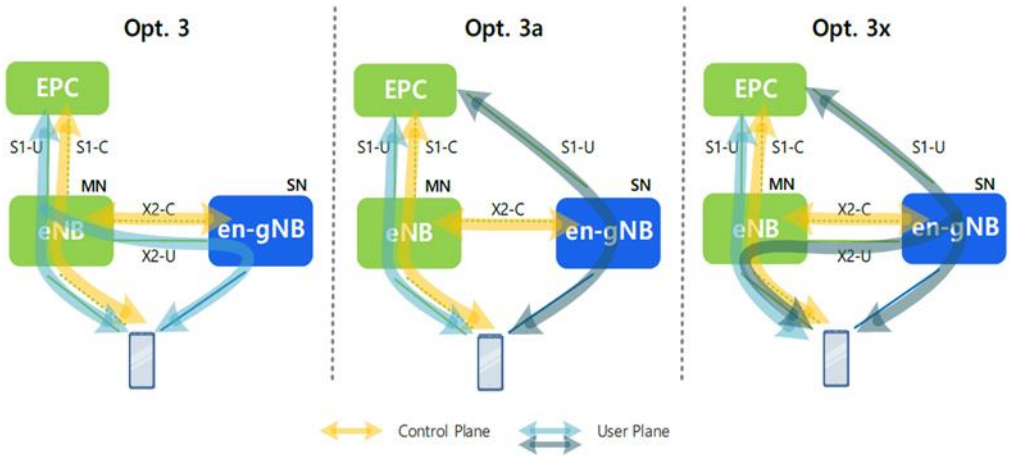


圖 3-21、架構 3 網路架構

資料來源：Samsung Technical White Paper：5G Standalone Architecture

從控制平面角度來看，eNB 連接到 EPC，所有架構 3 的 en-gNB 與 eNB 可透過 X2 介面連接。對於用戶平面而言，在架構 3 資料流量將在 eNB 進行分流，架構 3a 的資料流量則在 EPC 進行拆分。在架構 3 中，eNB 可以從 EPC 向 UE 直接進行無線傳輸或將部分流量透過 X2 介面轉發到 en-gNB，再進行傳輸。架構 3a 中，EPC 可同時透過 eNB 和 en-gNB 發送或接收用戶流量。架構 3x 為架構 3 和 3a 的組合，EPC 可以將用戶流量傳送到 eNB 或 en-gNB 中，再將它們轉發到 UE，en-gNB 可以將接收到的用戶平面流量直接透過 NR 空中介面導向 UE 或通過 X2 介面間接通過 eNB。

(2) 架構 4/4a

架構 4 家族為 NSA 選項，其中 gNB 可以直接連接到 5GC 核心網路，gNB 和下世代 4G 基地臺(next generation eNodeB, ng-eNB)也可以彼此相連，在這個架構中，eNB 需要升級到 ng-eNB 才能與 5GC 或 gNB 進行連線。此架構支援 NE-DC 來聚合 5G 和 LTE 流量。該架構可根據流量的拆分，可進一步分為兩種型態，如圖 3-22 所示。

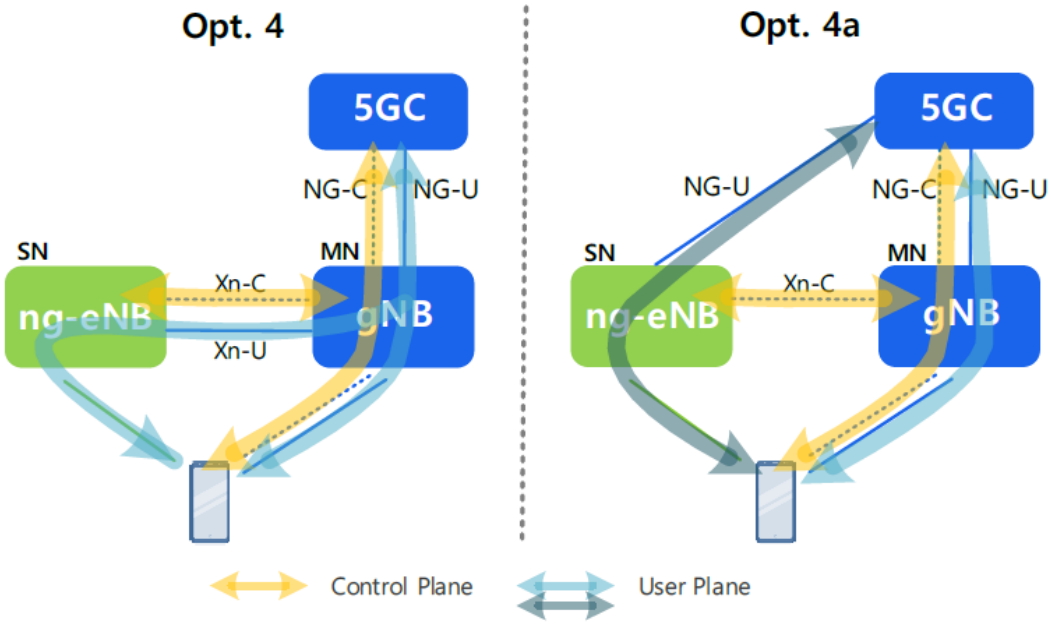


圖 3-22、架構 4 NSA 架構

資料來源：Samsung Technical White Paper：5G Standalone Architecture

由控制平面角度來看，gNB 連接到 5GC 核心網路，gNB 與 ng-eNB 則透過 Xn 介面傳輸。對於用戶平面而言，架構 4 的流量在 gNB 進行拆分，但在 4a 架構中，流量將在 5GC 拆分完成。在架構 4 中，gNB 可以直接從 5GC 向 UE 進行用戶平面流量傳輸或透過 Xn 介面將部分流量轉給 ng-eNB，在進行傳輸。架構 4a 中，5GC 可以同時和 gNB 與 ng-eNB 進行發送或接收用戶平面流量。

(3) 架構 5

架構 5 為一個 SA 選項，其 ng-eNB 通過 NG 介面連接 5GC 核心網路，但是沒有與 NR 進行雙連接。在這個架構中，EPC 被 5GC 所取代，這時才需要 eNB 升級，才能與 5GC 互通。Ng-eNB 可以提供一些 5GC 功能，如網路切片等。然而，這個架構並不能利用其他的功能，例如毫米波與彈性的封包(frame)結構。

(4) 架構 7/7a/7x

架構 7 家族為 NSA 選項，其中 eNB 連接到 5GC，同時 eNB 和 gNB 都是

彼此相連的。在這個架構中，eNB 需要升級到 ng-eNB 才能和 5GC 或 gNB 運作。它可稱為 NGEN-DC 的雙連模式，同時聚合 NR 和 LTE 流量。該架構可根據流量拆分方法分為三種類型，如圖 3-23 所示。

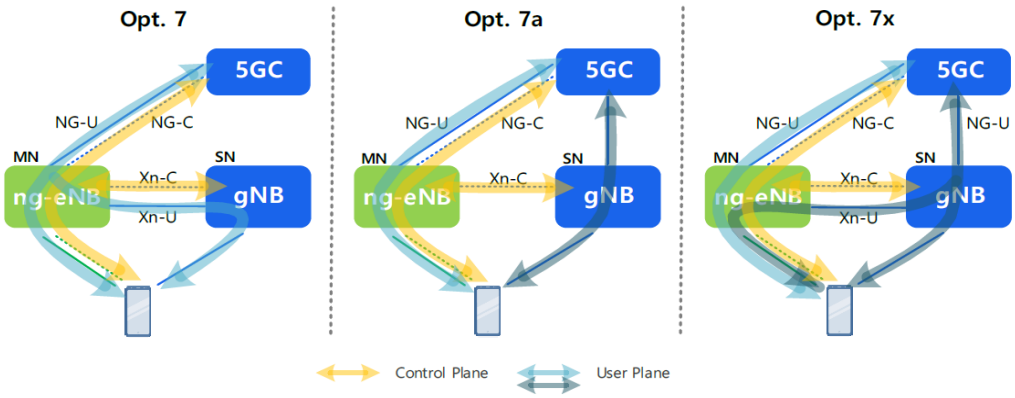


圖 3-23、架構 7 NSA 架構

資料來源：Samsung Technical White Paper：5G Standalone Architecture

從控制平面的角度來看，主要由 ng-eNB 連接到 5GC，ng-eNB 與 gNB 可透過 Xn 介面進行傳輸。然而，對於用戶平面而言，架構 7 的流量拆分是在 ng-eNB 完成，而架構 7a 中的流量拆分則在 5GC 上完成。在架構 7 中，ng-eNB 可以從 5GC 直接透過 LTE 的空中介面向 UE 進行發送或透過 Xn 介面將部分流量轉由 gNB 轉發。架構 7a 中，5GC 可以透過 ng-eNB 和 gNB 來發送或接收用戶流量。架構 7x 是一個架構 7 和 7a 的組合，其中 5GC 可以將用戶流量傳送到 ng-eNB 或 gNB；然後 ng-eNB 可以透過 LTE 空中介面將它們轉發給 UE。gNB 可以將從 5GC 接收到的數據直接傳輸到用戶或藉由 Xn 介面將部分流量透過 ng-eNB 來轉發。

(5) 架構 2

架構 2 是 5G SA 的類別，其中 gNB 連接到 5GC，為一個單純的 5G SA 架構，此 5G SA 架構適用於新建 5G 營運商。gNB 可以在沒有傳統網路幫助的情況下進行網路通訊，為 5G 演進路徑的最終目標。該架構能完整的支援增強型行動寬頻(eMBB)、大規模機器類型通訊(mMTC)、超可靠度和低延遲通訊(uRLLC)與網路切片(NS)等 5G 新業務。由於雙連接不是此架構的強制性要求，

因此在升級 eNB 以與 NR 系統互通時不需要太多的討論。

在 5G SA 架構 2 中，gNB 直接接取 5GC 核心網路，其中 5G 用戶平面和控制平面完全獨立於 4G LTE 網路，5G SA 架構 2，是一個端到端系統，從 5G 設備終端、無線電基地臺(gNB)和核心網(5GC)進行端到端服務。5G 關鍵技術包括服務導向架構(SBA)、網路切片(NS)和邊緣運算(Edge Computing)。由於 SBA 可做控制平面和用戶平面分離，可以增強網路擴展性和靈活性。此外，網路虛擬化功能(NFV)/軟體定義網路(SDN)技術，可以利用虛擬化和雲化的方式部署 SA 架構 2。5G NR 關鍵無線技術包括大量多輸入多輸出(Massive MIMO)、上行鏈路增強等，皆在提高頻譜效率，增強覆蓋和干擾抑制。

3、 O-RAN 發展

ETSI ISG NFV 於 2012 年底，由十三個全球具指標性營運商所發起，包含 AT&T、BT、CenturyLink、China Mobile、Colt、DT、KDDI、NTT、Orange、Telecom Italia、Telefonica、Telstra、Verizon 等主導，目前 NFV ISG 的成員已發展到超過數百家廠商暨個人會員參與，其中包括世界上主要的資通訊服務供應商，以及來自電信業的代表和 IT 廠商。NFV 為使用 IT 虛擬化技術，將原有網路功能各自需要的專門硬體(如：防火牆、DPI、CDN、WAN 等功能都須有一個專門硬體)，改成以軟體實作，核心網路毋須再使用昂貴且複雜的專屬軟硬體設備，只要採用一般通用目的伺服器(通常是 x86 Server)。

ETSI 提出的 NFV-MANO(NFV Management and Orchestration)開放架構為分層模組化設計，階層之間的通訊和介面採用產業標準協定，以確保模組間的互通性，這個平台的開放和模組化本質，促成了互通性和更大的客戶選擇性，允許客戶針對特定的虛擬化演進式數據封包核心(Virtual Evolved Packet Core, vEPC)需求，選擇搭配適當的解決方案。

目前 3GPP 標準組織表示出 5G 核心網路需要能夠承受之系統容量與穩定度不可同日而語，因此雲端虛擬化的優勢也就順勢發揮出來，在網路虛擬化功能架構(Network Virtualization Function Infrastructure, NFVI)層次提供冗餘保護，不再

倚靠實體模組，雲端虛擬化資源的抽象屬性使得其上運行的虛擬網路功能(Virtualized Network Function, VNF)不會由於某個實體伺服器或網路連接出錯而產生服務中斷。而 4G/5G 營運商們希望利用雲端的這種特性來減少 OPEX 支出。在 NFVI 除了提供冗餘保護機能外的另一面向，就是使得虛擬資源和 VNF 能動態地被管理，包括 VM 的添加和移除，確保了運行的每個虛擬核心網路功能都能夠一直保持正確的配置和運行環境。

隨著全球網路功能虛擬化技術成熟，開放式無線電接取網路(Open Radio Access Network, O-RAN)已成為 5G 最熱門話題，然而，當 5G 開始導入 O-RAN 架構之後，過往這種被國際設備大廠綁死的情況可望被打破。O-RAN 使電信業者可採用來自不同供應商的軟體、通用硬體來構建網路，避免被傳統設備商綁定。

開放網路架構創造應用服務的無限可能，加上政府敲定開放專網政策後，企業也能透過虛擬化的架構及雲端服務，建置客製化企業專網。為了因應 5G 網路服務整合與高度客製化需求的挑戰，國內電信營運商與系統整合商積極投入 5G 垂直應用技術開發，整合 5G 終端設備、基地臺、核心網路以及應用服務，也將為臺灣白牌 5G 網路設備商提供切入 5G 市場的最佳實證場域。國內網通業者一向是全球終端設備供應國，且有 4G 小型基地臺(Small Cell)開發經驗，因此多數業者也具備開發 5G 基地臺的能力；加上臺灣既有伺服器的優勢，國產 5G O-RAN 深具發展潛力。衍生的系統整合商也積極進行各種領域垂直應用技術的研發。臺灣擁有完整 5G 產業鏈且投入廠商眾多，前景可期。

參與 O-RAN 商機是臺灣產業的一大機會，以臺灣現有的 O-RAN 聯盟名單來檢視，參與的有電信商、國內外網通廠商，甚至電子五哥都名列其中，臺灣具備完整的上下游零組件與通訊模組技術優勢，不過最大考驗就是業者與業者的產品之間能否彼此相容。國家通訊傳播委員會亦於「補助第五代行動通信網路建設作業要點」第 12 點中明訂補助方式，以鼓勵業者使用通過資安檢測及入網測試之國產 5G 基地臺。對中華電信來說，提供 O-RAN 網路環境一方面符合政府

政策方式,能協助台廠切進白牌商機,但這也讓他們更有機會掌握電信等級的 O-RAN 小型基地臺研發進展，可在相關技術成熟時採用，減少仰賴國際大廠設備與降低成本。

其中業界最為熟知的案例，莫過於是日本樂天行動在 2019 年率先宣布，將採用 O-RAN 架構進行 4G/5G 網路部署。此外，樂天也預估 2020 年 9 月發布 5G 網路，藉由 NEC 提供 3.8 GHz MIMO 基地臺、Airspan 提供 28 GHz 基地臺及 Altiostar 提供 O-RAN 管理軟體，目標部署 35,000 個 5G 基地臺。

眾所皆知，早期電信商如果打算建置站，都必須向愛立信(Ericsson)、諾基亞(Nokia)或華為等傳統電信設備業者購買設備。換言之，電信業者的設備採購和可提供的服務，均脫離不了這些業者，使得電信商在部署行動網路時，不僅選擇有限，且規格架構封閉，採購成本也高昂；因而較難為客戶提供彈性、快速、客製化、差異化的服務。

5G SA 網路導入全新網路元件與介面，並支援網路功能虛擬化、網路切片、用戶平面與控制平面分離、基地臺控制單元與分散單元分離(CU-DU Split)及多重接取邊緣運算(MEC)等新技術,同時大量採用市場既有資訊技術與通訊技術之通用軟硬體及平臺進行行動通訊系統整合。5G SA 網路主要包含兩部分：無線接取網路(RAN)和獨立組網核心網路(Standalone Core Network)，為終端設備提供無線接取功能、網際網路接取服務及相關管理功能等。基於 5G SA 開放無線行動通訊系統網路概念，國際標準組織 3GPP TS 38.141-1、3GPP TS 38.141-2 進行規範下世代無線接取網路(NG-RAN)架構，將傳統 5G 基地臺進行分離為以下獨立物理元件單元。

(1) 5G 開放無線電單元(5G Open Radio Unit, O-RU)

透過無線電頻率(Radio frequency, RF)介面與 5G 用戶端設備連結，並處理數位前端(Digital Front End)和實體層(Physical Layer, PHY)各部分以及數位波束成形功能。

(2) 5G 開放分散單元(5G Open Distributed Unit, O-DU)

基於不同之垂直應用服務需求，O-DU 可前程移至 O-RU 鄰近，並運行無線鏈路控制層(Radio Link Control, RLC)、媒體接取控制層(Medium Access Control, MAC)及部分實體層(Physical Layer, PHY)。

(3) 5G 開放中央單元(5G Open Central Unit, O-CU)

分為開放中央單元控制平面(O-CU-Control Plane, O-CU-CP)與開放中央單元用戶平面(O-CU-User Plane, O-CU-UP)，分別透過 Fs-C 和 Fs-U 介面與 O-DU 連結。在回傳傳輸上，透過回傳(Backhaul) N1, N2 傳輸介面與 AMF 連結，透過回傳傳輸(Backhaul) N3 介面與用戶平面功能(UPF)及多接取邊緣運算(MEC)平台連結。

5G 與 AI 結合將能催生多種創新垂直應用和新穎的客戶解決方案，尤其在 5G SA 架構 2 部署初期，eMBB 業務目前為重點，其中 5G 和 4G 之間的互通，才能確保服務連續性，然而 uRLLC 和 mMTC 服務則在 SA 發展後期進行支援。

在 SA 架構 2 中，gNB 可透過 N2 和 N3 介面連接到 5GC，gNB 之間可以透過 Xn 介面互連。在 SA 架構 2 中，NR 網路獨立於現有的 LTE 網路。5G 基頻單元(Baseband Unit, BBU)的功能可以切分為兩個實體：中央單元(Central Unit, CU)和分散式單元(Distribute Unit, DU)。在初始布建階段，共處一地的 CU/DU 較受一些營運商的青睞，原因為元件少、複雜度低，更好規劃與更快的部署等。為了提供新的服務，5GC 採用了新的核心網路架構如下：

(1) 新的 5GC 將是一個基於雲的系統，利用 SBA 架構提升可擴展性和靈活度。

(2) 針對延遲敏感性較高的應用服務，控制平面和用戶平面的分離能允許更好的邊緣部署。

(3) 數據層(Data layer)歸納入資料儲存庫(Unified Data Repository, UDR)和非結構性資料儲存功能(Unstructured data storage function, UDSF)，用來處理非結構性(Unstructured data)和結構性(Structured data)資料。

(4) 網路功能元件(NF)能支援通用性，以提高穩健性。

(5) 透過之 N26 介面實現 4G/5G 網路互通，MME 和 AMF 之間是標準化的溝通。

(6) 用戶設備(UE)可以同時連接到多個用戶平面功能(UPF)，舉例來說，同時能遠端遙控(例如 Internet)，也同時和邊緣網路運作(例如邊緣運算/低延遲服務)。

4、 MEC 架構

ETSI 的網路功能虛擬化標準工作組（NFV ISG）的其中一個目標為虛擬化電信網路中的網路功能，可透過一個更為彈性及開放性標準介面虛擬化架構來達成。針對網路功能虛擬化架構，ETSI 更進一步的建立行動邊緣運算技術標準工作組（Mobile Edge Computing Industry Specification Group, MEC ISG），該工作組致力於提供應用服務及內容供應商在行動網路邊緣處，即可享受到雲端的運算能力，達到 5G 低延遲的一個解決方案，由於某些關鍵性連網應用需要低延遲服務，如車聯網等，可將放置於電信營運商核心網路或數據中心上的服務，移動到 MEC 上，可以大幅減少服務反應時間，此外使用者或開發者也可以透過 API 來存取或使用 MEC 上的資源或服務。

依據 ETSI GS MEC 003 “Multi-access Computing (MEC)；Framework and Reference Architecture”文件針對 MEC 架構進行描述，如下圖所示，宏觀來說 MEC 架構可以根據不同功能區分為 MEC 系統層、MEC 主層與外部相關層，說明如下：

(1) MEC 系統層(MEC system level)：負責對 MEC 整體系統進行掌控。

(2) MEC 主層(MEC host level)：包含了邊緣主機(ME host)和邊緣主機管理實體(ME host-level management entity)兩大塊；其中，邊緣主機又可以進一步劃分為邊緣平台(ME platform)、邊緣應用(ME application)和虛擬架構。

(3) 外部相關層(Networks)：包括 3GPP 相關行動通訊網路、本地網路和外部網路等相關外部實體接取。

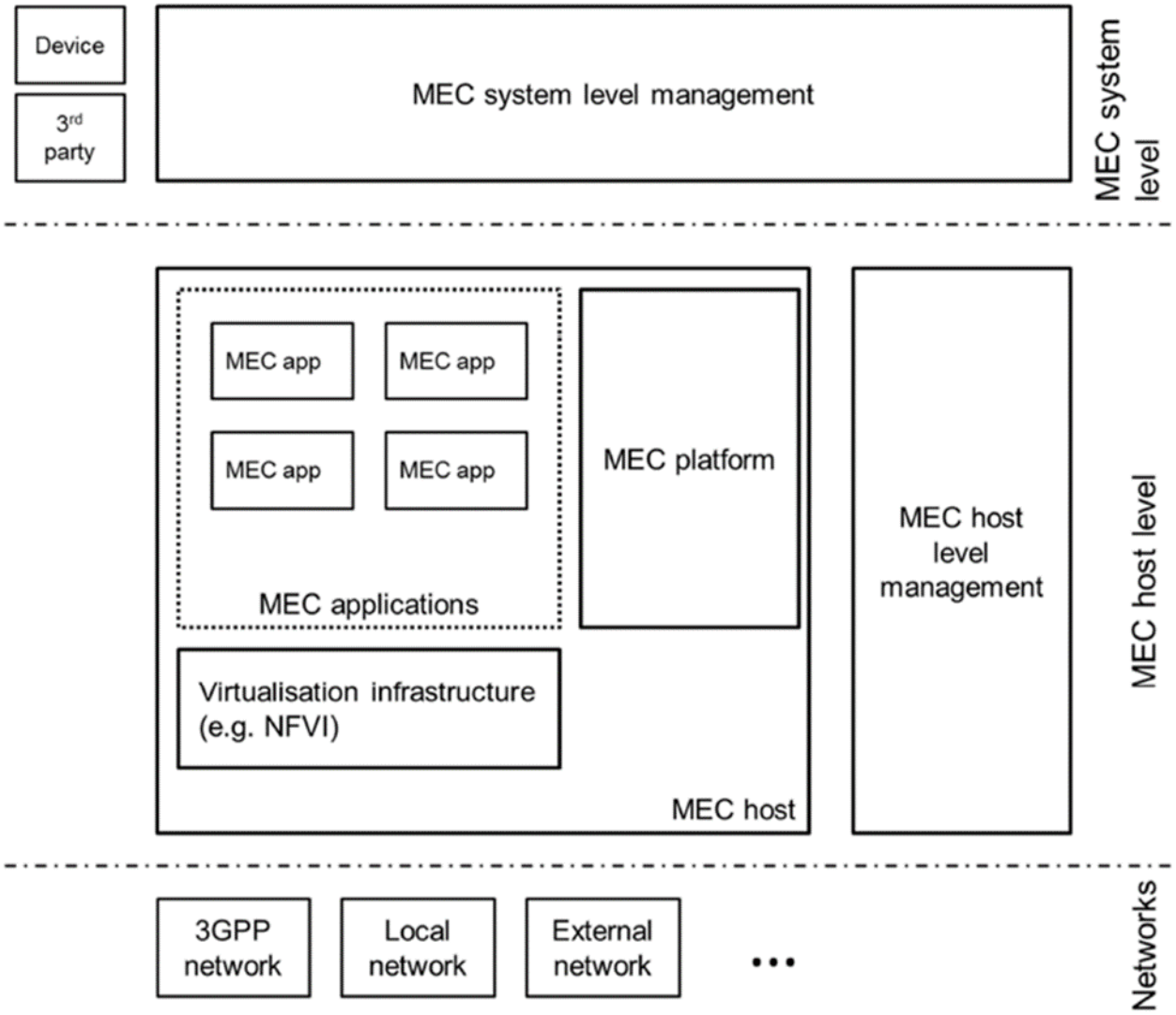


圖 3-24、Multi-access Edge Computing(MEC)架構

資料來源：ETSI GS MEC 003：Multi-access Edge Computing (MEC)；Framework and Reference Architecture

根據 ETSI 白皮書指出 MEC 架構，下頁圖左側為 3GPP 5G 系統及其 SBA 架構，右側為 MEC 系統架構，其中一些 MEC 的實體功能能與 5G 核心網的網路功能溝通。

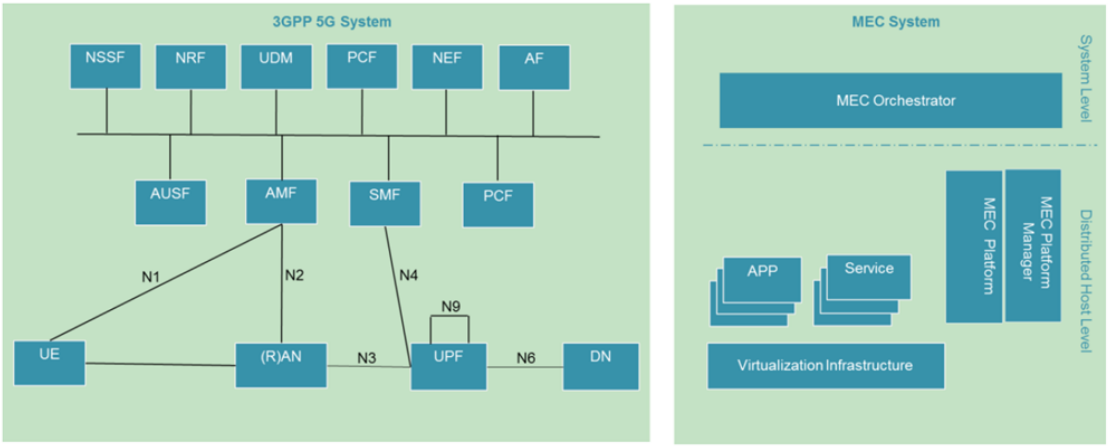


圖 3-25、5G SBA 架構與 MEC 架構

資料來源：ETSI White Paper：MEC in 5G networks

下圖架構中，UPF 在 5G 網路與 MEC 的整合上扮演了關鍵角色。從 MEC 系統的角度來看，UPF 可以被視為離散式(distributed)和可配置(configurable)的數據平面(Data plane)，然而數據平面的控制部分(即流量配置規則)，則遵循 NEF-PCF-SMF 路由。因此，在某些特定部署中，本地 UPF 甚至可能是 MEC 架構的一部分。MEC 系統中，MEC 編排器(orchestrator)為 MEC 系統層級功能實體，可視為一個 AF，且可與 NEF 交互溝通，或者在某些場景中，直接與目標 5G NF 交互溝通。在 MEC 主層(host level)中，MEC 平台可與 5G NF 交互溝通，同樣扮演 AF 的角色，MEC 主層常部署在 5G 系統中的數據網路。雖然核心網路功能的 NEF 是一個 5G 系統實體，但可與類似的 NF 集中部署在一起，也可以在邊緣部署 NEF，以達到 MEC 主機低延遲、高吞吐量的服務。

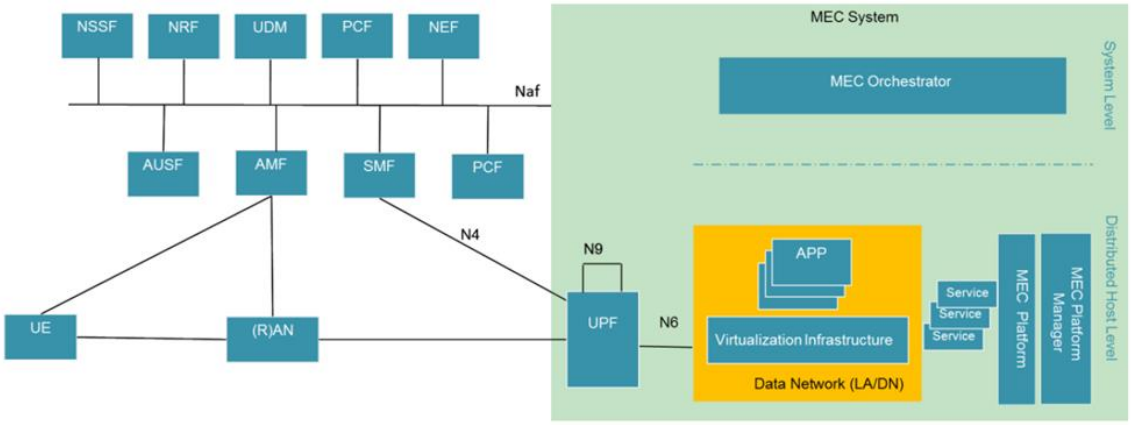


圖 3-26、MEC 與 5G 網路整合

資料來源：ETSI White Paper：MEC in 5G networks

就邏輯上而言，MEC 主機能部署在邊緣或中央數據網路中，用戶平面功能(UPF)負責將用戶平面流量導向數據網路中的目標 MEC 應用。數據網路和 UPF 的位置可由網路營運商配置，網路營運商可以根據技術、業務參數與實體計算資源，例如可用的站點設施、應用服務要求或估計的整體用戶負載等，協調 MEC 主機和應用服務程序的操作，能動態的決定 MEC 部署位置。在 MEC 的實體部署方式，可根據各種操作、性能或安全相關要求，有多種選項。下圖概述了 MEC 實體位置的一些選項。

(1) MEC 和本地 UPF 與基地臺整合。

(2) MEC 或本地 UPF 與傳輸節點整合。

(3) MEC 和本地 UPF 搭配一個網路匯集點整合。

(4) MEC 與核心網功能並置(即在同一個數據中心）。

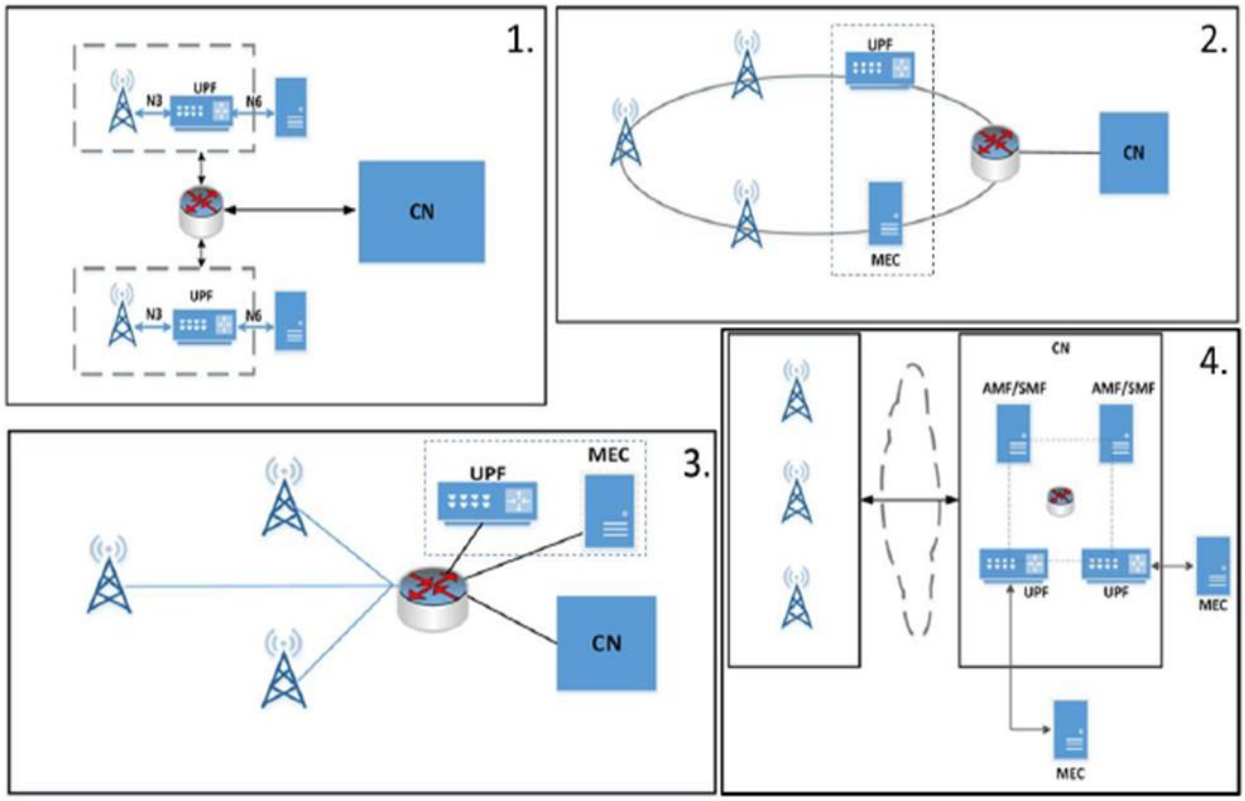


圖 3-27、MEC 部署案例

資料來源：ETSI White Paper：MEC in 5G networks

(二) Network Slicing

1、 Network Slicing 演進

隨著 5G 的發展，人們很快發現 4G 網路服務大多能在智慧手機上實現，而 5G 網路則需要支援多樣性的設備類型。在 4G 網路中，需要增加額外的功能才能支援容量非常小的 M2M 設備，但 5G 系統必須要能以高效的方式支援各種設備，這意味著 5G 系統必須滿足每個設備和應用服務的獨特需求，這些需求在 3GPP 的初始階段就開始討論網路切片的功能與要求。5G 網路切片議題在早期 3GPP 技術報告 TR 22.891 的 5.2 節被討論。這些網路要求最終將被納入技術規範(Technical Specification)。儘管在 Rel-14.0.0 版本中只列出了八個網路切片要求，但它們將在 3GPP 的下世代(NexGen)網路切片中提供了強大的、高層次的觀點和方向，描述如下：

(1) 電信營運商應能夠創建(create)和管理(manage)滿足不同市場場景所需的網路切片。

(2) 電信營運商應能夠平行操作不同的網路切片，達到隔離效果，例如應防止一個切片的數據通訊對其他切片的服務產生負面影響。

(3) 3GPP 系統應有能力在單個網路切片上進行特定服務安全保障要求(service-specific security assurance requirements)，而非只針對整個網路中符合。

(4) 3GPP 系統應有能力在網路切片之間提供一定程度的隔離，以將網路攻擊(cyber-attack)限制在單個網路切片上。

(5) 電信營運商應能夠授權第三方在網路營運商設定的限制範圍內，能透過合適的 API 進行創建、管理網路切片配置。

(6) 3GPP 系統應支援網路切片在容量方面的彈性配置，且不影響該切片或其他切片的服務。

(7) 3GPP 系統應能夠更改網路切片，並對其他切片正在進行服務中的用戶影響

最小，尤其在添加(addition)新網路切片、移除(removal)現有網路切片，或是更新網路切片功能及配置。

(8) 3GPP 系統應能夠支援網路切片的端到端(end-to-end)資源管理。

這些要求能建立一個高效、強大且靈活的系統，電信營運商可以根據他們的特定需求進行制定。利用多種方式的網路組成，電信營運商可以組合有效和所需的功能，例如物聯網設備、智慧手機和需要安全的 VPN 服務的企業設備。

網路切片是能夠制定一組功能，來最佳化每個終端設備的網路使用。所需的功能都是以一種最佳化設備能力的方式進行組合，用來最佳化設備能正確找到網路、高效且安全地使用網路，並透過所需的功能連接到核心網路設備。例如一個簡單且只需要連接到單個網路切片的設備(例如，水電錶)，設備可以找到專用且不頻繁傳送的無線電介面進行傳輸，RAN 可將設備連接到一個簡單、高效的身分驗證路徑，從而使設備連接到僅處理水電錶設備的單個核心網路切片，因此，核心網路功能提供了設備工作所需的一切，而不會產生不需要的功能，造成資源的浪費。至於更複雜且提供豐富功能的設備(例如智慧手機)，也可以找到所需的無線電介面，該設備可以通過身分驗證並連接到多組不同的網路切片，每個切片都針對特定需求所制定，如媒體視訊、語音通話、網路瀏覽、聊天等，此類設備可能需要進行高品質的語音和視訊通話，同時也進行瀏覽網頁和上傳/下載功能，3GPP 要求了網路切片獨立性，來保證高品質的視訊通話不會被其他背景功能影響，導致通話中斷。網路切片功能在支援設備及用戶非常具體需求的同時，也替網路營運商提供了能部署滿足客戶需求的特定功能，這種專注於“需要什麼”的能力減少了對不必要功能的投資，節省了營運商的資金並使其更具競爭力。

Network Slice 為一個邏輯(虛擬)網路，針對業務目的或客戶進行訂製，可根據各種網路資源和特定服務類別或客戶應用服務需求，組成不同端到端組合，來滿足特定需求。在開發和演進“切片”的概念中，借鑒了先前網路架構中相似之處，例如 IP/乙太網網路服務(VLAN、IP VPN、VPLS 等)，網路切片是 5G 時代無線

和有線的基本概念網路，並且可以利用多種方式達成。網路切片可用於單個網路的營運商，為不同的服務類型廣泛區地區分特徵和資源，網路切片也可透過電信營運商的基礎設施，替服務供應商(service provider)建立虛擬網路，網路切片也可以讓個人終端客戶(如企業)制定一個虛擬網路，類似雲端服務，並可進行動態變化的調整，同時網路切片也可以允許跨網路，5G、4G 和 Wi-Fi 等。

2、 Network Slicing 註冊流程

NSSF 為 5G 核心網路中其中一個處理網路切片功能要角，NSSF 可以被 AMF 用來協助選擇網路切片，此外，如果目前的 AMF 不能支援給設備特定的網路切片，則 NSSF 可用於分配網路切片實例(network slice instances)給適當的 AMF。終端設備假如要使用網路切片功能來達到特定效能，其註冊流程如圖 3-28 所示，流程說明如下：

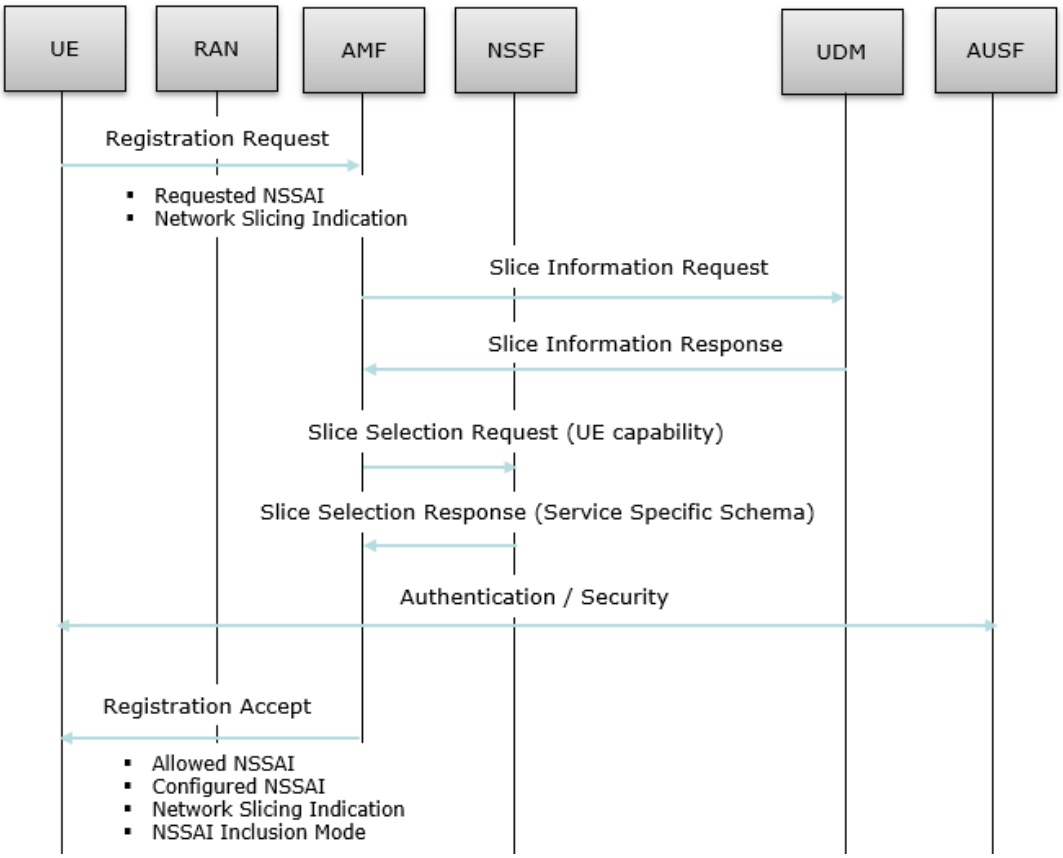


圖 3-28、網路切片 call flow

資料來源：Sharetechnote

UE 透過 RAN 發出註冊需求(Registration request)給 AMF，訊息中包含了網

路切片選擇輔助訊息(Network Slice Selection Assistance Information, NSSAI)的請求和網路切片指標(Network Slicing Indication)

(1) AMF 向 UDM 發起網路切片訊息請求(Slice information request)，確認切片內容是否與 UDM 儲存庫符合。

(2) 假如符合，UDM 則發送網路切片訊息回復(Slice information response)給 AMF。

(3) AMF 發送網路切片選擇請求(Slice selection request)給 NSSF，內容包含了用戶能力(UE capability)。

(4) NSSF 發送網路切片選擇回復(Slice selection response)給 AMF，內容包含了特定服務的模式(Service specific schema)。

(5) UE 與 AUSF 發起驗證(Authentication)與安全(Security)相互認證。

(6) AMF 對 UE 發送註冊接受(Registration accept)訊息。

3、 Network Slicing 服務面

基於服務等級協議(SLA)，網路切片可以提供客戶客製化服務，達到有效成本效益和及時性，以下範例介紹了一些多樣化的應用來突顯網路切片的潛力，如圖 3-29。

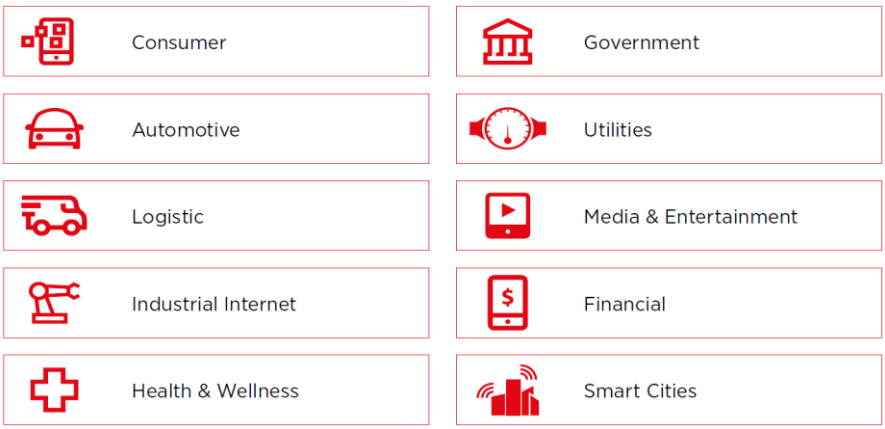


圖 3-29、網路切片應用潛力行業

資料來源：GSMA, “An introduction to network slicing”

(1) 案例 1：汽車切片

現代“互聯”車輛需要極其多功能的網路，包括了可以提供高資料傳輸量車載娛樂、超高可靠性(ultra reliability)、輔助/自動駕駛的低延遲(uRLLC)、遙測傳感器的數據收集和分析，設備與設備的通訊等。在不同地點之間行動時，服務連續性是電信營運商網路的重要功能(例如國際漫遊)。

(2) 案例 2：企業網路切片

在傳統網路中，企業通常通過建立私人網路(private network)或透過額外的身分驗證方式來達到網路安全要求，藉由網路切片的引入，可在切片選擇(slice selection)和接取(access)過程中實現用戶認證功能，不再需要專用網路。舉例來說，出租車公司可能需要一個網路切片以調度和管理車輛，公司可追蹤車輛位置，並提供車輛不擁擠的路線，透過專門的網路切片，能實現有效的調度和更好的行車安全性。

(3) 案例 3：工業自動化

工廠可以向電信營運商訂購用於 uRLLC 網路切片的工業自動化生產，允許機器人在生產線上進行控制和監控，智慧工廠建議可透過電信營運商提供的開放界面，將開發的控制和監控系統部署在邊緣數據中心(即邊緣運算應用服務)。

(4) 案例 4：大規模物聯網切片服務

在多樣化的大規模物聯網終端網路中，管理的複雜性將會增加，電信營運商可以針對不同的物聯網用戶部署不同的網路切片，這些不同切片可能有不同收費規則和控制功能，使網路管理更加容易與快速部署，舉例來說，交通運輸管理部門可能會需要一個龐大的物聯網網路切片，來即時監控和管理他們的系統，有了這個切片，他們可以透過實收集大量的終端資料，來了解交通情況，然後可以分析蒐集到的訊息，並將其發佈在他們的監視器螢幕上通知相關用戶(例如交通擁堵警示)，實現以更低的成本獲得更高的效率。

(5) 案例 5：AR/VR 直播

新聞、體育或音樂會可以現場直播供用戶通過 AR 或 VR 技術來體驗，AR/VR 直播服務網路需要具有以下功能：

a) 一對多下行鏈路連接：此功能需要網路使用特殊的網路功能，例如在 5G 核心網路中，它需要多媒體廣播服務功能(multimedia broadcast services function)，在無線接取網路中，會需要基地臺間協調來進行廣播/群播，對於後端 IP，它需要 IP 群播(multicast)部署，這些要求與典型網路不同，例如增強型行動寬頻(eMBB)。

b) 高密度計算：VR/AR 技術需要高密度計算來處理 AR/VR 影像。

c) QoS 要求：為了確保用戶體驗，典型的 VR/AR 直播節目需要 1 Gbps 頻寬和 10~40 ms 的延遲。

(6) 案例 6：多個網路間服務連續性

許多 5G 應用需建立在無處不在(ubiquitous)的網路服務，並不需複雜的業務即可與許多營運商共同合作，尤其對歐洲和聯邦國家具有重要意義，舉例來說，針對 V2X 案例，車輛需要經常通過國家邊界，會需要從一個電信營運商漫遊到另一個，在這種情況下，同樣或對等的 V2X 切片應該被支援，即使處於訪問(visited)的電信營運商。

4、 Network Slicing 漫遊

以下針對網路切片服務連續性(Service Continuity)進行分類與說明：

由於網路切片功能將使用在行動網路，因此在非自家電信商的網路下，需提供無障礙的漫遊，從而提供無縫的使用體驗。從技術角度來看，有三個合適的網路切片漫遊情境：

(1) 被訪問(visited)網路可以提供給國際漫遊用戶網路切片功能，其內容必須等效於自家(home)網路效能。例如，國際漫遊合作夥伴須同意支援一個相同配置

和通用的切片集合，如圖 3-30。

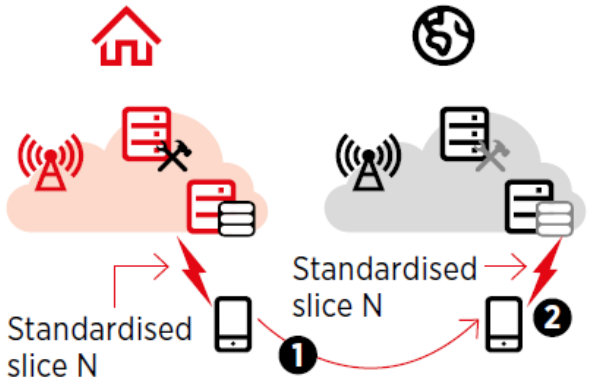


圖 3-30、標準化切片類型

資料來源：GSMA, “An introduction to network slicing”

圖 3-30 為全球認可的網路切片類型，設備在被訪問的網路進行國際漫遊。

a) 自家網路中的設備漫遊到訪問網路。

b) 被訪問的網路使用相同的標準化網路切片。

(2) 自家網路可能會導出一個藍圖(blueprint)，內容包含了用戶所使用的自定義網路切片，以便被訪問(visited)網路根據內容進行相同配置，如圖 3-31。

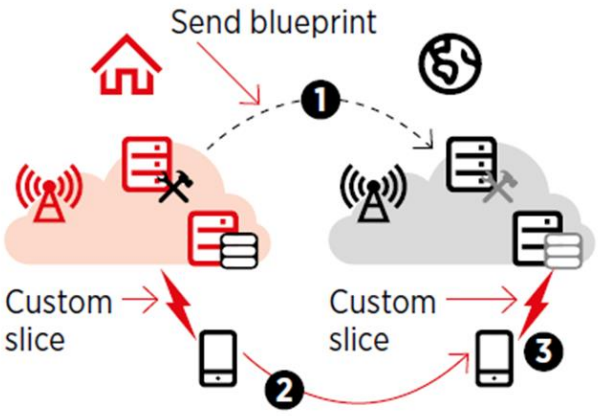


圖 3-31、網路切片藍圖導出

資料來源：GSMA, “An introduction to network slicing”

圖 3-31 為自家網路營運商提供切片藍圖給被訪問網路的切片，為其用戶進行網路漫遊。

a) 自家網路輸出自定義網路切片範本。

b) 設備漫遊到訪問網路。

(3) 被訪問網路依據自家網路的自定義網路切片，進行相同的配置自家網路可以將網路切片擴展到訪問的網路，前提是他需要獲得訪問網路的網路切片控制權，如圖 3-32。

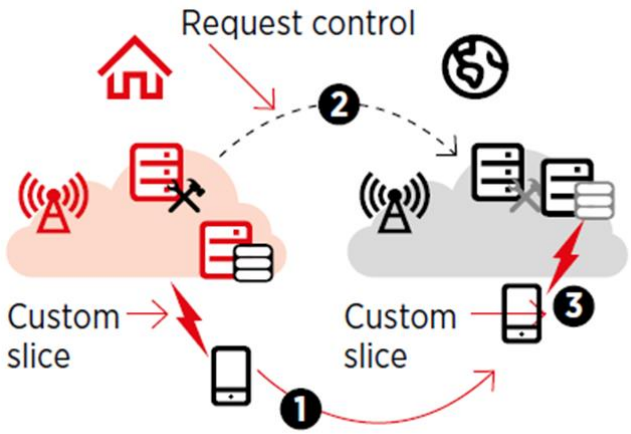


圖 3-32、虛擬自家網路切片

資料來源：GSMA, “An introduction to network slicing”

圖 3-32 為自家網路營運商允許被訪者網路營運商能進行網路切片的資源控制。設備漫遊到被訪問網路：

a) 被訪問網路向自家網路請求控制權。

b) 設備使用和自家網路相同的網路切片。

三、 技術監理措施

(一) 美國

美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)係美國政府

於 1934 年依聯邦通信法(Communication Act)成立並受國會監督的獨立機構，主要負責美國無線電、廣播、有線、衛星、電腦、電子裝置等產品管制，確保與生命財產有關的無線電和電氣通信產品的安全性。美國聯邦法規(The Code of Federal Regulations 47, 47 CFR)規範所有與電信相關的法定事務，包括 FCC 之組織、業務範圍、作業程序、頻譜分配，並就不同頻段、不同用途屬性的電信管制設備服務制定個別的技術管理章節(Part)，如下表所示。

表 3-2、美國聯邦法規(47 CFR)相關電信管理規則

行政管理(Administrative)			
	規則名稱		目的
Part 0	Commission organization	委員會組織	委員會組織章程
Part 1	Practice and procedure	實施和程序規則	一般性程序與規則說明
Part 2	General rules and regulations	通用規則與法規	頻率配置、產品授權與測試、抽樣監督、設備進口要求等
免執照設備管理(License Exempt Operation)			
	規則名稱		目的
Part 15	Radio frequency devices	RF 射頻設備	低功率無線設備與數位設備
Part 18	ISM Equipment	工業、科學和醫療設備	工業，科學和醫療設備規範
Part 68	Telephone Terminal Equipment	電話終端設備	與電話網連接之電信終端設備
需執照設備管理(Licensed Operation)			
	規則名稱		目的
Part 11	Emergency Alert Systems (EAS)	緊急警報系統(EAS)	規範相關業務之 EAS 所需的技術標準和運作程序
Part 20	Commercial Mobile Radio Services	商業行動無線電服務	規範商業行動無線電服務供應商的要求和條件。
Part 22	Public mobile services	公眾行動通信服務	行動通信設備(GSM 系統和基地臺)
Part 24	Personal communication services	個人通信服務(PCS)	PCS(含 GSM 和 CDMA 通信)系統和基地臺
Part 25	Satellite communications	衛星通信	衛星通信設備規範
Part 27	Miscellaneous wireless communication service	其他無線通訊服務	其他無線通訊設備規範
Part 30	Upper Microwave Flexible Use Service (UMFUS)	上層微波彈性使用服務	針對運作在毫米波段設備之基本認證與量測程序要求
Part 73	Radio broadcast services	無線電廣播服務	無線廣播業務規則
Part 80	Maritime services	海上通信服務	規範海上通信無線電系統和基地臺

Part 87	Aviation services	航空通信服務	規範和空通信無線電系統和基地臺
Part 90	Private land mobile radio service	陸地專用行動無線電服務	規範無線電專用系統設備
Part 95	Personal radio service	個人無線電服務	短距離行動無線電設備、無線電控制設備
Part 96	Citizens Broadband Radio Service (CBRS)	公民寬頻無線電服務	規範運作在 3,550~3,700 MHz 的設備授權及營運規則
Part 97	Amateur radio services	業餘無線電服務	業餘無線電業務的規則和條例
Part 101	Fixed microwave services	固定微波通信服務	微波通信設備

資料來源：FCC；本研究整理

其中 Part 2 是 FCC 法規的通用基礎篇，主要內容包括：頻率配置表、產品授權、進口要求、抽測監督、符合性資訊等；對於低功率免執照(License Exempt Operation) RF 設備受 Part 15 的無線設備技術規則要求，而 ISM 設備則受 Part 18 的技術要求；此外，對於需執照(Licensed Operation)的商業行動無線服務(Commercial Mobile Radio Service, CMRS)，FCC 依所屬頻段分別制訂 Part 22、24、27、30 以及 96 等章節規管。

例如，美國 PCS 服務(Personal Communications Service)受 Part 24 規管，Part 24 設備服務除須按 Part 2 Subpart J(Equipment Authorization Procedures)規定的設備授權程序測量相關測項外，並須依 Part 24 Subpart C-Technical Standards (§§ 24.50~24.55)、Subpart D Narrowband PCS (§§ 24.100~24.135)、Subpart E Broadband PCS (§§ 24.200~24.253)等章節具體要求限制數值規範授權設備。另 FCC 於 2015 年 7 月通過「公民寬頻無線電服務(Citizens Broadband Radio Service, CBRS)」允許使用 3,550~3,700 MHz 頻段[25]，其營運規則及設備授權規範在聯邦法規 Part 96 章節。根據 Part 96.49 規定[26]，公民寬頻無線電服務設備(Citizens Broadband Radio Service Device, CBSD)及終端用戶設備(End User Device)皆需檢測驗證以證明符合特定射頻(radio frequency, RF)的要求與限值。用於 CBRS 服務的任何無線電發射設備製造商必須依 Part 2 Subpart J (Equipment Authorization Procedures)規定[27]，

[25] See Report And Order And Second Further Notice Of Proposed Rulemaking in GN Docket No. 12-354, 30 FCC Rcd 3959 (2015; FCC 15-47) and Order on Reconsideration And Second Report And Order, 31 FCC Rcd 5011 (2016; FCC 16-55).

[26] FCC, 47 CFR § 96.49 - Equipment authorization, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/96.49

[27] FCC, 47 CFR Subpart J - Equipment Authorization Procedures, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/part-2/subpart-J

請求設備授權。同時，Part 96 的 RF 設備授權亦須符合 Part 96 於 Subpart E – Technical Rules 技術規範之限制數值要求[28]。另 FCC 為因應毫米波應用需求，於 2016 年 12 月公告 Part 30 節「上層微波彈性使用服務(Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS)」用於 5G 毫米波頻段之設備授權與營運管理。

美國商用頻譜配置係採用拍賣(auction)方式釋出，並無技術上之要求[29]。對於需執照之商業行動無線服務，FCC 聯邦行政規則(47 CFR)則以不同頻段不同業務分別制定營運及技術監理規定(Part)：執照要求、營運要求、技術標準及設備授權等；例如：美國 Cellular (800 MHz)適用 Part 22 規則、Broadband PCS (1.9 GHz)適用 Part 24 規則、AWS-1 (1.7/2.1 GHz) / AWS-3 (1.6/1.7/2.1 GHz) / AWS-4 (2.0/2.1 GHz) / 3.45 GHz 服務適用 Part 27 規則、CBRS(3.5 GHz)服務適用 Part 96 規則、UMFUS(24/28/37/39/47 GHz)服務適用 Part 30 規則，如下頁表所示。

[28] FCC, 47 CFR Subpart E-Technical Rules, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/part-96/subpart-E
[29] NCC, 考察美國頻譜資源管理、運用及鑑價等機制出國報告,2013-02, https://report.nat.gov.tw/ReportFront/ReportDetail/detail?sysId=C10200262

表 3-3、美國商業行動無線服務技術監理規則

系統	所屬頻段	47 CFR 章節	子章節
700MHz for commercial services	**(Band12)** 699~716MHz; 729~746MHz 以及Band13、14、17、29等	**Part 27; Part 90**	• Band12→27.5(c) Blocks A, B, C (Lower 700 MHz Band); • Band13→27.5(b) Block C (Upper 700 MHz Band) • Band14→90.531(g) PS BB, 90.19 • Band17→27.5(c) Blocks B, C (Lower 700 MHz Band); • Band29→27.5(c)(2) Blocks D, E (Lower 700 MHz Band)
800MHz Cellular	**(Band 5)** 824~849MHz; 869~894MHz	**Part 22**	• 22.905(a), 22.905(b);
PCS; 1900 MHz Personal Communications Service (PCS)	**(Band 2)** 1850~1910MHz; 930~1990MHz **(Band 25)** 1850~1915MHZ; 930~1995MHz	**Part 24**	• B2→24.229(a),24.229(b) • B25→24.229(c), 24.229(a), 24.229(b);
AWS-1; Advanced Wireless Services (AWS)	**(Band 4)** 1710~1755MHz; 2110~2155MHz	**Part 27**	• Part 27.5(h);
AWS-3	**(Band 70)** 1695~1710MHz; 1995~2020MHz **(Band 66)** 1755~1780MHz;2155~2180MHz	**Part 27**	• 27.5(h)(1) 1710-1780/2110-2180,
AWS-4	**(Band 66)** 2000~2010MHz; 2180~2190MHz	**Part 27**	• 27.5(j) 2180-2200
WCS; 2300 MHz Wireless Communications Services (WCS)	**(Band 30)** 2305~2315MHz; 2350~2360MHz	**Part 27**	• 27.5(a)(1) Blocks A, B
BRS/EBS	**(Band41)** 2496~2690MHz	**Part 27**	• 27.5(h)(3) 1696-1710, • 27.5(k) 1995-2000MHz • 27.5(j) 2000-2020MHz

資料來源：FCC；本研究整理

由於不同的頻段被指配給不同的服務、需遵守不同的技術標準，因此業者在取得的授權執照時，必須依規定的頻段內與技術標準內操作；同時，頻率執照均有區域限制，區域大小不一，享有專有權的被許可人有權在特定的地理區域內使用特定的頻段，而且通常可以排除其他人在該地區使用特定頻率，例如用於提供電視、廣播、行動通訊頻率。因此，美國行動通信業者 Verizon、AT&T 及 T-mobile 即可運用其所持有之頻譜執照於授權區域，提供 LTE、4G、5G 等行動通信服務。

以美國最新發布 3.45 GHz 頻段服務規則為例，FCC 於 2021 年 3 月公告 3.45 GHz 頻段(3.45~3.55 GHz)頻譜釋出拍賣規則政策文件[30]。此次拍賣將以局部經濟區域(Partial Economic Areas, PEAs)執照區塊方式釋出 2,030 張執照，供得標業者用於 5G 網路布建。本次拍賣命名為第 110 號拍賣(Auction 110)，預計於

[30] FCC, FACT SHEET Competitive Bidding Procedures for Auction 110 (Flexible-Use Service Licenses in the 3.45–3.55 GHz Band) Public Notice – AU Docket No. 21-62, https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-370265A1.pdf

2021 年 10 月進行拍賣作業。相關頻譜釋出、執照條件及技術監理要求，說明如下。

1、 頻段釋出與範圍

(1) 3.45 GHz 頻段釋出方式將採取上升鐘拍賣(Clock auction, CA)。競標過程區分為價格鐘階段(Clock Phase)以及指配階段(Assignment Phase)。

a) 價格鐘階段：競價者可對不同類別的區塊提出需求數量，當所有執照區域內三項類別區塊之需求數量停止後，第一階段結束。

b) 指配階段：第一階段得標者可依其得標頻塊數量，提出偏好之頻率位置組合標單，以決定最終獲配之頻率位置。此機制可達到頻塊指配之連續性。

(2) 頻段範圍：

本次拍賣將 3.45~3.55 GHz 頻段劃分成四大區塊(分別為區塊 A、區塊 B、區塊 C、區塊 D 以及區塊 E)，每類區塊的頻塊大小為 20 MHz，如下頁圖所示。

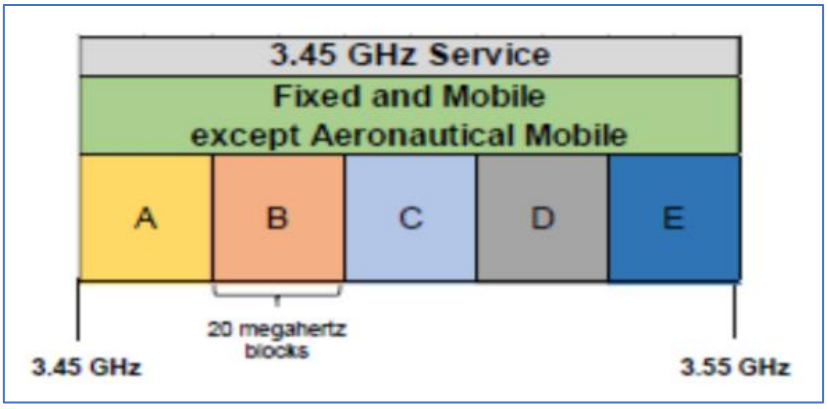


圖 3-33、美國 3.45 GHz 頻段釋出配置規劃

資料來源：FCC Public Notice – AU Docket No. 21-62

2、 執照條件和續照

FCC 的 3.45~3.55 GHz 頻段拍賣，將為整個美國本土提供 2,030 個新的靈活使用執照許可，但須遵守合作共享要求。另在拍賣結束後的前四年內，持照人可

以在任何 PEA 內的 3.45~3.55 GHz 頻段內最多持有兩個 20 MHz 頻塊。所有 3.45 GHz 服務執照的期限為 15 年；同時持照人必須證明在許可期限內，持續向公眾提供服務及滿足人口涵蓋等條件，將可獲得續照資格。

此外，由於 3.45~3.55 GHz 頻段目前由國防部(DoD)用於固定、行動、艦載和機載平台上的高功率和低功率雷達系統，因此，FCC 新規則建立合作共享制度(cooperative sharing regime)。根據該制度，新的 3.45 GHz 服務系統通常能以全功率使用於美國本土。但是在 33 個合作規劃區(Cooperative Planning Areas, CPA)，包括軍事訓練設施、試驗場區、海軍港口和造船廠等，新的執照持有者和頻譜既有者須在指定時間內協調共享使用，並簽訂協議以允許更廣泛的商業用途。同時在這些 CPA 規劃區中，新的執照持有人不得對聯邦系統造成有害干擾，並且可能需要配合修改其運作(例如，降低功率、添加濾波器、調整天線指向角度、安裝屏蔽等)以防止有害干擾。

3、 技術監理要求[31]:

(1) 適用規則

FCC 釋出的 3.45 GHz 頻段將適用 FCC Part 27 規則，包括：Part 27.51(設備授權)、Part 27.52(射頻安全)、Part 27.53(i) (相鄰頻道保護)、Part 27.54(頻率穩定性)、Part 27.56(天線結構；空中航行安全)和 Part 27.63(AM 廣播電臺天線干擾)等。

(2) 功率等級要求(POWER LEVELS)

- 允許非農村地區的基地臺以高達 1,640 W/MHz 的 EIRP 運行。
- 允許農村地區的基地臺以非農村地區 EIRP 限制的兩倍運行，最大 3,280 W/MHz。
- 行動設備可在高達 1 W(30 dBm)的 EIRP 下運行。

[31] FCC, Facilitating Shared Use in the 3100-3550 MHz Band,2021-04-07, https://www.federalregister.gov/documents/2021/04/07/2021-06546/facilitating-shared-use-in-the-3100-3550-mhz-band

(3) 帶外輻射(Out-of-Band Emissions, OOBE)要求

- 3.45 GHz 頻段內的基地臺必須將超出其授權邊緣的發射抑制到-13 dBm/MHz 的傳導功率水準，並應符合下圖規定。

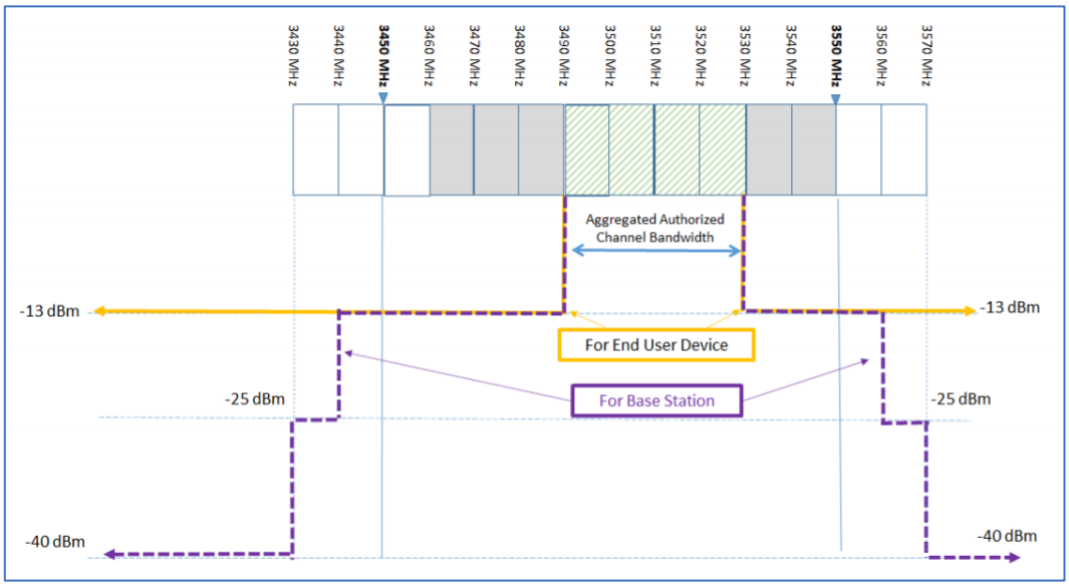


圖 3-34、3.45GHz 頻段頻譜波罩要求

資料來源：FCC 21-32

- 從頻帶邊緣到 10 MHz 以下(3,440 MHz)和以上(3,560 MHz)，應等於或小於-13 dBm/MHz 的限值；
- 在 3,440~3,430 MHz 之間，及 3,560~3,570 MHz 之間的頻帶邊緣偏移 10 MHz 之外，應等於或小於-25 dBm/MHz 限值；
- 在 3,430 MHz 以下及 3,570 MHz 以上，應等於或小於-40 dBm/MHz 限值。
- 行動設備必須將傳導發射抑制在其授權頻段之外不超過-13 dBm/MHz 限值。
- 另為確定 OOBE，將使用 1 MHz 或更高的解析頻寬，但在緊鄰持照者頻率區塊外和相鄰的 1 MHz 頻段中，解析頻寬至少為發射頻寬的 1 %(但限於最大 200 kHz)可以使用。

(4) 其他技術規則與措施

- 場強限制和市場邊界要求：FCC 在持照人的服務區邊界處採-76 dBm/m^2 /MHz 功率通量密度(Power Flux-Density, PFD)的限制，在離地 1.5 米的高度；另在相鄰地理區域經營的持照人可以自願同意更高級別的共同邊界。
- 天線高度沒有限制(在不影響空中航行安全下)。
- 獲得許可的操作不得對加拿大和墨西哥邊境造成有害干擾。
- 鑑於持照人與聯邦用戶合作的不確定性和需要，FCC 認為解決這個問題的最佳方式是通過國防部和產業之間的研討會，以及通過這些研討會產生的持續協調努力，將為 3.55~3.65 GHz 頻段和 3.45 GHz 以下的聯邦行動制定進一步的保護措施。

(二) 韓國

韓國於 2013 年 4 月基於政府改造，將原電磁相容性(EMC)、無線射頻(RF)與電子通訊之法定權責單位「韓國國家通訊委員會」(Korea Communications Commission, KCC)改由「未來創造科學部」(Ministry of Science ICT & Future Planning, MSIP)負責韓國電信設備和通訊產品的安全認證管理。後於 2017 年 7 月隨政府改組將原「未來創造科學部(MSIP)」更名為「科學技術情報通訊部(Ministry of Science and ICT, MSIT)」。另 MSIT 並授權韓國無線電研究所(Radio Research Agency, RRA)為其驗證機構，針對無線設備實施相關 EMC/RF/Telecom 驗證工作，同時負責制定廣播和通信設備的技術標準，並管理通信設備，促進韓國廣播和通信業的發展。韓國電信技術監理組織架構，如下頁圖所示。

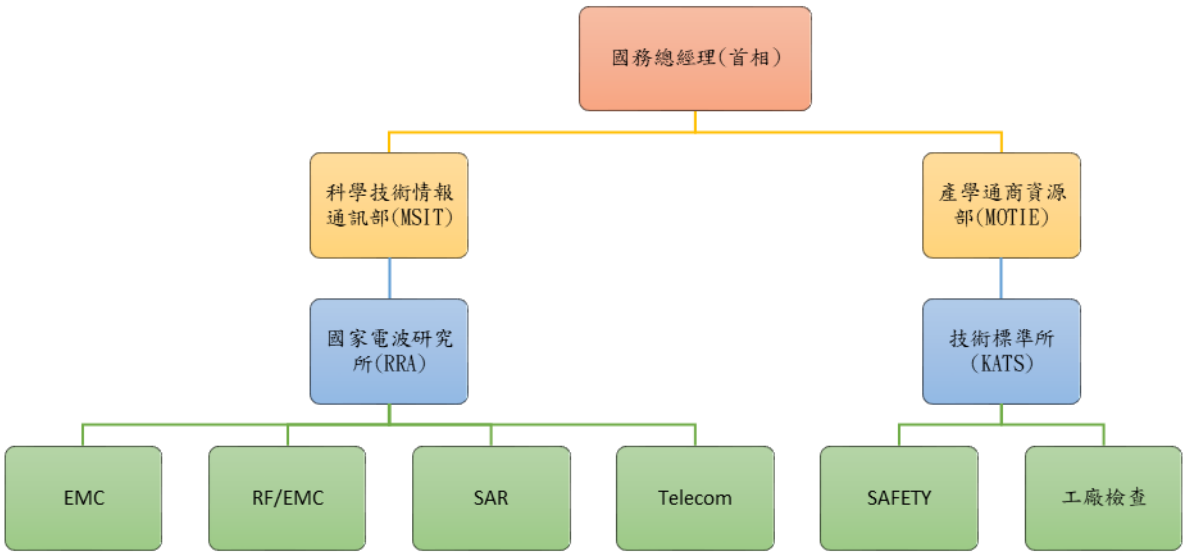


圖 3-35、韓國電信技術監理組織架構

資料來源：UL

韓國根據《無線電波法(Radio Waves Act)》第 46 條及第 57 條規定，對於無線電信設備進行強制性認證[32]。凡屬「資訊通信設備認證規則(Regulation for Certification of Information and Communication Equipment)」規定的設備，均須符合技術標準並貼上 KC 標籤後，始得製造、進口或銷售。另《無線電波法》第 58-11 條及 71-2 條規定，對於市場供應和銷售的驗證設備進行調查、確認和測試，並確認是否按照認證標誌和技術標準在市場上供應和銷售。若有不合規產品可要求更正、暫停製造/進口/銷售、取消認證等措施，以及考量不合規影響程度、原因、廠商改善情形等相關因素，予以不同程度的矯正裁罰。

韓國電信設備技術規範可大致分成：電信終端設備技術規範(如：CATV、廣播接收、客戶電信終端等)及無線設備技術規範(如：3G/4G/5G 基地臺、行動電話、低功率 Wi-Fi 與藍牙設備等)。其中，行動通信設備之技術規範主要適用 RRA 於 2019 年 6 月 3 日公告之「電信業務無線設備技術標準(RRA Public Notification 2019-9, Jun 3, 2019)」。韓國 MSIT 公告之相關技術規範[33]，如以下所示：

[32] SGS, INTERNATIONAL TYPE APPROVAL (ITA) FOR ELECTRICAL & ELECTRONICS (EE) PRODUCTS, https：//www.sgs.com/en/white-paper-library/international-type-approval-ita-for-electrical-and-electronics-ee-products

[33] NIST, LIST OF TECHNICAL REGULATIONS FOR THE REPUBLIC OF KOREA , 2021-01-14, https://www.nist.gov/system/files/documents/2021/01/14/01_14_2021%20Annex%20I%20for%20the%20Republic%20of%20Korea%20-%20access.pdf

◆ 行政規定(Administrative provisions)

- 關於廣播和通信設備符合性評估通知(RRA Public Notification 2020-7, Oct 20, 2020)
- 關於廣播和通信設備檢測實驗室指定和管理通知(RRA Public Notification 2020-6, Sept 25, 2020)

◆ 電信終端設備技術要求(Technical Requirements for Telecommunications Terminal Equipment)

- 廣播業務 IPTV 設備技術要求(RRA Public Notification 2019-23, Dec 27, 2019)
- CATV 設備技術要求(MSIT Public Notification 2019-78, Sep 18, 2019)
- 電信終端設備技術要求(RRA Public Notification 2020-6, Sep 25, 2020)
- 地面設備、客戶端電信設備、線路設備以及公共管道等之技術要求(RRA Public Notification 2020-16, Dec 28, 2020)
- 廣播共享接收設備安裝標準之技術要求(MSIT Public Notification 2018-1, Jan 19, 2018)
- 電信終端設備符合評估程序相關 KS 標準，如下表所示。

表 3-4、韓國電信終端設備符合性評估程序適用的 KS 標準

KS 標準	標準名稱
KS X 3074	廣播和電信終端設備共用要求的符合性評估測試方法
KS X 3075	終端設備連接電話設施之符合性評估測試方法
KS X 3077	數據通信終端設備連接到 CATV 設施符合性評估測試方法
KS X 3076	終端設備連接到 DSL 之符合性評估測試方法
KS X 3078	終端設備連接到數位廣播和電信及 ISDN 網路設施之符合性評估測試方法
KS X 3184	IPTV 機上設備的符合性評估測試方法
KS X 3041	終端設備連接被動式光纖網路的的符合性評估測試方法

KS X 3164	CATV 廣播站主要傳輸設備的符合性評估測試方法
KS X 3165	CATV 用戶傳輸線設施的符合性評估測試方法
KS X 3166	有線電視主要傳輸設備的符合性評估測試方法
KS X 3163	有線電視終端設備的符合性評估測試方法
KS X 3247	GDSL 設備的試驗方法

資料來源：KS Standards

- 無線電設備技術要求(Technical Requirements for Radio Equipment)
  - 無線電設備規定(Ordinance of MSIT No. 63, Dec 24, 2020)
  - 免設置許可之免執照無線設備通告(MSIT Public Notification 2020-59, Oct 16, 2020)
  - 海事服務無線電設備技術要求(RRA Public Notification 2019-13, Aug 16, 2019)
  - 航空服務無線電設備技術要求(RRA Public Notification 2020-5, Sep 22, 2020)
  - 電信業務無線設備技術標準(RRA Public Notification 2021-2, Jan 29, 2021)
  - 簡易無線電臺、太空電臺以及地球站等其他業務無線電設備之技術要(RRA Public Notification 2018-26, Nov 13, 2018)
  - 無線電波應用之技術要求(RRA Public Notification 2016-20, Sep 27, 2016)
  - 無線電設備之符合性評估程序：適用「無線電設備符合性評估測試方法(KS X 3123)」之 KS 標準。
  - LTE 行動無線設備技術要求之測試方式：適用「LTE 行動無線電設備特性的測試方法(KS X 3142)」之 KS 標準。

- 5G NR 設備技術要求測試方法：適用 KS 標準
  - KS X 3270：5G NR 設備傳導測試方法
  - KS X 3271：5G NR 設備輻射測試方法

◆ 比吸收率(Specific Absorption Rate, SAR)技術要求(Technical Requirements for SAR)

- 人體電磁波保護之技術要求(MSIT Public Notification 2019-4, Jan 16, 2019)
- 特定吸收率測量及測量程序之技術要求(RRA Public Notification 2018-18, Dec 7, 2018)
- 受電磁場強度及 SAR 檢測設備的測試程序(RRA Public Notification 2019-1, Jan 17, 2019)

◆ EMF 技術要求(Technical Requirements for EMF)

