

108 年委託研究報告

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採購案
期末報告

計畫執行單位：財團法人電信技術中心

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國 109 年 6 月

108 年委託研究報告

GRB 系統編號：PG10807-0041

**行動寬頻業務拍賣底價、競價機制設計及相關法規擬
訂撰寫委託研究採購案**

受委託單位

財團法人電信技術中心

計畫主持人

陳人傑

共同主持人

王彥中

研究顧問

王碧蓮、樊沁萍

協同主持人

巫國豪

研究人員

邱儀萱、徐玉珊、李淑華、邱于岨、陳冠榮、王資寧、張簡耀暉、
黃羿青、李鈺靚

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國 109 年 6 月

目次

表目次	V
圖目次	XIII
中文摘要	XXI
Abstract	XXV
第一章 緒論	1
第一節 研究主旨	1
第二節 研究架構	2
第三節 研究方法	14
第二章 國際 5G 頻譜規劃與釋出政策研析	19
第一節 英國	19
第二節 愛爾蘭	47
第三節 德國	86
第四節 義大利	106
第五節 法國	123
第六節 奧地利	139
第七節 瑞典	158
第八節 美國	185
第九節 日本	203
第十節 韓國	228
第十一節 中國	250
第十二節 香港	270
第十三節 澳洲	291
第十四節 新加坡	316

第十五節 小結	329
第三章 我國 5G 頻段釋照底價研究與建議	346
第一節 我國行動市場現況分析	346
第二節 價值估算方法	369
第三節 頻譜價值估算結果	383
第四節 頻譜底價建議	403
第四章 頻譜拍賣競價機制研析	410
第一節 國際頻譜釋出機制之探討	410
第二節 競價機制條文模擬	415
第三節 本次競價結果與未來機制建議	426
第五章 電信管理法架構下之頻率資源配套	444
第一節 釋照機制下合作模式	444
第二節 合作模式之成本節省效益經濟分析	452
第三節 釋照機制合作模式之同意原則	473
第四節 電信事業申請使用無線電頻率核配方式及相關法規條 文研析	492
第六章 研擬我國推動 5G 應用發展、網路建設規劃以及垂直場域 推動之相關政策建議	501
第一節 我國推動 5G 發展政策建議	501
第二節 後續頻率釋出政策（含高頻段毫米波頻段）	518
第七章 其他執行項目與相關成果彙整	526
第一節 支援通傳會於研究範圍內交辦之臨時性協助事務	526
第二節 座談會執行成果彙整	529
第八章 結論與建議	537
附件一：電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃座談會	548

附件二：5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望座談會	561
附件三：中英文名詞對照	574
附件四：期中評審會議委員建議與研究團隊回應對照表	578
附件五：期末評審會議委員建議與研究團隊回應對照表	582
參考文獻	587

(本頁空白)

表目次

表 2-1：英國頻段釋出彙整表.....	20
表 2-2：英國固定寬頻連線數.....	21
表 2-3：英國 700MHz 與 3.6GHz 競價區塊.....	30
表 2-4：英國 700MHz 與 3.6GHz 頻段資格點數.....	31
表 2-5：英國 700MHz 與 3.6GHz 各頻塊拍賣底價.....	32
表 2-6：英國共享頻譜適用區域與用途.....	42
表 2-7：英國電信業者 5G 商轉時程.....	43
表 2-8：英國電信業者 5G 資費.....	44
表 2-9：愛爾蘭主要行動業者之市占率統計.....	50
表 2-10：愛爾蘭 2019 規劃之各頻段底價(SAF)及年度頻譜使用費 (SUF).....	63
表 2-11：愛爾蘭三家既有行動業者頻譜持有狀態.....	64
表 2-12：愛爾蘭設定上限值與未售出頻段及不對稱性之間的關聯..	65
表 2-13：愛爾蘭設定總體頻率持有上限與前二大業者持有不對稱比 例之關聯性.....	67
表 2-14：取得 2x10MHz700MHz 業者的布建義務.....	70
表 2-15：愛爾蘭資助 5G 發展的公共資金.....	78
表 2-16：德國 2019 年頻率拍賣頻塊規劃.....	90
表 2-17：德國 2019 年頻率拍賣底價.....	92
表 2-18：德國 5G 頻譜拍賣結果.....	93
表 2-19：奧地利 5G 規劃釋照頻段與頻寬.....	140
表 2-20：奧地利各區塊底價一覽表.....	146
表 2-21：奧地利各家業者得標金額表.....	147
表 2-22：奧地利 3.6GHz 頻段拍賣之押標金與出價限制.....	147

表 2-23：奧地利 3.4-3.8GHz 拍賣結果	148
表 2-24：奧地利各階段應完成之佈建區域數量	151
表 2-25：瑞典 3.4~3.8GHz 頻段的分配形式	159
表 2-26：瑞典 26.5-27.5GHz 頻段的分配形式	160
表 2-27：瑞典拍賣 700MHz 頻段結果（2018/12/11）	166
表 2-28：瑞典 700MHz 之頻塊底價、活動點數範例	167
表 2-29：瑞典活動點數範例-第一回合	168
表 2-30：瑞典活動點數範例-第二回合	168
表 2-31：瑞典活動點數範例-第三回合	169
表 2-32：瑞典活動點數範例-第四回合	169
表 2-33：瑞典活動點數範例-第五回合	170
表 2-34：瑞典活動點數範例-第六回合	170
表 2-35：瑞典頻率位置出價結果範例	171
表 2-36：瑞典 2.3GHz 和 3.5GHz 頻段競價時程規劃	172
表 2-37：瑞典 3.5GHz 與 2.3GHz 頻段拍賣細節	175
表 2-38：美國 28GHz 頻段釋出區塊	188
表 2-39：美國 24GHz 頻段釋出區塊	189
表 2-40：美國 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段釋出區塊	190
表 2-41：美國 28GHz 頻段出價單位、預儲金與底價範例	193
表 2-42：美國毫米波頻段出價單位、預儲金與底價範例	193
表 2-43：日本公告 5G 頻譜分配結果一覽表	213
表 2-44：日本至 2024 年底 MVNO 批發容量之規劃	219
表 2-45：日本 2018 年度 5G 場域驗證概況	221
表 2-46：日本 5G 基地臺執照核發概況	225

表 2-47：NTT DoCoMo 之 5G 資費	226
表 2-48：韓國固網寬頻用戶與普及率	230
表 2-49：韓國行動電信用戶與普及率	231
表 2-50：韓國 5G 頻譜拍賣結果	232
表 2-51：韓國 5G 競標年度建設網路之義務	236
表 2-52：韓國通信共建之必要設備使用費	239
表 2-53：韓國 5G + 戰略鎖定 5 大服務	241
表 2-54：韓國 5G + 戰略之核心 10 大產業	241
表 2-55：韓國 5G 資費服務	248
表 2-56：2020 年 1-2 月中國電信市場概況	255
表 2-57：深圳、廣東、海南 5G 網路布建補助措施	263
表 2-58：2020 年中國業者 5G 網路建設現況與規劃	265
表 2-59：中國三大電信業者 5G 用戶數資料	265
表 2-60：中國 2019 年 8 月至 2020 年 2 月 5G 手機統計資料	266
表 2-61：中國三大電信業者 5G 資費方案	267
表 2-62：香港電信市場概況	272
表 2-63：香港三大本土電信業者 2019 年用戶數、營收資料比較表	274
表 2-64：香港 3.5GHz、4.9GHz、3.3GHz 拍賣競價機制比較表 ...	278
表 2-65：香港 5G 頻譜拍賣結果	279
表 2-66：香港電信業者 5G 資費方案	287
表 2-67：香港 26/28GHz 頻段實驗執照成功申請業者	289
表 2-68：澳洲通訊市場市占率	293
表 2-69：澳洲 3.6 GHz 頻段拍賣時程	295
表 2-70：每個地區的頻譜設定底價	297

表 2-71：澳洲 3.6 GHz 頻段的拍賣結果	298
表 2-72：澳洲 3.6GHz 各區得標者之頻塊數與得標金額	299
表 2-73：澳洲 3.6GHz 得標者於各區之頻率	299
表 2-74：澳洲 3.6GHz 拍賣總結果	301
表 2-75：新加坡頻段釋出彙整表	317
表 2-76：新加坡企業專網拍賣頻譜與底價比較表	326
表 2-77：研究國家 5G 頻段（已釋出、規劃 2020-2021 釋出）比較表	329
表 2-78：研究國家 5G 拍賣形式與競價機制比較表	331
表 2-79：研究國家 5G 底價設算考量比較表	332
表 2-80：研究國家鼓勵新進業者措施比較表	333
表 2-81：研究國家頻譜上限規範比較表	334
表 2-82：研究國家頻譜使用期限規範比較表	336
表 2-83：研究國家頻譜交易規範比較表	337
表 2-84：研究國家得標者義務比較表	338
表 2-85：研究國家 5G 業者合作規範比較表	342
表 2-86：各國垂直場域政策措施比較表	343
表 2-87：各國 5G 網路布建與商轉概況	344
表 3-1：2013 年 700MHz、900MHz 與 1800MHz 頻段拍賣結果 ...	361
表 3-2：2015 年拍賣 2600MHz 頻段之結果	362
表 3-3：2017 年 1800MHz 與 2100MHz 拍賣結果	363
表 3-4：對於本次 5G 頻譜之頻率核配計畫	364
表 3-5：執照效期內之頻率使用費	366
表 3-6：用於評估 1800 MHz，3.5 GHz 和 28 GHz 的評價方法	372
表 3-7：用於直接國際標竿法的比較頻段	373

表 3-8：潛在驅動頻譜價值之因素與變數	376
表 3-9：按業者類型區分之頻譜組合	381
表 3-10：參考 3.5 GHz 頻段的相對價值比率	391
表 3-11：參考 28 GHz 頻段的相對價值比率	392
表 3-12：28 GHz 頻段調整後國際標竿結果	393
表 3-13：最終模型規格中包含的解釋變量	394
表 3-14：計量經濟分析之我國特定數值	396
表 3-15：計量經濟估算結果：TWD/MHz/人	397
表 3-16：可避免成本模型結果—中等訊務量預測	399
表 3-17：1800MHz 可避免成本模型結果—考慮 LTE 網路最佳化 ...	401
表 3-18：各模型評估結果總結(TWD/MHz/pop).....	402
表 3-19：1800 MHz 價值之影響因素	403
表 3-20：1800 MHz 頻譜價值估算與底價建議.....	404
表 3-21：3.5 GHz 價值之影響因素	405
表 3-22：3.5 GHz 頻譜價值估算與底價建議	406
表 3-23：28 GHz 價值之影響因素	406
表 3-24：28 GHz 頻譜價值估算與底價建議	407
表 3-25：組合三頻段之底價建議	409
表 4-1：衡量適當競價機制的評估準則	411
表 4-2：SMRA、CA 及 CCA 彙整	413
表 4-3：競價規則分解步驟	415
表 4-4：首波 5G 頻譜於第一階段數量競標結果	426
表 4-5：3.5GHz 頻段各業者無投標行為次數	428
表 4-6：3.5GHz 頻段回合價格上升次數	437

表 4-7：適當競價機制之綜合評量	443
表 5-1：電信管理法下網路和頻譜共用態樣	452
表 5-2：不同區域之網路共用合作態樣	454
表 5-3：3.5 GHz 頻譜共用數量情境模擬	455
表 5-4：頻譜共用下不同區域型態之網路元件共用態樣	456
表 5-5：共用情境之綜整	457
表 5-6：對於網路共用情境 1 的主要假設-NS1	461
表 5-7：對於網路共用情境 2 的主要假設-NS2	462
表 5-8：對於網路共用情境 3 的主要假設-NS3	463
表 5-9：對於網路共用情境 4 的主要假設-NS4	464
表 5-10：對於頻譜共用情境 A1 的主要假設-SSA1	464
表 5-11：對於頻譜共用情境 A2 的主要假設-SSA2	465
表 5-12：對於頻譜共用情境 B1 的主要假設-SSB1	466
表 5-13：對於頻譜共用情境 B2 的主要假設-SSB2	467
表 5-14：頻譜共用情境 C1 – SSC1 的關鍵假設	467
表 5-15：對於頻譜共用情境 C2 – SSC2 的關鍵假設	468
表 5-16：頻譜共用情境 D1 – SSD1 的主要假設	469
表 5-17：頻譜共用情境 D2 – SSD2 的關鍵假設	470
表 5-18：網路和頻譜共用情境彙整表	471
表 5-19：提供語音迴路交換之不同選項影響比較	489
表 5-20：現行行動寬頻業務管理規則與電信管理法之條文對照	493
表 5-21：電信事業申請無線電頻率核配辦法草案建議條文與說明	494
表 6-1：歐盟蒐集世界各國之主要 5G 發展現況	504
表 6-2：各國垂直應用措施與頻段彙整表	520

表 7-1：本研究協助辦理事項526

(本頁空白)

圖目次

圖 1-1：IMT-2020 之 5G 三大應用情境.....	3
圖 1-2：3GPP 規劃之 5G 技術時程圖.....	4
圖 1-3：各國電信業者 5G 發展階段與區域圖.....	4
圖 1-4：本研究架構.....	13
圖 1-5：本研究工作時程進度規劃.....	18
圖 2-1：英國 MVNO 用戶數占整體行動市場用戶比率.....	23
圖 2-2：英國電信業者批發網路市場市占率.....	24
圖 2-3：英國 2019 年 Q2 四家電信業者零售行動市場占有率.....	25
圖 2-4：英國電信市場集中度.....	25
圖 2-5：英國行動通訊服務營收.....	26
圖 2-6：英國 700MHz、3.6-3.8GHz 頻譜規劃圖.....	27
圖 2-7：英國 MVNO 淨增加率.....	38
圖 2-8：英國 5G 測試平台及試驗計畫之第一階段計畫.....	40
圖 2-9：英國倫敦 5G 網路覆蓋範圍.....	43
圖 2-10：英國高頻毫米波頻段分配圖.....	46
圖 2-11：愛爾蘭 26GHz 頻段之業務分配表.....	49
圖 2-12：愛爾蘭 700MHz、2.1GHz、2.3GHz、2.6GHz 頻譜規劃圖.....	58
圖 2-13：德國聯邦網路局頻譜拍賣時程規劃.....	86
圖 2-14：德國固網市場之用戶數與市占率變化.....	87
圖 2-15：德國行動通訊市場用戶數概況.....	88
圖 2-16：德國平均每張 SIM 卡於每月的流量和營收貢獻.....	89
圖 2-17：德國電信市場市占率.....	90
圖 2-18：德國 2 GHz 和 3.6 GHz 競標與頻段位置分配結果.....	94

圖 2-19：義大利通傳市場營收	107
圖 2-20：義大利固網寬頻市場業者市占率	108
圖 2-21：義大利行動通訊市場市占率	109
圖 2-22：義大利 700MHz 頻段區塊配置	110
圖 2-23：義大利 3.6-3.8GHz 頻段區塊配置	110
圖 2-24：義大利 26.5-27.5GHz 頻段區塊配置	111
圖 2-25：義大利 Wind Tre 與 Fastweb 之合作協議使用頻率	118
圖 2-26：法國 3490-3800 MHz 頻譜規劃圖	129
圖 2-27：奧地利 5G 發展時程目標	140
圖 2-28：奧地利通訊市場營收	143
圖 2-29：奧地利行動通訊服務營收細項	144
圖 2-30：奧地利行動通訊數據使用量趨勢	144
圖 2-31：奧地利 3.6-3.8GHz 頻段拍賣結果頻率核配位置	149
圖 2-32：Hutchison Drei Austria 電信祭出之 5G 資費	156
圖 2-33：瑞典終端客戶在電子通訊市場的收入	160
圖 2-34：瑞典固網寬頻用戶數	161
圖 2-35：瑞典不同速率下的固網寬頻用戶比例	162
圖 2-36：瑞典各業者固網寬頻用戶的百分比	162
圖 2-37：瑞典行動用戶數	163
圖 2-38：瑞典行動用戶的收入	164
圖 2-39：瑞典行動網路上的數據流量	164
圖 2-40：瑞典各電信業者行動用戶的市占率	165
圖 2-41：瑞典 2.3GHz 頻段釋出區塊配置	172
圖 2-42：瑞典 3.5 GHz 頻段釋出區塊配置	173

圖 2-43：典 3.5GHz 和 2.3GHz 拍賣過程.....	174
圖 2-44：瑞典 3.7-3.8 GHz 頻段全區釋出方案.....	182
圖 2-45：瑞典 3.7~4.2GHz 頻段結合全區、部分釋照方案.....	182
圖 2-46：美國固網寬頻市場家數分布比例.....	187
圖 2-47：美國無線通訊市場市占率.....	187
圖 2-48：美國 28GHz 頻段釋出頻率劃分方式.....	188
圖 2-49：美國 24GHz 頻段釋出頻率劃分方式.....	189
圖 2-50：美國 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段釋出頻率劃分方式.....	190
圖 2-51：美國 3.7-3.98GHz 釋出頻段配置規劃.....	191
圖 2-52：美國 Verizon 提供之 5G 資費方案.....	200
圖 2-53：美國 AT&T 提供之 5G 資費方案.....	201
圖 2-54：日本發展 5G 時程規劃.....	203
圖 2-55：日本 5G 整備頻譜目標.....	204
圖 2-56：日本 2014 年第 4 季至 2018 年第 4 季固網寬頻用戶數.....	205
圖 2-57：日本 2014 至 2018 年度固網寬頻營業收入.....	206
圖 2-58：日本 2016 至 2018 年度固網寬頻市占率.....	207
圖 2-59：日本 2012 年第 4 季至 2018 年第 4 季行動通信用戶數.....	208
圖 2-60：日本 2013 年第 4 季至 2018 年第 4 季行動通信市占率.....	208
圖 2-61：日本 2015 年至 2018 年 MNO 通信業者營業收入統計.....	209
圖 2-62：日本 5G 候選頻段.....	210
圖 2-63：日本電信基礎設備共享範圍.....	215
圖 2-64：日本 2017 年底 3 家 MNO 與 MVNO 之用戶數成長率變化	218
圖 2-65：日本 5G 應用發展重點.....	220
圖 2-66：日本 Local 5G 使用頻段與時程規劃.....	223

圖 2-67：日本 5G 基地臺分布圖	225
圖 2-68：韓國 KICT 頻譜計畫之輪廓.....	229
圖 2-69：韓國 3.5GHz 頻段之競價區塊	232
圖 2-70：韓國 28GHz 頻段之競價區塊	232
圖 2-71：韓國電信設備共同建置示意圖	238
圖 2-72：韓國 5G 減稅方案	243
圖 2-73：韓國減輕課徵頻率費方式	244
圖 2-74：韓國 5G 基地臺布建數（2019/9/2）	246
圖 2-75：韓國 5G 用戶數趨勢	247
圖 2-76：韓國高頻毫米波頻段之釋出規劃.....	249
圖 2-77：中國 2014-2019 年電信市場營收概況.....	253
圖 2-78：中國 2018、2019 年固網寬頻各速率用戶占比分布	254
圖 2-79：中國 5G 頻譜釋出現況與規劃	260
圖 2-80：中國 5G 試驗推動計畫時程與架構.....	261
圖 2-81：至 2034 年 5G 毫米波對亞太地區 GDP 貢獻之各國占比.....	268
圖 2-82：智慧交通情境中的 5G 毫米波應用	269
圖 2-83：香港通訊局 3.5、4.9、3.3 GHz 釋出時程	271
圖 2-84：香港通訊局 26、28GHz 釋出時程	271
圖 2-85：香港 2009-2018 年固網寬頻用戶成長趨勢	273
圖 2-86：香港 2009-2018 年行動市場用戶數成長趨勢	274
圖 2-87：香港 3 次拍賣結果頻譜分布圖	279
圖 2-88：香港通訊局 26/28GHz 頻段規劃示意圖	288
圖 2-89：香港 26/28GHz 頻段規劃與釋出結果	289
圖 2-90：澳洲 3.6GHz 頻段各區域業者得標頻率位置	300

圖 2-91：新加坡行動通訊市場市占率（依營收別）	318
圖 2-92：新加坡 3400-3800MHz 頻段規劃	319
圖 2-93：新加坡 3400-3800MHz 頻段規劃	320
圖 2-94：新加坡 26/28GHz 頻段規劃	320
圖 2-95：新加坡 3.5GHz 頻譜規劃圖	321
圖 2-96：新加坡毫米波（mmWave）頻譜規劃.....	321
圖 2-97：新加坡 800MHz 企業專網頻譜規劃.....	325
圖 2-98：新加坡 1900MHz 企業專網頻譜規劃.....	326
圖 3-1：用戶數與營收市占率	346
圖 3-2：各業者於 2014-2019 年間之用戶數市占率.....	347
圖 3-3：各業者於 2016 年至 2018 年之營收市占率.....	348
圖 3-4：行動業者於 2016 年至 2018 年之行動通訊總營收.....	349
圖 3-5：2015-2019 之平均每月 ARPU	350
圖 3-6：各業者每月數據訊務量（2014-2019）	351
圖 3-7：每用戶每月行動寬頻數據用量（2018）	351
圖 3-8：依技術區分用戶分布	352
圖 3-9：我國各業者 4G 網路可用度	353
圖 3-10：我國各業者行動寬頻下載速率體驗	354
圖 3-11：我國各業者行動寬頻上傳速率體驗	354
圖 3-12：我國自 2013 年以來核配之頻譜資源（含本次釋出之頻譜）	357
圖 3-13：各業者目前頻譜持有狀態	359
圖 3-14：頻譜持有與網路容量之比較（2019 年 Q1）	360
圖 3-15：1800MHz、3.5GHz 以及 28GHz 之頻譜區塊	364
圖 3-16：評價方法和頻譜價值範圍	370

圖 3-17：行動頻譜價值估算方法	370
圖 3-18：調整後國際標竿法之圖示	375
圖 3-19：可避免成本原則的圖示	378
圖 3-20：可避免成本模型的步驟	379
圖 3-21：1800 MHz 國際標竿法評估結果（新臺幣 / MHz / 人） ..	385
圖 3-22：3500 MHz 國際標竿法結果	387
圖 3-23：3.5 GHz 價值變化（左圖為即期匯率和右圖為 PPP 匯率）	388
圖 3-24：28 GHz 國際標竿法結果（左圖為即期匯率、右圖為購買力 評價匯率）	390
圖 3-25：參考 28 GHz 的相對價值比率(基於中間值).....	393
圖 3-26：計量經濟分析估算頻段結果（TWD/MHz/PoP）	397
圖 3-27：可避免成本法預測之訊務量	398
圖 3-28：3.5GHz 頻段的可避免成本(每 10MHz 邊際區塊)	400
圖 4-1：首波 5G 頻譜拍賣得標廠商頻率位置分配	427
圖 4-2：3.5GHz 頻段各業者提出之需求頻寬	429
圖 4-3：3.5GHz 頻段各回合需求頻寬加總	430
圖 5-1: 綜觀成本模型之量化分析法	458
圖 5-2：高人口密度及低人口密度地區的網路共用基地台設置	460
圖 5-3：頻譜共用下之基地台設置	461
圖 5-4：各種基礎設施共享類型模式	473
圖 5-5：各種基礎設施共享類型模式	474
圖 5-6：英國行動通信業者網路共用情形	478
圖 6-1：國際比較低頻段預留和已分配頻寬（MHz）	502
圖 6-2：國際比較中頻段預留和已分配頻寬（MHz）	503

圖 6-3：國際比較高頻段預留和已分配頻寬 (MHz)	503
圖 6-4：歐盟各國主要合作協議地圖	507
圖 6-5：本研究研析國家釋出頻段分布圖	519

(本頁空白)

中文摘要

關鍵詞：5G、3.5GHz、28GHz、頻譜釋照、競價機制、底價、二階段拍賣、電信管理法、網路共用、頻率共用、垂直應用

一、研究緣起

5G 行動通訊技術擁有大頻寬、低延遲以及巨量設備連線之特性，不僅對傳統電信產業帶來影響，同時也創造許多新興應用和新產業。5G 發展所不可或缺的頻譜資源，不僅是國家電信監理機構的主要重點業務工作，亦是產業輔導獎勵機關在推動產業政策上相當關注的議題，本研究透過參酌國際 5G 頻譜政策、觀察我國電信產業現況及調整相關法規，因應 5G 發展對於整體社會經濟的深遠影響。

二、研究方法及過程

本計畫旨在於完善我國 5G 頻譜釋照所需監理政策及法規、推動 5G 網路建設及應用發展，透過文獻分析、個案研究與比較分析法、訪談法與舉辦座談會之方式進行研析，蒐集並彙整國際 5G 頻譜之釋照機制、得標者應負之義務，以及各國政府如何推動 5G 發展及網路建設所需之政策及法規。本研究提出頻譜價值估算方法、底價建議以及競價機制研析與模擬，順利完成委託機關對本案設定之工作項目。同時參考行動通信技術發展趨勢與我國市場及產業現況，提出推動 5G 發展之具體釋照政策及法規建議供委託機關參考。

三、重要發現

本計畫執行階段共完成四大研究目標：第一、彙整國際 5G 頻譜規劃與釋出政策。根據全球行動供應商協會（Global Mobile Suppliers Association, GSA）之統計，至 2020 年 2 月時全球已有 40 個國家與地區完成適合 5G 技術使用頻段之釋照作業，中頻段為多數國家發展 5G 服務的首要頻段，其次則為毫米波頻段。就頻譜釋出方式之選擇，

主要國家採拍賣制為主，少數國家採審議制。各國考量頻譜資源之稀有性，為確保取得頻率執照之得標者積極布建網路，皆有規範網路布建義務。

由於 5G 具備催生各種新興應用服務的深厚潛力，主要研究國家透過規劃垂直場域或鼓勵 5G 創新實驗，其政策大致可區分為：企業專網、頻譜共用和實驗執照、其他政策推動等三類。

第二、研析我國 5G 頻譜釋照底價研究與拍賣競價機制。本研究採用國際標竿法、計量經濟分析和成本降低模型法，設算我國 5G 頻譜價值估算與底價建議值。就拍賣機制而言，本研究於競標前就通傳會於 2019 年 9 月 3 日公告修正「行動寬頻業務管理規則」第 25 條至第 31 條涉及數量競價部分所設計拍賣制度進行模擬，以確保管理規則之競標規則具可操作性。

頻譜拍賣結束後，本研究根據通傳會公布數量競標 261 回合之各回合競標資料，分析結果顯示，本次拍賣回合與總標金均超乎預期的主要原因是業者需求強勁，在 3.5GHz 頻段僅釋出 270MHz 頻寬，並考量 5G 頻譜資源最佳使用效率而設有單一得標者取得上限 100MHz 之規劃下，實屬供不應求。

第三、研提電信管理法架構下之頻率資源配套措施。針對釋照機制下合作模式同意原則，經完成國際政策研析比較、分析我國市場特性與蒐集專家學者之建議後，建議主管機關在審酌既有電信業者欲進行網路共用或頻率共用等合作方式時，應綜合評估其對設施競爭的影響，以及消費者權益的保障。

本研究亦研提「電信事業申請無線電頻率核配辦法」草案，針對開放及受理申請、核配方式、應繳納之費用以及附則等相關章節研擬草案條文，供委託機關參考。

第四、研擬我國推動 5G 應用發展、網路建設規劃以及垂直場域推動之相關政策。5G 技術深具應用潛力而備受各界重視，然而同時

存在技術尚未成熟，投資和建設成本高昂之挑戰，因此，降低建設負擔、分散投資成本、孕育市場發展與釋放應用潛力等政策原則，即成為推動 5G 發展之重點。由於 5G 網路布建需要高昂建設成本，因而基礎設施的監理制度成為左右 5G 時代業者成本、通訊市場競爭之關鍵，因此實有必要透過革新 5G 時代之基礎設施相關規範或提供補助等誘因措施，以促進 5G 網路布建。

垂直應用為 5G 新興重點議題，部分國家多規劃於 1-5 GHz 頻段與毫米波頻段，並且可能採用專頻或頻譜共用方式為之，目前各國皆以孕育技術研發，鼓勵創新實驗做為主要施政措施。

四、主要建議事項

根據本研究之成果，以下依推動時程將政策建議區分為立即可行、中長期等兩大類別：

（一）立即可行之建議

- 1、設算首波 5G 頻譜釋出之合理底價。本研究研析適當之頻譜價值估算方式，並提出底價建議供主管機關參用。
- 2、完善主管機關政策措施與工具。考量主管機關完備 5G 政策之準備工作項目及任務繁重，建議政府應提供充分資源予主管機關制定 5G 相關政策措施與工具，強化主管機關施政能量。
- 3、成立 5G 長遠發展基金。本研究建議應首先補助重要領域的基礎科學研究，培養國內產學能量，其次，將基金用於偏鄉地區之網路布建與人才培育，解決數位落差問題並帶動相關資通訊產業之建設及研發動能。

（二）中長期性建議

- 1、提升頻率使用效率。持續進行頻譜整備與釋出工作，並推動《電信管理法》的法規調整，促進 5G 網路基礎設施共建共用，完備頻率共用、出租或轉讓改配等彈性使用之法規基礎。
- 2、精進未來頻譜釋出時採用之競標機制，包括採取以下措施：
 - 導入預儲金制度：為確保競價者能夠理性出價，並檢視其具支付價金之財務能力，本研究參考英國競標機制設計，建議可設計暫時得標預儲金。
 - 建立模擬拍賣程式資料庫：以利日後可持續研究不同拍賣制度細節之執行方式，並邀集相關業者進行測試，以確保業者瞭解競標機制之操作方法。

Abstract

Keywords: 5G, 3.5GHz, 28GHz, spectrum license release, bidding mechanism, reserve price, two-stage auction, Telecommunications Management Act, network sharing, spectrum sharing, vertical application

5G mobile communication technology is equipped with the features of ultra broadband, low latency, and massive machine type communications. In addition to the impacts on conventional telecommunication industry, it has also created many emerging applications and new industries. The essential spectrum resources for 5G development is not only the primary focus of business of national telecommunication supervision agencies, but also the subject of emphasis of industrial policy promotion by agencies who provide counseling and incentives to the industry. This study involves the reference of international 5G spectrum policies, observation of current status of domestic telecommunication industry, and adjustment of relevant laws and regulations in response to the profound impact of 5G development on the entire society and economy.

The purposes of this project are to improve the supervisory policies and regulations required by the 5G spectrum license release in our nation, and to promote 5G network deployment and application development. The research was conducted by using literature review, case study, comparative analysis, interviews, and holding forum. Information regarding international 5G spectrum license release mechanism, tender winner obligations, as well as policies and regulations for promotion of 5G

development and network construction by countries all over the world was collected and compiled.

A total of four major research objectives were accomplished during the execution stage of this project: 1) Summary of international 5G spectrum planning and release policies; 2) Analysis of reserve price research and bidding mechanism for 5G spectrum license release in our nation.3) Proposal of frequency resources supporting measures under the architecture of Telecommunications Management Act. And 4) Formulation of the policies related to promotion of 5G application development, network construction planning, and promotion of vertical fields in our nation.

According to the result of this study, we recommend some recommendations for NCC as following:

- 1、Setting the reasonable reserve price for the first wave of release of 5G spectrum.
- 2、Improvement of policy measures and tools of competent authority.
- 3、Establishment of 5G long-term development fund.
- 4、Enhancement of spectrum use efficiency by flexibility resource management.
- 5、Refinement of bidding mechanism for future spectrum release.

第一章 緒論

第一節 研究主旨

回顧歷史，新通訊技術的發展不僅對傳統電信產業帶來影響，影響範疇甚至擴張到許多垂直產業，包括製造業、交通業、能源業、醫療業以及娛樂業等既有產業，同時也創造許多新興應用和新產業，整體社會經濟因通訊技術演進而產生變革。其中、新一代的 5G 行動通訊技術擁有大頻寬、低延遲以及巨量設備連線之特性，具備發展創新應用的龐大潛力。IHS Markit 認為 5G 技術如同電力、蒸汽機、網路和電報之類的通用技術（General Purpose Technologies, GPTs）對整體社會經濟具有深遠影響¹。

近年經濟與科技競爭逐漸成為國際上重大議題。隨著中美貿易戰爆發以來，各國在科技上的競爭已升級至國家安全層級，勢必各國對於資通訊技術，特別是 5G 技術發展將更為重視。其中，5G 發展所不可或缺的頻譜資源，不僅是國家電信監理機構的主要重點業務工作，亦是產業輔導獎勵機關在推動產業政策上相當關注的議題。因此了解各國頻譜拍賣之具體機制與時程規劃，成為一窺各國在科技、經濟政策思維的重要觀察點。

本研究在於協助委託機關瞭解國際 5G 頻譜之釋照機制、5G 頻譜得標者之權利義務，以及如何推動 5G 發展及網路建設所需之政策及法規。主要工作項目包括「5G 頻段釋照政策及權利義務」、「5G 釋照競價機制」、「5G 頻段釋照底價研究與金額建議」、「5G 應用發展及網路建設規劃」，以及我國在未來電信管理法架構下如何執行網路共建、頻率共用、漫遊或容量批發等措施，與申請無線電頻率核配方式及相關法規條文。就上述工作項目性質而言，得以區分為「完善 5G

¹ HIS (2017), The 5G Economy: How 5G Technology will Contribute to the Global Economy
<https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Technology-5G-Economic-Impact-Study.pdf>

頻譜釋照所需監理政策及法規」與「推動 5G 網路建設及應用發展」兩大主軸。在研究方法上針對委託機關所指定之比較國家進行研究，分析相關之政策及法規作法，最後參考行動通信技術發展趨勢，研析我國市場現況及產業環境，以提出具體政策及法規建議供參。

第二節 研究架構

一、研究背景、研究目的與問題陳述

(一)5G 應用發展、網路建設以及垂直場域推動政策

行動通訊技術持續演進，時至今日已進入第五代行動通訊(5G)。國際標準組織 ITU 定義 5G 為 IMT-2020，規劃於 2020 年完成 5G 技術實用化目標。3GPP 聯盟則是成立技術研發工作小組，基於 ITU 制定的 5G 願景，持續釋出新技術版本 (Releases) 推動 5G 技術成熟。

IMT-2020 定義 5G 技術具備三大應用情境：進階型行動寬頻 (enhanced Mobile BroadBand, eMBB)、極低延遲與高可靠度通訊 (ultra-Reliable and Low Latency Communications, uRLLC) 以及巨量物聯網通訊 (massive Machine Type Communication, mMTC) 等。基於 ITU 的願景，5G 大量創新案例衍伸於三大應用情境，例如在進階型行動寬頻場景下，可推動高畫質影音、3D、虛擬實境與擴增實境等應用之發展。在極低延遲與高可靠度通訊場景下，則帶動工業自動化、智慧醫療與自駕車等新興技術。巨量物聯網通訊可能之使用案例則包括智慧家庭、智慧辦公室與智慧城市等。

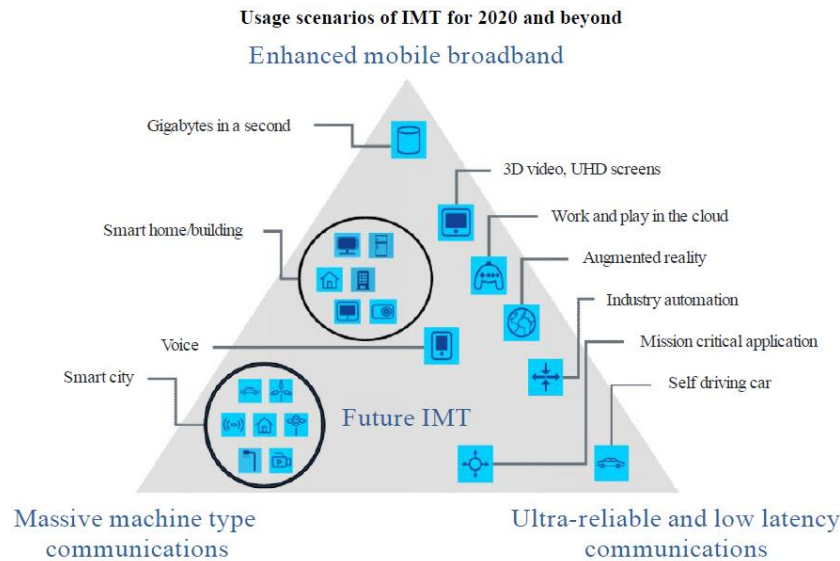


圖 1-1：IMT-2020 之 5G 三大應用情境

資料來源：ITU。

5G 技術極具應用發展潛力，但行動通訊技術關鍵基礎的無線電頻譜資源卻相對稀缺。因應頻譜資源有限議題，ITU 於 2019 年 10 月舉辦的 WRC-19 會議上，新增 24.25-27.5 GHz、37-43.5 GHz、45.5-47 GHz、47.2-48.2 和 66-71 GHz 等頻段供 5G 技術使用。本研究觀察到各國現階段釋出之 5G 頻段大多集中於 700MHz、C-Band(3.3-4.2GHz) 與 26-28GHz 頻段。此次 WRC-19 新增之頻段為毫米波頻段，反映中、低頻段資源稀缺而必須往高頻發展的趨勢，同時也因應 5G 及後續通訊世代需要高資料傳輸率的應用情境。

目前國際 5G 技術研發受到國際疫情影響而延遲，但根據 3GPP 的最新規劃時間表，5G 技術 Rel-16 版本預計在 2020 年 6 月底時凍結（完成主要技術項目），後續以 Rel-17 版本研發為主的階段，如下圖。

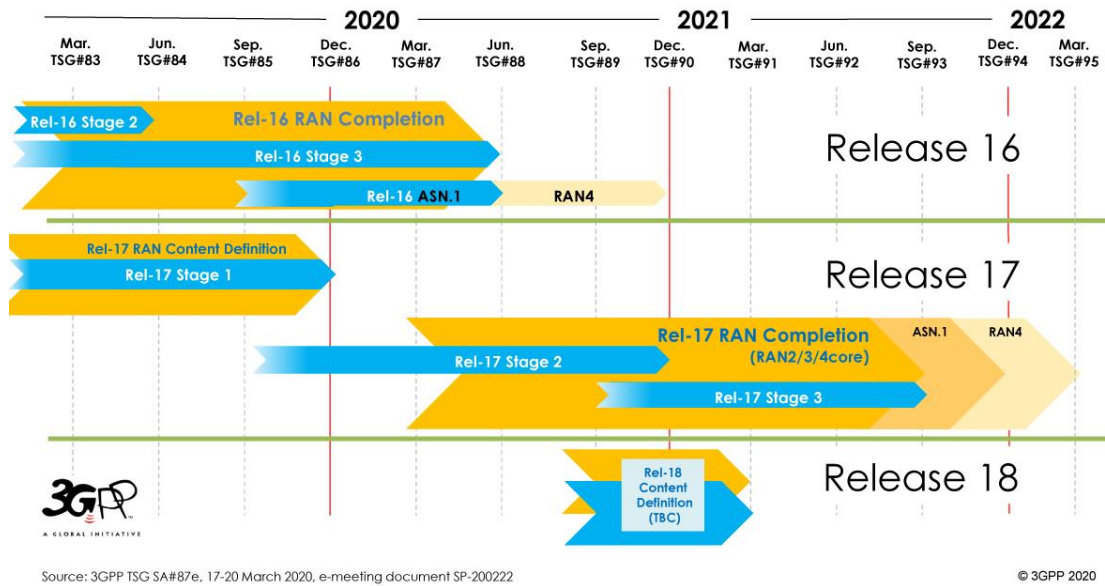


圖 1-2：3GPP 規劃之 5G 技術時程圖

資料來源：3GPP。

在 5G 商轉部分，根據 GSA 在 2020 年 5 月份最新統計資料，對於國際電信業者 5G 商轉階段進行比較分析。首先、在全球 125 個國家/地區中，共有 385 家業者現正進行 5G（行動、FWA /家用寬頻）網路投資布建；其中有 50 個國家/地區的 95 家業者已啟動 5G 網路；並有 42 個國家/地區的 80 家業者公告提供 5G（含有限度）服務。

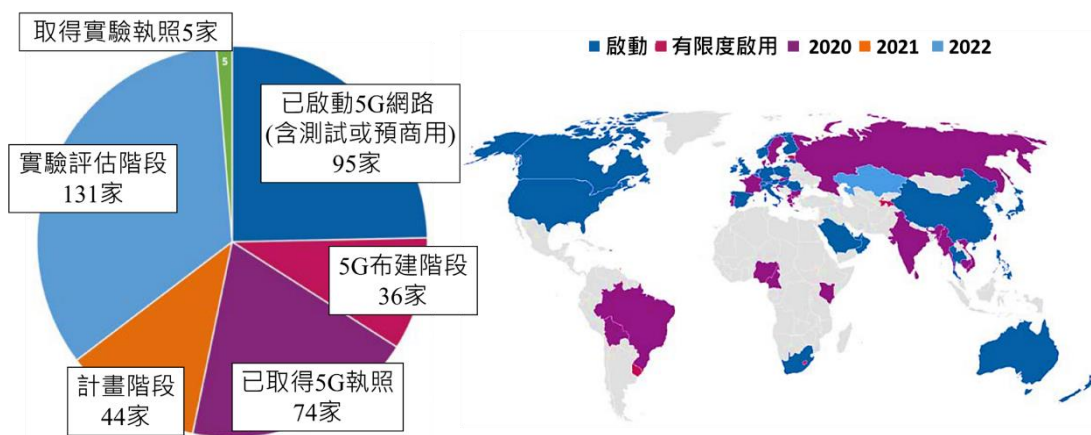


圖 1-3：各國電信業者 5G 發展階段與區域圖

資料來源：GSA。

以上關於國際最新發展趨勢，呈現 5G 發展已由技術研發走向布

建、應用階段。因此各國均持續推動 5G 與各項新興創新服務發展，積極制定各項新興產業扶植與監管政策。不過，各國電信市場與監管架構存在政策目標、法規環境與市場結構特殊性，對新興產業扶植政策措施上各有強調之政策重心。從各國經驗中擷取與我國國情相近之政策措施，應有助於主管機關健全我國 5G 應用產業之發展。

綜上，本項研究主題包括：

1. 蒐集主要國家在 5G 技術應用發展重點及推動措施；
2. 蒐集主要國家對於 5G 網路建設規劃配套措施，包括網路共建、強制漫遊與商業協商漫遊、頻率共用以及容量批發（MVNO）之規劃，研析不同業者間之合作態樣等；
3. 蒐集主要國家在垂直場域推動政策等相關規範。
4. 研提我國推動 5G 應用發展、網路建設規劃以及垂直場域推動之相關政策建議。

(二)研析國際 5G 頻率釋出政策相關規範

各國對於 5G 之頻譜釋照作業正如火如荼進行，自韓國於 2018 年 6 月首次宣稱以 5G 標準釋出 3.5GHz 頻段與 28GHz 頻段以來，全球許多國家積極推動 5G 整備與釋出政策，根據全球行動供應商協會（Global Mobile Suppliers Association, GSA）之統計，截至 2020 年 2 月，全球已有 40 個國家完成適合 5G 技術（含技術中立執照或行動寬頻服務執照）使用頻段之釋照作業。由此可見，有必要藉由研析主要國家對於 5G 頻率之中長期規劃、釋照考量與政策措施等，比較該國電信市場概況、5G 與 4G 釋出方式、參與頻率競價作業之業者家數、釋出頻率資源規劃、上限等相關議題，以及對於得標者頻率使用期限、執照義務以及有關頻率交易、轉讓與共用等相關措施，做為我國主管機關完備第一階段 5G 頻譜釋出作業之政策參考。

本研究依據需求計畫書規範，研析相關主要國家之 5G 釋照政策規範，協助委託機關從中歸納出適合我國之釋照政策，協助推動我國 5G 發展，達成政府藉由 5G 提升整體經濟社會成長之政策目標。本項研究主題包括以下：

1. 研蒐主要國家 5G 頻譜資源中長期政策與釋出時程之考量；
2. 研蒐主要國家 5G 頻譜釋照政策規劃，掌握該國電信市場概況、釋照方式與參與競價之業者家數、頻譜取得上限、得標者義務、頻率使用期限、頻率交易、轉讓與共用原則等相關釋照政策措施。
3. 提出適合我國之 5G 釋照政策建議。

(三)研析主要國家 5G 頻譜競價機制，提出我國競價機制

自美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission，FCC）於 90 年代首次採用競價機制釋出無線頻譜資源以來，頻譜競價機制持續演進，依據不同主管機關對於頻率釋出機制政策目標之考量，從早期的一次性密封標機制與標準型同時多回合上升標（Standard Simultaneous Multiple Round Auction，SMRA），慢慢演進到混合型、改良型 SMRA、組合價格鐘拍賣（combinatorial clock auction，CCA）以及價格鐘拍賣（Clock Auction，CA），顯見釋出頻譜資源之競價機制理論與實務不斷演進，伴隨行動通訊技術發展所帶來對釋出頻塊、區塊大小之改變，而不斷推陳出新。

我國採用競價機制之歷史可推回至釋出第三代行動通訊業務執照，當時採用標準型同時多回合上升標機制，總釋出標的為五張執照，各執照內則為特定頻率位置。隨著技術演進，我國 102 年與 104 年釋出行動寬頻業務時，雖然仍持續採用標準型多回合上升標機制，但已開始研析其他適合之競價機制。例如本研究團隊於 104 年協助委託機

關完成 2600MHz 頻段競價作業時，及提出改以數量競價與位置競價之二階段競價方法，並獲委託機關認可，應用於 106 年釋出行動寬頻業務 1800MHz 與 2100MHz 之釋照作業上。

隨著技術演進，5G 使用頻段與 4G 頻率有明顯差異。4G 多使用 3GHz 以下頻段，然 5G 為滿足極高傳輸速率之技術需求，對於連續頻寬之需求更大，故現階段 5G 頻譜多以 3-6GHz 之中頻段或 24GHz 以上之毫米波頻段為主要候選頻段。

由於釋出頻段之差異，導致 5G 釋照之競價標的，與 4G 多以 2x5MHz 為競價標的之方式有明顯差異。現階段許多國家釋出 5G 頻段時，其頻塊設計有許多差異，部份國家如德國、香港採取小區塊設計，釋出區塊為 10MHz 或 20MHz，但部分國家則規劃採大區塊釋出頻段，例如義大利與日本對於 5G 中頻段之釋出區塊採 80MHz 或 100MHz。

為充分了解各國對於 5G 競價機制之考量與設計，本研究已研析主要國家之 5G 競價機制，包括競價標的大小、拍賣機制選擇方式、競價規則細節、決標方式、底價與得標金額，以及標金繳納方式等，希冀配合我國釋出 5G 頻率規劃，提出適合我國市場之競價機制，包括採行此機制之理由、流程及相關規定，以及對於競價機制之模擬。

綜上，本項研究主題包括：

1. 蒐集主要國家 5G 競價機制、拍賣方式與政策措施等具體細節；
2. 配合我國 5G 頻率規劃，提出適合之競價機制。

(四)研擬我國 5G 第一階段釋出頻率之底價研究

無線頻譜資源具稀有性，為數位時代下提供各種創新應用服務之

基礎，如何確保頻譜資源以合理、適當之金額釋出，讓全體國民均能享受無線頻譜資源所帶來之公眾利益，為各國通訊主管機關釋出頻譜資源時所念茲在茲之政策前提。

國際間對於頻率底價設定之政策考量，會藉由國際標竿法，了解鄰近國家釋出相似頻率之價金結果，推算出一合理區間。本研究團隊於 102 年與 104 年，與國際知名頻譜研究顧問公司普拉姆（Plum Consulting）合作，協助委託機關擬定 700MHz、900MHz、1800MHz 以及 2600MHz 之底價，除使用國際標竿法外，另運用經濟分析法、成本降低模型以及完整企業價值等三種方法，反應業者取得頻譜之經濟利益與機會成本，據以推算合理之頻譜價值，再依照委託機關之政策目標，調整並提出適當之底價建議。

本研究延續過去協助委託機關擬定釋出頻率底價之研究經驗，並考量過往我國三次行動寬頻釋照結果，研析近期國際釋照之基準比較，再研析我國電信市場近況、業務競爭性與業者未來潛在營運模式等要素，配合委託機關之 5G 釋照政策規劃，研提符合我國國情之 5G 第一階段釋出頻譜底價研究與具體合理之金額建議。

綜上，本項研究主題包括：

1. 研析可運用之底價設算方法；
2. 研提底價建議時，考量因素包含：我國過往三次行動寬頻業務釋照結果、近期國際釋照之頻譜價值基準比較、我國電信市場現況、業務競爭與未來營運模式分析，以及委託機關之 5G 釋照政策規劃；
3. 研提適合我國本次 5G 釋照之合理底價建議。

(五)研析電信管理法架構下，釋出 5G 頻譜資源配套規劃

我國已於 2019 年 6 月公告制定電信管理法，預計三年內施行，將使我國通傳產業邁入匯流時代新紀元。電信管理法施行後，電信事業將可以更具彈性之運用頻率，讓頻率等稀有資源可以和諧、有效及靈活的運用；此外，電信基礎網路的設置與使用，因更具有自建或租用的多樣性，得以加速 5G 等各類電信基礎建設與更新，有利構建無所不在的優質網路，邁向無遠弗屆隨時隨地提供寬頻服務的智慧城市發展。

因應電信管理法通過後，可能帶來放寬網路共建、頻率共用、漫遊或容量批發等，可能對電信市場造成影響，因此，有必要透過經濟模型分析或其他評估方式，了解放寬相關機制後對整體電信市場之影響評估。

本研究從量化與質化方法分別切入，提出放寬相關機制後對整體電信市場之經濟影響評估，同時提出我國在網路共用、頻率共用、漫遊或容量批發之同意原則建議方案。另外，亦協助委託機關，提出電信事業申請使用無線電頻率核配方式及相關法規條文建議。

綜上，本項研究主題包括：

1. 本研究採量化與質化分析，研提適用於我國之放寬網路共建、頻率共用、漫遊或容量批發後對整體電信市場之經濟影響評估方式，以及提出我國對於相關機制之同意原則建議方案。
2. 提出電信事業申請使用無線電核配方式與相關法規條文。

(六)研析高頻毫米波頻譜之相關政策與規劃

5G 頻譜因其網路特性與服務需求，具備低、中、高頻段，透過不同頻段滿足不同應用場景之需求。現階段部分國家對於高頻段設計

有別於中低頻段之政策規範，例如韓國針對 28GHz 頻段之布建義務，採基地臺布建數量要求，與其規範 3.5GHz 頻段應達人口涵蓋率之設計有所差異。由此可見，了解各國對於高頻毫米波頻譜之相關政策與規劃，實有必要。

本研究藉由研析主要國家對於高頻毫米波頻譜之相關政策及規劃，掌握各國是否對不同頻段採不同政策或推動措施，以做為委託機關未來擬定我國 5G 後續釋出毫米波頻譜政策規劃之參考。

綜上，本項研究主題包括：

1. 研析主要國家對於高頻毫米波頻譜之相關政策及規劃；
2. 提出我國後續釋出毫米波頻譜之政策規劃參據。

(七)其他協助委託機關執行 5G 釋照政策之相關需要

由於委託機關辦理 5G 釋照作業之任務繁重，為協助委託機關完備 5G 釋照作業，本研究配合委託機關需求，協助研析委託機關指定之 5 項個案專題研究，並按照委託機關指定日期，指派人員派駐委託機關，協助委託機關辦理各項 5G 釋照作業相關事務。此外，本研究亦協助委託機關辦理各項會議，支援會議相關庶務工作。

本研究於專案執行期間舉辦 2 場次座談會，蒐集專家學者對 5G 釋照相關議題之意見，供委託機關政策擬定之參考。另外，本研究於專案執行期間持續協助提供委託機關業務諮詢，並辦理報告撰寫進度。

綜上，本項研究主題包括：

1. 配合委託機關需求，研析 5 項個案專題研究；
2. 派駐人員 1 名至委託機關；
3. 協助委託機關辦理相關會議事務；

4. 於專案執行期間舉辦 2 場次座談會；
5. 提供諮詢服務，並定期向委託機關說明報告撰寫進度。

二、研究計畫架構

本研究依據委託機關招標文件規範內容執行工作項目如下：

1. 工作項目一：研析主要國家推動 5G 應用發展及網路建設規劃；
2. 工作項目二：研析主要國家 5G 頻譜釋出政策；
3. 工作項目三：研析主要國家 5G 競價機制，研提我國 5G 釋照之競價機制與實際操作方式；
4. 工作項目四：提出我國 5G 底價研究與具體合理金額之建議。
5. 工作項目五：提出電信管理法架構下之 5G 頻譜資源配套規劃；
6. 工作項目六：研析主要國家高頻毫米波頻段相關政策規劃；
7. 工作項目七：協助委託機關推動相關政務需求，提供個案專題研究、派駐人員以及協助會議辦理事務人員；
8. 工作項目八：舉辦至少 2 場次座談會以蒐集各界意見；
9. 工作項目九：提供諮詢服務，定期向委託機關說明報告撰寫進度。

本研究之研究架構如下。

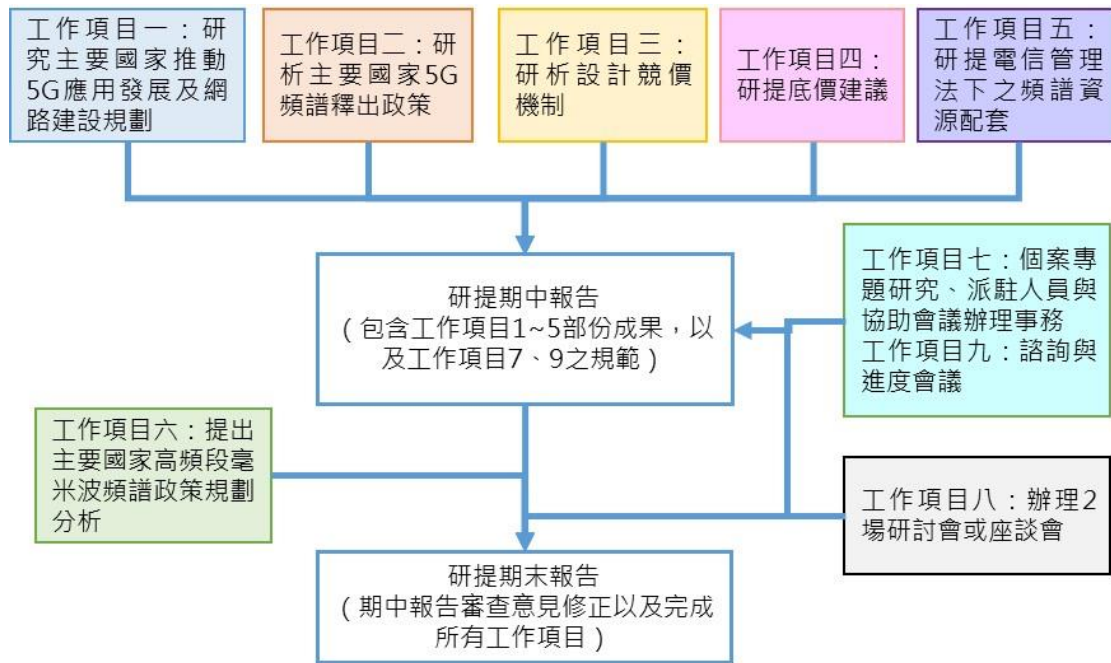


圖 1-4：本研究架構

第三節 研究方法

一、 研究分析方法

本研究依據各委託辦理工作項目，透過文獻分析法、個案研究和比較分析法及訪談法與舉辦研討會之方式，綜整、分析前述工作項目的產出，相關研究方法分述如下：

(一)文獻分析法

文獻分析法主要針對某一特定主題持續蒐集與其有關的重要圖書文物資料，並加以整理、分析、歸納、評鑑與彙整的歷程²；根據研究目的或課題，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的一種方法。蒐集內容盡量要求豐富及廣博，再將四處收集來的資料，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。文獻資料可以是政府部門的報告、工商業界的研究、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。其分析步驟有四，即閱覽與整理、描述、分類及詮釋³。

本研究蒐集主要國家對於 5G 應用發展、網路建設規劃、垂直場域政策、釋照政策、競價機制、底價以及高頻段毫米波頻譜之政策規劃等相關政策規範文件，同時也參考學術界或研究機構從學術理論與實務經驗研析頻譜拍賣機制之設計、原理、執行方式與細節等相關文獻，瞭解各國對於 5G 相關議題之政策推動措施。

² 周文欽（2008），空大學訊，研究方法概論補充教材。

³ 朱柔若（譯）（2000）。社會研究方法：質化與量化取向（原作者：Neuman, W. L.）。台北：揚智出版社。

(二)個案研究與比較分析法

為瞭解各國法制、頻譜拍賣機制與我國頻譜資源或其他影響因素之間的關係，本研究藉由廣泛地蒐集個案資料，進行深入探究與分析，以解釋現狀，或描述探索足以影響變遷及成長諸因素的互動情形，確定問題癥結，進而提出我國頻譜拍賣機制之初步建議。

首先探討各國電信市場與頻譜管理議題和拍賣機制規範，將每個國家定義成一個個案，進行資料準備、收集及分析，並找出各因素的關聯性；其次則盤點我國既有規範與相關政策，釐清我國完備拍賣機制架構所需之政策與法規需求，結合我國新電信管理法之架構與精神，將相關議題列出；最後彙整各國資料後，配合與我國政策規範之異同分析，提出具體建議及因應措施，擬定我國管理、拍賣機制規範政策建議。

(三)訪談法與舉辦研討會

此方法應用於本計畫對國內產官學研意見之蒐集與分析。透過參訪或舉辦研討會邀請國內電信業者、專家學者、公協會、相關產業或消費者團體等利益相關團體，蒐集關於 5G 頻譜拍賣機制、電信管理法對市場之影響等重要議題之意見。

研究團隊個別收集與分析各國頻譜管理、拍賣政策與規範相關資訊，並釐清我國頻譜管理架構之需求，盤點我國現行政策與法規之狀況後，整理訪談題綱後辦理訪談，以獲得參與意義之資料。參與意義指在社會環境中的個人，構思其世界的方式，以及他們解釋生活中的重要事件或賦予意義的方式⁴。訪談在質性研究中佔有很重要的地位，也可以做為量化研究的先導性研究。運用在眾多範圍，從不熟悉的探索性研究，比較成熟的領域，到成熟的領域，都有可以發揮之處⁵。

⁴ 王文科（2001）。教育研究法（第六版）。臺北市：五南。

⁵ 萬文隆（2004）。深度訪談在質性研究中的應用。生活科技教育月刊，37（4），17-23。

本研究於專案執行期間舉辦 2 場研討會，諮詢對象包括專家學者、電信業者、公協會、相關產業或消費者團體等單位，一方面了解相關產業對於我國頻譜拍賣機制之管理、政策等不同層面之觀點，以利完善本研究之相關工作項目。其次，在研究團隊歸類、分析、整理出更具象的概念與主題，進而提出具體 5G 頻譜拍賣政策與管理規範建議後，藉由研討會之舉辦，收集產官學各界對於相關議題之意見與看法，並回饋至本研究計畫，以供主管機關作全面性政策考量之參考。

二、技術與工具

因本研究範圍與議題甚廣，故由財團法人電信技術中心（以下簡稱本中心）為核心團隊，整合國內外相關專業機構與專家學者，共同執行本案。本研究由研究團隊內之國外顧問公司普拉姆（Plum Consulting）與東吳大學樊沁萍教授，分別提出頻譜價值估算方法以及競價機制研析與模擬工具，以順利完成委託機關對本案設定之工作項目並達成預期成果。

Plum 已按委託機關指定時程，如期提出對於本次 5G 釋照作業之底價研究工具，其內容包含頻譜價值評估模型，以及可能影響底價之調整因子分析。首先建立我國行動通訊市場現況之數據模型，包含現行頻譜指配狀態、數據訊務量預測、基地臺布建態樣以及行動通訊產業營收趨勢等參數，再針對業者可能對於頻譜資源之需求，採取國際標竿法、計量經濟分析以及成本降低模型等三種方法，評估業者對本次釋出頻譜之價值評估。

東吳大學樊沁萍教授研提競價機制模擬工具，協助提供對於數量階段與位置階段競價之模擬結果，供委託機關參考。藉由樊教授所研議之競價機制模擬工具，得以確保所提之競價機制模擬分析，滿足委託機關制定 5G 頻譜競價機制之完整性、公平性與可操作性。

本研究工作項目 5 為關於 5G 頻譜資源配套之相關規劃，需研議

網路共用與頻率共用等機制開放後，對電信市場之影響。為順利完成本項工作，本中心與 Plum 共同研析電信管理法通過後，放寬 5G 網路共享之情境評估分析工具，藉由分析現有網路共享態樣，包括被動式網路共享、主動式網路共享以及頻率共用等態樣，研析各種共用態樣之特點，再依據業者可能採用之情境進行分析，結合量化與質化方法，提出網路共享、頻譜共用等頻譜彈性運用方式放寬後，對電信市場之經濟影響評估工具。

綜上所述，本研究除執行政策分析外，並採用以下技術與工具，以利完善委託機關對本案之工作目標及預期成果，包括：

1. 頻譜價值估算工具與底價建議；
2. 競價機制模擬工具；
3. 網路共享等型態對電信市場之經濟影響評估工具。

本研究與委託機關充分溝通，促使相關工具使用之情境與模擬前提，能符合主管機關對現有及未來電信市場發展之認知，確保相關分析成果滿足我國市場特性，相關建議能切中政策要點，協助委託機關藉由釋出 5G 頻譜，達成推升我國電信市場發展之政策目標。

三、工作時程

本研究依委託機關招標文件契約規範，自契約生效（2019 年 7 月 1 日）起次工作日 150 日內（2019 年 11 月 28 日）提出期中報告初稿，內容包含工作項目一至五之初步成果，已符合招標文件履約期程要求。期末報告執行階段則依契約生效次日 300 日內（2020 年 4 月 27 日）提出期末報告初稿，內容依據期中審查意見修正前述工作項目一至五，並補充其餘應完成之工作項目，以及辦理 2 場次研討會議之各界意見紀錄綜整。

針對工作項目四之底價研究，則依照委託機關指定日期，於 2019 年 8 月 31 日前提出底價研究與制定之初步研究建議，2019 年 9 月 10 日前提出頻段底價具體建議。

此外，本研究執行過程中，已按照招標文件要求，每 30 個日曆天至少 1 次，每次指派至少 1 位以上具專業知識且經委託機關核可之人員，定期向委託機關報告研究進度及報告撰寫情形，並依委託機關需求於研究範圍內提供個案專題研究，另派駐人員 1 名至委託機關協助辦理相關業務，以及協助委託機關舉辦頻率釋出政策之相關對外諮詢會議與 5G 釋照作業相關工作小組之會議籌備及紀錄撰寫等相關事宜。

本研究之工作時程進度如下。



圖 1-5：本研究工作時程進度規劃

第二章 國際 5G 頻譜規劃與釋出政策研析

第一節 英國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

英國電信監理機構（The Office of Communications，Ofcom）於 2017 年 2 月發布頻譜整備計畫文件⁶，希望藉以滿足對下一代 5G 行動網路服務的應用需求。該份文件中定義低、中及高頻段之不同特性，可用於滿足不同需求。其中，低頻段將可改善行動網路覆蓋範圍，提升用戶使用品質，Ofcom 目前針對 700MHz 頻段持續進行清頻作業，計畫於 2020 年 5 月將 700MHz 頻段釋出 80MHz 作為行動業務使用。

中頻段則用於滿足對於 5G 的傳輸容量需求，歐盟已明定 3.4-3.8GHz 頻段為 5G 主要頻段。英國則已於 2018 年 4 月完成 2.3GHz 和 3.4GHz 頻段之拍賣作業，至於 3.6 至 3.8 GHz 頻段，其中 3605-3689 MHz 頻段已分配給電信服務使用，該頻段業者可透過 Ofcom 協調與現有用戶共用。Ofcom 於 3.6 至 3.8 GHz 頻段將釋出 120 MHz 供行動通訊業務使用。

目前 Ofcom 已針對 700MHz 與 3.6 至 3.8 GHz 頻段完成相關法規修正⁷，並於 2019 年 10 月發布修正競價機制規劃草案之公眾諮詢文件⁸，經由徵詢利害相關人意見後，最終於 2020 年 3 月發布最終決議文件⁹，以期能於 2020 年完成拍賣作業。

⁶ Ofcom(2017), Update on 5G spectrum in the UK, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf (last visited :2019/5/30)

⁷ Ofcom(2019), Statement on the making of certain regulations in connection with the award of 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0029/148880/statement-auction-regulations.pdf (last visited :2019/5/30)

⁸ Ofcom(2019), Consultation: Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands – Revised proposals on auction design, <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/award-700-mhz-3.6-3.8-ghz-spectrum-revised-proposals> (last visited :2019/11/20)

⁹ Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0020/192413/statement-award-700mhz-3.6-

高頻段可支持未來 5G 的新興應用，特別是需要超高速傳輸容量以及極低延遲的應用型態。Ofcom 正積極推動 26 GHz 頻段成為全球一致的毫米波頻段。另外，Ofcom 也規劃將 66-71 GHz 頻段作為 5G 免執照頻段。

目前英國對於低中高頻段釋出頻段與時程如下表所示。

表 2-1：英國頻段釋出彙整表

頻段		說明
Low	700 MHz	預計 2020 年拍賣，目前持續進行清頻作業。
Mid	2.3 GHz 及 3.4-3.6 GHz	已於 2018 年 4 月完成拍賣
	3.6-3.8 GHz	預計 2020 年拍賣
	3.8-4.2 GHz	規劃作為 5G 共享及創新頻段
High	26 GHz	規劃做為試驗及創新頻段
	66-71 GHz	規劃作為免執照頻段

資料來源：本研究整理。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

英國電信市場對於英國整體經濟做出重要貢獻，在 2018 年電信市場營收達到 338 億英鎊。英國每戶家庭平均每個月花費在電信服務費為 83.56 英鎊，相當於每戶家庭的平均收入的 3.3%。¹⁰

1. 固網寬頻市場概況

英國政府現已制定一系列措施，希望在全國境內布建光纖寬頻和 5G 行動技術，用以提升英國在全球網路的國際市場競爭力。

現階段英國的全光纖連接率僅為 4%，落後於許多主要競爭對手

[3.8ghz-spectrum.pdf](#)(last visited :2020/03/16)

¹⁰ Ofcom(2019), Communications Market Report 2019, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0028/155278/communications-market-report-2019.pdf(last visited :2019/11/15)

西班牙 (71%)，葡萄牙 (89%)，法國 (約 28%，且正在迅速增長)，因此英國政府在 2018 年 7 月提出《未來電信基礎設施評估》政策，期望到 2025 年英國全光纖網路可涵蓋 1,500 萬個場所，2033 年時可遍佈全英國所有場所。

截至 2019 年第三季，英國固定寬頻連線數達到 2,680 萬，比 2018 年同期增加了 35 萬 (約 1.3%)。其中英國電信之用戶占全英國固定寬頻連線數達 34.2%，比 2018 年同期下降了 0.7%。然而，在 2019 年第三季，除了非對稱數位用戶迴路 (Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL) 與電纜，其他類型 (包括 FTTx) 的固定寬頻連線數比去年同期增加了 250 萬 (約 22.9%)，佔了固定寬頻總連線數的一半以上 (約 51.4%)。

表 2-2：英國固定寬頻連線數

年度	總數	ADSL	電纜	其他(例如 FTTx)	英國電信零售市佔率
2017	26,043	11,493	5,110	9,440	35.90%
2018	26,586	9,550	5,225	11,810	34.60%
2018 Q2	26,367	10,716	5,173	10,478	35.30%
2018 Q3	26,455	10,137	5,203	11,115	34.80%
2018 Q4	26,586	9,550	5,225	11,810	34.60%
2019 Q1	26,695	8,933	5,250	12,512	34.40%
2019 Q2	26,732	8,438	5,273	13,021	34.20%
2019 Q3	26,805	7,873	5,277	13,656	34.1%

註：單位千條。

資料來源：Ofcom¹¹。

2. 行動通信市場概況

2010 年，德國電信 (T-Mobile) 和法國電信 (Orange) 同意將其英國行動電信業務合併成為現今的英國 EE (Everything Everywhere)

¹¹ Ofcom(2019), Telecommunications Market Data Update, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0028/175582/q2-2019-telecoms-data-update.pdf (last visited :2019/11/14)

電信公司，使英國市場的行動網路服務商（Mobile network operator, MNO）家數從五個減少到四個。2012 年，Vodafone 收購了 Cable and Wireless(C&W)的全球行動電信業務，包括在英國的行動電信業務。2015 年，英國電信同意收購 EE，並在收到競爭與市場管理局（Competition and Markets Authority,CMA）批准後，於 2016 年完成合併作業。2015 年，H3G 同意收購 O2 的英國行動電信業務，可能導致英國行動網路業者家數減少至 3 家，然而此項合併案於 2016 年被歐盟委員會否決。2017 年，H3G 併購英國寬頻公司(UK Broadband)，該公司目前向倫敦市中心約 15,000 名用戶提供固定無線服務。2018 年 12 月 14 日，Ofcom 修正英國寬頻公司持有之頻譜執照規範，使其能使用 3.4-3.8 GHz 頻段。2018 年 5 月，英國電信宣布推出“BT Plus”的新品牌。新品牌將進一步整合 BT 和 EE，消費者可以通過寬頻和付費電視服務購買行動電信服務。

截至 2018 年底，近四分之三（72%）的行動用戶數為 4G，高於一年前的 66%。EE 和 Vodafone 已在英國商轉 5G 服務，自 2019 年 8 月起，H3G 開始商轉 5G 網路服務，O2 則將於 2019 年底開始商轉 5G 網路。

(1)英國批發行動服務

英國目前有四家電信業者（BT/EE、H3G、O2 和 Vodafone）。電信業者擁有自己的行動網路服務，並向民眾提供零售行動電信服務。MNO 還向許多行動虛擬網路業者（Mobile virtual network operator, MVNO）提供行動網路批發出租服務，MVNO 藉此向消費者提供零售行動網路服務。例如，Virgin 向 BT/EE 的網路租用行動網路服務，以便以 Virgin Mobile 的品牌提供零售網路服務。

自 2004 年推出 MVNO 以來，MVNO 用戶數一直呈現穩定成長（如下圖所示）。截至目前，所有四家電信業者至少擁有一家 MVNO

向其租用行動網路。例如，Virgin Mobile 租用 BT / EE 網路，Sky 租用 O2 網路，Lebara 租用 Vodafone 網路和 Id 租用 H3G 網路。Ofcom 認為，四家可靠電信業者的存在，直接影響零售行動網路服務的競爭，因為電信業者是提供零售行動網路服務的主要來源。電信業者於批發市場的競爭，使 MVNO 能夠在主管機關未介入的情況下取得批發網路接取服務。

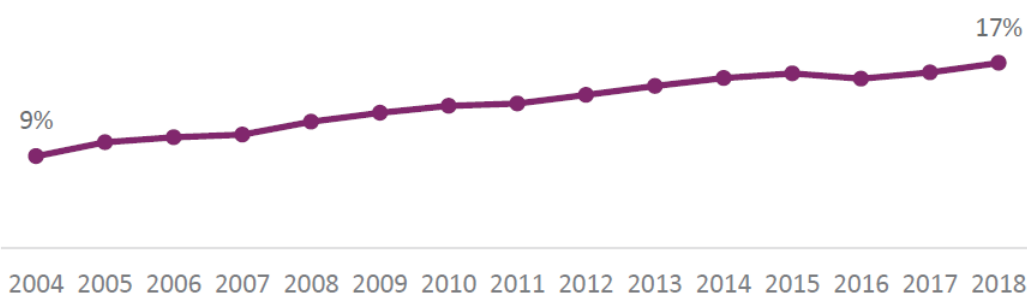


圖 2-1：英國 MVNO 用戶數占整體行動市場用戶比率

資料來源：Ofcom

行動網路業者批發市場的市占率，可透過 MVNO 用戶數加以分析。H3G 和 O2 的批發市場市占率於 2011 年至 2018 年第二季之間呈現增加趨勢，而 BT / EE 和 Vodafone 的批發市場占有率則下降。

O2 於 2018 年第二季的批發市場市占率超過了 BT / EE，為批發市場內市占率最高的業者，市占率達 34%，其次是 BT / EE 之 32% 次之，再其次是 Vodafone (22.2%) 和 H3G (12%)。如下圖。

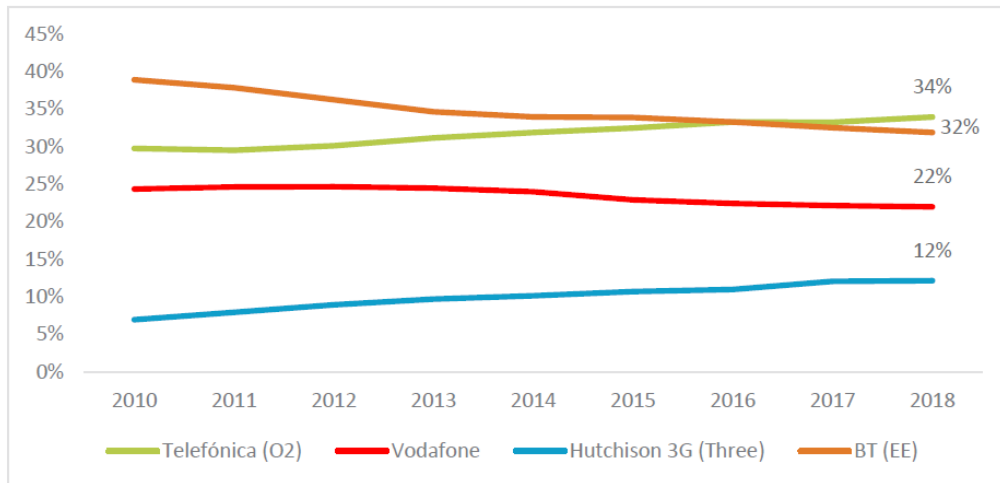


圖 2-2：英國電信業者批發網路市場市占率

資料來源：Ofcom¹²

(2) 英國零售行動服務

英國零售行動電信市場主要由四家電信業者瓜分，批發和零售行動市場之間的差異凸顯了出租給 MVNO 的影響。例如，BT / EE 和 O2 之批發行動市場市占率各占約三分之一左右。然而，就零售行動市場而言，O2 和 BT / EE 的市場占有率差異更為明顯。截至 2019 年第二季，O2 在零售行動業務中市占率最高，達 31%，BT / EE 的零售行動市場占有率為 26%。因此代表 BT / EE 比 O2 實際上擁有更多的 MVNO 用戶。

¹² Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands-Annexes, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0017/192410/annexes-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf (last visited :2020/03/18)

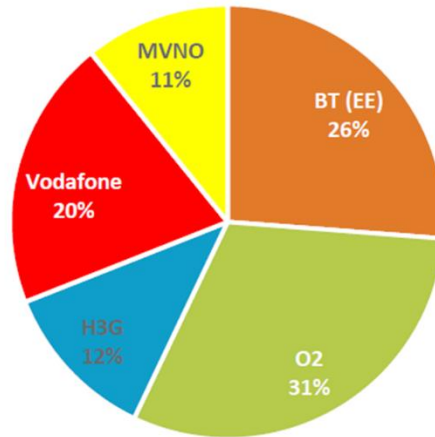


圖 2-3：英國 2019 年 Q2 四家電信業者零售行動市場占有率

資料來源：Ofcom¹³。

註：此處為納入 MVNO 用戶之情況。

赫氏指標 (Herfindahl-Hirschman index, HHI) 用於衡量零售行動服務市場的集中程度。英國的 HHI 在 2017 年為 0.280，而後在 2018 年仍維持於此水平。英國的零售市場集中度最後一次重大變化發生於 2010 年，當時 T-Mobile 和 Orange 合併為 EE 電信公司，造成 HHI 指標從 2009 年 0.229 躍升至 2010 年 0.304。

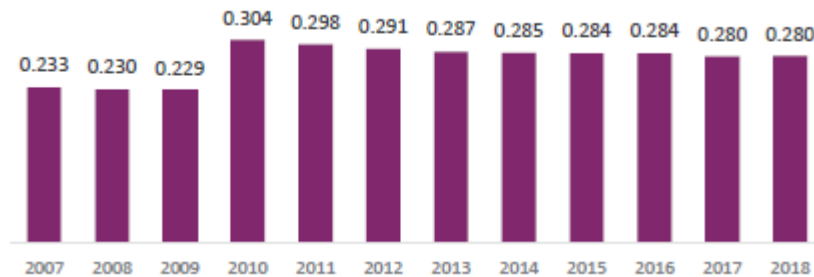


圖 2-4：英國電信市場集中度

資料來源：Ofcom。

¹³ Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands-Annexes, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0017/192410/annexes-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf(last visited :2020/03/18)

(3) 行動通訊營收

英國行動通訊營收於 2013 年至 2014 年呈現穩定趨勢，不過，在 2018 年行動通訊營收急速下降至 146 億英鎊。近年來，行動通訊營收結構發生變化，套裝服務在行動通訊營收所占比例從 2013 年 52% 上升至 2018 年 75%。

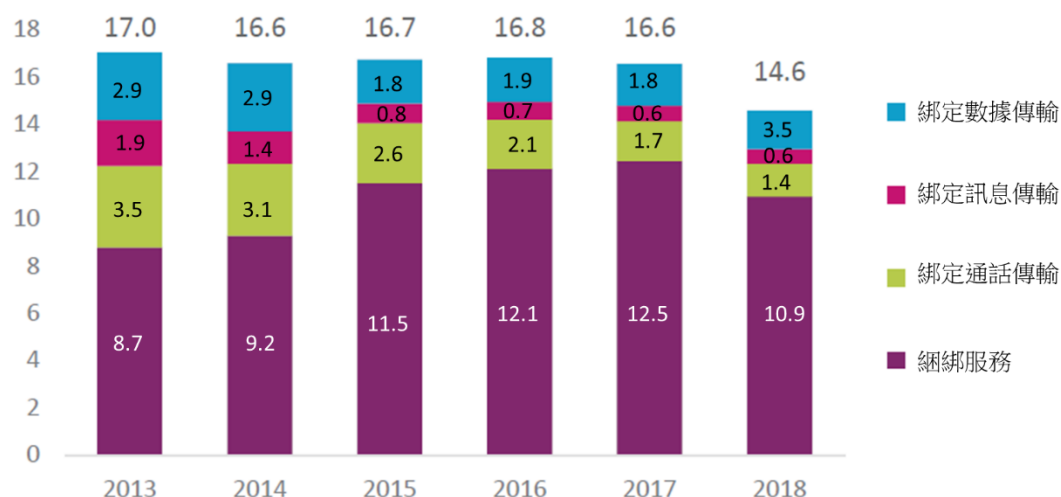


圖 2-5：英國行動通訊服務營收

單位：十億英鎊

資料來源：Ofcom¹⁴

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

英國計畫於 2020 年拍賣 700MHz 及 3.6-3.8GHz 頻段，預計釋出 200MHz 頻寬，英國過往使用過之頻譜拍賣機制有兩種形式，分別為組合價格鐘（Combinatorial Clock Auction, CCA）與同時多回合上升拍賣（Simultaneous multiple-round ascending, SMRA）。Ofcom 於 2019 年 10 月 28 日提出 700MHz 及 3.6-3.8GHz 拍賣設計規則變更諮詢文件，競價機制由原本的 CCA 變更為 SMRA 拍賣機制，其變更拍賣形

¹⁴ Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands-Annexes, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0017/192410/annexes-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf(last visited :2020/03/18)

式的主要原因在於，電信業者在 2018 年 12 月主管機關提出的諮詢文件中回應表示，SMRA 拍賣機制對於執行者與參與者而言均較為簡單，且降低產生意外風險，對於競標者在提交投標書時能具有較大的明確性，另一方面，對於預算有限的競標者，其對於拍賣所需支付的價格更能有效掌握。

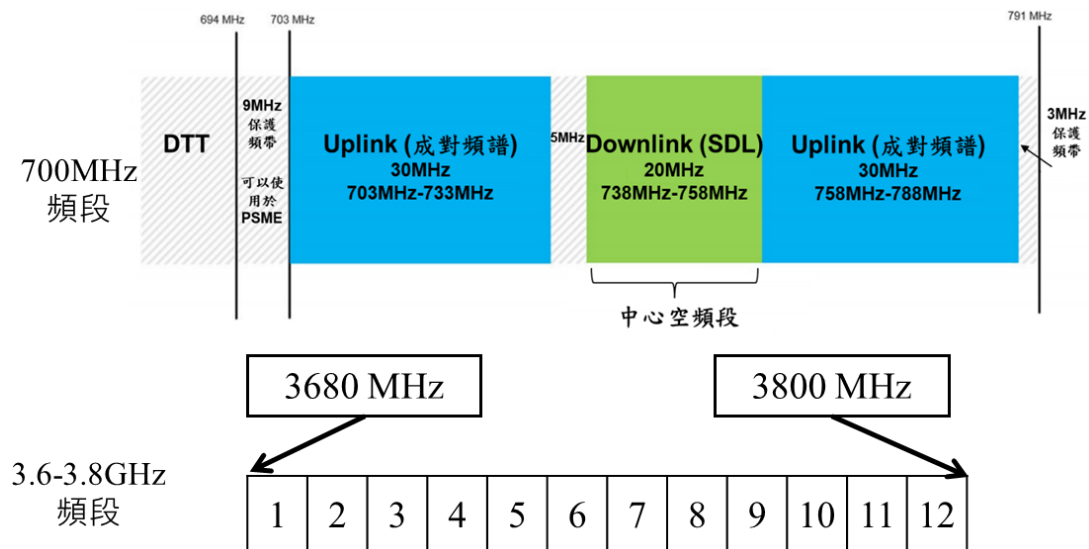


圖 2-6：英國 700MHz、3.6-3.8GHz 頻譜規劃圖

資料來源：Ofcom。

此次拍賣採用電子拍賣系統（Electronic Auction System, EAS），可在網路瀏覽器上執行，不需要額外安裝軟體或硬體，僅需提供申請人的身分驗證憑據，即可透過網路進行線上投標。

(1) 競價機制選擇

SMRA 拍賣過程分為首要階段（Principal Stage）與指派階段（Assignment Stage）。

- 首要階段：主要決定得標者之每個頻段的頻譜數量以及得標者每個頻塊所需支付的價金。當競標者在拍賣回合中沒有新的出價，也無發生棄權，首要階段結束。當首要階段結束，最高的出價者將支付得標頻塊的價金（包括轉讓階段之後產

生的額外價金)。

- 指派階段：決定頻譜位置。指派階段採單一回合次高價密封式投標，在各得標者對各頻塊出價之價金加總後，挑選加總後金額次高的組合作為指派頻塊位置順序的依據。採用次高價旨在鼓勵競標者競標頻譜，相比之下，採用最高價格得標的方式，會導致競標者為了降低成本，競標較低價格的頻譜。

SMRA 拍賣的首要階段中，使用資格點數來刺激業者真實出價行為。每位競價者在每回合開始時都會擁有資格點數，可以使用這些資格點對於欲取得之頻塊出價，但每個頻塊都有與之相對應之資格點數，競價者不能對超過自身擁有資格點數的頻塊出價。競價者於任何一回合開始前的資格點數，可以為上一回合剩餘的資格點數（除非競價者放棄出價）。競標者可在不影響其下一回合資格的情況下最多允許三次“棄權”。

競價者第一回合開始前的資格點數數量，將基於其於首要階段前支付的額外押金決定。設計資格點數的理由，主要是限制競價者在拍賣過程初期可能出現刻意擾亂行為，這種行為將使競價者失去其資格點數，並且無法在拍賣後期對更多的頻塊數出價。

在 3.6-3.8 GHz 頻段的指派階段，因部分頻率位置存在既有業者，故可能導致頻率分配不連續的問題。為了避免頻譜破碎化（defragmentation），Ofcom 訂定以下規則：

- 限制措施：針對 3.6-3.8GHz 頻段數量階段結束後之得標者，若其得標頻寬小於 20MHz 時，限制其於指派階段僅可對 3.6-3.8GHz 頻段之上界（頻率位置自 3680MHz 起算）或下界（頻率位置達 3800MHz）出價。
- 協商機制：設定 4 週的協商時間，

- 一致同意：前三週所有得標者達成共識，並不再進行投標。
- 部分同意：若仍無法達成一致同意，再增加一週協商期。部分得標者在協商階段達成共識，例如雙方皆保證有意願在相鄰頻率，則 Ofcom 於辦理後續位置階段競價時，將會考量此一協商結果。但其於指派階段競價之報價視為 0。

如果全部或部分的得標者未能於協商期間達成協議，Ofcom 將於考量協議結果後，修正指派階段的出價位置，再根據出價結果核配 3.6-3.8 GHz 頻率。

(2) 競價區塊

根據 2020 年 3 月的聲明文件，最終建議頻塊大小如下：

- 700 MHz FDD：頻塊大小設定為 2x5 MHz，以提供競價者彈性使用該頻段，並能與標準設備頻寬相容。
- 700 MHz SDL：頻塊大小設定將會影響競價者競標得欲取得頻譜之風險，鑒於市場需求的不確定性，為防止競價者競標到無預期頻譜之風險，頻塊大小最終決議設定為 5 MHz。
- 3.6-3.8 GHz：為了提供頻譜彈性化使用，並讓競價者可選擇理想頻譜，頻塊大小設定為 5MHz。

在 3.6-3.8GHz 頻段，為了防止價格上漲，根據利害關係人的回覆意見，Ofcom 最終決定最低競標數量為 10MHz（兩個頻塊），以防止價格驅動的風險。

英國 2020 年即將要進行的 700MHz 與 3.6GHz 頻段拍賣作業，Ofcom 最終決議提出競價區塊如下表¹⁵：

¹⁵ Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0020/192413/statement-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf(last visited :2020/03/16)

表 2-3：英國 700MHz 與 3.6GHz 競價區塊

頻段類別	區塊數
2x5 MHz 700 MHz FDD	6 塊
5 MHz 700 MHz SDL	4 塊
5 MHz 3.6 GHz	24 塊

資料來源：本研究整理。

(3) 資格點數

資格點數可使用於不同類別的頻段，適用於 SMRA 拍賣的首要階段。每回合針對各頻段使用資格點數出價時，需要遵循活動規則 (Activity Rule)，競價者的資格點數多寡限制了每回合的競價次數，若僅使用資格點數，則會限制競價者對不同類別頻譜的出價。

每回合競價者使用的資格點數不能超過該回合競價者的資格限制 (eligibility limit)，為了評估競價者是否符合資格規定，首先會在回合中計算競價者的資格限制，並在每一回合中給定每位競價者的資格限制；在第一回合中，資格限制將取決自競價者額外押標金的金額，而後的回合中，若未發生棄權情況，競標者的資格限制將等於前一回合中競標者使用的資格點數

競價者在每一回合中使用的資格點數計算如下：

- A. 競價者在這一回合中競標所有頻塊的資格點數總和；
- B. 競價者在該回合中未針對特定頻塊進行投標，則競價者在最近一回合結束時，在所有競標頻塊中具有最高出價金 (standing high bid) 的資格點數之總和。

在各頻段之間的資格點數比率也會影響競價者的選擇，Ofcom 建議 700 MHz FDD 和 SDL 之間以及 700 MHz FDD 和 3.6-3.8 GHz 之間每 MHz 之資格點數比率為 2：1，若設定差異較大之比例 (例如 4：1)，可能會造成頻率間的替換更加困難。

Ofcom 根據各頻段特性，700MHz 與 3.6GHz 頻段的資格點數最終設定為下表所示。

表 2-4：英國 700MHz 與 3.6GHz 頻段資格點數

頻段類別	資格點數
一個 700 MHz FDD 頻塊 (2x5MHz)	4 點
一個 700 MHz SDL 頻塊 (5MHz)	1 點
一個 3.6 GHz 頻塊 (5MHz)	1 點

資料來源：本研究整理。

2. 底價

Ofcom 通常採用兩種保守的方法設定底價¹⁶，分別為：

- (1) 設定低底價，不過，金額必須達到一定水準，以避免無謂的冗長競價。
- (2) 設定實質上低於市場價值基準的最高底價。

頻率底價設定過低，可能導致競價結果出爐時，價金結果過低，並可能讓競價者聯合出價；另一方面，若頻率底價設定過高，會阻礙競價者參與投標，導致流標的風險。因此，設定底價時，需衡量底價是否合乎市場上的實際價值，以減少競價者聯合出價及競價者參與競價的意願降低的風險。

在 2020 年 Ofcom 公布的聲明文件中訂定 700MHz 與 3.6-3.8GHz 的底價如下：

(1) 700MHz FDD

Ofcom 研究了五個歐洲（芬蘭、法國、德國、冰島與義大利）700MHz 和 800MHz 拍賣結果價金，做為設定 700MHz FDD 頻段底價之參考，於 2019 年的諮詢文件提出 700MHz FDD 頻段 2x5MHz 的

¹⁶ Ofcom(2018), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0019/130726/Award-of-the-700-MHz-and-3.6-3.8-GHz-spectrum-bands.pdf (last visited :2019/11/1)

底價應介於 1 億至 2.45 億英鎊之範圍。但考量 700MHz FDD 頻段市場的不確定性，為了降低頻譜未售出的風險，且讓小業者也能參與競標，Ofcom 最終決定將 700MHz FDD 頻段 2x5MHz 的底價訂於每頻塊 1 億英鎊。

(2) 700MHz SDL

在 700MHz SDL 頻段上，Ofcom 從 2019 年 10 月提出諮詢文件以來，Ofcom 尚未找到在國際市場上有適合作為評估該頻段底價之基準，因此採用設定低底價的方式，將該頻段的底價設定為每 5MHz 為 100 萬英鎊。

(3) 3.6-3.8GHz

Ofcom 考量之前 3.4-3.6GHz 頻段拍賣訂立的底價並未造成頻段未售出，建議底價範圍不應設立諮詢文件提出 3.6-3.8GHz 頻段底價設定每 5MHz 頻寬為 1,500 萬至 2,500 萬英鎊之下限，也不建議設定上限來阻礙小業者參與競標的機會，故採用該範圍的中間點，該頻段的底價最終設定為每 5MHz 為 2,000 萬英鎊。

表 2-5：英國 700MHz 與 3.6GHz 各頻塊拍賣底價

頻塊類別	一頻塊頻寬	底價
700MHz FDD	2x5MHz	1 億英鎊
700MHz SDL	5MHz	100 萬英鎊
3.4-3.6GHz	5MHz	2,000 萬英鎊

資料來源：本研究整理。

3. 標金繳納方式

Ofcom 設定資格點數與押標金連動，申請參與競價者於申請階段，必須繳交首次押標金 10 萬英鎊。不符合申請資格的申請人，Ofcom 將退還首次押標金，只有符合資格的申請人才得以參加拍賣。

而後進入拍賣階段前，申請參與競價者需另外支付押標金，以換取相對應之資格點數。Ofcom 規定競價者需支付額外押金至少 90 萬

英鎊，並於第一回合拍賣前付清，若無付清將沒收競價者的所有款項（包含首次押標金），且取消此次競價資格。此外，在拍賣過程中的任何時候，Ofcom 有權要求競價者增加押標金，其金額可等於競價者目前為止最高投標之金額。若競價者未按 Ofcom 要求增加押標金，則不允許在首要階段的下一回合進行投標，也無法在指派階段提交指派階段表單，指派階段所出價金額一律視為 0 英鎊，也將無法參與後續的談判階段。

在首要階段結束時，得標者須支付得標頻塊的總基價（base price）的押標金，若未如期支付，將不允許參與指派階段，指派階段所出價的金額一律均視為 0 英鎊。在指派階段時，得標者超過一位，需在指定期限內繳交押標金，才能進入後續談判階段。上述繳交押標金的期限，Ofcom 將會公布於網站上。

資格點數之計算方式，有分成以下四種形式：

- (1) 若競價者存入的金額（包括首次押標金及額外押標金）在 400 萬英鎊以下，則將押標金額除以 100 萬後得到之整數，即為競價者所擁有的資格點數。
- (2) 若競價者存入的金額（包括首次押標金及額外押標金）在 400 萬英鎊以上，但小於四億八千四百萬英鎊，則將資格點數計算方法如公式所示：

$$E = 4 + \left\lfloor \frac{D - 4,000,000}{20,000,000} \right\rfloor$$

- (3) 若競價者存入的金額（包括首次押標金及額外押標金）在四億八千四百萬英鎊以上，但小於十億八千八百萬英鎊，則將資格點數計算方法如公式所示：

$$E = 28 + 4 \times \left\lfloor \frac{D - 484,000,000}{100,000,000} \right\rfloor$$

(4)若競價者存入的金額(包括首次押標金及額外押標金)在十億八千八百萬英鎊以上，則資格點數為 52。

上述公式中 D 為押標金，E 為資格點數，計算後之整數，即為申請者所擁有的資格點數¹⁷。

(三)權利義務及限制

1. 頻譜取得上限規範

Ocom 設定單一行動業者取得頻寬上限比例為釋出總頻寬 37%，此上限設定與 Ofcom 在 2018 年頻譜拍賣中設定的比例一致。

頻譜持有上限將限制行動業者在拍賣後最多能取得釋出總頻寬 37% 之頻譜資源。因此，部分行動業者可得標頻塊資源將有限制，例如，英國目前頻譜資源持有數量最多之業者 BT/EE 於本次釋出頻譜將無法取得超過 120 MHz 的頻寬。

2. 得標者義務

Ofcom 於 2018 年 12 月諮詢文件提出¹⁸釋出頻譜中需納入布建義務，並要求頻譜執照持有人在四年內達成布建義務包括：(1)英國境內需提供高品質的戶外涵蓋率達 90% 以上；(2)布建至少 500 個新的行動基地臺；(3)在至少 140,000 地區提供新的網路覆蓋範圍。

在 2020 年 3 月，Ofcom 之決議指出，此次拍賣不需納入布建義務，因英國四家電信業者已自願與政府簽訂「偏鄉網路共享計畫」，

¹⁷ Ofcom(2020), Statement on the final draft of the Regulations for the award of spectrum in the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz frequency bands-Notice of Ofcom's final draft of the Wireless Telegraphy (Licence Award) Regulations 2020, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0018/192411/auction-regulations-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf(last visited :2020/03/18)

¹⁸ Ofcom(2018), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0019/130726/Award-of-the-700-MHz-and-3.6-3.8-GHz-spectrum-bands.pdf (last visited :2019/11/1)

該計畫旨在透過共享基礎設施來改善行動網路覆蓋範圍，相較於 2018 年擬規劃透過頻譜拍賣設定的布建義務相比，能提供更好的覆蓋範圍。

英國四家電信業者也同意更改 900 MHz 和 1800 MHz 的執照條件中的布建義務，以新的布建義務（偏鄉網路共享計畫¹⁹）來實現涵蓋率的承諾。其偏鄉網路共享計畫的布建義務包括：(1)四年內每家電信業者涵蓋率要達到 88%；(2)六年內每家電信業者要實現至少 90% 的涵蓋率，包括在英國無訊號的區域至少提高 1% 的覆蓋率、盡可能布建基地臺以拓展區域至住家以及辦公區域的覆蓋率、在道路、住家以及全國需達到最低覆蓋率門檻限制。

3. 頻率使用期限

Ofcom 規劃本次拍賣 700MHz 與 3.6GHz 頻段的執照期限，將與 Ofcom 之前的頻譜釋出一致（例如 2018 年頻段在 2.3 和 3.4 GHz 頻段的拍賣），Ofcom 規劃釋出執照相關規定為：

- (1) 無限期執照。
- (2) 當得標者支付執照費用後（初始執照費用將通過釋照程序確定），執照將於釋照結束後發出。
- (3) 3.6-3.8 GHz 頻段執照期限為自核發執照之日起算 20 年內均可使用。在 700MHz 頻段執照，預計於 2020 年第二季核發執照，原因為該頻段的執照許可相關規定目前較不完整，該頻段在得到執照許可之前不可用於行動業務。Ofcom 認為設定的執照期限 20 年應足夠使業者獲得適當的投資回報。

在某些理由下（例如執照許可人同意、不支付或延遲支付執照費、違反任何執照許可條款、違反拍賣規定、違反交易規定、或基於國家

¹⁹ Ofcom(2020), 2020 Coverage Obligations - Notice of compliance verification methodology, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0031/192919/notice-of-compliance-verification-methodology.pdf(last visited :2020/03/24)

安全、或為遵守國際協議或在政府另外規定時)，主管機關可以在執照期限屆滿前廢止執照。

4. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

Ofcom 修訂 2011 年無線電報規則中的行動交易規範，允許釋出頻譜執照可進行交易，其中包括 2020 年拍賣的 700MHz 與 3.6-3.8GHz 新釋出頻段。根據 Ofcom 政策規範，相關頻譜將可進行交易或轉讓，但不可出租。

5. 其他釋照政策規劃重點

Ofcom 現階段考慮在 700MHz 和 3.6-3.8GHz 頻段內的執照持有人於得標後一定時間內啟用頻段，否則主管機關將有權廢止執照。但現階段暫不列入的原因如下：

- (1) 難以定義何為「使用」、強制交易是否列入使用以及廢止執照的原因為何等等因素。
- (2) 業者頻譜未使用的原因，可能為技術不成熟或者是尚未達到合適的商業時機等合理因素。

增加此義務可能適用於促進業者使用頻譜，但對於消費者來說未必有利。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

英國電信業者 O2 和 Vodafone 於 2019 年 7 月已簽訂一份網路共享協議，用以加速 5G 網路布建並降低布建成本。根據該協議，兩電信業者之間需在大都會城市地區的 25% 基地台上安裝自己的設備，並在其他站點共享一些設備。

Ofcom 認為行動業者共享主動式天線將會面臨很多困難點，因

為不同行動業者之間具有不同的布建策略，在網路共享上也存在一些技術障礙，但從長遠來看，網路共享對於行動業者而言，帶來了成本效益並加快網路基礎設施布建速度。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

在 2018 年 12 月諮詢文件中，Ofcom 認為將偏鄉漫遊納入 700MHz 和 3.6-3.8GHz 的釋照規範是不合適的，但在某些情況下允許漫遊從而為消費者改善訊號的涵蓋範圍，也不排除未來在 700MHz 執照中添加漫遊條件，但該執照的有效期限至少為 20 年。根據 17 個利害相關者的回覆意見，Ofcom 於 2020 年 3 月的聲明文件中仍指出並未規劃將偏鄉漫遊納入 700MHz 和 3.6-3.8GHz 的釋照規範，但不排除未來在 700MHz 執照中添加漫遊條件。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

Ofcom 於 2019 年提出一份確保無線通訊創新使用之決議文件²⁰，建議 3.8-4.2GHz、1800MHz 與 2300MHz 採取與既有業務共享接取方式，並針對既有已釋出給行動通訊之 4G 頻段，設計以地理區隔方式共用頻率之型態，若 MNO 於特定區域未使用 4G 頻段時，申請者得向主管機關申請採地理區隔使用之方式，與既有 MNO 共用該頻段，不過，英國此種作法與我國對於頻率共用指涉為行動通訊業者間頻率共用之型態略有差異，因此實際上英國現階段並未開放兩家行動通訊業者共用其透過競價取得之頻譜資源。

4. 容量批發（MVNO）之規劃

現今行動業務的零售競爭在於 MNO 和 MVNO 之間的競爭。一些 MVNO 針對特定類型的客戶。例如，Lebara 和 Lycamobile 其產品

²⁰ Ofcom(2019), Enabling wireless innovation through local licensing, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf(last visited :2020/03/25)

重點放在較便宜的國際電話服務。Sky、iD 與 Virgin 業者用戶數量逐年增長，儘管 Sky 和 iD 增加的幅度較小，如下圖所示。另一方面，TalkTalk 在 2018 年 3 月宣布，預計於 2019 年初完全停止 MVNO 營運。根據 Enders 市場分析，固網 MVNO 在 2018 年初淨增加率顯著提高。然而，固網 MVNO 在 2018 年第二季的淨增加率下降至 46%。Sky 和 Virgin 繼續在 2018 年第二季度表現良好，Sky 淨增加率達到 30% 左右，而 Virgin 淨增加率提升至 15%。

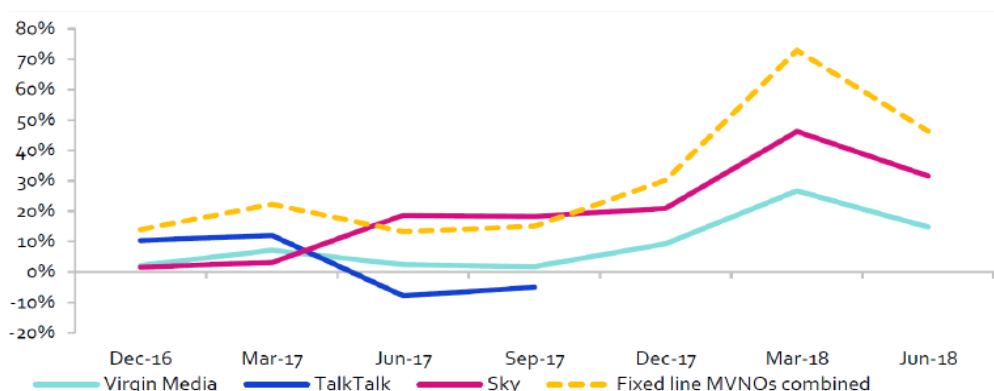


圖 2-7：英國 MVNO 淨增加率

資料來源：Ofcom²¹。

由於英國主管機關開放 MVNO 型態已有一段時間，且市場上有為數眾多的 MVNO 相互競爭，因此主管機關並未特別針對 MVNO 設定特殊規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

英國數位、文化、媒體暨體育部（Department for Digital, Culture Media & Sport, DCMS）於 2016 年宣布推出 5G 測試平台及試驗計劃，該計畫投資超過 10 億英鎊推動英國數位基礎設施。2017 年，5G

²¹ Ofcom(2018), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/130737/Annexes-5-18-supporting-information.pdf (last visited :2019/11/1)

測試平台及試驗計畫被視為核心，鼓勵各種大範圍地理區域與垂直市場進行測試平台及試驗，該計畫 5G 技術布建主要依循幾個主要目標：

1. 促進英國市場發展與 5G 技術及基礎設施布建。
2. 鼓勵外來投資，為企業創造新機會。
3. 確保英國在未來 5G 產品、服務及應用發展的能力，與技術投資及布建存在領先者優勢。

該計畫主要是協助產業了解未來 5G 網路發展下，新技術布建將面臨之挑戰。目前該計畫已經投入 2 億英鎊，且已成功推動：

1. 與英國地形量測局共同發展 5G 對應計畫。
2. 投資 1,600 萬英鎊用來建設英國 5G 測試網路。
3. 成立 5G 創新網路部門。

DCMS 於 2018 年 3 月宣布第一階段 5G 測試平台及試驗比賽之六個得獎專案，此六個專案是由中小企業、大學及地方主管機關主導，測試 5G 應用於不同領域。該計畫自 2018 年至 2020 年進行試驗，該六個專案如下所示：

1. 5G Rural First：為偏遠地區創造完整端對端 5G 測試平台系統。
2. 5G 智慧觀光：讓遊客能在巴斯與布里斯托的主要景點使用擴增實境（Augmented Reality，AR）、虛擬實境（virtual reality，VR）、3D 動態追蹤以及 4K 技術之體驗。
3. Worcestershire 5G 協會：將 5G 與工業 4.0 結合，為製造業提高生產力、機器故障偵查、遠端訓練等，改變企業原有的營運方式。

4. 利物浦 (Liverpool) 5G 測試平台：將低成本的開放性 5G 網路、人工智慧、VR 虛擬實境以及物聯網布建於利物浦貧困社區中。
5. AutoAir：在密爾布魯克 (Millbrook) 進行 5G 自駕車試驗，開發新型自動運數技術。
6. 5G 偏遠地區整合測試平台 (5G Rural Integrated Testbed)：在偏遠地區試驗各種 5G 創新應用。²²

上述專案計畫英國目前仍在進行中，專案推行地區如下圖所示。

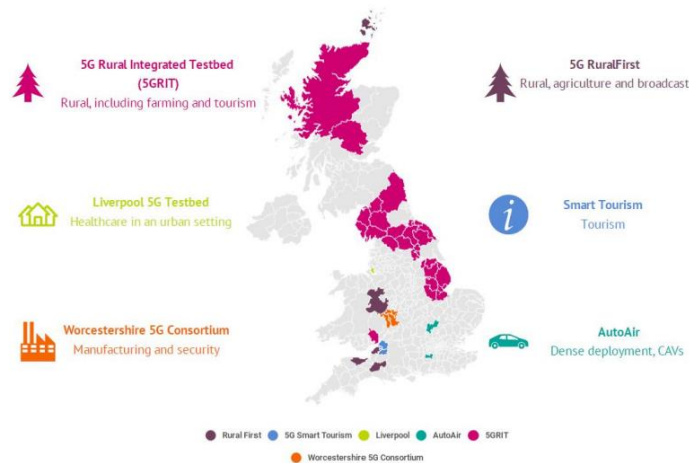


圖 2-8：英國 5G 測試平台及試驗計畫之第一階段計畫

資料來源：DCMS²³。

英國政府計劃在偏鄉地區建設更高的電話信號塔 (phone masts)，以解決偏鄉地區信號不佳的情況，從而進一步推廣 5G 技術在英國的普及。DCMS 於 2020 年 2 月 20 日宣布補助 3,500 萬英鎊於偏鄉地區互連計畫 (Rural Connected Communities, RCC) 之九個得獎專案，用以提升英國偏鄉地區 5G 通訊的發展和投資。其中有兩個專案用於 5G

²²DCMS(2018), *5G Testbeds and Trials Programme*, <https://www.gov.uk/government/collections/5g-testbeds-and-trials-programme>(last visited :2019/11/6)

²³ DCMS(2018), *5G Testbeds and Trials Programme*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/753531/5GTT_Programme_Update_1_.pdf(last visited :2019/11/6)

工業項目，分別為福特汽車公司和 Zeetta Networks 領導的兩個工業項目，透過 5G 技術來提高製造業生產效率。

與此同時，英國政府也針對創新應用產業（包括電影，電視和視頻遊戲等創意產業）補助 3,000 萬英鎊，用以加速英國 5G 基礎設施的布建。²⁴

(二)垂直場域應用之推動政策

為因應創新應用的發展，英國 DCMS 討論幾種可以滿足現今潛在市場進入者的需求之執照型態，例如頻譜共享機制。包括以下型態：

1. 輕度執照模式 (Light-licensing models)：

透過局部性或預先登記執照方式，允許多個業者透過登記程序及資料庫在全國範圍內業者間共用協調使用頻譜。此模式輕度執照預留部分 5G 頻譜可以讓新進業者可以共享頻譜。

2. 動態頻譜接取 (Dynamic spectrum access)：

該方法透過未使用的 5G 頻譜，提供既有與新進業者接取頻譜之機會，而頻譜主要執照持有者有優先使用權。此模式是一種市場拓展的方法，藉由鼓勵更多電信業者參與，可更有效的 5G 網路。

3. 其他模式：

頻率共享接取機制，多個業者被允許於同一段頻譜資源中營運，可各自協調干擾管理，例如 1800MHz 之保留共享頻段。

綜合上述討論的型態，都將與網路競爭、創新應用以及 5G 布建之間進行權衡考量，然而 DCMS 目前優先考量能確保新的 5G 頻譜達到有效率的使用，並能鼓勵創新應用的發展。

²⁴ DCMS(2020), New £65 million package for 5G trials, <https://www.gov.uk/government/news/new-65-million-package-for-5g-trials>(last visited :2020/03/25)

Ofcom 於 2019 年提出一份確保無線通訊創新使用之決議文件²⁵，建議 3.8-4.2GHz、1800MHz 與 2300MHz 採取與既有業務共享接取方式，有意透過共享機制使用頻率之申請者，需向 Ofcom 申請當地執照，並提供服務所需的位置、頻段與頻寬等資料，以便可在特定位置中使用特定頻率。Ofcom 會評估該頻段內其他執照許可人的干擾問題，並以先到先得的方式核發執照，在避免對其他使用者造成不當干擾之前提下核發頻譜，且設定需求不可超過頻譜供應，有助於保障小用戶可以負擔授予的頻譜。Ofcom 對於 3.8-4.2GHz、1800MHz 與 2300MHz 採共享接取放寬使用之方式，以滿足創新使用之需求，該三個頻段適用之用途如下表所示。

表 2-6：英國共享頻譜適用區域與用途

用途	3.8-4.2GHz	1800MHz 共享頻譜	2300MHz 共享頻譜
專用網路	○	○(窄頻)	○
行動覆蓋(偏鄉)	×	○	部份地點
行動覆蓋(室內)	×	○	○
固定無線接取網路	○	×	×

資料來源：本研究整理。

英國規劃 3.8-4.2GHz 頻段可用於企業專用網路，該頻段也可為固定無線接取網路（Fixed Wireless Access, FWA）提供額外頻寬，以解決現有頻譜的不足，以上兩種應用都需要特定設備才可使用。另外目前英國行動網路與手機已支持 1800MHz 與 2300MHz，因此開放後即可立即使用。Ofcom 透過此種方式，來滿足垂直場域對於頻譜資源之需求。

(三)5G 商轉概況

目前 5G 網路已在英國許多城市相繼商轉，但與 3G、4G 技術一樣，5G 實際覆蓋範圍主要侷限於部分都會區。截至目前為止，英國

²⁵ Ofcom(2019), Enabling wireless innovation through local licensing, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf(last visited :2020/03/25)

在 22 個主要城市已推出 5G 服務，在 2019 年底之前電信業者將拓展至更多城市，讓英國更多市民能使用 5G 網路服務。

在 2019 年 5 月，EE 為英國第一家推出行動網路服務的電信業者，後續 Vodafone、O2 以及 H3G 相繼推出 5G 服務，英國四家電信業者推出 5G 服務日期如下表所示。

表 2-7：英國電信業者 5G 商轉時程

網路	5G 商轉日期	5G 城市
	2019 年 5 月	9
	2019 年 7 月	16
	2019 年 8 月	1
	2019 年 10 月	6

資料來源：5G.CO.UK，last visisted：2019/11/21。

截至 2019 年年底，英國倫敦已有四家電信業者提供 5G 網路服務，但倫敦的 5G 網路覆蓋範圍並非全面（如下圖），在接下來至 2020 年，隨著英國釋出 5G 頻譜，英國倫敦的 5G 覆蓋範圍將會快速增長。

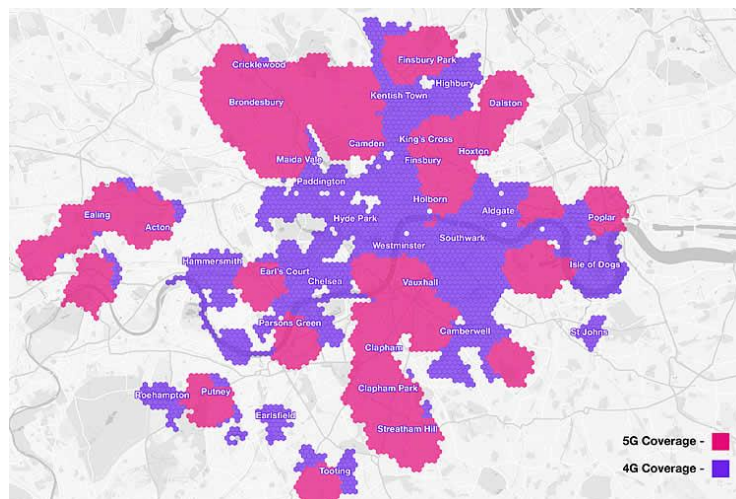


圖 2-9：英國倫敦 5G 網路覆蓋範圍





資料來源：5G.CO.UK，最後瀏覽日期：2019 年 11 月 21 日。

英國每家電信公司都採用了自己的定價策略。EE 採用最傳統的方式以每月 44 英鎊的價格提供 5G SIM 卡服務。Vodafone 則根據網路速度決定相應的費率，每月支付 30 英鎊將提供最快速的 5G 網路服務，但網路速度仍取決於所在位置。H3G 則是提出讓擁有無限上網的 4G 用戶免費提供 5G 連線，然而，其他用戶則需支付每月 22 英鎊的 5G 無線上網費率（與 4G 資費相同），但僅限使用於 SIM 卡。

O2 是英國最後一個進入 5G 行動市場的電信業者，也是唯一一個至今尚未公佈其 5G 資費的行動業者，後續 O2 將提供一系列的資費標準，讓用戶能輕鬆的、公平的使用 5G 網路服務，該費率將不超過 4G 收費標準。

由於英國 5G 中頻段與高頻段頻譜拍賣在即，英國各家電信業者也陸續在英國各地相繼推出 5G 網路服務，至 2020 年，英國 5G 技術將趨成熟。

表 2-8：英國電信業者 5G 資費

電信業者	價格
	每月 44 英鎊
	每月 30 英鎊
	每月 22 英鎊
	未知

資料來源：telecoms²⁶。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

²⁶ Telecoms(2019), EE forced to backtrack on 5G data tariffs, <https://telecoms.com/499367/ee-forced-to-backtrack-on-5g-data-tariffs/>(last visited :2019/11/15)

毫米波頻段提供了更高的頻寬，但與現階段用於行動網路的低頻段相比，訊號穿透力較差。因此，提供毫米波頻段服務的 5G 基地台通常比傳統行動基地台的涵蓋範圍更短（26 GHz 頻段的訊號涵蓋半徑介於 50 公尺到幾百公尺之間），因此通常被稱為“小型基地台（small cell）”。為了使性能最大化，通常將小型基地台安裝在對終端用戶視線可見的位置，例如在街道或建築物上。

歐盟無線頻譜政策小組（Radio Spectrum Policy Group, RSPG）在 2019 年世界無線電大會（WRC-19）期間將 26 GHz 頻段正式確定為 IMT2020 的全球頻段。在 2017 年 2 月，Ofcom 發布一份 5G 頻譜的更新文件²⁷，該文件中表示 26GHz 頻段提供最穩定的連結，英國將啟動一項工作計畫逐步將整個 26GHz 頻段用於 5G。

該工作計畫將考慮既有用戶及其需求，英國目前在高頻毫米波頻段主要用於固定線路、節目製作與特殊事件站臺（Programme Making and Special Event stations, PMSE）、短距離通訊設備（Short Range Devices, SRD）與國防軍事用途，該頻段大致分成兩個部分，如下圖。

1. 國防部目前使用 26GHz 以上頻段（26.5–27.5 GHz）：目前英國國防部使用該頻段較少，因此可使用於布建 5G。
2. 由 Ofcom 管理分配的 26GHz 以下頻段（24.25 – 26.5 GHz）：在英國，已有許多應用使用於該頻段，例如固定網路、節目製作與特殊事件站臺（PMSE）以及短距設備（SRD）。

²⁷ Ofcom(2017), Update on 5G spectrum in the UK, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf(last visited :2020/03/27)

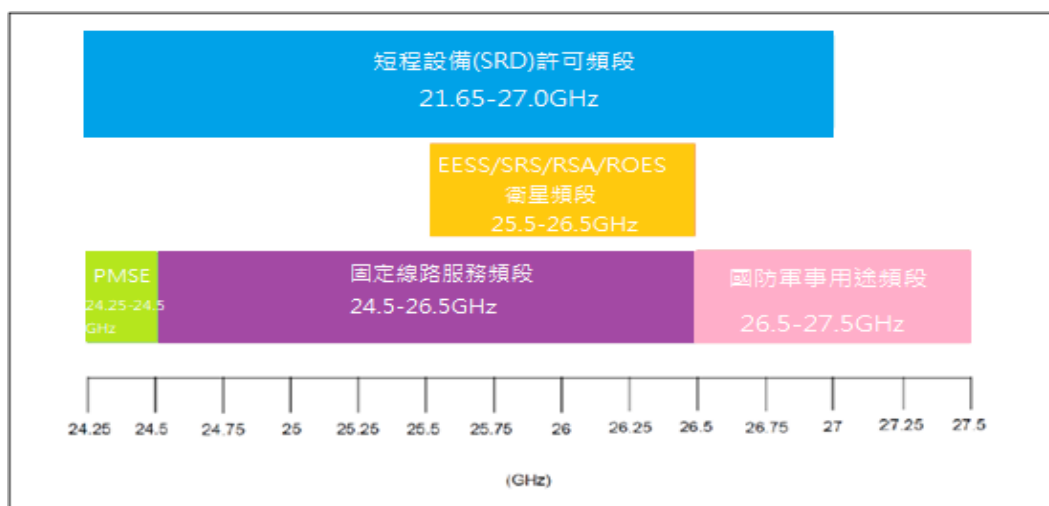


圖 2-10：英國高頻毫米波頻段分配圖

資料來源：Ofcom²⁸

(二) 推動產業政策措施

2017 年 12 月，英國政府發布 5G 策略，並提到期望能將 26 GHz 用於 5G，特別為 26.5-27.5 GHz 頻段使用。

從 2019 年開始，英國開始提供 26.5-27.5GHz 頻段給業者使用於創新試驗。在 2018 年 5 月，Ofcom 開始啟用創新與試驗網站，提供給業者創新與試驗執照，期望業者能在有限的時間內將無線電頻譜用於創新試驗之應用上。²⁹

因此，綜前所述，英國對於推動產業政策發展措施，主要以提供創新實驗頻譜與實驗執照之方式，希冀促進各種創新實驗。

²⁸Ofcom(2017), 5G spectrum access at 26 GHz and update on bands above 30 GHz, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0014/104702/5G-spectrum-access-at-26-GHz.pdf (last visited :2019/6/3)

²⁹ Ofcom(2018), Enabling 5G in the UK, https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0022/111883/enabling-5g-uk.pdf(last visited :2020/3/27)

第二節 愛爾蘭

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

愛爾蘭的 5G 釋照時程與多數國家相比來得更早，其中部分 3.6GHz 頻段已於 2017 年 5 月完成拍賣。部分 26GHz 頻段（24,745-25,277 MHz / 25,753-26,285 MHz）亦於 2018 年 6 月釋出。

雖然 5G 各層面的應用需求還有待成型，愛爾蘭通訊監理委員會（Commission for Communications Regulation，ComReg）對 5G 頻段的主要使用場景和應用已達成以下三個共識：

1. 增強的無線寬頻網路（Wireless Broadband，WBB）的連接。
2. 連接數百萬台終端設備，實現大規模機器類型通信。
3. 彈性、即時性、實現超可靠與低延遲的通信。

就發照目的而言，ComReg 選擇 5G 頻段的前提是該頻段的傳播特性需適合於提供無線寬頻電子通訊（WBB Electronic Communication Service）用途。ComReg 將 5G 頻譜規劃與發照視為其無線電頻譜管理策略（Radio Spectrum Management Strategy Statement）的一環，於 2018 年 12 月提出 2019 到 2021 年的無線電頻譜管理策略諮詢文件，闡明頻率規劃之考量因素包含：國際間頻率和諧使用、歐盟和諧使用的決策、用戶對行動數據的需求、技術進展及頻率可用性（指近期內執照到期即將釋出的頻段）。

ComReg 積極跟隨國際電信聯盟（International Telecommunication Union，ITU）、歐洲郵政與電信管理協會（Conference of European Postal and Telecommunications administration，CEPT）以及歐盟機構（包括無線電頻譜政策組（Radio Spectrum Policy Group，RSPG）和無線電頻譜委員會（Radio Spectrum Committee，RSC））等國際組織發展腳

步，為下一代行動技術定義相關標準和技術，建立監理框架，對於無線寬頻的頻段規劃，參考歐盟 RSPG 的頻譜規劃，分為 6GHz 以上與 6GHz 以下頻段，概述如下。

1. 6GHz 以下的頻段：

愛爾蘭參考歐盟無線頻譜政策小組（RSPG）對於 6 GHz 以下頻譜的意見（RSPG 16-032 和 RSPG 18-005），規劃將 2018 年已發照的 3.6 GHz 頻段和預期釋出頻段（700 MHz 頻段）作為 6GHz 以下 5G 頻譜的一部分：

(1) 確定 3.6 GHz 頻段為 5G 的主流頻段；

(2) 確定需在 1GHz 以下提供可和諧使用的頻段布建 5G，特別指 700 MHz 頻段。

ComReg 於 2019 年 7 月公告 700 MHz FDD、2.1 GHz、2.3 GHz 和 2.6 GHz 多頻段之執照規劃草案諮詢文件³⁰，該諮詢文件列出 ComReg 對相關頻段的釋出建議，其後更進一步於 2019 年 12 月公告「700 MHz FDD、2.1 GHz、2.3 GHz 與 2.6 GHz 多頻段-諮詢文件意見回應和初步決定」。ComReg 預計 700MHz 頻段將於 2020 年完成拍賣。

2. 6GHz 以上的頻段：

參考 RSPG 提出適用於 24 GHz 以上的三個潛在 5G 頻段：

(1) 26 GHz 頻段是歐洲 24 GHz 以上的 5G 先導頻段；

(2) 長遠來看，40.5-43.5 GHz 頻率範圍（“42 GHz 頻段”）是 5G 的可行選擇；

(3) 66-71 GHz 的頻率範圍可以是 5G 的重要頻段，將對其上

³⁰ ComReg (2019), Document 19/59 – Response to consultation and further consultation on a Proposed Multi Band Spectrum Award for the 700 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz and 2.6 GHz Bands.