- 電磁場強度量測之技術要求(RRA Public Notification 2019-3, March 4, 2019)

◆ EMC 技術要求(Technical Requirements for EMC)

- 電磁相容性技術要求(RRA Public Notification 2019-32, Dec 31, 2019)
- 電磁相容性測試方法(RRA Announce 2019-132, Dec 31,2019)
- 關於廣播和通信設備檢測實驗室指定和管理的通知(RRA Public Notification 2020-6, Sept 25, 2020)

MSIT 於 2018 年 5 月 4 日發布「5G 行動通信頻率分配」[34]公告，並於 2018 年 6 月完成 3.5 GHz 與 28 GHz 頻段拍賣，相關頻譜釋出、執照條件及技術監理

[34] MSIT, 과기정통부, 5 세대(5G) 이동통신 주파수 할당 공고, 2018-05, https://www.korea.kr/common/download.do?fileId=185945802&tblKey=GMN

要求，說明如下。

1、 頻譜釋出與範圍

MSIT 根據《電波法》第 11 條採取二階段混合模式進行頻譜拍賣[35]。其中，第一階段拍賣為(區塊數量決定階段)，第二階段拍賣(頻段位置決定階段)。釋出頻譜範圍，包括:

- 3.5 GHz 頻段：3,420~3,700 MHz(總計 280 MHz)，每一區塊 10 MHz，共 28 個區塊。每業者最多 100 MHz。
- 28 GHz 頻段：26.5~28.9 GHz(總計 2,400 MHz)，每一區塊 100 MHz，共 24 個區塊。每業者最多 1,000 MHz。

2、 執照條件

根據 MSIT 發布的「5G 行動通信頻率分配」公告，3.5 GHz 執照使用期限為 10 年，28 GHz 執照使用期限為 10 年；同時取得分配頻譜的法人，必須要遵守各年度申請時網路建設義務提出之「頻譜使用計畫書」，並且要在隔年 4 月底提出達成的成果報告。

3、 技術條件要求

韓國 5G 行動通訊無線設備技術基準，主要依據 ITU、3GPP 等國際標準規範進行制定，以確保與國際標準一致。其中，5G NR(3.5 GHz、28 GHz)技術規範，主要依據韓國無線電研究所(RRA)制定之「電信業務無線設備技術標準(RRA Public Notification 2021-2)[36]」第 4 條(8)採用 TDD 分時雙工的 3.5 GHz 頻段行動通信無線設備之技術標準，以及第 4 條(7)採用 TDD 分時雙工的 28 GHz 頻段行動通信無線設備之技術標準。5G NR 相關檢測項目，如下頁表所示。

[35] NCC, 因應 5G 行動寬頻釋照趨勢及其機制分析委託研究期末報告, 2019-12, https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/20011/5138_42546_200113_1.pdf

[36] RRA, 전기통신사업용 무선설비의 기술기준,[국립전파연구원고시 제 2021-2 호, 2021. 1. 29., 일부개정], https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000197455#

表 3-5、韓國 5G NR(3.5 GHz)檢測項目

項目		檢測項目
共同要求		頻率範圍
		占用頻寬
基地臺	Rx	接收端混附波輻射
	Tx	頻率容許誤差
		總傳輸功率
		相鄰通道洩漏功率限制
		帶外輻射發射
		混附波輻射
行動臺	Rx	接收端混附波輻射
	Tx	頻率容許誤差
		最大傳輸功率
		相鄰通道洩漏功率限制
		帶外輻射發射
		混附波輻射

資料來源：本研究整理

表 3-6、韓國行動寬頻 5G NR(28 GHz)檢測項目

項目		檢測項目
共同要求		頻率範圍
		占用頻寬
基地臺	Rx	接收端混附波輻射
	Tx	頻率容許誤差
		總傳輸功率
		相鄰通道洩漏功率限制
		帶外輻射發射
		混附波輻射
行動臺	Rx	接收端混附波輻射
	Tx	頻率容許誤差
		最大傳輸功率

		相鄰通道洩漏功率限制
		帶外輻射發射
		混附波輻射

資料來源：本研究整理

此外，韓國於 5G 競標文件中，設有干擾保護與迴避計畫規定[37]，包括：

- 申請業者選擇技術方式，需要考慮分配申請頻段內外之各種服務與無線基地臺、外來電波等，以「頻譜使用計畫書」來制定處理干擾決策與可以迴避之網路建構計畫。
- 取得頻譜的業者，在發生干擾的情況時，要與設施者間提出協議來解決問題為原則，並且需要用「頻譜利用計畫書」來達到干擾保護與迴避計畫。

(三) 日本

日本資通訊政策、頻譜資源與無線設備是由總務省(Ministry of Internal Affairs and Communications, MIC)負責規劃與管理。有關無線設備技術基準與認證制度、頻譜資源規劃、電信管制射頻器材與各種應用情境是由總務省轄下綜合通信基盤局的無線電波部主導。該部基於《電波法》進行整體無線電頻率分配與監管、無線設施之設置與使用規範以及緊急狀況之通信管理。無線電波部旗下又分為負責無線設備技術基準與認證制度之電波環境課，以及負責頻譜規劃、分配、監管與國際組織溝通的電波政策課，以及依據性質不同(固定或行動)以及應用區域不同，所區分的基幹通信課、行動通信課以及衛星行動通信課。各部門與組織的關係與主要負責內容，如下頁圖所示。

[37] NCC,行動寬頻業務拍賣底價、競價機制設計及相關法規擬訂撰寫委託研究案,2020-09, https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/20083/5138_44873_200831_1.pdf

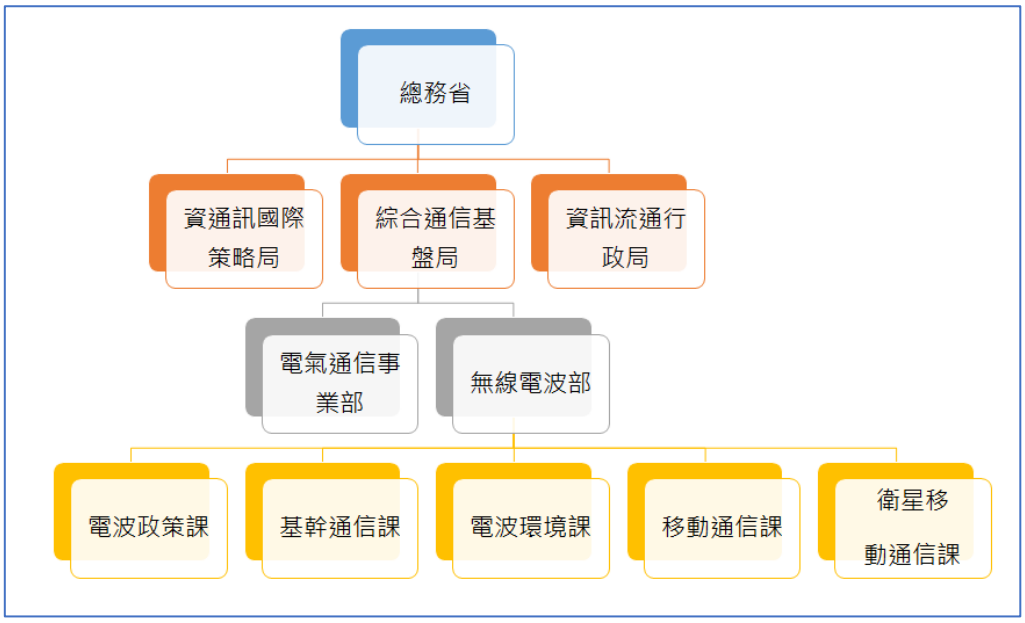


圖 3-36、總務省組織關係圖

資料來源：MIC

由於無線資源的有限性、空間占用性、國際使用性及安全性，日本為確保無線電頻率的公平和有效利用，以達到促進社會公益之效果，訂定《電波法》進行無線電波應用、資源分配之監管。內容包含對於所有的電臺(包含基地臺與手機、電視與廣播之放送電臺)相關的執照、設備、從業人員、營運、監督、罰則等規定。其中，為了讓公共資源的電波能夠正確並有效的利用，防止相同電波干擾造成無法通信情形，日本使用發射電波的無線設備，可區分為「免執照無線電臺設備」及「需執照無線電臺設備」等類別，如下圖所示。

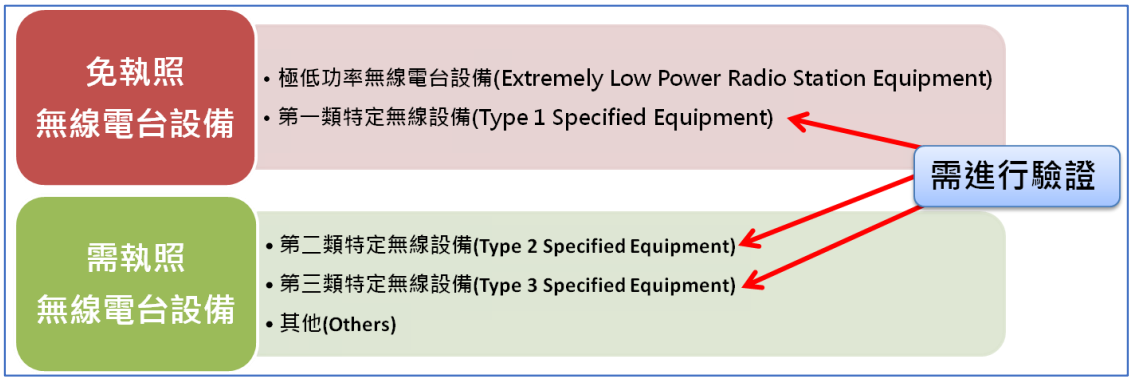


圖 3-37、日本無線設備使用類別

資料來源：MIC，本研究整理

1、 頻率釋出與範圍

以日本 5G 頻率釋出為例，總務省於 2018 年 11 月執行釋出程序時，依據《電波法》第 27-13 條制定「引入第五代行動通信系統特定基地臺準則」[38]，以確定日本電信業者的申請期限及開放的頻率範圍(3.6~4.1 GHz、4.5~4.6 GHz、27.0~28.2 GHz、29.1~29.5 GHz)，之後開始接受業者提交的 5G 開通計劃申請書，並進行二階段審議，包括：

- 第一階段絕對基準審查，依據業者提交的申請文件，從主要技術、頻率、建設時程、布建覆蓋率、預計的基地臺數量、導入新技術以確保頻率使用效率、防止及處理干擾的機制等項目進行審查，合乎標準即通過。
- 第二階段為競爭性比較審查，採用相互比較評分方式，各審查項目以評分進行，得分最高者為優選。比較項目包括：區域部署、設備、財務、法遵、服務、干擾措施及其他等。

業者提交的開通計劃(基地臺維護計劃)須通過上述認證取得核配頻率後，方可進行電臺申請程序。核配的 5G 頻譜使用期限為 5 年。最後經總務省審議評定，由 5G 頻率申請得分最高的 NTT 與 KDDI，分別於 3.6~4.1 GHz 以及 4.5~4.6 GHz 頻段的分配上，比其他業者多分配到 100 MHz 頻寬。各業者核配之頻譜範圍，如下圖所示。

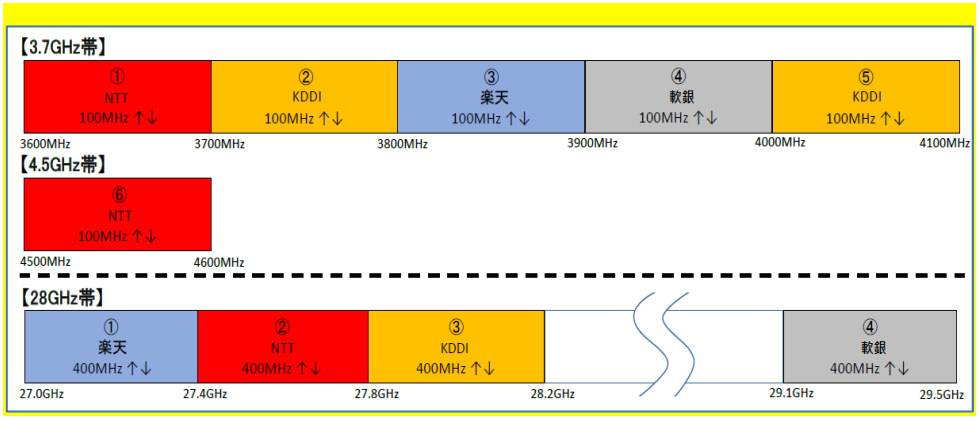


圖 3-38、日本 5G 頻譜審議核配結果

資料來源：MIC，本研究整理

[38] MIC, 第 5 世代移動通信システム(5G)の導入のための 特定基地局の開設計画の認定 (概要), https://www.soumu.go.jp/main_content/000613734.pdf

2、 執照條件

由於日本的頻率使用係以審議制進行，因此不論是電信用、廣電用、政府用、軍用、實驗用之需求，均需要依照《電波法》及相關規範，向總務省進行電臺設立申請，並在取得電臺使用執照後方可運用。同時無線電臺中使用的無線電設備或無線設備的結構設計，必須符合《電波法》規定的技術標準，並在頒發許可證之前，由總務省大臣進行的許可證申請審查和竣工檢查。其中，屬第一類、第二類及第三類「特定無線設備(Specified Radio Equipment)」完成檢測驗證取得「技術基準適合證明」後，即能以「簡化方式」申請電臺執照使用；而其他類無線電臺設備(如：廣播電臺、人造衛星電臺)，則須依一般電臺執照程序申請使用，如下圖所示。

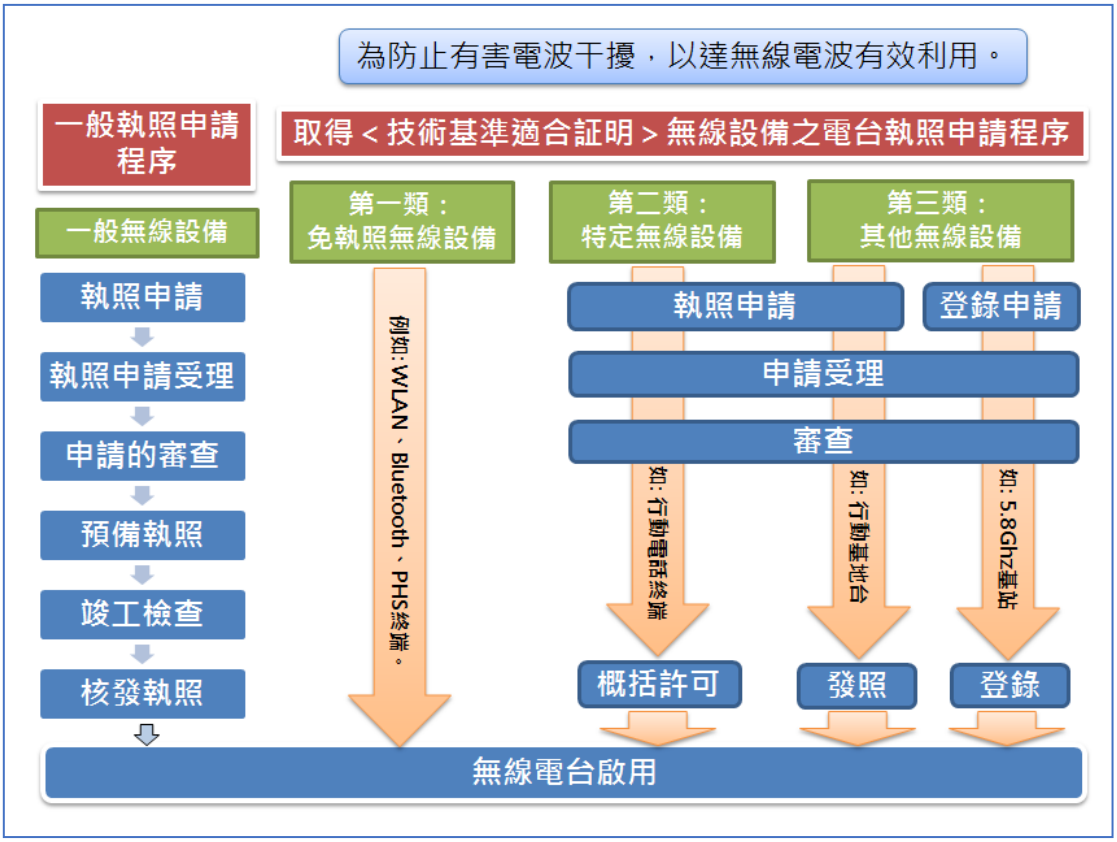


圖 3-39、日本無線設備電臺執照申請程序

資料來源：MIC，本研究整理

3、 技術條件要求

日本無線設備技術標準依據執照類別、頻段及用途，設立技術規範章節，如

下表所示。

表 3-7、日本無線設備技術規範

設備證明規則第 2 條第 1 項	執照類別	設備種類	適用技術標準[39]
第 11 之 3 號	第 2 類 特定無線電臺	WCDMA 行動臺	附表第 29 號
第 11 之 7 號		WCDMA(HSDPA)行動臺	附表第 29 號
第 11 之 19 號		LTE 行動臺	附表第 86 號
第 11 之 19-2 號		LTE 行動臺(NB-IoT)	
第 11 之 19-3 號		LTE 行動臺(eMTC)	
第 11 之 30 號		5G-NR(3.7 GHz、4.5 GHz)行動臺	尚未公告
第 11 之 32 號		5G-NR(28 GHz)行動臺	
第 11 之 5 號	第 3 類 其他特定無線電臺	WCDMA 基地臺	附表第 31 號
第 11 之 6-2 號		WCDMA(femtocell)基地臺	
第 11 之 6-4 號		WCDMA(室內小型基地臺)	
第 11 之 9 號		WCDMA(HSDPA)基地臺	
第 11 之 20 號		LTE 基地臺	附表第 87 號
第 11 之 20-2 號		LTE(femtocell)基地臺	
第 11 之 20-3 號		LTE(室內小型基地臺)	
第 11 之 20-4 號		LTE 基地臺(NB-IoT)	
第 11 之 20-5 號		LTE 基地臺(eMTC)	
第 11 之 29 號		5G-NR(3.7 GHz、4.5 GHz)基地臺	尚未公告
第 11 之 31 號		5G-NR(28 GHz)基地臺	
第 19 號	第 1 類 免執照電臺	2.4 GHz 頻段低功率數據通信系統 (2,400~2,483.5 MHz)	附表第 43 號
第 19 之 3 號		5 GHz 低功率數據通信系統 (5,150~5,350 MHz)	附表第 45 號
第 19 之 3-2 號		5 GHz 低功率數據通信系統 (5,470~5,725 MHz)	
第 19 之 3-3 號		5 GHz 低功率數據通信系統 (5,210~5,290 MHz、5,530~5,610 MHz)	

資料來源：MIC；本研究整理

5G 行動通訊無線設備技術基準：

日本 MIC 於 2019 年 10 月 7 日發布「17-4 號」資料文件概述 5G NR 技術條件[40]；日本新一代行動通信系統委員會於 2020 年 1 月 22 日發布「15-4 號」資料

[39] MIC, 特定無線設備、特別特定無線設備一覧, https：//www.tele.soumu.go.jp/j/sys/equ/tech/type/index.htm
[40] 日本 MIC, 5G NR の技術的条件(案)の概要, https://www.soumu.go.jp/main_content/000653985.pdf

文件，公告日本「第五代行動通信系統(5G)的技術條件」[41]，主要參考國際趨勢和國內研究結果，並基於 5G NR 通信系統建立 5G 相關的技術條件，相關 3.5 GHz、3.7 GHz 和 4.5 GHz 頻段無線技術要求及檢測規定，說明如後。

(1) 通用條件

a) 運作頻段

採用 3.7 GHz 頻段(3.6~4.2 GHz)和 4.5 GHz 頻段(4.4~4.9 GHz)。

b) 接取方式

下行鏈路：採取 OFDM 和 TDM 方法。

上行鏈路：採取 SC-FDMA 或 OFDMA 方法。

c) 通信方式

使用 TDD(分時雙工)方法。

d) 調變方式

下行鏈路：QPSK/16QAM/64QAM/256QAM 方法。

上行鏈路：π/2-BPSK/BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM 方法。

(2) 射頻(RF)檢測規定

a) 頻率容許誤差

- 5G NR 行動臺之頻率容許誤差要在指定頻率的±(0.1 ppm + 15 Hz)之內。
- 5G NR 基地臺頻率容許誤差要求：
  - 廣域範圍 BS：在指定頻率的± (0.05 ppm + 12 Hz)以內。
  - 中程範圍以下 BS：在指定頻率的± (0.1 ppm + 12 Hz)以內。

[41] 日本 MIC,訊息和通信委員會訊息和通信技術小組委員會新一代移動通信系統委員會(第 15 屆), https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/idou/02kiban14_04000747.html

b) 混附發射區域不必要發射[42]

◆ 5G NR 行動臺混附發射區域不必要發射的允許值應小於或等於下表的限制值。

表 3-8、行動臺混附發射區域不必要發射強度允許值

頻率範圍	容許值	解析頻寬
9 kHz 以上未滿 150 kHz	-36 dBm	1 kHz
150 kHz 以上未滿 30 MHz	-36 dBm	10 kHz
30 MHz 以上未滿 1,000 MHz	-36 dBm	100 kHz
1 GHz 以上未滿 12.75 GHz	-30 dBm	1 MHz
12.75 GHz 以上未滿上限頻率之 5 倍	-30 dBm	1 MHz

資料來源：MIC

◆ 5G NR 基地臺混附發射區域不必要發射的允許值應小於或等於下表的限制值。

表 3-9、基地臺混附發射區域不必要發射強度允許值

頻率範圍	容許值		解析頻寬
	有天線端子	無天線端子	
9 kHz 以上未滿 150 kHz	-13 dBm	-	1 kHz
150 kHz 以上未滿 30 MHz	-13 dBm	-	10 kHz
30 MHz 以上未滿 1,000 MHz	-13 dBm	-4 dBm	100 kHz
1 GHz 以上未滿 12.75 GHz	-13 dBm	-4 dBm	1 MHz
12.75 GHz 以上未滿上限頻率之 5 倍	-13 dBm	-4 dBm	1 MHz

資料來源：MIC

[42] スプリアス領域における不要発射の強度：混附發射區域不必要發射

c) 相鄰頻道洩漏功率比

◆ 5G NR 行動臺之相鄰頻道洩漏之功率容許值，應符合下表規定的絕對值或規定的相對值，以較高者為準。

表 3-10、日本 5G NR 行動臺相鄰頻道洩漏之功率容許值

系統	規定類別	離調頻率 (Detuning Frequency)	容許值	NR ACLR 量測頻寬
10 MHz 系統	絕對值規定	10 MHz	-50 dBm	9.375 MHz
	相對值規定	10 MHz	-29.2 dBc	9.375 MHz
15 MHz 系統	絕對值規定	15 MHz	-50 dBm	14.235 MHz
	相對值規定	15 MHz	-29.2 dBc	14.235 MHz
20 MHz 系統	絕對值規定	20 MHz	-50 dBm	19.095 MHz
	相對值規定	20 MHz	-29.2 dBc	19.095 MHz
40 MHz 系統	絕對值規定	40 MHz	-50 dBm	38.895 MHz
	相對值規定	40 MHz	-29.2 dBc	38.895 MHz
50 MHz 系統	絕對值規定	50 MHz	-50 dBm	48.615 MHz
	相對值規定	50 MHz	-29.2 dBc	48.615 MHz
60 MHz 系統	絕對值規定	60 MHz	-50 dBm	58.35 MHz
	相對值規定	60 MHz	-29.2 dBc	58.35 MHz
80 MHz 系統	絕對值規定	80 MHz	-50 dBm	78.15 MHz
	相對值規定	80 MHz	-29.2 dBc	78.15 MHz
90 MHz 系統	絕對值規定	90 MHz	-50 dBm	88.23 MHz
	相對值規定	90 MHz	-29.2 dBc	88.23 MHz
100 MHz 系統	絕對值規定	100 MHz	-50 dBm	98.31 MHz
	相對值規定	100 MHz	-29.2 dBc	98.31 MHz

資料來源：MIC

◆ 5G NR 基地臺之相鄰頻道洩漏之功率容許值，應符合下表規定的絕對值或規定的相對值，以較高者為準。

表 3-11、5G NR 基地臺相鄰頻道洩漏之功率容許值

系統	規定類別	離調頻率	容許值		解析頻寬
			有天線端子	無天線端子	
10 MHz 系統	絕對值規定	10 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	9.36 MHz
	相對值規定	10 MHz	-44.2 dBc	-44.2 dBc	9.36 MHz
	絕對值規定	20 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	9.36 MHz
	相對值規定	20 MHz	-44.2 dBc	-44.2 dBc	9.36 MHz
15 MHz	絕對值規定	15 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	14.22 MHz

系統	相對值規定	15 MHz	-44.2 dBc	-44.2 dBc	14.22 MHz
	絕對值規定	30 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	14.22 MHz
	相對值規定	30 MHz	-44.2 dBc	-44.2 dBc	14.22 MHz
20 MHz 系統	絕對值規定	20 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	19.08 MHz
	相對值規定	20 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	19.08 MHz
	絕對值規定	40 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	19.08 MHz
	相對值規定	40 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	19.08 MHz
30 MHz 系統	絕對值規定	30 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	28.8 MHz
	相對值規定	30 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	28.8 MHz
	絕對值規定	60 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	28.8 MHz
	相對值規定	60 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	28.8 MHz
40 MHz 系統	絕對值規定	40 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	38.88 MHz
	相對值規定	40 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	38.88 MHz
	絕對值規定	80 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	38.88 MHz
	相對值規定	80 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	38.88 MHz
50 MHz 系統	絕對值規定	50 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	48.6 MHz
	相對值規定	50 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	48.6 MHz
	絕對值規定	100 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	48.6 MHz
	相對值規定	100 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	48.6 MHz
60 MHz 系統	絕對值規定	60 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	58.32 MHz
	相對值規定	60 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	58.32 MHz
	絕對值規定	120 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	58.32 MHz
	相對值規定	120 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	58.32 MHz
70 MHz 系統	絕對值規定	70 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	60.04 MHz
	相對值規定	70 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	60.04 MHz
	絕對值規定	120 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	60.04 MHz
	相對值規定	120 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	60.04 MHz
80 MHz 系統	絕對值規定	80 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	78.12 MHz
	相對值規定	80 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	78.12 MHz
	絕對值規定	160 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	78.12 MHz
	相對值規定	160 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	78.12 MHz
90 MHz 系統	絕對值規定	90 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	88.2 MHz
	相對值規定	180 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	88.2 MHz
	絕對值規定	180 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	88.2 MHz
	相對值規定	60 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	88.2 MHz
100 MHz 系統	絕對值規定	100 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	98.28 MHz
	相對值規定	100 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	98.28 MHz
	絕對值規定	200 MHz	-13 dBm/MHz	-4 dBm/MHz	98.28 MHz
	相對值規定	200 MHz	-43.8 dBc	-43.8 dBc	98.28 MHz

資料來源：MIC

d) 發射頻譜波罩規定

◆ 5G NR 行動臺之發射頻譜波罩，應低於下表所示的容許值。

表 3-12、日本 5G NR 行動臺頻譜波罩容許值

偏移頻率|Δf|	發射限值(dBm)/頻道頻寬					解析頻寬
	10 MHz	15 MHz	20 MHz	40 MHz	50 MHz	
0 MHz 以上未滿 1 MHz	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2		註
0 MHz 以上未滿 1 MHz					-22.2	30 kHz
1 MHz 以上未滿 5 MHz	-8.2	-8.2	-8.2	-8.2	-8.2	1 MHz
5 MHz 以上未滿 10 MHz	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2	1 MHz
10 MHz 以上未滿 15 MHz	-23.2					1 MHz
15 MHz 以上未滿 20 MHz		-23.2				1 MHz
20 MHz 以上未滿 25 MHz			-23.2			1 MHz
25 MHz 以上未滿 40 MHz						1 MHz
40 MHz 以上未滿 45 MHz				-23.2		1 MHz
45 MHz 以上未滿 50 MHz						1 MHz
50 MHz 以上未滿 55 MHz					-23.2	1 MHz
註：對於 10 MHz 系統，解析頻寬適用於 100 kHz；對於 15 MHz 系統，適用於 150 kHz；對於 20 MHz 系統，適用於 200 kHz；對於 40 MHz 系統，適用於 400 kHz。						

偏移頻率|Δf|	發射限值(dBm)/頻道頻寬				解析頻寬
	60 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz	
0 MHz 以上未滿 1 MHz	-22.2	-22.2	-22.2	-22.2	30 kHz
1 MHz 以上未滿 5 MHz	-8.2	-8.2	-8.2	-8.2	1 MHz
5 MHz 以上未滿 60 MHz	-11.2	-11.2	-11.2	-11.2	1 MHz
60 MHz 以上未滿 65 MHz	-23.2				1 MHz
65 MHz 以上未滿 80 MHz					1 MHz
80 MHz 以上未滿 85 MHz		-23.2			1 MHz
85 MHz 以上未滿 90 MHz					1 MHz
90 MHz 以上未滿 95 MHz			-23.2		1 MHz
95 MHz 以上未滿 100 MHz					1 MHz
100 MHz 以上未滿 105 MHz				-23.2	1 MHz

資料來源：MIC

◆ 基地臺之發射頻譜波罩，應低於下表所示的容許值。

表 3-13、日本 5G NR 基地臺頻譜波罩容許值

偏移頻率|Δf|	容許值		解析頻寬
	有天線端子	無天線端子	
0.05 MHz 以上未滿 5.05 MHz	-5.2 dBm-7/5× (Δf - 0.05)dB	+4.0 dBm-7/5× (Δf - 0.05)dB	100 kHz
5.05 MHz 以上未滿 10.05 MHz	-12.2 dBm	-3 dBm	100 kHz
10.5 MHz 以上	-13 dBm	-4 dBm	1 MHz

資料來源：MIC

e) 占用頻寬規定

◆ 5G NR 行動臺之占用頻寬，應符合下表所示的容許值。

表 3-14、日本 5G NR 行動臺占用頻寬容許值

系統	99 %頻寬
10 MHz 系統	10 MHz 以下
15 MHz 系統	15 MHz 以下
20 MHz 系統	20 MHz 以下
40 MHz 系統	40 MHz 以下
50 MHz 系統	50 MHz 以下
60 MHz 系統	60 MHz 以下
80 MHz 系統	80 MHz 以下
90 MHz 系統	90 MHz 以下
100 MHz 系統	100 MHz 以下

資料來源：TELEC

◆ 基地臺之占用頻寬，應符合下表所示的容許值。

表 3-15、日本 5G NR 基地臺占用頻寬容許值

系統	99 %頻寬
10 MHz 系統	10 MHz 以下

15 MHz 系統	15 MHz 以下
20 MHz 系統	20 MHz 以下
30 MHz 系統	30 MHz 以下
40 MHz 系統	40 MHz 以下
50 MHz 系統	50 MHz 以下
60 MHz 系統	60 MHz 以下
70 MHz 系統	70 MHz 以下
80 MHz 系統	80 MHz 以下
90 MHz 系統	90 MHz 以下
100 MHz 系統	100 MHz 以下

資料來源：MIC

f) 最大容許天線功率和容許天線功率誤差

- 5G NR 行動臺天線的最大額定功率應為 23 dBm。天線功率的允許誤差應在額定天線功率的+3.0 dB / -6.7 dB 之內。
- 帶有天線端子基地臺，天線功率允許偏差應在額定天線功率的±3.0 dB 以內；無天線端子基地臺的允許偏差應在天線總額定功率的±3.5 dB 以內。

g) 傳輸關閉時的功率限值

- 行動臺當傳輸停止時，發射機的輸出噪聲功率頻譜密度，應低於下表規定的容許值。
- 基地臺：未指定。

表 3-16、日本 5G NR 傳輸關閉時的功率限值

系統	容許值	參考頻寬
10 MHz 系統	-48.2 dBm	9.375 MHz
15 MHz 系統	-48.2 dBm	14.235 MHz
20 MHz 系統	-48.2 dBm	19.095 MHz

40 MHz 系統	-48.2 dBm	38.895 MHz
50 MHz 系統	-48.2 dBm	48.615 MHz
60 MHz 系統	-48.2 dBm	58.35 MHz
80 MHz 系統	-48.2 dBm	78.15 MHz
90 MHz 系統	-48.2 dBm	88.23 MHz
100 MHz 系統	-48.2 dBm	98.31 MHz

資料來源：TELEC

h) 傳輸交互調變特性

◆ 5G NR 行動臺傳輸交互調變之要求，應符合下表規定。

表 3-17、日本 5G NR 行動臺傳輸交互調變容許值規定

系統	干擾功率	離調頻率 (DetuningFrequency)	容許值	參考頻寬
10 MHz 系統	-40 dBc	10 MHz	-29 dBc	9.375 MHz
	-40 dBc	20 MHz	-35 dBc	9.375 MHz
15 MHz 系統	-40 dBc	15 MHz	-29 dBc	14.235 MHz
	-40 dBc	30 MHz	-35 dBc	14.235 MHz
20 MHz 系統	-40 dBc	20 MHz	-29 dBc	19.095 MHz
	-40 dBc	40 MHz	-35 dBc	19.095 MHz
40 MHz 系統	-40 dBc	40 MHz	-29 dBc	38.895 MHz
	-40 dBc	80 MHz	-35 dBc	38.895 MHz
50 MHz 系統	-40 dBc	50 MHz	-29 dBc	48.615 MHz
	-40 dBc	100 MHz	-35 dBc	48.615 MHz
60 MHz 系統	-40 dBc	60 MHz	-29 dBc	58.35 MHz
	-40 dBc	120 MHz	-35 dBc	58.35 MHz
80 MHz 系統	-40 dBc	80 MHz	-29 dBc	78.15 MHz
	-40 dBc	160 MHz	-35 dBc	78.15 MHz
90 MHz 系統	-40 dBc	90 MHz	-29 dBc	88.23 MHz
	-40 dBc	180 MHz	-35 dBc	88.23 MHz
100 MHz 系統	-40 dBc	100 MHz	-29 dBc	98.31 MHz
	-40 dBc	200 MHz	-35 dBc	98.31 MHz

資料來源：TELEC

◆ 基地臺允許值應為鄰道洩漏功率允許值、頻譜遮罩允許值和混附區域不必要發射強度允許值。

(四) 中國

中國「工業和訊息化部(MIIT)」轄下之「無線電管理局(國家無線電辦公室)」是負責中國無線電頻譜規劃、無線通信設備管理的主管機關。根據《中華人民共和國無線電管理條例》、《生產無線電發射設備的管理規定》和《進口無線電發射設備的管理規定》等法規的規定，凡在中華人民共和國境內生產、進口、銷售以及使用的具有無線電發射功能的設備均應取得由國家無線電管理機構頒發的無線電發射設備型號核准證書和型號核准代碼；出廠設備的標牌上須標明該代碼，沒有取得核准代碼的無線電發射設備不得在中國境內銷售和使用。

1、 頻譜釋出與範圍

根據中國工信部 2017 年 7 月發布的《無線電頻率使用許可管理辦法》第四條規定，使用無線電頻率應當取得許可[43]。因此，主要業者 5G 行網系統經試驗完成後，於 2019 年 6 月 6 日獲中國工信部正式頒發 5G 商業頻譜及營業執照，如下表所示。

表 3-18、中國 5G 電信業者及頻譜範圍

電信業者	頻譜範圍
中國移動	● 2,515~2,675 MHz (160 MHz); ● 4,800~4,900 MHz (100 MHz)
中國電信	● 3,400~3,500 MHz (100 MHz)
中國聯通	● 3,500~3,600 MHz (100 MHz)
中國廣電	● 4,900~4,960 MHz (60 MHz) ● 700 MHz (703~733 MHz；758~788 MHz)

資料來源：中國工信部

2、 執照條件

根據《無線電管理條例》第二十七條規定[44]，設置、使用無線電臺(站)應當向無線電管理機構申請取得「無線電臺執照」；另各地方政府規章也要求公共行

[43] 中國工信部,無線電頻率使用許可管理辦法,2017-09, http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5240087.htm

[44] 《中華人民共和國無線電管理條例》, http://www.mod.gov.cn/big5/regulatory/2016-11/25/content_4764724_2.htm

動通信基地臺應當辦理「無線電臺執照」。例如：廣州市工業和訊息化局於 2019 年發布「廣州市公用行動通信基地臺規劃建設指導意見通知」[45]要求營運商於基地臺設置使用前，應向省市無線電管理機構提出書面申請，辦理基地臺設置審批手續，領取無線電臺執照，並接受當地無線電管理機構的日常監督檢查。各營運商還應確保基地臺所使用的頻率已經國家無線電管理機構批准，使用的發射設備具有國家無線電管理機構核發的「無線電發射設備型號核准證」。

3、 技術條件要求

為加速 5G 產業建設，中國工業和訊息化部(工信部)於 2019 年 1 月 7 日發布「2019 年第 61 號公告」，批准「5G 行動通信網核心網總體技術要求」等共 447 項的產業標準[46]。其中 5G 相關技術標準，涵蓋核心網、無線接取網、承載網、天線、終端、安全、電磁相容等領域，如下表所示。

表 3-19、中國 5G 行動通信相關技術標準

序號	標準編號	標準名稱	標準主要內容
1	YD/T 3615-2019	5G 行動通信網 核心網總體技術要求	本標準規定了基於 SA 架構的 5G 核心網總體技術要求，包括系統架構、高層功能特性、與 4G 網路交互操作、網路功能服務架構等。本標準適用於基於 SA 架構的 5GC 核心網網路功能，包括 AMF、SMF、UPF、UDM、AUSF、NRF、NSSF 等。
2	YD/T 3616-2019	5G 行動通信網 核心網網路功能技術要求	本標準規定了基於 SA 架構的 5G 核心網網路功能技術要求，內容包括網路功能發現與選擇，控制面網路功能的服務，控制面和使用者面協定棧等。本標準適用於基於 SA 架構的 5G 核心網網路功能，包括 AMF、SMF、UPF、UDM、AUSF、NRF、NSSF 等。
3	YD/T 3617-2019	5G 行動通信網 核心網網路功能測試方法	本標準規定了基於 SA 架構的 5G 核心網系統功能和業務流程相關的測試內容和測試方法。本標準適用於基於 SA 架構的 5G 核心網網路功能，包括 AMF、

[45] 廣州市工業和資訊化局,廣州市工業和資訊化局關於印發廣州市公用移動通信基站規劃建設指導意見的通知,2019-04, http://www.gz.gov.cn/zwgk/zcjd/zcjd/content/mpost_5526855.html

[46] 中華人民共和國國務院新聞辦公室,工信部批准 5G 移動通信網等 447 項行業標準, 2020-01, http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/42311/42454/xgbd42461/Document/1672192/1672192.htm

			SMF、UPF、UDM、AUSF、NRF、NSSF 等。
4	YD/T 3618-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 無線接取網總體技術要求(第一階段)	本標準規定了 5G 無線網的總體技術要求(第一階段)，包括無線網的網路架構、5G NR 空口的功能要求等。本標準適用於 5G 數位蜂巢行動通信網基地臺設備和終端。
5	YD/T 3619-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 NG 介面技術要求和測試方法(第一階段)	本標準規定了 5G 數位蜂巢行動通信網(第一階段)的 NG 介面相關功能要求、測試結構及配置、NG 應用層協定測試、使用者面 GTP-U 協定測試和 PDU Session 使用者面協定測試。本標準適用於 5G 數位蜂巢行動通信網(第一階段)的 NG 介面、基地臺設備、移動性管理實體設備和服務閘道設備。
6	YD/T 3620-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 Xn/X2 介面技術要求和測試方法(第一階段)	本標準規定了 5G 數位蜂巢行動通信網(第一階段)的 Xn/X2 介面相關功能要求、測試結構及配置、Xn 介面基本移動性過程、NR 雙連接、Xn 介面全域過程和 EN-DC X2 介面測試。本標準適用於 5G 數位蜂巢行動通信網(第一階段)的基地臺設備。
7	YD/T 3621.1-2019	面向 5G 前傳的 N×25 Gbit/s 波分複用無源光網路(WDM-PON) 第 1 部分：總體	本部分規定了面向 5G 前傳網路承載需求的基於波長路由的 N×25 Gbit/s 波分複用無源光網路系統的網路架構、業務和介面要求、系統功能要求、管理維護要求和其它要求等。本部分適用於公眾電信網環境下的基於波長路由的 N×25 Gbit/s 波分複用無源光網路設備，專用電信網也可參照使用。
8	YD/T 3621.2-2019	面向 5G 前傳的 N×25 Gbit/s 波分複用無源光網路(WDM-PON)第 2 部分：PMD	本部分規定了面向 5G 前傳網路承載需求的基於波長路由的 N×25 Gbit/s WDM-PON 系統的實體層、收發器指標以及性能指標要求。本部分適用於公眾電信網環境下的基於波長路由的 N×25 Gbit/s WDM-PON 設備，專用電信網也可參照使用。
9	YD/T 3625-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 無源天線陣列技術要求(< 6 GHz)	本標準規定了 5G 大規模無源天線陣列的電性能及機械性能要求，明確電路參數指標、方向圖指標以及環境可靠性試驗的測試要求及方法；本標準適用於 5G 數位蜂巢行動通信網中非 AAU 設備的無源天線陣列。本標準適用於工作頻段為 6 GHz 以下，包含但不限於以下工作頻段 2,515~2,675 MHz、3,400~3,600 MHz 和 4,800~5,000 MHz。

10	YD/T 3626-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 無源天線陣列測試方法(< 6 GHz)	本標準規定了 5G 大規模無源天線陣列電性能及機械性能的驗證測量方法以及測試場地和環境要求。本標準適用於 5G 數位蜂巢行動通信網中非 AAU 設備的無源天線陣列。本標準適用於工作頻段為 6 GHz 以下，包含但不限於以下工作頻段 2,515~2,675 MHz、3,400~3,600 MHz 和 4,800~5,000 MHz。
11	YD/T 3627-2019	5G 數位蜂巢行動通信網 增強行動寬頻終端設備技術要求(第一階段)	本標準規定了 6 GHz 以下頻段 5G 增強行動寬頻終端設備的傳輸能力、業務能力、基本協議功能、射頻、功耗、介面、安全等方面的要求。本標準適用於支援增強型行動寬頻場景(eMBB)的 6 GHz 以下頻段的面向非獨立組網(Non-Stand Alone)和獨立組網(Stand Alone)的 5G 終端。
12	YD/T 3628-2019	5G 行動通信網 安全技術要求	本標準規定了 5G 行動通信網的安全技術要求，主要包括 5G 網路的安全架構、安全需求、安全功能要求以及相關安全流程等。本標準適用於獨立組網與非獨立組網的 5G 行動通信網路。
13	YD/T 2583.17-2019	蜂巢式行動通信設備電磁相容性能要求和測量方法 第 17 部分：5G 基地臺及其輔助設備	本部分規定了 5G 數位行動通信系統基地臺設備、輔助射頻放大器、中繼器及其輔助設備的電磁相容性要求及測量方法。本部分適用 5G 數位行動通信系統的固定或行動基地臺無線設備、輔助射頻放大器、中繼器及其相應的輔助設備。
14	YD/T 2583.18-2019	蜂巢式行動通信設備電磁相容性能要求和測量方法 第 18 部分：5G 使用者設備和輔助設備	本部分規定了 5G 蜂巢式行動通信系統使用者設備及其輔助設備的電磁相容性要求，包括測量方法、頻率範圍、限值和性能判據。本部分適用於便攜和車載使用的使用者設備，也適用於使用電源供電且在固定位置使用的使用者設備，同時適用於 5G 蜂巢式通信系統的各類資料終端設備。

資料來源：中國工信部

目前中國 5G NR 行動通信接取網路技術規範，主要依據中國工業和訊息化部(MIIT) [2019 年第 61 號]公告[47]，核准之「YD/T 3618-2019：5G 數位蜂巢行動

[47] 中華人民共和國工業和資訊化部公告, 2019 年第 61 號, http://miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n4509607/c7599971/content.html

通信網 無線接取網總體技術要求(第一階段)」[48]作為 5G 無線接取網路技術標準。同時相關設備檢驗項目、合格標準、測試方法及測試規定等相關技術規範，主要遵循參考 3GPP TS 38 系列規範。

此外，中國工信部於 2018 年 12 月發佈《3,000~5,000 MHz 頻段第五代行動通信基地臺與衛星地球站等無線電臺(站)干擾協調管理辦法》，藉以協調 5G 站臺與衛星地球站等其他無線電站臺間的干擾問題。規定在 5G 基地臺建置上，應按照「頻段外讓頻段內、次要業務讓主要業務、後用讓先用、無規劃讓有規劃」的原則，業者獲得 5G 頻段執照後，須即時相當地無線電管理機構了解需要干擾保護的衛星地球站訊息，並主動進行干擾協調，以指導 5G 業者與其他無線電臺之干擾協調，保障既有業務之合法權益。

(五) 歐盟

歐盟為確保市場上的無線設備符合基本健康、安全以及公共利益，防止有害干擾，要求投入歐洲市場適用歐盟無線電設備指令(Radio Equipment Directive, RED) 2014/53/EU 範圍的無線設備，皆須遵循 RED 符合性評鑑程序，滿足「基本要求(Essential Requirements)」與「協調標準(Harmonized Standards)」。其中，協調標準即為歐洲標準化組織(European Standards Organization, ESO)所制定的具體技術規範，係按歐盟「第 1025/2012 號條例(Regulation (EU) No 1025/2012)」和歐盟統一立法制定的歐洲標準(EN)，協調標準清單發佈在歐盟官方公報[49](Official Journal of the European Union, OJEU)中，作為製造商進行產品符合性評估的依據[50]。前述之 ESO 主要包括：歐洲電信標準協會(ETSI)、歐洲電工標準化委員會(European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC)、歐洲標準化委員會(European Committee for Standardization, CEN)；分別負責不同領域標準化工作，如下圖所示。經由歐洲標準化組織(CEN、CENELEC 和 ETSI)制

[48] 中國通信標準化協會, YD/T 3627-2019 5G 數位蜂巢移動通信網 增強移動寬頻終端設備技術要求(第一階段), 2019-12, http://www.ptsn.net.cn/standard/std_query/show-yd-5795-1.htm

[49] EU ,RED HARMONISED STANDARDS, https：//www.etsi.org/standards/supporting-european-regulation

[50] EU RED, Guide to CE Marking & The Radio Equipment Directive, https：//www.elitetest.com/sites/default/files/downloads/guide_to_radio_equipment_directive_elite_electronic_engineering_4-24-2017.pdf

定的標準，視為歐洲標準(EN)。

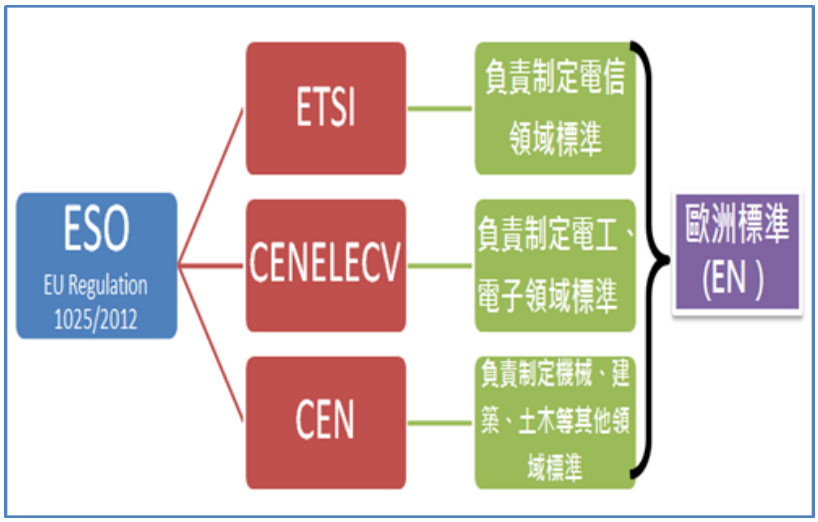


圖 3-40、歐盟三大標準化組織

資料來源：本研究整理

其中，歐洲電信標準協會(ETSI)係由歐洲郵政和電信管理局(Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT)於 1988 年成立的獨立非營利性歐洲地區性資通信技術(ICT)標準化組織，旨在為電信和其他資訊通訊技術相關產業提供全球標準。ETSI 轄下的產業規範小組(Industry Specification Groups, ISG)、技術委員會(Technical Committees, TC)和專案項目，積極與 3GPP 合作開發 4G 和 5G 行動通信技術，將部分研究成果直接提供 3GPP 技術規範中。同時，ETSI 也與國際標準組織 oneM2M 合作制定機器對機器通信標準[51]。值得注意的是，隨著 5G 網路朝向虛擬化和軟體化發展，需要最佳開放標準以確保提高互通性，因此 ETSI 在 5G 標準化制定上，主要著重在 5G 網路架構端：網路虛擬化功能、MEC、毫米波傳輸(mWT)、下一代協議(NGP)、零接觸網路服務管理(ZSM)等行動通訊基礎設施之整合[52]。目前歐盟電信設備主要採用 ETSI 標準組織制定的相關射頻標準，該標準同時也將 3GPP 技術要求及定義納入協調標準，相關電信設備檢測技術規範，如下頁表所示。

[51] ETSI, ABOUT ETSI - A EUROPEAN STANDARDS ORGANIZATION WITH GLOBAL IMPACT, https：//www.etsi.org/about

[52] ETSI, ETSI publishes a white paper on Network Transformation - Building on key technologies for 5G,https://www.etsi.org/newsroom/press-releases/1670-2019-10-etsi-publishes-a-white-paper-on-network-transformation-building-on-key-technologies-for-5g

表 3-20、歐盟電信設備相關檢測技術規範

技術	ETSI EN 標準	參用 3GPP 標準
GSM	EN 301 502 (GSM BS) EN 301 511 (GSM UE) EN 301 908-18 (MSR BS)	05 系列(R4 前) 45 系列(R4 後)
UMTS	EN 301 908-1 (General) EN 301 908-2 (UTRA UE) EN 301 908-3 (UTRA BS) EN 301 908-11 (UTRA Reapter) EN 301 908-18 (MSR BS)	25 系列(R99 後)
LTE； LTE-M； NB-IoT	EN 301 908-1 (General) EN 301 908-13 (E-UTRA UE) EN 301 908-14 (E-UTRA BS) EN 301 908-15 (E-UTRA Repeaters) EN 301 908-18 (MSR BS) EN 301 908-23 (AAS BS)	36 系列 37 系列 TS 36.101 TS 36.104 TS 36.141 TS 36.143 TS 36.521-1 TS 37.105
5G NR	EN 301 908-24 (NR BS) (草案) EN 301 908-25 (NR UE) (草案) EN 301 908-18 (MSR BS) (草案)	38 系列 TS 38.101-1 TS 38.101-2 TS 38.104 TS 38.141-1 TS 38.141-2 TS 38.521-1 TS 38.521-2

資料來源：ETSI；本研究整理

歐盟 5G 技術規範之適用範圍和領域應用，將以 3GPP Rel-15 為基礎，涵蓋與 5G NR UE 相關的所有 NR 功能。同時 UE NR 的協調標準(EN)也將基於 ETSI TS 138 101(射頻基本要求)和 TS 138 521-1、TS 138 521-2、TS 138 521-3(一致性測試)等規範，納入檢測技術標準，以滿足 NR 歐盟無線電設備指令(RED)第 3.2 條的基本要求[53]。

值得注意的是，目前 ETSI 對於 5G 設備射頻(RF)相關的協調標準(Harmonised Standard)調和正在進行，相關 5G NR 用戶設備(UE)的 EN 301 908-

[53] ETSI, Details of 'DEN/MSG-TFES-15-25' Work Item, https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=54786

25 檢測技術標準[54]，仍處於早期草案(early draft)狀態[55]，技術規範預計之專案期程，如下表所示。預計歐盟官方公報(OJEU)將於 2021 年底公告正式版本[56]。

表 3-21、ETSI 5G NR 終端設備技術規範(草案)進度

項目	專案進度	預定期程
1	ETSI 創建工作項目(WI)	2018-06-05
2	EU 授權規範開發	2018-11-19
3	工作小組提交早期草案	2020-03-12
4	EN 完成草案審核	2021-01-12
5	ETSI 會員國完成投票作業	2021-08-01
6	EU 官方公報(OJ)正式公告	2021-11-28

資料來源：ETSI, 'DEN/MSG-TFES-15-25' Work Item Schedule

歐盟為實現 ITU 的 5G 願景，無線頻譜政策小組(Radio Spectrum Policy Group, RSPG)公佈的《歐洲 5G 頻譜戰略路線圖》[57]標記用於 5G 網路的三個"先鋒頻段(Pioneer bands)"包括：700 MHz、3.6 GHz 和 26 GHz。同時，無線頻譜也是在技術和服務中立的基礎上授予的[58]。因此，持照人在遵守適用的協調標準(millimeter standards)前提下，可以使用合適的無線頻譜；這讓營運商可以自由地繼續在現有的技術上(例如 2G、3G、4G)提供服務，以及在準備好時提供基於新技術(例如 5G)新服務的靈活性。以歐盟 5G 釋照期程居於領先的愛爾蘭為例，說明有關歐盟技術監理要求：

愛爾蘭通訊監理委員會(Commission for Communications Regulation, ComReg)是授權無線電報設備及頻譜管理的主管機關[59]；ComReg 根據《無線電報法(Wireless Telegraphy Act)》(1926 年第 45 號法)要求在愛爾蘭擁有和使用無

[54] ETSI EN 301 908-25, IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 25: New Radio (NR) User Equipment (UE) Part 25 NR UE V15.1.1
[55] ETIS, Details of 'DEN/MSG-TFES-15-25' Work Item Schedule, https://portal.etsi.org/webapp/workProgram/Report_Schedule.asp?WKI_ID=54786
[56] ETIS, Details of 'DEN/MSG-TFES-15-25' Work Item Schedule, https://portal.etsi.org/webapp/workProgram/Report_Schedule.asp?WKI_ID=54786
[57] RSPG, STRATEGIC ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE, https://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf
[58] ComReg, about 5G, https://www.comreg.ie/industry/radio-spectrum/about-5g/
[59] ComReg, Licensing of Wireless Telegraphy Equipment, https://www.comreg.ie/industry/radio-spectrum/licensing/

線電設備，必須持有適當的無線電報許可證，除非獲得許可證豁免。未經許可或持有、使用不合規無線電設備是非法的，違法者將被起訴。另在管理無線頻譜方面，ComReg 對於擁有和使用多種形式的無線設備制定了具體的規則和條例。同時，ComReg 在核發許可執照時，將考量於該許可執照下運行的電子通信服務，是否符合下列原則：

- 業者應避免對其他頻段造成干擾。
- 業者應保護公眾健康，使其免受電信射頻器材之電磁波傷害。
- 業者提供之電子通信服務，其技術層面應符合服務品質之要求。
- 業者應確保獲核配之無線電頻譜，將善盡其利用率，使其利用範圍極大化。
- 業者應確保獲核配之特定頻段，與提供電子通訊服務時足以實現歐盟法律對愛爾蘭之要求，包括：所提供之服務足以維護生命安全、所提供之服務足以促進社會、區域或領域內社會大眾之向心力；應避免無線頻率之使用效率不佳的情形。

1、 頻譜釋出與範圍

ComReg 於 2017 年 5 月完成 3.6 GHz 頻段拍賣，釋出 350 MHz 頻寬，執照使用年限為期 15 年；26 GHz 部分頻段亦於 2018 年 6 月完成拍賣，釋出 840 MHz 頻寬，執照使用年限為期 10 年。

2、 執照條件

愛爾蘭 5G 頻譜釋出主要遵循歐盟 RSPG 的 5G 頻譜策略，同時在頻率的使用上，於執照內載明相關技術參數，並在法規內禁止未授權使用無線電設備，違反者則有相對應之罰則。例如，ComReg 於 2016 年 10 月發布《SI NO. 532/2016 – 2016 年無線電報(3.6 GHz 頻段執照)規則》[60]，將 3.6 GHz 頻段所需的布建要

[60] ComReg, S.I. NO. 532/2016 - WIRELESS TELEGRAPHY (3.6 GHZ BAND LICENCES) REGULATIONS 2016, https://www.comreg.ie/publication/s-no-5322016-wireless-telegraphy-3-6-ghz-band-licences-regulations-2016

求、服務品質及技術參數等載明於執照條件中，業者取得執照後，必須遵守執照條件加以遵行使用，包含頻率、涵蓋地區、頻塊邊緣遮罩(Block Edge Mask, BEM)、最大功率、訊號強度等。

(1) 布建要求

- 持照人應自取得執照日期 3 年內，實現及維持其執照指定地區布建基地臺數量的義務；其中，布建的基地臺係指在 3.6 GHz 頻段內具有最低頻譜效率能力 4 bits/Hz 的網路控制設備；而“網路控制設備”是指在持照人控制下通過網路連接具有回傳能力的設備。
- 此外，持照人應向 ComReg 提交年度報告，說明其遵守布建義務的詳細情況(“布建合規報告”)，例如：持照人應在布建合規報告中確定是否(a)履行其許可證中規定的相關布建義務，或(b)未能履行上述義務及其原因等。

(2) 服務品質要求

- 持有 3.6 GHz 頻段執照的條件是，應滿足執照最低的服務品質(QoS)義務，包括：符合最低網路可用性標準和最低語音通話標準的要求。其中，最低網路可用性標準要求：每 6 個月期間的網路不可用時間少於 35 分鐘；另最低語音通話品質標準要求是確保不會阻塞和斷話，並確保適當的語音傳輸標準；
- 同時持照人應每 12 個月測量一次 QoS 並向 ComReg 提交年度報告，說明其遵守(a)網路 QoS 標準的可用性和(b)語音通話 QoS 標準的(“QoS 合規報告”)。

3、 技術條件要求

- 持照人應確保只有與歐盟第 2008/411/EC 號[61]決議相容的地面系統才能

[61] EU, 2008/411/EC: Commission Decision of 21 May 2008 on the harmonisation of the 3400 - 3800 MHz frequency band for terrestrial systems capable of providing electronic communications services in the Community (notified under document number C(2008) 1873) (Text with EEA relevance),

在 3.6 GHz 頻段運作和使用。

- 在 3.6 GHz 頻段的 3,400~3,600 MHz 頻率範圍內，首選的雙工運作模式為 TDD。另在 3,600~3,800 MHz 頻率範圍內，雙工運作模式是 TDD。
- 並遵守 ComReg 與 Ofcom 之間就 3.6 GHz 頻段達成的所有備忘錄(“MoU”)；和在每個區域邊界 10 m 高度的 90 %時間和 90 %位置，遵守 32 dBµV/m/5 MHz 的電場強度限制值。當所有可能受影響的持照人之間簽訂了持照人之間的協調協議時，可以放寬此電場強度限制值。
- 遵循持照人之間的同步程序(Inter-Licensee Synchronisation Procedure)要求；持照人的網路部署應採不會對 3.6 GHz 頻段內的另一被許可人的網路部署造成有害干擾的方式進行合作。持照人可以使用許可頻塊邊緣遮罩(Permissive Block Edge Mask)和限制頻塊邊緣遮罩(Restrictive Block Edge Mask)，以盡量減少對其他持照人造成有害干擾的風險。
- 基地臺設備功率限制值
  - 若持照人之間的同步程序決定適用許可頻塊邊緣遮罩，則基地臺功率應符合下表之技術條件：

表 3-22、許可頻塊邊緣遮罩(Permissive Block Edge Mask)

BEM	頻率範圍	功率限制
帶內	持照人核配頻塊範圍	68 dBm/5 MHz 每天線
過渡區域	距離執照使用頻率低頻邊界向外之-5~0 MHz，以及從高頻邊界向外之 0-5 MHz	Min(Pmax – 40, 21) dBm/5 MHz EIRP 每天線
過渡區域	距離低頻邊界向外之-10~-5 MHz，以及從高頻邊界向外之 5~10 MHz	Min(Pmax – 43, 15) dBm/5 MHz EIRP 每天線
基準區域	3,400~3,800 MHz(不含帶外頻段)	Min(Pmax – 43, 13) dBm/5 MHz
額外基準區域	低於 3,400 MHz 及高於 3,800 MHz	-34 dBm/5 MHz EIRP 每細胞

資料來源：ComReg

https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2257709c-259f-411c-850f-2066ad5821d4/language-en

- 若持照人之間的同步程序決定適用限制頻塊邊緣遮罩，則基地臺功率應符合下表之技術條件：

表 3-23、限制頻塊邊緣遮罩(Restrictive Block Edge Mask)

BEM	頻率範圍	功率限制
帶內	持照人核配頻塊範圍	68 dBm/5 MHz 每天線
基準區域	3,400~3,800 MHz(不含帶外頻段)	-34 dBm/5 MHz EIRP 每細胞
額外基準區域	低於 3,400 MHz 及高於 3,800 MHz	-34 dBm/5 MHz EIRP 每細胞

資料來源：ComReg

◆ 終端設備限制值與要求

- 除了帶有定向天線的固定室外終端外，終端的最大頻塊內功率不得超過 25 dBm/5 MHz EIRP。
- 帶有定向天線的固定室外終端的最大頻塊內功率限制不得超過 37 dBm/5 MHz EIRP。
- 帶有定向天線的固定室外終端應：(a)由持照人安裝、控制並由其負責；和(b)不會對任何其他用戶造成有害干擾，包括其他無線電頻段的基地臺、終端或其他無線電報設備。

◆ 所有無線電和電信終端設備必須符合歐盟無線電設備指令(RED)的基本要求和其他相關規定。

第二節、 FWA 技術

一、 服務發展現況

5G 的應用之一是通過 FWA 提供家庭寬頻使用。與光纖、電纜或銅纜相比，無線傳輸被用作「最後一哩」的家庭傳輸手段。然後通過住宅路由器將其轉換為互聯網接取點。這種方法結合了傳統的行動和固定線路傳送方法，但主要以“家庭”互聯網產品的形式銷售。與固網相比，FWA(通常)降低了前期部署成本，並通過重用現有頻譜資產而獲得了資本效率。在 3G 和 4G 時代，這項技術已經存在了十多年，特別是為那些缺乏固定寬頻接取或速度較慢的農村地區提供服務。到 2020 年底，有 492 個行動營運商(約佔該行業的 50 %)推出了 4G FWA 服務[62]。

5G 為 FWA 提供了更多的機會。除了相對於光纖和電纜的部署成本優勢外，FWA 服務的可用性取決於 5G 網路覆蓋的範圍。截至 2021 年 1 月，全球 135 個 5G 商業商品中約 40％包含 FWA 產品，隨著營運商對需求和投資回報進行評估，這一比例可能會進一步上升。與 4G 時代相比，一個真正的變化因素是具有增強的性能且低成本的路由器(CPE)有望出現增長，CPE 技術的提升包括大規模 MIMO 的使用和多天線選擇等。預計未來五年內將累計銷售 250~3.5 億個 CPE 單元(其中大部分支援 5G)。

頻譜效率是指每單位頻譜(Hz)可以傳輸的數據量；通常以 bps/Hz 為單位進行測量。隨著新的 CPE 裝置滲透到客戶群中，在未來三至五年內，與 5G 行動寬頻(智慧手機)相比，搭配 CPE 的 5G FWA 可能獲得 2.0~3.5 倍的頻譜效率優勢。收益率可以表示為單位頻譜的收入。如果將 FWA 與 5G 行動寬頻進行比較，每赫茲收入主要由三個因素影響：

(1) 頻譜效率(每 Hz 傳輸的數據)

(2) 每個用戶平均貢獻的電信業務收入(Average Revenue Per User, ARPU)

[62] Tim Hatt, Peter Jarich, Emanuel Kolta and James Joiner, “5G fixed wireless: a renewed playbook”, GSMA Intelligence, 2021. https://data.gsmaintelligence.com/research/research/research-2021/5g-fixed-wireless-a-renewed-playbook.

(3) 細胞數據使用量(每天或每月)

收益率與 ARPU 和頻譜效率並行增長，而與數據使用量成反比。

其中，提高頻譜效率是關鍵的決定因素。隨著頻譜效率的提高，到 2025 年，每赫茲的 FWA 收入朝著與行動寬頻平價的方向發展。

軟銀、環球電信、Dialog、Zain、德國電信以及菲律賓、日本、南非、科威特和墨西哥等國的其他集團已經部署了大規模的 FWA 網路，覆蓋數百萬家庭。但是，與其他固定選項相比，採用率仍然相對有限。在歐洲、美國和亞洲部分收入較高的國家，總體家庭寬頻普及率高於 80％，基於 4G 的 FWA 平均在 1~2％的範圍內(見圖 3-41)，FWA 一直以來都是 4G 的一種選擇，但到 2020 年，家庭寬頻普及率仍然有限。這可歸因於一系列原因，包括相對於光纖和電纜，4G FWA 的效能較差、有限的數據流量上限，以及需要在家庭場所內廣泛安裝 CPE。FWA 最重要的發展是 5G 標準固有的性能提升和 CPE 的進步，這些進步簡化了上線過程。

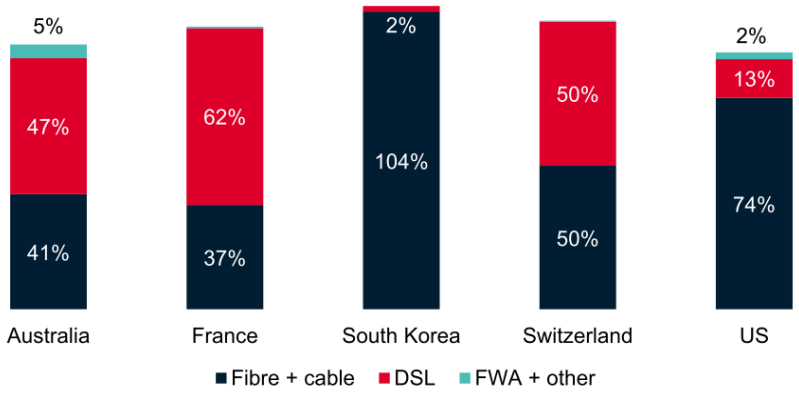


圖 3-41、家庭寬頻技術使用率(家庭百分比)

資料來源：GSMA Intelligence

表 3-24 比較了通過不同寬頻技術獲得的下載速度，從 4G 到 5G FWA 的速度增加高達 10 倍或更多(取決於部署場景)。雖然實際速度可能會較低，但與光纖和電纜相比，5G 遠比 4G 來的有競爭性，普通家庭並無法區分 5G 與固網之間的差別，因為視訊流、甚至多人遊戲等大多數需要頻寬的使用情形都不需要超過 200~300 Mbps。中頻和毫米波頻譜的容量也將提升，而 CPE 的改進將有助於提

高頻譜效率和每赫茲的收入。

表 3-24、寬頻技術與比較

	技術	下載速度範圍(平均值)
數位用戶線路(DSL)	ADSL/ADSL2+	24 Mbps
	FTTC/VDSL2	200 Mbps
	G.Fast	100 Mbps ~ 1 Gbps
光纖	FTTP/H	2.4~40 Gbps
電纜	DOCSIS 3.1	10 Gbps
衛星	LEO satellite broadband	50~500 Mbps
FWA	LTE (4G)	Up to 100 Mbps
	5G	1~10 Gbps

資料來源：GSMA Intelligence

隨著 5G 網路的推廣，服務可用性也在不斷擴大。截至 2021 年 1 月，52 個國家共有 135 家營運商開通了 5G 商業服務；其中，有 51 家(近 40 %)推出了 5G FWA。同時，根據估計，CPE 出貨量可能在未來五年內大幅擴大至 2.5 億至 3.5 億件。在成本下降的推動下，絕大多數將使用 5G 做為無線傳輸。CPE 的另一個重要變化是簡化了安裝過程。這樣就不需要在屋頂或其他戶外儀錶板上安裝天線，在室內安裝一個隨插即用的路由器，與大多數其他寬頻產品一樣方便。

5G FWA 的目標用戶有多種來源。在家庭寬頻採用率較高的國家，它包括有價格意識傾向的現有有線/光纖/DSL 家庭和僅使用行動功能的部分客戶(無論是選擇還是缺乏有線接取(仍占人口的 10~20 %))。如果我們假設現有寬頻基礎的 30 %易受 FWA 交換的影響，再加上 10~20 %的純行動家庭，FWA 的潛在基礎是平均高收入家庭的 35~45 %。這並不是說 FWA 將達到這種滲透水準；相反的，它顯示目前的使用率(1~2 %)和潛在的可能性之間存在著巨大的鴻溝。目前，全球 5G 用戶數量約為 2 億，主要集中在中國、韓國和美國。預測 5G 用戶將在未來五年內新增 16 億(見圖 3-42)，達到全球總用戶的 20 %左右，FWA 受益於 5G 行動交叉銷售和大量低成本路由器，其中 FWA CPE 路由器會增加 3 億台。當然，這其中也存在一定程度的重疊，因為絕大多數 5G 智慧手機用戶已經將寬頻

帶回家了。然而，隨著 5G 覆蓋範圍擴大到印度、泰國和非洲部分地區等低收入國家，考慮到固定線路基礎設施的匱乏，FWA 選項變得更加重要。

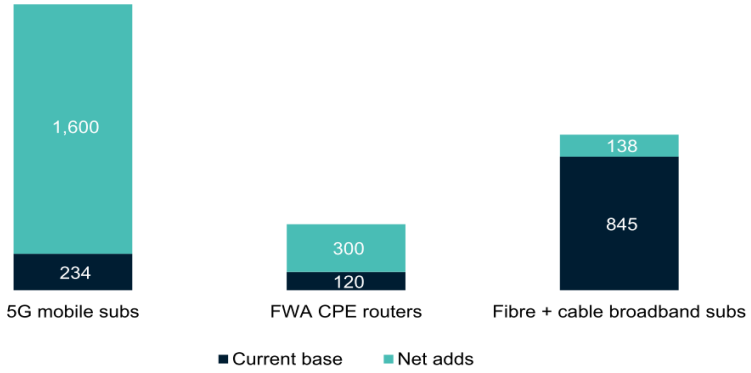


圖 3-42、2021~2025 年全球行動與固網用戶預計淨增加量(百萬)

資料來源：GSMA Intelligence, company reports

覆蓋率差距和相關的數字鴻溝並非純粹的新興市場現象。許多已開發高收入國家的農村入學率仍然很低。例如，在英國就可以清楚地看到這一點(見圖 3-43)，寬頻速度有所提高，但普及率卻持平。儘管過去兩年平均速度上升了約 10 Mbps(實際速度而非廣告速度)，但總體家庭佔用率仍保持在 90 %的水準。剩下的 10 %是“最後的前沿”，在那裡，長途和惡劣的地形使得每個區域的光纖推出成本比郊區地區超過 5~10 倍以上。低頻段頻譜(低於 1 GHz 或 C 頻段)的 FWA 有助於緩解這一鴻溝，科技上的改進使訊號更容易到達受山丘等自然地形阻礙的場所。

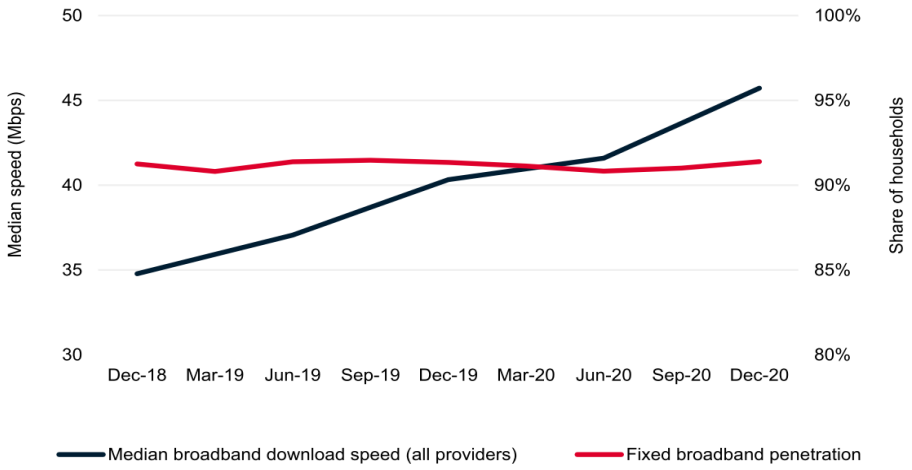


圖 3-43、英國的寬頻速度 v.s.普及率

資料來源：GSMA Intelligence 分析，基於 Ookla®提供的 Speedtest Intelligence®數據

沙烏地阿拉伯 Zain 的 5G FWA 服務已經覆蓋了 50 多個都市。Three(CK Hutchison)已在奧地利和英國推出 5G FWA，目標用戶為 xDSL 家庭，xDSL 家庭在這兩個國家的寬頻市場中占一半以上比例。Optus 正在澳大利亞依賴固定網路的地區部署 5G FWA。在許多家庭仍然只能通過 xDSL 連接獲得個位數的速度的市場中，營運商宣告平均下載速度為 239 Mbps，保證最低速 50 Mbps。

行動營運商部署 5G FWA 的理由不僅僅是希望新增固定寬頻收入。付費電視和附加服務(例如附加內容或智慧家居)與 5G FWA 套餐捆綁在一起，有可能間接增加收入。例如，在美國，有線電視虛擬行動網路服務經營者(Mobile virtual network operators, MVNOs)在行動領域表現出越來越大的野心，累計用戶超過 400 萬。為了擴展自己的固定行動融合產品，美國三大行動營運商都有 5G FWA 計畫，將業務擴展到有線電視提供商所在的市場。圖 3-44 說明按地區劃分的 5G FWA 商業分布，歐洲和 MENA(Middle East and North Africa，中東以及北非)約佔 5G FWA 商業發布的三分之二(截至 2021 年 2 月 10 日的數據)。

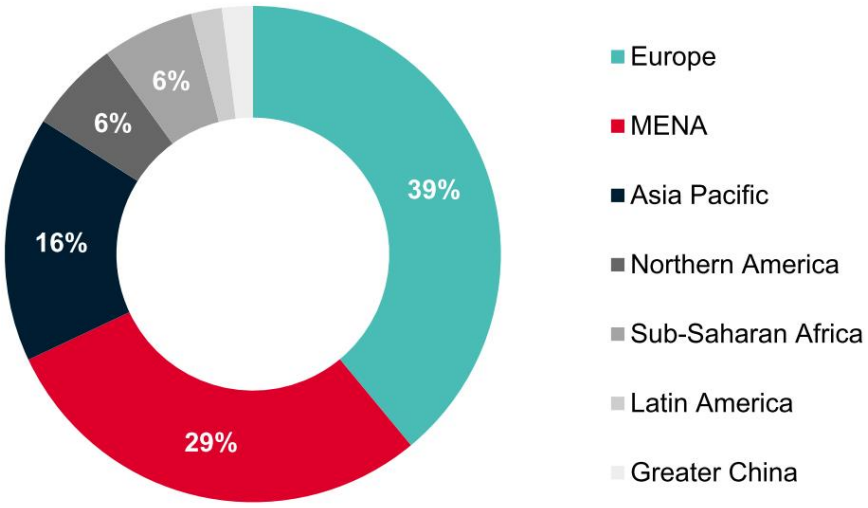


圖 3-44、各國使用 5G FWA 的占比

資料來源：GSMA Intelligence

GSMA Intelligence 的研究顯示，到 2021 年為止，已有 51 家 5G FWA 商用發佈，行動營運商根據當地市場情況採取了一系列策略。5G FWA 有四種部署方案/策略。前三個評估針對消費者市場的 5G FWA 部署。最後一個策略可以與前

三個策略一起使用，針對企業高度集中的地點的部署。

方案 1：固定寬頻普及率較低的國家(新興市場)

在固定寬頻普及率較低的國家，行動營運商可以使用 5G FWA 來推動首次寬頻應用。例如，在撒哈拉以南的非洲，固定寬頻普及率通常低於 2 %。5G FWA 可能首先集中在富裕的街區和密集的都市地區，然後擴展到更多的農村地區，例如 Vodacom 和 MTN(南非電訊集團)的做法，後者於 2020 年第 2 季度在撒哈拉以南的非洲推出了第一個主要的 5G 網路，在南非部分地區提供 5G 行動和 FWA 服務。這兩家行動營運商都有機會在替代寬頻解決方案到來之前，通過推出引人注目的 5G FWA 方案。

其他固定寬頻佔有率較低的地區的行動營運商也在尋求 5G FWA 機會。2019 年 6 月，環球電信在菲律賓推出 5G 商用 FWA 服務，成為東南亞第一家推出商用 5G FWA 服務的行動營運商。該提案針對日益壯大的都市中產階級，旨在通過提供高達 100 Mbps 的下載速度和 2 TB 的數據分配，在 4G FWA 成功的基礎上再接再厲。由於營運商的 5G FWA 計畫與 4G FWA 計畫相比平均溢價 60 %，為營運商的 5G FWA 帶來了一個巨大的收入增長機會(如圖 3-45)，這得益於在家工作的勞動力市場。其他對 4G FWA 需求巨大的行動營運商，如斯里蘭卡的 Dialog，也在加緊 5G 部署。

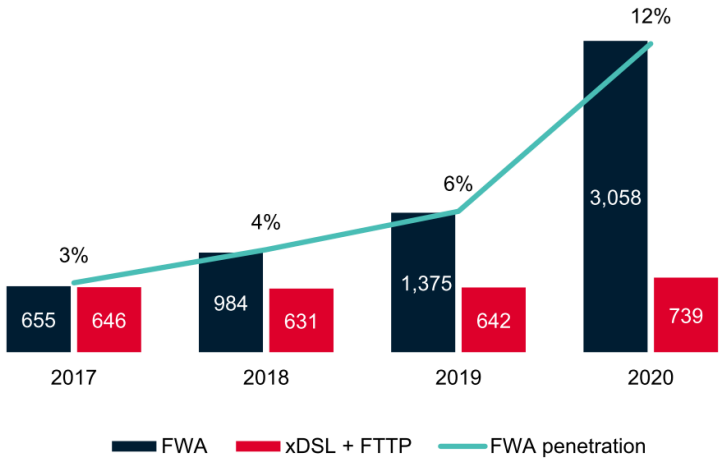


圖 3-45、菲律賓的寬頻用戶(千戶)和 FWA 普及率

資料來源：GSMA Intelligence

在固定寬頻普及率較低的高收入國家，5G FWA 有更廣泛部署的機會。中東提供了一個適合的環境：在科威特，只有大約三分之一的家庭訂閱了固定寬頻，而在阿曼和沙烏地阿拉伯，約為二分之一。考慮到這些國家的高收入和個人電腦普及水準，5G FWA 服務有一個相當大且相對無爭議的空間。這反映在這些市場推出 5G FWA 的數量上，每個國家至少有兩家行動營運商推出 5G FWA 服務。此外，這三個市場都有營運商提供了全國範圍的 5G 覆蓋率，為 5G FWA 的普及奠定了基礎。

方案 2：高收入國家的基本固定寬頻戰略

在寬頻普及已確立的市場(歐洲、美國、加拿大、澳大利亞、日本、韓國)，沒有固定基礎設施的行動營運商可以使用 5G FWA 來挑戰 DSL/光纖/電纜競爭對手。最明顯的機會可能是在大量家庭依賴低速 xDSL 寬頻產品(通常不到 100 Mbps，如 ADSL)的市場，例如奧地利、德國、義大利和英國。在這種情況下，5G FWA 可以定位為效能升級，特別是下載速度提升。在英國，三分之二的固網家庭依賴 xDSL 寬頻，平均下載速度為 64 Mbps。相比之下，英國三款 5G FWA 產品的平均速度為 100 Mbps，這是一個明顯的提升。圖 3-46 比較了英國的城市與鄉村高速寬頻的比例，顯示農村地區的寬頻下載速度偏低，切換到 5G FWA 將提高 xDSL 主導市場中大多數家庭的下載速度，尤其是農村地區。

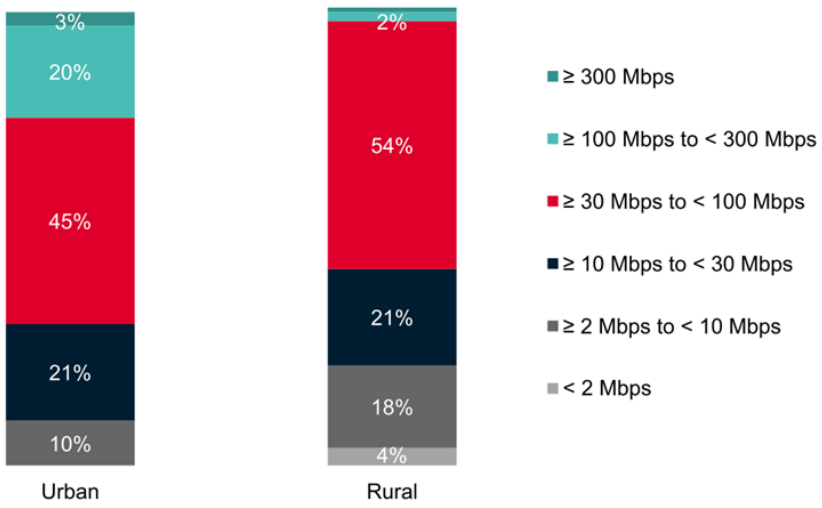


圖 3-46、2019 年高峰時段(20：00 ~ 22：00)英國固定寬頻下載速度

資料來源：GSMA Intelligence, Ofcom, SamKnowsy

行動中心營運商也有可能部署 5G FWA，與光纖入戶(Fiber to the premises, FTTP)和有線寬頻供應商競爭。在這種情況下，5G FWA 單靠速度競爭將很困難。然而，影響消費者寬頻購買決策的因素很多種，這意味著 5G 可以以其他管道競爭。例如，5G FWA 供應商可以為用戶提供自安裝寬頻的便利，這是疫情流行期間的一個明顯優勢。美國行動中心營運商預計在 2024 年前覆蓋 1000 萬住所(占美國家庭的 8 %)。

方案 3：高收入國家的補充性固定寬頻戰略

對於在某些地區提供固定寬頻服務的行動營運商來說，使用 5G FWA 作為補充固定寬頻策略也是一種可行的方法。5G FWA 可供網路營運商作為補充現有 FTTP 使用。由於部署成本的原因，不可能將 FTTP 網路擴展到新的領域。例如，Verizon 的 Fios FTTP 服務可供 1500 萬美國家庭使用，占總數的 12 %。為了擴大 Fios 覆蓋範圍以外的固定寬頻業務，營運商計畫使用 5G mmWave FWA，理由是潛在市場有 3,000 萬戶家庭，是現時 FTTP 用戶的兩倍。該服務以 5G 家庭的形式銷售，將使 Verizon 與有線電視提供商直接競爭，有線電視提供商在美國固定寬頻連接中占 60 %。5G 家庭每月 50 美元的不限量傳輸數據和 300 Mbps 的典型下載速度，可以在效能和價格上與有線電視替代品競爭，這代表了 Verizon 潛在的新收入。在瑞士，Sunrise 有機會向仍然依賴其 DSL 網路接取互聯網的用戶銷售 5G FWA。首先，5G FWA 為家庭提供比 DSL 接收到的更高的速度。第二，Sunrise 有機會避免通常必須支付給固網營運商的費用來提高利潤率。Sunrise 的 5G FWA 價格與 VDSL 水準相當，長期客戶價值可以通過減少客戶流失和未來價格上漲獲得。5G FWA 還可以作為現有營運商的補充策略，這些營運商希望將現有的固定寬頻用戶從銅纜網路中遷移出去，這使得營運商可以解除其銅纜網路的營運，從而節省大量的營運成本，也可減少能源排放問題。在愛沙尼亞，Telia 正在試用 5G FWA，打算將該科技作為其更換銅纜接取線計畫的一部分。同樣，FWA 也是 Telkom South Africa 計畫的一部分，以取代其銅纜網路。

方案 4：企業

到目前為止，企業對 5G 的關注主要集中在工業 4.0 計畫上。然而，5G 增强的容量和速度也使其適合於向 PC、筆記型電腦和其他工作設備提供連接。辦公室和臨時的工作空間對於 5G FWA 可能有特別的需求，例如建築工地和中小企業場所。5G FWA 允許企業只需拔掉路由器的插頭，在一個新的位置再次執行安裝過程，只要它在 5G 覆蓋範圍內就可以連網。企業生產力的關鍵性因素意味著企業必須確保其營運過程中很少停機(如果有的話)。與租用線路相比，5G FWA 可提供固定寬頻服務提供更具成本效益的備份。在英國，英國電信的 4G Assure broadband 為小型企業提供了一個行動寬頻 dongle，可以插入他們的 BT 路由器。如果固定寬頻連接失敗，路由器會自動切換到 4G，最大限度地減少對互聯網使用的任何中斷。這種解決方案可能會越來越受歡迎，這是由於家庭工作的趨勢和 5G 的優異效能所推動。

2020 年 4 月 3 日是韓國三個行動網路營運商(MNO)首次推出 5G 網路的一周年紀念。自首次推出以來，在 41 個國家/地區中大約有 73 個 MNO 推出了 5G 網路[63]。有些僅提供增強型行動寬頻服務，以提供更多的容量並緩解因其繁重的數據用戶而造成的壓力，而其他一些則將 eMBB 與 FWA 服務結合在一起。

MNO 希望針對高價值終端市場定位其 5G 網路價格，以推動 APRU 的增長。快速發展的行動網路營運商(如韓國和中國的行動網路營運商)對過去幾年中 ARPU 下降的趨勢感到擔憂，他們制定了各種策略，將 4G 用戶遷移到 5G，例如增加附加價值，並提供了不限流量的數據，與 4G 資費相比略有溢價。這些 MNO 也使用 5G 擴大其市場範圍，並越來越多地將目標瞄準企業領域，以解決通信以外的用戶，例如重型機械的遠端控制。

隨著客戶應用程序(音樂和視訊)需求增加，手持設備上的行動數據繼續增長。Analysys Mason 統計，在 COVID-19 大流行之前，全球行動數據流量將以 30

[63] GSA (2020), LTE & 5G Market Statistics: Global Snapshot, April 2020. Available at: https://gsacom.com/technology/5g/.

%的複合年增長率增長，到 2024 年將達到 1632EB(圖 3-47)[64]。在此期間，預測行動數據在中國的複合年增長率為 31 %，在西歐的複合年增長率為 25 %。

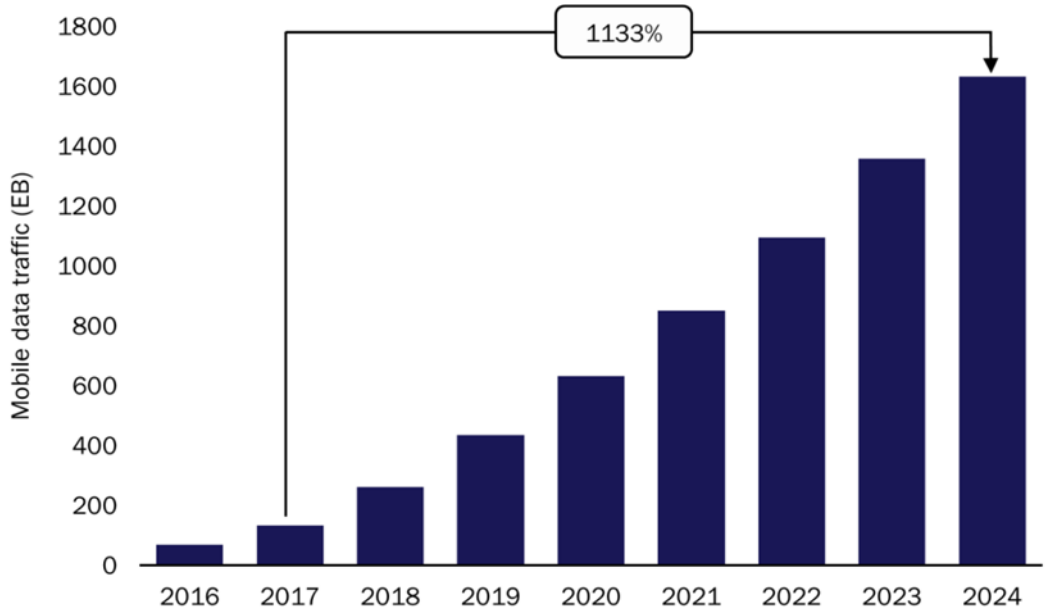


圖 3-47、2016~2024 年全球行動數據流量(COVID-19 之前)

資料來源：Analysys Mason, 2020

網路流量的增長已經引起了 4G 網路的擁塞，網路擁塞通常會導致網路速度波動，從而降低體驗品質(QoE)和客戶滿意度。Analysys Mason 的互聯消費者調查顯示，價格和網路覆蓋率仍然是 2019 年六個歐洲國家以及土耳其和美國客戶流失的第一和第二大原因[65]，其中行動數據速度排名第三，在土耳其和美國尤為突出。Sprint(53 %)，德國 T-Mobile(41 %)，AT&T(41 %)和 Vodafone 土耳其公司(40 %)的客戶中有很大一部分認為數據速度不足是造成這種情況的原因。

行動網路營運商評估，對於網路性能的感知在總體客戶滿意度中起著重要作用。這是韓國，瑞士和美國的 MNO 希望快速推出 5G 服務並將消費者從 LTE 遷移到 5G 的最重要原因之一。另一個原因是試圖扭轉 ARPU 下降趨勢。

在 5G 部署的第一階段(2019 年至 2021 年之間)的應用實例是 eMBB 和 FWA。

[64] Roberto Kompany, 73 MNOs worldwide have launched 5G services, bringing benefits to consumers and communities, May 2020.
[65] Stephen Sale, Connected Consumer Survey 2019: mobile customer satisfaction in Europe and the USA, April 2020.

行動網路營運商可以使用 eMBB 來增強網路容量，從而提高消費者智慧手機使用的 QoE，而 FWA 服務將使它們能夠滿足寬頻市場的需求。

一些 MNO，例如 Rain(南非)和 Three(英國)，試圖提供 4G FWA 服務，但並沒有獲得很大的吸引力。如果將其網路升級到 5G 就能使這些 MNO 能夠提供更豐富的服務，並與快速固定寬頻服務提供商(例如光纖到戶(FTTH)供應商)競爭。由於目前的滲透率低，5G FWA 服務可為 MNO 提供了巨大的收入增長機會(例如於 2020 年，新興的亞太地區(Emerging Markets and Asia Pacificmy, EMAP)和中東和北非地區只有 44,000 和 3,774 個 5G FWA 用戶)[66]。

經過多年的開發和試驗，韓國的三個 MNO(KT，LG U+和 SK Telekom(SKT))宣布於 2019 年 4 月 3 日同時啟動 5G 網路。其他國家的 MNO，例如 Rain(南非)，Sunrise(瑞士)，澳大利亞的 Telstra 和美國的 Verizon 緊隨其後。到 2019 年 9 月，每個大洲至少有一個擁有 5G 即時網路的 MNO。

韓國政府在 2019 年 4 月表示，到 2022 年將在全國範圍內提供 5G 服務，並宣布了一項雄心勃勃的國家計劃，以發展家庭生態系統。這激勵了 SKT 和 LG U+大力投資於部署 5G 網路，2019 年第四季度韓國有近 560 萬個 5G 用戶(佔韓國所有無線用戶的 8％)。

在推出 5G 服務之前，韓國的行動 ARPU 一直在下降，部分原因是政府推動提高資費折扣，也歸功於 4G 的高普及率。韓國的視訊和遊戲使用率很高，因此，行動網路營運商了解，ARPU 的增長取決於 5G 客戶接受高價值套餐的比例。SKT 利用自己的視訊流服務 Wavve 和分銷電子競技的權利，創建了一個豐富的增值服務主張。它還捆綁了 UHD 視訊和 VR/AR 服務。LG U+將視訊，音樂和遊戲服務與 5G 費率捆綁在一起，而 SKT 和 LG U+都報告了 ARPU 在 2018 年第 4 季度至 2019 年第 4 季度之間的增長。

在 2019 年 6 月獲得許可後，中國的三個行動網路營運商也進行了大量投資以啟動 5G 服務。與韓國的行動網路營運商類似，他們認為快速部署國家網路是

[66] NGMN Field Trial Requirements, 12-November-2010

一項戰略目標。因此，2021 年 5 月底已完成部署了 85 萬個 5G 基地臺(根據監管機構 MIIT)。

中國移動正在使用其子公司 Migu 獨家提供的 4K 視訊和 VR 內容來推廣 5G，以解決其在用戶端 ARPU 增長方面的挑戰。它還推出了各種內容和音樂流媒體服務，以向客戶推銷 5G 資費。

中國的所有三個 MNO(中國移動，中國電信和中國聯通)都在 B2B 和企業業務上進行投資。這些領域包括智慧工廠，醫療保健和國家電網。他們還致力於通過 5G 網路在航運港口(例如寧波舟山港)提供起重機自動化。

瑞士第二大營運商(就行動用戶數量而言)Sunrise 成為歐洲首個推出 5G 服務的 MNO，並聲稱到 2019 年底已在 426 個城鎮推出 5G，以同時為企業和行動用戶提供服務。瑞士面積較小，這意味著其資本支出密度較低，因此可以更快，更輕鬆地部署全國性網路。Sunrise 還聲稱，它推出了全球首個 4K 雲遊戲平台，這是其與 Google Stadia 競爭的 5G 主張的一部分。2019 年第三季度，FTTP 和 DSL 分別佔瑞士所有固定寬頻連接的 22％和 49％，市場滲透率達到 110％(410 萬用戶)。有鑑於農村地區和郊區仍有大量客戶仍在使用慢速 DSL 技術，因此 Sunrise 將使用其 5G FWA 網路將用戶網速提升到類似光纖的速度。由上述資料可看出 FWA 成為 5G 的第一款商業應用，茲就美國、韓國與歐盟成員國的技術發展舉例說明。

(一) 美國

有線電視提供商 Altice USA 於 2019 年夏季與 Sprint 行動虛擬網路營運商合作推出 5G FWA 服務。

Qualcomm Technologies 於 2019 年，發布了應用於 5G FWA 的家庭網路閘道器，這種新的閘道器設計可以幫助 ISP 和寬頻營運商向客戶提供三重服務，包括類似光纖的高速數據、電視和電話服務，閘道器可支援數百個設備，在一個高性能的單一集成設備中實現。

Qualcomm Technologies、Casa Systems 和 Ericsson 已經完成了毫米波頻譜上的 5G 新無線電數據呼叫，該通話於 2020 年 6 月 20 日在澳大利亞維多利亞地區進行，實現了 3.8 公里的連接，證明毫米波具有令人印象深刻的範圍能力並且適用於 FWA。

Qualcomm Technologies 授權營運商和原始設備製造商為其客戶提供高性能、大範圍的 5G 寬頻，因為他們可以利用現有的 5G 網路基礎設施，利用毫米波進行擴展範圍 5G 數據傳輸的第一步。這一里程碑將允許營運商提供固定無線作為廣泛的「最後一哩」寬頻選擇，使他們能夠使用其現有的行動網路資產來提供固定無線服務並將數千兆位速度和超低延遲服務擴展到城市和農村的新地區。

該成果提供的額外寬頻能力也有望使 FWA 客戶終端設備推廣到傳統寬頻通常難以到達的地區。

Ericsson、Qualcomm Technologies 和 US Cellular 已成功實現美國首個商用網路上 5G NR 毫米波數據呼叫。擴展數據呼叫在威斯康辛州簡斯威爾完成，距離超過 5 公里，速度超過 100 Mbps。而於今年 5 月完成持續平均下載速率 1 Gbps，最高下載速率達 2 Gbps，7 公里間的資料傳輸。這一成就表明毫米波可以幫助縮小連接鴻溝，並在整個農村、郊區和城市社區擴展寬頻服務。這項技術為通信服務提供商提供了一種具有成本效益的方式來擴大其覆蓋範圍，並向以前沒有服務或可能缺乏可靠連接的社區提供 5G 體驗。

這項技術還為城鄉社區的家庭和企業帶來 5G 的好處。例如，FWA 安裝可以提供一種經濟高效的方式，通過毫米波向學校、醫院和市政廳等機構提供類似光纖的互聯網速度。FWA 提供了支援高畫質流媒體服務所需的頻寬，這些服務可以改善郊區和農村環境中的遠端教育和遠端醫療等體驗。

(二) 韓國

土耳其營運商 Turkcell 和韓國三星公司在 2018 年於伊斯坦堡進行了 5G 技

術的現場試驗。通過使用三星的 5G FWA 解決方案，結合 Turkcell 的網路基礎設施，5G“體驗區”以超高畫質直播、雲端遊戲、360 度攝影鏡頭和虛擬串流媒體為特色。除了 Meltepe 廣場外，三星的 5G FWA 解決方案還在伊斯坦堡理工大學和伊斯坦堡人口稠密的 Kadikoy 省進行了測試。2018 年 2 月，三星公佈了其號稱世界上第一個完整的商用 5G FWA 解決方案，包括 5G 無線電(接取單元和虛擬化 RAN)、5G 路由器和下一代核心。5G FWA 解決方案將使最終用戶無需鋪設光纖即可獲得千兆速度的寬頻服務。

Telefónica Deutschland 和三星電子於 2018 年 11 月在德國進行固定無線接取試驗，漢堡市多達 20 戶家庭在三個月內測試 FWA 技術。三星在 26 GHz 提供完整的端到端毫米波解決方案。該技術由以下組件組成：Telefónica 的虛擬核心和 5G 無線電接取單元，以及客戶的 5G 室外單元和室內路由器。該試驗顯示家庭和企業可以獲得高速傳輸連接，而無需鋪設光纖電纜。

(三) 歐盟

義大利營運商 Fastweb 和 Linkem 簽署了一項長期協議，以加快各自 5G FWA 網路的部署和接取服務的提供，以提供速度高達 1 Gbps 的類似光纖的服務。2019 年 4 月，Fastweb 宣布了一項計劃，到 2024 年，通過部署 5G FWA 網路，將其專有的超寬頻基礎設施從目前通過 FTTx 覆蓋的 800 萬義大利家庭和商業站點增加一倍至 1,600 萬。Linkem 已經建立了據稱是歐洲最大的固定無線專有接取網路，該網路已經為超過 650,000 家家庭和企業客戶提供服務，覆蓋了該國 70%的地區。

Fastweb 和 Linkem 之間的協議利用兩家公司的現有資產，例如無線電規劃能力、現有和新站點，更快地推出兩個獨立的 5G 無線電接取網路，從而增強覆蓋範圍和性能。與此同時，它將確保資產、服務和商業報價的嚴格分離。

根據協議，Linkem 和 Fastweb 向對方提供各自對 5G 無線接取網路的訪問權限。

2019 年 6 月，Fastweb 和 Wind Tre 宣布了一項利用營運商各自資產的戰略協議，以加速全國 5G 網路的推出。兩家公司都表示，該協議提到在義大利快速部署共享的 5G 無線電接取和回傳網路。共享的 5G 網路將包括 Wind Tre 和 Fastweb 大型和小型基地臺，通過 Fastweb 的暗光纖連接，將在全國範圍內部署，目標是到 2026 年覆蓋 90％的人口。Wind Tre 將管理 5G 網路，而兩者營運商將在共享基礎設施的商業和營運使用方面保持獨立。

作為該協議的一部分，Wind Tre 承諾在 Wind Tre 現有網路上提供 Fastweb 漫遊服務，從而允許 Fastweb 將其行動覆蓋擴展到全國範圍，而 Fastweb 將向 Wind Tre 提供對 Fastweb FTTH 和 FTTC 網路的接取，為 Wind Tre 的有線客戶提供超寬頻連接。

瑞士營運商 Swisscom 在瑞士農村地區部署諾基亞 FastMile 5G 接收器，以提供超高速寬頻服務。這家芬蘭供應商表示，它將成為瑞士電信的 5G FWA 獨家供應商。諾基亞 FastMile 5G 接收器結合了室內和室外 FWA 解決方案，使 Swisscom 能夠在整個網路中部署一台設備。諾基亞表示，智慧手機應用程序會引導用戶完成安裝過程，並幫助選擇無線電接收效果最佳的位置。諾基亞表示，5G 接收器通過 4G 和 5G 頻段之間的“廣泛載波聚合”提供更好的性能。它還使用標準乙太網電纜連接到現有的家庭網路和網路閘道器。

瑞士電信的 5G 網路已經覆蓋了該國 90 %以上的人口。該營運商的網路於 2019 年 4 月使用瑞典供應商 Ericsson 的設備進行商業服務。最初，這項新技術在瑞士的 54 個城市和社區推出，包括蘇黎世、伯爾尼、日內瓦、巴塞爾、洛桑和盧塞恩。

瑞士電信使用 Ericsson 頻譜共享軟體，根據流量需求在 4G 和 5G 營運商之間共享頻譜，以通過支援 5G 的 4G 無線電實現全國 5G 覆蓋。

2019 年 2 月，瑞士聯邦通信委員會(ComCom)在向當地行動營運商 Salt、Sunrise 和 Swisscom 授予 5G 頻率。

Salt 在 700 MHz 頻段獲得 20 MHz，在 3.5 GHz 頻段獲得 80 MHz，在 1.4 GHz 頻段獲得 10 MHz。

Sunrise 在被 Liberty Global 收購的過程中，購買了 700 MHz 頻段的 10 MHz、3.5 GHz 頻段的 100 MHz 和 1.4 GHz 頻段的 15 MHz。該營運商還在 700 MHz 頻段獲得了額外的 10 MHz。

與此同時，Swisscom 獲得了 700 MHz 頻段的 30 MHz、3.5 GHz 頻段的 120 MHz 和 1.4 GHz 頻段的 50 MHz。

二、 技術研究與演進

ITU 與 3GPP 訂定了 FWA 的願景與標準，全球不論是晶片商、製造商或電信商皆遵循 3GPP 的技術規格，因此各國的技術研究與演進相同，本研究將針對技術部分說明，不另行分國家描述。FWA 不是一個新概念，實際上，FWA 在「最後一哩」中經常被用作有線連接的替代產品。FWA 具有許多優勢，包括顯著降低了部署成本，加快了服務部署。在功能方面，FWA 的作用與 Fiber-to-the-x 相當，因為兩者都是網路邊緣的連接解決方案。家庭寬頻服務的技術比較如表 3-25[67]。

表 3-25、寬頻服務技術比較表

技術	未提供服務/服務中 (主要是農村市場)	城市和郊區市場
DSL(Digital Subscriber Line, 數位用戶線路)，通過銅線或者本地電話網提供數位連接	在農村地區建造 DSL 線路是昂貴的，因為線路擴展到中心辦公室的距離是有限的。鋪設新銅軸電纜也是一項昂貴的提議。	在都市中，DSL 與 DOCSIS 或光纖相比，競爭力較弱。
DOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specification)/HFC(Hybrid Fiber Coaxial，光纖同軸混合)，主幹是光纖(Fiber)網路，末端枝幹是雙向同軸電纜線(Coaxial Cable)	將電纜線路擴展到農村地區可能不符合成本效益。	DOCSIS 3.1 FD 提供 10 Gbps 共享下行容量。這是一個有吸引力的選擇，但光纖和 5G 產品也可能會取代 DOCSIS。

[67] A Review of Fixed Wireless Access Technology And Economics, https://www.ericsson.com/en/networks/offerings/fixed-wireless-access.

Fiber	將新光纖運行到農村社區可能會變得非常昂貴。	光纖是資料傳輸的主要介質，幾乎沒有頻寬限制。然而，新建區域 FTTH 裝置在經濟上可能不可行。同樣，將 HFC 或 DSL 線路陞級為 FTTH 可能只對選定的社區可行。
3GPP wireless (LTE/5G)	由於無需長距離鋪設銅纜或光纖，因此 3GPP 無線是提供農村寬頻服務的經濟選擇。	諸如大規模 MIMO 和 5G 毫米波頻段中更多頻譜的可用性等新技術增強了單個細胞基地臺的可用容量和範圍。這提高了固定無線接取 FWA 服務的商業可行性。
專有無線(Proprietary wireless)	無線是農村寬頻的一個有吸引力的選擇。但是，營運商在使用專有無線技術時考慮不是基於標準的技術，它們可能僅限於一個供應商，生態系統較小，且缺乏規模經濟。 與 3GPP 相比，這些技術可能無法提供相同水準的品質。	無論是農村還是城市，專有技術都面臨著類似的障礙。

資料來源：3GPP

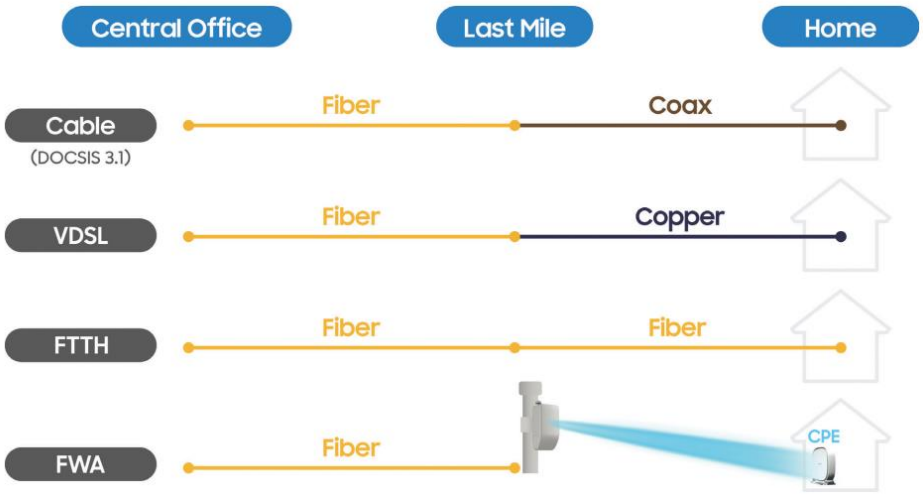


圖 3-48、寬頻技術比較

資料來源：三星

目前的寬頻技術主要分成四類(如圖 3-48)：

表 3-25 之相關說明如下：

(1) 數位用戶線路(DSL)

DSL 是一種有線傳輸,它使用已經安裝到家庭和企業的傳統銅線。基於 DSL 的寬頻提供了從每秒幾百 Kbps 到每秒數百萬 bits(Mbps)的傳送速率。DSL 服務的可用性和速度取決於家庭或企業到最近的網路中心或寬頻電話公司的距離。但是在實際網路中，大多數 xDSL 寬頻速度低於 100 Mbps，因為速度取決於從家庭到交換機的距離。銅線也導致了較高的維護成本。

(2) 纜線數據機

有線電視公司使用同軸電纜提供寬頻，透過纜線數據機(通常有兩個連接：一個連接到電纜壁出口，另一個連接到電腦)將圖片和聲音傳送到電腦。電纜營運商使用 DOCSIS 標準(DOCSIS 3.0 / 3.1,最大可達到 1.2 Gbps / 10 Gbps,DOCSIS 4.0 上下行甚至可達到 10 Gbps),通過其混合光纖同軸基礎設施提供互聯網接取。

(3) 光纖

光纖到戶(FTTH)又稱“光纖到房地”(FTTP)，是指光纖從網路中心直接安裝連接到住宅、公寓樓和企業等個人建築,提供前所未有的高速互聯網接取。FTTH 顯著提高了電腦用戶可用的連線速度。FTTH 承諾連線速度高達 100 Mbps，是典型纜線數據機或 DSL 連線速度的 20~100 倍。根據 Ovum 的預測,到 2023 年,DSL 使用率將下降，FTTH 將大幅增長。但這仍然低於聯合國的期望。

(4) 固定無線接取

FWA 是寬頻網路的新選項。它是在兩個固定位置之間進行的，通過固定的無線接取設備和終端設備連接。WIMAX 是一種早就發展起來的 FWA 科技。許多營運商現在已經將 WIMAX 陞級到 4G LTE。隨著 4G 的演進和 5G 的到來，4G/5G FWA 為用戶提供了高達 100 Mbps 甚至 G bps 的速度，成為 FTTH 的替代品。

光纖密集化的實施成本很高，尤其是在連接客戶房屋(FTTH)時，由於需要土建工作，牽連多個利益相關者(例如，業主、道路和路面所有者、管道所有者、租賃商)。事實證明最後一百米囊括了高達 90 %的成本。將有線基礎架構從舊銅線升級和升級到更高級的有線基礎架構(例如光纖)的情況下，也存在成本壓力。

為了使 FWA 成為 FTTx 的競爭性替代主張，基於 3GPP 無線電技術(例如 4G LTE 和 5G NR)的 FWA，以更低的成本提供類似光纖的性能。在 5G 時代，工業 4.0 和數位社會要求網路可以在任何地方提供高資料傳輸量和低延遲。因此，行動和固定網路都需要進行密集化處理，以有效地服務於消費者和企業。FWA 可解決網路密集化的難題並提供更簡單/更便宜的解決方案，以提供不存在有線基礎設施或僅有銅線有線基礎設施的區域寬頻連接。如果在家庭密度和土建成本等因素有利於光纖部署的情況下，FWA 也可用於補充固定寬頻部署。

基於 3G、4G 或 5G 的 FWA 可能是可行的 MBB 選項，尤其是在農村地區和固定寬頻接取基礎設施有限的新興市場中，也是全球大多數家庭所在地區。例如，儘管發展中國家有超過三分之一的家庭可以使用互聯網，但其中只有大約 20%通過固定寬頻提供接取[68]。

5G 將使 FWA 能夠在每個基地臺容納更多用戶並提高用戶的傳輸速率。用於密集的城市中，可提高現有的寬頻接取數量，以實現更高的峰值速率，滿足頻寬和減少等待時間的要求，而無需對基礎架構進行全面升級。特別是 5G FWA 能夠解決對於居住服務(例如 IPTV)的高需求而導致的頻寬飽和問題。5G 接取的極低延遲也是未來應用的潛在關鍵推動因素。

3GPP 無線電技術(從 4G 開始)在資料傳輸量方面具有很大優勢，並已針對寬頻服務進行了網路最佳化。FWA 是根據行動寬頻(MBB)技術的附加服務，並且隨著 LTE 的發展而變得越來越強大。隨著 5G 的進一步發展，FWA 提升到一個全新的水準。為 5G 定義的新無線電網路有望在性能方面提供進一步的飛躍。可以通過利用大頻寬範圍內頻譜的可用性，來實現這種非常高的資料傳輸量。5G 的高速和低延遲可用於增強客戶體驗，並啟用 VR 和 HD 視訊等新服務。

AT&T 表示，成功部署 5G FWA 的關鍵要素之一是 3GPP Rel-15 版以及最終 Rel-16 版標準的完成[69]，因為它支援全球生態系統的設備和基礎設施。諸如 LTE 之類的 3GPP 無線電技術獲得了極其廣泛的行業支援以及成熟的供應商和

[68] ITU-T, c, 2015, https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf
[69] https://www.3gpp.org/release-16

營運商生態系統，它們的全球採用和開放規範流程意味著數百家公司，甚至數千名專家可以推動標準的發展。相較之下，其他技術(例如 WiMAX)未能建立同樣成熟的生態系統。

採用 FWA 與 3GPP 技術保持一致的另一個優勢是，行動營運商無需獲取其他頻譜，因為 FWA 也可以在分配給提供行動寬頻服務的頻譜中運行。與傳統的智慧手機相比，在 FWA 環境中使用 3GPP 規範時，可以在基地臺和客戶終端設備上最佳化許多參數。

總而言之，當使用 3GPP 無線電技術時，營運商可以受益於規模，技術專家可以改善規格並發展系統的功能，以及在已獲得的頻譜中提高 FWA 部署的潛力。基於 3GPP 無線接取技術的 FWA 利用了諸如 LTE 空中介面，載波聚合，先進的調變機制和多天線技術之類的無線技術創新。例如，FWA 設備可以支援 4×4 和更高階的 MIMO 以及其他多天線技術。與行動電話不同，FWA 用於無線傳輸網路的終端沒有諸如電源之類的嚴格要求，這可以進一步提高性能。此外，高增益戶外 CPE 和多天線 CPE 設備使 FWA 具有類似光纖的性能，儘管它們也導致更高的部署成本。

(一) 頻譜規劃

從技術上講，可用於部署 FWA 的頻段沒有限制。一般而言，在 LTE 網路部署中，營運商偏愛農村和郊區使用 800 MHz、1.8 GHz 和 2.1 GHz 頻段，而城市使用 2.3 GHz 和 2.6 GHz。可以將相同的頻譜策略應用於 FWA，同時為了可以減輕較高的傳播損耗帶來的不利影響，可以考慮較高的載波頻率，例如 3.5 GHz 範圍內的載波頻率，在這些頻率下更容易獲得大頻寬。

現有的大多數 FWA 部署都使用中頻段和高頻段，但是在對行動寬頻的需求較低的情況下，也可以在中低頻範圍內部署 FWA，而不會對行動用戶的體驗造成負面影響。

LTE FWA 的中、高頻頻段上的專用載波大部分位於高於 2 GHz 的頻段。主

要選擇 2.3 GHz(頻段 40)，2.6 GHz(頻段 41)或 3.5 GHz(頻段 42 或頻段 43)。經由在鏈路的兩端使用多個天線，並使用比行動設備的天線更高的發射功率(23 dBm)，可以補償低頻範圍內的載波的傳播損耗並提供光纖級的寬頻性能。營運商還可以更輕鬆地確保 FWA 的品質，從而實現多媒體和即時服務等高級服務。

為了實現更高的用戶數據速率和更大的系統容量，5G 無線電將利用新的且通常更高的頻段。目前正在考慮的最重要的頻段選項是 3.5 GHz、28 GHz、37 GHz 和 39 GHz。3.5 GHz 被廣泛用於細胞通信的初始部署，由營運商根據可用性和策略採用不同的頻譜組合(參見圖 3-49)。

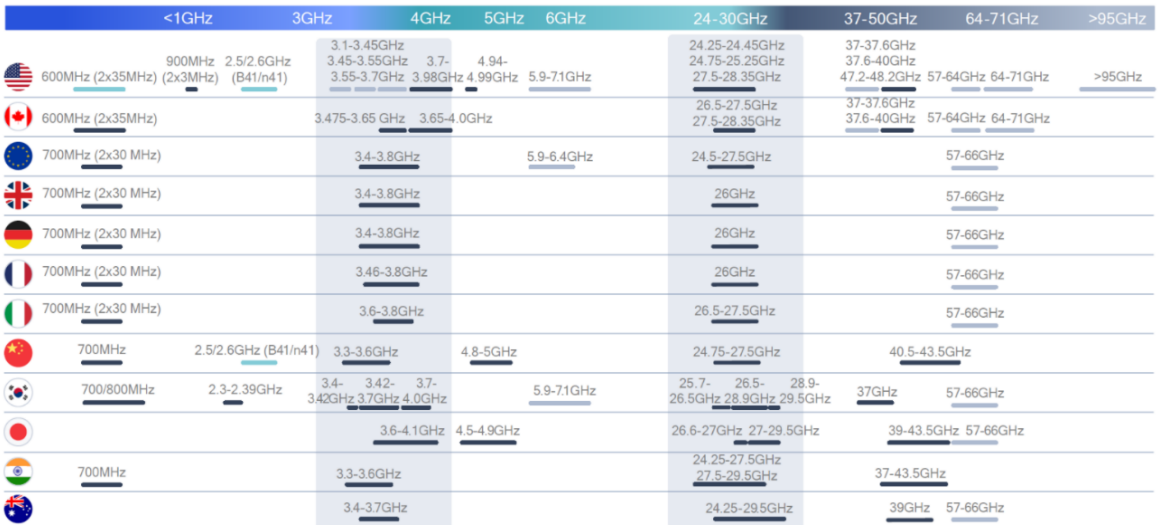


圖 3-49、不同國家的 5G 頻譜

資料來源：Qualcomm 2020a

頻譜是無線通信的命脈。圖 3-50 總結了各國 FWA 使用的頻譜規劃。

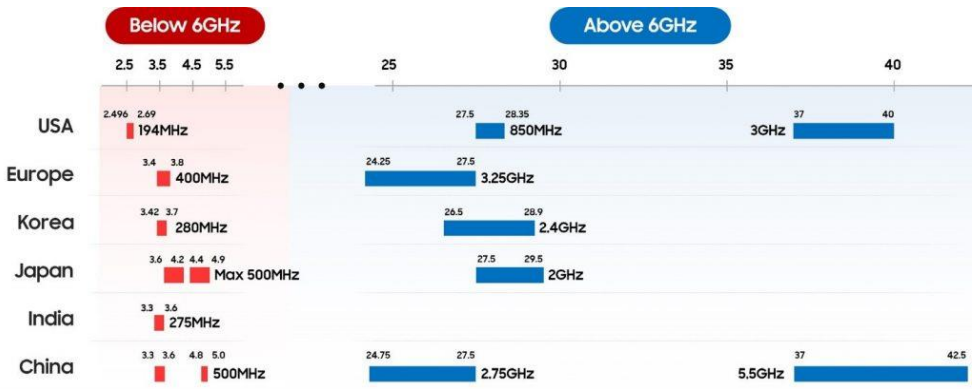


圖 3-50、全球 5G FWA 頻率規劃

資料來源：3GPP

由於具有大頻寬的新頻譜變得越來越多，包括 3.5~4.5 GHz 範圍內的中頻 TDD 頻譜，以及毫米波範圍內的高頻段，尤其是 28 和 39 GHz。這樣的寬頻可以承載大量的流量。所有這些頻段對於增強的 MBB 都很重要，而且也有利於 FWA。提供 MBB 服務的營運商可以根據其頻譜資源的利用率將上述任何頻譜用於 FWA。新建營運商可以從 CBRS 頻譜與 5 GHz 頻段以及毫米波高頻段開始。

雖然低於 6 GHz 的頻譜提供比毫米波更好的覆蓋範圍，但其相對較窄的頻寬已導致許多營運商決定最初在毫米波頻帶中部署 5G FWA。毫米波透過減少建築物的穿透損耗和增加基地臺可以支援大範圍傳輸。在毫米波頻譜中，當發射器和接收器處於視線範圍內時，無線電鏈路性能將大大提高，因此需要在外部安裝許多天線，但是這將使部署和操作更加複雜，需要工程師的到訪和安裝，也因此增加了無線「最後一哩」連接的成本。

LTE 和 5G 之間的選擇在很大程度上取決於營運商策略和頻譜的可用性。使用毫米波頻譜中的 5G 可以實現相對較短距離上的高速鏈路(LTE 並非設計在 6 GHz 以上的頻率上運行)，儘管資料傳輸量較低，而 LTE 可以有效地用於長距離的中頻頻率。尤其是對於可以使用更高頻段，提供更多頻寬的 5G，營運商必須獲得政府的同意，以避免干擾使用相鄰頻段的傳統部署。

在頻譜的品質和經濟性之間取得適當的平衡也很重要。在容量非常高的 5G 時代，專家建議為 FWA 和行動終端採用共享頻譜。但是，在考慮網路品質的情況下，營運商可能會選擇採用專用頻譜進行 FWA，因為與細胞用戶共享時無法充分利用空間分集的優勢。

(二) 系統設計

隨著網路流量的增長以及提供更高速率的寬頻服務的需求，擁有設備資產的營運商可以遵循以下網路策略增強和升級 FWA 網路。

(1) 將現有的 MBB 基地臺基礎設施用於 FWA 站點，只需為 FWA 添加載波或切片。這使得 FWA 服務的啟動具有成本效益。

(2) 在住宅屋頂或建築物側面安裝戶外 CPE。戶外 CPE 可實現更好的覆蓋範圍、更遠的距離和更高的系統容量。

(3) 對於許多現有營運商而言，儘管傳統頻段被 MBB DL 流量佔用，可能仍然有剩餘容量，特別是在 FDD 頻段的 UL 部分可以分配給 FWA 流量。

(4) 營運商可以將傳統 FDD 頻段升級到 4T/4R 配置，甚至是 FDD 大規模 MIMO，以從傳統 FDD 頻段中取得更多網路容量。

(5) 營運商可以在 2.5 或 3.5 GHz(具有大規模 MIMO 無線電)中添加 TDD 頻段。TDD 頻段非常適合 FWA。頻譜成本往往較低，並且 TDD 配置文件可以匹配家庭寬頻流量的非對稱下行鏈路繁重性質。

(6) 營運商可以在高流量需求區域增加 5G 毫米波站點，從大型站臺分流 FWA 流量。5G 毫米波還可用於為選定的社區提供非常高的資料傳輸量(~ 1 Gbps)服務。

(7) 為了進一步利用 5G 更好的頻譜效率和操作簡便性，營運商可以將 4G 頻段升級到 5G。由於營運商需要同時支援 4G 和 5G 終端，因此需要使用動態頻譜共享(DSS)等方案將 5G 與 4G 網路一起營運。動態頻譜共享根據即時使用需求按比例為 5G 和 4G 用戶分配頻譜，無需靜態劃分頻譜並降低傳統 4G 用戶的數據速率。

(8) 營運商可以引入虛擬化 RAN，並集中部署和管理 FWA RAN 功能的各個部分。

沒有現有頻譜資產的新建 FWA 營運商可以從上述第 5 步開始。

新建營運商需要考慮他們向 5G 的遷移策略。通過將 4G eNB 和 4G CPE 的軟體升級，提供了更有吸引力的選擇。即使是新建營運商也必須考慮在同一頻譜上提供 5G 和 4G 服務的影響，因為他們的用戶群會隨著時間的推移從 4G 遷移到 5G。

LTE 主要通過使用 4x4 MIMO 和更高階調變(如 256 QAM)添加載波聚合和空間多工來提高傳輸率。載波聚合允許營運商將來自多個頻段的更窄頻譜結合到一個更大的邏輯通道中。這增加了用戶的數據速率。4x4 MIMO 可以使用相同的空中介面時間和頻率資源傳輸多達 4 層空間多工串流。與單流相比，4x4 MIMO 可以將有效數據速率提高四倍。高階調變嘗試在單個 OFDM 符號上發送更多位的訊息，從而提高最終用戶的比特率。

5G NR 在中(2.5~6 GHz 範圍)和更高(> 6 GHz 範圍)頻段引入了更精簡的空中介面和更寬的載波。基地臺和 UE 設備均提供數據速率增強支援。

由於不斷合併更多頻譜，波束成形，終端技術進步，媒體分佈最佳化，虛擬化運行和核心網路以及 4G/5G 領域的技術進步，5G FWA 可以與高容量的固網方案競爭，逐漸成為固定寬頻接取的更可持續的替代方案。

1、 CPE 的影響

FWA 通過使用無線技術(例如 5G)將基地臺或無線接取點連接到 RG，然後為 CPE 提供回傳服務。有時，RG 與 CPE 集成在同一機櫃中。但大多數情況下，RG 安裝在一個位置(固定在特定場所)靠近戶外天線，並且很少行動。圖 3-51 顯示了 5G FWA 部署的可能方案。提供消費者連接的主要室內實體是橙色，而相應的戶外實體是綠色。相對於其他節點，無線基地臺(RBS)的位置取決於其運行的頻率：頻率越高，來自基地臺的無線電鏈路的距離越短，在終端側(室內和戶外)使用高增益天線使高頻率傳輸更穩定。

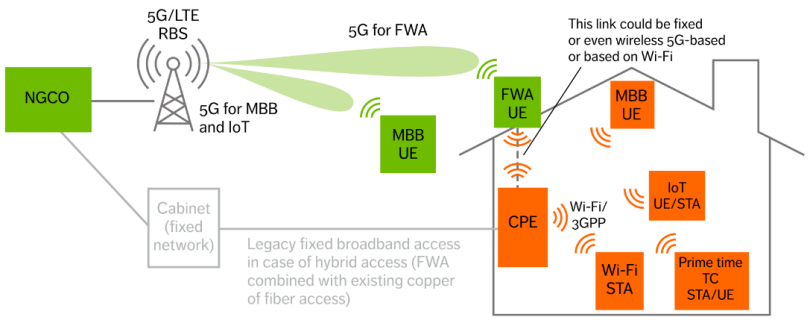


圖 3-51、FWA 部署選擇範例

資料來源：Ericsson

基於 4G LTE 的 FWA 發展，有 100 多家提供此服務的行動營運商，37 多家製造客戶終端設備的廠商，生產 230 多種不同類型的 CPE。高通，英特爾，海思，GCT 和 Sequans 等行業主要供應商都為 FWA 提供 4G 晶片[70]。缺乏這種規模經濟的其他專有無線電接取技術可能會承受更高的成本和較慢的發展速度。

CPE 是 FWA 解決方案的重要組成部分，因為它是 4G-LTE 和 5G-NR 空中介面與用戶間的間接設備。這意味著它直接影響最終用戶的服務和品質，以及營運商提供 FWA 服務的成本。CPE 有兩種類型：戶外和室內(如圖 3-52)。從效能的角度來看，除非用戶靠近服務無線電基地臺，否則戶外 CPE 總是優先選擇。戶外 CPE 通常包含定向天線以及包含終止空中介面協定的所有必要功能。它通過乙太網連接到室內住宅閘道器，該閘道器通過 Wi-Fi 或乙太網連接終端用戶設備。戶外 CPE 有不同的種類：一些設計用於屋頂安裝，另一些設計用於牆壁安裝，可經由乙太網供電。戶外 CPE 的一個優點是它可以與任何 Wi-Fi 路由器一起使用，無論是營運商提供和管理的 RG，還是現成的 Wi-Fi 路由器。另一種形式的 CPE 是室內 CPE，除了介接 4G LTE 和 5G NR 外，室內 CPE 還包含必要的 RG 功能，使其成為一個易於安裝和連接到網路的單盒解決方案。然而，室內 CPE 的天線增益明顯較低，這使得它不太適合為住宅區提供服務。這可以經由添加額外的接收器分支(4Rx)來補償較低的天線增益。集成 LTE-NR/Wi-Fi 單元的另一個缺點是 LTE 和 NR 的演變符合 3GPP 標準化，而 Wi-Fi 則按照 IEEE 標準演進，這意味著該單元可能永遠無法滿足這兩個標準中的最新標準。也有混合解決方案即將上市，可以安裝在一個訊號良好的窗戶內或戶外位置。

對於都市 5G NR 業務，窗戶位置可能特別重要，其中站點間距(Inter-Site Distance, ISD)很小，但仍有必要將牆壁、窗戶和室內深度衰減損失降至最低。雖然室內 CPE 裝置廣泛可用，並在營運商的零售店銷售給最終用戶，但戶外 CPE 裝置通常由營運商擁有、控制和管理，並根據 TR-069/TR-143 規範對效能進行持續管理和監督。戶外 CPE 作為一個無線網路端點，可以在這裡量測和保護服務

[70] European Broadcaster Union, “TR 054: 5G for the Distribution of Audiovisual Media Content and Services,” 2020. https://tech.ebu.ch/publications/tr054

品質。

對於室內設備，定位和相應的無線連結品質總是有更高的不確定性。如果營運商想要提供語音服務，室內 CPE 或獨立 RG 應包含與 IMS VoIP 電話相容的 SIP 用戶端，以便可以連接 RJ-11 設備。對於 FWA 部署來說，CPE 類型取決於許多因素，包括 ISD、拓撲結構、提供的服務級別和連接的家庭數量。



圖 3-52、需要戶外設備的情況

資料來源：三星

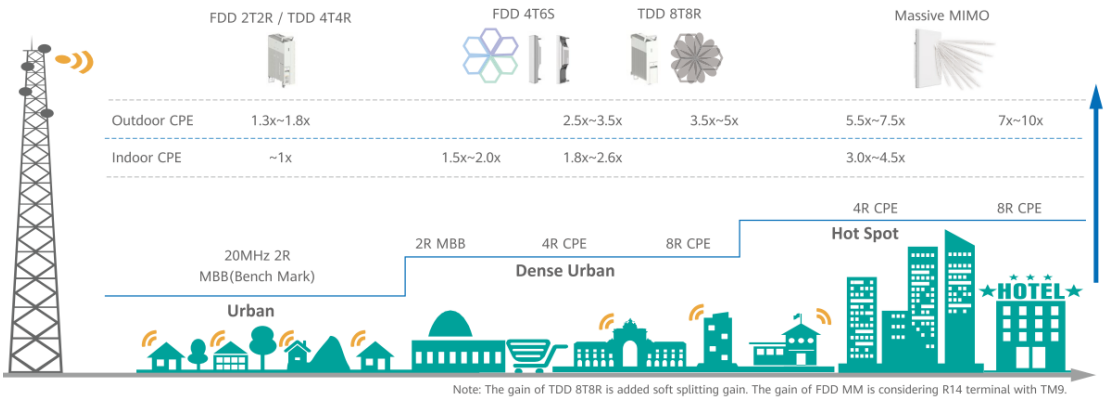


圖 3-53、不同解決方案的容量增益

資料來源：華為

圖 3-53 顯示了室內 CPE 和戶外 CPE 中的各種多天線技術[71]。如果使用戶外 CPE，容量可比其他行動寬頻技術提高 10 倍，大大降低每 GB 成本。提供 FWA 時，必須同時考慮不同的設備尺寸和傳統的路由器/CPE。尤其是在 5G 毫米波的情況下，設備支援戶外環境下的操作非常重要。如果遇到障礙，無線傳輸品質可

[71] Huawei, 4G/5G FWA broadband white paper.

能會大大惡化，因此該設備必須在戶外的任何天氣條件下都具有耐用性，需要足夠數量的基地臺來提供足夠的覆蓋範圍。根據 3GPP 規範，LTE Cat 4 終端的峰值速率是 150 Mbps，而 Cat 20 終端的峰值速率可以是 2 Gbps(如圖 3-54)。峰值用戶體驗與 CPE 類別相關如圖 3-55。

Peak User Rate with Category				
Category Peak Rate	BW (MHz)	MCS	MIMO	CA
4	150 Mbps	64QAM	2x2	1 CC
6	300 Mbps	64QAM	2x2 or 4x4	2 CC
12	600 Mbps	64QAM or 256QAM	2x2 or 4x4	4 CC
16	1 Gbps	256QAM	2x2	5 CC
19	1.6 Gbps	256QAM or 64QAM	4x4 or 8x8	4 CC
20	2 Gbps	256QAM or 1024QAM	4x4 or 8x8	4 CC

圖 3-54、CPE 類型

資料來源：華為

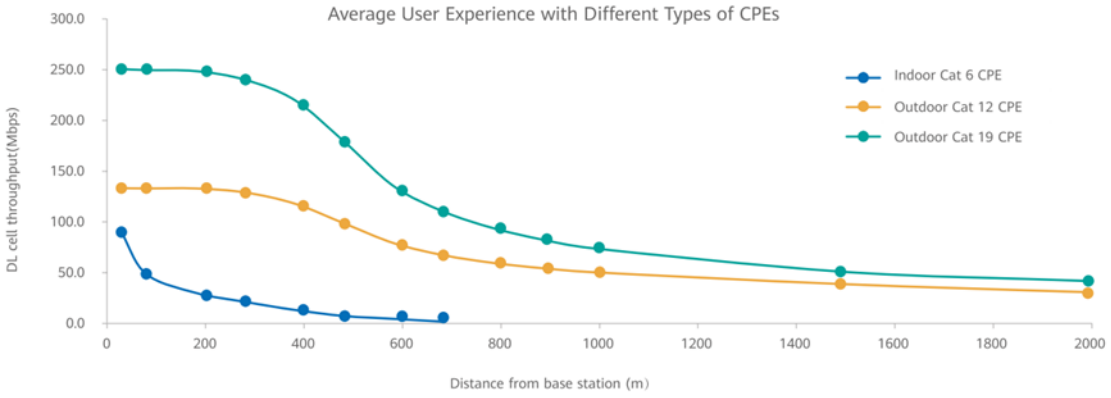


圖 3-55、不同 CPE 的平均用戶體驗

資料來源：華為

由於 5G 支援多路訪問網路，可以部署 5G FWA 作為現有固定寬頻接取的補充，以提高家用 CPE 的峰值速率[72]。

[72] Ericsson Technology Review, Bolstering the last mile with multipath TCP, Robert Skog, Dinand Roeland, Jaume Rius i Riu, Uwe Horn, Michael Eriksson, October 2016, https://www.ericsson.com/thecompany/our_publications/ericsson_technology_review/archive/bolstering-the-last-mile-with-multipath-tcp.

2、 波束成形技術

低頻傳播距離很遠，這使得相對基本的天線技術實現了良好的覆蓋，提供了廣泛的覆蓋範圍。高頻更容易被空氣吸收，因此覆蓋相同區域通常需要比低頻使用更多的能量。在高頻時，使用增加範圍的新技術是必要的，波束成形通過將無線電信號聚焦成一個緊密的波束來解決這個問題，該波束主動瞄準每個設備，如圖 3-56 所示。波束成形的技術可以更輕鬆地提供高頻覆蓋，高頻下的大規模波束成形會產生狹窄的波束，可以根據需要輕鬆重定向。來自多個用戶終端的信號可以在不同波束中的同一頻率資源上同時複用(多用戶 MIMO)。無線電系統可以同時瞄準這些目標中的幾個，將能量完全集中在這些目標上，以克服範圍限制。為了覆蓋整個網格，波束按照調度算法在每個設備之間快速切換，如圖 3-57 所示。

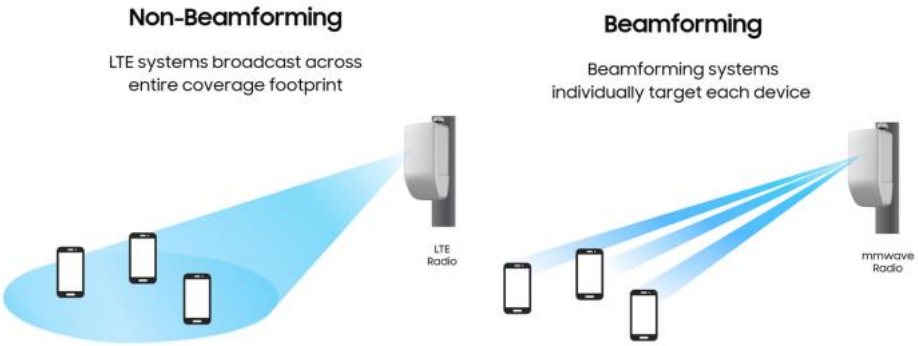


圖 3-56、傳統天線輻射與波束成形

資料來源：Ericsson

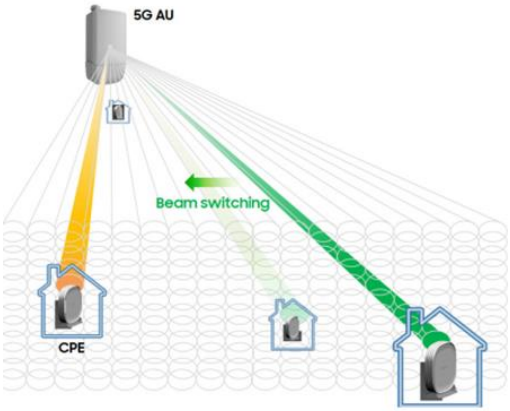


圖 3-57、波束切換

資料來源：Ericsson

在 LTE 網路中，寬波束在扇區的整個角度傳播。基地臺在該扇區覆蓋的所有方向上廣播來自扇區的信號(如圖 3-58)。有用戶的地方可以接收信號，但最有可能的是會有很多地方沒有用戶，因此空間上廣播的信號會被浪費掉。此外，來自基地臺天線的這種寬波束模式會導致相鄰細胞的細胞間干擾。結果，從 UE 的角度來看，總信號能量較低，干擾相對較高，導致訊號與干擾雜訊比(Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR)較低。較低的 SINR 意味著較低的資料傳輸量。

大規模 MIMO 通過採用波束成形來解決這個問題[73]。在基地臺無線電中使用大量天線以在 UE 位置形成更窄的波束。在 5G NR 中，使用 64T64R 天線陣列的大規模 MIMO 傳送窄波束。在大規模 MIMO 64T64R 陣列中，單個用戶可以添加的層數非常龐大。理論上，層數取決於基地臺側的發射機數量。大規模 MIMO AAU 有 64 個 TX 通道，這意味著可以添加 64 層。實際上因為當前的算法無法減少如此大量傳輸層的同信號通道干擾，目前的 5G 系統最多僅支援 16 層。由於 RF 功率集中在窄波束中，因此 UE 所需的信號能量會增加。此外，由於細胞站點不在業務扇區的覆蓋區域內廣播，它只傳輸窄波束，減少了對相鄰細胞的細胞間干擾。因此，UE 所經歷的 SINR 提高了，資料傳輸量也提高了。波束成形的功能可追踪信道狀況，在細胞中保持最佳波束結構。

對於 FWA 服務，大規模 MIMO 波束成形可用於增強 SINR 和提高 CPE 的傳輸速率。然而，波束成形本身只能提供邊際改進。5G 技術中的單用戶-多輸入多輸出(SU-MIMO, Single User-MIMO)與 LTE 網路中的 MIMO 相同，它為手機提供多層通信以增加吞吐量。添加到用戶的每個通信層根據層數增加最終吞吐量。在空間分集中使用額外的天線添加額外的層，並在基地臺側使用更多的發射機。但是由於 UE 側的限制，單個用戶的 16 層是不可能的，目前 UE 僅支援 2T4R 天線結構，所以單個用戶最多只能有四層。在 SU-MIMO 中，所有資源都分配給單用戶，可提高單用戶吞吐量。即使我們在細胞中有更高的扇區容量 X，它仍然

[73] A Review of Fixed Wireless Access Technology And Economics, https://www.ericsson.com/en/networks/offerings/fixed-wireless-access.

在細胞服務的 CPE 之間共享。如果在一個時刻有 16 個 CPE 由該細胞服務，則每個 CPE 將獲得 X/16 的資料傳輸量。CPE 在單獨的資源塊中被調度，如圖 3-59 中不同顏色的波束所示，因此扇區容量在 CPE 之間分配。



圖 3-58、廣播波束的覆蓋範圍

資料來源：Ericsson

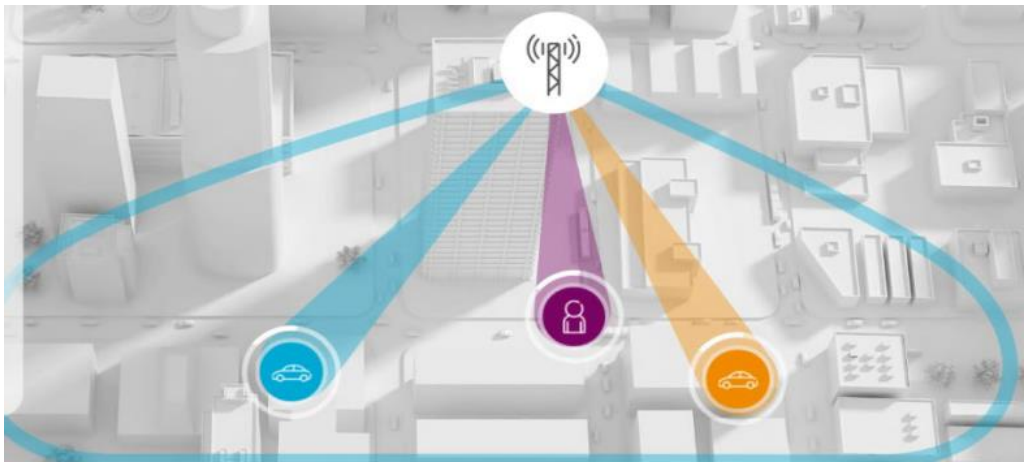


圖 3-59、SU-MIMO 波束成形

資料來源：Ericsson

大規模 MIMO 提高了容量，以及覆蓋範圍，有以下優點：

(1) 細胞邊緣的 SINR 改善意味著可以將細胞邊緣推離站點更遠，從而增加細胞範圍。

(2) 有間接影響。在許多情況下，DL 速率會受到 UL 覆蓋不足的影響，因為無

線電條件差的 UL 信道可能無法處理傳輸控制協定(Transmission Control Protocol, TCP)流量控制。對於 DL 數據傳輸，可能無法從 UL 信道接收 TCP ACK/NACK。大量的基地臺 RX 天線提高了上行鏈路衰減餘裕容量，擴大了上行覆蓋範圍，改善了 TCP 流量控制，間接幫助了下行。

5G 大規模 MIMO 波束成形到 UE，幫助傳輸速度的進一步提高。如果 CPE 是正交的，因此傳輸到 CPE 的波束不會互相干擾(即，空間重疊)，我們可以再次為每個 CPE 分配相同的資源塊。這在圖 3-60 中由相同顏色的波束顯示，稱為多用戶 MIMO(Multi User MIMO, MU-MIMO)。MU-MIMO 通過利用在同一波束方向上在多個用戶之間共享的相同 DL 資源(OFDM 頻率和時間資源或 RB)來提高細胞吞吐量，其中每個用戶所需的吞吐量較少。因此，通過在同一傳輸時間間隔(Transmission Time Interval, TTI)內向更多用戶發送更多數據，可提高 Cell 吞吐量。這種技術也提高頻譜效率。MU-MIMO 支援每個用戶最多 4 層，每個細胞最多 16 層，這意味著可以同時配對四個四層用戶，或者兩個層的八個用戶或單層配對的 16 個用戶。

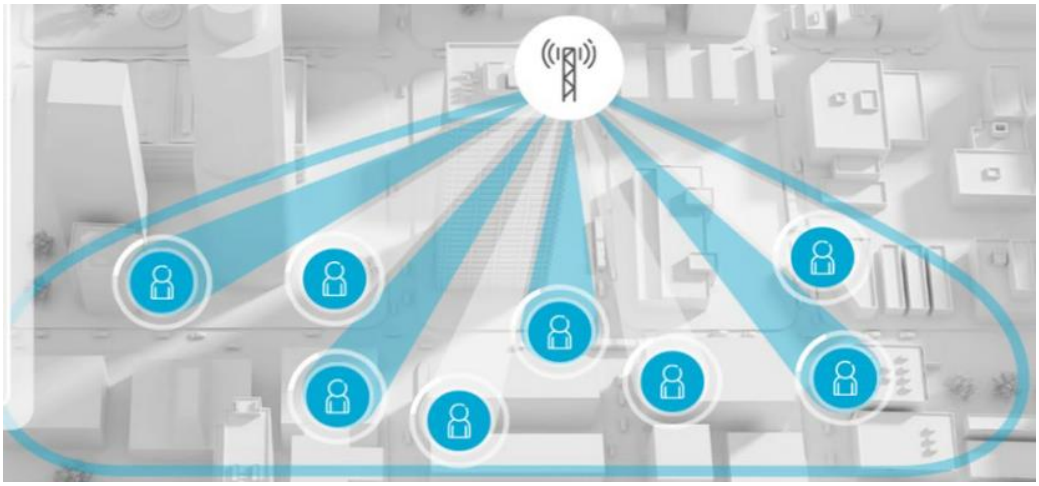


圖 3-60、MU-MIMO 波束成形

資料來源：Ericsson

如果扇區容量為 X，並且細胞中有 16 個(全緩衝)用戶同時接收數據，則可以為每個用戶分配與全容量 X 一樣多的數量。多用戶 MIMO 有兩個好處。

(1) 系統容量增強。在上面的例子中，扇區容量為 X，僅使用波束成形。添加

多用戶 MIMO 後，扇區容量變為 16X(因為 16 個用戶中的每一個都以資料傳輸量 X 接收數據)。與向 UE 發送單個串流相比，這是系統容量的數量級改進。

(2) 用戶資料傳輸量也有所提高。根據用戶體驗的 SINR，它們的資料傳輸量會有所不同。但是由於我們將潛在的所有 RB 分配給每個用戶，因此單個用戶的資料傳輸量會提高。對於上面的範例，我們假設所有用戶都處於良好的無線電條件下，每個用戶的資料傳輸量可能高達 X，這是 16 倍的改進。

在這個例子中，我們可以想像多用戶 MIMO 在一個物理扇區內創建 16 個虛擬扇區。

多用戶 MIMO 的一個考慮因素是用戶需要正交或足夠遠的空間分離，以便波束不會重疊。更智慧的調度算法旨在通過不僅利用傳輸的空間選擇而且利用傳輸的時間選擇來增加 UE 正交性。

由於家庭寬頻提供非常高的數據量，LTE/5G 網路的容量增強是一個重要的考慮因素。這適用於高用戶密度的城市和郊區，也適用於低密度的農村地區。在農村地區，大規模 MIMO 波束成形可以對覆蓋範圍改進。圖 3-61 來自 Ericsson 進行的現場測量。4T4R 系統的 DL 資料傳輸量與具有大規模 MIMO 的 64T64R 系統進行比較，可以看到大規模 MIMO 系統具有更好的範圍。

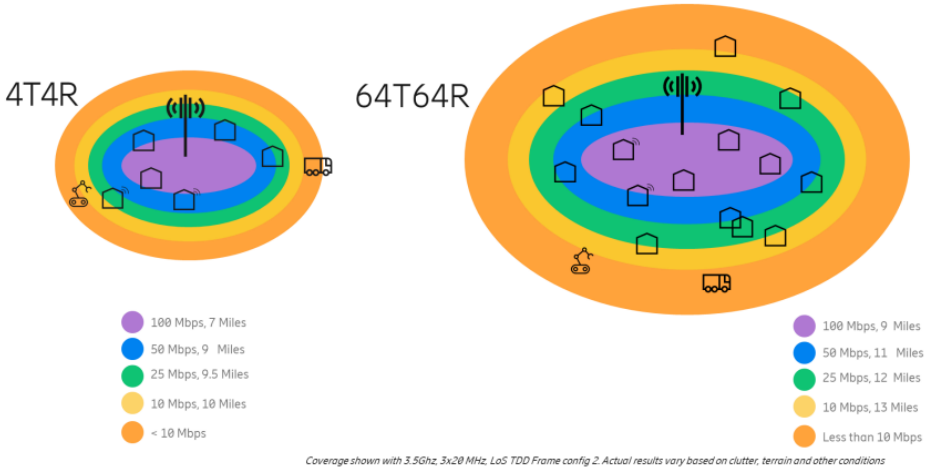


圖 3-61、4T4R 和 64T64R 用戶資料傳輸量和覆蓋範圍的比較

資料來源：Ericsson

3、使用毫米波 (mmWave)

毫米波頻譜具有較大的通道頻寬和頻譜容量。這使得峰值資料速率高達 20 Gbps。然而，毫米波頻譜的傳播是具有挑戰性的，而且範圍小於 1 公里。使用毫米波的 FWA 部署可以經由以下方式改善傳播限制：5G 毫米波天線陣列可以小型化，因此可以在毫米波接收機中安裝大量天線。天線陣列允許使用大量的 MIMO 和波束成形。在 5G 毫米波中，波束成形將射頻能量聚焦到預期接收器的方向來提高覆蓋率。

戶外 CPE 對於 5G 毫米波來說變得更加重要，以避免信號穿透建築物造成損失，並提供從 5G 基地臺到 5G UE 的直線視角。

雙連接操作進一步增強了覆蓋範圍，這通常是限制在 UL。在 NR-NSA 操作中，來自 LTE 載波的低頻段 UL 可用於改善社區範圍。在 NR-SA 操作中，可以將中頻 NR 載波與毫米波 NR 載波聚合，進一步提高 NR 信號源的有效範圍。如圖 3-62 所示。

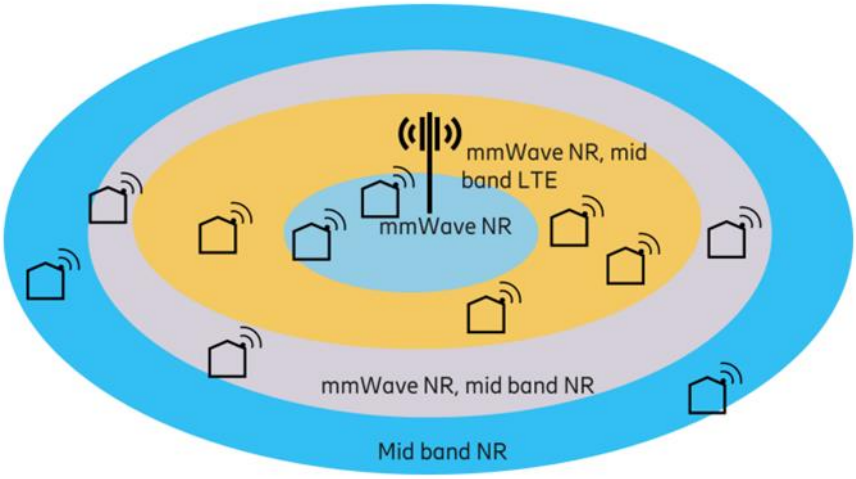


圖 3-62、結合中頻段和毫米波頻段

資料來源：Ericsson

(三) 國際大廠技術研究案例

Ericsson 研究顯示 FWA 使用情況下，可實現的覆蓋範圍和整體性能很大程

度上取決於所使用的頻帶、系統所處的環境或地形以及終端天線的位置[74]。最佳的 5G FWA 解決方案可能包括混合終端天線放置，其中只有離基地臺最遠的用戶才使用屋頂天線，而距離基地臺最近的用戶則使用戶外壁掛式或室內替代天線。圖 3-63 說明了使用這三種天線放置方式變化的家庭百分比。結果顯示，站點間距離(ISD)為 350 m 時，有 78 %的家庭可以使用室內天線(通常集成到 CPE 中)，其餘的則應依靠戶外壁掛天線(佔 17 %)或屋頂安裝天線(佔 5 %)來獲得更好的傳播條件。

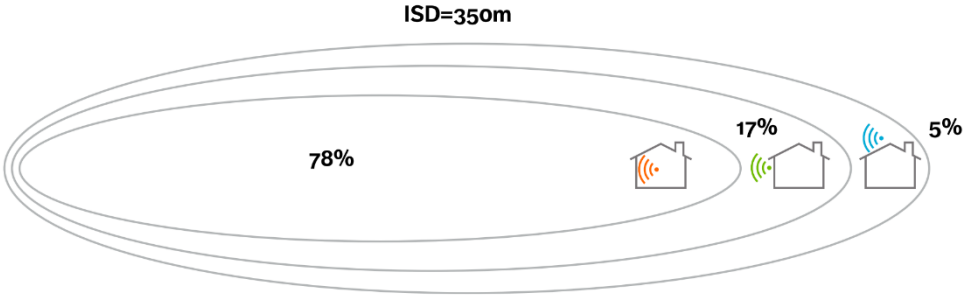


圖 3-63、ISD 350 m 室內、壁掛和屋頂天線的細分

資料來源：Ericsson

綜合分析頻段、環境和終端天線的組合(如圖 3-64 所示)，雖然 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段不是 FWA 的唯一頻率選擇，但它們是低頻和高頻 FWA 解決方案很好的例子，它們可以提供關於 FWA 在不同應用和服務中的可行性及可用性的見解。

3.5 GHz 可提供很好的行動覆蓋範圍，與 28 GHz 頻段相比，覆蓋範圍更廣。儘管在 3.5 GHz 時可用頻寬較小，但是使用大規模波束成形和 MU-MIMO 可以提供很高的細胞頻譜效率，這使得該頻段成為提供視訊服務的理想選擇。此外，該頻段可用於提供基本的家庭寬頻連接(例如，室內用戶可用的由外而內的 MBB)，這將使實現連接農村和偏遠地區數十億未連接人口的願景變得更加容易。

在 28 GHz 的情況下，由於惡劣的傳播條件，可達到的細胞範圍要低得多，

[74] Ericsson, Fixed wireless access: On a massive scale with 5G. https://www.researchgate.net/publication/311767484_Fixed_wireless_access_On_a_massive_scale_with_5G

並且它們很大程度上取決於系統運行所在的環境或地形。影響可行範圍的最重要因素是：

(1) 終端天線的位置

(2) 樹木和建築物的高度和密度

(3) 基地臺天線放置的高度

由於 28 GHz 頻段對建築物的穿透和繞射損耗更敏感，因此，根據終端和基地臺之間的視線直線距離，放置於屋頂的 CPE 接收範圍最大，使用戶外壁掛式和室內的 CPE 會大大縮小範圍。

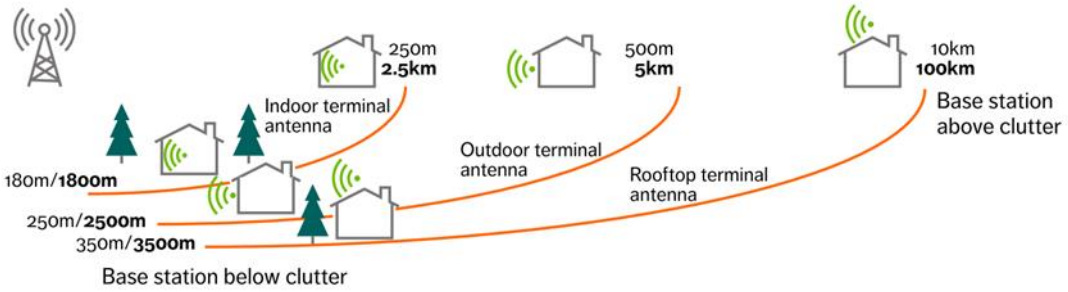


圖 3-64、不同場景和頻率下 FWA 可行性的主要發現

資料來源：Ericsson

(3.5 GHz 細胞範圍以粗體顯示，28 GHz 細胞範圍以純文字顯示)

研究結果顯示 3.5 GHz 可以提供比毫米波更好的覆蓋範圍(請參見表 3-26)。例如，在雜亂環境中的基地臺提供給室內終端天線的最短距離為 3.5 GHz 1,800 m，勝過 28 GHz 的所有情況，除非基地臺在高處且天線端子位於屋頂上。

表 3-26、3.5 GHz 和 28 GHz 的覆蓋率實驗結果

天線端子	室內		戶外		屋頂	
基地臺	雜亂環境	環境無遮蔽	雜亂環境	環境無遮蔽	雜亂環境	環境無遮蔽
3.5 GHz	1,800m	2,500m	2,500m	5,000m	3,500m	100,000m
28 GHz	180m	250m	250m	500m	350m	10,000m

資料來源：Ericsson

同樣重要的是，要考慮樹葉在 28 GHz 頻率下對通訊範圍的傳播影響(見圖

3-65)。部署基地臺天線的高度應大於該地區最高樹木的高度，從而大大提高了傳播區域範圍，利用大量天線進行大規模波束成形的可能性使得 28 GHz 的細胞容量非常大。儘管存在環境因素，28 GHz 頻段適用於人口密集的郊區和城市中的固定無線服務。

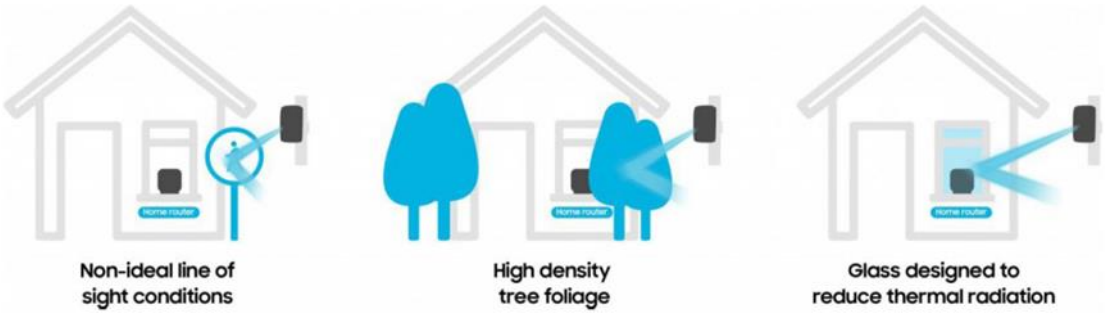


圖 3-65、28 GHz 傳輸影響因素

資料來源：三星

三、 技術監理措施

(一) 美國

FCC 於 2011 年發布行政規則(Rulemaking 10-153)[75]認為，寬頻對國家數位經濟的影響與日俱增，無線技術是寬頻連接的一個重要來源，其中點對點微波系統即是將國家連接到寬頻的典型範例。隨著國家的行動和個人通信系統的發展，這些作為主幹鏈路或回傳的點對點微波設施使無線系統能夠經濟地服務於美國人口較少的地區。為此，FCC 在報告和命令(Report and Order)擬議規則進一步通知以及備忘錄意見和命令中，陸續釋放用於無線回傳的頻譜，以促進寬頻部署；另增加 FCC 規則第 101 部分(FCC Part 101)取得微波服務使用執照的靈活性，排除頻譜在無線回傳以及其他點對點和點對多點通信中的使用限制，並為無線回傳提供了額外的頻譜(高達 650 MHz)，特別在無線回傳是唯一可行解決方案的農村地區。透過提供更靈活、更具成本效益的微波服務，藉以加速美國在各地部署行動寬頻基礎設施。

[75] FCC, Rulemaking 10-153, Unleashing Spectrum for Wireless Backhaul to Promote Broadband Deployment, https://www.fcc.gov/unleashing-spectrum-wireless-backhaul-promote-broadband-deployment

美國對於固定微波服務(Fixed Microwave Services)，早期技術是將這些系統的操作限制在 1 GHz 範圍內的無線頻譜中；隨著固態技術的改進，商業系統的傳輸範圍可高達 90 GHz。FCC 考慮到這些變化，因此通過允許使用 40 GHz 以上：70-80-90 GHz 毫米波頻譜的規則[76]。該頻譜提供了多種可能性，例如，用於支援教育和醫學應用的短距離、高容量無線系統、對圖書館或其他資料庫的無線接取。同時，FCC 也根據不同部分(parts)規管點對點微波服務，包括：第 21 部分(Part 21)規定了一般營運商(common carrier)用戶、第 94 部分(Part 94)規範提供相同服務的私人營運商。由於這些服務有很多共同點，例如它們共享多個頻段、使用相同類型的設備，因此目前由一個單獨委員會辦公室(single Commission office)來處理應用申請，同時這些規則也被合併為第 101 部分(Part 101)[77]。

隨著各種新興科技應用推陳出新，美國對於頻譜的需求不斷地增長；其中，毫米波頻譜是與回傳鏈路最相關的頻譜；由於無線回傳是 5G 無線系統中不可或缺的組成部分，回傳需求更是 5G 部署的關鍵瓶頸之一[78]。另由於各方亦明確表示 70 GHz 和 80 GHz 頻段可用於無線回傳和其他點對點傳輸的應用，特別是在數據需求激增的情況下[79]。因此，美國聯邦通信委員會(FCC)為現代化及擴大對毫米波頻段的高效利用，並在保護頻段現有用戶的前提下，為商業界提供無數的創新服務，促進美國在 5G 技術的優勢(5G FAST 計劃)，遂於 2020 年 6 月一致通過 70 GHz / 80 GHz /90 GHz 頻段改善方案，允許在這些頻段使用較小的天線，以降低成本促進網路密集化，並有助於為新興的 5G 服務提供無線回傳。同時 FCC 亦徵求擬議規則制定公告(NPRM)之意見，確定是否需要修改現有標準或創建新的標準，以允許該頻段可用於在飛機和船舶上提供寬頻服務[80]。同時，隨著行動網路的緻密化，FCC 根據第 101 部分對 E-Band 天線要求進行技術更改，允許在 70 GHz 和 80 GHz 頻帶中部署較小的天線，將有助於小型 5G 細胞的部署

[76] FCC, Millimeter Wave 70/80/90 GHz Service, https://www.fcc.gov/millimeter-wave-708090-ghz-service
[77] FCC, Point-to-Point Microwave, https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/broadband-division/point-point-microwave
[78] FCC, Comments of CTIA, WT Docket No. 20-133, et al., at 6 (filed Aug. 5, 2020) ("CTIA Comments").
[79] FCC, Comments of CTIA, WT Docket No. 20-133, T-mobile Comments.
[80] FCC, FCC Proposes Expanding Access to 70/80/90 GHz Spectrum Bands, https://www.fcc.gov/document/fcc-proposes-expanding-access-708090-ghz-spectrum-bands-0 ,2020-06-10.