運行的設備採一般使用許可（非排他性執照的方式）。鑑於 RSPG 在 42 GHz 頻段（長期性）和 66-71 GHz 頻段（目前通過一般使用許可）的決定，ComReg 認為這些頻段目前不需要考慮核發排他性執照。

ComReg 於 2018 年 4 月至 6 月進行 26 GHz 頻段拍賣作業。釋出頻寬達 840 MHz（24.745 – 25.277 GHz/ 25.753 GHz – 26.285 GHz），分別由三家業者得標。每家業者各獲得 280 MHz。依照所得位置，Vodafone 支付 55 萬歐元，而 Three 和 Meteor 行動支付 35 萬歐元。本次競標使用「密封標組合拍賣」（sealed bid combinatorial auction）」並以資訊備忘錄規範流程和規則，該次競標採取次高價得標規範，即密封投標時，競價者無法得知其他競價者之出價金額，由出價最高者得標，但其所需支付價格為該投標的次高價格。

愛爾蘭本次拍賣價金結果約為 500 萬歐元，分為 125 萬歐元的一次性支付費用與 375 萬歐元後續按年支付

26GHz 的 24745-25277 MHz / 25753-26285 MHz 頻率範圍雖已於去年完成拍賣並核發全國性頻譜使用執照。不過 26 GHz 頻段仍有 1,508 MHz 的未使用頻譜，範圍為 24250-24549 MHz / 25445-25557 MHz / 26453-27550 MHz，如下圖所示。

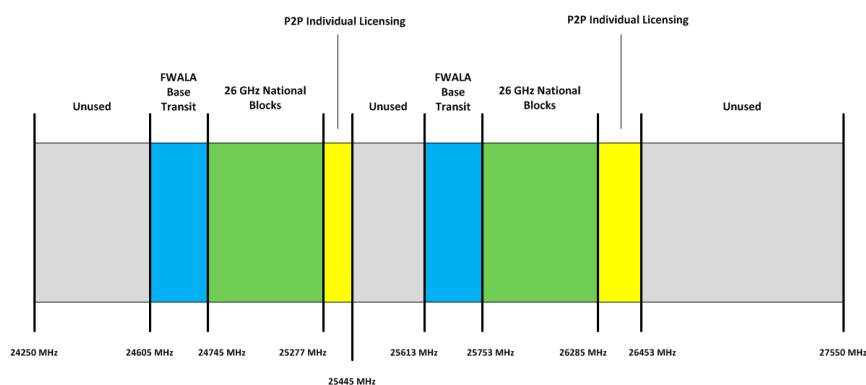


圖 2-11：愛爾蘭 26GHz 頻段之業務分配表

資料來源：ComReg。

整合上述 5G 頻譜資源，ComReg 於 2018 年中發布諮詢文件³¹，初步列出 700 MHz，1.4 GHz，2.1 GHz，2.3 GHz，2.6 GHz 和 28 GHz 頻段做為評估後續釋出候選頻段，考量頻段的傳播特性、國際情勢、頻譜協調程度、近期可用性與該頻段的設備現況，決定將 700MHz、2.1GHz、2.3GHz 及 2.6GHz 納入發照計畫。總共預計提供用於 5G 無線寬頻之頻寬可達 470 MHz。

根據歐盟規範，ComReg 規劃採技術和服務中立的基礎上核發頻譜使用權，因此，新的業者將可以自由地運用其行動與固定無線之頻譜資源組合，採用符合技術與適用頻段的設備。在不限制頻譜使用權用途的前提下，ComReg 希望此舉有助於推動當前 4G 服務的發展和新 5G 服務的提供。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

愛爾蘭行動通信服務市場（包括行動寬頻和語音）有 630 萬行動用戶。在全國範圍內，有三個活躍的行動網路業者（Vodafone，Eir 和 Three）占全國用戶數 90% 以上。其餘 10% 由四家 MVNO 業者（LycaMobile，Tesco Mobile，Postfone 和 Virgin Mobile）瓜分。各家業者的市場占有率列於下表：

表 2-9：愛爾蘭主要行動業者之市占率統計

行動業者	2018 年第 4 季 (用戶數)	2018 年第 4 季 (收入)
Vodafone	38.8%	42.5%
Eir	16.8%	18.5%
Three	35.1%	32.0%
Tesco	6.5%	4.4%
Others	2.9%	2.7%

資料來源：ComReg。

³¹ ComReg (2018), Document 18/60 – Proposed Multi Band Spectrum Award – Preliminary consultation on which spectrum bands to award.

愛爾蘭的幾家業者皆有意推出 5G 服務，但後續在 700MHz 頻段之競價作業，已有整合為三大主要業者的趨勢：

1. Imagine Communications Ireland 為目前市占率最大的無線網路服務業者。該公司在 2017 年 5 月的 3.6GHz 頻譜拍賣中，於所有次都會區均取得 60MHz 的頻譜使用權。
2. Airspan Spectrum Holdings 為 3.6GHz 競價時出現的新進業者，其母公司為美國企業，主要業務包括 4G 無線寬頻業務、智慧電力、交通運輸與公共安全等。於 3.6GHz 拍賣中取得所有城郊區域 A 類頻段的頻譜使用權，得標頻寬達 25MHz，另外也於所有都會區域取得 60MHz 的頻譜使用權。
3. Vodafone Ireland 為 2017 年 5 月的 3.6GHz 頻譜拍賣中取得最多得標頻寬之業者，分別於城郊區域取得 85MHz 頻譜使用權與都會區域 105MHz 頻譜使用權。
4. Three Ireland Hutchison 於本次拍賣取得之頻譜資源達 100MHz，使用區域涵蓋全國。
5. Meteor Mobile Communications，母公司為 Eir，於 3.6GHz 頻譜拍賣中分別取得城郊區域 80MHz 頻譜使用權，都會區域取得 85MHz 頻譜使用權。

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

ComReg 認為在當前各國競逐 5G 發展的前提下，以下監管原則非常重要：

- 對頻譜釋出採取開放、透明和非歧視性的方法，提高與其他執照業者頻譜使用權相關的監管可預測性；且
- 在適當的範圍內，採用一致的方法釋出候選可用頻段，提高監管的可預測性。

關於第一點，ComReg 指出，目前規劃採用多頻段釋出的整體選擇方案，將能確保可用頻段的使用權能有效釋出。使市場具有最大的透明度和可預測性。ComReg 認為，延緩釋出相關頻段使用權將不利於提升監管可預期性。

關於第二點，ComReg 認為審議制無法提高監管可預測性，因為以行政方式決定頻譜核配和費用等關鍵參數時，存在不確定性，尤其是在利害相關人有使用需求上的競爭，資訊不完善的情況下及相關頻譜使用權的期限等將成為問題。相反的，依靠完全市場機制（具有客觀、透明、無歧視和成比例的規則）能夠於多個頻段上分配大量有價值頻譜的使用權，更能有效促進監管可預測性。

此外，ComReg 認為多頻段釋出的選項（其中包括透過包含 TDD 和 FDD 頻譜來滿足上行鏈路和下行鏈路頻寬需求）可促進需求的潛在顯著變化，並納入適當頻譜上限規定，在不會產生極端結果的情況下促進先進無線寬頻服務之導入，更有效的減少執照業者因釋出執照有限的競爭壓力而未能贏得所需頻譜核配的風險。

本研究觀察愛爾蘭對於釋出頻率組合的分析規劃，發現提供充足的頻段選擇有利於最大程度的資訊公開透明，確保了政策的可預測性，同時也能預防業者在單次競標中的非理性行為，因此對於業者競標中非理性行為的預防措施，如資格點數或提高押標金等等，愛爾蘭反而未有著墨。

評估各種頻率執照競標管理方法的選擇時，ComReg 透過法規影

響評估 (Regulatory Impact Assessment, RIA) 分析後提出的方法是「採用布建義務」，讓競標者提前考慮布建義務成本與商業現實競爭成果的最大上限。根據 ComReg 顧問團隊的研究，網路覆蓋率超過 90% 以上時，建設成本將大幅直線上升。若要以 30Mbit/s 的速度實現 99.5% 的地理覆蓋率，所需的網路布建費用將超過 18.60 億歐元，並且須在 2020 年中之後以 19.96% 年複合成長率的網路布建速度才能達到未來 10 年內實現 99.5% 覆蓋率的目標³²。ComReg 認為設定明確的網路布建義務，應可促進並維護拍賣過程中的競爭，從而強化競爭結果來推動網路覆蓋範圍的能力，也可以避免由於認為覆蓋範圍義務過多而導致頻譜權利未釋出的結果。

鑑於 700MHz 良好的無線電傳播特性，700 MHz 頻段是一個特別重要的頻段，可提供廣泛的網路覆蓋範圍，包括偏鄉地區和國內主要交通幹道及路線。700 MHz 頻段已被視為歐洲的 5G 先導頻段。在考慮 700 MHz 的網路布建義務時，ComReg 考慮各種選擇，包括使用「事前規範」和「介入規範」覆蓋義務，其中：

- 「事前規範」布建義務是指其義務不超出各網路業者之間良好競爭市場所預期的承諾標準；
- 「介入規範」布建義務是指可預期會限制網路業者的商業選擇，並迫使網路布建範圍超過競爭性確定的標準。

經過產業界對諮詢文件的討論及專家顧問的建議，ComReg 決定先採取事前規範的網路布建義務，考慮到所收到對於介入規範的支持意見有限，以及快速核發業者 700 MHz 頻率使用權的優點（也包含較早核發其他頻段使用權的頻譜效率和相關的消費者利益），ComReg 決定對布建義務的實施維持預防性的方式，決議採用諮詢文件中的草案建議內容。

³² Oxera(2018), Future mobile connectivity in Ireland, report for ComReg.

關於介入規範干預性涵蓋履約保證義務，ComReg 所委託之專業顧問公司 DotEcon 補充，鑑於目前的高度不確定性，未來 5G 發展將如何影響在建設布建義務範圍上的激勵措施，考慮到 ComReg 日後亦還能透過各種措施干預，因而建議先暫時觀察市場發展。如果隨後出現介入的理由，則主管機關可以制定具體的針對性干預措施，這些措施可以靈活的作為業者的履約承諾。

回顧 ComReg 在 2017 年規劃 3.6G 頻譜釋出時，採核發區域執照，依地理位置與條件分為九個地理區域，包括四個城郊區域與五個都會區域。各執照區域內共釋出兩種頻塊類型，分為 A、B 類，頻率位置 3410MHz 到 3435MHz 的 A 類頻寬 25 MHz (TDD) 的一個實體頻塊。B 類頻塊為 5MHz (TDD) 的虛擬頻塊，共 65 塊，頻率範圍介於 3475MHz 到 3800MHz 之間，總頻寬達 325MHz。每區域釋出之 A 類頻塊與 B 類頻塊合計為 66 個區塊，九個區域共計釋出 594 個區塊。

當時競價方式採用組合價格鐘方式 (Combinatorial Clock Auction, CCA)，競價者在各區域可取得之頻塊數量上限為 150MHz。且為了促進區域內的網路佈建，ComReg 也在競標資格中加入規範，要求執照持有人應於核發執照之日起三年內達到監理機關設定基地臺佈建數量之最低門檻。

愛爾蘭並無資格點數的設計，在 2019 年 ComReg 為 700MHz 等多頻段競標的競標方法設計討論中，因為 2017 年採用 CCA 的經驗以及該競標方式在多頻段組合上的優良彈性，因此，2019 年 ComReg 還是選擇 CCA 為最適合的拍賣形式。CCA 具有以下特質：

- A. 透過競價者對目標頻塊進行組合出價來避免聚合風險，且只有在競價者確定其競價組合包的情況下，才會核配為暫時得標；
- B. 透過允許以下競價者行為降低替代風險：

- a. 可為替代方案提出多次互斥出價（multiple, mutually exclusive bids），並可在其中選擇得標標的及出價價格，確保競價者在最終價格後比其他任何競價者更喜歡自己的出價結果；
- b. 在開放階段因應價格變化可切換出價類別，而不會產生無法接受的投機風險或為削弱競爭對手的策略行為；
- C. 具有足夠的透明度，並為競價者在競價過程中增加集合資訊的機會，從而減輕了對競價者資訊不足的擔憂。
- D. 減輕競價者從策略上降低需求的動機，可能導致分配效率低下並減少提供下游市場服務；
- E. 允許出現價格不一致的可能性，當標的價值已被整合、趨向協同時，支持有效結果的唯一方法，可避免無效率的剩餘未售出頻段；
- F. 通過允許出價者通過補充出價對那些拍賣回合中仍未售出的標的再出價，降低了未有效售出頻塊的風險。
- G. 減輕隱性共謀（destabilises tacit collusion）的風險。

(1) 探討競價機制的選擇

在選擇合適的拍賣形式時，ComReg 認為拍賣機制的首要考量，必須是最有機會實現拍賣機制所欲達到目標的機制，包括以下幾點：

- A. 具有足夠的靈活性，以使競價者可以構建自己的首選組合，而不會面臨聚合風險（Aggregation

risk)，且不會標到不想要的結果；

- B. 減少或避免替代風險，允許競價者在相對價格上漲時能切換出價標的；
- C. 盡可能透明，使競價者可以獲得易於理解的競價資訊，但不會增加投機行為；
- D. 將結果無效的風險降到最低，並使所有競價者都能充分表達其需求，而不會造成過度複雜；
- E. 鼓勵參與該過程，並避免頻譜有效需求存在卻無法售出的結果；
- F. 鼓勵競價者正常競爭，而不參與策略或共謀行為。

在評估各種拍賣形式時，ComReg 認為這次 700MHz 等頻段釋照於在某些釋出頻率間存在替代性或互補性，（無論是在頻段內或跨頻段，因此有必要選擇組合式拍賣機制，故排除 SMRA 和簡單價格鐘拍賣（Simple Clock Auction，SCA）兩種機制，儘管 SMRA 具備價格發現功能，並且可使競價者更能認知頻譜價值，但 ComReg 指出，當競價者進行補充出價時，SMRA 中的聚集和替代風險很高。為了解決此種問題，可以對 SMRA 進行一定程度的修改。但是，修正後並不能完全消除這些風險，甚至可能對競價者造成更大的損失或其他風險。因此，ComReg 認為 SMRA 並不適合。

在列入考慮的組合拍賣形式中，SBCA 是最簡單，最容易被競價者理解的形式。但是，它不提供價格發現功能，也不允許根據競爭對手的需求資訊調整出價。如果某些頻段的價格存在不確定性，或競價者根據價格變化而切換到其他頻段，會使競價者無法對相同頻譜的競爭對手出價做出反應。如果有拍賣標的很多，競價者卻無法為他們希望獲得的組合出價，則 SBCA 還會給競價者帶來困難和風險。

考慮到競價組合中的頻段數量以及各頻段之間相對價值的潛在不確定性，儘管也許會面對複雜性相對較高的情況，但為了解決競價者對拍賣標的物資訊不足的問題，採用開放式組合拍賣形式是合理且必要的。在拍賣機制上，CCA 和 CMRA 的優點是：

- A. 允許包裹式組合出價，消除聚合風險 (aggregation risk)。且允許競價者對另一個選擇進行相斥 (mutual exclusive) 出價，減輕替代性風險；
- B. 具備開放階段，有助於降低競價者因資訊不足導致產生無效結果的風險；
- C. 降低無效的未售出風險，不過條件是競價者提出數量夠豐富的出價數，以反映他們對替代方案的需求。

但是，ComReg 委託的研究機構 DotEcon 指出，由於這次將有很多可用的拍賣標的，對於需求目標數量大的競價者而言，CMRA 可能會面臨挑戰，因為可能需要重新考慮並更新許多次的出價 (CCA 則是要求競價者在補充回合中僅考慮其一次性最終出價)。此外，CMRA 相對新穎，而 CCA 已用於愛爾蘭以前的頻譜發照，尤其是 2012 的行動發照，即將發照的頻段可以與當年使用相同的活動規則，大幅降低學習成本。

鑑於上述情況，ComReg 綜合 DotEcon 對競標方法設計之報告以及之前諮詢文件的業者意見後，決定 CCA 是最適合處理以上概述考慮因素的拍賣形式。

(2) 競價區塊

對於競價區塊的設計，不僅在區塊的大小，包括區塊的組合設計上，2019 年的多頻段規劃釋照作業，ComReg 也評估了包括 700 MHz

FDD、2.1 GHz、2.3 GHz 和 2.6 GHz 多頻段頻譜執照之釋出方式組合，例如於此次釋出執照中是否納入 2.3GHz 頻段？是否納入 2.1GHz？是否納入 1.4GHz 頻段？經過法規影響分析（Regulation Impact Analysis, RIA）對各種情況進行評估³³，包括對於利害相關人的影響，對行動與固網寬頻業者之優缺點評估、消費者及國家整體利益評估，最終決定合適的釋出執照頻段組合。

在區塊大小上，ComReg 初步認為應酌情使用 5 MHz 或 2x5 MHz 的競價區塊釋出，但任何特定頻率競價區塊的大小取決於特定頻段的情況。

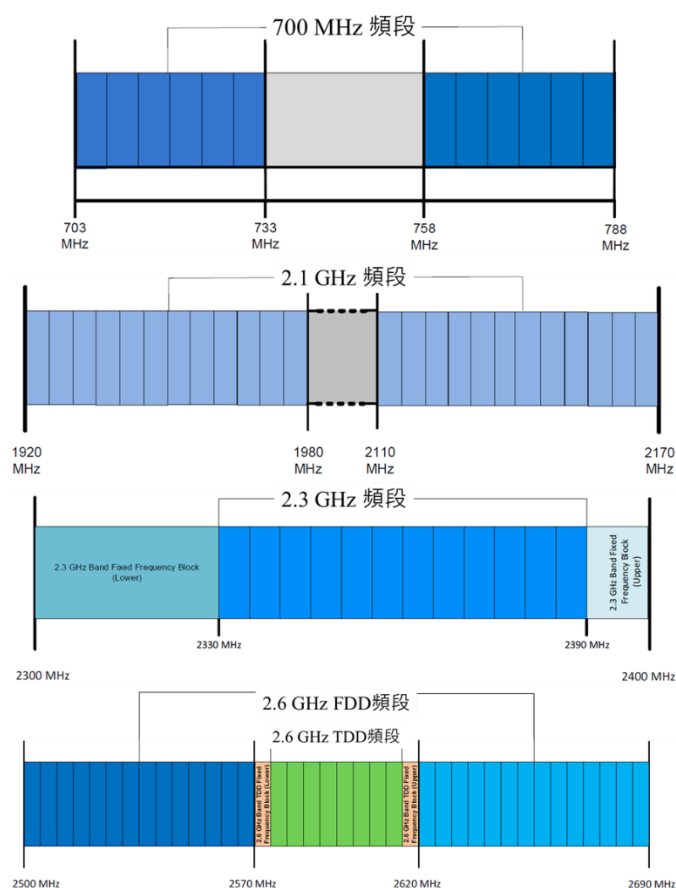


圖 2-12：愛爾蘭 700MHz、2.1GHz、2.3GHz、2.6GHz 頻譜規劃圖

資料來源：ComReg。

³³ ComReg(2019), 19/124, Proposed Multi Band Spectrum Award - Response to Consultation and Draft Decision-The 700 MHz Duplex, 2.1 GHz, 2.3 GHz and 2.6 GHz Bands, Annex: 6 Draft RIAs – Spectrum for Award & Assignment Process, P.388~419.

目前，愛爾蘭規劃作為 5G 重點頻段為 700 MHz，且考慮到歐洲對該頻段的義務，ComReg 將在該頻段規劃整個 60 MHz（即 2×30 MHz）。雖然該頻段仍為愛爾蘭數位電視（DTT）使用。政府相關部門正協助 700 MHz 頻段遷移 DTT 服務的工作，預計 DTT 傳輸網路和 DTT 服務將於 2020 年 3 月在 700 MHz 頻段停止運行。

另外，針對已有使用者的頻段如何轉移，ComReg 在 2017 年的 3.6GHz 頻段釋照過程中，已有透過市場機制來解決拍賣頻段中執照到期日不同的問題之經驗，且透過拍賣中所拍得的市場價格對先前被技術限制的既有許可證進行“就地”自由化。2017 年時，ComReg 對 3.6GHz 潛在 5G 頻段上採取區域執照的方式供業者出價，ComReg 當時認為此方法優於全國性的發照方式。

當年鑑於在九個地區發照的複雜性，ComReg 將 3.6 GHz 的出價流程分為六個階段，包括：1.申請階段，2.資格階段，3.主階段，4.核配階段，5.通知及授予階段，最後是 6.過渡階段。其中主階段及核配階段是主要的拍賣流程。主階段又次分為主要回合及增補回合，分配階段也細分為分配回合及協商期間。ComReg 在主階段選擇了適合在單一流程中銷售多個商品的組合價格鐘（CCA）的競價方式。該方法可為競價者提供靈活性，根據價格變化對不同地區的不同頻譜組合出價。同時也為競價者創造良好的激勵機制，使其能夠對所選頻譜的整體價值出價，並在預期獲得的頻譜數量上競爭。

2019 年對於 700MHz 等各頻段的釋照規劃，ComReg 決定對所有相關頻段都採核發全國範圍的全區執照釋出。

2. 底價

為促進有效的頻譜使用，ComReg 採取國際基準分析方式訂定各區段頻率的底價。業者需支付一次性費用（Upfront Fee，此為競價標金），以及每年支付的頻率使用費（Spectrum Usage Fees）。每年頻率

使用費則參酌愛爾蘭中央統計局公布之消費者物價指數（Customer Price Index，CPI）訂定。

(1) 700MHz

700 MHz 頻段採用國際基準的相對較低價格，參考以競價方式釋出國家的價金，設定底價為 0.38 歐元（人均每 MHz），ComReg 認為此項設定應合適，不會有抑制需求的風險。特別是，基準平均價格 0.38 歐元（人均每 MHz）與 2012 發照的 800MHz 和 900 MHz 頻段的最低價格 0.38 歐元（人均）相同，當時最終價格明顯高於底價。因此，ComReg 認為最低價格 0.38 歐元（人均每 MHz）不太可能限制對 700 MHz 使用的需求。

ComReg 的委託研究機構指出，頻譜供應的顯著增加以及業者目前利用 5G 服務商用獲利的能力有限，這代表 ComReg 預計每 MHz 頻譜價格相對於 2012 年 4G 拍賣的價格更低，過高的底價可能會延遲 5G 服務的推出。

基準設定並非旨在預測最終的得標價格，而只是得出最低價格的保守估計。最終價格（以及頻段之間的實際差異）不是由主管機關決定，而是由競價過程中競價者的互動決定。

(2) 2.1GHz

ComReg 委託 DotEcon 研究 2.1GHz 的國際價金趨勢，整理過去 10 年的所有拍賣結果，DotEcon 對各國 2.1 GHz 頻段釋出的 82 個觀察結果，將英國（2000 年）、德國（2000 年）、法國（2000 年）、義大利（2001 年）和埃及（2007 年）確定為離群值，出於估算基準的目的而將其排除在外。價金保守估計落在 0.33 到 0.48 歐元（人均每 MHz）之間。但是，考慮到過去 10 年缺乏可用的歐洲數據，因而將本次發照規劃之 2.3GHz 和 2.6 GHz 頻段，其國際標竿建議值納入比較，

DotEcon 建議將基準設定為人均 0.2 歐元/ MHz（與最近的歐洲發照價格一致）。ComReg 同意 DotEcon 建議的最低建議價格，即每人每 MHz 0.2 歐元。特別是考慮到 2.1 GHz 頻段與其他潛在替代頻譜之間的基準差異，有必要使用低於建議範圍的標準。

與 2.1 GHz 頻段有關的主要問題是，將最低價格定在相關基準時，是否會面臨抑制需求的風險。但是，ComReg 注意到，0.20 歐元（人均每 MHz）的基準類似於 2012 為 1800 MHz 頻段設定的最低價格 0.19 歐元，該頻段緊鄰 2.1GHz 頻段，當年 1800MHz 頻段之拍賣最終價格明顯高於底價總和。因此，ComReg 認為最低價格 0.20 歐元（人均每 MHz）不可能抑制 2100 MHz 使用權的需求。

(3) 2.3GHz 及 2.6GHz

DotEcon 觀察其他 11 個已發出 2.3 GHz 頻段國家的結果，印度（2010 年）和香港（2011 年）被確定為離群值，出於估計基準的目的將其排除在外。DotEcon 指出，在 2.3 GHz 頻段中，可用於發照參考的數據很少，但是 2.3 GHz 頻段在不久的將來應該具有與 2.6 GHz 頻段相似的特性和使用可能性，希望這兩個頻段可以互相替代，所以可設定類似的參考值。DotEcon 的保守估計是價格將落在 0.03 到 0.08 歐元之間，而 0.04 歐元則是 2.3 和 2.6 GHz 頻段的最低價格。

ComReg 同意每 MHz 0.04 歐元的最低價格是 2.6 GHz 和 2.3 GHz 頻段的適當基準，ComReg 還指出，人均每 MHz 0.04 歐元的基準大大低於英國 2018 年的 2.3 GHz 頻段的人均最終價格每 MHz 0.078 歐元。該價格也低於 ComReg 之前發照 3.6 GHz 頻段的最終價格，該執照是採 TDD 基礎分配，並且傳播特性較差。因此，ComReg 認為人均每 MHz 0.04 歐元的最低價格不太可能抑制對 2.3 GHz 和 2.6 GHz 使用權的需求。

ComReg 認為，頻譜標金應採兩部分的費用結構，該結構由前期

SAF 和持續的頻率使用費 (Spectrum Access Fee, SAF) 和持續的 SUF 組成，原因如下：

- A. 在執照效期內持續支付 SUF 費用，將鼓勵執照業者考慮整個執照效期內持有使用權的機會成本；
- B. 每年實際的資金流出（即 SUF）將提供比單獨的機會成本有效利用頻譜的動機更強；
- C. SUF 鼓勵有效利用全期間之指配，而非尋求頻譜交易制度的部分轉讓；
- D. SUF 鼓勵那些不希望保留頻譜、但不希望進行頻譜交易的業者將其歸還給 ComReg。

標金底價分為兩個部分，即底價/最低 SAF 和許可證有效期內的年度 SUF 的總和。因此，需確定如何在預付款和 SUF 持續金流之間劃分比例。

較低的 SAF 代表能夠以較低的前期成本為競價者分配大量頻譜，激勵競價者以低成本獲取大量頻譜，以便在短期內價金最大化，同時確保有效地長期使用。

3.6 GHz 使用了 40/60 的價格比例（即，最低 SAF 為 40%，SUF 為 60%），ComReg 認為該頻段得標者的規模可能較大，且財務實力截然不同，因此設定更高的 SUF 比例。特別是，SAF 和 SUF 之 40/60 分配比例，更適合於鼓勵較小的競價者參進，且不會造成明顯的投機風險。

3. 標金繳納方式

以 3.6GHz 為例，有意參與競價者需向 ComReg 提交具有約束力的申請，以便進入頻譜競價流程，提出申請時需先繳納標金，在需求

未大於供給的情況下，申請人初始出價是繳交其投標頻段的頻譜最低價格來取得該次競價的約束權。

每個頻段的底價包含競價結束時應支付的最低前期費用（SAF）和在首次發照前應支付的年度頻譜使用費（SUF），SUF 一直支付到其執照終止。業者應支付的 SUF 在執照生效之前及隨後的每個週年日之前計算。按每 MHz 人均最低價格進行計算。SUF 同時也會將中央統計局發布的總體 CPI 納入考量。

ComReg 採實際折現率 7.13% 來調整建議執照效期為 15 年的頻段執照淨現值（NPV）。ComReg 還使用了 IMF 的最新愛爾蘭人口估計數 4,961,000 來換算底價。愛爾蘭 2019 年規劃之各頻段底價及年度頻譜使用費如下。

表 2-10：愛爾蘭 2019 規劃之各頻段底價(SAF)及年度頻譜使用費(SUF)

頻段	頻塊大小	時間切片 (time slice)	底價 (歐元)	年度頻譜使用費 (歐元)
700MHz	2x5MHz	1 & 2	7,540,720	1,168,778
2.1GHz	2x5MHz	1	1,376,873	615,147
2.1GHz	2x5MHz	2	1,694,275	615,147
2.3GHz (2300-2330)	30MHz	1	1,013,427	274,082
2.3GHz (2300-2330)	30MHz	2	754,893	274,082
2.3GHz	5MHz	1	227,453	61,515
2.3GHz	5MHz	2	169,428	61,515
2.3GHz	10MHz	1	454,905	123,029
2.3GHz	10MHz	2	338,855	123,029
2.6GHz	2x5MHz	1	454,905	123,029
2.6GHz	2x5MHz	2	338,855	123,029
2.6GHz	5MHz	1	227,453	61,515
2.6GHz	5MHz	2	169,428	61,515

資料來源：ComReg。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

ComReg 透過制度設計，在鼓勵新進業者參與、延伸既有經營者的規模經濟，以及國家寬頻政策發展上取得平衡。

以 3.6GHz 發照為例，發照機制的考量包含：不同類型（都市或鄉村區域）的潛在競價者、潛在競價者的營運規模、既有經營者和潛在的新進入者，及該業者支持國家寬頻計畫的程度。

2. 頻譜取得上限規範

以 26GHz 頻譜拍賣為例，每個競價者可取得之頻率數量上限為五個 2×28 MHz 區塊。在 3.6GHz 拍賣時，單一競價者在各區域內可取得頻段上限為 150MHz。

2019 年在探討 700MHz 等頻段是否應設置頻譜取得上限時，ComReg 先整體檢視目前國內業者持有的頻譜，既有經營者所持有的資源本身具有一定的不對稱性。下表為主要行動頻段在三家既有行動業者間的分布狀態。

表 2-11：愛爾蘭三家既有行動業者頻譜持有狀態

頻段	Three	Vodafone	Meteor
800MHz	20MHz	20MHz	20MHz
900MHz	30MHz	20MHz	20MHz
1GHz 以下總頻寬	50MHz	40MHz	40MHz
1800MHz	70MHz	50MHz	30MHz
3.6GHz	100MHz	105MHz	85MHz
21.GHz FDD	60MHz	30MHz	30MHz
1GHz 以上總頻寬	230MHz	185MHz	145MHz
總頻寬	280MHz	225MHz	185MHz

資料來源：ComReg。

ComReg 指出，頻譜上限的規劃需審視現有頻譜持有量，而不只是擬議發照中可用的頻譜，考慮已經存在的頻譜不對稱性，雖然是為了促進整體市場競爭，設定頻譜上限時需注意該上限不會造成場上其他既有經營者降低不對稱性的機會。所以，ComReg 不認為透過頻譜

上限就能有效的解決頻譜資源的不對稱現象。

ComReg 於 2019 年規劃的發照頻段在現有 1 GHz 以下，有 130 MHz (2x65 MHz)，並在 700 MHz 頻段中提供額外的 60 MHz (2x30 MHz)，總共為 190 MHz (2x95 MHz)。

在確定合理的 1 GHz 以下頻段上限時，同時要考慮頻率未售出的風險。下表從潛在的未售出頻譜數量，及 Three 和 Eir 之間的不對稱性（這兩個業者之間當前持有頻譜量的最大不對稱性）的角度，說明設定各種上限值所附帶的風險：

表 2-12：愛爾蘭設定上限值與未售出頻段及不對稱性之間的關聯

1GHz 以下上限值	未售出(MHz)	不對稱
50	40	0
60	10	0
70	0	20
80	0	40
90	0	50
100	0	60
110	0	70

資料來源：ComReg。

ComReg 的委託研究機構 DotEcon 指出，將頻譜取得上限設為低於 70 MHz (2x35 MHz) 將會留下一些未售出頻譜 (2x5 MHz)，這些頻譜將無法分配給現有業者，如果沒有其他方面的需求，則存在大量無效地未能出售的風險。此外，行動業者對 700 MHz 頻段的需求很大，設置如此嚴格的上限似乎並沒有任何明顯的好處，反而可能過度限制這些頻段上的業務競爭，並留下一些非常有價值的頻譜未被分配。因此 ComReg 初步規劃將這次 1GHz 以下 700MHz 等頻率發照的取得頻率上限設置為 70 MHz (2x35 MHz)。

至於整體行動頻譜上限的規劃，首先，ComReg 認為設置上限的主要目的是確保頻譜權利的分配是由競價者之間的競爭決定，同時確保不在極端不對稱的結果下損害下游競爭。

DotEcon 指出，應考慮以下因素來確定合適的總體上限：

(1) 需根據大量增加可用頻譜的背景因素，來判斷 1 GHz 頻段以上持有量之間的差異，對現有不對稱性的影響將會降低。例如，在 3.6 GHz 發照之前，Three 和 Eir 之間的不對稱性（使用上述定義）為 80 MHz（或當時總頻譜持有量的 20%）。在獲得 3.6 GHz（當時向市場分配 350 MHz 頻譜）之後，Three 和 Eir 之間的絕對不對稱比略為提高，達到 95 MHz，但是占總數量的比重下降到僅為 14%。

(2) 釋出頻寬超過 1 GHz 的數量，將遠遠超過目前業者所擁有 1 GHz 以上頻段的數量（將釋出 470 MHz，相較於 95 MHz 的不對稱數量），因此對競價者設置上限是在確保頻譜分配不會過度不對稱，而非積極介入以影響下游市場。

下表以各種總體上限計算因總體上限組合而導致的剩餘未釋出頻譜，以及 Three 與 Eir 之間的不對稱程度，並以可能情況最不理想之結果為前提假設。

表 2-13：愛爾蘭設定總體頻率持有上限與前二大業者持有不對稱比例之關聯性

總體頻率持有上限	未售出(MHz)	Three 與 Eir 間不對稱程度	不對稱性占 MNO 可用總頻率之百分比
340	20	0	0
345	5	0	0
350	0	10	1%
355	0	25	2.4
360	0	40	3.9
365	0	55	5.3
370	0	70	6.7
375	0	85	8.2
380	0	100	9.6
385	0	115	11.1
390	0	130	12.5
395	0	145	13.9
400	0	160	15.4
405	0	175	16.8
410	0	190	18.3
415	0	205	19.7
420	0	220	21.2

資料來源：ComReg。

ComReg 觀察到以下情況：

- (1) 將上限設置為 380 MHz 以上的標準，將使競價者具備更大的靈活性來對其欲提供服務所需的頻譜組合出價。特別是 DotEcon 指出，隨著可用頻譜的增加，頻譜持有量的絕對差異可能相對不那麼重要。
- (2) 上限為 385 – 395MHz 可能會使不對稱性增加到 130 MHz，或占可用頻譜持有量的 12%。
- (3) 400-420MHz 的上限可能會將不對稱性增加到 160 MHz，並超過或大約占可用頻譜持有量的 15-20%。此比例將是釋照前絕對不對稱性的兩倍。

(4) 上限為 375-380 MHz，將大致保持在 3.6 GHz 發照之後存在的 MNO 之間的不對稱程度（以總 MHz 計），即 85-100 MHz（或總頻譜的 8-9%）。

ComReg 初步考慮在接下來的釋照，將整體上限定在 375MHz 到 420 MHz 範圍內。根據競爭委員會關於合併的決定以及在此期間的市場經驗，設定此標準的上限不太可能扭曲一級零售市場的競爭。經過漫長的討論，最後，在 ComReg 決議文件中，決定將整體上限設定為 375MHz。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

為了協助擬定適當的涵蓋率等布建義務，ComReg 進行了三項有關在愛爾蘭的消費者連線（Connectivity）研究³⁴，研究歸納對於消費者的“連線能力”可以描述為：

用戶及其設備之間以及它們的網路之間相互連接和通信的能力，在這種情況下，用戶和設備及其網路可以採用不同的形式，以越來越多不同的網路和設備中，大量無縫轉換的通訊且持續使用內容應用程式。

因此，行動覆蓋率只是消費者對連線需求的一個角度，提供連線並不是任何一種技術和/或網路，而是包括使用固定和行動網路向終端用戶提供連線，而無論位置或使用的設備。

考慮不同的技術和網路時，改善連線相關的各利害關係人（政府、監管機構、業者、消費者與設備製造商等）需有更多行動。其中，國家寬頻計畫的目標最為重要，目的是為愛爾蘭家戶提供均等的接取高速寬頻機會，目標如下：

³⁴ ComReg(2019), ComReg 19/59R, Response to consultation and further consultation, P24-25.

- (1) 70Mbit / s-100Mbit / s，至少達 50%的人口，其中大多數可達 100 Mbit / s；
- (2) 至少 40 Mbit / s 至少覆蓋另外 20%的人口，在較小的城鎮和村莊中可能高達 35%，且在許多情況下，速度要更快。
- (3) 提供所有國人的最低速度至少 30 Mbit / s。

基於以上網路連線的研究結論，在考量建設義務規定時，ComReg 並不針對每一個發照類別設定硬性涵蓋率規定，而是依照頻段特性設計重點規範。

700 MHz 頻段對於提供廣泛的涵蓋範圍，對偏鄉和國道而言特別重要。700 MHz 頻段也被確定為歐洲的 5G 先導頻段。因此，ComReg 對該頻段提供整塊 60 MHz（即 2x30 MHz）執照，並建議對 700 MHz 執照設定覆蓋義務。在某些特定地點，須達到戶外 30 Mbit/s 單用戶傳輸速率規範，ComReg 建議的 700 MHz 頻段的覆蓋義務包括：

- (1) 為愛爾蘭 99%的人口和 92%的地理區域提供 3 Mbit / s 的網路服務；
- (2) 為 95%的人口，90%的高速公路和 80%的主要道路提供 30 Mbit / s 的服務；和
- (3) 提供語音通話服務，以及在 345 個特定位置的 30 Mbit / s 網路服務，包括 40 個商業和技術園區（包括策略站點），65 個醫院，24 個高等教育園區，14 個航空和海港，160 個火車站和汽車站以及 42 個頂級受訪資訊交換點。

表 2-14：取得 2x10MHz700MHz 業者的布建義務

室外涵蓋服務 (single user throughput cell edge)	涵蓋面向	涵蓋率		
		3 年	5 年	7 年
30 Mbit/s	人口 (population)	85%	92%	95%
30 Mbit/s	高速公路 (motorways)	75%	85%	90%
30 Mbit/s	主要道路 (primary roads)	60%	75%	80%
3 Mbit/s	人口 (population)	99%	99%	99%
3 Mbit/s	地理區域 (geographic area)	90%	91%	92%

資料來源：ComReg。

另外，在 3.6GHz 執照中，ComReg 則規範執照持有人應於核發執照之日起三年內達到監理機關設定基地臺佈建數量之最低門檻。對於單區持有頻率超過 100MHz 的業者，則有更高的義務門檻，例如，對於非都會區的基站數量要求。

4. 頻率使用期限

3.6GHz 頻段之執照年限為期 15 年，得標者可持續使用得標頻譜資源自釋照後直至 2032 年 7 月 31 日屆期。

至於規劃中的頻段，ComReg 原先對於 700 MHz、2.3 GHz 和 2.6 GHz 之頻率使用期限設定為 15 年，後於 2019 年 12 月的 ComReg 19/124 文件中修正為 20 年。針對目前尚有業務使用而需較晚釋出的新 2.1 GHz 執照年限，則調整為相應的較短期限，估計使用期限如下：

假設這些權利的生效日期為 2020 年 12 月 1 日，具體而言：

- 700 MHz FDD、2.3 GHz 和 2.6 GHz 頻段使用權，從 2020 年 12 月 1 日開始，到 2040 年 11 月 30 日完全到期，為期 20 年；
- 新的 2.1 GHz 頻段權利從 2022 年 10 月 16 日開始（即 2.1

GHz 頻段的第一使用期開始)，並於 2040 年 11 月 30 日完全到期，相應的總期限約為 18 年 1.5 個月。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

ComReg 以「頻譜轉讓架構」(Spectrum Transfer Framework) 界定 RSPP 頻段，在架構內這些頻段的頻譜使用權可被轉讓³⁵。RSPP 頻段設定的頻段包括 2.1 GHz 和 2.6 GHz，但目前不包括 700 MHz 或 2.3 GHz。

關於 700 MHz 頻段，(EU) 2017/899 號決定第 2 條規定：

核發能夠提供無線寬頻電子通訊服務的地面無線系統於 700 MHz 頻段中使用權利後，會員國應根據適用的歐盟法律，按照公開透明的程序，允許轉讓或出租此類權利。

根據此項義務，ComReg 建議修訂頻轉讓架構，允許 700 MHz 頻段中的頻譜轉讓。關於 2.3 GHz，歐盟並未允許在該頻段中進行頻譜轉讓的規範，但 ComReg 建議仍允許在該頻段中進行轉讓，在建議的發照頻段之間達到一致性。

6. 其他釋照政策規劃重點

2019 年對於 700MHz 等頻段執照的諮詢文件中³⁶，ComReg 指出，限制每個建議頻段的執照數量是適當的，因為：

- (1) 每個建議頻段中的頻譜數量有限，指相對於該頻段的個別使用權必然受到限制；
- (2) 在技術可行性的前提下，2x5 MHz (FDD) 和 5 MHz (TDD) 的頻段大小是最低要求；

³⁵ The RSPP Bands: 790-862 MHz, 880-915MHz, 925-960MHz, 1710-1785MHz, 1805-1880MHz, 1900-1980MHz, 2010-2025MHz, 2110- 2170MHz, 2.5-2.69GHz and 3.4-3.8GHz.

³⁶ ComReg(2019), ComReg 19/59R, Response to consultation and further consultation, p.167

- (3) 權衡用戶之最大利益與促進競爭發展的需求，其中包括：A. 規定覆蓋範圍/建設義務和服務品質條件；B. 頻譜上限；C. 在 700MHz 的頻段上設定 MVNO 接取的條件

通過公開競爭的拍賣程序核發限制數量的執照權利以符合客觀、透明、非歧視和比例原則；同時，限制數量也使得參與者有機會針對執照權利義務的問題發表意見。

(四) 合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

ComReg 認為主管機關無法在業者間的頻譜權利共享和網路共建共享的商業協議中扮演主動角色，並主張利害關係人應能夠自行確定規劃合作協議可能產生的潛在問題和適法性（例如競爭法），ComReg 對於網路共建的准駁考量因素在於業者是否訂定過度限制市場競爭的協議，或進行了損害用戶利益的合作，這部分通常也會納入競爭法對企業聯合壟斷行為之處理原則作為參考。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

目前研究並未發現愛爾蘭對強制漫遊有特別規定。以 3.6GHz 為例，目前執照乃要求業者須具備國際漫遊協定的能力。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

ComReg 目前對頻譜共享的看法是積極的，將繼續促進不同用途/用戶之間的頻譜共用，以便在正常頻譜管理和競爭考慮的情況下提高頻譜的有效利用。

ComReg 規劃將在執照條件中規定頻譜移轉、頻譜出租和頻譜圍

積的限制，初步規畫如下³⁷：

- 在 2.1 GHz 和 2.6 GHz 頻段之外，也納入 700 MHz 和 2.3 GHz 頻段，允許所有建議頻段得進行頻譜移轉；
- 允許在 2.3 GHz 頻段內進行頻譜租賃，儘管該頻段目前不受任何歐盟頻譜租賃規範的約束。
- 多頻段執照拍賣的得標者有義務遵守 ComReg 根據《框架條例》第 17（10）條制定任何防止頻譜囤積的規則。

ComReg 觀察到，頻譜移轉和頻譜租賃提案須在目前多頻段執照拍賣的建議頻段之間保持一致，因此其對於預防頻譜囤積的規定將與目前在 800 MHz，900 MHz 頻段現有頻譜囤積規定一致。

第 17（10）條規定，ComReg 可以按法律授權的政策目標以及特定管理規則的職能，制定規則以防止頻譜囤積，可採取之方式包括嚴格規定截止日期前權利持有人必須有效利用頻譜資源，並在不遵守期限的情況下撤回使用權。法規執行時須以比例、非歧視和透明的方式進行。

ComReg 認為，不論頻率移轉或共用，將業者的頻率總體上限設定在 375 MHz，將能防止業者取得頻譜後的極端不對稱而引起的競爭失靈。ComReg 認為市場可能合併，使得持有最小頻譜的行動業者無法有效競爭的風險，導致可能形成有效的雙頭壟斷；另外，非既有行動業者（包含行動業者子公司或相關企業）很有可能在競標中獲得頻譜，加劇了 2 家既有業者 Three 和 Eir 在發照後的不對稱程度。

另外，在規劃釋出多頻段的草案諮詢過程中，也提到因為採用新技術，使對於網路布建義務的審驗標準有調整的必要。因此，ComReg

³⁷ ComReg(2019), 19/124, Proposed Multi Band Spectrum Award - Response to Consultation and Draft Decision-The 700 MHz Duplex, 2.1 GHz, 2.3 GHz and 2.6 GHz Bands

將審驗業者於達到網路布建義務時，考慮鼓勵業者升級已有更多頻譜可使用的站臺，採用先進技術，例如包括載波聚合和載波共享或擴展技術等新標準。業者對於各種新技術的採用，將取決於既定的輸出功率之下，基地臺網路涵蓋範圍提昇的好處有多大。技術上 ComReg 考慮建立 -95dBm 的訊號接收功率參考值 (Reference signal receive power, RSRP) 基本標準，作為 10 MHz 下行鏈路下能達到 30 Mbit / s SUTP 等級之對應指標。採容量增加技術時，例如載波聚合和/或布建額外的頻寬，可使用較低的 RSRP 值。

ComReg 發現每增加一個 1 GHz 以下頻段業者的 10 MHz 額外載波聚合，在以給定輸出功率為目標時，可能會導致 RSRP 降低約 5-10dB；因此建議須探討其他輸出功率規範下的建議 RSRP 等級 (例如 20 Mbit / s、10 Mbit / s 與 3 Mbit / s)，並透過路測來評估某些指標與測量的符合程度。例如，道路、人口或驗證；或驗證是否符合 ComReg 建構的模型。

隨著新技術的推出，ComReg 也會考慮以上這些方式對於履行規範布建義務之影響。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

愛爾蘭對於 MVNO 的政策規劃於 3G 發照時已有出現，但對於 5G 發照是否要納入 MVNO 的規劃，尚在諮詢業者意見中。

在 2002 年，ComReg 在 3G 執照中規範 MVNO 義務來提供市場導入 MVNO 的可能性，該義務要求「A 執照」的申請人在指定的零售扣減法 (Retail minus X) 的基礎上提供 MVNO 接取。不過，A 執照的頻譜使用費也較低，當時為 5,070 萬歐元，而不需提供 MVNO 的 B 執照的頻譜使用費為 1.14 億歐元。當時有三個業者拿到 A 執照，且執照的附帶條件是必須以「零售價扣減至少 35%」的規定提供 MVNO 接取，但是，當時並未有 MVNO 進入市場。

另外，ComReg 在諮詢文件中也提出另一個歐盟要求讓 MVNO 進入市場的方式－合併承諾“容量協議”方法。

歐盟的容量協議承諾是基於以固定價格提供固定數量的合併總網路容量，而不是按每個訂戶或每個使用量付費。容量模型的基本原理是強烈鼓勵 MVNO 通過積極吸引客戶來填補該容量：

- (1) 基於在固定價格下的最低合併網路容量總數，而不是按用戶或按使用量支付批發接取費。
- (2) 可根據容量協議前五年的合理階梯來設置容量和價格。
- (3) 容量協議的期限為五年，可再延長五年。
- (4) 每個 MVNO 的最大初始容量可達合併總量的 15%。

ComReg 在諮詢文件中提出以上兩種 MVNO 的方式，並就是否有必要在執照中附加 MVNO 規定的議題，尋求業者意見。包括以下內容的觀點和支持論點：

- (1) MVNO 通常在多大程度上有效促進競爭，或有其他方式可促進競爭以使消費者受益？
- (2) EC 承諾促成的 MVNO 在目前或可預見的將來在零售市場上提供有效競爭的程度？
- (3) 潛在業者的進入門檻和現有 MVNO 的擴張的門檻；
- (4) 過去是否有拒絕任何潛在的 MVNO 進入者的接取權限及其情況？

ComReg 於其最新發表的諮詢文件 (ComReg 19/124) 中，初步認為基於以下理由，目前不適合將 MVNO 接取義務附加到部分或全部 700 MHz 執照規定中：

首先，為了證明包括 MVNO 義務是合理的，ComReg 將需要完成對移動市場競爭的詳細審查，以確定是否存在可以透過加入 MVNO 義務來解決的市場失靈。

其次，在嘗試設計適當和有效的 MVNO 許可條件時，將要解決許多不重要的實質性和程序性問題，包括：

- MVNO 許可條件是否適用於所有新釋出的 700 MHz 頻譜？
- MVNO 義務是更典型的“隨用隨付”類型還是基於容量？
- MVNO 需要多少容量才能確保成功引進競爭？
- 採用什麼指標來確定將要承擔義務的 MNO 網路容量的數量？什麼頻譜範圍適合解決任何競爭問題？”
- 隨著時間的流逝，使用頻寬將如何演變？例如，它是靜態的還是隨著行動業者網路容量的增加而增加？

根據 MVNO 接取義務的類型，可能會出現許多重大的執照扭曲。可能損害 ComReg 設計發照以促進其促進競爭目標的效果。MVNO 義務很可能會給業者帶來成本，接取義務可能會要求提供超出行動業者願意提供的商業接取程度，ComReg 在設計任何 MVNO 義務時同樣必須這一點。

另外，競標者之間的不對稱，有利於更強大的既有業者（即擁有更多頻譜的人），更有可能以較低的相對成本提供容量給 MVNO 來完成接取義務。

再者，ComReg 的各種拍賣設計元素（底價、執照類型、布建範圍與拍賣規模等）可能需要重新評估，因為相關規範原先主要根據未包括 MVNO 義務的前提所提供的。由於 MVNO 義務可能會給業者帶來成本，因此可能會降低頻譜的價值。增加了可能產生底價過高的

風險，對競爭造成負面影響或妨礙。

不過，為此，ComReg 打算在 2020 第一季開展 MVNO 研究，探討 MVNO 對愛爾蘭行動市場中目前和未來的作用(以下簡稱 MVNO 研究)，包括：

- 評估不同類型的 MVNO 及其業務模型；
- 概述 MVNO 服務的經濟性以及 MVNO 的存在可以增進社會福利的條件；
- 國際上 MVNO 的監管方法和經驗；
- 評估愛爾蘭 MVNO 的當前狀況，包括其市場占比、其業務策略、所提供的服務以及其他此類措施，以了解 MVNO 的作用；
- 根據當前市場狀況和新興趨勢，探索 MVNO 市場的未來發展。

MVNO 研究將為 ComReg 提供有關 MVNO 的最新資訊，包括：

- 讓 ComReg 理解 MVNO 在行動網路市場中扮演的角色；
- 為 ComReg 提供有關 MVNO 如何影響行動市場競爭動態的見解；
- 讓 ComReg 對 MVNO 面臨的市場進入條件更加了解。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

歐洲國家資助 5G 發展的公共資金包括結構和投資基金(ESIF)，該基金將 60 億歐元用於建設數位網路，歐洲區域基金(ERDF)及歐洲農村發展農業基金(EAFRD)、連接歐洲設施基金(CEF)則用於

建設電信網路，寬頻基金（CEBF）有 10-17 億歐元規模，預計將在服務不足地區建設寬頻，按專案投資在 100 萬至 3,000 萬歐元之間，總投資不超過 1.5 億歐元。統計愛爾蘭用於歐洲區域基金\農業基金在寬頻、資通訊及創新領域國家預算，金額摘錄如下表³⁸。

表 2-15：愛爾蘭資助 5G 發展的公共資金

預算來源	預算額度
國家資通訊預算	● 歐洲區域基金(ERDF)：1.5 億歐元
國家研究與創新預算	● 歐洲偏鄉發展農業基金(EAFRD)：7,030 萬歐元 ● 歐洲區域基金 ERDF：2.8 億歐元
連接歐洲基金(CEF) 2014 – 2017	● 490 萬歐元用於建設寬頻

資料來源：本研究整理

(二)垂直場域應用之推動政策

Vodafone Ireland 於 2018 年 11 月首先在都柏林展開 5G 測試計畫，與易利信進行 5G 測試平台合作，現在已將都柏林碼頭站點的容量增加了一倍，以容納更多希望測試新一代行動技術的企業。

ComReg 透過核發實驗執照（Trail License），協助業者進行涉及公眾或第三人之創新無線電服務，但此項執照僅能允許包括一般公眾在內之第三人有限制的參與，例如位於某港口或區域的場域測試。本項執照適用於既有業務之外的新業務。實驗執照使用期限最長為一年，經主管機關同意後則可展延一年。

為了推出 5G 服務，行動業者面臨著巨大的資本投入及營運成本，

³⁸ European 5G Observatory, PUBLIC FUNDING OF 5G R&D, INCLUDING TRIALS. <https://5gobservatory.eu/public-initiatives/public-funding-of-5g-rd-including-trials/#1533628856456-6f95b149-b420> last visit: 2020/4/7.

電信公司需要建立全國性的 5G 網路以保持競爭力。在執照競標之後，真正的挑戰是實際建立完整的網路。為此，行動業者將需要開始布建署新服務所需的基站和天線，愛爾蘭研究單位指出行動業者在 5G 網路時代需布建的基站數量是 4G 網路所需數量的十倍之多。³⁹

5G 技術除了布建基地台外，也需要類似 WiFi 路由器的小型設備，以達到網路密集化，在這個過程中，建設並維運全國性 5G 網路的成本可能是現有 4G 行動網路的數倍。管理 5G 網路的規模和複雜性對業者來說將是巨大的挑戰。在如何解決複雜的網路布建和降低營運成本的議題上亟需引進創新。

5G 的網路管理是一項非常耗費人力的活動，追蹤故障報告、網路涵蓋死角的投訴等更多的細節，在這之上，網路規劃必須能在總體上提高性能。因此，如果網路規模增長 10 倍，電信業者恐將無法負擔龐大的支援人力需求。

2019 年 6 月，僅次於愛爾蘭三一學院的梅努斯大學 (Maynooth University) 設立愛爾蘭第一個國家 5G 測試中心 RadioSpace，研究 5G 所需的無線電和無線技術、物聯網技術，以服務國際和國內產業和學校機構的科學家與工程師。該校與愛爾蘭科學基金會資助的 CONNECT 中心合作，正探索將業者基礎設施測量與用戶體驗手機應用程式性能指標結合的智慧系統。研究機構指出機器學習、人工智慧系統和無人機有能力成為未來 5G 網路管理的解決方案，將從根本上改變網路的管理方式。研究評估機器學習對網路改進提供建議的能力，包含在：如何布建網路，以及哪裡可能需要新基站的地方，電信業者將需要在如何解決布建和營運成本上進行創新。

³⁹ Spotlight on Research, Maynooth University (2020), <https://www.maynoothuniversity.ie/research/spotlight-research/perks-and-challenges-guide-5g> . last visited: 2020/3/29

愛爾蘭政府資助的其他創新解決方案專案包括，建議使用無人機穿越某個區域並測量手機覆蓋範圍，而不必親自派工程師前往。總體而言，5G 為用戶提供了許多令人興奮的前景，並提供一系列新功能和服務。在一個競爭激烈的世界中，5G 對於任何行動通訊的未來都是不可或缺的，因此管理 5G 網路的規模和複雜性對電信業者而言是巨大的挑戰，這一挑戰將獎勵最具創新能力的業者，使其具備布建能力並從 5G 可能帶來的機會中獲得利益。

(三)5G 商轉概況

1. 主要電信業者進度

Vodafone 率先在 2019 年八月開通 5G，初期覆蓋在都柏林、科克、利默里克、戈爾韋和沃特福德的部分地區提供，並預計未來兩年內陸續推出更廣泛的服務。該公司表示 5G 不能替代偏鄉地區的光纖寬頻。

除了資訊和娛樂之外，5G 被認為對未來的工業和商業需求至關重要，例如無人駕駛汽車和先進的遠端醫療。為此，Vodafone 宣布與科克大學分校的 Assert Center 建立合作夥伴關係，以專注於醫療機器人和電信醫療的 5G 培訓設施。Vodafone 聲稱這是世界上首例。

Eir 則於 2019 年 10 月底在 10 個城鎮開通 5G 服務，地點包括都柏林、科克、利默里克、戈爾韋、沃特福德以及卡洛、卡斯爾巴、鄧多克、德羅赫達和基爾肯尼。該公司宣稱到 2019 年聖誕節前，5G 站點已從原有的 100 個擴大為 200 個。Vodafone 及 Eir 的 5G 網路主要都採用 Ericsson 的設備。

Three 最初計劃到 2019 年底將其 5G 覆蓋擴展到 25 個城鎮，但由於面臨輿論反對電桿上設置 5G 設備、銜接電路傳輸線路布建等問題，在取得房東及地主的允許過程十分費時，因此宣布延後開通 5G

網路之計畫。

5G 服務為用戶提供了高達 1000 Mbps 的速度，更快的速度反映了對影音和音樂串流服務的需求激增。然而因為 5G 技術的傳輸距離較短，因此需要布建更為密集的基地臺，也就是說，相對於 4G，5G 要覆蓋同樣的人口數需要更多基地臺。

2. 資費

最先進入市場的 Vodafone 並未針對 5G 酌收更多費用，但在其中級和高級用戶的資費方案中設計 5G 網路之服務價格。以單 SIM 卡的 5G 費率為例，其每月最低 35 歐元（前 6 個月的折扣後為 25 歐元）。在城市中，雖然 5G 將與許多家庭寬頻速度相當，但 5G 資費方案的每月數據用量遠低於固定網路的方案。

目前愛爾蘭的 5G 終端手機，包括三星 A90 5G，三星 S10 5G，三星 Note 10+ 5G 和華為 Mate 20X 5G，價格僅 99 歐元起。蘋果尚未發布兼容 5G 的手機。

2019 年 11 月上旬，Eir 在 10 個城鎮也推出了 5G 服務。Eir 預計到 2020 年初，5G 網路將推展到 20 個城鎮。Eir 提供四種兼容的終端設備，包括三星 S10 5G、三星 Galaxy Note 10+ 5G、三星 Galaxy A90 5G 和華為 Mate 20 X 5G。目前該公司推出二種 5G 資費方案：「Eir mobile connect plus」是較低的價格計劃，每月收費 59 歐元，提供無數數據使用量限制的國內通話，簡訊和數據，以及 100 分鐘的國際通話和簡訊。「Eir mobile complete」每月收費 69 歐元，相較「eir mobile connect plus」方案額外提供國際通話 500 分鐘和可用簡訊。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

對於 66-71 GHz 的高頻毫米波段，愛爾蘭將跟隨歐盟決定，目前是對於在毫米波頻段運行的設備採一般授權（非單獨發照的方式）。

(二) 推動產業政策措施

愛爾蘭的商業研發總支出中，約 72% 由外國獨資公司提供，相較於英國與芬蘭的數值則分別為 35% 與 12%。有「歐洲矽谷」之稱的愛爾蘭，與台灣兩國經濟發展及模式相似，都為島國經濟並均重視進出口貿易。愛爾蘭只佔有歐盟百分之一的人口，其境內經濟體卻佔了美國 35% 的外資，美國在歐洲的投資很多都是在愛爾蘭，如：Google、Facebook、Apple 和 PayPal 等歐洲總部均在愛爾蘭。⁴⁰

愛爾蘭政府於 2003 年設立愛爾蘭科學基金會（Science Fundation Ireland, 以下簡稱 SFI），於 2013 年修正案中⁴¹詳細說明列出 SFI 法定職權及重點策略發展領域。2014 年，愛爾蘭總理批准愛爾蘭科學基金會可以與主要國際基金機構建立策略合作夥伴關係，在此合作架構下，允許 SFI 為法律規定的策略機會領域以外的領域提供資金。

2013 年修正案規範與科學或技術有關的機會領域包括：未來的網路和通訊；數據分析、管理、安全性和隱私；數位平台、內容和應用程式；聯結健康和獨立生活；醫療設備；診斷；治療（包含合成、配製、加工和藥物輸送）、保健食品、永續糧食生產和加工、海洋可再生能源、智慧電網和智能城市、製造業競爭力、加工技術和新型材料、服務和業務流程創新，以及平台科學與技術（包括基礎生物醫學科學，納米技術，先進材料，微電子學，光子學和軟體工程）

SFI 的成立是為了促進和協助愛爾蘭工業、企業和就業的發展和競爭力。透過基礎科學研究，發展廣泛的知識基礎，幫助當前或未來

⁴⁰ 數位時代(2017)，愛爾蘭小國翻轉的競爭力，許毓人。

⁴¹ S.I. No. 476 of 2013, INDUSTRIAL DEVELOPMENT (SCIENCE FOUNDATION IRELAND) (STRATEGIC AREAS OF OPPORTUNITY) REGULATIONS 2013.

問題或可能性的解決方案背景。

愛爾蘭政府透過設立 SFI 等機構的合作與資助，過去十年來在 ICT、製藥和醫療設備等領域建立新興的高科技生態系統。使愛爾蘭有能力克服當前的財政和經濟挑戰，並在未來十年內成為重要的高科技參與者。SFI 關注愛爾蘭的獨特機會，無論是地理上的優勢（例如可再生能源），國家規模（一個高科技小國很合適做為新科技實驗場域），或是現有愛爾蘭的專業知識或學術水平（ICT、醫療設備與製藥等），在獨特的優先領域內，應努力爭取平衡的組合，從根基研究到使用者需求、啟發性的基礎研究，到接近市場的應用研究。SFI 在 2020 年年度的資本補助金預算為 1.99 億歐元。該預算比 2019 年資本補助金增加了 1,060 萬歐元⁴²。

在資通訊方面，SFI 成立了 Connect 平台，這是愛爾蘭科學基金會的未來網路和通信研究中心。主要任務為研究和開發創新的解決方案，以應對當今社會面臨的通訊挑戰。物聯網、5G 網路和新的寬頻架構是其主要關注領域。透過愛爾蘭研究中心的計劃支持、以及來自歐洲區域發展基金和產業合作夥伴的 5,000 萬歐元資金，用以支持 10 個高等教育機構約 250 多名 CONNECT 研究人員。

CONNECT 的研究領域廣泛，包括探索未來的網路、物聯網、5G 及以後的領域等如下：

- 匯流（合併光纖、無線網路以及數據中心）；
- 密度（實現將容量提高 1,000 倍的承諾）；
- 低能耗（低成本和低功耗傳感器和無線電）；
- 動性（能移動的網路基礎設施，例如飛機，火車，汽車）

⁴² SFT Annual Plan 2020, <https://www.sfi.ie/research-news/publications/SFI-Annual-Plan-2020.pdf>
Last visited:2020/4/7

- 奈米（分子級通信網路）；
- 共享（以新方式接取和擁有網路資源）。

CONNECT 的 250 名研究人員致力於解決產業特別感興趣的問題。研究工作包括：

- 節能以及超低功耗智慧感應器（Energy-efficient, ultra-low-power smart sensorss）
- 適用於多業者生態系統的網路（Programmable network substrates for multi-stakeholder ecosystems）
- 適用於 Cloud-RAN 架構的極致共享系統（Extreme-sharing systems for Cloud-RAN architectures）
- 網路感知、可重新配置的多頻段/多模式收發器架構（Network-aware, reconfigurable, multiband/multimode transceiver architectures）
- 壅塞數據網路的體驗品質管理（Quality-of-experience management for sparse, bursty data networks）

CONNECT 與各種產業夥伴合作，致力於物聯網、未來行動通訊技術（5G 及更高版本）、次世代寬頻、軟體定義網路和雲服務等領域的目標項目。利用愛爾蘭國家預算進行包括：

- 設置使用低功耗廣域網（LPWAN）進行物聯網測試。⁴³
- 設立愛爾蘭最大的 TSSG 公共數據中心⁴⁴
- 建立適用於行動、Cloud-RAN 和 SDR 的室內/室外無線測試平台；

⁴³ Pervasive-nation, <https://connectcentre.ie/pervasive-nation> Last visited: 2020/4/7

⁴⁴ TSSG, <https://tssg.org/about/> last visit: 2020/4/7

- 設立國家級無線電實驗機構 (RadioSpace)，位於沃特福德理工學院的國家機構，用於開發和測試物聯網和 5G 新無線電技術 (5G New Radio)。

第三節 德國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

德國聯邦網路局（Bundesnetzagentur，BNetzA）於 2016 年起即開始進行 5G 頻譜整備的規劃，並進行一系列的公開諮詢，同時將依據德國電信法的要求，頻譜的釋出應符合客觀、透明及無差別待遇的原則。本次決定即是針對過去的公開諮詢結果，由專責頻譜釋出的首席裁決庭（Präsidentenkammer）針對「釋出頻段範圍」及「釋出程序」做出決定：2 GHz 頻段的釋出範圍為 1920~1980 MHz 與 2110~2170 MHz，3.6 GHz 頻段則為 3400~3700 MHz，兩頻段將於同一競價程序中進行拍賣。至於之前同樣在諮詢範圍內的 3700~3800 MHz 頻段，由於係供區域/本地使用，於 2019 年 11 月公告以申請方式釋出。

聯邦網路局規劃於 2019 年、2025 年、2033 年進行頻譜拍賣，並於每次拍賣的前三年開始進行相關規劃，如下圖。

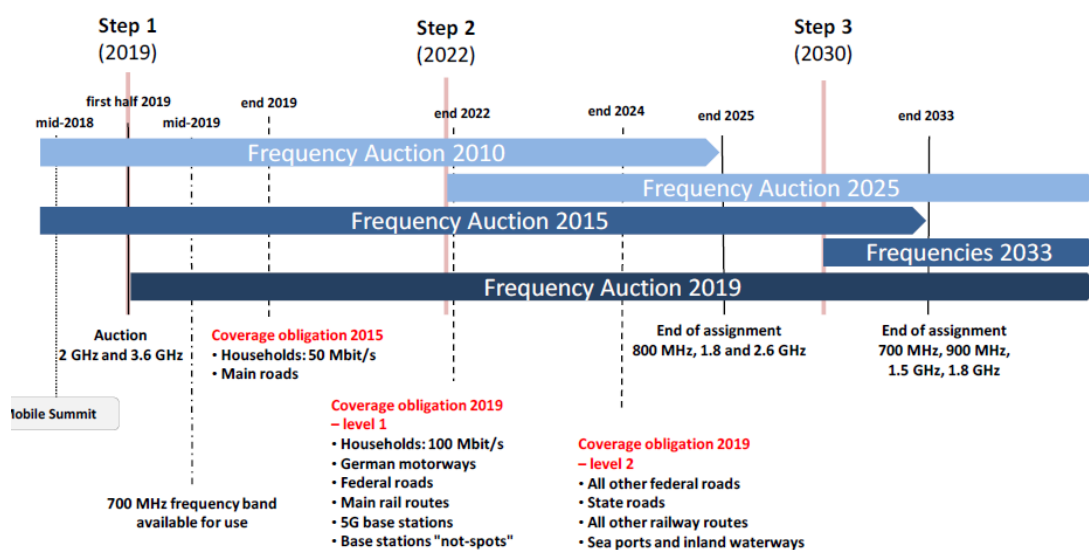


圖 2-13：德國聯邦網路局頻譜拍賣時程規劃

資料來源：5G award - decisions III & IV of 26 November 2018。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

1. 固網寬頻市場概況

固網市場的部份，德國在數位用戶迴路 (Digital Subscriber Line, DSL) 與光纖的連線數仍處於穩定成長的狀況。至 2018 年，德國 DSL 連線數為 2,500 萬個，混合式光纖同軸電纜 (Hybrid Fiber Coaxial, HFC) 的連線數則為 800 萬個，光纖到建物 (Fiber To The Building, FTTB) 或光纖到府 (Fiber To The Home, FTTH) 的連線數為 110 萬個，無線寬頻 (Broadband Wireless Access, BWA) 或衛星則少於 10 萬個。市占率以 Deutsche Telekom 為主要業者，但在終端用戶的市場占比已逐年下降，至 2018 年約占整體的 40%，其他競爭業者則占 60%。固網市場之用戶數與市占率變化，如下圖所示。

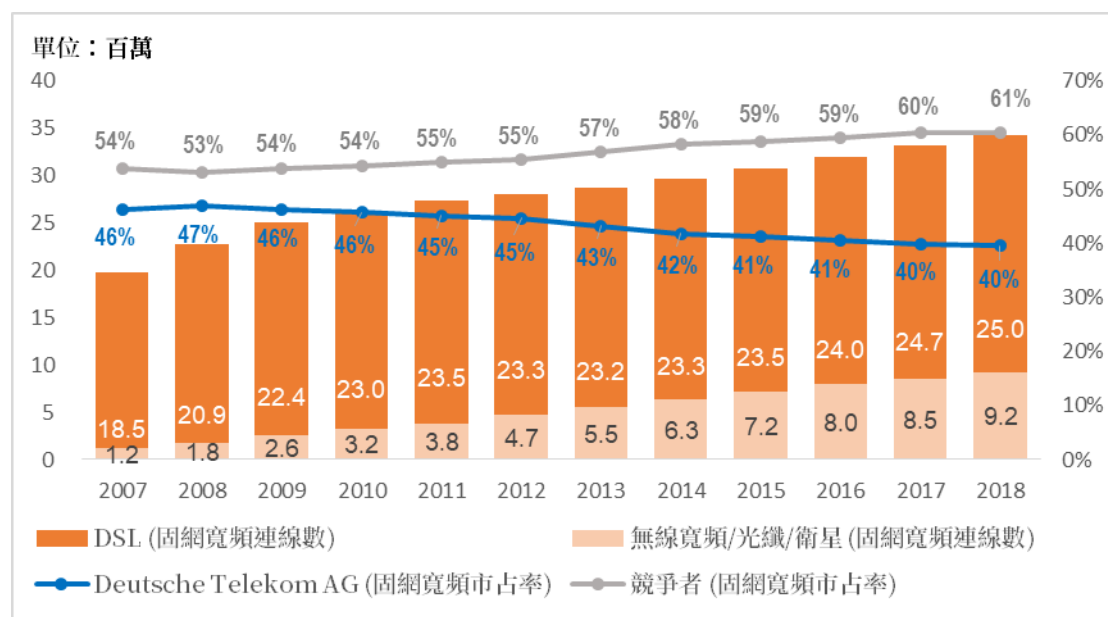


圖 2-14：德國固網市場之用戶數與市占率變化

資料來源：BNetzA (2018), Annual Report 2018。

2. 行動通信市場概況

根據聯邦網路局發布之2018年德國電信市場報告(Annual Report 2018)，在行動網路部分，估計至2018年底，約有1億3,700萬用戶數，較前一年的1億3,500萬戶略有成長；平均來講，2018年德國每人約有1.7張用戶身份模組(Subscriber Identity Module, SIM卡)。在啟用的SIM卡中，2018年有2,310萬張用於機器對機器(Machine to Machine, M2M)傳輸，亦較2017年的1億1,760萬張有所增加。

若只計算於近3個月內有使用或產生帳單的SIM卡，則2018年活躍用戶的數量為1億750萬，與2017年的1億970萬的數目略有下降。此外，在LTE SIM卡方面，至2018年底有5,050萬張的活躍用戶，較2017年的4,490萬有所增長。德國近期之SIM卡啟用數量、行動網路滲透率、以及3G/4G活躍用戶數，如下圖所示：

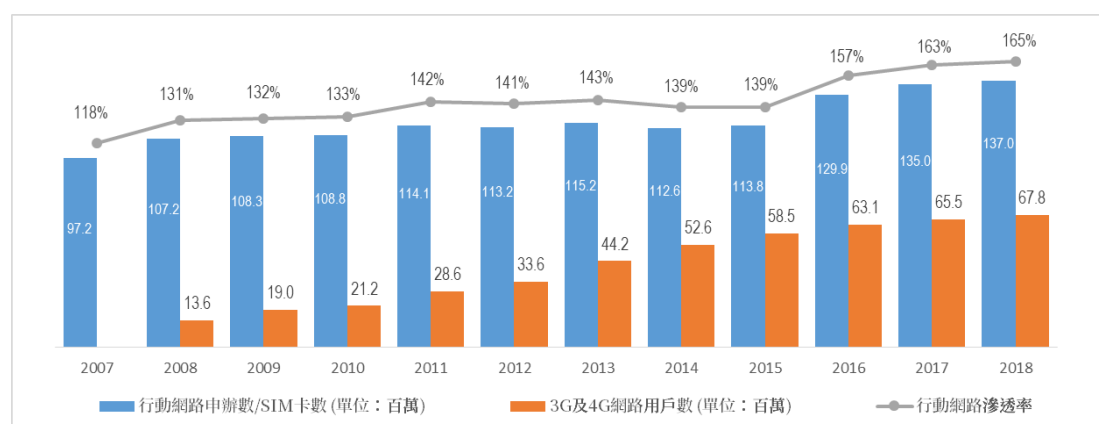


圖 2-15：德國行動通訊市場用戶數概況

資料來源：BNetzA (2018), Annual Report 2018。

在行動網路的流量變化方面，以資料傳輸的成長幅度最為明顯，由2017年的13億8,800萬GB，成長44%至2018年的19億9,300萬GB，平均每張SIM卡於每月傳輸1,221MB。相對而言，簡訊的傳輸量持續衰退；語音通話在總分鐘數方面，2018年為1,190億分鐘，較2017年及2016年的1,160億分鐘略有成長，若以每張SIM卡每月

通話量計量，則呈現平盤之狀況。若計算每張 SIM 卡的每月營收，在近 2 年處於持平的狀況，皆為 11.8 歐元，但較 2015 年的 13.6 歐元和 2016 年的 12.8 歐元則有所衰退。近年平均每張 SIM 卡於每月的流量和營收貢獻，如下圖所示。

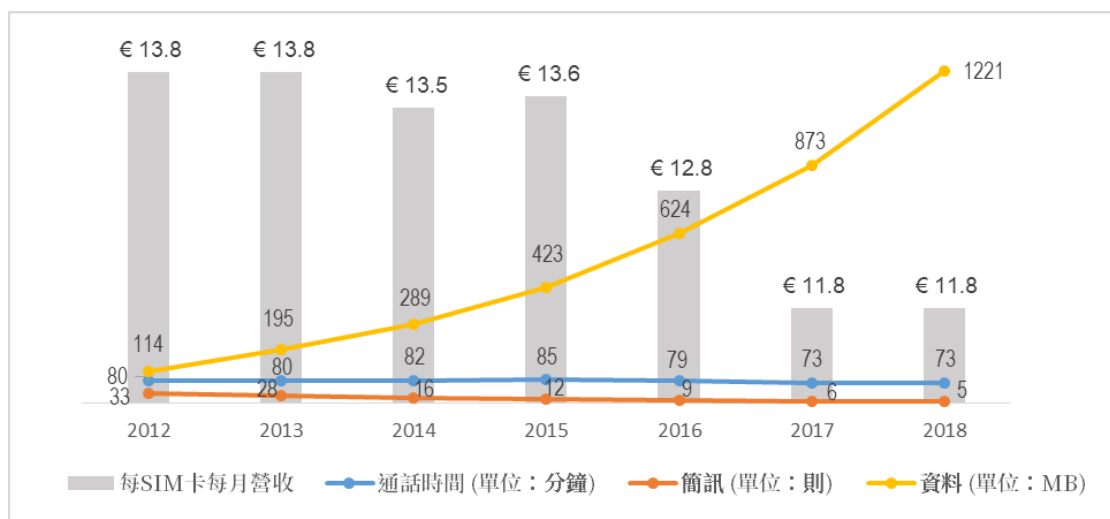


圖 2-16：德國平均每張 SIM 卡於每月的流量和營收貢獻

資料來源：BNetzA (2018), Annual Report 2018。

市占率方面，目前德國三大電信商，以 Deutsche Telekom 用戶數最多，至 2019 年第一季達 4,465 萬戶，占整體市場的 38.1%。Telefónica 排名第二，至 2019 年第一季用戶數為 4,291 萬戶，占 36.6%。排名第三為 Vodafone，至 2018 年第四季用戶數為 2,954 萬戶，占比為 25.2%。德國電信市場市占率資訊如下圖所示。

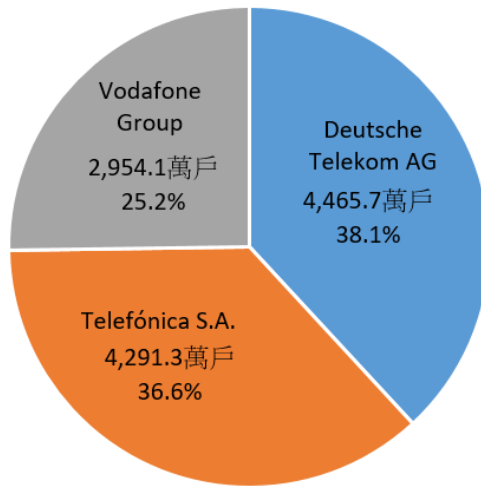


圖 2-17：德國電信市場市占率

資料來源：各電信公司財報；Wikipedia。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣) 說明

1. 競價機制

聯邦網路局於 2016 年起即開始進行 5G 頻譜整備的規劃，依據公開諮詢之結果，首席裁決庭針對「釋出頻段範圍」及「釋出程序」做出決定：2 GHz 頻段的釋出範圍為 1920~1980 MHz 與 2110~2170 MHz，3.6 GHz 頻段則為 3400~3700 MHz，兩頻段將於同一競價程序中進行拍賣。本次 5G 頻譜拍賣共有 41 個頻塊，如下表所示：

表 2-16：德國 2019 年頻率拍賣頻塊規劃

頻段	頻塊	數量	類型
2 GHz	2×5 MHz (成對)	12	虛擬
3.6 GHz	1×20 MHz (非成對)	1	實體 (3400-3420MHz)
3.6 GHz	1×10 MHz (非成對)	27	虛擬
3.6 GHz	1×10 MHz (非成對)	1	實體 (3690-3700MHz)

資料來源：本研究整理。

在競價機制的選擇方面，德國於 1996 年發放「歐盟廣播訊息系統」(European Radio Messaging System, ERMES) 執照時，即採用

SMRA 的競價型式，之後於 2000 年釋出的全球行動通訊系統（Universal Mobile Telecommunications System, UMTS）頻率執照、2006 年釋出的 BWA 執照也都採取 SMRA 拍賣型式。

德國 2010、2015、及本次 2019 年的拍賣型式，除了採用 SMRA 方式拍賣外，又更進一步將拍賣細分為具體指配及抽象指配，兩者併用：「具體指配」係指一階段拍賣（One-phase Auction），直接競價具體（固定位置）的頻塊；「抽象指配」係指兩階段拍賣，第一階段先競標（一般位置）頻塊的數量，第二階段再指配頻塊的具體位置。

此次拍賣採用資格點數的設計，用以決定業者的出價權利。在 2.1GHz 頻段，1 個 2x5MHz 之資格點數為 1；而在 3.6GHz 頻段，1 個 10MHz 之資格點數為 1，至於 3400-3420MHz 之資格點數則為 2。競價過程中，競價者每回合的活動力，為其有效出價頻塊數之資格點數加總；競價者必須維持其出價權利之等級，除非於該回合動用豁免權（最多可行使 5 次），否則活動力就會下降。若競價者當回合出價低於最低活動力標準，則下一回合之出價權利將變動。此資格點數的作用在於確保拍賣迅速進行，避免競價者觀望及隱瞞對頻譜價值之估算。

第二階段抽象頻塊的指配方面，聯邦網路管理局依據公開、透明及無差別待遇原則，並依循以下規定：

- (1) 取得 3.6 GHz 頻段實體頻塊的業者，其餘虛擬頻塊的具體位置依連續性的原則指配。如取得 3400 MHz-3420 MHz 頻塊的業者，其虛擬頻塊將從 3420 MHz 以上開始指配，取得 3690 MHz-3700 MHz 的業者，將從 3690 MHz 以下開始指配；
- (2) 於第一階段競價程序終止後一個月內，取得頻塊數量的得標者得以相互協商，以決定取得頻塊的具體位置；

- (3) 無法在該期限內取得一致同意的情形下，聯邦網路管理局將依頻譜連續性、既存使用情況、業者偏好等，進行相鄰頻塊的指配；

在業者無法達成協定、聯邦網路管理局亦無法完成指配的狀況下，頻塊指配則係以抽籤方式（Losverfahren）處理。

至於在押標金的部分，本次拍賣設定每 1 個資格點數押標金為 170 萬歐元，需於競標前 14 日支付至指定帳戶。考量拍賣本次的高額決標金額與新進業者 1&1 Drillisch AG 之得標結果，押標金設計對新進業者應無影響。

2. 底價

德國聯邦網路局對於前述不同的拍賣頻塊，設定不同的底價，如下表所示。此一底價，並未因頻塊所在位置不同而有所差異，乃與頻寬大小有關。

表 2-17：德國 2019 年頻率拍賣底價⁴⁵

2019 年拍賣頻塊	底價
2 GHz 頻段 2×5 MHz（成對）2021 年開始	500 萬歐元 （約新臺幣 17,300 萬元）
2 GHz 頻段 2×5 MHz（成對）2026 年開始	375 萬歐元 （約新臺幣 12,974 萬元）
3400 - 3420MHz 頻段 1×20 MHz（非成對）	200 萬歐元 （約新臺幣 6,920 萬元）
3420 - 3700MHz 頻段 1×10 MHz（非成對）	170 萬歐元 （約新臺幣 5,880 萬元）

資料來源：BNetzA，2018 年決定。

聯邦網路管理局將競價活動分成三個階段：第一階段的「最低行動水準」為有效投標資格的 65%、第二階段為 80%，第三階段為 100%。首席裁決庭認為前二個階段之所以不要求 100% 的主要理由，在於讓

⁴⁵ BNetzA, 2GHz 3.6GHz Decision III IV (2018/12/14).

各競價者得以盡可能轉換其所出價的頻段，並且確保其出價。拍賣官必須判斷是否進行階段的轉換，以確保拍賣程序的順利進行。

競價者有棄權的權利，不過以五回合為限。

3. 標金繳納方式

聯邦網路局對於「頻塊點數」的設計為：2×5 MHz（成對）及 1×10 MHz（非成對）為 1 點，1×20 MHz（非成對）為 2 點。投標者於競標開始前 14 日，必須依其欲投標頻塊所換算之初始頻塊點數（有效投標資格），再換算成保證金，將保證金匯入聯邦網路局的指定帳戶，每一頻塊點數以 170 萬歐元計算。

4. 釋照結果

德國已於 2019 年 6 月 12 日結束 2 GHz 和 3.6 GHz 之拍賣作業，聯邦網路管理局並於 2019 年 8 月 2 日完成此次拍賣之位置分配。相關拍賣結果資訊如下表。

表 2-18：德國 5G 頻譜拍賣結果

項目	2 GHz 和 3.6 GHz
數量競價得標概況	<ul style="list-style-type: none"> 數量競價於第 52 天、第 497 回合停止。共由 Telekom Deutschland、Vodafone Germany、Telefónica Germany 和 1&1 Drillisch AG 四家業者得標。 聯邦網路管理局於 2019 年 8 月 2 日完成此次拍賣頻譜之位置分配。 總決標金較總底價上升 6,162%。
底價	<ul style="list-style-type: none"> 2 GHz 部分共 5,500 萬歐元 3.6 GHz 部分共 4,960 萬歐元 此次拍賣總底價共 1 億 460 萬歐元
總決標金	65 億 4,965 萬歐元

資料來源：本研究整理。

拍賣結果方面，此次共釋出 420 MHz 頻寬，共四家業者參與競價，Telekom Deutschland 和 Vodafone Germany 皆取得 130 MHz 頻寬（2 GHz 頻段得標 2 x 20 MHz，3,6 GHz 頻段得標 90 MHz），Telefónica

Germany 取得 90 MHz 頻寬（2 GHz 頻段得標 2 x 10 MHz，3,6 GHz 頻段得標 70 MHz），新進業者 1&1 Drillisch AG 取得 70 MHz 頻寬（2 GHz 頻段得標 2 x 10 MHz，3,6 GHz 頻段得標 50 MHz）。競價與頻段位置分配結果如下圖所示：

1920MHz	1940MHz	1960MHz	1980MHz	
Vodafone Germany	Telefónica Germany	Telekom Deutschland		
2110MHz	2130MHz	2150MHz	2170MHz	
（執照時間：2021 年 1 月 1 日至 2025 年 12 月 31 日）				
1920MHz	1940MHz	1950MHz	1960MHz	1980MHz
Vodafone Germany	Telefónica Germany	1&1 Drillisch AG	Telekom Deutschland	
2110MHz	2130MHz	2140MHz	2150MHz	2170MHz
（執照時間：2026 年 1 月 1 日至 2040 年 12 月 31 日）				
3400MHz	3490MHz	3540MHz	3610MHz	3700MHz
Vodafone Germany	1&1 Drillisch AG	Telefónica Germany	Telekom Deutschland	

圖 2-18：德國 2 GHz 和 3.6 GHz 競標與頻段位置分配結果

資料來源：BNetzA, Mobile broadband – Spectrum for 5G Allotment。

（三）權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

首席裁決庭歡迎新進業者在不違反電信法與競爭之情況下，與業者進行全國性漫遊的協商。

此外相較於其他得標業者，新進業者的網路涵蓋義務相對較低，規定如下：

- (1) 新進業者必須於 2023 年底前完成涵蓋範圍至少達全國 25% 家戶，至 2025 年底前完成涵蓋範圍至少全國 50% 家戶；
- (2) 若新進業者僅得標 3.6 GHz 頻段，則必須於 2025 年前完成涵蓋範圍至少達全國 25% 家戶；
- (3) 得標 3.6 GHz 頻段之新進業者，必須於 2022 年底前設立 1,000 臺 5G 基地臺。

2. 頻譜取得上限規範

本次 5G 拍賣並未對 2 GHz 與 3.6 GHz 頻段設定頻譜上限，主要的原因在於首席裁決庭認為此次拍賣的頻塊數量充足。若設定頻譜上限，首席裁決庭認為可能造成競價業者需求降低，在完成拍賣之前，就先排擠掉某些商業模式存在的機會。首席裁決庭也指出，前次拍賣的經驗證實了在沒有設定頻譜上限的情況下，目前的機制亦能有效運作。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

聯邦網路局要求 5G 頻譜得標業者，需完成下列布建義務，以強化德國國內之網路基礎建設完備度：

- (1) 家戶涵蓋：得標業者應於 2022 年，於各邦達成可涵蓋邦內 98% 之家戶，且速率至少 100Mbit/s；
- (2) 高速公路涵蓋：得標業者應於 2022 年，於德國境內所有高速公路提供速率至少 100Mbit/s 且網路延遲 10 毫秒之服務；
- (3) 聯邦道路、非聯邦道路與國內道路之涵蓋義務；
- (4) 港口與境內主要河道之涵蓋義務；

- (5) 主要鐵路與其他鐵路之涵蓋義務；
- (6) 5G 基站布建：2022 年底前應布建 1,000 臺 5G 基站；
- (7) 非熱區布建：2022 年底前應布建 500 個基地臺於非熱區。

4. 頻率使用期限

聯邦網路局認為現有頻段不論是在何時釋出，其在本次釋出的使用期限均應採取一致的時間，考量最早得以使用頻段的時間為 2019 年，最晚得以使用頻段的時間為 2023 年，因此綜合考量訂為 2040 年 12 月 31 日，此一時間亦與同時釋出的 2 GHz 頻段使用期限相同。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

目前德國在頻譜管理上，禁止頻譜使用權利的轉讓、交易或再授權。使用權利的轉讓唯有透過合併得標者才有所可能。但即便是此種情形，仍必須先向聯邦網路局進行申請；且若該合併案可能造成市場競爭強度的降低，或得標者無法符合規範要求，聯邦網路局亦能禁止該合併得標者之單位利用該頻譜。

6. 其他釋照政策規劃重點

德國聯邦網路管理局在「2018 年決定」中，即針對在拍賣開始後拍賣官將告知各競價者的資訊，加以規定：

- (1) 目前的競價回合數；
- (2) 目前的行動階段；
- (3) 競價回合時間；
- (4) 各頻塊的最高出價，以及暫時得標者；
- (5) 各頻塊的最低有效投標金額，以及最低加價增幅；

- (6) 各競價者的有效投標價格清單（點選框投標）；
- (7) 目前的投標能力範圍（以頻塊點數計算），以及各回合的最低行動水準；
- (8) 可棄權的次數；
- (9) 可撤標的次數；
- (10) 不予投標的競價者資訊。

拍賣官將透過拍賣軟體告知各競價者各頻塊的最高出價，以及競價者的有效出價，以讓各競價者有修正對於頻塊價值評估的機會，減少所謂「贏者詛咒」（winner's curse）的可能性。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

依據電信法與反托拉斯法，當全國性營運業者提出漫遊或基礎建設共用的要求時，對方業者必須與其進行協商。對於基礎建設共用，首席裁決庭認為可提供行動網路的覆蓋率，但需要創造額外誘因以帶動合作協商。行動網路業者可透過多種不同的方式進行網路的聯合布建，如基地臺共享與頻率共用（Frequency pooling）等。

依共同程度的不同，監管的情況也將有所差異。若是被動網路元件的共用，如站臺與電源供應等，在監管上不會產生疑慮。但若有更多的網路元件共用，聯邦網路局等相關單位將進行個案檢視，以確保在共同的情況下仍保持市場競爭狀態。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

在漫遊的部份，首席裁決庭認為必須對既有業者和新業者間的全國性漫遊、及既有業者間的區域性漫遊等兩種狀況進行區隔。對全國

性漫遊的要求可降低新進業者的門檻，有利於促進競爭；而區域性漫遊則可強化網路覆蓋率，特別是偏遠地區。

對於全國性既有業者或新業者漫遊或網路共用之要求，被要求共用之業者需提供聯邦網路局關於協商過程之透明化資訊。協商不可有差別對待，並應達成合理、且不對雙方造成有害之結果。依市場經濟之原則，雙方應依各自之利益進行協商，唯有當協商失敗時，聯邦網路局才將進行介入。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

(1) 對於未使用頻段允許其他使用者共用

聯邦網路局為了促進 3600 MHz 頻段的有效利用，因此規定不論是取得可聯邦全區使用的 3400~3700 MHz 使用者，或者是區域/本地使用的 3700~3800 MHz 使用者，均可在該頻段未使用的情形下共用之，以作為「暫時性的附加容量」(temporäre Zusatzkapazität)。例如取得 3400~3700 MHz 頻段可在全國使用的經營者，倘若尚未使用於人口較為稀少的地區時，取得 3700MHz 頻段的區域/本地使用者即可使用該頻段增加網路容量；只要該頻段的全國經營者已開始於該區域使用該頻段，區域/本地使用者即須釋出該頻段，除非其與該全國經營者建立頻譜租用關係以取得使用權⁴⁶。

(2) 對於全國使用的網路涵蓋，應在合理期限內對需要 5G 服務的區域提供之，並且無差別待遇

鑑於產業、工業園區或地方政府對於 5G 的需求不一，聯邦網路局認為經營者在 5G 頻譜使用上得以「依據其所取得之頻譜提供服務」、「將頻譜出租」或「與使用者合作建設網路基礎設施」。基於上述理由，聯邦網路局將以訂定架構條件的方式加以規範，以維護市場競爭

⁴⁶ Bundesnetzagentur(2019), Grundlegende Rahmenbedingungen des zukünftigen Antragsverfahrens für den Bereich 3700 MHz – 3800 MHz für Anwendungen des drahtlosen Netzzugangs

並促進頻譜的有效利用。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

在 4G 以前電信事業的服務，並未如 5G 一般必須高度仰賴與應用服務提供者的合作，因此在管制上應有所因應。聯邦網路局認為為了促進創新 5G 服務的市場滲透，應該讓 MVNO 及應用服務經營者得以在經營上有長期規劃的確定性，亦即讓應用服務經營者與 MVNO 在促進服務競爭上得以作為獨立的提供者，因此對於行動網路經營者而言，應要求其適用相當於批發服務的大量交易條款。頻率共用與確保大量交易條件的批發服務，得以讓價值鏈上不同層的獨立促進者的競爭能力可以強化。

具體來講，在服務共享規範上，共包含下列兩點：

(1) 協商義務：

當地區型或區域型業者表達租用 3.4-3.7 GHz 頻段之需求時，該頻段得標者有義務和區域業者協商。惟主管機關並未強制規範批發出租義務。

(2) 基礎設施共享與漫遊規範：

在不違反競爭與反托拉斯法情況下，得標者得簽署基礎設施共享或國內網路漫遊等相關協議。

5. 案例分析

電信業者 E-Plus 原歸荷蘭業者 KPN 所有，2013 年 7 月 Telefónica Germany 宣布以 81 億萬歐元收購，並於 10 月獲 KPN 股東核准。然而此收購案因歐盟委員會擔心將影響競爭情形而被延後，直至 2014 年 7 月方在 E-Plus 與 Telefónica Germany 願意釋出部分頻譜與網路頻寬的條件下獲准許。

E-Plus 與 Telefónica Germany 為市場的第三、四大業者，兩者若合併，將以 37% 市占率成為德國最大電信業者，與二、三名之差距並不大，但歐盟委員會仍對於市場業者數量將由 4 家減少為 3 家表示擔憂⁴⁷。至於聯邦網路局則認為兩者合併後在 900 MHz 與 1800 MHz 兩頻段將持有過多的頻譜，特別是 1800 MHz 頻段，兩者共持有 63.8% 之頻譜；相較之下市場龍頭 Deutsche Telekom 與第二名的 Vodafone，僅分別於此頻段持有 28.5% 和 7.7% 之頻譜。

最終 Telefónica Germany 承諾將開放合併後 5 分之 1 的網路流量供 MVNO 業者 Drillisch 利用，並允許 Drillisch 可再額外購入 10% 的流量⁴⁸。此外完成收購後的 Telefónica Germany 也願意提早釋出其在 900 MHz 與 1800 MHz 之頻譜，供後續德國頻譜拍賣（Project 2016）使用⁴⁹。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一) 5G 應用發展重點方向及推動措施

物聯網（Internet of Things，IoT）將在未來經濟與生活占有重要的地位，除了智慧型手機等行動終端裝置外，汽車、家庭應用或工業機器皆可透過網際網路連結並交換數據。未來將有數十億個物體、感知器或機器彼此跨國通訊。在此一發展趨勢下，德國政府認為未來需要有千兆位元（gigabit）的行動網路連線，5G 網路具備之特性適宜做為此一數位轉換的主要技術。

基於上述的考量，德國政府依據 ITU-R 對於 5G IMT-2020 所定

⁴⁷ Peter Curwen, Jason Whalley, Pierre Vialle (2019), Disruptive Activity in a Regulated Industry: The Case of Telecommunications, Emerald Publishing Limited

⁴⁸ FierceWireless (2015/6/8), Germany's Airdata files challenge to Telefónica-E-Plus merger <https://www.fiercewireless.com/europe/germany-s-airdata-files-challenge-to-telefonica-e-plus-merger>

⁴⁹ Bundesnetzagentur (2014/7/8), Telecoms rules decision on the Telefónica Deutschland and E-Plus merger https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2014/140708Telefonica_Eplus.html

義的三個主要應用情境，包括 eMBB、mMTC 與 uRLLC，研擬德國的 5G 策略，即前述德國 5G 行動領域的五大部份，包括 5G 網路布建、提供所需頻譜、推動產業合作、支持相關研究、及啟用城鄉應用等。

德國政府 5G 策略的中心主旨為：使德國成為 5G 網路和應用的領先市場。聯邦網路管理局認為，對於 5G 頻譜需求的規劃，必須以市場需求為導向，且將網路經營者、服務提供者、MVNO 與應用服務業者（包括新進業者、中小企業等）之利益列入考量。目前聯邦網路管理局所規劃的 5G 頻段，包括 700 MHz 上下行頻段中間的間隔頻段（738-753 MHz）、2 GHz、3.4-3.8 GHz，以及 26 GHz（24.25-27.5GHz）與 28 GHz 頻段（27.5-29.5GHz）⁵⁰。

補助措施方面，可見於《德國 5G 策略》中的第四項行動方案「支持 5G 研究」中的「目標式研究補助，支援實驗平臺」工作項目，以及第五項行動方案「啟動都市 5G」中的二件工作項目：「舉辦 5G 競賽」、「藉產業夥伴的幫助支援專案規劃」。

在「目標式研究補助，支援實驗平臺」工作項目方面，德國聯邦政府以大規模補助方式推動 5G 創新解決方案相關研究，並以「可靠之無線通訊產業應用」、「5G 產業網路」、「5G 觸覺式網路（Tactile Internet）」為優先補助方向；同時聯邦政府也進一步補貼後續各領域下 5G 解決方案的研究發展，以完成其實用化之過程。相關案例包括工業 4.0 領域的「TACNET 4.0」，目標在於無縫整合 5G 網路至產業網路中，同時也考慮到成本的合理性。

⁵⁰ Bundesnetzagentur (2016), Points of Orientation for the provision of spectrum for the rollout of digital infrastructures, at 2-3.

在第五項行動方案「啟動都市 5G」中，聯邦政府認為，都市與地方政府可藉由 5G 所發展的解決方案來提升運作效率，但同時也必須配合都市發展之整體目標。因此將透過如智慧城市對話平臺（Smart City Dialogue Platform）的智慧城市章程（Smart City Charter）提供相關利害關係人重要規範。

至於在工作項目「舉辦 5G 競賽」中，聯邦政府將在不同領域內，由地方政府提出三項重要挑戰，並列出如何於 2020 年後以 5G 應對之初步大綱。接著在「藉產業夥伴的幫助支援專案規劃」的階段，聯邦政府將獎勵最具可行性之計畫大綱，並協助媒合申請者至合適的產業夥伴，包括新創或大型集團。總計聯邦政府將提供 2 百萬以上歐元的補助。

（二）垂直場域應用之推動政策

因全區性電信經營者於部分區域無法提供足夠的覆蓋，聯邦網路局規劃垂直場域專用頻率（區域授權），滿足中小企業或新創企業對於頻率需求，並要求相關申請者須符合電信法案的相關監理目標，即確保公共利益與普及服務的推展。

依聯邦網路局規劃方案，規劃採申請制釋出 3.7-3.8 GHz 供區域涵蓋、垂直領域使用頻段，提供電信服務或其他可能應用（如中小企業或新創企業對頻率需求），並採技術中立、服務中立方式進行專屬區域頻率劃分的申請及授與程序。該 100 MHz 頻寬，原先規劃將有 80 MHz(3700-3780 MHz)限於室內使用，另 20 MHz(3780-3800 MHz)則用於與當地相關的室外使用，考量頻譜的可用性及不受干擾，並設置限制條件，以確保頻譜的有效利用。其後則不再限制 80MHz 僅供室內使用、20MHz 供室外使用之設計，而調整為 100MHz 均供區域使用。

申請資格方面，申請人須為該地區或建物之不動產所有權人或承租人，且不得為 700 MHz 及 3.6 GHz 頻段內之全國頻譜使用權者，即排除現有的電信業者申請取得頻譜，但允許電信業者臨時性的使用該頻段擴充網路容量。

(三)5G 商轉概況

德國已於 2019 年 6 月 12 日結束 2 GHz 和 3.6 GHz 之頻譜拍賣，並於 2019 年 8 月 2 日完成此次拍賣頻譜之位置分配。競標後的業者動態方面，Telekom Deutschland 於 9 月宣佈其 5G 網路已在柏林、波恩、科隆、達姆斯塔特（Darmstadt），與慕尼黑等城市中開始運作。這五座城市的 5G 服務是由共 129 個 5G 天線進行供應，Telekom Deutschland 也表示未來將擴展在此五座城市中的 5G 服務。

Telekom Deutschland 已在 2019 年底於漢堡和萊比錫（Leipzig）等城市提供 5G 服務，估計全國將完成 300 個 5G 基站之建置。至 2020 年底，Telekom Deutschland 表示將至少會有 20 座大城市可接取 5G 網路服務。⁵¹

另一家得標業者 Vodafone Germany，則於 7 月啟動其第一座 5G 網路天線，至 8 月中已於科隆、杜塞道夫（Dusseldorf）、漢堡、多特蒙德（Dortmund），及慕尼黑等城市中提供 5G 網路服務，並計劃擴展至柏林、不來梅（Bremen）、德勒斯登（Dresden）、達姆斯塔特、萊比錫，及法蘭克福等城市。

Vodafone Germany 計劃至 2019 年之會計年度前，於 25 座城市、25 個直轄市、及 10 座產業園區內，提供超過 160 個 5G 天線。至 2020 年底，可有 1 千萬人使用 5G 網路，且在 2021 年底將提升至 2 千萬

⁵¹ RCR Wireless News (2019/09/06), Deutsche Telekom offers 5G tech in five cities via 129 base stations <https://www.rcrwireless.com/20190906/5g/deutsche-telekom-offers-5g-tech-five-cities-via-129-base-stations>

人。⁵²

相對於 Telekom Deutschland 和 Vodafone Germany 兩大業者的布建動作，第三大業者 Telefónica Germany 尚無發布明確的 5G 建置規劃，新進業者 1 & 1 Drillisch AG 則預期至 2021 年才會有所動作。⁵³

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

聯邦網路局將 3700-3800 MHz 及 26 GHz 頻段規劃為區域使用，讓有需求之業者，在 3.6 GHz 供做全國使用的情況下，仍可在具彈性與需求導向之基礎上發展所需的應用，也讓尚在發展商業模式的廠商可在日後再進行實際導入。

在 26 GHz (24.25 – 27.5 GHz) 的部份，聯邦網路局已邀請有興趣參與之公司或團體，於 2018 年 10 月 19 日前提供未來使用規劃之意見與相關問題，並在 2019 年 12 月提出架構草案。由於在收到的回覆意見中，提及了多種不同的商業模式和頻譜需求，聯邦網路局規劃將 24.25-27.5GHz 頻段做為區域應用之用。

在 24.25-26.5 頻段，因為目前主要由全國性電信業者做定向無線電應用 (directional radio applications)，聯邦網路局規劃此區域未來將做為行動寬頻用途，包括偏鄉地區「最後一哩」(FWA) 之目的使用。

而在 26.5-27.5GHz 頻段，主要會採區域性、所有權相關 (property-related) 之方式進行指配，例如工業、農業、或林業之用。所有權相關之區域性應用，其優先權將高於跨所有權 (cross-property) 之應用。這原則同樣適用於後續土地相關 (land-related) 之區域性應用。

⁵² vodafone newsroom, Das erste 5G-Handy-Netz ist da: Ab morgen auf den Smartphones (2019/07/16) <https://www.vodafone.de/newsroom/netz/5g-start-vodafone-startet-5g-in-deutschland/>

⁵³ buten un binnen, 5G-Start: Ab wann Bremer den neuen Mobilfunkstandard nutzen können (2019/09/05) <https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/politik/neuer-funkstandard-umsetzung-bremen-100.html>

針對 26 GHz 頻段架構草案之意見，蒐集至 2020 年 2 月 21 日為止，聯邦網路局已將各界意見公告於網站，並初步提供回應摘要，惟現階段尚未正式公告法規草案⁵⁴。

⁵⁴ Bundesnetzagentur, Regionale und lokale Netze
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html

第四節 義大利

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

2016 年義大利主管機關通訊管理局（Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni，AGCOM）即開始調查 5G 應用 6GHz 以上頻段之發展性（Resolution n.557/16/CONS），主要課題為掌握 5G 技術及其全球發展，並研討 5G 網路技術與架構下，與頻譜資源應用有關之相關議題，例如小型基地臺、銜接電路以及天線等。主管機關同時一併考量 5G 網路帶來服務創造以及相關管理議題，例如網路共享等，可能對商業模式及頻譜管理帶來影響。

AGCOM 主要研究之候選頻段包括：

1. 先導頻段：700MHz、3.4-3.8GHz 以及 24.25-27.5GHz。
2. 已指配頻段：800MHz、900MHz、1500MHz、1800MHz、2100MHz 以及 2600MHz 等。
3. 潛在頻段，例如 2.3GHz，以及 ITU 所研析超過 24GHz 之毫米波頻譜。

2018 年 1 月時，主管機關 AGCOM 設定釋出三個先導頻段之相關規範，經濟發展部（Ministry of economic development，MISE）則基於 AGCOM 的規劃，設定於當年 9 月辦理釋照。義大利預算法設定兩個目標，其一，規範本次拍賣收入不得低於 2 億 5 千萬歐元；其二、確保能夠讓全國各地所有使用者都能夠接取到 5G。

2018 年 3 月，AGCOM 辦理關於釋出 5G 之公眾諮詢，並於 2018 年 5 月定案，AGCOM 宣布 5G 多頻段拍賣作業（Resolution n.231/18/CONS），同年 9 月則由 MISE 辦理 700MHz、3.6-3.8GHz 以及 26GHz 釋出作業。

2018年9月13日義大利 MISE 啟動 5G 頻譜拍賣作業後，歷經 14 個競價日、171 回合的激烈競爭後，MISE 於當地時間 2018 年 10 月 2 日公告該國 5G 頻譜拍賣作業結束，拍賣總價金達 65 億歐元之譜，遠超過原先該國預算法中規劃達 40 億歐元的預期。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

根據主管機關 AGCOM 於 2019 年 7 月發布之 2019 年年報顯示，2018 年義大利通傳市場（含電信、廣電以及郵政服務）總產值可達 536 億歐元，相較於 2017 年下跌 0.3%，其中，電信市場營收達 315 億歐元，與前一年相比下跌 2%，若更進一步區分為固網市場與行網市場，則固網市場為 166 億歐元，較前一年成長 1.2%，行動市場為 149 億歐元，下跌 5.3%。義大利通傳市場營收如下圖。⁵⁵

	2017	2018	變化程度(%) 2018 / 2017
電信市場	32,222	31,576	-2.0
- 固定通訊網路市場	16,407	16,607	1.2
- 行動通訊網路市場	15,815	14,969	-5.3
廣電媒體市場	14,922	15,094	1.2
- 無線廣電	8,848	8,852	0.0
- 免費數位無線電視	4,792	4,795	0.1
- 付費無線電視	3,433	3,420	-0.4
- 廣播	623	637	2.2
- 出版品	3,846	3,524	-8.4
- 報紙	1,921	1,786	-7.0
- 期刊	1,925	1,738	-9.7
- 網際網路	2,228	2,718	22.0
郵政服務	6,683	7,019	5.0
- 普送服務	1,734	1,653	-4.7
- 普送服務以外之服務	4948.3	5365.9	8.4
總計	53,827	53,689	-0.3

圖 2-19：義大利通傳市場營收

資料來源：AGCOM，本研究整理。

⁵⁵ AGCOM (2019), 2019 Annual report, available at : <https://www.agcom.it/visualizza-documento/7b6a8cdb-b6cc-45ac-b1b4-ef5a674df5b4>

註：單位：百萬歐元。

1. 固網寬頻市場概況

根據主管機關 AGCOM 之年報顯示，2019 年 9 月時，義大利電信（Telecom Italia, TIM）為固網寬頻市場市占率最高的業者，前四大業者分別為義大利電信（Telecom Italia）、Fastweb、WindTre 以及 Vodafone，占了整體固網市場超過 87%。TIM 的市占率達 43.3%，較前一年下降 1.1%，Vodafone 市占率 16.3%，較前一年上升 0.9%，Fastweb 市占率 15.0%，WindTre 市占率 14.2%，整體固網寬頻市場市占率如下圖。⁵⁶

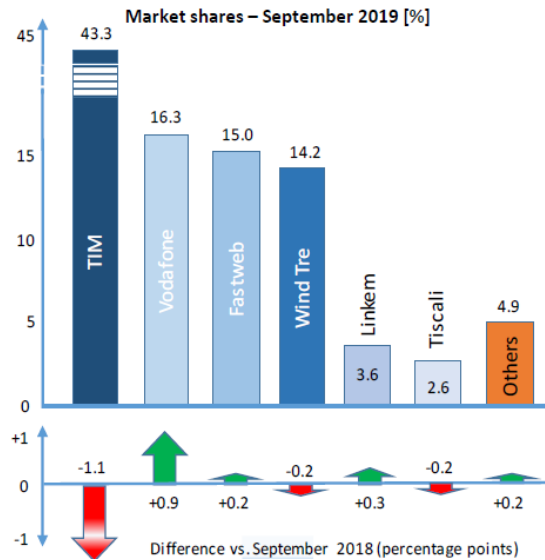


圖 2-20：義大利固網寬頻市場業者市占率

資料來源：AGCOM。

2. 行動通信市場概況

行動通訊市場則以 WindTre 為市占率最高之業者，與義大利電信於伯仲之間，第三大業者 Vodafone 的市占率也達 25.1%，整體市場呈現三足鼎立之態勢。MVNO 市占率則為 5.9%，如下圖。⁵⁷

⁵⁶ Agcom (2019), COMMUNICATION MARKETS MONITORING SYSTEM.

⁵⁷ 同前註。

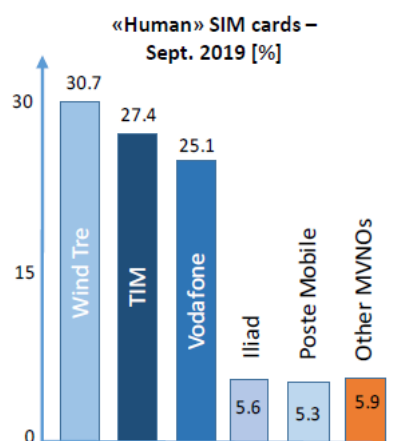


圖 2-21：義大利行動通訊市場市占率

資料來源：AGCOM。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣)

1. 競價機制 (競價區塊、競價機制選擇與競價規則細節)

義大利本次 5G 釋照吸引七家業者參與投標，除了原本四家主要業者 Telecom Italia、Vodafone Italia、Iliad Italia 以及 Wind Tre 以外，固網業者 Fastweb、寬頻業者 Linkem 及 Open Fiber 也參與了競價作業。副總理兼經濟部部長 Luigi Di Maio 曾表示本次拍賣作業之實施將讓義大利成為歐洲 5G 領先國家。

義大利首波 5G 釋照頻段如下：

(1) 694-790 MHz

A. FDD 頻塊：703-733 MHz / 758-788 MHz

B. SDL 頻塊：738-753 MHz

(2) 3.6-3.8 GHz

(3) 26.5-27.5 GHz

有關 700MHz 部份，共釋出 75MHz，包含 2x30MHz FDD 以及 15MHz SDL。FDD 頻塊以 2x5MHz 為一區塊，共分 A1 至 A6，採抽象頻塊方式，其中 A1、A2 頻塊保留給新進業者出價，剩餘 A3 至 A6

共 4 個 2x5MHz 提供參與者競價。

另外，補充下行鏈路（Supplemental Downlink，SDL）頻塊則以 5MHz 為單位，區分為 B1 至 B3。主管機關規劃該 SDL 頻塊將提供給公共安全及災防應變（Public Protection and Disaster Relief，PPDR）頻譜使用。義大利 700MHz 頻段配置如下圖⁵⁸：

694-703	703-708	708-713	713-718	718-723	723-728	728-733	733-738	738-743	743-748	748-753	753-758	758-763	763-768	768-773	773-778	778-783	783-788	788-790
	FDD uplink							SDL				FDD downlink						
9 MHz guardband	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	5 MHz guardband	Abstract B1 - B3	Abstract B1 - B3	Abstract B1 - B3		Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	Abstract A1 - A6	2 MHz guardband

圖 2-22：義大利 700MHz 頻段區塊配置

資料來源：AGCOM。

義大利 3600-3800MHz 頻段共釋出 200MHz，分為四個區塊，其中，C1 頻塊為 80MHz 的具體頻塊（頻率位置 3720-3800MHz）；另外三個區塊，C2 為 80MHz 的抽象頻塊；C3、C4 為 20MHz 的抽象頻塊，如下圖。⁵⁹

3600-3620	3620-3640	3640-3660	3660-3680	3680-3700	3700-3720	3720-3740	3740-3760	3760-3780	3780-3800
TDD									
Abstracts C2 (80 MHz) C3 (20 MHz) C4 (20 MHz)						Concrete C1 (80 MHz)			

圖 2-23：義大利 3.6-3.8GHz 頻段區塊配置

資料來源：AGCOM。

⁵⁸ AGCOM (2018), Regulation and award of 5G pioneer bands in Italy.