及提供回傳容量。

目前美國對於固定微波服務(Fixed Microwave Services)、點對點微波(Point-to-Point Microwave)及區域多點分散式服務(Local Multipoint Distribution Service, LMDS)等固定微波寬頻服務，係根據 FCC 第 101 部分規則運作。相關固定微波寬頻服務之工作頻段(§101.101)[81]，如下表所示。

表 3-27、FCC 點對點微波服務工作頻段

寬頻服務類型		使用頻段	FCC 管理規則
Point-to-Point Microwave		• 930 MHz • 940 MHz • 950 MHz • 2 GHz • 4 GHz • 6 GHz • 10 GHz • 11 GHz • 12 GHz • 18 GHz • 23 GHz • 31 GHz • 38 GHz • 70 GHz • 80 GHz • 90 GHz	FCC Part 101
Local Multipoint Distribution Service (LMDS)	A頻段	• 27.5 – 28.35 GHz (自2016年受Part 30規管，用於5G服務) • 29.1 – 29.25 GHz • 31.075 – 31.225 GHz	FCC Part 101
	B頻段	• 31.0 – 31.075 GHz • 31.225 GHz – 31.3 GHz。	

資料來源：FCC

由於 FCC 對於需執照之商業行動無線服務的 RF 射頻設備授權，因此對於固定微波服務相關設備，須依 Part 2 Subpart J(Equipment Authorization Procedures)設備授權程序[82]，檢測設備射頻特性(§2.1046 輸出功率、§2.1047 調變特性、§2.1049 占用頻寬、§2.1051 天線端混附波輻射、§2.1053 混附波輻射場強、§2.1055 頻率穩定度)；同時亦須符合 Part 101 Subpart C[83]定義的固定微波服務相關技術規範要求。

(二) 韓國

[81] FCC, 47 CFR § 101.101 - Frequency availability, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/101.101
[82] FCC, 47 CFR Subpart J - Equipment Authorization Procedures, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/part-2/subpart-J
[83] FCC, 47 CFR Subpart C - Technical Standards, https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/part-101/subpart-C

韓國自 2018 年 6 月完成 3.5 GHz 與 28 GHz 頻譜拍賣釋照後，三大行動營運商於 2018 年 12 月同時開通 5G 網路，成為全球第一個提供 5G 網路的國家[84]。韓國三大業者除提供 5G 高速大頻寬服務，並將 FWA 網路，為企業用戶提供服務[85]。由於韓國電信業者推出的 FWA，係基於 3GPP 的 5G 技術標準，因此在 FWA 技術監理上等同於 5G 設備，相關設備仍符合韓國無線電研究所(RRA)制定之「電信業務無線設備技術標準(RRA Public Notification 2021-2)[86]」，方可設置使用。

(三) 歐盟

隨著市場對於寬頻的需求不斷增加，歐盟電信和廣播業者經常以固定無線鏈路(Fixed Radio Links)對不同服務的網路站點之間提供固定的通信鏈接，作為支援基礎設施或無線傳輸網路的應用。固定無線鏈路的類型，包括：

- 點對點(Point-to-point, P2P)鏈路，通常用於無線接取網路回傳以及電信核心網路，作為廣播供應和分配的鏈路；或作為本地接取網路內小細胞基地臺回傳，以及為 CRAN(cloud radio network, CRAN)網路的前傳(fronhaul)和中傳(midhaul)提供連接。

- 點對多點(Point-to-multipoint, PMP)鏈接，通常用於接取網路中，使網路營運商無需安裝傳統電纜即可提供服務，點對多點網路拓撲提供了一條通信路徑(每個扇區在一個無線通道上)從一個中心點到用戶所在的多個終端，每個用戶位置都可以直接從中心位置提供服務，也可以通過一個或多個無線電轉發器提供服務。

- 多點到多點(MPMP)鏈路(有時稱為網狀網路)在各個系統節點之間提供通信路徑，其中每個節點都具有與其附近的幾個鄰居的通信路徑，這些

[84] Capacitymedia, Korean operators launch commercial 5G services,2018-12, https://www.capacitymedia.com/articles/3822818/korean-operators-launch-commercial-5g-services

[85] Capacitymedia, SK Telecom transmits first 5G live broadcast,2019-01, https://www.capacitymedia.com/articles/3822918/sk-telecom-transmits-first-5g-live-broadcast

[86] RRA, 전기통신사업용 무선설비의 기술기준[국립전파연구원고시 제2021-2 호, 2021. 1. 29., 일부개정], https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000197455#

路徑共享有限數量的無線通道，大多數節點將在一個用戶終端位置，而一個或幾個節點可能與核心網路介面相關聯。

歐盟認為即使光纖滲透增加，仍有很大部分行動和固定接取站點將需要運用微波(MW)/毫米波(mmW)連接到光纖基礎設施。例如在歐洲，微波一直是快速且經濟高效地布建行動回傳基礎設施的主要解決方案，而全球超過 50 %的行動站點通過微波或毫米波無線鏈路進行連接。同時，歐盟市場在過去幾十年通信發展過程中對於傳輸能力的要求不斷提高，站點密度也越來越高，促進更高頻段的使用，如下圖所示：

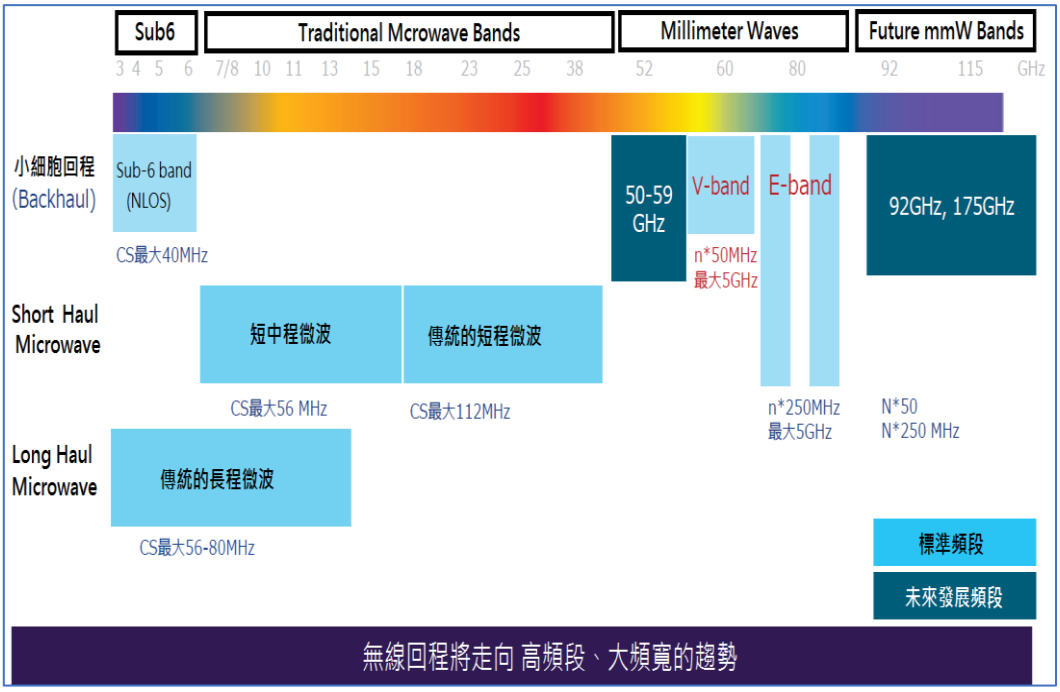


圖 3-66、無線回傳頻段發展趨勢

資料來源：ETSI、Nokia

由於 MW/mmW 頻段無線傳播特性影響涵蓋範圍及服務容量，可用頻譜與中心頻率成正比，最高頻率是承載最大容量的頻率，但涵蓋也是相對最短的鏈路長度，如下頁圖所示。

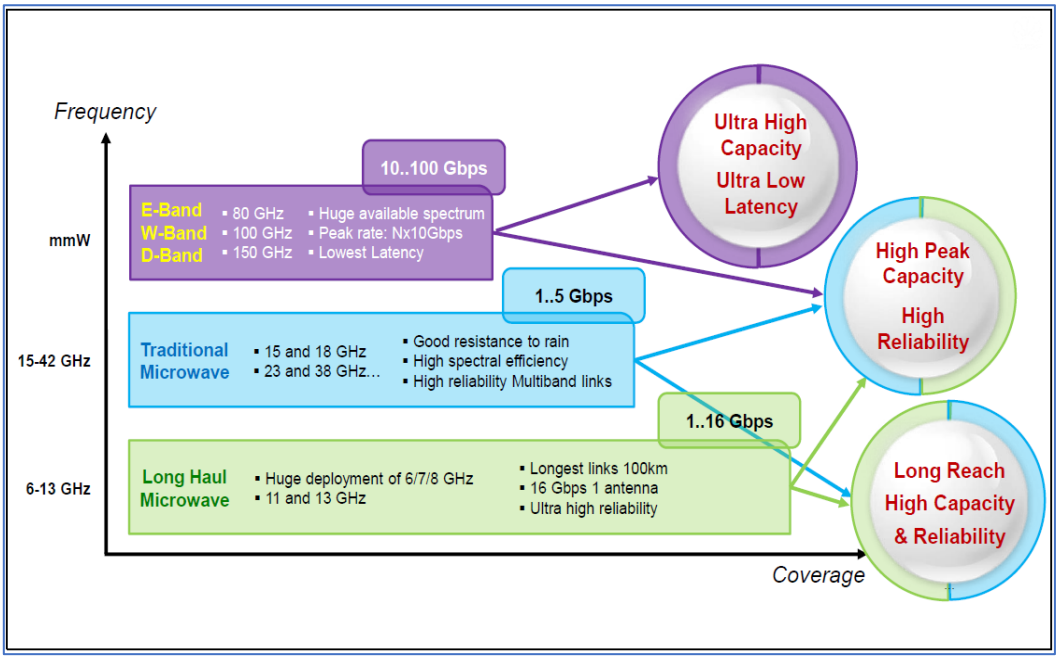


圖 3-67、無線傳輸之頻率、涵蓋範圍及容量關係

資料來源：ETSI

歐盟認為從 4G 到 5G 的演進對所有無線傳輸技術提出了重大挑戰。由於毫米波頻段(30~300 GHz)提供了大量未被充分利用的頻寬以及用於無線電傳輸的頻譜，並具有類似光纖的容量，故將成為未來行動通信的主要推動力。同時 MW/mmW 技術也能夠在所有情況下應對 5G 容量和距離的挑戰，如下圖所示。

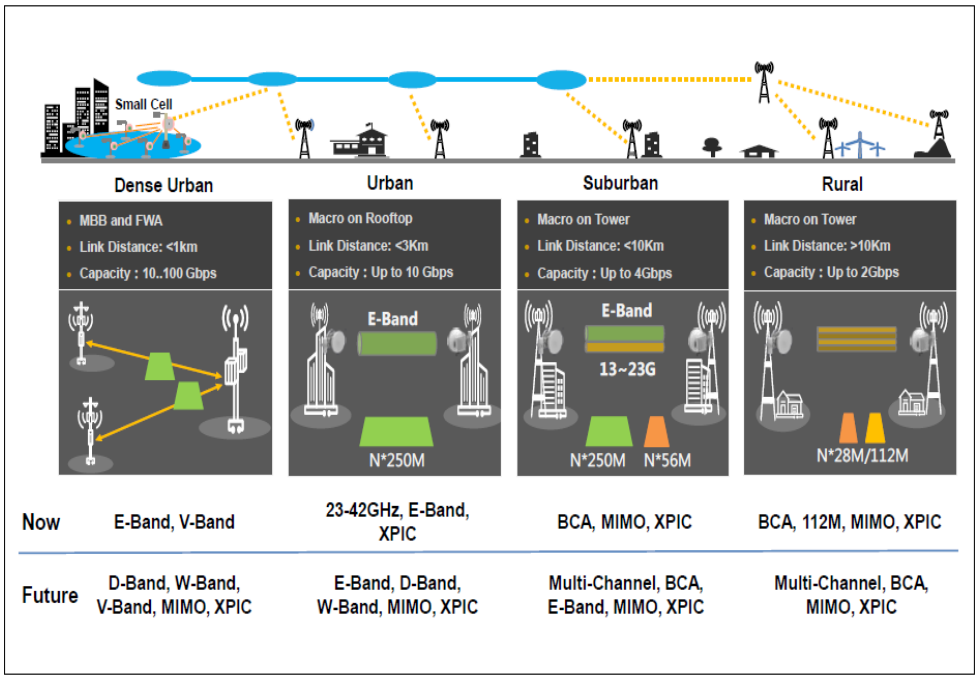


圖 3-68、不同情境所適用的無線傳輸技術

資料來源：ETSI

由於歐盟市場在通信發展過程中對於傳輸能力的要求不斷提高，站點密度也越來越高，促進更高頻段的使用。因此，歐盟正開發頻譜應用相關技術，以充分利用現有(6~86 GHz)和未來(90~300 GHz)頻譜；其中，E 頻波(80 GHz)已有商業部署，另 W 頻段(100 GHz)和 D 頻段(150 GHz)則是即將到來最有希望的頻段，歐盟正進行相關試驗。同時，傳統微波頻段支援較寬的通道頻寬(如：112 MHz、224 MHz)，E 頻段可用頻譜可達 10 GHz、W 頻段可達 18 GHz 和 D 頻段可達 30 GHz，皆是擴展 MW 和 mmW 無線系統容量的主要資源。此外，歐盟各國也就 MW 和 mmW 無線特性與使用情形，採取不同的許可方式，例如多數國家對於傳統微波回傳頻譜，採取個別執照制(Individual Licensing, IL)、英國對於 E 頻段則採取輕度執照管制(Light Licensing, LL)、另 FWA 服務(26 GHz、28 GHz)採取頻塊分配制(Block Assignment, BA)，而 V 頻段因具有不利的傳播衰減特性，故採取免執照管制(License Exempt, LE)[87]。

值得注意的是，隨著城市郊區對於行動容量需求大幅增加、覆蓋範圍的擴大以及各種超小型熱點(ultra small hot-spot)部署形成新拓撲和體系結構。微波正在經歷快速而重要的轉變，未來的行動接取網路將以多種方式影響回傳網路，並將以最合適的方式運用可用的頻譜。然而，目前低於 50 GHz 的傳統微波頻率已經非常擁擠的被利用，因此需要運用更高的頻段以能因應未來的網路需求。因此，歐盟監理機關自 2000 年以來就開始提供 E-Band 的使用。由於 E-Band 有大量的可用頻譜(10 GHz)，可以實現高達 Gbps 的大範圍資料傳輸速率，隨著其技術的發展和寬的通道頻寬可用性，以及未來的回傳網路需求增加，E 頻段的使用已引起各國重視。為此，歐洲郵政和電信管理局(CEPT)轄下之電子通訊委員會(Electronic Communications Committee, ECC)於 2008 年 9 月發布 ECC Report 124 報告[88]，將 E-band 規劃成 19 個子通道，每個頻道間隔為 250 MHz，每側各有 125 MHz 的保護頻段，如下頁圖所示。

[87] ITU-R, Evolution of Fixed Services for wireless backhaul of IMT 2020 / 5G, 2019-05, https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/workshops/fsimt2020/Documents/2019.05.02%20ITU-R%20Wireless%20Backhaul%20Workshop%20complete%20final.pdf

[88] ECC Report 124 - Coexistence of passive and fixed service in the bands 71-76/81-86 GHz

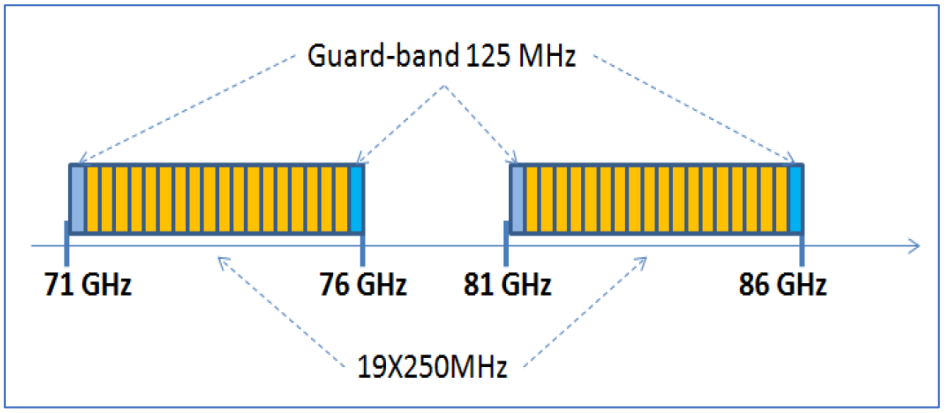


圖 3-69、歐盟 E-band 頻段範圍

資料來源：ETSI

同時，為符合歐盟無線電設備指令(RED)及 CE 標示的要求，ETSI 制定 EN 302 217-2[89]技術規範，作為固定無線電系統(Fixed Radio Systems) 點對點設備之協調標準。EN 302 217-1[90]規定了分配給固定業務(FS)的 1 GHz 至 86 GHz 頻段之點對點(P-P)數位固定無線系統(Digital Fixed Radio Systems, DFRS)技術特性和測量方法等相關檢測規定，如下表所示。

表 3-28、歐盟 FRS 系統主要技術規格摘要

Parameter	Range
Frequency bands	from 1 GHz to 86 GHz (see note)
Traffic capacities	from 9,6 kbit/s to 622 Mbit/s and to Gbit/s and above in the highest bands
Channel separations	from 25 kHz to 112 MHz and to GHz and above in the highest bands
Modulation formats	from 2 states to 2 048 states (amplitude and/or phase and/or frequency modulated states)
Typical applications	**POINT-TO-POINT (P-P) CONNECTIONS:** rural and urban low/medium/high capacity links for mobile access infrastructure (backhaul), transport/trunk (long haul), FWA/BWA/ access, fixed LAN extensions (FLANE) governmental (non-military) links, private fixed networks, SAP/SAB P-P audio and video links with *integral* or *dedicated antenna*. ***STAND ALONE* ANTENNAS:** for all of the above applications when *integral* or *dedicated antennas* are not employed.
NOTE: Market demand will likely extend the upper limits.	

資料來源：ETSI EN 302 217-1

[89] ETSI EN 302 217-2: " Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas; Part 2: Digital systems operating in frequency bands from 1 GHz to 86 GHz; Harmonised Standard for access to radio spectrum"

[90] ETSI EN 302 217-1: Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas; Part 1: Overview, common characteristics and system-dependent requirements

第三節、 FeMBMS 技術

一、 服務發展現況

(一) 美國

在世界範圍內，歐美國家也注意到了 5G 無線廣播電視的發展，紛紛加速進行技術升級。這些國家結合 5G 技術，開展 5G 廣播試驗並推進標準制訂。美規 ATSC 3.0 的廣播電視訊號可以經由無線電視傳播網，與 5G 行動通訊蜂巢網路相複合，傳送節目內容與資訊到智慧終端設備。美國 Sinclair 公司提出了網際網路時代下和 5G 系統相融合下一代廣播平臺，將廣播技術和行動通訊技術融合。

先進電視系統委員會(Advanced Television Systems Committee, ATSC)組織成立一個計畫團隊名為 Planning Team 8，主責廣播核心網路技術(Core Network Technologies for Broadcast)的發展計畫。Planning Team 8 為 ATSC 成員提供了一個論壇，供他們共同研究 ATSC 3.0 廣播核心網路技術可以實現與其他異構網路的融合和交互操作性，並考慮未來的標準工作。

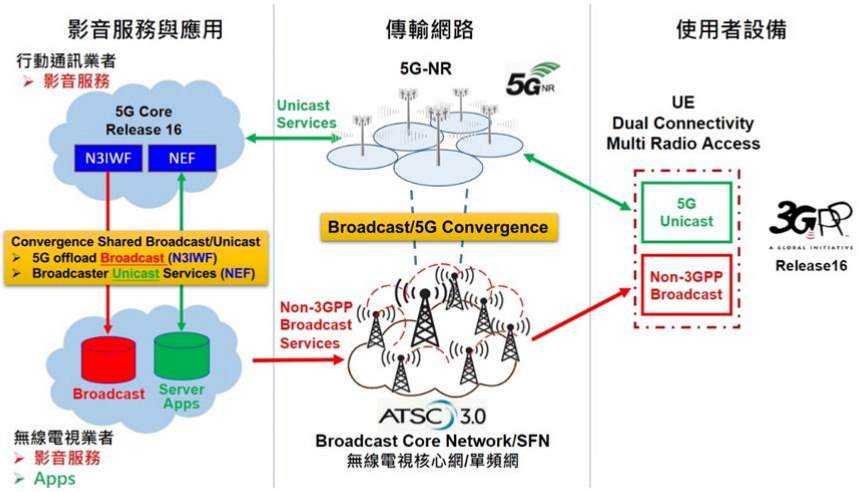


圖 3-70、ATSC 3.0 廣播核心網路與 5G NR 的複合

資料來源：社團法人台灣數位電視協會

ATSC 3.0 為包括電視和其他服務在內的 IP 數據傳輸，提供了發展潛力，這

可能為 ATSC 3.0 產業帶來新的商機,尤其是當這些服務和底層的傳輸網路配置,可以輕鬆地在多個傳輸站點(例如電視塔臺)之間,進行協調而形成核心網路。這類電視傳輸網路能夠管控,其覆蓋面可以是區域性的,亦或者是覆蓋整個國家。目的是通過多種方式,實現將內容源,經網路動態配置到一個或多個發射塔。ATSC 3.0 廣播核心網路,亦可以進一步實現與其他異質網路例如 5G NR,的複合和相互操作。

目前 ATSC 組織已將 Planning Team 8 的工作項目轉移到新成立的專家組 TG3/S43(ATSC 3.0 核心網路專家組)。

(二) 韓國

韓國數位電視廣播系統採美規 ATSC 3.0 系統提供服務。針對 ATSC 3.0 和 LTE 合作的場測,開發了符合 ATSC 3.0 標準的硬體設備,包括播映室、發射機和接收機系統。ATSC 3.0 廣播和寬頻融合的建議用例是在實際環境中開發和驗證的硬體。使用了建在韓國濟州島濟州科技園的 ATSC 3.0 測試台,並且為了寬頻連線,使用了部署在濟州市區的公共 4G LTE 網路。圖 3-71 顯示了用於現場驗證的硬體設備配置、設施中的播映室/發射機設備以及行動測試車內的接收機設備。作為播映室設備,開發了一個即時 SHVC 編碼器平臺,該平臺整合了 UDP/IP/ROUTE(或 MMT)封裝,用於廣播 IP 傳輸,以及一個帶有 TCP/IP/DASH 封裝的寬頻伺服器,用於寬頻傳輸。廣播和寬頻上的 IP 交付是按照 ATSC 3.0 訊令、交付、同步和糾錯標準(A/331)實施的。開發的 SHVC 編碼器平臺具有即時 A/V 源輸入和 IP 輸出到 ATSC 3.0 廣播閘道。然後,ATSC 3.0 廣播閘道將播映室到發射機(STL)輸出發送到兩個 ATSC 3.0 發射機。一台發射機位於濟州科技園設施,另一台發射機位於濟州市市區,同時他們正在使用廣播的射頻第 50 頻道構建單頻網路(SFN)。

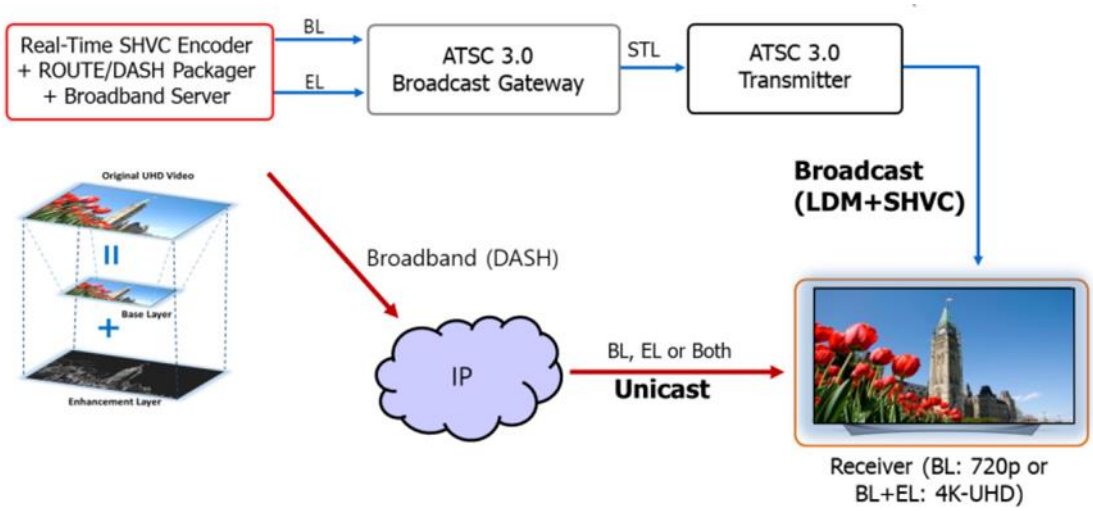


圖 3-71、ATSC 3.0 廣播和寬頻融合用例的設備配置

資料來源：IP-Based Cooperative Services Using ATSC 3.0 Broadcast and Broadband

ATSC 3.0 是第一個以前瞻性的(非向後相容)原生 IP OFDM 廣播標準垂直整合了 3GPP 的 LTE/5G 單播技術。韓國 ATSC 3.0 所提出的方法和架構與 Rel-16 基於 LTE 的廣播正交，並且未來將協同 5G NR 的群播單播混合模式進行。

(三) 歐盟

EBU 代表來自 56 個國家的 116 家公共服務媒體公司組成的聯盟，潛在收視戶超過 10 億人。EBU 正積極開展應對 5G 時代的廣播電視技術研究，包括融合網路架構和技術方案等。英國、德國持續跟蹤國際 4G/5G 廣播的技術進展，日本的 NHK 也對這廣播計畫特性感興趣。歐盟成立的 5GPPP 開展 5G-Xcast 專案，研究單播、群播、廣播等傳輸模式，隨時隨地、從任意設備無縫接取內容和服務。5G-Xcast 專案提出 5G 廣播技術 EnTV 研究計畫可交付文件成果給 3GPP 組織作為改進 FeMBMS 技術的參考。

EnTV 研究計畫為廣播網路營運商開啟了為 3GPP 設備提供所有線性和非線性服務的機會，從而啟用了 3GPP 系統本身具有廣播能力。

在 Rel-13 之前，eMBMS 受到一些限制條件的限制，這使得它對廣播網路營運商來說顯得非常沒有吸引力。最多 60 %的無線電載波可以分配給 eMBMS。其餘的必須保留用於單播連接。這意味著該變體中的 eMBMS 功能僅能在傳統

行動網路中設定實例化並且由傳統行動營運商所執行。隨之而來的事實是，eMBMS 只能針對典型的 3G/4G 行動網路中可以找到的發射機網執行其站點間距離，即最多不到幾公里。

線性電視服務也就是直播串流可在可攜式和行動設備上接取，但這很快消耗掉典型行動數據方案的資料量。基本上除非用戶準備支付更多資費，否則每月只能消費幾個小時的線性電視。對於大多數公共服務媒體公司來說，這是一個嚴重的問題，因為他們必須至少提供免費轉播(Free to Air, FTA)的線性服務。這表示除了每月的許可費用和必須擔負接收設備等費用外就無其他的費用，特別是沒有經常性費用。這產生了 EBU 提交給 3GPP 的最重要的要求之一，即傳遞 FTA 的線性電視服務的可能性。換句話說，這意味著設備不需要連接到基地臺。相反，它充當廣播接收機。此特性有時也要滿足純接收模式(ROM)或無 SIM 卡的接收。

用戶仍然強烈要求提供線性服務，特別是對於大型活動，如新聞、體育或週末假期晚間的娛樂等。在 3GPP 系統中在 Rel-14 以前只有行動網路營運商才能提供 eMBMS，為了讓其他營運業者，例如廣播網路營運商，能夠提供免費轉播的服務。廣播網路營運商應該能夠再使用他們現有的網路基礎設施。與典型的行動網路相比，廣播網路中相鄰發射機之間的站點間距離要大得多，且為了有效地使用頻譜，通常使用單頻網路。此外，建議要求擴展 eMBMS 中使用的 OFDM 循環字首。這一要求通常被稱為使用所謂的高功率高塔網路的可能性。高功率高塔也是允許大面積廣播覆蓋的一個關鍵特性。這些規定支援所謂的獨立純下行(Standalone Downlink-Only, SDO)的網路。為特定目的所預留網路的選項被認為對於覆蓋所有消費者很重要，無論他們與哪家行動營運商簽訂了合約。

5G 要求在 3GPP 對 NR 下 MBMS 的要求進行了整理。EBU 參與了這項活動，以確保以後的時間點上為 NR 所指定的群播和廣播特性將無縫連結到 EnTV 中執行的工作，縮小現有差距並引入新功能。

(四) 其他國家

中國廣電已聯合設備廠商開展北京 5G 廣播實驗網建設，預計 2021 年底完

成搭建。同步開展廣東實驗網的設計及建設，預計 2023 年中完成搭建。此外，中國廣電也在積極進行場景測試及實證，如 2021 年 2 月廣電試點在湖北 Covid-19 疫情期間緊急開通；2021 年 5 月攜手歌華、華數、東方明珠，成功實現首個 5G+8K 多地聯動直播等。

中國在 2021 年三月 ITU-R 無線通信研究委員會 WP6A 線上會議中報告了中國廣電在北京進行的首次 5G NR-MBS(NR Multicast and Broadcast Services)現場實驗初步結果，以驗證 5G NR 群播廣播系統(MBS)的系統設計和性能，該系統是 3GPP Rel-17 (6A / 146)的一部分。中國廣電也表示，2021 年計畫在 700 MHz 頻段建設全國 5G 網路，並有以下問答。

Q1：基地臺發射功率限制：目前基地臺上限為 40 W，5G 基地臺支援 200~300 W。

Q2：傳輸距離限制：通常為 14 km 和 28 km，取決於循環字首和參數。這次採用了 6 km 和 100 km。

Q3：信號用於 100 %的下行有效載荷。大功率 HPHT 使用頻率 1，小功率 LPLT 使用頻率 2。小功率 LPLT 頻率使用費較高，如結合大功率 HPHT 的方式使用 FTA 是很重要。

Q4：5G 廣播設備成本：廣播設備 2 萬美元(中國)。

Q5：DTTB 系統和 5G 廣播的性能：DTTB 系統的性能是最好的廣播方式，但無法使用於智慧手機，所以 5G 廣播技術是很重要。

(五) 總體服務描述

各國目前 5G 廣播服務採用以 3GPP TR 36.976 提供免費轉播(FTA)服務的技術樣本，以下內容是 3GPP TR 36.976 針對 5G 廣播在 Rel-16 中技術發展現況的總體描述。本節中描述基於 LTE 的 5G 地面廣播的主要方面是：

- 無線網路包括只有專用於 MBMS 傳輸的細胞(MBMS-dedicated cell)或支援單播和 MBMS 傳輸的細胞作為發射機；和
- 支援 FeMBMS 作為接收機的純接收模式(ROM)設備和用戶設備。

註：純接收模式設備只支援純接收模式服務。純接收模式服務使用保留的暫時行動群組識別(Temporary Mobile Group Identifier, TMGI)值之一。

專用於 MBMS 傳輸的細胞僅支援 MBMS 傳輸，不支援上行傳輸。專用於 MBMS 傳輸的細胞的 MBSFN 子訊框沒有控制區域，因此可以 100 %分配給 MBMS。Non-MBSFN 子訊框，也稱為細胞採集子訊框(Cell Acquisition Subframe, CAS)，包含控制區域，用於傳輸系統獲取信號(PSS/SSS)、實體下行控制通道(Physical Downlink Control Channel, PDCCH)以及實體廣播通道(PBCH)和實體下行共用通道(Physical Downlink Shared Channel,PDSCH)上的系統資訊(System Information, SI)。CAS 以 40 ms 的週期傳輸，並使用子訊框$\Delta f = 15$ kHz。專用於 MBMS 傳輸的細胞的 PBCH 使用與非專用於 MBMS 傳輸的細胞的 PBCH 不同的加擾序列初始化，這防止不支援專用於 MBMS 傳輸的細胞的用戶設備駐留在其上。有關專用於 MBMS 傳輸的細胞的更多資訊，請參閱 TS 36.300。

群播資料通過實體群播通道(PMCH)傳輸。PMCH 支援 SFN 傳輸，多個 eNB 同步傳輸相同的波形。PMCH 支援多種參數集(請參見-協定方面)，針對不同情境(例如，支援不同的移動性和 ISD)量身定做。單個 cell 可以屬於多個(最多 8 個)SFN 區域，其中不同的 SFN 區域可能具有不同的參數集。PMCH 承載 MBMS 點對多點控制通道(MBMS point-to-multipoint Control Channel, MCCH)和群播服務通道(Muticast Traffic Channel)的邏輯通道。MCCH 為 MBMS 點對多點服務通道(MBMS point-to-multipoint Traffic Channel, MTCH)上的群播資料提供排程資訊(scheduling information)。MTCH 包含用戶平面資料。在系統資訊中提供 MCCH 排程資訊。

純接收模式設備支援 MBMS 接收，但不支援上行傳輸。純接收模式設備可能沒有 USIM。因此，純接收模式設備不支援與網路的雙向訊令程序，包括連接建立程序和安全程序。純接收模式設備僅支援閒置模式。並非所有閒置模式程序都受支援，請參見-閒置模式程序。有關純接收模式設備的更多詳細資訊，請參見本節純接收模式方面、TS 36.300 第 15.11 章、TS 23.246 附件 D 和 TS 24.116

第 4 章。

註：作為執行方式，蜂巢設備可以託管純接收模式設備和能夠進行單播的傳統用戶設備。這種裝置進一步描述於 TS 36.246 Annex E 和稱為具有非單播的純接收模式設備。共同託管的用戶設備連接到與服務於共同託管的純接收模式設備的專用於 MBMS 傳輸細胞的不同細胞。如果共同託管的用戶設備和純接收模式設備共用基頻資源，則共同託管的用戶設備可以使用 MBMSInterestIndication 訊令程序，在 TS 36.331 中指定，將共同託管的純接收模式設備佔用的基頻資源通知服務 RAN 和因此不可用於單播。

1、 用例和要求

在 Rel-14 中，基於 LTE 的 eMBMS 服務的用例和情境已經擴展到包括地面廣播(該功能也稱為“EnTV”)。這包括新的要求：

- 專用於通過 eMBMS 進行電視廣播的網路；
- 具有 ISD 的 SFN 部署明顯大於與相關聯的典型 ISD 典型的蜂巢部署；
- 支援純接收模式設備。

註：在上層，要求包括支援 FTA 和 eMBMS 網路共用。

在 Rel-16 中，TR 36.776 中記錄的差距分析將 Rel-14 LTE 地面廣播功能與 TR 38.913 中對 5G 專用廣播網路的要求進行了比較。根據此分析，Rel-14 LTE eMBMS 未滿足以下 2 個要求：

- 支援大範圍區域的服務，包括 ISD > 100 km 的 SFN；
- 支援行動情境，包括速度最高可達 250 km/h。

關於第一個要求，定義了具有全向性發射機的 125 km 的新 ISD，稱為高功率高塔(HPHT)網路。評估中還包括以下兩個 ISD：

- 15 km，稱為 LPLT 網路具有扇形區；
- 50 km，稱為 MPMT 網路具全向性發射機。

第一個要求與接收機有關，具有高增益屋頂指向性天線、低移動性和主要可視距接收通道。第二個要求與汽車中的接收機有關，具有外接全向性天線。

除了上述兩個要求之外，還加入有關改進 CAS 接收的第三個要求，對於大型 ISD 和高移動性的情境。

2、 針對 LTE 地面廣播的增強功能

在 Rel-14 中，對規範進行了以下關鍵 RAN 增強以支援 LTE 地面廣播：

- 專用於 MBMS 傳輸的細胞；
- MBSFN 子訊框使用Δf = 1.25 kHz，循環字首(Cyclic Prefixm, CP)時長為 200 μs，符元時長為 1 ms；
- CAS、PBCH 和 PDSCH 上的新資訊區塊(block)：
- 主資訊區塊(Master Information Block, MIB)-MBMS 以 40 ms 的週期傳輸，每 160 ms 更新一次；和
- SIB1-MBMS 以 80 ms 的週期傳輸，每 160 ms 更新一次，包含與接收 MBMS 服務相關的資訊，以及其他系統資訊區塊排程的選項；
- MBMSInterestIndication RRC 訊令程序(見第 4.1 節)。

註：對於上層增強，請參見 TS 23.246 附件 D 和 E、TS 24.116、TS 24.117 和 TS 26.346(純接收模式服務方面)。

在 Rel-16 中，進行了以下 RAN 增強以解決本章節-用例和要求-中描述的用例：

- MBSFN 子訊框使用Δf = 0.37 kHz，循環字首 CP 時長為 300 μs，符元時長 3 ms，支援大型 ISD；
- MBSFN 子訊框使用Δf = 2.5 kHz，循環字首 CP 時長為 100 μs，符元時長為 0.5 ms，用於支援高移動性；
- 以下 CAS 的增強功能：
- 實體下行控制通道(PDCCH)增強；

- MIB 中的控制格式指示符(Control Format Indicator, CFI)指示以避免解碼實體控制格式指示通道(Physical Control Format Indicator Channel, PCFICH)的需要；和
- 新的聚合(aggregation) level 16；
- 重複 PBCH 以增加它的穩健性。

3、 架構

基於 LTE 的 5G 地面廣播的網路架構在 TS 36.300 第 15.1.1 節中進行了描述，但唯一例外：

支援

- 純接收模式接收藉由專用於 MBMS 傳輸的細胞；或者
- MBMS 接收藉由支援單播和 MBMS 傳輸的細胞。

基於 LTE 的 5G 地面廣播的 RAN 介面在 TS 36.300 第 15.1.1 節和 TS 36.440 中說明。在專用於 MBMS 傳輸的細胞的情況下，eNB 不支援計數程序。

基於 LTE 的 5G 地面廣播的用戶平面(User plane)和控制平面(control plane)協定堆疊分別在 TS 36.300 的第 15.1.2 節和第 15.1.3 節中描述。

註：對於上層架構，請參見 TS 23.246。

4、 協定方面

(1) 訊框(Frame)結構和參數集

僅支援訊框結構 type 1。支援 TS 36.211 中規定的所有參數集。對於子訊框使用Δf除 0.370 kHz 外，訊框結構如圖 3-72 所示。對於傳輸使用Δf= 0.370 kHz，訊框結構如圖 3-73 所示。

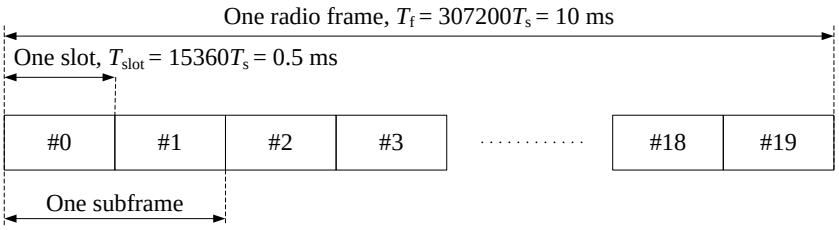


圖 3-72、對於Δf = 1.25 kHz 未使用Δf = 0.370 kHz 的子訊框的訊框結構 type 1，一個子訊框包含一個時長為 1 ms 的時槽

資料來源：3GPP TR 36.976

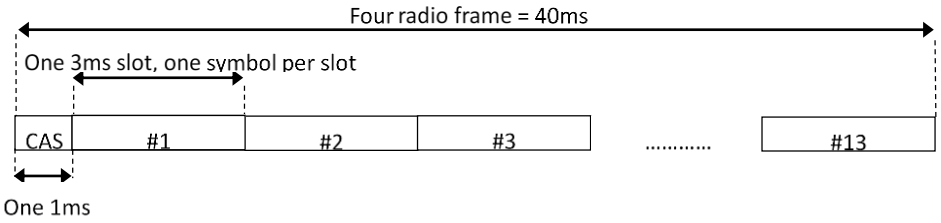


圖 3-73、傳輸的訊框結構 type 1 用於Δf = 0.370 kHz。CAS 是一個 non-MBSFN 子訊框，設置 15 kHz 的子載波間隔(subcarrier spacing)

資料來源：3GPP TR 36.976

表 3-29 總結了 PMCH 上 MBMS 傳輸所支援的參數集。理論均衡間隔(Equalisation Interval, EI)是可以從導頻模式(pilot pattern)估計的最大通道延遲擴展而獲得的，它等於符元時長(不包括 CP)除以兩個連續導頻(pilot tone)之間的頻率間隔(子載波數)。

表 3-29、對於 PMCH 上 MBMS 傳輸支援參數集的摘要

子載波間距	符元持續時間(不包括循環前綴)	循環前綴長度	相同子載波中導頻之間的時間間隔，以 OFDM 符號數表示	導頻之間的頻率間隔，以子載波數表示(去交錯後)	理論上的均衡區間
15 kHz	66.6 μs	16.6 μs	8 (註)	1	66.6 μs
7.5 kHz	133.3 μs	33.3 μs	4 (註)	2	66.6 μs
2.5 kHz	400 μs	100 μs	2	2	200 μs
1.25 kHz	800 μs	200 μs	2	3	266.67 μs
0.370 kHz	2700 μs	300 μs	2 or 4	3	900 μs
註：對於 15 kHz 和 7.5 kHz，這表示交錯之一的一個子訊框內的分離。參見 TS 36.211 圖					

6.10.2.2-1 和 6.10.2.2-3。

資料來源：3GPP TR 36.976

(2) eMBMS 傳輸

MBMS 傳輸根據 TS 36.300 第 15.3.3 節執行。

MCCH 設置和排程根據 TS 36.300 第 15.3.5 節和 TS 36.331 第 5.8.1 節執行。在專用於 MBMS 傳輸的細胞的情況下，不支援 MBMS 計數設置。

MCCH 資訊獲取根據 TS 36.300 第 15.3.5 節和 TS 36.331 第 5.8.2 節執行。在專用於 MBMS 傳輸的細胞的情況下，僅支援 RRC_IDLE。

(3) MAC 層

MAC 層僅支援：

- BCCH 的廣播通道(Broadcast Channel, BCH)接收；
- BCCH 的下行共用通道(DownLink Shared Channel, DL-SCH)接收；和
- MCCH/MTCH 的群播通道(Multicast Channel, MCH)接收。

MAC 層中的 BCH 接收和 DL-SCH 接收使用透明 MAC，即每個 TTI 的單個 MAC PDU 沒有表頭。混合式自動重複請求(Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ)實體使用 TS 36.321 中定義的專用廣播 HARQ 處理。

MAC 層中的 MCH 接收在 TS 36.321 第 5.12 節和 TS 36.300 第 15.3.3 節中規定。

(4) RLC 層

BCCH 使用無線鏈路控制層透明模式(Radio Link Control Transparent Mode, RLC-TM)。

MTCH 和 MCCH 使用無線鏈路控制層非確認模式(Radio Link Control Unacknowledged Mode, RLC-UM)。MTCH 和 MCCH 的 RLC 操作在 TS 36.300 第 15.3.3 節中說明。

(5) RRC 層

RRC 層僅支援：

- 在專用於 MBMS 傳輸的細胞中的系統資訊接收(見的 TS 36.331 第 5.2 節)；
- 在專用於 MBMS 傳輸的細胞和 FeMBMS / Unicast-mixed cell 中的 MBMS 接收(見 TS 36.331 第 5.8 節)。

對於系統資訊接收，以下適用：

- 只有 BCCH-BCH-Message-MBMS 和 BCCH-DL-SCH-Message-MBMS 支援資訊類；
- 系統資訊資訊的獲取是根據 TS 36.331 第 5.2.3b 節。

對於 MBMS 接收，以下適用：

- 不支援 MBMS 計數程序和 MBMS 偏好指示(interest indication)程序。

5、 純接收模式方面

由於純接收模式設備不支援上行傳輸或雙向訊令程序，也不包含 USIM，因此無法支援傳統用戶設備的所有實體層程序。出於同樣的原因，將僅支援適用於傳統用戶設備的閒置模式程序和無線資源管理(Radio Resource Management, RRM)要求的子集。以下各節概述了適用於純接收模式設備的實體層和閒置模式程序以及 RRM 要求。

(1) 實體層程序

純接收模式設備僅支援 TS 36.213 中規定的以下實體層程序：

- cell 搜索；
- 時間同步；
- PDSCH 程序；
- PDCCH 分配程序；

- PMCH 程序；和
- 專用於 MBMS 傳輸的細胞與實體通道無關的假設。

(2) 閒置模式程序

純接收模式設備僅支援 TS 36.304 中規定的以下閒置模式程序：

- cell 選擇；和
- cell 重選。

用於 cell 重選的 PLMN 優先順序在 TS 36.304 第 5.2.4.1 節中指定。

註：NAS 層 PLMN 選擇不適用於純接收模式設備。TS 24.116 中規定了純接收模式設備的 PLMN 選擇。

純接收模式設備不支援不連續接收(Discontinuous Reception, DRX)。

(3) RRM 要求

純接收模式設備僅支援 TS 36.133 中規定的以下要求：

- cell 選擇；和
- cell 重選，除了：
- 互通無線接取技術(Inter Radio Access Technology, IRAT)重選；
- 尋呼相關(paging-related)的要求；和
- 封閉用戶群組(Closed Subscriber Group, CSG)細胞相關的要求。

二、 技術研究與演進

ITU 與 3GPP 訂定了 FeMBMS 的願景與標準，全球不論是晶片商、製造商與電信商皆遵循 3GPP 的技術規格，因此各國的技術研究與演進相同，本研究將針對技術部分說明，不另行分國家描述。

(一) 5G 廣播基本特性

3GPP 規範逐漸演進以符合的用例和要求，以支援線性電視和無線電服務的

廣播。在 TR 23 746 中，確定了與將 MBMS 用於廣播服務相關的一組重要關鍵問題，這些問題隨後在 3GPP Rel-14 規範中得到解決：

- 3GPP 支援 FTA 服務。
- 對沒有 MNO 廣播訂閱的用戶設備的僅廣播服務。
- 支援共用 eMBMS 功能。
- 內容、MBMS 服務和 MBMS 傳輸功能的拆裝。
- 向協力廠商揭露 eMBMS 服務和傳輸能力。

除了服務層增強之外，在 3GPP Rel-14 中，基於 LTE 的 eMBMS 服務的用例和情境已經擴展到包括地面廣播(該特性也稱為“EnTV”)。這包括新的要求：

- 透過 eMBMS 進行專用於電視廣播的網路。
- ISD 的單頻網路(SFN)部署明顯大於與典型 ISD 相關的典型蜂巢部署。
- 支援純接收模式(ROM)的服務和設備。

隨著 5G 從 Rel-15 開始發展，3GPP 在 ETSI TS 122 261 中制定了對系統和無線接取技術(RAT)的要求，作為 5G 初始版本的一部分(即 Rel-15)。特別是，廣播在 ETSI TS 122 261 的第 6.13 節中得到解決。雖然這些要求適用於彈性的廣播/群播系統，但只有一部分要求適用於廣播線性電視和聲音廣播服務，尤其是 5G 專用廣播網路的那些要求。

多個 3GPP 規範已在多個版本中進行了擴展或新開發，以滿足 5G 專用廣播網路的用例和要求。雖然預計 3GPP 將在未來版本中繼續滿足 ETSI TS 122 261 subclause 6.13 中對彈性廣播/群播系統的所有要求，但隨著 Rel-16 的完成，提供了一套全面的 3GPP 規範，可滿足 5G 廣播系統的用例和要求。

本章節總結了用於載運線性電視和聲音廣播服務的 5G 廣播系統的基本特性，並將這些特性記錄為 3GPP 規範的子節的執行設定檔，以解決這些特性。

本章節定義了基於 MBMS 不斷演進的 5G 廣播系統，以符合對於線性電視和無線廣播服務的專用廣播系統的用例和要求，稱為基於 LTE 的 5G 廣播系統。

在本章節，術語“5G 廣播”與“基於 LTE 的 5G 廣播”視同義使用。

(二) 基於 LTE 的 5G 廣播系統

1、 架構

圖 3-73 描述了本規範中定義的基於 LTE 的 5G 廣播系統的參考架構。該架構是僅用於 E-UTRAN 的演進式封包系統(Evolved Packet System, EPS)架構的簡化版本，如 ETSI TS 123 246 中所定義。

圖 3-73 中還提供了 本章節中定義的這種簡化架構和 5G 廣播系統的參考點(reference point)。以下是對關鍵方面的要求：

(1) 5G 廣播發射機的參考點包括：

a) 對於 5G 廣播的北向網路 API，本章節中指定了在 ETSI TS 126 348 和 ETSI TS 129 116 中定義的 xMB 設定檔(profile)。

b) 對於 5G 廣播的用戶服務，本章節中指定了在 ETSI TS 123 246 和 ETSI TS 126 346 中定義的 MBMS User Service 的設定檔。

c) 對於 5G 廣播的 RAN，本章節中指定了在 ETSI TS 36 300、ETSI TS 36 211 和 ETSI TS 36 331 中定義的 E-UTRAN Uu 設定檔。

(2) 5G 廣播接收機包括：

a) 對於 5G 廣播的用戶服務，本章節中指定了在 ETSI TS 123 246 和 ETSI TS 126 346 中定義的 MBMS User Service 的設定檔。

b) 對於 5G 廣播的 RAN，本章節中指定了在 ETSI TS 36 300、ETSI TS 36 211 和 ETSI TS 36 331 中定義的 E-UTRAN Uu 設定檔。

c) 對於 5G 廣播的用戶端 API，本章節中指定了在 ETSI TS 123 347 中定義的 MBMS-API 的設定檔。

(3) 5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式用於使用 5G 廣播系統。

本章節-參考點和協定提供了參考點的詳細資訊。本章節-基於 LTE 5G 廣播的發射機要求-提供了 5G 廣播發射機的要求，本章節-基於 LTE 5G 廣播的接收機要求-提供了 5G 廣播接收機的要求。

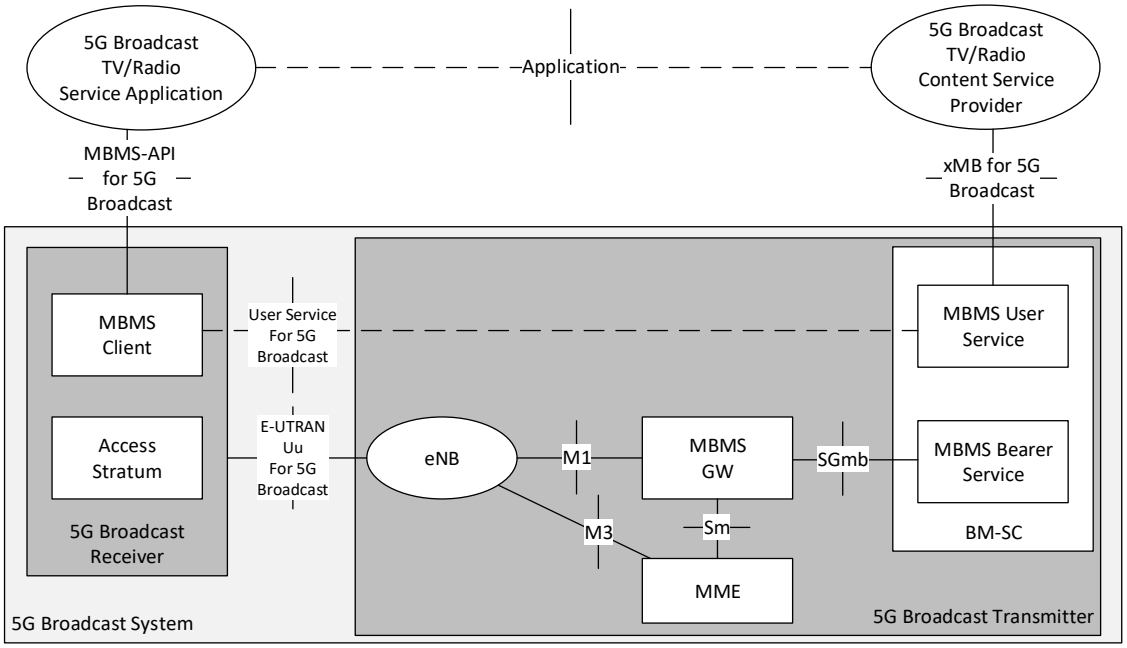


圖 3-74、基於 LTE 的 5G 廣播實例，使用於線性電視和聲音廣播服務的 5G 廣播系統參考架構

資料來源：ETSI TS103.720

注意：這以下參考點僅適用於 E-UTRAN MBMS 廣播模式(不使用 ETSI TS 136 300 中定義的 MBMS 服務計數程序)。

M1：MBMS GW 和 E-UTRAN/UTRAN 之間的參考點用於 MBMS 資料傳遞。在此介面上使用 IP 群播將用戶平面的協定資料單元(PDU)從 MBMS GW 轉發到 E-UTRAN 中的 eNodeB。

M3：MME 和 E-UTRAN 之間控制平面的參考點。

Sgimb：廣播/群播服務中心(Broadcast/Multicast Service Centre, BM-SC)和 MBMS GW 之間的用戶平面的參考點。

SGmb：BM-SC 和 MBMS GW 之間控制平面的參考點。

xMB：TV/Radio 內容服務的內容和 BM-SC 之間的參考點。

MBMS-API：MBMS 用戶端和 5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式之間的參考點。

Application：5G 廣播 TV/Radio 內容服務供應商和 5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式之間的端到端邏輯關係。

協定假設：

- Sm 參考點是 ETSI TS 129 274 中定義的 GTPv2-C。
- M1 參考點是 ETSI TS 129 281 中定義的 GTPv1-U。

在基於 LTE 的 5G 廣播系統的典型部署中，eNodeB、MBMS GW、MME 和 BM-SC 等功能可以被整合到單一實體設備中，以管理 5G 廣播系統營運商的所有 5G 廣播服務。在這情況下，只有一組限定的介面是相關的，即：M1、M3、xMB 和 Uu。MBMS-API 和 Application 介面適用於用戶設備方面。

2、 5G 廣播服務

本章節中定義的基於 LTE 的 5G 廣播使用 ETSI TS 123 246 中定義的 MBMS User Service 以及本規範中的限制和要求來產生 5G 廣播服務實例，以便載運線性電視和聲音廣播服務。MBMS User Service 由暫時行動群組識別(TMGI)做唯一識別。

特別是，5G 廣播服務是一種 MBMS 服務，它也是 ETSI TS 124 116 第 6 節中定義的“廣播電視服務”。“廣播電視服務”唯一被標識為載波頻率及最低五位元的十六進制 MBMS 服務 ID 的組合。有關詳細資訊，請參閱本章節-5G 廣播服務的 TMGI 管理。

5G 廣播服務可能在 PLMN 中可使用。在本文中所定義的 5G 廣播服務為提供和設置網路，MBMS 用戶服務應使用為純接收模式所保留的 TMGI 範圍中的 TMGI，如本章節-搜尋 5G 廣播服務-中所定義。

(1) 服務類型

以下定義 5G 廣播服務的類型：

a) 5G 廣播 SA 服務：提供服務宣告(Service Announcement, SA)的 5G 廣播服

務，起源於 5G BM-SC(或在 5G 廣播發射機)並終止在 MBMS 用戶端(或在 5G 廣播接收機)。

b) 5G 廣播用戶服務：提供用戶資料的 5G 廣播服務，例如線性電視或聲音廣播服務。用戶服務起源於內容供應商並終止於應用程式。基於 MBMS User Service 可用的傳遞模式，本章節定義了以下用戶服務類型：

i) UDP 代理，由 Transport-only Proxy Delivery Mode 支援。

ii) IP 資料封包路由，由 Transport-only Forward-only Delivery Mode 支援。

iii) 檔案傳送，由下載傳遞模式和非即時檔案傳遞支援，為了傳遞檔案，以按時序或輪詢。

iv) 分段串流，由下載傳遞模式和即時分段傳遞支援，為了傳遞分段串流服務，如 HTTP 動態自適性串流(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP, DASH)、HTTP 即時串流(HTTP Live Streaming, HLS)和混合 DASH/HLS。

例如，圖 3-75 說明在內容供應商伺服器和用戶設備的應用層端點之間的端到端服務資料傳遞，一種傳遞模式，即用戶資料包通訊協定(User Datagram Protocol, UDP)代理用戶服務。在這種情況下，IP 群播封包在 BM-SC 和 MBMS 用戶端之間流動。

注意：圖 3-75 中的透明傳遞是指最左側和最右側垂直虛線之間的 App 和 UDP 流動，即 UDP payload 透明地通過系統傳遞。

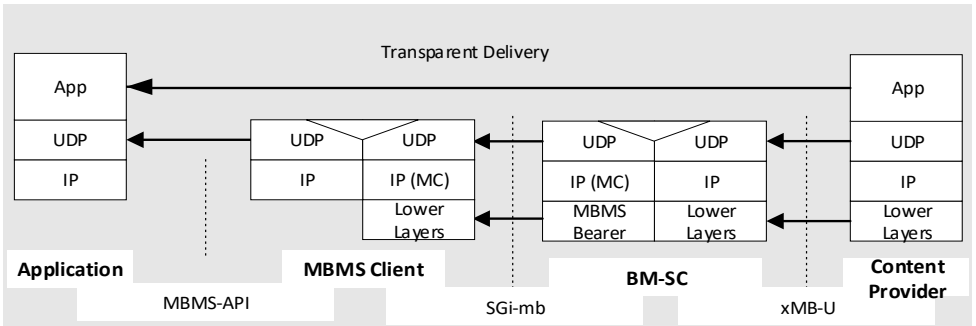


圖 3-75、使用 UDP 代理用戶服務的端到端 IP 群播

資料來源：ETSI TS103.720

(2) 服務提供、設置和選擇

應至少一項 5G 廣播服務宣告服務(5G Broadcast SA Service)中宣告 5G 廣播用戶服務。特別是 5G 廣播服務宣告(SA)服務中為幫助搜尋 5G 廣播服務，5G 廣播接收機設備可以另外提供明確的電視服務設置管理物件，如 ETSI TS 124 116 第 6.1 節中所規定。本章節參定 ETSI TS 124 117 的第 5.10 節中定義的電視服務設置管理物件的使用以及透過 MBMS-API 設置服務搜尋供應的能力。

電視服務設置管理物件包含載運 5G 廣播服務宣告服務的 PLMN 清單。對於清單的每個項目應提供以下資訊：

a) 設定適用於 PLMN 的 PLMN ID；PLMN ID 的格式在 ETSI TS 123 003 中指定。

b) 5G 廣播服務宣告(SA)服務可用的 RAN 資訊，以協助 PLMN 搜索，主要 E-UTRA 絕對射頻通道號(E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number, EARFCN)。這是 0-262143 範圍內的 32-bit 長無號整數(long unsigned integer)。EARFCN 的格式在 ETSI TS 136 101 的第 5.7.3 節中規定。

c) 提供 5G 廣播服務宣告(SA)服務的 TMGI 清單。TMGI 在 ETSI TS 123 003 中指定。有關 5G 廣播服務的 TMGI 格式的詳細資訊，請參閱本章節-5G 廣播服務的 TMGI 管理。

d) 提供 5G 廣播用戶服務的 TMGI 清單，以及 MBMS 用戶服務相關的用戶服務描述資訊。

為了接收 5G 廣播服務，接收機為廣播電視服務執行網路選擇，如 ETSI TS 124 116 第 5 節所述，並為 5G 廣播服務選擇 PLMN。第 5.11 節提供了有關搜尋服務的詳細資訊。

3、 操作模式

對於基於 LTE 的 5G 廣播系統，ETSI TS 123 246 第 5.4.3 節中定義的廣播模式應適用。MBMS 廣播服務提供的階段包括：

- 服務宣告(Service Announcement)。
- 會話開始(Session Start)。
- MBMS 通知(MBMS Notification)。
- 資料傳輸(Data Transfer)。
- 會話停止(Session Stop)。

此外，對於 5G 廣播服務的純接收模式(ROM)應使用 ETSI TS 123 246 中定義，詳見第 5.4.7 節。

(1) 服務宣告和搜尋

為了接取 5G 廣播服務，需要正確公佈該服務及其相關參數。MBMS User Service 宣告/搜尋機制允許接收機獲知可用的 MBMS User Service。服務宣告用於傳遞有關服務的資訊到 5G 廣播接收機、服務獲取所需的參數(例如，傳遞方法、QoS 報告、乘載和媒體資訊、IP 群播位址)以及可能的其他與服務相關的參數(例如傳遞時序、QoS 報告、檔案修復)。

基於 LTE 的 5G 廣播需要的用法以及支援 5G 廣播服務宣告(SA)服務，用於服務宣告。為此目的 5G 廣播服務宣告服務應使用 SACH 以及與 ETSI TS 124 116 中定義相對應的一組 TMGI 的保留範圍的值，用於服務宣告。

此外，電視服務設置管理物件可以如下使用：

- 電視服務設置管理物件可以預先設置並預儲存在 5G 廣播接收機中，例如由設備製造商或行動網路營運商使用營運商設定；或者
- 內容供應商可以使用專屬應用程式指定的方式提供電視服務設置管理物件(在 ETSI TS 124 117 中定義)資料，然後經由 MBMS-API。例如，可以經由單播通訊來提供管理物件，如果接收機還包含有 5G 單播能力。

(2) 會話開始

會話開始(Session Start)是在 BM-SC 預備好傳送資料的點。詳細資訊，請參閱 ETSI TS 123 246，第 4.4.3.2 節。

(3) MBMS 通知

向用戶設備通知即將到來的(以及可能正在進行的)MBMS 廣播資料傳輸，參見 ETSI TS 123 246，第 4.4.3.3 節。

(4) 資料傳輸

這是 MBMS 資料傳輸到用戶設備的階段，參見 ETSI TS 123 246，第 4.4.3.4 節。

(5) 會話停止

這是 MBMS 用戶服務確定在某個時間段內沒有更多資料要發送的點—該時間段足夠長以證明移除與該服務相關的承載資源是合理的。在 Session Stop，承載資源被釋放，參見 ETSI TS 123 246，第 4.4.3.5 節。

(6) 會話更新

會話更新(Session Update)是與 ETSI TS 123 246 第 4.4.3.6 節一致，但適用以下限制：

a) 會話更新用於更新正在進行的 MBMS 廣播會話的特定參數。唯一可以更新的參數是 MBMS Service Area。

b) 不支援由 QoS(僅 ARP 參數)導致的會話更新。

(7) 純接收模式 (Receive-Only Mode)

基於 LTE 的 5G 廣播服務應為純接收模式(ROM)，即它們企圖在純接收模式中操作 5G 廣播接收機中的消費。

根據 ETSI TS 123 246，純接收模式被定義為用戶設備設置的選項，允許用戶設備接收 eMBMS 廣播服務，而無需向提供 eMBMS 服務的 PLMN 接取

及註冊。設置為在純接收模式中操作的用戶設備僅在標準化的 TMGI 值範圍內接收 MBMS 服務。用戶設備使用獲取的系統資訊接收 MBMS 廣播。使用純接收模式的用戶設備不需要 USIM。

因此，對於純接收模式服務的基於 LTE 的 5G 廣播服務應限制於 TMGI 值範圍。

用戶設備在純接收模式中的詳細程序在 ETSI TS 123 246、附件 E 以及 ETSI TS 124 116 中定義。

4、 參考點和協定

根據圖 3-73，本節定義了基於 LTE 的 5G 廣播系統實例的參考點和協定，即：

- 對於 5G 廣播的北向網路 API，本章節-5G 廣播的 xMB 設定檔定義 xMB 的設定檔。
- 對於 5G 廣播的用戶服務，本章節- MBMS User Service 設定檔定義 MBMS User Service 的設定檔；
- 對於 5G 廣播的 RAN，本章節- 5G 廣播的 E-UTRAN Uu 設定檔定義 E-UTRAN Uu 和 EnTV 的設定檔；
- 對於 5G 廣播的用戶端 API，本章節- 5G 廣播的用戶端 API 設定檔定義 MBMS-API 的設定檔；

(1) 5G 廣播的 xMB 設定檔

ETSI TS 126 348 和 ETSI TS 129 116 中定義了參考點 xMB 的 MBMS 之應用程式介面(API)。

xMB 參考點為內容供應商提供了以下能力：

- BM-SC 認證和授權。
- 創造、修改和終止服務。

- 創造、修改和終止會話。
- 查詢資訊。
- 將內容傳遞給 BM-SC。

xMB 參考點為 BM-SC 提供了以下能力：

- 內容供應商認證和授權。
- 將 MBMS User Service 使用狀態通知給內容供應商。
- 從內容供應商檢索內容。

對於 5G 廣播服務，在 xMB 上應支援的以下程序：

a) ETSI TS 126 348 第 5.2 節中定義的認證和授權。

b) ETSI TS 126 348 第 5.3 節中定義的服務管理程序，並具有以下附加注意事項：

i) 所有服務管理程序都適用，即

- ETSI TS 126 348 第 5.3.2 節中定義的創造服務(Creat Service)，
- ETSI TS 126 348 第 5.3.3 節中定義的獲取服務程序(Get Service Procedure)，
- ETSI TS 126 348 第 5.3.4 節中定義的更新服務程序(Update Service Procedure)，
- ETSI TS 126 348 第 5.3.5 節中定義的終止服務程序(Terminate Service Procedure)。

ii) ETSI TS 126 348 第 5.3.6 節中定義的服務通知(Service Notivications)適用。

iii) ETSI TS 126 348 第 5.3.7 節的表 5.3-1 中定義的服務屬性(Service Properties)，以下限制適用：

- 純接收模式(Receive-Only Mode)屬性應設定為“true”，

- 消費報告(Consumption Reporting)應設定為“false”，
- 服務宣告模式屬性(Service Announcement Mode property)應設定為“SACH”。

c) ETSI TS 126 348 第 5.4 節中定義的會話管理程序(Session Management Procedures)具有以下附加限制：

i) 所有會話管理程序都適用，即

- ETSI TS 126 348 第 5.4.2 節中定義的創造會話(Create Session)，
- ETSI TS 126 348 第 5.4.3 節中定義的獲取會話程序(Get Session Procedure)，
- 如 ETSI TS 126 348 第 5.4.4 節中定義的更新會話程序，
- ETSI TS 126 348 第 5.4.5 節定義的終止會話程序(Update Session Procedure)，

ii) ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4.-1 中定義的會話屬性(Session Properties)，以下限制適用：

- 不得使用最大延遲(Max Delay)參數。
- 不應使用 QoE 報告參數。
- Session Type 參數應設定為以下模式之一：
  - 檔案，
  - 應用程式，
  - 傳輸模式
- 不得使用表頭壓縮。

iii) ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4-2 中定義的傳輸模式(Transport-Mode)的附加會話屬性(Session Properties)，以下限制適用：

- “Delivery Mode Configuration for User Plane”屬性設定為代理(Proxy)或純轉發(Forward-Only)。

- “Session Description Parameters for User Plane”屬性：
  - Type：應設置為’embedded’。
  - Access URL：是 SDP 檔的 URL，描述與 BM-SC 嵌入會話(BM-SC ingest session)相關的群播串流。
  - 用戶平面參數根據服務宣告模式(Service Announcement Mode)設定如下：
  - 如果“Delivery Mode Configuration for user plane”設定為 Forward Only：User Plane Parameters 應包含完整的會話描述(Session Description)和單個 xMB-U 接收 UDP 埠。該埠被 BM-SC 使用用於通過 SACH 傳送服務宣告。對於資訊的使用，參見 ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4-2。
  - 如果“Delivery Mode Configuration for user plane”設定為 Proxy：User Plane Parameters 應包含會話描述範本和要在已建立 MBMS 乘載的會話上轉發的傳輸 UDP 流的清單。對於會話描述資訊的使用，參見 ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4-2。
- 不應使用傳遞會話描述參數(Delivery Session Description Parameters)。

iv) ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4-4 中定義的應用程式的附加會話屬性(Session Properties)，所有參數都可以在以下限制使用：

- 應用服務描述應設定為應用服務的多用途網際網路郵件擴展(Multipurpose Internet Mail Extensions, MIME)內容類型，即 DASH 的’application/ dash+xml’或 HLS 的’application/vnd.apple.mpegurl’。
- 可能存在替代應用服務描述(Alternative Application Service Description)，對於 DASH 是’application/dash+xml’，對於 HLS 是’application/vnd.apple.mpegurl’。

v) ETSI TS 126 348 第 5.4.6 節的表 5.4-5 中定義對檔案的附加會話屬性，

可以使用所有參數，但以下限制適用：

- 可以存在 SA 檔案的 URL 支援透過內容供應商的模式支援服務宣告。

d) ETSI TS 126 348 第 5.5 節中定義的用戶平面程序具有以下附加注意事項：

i) ETSI TS 126 348 第 5.5.2 節中定義的檔案傳遞。

ii) ETSI TS 126 348 第 5.5.4 節中定義的傳輸會話。

iii) ETSI TS 126 348 第 5.5.5 節的表 5.5-1 中定義的內容供應商接收通知消息，具有以下限制：

- 不得使用消息級別(Message Class) “Information”。
- 對於消息級別“Session”，應只使用訊息名稱”SessionStateChange”。

ETSI TS 126 348 的附件 A 中提供會話參數的設定和協定堆疊。

(2) MBMS 用戶服務設定檔

MBMS 用戶服務協定和編解碼器記錄在 ETSI TS 126 346 中，此規範中定義了 BM-SC(MBMS 用戶服務的起源)和 MBMS 用戶端之間的參考點。只有一部分 MBMS 用戶服務協定和功能可適用於 5G 廣播服務。

基於 LTE 的 5G 廣播服務的用戶服務描述(User Service Description, USD)應包括至少一項 5G 廣播接收機的能力，如本章節-5G 廣播接收機類別-表 3-31 中所定義。這些能力在 ETSI TS 126 346 第 11.9 節中說明。

為了支援 5G 廣播 SA 和用戶服務，在 ETSI TS 126 346 的附件 L 中定義 MBMS 用戶服務的 MBMS 設定檔。

對於服務宣告，ETSI TS 126 346 第 L.3 節中記錄的 MBMS User Service Discovery/Announcement Profile 1b 應適用於以下限制：

- 相關傳遞程序文件(Associated Delivery Procedure Document, ADPD)片段

可能不存在。如果存在，如果 MBMS 用戶端不支援單播連接，它可能會被 5G 廣播接收機中的 MBMS 用戶端忽略。對於一些部署選項，請參閱本章節-混合單播-廣播服務。

- 用戶服務描述(USD)應包括 Rel-15：ROMSvcRfParams 子元素和訊號 EARFCN，用於子載波間隔和頻寬。根據 ETSI TS 126 346，子載波間隔的值應限制為以下以 kHz 為單位的數值之一：0.37、1.25、2.5、7.5 或 15。頻寬的值應限制為以下以 MHz 為單位的數值之一：1.4、3、5、10、15 和 20。
- 服務宣告應包括在 ETSI TS 126 346 第 11.9 節中定義的所需能力'23'。

對於檔案傳遞或分段流用戶服務，ETSI TS 126 346 第 L.4 節中記錄 MBMS 下載的設定檔應適用於以下限制：

- 第 L.4.6 節中定義的通過單向傳輸檔案傳遞會話(File Delivery over Unidirectional Transport Sessions, FLUTE Sessions)的 RTSP 控制不應被使用。

對於 UDP 代理用戶服務，ETSI TS 126 346 第 8B 節中定義的透明傳輸方法(Transparent Delivery Method)應適用於以下限制：

- MBMS 透明傳遞會話應僅僅地在代理模式下操作，其中 ETSI TS 126 346 第 8B.2 和 8B.3 節中描述的傳輸協定和會話描述應適用：
  - 不應使用 transport framing protocol。
  - 用戶平面的 Delivery Mode Configuration 應設置為代理(Proxy)。
  - 不應使用 ETSI TS 126 346 第 8B.4 節中定義的 ROHC。
  - 不應使用 ETSI TS 126 346 第 8B.5 節中定義的 FEC。

對於 IP 封包路由用戶服務，ETSI TS 126 346 的第 8B 節中定義的透明傳輸方法應適用於以下限制：

- MBMS 透明傳輸會話應僅僅地在純轉發模式(Forward-only mode)下操

作。

- IP 以上的傳輸協定對 MBMS 系統是不透明的。

(3) 5G 廣播的 E-UTRAN Uu 設定檔

5G 廣播的 E-UTRAN Uu 依賴於兩個主要原則：

a) 僅包含專用於 MBMS 傳輸的細胞作為發射機的無線網路；專用於 MBMS 傳輸的細胞僅支援 MBMS 傳輸，不支援上行傳輸。

b) 純接收模式設備作為接收機；純接收模式設備僅支援純接收模式服務。純接收模式服務使用保留的 TMGI 值之一；

在第 3.2.3.3.2 第 3.2.3.4 節中定義 5G 廣播的 E-UTRAN Uu 參考點的詳細資訊。

(4) 5G 廣播的用戶端 API

對於 5G 廣播用戶端 API，MBMS 應用程式介面(MBMS-API)在 ETSI TS 126 347 中指定，並定義了 MBMS 用戶端和 MBMS-Aware 應用程式之間的應用程式服務介面。

對於 5G 廣播服務，以下 MBMS-API 應適用：

a) 對於檔傳遞用戶服務：

i) ETSI TS 126 347 第 4.3.2 節規定的檔案傳遞應用用戶服務應適用。

ii) ETSI TS 126 347 第 6.2 節規定的檔案傳遞應用服務 API 應適用。

iii) 應使用 ETSI TS 126 347 第 7.2 節中規定的檔複製介面或 ETSI TS 126 347 第 7.3 節中定義的 HTTP 介面。

b) 對於分段流式用戶服務：

i) ETSI TS 126 347 第 4.3.3 節規定的媒體應用用戶服務應適用。

ii) ETSI TS 126 347 第 6.3 節規定的媒體串流服務 API 應適用。

iii) 應使用 ETSI TS 126 347 第 7.4 節中規定的 DASH 特定介面或 ETSI TS 126 347 第 7.6 節中的 HLS 特定介面。

c) 對於 UDP 代理及 IP 封包路由用戶服務：

i) ETSI TS 126 347 第 4.3.5 節規定的 MBMS 透明用戶服務應適用。

ii) ETSI TS 126 347 第 6.4 節規定的 MBMS 資料封包傳送服務 API 應適用以下限制：

- serviceType 應設置為 TRANSPARENT-ROM。

iii) 使用在 ETSI TS 126 347 第 7.6 節中指定的封包資料介面。

d) 改進服務宣告可經由以下任一方式獲得支援：

i) 應用程式使用相關的 MBMS-API 向 MBMS Client 提供服務宣告檔案，在 ETSI TS 126 347 第 6.2.3.22 節中指定服務宣告檔案。

ii) 通過電視服務設置管理物件的使用傳送到 MBMS Client，如 ETSI TS 124 117 中所定義。詳見本章節-電視服務設置管理物件。

5、 5G 廣播程序

基於 LTE 的 5G 廣播應支援 ETSI TS 123 246 中規定的以下 MBMS 程序：

(1) EPS 的 E-UTRAN 和 UTRAN 的 MBMS 會話開始程序。

(2) EPS 的 E-UTRAN 和 UTRAN 的 MBMS 會話停止程序。

(3) MBMS 廣播服務啟用。

(4) MBMS 廣播服務停用。

(5) BM-SC 為 EPS 的 E-UTRAN 和 UTRAN 發起會話更新。

6、 安全

對於 5G 廣播，以下安全注意事項適用：

(1) 純接收模式設備不支援訊令程序，包括向 PLMN 註冊。

(2) 純接收模式設備沒有配備 USIM。因此，不支援帶有 PLMN 的安全程序。

如果 5G 廣播需要安全性，則必須使用應用層程序來執行。

7、 收費

對於 5G 廣播，以下收費注意事項適用：

(1) 純接收模式設備不支援訊令程序，包括向 PLMN 註冊。

(2) 純接收模式設備沒有配備 USIM。因此，不支援 PLMN 計費。

如果 5G 廣播需要計費，可以使用應用層程序來執行計費。

8、 漫遊

漫遊不適用。

9、 電視服務設置管理物件

如果應用程式進一步支援經由 MBMS-API 與 MBMS 用戶端通訊的服務宣告，則可以經由應用程式向 MBMS 用戶端提供從電視服務設置管理物件(TV Service Configuration MO)獲得的相關資訊來執行 5G 廣播接收機的接收機設置程序。

在 ETSI TS 124 117 中定義電視服務設置管理物件。當在 5G 廣播系統中使用此管理物件(Management Object, MO)時，以下限制適用：

(1) 管理物件識別元(MO identifier)應為：urn:oma:mo:ext-3gpp-tv-config:1.0

管理物件提供的資訊有關於與服務相關聯的 TMGI 及對每個服務的載波頻率。

注意：5G 廣播接收機還可以通過掃描對廣播電視服務所保留的 TMGI 範圍

來搜尋服務中的 PLMN 所提供的 5G 廣播服務。

10、 暫時行動群組識別(TMGI)

對 MBMS 通知的目的是使用暫時行動群組識別，以唯一辨識 MBMS 乘載服務。

BM-SC 為每個 MBMS 乘載服務分配一個全球唯一的 TMGI。TMGI 的結構在 ETSI TS 123 003 第 15.2 節中定義，但也呈現在圖 3-76 中。TMGI 是一種無線資源節約型 MBMS 乘載服務識別，相當於由 IP 群播目的群組位元址和 APN 所組成的 MBMS 乘載服務識別。

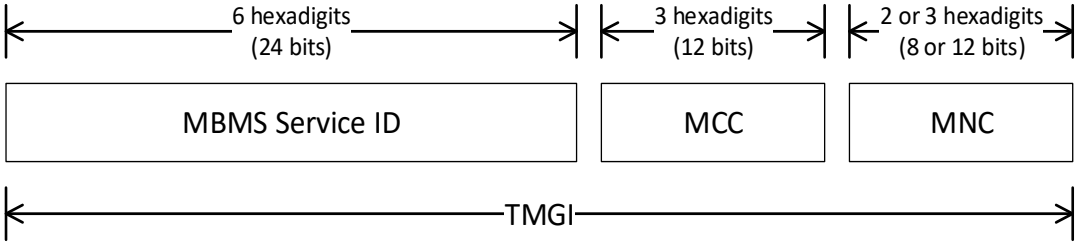


圖 3-76、暫時行動群組識別(TMGI)

資料來源：ETSI TS 103.720

一般來說，TMGI 由以下三部分組成：

第一部分：MBMS Service ID，由六個十六進位數位組成。MBMS 服務 ID 由 0x000000 和 0xFFFFFF 之間的 6 位元固定長度的十六進位數字組成。MBMS Service ID 唯一辨識在 PLMN 內的 MBMS 乘載服務。純接收模式(ROM)服務的 MBMS 服務 ID 架構在 ETSI TS 124 116 中定義。

第二部分：行動裝置國家代碼(Mobile Country Code, MCC)，由三個十六進位數位組成。MCC 唯一辨識 BM-SC 的居住國家，除了 MCC 值為 901 不做辨識任何國家以外，它是由 ITU 做全球分配。

第三部分：行動裝置網路代碼(Mobile Network Code, MNC)，由兩個或三個十六進位數字組成(取決於其國家編號計畫管理者分配給 PLMN)。MNC 辨識 BM-SC 所屬的 PLMN，除了 MCC 值為 901 時 MNC 值為 56 不做辨識任何 PLMN

以外。有關使用 TMGI 的更多資訊，請參閱 ETSI TS 123 246。

(1) 5G 廣播服務的 TMGI

基於 LTE 的 5G 廣播服務是純接收模式的服務以及廣播電視的服務。

根據 ETSI TS 124 116 的第 6.3 節，對於純接收模式下的 TMGI，MBMS 服務 ID 的第一個十六進位數字(即四個最高位元)用於表示服務類型。

基於此，對於基於 LTE 的 5G 廣播服務，實際服務的 TMGI 和服務宣告有兩種選擇：

a) 服務供應商可以使用具有全域分配的 PLMN ID 901 56 的 TMGI。對於 MBMS 服務 ID 的分配，請參見下文。

b) 服務供應商可以使用帶有非 901 56 的 PLMN ID 的 TMGI 來提供 5G 廣播服務。在這種情況下，分配正確的 MBMS 服務 ID 是服務供應商的責任。

另外，如 5G 廣播服務是純接收模式服務，服務類型需要設定為 0x0。這在 MBMS 服務 ID 中留下五個額外的數字(即 20 位)用於訊令廣播電視服務。

此外，對於基於 LTE 的 5G 廣播服務，以下內容適用：

i) MBMS 服務 ID 值 0x000000 到 0x00000F 僅用於與第 3.2.3.2.3 節和第 3.2.3.2.4.2 節中定義的 5G 廣播服務宣告(SA)服務相關的 TMGI；和

ii) MBMS 服務 ID 的其餘值用於與第 3.2.3.2.3 5.4 和 3.2.3.2.4.2 節中定義的 5G 廣播用戶服務相關的 TMGI。

(2) 5G 廣播服務的 TMGI 管理

如果 5G 廣播服務供應商擁有 PLMN ID 並根據本章節-5G 廣播服務的 TMGI 管理-在分配 PLMN ID 提供一可使用 5G 廣播服務的 TMGI，則由廣播網路營運商自行決定 5G 廣播服務的 TMGI 管理。作為 5G 廣播接收機並且還包括 SIM 卡的用戶設備可以搜尋此類服務，因為 PLMN ID 儲存在 SIM 卡上。

注意：5G 廣播接收機無法自動搜尋全域分配的 PLMN ID 之外的服務。5G 廣播服務供應商必須預先設定 5G 廣播接收機才能接取此類服務。

或者，5G 廣播服務供應商可以使用保留範圍中全球分配 PLMN ID 901 56 的 TMGI。但是，請注意 MBMS 服務 ID 不是全球唯一的，因為兩個服務供應商可能使用保留範圍內的相同 TMGI 用於不同的 5G 廣播服務。

在這種情況下，建議區域聯盟按照本章節-5G 廣播服務的 TMGI-中的規則為每個服務分配一個適當的 MBMS 服務 ID。

11、 搜尋 5G 廣播服務

為了搜尋所有可用的 5G 廣播服務，5G 廣播接收機應辨識所有載運 5G 廣播服務的 PLMN。

注意：PLMN 可以由本章節-服務提供、設置和選擇-中定義的 RAN 參數來辨識。

然後，對於每個被辨識出載運至少一個 5G 廣播服務的 PLMN，5G 廣播接收機在本章節-5G 廣播服務的 TMGI–中定義的相關 TMGI 範圍內應找到 5G 廣播服務宣告服務。

對於 5G 廣播服務宣告服務中宣佈的每項服務，5G 廣播接收機應根據 SA 服務宣告在本章節-5G 廣播服務的 TMGI 管理-中定義的相關 TMGI 範圍內找到 5G 廣播用戶服務。

為了支援搜索載運 5G 廣播服務的 PLMN：

(1) 5G 廣播接收機可以預先設定 PLMN 和相關的 RAN 參數。

(2) PLMN 資訊可以透過在電視管理物件資訊中的 SA 設定提供(見本章節-電視服務設置管理物件)。

(3) PLMN 資訊可以透過在應用程式中的 SA 設定提供，在這種情況下應用程式應透過 MBMS-API 將資訊提供給 5G 廣播接收機(見本章節-5G 廣播的

Client-API 設定檔)。

(4) 一旦搜尋 5G 廣播 SA 服務時，於接收 5G 廣播 SA 服務的 SA 資訊時，PLMN 資訊可以透過在用戶服務描述(USD)中的 SA 資訊提供。

然後 MBMS 用戶端將轉發 RAN 資訊(服務區域和射頻資訊)到較低協定層，並且希望用戶設備使用依據 TS 36 300 第 15.4 節以及 TS 36 304 和 TS 36 331 的這些資訊來接取載運 5G 廣播服務的 MBMS 乘載服務。

12、 RAN 設置選項

為了支援 5G 廣播系統的基本特性對於無線接取網路的兩個重要特性是：

(1) ISD 的單頻網路(SFN)部署明顯大於與典型 ISD 相關的典型蜂巢部署，以 ISD > 100 km 支援具有高增益屋頂指向性天線、低移動性和主可視距通道的接收機。

(2) 行動情境，包括高達 250 km/h 的速度，以支援汽車中的接收機，帶有外接全向性天線。

FeMBMS(如 Rel-16 中所定義)支援不同的參數集(從 15 kHz 到 0.37 kHz)，設計用於不同 ISD 和潛在高 Doppler spread 的操作。然而，並不是單一的 RAN 設置可以同時支援上述所有特性。提供了 FeMBMS 中可用的不同設置的概述：

(1) Rel-14 中定義的 eMBMS 支援用於典型蜂巢 ISD 和典型移動速度的一組初始參數集。

(2) 設置具有 1.25 kHz 子載波間隔在 Rel-14 中定義的原始 EnTV 比典型蜂巢網路對於更大的 ISD 在中低移動性下提供良好且平衡的效能。

(3) 在 FeMBMS 中引入了 0.37 kHz 子載波間隔的參數集，以支援長達 125 km 的大型 ISD 情境。此 RAN 設置專為來自中功率中塔(Medium Power Medium Tower, MPMT)發射機網站以及高功率高塔發射機的屋頂接收而量身定制。

(4) FeMBMS 中還引入了對行動和可攜式用戶設備高達 250 km/h 的高移動性的支援。為此，FeMBMS 支援具有 2.5 kHz 子載波間隔的參數集，以支援這種高移動性情境。

5G 廣播服務供應商可自行決定選擇適當的 RAN 設置，尤其是正確的參數集為其考慮的部署。

本章節允許使用 FeMBMS(即 3GPP Rel-16)中定義的任何子載波間隔，但另外指定了 5G 廣播接收機需要支援的子載波間隔子集。有關受支援 RAN 設置的接收機要求的詳細資訊，請參閱本章節-5G 廣播接收機類別。

13、 5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式的要求

5G 廣播系統營運商執行帶有 5G 廣播發射機的 5G 廣播系統，包括 5G 廣播接收機在內的設備使用。

TV/Radio 內容服務供應商執行提供線性電視和聲音廣播服務的前端，以及包含 5G 廣播接收機的設備上執行的應用程式。

本節記錄了 5G 廣播 TV/Radio 應用程式與基於 LTE 的 5G 廣播系統介接和使用以建立和使用 5G 廣播服務的要求。

(1) 服務供應

使用 5G 廣播系統的 5G 廣播 TV/Radio 內容服務供應商應支援本章節-5G 廣播的 xMB 設定檔中定義的所有相關服務供應和嵌入程序。

(2) 支援的內容格式

5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式可以使用本章節-5G 廣播服務-中定義的不同 5G 廣播用戶服務：

- UDP 代理。
- IP 封包路由。
- 檔案傳遞。

- 分段串流。

使用 5G 廣播服務的 5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式支援的用戶服務和內容格式應符合本章節-5G 廣播的 xMB 設定檔-中規定的 xMB APIs 任何內容。典型的內容格式是：

- 按時序傳遞單個檔案。
- 檔案輪詢，包括檔案更新。
- 基於 DASH 的串流。有關格式建議，請參閱 ETSI TS 126 346 的附件 K。
- 基於 HLS 的串流。
- 基於通用媒體申請格式(Common Media Application Format, CMAF)的混合 DASH/HLS 串流。
- IPTV 單播串流。
- IPTV 群播串流。
- 自我調整位元率(Adaptive Bit Rate, ABR)群播串流。

(3) 應用程式設計發展介面一致性

5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式應是支援 MBMS-API 應用程式設計發展介面的 MBMS-Aware 應用程式，如本章節-5G 廣播的 Client-API 設定檔所述。

(4) 基於應用程式的服務宣告

5G 廣播 TV/Radio 服務應用程式可以通過使用本章節-5G 廣播的用戶端 API 設定檔-節中描述的 MBMS-API 的應用程式介面向 5G 廣播接收機提供由 BM-SC 或電視服務設置管理物件 產生的服務宣告支援服務搜尋。

(三) 基於 LTE 的 5G 廣播發射機要求

本節規定了對本章節-基於 LTE 的 5G 廣播系統中定義的基於 LTE 的 5G 廣播系統的發射機的要求。該功能稱為 5G 廣播發射機。

1、 廣播/群播服務中心(BM-SC)

5G 廣播發射機應包括具有以下功能的 BM-SC 功能：

(1) 在 ETSI TS 126 348 中定義的 xMB 參考點上 MBMS 的北向應用程式介面 (Northbound API)，如本章節-5G 廣播的 xMB 設定檔-中描述的限制。

(2) MBMS 用戶服務介面如本章節-MBMS 用戶服務設定檔-中描述的限制。

(3) EPS MBMS 程序如本章節-5G 廣播程序-所定義。

2、 MBMS 閘道

5G 廣播發射機應包括 MBMS GW 功能。ETSI TS 123 246 中規定了 5G 廣播系統中 MBMS GW 的功能。

3、 E-UTRAN

5G 廣播發射機應包括 eNodeB 功能，該功能具有本節 3.2.3.3.3 其餘部分定義的所有功能。

(1) 專用於 MBMS 傳輸的細胞

5G 廣播發射機的 E-UTRAN 部分應僅由專用於 MBMS 傳輸的細胞所組成，如 ETSI TS 136 300 中所定義。

根據 TS 136 300，專用於 MBMS 傳輸的細胞僅僅支援(下行)MBMS 傳輸，不支援上行傳輸。專用於 MBMS 傳輸的細胞的 MBSFN 子訊框沒有控制區域，因此可以 100 %分配給 MBMS 使用。專用於 MBMS 傳輸的細胞的 Non-MBSFN 子訊框也稱為細胞採集子訊框(CAS)具有控制區域，用於傳輸：

- 系統採集訊號(PSS/SSS)；
- PDCCH；和
- PBCH 和 PDSCH 的系統資訊。

CAS 應以 40 ms 的週期傳輸並應使用 f = 15 kHz 的子訊框，該子訊框設定有 normal 或 extended。專用於 MBMS 傳輸的細胞的 PBCH 應使用與非專用

於 MBMS 傳輸的細胞的 PBCH 不同的加擾序列初始化，以防止不支援專用於 MBMS 傳輸的細胞的用戶設備駐留在其上。

(2) 架構、協定堆疊和 E-UTRAN 介面

5G 廣播系統的 E-UTRAN 架構應遵循 ETSI TS 136 300 第 15.1.1 節中的 MBMS 架構。

E-UTRAN 用戶平面和控制平面協定堆疊架構應分別遵循 ETSI TS 136 300 第 15.1.2 節和第 15.1.3 節中的描述。

E-UTRAN 介面應遵循 ETSI TS 136 300 第 15.1.1 節和 ETSI TS 136 440 中的描述，但 eNodeB 可能不支援 MBMS 服務計數程序(MBMS Service Counting procedure)。

(3) 訊框(frame)結構和參數集

以下適用於訊框結構和參數集：

- 應僅使用訊框結構 type 1
- 應支援 ETSI TS 136 211 中規定的所有參數集(numerologies)。對於除 0.370 kHz 以外所使用 f 的子訊框，訊框結構應符合圖 3-77。對於使用 f = 0.370 kHz 的傳輸，訊框結構如圖 3-78 所示。
- 實體資源元素(Physical resource elements)和實體資源區塊(physical resource blocks)應按照 TS 36 211 第 6.2 節和第 6.3 節的規定得到支援。

注意：CAS 是一個 non-MBSFN 子訊框，設定具有 15 kHz 的子載波間隔。

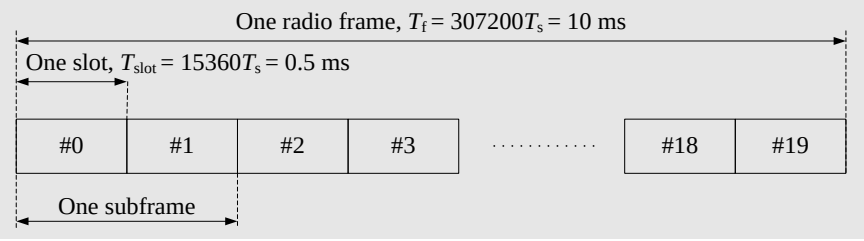


圖 3-77、不使用 f = 0.370 kHz 的子訊框的訊框結構 type 1

資料來源：ETSI TS 103.720

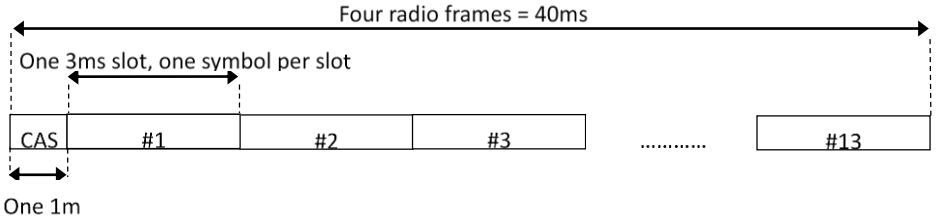


圖 3-78、使用 f = 0.370 kHz 傳輸的訊框結構 type 1

資料來源：ETSI TS 103.720

表 3-30 總結 PMCH 上 MBMS 傳輸所支援的參數集。理論上的均衡間隔(EI)是可以從導頻模式(pilot pattern)估算最大通道延遲擴展取得，它等於符元時間間隔(不包括 CP)除以兩個連續導頻(pilot tone)之間的頻率分隔(子載波數)。

表 3-30、支援 PMCH 上 MBMS 傳輸的參數集的總結

子載波間距	符元持續時間(不包括循環前綴)	循環前綴長度	相同子載波中導頻之間的時間間隔，以 OFDM 符號數表示	導頻之間的頻率間隔，以子載波數表示(去交錯後)
15 Hz	66.6 μs	16.6 μs	8 (見註)	1
7.5 Hz	133.3 μs	33.3 μs	4 (見註)	2
2.5 Hz	400 μs	100 μs	2	2
1.25 Hz	800 μs	200 μs	2	3
0.370 kHz	2700 μs	300 μs	2 或 4	3
註：對於 15 kHz 和 7.5 kHz 子載波間隔，這表示交錯之一的一個子訊框內的間隔。參見 ETSI TS 136 211 圖 6.10.2.2-1 和 6.10.2.2-3。				

資料來源：ETSI TS 103.720

(4) MBMS 傳輸

應根據 ETSI TS 136 300 第 15.3.3 節執行 MBMS 傳輸。

應根據第 15.3.5 節和第 5.8.1 節執行 MCCH 設置和時序，除了不支援 MBMS 服務計數程序。

應根據 TS 36 300 第 15.3.5 節和 TS 36 331 第 5.8.2 節執行 MCCH 資訊獲取，但僅支援 RRC_IDLE。

(5) 實體通道和訊號

E-UTRAN 應僅支援下行實體通道。ETSI TS 136 211 中規定了下行實體通道的一般結構。根據 ETSI TS 136 211 僅支援以下實體通道：

- PMCH；
- PDSCH；
- PBCH；
- PCFICH；
- PDCCH；
- CRS；
- MBSFN-RS；
- PSS；和
- SSS。

注意：基於 3GPP Rel-16 規範，對實體通道的強化，包括 PBCH 重複、在 MIB 中的 CFI 指示和 PDCCH AL16 在內的實體通道自然地得到支援。

(6) MAC 層

MAC 層訊號應與本章節-MAC 層-中定義的 5G 廣播接收機的要求相容。

(7) RLC 層

BCCH 應使用 RLC-TM 模式。

MTCH 和 MCCH 應使用 RLC-UM 模式。

MTCH 和 MCCH 的 RLC 操作應與 ETSI TS 136 300 第 15.3.3 節的描述使用。

(8) RRC 層

RRC 層應與本章節-RRC 層-中定義的 5G 廣播接收機的要求相容。

4、 系統資訊

5G 廣播發射機應執行系統資訊(SI)，如 ETSI TS 136 321 第 5.2 節的描述。

在專用於 MBMS 傳輸的細胞中，non-MBSFN 子訊框用於提供 MasterInformationBlock-MBMS(MIB-MBMS) 和 SystemInformationBlockType1-MBMS。除了 SystemInformationBlockType1-MBMS 之外的系統資訊區塊(System Information Block, SIB)載運在 SystemInformation-MBMS 訊息中，該訊息也在 non-MBSFN 子訊框上提供。具有符合 ETSI TS 136 321 的值的系統資訊無線網路暫時識別碼(System Information-Radio Network Temporary Identifier, SI-RNTI)用於確認所有 SI 訊息，而具有符合 TS 36 321 的值的 SI-RNTI 用於確認 SystemInformationBlockType1-MBMS。

MIB-MBMS 和 SIB1-MBMS 在四個連續的 CAS 中以 160 ms 的週期重複。還可以根據 MIB-MBMS 在附加的 non-MBSFN 子訊框中時序 SIB1-MBMS。SIB1 以外的 SIBs 在 SI 訊息中載運，其映射可由 SIB1 設置。

對於 MIB 的盲解碼(blind decoding)，有兩種下行控制資訊(Downlink Control Information, DCI)格式是相關的。通用搜尋空間用於專用於 MBMS 傳輸的細胞。DCI 格式 1A 用於設定為傳輸模式 9 或 10 的用戶設備，並且其迴圈冗餘校驗(Cyclic Redundancy Check, CRC)使用 SI-RNTI 進行加擾。SI-RNTI 值 0xFFFF 可用於專用於 MBMS 傳輸的載波(MBMS-dedicated carrier)。SI-RNTI 值 0xFFF9 僅用於專用於 MBMS 傳輸的載波。

DCI 格式 1C CRC 由 M-RNTI(Multicast RNTI)加擾以接收 MCCH、系統資訊改變通知和直接指示資訊。直接指示欄位僅在專用於 MBMS 傳輸的細胞或資源區塊(Resource Block)大於 15 的支援單播和 MBMS 傳輸的細胞中提供。注意調變編碼方案(Modulation and Coding Scheme, MCS)索引資訊僅在使用 DCI 格式 1C 時由更高的協定層提供。

SIB1-MBMS(System Information Block Type 1-MBMS)包含與接收 MBMS 服務相關的資訊，並定義了專用於 MBMS 傳輸的細胞上其他系統區塊的時序。

SIB2 在為 MBSFN 保留的子訊框上通知用戶設備。此外，SIB13 提供有關載運每個 MBSFN 區域的 MCCH 的子訊框和 MCS 的資訊。SIB13 在專用於 MBMS 傳輸的細胞中是選項。

MBMS 服務連續性的用戶設備能力可以使用 SIB15 來搜尋一已給定的服務相關的一個或多個 MBMS SAIs 的頻率。

PDCCH 上的 MCCH 資訊改變通知在 non-MBSFN 子訊框上週期性地傳送。這些 MCCH 資訊改變通知時機對設定所有的 MCCH 是通用的，並且可以通過參數進行設置，包括在 SystemInformationBlockType13：a repetition coefficient, a radio frame offset and a subframe index。

(四) 基於 LTE 的 5G 廣播接收機要求

本節提供了對本章節-基於 LTE 的 5G 廣播系統中介紹的基於 LTE 的 5G 廣播系統的接收機的要求。此功能稱為 5G 廣播接收機。

5G 廣播接收機應支援純接收模式(ROM)設備功能，並具有本節中定義的進一步限制。

例如，純接收模式設備支援 MBMS 傳輸但不支援上行傳輸。純接收模式設備可能沒有 USIM。因此，純接收模式設備不支援與網路的雙向訊令程序，包括連線建立程序和安全程序。純接收模式設備僅支援閒置模式。並非所有閒置模式程序都需要支援，如本章節-MBMS 閘道-所描述。

有關純接收模式設備的更多詳細資訊，請參閱本章節的-接取層- ETSI TS 136 300 第 15.11 節、ETSI TS 123 246 附件 D 和 ETSI TS 124 116 第 4 節。

作為執行方式，傳統的用戶設備，包括支援依據 ETSI TS 136 300 的支援單播和 MBMS 傳輸的細胞的用戶設備，可以被設定為作為純接收模式設備運作。

這種設定的方法超出了本規範的範圍。

作為執行方式，蜂巢設備可以託管純接收模式設備和能夠進行單播的傳統用戶設備。這種設備在 ETSI TS 123 246 附件 E 中有進一步描述，稱為具有非單播的純接收模式設備。共同託管的用戶設備連接到與服務於共同託管的純接收模式設備的專用於 MBMS 傳輸的細胞不同的 cell。如果共同託管的用戶設備和純接收模式設備共用基頻資源，共同託管的用戶設備可以使用 ETSI TS 136 331 中規定的 *MBMSInterestIndication* 訊令程序來通知服務 RAN 共同託管的純接收模式設備佔用的基頻資源，因此不可用於單播。

超出純接收模式設備要求的附加接收機要求記錄在本節中。

1、 接取層

由於純接收模式設備不支援上行傳輸或雙向訊令程序，也不包含 USIM，因此不能也不需要支援傳統用戶設備的所有實體層程序。出於同樣的原因，僅需要支援適用於傳統用戶設備的閒置模式程序和 RRM 要求的子集。

本節接取層的其餘部分提供了適用於純接收模式設備的實體層和閒置模式程序的要求，以及適用於 5G 廣播接收機的 RRM 要求。它還包括適用於 5G 廣播接收機的進一步限制。

(1) 實體層程序

5G 廣播接收機應支援 TS 36 213 中規定的以下實體層程序：

- 細胞搜尋；
- 時間同步；
- PDSCH 程序；
- PDCCH 分配程序；和
- PMCH 程序。

(2) 閒置模式程序

5G 廣播接收機應支援 TS 36 304 中規定的以下閒置模式程序：

- 細胞選擇；和
- 細胞重選。

應支援 TS 36 304 第 5.2.4.1 節中規定的細胞重選的 PLMN 優先順序，但以下情況除外：

- NAS 層 PLMN 選擇不適用於純接收模式設備。

需要支援 ETSI TS 124 116 中針對純接收模式設備指定的 PLMN 選擇 5G 廣播接收機。

注意： 純接收模式設備不支援 DRX。

(3) MAC 層

MAC 層 5G 廣播接收機應支援：

- BCCH 的 BCH 接收；
- BCCH 的 DL-SCH 接收；和
- MCCH/MTCH 的 MCH 接收。

5G 廣播接收機的 MAC 層中 BCH 接收和 DL-SCH 接收應依據 ETSI TS 136 321 使用透明 MAC，即每個 TTI 單個 MAC PDU 沒有表頭。HARQ 實體使用專用廣播 HARQ 處理，在 ETSI TS 136 321 中定義。

5G 廣播接收機的 MAC 層中的 MCH 接收在 ETSI TS 136 321 第 5.12 節和 ETSI TS 136 300 第 15.3.3 節規定。

(4) RLC 層

5G 廣播接收機的 RLC 層以下內容適用：

- BCCH 應支援 RLC-TM 模式。
- MTCH 和 MCCH 的 RLC 操作應依據 ETSI TS 136 300 第 15.3.3 節中

的描述使用。

(5) RRC 層

5G 廣播接收機的 RRC 層應支援：

- 在專用於 MBMS 傳輸的細胞中資訊接收系統包含 SIB 和 MIB(參見 TS36 331 第 5.2 節)；和
- 在專用於 MBMS 傳輸的細胞中的 MBMS 接收(參見 ETSI TS 136 331 第 5.8 節)。
- 對於系統資訊接收，以下應適用：
- 僅支援 *BCCH-BCH-Message-MBMS* 和 *BCCH-DL-SCH-Message-MBMS* 的訊息類別；
- 根據 ETSI TS 136 331 執行系統資訊訊息的獲取 ETSI TS 136 331 第 5.2.3b 節。

對於 MBMS 接收，以下適用：

- 可能不支援 MBMS 服務計數程序(MBMS Service Counting procedure)和 MBMS 偏好指示程序(MBMS interest indication procedure)。

(6) RRM 要求

5G 廣播接收機應支援 ETSI TS 136 133 中規定的以下要求：

- 細胞選擇；和
- 細胞重選，除了：
  - 互通無線接取技術重選；
  - 尋呼相關的要求；和
  - 細胞相關的要求。

(7) 解調要求

5G 廣播接收機應支援 ETSI TS 136 101 第 3.2.3.7 節中的解調要求。

2、 MBMS 用戶端

5G 廣播接收機的 MBMS 用戶應支援用戶設備在純接收模式下的行為，如 ETSI TS 123 246 的附件 E 所定義。

5G 廣播接收機應支援：

- 第 3.2.3.2.4.2 節限制的 MBMS 用戶服務。
- 第 3.2.3.2.4.4 節限制的 MBMS-API。
- 依據第 3.2.3.2.11 節搜尋 5G 廣播服務。

3、 頻譜和頻段

基於 LTE 的 5G 廣播支援的頻寬以 MHz 為單位為 1.4、3、5、10、15 和 20。

本章節的此版本不考慮額外的頻譜或頻段設置。

(五) 混合式單播/廣播服務

5G 廣播服務對支援單播連線沒有要求。但是，除了 5G 廣播服務之外，用戶設備還可以選擇支援單播。作為此類架構的一個範例，用戶設備可以包括非單播數據機和堆疊，如 ETSI TS 123 246，圖 E-1 中圖示。該圖在下面的圖 3-79 中進行了調整，範例中指出單播可以由 4G 或 5G 單播技術提供服務。

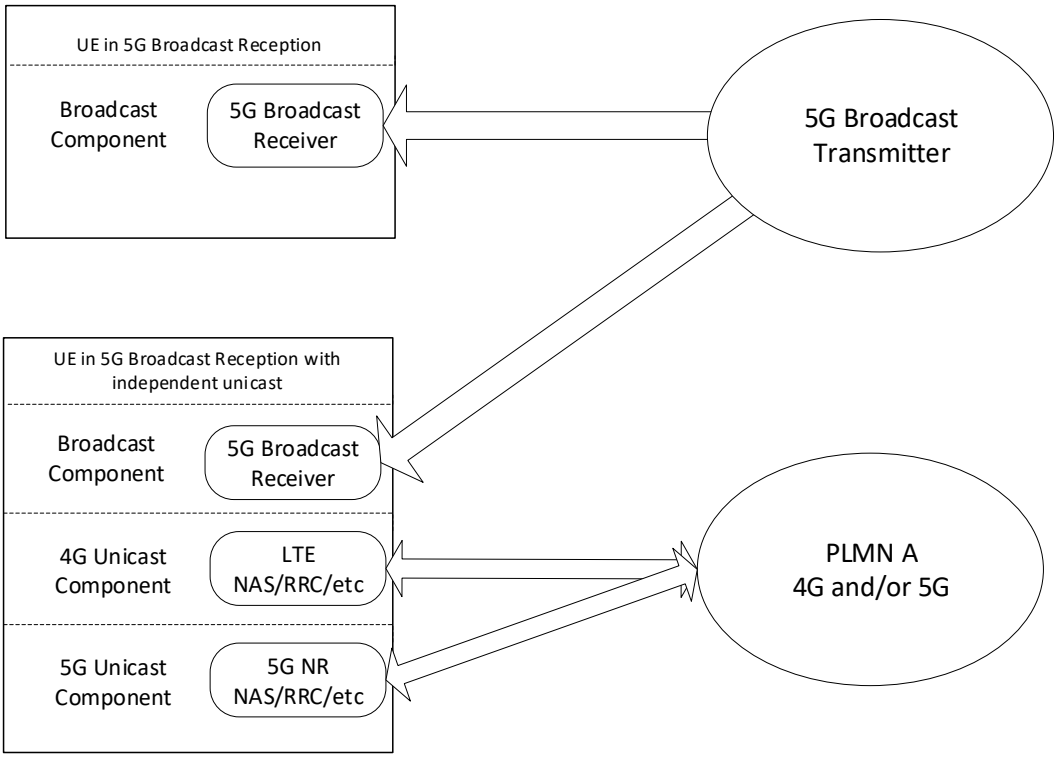


圖 3-79、在僅 5G 廣播接收模式和在 5G 廣播接收模式中非單播的用戶設備組件

資料來源：ETSI TS 103.720

1、 混合 5G 廣播操作

然而，也可以向支援單播的用戶設備提供更豐富的應用服務。如圖 3-80 所示。

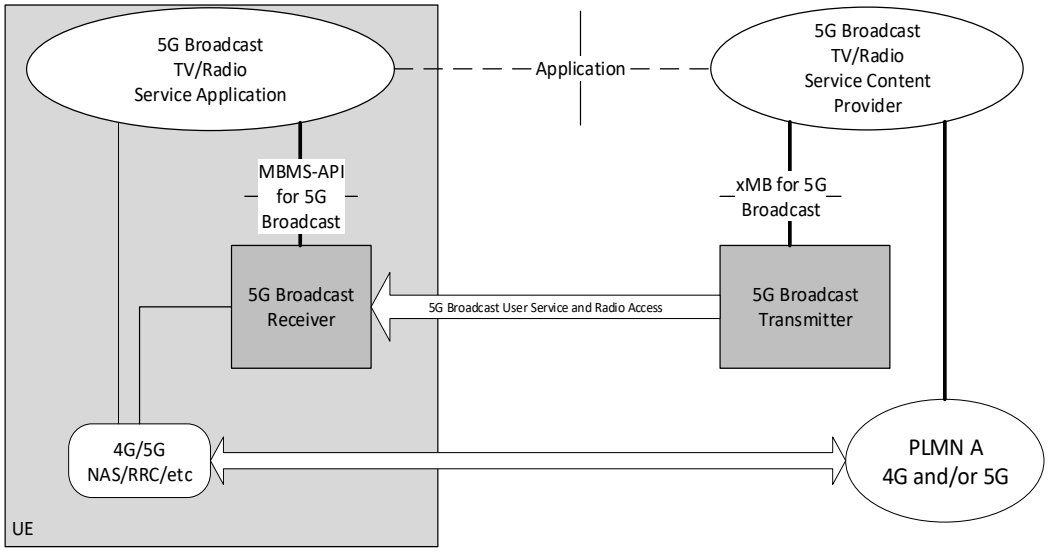


圖 3-80、同時使用 5G 廣播和單播的應用服務

資料來源：ETSI TS 103.720

在上述系統的一個具體實例中，內容供應商通過 xMB 提供檔案或分段串流內容也可用於單播檢索的資訊。有關詳細資訊，請參閱 ETSI TS 126 348。在這種情況下，5G 廣播發射機在用戶服務描述(USD)所提供相應的資訊，使用單播的 5G 廣播接收機可以能夠檢索單播元件。例如，這可以用於 DASH 或 HLS 中的檔案修復程序或服務連續性。

在其他具體實例中，5G 廣播 TV/Radio 應用程式本身利用單播來提供改善的服務。這方面的示例可以在 HbbTV 或 DVB-I 服務資訊的內文中。例如，這可以包括電子節目指南(Electronic Programming Guide, EPG)或電子服務指南(Electronic Service Guide, ESG)。

(六) 5G 廣播接收機類別

本章節定義了接收機類別為支援各種部署情境。

ETSI TS 126 346 中定義 MBMS 的特性使 BM-SC 能夠向用戶設備發送訊號通知 MBMS User Service 的消費所需的能力集。

MBMS 的特性具有相應 MBMS 特徵值的特性能力被記錄在表 3-31 中，及在本節 5G 廣播接收機類別的其餘部分中定義。

表 3-31、5G 廣播接收機類別的 MBMS 特徵值(Feature Values)

MBMS 特徵值(MBMS Feature Value)	服務能力(Service Capability)	參考
27	基於LTE 5G廣播的基地臺接收機可以接收的服務	第10.2節
28	基於LTE 5G廣播的主接收機可以接收的服務	第10.3節

資料來源：ETSI TS 103.720

1、 基於 LTE 5G 廣播的基本接收機

執行基於 LTE 5G 廣播的基本接收機的設備應支援：

- 在本章節(四) 基於 LTE 的 5G 廣播接收機要求中針對基於 LTE 的 5G 廣

播接收機的所有要求。

- 接收子載波間隔為 1.25 kHz 的訊號。也可以支援來自表 3-30 的其他子載波間隔。

支援基於 LTE 的 5G 廣播的基地臺接收機功能的要求可以根據表 3-31 使用服務能力代碼進行通知。

2、 基於 LTE 5G 廣播的主接收機

執行基於 LTE 的 5G 廣播的主接收機類別的設備應支援：

- 在本章節(四) 基於 LTE 5G 廣播接收機要求中針對基於 LTE 的 5G 廣播接收機的所有要求。
- 接收具有表 3-30 中定義的所有子載波間隔的訊號。

支援基於 LTE 的 5G 廣播的主接收機功能的要求可以根據表 3-31 使用服務能力代碼進行通知。

(七) 5G 廣播發射機執行指南

由於 BM-SC、MME 和 MBMS GW 的功能被明顯縮小範圍，因此可以在單個實體中提供這些功能。

E-UTRAN 這方面有待進一步研究。

(八) 5G 廣播接收機執行指南

1、 用戶設備的接取層

(1) 閒置模式測量

ETSI TS 136 133 中閒置模式的測量要求以 DRX 週期長度表示。純接收模式設備不支援 DRX 週期，5G 廣播系統中的 E-UTRAN 不支援。

因此，預計 E-UTRAN 不會在系統資訊中廣播 DRX 週期長度。因此，ETSI TS 136 133 中閒置模式下的測量要求無法執行。

如果 E-UTRAN 在系統資訊中沒有廣播 DRX 週期長度，則用戶設備使用執行特定的 DRX 週期的值。

注意：是否需要指定用戶設備從中選擇特定執行的 DRX 週期長度的一組一個或多個值有待進一步研究。

(2) 閒置模式狀態

5G 廣播系統和純接收模式設備都不支援尋呼。因此，在 ETSI TS 136 304 中的細胞選擇和重選程序中描述的閒置模式狀態不適用於它們指定的形式。特別是，常駐狀態和駐留任何細胞狀態要求用戶設備監視尋呼通道。

5G 廣播系統中處於常駐狀態或駐留任何細胞狀態的純接收模式設備不需要監視尋呼通道。

(3) 細胞類別和服務類型

在 ETSI TS 136 304 中指定所描述的細胞類別不適用於純接收模式設備。具體來說，一個合適的細胞具有以下要求“該細胞是至少一個追蹤區域(Tracking Area, TA)的一部分，該 TA 不屬於“漫遊禁止追蹤區域”清單的一部分，屬於滿足上述第一項的 PLMN”。純接收模式設備不支援 NAS 程序或 TA。

5G 廣播系統中合適的細胞不需要滿足上述要求。

(4) 超出覆蓋範圍和服務中斷指示

3GPP 規範為用戶設備提供了標準化機制，用於：

- 監控和維護無線電鏈路品質；和
- 選擇一個 PLMN，包括在沒有 PLMN 可用時向上層的指示。

純接收模式設備無法執行這些機制。

當由於缺乏覆蓋或缺乏服務導致服務不可用時，接取層(Access Stratum)應通知 MBMS Client，即缺乏提供 5G 廣播服務的 PLMN。超出覆蓋範圍的指示

的訊號強度/品質門檻是特定的執行。

(5) 休眠機制

常規的用戶設備透過選擇性地關閉接收機和/或發射元件以在閒置模式中採用休眠機制來延長電池壽命。傳統用戶設備的休眠機制不適用於純接收模式設備，因為：

- 接取層中 DRX cycle-based 的休眠機制不適用，因為不支援 DRX；
- 在 NAS 協定(PSM、eDRX、UE-specific DRX)中協商的休眠機制不適用，因為純接收模式設備不支援 NAS 協定。

在沒有來自網路的任何與休眠相關的訊令的情況下，純接收模式設備的休眠機制可由設備使用喚醒時間的時序特性進行管理。控制資料和用戶資料都根據時序在專用的載波上傳輸。純接收模式設備可以利用這系統特性來管理自己的休眠週期。

一個純接收模式設備必須處於喚醒狀態在傳輸中的：

- 相關系統資訊；
- 相關的 MCCH 傳輸和改變通知；和
- MTCH/PMCH 的用戶資料。

在所有其他時間，純接收模式設備可能會啟動其休眠模式。

2、 MBMS 用戶端

MBMS 用戶端的執行指南在 ETSI TS 126 347 第 6.4 節中提供。

MBMS 用戶端處理來自接取層的服務中斷和超出覆蓋範圍指示。MBMS 用戶端在接收到指示時的動作是特定的執行(例如通知應用程式等，暫停/停用 MBMS 會話等。)

三、 技術監理措施

目前國際間通信與廣播融合的各種技術方案仍在持續演進中，而 FeMBMS 技術是 3GPP 於 Rel-14 推出的「增強型電視服務(Enhancement for TV service, EnTV)」工作項目，Rel-16 並進一步提出「基於 LTE 的 5G 地面廣播」技術報告[91]，用以滿足未來 5G 廣播的需求。由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，均未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播服務，因此，各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施。各國情形說明如下：

(一) 美國

觀察目前美國數位電視廣播主要採用 ATSC 系統；FCC 為推動美國廣播電視市場的創新於 2017 年 11 月通過了新一代電視廣播標準 ATSC 3.0[92]；新技術標準將支援行動電視、3D 電視、4K Ultra HD、互動內容、高動態範圍(High Dynamic Range, HDR)、目標式廣告，以及電視休眠時可喚醒發送緊急警報等功能。由於 ATSC 3.0 為一套基於 IP 通訊網路的傳輸標準，可大幅提升無線電視的影音傳輸品質、行動接收能力與頻譜效率等，並兼具廣播與寬頻網路的互動特性，將大幅增強無線廣播業者的多元空中應用服務(Over-The-Air, OTA)。因此，美國無線廣播電視業者協會(National Association of Broadcasters, NAB)於 2019 年度大會上宣布，將在全美前 40 大電視服務市場推出採 ATSC 3.0 標準的次世代電視服務(Next-Gen TV)[93]。

同時，FCC 於 2020 年 5 月進一步規劃在 ATSC 3.0 標準上擴展廣播網際網路服務(Broadcast Internet services)，另在 2020 年 12 月 10 日發布報告與命令(Report and Order)，擬議更新規則以鼓勵業者發展支援 ATSC 3.0 標準的創新廣

[91] 3GPP, TR 36.976 “Overall description of LTE-based 5G Broadcast (Release 16)”, Mar. 2020
[92] iThome new, 美國 FCC 通過新一代電視廣播標準 ATSC 3.0,2017-11, https://techtalk.ithome.com.tw/news/118403
[93] NCC 國際通傳產業動態觀測, NAB 宣布將於全美推動 ATSC 3.0 標準,2019-04, https://intlfocus.ncc.gov.tw/xcdoc/cont?xsmsid=0J210565885111070723&sid=0J214633808439281764&sq=

電服務。FCC 認為，ATSC 3.0 技術標準可提高頻譜效率，有利於廣電業者持續提供免費、高品質的無線數位電視服務，同時可利用閒置的頻譜資源，來提供廣電網際網路服務，與美國 5G 無線網路互補[94]。FCC 廣播網際網路規則(Broadcast Internet Rules)並在 2021 年 3 月 25 日正式生效[95]。

(二) 韓國

韓國數位電視廣播系統採美規 ATSC 系統提供服務。在 5G 廣播服務方面，主要是由電信業者(SK Telecom)運用 5G 寬頻技術，以 3GPP 的 eMBMS 標準，進行區域性的 5G 廣播場測實驗[96]及提供電視直播[97]等。

(三) 歐盟

目前歐盟數位電視廣播系統是由 ETSI、CENELEC、EBU 組成之「聯合專家組」(Joint Technical Committee, JTC)所制定的「數位視訊廣播(Digital Video Broadcasting, DVB)」。隨著 5G 廣播市場的發展，EBU 考量現行 3GPP 有關 LTE 的 5G 廣播技術，可滿足 5G 廣播系統的所有要求，遂於 2020 年 12 月發布 ETSI TS 103 720《用於線性電視和廣播服務的 5G 廣播系統：基於 LTE 的 5G 地面廣播系統》[98]技術規範，定義了 5G 廣播系統以及基於 LTE 的 5G 廣播的具體實例，旨在提供 5G 廣播系統業者以及有意使用 5G 廣播系統的電視/無線電內容服務提供商於未來實現 5G 廣播服務使用。ETSI TS 103 720 技術規範主要特點[99]，包括：

- 僅包含 MBMS 專用細胞作為發射機的無線網路；

---

94 NCC 國際通傳產業動態觀測, FCC 更新規則以促進廣電網際網路服務,2020-12, https://intlfocus.ncc.gov.tw/xcdoc/cont?xsmsid=0J210565885111070723&sid=0L067414808254580513&sq=

95 FCC, Broadcast Internet Rules Go Into Effect on March 25, 2021, https://www.fcc.gov/document/broadcast-internet-rules-go-effect-march-25-2021

96 Mordorintelligence, LTE and 5G Broadcast Market, https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/lte-and-5g-broadcast-market

97 Capacitymedia, SK Telecom transmits first 5G live broadcast,2019-01, https://www.capacitymedia.com/articles/3822918/sk-telecom-transmits-first-5g-live-broadcast

98 ETSI, TS 103 720, 5G Broadcast System for linear TV and radio services; LTE-based 5G terrestrial broadcast system,2020-12, https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103700_103799/103720/01.01.01_60/ts_103720v010101p.pdf

99 Qualcomm, Multicast, DASH and 5G,2019-12, https://dashif.org/docs/workshop-2019/12-Stockhammer%20Multicast%20December%202019.pdf

- 支援純接收模式設備和支援 FeMBMS 作為接收器的用戶設備；
- 精簡的 EPS 專用於透過 E-UTRAN 提供的電視和無線服務；
- 專用於電視和無線服務的精簡 MBMS 用戶服務；
- 支援一組允許使用第三方服務層的 MBMS-API。

此外，由 EBU 與歐盟廣播業者、內容和服務提供商、網路營運商、技術方案供應商、設備製造商、研發機構、監理機關和政策制定者等合組的跨行業組織：「新 5G 多媒體行動小組(New 5G Multimedia Action Group, 5G MAG)」[100]成立於 2019 年，該小組擁有超過媒體領域的 40 名活動會員促進 5G 廣播的商業應用，並成立工作小組(WGs)針對 5G 廣播相關監理、政策和頻譜等議題進行討論；同時正計劃在全球進行 5G 廣播試驗，以加速 5G 廣播服務的推出。

[100] 5G Media Action Group, https://www.5g-mag.com/about

第四節、 小結

一、 5G Stand Alone 技術

在 3GPP Rel-16 版本定稿後，全球的電信服務商都積極的加速 5G 的發展與布建，根據 GSMA Intelligence 統計，截至 2020 年有全球 217 個營運商在 100 個市場中做了總共 561 次 5G 的試驗(trials)，截至 2020 年 Q3，全球有 74 家電信營運商在 55 個國家內宣布 5G 服務上線，並也有 21 家電信營運商計畫提供 5G 服務，這些營運商所服務的用戶已達全球 40 %。儘管 5G 發展迅速，各電信商都將 5G NSA 當作初期目標，原因在於 NSA 網路沿用了大部分的 4G 網路，目的為快速部署 5G 網路與節省布建成本，由於目前 4G 仍繼續承載大部分行動通訊業務，於 5G 初期布建 NSA 為主，但目前尚無成熟高階的應用服務，因此純 5G SA 網路的實際需求並不大，因此電信商也採用較保守的態度來布建 5G SA 網路，大多優先部署市區 5G SA 網路，未達大量 5G SA 涵蓋的地步。一般來說，布建 SA 網路有兩種方式：覆蓋(overlay)和多模式(multi-mode)。對於 SA Overlay，新的網路直接進行疊加，對現有 4G 和 NSA 網路不做任何改動，另外，將現有的 4G 或 NSA 設備將需要升級或更換為雙模或多模設備，最具成本效益，透過部署一套設備，營運商可以同時提供 NSA 和 SA 服務，或實施 2G、3G、4G 和 5G，以下針對不同國家 SA 現況重點整理。

表 3-32、不同國家 SA 現況重點整理

國家	5G SA 網路整理
中國	• 2019 年中國政府於年中頒發頻譜牌照後，在 10 月底開通服務僅兩個月時間內，中國三大行動營運商就建設了 14 萬個 5G 基地臺。 • 中國移動於 2020 年初開始部署 SA，截至 2020 第二季度末，在 50 多個城市擁有 188,000 個 5G 站點。 • 中國電信和中國聯通於 2019 年 9 月同意建設和營運全國性 SA RAN 網路。中國電信和中國聯通計劃共享 25 萬個 RAN 站點，截至 2019 年底，大約在 40 個城市建設約 40,000 個站點。 • 2020 年 11 月 7 日，中國電信正式宣佈在中國 300 多個城市開通 SA 商用網路。
韓國	• LG Uplus 於 2020 年 6 月完成了在 SA 網路上運行的高品質語音技術測試。

	• SK Telecom 和 KT 在 2021 年開通 SA 5G 網路。
美國	• AT&T 於 2020 年 8 月份表示有望在未來幾個月內開始初步 SA 核心網路商業部署。 • T-Mobile US 於 2020 年也大膽宣稱在 SA 5G 提供世界第一全國覆蓋。 • Verizon 也準備在今年將部分流量轉移到 SA 核心網路，宣布使用該 SA 基礎設施成功完成端到端數據會話。
新加坡	• StarHub、M1 和新加坡電信 2020 年宣布使用 2.1 GHz 和 3.5 GHz 頻段進行有限的 NSA 測試。 • 2021 年推出 SA 5G 網路。
澳洲	• Telstra 於 2020 年 5 月份表示已將其整個 5G RAN 升級到 SA，但正在測試兼容設備，預計要晚些時候才能商用。

資料來源：本研究整理

3GPP 針對 5G 網路提出了六種部署架構，這些架構可分為兩種部署場景：SA 與 NSA，差別於 SA 透過使用單一 RAT，而 NSA 可通過利用現有的 LTE 系統共同實現 NR 部署。Option 3 家族為 NSA 架構，將 en-gNB 部署在 LTE 的網路中，因此不需要 5GC 核心網路，為目前全球業者優先選擇，但它的缺點為新的 5G 應用服務會受限於 4G EPC 與 RAN 的能力。因此，如果營運商要提供完整的 5G 服務，架構 2 為 5G 演進路徑的最終目標，視為一個單純的 5G SA 架構，gNB 可以在沒有傳統網路幫助的情況下進行網路通訊，該架構能完整的支援 eMBB、mMTC、uRLLC 與網路切片等 5G 新業務。

1、 產業影響

目前全球都積極的布建 5G SA 網路，並也同時展示在 SA 網路下的應用服務，由於不同的應用服務會有不一樣的網路要求，為了符合 eMBB、uRLLC 與 mMTC 的需求以及因應多樣的應用服務類型，電信商也積極推出 SA 網路架構下的網路切片功能，以符合各種型態的應用，同時也能替電信商增加潛在收入。下表整理了各國的應用服務發展現況。

表 3-33、各國 SA 網路下應用服務發展現況

國家	SA 網路開始積極布建時程	網路切片功能	eMBB、uRLLC 與 mMTC 應用服務
美國	2020 年 8 月	支援	Verizon 展示 SA 5G 網路和網路切片功能，讓電信營運商有能力去提供不同設定的網路給服務提供商，應用範圍從大規模裝置的 mMTC、智慧手機的使用到 eMBB 的 AR/VR 的應用，車聯網的 uRLLC。
日本	2020 年	支援	2020 年 12 月本電信商軟銀與諾基亞 SA 網路將支援新的消費者和企業使用案例，例如 eMBB 的沉浸式體驗(VR/AR/MR)、固定無線接取(FWA)、影像監控和分析(Video Surveillance and Analytics)、雲機器人(Cloud Robotics)以及 mMTC 與 uRLLC 的車聯網(Connected Vehicles)。
韓國	2020 年	支援	KT 針對商業模式發表網路切片技術，利用 eMBB 概念將智慧手機與 CCTVs 服務區分，CCTVs 的影像可以不間斷的在手機進行傳輸。並於 2020 年 5 月，已發表 5G 網路透過智慧手機於倉庫的自動貨車(Autonomous Carts)服務，實現 mMTC 與 uRLLC，並於 12 月與國家消防局(National Fire Agency)發表 5G 緊急視訊服務(5G Emergency Video Call Service)，實現 eMBB 與 uRLLC 效能。
德國	2021 年 4 月	支援	pay-TV 德國天空與 Vodafone 合作，提供及時的德甲聯賽 5G Live 展示，實現 eMBB 與 uRLLC，在 mMTC 部分，德國於智慧工廠部分，也表示他們多年來一直在為工業 4.0 做準備，也利用 mMTC 與工業 4.0 結合，參與了一些公共研究項目。
中國	2020 年	支援	中國電信於 2018 年建立了 5G SA 試驗網路，展示 5G 網路切片與 MEC，可於智慧工廠內實現 mMTC 目標，並利用 eMBB 來達到 20 Mbps 高畫質影像傳輸與 uRLLC 來達到低於 20 ms 的延遲。

資料來源：本研究整理

各國電信商在 5G 布建上，已逐漸由 NSA 轉為積極布建 SA 網路，目的為因應未來各種的應用服務，由於不同情境的網路需求，需要更彈性的網路切割功能，其中 5G 的網路切片功能能符合該需求，各電信商也都展示性的發佈網路切片功能，展示了 eMBB、uRLLC 或 mMTC 的應用服務案例，以因應未來需求，但目前全球缺乏網路高需求與普及化的殺手級應用服務，現有的 4G 或 5G NSA 網路即能因應目前的應用服務。由於新的應用服務發展，可能會關係到電信服務

商未來的潛在收入，各電信商與應用服務商也很謹慎的規劃與開發高階應用服務，如車聯網等，但目前全球還處於測試磨合狀態，需等待時機成熟後，才能發展出另一波的應用服務革命。

2、 監理

從監理角度而言，應將 SA 網路與網路切片功能，做初步的監管，以保障消費者的權益，但也不宜太過嚴苛，可能會影響應用服務廠的發展。5G SA 網路與現行的 NSA 網路，在沒特定要求的應用服務下，對於監管差異並不大，可採用簡單的方式來區分 5G 為 NSA 或 SA 網路，再搭配原法規調整即可。網路切片可區分為獨立性、管理面與功能面進行監管，5G 網路切片議題在早期 3GPP 技術報告 TR 22.891 的 5.2 節被討論，這些網路要求也被納入技術規範(Technical Specification)。Network Slice 為一個邏輯(虛擬)網路，可以針對業務目的或客戶進行訂製，可根據各種網路資源和特定服務類別或客戶應用服務需求，組成不同端到端組合，來滿足特定需求，因此可從這角度進行監管。網路切片可透過電信營運商的基礎設施，替服務供應商(service provider)建立虛擬網路，網路切片也可以讓個人終端客戶(如企業)制定一個虛擬網路，類似雲端服務，並可進行動態變化的調整。其中 NSSF 為 5G 核心網路中一個處理網路切片的功能要角，NSSF 可以被 AMF 用來協助選擇網路切片，此外，如果目前的 AMF 不能支援給設備特定的網路切片，則 NSSF 可用於分配網路切片實例(network slice instances)給適當的 AMF。電信商與服務供應商之間能基於服務等級協議(SLA)，用網路切片提供客戶客製化服務，達到有效成本效益和及時性，如車聯網網路切片、企業網路切片、工業自動化、大規模物聯網切片服務、AR/VR 直播等。

觀察目前各國 5G 頻譜執照釋出主要採取拍賣方式或由業者提交「頻譜使用計畫書」經主管機關審議後授權使用；對於頻譜運用則依循「技術中立」與「服務中立」原則，但為確保無線通訊之品質，避免無線電頻率的使用受到有害干擾，歐美國家在頻譜使用上，會將各頻段所需的技術要求、布建義務及服務品質載明於執照條件中，各業者取得執照後必須依據執照條件遵行使用，包含頻率、涵蓋

地區、頻塊邊緣遮罩(BEM)、最大功率、訊號強度等。同時為因應 5G 新服務與既有業務和諧共存議題，部分國家將相關責任附加於持照者義務，持照者須負起主動避免之責任，例如日本要求 5G 服務申請人提交之「開通計劃」應敘明防止及處理干擾的機制；另韓國則要求持照人須於「頻譜使用計畫書」制定處理干擾策略，並在發生干擾情況時與相關當事者協議解決問題。各國 5G 相關技術監理措施，如下表所示。

表 3-34、各國 5G 技術監理措施

國家	美國	歐盟(愛爾蘭)	日本	韓國	中國
技術規範	FCC Part 27	《SI NO. 532/2016 – 2016 年無線電報(3.6 GHz 頻段執照) 規則》	設備證明規則第 2 條第 1 項第 11 之 29 號; 第五代行動通信系統特定基地臺準則	電信業務無線設備技術標準(RRA 通知 2021-2)	《中低頻段 5G 系統設備射頻技術要求的通知》(工信部無〔2020〕87 號)
執照條件	● 拍賣制 ● 使用期限：15 年 ● 部分頻譜須與 DoD 協作共享。 ● 須滿足人口涵蓋要求。	● 拍賣制 ● 使用期限：3.6 GHz(15 年)、28 GHz(10 年) ● 須符合網路布建、服務品質及技術要求，提交年度合規報告。	● 審議制 ● 使用期限：5 年 ● 依開通計劃之技術、頻率、時程、覆蓋率、預計基地臺數量進行布建。	● 拍賣制 ● 使用期限：10 年 ● 依「頻譜使用計畫書」履行網路建設義務，並在隔年 4 月底提出成果報告。	● 許可制 ● 業者應向省市提出申請，辦理基地臺設置審批後領取電臺執照，並接受當地無線管理機構日常監督檢查。
技術要求	● 須符合 Part 27 所訂技術規範。 ● 須符合發射功率、PFD 及 OOBE 限制。	須符合 RED 指令、基地臺/終端功率限制、同步要求、邊境限值。	須符合 MIC 5G NR 的技術條件，包括：頻率容許誤差、天線功率、ACLR、頻譜遮罩等。	須符合 RRA 電信業務無線設備技術標準，包括：Tx/Rx 混附波輻射、總傳輸功率、ACLR、帶外輻射發射等。	須符合工信部公告之基地臺發射功率容限、ACLR、SEM、EVM、總功率動態等。
干擾措施	持有人不得造成有害干擾，並需要配合修改其運作(如，降低功率、添加濾波器、調整天線指向角度、安裝屏蔽等)以防止有害干擾。	持照人應採不對其他持照人網路部署造成有害干擾方式布建。並可遵循 BEM 限值，以盡量減少對其他持照人造成有害干擾的風險。	申請人提交之開通計劃應敘明防止及處理干擾的機制。	持照人須於「頻譜使用計畫書」制定處理干擾決策與可以迴避之網路建構計畫。並在發生干擾情況時，與設施者間協議解決問題。	工信部發佈《5G 基地臺與衛星地球站干擾協調管理辦法》，協調 5G 站臺與衛星地球站等無線電站臺的干擾問題。
其他	FCC 鼓勵相關利益人召開協調會議，增進頻譜和諧共用。	採取技術、服務中立原則。	特定設備完成驗證，能以簡化方式申請電臺執照。	於 5G 競標文件中，設有干擾保護與迴避計畫規定。	依 3GPP 技術規範轉化成國內核心網、RAN、承載網、天線、終端、安全、EMC 規定。

資料來源：本研究整理

二、 FWA 技術

1、 FWA 發展契機

根據電信設備商 Ericsson 在 2020 年 6 月發布的行動趨勢報告，由於 COVID-19 疫情的影響，帶動遠距學習、遠距工作或在家上班、視訊等需求，對固網與行動網路均帶來影響，這波疫情帶來的顯著影響是網路流量增加 20~100 %，流量成長最多的以家庭固網為主，由於人們在家上班、學習，人們白天在家工作，額外增加家庭固網的流量，行動網路也出現變化，流量從市中心、公共區域，轉向郊區的住宅。

除了新冠疫情帶動的需求外，推動 FWA 連結數出現成長的因素主要有 3 個。首先，消費者和企業對寬頻連線的需求仍持續成長；其次，與 DSL、電纜或光纖等固定服務相比，FWA 成為越來越具經濟效益的寬頻替代方案。隨著 4G 和 5G 網路分配到的頻譜更多且技術不斷進步，其容量也在不斷增加，推升網路資源使用效率，每數據資料單位成本(gigabyte)大幅下降；此外，5G 毫米波上的技術創新(如大規模 MIMO)將毫米波的傳播半徑從幾百公尺擴展到了 7 公里以上。這為使用現有網路基礎建設提供了新的機會，使 5G 成為可用於未來大規模部署 FWA 的技術。第三，寬頻連線對於數位化工作和經濟成長非常重要，政府因此通過計畫和補貼的方式來促進寬頻連線。

2、 FWA 發展趨勢

Ericsson 在 2021 年第二季的行動趨勢報告中，第 5 次更新了其對全球營運商提供的 FWA 零售方案的研究。在所研究的 311 家營運商中，有 224 家提供 FWA 服務，占全球平均水準的 72 %；在過去 6 個月中，提供 FWA 服務的營運商比例增加了 12 %。在 11 月最新的報告中，Ericsson 預估 2026 年估計全球 FWA 用戶數將成長 3 倍以上，超過 1.8 億用戶，並將佔整體行動數據流量的四分之一。從地區細分來看，每個地區都有超過 50%的營運商提供 FWA 服務。過去 6 個月，固定寬頻普及率最低的地區成長最快，即中東和非洲、中歐和東歐、亞太地區以及中美洲和拉丁美洲。這些地區增加了 4~13 %。自 2020 年 2 月新冠疫情

以來，中歐和東歐新增了近 25 %，使其以 84 %在全球範圍內普及率位居第二，而西歐是 FWA 普及率最高的地區，比例為 93 %。

在推出 5G 業務的營運商中，有 87 %的營運商也提供 FWA 服務(4G 和/或 5G)。與尚未推出 5G 業務的營運商相比，FWA 普及率要高得多。在光纖普及率較高的國家，FWA 的普及率通常也較高。

根據全球主要行動電信營運商及相關業者組成的全球行動通訊系統(Global System for Mobile Communications, GSM)協會統計，截至 2020 年 11 月，全球已有超過 423 家行動電信商提供 4G FWA，其中超過 120 家已提供 5G 服務的電信商中，有 44 家推出家用或商業使用的 5G FWA 寬頻服務。

3、 科技業的機會

看好全球 5G FWA 的發展潛力，高通在 2019 年 10 月推出 5G FWA 方案，包括 Snapdragon X55 5G 數據機及射頻系統，可支援 Sub-6 GHz 與毫米波頻段，高通並推出 FWA 家用閘道器參考設計，整合了最新的 Wi-Fi 6，同時和廣達、正文、富士康、仁寶、亞旭等 30 多家業者合作，合作業者也在 2020 年先後展示 5G CPE 裝置。

聯發科在 2020 年 9 月針對 5G CPE、FWA、行動熱點推出 5G 無線平臺晶片 T750，支援 Sub-6 GHz 頻段，以及 Wi-Fi 6。預期在 2021 年、2022 年間可望看到產品陸續問世。

合勤科技於 2021 年 1 月 13 日正式宣布，北歐挪威電信(Telenor)採用合勤 5G NR 戶外型路由器 NR 7101 以部署全球速度最快、規模最大的 5G FWA。D-Link 在 MWC 展示最新的 5G 企業專網技術，透過 FWA 加上 D-Link 的 5G CPE 新品，提供高頻寬、低延遲行動連網。

在市場需求，以及晶片端、裝置推出之下，5G FWA 相關 CPE 裝置規模預期將加速起飛。目前除了 Nokia、Ericsson 外，國內業者如富士康、仁寶、合勤、智易、亞旭、啟碁等也推出 5G FWA 相關產品，包括室內或室外 5G FWA 產品。

資策會 MIC 指出，未來除了傳統 Cable、DSL、光纖之外，家庭上網還多了 5G FWA 的選項，特別是在有線網路布建困難或是建置成本過高的地區。至於一般企業，若有線寬頻網路布建成本較高，也能選擇採用 5G FWA。資策會 MIC 預估，2021 年 5G CPE(Wi-Fi 與 FWA)產業出貨達 560 萬台、成長率超過 143％。

4、 電信業的商機

儘管部份看法認為，臺灣因為 DSL、光纖、有線電視網路，固網寬頻服務已相當普及，可能使得 5G FWA 在臺灣的發展受限，但 5G FWA 利用無線行動寬頻提供足以和固網相比的高速連網，在特定的地點或場所，可以突破有線網路布建上的限制，帶來比較靈活的網路架構，成為企業在有線、Wi-Fi 之外，特別是在分散據點架構網路的新選擇。

目前國內已有一些企業測試 5G FWA 的效益，例如在 5G 開臺之前，全家便利商店在 2019 年 10 月開幕的科技概念二號店，即和遠傳電信合作，利用 3.5 GHz 實驗網路與 5G FWA，在店內提供超高速 Wi-Fi 上網體驗，下載速度可達數百 Mbps。

而亞太電信更在 2020 年 11 月 5G 開臺時，因本身取得 28 GHz 的毫米波頻段，5G 傳輸速度比現今主流的 3.5 GHz 頻段更快，現場展示 5G 毫米波行動分享器，下載速度達到 2 Gbps。亞太電信鎖定的 5G 應用之一，即利用 5G FWA 提供定點高速上網服務，並和萊爾富合作在門市開放 5G FWA 提供超高速上網體驗。

預期未來 FWA 將可能加入數據連網的競爭市場中，根據 GSA 全球行動商供應協會的資料指出，目前全球已經有 30 家的電信營運商正推出 FWA 的服務提供消費者選擇，而且地區以歐洲與中東等地的電信商為主。

分析了電信營運商在推廣 5G FWA 的做法後，可以知道針對 5G FWA 服務雖然能解決當前電信數據傳輸最後一哩路的問題，但對電信營運商來說，相關的營運重點仍有不同的想法與考量。MIC 的報告認為藉由設備的免費贈送，加上

其他的優惠服務，能得到包括行動通訊與固網用戶的青睞，以進一步達成提高FWA 市占率的目的。

5、 數位匯流的應用

隨著 5G 的發展，傳統行網、固網、廣播電視網三種領域各自壟斷的情形已經改變，未來各種類型的業者都可以跨足另一個領域。演變為數位匯流的競爭。行動網路業者可以透過 5G FWA 的優勢來取代固網「最後一哩」的服務。而有線電視及固網業者也可以憑藉既有光纖或 cable 來提供無線網路做垂直場域，不論是設備商、網路營運商、或者有線電視業者，都可以從寬頻上網切入，提供新型態的網路服務。

6、 結論

國內電信商在開發 FWA 的市場起步較慢，由於臺灣地小人稠，而且固網寬頻深入家庭已經有一段時間，如何布建 FWA 技術到「最後一哩」的服務，應該從提供優質應用以及偏鄉地區著手，進而解決數位鴻溝問題。從監理機關角度來看，應妥善規劃可用頻譜，讓 FWA 技術可在 5G 頻譜上發揮更大的效益。

觀察國際通信市場對於寬頻的需求不斷增加，各國業者除以固定無線鏈路作為支援基礎設施或無線網路應用服務外，並陸續釋出可用於無線接取回傳的毫米波頻譜，以促進無線寬頻網路的部署；例如 FCC 於 2020 年 6 月通過 70 Hz / 80 GHz / 90 GHz 頻段改善方案，擴大對毫米波頻段的高效利用，並為商業提供無數創新服務機會；歐盟則開發毫米波頻譜應用相關技術，並制定 EN 302 217-2 技術規範，作為固定無線電系統(FRS)點對點設備協調標準；另美國電信業者根據 FCC Part 101 規則提供固定微波服務(FMS)、點對點微波(Point-to-Point Microwave)及區域多點分散式服務(LMDS)等固定微波寬頻服務。韓國三大電信業者則透過 5G 技術作為 FWA 網路，為企業用戶提供服務。各國固定無線接取技術監理要求，如下頁表所示。

表 3-35、各國固定無線接取技術監理要求

國家	美國	歐盟	韓國
技術規範	FCC Part 101；Part 2 Subpart J (Equipment Authorization Procedures)	EN 302 217-2；TR 102 243-1；EN 301 390；ERC Recommendation 74-01	電信業務無線設備技術標準(RRA 通知 2021-2)
應用類別	FMS、Backhaul、LMDS	FRS、BWA、Backhaul	行動、FWA
頻譜範圍	● 930/940/950 MHz ● 2/4/6/10/11/12/18 GHz ● 23/31/38/70/80/90 GHz	● 1~86 GHz	● 3.5 GHz (280 MHz) ● 28 GHz (2,400 MHz)
頻道頻寬	從 12.5 kHz 到 80 MHz (依不同頻段而定；§ 101.147 Frequency assignments 規範)	從 25 kHz 到 112 MHz 以及最高頻段的 GHz 以上	● FR1：5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90,100 MHz ● FR2：50, 100, 200, 400 MHz
輸出功率	Fixed：17~55 dBw Mobile：14~55 dBw (依不同頻段而定；§ 101.113 Transmitter power limitations.規範)	-10~33dBm (依不同頻段而定；TR102 243-1 規範)	●傳導式： ➢≤24(區域)、≤38 dbm(中域)、無上限值(廣域) ●輻射式： ➢≤33(區域)、≤47 dbm(中域)、無上限值(廣域)
不必要發射	-13 dBm (以 28 GHz 無線回傳設備為例)	●FWA： ➢9 kHz≤f≤21.2 GHz；-50 dBm ➢21.2 GHz < f ≤ FUPPER；-30 dBm ●BWA： ➢9 kHz≤f≤1 GHz:；-36 dBm ➢1 GHz<f≤FUPPER；-30 dBm	●傳導式： ➢9~150 kHz / 150 kHz~30 MHz / 30 MHz~1 GHz / 1 GHz~12.75 GHz：-13 dBm ●輻射式：(x = 9) ➢30 MHz~1 GHz：-13 + x dBm ➢1~12.75 GHz：-13 + x dBm

資料來源：本研究整理

三、 FeMBMS 技術

典型廣播服務和電信服務是不一樣的，廣播服務是單向不需要雙向通訊，電信服務原有的訊框架構當中承載著一些實體層的參考訊號，上下鏈路都需要測量；但廣播是單向的，很多東西在訊框架構當中是多餘的、不需要的，所以為了廣播對訊框架構進行了重新的定義，並且在 CAS 做了一些性能增強，以便在擴大覆蓋和高速行動的情境下能夠更好地接收實體層的同步和參考訊號。

EBU 參與到 3GPP 廣播標準制定並於 2020 年 12 月發佈 ETSI TS 103 720《用於線性電視和聲音廣播(radio)服務的 5G 廣播系統：基於 LTE 的 5G 地面廣播系統》，將 3GPP 之前的 eMBMS 技術進行改進成了可以面向數位地面廣播電視的技術，在 Rel-16 版本中做了更多的子載波間隔參數，單站能夠支援從比較小的覆蓋範圍到比較大的覆蓋範圍例如從十幾公里到 100 公里能夠更好地支援移動性，並且對訊框架構進行改進和增強。

總體來說，Rel-16 5G 廣播標準在去年 6 月已經完成，隨著 3GPP Rel-16 整套標準一起被 ITU-R 接受為 IMT-2020/5G 國際標準。今年 2 月 ITU-R 正式發佈(ITU-R M.2150-0)，歐洲電信標準化協會基於此廣播標準制定發佈了歐洲 5G 廣播標準(ETSI TS 103 720)並提交至 ITU-R WP6A，目標將 Rel-16 5G 廣播標準提升為 ITU-R 國際廣播標準，可以預期 5G 廣播未來將成為數位廣播電視強有力的技術選項。

觀察國際間通信與廣播融合的各種技術方案仍在持續演進中，而 FeMBMS 技術是 3GPP 於 Rel-14 推出的「增強型電視服務(Enhancement for TV service, EnTV)」工作項目，Rel-16 並進一步提出「基於 LTE 的 5G 地面廣播(LTE-based 5G Terrestrial Broadcast)」技術報告[101]，用以滿足未來 5G 廣播的需求。由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，尚未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播服務，同時

[101] 3GPP, TR 36.976 “Overall description of LTE-based 5G Broadcast (Release 16)”, Mar. 2020

各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施。各國推動 5G 廣播政策如下表所示。

表 3-36、各國推動 5G 廣播政策

國家	美國	歐盟	韓國
FeMBMS 技術監理	**尚未制定**	**尚未制定**	**尚未制定**
5G 廣播推動政策	◆ FCC 於 2017 年 11 月通過新一代電視廣播標準 ATSC 3.0；並於 2020 年 5 月進一步規劃在 ATSC 3.0 標準上擴展廣播網際網路服務 (Broadcast Internet services)。 ◆ FCC 認為 ATSC 3.0 有利於廣電業者持續提供免費、高品質的無線數位電視服務，同時可利用閒置的頻譜資源，提供網際網路互補。 ◆ FCC 廣播網際網路規則 (Broadcast Internet Rules)在 2021 年 3 月 25 日正式生效。	◆ 歐洲廣播聯盟(EBU)考量 3GPP LTE 技術，可滿足 5G 廣播系統所有要求，於 2020 年 12 月發布 ETSI TS 103 720《用於線性電視和廣播服務的 5G 廣播系統：基於 LTE 的 5G 地面廣播系統》技術規範。 ◆ EU 跨產業組織成立「新 5G 多媒體行動小組(5G MAG)」針對 5G 廣播相關監理、政策和頻譜等議題進行討論；同時正計劃在全球進行 5G 廣播試驗，以加速 5G 廣播服務的推出。	◆ 主要以技術概念進行示範或場測實驗階段。 ◆ 電信業者(SK Telecom)運用 5G 寬頻技術，以 3GPP 的演進式多媒體廣播群播服務(eMBMS)標準，進行區域性的 5G 廣播場測實驗 及提供電視直播等。

資料來源：本研究整理

第肆章、 相關功能性審驗項目之審驗方法與合格條件之研訂

第一節、 5G SA 網路品質研究

5G SA 網路與 NSA 最大的差異為 NSA 沿用 4G 的核心網路，而 SA 網路採用 5G 核心網路，但其實對應用服務來說，假如沒有特殊網路要求，其實連上 NSA 或 SA 的核心網路差異性並不大，但當一個應用服務有頻寬或延遲需求時，為了不受到擁塞網路影響，會採用 SA 網路下的網路切片功能，將所需要的資源保留起來，來維持應用服務的可靠度。因此，SA 網路審驗大多能沿用原規範，新增與小幅度的調整，至於 SA 網路切片功能，則提出指引並新增部分規範，來進行驗證。