⁵⁹ 同前註。

至於 26.5-27.5 GHz，則釋出 1,000 MHz，主管機關將其分為 D1-D5，各 200MHz，共 5 個抽象頻塊，如下圖。⁶⁰

26500-26700	26700-26900	26900-27100	27100-27300	27300-27500
TDD				
Abstract D1 - D5	Abstract D1 - D5	Abstract D1 - D5	Abstract D1 - D5	Abstract D1 - D5

圖 2-24：義大利 26.5-27.5GHz 頻段區塊配置

資料來源：AGCOM。

義大利採取同時多回合上升拍賣（Simultaneous multi-band award procedure）競價機制，對於保留給新進業者的頻塊，則早於其他指配頻塊確認指配對象。

拍賣過程中，所有頻段均同時競價，當拍賣結束時，會確認抽象頻塊之指配結果。主管機關會通知得標者其獲得之抽象頻塊數。通知得標者之日起十天內，各得標者應提交其對於欲取得頻率位置的規劃。如果得標者未提交規劃方案，或 MISE 未接受得標者的提案，則將由主管機關 MISE 進行公開指配程序，決定實際得標頻率。

2. 底價

義大利主管機關對本次拍賣之底價訂定如下：

- (1) 700 MHz 特定頻塊（A1+A2）為 676,472,792 歐元。
- (2) 700 MHz FDD 頻塊（A3-A6）每頻塊為 338,236,396 歐元。

⁶⁰ 同前註。

- (3) 700 MHz SDL 頻塊 (B1-B3) 每頻塊為 84,559,099 歐元。
- (4) 3600-3800 MHz 特定頻塊 (C1 : 80 MHz) 為 158,374,470 歐元。
- (5) 3600-3800 MHz 一般頻塊 (C2 : 80 MHz) 為 158,696,043 歐元。
- (6) 3600-3800 MHz 一般頻塊 (C3、C4 : 20 MHz) 每頻塊為 39,674,011 歐元。
- (7) 26.5-27.5 GHz 頻塊 (D1-D5 , 各 200MHz) 為 32,586,535 歐元。

義大利主管機關對於 700MHz 之底價設算，主要參考 2011 年釋出 800MHz 頻段之結果，再依據釋出頻譜數量與執照效期調整。對於 3.6-3.8GHz 之底價設算，主要參考 2008 年拍賣 3.4-3.6GHz 之平均得標金，再考量通貨膨脹率、人口涵蓋、釋出頻譜數量以及執照效期調整，並考量相關因素後予以提升、制定底價。

對於 26GHz，義大利則參考近期相鄰頻段釋出固定無線迴路 (Wireless local loop) 之結果，並調整適用區域為全國、釋出頻譜數量以及執照效期等因素後推導出底價。

3. 標金繳納方式

義大利本次規範得標者應於指定期限內交付標金。

4. 競價結果

整體拍賣價金結果如下：

(1) 700 MHz

- A. 700 MHz 保留頻塊 (A1+A2) ，由 Iliad Italia 得標，得標金為 676,472,792 歐元。

- B. 700 MHz FDD 頻塊 (A3-A6)，由 Vodafone Italia 與 Telecom Italia 各取得 2 個 2x5MHz，得標金為 Vodafone Italia 需支付 345,000,000 歐元與 338,236,396 歐元；Telecom Italia 需支付 340,100,000 歐元與 340,100,000 歐元。
- C. 700 MHz SDL 頻塊：未售出。

(2) 3600-3800 MHz

- A. 80MHz 特定頻塊 (3720-3800MHz) 由 Telecom Italia 得標，得標金為 1,694,000,000 歐元。
- B. 80MHz 抽象頻塊，由 Vodafone Italia 得標，得標金 1,685,000,000 歐元。
- C. 20MHz 抽象頻塊，由 WIND TRE 與 Iliad Italia 各得 20MHz，WIND TRE 得標金為 483,920,000 歐元、Iliad Italia 得標金為 483,900,000 歐元。

(3) 26.5-27.5 GHz

- A. 得標者：五家業者各得 200MHz
- B. 得標金
 - (a) Telecom Italia：33,020,000 歐元
 - (b) Iliad Italia：32,900,000 歐元
 - (c) FAST WEB：32,600,000 歐元
 - (d) WIND TRE：32,586,535 歐元
 - (e) Vodafone Italia：32,586,535 歐元

(三) 權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

基於鼓勵新進業者參與市場之目標，AGCOM 於釋出 700MHz、3.6-3.8GHz 及 26GHz 頻譜時，曾規劃於 700MHz 頻段保留 2 個頻塊

(一頻塊為 2x5MHz)，供新進業者出價。拍賣開始後，由原 H3G Italy 與 WIND 聯合控股成立之 Iliad，順利取得 700MHz 之保留頻塊，獲得 2x10MHz。

2. 頻譜取得上限規範

主管機關對於 700MHz、3.6-3.8GHz 及 26GHz 頻譜之頻譜取得上限，分述如下。

- (1) 對於 700MHz，主要設計兩種上限，其一為 700MHz FDD 頻段內，最多取得 2x15MHz；其二為納入考量 800MHz 與 900MHz 之 1GHz 以下頻段上限，設定為 2x30MHz。
- (2) 對於 3.6-3.8GHz，同樣存在兩種上限，其一本次釋出頻段內，上限最多取得 100MHz；其二為納入考量 3.4-3.6GHz，同時最多僅能取得 100MHz。
- (3) 對於 26GHz，則規範最多可取得 400MHz，表示得標者最多可獲得 2 個 200MHz 區塊。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

義大利主管機關對於得標者之義務，設定有三項，分別為：頻譜使用義務、布建義務以及接取義務。

AGCOM 規範各頻段得標者，應於指配頻譜一定期間內啟用頻譜，其中，3.6-3.8GHz 之得標者需於 2 年內啟用、700MHz 得標者需於 3 年內啟用，26GHz 頻段得標者則應於 4 年內啟用。

AGCOM 對使用義務更進一步定義為：需啟用基地臺以及固定鏈路等實體，並連線到傳輸網路，同時也要商轉服務，無論是透過漫遊、多業者共用接取網路、多業者共用核心網路或網路切分等形式。

AGCOM 主管機關對於 700MHz FDD 頻塊得標者設有以下布建義務：

- (1) 應符合歐盟執委會設定數位進程的目標，於取得頻率起 36 個月內實現 5G 網路於國內 80% 的人口涵蓋，包含所有省會與直轄市之家戶數應超過 3 萬戶。新進業者可以有額外 12 個月的時間達成此一目標。若為 eMBB 應用，則下載速率應至少為 30Mbps。
- (2) 得標者於取得頻率之 54 個月內，其商業服務提供應能涵蓋全國人口 99.4%。
- (3) 得標者於取得頻率之 42 個月內，其服務提供應涵蓋國內主要交通要道與鐵路樞紐站。
- (4) 國家旅遊局會提供至多 2,400 個景點，得標者應於取得頻率之 66 個月內，服務涵蓋列表上至少 90% 以上的旅遊景點。新進業者可以有額外 12 個月的時間達成此一目標。

AGCOM 認為 3600-3800MHz 頻段的傳播模式與 700MHz 明顯不同，故對該頻段訂定不同的布建義務，主管機關認為該類頻段應為滿足需求導向之布建義務，故要求得標者自得標日起 90 日內，應提供涵蓋義務清單給主管機關，該清單上應至少有 10% 為地方縣市，且人口數低於 5,000 之區域。得標者於核配之日起 72 個月內，應證明其已準備向該清單內之區域提供服務。

4. 頻率使用期限

根據主管機關的規劃，本次拍賣之得標者，其頻率使用期限將至 2037 年 12 月底截止。700MHz 頻段將可擁有 15 年又 6 個月的執照使用效期，3.6-3.8GHz 與 26GHz 頻段則可擁有 19 年執照效期。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

義大利規範本次釋出頻段，於執照指配 2 年後，方得進行頻譜交易。至於取得保留頻塊的得標者，則必須於執照指配 4 年後，方得進

行頻譜交易。

目前義大利主管機關並未開放頻率共用，不過針對透過競價取得 3.6-3.8GHz 頻段中 20MHz 的得標者，得以合理且合乎使用比例的方式與擁有 3.4-3.6GHz 頻段頻譜資源之業者合併或達成共用協議，主管機關保留相關審核權力。

6. 其他釋照政策規劃重點

為了鼓勵頻率使用，AGCOM 規範 3.6-3.8GHz 的得標者，若其於部分區域未提供 5G 網路服務時，應將該頻段出租給未得標 3.6-3.8GHz 之業者，出租價格與得標金之比例應合理。AGCOM 稱此規範為強制使用否則提供租用（mandatory use-it-or-lease-it）之型態。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

根據主管機關對於本次釋照之規範，允許得標者以漫遊、多業者共用接取網路、多業者共用核心網路或網路切分等方式商轉。重點為啟用頻譜。不過，頻率共用並未在開放之列。

義大利電信業者 TIM 於 2015 年時，將其負責維護被動式基礎設施的部份獨立拆分成一家子公司 Infrastrutture Wireless Italiane (INWIT)，負責管理 TIM 的電信與廣播相關傳輸基礎設施。2020 年 3 月時，TIM 與另一家電信業者 Vodafone Italy 達成協議，將 Vodafone Italy 的電杆部門與 INWIT 合併，將管理兩家業者合計約 22,000 臺電杆，包括主動式網路元件之天線共享以及被動式設施如機櫃空間之共享，兩家業者則各擁有 25% 之股權。兩家業者認為，透過聯合控股公司共建網路的方式，將可達到加速 5G 布建、提升 5G 布建範圍以及加速 4G/5G 網路效能的目標。⁶¹

⁶¹ TIM (2020), Italy's largest tower operator and Europe's second largest listed tower company,

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

AGCOM 對於 700MHz FDD 得標者附有網路漫遊義務，既有業者應提供新進業者於國土範圍內 30 個月的網路漫遊，自 30 個月至最多 60 個月，漫遊區域則限定於新進業者網路未涵蓋之區域。漫遊協議得透過多業者核心網路（Multi-Operator Core Network，MOCN）、多業者無線電接取網路（Multi-Operator Radio Access Network，MORAN）或網路切分方式提供。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

目前義大利主管機關尚不允許頻率共用。不過對於特定偏遠區域，則允許最多兩家業者以共享協議方式共用 700MHz。

另外，對於 26GHz 得標者，主管機關設定共同使用規範，當其他執照業者於特定區域未使用時，每一家得標者都可以動態使用本次釋出之 1GHz 頻寬，主管機關允許得標者用此種頻率共用方式降低布建成本，同時，得標者也可以指定第三方機構，做為其頻率使用管理之業者，透過接取程序避免有害干擾。主管機關稱此種方式為俱樂部共用（club-use）型態。

2018 年 10 月義大利完成首波 5G 拍賣後，3.6GHz 頻段各有 WIND TRE 與 Iliad Italia 取得 20MHz。由於主管機關保留 3.6GHz 頻段 20MHz 競價者與 3.4GHz 頻段既有業者合併或共用頻率協議之可能性，故 WIND TRE 與未於 3.6GHz 頻段得標之 Fastweb（瑞士電訊義大利子公司）於 2019 年 7 月簽署共頻共網協議，協議年限 10 年，至 2026 年可涵蓋全國 90% 人口。

Fastweb 於 2018 年透過購併方式，取得區域固定無線 ISP 業者之 3.5GHz 執照（約 40MHz），以及 835 個站臺；Wind Tre 則於 2018 年

拍賣時取得 3.6GHz 頻段 20MHz。因此，兩家業者擬透過合作協議，採取頻率共用（spectrum pooling）與網路共用型態，成為共用 5G 平台的虛擬業者，並維持各自獨立向消費者提供零售服務。兩家業者共頻後頻寬為 60MHz，可與兩家大業者 Vodafone（80MHz）與 Telecom Italy（80MHz）抗衡。兩家協議業者合作後之頻寬示意圖如下。

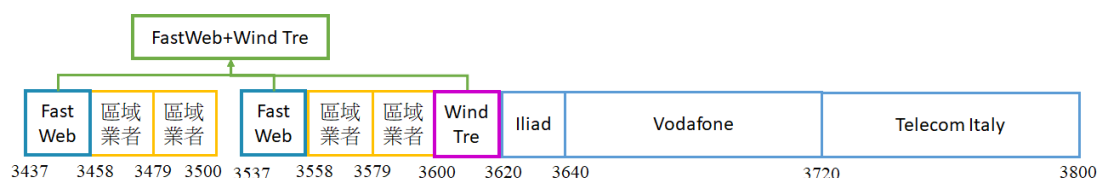


圖 2-25：義大利 Wind Tre 與 Fastweb 之合作協議使用頻率

資料來源：本研究整理。

2020 年 1 月，另一家 3.6GHz 頻段取得 20MHz 的競價者 Iliad 向義大利行政法院提出訴訟，要求法院讓其接取兩家業者之合作協議，並撤銷主管機關讓兩家業者達成共頻共網協議之法令，2020 年 2 月義大利行政法院召開第一次聽證會，經邀集相關利害關係人出席後，義大利行政法院於 3 月公告發布初步命令，拒絕 Iliad 所提之接取需求。最終決議將於 10 月 7 日公告。⁶²

4. 容量批發（MVNO）之規劃

義大利主管機關對於導入 5G 之態度，採取保留 700MHz 頻譜資源供新進業者申請之方式，並積極促使 5G 網路及早商轉，並未針對 MVNO 設定規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

（一）5G 應用發展重點方向及推動措施

⁶² The Regional Administrative Court for Lazio (2020), Order, https://www.giustizia-amministrativa.it/portale/pages/istituzionale/visualizza/?nodeRef=&schema=tar_rm&nrg=201914945&nomeFile=202002809_08.html&subDir=Provvedimenti

AGCOM 認為，5G 技術能創立新的商業模式（無論對零售或批發領域），能促進產業價值鏈中新業者的創建。因此，未來 5G 網路成熟時，可能對現有批發服務市場產生改變，無論在接取端或互連端，尤其當 5G 導入虛擬化及網路切分等功能時。整體而言，AGCOM 認為 5G 發展可能比較適合由多家業者和其他產業業者共同投資。

為推動 5G 應用發展，主管機關經濟發展部 MISE 於 2017 年提供 3.7-3.8GHz 部分頻率做為 5G 實驗專案之用，包括 5 個義大利主要城市如米蘭(Milan)、普拉托(Prato)、拉奎拉(L'Aquila)、巴里(Bari)以及馬泰拉(Matera)等都有相關 5G 實驗進行中。

MISE 為更進一步支持 5G 相關發展，故建立 5G 支應專案 (5G support program)，提供財務補助供 5G 新興技術發展。此專案主要分為兩大主軸：其一為技術研發，其二則為實驗與應用研發專案。自 2020 年 3 月起，MISE 已開放外界提交申請書。針對主軸一之技術研發，將著重於開發 5G、區塊鏈、人工智慧以及物聯網等新興科技發展的新創事業或中小企業。MISE 準備約 4,000 萬歐元之基金，其中 1,500 萬將撥款給 2019 年時已獲得主管機關核准的研發專案，剩餘 2,500 萬則預計撥款給 2020 年申請獲得核准之實驗專案。⁶³

對於主軸二之實驗與應用研發專案，則著重於與電信業者持有之 5G 頻率進行實驗或應用研發之相關專案，2020 年時 MISE 宣布提供近 500 萬歐元資金核配給 6 個實驗專案，相關專案參與機構包括 3 所大學以及 3 家公共機構，運用 2 家電信業者 (Wind Tre 與 TIM) 之頻率進行相關實驗。

(二)垂直場域應用之推動政策

⁶³ MISE (2020), Support program for emerging 5G technologies, available at: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/comunicazioni/servizi-alle-imprese/tecnologia-5g/tecnologie-emergenti-5g>

AGCOM 認為，5G 網路將影響多個垂直場域，包括製造業、工業、汽車業、娛樂業、能源業以及醫療業等，藉由 5G 網路之技術特性，將可滿足不同產業之特定需求。

因此，AGCOM 先對汽車產業進行更深入的研究，了解現階段已提供給智慧交通系統（Intelligent Transportation Systems，ITS）以及運輸車載系統（Transport and Traffic Telematics）的應用，確認商用行動網路以及共用頻率之互補性。

2016 年 AGCOM 首次調查 5G 時，尚無可能的垂直場域業者直接參與，AGCOM 認為主要原因應為當時對於 5G 技術之理解仍不足夠。

其後 AGCOM 釋照時，於 3.6-3.8GHz 設定執照規範，若一家得標者持有頻寬至少達 80MHz 時，有義務提供 5G 服務給個人用戶或企業用戶，且需於需求提出之 6 個月內達成。同時，規範必須以無差別待遇且與其他使用者一致的條件提供服務，避免對區域申請者造成負擔。若應用型態為增強型行動寬頻時，下載速率應至少達 30Mbit/s。

AGCOM 希望藉由接取義務之規範，促進垂直場域內創新應用案例之發展。

(三)5G 商轉概況

現階段義大利電信業者包括 Telecom Italy 與 Vodafone Italy 正陸續推動國內 5G 商轉。Telecom Italy 於 2019 年 6 月首先在羅馬與杜林部分區域商轉，其餘國內各地則陸續商轉中。Telecom Italy 於開台時，提供三種 5G 資費方案，一種為速率等級達 4.5G 的方案，下載速率最高達 700Mbps，每月數據量 40GB，月租費酌收 19.99 歐元；第二種則為每月數據量 50GB 之資費方案，月租費酌收 29.99 歐元，下載速率最高可達 2Gbps；第三種資費為每月數據量 100GB 的方案，月

租費酌收 49.99 歐元。⁶⁴其後，Telecom Italy 於 2020 年 3 月底發布 Advance 5G Unlimited 方案，提供 5G 數據無限使用量，每月酌收 39.99 歐元。該公司未公告 5G 基地臺布建數與用戶數統計資料。

Vodafone Italy 目前也持續布建 5G 網路，現階段已提供 5G 服務的城市包括羅馬、米蘭、杜林及拿波里等 5 個城市，其餘如熱那亞等地則位處 4.5G 階段，5G 網路仍在布建中。Vodafone Italy 同樣提供 5G 每月數據無限使用量之方案，月租費從 26.99 歐元、29.99 歐元以及 39.99 歐元不等，月租費費用高低取決於歐盟境內會員國漫遊之數據用量而有不同。Vodafone Italy 另外也提供了按數據使用量計費的方案，例如每月數據量 20GB 酌收月租費 14.99 歐元、每月數據量 30GB 酌收月租費 24.99 歐元等。該公司未公告 5G 基地臺布建數與用戶數統計資料。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

對於高頻段部份，義大利為歐洲第一個採 5G 技術釋出毫米波頻譜的國家，其於 2018 年 10 月釋出 26GHz 頻段，釋出頻率範圍為 26.5-27.5GHz 頻段，釋出頻寬達 1GHz，並分為 5 個頻塊，一頻塊 200MHz，釋出頻塊上限則為 400MHz，表示一家競價者最多可以取得 2 個毫米波釋出頻塊。拍賣結果則由 5 家電信業者各取得 1 頻塊，分別為 Telecom Italia、Iliad、Fastweb、Wind tre 以及 Vodafone Italia。

針對毫米波頻段部份，義大利主管機關 AGCOM 採取較彈性使用之方式，類似頻譜共用型態，AGCOM 稱為俱樂部使用 (club use)，若釋出頻率於特定區域無得標業者使用時，另外 4 家得標業者可以申請使用該區域之閒置頻率，藉以擴大可使用頻寬範圍，並提升

⁶⁴ EU (2019), 5G Observatory Quarterly Report 4, <http://5gobservatory.eu/wp-content/uploads/2019/07/80082-5G-Observatory-Quarterly-report-4-min.pdf>

頻譜使用效率。

另外，AGCOM 對毫米波頻譜附有鼓勵垂直應用發展之政策目標，規範 26GHz 得標者課予批發接取義務，讓非電信業者可向得標業者租用網路後發展垂直應用服務。

雖然義大利主管機關對於毫米波頻段設定有發展垂直應用之政策目標，不過現階段業者仍以布建 700MHz 與中頻段 3.6-3.8GHz 為主，毫米波頻譜尚未成為業者主要發展目標。

(二) 推動產業政策措施

為了協助推動 5G 帶來更安全的交通基礎設施，義大利經濟發展部 MISE 於熱那亞都會區提供實驗資金補助，針對智慧交通系統使用 5G 的實驗專案，建立 200 萬歐元之補助基金，讓持有頻率的電信業者與當地政府或學研機構合作，有意申請參與測試之團體，得向 MISE 申請取得補助，以逐步建構義大利 5G 與智慧交通產業發展。MISE 於 2020 年 3 月開放申請，適用持有 3.6-3.8GHz 頻率與 26.5-27.5GHz 之得標者能與其他縣市政府或學研機構共同提出申請。⁶⁵

就前述方式觀察，義大利主管機關對於推動產業政策措施，初期選定 5G 與智慧交通領域，針對實驗測試提供相關基金補助，以逐步扶植 5G 與智慧交通產業之發展。

⁶⁵ MISE (2020), Genoa 5G project, <https://www.mise.gov.it/index.php/it/comunicazioni/servizi-alle-imprese/tecnologia-5g/5g-genova>

第五節 法國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

2016 年，歐盟執委會（European Commission）決定為 2020 年實現 5G 商業化確定整個歐洲的共同時間表。2017 年，歐盟成員國共同簽署了由執委會主席提出的 5G 發展藍圖，其目標包括：每個成員國至少有一個主要城市在 2020 年完成 5G 布建，2025 年 5G 網路涵蓋擴及該國所有主要城市區域和交通要道。

在法國，電子通訊暨郵政監理委員會（The Electronic Communications and Postal Regulatory Authority，法文為 Autorité de régulation des communications électroniques et des postes，ARCEP）自 2017 年 3 月初次發布 5G 議題探討文件⁶⁶，接續在 2018 年 1 月建立「5G 前導試驗」申請窗口⁶⁷，同年 3 月釋出 3.5GHz(3400-3800MHz) 實驗執照。

2018 年 7 月 16 日，ARCEP 發布「法國 5G 發展藍圖」⁶⁸，除了考量其產業需求，自許成為全球首個將 5G 應用於工業領域的國家，並規劃自 2020 年起分配首批 5G 頻段，同年至少在一個大城市提供 5G 商用服務，2025 年以前實現 5G 網路充分涵蓋至法國各主要交通路線。於藍圖所列出的四大「使 5G 邁向成功的優先工作」當中，除了頻譜整備、促進新用途之發展、確保政策透明度和公開對話外，尚包含法國相關政府單位協力為 5G 基礎設施布建提供必要支持。例如，法國國土統籌部「住房、規劃與數位發展法案（ELAN 法案，於 2018

⁶⁶ ARCEP (2017), 5G: Issues & Challenges, https://www.ARCEP.fr/uploads/tx_gspublication/Report-5G-issues-challenges-march2017.pdf

⁶⁷ ARCEP, To prepare for the advent of 5G, ARCEP opens a « 5G pilot » window for all market players, <https://en.ARCEP.fr/news/press-releases/p/n/to-prepare-for-the-advent-of-5g-ARCEP-opens-a-5g-pilot-window-for-all-market-players.html> (last visited Jun. 11, 2019)

⁶⁸ ARCEP (2018), 5G: An ambitious roadmap for FRANCE, https://www.ARCEP.fr/fileadmin/reprise/dossiers/programme-5G/Roadmap_5G_-_VA.pdf

年 10 月 16 日通過立法)」⁶⁹及「歐洲電子通訊法案 (the European Electronic Communications Code)」,均明確了簡化基礎設施布建規範, ARCEP 亦規劃制定最佳實踐指南 (best practice), 並將評估通過特別布建措施以共享小型基站網路的可行性和機會。

2019 年 5 月, 法國政府就 3.4-3.8GHz 頻段之釋照準備, 設定了四項政策目標⁷⁰:

1. 兼顧區域發展: 除了在人口最稠密的都會地區擴充行動網路容量外, 5G 服務必須使所有地區都能受益。
2. 維持市場競爭: 釋照程序必須讓至少四家行動業者能在良好條件下提供 5G 服務, 同時亦能發展其差異化競爭優勢。
3. 考量垂直應用的創新與服務: 雖然不規劃垂直應用專屬頻段, 但必須將業者 5G 服務應能滿足不同地方、各種類型應用的特殊需求列於執照條件。
4. 挹注國家財源: 由政府訂定拍賣底價, 除確保國家資源得到充分利用, 亦能考量到業者網路布建所需經費投資。

法國 5G 選用頻段使用現況與未來規劃, 綜整如下:

1. 6GHz 以下的頻段

(1) 於 2015 年完成釋照之 700MHz 頻段, 自 2019 年中旬起已完全可被使用於行動寬頻用途。

(2) 在目前服務匱乏的地區 (underserved areas) 開放 40MHz

⁶⁹ ELAN, a law to reform housing, planning and digital technology, <https://www.gouvernement.fr/en/elan-a-law-to-reform-housing-planning-and-digital-technology> (last visited Jun. 11, 2019)

⁷⁰ Implementation of the 5G roadmap: The Government communicates to Arcep its orientations with a view to the development of the next frequency allocations for 5G, https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1562769055/user_upload/grands_dossiers/5G/communiqu-e-et-lettre-de-cadrage-orientations-5G_mai2019.pdf

頻寬(頻率範圍為 3420-3460MHz)為固定無線寬頻用途，可使用至 2026 年；另在 3.4-3.8GHz 的較低頻率範圍中，亦存在其他各類既有用戶。

(3) 規劃辦理 3.4-3.8GHz (3490-3800MHz) 頻段行動用途頻譜拍賣。2019 年 7 月 15 日，ARCEP 發布釋照細則草案並進行公眾意見諮詢⁷¹，最終決定在釋出 310MHz 總頻寬的條件下，單一競價者得標頻寬上限為 100MHz，至多 4 家競價者得以建設承諾換取 50MHz 基本頻寬外，其餘則以每 10MHz 為單位頻寬，再以多回合競價方式決定得標頻寬數量。本次釋照作業於 2019 年 12 月 31 日啟動，2020 年 2 月 25 日截止受理申請。ARCEP 於 2020 年 3 月中旬除公告 4 家行動業者均通過審查成為合格競價者，同時宣布第二階段競價作業暫緩，並視未來疫情發展，再行決定辦理日期。

2. 6GHz 以上的頻段

(1) 依據 2018 年 12 月 17 日歐盟執委會提出的「歐洲電子通信準則 (European Electronic Communications Code, EECC)」，各會員國在 26GHz 頻段 (24.25-27.5GHz) 當中應至少提供 1GHz 頻寬給 5G 使用⁷²。執委會續於 2019 年 5 月 14 日發布此一頻段協調使用於 5G 服務之部署決議 (Implementing Decision)⁷³。

⁷¹ ARCEP, Allocation of 3.4 - 3.8 GHz band frequencies: Arcep publishes its allocation procedure and applicant obligations for public consultation, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-4.html> (last visited Nov 13, 2019)

⁷² Article 54 of Directive (EU) 2018/1972 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 establishing the European Electronic Communications Code (OJ L 321, 17.12.2018, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1573713687823&uri=CELEX:32018L1972>

⁷³ COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2019/784 on harmonisation of the 24,25-27,5 GHz frequency band for terrestrial systems capable of providing wireless broadband electronic communications services in the Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019D0784>

(2) ARCEP 已確認不再為 26GHz 頻段分配使用期限超過 2023 年 12 月 31 日的新設點對點 (Point-to-Point, PtP) 無線鏈路。

(3) ARCEP 決定先以 26.5-27.5GHz 頻段(現為法國軍方使用)為整備目標，24.5-26.5GHz 頻段則規劃於 PtP 鏈路遷移後再行釋出。

(4) 頻率範圍 24.25-24.5GHz 未來亦可能提供 5G 使用。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

2019 年第 4 季統計⁷⁴，法國固網寬頻用戶數達 2,976.1 萬戶，其中 38% 用戶 (約 1,137.3 萬戶) 使用 30Mbps 以上網路速率。近年間的增長得益於高速寬頻服務的需求，並帶動了電信業者與地方政府對光纖基礎建設的大量投資。

行動市場方面，截至 2019 年底⁷⁵，法國已啟用的 SIM 卡已達 7,718.7 萬張，較前一年度增長 155.7 萬張。預付卡市場雖在 2019 年第 3 季創下了 20 萬張的增長，至 2019 年底之總數仍較 2018 年同期衰退 3.4%，連續第八年下滑。

1. 固網寬頻市場概況

法國擁有歐洲最大的固網寬頻用戶群之一 (僅次於德國)。民眾對高速寬頻服務的需求，不但促使電信業者和地方政府在光纖基礎設

⁷⁴ ARCEP, High and Very High Speed Observatories: Subscriptions and Deployments (Q4 2019), <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/observatoire-des-abonnements-et-deploiements-du-haut-et-tres-haut-debit/observatoire-haut-et-tres-haut-debit-abonnements-et-deploiements-t4-2019.html> (last visited Apr. 15, 2020)

⁷⁵ ARCEP, Network indicators and mobile services: Mobile subscribers (Q4 2019), <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/observatoire-services-mobiles/abonnes-mobiles-t4-2019.html> (last visited Apr. 15, 2020)

施方面進行了大量投資，也帶動了市場近年來的持續增長。政府的一系列監理措施亦發揮了效果，包括：鼓勵市場主導業者 Orange 開放其銅纜與光纖基礎設施供新進業者使用，以及一項透過公私協力合作方式，總投資金額超過 200 億歐元的國家寬頻計畫⁷⁶，目標於 2022 年達成全國地區 30Mbps 以上網路速率的寬頻涵蓋率 100%。

接取網路（Access Network）技術方面，儘管 DSL 仍佔多數，但隨著改用光纖服務的用戶增長，DSL 線路數量從尖峰時期數值持續下滑。近年來，所有主要的 ISP 業者都將其投資集中在能提供超過 1Gbps 速率服務的光纖網路布建。截至 2019 年底，光纖連接（end-to-end）用戶已達 706 萬，占全國超高速固網寬頻接取（30Mbps 以上）用戶 62%。

2. 行動通信市場概況

四家主要業者構成了法國行動市場：依其市占程度分別為：Orange、SFR、Bouygues Telecom，以及 Free Mobile。

法國行動通信市場在近 10 年間經歷著前所未有的重大變化，自 2012 年 1 月第四家行動業者正式進入市場，隨後則陸續有 4G 服務的商轉、降低終端批發費率與漫遊費用，以及歐盟取消跨境漫遊費率等國內外政策措施，均增加了業者經營壓力。

2009 年 12 月，ARCEP 核發了第四張全國性 3G 執照予新進業者 Free Mobile。Free Mobile 宣布將為消費者提供無須網綁手機、免年約的服務資費方案，作為其進入市場的戰略核心。2011 年 3 月，Free Mobile 與該國最大電信業者 Orange 簽署了一項涵蓋 2G 與 3G 服務的全國性漫遊協議，以便在正式推出行動服務時能增加有效的網路涵蓋範圍。

⁷⁶ EU, Digital Single Market: Country information - France, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-france> (last visited Nov. 13, 2019)

其後，ARCEP 核發 4G LTE 執照予 Orange、SFR、Bouygues Telecom 及 Free Mobile。2011 年 10 月，三大行動業者均成立僅限於線上申辦的子品牌：Sosh (Orange)、Red (SFR) 及 B&You (Bouygues Telecom)，提供類似於 Free Mobile 主打的資費型態。2012 年 1 月，Free Mobile 為其 3G 業務開台提供兩項資費方案，分別為月租 2 歐元享有 2 小時通話時間與免費簡訊，以及月租 15.99 歐元可得到 20GB 數據流量加免費語音通話與簡訊。該公司市場占有率因此快速爬升。

4G 商轉方面，SFR 率先於 2012 年 11 月推出 4G 資費，其次是 2013 年 4 月的 Orange、2013 年 6 月的 Bouygues Telecom，以及 2013 年 12 月的 Free Mobile。隨著 4G 服務提高了行動上網速度，既增加了業者網路投資，也同時帶來新的潛在營收來源。然而，鑒於市場競爭壓力，法國行動業者無法仿效其他國家，對其 4G 接取業務訂定較高的資費。

法國電信業者除了負擔開放 MVNO 承租及網路涵蓋等執照義務，還受到國內行動終端費率與漫遊批發價格上限的監管。加諸前述新進業者競爭與 4G 網路商轉等因素之影響，根據 2019 年 5 月 21 日所發布的統計⁷⁷，月租型資費價格在 2011 年至 2018 年間持續下降。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣) 說明

為決定 5G 頻譜釋照與釋出頻寬，ARCEP 自 2018 年 10 月起，陸續辦理關於 1.5GHz、3.4-3.8GHz 及 26GHz 等頻段之諮詢作業。

2019 年 7 月 15 日，ARCEP 發布 3.4-3.8GHz 頻段釋照細則草案並作公眾意見諮詢，其後在同年 11 月 21 日發布決議，以下就細則內容進行重點整理。

⁷⁷ ARCEP, Evolution of prices for mobile services in France 2010-2018, <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/marches-des-communications-electroniques-en-france-enquetes-trimestrielles-et-annuelles/indice-des-prix-des-services-fixes-et-mobiles.html> (last visited Nov. 13, 2019)

1. 競價機制

ARCEP 規劃在 3490-3800MHz 授予 310MHz 頻寬的全區頻譜執照。為符合法國政府就本頻段釋照需維持市場競爭，同時應讓至少四家行動業者能在良好條件下提供 5G 服務的政策目標，ARCEP 提出兩階段式的混合分配機制以為因應。

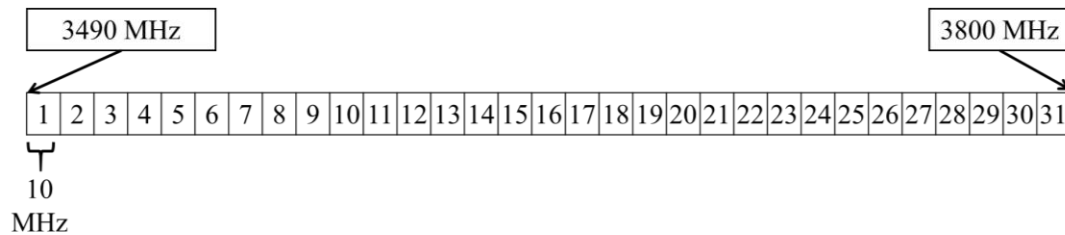


圖 2-26：法國 3490-3800 MHz 頻譜規劃圖

資料來源：ARCEP。

在第一階段分配中，ARCEP 提供至多 4 個、各 50MHz 的單位頻寬。參與競價的申請人可在申請書中載明同意遵守相關建設承諾，換取此一基本頻寬；當通過資格審查之申請人等於或少於 4 家，將以底價作為此一基本頻寬之暫時得標單價；超過 4 家則採一次性出價先決定序位，申請人若因出價相同致無法決定序位時，再以抽籤決定；前 4 序位之申請人均可獲得此一階段分配之基本頻寬，且將以第 5 序位之出價作為暫時得標單價。

經前一階段分配後的剩餘頻寬將以每 10MHz 為單位，在第二階段提供給未獲分配基本頻寬或希望取得額外頻寬的申請人進行競價，競價程序分為頻寬數量競價及位置競價。

於頻寬數量競價程序中，由 ARCEP 設定每回合之頻塊價格，競價者提出其試圖取得之頻塊數，當所有競價者的頻塊數需求加總大於拍賣所供給的頻塊數時，拍賣進入新一回合；ARCEP 在新一回合對頻塊價格的增幅可能介於 100 萬到 2,000 萬歐元；當競價者減少頻塊

需求數時，須在該回合頻塊價格與前一回合頻塊價格的範圍內，為維持原需求數量提出一個中間價格；例如，當回合(N)頻塊價格為 110，前一回合 (N-1) 頻塊價格為 100，競價者 A 需求數量由前回合的 5 頻塊減少為 4 頻塊，並提出中間價格 105，代表願意維持 5 頻塊的支付價格；競價者 B 需求數量由前回合的 4 頻塊減少為 3 頻塊，並提出中間價格 102，代表願意維持 4 頻塊的支付價格；當總需求數不再大於供給數時，數量競價結束，此時，若總需求數剛好等於供給數，所有競價者均以每頻塊 110 的價格獲得其提出之數量，惟在此例中由於兩家競價者皆減少需求數，導致總需求數小於供給數，故提出較高中間價格的競價者 A 維持獲得 5 頻塊，競價者 B 可獲得 3 頻塊，所有頻塊皆以 105 作為暫時得標價格。

在位置競價程序中，得標頻塊位置組合數量視競價者數量而定，例如，3 個競價者將產生 6 種組合，4 個競價者產生 24 種組合，5 個競價者產生 120 種組合。競價者應對所有可能之組合提出其相應增額報價；最後，由系統計算每個組合下的總增額報價，並從中決定每一競價者最終獲得頻塊之頻率範圍。

2. 底價

依據國家股權參與暨轉讓委員會 (Commission des participations et des transferts, 簡稱 CPT) 於 2019 年 11 月 22 日所提交之評估報告⁷⁸，作為 3.4-3.8GHz 頻段拍賣底價之參考，其估值為 21.8 億歐元。

爰此，ARCEP 決定以 7,000 萬歐元作為每 10MHz 頻塊之底價，以及 3.5 億元作為 50MHz 基本頻寬之底價。

3. 標金繳納方式

ARCEP 要求申請人在申請書中出具無條件且不可撤銷之保證，

⁷⁸ CPT, options on lots

以擔保其有良好財務能力來支付得標金。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

ARCEP 於本次釋照並未對新進業者參與提供特別之優惠措施。

2. 頻譜取得上限規範

ARCEP 在 3.4-3.8GHz 頻段的執照分配中建立 100MHz 之頻譜取得上限，此為第一階段依據建設承諾所換取之 50MHz 基本頻寬與經第二階段競價程序取得頻寬之總和。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

根據 ARCEP 規定，所有申請人都將承擔一系列義務，特別是在區域涵蓋方面。每個經營者於 2020 年底前至少須在兩個城市啟動 5G 服務，其基地臺之建設應符合下列規定：

- 2022 年底前至少建置 3,000 個站點；
- 2024 年底前站點增加至 8,000 個；以及
- 2025 年底前將站點增加至 10,500 個。

為兼顧非都會地區之發展，經營者須在 2024 年、2025 年底，將至少 25% 的站點設置於人口較少、但存在製造業等經濟活動的地區。

此外，為實現 5G 超高速率的通訊品質，75% 站點必須在 2022 年底前提提供至少 240Mbps 的服務速率，並在 2030 年底前將此速率標準擴及所有站點。

4. 頻率使用期限

3.4-3.8GHz 頻段執照期限為從發照時開始起算 15 年內可使用。

經營者在執照屆期前 2 年得向 ARCEP 提出申請，若獲同意可換得 5 年執照展延；經展延後執照屆期前 2 年，ARCEP 將通知經營者執照更新條件或否准更新之理由。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

依現行法令規定，經營者得於報請 ARCEP 核可的前提下，進行頻譜交易、轉讓與共用。

6. 其他釋照政策規劃重點

截至 2017 年 7 月底，法國 4G 服務的人口涵蓋率約為 82-92%，但地理涵蓋率則僅 48-65%。復因民眾對於行動寬頻上網需求快速成長，法國行動數據流量在 2016 年到 2017 年間成長達到 118.3%，緣此，ARCEP 將提高 4G 服務之地理涵蓋率列為重要寬頻政策目標。

鑒於法國行動業者原持有之 900MHz、1800MHz 及 2100MHz 三個頻段的執照分別即將於 2021 年、2022 年及 2024 年屆期，ARCEP 於 2018 年啟動此三頻段的重新指配 (re-assignment) 程序。ARCEP 取消過往以人口涵蓋率的網路涵蓋要求，改與業者協商涵蓋義務，由業者提出相關建設承諾，並將納入現有執照或續照之規範。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

根據網路共享架構之規定，經營者有義務提供站點被動基礎設施之共享；此外，經營者彼此亦得簽署網路共享協議或頻譜共享協議，藉以更容易地達成網路涵蓋義務。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

2015 年 8 月 7 日公告施行的「經濟機會平等、商業與成長法 (The Act on Growth, business and equal economic opportunity)」，賦予 ARCEP

要求行動網路經營者修正網路共享協議的權力。該法要求 ARCEP 運用該權力前，必須證明該措施對於達到監理機關政策目標屬於必要措施。依據此一規定，ARCEP 於 2016 年 1 月 12 日發布諮詢文件，針對當時存在之兩份網路漫遊/共享協議提出初步分析，諮詢公眾對該議題看法，同時訂定網路漫遊/共享協議終止期限初步規劃。

該兩份網路漫遊/共享協議，與法國都會區的行動通信服務有關：第一份協議為 Free Mobile 透過漫遊方式，自 2011 年起接取業者 Orange 的 2G/3G 網路。根據 ARCEP 的政策考量，該份協議終止期限時程規劃，將配合 Free Mobile 行動網路建置時程。針對高速行動上網服務（3G），ARCEP 規劃提前終止期限，協議終止時間點將介於 2018 年底至 2020 年底之間；至於語音、簡訊及低速上網（2G）服務部分，由於重要性較低，故終止期限擬設定於 2020 年起至 2022 年底。其後，兩家公司在 2016 年修改協議，雙方同意透過連線速率的調降來逐步終止漫遊，直到 2020 年 12 月 31 日；自 2020 年 1 月 1 日起，Free Mobile 用戶在漫遊時連線速率最高為 384kbps。2020 年 2 月，兩家公司申請將協議展延 2 年（至 2022 年 12 月 31 日），ARCEP 為此辦理公眾意見徵詢⁷⁹，以作為審議之參考。

第二份網路漫遊/共享協議為 SFR 與 Bouygues Telecom 兩家業者於大部分國內都會區彼此共享 2G/3G/4G 網路。ARCEP 希望確保業者實現揭示改善網路覆蓋率及提升用戶服務品質的目標。此外，協議內容中尚包括 SFR 用戶在部分區域得漫遊 Bouygues 之 4G 網路。為了確保業者對 4G 網路建設的投資，因此 ARCEP 規劃超高速行動上網服務（4G）漫遊之終止期限定於 2016 年底至 2018 年底之間。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

⁷⁹ ARCEP, Sharing of mobile networks: The roaming contract between Free Mobile and Orange extended by two years, <https://www.arcep.fr/actualites/les-communiqués-de-presse/detail/n/partage-de-reseaux-mobiles-2.html> (last visited Apr. 15, 2020)

依現行法令規定，經營者得於報請 ARCEP 核可的前提下，進行頻率共用。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

ARCEP 將容量批發列於本次競價之承諾事項，並定有需提供具經濟合理性的租用條件等規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

為了讓 5G 價值鏈當中的所有業者獲得相同機會來探索新的用途，並藉此更加了解新世代行動通訊服務可能帶來的挑戰，ARCEP 為此建立 5G 前導試驗機制⁸⁰，以協助實現 5G 國家策略之相關目標，其作法包括：

1. 整合價值鏈上的所有參與者

5G 預期將可提供無所不在的物聯網通訊環境，ARCEP 預期藉由建立試驗申辦窗口，幫助業者能夠更進一步了解 5G，並測試可行的商業模式，讓 5G 價值鏈能夠解決環繞在真實世界的問題，而非僅限於網路設備的技術驗證。

2. 分配頻譜資源給有意進行 5G 前導試驗的業者

ARCEP 藉由核發臨時性實驗執照供業者進行相關測試。業者可依此取得 3.4-3.8GHz、26GHz 等頻段之頻譜資源，配合主管機關指定的區域進行實驗，例如 3.4-3.8GHz 頻段目前於里昂、波爾多等都會區都可使用。

⁸⁰ ARCEP, Dashboard of 5G experiments in France, <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffres/experimentations-5g-en-france/tableau-deploiements-5g.html> (last visited Nov. 13, 2019)

迄今，ARCEP 已批准超過 20 項試驗的授權，並將繼續審查 3.4-3.8GHz 和 24.25-27.5GHz 頻率範圍內的任何使用請求。ARCEP 亦支持政府推動計畫，將聯合汽車、農業和工業 4.0 等產業之利害相關者，共同探討 5G 未來的可能應用。ARCEP 表示將依據相關 5G 試驗的測試結果，做為建立下世代網路監理規範的參考依據，以及未來核發 5G 執照相關作業程序的參考。

此外，ARCEP 已展開 5G 網路相關研究，例如 5G 網路布建範圍、主動式天線、毫米波頻段與小基站的聚合等，另進行 5G 推廣相關作業，包括於 2018 年舉辦以 5G 為主題的 workshop 等。ARCEP 亦積極參與歐盟電子通訊監理機構（Body of European Regulators for Electronic Communications，BEREC）之 5G 相關政策討論，特別聚焦於基礎設施共享、頻譜核配程序，以及網路覆蓋義務等相關議題。

（二）垂直場域應用之推動政策

2018 年 3 月 6 日，ARCEP 就 2.6GHz TDD 頻段的 40MHz（2575-2615MHz）頻寬用於支持基於 4G LTE 技術的專用網路（Professional Mobile Radio，PMR）進行諮詢⁸¹。2019 年 4 月 15 日，ARCEP 再次邀請利害相關者就該頻段釋照細則發表評論，同年 5 月發布決議並開始接受頻譜使用申請⁸²。

根據規定，所有的申請資訊都將公開發布於網站。在每一個申請案件提交後的兩個月期間內，對該案網路設置範圍感興趣的其他單位亦可提出申請，ARCEP 將依照申請者提出的需求頻寬總合是否超過 40MHz 來進行准駁。其餘規定重點，綜整如下：

⁸¹ ARCEP (2017), Arcep launches a public consultation on the terms and methods for allocating 2.6 GHz TDD band spectrum to support professional mobile radio networks' transition to 4G, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/arcep-launches-a-public-consultation-on-the-terms-and-methods-for-allocating-26-ghz-tdd-band-spectr.html> (last visited Jun. 11, 2019)

⁸² ARCEP, Vertical market connectivity: Arcep creates a window for allocating 2.6 GHz TDD band frequencies, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/businesses-digital-transformation-1.html> (last visited Nov. 13, 2019)

1. 申請頻寬：可為 5、10、15 或 20MHz
2. 執照效期：最長 10 年，屆期前 1 年可提出續照申請。若使用時間少於 2 個月，則依照現行的臨時執照申請程序處理。
3. 設置範圍：申請者需敘明網路設置與使用的地理區域。
4. 網路涵蓋：發照後 18 個月內應達到 50% 地理涵蓋，發照後 36 個月內應提升至 95%。
5. 服務品質：持照者應採取必要措施，以確保網路可用性達到 99.9%（每年）。若有故障情事，需在 2 小時內提出解決措施，5 小時內恢復正常服務。
6. 緊急電話：持照者若開放公眾接取其網路，需提供緊急電話服務。
7. 頻率使用費：依現行相關規定與基準公式計收。
8. 其他：申請者應提供網路設置及財務規劃。

(三)5G 商轉概況

ARCEP 於 2020 年 3 月中旬除公告 4 家行動業者均通過審查成為 3.4-3.8GHz 頻段釋照的合格競價者，同時宣布第二階段競價作業暫緩，並視未來疫情發展，再行決定辦理日期。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

ARCEP 前於 2018 年 5 月 22 日就 26GHz 頻段作為 5G 頻譜之可行性進行公眾意見諮詢，同年 7 月 30 日發布結果摘要⁸³。該次諮詢

⁸³ ARCEP (2018), Prospects for the introduction of 5G in the 26 GHz band,

主要探討範疇有二，其一為調整無線電中繼鏈路等既設電臺之規管架構及探討清移頻之可能性，以配合高頻毫米波頻段的 5G 頻譜整備作業；其二則為評估未來 5G 網路與科學探索、廣播通訊等衛星地面站共存的問題與可能條件。

經參考利害關係人對於設備兼容性的意見，ARCEP 決定先以 26.5-27.5GHz 頻率範圍為首波整備目標，除了與國防單位協商既設電臺之去留，並提議修訂國家頻率分配表，以便能對該頻段進行核配；24.5-26.5GHz 頻率範圍則規劃於中繼鏈路遷移後再行釋出，並限制新核發之執照效期皆不超過 2023 年 12 月 31 日。

(二) 推動產業政策措施

2019 年 1 月 31 日，法國政府與 ARCEP 共同發布使用 26GHz 頻段發展 5G 開放式實驗平台之芻議⁸⁴。相關舉措包括：

- 實驗平台提供者將獲得 26GHz 頻段之頻率使用權，至多 3 年；
- 發展監理沙盒模式，第三方參與者可利用實驗平台進行服務或應用的創新；

政府相關部門除了在行政程序與專業知識提供協助外，也希望藉此盤點可能的 5G 應用實例，充分掌握利害關係人的需求規模，以及促進垂直產業與電信業者之合作。申請程序自當日開放至 3 月 31 日截止。

2019 年 10 月 7 日，法國政府與 ARCEP 公布了 11 項審核通過的實驗平台計畫⁸⁵。平台提供者必須自 2021 年 1 月 1 日起將所建置之

<https://www.arcep.fr/actualites/les-consultations-publiques/p/gp/detail/perspectives-pour-lintroduction-de-la-5g-dans-la-bande-26-ghz-22-mai-2018.html> (last visited Apr. 15, 2020)

⁸⁴ ARCEP (2019), The French government and Arcep issue a call for the creation of 5G trial platforms in the 26 GHz band, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-3.html> (last visited Apr. 15, 2020)

⁸⁵ ARCEP (2019), 5G trial platforms in the 26 GHz band: Agnès PANNIER-RUNACHER and Arcep present the first 11 projects selected, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-6.html> (last visited Apr. 15, 2020)

5G 實驗網路開放給第三方進行 5G 應用試驗，並在實驗結束後向 ARCEP 提報網路使用成果。

第六節 奧地利

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

奧地利電信監管委員會 (Telekom-Control-Commission, TKK) 自 1997 年開始為獨立監管機關，主責監管奧地利電信市場。依據 2003 年奧地利電信法 (Austrian Telecommunications Act of 2003) 中明確規定 TKK 負責電信市場競爭管制、無線電頻率核配、監督商業條款與條件，以及監督電信業者的收費等。

奧地利聯邦數位與經濟部 (Federal Ministry for Digital and Economic Affairs) 及聯邦運輸、創新與技術部 (Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology) 於 2018 年 4 月共同發布「5G 策略：奧地利成為歐洲 5G 先行者之路 (5G strategy: Austria's way to become a 5G pioneer in Europe)」⁸⁶。主要目的為加速 5G 佈建速度，並為奧地利公民、經濟、產業與學術領域能帶來新的契機⁸⁶。

此奧地利 5G 策略主要著眼於兩個執行區塊，包含推動基礎設施建設以及推動相關應用服務發展等。如下圖所示，奧地利政府希望達成以下階段目標：第一階段，於 2018 年中實施第一個 5G 先導試營運案例；第二階段，於 2020 年底前，實現國內超高速寬頻速率網路目標 (速率達 100Mbit/s)。此目標將建立國內 5G 網路擴張之基礎；第三階段，2023 年底前實現 5G 服務可於主要道路網中使用，2025 年底時實現全國各地均可使用 5G。

⁸⁶ Bvmit (2018), 5G Strategy : Austria's way to become a 5G pioneer in Europe, <https://www.bvmit.gv.at/en/service/publications/downloads/5Gstrategy.pdf>

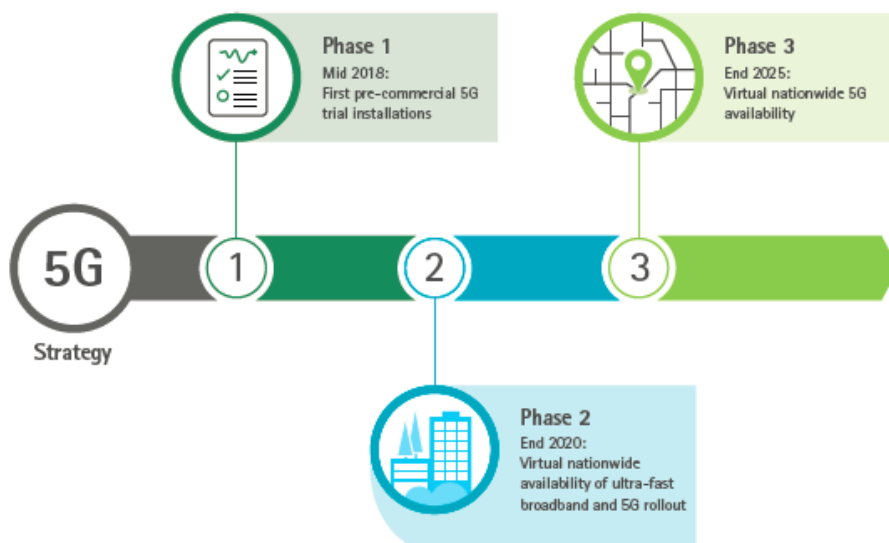


圖 2-27：奧地利 5G 發展時程目標

資料來源：Bvmit (2018), 5G Strategy : Austria’s way to become a 5G pioneer in Europe。

依據奧地利推出之 5G 策略中，其對於基礎設施之重點工作舉措裡，有包括對頻譜釋出、基礎設施建置與維護等相關議題並設定推動措施。有關頻率釋出部分，奧地利預計將分別於 2019 年至 2020 年間釋出 700MHz、1500MHz、2100MHz 以及 3.4-3.8GHz，如下表所示。

表 2-19：奧地利 5G 規劃釋照頻段與頻寬

項目	頻段	總頻寬
中頻 (Mid-Band)	1500MHz、2100MHz 與 3.41-3.8GHz	3.4-3.8GHz 共釋出 390 MHz
低頻 (Low-Band)	700MHz	規劃中

資料來源：Bvmit (2018), 5G Strategy : Austria’s way to become a 5G pioneer in Europe。

奧地利 5G 策略規劃之推動措施包括：

1. 頻率核配

- (1) 依照歐盟整體時程按時核配頻譜資源
- (2) 建立核配頻譜資源之法規明確性

(3) 頻率拍賣前之諮詢

(4) 核配測試頻率

2. 頻率使用

(1) 頻率執照使用期限

(2) 彈性化頻率使用／頻譜共享

(3) 討論基礎設施共享與頻率整合使用

(4) 釋出頻率時之布建義務

3. 安全性規劃：具備確保規劃與投資安全之頻率釋出計畫

此策略主要目標為使區域性之電信業者可為周邊地區之客戶提供寬頻服務，從而實現每個人都可接取到網路之目標，特別是在貧困地區。依照此次釋出之 390 MHz 的頻率使用權，相比以前有更大的頻率，原則上應該能夠滿足不同市場參與者的要求。原先奧地利主管機關規劃於 2020 年舉辦第 2 次 5G 頻段釋出，釋出 700MHz、1500MHz 及 2100 MHz 等頻段。不過受新冠肺炎影響，TKK 決定將原訂 2020 年 4 月舉辦之第 2 次 5G 釋照往後延期，更新時程未定。

依照歐盟執委會之架構，奧地利係將當前的電信法 (TKG 2003) 增加為 2020 年多頻段釋出及競爭制定了架構。此次修正主要強調醫療保健目標，尤其於 700 MHz 頻段釋出前需要多加考量。負責實際政策推動之奧地利廣播與電信管理局 (Austrian Regulatory Authority for Broadcasting and Telecommunications, RTR) 代表聯邦政府將供應頻段之目標綜整為五大優先考量事項。就 2020 年多頻段獎項的釋出目標和條件提出相關規劃。五個釋出頻段具體目標如下：

1. 提供 5G 服務，並提升人口與經濟發展

2. 加強無自建網路之電信商競爭強度 (如 MVNO)

3. 促進創新
4. 法律之確定性
5. 有效使用頻率

其中，亦有提到為人口和經濟提供最好的 5G 服務供應，需確保現代 5G 服務能夠覆蓋至少 98% 之人口，故除了五項具體目標外，添加了三個附帶目標如下⁸⁷：

1. 提供人民的生活空間可享有 5G 服務（即在全國範圍內涵蓋永久定居點；除住宅區外還有公園、運動場及永久定居點以外之基本 5G 服務供應區域）。
2. 可連續供應高速公路及密集度高之交通路線（高速公路及主要省道）。
3. 將 5G 推展至提供無法接取網路之家庭。

二、5G 頻譜釋照政策分析

（一）電信市場概況

依據奧地利主管機關 RTR 於 2019 年 6 月發布之奧地利通訊市場 2018 年報（COMMUNICATIONS REPORT 2018）指出，2018 年奧地利通訊市場中，行動通訊與寬頻通訊之營收均持續成長，行動通訊營收從 2017 年約 23.52 億歐元小幅成長到 2018 年 23.81 億歐元，固網寬頻則從 8.93 億歐元成長至 9.47 億歐元。固網語音營收則持續下降，專線電路營收則持續成長，從 2017 年之 5,200 萬歐元成長至 2018 年 9,400 萬歐元，如下圖。⁸⁸

⁸⁷ RTR (2019), Fachbereich Telekommunikation Und Post.
<https://www.rtr.at/en/inf/NewsletterTK012019/TK01-2019.pdf>

⁸⁸ RTR (2019), Communications Report 2018, available at:
<https://www.rtr.at/epaper/Communications-Report-2018/epaper/CommunicationsReport2018.pdf>

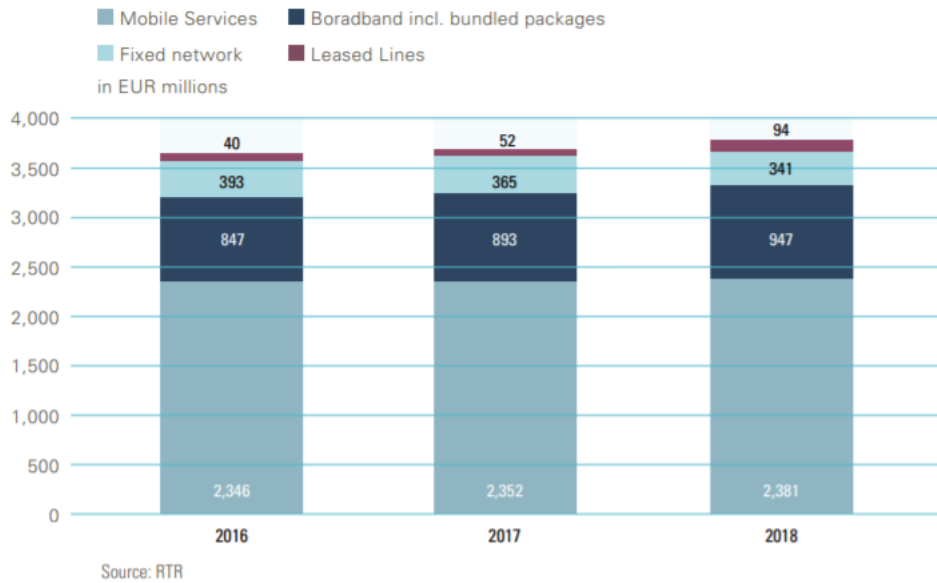


圖 2-28：奧地利通訊市場營收

資料來源：RTR

若更進一步檢視行動通訊零售市場營收，2018 年行動通訊服務市場營收達 23.8 億歐元，較前一年微幅成長 1.6%。自 2017 年第四季起，RTR 對於行動通訊營收之計算方式有所改變，從以往 2017 年第三季以前區分為語音、簡訊跟增值數據服務營收的方式，調整為自 2017 年第四季起，僅分為數據營收與非數據營收兩種型態，2018 年全四季之數據營收約為 5.81 億歐元，占整體營收約 24.4%，如下圖。

89

⁸⁹ RTR (2019), Telekom Monitor Report 2018, available at: <https://www.rtr.at/epaper/RTR-Telekom-Monitor-Annual-Report-2018/epaper/TelekomMonitor2018ENG.pdf>

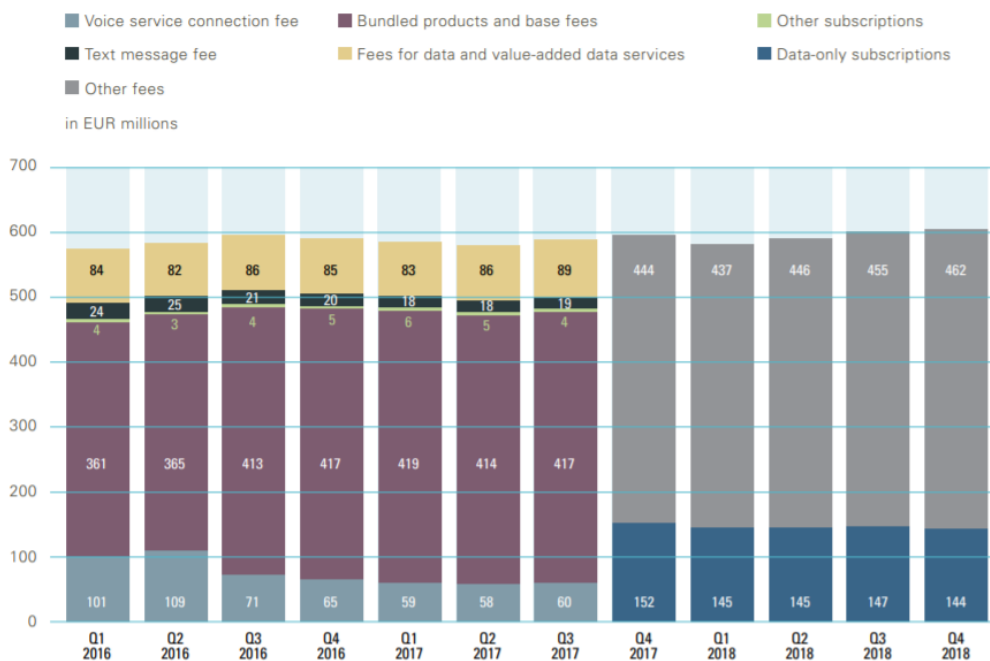


圖 2-29：奧地利行動通訊服務營收細項

資料來源：RTR

數據營收之重要性，反映在數據使用量之成長趨勢，2018 年奧地利行動通訊數據使用量較前一年成長約 44%，如下圖。

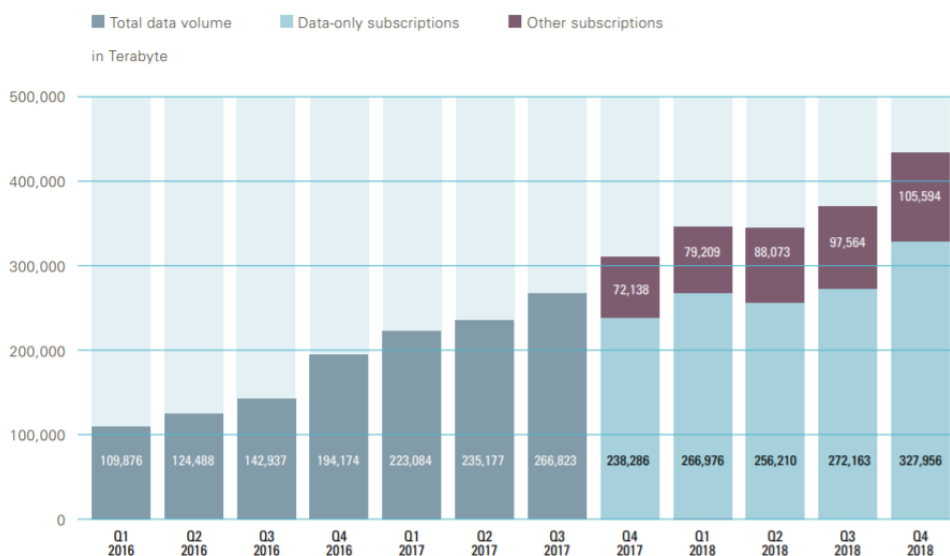


圖 2-30：奧地利行動通訊數據使用量趨勢

資料來源：RTR

(二)頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

奧地利 TKK 對於此次 3.4-3.8GHz 頻段之釋照方式係採取拍賣機制。其機制依照 2003 年奧地利電信法(Telekommunikationsgesetz 2003) 中要求主管機關對於頻率之釋出方式，其申請者必須符合電信法中的一般規範，同時必須保證以最有效率的頻譜使用方式，申請結果則依據申請人願意對頻譜執照付出之費用而定。

因此，奧地利的釋照方式分為兩個步驟，第一階段是接受申請後，監理機關驗證是否達到電信法中的規範要求，若未達到則予以排除。第二階段則是以拍賣方式釋出頻譜資源。

奧地利本次拍賣 3.4-3.8GHz 採取簡單時鐘拍賣 (Simple Clock Auction, SCA)，來決定各得標者在不同區域取得之頻塊數量，如假設有未售出頻譜時，則有額外一回合出價機會，藉以決定每個釋照區域的得標者。

奧地利之拍賣機制將包含首要階段 (Principle Stage) 與指配階段 (Assignment Stage)。首要階段以開放式出價回合機制，由拍賣官設定每回合單一區塊之價格，競價者再依照該價格決定對特定區域之頻塊數量出價，當有一區域之需求超過供給時，拍賣官則會上調區塊金額以進入下一回合，直到所有區域之出價頻塊需求未超過供給時，則上升回合結束，拍賣官得依競價金額上升情況設定每回合出價增幅，惟每回合出價增幅不會超過 10%。

指配階段則以一回合密封標方式決定各區域得標者之頻率位置，確保得標頻率連續。

奧地利對 3.4-3.8GHz 之執照區塊，採分 12 區執照，將全國分為 6 個都會區 (A01u 至 A06u) 以及 6 個郊區 (A01r 至 A06r)。另外，

單位區塊設定為 10MHz，自 3410-3800MHz 共計 390MHz，區分為 39 塊。

2. 底價

奧地利對於各區域設定單位區塊（10MHz）之底價，390MHz 總頻寬的底價合計為 3,000 萬歐元，各區底下分別如下表。

表 2-20：奧地利各區塊底價一覽表

區域	每區塊（10MHz）底價
A01u	EUR 311,400
A02u	EUR 50,700
A03u	EUR 25,400
A04u	EUR 39,600
A05u	EUR 24,900
A06u	EUR 45,600
A01r	EUR 92,700
A02r	EUR 58,400
A03r	EUR 19,700
A04r	EUR 42,600
A05r	EUR 23,000
A06r	EUR 48,100

資料來源：TKK（2019）。

3. 標金繳納方式

得標者必須於頻譜核配決議文件公告後四周內將相關費用交付給主管機關，若未繳交標金，則押標金將被奧地利政府沒收。

另外，得標者也必須於頻譜使用期間，繳交頻率使用費，相關費率將依循監理機關的電信收費規範（Telecommunications Fee Ordinance）。

此次拍賣得標金額結果如下，由 A1 Telekom、T-Mobile 及 Hutchison Drei 即負擔所有標金之 90% 以上之金額。

表 2-21：奧地利各家業者得標金額表

Bidder	Fee (EUR)
A1 Telekom	64,345,972
Hutchison Drei	51,910,054
T-Mobile	56,903,001
MASS Response	1,845,000
LIWEST	5,328,000
Salzburg AG	4,359,449
Holding Graz	2,998,100
Total	187,689,576

資料來源：TKK (2019), 5G frequency award 3.4-3.8 GHz – outcome of auction, <https://www.rtr.at/en/tk/5G-Auction-Outcome>。

對於參與本次拍賣的申請者，TKK 要求應提供最低一區塊（10MHz）之財務擔保做為押標金。TKK 設定押標金與競價者之出價權利連動，押標金的金額決定競價者之出價限制，且競價者於回合期間能支付額外銀行擔保，對應關係如下表。

表 2-22：奧地利 3.6GHz 頻段拍賣之押標金與出價限制

銀行擔保押標金額度	出價限制
低於 600 萬歐元	銀行擔保額度*1.25
介於 600 萬歐元至 2,000 萬歐元	銀行擔保額度*1.5
介於 2,000 萬歐元至 4,000 萬歐元	銀行擔保額度*2
超過 4,000 萬歐元	無限制

資料來源：TKK

4. 釋照結果

TKK 於 2019 年 4 月公告 3.4-3.8GHz 拍賣結果，由 7 家業者得標，各業者獲得頻寬如下表，總標金約 1.88 億歐元，較底價 3,000 萬歐元高出 5.27 倍。

表 2-23：奧地利 3.4-3.8GHz 拍賣結果

Region(*)	A1 Telekom	Hutchison Drei	T-Mobile	MASS Response	LIWEST	Salzburg AG	Holding Graz
A01u (Vienna + St. Pölten)	140 MHz	100 MHz	110 MHz				
A01r (Lower Austria + Burgenland)	140 MHz	100 MHz	110 MHz	30 MHz			
A02u (Linz + Wels)	100 MHz	100 MHz	110 MHz		80 MHz		
A02r (Upper Austria)	100 MHz	100 MHz	110 MHz		80 MHz		
A03u (City Salzburg)	100 MHz	100 MHz	110 MHz			80 MHz	
A03r (Province Salzburg)	100 MHz	100 MHz	110 MHz			80 MHz	
A04u (Innsbruck + Bregenz)	120 MHz	100 MHz	110 MHz				
A04r (Tyrol + Vorarlberg)	120 MHz	100 MHz	110 MHz				
A05u (Klagenfurt + Villach)	120 MHz	100 MHz	110 MHz				
A05r (Carinthia + East Tyrol)	120 MHz	100 MHz	110 MHz				
A06u (Graz)	120 MHz	100 MHz	110 MHz				50 MHz
A06r (Styria)	100 MHz	100 MHz	110 MHz			40 MHz	40 MHz

資料來源：TKK (2019), 5G frequency award 3.4-3.8 GHz – outcome of auction, <https://www.rtr.at/en/tk/5G-Auction-Outcome>。

決定得標頻寬後，再透過一回合密封標決定各業者實際得標頻率位置。其中，三大業者於各區域取得相似之頻率位置。例如 T-Mobile 於各區域均取得 3690-3800MHz、Hutchison Drei 取得 3590-3690MHz。市占率最大之既有業者 A1 Telekom 於各區域取得之頻率位置略有不同，於 A01u 與 A01r 區取得 3450-3590MHz、於 A02u/r、A03u/r 及 A06r 區取得 3490-3590MHz、於 A04u/r、A05u/r 與 A6u 區取得 3470-3590MHz。另外，部分區域業者亦於此次競價中取得頻譜資源，包括

MASS 於 A01r 區取得 3410-3440MHz；LIWEST 於 A02u/r 區取得 3410-3490MHz；SALZBURG 於 A03u/r 取得 3410-3490MHz，於 A06r 區取得 3450-3490MHz；Holding GRAZ 於 A06u 取得 3410-3460MHz、於 A06r 區取得 3410-3450MHz。各業者得標頻率位置與分布區域如下圖。

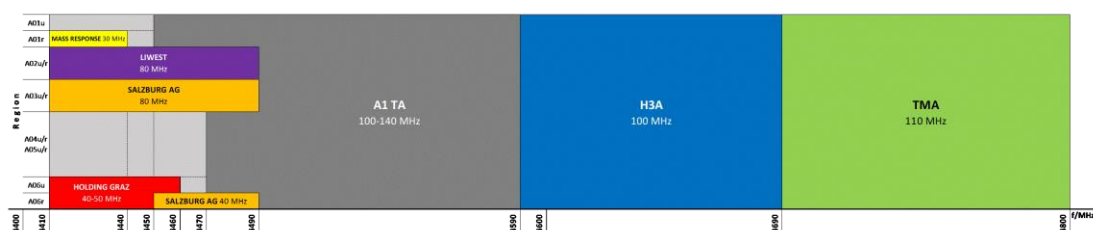


圖 2-31：奧地利 3.6-3.8GHz 頻段拍賣結果頻率核配位置

資料來源：RTR

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

TKK 未設有相關之規範。

2. 頻譜取得上限規範

在頻譜取得上限上，TKK 為避免拍賣結果影響市場競爭，故制定頻譜取得上限，此上限依據業者身分而有差異，整理如下：

- (1)既有業者 A1 與 T-Mobile:所有區域最多取得 150MHz。
- (2)所有其他業者：於所有區域內最多取得 170MHz。
- (3)在價格鐘回合結束後如果還有頻率沒有標出去，則前述頻寬上限可以再放寬（A1：160MHz；其他業者：190MHz）。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

依照業者在 3410-3800MHz 持有的總頻寬不同，分別在 12 個不

同區域的都會地區及偏遠地區必須建置一定以上的基地台(功率 20W)數量，以維也納所在的 A01 區為例

(1)Level 1

(2)Level 2：持有總頻寬超過 50MHz

(3)Level 3：持有總頻寬超過 90MHz

在 5G 網路布建義務上，奧地利對於 3.41-3.8GHz 頻段之得標者，設定網路布建義務規範，依據頻譜持有程度，設計不同等級之規範，如下所示：

(1)第一級 (Level 1)：3410-3800MHz 之得標者，需要在每一區域中滿足對最低布建數量要求。TKK 於各區域中設定得標者需於 2020 年底以及 2022 年 6 月底前應完成之布建區域數量。

(2)第二級 (Level 2)：3410-3800MHz 之得標者，若得標頻率超過 50MHz 時，則需在每一區域中滿足比最低標準更高數量之要求。同樣依據時程設定第一階段 (2020 年底) 以及第二階段 (2022 年 6 月底前) 應完成之布建區域數量。

(3)第三級 (Level 3)：3410-3800MHz 之得標者，若得標頻率超過 90MHz 時，則需在每一區域中滿足最高數量之要求。同樣依據時程設定第一階段 (2020 年底) 以及第二階段 (2022 年 6 月底前) 應完成之布建區域數量如下表所示。

表 2-24：奧地利各階段應完成之佈建區域數量

依持有總頻寬區分		2020/12/31 前須 增加建置的站台數	2022/6/30 前須 增加建置的站台數
Leve 1	urban	11	35
	Rural	11	35
Level 2	urban	8	26
	rural	7	23
Level 3	urban	94	312
	rural	15	51

資料來源：TKK (2019), 5G frequency award 3.4-3.8 GHz – outcome of auction

各得標者應於各階段結束後四周內繳交布建義務完成清單，包括各頻段使用具備地理資訊數據之基地臺位置，以及運作狀態。

4. 頻率使用期限

TKK 於本次拍賣中，規範 3410-3600MHz 之可用期間自 2020 年 1 月至 2039 年 12 月 31 日；至於 3600-3800MHz 之可用期間，則於核配決議後即可使用，最終使用期限均至 2039 年 12 月 31 日。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

根據 TKK 於本次拍賣文件所設定頻譜交易之規範，允許部份或全部頻譜使用權轉讓，同時也允許暫時性之頻譜使用權利移轉。惟相關頻率使用權之移轉須經過主管機關核准。

6. 其他釋照政策規劃重點

TKK 已於 2018 年 4 月 16 日決定發布有關頻譜拍賣中，普遍禁止串通之公告，特別是頻率分配程序 3410-3800 MHz。其後，根據 TKK 於 2019 年 10 月 28 日發佈之聲明稿，亦聲明禁止業者串通共謀，尤其是針對 700 MHz、1500 MHz 及 2100 MHz 之頻率釋出。

TKK 明確聲明，儘管主管機關尚未發布招標文件，但仍適用共謀行為之詳細且嚴格的規定，大致如下：

- (1) (可能是) 申請人間的合作，特別是為了影響拍賣的

過程或結果相關的合作行為；

- (2) 公開參與拍賣的公告；
- (3) 公佈招標及招標策略；
- (4) 在拍賣之前發布相關細節。

這些規定也適用於拍賣程序之前，如果符合相應的行為，最終也會導致業者資格於程序中排除。

(四) 合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

在基礎網路共用規範上，奧地利對於 3.41-3.8GHz 頻段之得標者，設定基礎網路共用規範，針對有意共用基礎設施之協議雙方，若其中有一家之 4G 頻譜(800MHz、900MHz、1.8 GHz、2.1 GHz 與 2.6GHz) 持有量超過 4G 總頻寬 10% 時，則不允許共用。此外，奧地利規範兩家持有 3410-3800MHz 頻譜之業者，若超過一家存在持有 4G 頻譜總量之 10% 時，不得共用核心網路(含頻率)。

此外，都會區如維也納等，則禁止主動式共享，除非申請者可提出該地區接取網路難以複製之證明，經主管機關核准後方可為之。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

強制漫遊與商業協商漫遊並非奧地利釋出首波 5G 頻譜 3.4-3.8GHz 頻段時考慮之重點，故釋出文件中並未設定強制漫遊與商業協商漫遊等規範。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

奧地利釋出首波 5G 頻譜 3.4-3.8GHz 頻段時，對於頻率共用之限制較嚴格，若兩家持有 3410-3800MHz 頻譜之業者欲實施頻率共用時，超過一家存在持有 4G 頻譜總量之 10% 時即不得共用核心網路(含頻

率)，因此顯見奧地利三大電信業者 A1 Telekom、T-Mobile 及 Hutchison Drei 事實上不可能達成頻率共用，僅有兩家小型區域業者間方可能發生頻率共用。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

容量批發並非奧地利釋出首波 5G 頻譜 3.4-3.8GHz 頻段時考慮之重點，故釋出文件中並未設定相關規範細節。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一) 5G 應用發展重點方向及推動措施

奧地利政府發布之「5G 策略」中提到，5G 需要實現廣泛推動效應，以便許多公司（特別是中小企業和新創企業）可以實現數位化之潛力，將 5G 技術用於新商業模式之公司。依據利害關係人進行的調查結果顯示，奧地利最大的潛力在於「流動性、交通」、「經濟與工業」、「環境與能源」、「健康、照護與社會」、「政治與管理」、「教育」與「安全」等跨學科領域，推展 5G 服務可為這些領域帶來巨大的經濟和社會意義及信任感。

交通部分：希望透過合作、連線自動化行動載具，讓未來道路上不再有交通擁塞、不再發生事故，且幾乎沒有任何二氧化碳的排放，因為車輛自動駕駛，相互通訊並用新發動機驅動，這可能是未來的長期願景。特別是 5G 將為多個車輛之間以及車輛和基礎設施之間的即時數據通信技術 (ITS-G5 等) 互動的潛力，作為未來「數位交通基礎設施」的一部分。

針對工業 4.0—未來的工廠領域，由於工廠自動化，使附近的銷售市場及基礎設施對未來的製造業有著更為重要的作用。像是生產區域的自動化，提升智慧與數位連接系統之技術基礎，人類、機器及產品在工業 4.0 中直接相互溝通和合作。

有關能源領域，5G 允許消費者、生產者及網路業者互相連接智慧、分散能源系統、相互即時通訊，因此未來可以組合成虛擬發電站，未來的智能電網將滿足增加的需求、可再生能源的整合。

在電子醫療方面，遠距離醫療將徹底改變醫生與病患之間的關係，不僅可以在偏鄉地區實現更好的醫療保健，還可以實現現場參與，可將其他診所的專家和患者數據即時轉移到診所，允許更有效的緊急醫療援助。

教育學習上，教育學習環境將會改變，像是教育部門和未來媒體中之增強及虛實整合等發展，將大大增加對行動寬頻頻寬的需求。互動參與多媒體應用（例如遠距離學習等）的教學課程正變得越來越流行，5G 技術可支持這一領域全新的體驗。且數位化教學方式的使用將進一步促進教學個性化的趨勢，因此將滿足人們對教學的要求，而不受地點和時間的影響。

(二)垂直場域應用之推動政策

5G 策略中有訂定六個具體步驟，以便奧地利能夠引領歐洲垂直場域相關應用發展：

1. 促進連接 - 建立 5G 平台；

奧地利將建立適當的平台，讓研發成果能轉化為產品或服務，帶來新商業模式。5G 平台將可在各領域帶來創新。

2. 國際合作；

奧地利將與 5G 領導國家如韓國、日本、中國與美國等進行國際合作。

3. 研究、開發 5G 應用相關流程；

奧地利將設置 5G 創新與測試實驗室，負責研究與測試

5G 相關技術與應用。

4. 在公部門中實施 5G 試驗；

奧地利將於公部門中導入相關 5G 實驗，領域涉及健康、能源、交通等。

5. 5G 應用的區域/領域之旗艦項目；

奧地利預計於 2020 年設置 5G 區域發展旗艦專案。

6. 創建 5G 試驗場域及沙盒 - 在大型活動中進行實驗。

奧地利相關建立 5G 實驗場域與沙盒，加速導入 5G。

(三)5G 商轉概況 (含基地臺、用戶數、資費)

奧地利 A1 電信公司 (A1 Telekom Austria) 計劃在 2020 年 1 月 1 日推出商業 5G 服務，其網路覆蓋範圍最初將在所有聯邦州之選定區域內提供，但可能需要長達五年的時間才能完成全國網路之建置。關於固網寬頻的擴展，A1 現在以大約 50Mbps 或更高的速度提供給奧地利約 50% 家庭使用其網路服務，而 80% 家庭可以使用高達 30Mbps 連線速率上網服務。

奧地利電信 (Austrian telecommunication) 於 2019 年 10 月 23 日表示，該公司目前的商用 5G 網路之擴展主要是由國內市場需求驅動，該公司之代表 Jan Trionow 亦在中興通訊全球無線用戶大會及 5G 峰會舉行期間表示，目前在 Linz、Vienna 及 Graz 以及 Tirol 及 Carinthia 州等地區大約已完成布建 70 個 5G 基地臺。該公司在奧地利擁有近 6,000 個基站，並期望將在未來幾年內逐步升級到 5G。

Hutchison Drei Austria 已經公告一系列 5G 資費，且於今年 6 月在 Linz 市啟動 5G 網路，後續於 8 月時在 Portschach am Worthersee 及 Worgl 的地區啟用 5G 網路，以及在 9 月時在首都維也納的 Seestadt

Aspern 及 Floridsdorf 的部分地區試運行。到現在為止，只有部分測試客戶可以使用該業者的 5G 網路，但是新資費及設備的推出，在商業上亦可搭配使用之。目前該公司所提供的 5G 服務，名為“PowerNet”資費，該資費提供 200Mbps / 50Mbps 和 500Mbps / 50Mbps 的最大下/上載速度，其費用自 32 歐元至 99 歐元不等。除此之外，該業者亦推出“混合”固網行動解決方案，該解決方案將 4G 行動連線與固網寬頻搭售在一起，並提供 40Mbps、100Mbps 及 200Mbps 的最高連網速度。



PowerNet XL		PowerNet XXL	
Unlimitiertes Datenvolumen		Unlimitiertes Datenvolumen	
 ↓ 200 MBit/s Download ↑ 50 MBit/s Upload		 ↓ 500 MBit/s Download ↑ 50 MBit/s Upload	
Erhältlich als		Erhältlich als	
5G [®] Mobilfunk		5G [®] Mobilfunk	
4G [®] Mobilfunk			
Hybrid			
Gratis Aktivierung		Gratis Aktivierung	
Kombi Vorteil		Kombi Vorteil	
Monatlicher Preis		Monatlicher Preis	
bei 2 Handyverträgen	32 €	bei 2 Handyverträgen	85 €
bei 1 Handyvertrag	39 €	bei 1 Handyvertrag	92 €
ohne Handyvertrag	46 €	ohne Handyvertrag	99 €

圖 2-32：Hutchison Drei Austria 電信祭出之 5G 資費

資料來源：RTR (2017)⁹⁰。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

由於奧地利高頻毫米波頻譜 26GHz 頻段目前持續由固定點對點

⁹⁰ RTR (2017), Communications Report. https://www.rtr.at/en/inf/KBericht2017/C-Report_2017.pdf

通訊使用，執照效期將至 2020 年底終止，因而現階段奧地利主管機關尚未揭示其高頻段毫米波頻譜之政策規劃，僅於 2019 年 6 月辦理 26GHz 頻段與 2300MHz 頻段政策諮詢，並於 2019 年 10 月公告各界意見，除表示將按照歐盟執委會建議辦理既有業務之清頻作業外，其餘政策措施尚未公告。

第七節 瑞典

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

(一)瑞典 5G 頻譜整體規劃

瑞典 5G 頻譜計畫的目標是成為歐洲 5G 領先國家之一，並規劃分為兩階段執行⁹¹：第 1 階段為 2017 年開始大規模 5G 測試；第 2 階段為 2020 年開始大規模 5G 推廣。

瑞典電信主管機關郵政電信管理局（Post and Telecom Agency，簡稱 PTS）已完成第 1 階段 5G 頻譜計畫。第 2 階段，PTS 原先規劃於 2019 年釋照，將 3.4-3.8 GHz 和 24.25-27.5 GHz 頻段以全區執照方式釋出，以利 2020 年開始的大規模 5G 布建，完成歐盟執委會「5G 行動計畫」（5G Action Plan）的要求。

(二)各頻段釋出時機考量

PTS 之 5G 候選頻譜包括 700MHz、2.3GHz、3.4-3.8GHz 及 26GHz 頻段，目前 700MHz 頻段已於 2018 年底完成釋出。

就 3.4-3.8 GHz 頻段而言，全區頻譜執照和以縣市為基礎（municipality-based）的區域頻譜執照，其執照期限不同，執照有效期限最長可達 2023 年 3 月 31 日。根據 PTS 的盤點，該頻段內目前已有各種無線電應用，但無論是在地理上或頻率方面，綜合評估後發現該頻段的使用效率非常低。

就 24.25-26.5 GHz 頻段而言，主要業務是無線電鏈路（radio links），執照型態為個別傳輸電臺（individual transmitters），執照期限至 2021 年 12 月 31 日。根據 PTS 的整備狀況，目前 26.5-27.5 GHz 頻段尚未

⁹¹ PTS (2018), Preliminary study prior to future assignment of frequencies for 5G (3.4–3.8 GHz and 24.25–27.5 GHz), <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/rapporter/2018/radio/preliminary-study-frequencies-5g-pts-er-2018-4.pdf>。

指配。

1. 3.4~3.8GHz (中頻段)

3.4-3.5 GHz 頻段內的頻譜執照為全區執照，PTS 於 2019 年開始辦理相關釋出程序，該頻段針對兩種不同的區域提出執照區塊，其中之一為高人口密度和/或高需求的地理區域，以及位於前述區域之外的較小執照區域。

瑞典主管機關盤點目前 290 個自治市（分屬 21 個省）之中，有 193 個自治市（municipality）能釋出 3.4-3.6 GHz 頻段內 200 MHz 連續頻寬；而其餘 97 個自治市中，若採以縣市為基礎的區域執照分配，則可以釋出高達 72 MHz 頻寬，另外也能釋出一段 62 MHz 連續頻寬。經過主管機關之整備與盤點，如果獲得既有執照業者同意，則可以在 2020 年之前，於相關自治市內釋出 200 MHz 頻寬供 5G 使用，如下表整理。

表 2-25：瑞典 3.4~3.8GHz 頻段的分配形式

可釋出時間	193 個自治市於該頻段的可釋出頻寬(MHz)		可釋出時間	97 個自治市於該頻段的可釋出頻寬(MHz)	
	3,400-3,600	3,600-3,800		3,400-3,600	3,600-3,800
2020/01/01	200	-	2020/01/01	72+62	-
2023/01/01	-	200	2023/01/01	-	200
-	-	-	2023/04/01	66	-

資料來源: PTS。

2. 24.25~27.5 (高頻段)

目前 24.25-27.5 GHz 頻段之頻譜執照由 Telia Company AB 持有，主要用於固定無線（fixed wireless）。根據 PTS 的盤點，該頻段有 363 條無線電鏈路（radio link connections）。大多數個別傳輸電臺執照（individual transmitter licenses）由行動業者持有，目前頻段內有將近 3,067 條無線電鏈路（individual radio link）。

表 2-26：瑞典 26.5-27.5GHz 頻段的分配形式

頻率範圍(MHz)	頻寬(MHz)	執照區域
26500-27500	1000	採區域執照分配

資料來源: PTS。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

根據 PTS 發布 2019 年上半年瑞典電信市場報告 (Svensk telekommarknad Första halvåret 2019)⁹²，分別概述整體電信市場的營收 (2018 年)、固網寬頻用戶及行動用戶概況。

2018 年瑞典電信零售市場的收入約為 507 億瑞典克朗，較 2017 年減少 2%。從單一家戶使用電信服務⁹³的角度估算，平均每月收入為 612 瑞典克朗，較 2017 年減少 8 瑞典克朗，其中固定電話服務為 44 瑞典克朗 (較去年減少 10 克朗)、行動電話和數據服務為 387 瑞典克朗 (與去年持平) 和網路服務 (不包括行動數據) 為 182 瑞典克朗 (較去年增加 4 克朗)，如下圖所示。

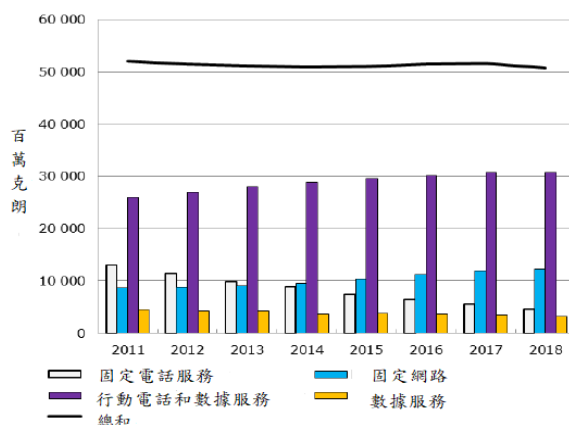


圖 2-33：瑞典終端客戶在電子通訊市場的收入

資料來源: PTS。

⁹² PTS (2019), Svensk telekommarknad Första halvåret, <https://www.pts.se/sv/dokument/rapporter/telefoni/2019/svensk-telekommarknad-forsta-halvaret-2019-pts-er-201913/>。

⁹³ 電信零售服務包括行動電話和數據服務、固定網路服務、固定電話服務和數據通訊服務。

1. 固網寬頻市場概況

2019 年上半年瑞典之固網寬頻用戶數為 400 萬戶（較去年同期成長 2%），其中光纖用戶數達到 280 萬戶（較去年同期成長 10%），光纖為成長的主要動力來源，佔所有固網寬頻用戶的三分之二（69%）；使用有線電視電纜的固網寬頻用戶數為 70 萬戶（較去年同期減少 1%）；使用 xDSL 用戶為 60 萬戶（較去年同期減少 21%）；其他固網寬頻用戶為 1.5 萬戶（較去年同期減少 17%），如下圖所示。

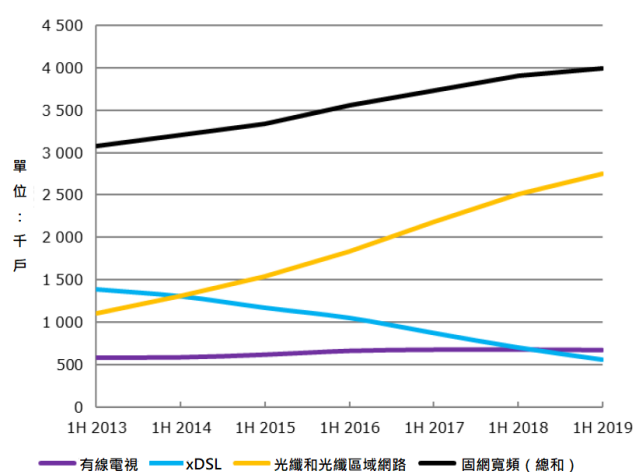


圖 2-34：瑞典固網寬頻用戶數

資料來源: PTS。

下載速率為 100 Mbit/s 以上的用戶數為 300 萬戶（較去年同期成長 10%）。瑞典目前所有用戶中有四分之三（76%）擁有速率 100 Mbit/s 以上；速率 1 Gbit/s 以上用戶數也有所增加（較去年同期成長 27%），用戶數達到 13.2 萬戶。使用光纖下載速率為 100 Mbit/s 以上的用戶數達到 250 萬戶（較去年同期成長 12%）；而使用相同速率的有線電視網路用戶數達到 57.9 萬戶，如下圖所示。固網寬頻用戶的上傳速率也在提高，上傳速率為 100 Mbit/s 以上的固網寬頻用戶數達到 200 萬（較去年同期成長 19%）。

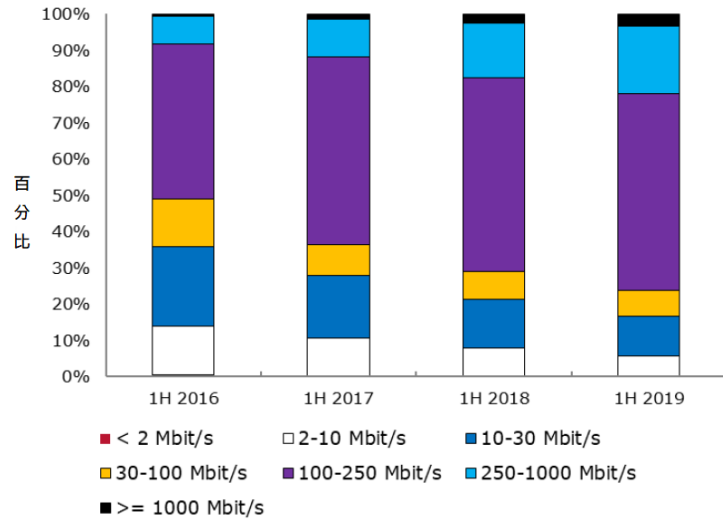


圖 2-35：瑞典不同速率下的固網寬頻用戶比例

資料來源: PTS。

2019 年上半年固網寬頻的市占率計算包括 xDSL、有線電視、光纖以及衛星和固定無線電/無線電鏈路等技術的用戶。三大業者 Telia Company、Telenor 和 Tele2（在 Com Hem 收購之後）合計占固網寬頻用戶的 72%，Telia 擁有最大的市占率 32.1%，其次為 Tele 2(22.8%)；Telenor 位居第三（17.2%），如下圖所示。

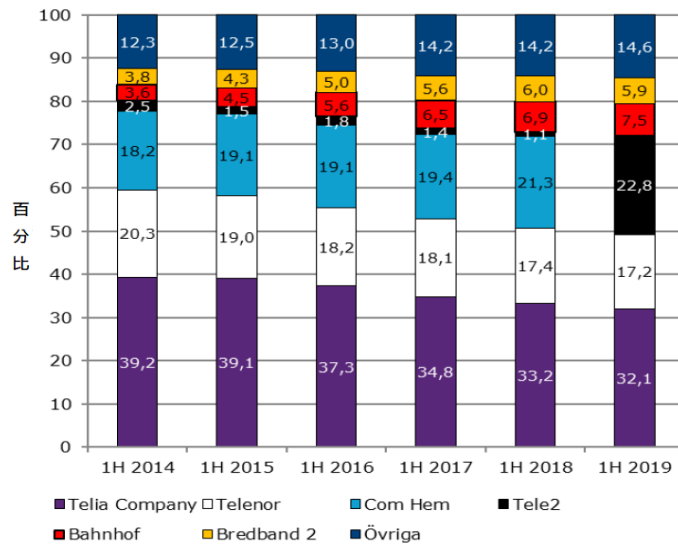


圖 2-36：瑞典各業者固網寬頻用戶的百分比

資料來源: PTS。

2. 行動通信市場概況

截至 2019 年 6 月 30 日瑞典共有 1,430 萬行動用戶，比去年同期成長 1%，其中透過智慧型手機使用語音通話和數據的行動用戶數達到 1,100 萬（較去年同期成長 5%）；僅使用數據用戶數為 160 萬（較去年同期減少 5%）；僅使用語音通話的行動用戶亦為 160 萬（較去年同期減少 14%）。在行動用戶總數中，78%是月租費合約用戶，其他是預付卡，月租費用戶比例持續增加（十年前比例約為 60%），如下圖所示。

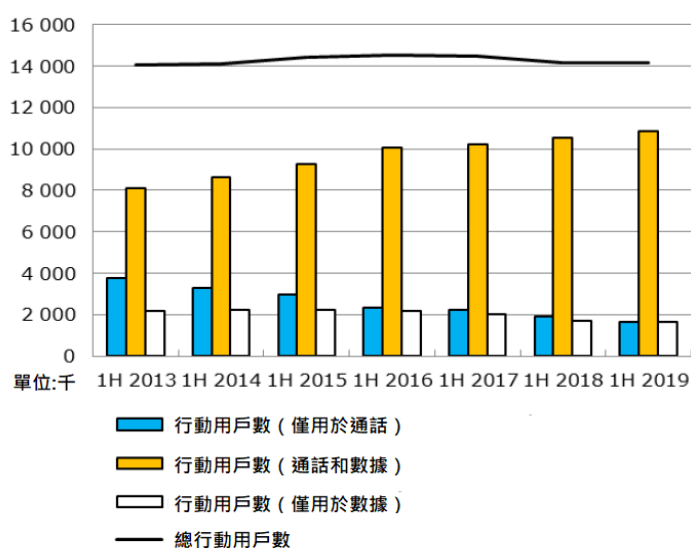


圖 2-37：瑞典行動用戶數

資料來源: PTS。

2019 年上半年行動通訊營收約為 151 億瑞典克朗，與去年同期相比下降 2%，是近年來營收首次下降。在各項收入中，有 88%是固定費用（月租費），其餘為可變動費用（預付卡）。固定費用收入總計 132 億瑞典克朗（較去年同期成長 1%）；可變動費用為 19 億瑞典克朗（較去年同期減少 18%），如下圖所示。

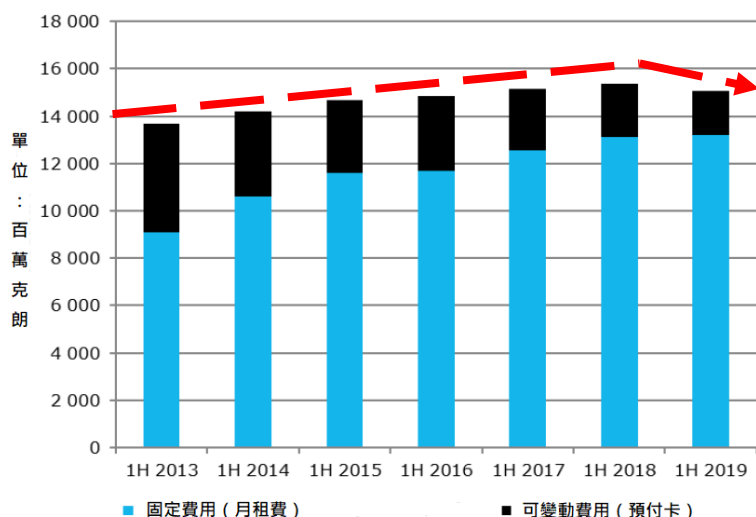


圖 2-38：瑞典行動用戶的收入

資料來源: PTS。

2019 年上半年行動網路中的數據訊務量增加 605 Pbyte (PB)，較去年成長 23%。僅計算數據之平均每月每用戶數據用量為 28.4 GB (去年同期為 17.5GB)；語音通話和數據合計平均每月每用戶數據用量為 7.0 GB (去年同期為 6.4 GB)。其中，4G 網路中使用數據服務的用戶數持續增加，達到 1,090 萬用戶，佔所有行動用戶的 77% (較去年同期成長 19%)。

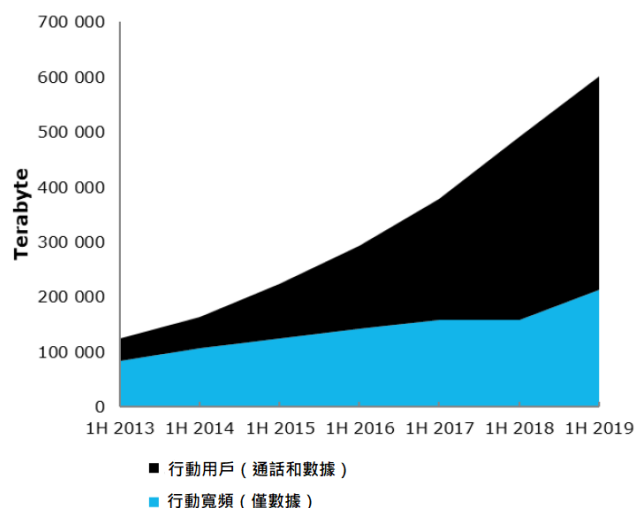


圖 2-39：瑞典行動網路上的數據流量

資料來源: PTS。

截至 2019 年上半年為止，行動用戶市占率計算項目包括：具有通話和數據的行動用戶、僅具有通話的行動用戶和僅具有數據的行動寬頻用戶。瑞典有四家主要行動網路業者 (MNOs)，依市占率大小分別為 Telia (35.3%)、Tele2 (27.3%)、Telenor (19.5%)、Hi3G (14%) 和其他(3.9%)，行動用戶市占率合計達 96%，其餘零售市場由 MVNO 組成，各業者近年市占率占比相當，如下圖所示。

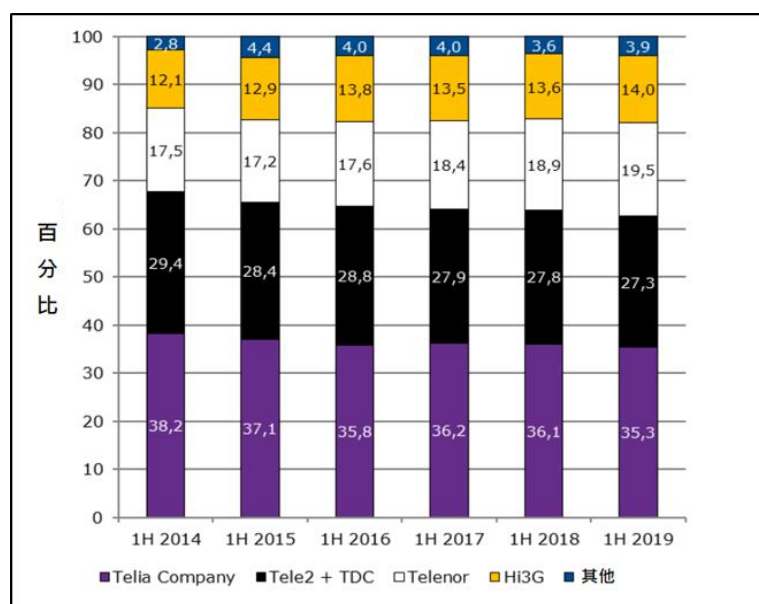


圖 2-40：瑞典各電信業者行動用戶的市占率

資料來源: PTS。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣) 說明

1. 競價機制

PTS 規劃 5G 頻譜釋出 700MHz、2.3GHz、3.4~3.8GHz 及 26GHz 頻段。

(1) 700MHz (已完成釋出)

700MHz 頻段已釋出 60MHz，底價為每單位頻塊 5,000 萬瑞典克朗，頻寬上限為 40MHz，頻譜執照於 2019 年 1 月 1 日生效，有效期限至 2040 年 12 月 31 日。拍賣於 2018 年 12 月 4 日開始，共有三家

業者：Telia Sverige AB、Net4Mobility HB 及 Hi3G Access AB 參與競標，歷經 5 天 45 回合，於 12 月 10 日完成第一階段競價，由 Telia Sverige AB 和 Net4Mobility HB 獲得 700 MHz 頻段的抽象頻塊，隔日（12 月 11 日）進行第二階段以一回合決定頻率實際位置。整體拍賣過程歷時 6 天 46 回合完成，最終由 Telia Sverige AB 獲得 2×10 MHz FDD，得標金 1,382,657,650 瑞典克朗；Net4Mobility HB 獲得 2×10 MHz FDD（兩個頻塊，2×5 MHz FDD），得標金均為 7 億 2,096 萬 8,398 瑞典克朗，即合計共 14 億 4,193 萬 6,796 瑞典克朗，本次競標總金額為 28 億 2,459 萬 4,446 瑞典克朗。⁹⁴

表 2-27：瑞典拍賣 700MHz 頻段結果（2018/12/11）

競價者	取得頻率位置	標金 (單位：瑞典克朗)
Telia Sverige AB	2×10 MHz, FDD 713-723 MHz 768-778 MHz	13 億 8,265 萬 7,650
Net4Mobility HB	2×5 MHz, FDD 723-728 MHz 778-783 MHz	7 億 2,096 萬 8,398
	2×5 MHz, FDD 728-733 MHz 783-788 MHz	7 億 2,096 萬 8,398
總計	-	28 億 2,459 萬 4,446

資料來源：PTS。

700MHz 於主要階段（第一階段）採用活動點數（activity points，即資格點數）方式進行拍賣，相關規定如下：

- 主管機關 PTS 事先於公開文件中訂定各頻塊之活動點數，且在整個競標過程中點數固定。
- 各競標者在第一回合即表達最大使用之活動點數（又稱初始資格點數），即為最大頻塊需求，且不能超過頻譜取得上限，其

⁹⁴ PTS (2018), Första steget i auktionen i 700 MHz-bandet avslutat, <https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2018/forsta-steget-i-auktionen-i-700-mhz-bandet-avslutat/>(最後瀏覽日：2020 年 4 月 14 日)

後各回合中資格點數只能維持或遞減，不得增加。

- 每回合回合價增幅範圍介於 2%~10%（主管機關公告），若該回合之回合價等於競標者提出之最高價（standing high bids）時，下一回合回合價上升。
- 在競標過程中可撤回標單或更換競標標的。
- 競標者在同一頻塊出價以價高者得標，若出價相同時拍賣系統以隨機選擇（randomly choose）方式訂定得標者。
- 當所有競標者在任一回合無任何出價、撤標行為時，主要階段拍賣回合結束。

以下透過範例說明活動點數的操作方式及頻率位置分配，假設有兩個競標者 X 和 Y，並且假設回合價增幅為 5%。

表 2-28：瑞典 700MHz 之頻塊底價、活動點數範例

執照	頻率	底價	單位執照之活動點數
A	FDD 2×10 MHz with coverage requirement	20	2
B1	FDD 2×5 MHz	10	1
B2	FDD 2×5 MHz	10	1
C	SDL 1×5 MHz	5	1
D1	SDL 1×5 MHz	5	1
D2	SDL 1×5 MHz	5	1
D3	SDL 1×5 MHz	5	1

資料來源：PTS。

表 2-29：瑞典活動點數範例-第一回合

執照	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	20	10	10	5	5	5	5
當回合出價	Y (20)	X (10) Y (10)	X (10)	-	X (5)	X (5)	-

本回合說明：

1. 競標者 X 對執照 B1、B2、D1 和 D2 出價，表示 X 在本次競標過程中最大的活動點數為 4；競價者 Y 對執照 A 和 B1 出價，表示 Y 在本次競標過程中最大的活動點數為 3。
2. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
3. 執照 C、D3 無競標者出價。
4. 執照 A、B2、D1 和 D2 各自收到一個出價，因此處於最高價狀態（standing high bids，如表中粗體字）；執照 B1 收到兩個出價（兩個出價相等），因此拍賣系統會隨機選擇其中一個作為最高價，結果為競標者 Y 暫時得標。
5. 本回合資格點數 (X,Y) = (4,3)

資料來源：PTS。

表 2-30：瑞典活動點數範例-第二回合

執照	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	<u>21</u>	<u>10.5</u>	<u>10.5</u>	5	<u>5.3</u>	<u>5.3</u>	5
當回合出價	Y (20)	X (10.5) Y (10)	X (10.5)	-	X (5)	X (5)	-

本回合說明：

1. 在前一回合中執照 A、B1、B2、D1、D2 之回合價等於最高價，故本回合 A 的回合價上升為 21；B1 和 B2 的回合價上升為 10.5；D1 和 D2 的回合價上升為 5.3；而 C 和 D3 沒有收到任何出價，因此回合價仍維持。
2. 競標者 X 在前一回合競標中原有 4 個活動點數，但僅取得 B2、D1 和 D2 的暫時得標，故只剩 3 個活動點數，本回合為了保持前一回合的活動點數 4，X 必須提出新的出價，X 提高了對 B1 和 B2 的出價，活動點數維持為 4。
3. 競標者 Y 仍保持活動點數 3，本回合無出價行為。
4. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
5. 本回合資格點數 (X,Y) = (4,3)。

資料來源：PTS。

表 2-31：瑞典活動點數範例-第三回合

執照	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	21	<u>11.1</u>	<u>11.1</u>	5	5.3	5.3	5
當回合出價	Y (20)	X (10.5) Y (11.1)	X (10.5)	-	X (5)	X (5)	-

本回合說明：

1. 在前一回合中執照 B1 和 B2 之回合價等於最高價，故本回合的回合價提高到 11.1，其餘執照的回合價保持不變。
2. 由於前一回合活動的結果，競標者 X 的活動點數為 4，故在本回合競標中無需進行任何出價即可保持其資格。
3. 由於前一回合競標的活動，競標者 Y 的活動點數為 3，但僅取得執照 A 的暫時得標，故只剩 2 個活動點數。本回合為了保持前一回合的活動點數 3，Y 必須進一步出價，否則在接下來的回合中，Y 的活動點數降低為 2，因此 Y 選擇對 B1 出價，活動點數維持為 3。
4. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
5. 本回合資格點數 $(X,Y) = (4,3)$ 。

資料來源：PTS。

表 2-32：瑞典活動點數範例-第四回合

執照	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	21	<u>11.7</u>	11.1	5	5.3	5.3	5
當回合出價	X (21) Y (20)	X (10.5) Y (11.1)	-	-	X (5)	X (5)	-

本回合說明：

1. 在前一回合執照 B1 是唯一有收到新的出價，因此該執照的回合價提高到 11.7，其餘執照回合價保持不變。
2. 在前一回合競標者 X 的活動點數為 4，但僅取得 B2、D1 和 D2 的暫時得標，故只剩 3 個活動點數。本回合 X 選擇撤回其對 B2 的出價（是可以選擇該行為），且對 X 對執照 A 提出新的出價，因此 X 在第 4 回合競標中的活動點數為 4（2 來自 A 的新出價、2 來自 D1 和 D2 的維持出價）。
3. 在前一回合競標者 Y 的活動點數為 3，故在本回合 Y 沒有提出新的出價。
4. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
5. 本回合資格點數 $(X,Y) = (4,3)$ 。

資料來源：PTS。

表 2-33：瑞典活動點數範例-第五回合

頻率	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	<u>22.1</u>	11.7	11.1	5	5.3	5.3	5
當回合出價	X (21.0) Y (20.0)	X (10.5) Y (11.1)	Y (11.1)	-	X (5)	X (5)	-

本回合說明：

1. 在前一回合執照 A 是唯一有收到新出價的頻塊，因此該執照的回合價提高到 22.1，其餘執照之回合價保持不變。
2. 在前一回合競標者 X 的活動點數為 4，故在本回合沒有提出新的出價。
3. 在前一回合競標者 Y 的活動點數為 3，但僅取得 B1 的暫時得標，故只剩 1 個活動點數。本回合 Y 選擇對 B2 出價，因此 Y 有 2 個活動點。此時，Y 降低了其參與下一回合競標的活動點數。
4. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
5. 本回合資格點數 (X,Y) = (4,2)。

資料來源：PTS。

表 2-34：瑞典活動點數範例-第六回合

頻率	A	B1	B2	C	D1	D2	D3
回合價	22.1	11.7	<u>11.7</u>		5.3	5.3	
當回合出價	X (21.0) Y (20.0)	X (10.5) Y (11.1)	Y (11.1)		X (5)	X (5)	

本回合說明：

1. 在前一回合執照 B2 是唯一有收到新的出價，因此該執照的回合價提高到 11.7，其餘執照回合價保持不變。
2. 在前一回合競標者 X 的活動點數為 4，故在本回合沒有提出新的出價。
3. 在前一回合競標者 Y 的活動點數為 2，故在本回合沒有提出新的出價。
4. 沒有競標者暫時取得超過 40 MHz 的頻譜上限。
5. 由於沒有任何競標者在競標中採取任何行動，因此拍賣的主要階段已經結束。

資料來源：PTS。

主要階段拍賣結束，接著進行一回合頻率位置分配競標，FDD 執照可能有兩種頻率相鄰分配方式：

- 競標者 X (執照 A) 放在 FDD1 和 FDD2 中，競標者 Y (執照 B1 和 B2) 放在 FDD3 和 FDD4 中；

- 將競標者 X (執照 A) 放在 FDD3 和 FDD4 中，將競標者 Y (執照 B1 和 B2) 放在 FDD1 和 FDD2 中。

因此競標者 X 和 Y 在拍賣系統中可以對頻率位置 FDD1 和 FDD2 以及頻率位置 FDD3 和 FDD4 進行競標。X 和 Y 出價如下 (主管機關未有出價規定)：

表 2-35：瑞典頻率位置出價結果範例

項目	FDD1 & FDD2	FDD3 & FDD4
X	10	0
Y	8	0

資料來源：PTS。

本範例頻率位置結果為競標者 X 獲得 FDD1 和 FDD2，必須為支付價格 10；競標者 Y 獲得 FDD3 和 FDD4，不須支付任何費用。

(2) 3.5 GHz 和 2.3 GHz (規劃於 2020 年 11 月釋出)

PTS 於 2020 年 2 月 7 日公告最新的「3.5 GHz 和 2.3 GHz 頻段一般公開諮詢文件」(瑞典文：Allmän inbjudan till ansökan om tillstånd att använda radiosändare i 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden)，本次共釋出 400MHz 頻寬，分別為 3,400-3,720 MHz(3.5 GHz 頻段)和 2,300-2,380 MHz (2.3 GHz 頻段) 可供 5G 與行動通訊使用。

PTS 針對 2.3GHz 和 3.5GHz 頻段之競價規劃時程如下。

表 2-36：瑞典 2.3GHz 和 3.5GHz 頻段競價時程規劃⁹⁵

時程	狀態
2020 年 2 月 7 日	公告一般公開諮詢文件
2020 年 3 月 6 日	各界意見回覆截止日
2020 年 4 月 17 日	公告拍賣規範最終決議，並正式公開申請日期
2020 年 6 月 30 日	申請人提交第一階段申請文件截止日：應附上一份由瑞典公司註冊處的註冊表或等同於外國申請人，並附上有關公司、授權簽字人和公司註冊號的文件
2020 年 9 月 2~4 日	申請人與 PTS、瑞典安全局和瑞典軍方進行會議
2020 年 10 月 15 日	申請人提交第二階段申請文件截止日：應附上銀行擔保證明文件
2020 年 10 月 20 日	公告合格申請人參與拍賣
2020 年 11 月 3 日	模擬拍賣
2020 年 11 月 10 日	3.5GHz 頻段開始拍賣；2.3 GHz 頻段拍賣開始時間不晚於 3.5 GHz 頻段的指配階段結束後的工作日。

資料來源: PTS。

就 2.3 GHz 頻段而言，頻率範圍為 2,300-2,380 MHz，每一頻率區塊以 10 MHz 為單位，共計 8 個頻塊，如下圖。

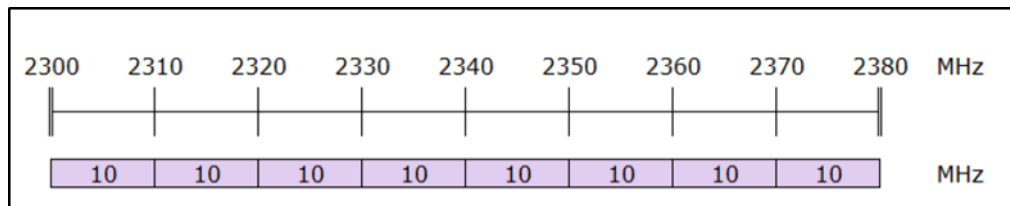


圖 2-41：瑞典 2.3GHz 頻段釋出區塊配置

資料來源: PTS。

就 3.5 GHz 頻段而言，頻率範圍為 3,400-3,720 MHz，每一頻率區塊以 20 MHz 為單位，共計 16 個頻塊，採分時雙工（Time Division Duplex, TDD）技術，其中 3,400-3,420MHz 頻塊（下圖粉色區塊）限制只能用於室內基站，且持有 3,420-3,440MHz 之執照持有者才能使用該頻塊⁹⁶，如下圖。

⁹⁵ PTS(2020), Open invitation to apply for licences to use radio transmitters in the 3.5 GHz and 2.3 GHz bands, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/beslut/2020/radio/engelska-filer-auktionsinbjudan-35-23/appendix-1---open-invitation.pdf>

⁹⁶ PTS (2019), Allmän inbjudan till ansökan om tillstånd att använda radiosändare i 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala->

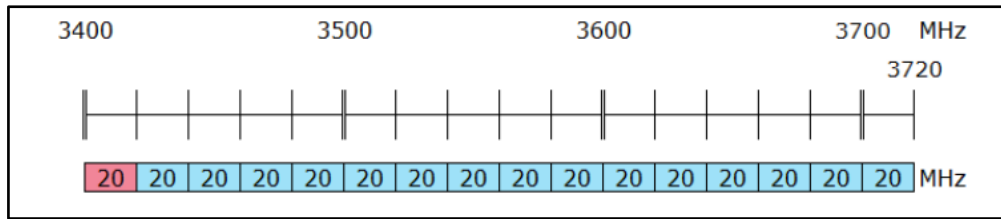


圖 2-42：瑞典 3.5 GHz 頻段釋出區塊配置

資料來源: PTS

PTS 將分別進行兩階段拍賣，先拍賣 3.5 GHz 頻段，再拍賣 2.3 GHz 頻段。3.5 GHz 頻段分為兩階段進行：第一階段決定各競標者需求頻塊數量；第二階段將為第一階段得標者分配特定頻率位置，並確保頻譜核配之連續性。3.5GHz 拍賣結束後進入 2.3GHz 拍賣，先確定「是否至少有四家合格競標者，且至少其中一家競標者在 3.5GHz 頻段出提出需求頻寬 80 MHz 以上（條件一），但卻未獲得任何頻譜（條件二）」的條件，因此拍賣 2.3GHz 分為以下兩種拍賣途徑，拍賣流程如下圖所示。⁹⁷

- i. 若同時滿足上述兩條件，則進入 2.3GHz 全頻段拍賣階段（full band bid stage），此時整個 2.3 GHz 頻段將以 80 MHz 為單位頻塊拍賣，競標金額可以自由選擇，但不得低於 4 億瑞典克朗，當收到一個或多個針對 2.3 GHz 頻段的全頻段出價，則將由最高全頻段出價者得標（價格相同時以隨機選擇方式決定），得標者最低必須支付 4 億瑞典克朗，或在已收到兩個或多個全頻段出價時，支付第二高的全頻段出價，透過全頻段拍賣仍無釋出時，再進入兩階段拍賣；
- ii. 若未同時滿足上述兩條件，則直接進入兩階段拍賣。

[dokument/remisser/2019/radio/samrad-ai-bb-35-och-23-ghz/2.-bilaga-1-master_allman-inbjudan.pdf](#)

⁹⁷ PTS(2020), Open invitation to apply for licences to use radio transmitters in the 3.5 GHz and 2.3 GHz bands, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/beslut/2020/radio/engelska-filer-auktionsinbjudan-35-23/appendix-1---open-invitation.pdf>

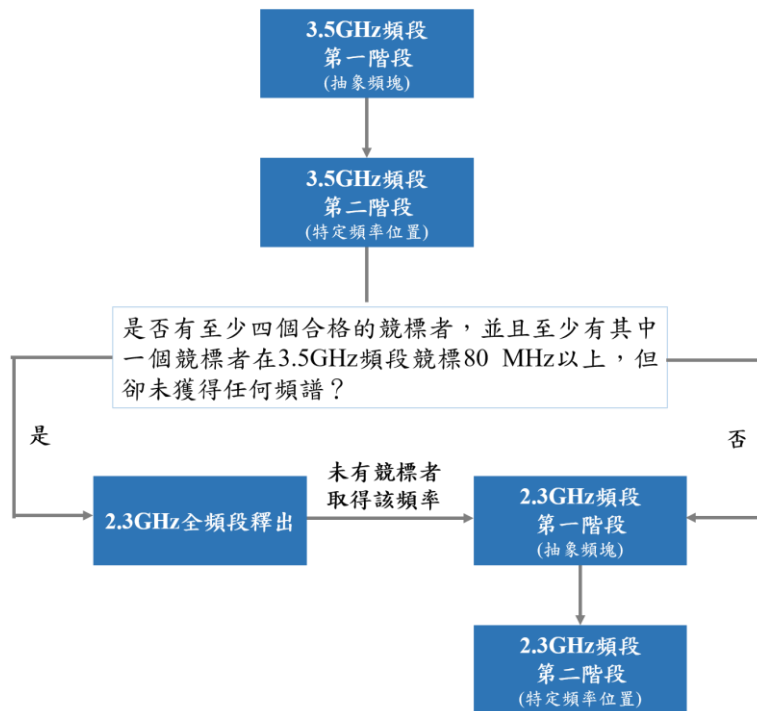


圖 2-43：典 3.5GHz 和 2.3GHz 拍賣過程

資料來源：PTS

PTS 透過兩階段價格鐘拍賣（clock auction）核配 2.3GHz 和 3.5 GHz 頻段。由於價格鐘拍賣是經過數回合的上升來決定頻塊分配數量，目的在於價格發現。第一階段核配過程採抽象頻塊方式決定頻塊的數量，此優點是降低拍賣不必要的冗長程序；第二階段具體頻塊位置則於單一回合（single placement round）競價決定。

PTS 價格鐘拍賣機制之前已用於釋出 2011 年 1800 MHz 頻段。在價格鐘拍賣中，每回合競標價格都會上漲，競標者會在每回合之拍賣系統中提出其需求頻率區塊數量及其競標價格。只要拍賣中競標者的累積需求超過供給，拍賣將持續進行，且每一回合競標價格將增加。當需求等於此供給時，拍賣數量階段結束，然後進行決定實際分配位置之一次性密封標回合（如有必要），在此回合中，得標者有機會可獲得其出價位置之頻率使用權。

在價格鐘拍賣中，PTS 可以為贏得多個頻率區塊的得標者保證提

供連續頻寬。價格鐘拍賣的風險在於供給期間，每回合競標者對於頻塊的需求有可能減少，導致頻塊未售出。因此，PTS 會調查拍賣中的競標者是否會撤回或減少需求，以及申請退出競標的可能性，退出競標代表退出或減少需求，PTS 要求競標者必須提出其願意為未售出的頻塊支付多少費用，該費用的水準應該高於前一回合的價金，但低於新一回合的價金。

另外，第一階段拍賣過程中設有資格點數，各競標者在第一回合即表達最大使用之活動點數（又稱初始資格點數），即為最大頻塊需求，且不能超過頻譜取得上限，其後各回合中資格點數只能維持或遞減，不得增加。活動點數的操作方式同前述 700MHz 的範例。

2. 底價

多回合的競價拍賣中，PTS 建議將最低出價設為起標價，以避免拍賣時間過長。拍賣時間過長代表著競標者和 PTS 都會有不必要的延誤和成本。同時，出價過高可能會影響價格的形成和拍賣過程中與其他競標者的出價意願。

PTS 在 2.3GHz 頻段釋出 80 MHz 的全區執照，每 10 MHz 頻塊底價為 2,000 萬瑞典克朗；在 3.5GHz 釋出 320 MHz 的全區執照，每 20 MHz 頻塊底價為 1 億瑞典克朗，如下表。

表 2-37：瑞典 3.5GHz 與 2.3GHz 頻段拍賣細節

頻段	3.5GHz (3400-3720MHz)	2.3GHz (2300-2380MHz)
單位頻寬	20MHz	10MHz
釋出頻塊數量	15 個 (不包括 3,400~3,420MHz)	8 個
單位頻塊底價	1 億瑞典克朗 (約新臺幣 3.07 億元)*	2,000 萬瑞典克朗 (約新臺幣 6,140 萬元)*

*參照臺灣銀行於 109 年 2 月 7 日公告之即期匯率。

資料來源：PTS。

3. 標金繳納方式

拍賣結束後，PTS 會將拍賣結果單據提送給得標者，且應在單據日期後 30 天內支付。PTS 根據《電子通訊法》第 3 章第 8 節規定必須支付拍賣相關手續費，在 2.3GHz 和 3.5GHz 頻段拍賣中的相關費用，包括諮詢、拍賣系統和翻譯費用，將由拍賣中產生之成本，由得標者按照核配頻譜數量的比例以手續費補償 PTS，PTS 的作業成本上限金額為 300 萬瑞典克朗。⁹⁸

提供銀行保證金的要求，是確保政府能夠保障拍賣價金收入的一種方式。此外，對財務保證的要求有助於降低隨意出價(rogue bidding)的風險。在過往的頻譜拍賣中，PTS 要求競價者以各種方式提供財務保證，此種作法在國際間也很常見。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

在瑞典所發布的 5G 競標文件中，並未發現有鼓勵新進業者參與與扶植新進業者之措施。

2. 頻譜取得上限規範

PTS 對於 2.3GHz 未規範持有上限，3.5GHz 則規定至少 3 家獨立執照持有者持有頻譜，且利害關係人提出需持有 80-100MHz 頻寬才可發展 5G 技術，使得頻譜使用更有效率，並對於未來的競爭情勢較有利。另外，歐盟執委會要求會員國允許 80MHz 以上連續頻譜，因此 PTS 取消前次（2019 年 2 月 6 日）諮詢訂定之 120MHz 得標上

⁹⁸ PTS (2020), Allmän inbjudan till ansökan om tillstånd att använda radiosändare i 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/remisser/2020/radio/andra-samrad-35/2.-bilaga-1-allman-inbjudan.pdf>。

限⁹⁹，變更為 80MHz 得標下限。¹⁰⁰

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

PTS 將針對 2.3GHz 與 3.5GHz 頻段核配執照，其中 3.5 GHz 頻段為歐盟指定之歐洲主要 5G 頻段，將具有相當程度的涵蓋率以提供 5G 服務，且即使沒有布建義務的要求，電信業者也會擴展其網路以獲得頻譜資源的投資回報，因此未針對 2.3GHz 和 3.5 GHz 頻段要求網路布建義務。因此，本研究簡介 700MHz 的得標者義務如下。

PTS 針對其中一個頻塊（FDD 5：723-733MHz/778-788MHz）附加布建義務，要求 700MHz 頻段附有布建義務之最低金額為 2 億瑞典克朗，最高金額上限則為 3 億瑞典克朗¹⁰¹。

PTS 將布建義務承諾金額區分為第一類優先區和第二類優先區，規範布建義務承諾金額中至少有 1 億克朗必須用於 PTS 指定缺乏語音和數據（至少 10Mbit/s）之第一類優先區；剩餘的布建義務承諾金額則可用於 PTS 指定僅缺乏數據（至少 10Mbit/s）之第二類優先區，得標者可自行於區域中選擇欲布建之處。

根據 PTS 之規劃，700MHz 得標者應符合布建義務之時程為 2020 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 25%；2021 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 50%；2022 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 75%；2023 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 100%。

⁹⁹ PTS，<https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2019/pts-tar-emot-synpunkter-pa-forslag-om-tilldelning-av-23--och-35-ghz-banden/> (最後瀏覽日：2020 年 4 月 14 日)

¹⁰⁰ PTS (2019), Samråd av regler och villkor inför auktion av 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden, <https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2019/samrad-av-regler-och-villkor-infor-auktion-av-35-ghz--och-23-ghz-banden/> (Last visited: 2020/4/14)

¹⁰¹ PTS (2018), Open invitation to apply for licences to use radio transmitters in the 700 MHz band, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/beslut/2018/radio/700-ai-bb-engelska/2.-appendix-1---open-invitation.pdf>

4. 頻率使用期限

2.3GHz 和 3.5 GHz 兩個頻段的執照期限，由 PTS 授予之日起至 2045 年 12 月 31 日止，共 25 年。然而，3.5GHz 頻段存有某些地區性的執照限制，故其執照期限縮短為 22 至 25 年。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

PTS 根據瑞典《電子通訊法》第 3 章第 23~24 節，持有無線傳輸電臺執照之業者可以在 PTS 批准後，轉讓或出租部分或全部執照以使用無線傳輸電臺。

PTS 根據電子通訊條例 (Electronic Communication Ordinance) 第 10a 條規定，自 2014 年 1 月 1 日起，若承租人租用基地臺之租用期間不超過六個月時，得免取得 PTS 同意¹⁰²。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

根據瑞典《電子通訊法》第 2 條賦予主管機關 PTS 之權利，監理機關有權監督基於法律和政策決議所課予業者的義務或條件。PTS 對於可能造成固定網路基礎設施市場顯著影響的業者，課予具顯著市場力量者 (Significant Market Power, SMP) 義務，其中第 4 項義務即為 SMP 業者有義務提供共構、共站或其他相關接取設施之規範。

目前被宣告具備 SMP 義務之業者為 TeliaSonera，TeliaSonera 如欲關閉基地臺，或切換至其他地點，必須提前五年通知共站業者相關資訊。關閉訊息必須揭露確切的年月資訊。

瑞典的行動網路共享部份已有超過十年的歷史，可追溯自 2000

¹⁰² PTS (2013), Post- och telestyrelsens författningssamling, https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/foreskrifter/radio/ptsfs-2013_7-undantag-medgivande-radiosandare.pdf

年 12 月 3G 執照核發。當時 PTS 允許業者採用網路共享協議，業者自建網路之比重可涵蓋 30% 的人口範圍。

2000 年瑞典釋出 3G 執照時，市場上有四家業者，Tele 2 與 Europolitan（稍後更名為 Telenor）擁有 2G 網路，另外兩家新進業者 Orange 與 3（Hi3G）。Orange 最終未布建網路並將執照繳回 PTS。Hi3G 和 Europolitan 則採取共建網路（3GIS）的方式，除了自有網路外，並共享網路，讓 Hi3G 可以在無 3G 訊號區域以漫遊方式使用 Europolitan 的 2G 網路。

2009 年時，兩家業者 Tele2 與 Telenor 合資成立 Net4mobility，並陸續移轉各自 2G 網路給 Net4mobility，同時由 Net4mobility 負責建置與維運 4G 網路。TeliaSonera 則決定自建 4G 網路，不將與 Tele2 的網路共享協議擴張到 4G 網路。

從網路共享的角度觀察，Telenor 與 Hi3G 雖然由 3GIS 負責共享網路的規劃與維運，但兩家公司仍各自維運其 3G 網路，故網路彼此獨立。而 TeliaSonera 與 Tele2 的共享方式則不同，只有 Tele2 有 3G 執照跟一套 3G 網路，TeliaSonera 和 Tele2 同時是 SUNAB 的擁有者及客戶，也是供應商。SUNAB 並沒有網路規劃團隊，而仰賴 Tele2 的人力。每一家業者都有各自的網路維運中心以監督、控管網路。

由前述案例應可發現，由於瑞典行動網路共建的發展由來已久，故主管機關實際上對該議題抱持較開放之態度。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

瑞典 PTS 目前尚未針對 5G 強制漫遊有相關之規定。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

PTS 過往於 2011 年 8 月准許 Tele2、Telenor 與 Spring Mobile 將

原持有之 1800MHz 頻譜資源移轉給 Net4Mobility。Tele2、Telenor 與 Spring Mobile 以頻率共用方式使用 Net4Mobility 的 1800MHz。此舉受到另外兩家行動業者的抗議，並向政府相關部門申訴 PTS 之決議，認為准許合資的行為將產生危害競爭之風險。然競爭主管機關與一審法院均駁回訴訟。由此觀察，瑞典主管機關對於頻率共用協議抱持較開放之態度。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

瑞典 PTS 之 5G 頻譜政策，並未特別針對 MVNO 接取設定對應之監管規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

瑞典早在 2016 年 10 月就曾舉辦歐洲首次現場 5G 試驗，Telia 和 Ericsson (愛立信) 在 Kista (希斯塔) 的 15GHz 頻段內完成了使用 800MHz 頻譜的 5G 試驗，其最高連線速率為 15Gbps，且延遲時間不到 3 毫秒，並於 2017 年開始進行測試，相關測試則在不同無線電特性的頻段內接取，其頻率範圍如下¹⁰³。

1. 3.4-3.6 GHz 頻段的 100-200 MHz；
2. 26.5-27.5 GHz 頻段高達 1,000 MHz，使用 26 GHz 頻段的前半部分 (24.25-27.5 GHz)。

PTS 於核發測試執照後，規劃從 2020 年開始核發相關頻率執照，以實現 5G 的大規模商業擴展。

¹⁰³ Swedish regulator plans new spectrum licenses for 5G trials, <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/swedish-regulator-plans-new-spectrum-licenses-for-5g-trials>。(最後瀏覽日：2020 年 4 月 14 日)

(二)垂直場域應用之推動政策

PTS 對於垂直場域的認定，主要指需要使用行動網路以維持其業務的產業。例如：交通產業與醫療保健產業。垂直領域涉及許多不同的角色，其特點是不同垂直產業對容量、網路品質、時間延遲、通訊安全性和穩健性有著不同的需求。

PTS 透過對市場的分析 and 諮詢¹⁰⁴，給予國家和地方參與者在當地使用自有頻率的機會，PTS 認為區域執照有其需求，故規劃將 3.7-3.8 GHz 的頻率空間分配給區域執照使用。到目前為止，已經確定且對本地條件有明確需求的用途是：

- 室內使用：工業、醫院、商場、體育場館、機場和各種室內活動；
- 戶外使用：礦山、農業、港口和各種戶外活動；
- 固定無線接取網路：固定無線寬頻；
- 當地涵蓋表面的行動網路：都會網路和當地區域網路，可以透過無線接取、自治市數位化來補充光纖網路之不足。

PTS 對於 3.7-3.8 GHz 頻段，規劃釋出約 80-100MHz 頻寬，正諮詢兩種釋出方案，預計 2023 年釋出。¹⁰⁵

1. 方案一 (3.7-3.8 GHz)：以全區執照釋出

¹⁰⁴ PTS (2019), Konsultation inför planerad tilldelning av frekvensutrymme i 2,3- och 3,5 GHz banden samt tilldelning av frekvensutrymme för lokala tillstånd, <https://docplayer.se/119270086-Konsultation-infor-planerad-tilldelning-av-frekvensutrymme-i-2-3-och-3-5-ghzbanden-samt-tilldelning-av-frekvensutrymme-for-lokala-tillstand.html>

¹⁰⁵ PTS (2018), Förslag för tilldelning av lokala tillstånd i 3,7–3,8 GHz från 2023 och framåt, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/remisser/2018/radio/konsultation-1---23-och-35-ghz/2.-forslag-for-tilldelning-av-lokala-blocktillstand.pdf>。

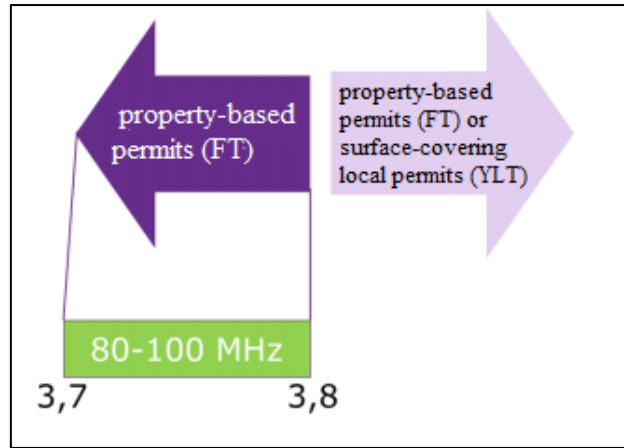


圖 2-44：瑞典 3.7-3.8 GHz 頻段全區釋出方案

資料來源: PTS。

2. 方案二 (3.7-4.2GHz)：採部分頻段全區、部分頻段區域執照方式釋出

(1) 方案 2-1：區域執照釋出 40-50MHz、全區執照釋出 40-50MHz；

(2) 方案 2-2：3.7-3.8GHz 為全區執照釋出 80-100MHz 及 3.8-4.2GHz 以區域執照釋出 100MHz。

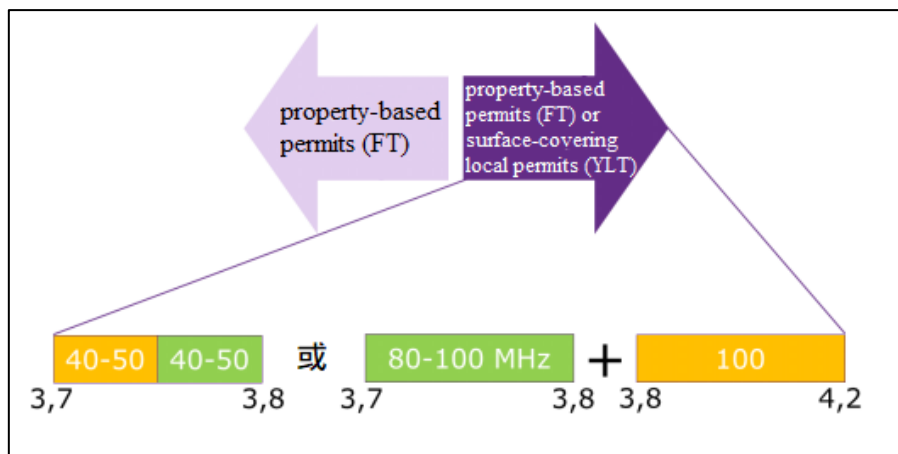


圖 2-45：瑞典 3.7~4.2GHz 頻段結合全區、部分釋照方案

資料來源: PTS。

(三)5G 商轉概況

PTS 於 2018 年底完成 700MHz 頻段之拍賣，同時得標者 Tele2 AB (Tele2) 與 Telenor 簽署新的協議¹⁰⁶，以擴展瑞典的全國性 5G 網路，於 2019 年下半年啟動。

得標者於 2016 年宣布將在全國建立 5G 網路，共同建立了涵蓋，新協議為即將到來的 5G 擴展奠定了良好的基礎。根據 Tele2 和 Telenor 的計畫，將從既有 2G 與 4G 網路共建擴大至 5G 網路，預計在國內架設成千上萬個新基地臺，先從瑞典主要城市著手，隨後針對夏季和冬季度假勝地等特定地區進行布建。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

根據 PTS 原規劃 2019 年將釋出 26.5-27.5 GHz，並採取小區域執照範圍，至於 24.25-26.5 GHz 則規劃於 5G 頻段使用技術條件明確後進行。

PTS 初步規劃兩種可以滿足用戶表達實際需求的方案，分別如下：

1. 方案 1：在 2019 年底之前，將在 2020 年 1 月 1 日起可用的頻段部分劃分為較小地理區域的區塊執照，這表示 26.5~27.5GHz 頻率範圍內的 1 GHz 將可以先行分配。PTS 評估該方案的優點為 2020 年初就可以滿足初步需求；缺點是會把 24.25~27.5 GHz 頻段的執照將分為兩部分，多個利害關係人表示希望避免這種情況。
2. 方案 2：整體釋出 24.25~27.5 GHz 頻段，不過須等待國際間確認該頻段可用頻率和技術條件，導致釋照時程將延後至 2021 年。

¹⁰⁶ TELE2 (2018)，<https://www.tele2.com/media/press-releases/2018/tele2-and-telenor-secure-new-frequencies-and-consolidate-joint-plan-for-5g-network-in-sweden> (最後瀏覽日：2020 年 4 月 14 日)

PTS 初步評估後規劃採取第一種方案，因為符合在 2020 年初用戶可使用 26GHz 頻段之目標。

第八節 美國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

為促進 5G 發展，美國聯邦通訊委員會（Federal Communicaitons Commission，FCC）於 2018 年 9 月公告其 5G 促進計畫（Facilitate America's Superiority in 5G Technology，5G FAST Plan），設定三大主軸策略，分別為釋出更多 5G 頻譜、升級基礎設施之政策、促使過時的規管制度現代化。

FCC 對於 5G 頻譜資源之釋出，主要以毫米波頻譜為優先考量對象，自 2018 年以來至 2020 年間，已分別釋出 28GHz、24GHz、37GHz、39GHz 以及 47GHz。由此可見，美國對於 5G 頻譜資源之整備與釋出，初期採取大量釋出毫米波頻譜資源之方式。

針對 5G 中頻段，由於過往 FCC 已規劃 3.5GHz 頻段採取公眾寬頻無線接取（Citizen Broadband Radio Service，CBRS）機制，以三層式動態頻譜共享接取之架構，在不干擾第一層聯邦使用者（軍方雷達）之情況下，創建第二層使用者（優先接取層，規劃為電信業者）與第三層使用者（一般許可接取層，指資通訊相關業者）得使用 3.5GHz 頻譜資源之空間。惟由於 FCC 原先對於 CBRS 第二層使用者規劃採用之競價機制過於複雜，故經過檢討與修正相關政策後，FCC 方規劃預計於 2020 年 6 月實施 3.5GHz 頻段拍賣作業，惟受新冠肺炎影響，拍賣延至 2020 年 7 月開始。相較於國際間其他國家之作法，在中頻段部分，美國釋出與整備之速度較慢。

除 3.5GHz 頻段外，為提升頻譜使用效率，FCC 針對 2.5GHz 頻段也持續辦理頻譜重整作業，將該頻段原先使用效率較差之既有使用者，預計透過頻譜重整之方式，改以拍賣方式釋出 2.5GHz 頻段做為 5G 頻譜資源，時間點則預計為 3.5GHz 完成拍賣後進行。

此外，FCC 整備其 3.7-4.2GHz 頻段，預計將既有使用者進行清頻與頻譜重整，將 3.7-3.98GHz 以拍賣方式釋出供 5G 使用，餘 4-4.2GHz 則整併供既有使用者移頻使用。FCC 規劃 3.7-3.98GHz 頻段預計於 2020 年 12 月 8 日拍賣。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

1. 固網寬頻市場概況

根據 FCC 於 2018 年 12 月公告之通訊市場報告(Communications Marketplace Report) 中，對於固網寬頻市場，由於境內區分為許多市場，故 FCC 並未揭露全國性固網寬頻業者之市占率資訊，僅公告截至 2017 年底，美國固網寬頻市場內不同速率等級下，業者家數分布情況。例如在下載速率 10Mbps/上傳速率 1Mbps 之情況下，完全無業者提供服務的比例為 4%、市場內有一家業者提供服務之比例為 20%、兩家業者提供服務之比例為 48%，超過兩家業者於市場內提供服務比例為 28%，以此類推，整體美國固網寬頻市場之業者家數分布比例資訊如下。¹⁰⁷

¹⁰⁷ FCC (2018), Communications Marketplace Report.

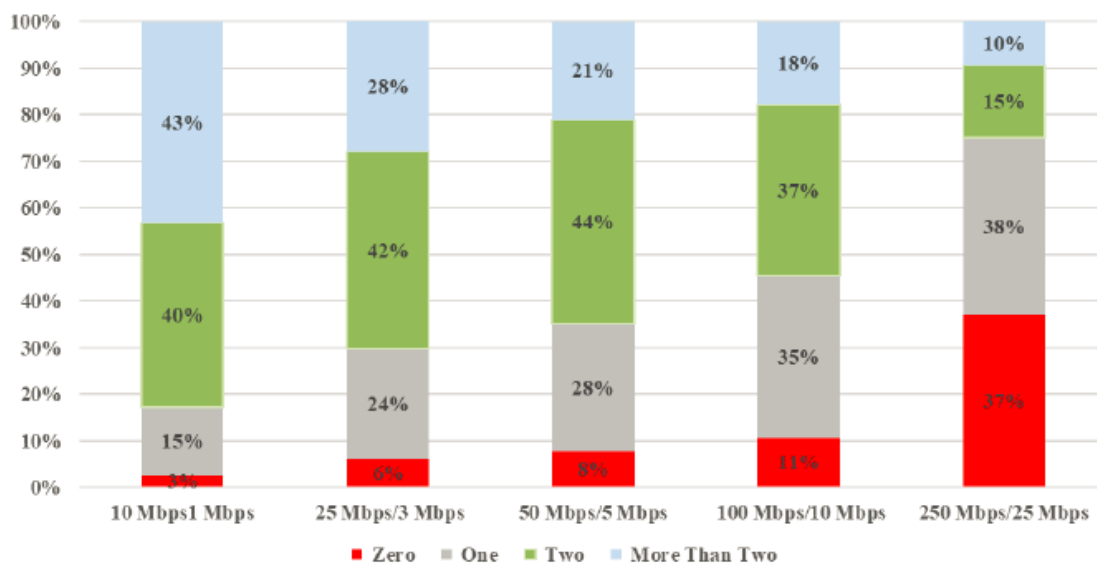


圖 2-46：美國固網寬頻市場家數分布比例

資料來源：FCC。

2. 行動通信市場概況

根據 FCC 於 2018 年 12 月公告之通訊市場報告(Communications Marketplace Report)，截至 2017 年底，美國無線通訊市場主要有四家全國業者，分別為 Verizon Wireless、AT&T、T-Mobile 以及 Sprint，其中以 Verizon Wireless 的市占率最高，達 35.1%、AT&T 緊追在後，達 33.9%、T-Mobile 市占率第三達 17.1%，Sprint 市占率第四為 12.6%，若以總用戶數（連線數）為考量，則整體無線通訊市場市占率如下。

Service Providers	EOY 2014	EOY 2015	EOY 2016	EOY 2017	EOY 2017 (% Market Share)
Verizon Wireless	134,612	140,924	145,859	151,978	35.1
AT&T	120,620	128,679	134,875	146,847	33.9
T-Mobile	55,018	63,282	71,455	74,040	17.1
Sprint	55,929	58,578	59,515	54,683	12.6
U.S. Cellular	4,760	4,876	5,079	5,063	1.2
Top 5 Service Providers Total	370,939	396,339	416,783	432,611	

圖 2-47：美國無線通訊市場市占率

資料來源：FCC。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣) 說明

1. 競價機制

(1) 28GHz 與 24GHz

FCC 最早於 2018 年 4 月發布 28GHz 與 24GHz 頻段之釋照作業諮詢文件，以 SMR 競價機制釋出 28GHz、CA 釋出 24GHz。對於 28GHz 頻段採取以郡為執照範圍之架構，釋出頻寬達 850MHz，每張執照各 425MHz (27.5-27.925 MHz，以及 27.925-28.35 MHz)，原規劃釋出 3,072 張執照，如下表。

表 2-38：美國 28GHz 頻段釋出區塊

區塊	頻率 (GHz)	頻寬	執照地理區域	釋出執照數
1	27.5-27.925	425MHz	郡	1,536
2	27.925-28.35	425MHz	郡	1,536

資料來源：本研究整理。

FCC 於 28GHz 頻段之頻率區塊劃分如下圖。

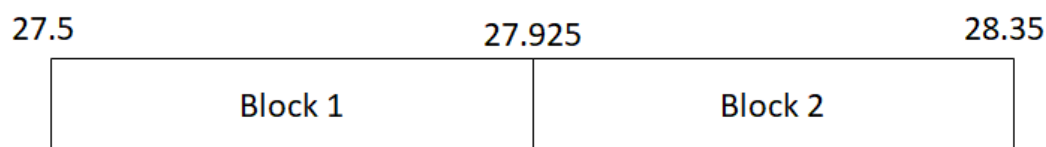


圖 2-48：美國 28GHz 頻段釋出頻率劃分方式

資料來源：FCC。

隨後 FCC 於 2018 年 11 月 14 日啟動 28GHz 頻段拍賣，共有 40 家合格競價者彼此競逐，歷經暴風雪影響、因預算問題導致美國政府關閉等事件影響，拍賣曾多次暫停。總計花費 38 個競價日共 176 回合之激烈競價後，FCC 於 2019 年 1 月 24 日宣布完成該國首次毫米波頻譜釋照作業 (競價代號 Auction 101)，釋出 27.5-28.35 GHz (28GHz 頻段)，拍賣總得標價金達 \$702,572,410 美金，釋出 2,965 張

28GHz 執照，餘 107 張執照未釋出。

FCC 接著於 2019 年 2 月 27 日公告第二次毫米波頻譜釋照作業（競價代號 Auction 102），以 24GHz 頻段為釋照標的。本次申請參與競價之合格競價者數量，共計全美 38 家合格競價者，將針對釋出頻段 24.25-24.45 GHz 與 24.75-25.25 GHz 出價。

24GHz 頻段以部份經濟區（Partial Economic Area, PEA）為執照範圍，釋出頻寬達 700MHz，每張執照各 100MHz（24.25-24.35GHz、24.35-24.45 GHz、24.75-24.85GHz、24.85-24.95GHz、24.95-25.05GHz、25.05-25.15GHz 以及 25.15-25.25GHz），依頻率位置分為低頻段類（L 類別，適用區塊 A 與區塊 B）與高頻段類（U 類別，適用區塊 C、D、E、F、G），FCC 區分 L 類與 U 類的理由，是為了避免得標頻率結果不連續的風險。本次 24GHz 頻段規劃釋出總執照張數達 2,909 張，如下表。

表 2-39：美國 24GHz 頻段釋出區塊

區塊	頻率 (GHz)	頻寬	地理區域	類別	釋出執照數
A	24.25-24.35	100MHz	PEA	L	416
B	24.35-24.45	100MHz	PEA	L	416
C	24.75-24.85	100MHz	PEA	U	416
D	24.85-24.95	100MHz	PEA	U	416
E	24.95-25.05	100MHz	PEA	U	416
F	25.05-25.15	100MHz	PEA	U	416
G	25.15-25.25	100MHz	PEA	U	413

資料來源：本研究整理。

FCC 於 24GHz 頻段之頻率區塊劃分如下圖。

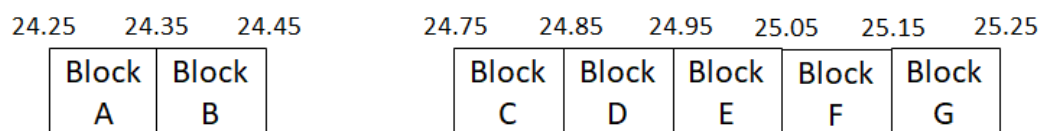


圖 2-49：美國 24GHz 頻段釋出頻率劃分方式

資料來源：FCC。

FCC 對於 24GHz 拍賣採 CA，競價過程區分為價格鐘階段(Clock phase) 與指配階段 (Assignment phase)，價格鐘階段於 3 月 14 日啟動，至 4 月 17 日結束，歷經 91 回合；指配階段則自 5 月 3 日啟動，至 5 月 28 日結束，歷經 86 回合。最終拍賣結果共有 29 家競價者得標，釋出 2,904 執照，拍賣總得標價金達\$2,024,268,941。

(2) 37GHz、39GHz 與 47GHz

FCC 於 2019 年 5 月 14 日發布 37GHz、39GHz 以及 47GHz 頻段釋出作業 (競價代號 Auction 103) 之修正公告文件。¹⁰⁸本次拍賣每張執照頻寬採 100MHz，採誘因拍賣機制釋出前揭頻段，同時於 2019 年 12 月 10 日進行第三次毫米波頻譜競價作業，原擬釋出 14,144 張執照，如下表。

表 2-40：美國 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段釋出區塊

頻段	頻率範圍	釋出區塊	地理區域	區塊編號	釋出執照數
37GHz	37.6 – 38.6 GHz	10	PEA	M1-M10	4,160
39GHz	38.6 – 40.0 GHz	14	PEA	N1-N14	5,824
47GHz	47.2 – 48.2 GHz	10	PEA	P1-P10	4,160

資料來源：FCC。

FCC 於 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段之頻率區塊劃分如下圖。

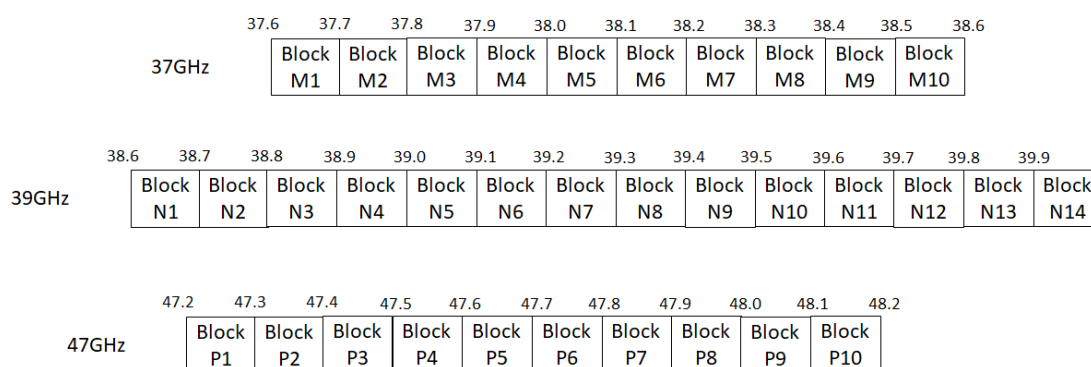


圖 2-50：美國 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段釋出頻率劃分方式

資料來源：FCC。

¹⁰⁸ FCC (2019), Notice of updated 39 GHz reconfiguration procedures, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-19-397A1.pdf>

FCC 於 2020 年 3 月 12 日公告 37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段拍賣結束，共有 28 家得標者取得 14,142 張執照（僅有 2 張未釋出），拍賣總得標價金達 \$7,558,703,201 美元，其中有 \$3,084,172,898 美元將供既有業者清頻與設備更新之用，扣除後所餘拍賣淨得標金 \$4,474,530,303 美元。¹⁰⁹

(3) 3.7GHz

FCC 於 2020 年 3 月 3 日公告 3.7GHz 頻段競價程序規劃，預計採上升時鐘型競價機制，搭配一回合密封標指配階段。FCC 對 3.7GHz 頻段執照地理範圍規劃採與 24GHz、37GHz 與 39GHz 等頻段相同之部份經濟區 (PEA)，並區分為 A 類頻塊 (3.7-3.8GHz)、B 類頻塊 (3.8-3.9GHz) 以及 C 類頻塊 (3.9-3.98GHz)，每區塊大小為 20MHz。A 類頻塊分別為 A1(3.7-3.72GHz)、A2(3.72-3.74GHz)、A3(3.74-3.76GHz)、A4(3.76-3.78GHz) 與 A5(3.78-3.8GHz)；B 類頻塊分別為 B1(3.8-3.82GHz)、B2(3.82-3.84GHz)、B3(3.84-3.86GHz)、B4(3.86-3.88GHz) 以及 B5(3.88-3.9GHz)；C 類頻塊分別為 C1(3.9-3.92GHz)、C2(3.92-3.94GHz)、C3(3.94-3.96GHz) 以及 C4(3.96-3.98GHz)。3.98-4.0GHz 之 20MHz 則作為護衛頻帶，如下圖。¹¹⁰

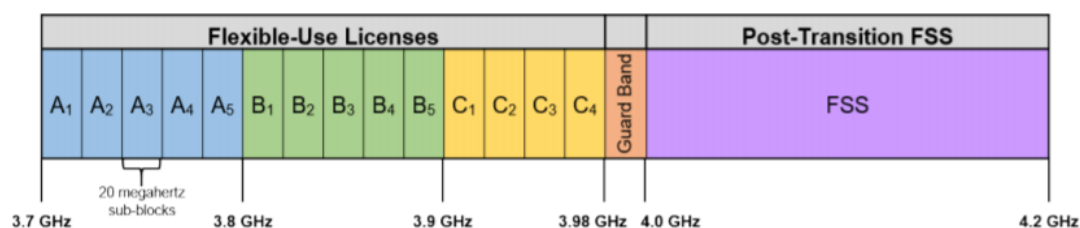


圖 2-51：美國 3.7-3.98GHz 釋出頻段配置規劃

資料來源：FCC。

¹⁰⁹ FCC (2020), Winning bidders announced for auction 103, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-20-253A1.pdf>

¹¹⁰ FCC (2020), FCC Proposes C-band Auction Procedures, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-23A1.pdf>

FCC 對於 3.7GHz 頻段之拍賣，將採摘要頻塊之方式，亦即競價者對欲取得頻塊之數量提出需求數，而非對特定頻率位置出價。由於清頻完成時間與實際啟用時間不同，故 FCC 分別設計 A、B、C 三類頻塊，A 類頻塊為第一階段清頻對象，B 與 C 類頻塊則為第二階段清頻對象，因此二類頻塊之實際啟用時間將有差異。FCC 藉由此種出價標的之區隔，以反映競價者出價時欲取得之頻率位置。

2. 底價

由於 FCC 釋出 28GHz 與 24GHz 均採區域執照方式釋出，考量各執照區域涵蓋人口數有所差異，故 FCC 設算各區域執照底價時，其給定之價值為每 MHz/每人。FCC 參考過去經驗，對於 28GHz 頻段，若執照範圍為郡，且位處 FCC 所定義 PEA 第 1 區至第 50 區之內，則其一次性預儲金 (Upfront payment) 之設算基礎為每 MHz 每人 \$0.0001 美元，若位處 FCC 所定義 PEA 第 51 區至第 100 區之內，則一次性預儲金設算基礎為每 MHz 每人 \$0.0002 美元，除前述二者以外其他區域之預儲金設算基礎同樣為每 MHz 每人 \$0.0001 美元。

前述一次性預儲金，僅做為競價者欲取得某一特定區域之執照時，應預先存入金額之參考，FCC 會依照執照區域內之人口數與相關性質，設定各執照區域之出價單位 (Bidding Units)，競價者若欲取得出價單位數，則每出價單位換算金額為 10 美元。

因此，若競價者欲取得某一區域之執照，須擁有相對應之出價單位，支付相對應之一次性預儲金。例如，若競價者欲標得位於印第安納州 Tippecanoe 郡與 Elkhart 郡之執照，按照 FCC 對此二郡設定出價單位為 1,500 與 1,700，再乘上每出價單位 10 美元，表示競價者參與競價時，應先支付 \$15,000 美元與 \$17,000 美元，方能獲得足夠之出價單位數，該出價單位數即等同競價者之資格點數，如下表。

表 2-41：美國 28GHz 頻段出價單位、預儲金與底價範例

郡	州	出價單位	一次性預儲金	底價 (最低起標價)
Tippecanoe	Indiana	1,500	\$15,000	\$30,000
Elkhart	Indiana	1,700	\$17,000	\$34,000

資料來源：FCC。

競價者取得出價單位後，FCC 對於 28GHz 之底價，設有最小起標價 (Minimum opening bid)。按照 FCC 的設計，若執照範圍為郡，且位處 FCC 所定義 PEA 第 1 區至第 50 區之內，則其最小起標價設算基礎為每 MHz 每人 \$0.0002 美元，若位處 FCC 所定義 PEA 第 51 區至第 100 區之內，則最小起標價設算基礎為每 MHz 每人 \$0.0004 美元，除前述二者以外其他區域之最小起標價設算基礎同樣為每 MHz 每人 \$0.0002 美元。

此最小起標價為一次性預儲金之二倍，FCC 採取此種設計之理由，為希望加快競價程序，使出價金額盡早接近最終得標結果。有關 28GHz 與 24GHz 之出價單位、一次性預儲金與最小起標價設計如下。

表 2-42：美國毫米波頻段出價單位、預儲金與底價範例

標的		出價單位	一次性預儲金	最小起標價
28GHz	各區塊	1,017,446	\$10,174,460	\$20,336,350
	總計	2,034,892	\$20,348,920	\$40,672,700
24GHz	各區塊	2,105,785	\$21,057,850	\$42,108,640
	總計	14,697,195	\$146,791,950	\$293,536,480

註：24GHz 之 G 頻塊部分區域執照未納入本次釋照。

資料來源：FCC。

由前述簡介可得知，FCC 對於毫米波頻譜之出價單位 (資格點數)，與一次性預儲金 (押標金) 及底價 (最小起標價) 連動。競價者必須於參與拍賣初期，即需對自身所欲取得之頻譜資源數量設定規劃，再據此提交一次性預儲金，以換取能取得預期頻譜數量之出價單位資格。FCC 規範自一次性預儲金交付日期截止後，競價者即無法再交付預儲金。

由於 FCC 對於 28GHz 與 24GHz 分採 SMRA 與價格鐘拍賣兩種形式，因此對於此二頻段之拍賣細節略有差異。對於 28GHz 頻段適用之拍賣細節，FCC 設定活動規則 (Activity Rule)，要求競價者每回合應積極出價，確保拍賣能在合理時間內結束。如果競價者於過程中撤回出價或撤銷暫時得標權利，則該部分之出價將不會返還給競價者。FCC 將活動規則設計適用時間為 2 個階段。

階段一為拍賣初始期間，競價者之出價，應達其擁有出價單位數 (資格點數) 之 80%，如果競價者出價數量未達其擁有之資格點數時，則下一回合競價者擁有的資格點數將只剩當前回合之 4/5。

階段二則為拍賣持續一段時間後，FCC 視每回合價金上升狀態決定是否進入階段二。於階段二期間，競價者之出價，應達其擁有資格點數之 95%。如果競價者出價數量未達其擁有之資格點數時，則下一回合競價者擁有的資格點數將只剩當前回合之 19/20。

為了給予競價者緩衝時間，FCC 提供三次豁免權給競價者，得擁有三次不被扣除資格點數的機會。

至於 24GHz 頻段，由於採價格鐘競價機制，故區分為價格鐘階段以及指配階段。第一階段為價格鐘階段，決定各競價者之得標頻塊數量。競價者出價標的為頻塊數。每回合頻塊價格由拍賣官決定，各回合間之價格上升幅度均固定，拍賣剛開始時，設定為 10%，其後則可依照拍賣進程，調整幅度介於 5% 至 15% 之間。

基於確保加速競價過程與價格發現階段的理由，FCC 對於 24GHz 頻段同樣設計資格點數與活動規則，FCC 要求競價者每回合之出價，應達其資格點數的 92%-97% 之間，並採取與 28GHz 頻段拍賣一致的做法，要求競價者繳付一次性預儲金，藉此決定競價者可取得之頻塊數量。FCC 對於活動規則之設計，是為了確保競價者每回合均揭示其對頻率之真實需求。

24GHz 頻段拍賣第二階段則為指配階段，價格鐘階段之得標者，已掌握其得標頻塊數，可以再針對特定頻率位置出價，出價方式採密封標。FCC 會依照每一個 PEA 執照區域內最佳的出價組合決定最終結果。

針對 37GHz、39GHz 與 47GHz，FCC 則依照當次拍賣頻段與市場需求設定活動規則，要求競價者每回合出價必須達其資格點數之 90%-100%，且第一回合出價必須達其資格點數之 95%。各回合間之價格上升幅度均固定，拍賣剛開始時，設定為 10%，其後拍賣官可依照拍賣進程，調整幅度介於 5% 至 20% 之間。

FCC 對於 37GHz、39GHz 與 47GHz 之底價，則設定 PEA 第 1 區至第 50 區時之最小起標價為每 MHz 每人 \$0.001 美元，若位處 FCC 所定義 PEA 第 51 區至第 100 區之內，則最小起標價設算基礎為每 MHz 每人 \$0.0002 美元，除前述二者以外其他區域之最小起標價設算基礎同樣為每 MHz 每人 \$0.0001 美元。

至於 3.7-3.98GHz 頻段，FCC 於草案中初步規劃一次性預儲金設算基礎為每 MHz 每人 \$0.015 美元，起標價則為每 MHz 每人 \$0.03 美元，實際金額將以 FCC 最終決議為準。

FCC 於 3.7GHz 頻段拍賣草案中設計之活動規則與各回合價格上升幅度與 37GHz 頻段拍賣機制相似，活動規則要求競價者每回合出價必須達其資格點數之 90%-100%；各回合間價格上升服務則同樣初步設定為 10%，其後再視拍賣進度調整幅度。

3. 標金繳納方式

FCC 規範得標者應於主管機關公告拍賣結束文件後十天內繳付得標金（加上其原先預儲之一次性預儲金），將相關資金存入至 FCC 指定帳戶之中。

以 FCC 拍賣 37GHz、39GHz 以及 47GHz 頻段為例，其於 2020 年 3 月 12 日公告拍賣結果與得標者資訊，並要求得標者於 10 個工作日內（3 月 26 日前）將得標金總額 20% 存入 FCC 指定帳戶，且得標者須於 FCC 指定日期（4 月 9 日）前繳完得標金全額。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

為降低新進業者或小型業者之出價金負擔，FCC 設計小型企業減免優惠 (Small Business Bidding Credits)，讓小業者或偏鄉服務業者享有標金減免優惠。對於連續三年，平均全年營收未超過 5,500 萬美元的小型業者，可擁有出價金減免 15% 的優惠。對於連續三年，平均每年營收未超過 2,000 萬美元的小型業者，則享有出價金減免 20% 的優惠。金額減免上限設定為 2,500 萬美元。

為避免不當得利，FCC 限制獲得出價減免的業者，於一定期間內不得轉讓執照給不符合小型企業資格的企業。

針對偏鄉業者，FCC 提供符合資格的得標者，可享有出價金減免 15% 的優惠，不過減免上限設定為 1,000 萬美元，且服務用戶數必須低於 25 萬戶，或主要服務區域為每平方英里人口密度低於 100 人的區域。

2. 頻譜取得上限規範

FCC 原先對於 28GHz、37GHz 以及 39GHz 頻段設有頻譜取得上限 1,250MHz 之門檻，不過，FCC 後來考量設定拍賣前之上限管制，可能造成業者不必要之限制，限縮出價彈性，故決議文件中不再課予事前管制上限。現階段 FCC 對於頻譜取得上限之規範，改採各業者於二次交易後可取得之頻譜資源數量上限，規範 5 個毫米波頻譜（28GHz、24GHz、37GHz、39GHz 以及 47GHz）總上限為 1,850MHz，

占整體 5G 毫米波釋出頻寬之 37.5%。

至於 3.7GHz 頻段，目前 FCC 並未打算對該頻段課予事前頻寬取得上限規範，FCC 於草案階段規劃以個案審查方式檢視整體頻譜分布情形，實際政策措施將依照 FCC 決議文件為準。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

FCC 對於毫米波頻譜之布建義務，規範執照業者之網路布建型態若為行動網路或點對多點網路服務型態時，當欲申請換照，需證明其訊號與服務涵蓋已達執照服務區域內 40% 的人口密度。若執照業者之網路布建型態為點對點型態，且執照區域內人口數低於 26.8 萬人時，則必須證明有四條以上鏈路運作；若執照區域內人口數高於 26.8 萬人時，則應證明至少有一條鏈路服務執照區域內之 6.7 萬人。若未達成前述規範，則屆期後執照失其效力。

4. 頻率使用期限

根據 FCC 之執照制度設計，大部分釋出頻率之得標者，其頻率使用期限為核發之日或換照之日起算十年。頻率使用若無重大違紀，通常 FCC 會允許執照持有人換照。

FCC 於諮詢各界釋出 3.7-3.98GHz 頻段時，執照效期規劃為 15 年，且可換照。此一執照年限之設計，與往常 FCC 規範毫米波頻譜執照效期均為十年之做法略有差異。FCC 考量頻譜重整時間以及鼓勵業者投資等兩大主因，認為對 3.7-3.98GHz 設定執照效期 15 年應屬合理。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

FCC 允許 28GHz、37GHz 以及 39GHz 頻段之得標者，可將頻譜一執照地理區域分區或切分後轉讓給其他執照業者。FCC 認為，允許

頻譜交易可以確保提升頻譜使用效率，讓頻率指配狀態更貼近市場需求，並增加新進業者進入市場之契機、增加競爭並加快服務提供速率。

6. 其他釋照政策規劃重點

FCC 積極整備高頻毫米波頻譜，目前已完成 2 個毫米波頻譜釋照，預期 2019 年底將完成第 3 個毫米波頻譜釋照，顯見 FCC 積極釋出毫米波頻譜資源，希冀加快創新應用推動腳步之政策原則。

此外，FCC 積極整備其餘潛在毫米波頻譜資源，例如 2019 年 5 月時發布第五波 5G 毫米波頻譜整備政策報告與命令，探究目前存在既有 FSS 使用者之 50GHz 頻段，是否能採取相似 37GHz 頻段之釋出方式，以共享方式釋出。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

目前 FCC 對於網路共建，允許執照業者將被動式基礎設施交由第三方業者管理、維運，較少存在主動式共享以上之網路共建型態。

因應 5G 時代對於布建無線網路基礎設施之需求，FCC 於 2018 年 9 月發布促進 5G 無線網路基礎設施布建之報告與命令，建立小型無線基礎設施布建之時程規範，要求各州或各縣市政府對於業者申請布建小型無線基礎設施時，應於 60 日內審查完畢，若為新架設之無線基礎設施，應於 90 日內審查完畢。¹¹¹

FCC 對小型基地臺（含傳輸天線）基礎設施鬆綁相關規定，包括共站與縮短審查時程等作法，希冀降低業者於 5G 時代之無線網路基礎設施布建成本，以及加速業者布建 5G 網路之時程。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

¹¹¹ FCC (2018), FCC facilitates deployment of wireless infrastructure for 5G connectivity, <https://www.fcc.gov/document/fcc-facilitates-wireless-infrastructure-deployment-5g>

現階段 FCC 並未針對 5G 頻譜課予強制漫遊相關規定，亦未說明對於商業協商漫遊之准駁規定。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

現階段 FCC 並未開放頻率共用機制。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

對於業者將所持有之 5G 頻譜資源，FCC 並未課予強制性 MVNO 租用之相關規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一) 5G 應用發展重點方向及推動措施

由 FCC 近期陸續釋出、規劃 5G 毫米波頻譜拍賣作業之跡象，應可感受到 FCC 積極推動美國 5G 發展的決心。FCC 主委 Ajit Pai 表示，首次毫米波頻段拍賣成功結束，象徵維繫美國在 5G 領域的領導地位邁出重要一步，然而 FCC 並不滿足現狀，將持續釋出更多頻譜資源，促進無線網路基礎設施布建，並推動規管制度現代化，確保美國消費者能從 5G 網路獲得實質利益。

(二) 垂直場域應用之推動政策

FCC 對於 5G 垂直場域應用之推動政策，主要採取劃定實驗區域之方式進行，FCC 於紐約市及鹽湖城市先行劃定兩個 5G 實驗區域，藉由實驗區提供相關垂直場域應用之測試作業與參考。同時，FCC 亦於敘明該實驗區可用頻率以及功率規範，讓申請測試者有規範可循。

除了設置實驗區外，FCC 另建立極高頻實驗執照，可透過實驗方式使用 95GHz 以上頻段。FCC 認為，此頻段特定應適合智慧醫療所需，例如遠距手術等。

(三)5G 商轉概況

目前美國境內四家全國型電信業者正逐漸實現 5G 網路商轉，其中以 Verizon 的商用化腳步較快，目前已推出可供零售用戶申裝之 5G 資費方案，在申辦一個終端裝置的前提下，5G 將可適用為三種方案，包括月租費\$80 的方案，每月可用 4G 數據無限量外加 25GB 之 5G 數據量；或者也可以申辦另一種月租費\$80，每月可用 4G 數據無限量外加 50GB 之 5G 數據用量，以及第三種選擇，申辦月租費\$90，每月可用 4G 數據無限量外加 75GB 之 5G 數據用量等三種方案，如下圖。

Play More Unlimited Our best for music and video streaming, with millions of songs, HD and premium data—all included.	Do More Unlimited When productivity is your top priority, get it all done with premium data and a discount on a connected device plan.	Get More Unlimited The very best of our Unlimited plans gives you our ultimate in performance with extra features.
\$80 Per line per month. Plus taxes & fees.	\$80 Per line per month. Plus taxes & fees.	\$90 Per line per month. Plus taxes & fees.
5G access included with a 5G phone. A \$10/mo value. ✓	5G access included with a 5G phone. A \$10/mo value. ✓	5G access included with a 5G phone. A \$10/mo value. ✓
Unlimited 4G LTE (+25 GB premium data)	Unlimited 4G LTE (+50 GB premium data)	Unlimited 4G LTE (+75 GB premium data)

圖 2-52：美國 Verizon 提供之 5G 資費方案

資料來源：Verizon。

至於美國第二大電信業者 AT&T 現階段提供之 5G 資費，在申辦一個終端裝置的情境下，依據使用量高低區分為 Unlimited Elite 以及 Unlimited Extra 兩種，兩種資費均號稱數據無限使用量，惟月租費\$85 美元之 Unlimited Elite 方案於用戶使用量超過 100GB 後將降速，月租費\$75 美元之 Unlimited Extra 方案於用戶使用量超過 50GB 後將降速，如下圖。

HBO® Included	
<p>Unlimited Elite SM</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Unlimited talk, text & data After 100GB, AT&T may temporarily slow data speeds if the network is busy. ✓ 5G access Requires a compatible 5G device. 5G service is not available everywhere. See att.com/5Gforyou for details. ✓ High-definition streaming Plan includes Stream Saver[®]. Stream video in HD quality, when available, with Stream Saver turned off. ✓ 30GB of mobile hotspot data per line After 30GB, mobile hotspot speed slowed to a maximum of 128Kbps. <p>See all features Read the legal stuff</p> <p>\$95/mo. \$85/mo. for 1 device</p>	<p>Unlimited Extra SM</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Unlimited talk, text & data After 50GB, AT&T may temporarily slow data speeds if the network is busy. ✓ 5G access Requires a compatible 5G device. 5G service is not available everywhere. See att.com/5Gforyou for details. ✓ Standard-definition streaming Play your entertainment in standard definition (DVD quality). ✓ 15GB of mobile hotspot data per line After 15GB, mobile hotspot speed slowed to a maximum of 128Kbps. <p>See all features Read the legal stuff</p> <p>\$85/mo. \$75/mo. for 1 device</p>

圖 2-53：美國 AT&T 提供之 5G 資費方案

資料來源：at&t。

由於美國 5G 尚處陸續商轉階段，現階段主要業者並未揭露其 5G 基地臺與用戶數，須待開臺一定時間後方有較完整之統計資料。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

相較於其他國家以發展 5G 中頻段為主之政策方針，FCC 則積極整備高頻毫米波頻譜，目前已釋出多個毫米波頻譜，包括 28GHz、24GHz、37GHz、39GHz 與 47GHz 頻段，總計釋出近 5GHz 頻寬供業者布建 5G，顯見 FCC 積極釋出毫米波頻譜資源，希冀加快創新應用推動腳步之政策原則。

此外，FCC 積極整備其餘潛在毫米波頻譜資源，例如 2019 年 5 月時發布第五波 5G 毫米波頻譜整備政策報告與命令，探究目前存在既有 FSS 使用者之 50GHz 頻段，是否能採取相似 37GHz 頻段之釋出方式，以共享方式釋出。

除了前述毫米波頻譜外，為積極推動 5G 相關創新應用發展，FCC

亦整備相關免執照頻段，針對 95GHz 以上頻段設置實驗執照，並規劃 6GHz 頻段採免執照方式供 WiFi 使用。

(二) 推動產業政策措施

FCC 為推動產業發展與加速 5G 網路於偏鄉地區之布建，主委 Ajit Pai 於 2019 年 12 月 4 日宣布將建立總金額高達 90 億美元之 5G 基金，用以提升美國偏鄉地區 5G 網路布建，其中至少有 10 億美元將用於促進精準農業之需求。

FCC 主委表示，5G 將可為美國消費者與企業帶來極大利益，必須確保偏鄉用戶也能跟都會區用戶一樣享受到 5G 服務，因此，藉由基金補助的方式，有助於縮短偏鄉美國用戶的數位落差，並獲得來自無線創新帶來之利益。

5G 基金將取代原先 FCC 之行動通訊第二階段基金 (Mobility Fund Phase II, MF-II)，該基金原先用於提升 4G LTE 網路之網路涵蓋。FCC 主委規劃之 5G 基金受到來自政府公部門以及相關應用領域如農業團體、消費者團體以及產業界團體之歡迎。2020 年 2 月，FCC 發布正式文件，宣告成立 5G 基金，供有意申請者提交其計畫書或備忘錄供 FCC 審查。

由前述 FCC 主委之 5G 基金政策觀察，美國對於推動產業政策措施，主要著眼於兩個方向。第一，藉由設置實驗執照等方式，鼓勵創新應用申請實驗執照；第二，以基金方式挹注美國偏鄉地區之 5G 網路涵蓋，其中並設置一定額度應用於美國發展精準農業，讓 5G 能協助特定產業發展。FCC 並不直接補助產業發展特定創新應用，而採透過健全網路涵蓋之方式，避免都會區與偏鄉地區使用 5G 之數位落差，並讓 5G 協助發展精準農業或相關創新應用，以達成讓 5G 能提供之利益為全體美國人共享的政策目標。

第九節 日本

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

日本政府於 2016 年提出「Society 5.0」，以實現「超智慧社會」的一系列對策，並規劃利用 IoT、機器人、「人工智慧」(Artificial Intelligence, AI)、大數據等技術解決少子化高齡社會、人口結構老化導致勞動力不足、資源匱乏等重要問題。由於 5G 具備超高速率、超低延遲和大量裝置連結之特性，可作為實現 AI、IoT 時代之基石。

根據 2016 年發布之「無線電波政策 2020 懇談會」，描繪出 5G 服務推動時程規劃，並決定透過舉辦 2020 年的東京奧運與殘奧運動會時展現 5G 商用化的成果，以及各項 5G 相關的使用案例，帶動與活化日本產業與社會¹¹²。

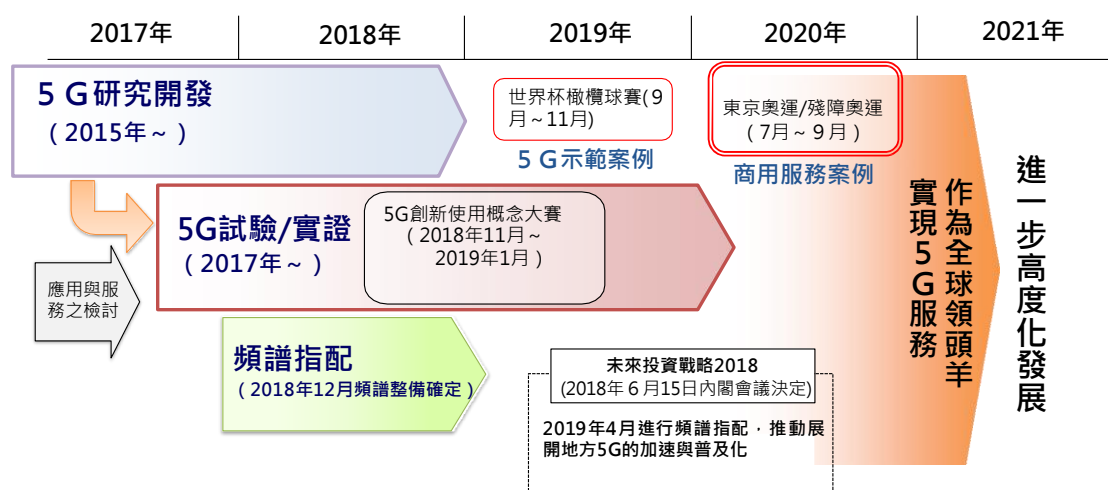


圖 2-54：日本發展 5G 時程規劃

資料來源：總務省

¹¹²總務省 (2018 年 12 月)，〈第 5 世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設に関する指針について〉，< http://www.soumu.go.jp/main_content/000589764.pdf >。(瀏覽時間：2019 年 11 月 5 日)。

為此，總務省積極整備頻譜作為 5G 頻譜使用，並於 2018 年 8 月 31 日公告《電波有效利用成長戰略懇談會報告書》¹¹³，規劃出包括 3.7GHz 頻段、4.5GHz 頻段之中頻段（兩者合計整備 500MHz）與 28GHz 頻段（整備 2GHz）之高頻段，共計 2.5GHz 作為 5G 頻譜使用。若加上既有的 3G、4G 與 IoT 頻譜，至 2020 年底將整備約 4GHz 的頻寬（見下圖）。總務省原預計於 2018 年底進行 5G 頻譜分配，實際上延至 2019 年 4 月 10 日才完成頻譜釋照作業¹¹⁴。

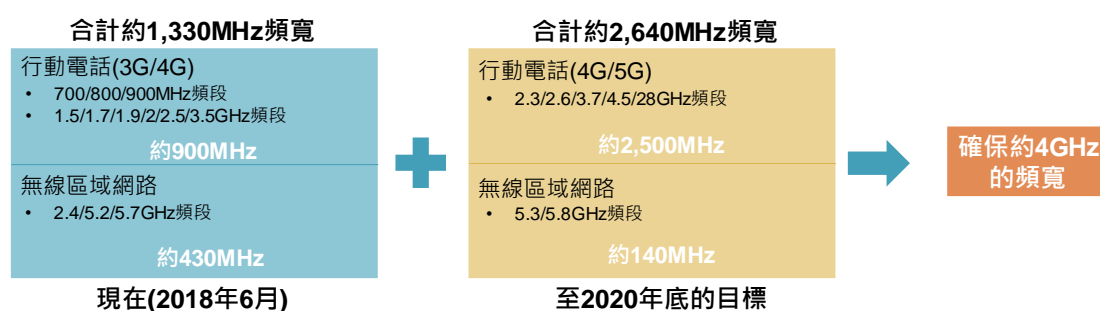


圖 2-55：日本 5G 整備頻譜目標

資料來源：總務省

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

1. 固網寬頻市場概況

根據總務省 2019 年 8 月發布之〈電氣通信事業領域市場驗證 2018 年度報告〉¹¹⁵，近年來固網寬頻市場微幅成長，2018 年底總用戶數達到 4,025 萬戶，較去年同期成長 6.2%。以通訊技術來看，FTTH 用戶數達 3,166 萬戶，較去年同期成長 13.2%，占整體固定寬頻市場

¹¹³ 總務省(2018), 電波有效利用成長戰略懇談會報告書, http://www.soumu.go.jp/main_content/000572077.pdf

¹¹⁴ 總務省(2018), 〈第5世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設に関する指針について〉, <http://www.soumu.go.jp/main_content/000589764.pdf>。(瀏覽時間：2019年11月5日)。

¹¹⁵ 總務省(2019), 電氣通信事業分野における市場検証(平成30年度)年次レポート, http://www.soumu.go.jp/main_content/000645738.pdf

的 78.7%，ADSL、有線電視（Cable Television，CATV）網路之用戶數則持續下降。



圖 2-56：日本 2014 年第 4 季至 2018 年第 4 季固網寬頻用戶數

資料來源：總務省¹¹⁶

進一步觀察固網寬頻市場規模，過去 2018 年度營業收入未有大幅度的變動，維持在 1.7 兆日圓的水準，2018 年底營業收入總額為 1.71 兆日圓，較去年下跌 1.1%，其中 FTTH 營業收入為 1.29 兆日圓，占總營業收入的 75.3%，較去年成長 1.3 百分點。

¹¹⁶總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

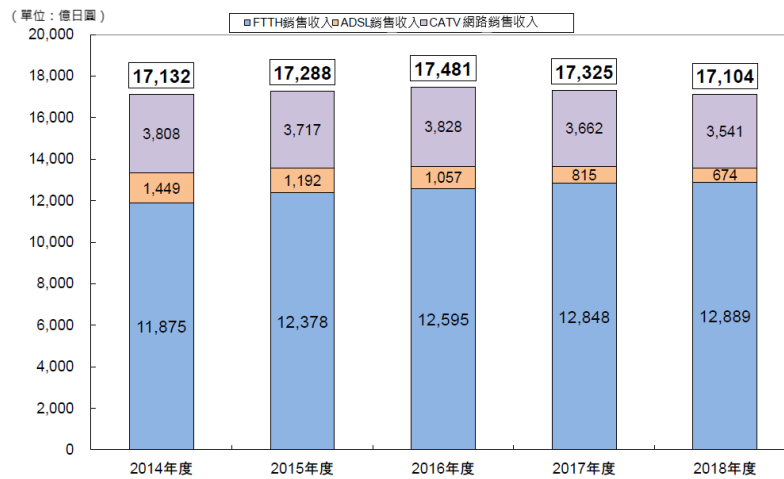


圖 2-57：日本 2014 至 2018 年度固網寬頻營業收入

資料來源：總務省¹¹⁷

就市場占有率來說，合計 NTT 東和 NTT 西的市占率 22.3%，為固網寬頻最大電信業者，其市占率呈現下跌狀態（較去年同期減少 3.4 個百分點）。第二大固網寬頻電信業者 KDDI 市占率為 17.8%，較去年同期減少 0.1 個百分點。就市場集中度而言，整體 HHI 指數微幅下降為 2,158，較去年同期減少 81。

¹¹⁷總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

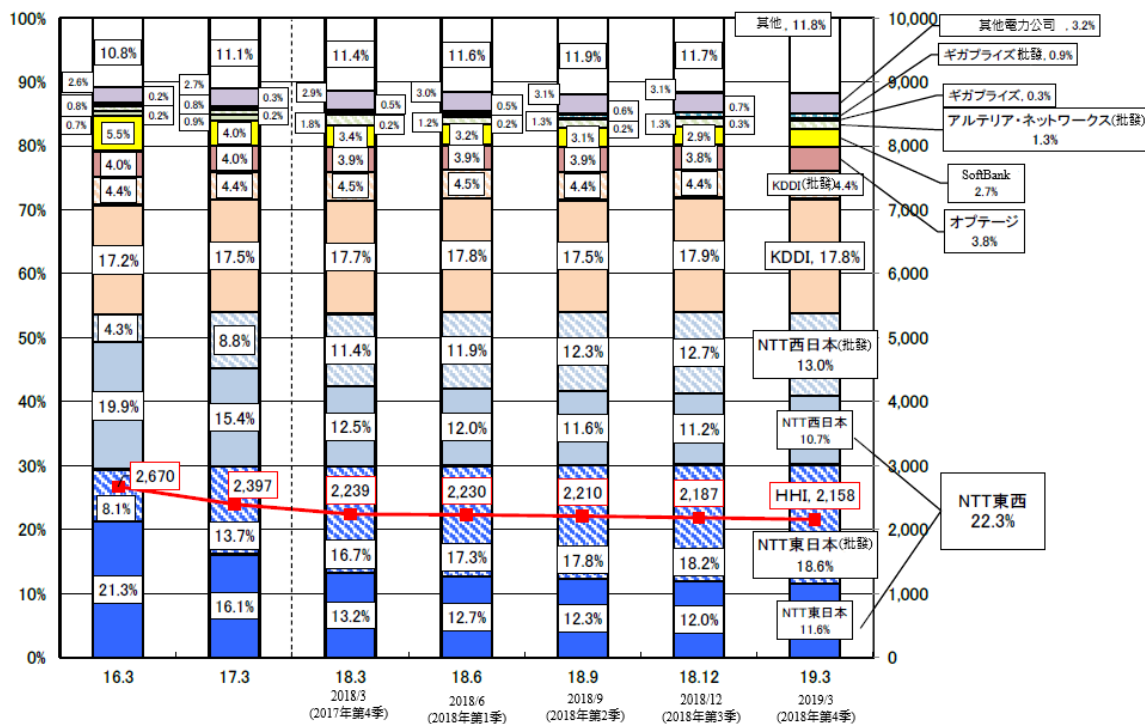


圖 2-58：日本 2016 至 2018 年度固網寬頻市占率

資料來源：總務省¹¹⁸

2. 行動通信市場概況

統計數據顯示，日本行動通信用戶數持續成長，2018 年底達到 1.05 億用戶，較去年同期成長 4.0%。進一步觀察行動通信市場概況，2017 年底三大電信業者市占率分別為 NTT DoCoMo 之 38.5%、KDDI 之 27.6%、SoftBank 之 22.3%。其中，NTT DoCoMo 市占率呈現衰退趨勢，較去年同期減少 1 個百分點，而 KDDI 同樣呈現衰退，只有 SoftBank 則出現成長。另一方面，三家行動通信集團內部的 MVNO 交易型態皆呈現成長趨勢，合計市占率達 11.7%，較去年同期增加 1 個百分點。就市場集中度而言，HHI 指數呈現下降趨勢，2018 年底為 2,873 較去年同期比較下降，顯示隨著 MVNO 市占率提高，市場集中

¹¹⁸總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

度較趨於緩和。

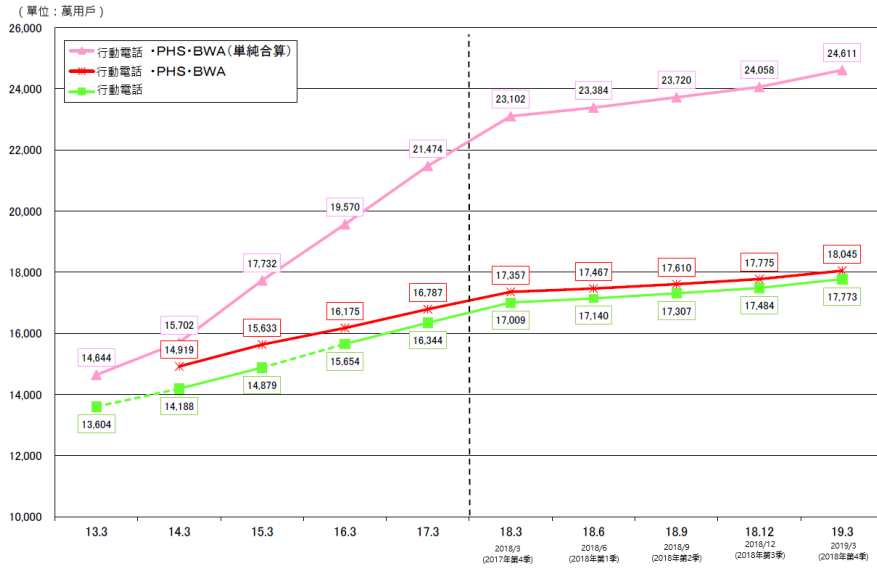


圖 2-59：日本 2012 年第 4 季至 2018 年第 4 季行動通信用戶數

資料來源：總務省¹¹⁹

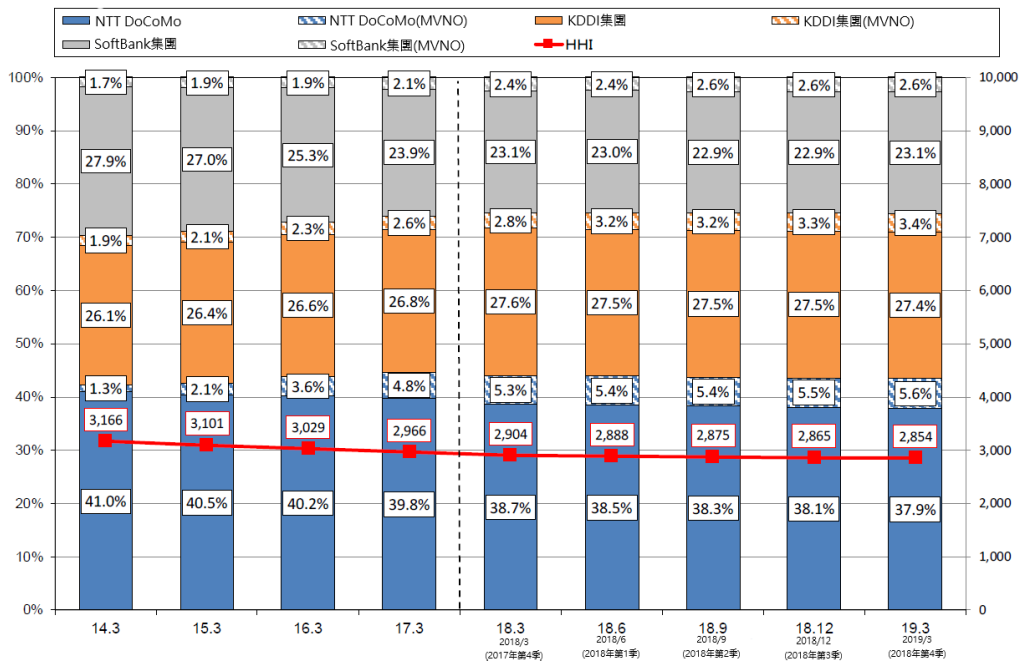


圖 2-60：日本 2013 年第 4 季至 2018 年第 4 季行動通信市占率

資料來源：總務省¹²⁰

¹¹⁹總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

¹²⁰總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

就 MNO 而言，NTT DoCoMo 仍為領導廠商，其營收達到 2.8 兆日圓，其次為 KDDI、SoftBank。另一方面，在 MVNO 中值得注意的是，樂天 Mobile 自 2014 年起租用 NTT DoCoMo 電路成為 MVNO，於 2017 年 11 月更進一步繼承 Plus One Marketing 業務以提高市場占有率。

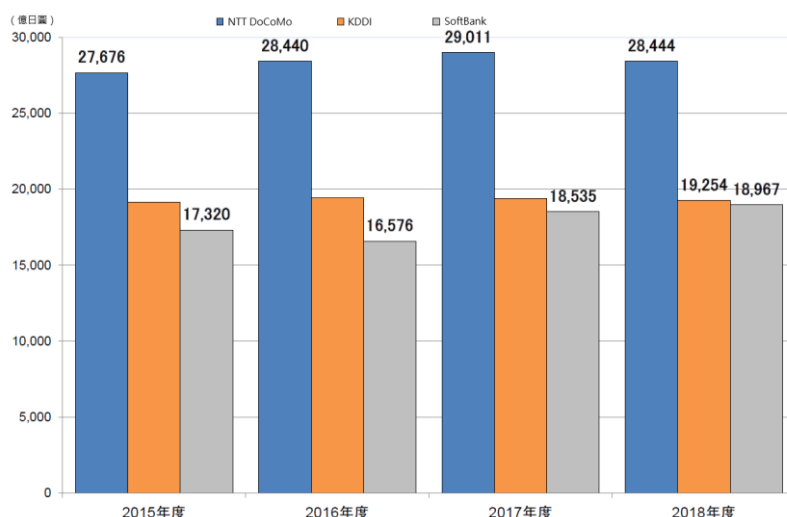


圖 2-61：日本 2015 年至 2018 年 MNO 通信業者營業收入統計

資料來源：總務省¹²¹

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

根據總務省 2018 年 12 月發布之《建立 5G 系統導入之特定基地台開設指南》，共整備 3.7GHz (3,600~4,100MHz) 計 5 個 100MHz 的頻塊，4.5GHz (4,500~4,800MHz) 整備 1 個 100MHz 的頻塊，28GHz (27.0~29.5GHz) 整備 4 個 400MHz 的頻塊，總計有 10 個頻塊，作為頻譜釋出區塊，並保留 4,600~4800MHz 與 28.2~29.1GHz 作為後續檢討是否分配給垂直業者或地區型業者使用。

月。

¹²¹總務省，〈電気通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

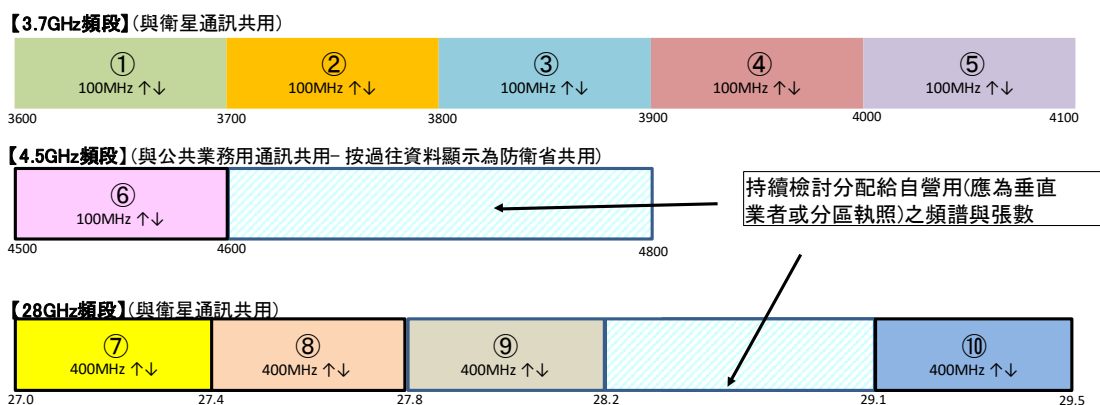


圖 2-62：日本 5G 候選頻段

資料來源：總務省。

有別於大部分國家採用拍賣方式釋出頻譜，總務省延續以往釋照方式，採用「比較審查制」(審議制)核配 5G 頻譜。前述 5G 頻譜核配方式採二階段進行，第一階段，設定門檻條件之「絕對審查」；第二階段，通過第一階段之電信業者進行「比較審查」，並採計點方式進行評比。

總務省 2019 年 1 月 24 日公告《因應 5G 系統導入之特定基地台開設計畫認定申請說明書》，正式邁入 5G 的申請階段。同年 2 月 26 日公告申請業者，由 NTT Docomo、KDDI/沖繩行動電話、Softbank、樂天四家申請。

關於 5G 頻譜核配相關之權利及限制，在第一階段「絕對審查」羅列六大項應達成之最低條件。

1. 涵蓋區建置：

- (1) 有別於過去以人口密度作為計算涵蓋率之標準，本次規劃將全國劃分成每 10 公里大小的四方形區塊，共計 4,500 個區塊，要求電信業者取得頻譜核配起至第 5 年度末(2024 年底)，至少為 50% 以上的區塊內設

置至少 1 台 5G 特定基地臺。前項 5G 特定基地臺應滿足 10Gpbs 之最高傳輸速率之水準。

(2) 從認定許可的 2 年內，在全都道府縣開始提供 5G 特定基地臺的服務。

2. 設備規範：

(1) 制定確保特定基地台的設置地點，以及設備採購和安裝施工系統之安全計畫。

(2) 制定確保特定基地台運行所必須的電信設備安全性和可靠性之計畫。

3. 財務規範：在設備投資等必要的資金調度計畫與確保在認定有效期間(5 年)期滿實現單年度盈餘之財務計畫。

4. 法遵：制定為了法遵、個資保護與使用者利益保護（包含廣告內的通訊速度與服務範疇的表示）的策略與因應實施。

5. 服務規範：

(1) 為促進特定基地臺使用，制定對於沒有行動電話執照者（MVNO）所進行電信設備接續之批發電信業務。

(2) 對於使用者的通訊流量之需求，多元資費選擇之計畫。

6. 訊號干擾策略：對既有持照人所建置之無線基地台（包括 3.7GHz 地球臺、航空器雷達高度計、4.5GHz 帶公共業務用無線臺、28GHz 頻段人工衛星臺、無線電波監測等）提供干擾防範措施。

7. 其他：

- (1) 同一個集團之企業不可有多個申請者來申請。
- (2) 獲得頻譜分配之業者不可將 5G 業務轉讓給既有行動通信業者。

2019 年 4 月 10 日總務省公布《因應 5G 系統導入之特定基地台開設計畫認定申請說明書》，說明 5G 頻譜分配結果，由三大電信業者 NTT DoCoMo、KDDI、SoftBank 和樂天 Mobile 共同取得 5G 頻譜執照。在 3.7GHz 至 4.5GHz 頻段部份，NTT DOCOMO 與 KDDI/沖繩行動電話各取得 200MHz 頻寬，NTT DOCOMO 取得 3600-3700MHz 以及 4500-4600MHz；KDDI/沖繩行動電話取得 3700-3800MHz 以及 4000-4100MHz。樂天 Mobile 與 Softbank 各取得 100MHz 頻寬，樂天 Mobile 取得 3800-3900MHz、Softbank 取得 3900-4000MHz。在 28GHz 高頻段部分，NTT DOCOMO、KDDI/沖繩行動電話、Softbank、樂天 Mobile 均取得 400MHz 的頻率。樂天 Mobile 取得 27-27.4GHz、NTT DOCOMO 取得 27.4-27.8GHz、KDDI/沖繩行動電話取得 27.8-28.2GHz，Softbank 取得 29.1-29.5GHz。根據電信業者所提報之預計執行成果中，規劃於 2020 年開始提供 5G 商業服務，並至 2024 年底合計將投入 1.66 兆日圓（約 148.9 億美元），以及 NTT DOCOMO 與 KDDI/沖繩行動電話承諾 5G 涵蓋率達到 90% 以上。

表 2-43：日本公告 5G 頻譜分配結果一覽表

項目		NTT DoCoMo	KDDI/沖繩行 動電話	SoftBank	樂天 Mobile
分配 結果	頻率範圍	3600-3700 MHz 4500-4600 MHz 27.4-27.8 GHz	3700-3800 MHz 4000-4100 MHz 27.8-28.2 GHz	3900-4000 MHz 29.1-29.5 GHz	3800-3900 MHz 27.0-27.4 GHz
業者 提報 預計 執行 成果	服務推出 時間	2020 年	2020 年 3 月	2020 年 3 月	2020 年 6 月
	基地台等設備 投資金額	7,950 億日圓	4,667 億日圓	2,061 億日圓	1,946 億日圓
	全國 5G 涵蓋率	97.0%	93.2%	64.0%	56.1%
	5G 基地台數 ¹ (1)3.7GHz 及 4.5GHz (2)28GHz	(1)8,001 (2)5,001	(1)30,107 (2)12,756	(1)7,355 (2)3,855	(1)15,787 (2)7,948
	MVNO 家數 /MVNO 用戶數 (限 L2 接取)	24 家/850 萬戶	7 家/119 萬戶	5 家/20 萬戶	41 家/70.6 萬戶

資料來源：總務省（2019），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；本研究整理

註：1. 5G 基地台數不包括室內設備。

2. 基地台等設備投資金額、全國 5G 涵蓋率、5G 基地台數和 MVNO 數/MVNO 契約數之規劃皆計算至 2024 年底。

（三）權利義務及限制

日本採審議制方式釋出頻譜執照，除前述業者於申請時需符合之絕對審查要件，其他規範事項說明如下：

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

為促進市場競爭，確保集團內外易之公平，本次 5G 頻譜釋照之「絕對審查」即要求申請業者必須提供對於沒有行動電話執照者（MVNO）所進行電信設備接取之批發電信業務計畫，並且對於使用者的通訊流量之需求，設計多樣化資費選擇。為確保電信業者確實達成承諾，總務省將此計畫執行成果作為未來頻譜核配之審查項目。

2. 頻譜取得上限規範

依各頻段區分為，3.7GHz 與 4.5GHz 頻譜取得上限不得超過 2 區塊，每一區塊以 100MHz 為單位；28GHz 頻譜取得上限不得超過 1 區塊，每一區塊以 400MHz 為單位。

3. 頻率使用期限

由於採用「比較審查制」(審議制)核配 5G 頻譜，總務省未設定頻率使用期限，僅於「絕對審查」規範中要求各業者提報 5 年度末(2024 年底)之應達成各項具體成果。

4. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

目前法規規範僅有在電信業者間因為併購、拆分下，經過總務省許可下繼承持照者之地位的情形，再藉由頻譜分配計畫與頻譜重整行動方案公布後，取得所需之重整頻譜並使用之。此外，5G 頻譜分配之「絕對審查」中述明獲得頻譜分配之業者不可將 5G 業務轉讓給既有行動通信業者。換言之，日本目前無法進行頻譜交易、轉讓與共用。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

考量 5G 之特性，基地臺佈建數量勢必將較 4G 來的多，在可用空間有限的條件下，網路共建變得十分重要。對此，總務省在 2018 年 12 月 28 日發布「行動通信領域基礎設施共享之《電信事業法》及《電波法》的適用關係指導方針」¹²²，將電信設備項目區分為鐵塔等設備共享，以及天線、基地臺等電信設備共享兩大部分，如下圖。

¹²²總務省(2018), 移動通信分野におけるインフラシェアリングに係る電気通信事業法及び電波法の適用関係に関するガイドライン, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban02_02000274.html。

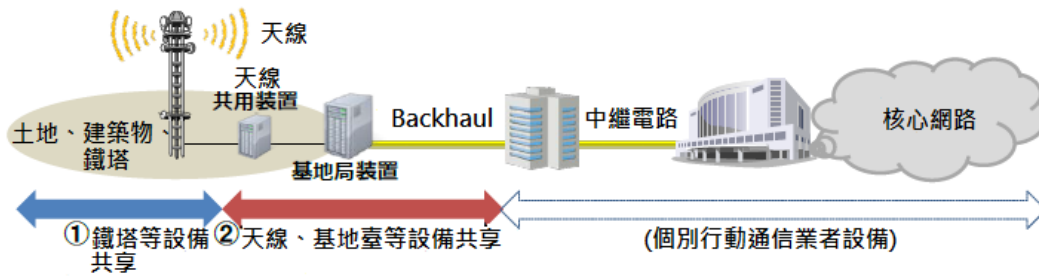


圖 2-63：日本電信基礎設備共享範圍

資料來源：總務省，本研究整理繪製。

設備共享可兩部分，就土地、建築物及鐵塔部分，

就鐵塔等設備共享部分，採自願協商，且依《電信事業法》第 128 條之規定，公告《公益事業使用電杆和管道指導方針》（公益事業者の電柱・管路等使用に関するガイドライン），規範電杆、管道、鐵塔等設備之共享程序。另一方面，天線、基地臺等電信設備之共享，則依《電信事業法》辦理，同樣由電信業者自行協商決定共享模式。指導方針公告後，總務省¹²³曾針對具體細節進行討論，認為指導方針並非引入新法，而是釐清現有的法規之間權責，加速推動網路布建。

總務省鼓勵業者進行各項 5G 網路共用實驗測試，尚未訂定主管機關准駁標準，政策重心在於釐清電信業者、基礎設施所有者之間權責歸屬，以免日後網路布建執行所產生的權責爭議，並且總務省將持續關注業者間後續各項合作實驗案例¹²⁴。

(1) 東京電力公司與三家電信業者之 5G 基地臺共用試驗

2019 年 3 月東京電力公司與 KDDI、SoftBank 和樂天行動等三家電信業者達成協議，進行基礎設施共用試驗¹²⁵。東京電力公司提供電

¹²³ 總務省（2019），電氣通信紛争処理委員会（第 195 回），

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/hunso/case/iinkai/02shingi02_04000149.html

¹²⁴ 總務省（2019），移動通信分野におけるインフラシェアリングに係る電氣通信事業法及び電波法の適用関係に関するガイドライン，https://www.soumu.go.jp/main_content/000654880.pdf

¹²⁵ Next Mobility（2019），東電 PG と通信事業 3 社、電柱等用い 5G 設備をシェアする実証，

線桿等電力基礎設施，電信業者則是架設天線、基地臺，試驗目的在評估基地臺設置和維護的可行性，以及共用天線的實際頻率干擾影響，解決設備林立而有礙觀瞻的問題、降低基地臺布建成本。

(2) KDDI 與 SoftBank 合資籌備建設管理公司

KDDI 和 SoftBank 於 2019 年 7 月 3 日決議將相互利用兩家之 5G 基地臺，促進偏遠地區（rural areas）5G 網路的早期建設¹²⁶。

雙方合作目標為考量到日本社會老齡化、工作人口減少、農村人口減少、基礎設施老化和自然災害擴大等問題，政府努力朝向 Society 5.0 發展，因此早日布建 5G 網路更顯重要。為此 KDDI 和 SoftBank 透過基礎設施共用、加速基地臺布建，並將進一步考慮成立建築管理合資公司（共同施工管理会社），以有效利用、管理兩家公司基地臺資產。

KDDI 和 SoftBank 初期將成立籌備辦公室（準備室），於 2019 年秋天起於北海道旭川市、千葉縣成田市和廣島縣福山市進行聯合試驗，目標為提升從設計、施工到管理之流程效率，同時提高 5G 網路建設品質與縮短建設週期。

(3) NTT DoCoMo 與 JTOWER 達成資產與商業夥伴關係

NTT DoCoMo 與 JTOWER 為提加速 5G 建設涵蓋面積與減少通訊不良區域面積，雙方達成資產與商業夥伴關係，由 NTT 投資 JTOWER 深化整合雙方資源，包括 NTT DoCoMo 之設施與建築、維護、管理知識，以及 JTOWER 在基地臺建設、銷售的專業能力。以室外為例，由 JTOWER 架設鐵塔，提供電信業者租用，以降低布建

https://www.nextmobility.jp/economy_society/demonstrated-to-share-5g-facilities-using-tepco-and-three-telecommunications-businesses-utility-poles-etc-20190319/

¹²⁶ KDDI (2019), KDDI Corporation and SoftBank Corp. to Cooperate on Rapid Build-out of 5G Networks in Japan's Rural Areas through Mutual Use of Base Station Assets, <https://news.kddi.com/kddi/corporate/english/newsrelease/2019/07/03/3900.html>

基礎設施成本¹²⁷。

(4) 東急電鐵與住友商事 5G 基地台共用實驗。

5G 時代中，使用毫米波技術將導致基地臺涵蓋範圍遠小於 4G 基地臺。為了實現訊號全面覆蓋，需要密集且大量布建 5G 基地臺。然而在都市中布建基地臺將面臨缺乏足夠土地空間、影響都市景觀的問題。因此東急電鐵與住友商事在澀谷進行 5G 共用基地臺實驗¹²⁸。由東急電鐵公司提供安裝位置，布建機架、電源和光纖等基礎設施。住友公司則是合作開發和採購 5G 共享天線系統。實驗目標為簡化設備複雜性和降低網路布建成本。

最後，日本政府正考慮開放交通號誌燈之計畫，允許獲得頻率分配之電信業者在交通號誌燈上建立 5G 基地台，希望透過交通號誌燈的超高密度，協助經營者減少推出超高速網路所需的成本。2019 年 7 月 2 日由內閣官房情報通信技術（IT）綜合戰略室召開「全國布建 5G 與交通號誌合作信賴網路之相關部會聯絡會議」（5G と交通信号機との連携によるトラステッドネットの全国展開に向けた関係府省等連絡会議），就 5G 基地臺設備架設在交通號誌之技術問題進行討論。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

經搜尋主管機關網站及相關資料，未見有相關之討論。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

經查根據《電波法》第 20 條之規定，頻率許可執照之轉讓僅出現在電信業者間因併購、拆分等事件，目前未允許業者進行頻率共用。

¹²⁷ JTOWER (2019), NTT と JTOWER の資本・業務提携について ～5G 時代におけるシェアリングモデルの推進による、社会的課題の解決, <https://www.jtower.co.jp/2019/1256/>

¹²⁸ 住友商事 (2019), 5G 基地局シェアリング事業の実証実験を開始, <https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/release/2019/group/12330>

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

日本電信市場由 NTT DoCoMo、KDDI、SoftBank 電信業者瓜分大部分的市場，且行動通信集團內部的 MVNO 交易型態大增，成為近年日本行動通訊市場興起營運模式。總務省 2019 年 8 月公告之〈電氣通信事業領域市場驗證 2018 年度報告〉在調查與統計市場結構時，將集團內部調整後計算用戶數後，2018 年底 MVNO 用戶數約 2,094 萬，較前一年成長 15.8%，雖較 2017 年底年成長率 16.0% 下降 2.2 個百分點，仍較 3 家 MNO 集團之年成長率高出許多。

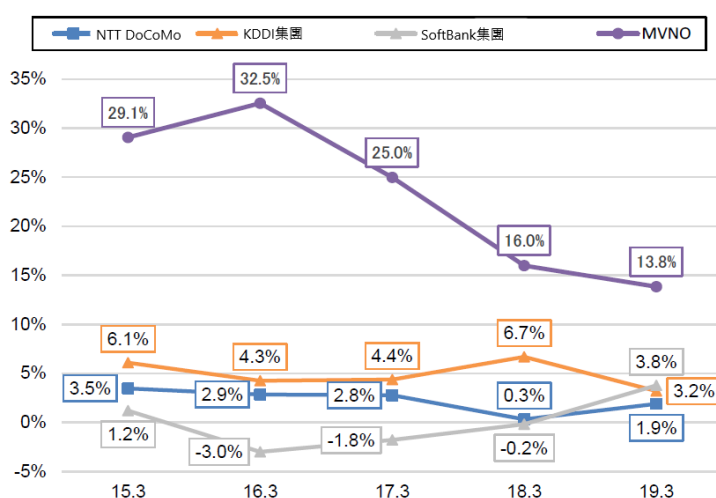


圖 2-64：日本 2017 年底 3 家 MNO 與 MVNO 之用戶數成長率變化

資料來源：總務省¹²⁹

針對本次 5G 頻譜核配，總務省要求電信業者提出供 MVNO 業者進行電信設備接取之批發電信業務計畫，並將計畫執行成果作為未來的頻譜指配之審查項目。根據總務省發布之《因應 5G 系統導入之特定基地台開設計畫認定申請說明書》，四家獲分配之電信業者承諾將與非集團內之 MVNO 接取家數與用戶數如下表所示。

¹²⁹總務省，〈電氣通信事業分野における市場検証（平成 30 年度）年次レポート〉，2019 年 8 月。

表 2-44：日本至 2024 年底 MVNO 批發容量之規劃

項目	NTT DoCoMo	KDDI/沖繩行動電話	SoftBank	樂天 Mobile
MVNO 家數 /MVNO 用戶數 (限 L2 接取)	24 家/850 萬戶	7 家/119 萬戶	5 家/20 萬戶	41 家/70.6 萬戶

資料來源：總務省；本研究整理

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

1. 5G 應用發展重點

在 2018 年 7 月 31 發布之《新一代行動通信系統委員會報告》中指出，5G 應用發展重點可區分為公共安全、汽車、建築和數位內容四大產業。就公共安全產業來說，5G 之超高傳輸速率和超高傳輸容量，有利於配置高密度之高解析度影像系統（4K 等），透過運用 AI 技術，捕捉以往未發現的事件。另一方面，活用 5G 之低延遲特性，可實現自動駕駛超高可靠度之期望。再者，建置大規模機器型通訊，進行高解析度傳輸和同時多台重型機器接取，實現智慧建築應用。最後一項，利用 5G 超高速率、超高傳輸容量和低延遲之特性，將數位內容應用在產業、觀光和教育。舉例來說，住宅銷售透過虛擬實境，即使不在現場，民眾可進入虛擬空間造訪標的物，增加銷售機會。

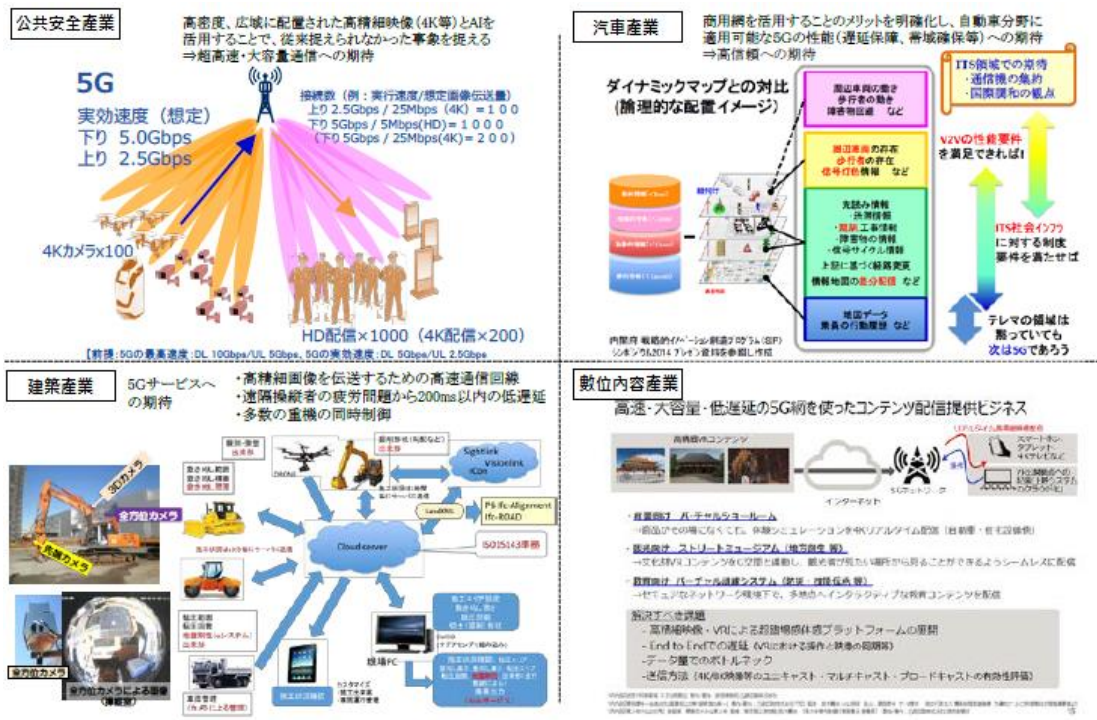


圖 2-65：日本 5G 應用發展重點

資料來源：總務省 (2018)，新世代モバイル通信システム委員会報告。

2. 推動措施規劃

為確保 2020 年 5G 服務順利商轉，總務省於 2017 年聯合 NTT DoCoMo、KDDI 和 SoftBank 等電信業者展開為期三年、共計 6 項計畫的 5G 綜合測試驗證。配合 5G 特性，前項 5G 綜合測試驗證可區分為 eMBB、URLLC 和 mMTC 之三大應用場景，測試驗證項目擴及 AR、VR、遠端醫療等。2019 年度執行概況如下表所示：

表 2-45：日本 2018 年度 5G 場域驗證概況

項目	技術目標	主要驗證項目	主要驗證地點	主要執行者
超高速 大容量	實現在具有多個基地臺和終端環境下，每個基地臺平均 4 至 8 Gbps 超高速率通訊品質	1. 高精細圖像確保起重機工業之安全性 2. 觀察療養院的保護與行為 3. 即時雲端編輯和視訊中繼 4. 傳統表演藝術之傳承(遠距教育) 5. 藉由可視化為生活提供幫助 6. 利用 VR 和 Body Sharing 技術進行體驗式觀光 7. 遠距醫療檢查 8. 增強緊急運輸能力	1. 愛媛縣 2. 廣島縣 3. 宮城縣 4. 岐阜縣 5. 岐阜縣 6. 沖繩縣 7. 和歌縣	NTT DoCoMo
	實現高速移動中平均超過 1 Gbps 的超高速率通訊品質	1. 雪災對策(提高除雪效率) 2. 輔助濃霧駕駛 3. 輔助高爾夫球場 4. 確保地下化之鐵路之安全	1. 福井縣 2. 大分縣 3. 長野縣 4. 大阪府	NTT communications
	實現室內平均超過 300Mbps 超高速率通訊品質	1. 觀看體育賽事為觀眾創造選擇場景 2. 提高乳品和畜牧業的效率 3. 支持輕馬鈴薯育苗	1. 大阪府 2. 北海道 3. 北海道	ATR (國際電氣通信基礎技術研究所)
超低 遲延	實現高速移動中 1 毫秒(無線電)和 10 毫秒(端到端)的低延遲時間之高可靠度通訊品質	1. 發生災難時的疏散指揮和交通管制 2. 卡車車隊行走、車輛遠端監測與操控	1. 福岡縣 2. 靜岡縣	Wireless City Planning 公司
	實現在具有多個基地臺和終端環境下，終端 300Mbps 上傳速率，滿足高速低延遲之通訊品質	1. 登山者保護系統 2. 支援體育(走繩 slack line)管理 3. 利用 VR 進行觀光 4. 建築設備的遠端控制和多層玻璃(integrated glazing)管理系統	1. 茅野縣 2. 熊本縣 3. 三重縣	KDDI
多數同時連續	根據合約公告中			

資料來源：總務省（2019），5G 綜合實証試驗の實施概要（令和元年度）；本研究整理。

另一方面，為促進 5G 網路布建，日本從稅制與獎勵補助兩個面

向進行。就稅制面而言，日本提出 5G 投資促進稅制，以導入安全可靠的 5G，並實現 Society 5.0 之目標。根據 2019 年 12 月 20 日決議之《令和 2 年度稅制改正の大綱の概要》，5G 投資促進稅制有兩種。第一種，允許區域 5G 無線電臺許可證持有者和行動通訊業者將其法人稅/所得稅扣除 5G 基地臺等投資¹³⁰額 15% 的稅額減免或 30% 的特殊折舊。第二種，區域 5G 無線電臺許可證持有者所購置區域 5G 設備（包括傳輸設備、天線、核心設備與光纖）應繳納之固定資產稅減半（取得後 3 年內）。本項 5G 投資促進稅制自法規通過後開始施行，至 2022 年 3 月 31 止。

就獎勵補助而言，總務省編列 132.9 億日圓之經費，作為全國 5G 網路與光纖布建之補助。補助項目有三項：第一項，先進環境無線促進計畫（高度無線環境整備推進事業），在地理條件不利的區域，給予電信業者提供先進無線環境（如 5G、IoT）補助。第二項，行動電話區域維護計畫（攜帶電話等エリア整備事業），當地方政府於地理條件不利的地區建置基地臺設施，或行動通訊業者使用先進設備（如 5G 基地臺），以提供行動動話訊號，給予部分成本之補助。第三項，無線電波遮蔽對策計畫（電波遮へい対策事業），一般社團法人等於鐵路隧道或醫療設施等無線電波無法抵達之處布建中繼設施，給予部分成本之補助¹³¹。

（二）垂直場域應用之推動政策

總務省為了確認垂直場域之頻譜在產業之需求，以召開頻率戰略會議、公聽會與諮詢意見書的多種方式，於 2018 年 9 月 28 日公布主要電信業者與地區有線電視系統業者之意見¹³²，決議後續在「新世代

¹³⁰ 可作為稅額減免項目 Local 5G 設備包括傳輸設備、天線、核心設備與光纖；全國 5G 基地臺設備包括輸設備、天線。

¹³¹ 總務省（2019），令和 2 年度總務省所管予算概算要求の概要，

https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kanbo04_02000120.html

¹³² 參見總務省網站：<http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000350.html>。

行動通訊系統委員會」中成立「區域 5G」工作小組，以進行頻譜規劃之討論。

根據 2019 年 9 月 27 日總務省發布之「促進區域 5G 導入之電波法施行規則等部分條文修正草案之意見徵詢」(電波法施行規則等の一部を改正する省令案等に係る意見募集-ローカル 5G 等導入のための制度整備-) 文件，已規劃 4.6-4.8GHz 與 28.2-29.1GHz 頻段供特定地點之使用者，其中 28.2-28.3GHz 頻段預計 2019 年 12 月完成制度整備、間放申請(採審議制)，全國型電信業者則不得申請¹³³(見下圖)。

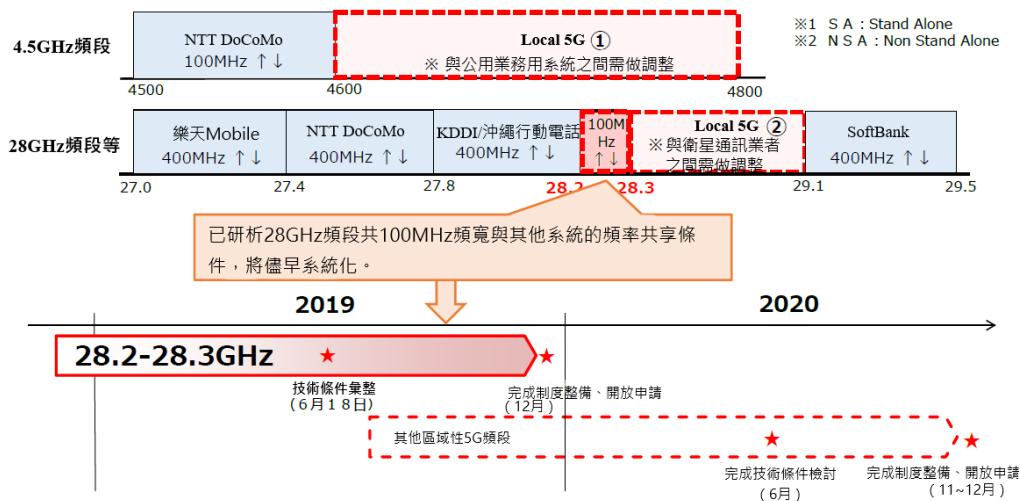


圖 2-66：日本 Local 5G 使用頻段與時程規劃

資料來源：總務省，省令等改正案の概要（2019年9月27日）。

前項區域 5G 頻率之核發對象必須滿足以下條件：

1. 自己土地利用

以在「自己的建築物內」或「自己的土地內」使用，將執照核發給建築物或土地的所有者等（含租借者）為基礎。受到建築物或土地

¹³³ 總務省(2019), 省令等改正案の概要, http://www.soumu.go.jp/main_content/000646535.pdf。

所有者委託建置系統者，在受委託的範圍內可取得執照許可。

2. 他人土地利用

現階段在他人的建築物或土地等使用（不包含受到所有者委託建置系統者），僅限於在靜止狀態的使用（以無線電臺不移動為原則）。有關於在他人的建築物或土地等的使用，以該建築物或土地所有者未使用區域性 5G 為前提。若取得在他人土地使用執照後，該建築物或土地所有者要以所有者利用的方式使用區域性 5G 時，雙方須針對和諧共用的可行性進行協議（如增加調整天線位置等條件等），以避免干擾。

此外，總務省規劃 28.2-28.3GHz 頻段收取區域 5G 頻率使用費，基地臺每年需繳納 2,600 日圓；陸地行動臺（包括執照）每年需繳納 370 日圓¹³⁴。

(三)5G 商轉概況

日本總務省於 2019 年 7 月 31 日起（初期）陸續已通過 5G 基地臺執照申請，截至 2020 年 3 月底取得 5G 頻譜執照之電信事業已取得無線電臺（基地臺）執照數量分別為 NTT DoCoMo 之 230 座、KDDI 之 13 座和 SoftBank 之 16 座（見下表）。

¹³⁴ 總務省(2019), ローカル 5 G 導入に関するガイドライン案, http://www.soumu.go.jp/main_content/000646534.pdf。

表 2-46：日本 5G 基地臺執照核發概況

項目	NTT DoCoMo	KDDI/ 沖繩行動電話	SoftBank
計畫建置 5G 無線電臺(基地臺)數量	13,002 座 • 3.7GHz/4.5GHz 頻段：8,001 座 • 28GHz 頻段：5,001 座	42,863 座 • 3.7GHz/4.5GHz 頻段：30,107 座 • 28GHz 頻段：12,756 座	11,210 座 • 3.7GHz/4.5GHz 頻段：7,355 座 • 28GHz 頻段：3,855 座
已核發無線電臺(基地臺)執照數量	230 座 • 3.7GHz 頻段：64 座 • 4.5GHz 頻段：84 座 • 28GHz 頻段：82 座	13 座 • 3.7GHz 頻段：6 座 • 28GHz 頻段：7 座	16 座 • 3.7GHz 頻段：6 座 • 3.9GHz 頻段：4 座 • 28GHz 頻段：6 座

資料來源：總務省

近一步觀察日本目前 5G 基地臺分布情況(見下圖)，初期以人口密集地區為主要布建地區，如東海地方、關東地方，合計佔已取得無線電臺(基地臺)執照數量的 55%。

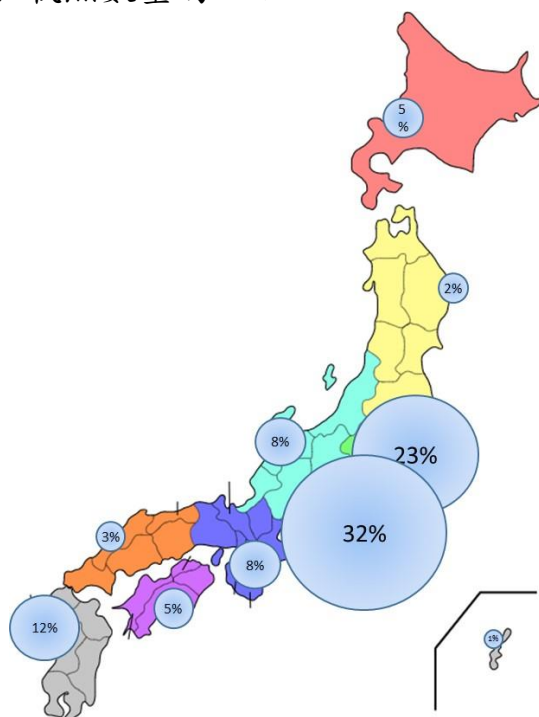


圖 2-67：日本 5G 基地臺分布圖

資料來源：本研究整理。

NTT DoCoMo 於 2020 年 3 月 25 日搶先推出 5G 通訊服務。初期 NTT DoCoMo 的 5G 涵蓋全國約 150 個地區(500 座基地臺)，預計

2021年3月31日以前將有超過500個城市可接取5G服務，2021年6月30日基地臺數量達到1萬臺、2022年3月31日達到2萬臺¹³⁵。NTT DoCoMo 提供二種資費供消費者選擇¹³⁶（見下表）。

表 2-47：NTT DoCoMo 之 5G 資費

方案	5G Gigaho	5G Gigalight
資費	家庭通信(domestic communications)吃到飽 • 前6個月：4,480 日元/月(未稅) • 第7個月起 5,480 日元/月(未稅) 註：資費不包括行政服務費和語音通話費	依數據使用量計算資費 • 1GB：1,980 日元/月(未稅) • 3GB：2,480 日元/月(未稅) • 5GB：2,980 日元/月(未稅) • 7GB：3,980 日元/月(未稅)

資料來源：NTT DoCoMo。

另一方面，KDDI 於 2020 年 3 月 26 日推出 5G 服務，吃到飽方案資費為 8,650 日元/月，較 4G 多 1,000 日元/月，但於 8 月底前加入者可享 1,000 日元的折扣，等同以 4G 的資費享用 5G 的服務¹³⁷。

SoftBank 於 2020 年 3 月 27 日推出 5G 服務，現行 4G 用戶只要每個月加收 1,000 日元之「5G 基本費用」，即可享受 5G 服務。此外，SoftBank 還推出「5G 免費活動」，只要在 8 月 31 日前申請加入 5G 則前述「5G 基本費用」之每月 1,000 日元得以免繳 2 年¹³⁸。

¹³⁵ NTT DoCoMo, New 5G Services & Products Presentation, https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/ir/binary/pdf/library/presentation/200318/new_product_presentation_200318_e.pdf (最後瀏覽日期: 2020 年 4 月 20 日)。

¹³⁶ NTT DoCoMo 網站, https://www.nttdocomo.co.jp/product/promotion/20_docomo_collection/?utm_source=corp_product&utm_medium=owned&utm_campaign=corp_202003_from-crp-spe-5g-to-crp-pro-pro-20 (最後瀏覽日期: 2020 年 3 月 27 日)。

¹³⁷ au 網站, <https://www.au.com/5g/> (最後瀏覽日期: 2020 年 4 月 20 日)。

¹³⁸ SoftBank, SoftBank 5G 新商品・新サービス発表会, https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2020/20200305_05/?cid=5gmp_200312_mobile/special/softbank-5g/015 (最後瀏覽日期: 2020 年 4 月 20 日)。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

根據 2019 年 9 月 27 日總務省發布之「促進區域 5G 導入之電波法施行規則等部分條文修正草案之意見徵詢」(電波法施行規則等の一部を改正する省令案等に係る意見募集-ローカル 5G 等導入のための制度整備-) 文件，總務省選定高頻毫米波頻段為 28GHz 頻段之 27.0~29.5GHz 頻率範圍，整備 4 個 400MHz 的頻塊供行動通訊業務使用(27.0~28.2GHz、29.1~29.5 GHz)。此外，總務省保留 28.2-29.1GHz 頻率範圍做為未來釋出自營網用(如垂直業者或地區型業者使用)，並選定 28.2~28.3GHz 共計 100MHz 頻寬優先進行系統干擾研究，以期早日提供使用。

第十節 韓國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

韓國自 2012 年由放送通信委員會擬定《行動廣開土計畫 1.0》、2013 年未來部擬定《行動廣開土計畫 2.0》，即開始規劃至 2023 年之行動頻譜。

2014 年初，韓國政府提出首份 5G 相關產業政策《未來行動通訊產業發展戰略》，未來部下「5G 戰略促進委員會」主導 5G 政策擬定，2016 年新版「5G 行動通訊產業發展戰略」問世，韓國搶攻全球最先商用目標也越發強烈。同年初宣布中長期頻譜綜合計畫《K-ICT 頻譜計畫》，為目前韓國 5G 頻譜最核心政策。¹³⁹

2017 年 1 月 16 日，韓國政府內跨部會共同提出《智慧資訊社會中長期綜合對策》，為其基於《K-ICT 頻譜計畫》的大型科技政策，包含欲達成智慧社會之相關指標，其中關於 5G 的部分為「建構超快速連結、資料與服務為中心的網路環境」之基礎建設服務，以及強調須支援 5G 頻譜與網路管制革新¹⁴⁰。

《K-ICT 頻譜計畫》是預測在未來智慧資訊社會與第四次產業的環境變化與頻譜需要，基於專家與利益關係人的意見收斂內容，以確保未來 10 年間的頻譜需求。該計畫包含供應計畫與主要制度改善推動課題。

《K-ICT 頻譜計畫》規劃的頻譜的服務面向，共分為行動通訊、產業生活、公共、衛星。關於行動通訊的頻譜，至 2026 年底須確保共 4,440MHz 的新配置頻譜；關於產業生活的頻譜，至 2026 年底須

¹³⁹ 林怡伶，南韓視 5G 為國家戰略-政府擘劃產業升級，DIGITIMES，2019 年 5 月 2 日，https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=1&id=0000558348_N4K4SK8230XGTT9QJ2LXN（最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日）。

¹⁴⁰ 관계부처합동, 4 차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책, <http://prof.ks.ac.kr/cschung/2017-AI.pdf>（最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日）。

確保 27,214MHz 的新頻譜；關於公共的頻譜，至 2026 年底須確保共 4,580MHz 的頻寬；關於衛星的頻譜，至 2026 年底須確保共 3,755MHz 的頻寬。

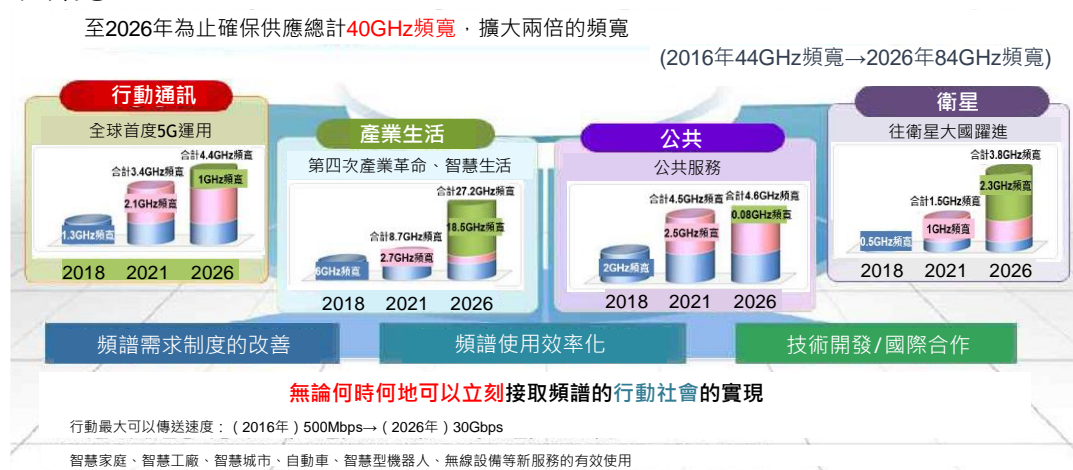


圖 2-68：韓國 KICT 頻譜計畫之輪廓

資料來源：韓國通信部，本研究整理

2019 年 4 月，韓國通信部舉行 5G 商用儀式後，旋即發表《5G+ 戰略》，作為 5G 時代產業升級引導方針，預計到 2025 年，執行 5 大戰略服務與 10 大戰略產業¹⁴¹。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

1. 固網寬頻市場概況

2018 年 12 月底，韓國固網寬頻的用戶數約 2,190.6 萬。市場占有率由高而低依序為 KT、SK 集團、LG U+、綜合有線廣播電視業者、

¹⁴¹ 과학기술정보통신부, 5G+전략, 2019 年 4 月 8 日, [https://msit.go.kr/cms/www/m_con/news/report/_icsFiles/afieldfile/2019/04/08/\(%EB%B6%99%EC%9E%84\)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf](https://msit.go.kr/cms/www/m_con/news/report/_icsFiles/afieldfile/2019/04/08/(%EB%B6%99%EC%9E%84)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf) (最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日)。

其他等，如下表所示¹⁴²。KT 因為在 2014 年 10 月開始啟動全國千兆級（Giga 級）寬頻服務，讓各競業受到激勵，紛紛啟動千兆級 FTTH 服務。

表 2-48：韓國固網寬頻用戶與普及率

項目	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
KT	8,037	8,067	8,129	8,328	8,516	8,758	8,962
SK 集團 ¹⁴³	4,394	4,569	4,810	5,036	3,208	5,439	5,613
LG U+	2,743	2,928	3,014	3,483	3,611	3,816	4,284
綜合有線 廣播電視 業者	2,961	3,060	3,158	3,110	3,160	3,163	3,030
其他	120	113	87	66	60	20	17
固網寬頻 用戶數	18,254	18,738	19,199	20,025	20,556	21,196	21,906
固網寬頻 普及率 (%)	36.5%	37.3%	38.1%	39.6%	40.1%	41.3%	41.2%

單位：千戶

資料來源：韓國通信部、SmartChoice，本研究整理。

2. 行動通信市場概況

行動電信市場主要由三家 MNO 為主，市占率依序為 SKT（約 43%）、KT（約 26%）、LG U+（約 20%），整體用戶數為 6635.6 萬戶，普及度為 129.7%，如下表所示¹⁴⁴。

¹⁴² 과학기술정보통신부 (2019), http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxSearch.do?idx_cd=1348&stts_cd=134801&freq=Y; 스마트초이스 (2019), http://www.smartchoice.or.kr/smc/smartreport/service_04_client.do。(最後瀏覽時間：2020 年 3 月 7 日)

¹⁴³ 包含 SK Broadband 與 SKT 轉售。

¹⁴⁴ 과학기술정보통신부 (2019), http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxSearch.do?idx_cd=2755&stts_cd=275502&freq=Y。KOSIS (2019), http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGAE21 (最後瀏覽時間：2020 年 3 月 7 日)

表 2-49：韓國行動電信用戶與普及率

項目	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
SKT	26,555	26,286	26,468	26,250	26,746	27,019	17,608
KT	15,848	15,286	15,221	15,273	15,710	16,493	17,409
LG U+	9,945	10,625	11,017	11,492	11,999	12,624	13,349
MVNO	1,276	2,485	4,584	5,921	6,841	7,523	7,989
行動電信 用戶數	53,624	54,681	57,290	58,935	61,296	63,659	66,356
行動電信 普及率(%)	109.4%	111.0%	115.7%	118.5%	122.7%	124.9%	129.7%

單位：千戶

資料來源：韓國通信部、KOSIS，本研究整理。

(二) 頻譜釋出方式 (拍賣) 說明

1. 競價機制

2018 年 5 月 4 日韓國通信部依《電波法》第 10 條和《電波施行令》第 11 條關於 3.5GHz 頻段和 28GHz 頻段行動通訊 (IMT) 頻率劃分事宜，公布 3.5GHz 頻段與 28GHz 頻段之拍賣文件¹⁴⁵。

3.5GHz 頻段與 28GHz 頻段於 2018 年 6 月拍賣釋出。3.5GHz 頻段部分總共標出 280MHz，由 LG U+取得 3.42-3.5GHz，KT 取得 3.5-3.6GHz，SKT 取得 3.6-3.7GHz。在 28GHz 頻段部分總共標出 2,400MHz，KT 取得 26.5-27.3GHz，LG U+取得 27.3-28.1GHz，SKT 取得 28.1-28.9GHz。

¹⁴⁵ 과학기술정보통신부, 이동통신(IMT)용 주파수할당 공고, 2019 年 5 月 4 日, [http://www.msip.go.kr/dynamic/file/afieldfile/mssw311/1381784/2018/05/04/\(%EB%B3%84%EC%B2%A8\)%EC%9D%B4%EB%8F%99%ED%86%B5%EC%8B%A0\(IMT\)%EC%9A%A9%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%ED%95%A0%EB%8B%B9%20%EA%B3%B5%EA%B3%A0.pdf](http://www.msip.go.kr/dynamic/file/afieldfile/mssw311/1381784/2018/05/04/(%EB%B3%84%EC%B2%A8)%EC%9D%B4%EB%8F%99%ED%86%B5%EC%8B%A0(IMT)%EC%9A%A9%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%ED%95%A0%EB%8B%B9%20%EA%B3%B5%EA%B3%A0.pdf)

表 2-50：韓國 5G 頻譜拍賣結果

國家	3.5GHz	28GHz
數量競價及位置競價得標概況	<ul style="list-style-type: none"> 數量競價於第 9 回合停止。共由 LGU+、KT 和 SKT 三家業者得標。 位置競價僅 LGU+和 SKT 有出價。 決標金較總底價上升 13%。 	<ul style="list-style-type: none"> 數量競價於第 1 回合停止。共由 LGU+、KT 和 SKT 三家業者得標。 位置競價僅 KT 和 SKT 有出價。 決標金較總底價上升 0.2%。
底價	<ul style="list-style-type: none"> 每區塊(10MHz)948 億韓元 總底價 2 兆 6,544 億韓元 	<ul style="list-style-type: none"> 每區塊(100MHz)259 億韓元 總底價 6,216 億韓元
數量競價標金	<ul style="list-style-type: none"> 每區塊(10MHz)968 億韓元 總決標金 2 兆 7,104 億韓元 	<ul style="list-style-type: none"> 每區塊(100MHz)259 億韓元 總決標金 6,216 億韓元
位置競價標金	2,856 億韓元	7 億韓元
總標金	2 兆 9,960 億韓元	6,223 億韓元
位置競價標金/總標金(%)	9.53%	0.11%

資料來源：本研究整理。

(1) 競價區塊

3.5GHz 頻段：共計 280MHz(3,420~3,700MHz)，每一頻塊 10MHz，共 28 個頻塊。

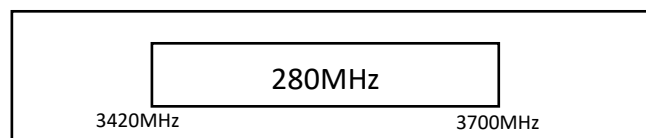


圖 2-69：韓國 3.5GHz 頻段之競價區塊

資料來源：韓國通信部。

針對 28MHz 頻段：共計 2,400MHz (26.5~28.9GHz)，每一頻塊 100MHz，共 24 個頻塊。

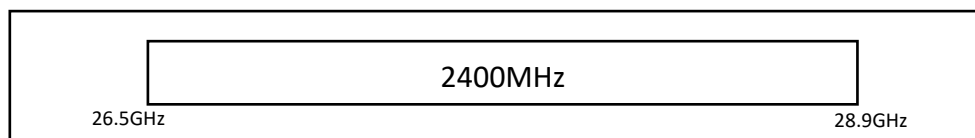


圖 2-70：韓國 28GHz 頻段之競價區塊

資料來源：韓國通信部。

(2) 競價機制選擇

依《電波法》第 11 條（按成本進行頻率分配）所採用之「按價格競爭（拍賣）的頻率分配」方法。採用「上升型組合鐘」與+密封投標拍賣方式。

(3) 競價規則細節

以下摘錄自 2018 年 5 月 4 日之《價格競爭的頻率分配方法與程序》：

- A. 基本規則：通信部在各回合開始時，需告知該回合的起標價和出示價。
 - a. 第一回合的起標價和出示價會以底價進行。
 - b. 從第二回合開始每一回合的起標價會以前一回合的得標價而定，該回合的出示價格以較起始價增加的金額而定。
 - c. 喊價金額在每一回合起價的 1%（喊價上限比例）內由通信部裁定。

各競價者在每一回合所公告的出示價上得以決定希望投標的頻塊數（期望頻塊需求）再進行競標。（此稱作「出示價格競標」）。

各競價者從各類別選擇每一回合之報價以外的金額後，能夠針對希望的塊頻數（期望頻塊需求）進行競標。（此稱作「限價競標」）。

B. 回合的得標價格與得標頻塊數

第一回合各競價者的得標頻塊數以該回合的希望

頻塊需求訂之，得標價以該回合的出示價而訂定。

第二回合及之後，在特定回合的出示價上，所有競價者的期望區塊需求總合若與供應的區塊數相同或是超過時：

- a. 在無金額選擇投標，僅有出示價格的狀況下，該回合的得標價會以出示價格定之，而各競價者的期望區塊需求則會以各競價者的得標頻塊數來訂定。
- b. 在金額選擇投標存在的狀況下，依據《乙、金額選擇投標之規範暨相關事項》去訂定該類別的得標價及得標頻塊數。

第二回合及之後，在特定回合的出示價上，所有競價者的期望頻塊需求總和若相較供應的頻塊數少時：

- a. 在無金額選擇投標，僅有出示價的狀況下，前一回合之得標價及期望頻塊需求分別由該回合的得標價及得標頻塊數來訂定。
- b. 在金額選擇投標存在的狀況下，依據《乙、金額選擇投標之規範暨相關事項》去訂定該類別的得標價及得標頻塊數。

在特定回合的出示價上，若未存在出價的狀況下，依據《乙、金額選擇投標之規範暨相關事項》訂定出示價的期望頻塊需求總和。

2. 底價

韓國通訊部在 2018 年標示競價之底價，3.5GHz 頻段(280MHz、

執照效期 10 年) 為 2,654.4 億韓圓；28GHz 頻段 (2400MHz、執照效期 5 年) 為 6,216 億韓圓。

3. 標金繳納方式

申請人必須根據《電波法施行令》第 15 條向韓國放送通信電波振興院支付保證金。此外，申請人應根據每個頻段要求分配的頻段支付押金。押金算式如下：

3.5 GHz 頻段： $\{(\text{最低競爭價格} \div 280) \times \text{分配申請頻寬}\} \times 0.1$

28GHz 頻段： $\{(\text{最低競爭價格} \div 2400) \times \text{分配申請頻寬}\} \times 0.1$

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

在韓國 2018 年的首次 5G 競標文件中，並未發現有鼓勵新進業者參與與扶植新進業者之措施。

2. 頻譜取得上限規範

韓國通訊部在 2018 年標示競價之頻譜取得上限規範，3.5GHz 頻段每業者在此頻段競標最多 100MHz；28MHz 頻段每業者在此頻段競標最多 1,000MHz。

3. 得標者義務 (布建義務：涵蓋率或基地臺數)

取得分配頻譜的業者，必須要遵守在以下各年度申請的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。

表 2-51：韓國 5G 競標年度建設網路之義務

頻段	建立的標準數量 ¹⁴⁶	建立年度的義務數量 ¹⁴⁷	
		3 年 15%	5 年 30% (累計)
3.5GHz 頻段	150,000 站	22,500 站	45,000 站
28GHz 頻段	100,000 站 ¹⁴⁸	15,000 站	-

資料來源：韓國通信部。

4. 頻率使用期限

韓國通訊部在 2018 年標示競價之頻率使用期限，3.5GHz 頻段為自 2018 年 12 月 1 日至 2028 年 11 月 30 日，共計 10 年；28GHz 頻段自 2018 年 12 月 1 日至 2023 年 11 月 30 日，共計 5 年。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

韓國目前尚未有頻譜交易、轉讓、共用等規定。

6. 其他釋照政策規劃重點

在第一次 5G 競標文件中，設有干擾保護與迴避計畫規定：

(1) 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。

A. 3.5GHz 頻段受到高調波、相互變調 (IMD) 障礙、鄰近公共頻段和衛星地球站的干擾發生的可能性等。應該考慮劃分頻段中的業務分配以及對無線電臺和無線電波產生有害干擾的可能性，並提出解決方案或避免計畫。

¹⁴⁶ 通知必要開設的基地台 (包含光纖中繼基地台，RF 中繼與小細胞基地站)

¹⁴⁷ 2019 年 1 月起算，第三年為 2021 年，2023 年為第五年。

¹⁴⁸ 需報告第四項設置的基地台設備之基準。

B. 28GHz 的頻段中，其與鄰近的頻段關於車輛的衝突防止用的雷達可能會發生干擾的情況。鄰近的行動衛星地球台（ESIM）帶與干擾發生的可能性¹⁴⁹，其他分配申請頻段內外之各種服務包含無線台、外來電波等的干擾發生的可能性，皆必定需要考慮解決方案與迴避計畫。

(2)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。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

由於 5G 高頻與穿透力弱的特性，會比過往需要更多的通訊設備（基地台、中繼器、因應接續的必要管路與光纖網路），預估會比 LTE 網路增加 4.3 倍以上之基地台，才能滿足涵蓋率的需求，亦要建構有線後傳網路（Backhaul）與前傳網路（Fronthaul），以確保用戶間設備之傳輸。

¹⁵⁰為了要及早建構全球最早推動之商用 5G 網路，以及確保資源有效運用與減少電信商的重複投資，韓國 2017 年 7 月 26 日修訂關於電信設施共建之規範於《電信事業法》（전기통신사업법）第 63 條中，規定不同電信商在符合由韓國通信部發布之相關標準、操作程序等，得共同建設和使用電信設施。電信商如果有

¹⁴⁹ 27.5~29.5GHz 頻段行動衛星地球臺（ESIM）導入在 WRC-19 上仍在議論中，其結果會讓該頻段導入行動衛星地球臺（ESIM）

¹⁵⁰ 한정원, 세계 최초 5G 상용화를 목표로 통신사, 손 맞잡는다!, 과학기술정보통신부, 2018 年 4 月 10 日, https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=1379674 (最後瀏覽日: 2019 年 11 月 21 日)。

必要使用土地或建築物，而又未進行協商，則通信部可要求合作以使用土地或建築物。

韓國通信部在韓國 5G 競價前（2018 年 4 月 10 日）發布「新型設備共建與既有設備共同使用制度改善案」，計劃開放電信基礎設施。通信部要求須充分共用 SK、KT、LG U+ 等業者的行動和固定網路基礎設施，這些共用基礎設施包括基站、電塔、天線、管道、人孔等。此外，亦要求室內分佈系統的共建共用，其認為未來 5G 室內覆蓋是重點領域，室內覆蓋建設應該採用聯合施工模式，以降低布建成本，擴大室內覆蓋面積。



圖 2-71：韓國電信設備共同建置示意圖

資料來源：韓國通信部。

此外，5G 網路建設的義務將改善提供的設施之利用，以便根據區域進行區分，反映區域（例如，城市/非城市）建築環境的差異。後續資訊通訊政策研究院（Korea Information Strategy Development Institute, KISDI）針對不同地區的建構費用等資料調查、開發使用費模型，經現場調查後進行計算作業。韓國通信部於 2019 年 1 月 14 日

發布修正無線通訊系統的「必要設備使用費」，適時調整業者需要用到公共設施時所需之行政費用，如下表。¹⁵¹

表 2-52：韓國通信共建之必要設備使用費

區分			2016 年使用費 (有線網路)	2018 年使用費 (無線網路)	與 2016 年之 增減比例(%)	
管道	外管	非引入	市區	488,648	530,774	8.6
			郊區		461,448	△5.6
		引入	市區	895,003	1,048,673	17.2
			郊區		891,167	△0.4
	內管	非引入	市區	139,833	149,109	6.6
			郊區		130,499	△6.7
		引入	市區	251,023	292,260	16.4
			郊區		250,961	0.0
光纖線路	非引入	市區	92,917	122,937	32.3	
		郊區		108,789	17.1	
	引入	市區	187,299	216,431	15.6	
		郊區		189,162	1.0	
銅絞纜線		市區	7,454	6,696	△10.2	
		郊區		5,931	△20.4	
電線桿		市區	806	835	3.6	
		郊區		828	2.7	

註：單位：公里/月，韓圓。

資料來源：韓國通信部。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

韓國通信部目前尚未針 5G 強制漫遊有相關之規定。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

韓國政府於 2015 年為因應國際上的技術發展動向與頻率使用狀況，修訂《電波法》第 6 條之 3，允許頻率共同使用。2019 年 11 月為因應 5G 與智慧城市的匯流服務的急速增長所需大量頻率資源，12 月正式公告《頻率共同使用的範圍與條件、程序、方法等相關基準》

¹⁵¹ 김판열, 5 세대(5G) 이동통신 망 구축 지원을 위한 필수설비 이용대가 확정, 과학기술정보통신부,

https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=1483738
(最後瀏覽日：2020 年 2 月 26 日)。

(주파수 공동사용 범위와 조건, 절차, 방법 등에 관한 기준」고시 제정)¹⁵²。

韓國通信部制訂「①頻段整備→②頻段干擾與技術分析→③防止干擾的利用條件與檢討之策略→④既有與新進使用者的公聽會→⑤頻段選定」等程序，來在選定之頻段內讓頻率共同使用¹⁵³。根據《頻率共同使用的範圍與條件、程序、方法等相關基準》第 12 條，通信部應每 3 年根據《指令、條例的發布和管理條例》審查已選定之共用頻段的可行性並採取改進措施。

韓國前揭頻譜共同使用，性質上較接近我國之頻譜共享，屬於不同業務共用相同頻段之態樣。至於同為電信業者間共用頻率之態樣，現階段韓國並未准許。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

韓國通信部目前並未針對 MVNO 與 5G 之間有明確的規劃。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

韓國通信部在 2019 年 4 月公布《5G+戰略》，當中提及要鎖定 5 項主要服務與 10 大核心產業，臚列如下：

- 5 項主要服務 (即垂直場域): 虛擬實境 (Virtual Reality,

¹⁵² 과학기술정보통신부 (2019), 《주파수 공동사용 범위와 조건 절차 방법 등에 관한 기준 고시 제정(안)》,

[https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/11/07/\(%EC%B0%B8%EA%B3%A0\)%20EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%20EA%B3%B5%EB%8F%99%EC%82%AC%EC%9A%A9%20EB%B2%94%EC%9C%84%EC%99%80%20EC%A1%B0%EA%B1%B4%20EC%A0%88%EC%B0%A8%20EB%B0%A9%EB%B2%95%20EB%93%B1%EC%97%90%20EA%B4%80%ED%95%9C%20EA%B8%B0%EC%A4%80%20EA%B3%A0%EC%8B%9C%20EC%A0%9C%EC%A0%95\(%EC%95%88\).pdf](https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/11/07/(%EC%B0%B8%EA%B3%A0)%20EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%20EA%B3%B5%EB%8F%99%EC%82%AC%EC%9A%A9%20EB%B2%94%EC%9C%84%EC%99%80%20EC%A1%B0%EA%B1%B4%20EC%A0%88%EC%B0%A8%20EB%B0%A9%EB%B2%95%20EB%93%B1%EC%97%90%20EA%B4%80%ED%95%9C%20EA%B8%B0%EC%A4%80%20EA%B3%A0%EC%8B%9C%20EC%A0%9C%EC%A0%95(%EC%95%88).pdf)

¹⁵³ 강선숙 (2019), 〈주파수 공동사용 고시 제정

추진〉, 과학기술정보통신부, https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelid=_policycom2&artId=2287462。

VR) 內容、智慧工廠、自駕車、智慧城市、數位健康照護；

- 10 大核心產業：網路設備、新世代智慧型手機、VR/擴增實境 (Augmented Reality, AR) 裝置、穿戴式裝置、智慧型閉路電視、未來無人機、聯網機器人、5G 車聯網 (Vehicle to Everything, V2X)、資訊安全、邊緣運算。

154

表 2-53：韓國 5G + 戰略鎖定 5 大服務

VR 內容	智慧工廠	自駕車	智慧城市	數位健康照護
遠距即時全像投影	產業解決方案的開發與產業聚落擴散	5G 自駕公車的開發與普及	火災現場急救支援服務	救護車、醫院間急救醫療系統
				