一、 SA 網路

SA 網路依據《公眾電信網路審驗技術規範》進行修正，本案針對 4G、5G SA 與 NSA 網路審驗進行區別，調整與新增法規調整整理如下：

表 4-1、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 網路審驗項目)

項次	現有法規修改處	新增法規	說明
1	1.2.3 行動通信網路用詞		因應 5G 需求，行動通信網路用詞新增網路切片、服務等級協議、5G 服務品質指標、固定無線接取服務、5G 非獨立組網、5G 獨立組網、抖動及 R 因子等項目。
2	1.2.5 專有名詞英文縮寫		因應5G需求，新增並按英文字母排列 5QI、EPS Fallback、FWA、MOS、NS、NSA、RTT、SLA、TCP、UDP
		1.3.1.8 網路切片加值通信服	因應5G網路切片加

		務功能經主管機關核准後，申請審驗。	值通信服務需求，報請主管機關申請審驗。
		1.3.2.2.7 已審驗合格之網路者，得僅對 4.2.13 5G SA 網路切片加值通信服務，申請審驗。	因應5G網路切片加值通信服務需求，申請審驗。
3	2.2.2.1.1.2 行動通信網路之系統屬4G或5G NSA者，應包含MME、HSS、PCRF、SGW及PGW；系統屬5G SA系統者，應包含AMF、SMF、AUSF、UDM、PCF及UPF。		因應5G SA能提供的特定功能，須將4G、5G NSA與5G SA作核心網路上的區分。
4	2.2.2.2.1.3.3 所報系統屬 4G、5G NSA 或 5G SA 者：		因應5G SA能提供的特定功能，須將4G、5G NSA與5G SA作核心網路上的區分。
5	2.2.2.3.2.2.2 對BSC與MSC、RNC與MSC、RNC與SGSN、MSC與MSC、SGSN與SGSN、MME與MME、SGW與SGW、AMF與AMF、UPF與UPF等設備間之傳輸網路應具有備援電路，並檢附網路管理系統之相關佐證資料。		因應5G SA能提供的特定功能，新增AMF與AMF、UPF與UPF設備間之傳輸網路備援電路要求。
6	4.1.1.3 核心網路設備清單申請人須填列核心網路設備之廠牌、型號、數量、功能及設置地址。核心網路設備屬新設者，應於新設欄空格內打勾，並載明屬於3G、4G、5G NSA或5G SA。		因應3G、4G及5G之不同核網，核心網路設備清單新增載明屬於3G、4G、5G NSA或5G SA之選項。
7	4.1.2 行動通信網路架構圖申請人須提供完整之行動通信網路架構圖，其包含3G、4G及5G NSA或SA等通訊系統之接取網路設備、核心網路交換設備、網路管理設備、維運管理設備、帳務及用戶資料管		將5G調整細分為NSA與SA。

	理設備等，以及傳輸電路及其備援電路、與其他電信事業網路互連之POI等電路；整合不同通訊系統成為異質網路時，亦應於架構圖中標明。申請人並應就架構圖註明內容如下：		
8	4.1.2.3核心網路交換設備之廠牌、型號、數量、容量、設置地址，若為5G核心網路，須註明是NSA或SA核心網路。		因應5G SA能提供的特定功能，將5G核心網路調整細分為NSA與SA。
9	4.2.1.1 數據功能與效能		因應未來5G特定服務需求，新增數據效能。
10	4.2.1.1.2.1 行動臺測試系統吞吐量：依據系統類型，使用TCP與UDP方式，對GGSN、PGW或UPF功能節點後之伺服器進行上下行傳輸並維持至少15秒，重複執行3次。		根據ETSI TR 137 901-5文件說明，於5G SA或NSA網路下，採用TCP與UDP方式進行吞吐量測試，並維持至少15秒，重複執行3次。
11	4.2.1.1.2.2 行動臺測試系統jitter與RTT:依據系統類型，行動臺使用1,024bytes之IP封包，對GGSN、PGW或UPF功能節點後之伺服器進行一百次測試。		將4G與5G延遲測試合併於4.2.1.1.2.2。
12	4.2.1.1.3 合格基準：以一行動臺使用1,024bytes之IP封包，對伺服器進行一百次測試，每次RTT測試回應時間應低於一秒以下，否則視為timeout，系統應具備timeout次數十次以下之能力，上下行傳輸量與jitter則紀錄量測數值。本項測試以申請人所報系統已具備之數據功能為限。		RTT與jitter測試方式可採用合適之方式進行測試，不限於ping的方式進行。其中3GPP TS 22.261 第6.23節針對QoS監控將延遲、jitter也納入考量，其中在Critical communication使用情境下，建議jitter值為1 microsecond，但在一般使用情況下，不需要此需求，因此建議紀錄jitter值即

			可，RTT則維持原法規要求。
13		4.2.1.3 5G系統時，以一行動裝置，發起註冊流程，並進行封包檢視屬於5G NSA或SA類型。	應5G網路區分為NSA與SA，爰新增4.2.1.3之審驗方式。
14		4.2.1.3.1 抽驗方式:依「行動通信網路基地臺抽樣基準」決定申請人檢送「行動通信網路主要設備報驗清單」之基地臺抽驗數量，每一抽驗基地臺在其電波涵蓋範圍內任選一定點進行5G NSA或SA網路數據功能測試。	參考原法規4.2.1.1.1之數據功能抽驗方式。
15		4.2.1.3.2 測試方式：以一行動裝置發起註冊流程。	透過5G NSA與SA註冊Protocol不同，以發起註冊流程來進行核心網路類型檢視。
16		4.2.1.3.3 合格基準：檢視其協定確認NSA為S1AP[102]協定，SA則為NGAP[103]協定	合格基準為透過註冊流程Protocol確認所屬核心網路為5G NSA或SA。
17	4.2.5.2.1 4G、5G NSA或SA系統		因應5G SA能提供的特定功能，修正4.2.5.2.1，細分5G NSA與5G SA選項。
18	4.2.10 核心網路強韌性 核心網路功能元件(MME、PGW、HSS、UDM、AUSF、AMF、SMF、UPF、NEF、NRF、SEPP、NSSF、PCF)應具備強韌性，如提供容錯系統及備援機制。		因PCF為用戶Policy重要元件，爰新增核心網路功能PCF。

資料來源：本研究整理

[102] S1AP 為 S1 Application protocol，為 4G 系統內 eNB 與 MME 之間的控制訊號協定，用來支援用戶管理、NAS(Non-Access-Stratum)訊號等傳輸。

[103] NGAP 為 NG Application protocol，為 5G 系統內 gNB 與 AMF 之間的控制訊號協定，用來支援用戶管理、NAS(Non-Access-Stratum)訊號等傳輸。

二、 Network Slicing 服務

網路切片能提供電信服務商依據不同的網路需求，提供差異化的網路服務。但即便相同服務類型下，也會因為應用服務商的需求，分別與電信服務商簽訂不同的網路品質要求。根據 3GPP TS 22.261 標準「Service requirements for the 5G system」內容提供了不同應用服務型態說明與要求，例如高傳輸量與密度(High Data Rates and Traffic Densities)、智慧交通系統(Intelligent Transport Systems)、高精準定位(High-Accuracy Positioning)、5G 衛星接取(5G System with Satellite Access)、高可用性物聯網(High-availability IoT Traffic)、高傳輸低延遲(High Data Rate and Low Latency)與人工智慧及機器學習(AL/ML)等，各分項 KPI 整理如下：

1. 高傳輸量與密度(High Data Rates and Traffic Densities)

該場景針對不同的服務領域，如都市、郊區、室內熱點和特殊地區部署（例如大型集會、廣播和高速車輛），KPI 整理如下表：

表 4-2、3GPP TS 22.261 不同環境性能要求

情境	用戶體驗下行資料傳輸量	用戶體驗上行資料傳輸量	區域內下行資料容量	區域內上行資料容量	用戶速度
都市大區域	50 Mbit/s	25 Mbit/s	100 Gbit/s/km^2	50 Gbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具上(至 120 km/h)
郊區大區域	50 Mbit/s	25 Mbit/s	1 Gbit/s/km^2	500 Mbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具上(至 120 km/h)
室內熱點	1 Gbit/s	500 Mbit/s	15 Tbit/s/km^2	2 Tbit/s/km^2	行人
人潮密集區域	25 Mbit/s	50 Mbit/s	[3.75] Tbit/s/km^2	[7.5] Tbit/s/km^2	行人
密集都市	300 Mbit/s	50 Mbit/s	750 Gbit/s/km^2	125 Gbit/s/km^2	行人與用戶在交通工具上(至 60 km/h)
廣播服務	Max. 200 Mbit/s (per TV channel)	N/A or modest (e.g. 500 kbit/s per user)	N/A	N/A	靜止用戶，行人與用戶在交通工具上(至 500 km/h)

高速火車	50 Mbit/s	25 Mbit/s	15 Gbit/s/train	7.5 Gbit/s/train	用戶在高速火車上(至 500 km/h)
高速交通工具	50 Mbit/s	25 Mbit/s	[100] Gbit/s/km^2	[50] Gbit/s/km^2	用戶在交通工具上(至 250 km/h)
飛機上連接	15 Mbit/s	7.5 Mbit/s	1.2 Gbit/s/plane	600 Mbit/s/plane	用戶在飛機上(至 1,000 km/h)

資料來源：3GPP TS 22.261

2. 智慧交通系統(Intelligent Transport Systems)

智慧交通系統包含了各種類型的通訊與應用服務，目的為提高旅行安全性、改善交通管理，並最大限度地減少環境影響與提升用戶的交通效益。智慧交通系統包含路邊基礎設施，如紅綠燈控制器、城市地區和高速公路和街道沿線的交通監控，透過無線連接到交通控制中心，可用於管理和控制目的。交通基礎設施和控制中心之間的通訊需要低延遲、高可用性和大量連接，以實現智慧交通的可靠度，因此定義基礎設施的要求，KPI 整理如下表：

表 4-3、3GPP TS 22.261 無線智慧交通系統基礎設施效能

情境	最大允許端到端延遲	存活時間	通訊服務可用性	可靠性	用戶體驗資料傳輸量	連接密度
無線交通基礎設施	30 ms	100 ms	99.9999 %	99.999 %	10 Mbit/s	1,000/km^2

資料來源：3GPP TS 22.261

3. 高精準定位(High-Accuracy Positioning)

適應性和靈活度為 5G 系統的關鍵特性之一，這適用於高精度定位，並滿足不同級別服務和要求的能力，例如準確性、定位服務可用性和定位服務延遲。5G 系統可根據用戶、營運商和第三方的需求，提供不同的 5G 定位服務，如精度、定位服務可用性、定位服務延遲、更新率等，KPI 整理如下頁表：

表 4-4、3GPP TS 22.261 水平和垂直定位服務級別性能要求

定位服務等級	絕對位置(A)或相對位置(R)	95 %水平準確率	95 %垂直準確率	定位服務可用性	定位服務延遲	定位服務區域
1	A	10 m	3 m	95 %	1 s	室內 30 km/h，室外 250 km/h
2	A	3 m	3 m	99 %	1 s	火車 500 km/h，其他交通工具 250 km/h
3	A	1 m	2 m	99 %	1 s	火車 500 km/h，其他交通工具 250 km/h
4	A	1 m	2 m	99.9 %	15 ms	N/A
5	A	0.3 m	2 m	99 %	1 s	室外 250 km/h
6	A	0.3 m	2 m	99.9 %	10 ms	N/A
7	R	0.2 m	0.2 m	99 %	1 s	室內與室外 30 km/h，且用戶間相對位置為 10 m 內或用戶與 5G 定位節點相對位置為 10 m 內

資料來源：3GPP TS 22.261

4. 5G 衛星接取(5G System With Satellite Access)

衛星通訊網路可以放置在 GEO(Geostationary Earth Orbit)、MEO(Medium Earth Orbit)或 LEO(Low Earth Orbit)中，衛星傳播延遲在不同的衛星下，會有不同的延遲，整理如下表：

表 4-5、3GPP TS 22.261 衛星通訊延遲

衛星類型	用戶與衛星間最小延遲	用戶與衛星間最大延遲	用戶與衛星地面站間最大延遲
LEO	3 ms	15 ms	30 ms
MEO	27 ms	43 ms	90 ms
GEO	120 ms	140 ms	280 ms

資料來源：3GPP TS 22.261

5G 衛星通訊需要考慮延遲部分，以優化用戶使用體驗，針對不同使用情境下的衛星通訊品質要求整理如下頁表：

表 4-6、3GPP TS 22.261 衛星通訊性能要求

情境	用戶體驗下行資料傳輸量	用戶體驗上行資料傳輸量	用戶密度	用戶速度	用戶使用類型
行人	1 Mbit/s	100 kbit/s	100/km^2	行人	手持
公共安全	3.5 Mbit/s	3.5 Mbit/s	TBD	100 km/h	手持
車載聯接	50 Mbit/s	25 Mbit/s	TBD	250 km/h	車載
飛機上聯接	360 Mbit/s/plane	180 Mbit/s/plane	TBD	1,000 km/h	飛機裝置
靜止	50 Mbit/s	25 Mbit/s	TBD	靜止	建築物裝置
影像攝影機	0.5 Mbit/s	3 Mbit/s	TBD	120 km/h 或靜止	車載或固定裝置
窄頻物聯網	2 kbit/s	10 kbit/s	400/km^2	100 km/h	物聯網

資料來源：3GPP TS 22.261

5. 高可用性物聯網(High-availability IoT Traffic)

5G 某些場景會需要高度可靠的物聯網通訊，例如醫療監控相關裝置。它們會涉及不同的部署區域、設備速度和密度，並且需要高可用性的通訊服務來將數據由一個或多個設備傳輸到所屬應用服務。高可用性物聯網需求整理如下表：

表 4-7、3GPP TS 22.261 高可用性物聯網效能要求

情境	通訊服務可用性	通訊服務可靠性(平均服務中斷區間)	端到端延遲	資料傳輸量	資料傳輸方向	用戶連接數
醫療監控	99.9999 %	< 1 year	< 100 ms	< 1 Mbit/s	上行	10/km^2~ 1,000/km^2

資料來源：3GPP TS 22.261

6. 高傳輸低延遲(High Data Rate and Low Latency)

在 5G 高傳輸低延遲環境下，VR 為最具代表的應用情境，為了支援 VR 情境，5G 系統要求由用戶動作開始到相應畫面顯示到銀幕上所花的時間延遲(motion-to-photon latency)需在 7 ms 到 15 ms 範圍內，同時保持所需的 8k 要求下，需提供高達 1 Gbit/s 的數據速率，且用戶動作開始到相應的聲音反應時間延

遲(motion-to-sound delay)需小於 20 ms。除 AR 外，對於高傳輸低延遲應用情境網路要求整理如下表：

表 4-8、3GPP TS 22.261 高傳輸低延遲服務效能要求

情境	最大允許端到端延遲	用戶體驗資料傳輸量	可靠度	用戶速度
雲/邊緣/分割環境	5 ms (UL+DL)	0.1~1 Gbit/s	99.99 %	行人或靜止
遊戲或互動行數據交換	10 ms	0.1~1 Gbit/s	99.99 %	行人或靜止
消費型 VR 頭盔	5~10 ms	0.1~10 Gbit/s	99.99 %	行人或靜止

資料來源：3GPP TS 22.261

7. 人工智慧與機器學習(AI/ML)

5G 系統應支援用戶與網路服務器/應用功能中的 AI/ML 服務，針對不同 AI/ML 網路下載要求整理如下表：

表 4-9、3GPP TS 22.261 AI/ML 服務下載效能要求

最大允許下行端到端延遲	用戶體驗下行資料傳輸量	通訊服務可用性	用戶密度	註記
1 s	1.1 Gbit/s	99.999 %		用於圖像識別的 AI/ML 模型
1 s	640 Mbit/s	99.999 %		用於語音識別的 AI/ML 模型
1 s	512 Mbit/s	NA		及時 AI 媒體編輯
1 s	NA	NA	5,000 ~ 10,000/km^2	人工智慧模型管理服務
1 s	22 Mbit/s	99.999 %		AI/ML 的車聯網系統
1 s	NA	NA		共享 AI/ML 模型監控
3 s	450 Mbit/s	NA		媒體品質提升

資料來源：3GPP TS 22.261

上述針對不同類型的應用提供了對應的 KPI 數值，且同一類型的服務內，也會根據情境差異有不同的系統要求值，因此現階段可將業者提供的 SLA 值進行最低網路需求的分類與分級，但考量業者之間的商業行為，提供的 SLA 值可能無法符合 3GPP 提出的最低網路需求，建議可先採用應用服務分類方式，再依照該服務類型進一步分級，若無法分級則先採用資料備註，保留電信業者與應用

服務商制定 SLA 的商業彈性，也符合加值服務的審驗方式與精神。

電信服務商可以透過網路切片功能，將其網路用戶區分為不同的類型，不同類型之間會有不一樣的網路需求，也可以根據 5QI 或 SLA 要求與用戶註冊資訊來選擇不同的網路切片服務，5QI 為 3GPP TS 23.501 中定義之 QoS 對應表，可以對應目前應用服務符合哪一個網路 QoS 要求，如下表整理。

表 4-10、5QI 與 QoS 特性對照表

5QI 值	資源類型	默認優先等級	封包延遲分配	封包錯誤率	服務案例
1	GBR	20	100 ms	10^{-2}	會話語音
2		40	150 ms	10^{-3}	會話語音
3		30	50 ms	10^{-3}	即時遊戲，V2X 訊息
4		50	300 ms	10^{-6}	非會話語音
65		7	75 ms	10^{-2}	關鍵任務用戶平面一鍵通語音
66		20	100 ms	10^{-2}	非關鍵任務用戶平面一鍵通語音
67		15	100 ms	10^{-3}	關鍵任務視訊用戶平面
71		56	150 ms	10^{-6}	“即時”上行鏈路串流
5	Non-GBR	10	100 ms	10^{-6}	IMS 訊令
6		60	300 ms	10^{-6}	基於 TCP 視訊
7		70	100 ms	10^{-3}	音訊、視訊互動遊戲
69		5	60 ms	10^{-6}	關鍵任務延遲靈敏度信號
70		55	200 ms	10^{-6}	關鍵任務數據
79		65	50 ms	10^{-2}	V2X 訊息
80		68	10 ms	10^{-6}	低延遲 eMBB 應用
82	Delay critical GBR	19	10 ms	10^{-4}	離散自動化
83		22	10 ms	10^{-4}	離散自動化，V2X 訊息
84		24	30 ms	10^{-5}	智慧運輸系統
85		21	5 ms	10^{-5}	高電壓配電，V2X 訊息

資料來源：3GPP TS 23.501

在 3GPP Rel-14.0.0 版本中列出了八個網路切片要求，提供網路切片中強大的、高層次的觀點和方向，可作為指引，描述如下：

1、 電信營運商應能夠創建(create)和管理(manage)滿足不同市場場景所需的網路切片。

2、 電信營運商應能夠平行操作不同的網路切片，達到隔離效果，例如應防止一個切片的數據通訊對其他切片的服務產生負面影響。

3、 3GPP 系統應有能力在單個網路切片上進行特定服務安全保障要求(service-specific security assurance requirements)，而非只針對整個網路中符合。

4、 3GPP 系統應有能力在網路切片之間提供一定程度的隔離，以將網路攻擊(cyber-attack)限制在單個網路切片上。

5、 電信營運商應能夠授權第三方在網路營運商設定的限制範圍內，能透過合適的 API 進行創建、管理網路切片配置。

6、 3GPP 系統應支援網路切片在容量方面的彈性配置，且不影響該切片或其他切片的服務。

7、 3GPP 系統應能夠更改網路切片，並對其他切片正在進行服務中的用戶影響最小，尤其在添加(addition)新網路切片、移除(removal)現有網路切片，或是更新網路切片功能及配置。

8、 3GPP 系統應能夠支援網路切片的端到端(end-to-end)資源管理。

依據指引，可作為網路切片網路審驗分類，區分為獨立性、管理面與功能面，新增法規條列於下：

表 4-11、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(網路切片審驗項目)

項次	新增法規
1	4.1.4 依據5G網路切片服務類型進行分類，載明各類型網路切片服務5QI指標值或SLA協議值。
2	4.2.13 5G SA網路切片加值通信服務
3	4.2.13.1 5G SA網路切片獨立性
4	4.2.13.1.1 5G SA核心網路能平行操作不同的網路切片
5	4.2.13.1.2 5G SA網路切片間提供一定程度的隔離，將網路攻擊(cyber-attack)限制在單個
6	4.2.13.2 5G SA網路切片管理
7	4.2.13.2.1電信營運商能支援5G SA網路切片功能可創建(create)和管理不同市場需求
8	4.2.13.2.2 5G SA網路切片的端到端(end-to-end)資源管理
9	4.2.13.3 5G SA網路切片註冊功能及效能

10	4.2.13.3.1 5G SA網路支援網路切片功能，於用戶註冊流程應能檢視
11	4.2.13.3.2 5G SA網路切片功能效能內容應不低於SLA協議值。

資料來源：本研究整理

第二節、FWA 網路品質研究

FWA 係指利用支援行動網路的用戶端設備，提供寬頻接取的連結，在 4G LTE 時代，便有行動電信商提供 4G FWA 以取代固網寬頻，然而，進入理論上傳輸速度較 4G 提升十倍的 5G 時代，5G 下載速度最高可達 Gb 級，信號回應時間加快多達 10 倍，足以媲美光纖網路，可以從容處理日益增長的行動資料流程量，實現更高品質的服務，例如串流媒體影音和視訊會議，通過 FWA 實現快速的家庭寬頻服務。5G 帶動新一波 FWA 應用，利用 5G 的無線高速傳輸，打破有線網路的布建限制。BBF 定義的 FWA 架構提供線上提供的關鍵寬頻服務，包括高速互聯網服務(IP 語音服務、IP 視訊會議服務、網頁瀏覽)、VoIP 與通過 IP 群播的 IPTV(線上影音)等。報告中針對這些主流服務，提出相應的服務指標以及應達到的服務標準。

FWA 服務指標與傳統服務相同。可從核心網或路由器的網路管理系統中獲取指示。在網路傳輸能力方面，需要根據服務類型來保證 IP 網路的 SLA。FWA 是一種組網改造方式，所以業務建模部分使用已有業務建模體系。比如 FWA 的 SIP 呼叫，採用既有 SIP 語音業務指標；比如網際網路的業務，採用既有網頁、視訊、郵件業務的指標。

FWA 服務審驗項目如下表所列[104]：

表 4-12、FWA 服務審驗項目

服務分類	審驗項目
IP 語音、IP 視訊會議	上行速率(Uplink Throughput)
	下行速率(Downlink Throughput)
	丟包率(Packet Loss Rate)
	單向延遲(One Way Delay)
	抖動(Jitter)
Internet-影音服務	上行速率(Uplink Throughput)

[104] https://carrier.huawei.com/~/media/CNBGV2/download/products/servies/5g-b2b-service-experience-standard-white-paper-en1.pdf

	下行速率(Downlink Throughput)
	往返時間(round-trip time, RTT)
Internet-網頁服務	下行速率(Downlink Throughput)
	單向延遲(One Way Delay)
Internt-VOIP	上行速率(Uplink Throughput)
	下行速率(Downlink Throughput)
	丟包率(Packet Loss Rate)
	單向延遲(One Way Delay)
	抖動(Jitter)

資料來源：華為

FWA 服務審驗方法如下所列：

以一測試伺服器確認連接至系統之核心網路後，對另一終端設備進行六十秒測試，期間具不中斷之能力，以確認服務可用。根據表 4-13 的測試方法來測試表 4-14 的審驗項目。

表 4-13、FWA 服務審驗方法

測試名稱	測試方法
上/下行速率	依據 BBF TR.143 對目標 IP 進行上行測速和下行測速。
丟包率/延遲/抖動	CPE 對目標 IP 定時進行測試。
服務可用性	CPE 對目標 IP 進行測試，確認服務不中斷。

資料來源：華為

一、 IP 語音服務

語音常見的編解碼為 G.711、G.729，有效速率分別為：90.4 kbit/s、34.4 kbit/s。G711、G729 編碼所需頻寬可經由以下計算得知：

頻寬 = 封包長度 × 每秒包數

= 封包長度 ×(1 / 打包周期)

= (Ethernet 頭 + IP 頭 + UDP 頭 + RTP 頭 + 有效負載) × (1 / 打包周期)

= (208 bit + 160 bit + 64 bit + 96 bit + 有效負載) × (1 / 打包周期)

= (528 bit + (打包周期(秒) × 每秒的比特數)) × (1 / 打包周期)

= (528 bit / 打包周期) + 每秒比特數

按照上面的計算公式：

G711：20 ms 打包，頻寬為(528 / 20 + 64) kbit/s = 90.4 kbit/s

G729：20 ms 打包，頻寬為(528 / 20 + 8) kbit/s = 34.4 kbit/s

IP 語音服務要求的審驗標準如下表所列。

表 4-14、語音服務網路指標要求

主觀感知	單向延遲(ms)	抖動(ms)	丟包(%)
好	≤ 40	≤ 10	≤ 0.1 %
中	≤ 100	≤ 20	≤ 0.5 %
差	≤ 400	≤ 60	≤ 2.5 %

資料來源：華為

二、 IP 視訊會議服務

視訊會議服務所需網路的頻寬即線路頻寬，為會議頻寬 1.2~1.5 倍。

表 4-15、IP 視訊會議服務編碼與會議頻寬一覽表

視訊格式	建議會議頻寬\視訊會議頻寬		
	H.265	H.264 HP	H.264 BP
720p25/30	768 kbps \ 921.6 kbps	768 kbps \ 921.6 kbps	1.5 Mbps \ 1.8 Mbps
720p50/60	1,152 kbps \ 1,382.4 kbps	1.5 Mbps \ 1.8 Mbps	2 Mbps \ 2.4 Mbps
1080p25/30	1,152 kbps \ 1,382.4 kbps	1.5 Mbps \ 1.8 Mbps	3 Mbps \ 3.6 Mbps
1080p50/60	2 Mbps \ 2.4 Mbps	3 Mbps \ 3.6 Mbps	4 Mbps \ 4.8 Mbps
4K30	5 Mbps \ 6 Mbps	--	--

資料來源：華為

IP 視訊會議服務要求的審驗標準如下表所列。

表 4-16、IP 視訊會議服務網路指標要求

主觀感知	單向延遲(ms)	抖動(ms)	丟包(%)
好：畫面流暢、較清晰，聲音清晰	≤100	≤30	≤1 %
中：畫面較流暢，運動大時有輕微馬賽克	≤100	≤30	≤3 %
差：畫面較流暢，運動大時有馬賽克和卡頓，感覺一定延遲	≤100	≤50	≤5 %

資料來源：華為

三、 Internet 影音服務

IP 影音服務要求的審驗標準如下表所列。

表 4-17、互聯網影片服務網路指標要求

解析度	速率(Mbps)	往返時間 RTT(ms)
480P	0.9	80
720P	2	60
1080P	3.9	45
2K	7.8	30
4K	17.6	20

資料來源：華為

四、 Internet 網頁服務

網頁下載速率和網頁的大小相關；不同頁面大小對應的速率要求不一樣，開啟網頁延遲的感知程度與下載網頁的時間有正相關[105]。基本上以較大的頁面(2 Mbyte)為參照[106]。

[105] https://www.nngroup.com/articles/website-response-times/
[106] https://httparchive.org/reports/state-of-the-web

表 4-18、互聯網網頁瀏覽服務網路指標要求

主觀感知	下載延遲(s)	速率(kbps)
好：秒開	< 1	> 16,000
較好：良好	< 2	> 8,000
中：可以接受	< 3	> 5,400
差：放棄	> 10	< 1,600

資料來源：華為

五、 Internet VoIP 服務

常見的編解碼：SILK 編碼 (Skype)、Opus 編碼 (WhatsApp、Facebook_messenger)，VoIP 軟體要求的網路效能如表 4-19、4-20 所示。

表 4-19、VoIP 與視訊通話速率要求

服務類型	速率(kbps)
音訊 (VoIP)	64
視訊 (視訊通話)	384

資料來源：華為

表 4-20、VoIP 服務網路指標要求

單向延遲(ms)	抖動(ms)	丟包(%)
≤ 150	≤ 30	≤ 3 %

資料來源：華為

第三節、 FeMBMS 網路品質研究

本節的目的是依據 3GPP“基於 LTE 的 5G 地面廣播的研究”的結果確認基於 LTE 的 eMBMS 與 3GPP TR 38.913 中定義的專用廣播網路的 5G 要求之間的差距，並研究縮小這些差距，作為未來技術發展的解決方案。

一、 5G NR MBMS 要求

3GPP TR 38.913 為支援 NR 中的 MBMS 定義了以下要求：

Req. 1 新 RAT 應支援現有的群播/廣播服務(例如下載、串流、群組通訊、電視等)和新型服務(例如 V2X 等)。

Req. 2 新 RAT 應支援群播/廣播區域的動態調整基於，如用戶分配或服務要求。

Req. 3 新 RAT 應支援同時向用戶提供單播和群播/廣播的服務。

Req. 4 新 RAT 應至少在頻域和時域中支援高效率多工的單播傳輸。

Req. 5 新 RAT 應支援群播/廣播和單播之間的靜態和動態資源分配；新 RAT 尤其應允許支援多達 100 %的下行鏈路資源用於群播/廣播(100 %意味著專用 MBMS 載波)。

Req. 6 新 RAT 應支援多個參與的 MNO 之間的群播/廣播網路共用，包含專用 MBMS 網路的情況。

Req. 7 新 RAT 應能夠在 SFN 模式下通過網路同步覆蓋多達整個國家大面積地理區域的大小，並且如果需要執行該目標，則應允許社區半徑高達 100 km。它還應支援地方、區域和國家廣播區域。

Req. 8 新 RAT 應支援固定、可攜式和行動用戶設備的群播/廣播服務。應支援高達 250 km/h 的移動性。

Req. 9 新 RAT 應利用 RAN 設備(硬體和軟體)的使用，包含如多天線能力(例如 MIMO)來提高群播/廣播能力和可靠度。

Req. 10 新 RAT 應支援 mMTC 設備的群播/廣播服務。

上述要求可以分為兩組：

1、 分析涉及系統等級和/或鏈路等級模擬的需求；和

2、 分析不涉及模擬的需求。

評估要求的第一步應該是確認 LTE 是否已符合要求。如果是部分符合要求，則應確認剩餘的差距。確認只有 Req. 7 和 Req. 8 涉及模擬工作。

不涉及模擬的要求(除 Req. 7 和 Req. 8 之外的所有要求)將基於對目前規範的分析進行驗證。

在二、模擬假設提供為研究一般要求和以上定義的兩組中的每一組的方法。具體來說，對於需要模擬工作的要求，描述了模擬假設和設定。

4、需求分析是根據二、模擬假設所描述的方法對上述每個要求進行了分析。

二、 模擬分析

(一) 系統等級模擬假設

對於系統等級的評估，引入四種情境如下：

表 4-21、系統等級評估的情境

參數	MPMT	HPHT-1	HPHT-2	LPLT
站點間距(ISD)	50 km	125 km	173.2 km	15 km
BS 功率	60 dBm	70 dBm	70 dBm	46 dB
BS 有效天線高度	100 m	300 m	300 m	35 m
循環字首/參數集	CAS/SC-PTM：4.7 μs、16.6 μs PMCH：15 kHz / 7.5 kHz / 1.25 kHz 作為基線。			
載頻	700 MHz			
通道頻寬	10 MHz 作為基準			
BS 天線增益	10.5 dBi	13 dBi	13 dBi	15 dBi

BS 天線方向模式	1Tx：屋頂和非屋頂 2Tx：非屋頂(屋頂需再進一步研析)	1Tx：屋頂和非屋頂 2Tx：非屋頂(屋頂需再進一步研析)	1Tx：屋頂和非屋頂 2Tx：非屋頂(屋頂需再進一步研析)	3扇形天線模式 每個扇形區都有一個水平和垂直模式，定義見：3GPP TR 36.814，表 A.1.1：3GPP案例1和案例3(巨集蜂巢) 2Tx 用於非屋頂(用於屋頂需再進一步研析)
蜂巢布局	蜂巢式網格，61個蜂巢站，每個站 1 個扇形區	蜂巢式網格，61個蜂巢站，每個站 1 個扇形區	蜂巢式網格，61個蜂巢站，每個站 1 個扇形區	蜂巢式網格，61個蜂巢站，每個站 3 個扇形區
Tx 誤差向量幅度(EVM)	[8 %]			8 %

資料來源：3GPP TR 36.776

對於四種情境中的每一種，都考慮了四種不同類型的接收機：

表 4-22、不同情境的通道特性

參數	屋頂	車載	在車裡	室內的
傳播模型	ITU-R P.1546-5 50 % / 1 % (服務/干擾)作為首選假設 50 % / 50 % (服務/干擾)			
快速衰減通道類型	延遲擴展和路徑延遲設定檔：採用 UMA/RMA(Urban Marcocellar/Rural Marcocellar)模型(根據[第5, 7.5小節])。 衰減分佈：Rayleigh除了屋頂的第一路徑(Rice)。對於屋頂，使用固定K = 10 dB。 注意：這旨在描述以下過程： - 執行到第6步驟以獲得每個組件的延遲係數 - 如所述正規化 - 不是為每個組件生成射線，而是取每個組件的每個延遲係數，並根據組件的功率生成具有變異數的高斯隨機變數。			
接收機速度	0	Up to 250 km/h	Up to 250 km/h	3 km/h
接收天線高度	10 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m

高度損耗： 在 10 公尺處的訊號準位與實際接收天線高度之差	0 dB	16.5 dB 鄉村 23.5 dB 市區	16.5 dB 鄉村 23.5 dB 市區	16.5 dB 鄉村 23.5 dB 市區
建築物滲透損耗	0 dB	0 dB	$\mu = 9$ dB 和 $\sigma = 5$ dB	20 dB 市區 10 dB 鄉村
遮蔽標準差	5.5 dB	5.5 dB	8 dB 鄉村 6 dB 市區	8 dB 鄉村 6 dB 市區
遮蔽相關性	1 對同站點	1 對同站點	1 對同站點	1 對同站點

資料來源：3GPP TR 36.976

表 4-23、不同情境的接收機特性

參數	屋頂	車載	在車裡	室內的
接收機雜訊指數	6 dB	6 dB	9 dB	9 dB
接收機雜訊頻寬	9 MHz	9 MHz	9 MHz	9 MHz
接收機天線 (增益與樣板)	13.15 dB 依據判別樣板 ITU-R BT.419-3 頻段 IV、V	3.0 dB 無方向性	-7.35 dBi 無方向性	-7.35 dBi 無方向性
天線線損	4 dB	0 dB	0 dB	0 dB
雙接收天線	否(用於 2Tx 需再進一步研析)	是的	是的	是的
執行邊際	1 dB			
接收機本體耗損	0			
Rx 誤差向量幅度(EVM)	4 %			

資料來源：3GPP TR 36.776

對於屋頂天線對齊，使用以下兩個 Opt 之一(由公司聲明)：

- Opt1：最強發射器(基於路徑耗損和遮蔽)。
- Opt2：最近的發射器

X %預處理 SINR(透過鏈路等級模擬映射到 X %流量)用作性能指標：

- 報告點：95 % SINR。也可以報告其他百分位數。

以下選項可用於系統等級模擬中的用戶設備分配：

- 在所有 cell 中統一作為基線
- “最壞情況”(即刪除覆蓋最差的地理點中的所有用戶設備)作為附加選項

對於 SINR 計算，使用 ITU-R BT.2254-3, Section 3.5 中的公式。均衡間隔(EI)的定位取決於接收機的實施，並應在評估中聲明，包括 EI 的長度。

頻譜效率是用於評估的性能指標之一。

(二) 鏈路等級模擬假設

表 4-24、鏈路等級模擬參數

參數	值
系統頻寬	10 MHz
載波頻寬	700 MHz
循環字首/參數集	CAS/SC-PTM：4.7 μs、16.6 μs PMCH：15 kHz / 7.5 kHz / 1.25 kHz 作為基線
都卜勒頻率	1H(屋頂天線)，車載/車內可達 120 km/h 和 250 km/h，室內可達 3 km/h
參考信號模式	對於現有的參數集，使用現有的參考訊號模式作為基線/底線
通道評估	實現於參考信號(RS)設計
通道模型	由不同站點間距(ISD)的系統等級評估確認。
用戶設備的接收天線數	屋頂：1(基線) / 2 手機/車載接收機：2
調變編碼方案(MCS)	固定調變編碼方案(MCS)，由支援者選擇

資料來源：3GPP TR 36.776

三、 需求分析

本節包含對一、5G NR 的 MBMS 要求項目中列出的專用廣播網路要求的分析，包含潛在的強化。

(一) Req.1：支援現有和新型服務

Rel-14 LTE 規範支援不同的用例/服務：

- 廣播電視服務自 Rel-9 起就得到支援，並在 Rel-14 中得到強化。
- 從 Rel-13 開始支援基於在 SC-PTM 上的下載、串流和群組通訊。
- 從 Rel-13 開始支援 V2X 的廣播/群播(基於在 SC-PTM 上)或 MBSFN 傳輸。
- 從 Rel-14 開始支援物聯網設備(eMTC 和 NB-IoT)的廣播/群播(基於在 SC-PTM 上)。

(二) Req.2：群播/廣播區域動態調整

eMBMS 支援從 BM-SC 調整群播/廣播區域的機制，在 3GPP TS 23.246 中指定。BM-SC 可以決定和調整 MBMS 服務區，並在 MBMS Session Start 和 MBMS Session Update 過程中提供 cell ID 列表。BM-SC 可以通過以下方式之一決定 MBMS Service Area 和 Cell ID 列表：

- 使用 3GPP TS 23.246 中規定的"MBMS Operation on Demand(又名 MOOD)"程序；或者
- 基於來自 GCS AS 的報告，使用以下任一方法：
  - xMB 介面上的程序，在 3GPP TS 26.346 和 3GPP TS 26.348 中指定；
  - MB2 介面上的程序，在 3GPP TS 23.468 中指定。

(三) Req.3：同時支援廣播/群播和單播

Rel-14 LTE 可提供以下方式同時支援廣播/群播和單播：

- 在同一載波上，通過時分多工 MBSFN 和 non-MBSFN 子訊框(TDM)。MBSFN 子訊框由欄位發送 *MBSFN-SubframeConfig*, *MBSFN-SubframeConfig-v1430*，在 non-dedicated carriers 中。在專用載波中，*nonMBSFN-SubframeConfig-r14* 包括 non-MBSFN 子訊框的設置。有關更多詳細資訊，請參閱 3GPP TS 36 331 參考文件。在給定的子訊框中，PMCH 使用整個系統頻寬(參見 3GPP TS 36 213，subclause 11.1)。
- 在同一載波上，使用 SC-PTM 進行群播/廣播(可以是 TDM 或 FDM 與

單播)。SC-PTM 使用 PDSCH 作為實體通道(見 3GPP TS 36 300，Subclause 6.1.3.2 和 5.3.1)，因此允許與單播傳輸類似的 time-frequency granularity。

- 在分開的載波上，使用專用的 MBMS 載波進行群播/廣播服務。

(四) Req.4：群播/廣播和單播的多工

此要求與專用 MBMS 網路無關。

Rel-14 LTE 可以通過以下方式支援群播/廣播和單播的多工：

- SC-PTM 支援在頻域和時域中單播傳輸多工。
- MBSFN 支援在時域中單播傳輸多工。

(五) Req.5：群播/廣播和單播之間的動態資源分配和對專用 MBMS 載波的支援

關於對群播/廣播和單播之間靜態和動態資源分配的支援，它與專用 MBMS 網路無關。儘管如此，Rel-14 LTE 可以支援廣播和單播的動態資源分配。根據載波的類型，支援以下單播和廣播之間的區分：

- 介於 0~60 %：Pre Rel-14。載波可以用作 Pcell。
- 介於 60~80 %：Rel-14 FeMBMS 混合載波。載波支援單播，但不能作為 Pcell 使用。
- 對於 SC-PTM 傳輸，支援 0~100 %之間的區分。

關於支援專用 MBMS 載波的要求，相關且 Rel-14 支援 MBSFN 和 SC-PTM 將 100 %分配給 MBMS 的專用載波。

(六) Req.6：支援網路共用

3GPP TS 23.246 附件 D 中記錄的 Rel-14 網路架構支援基於 E-UTRAN 的共用 eMBMS 網路，包含專用 eMBMS 網路。

(七) Req.7：支援大範圍區域服務

大範圍區域是指整個國家的區域和/或 100 km 的 cell 大小。

在這種情況下，大範圍區域是指由具有以下 ISD 的網路覆蓋的區域：

- ~15 km，簡稱 LPLT 網路；
- ~50 km，簡稱 MPMT 網路；和
- >100 km，簡稱 HPHT 網路，特別是：
  - ~125 km，簡稱 HPHT-1 網路；和
  - ~173 km，簡稱 HPHT-2 網路。

支援通過這些網路提供服務的能力的衡量標準是 95 %的用戶可用的 SNR 和頻譜效率(Spectral Efficiency, SE)。本章節中的研究包括評估 Rel-14 參數集的 95 % SNR 和頻譜效率，以及通過使用新的參數集和增強的接收機/發射器方案(例如 MUST(必要))可能進行的改進。對 MBSFN 傳輸和 SC-PTM(包括 CAS)進行了評估。

1、 用於支援 MBSFN 的更大 ISD 的新參數集

MBSFN 評估由多個來源進行，並在 3GPP R1-1902349、R1-1901582、R1-1902130、R1-1901780 等參考文件中進行了報告。基於這些評估，可以基於 50/1 模型總結以下觀察結果(50/50 的結果可在附件中找到)：

對於 LPLT 網路：

- 較長的 T_{cp} 將在 LPLT 網路中對頻譜效率提供有限的改善。
- 較長的 T_u 將藉由減少循環字首冗餘在 LPLT 網路中提供頻譜效率改善。

對於 MPMT 網路：

- 較長的 $T_{cp} \geq 300$ μs，加上較長的 $T_u \geq 2{,}600$ μs，與 Rel-14 1.25 kHz 參數集相比，屋頂情境的 SNR 和頻譜效率顯著改善：
  - 觀察到的 SNR 增益在 5 dB 和 10 dB 之間；
  - 觀察到的頻譜效率增益為~100 %。

- 較長的 T_u 將藉由減少循環字首冗餘進一步改善 MPMT 網路中的頻譜效率。

HPHT-1 網路：

- 較長的 $T_{cp} \geq 300$ μs，理想情況下為 400 μs，與 Rel-14 1.25 kHz 參數集相比，再加上較長的 $T_u \geq 2{,}600$ μs，對於屋頂情境，在 HPHT-1 網路中的 SNR 將提高 8 dB 到 15 dB。
- 較長的 $T_{cp} \geq 300$ μs，理想情況下為 400 μs，與 Rel-14 1.25 kHz 參數集相比，再加上較長的 $T_u \geq 2{,}600$ μs，對於屋頂情境，在 HPHT-1 網路中的頻譜效率將提高 500 %。
- 較長的 T_u 將藉由減少循環字首冗餘進一步改善在 MPMT 網路中的頻譜效率。

HPHT-2 網路：

- 與 Rel-14 1.25 kHz 參數集相比，較長的 $T_{cp} \geq 300$ μs 將在 HPHT-2 網路中提供 1 dB 和 2 dB 之間的有限 SNR 改善。
- 即使是 HPHT-2 網路中的屋頂接收機，提供服務等級的覆蓋將具有挑戰性。

對於所有考慮過的 ISD：

- 為室內和車內接收機的 95 %用戶提供服務等級的覆蓋將具有挑戰性。

對於給定的 T_u，在干擾受限的情況下降低頻域中的參考訊號(Reference Signal, RS)密度(降低 EI)會導致 SNR 耗損 1~3 dB，但是，相應的參考訊號開銷(RS overhead)降低可能同時增加頻譜效率。

2、 CAS 評估

CAS 系統等級評估由兩個來源進行，並在 3GPP R1-1902349 和 R1-1812430 參考文件中報告。在這些評估中可執行的 SINR 高度依賴於時間變化假設，即

50/1 或 50/50。

與 single-cell CAS 相比，同步 CAS 傳輸提供高達 1.5 dB 的 SNR 增益(以 SFN 方式 15 kHz 參數集和 16.7 μs CP 的傳輸 CAS)。下表總結了考慮到這一點的結果。

表 4-25、CAS 的 SNR 等級

		50/50 [10]	**50/1 [14]**
車載	LPLT	3.8 dB	-3.6 dB
	MPMT	1.9 dB	-6.1 dB
固定屋頂	LPLT	12.8 dB	-0.4 dB
	MPMT	-0.2 dB	-1.8 dB
	HPHT-1	0.5 dB	-6.9 dB

資料來源：3GPP TR 36.776

在沒有鏈路等級模擬的情況下，RAN4 對於細胞採集子訊框的通道性能要求，在參考文件 3GPP TS 36.101 中，已被用來驗證它們的性能是否足夠符合上表中的 SNR 值。值得注意的是 RAN4 的性能要求是針對至少 2 根接收天線，然而在某些情境下是 2 根發射天線，因此，可以意指為固定在屋頂上之 1 根發射天線與 1 根接收天線的等效通道性能。

PDCCH：對於 1 Tx 和 2 Rx 天線(1T2R)參考 SNR 為-1.7 dB [3GPP TS 36.101, subclause 8.4.1.1]，此數值適用於車載接收。因此，PDCCH 對於 50/50 模型的 LPLT 和 MPMT 網路中的車載接收是足夠的，但在 50/1 模型的這兩種情況下都不夠。對 1T1R 沒有提供適用於固定屋頂的性能，但估計至少高出 3 dB(1.3 dB)。使用此參考 SNR，對於 50/50 模型和 50/1 模型的 MPMT 和 HPHT-1 網路中的固定屋頂接收，PDCCH 性能是不夠的。在 3GPP R1-1903512 參考文件中，為支援最高聚合級別的 PDCCH 提供了評估結果，假設 AWGN 通道，這將使屋頂接收的操作 SNR 為-3.5 dB SNR。這為 50/50 通道模型提供了足夠的性能，但在某些情境下無法為 50/1 通道模型提供足夠的性能。

PBCH：對於 1T2R 的參考 SNR 為-6.1 dB [3GPP TS 36 101, subclause 8.6.1.1]。此數值適用於車載接收。因此，PBCH 足以用於車載接收來自具有任一時間模型的 LPLT 和 MPMT 網路。未提供 1T1R 適用於固定屋頂的性能，但估計至少高 3 dB(-3.1 dB)。有了這個參考 SNR，PBCH 性能將足以用於所有 50/50 模型的固定屋頂情境。然而，對於 50/1 模型的來自 HPHT-1 網路的固定屋頂接收，PBCH 表現不佳。可以通過嘗試對 PBCH 進行多次解碼來執行 PBCH 的較低 SNR 操作。

PDSCH：1T2R 的參考 SNR 為-5.4 dB [3GPP TS 36 101, subclause 8.2.1.1.1, test num 19]。此數值適用於車載接收。因此，PDSCH 對於 50/50 模型的 LPLT 和 MPMT 網路的車載接收是足夠的，對於具有 50/1 模型的 LPLT 足夠，但對於具有 50/1 時間模型的 MPMT 是不夠的。未提供 1T1R 適用於固定屋頂的性能，但估計至少高出 3 dB(-2.4 dB)。對於固定屋頂，PDSCH 僅適用於具有 50/1 時間模型的 HPHT-1。

PSS/SSS：正如之前的 3GPP 研究所證實的那樣，操作 SNR 可能比觀察到的 CAS SFN 低得多(例如[3GPP TR 36.888，表 5.2.1.2-2])。通過跨多個傳輸週期執行這些訊號的非相干累加，可以執行 PSS/SSS 的較低操作 SNR。

以上分析總結在下表中。

表 4-26、CAS 分析

CAS 元件通道	Failures 50/50	Failures 50/1
PDCCH	根據從 RAN4 性能要求推斷的結果： MPMT 固定屋頂 HPHT-1 固定屋頂 根據[16]中提供的連結級別評估推斷的結果：None	LPLT 車載 MPMT 車載 MPMT 固定屋頂 HPHT-1 固定屋頂
PBCH	None	HPHT1 固定屋頂
PDSCH	None	MPMT 車載 HPHT-1 固定屋頂
PSS/SSS	--	--
註：適用於固定屋頂的 1T1R 的性能未在 TS 36.101 中提供，但估計至少比本文中提供的適當 1T2R 參考 SNR 高 3dB。TS 36.101 中的通道模型與可能導致悲觀結果的議定評估假設的		

通道模型不同。

資料來源：3GPP TR 36.776

3、 MUST(必要)支援較大的 ISD

評估的目的是 MUST 被假定為兩層的疊加，稱為基本層(basic layer)和強化層(enhanced layer)，其中基本層預計提供大的廣播覆蓋範圍，而強化層預計提供更高的頻譜效率對於部分廣播用戶。在 3GPP R1-1902349 和 R1-1901582 參考文件中進行了評估並進行了報告，得出以下觀察結果：

- 對於屋頂接收機的 MBSFN，報告的 MUST 增益為：
  - 200 μs CP 長度，從 20 %到 38 %；
  - CP 長度為 300 μs，約為 10 %。
- 對於屋頂接收機的 SC-PTM，報告的 MUST 增益範圍為 35 %到 37 %。
- MUST 的平均頻譜效率增益很大程度上取決於強化層在目標覆蓋區域中潛在頻譜效率改善與基本層在原本覆蓋區域中潛在 SE 耗損之間的權衡。

4、 支援較大 ISD 的非均勻星座圖

非均勻星座圖(Non-Uniform Constellation, NUC)在 QAM 上的 SNR 增益在 AWGN 通道和分接式延遲線(Tapped Delay Line, TDL)通道中進行了評估和驗證，在 3GPP R1-1903419 中進行了報告。根據評估，觀察結果可總結如下：

- 一般而言，SNR 增益隨著非均勻星座圖(NUC)的順序增加而增加。
- 在 AWGN 通道中，2D-16NUC 在 16QAM 之上提供大約 0.1dB SNR 增益，而 2D-64NUC 在 64QAM 之上可以提供 0.5 dB SNR 增益。
- 在 TDL 通道中，2D-16NUC 在 16QAM 上提供有限的增益，而 2D-64NUC 在 64QAM 上保持可見的 SNR 增益(約 0.3~0.4 dB)。
- 2D-NUC 在 QAM 上提供比 1D-NUC 更多的 SN 增益。

針對 Req.7 得出以下對 Rel-14 可改善的結論：

- 發現 T_{cp} 和 T_u 比 Rel-14 1.25 kHz 參數集更長的新參數集是有利的，並且

將支援 MPMT 和 HPHT-1 網路中固定屋頂接收的用例，並具有以下改善範圍：

- MPMT：頻譜效率提高約 100 %，SNR 提高 5~10 dB 的範圍。
- HPHT：頻譜效率提高約 500 %，SNR 提高 8~15 dB 的範圍。

- T_{cp} 和 T_u 分別應至少為 300 μs(理想情況下為 400 μs)和至少 2.6 ms。
- 新參數集應該針對頻譜效率改善，考慮時域和頻域中的 RS 模式、循環字首冗餘和接收機複雜性等因素。
- 對於基礎層和強化層之間的覆蓋範圍的某些差異，MUST 可以根據強化層的目標覆蓋範圍等因素將 SC-PTM 和 MBSFN 的系統頻譜效率提高 10~37 %。隨著強化層的目標覆蓋範圍減小，頻譜效率增益更大。
- 對於基線情境是 100 %功率和時間分配給基礎層的情況：
  - 在大多數評估的情況下，基礎層的頻譜效率會有所耗損(這可能是微不足道的)。
  - 對於由於引入基礎層而導致 SNR 耗損允許保持相同 MCS 的情況，MUST 在不降低基礎層性能的情況下提高系統頻譜效率。
- 關於 CAS，在適當的通道模型和天線設置中代替 LLS：
  - 在 50/50 通道模型下，基於對 3GPP TS 36 101 參考文件中最低性能要求的推斷，除了屋頂 MPMT 和 HPHT 中的 PDCCH 外，CAS 中的所有通道都可以充分執行。對於 PDCCH，根據 3GPP R1-1903512 參考文件中提供的鏈路等級結果的推斷，PDCCH 性能足以滿足屋頂 MPMT 和 HPHT。
  - 在 50/1 通道模型下，基於對 3GPP TS 36 101 參考文件中最低性能要求的推斷，CAS 中的所有通道可能無法充分執行。為了支援在 50/1 時間模型下研究的用例，CAS 的所有元件通道的改善可能是有益的。
  - CAS 接收的現實情境可能介於 50/50 時間模型和 50/1 時間模型之間。
- 16/64 NUCs 可以提供超過 16/64 QAM 的額外 SNR 增益，可以將覆蓋範圍擴展 0.1~0.5 dB。隨著星座圖的階數增加，增益更大。

(八) Req.8：支援不同的行動情境

需要支援的行動情境包括固定、可攜和行動用戶設備，速度高達 250 km/h。

需要支援的行動情境包括固定、可攜和行動用戶設備，速度高達 250 km/h。該要求將與 Req.7 一起考慮，即大型 ISD 需要支援高移動性。支援不同行動情境相關的完整結果集可在附件 B 中找到。

1、 支援不同行動情境的新參數集

MBSFN 評估由多個來源進行，並在 3GPP R1-1902349、R1-1901582 和 R1-1902130 參考文件中進行了報告。基於這些評估，可以總結出以下觀察結果：

LPLT 網路：

- 對於 LPLT，100/400/0.33 參數集與 1.25 kHz 參數集之間在 250 km/h 下的性能比較如下：
- 使用基於在時域和頻域中非常簡單的線性內插器的通道估計，結果顯示 1.25 kHz 參數集在 1 bps/Hz 的頻譜效率下無法解碼。
- 使用基於 2D-MMSE 的通道估計，從連結級別的角度來看，100/400/0.33 在高 SNR 狀態下的性能優於 1.25 kHz(對應 SE 大於 1.3 bps/Hz)；(從系統級別的角度來看，不包括 1.25 kHz 執行更高 SNR 的事實)。對於 LPLT 中 95％覆蓋率對應的 SNR 點，100/400/0.33 與 1.25 kHz 相比具有相似的性能。
- Rel-14 參數集與 7.5 kHz 子載波間隔(33.3 μs CP)無法在考慮的 LPLT 網路中以足夠的頻譜效率操作，這是由於網路的大延遲擴展和基於在時域和頻域中非常簡單的線性內插器的通道估計。
- 對於 LPLT 車載接收用例，CP 為 100 μs 將是都卜勒性能(Doppler performance)和覆蓋範圍之間的良好折衷。

MPMT 網路：

- 用 Rel-14 參數集(200/800)的 MPMT 情境的頻譜效率在 120 km/h 時提供

以下頻譜效率：

- 名義上發射器高度(100 m)：0.88 bps/Hz
- 150 m 發射器高度：> 1.14 bps/Hz

- 用 Rel-14 參數集(200/800)的 MPMT 情境的頻譜效率在 250 km/h 時提供以下頻譜效率：
  - 名義上發射器高度(100 m)：0.68 bps/Hz

2、 MUST 用於行動情境

在 R1-1901582 參考文件中進行了評估並出具報告，得出以下觀察結果：

- 對於 MBSFN，對於相同的差異化覆蓋，從 MUST 相對於 TDM 報告頻譜效率的增益在 25 %到 50 %的範圍內；
- 對於 SC-PTM，從 MUST 報告的相應增益在 31 %到 79 %的範圍內；
- 從 MUST 的平均頻譜效率增益很大程度取決於加入強化層的目標覆蓋區域中的潛在頻譜效率改善與基本層的原始覆蓋區域中的潛在頻譜效率耗損之間的權衡。

針對 Req.8 得出以下 Rel-14 可改善的結論：

- 100 μs T_{cp} 和 400 μs T_u 的新參數集發現比 Rel-14 1.25 kHz 參數集短在某些情況下是有益的，並且將支援以下在 LPLT 網路中車載接收的用例：
  - 對於高 SNR 機制(對應頻譜效率大於 1.3 bps/Hz)，從連結級別的角度來看，對於相同的 SNR level，100/400/0.33 可能優於 Rel-14 1.25 kHz 參數集，但 1.25 kHz 從系統級別的角度來看，執行更高的 SNR。
  - 對於在 LPLT 中對應於 95 %覆蓋率的 SNR 點，100/400/0.33 具有與 Rel-14 1.25 kHz 參數集相似的性能。
- 對於基礎層和強化層之間覆蓋的某些差異，MUST 可以根據強化層的目標覆蓋範圍等因素將 SC-PTM 和 MBSFN 的系統頻譜效率提高 25~79 %。隨著強化層的目標覆蓋範圍減小，頻譜效率增益更大。

- 對於基線情境是 100 %功率和時間分配給基礎層的情況：
  - 在大多數評估的情況下，基礎層的頻譜效率會有所耗損(這可能是微不足道的)。
  - 對於由於引入基礎層而導致 SNR 耗損允許保持相同 MCS 的情況，MUST 在不降低基礎層性能的情況下改善系統頻譜效率。

(九) Req.9：利用 RAN 設備提高能力和可靠性

LTE Rel-14 可以通過以下方式在 eNB 使用多個發射天線並在用戶設備使用多個接收天線：

- 對於 SC-PTM，多天線 eNB 可以使用發射分集(SFBC)來提高可靠性。
- 對於 MBSFN，多天線 eNB 可以使用基於執行的技術，例如迴圈延遲分集(diversity)來增加可靠性。
- 用戶設備的多個天線可用於執行分集和陣列增益。

LTE Rel-14 不支援 SC-PTM 或 MBSFN 的 multi-layer MIMO 傳輸。至少在某些情況下，multi-layer 傳輸可以增加廣播網路的能力。

(十) Req.10：支援 mMTC 用戶設備

Rel-14 LTE 支援使用 SC-PTM [ITU-R BT.2254-3, Subclause 15.1.1]向 NB-IoT 和 eMTC 設備提供廣播服務。

第四節、 語音功能品質研究

一、 測試情境

撥通成功率的目的在於檢視用戶在行動通訊網路中通話請求的成功機率，也可檢視行動網路訊號涵蓋或品質的優劣。撥通成功率的計算公式如下。

$$\text{撥通成功率(Call setup successful rate)} = \frac{\text{Successful Call setup 總次數}}{\text{Successful Call Attemp 總次數}}$$

目前國內 4G 系統提供兩種語音通話方式，電路交換語音回退(Circuit Switch Fallback, CSFB)及 VoLTE，CSFB 為 4G 系統使用 3G 系統提供語音服務的過渡期解決方案，VoLTE 為單純 4G 環境下的語音服務。5G VoNR，指的是 Voice over NR，是一種 5G 語音的技術方案。目前 5G 技術有三種語音技術方案，一種是 VoLTE，與現有的 VoLTE 基本相同，語音的主叫及被叫均是由 LTE/EPC 提供，並且暫時不需要考慮與 NR/NGC 的服務連續性操作；二是 VoNR，主要針對 NR 終端，主被叫由 NR/NGC 提供，在 NR 無覆蓋或弱覆蓋時，需要考慮呼叫接通後與 VoLTE 的服務連續性交互操作；三是 EPS fallback，針對 NR 終端，在 NR 發起語音起呼時，由 NR 網路控制下回退到 4G，由 VoLTE 提供語音，需考慮在呼叫建立時與 VoLTE 的服務連續性交互操作。

語音通話中斷率是先統計出總通話斷話次數及總通話成功次數後計算出通話斷話率，從開始輸入電話號碼再按下通話鍵後，手機發送訊息向系統送出通道請求(在電信網路第三層訊息中稱為 Call Attempt)，系統接受通道請求後，會為這語音通話建立一通道從手機到基地臺貫穿交換機到達另一受話端，若成功建立通道則紀錄為一次撥通成功(Successful Call setup)，若網路訊號涵蓋或網路資源不足時，將產生通道請求失敗訊息(Unsuccessful Call Attempt)，系統將紀錄為一次試撥失敗。用戶通話時系統會調撥網路資源提供通話使用，如圖 4-1 所示，可以瞭解手機從撥號、接通及結束通話的程序，正常的通話是從建立通道到通道釋放等。

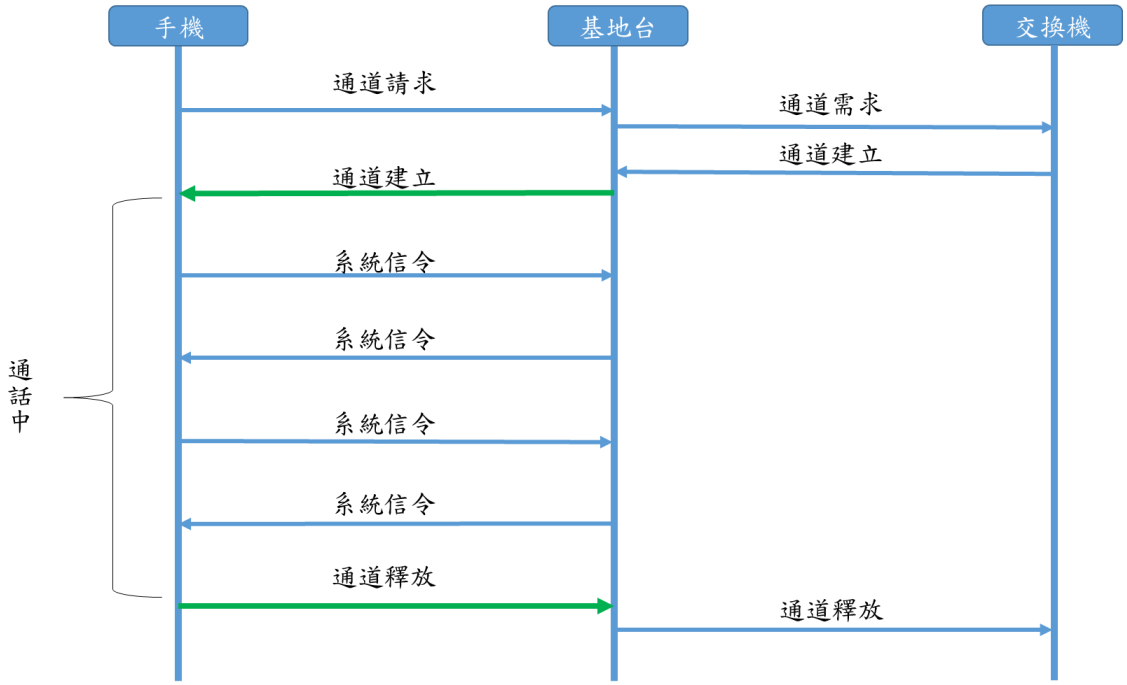


圖 4-1、用戶通話系統信令流程

資料來源：3GPP TS 23.018

當通話中因訊號涵蓋、資源不足或是手機問題等原因導致通話中斷(Call drop)，這時系統會記錄通話斷話時間、斷話原因、斷話時所在基地臺、斷話時所在交換機等資訊，提供網路管理統計使用，如圖 4-2 所示。另外，圖 4-3 為以時間軸呈現通話中斷事件。

平均意見分數(Mean Opinion Score, MOS)與覆蓋品質有較強的相關性，在弱覆蓋區域 MOS 的變動明顯變大，語音品質穩定性差。對路測採樣點的參考訊號接收功率(Reference Signal Received Power, RSRP)、參考訊號-訊號與干擾雜訊比(Reference Signal-Signal to Interference plus Noise Ratio, RS-SINR)與 MOS 繪製散點圖，根據分析，MOS 均值高於 3.5 分對應的 RSRP 門限約-113 dBm，RS-SINR 門限約-2 dB。在上述門限點及更低的區域，MOS 值振盪劇烈，意味著用戶的感知波動較大。

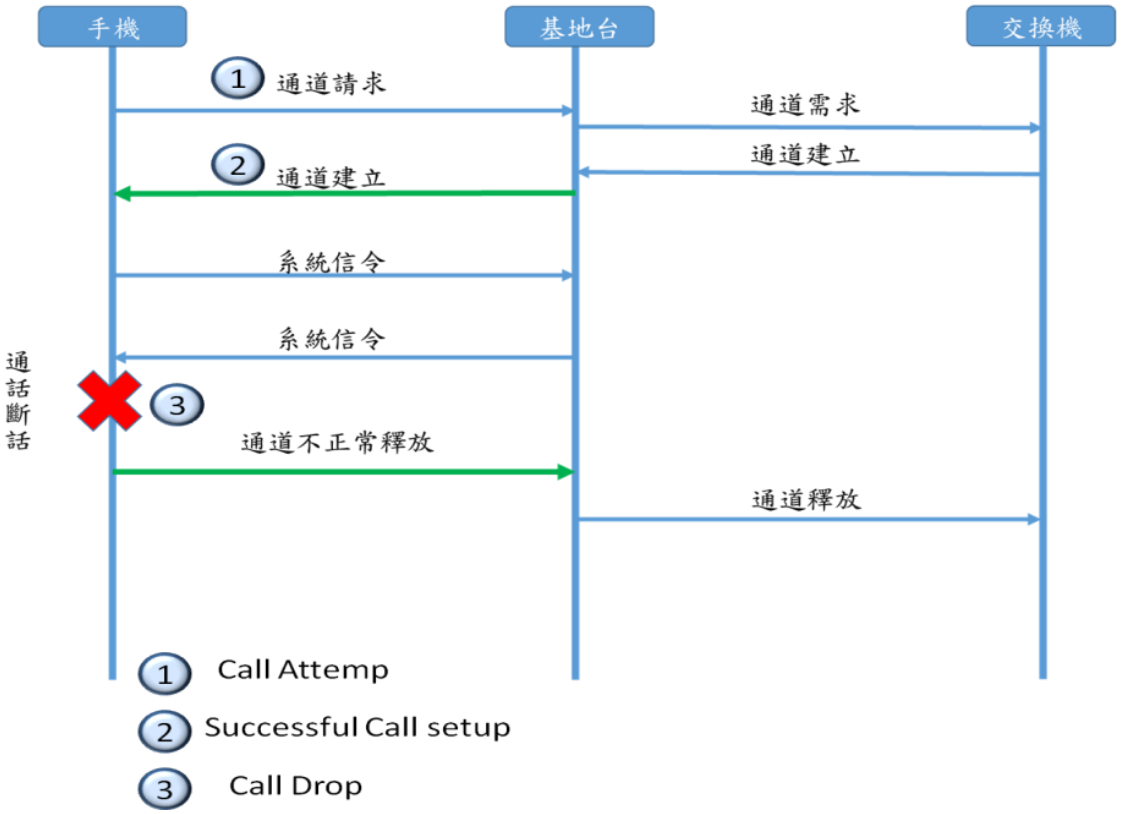


圖 4-2、用戶通話斷話信令流程

資料來源：本研究整理

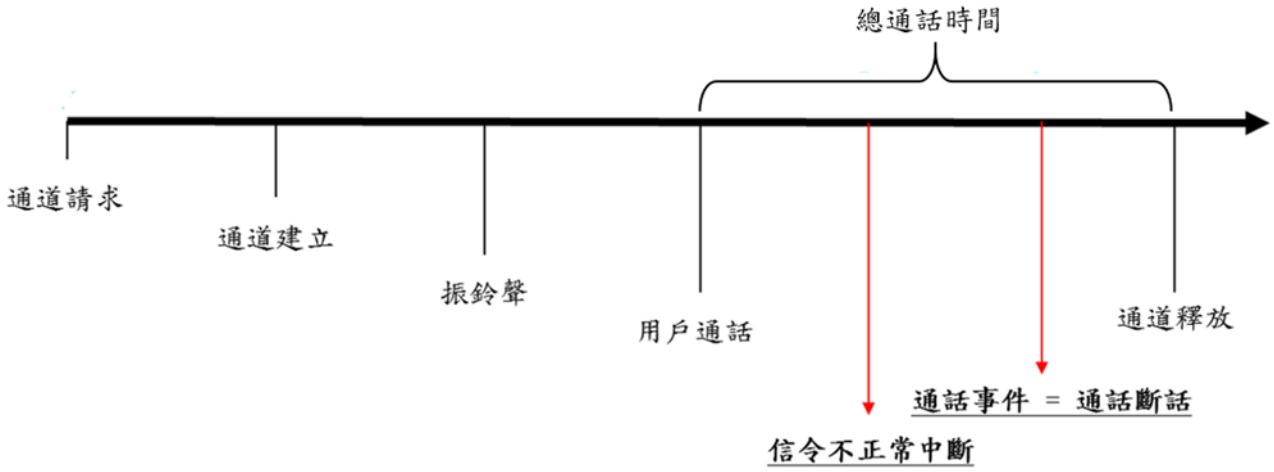


圖 4-3、用戶通話中斷話定義圖

資料來源：本研究整理

(一) CSFB

在 LTE 網路中，語音通話完全基於 IP 網路，當 LTE 訊號不良，語音服務轉移到傳統的 2G/3G 網路，稱為電路交換語音回退(Circuit Switch Fallback, CSFB)。

LTE EPC 沒有與電路交換網路的直接“鏈接”，它只處理純 IP 語音呼叫。在 CSFB 方案中，LTE 網路與 2G/3G 網路需重疊覆蓋。當具備 CSFB 功能的 UE 開啟時，它會同時在 LTE 和傳統網路(Circuit Switch Network)中註冊。為了在必要時快速轉移到傳統網路(2G 或 3G)，LTE 網路需要知道 UE 的位置。為了支援 CSFB，新介面 SGs 將 MME 連接到傳統行動交換中心(Mobile Switching Center, MSC)。在 LTE 網路中跟蹤 UE 位置的 MME 使用 SGs 介面持續向傳統 MSC 提供位置訊息，如圖 4-4。在執行 UE 傳輸之前，eNodeB 可以要求它對相鄰的 2G/3G 網路進行射頻測量。然後 eNodeB 為 UE 決定最佳網路並執行傳輸。當 UE 執行 CSFB 時，4G eRAB (E-UTRAN Radio Access Bearer)被釋放。

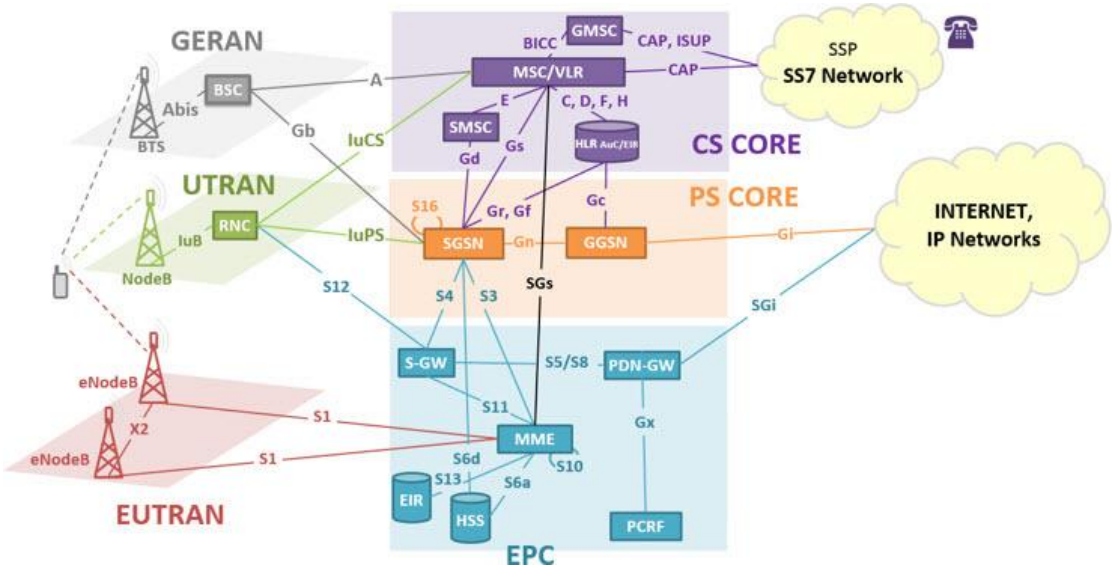


圖 4-4、4G 網路與 3G 網路架構

資料來源：3GPP

UE 最初被 LTE 網路覆蓋。當 LTE 網路訊號品質不佳時，呼叫請求首先到達 UE 先前註冊的 MSC。當 MSC 收到呼叫請求時，它通過 SGs 介面向相關的 MME 發送請求。該請求被轉發到仍然連接到 LTE 網路的 UE。如果用戶接受呼叫，則向 MME 發送服務請求訊息。MME 檢查 UE 是否具有 CSFB 能力，並通知 eNodeB 將 UE 轉移到傳統網路。

MME 為 CSFB 過程選擇 MSC/VLR(行動交換中心/訪客位置暫存器)。而在這種情況下，MME 會不斷更新 3G 網路的位置，並將用於在呼叫期間從 3G 到

LTE 的尋呼過程，初始步驟說明如下(參照圖 4-5)。

(1) 跟蹤區和位置區映射在 MME 中定義，用於為 CSFB 過程選擇 MSC/VLR。一旦通過 SGsAP 選擇了 MSC/VLR，位置更新請求就會發送到 MSC/VLR。請求包含 MME 名稱、用戶狀態(即國際行動用戶識別碼(International Mobile Subscriber Identity, IMSI)連接)、暫時行動用戶識別碼(Temporary Mobile Subscriber Identity, TMSI)狀態等。

(2) MSC/VLR 執行 3G 位置更新程序，為訂戶儲存關聯的 MME 並響應 MME 位置更新請求。

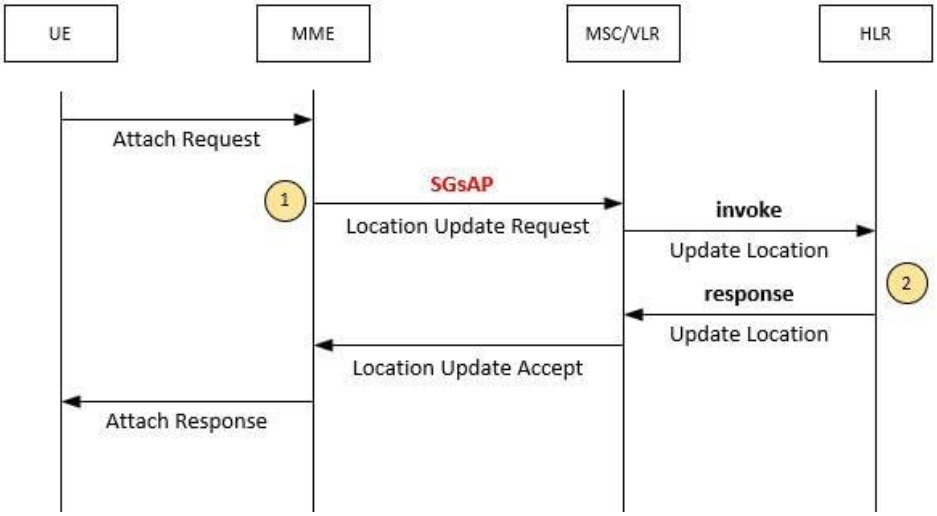


圖 4-5、CSFB 接取程序

資料來源：3GPP

茲將 CSFB 流程用以下及圖 4-6 說明。

(1) 在行動終端呼叫中，MSC 閘道器(MSC Gateway, GMSC)將啟動詢問程序(即在網路中定位被叫用戶)。GMSC 將向歸屬位置暫存器(Home Location Register, HLR)發起發送路由訊息(Send Routing Information, SRI)。SRI 是行動應用部分協議(Mobile Application Part, MAP)操作碼。

(2) 如果為用戶提供了行動網路增強邏輯的客製化應用(Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic, CAMEL)服務，需使用兩步驟詢問。在第一次

詢問中，HLR 將使用 MAP 操作提供用戶訊息(Provide Subscriber Info, PSI)，向訪客位置暫存器(Visitor Location Register, VLR)請求訂戶位置。定址的 VLR 是用戶行動數據的最後一個已知位置。在回應訊息中(PSI-response)，VLR 將提供位置訊息(例如 Cell ID)。

(3) 在對 GMSC 的 SRI 回應中，HLR 將包含位置訊息和 CSI 訊息，即終止 CAMEL 服務用戶識別碼(Termination Camel Subscription Identity, T-CSI)。

(4) GMSC 將嘗試與服務控制點(Service Control Point, SCP)開啟 CAMEL 對話。SCP 檢查是否允許用戶接收行動終止呼叫(Mobile Terminated Call, MTC)。如果是，SCP 將指示 GMSC 監控呼叫並報告每個呼叫狀態。

(5) 第二詢問是使用 MAP 操作碼 ProvideRoamingNumber(PRN)詢問送給 MSC/VLR 的漫遊號碼。GMSC 將發送一個初始位址訊息(Initial Address Message, IAM)，包含被叫方號碼=行動站漫遊號碼(Mobile Station Roaming Number, MSRN)。在 CS 核心網中，每個 MSC/VLR 都有自己的 MSRN 範圍。MSRN 是 E.164 格式。

(6) 該 MSC 通過 SG 介面發送 Paging-Request，指示 CS 呼叫。MME 將使用 IMSI 找到 S-TMSI，該 S-TMSI 將用作射頻介面上的尋呼地址。

(7) MME 轉送 CS Service Notification 到 eNB，並將 Service-Request 消息轉送到 MSC/VLR。服務請求消息將包含追蹤區域識別碼(Tracking Area Identity, TAI)和 E-UTRAN 細胞全球識別碼(Cell Global Identity, CGI)。

(8) eNodeB 將發送 Extend Service Request，指示接受行動終端電路交換回退的服務通知。MME 發送 UEContextModificationRequest 指示 cs-fallback-required，這意味著 eNodeB 應該使用 MME 之前分配的位置區域標識，將 UE 移動到 3G(或 2G)。