資料來源：韓國通信部

表 2-54：韓國 5G + 戰略之核心 10 大產業¹⁵⁵

項目		內容
網路、 終端	網路設備	伴隨 5G 商用化的市場開花階段 ¹⁵⁶ ，韓國的國內企業有成長機會
	新世代 (5G) 智慧型手機	5G 智慧型手機預測在 5G 商用化初期將引領市場 ¹⁵⁷ ，並且以韓國國內終端市場的競爭力與世界首發為基礎下，有必要搶得全球市場先機
智慧型 設備	VR/AR 裝置	VR/AR 裝置雖然有高價、技術不足等停滯成長的原因，在 5G 商用化的功能改善與使用面向的擴大後，有必要因應來搶先取得市場之戰略培育 ¹⁵⁸

¹⁵⁴ 장두원, 제 1 차 민·관 합동 「5G+ 전략위원회」 개최, 과학기술정보통신부, 2019 年 6 月 19 日,

https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=2045427 (最後瀏覽日：2020 年 3 月 7 日)。

¹⁵⁵ 同前註。

¹⁵⁶ 韓國國內的大型企業，以全球市場為標的，所製造的小型基地站、中繼器的需求擴大，從 2018 年的 4G 有 7.4%→2020 年的 5G 有 20%，讓中小企業的成长可能性提高。

¹⁵⁷ 2025 年智慧型手機的出貨量為整體 38.3%。

¹⁵⁸ 大量傳輸、自然的觸覺、動作等介面、多用戶裝置之接取

項目		內容
	穿戴式裝置	5G 導入以後，用純粹的資訊傳輸來擴大化 ¹⁵⁹ 人類能力增強設備，有必要對應在超低延遲、快速接取為基礎之安全、行動輔助領域的新市場。
	智慧型閉路電視	即時的發現、預防、對應地區與都市的安全與危險的情況，乃社會安全網建構之活用，並在 5G 商用化的契機下讓電信商正式進入市場
無人載具	(未來)無人機	以 5G 即時、高畫質、大頻寬為基礎的未來無人機市場，將進入過往為軍事與娛樂兩者間所未開發的市場 ¹⁶⁰
	(聯網)機器人	5G、AI、雲端技術的組合，在各式各樣商業、生活領域中，創造出可能的智慧型、行動型機器人服務場域之新市場 ¹⁶¹
	5G V2X	高度自駕 (Level4) 的進入過程中，以世界首發 5G 商業化為契機，進一步通過 5GV2X 的強化來達到先行取得自駕模組市場。 ¹⁶²
安全運算	資訊安全	在快速接取環境下接取大量的感應器、裝置的匯流服務下，5G 網路、IoT 之資安是來確保安全使用環境無虞的重要領域 ¹⁶³
	邊緣運算	邊緣運算是實現 5G 超低延遲服務的重要支援領域，並期望未來 5G 基地台裝置、各式各樣終端設備的活用 ¹⁶⁴

資料來源：韓國通信部

在《5G+戰略》中的五大重點之一為「擴大民間投資」，針對 2019 年至 2020 年業者之網路投資，提供 2% 至 3% 之稅額減免；投資創新公司之金融計畫（如 2019 年至 2021 年投入 10 兆韓元於支持產業結構升級計畫、2019 年至 2022 年投入 1.2 兆韓元於 KP Inno 基金、2019 年至 2021 年投入 3,000 億韓元於智慧工廠基金）¹⁶⁵。

¹⁵⁹ 如手表、頭戴式設備（認知增強設備、行動分析、輔助衣。

¹⁶⁰ 透過很多無人機的遠距遙控、自主飛行、非可視範圍飛行、高畫質影像的即時串流，來擴大活用農水產業、設施精度管理、遠距通訊觀測

¹⁶¹ 人力照護、多品種少量生產（夥伴型機器人）、災難救助、遠距手術等。

¹⁶² 國內大型企業要維持在既有車載資通訊市場第一名的位置，製造商、電信商要往 C-V2X 終端開發與實用化邁進。

¹⁶³ 在 5G 商用化進行之中，Gartner 預期全球 IoT 資安市場從 2016 年的 9.1 億元快速上升至 2021 年的 31.2 億元（年平均 48.4%）。

¹⁶⁴ 傳統的雲端運算（中央伺服器）為 AWS、微軟等全球企業所支配的市場為中心，而邊緣運算將存在市場的初期機會。

¹⁶⁵ 관계부처 합동 (2019), 《5G+

2019 年底，韓國國會議員提出 5G 投資抵減稅額修正草案，2020 年 1 月 2 日，韓國通信部正式公告減稅額修正與相關措施如下¹⁶⁶。

1. 擴大 5G 網路建置之投資抵稅

依據《租稅特例限制法》第 25 條，首都圈的減稅額從 1% 增加為 2%；另依據《租稅特例限制法》第 25 條之 7，非首都圈的減稅額，與去年維持相同水準（2+1%¹⁶⁷），並新增工程建置費。

2019年	都會區	非都會區	→	2020年	都會區	非都會區
5G 設備採購費	1%	2 + 1%		5G 設備採購費	2%	2 + 1%
施工費	1%	0%		施工費	2%	2 + 1%

圖 2-72：韓國 5G 減稅方案

資料來源：韓國通信部

2. 將過往二元化行政管理費、頻率使用費之系統使用費，統一為頻率執照費

韓國通信部因應頻率的需求增加，以及提高頻率使用的公平性與效率性，以增進國內/地方政府頻率執照、地面廣播公共福利為目的，減少頻率執照費。

頻率執照費綜合考量「使用之頻率、用途、頻寬」，詳細的計算方式依電波法施行令規定之。

전략》, [https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/04/08/\(%EB%B6%99%EC%9E%84\)%20ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf](https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/04/08/(%EB%B6%99%EC%9E%84)%20ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf)。(瀏覽時間：2020 年 3 月 9 日)

¹⁶⁶ 민가홍 (2020), 〈5G, 세계 최초 상용화에 이어 세계

최고로〉, 과학기술정보통신부, https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateld=_policycom2&artId=2462050。(瀏覽時間：2020 年 3 月 9 日)

¹⁶⁷ 考慮增加雇用全時勞動者的情形，增加最高 1%的扣除額。

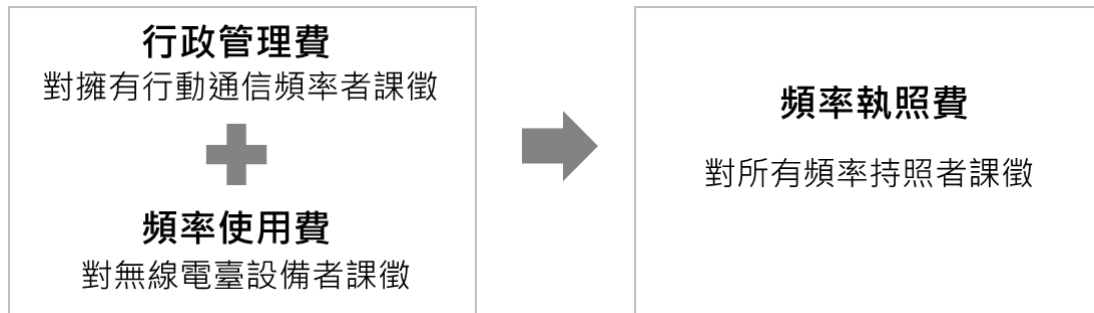


圖 2-73：韓國減輕課徵頻率費方式

資料來源：韓國通信部，本研究整理

3. 推動減輕新建置 5G 基地臺之執照登記稅

電信業者在開設基地臺申請之時，基於地方稅法每年應繳納執照登記稅¹⁶⁸予地方政府。5G 由於頻率特性，有必要建置比 4G 更多的基地臺，民間投資的負擔很大，因此韓國政府今年開始基於預先調查與修正地方稅特例限制法，計畫引導減輕新建置 5G 基地臺執照登記稅之負擔，以擴大 5G 投資。

因應以 5G 為基礎的新型終端、服務的 7 個新增實證場域，共計 12 個地區。擴大支援網路設備、VR/AR 設備、無人機、連結型機器人、邊緣運算的設備、終端、服務的領域。

因應初期 5G 相關產業的培育，強化公共事業的角色。因應培育 5G 為基礎的虛擬實境內容產業，推動的公共服務、產業、科學技術領域所組合的新進 VR 內容「XR¹⁶⁹+ α 計畫」(2020 年 150 億韓圓)。另外推動以公安、環境等民眾生活緊密的無人機服務開發(2020 年 67 億韓圓)

為了及早取得 5G 的海外市場，與韓國貿易保險公社於明年起共同合作出口貿易金融與出口產業。針對 5G 場域設定特別戰略，成立

¹⁶⁸ 執照登記稅：人口 50 萬人以上的地方政府為 40,500 韓圓，其他市為 22,500 韓圓、郡為 12,000 韓圓。

¹⁶⁹ XR 為虛擬實境 (VR)、擴增實境 (AR)、混合現實 (MR) 的合稱。

個別組織，並在專業的支援下一起推動各種優惠措施。透過實務經驗豐富的顧問，提供免費的 5G 出口企業的客製化意見諮詢¹⁷⁰，推動 5G 出口產業化。

推動 3D 投影之技術開發（2020 年 150 億韓圓）、韓國製的 5G 設備及終端產品（2020 年 103 億韓圓）、無人載具技術開發（2020 年 130 億韓圓）等沙盒制度。

（二）垂直場域應用之推動政策

韓國通信部在 2019/4/8 公布《5G+戰略》中，提及 5 大推進戰略為(1)引領公共投資、(2)擴大民間投資、(3)制度整備、(4)建構產業基盤、(5)支援海外投資。其中引領公共投資主要提及五大服務（垂直場域應用）之推動內容，包含：對於 5 大 5G+核心服務之擴散，進行至 2025 年之「Big Project」之推動；5G 先導適用在基盤、老後資安中心管理、國民生活（教育、農業、環境等）之改善；5G 基盤、遠距醫療適用於 50% 以上的綜合病院以上醫療機構。

（三）5G 商轉概況

1. 基地臺數

根據韓國通信部資料，截至 2019 年 9 月 2 日為止，韓國 5G 基地臺總計 79,485 站，其中 LG U+ 為 30,282 站、KT 為 27,537 站、SKT 為 21,666 站。¹⁷¹SK Telecom、LG U+ 與 KT 之 5G 商用服務皆於 2019 年 4 月開臺，SK Telecom 初期於首爾、京畿道、釜山、濟州島等南韓 13 個地區提供 5G 訊號，LG U+ 則預計於 2019 年完成 5 萬個基站布建，KT 初期於首爾在內的南韓 6 大都市布建 5G 網路基礎設施¹⁷²。

¹⁷⁰ 包含出口金融調度、出口債權管理、浮動匯率風險管理、活用貿易保險、法務、稅務會計等。

¹⁷¹ 김영은, 전국 5G 기지국 현황, Yonhapnews, 2019 年 9 月 5 日,

<https://www.yna.co.kr/view/GYH20190905000200044> (最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日)。

¹⁷² 資料來源：RCR Wireless 與各業者 (最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日)。

至 2020 年 2 月 28 日依完工公告基準，5G 基地臺數為 108,987 臺¹⁷³。

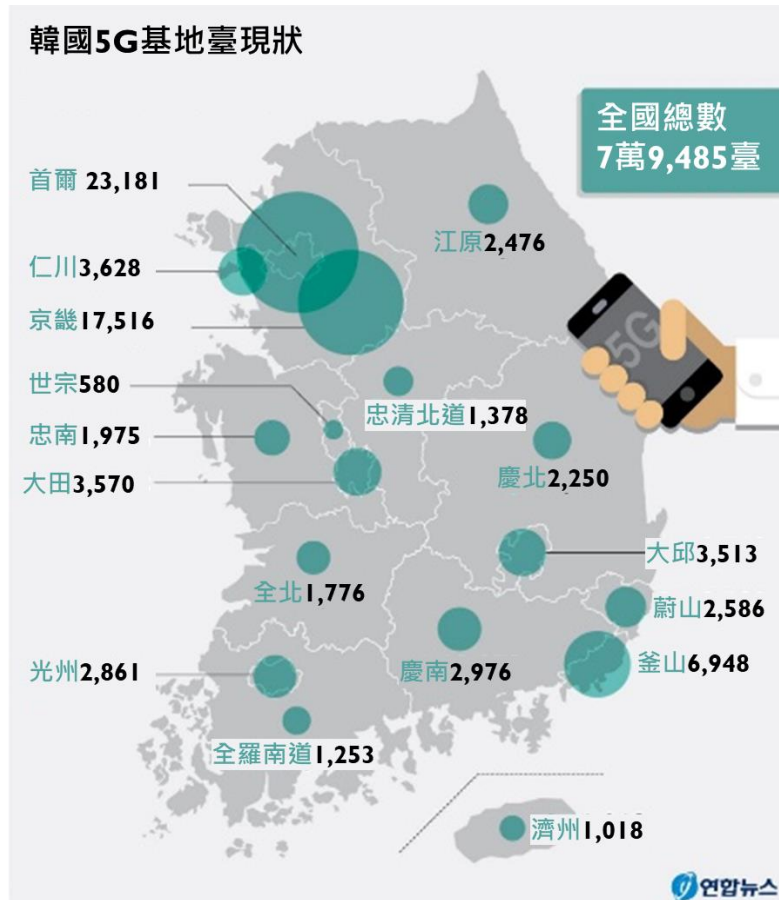


圖 2-74：韓國 5G 基地臺布建數（2019/9/2）

資料來源：Yonhapnews。

2. 用戶數

根據韓國通信部及媒體披露資料，2019 年 12 月底韓國的 5G 用戶總數達 466 萬 8154 戶，其中 SKT 用戶為 208 萬 4238 戶為最多，KT 為 141 萬 9338 戶，LG U+ 為 116 萬 4391 戶（見下圖）。¹⁷⁴

¹⁷³ 심규열, 〈5G 서비스 점검 민관합동 TF 회의

개최〉, 2020 年 3 月 12 日, https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catId=_policycom2&artId=2716670 (最後瀏覽日: 2020 年 3 月 18 日)。

¹⁷⁴ 김주현, 작년 한해 5G 가입자수 466 만명...연말 증가세 꺾인 이유는, MoneyToday, 2020 年 2 月 3 日, <https://www.msn.com/ko-kr/news/techandscience/%EC%9E%91%EB%85%84-%ED%95%9C%ED%95%B4-5g-%EA%B0%80%EC%9E%85%EC%9E%90%EC%88%98-466%EB%A7%8C%EB%AA%85%E2%80%A6%EC%97%B0%EB%A7%90-%EC%A6%9D%EA%B0%80%EC%84%B8-%EA%BA%BD%EC%9D%B8-%EC%9D%B4%EC%9C%A0%EB%8A%94/ar-BBZAURO> (最後瀏覽日: 2020 年 3 月 18 日)。



圖 2-75：韓國 5G 用戶數趨勢

資料來源：MoneyToday。

3. 資費

2019年4月，韓國KT服膺韓國通信部的要求，不希望韓國5G開台太貴而影響採用率，因此制定最低門檻資費為55,000韓圓。其他相關資費內容如下表所示。

日)。

表 2-55：韓國 5G 資費服務¹⁷⁵

5G 套餐		2019 年 6 月 30 日前		初始標準資費		共享流量	通話數	國外漫遊
業者	月費 (韓圓)	流量	達量降速	流量	達量降速			
SKT	55,000	9	1Mbps	8	1Mbps	無	不限	
	75,000	200	5Mbps	150	150	20	不限	
	95,000	不限	不限	200	10Mbps	30	不限	
	125,000	不限	不限	300	10Mbps	50	不限	
LG U+	55,000	9	1Mbps	9	1	無	不限	
	75,000	150	5Mbps	150	5	10	不限	
	85,000	不限	不限			50	不限	
	95,000	不限	不限	250	7	100	不限	
KT	55,000	8	1Mbps	8	1Mbps	無	不限	
	80,000	不限	不限	不限	不限	20	不限	不限
	100,000	不限	不限	不限	不限	50	不限	不限
	130,000	不限	不限	不限	不限	100	不限	不限

資料來源：笨手蛇，探析：韓美 5G 快車，套餐亮點在哪兒？，騰訊新聞，2019 年 6 月 8 日。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

目前韓國的 26.5~28.9GHz 頻段已競標釋出完成。根據韓國《5G+ 戰略》，關於高頻毫米波 24GHz 以上頻段之規劃，考量 WRC-19 移動通訊頻譜的增加配置、以及裝備、終端生態體系的活絡，預計 2021 年前希望能釋出 1400MHz 頻寬，2026 年前再釋出 600MHz 頻寬，合計 2000MHz 頻寬。

25.7~26.5GHz 及 28.9~29.5GHz 頻段由於與現行 5G 行動通信頻譜接近，因此為後續第一波釋出頻譜；24.5~25.7GHz、37.5GHz 以上之頻段則為第二波釋出頻譜。

¹⁷⁵ 笨手蛇，探析：韓美 5G 快車，套餐亮點在哪兒？，騰訊新聞，2019 年 6 月 8 日，<https://view.inews.qq.com/a/20190608A06IZH00>（最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日）。



圖 2-76：韓國高頻毫米波頻段之釋出規劃

資料來源：韓國通信部

24.25~26.5GHz 目前功用為特定小功率臺，用途是作為車輛衝突防止雷達之用。目前頻譜使用期限至 2021/12/31，但可使用至設備壽命結束。

另韓國在 WRC-19 中，持續針對 31.8-33.4GHz、37-40.5GHz 頻段進行研議與後續政策規劃。¹⁷⁶

¹⁷⁶ 參見總務省網站：<<http://soumusyou.web.stream.ne.jp/www11/soumusyou/shiryuu/20180731.pdf>>。

第十一節 中國

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

在 2006 年中國國務院頒布「國家中長期科學和技術發展規劃綱要（2006-2020 年）」¹⁷⁷中，提出 16 項重大戰略產品、關鍵性技術與重大工程做為國家科技的重大專項，其中即包含「新一代寬頻無線行動通信（新一代寬帶無線移動通信）」，並自 2008 年啟動以來，逐步推動 2G、3G、4G 之發展，構成 5G 技術推動之政策背景脈絡。

中國的 5G 發展歷程，2013 年 2 月由中國工業和信息化部（工信部）、國家發展和改革委員會與科技部共同成立中國 IMT-2020（5G）推進組，並於 2014 年 5 月 28 日召開第一次的「IMT-2020（5G）峰會-5G 目標及能力」會議，並發佈「5G 願景與需求白皮書」¹⁷⁸，提出六大 5G 關鍵性能與八項 5G 關鍵技術。

2015 年 2 月 11 日中國 IMT-2020（5G）推進組發佈「5G 概念白皮書」¹⁷⁹後，在中國展開「中國國民經濟和社會發展第十三個五年規劃綱要（十三五）」計畫後，延續「新一代寬頻無線移動通信網」之專項計畫，並聚焦 5G 發展，推動 5G 研發，以及 LTE-Advanced 研發和產業化，將十三五視為 5G 技術整備與商業化的重要過度期，希望透過此專項，使中國於 2020 年成為 5G 的全球領先者。

2017 年 6 月 5 日發佈「中國工業與資訊化部關於第五代國際行動通訊系統（IMT-2020）使用 3,300~3,600MHz 和 4,800~5,000MHz 頻段相關事宜的通知（徵求意見稿）」，規劃在 6GHz 以下的頻段釋出超過 400MHz 的頻寬；並於 2017 年 6 月 8 日，中國公開徵求針對

¹⁷⁷中國國務院，2006。國家中長期科學和技術發展規劃綱要（2006—2020 年）

http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm

¹⁷⁸中國 IMT-2020（5G）推進組（2014）。5G 願景與需求白皮書。<http://www.imt-2020.cn/zh/documents/download/1>

¹⁷⁹中國 IMT-2020（5G）推進組（2015）。5G 概念白皮書。<http://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/download/2>

24.75~27.5GHz 和 37~42.5GHz 頻段用於 5G 技術試驗的「5G 毫米波頻段規畫徵集意見」，預計釋出累計頻寬達 8.25GHz 的毫米波頻段資源。

隨後 2017 年 11 月 15 日，中國發佈 5G 系統中頻段頻率使用規劃，明定 3.3 GHz - 3.6 GHz 和 4.8 GHz-5 GHz 頻段作為 5G 服務使用頻段，推進中國 5G 系統技術研發、試驗和標準等制定以及產業鏈成熟、加速 5G 商用的實現。2018 年 12 月 10 日，工信部進一步發放 5G 系統試驗頻率執照予電信業者進行研發測試，並由三家電信業者針對前揭頻率個別進行應用範圍內的城市試點。中國移動隨後於 2019 年 1 月 24 日，在北京舉行「5G 規模試驗獨立組網集中化核心網外場測試啟動儀式」，成功完成首個多廠商、多省市的 5G 獨立組網業務驗證和頻寬測試。

2019 年 6 月 6 日，工信部舉行儀式發放中國電信、中國移動、中國聯通、中國廣電等 5G 商用執照，象徵中國進入 5G 元年¹⁸⁰。三大電信業者（中國電信、中國移動、中國聯通）並於中國國際信息通信展覽會開幕式上宣布 5G 商用服務於 2019 年 11 月 1 日上路¹⁸¹，工信部並於 2020 年 1 月 3 日向中國廣電發放 4.9GHz 試驗使用許可¹⁸²。

2020 年 3 月 6 日，工信部舉辦「加快 5G 發展專題會議」，召開背景為新冠病毒（COVID-19）疫情爆發後，中國政府推動「新型基礎設施建設」¹⁸³作為促進產業發展、擴大內需之政策，並將 5G、大數據與人工智慧等新興科技確立為政府主要投資項目，其中通訊業被視為

¹⁸⁰參見中華人民共和國工業和信息化部（2019），〈工业和信息化部向四家企业颁发 5G 牌照〉，網址：<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146397/c6992938/content.html>。（瀏覽時間：2019 年 6 月 10 日）

¹⁸¹ 5G 商用服務啟動-打開發展新篇章。新華網。2019 年 10 月 31 日。
http://www.xinhuanet.com/2019-10/31/c_1125178175.htm。

¹⁸² 工信部（2020），工業和信息化部為中國廣電許可 4.9GHz 頻段 5G 試驗頻率，
<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146440/c7597192/content.html>

¹⁸³ 中國政府網（2020），新基建，為數位經濟注入新動能（新基建，为数字经济注入新动能），
http://www.gov.cn/xinwen/2020-03/12/content_5490164.htm

經濟復原的重點產業。工信部在「加快 5G 發展專題會議」中，訂定加速中國 5G 發展的三大方向，分別為：加快網路建設、深化融合應用、壯大產業生態等目標。將 5G 網路基礎設施視為擴大建設投資、產業數位轉型之重點政策。3 月 12 日公告由發改委等 23 個中央部門聯合發布的《關於促進消費擴容提質加快形成強大國內市場的實施意見》¹⁸⁴，主旨在於加速復原中國國內市場消費力道，並且透過 5G 等次世代資訊基礎建設，推動各項創新科技應用，實現中國智慧消費生態系之經濟數位轉型目標。

2020 年 3 月 24 日工信部正式公告《關於推動 5G 加快發展的通知》¹⁸⁵，加速推動中國 5G 網路布建與應用發展，文件內容可分為五項 18 條內容。政策包含網路布建、應用場景、技術研發、資訊安全和政策協調等不同構面：

1. 加快 5G 網路建設：加快建設進度、加強基地臺站址資源支持、強化電力與頻率保障、推動網路共享與漫遊。
2. 豐富 5G 技術應用場景：培育新型消費模式、推動 5G+醫療健康創新發展、實施 5G+工業互聯網工程、促進 5G+車聯網發展、建構 5G 應用生態系統。
3. 加大 5G 技術研發力道：加強 5G 技術和標準研發、展開 5G 測試驗證、提升 5G 技術創新支持力量。
4. 建構 5G 安全保障體系：加強 5G 網路基礎設施安全保障、強化 5G 網路數據安全保護、培育 5G 網路資安產業生態。

強化組織執行：加強組織部門領導工作、強化政策和責任落實、

¹⁸⁴ 中國發改委（2020），關於促進消費擴容提質加快形成強大國內市場的實施意見，
https://www.ndrc.gov.cn/xgk/zcfb/tz/202003/t20200313_1223046.html

¹⁸⁵ 工信部（2020），關於推動 5G 加快發展的通知，
<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c7832258/content.html>

重視經驗總結與交流。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

中國政府將電信業視為重要基礎建設之一，重視提升整體基礎建設環境水平，作為孕育各項資訊、數位消費市場蓬勃發展的環境，形成對國民經濟和社會發展的重要支撐力量。2019 年工信部與國資委訂定「雙 G 雙提」目標，推動固網和行動寬頻進入 GB 時代，同時 100M 以上寬頻用戶比例提升至 80%、4G 用戶滲透率提升至 80%、中國全國行政村 4G 和光纖覆蓋率皆超過 98%、農村寬頻接取和速率與城市相同水準¹⁸⁶。

根據工信部統計資料¹⁸⁷，2019 年全年電信業營業收入約 1.31 萬億人民幣。整體電信收入中，行動通信業務占 68.2%，為 8942 億人民幣、固定通信業務占 31.8%，為 4161 億人民幣。

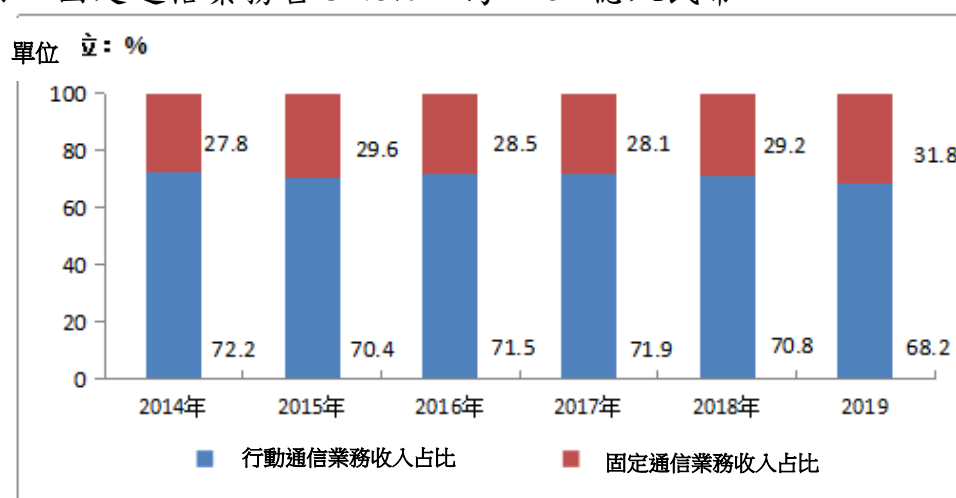


圖 2-77：中國 2014-2019 年電信市場營收概況

資料來源：工信部，2019 年通信業統計公報。

¹⁸⁶ 中國政府網（2019），工業和資訊化部 國資委關於開展深入推進寬頻網路提速降費 支撐經濟高品質發展 2019 專項行動的通知，http://www.gov.cn/xinwen/2019-05/09/content_5389906.htm

¹⁸⁷ 工信部。2019 年通信業統計公報。

<http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c7696411/content.html>

1. 固網寬頻市場概況

中國積極推動固網寬頻光纖化、頻寬速率升級的政策目標。2019年固網寬頻的用戶數已達到約4.49億戶。速率100Mbps以上約為3.84億戶、速率1000Mbps以上約為87萬戶。

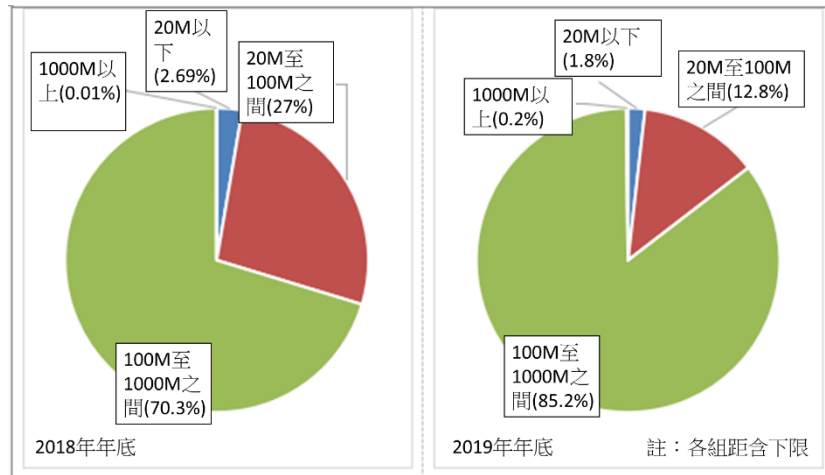


圖 2-78：中國 2018、2019 年固網寬頻各速率用戶占比分布

資料來源：工信部，2019 年通信業統計公報。

2. 行動通信市場概況

中國目前主要電信業者為中國移動、中國聯通、中國電信三家業者。行動電話的用戶，自 2003 年 10 月超過固網電話的用戶，於 2013 年 9 月超過 12 億戶。根據工信部 3 月中旬公告之 2020 年 1-2 月資料，總數達到約為 15 億 7,993 萬用戶，行動寬頻用戶約為 12 億 6,647 萬戶，2020 年年 1-2 月 4G 用戶達到約 12.6 億用戶數¹⁸⁸。

¹⁸⁸ 工信部 2020 年 1-2 月通信業主要指標完成情況（二）
<http://miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c7827531/content.html>

表 2-56：2020 年 1-2 月中國電信市場概況

項目	單位	用戶數	與 2019 年 12 月比較
固定電話	萬戶	18,999	-104
行動電話	萬戶	157,993	-2142
4G 用戶	萬戶	126,252	-1946
行動寬頻用戶	萬戶	126,647	-5257
固網寬頻用戶	萬戶	45,210	+283
xDSL 用戶	萬戶	436	-12
FTTH/O 用戶	萬戶	41,990	+250
100M/bps 速率以上	萬戶	38,418	+42
都市地區用戶	萬戶	31,629	+178
鄉村地區用戶	萬戶	13,581	+104
固定電話普及率	每部/百人	13.6	-0.2
行動電話普及率	每部/百人	112.8	+0.6

資料來源：工信部網站，2020 年 1—2 月通信業主要指標完成情況（二）

（二）頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

中國採用審議制方式釋出頻譜資源，由工信部主導無線電頻譜分配事宜。工信部無線管理局於 2018 年 12 月 10 日發布試驗頻率使用許可，給予中國三大電信業者（包含中國聯通、中國電信、中國移動）進行 5G 中低頻段進行實驗測試，以利充分發揮中國 5G 中頻段兼顧大容量和連續覆蓋的技術優勢。至於中國廣電則基於原本應用於無線廣播電視的 700MHz 頻段（未公告指配頻段），另有 4,900-4,960MHz 試驗頻率¹⁸⁹。

2019 年 6 月 6 日，工信部舉行儀式，正式向中國電信、中國移動、中國聯通、中國廣電等 4 家電信業者發放 5G 商用執照，象徵中國進入 5G 元年，並修訂公告《電信業務分類目錄（2015 年版）》，在其 A 類「基礎電信業務」之「A12 蜂窩移動通信業務」類別下，增設「A12-4 第五代數字蜂窩移動通信業務」業務子類，內容為：「第五

¹⁸⁹ 廣電總局，中國廣電獲頒 5G 系統室內頻率，
http://www.nrta.gov.cn/art/2020/2/17/art_114_50007.html

代數字蜂窩移動通信業務是指利用第五代數字蜂窩移動通信網提供的語音、數據、多媒體通信等業務」¹⁹⁰。

2020年4月1日工信部公告700MHz頻段使用規劃¹⁹¹，將原本用於廣播電視業務的700MHz頻段中的702-798MHz改配於行動通訊應用，703-743/758-798MHz頻段採用分頻多工（FDD）方式。工信部不再核發廣電業務執照，並且啟動頻率重整、電臺搬遷改造等措施，相關費用將由700MHz頻段的行動通訊持有者承擔。

2. 底價

中國採用行政指派方式釋出頻譜，並未訂定公開價格。然而各大業者皆須配合政府政策規劃。但仍有等同頻率使用費的「頻率占用費」必須繳納。

3. 標金繳納方式

由於中國並非採行拍賣方式釋出頻譜，因此並無標金繳納等規定。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

工信部並未制訂鼓勵、扶植新進業者參與的相關政策。然而因應5G多元應用特質，工信部核發5G商用執照、4900-4960MHz試驗執照給中國廣電，並由國家廣電總局主責中國廣電相關5G應用政策並制定《全國有線電視網路整合發展實施方案》，藉此實現有線電視網路升級目標，推動各項創新廣播、電視等5G視聽應用¹⁹²。2020年1月14日廣電總局公布《全國地面數位電視廣播頻率規劃》¹⁹³進行

¹⁹⁰ <<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n4509627/c6992534/content.html>>。

¹⁹¹ 工信部（2020），工信部關於調整700MHz頻段頻率使用規劃的通知，<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c7845702/content.html>

¹⁹² 新華網（2020），全國有線電視網路整合和廣電5G建設一體化發展工作啟動，http://www.xinhuanet.com/ent/2020-03/03/c_1125653824.htm

¹⁹³ 廣電總局（2020），《全國地面數位電視廣播頻率規劃》發佈，

700MHz 頻段整備工作。

2. 頻譜取得上限規範

前揭已說明工信部於 2018 年 12 月 10 日發布試驗頻率使用許可，並由三家電信業者針對前揭頻率個別進行應用範圍的城市個案試驗。中國電信獲得 3,400-3,500MHz 共 100MHz 頻寬的 5G 試驗頻率資源；中國聯通獲得 3,500-3,600MHz 共 100MHz 頻寬的 5G 試驗頻率資源。而中國移動獲得 2,515-2,675MHz 共 160MHz 的頻寬、4,800-4,900MHz 共 100MHz 的 5G 試驗頻率資源。至於獲得第四張 5G 牌照的中國廣電，也可利用 700MHz、4,900-4,960MHz 頻譜資源。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

中國並未採取拍賣競標方式，所以並無依附於拍賣制度下的各項義務。各大電信業者網路布建皆以政府政策目標而定，屬於政策指導並非拍賣義務。

4. 頻率使用期限

工信部具有絕對的准駁權力，未訂定具體的頻率執照使用期限，而是將依循政府政策目標而進行調整。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

由於中國採取行政指配頻率的方式，並未賦予業者具有交易轉讓之權利。然而為鼓勵通訊技術發展，針對網路共建、共網與共頻採取開放態度。2013 年國務院「寬帶中國」戰略為促進頻譜資源有效利用目標，支持頻率的共用共享。2019 年《關於 2019 年推進電信基礎設施共建共用的實施意見》則是鼓勵各項被動基礎設施的共網共建，降低成本並促進 5G 網路布建。

6. 其他釋照政策規劃重點

在與既有業務和諧共用措施與執照規範上，工信部於 2018 年 12 月發佈《3000-5000MHz 頻段第五代移動通信基地臺與衛星地球站等無線電台（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。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

2019 年 6 月 5 日工信部和國務院國有資產監督管理委員會公布《關於 2019 年推進電信基礎設施共建共用的實施意見》，提出以提高現有資源分享率為出發點建設 5G 基地臺，使用既有基地臺設施資源以外，還將利用路燈桿和監控桿等公用設施開展 5G 基地臺（特別是小基地臺）建設，以期在短時間內能夠在重點區域實現覆蓋¹⁹⁴。

中國聯通與中國電信簽署《5G 網路共建共享框架合作協議書》¹⁹⁵合作方式為雙方共享核心網路各自獨立建設、共享雙方頻譜資源（中國電信為 3,400-3,500MHz、中國聯通為 3,500-3,600MHz），在全國範圍內共建 5G 接取網路，雙方協議劃定不同建設區域且採取分區分工建設的方式，依循兩家業者既有 4G 基地臺數量分布劃分主導區域，完成中國全國 5G 網路布建工作。

¹⁹⁴程琳琳。工信部發佈《關於 2019 年推進電信基礎設施共建共用的實施意見》。通信世界網。2019 年 6 月 5 日。 <http://www.cww.net.cn/article?id=452977>。

¹⁹⁵ 中國聯通。中國聯合網路通信股份有限公司關於與中國電信進行 5G 網路共建共用合作的公告。2019 年 9 月 9 日。

<http://www.chinaunicom.com.cn/news/201909/1568027178888010079.html>

新聞報導指出，中國國家電網將採取與四家業者合作的模式參予 5G 網路布建。國家電網提供電力網路基礎設施（高壓電塔¹⁹⁶與路燈¹⁹⁷等）供電信業者架設 5G 基地臺，藉此補充電信業者和中國電塔等基地臺數量限制，同時作為創新應用之共享基礎設施。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

2017 年 3 月，工信部要求三家主要電信業者廢除漫遊的資費規定，後於 2017 年 9 月 1 日起，三家經營者全面取消中國國內手機長途和漫遊通話費（不含港澳臺），比原計劃的 10 月 1 日提前 1 個月完成。2018 年 7 月，如中國聯通等業者亦開始取消資料流量之漫遊費，實現中國網路在省內或省外的流量費用暴增或是不能使用之情形。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

2013 年國務院「寬帶中國」戰略中，制定促進頻譜資源有效利用的目標，積極推動優化頻譜資源政策，規劃促進動態頻譜分配之類的新技術發展與應用。另外也支持頻率的共用與共享，藉此達到提高頻譜使用效率目標。

2020 年 2 月 10 日，工信部正式向三家業者（中國電信、中國聯通、中國廣電）頒發頻率使用許可證¹⁹⁸，同意三家業者在全中國共享 3300-3400MHz 頻率運用於室內訊號覆蓋。政策目標在於降低成本、提升頻率使用效率，加速 5G 創新應用和服務品質提升。

¹⁹⁶ 通信世界網（2019），國家電網 5G 網路建設方案：利用廣電 700/60MHz 建 11.31 萬座基地臺，<http://www.cww.net.cn/article?id=462869>

¹⁹⁷ 新華網（2020），5G+智慧路燈充電樁亮相運營，http://m.xinhuanet.com/gd/2020-03/17/c_1125723666.htm

¹⁹⁸ 工信部（2020），工業和信息化部許可中國電信、中國聯通、中國廣電共同使用 5G 系統室內頻率，<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/c7671201/content.html>

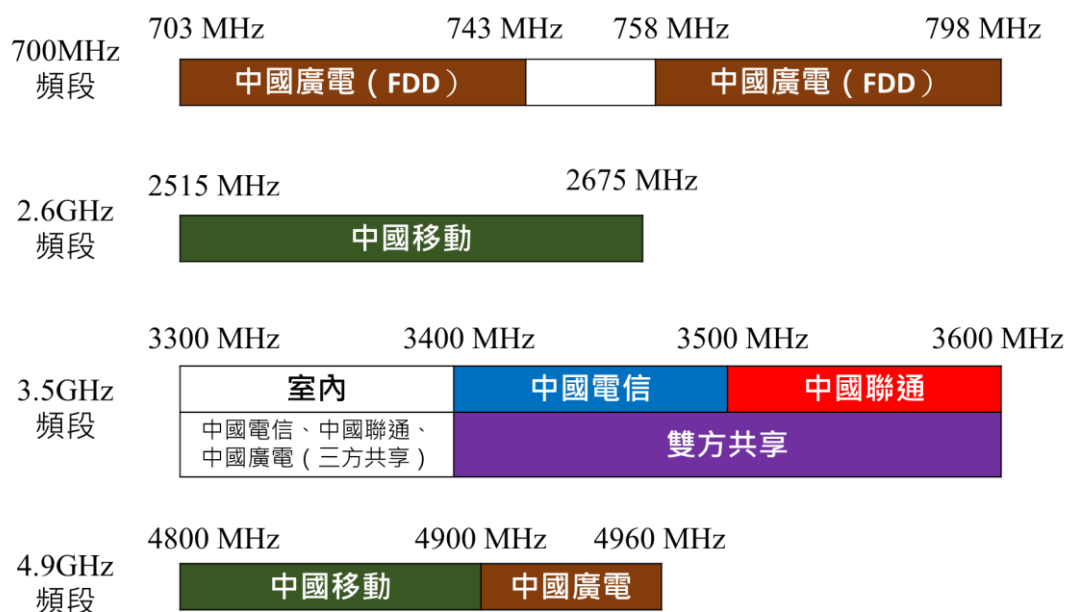


圖 2-79：中國 5G 頻譜釋出現況與規劃

資料來源：工信部、廣電總局、中國聯通、中國電信；本研究彙整。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

2018 年中國政府發放 MVNO 業者的正式執照，對中國國內 MVNO 業務逐步走向開放市場的態度。早在 2013 年 1 月 8 日，工信部發佈《移動通信轉售業務試點方案》(徵求意見稿)，為中國 MVNO 市場開放的起點，同年底發放試點執照。而隨著正式執照的發放，中國政府對於 MVNO 採取開放態度。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

中國 5G 發展政策，已由技術驗證為核心，逐步走向促進網路基礎建設、降低布建成本等目標，藉由建構完善 5G 基礎環境，促進電信業者發展多元創新 5G 應用。本節將聚焦於國家層級的兩項產業促進政策，分別為 5G 技術研發試驗、降低頻率占用費 (頻占費) 與 5G 基地臺布建補貼政策。

5G 技術研發試驗方面，中國於 2018 年至 2019 年進行兩年的二階段 5G 建置計畫。第一階段為 2018 年的 5G 技術研發試驗階段，三大電信公司皆進行相關試驗，如中國移動以杭州、上海、廣州、蘇州、武漢等 5 個城市進行 100 個 5G 基地臺實驗；中國聯通以北京、天津、青島、杭州、南京、武漢、貴陽、成都、深圳、福州、鄭州、瀋陽等 16 個城市進行基地臺實驗；中國電信以雄安、深圳、上海、蘇州、成都、蘭州等 6 個城市進行基地臺實驗。以上共計 18 個城市（包含雄安新區）進行試驗¹⁹⁹

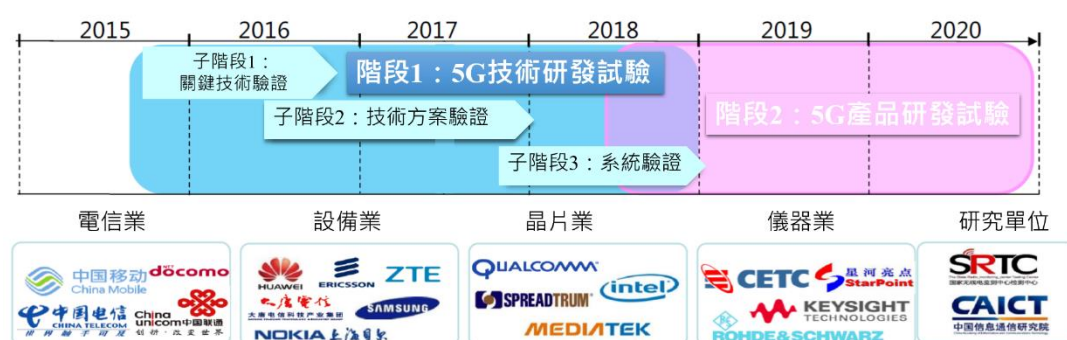


圖 2-80：中國 5G 試驗推動計畫時程與架構

資料來源：GSMA（2017）

第二階段為 2019 年的 5G 應用研發試驗階段，由國家發改委公布北京、天津、青島、杭州、南京、武漢、貴陽、成都、深圳、福州、鄭州、瀋陽等 12 個城市進行 5G 業務示範，推進人工智慧、工業互聯網、物聯網等建設，加快 5G 商用步伐²⁰⁰。隨著 2019 年 11 月 1 日中國 5G 商用服務正式上路，中國三大電信商與中國廣電將成為中國 5G 技術發展、商業應用的生態系核心。推動方向逐漸以電信業者建構產業生態系為主的創新應用落地趨勢。

中國中央政府為降低電信業者 5G 網路布建成本，國務院指示發

¹⁹⁹ 人民網。5G 試點城市最新名單公佈！今年，5G 將在這些城市應用落地。2018 年 4 月 11 日。 <http://tc.people.com.cn/BIG5/n1/2018/0411/c183008-29918897.html>。

²⁰⁰ 黃欣。發改委：今年加快 5G 商用等 5 大投資方向。工商時報。2019 年 1 月 14 日。 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190114004142-260409?chdtv>。

改委與財政部研擬降低部分無線電頻率占用費收費標準²⁰¹，降低 5G 行動通訊系統頻率占用費標準，以鼓勵新技術和新業務的發展。具體規劃為自 5G 頻率使用許可證發放之日起，前三年免收頻占費、第四至第六年起逐年收取費用標準的 25%、50%、75%。第七年起回歸原始收費標準。

此外各省市政府為加速地方 5G 網路布建，紛紛制定地方層級之 5G 網路布建補貼政策，各地政策內容與具體措施有所差異，但可彙整為三項共同政策主軸²⁰²：

1. 統籌 5G 基地臺規劃布建：將 5G 基地臺布建納入國土空間規劃、建築物預留 5G 基地臺相關設備空間。
2. 開放公共資源、設施協助 5G 基地臺建設：推動國營、公共區域及各項公共設施開放，可供 5G 基地臺布建或共建。
3. 降低成本（布建、用電）：統籌推動 5G 基地台布建補貼、電價補貼等措施。

²⁰¹ 中國發改委（2018），國家發展改革委 財政部關於降低部分無線電頻率占用費標準等有關問題的通知，https://www.ndrc.gov.cn/xgk/zcfb/tz/201804/t20180424_962716.html

²⁰² 賽迪智庫（2020），誰在助力 5G 加速跑？—中國地方政府 5G 政策研究，<https://www.ccidgroup.com/sdgc/16029.htm>

表 2-57：深圳、廣東、海南 5G 網路布建補助措施

省市	基地臺布建成本補貼	基地臺用電成本補貼
深圳	<ul style="list-style-type: none"> ● 每一座 SA 基地臺補助 1 萬人民幣 ● 單一業者補助上限為 1.5 億人民幣。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 對 5G 基地臺用電成本，給予連續三年補貼資助。 ● 納入工商業用電資助範圍
廣東	廣州市(事後補助) <ul style="list-style-type: none"> ● 中國電信：3,000 座基地臺、900 萬人民幣 ● 中國移動：3,985 座基地臺、1195.5 萬人民幣 ● 中國聯通：3,426 座基地臺、1,027.8 萬人民幣 	<ul style="list-style-type: none"> ● 廣東省改採「直供電」方式（由發電廠直接與用電大戶協商電價成本） ● 採工商業電價標準
海南	<ul style="list-style-type: none"> ● 5G 補貼專案(事後)，時間為 2020、2021、2022 年 ● 補貼金額每年上限 1 億元人民幣 	<ul style="list-style-type: none"> ● 訂定基地臺用電收費標準 ● 實施「抄表到戶」工作（每一基地臺站址，皆有電表，精確掌握用電量換算費用）

資料來源：賽迪智庫、廣東省政府、深圳市政府、海南省政府。

(二)垂直場域應用之推動政策

關於垂直場域之推動政策，中國採取的是各地分別布建的方式，較無整體性的預先規劃。例如中國本土電信商與國內外顧問公司，均以其角度來診斷與評估未來中國垂直場域的發展商機，如 2018 年，GSMA 與 GTI 共同發佈《中國 5G：典型行業應用》報告，針對自駕車、無人機、製造與工業 4.0 認為是中國的潛力發展方向，亦有如中國的網路論壇彙整中國各省市與業者間簽訂的實證或垂直領域之合作計畫，包括自駕車/車聯網、高畫質/VR 直播、智慧醫療、智慧電網、智慧城市/無人機等垂直應用領域²⁰³。

2020 年年初因應新冠病毒 (COVID-19) 疫情爆發，電信業者 5G 相關應用試驗，聚焦於醫療、遠距應用為主。具體包含：醫療雲、體

²⁰³GSMA、GTI (2018)。中國 5G：典型行業應用。

<https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=755854eaf0d77195e2a9df40a559e47d&download>。

溫監測、機器人、VR/AR、遠距診斷輔助系統、視訊直播等²⁰⁴。

2020年3月24日工信部於《關於推動5G加快發展的通知》中，除了網路布建、資安等議題外，正式將5G+醫療、5G+工業互聯網、5G+車聯網等三項垂直應用列入中央層級政策文件，作為中國近期5G垂直應用推動方向。

(三)5G商轉概況

中國三大電信業者共同於11月1日推出商用服務。目前工信部尚未公告5G用戶數量、5G基地台數量等官方統計數據。本小節資料來源將以新聞報導、業者自行公告為主提供相關資訊作為參考，協助掌握中國5G市場最新趨勢。

根據新聞報導，中國5G基地臺布建數量到2020年2月底約已完成15萬座以上基地臺²⁰⁵。2020年全年規劃完成55萬座基地臺，其中中國移動為30萬臺，中國電信與中國聯通共建基地臺，雙方合計目標為第三季建設25萬座。此外根據中國鐵塔新聞資料，至2019年底已統籌並建成約16.1萬座5G基地台，其中多數基地臺以既有站址進行改建，減少新站點的建設與土地成本²⁰⁶。

²⁰⁴ 中國聯通（2020），央視報導聯通5G助力復工復產，<http://www.chinaunicom.com/news/202003/1584351360950018107.html>；中國電信（2020），中國電信“5G+雲+AI”新冠肺炎智慧輔助分析系統準確度超90%，http://www.chinatelecom.com.cn/news/02/202003/t20200316_52993.html

²⁰⁵ 通信世界網（2020），將建55萬個5G基站：三大運營商5G建設計畫公布，<http://www.cww.net.cn/article?id=465770>

²⁰⁶ 中國鐵塔（2020），中國鐵塔2019年財報：塔類站址總數達199.4萬個，持續加速5G發展，<http://www.cww.net.cn/article?id=467112>

表 2-58：2020 年中國業者 5G 網路建設現況與規劃

時間	中國移動	中國電信	中國聯通	總計
2019 年已建基地臺	5 萬臺	6 萬臺以上 (自建 4 萬臺、共享聯通 2 萬臺)	6 萬臺以上 (中國電信+中國聯通 5 萬臺，自建 1 萬臺)	16 萬臺以上
2020 年規劃數量	全年完成 30 萬臺	2020 年上半年完成 10 萬臺； 第三季完成 25 萬臺		全年完成 55 萬臺以上

資料來源：通信世界網、中國聯通、中國電信²⁰⁷。

在 5G 用戶數方面，由於未強制業者公布統計資訊，目前分別有中國電信²⁰⁸、中國移動²⁰⁹公告 5G 用戶數資料，但中國聯通並未公告相關資訊。中國 5G 門號可多人共用（家庭門號），統計資料為申辦戶數，與實際使用 5G 門號人數仍有落差。

表 2-59：中國三大電信業者 5G 用戶數資料

時間	中國移動	中國電信	中國聯通
2020 年 2 月	1539 萬 9 千戶	1073 萬戶	-
2020 年 1 月	673 萬 6 千戶	-	-

資料來源：中國移動、中國電信、中國聯通；本研究彙整

而中國信通院統計自 2019 年 6 月到 2020 年 3 月期間 5G 手機出貨數據，資料顯示在 2019 年 5G 手機數量與型號種類不斷增加，然而進入 2020 年則受到季度和外環境因素而出現明顯波動。

²⁰⁷ 新浪科技。三大運營商今年 5G 基站數對比：移動最多，電信聯通相同。2019 年 8 月 28 日。 <https://tech.sina.com.cn/5g/i/2019-08-28/doc-ihytcern4102706.shtml>

²⁰⁸ 中國電信，主要運營數據-月度， <https://www.chinatelecom-h.com/sc/ir/kpi.php>

²⁰⁹ 中國移動，投資者關係-移動業務，

https://www.chinamobiletd.com/tc/ir/operation_m.php?year=2020&scroll2title=1

表 2-60：中國 2019 年 8 月至 2020 年 2 月 5G 手機統計資料

統計期間		5G 手機出貨量(萬台)	5G 手機種類(款)
2020	3	621.5	24
	2	238.0	11
	1	546.5	8
2019	12	541.4	11
	11	507.4	4
	10	249.4	2
	9	49.7	9
	8	21.9	4
	7	-	4
	6	-	1

資料來源：中國信通院每月數據；本研究彙整

在資費方案選擇上，三大電信業皆推出多項 5G 資費方案供消費者選擇。由於仍處於初期市場推廣階段，因此資費金額並未高於 4G 資費達倍數以上，並以老客戶優惠方案吸引 4G 用戶過渡至 5G 方案。以中國電信為例，推出 4G 流量升級為 5G 的方案，4G 中高資費方案的用戶，每月額外增加月租費人民幣 9-19 元，即可享有每月 10-20 GB 上網流量的 5G 速率體驗方案。此外三家電信業者 5G 資費方案皆為組合式套裝方案，除語音、上網服務外，也包含影音和其他加值服務。

表 2-61：中國三大電信業者 5G 資費方案

中國移動						中國聯通			中國電信		
5G 智享套餐 (家庭版)			5G 智享套餐 (個人版)			5G 暢爽冰淇淋			5G 暢享套餐		
月費 (元)	流量 (GB)	語音 (分鐘)	月費 (元)	流量 (GB)	語音 (分鐘)	月費 (元)	流量 (GB)	語音 (分鐘)	月費 (元)	流量 (GB)	語音 (分鐘)
169	30	500	128	30	500	129	30	500	129	30	500
-	-	-	158	40	700	159	40	500	-	-	-
269	60	1000	198	60	1000	199	60	1000	199	60	1000
-	-	-	238	80	1000	239	80	1000	239	80	1000
369	100	1500	298	100	1500	299	100	1500	299	100	1500
569	150	2000	398	150	2000	399	150	2000	399	150	2000
869	300	3000	598	300	3000	599	300	3000	599	300	3000

註：資費金額單位為人民幣；資費蒐集時間為 2020 年 3 月；各省方案數量不同
資料來源：中國聯通²¹⁰、中國電信²¹¹、中國移動²¹²。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

2017 年 6 月 8 日，中國公開徵集針對 24.75~27.5GHz 和 37~42.5GHz 頻段用於 5G 技術試驗的「5G 毫米波頻段規畫徵集意見」，預計釋出 8.25GHz 高頻段頻譜資源。然而後續發展相對緩慢。根據新華網²¹³引述中國 5G 推進組資料，中國毫米波發展可分為三階段：第一、2019 年 8 月至 12 月為驗證 5G 毫米波關鍵技術和系統特性；第二、2020 年計畫驗證毫米波基地臺和終端設備的功能、性能和操作，並進行高低頻段協同組建網路的驗證；第三、2020-2021 年計畫進行場景驗證。所以中國毫米波商用時間點可能落在 2022 年以後。毫米

²¹⁰ 中國聯通網站。http://s.10010.com/bj/feesetlist-139-0-0-0-0-0-0-0-0-0/。

²¹¹ 中國電信網站。http://189.cn/fj/hd/5G/?p=A.FJ.SYCD#make1。

²¹² 中國移動網站。https://shop.10086.cn/goods/471_471_1077334_1059009.html。

²¹³ 新華網 (2020)，5G 頻段擴容 毫米波成“兵家必爭之地”，
http://www.xinhuanet.com/tech/2020-02/11/c_1125557803.htm

波現行實驗主要由業者、研究機構進行，實驗重點在於技術驗證（PoC）、以及和諧共存議題（與衛星應用）。

（二）推動產業政策措施

中國政府尚未正式公告毫米波發展政策，GSMA 於 2020 年 3 月出版《5G 毫米波在中國的機遇》²¹⁴，報告預測中國毫米波發展趨勢，並提供相關政策建議。

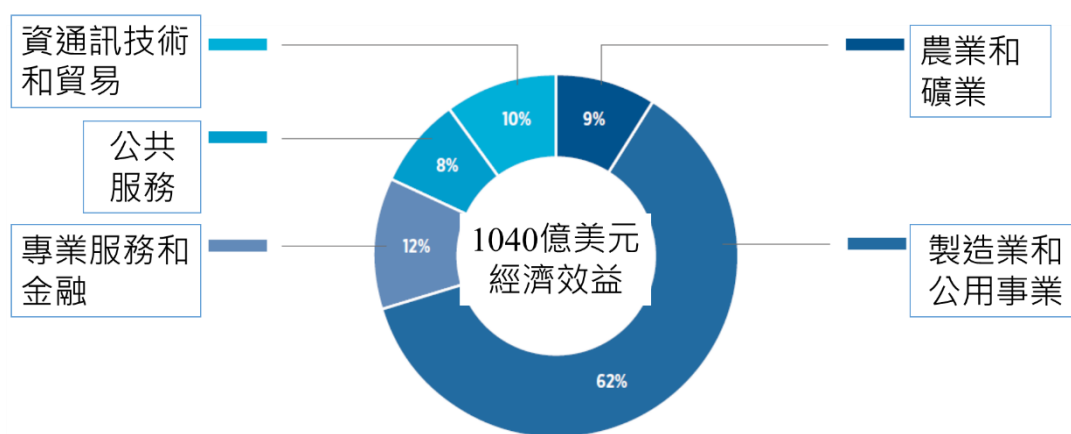


圖 2-81：至 2034 年 5G 毫米波對亞太地區 GDP 貢獻之各國占比

資料來源：GSMA（2020）

根據 GSMA 預估，至 2034 年中國採用毫米波頻譜將可產生約 1,040 億美元的經濟效益，占亞太地區總經濟效益的一半。GDP 主要貢獻產業依序為製造業和水電公用事業（約 62%），其次為專業服務與金融業（約 12%）、資通訊和貿易業（約 10%）、農、礦業和公共服務。報告並以工業應用、交通應用為案例介紹毫米波 5G 應用項目。

GSMA 認為毫米波頻段將為中國製造業產生最大的經濟效益。因應全球工業 4.0 浪潮、中國「5G+工業互聯網」政策願景，可藉由採用毫米波頻段加速 5G 創新應用發展。5G 工業應用項目包含：工業機器人、遠端監控與品質控制系統、工廠內自動運輸等；在交通應用方

²¹⁴ GSMA(2020), Impacts of mmWave 5G in China, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/03/mmWave-5G-Benefits-China-English.pdf>

面，因應中國在 2006 至 2015 年期間，自用車數量以平均每年 20% 比例穩定增長，然而道路基礎設施僅以每年 3.5% 比例增加，交通運輸系統負擔日益沉重，並且中國都市化趨勢造成市區擴張快速，通勤需求大幅增加。車聯網應用成為有效解決都市交通擁塞的可行方案。

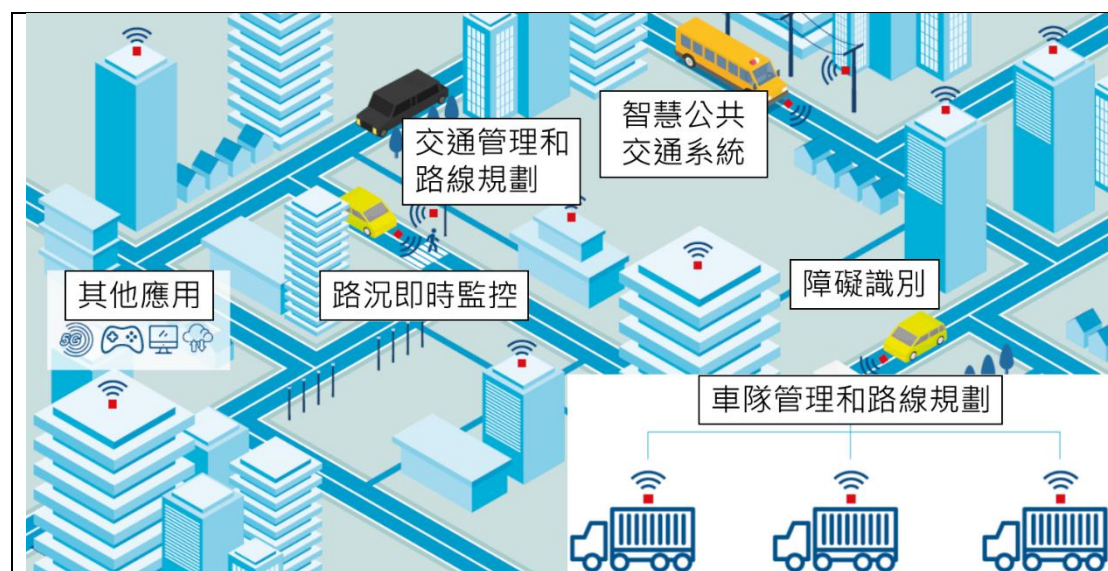


圖 2-82：智慧交通情境中的 5G 毫米波應用

資料來源：GSMA（2020）

第十二節 香港

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

香港通訊傳播管理局 (Office of the Communications Authority, OFCA) 為因應 5G 到來而存在大量頻譜需求, 因而釋出包含 3.3GHz、4.9GHz、3.5GHz, 以及毫米波頻段 26GHz、28GHz 頻譜資源。香港通訊事務管理局釋出頻段為 26GHz (24.25 - 27.5GHz)、28GHz (27.5 - 28.35GHz) 及 3.5GHz (3.4-3.6GHz)。通訊局先行針對上述頻譜進行多次公眾意見諮詢與研究。重點議題包含頻譜收回、頻譜調整和衛星站共存的解決方案、協助創新 5G 試驗推動。

2018 年 12 月 13 日, 香港商務及經濟發展局 (商經局) 與通訊事務管理局 (通訊局) 聯合公布意見諮詢後的決議成果。決議以釋出更多頻譜資源供未來 5G 新興應用為目標。其中屬於毫米波頻段的 26GHz、28GHz 因為與現行應用衝突較少將先行釋出, 並且為促進 5G 創新應用實驗, 採取行政指派方式釋出。26GHz、28GHz 頻段將核發頻段總量達 4,100MHz 之頻譜資源供業者使用。合格者可於 2019 年 4 月起開展相關 5G 服務實驗, 且釋出頻譜未達原訂總量的 75% (1200MHz / 4100MHz), 頻譜資源相對寬裕。因此業者無需繳交頻譜使用費, 但通訊局在指引 (Guidelines)²¹⁵ 中的相關責任 (履約保證金、提供網路、服務責任) 與牌照費用仍需履行, 以保證頻譜使用權。

²¹⁵Office of the Communications Authority(2018), GUIDELINES FOR SUBMISSION OF APPLICATIONS FOR ASSIGNMENT OF SPECTRUM IN THE 26 GHZ AND 28 GHZ BANDS FOR PROVISION OF LARGE SCALE PUBLIC MOBILE SERVICES, https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_1127/26_28_GHz_Guidelines.pdf (last visited :2019/5/27)

另外針對 3.5GHz、3.3GHz 與 4.9GHz 頻段，由於頻段資源稀少、已被指派特定用途，並且存在商業競爭、頻譜干擾等問題。所以 6GHz 以下頻段一方面仍將持續進行頻譜整備與清理，並且連續進行三場拍賣，依序釋出 3.5GHz、3.3GHz 與 4.9GHz 總計達 380MHz 之頻譜資源。未來基於 OFCA 釋出更多頻譜資源的政策目標，香港 5G 工作持續以頻譜評估、意見彙集、頻譜安排決議、頻譜釋出等項目。香港 5G 頻譜工作進程如下圖：

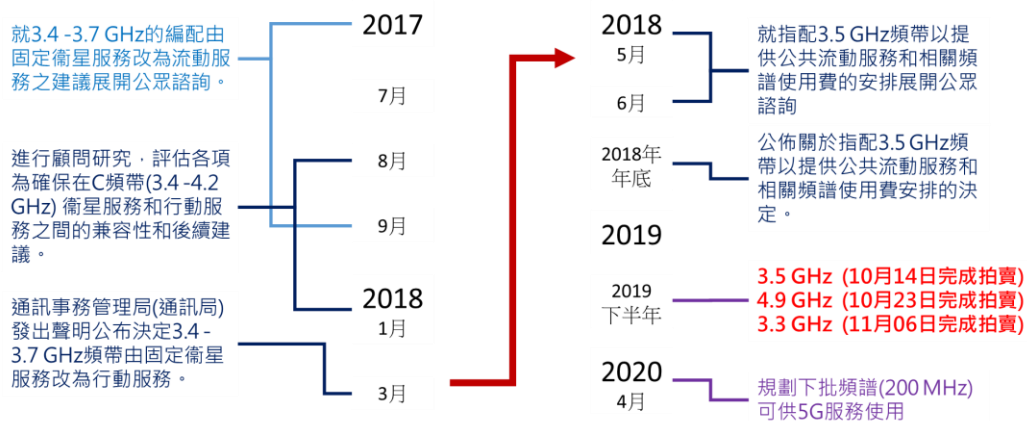


圖 2-83：香港通訊局 3.5、4.9、3.3 GHz 釋出時程

資料來源：通訊局；本研究整理。



圖 2-84：香港通訊局 26、28GHz 釋出時程

資料來源：通訊局；本研究整理。

通訊事務管理局辦公室（OFCA）已完成第一波釋照工作，採拍賣方式釋出 3.5GHz、3.3GHz 與 4.9GHz 頻段，並且採行政指派方式釋出 26、28GHz 頻段。因應未來 5G 應用發展可能產生頻寬需求，OFCA 計畫持續釋出更多頻譜資源供香港通訊市場使用。

二、5G 頻譜釋照政策分析

（一）電信市場概況

根據香港通訊事務管理局公開資料²¹⁶，香港整體電信市場用戶數呈現持續增長的趨勢。其中行動電話用戶總數已達到 2,000 萬以上（約 2382 萬），滲透率超過 240%（約 283%）。寬頻上網登記用戶帳號總數達到 2 百萬以上，住戶寬頻滲透率約為 93.6%。

表 2-62：香港電信市場概況

類別	數據	備註
住宅固定電話滲透率	85.91%	(2019 年 10 月)
行動通訊用戶滲透率(行動通訊用戶數/香港人口數)	283.0%	(2019 年 11 月)
行動通訊用戶數	23,821,979 人	(2019 年 11 月)
行動寬頻(2.5G/3G/4G)用戶數	23,560,970 人	(2019 年 11 月)
已登記的寬頻上網用戶帳號數	2,782,837 (估計)	(2019 年 11 月)
住戶寬頻滲透率	93.6%	(2019 年 11 月)
光纖到戶/到樓的滲透率	75.3%	(2019 年 10 月)
光纖到戶(FTTH)的滲透率	51%	(2019 年 10 月)
光纖到樓(FTTB)的滲透率	24.3%	(2019 年 10 月)
業者資料		
行動通訊業者	4	(2020 年 2 月)
虛擬行動通訊業者	24	(2020 年 2 月)
本地固網業者	27	(2020 年 2 月)

資料來源：通訊局。

²¹⁶ OFCA。 https://www.ofca.gov.hk/tc/data_statistics/data_statistics/key_stat/index.html (最後瀏覽日 2020 年 03 月 20 日)。

1. 固網寬頻市場概況

香港固網寬頻市場共有 27 家業者。香港市場積極推動光纖網路鋪設，藉此提供香港用戶更穩定、更高速的寬頻上網需求，提升香港資通訊基礎建設水平。用戶數呈現逐年成長趨勢，至 2019 年 3 月已有 2,714,679 戶，用戶類型有高達 8 成（89.1%）是住宅、約 1 成半（10.9%）為商業用戶。

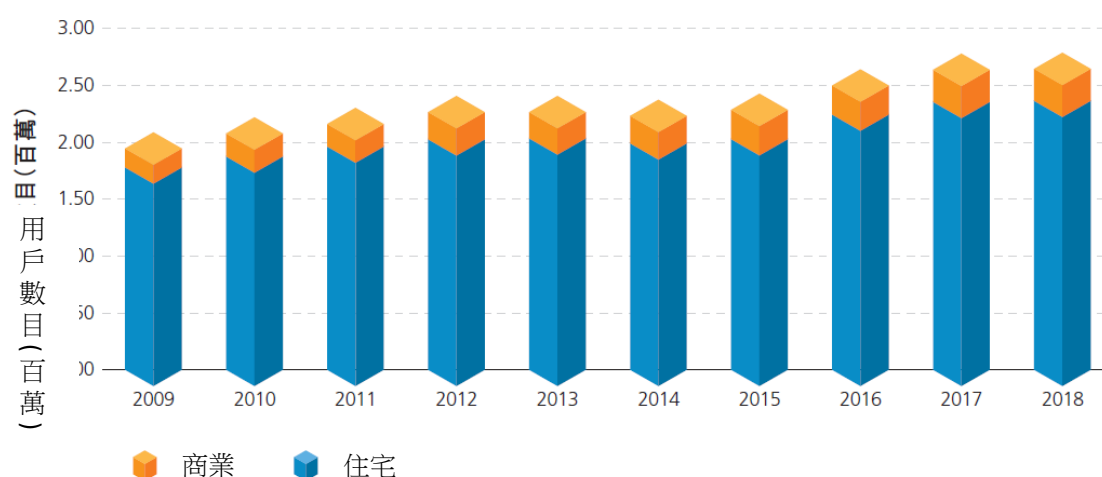


圖 2-85：香港 2009-2018 年固網寬頻用戶成長趨勢

資料來源：通訊事務管理局 2018/2019 年報。

2. 行動通信市場概況

香港行動通訊市場發展成熟，整體行動通訊滲透率已達到 283%²¹⁷，反映香港每人至少有 2 個以上的行動門號。隨著新世代通訊技術的發展，整體通訊市場快速演進並產生更為多元的新通訊應用服務，香港通訊市場競爭也更為劇烈。

²¹⁷數據計算方式：(全香港 2.5G/3G/4G 行動通訊用戶數/ 全香港人口數)

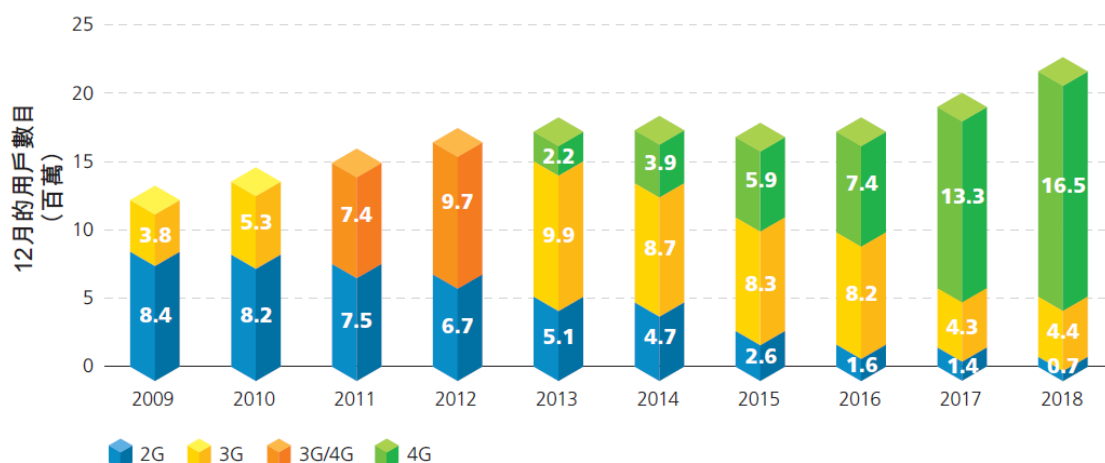


圖 2-86：香港 2009-2018 年行動市場用戶數成長趨勢

資料來源：通訊事務管理局 2018/2019 年報。

目前香港共有 4 家業者提供行動通訊服務，分別為中國移動（香港）、和記電訊（3 香港）、數碼通（SmarTone）、香港電訊（Hong Kong Telecommunications (HKT) Limited），其中中國移動（香港）提供全集團資料（含中國與香港市場），所以缺乏可比較之基礎。下圖為排除中國移動（香港）後，三大業者香港市場用戶數。

表 2-63：香港三大本土電信業者 2019 年用戶數、營收資料比較表

業者	香港電訊	和記電訊	數碼通
用戶數(人)	467.9 萬	365.5 萬	264 萬
2019 年營收(港幣)	331.03 億	36.13 億	84.15 億

資料來源：香港電訊年報(2019)、數碼通年報(2019)、和記電訊年報(2019)。

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

香港通訊管理局以拍賣方式釋出 3.5GHz、3.3GHz 與 4.9GHz 頻譜。基於各頻段在資源稀缺度、市場環境、相鄰頻譜應用等條件有所不同，因此三次拍賣皆略有差異。

(1) 競價區塊

三次拍賣規則 OFCA 規劃如下：

- 3.5GHz (3.4-3.6GHz) 共釋出 200MHz，以 10MHz 為單位，分為 20 個頻段區塊。
- 3.3GHz (3.3-3.4GHz) 釋出 100MHz，以 10MHz 為單位，分為 10 個頻段區塊。
- 4.9GHz (4.83-4.93GHz) 釋出 100MHz，以 40MHz 為單位，分為 2 個 40MHz 頻段區塊 (4.84-4.88GHz、4.88-4.92GHz)。另保留兩端各 10MHz (4.83-4.84GHz 與 4.92-4.93GHz) 以利未來與後續釋出之頻段合併。

(2) 競價機制

OFCA 在三次拍賣分別採用價格鐘拍賣方式 (二階段 clock auction)、多回合上升拍賣方式 (簡稱 SMRA) 兩種拍賣機制。其中價格鐘拍賣方式 (二階段 clock auction) 運用於 3.5GHz、3.3GHz 頻段；多回合上升拍賣方式 (SMRA) 則是用於 4.9GHz 頻段。

主管機關採用不同拍賣方式的考量為希望 3.5GHz、3.3GHz 頻段得標業者能取得連續的頻段資源，所以採價格鐘拍賣方式。因為依據通訊局過往經驗，SMRA 方式無法確保可指配連續頻段給予得標者，因此採用兩階段價格鐘拍賣。至於 4.9GHz 頻段則是只釋出 2 個頻塊，並無取得連續頻譜的迫切性，故仍採取多回合上升拍賣方式。並且所有拍賣都引入押標金 (Deposit)、資格點 (eligibility points)，作為規範競標業者行為、競價階段的判斷基準。

(3) 競價規則細節

在回合價與價格上升幅度方面，香港三次拍賣皆由主管機關決定每回合價格與價格上升幅度。其中 3.5GHz、3.3GHz 頻段採 CCA 拍賣，業者根據主管機關訂定之回合價表達需求頻塊數量；至於 4.9GHz 頻段雖然採用多回合上升拍賣方式，但由於此次拍賣只釋出兩頻塊，因此仍由主管機關訂定回合價，而業者從兩頻塊中選擇其一投標。

具體而言 3.5GHz、3.3GHz 頻段採 CCA 拍賣方式，各回合價除第一回合價格為底價，後續主管機關得依據拍賣競爭程度差異，自行決定回合價上升幅度和具體回合價。競爭程度判斷基準為根據超額需求程度而定，當業者所投的有效標總額數量（各回合所有業者實際投入的資格點數）明顯高於供給量（釋出頻寬）時，主管機關可自行訂定較高、大幅度提升的次回合價。當該回合需求接近供給時，下一回合價增加幅度將減少，並且當頻譜需求小於供給量（釋出頻寬）時，數量競價回合結束，若有未釋出頻塊，則進入一次性競價回合；另外 4.9GHz 由於只釋出兩頻塊，因此回合價變動簡化為上升、不變與下降三種情況。

- 3.5GHz、3.3GHz 頻段拍賣：主管機關依拍賣競爭程度（超額需求數量），決定回合價與回合價上升幅度。超額需求越大，回合價上升幅度越快，反之亦然。
- 4.9GHz 頻段拍賣：由主管機關訂定回合價與變動幅度，並與三種投標情境連動。
 - A. 前一回合存在有效標、且有暫時得標者時，下回合價將上升。
 - B. 前一回合無有效標、但有暫時得標者時，下回合價可不變或降低。

C. 前一回合無有效標、且無暫時得標者時，下回合價降低，但不可低於底價標準。

押標金與資格點則是相互連動，同樣基於底價金額進行換算，並扮演類似籌碼功能。首先在資格審查階段，業者必須先行繳納押標金（確認資格點數）作為合格標準，業者自行決定押標金額和資格點數，但不得高於設定上限，規定在競標前完成繳納（事前靜態）。押標金額將換算為資格點數，而資格點上限等於業者可得頻率上限，構成業者競標行為之規範。

進入競標階段後，香港三次拍賣皆採取以資格點數進行競標。每回合業者實際投標之資格點總數，成為超額需求是否存在之判斷依據。在採取 CCA 拍賣方式的 3.5GHz、3.3GHz 頻段，若超額需求存在，則數量階段將持續進行。反之，若超額需求消失，則進入指配階段。如果此時仍有未釋出頻段，將進入一次性競價回合，業者出價競標未釋出頻塊，後續才進入指配階段。換言之，當所有投標業者（超過一位）有效標之資格點數加總低於特定門檻（3.5GHz 為 20 點，等同釋出頻寬為 200MHz；3.3GHz 為 10 點，等同釋出頻寬為 100MHz），視為超額需求消失，數量競價階段立即結束。

2. 底價

香港商經局認為底價應訂定在反映頻譜基本價值標準，並藉由拍賣過程發掘頻譜的市場價值。由於 5G 布建需要大量前期投資，同時應用市場雖然具備發展潛力但尚未成熟，而且頻譜的市場價值無法準確判斷。所以主管機關香港商經局將基於上述眾多考量，擬訂不同頻譜底價水準，最終訂定底價：3.5GHz 為 4 百萬港幣/MHz；4.9GHz 為 3 百萬港幣/MHz；3.3GHz 為 2 百萬港幣/MHz。

3. 標金繳納方式

OFCA 表明所有拍賣頻段的得標者皆可選擇一次繳付所需費用，或選擇每年分期付款。分期付款各期金額不同，第一期金額為一次繳付的總金額除以 15 年，後續每期金額逐年遞增 2.5%。但採用分期付款方式在執照有效期內，每年需就後續五年的頻譜使用費額外提供擔保，以確保該公司具備穩定現金流。

表 2-64：香港 3.5GHz、4.9GHz、3.3GHz 拍賣競價機制比較表

頻段	3.5GHz	4.9GHz	3.3GHz
區塊	10MHz×20	40MHz×2	10MHz×10
競價機制	價格鐘拍賣	多回合上升拍賣	價格鐘拍賣
資格點	4 千萬港幣/每點	1 億 2 千萬港幣/每點	2 千萬港幣/每點
底價	4 百萬港幣/每 MHz	3 百萬港幣/每 MHz	2 百萬港幣/每 MHz
頻譜上限	70MHz	40MHz	40MHz
資格點數 上限	7	1	4

資料來源：香港通訊局；本研究整理。

4. 釋照結果

香港通訊局於 2019 年 10 月中旬至 11 月初進行連續三場頻譜拍賣作業。通訊局為避免頻譜資源過度集中於少數業者，故制定頻譜上限規範。並且拍賣規定中，除第一回合價為底價，主管機關決定後續回合價金額和上升幅度。拍賣結果呈現拍賣制度設計之結果，頻譜資源平均分配於不同業者。

表 2-65：香港 5G 頻譜拍賣結果

國家	3.5GHz	4.9GHz	3.3GHz
數量競價及位置競價得標概況	<ul style="list-style-type: none"> 共由中國移動(香港)、HKT、數碼通與和記電訊四家業者得標。 決標金較總底價上升 26%。 	<ul style="list-style-type: none"> 共由中國移動(香港)、HKT 二家業者得標。 決標金為底價。 	<ul style="list-style-type: none"> 共由中國移動(香港)、HKT、數碼通與和記電訊四家業者得標。 決標金較總底價上升 233%。
底價	<ul style="list-style-type: none"> 每 MHz 為 4 百萬港幣 總底價 8 億港幣 	<ul style="list-style-type: none"> 每 MHz 為 3 百萬港幣 總底價 2 億 4 千萬港幣 	<ul style="list-style-type: none"> 每 MHz 為 2 百萬港幣 總底價 2 億港幣
總標金	10 億 6 百萬港幣	2 億 4 千萬港幣	6 億 6 千 5 百萬港幣(665,133,332)

資料來源：本研究整理。

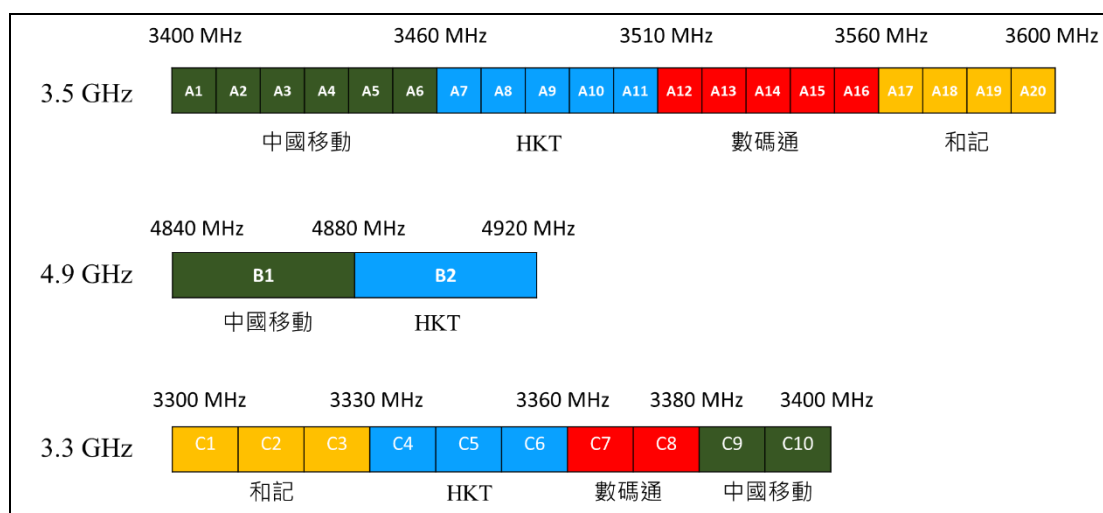


圖 2-87：香港 3 次拍賣結果頻譜分布圖

資料來源：本研究整理。

(三) 權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

通訊局並未訂定特別鼓勵、扶植新進業者的具體措施。通訊局鼓勵各界有興趣人士參與 3.5GHz、3.3GHz、4.9GHz 頻譜拍賣競標，只須滿足通訊局所訂定的最低資格要求，並未限定於通訊業者。根據最

終拍賣結果顯示，5G 頻譜拍賣以中國移動香港、香港電訊、和記電訊、數碼通等四家行動通訊業者參加。

2. 頻譜取得上限規範

通訊局基於促進競爭的原則，認為頻譜資源過度集中將造成競爭風險，通訊局根據公眾諮詢意見的結果，為確保具備相對平均的頻譜分配結果，達到有利於促進市場有效競爭、頻譜有效利用的目標。具體訂定各拍賣頻段上限及說明如下。

(1) 3.5GHz

OFCA 規劃 3.5GHz 頻段之頻譜上限為 70MHz。根據公眾諮詢意見的結果，通訊局認為 3.5GHz 共釋出 200MHz 頻寬，設定 70MHz 的上限能確保具備相對平均的頻譜分配結果，並且可提供約 3 家業者使用，有利於促進市場的有效競爭、頻譜有效利用的目標。

(2) 3.3GHz

OFCA 所規劃 3.3GHz 頻段之頻譜上限為 40MHz。通訊局同樣基於促進競爭的原則，認為頻譜資源過度集中將造成競爭風險，釋出 100MHz，以 40MHz 為上限，使頻譜資源分配更為平均。

(3) 4.9GHz

OFCA 所規劃 4.9GHz 頻段之頻譜上限為 40MHz。4.9GHz 頻段共分為兩個 40MHz 區塊，因此避免頻譜資源過於集中於單一業者，並保留與後續釋出頻譜結合的彈性，故制定 40MHz 為上限。

3. 得標者義務

(1) 3.5GHz

對於 3.5GHz 頻段，OFCA 設置布建義務為得標者自頻譜指配日

期起算前五年內，服務範圍應涵蓋全港至少 45% 的人口。OFCA 原定規畫以涵蓋全港 50% 的人口，但由於 3.5GHz 存在與衛星接收站干擾的問題，導致需設立管制區。因此 OFCA 推估居住在管制區內的人口數約為全港 10% 人口，故調降原定 50% 人口標準的十分之一，改為涵蓋全港 45% 人口。

(2) 3.3GHz

對於 3.3GHz 頻段，OFCA 設置布建義務為得標者自頻譜指配日期起算前五年內，應設置 400 個使用該頻段的室內基地臺。由於 3.3GHz 主要用於室內使用，因此 OFCA 考量賦予業者布建責任，以及目前行動網路業者平均供應的室內基地臺數量，故制定為 400 個。

(3) 4.9GHz

對於 4.9GHz 頻段，OFCA 設置布建義務為得標者自頻譜指配日期起算前五年內，服務範圍應涵蓋全港至少 50% 的人口。OFCA 考量避免囤積頻譜情況出現，以促進頻譜使用效率和應用服務發展，故制定前五年內，服務範圍應涵蓋全港至少 50% 的人口。

4. 頻率使用期限

OFCA 規劃所有頻譜執照（3.5GHz、3.3GHz、4.9GHz）有效期皆為 15 年。OFCA 並提供現有執照業者可選擇主動向通訊局申請將現有執照與獲得的新執照合併。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

香港通訊局為確保拍賣的有效性、具備有效的競爭過程而使頻譜能夠指配給出價最高的業者，進而反映頻譜的真實市場價值。所以基於上述確保拍賣競爭的原則，通訊局自頻譜指配日期起算前五年，通常不會准許得標者提出頻譜使用權移轉的要求。另外，香港商務及經

濟發展局曾於 2018 年委託 Analysys Mason 與 DotEcon 兩家業者共同進行以香港進行頻譜交易的影響性研究²¹⁸。並於 2018 年 6 月於香港資訊科技及廣播事務委員會會議上進行簡報，該研究認為香港短、中期尚無制定頻譜交易政策的必要性。

研究結論提出的四項理由為：第一、香港頻譜管理政策相對成熟有效率，具備多種替代政策工具。在政策環境良好的條件下，缺乏足夠證據能確定頻譜交易可提供比現行政策更多的助益。第二、制定頻譜交易政策耗時且高成本，現行頻譜管理政策已具備效率優點，短期內並無引入頻譜交易的必要性。第三、香港現行無線電頻譜使用率高（擁擠），可供交易的頻譜資源有限，因此交易所帶來的潛在效益反而可能低於成本和風險。第四、中期而言，5G 技術仍處於發展階段，隨著 5G 主要技術走向毫米波頻段，在毫米波頻譜資源仍屬充足情況下，可透過行政分派釋出頻譜，短期內並無推動頻譜交易的急迫性。

6. 其他釋照政策規劃重點

在與既有業務和諧共存方面，由於 3.5GHz 與衛星觀測的 C-band 頻段相鄰，彼此很可能造成互相干擾的問題。因此 3.5GHz 頻段的 5G 技術和衛星應用和諧共存成為重要議題。根據 OFCA 的規劃，各項和諧共存的責任將由得標業者承擔大部分責任，具體要求如下：

得標者基於保障現有遙測、追蹤及控制衛星接收站的目標，故需符合三項技術緩解措施、一項基金補助，分別為：

- (1) 在現有遙測、追蹤及控制衛星接收站加裝屏蔽封蓋。
- (2) 優化行動通訊基地臺天線的輻射方向。
- (3) 以及把現有遙測、追蹤及控制衛星接收站由目前的工

²¹⁸ Analysys mason (2018), Study on the implementation of spectrum trading in Hong Kong https://www.cedb.gov.hk/ccib/eng/report/doc/spectrum_trading/2018_report.pdf (last visited :2019/5/27)

業區位置移往較偏遠地區或整合兩個接收站為一個。

- (4)得標者需支付補助給現有衛星電視共用天線系統，方式採一次性補助，每個系統補助上限為 2 萬港幣。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

根據公開資料，通訊局針對合作規範須遵循通訊局、電信條例之規管，主要規範根據《電訊條例》第 36AA 條之內容，通訊局對於合作共享採取正面鼓勵的態度，唯有針對頻率共享採取禁止立場。在網路布建方面，通訊局基於公共利益為原則時會發出指示，要求業者針對共用設施進行協調與合作。

至於 OFCA 基於公共利益考量而准駁共用設施之依據如下：²¹⁹

- (1)該設施是否一項瓶頸設施。
- (2)該設施能否合理地複製或取代。
- (3)是否在技術上有其他選擇。
- (4)該設施對提出要求共用的行動通信網路業者，在提供服務方面是否具關鍵性。
- (5)該設施所屬行動通信網路業者是否有可用的容量能力。
- (6)共同使用該設施是否具鼓勵有效率地使用電信基礎設施。
- (7)對行動通信網路業者及消費者而言，共用該設施之其

²¹⁹香港電信條例§36AA, 2011 修訂。 https://www.elegislation.gov.hk/hk/cap106!zh-Hant-HK?xid=ID_1438402546431_002。

他選擇所產生的費用、時間、損失及不便。

香港通訊局不禁止業者在 5G 網路布建時進行共建、共網合作。通訊局將依循電信條例 (Telecommunications Ordinance, TO)、通訊事務管理局 (Communications Authority, CA) 及各執照條件規範等為准駁考量基準，並依循過往 4G 時代網路布建之政策脈絡。以下將根據香港過去在 4G 釋照時的政策進行說明，以了解香港政府針對合作規範的政策考量。

通訊局基於地理環境的特殊性，在設施建設、基地台選址等方面提供許多政策協助。具體而言，OFCA 鼓勵行動通信網路業者於公共地域，諸如路燈、人行橋、天橋，布建高速寬頻網路之基地臺及 Wi-Fi 系統，以維持香港為先進無線城市之樞紐地位。同時，為加速郊野公園及偏遠地區之行動寬頻網路涵蓋，行動通信網路業者得向 OFCA 申請使用山頂站址，以提供行動寬頻網路服務²²⁰。

另外香港多山且崎嶇的地形、密集的都市環境，都讓在室內環境提供令人滿意的行動寬頻網路服務，具相當挑戰性，對於行動通信網路業者以毫微微細胞接取點 (femtocell) 布建高速寬頻網路，採輕度管制方式，而毋須事前申請核准；其不同於布建傳統基地臺，須事前核准。再者，OFCA 對於業者布建毫微微基地臺，不會視同傳統基地臺，依基地臺數計收執照費用²²¹。

近期室內共享個案為 2018 年香港電訊規劃在地鐵沙中線布建 5G 室內全光纖共享行動網路²²²。網路架構由香港電訊布建，採用數位室內系統 (Digital Indoor System, DIS)，並提供多家電信業者共享使用，

²²⁰ OFCA(2013), Major Tasks and Projects for 2013-14, p.4.

²²¹ OFCA(2012), Auction of Radio Spectrum in the 2.5/2.6GHz Band for the Provision of Wireless Broadband Services, Information memorandum, p.13-14.

²²² 香港電訊 (2018)，香港電訊與華為於港鐵新綫提供香港首個 5G 全光纖共享室內數碼網絡，

https://www.hkt.com/About+HKT/Press+information/Press%20Information%20Detail?pop=Y&guid=23de09176cf27610VgnVCM1000006a8ba8c0___&language=zh_HK

設備以華為的 Lampsite 共享解決方案為基礎。此外只要利用 3.5GHz 頻段便可提升網路架構升級至 5G 網路，而無需額外鋪設電纜等設備。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

香港通訊局對於業者間漫遊合作並未採取禁止態度，並且香港存在業者間漫遊合作之案例，但須遵守電信條例、通訊事務管理局及各執照條件規範。業者須透過正式簽署商業合作契約方式辦理，禁止任何私下業者間的協議。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

香港通訊局禁止此次拍賣的 5G 頻段進行頻率共用 (spectrum pooling)，根據 2016 年「電訊規管事務諮詢委員會」討論結果，由於不同頻率釋出時都制定各自獨立的權利與義務。然而頻率共享將導致基於頻率所賦予的權責無法有效追究與劃分，因而禁止業者間自行頻率共享行為。但早先在 2013 年 4G 時代存在共用案例，和記電訊與香港電訊透過合資企業 Genius Brand Limited 參加 2.5/2.6GHz 拍賣取得頻率後，採批發方式供兩家母公司共享使用。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

香港目前 MVNO 業者共有 24 家 (2020 年 2 月)，反映容量批發模式、業者間合作已相當成熟。此次 3.5、4.9、3.3GHz 頻譜拍賣規範中，通訊局同意各項被動共享、容量批發(通訊局使用 Capacity Leasing 一詞)措施。但須遵守電信條例、通訊事務管理局及各執照條件規範。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

香港已完成第一波頻譜釋出工作，採拍賣方式釋出 3.5GHz、3.3GHz、4.9GHz，另以行政指派方式釋出 26、28GHz 頻段，並提供

申請業者進行 26、28GHz 頻段創新實驗。根據通訊事務管理局於 2017/18 年年報²²³中關於 5G 準備工作項目，規劃以提供行動服務為主。並以香港智慧城市為願景，推廣物聯網和 5G 應用新服務。

由於香港人口高度集中、地理空間有限，5G 基地台布建與既有各式衛星基地臺互相干擾，對此香港通訊局進行和諧共存措施，除頻率改配、建立衛星保護區之外，鼓勵進行各項頻譜和諧共存之技術試驗。現階段因應電信業者於 2020 年 4 月 1 日正式推出 5G 服務，通訊局積極要求衛星電視系統業者、終端用戶進行天線升級工程²²⁴。

(二)垂直場域應用之推動政策

根據香港通訊事務管理局公開資料，並未針對特定產業規劃 5G 應用政策。通訊局發放 5G 測試許可證，鼓勵四大電信業者進行 5G 技術測試實驗²²⁵，並試圖結合物聯網、車聯網和 VR/AR 等新興技術。具體而言，在電信業者正式提供 5G 服務之前，技術、商業驗證仍為香港 5G 發展主要趨勢。電信業者規劃 4 月 1 日推出 5G 服務，皆以行動通訊資費方案為主，短期內香港 5G 發展仍延續 4G 行動通訊服務為發展主軸。

(三)5G 商轉概況

香港目前完成首波 5G 釋出作業。執照於 2020 年 4 月 1 日正式生效，多家電信業者在 4 月 1 日同步正式推出 5G 資費服務，但數碼通（SmarTone）未公告 5G 資費方案和服務正式開通日期。

²²³ OFCA (2018)。通訊事務管理局 2017/18 年年報
https://www.coms-auth.hk/annual_report/1718/pdf/tc/full.pdf。

²²⁴ OFCA (2020)。衛星電視共用天線系統須及時升級方可與 5G 網絡並存。
https://www.ofca.gov.hk/tc/media_focus/press_releases/index_id_2080.html

²²⁵ OFCA。5G 測試報告網頁。
https://www.ofca.gov.hk/tc/pub_report/technical_reports/index.html#01 (最後瀏覽日：2019 年 11 月 11 日)。

表 2-66：香港電信業者 5G 資費方案

香港電訊				中國移動香港				3 香港(和記電訊)			
CSL 5G 服務計畫		1010 5G 尊尚計畫		5G 服務計畫(24 個月)		5G 服務計畫(基本方案)		SIM		出機上台(含購機抵價券)	
月費(元)	流量(GB)	月費(元)	流量(GB)	月費(元)	流量(GB)	月費(元)	流量(GB)	月費(元)	流量(GB)	月費(元)	流量(GB)
198	8	299	8	298	100	338	30	388	100	638	100
298	12	389	60	398	200	438	100	688	200	938	200
398	80	459	80	498	300	538	200	-	-	-	-
498	150	559	150	-	-	638	300	-	-	-	-
698	300	759	300	-	-	-	-	-	-	-	-

註：各方案皆為無限語音分鐘數。

資料來源：香港電訊、中國移動香港、和記電訊；本研究彙整

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

針對高頻毫米波頻段，通訊局規劃以 26-28GHz 為香港在毫米波頻段發展的主要頻譜。香港商務及經濟發展局（商經局）與通訊事務管理局（通訊局）在 2018 年 12 月 13 日發布公眾諮詢後之政策決議，將核配多頻段總量達 4,100MHz 之頻譜資源，其中 26-28GHz 已於 2019 年 4 月釋出。

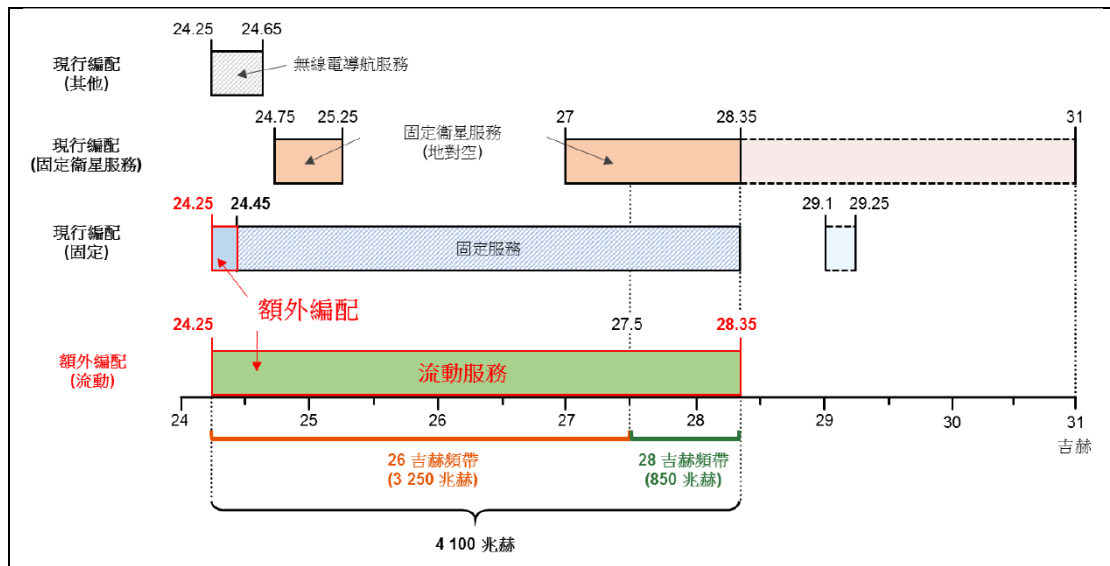


圖 2-88：香港通訊局 26/28GHz 頻段規劃示意圖

資料來源：通訊局

針對 26 至 28GHz 頻段，將以行政指派方式核配頻譜資源，總計 4,100MHz 頻寬資源，釋出頻譜劃分為非共用頻譜、共用頻譜兩部分，具體頻譜容量採彈性劃分，其中非共用頻譜（頻寬 3300MHz-3700MHz）、共用頻譜（頻寬 400MHz-800MHz）。非共用頻譜指派範圍將為全香港，並於 2018 年底開始邀請有意願之業者提交申請文件。至於剩下的 400MHz，則規劃採區域執照的共享模式，預留供特定用戶族群提供區域性的 5G 創新服務，並於 2019 年 7 月供外界申請。

根據通訊局資料，26/28GHz 的 4100MHz 頻譜將分為 41 個頻段區塊，每區塊 100MHz。至於頻譜上限則規定非公用頻譜，上限為 800MHz；共用頻譜則上限為 400MHz。分配機制採取兩階段流程。第一階段中，假設有 X 名申請者，每回合將 X 個頻段分配給 X 名申請人。若該名申請人達到所需頻譜數量，則不參加下回合分配。最終當可分配頻段少於剩下申請人數目時，第一階段終止。第二階段則是將剩下頻段採抽籤方式分配給剩下之申請人。

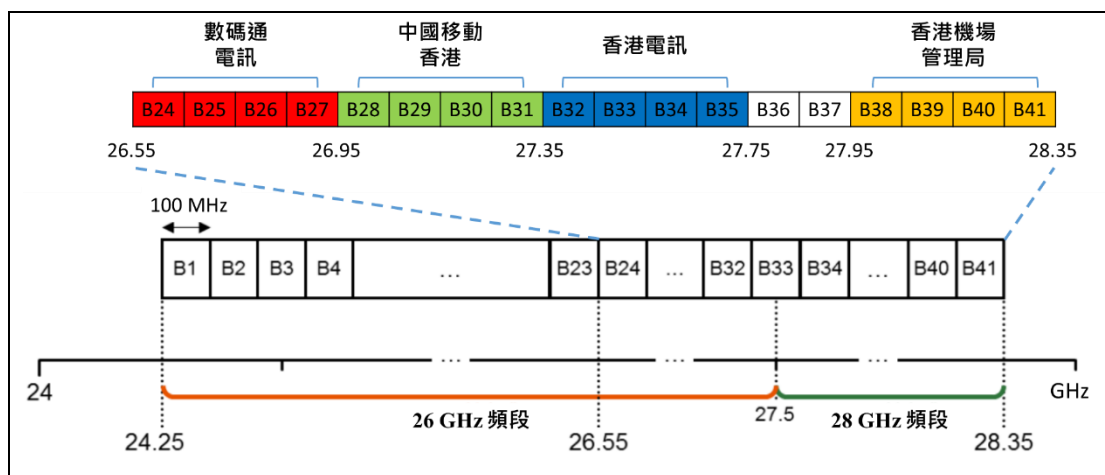


圖 2-89：香港 26/28GHz 頻段規劃與釋出結果

資料來源：通訊局；本研究補充

2019 年 3 月 27 日，香港通訊事務管理局公告 26GHz 及 28GHz 頻譜臨時執照的成功申請業者，由原先參加申請的中國移動（香港）、香港電訊和數碼通電訊等三家業者順利獲得執照。各自獲得 400MHz 頻譜。頻譜具體分配如下：

表 2-67：香港 26/28GHz 頻段實驗執照成功申請業者

成功申請人	指配的頻譜	
	頻率範圍 (GHz)	數量 (MHz)
(a) 數碼通電訊有限公司	26.55 – 26.95	400
(b) 中國移動(香港)有限公司	26.95 – 27.35	400
(c) 香港電訊(HKT) 有限公司	27.35 – 27.75	400

資料來源：通訊局

至於以地理方式共用頻譜方面，通訊局規劃以「地區性無線寬頻服務執照 (LWBS)」模式釋出，並開放供大學校園、工業邨、機場、科技園等不同場域使用，鼓勵進行各式創新 5G 服務及應用試驗。根據通訊局資料²²⁶，目前正式申請者有香港機場管理局，使用頻段為 27.95-28.35GHz、執照期限至 2024 年 10 月 24 日、面積約 19.7 平方公里（香港國際機場面積）。機場管理局規劃以自動化通關服務、無

²²⁶ 通訊事務管理局（2019），地區性無線寬頻服務牌照持牌人名單，https://www.coms-auth.hk/tc/licensing/telecommunications/lwbs/list_of_licensees/index.html

人駕駛拖車等為 5G 試驗主要項目²²⁷。

(二) 推動產業政策措施

香港通訊局並未針對毫米波規畫特定產業發展政策，通訊局釋出 26-29GHz（總計 4100MHz）頻段，並依據應用情境不同而區分為：

- 在具有高傳輸量需求的室內、室外地點提供高容量服務；
- 用於各式各樣創新的 5G 服務及應用，但並無更明確之產業扶植政策。

但現階段由於毫米波應用尚未成熟，因此除了作為中頻段頻譜之輔助，提供更高傳輸量的行動服務之外，香港通訊局採取鼓勵創新應用方式，探索毫米波可能的商業模式與應用領域。

²²⁷ 巴士的報（2019），機管局欲建立「智能機場」無人駕駛運貨送行李，
<https://www.bastillepost.com/hongkong/article/4603240-%E6%A9%9F%E7%AE%A1%E5%B1%80%E6%AC%B2%E5%BB%BA%E7%AB%8B%E3%80%8C%E6%99%BA%E8%83%BD%E6%A9%9F%E5%A0%B4%E3%80%8D-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E9%A7%95%E9%A7%9B%E9%81%8B%E8%B2%A8%E9%80%81%E8%A1%8C%E6%9D%8E>

第十三節 澳洲

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

澳洲政府認為 5G 不僅僅是行動通信的量化改變，且將進一步為澳洲各個領域的經濟帶來下一波的創新與成長。澳洲政府希望創造一種環境，使澳洲的電信業者能夠在全球的經濟環境中抓住 5G 的優勢，為此，澳洲政府於 2017 年 10 月 12 日發布了 5G 的指引文件—「5G 促進未來經濟」²²⁸，該文件概述政府將採取的行動措施，確保澳洲及時推出 5G。

澳洲通訊與媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）除完成 3.6 GHz 頻段拍賣作為 5G 使用之外，並持續考量將 24.25–27.5 GHz 毫米波頻段（26 GHz 頻段）作為 5G 的第二候選頻段。

澳洲通訊部長於 2018 年 3 月 5 日正式聲明將透過釋出頻譜執照的方式，重新分配特定都會區和區域地區 3575-3700 MHz（3.6 GHz 頻段）的頻譜。²²⁹ACMA 根據 1992 年無線電通信法第 60 條的規定，採用以價格競爭的拍賣程序，重分配 3.6 GHz 頻段的頻譜執照。在向市場提供頻譜之前，頻譜需要分成許多頻塊，頻塊配置的方式主要有兩種，即頻寬和地理位置。在決定頻譜分配的配置時，ACMA 會考慮一系列的因素，包括需求來源和頻譜的技術特性。

繼澳洲通訊部長於 2018 年 3 月 5 日聲明將透過頻譜執照的釋照方式，重分配特定都會區和區域地區 3575-3700 MHz（3.6 GHz 頻段）的頻譜之後，ACMA 於 2018 年 5 月發布都會區和區域地區 3.6 GHz

²²⁸ Australian Government (2017), 5G—Enabling the future economy, available at:

<https://www.communications.gov.au/departmental-news/5g-enabling-future-economy>

²²⁹ ACMA (2018), 3.6 GHz auction system format Information paper, available at: https://www.acma.gov.au/-/media/Spectrum-Monitoring-and-Analysis/Information/Word-Document/3-6-GHz-band-auction-system_information-paper-docx.docx?la=en (last visited :2019/3/09)

頻段核配草案諮詢文件²³⁰，說明拍賣標的及制訂相關規則與程序，以管理頻段核配過程，並蒐集利害關係人之回覆意見。依澳洲通訊部長指示，拍賣區塊分為三個地理區域，分別是 Adelaide、Brisbane、Canberra、Melbourne 和 Sydney 等都會區，Perth 都會區，以及區域地區，其重分配的時限分別是 2 年，5 年，以及 7 年，計算時間均自 2018 年 3 月 30 日起，既有業者應於時限內完成頻譜重整繳回執照。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

2018 年 4 月，澳洲競爭與消費者委員會（Australian Competition & Consumer Commission，簡稱 ACCC）針對通訊市場發布研究報告（Communications Sector Market Study Final Report）²³¹，其中引用澳洲羅伊摩根公司（Roy Morgan）在 2016 年提出之研究報告，在市占率上，固網寬頻服務部分以 Telstra（包括其低成本品牌 Belong）的市占率最高，達 51%，其次是 TPG 集團（包含旗下品牌 iiNet）達 22%、Optus 達 17% 和 Vocus 集團（6%）；在固定語音服務部分，則同樣以 Telstra（包括 Belong）的市占率最高，達 66%，其次是 Optus（15%）、TPG 集團（12%）、Vocus 集團（4%）。

行動通訊服務（包括網路和語音服務）市場主要由三家業者（Telstra，Optus 和 Vodafone）提供，共占整體消費市場 91%，其中以 Telstra（包括 Belong）的市占率最高，達 41%，其次是 Optus（包括 Virgin Mobile）達 29%，Vodafone 達 19%。

在推動國家寬頻網路（National Broadband Network，NBN）部分，

²³⁰ ACMA（2018），Consultation paper: Draft allocation instruments for 3.6 GHz band（3575–3700 MHz）metropolitan and regional lots auction, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/9FD3C5CAFE4C444C988BD30C45555329.ashx> (last visited :2019/3/09)

²³¹ ACCC (2018), Communications Sector Market Study Final Report, available at: https://www.accc.gov.au/system/files/Communications%20Sector%20Market%20Study%20Final%20Report%20April%202018_0.pdf (last visited :2019/11/21)

以 Telstra、TPG 集團、Optus 及 Vocus 集團占全國整體市場 94% 的比例，而其他較小的服務業者則是透過向大業者租借批發服務的方式（如傳輸和點對點服務），使小業者能提供網路與行動通訊服務。整體通訊市場市占率如下：

表 2-68：澳洲通訊市場市占率

業者	Legacy(ADSL+cable)	NBN	Overall
Teistra(inc.Belong)	51%	51%	51%
TPG Group	22%	22%	22%
Optus	17%	15%	17%
Vocus Group	6%	6%	6%
Others	3%	6%	4%

資料來源：ACCC (2018)，Communications Sector Market Study Final Report。

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

澳洲的頻譜執照通常透過拍賣機制核配，大多用於大規模商用業務。頻譜執照持有者使用之相關設備須符合 ACMA 為該頻段制定的相關執照條件和技術架構，執照持有者可於執照授權之地理區域和指定頻段內運作設備。頻譜執照的效期通常為 15 年，但執照持有者有權在執照效期內交易其全部或部分的頻譜執照，而且只能在買賣雙方通知 ACMA 交易相關事項，並在頻譜執照中登記註冊之後，交易才能生效。

當需要透過拍賣分配頻譜時，ACMA 有三種線上拍賣機制：²³²

(1) 簡易價格鐘拍賣制（Simple Clock Auction，SCA）：

此機制適合之拍賣頻段對象為本身非屬替代頻段或補充頻段性質的頻譜，假設多個補充頻段能夠一起購買而非單獨購買，對得標者會更有價值。

²³² ACMA (2018), The ACMA's auction capability, available at: <https://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Spectrum-licences/the-acmas-auction-capability>

(2) 同時多回合拍賣制 (SMRA) :

此機制讓競價者在同一時間對多個獨立頻段競價，若競價者希望將這些獨立頻段作為替代頻段或補充頻段，其 SMRA 機制可以符合其需求。

(3) 增強型同時多回合拍賣制 (Enhanced Simultaneous Multi-Round Ascending Auction, ESMRA) :

此機制是一種兩階段的拍賣機制，首先針對所有拍賣頻段採用同時多回合價格鐘的作法，確定各得標者所得標各頻段的數量，而後採用次高價定價規則 (second-pricing rule) 進行一次性密封標拍賣，以決定頻段的分配。ACMA 認為此拍賣機制最適合 3.6 GHz 頻段的重分配。²³³

不同頻譜採用的特定拍賣機制將取決於一系列因素，包括頻譜的特性和對該頻段的預期需求。如果需要，ACMA 也可以採用其他額外的拍賣機制。

ACMA 於 2018 年 8 月 6 日公告 3.6 GHz 頻段拍賣的指引文件²³⁴，正式進入 3.6 GHz 頻段的拍賣程序。該文件說明，依據 3.6 GHz 頻段的情況，將採用三階段的 ESMRA 拍賣機制。2018 年 8 月 31 日下午 5 時為申請的最後截止時間，申請人必須於期限前提供相關申請文件，並繳交 1 萬元澳幣申請費。

2018 年 9 月 27 日為資格截止日期 (eligibility deadline)，申請人必須於期限前提供完整的資格提名表 (eligibility nomination form)，並向 ACMA 支付資格費用、或支付財務擔保契約，或兩者兼具。

²³³ ACMA (2018), Spectrum tune-up: 3.6 GHz band auction system, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/spectrum-tune-up-3-6-ghz-band-auction-system> (last visited :2019/3/09)

²³⁴ 3.6 GHz band auction, November 2018, Auction guide, available at: <https://www.acma.gov.au/-/media/Spectrum-Licensing-Policy/Information/pdf/3-6-GHz-auction-2018-Auction-guide-pdf.pdf?la=en> (last visisted :2019/3/09)

ACMA 於 2018 年 10 月或 11 月舉行模擬拍賣，以使合格競價者熟悉拍賣系統。3.6 GHz 頻段拍賣時程整理如下表所示。

表 2-69：澳洲 3.6 GHz 頻段拍賣時程

日期	重要事項
2018 年 8 月 6 日	公告 3.6 GHz 頻段拍賣的指引文件
2018 年 8 月 31 日	申請的最後截止日期
2018 年 9 月 27 日	資格截止日期
2018 年 10 月或 11 月	舉行模擬拍賣
2018 年 11 月初期	向註冊投標人通知拍賣第一階段第一輪和第二輪的開始日期和時間
2018 年 11 月後期	拍賣正式開始

資料來源：ACMA，本研究整理。

釋出頻塊將以 5MHz 為單位。除了 Perth 都會區之外，Adelaide、Brisbane、Canberra、Melbourne 和 Sydney 等都會區的頻譜配置如下：

25 x 5 MHz lots (3575–3700 MHz)

在 Perth 都會區，頻譜配置分為兩個類別。低頻段之 16 個頻塊 (80 MHz)，由既有 3.6 GHz 頻段的執照持有者使用，但有五年重分配期限限制，即 2023 年 3 月 30 日須繳回執照。因此 Perth 都會區頻譜配置的兩個類別分別如下：

16 x 5 MHz lots (3575–3655 MHz)

9 x 5 MHz lots (3655–3700 MHz)

ACMA 於 2018 年 12 月 10 日完成 3.6 GHz 頻段的拍賣作業²³⁵，四家公司在此次頻譜拍賣中得標。ACMA 認為及時發布 5G 頻譜將有助於促進澳洲提供下一代的 5G 服務。

各地區重分配的時限均從 2018 年 3 月 30 日開始計算，大都會區兩年重新分配的時限是 2020 年 3 月 30 日，因此 3.6 GHz 頻段的頻譜

²³⁵ ACMA (2018), Australia's 5G auction concludes, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/australias-5g-auction-concludes> (last visited :2019/3/09)

執照將於 2020 年 3 月 30 日開始，到期日為 2030 年 12 月 13 日。如果不會對既有頻譜使用者造成干擾，ACMA 可以安排在 2020 年 3 月 30 日之前進入該頻段。

2. 底價

ACMA 為每個地區的頻譜設定底價，頻譜底價依據以下公式標準化價格，四捨五入至最接近的 1,000 澳幣：

(1) 大都會地區頻譜（不包括 Perth）

\$0.08/MHz/pop— 25 x 5 MHz (3575– 3700 MHz)

(2) Perth 地區頻譜

\$0.0531/MHz/pop— 16 x 5 MHz (3575– 3655 MHz)

\$0.08/MHz/pop— 9 x 5 MHz (3655– 3700 MHz)

(3) 區域地區頻譜

\$0.03/MHz/pop— 25 x 5 MHz (3575– 3700 MHz)

表 2-70：每個地區的頻譜設定底價

頻段	頻塊編號	地區	頻率 (MHz)	頻塊數	頻塊頻寬(MHz)	估計人口 (2018.09)	單位底價 (\$/MHz/pop)	底價
3.6 GHz metro	ADEL01	Adelaide	3575-3700	25	5	1,339,396	\$0.08	\$536,000
	BRIS01	Brisbane	3575-3700	25	5	2,199,910	\$0.08	\$880,000
	CANB01	Canberra	3575-3700	25	5	459,542	\$0.08	\$184,000
	MELB01	Melbourne	3575-3700	25	5	4,744,464	\$0.08	\$1,898,000
	SYDN01	Sydney	3575-3700	25	5	5,410,725	\$0.08	\$2,164,000
	PERT01	Perth-lower	3575-3655	16	5	2,026,374	\$0.0531	\$538,000
	PERT02	Perth-upper	3655-3700	9	5	2,026,374	\$0.08	\$811,000
3.6 GHz regional	NQLD01	North Queensland	3575-3700	25	5	267,538	\$0.03	\$40,000
	CQLD01	Central Queensland	3575-3700	25	5	636,451	\$0.03	\$95,000
	RNSQ01	Regional Northern NSW/Southern Queensland	3575-3700	25	5	2,295,854	\$0.03	\$344,000
	RSWN01	Regional Southern/Western NSW	3575-3700	25	5	1,503,450	\$0.03	\$226,000
	RVIC01	Regional Victoria	3575-3700	25	5	1,500,786	\$0.03	\$225,000
	TASM01	Tasmania	3575-3700	25	5	526,838	\$0.03	\$79,000
	RESA01	Regional South Australia	3575-3700	25	5	383,545	\$0.03	\$58,000
	REWA01	Regional Western Australia	3575-3700	25	5	329,534	\$0.03	\$49,000

資料來源：ACMA。

3. 標金繳納方式

3.6 GHz 頻譜核配決議 (Spectrum Licence Allocation - 3.6 GHz Band Allocation Determination)²³⁶規定 ACMA 釋出頻譜執照前得標者應符合的財務義務。依據該核配決議第 66 條，得標者必須遵守以下規定：

²³⁶ Radiocommunications (Spectrum Licence Allocation — 3.6 GHz Band) Determination 2018, available at: https://www.legislation.gov.au/Details/F2018L01065/Html/Text#_Toc520268117

(1) 如果得標價餘額大於零，則 ACMA 必須透過掛號郵件通知得標人餘額。

(2) 得標價格餘額必須由得標人支付給代表聯邦（Commonwealth）的 ACMA，在通知日期後 20 個工作日內支付。

根據 2014 年無線電通信頻譜執照費決定²³⁷的要求，ACMA 每年 10 月 11 日將會收取頻譜執照費。執照持有者必須支付這項費用，以支持頻譜管理的間接成本，例如國際協調、國內規劃、干擾調查和政策制定。隨著 3.6 GHz 頻段將指定用於頻譜執照，ACMA 建議將此頻段納入該決定收取頻譜執照費。因此 ACMA 建議進一步更新頻譜執照費決定的作法，使其包含 3575-3700 MHz 頻段，頻寬為 125 MHz，以及基本金額為 69,180 美元。

4. 競標結果

澳洲 3.6GHz 拍賣中所有頻塊均售出，總收入約 8.53 億澳幣，四家公司在此次的頻譜拍賣中贏得的頻塊數與拍賣金額如下表所示。

表 2-71：澳洲 3.6 GHz 頻段的拍賣結果

公司	頻塊數 (lots)	拍賣金額
Dense Air Australia Pty Ltd	29	\$18,492,000
Mobile JV Pty Limited	131	\$263,283,800
Optus Mobile Pty Ltd	47	\$185,069,100
Telstra Corporation Limited	143	\$386,008,400

資料來源：ACMA，本研究整理。

每家公司在各地區得標頻塊數與得標金額如下表所示。

²³⁷ Radiocommunications (Spectrum Licence Tax) Determination 2014, available at: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2014L00957> (last visited :2019/3/09)

表 2-72：澳洲 3.6GHz 各區得標者之頻塊數與得標金額

地區	得標頻塊數 (lots)				得標金額
	Dense	Mobile	Optus	Telstra	
Adelaide	6	12	0	7	536,000
Brisbane	7	12	0	6	880,000
Canberra	7	12	0	6	184,000
Melbourne	1	12	0	12	1,898,000
Sydney	1	12	0	12	2,164,000
Perth lower band	7	3	0	6	538,000
Perth upper band	0	9	0	0	811,000
North Queensland	0	8	7	10	481,400
Central Queensland	0	8	7	10	1,137,700
Regional Northern NSW/Southern Queensland	0	8	7	10	7,998,800
Regional Southern/Western NSW	0	6	6	13	11,269,900
Regional Victoria	0	8	7	10	2,685,600
Tasmania	0	8	7	10	860,100
Regional South Australia	0	4	6	15	2,912,100
Regional Western Australia	0	9	0	16	127,800

資料來源：ACMA，本研究整理。

每家公司在各地區得標頻率如下表與下圖所示。

表 2-73：澳洲 3.6GHz 得標者於各區之頻率

地區	核配頻率			
	Dense	Mobile	Optus	Telstra
Adelaide	3670 MHz– 3700 MHz	3610 MHz– 3670 MHz	N/A	3575 MHz– 3610 MHz
Brisbane	3665 MHz– 3700 MHz	3605 MHz– 3665 MHz	N/A	3575 MHz– 3605 MHz
Canberra	3605 MHz– 3640 MHz	3640 MHz– 3700 MHz	N/A	3575 MHz– 3605 MHz
Melbourne	3695 MHz– 3700 MHz	3635 MHz– 3695 MHz	N/A	3575 MHz– 3635 MHz
Sydney	3635 MHz– 3640 MHz	3640 MHz– 3700 MHz	N/A	3575 MHz– 3635 MHz
Perth lower band	3605 MHz– 3640 MHz	3640 MHz– 3655 MHz	N/A	3575 MHz– 3605 MHz
Perth upper band	N/A	3655 MHz– 3700 MHz	N/A	N/A
North Queensland	N/A	3625 MHz– 3665 MHz	3665 MHz– 3700 MHz	3575 MHz– 3625 MHz
Central Queensland	N/A	3625 MHz– 3665 MHz	3665 MHz– 3700 MHz	3575 MHz– 3625 MHz

地區	核配頻率			
	Dense	Mobile	Optus	Telstra
Regional Northern NSW/Southern Queensland	N/A	3625 MHz–3665 MHz	3665 MHz–3700 MHz	3575 MHz–3625 MHz
Regional Southern/Western NSW	N/A	3640 MHz–3670 MHz	3670 MHz–3700 MHz	3575 MHz–3640 MHz
Regional Victoria	N/A	3625 MHz–3665 MHz	3665 MHz–3700 MHz	3575 MHz–3625 MHz
Tasmania	N/A	3625 MHz–3665 MHz	3665 MHz–3700 MHz	3575 MHz–3625 MHz
Regional South Australia	N/A	3650 MHz–3670 MHz	3670 MHz–3700 MHz	3575 MHz–3650 MHz
Regional Western Australia	N/A	3655 MHz–3700 MHz	N/A	3575 MHz–3655 MHz

資料來源：ACMA，本研究整理。

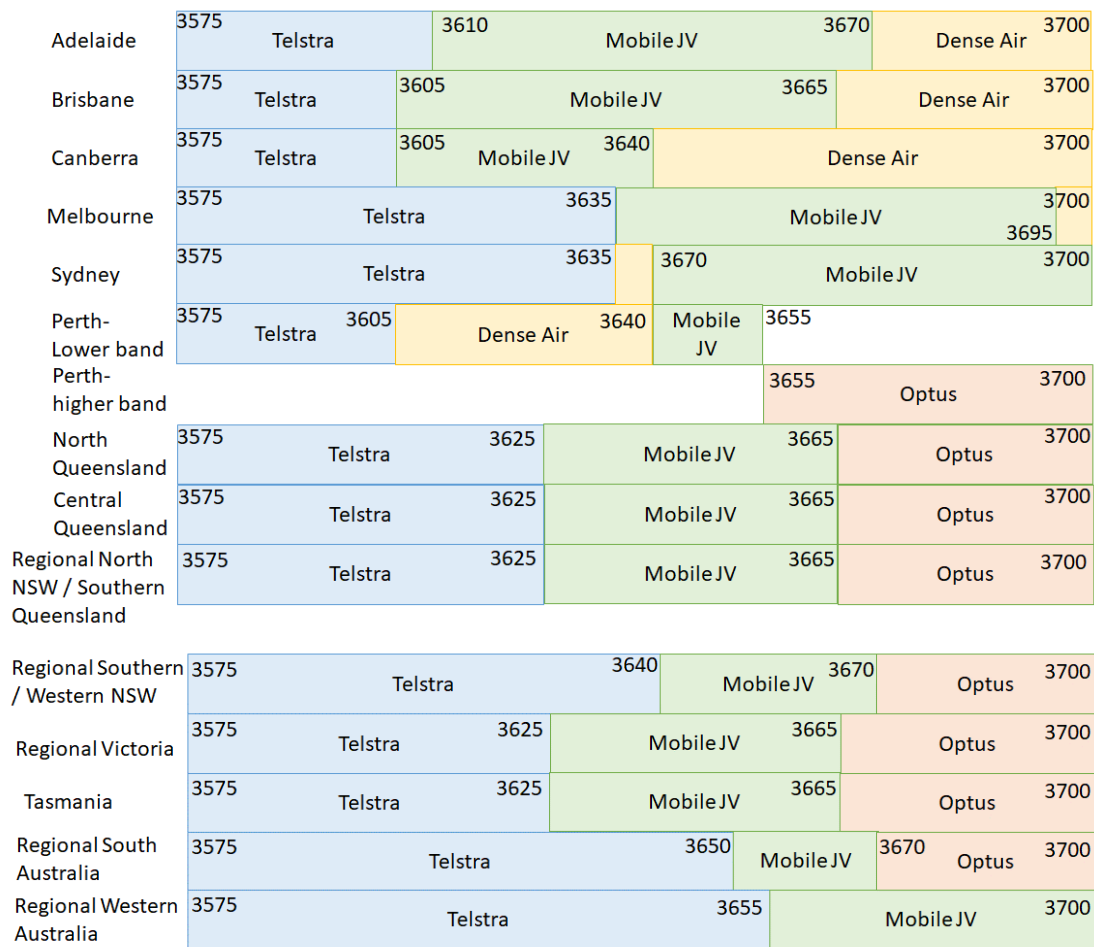


圖 2-90：澳洲 3.6GHz 頻段各區域業者得標頻率位置

資料來源：ACMA，本研究繪製。

表 2-74：澳洲 3.6GHz 拍賣總結果

國家	3.6GHz
數量競價及位置競價得標概況	<ul style="list-style-type: none"> • 共由四家業者得標。 • 決標金較總底價上升 3.6 倍。
底價	1 億 8,535 萬 7,000 澳幣
數量競價標金	8 億 4,429 萬 2,000 澳幣
位置競價標金	856 萬 1,300 澳幣
總標金	8 億 5,285 萬 3,300 澳幣
位置競價標金/總標金(%)	1.00%

資料來源：本研究整理。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

經初步搜尋主管機關網站及相關資料，主要規範對象為既有業者，較少見有鼓勵新業者參與或扶植新進業者措施之討論。

2. 頻譜取得上限規範

單一註冊競價者在 3.6 GHz 頻段拍賣中可以獲得的頻譜數量將會受到限制，持有上限將考量 3400-3700 MHz 頻段內競價者持有的執照。當競價者於 3400-3700 MHz 頻段內的都會區持有超過 60 MHz，或在區域地區持有超過 80 MHz，則在 3.6 GHz 頻段的拍賣中，可能無法獲得 3.6 GHz 頻段的頻譜執照。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

ACMA 於 2017 年 8 月 11 日發布未來使用 3.6 GHz 頻段的決議及初步意見文件²³⁸，建議通訊部長重新核配 3.6 GHz 頻段時，應採用頻譜執照之規管架構。依據頻譜釋照指引²³⁹說明，頻譜執照的核心條件定義頻譜執照代表的基本頻譜執照資產，或是相關產權。就規範義

²³⁸ ACMA (2017), Future use of the 3.6 GHz band—Decisions and preliminary views paper, available at:

<https://www.acma.gov.au/theACMA/~link.aspx?id=17BFF36784FF4151B1217647D6957112&z=z>

²³⁹ ACMA (2018), Spectrum licensing FAQs, available at:

https://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Spectrum-licences/spectrum_20

務而言，頻譜執照指定執照的地理區域、頻率範圍，以及執照頻率和地理邊界的最大允許發射功率。

為避免發生干擾情況，頻譜執照除了指定執照的地理區域和頻率範圍，技術上主要規範該執照頻率和地理邊界的最大允許發射功率。ACMA 避免干擾的共通作法是透過干擾影響證明 (interference impact certificate, IIC)，即認證的 R070 表格，也就是設備申請註冊表格，其顯示該設備符合 2012 年無線電通信裁定規範(第 145(3)條認證)²⁴⁰中詳述的認證選項之一。

設備如果具有干擾影響證明，也符合所有其他的執照條件，設備的使用將被認為不會造成不可接受的干擾情況。干擾影響證明須由認證人員 (accredited person) 代表執照持有者依據頻譜執照條件提交申請，並註冊設備。

只有透過認證人員保證設備符合下列條件下，設備才可以取得干擾影響證明：

- (1) 設備符合第 145(4) 條裁定規範針對該頻段的相關規定。
- (2) 已配置足夠的內部護衛頻段 (guard space)，以減輕相鄰頻段之間的潛在干擾情況。

所有受影響的相鄰執照持有者均提供書面協議，願意接受更高的干擾可能性。通常須透過支付商業費用，以取得書面協議。

4. 頻率使用期限

依澳洲通訊部長指示，各地區重分配的時限均從 2018 年 3 月 30 日開始計算，大都會區兩年重新分配的時限是 2020 年 3 月 30 日，因

²⁴⁰ Radiocommunications (subsection 145(3) Certificates) Determination 2012, available at: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2012L01719>

此 3.6 GHz 頻段的頻譜執照將於 2020 年 3 月 30 日開始，到期日為 2030 年 12 月 13 日，以對齊相鄰 3.4 GHz 頻段內既有頻譜執照到期日，因此 3.6 GHz 頻譜執照的效期約為 10 年 8 個月。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

針對頻譜共享，ACMA 表示，雖然頻譜共享可以增加經濟利益，增加頻率使用的價值，但在澳洲市場上，依照過去訪談電信業者的經驗，多半不支持在重新分配頻譜的期間，配合頻譜共享政策的安排，因此頻譜共享是否真的可能，到目前為止，還沒有達成共識。

6. 其他釋照政策規劃重點

ACMA 針對受影響的既有 3.6 GHz 頻段設備執照業者，宣布一系列的補償措施²⁴¹，包括：

- (1) 在部分區域提議延長重分配的期限；
- (2) 致力安排 5.6 GHz 頻段用於站臺式無線寬頻服務(site-based wireless broadband services)；
- (3) 承諾調查區域性 28 GHz 頻段之使用，以提供固定無線寬頻業務的可能性；
- (4) 在可能的情況下，鼓勵商業談判，以協助業者持續獲得頻譜；
- (5) 致力與產業合作，以確立澳洲東海岸可以提供一個或多個衛星地面站的保護區

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

²⁴¹ ACMA (2017), Five-year spectrum outlook 2017–21, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/five-year-spectrum-outlook-2017-21>

澳洲 ACCC 於 2013 年通過「設施使用法(Facilities Access Code)」²⁴²，針對電信業者間如何承租使用電信設施（如電線鐵塔、站塔、地下設備）進行規範，其目的係為鼓勵基礎設施在合理可行的情況下共置於同一地點，避免不必要地重複建設基礎設施，以維護環境之舒適度，並促使經營者間之良性競爭。該法中尚包含設施共建部分（Co-location Consultation Process），有建設需求者須通知其他無建設需求者其所規畫之新建設施計畫，其他人在一定期限內應表示有無共建意願，逾期未表示則視同放棄，若有意願者則可進一步就細節進行協商。

2019 年 9 月 ACCC 公告設施使用法草案報告²⁴³，針對過去設施使用法之運作情形以及未來之利用，提出爭點之探討與釐清，並徵詢利害關係人意見，作為未來修法之參考依據。在本次報告中，亦將「如何加速 5G 技術推動」列為探討重點之一，包含是否將 small cell 列為設施共享之項目（因 small cell 屬低影響設施，不屬設施使用法所規範之範疇），以加速 5G 之布建，促進 5G 技術之推廣，但考量目前 5G 仍處發展初期，且有電信業者提出若將 small cell 納入監管，可能會阻礙 5G 布建的速度，因此 ACCC 現階段尚不考慮於設施使用法進行相關之修法。從上推論目前澳洲在 5G 網路共建之議題上，尚未有相關之規範。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

經搜尋主管機關網站及相關資料，澳洲近期較無針對強制漫遊與商業協商漫遊之討論。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

²⁴² ACCC (2013), Facilities Access Code Final Decision, available at: <https://www.accc.gov.au/system/files/TFA%20-%20Facilities%20access%20-%20Code%20inquiry%20-%20Final%20Decision%20Paper%20on%20updating%20the%20Code%20-%20FINAL%20-%20August%202013.pdf>

²⁴³ ACCC (2019), Facilities Access Code Review Draft Report , available at: <https://www.accc.gov.au/system/files/Facilities%20Access%20Code%20-%20draft%20report%20of%20the%20review.pdf>

ACMA 已經研究許多不同的執照組合，以核配接取 26 GHz 頻段。雖然 5G 技術已初具規模，但潛在的商業模式尚不清楚，特別是與現有傳統行動網路業者的集中服務提供模式（centric service provision model）緊密結合尚未明朗，事實上，頻段的獨特物理特性和技術的改進可能會創造過去未曾見過的商業模式。

為了協助制定規劃方案，ACMA 考量三種使用的類型，但最終方案可能是混合型，或是這些類型的組合，三種使用的類型說明如下：

- (1) 類型 1：傳統的廣域用戶網路，由一個或多個行動業者透過無所不在的基站提供服務。
- (2) 類型 2：特定市場（limited market）的用戶網路，包括但不限於固定無線寬頻服務，以及車隊導向（fleet-oriented）的行動服務。
- (3) 類型 3：由私人實體在其自己的房屋或土地範圍內營運的企業服務，例如企業專網。

執照選項包括頻譜、設備和類別執照的各種組合，以符合各種商業模式。在所有組合的選項中，不會刪除既有服務的頻譜核配，其將與無線寬頻服務共存，可能會強制協調要求，以限制新服務的布建位置。

ACMA 認為最好的選項是類型 1，其可在都會區和區域地區透過頻譜執照使用整個 26 GHz 頻段。ACMA 也發現，類型 3 如果使用類別執照，用戶採用頻譜共享的方式可能更有利，但這須取決於服務的需求，以及在重疊頻譜內，類型 1 和類型 3 用戶依類別執照規管下頻譜共享的可行性，例如類型 1 用戶主要提供的服務在類型 3 私有企業的服務場所之外。

然而，上述評估的結果也為類型 2 的用戶留有一線希望，即為類

型 2 服務在適用頻譜執照的區域保留一些頻譜，以適用設備執照。這種作法是否合適，以及其可適用程度，須取決於兩個廣泛的問題，說明如下：

- (1) 與被動 EESS 業務在頻段下限共享頻譜。例如如果最終確定類型 1 的廣域服務設備在頻段下限無法充分保護被動 EESS，但低密度設備執照之設備卻可以保護被動 EESS。
- (2) 設備標準中頻譜執照的頻塊配置，如何在可用的總頻寬內。例如如果無線寬頻可以最佳的布建於特定頻塊大小，但頻塊大小的倍數會在頻段下限區域留下頻率間距，如此該間距可能可以用於設備執照的類型 2 服務。

這些僅是 ACMA 的初步意見，ACMA 希望聽取利害關係人的意見，特別是針對類型 2 和類型 3 的觀點，因為其屬於新興的服務模式，傳統行動業者並未大量參與這些程序。

澳洲主管機關後續將更進一步探討 26 GHz 頻段的配置規劃決議，透過諮詢文件蒐集各界意見、結合工作小組針對頻段邊界與 EESS 共存研究的建議，以及五年頻譜展望 (five-year spectrum outlook, FYSO) 後，未來將更進一步提出規劃決策。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

經搜尋主管機關網站及相關資料，近期澳洲未見針對 MVNO 有更進一步之討論。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一) 5G 應用發展重點方向及推動措施

澳洲發展 5G 政策之目的，係為加速澳洲區域和偏遠地區的無線網路連結服務，希望透過 5G 的優勢，提供更好的消費者體驗，並透過更快的數據傳輸，提高商業實用性和更可靠的連線，發展機器對機器通信、物聯網和智慧城市應用。根據澳洲通訊和藝術部 (Department of Communications and the Arts) 在 2018 年 4 月所公布的 5G 對生產力和經濟增長的影響報告指出，5G 網路服務的提升，可改善整體經濟增長，人均國內生產總值可能新增 1,300 到 2,000 美元，此外能加速智慧城市推動，為家庭節省成本和時間，以及改善醫療服務的參與及生產力²⁴⁴。

不過澳洲在推動 5G 的過程中，也面臨 5G 網路對人體健康影響之辯論中，由於 5G 基站布建密度較 4G 基站密度高，不少澳洲社區對於新技術所產生之輻射量可能導致身體危害，已發起諸多抗議活動，使政府不得不正視此議題以及制止假新聞。澳洲政府希望透過四年的時間內，投資 900 萬澳元的教育運動，以建立公眾對電信網路（包括新的 5G 行動網路）安全的信心，處理電磁波危害人體健康之錯誤資訊²⁴⁵。

(二)垂直場域應用之推動政策

澳洲 5G 垂直場域應用之推動，主要由業者建置 5G 基站或小基站進行 5G 布建，在建置時電信業者不需地方議會或其他政府主管機關允許，但若要布建行動網路，則必須遵循手機基站布建規範 (Mobile Phone Base Station Deployment Code)，告知社區委員會及大眾相關的布建計畫，並在一定期間內回覆委員會的意見，讓委員能夠參與決策

²⁴⁴ Department of Communications and the Arts, Impacts of 5G on productivity and economic growth, available at: <https://www.communications.gov.au/departmental-news/impacts-5g-productivity-and-economic-growth> (last visited :2019/11/21)

²⁴⁵ Ministers for Communications, Cyber Safety and the Arts, Building community confidence in 5G safety, available at: <https://www.minister.communications.gov.au/minister/paul-fletcher/news/building-community-confidence-5g-safety> (last visited :2020/4/8)

的過程，若電信業者未遵循將處以罰鍰²⁴⁶。

另外在布建基站或是使用行動電話時，相關無線電頻率之電磁波能量（Electromagnetic energy，以下簡稱 EME）必須遵守 ARPANSA 文件之輻射保護標準，而為了回應社區對於小型基站之布建疑慮，在 2019 年 1 月時，ACMA 針對 TPG 之 EME 紀錄進行稽核，發現並無重大之違規，另外 ACMA 也陸續向其他電信公司如 Telstra、Optus 及 Vodafone 要求提供 EME 之紀錄²⁴⁷。

至於 5G 相關應用，則由業者自行與不同企業進行合作，推出不同應用模式，舉例而言，澳洲第一大電信業者 Telstra 已和英特爾 5G 汽車測試平台及全球技術公司愛立信合作，進行 5G 車聯網實驗，實現車內網路下載 1Gbps 的速度²⁴⁸。

（三）5G 商轉概況

澳洲第一大電信業者 Telstra 是第一個在澳洲提供 5G 服務的電信業者。早在 2016 年 Telstra 便在澳洲黃金海岸首次進行戶外的 5G 實驗，以此了解 5G 投入商業運作後能帶給客戶哪些幫助，在 2018 年 2 月，Telstra 在黃金海岸正式啟動 5G 創新中心，並提供 5Gwifi 熱點服務，在測試時間允許當地居民和遊客免費使用²⁴⁹。在 2019 年 6 月 Telstra 正式販售澳洲首支可連接 5G 網路的手機，並推出可攜式 5GWi-Fi 分享器，提供 5G 熱點上網服務。截至 2019 年 11 月為止，Telstra 已在澳洲布建約 200 多個 5G 基站，主要範圍在雪梨中央商業區及澳洲十個主要城市，並將在未來 12 個月左右的時間，將 5G 覆

²⁴⁶ ACMA, Small cells, available at: <https://www.acma.gov.au/small-cells>(last visited :2019/11/21)

²⁴⁷ ACMA (2019), ACMA Submission Inquiry into the Deployment, Adoption and Application of 5G in Australia, available at: <https://www.aph.gov.au/DocumentStore.ashx?id=a3ec5b3d-73a7-4c76-a6d3-603d17c70f25&subId=672949> (last visited :2020/4/13)

²⁴⁸ Finder web,Telstra will offer free 5G Wi-Fi on the Gold Coast, available at: <https://www.finder.com.au/telstra-will-offer-free-5g-wi-fi-on-the-gold-coast>(last visited :2019/11/21)

²⁴⁹ arnnet.com,Telstra flicks on 5G in the Gold Coast, available at:<https://www.arnnet.com.au/article/645262/telstra-flicks-5g-gold-coast/> (last visited :2019/11/21)

蓋率提高五倍，至少覆蓋 35 個城市²⁵⁰。

緊追在後的，則是澳洲第二大的電信業者 Optus，在 2019 年 11 月也宣布開啟行動電話及家庭固網的 5G 服務。在家庭固網部分，用戶只要在家安裝 5G 數據機，插上電源即可使用，Optus 保證會以最低 50Mbps 的速度提供家用 5G 固網服務。在站點規劃上，Optus 已擁有 300 個 5G 站點，並規劃在明年三月前增加到 1200 個 5G 站點；而覆蓋範圍目前只有 13.8 萬個家庭位於 Optus 的 5G 覆蓋範圍內，未來服務範圍將擴展到首都內的郊區。而費用將維持與 Optus 推出的澳洲全國寬頻網路（National Broadband Network，NBN）計畫商品相同，未來可望比 NBN 更快且更容易連結。而 5G 技術的展開對於 NBN 計畫有什麼影響，對澳洲電信業者來說，5G 技術比較像是互補 NBN 計畫的角色，對於不在 NBN 服務範圍內的郊區或小型城鎮的使用者來說，他們可以選擇 5G 家庭固網的服務，未來電信業者也不排斥與 NBN 合作，透過 5G 技術提升 NBN 服務²⁵¹。

至於澳洲第三大電信商 Vodafone 則在 2019 年年底開始與諾基亞合作，展開 5G 之布建，首先將在雪梨進行 5G 基站之測試，同時也在爭取與澳洲第四大經營者 TPG 合併，目前該合併案已在主管機關澳洲競爭與消費者委員會（ACCC）審理中，而 TPG 也計畫於 2020 年推出自己的 5G 服務²⁵²。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

（一）頻譜相關政策及規劃

²⁵⁰ channelnews, The State Of 5G: Optus vs Telstra, available at: <https://www.channelnews.com.au/the-state-of-5g-optus-vs-telstra/>(last visited :2019/11/21)

²⁵¹ news.com.au, Optus announces 5G home broadband plan as it seeks to quadruple network within six months, available at: <https://www.news.com.au/technology/online/nbn/optus-announces-5g-home-broadband-plan-as-it-seeks-to-quadruple-network-within-six-months/news-story/3fdaf-c3fd652e94f9b8208c8e446bde4> (last visited :2019/11/21)

²⁵² ZDNet, Vodafone Australia goes with Nokia for 5G build, available at:<https://www.zdnet.com/article/vodafone-australia-goes-with-nokia-for-5g-build/> (last visited :2020/4/8)

ACMA 除了積極進行 3.6 GHz 頻段的拍賣以作為 5G 的使用頻段之外，並持續考量將 24.25–27.5 GHz 毫米波頻段（26 GHz 頻段）作為 5G 的第二候選頻段。

2017 年 9 月 5 日，ACMA 主辦 5G 頻譜使用毫米波頻段的頻譜磋商會議²⁵³，進一步在澳洲推動毫米波頻譜發展。鑑於國內和國際上日益增加對毫米波頻段的興趣，以及毫米波頻段中既有使用者的限制問題，透過本次會議和磋商過程，將相關建議用於制定 5G 初期毫米波頻段的政策參考。隨後 ACMA 發布 5G 頻譜使用毫米波頻段的諮詢文件²⁵⁴，ACMA 建議使用頻譜磋商會議所蒐集到之意見，透過公眾諮詢程序加速研議 24.25-27.5 GHz 頻段（26 GHz 頻段）作為 5G 初期使用。

ACMA 於 2018 年 9 月 26 日發布 26 GHz 頻段用於無線寬頻的意見文件²⁵⁵，以期提供更短距離，更高容量的無線寬頻服務，並補充更高密度區域的覆蓋。該文件指出，在澳洲 26 GHz 頻段內目前雖有既有頻譜使用業者，包括太空研究、固定式衛星服務（FSS），以及國家寬頻網路（NBN），但業務數量有限，而且迄今為止的研究顯示，未來無線寬頻與既有業務之間的共存應該是可行的，不需要約束或修改既有業務。因此考量與其他頻譜重整相比，加速考量將 26 GHz 頻段重整劃分的風險被認為是較低的。

在考慮利害關係人的回應之後，ACMA 決定加速釋出 26 GHz 頻

²⁵³ ACMA (2017), Spectrum tune-up: Spectrum for 5G broadband in mmWave bands, available at: http://www.acma.gov.au/Home/theACMA/~link.aspx?_id=5C6E9FA9517844359BD38DCBD2F85423&z=z

²⁵⁴ ACMA (2017), Spectrum for broadband in mmWave bands, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/spectrum-for-broadband-in-mmwave-bands>

²⁵⁵ ACMA (2018), Wireless broadband in the 26 GHz band Options paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/15EF7BCEB00E4297B99953C9CDC27125.ashx> (last visited : 2019/3/09)

段作為 5G 使用的程序。ACMA 同意該文件代表 26 GHz 頻段的下一步規劃，包含特定頻率和區域的配置方式、頻段如何分配、應編配何種執照，以符合無線寬頻各類型潛在多樣的服務。

具體而言，該文件建議的選項如下：

1. 分配 24.25 - 27 GHz，或分配 24.25 - 27.5 GHz 頻段。（目前尚未確認 26 GHz 頻段的下限頻率為 24.25 GHz。因為迄今為止，對於 23.6 - 24 GHz 頻段與被動地球探測衛星業務（earth exploration satellite services, EESS）共存的國際研究資訊仍然不足，因此 ACMA 仍沒有足夠的資訊來確定該頻段的下限頻率，24.25 GHz 是 ACMA 初期假設的下限頻率。）
2. 僅在特定的都會區編配頻譜執照，或在都會區或區域均可編配頻譜執照。（不管選項為何，無線寬頻服務將被允許可透過協調的設備執照接取定義外的區域。）
3. 在定義的地理區域內，制定頻譜執照、設備執照和同頻類別執照的各種組合選項，以便接取各種不同類型的潛在服務。

有關 ACMA 受 23.6 - 24 GHz 頻段與被動地球探測衛星業務（EESS）共存國際研究資訊不足的影響，因此 ACMA 初期假設 26 GHz 頻段的下限頻率為 24.25 GHz 的問題，ACMA 將召集利害關係人組成工作小組，以考量頻率邊界和相關共存的議題，該工作小組將作為制定技術架構時所建立之技術聯絡小組（Technical Liaison Group, TLG）的補充，而不是替代。工作小組也將有機會討論該頻段上限（即 27 或 27.5 GHz）的任何關注問題，並考慮是否有其他具體措施可有助於保護 FSS 衛星接收器。

另依據 ACMA 於 2018 年 9 月 26 日發布 26 GHz 頻段用於無線寬頻的意見文件²⁵⁶，ACMA 承諾將調查 28 GHz 頻段（27.5 GHz 至 29.5 GHz）額外配置設備執照（apparatus license）點對多點（point-to-multipoint）服務的可能性。依循此承諾，ACMA 於 2018 年 9 月 28 日發布 28 GHz 頻譜規劃的討論文件²⁵⁷，以在該頻段使用配置具體改變之前，考量利益相關者與該頻段既有使用者的相關意見，以更全面地平衡該頻段現有和未來的潛在用途。

目前澳洲 28 GHz 頻段被用於固定衛星業務（fixed satellite service, FSS），其中包括須協調的閘道衛星地面站（gateway earth stations），其適用設備執照，以及不須協調的無所不在衛星地面站（ubiquitous earth station），其適用類別執照。預計這些 FSS 業務未來將持續使用該頻段，ACMA 希望為類別執照的衛星地面站配置額外層級的執照，這也是此次 ACMA 諮詢 28 GHz 頻段規劃的原因之一。

28 GHz 頻段除了用於 FSS 業務之外，目前該頻段的一部分也用於固定點對點鏈路業務，雖然部署相對有限，但 ACMA 認為從 2014 年才開放此項業務，因此根據當前業務的使用範圍來推斷未來的使用需求為時過早。

目前美國和其他主要市場都有興趣將 28 GHz 的部分或全部頻段用於固定和行動的廣域無線寬頻，這也是國際關注以毫米波頻段支持 5G 行動寬頻服務的一部分，一系列的頻段正受到審查，包括緊鄰的 26 GHz 頻段（24.25-27.5 GHz）。雖然 ACMA 考慮將 26 GHz 頻段用於區域範圍行動寬頻的部分取得很大的進展，但目前針對 28 GHz 頻段的審查，討論將兩個頻段結合還為時過早。因此該文件僅針對閘道與無所不在 FSS 業務、點對點固定鏈路業務、固定基站點對多點無線

²⁵⁶ ACMA (2018), Wireless broadband in the 26 GHz band Options paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/15EF7BCEB00E4297B99953C9CDC27125.ashx>

²⁵⁷ ACMA (2018), 28 GHz spectrum planning Discussion paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/992D0B89E5BB40098672A2F76320EBF7.ashx>

接取業務、廣域固定與行動無線寬頻業務進行討論。

雖然 ACMA 尚未就 28 GHz 頻段的長期配置形成任何觀點，但一些規劃旨在探討頻譜共享的範疇，以最大化頻譜的整體效用。28 GHz 頻段仍在初始調查階段，因此本討論文件應被視為 28 GHz 頻段現有與未來潛在使用和頻譜需求的對話啟動器 (conversation-starter)，不會包含任何詳細的重新計畫選項或權威機構的初步意見，也不會改變現有規範。28 GHz 頻段如有任何規劃或配置改變，或相關監管決定，都將與各方利益相關者進行額外磋商。

另值得一提的是，ACMA 於 2020 年 2 月發布全區域執照 (Area-wide licensing, AWL) 新制²⁵⁸，其內容包含「區域範圍內之發射機使用執照 (the ‘area-wide’ type for transmitter licences)」及「接收區域範圍內之接收機執照 (the ‘area-wide receive’ type for receive licences)」。ACMA 計畫於 26 GHz 及 28 GHz 毫米波 (mmWave) 頻段中使用此種執照，作為未來布建 5G 服務及技術的重點。其目的是為了讓頻譜之使用更加多元與創新，以因應科技與消費者的需求。

所稱「區域範圍內之發射機使用執照」，其可用於各種網路規模或地形，為服務或技術中立性質，只要符合相關頻段之要件，即可申請。而「接收區域範圍內之接收機執照」，則是透過協調及登記，保護接收機提供者免受干擾，依此執照運行之無線電通訊設備只允許接收無線電通訊，不允許發送任何類型的無線電通信。

在設備登記上，ACMA 參考過去利害關係人之意見，表示只有在設備對其他設備存在干擾風險時，始需在運作前登記為 AWL。而減少登記設備之原因，係因與其他頻率之基站設備執照相比，其他基站設備執照之發放，乃基於特定地點之設備協調，而 AWL 則是授權一

²⁵⁸ ACMA(2020), Area-wide licensing ACMA approach to introducing area-wide licences, available at: <https://www.acma.gov.au/acma-creates-new-licence-type>

個或多個以上的無線電通訊設備，在一定頻率範圍與地理區域內進行，若發生干擾問題，將以執照之頻率與地理邊界管理，而非直接管制該設備。

目前 AWL 尚在規劃 AWL 類型之內容，包含：1.申請人是否應取得操作無線電通訊設備之執照並遵守邊界限制，如限制執照的最強訊號強度範圍，以減輕相鄰頻譜用戶之干擾風險；2.執照之頻段及頻寬、地理區域之最大範圍及最小範圍；3.AWL 授權之無線電通訊設備，在操作無線電通信設備（或其分設備）前，是否應先註冊；4.AWL 用於特定頻段，是否應根據澳洲《無線電通信法》第 106 條，以行政方式或按價格分配；5.年度頻率執照稅額；6.其他 ACMA 認為與 AWL 設備操作相關之問題。ACMA 將與利害關係人協商上列事項後，才會將 AWL 實施於特定頻段中。

而在干擾管理與頻譜使用部分，ACMA 將透過技術與服務中立、地理和頻率邊界條件等，用於管理 AWL 及相關執照，以確保頻率在相鄰之區域內與其他服務共存。期待透過區域執照的方式，為申請者提供較高的布建靈活性，並將相鄰區域及其他無線電通信設備之干擾風險降到最低。

ACMA 將使用澳洲頻譜地圖網格（The Australian spectrum map grid, ASMG）和網格單元識別架構（Hierarchical Cell Identification Scheme, HCIS）來定義執照之地理區域，以利執照區域準確的反應到申請者布建之區域。

最後，在頻譜規劃部分，ACMA 正考慮在毫米波（mmWave）頻段—26 GHz（24.7 - 27.5 GHz）及 28 GHz（27.5 - 29.5 GHz）頻段中實施 AWL，包括在頻譜許可區域外之 25.1 - 27.5 範圍內，作為第一個使用 AWL 的第一個波段。ACMA 預計在 2020 年第 3 季完成該執照與框架之公眾諮詢，在諮詢過程中也將討論執照費用及其他相關細

項，並有可能擴張至其他頻段使用。

(二) 推動產業政策措施

由於高頻毫米波頻段之使用，在澳洲仍處於諮詢階段，ACMA 除了持續進行相關毫米波頻段之技術規範（例如發射功率、防止干擾限制、布建環境及建設規範及射頻設備操作之健康安全等）外²⁵⁹，並準備在 2021 年初在 25.1–27.5 GHz 範圍內之高毫米波頻段進行拍賣²⁶⁰，關於推動產業政策措施，ACMA 尚未發布太多資訊，仍有待未來持續關注。

²⁵⁹ ACMA, Technical framework 28–31 GHz band, available at: <https://www.acma.gov.au/search/node?keys=28+GHz>

²⁶⁰ ZDNet, Australia prepares for mmWave spectrum auction in early 2021, available at: <https://www.zdnet.com/article/australia-prepares-for-mmwave-spectrum-auction-in-early-2021/> (last visited :2020/4/8)

第十四節 新加坡

一、5G 頻譜資源中長期配套規劃與釋出時機考量

2019 年 5 月 7 日，新加坡資通訊媒體發展局（Infocomm Media Development Authority, IMDA）發布第二次 5G 政策諮詢文件，透過尋求產業意見以建立合適之 5G 監管政策。IMDA 的目標，是讓新加坡成為全球 5G 創新應用與服務的領先者。本次諮詢討論 5G 候選頻段、釋出方式、釋出頻率組合、執照義務與相關規範等議題，6 月 19 日截止收件各界意見，並於 2019 年 10 月 17 日宣布，新加坡的 5G 區域網路最快可於 2020 年推出，以配合國內對 5G 之高度需求。

IMDA 為促進新加坡及早導入 5G 之政策目標，設有以下策略：

- (1) 促進於 2020 年開始布建符合獨立組網規格與架構的 5G 網路。
- (2) 藉由保障至少二家全國型 5G 業者，確保充分競爭，並鼓勵網路共享。
- (3) 確保 5G 網路布建初期乃基於可靠且能信任之設計。
- (4) 提供監理彈性，讓行動通訊市場持續成長，且能因應技術演進適應變革。

目前新加坡對於低中高頻段釋出頻段如下表所示。

表 2-75：新加坡頻段釋出彙整表²⁶¹

項目	頻段	目前分配現狀	可用頻寬	可用時點
首波 5G 釋出頻譜	3.5 GHz (3450 – 3650 MHz)	既有固定衛星業務 (下鏈)	200 MHz	2021/2022
	26/28 GHz	既有固定衛星業務 (上鏈)使用 28 GHz 部分頻率	200 MHz	2020
第二波 5G 頻譜	700 MHz	4G	90 MHz	需待鄰近國家 完成類比電視 數位轉換
	1.4 GHz (L- band)	數位廣播	約 91 MHz	目前可供試驗
	2.1 GHz	3G (經 IMDA 許可 後可用 4G)	135 MHz, 含 TDD 頻段	2022 年 1 月換 發
	2.5 GHz TDD	4G	45 MHz	頻譜權利自 2017 年始， 2033 年到期
	3.5 GHz (3400 – 3450 MHz)	固定衛星(FSS)	50 MHz	2023 年後
	4.5 GHz	固定通訊 (FS)	約 200 MHz	2025 年後

資料來源：IMDA，本研究編修。

為了讓稀缺頻譜資源達到最佳化運用，且能實現 5G 的完整潛力，IMDA 希望確保國內至少 2 家電信業者可取得 5G 中頻與高頻段，於 5G 市場初期能完整實現 5G 網路能力，且國內 4 家行動業者均有機會取得 5G 頻譜，以鼓勵網路共享與服務競爭。

二、5G 頻譜釋照政策分析

(一) 電信市場概況

新加坡電信市場目前於行動通訊市場部份，主要有三家業者，分別為 Singtel、Starhub 以及 M1，其中，Singtel 為市占率最大的業者，根據星展銀行 (DBS Bank) 之統計，Singtel 於 2017 年第三季之市占率達 51.8%、其次為 Starhub，市占率達 30.4%。M1 市占率第三，達 17.8%。目前新加坡行動市場主要仍為三家行動通訊業者瓜分，如下

²⁶¹ IMDA(2019), Policy for fifth-generation(5G)mobile networks and services in singapore

圖。

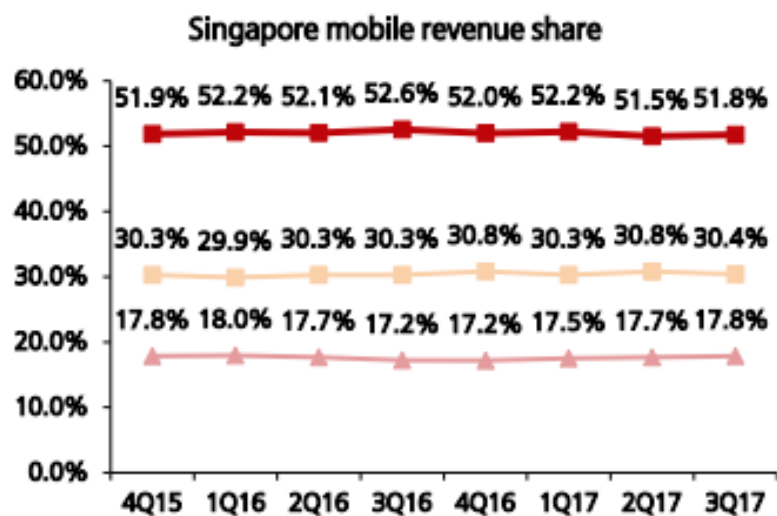


圖 2-91：新加坡行動通訊市場市占率（依營收別）

資料來源：DBS Bank²⁶²。

(二) 頻譜釋出方式（拍賣）說明

1. 競價機制

IMDA 過往於 2017 年即發布 5G 頻譜公眾諮詢文件，經歷兩年與產業利害相關人洽談，以及辦理既有業務與行動通訊業務之干擾評估等作業後，IMDA 初步規劃以 3.5GHz 及 26/28GHz 頻段作為首波 5G 釋出頻譜資源，其中 3.5GHz 頻段將釋出 200MHz、26/28GHz 則將釋出超過 4,000MHz。

(1) 3.5GHz 頻段

IMDA 過往於 2017 年討論 3.5GHz 頻段（3.4-3.6GHz）是否由既有之固定衛星業務（下鏈）（Fixed Satellite Service, FSS）轉分配為行動通訊業務，當時曾設計兩種選項，其一為全部移頻，清理完整

²⁶² DBS (2018), Singapore Telecom Sector, https://www.dbs.com.sg/sme/aics/pdfController.page?pdfpath=/content/article/pdf/AIO/012018/180125_insights_opportunities_from_mispricing.pdf

200MHz 頻段供行動通訊使用；其二為部分移頻，釋出 200MHz 之部分頻寬供行動通訊業務使用。經歷兩年之評估作業，並辦理既有業務與行動通訊業務之干擾評估後，IMDA 認為，由於 3.4-3.6GHz 頻段於新加坡主要供個別站臺（醫院、飯店）接收來自衛星訊號之純電視接收服務（TV Receive-Only，TVRO）之用。基於新加坡之地理條件，難以實現固定衛星業務與行動通訊業務同頻共存，因此決定延伸 C 頻段（3.4-3.6GHz）之既有使用者應移頻至 3.7-4.2GHz 頻段。

IMDA 考慮技術限制後，認為 3500-3600MHz 為無限制使用之區塊，可布建於戶外、室內以及地下；3400-3500MHz 則為限制使用，僅限布建於室內與地下。

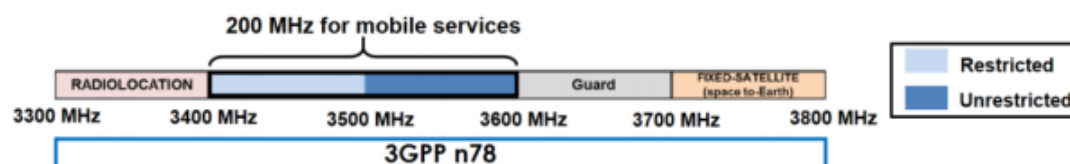


圖 2-92：新加坡 3400-3800MHz 頻段規劃

資料來源：IMDA²⁶³。

IMDA 對 3.5GHz 頻段規劃分為 2 個頻塊組合：

- A. 1 頻塊（Lot A，3450-3550MHz）為 100MHz，包含無限制使用及限制使用；
- B. 1 頻塊（Lot B，3550-3600MHz）為 50MHz，採無限制使用。
- C. 剩餘之 50MHz（3400-3450MHz），採限制使用，將併同 Lot B 的得標者使用。

²⁶³ IMDA (2019), Second Consultation on 5G Mobile Services and Networks, <https://www.imda.gov.sg/-/media/Imda/Files/Regulation-Licensing-and-Consultations/Consultations/Consultation-Papers/Second-Public-Consultation-on-5G-Mobile-Services-and-Networks/Second-5G-Public-Consultation-7-May-2019-Final.pdf>

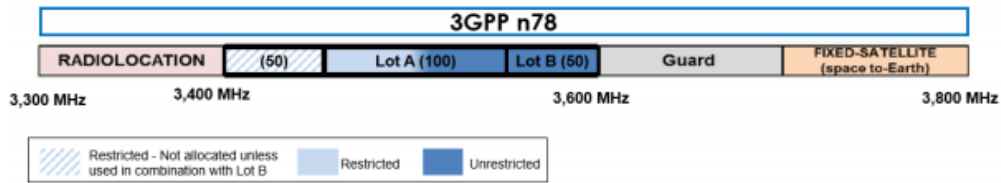


圖 2-93：新加坡 3400-3800MHz 頻段規劃

資料來源：IMDA。

IMDA 希望藉由此一設計，讓新加坡市場上至少有兩家全國型業者取得 3.5GHz 頻段。

(2) 26/28GHz

考慮到全球發展趨勢，IMDA 決定將 26/28GHz 頻段之主要業務核配給行動通訊使用。針對毫米波頻譜資源之頻率劃分方式，IMDA 規劃三種選項供外界回應，並較偏好選項 B 及選項 C，因此二種配置較接近 3GPP 建議之頻段配置方案。IMDA 規劃 3.5GHz 得標者將會獲配其選擇之 800MHz 毫米波頻譜，如下圖。

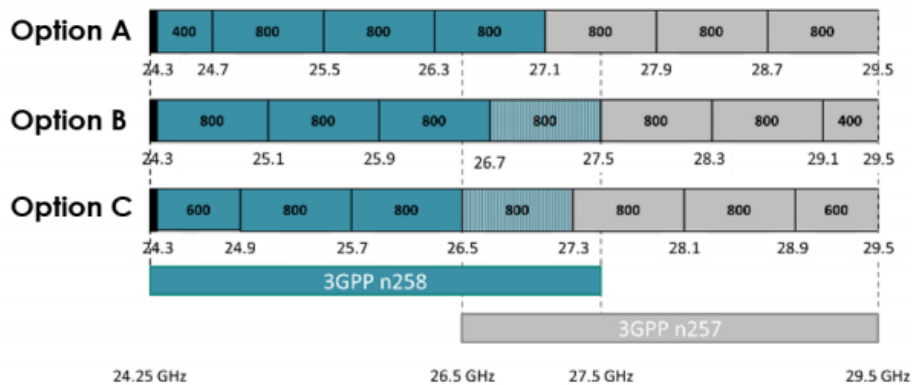


圖 2-94：新加坡 26/28GHz 頻段規劃

資料來源：IMDA。

IMDA 曾於 2019 年 5 月辦理國內 5G 政策公眾諮詢，針對 5G 候選頻段、釋出方式、釋出頻率組合、執照義務與相關規範等議題尋求

各界產業意見，2019 年 10 月 17 日公布第二次 5G 政策諮詢決議，預計釋出的頻寬包括 3.5GHz 釋出 200MHz，26/28GHz 釋出總頻寬 3200MHz。IMDA 提供 2 個頻譜組合 (spectrum packages)，每個頻譜組合包括在 3.5 GHz 頻段有一 100 MHz 頻塊，而在毫米波頻段有一 800 MHz 頻塊。相關規劃如下圖：

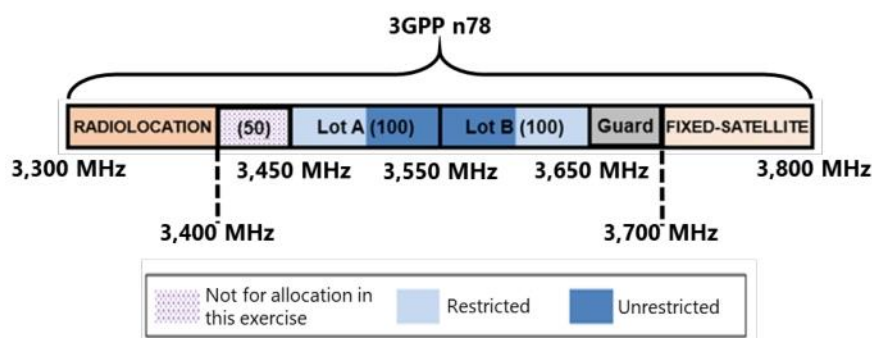


圖 2-95：新加坡 3.5GHz 頻譜規劃圖

資料來源：IMDA。

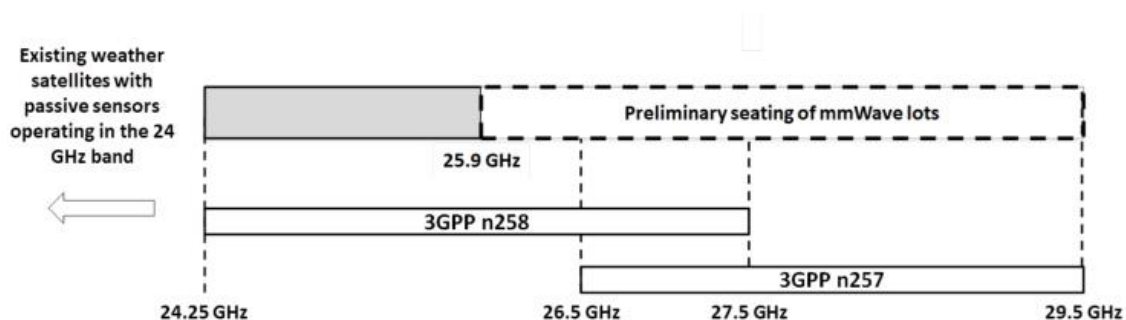


圖 2-96：新加坡毫米波 (mmWave) 頻譜規劃

資料來源：IMDA。

新加坡頻譜釋出方式採審議制，因為 IMDA 希望確保至少有兩家全國型業者於 5G 市場初期能完整實現 5G 網路能力，亦即國內至少 2 家電信業者可取得 5G 中頻與高頻段，國內 4 家行動業者均有機會取得 5G 頻譜，故規劃以審議制方式釋出頻譜，並限定僅開放既有行動通訊業者申請。有興趣取得頻譜資源的業者應提出該公司對於

3.5GHz 與毫米波頻譜之偏好區塊，並說明其 5G 網路布建計畫與願意支付之價金。

IMDA 將先行就國內電信業者之財務能力、網路安全程度及韌性，以及國際頻譜價金等方面進行評估，規劃有意經營全國 5G 網路業者，須出價至少 5,500 萬新加坡幣購買 3.5 GHz 頻段，並支付執照年費 15 萬 4,000 新加坡幣。至於涵蓋範圍較集中之區域性網路，則將使用 26 GHz 或 28 GHz 頻段，惟 IMDA 並未對高頻段訂定底價，僅規範須支付年費 123 萬 2,000 新加坡幣。

IMDA 首先向相關電信業者諮詢 5G 網路提案，有意者須於 2020 年 1 月 21 日前提交，預計將於 2020 年中公佈結果。換言之，未來新加坡 4 家行動網路業者—SingTel、M1、StarHub 及 TPG—皆可能自行提供 5G 網路服務。依此預估，至 2022 年底，5G 網路將覆蓋至少半個新加坡。

2020 年 4 月 29 日 IMDA 公布頻譜核配結果，3.5GHz 分別由 SingTel 與由 M1、StarHub 合資成立之企業取得各 100MHz 頻譜資源；毫米波頻段則分別由 SingTel、M1 和 StarHub 各 100MHz 頻譜資源。IMDA 於完成法規程序前（如頻塊選擇、技術確認與法律規範）將發行 5G 臨時證，待前項法規程序皆已完成後，則核發正式 5G 執照。

(三)權利義務及限制

1. 鼓勵新進業者參與或扶植新進業者措施

IMDA 於其政策中並未規劃鼓勵新進業者參進或扶植新進業者之相關措施。

2. 頻譜取得上限規範

IMDA 將採審議制釋出 5G 頻譜，故僅有兩家業者能取得執照，

且執照頻率固定，故得標者能取得之頻譜資源有其限制。

3. 得標者義務（布建義務：涵蓋率或基地臺數）

IMDA 規範欲提出申請之業者，需滿足最低限度之監理規範，對於網路布建義務設定以下規範：

- (1) 於取得 3.5GHz 頻段使用權的 24 個月內，提供 5G 獨立組網網路涵蓋範圍超過 50%；
- (2) 於取得毫米波頻譜頻率使用權的 12 個月內，啟用毫米波頻譜資源。
- (3) 設計且布建符合 IMDA 監理規範之高可靠且可信任 5G 網路。

4. 頻率使用期限

IMDA 首先評估國內電信業者之財務能力、網路安全程度及韌性，以及國際頻譜拍賣價金等面向，分別就 3.5 GHz、26/28 GHz 頻段規劃與相關價值設定、年費與使用年限如下：

- (1) 3.5 GHz 頻段：頻譜使用年限為 15 年，有意經營全國 5G 網路業者，須出價至少 5,500 萬新加坡幣購買，並支付年費 15 萬 4,000 星元，。
- (2) 26/28 GHz 頻段：使用年限為 16 年，惟 IMDA 並未訂定底價，僅規範須支付年費 123 萬 2,000 星元。

未來 IMDA 亦計畫在 2024 或 2025 年提供更多頻譜段以擴大 5G 網路。

5. 頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量

IMDA 近期並未探討關於頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則相關

措施。

(四)合作規範

1. 網路共建之准駁規定與考量

IMDA 於 5G 釋出決議中提到，後續將設定網路布建、出租義務等規範，保持市場充分競爭並鼓勵網路共享，現階段尚未揭露細部政策資訊。

2. 強制漫遊與商業協商漫遊之准駁規定與考量

目前 IMDA 並未宣布對於 5G 使用時之強制漫遊與商業協商漫遊相關准駁規定。

3. 頻率共用之准駁規定與考量

IMDA 尚未准許頻率共用。

4. 容量批發 (MVNO) 之規劃

IMDA 規範得標者應提供 5G 批發服務給其他行動通訊業者或虛擬行動通訊業者，以鼓勵網路共享。

三、5G 應用發展重點、措施及垂直場域推動政策

(一)5G 應用發展重點方向及推動措施

IMDA 希望新加坡能有蓬勃發展的數位經濟，為達此一願景，需要建置世界一流的有線與無線連網基礎設施。5G 技術乃行動通訊技術的飛躍性進展，因而成為新加坡實現願景的關鍵要素。

IMDA 的 5G 策略不僅只廣泛布建 5G 的基礎設施，更聚焦發展 5G 創新生態圈。IMDA 將更積極在各個產業領域推動 5G 應用，隨著 5G 生態圈逐漸成熟與催生更多商機，這種策略將為新加坡帶來產業與勞工更多的競爭優勢。

自 2017 年公眾諮詢以來 IMDA 提供頻率清單，包含在適當的實驗框架進行 5G 實驗像是 3.5GHz(3400-3600MHz)以及 28GHz(27500-29500MHz) 頻段。於 2017 年 5 月起，IMDA 提供無線電頻率為 5G 技術實驗頻段並免除頻率使用費，直到 2019 年 12 月，以鼓勵業界測試新加坡 5G 網路的性能。此外 IMDA 為確保所有產業參與者能公平獲得試用頻譜，IMDA 將審查要求的頻段、測試地點、實驗參數以及既有用戶使用狀況等。²⁶⁴

(二)垂直場域應用之推動政策

為鼓勵企業垂直場域應用發展，新加坡 IMDA 於 2019 年 5 月發布諮詢文件，討論 800MHz、1900MHz TDD 以及 2.1GHz 頻段之釋出方式，其中，2.1GHz 頻段之釋照主要為 3G 屆期之重分配作業；800MHz 與 1900MHz 則規劃部分頻率供企業專用網路使用，其中，800MHz 將有 2x13 MHz 供企業垂直專網頻譜，區分為 3 個頻塊：Lot A、Lot B 與 Lot C；部分頻率則為公共災防頻譜使用（PPDR：2x10 MHz），如下圖。

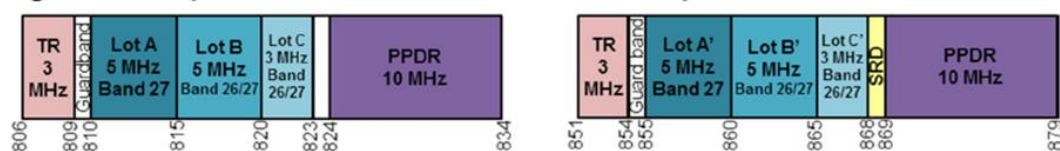


圖 2-97：新加坡 800MHz 企業專網頻譜規劃

資料來源：IMDA，Proposed Policy Frameworks For The Allocation Of 800 Mhz, Tdd 1900 Mhz And Fdd 2100 Mhz Spectrum Bands。

另外，1900MHz 頻段規劃釋出 10MHz，將與 800MHz 頻段共同釋出供企業專用頻譜使用。1900MHz 與 FDD 2.1GHz 之護衛頻帶將為 5MHz，如下圖。

²⁶⁴ IMDA(2019), Second consultation on 5G mobile services and networks.

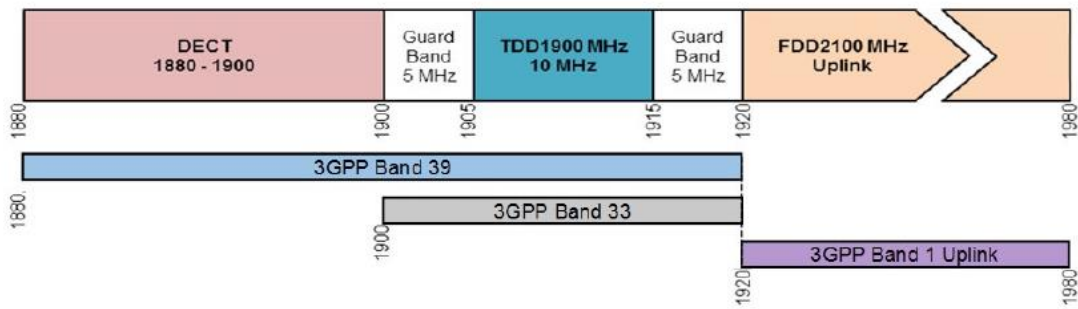


圖 2-98：新加坡 1900MHz 企業專網頻譜規劃

資料來源：IMDA，Proposed Policy Frameworks For The Allocation Of 800 Mhz, Tdd 1900 Mhz And Fdd 2100 Mhz Spectrum Bands。

新加坡專用電信與企業專網採拍賣制，包含三個階段：初始報價階段、數量階段與分配階段，申請者在參與拍賣前，須經預先審查，通過審查者始能進入拍賣的第一階段。

此外，IMDA 在評估技術因素（例如其傳播特性、應用和國際頻譜的協調性）與商業因素（例如每個合格競標者的預期市場需求和市占率）後，規劃各段頻譜之底價如下：

表 2-76：新加坡企業專網拍賣頻譜與底價比較表

拍賣頻譜	相關底價
800 MHz 及 TDD1900 MHz 使用權限 7-10 年	<ul style="list-style-type: none"> ● SGD \$450,000 – SGD \$900,000 800 MHz：2 個 5 MHz 頻塊 ● SGD \$100,000 – SGD \$250,000 800 MHz：2 個 3 MHz 頻塊 ● SGD \$450,000 – SGD \$900,000 TDD1900 MHz：非成對的 10 MHz 頻塊
FDD2100 MHz 使用權限 10-15 年	SGD \$1,000 萬– 1,500 萬 FDD2100 MHz 的 2 個 5 MHz 頻塊

資料來源：IMDA。

(三)5G 商轉概況

IMDA 為讓電信業者累積 5G 商業運用的前期經驗，於 2019 年 6 月 27 日啟動 5G 資金計畫 (5G Grant)，鼓勵產業界進行技術測試。IMDA 首先規劃在以下四個策略聚落 (strategic clusters) 中發展 5G 應

用案例 (use-cases)：

1. 海事營運 (Maritime Operations)
2. 城市交通 (Urban Mobility)
3. 智慧房地產 (Smart Estates)
4. 工業 4.0 (Industry 4.0)

5G 資金計畫補助金從 2019 年 6 月 27 日至 2020 年 5 月 31 日開放相關業者接受申請，業者所提之專案申請書應證明 5G 帶來的新興機會和對該企業與產業的重大價值，以及專案本身對未來 5G 發展的可擴展性。IMDA 將為批准的專案提供高達 70% 的資金補助，專案執行期限不得超過 18 個月。

IMDA 此舉目的是希望透過與上述聚落重要業者合作，提高並促進 5G 應用案例 (含創新應用及解決方案)，了解實時環境 (live environment) 中 5G 科技的新興技術能力和性能，為未來的 5G 發展提供關鍵學習經驗。

四、高頻毫米波頻段之政策規劃

(一) 頻譜相關政策及規劃

關於 26GHz 頻段的使用，IMDA 關注了聯合國世界氣象組織大會 (World Meteorological Organization, WMO) 最新發展，來確保氣象衛星以及衛星服務的干擾。²⁶⁵

IMDA 了解正確技術解決方案及適當的技術參數評估後認為，5G 將可能在氣象衛星頻段附近布建，考慮到氣象衛星的干擾，可能必須減少 26GHz 頻段中樂於行動服務的毫米波頻段數量。

²⁶⁵ IMDA(2019), Policy for fifth-generation(5G)mobile networks and services in Singapore.

關於 28GHz 頻段的使用，FSS 僅使用 28GHz 頻段，目前該頻段的部分頻譜僅由海上 ESIM 做使用，同時允許 FSS 在 28GHz 頻段範圍內使用，並為 FSS 訂定運作條件以及監管架構。

由於考量所有因素以及 IMDA 政策目標，為新加坡 5G 服務將在 26GHz 及 28GHz 頻段中 3.2GHz 毫米波頻段

(二) 推動產業政策措施

IMDA 密切關注 WRC-19 議程有關 ESIM 的討論，包含適當的技術要求以及操作要求。在 WRC-19 取得成果前，IMDA 將在 2019 年底確定毫米波頻段頻譜範圍以及各種技術操作，將與受影響業者一起訂定措施，例如距離海岸最小距離，在相同頻率下使用 FSS 與行動業務達成共存。

第十五節小結

本研究彙整各國規劃，但因新冠肺炎疫情（COVID-19），多國宣布延後釋出。資料聚焦於已釋出頻段、規劃 2020-21 年釋出頻段為主。

表 2-77：研究國家 5G 頻段（已釋出、規劃 2020-2021 釋出）比較表

國家	釋出狀態	頻段	時間
英國	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 2.3GHz • 3.4-3.6GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 4 月
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz • 3.6-3.8GHz • 3.8-4.2GHz • 26GHz • 66-71GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz、3.6 至 3.8 GHz 預計 2020 年進行拍賣
愛爾蘭	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.6GHz • 26GHz(24,745-25,277 MHz / 25,753-26,285 MHz) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.6GHz 於 2017 年 5 月完成拍賣 • 26GHz 於 2018 年 6 月完拍賣
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz • 2.3GHz 與 2.6GHz • 3.6GHz • 26GHz(24,250-24,549 MHz / 25,445-25,557 MHz / 26,453-27,550 MHz) • 42GHz • 66-71GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 預計 700MHz 將於 2020 年完成拍賣。 • 其餘頻段仍在諮詢階段，尚未定論
德國	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 2.1GHz • 3.6GHz • 3700-3800 MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 8 月 2 日完成拍賣 • 3700-3800 MHz，2019 年 11 月公告以申請方式釋出
義大利	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz • 3.6-3.8GHz • 26GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 10 月 2 日完成拍賣
法國	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 3.4-3.8GHz • 26GHz 頻段（24.25-27.5GHz） 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.4-3.8GHz 延至 2020 年 6 月前
奧地利	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.4-3.8GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 3 月 7 日完成拍賣
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz • 1.5GHz • 2.1GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz 預計 2020 年
瑞典	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 12 月
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 2.3GHz 與 3.5GHz • 26GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2020 年

國家	釋出狀態	頻段	時間
美國	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 28GHz • 24GHz • 37、39、47GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 28GHz 於 2019 年 1 月 24 日完成拍賣 • 24GHz 於 2019 年 5 月 28 日完成拍賣 • 37、39、47GHz 於 2020 年 3 月 5 日完成拍賣
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 600MHz、800MHz、900MHz • 2.5GHz • 3.5GHz • 3.7-4.2GHz • 6GHz • 50GHz • 95GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5GHz 預計於 2020 年 7 月 23 日拍賣
日本	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.7GHz • 4.5GHz • 28GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 4 月 10 日
韓國	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5GHz • 28GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 6 月
中國	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz • 2.5GHz • 3.3-3.6GHz • 4.8-5GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 12 月 10 日釋出 2.5GHz、3.3-3.6GHz、4.8-5GHz； • 2020 年 4 月 1 日公告 700MHz 劃歸行動使用
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 24.75-27.5GHz • 37-42.5GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 未公告
香港	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3GHz • 3.5GHz • 4.9GHz • 26/28GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 3 月釋出 26/28GHz • 2019 年 10 至 11 月連續完成 3.5GHz、4.9GHz、3.3GHz 拍賣
澳洲	已釋出	<ul style="list-style-type: none"> • 3.6GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 12 月 10 日
	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 26GHz • 28GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 26GHz 預計 2021 年年初進行拍賣
新加坡	規劃中	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5GHz(3450-3650MHz) • 26/28GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 26/28GHz 預計 2020 年釋出。 • 3.5GHz 預計 2021 年釋出

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國釋出 5G 頻譜所採用拍賣機制之比較如下。

表 2-78：研究國家 5G 拍賣形式與競價機制比較表

採行拍賣 機制	國家	競價機制設計
CCA、CA	愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> • CCA(兩階段) • 活動規則
	奧地利	<ul style="list-style-type: none"> • Simple Clock Auction(兩階段) • 活動規則 • 資格點數
	瑞典	<ul style="list-style-type: none"> • Clock Auction (兩階段) • 活動規則
	美國	<ul style="list-style-type: none"> • CCA(兩階段) • 資格點數 • 活動規則 • 加速競價階段
	韓國	<ul style="list-style-type: none"> • Clock Auction(兩階段) • 活動規則 • 除底價外，主管機關自行訂定回合價與上升幅度
	香港	<ul style="list-style-type: none"> • CCA(兩階段) • 資格點數 • 活動規則 • 除底價外，主管機關未公告回合價與上升幅度
改良型 SMRA	英國	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA(兩階段) • 資格點數 • 活動規則 • 主管機關訂定回合價
	德國	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA(兩階段) • 資格點數 • 活動規則 • 加速競價階段
	義大利	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA(兩階段) • 活動規則
	法國	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA(兩階段) • 諮詢中
	美國	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA • 資格點數 • 活動規則 • 加速競價階段
	香港	<ul style="list-style-type: none"> • SMRA • 資格點數 • 活動規則

採行拍賣 機制	國家	競價機制設計
		<ul style="list-style-type: none"> • 主管機關訂定回合價 • 除底價外，主管機關未公告回合價與上升幅度
	澳洲	<ul style="list-style-type: none"> • ESMRA(兩階段) • 活動規則 • 資格點數 • 主管機關訂定回合價
審議制	日本	• 審議制
	中國	• 審議制
	新加坡	• 審議制

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國規劃底價設算之考量比較如下。

表 2-79：研究國家 5G 底價設算考量比較表

國家	底價設算考量	國家	底價設算考量
英國	<ul style="list-style-type: none"> • 國際標竿法 • 過往拍賣成果 • 相鄰頻段市場價格 	日本	• 審議制：業者承諾投資於基地臺之布建金額
愛爾蘭	• 國際標竿法	中國	• 審議制
義大利	<ul style="list-style-type: none"> • 過往拍賣結果 • 相鄰頻段拍賣結果 	新加坡	• 審議制：業者提出承諾於網路布建計畫之投資金額
瑞典	• 適度反應拍賣過程中，主管機關衍生之相關費用	法國	• 諮詢中
美國	• 衡量每執照區域涵蓋人口數與其價值	韓國	• N/A
香港	• 反映頻譜基本價值、考量市場成熟度與投資成本	德國	• N/A
澳洲	• 衡量每執照區域涵蓋人口數與其價值	奧地利	• N/A

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國針對新進業者之規劃措施比較如下。

表 2-80：研究國家鼓勵新進業者措施比較表

項目	國家	鼓勵新進業者措施
費用優惠	英國	<ul style="list-style-type: none"> 部分頻塊不需要資格點數，且可以折扣價購買，最高折扣在 300~400 萬英鎊之間。
	美國	<ul style="list-style-type: none"> FCC 對於 28GHz 頻段設計小型企業出價減免優惠 (Small Business Bidding Credits)，讓小業者或偏鄉服務業者享有出價標金減免優惠。 <ol style="list-style-type: none"> 連續三年年平均營收未超過 5,500 萬美元的小型業者，可減免 15%。 連續三年年平均營收未超過 2,000 萬美元的業者，則減免 20%。上限為 2,500 萬美元。 限制獲得出價減免的業者，於一定期間內不得轉讓執照給不符合資格的企業。 針對偏鄉業者，符合資格的得標者可享減免 15% 的優惠，上限為 1,000 萬美元，且服務用戶數必須低於 25 萬戶，或主要服務區域為每平方英里人口密度低於 100 人的區域。
義務減輕	德國	<ul style="list-style-type: none"> 支持新進業者在不違反電信法與競爭之前提進行全國性漫遊的協商。 新進業者的網路涵蓋義務相對較低 <ol style="list-style-type: none"> 2023 年底前達全國 25% 家戶，至 2025 年底前完成至少全國 50% 家戶 若新進業者僅得標 3.6 GHz 頻段，2025 年前至少達全國 25% 家戶 得標 3.6 GHz 頻段之新進業者，2022 年底前設立 1,000 臺 5G 基地臺
權益保障	義大利	<ul style="list-style-type: none"> 規劃於 700MHz 頻段保留 2 個頻塊 (一頻塊為 2x5MHz)，供新進業者出價。
	日本	<ul style="list-style-type: none"> 5G 頻譜釋照之「絕對審查」即要求申請業者必須提供對於沒有行動電話執照者 (MVNO) 所進行電信設備接續之批發電信業務計畫
	愛爾蘭	納入 3.6GHz 發照考量中
未規範	奧地利	未發現相關措施
	瑞典	未發現相關措施
	韓國	未發現相關措施
	法國	未發現相關措施
	香港	鼓勵各界參與競標，未發現針對新進業者相關措施
	澳洲	規範對象為既有業者，未發現針對新進業者相關措施
	中國	未發現相關措施

項目	國家	鼓勵新進業者措施
	新加坡	IMDA 尚未公告相關措施。

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國釋出頻譜設定上限之比較如下。

表 2-81：研究國家頻譜上限規範比較表

頻段上限規範	國家	頻譜上限規範
規範頻譜交易後之持有上限	美國	<ul style="list-style-type: none"> 毫米波頻譜（24GHz、28GHz、37GHz、39GHz 及 47GHz）交易後取得之總頻寬不得超過 1,850MHz，約占 5 個釋出頻段總頻寬 4,950MHz 之 37.3%。
對總頻寬訂上限	英國	<ul style="list-style-type: none"> 700MHz 和 3.6-3.8GHz 頻段，釋照後各業者持有之行動通訊頻譜不得超過 416MHz（即總頻寬上限 37%）。
	愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> 1GHz 以下之 700MHz 等頻率上限設置為 70 MHz（2x35 MHz） 整體上限設定為 375MHz。
訂定拍賣/釋出時的頻段上限	法國	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 GHz 頻段建立 100MHz 之頻譜上限，此為出具承諾所換取之 40MHz 頻寬與經競價取得頻寬之總和。
	奧地利	<ul style="list-style-type: none"> 頻譜上限依據業者身分而有差異： <ol style="list-style-type: none"> 既有業者 A1 與 T-Mobile：所有區域最多取得 150MHz。 所有其他業者：於所有區域內最多取得 170MHz。 在價格鐘回合結束後如果還有頻率沒有標出去，則前述頻寬上限可以再放寬（A1：160MHz；其他業者：190MHz）。
	韓國	<ul style="list-style-type: none"> 3.5GHz 頻段，每家業者上限為 100MHz。 28MHz 頻段，每業者上限為 1,000MHz。
	香港	<ul style="list-style-type: none"> 3.3-3.4GHz：上限為 40MHz。 3.4-3.6GHz：上限為 70MHz。 4.9GHz：上限為 40MHz。 26-28GHz 非共用頻譜上限 800 MHz。 26-28GHz 共用頻譜上限 400 MHz。
	義大利	<ul style="list-style-type: none"> 主管機關對於 700MHz、3.6-3.8GHz 及 26GHz 頻譜之頻譜取得上限，分述如下。 <ol style="list-style-type: none"> 700MHz，設計兩種上限，其一為 700MHz

頻段上限規範	國家	頻譜上限規範
		FDD 頻段內，最多取得 2x15MHz；其二為納入考量 800MHz 與 900MHz 之 1GHz 以下頻段上限，設定為 2x30MHz。 (2) 3.6-3.8GHz，同樣存在兩種上限，其一本次釋出頻段內，上限最多取得 100MHz；其二為納入考量 3.4-3.6GHz，同時最多僅能取得 100MHz。 (3) 26GHz，則規範最多可取得 400MHz，表示得標者最多可獲得 2 個 200MHz 區塊。
	澳洲	<ul style="list-style-type: none"> • 3.6MHz (3400-3700 MHz) 頻段分次拍賣，若在前次拍賣中已在 3.6MHz 頻段內取得都會區超過 60 MHz 或在區域地區超過 80 MHz，則本次拍賣可能無法獲得 3.6GHz 頻段之執照。
	日本	<ul style="list-style-type: none"> • 3.7GHz 與 4.5GHz 頻段可申請 100MHz 頻寬或 200MHz 頻寬，上限為 200MHz。 • 28GHz 頻段之上限為 400MHz。
未設定/取消 上限	瑞典	<ul style="list-style-type: none"> • 2.3GHz (2300-2380GHz) 頻段未設定上限。 • 3.5GHz 頻段規定至少 3 家獨立執照持有者可持有頻譜，且取消 120MHz 得標上限，變更為 80MHz 得標下限。
	德國	<ul style="list-style-type: none"> • 未設定 2 GHz 與 3.6 GHz 頻段上限，主因在於首席裁決庭認為此次拍賣的頻塊數量充足。
審議制	中國	<ul style="list-style-type: none"> • 採審議制，業者只能使用獲指配頻段
	新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 採審議制，業者只能使用獲指配頻段

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國頻譜使用期限比較如下。

表 2-82：研究國家頻譜使用期限規範比較表

執照期限	國家	頻譜使用期限
各頻段不同期限	英國	<ul style="list-style-type: none"> • 3.6-3.8 GHz 頻段執照期限為從頒發執照時開始起算 20 年內可使用。 • 700MHz 頻段執照預計於 2020 年頒發執照，在得到執照許可之前不可用於行動業務。Ofcom 認為執照期限 20 年應足夠使業者獲得適當的投資回饋。
	美國	<ul style="list-style-type: none"> • 頻率使用期限為核發日或換照日起算十年。
	韓國	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5GHz 頻段為自 2018 年 12 月 1 日至 2028 年 11 月 30 日，共計 10 年 • 28MHz 頻段自 2018 年 12 月 1 日至 2023 年 11 月 30 日，共計 5 年。
	法國	<ul style="list-style-type: none"> • 3.4-3.8 GHz 期限為從發照時開始起算 15 年內。經營者在執照屆期前 2 年得提出申請，若獲同意可換得 5 年執照展延
	香港	<ul style="list-style-type: none"> • 所有頻譜執照(3.5GHz、3.3GHz、4.9GHz)有效期皆為 15 年。
	新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5 GHz 頻譜段：頻譜使用年限為 15 年。 • 26/28 GHz 頻譜段：使用年限為 16 年。
	愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> • 700 MHz，2.3 GHz 和 2.6 GHz 頻率使用期限，為期 20 年。 • 2.1 GHz 從 2022 年 12 月 1 日到 2040 年 11 月 30 日完全到期，相當於大約 18 年 1.5 個月的總期限
各頻段統一期限	奧地利	<ul style="list-style-type: none"> • 3410-3600MHz 自 2020 年 1 月至 2039 年 12 月 31 日 • 3600-3800MHz 則於核配決議後即可使用，最終使用期限均至 2039 年 12 月 31 日。
	瑞典	<ul style="list-style-type: none"> • 2.3GHz 和 3.5 GHz 執照期限，由 PTS 授予之日起至 2045 年 12 月 31 日止，共 25 年。然而，3.5GHz 頻段存有某些地區性的執照限制，故其執照期限縮短為 22~25 年。
	德國	<ul style="list-style-type: none"> • 聯邦網路局認為使用期限均應採取一致的時間，因此綜合考量訂為 2040 年 12 月 31 日。
	義大利	<ul style="list-style-type: none"> • 頻率使用期限將至 2037 年 12 月底截止。 • 700MHz 頻段將可擁有 15 年又 6 個月的執照使用效期 • 3.6-3.8GHz 與 26GHz 頻段擁有 19 年執照效期
	澳洲	<ul style="list-style-type: none"> • 時限均從 2018 年 3 月 30 日開始計算

執照期限	國家	頻譜使用期限
		<ul style="list-style-type: none"> 3.6 GHz 將於 2020 年 3 月 30 日開始，到期日為 2030 年 12 月 13 日，以對齊相鄰 3.4 GHz 頻段內執照到期日，因此 3.6 GHz 執照的效期約為 10 年 8 個月。
未規範	日本	<ul style="list-style-type: none"> 總務省未設定頻率使用期限，僅於「絕對審查」規範中要求各業者提報 5 年度末（2024 年底）之應達成各項具體成果。
	中國	<ul style="list-style-type: none"> 未訂定具體的頻率執照使用期限，而是將依循政府政策目標而進行調整。

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國針對頻譜交易之規定比較如下。

表 2-83：研究國家頻譜交易規範比較表

頻譜交易規定	國家	頻譜交易
可交易	英國	<ul style="list-style-type: none"> 700MHz 與 3.6-3.8GHz 頻段可以進行交易轉讓不可進行租賃。
	瑞典	<ul style="list-style-type: none"> 持有無線傳輸電台執照業者可以在 PTS 批准後，轉讓或出租部分或全部執照以使用無線傳輸電台。
	美國	<ul style="list-style-type: none"> FCC 允許 28GHz、37GHz 以及 39GHz 頻段之得標者，可將頻譜一執照地理區域分區或切分後轉讓給其他執照業者。
	法國	<ul style="list-style-type: none"> 報請 ARCEP 核可的前提下，進行頻譜交易、轉讓與共用。
	愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 GHz 和 2.6 GHz 頻段允許頻譜使用權轉移。（700 MHz 或 2.3 GHz 諮詢中）
閉鎖期	義大利	<ul style="list-style-type: none"> 本次釋出頻段於指配 2 年後，方得進行頻譜交易。至於保留頻塊的得標者，須於執照指配 4 年後，方得進行頻譜交易。
	香港	<ul style="list-style-type: none"> 基於確保拍賣競爭有效性，自頻譜指配日期起算前五年，不允許頻譜使用權移轉。
禁止交易	德國	<ul style="list-style-type: none"> 禁止頻譜使用權利的轉讓、交易或再授權。使用權利的轉讓唯有透過合併得標者才有所可能。但仍須向聯邦網路局申請進行審核。
	日本	<ul style="list-style-type: none"> 日本目前無法進行頻譜交易、轉讓與共用。
	中國	<ul style="list-style-type: none"> 由於中國採取行政指配頻率的方式，並未賦予業者具有交易轉讓之權利。
無規定	奧地利	<ul style="list-style-type: none"> 未見有相關之討論，未來將持續關注。

頻譜交易規定	國家	頻譜交易
	韓國	• 未見有相關之討論，未來將持續關注。
	澳洲	• 頻譜共享尚未達成共識。 • 頻譜交易與轉讓未見有相關之討論。
	新加坡	• IMDA 尚未宣布有關頻譜交易、轉讓與共用等准駁原則及考量等相關措施。

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國得標者義務比較如下。

表 2-84：研究國家得標者義務比較表

國家	得標者義務
英國	<ul style="list-style-type: none"> • 依循「共享偏鄉網路計畫」的布建義務 • 在四年內每家電信業者涵蓋率要達到 88% • 在六年內每家電信業者要實現至少 90%的涵蓋率，包括 <ul style="list-style-type: none"> A. 在英國無訊號的區域至少提高 1%的覆蓋率 B. 盡可能布建基地台去擴展區域至住家以及辦公區域的覆蓋率 C. 在道路、住家以及國家需達到最低覆蓋率門檻限制
愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> • 規定覆蓋範圍/建設義務和服務品質條件，設立基本目標後再依各頻段調整 • 70Mbit/s-100Mbit/s，至少達 50%的人口，其中大多數可達 100 Mbit/s • 至少 40 Mbit/s 至少覆蓋另外 20%的人口，在較小的城鎮和村莊中可能高達 35%，且在許多情況下，速度要更快。 • 提供所有國人的最低速度至少 30 Mbit/s。
奧地利	<ul style="list-style-type: none"> • 在 5G 網路布建義務上，奧地利對於 3.41-3.8GHz 頻段之得標者，設定網路布建義務規範，依據頻譜持有程度，設計不同等級之 2020 年底以及 2022 年 6 月底前應完成之布建區域數量規範： <ol style="list-style-type: none"> (1) 第一級 (Level 1)：3410-3800MHz 之得標者，需要在每一區域中滿足對最低布建數量要求。 (2) 第二級 (Level 2)：3410-3800MHz 之得標者，若得標頻率超過 50MHz 時，則需在每一區域中滿足比最低標準更高數量之要求。 (3) 第三級 (Level 3)：3410-3800MHz 之得標者，若得標頻率超過 90MHz 時，則需在每一區域中滿足最高數量之要求。

國家	得標者義務		
	依持有總頻寬區分	2020/12/31 前須 增加建置的站台數	2022/6/30 前須 增加建置的站台數
	Level 1	urban 11	35
		Rural 11	35
	Level 2	urban 8	26
		rural 7	23
	Level 3	urban 94	312
		rural 15	51
瑞典	<ul style="list-style-type: none"> • PTS 未針對 2.3 和 3.5 GHz 要求網路布建義務。 • 700MHz 的得標者義務： • 頻塊（FDD 5：723-733MHz/778-788MHz）附加布建義務，要求 700MHz 頻段附有布建義務之最低金額為 2 億瑞典克朗，最高金額上限則為 3 億瑞典克朗。 • PTS 將布建義務承諾金額區分為第一類優先區和第二類優先區 <ul style="list-style-type: none"> (1) 承諾金額中至少有 1 億克朗必須用於 PTS 指定缺乏語音和數據（至少 10Mbit/s）之第一類優先區 (2) 剩餘承諾金額則可用於 PTS 指定僅缺乏數據（至少 10Mbit/s）之第二類優先區，得標者可自行於區域中選擇。 • 布建義務時程為： <ul style="list-style-type: none"> (1) 2020 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 25% (2) 2021 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 50% (3) 2022 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 75% (4) 2023 年 12 月 31 日前，得標者於優先區域之網路布建範圍，應達總布建區域之 100% 		
美國	<ul style="list-style-type: none"> • 毫米波頻譜之布建義務 <ul style="list-style-type: none"> (1) 執照業者之網路布建型態若為行動網路或點對多點網路服務型態時，欲申請換照，需證明其訊號與服務涵蓋已達執照服務區域內 40% 的人口密度 (2) 執照業者之網路布建型態為點對點型態，且執照區域內人口數低於 26.8 萬人時，則必須證明有四條以上鏈路運作；執照區域內人口數高於 26.8 萬人時，應證明至少有一條鏈路服務執照區域內之 6.7 萬人 		
韓國	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5GHz 頻段設定之標準為 5G 基地臺 150,000 臺，三年內須達成百分之 15% 為 22,500 臺，五年內須達成百分之 30%，累計為 45,000 臺 		

國家	得標者義務
	<ul style="list-style-type: none"> • 28GHz 頻段設定之標準為 5G 基地臺 100,000 臺，三年內須達成百分之 15% 為 15,000 臺。
德國	<ul style="list-style-type: none"> • 家戶涵蓋：得標業者應於 2022 年，於各邦達成可涵蓋邦內 98% 之家戶，且速率至少 100Mbit/s • 高速公路涵蓋：得標業者應於 2022 年，於德國境內所有高速公路提供速率至少 100Mbit/s 且網路延遲 10 毫秒之服務 • 聯邦道路、非聯邦道路與國內道路之涵蓋義務 • 港口與境內主要河道之涵蓋義務 • 主要鐵路與其他鐵路之涵蓋義務 • 5G 基站布建：2022 年底前應布建 1,000 臺 5G 基站 • 非熱區布建：2022 年底前應布建 500 個基地臺於非熱區
義大利	<ul style="list-style-type: none"> • 應於指配頻譜一定期間內啟用頻譜，其中，3.6-3.8GHz 之得標者需於 2 年內啟用、700MHz 得標者需於 3 年內啟用，26GHz 頻段得標者則應於 4 年內啟用。 • 布建義務： <ol style="list-style-type: none"> (1) 應符合歐盟執委會目標，於取得頻率起 36 個月內實現國內 80% 的人口涵蓋，包含所有省會與直轄市之家戶數應超過 3 萬戶。新進業者有額外 12 個月的時間達成目標。若為增強型行動寬頻應用（eMBB），則下載速率應至少為 30%。 (2) 得標者於取得頻率之 54 個月內，其商業服務提供應能涵蓋全國人口 99.4%。 (3) 得標者於取得頻率之 42 個月內，其服務提供應涵蓋國內主要交通要道與鐵路樞紐站。 (4) 國家旅遊局會提供至多 2,400 個景點，得標者應於取得頻率之 66 個月內，服務涵蓋列表上至少 90% 以上的旅遊景點。新進業者有額外 12 個月時間達成目標。
法國	<ul style="list-style-type: none"> • 2020 年底前至少在兩個城市啟動 5G 服務 • 2022 年底前至少建置 3,000 個站點，2024 年底前站點增加至 8,000 個，到 2025 年底前將站點增加至 12,000 個。
香港	<ul style="list-style-type: none"> • 自頻譜指配日期起算前五年內， <ol style="list-style-type: none"> (1) 3.5GHz：範圍應涵蓋全港至少 45% 的人口。 (2) 3.3GHz：設置 400 個該頻段的室內基地臺。 (3) 4.9GHz：範圍應涵蓋全港至少 50% 的人口。
澳洲	<ul style="list-style-type: none"> • 就規範義務而言，頻譜執照指定執照的地理區域、頻率範圍，以及執照頻率和地理邊界的最大允許發射功率。 • 技術上主要規範該執照頻率和地理邊界的最大允許發射功率。ACMA 避免干擾的共通作法是透過干擾影響證明（interference impact certificate, IIC），即認證的 R070 表格，其顯示該設備符合 2012 年無線電通信裁定規範（第 145（3）條認證）中詳述的認證選項之一。

國家	得標者義務
	<ul style="list-style-type: none"> • 干擾影響證明須由認證人員（accredited person）代表執照持有者依據頻譜執照條件提交申請，並註冊設備。 • 只有透過認證人員保證設備符合下列條件下，設備才可以取得干擾影響證明： <ul style="list-style-type: none"> (1) 設備符合第 145（4）條裁定規範針對該頻段的相關規定。 (2) 已配置足夠的內部保護頻段（guard space），以減輕相鄰頻段之間的潛在干擾情況。
日本	<p>「絕對審查」六大項應達成之最低條件</p> <ul style="list-style-type: none"> • 涵蓋區建置： <ul style="list-style-type: none"> (1) 有別於過去以人口密度作為計算涵蓋率之標準，本次規劃將全國劃分成每 10 公里大小的四方形區塊，共計 4,500 個區塊，要求電信業者取得頻譜核配起至第 5 年度末（2024 年底），至少為 50% 以上的區塊內設置至少 1 台 5G 特定基地臺。前項 5G 特定基地臺應滿足 10Gpbs 之最高傳輸速率之水準。 (2) 從認定許可的 2 年內，在全都道府縣開始提供 5G 特定基地臺的服務。 • 設備規範： <ul style="list-style-type: none"> (1) 制定確保特定基地台的設置地點，以及設備採購和安裝施工系統之安全計畫。 (2) 制定確保特定基地台運行所必須的電信設備安全性和可靠性之計畫。 • 財務規範：在設備投資等必要的資金調度計畫與確保在認定有效期間（5 年）期滿實現單年度盈餘之財務計畫。 • 法遵：制定為了法遵、個資保護與使用者利益保護（包含廣告內的通訊速度與服務範疇的表示）的策略與因應實施。 • 服務規範： <ul style="list-style-type: none"> (1) 為促進特定基地臺使用，制定對於沒有行動電話執照者（MVNO）所進行電信設備接續之批發電信業務。 (2) 對於使用者的通訊流量之需求，多元資費選擇之計畫。 • 訊號干擾策略：對既有持照人所建置之無線基地台（包括 3.7GHz 地球臺、航空器雷達高度計、4.5GHz 帶公共業務用無線臺、28GHz 頻段人工衛星臺、無線電波監測等）提供干擾防範措施。
中國	<ul style="list-style-type: none"> • 並無明確規範義務，得標者服膺政府政策目標
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 網路布建義務： <ul style="list-style-type: none"> (1) 於取得 3.5GHz 頻段使用權的 24 個月內，提供 5G 獨立組網網路涵蓋範圍超過 50%； (2) 於取得毫米波頻譜頻率使用權的 12 個月內，啟用毫米波

國家	得標者義務
	頻譜資源。 • 設計且布建符合 IMDA 監理規範之高可靠且可信任 5G 網路。

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國 5G 業者合作規範比較如下。

表 2-85：研究國家 5G 業者合作規範比較表

國家	合作規範			
	網路共建	強制漫遊與商業協商漫遊	頻率共用	容量批發 (MVNO)
英國	無規範，未明確表明立場	無規範，未明確表明立場	可，但只限於 3.8-4.2GHz、1800MHz、2300MHz	可
愛爾蘭	無規範，業者自行協商	無規範	可，但限 2.1、2.3、2.6GHz、700MHz，需基於 ComReg 監理原則	無規範，研議中
德國	可	可	可，但基於未使用頻段、區域需求前提	可
義大利	可	可	僅針對 26GHz 部分	無規範
法國	可	可	可，報請 ARCEP 核可的前提下	可
奧地利	可	無規範	無規範	無規範
瑞典	可	無規範	可，需基於 PTS 監理原則	無規範
美國	可	無規範	無規範	無規範
日本	可	無規範	無規範	可，列為審查項目
韓國	可	無規範	可，限通信部選定之頻段	無規範
中國	可	可	可，為國務院「寬帶中國」戰略之一	可，逐步開放
香港	可	可，但禁止私下協議	否，5G 頻段禁止，確保業者權責明確性；但 2.5/2.6GHz 有業者合作案例	可
澳洲	無規範	無規範	無規範，評估 26GHz	無規範
新加坡	可	無規範，規劃	無規範，規劃中	可

國家	合作規範			
	網路共建	強制漫遊與商業協商漫遊	頻率共用	容量批發(MVNO)
		中		

資料來源：本研究整理。

本研究檢視各國釋出 5G 時，對於垂直場域政策措施比較如下。

表 2-86：各國垂直場域政策措施比較表

政策措施分類	研究國家	推動垂直場域政策措施
企業專網	德國	規劃 3.7-3.8GHz 為企業專用頻譜
	日本	規劃 4.6-4.8GHz 與 28.2-29.1GHz 做為垂直應用區域執照
	香港	設立 LWBS 執照，鼓勵 5G 創新應用
	法國	核配 2.6GHz TDD 供專用行動通訊使用
	新加坡	規劃 800MHz 與 1900MHz 做為企業專用頻譜
	瑞典	規劃 3.7-3.8GHz 為區域執照
頻譜共享、實驗執照	英國	設計頻譜共享方式，開放創新應用
	奧地利	規劃 5G 合作平台、實驗場域與沙盒
	美國	核發實驗執照與設置兩個實驗場域
	愛爾蘭	核發實驗執照，鼓勵創新應用
其他政策推動	義大利	對 3.6-3.8GHz 課予接取義務，促進創新應用發展
	韓國	引領投資，推動 5G 垂直應用
	中國	推動 5G 垂直應用
	澳洲	規劃區域執照新制

資料來源：本研究整理。

本研究初步檢視各國釋出 5G 後，網路布建與商轉進度比較如下。

表 2-87：各國 5G 網路布建與商轉概況

國家	5G 網路布建與商轉
英國	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，目前最多涵蓋英國 58 個主要城鎮 已商轉，2019 年 5 月第一家業者 EE 開始推出商用服務
愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，涵蓋都柏林等主要城市 已商轉，2019 年 8 月 Vodafone 率先開通 5G 服務
德國	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，涵蓋柏林等聯邦各主要城市 已商轉，2019 年 7 月第一家業者 Vodafone Germany 啟動其 5G 網路天線。至 2020 年除 1&1 Drillisch 之外，其他業者已在科隆等城市中提供 5G 網路服務
義大利	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，在義大利各城市中陸續布建 已商轉，2019 年 6 月第一家業者 Telecom Italy 在羅馬與杜林部分區域提供商轉服務
法國	<ul style="list-style-type: none"> 未布建，拍賣延後 未商轉
奧地利	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，在奧地利 Linz 市等主要城市中提供服務。 已商轉，2019 年 6 月第一家電信業者 Hutchison Drei Austria 在 Linz 市啟動 5G 網路。
瑞典	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，由瑞典主要城市開始布建，其次針對夏季和冬季度假勝地等特定地區。 未商轉，預計 2020 年商轉
美國	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，由電信業者自行布建於美國各州城市。 已商轉，2019 年 4 月第一家業者 Verizon 推出 5G 服務
日本	<ul style="list-style-type: none"> 已布建 已商轉，2020 年 3 月底 NTT DoCoMo、KDDI 和 SoftBank 陸續開始提供 5G 服務
韓國	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，以首爾等各大都市為優先布建地區，2020 年 1 月韓國 5G 基地臺總計接近 92,000 站。 SK Telecom、LG U+與 KT 之 5G 商用服務皆於 2019 年 4 月開臺
中國	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，中國以各區域重要城市，如北京、上海和廣州等地為首要目標。5G 基地臺布建數量到 2020 年 2 月約已完成 15 萬座基地臺 中國移動、中國電信、中國聯通於 2019 年 11 月 1 日共同推出商用服務
香港	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，以香港商業區為主，並設有衛星站保護區。 已商轉，4 月 1 日三家業者香港電訊、3 香港、中國移動香港推出 5G 服務
澳洲	<ul style="list-style-type: none"> 已布建，以雪梨中央商業區及澳洲十個主要城市為主要區域。

國家	5G 網路布建與商轉
	• 已商轉，2019 年 6 月第一家業者 Telstra 推出 5G 上網服務。
新加坡	• 未布建，諮詢中 • 未商轉

資料來源：本研究整理。

第三章我國 5G 頻段釋照底價研究與建議

第一節 我國行動市場現況分析

我國行動通訊市場有五家行動網路業者，激烈非常競爭，有三家大業者分別為中華電信（CHT）、遠傳電信（FET）以及台灣大哥大（TWM），另有兩家小業者包括台灣之星（T-star）與亞太電信（APT）。

中華電信在用戶數與營收具備最大的市占率（36%）、其次為台灣大哥大與遠傳電信擁有相似的用戶數，雖然台灣大哥大的營收比重高於遠傳電信。亞太電信與台灣之星的市占率相對小於三大業者，兩家業者合計在用戶數市占率約占 15%，營收市占率約占 10%²⁶⁶。

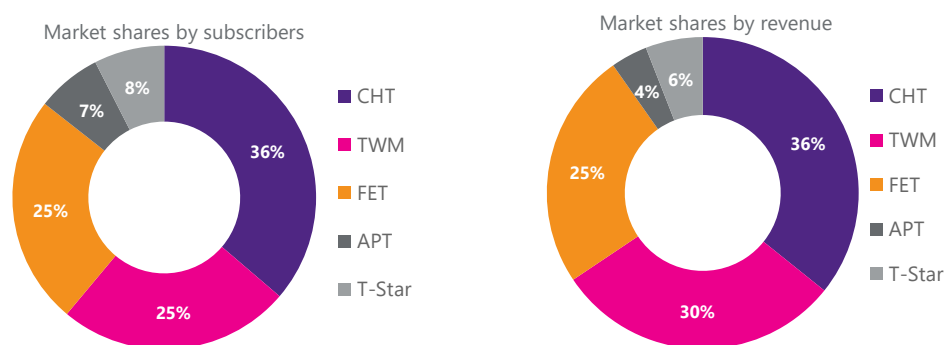


圖 3-1：用戶數與營收市占率

資料來源：Plum²⁶⁷、本研究編修。

我國行動通訊業者用戶數市占率在 2014 年至 2019 年相對穩定（見下圖）。中華電信的市占率約 36-38%、台灣大哥大與遠傳電信則介於 25-26%，亞太電信與台灣之星市占率合計則微幅成長，於 2019 年第一季達到 15%。穩定的市占率代表三大業者對於維護其用戶基礎上較為成功。

²⁶⁶ 用戶數市占率基於 2019 年 Q1 數值，營收市占率則基於 2018 年年報資訊。

²⁶⁷ 資料來源：NCC

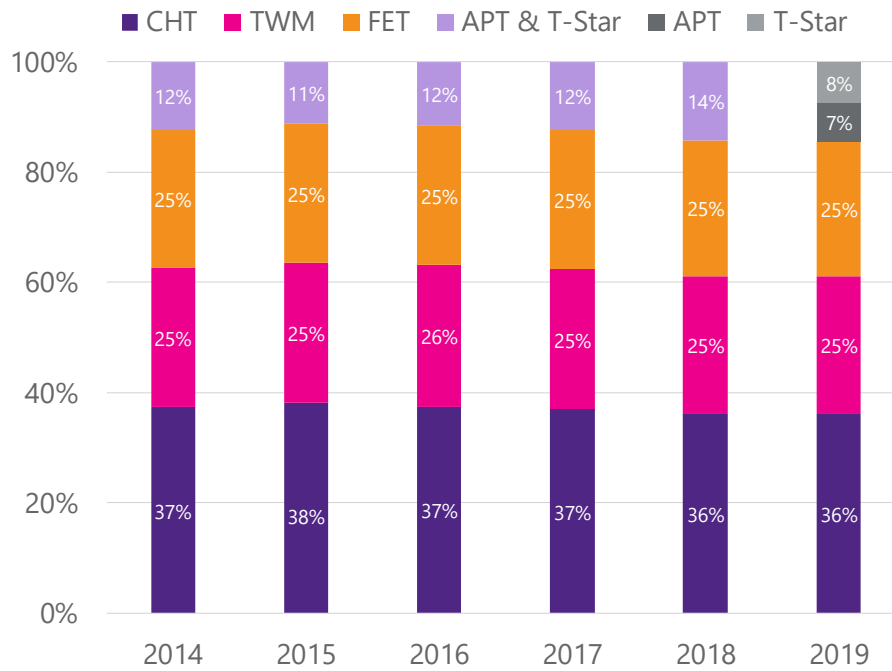


圖 3-2：各業者於 2014-2019 年間之用戶數市占率

資料來源：Plum²⁶⁸、本研究編修。

2016 年至 2018 年各業者之營收市占率無太大變化，前三大電信業者營收市占率加總達 90%，兩家小業者營收市占率合計約接近 10%（見下圖）。

²⁶⁸ 註：因亞太電信與台灣之星於 2018 年以前之數值未公開，故合併計算。資料來源：NCC

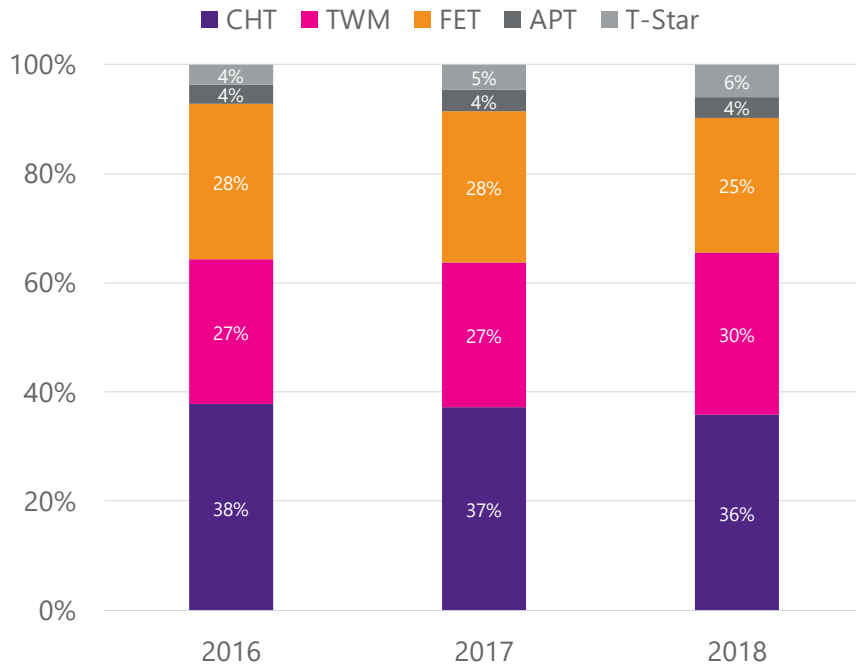


圖 3-3：各業者於 2016 年至 2018 年之營收市占率

資料來源：Plum²⁶⁹、本研究編修。

然而，在 2016 至 2018 年間出現數據吃到飽 499 方案爭端，顯示高度競爭的市場環境下，業者間彼此價格競爭之結果，讓整體市場營收隨之下降。該期間內五家業者之總行動通訊營收下降 14%，從 2016 年之新臺幣 2,086 億元，降至 2018 年的 1,787 億元，如下圖。

²⁶⁹ 資料來源：業者財報。

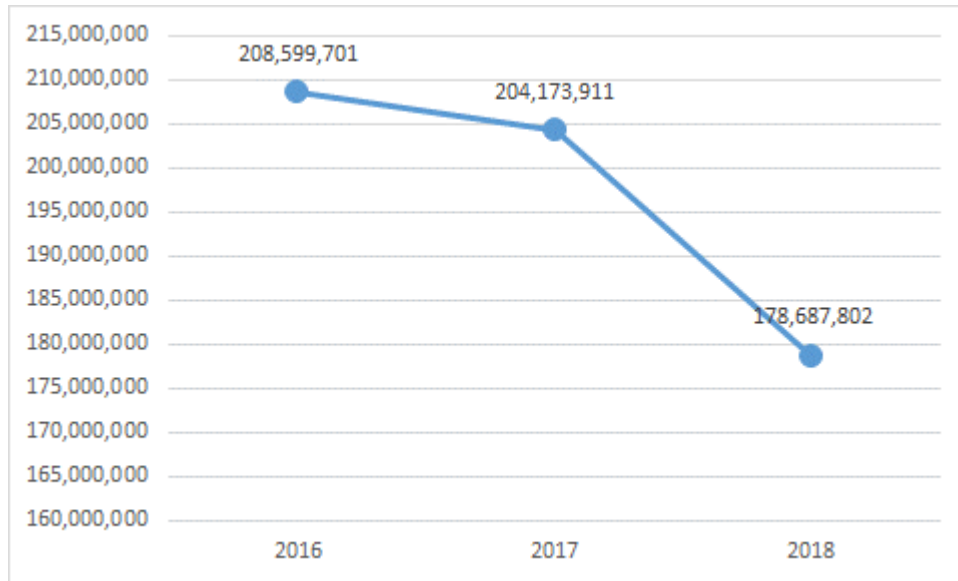


圖 3-4：行動業者於 2016 年至 2018 年之行動通訊總營收

資料來源：Plum²⁷⁰、本研究編修。

一、行動數據使用與營收

我國行動通訊市場之競爭反映在 4G 用戶平均收入 (Average Revenue Per User, ARPU) 之下降，各業者進行激烈的價格戰。在 2015 年至 2019 年第一季，我國 4G 服務的每月 ARPU 降幅超過一半 (下降 53%)，從新臺幣 983 元降至 466 元。雖然行動產業之國際趨勢也顯示出行動業者營收之下降，但我國之 ARPU 降幅特別明顯 (見下圖)。

²⁷⁰ 資料來源：業者財報。

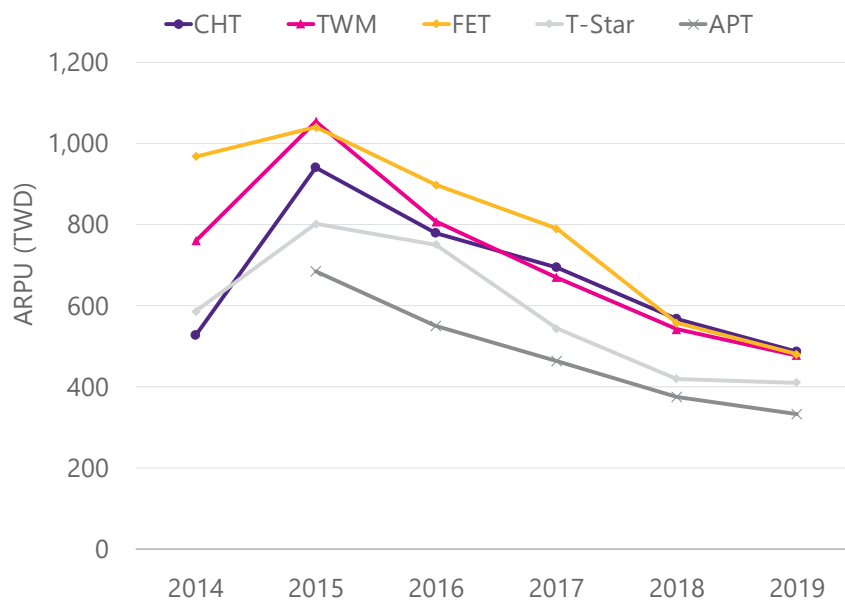


圖 3-5：2015-2019 之平均每月 ARPU

資料來源：Plum²⁷¹、本研究編修。

我國行動寬頻滲透率很高，顯示行動市場之成熟度。過去六年（2014-2019），行動寬頻用戶維持在 2,900 萬戶，普及率超過 120%。2019 年第一季行動寬頻用戶共計 2,919 萬戶，普及率達到 124%。

此外，我國行動數據用量也是急遽上升。在 2014-2019 年間，總行動數據訊務量成長超過 8 倍，從 58.45PB 成長到 457.61PB（見下圖²⁷²）。若以每用戶為基礎，每月行動數據用量從 2014 年的 2GB，成長到 2019 年的 15.7GB，代表年複合成長率（Compound Annual Growth Rate，CAGR）達 51%。

²⁷¹ 資料來源：NCC

²⁷² 註：無亞太電信與台灣之星之個別資料

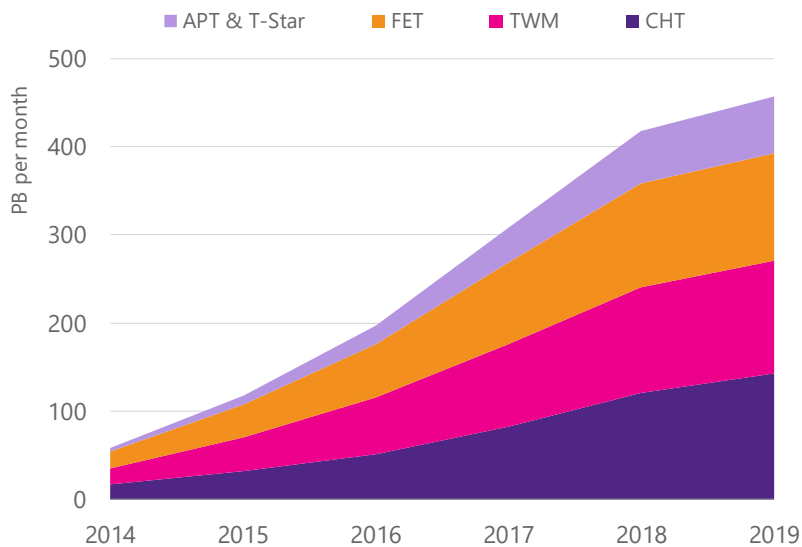


圖 3-6：各業者每月數據訊務量（2014-2019）

資料來源：Plum²⁷³、本研究編修。

比較各國 2018 年之每用戶行動數據用量，結果顯示我國的數據用量顯著高於許多先進國家例如日本與韓國。

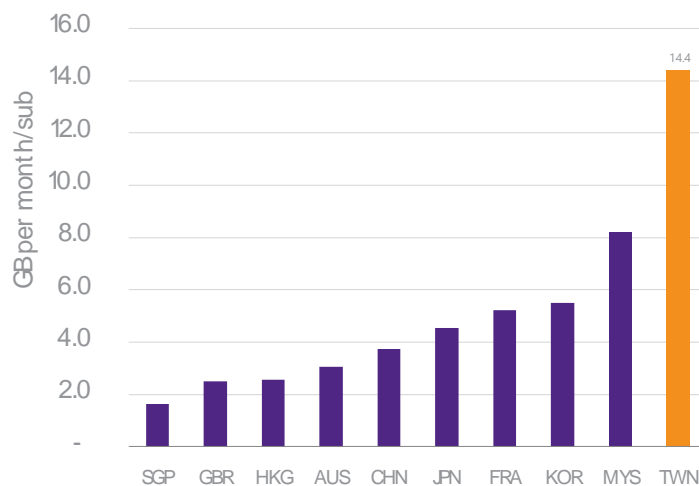


圖 3-7：每用戶每月行動寬頻數據用量（2018）

資料來源：Plum²⁷⁴、本研究編修。

²⁷³ 註：2014 年至 2018 年數值為基於年度平均。2019 年數值為基於 2019 年 Q1 平均。資料來源：NCC

²⁷⁴ Plum 依據國家監理機關之資訊分析

二、網路技術與基礎設施

4G 數據用量的快速成長，反映在 4G 用戶基礎的增加。2019 年 4G 用戶數現在幾乎達到所有行動用戶之 100%（見下圖）。因此，業者可以重整其 2G/3G 頻譜以解決日益升高之行動數據需求。所有五家業者都有開臺 VoLTE，儘管研究團隊了解目前仍有部分提供 3G（UMTS）於語音以及短期使用之入境漫遊。

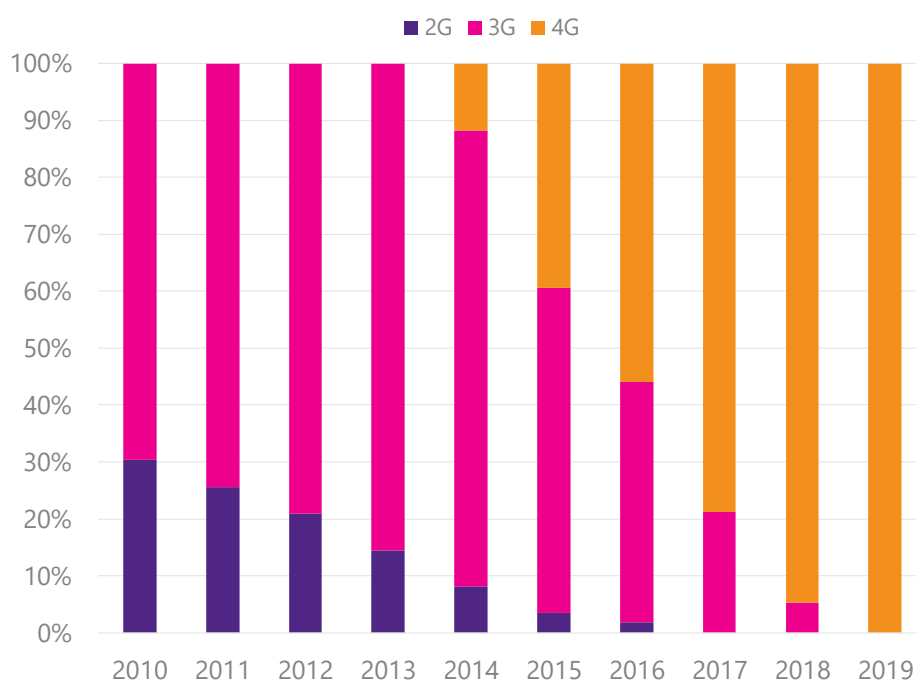


圖 3-8：依技術區分用戶分布

資料來源：Plum²⁷⁵、本研究編修。

雖然我國行動網路之人口涵蓋據報約達 100%，但各業者間之接取網路設施布建有其差異。下圖顯示 2014 年至 2019 年各業者之行動基地臺數量變化，顯示出業者持續擴張其網路，以滿足不斷成長之需求。按照現行 NCC 統計數值，各業者基地臺數量約為 15,000 臺至

²⁷⁵ 資料來源: NCC

28,000 臺左右²⁷⁶。需要注意的是，每家業者之實際站臺數量會比較少，因為通常一個實體站臺上會有多個發射不同頻率之基地臺天線。

各業者行動寬頻服務之服務品質差異很大²⁷⁷，下圖分別呈現 OpenSignal 顯示的相關指標，包括 4G 可用度、下載與上傳速率。²⁷⁸毫無意外的，鑒於網路基礎設施以及其持有之頻譜資源數量，三大業者相較於兩家小業者有更好的網路效能表現。

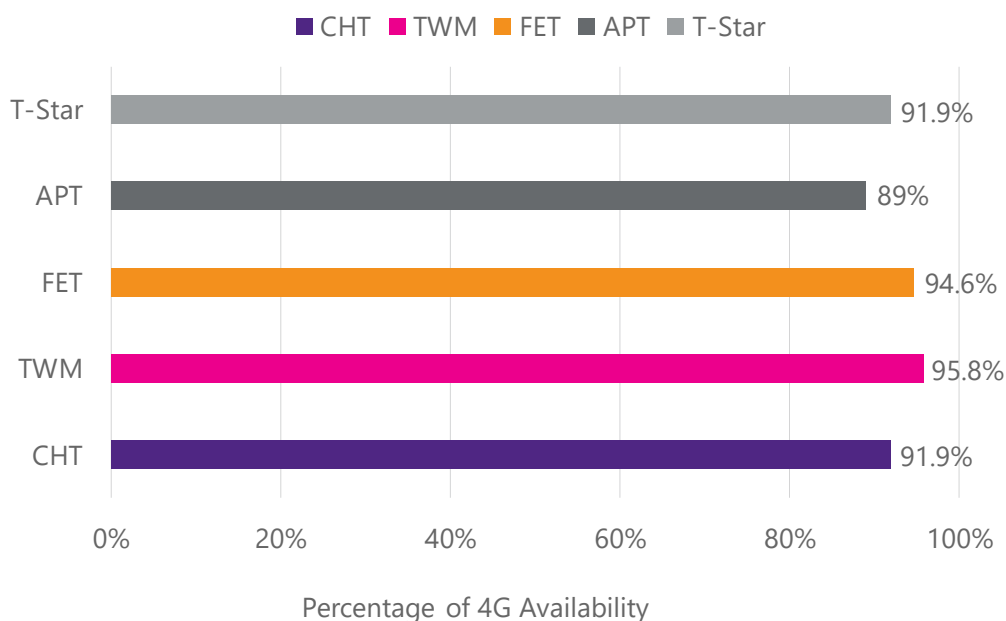


圖 3-9：我國各業者 4G 網路可用度

資料來源：Plum、本研究編修。

²⁷⁶ 研究團隊認知有一定數量的非法站臺，因此實際基地臺數量將會更高。

²⁷⁷ 網路可用性量測包括連線時間比例以及網路可靠度與壅擠程度指標。

²⁷⁸ OpenSignal (2019), Taiwan Mobile Network Experience Report, <https://www.opensignal.com/reports/2019/06/taiwan/mobile-network-experience>

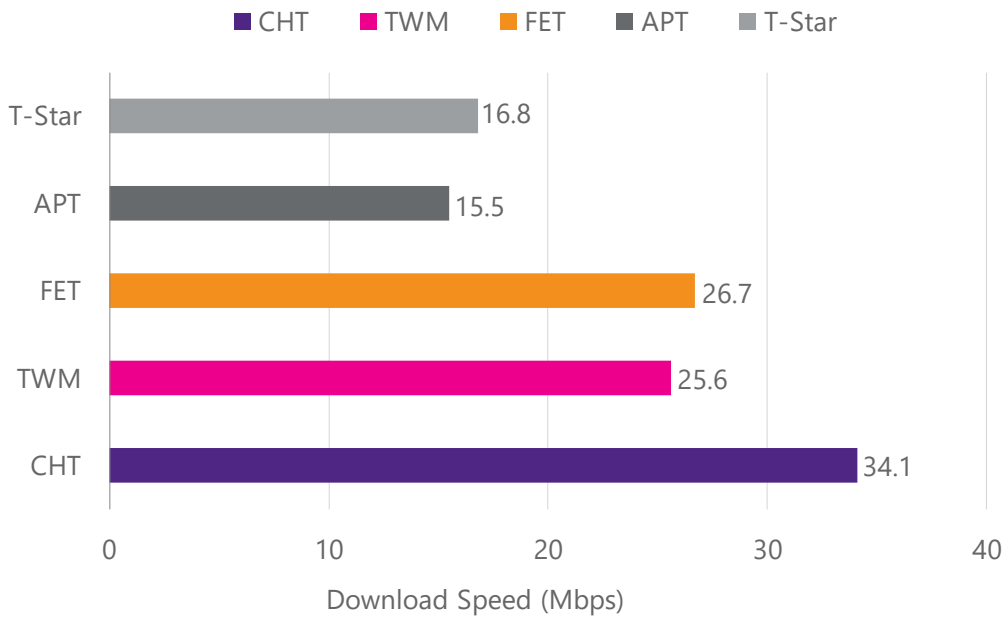


圖 3-10：我國各業者行動寬頻下載速率體驗

資料來源：Plum、本研究編修。

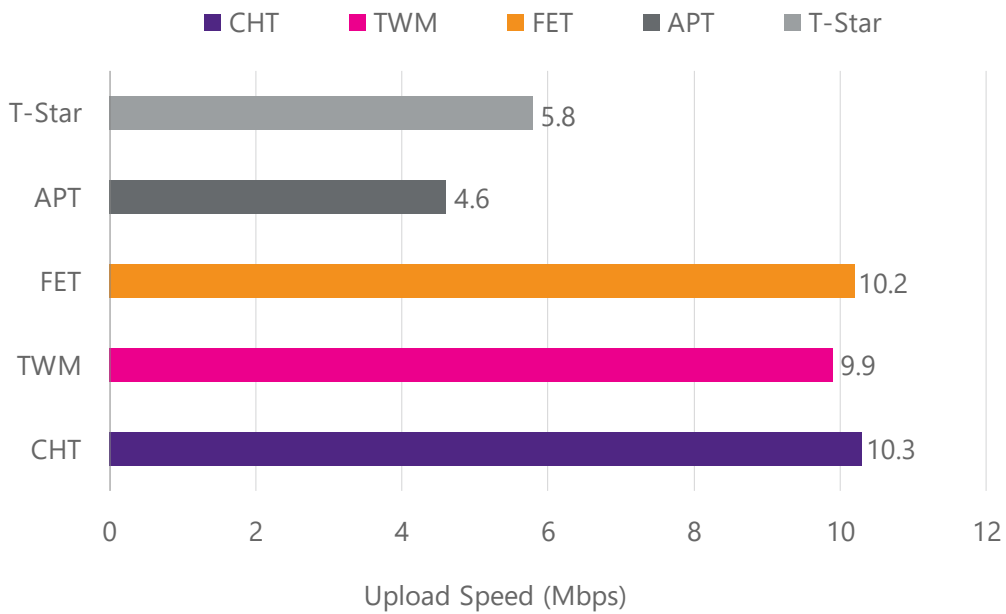


圖 3-11：我國各業者行動寬頻上傳速率體驗

資料來源：Plum、本研究編修。

三、5G 對行動通訊產業之意涵

IMT-2020 指出 5G 將是行動通訊生態系統演進之下一階段，其建構於現有 LTE-Advance 之網路容量上，提供更進階之無線通訊技術，採用點對點通訊系統理念，並提供更廣泛之服務範圍給終端使用者（包括具焦於垂直產業之特殊服務）。5G 使用案例包含增強型行動寬頻（eMBB）、高可靠且低延遲通訊（URLLC）以及巨量設備連線（mMTC）。

根據愛立信資料顯示，5G 用戶數於 2024 年底將達到 19 億，占整體行動用戶數之 20%。²⁷⁹總數據訊務量預期在 2018 年至 2024 年間會以年複合成長率 30% 的速度成長。預計 5G 技術的採用將支持此種高速迅務量之成長，估算 2024 年 5G 網路訊務量將占整體行動數據訊務量之 35%。然而，此種趨勢並不會一致，而會存在區域差異。較早採用 5G 的人口稠密市場預期將會於預測期間擁有領先之訊務成長。²⁸⁰依據我國的高行動滲透率及數據使用率，如果在即將到來之 5G 拍賣後加速 5G 網路建設，則預期對於 5G 之採用與需求將會在未來幾年內實現。

5G 導入對行動通訊產業有許多意義，且也顯示出需要解決之挑戰，以完備 5G 建設，相關議題包括：

1. 無線電頻譜：接取充足的無線電頻譜資源是布建 5G 系統之先決條件。經過國際研究，已經認為 5G 網路與服務需要一系列頻段，包括低頻段（1GHz 以下）、中頻段（1-6GHz）以及高頻段（24.25GHz 以上）。在中頻段與

²⁷⁹ Ericsson (2019), The Power of 5G is Here and Will Continue to Spread Across The Globe in The Coming Years, <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/june-2019>

²⁸⁰ Ericsson (2019), Ericsson Mobility Report, <https://www.ericsson.com/49d1d9/assets/local/mobility-report/documents/2019/ericsson-mobility-report-june-2019.pdf>

高頻段部分，大頻寬且連續頻率，對於傳輸更高速率與容量更有優勢。全球以考慮許多頻段，包括 700MHz、3.4-3.8GHz，以及 26/28GHz。接取協同一致的頻譜可以盡早使用網路設備與裝置以布建 5G。

2. 網路技術：5G 整合了多種網路技術發展，改變行動系統架構以增加效率，並使用如軟體定義網路（Software-defined networking, SDN）與網路功能虛擬化（Network Functions Virtualization, NFV），讓網路能更有效率的定義、布建及運作。其中許多發展正在更新版 4G LTE 網路上布建，但行動通訊生態體系演進到更大規模布建則還需要一點時間。其中取決於許多因素，包含資本預算、網路業者資產更新週期以及傳統 2G 或 3G 網路的汰除。
3. 布建 5G 網路：行動網路的密集將是 5G 布建之重要層面，對於業者來說，如果要快速達到布建目標，意味著需要大量資本支出。此外，無論是在被動式層或主動式層，更多的網路基礎設施共享，代表能夠實現更快且更具成本效益之 5G 布建。
4. 發展 5G 商業案例：5G 使用案例包含增強型行動寬頻、巨量物連網以及低延遲且高可靠通訊。相關應用可由既有 MNO、網路批發商或新進業者布建。目前，5G 商業案例尚在發展階段，初期使用案例可能是 Embb 或固定無線接取服務。垂直產業也對布建新的無線技術感到興趣，藉以改善其效用與效率。例如工業自動化、智慧讀表、智慧電網、交通、自駕車，以及基於虛擬實境與擴增實境的一系列應用。

四、頻譜管理

自 2013 年以來，我國已經施行三次行動頻譜拍賣。2013 年拍賣 700MHz、900MHz 與 1800MHz；2015 年拍賣 2.5GHz、2017 年拍賣 2100MHz 與 1800MHz。至目前為止，我國已核配 590MHz 頻譜資源給行動寬頻業務。

NCC 於 2019 年 12 月 10 日進行三個頻段(1800MHz、3.5GHz 與 28GHz)拍賣，總計釋出 2,790MHz。本次三個頻段額外釋出後，核配給行動通訊的總頻譜資源達 3,380MHz，此一我國行動通訊頻譜之變化如下圖。

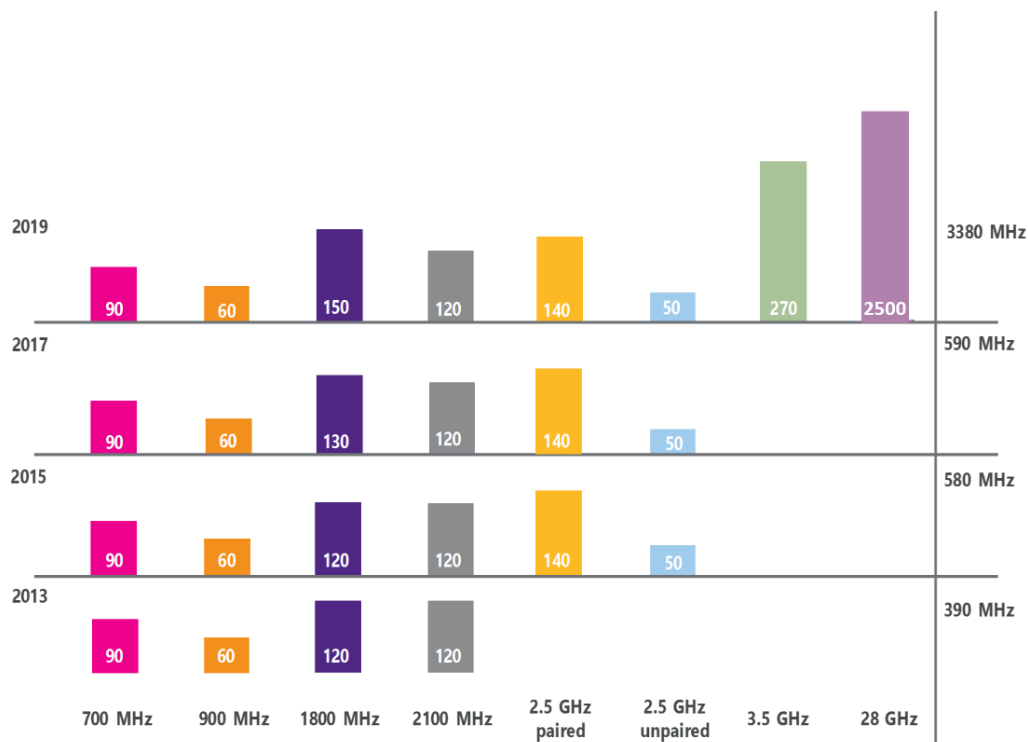


圖 3-12：我國自 2013 年以來核配之頻譜資源（含本次釋出之頻譜）

資料來源：Plum²⁸¹、本研究編修。

3.5GHz 與 28GHz 為全球監理機關推動 5G 網路布建所釋出之關

²⁸¹ 資料來源: NCC

鍵頻段。3.5GHz 頻段被認為很適合提供 eMBB 服務，能通時提供網路容量（可支持足夠之數據訊務量）與布建範圍（無線通訊訊號傳輸距離）。3.5GHz 頻段是設備商開發 5G 之初期重點，在過去 24 個月間，許多國家監理機關已指配該頻段供行動通訊使用，或開始整備、規劃相關作業。

eMBB 偏好大連續頻寬²⁸²，雖然 3GPP 對 5G NR 規格允許不同的頻寬從 10MHz 至 100MHz，每一家業者仍需要有 80-100MHz 連續頻寬較為理想，其具備之優點包括(1)增加數據速率以支持 eMBB 使用，典型用戶體驗為 100Mbps；(2)降低終端裝置端之複雜性和功耗（相較於使用不連續頻段之載波聚合）；(3)具有成本效益的布建，能支持 URLLC 等新服務，以及同步無線迴路和前端傳輸至 5G NR 基站等功能。²⁸³