(9) eNodeB 發出 UEContextReleaseRequest，這意味著封包交換服務在 CSFB 目標細胞中將不可用。

(10) UE 移動到 3G 以進行呼叫終止(MTC)。

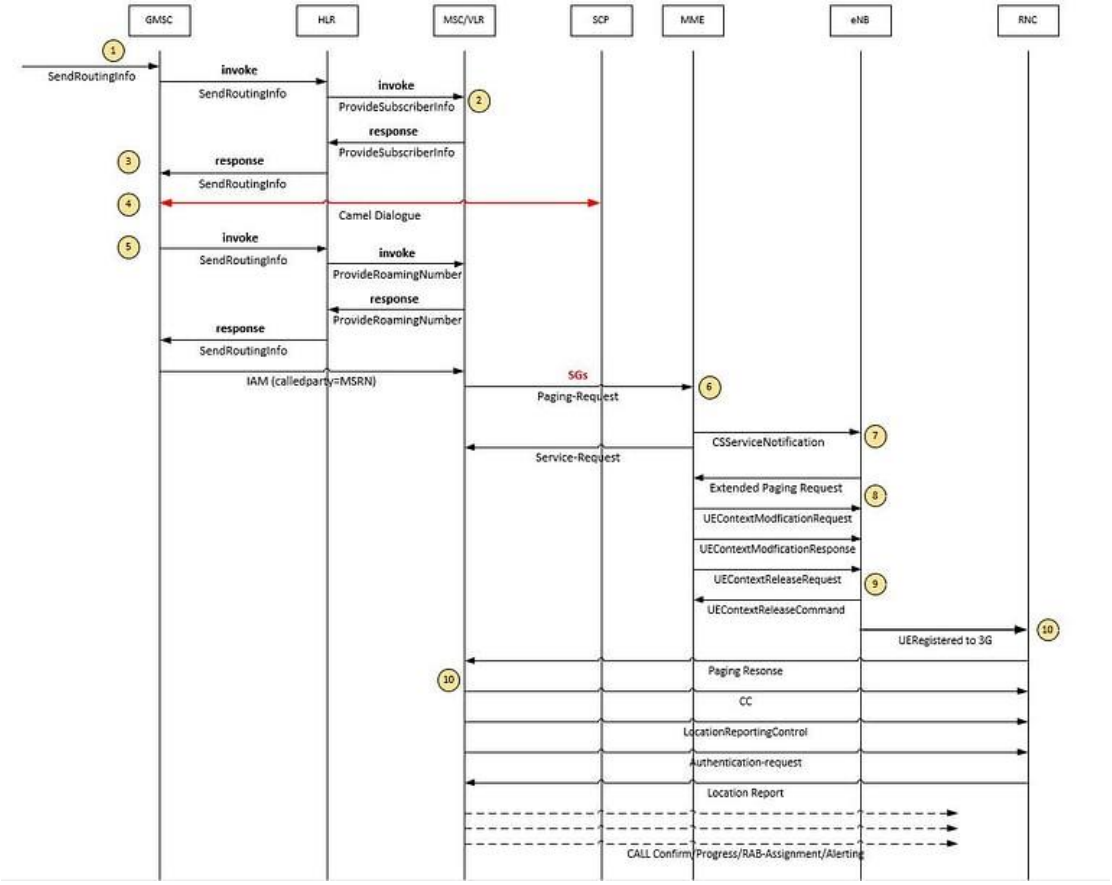


圖 4-6、CSFB 流程

資料來源：3GPP

若要進行 CSFB，就必須從 4G 網路退回 2G/3G 網路，系統會通知用戶重新選擇 3G 網路進行語音通話，導致 4G 上網會中斷且通話連接的時間會延長、通語音質也無法提升。在通話過程中只要因為某種原因導致通道不正常釋放，將都會被計算在 3G 通話中斷次數中，3G 通話斷話率計算方式，如下公式。

$$\text{CSFB 斷話率(Call Drop rate)} = \frac{\text{通話中斷總次數}}{\text{通話總次數}}$$

(二) VoLTE

利用 4G 環境的 IMS 系統所提供的語音服務(VoLTE)，有別於以往傳統的電路交換語音通話，以會話控制功能(Call Session Control Function, CSCF)為核心，將語音拆分為數據封包進行交換，VoLTE 使用 IMS 骨幹網。支援 VoLTE 的網

路拓撲示例如下圖所示。

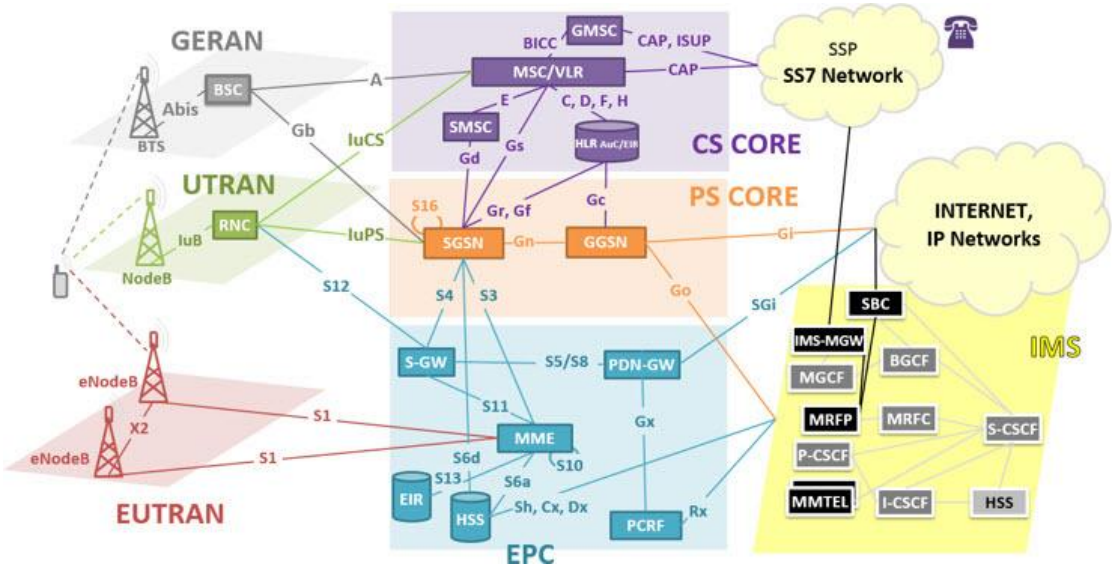


圖 4-7、LTE 網路與 IMS 架構圖

資料來源：3GPP

IMS 網路中有幾個實體，茲說明如下：

(1) IP-CAN (IP connectivity access network)：包括 EUTRAN 和 MME。

(2) P-CSCF(Proxy Call Session Control Function)：P-CSCF 是用戶到網路代理。在這方面，無論是在歸屬網路還是訪問網路中，所有進出用戶的 SIP 信令都通過 P-CSCF 運行。

(3) I-CSCF(Interrogating Call Session Control Function)：當發起者不知道哪個 S-CSCF 應該接收請求時。I-CSCF 用於向 S-CSCF 轉發初始 SIP 請求。

(4) S-CSCF(Serving Call Session Control Function)：S-CSCF 在整個系統內承擔各種動作，它有許多介面，使其能夠與整個系統內的其他實體進行通信。

(5) AS(Application Server)：將語音作為應用程序處理的應用程序伺服器。

(6) HSS(Home Subscriber Server)：IMS 中使用的主要訂戶資料庫。IMS HSS 向 IMS 網路內的其他實體提供訂戶的詳細訊息，使用戶能夠被授予訪問權限。

VoLTE 的 IMS 呼叫由用戶在歸屬網路中的 S-CSCF 處理。到 S-CSCF 的

連接是通過 P-CSCF。VoLTE 呼叫流程概述如下(如圖 4-8)：

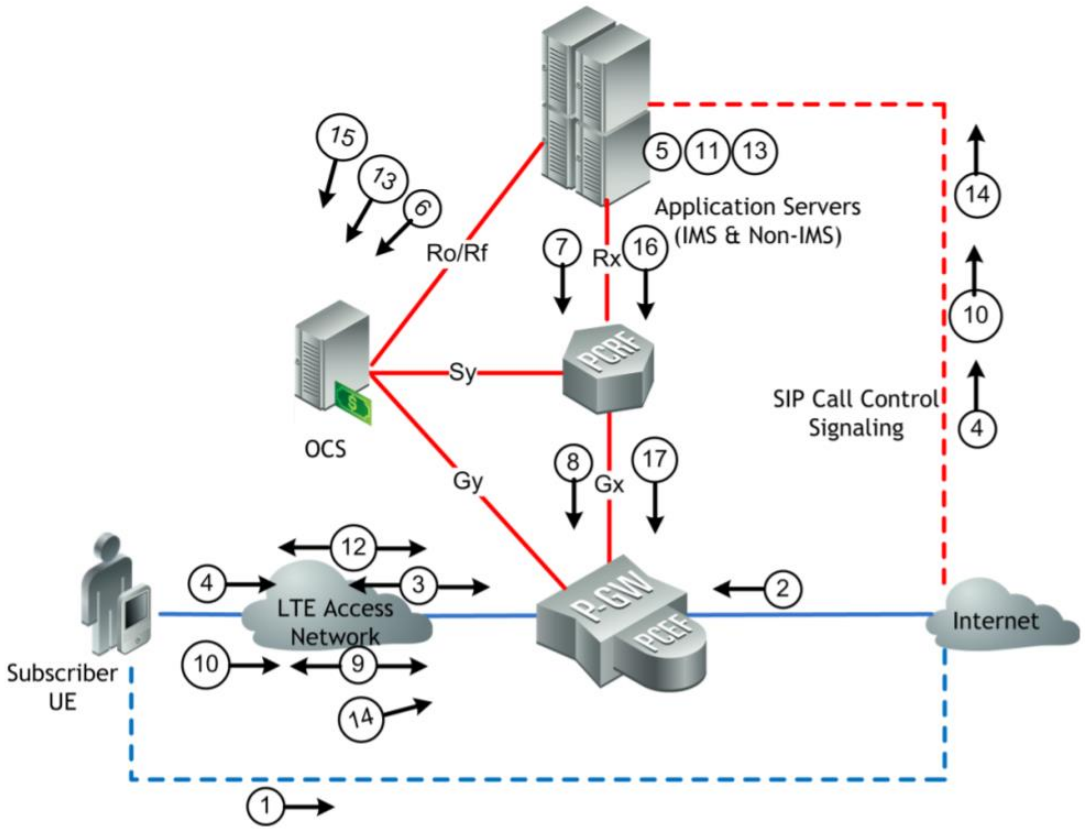


圖 4-8、VoLTE 呼叫流程

資料來源：3GPP

(1) 支援 LTE 的行動設備上指示發起 VoIP 呼叫的請求。

(2) LTE 識別與 IMS 網路連接的封包數據網路 (PDN) 閘道器 (P-GW)。

(3) LTE 為從訂戶到所選 P-GW 的 SIP 建立預設承載。預設承載搭配的 QoS 類別 ID (QCI) 值為 5(SIP 信令所需的 QCI 值)。

(4) 行動設備向 IMS 網路發送 SIP 邀請消息。SIP 消息中存在會話描述協議(SDP)，描述承載的 QoS 要求。

(5) IMS 網路從 SIP 消息中提取所需的 QoS 設定。

(6) 如果有適用的計費策略，則 IMS 網路通過 Ro 介面向線上計費系統發送初始 Diameter 計費協定中的計費控制請求，並根據初始用量，來預估通話期間的資料流量。

(7) QoS 的要求通過 Rx 介面(使用 Diameter 協議)從 IMS 網路發送到 PCRF。

(8) PCRF 制定可操作的計費和 QoS 規則，並通過 Gx 介面將這些規則發送到政策和資費執行功能(Policy and Charging Enforcement Function, PCEF)單元。

(9) P-GW 現在向行動設備發送建立單獨的“專用承載”(QCI 值為 1)的請求。

(10) 在行動設備確認 LTE 可以支援新的專用承載後，它會向 IMS 網路發送 SIP“UPDATE”消息。

(11) IMS 網路完成設定程序，呼叫建立。

(12) 雙向 VoIP 呼叫封包在 LTE 網路(到 P-GW)和行動設備內部傳送。

(13) IMS 網路詢問線上計費系統在呼叫期間的預設用量。如果餘額已用完，則會向行動設備發送 402 訊息並取消呼叫。如果在通話期間餘額用光，則通話結束。

(14) 當呼叫終止時，行動設備會向 IMS 網路發送一條 SIP“BYE”消息。

(15) IMS 網路向 OCS 發送 Diameter CCR 終止請求，OCS 結束計費並開始收集 IMS 計費記錄的動作。

(16) IMS 網路通知 PCRF 呼叫終止。

(17) PCRF 通知 PCEF 關閉 LTE 計費，通知 P-GW 取消為 VoIP 呼叫建立的專用承載。

VOLTE 斷話的計算方式也以 Session 是否中斷來判定斷話，公式為 3GPP TS 32.454 中 VoLTE 斷話率計算公式。,

$$\text{VoLTE 斷話率}=\frac{\text{通話 Session 中斷總數}}{\text{成功建立通話 Session 總數}}$$

(三) VoNR

3GPP 已明確指出 5G 將沿用 4G 的語音架構，仍基於 IP 多媒體子系統(IMS)提供語音服務。4G 網路承載語音稱之為 VoLTE；5G 的無線接取技術為 NR，其上面承載語音稱為 VoNR。5G 時代語音業務延續了 4G VoLTE IP 化解決方案。VoNR 與 4G 網路相似，5G 核心網通過封包交換(Packet Switch, PS)提供服務，語音業務由 IMS 系統控制。VoNR 建立流程如下圖：

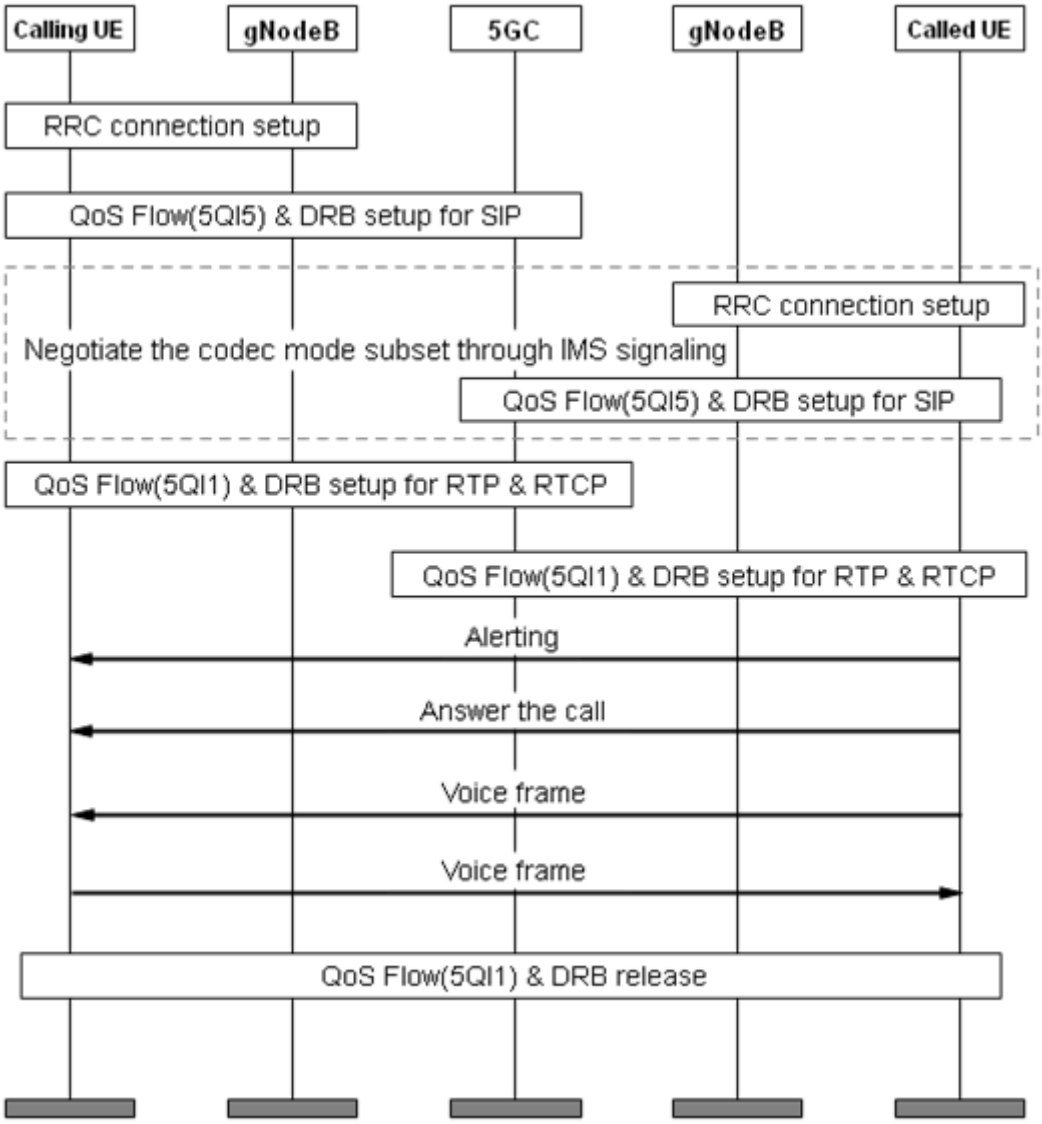


圖 4-9、VoNR 建立流程

資料來源：3GPP

(1) 主叫 UE 發起呼叫後，主叫 UE 和 gNodeB 之間建立 RRC 連接。

(2) 5GC 建立主叫 UE 的用於承載 SIP(Session Initiation Protocol)信令的 QoS Flow(5QI5)，gNodeB 建立相應的數據無線承載(Data Radio Bearer, DRB)。

(3) 被叫 UE 和 gNodeB 之間建立 RRC 連接。

(4) 5GC 建立被叫 UE 的用於承載 SIP 信令的 QoS Flow(5QI5)，gNodeB 建立相應的 DRB 承載。

(5) 主被叫 UE 和 IMS 進行語音業務的 SIP 會話協商，如編碼方式、IP 位址、埠號和主被叫相關資訊等。

(6) SIP 會話協商成功後，5GC 分別建立主被叫 UE 的用於承載 RTP(Real-Time Transport Protocol)和 RTCP(Real-Time Transport Control Protocol)資料流程的 QoS Flow(5QI1)，gNodeB 分別建立相應的 DRB 承載。

(7) 呼叫結束後，主被叫 UE 釋放各自的 QoS Flow(5QI1)，gNodeB 釋放各自相應的 DRB 承載。5QI5 為默認承載，建立後僅當 UE 進入空閒態時才會被釋放。

(8) 在呼叫過程中，如果 UE 進入弱覆蓋區域，則優先嘗試切換到覆蓋較好的 NR 鄰區。如果沒有滿足要求的目標 NR 鄰區，則再嘗試切換到覆蓋較好的 LTE 鄰區。

5G VoNR 的實現方式與 4G VoLTE 存在差異，考慮到與其他網路制式交互操作的複雜性和鑒權安全性問題，5G VoNR 僅實現了與 4G VoLTE 的切換流程，可切換或回退到支援 VoLTE 的 LTE 區域，實現語音業務連續性，無法支援 5G 核心網與 2G/3G 交換電路語音業務的回退操作，故 5G 語音業務的連續性依賴於 4G 網路 VoLTE 的覆蓋率。VoLTE、VoNR 作為 IMS 語音的不同接取方式存在。VoNR 斷話率與 VoLTE 定義一樣：

$$\text{VoNR 斷話率}=\frac{\text{通話 Session 中斷總數}}{\text{成功建立通話 Session 總數}}$$

(四) EPS FallBack

5G NR 語音方案設計，延續了 4G LTE 通過 IP 網路承載語音業務的方式，

通過 5G 網路和 IMS 系統承載語音業務，稱為 VoNR(Voice over NR)。考慮 5G 不同階段部署規模不同，而 4G 網路已經廣泛部署並可能在未來長期存在，以及對語音業務連續性保證的需求，回退方案設計也是十分必要的，演進式封包系統回退(EPS fallback)方案也是 5G 語音方案的一種。這裡 EPS fallback 主要指回退到 4G 通過 VoLTE 的方式實現語音業務。EPS fallback 方式需要 5G 網路和 4G 網路間的交互操作完成語音業務，EPS fallback 方式回退到 4G 通過 VoLTE 方式完成語音業務的網路架構，如下圖所示：

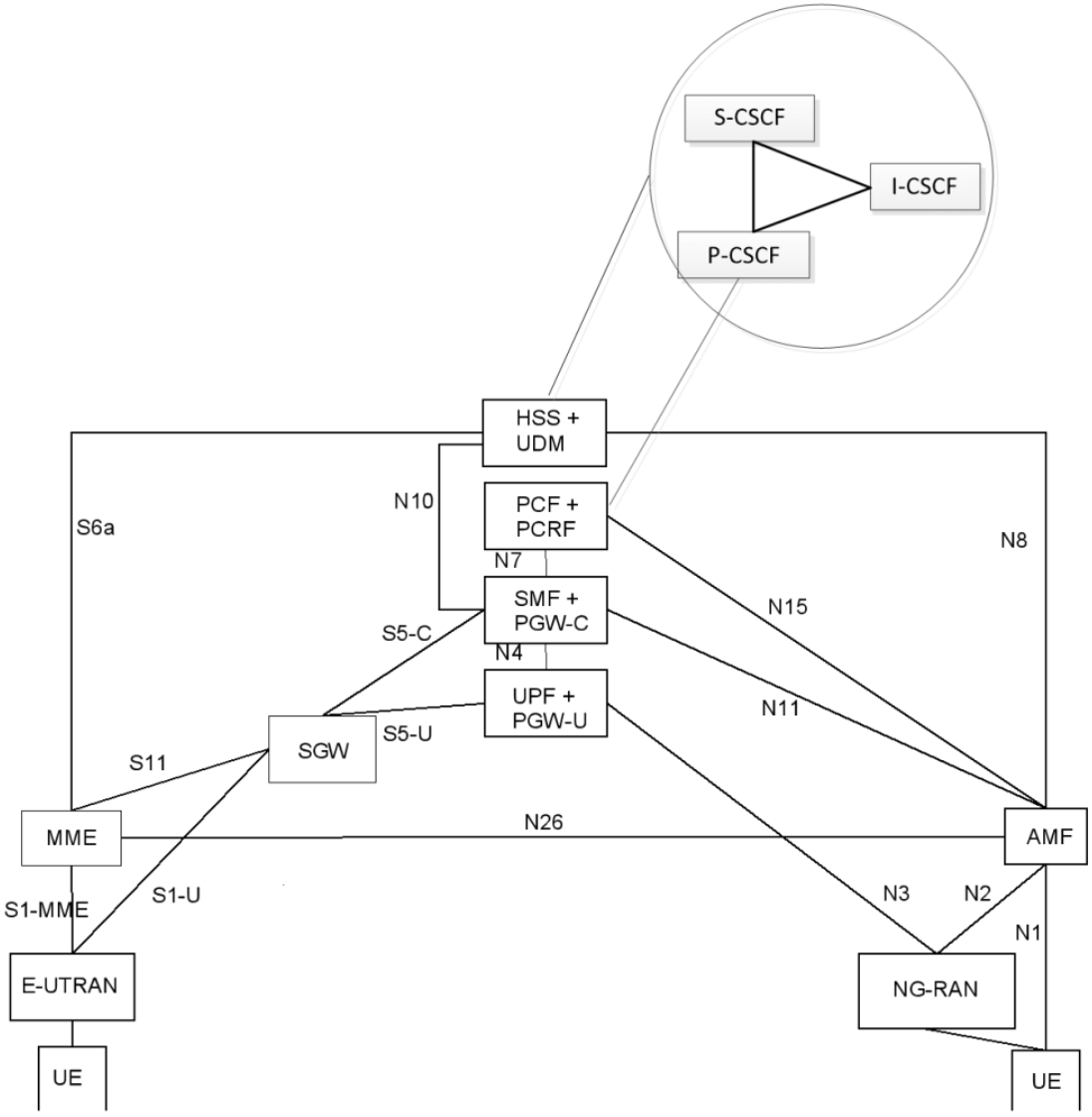


圖 4-10、通過 EPS fallback 提供語音業務的網路架構

資料來源：3GPP

1、 5G 系統註冊

用戶終端開機後，首先附著到 5G 網路中，以便獲取相應的服務。在初始接取過程中，網路會從 UE 處獲取永久設備識別(Permanent Equipment Identifier, PEI)，AMF 利用設備標識暫存器(Equipment Identity Register, EIR)對 UE 的 PEI 檢測，並將 PEI 發送給 UDM、SMF、PCF 等。在網路註冊過程中，UE 還會將註冊類型、UE 能力、安全參數的資訊發送給網路。根據 UE 提供的資訊，網路對 UE 進行身分驗證、接取控制等。當網路接受該 UE 時，會給 UE 回覆註冊接收消息，在這條資訊中會包含如 5G 全球唯一臨時標識、註冊區域、移動性限制條件、註冊更新計時器週期，以及是否支援通過 PS 會話實現 IMS 語音的指示等。下頁圖是 5G 系統註冊流程圖：

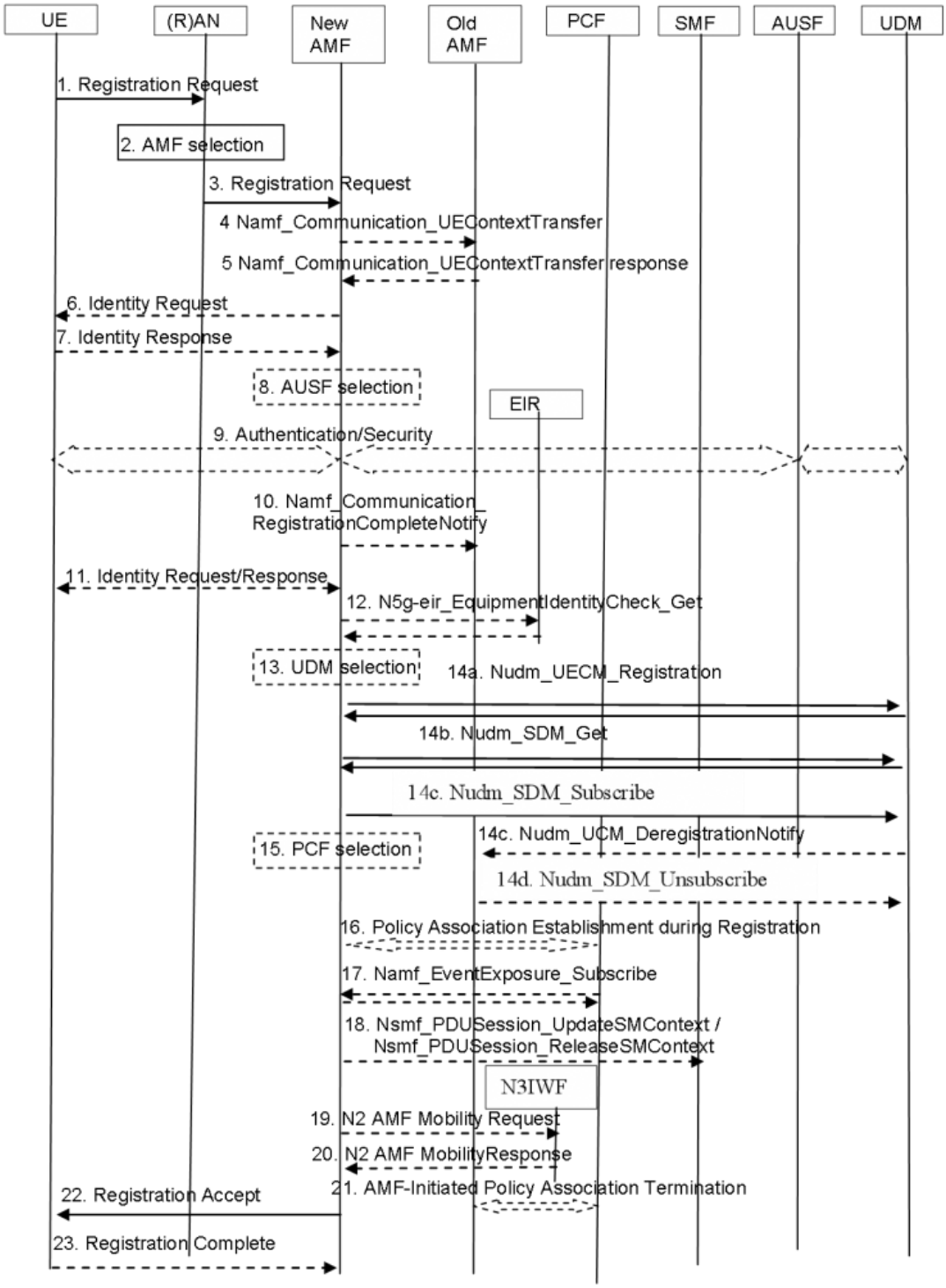


圖 4-11、5G 系統註冊流程圖

資料來源：3GPP

是否支援通過 PS 會話實現 IMS 語音的指示”是 AMF 根據 UE 能力和網路能力的匹配情況設定的，為了設定該值，AMF 會發起 UE 能力和相容性查詢流程，且 AMF 設定該值後可在後續定期更新該值。具體來說 AMF 會在以下情況任意一個滿足的條件下將該指示設置為“支援”。

(1) 當前 5G 網路支援語音的 QoS，可提供成功的 IMS 語音；

(2) 如果網路無法通過連接到 5GC 的 NR-RAN 提供成功的 IMS 語音，此時，gNB 向 5GC 發起重定向或 inter RAN 切換請求，回退至 LTE 網路，由 VoLTE 提供語音服務。

2、 IMS 域註冊

如果該 UE 是 IMS 用戶，當 UE 完成註冊後，還需進行 IMS 域註冊，因此需要建立相應的承載/QoS 流來承載註冊信令。IMS 需要在提供服務前進行鑒權和授權。在該過程中，UE 通過發出 Register(註冊請求)消息，啟動 IMS 域的註冊過程。註冊請求消息中會包含如用戶表示、用戶資訊、會話描述資訊等，註冊請求消息首先會到達 P-CSCF；之後，P-CSCF 通過 DNS 得到用戶歸屬網的 I-CSCF 並將註冊消息轉到 I-CSCF；通過查詢 HSS，I-CSCF 會為 UE 選擇一個 S-CSCF 並將消息轉到 S-CSCF，然後 S-CSCF 借助從 HSS 獲取的用戶認證資訊(如簽約資訊、安全資訊等)，並 UE 進行鑒權數據的計算和回饋；在此只有，UE 會發起二次註冊，並回饋計算資料，S-CSCF 通過比較，確認 UE 為合法用戶後下發消息告知 UE 註冊成功。

下圖為 IMS 註冊流程圖：

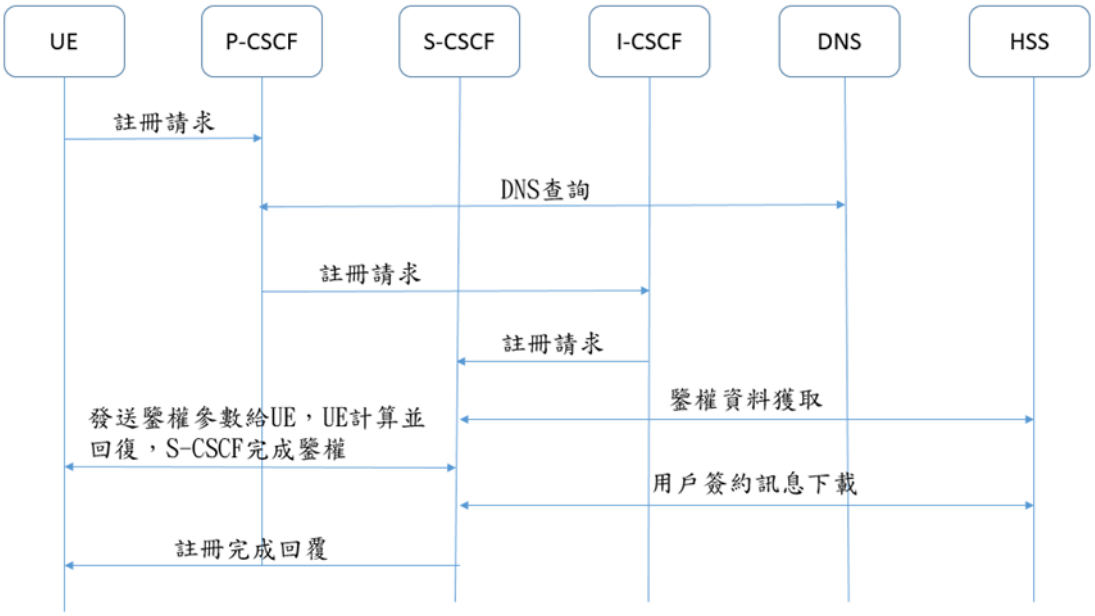


圖 4-12、IMS 註冊流程圖

資料來源：3GPP

UE 在 5G 網路中註冊、駐留，一般來說 UE 也應該通過 5G 系統實現語音業務，但是 5G 網路建置初期，無法為 UE 提供語音服務，需要 UE 切換或重定向到 4G 網路，語音域選擇過程就是為了解決該問題。

UE 進行接取域選擇時會考慮以下因素：

(1) UE 在 IMS 域的狀態：註冊或未註冊；

(2) 上文所提到的“是否支援通過 PS 會話實現 IMS 語音的指示”；

(3) UE 希望通過“語音業務為中心”還是“資料業務為中心”的方式接取 5G 系統；

(4) UE 對 IMS PS 語音的支援能力；

(5) UE 在雙註冊模式下進行所選 PDU 會話轉換的能力；

(6) 3GPP PS Data Off 是否啟動以及 IMS 語音是否包含在 3GPP PS Data Off Exempt Services 中。

如果 UE 不能在 5G 系統使用 IMS 進行語音業務，”是否支援通過 PS 會話實現 IMS 語音的指示”標示為“不支援”，也即 5G 系統不支援語音業務，UE 則會根據“語音業務為中心”或“資料業務為中心”來選擇是否留在 5G 系統。對於將 5G 系統設置為“語音業務為中心”的 UE，他會盡可能的保證語音服務。對於這樣的 UE，如果他同時支援 5GC 能力和 EPC 能力，而不能在 5G 系統獲得語音服務，他在社區選擇時將不會選擇只能連接到 5GC 的社區(5G 中支援及連接到 5GC 同時連接到 EPC 網路)。UE 會通過禁用 5GC 能力，然後進行社區重選，盡可能的先選擇連接到 LTE 網路，按照 4G 語音方案進行如語音域選擇，方案選擇等實現語音業務；而對於設置 5G 系統為“資料業務為中心”的 UE，即便當前網路不能支援語音業務，也不會進行網路切換。

不同於 4G 語音方案中，UE 可以根據自己的選擇發起 VoLTE 還是 CSFB(通過發送服務請求或擴展服務請求來區分)，5G 系統中，UE 僅通過發送服務請求告知網路自己需要發起語音業務，而具體實現方式由網路決定。

下圖為 UE 語音方案確定過程：

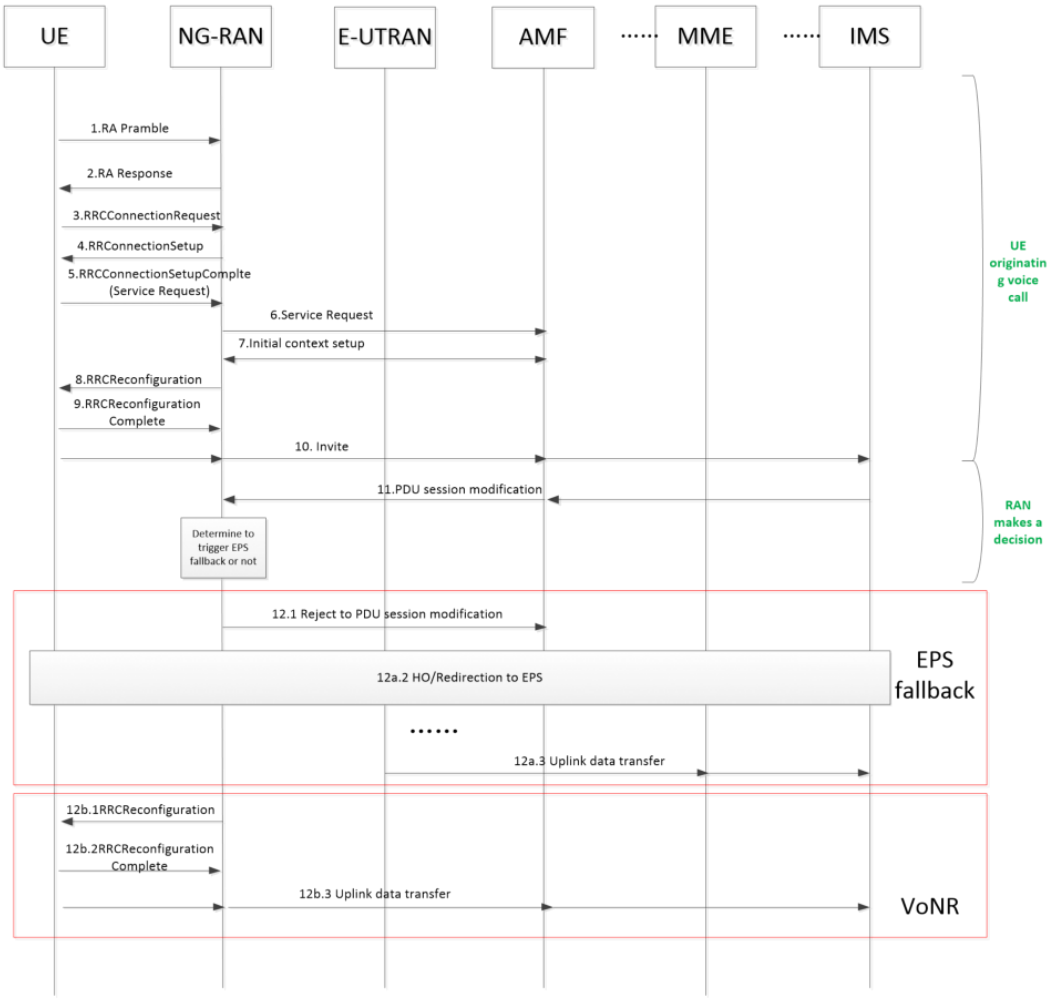


圖 4-13、UE 語音方案確定過程

資料來源：3GPP

(1) UE 駐留在 5G 系統的 NG-RAN 上，並進行 IMS 語音會話建立的初始化，UE 會發送 Invite 信令到 IMS 域。

(2) 網路發起 PDU 會話修正過程以便通為通過 NG-RAN 實現的語音建立 QoS 流。

(3) 如果 NG-RAN 配置支援對 IMS 語音進行 EPS fallback，RAN 側會將 UE 能力、AMF 關於是否支援通過重定向發起語音業務、網路配置、以及當前無線條件等因素綜合考慮，來決定是否為 UE 發起 EPS fallback 還是通過 5G 系統提供 VoNR。為了進行該判定，RAN 側可能會對 LTE 細胞進行測量。

(4) 如果判定要通過 EPS fallback 方式來實現語音業務，無線側會拒絕 PDU 會話修正過程來為 IMS 語音建立 QoS 流，並告知 SMF 和 PGW-C 由於 IMS 語音回退要發生移動性，然後根據 UE 能力，網路配置等，發起切換或重定向過程。當 UE 接取到 4G 後，SMF/PGW 重新發起專用承載建立過程，為語音業務建立承載，然後進行 IMS 會話建立等過程；如果無線側判定可以通過 5G 系統提供語音業務，則會接收 PDU 會話修正請求，通過 RRC 重新配置建立相應的 QoS 流/承載，然後進行 IMS 會話建立等過程。

語音業務的連續性是語音業務的一大重要指標，保證語音業務連續，提供高用戶體驗是十分必要的。由於當前協定版本暫不支援 5G 和 2G/3G 之間的交互操作，發生移動性時會存在語音連續性問題。EPS fallback 功能要求 4G 與 5G 網路重疊覆蓋，當 5G 網路訊號不良時，可回退至 4G 提供 VoLTE 語音服務。

二、 審驗方法

(一) 撥通測試

撥通成功率是指主叫方成功發起呼叫的比率，即主叫方聽到回鈴音的比率。測量方法[107]為撥話到各業者設定之語音音源號碼，第一次嘗試連接成功的語音呼叫保持 2 分鐘，呈現 MOS 分數高於或等於 3.5 並正確釋放。量測持續時間 60 分鐘，撥通後通話時間設定為 2 分鐘，通話時間到後自動掛斷並等待 15 秒後繼續進行下一通語音通話測試。人工統計通話中斷的比例。

(1) 第一次嘗試連接成功的語音呼叫數量由測試負責人評估。

(2) 由測試負責人評估保持 2 分鐘沒有丟失或降級並正確釋放的語音呼叫數量。

(3) 測試負責人評估呈現正確語音品質水準的語音呼叫數量。

KPI：

[107] NGMN Field Trial Requirements, 12-November-2010

(1) 呼叫建立成功率：成功建立呼叫的百分比。

(2) 語音呼叫保持 2 分鐘並正確釋放的百分比。

(3) 呈現正確語音品質水準的語音呼叫的百分比。

將獲得的 3 個百分比相結合(相乘)，以評估“語音呼叫保持 2 分鐘並呈現正確語音品質的通話成功率”。

斷話率是指呼叫方和被叫方成功建立通話後斷話的比例(包括 MOS 值小於 3.5)。

(二) 信號強度比對

根據信號品質測試撥通率與斷話率，量測方式為選定測試區域後，針對採樣點的 RSRP、RS-SINR 分析撥通成功率與斷話率。當訊號強度 RSRP、RS-SINR 大於限制值，則判斷此通話為成功，否則失敗。

三、 合格條件

(一) 撥通測試

下表列出了針對 VoLTE/VoNR 的建議基準值。 營運商可以根據他們的網路開發階段來設置基準值。

表 4-27、VoLTE/VoNR 撥通率與斷話率

審驗項目	早期	成熟階段	終極體驗
撥通成功率	> 99 %	> 99.5 %	> 99.9 %
斷話率	< 1 %	< 0.4 %	< 0.05 %

資料來源：GSMA

CSFB 斷話率(3G 通話斷話率)基準值為 2 %[108]。

[108] Cellular Mobile Network Quality of Service (QoS) Regulations 2021

(二) 信號強度比對

RSRP 是 LTE 網路中，代表信號強度的關鍵參數，用於表示測量頻率頻寬上，所有接收 LTE 信號的設備的平均接收功率情況，以此來判定目前區域 LTE 基地臺信號發射的品質，數值越大則信號品質越好，該參數的值與設備本身接收情況無關，因此可採用 RSRP 來做為信號品質好壞的依據，並以此來分析撥通率與斷話率。撥通成功率 99 %對應的邊緣 RSRP 為-110 dBm，斷話率 1 %對應的邊緣 RSRP 要求為-112 dBm。撥通成功率 98 %對應的邊緣 RSRP 約為-115 dBm，斷話率 2%對應的邊緣 RSRP 要求約為-116 dBm。

表 4-28、VoLTE/VoNR 撥通率與斷話率與信號強度關係表

審驗項目 \ 信號強度	**RSRP：-110 dBm**	**RSRP：-115 dBm**
撥通成功率	99 %	98 %
審驗項目 \ 信號強度	**RSRP：-112 dBm**	**RSRP：-116 dBm**
斷話率	1 %	2 %

資料來源：VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究

(三) 覆蓋指標與 MOS 關聯分析

除了 RSRP，參數 RS-SINR 表示接收到的有用信號的強度與接收到的干擾信號(雜訊加干擾)的強度比值，可作為終端測量無線通信品質的指標。另一個參數 MOS 值採用 ITU-T P.863 演算法進行評估，POLQA 算法在對應的參考和測試信號的摘錄的時間對準之後逐個樣本地分析語音信號，POLQA 可用於爲網路提供端到端(E2E)品質評估，MOS 值與延遲跟封包遺失呈現正相關，當延遲越高，或者封包遺失率越高，MOS 越低[109]。MOS 測試採用 VoLTE 撥打 VoLTE 的方式，測試寬頻 VoLTE 編碼的語音品質，POLQA 結果得到平均意見得分(MOS)，涵蓋從 1(差)到 5(優秀)的範圍。對數據 RSRP/RS-SINR 與 MOS 進行關聯分析。滿足 MOS 3.5 分對應的覆蓋要求：RSRP：-113～-110 dBm，RS-SINR：-3～0 dB。滿

[109] YC Chang, CJ Chang, KT Chen, CL Lei, “Radar chart: Scanning for satisfactory QoE in QoS dimensions”, IEEE Network 26 (4), 25-31, 2012.

足 MOS 3 分對應的覆蓋要求：RSRP：-116 ~ -113 dBm，RS-SINR：-8 ~ -5 dB。

表 4-29、VoLTE/VoNR MOS 值與信號強度關係表

信號強度 審驗項目	**-113 dBm ≤ RSRP ≤ -110 dBm** **-3 dB ≤ RS-SINR ≤ 0 dB**
MOS	3.5
信號強度 審驗項目	**-116 dBm ≤ RSRP ≤ -113 dBm** **-8 dB ≤ RS-SINR ≤ -5 dB**
MOS	3

資料來源：VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究

滿足 MOS 3.5 分對應的覆蓋要求：RSRP：-112 dBm，RS-SINR：-2 dB。滿足 MOS 3 分對應的覆蓋要求：RSRP：-116 dBm，RS-SINR：-5 dB。當 RSRP 低於-113 dBm，MOS 平均值迅速下降，且低於 3 分。

總結，語音服務需求為在滿足基本的服務品質要求下，RSRP ≥ -113 dBm，RS-SINR ≥ -3 dB 可以滿足需求。在滿足較高的服務品質要求下，RSRP ≥ -110 dBm，RS-SINR ≥ 0 dB 是最低覆蓋要求。一般來說，RSRP 大於-110 dBm 時，通話品質相對穩定[110]。3GPP TS 36.304[111] 說明 LTE 無線接取技術的信號強度(RSRP)應大於-110 dBm。文獻提到 RSRP 為-110 dBm 時，在細胞邊緣，信號強度一般，當 RSRP 為-113 dBm 時，屬於弱覆蓋。依據以上資料，訂出表 4-30 的信號強度與撥通率、斷話率以及 MOS 限制值。在《公眾電信網路審驗技術規範》中，4.2.1.2.3 節語音功能測試合格基準包括進行六十秒測試，期間具不中斷之能力，以及單向延遲時間 400 ms 以下，且封包遺失率 1 %以下之能力。根據報告中的分析，建議加入 MOS 值大於 3.5 的評估選項。ITU-T G.1028 提到 VoLTE 口到耳延遲目標值為 400 ms，一些營運商可提供 VoLTE 國際通話延遲可低於 250 ms。建議將語音功能測試合格基準之單向延遲時間 400 ms 修改為低於 250 ms。

[110] A. Elnashar, M.A.El-Saidny, M.Yehia, “Performance evaluation of volte based on field measurement data,” U5GIG, Tech. Rep. (2018).
[111] 3GPP TS 36.304 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) procedures in idle mode"

表 4-30、VoLTE/VoNR KPI 與信號強度關係表

信號強度 審驗項目	**RSRP：-113 dBm** **RS-SINR：-5 dB**	**RSRP：-110 dBm** **RS-SINR：0 dB**
撥通成功率	≥ 98 %	≥ 99 %
斷話率	≤ 2 %	≤ 1 %
MOS	≥ 3	≥ 3.5

資料來源：VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究

第五節、 小結

一、 Stand Alone

針對相關 SA 網路審驗方法、抽驗方式、測試方法與合格條件整理如下：

表 4-31、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 網路審驗項目)

項次	原法規	調整法規
1	2.2.2.1.1.2 行動通信網路之系統屬4G者，應包含 MME、HSS、PCRF、SGW 及 PGW；系統屬 5G 系統者，應包含 AMF、SMF、AUSF、UDM、PCF 及 UPF。	2.2.2.1.1.2 行動通信網路之系統屬 4G 或 5G NSA 者，應包含 MME、HSS、PCRF、SGW 及 PGW；系統屬 5G SA 系統者，應包含 AMF、SMF、AUSF、UDM、PCF 及 UPF。
2	2.2.2.2.1.3.3 所報系統屬 4G 或 5G	2.2.2.2.1.3.3 所報系統屬 4G、5G NSA 或 5G SA
3	2.2.2.3.2.2.2 對 BSC 與 MSC、RNC 與 MSC、RNC 與 SGSN、MSC 與 MSC、SGSN 與 SGSN、MME 與 MME、SGW 與 SGW 等設備間之傳輸網路應具有備援電路，並檢附網路管理系統之相關佐證資料。	2.2.2.3.2.2.2 對 RNC 與 MSC、RNC 與 SGSN、MSC 與 MSC、SGSN 與 SGSN、MME 與 MME、SGW 與 SGW、AMF 與 AMF、UPF 與 UPF 等設備間之傳輸網路應具有備援電路，並檢附網路管理系統之相關佐證資料。
4	4.1.1.3 核心網路設備清單 申請人須填列核心網路設備之廠牌、型號、數量、功能及設置地址。核心網路設備屬新設者，應於新設欄空格內打勾。	4.1.1.3 核心網路設備清單 申請人須填列核心網路設備之廠牌、型號、數量、功能及設置地址。核心網路設備屬新設者，應於新設欄空格內打勾，並載明屬於3G、4G、5G NSA或5G SA。
5	4.1.2 行動通信網路架構圖 申請人須提供完整之行動通信網路架構圖，其包含3G、4G及5G等通訊系統之接取網路設備、核心網路交換設備、網路管理設備、維運管理設備、帳務及用戶資料管理設備等，以及傳輸電路及其備援電路、與其他電信事業網路互連之POI等電路；整合不同通訊系統成為異質網路時，亦應於架構圖中標明。申請人並應就架構圖註明內容如下：	4.1.2 行動通信網路架構圖 申請人須提供完整之行動通信網路架構圖，其包含3G、4G及5G NSA或SA等通訊系統之接取網路設備、核心網路交換設備、網路管理設備、維運管理設備、帳務及用戶資料管理設備等，以及傳輸電路及其備援電路、與其他電信事業網路互連之POI等電路；整合不同通訊系統成為異質網路時，亦應於架構圖中標明。申請人並應就架構圖註明內容如下：
6	4.1.2.3 核心網路交換設備之廠牌、型號、數量、容量、設置地址。	4.1.2.3 核心網路交換設備之廠牌、型號、數量、容量、設置地址，若為5G核心網路，須註明是NSA或SA核心網路。

7	4.2.1.1 數據功能	4.2.1.1 數據功能與效能
8	4.2.1.1.2.1 4G 之數據功能：以一 4G 行動臺 ping 測試 4G 測試伺服器。	4.2.1.1.2.1 行動臺測試系統吞吐量:依據系統類型，使用 TCP 與 UDP 方式，對 GGSN、PGW 或 UPF 功能節點後之伺服器進行上下行傳輸並維持至少 15 秒，重複執行 3 次。
9	4.2.1.1.2.2 5G 之數據功能：以一 5G 行動臺 ping 測試 5G 測試伺服器。	4.2.1.1.2.2 行動臺測試系統 jitter 與 RTT:依據系統類型，行動臺使用 1,024bytes 之 IP 封包，對 GGSN、PGW 或 UPF 功能節點後之伺服器進行一百次測試。
10	4.2.1.1.3 合格基準：以一行動臺使用 1,024bytes 之 IP 封包，對系統內之伺服器進行一百次 ping 測試，每次 ping 測試回應時間應低於一秒以下，否則視為 timeout，系統應具備 timeout 次數十次以下之能力。本項測試以申請人所報系統已具備之數據功能為限。	4.2.1.1.3 合格基準：以一行動臺使用 1,024bytes 之 IP 封包，對伺服器進行一百次測試，每次 RTT 測試回應時間應低於一秒以下，否則視為 timeout，系統應具備 timeout 次數十次以下之能力，上下行傳輸量與 jitter 則紀錄量測數值。本項測試以申請人所報系統已具備之數據功能為限。
11	4.2.5.2.1 4G 或 5G 系統：	4.2.5.2.1 4G、5G NSA 或 SA 系統：
12	4.2.10 核心網路強韌性 核心網路功能元件(MME、PGW、HSS、UDM、AUSF、AMF、SMF、UPF、NEF、NRF、SEPP、NSSF)應具備強韌性，如提供容錯系統及備援機制。	4.2.10 核心網路強韌性 核心網路功能元件(MME、PGW、HSS、UDM、AUSF、AMF、SMF、UPF、NEF、NRF、SEPP、NSSF、PCF)應具備強韌性，如提供容錯系統及備援機制。

資料來源：本研究整理

另因應未來 5G 網路切片需求，新增 4.1.4 來要求電信業者依據不同服務類型需求，提交符合 5QI 標準值或 SLA 協議值，5QI 為 3GPP TS 23.501 定義值，能初步對應應用服務應符合之條件，如下表：

表 4-32、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(SA 新增項目)

類別	新增項目
功能	4.1.4 依據 5G 網路切片服務類型進行分類，載明各類型網路切片服務 5QI 指標值或 SLA 協議值。
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	自評報告書應包括 5QI Value、Resource Type、Default Priority Level、Packet Delay Budget、Packet Error Rate、Default Maximum Data Burst Volume、Default Averaging Window，並說明應用情境。
合格基準	檢附資料(與 SLA 相互對照)

功能	4.2.1.3 5G 系統時以一行動裝置，發起註冊流程，並進行封包檢視屬於 5G NSA 或 SA 類型。

抽驗方式	4.2.1.3.1 依「行動通信網路基地臺抽樣基準」決定申請人檢送「行動通信網路主要設備報驗清單」之基地臺抽驗數量，每一抽驗基地臺在其電波涵蓋範圍內任選一定點進行 5G NSA 或 SA 網路數據功能測試。
測試方法	4.2.1.3.2 測試方式：以一行動裝置發起註冊流程。
合格基準	4.2.1.3.3 合格基準：檢視其協定確認 NSA 為 S1AP 協定，SA 則為 NGAP 協定。

資料來源：本研究整理

二、 Network Slicing 網路

網路切片加值通信服務可以針對其獨立性與管理面來做為審驗方式。

(一) 核心網路切片獨立性

1、 電信營運商應能夠平行操作不同的網路切片，達到隔離效果。

2、 應有能力在網路切片之間提供一定程度的隔離，以將網路攻擊(cyber-attack)限制在單個網路切片上。

表 4-33、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片獨立性)

類別	新增項目
功能	5G SA 核心網路能平行操作不同的網路切片
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	資料備查
合格基準	檢附資料

功能	5G SA 網路切片之間提供一定程度的隔離，以將網路攻擊(cyber-attack)限制在單個網路切片上
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	資料備查
合格基準	檢附資料

資料來源：本研究整理

(二) 核心網路切片管理

1、 電信營運商應能夠創建(create)和管理(manage)不同市場需求所需的網路切片。

2、 電信營運商能支援網路切片的端到端(end-to-end)資源管理。

表 4-34、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片管理)

類別	新增項目
功能	電信營運商能支援 5G SA 網路能創建和管理不同市場需求所需的網路切片
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	資料備查
合格基準	檢附資料

功能	5G SA 網路切片的端到端(end-to-end)資源管理
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	資料備查
合格基準	檢附資料

資料來源：本研究整理

(三) 屬於網路切片註冊時，需能檢視 NSSAI 訊息或提供相關佐證內容

1、 用戶註冊流程需發出 Requested NSSAI 訊息，網路切片完成後須發出 Allowed NSSAI 訊息。

2、 Allowed NSSAI 訊息能提供的網路切片內容應不低於 SLA 協議值。

表 4-35、《公眾電信網路審驗技術規範》建議修訂表(核心網路切片管理)

類別	新增項目
功能	5G SA 網路支援網路切片功能，於用戶註冊流程應能檢視
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	1、 用戶註冊流程需發出 Requested NSSAI 訊息 2、 網路切片完成後須發出 Allowed NSSAI 訊息
合格基準	檢附資料

功能	5G SA 網路切片功能效能內容應不低於 SLA 協議值
抽驗方式	提交自評報告書
測試方法	資料備查
合格基準	檢附資料

資料來源：本研究整理

三、 FWA

(一) 測試方法

以一終端設備(CPE)確認連接至所報系統之核心網路後，對另一測試伺服器進行六十秒測試，期間具不中斷之能力。

表 4-36、FWA 服務審驗方法

測試名稱	測試方法
上/下行速率	依據 BBF TR.143 對目標 IP 進行上行測速和下行測速。
丟包率/延遲/抖動	CPE 對目標 IP 定時進行測試。
服務可用性	CPE 對目標 IP 進行測試，確認服務不中斷。

資料來源：華為

(二) 合格條件

1、 IP 語音服務單向延遲應小於 400 ms，抖動應小於 60 ms，單向丟包率應小於 2.5 %。

2、 IP 視訊會議服務單向延遲應小於 100 ms，抖動應小於 30 ms，單向丟包率應小於 3 %。

3、 Internet-網頁下載延遲小於 1 s，速率大於 16 Mbps。

(三) FWA 條文新增

綜合以上所述，新增《公眾電信網路審驗技術規範》4.2.12 FWA 服務。

四、 FeMBMS

5G 廣播技術中在 3GPP Rel-14 EnTV 代表了地面廣播需要達到可攜式和行動設備的一個重要里程碑。3GPP eMBMS 技術被強化為 FeMBMS 以實現完整的廣播電視堆疊在 LTE 行動網路中，包括 FTA 無線接收公共服務廣播的服務特性和專用下行 eMBMS 網路的部署。Rel-14 FeMBMS 技術的多項現場試驗已在世界範圍內進行試播(例如，德國、義大利和中國)。Rel-16 的工作將進一步改進一

些特性，例如新的 OFDM 參數集和改進的控制接取訊令效能。Rel-14 和 Rel-16 的聯合 MBMS 特性被標記為“基於 LTE 的 5G 廣播”。

從目前世界上試播的示範場域，FeMBMS 或 5G 廣播，是否可以成為免費轉播(FTA)主流標準，目前還很難評估。儘管 FeMBMS 有時被認為是現有 DTT 技術的潛在替代品，但可以注意的是 FeMBMS 的開發目的與數位地面電視標準不同。例如，DVB-T2 針對固定屋頂接收的線性電視服務傳遞進行了高度最佳化，而 FeMBMS 則旨在覆蓋可攜式和行動設備並承載 LTE 傳統。

另一方面，3GPP 從 Rel-15 開始標準化 5G NR 和 5G 核心規範，具有新的更高效率及彈性的無線接取層和核心系統架構。從這個意義上說，Rel-15 及 Rel-16 雖未針對 eMBMS 有新的更新，但基於 5G NR 和 5G 的改進 MBMS 系統是具有潛力，該系統還是可以解決基於 LTE 的 FeMBMS 技術的許多限制和低效率。

各國的營運商期待未來 3GPP 或 ITU 即將發佈的 5G Rel-17 及 Rel-18 能提出可實現廣播和通訊融合的技術，改善過往 eMBMS 技術方案複雜與低效能限制的問題，以及應用情境少無法建立商業模式和生態等困境。未來新的進一步演進式 5G 廣播技術引入更高效率融合 HPHT 及 LPLT，支援群播和廣播各層面的技術規範，以提供廣播業者、通訊業者及各國主管機關遵循與參考。

總結來說，由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故現階段的案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，尚未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播商業化服務階段，因此各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施，爰本研究建議現階段暫不適合研訂 FeMBMS 服務網路品質審驗項目之審驗方法與合格條件。

五、 語音功能

(一) 測試方法

依主管機關選定之測試區域，對採樣點的 RSRP、RS-SINR 進行分析，間接

判定該區之撥通成功率與斷話率。當訊號強度 RSRP、RS-SINR 大於限制值，則判斷此通話為成功，否則失敗。而測試區域之撥通成功率與斷話率之計算方式，如下例所示：

在取樣點 10,000 筆數據中，若有 8,000 筆數據的 RSRP 值大於-113 dBm，RS-SINR 值大於-5 dB，則撥通成功率為 0.8*0.98 = 78.4 %、斷話率為 100 % - 78.4 % = 21.6 %。

(二) 合格條件

表 4-37、VoLTE/VoNR KPI 與信號強度關係表

審驗項目	RSRP：-113 dBm RS-SINR：-5 dB	RSRP：-110 dBm RS-SINR：0 dB
撥通成功率	≥ 98 %	≥ 99 %
斷話率	≤ 2 %	≤ 1 %
MOS	≥ 3	≥ 3.5

資料來源：VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究

(三) 電波涵蓋範圍內語音撥通成功率

根據《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》指定區域涵蓋率之查驗結果中所述，其指定區域涵蓋率應滿足公式(移動量測訊號數據合格樣本比例)*0.95+(定點量測訊號數據合格樣本比例)*0.05。另依據本報告之研究，當 RSRP 值大於或等於-110 dBm，撥通率大於或等於 99 %。歸納上述結果，我們針對語音功能提出修改建議，根據作業要點指定區域涵蓋率所定之抽樣方法，當訊號強度 RSRP 大於值-110 dBm，視為撥通，否則為失敗，以此得出撥通成功樣本數。並以此修正指定區域涵蓋率公式，公式修改為(移動量測訊號數據合格樣本比例)*0.475+(定點量測訊號數據合格樣本比例)*0.05+(移動量測訊號撥通成功樣本比例)*0.475。

(四) 公眾電信網路審驗技術規範增修條文

《公眾電信網路審驗技術規範》增修條文如下所列：

1、《公眾電信網路審驗技術規範》中 4.2.1.2.2.2 中，VOLTE 應更正為 LTE。

2、《公眾電信網路審驗技術規範》中 4.2.1.2.2.3 中，VOLTE 應更正為 LTE。

3、《公眾電信網路審驗技術規範》中 4.2.1.2.2.7 中，VOLTE 應更正為 LTE，VoNR 應更正為 5G。

4、因目前 VoNR 未提供與 2G/3G 語音之間切換，《公眾電信網路審驗技術規範》中 4.2.1.2.2.8 與其下小節，以及 4.2.1.2.2.9 與其下小節應一併刪除。

5、《公眾電信網路審驗技術規範》中 4.2.1.2 章節語音功能，應新增審驗合格之 VoNR 與 EPS FallBack。

第伍章、 技術規範修訂

第一節、 座談會

為調適目前我國《公眾電信網路審驗技術規範》以因應新興技術的演進與服務型態的轉變，本計畫先行探討世界主要先進國家相關技術之演進、發展現況與技術監理措施等，聚焦 5G/B5G 應用於數位匯流服務之發展，研訂各項功能性審驗項目之審驗方法與合格條件，作為國家通訊傳播委員會未來修訂《公眾電信網路審驗技術規範》之參考。

為充分掌握國內通訊傳播發展趨勢，瞭解相關設備發展之最新動態，以利國內審驗制度能與產業發展契合，本計畫辦理 2 場次專家學者及廠商業者座談會，邀請國內相關領域之專家學者及上市、上櫃、相關設備供應廠商與各大電信營運業者出席討論，除分享研析成果，討論議題包括 5G SA 網路、FWA 與語音功能、FeMBMS、PWS，以及《公眾電信網路審驗技術規範》、《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》部分條文修正草案說明，藉由廣泛討論徵詢各界先進寶貴意見，據以精進國內相關技術規範及審驗措施，提升相關產業服務發展之效益。

一、 第一場座談會

(一) 座談會辦理

由於嚴重特殊傳染性肺炎疫情(COVID-19)影響，為降低接觸傳染風險，第一場座談會採線上會議方式，於 110 年 10 月 13 日(星期三)上午 10 時至 12 時辦理完畢。

(二) 會議議程

第一場座談會會議議程如表 5-1：

表 5-1、第一場座談會會議議程

時間	內容	主持人/主講人
9:40-10:00	報到	
10:00-10:10	開場致詞	財團法人電信技術中心 郭作麟 主任
10:10-10:25	議題一： 5G standalone (SA)網路	財團法人電信技術中心 池宗修 高級工程師
10:25-10:40	議題二： Fixed Wireless Access (FWA)與語音功能	財團法人電信技術中心 楊清方 工程師
10:40-10:55	議題三： Further enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service (FeMBMS)	財團法人電信技術中心 吳長益 高級工程師
10:55-11:10	議題四： Public Warning System (PWS)	財團法人電信技術中心 林杰龍 經理
11:10-11:25	議題五： 《公眾電信網路審驗技術規範》 《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》 修正草案說明	財團法人電信技術中心 林杰龍 經理
11:25-12:00	Q&A	財團法人電信技術中心 林杰龍 經理

資料來源：本研究整理

(三) 出席專家學者及廠商

第一場座談會出席專家學者及廠商如下表，共 28 位出席。

表 5-2、第一場座談會專家學者及廠商出席表

國立成功大學 陳文字博士
高苑科技大學 王春清博士
國家災害防救科技中心 吳上煜助理研究員
台灣電信產業發展協會 劉莉秋副祕書長
中華電信股份有限公司，共 4 位
遠傳電信股份有限公司，共 3 位

台灣大哥大股份有限公司，共 6 位
亞太電信股份有限公司，共 4 位
富鴻網股份有限公司，共 1 位
雲達科技股份有限公司，共 2 位
智聯有限公司，共 2 位
兆赫電子股份有限公司，共 2 位

資料來源：本研究整理

(四) 會議內容

與會專家學者及廠商就本次議題提出相關問題與見解，整理如下：

1. 5G 網路延遲較小，若將語音通話延遲訂為 400 ms 是否過於寬鬆?建議 end-to-end 為 250 ms 以內較為合適。

   本研究團隊之回應及說明：

   根據文獻 5G B2B Service Experience Standard White Paper(華為)，好的語音品質延遲應小於 40 ms，較差的語音品質延遲應小於 400 ms。在 ITU-T G.1028 規定了 VoLTE 的口到耳延遲目標值為 400 ms。3GPP TS 22.261 中則建議 5G 系統應支援交互式會話服務的低延遲語音編碼，單向口到耳延遲為 100 ms。草案中對於語音通話的測試分為通用性測試與加值服務性能測試兩部份。

   - 通用性測試：4.2.1.2.3.2 終端通信功能下的語音功能的限制值訂在 400 ms。
   - 加值性能測試：本次新增的 FWA 中，IP 語音延遲限制值訂在 100 ms。

   語音通話延遲原訂為 400 ms 係考量測試範圍包括 3G、4G 及 5G 的 CSFB、VoLTE、VoNR 與 EPS Fallback，若只對 VoLTE 與 VoNR 進行測試，則可訂為 250 ms。

2. 語音品質除了現行的 MOS，或許可考慮用 R score 以 packet loss rate 跟 latency 去作公式的組合，並訂 70 分以上算合格。

本研究團隊之回應及說明：

R-Factor(Rating)和 MOS (Mean Opinion Score)是衡量 VOIP 品質的兩種方法。封包遺失、封包順序錯亂、封包延遲變化和許多其他參數都決定著 VOIP 語音品質。

- R-Factor：影響該指標分數包含口到耳的延遲、延遲抖動、封包遺失率、回音等。該值的範圍從 0(表示品質極差)到 100(表示高品質)。
- MOS：該指標同時考量編解碼器和網路的缺陷，參考龐大的聽眾資料庫給出的評分，經複雜的計算，得出分數從 1(差)至 5(優)不等。

參考 ITU-T G.107 中描述，R 值為 70 時，其對應 MOS 為 3.6。並考量《公眾電信網路審驗技術規範》其他章節之統一性(如固定通信網路性能審驗)，建議於草案中同步加入 MOS(3.5)與 R 值(70)，可擇一為標準。

3. RTT 合格標準訂為 10%可再思考一下，可依切片或 low latency 的服務來分類訂出數值。

本研究團隊之回應及說明：

同項次 1 說明，由於通用性測試範圍包含 3G/4G/5G，因此 RTT 測試範圍較廣，建議先保留，待未來 3G 系統終止使用且相關技術成熟後，再行修改。由於不同切片對應不同應用服務，且相同應用服務亦可能因各業者鎖定之客戶群與行銷手法不同而有不同網路設定，建議採依據業者之 5QI 指標值或 SLA 協議值作為依據。

4. 可與業界討論測試 RTT 時要 ping 的核網 server 是針對哪一個 server?(MEC or internet 端的 gateway/router?)應要規範清楚。

本研究團隊之回應及說明：

依據系統類型，行動臺使用 1,024bytes 之 IP 封包，對 GGSN、PGW

或 UPF 功能節點後之伺服器進行一百次測試。

5. FWA 為新的服務，若無此功能則免測是否適切?

本研究團隊之回應及說明：

FWA 服務客群屬固網範疇，用戶之 CPE 設備皆採固定方式安裝，採指向性天線設計，無法任意更動，不同於一般行動 Gateway 的應用情境，未來將以 mmWave 毫米波技術為主，因此建議電信營運商若有提供 last mile 固定網路服務時再行測試。

6. 因 NCC 有補助業者偏鄉停電措施，可考量是否增加停電時的測試，檢驗停電時的網路運作是否符合要求。

本研究團隊之回應及說明：

關於 NCC 補助業者偏鄉停電措施為基地臺審驗範疇，非屬《公眾電信網路審驗技術規範》部分。

7. 請確認《公眾電信網路審驗技術規範》修改時程?

本研究團隊之回應及說明：

《公眾電信網路審驗技術規範》預計於明年(111 年)進行公告。

8. 5G PWS 之 2 種架構差異為何?對災防中心在原 4G 所負責的範圍(CBE-CBC 間)是否有影響?

本研究團隊之回應及說明：

兩架構差異在於是否含 PWS-IWF 功能。因 3GPP R-16 版本新增 ePWS 功能，為提供 language-independent content functionality 及 ePWS disaster characteristics functionality 兩項功能，CBE 設備發送之訊息可能須包含此內容，但由於 CBE 設備並非屬 3GPP 制定範疇，尚待 CBE 製造商開發出此類設備時才能確認，同時，也需知道電信營運商採用何種 5G CBS 架構，才能確定測試方法。

二、 第二場座談會

(一) 座談會辦理

第二場座談會業於 110 年 11 月 2 日(星期二)下午 2 時至 4 時，假新北市板橋區遠東路 1 號地下一樓貝爾會議室辦理完畢。

(二) 會議議程

第二場座談會會議議程如下表：

表 5-3、第二場座談會會議議程

時間	內容	主持人/主講人
13:40-14:00	報到	
14:00-14:10	開場致詞	財團法人電信技術中心 郭作麟 主任
14:10-15:00	議題： 《公眾電信網路審驗技術規範》及 《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》 修正草案說明	財團法人電信技術中心 林杰龍 經理
15:00-16:00	Q&A	財團法人電信技術中心 林杰龍 經理

資料來源：本研究整理

(三) 出席專家學者及廠商

第二場座談會出席專家學者及廠商如下表，共 28 位出席。

表 5-4、第二場座談會專家學者及廠商出席表

國立成功大學 陳文字博士
高苑科技大學 王春清博士
國家災害防救科技中心 吳上煜助理研究員
國家災害防救科技中心 陳俊元助理研究員
台灣電信產業發展協會 彭增寧組長
台灣數位電視協會 謝光正秘書長

台灣數位電視協會 石佳相博士
中華電信股份有限公司，共 4 位
遠傳電信股份有限公司，共 1 位
台灣大哥大股份有限公司，共 6 位
亞太電信股份有限公司，共 3 位
台灣之星電信股份有限公司，共 1 位
雲達科技股份有限公司，共 1 位
鴻海精密工業股份有限公司，共 1 位
兆赫電子股份有限公司，共 2 位
致振企業股份有限公司，共 2 位

資料來源：本研究整理

(四) 會議內容

與會專家學者及廠商就本次議題提出相關問題與見解，整理如下：

1. 美國 FCC 趨向讓無線電視台升格 ATSC 3.0，同時採用 LDM(layered division multiplexing)方式預留行動層，未來可組成 BCN(Broadcast Core Network)，在與 5GC 聯合形成 5G Broadcast。這次修法是否可考量歐洲單頻網與美國 BCN 模式未來在臺灣之可行性，預留空間，讓無線廣電業者有機會進入到 5G 發展中。

   本研究團隊之回應及說明：

   本次計畫案是以 3GPP 5G NR 技術的 FeMBMS 及 FWA 技術研析為主軸，關於以 ATSC 廣播技術為主並結合 5G NR 作為回傳通道的發展現況也有蒐集於期末報告中。

2. 建議 Latency 可訂為 100 ms。

   本研究團隊之回應及說明：

   根據 ITU-T G.114 中描述，高度互動的應用(例如，一些語音、視訊會議和交互數據應用)可能會受到低於 100 ms 的延遲的影響，如果延遲保持在 150 ms 以下，則大多數應用程序不會受到顯著影響。此外，一般網路的規劃情況是以 400 ms 為設計上限。參考 ITU-T G.1028，網

路延遲包括終端、基地臺與核心網路，以及網路傳輸造成的延遲，約 220 ms，而下表的 note 5 說明，目前已經有案例可達到口到耳的延遲為 250 ms，因此建議通話延遲合格基準訂為 250 ms。

表 5-5、網路延遲

End-to-end indicators	TOTAL budget	Terminal	E-UTRAN	EPC	Mobile IMS	Transmission network
Registration success rate	99.9%	99.9%	99.9%	100%	99.9%	No target
Service availability	99% Note 1	No target	No target	No target	No target	No target
Post dialling delay (PDD)	LTE-LTE: 3.5 s (Note 2) CSFB: 6 s (Note 3)	No target	No target	No target	No target	No target
Voice quality (MOS-LQxSW)	4 (Note 4)	No target	No target	No target	No target	No target
Mouth-to-ear delay	400 ms (Note 5)	190 ms (sending + receiving) (Note 6)	5 ms	15 ms	0	10 ms (may be bigger for large countries)
Call drop rate	2 %	No target	No target	No target	No target	No target
NOTE 1 – Call processing performance objective according to [ETSI TS 101 563] is higher than 99.9%. NOTE 2 – [ETSI TS 101 563] recommends 5.9 s, with 95% of probability below 2.4 s. NOTE 3 – Only circuit switched fall back on mobile originating side is considered here. NOTE 4 – Assumes the use of AMR-WB at a 23.85 kbit rate. The use of other codecs and/or bit rates will result in other values. NOTE 5 – [ITU-T G.114] specifies a preferred maximum value at 150 ms, impossible to reach currently; some network operators are able to provide national calls with delays below 250 ms. NOTE 6 – According to [ETSI TS 126 131].						

資料來源：ITU-T G.1028

3. 若依消費者通話時間付費，應答秒數的準確度是否也應審驗?參考文獻有引用影響力不高之文件，請再斟酌。

本研究團隊之回應及說明：

根據公眾電信網路審驗技術規範 4.2.1.2.3.1 章節提到以一行動臺對另一行動臺進行 60 秒語音通話測試，測試過程會紀錄通話時間，並確認業者通聯資料，比對通聯時間。

參考以下諸多文獻資料：

(1) GSMA 的 4G/5G Network Experience Evaluation Guideline 報告

中，當 RSRP 大於-110 dBm，SINR 大於 0，MOS 有 90％以上的機率大於 3.5。

(2) 3GPP TS 36.304 也說明 LTE 無線接取技術的信號強度(RSRP)應大於-110 dBm，當 RSRP 為-110 dBm 時，在細胞邊緣，信號強度一般。當 RSRP 為-113 dBm 時，屬於弱覆蓋。

(3) “Performance evaluation of volte based on field measurement data” (U5GIG, Tech. Rep. (2018))文獻指出，RSRP 大於-110 dBm 時，通話品質相對穩定。

(4) 根據“VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究”(行動通信，2017，41(1)，68-73)文獻中的實測資料統計，當 RSRP ≥ -110 dBm，SINR ≥ 0 dB，撥通成功率大於 99 %。

(5) 根據“Cellular Mobile Network Quality of Service (QoS) Regulations 2021”(Pakistan Telecommunication Authority)此報告中指出，印度的電信管理局規範 VoLTE 的訊號強度應達到-110 dBm 以上，信號品質 SINR 大於 0 的比例應達到 95％以上，斷話率應達 2％以下。

綜合以上資料，做為修訂偏遠地區高速基地臺建設作業要點之撥通成功率之信號強度與品質之參考。

4. FWA 本質與無線一樣，但要求訂得比固網嚴格，應比照無線的標準或不要訂。後續是否還會有法規修訂的研討會議?若有，相關文件是否可提前 2 週提供給業者?

本研究團隊之回應及說明：

參考公眾電信網路審驗技術規範 3.2.3.2.3.2.2.1 章節，NGN 網路端到端延遲為 250 ms。因此建議無線語音通訊延遲可修正為 250 ms，並無較為嚴格。

法規修正程序將依規定預先公告 60 日。

5. 偏遠地區高速基地臺建設作業要點是否可先不考慮語音品質要求? RSRP 可提升至-110 dBm，但 SINR 是否可先不列入考慮?