對於 28GHz 頻段，使用案例仍在浮現，且頻譜需求將更多樣化。從最近一次對於 24-28GHz 頻段之釋照結果，顯示一業者之頻寬可能為至少 200MHz 到最多 1GHz。²⁸⁴

(一)政策目標

我國目前正處新法施行過程，既有電信法（2013 年修正）未來將被 2019 年 6 月 26 日公布之電信管理法取代。5G 未來將受新法規管，且得標者之 5G 頻譜需要符合新法下之管理規則相關規範。

新法之政策目標包括：促進電信產業發展與鼓勵創新服務、促進

²⁸² 高速 eMBB 服務需要尖峰下載速率至少 20 Gbps，都會區可靠之 100 Mbps 用戶體驗速率，以及網路延遲 4ms。參考自 ITU (2017), Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf

²⁸³ ECC Report 287 (2018), Guidance on defragmentation of the frequency band 3400-3800 MHz, <https://www.ecodocdb.dk/download/3a143dbe-7cbc/ECCRep287.pdf>

²⁸⁴ 歐盟執委會對於 24.25-27.5 GHz 之協同使用，規劃以 200 MHz 為區塊單位，並以 200 MHz 的倍數核配，參見. Official Journal of the European Union, Commission Implementing Decision (EU) 2018/784, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019D0784>

公平競爭與電信基礎設施之布建、建構安全可信賴之公眾電信網路、確保資源合理使用與使用效率，以及保護消費者權利。

新法的重要改變關鍵之一，為導入業者間網路與頻譜共用更具彈性。新規範將有助於減少 5G 布建成本以及鼓勵更快速之布建 5G 網路。

(二)行動業者頻譜持有狀態

下圖顯示五家業者目前之頻譜持有狀態，三大業者間之頻譜持有狀態有顯著差異，中華電信（180MHz）、遠傳（155MHz）以及台灣大哥大（110MHz），另外兩家小業者亞太電信（75MHz）以及台灣之星（70MHz）相對接近。亞太電信在業者間擁有最多 1GHz 以下頻譜組合（700MHz 頻段有 2x20MHz），也是唯一一家沒有 2600MHz 頻譜之業者。

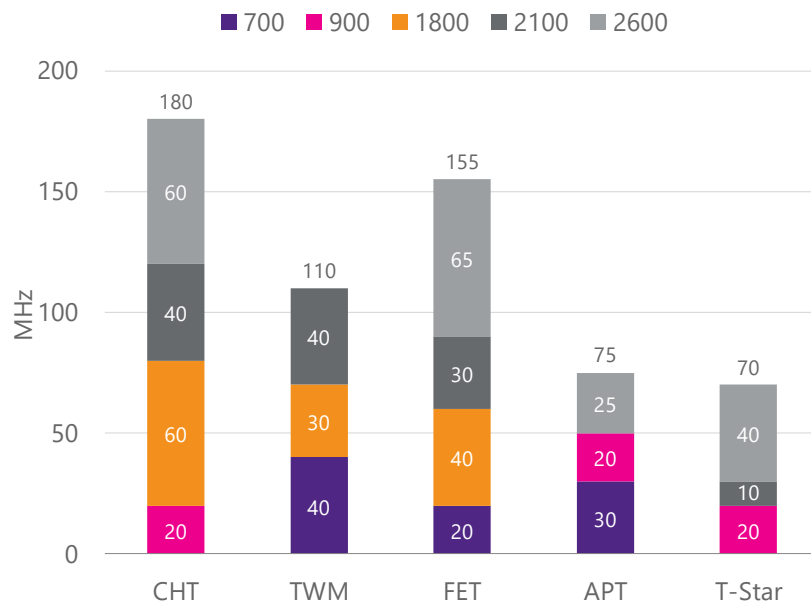


圖 3-13：各業者目前頻譜持有狀態

資料來源：Plum²⁸⁵、本研究編修。

²⁸⁵ Source: NCC

每家業者持有頻譜數量與網路基礎設施是決定業者網路容量之關鍵因素。下圖比較我國市場各業者之頻譜持有量、潛在網路容量與數據訊務量之比重²⁸⁶，此一對網路容量之簡要分析指出，三大業者之中，TWM 最有可能面臨網路容量短缺之狀況，相較於其網路容量（18%），其數據流量占比更高（28%）；FET 容量與數據訊務量比例相當（27%）；CHT 則擁有最大的網路容量（40%），超過目前數據流量(31%)。對於兩家規模較小的業者，T-Star 的容量略大於 APT，因此能夠比 APT 更可滿足需求。

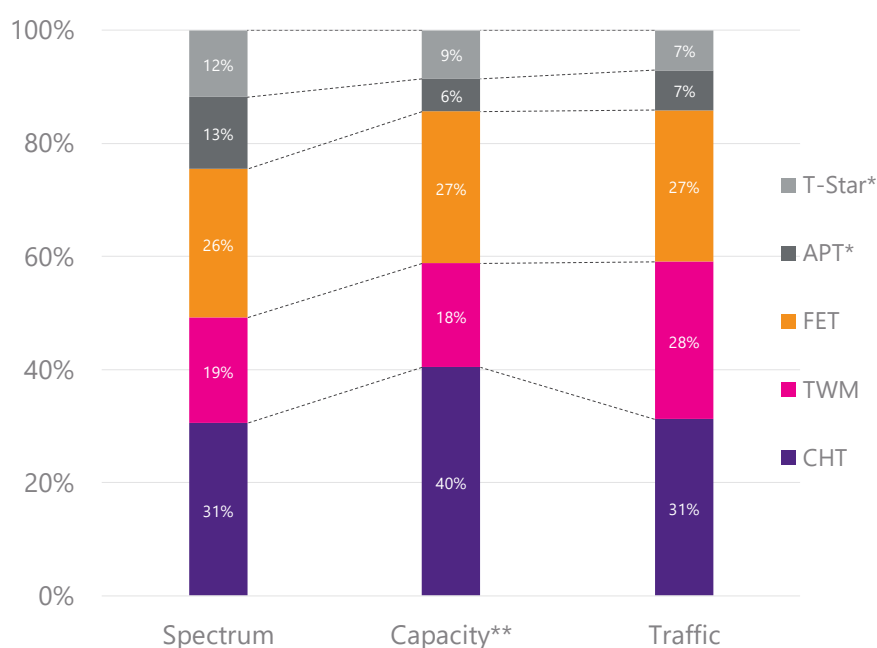


圖 3-14：頻譜持有與網路容量之比較（2019 年 Q1）

資料來源：Plum²⁸⁷、本研究編修。

（三）過往拍賣結果

前述章節中提到，從 2013 年以來總共舉行三次頻譜拍賣。拍賣結果分別呈現如下表。

2013 年的拍賣高度競爭，總共有七家競價者，其中有六家得標。

²⁸⁶ 各業者之潛在網路容量是由其頻譜持有與布建基站數所計算得出。

²⁸⁷ 此處假設台灣之星與亞太電信的訊務量約略接近

拍賣結果特別反映在 1800MHz 的高價，拍賣結果比底價高了七倍。對於 700MHz、900MHz 與 1800MHz 的價金分別為新臺幣每 MHz 3.391 億元、1.558 億元以及 6.656 億元。

表 3-1：2013 年 700MHz、900MHz 與 1800MHz 頻段拍賣結果

得標業者	頻段 (頻率範圍)	頻寬	執照年限(年)	底價 (新臺幣百萬元)	得標價 (新臺幣百萬元)
APT	700 MHz (703-713/758-768)	2×10 MHz	17	4,600	6,415
FET	700 MHz (713-723/768-778)	2×10 MHz	17	4,600	6,810
Ambit*	700 MHz (723-733 MHz/778-788)**	2×10 MHz	17	4,600	6,810
TWM	700 MHz (733-748/788-803)	2×15 MHz	17	6,900	10,485
T-Star	900 MHz (885-895/930-940)	2×10 MHz	17	1,600	3,655
CHT	900 MHz (895-905/940-950)	2×10 MHz	17	2,100	3,320
Ambit*	900 MHz (905-915/950-960)	2×10 MHz	14	2,100	2,370
TWM	1800 MHz (1710-1725/1805-1820)	2×15 MHz	14	2,200	18,525
CHT	1800 MHz (1725-1735/1820-1830; 1755-1770/1850-1865)	2×25 MHz	14; 17	4,400	35,755
FET	1800 MHz (1735-1745/1830-1840; 1745-1755/1840-1850)	2×20 MHz	14	2,800	24,505
Total	-	270 MHz	-	35,900	118,650

資料來源：Plum²⁸⁸、本研究編修。

²⁸⁸ 註：國基電子與亞太電信於 2015 年合併；** 國基於 2014 年售出 2×5 MHz (728-733/783-788) 給台灣大哥大

2015 年拍賣 2.6GHz FDD 與 TDD 頻段為對寬頻無線接取業務重新核配給行動寬頻業務使用。本次共有五家競價者，其中四家業者得標，總拍賣價金為底價之 2 倍，每 MHz 總價金約為 1.47 億元。²⁸⁹

表 3-2：2015 年拍賣 2600MHz 頻段之結果

得標業者	頻段 (頻率範圍)	頻寬	執照年限(年)	底價 (新臺幣百萬元)	得標價 (新臺幣百萬元)
T-Star	2600 MHz FDD (2500-2520/2620-2640)	2×20 MHz	18	3,500	6,615
CHT	2600 MHz FDD (2520-2540/2640-2660; 2560-2570/2680-2690)	2×30 MHz	18	5,600	9,955
FET	2600 MHz FDD (2540-2560/2660-2680); 2600 MHz TDD (2595-2620)	2×20 MHz, 25 MHz	18	4,400	9,130
APT	2600 MHz TDD (2570-2595)	25 MHz	18	900	2,225
Total	-	190 MHz	-	14,400	27,925

資料來源：Plum、本研究編修。

2017 年拍賣牽涉到既有 2100MHz 頻段之重新指配，以及額外釋出 1800MHz 頻譜。總共有五家競價者，其中四家得標。拍賣價金為高於底價 20%。對於 1800MHz 頻段之需求有限，故三個釋出頻塊中有兩塊未釋出。1800MHz 與 2100MHz 頻段價金分別為 2.27 億與 2.166 億元。²⁹⁰

²⁸⁹ 拍賣當時之價格，未依通貨膨脹率調整。

²⁹⁰ 拍賣當時之價格，未依通貨膨脹率調整。

表 3-3：2017 年 1800MHz 與 2100MHz 拍賣結果

得標業者	頻段 (頻率範圍)	頻寬	執照年限(年)	底價 (新臺幣百萬元)	得標價 (新臺幣百萬元)
CHT	1800 MHz (1770-1775/1865-1870)	2×5 MHz	15	2,200	2,270
CHT	2100 MHz (1960-1980/2150-2170)	2×20 MHz	16	7,600	8,665
FET	2100 MHz (1920-1935/2110-2125)	2×15 MHz	16	5,700	6,515
TWM	2100 MHz (1940-1960/2130-2150)	2×20 MHz	16	7,600	8,600
T-Star	2100 MHz (1935-1940/2125-2130)	2×5 MHz	16	1,900	2,215
Total	-	130 MHz*	-	25,000	28,265

資料來源：Plum、本研究編修。

註：* 1800MHz 頻段有 2×10 MHz 未售出。

(四)5G 拍賣與執照條件

我國政府已決定釋出 3.5GHz 與 28GHz 頻段，以促進 5G 布建、促進新通訊技術之使用以及對消費者創新應用之發展。對於通傳會已完成拍賣之 5G 頻譜資源橫跨三個頻段，總頻寬達 2790MHz，其中 1800MHz 頻段為 20MHz (2017 年拍賣後未釋出者)²⁹¹、3500MHz 頻段為 270MHz，以及 28GHz 頻段為 2500MHz。下圖顯示三個頻段之拍賣區塊；下表設定各頻段釋出之頻率細節。

²⁹¹ The 1800 MHz 於我國與全球主要使用於 LTE，短期至中期可能尚不會應用於 5G。

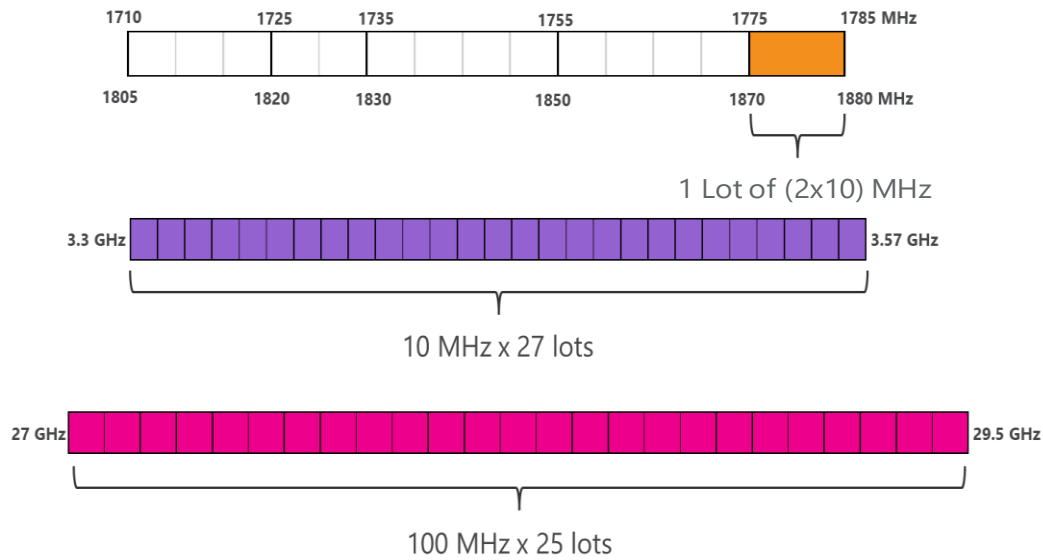


圖 3-15：1800MHz、3.5GHz 以及 28GHz 之頻譜區塊

資料來源：Plum、本研究編修。

表 3-4：對於本次 5G 頻譜之頻率核配計畫

頻段	頻率範圍	區塊	每區塊頻寬	總頻寬	執照效期 (年)
1800 MHz	1775-1785/1870-1880 MHz	1	2x10 MHz	20 MHz	11 (until 31/12/2030)
3500 MHz	3300-3570 MHz	27	10 MHz	270 MHz	21 (until 31/12/2040)
28000 MHz	27000-29500 MHz	25	100 MHz	2500 MHz	21 (until 31/12/2040)

資料來源：Plum、本研究編修。

為了確保我國 5G 網路快速布建，NCC 課予以下網路布建義務：

1. 對 3.5GHz 頻段，得標者必須：5G 網路應於五年內達到 50% 人口覆蓋率；可透過 3.5GHz 頻段或重整既有 4G 頻段；以及使用 3.5GHz 頻段布建至少 1,000 臺 5G 基地臺。

2. 對於 28GHz 頻段，得標者每得標 100MHz 頻寬，應至少布建 375 個 5G 基地臺，最高需要布建 3,000 個基地臺。²⁹²

本次拍賣之頻譜上限分別為：3.5GHz 頻段為 100MHz；28GHz 頻段為 800MHz；各得標者總持有頻寬不得超過行動寬頻總釋出頻譜之三分之一。

為了確保 3.5GHz 頻段之 5G 業務與 3.6-4.2GHz 頻段既有固定衛星業務（FSS）之和諧共存，NCC 已採取護衛頻帶 44MHz（3570-3614MHz），以及 FSS 終端接收站周圍 150 公尺之保護區。現有將近 200 個 FSS 終端站使用相鄰之 3.6GHz 頻段，需要對透過保護區或是安裝濾波器。NCC 已經對受影響之使用者導入補貼機制，包括衛星電視業者、有線電視頭端系統以及其他 FSS 使用者安裝 BPF 以處理潛在來自 3.3-3.57GHz 頻段之 5G 布建潛在干擾，預期相關改善措施應可於 2020 年 6 月完成。²⁹³

（五）年度費用（頻率使用費）

除了拍賣價金以外，行動通訊業者需要支付年度頻率使用費給 NCC。近期 NCC 修定相關費用以符合市場與技術環境之變遷、過往拍賣結果和以及過去幾年間所收取之費用。修定後之費率結構將會與過往相似，不過幾個使用因素已有修正相關係數與類別。

²⁹² 國家通訊傳採委員會（2019）。5G 開跑，NCC 針對釋照及後續監理修正相關法規。
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&cate=0&keyword=&is_history=0&pages=0&sn_f=41563

²⁹³ 國家通訊傳採委員會（2019）。5G 開跑，NCC 審議通過「3.5 吉赫（GHz）頻段整備改善措施補助作業要點」，將據以完成 5G 釋照 3.5GHz 頻段最終整備。
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&is_history=0&pages=0&sn_f=41650

頻率使用年費計算如下：

[頻率使用費＝每 MHz 費用 x 指配頻寬 X 業務別調整係數 X 偏鄉區域涵蓋係數 x 頻段係數 x 區域係數；且每 MHz 費用＝新臺幣 908 萬，指派頻寬以每 MHz 計價²⁹⁴]

下列表格顯示拍賣頻譜於執照效期間總頻譜使用費之淨值。此處參考行動通訊產業常見之 WACC 折現率 7% 計算，並考量相關因素對於三個頻段頻譜價值以及底價建議之影響。

表 3-5：執照效期內之頻率使用費

Band 頻段	Duration 效期	新台幣元/MHz	Notes 備註
1800 MHz (上限)	11	42,908,463	偏鄉區域涵蓋係數 1
1800 MHz (下限)	11	36,472,194	偏鄉區域涵蓋係數 0.85
3500 MHz (上限)	21	16,133,546	偏鄉區域涵蓋係數 1
3500 MHz (下限)	21	13,713,514	偏鄉區域涵蓋係數 0.85
28 GHz	21	358,523	假定 L<50%，故偏鄉涵蓋係數為 1

資料來源：Plum、本研究編修。

(六)5G 頻譜價值的意義

前揭內容探討我國行動市場現狀、5G 的影響、頻譜管理框架和目標、過往的頻譜釋照結果、目前頻譜持有情況以及已完成 5G 頻譜拍賣細節。市場有許多面向，對三個頻段（1800 MHz，3.5 GHz 和 28 GHz）的價值產生影響。

²⁹⁴ 頻率使用費之各項係數參見「無線電頻率使用費收費標準」。

1. 高數據成長率但持續下降的收入：

我國消費者的行動數據使用率位居世界前茅，但業者在競爭激烈的市場環境中收入卻持續下降。業者期望 5G 能協助阻止收入下降，然而這可能提升在 3.5 GHz 頻段取得部分頻寬的重要性，因為該頻段是提供 5G eMBB 服務的關鍵頻段。

2. 技術發展：

近期我國陸續結束 2G 和 3G 業務，並關閉 2G 網路，釋放大量頻譜資源可供 4G 使用，這有助於解決行動數據流量快速增長的問題。從訊務量成長的角度，可減少對 3.5 GHz 和 28 GHz 的頻譜需求，但從商業面角度而言，3.5 GHz 頻段仍被視為提供消費者 5G 服務的關鍵。所以，大且連續頻寬（80-100MHz）將被優先考慮，因為能實現高傳輸量和更可靠的 5G 網路效能。

3. 5G 布建考慮因素：

5G 布建將包含大量資本支出的密集化行動網路，以便在 5 年內滿足 5G 人口覆蓋率 50% 的布建義務。競價者需要在頻譜競標計劃中考慮到這一點，高網路成本將減少業者競標時能負擔的頻譜數量。

4. 網路共享：

促進網路基礎設施和頻譜共享的監管框架變化，將有助於降低業者 5G 成本且加快布建時程。然而網路共享對頻譜價值的影響仍模糊不清，一方面，頻譜共享可能導致需求減少，進而降低頻譜價值；另一方面，更多的基礎設施共享可以降低網路建設成本，使業者在頻譜競標方面可投入更多資金。另外，也可能對市場的競爭程度造成衝擊，進而影響對頻譜的需求。

5. 5G 商業模式的不確定性：

目前，eMBB 似乎是大多數業者關注的主要應用案例。儘管對於將 5G 產業應用存在很大興趣，但相關商業案例仍未證實可行性，而且行動業者可能不願意在短期內投入大筆資金在 5G 頻譜上。即使是 eMBB，應用案例的實現仍取決於未來 3.5 GHz 頻段的設備生態系統，但在消費者廣泛接受前，仍可能還需兩到三年的發展期。

6. 市場不對稱：

目前市場上三家大型業者（中華，遠傳，台哥大）擁有約 85% 的市占率，兩家小型業者（亞太，台灣之星）用戶數量明顯少很多。三大業者的頻譜組合也比小型業者更豐富。有鑑於 3.5 GHz 對 5G 初期開展的重要性，三家大型業者可能會對 3.5 GHz 頻段投標較高價金。雖然小型業者也想獲得部分 3.5 GHz 頻譜，但 1800 MHz 頻段對於滿足其 4G 網路需求也同等重要。

第二節 價值估算方法

頻譜價值取決於使用頻譜產生的最終利益。對於行動頻譜，主要涉及兩個面向：

第一，使用頻譜降低成本。使用頻譜而非實體網路元件（如新基站）以滿足成長之訊務量。此處所指的價值是指降低成本，即透過取得頻譜所獲得成本之節省。

第二，使用頻譜產生額外收入。通過新服務或其他方式幫助公司在市場上維持有效競爭力²⁹⁵、保護公司市占率和未來收入來源。所以，此處的價值將涉及公司未來現金流量的新成長動能。

除了上述二種面向，還有第三種即為選擇之價值，此點會與頻譜執照可交易、可換照或靈活應用的情況相關。頻譜若具備相關特性，則可能會影響公司的支付意願。

當頻譜透過拍賣釋出，由拍賣決定的價格（或市場結算價格）被認為高度反映頻譜市場價值。在有效的頻譜拍賣中，支付價格將反映頻譜增量對競價者的邊際價值，而非得標者的最低出價，或未得標者的最高出價。理性競價者不應支付高於使用頻譜產生的未來現金流淨現值，一般稱為「整體企業價值法」，並且代表價值之上限；然而，理性競價者願意支付的金額，應高於透過增加頻譜而帶來降低成本的價值，稱為「成本降低價值或避免成本價值」，代表價值的下限。市場價格介於整體企業價值和成本降低價值之間。

國際間拍賣價值介於整體企業價值和所降低的成本價值之間，甚至可能超出此範圍，具體結果取決於我國的具體情勢是否與其他地方相當。下圖說明了頻譜價值的不同面向。

²⁹⁵ 業者獲得之額外頻譜可用來改善既有服務品質，例如提供更高速率或增加消費者可用數據量而無需額外成本。此將增加業者提供行動服務之非價格競爭。

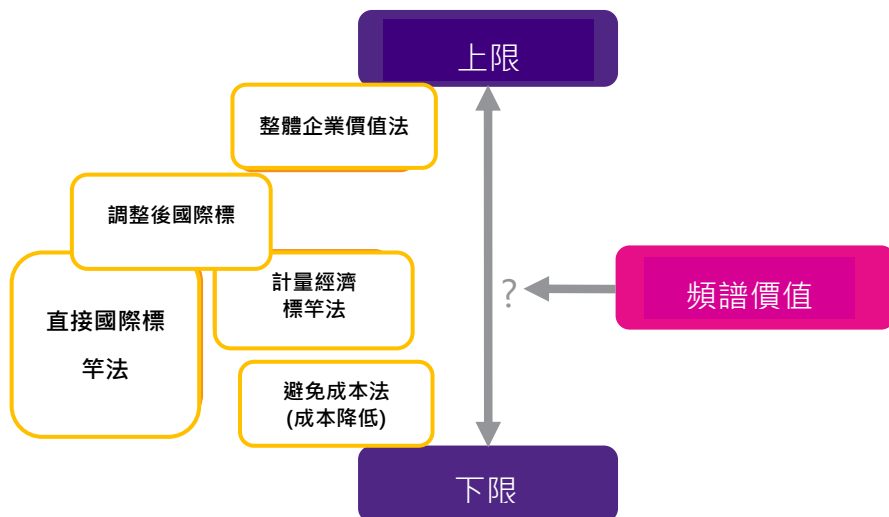


圖 3-16：評價方法和頻譜價值範圍

資料來源：Plum、本研究編修。

頻譜價值估算方法可分為兩大類，國際標竿法和模型法。一般而言，國際標竿法從頻譜拍賣和交易中觀察到的具體金額來研判頻譜的適切市場價值。模型法則是估算可減少或免除的網路成本、頻譜相關成本和企業價值來確定頻譜價值。每一類別下，皆有幾種不同的方法，如下圖所示。



圖 3-17：行動頻譜價值估算方法

資料來源：Plum、本研究編修。

國際標竿法是最常見的方法，監理機構通常使用多種方法對研究

結果進行交叉驗證。無論使用何種方法，都不可避免存在一定程度的不確定性，以國際標竿法而言，不確定性源自於選擇的資料集和對標竿價值的詮釋，至於模型法，則是由於模型假設和輸入參數而產生不確定性。

研究團隊過往協助委託機關研析我國頻譜價值估算研究中，運用多種方法²⁹⁶，包括國際標竿法、計量經濟分析、成本降低模型法和整體企業價值評價法²⁹⁷。在本研究中，研究團隊建議聚焦於前三種方法，即國際標竿法、計量經濟分析和成本降低模型法。過去協助 NCC 的研究中，雖然有估算頻譜的企業價值，但由於難以評估業者的 5G 商業案例，整體企業評價法可能不適用於 5G 頻譜。²⁹⁸因此，研究團隊不建議採取整體企業評價法，不過，研究團隊透過直接國際標竿法，可以作為 5G 企業價值範圍之建議。

此外，三種估價方法可能不適用於估算全部三個頻段之價值。因為不確定頻譜的未來使用趨勢，特別是 28GHz 頻段。首先，28 GHz 頻段特性無法讓業者降低基礎建設成本。因為頻譜覆蓋範圍非常小，28 GHz 不會使用在廣域 RAN 網路中。該頻段的價值預估來自需要極大頻寬的區域服務。此外，目前還沒有足夠的數據供計量經濟分析法對 28 GHz 頻段價值的進行可靠預估。下表顯示了三個頻段中對各頻段建議採用的評價方法。

²⁹⁶ 分別為 2013 年對 700 MHz, 900 MHz 與 1800 MHz 之價值估算，以及 2015 年對 2.6 GHz 之價值估算

²⁹⁷ 研究團隊了解到 2017 年拍賣 1800MHz 與 2100MHz 頻段，野村研究機構透過使用行政定價法以及收入法估算頻譜價值，其本質相當於頻譜之可避免成本與整體企業價值。

²⁹⁸ 各業者之現有 EBITDA 與可用之 EBITDA 乘數未必能反映未來 5G 營收之價值。

表 3-6：用於評估 1800 MHz，3.5 GHz 和 28 GHz 的評價方法

頻譜區塊	評價方法		
	標竿法	建模法	計量經濟分析法
1800 MHz	適用	適用	適用
3.5 GHz	適用	適用	適用
28 GHz	適用	因該頻段特性， 故不適用	因資料有限， 故不適用

資料來源：Plum、本研究編修。

以下章節說明各種評價方法，使用於 1800 MHz，3.5 GHz 和 28 GHz 時，以及評估其優缺點。

一、國際標竿法

國際標竿法是政府、主管機關和行動業者用於鑑定行動頻譜價值的常用方法，該法涉及頻譜拍賣的實際價格比較，在某些情況下還包括其他市場價值，例如頻譜交易。國際標竿法的優點在於它相對簡單易懂，因為每個數據點都反映了業者為頻譜支付的實際金額，並且基於公開數據使其可以進行驗證。從這個意義上，拍賣基準可視為頻譜市場價值的最佳指標。然而，其主要缺點是來自其他國家的數據點可能無法反映我國當地的市場狀況，因此藉由減少數據樣本並留下與我國具有相似特徵的國家觀察結果，或使用更複雜的計量經濟學模型，該模型可以控制各國之間觀察到的差異。

本研究報告中的國際標竿分析法包括：(1)直接國際標竿法，使用其他國家相似頻段的價值；(2)調整後國際標竿法，將國際標竿的價值比率應用於過去我國拍賣的參考價值；(3)計量經濟分析，使用國際拍賣結果根據可觀察的特性（或變數）估算頻譜價值。

(一)直接國際標竿法

在直接國際標竿法中，相似頻段的價值用作特定頻段的標竿。直接國際標竿法是最常見的國際標竿類型，因為它是根據拍賣所觀察到

的市場價值信息，且在某些情況下，基於交易和機會成本頻譜費用，被認為是建立頻譜價值最透明的方法。因此，直接國際標竿法將提供市場參與者對頻譜“支付意願”的合理指標。

一般來說，中位數和平均值用作頻譜價值的引導。價值的範圍和中間四分位數（第一和第三四分位數之間的距離，即價值的中間 50%）也用作上限和下限的指標，且必須仔細評估離群值，以確保統計數據不會受到少量非常低或高價值結果的影響。

由於各國（特別是國際電信會之各區域）布建行動通訊的頻段存在一些差異，因此研究團隊在國際標竿法的樣本點中，包含了相近頻段。對於 1800 MHz、3.5 GHz 和 28 GHz 頻段的國際標竿法，最合適的基準是相同頻段的國際拍賣價值，以及其他 ITU 地區（歐洲，美洲）使用的相似比較頻段，如下表所示。

表 3-7：用於直接國際標竿法的比較頻段

本研究評估的頻段	使用比較頻段	布建行動及無線技術
1800 MHz (1710-1785/1805-1880 MHz)	1800 MHz, 1900 MHz (PCS)	主要用於 4G，還有一些用於 2G 和 3G
3.5 GHz (3300-3570 MHz)	3.5 GHz bands, 3.3-4.2 GHz 之間	近期為 5G，以前是固定無線接取和固定鏈路
28 GHz (27000-29500 MHz)	毫米波頻段 (mmWave bands)，特別是針對 24-28 GHz	近期為 5G，以前固定鏈路

資料來源：Plum、本研究編修。

註：對於 3.5 GHz 和 28 GHz，這些頻段中可能還有一些非行動/無線服務（例如衛星、無線電定位），並且在大多數情況下，此類服務的頻譜費用不是透過拍賣確定的。

對於直接國際標竿法的樣本點，在 2010 年之前，相關數據點不太可能反映出由於智慧型手機、平板電腦和其他連接設備的接取需求增加而導致數據服務重大市場轉變之趨勢，故不予採用。目前國際標竿法的數據集來自 Plum 的頻譜核配資料庫。

對於每個頻段，將考慮三個數據子集合，分別為(1)自 2010 年起之所有拍賣數據點；(2)自 2010 年起的亞太地區（鄰近）數據點；(3)自 2010 年起之高收入國家。²⁹⁹。儘管各頻段可用數據點的數量，可能無法呈現在所有三個子集合之中。

3.5 GHz 和 28 GHz 是近年來新確定的 IMT 頻段，相關拍賣數據點將少於 1800 MHz。此外，還可能存在一些較舊的拍賣數據點，特別是針對 3.5 GHz，因為它本來用於固定無線應用，其可能無法代表 5G 的價值，在解釋國際標竿法的結果時需要考慮這一點。

由於國際標竿法涉及使用來自不同國家的數據，這些數據發生在不同的時間點，因此在選擇數據集時需要更加謹慎來獲得可靠的「相似」比較，需要對數據點進行調整，以考慮拍賣時間、貨幣差異及執照持續時間和/或年度頻譜費用的變化之間的差異。

(二)調整後國際標竿法

調整後國際標竿法將用於估計我國 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段。調整後國際標竿法是直接國際標竿法的變異，通常用於數據點無法透過特定頻段的國際標竿法提供適當結果的情況。其使用的價值比率是透過將特定頻段（在本例中為 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段）的價值與選定國家的常見行動頻段（例如 700 MHz、1800 MHz 和 2100 MHz）的價值進行比較後得出，然後將參考值應用於從國際標竿得出的特定頻段的相對值或距離比率，以估算所考慮頻段的相等價值。舉例來說，X 國的 700 MHz、1800 MHz 和 3.5 GHz 的頻譜價值如下圖所示。要估算我國的 3.5 GHz 價值，我們可以乘以：

我國 700 MHz 對於 700-3500 之比率（即 Z/X ），或

我國 1800 MHz 對於 1800-3500 之比率（即 Z/Y ）。

²⁹⁹ 定義為每年人均 GDP 高於新臺幣 2 萬之國家

根據拍賣數據的可用性和可靠性，可以使用其他參考頻段(例如：900 MHz 和 2100 MHz)。

價值比的替代方案是使用觀察到的距離比重法³⁰⁰，透過將 3.5GHz 與兩個參考頻段進行比較而得到的相對距離比(例如，A / B 為給定距離比，適用於 700-3500 到 1800-3500 相對價值)。為了估算我國的 3.5 GHz 的價值，我們可以將距離比率 A / B 應用於 700 MHz 和 1800 MHz 頻段的我國結果。當比較彼此相關的價值明確無誤的頻段時，距離比重方法最有效。在 3.5 GHz 的情況下，因為用於比較的數據點相對少於其他已建立的行動頻段，而且觀察值的變異較大，因此難度較高。³⁰¹

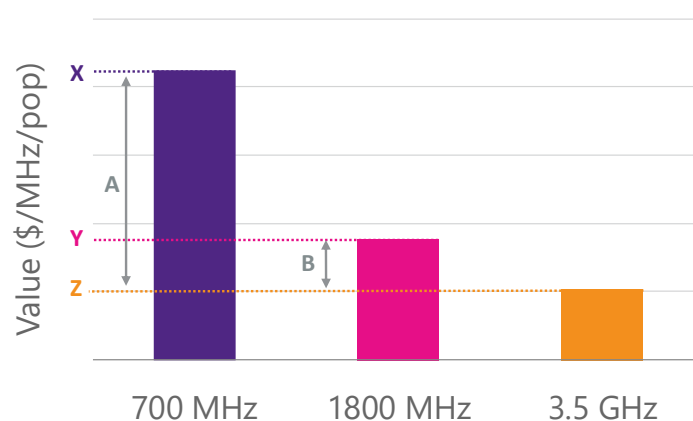


圖 3-18：調整後國際標竿法之圖示

資料來源：Plum、本研究編修。

對於我國 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段，將考慮相對價值方法而不是距離比方法。根據前述提及我國曾舉行三次拍賣，有許多可能的參考值。

³⁰⁰ 此方法由 Aetha 與 Analysys Mason 用以估算英國 1800MHz 頻段價值。參見 Aetha-Analysys Mason (2014), Review of Ofcom's benchmarking of the value of the 1800 MHz spectrum band to determine annual licence fees, http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/900-1800-mhz-fees/responses/EE_Annex_Analysis_Mason_Aetha_report.pdf

³⁰¹ 例如，澳洲與義大利的 3.5 GHz 價值高於 1800 MHz price，但其他國家未必已拍賣此二頻段。

(三)計量經濟分析法

計量經濟分析是一種統計工具，可以估計變數集之間的關係。計量經濟學迴歸模型由應變數(感興趣的變量)和一個或多個自變數(或解釋變數)組成。該模型適合最適趨勢線，由數據值的潛在擴散(或分佈)假設確定，並計算該趨勢線的等式。

此讓模型得以確定應變數和每個自變數之間的關係，評估每個關係的強度和方向。然後，可以使用這些關係來預測給定輸入數據集之應變數值，該方法允許模型獨立各個解釋因素對應變數的影響，得以分析改變一個特定因子帶來之影響，使所有自變數保持不變。

在此應用中，計量經濟學分析可以估算各觀測頻譜價格數值(對於許多頻段，而非僅對特定感興趣的頻段)與自變數因素(如經濟或人口因素)之間的關係，藉由根據頻譜特定因素加以預測拍賣釋出值(如頻段，相容設備和頻譜存量³⁰²)以及我國的經濟和人口狀況。通常在計量經濟學分析中考慮頻譜價值之潛在驅動因素如下表所示。

在這種情況下，應變數是自 2010 年以來全球進行拍賣所支付的行動頻譜的價格，標準化為每人平均每 MHz 的支付價格。計量經濟分析的頻譜價格來自研究團隊內 Plum 的頻譜數據資料集，其他指標則根據世界銀行、國際電信聯盟和其他行業來源的統計數據。

表 3-8：潛在驅動頻譜價值之因素與變數

潛在驅動頻譜價值之因素	可考量的變數
頻譜特性	頻段或傳播型態、釋出總頻寬、拍賣時間、和諧共存程度
執照特性	執照期限、國家或區域執照、布建義務
拍賣特性	競價者與得標者的比率、底價、拍賣形式、頻譜上限
經濟和市場特性	人均 GDP、人口密度、行動普及率、每用戶平均收益、市場中行動業者的家數、市場集中度 (HHI)

資料來源：Plum、本研究編修。

³⁰² 頻譜存量指行動寬頻可使用之頻譜數量。

雖然計量經濟分析可能是比直接國際標竿法更穩當的統計方法，但其可靠性受數據可用性和數據品質的影響，需要足夠的數據點（理想情況下超過 50 個觀測值）才能獲得充分的參數估計量。計量經濟模型的預測能力還取決於樣本的代表性，換句話說，是否適合從已知數據點進行推論。

此外，雖然普遍認知業者的策略目標（例如拍賣中的競價策略和整體商業策略）和未來市場預期是頻譜價值的重要影響因素，但在大多數情況下，這些因素的資訊並不可用，因此在計量經濟模型中無法考慮這些因素。

二、可避免成本模型法

另一個監理機關評估頻譜價值常用的方法為可避免成本模型法（或成本降低模型），用來評估業者若額外取得頻譜核配之潛在節省成本價值。節省成本係指使用額外取得頻譜來增強容量或擴大涵蓋範圍，而不是布建新的基站或設備。

頻塊之可避免成本價值，由使用邊際頻寬（marginal bandwidth）所節省的成本來決定。業者首先考慮在即將到來的拍賣（或交易）中獲得新頻譜的機會，預設長期而言其頻譜組合所欲取得之總頻寬，計算在此組合下網路建設和營運的總成本。再將業者計畫取得之邊際頻寬從該頻譜組合中移除，並計算頻譜移除後所需負擔之新網路成本。兩種頻譜可使用情境下的網路成本差異，即為新增邊際頻寬資源後的成本節省。如下圖所示。

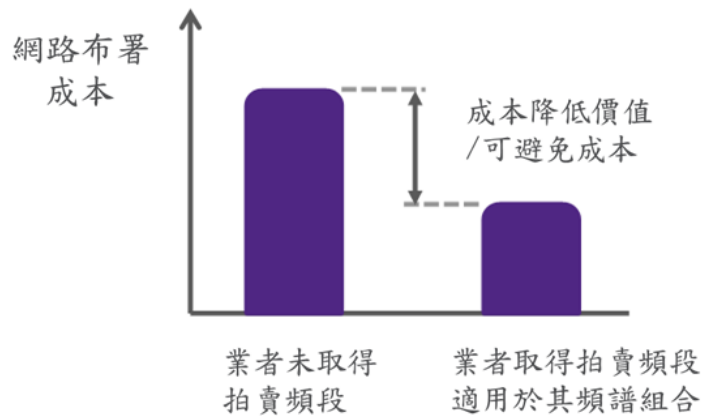


圖 3-19：可避免成本原則的圖示

資料來源：Plum、本研究編修。

總行動網路包括核心網路成本和無線接取網路成本。核心網路的大小取決於傳輸的總行動數據之訊務量。因此在給定網路訊務量水準下，核心網路的成本在不同的頻譜假設下不會改變。兩種頻譜假設之間的成本差異，只出現無線接取網路成本的差異。這意謂無須計算核心網路成本。

每種頻譜情境下無線接取網路的成本計算三步驟：

判斷需求：根據我國總行動數據訊務量估算業者對於行動數據訊務量之需求，並以業者之歷史數據訊務量比重，計算業者網路的訊務量需求。不同地理位置之相對人口數計算訊務量分布情形，即個別地理類型中的總人口占我國總人口的比例。定義了五種地理類型，我國的每個地區都根據其人口密度分配了一個地理區域。

網路規模：對於業者不同地理類型的訊務量，依業者網路布建計算和涵蓋義務，規範 LTE 和 5G 的無線接取網路規模。網路布建必須能夠支持訊務量需求，同時滿足涵蓋義務和業者本身的布建計算。LTE 和 5G 基地臺和支援後置網路連線之數量作為技術網路參數（如各元件所設定傳輸容量），以及業者可利用之頻寬資源所決定。此一步驟的產出為頻譜執照期間每年的無線接取網路元件數量。

網路成本：無線接取網路元件數量乘以其年度單位成本，算出每年的布建和營運總成本（無線接取網路成本）。年均成本包括資本支出（Capital expenditure，CAPEX）和營運支出（Operating Expense，OPEX）。這些年均成本（所有無線接取元件）以適當的資金成本（Weighted Average Cost of Capital，WACC）折現，並加總頻譜執照期限內無線接取網路成本之淨現值（NPV）。

上述三個計算步驟如下圖所示。

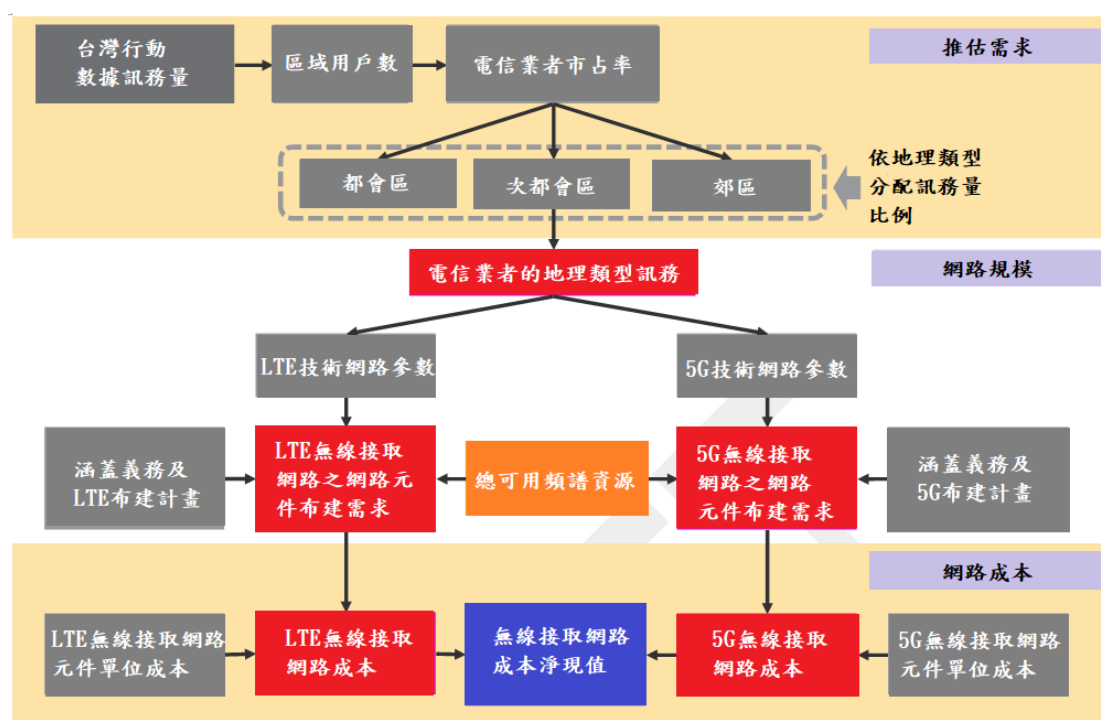


圖 3-20：可避免成本模型的步驟³⁰³

資料來源：Plum、本研究編修。

4G (LTE) 和 5G (NR) 之間存在許多重要差異，這些差異會影響業者布建網路方式。首先，5G 的關鍵頻譜為 3.5GHz，與 LTE 使用頻塊（即 1800MHz 和低於 1GHz 頻塊）相比，3.5GHz 布建大型基地臺時涵蓋半徑更小。為達涵蓋範圍必須增加大型基地臺數量。遠傳表

³⁰³ *註：根據研究團隊之實際模型，地理區域將會區分為密集都會區、中都會區，郊區將會分為中郊區以及輕郊區，因此將會有五種地理型態。

示將較 LTE 增加 2 至 3 倍基地臺數量。

第二個關鍵在於設備的物理特性。5G 需要大規模多輸入多輸出 (massive MIMO) 天線以提供數百 Mbps 的平均基站傳輸量。陣列天線用於大規模多輸入多輸出天線技術。業者計畫在都會區布建 32T32R 多輸入多輸出天線，其重量不會有所不同，因而需要大量的土木工程來增強實體站臺，增加基站升級之總成本。此外，大規模多輸入多輸出天線之 5G 設備比 4G 設備更昂貴。

前述 LTE 和 5G 網路元件的特徵，在研究團隊模型中，將以單位成本和網路規模數值呈現。為了計算可避免成本價值，還需要對業者的網路布建策略及其現有網路資產進行一些簡化假設。這些假設可以按網路布建、業者型態、基站類型和頻譜使用率進行分類。以下內容敘述相關假設及其背後意涵。

(一)網路布建

在 2019 年末的頻譜拍賣之後，預計業者自 2020 年初以 3.5GHz 頻段布建 5G 網路。假設市場競爭推動 5G 網路的提供，並於 2023 年初達到人口覆蓋率 50%。

此處進一步假設業者於其地理位置上推出 5G 服務，將停止擴展 LTE 網路以增加容量。這意味著 LTE 網路容量超額需求之訊務量將由 5G 網路傳輸。但是，5G 不會同時在所有地理類型中啟動。

業者將優先瞄準人口最密集的地區，並在隨後的幾年內擴展到人口密度較低的地區。因此，首先將在密集的都會區進行網路布建，然後是次都會區，郊區和次郊區。5G 網路布建的最後一個地理位置將是小型郊區。這不僅可以在最短的時間內滿足 50% 的涵蓋義務，同時意味著 5G 網路將從需求最高的地區開始提供。

在可能的情況下，5G 基站將建構在現有 LTE 站點上。只有當需

要的 5G 站點數量(無論是容量還是涵蓋範圍)超過這個站點組合時，業者才會布建新的站點。這是 5G 布建最具成本效益的方式，因為取得和準備新站點的成本高於升級現有站點的成本。

(二)業者類型

在 Plum 之前的評估工作中，考慮了兩種類型的業者，分為典型業者（三大業者）和邊際（小）業者。在此研究中，我們以其用戶市占率區分業者類型。下表為模型假設三家大業者和小業者目前頻譜持有數量、初始基站組合和長期行動通訊業務量市占率。相關數值係根據前述對我國行動通訊市場現有參與者之分析。

表 3-9：按業者類型區分之頻譜組合

業者類型	目前頻譜持有數量	大型基地臺總量	長期行動通訊業務量市占率
三大業者	445 MHz	33,000	90%
小業者	70 MHz	7,500	10%

註：因我國小業者頻譜資源持有量相近，故以一家業者為代表。
資料來源：Plum、本研究編修。

研究團隊還假設大業者和和小業者期望從拍賣中獲得的頻譜數量並不相同。普遍的共識是，3.5 GHz 頻譜取得 80 MHz 至 100 MHz 將為最有效率之 5G 布建。研究團隊假設業者將嘗試在拍賣中取得最大的頻譜數量，且所有大業者將致力於獲得 100 MHz。由於本次釋照只有 270 MHz，小業者預期將無法取得 100 MHz，而是希望可取得 50 MHz。³⁰⁴³⁰⁵這些假設以及現行頻譜持有數量用於構建所需的投資組合，以計算 3.5 GHz 頻段的可避免成本價值。

³⁰⁴ 台灣之星代表最近宣稱除非該公司取得 40MHz，否則大業者不可能與他們合作。參見 TeleGeography (2019), NCC Defends Plans for 3.5GHz Spectrum Cap in Upcoming Auction, <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2019/08/07/ncc-defends-plans-for-3-5ghz-spectrum-cap-in-upcoming-auction/>

³⁰⁵ 亞太電信也提到將會考慮獲得 50 MHz。參見 Taipei Time (2019), APT Raising Capital for 5G Efforts, <http://www.taipeitimes.com/News/biz/archives/2019/06/20/2003717217>

(三) 基站類型

本模型考慮一個具備兩種不同基站型態的異質網路，包括大型基站和小型基站。對於所有地理類型，將由使用三個扇區之大型基站提供主要網路涵蓋，但在都會區將由小型基站補充涵蓋。3.5 GHz 頻段適用於小型基站布建(因涵蓋範圍有限)預計會隨著時間推移而增加，並增加訊務量分流的程度。然而，絕大多數訊務量(至少 95%)仍將由大型基站進行網路傳輸。

假設大型基站可以支持所有頻寬的每種技術。也就是若業者同時擁有 700 MHz，1800 MHz，2100 MHz 和 2600 MHz 頻段的頻譜，皆可用於布建大型基站；假設小型基站可以布建最多兩個頻段。

(四) 頻譜使用

在 2018 年底終止 3G 服務之後，假設現行所有頻譜皆用於 LTE。預計未來將進行頻譜重整作業，目前 LTE 頻段將改變用以增加 5G 網路的容量或涵蓋範圍。考慮到生態系統成熟所需的時間，2025 年後才會重新劃分 5G 頻譜。在研究團隊之模型中，最早進行頻譜重整時間為 2027 年，低於 1 GHz 的頻段首先重整以增加 5G 網路涵蓋範圍。

LTE 的最大載波大小為 FDD 頻段 $2 \times 20\text{MHz}$ 和 TDD 頻段 20MHz。3.5 GHz 以上的 5G 頻譜，最大載波大小為 100 MHz。100MHz 載波由五個相等的頻寬組成，每個部分為 20MHz 的頻譜。對於業者而言，每增加 20 MHz，需要額外費用才能升級到前端迴路。因此意謂著 60 MHz 的 5G 布建成本會比 40 MHz 更高。

第三節 頻譜價值估算結果

本章節說明以直接國際標竿法、調整後國際標竿法、計量經濟分析以及可避免成本模型法評估 1800 MHz、3.5 GHz 和 28 GHz 頻譜價值之結果。

一、直接國際標竿法

如前所述，直接國際標竿法採用之樣本為 2010 年後的觀察值。原因在於 2010 年以前的觀察結果不太能反應出因智慧型手機、平板電腦和其他連線設備使用增加而提高數據服務（和隨之頻譜價值的改變）之市場轉變。

本研究提供 1800 MHz、3.5 GHz 和 28 GHz 三個頻段國際標竿法之評估結果。1800 MHz 頻段數據樣本僅包括拍賣結果³⁰⁶，係因拍賣結果較能反映市場價值和業者支付價格。3.5 GHz 頻段以拍賣和一些非拍賣做為樣本，以增加樣本數和結果的適當性。非拍賣觀察值包括頻譜執照交易和/或以機會成本計算之費用，研究團隊判斷相關費用足以代表市場價值。28 GHz 頻段樣本僅包含毫米波（mmWave）拍賣結果，而 IMT 的毫米波頻譜沒有合適的非拍賣價值數據可供參考。

評估結果包括平均值、第一四分位數，第二四分位數或中位數，第三四分位數，最小值和最大值之統計數據。每個頻段的評估結果分為以即期匯率和購買力平價（PPP）換算為新臺幣之三個子集合（所有拍賣、亞太地區和收入相當國家³⁰⁷）之六組頻譜價值。評估結果單位為新臺幣（TWD）/MHz/人；通貨膨脹以我國 2019 年消費者物價指數（CPI）進行平準、執照期限 1800 MHz 頻段以 11 年、3.5 GHz 頻段和 28 GHz 頻段為 21 年進行標準化。

³⁰⁶ 頻譜交易、直接指派或續照之行政費用不納入。

³⁰⁷ 收入相當國家指一年平均每人 GDP 超過 15,000 美元。

1800 MHz 頻段和 3.5 GHz 頻段之評估結果以箱型圖和盒鬚圖呈現，紫色和粉紅色交接處為中位數 50%（由第一四分位數和第三四分位數界定）；粉紅色區域為第一四分位數和第二四分位數之間的差距，紫色區域為第二四分位數和第三四分位數之間的差距。盒鬚圖呈現出最小值至第一四分位數之間的距離，以及第三四分位數和最大值之間的距離。我國頻譜價值建議範圍以中位數 50% 作為參考數值，因其排除了兩端的離群值。平均數以橘色菱形表示。每組結果之平均數和中位數可能不同，需視比較值分佈而定。

受限於 28 GHz 頻段可供參考數資料點有限，研究團隊分別採用即期匯率和購買力平價（PPP）之散布圖。3.5 GHz 頻段也採用即期匯率和購買力平價（PPP）之散布圖，以突顯出隨時間變化之頻譜價值。

(一)1800 MHz

1800 MHz 頻段採國際標竿法之樣本數總計 53 個即期匯率和購買力平價（PPP）觀察值。國際標竿法採用頻段包括 1800 MHz 和 1900 MHz（PCS）頻段，相關頻段具有非常相似的傳播特性和布建技術。“亞太地區”和“相似收入”子集的觀察數量分別為 19 個和 35 個。

下圖以頻譜執照期間為 11 年計算數值。

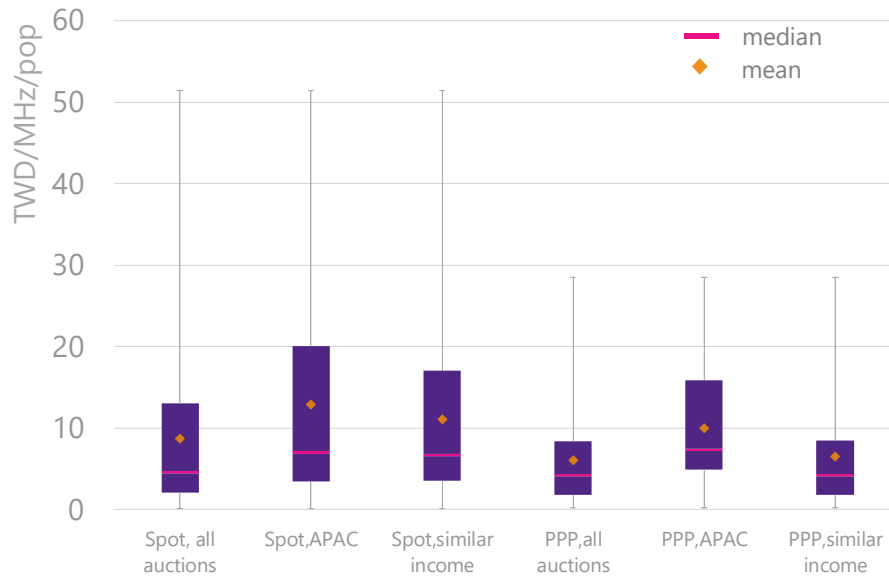


圖 3-21：1800 MHz 國際標竿法評估結果（新臺幣 / MHz / 人）

資料來源：Plum、本研究編修。

國際標竿法估算結果的主要觀察如下。

1. 以「所有拍賣」評估之結果範圍非常大，以即期匯率計算結果為每人平均 MHz 0.12 元至 51.16 元；以購買力評價（PPP）計算結果為每人平均 MHz 0.16 至 28.20 元。
2. 每個子集的統計值區間集中且明顯小於整個範圍，資料顯示集中於中位數 50%，且更接近於最小值，顯示頻譜價值受到部分高價值樣本而分佈不均。
3. 「亞太地區」子集之統計值較「所有拍賣」和「收入相當」子集高，但其中位數、平均值和第三四分位數與“亞太地區”和“收入相當”子集相似。
4. 三個子集之平均值較中位數高，顯示存在一些高價值之離群值，如澳洲拍賣結果（2016 年 2 月；以即期匯率計算為每人平均 MHz 51.16 元和以購買力平價（PPP）計

算為每人平均 MHz 21.98 元) 和南韓 (2011 年 8 月; 以即期匯率計算為每人平均 MHz 30.75 元和以購買力平價 (PPP) 計算為每人平均 MHz 20.22 元)。

5. 即期匯率統計值一般較三個子集之購買力平價統計值高。這是因為相較於國際標竿法使用的樣本數據之當地貨幣來說，新臺幣貨幣價值可能被高估 (表示新臺幣購買力往往被低估)。
6. 2013 年我國資料點明顯為離群值 (每人平均 MHz 28.20 元)，為購買力平價 (PPP) 的最高值，並且位於即期匯率的第四分位數內。這是受到 2013 年的拍賣競爭激烈的影響。2017 年我國資料點明顯較低，但仍位於第三四分位數內。

(二)3.5 GHz

3.5 GHz 頻段國際標竿法之樣本數共計 24 個即期匯率和購買力平價 (PPP) 觀察值。採用頻段包括 3.4-3.8 GHz³⁰⁸，但包括引入 5G 頻譜核配³⁰⁹前之固定無線服務(fixed wireless services)³¹⁰頻譜拍賣值。下圖以頻譜執照期間為 21 年計算數值。

³⁰⁸大部分核配方式為拍賣,儘管包括一些為交易和機會成本費用，

³⁰⁹第一個 5G 頻譜拍賣自 2017 年起。

³¹⁰雖然頻寬和頻段規劃可能與 5G 規範不一致，但為技術中立的頻譜。

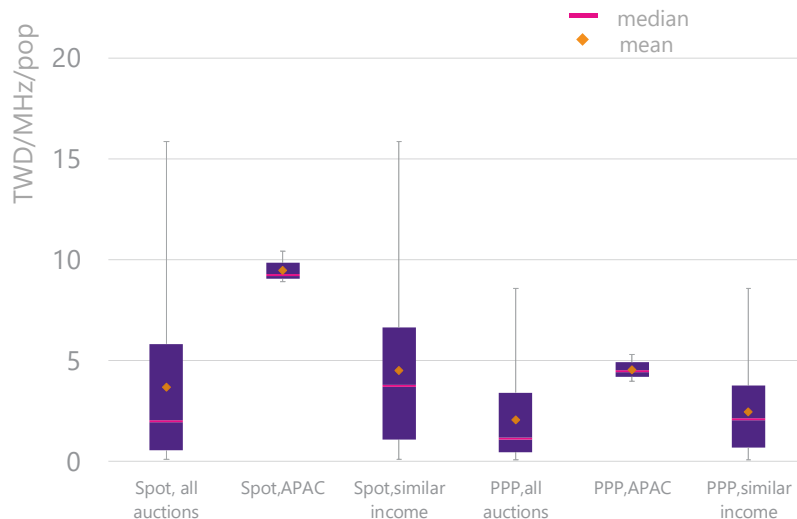


圖 3-22：3500 MHz 國際標竿法結果

資料來源：Plum、本研究編修。

國際標竿法評估結果之主要觀察如下。

1. 「所有拍賣」統計數據的總體範圍非常大，從每人平均 MHz 0.1 元至 15.75 元（即期匯率），和每人平均 MHz 0.09 元至 8.46 元（PPP）。最大值來自於 2018 年義大利拍賣結果，可視為離群值。³¹¹
2. 「所有拍賣」和「收入相當」子集的統計數據與總體範圍相同；然而，「亞太地區」子集的統計值整體範圍要小得多（每人平均 MHz 8.9 元至 10.32 元（即期匯率）和每人平均 MHz 約為 4 元至 5 元（PPP））。亞太地區子集的微小變化可以用樣本數量少來解釋，例如澳洲和韓國釋照結果。
3. 「亞太地區」子集具有最高的平均值、中位數和第三四分位數統計數據。如前所述，「亞太地區」子集僅包括

³¹¹ 此拍賣為部分頻率可用（僅提供 200MHz）且無效率之頻塊設計（兩個 80MHz 與兩個 20MHz），因人為製造稀少性和提高頻譜價值而被批評。

最近 5G 頻譜 3.5 GHz 拍賣結果。“所有拍賣”和“收入相當”子集包括最近的 5G 和早期（5G 之前）之固定無線（fixed wireless）拍賣。總體統計數據受到這些子集中包含的低價值（5G 之前）拍賣的影響。

4. 三個子集的平均數較中位數高，顯示該範圍存在高價值離群值，例如義大利（2018 年 10 月）和澳洲（2018 年 12 月）的拍賣結果。
5. 與 1800 MHz 結果相似，即期匯率統計數據一般較三個子集之每個購買力平價（PPP）統計數據高。即期匯率統計數據的變化也較大，由較高的第三四分位數和最大值可得證。

如上所述，3.5 GHz 頻段的觀測值隨著時間演進而變化，主要取決於頻段之服務型態。一些國家已將 3.5 GHz 用於固定無線（fixed wireless）服務，這些服務之需求通常較低，其頻譜價值較低。從 2017 年開始，3.5 GHz 首次作為 5G 布建之用，其頻譜價值顯著提高。因服務從固定無線（fixed wireless）服務轉向 5G，近兩年 3.5 GHz 頻譜價值上升如下圖所示。

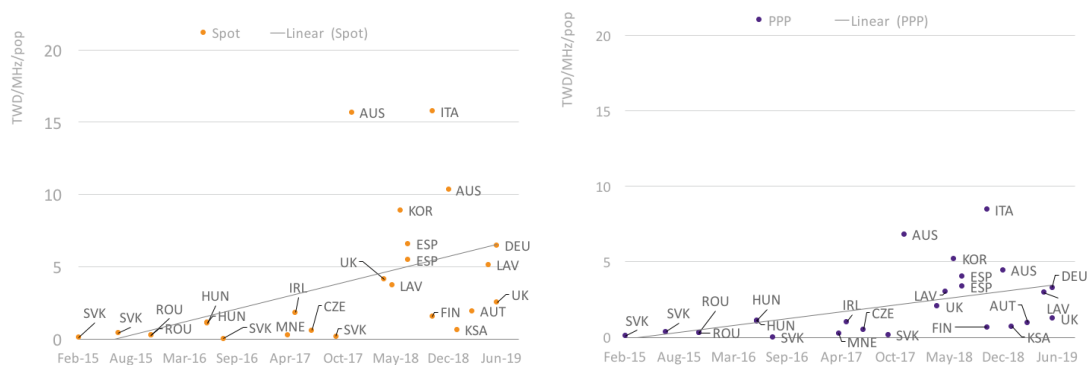


圖 3-23：3.5 GHz 價值變化（左圖為即期匯率和右圖為 PPP 匯率）

資料來源：Plum、本研究編修。

趨勢線顯示 3.5 GHz 頻譜價值隨著時間變化而增加。2017 年至 2019 年間，3.5 GHz 頻段平均值為每人平均約為每 MHz 5 元（即期匯率）或 2.7 元（購買力平價），中位數為每人平均 MHz 4 元（即期匯率）或接近 3 元（購買力平價），相較於 2015 年至 2016 年之平均值為每人平均 MHz 約為 0.5 元（即期匯率和購買力平價），中位數為每人平均 MHz 0.25 元（即期匯率）或 0.29 元（PPP）。

統計數據有兩個非常高價值的結果，即義大利於 2018 年之 5G 拍賣和澳洲 2018 年拍賣。義大利拍賣結果係因於頻寬有限和不佳的拍賣機制。澳洲 5G 頻譜拍賣針對未釋出剩餘頻譜進行拍賣，提供區域大量不同的頻寬和技術中立執照³¹²，允許將這些頻率重新用於 5G 服務。澳洲的價格是由高需求和可使用的大頻寬所驅動（在大多數地區高達 125 MHz）。

自 2017 年以來，3.5 GHz 價值變化較大。東歐國家，即斯洛伐克和蒙特內哥羅（Montenegro）的頻譜價值特別低，該類區域已經確定將相關頻率用於提供無線寬頻服務。

(三)28 GHz

28 GHz 頻段採國際標竿法之樣本只有少數即期匯率和購買力平價匯率（PPP）觀察值。前項樣本為最近 5G 毫米波拍賣結果，包括了愛爾蘭（2018 年，26GHz）、韓國（2018 年，28 GHz）、義大利（2018 年，26 GHz）、美國（2019 年，28 GHz 和 24 GHz）³¹³。在有限的樣本下，難以估算適當的 28 GHz 頻譜價值，尤其是當毫米波使用案例仍持續增加，且其設備生態系統有限。許多國家還沒有最終確定這些頻段的頻譜管理方法。³¹⁴

³¹² 介於 2.5 MHz 和 32.5 MHz 頻段之間

³¹³ 24 GHz, 26 GHz and 28 GHz 均擁有相似的傳播形態（覆蓋）特性以及提供大頻寬（容量）

³¹⁴ 與傳體採排他性專用之行動通訊頻段不同，許多彈性方法例如特定區域之輕度執照等，也被納入考量，該類頻段之核配將不會涉及拍賣。

所有觀察值皆屬於「所有拍賣」和「收入相當」子集。然而，只有韓國於 2018 年釋出 28 GHz 頻段為“亞太地區”觀察值。下圖顯示了 21 年頻譜執照期限的結果。

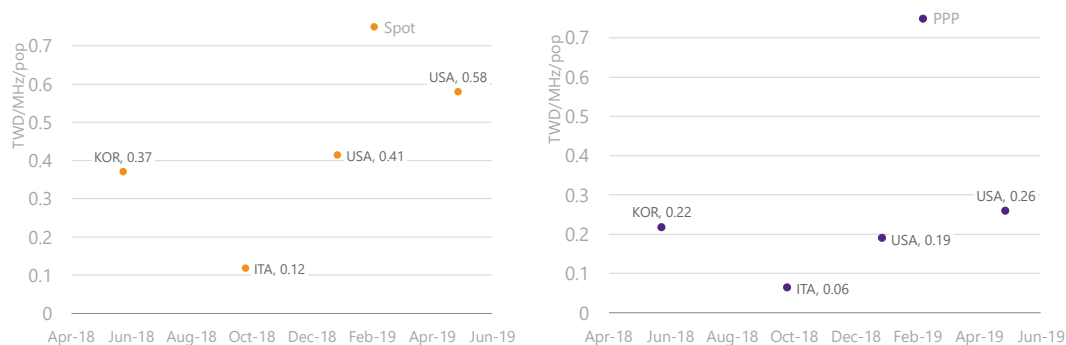


圖 3-24：28 GHz 國際標竿法結果（左圖為即期匯率、右圖為購買力評價匯率）

資料來源：Plum、本研究編修。

28GHz 頻段主要觀察如下：

1. 「所有拍賣」（和「收入相當」）子集的統計數據總體範圍介於每人平均 MHz 0.07 元至 0.58 元（即期匯率），和每人平均 MHz 0.15 元至 0.26 元（PPP）。
2. 最高值為 2019 年 5 月美國 24 GHz 拍賣結果（每人平均 MHz 0.58 元（即期匯率）或每人平均 MHz 0.26 元（PPP））。美國 28 GHz（2019 年 1 月）反映的頻譜價值略低（每人平均 MHz 0.41 元（即期匯率）或每人平均 MHz 0.19 元（PPP））。高頻譜價值可能源自於美國市場之特定因素和產業對使用毫米波（mmWave）頻段布建 5G 固定無線接入需求。
3. 韓國拍賣結果為每人平均 MHz 0.37 元（即期匯率）或每人平均 MHz 0.22 元（PPP），為“亞太地區”子集的唯一結果。南韓是 5G 技術發展的領導者之一，其行動通訊業

者率先推出 5G 商業服務。推動 5G 的競賽可能會提高對頻譜價值的預期。但需注意的是，南韓 5G 頻譜執照只有 5 年，故將執照期限標準化為 21 年時，其數值將向上調整。

4. 義大利 2018 年拍賣價值為每人每 MHz 為新臺幣 0.12 元（即期匯率）或每人每 MHz 為新臺幣 0.06 元（PPP）。這反映了歐洲使用案例的不確定性和較低的需求；此外，其 26GHz 頻譜執照並非獨占使用，允許使用者根據其需求共用其頻譜。
5. 下限適用於愛爾蘭 2018 年拍賣，其價值為每人每 MHz 為新臺幣 0.07（即期匯率）或每人每 MHz 為新臺幣 0.03（PPP）。

二、調整後國際標準法

本研究亦根據從其他國家觀察到的相對價值比率對 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段進行調整後的國際標準。

下表顯示近期拍賣 3.5 GHz 頻譜的國家，其相對於 3.5 GHz 頻段的不同頻段價值。選擇 700 MHz、1800 MHz、2100 MHz 和 2600 MHz 頻段，因為這些頻段可作為近期我國拍賣的參考價值。

表 3-10：參考 3.5 GHz 頻段的相對價值比率

國家	700 MHz	1800 MHz	2100 MHz	2600 MHz	3.5 GHz
澳洲 (2017/12)	6.57	0.67	0.65	0.11	1
澳洲 (2018/12)	7.39	0.75	0.73	0.12	1
奧地利	-	15.26	-	0.79	1
捷克	-	12.60	-	3.20	1
芬蘭	5.16	-	-	-	1

國家	700 MHz	1800 MHz	2100 MHz	2600 MHz	3.5 GHz
德國	1.35	1.94	1.41	0.18	1
愛爾蘭	-	2.52	-	-	1
義大利	1.56	0.76	-	0.18	1
沙烏地阿拉伯	17.07	7.90	-	0.91	1
南韓	-	2.19	3.17	1.17	1
西班牙	-	-	-	0.20	1
英國	-	-	-	1.55	1

資料來源：Plum、本研究編修。

註：在其他頻段具有多個值的國家/地區（700 MHz、1800 MHz、2100 MHz 和 2600 MHz），比率是基於計算關於這些頻段相對於 3.5 GHz 的最新拍賣價值。

從直接國際標竿法結果可以看出，3.5 GHz 的價值存在顯著差異，亦反映在價值比率上。除了 700 MHz：3.5 GHz 的比率始終高於 1（即 700 MHz 與 3.5 GHz 相比更有價值），其餘頻段的比率（1800 MHz、2100 MHz 和 2600 MHz）包含低於和高於 1 的數值，表示 3.5 GHz 的價值並不明確低於相關頻段。根據此一分析，本研究不考慮將調整後國際標竿法用於我國 3.5 GHz 頻譜估算，而計量經濟學分析是一種更可行的方法，將在後續內容中討論。

下表顯示了 28 GHz 頻段的相對價值比率。儘管其他頻段某些比率有重大變化，相較結果 28 GHz 頻段顯然要低得多。

表 3-11：參考 28 GHz 頻段的相對價值比率

國家	700 MHz	1800 MHz	2100 MHz	2600 MHz	24-28 GHz
愛爾蘭	-	69.06	-	-	1
南韓	-	52.78	76.45	28.28	1
義大利	207.70	101.53	-	24.21	1
美國 (2019/1)	32.15	57.42	263.39	-	1
美國 (2019/5)	22.98	41.05	188.32	-	1

資料來源：Plum、本研究編修。

註：在其他頻段（700 MHz，1800 MHz，2100 MHz 和 2600 MHz）具有多個值的國家/地區，比率是根據這些頻段相對於 28 GHz 的最新拍賣價值計算得出的。

鑑於比率的樣本數較小，我們使用觀察值比率的中間值，如下圖所示，作為替代應用於我國參考價值以產生 28 GHz 價值估計值。

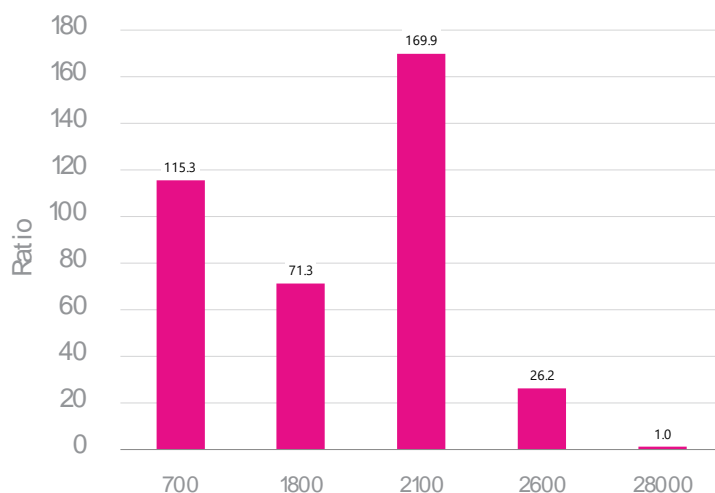


圖 3-25：參考 28 GHz 的相對價值比率(基於中間值)

資料來源：Plum、本研究編修。

下表顯示 28 GHz 頻段調整後的國際標竿法結果，每人平均 MHz 為 0.09 至 0.57 元。

表 3-12：28 GHz 頻段調整後國際標竿結果

參考頻段(年)	我國參考價值 (TWD/MHz/pop)	與 28 GHz 比較 的相對價值比率	28 GHz 估算值 (TWD/MHz/pop)
700 MHz (2013)	22.2	115.3	0.19
1800 MHz (2013)	40.8	71.3	0.57
1800 MHz (2017)	10.4	71.3	0.15
2100 MHz (2017)	14.9	169.9	0.09
2600 MHz (2015)	10.9	26.2	0.41

資料來源：Plum、本研究編修。

注：*我國參考值已根據通貨膨脹進行調整，並反映執照持續時間為 21 年。

三、計量經濟學分析

以下檢驗計量經濟模型中各解釋變數的幾項指標。在最終模型中所選擇的解釋變數基於兩個標準：解釋變數的準確性或數據完整性，以及解釋變數的理論意義（敏感係數結果）、提升模型“配適度”（由 R^2 統計量表示）或具有統計上顯著的解釋力。

需要注意的是，在某些情況下，模型選擇的虛擬變量不是基於統計顯著性，而是透過一組虛擬變量進行統計控制，達到降低特定頻譜和時間（年）效應。

下表概述了最終規格中所包含的解釋變數、相關係數和統計顯著性的解釋。

表 3-13：最終模型規格中包含的解釋變量

變數	與頻譜價值的關係	備註
執照效期 (指數化)	正向 (達 1% 顯著水準)	正相關-較長的執照效期將增加頻譜價值
人均 GDP (對數化)	正向 (達 1% 顯著水準)	正相關-表明人均 GDP 增加會提升頻譜價值
人口密度 (對數化)	正向 (達 1% 顯著水準)	正相關-表明人口密度增加會提升頻譜價值。人口密度係數(代表經濟重要性)提升(1%)將影響頻譜價值同步提升較小增幅(0.16%)，高於執照效期、人均 GDP 或頻譜存量的影響。
頻譜存量 (對數化)	負向 (達 1% 顯著水準)	負相關-反映頻譜存量增加會降低頻譜預期價值。比其他(對數化)解釋變數影響更大，頻譜存量提升 1% 將影響頻譜價值下降 1.5%。
頻譜頻段 -虛擬變項	未顯著	1800 MHz 是分析的對照組(並未使用虛擬變項) 在相對成熟的頻段，例如 sub-1 GHz 頻段是呈現正相關，表明價值高於 1800 MHz；較不成熟的頻段，例如 450 MHz、1400 MHz 和 2.5 GHz。以及使用其他技術(例如 850 MHz 過往使用 CDMA 技術)的頻段則是呈現負相關，表明頻段價值低於 1800 MHz

變數	與頻譜價值的關係	備註
年度 -虛擬變項	未顯著	除了 2015 年及 2016 年，所有年度虛擬變項都是負相關，係數在不同模型間趨於提高(除了 2013 年)。(須注意應變數經過通膨調整)分析對照組為 2018、2019 年(未使用虛擬變項)。使用各年度觀察值，2019 年觀察值採不完整的一年計算。
3.5GHz 作為 5G 釋出(交互作用為 3.5GHz 作為 5G 釋出、年虛擬變數(2017, 2018 或 2019)之間)	正向 (達 1% 顯著水準)	該變數反應 3300-3800 MHz 頻段的釋照結果，對作為 5G 核心頻段的價值影響 ³¹⁵ ，3.5 GHz 頻段價值隨時間變動最為明顯。與其他解釋變項相比，係數是正向且數值較大，表明 3.5 GHz 釋照結果具有較高頻譜價值，高於 2017 年之前的頻段結果。在 2017 年之前，該頻段常用於固定無線服務而非 5G。

資料來源：Plum、本研究編修。

計量經濟模型採用橫斷面普通最小平方(Ordinary Least Squares, OLS)對數 - 對數模型(研究也測試是否其他更合適的函數模型)。對數迴歸法允許依變數和解釋(獨立)變數之間的非線性關係。該模型通過效度測試。最終模型規格的 R^2 (拍賣結果的變異中，能由自變數解釋的百分比)為 58.25%，與這類其他橫截面模型一致。

以對數線性規格測試相同變數(使用連續變數 V.S.對數解釋變數)。因為採用 log-log 模型具有更高的解釋力(即，基於 log-log 假設時，具有更高之模型配適度)，因此呈現更高 R^2 之統計量。

其他模型中的解釋變數，將在納入最終規格前進行檢驗。包括反映市場競爭的變數(例如，市場集中度(HHI)、業者數量(倒數)、競標贏家與投標人的比率)，頻段中可適用 LTE 設備的數量以及每用戶的平均收入等。在大多數情況下，相關係數表明這些解釋變數對頻譜價值有部分影響(影響低於最終規格中的解釋變數)且沒有統計上

³¹⁵ 註：研究團隊檢視近期 700MHz 頻段之釋出，該頻段被視為 5G 核心頻段，然而，LTE 技術已先期於各地使用 700MHz，主要為亞洲區域。因此，近期 700MHz 之釋出是經濟上但較不具統計相關性，更可能是基於 LTE 布建，目前只有少數歐洲將 700MHz 作為 5G 核心頻段。

意義和/或沒有提高模型的解釋力。

(一)最終規格預測 (基準模式)

對於每一個頻段之預測數值，將使用源自最終規格模型之相關係數，並運用我國特定值於每一個解釋變數³¹⁶。我國特定數值呈現於下表。

表 3-14：計量經濟分析之我國特定數值

變數	我國特定數值	Notes 備註
執照效期(年)	11 (for 1800 MHz) 21 (for 3.5 GHz)	NCC 制定，反應預期釋照之規劃執照效期。
GDP per capita (US\$)	25,450	資料來源：IMF (2019)
人口密度(平均每平方公里)	652	參考 2018 年底內政部統計數值。
頻譜存量(MHz)	880	Plum 假設。頻譜存量為基於 6GHz 以下之行動寬頻可用頻寬總量。28GHz 頻段不納入。
頻段虛擬變數	1 (for 3.5 GHz) 0 (for 1800 MHz)	除了作為基頻頻段之 1800MHz 頻段以外，頻段虛擬變數應設為 1。
年虛擬變數	0	年虛擬變數設為 0，作為基準年觀察值 (2018/19)
3.5GHz 作為 5G 釋出	1 (for 3.5 GHz)	數值設 1，3.5GHz 頻段供 5G 使用

資料來源：Plum、本研究編修。

下圖顯示模型對於 1800MHz 與 3500MHz 頻段之預測，此值主要透過採用我國特定數值之模型，並基於 273 個拍賣結果³¹⁷，估算其關連。粉紅色顯示預測頻譜價值，淡紫色區域則呈現 95%信心區間，作為各頻段估算之上界與下界值。

³¹⁶ 計量經濟學資料集中的拍賣值為美元。我國特定值應用於 1800MHz 與 3.5GHz 者，將以美元計算，並依 2019 年 7 月之匯率轉換 (1 美元=30.99 台幣)。Source: OFX.

³¹⁷ 註：毫米波觀察值將會排除於此資料集，因為目前只有少數觀察值。當少數的觀察值用來代表一般的狀況時，毫米波頻段之虛擬變數將可能會有偏誤。

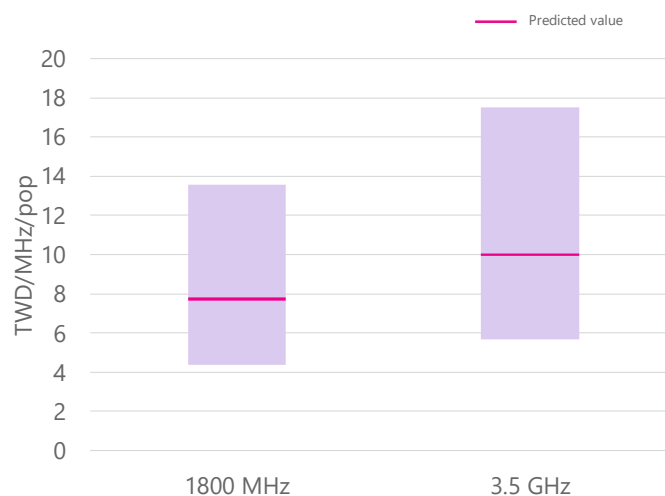


圖 3-26：計量經濟分析估算頻段結果（TWD/MHz/PoP）

資料來源：Plum、本研究編修。

此結果顯示，3.5GHz 頻段比 1800MHz 更有價值。很重要需注意的地方在於，價值差異的變化可透過執照效期來解釋，1800MHz 為 11 年，3.5GHz 頻段則為 21 年。對於 3.5GHz 頻段的信心區間變化更大（潛在數值區間），顯示 3.5GHz 頻段之預測值現階段變異仍大。

表 3-15：計量經濟估算結果：TWD/MHz/人

Band 頻段	預測值	95%信心區間
1800 MHz	7.12 - 7.63	4.14 - 12.27
3.5 GHz	9.72	4.89 - 19.32

資料來源：Plum、本研究編修。

很重要的是，相關預測值主要依循我國目前之數值而來，換句話說，是以當下獲得頻譜之角度進行設算，且該值反映目前市場與技術之預測。

隨著時間的演進，技術、經濟以及行動設備生態系統都可能會導致頻譜價值變化。其中一個可能影響未來頻譜價值的因子，為對毫米

波頻段之導入與使用。與既有 6 GHz 以下行動通訊頻譜不同，對於毫米波頻段之使用案例（包含 26GHz 與 28GHz）仍持續創建，其價值並不明確。此種頻段不適合作為大範圍地理區域涵蓋，因此毫米波頻段之布建可能會針對特定利基市場或產業應用而高度當地化。

四、網路布建

本章節主要呈現可避免成本法的估算結果，透過可避免成本模型所預測的資料流量結果呈現於下圖中。

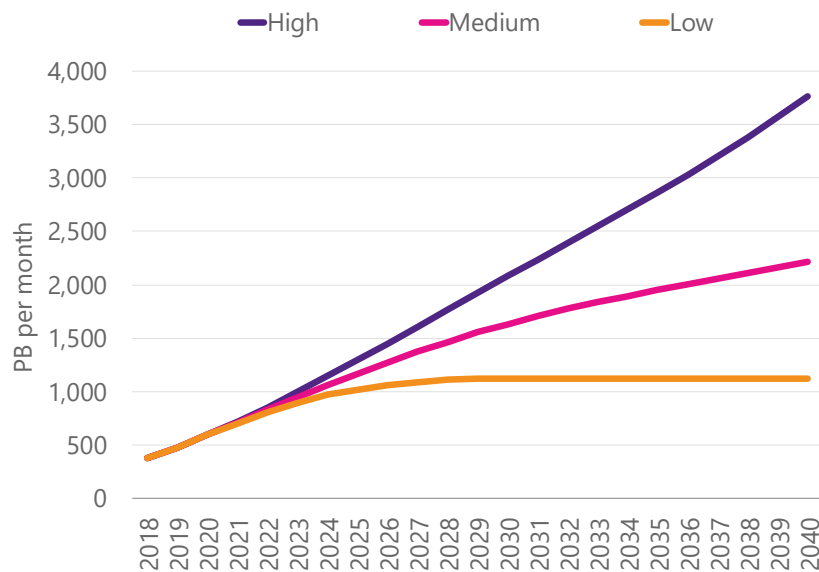


圖 3-27：可避免成本法預測之訊務量

資料來源：Plum、本研究編修。

本研究使用此模型時，採用「有四種型態的業者」之情境，詳述於前述章節。業者會試圖在 5G 拍賣中取得頻譜，其中 3.5GHz 頻段變成業者優先的目標；另一方面，1800MHz 頻段主要被使用於 4G LTE 網路，獲取後主要功能為加強 LTE 訊務量，使得此頻段在拍賣中被業者視為優先順序較低的頻段。假設業者會將全數 1800MHz 頻譜使用在現有 4G LTE 基地臺上，當各業者欲取得一定數量的 3.5GHz 頻譜的前提下，會以減少額外成本的角度去衡量 1800MHz 頻段之價值。

上述邏輯架構是基於業者對於頻譜的組合及配置，且 3.5GHz 和 1800MHz 兩頻段皆採用可避免成本法。總結而言，用於衡量 3.5GHz 頻段價值的頻譜組合不包含 1800MHz 頻段，但衡量 1800MHz 頻段的價值估算組合包含了 3.5GHz 頻段，下表呈現可避免成本法模型估算的結果，即是建立於這一系列的頻譜組合的基礎上所計算。

表 3-16：可避免成本模型結果－中等訊務量預測

業者類型	Modelling results in TWD/MHz		Modelling results in TWD/MHz/pop	
	1800MHz	3.5GHz*	1800MHz	3.5GHz*
三大業者	0	3 億 84 萬	0	12.75
小型業者	0	3,049 萬	0	1.29

資料來源：Plum、本研究編修。

註：此非每單位 10MHz 頻譜的可避免價值，而是所有單位頻段的可避免成本，詳述如下。

1800MHz 的頻段是以每段 10MHz 為單位，總共售出兩個 10MHz 的頻段，是此次拍賣中單位總數最小的頻譜。3.5MHz 頻段的單位頻塊是以 10MHz 作為區分，讓各業者可以持有各自取得所想要標得之頻塊。此頻段中大型業者會傾向獲得 90MHz 至 100MHz 的頻塊，而小型業者會傾向獲得 40MHz 至 50MHz 的頻塊。

(一)可避免成本模型之結果闡釋

可避免成本模型之價值呈現於下圖，並依此次拍賣中有無包含新頻段加以區分。這種差異是源自於使用年限不同，使用 1800MHz 頻段計算出之總淨值網路成本，計算期間是介於 2020 至 2030 年之間，而 3.5GHz 頻段的總淨值網路成本，計算期間是 2020 至 2040 年。

在表格中價值為零的計算結果，代表 1800MHz 頻段無法達到降低成本之效果，若此時採用該頻段成本將會不減反增，原因為使用 1800MHz 頻段對於增加 LTE 網路容量的效果有限，業者未來仍需要推出 5G 網路架構以支援網路流量，因此，現階段增加 LTE 網路成本，

對於減少 5G 網路成本是沒有助益的，最終使用 1800MHz 頻段會導致總成本的增加。

不同於 1800MHz 頻段，對於 3.5GHz 頻段而言，最終分配結果，例如大型業者可能會拿到 90MHz 至 100MHz，小業者可能拿到 40MHz 至 50MHz。當 3.5GHz 使用可避免成本法時，對於大型業者，將考量 10MHz 至 100MHz 間的每單位頻塊平均可避免成本，因此若為 90MHz 至 100MHz，則至少有九個單位頻塊；對於小型業者而言，若取得 40MHz 至 50MHz，則以四個頻塊推算。

3.5GHz 頻段適用平均值，因為其邊際頻塊對於大型與小型業者的價值皆為零，業者若以減少網路成本為目的，則不需要完全取得所有業者本身所需要的頻譜數量。如果業者為了增加 5G 網路速度以提升市場競爭力，則會希望獲取 50MHz 至 100 MHz 頻寬，此計算模型之計算結果顯示，在 3.5GHz 中只有 20MHz 至 40MHz 頻段是能夠達到最小網路成本的區塊，如下圖。

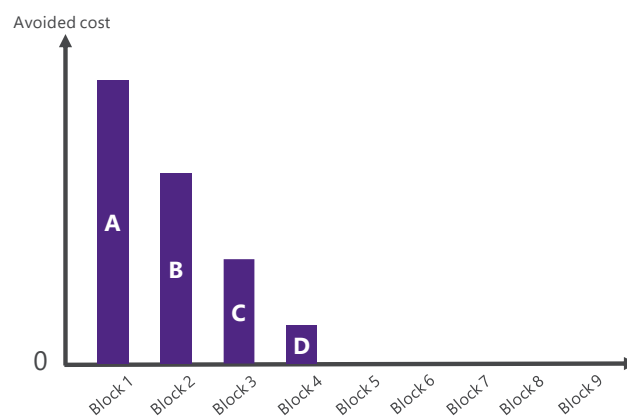


圖 3-28： 3.5GHz 頻段的可避免成本(每 10MHz 邊際區塊)

資料來源：Plum、本研究編修。

平均值是依據所有邊際頻塊的總價值除以所有邊際頻塊的頻寬，各業者的可避免成本如上圖所示，平均值為 $(A+B+C+D)/90$ ，本報告

採用平均值以反應使用可避免成本法所計算的價值，在拍賣中不為零，即使最終邊際頻塊的可避免成本價值為零。可避免成本價值是取自於計算四個區塊中的第一頻塊，假定總共有九個邊際區塊為業者取得，本報告總共配置了九個區塊(90MHz)，藉以計算每 MHz 可避免成本的平均值，更進而同時計算中頻段中價值為零及不為零的區塊。

(二)1800 MHz 頻段的頻外分析

本研究假設條件為各業者會使用 1800MHz 中的兩個 10MHz 頻塊於現有 LTE 基地臺，假如業者為了讓 LTE 網路最佳化而減少成本，這時會讓 1800MHz 的頻譜有不同可避免成本價值，此種情境下，業者不論在何種地理型態，採取布建小型基地臺或取得額外頻譜之策略，將有助於降低無線接取網路成本，藉由使用此頻段而降低接取網路成本，此情境結果如下表。

表 3-17：1800MHz 可避免成本模型結果—考慮 LTE 網路最佳化

業者型態	1800MHz 結果(單位： TWD/MHz)	1800MHz 結果(單位： TWD/MHz/pop)
三大業者	5,084 萬	2.16
小型業者	3,094 萬	1.31

資料來源：Plum、本研究編修。

當可避免成本價值不為零時，業者若將現有的 LTE 網路最佳化，未來可以達到節省成本的效果，然而上述 LTE 網路最佳化會需要重新規劃，其中所產生的成本可能會超出使用 1800MHz 所帶來的效益，業者皆希望將現有網路的成本降至最小化，以確保有足夠的資金使用於 5G 相關支出。

若有大型業者同時競標 3.5GHz 頻段，會造成小型業者可能會完全錯過此頻段，導致小型業者會轉而取得 1800MHz 以提升本身 LTE 網路的績效，以及採用 28GHz 頻段提供 5G 服務。業者在將現有網路重劃為 5G 網路之前，不會提供廣泛區域的 5G 服務，否則會影響到

業者的市占率。假設在 2027 年時，有 1GHz 以下頻段之網路會重劃為 5G 使用。依據小型業者之市占率與訊務量角度來看，市占率將達到 9%。本研究的模型顯示 1800MHz 的價值為新臺幣每 MHz 約 8 萬，此價值也假設 LTE 網路最佳化效益是總體是高於其所需要的成本。

五、模型評估結果總結

1800 MHz、3.5 GHz 與 28 GHz 頻段的價值評估結果列於下表，直接國際標竿法估算結果之下限值，為參考子集中最低的第一四分位數，上限為子集中的第三四分位數；調整後國際標竿法之範圍，則源自於我國過去五次拍賣的結果；計量經濟分析的預測結果；可避免成本模型的結果，依大型業者及小型業者有所區分，數值主要參考三大業者，訂出上限及下限。

表 3-18：各模型評估結果總結(TWD/MHz/pop)

評估方法	1800 MHz	3.5 GHz	28 GHz
直接國際標竿法(spot)*	2.11 – 19.71	0.54 – 6.53	0.12 – 0.41
直接國際標竿法(PPP)	1.82 – 15.60	0.47 – 3.67	0.06 – 0.22
調整後國際標竿法	-	-	0.09 – 0.57
計量經濟學分析(95%信心水準)	4.14 – 12.27	4.89 – 19.32	-
計量經濟學分析(預測價值)	7.12	9.72	-
可避免成本模型(大型業者)	0 – 2.03	3.59 – 4.73	-
可避免成本模型(小型業者)	0 – 1.31	1.29	-

資料來源：Plum、本研究編修。

第四節 頻譜底價建議

5G 頻譜拍賣底價除參考頻譜價值估算結果，同時一併考量本次釋照之政策目標訂定，依各頻段計算執照期間預期總價值，並扣減頻率使用費後，再考量各頻段競爭程度，設定價值與底價折扣比例。以下，就各頻段之建議底價進行設算與說明。

一、1800 MHz

截至目前，1800 MHz 仍被視為國際間 4G 主流頻段，符合我國用戶對行動寬頻數據之需求，然而已釋出之 4G 頻寬已足夠業者使用，呈現供過於求的狀況，若欲將其運用在 5G 技術，則將面臨設備尚未成熟之問題。再者，本次 1800 MHz 執照效期使用僅至 2030 年底，較其他頻段效期短，將影響頻譜價值。

表 3-19：1800 MHz 價值之影響因素

性質	價值影響因子	正向影響／負向影響
適用行動技術	被視為國際間 4G 主流頻段	持平
設備成熟度	仍需一定時間方可適用於 5G	負向影響
消費者需求面	我國用戶對行動寬頻數據需求度高	正向影響
頻譜供給面	本次釋出頻寬超過市場需求	負向影響
執照使用效期	執照效期使用至 2030 年底	負向影響

資料來源：本研究整理。

綜合考量計量經濟模型分析結果與國際 1800 MHz 頻段拍賣結果，設定 4 個頻譜單位價值建議方案，說明如下：

方案一，綜合考量 4G 各次拍賣結果之相關變數，挑選計量經濟模型數值結果，反映我國市場特性。

方案二，為真實呈現各種拍賣結果，挑選所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家三個子集合之數值，做為建議值。

方案三，為反映我國市場態樣，挑選與我國情境接近且鄰近國家，經計算後提出建議值。

方案四，為反映亞太區域國家對行動通訊數據之高度需求，挑選亞太區域國家子集合做為建議值。

由於 1800 MHz 頻段之 5G 設備尚未成熟，需一段時間後方可作為 5G 應用，因此預期競爭不會過度激烈，因此建議底價為頻譜價之 80~90% 訂定（見下表）。當底價建議值較高時，將降低小業者取得之誘因，反之則可作為小業者 5G 參進之門票。

表 3-20：1800 MHz 頻譜價值估算與底價建議

頻譜單位價值建議				
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
數據來源	計量經濟模型分析	所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家之數值	亞太區及類似所得國家之數值	亞太區域國家之數值
計算區域 (20MHz)頻譜價值(TWD)	約 35 億	約 35 億	約 47 億	約 52 億
底價建議				
計算區塊 (10MHz)底價	25 億 (80%)	32 億 (90%)	35 億	38 億

資料來源：本研究整理。

二、 3.5 GHz

3.5 GHz 頻段為本次 5G 釋照之熱門頻段，同時也是國際間 5G 主流頻段，在需求面，我國用戶對行動寬頻數據持續成長；供給層面，本次釋出頻寬無法滿足市場需求，在需求強勁、供給不足的情況下，勢必推升頻譜價值。同時，本次釋照之執照使用效期共計 21 年（2020~2040 年），較以往釋照期限長，進而提高頻譜價值。然而，本次釋照頻段區間為 3.3-3.57 GHz，因 3.3-3.4 GHz 之設備成熟度較不理想，可能降低頻譜價值。整體影響因素如下表。

表 3-21：3.5 GHz 價值之影響因素

性質	價值影響因子	正向影響／負向影響
適用行動技術	被視為國際間 5G 主流頻段	正向影響
設備成熟度	部分頻率(3.3-3.4GHz)設備成熟度較不理想	負向影響
消費者需求面	我國用戶對行動寬頻數據需求度高	正向影響
頻譜供給面	本次釋出頻寬無法滿足市場需求	正向影響
執照使用效期	執照效期使用至 2040 年底	正向影響

資料來源：本研究整理。

參考國際 3.5 GHz 頻段拍賣結果，設定 4 個頻譜單位價值建議方案，說明如下：

方案一，為真實呈現各種拍賣結果，以及近期因 5G 釋出導致之價格上升，挑選所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家三個子集合之數值，做為建議值。

方案二，為貼近我國所在區域與鄰近市場特性，挑選亞太區域及類似所得國家子集合之數值，做為建議值。

方案三，為反應近期因 5G 釋出導致拍賣價金上升之趨勢，以及考量亞太區域用戶之高行動寬頻數據使用需求，挑選所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家之第 3 四分位數，經計算後取得此建議值。

方案四，為反映我國與亞太地區鄰近國家之區域區域特性，參考韓國拍賣結果數值做為建議值。

考量 3.5 GHz 為本次釋照之熱門頻段，預期競爭激烈，底價下降空間較大，故擬建議底價為頻譜價之 70% 訂定（見下表）。當底價建議值較高時，將有助於競價收斂速度，同時增加政府預算收入，但也可能影響業者網路布建程度、投資回收速度，並增加小業者取得頻譜困難度。

表 3-22：3.5 GHz 頻譜價值估算與底價建議

頻譜單位價值建議				
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
數據來源	所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家	亞太區及類似所得國家	所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家之第 3 四分位數	參考韓國拍賣結果數值
與國際比較	與德國相當、低於韓國	介於德國與韓國之間	介於德國與韓國之間	與韓國相當、高於德國
計算區域(10MHz)頻譜價值(TWD)	約 10 億	約 12 億	約 13 億	約 15 億
底價建議				
計算區塊(10MHz)底價	7 億	8.5 億	9 億	10.5 億

資料來源：本研究整理。

三、28 GHz

參考國際 5G 頻譜釋出候選頻段，28GHz 同樣被視為主流頻段，且本次釋照之執照使用效期共計 20 年，較以往釋照期限長，進而提高頻譜價值。然而，目前 28GHz 頻段之設備成熟度不足，且應用型態尚未明確，市場需求較弱。

表 3-23：28 GHz 價值之影響因素

性質	價值影響因子	正向影響／負向影響
適用行動技術	被視為國際間 5G 主流頻段	正向影響
設備成熟度	設備成熟度仍需時間	負向影響
消費者需求面	我國用戶對行動寬頻數據需求度高	正向影響
頻譜供給面	使用型態不明、市場需求未定	負向影響
執照使用效期	執照效期使用至 2040 年底	正向影響

資料來源：本研究整理。

參考國際 28 GHz 頻段拍賣結果，設定 3 個頻譜單位價值建議方案，說明如下：

方案一：考量國際間拍賣案例仍少，微幅調整以避免樣本數不足

導致之偏誤，計算頻譜單位價值為每 MHz 每新台幣 0.07 元。

方案二：考量國際間拍賣案例較少，挑選最小值以避免樣本數不足導致之偏誤，計算頻譜單位價值為每 MHz 每新台幣 0.09 元。

針對 28GHz 頻段與其他頻段間之比率關係，並考量我國過往拍賣結果計算頻譜單位價值為每 MHz 每新台幣 0.12 元。

截至目前國際間毫米波頻譜釋出採拍賣制案例較少，多採審議制，且毫米波使用態樣與生態體系較不成熟，預期競價不會過度激烈，因此建議底價為頻譜價之 90% 訂定（見下表）。

表 3-24：28 GHz 頻譜價值估算與底價建議

頻譜單位價值建議			
	方案 1	方案 2	方案 3
數據來源	拍賣國家之 <u>最小值</u>	直接國際比較法 數值	<u>調整後國際比較法</u> 數值
選擇理由	考量國際間拍賣案例較少，挑選最小值以避免樣本數不足導致之偏誤	考量國際間拍賣案例仍少，微幅調整以避免樣本數不足導致之偏誤	針對 28GHz 頻段與其他頻段間之比率關係，並考量我國過往拍賣結果
計算區域 (100MHz)頻譜 價值(TWD)	約 1.1 億	約 1.6 億	約 2.3 億
底價建議			
計算區塊 (100MHz)底價	1 億	1.5 億	2 億

資料來源：本研究整理。

四、組合三頻段底價建議

本節將進一步綜合考量各頻段之區塊底價建議方案，組合成 7 種不同方案供國家通訊傳播委員會公告底價之參考。

就 1800 MHz 而言，參考亞太區及類似所得國家的頻譜價值，相對符合我國經濟發展現況，且所訂底價不宜與 2017 年所訂 1.8GHz 底價差距過大，故擬以「所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家拍賣頻

譜之數值」(方案 2 之 32 億)、「亞太區及類似所得國家拍賣頻譜之數值」(方案 3 之 35 億)及「亞太區國家拍賣頻譜價值之數值」(方案 4 之 38 億)為建議底價。

就 3.5GHz 而言，因屬熱門頻段，預期競標相對激烈，故為避免拍賣程序過長，底價不宜過低。再者，韓國與我國同屬亞太區域國家，用戶同樣高度仰賴行動通訊服務，且兩國均以資通訊產業為國內重點產業，於相關產業相互競爭，故有必要參考韓國 5G 發展，積極推動我國 5G 產業。因此 3.5GHz 擬以「所有拍賣國家、亞太區及類似所得國家」(方案 1 之 7 億)、「亞太區及類似所得國家拍賣頻譜之數值」(方案 2 之 8.5 億)、「所有國家、亞太區及類似所得國家拍賣頻譜價值之數值」(方案 3 之 9 億)和參考與我國產業型態相似之競爭國家(韓國)已於 2018 年完成 5G 釋照之拍賣結果，設算建議底價(方案 4 之 10.5 億)。

就 28 GHz 而言，雖然毫米波頻段雖短期內生態體系及應用尚未成熟，但後續前景可期，故擬以「拍賣國家最小值」(方案 1 之 0.8 億)、「拍賣國家直接國際比較法數值」(方案 2 之 1.5 億)及「我國最近一次頻譜拍賣(2017)結果相對值」(方案 3 之 2 億)為建議底價。各方案組合見下表所示。

表 3-25：組合三頻段之底價建議

底價組合建議案		A 案	B 案	C 案	D 案	E 案	F 案	G 案
3.5GHz	區塊底價	方案 1 7 億	方案 2 8.5 億	方案 3 9 億	方案 3 9 億	方案 3 9 億	方案 3 9 億	方案 4 10.5 億
	釋出頻塊	27 區塊 (1 區塊 10MHz, 共 270MHz)						
	合計	189 億	229.5 億	243 億	243 億	243 億	243 億	283.5 億
1800 MHz	區塊底價	方案 2 32 億	方案 2 32 億	方案 2 32 億	方案 3 35 億	方案 4 38 億	方案 4 38 億	方案 4 38 億
	合計	32 億	32 億	32 億	35 億	38 億	38 億	38 億
28GHz	區塊底價	方案 1 1 億	方案 1 1 億	方案 1 1 億	方案 1 1 億	方案 2 1.5 億	方案 3 2 億	方案 3 2 億
	釋出頻塊	25 區塊 (1 區塊 100MHz, 共 2500MHz)						
	合計	25 億	25 億	25 億	25 億	37.5 億	50 億	50 億
總建議底價		246 億	286.5 億	300 億	303 億	318.5 億	331 億	371.5 億

資料來源：本研究整理。

第四章 頻譜拍賣競價機制研析

第一節 國際頻譜釋出機制之探討

由前一章節各國之頻譜規劃與釋出政策研析得知，目前全球 5G 生態系涵蓋兩種主流頻段，一類集中於 3.4 GHz 至 3.8GHz；另一類則為 24GHz 以上（毫米波頻段，mmWave），兩種主流頻段分別適用不同的網路與服務，滿足多樣場景下的通訊需求。由於頻譜為稀有資源，透過競價方式取得頻譜的目的在於以有效使用頻率的方式分配頻率、促進競爭、提高布建涵蓋率和促進創新應用等。美國 FCC 於 1994 年採用拍賣方式釋出頻譜的經驗顯示，拍賣機制能夠有效率的分配頻譜資源，因此自 3G 釋照以來，許多國家皆透過拍賣方式釋出頻譜資源，此一趨勢一直延續迄今，各國釋出 5G 頻譜資源時仍多選擇採取拍賣制釋出。

從學術上角度看待頻譜釋照作業，由於各國釋出頻譜資源時可能釋出多個頻段，各頻段內有多個釋照區塊，並且有多家參與者於多個回合中相互競爭，在賽局理論方膝上，多種類多單位拍賣的模型估算非常複雜與困難。尤其如果釋出頻段間存在互補關係，則稱該類商品間具有正綜效（positive synergy）。³¹⁸

學術上分析拍賣理論之過程中，認為參與競價者必須同時標得完整的商品，才能享有價值倍增的正綜效，若業者只對組合之部分得標，只持有價值較低的部分商品，則可能發生虧損。此種風險被拍賣理論稱為曝險問題（exposure problem）³¹⁹，競價者因未取得完整頻塊而導致曝露於虧損之風險之中。

為了解決此一問題，來自馬里蘭大學的 Lawrence M. Ausubel 教

³¹⁸ 樊沁萍、陳人傑（2018），頻譜拍賣制度之理論回顧、政策經驗與模擬研究，人文及社會科學集刊，第 30 卷第 3 期(107/9)，1-40。

³¹⁹ 同前註。

授、Peter Crampton 教授與史丹佛大學的 Paul Milgrom 教授於 2004 年共同提出了組合式拍賣之設計，此種制度讓競價者能對各種組合方式出價，降低曝險問題並且改善價格發現過程。³²⁰

隨著拍賣理論與實務上的演進，各種改良後之拍賣制度隨之出現。為了深入探討一個合適拍賣機制應具備之特性，本研究參考國際知名頻譜拍賣顧問公司 DotEcon 整理國際間衡量適當競價機制的評估準則³²¹，包括法規明確性、效率目標及有能力處理聚合風險等，研析適當競價機制應擁有之特性，如下表。

表 4-1：衡量適當競價機制的評估準則

競價機制的評估準則	內容
法規明確性	拍賣過程必須簡單、透明，以減少競價失敗和後續風險。透明度表示競價決策、流程必須易於理解，以便競價者遵循。此外，競價者應具有對拍賣結果的控制權，且避免產生不必要的的不確定性，如：不應承擔空手而回（empty-handed auction）的風險。
效率目標	競價者能在公平的競爭環境中表達對不同頻譜組合的偏好（包含涵蓋義務），且不會面臨獲得得標結果為不想取得之頻譜組合，或支付過高頻譜費用的風險。
有效處理聚合風險	頻塊的互補性使競價者面臨聚合風險，即競價前預期能夠取得的頻譜組合，但最終結果卻得標不想要的頻譜組合，或為了得標目標頻譜組合而支付過高費用的風險。互補性的產生是由於競價者想要在單一頻段中獲取連續頻率或更大的頻寬，而非分散在多個頻段。技術上，互補性是利用擴頻技術布建更大的頻寬來提高頻譜效率，故競價者願意支付 2x10MHz 頻譜的價格，比支付 2x5MHz 頻譜的價格高兩倍。透過組合競價的拍賣形式，能在拍賣過程中整體評估頻譜組合，故能消除聚合風險。
處理替代風險	競價者願意根據彼此的相對價格來競價一個或另一個頻塊，即為替代性。在極端情況下，頻塊是可能完全替代的，但可替代性並非理想狀態，即競價者可能對於不同頻塊認定之價值

³²⁰ Lawrence Ausubel, Peter Crampton and Paul Milgrom (2004), The clock-proxy auction: A practical combinatorial auction design.