本研究團隊之回應及說明：

茲提供以下兩種方案供討論：

選項 1：RSRP 維持-110 dBm，移除 SINR 限制值

選項 2：RSRP 調回-112 dBm，調整 SINR

表 5-6、RSRP 與 SINR 不同方案之比較

	優點	缺點
選項一	(1) 訊號強度較-112 dBm 增加 2 dB，訊號強度要求較為嚴苛，可保障消費者品質。 (2) 測試較為單純，數據的穩定性較高。	缺少訊號品質指標 SINR，較無法完整評估語音品質。
選項二	(1) RSRP 限制值與行動量測限制值相同，分析上較簡單。 (2) SINR 可提供語音品質保證的根據。	(1) 協調出業者與消費者都可接受的 SINR 參數，較為不易。 (2) SINR 較易受網路環境條件影響(如射頻信號干擾，網路負載大小等)。

資料來源：本研究整理

根據環島鐵路的路測數據分析 RSRP 與 SINR 的數值占比，整理如下比例圖。當 RSRP 限制值為-112 dBm，5 家業者的訊號強度占比皆可達到 96 %以上，當 SINR 達到-3 dB 時，有 4 家業者皆可達到 90 %占比以上。

表 5-7、5 家業者的訊號強度占比

	RSRP>-110	RSRP>-111	RSRP>-112	RSRP>-113	RSRP>-114	RSRP>-115
CHT	95.68%	96.42%	97.06%	97.58%	97.96%	98.36%
FET	94.78%	95.70%	96.40%	96.99%	97.45%	97.83%
GT	96.43%	97.06%	97.63%	98.09%	98.45%	98.76%
TST	96.98%	97.52%	97.93%	98.25%	98.57%	98.87%
TWM	96.94%	97.59%	98.07%	98.43%	98.77%	99.03%

資料來源：本研究整理

表 5-8、5 家業者的訊號與干擾雜訊占比

	SINR>0	SINR>-1	SINR>-2	SINR>-3	SINR>-4	SINR>-5
CHT	89.26%	91.67%	93.62%	95.30%	96.69%	97.80%
FET	90.90%	93.04%	94.93%	96.28%	97.44%	98.23%
GT	79.16%	82.65%	85.68%	88.31%	90.90%	93.30%
TST	85.21%	87.94%	90.53%	92.52%	94.37%	95.71%
TWM	89.70%	92.31%	94.36%	95.90%	97.19%	98.13%

資料來源：本研究整理

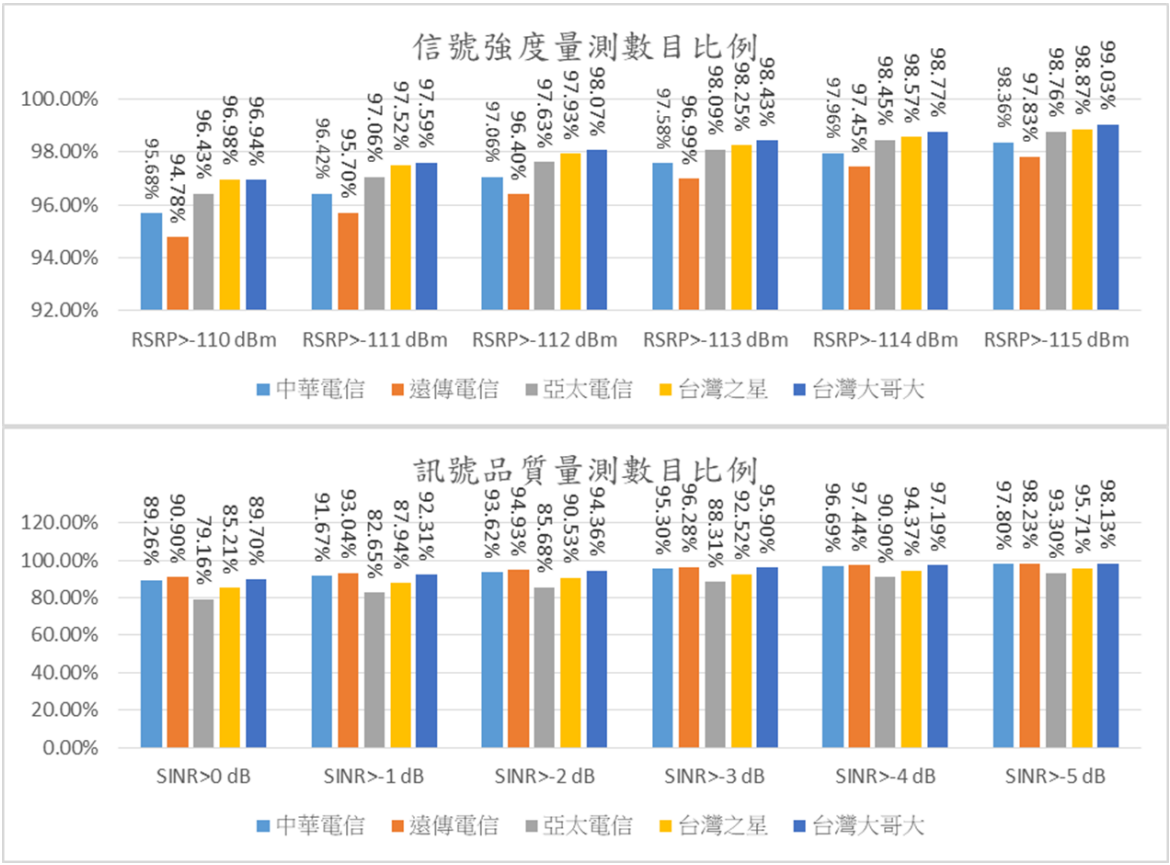


圖 5-1、5 家業者信號強度與訊號品質量測數目比例

資料來源：本研究整理

而根據“VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究”(行動通信，2017，41(1)，68-73)文獻中的實測資料統計，當 SINR 為-3 dB，MOS 值約為 3.5。

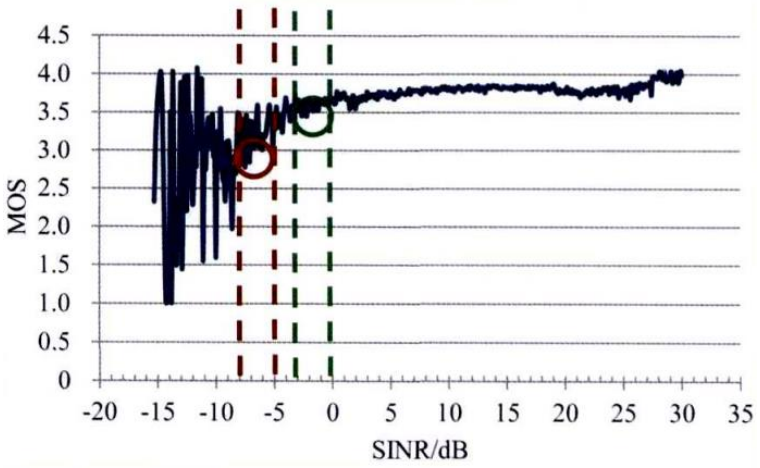


圖 5-2、MOS 與 SINR 對應圖

資料來源：“VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究”(行動通信 2017，41(1)，68-73)

6. 對 MOS 要求無太大意見。對 FWA 要求，與中華電信持相同意見，另 FWA 是否能更明確定義? 建議 SINR 先不測。撥通成功率定義為何?是否比照前章節以檔案大小 500 MBs 持續下載方式量測? 測試時 MOS 值須立即做研析，其數值是否可由工模手機直接顯示出?

本研究團隊之回應及說明：

已將 FWA 定義清楚描述為指利用支援行動網路的用戶端設備，固定於特定地點提供寬頻連線服務。

SINR 的部分同第 5 點回覆意見。

當訊號強度 RSRP 與訊號品質 SINR 達到基準(RSRP ≥ -110 dBm，SINR ≥ 0 dB)，視為撥通成功率為 99 %。撥通成功率會根據 RSRP 與 SINR 值調整而產生變化。量測方式比照以檔案大小 500 MBs 持續下載方式量測。

目前有工模手機可以即時顯示 MOS 值。

7. VoLTE 語音延遲要求 250 ms 是否有國際規範依據及如何測試? FWA 架構上屬行網數據服務，測試要求是否適用?其語音品質是否也要測?

本研究團隊之回應及說明：

VoLTE 語音延遲要求同第 2 點之回覆意見。

FWA 測試內容修正為數據功能，語音功能，與網頁下載功能。數據功能與語音功能測試比照終端通信功能的要求。移除 IP 視訊會議功能乃是參考座談會賢達意見，經研究他國審驗技術規範，並無相關條文規定此服務，故移除之。

8. RSRP 訂-110 dBm 對我們是很大的挑戰，是否可考慮環境因素放寬?

本研究團隊之回應及說明：

同第 5 點回覆意見。

9. ePWS 支援不具使用者介面的細胞廣播訊息接收裝置(3GPP TS 22.268 Rel-16)

本研究團隊之回應及說明：

Rel-16 ePWS 功能將影響到終端設備與核心網路兩大部分，本專案著重之核心網路部分，由於目前尚待全部五家電信營運商將其核心網路升級至 SA 版本，且須與 CBE 設備商確認，才能確定測試方式。

10. Warning Area Coordinates 傳遞告警座標範圍，提升訊息發送空間精確度(3GPP TS 23.041 Rel-16)

本研究團隊之回應及說明：

由於告警訊息傳遞區域之精準度，需要開發特定之測試儀器，若要同時測試，儀器之需求數量相當龐大，建議主管機關若有此需求，可另闢專案執行。

三、 座談會總結

(一) Stand Alone 與 Network Slicing

本專案兩場座談會中與 5G SA 網路和網路切片相關結論整理如表 5-9：

表 5-9、5G SA 網路和網路切片相關結論整理

項次	外界意見	回應及研析	對應修正規定
1	RTT 合格標準訂為 10 %可再思考一下，可依切片或 low latency 的服務來分類訂出數值。	由於通用性測試範圍包含 3G/4G/5G，因此 RTT 測試範圍較廣，建議先保留，待未來 3G 系統終止使用且相關技術成熟後，再行修改。由於不同切片對應不同應用服務，且相同應用服務亦可能因各業者鎖定之客戶群與行銷手法不同而有不同網路設定，建議採依據業者之 5QI 指標值或 SLA 協議值作為依據。	4.1.4 依據 5G 網路切片服務類型進行分類，載明各類型網路切片服務 5QI 指標值或 SLA 協議值。
2	可與業界討論測試 RTT 時要 ping 的核網 server 是針對哪一個 server?(MEC or internet 端的 gateway/ router?)應要規範清楚。	依據系統類型，行動臺使用 1,024 bytes 之 IP 封包，對 GGSN、PGW 或 UPF 功能節點後之伺服器進行一百次測試。	4.2.1.1.2.1 行動臺測試系統吞吐量：依據系統類型，使用 TCP 與 UDP 方式，對 GGSN、PGW 或 UPF 功能節點後之伺服器進行上下行傳輸並維持至少 15 秒，重複執行 3 次。 4.2.1.1.2.2 行動臺測試系統 jitter 與 RTT：依據系統類型，行動臺使用 1,024 bytes 之 IP 封包，對 GGSN、PGW 或 UPF 功能節點後之伺服器進行一百次測試。

資料來源：本研究整理

(二) FWA 及語音功能

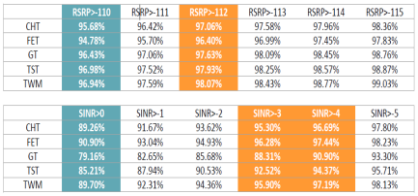
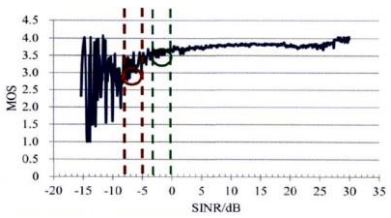
根據兩次座談會的業界先進與專家意見，以及審查委員所提供之寶貴建議，整理如表 5-10：

表 5-10、FWA 及語音功能相關結論整理

項次	外界意見	回應及研析	對應修正規定
1	1. 語音通話延遲的部分,由於 5G 網路速度快,延遲較小,若是延遲訂為 100 ms 是否可行? 2. 語音通話延遲訂為 400 ms 是否過於寬鬆,建議 end-to-end 延遲為 250 ms 以內較為合適。 3. VoLTE 語音延遲要求 250 ms 是否有國際規範依據及如何測試?	根據參考文獻，好的語音品質延遲應小於 40 ms，較差的語音品質延遲應小於 400 ms。理想情況下，3GPP TS 22.261 中建議 5G 系統應支援交互式會話服務的低延遲語音編碼，單向口到耳延遲為 100 ms。 根據 ITU-T G.114 中描述，高度互動的應用(例如，一些語音視頻會議和交互數據應用)可能會受到低於 100 ms 的延遲的影響，如果延遲保持在 150 ms 以下,則大多數應用程序不會受到顯著影響。 另外，參考 ITU-T G.1028，一般網路的規劃情況是以 400 ms 為設計上限；如果只考慮網路傳輸影響(如用 ping 測試)，網路延遲包括終端、基地臺與核心網路，以及網路傳輸造成的延遲，約 220 ms。而在實際應用情境下，目前已經有案例可達到口到耳的延遲為 250 ms。 在座談會中，有學者藉由 ping 的方式說明 250 ms 的延遲太長，建議可縮短為 100 ms，而業者則提出實務情況下不可能滿足此要求。由於 ping 這個功能是基於 ICMP 協定的網路層工具，並沒有考量到應用層的軟體處理速度以及硬體編解碼時間所造成的延遲。因此建議通話延遲合格基準訂為 250 ms。在設備與技術精進的未	4.2.1.2.3.2 VoLTE 及 VoNR 語音功能應增加單向延遲時間及封包遺失率之審驗，其合格條件為，以一行動臺對另一行動臺進行六十秒語音測試。系統應具備單向延遲時間 250 ms 以下，且封包遺失率 1%以下，MOS 值大於或等於 3.5(或者 R 因子大於或等於 70)之能力。本項測試以申請人所報系統已具備之語音功能為限。

		來，語音延遲可參考 3GPP TS 22.261 規定為 100 ms。	
2	1. MOS 為傳統電路交換所使用之標準，目前業界是否仍用此方式監控語音品質需進一步確認。若以 packet switching network 方式走語音，或許可考慮用 R score 以 packet loss rate 跟 latency 去作公式的組合，並訂 70 分以上算合格。 2. 測試時 MOS 值須立即做研析，其數值是否可由工模手機直接顯示?	R-Factor(Rating, R Score) 和 MOS(Mean Opinion Score) 是衡量 VOIP 品質的兩種方法，封包遺失、封包順序錯亂、封包延遲變化和許多其他參數都決定著 VOIP 語音品質。 R-Factor：影響該指標分數包含口到耳的延遲、延遲抖動、封包遺失率、回音等。該值的範圍從 0(表示品質極差)到 100(表示高品質)。 MOS：該指標同時考量編解碼器和網路的缺陷，參考龐大的聽眾數據庫給出的評分，經複雜的計算，得出分數從 1(差)至 5(優)不等。 目前有工模手機可以即時顯示 MOS 值。 在滿足 RSRP ≥ -110 dBm，SINR ≥ 0 dB 的條件要求下，MOS 值可達到 3.5 分；參考 ITU-T G.107 中描述，MOS 為 3.6 時，其對應 R 值為 70。考量公眾電信網路審驗技術規範其他章節之一致性(如固定通信網路性能審驗)，建議於草案中同步加入 MOS(3.5)與 R 值(70)二擇一為標準。	4.2.1.2.3.2 VoLTE 及 VoNR 語音功能應增加單向延遲時間及封包遺失率之審驗，其合格條件為，以一行動臺對另一行動臺進行六十秒語音測試。系統應具備單向延遲時間 250 ms 以下，且封包遺失率 1%以下，MOS 值大於或等於 3.5(或者 R 因子大於或等於 70)之能力。本項測試以申請人所報系統已具備之語音功能為限。
3	1. FWA 服務功能是否為必測項目? 2. FWA 本質與無線一樣，但要求訂得比固網嚴格，應比照無線的標準或不	FWA 服務客群屬固網範疇，用戶之 CPE 設備多採固定方式安裝，可供室內使用，或是安裝在戶外的屋頂及牆面上，無法任意更動，不同於一般行動閘道器/可攜式 WiFi 路由器	於公眾電信網路審驗技術規範，新增 FWA 定義： 1.2.3.12 固定無線接取(FWA)服務 指利用支援行動網路的用戶終端設備，固定於特

	要訂。 3. FWA 架構上屬行網數據服務，測試要求是否適用?其語音品質是否也要測?	/Dongle 的使用情境，且 FWA 服務非屬電信營運商之必要基本服務，因此建議電信營運商若有提供 last mile 固定網路服務時再行測試。 在公眾電信網路審驗技術規範中，建議新增 FWA 定義： 1.2.3.12 固定無線接取(FWA)服務指利用支援行動網路的用戶終端設備，固定於特定地點提供寬頻連線服務。 新增審驗條件：1.3.1.7 FWA 服務功能經主管機關核准後，申請審驗。 另將 FWA 測試內容修訂為數據功能，語音功能，與網頁下載功能。數據功能與語音功能測試比照終端通信功能的要求。移除 IP 視訊會議功能乃是參考座談會賢達意見，經研究他國審驗技術規範，並無相關條文規定此服務，故移除之。	定地點提供寬頻連線服務。 新增審驗條件： 1.3.1.7 FWA 基本服務功能經主管機關核准後，申請審驗。 4.2.12 FWA 服務 業者未提供 FWA 服務時，本項免測。 4.2.12.1 數據功能與效能 4.2.12.1.1 抽驗方式： 應參照 4.2.1.1.1 抽驗方式進行抽驗。 4.2.12.1.2 測試方法： 應參照 4.2.1.1.2 測試方法進行測試。 4.2.12.1.3 合格基準： 應符合 4.2.1.1.3 合格基準要求。 4.2.12.2 語音功能 4.2.12.2.1 抽驗方式： 應參照 4.2.1.2.1 抽驗方法進行抽驗。 4.2.12.2.2 測試方法： 應參照 4.2.1.2.2 測試方法進行測試。 4.2.12.2.3 合格基準： 應符合 4.2.1.2.3 合格基準要求。 4.2.12.3 Internet 網頁下載功能 4.2.12.3.1 抽驗方式： 依「行動通信網路基地臺抽樣基準」決定申請人檢

			送「行動通信網路主要設備報驗清單」之基地臺抽驗數量，每一抽驗基地臺在其電波涵蓋範圍內任選一定點進行網頁下載功能測試。 4.2.12.3.2 測試方法： 客戶終端設備對網路端目標伺服器進行傳輸與延遲測試。 4.2.12.3.3 合格基準： 2 Mbytes 網頁下載單向延遲小於 1 秒，下載速率大於 16 Mbps。
4	1. 偏遠地區高速基地臺建設作業要點是否可先不考慮語音品質要求？RSRP可提升至-110 dBm，但SINR是否可先不列入考慮? 2. 撥通成功率定義為何? 3. 是否比照前章節以檔案大小500 MBs持續下載方式量測?	根據環島鐵路的路測數據分析RSRP與SINR的數值占比，整理如下比例圖。當RSRP限制值為-112 dBm，五家業者的訊號強度占比皆可達到96 %以上，當SINR達到-3 dB時，有四家業者皆可達到90 %占比以上。  根據“VoLTE無線網規劃指標及實現方案研究”(移動通信，2017，41(1)，68-73)文獻中的實測資料統計，當SINR為-3 dB，MOS值約為3.5  參考諸多文獻資料如下： (一) “GSMA的4G/5G Network	偏遠地區高速基地臺建設作業要點七、指定區域涵蓋率之查驗程序及查驗結果之判定中，新增移動量測撥通樣本數：選取指定區域各項次地點接收訊號強度值RSRP(Reference Signal Received Power) ≥ -110 dBm，SINR(Signal to Interference & Noise Ratio) ≥ 0 dB之樣本，視為撥通成功樣本；撥通成功樣本加總後為各分項撥通成功樣本數。 修訂附表四。

		Experience Evaluation Guideline”報告中，當RSRP大於-107 dBm，SINR大於2，MOS有90%以上的機率大於3.5。 (二) 3GPP TS 36.304說明LTE無線接入技術的信號強度(RSRP)應大於-110 dBm。文獻提到RSRP為-110 dBm時，在細胞邊緣，信號強度一般。當RSRP為-113 dBm時，屬於弱覆蓋。 (三) 一般來說，RSRP大於-110 dBm時，通話品質相對穩定。 (四) 印度的電信管理局根據在各大城市中路測的結果，建議VoLTE的訊號強度應達到-110 dBm以上，信號品質SINR大於0的比例應達到95 %以上，斷話率應達2 %以下。 茲提供以下兩種方案供討論： 方案一：滿足基本的服務品質要求下，RSRP ≥ -112 dBm，SINR ≥ -3 dB可以滿足需求。 方案二：滿足較高的服務品質要求下，RSRP ≥ -110 dBm，SINR ≥ 0 dB是最低覆蓋要求。 根據參考文獻，撥通成功率之計算如下： 方案一： 當RSRP ≥ -112 dBm，SINR ≥ -3 dB，代表撥通成功率大於98.5 %，是以偏遠地區高速基	

		地臺建設作業要點附表四撥通成功率(H) = (G/B)*98.5 %。 方案二： 當RSRP ≥ -110 dBm，SINR ≥ 0 dB，代表撥通成功率大於99 %，是以偏遠地區高速基地臺建設作業要點附表四撥通成功率(H) = (G/B)*99 %。 撥通成功率會根據RSRP與SINR值調整而產生變化。量測方式比照以檔案大小500 MBs持續下載方式量測。 根據移動量測訊號強度與語音撥通成功率的關聯性，修改附表四指定區域涵蓋率(L) = (A/B)*0.475 ＋ (C/D)*0.05 ＋ (G/B)*0.475。	

資料來源：本研究整理

(三) FeMBMS

根據座談會各界先進的意見與報告審查委員的建議，整理如下：

表 5-11、FeMBMS 相關結論整理

項次	外界意見	回應及研析	對應修正規定
1	美國 FCC 趨向讓無線電視台升格 ATSC 3.0，同時採用 LDM (layered division multiplexing)方式預留行動層，未來可組成 BCN (Broadcast Core Network)，在與 5GC 聯合形成 5G 廣播。這次修法是否可考量歐洲單頻網與美國 BCN 模式未來在臺灣之可行性，預留空間，讓無線廣電業者有機會進入到 5G 發展中。	本次計畫案是以 3GPP 5G NR 技術的 FeMBMS 及 FWA 技術研析為主軸，關於以 ATSC 3.0 廣播技術為主並結合 5G NR 作為回傳通道的發展現況非本計畫 FeMBMS 技術的核心技術之一，但 ATSC 3.0 相關發展資訊亦蒐集於本期末報告中。	不適用。

資料來源：本研究整理

第二節、 我國公眾電信網路規範現況概述

隨著 5G 行動通訊技術快速演進，網路架構趨於軟體化、虛擬化、編程化的彈性結構下，使得越來越多不同行業能透過設置自有網路以確保最佳客製化服務。通傳會因應數位匯流發展趨勢，考量單一接取網路無法滿足未來通信服務傳輸需求，於 2019 年 8 月公布《電信管理法》，開放公眾電信網路設置者得自建，或組合自建及他人自建之電信網路，並在《公眾電信網路審驗辦法》明定公眾電信網路類型，包括固定通信網路、行動通信網路、衛星通信網路等三種電信網路類型，開放申請人得依其營運模式及市場需求組合不同類型公眾電信網路。電信管理法有關公眾電信網路之法規環境，如下圖所示。

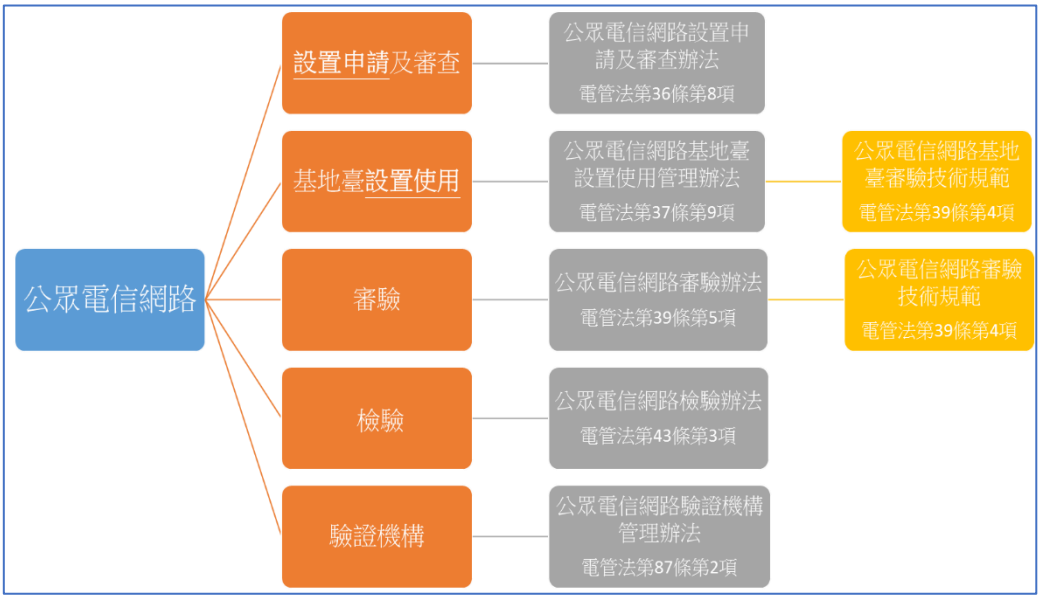


圖 5-3、公眾電信網路之法規環境

資料來源：本研究整理

為確保人民享有優質、安全及可信賴之通信服務，通傳會要求公眾電信網路設置者依主管機關核准之網路設置計畫完成設置後，應向主管機關申請審驗，經審驗合格取得審驗合格證明後，始得使用。公眾電信網路設置申請審驗流程說明，如下頁圖所示。

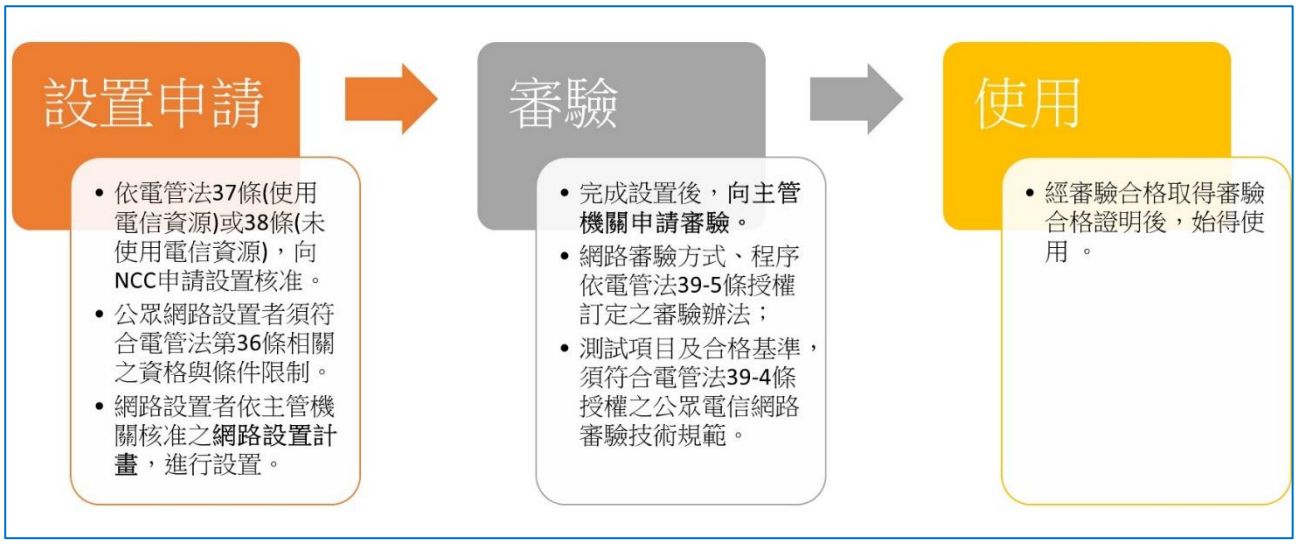


圖 5-4、公眾電信網路設置申請審驗流程

資料來源：本研究整理

由於電信管理法允許公眾電信網路設置者依其所欲提供之服務型態自由組合其網路，靈活調度資源，同時得就其提供之服務進行動態管理，因此在電信管理法授權訂定的公眾電信網路之審驗、技術規範規定，改以公眾電信網路可得提供服務之態樣予以分類，如下頁圖所示。

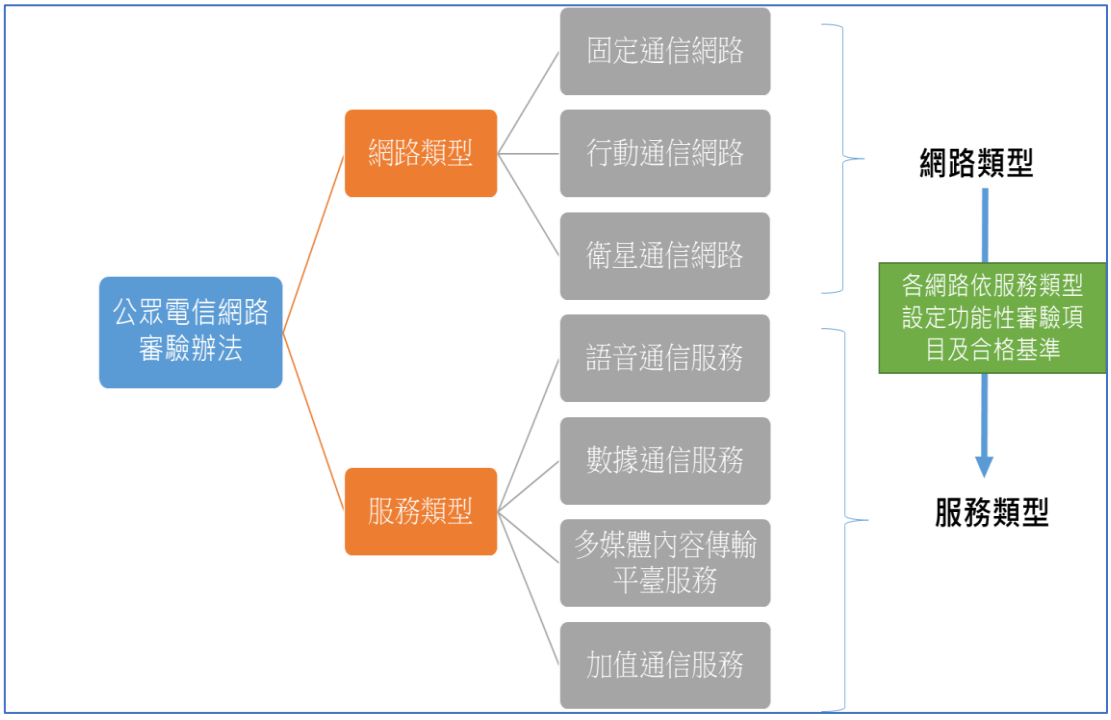


圖 5-5、審驗、技術規範之分類

資料來源：本研究整理

第三節、 公眾電信網路審驗技術規範部分條文修正草案總說明

第五代行動通訊技術(5G)已進入商用階段，未來將逐漸以服務為導向，發展出多種創新應用，為提供大眾穩定而多樣的網路服務，以因應新技術的演進與服務型態的轉變，爰配合修訂本技術規範，以利未來優化 5G 電信網路之推動。

由於 5G SA 核心網路採用 HTTP2.0 之 SBA 架構及新的功能元件，如接取和行動管理功能(AMF)、會話管理功能(SMF)、網路切片選擇功能(NSSF)等，也都以網路虛擬化功能(NFV)方式軟體化，與 LTE 和 5G NSA 有很大的不同，因此審驗技術規範需更新部分條文以增加法規彈性度，對於新舊服務型態，也需有不同的審驗方式，以確保消費者使用權益。

另外在多樣的應用情境下，3GPP 定義了 QoS 的概貌，管理各情境之 PDU 的傳送，依權限、延遲、封包錯誤率等參數，訂定其對應關係，且在 5G 網路下，新增了網路切片功能，目的為因應不同應用情境，但礙於不同應用情境下網路切片要求不同，即便相同的應用情境，網路切片要求亦會有所差異，造成不易定出應用服務最低要求，因此在監理層面上，可先採用加值服務來進行監理，依《公眾電信網路審驗辦法》第 6、13 條規定，加值通信服務業者僅需檢附本技術規範草案所應檢附文件自評後，送主管機關備查，必要時主管機關得進行審驗，可依據業者宣稱之 SLA 進行審驗，除了保有法規彈性外，未來也可據此新增不同服務類別。

目前《公眾電信網路審驗技術規範》已訂有語音功能審驗方式，是採同系統或不同系統互撥方式測試，有鑑於目前國際 MOS 的測試方式已趨成熟，參考 ITU-T P.863 將其納入審驗技術規範中。

本次修正重點分述如下：

一、 新增行動通信網路用詞定義。(新增規定 1.2.3.9~1.2.3.16)

二、 新增英文縮寫。(1.2.5.1、1.2.5.20、1.2.5.24、1.2.5.43、1.2.5.48、1.2.5.56、1.2.5.60、1.2.5.65 及 1.2.5.69)

三、 修正PWS之中文名稱為與NCC官網中對外之災防告警系統介紹同步。(1.2.5.54)

四、 增訂 FWA 服務之審驗時機與範圍。(1.3.1.7 及 1.3.2.2.6)

五、 網路管控能力與網路維運管理之審查項目，將 5G 區分為 NSA 與 SA。(修正規定 2.2.2.1.1.2 及 2.2.2.2.1.3.3)

六、 修訂電路備援之審查項目。(修正規定 2.2.2.3.2.2.2)

七、 核心網路屬新設者，檢附文件之設備清單須載明屬於 3G、4G、5G NSA 或 5G SA。(修正規定 4.1.1.3)

八、 檢附文件之行動通信網路架構圖，將 5G 區分為 NSA 與 SA。(修正規定 4.1.2 及 4.1.2.3)

九、 檢附文件 5G 網路切片服務品質 5QI 指標值或 SLA 協議值。(新增規定 4.1.4)

十、 修訂終端通信功能之審驗方式及相關之抽驗方式、測試方法與合格基準。(修正規定 4.2.1.1~4.2.1.3)

十一、 高速基地臺電波人口涵蓋率測試方法，將 5G 區分為 NSA 與 SA。(修正規定 4.2.5.2.1)

十二、 新增核心網路功能元件 PCF。(修正規定 4.2.10)

十三、 增訂 FWA 服務之審驗方式。(新增規定於 4.2.12)

十四、 增訂 5G SA 網路切片功能之審驗方式。(新增規定 4.2.13)

十五、 增訂 FWA 服務之測試紀錄規定。(新增規定 4.3.8)

十六、 增修訂與上述增修訂條文相關之公眾電信網路審驗辦法暨公眾電信網路審驗技術規範相關書表。(修正規定附表一、附表三、附表四、附表五、行網附表六、行網附表六之一、行網附表六之十)

完整之《公眾電信網路審驗技術規範》部分條文修正草案條文對照表詳見附件一。

第四節、 國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點部分條文修正草案總說明

目前營運商的網路品質已經有明顯的提升，但仍不可避免的還會出現訊號不好的狀況。特別是在偏遠的地區或者乘坐地鐵或高鐵時，較高機率出現訊號不穩定或者是時斷時續的現象，在手機換手(handover)的時候，通話品質也會因此受到影響。

VoLTE 作為語音通話業務，上、下行無線通道環境是影響其通話品質的關鍵因素。無線通道品質可以使用參考訊號接收功率(RSRP)與訊號雜訊比(SINR)來表示，而在國際標準中，一般採用 MOS 值或 R 因子來評定語音品質。

本次修正重點透過偵測基地臺訊號強度與訊雜比來審視各個區域的通話品質。並針對網路的覆蓋進行關聯性分析，梳理出 RSRP、SINR 相關指標與 VoLTE 語音品質(MOS 值或 R 因子)關係，藉此可間接評估當前網路下，商用 VoLTE 的撥通成功率與斷話率，以優化後續的網路建設。

本次修正重點分述如下：

一、 報請查驗之檢附文件新增「偏遠地區高速基地臺之指定區域撥通成功率紀錄表」。(修正規定第五點)

二、 行動量測增加訊號品質之查驗項目。(修正規定第七點)

三、 行動量測查驗結果之判定增加撥通樣本數之規定。(修正規定第七點)

完整之《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》部分條文修正草案條文對照表詳見附件二。

第陸章、 研究發現與總體建議

第一節、 主要研究發現

一、 5G SA

5G 相關三大願景被提出後，ITU 與 3GPP 也陸續的發佈 5G 相關標準，本專案也針對 ITU 與 3GPP 所提出的 5G SA 網路與網路切片功能進行研析，兩個國際組織皆採用相同的 5G SA 網路與網路切片架構，但在三大應用情境需求上則有不同的數值定義與要求，但並不影響整體 5G 的發展，因為這些數值大多被視為一個建議參考值，供全球應用服務商與電信業者參考或努力的目標。關於全球 5G SA 與網路切片的服務發展現況，本專案針對美國、韓國、日本、中國與德國進行研究與分析，這些國家為全球指標性 5G 發展參考標的，這些國家早在 2019 年開始，就陸續小規模的進行 5G SA 網路試驗，也陸續進行重點區域的 5G SA 網路佈建，隔年 2020 年時，也陸續開始展示 5G SA 網路下的網路切片功能，也宣稱能提供網路切片服務，並提供小規模的應用實例，但實際上宣示意義大於實質意義，目前全球缺乏網路高需求與普及化的殺手級應用服務，現有的 4G 或 5G NSA 網路大多能因應目前的應用服務。由於未來服務品質保證的相關應用服務需建構在網路切片功能，會關係到電信服務商未來的潛在收入，各電信商與應用服務商也很謹慎的規劃與開發高階應用服務，如車聯網等，但目前全球還處於測試磨合狀態，需等待時機成熟後，才能發展出另一波新的應用服務革命。為了促使國內《公眾電信網路審驗技術規範》符合未來 5G 發展目標，本專案進行法規調整與修改，本案修正與強化了 5G SA 相關的技術規範並新增網路切片相關法規，由於網路切片部分，全球目前尚無明確規定各應用服務的最低要求值，為了不限制國內 5G 相關應用服務的發展，法規目前將網路切片規劃為加值服務，依《公眾電信網路審驗辦法》第 6、13 條規定，加值通信服務業者僅需檢附本技術規範草案所應檢附文件自評後，送主管機關備查，並將網路切片審驗區分為獨立面、管理面與功能面審驗。

二、 FWA

5G 固定無線接取(FWA)網路可以成為傳統有線接入和衛星互聯網有效的替代方案，在需要埋設電纜或光纖的偏鄉地區，FWA 服務可減少高達 40％的投資成本障礙。FWA 使用無線技術作為固定位置的主要網路連接，為偏遠地區提供“最後一哩”連接經濟有效的方式。

相較於衛星互聯網通過衛星連接，信號必須從地面互聯網服務供應商的發射器傳輸到太空中的衛星，然後返回到接收天線。任何響應都需要反過來遵循同樣漫長的過程。固定無線所涉及的發射基站和固定無線天線之間的距離要短得多，從而相應地降低了延遲，並顯著改善了用戶體驗。

在本研究中，經由分析 FWA 在全球的應用現況與發展，並解析 FWA 應用的各種技術與各個面向的優缺點，可發現 FWA 服務未來逐步蓬勃發展的趨勢，FWA 可以利用 1 GHz 和 6 GHz 之間的頻率，也可以部署在 28 GHz 甚至更高頻率(毫米波)。在低於 6 GHz 頻率下，儘管資料輸送量低於毫米波頻率，FWA 仍然可以提供比當前寬頻快 100 倍下載速度，並可提供較大的覆蓋範圍，對無法使用光纖的用戶具有很大吸引力。從營運商角度看，低於 6 GHz 的 FWA 服務部署使他們能夠將目標鎖定在偏遠地區用戶，而無需構建較小網路單元，在此頻率範圍，無線電波更能穿透建築物，有利於室內用戶自行裝配 CPE 使用。

在較高的毫米波頻率下，5G FWA 提供可與光纖媲美的性能水準。透過將高階天線系統與 MU-MIMO 和波束成形技術組合使用，實現窄波束服務，解決高密度用戶信號干擾的問題，並提高傳輸容量。然而，毫米波穿透普通建築材料效果很差，且易受環境遮蔽影響，這意味著 CPE 需要一個外部天線來減輕訊號衰減，但是在大多狀況下，客戶能自行安裝，即使由營運商協助安裝，成本也不高，而且遠比固定線路安裝便宜且快速。

三、 FeMBMS

在這行動通訊網路日益發達的時代，通訊的便利性已經改變，並且也改變我們觀看串流媒體的方式及習慣。如今的消費者喜歡觀看大量優質內容，除隨選視訊串流媒體服務外，還包括大部分播送直播串流媒體服務。一直以來，廣播營運

商的頭端僅提供廣播單向的直播串流媒體服務已無法滿足消費者。電信營運商主要基於單播通訊模型為其最終消費者提供各種服務，但電信營運商仍然發現網路流量潛在網路壅塞問題。

FeMBMS 或 5G 廣播技術是結合廣播技術及電信技術的優點，提供覆蓋更廣泛的觀眾並根據個人喜好持續提供更高廣播品質的隨選視訊體驗。在廣播模式下，流量從一個點流向網路內可以到達的所有可能的端點，確保流量到達目的地的最簡單最有效的方法。在群播模式下，“一個源到多個目的地”的流量分配方法，它只涉及公開選擇接受來自特定來源的資料並接收流量流的目的地。在單播模式下，允許流量(許多 IP 封包串流)跨網路從單個傳輸點移動到另一個單個接收點。

從目前世界上試播的場域中對於 FeMBMS 的 5G 廣播服務，各國的營運商期待未來 3GPP 或 ITU 即將發佈的 5G Rel-17 及 Rel-18 能提出更有效率可實踐融合廣播和通訊的技術，改善過往 eMBMS 技術方案複雜與低效能限制的問題，以及應用情境少無法建立商業模式和生態等困境。未來新的進一步演進式 5G 廣播技術引入更高效率融合 HPHT 及 LPLT，支援群播和廣播各層面的技術規範，以提供廣播業者、通訊業者及各國主管機關遵循與參考。

總結來說，由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故現階段的案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，尚未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播商業化服務階段，因此各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施，爰本研究建議現階段暫不適合研訂 FeMBMS 服務網路品質審驗項目之審驗方法與合格條件。

四、 語音功能品質

此報告中提供了 FWA 服務與語音品質相關的文獻整理，並依相關論述，提供各個面向的分析，也參考業界先進與委員意見，以訂定 FWA 服務審驗項目以及兼顧語音品質所要求的信號強度與信號品質，並據以增修《公眾電信網路審驗

技術規範》與《國家通訊傳播委員會查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點》相關條文。由於 FWA 服務是在 5G 網路架構下，其所提供數據與語音服務測試標準應與行動通信網路的測試標準一致，另新增了網頁下載傳輸速率與延遲測項。在無線訊號強度與訊號品質對語音品質的影響部分，須同時考量實際環境對訊號的影響與用戶感受，參考文獻標準與他國測試數據後，據以訂定出合理的訊號強度與品質標準以達到滿意的通話率。

第二節、 總體建議事項

一、 立即可行建議

(一) 現階段網路切片規劃從加值服務開始

關於網路切片審驗部分，全球國家目前尚無明確硬性規定各應用服務的最低要求值，由於各類新興應用服務尚在萌芽階段，為了不限制國內 5G 相關應用服務的發展，建議法規將網路切片規劃為加值服務，保留電信業者與應用服務商制定 SLA 的商業彈性，也符合加值服務的審驗方式與精神，待未來應用技術趨向明朗成熟時，再訂定明確規範，保障消費者權益。

(二) 訂定 FWA 審驗項目

本研究參考國內外相關文獻，提出 FWA 服務品質審驗項目(包括數據、語音與 Internet 網頁下載功能)，向通傳會提出公眾電信網路審驗技術規範修訂(或研擬)草案具體建議，完備國內相關技術法規。

(三) 語音功能品質研究

經參考國內外相關文獻，本研究整理出語音服務品質的撥通成功率與其相對應的訊號強度值(RSRP、SINR)，提出查驗偏遠地區高速基地臺建設作業要點(或研擬)草案具體建議，可利於主管機關查驗無線環境中語音品質的參考。

二、 中長期建議

(一) FWA 服務可從提供高服務品質及偏鄉地區著手

由於臺灣地小人稠，而且有線固網寬頻已深入家庭應用，國內電信商在開發 FWA 的市場起步較慢。未來可以利用 FWA 技術克服「最後一哩」的施作困境，並結合新一代有線固網技術，融合成 WWC 網路，從而提供資源共享、服務共享等優點，更能減少運營商資本支出，同時，協助偏鄉地區解決數位鴻溝問題，提升國內網路服務品質。

(二) 目前不適合研訂 FeMBMS 服務網路品質審驗項目

由於 FeMBMS 是 3GPP 推出的一種融合通信與廣播技術的演進方案，屬 5G 廣播技術演進路徑之一，且相關技術服務發展仍不斷演進中，故現階段的案例國家業者多以技術概念進行示範或場測實驗階段，尚未推出以 FeMBMS 技術的 5G 廣播商業化服務，因此各國主管機關皆未訂立相關 FeMBMS 技術監理措施，待未來行動通信網路群播/廣播技術之應用服務普及後，再另行訂定相關技術規範。

英文縮寫及中英對照表

英文縮寫	英文全名	中文名稱
3G	3rd Generation of wireless mobile telecommunications technology	第三代行動通訊技術
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作夥伴計劃
3GPP TR	3GPP Technical Report	3GPP 技術報告
3GPP TS	3GPP Technical Specification	3GPP 技術規範
4G	4th Generation technology standard for broadband cellular network technology	第四代行動通訊技術
5G	5th Generation technology standard for broadband cellular networks	第五代行動通訊技術
5G MAG	New 5G Multimedia Action Group	新 5G 多媒體行動小組
5G-RG	5G Residential Gateway	5G 住宅閘道器
5GPPP	5G Infrastructure Public-Private Partnership	5G 公私聯盟協會
5GC	5G Core	5G 核心網路
5QI	5G QoS Identifier	第五代行動通訊服務品質指標
AAA	Authentication, Authorization and Accounting	認證授權與計費
AAU	Active Antenna Unit	主動天線模組
ABR	Adaptive Bit Rate	自我調整位元率
ACS	Auto Configuration Server	自動配置伺服器
ADPD	Associated Delivery Procedure Document	相關傳遞程序文件
AF	Application Function	應用功能
AGF	Access Gateway Function	接取閘道器功能
AGV	Automated Guided Vehicle	無人搬運車
AI	Artificial Intelligence	人工智慧
AioT	Artificial Intelligence & Internet of Things	智慧物聯網
AMF	Access and Mobility Management Function	接取和行動管理功能
AN	Access Network	接取網路
API	Application Programming Interface	應用程式介面
APN	Access Point Name	接取點名稱
AR	Augmented Reality	擴增實境
ARP	Allocation and Retention Priority	分配和保留優先順序
ARPU	Average Revenue Per User	每個用戶平均貢獻的電信業務收入
ATSC	Advanced Television Systems Committee	先進電視系統委員會
ATSSS	Access Traffic Steering Switching Splitting	接取數據資料之選取/交換/分岐

AUSF	Authentication Server Function	認證伺服器功能
B5G	Beyond 5G	下世代 5G
BBF	Broadband Forum	寬頻論壇
BBU	Baseband Unit	基頻單元
BCCH	Broadcast Control Channel	廣播控制通道
BCH	Broadcast Channel	廣播通道
BM-SC	Broadcast/Multicast Service Centre	廣播/群播服務中心
BNG	Broadband Network Gateway	寬頻網路閘道器
BRAS	Broadband Remote Access Server	寬頻遠端接取伺服器
CAMEL	Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic	行動網路增強邏輯的客製化應用
CAPEX	Capital Expenditure	資本支出
CAS	Cell Acquisition Subframe	細胞採集子訊框
CBC	Cell Broadcast Center	細胞廣播控制中心
CBE	Cell Broadcast Entity	災防訊息整合平臺
CBRS	Citizens Broadband Radio Service	公民寬頻無線電服務
CBS	Cellular Broadcast Service	細胞廣播服務
CBSD	Citizens Broadband Radio Service Device	公民寬頻無線電服務設備
CCTVs	Closed-Circuit Television	閉路電視
CDN	Content Delivery Network	內容傳遞網路
CDF	Cumulative Distribution Function	累積分布函數
CEN	European Committee for Standardization	歐洲標準化委員會
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization	歐洲電工標準化委員會
CEPT	Conference of Postal and Telecommunications Administrations	歐洲郵政和電信管理局
CFI	Control Format Indicator	控制格式指示符
CGI	Cell Global Identity	細胞全球識別碼
CMAF	Common Media Application Format	通用媒體申請格式
CMRS	Commercial Mobile Radio Service	商業行動無線服務
CN	Core Network	核心網路
ComReg	Commission for Communications Regulation	愛爾蘭通訊監理委員會
CP	Cyclic Prefix	循環字首
CPA	Cooperative Planning Areas	合作規劃區
CPE	Customer Premises Equipment	用戶終端設備
CRC	Cyclic Redundancy Check	迴圈冗餘校驗
CRS	Cell-specific Reference Signal	細胞特異性參考訊號
CSFB	Circuit Switch Fallback	電路交換語音回退
CSG	Closed Subscriber Group	封閉用戶群組

CSI	Channel State Information	通道狀態資訊
CU	Central Unit	中央單元
CUPS	Control and User Plane Separation	用戶平面與控制平面分離
D2D	Device to Device	裝置到裝置
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP	HTTP 動態自適性串流
DCI	Downlink Control Information	下行控制資訊
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	動態主機配置協定
DL-SCH	DownLink Shared Channel	下行共用通道
DN	Data Network	數據網路
DPI	Deep Packet Inspection	深度封包檢測
DRB	Data Radio Bearer	數據無線承載
DRX	Discontinuous Reception	不連續接收
DSL	Digital Subscriber Line	數位用戶線路
DSS	Dynamic Spectrum Sharing	動態頻譜共享
DU	Distribute Unit	分散式單元
DVB	Digital Video Broadcasting	數位視訊廣播
E-UTRAN	Evolved UTRAN	演進式通用行動通訊系統地面無線接取網路
EARFCN	E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number	E-UTRA 絕對射頻通道號
EBU	European Broadcasting Union	歐洲廣播聯盟
EI	Equalisation Interval	均衡間隔
EIR	Equipment Identity Register	設備標識暫存器
eMBB	enhanced Mobile Broadband	增強型行動寬頻
eMBMS	evolved Multimedia Broadcast Multicast Service	演進式多媒體廣播群播服務
en-gNB	E-UTRA-NR gNB	結合 E-UTRA 與 NR 之 5G 基地臺
eNB	Evolved Node B	4G 基地臺
EnTV	Enhancement for TV service	增強型電視服務
EPC	Evolved Packet Core	演進式數據封包核心
EPG	Electronic Programming Guide	電子節目指南
EPS	Evolved Packet System	演進式封包系統
ePWS	enhanced Public Warning System	增強型災防告警系統
ES	End System	終端系統
ESG	Electronic Service Guide	電子服務指南
ESO	European Standards Organization	歐洲標準化組織
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	歐洲電信標準協會

ETSI EN	ETSI European Standard	ETSI 歐洲標準
ETSI TR	ETSI Technical Report	ETSI 技術報告
ETSI TS	ETSI Technical Specification	ETSI 技術規範
EVM	Error Vector Magnitude	誤差向量幅度
FEC	Forward Error Correction	前向糾錯
FeMBMS	Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Services	進一步演進式多媒體廣播群播服務
FIR	Far Infrared	遠紅外線
FLUTE	File Delivery over Unidirectional Transport	通過單向傳輸檔案傳遞
FMC	Fixed Mobile Convergence	固定行動融合
FMIF	Fixed Mobile Interworking Function	固定行動網路互聯功能
FN-RG	Fixed Network Residential Gateway	固定網路住宅閘道器
FSS	Frequency Selective Surface	頻率選擇面
FTA	Free to Air	免費轉播
FWA	Fixed Wireless Access	固定無線接取
GBR	Guaranteed Bit Rate	保證比特率
GEO	Geostationary Earth Orbit	同步衛星
GMSC	MSC Gateway	MSC 閘道器
gNB	Next Generation Node B	5G 基地臺
GPRS	General Packet Radio Service	通用封包無線服務
GSM	Global System for Mobile Communications	全球行動通訊系統
GSMA	GSM Association	GSM 協會
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request	混合式自動重複請求
HD	High Definition	高畫質
HDR	High Dynamic Range	高動態範圍
HLR	Home Location Register	歸屬位置暫存器
HLS	HTTP Live Streaming	HTTP 即時串流
HPHT	High Power High Tower	高功率高塔
HSS	Home Subscriber Server	本籍用戶伺服器
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	超文本傳輸協定
IAM	Initial Address Message	初始位址訊息
IGMP	Internet Group Management Protocol	網際網路群組管理協定
IIoT	Industrial Internet of Things	工業物聯網
IMS	Internet Protocol Multimedia Subsystem	網際網路協定多媒體子系統
IMSI	International Mobile Subscriber Identity	國際行動用戶識別碼
IoT	Internet of Things	物聯網
IPoE	Internet Protocol over Ethernet	乙太網路的互聯網協定
IPTV	Internet Protocol Television	網際網路協定電視

IRAT	Inter Radio Access Technology	互通無線接取技術
IRT	Institut für Rundfunktechnik GmbH	德國無線廣播技術研究所
ISD	Inter-Site Distance	站點間距
IT	Information Technology	資訊技術
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯盟
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	國際電信聯盟無線電通信部門
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector	國際電信聯盟電信標準化部門
KPI	Key Performance Indicators	關鍵績效指標
LEO	Low Earth Orbit	低軌衛星
LMDS	Local Multipoint Distribution Service	區域多點分散式服務
LOS	Line of Sight	視線
LPLT	Low Power Low Tower	低功率低塔
LTE	Long Term Evolution	長期演進技術
M2M	Machine to Machine	機器對機器
MAC	Media Access Control	媒體接取控制
MAP	Mobile Application Part	行動應用部分協議
MBB	Mobile Broadband	行動寬頻
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service	多媒體廣播群播服務
MBSFN	Multicast-Broadcast Single Frequency Network	群播-廣播單頻網路
MBSFN-RS	Multicast-Broadcast Single Frequency Network Reference Signal	群播-廣播單頻網路參考信號
MCC	Mobile Country Code	行動裝置國家代碼
MCCH	MBMS point-to-multipoint Control Channel	MBMS 點對多點控制通道
MCH	Multicast Channel	群播通道
MCS	Modulation and Coding Scheme	調變編碼方案
MEC	Multi-access Edge Computing	多接取邊緣運算
MEO	Medium Earth Orbit	中軌衛星
MIB	Master Information Block	主資訊區塊
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions	多用途網際網路郵件擴展
MIMO	Multi-input Multi-output	多輸入多輸出系統
mIoT	massive Internet of Things	大規模物聯網
ML	Machine Learning	機器學習
MLD	Multicast Listener Discovery	群播收聽器探索協定
MME	Mobility Management Entity	行動管理實體
mMTC	massive Machine Type Communications	大規模機器類型通訊
mmW	375illimeter Wave	毫米波
MN	Master Node	主節點

MNC	Mobile Network Code	行動裝置網路代碼
MNO	Mobile Network Operator	行動網路營運商
MO	Management Object	管理物件
MOOD	MBMS Operation on Demand	隨選 MBMS 操作
MOS	Mean Opinion Score	平均意見分數
MPD	Media Presentation Description	媒體演示說明
MPMT	Medium Power Medium Tower	中功率中塔
MR	Mixed Reality	混合實境
MR-DC	Multi-Radio Dual Connectivity	多無線電雙連接
MSC	Mobile Switching Center	行動交換中心
MSIT	Ministry of Science and ICT	韓國科學技術情報通訊部
MSRN	Mobile Station Roaming Number	行動站漫遊號碼
MTC	Machine Type Communications	機器類型通訊
MTC	Mobile Terminated Call	行動終止呼叫
MTCH	MBMS point-to-multipoint Traffic Channel	MBMS 點對多點服務通道
MU-MIMO	Multi User MIMO	多用戶 MIMO
MVNO	Mobile Virtual Network Operator	行動虛擬網路營運商
MW	Microwave	微波
N3IWF	Non-3GPP access Interworking Function	非 3GPP 互通功能
NAF	Network Application Function	網路應用功能
NAS	Non-Access Stratum	非接取層
NB-IoT	Narrowband Internet of Things	窄頻物聯網
NEF	Network Exposure Function	網路曝光功能
NF	Network Functions	網路功能元件
NFV	Network Virtualization Function	網路虛擬化功能
NFVI	Network Virtualization Function Infrastructure	網路虛擬化功能架構
ng-eNB	next generation eNodeB	下世代 4G 基地臺
NG-RAN	Next Generation Radio Access Network	下世代無線電接取網路
NGAP	NG Appliction Protocol	NG 通道應用協定
NLOS	Non Line of Sight	視線外
NR	New Radio	新無線電技術
NRF	Network Repository Function	網路儲存庫功能
NS	Network Slicing	網路切片
NSA	Non-Standalone	非獨立組網
NSSAAF	Network Slice Specific Authentication and Authorization Function	網路切片的認證和授權功能
NSSAI	Network Slice Selection Assistance Information	網路切片選擇輔助訊息
NSSF	Network Slice Selection Function	網路切片選擇功能
NTN	Non-Terrestrial Networks	非地面網路

NUC	Non-Uniform Constellation	非均勻星座圖
O-RAN	Open Radio Access Network	開放式無線電接取網路
OAM	Operations, Administration, and Maintenance	營運、管理與維護
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	正交分頻多工
OJEU	Official Journal of the European Union	歐盟官方公報
OOBE	Out-of-Band Emissions	帶外輻射
OPEX	Operating Expense	營運費用
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio	峰均功率比
PBCH	Physical Broadcasting Channel	實體廣播通道
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function	政策和資費執行功能
PCF	Policy Control Function	政策控制功能
PCFICH	Physical Control Format Indicator Channel	實體控制格式指示通道
PDCCH	Physical Downlink Control Channel	實體下行控制通道
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel	實體下行共用通道
PDU	Protocol Data Unit	協定資料單元
PEI	Permanent Equipment Identifier	永久設備識別
PFD	Power Flux-Density	功率通量密度
PHY	Physical Layer	實體層
PLMN	Public Land Mobile Network	公共地面行動網路
PMCH	Physical Multicast Channel	實體群播通道
PoC	Proof of Concept	概念證明
PON	Passive Optical Network	被動式光纖網路
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet	乙太網路的點對點協定
PS	Packet Switch	封包交換
PSI	Provide Subscriber Info	提供用戶訊息
PSS	Primary Synchronization Signal	主同步信號
PTM	Point to Multipoint	點對多點
PWS	Public Warning System	災防告警系統
QoE	Quality of Experience	體驗品質
QoS	Quality of Service	服務品質
RAN	Radio Access Network	無線電接取網路
RAT	Radio Access Technology	無線接取技術
RED	Radio Equipment Directive	歐盟無線電設備指令
RG	Residential Gateway	住宅閘道器
RIC	RAN Intelligent Controller	RAN 智慧控制
RLC	Radio Link Control	無線鏈路控制
RLC-TM	Radio Link Control Transparent Mode	無線鏈路控制層透明模式
RLC-UM	Radio Link Control Unacknowledged Mode	無線鏈路控制層非確認模式

RNTI	Radio Network Temporary Identifier	無線網路暫時識別碼
RoHC	Robust Header Compression	強大的標頭壓縮
ROM	Receive-Only Mode	純接收模式
RRA	Radio Research Agency	韓國無線電研究所
RRC	Radio Resource Control	無線資源控制
RRM	Radio Resource Management	無線資源管理
RS	Reference Signal	參考訊號
RSRP	Reference Signal Received Power	參考訊號接收功率
RS-SINR	Reference Signal-Signal to Interference plus Noise Ratio	參考訊號-訊號與干擾雜訊比
RTT	Round-Trip Time	往返時間
S-NSSAI	Single Network Slice Selection Assistance Information	單一網路切片選擇輔助訊息
S1AP	S1 Application Protocol	S1 通道應用協定
SA	Service Announcement	服務宣告
SA	Standalone	獨立組網
SAI	Service Area Identifier	服務區識別
SAR	Specific Absorption Rate	比吸收率
SBA	Service Based Architecture	服務導向架構
SBI	Service Based Interfaces	服務的介面
SC-PTM	Single Cell Point To Multipoint	單蜂巢點到多點
SCH	Shared Channel	共用通道
SCP	Service Communication Proxy	服務通訊代理
SCP	Service Control Point	服務控制點
SDN	Software Defined Networking	軟體定義網路
SDP	Session Description Protocol	會話描述協定
SDR	Software Defined Radio	軟體定義無線電
SE	Spectral Efficiency	頻譜效率
SFN	Single Frequency Network	單頻網路
SGW	Serving Gateway	服務閘道器
SI	System Information	系統資訊
SI-RNTI	System Information-Radio Network Temporary Identifier	系統資訊無線網路暫時識別碼
SIB	System Information Block	系統資訊區塊
SIM	Subscriber Identity Module	訂戶身分模組
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	訊號與干擾雜訊比
SLA	Service Level Agreement	服務等級協議
SMF	Session Management Function	連結管理功能
SN	Secondary Node	輔助節點

SRI	Send Routing Information	發送路由訊息
SSB	Synchronization Signal Block	同步訊號區塊
SSS	Secondary Synchronization Signal	輔助同步信號
SST	Slice/Service Type	切片/服務類型
TA	Tracking Area	追蹤區域
TAI	Tracking Area Identity	追蹤區域識別碼
TCP	Transmission Control Protocol	傳輸控制協定
TCSI	Termination Camel Subscription Identity	終止 CAMEL 服務用戶識別碼
TDL	Tapped Delay Line	分接式延遲線
TMGI	Temporary Mobile Group Identifier	暫時行動群組識別
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity	暫時行動用戶識別碼
TNAP	Trusted Network Access Point	可信賴網路接取點
TNGF	Trusted Network Gateway Function	可信賴網路閘道器功能
TTI	Transmission Time Interval	傳輸時間間隔
UAV	Unmanned Aerial Vehicles	無人機
UDM	User Data Management	用戶資料管理
UDM	Unified Data Management	統一資料管理
UDP	User Datagram Protocol	用戶資料包通訊協定
UDR	Unified Data Repository	資料儲存庫
UDSF	Unstructured Data Storage Function	非結構性資料儲存功能
UE	User Equipment	用戶設備
UHD	Ultra High Definition	超高畫質
UMFUS	Upper Microwave Flexible Use Service	上層微波彈性使用服務
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	通用行動通訊系統
UP	User Plane	用戶平面
UPF	User Plane Function	用戶平面功能
uRLLC	ultra-Reliable and Low Latency Communications	超可靠度和低延遲通訊
USBD	User Service Bundle Description	用戶服務包描述
USD	User Service Description	用戶服務描述
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	通用行動通訊系統地面無線接取網路
V2X	Vehicle to Everything	車聯網
vEPC	Virtual Evolved Packet Core	虛擬化演進式數據封包核心(虛擬化核網)
VLR	Visitor Location Register	訪客位置暫存器
VM	Virtual Machines	虛擬機器
VNF	Virtualized Network Function	虛擬網路功能

VoLTE	Voice Over LTE	LTE 語音通話
VoNR	Voice Over NR	5G 語音通話
VPN	Virtual Private Network	虛擬私人網路
VR	Virtual Reality	虛擬實境
WAN	Wide Area Network	廣域網路
WLAN	Wireless Local Area Network	無線區域網路
WWC	Wireline and Wireless Convergence	有線與無線融合
XR	Extended Reality	延展實境

參考資料

[1] 3GPP TS 22.261,“Service requirements for the 5G system”

[2] 3GPP TR 22.861,“Enablers for Massive Internet of Things”

[3] 3GPP TR 22.862,“Enablers for Critical Communications”

[4] 3GPP TR 22.863,“Enablers - Enhanced Mobile Broadband”

[5] 3GPP TR 22.891,“Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers”

[6] 3GPP TS 23.003,“Numbering, addressing and identification”

[7] 3GPP TS 23.501,“System architecture for the 5G System (5GS) ”

[8] 3GPP TS 23.502,“Procedures for the 5G System”

[9] 3GPP TR 23.799,“Study on Architecture for Next Generation System”

[10] 3GPP TS 29.531,“Network Slice Selection Services”

[11] GSMA, “Network Slicing Use Case Requirement, 2018”

[12] 5GPPP, “Supporting the European 5G Initiative-Final report on programme progress and KPIs”

[13] ITU-R,“Recommendation ITU-R M.1645”

[14] ITU-R,“Recommendation ITU-R M.2083-0”

[15] ITU-R,“ Report ITU-R M.2410-0”

[16] ITU-R,“Report ITU-R M.2412-0”

[17] ITU-T Y.3100,“Terms and definitions for IMT-2020 network”

[18] ITU-T Y.3102,“Framework of the IMT-2020 network”

[19] SAMSUNG,“ Technical White paper 5G Standlone Architecture”

[20] GSMA,“5G Implementation Guidelines: SA Option 2”

[21] GSA,“5G Stand alone Global Market Status”

[22] ZTE,“Whitepaper Standalone 5G Now Ready for Prime Time”

[23] GSMA Intelligence,“Global Mobile Trends 2021”

[24] 3GPP TS 38.300 Technical Specification Group Radio Access Network; NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2 (Release 16)

[25] 3GPP TS 29.518 Technical Specification Group Core Network and Terminals; 5G System; Access and Mobility Management Services; Stage 3 (Release 17)

[26] 3GPP TS 23.041, Technical Specification Group Core Network and Terminals; Technical realization of Cell Broadcast Service (CBS) (Release 17)

[27] 3GPP TS 38.413 Technical Specification Group Radio Access Network; NG-RAN; NG Application Protocol (NGAP) (Release 16)

[28] 3GPP TS 36.413 Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP)

[29] 3GPP TS 22.268 Technical Specification Group Services and System Aspects; Public Warning System (PWS) requirements (Release 16)

[30] IMT-2020(5G) https://www.itu.int/pub/T-TUT-IMT

[31] ITU-T Y.3101. Requirements of the IMT-2020 network.

[32] ITU-T Q.1762/Y.2802. Fixed-mobile convergence general requirements.

[33] 3GPP TR 23.716. Study on the Wireless and Wireline Convergence for the 5G system (5GS) architecture.

[34] BBF SD-407. 5G Fixed Mobile Convergence.

[35] BBF TR-124i6. https://www.broadband-forum.org/download/TR-124.pdf

[36] 3GPP TS 23.501. https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144

[37] 3GPP TS 23.502, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3145

[38] 3GPP TS 23.503, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3334

[39] 3GPP TS 23.316, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3576

[40] BBF TR-069, https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-6.pdf

[41] BBF TR-369, https://www.broadband-forum.org/download/TR-369.pdf

[42] BBF TR-181, https://www.broadband-forum.org/download/TR-181_Issue-2_Amendment-2.pdf

[43] BBF TR-456, https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-456.pdf

[44] BBF TR-101, https://www.broadband-forum.org/download/TR-101_Issue-2.pdf

[45] BBF TR-177, https://www.broadband-forum.org/download/TR-177.pdf

[46] BBF TR-178, https://www.broadband-forum.org/download/TR-178.pdf

[47] BBF TR-187, https://www.broadband-forum.org/download/TR-187.pdf

[48] BBF WT-457: "FMIF Functional Requirements".

[49] Roberto Kompany, 73 MNOs worldwide have launched 5G services, bringing benefits to consumers and communities, May 2020.

[50] GSA (2020), LTE & 5G Market Statistics: Global Snapshot, April 2020. Available at: https://gsacom.com/technology/5g/

[51] Stephen Sale, Connected Consumer Survey 2019: mobile customer satisfaction in Europe and the USA, April 2020.

[52] ITU-T, c, 2015, https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf

[53] Ericsson Technology Review, Bolstering the last mile with multipath TCP, Robert Skog, Dinand Roeland, Jaume Rius i Riu, Uwe Horn, Michael Eriksson, October 2016, https://www.ericsson.com/thecompany/our_publications/ericsson_technology_review/archive/bolstering-the-last-mile-with-multipath-tcp.

[54] https://carrier.huawei.com/~/media/CNBGV2/download/products/servies/5g-b2b-service-experience-standard-white-paper-en1.pdf.

[55] A Review of Fixed Wireless Access Technology And Economics, https://www.ericsson.com/en/networks/offerings/fixed-wireless-access.

[56] Tim Hatt, Peter Jarich, Emanuel Kolta and James Joiner, “5G fixed wireless: a renewed playbook”, GSMA Intelligence, 2021. https://data.gsmaintelligence.com/research/research/research-2021/5g-fixed-wireless-a-renewed-playbook.

[57] NGMN Field Trial Requirements, 12-November-2010

[58] Cellular Mobile Network Quality of Service (QoS) Regulations 2021.

[59] BBF – 5G Fixe Mobile Convergence, https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201707/Documents/Manuel-Paul-5G-Convergence.pdf

[60] ITU towards “IMT for 2020 and beyond”, https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx

[61] White Paper on 50G-PON Technology. https://res-www.zte.com.cn/mediares/zte/Files/PDF/white_book/White_Paper_on_50G-PON_Technology_20201210_EN.pdf?la=en

[62] BBF TR-470, https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-470.pdf

[63] CableLabs WR-TR-5WWC-ARCH: "5G Wireless Wireline Converged Core Architecture".

[64] https://www.3gpp.org/release-16

[65] European Broadcaster Union, “TR 054: 5G for the Distribution of Audiovisual Media Content and Services,” 2020. https://tech.ebu.ch/publications/tr054

[66] Huawei, 4G/5G FWA broadband white paper.

[67] Ericsson, Fixed wireless access: On a massive scale with 5G. https://www.researchgate.net/publication/311767484_Fixed_wireless_access_On_a_massive_scale_with_5G

[68] 程日濤、汪穎、王韜、孟繁麗、李天璞, “VoLTE 無線網規劃指標及實現方案研究”, 行動通信, 2017, 41(1), 68-73.

[69] Stefan Rommer et al. 5G Core Networks. Academic Press, 2020. isbn: 978-0-08-103009-7.

[70] D. Vargas and D. Mi, Eds., “LTE-Advanced Pro Broadcast Radio Access Network Benchmark,” Deliverable D3.1, 5G-PPP 5G-Xcast project, November 2017.

[71] E. Garro, M. Fuentes, J.J. Gimenez and J.L. Carcel. Eds., “Air Interface”, Deliverable 3.2, 5G-PPP 5G-Xcast project, Nov. 2018.

[72] David Gomez-Barquero, Jordi J. Gimenez, Roland Beutler, "3GPP Enhancements for Television Services: LTE-Based 5G Terrestrial Broadcast", 21 May 2020

[73] 3GPP TR 36.976: “Overall description of LTE-based 5G broadcast” (Release 16)

[74] 5G 廣播白皮書，社團法人台灣數位電視協會

[75] PLANNING TEAM 8 – CORE NETWORK TECHNOLOGIES FOR BROADCAST, https://www.atsc.org/subcommittees/planning-team-8-core-network-technologies-for-broadcast/

[76] IP-based cooperative services using ATSC 3.0 broadcast and broadband. J Lee, SI Park, HJ Yim, BM Lim, S Kwon, S Ahn, N Hur.

[77] ATSC 3.0 Broadcast 5G Unicast Heterogeneous Network Converged Services Starting Release 16,Michael Simon, Ebenezer Kofi, Louis Libin, Mark Aitken

[78] 3GPP TR 36.976: "Overall description of LTE-based 5G broadcast" (Release 16)

[79] ETSI TS 103 720: "LTE-based 5G terrestrial broadcast system"

[80] 3GPP TR 36.776: "Study on LTE-based 5G terrestrial broadcast" (Release 16)

[81] 國家通訊傳播委員會,《電信管理法》, 2019-06-26, https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0060111

[82] 5G Smart Devices Supporting Network Slicing, https://www.ngmn.org/publications/5g-smart-devices-supporting-network-slicing.html

[83] 3GPP, TR 38.913, Study on scenarios and requirements for next generation access technologies, https：//portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996

[84] ETSI TS 123 316 V16.4.0 (2020-07) - 5G: Wireless and wireline convergence access support for the 5G System (5GS) (3GPP TS 23.316 version 16.4.0 Release 16)

[85] CableLabs, "WR-TR-5WWC-ARCH-V01-190820; Wireless Convergence, 5G Wireless Wireline Converged Core Architecture Technical Report," 2019-08.

[86] RSS-192 — Fixed Wireless Access Equipment Operating in the Band 3450 - 3650 MHz Issue 3, January 2008.

[87] Ericsson Performance Verification for 5G NR Deployments. White Paper. [(accessed on 30 March 2020)];2019 Available online: https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/performance-verification-for-5g-nr-deployments.

[88] Ericsson, "*Fixed Wireless Access handbook*, Extracted Version," in Handbook, 2018. Available: https://www.ericsson.com.

[89] Fixed Wireless Access: Changing the Face of Home Broadband Connectivity, available: http://www.zj5glm.com/Public/headphotob/2020-01-10/8.pdf.

[90] Aldubaikhy, K., Wu, W., Zhang, N., Cheng, N., Shen, X.S. “mmWave IEEE 802.11ay for 5G fixed wireless access.” IEEE Wireless Commun. 2020, 27, 88–95.

[91] K. Bechta, J. Du and M. Rybakowski, “Optimized antenna array for improving performance of 5G mmWave Fixed Wireless Access in suburban environment,” *IEEE 5G World Forum 2019.*

[92] Jinfeng Du, Dmitry Chizhik, Rodolfo Feick, Mauricio Rodriguez, Guillermo Castro, Reinaldo Valenzuela, et al. “Suburban fixed wireless access channel measurements and models at 28 GHz for 90% outdoor coverage.” arXiv preprint arXiv:1807.03763, 2018.

[93] Oriol Sallent, Jordi Pérez-Romero, Ramon Ferrús,Ramón Agustí, “Data Analytics in the 5G Radio Access Network and Its Applicability to Fixed Wireless Access.” Proceedings of the 89th IEEE Vehicular Technology Conference, 2019.

[94] W. Xie, N. Mao, and K. Rundberget, “Cost comparisons of backhaul transport technologies for 5G fixed wireless access,” in *proc. of IEEE 5G World Forum (5GWF)*, Jul. 2018, pp. 159–163.

[95] C. U. Bas, R. Wang, T. Choi et al., “Outdoor to indoor penetration loss at 28 GHz for fixed wireless access,” in *proc. of the 2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, vol. 99, pp. 1–6, IEEE, Kansas City, MO, USA, May 2018.

[96] 5G Americas, “5G Services Innovation – 5G Americas White Paper,”tech. rep., nov 2019.

[97] HUAWEI, “*5G B2B Service Experience Standard White Paper*”, Jan, 2021 Available: https://carrier.huawei.com/~/media/CNBGV2/download/products/servies/5g-b2b-service-experience-standard-white-paper-en1.pdf.

[98] 國家通訊傳播委員會,《電信管理法》, 2019-06-26, https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0060111

[99] 國家通訊傳播委員會,《公眾電信網路審驗辦法》, 2020-07-02, https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0060121

[100]國家通訊傳播委員會, 《公眾電信網路審驗技術規範》, 2020-07-10, https://www.rootlaw.com.tw/LawContent.aspx?LawID=A040410001019200-1090710

[101]國家通訊傳播委員會,“行動通信電信終端設備技術規範”, 109.09.25

[102]日本總務省, モバイル市場の競争環境に関する研究会最終報告書(案),2019-12, https://www.soumu.go.jp/main_content/000661934.pdf

索引

主題	頁碼
47 CFR，美國聯邦法規電信規則	127-130
5G Broadcast，5G 廣播系統	80-83，224-263
5G MAG，5G 多媒體行動小組	263
5G 網路架構類型	106-112
B5G，下世代 5G	62-70
Beanforming，波束成形	194-198
CBS，細胞廣播服務	73
CPE，用戶終端設備	190-193
CSFB，電路交換語音回退	311-315
eMBB，增強型行動寬頻	24-26
EnTV，增強型電視服務	212-213，223
EPS FallBack，演進式封包系統回退	320-328
ePWS，增強型災防告警系統	76
FeMBMS，進一步演進式多媒體廣播群播服務	55-61
FMC 5G Core Network	40-41
FTA，免費轉播	214-216
FWA，固定無線接取	32-54
HPHT，廣播營運商的高功率高塔站	216，294-295，300-307
LPLT，電信營運商的低功率低塔站	216，294-295，300-307
LTE based 5G 廣播	214-218，224-260
LTE based 5G 廣播系統資訊	250-251
LTE based 5G 廣播架構	224-226
LTE based 5G 廣播參考點與協定	231-238
LTE based 5G 廣播操作模式	228-231
MEC 架構	116-119
mMTC，大規模機器類型通訊	26-28
mmWave，毫米波	68-69
MPMT，中功率中塔站	216，300-307
Network Slicing 服務面	123-125
Network Slicing 註冊流程	122-123
Network Slicing 演進	120-122
Network Slicing 漫遊	125-127
O-RAN 發展	112-116
PBCH，實體廣播通道	72-73
PWS，災防告警系統	71-78，84
Radio Law，日本電波法	142-145

主題	頁碼
Radio Waves Act，韓國無線電波法	136
ROM，純接收模式	215-216，221-222
SBA，服務導向架構	103-106
TeraHertz，兆赫茲	64-69
TMGI，暫時行動群組識別	240-241
uRLLC，超可靠度和低延遲通訊	28-29
VoLTE，LTE 語音通話	315-318
VoNR，5G 語音通話	319-320
WWC，有線與無線融合	47-54
寬頻服務技術比較	182-186
衛星通訊	69-71