³²¹ Dotecon (2018), Options for the design of the auction in the 700, 1500 and 2100MHz bands, https://www.rtr.at/de/inf/konsult700-1500-2100-mhz/Consultation_Award_700_1500_2100_MHz_20122018_Appendix_Auction_design.pdf。

競價機制的 評估準則	內容
	<p>不同，如果兩頻塊之間的價格差異很大，則只想購買價值較低的頻塊，且可能導致最終拍賣結果並非競價者之原先目標頻塊的風險。</p> <p>在密封標（sealed-bid）競價過程中，允許競價者透過充分表達對於一組可供選擇的頻譜組合出價，揭露其整體需求，以降低替代風險。</p> <p>在公開拍賣過程中，允許競價者依價格資訊而在頻譜組合之間自由切換的規則，能夠減輕替代風險。相反的，如果競價規則中存在移轉障礙時，最終競價金額並非競價者對偏好頻譜組合之出價，此問題與聚合風險密切相關，因為當競價者希望對頻譜組合而非單一頻塊之間移轉出價時，經常出現轉換障礙。</p>
處理共同價值之不確定	<p>由於資訊不對稱為拍賣之一項重要特性，出價者對於資訊不對稱的反應，決定其風險態度。在共同價值模型（common value model）中，各個競價者對標的物的評價雖然皆相同，但因缺乏關於標的物之真實價值的完整資訊，而產生不確定性。因此，競標者會因取得其他競價者之出價資訊，而改變對標的物價值的評估。</p> <p>本研究報告所列，一個適當之競價機制，必須能有效處理共同價值之不確定性，指競價者對於頻譜之預估價值受到共同但不確定因素的影響。因此，若採取多回合競價機制，則於競價過程中公告之每回合各競價者競價行為資訊，讓競價者間能夠觀察彼此行為以更新自身對頻譜之預估價值，有助於減輕共同價值不確定的風險，達成有效率之頻譜分配結果。</p>
降低策略複雜性	<p>為了確保有效頻譜分配，最重要的是蒐集所有相關的出價資訊以確定結果，若拍賣頻段間存在可替代性，理想上希望競價者之出價資訊，與其對該頻段價值之估算有相關性。一個好的競價機制，會以提升競價者之真實出價意願為目標。不過，要達成此目標並不容易，受限於很多條件。</p> <p>策略性競價是開放式拍賣的主要問題，且策略性競價的風險無處不在。通常會假設競價者若能使得標價與取得頻譜所獲得價值間之差異最大化，對其最有利。然而，實際競價過程可能無法達到此期待，競標者通常會關注競爭對手的表現，或按其預算範圍尋求替代的頻譜投資組合，而非在盈餘最大化的基礎上制定出價策略。</p> <p>當有釋出頻塊數量很多時，競價者有多種潛在競價組合，故增加策略複雜性。在密封標或 CCA 拍賣機制下，競價者可能會提出大量競價頻塊組合，減少空手而回的風險，且競價者應考量其財務能力，當預算有限時，競價者表達其對所有頻塊估算價值的挑戰性也隨之升高。</p>
未售出頻塊	由於存在替代風險，競價者可能想以其預期價格得標，但

競價機制的評估準則	內容
導致之無效率風險	由於轉換障礙，導致其最終得標其他頻塊，或得標頻塊數未如原先預期，因此導致頻塊可能無法完全售出。 根據拍賣形式，如果需求突然下降且從超額需求轉變為超額供給的情況下，可能會因此流標；或競價者僅願意以較低的價格獲取更多頻塊時，易產生未售出頻塊之情形。

資料來源：DotEcon，本研究整理。³²²

瞭解上述衡量適當競價機制的評估準則後，本研究簡介與分析各國常用頻譜拍賣機制之特點，包括：同時多回合上升標拍賣（Simultaneous Multi-Round Auction, SMRA）、價格鐘拍賣（Clock Auction, CA）及組合價格鐘拍賣（Combinatorial Clock Auction, CCA）

323。

表 4-2：SMRA、CA 及 CCA 彙整

名稱	機制說明	特性
改良型 SMRA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 由拍賣官宣布每回合競價的價格，競價者提出在此價格下的頻塊需求 ✓ 在該回合結束時，拍賣官會選擇每頻塊的最高出價者(若出價相同時以隨機分配決定)，且告知競價者每頻塊收到的最高出價以及競價者獲得之暫時得標頻寬 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 規則簡單且透明 ✓ 設有暫時得標資訊，競價者較能掌控競價概況 ✓ 競價者較能了解潛在有機會得標之標的
CA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 將相同的頻譜分組為同類別 ✓ 拍賣官會在每一個回合中宣布各頻譜類別的價格，而競價者會提出以拍賣官宣布價格時，其所欲購買的各類別頻塊數量 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 規則簡單且透明 ✓ 未設有暫時得標資訊，而有未售出頻塊之風險 ✓ 競價者較能掌握有機會得標之數量
CCA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 所有出價單都被視為組合標單 ✓ CCA 制度以兩階段方式核配頻譜 ✓ 先進行動態價格鐘回合，尚不涉及頻譜核配；接著進入補充回合，此回合 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 採組合標設計，更有彈性地表達競標者之需求 ✓ 操作較複雜，拍賣計算

³²² Dotecon 為國際間專門協助各國電信主管機關釋出頻譜資源之經濟分析類顧問公司，近年來協助挪威、奧地利、荷蘭、丹麥與瑞士等國家主管機關釋出頻譜資源，包括提供頻譜競價機制建議或提供線上競價系統等，對於頻譜競價機制擁有充分之實務與理論分析經驗。

³²³ 樊沁萍、陳人傑（2018）。頻譜拍賣制度之理論回顧、政策經驗與模擬研究。人文及社會科學集刊。第三十卷第三期(107/9)，1-40。

https://www.rcss.sinica.edu.tw/files/archive/1328_b372f0d2.pdf。

名稱	機制說明	特性
	競價者可一次投下多個密封標組合 ✓ CCA 制度所定義的成交價格稱為近核價格，此價格計算需經過數個步驟才能得出	之結果難以用直覺解釋 ✓ 競價者較難掌握競價結束之得標標的

資料來源：本研究整理。

由上可知，任何一種拍賣制度都有其優缺點，各國應針對當次釋照之情況來選擇合適的拍賣制度來執行。

第二節 競價機制條文模擬

通傳會已於 2019 年 9 月 3 日公告修正「行動寬頻業務管理規則」（簡稱管理規則）部分條文，本研究團隊於本節就此次 5G 頻譜拍賣適用之競價機制設計進行重點說明。再者，為確保管理規則之競價規則具可操作性，就涉及數量競價部分之管理規則第 25 條至第 31 條所設計拍賣制度進行模擬。

為確保管理規則之競價規則具可操作性，以下就涉及數量競價部分之管理規則第 25 條至第 31 條所設計拍賣制度分解為 12 個步驟，並搭配 excel 進行模擬，作為檢視管理規則中所設計之拍賣流程可以順利的完整運作（見下表）。

表 4-3：競價規則分解步驟

步驟	內容	管理規則	對應 Excel 工作表 與欄位名稱
步驟 0	虛擬第 0 回合	第 25 條第 5 項第 3 款	工作表 0
步驟 1	抽取亂數並指派給競標者	-	工作表 1: 亂數表、亂數生成表、抽出不放回運算
步驟 2	通傳會公布回合價	第 25 條第 5 項第 1、2 款	工作表 2: 回合價
步驟 3	各業者投標	-	工作表 3: 回合投標
步驟 4	檢查各業者之投標是否為有效標	第 26 條第 3、4 款；第 30 條第 1 項第 1、3 款；第 31 條	工作表 4: 失去資格狀態、投標有效性檢查、棄權累計
步驟 5	依業者投標行為進行分組	第 25 條之 1	工作表 5: 承諾單價、暫時得標頻寬、有效需求、有效需求總和
步驟 6	對各分組進行亂數排序	-	工作表 6: 亂數權值、調整後亂數、調整後亂數排序
步驟 7	決定競標者之暫時得標量	-	工作表 7: 暫時得標頻寬、暫時得標價、回合應付價金、暫時得標頻寬達上限、回合價得標頻寬總和
步驟 8	必要資訊計算	-	工作表 8: 回合價總需求頻寬合計、有效需求總和、總頻寬、超額需求、暫時得標已達上限家數、競價者加總棄權累計次數、

步驟	內容	管理規則	對應 Excel 工作表 與欄位名稱
			喪失資格總家數、回合全無需求、回合全無需求累計次數、下回合結束拍賣之可能性、
步驟 9	下回合是否可能拍賣結束	第 31 條之 1 第 1 項	工作表 9：下回合狀態、下回合價
步驟 10	彙整本回合所有資訊	-	工作表 10：回合、回合價、回合需求頻寬、提出時間、需求有效性、暫時得標頻寬、暫時得標單價、暫時棄權累計數、第 51 回合後上限
步驟 11	向競標者揭露各別資訊	第 30 條第 1 項	工作表 11
步驟 12	揭露本回合公開資訊	第 30 條第 3 項	工作表 12

資料來源：本研究整理。

(一) 步驟 0：虛擬之第 0 回合（對應工作表 0）

管理規則規定「第一回合之回合價為底價乘上 1.03」，故為便於程式操作，增加以底價為回合價之虛擬第 0 回合，第一回合之回合價則為底價乘上 1.03。此步驟可以維持各回合間價格以 3% 上升之程式運作。除第 0 回合及第一回合外，其餘回合將參照步驟 9（對應工作表 9 之『下回合狀態』），決定是否拍賣結束或繼續進行下一回合。

(二) 步驟 1：抽取亂數並指派給競標者（對應工作表 1）

抽取亂數有兩種可能做法：

1. 方法一：以通傳會提供之 SMRA 改良版範例內附隨機亂數生成公式產生 100 組亂數，其中亂數抽取範圍為 1 至 1000 之整數，抽取方式採抽出不放回，故單回合內不會發生任兩亂數相等之情事。（此步驟對應工作表 1 之『亂數生成表』以及『抽出不放回運算』，運算後取值至『亂數表』中）

2. 方法二：為確保討論順暢，故將亂數設為固定之數字，且複製自通傳會提供之 SMRA 改良版範例內給定之亂數。

(三)步驟 2：通傳會公布回合價（對應工作表 2）

第 0 回合，以底價（*reserve*）為回合價。第一回合，回合價 $P_1 = [(reserve * 1.03)]$ ，無條件進位至新台幣百萬元。其他回合，回合價 P_t 由前一回合之投標及分配結果，詳細內容見步驟 9 之工作表 9 之下回合價。

回合價之三種可能狀態：（依據第二十五條規定）

1. $P_t = [(P_{t-1} * 1.03)]$ ，升價 3% 並無條件進位至新台幣百萬元。
2. $P_t = P_{t-1}$ ，平價，維持上回合之回合價不提高。
3. $P_t = null$ ，拍賣結束故無回合價。

(四)步驟 3：各家業者投標（對應工作表 3）

$$B_t^i [B_t^i | P_t], i = [1, 2, 3, 4, 5], t \in N$$

請注意此處投標行為之內容包含：「投下數量標」以及「不投標」。

(五)步驟 4：檢查投標有效性（對應工作表 4）

$V_t^i = 1$ 表示投標者 i 在第 t 回合投下有效標。有效性須滿足以下條件：

1. 投標量 B_t^i 為正值且小於等於投標上限 \overline{cap} ，也就是 $\overline{cap} \geq B_t^i > 0$ 。
2. 在升價回合投標量 B_t^i 需大於等於暫時得標量 TBQ_{t-1}^i ，也就是 $B_t^i \geq TBQ_{t-1}^i$ if $P_t > P_{t-1}$ 。

3. 在平價回合投標量 B_t^i 需大於暫時得標量 TBQ_{t-1}^i ，也就是 $B_t^i > TBQ_{t-1}^i$ if $P_t = P_{t-1}$ 。
4. 投標者並未喪失投標資格；如果投標者投下無效標之累計次數大於等於 4，即喪失投標資格。 $D_t^i = 0$ 表示投標者並未喪失資格， $D_t^i = 1$ 表示投標者在第 t 回合喪失資格，其條件為 $\sum_{k=1}^{t-1} (1 - V_k^i) \geq 4$ 。此概念對應到工作表 4 之『失去資格狀態』。
5. 最後一種情況是；上回合擁有暫時得標區塊且未喪失投標資格者，在本回合選擇不投標也會被判定為有效標。

整理上述條件將有效標條件寫為：

$$V_t^i = \begin{cases} 1, & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} [B_t^i \geq TBQ_{t-1}^i \mid D_{t-1}^i = 0, P_t > P_{t-1}, \overline{cap} > B_t^i > 0] \\ \text{<OR>} \\ [B_t^i > TBQ_{t-1}^i \mid D_{t-1}^i = 0, P_t = P_{t-1}, \overline{cap} > B_t^i > 0] \\ \text{<OR>} \\ [B_t^i = null \mid D_{t-1}^i = 0, TBQ_{t-1}^i > 0] \end{array} \right\} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

相關運算見 Excel 工作表 4 之『投標有效性檢查』欄位。

累計棄權次數也計算於本步驟內，各回合 $V_t^i = 0$ 無效標時即計為棄權一次，所以累計棄權次數最直接簡單的定義是 $\sum_{k=1}^{t-1} (1 - V_k^i)$ 。但是因為累計棄權次數達到上限 4 次後，該投標者即喪失資格，無須繼續累計。故將累計棄權次數 W_t^i 定義為；

$$\text{若 } \sum_{k=1}^{t-1} (1 - V_k^i) < 4, \text{ 則 } W_t^i = \sum_{k=1}^{t-1} (1 - V_k^i), \text{ 但若 } \sum_{k=1}^{t-1} (1 - V_k^i) \geq 4, \text{ 則 } W_t^i = out,$$

也就是若累計棄權次數小於 4， W_t^i 即顯示累計棄權次數，但若累計次數大於等於 4， W_t^i 即顯示 out 表示已喪失投標資格。

附帶說明，為完整記錄故 Excel 工作表中包含以下三項資料；

1. 棄權累計（原始值）：原始累計次數，持續累計至拍賣結束。假設某投標者連續 10 回合棄權，此定義顯示數值為；1，2，3，4，5，6，7，8，9，10。
2. 棄權累計（計算值）：一旦投標者棄權達上限，則計數停留在棄權上限數。假設某投標者連續 10 回合棄權，此定義顯示數值為；1，2，3，4，4，4，4，4，4，4。
3. 棄權累計（公佈值）：一旦投標者棄權達上限將以”out”表示失去資格。假設某投標者連續 10 回合棄權，此定義顯示數值為；1，2，3，out，out，out，out，out，out，out。

（六）步驟 5：依投標行為對競標者分析（對應工作表 5）

參照法規 25 條之 1，以及通傳會提供之 SMRA 改良版範例，對投標後之競標者進行分組。

下文依照承諾單價與回合價之關係，以及暫時標頻寬數量與有效需求頻寬數量之關係，將競標者分為 4 組，各組以 G_t^i ， $i=1, \dots, 4$ 表示。 $i=1$ 是最優先分配頻寬組別， $i=4$ 則分配排序最後，各組人數均無下限。各組定義如下：

1. 組別 1： $G_t^1 = 1$ ：承諾單價等於回合價之業者屬於此組。
2. 組別 2： $G_t^2 = 2$ ： $(t-1)$ 回合暫時得標頻寬為正值，本回合需求頻寬等於 $(t-1)$ 回合暫時得標頻寬，且承諾單價低於回合價之業者屬於此組。

3. 組別 3: $G_t^i = 3$; $(t-1)$ 回合暫時得標頻寬為正值, $(t-1)$ 回合需求頻寬大於 $(t-1)$ 回合暫時得標頻寬, 且承諾單價低於回合價之業者屬於此組。因假設投標者在第 $t-1$ 回合之有效需求表達誠實, 而該投標者在第 $t-1$ 回合取得之暫時得標頻寬未能滿足其真實需求, 然未於第 t 回合時進行投標 (從而導致承諾單價小於回合價)。由此假設該投標者並未積極進行投標以取得需求頻寬, 基於對投標者積極取得頻寬以及誠實投標的宗旨, 故將該投標者分配至組別 3。
4. 組別 4. $G_t^i = 4$: $(t-1)$ 回合無暫時得標頻寬, 亦未於該回合投標者 (棄權)。

整理上述分組條件寫為;

$$G_t^i = \begin{cases} 1, & \text{if}[CP_t^i = P_t] \\ 2, & \text{if}[CP_t^i < P_t, TBQ_{t-1}^i > 0, E_{t-1}^i = TBQ_{t-1}^i] \\ 3, & \text{if}[CP_t^i < P_t, TBQ_{t-1}^i > 0, E_{t-1}^i > TBQ_{t-1}^i] \\ 4, & \text{if}[CP_t^i < P_t, TBQ_{t-1}^i = 0] \end{cases}$$

本步驟亦計算出各投標者之有效需求頻寬, E_t^i , 對應到工作表 5 之『有效需求』, 判斷公式如下:

$$\begin{aligned} E_t^i &= \text{IF}(V_t^i = 1, \text{IF}(B_t^i \neq \text{null}, B_t^i, TBQ_{t-1}^i), \text{IF}(TBQ_{t-1}^i = \text{null}, \text{null}, E_{t-1}^i)) \\ &= \text{IF}(\text{邏輯檢查}, \text{TRUE}, \text{FALSE}) \end{aligned}$$

邏輯檢查 $V_t^i = 1$, 如果本回合是有效標,

TRUE: 邏輯檢查為真, 本回合是有效標, 適用 $\text{IF}(B_t^i \neq \text{null}, B_t^i, TBQ_{t-1}^i)$ 。如果業者有投標 ($B_t^i \neq \text{null}$), 則有效需求 E_t^i 為其投標量 B_t^i , 否則有效需求 E_t^i 則為其 $(t-1)$ 回合暫時得標量 TBQ_{t-1}^i

FALSE: 邏輯檢查不真, 本回合不是有效標, 適用 $\text{IF}(TBQ_{t-1}^i = \text{null},$

$null, E_{t-1}^i$)。如果本回合不是有效標，則若業者在 $(t-1)$ 回合不是暫時得標者 $TBQ_{t-1}^i = null$ ，則其有效需求 E_t^i 為 $null$ ，反之若業者在 $(t-1)$ 回合是暫時得標者，則有效需求 E_t^i 是他在 $(t-1)$ 回合的有效需求。

以上計算個別業者之有效需求頻寬，為準備步驟 8 揭露資訊所需資料，故對所有投標者加總，計算有效需求總和 $TE_t = \sum_i E_t^i$ 。(對應工作表 8)

本步驟也計算出承諾單價 CP_t^i ，其定義為

$$CP_t^i = \begin{cases} P_t & , \text{if} [\overline{cap} \geq B_t^i > 0, V_t^i = 1] \\ CP_{t-1}^i & , \text{else} \end{cases}$$

上式第一行意義是，如果業者在 t 回合投下有效標 $V_t^i = 1$ 並且投標量 B_t^i 為正值，則承諾單價等於回合價 $CP_t^i = P_t$ 。第二行則說明其他情況下， t 回合承諾單價等於 $(t-1)$ 回合承諾單價。此資料呈現於工作表 5 之『承諾單價』。

(七)步驟 6：調整後亂數排序 (對應工作表 6)

根據上一步驟分組結果計算亂數的加權值，加權值 (參見工作表 6 之『亂數權值』) 計算方式為：4 減去競標者於本回合之組別號 (G_t^i) 後乘上 1000 (亂數抽取上界)。計算完各競標者的加權值後，加上各競標者於步驟 1. 指派之亂數，完成調整後亂數計算。計算調整後亂數 (參見工作表 6 之『調整後亂數』)， $adj(Rand)_t^i$ ，方式以數學式如下：

$$adj(Rand)_t^i = Rand_t^i + (4 - G_t^i) * 1000, G_t^i = [1,2,3,4]$$

得到調整後亂數後，由大至小對各競標者所對應之亂數進行排序 (參見工作表 6 之『調整後亂數排序』)，並建立分配順位，以於下一步驟依此順位進行分配。

(八)步驟 7：決定暫時得標量 (對應工作表 7)

首先分配第一順位組；此組中序號最優先之投標者分配到的頻寬是 $\min\{\text{有效需求 } E_t^i, \text{ 尚未分配頻寬}\}$ ，接著用同樣公式分配頻寬給排序次高者，如此依序進行。第一組分配完成後，再依序對第二、三、四組分配。此步驟對應工作表 7 之『暫時得標頻寬』。

『暫時得標價』即為步驟 5 之投標行為與分組中之『承諾單價』，並依據『暫時得標價』與步驟 2 之『回合價』 P_t 進行比較後得到回合價得標頻寬並對業者加總。

另依據『暫時得標價』以及『暫時得標頻寬』，計算出各投標者之『回合應付價金』。

最後，根據各投標者『暫時得標頻寬』，計算出各投標者是否『暫時得標頻寬達上限』以及已達上限家數總和。此資料將使用在步驟 8 必要資訊計算所需之『暫時得標已達上限家數』。

(九)步驟 8：必要資訊計算（對應工作表 8）

本文件最後步驟 12 是公開揭露資訊，本步驟 8 則是依照管理規則第 30 條第 2 項之資訊揭露規定，預先彙整必要資訊作為後續步驟使用。

本步驟整理出以下資訊；

1. P_t 價總需求頻寬合計：

此資料來自步驟 7 之『回合價得標頻寬總和』項目。根據第 30 條第 2 項第 1 款「各頻段該回合承諾單價為回合價者之需求頻寬合計。」

2. 有效需求總和：

根據第 30 條第 2 項第 2 款「各頻段該回合承諾單價為回合價者之需求頻寬及承諾單價未達回合價者之前一回合暫時得標頻寬等各

頻寬之總和」。步驟 5 之工作表中已經算出『有效需求』 E_t^i 及『有效需求總和』 $TE_t = \sum_i E_t^i$ 。故定義『有效需求總和』為合計『總頻寬』與『超額需求』。

3. 暫時得標達上限家數：

根據第 30 條第 2 項第 3 款「各頻段該回合暫時得標。頻寬達第 18 條第 1 項頻寬上限之競價者家數」。資料來自步驟 7 中之『暫時得標頻寬達上限』之總和項目。

4. 競標者加總棄權累計次數：

根據第 30 條第 2 項第 4 款「所有競價者暫時棄權累計總次數」。資料來自步驟 4 之『棄權累計（計算值）』之總和。

5. 喪失資格總家數：

根據第 30 條第 2 項第 5 款「喪失競價資格總家數」。資料來自步驟 4 之『失去資格狀態』之喪失資格總家數。

6. 回合全無需求累計次數：

根據第 30 條第 2 項第 6 款「全數有權提出需求頻寬之競價者在同一回合均未提出有效需求頻寬之累計總次數」。此資訊計算方法如下：

首先將步驟 3 之『回合投標』， B_t^i ，乘上步驟 4 之『投標有效性檢查』，虛擬變數 V_t^i ，算出 i 業者在 t 回合之有效投標頻寬加總，然後再對所有投標者進行加總。如果所有投標者加總值為零，則本回合沒有業者投下有效標，故定義投標者於本回合皆無需求之虛擬變數等於 1；若加總值為正，則定義本回合皆無需求之虛擬變數等於 0。此步驟結果呈現於工作表 8 中之『回合全無需求』欄位。接著對『回合全無需求』欄位進行第 1 回合到第 $(t-1)$ 回合加總，即得『回合全無需求

累計次數』。

7. 下回合結束拍賣之可能性：

根據第 30 條第 2 項第 7 款「下回合是否可能為全數有權提出需求頻寬之競價者連續二次未為有效提出之結束回合」。此資訊在本步驟計算下：

若本回合『回合全無需求』之值為 1，且前一回合之『回合全無需求』值為 0，則『下回合結束拍賣之可能性』之值為『有可能』。

若本回合『回合全無需求』之值為 0，則不論前一回合『回合全無需求』之值為何，『下回合結束拍賣之可能性』之值顯示為『無可能』。

若本回合『回合全無需求』之值為 1，且前一回合之『回合全無需求』值為 1，則本回合拍賣已結束，故『下回合結束拍賣之可能性』顯示為『拍賣已結束』。

此步驟應注意之處為，因法規規定，若第一回合無任何投標者投標，則拍賣結束，故在虛擬回合時應照常計算回合需求量，以確保若於第一回合無人投標時，拍賣可依規則結束。

(十)步驟 9：下回合狀態（對應工作表 9）

首先判斷下一回合是否結束拍賣：（對應工作表 9 之『下回合狀態』）

若本回合進行有效投標之業者數為零，且前一回合進行有效投標之業者數亦為零，下回合結束拍賣。

若下回合不為結束回合，判斷是否升價（對應工作表 9 之『下回合價』）：承諾單價等於該回合價者之需求頻寬合計不小於競價頻寬時，下回合升價，反之則否。

$$P_{t+1} = \left\{ \begin{array}{l} [(P_t * 1.03)] , \text{ if } \sum_{i=1}^5 [TBQ_t^i | CP_t^i = P_t] = L(3.5GHz) = 27 \\ P_t , \text{ if } \sum_{i=1}^5 [TBQ_t^i | CP_t^i = P_t] < L(3.5GHz) = 27 \\ Null , \text{ if } \sum_{k=t-1}^t \sum_{i=1}^5 B_k^i V_k^i = 0 \end{array} \right.$$

(十一) 步驟 10：彙整回合資訊（對應工作表 10）

工作表 10 所有資訊中包含前述拍賣流程步驟之完整循環。

(十二) 步驟 11：向競標者揭露各別資訊（對應工作表 11）

1. 回合與回合價：各回合之序數及其回合價。
2. 回合需求頻寬：若工作表 4 之『失去資格狀態』之值等於 1，且回合提出需求頻寬時，回報"Invalid"，否則為工作表 3 之『投標』之值。
3. 提出時間：依法保留資料欄位。
4. 需求有效性：工作表 4 之『投標有效性檢查』。
5. 暫時得標頻寬：工作表 7 之『暫時得標價頻寬』。
6. 暫時得標單價：工作表 7 之『暫時得標價』等同『承諾單價』。
7. 暫時棄權累計數：工作表 4 之『棄權累計』（公佈值）。
8. 第五十一回合後上限：依法保留資料欄位。

(十三) 步驟 12：揭露公開資訊（對應工作表 12）

揭露工作表 8，除『回合全無需求』外之所有資訊。

第三節 本次競價結果與未來機制建議

一、首波 5G 頻譜拍賣之競標行為分析

我國首波 5G 頻譜拍賣於 2018 年 12 月 10 日開始進行第一階段數量競標，歷經 27 日總計 261 個拍賣回合，數量競標結束。總得標金額達新臺幣 1,380.81 億元，較底價增加 433.1%。其中 3.5GHz 之總得標金較底價增加 461.5%，為本次競標之熱門頻段，最終分別由中華電信、遠傳電信、台灣大哥大及台灣之星得標；28GHz 之總得標金較底價增加 3%，且未全數售出，最終分別由中華電信、遠傳電信、台灣大哥大及亞太電信得標；1800MHz 無人投標（見下表所示）。

表 4-4：首波 5G 頻譜於第一階段數量競標結果

得標業者	3.5 GHz	28 GHz	1800 MHz
預計釋出總頻寬	270 MHz	2500 MHz	20 MHz
實際釋出總頻寬	270 MHz	1600 MHz	0
中華電信	90MHz	600MHz	0
遠傳電信	80MHz	400 MHz	0
台灣大哥大	60 MHz	200 MHz	0
台灣之星	40 MHz	0	0
亞太電信	0	400 MHz	0

資料來源：NCC；本研究整理。

數量競標結束後，通傳會規劃一個月的協商期間，於 2 月 21 日舉行第二階段的位置競價。3.5GHz 因得標廠商所提頻率位置意向重疊，進入一次性密封標，最終以中華電信投標 20.8 億元、遠傳電信投標 20.3 億元，總計 41.1 億元決定頻率位置；28GHz 因得標廠商所提頻率位置意向未重疊，無須進入一回合報價（見下圖）。

表 4-5：3.5GHz 頻段各業者無投標行為次數

無投標行為次數	中華	遠傳	台哥大	台星	亞太
1~50 回合	0	0	0	0	1
51~100 回合	0	0	0	0	1
101~150 回合	0	0	0	0	0
151~200 回合	0	0	0	0	1
201~261 回合	0	0	0	0	8
總計	0	0	0	0	11

註：假設「無投標行為」為一位業者在某回合不是暫時得標者，並且也沒有投下數量標。

資料來源：NCC；本研究整理。

資料顯示中華電信、遠傳電信、台灣大哥大與台灣之星在 261 回合中皆未有無投標行為，顯示投標積極度高，即使拍賣總標金超出國際標竿，仍絲毫無意放棄投標。亞太電信投標積極度較低，261 回合中有高達 11 回合無投標行為，其中集中在 201~261 回合。根據「行動寬頻業務管理規則」第 31 條第 2 項規定，每一回合之「非暫時得標者」未於該回合提出需求頻寬者，視為暫時棄權，而亞太電信由於在 28GHz 頻段獲有暫時得標頻塊，故其未投標的行為並不視為暫時棄權。最終也是亞太電信在第 260 回合與第 261 回合連續兩回合無投標行為才使拍賣結束。

(二) 觀察重點二：提出需求頻寬數量

觀察各業者於各回合提出之需求頻寬（見下圖），中華電信提出之需求頻寬大致介於 90-100MHz，只有少數時間提出 60MHz 或 80MHz。遠傳電信提出之需求頻寬介於 80-100MHz，與中華電信相同，皆為以取得大頻寬為目標。台灣大哥大與亞太電信隨著回合價格上升，提出之需求頻寬逐步遞減，台灣大哥大之需求頻寬介於 60-90MHz，亞太電信之需求頻寬介於 20-60MHz。台灣之星雖於前 50 回合提出之需求頻寬變動較大，但此後各回合皆以取得 40MHz 頻寬為目標，目標明確。自 221 回合起，各業者提出之需求頻寬逐漸固定，但因超過本次拍賣總頻寬 270MHz，促使回合價持續上升，最終因亞太電信放棄投標，使數量競標結束。

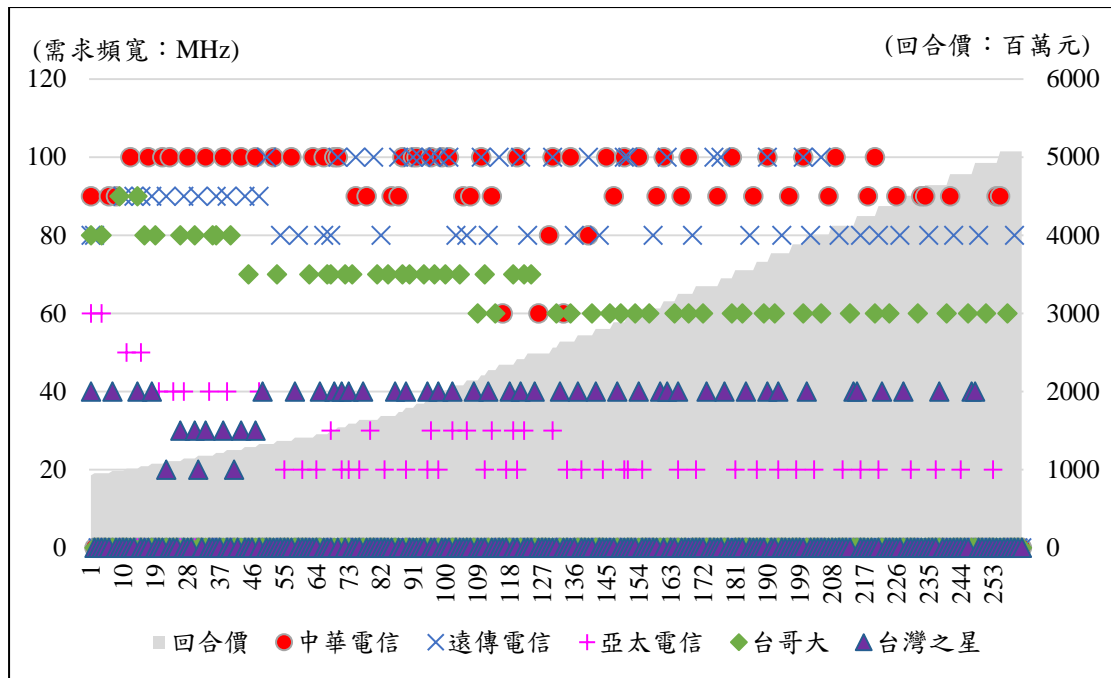


圖 4-2：3.5GHz 頻段各業者提出之需求頻寬

資料來源：NCC；本研究繪製。

另一方面，加總第 1 回合競標者之需求頻寬達 350MHz，遠大於總供給 270MHz。其後，第 10 回合雖然累計回合價格已較底價上升 9%，總需求頻寬達最大需求量 370MHz。爾後，隨著回合價格持續攀升，總需求頻寬微幅下降（見下圖）。

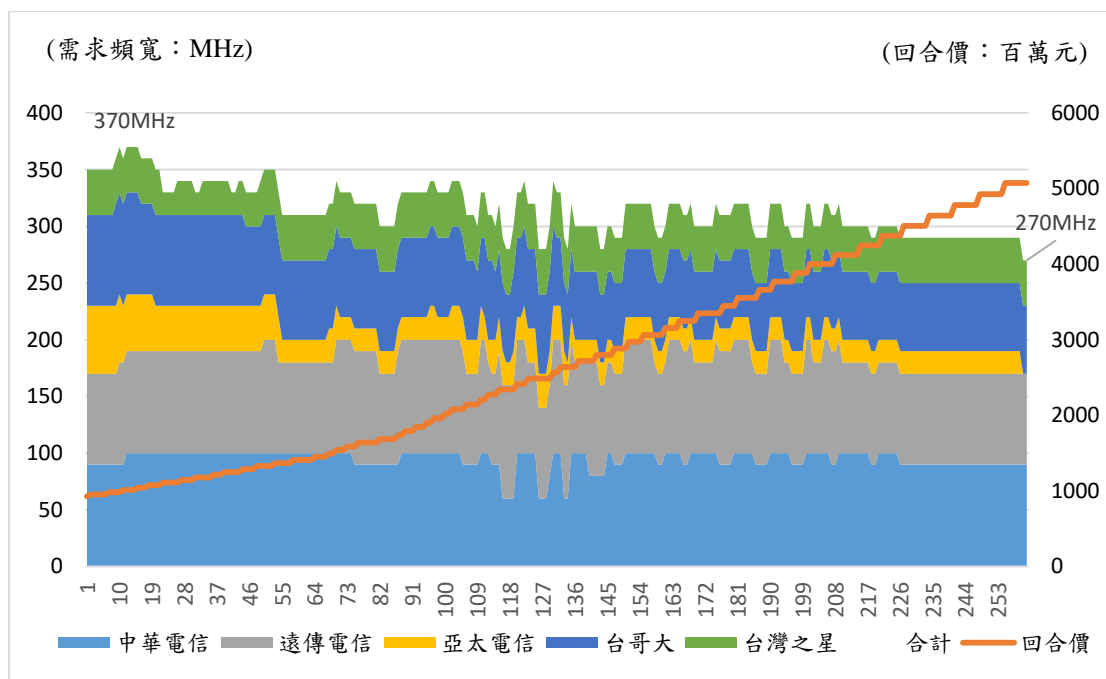


圖 4-3：3.5GHz 頻段各回合需求頻寬加總

資料來源：NCC；本研究繪製。

綜合上述二點觀察，本次釋照拍賣回合與總標金超乎預期的主要原因是業者對於 3.5GHz 頻段之需求強勁，最高頻寬需求達 370MHz，遠超過本次釋出頻寬 270MHz，頻譜資源供不應求。

二、競標機制分析與建議

本研究除檢視通傳會公告之「行動寬頻業務管理規則」涉及競標條文第 21 條至第 35 條，另就競標機制設計與電信業者進行訪談，並於 2020 年 4 月 8 日辦理「5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望座談會」，邀請產、學、研針對我國首波 5G 頻譜釋出政策與競標機制之執行成果與未來展望進行討論。以下就競標機制所涉及之相關議題進行分析。

(一)數量競標

我國歷次頻譜拍賣都是業者以「價格」競標，出價最高者得到暫時得標者地位。但此次 5G 釋照制度則是由通傳會設定之拍賣官宣布回合價，業者以「數量」競標。操作此種類似「價格鐘」拍賣制度時，拍賣官首先必須決定；面對相同回合價時，如果所有業者之總需求量

超過總供給量，要如何判斷哪些業者得標？各自得標數量多少？通傳會在管理規則中明訂將以隨機方式在各回合對業者指派「抽籤序號」，然後再依照此序號決定分配頻譜區塊之順序。

回合價之上升機制也必須詳細訂定，這是因為同一回合之內可能有各得標業者暫時得標之承諾單價高低不同。故管理規則中明訂決定回合價的兩種可能情況：(1)如果該回合各區塊承諾單價有高低不同，則下一回合之回合價不能上升，仍需維持與本回合相同；(2)如果該回合所有區塊都為相同價格，則下回合之回合價可依照公布之比例上升。此一方式對各業者而言隨機決定抽籤序號的方法是一種公平的分配機制，於釋照拍賣過程中此隨機過程也都能順利運作。回合價上升機制也運作順利。

本研究分析本次競價採數量競標機制時，是否符合適當競價機制之評估準則（定義詳見本章第一節）。經評估後，認為數量競價能達成法規明確性、部分達成效率目標、有效處理聚合風險、部分處理替代風險等，因此應為適當之競價機制。分析細節如下表。

基於數量競價能大部分符合適當競價機制之評估準則，本研究建議主管機關後續釋出頻段時，能持續採用數量競價，並搭配適當提升競價者真實出價意願之措施，以及能達成核配連續頻率之相關機制。

(二)小區塊拍賣及兩階段釋照

5G 釋照採取每單位 2×5 MHz 之小區塊以及兩階段釋照設計。規劃採用小區塊單位的主要理由是讓業者可以經由投標行為來主動表達其需求。相對而言，如果採用大區塊拍賣，則政府對大區塊之設計也就隱含政府對得標者的規劃。例如此次 3.5GHz 頻段總計釋出 27 個小區塊，如果改採大區塊設計，例如若主管機關規劃釋出三個大區塊，市場必定將此設計解讀為主管機關希望三家業者得標。同樣，若規劃釋出四個大區塊或五個大區塊，則可能被解讀為主管機關希望由四家或五家業者得標。因此，27 個小區塊的設計可以避免由主管機關決定得標業者家數的不理想情況。

依據國際經驗，小區塊設計下往往伴隨二階段拍賣。這是因為在小區塊設計下如果進行具體位置競標，則業者可能會視區塊位置而有策略性投標行為，釋照結果也無法保證業者標到的區塊處於連續位置。

然而，此次 5G 釋照業者在第一階段拍賣已經為取得頻譜數量付出高昂代價，並且第二階段業者之間位置協商未能達成協議，故又進行一次單回合密封標拍賣來決定得標業者區塊之位置。對業者而言，第二階段位置競價又必須付出標金，難免覺得負擔沉重，更重要的是投標金額無參考值而增加競標的不確定性，故有業者建議後續頻譜拍賣方式取消兩階段競標設計。不過也有業者支持兩階段拍賣設計，以確保獲取連續頻塊，提高頻譜使用效率。

即使如此，採拍賣釋出頻譜資源之基本精神就是由效率最高、願意付出最高價格的業者標到頻譜，使頻譜資源有效分配。對區塊位置也應相同處理，如果有業者願意為他偏好的位置付出額外標金，就應該進行第二階段的位置拍賣。

再者，受限於現有技術發展與設備成熟度，本次釋出 3.5GHz 頻段之頻率位置市場價值略有差異：若以設備成熟度而言，3.3GHz 初期較弱，但預期在 2020 年下半年相關設備應可到位。在避免地面衛星接收站干擾部分，3300~3570MHz 均相當，都有相同避免干擾之義務。然而在電信管理法未來開放頻譜共用的情形下，對於規劃共用的投標者其位置是否相鄰，將影響其頻譜共用的時間及效率。基於前述理由，本次釋照於第二階段位置競價提供暫時得標業者協商的機會。由各家投標業者提交頻譜位置意向書，若各業者提交的頻譜位置重疊，給予業者進行協議的機會，若無法取得共識，再以一回合報價決定由誰得標。

另國外頻譜釋照機制在位置階段部分，也有採取可供參考的作法：如德國在 3.5GHz 的拍賣，將全區執照的 3.4GHz~3.7GHz 頻段，以前後的 3400~3420MHz 及 3680~3700MHz 兩部分特意列為具體頻塊，標得此兩具體頻塊的得標者，基於頻譜連續性的要求，其在位置階段

即無提出其他位置的可能性，進而減少在位置階段中所需考量的位置組合及爭議，易於讓得標者在位置階段達成共識，減少進入一次性密封投標的可能性。本研究認為此一作法可供主管機關加以參考。

本研究分析採小區塊拍賣與兩階段釋照時，是否符合適當競價機制之評估準則（定義詳見本章第一節）。經評估後，認為小區塊拍賣與兩階段釋照能達成法規明確性、部分達成效率目標、有效處理聚合風險、部分處理替代風險等，因此應為適當之競價機制。分析細節如下表。

基於小區塊與兩階段釋照能大部分符合適當競價機制之評估準則，本研究建議主管機關後續釋出頻段時，能持續採用小區塊與兩階段釋照，並搭配適當提升競價者真實出價意願之措施，以及能達成核配連續頻率之相關機制。惟決定每區塊釋出頻寬單位時，應評估當次釋出頻段之總頻寬，避免因區塊單位劃分過小而提高策略複雜性，可能帶來不當拍賣結果之風險。

（三）降溫機制

本次頻譜拍賣過程中，因競標金額上升快速引發外界對拍賣暫停或結束規則之討論（部份意見描述此種情形為競價「過熱」）。有些意見認為標金過高可能違背原釋照政策目標並且對消費者不利，故建議主管機關應設置「暫停」或「終止競標作業」機制。

事實上現行「行動寬頻業務管理規則」第 21-3 條即賦予主管機關得宣布暫停競價程序之法源依據，依法啟動要件必須符合：一、發生不可抗力情事；二、競價者有重大違規情事；三、其他不宜繼續進行競價程序之情事。然而，競標過熱、標金過高難以符合不可抗力或重大要件。再者，倘若暫停競標，其重啟條件法規未有明確說明。是故，即使法規已授予暫停競標，在未有明確暫停之定義與重啟條件，實務上仍難以適用。

針對此一議題，座談會之與會專家學者與業界先進多數贊成導入

降溫機制，但對於執行方式有不同意見，大致可區分為下列二項：

1. 導入降溫機制，並於競標前就明確定義啟動條件（如以國際標竿作為參考值）。啟動降溫機制後，重新檢討競標機制設計（如重新檢視頻譜取得上限、資訊揭露項目等）。
2. 導入降溫機制，並於競標前就明確定義啟動條件，但不可更改競標機制（如熔斷機制）。

由於現階段尚缺乏學術上之合理推論，以決定標金達到多高才應啟動終止機制，以此次釋照為例，實務上很難判斷主管機關應該在第 150 回合、第 200 回合或是第 250 回合終止競標。其次，假設政府在某回合終止競標並在一段時間後重啟拍賣，也無法確保上次標金激升過程不會重演。因此，回歸拍賣的重要精神，應讓投標者為其所有投標行為承擔完全責任。如果因為標金過高而中止競標作業，則未來拍賣中業者可能採取策略行為，蓄意哄抬價格達到不合理金額後再要求主管機關終止競標。所以終止競標行為將會大大增加未來頻譜釋照的難度。

學者 Agnieszka Kus 於 2020 年發表討論波蘭 2014 年拍賣 LTE 頻譜之案例，即為探討降溫機制之實例之一。波蘭主管機關於 2014 年釋出 800MHz 與 2.6GHz 頻段時，由於拍賣機制時程過於冗長（將近 8 個月，超過 500 回合），因此主管機關決定設定第 513 回合為最終拍賣回合，該回合採一次性密封標方式決定最終拍賣價格。各競價者於第 513 回合之出價標的，取決於其於第 512 回合之出價對象。此種設計被學者認為可能限制拍賣之價格發現階段，並建議主管機關於設計拍賣機制時，應考量能有效控制拍賣進行步調的做法。³²⁴

誠如研究報告第二章第一節所研析之英國競標機制，為確保競價者能夠理性出價，並檢視其具支付價金之財務能力，訂定不同階段參與競標業者應繳納之押標金，押標金之繳納期限由主管機關 Ofcom 訂

³²⁴ Agnieszka Kus (2020), Polish experience from first-ever spectrum auction, Telecommunications policy 44.

定之³²⁵。

1. 競標前，要求欲參與競標之業者應繳納初始押標金（initial deposit）10 萬英鎊，以取得競標資格。此外，競標者須支付額外押標金（additional deposit）以換取相對應之資格點數，此金額不得低於 90 萬英鎊，並於首要階段（principal stage）拍賣開始之前繳交至 Ofcom 指定銀行，否則喪失參與競標之資格。
2. 首要階段競標期間：Ofcom 有權於首要階段拍賣期間之任一回合結束時，要求競標者增加其押標金，使其數額等於前面回合數之最高財務風險³²⁶。若競價者未於 Ofcom 規定的期限內繳交押標金，則失去於未來各回合出價資格，同時也失去指配階段（assignment stage）參與協商或競標出價資格（其出價將視為 0 元）。若於首要階段競價者獲有得標頻塊，競價者仍保有資格，但必須在指配階段後，繳交全額得標金，否則 Ofcom 將不會進行核配。
3. 首要階段結束：首要階段結束後競價者需於 Ofcom 規定期限內繳交最終首要階段押標金（final principal stage deposit），即本階段得標總金額，否則失去指配階段參與協商或競標出價資格。
4. 指配階段：競價者須於 Ofcom 指定期限內繳交首要階段最終應繳最終首要階段押標金，以及指配階段出價總額。若無，視為指配階段出價無效。

本研究參考英國競標機制，建議導入暫時得標預儲金機制，當總標金達總底價之一定倍數時（如 1 倍、2 倍……等），主管機關得要求

³²⁵ Ofcom(2020), Statement on the final draft of the Regulations for the award of spectrum in the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz frequency bands-Notice of Ofcom's final draft of the Wireless Telegraphy (Licence Award) Regulations 2020, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0018/192411/auction-regulations-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf (last visited :2020/03/18).

³²⁶ 財務風險等於回合價乘上暫時得標頻塊數量。

暫時得標者於競標階段中繳納一定額度之暫時得標預儲金(如暫時得標總金額之一定比例)。暫時得標預儲金可為現金、銀行履約擔保或其他財力證明文件。由於預儲金不等於最終得標金額，故不宜過高。繳納暫時得標預儲金之期限由主管機關考量暫時得標者所需之行政作業時間訂定之。暫時得標者如未能於期限內繳交預儲金者不可參與下次階段競標，但不影響已暫時得標之資格。暫時得標預儲金繳納期限內，主管機關即可考慮暫停競標程序，待繳交期限結束後再行啟動。整體而言，藉由設計暫時得標預儲金以達到競標過熱之降溫效果。惟，必須再次強調，暫時得標預儲金之執行方式皆須於競標前公告，以避免不必要之爭議。

本研究分析採暫時得標預儲金是否符合適當競價機制之評估準則。經評估後，認為暫時得標預儲金能部分達成法規明確性、部分達成效率目標以及降低未釋出頻塊之無效率風險，因此應為適當之競價機制設計。分析細節如下表。

本研究建議主管機關後續釋出頻段時，導入暫時得標預儲金制度，並於拍賣開始前明確與競價者充分溝通關於預儲金之擔保、預儲金繳付期限等執行細節，將可提升競價者理性出價之意願，並有效降低暫時得標者於拍賣結束後因價金過高而棄標導致頻率未售出之風險。

(四)加速機制

現行「行動寬頻業務管理規則」第 26 條中訂定有加速機制，以期能加速拍賣的進行。但是拍賣資料顯示，加速機制之預期效果並未彰顯。分析數量競標階段 3.5GHz 頻段回合價格情形，首先將 261 回合分成五個階段，並統計各階段價格上升次數如下表。在全部 261 回合中，價格總計上升 57 次，平均每 4.58 回合上升一次。即便到了競價後期，回合價達到最高的第五階段：第 201~261 回合，業者投標行為使得價格上升次數最少，此階段平均 6.78 回合價格才上升一次。

表 4-6：3.5GHz 頻段回合價格上升次數

回合數	1~50	51~100	101~150	151~200	201~261	總計
價格上升次數	12	14	12	10	9	57

資料來源：NCC；本研究繪製。

探究加速機制未能如期發揮功效之原因，依據行動寬頻業務管理規則第 26 條第 1 項第 2 款規定「第 100 百回合前以 10 回合為一期，第 101 回合起以 5 回合為一期。第 51 回合起，3.5GHz 頻段每期各回合提出之需求頻寬，不得超過該頻段前一期提出之需求頻寬或前一期各回合之暫時得標頻寬之最大值；前一期各回合均未提出有效需求頻寬時，不得超過該頻段前一期各回合之暫時得標頻寬之最大值」。在此規定下，競標者為確保其在下一期可提出最高需求頻寬，往往會在當期結束前提高需求，徒增回合價上升，並延長競標時間。對此，有業者提出取消以「期」為單位之活動規則，於第 51 回合起即要求各回合提出之需求頻寬，不得超過前一回合提出之需求頻寬或暫時得標頻寬之最大值。本研究評估，此一方式可促使競標者真實反應其需求，達到加速收斂之目標，但缺點在於主管機關無法從競標者投標行為觀察其真實需求。

另一方面，為了確保拍賣能以更合理的速度進行，研究團隊建議應該仿照國外經驗，設計更完備的資格點制度。常見的資格點數計算方式有二：第一，以相同頻寬作為計算基準，如德國以 1 個 2x5MHz 或 10MHz 為單位，資格點數計算為 1；第二，以頻段的價值（如底價）做為參考以設計購買不同頻段所需之資格點（如英國）。為確保拍賣效率，並促使競標者真實表達其出價意願，建議以頻段的價值（底價）計算資格點數。以本次拍賣為例，各頻段頻塊之公告底價分別為 3.5GHz 頻段為 9 億元、28GHz 頻段為 1 億元、1800MHz 頻段為 32 億元，則隱含著不同頻段頻塊資格點數設計比例為 9：1：32。

資格點數之購買上限需與頻譜取得上限連動。以本次釋照為例，3.5GHz 頻段取得上限為 10 個頻塊、28GHz 頻段取得上限為 8 個頻塊，而 1800MHz 頻段因只釋出一個頻塊，推算不同頻段之資格點數購買上限，即 3.5GHz 頻段資格點數購買上限為 90 點（9 點 x10）、

28GHz 頻段 8 點 (1 點 x8)、1800MHz 頻段 32 點 (32 點 x1)，合計每一家參與競標者之資格點數購買上限為 130 點。

最後，為確保參與競標廠商之財務能力足以支付得標金額，參考國外經驗，可設計資格點數與押標金連動之機制（如德國、英國），亦即以所購買資格點數的金額作為押標金，且押標金應與底價相當。

就活動規則而言，各國規定並不相同，大致可規納出三種：

1. 每回合的競價者使用的資格點數不能超過該回合競價者的資格限制（如英國）。
2. 設計階段性活動規則（如德國，第一階段規定競價者須於當回合履行其可出價權利之 65%、其次為 80%、最後為 100%，由拍賣官決定何時進入下一階段）。
3. 設有使用彈性（如美國要求競價者於每回合之出價應達其資格點數的 90% 至 100%，但初始活動要求為 95%）。

本研究分析採資格點數搭配活動規則是否符合適當競價機制之評估準則。經評估後，認為資格點數搭配活動規則應事前充分溝通，以達到法規明確性，另外亦有助於達成效率目標、加速價格發現以及降低策略複雜性，因此應為適當之競價機制設計。惟設計資格點數與活動規則時，應避免影響替代風險。分析細節如下表。

本研究建議設計活動規則於前 50 回合要求參與競標者必須履行其具競價資格數量的 80%，使競標者熟悉投標方式，但自第 51 回合起則調整為 100%。

整體而言，導入資格點數並搭配活動規則，可促使競標者真實表達其需求外，加速競標收斂速度。而透過資格點數與押標金連動可確保參與競標者具備一定財務能力。研究團隊於座談會議徵求與會者之意見發現，電信業者普遍認為導入資格點數會增加其負擔，專家學者則認同導入資格點數之設計。國外釋照拍賣採行資格點制度已有數十年經驗，但是我國歷次頻譜拍賣尚未採用資格點數等設計。釋照拍賣

是重要的政策問題，且牽涉金額龐大，因此，本研究建議主管機關若決定採行資格點數制度，則應於設計資格點數後，先邀集相關業者進行測試，以確保業者都能瞭解資格點制度之操作方法。

(五)分期付款

根據現行「行動寬頻業務管理規則」第 36 條之規定得標者可選擇以一次付清或以 2 至 5 年分期繳納方式繳納得標金。惟，相較於本次拍賣結果總標金高達 1,421.91 億元，業者僅需繳納新臺幣 10 億元即可參與競標，兩者差距過大。

座談會議之與會者普遍同意保留分期付款機制，以使更多業者有機會參與競標。但亦有業者建議取消分期付款制度，其認為競標者於投標時就應評估標的的價值。

回顧我國自 2002 年首次以拍賣方式核配頻譜資源以來，歷經 5 次頻譜拍賣作業，未有得標業者因未繳納得標金而產生棄標之情事。為提供更多機會予潛在潛爭者進入市場之機會，現行「行動寬頻業務管理規則」第 36 條之規定得標者可選擇以一次付清或以 2 至 5 年分期繳納方式繳納得標金。惟，相較於本次拍賣各頻段所設定之底價（1800MHz 頻段一個單位頻塊為 32 億元、3.5GHz 頻段為 9 億元、28GHz 頻段為 1 億元），以及拍賣結果之總標金額達到 1,421.91 億元，業者僅需繳納新臺幣 10 億元押標金即可參與競標，兩者差距過大。因此研究建議搭配規範競價者取得資格點數所需支付之押標金設計，以降低押標金與實際得標金額之落差。分期付款選項仍可保留，以增加得標者繳納標金之彈性。

(六)資訊規則

就學理角度而言，拍賣屬於不完全資訊賽局，投標者只知道自己對具體頻塊位置之評價高低，但卻不知道其他投標者的私有資訊。因此資訊揭露是拍賣制度中很重要的一環。資訊不足會影響參與者下標判斷，資訊過多則又可能造成業者之間相互攻擊。研究團隊在拍賣前

曾經詳細討論「行動寬頻業務管理規則」第 30 條中關於資訊揭露之規定，並未發現資訊揭露規則會導致策略性投標行為之重大缺失。

然而，針對競標過程中之資訊揭露程度，座談會議上部分與會者提及，競標過程資訊應更加透明，如參考德國拍賣方式，於每回合結束後公開每一家投標者目前暫時得標情形，提供競標者尋求與他業者合作之機會。對此，與會專家提醒，行動通訊市場屬寡占市場，應避免業者之間產生勾結行為，故資訊揭露之設計必須審慎評估。

對此，蒐集國際競價設計發現，各國於頻譜拍賣資訊揭露程度不一，採資訊完全揭露者如德國、義大利，僅公布有限資訊者如澳洲、美國、英國。以德國為例，其於各回合結束後競標者可獲取包括：目前回合數、活動規則階段、回合的拍賣時間、各頻塊之最高投標價格與暫時得標者、各頻塊最低有效投標金額與最低加價金額、投標者的有效投標價格清單、目前回合投標者之資格點數與最低活動水準、可棄權次數、遭到淘汰或被排除投標之投標者。

相反的，澳洲於每回合拍賣結束後僅提供包括前一回合之回合價、下一回合回合價與超額需求。此外，美國 FCC 刻正徵詢各界對於 3.7-3.98GHz 拍賣每一回合結束後公告資訊揭露程度之意見，FCC 預計揭露資訊包括：每區域之每一類別之供給程度、總需求頻寬、前一回合之回合價、下一回合之回合價。在拍賣結束前，FCC 不會揭露個別競價者之需求頻寬。FCC 認為每一個競價者只需要取得與其有關之出價與出價資格，在每一回合拍賣進行後，競價系統將會通知競價者於下一回合各執照區塊之出價資格。FCC 認為，限縮拍賣期間競價資訊之可得性，可以為競價者提供關於其自身競價以及整體各區域各執照類別的足夠資訊，讓競價者有信心、有效率的出價，並限制競價資訊可能識別出特定競價者之狀況，相關資訊可能導致未預期之策略性出價。

誠如本章第一節所述之適當競價機制評估準則，好的拍賣機制應該降低策略性投標與策略複雜性。於拍賣中揭露越多的資訊雖有益於價格發現，加速拍賣收斂，但卻也可能導致共謀或有損標金收入的風

險。從德國與義大利拍賣結果來看，無論拍賣時間長度或得標金額，皆難以透過資訊充分揭露而加速拍賣收斂進度，亦無損於標金收入。因此，探討影響競標結果仍應回歸核心問題，取決於頻譜供給與需求的差距，以及參與競標家數，亦即競標的激烈程度為主要因素。對於業者建議每回合競標結束後資訊完全揭露，本研究認為，應視每次競標之時空背景與釋出頻段相關條件差異，重新評估資訊揭露程度。

(七)拍賣程式資料庫

主管機關完成本次 5G 競價作業後，於拍賣結束即公開數量競標各回合及位置競價之競價資料，為歷次拍賣經驗首見。本研究贊同拍賣結束後公開各回合競價資料之作法。由於本次釋照拍賣制度與以往經驗有重大差異，且決標標金遠高於預期，透過詳細審視拍賣中業者投標行為紀錄，並進行政策及學術分析，應有助於後續精進拍賣機制之設計。

不過，本研究參考主管機關公告後之資料，認為目前釋照程式之公布資訊尚有不足之處，可能導致增加分析之難度。釋照拍賣過程可大致分為三部分：業者決定投標行為、程式決定該回合決標結果、程式對業者公布該回合資訊，故建議公告資料可透過資料庫方式供外界參考，相關資料應包含以下三大部分：

1. 業者投標行為

本次 5G 釋照業者第一階段是以「數量」競標，因此分析投標行為的第一步，是掌握出價者於該回合對各頻段投下數量標之內容及對應之價格（此承諾單價可能等於或低於回合價），又因為上回暫時得標業者可能在本回合選擇不更新投標數量，所以也應紀錄上回合業者得標紀錄。

因此，本研究建議此部分拍賣程式資料庫應紀錄：(1)各業者投標數量；(2)對應之價格；(3)業者上回合得標數量；(4)上回合得標數量對應之價格。

2. 決標結果

對於決標結果，本研究認為，相關資料庫應紀錄以下資料：(1)回合價；(2)隨機序號，又分為兩組：第一組之承諾單價等於回合價業者之排序；第二組之承諾單價低於回合價業者之排序；(3)依照隨機序號決定之各業者得標數量；(4)業者得標之承諾單價；(5)回合價售出總數量；(6)與此次釋照拍賣加速機制相關之『每期(10 回合)最大需求量』。

3. 資訊揭露

本次釋照拍賣之資訊揭露規則詳見管理規則第 30 條第三項之七款規定。多位業者在訪談中均表示資訊揭露規則有重要影響，『資訊太多或是太少都可能產生不利影響』。本次釋照前，本研究協助測試競價程式，發現各回合結束後業者會在電腦螢幕上看到相關資訊，但業者所看到的資訊卻沒有完整記錄下來。

為了能夠(1)分析業者在看到哪些資訊的情況下，採取怎樣的投標行為，以及(2)和業者詳細討論他們認為哪些資訊公布太多，以及哪些資訊目前缺乏，尚未公布。故建議拍賣程式資料庫應該完整紀錄投標業者看到的所有資訊，以利後續分析。

(八)小結

綜整本章節所討論項目，本次競標機制設計符合國際上大部分衡量適當競價機制的評估準則，若再搭配資格點數與活動規則，以及暫時得標預儲金設計，將可降低策略複雜性與未售出頻塊導致之無效率風險。

表 4-7：適當競價機制之綜合評量

項目	兩階段拍賣設計(數量競標)	第二階段位置競價	暫時得標預儲金	資格點數搭配活動規則	分期付款	資訊規則	拍賣程式資料庫
法規明確性	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
效率目標	✓	✓	✓	✓	-	-	-
有效處理聚合風險	✓ (註 1)	✓	-	-	-	-	-
處理替代風險	✓	✓	-	✓	-	-	-
處理不確定性之共同價值	✓	✓	✓	✓	-	-	-
降低策略複雜性	✓ (註 2)	✓ (註 2)	-	✓	-	✓	-
未售出頻塊導致之無效率風險	x	x	✓	-	-	-	-

註：1.須搭配位置階段。

2.須搭配其他措施，例如資格點數、資訊揭露等。

資料來源：本研究整理。

第五章 電信管理法架構下之頻率資源配套

第一節 釋照機制下合作模式

因應 5G 時代即將到來，我國主管機關通傳會積極推動電信管理法修法作業，並於 2019 年 6 月經總統令公告制定電信管理法。在電信管理法架構下，採取更彈性之頻譜資源監理思維，允許電信業者針對其獲配之無線電頻率進行交易、出租以及共用等。考量 5G 時代之網路與頻譜特性，將需要具有自建或租用多樣性之電信基礎網路設置，方能加速 5G 等各類電信基礎建設與更新，通傳會於 2019 年 9 月 3 日公告行動寬頻業務管理規則修正案，以及公告修正「受理申請經營行動寬頻業務有關事項」，其中，「設置公眾電信網路與共用無線電頻率審查考量事項」即為通傳會於電信管理法通過後，對於網路共用與頻率共用之初步政策原則。

本研究以通傳會於 9 月公告之「設置公眾電信網路與共用無線電頻率審查考量事項」作為研析電信管理法架構下網路與頻率資源配套措施之政策依據。由於現階段通傳會對於 5G 共頻共網原則仍持續與業界溝通、討論，相關法令架構與子法條文仍處研擬與草案徵詢外界意見階段。將來公告之相關子法，相關規範內容與細節可能與公告初期有所差異，然而基於本案執行時程之要求，本研究仍將以「設置公眾電信網路與共用無線電頻率審查考量事項」作為研析對象，以評估不同共用情境（網路共用或頻譜共用）架構下，對業者成本節省之經濟影響分析。

一、 共用之背景及理由

網路共用的概念存在於行動通信領域已經將近二十年，最初商業化與監管利益是由覆蓋率規範、市場內之競爭發展以及對於新進市場之需求所驅動。早期案例包括轉售、MVNO 協議，以及被動式之資產，例如共用無線電站臺、電塔、電杆、建築物以及電力設備。

最近隨著數據服務的需求大幅增長（例如影音串流），網路和資源共用日漸在行動通訊產業受到重視。不僅如此，5G 的基礎層面為高密度的行動網路，讓電信業者面臨大量資本支出和網路規劃之挑戰。為了加快 5G 且以更具成本效益之方式布建，預計需要在被動層和主動層上更多地共用網路基礎建設。

（一）共用方式

迄今為止，已經發展了多種型態之網路共用，本研究整理其相關之蜂巢式無線電系統架構與商業模式摘要如下：

1. 協作 – 無需劃分或共用頻譜資源，也不共用網路元件

虛擬行動網路業者(MVNO): 在許多市場中已存在的營運模式，最初是為加速競爭而發展，在所有權與運作上有多種型態，從將來自於基礎設施業者之批發服務重塑後售出（例如白牌業者），到區分運作之核心網路，包含商業服務與維運支援系統（Business Support System/ Operation Support System, BSS/OSS）系統，例如客戶關係管理、系統及帳務系統等。³²⁷

2. 被動式共用 – 涉及網路基礎設施中被動式元件之共用（例如：電杆、基地站臺、機櫃、電力及空調設施）。

3. 主動式共用 – 涉及無線接取網路中的主動式元件之共用（例如：天線與接取網路控制元件）。

多業者共用無線接取網路（Multi-operator radio access network, MORAN），一家獨立運作的商業實體，其擁有及營運核心網路，以及商業與維運支援系統(BSS/OSS)系統的基礎設施，可能採取共用或劃分所有權，或區分無線接取網路等方式運作，也可能包含後置網路之

³²⁷ MOCN 與 MVNO 系統有些相似之處，MOCN 解決方案通常為獨立營運的商業實體，共同營運核心網路和商業及營運支援系統；而 MVNO 通常是獨立營運之商業實體，且只在商業及營運支援系統中運作。

共用。任何共用不會包含頻率之共用，需要獨立規劃無線電（可能使用不同的頻段）；由於物理上無線電傳播模式的特性，擁有較高頻段的 MNO 可能需要更多站點。使用 MORAN 技術時，技術上不會促進頻譜共用。

多業者核心網路（Multi-operator core network, MOCN）的合作模式：一家擁有和營運核心網路以及 BSS / OSS 基礎設施的商業實體，透過共用和區分所有權或分區的方式，共用網路和相關頻譜資源；也可能包括後置網路共用。通過 MOCN 共用，參與者可能被迫放棄對管理或訊務量品質和系統的部分控制。在 MOCN 系統中，頻譜資源得有效共用，且可以在兩家或多家業者之間劃分。

4. 其他共用形式如下：

(1) 核心網路共用 – 涉及核心網路元件共用，一般認知為閘道核心網路（Gateway Core Network, GWCN）之共用。此種共用方式可以獨立運作，或額外附加在無線接取網路共用（RAN sharing）。

(2) 網路漫遊：建立在多個行動網路業者之間的商業關係，用戶可以在地理上、特定區域、國內或國際上漫遊到其他網路，以補足行動網路經營者無法覆蓋的服務範圍。此種模式通常涉及 MNO 之間的商業協議，包含支持的漫遊訊務量以及資費結構；本質上，此策略取決於業者的技術或業務規則，用戶可能會從一家網路業者及其網路“跳槽”到另一家業者。³²⁸

³²⁸網路漫遊被 BEREC 認定為一種主動式共享。參見 BEREC (2019), BEREC Common Position on Infrastructure Sharing, https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/regulatory_best_practices/common_approaches_positions/8605-berec-common-position-on-infrastructure-sharing

(二)共用的優點與缺點

相較於獨立運作網路，共用的商業和經濟優勢和劣勢已充分被認知³²⁹，優點包括：

1. 資源有效利用。藉由共用，將可帶來資源有效利用之優點，降低業者投資網路或基礎設施之障礙。
2. 降低 MNO 的資本和營運成本，節省的費用可能會轉嫁給終端用戶，從而降低價格（在競爭激烈的市場中），BEREC 總結了不同程度的網路共用可帶來不同規模之成本節省。³³⁰
3. 增加服務的競爭力，為了讓新進業者進入市場或拓展用戶基礎，適用於網路建置成本極高而導致難以布建甚至不可能布建之情況，或缺乏頻譜資源的狀態。
4. 透過共同分擔成本來實現更廣泛之網路覆蓋，讓稀缺的勞工人力及基地臺可以發揮綜效。
5. 藉由共用成本，可以節省新服務或新技術推出所需時間，讓稀缺的勞工人力及基地臺可以發揮綜效，以及減少為了獲得建設新基地臺所需要取得許可執照造成的時間延誤。
6. 降低對環境之影響，並增加美觀，例如減少建築物和園區內之電塔及天線。

³²⁹參見 OECD 報告，http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/wireless-market-structures-and-network-sharing_5jxt46dzl9r2-en; GSMA. Mobile Infrastructure Sharing, 2012 <http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Mobile-Infrastructure-sharing.pdf>; 參見 BEREC 報告，https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8164-berec-report-on-infrastructure-sharing

³³⁰ 同前註 BEREC 報告。

另一方面，不同型式之共用，具有許多潛在風險：

1. 降低業者對其自有基礎設施之投資誘因，投資所帶來之收穫（例如與覆蓋範圍、網路品質相關）可以透過與其他團體之共用中獲得，儘管其程度取決於共用協議的型態。
2. 對於服務提供（尤其是覆蓋範圍）面，降低獨立競爭的能力，主動式共用的影響可能大於被動式共用的影響，對於消費者來說，意味著更少的選擇。
3. 需要加強共用各方間之協調，可能會導致布建延誤的結果。共用協議要求業者間共享資訊，並且依據共用程度，在策略面與運作面做出聯合決議，包括網路設計，規劃和實施，以及如何分攤成本等。
4. 由於對主要網路/基地臺的需求增加，降低網路彈性。若獨立運作網路較少，可能會降低整體行動服務的彈性，從而影響消費者在其主要網路無法使用時（例如緊急通話）切換到替代性網路業者的能力，較低的網路多樣性，意謂著網路出現問題或中斷時，可能產生更大的影響並影響更多用戶。

(三)5G 產業趨勢

各界期望 5G 能夠對行動通訊產業帶來市場結構的顯著改變，以供給面而言，對於更密集網路的需求以及更高頻段的使用（例如毫米波頻段）將需要在布建小型基站上進行大量投資。此外，技術進步如軟體定義網路（SDN）和網路功能虛擬化（NFV）等，將帶來服務和功能的更大差異化，並允許以分散式的方式控制網路資源，從而允許多個用戶個別管理其資源以滿足其自身需求。

在需求面，大眾越來越認知 5G 的潛力，可以轉化產業的「垂直應用」或各領域，例如農業、汽車和運輸、能源、金融服務、醫療保健、製造業和「智慧城市」等，每個領域及其應用案例對於通訊之需求有明顯差異，例如專網或從公眾行動網路區隔之獨立接取網路，都可以符合需求，亦或是新的服務供應商，可能透過網路切片或多租戶（中立主機）協議的方式，整合來自多家業者不同的批發資源投入。

前述因素可能會對行動業者帶來更大壓力，促使其合併各自的無線接取網路(RAN)，同時開發新功能以滿足新興需求。從政策和法規的角度來看，有必要考慮更大幅度網路共用帶來潛在的成本節省、對減少競爭的潛在影響，以及對規管帶來任何其他影響等要素之間進行權衡。

二、我國現行網路共用與頻譜共用相關規範

本節簡介現行網路共用規則和新的電信管理法下網路共用之預期變革。新法立法目的之一，即為提供更彈性的共用機制，促進我國 5G 網路布建。

(一)Co-RAN 共用

現行電信法允許之網路共用，為 2014 年 NCC 公告之無線接取網路共用（Coordinated Radio Access Network，Co-RAN）。Co-RAN 政策允許 2 家或多家電信業者於不超過偏遠鄉鎮市區總人口數占全國總人口數之比例時實施主動式共用，電信業者需獲得 NCC 核准方可布建共用基地臺。目前尚無電信業者進行 Co-RAN 共用。³³¹

2019 年 9 月，NCC 公告新的共用原則，作為新電信管理法的一環，而 Co-RAN 政策至 2020 年 7 月新法正式實施前仍將持續適用。

³³¹ 研究團隊注意到台灣大哥大和亞太電信曾達成共享協議，允許亞太電信共享台灣大哥大 3G 網路，以進行語音服務之電路交換回退（circuit switched fallback，簡稱 CSFB）。然而，NCC 裁定不允許該協議，並且要求亞太電信應自行布建網路，以支緩 CSFB 語音。

(二)網路共用

在新法架構下，擁有行動頻譜資源之電信業者，應自行布建其 4G、5G 核心網路³³²。在接取網路層，則於下列地理區域內允許電信業者間共用：

1. 人口密度低於全國平均水準（低密度）之地區，允許所有形式的共用（被動式和主動式元件）；和
2. 人口密度高於全國平均水準（高密度）之地區，僅允許被動式共用。

取得 5G 頻譜資源（3.5 GHz 和 28 GHz）之電信業者負有布建 5G 基地臺之義務（3.5 GHz 為 1,000 座，28 GHz 為每 100 MHz 布建 375 座，以上為各得標業者自建之規範）。至於 50% 的人口涵蓋率之布建義務，則可計算自建與共用基地臺。³³³

(三)頻譜共用

新法允許多家電信業者間就 5G 網路布建進行頻譜共用。與網路共用不同，頻譜共用並未規範地理限制。再者，頻譜共用原則比照拍賣時之頻譜上限，即 3.5 GHz 頻段之頻譜共用上限為 100 MHz，28 GHz 頻段之頻譜共用上限為 800 MHz³³⁴。

對於網路和頻譜共用的安排，電信業者必須事前向 NCC 提交詳細的計畫，以供事先審查，而電信業者必須有終止共用安排時確保消費者權益之保護措施。

³³² 新法規定 4G 和 5G 的核心網路元件和功能。就 4G 而言，行動管理實體(MME)、本籍用戶伺服器(HSS)、政策與計費控制規則功能(PCRF)、服務閘道器(SGW)、封包數據網路閘道器(PGW) 應自建；就 5G 而言，接取管理功能(AMF)、連結管理功能(SMF)、認證伺服器功能(AUSF)、統一資料管理功能 UDM)、政策控制功能(PCF)、用戶平面功能(UPF) 應自建。

³³³ 相關細節與規範，以未來電信管理法子法通過施行後之版本為準。

³³⁴ 如果 5G 拍賣進入補充回合，則不受取得上限之限制，而頻譜共享之上限即等於補充回合取得頻譜數量。實際規範將以通傳會未來電信管理法子法通過之版本為準。

(四)核心網路

根據新法，電信業者進行網路或頻譜共用時，仍需自行布建 4G 和 5G 的核心網路。

第二節 合作模式之成本節省效益經濟分析

本節列出了 5G 的共用情境，以進行定量分析，了解合作模式帶來之資源有效利用與成本節省效益之優點。

一、 共用情境

本章節列出之網路與頻譜共用情境，係依據前節中所述電信管理法之相關規則，並考量 5G 技術的可行性和市場監管限制，訂定符合我國網路和頻譜共用最可能的情境，各項情境綜整於本章節最後部分，以進行量化分析。

(一) 網路和頻譜共用態樣

下表為電信管理法架構下，法規上允許及技術上可行之不同網路和頻譜共用態樣。由於不允許核心網路共用，故不考慮涉及核心網路共用之網路和頻譜共用選項。³³⁵

表 5-1：電信管理法下網路和頻譜共用態樣

情境		鐵塔/站臺	基地臺 /Backhaul	頻譜	核網
基本情境		獨立	獨立	獨立	獨立
被動式共用		共用(全部)	獨立	獨立	獨立
主動式 共用	MORAN	共用(全部)	共用 (限人口密度低於全國平均人口密度地區)	獨立	獨立
	MOCN	共用(全部)	共用(全部)	共用(全部)	獨立

註：情境設計未包含 GWCN。

資料來源：Plum，本研究編修。

³³⁵ GWCN 共享架構不止涉及各業者基地臺(eNBs)共享，還包括核心網路如 MME, PGW 與 SGW 等網路元件之共享。

由於共用之態樣多元，研究團隊僅先考慮在新法中有討論、最相關之共用原則，參見前揭所討論內容。研究團隊根據法規，研究兩種共用情境。即網路共用—被動式或主動式基礎設施共用、頻譜共用—被動式、主動式網路共用以及頻譜共用。

1. 共用協議假設

由於市場存在新進業者的機會低，故於共用分析中並未考量新進業者。若有新進業者於拍賣中取得 5G 頻譜，則為了布建 5G 非獨立組網（non-standalone，NSA），其策略不外乎與現有電信業者協議接取 4G 頻譜和網路，或選擇自建網路，布建 5G 獨立組網（standalone，SA）。

前述兩種選擇都很困難；對既有電信業者而言，並無與新進業者共用網路之誘因，而對新進業者而言，要布建足以匹敵既有業者涵蓋範圍之 5G 獨立組網，將付出高昂成本。布建新的 5G 獨立組網來滿足 3.5 GHz 和 28 GHz 頻段涵蓋率和建設義務，對電信業者而言非常昂貴。既有電信業者已擁有被動式基礎設備，可以疊加布建新的 5G 網路，有助於降低其布建成本。

就技術面而言，網路共用和頻譜共用皆可能涉及多家業者。然而，為簡化分析，僅就兩家業者之共用行為進行分析。研究團隊觀察絕大多數的國際案例，特別是涉及採用頻譜共用（MOCN），基本上都在兩家業者間進行。³³⁶

（二）我國之網路共用

新法允許接取網路共用，但不包括核心網路，因此電信業者仍需自建核心網路。法規允許低於全國平均人口密度 652 人/平方公里地

³³⁶ 例如丹麥(Telenor 與 Telia)、瑞典(Tele2 與 Telenor)以及香港(Hong Kong Telecom 與 Hutchison)。

區³³⁷進行所有形式的接取網路共用（被動式和主動式共用）。在高於全國平均人口密度地區，僅允許接取網路層之被動式基礎設施共用，即基地臺之共站或共構。

根據新法要求，假設被動式網路共用適用全部區域，主動式網路共用（MORAN）則適用於低人口密度地區。假設共用協議中將實現所有允許形式的網路共用，讓研究團隊得以估算藉由實現網路共用達成之最大利益。因此，在研究團隊的分析中，將對一種核可之網路共用進行分析，說明如下。

表 5-2：不同區域之網路共用合作態樣

共用之網路元件	高人口密度地區	低人口密度地區
鐵塔/站臺共用	是	是
基地臺/Backhaul 共用	是&否	是
頻譜共用	否	否

資料來源：Plum，本研究編修。

假設共用協議是由下列業者間達成，據此評估網路共用：

1. 一家大電信業者和一家小電信業者。
2. 一家小電信業者和一家小電信業者。

(三)我國之頻譜共用

電信管理法對於頻譜共用與接取網路共用不同，頻譜共用沒有地理限制，允許在我國進行全區頻譜共用，但必須經主管機關核准。

然而，電信業者間之頻譜共享仍受拍賣取得上限之限制。每家電信業者取得之頻譜上限和共享上限不得超過 3.5 GHz 頻段的 100 MHz 和 28 GHz 頻段的 800 MHz。³³⁸3.5 GHz 和 28 GHz 頻段（3.5 GHz 為

³³⁷ 參考內政部於 2018 年之統計數值。

³³⁸ 如果電信業者於補充競價回合取得更多頻塊，則上限將等同拍賣中獲得的實際頻譜。

1,000 臺基地臺，28 GHz 為每 100 MHz 應建置 375 臺基地臺) 的布建義務為基於各得標者自建基地臺之數量計算。各得標者之 5G 基地臺總數，應滿足其公眾電信網路涵蓋總人口 50%。

就頻譜共用而言，本次拍賣只有 3.5 GHz 頻段之需求最高，致使取得較小頻寬。電信業者渴望在 3.5 GHz 頻段（最大 100MHz）布建最大 5G 頻寬，以取得成本優勢。再者，更大的頻寬也可使電信業者得以滿足其對 eMBB 產品宣稱能達到更高傳輸速度之廣告。

根據頻譜監理規範，假設電信業者希望集中共用頻譜資源，以創造 3.5 GHz 頻段最大可能頻寬，指達到 100 MHz。該頻寬上限同時為技術與法規上可允許之最大頻寬。由於既有電信業者的業務涵蓋全國，而 3.5 GHz 頻段執照是全國性的，因此假設頻譜共用協議內容將包括全國範圍，允許全臺進行頻譜共用。

研究團隊假設頻譜共用發生於兩家電信業者（A 和 B）取得頻寬明顯低於 100 MHz，例如 80 MHz 或更小頻寬。下表顯示 A、B 業者同意頻譜共用之數量，並假設 A、B 業者持有之頻譜為連續頻段。

表 5-3：3.5 GHz 頻譜共用數量情境模擬

合作情境	A 業者	B 業者	頻譜總量	頻譜共用
A	20	80	100	100
B	30	70	100	100
C	40	60	100	100
D	50	50	100	100

資料來源：Plum，本研究編修。

兩家電信業者皆可布建共用之 100MHz 頻寬，較其個別擁有的 20 MHz 至 80 MHz 間的 5G 頻寬更大。再者，頻譜共用必然意味著電信業者將使用相同的基地臺，因此頻譜共用之態樣如下所示：

表 5-4：頻譜共用下不同區域型態之網路元件共用態樣

共用網路元件	高人口密度地區	低人口密度地區
鐵塔/站臺共用	是	是
基地臺/Backhaul 共用	是	是
頻譜共用	是	是

資料來源：Plum，本研究編修。

研究團隊假設共用協議由下列業者共同達成，據此評估頻譜共用：

1. 一家大電信業者和一家小電信業者。
2. 一家小電信業者和一家小電信業者。

(四)共用情境綜整

研究團隊摘要網路共用和頻譜共用之分析情境，關鍵要素包括以下：

1. 參與共用協議之電信業者型態。
2. 共用協議下，各業者貢獻之頻譜數量。
3. 高人口密度地區和低人口密度地區之共用態樣。

在所有共用情境下，假定被動式共用之基礎設施可供所有網路和頻譜共用態樣使用，故假設電信業者將共用其電塔和實體站臺。因此，下表已預設電塔和站臺共用。

表 5-5：共用情境之綜整

共用態樣彙整	業者類型		貢獻之頻譜資源 ^{#1}		高人口密度地區共用態樣		低人口密度地區共用態樣	
	業者 A	業者 B	業者 A	業者 B	BTS/BH ^{#2}	頻譜	BTS/BH	頻譜
網路共用 1	大	小	N/A	N/A	No	No	Yes	No
網路共用 2	小	小	N/A	N/A	No	No	Yes	No
網路共用 3	大	小	N/A	N/A	Yes	No	Yes	No
網路共用 4	小	小	N/A	N/A	Yes	No	Yes	No
頻譜共用 A1	大	小	80 MHz	20 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 A2	小	小	80 MHz	20 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 B1	大	小	70 MHz	30 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 B2	小	小	70 MHz	30 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 C1	大	小	60 MHz	40 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 C2	小	小	60 MHz	40 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 D1	大	小	50 MHz	50 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes
頻譜共用 D2	小	小	50 MHz	50 MHz	Yes	Yes	Yes	Yes

註：1.3.5GHz 共用 100MHz 頻譜。

2.BTS/BH 係指基地臺/Backhaul。

資料來源：Plum，本研究編修。

總共有 12 個共用情境。網路共用 1 至網路共用 4 皆為網路共用情境，故沒有頻譜共用，且電信業者也沒有貢獻頻寬。主動式 RAN 元件共用係指在低人口密度地區允許基地臺和銜接電路共用。SSA1（頻譜共用 A1）到 SSD2（頻譜共用 D2）為頻譜共用情境，其中不同類型的電信業者貢獻不同的頻譜數量，允許所有 RAN 元件進行共用。

二、 共用情境之量化分析

本研究利用網路面向和成本模型進行計算，網路及頻譜共用的量化分析顯示於下圖中，此模型與評估頻譜價值之模型相同。

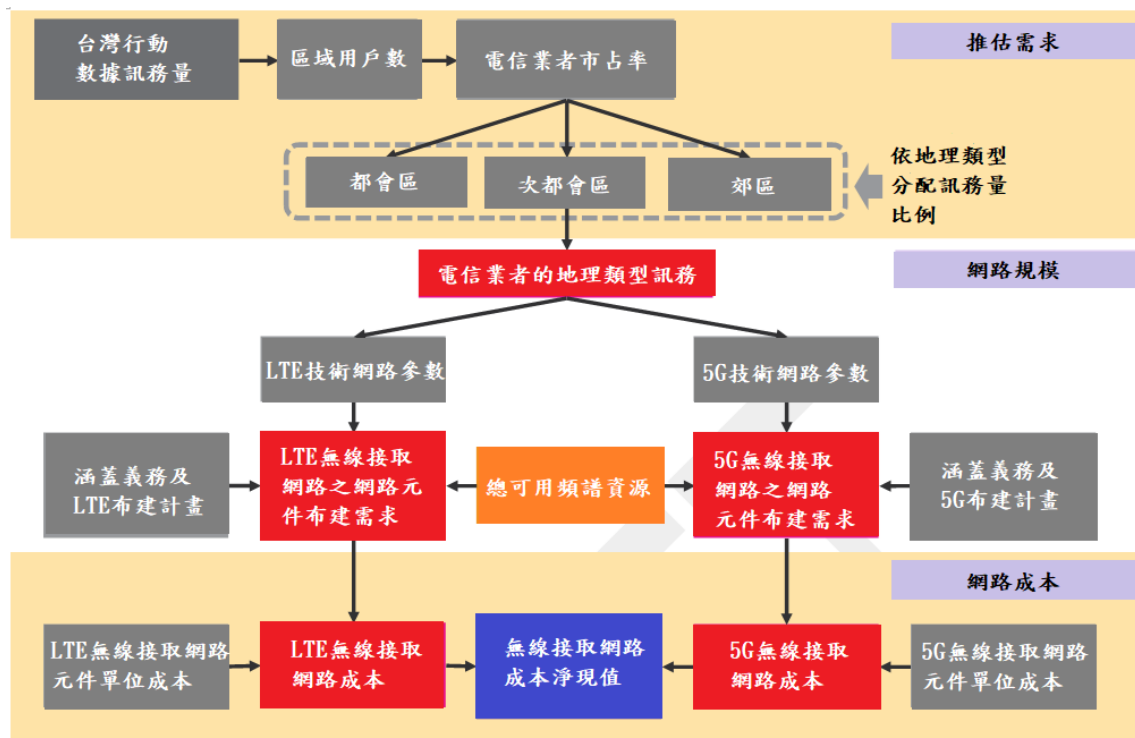


圖 5-1: 綜觀成本模型之量化分析法

資料來源：Plum，本研究編修。

網路評估和成本模型不僅計算出接取 LTE 和 5G 網路總成本，也能夠計算出特定期間接取網路成本的淨現值。本研究採用估算 2020 至 2026 年的網路成本進行共用的量化分析，本次分析會縮限於這段期間的原因如下：

1. 未來對於 LTE 頻譜重整使用的法規尚不明確。本模型假設第一個頻段會從 2027 年開始重整，因此將分析期間截止於 2026 年，因此不需要推測業者是否會共用這些頻段，或是哪一項法規會規範這些頻段。
2. 預計到 2025 年 5G 網路布建將基本完成。因此，當分析從 2020 年到 2026 年進行時，共用對 5G 網路布建的財務影響仍然能夠完全量化。

本研究將依序說明網路共用和頻譜共用的規劃研究方法，特別著

重於業者 A 和業者 B 之間共用網路如何運作，以及各自共用哪些網路元件。

本研究之分析目的，是估算建構和營運共用網路可節省的總成本，因此，研究團隊僅計算網路成本的綜合變化，而非計算個別業者節省的成本。同時，假定業者會選擇成本最低的網路布建方案，且節省之總成本，將依據商業協議由雙方共用。

(一)網路共用

在網路共用下，最低成本的 5G 布建方案為充分利用現有的基地臺站點布建，較大的業者會擁有較大的基地臺站點以及網路覆蓋。因此，可能將所有基地臺均納入共用協議中³³⁹，然後將這些基地臺升級至 5G，並做為共用雙方共用之 5G 實體站臺。

業者經許可於高人口密度地區共用其被動式無線接取網路基礎設施，在低人口密度地區則可以共用主動式無線接取網路基礎設施。因此，在本研究針對不同地理類型的模型中，假設了不同的布建型態。例如評估底價之研究所述，研究團隊將台灣分為 5 個地理類型，分別為：密集都會區、中型都會區、郊區、中型偏鄉和低度人口偏鄉。假設密集都會區、中等都會區和郊區的地理類型屬於高密度區域，而中型偏鄉和低度人口偏鄉的地理類型則屬於低密度區域。³⁴⁰

在高密度區域，每家業者將繼續提供自有銜接電路、5G 基地臺和收發器，以支撐其自有訊務量。在每個共用基地臺上安裝了 2 組由 3 個網路元件所構成的基地臺。在低密度區域，除了收發器是獨立運作外，電信業者共用 5G 基地臺和後端迴路，意謂著兩組收發器一各

³³⁹ 若有兩家小型業者達成共享協議，本報告假定此兩間業者營運規模相同，可投資於實體基地臺的條件相似。

³⁴⁰ 在台灣所有的地理型態是由人口密度所排序的(由高至低)，所有高人口密度的地區皆超過台灣平均人口密度，涵蓋台灣 86%的人口數量。根據 PLUM 所定義的密集都會、次級都會和郊區地理類型的地區占總人口的 80%。

業者各自用於使用 5G 頻譜。而每個共用基地臺上則共用一個 5G 基地臺與銜接電路。此基地臺設置如下圖所示。

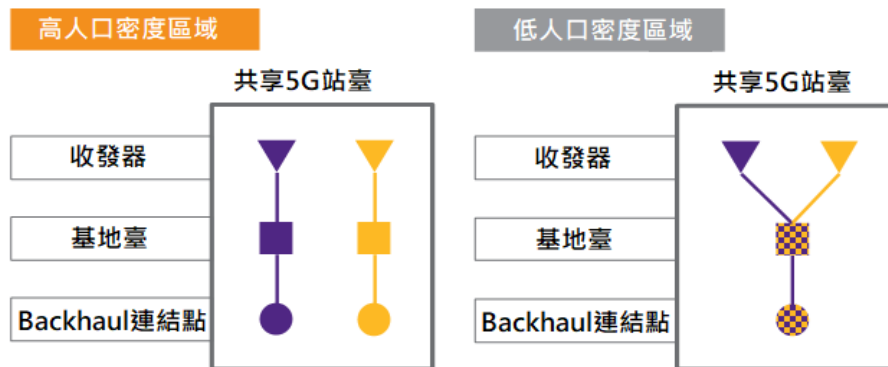


圖 5-2：高人口密度及低人口密度地區的網路共用基地台設置

註：此處的基地臺包含集中式基頻單元（Baseband Unit，BBU）及射頻單/遠距射頻頭端（Radio Unit/Remote Radio Unit，RU/RRU）；收發器包含天線。
資料來源：Plum，本研究編修。

(二) 頻譜共用

頻譜共用態樣下，成本最低的 5G 布建選項同樣為應用現有的基站。與網路共用相同，較大型的業者會依據共用協議將所有基地臺納入，再將這些站臺升級到 5G。由於在頻譜共用規管架構中，高人口密度和低人口密度區域之間並無區別，因此所有網路元件（例如銜接電路、5G 基地臺與收發器）都能共用。因此表示在高密度和低密度區域的每個共用 5G 基地臺上，將有一組無線接取網路元件，該站點設置如下圖所示。

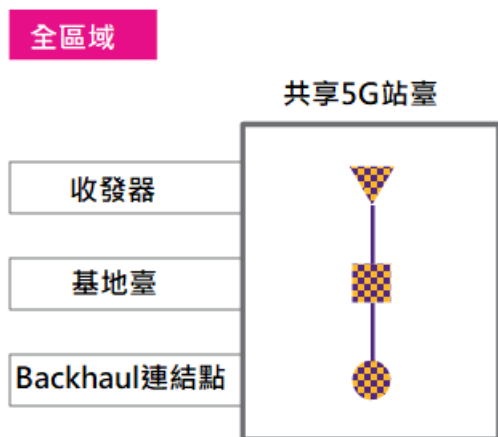


圖 5-3：頻譜共用下之基地台設置

註：此處的基地臺包含 BBU 及 RU/RRU；收發器包含天線。

資料來源：Plum，本研究編修。

(三) 共用情境的模型結果

本節中的成本節省估算值代表兩家業者的總節省成本，其為 Plum 於底價估算時定義 5 種地理類型之節省成本總和。如前所述，共用規則中的高人口密度區域被假定為對應於人口稠密的都會區、次都會區和郊區的地理類型，而低人口密度區域則被假定為對應於中型偏鄉和低度人口偏鄉的地理類型。

1. 網路共用情境 1：NS1

下表摘要對於 NS1 的主要假設。

表 5-6：對於網路共用情境 1 的主要假設-NS1

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	大業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	0 MHz	
是否共用電塔或站臺？	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路？	僅適用於低人口密度地區	
是否共用收發器？	僅適用於低人口密度地區	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者（大業者）和 B 業者（小業者）根據網路共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有網路共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80MHz 頻寬，B 業者將在其自己的網路上使用 20MHz 的頻寬。在網路共用架構下，將有一個單一的無線接取網路（RAN），但並未共用頻譜。這表示仍將在同一實體站臺上布建兩個單獨的頻寬：一個是 A 業者的 80 MHz 和一個 B 業者的 20 MHz。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 30%。

2. 網路共用情境 2：NS2

下表摘要對於 NS2 的主要假設。

表 5-7：對於網路共用情境 2 的主要假設-NS2

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	小業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	0 MHz	
是否共用電塔或站臺？	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路？	僅適用於低人口密度地區	
是否共用收發器？	僅適用於低人口密度地區	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者和 B 業者（兩家小業者）根據網路共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有網路共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 20MHz。在網路共用下，將有一個無線接取網路（RAN），但不會共用頻譜。這表示仍將在同一物理站臺上布建兩個單獨的頻段：A 業者的 80 MHz 和 B 業者的 20 MHz。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種網路共用之情境內容，研

究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 26%。

3. 網路共用情境 3：NS3

下表摘要對於 NS3 的主要假設。

表 5-8：對於網路共用情境 3 的主要假設-NS3

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	大業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	0 MHz	
是否共用電塔或站臺？	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路？	有，適用於所有區域	
是否共用收發器？	僅適用於低人口密度地區	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者（大業者）和 B 業者（小業者）根據網路共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有網路共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 20MHz。在網路共用下，將有一個無線接取網路（RAN），但不會共用頻譜。這表示仍將在同一物理站臺上布建兩個單獨的頻段：A 業者的 80 MHz 和 B 業者的 20 MHz。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 43%。

4. 網路共用情境 4：NS4

下表摘要對於 NS4 的主要假設。

表 5-9：對於網路共用情境 4 的主要假設-NS4

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	小業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	0 MHz	
是否共用電塔或站臺？	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路？	有，適用於所有區域	
是否共用收發器？	僅適用於低人口密度地區	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者（小業者）和 B 業者（小業者）根據網路共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有網路共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 20MHz。在網路共用下，將有一個無線接取網路（RAN），但不會共用頻譜。這表示仍將在同一物理站臺上布建兩個單獨的頻段：A 業者的 80 MHz 和 B 業者的 20 MHz。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 37%。

5. 頻譜共用情境 A1：SSA1

下表摘要對於 SSA1 的主要假設。

表 5-10：對於頻譜共用情境 A1 的主要假設-SSA1

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	大業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	100 MHz	
是否共用電塔或站臺？	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路？	有，適用於所有區域	
是否共用收發器？	有，適用於所有區域	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者（大業者）和 B 業者（小業者）根據頻譜共用協議

共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有頻譜共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 20MHz。在頻譜共用下，將有一個無線接取網路（RAN），業者之間亦共用頻譜。這表示將在每個共用的實體站臺和基地臺上布建單一 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 50%。

6. 頻譜共用情境 A2：SSA2

下表摘要對於 SSA2 的主要假設。

表 5-11：對於頻譜共用情境 A2 的主要假設-SSA2

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	小業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	80 MHz	20 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	100 MHz	
是否共用電塔或站臺?	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，適用於所有區域	
是否共用收發器?	有，適用於所有區域	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者和 B 業者（兩家小業者）根據頻譜共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有頻譜共用，A 業者將在其自己的網路上使用 80 MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 20 MHz。在頻譜共用下，將有一個無線接取網路（RAN），且業者之間亦共用他們的頻譜。表示將在每個共用的實體站臺和基地臺上布建單一 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 44%。

7. 頻譜共用情境 B1：SSB1

下表對於 SSB1 的主要假設。

表 5-12：對於頻譜共用情境 B1 的主要假設-SSB1

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	大業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	70 MHz	30 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	100 MHz	
是否共用電塔或站臺?	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，適用於所有區域	
是否共用收發器?	有，適用於所有區域	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者（大業者）和 B 業者（小業者）根據頻譜共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有頻譜共用，A 業者將在其自己的網路上使用 70 MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 30 MHz。在頻譜共用下，將有一個無線接取網路（RAN），業者亦共用他們的頻譜。這表示將在每個共用的實體站臺和基地臺上布建單一個 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 53%。

8. 頻譜共用情境 B2：SSB2

下表摘要對於 SSB2 的主要假設。

表 5-13：對於頻譜共用情境 B2 的主要假設-SSB2

主要假設	A 業者	B 業者
業者類型	小業者	小業者
透過拍賣的 3.5GHz 頻譜	70 MHz	30 MHz
共用的 3.5GHz 頻譜	100 MHz	
是否共用電塔或站臺?	有，適用於所有區域	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，適用於所有區域	
是否共用收發器?	有，適用於所有區域	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果 A 業者和 B 業者（兩家小業者）根據頻譜共用協議共同布建 5G 網路，而不是啟動兩套獨立的網路，則節省的成本就是減少的成本。如果沒有頻譜共用，A 業者將在其自己的網路上使用 70 MHz，B 業者將在其自己的網路上使用 30 MHz。在頻譜共用下，將有一個無線接取網路（RAN），且業者之間亦共用他們的頻譜。這表示將在每個共用實體站臺和基地臺上布建單一個 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 47%。

9. 頻譜共用情境 C1：SSC1

下表摘要 SSC1 的主要假設。

表 5-14：頻譜共用情境 C1 – SSC1 的關鍵假設

關鍵假設	A 業者	B 業者
業者規模	大型	小型
拍賣取得的 3.5 GHz 頻段	60 MHz	40 MHz
共用的 3.5 GHz 頻段	100 MHz	
是否共用電塔與站臺?	有，在所有區域皆共用	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，在所有區域皆共用	
是否共用收發器?	有，在所有區域皆共用	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果電信業者 A 和電信業者 B 根據頻譜共用協議聯合布建 5G 網路，而不是使用 2 個獨立網路，則降低之成本即為節省成本。

若沒有頻譜共用協議，電信商 A 在自己的網路上使用 60MHz，電信商 B 在自己的網路上使用 40MHz。但在頻譜共用情境下，將只有一個接取網路；且電信商彼此共用頻譜。這表示將在每個共用實體站臺和基地臺上布建單一個 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 52%。

10. 頻譜共用情境 C2：SSC2

下表摘要 SSC2 的主要假設。

表 5-15：對於頻譜共用情境 C2 – SSC2 的關鍵假設

關鍵假設	A 業者	B 業者
業者規模	小型	小型
拍賣取得的 3.5 GHz 頻段	60 MHz	40 MHz
共用的 3.5 GHz 頻段	100 MHz	
是否共用電塔與站臺?	有，在所有區域皆共用	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，在所有區域皆共用	
是否共用收發器?	有，在所有區域皆共用	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果電信商 A 和電信商 B 根據頻譜共用協議聯合布建 5G 網路，而不是使用 2 個獨立網路，則降低之成本即為節省成本。若沒有頻譜共用協議，電信商 A 在自己的網路上使用 60MHz，電信商 B 在自己的網路上使用 40MHz。但在頻譜共用情境下，將只有一個接取網路；且電信商彼此共用頻譜。這表示將在每個共用實體站臺和基地臺上共同使用 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 45%。

11. 頻譜共用情境 D1：SSD1

下表摘要 SSD1 的主要假設。

表 5-16：頻譜共用情境 D1 – SSD1 的主要假設

關鍵假設	A 業者	B 業者
業者規模	大型	小型
拍賣取得的 3.5 GHz 頻段	50 MHz	50 MHz
共用的 3.5 GHz 頻段	100 MHz	
是否共用電塔與站臺?	有，在所有區域皆共用	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，在所有區域皆共用	
是否共用收發器?	有，在所有區域皆共用	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果電信商 A 和電信商 B 根據頻譜共用協議聯合布建 5G 網路，而不是使用 2 個獨立網路，則降低之成本即為節省成本。若沒有頻譜共用協議，電信商 A 在自己的網路上使用 50MHz 頻率，而電信商 B 在自己的網路上使用 50MHz 頻率。但在頻譜共用情境下，將只有一個接取網路；且電信商彼此共用頻譜。這表示將在每個共用實體站臺和基地臺上共同使用 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 54%。

12. 頻譜共用情境 D2：SSD2

下表摘要 SSD2 的主要假設。

表 5-17：頻譜共用情境 D2 – SSD2 的關鍵假設

關鍵假設	A 業者	B 業者
業者規模	小型	小型
拍賣取得的 3.5 GHz 頻段	50 MHz	50 MHz
共用的 3.5 GHz 頻段	100 MHz	
是否共用電塔與站臺?	有，在所有區域皆共用	
是否共用基地臺和銜接電路?	有，在所有區域皆共用	
是否共用收發器?	有，在所有區域皆共用	

資料來源：Plum，本研究編修。

如果電信商 A 和電信商 B 根據頻譜共用協議聯合布建 5G 網路，而不是使用 2 個獨立網路，則成本降低即為節省之成本。若沒有頻譜共用協議，電信商 A 在自己的網路上使用 50MHz，電信商 B 在自己的網路上使用 50MHz。但在頻譜共用情境下，將只有一個接取網路；且電信商彼此共用頻譜。這表示將在每個共用實體站臺和基地臺上共同使用 100MHz 頻寬。

依照前述研究團隊成本估算模型與此種頻譜與網路共用之情境內容，研究團隊推算此種情境下，可節省之網路布建成本與 2 家業者各自獨立建設 5G 網路之總成本能節省 47%。

13. 綜整分析結果

下表彙整 12 種網路和頻譜共用情境的量化分析結果。

表 5-18：網路和頻譜共用情境彙整表

共用情境	業者規模		共用的頻譜量(1)		共用後網路成本變動百分比
	A 業者	B 業者	A 業者	B 業者	
網路共用 1	大	小	N/A	N/A	-30%
網路共用 2	小	小	N/A	N/A	-26%
網路共用 3	大	小	N/A	N/A	-43%
網路共用 4	小	小	N/A	N/A	-37%
頻譜共用 A1	大	小	80 MHz	20 MHz	-50%
頻譜共用 A2	小	小	80 MHz	20 MHz	-44%
頻譜共用 B1	大	小	70 MHz	30 MHz	-53%
頻譜共用 B2	小	小	70 MHz	30 MHz	-47%
頻譜共用 C1	大	小	60 MHz	40 MHz	-52%
頻譜共用 C2	小	小	60 MHz	40 MHz	-45%
頻譜共用 D1	大	小	50 MHz	50 MHz	-54%
頻譜共用 D2	小	小	50 MHz	50 MHz	-47%

註：在 3.5 GHz 頻段中共用 100 MHz 時，業者各自提出共用頻譜之比重。在網路共用情境下並無頻譜共用情形，因此也無任何一方提供共用頻譜。

資料來源：Plum，本研究編修。

上表呈現的 5G 網路布建成本，為估算 2020 年至 2026 年間 5G 網路布建和運作成本的淨現值 (NPV)。假定電信商盡量使用現有的 LTE 站臺來布建 5G 網路。則共站之 LTE 和 5G 設備能讓電信商節省布建成本，因為新 5G 站臺無需付出額外的站臺取得與整備成本。電信商只需付出升級站臺之成本，使其與 5G 相容。

網路共用情境 (NS1 至 NS4) 的成本，是基於 A 業者和 B 業者分別使用 C 頻段之 80 MHz 和 20 MHz。在 NS1 情境中，電信商 A 是一家大型業者，比電信商 B 具備更多的站臺。而在 NS1 情境中，電信商 A 和電信商 B 之間的網路共用可使總成本降低百分之 30%。情境 NS2 反映出當兩家電信商都是小型業者時，相對成本降低 (-26%) 較少。這是因為他們必須取得並整備更多的新站臺，以達到 2025 年時應履行之布建義務並提供具有競爭力的網路涵蓋率。當允許所有地區開放主動式網路共用，則可節省更多的總成本(NS3 成本降低 43%、NS4 成本降低 37%)

共用頻譜讓電信商得以降低 44% 到 54% 之間之網路成本，如同頻譜共用 A1 情境到頻譜共用 D2 情境（SSA1 到 SSD2）所示。當大型電信商和小型電信商以共用方式整合頻譜來布建單一 100 MHz 5G 傳輸網路（SSA1、SSB1、SSC1、SSD1）時，網路成本可比不共用頻譜的成本至少降低 50%。當共用頻譜的合作業者都是小型電信商（SSA2、SSB2、SSC2、SSD2）時，採取頻譜共用的方式將可帶來成本至少降低 44% 至 47%。

第三節 釋照機制合作模式之同意原則

本節主要討論監理上對於共用協議之相關考量議題，並擬定合作模式之同意原則。

一、主要網路資源共用合作模式說明

依據 3GPP 及多數網路設備商所提出的網路及頻譜共用合作模式，可歸納出以下幾種共用合作模式，包括被動式網路共用（共站共構）、主動式無線存取網路（RAN）共用、核心網路共用、漫遊（Roaming）及透過虛擬行動網路經營者（MVNO）方式的合作態樣。可簡要圖示如下。



圖 5-4：各種基礎設施共享類型模式

資料來源：本研究編修。

上述基礎設施共用方式，被動式網路共用原即為現行電信法所允許，有關主動式無線存取網路共用，依據主管機關於 2014 年 8 月 13 日第 604 次委員會議通過行動通信網路基地臺 Co-RAN(Coordinated Radio Access Network)監理政策，即已開放全國實施行動通信網路業務經營者間得申請建置站臺內射頻單體與基頻設備之整合，但開放的比例需符合偏鄉人口占全國人口之比例，有利行動通信網路業務經營者降低網路建設成本及網路資源有效運用。究其性質，主管機關開放

之 Co-RAN 7 種型態（如下圖），基本上為基本型無線接取網路共用 (Basic RAN Sharing)，共用業者保有基地臺各項參數的獨立調整性，可確保共用業者間的服務差異性與自主性，對市場的競爭影響較小。惟 Co-RAN 涉及事業計畫書內容之變更，原則上仍需辦理計畫書變更。

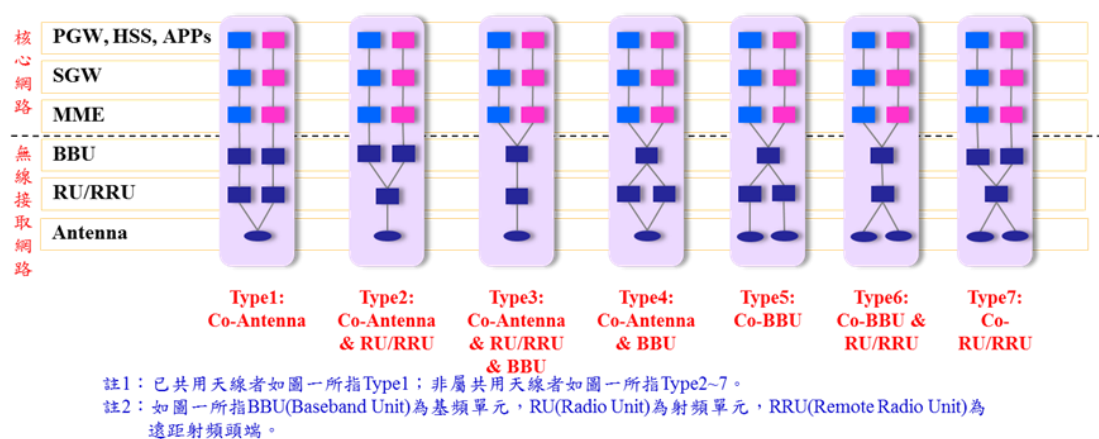


圖 5-5：各種基礎設施共享類型模式

資料來源：NCC，本研究編修。

在有關 MORAN (Multi-Operator RAN Sharing) 的合作方式上，無線接取網路控制器單元(Radio network controller, RNC)及其控制的基地臺(Node B)以邏輯分割(logically partitioned)的方式進行共用。在此架構下，有些參數是共同無法進行差異化調整，例如，用以避免干擾其他基地臺的天線傾斜角度，但共用業者仍各自調整部分的基地臺參數。因此行動通信業者在透過 MORAN 方式進行合作後，其差異化的程度將顯著降低。

相較於 MORAN 的合作方式，MOCN (Multi-Operator Core Network Sharing)與 GWCN (Gateway Core Network Sharing)均已涉及頻譜共用。其中 GWCN 合作方式由於將包括 MSC、VLR (Visitor Location Register)等單元的共用，恐有資料安全疑慮因此原則上不應許可。MOCN 與 Full MVNO (D 型 MVNO) 在網路架構上則難以區

別，一般而言 MVNO 本身並不擁有頻譜使用權，因此必須在行動服務提供上仰賴 MNO 提供網路及頻譜近用，是以解釋上不同 MNO 之間的網路及頻譜共用，應依其共用架構定性為是 MOCN 或 GWCN。

網路漫遊(Roaming)為漫遊方在無網路涵蓋的區域內，透過漫遊方式共用該區域一 MNO 的網路及頻譜，因此受漫遊的 MNO 在是否接受漫遊方用戶註冊網路，在判斷上必須連回漫遊方的核心網路以確認其權限，因此有核網相互連結的情形。不論是漫遊方或受漫遊方都有各自所屬的核心網路及接取網路，只不過在部分漫遊方網路未達地區，必須仰賴受漫遊方的網路及無線電頻率提供電信服務。

二、5G 網路資源合作原則探討

鑑於行動通信業者在技術上可採取上述任一網路資源共用方式進行合作，進而對行動通信市場競爭產生輕重程度不一的影響，因此綜合國外主要國家電信監理機關政策及我國法規，試提出可能原則如下。

(一)網路共用合作同意原則

1. 監理意涵

網路共用在分類上包括被動式網路共用 (passive sharing) 及主動式網路共用 (active sharing)，有關被動式網路共用已為現行電信法所允許，不僅對於行動網路經營者可有效降低網路布建成本，且對市場競爭沒有顯著影響，因此在未來電信管理法應可繼續維持。

在主動式網路共用上，MORAN 的共用方式雖仍維持使用各 MNO 自己的無線電頻率，但在網路參數上差異性較低。由於在電信管理法規範下，第 3 條第 2 項對於「設置」公眾電信網路的定義，已不侷限必須以自建為原則，得允許組合自建及他人自建之電信網路。是以電信管理法已原則同意得以 MORAN 方式進行合作，惟應符合

相關規範，如網路設置計畫（第 37 條）、技術規範（第 39 條）、安全維護（第 40 條）等要求。

歐盟 BEREC 在對於網路共用協議的審查上，認為除必須考量競爭法的處理原則外，必須分別就網路層競爭與服務層競爭兩者分別加以觀察：網路層競爭在於確保各獨立經營者均有獨立投資網路的能力及誘因；服務層競爭則與服務的價格、品質、頻寬、數據量及相關的參數有關。此外，對網路連結的提升，包括網路涵蓋、服務品質、物聯網、次世代網路的網路切片（network slicing）、傳統網路的管理，以及減少被動式網路設施的布建成本，均有相當的助益。BEREC 列出幾個重要考量因素，可供主管機關在審查網路共用個案時加以參考³⁴¹：

(1) 競爭市場可能的演變，包括：

- 市場占有率/競爭壓力：網路共用的經營者是否在市场上因共用而形成優越的市場地位、對於其他競爭者競爭的影響程度，以及是否因此構成市場進入或擴張的障礙。
- 共用經營者的家數：共用經營者的家數，不應導致讓其他競爭者無法形成市場上的競爭壓力，亦即不能導致網路層的競爭壓力受到高度的限制。
- 有關共用使用的技術：倘若共用的網路技術是越需要投資的（如 5G），則共用的影響程度就高。
- 地理範圍：依據網路層競爭的可能程度加以區分，如為人口密集區則應盡可能促進網路層競爭；人口中等密集區則必須依管制目標加以評估，例如在不具網路層競爭的情形下，是否導致投資及創新誘因的減少，阻礙市場有效競爭（不論在

³⁴¹ BEREC (2019), BEREC Common Position on Mobile Infrastructure Sharing, BoR(19) 110, at 15-18.

零售或批發市場上)；而在網路建設成本高的偏鄉地區，或者在隧道、地下鐵或室內涵蓋等僅容許少數網路布建的情形，由於必須以網路涵蓋為主要目標，因此在符合基本服務品質的前提下，對於網路共用可持開放的態度。

- 持續時間：必須評估網路共用時間的長短，對於市場競爭可能的衝擊，時間越長對市場競爭影響越大

(2) 合作事業彼此之間共享資訊，以及對於競爭影響程度 合作事業共享的資訊，必須限於與共用協議有關的部分，且在在獲取資訊的人員安排上，以與共享網路正常運作相關者為限。共享之資訊不得限制合作事業之間在競爭及投資的能力及誘因。

(3) 合作協議的終止及執行

BEREC 認為合作協議不應阻礙共用網路的升級、擴充或其他的條件。合作方式可能是透過共同設置一網路公司共有網路、交換資產或簽訂批發協議等。

2. 國際案例

近年來在國際上較為矚目的 MORAN 合作案例，應為英國的 Telefonica/O2 與 Vodafone，其透過 MORAN 整合兩家 2G/3G/4G 網路（如下圖）。此一作法係基於過去 3G 時代以合資企業（Joint Venture, JV）共建網路所持續下來的結果。

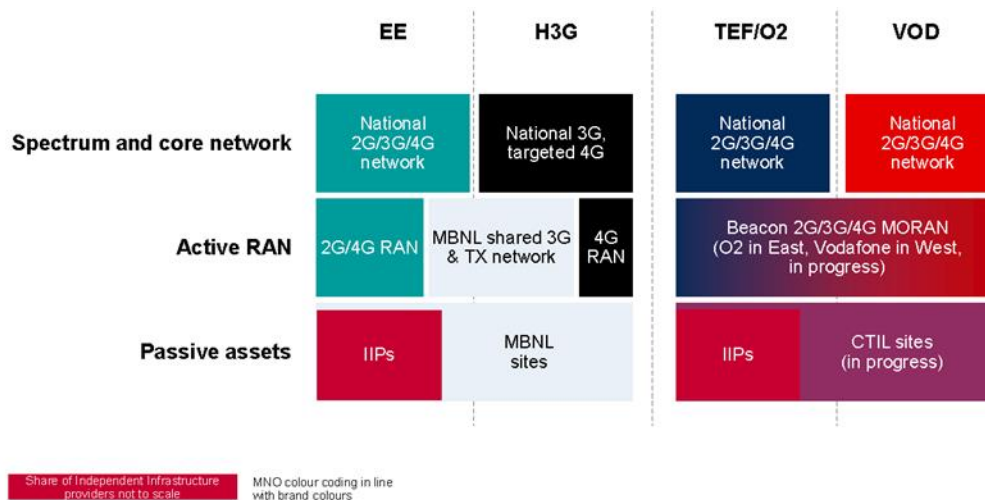


圖 5-6：英國行動通信業者網路共用情形

資料來源：Arqiva submission to Ofcom’s Strategic Review of Digital Communications

瑞典是另一個市場中曾有過網路共建案例之國家，該國電信業者 Hi3G 和 Telenor 於 3G 時期採取共建網路（3GIS）的方式共用網路，以及既有業者 TeliaSonera 與競爭業者 Tele2 簽署共用協議後，得以使用 Tele2 的執照共建 3G 網路，隨後合資成立 UMTS Nat AB 公司（SUNAB）負責規劃與建置 3G 網路。之後在 4G 時代，Tele2 與 Telenor 脫離各自原有的合資網路共用公司，另行合資成立 Net4Mobility，負責建置維運兩家公司的 2G 網路、LTE 網路及附屬傳輸網路。

另奧地利電信監理機關「電信監理委員會」（TKK）於 2018 年 5 月所提出的「行動網路基礎設施共用政策文件」（Position Paper on Infrastructure Sharing in Mobile Networks），對於主動式共用採取較為保守的態度，其禁止在三大都會區（Vienna, Graz, Linz）戶外進行主動式共用，其他地區則依據競爭法進行個案評估。

3. 本研究之網路共用同意原則建議

綜合以上所述，多數國家自 3G 開始進行主動式網路共用的主要背景，在於因為 3G 執照標金過高導致得標業者在網路投資有所困難，因此以網路共用方式節省成本，以提供較高的網路涵蓋，並帶來資源

有效利用之優點。由於主動式網路共用對電信市場的設施競爭（facility-based competition）造成相當的衝擊，因此主管機關在審酌既有 MNO 進行此一合作方式時，應綜合評估其帶來之資源有效利用、對設施競爭的影響，以及消費者權益的保障，包括：

- 現有獨立公眾行動通信網路的數量及網路涵蓋情形。
- 實施地理範圍，如對於人口稠密的都會區應維持基礎設施競爭原則，反之偏鄉地區則應原則允許網路共用。
- 網路共用的服務型態，是否同時包括 4G 與 5G，包括越多則影響程度越大。
- 對於用戶服務品質的影響：不得因為網路共用影響用戶通信服務的基本權益。
- 執照義務的履行，如基地臺數量或人口涵蓋要求等，不因網路共用而有影響。
- 頻譜共用業者可能具有共同決定服務區域、技術等相互約束事業活動之行為，足以影響服務供需之市場功能，或者有承租他事業主要部分之財產，進而構成公平交易法上聯合或結合行為的疑慮，因此應就其共用協議在公平交易法之適法性，移送行政院公平交易委員會辦理。
- 網路所有權及使用責任歸屬。

考量 5G 網路布建成本為 4G 網路的數倍以上，若以達到相同網路涵蓋的目標而言，參考國際上普遍作法，人口密集區仍應以維持自建為原則外，初期在政策上應可允許在非人口密集區進行網路共用，以讓該區域得以盡早享受 5G 服務。然而隨著未來 5G 服務需求提升，以及既有 4G 頻譜轉換作為 5G 使用後，即可要求 5G 網路經營者應

逐步自建自有網路，除藉此維持網路層競爭外，亦可讓 MVNO 享有相當程度的容量批發選擇機會。對於偏鄉地區則均可採取開放的態度，以避免行動網路經營者因布建成本過高而難以提供服務。

(二) 頻譜共用合作同意原則

1. 監理意涵

若行動通信業者不僅網路共用，更進一步在頻譜進行共用時，在網路架構上應採取 MOCN 的合作方式，而 MOCN 的合作方式必然建立在網路共用的基礎之上，以聚合所有的頻譜或單獨使用一方的頻譜。因此對於頻譜共用的考量上，必須將前述主動式共享 MORAN 合作方式的評估因素納入考量。

除應維持前述對於 MORAN 合作方式所採取的審查評估項目外，所需關注者即為因頻譜集中所可能造成對市場競爭的不利影響，所涉規範即包括：(1) 競標時各頻段之取得上限；(2) 行動寬頻總頻寬取得上限（行動寬頻業務管理規則第 18 條）；(3) 轉讓後受讓方總頻寬之上限（行動寬頻業務管理規則第 83 條）。依據電信管理法授權訂定的「無線電頻率使用管理辦法」草案第 12 條規定，除維持現行總頻寬三分之一之上限外，對於 1GHz 以下、3GHz 以下及 6GHz 以下均設有三分之一上限，並以「實際可使用頻寬」作為認定標準。

MOCN 所帶來的頻譜共用，將使合作的 MNO 得以聚集所取得之頻寬，使雙方實際可用頻寬可達到上限或超過上限的程度，恐將對於頻譜競價帶來不利影響。因此不論是否為透過合資企業 JV 進行 MOCN，均應限制其所共用之頻寬不得超過競標所設定之上限（如 3.5GHz 上限為 100MHz）。不過頻譜共用將使得參與 MNO 網路容量的差異縮小，共用業者在網路效能上將幾無任何差異。

歐盟 BEREC 建議應審慎以個案方式評估頻譜共用，了解各業者

持有頻譜組合以及適用基礎設施競爭的區域，並且應以個案審核方式，決定是否允許頻譜共用。因此 BEREC 建議各會員國應定義頻譜共用之條件，包括：(1)頻率使用的技術與運作條件，包含共用頻譜之權利與義務等；(2)符合公平、透明以及無差別待遇的方式；c)考量國內既有頻譜使用者的特殊情形；d)審慎考慮有效監督的可能性，以及遵循頻譜共用條件的管制。³⁴²

2. 國際案例

近年來進行頻譜共用的國家，如瑞典的 Hi3G 和 Telenor 於 3G 時期採取共建網路(3GIS)的方式共用網路，以及既有業者 TeliaSonera 與競爭業者 Tele2 簽署共用協議後，得以使用 Tele2 的執照共建 3G 網路，隨後合資成立 UMTS Nat AB 公司(SUNAB)負責規劃與建置 3G 網路。之後在 4G 時代，Tele2 與 Telenor 脫離各自原有的合資網路共用公司，另行合資成立 Net4Mobility，負責建置維運兩家公司的 2G 網路、LTE 網路及附屬傳輸網路。並且於 2011 年 PTS 批准了 Tele2、Telenor 與 Spring Mobile 轉讓持有之 1800MHz 頻譜給 Net4Mobility 的交易，使得 Net4Mobility 得以聚集母公司的頻譜，將網路容量提供給二家母公司為批發服務。

另丹麥的 Telia 和 Telenor 成立合資企業 Newco 實施網路共用協議，包括被動式、主動式 RAN 網路及頻率資源進行共用。經過丹麥競爭委員會(DCC)認定可能有違反歐盟協約第 101 條有關聯合行為禁止規定而進行調查。為獲得主管機關的核准，Telia 和 Telenor 提出承諾如下：

承諾 1：雙方將依習慣和市場條件，接受批發客戶對行動通信及寬頻業務的所有購買需求，不會因雙方合作後有任何的改變。

³⁴² BEREC (2019), at 19~20.

承諾 2：雙方將根據無線接取網路興建的成本結構，忠實反應並支付給合資事業。

承諾 3：後續的頻譜執照將通過合資事業共同購買，以避免雙方單獨購買頻譜後合併到合資事業從而獲得更大的頻率總量。

承諾 4：雙方承諾有義務提供共用無線接取網路中多餘的天線和桅杆數量，給有興趣的其他業者進行共構，以解決競爭業者的覆蓋問題。

承諾 5：雙方將限制擔任董事會成員的資格，並限制合資事業與雙方間交換資訊的內容與種類，並隨時依丹麥競爭和消費者機關 (Danish Competition and Consumer Authority, DCCA) 的要求，轉發在董事會內部或在合資企業和一方的員工之間所交換資訊的副本供檢查。

義大利則於釋出首波 5G 頻譜時，針對 3.6-3.8GHz 頻段取得小頻塊 20MHz 的得標者，保有與 3.4-3.6GHz 頻段既有業者合作之權利，其後有兩家業者採頻譜共用方式，整合其頻譜資源，以和大業者抗衡，然而，另一家小業者則上告行政法院，要求參與此頻譜共用合作協議。

綜合瑞典與丹麥主管機關對於 MOCN 頻譜共用的考量，頻譜共用行為不僅將減損基礎設施競爭的程度，且參與共用事業之間可能因為有相關之合作行為，構成聯合或結合行為而不具經濟上的獨立性。因此不論是電信主管機關或競爭主管機關都應謹慎評估此一合作方式所可能的影響。頻譜共用所需考量之面向，應同時包括「網路共用」及「頻譜使用集中化」兩者對於網路層及服務層競爭的影響，現行草案對於「頻譜使用集中化」因已設有頻譜使用上限，因此解釋上如個案係在上限內，原則上應可允許之，但仍須觀測分析對於市場競爭可能的影響。另參考上述瑞典與丹麥的管制作法，透過設立合資企業以辦理網路及頻譜共用的作法，對主管機關在執法監督上較為容易。

3. 本研究之頻譜共用同意原則建議

綜合以上歐盟對於頻譜共用之分析與評估意見、國際間頻譜共用案例之比較、我國市場特性與座談會專家學者建議，本研究認為，對於頻譜共用之同意原則，除考量資源有效利用帶來之優點外，另亦需要考量頻譜資源集中以及網路層共用之競爭影響，因此對於頻譜共用之同意原則將一併包含網路共用同意原則項目，臚列如下：

- 頻譜共用在架構上包括網路共用，除考量前述網路共用之相關因素外，在技術上必須瞭解是否仍有獨立控制網路、決定服務內容之決策能力，若無則應可認為共用事業彼此間不具網路層競爭關係。通傳會於「無線電頻率使用管理辦法」草案第 20 條第 1 項第 3 款已明訂「促進網路設置可能性」列為電信管理法第 58 條第 3 項的審酌事項之一，即可將網路共用所造成對市場的不利影響，納入考量。
- 頻譜共用之業者，在規範上仍須完成其執照相關義務，如基地臺設置數量或人口涵蓋率等。為有效監理行動網路經營者在頻譜共用上所負擔的權利義務，多數國家頻譜共用案例均透過成立合資企業方式進行，此一作法可供主管機關加以參考。通傳會於「無線電頻率使用管理辦法」草案第 19 條第 1 項第 2 款已明訂「無線電頻率用途及履行義務」列為電信管理法第 58 條第 3 項的審酌事項之一，即可將此納入考量。
- 頻譜共用之合計頻寬，應符合頻譜使用上限，其頻譜資源集中情形不得導致有過度減損市場競爭之後果。
- 在服務層競爭上，不應顯著減損消費者的選擇可能性，且應維持基本服務品質。

- 對於頻譜共用的頻段，主管機關得以依循相同的考量項目進行評估。如既有 4G 頻段是否得納入頻譜共用頻段，應考量共用方在頻譜使用集中上有無符合上限規定，且在網路共用上對於網路層競爭的影響程度為何，包括共用的區域範圍、時間及網路效能的差異程度，以及對於服務層競爭的影響（服務品質、競爭條件等差異化），綜合加以考量。

(三)網路漫遊合作同意原則

網路漫遊在性質上應為無網路涵蓋時，透過接取其他行動通信網路方式以提供行動通信服務的情形，因此在漫遊型態下亦將共用他行動網路業者的網路資源，包括頻譜在內。就此而言，性質上與 MOCN 類似，對於市場競爭影響程度相當，差別僅在於 MOCN 得以聚集各家行動網路業者所取得的頻譜，但網路漫遊僅使用被漫遊方的頻譜，從頻譜使用效率而言，僅被漫遊方的效率提高，但漫遊方則因該區域尚無網路涵蓋，因此解釋上其效率未提升，因此仍有進一步考量的必要。

歐盟 BEREC 認為漫遊的 MNO 在漫遊地區內，服務的涵蓋及品質差異化降低，完全皆以被漫遊方的網路為主。因此漫遊完全無法符合網路競爭以提升使用者效益，以及提高頻譜使用效率的管制目標。是以 BEREC 僅同意網路漫遊得以在無法預期有網路競爭、且不具投資誘因的區域進行。³⁴³

以美國 FCC 於 2007 年的「自動漫遊命令」而言，認為考量漫遊議題時有兩項重要的公共利益必須考量：1. 鼓勵網路層競爭；2. 支持消費者對服務無縫覆蓋的期望。FCC 於該命令中認為應避免自動漫遊（相較於用戶手動選擇漫遊網路而言）影響業者投資及進行設施型競爭的意願，因此限制業者不得在其本身經管區域內，提出自動漫遊的

³⁴³ BEREC (2019), at 20.

請求。之後於 2010 年則基於讓新進業者得以漫遊方式提供服務，所以解除不得在經營區域漫遊的限制。

一般而言，對於新進業者的網路漫遊較無疑義，以在其網路尚未達相當涵蓋時期內得以提供行動通信服務，我國行動寬頻業務管理規則第 63 條亦有相同之規定。然而對於既有行動網路業者而言，仍須評估其網路漫遊之必要性及對市場競爭之影響，如為促進頻譜使用效率而建立 **3G 共同平臺**，收攏既有行動通信 3G 語音話務，可認為對市場競爭較無限制且有利行動通訊產業發展，得以許可。**其他情形仍可綜合考量前述網路共用及頻譜共用合作方式所採取的審查評估項目**，以為判斷。是以依據電信管理法第 37 條第 5 項及第 6 項針對國內網路漫遊協議之核准，除應考量頻譜執照所附加義務負擔的履行外，對於市場競爭的評估亦應納入。

其他國家與我國作法類似，多以為讓新進業者得以盡早進入市場而課以漫遊義務，如法國在拍賣 800MHz 頻譜時，特別指定一塊附有網路漫遊義務；惟為避免新進業者過度仰賴與既有業者漫遊而未積極進行網路建設，因此通常設有漫遊期限。

(四) 容量批發合作同意原則

「容量批發」係由行動網路經營者將其網路容量批發給不具頻率使用權的非行動網路經營者，在國外稱為「虛擬行動網路經營者」(Mobile Virtual Network Operator, MVNO)。由於合作對象並非行動網路經營者，因此並不列入 MNO 之間的合作態樣，且所影響者主要為服務層的市場競爭。

一般而言，在有多個 MNO 網路可以選擇的情形下，將有利於 MVNO 選擇適合的 MNO 合作取得所需的網路容量，除非經認定此一市場具有市場顯著力量的 MNO，且有必要強制開放其網路容量供 MVNO 接取的情形。在國外通常有在 MNO 的合併個案中，為確保服

務層競爭而有要求必須開放一定的網路容量供 MVNO 使用的條件，避免因為網路層市場結構集中而影響服務層市場的發展，例如歐盟執委會對於德國 Telefónica 與 E-Plus 結合案，由 Telefónica 承諾在完成併購之前，將以固定價格銷售結合事業網路容量（network capacity）的 30% 給一到三家的德國 MVNO（稱為「事先行動串流接取虛擬行動網路業者」Upfront Mobile Bitstream Access MVNOs, Upfront MBA MVNOs），最長為期 10 年。另香港 OFCA 在處理香港電訊(HKT)及香港移動(CSL)結合案，對於 MVNO 的批發接取服務條件亦要求在一定期間內不得予以變更，以維持服務層市場競爭。³⁴⁴

綜上所述，對於 MVNO 所需容量批發的合作原則，應以尊重市場商業機制為主，僅在確認容量批發市場不具有有效競爭時，由主管機關考量為維護服務層市場競爭之目的，針對市場顯著地位者或特殊個案（如 MNO 結合案）課以開放接取之義務。

三、其他共用議題探討

（一）對後續釋照之影響

由於通傳會將於未來 2 至 3 年發布第二波 5G 頻譜釋出作業。新一波的頻譜釋出作業，須考慮即將進行之 2019 年底 5G 頻譜拍賣，以及隨著第一階段 5G 釋照與布建，為我國行動通訊市場帶來何種發展。在此階段欲討論下一波頻譜釋照以及共用協議會對相關團體帶來何種影響，可能為時甚早。此一議題應於通傳會完成第一波 5G 頻譜釋照後，再行評估，並做為下一階段釋照之參考。通傳會需要考慮到共用協議之本質、範圍，以及未來頻譜資源如何使用等要素。

研究團隊初步觀察國際上的共用協議案例，以丹麥為例，兩家共用業者 Telia 與 Telenor 承諾以合資企業（TT-Netvaerket）取得頻譜資

³⁴⁴ 上述兩案說明，可參見台灣經濟研究院，「行動寬頻業務發展趨勢與監理機制分析」，國家通訊傳播委員會委託研究報告，2014，頁 115 以下。

源，以做為滿足丹麥競爭委員會要求之一部分。考慮到共用協議之地理範圍（涵蓋整個丹麥）以及涵蓋的頻率和技術（以單一 RAN 布建 2G、3G 和 4G），尚稱合理。同樣的，瑞典的 Telenor 與 Tele2 也透過合資企業（Net4Mobility）於後續的拍賣中取得頻譜資源。

另一方面，香港 HKT 與和記黃埔於 2.6GHz 之 MOCN 共用協議，透過合資企業（Genius Brand Limited, GBL）取得頻譜只是一次性的規劃，在接下來的 3.5GHz 頻段拍賣，HKT 與和記黃埔仍以獨立企業之姿，個別進入拍賣，同時也個別獲得頻譜資源。³⁴⁵ 芬蘭也是，儘管 TeliaSonera 與 DNA 間擁有共用協議，但兩家業者於 2018 年仍獨立參與 3.5GHz 頻段拍賣，並各自獲得 130MHz。³⁴⁶

（二）語音電路交換

我國電信業者的 2G 執照與 3G 執照分別於 2017 年 6 月底及 2018 年底屆期，2019 年開始，所有行動用戶都為 4G 方案，讓業者能及早重整頻譜資源，從 2G、3G 到 4G 頻譜，以解決行動數據訊務量之高速成長需求。五家業者目前都已商轉 VoLTE，研究團隊了解到四家業者³⁴⁷ 目前仍持續運作 3G（UMTS）網路提供語音交換電路回退（circuit-switched fall back, CSFB），以滿足語音服務以及國外用戶入境漫遊之需求。研究團隊也注意到亞太電信仍於其都會區使用 2G 以提供語音電路交換³⁴⁸，以及中華電信用以提供 M2M 服務。³⁴⁹

持續透過 CSFB 提供公眾行動語音服務，將視為頻譜重整時需考量之關鍵要素。目前仍有顯著的語音訊務量透過電路交換設備（使用 2G 與 3G 技術）提供，儘管已有 VoLTE（Voice over LTE）作為一種

³⁴⁵ OFCA (2019, Successful Conclusion of Auction of 5G Spectrum in 3.5GHz Band, https://www.ofca.gov.hk/en/media_focus/press_releases/index_id_2005.html)

³⁴⁶ Ministry of Transport and Communications (2018), Spectrum Auction Concluded, <https://www.lvm.fi/en/-/spectrum-auction-concluded-984712>

³⁴⁷ 中華電信、遠傳電信、台灣大哥大與台灣之星。

³⁴⁸ 亞太電信並未擁有 2100MHz 頻段，該頻段被視為 3G 主要頻段。

³⁴⁹ 目前有許多種 M2M 服務的技術解決方案以及演進趨勢，取決於應用之本質。

替代的技術選項，並且提供更明確的演進路徑，然而，仍需要考慮 2G 與 3G 網路完全關閉時間之重要因素，包括：4G VoLTE 網路覆蓋必須盡可能契合既有 2G/3G 網路；用戶設備升級，藉由新的智慧型手機取代 2G/3G 以及不支援 VoLTE 電話之用戶設備，使其支援 VoLTE 與 VoWi-Fi；協助入境漫遊者於未擁有支持 VoLTE 設備或合約時仍能通話。

研究團隊目前並無掌握我國 VoLTE 採用率之資訊，不過，VoLTE 已運作許多年，且消費者終端設備升級之時程相對較短，因此預期網路覆蓋範圍以及用戶採用率應該會相對較高，雖然可能會因為業者的消費客群基礎或提供之誘因而有差異。

至於入境漫遊者，對電信業者而言，很難控制國外訪客的設備和服務契約。對於個別業者而言，可以選擇是否保留某些迴路交換語音功能（接受入境訊務量），或終止服務（訊務量由其他競爭業者提供）。為了緩解此種情況，業者可以向國外旅客提供 4G 手機或行動熱點設備的出租服務，雖然此一措施可能無法涵蓋所有入境漫遊者。最終，還是回歸到業者之商業決策。

1. 提供 CS 語音之網路選項

對於行動業者而言，有許多選項來處理對於迴路交換語音功能之需求，直到適合關閉 2G/3G 網路前為止，包括：

(1) 藉由維持 2G/3G 網路，持續自行提供迴路交換語音服務；

(2) 與其他業者合作，透過以下方式：

A. 和其他 3G 網路業者簽署批發協議（例如租用網路容量）。

B. 與其他業者簽署網路共用協議，提供資金、頻譜以及網路基礎設施以共同運作一個支持所有迴路交換語音需求的共用式 3G 網路。

(3) 採取動態網路解決方案（例如單一接取網路或網路切分³⁵⁰）

由於目前尚缺乏足夠的資訊對不同選項進行全面性的影響評估，因此，下表概述對行動通訊業者、消費者以及市場的總體影響。

表 5-19：提供語音迴路交換之不同選項影響比較

選項	對行動業者之影響	對市場與消費者之影響
1. 持續自行提供	<ul style="list-style-type: none"> 業者會有比較高的成本來運作自有 2G/3G 網路 對頻譜資源與商業策略擁有更多的控制權及彈性 	<ul style="list-style-type: none"> 在業者間維持競爭程度 如果所有業者均持續自行提供，對於頻譜資源之使用為無效率 對於迴路交換語音以及入境漫遊用戶的服務延續性，取決於各業者關閉 2G/3G 網路之決策時間 因為需要保留 2G/3G 頻譜，對數據網路帶來服務品質之部分風險。
2. 批發協議	<ul style="list-style-type: none"> 關閉 2G/3G 網路之有立即顯著的成本節省 頻譜重整至 4G，解決成長中數據需求，帶來利益 需要達成商業協議，有時候可能很難與主要業者達成協議 主要業者可能決定提前關閉網路 	<ul style="list-style-type: none"> 讓部分頻譜可用於 4G/5G，增進頻譜使用效益 可能增進數據服務之服務品質 只要持續維持批發協議，對提供語音服務與入境漫遊者的影響最小
3. 網路漫遊協議	<ul style="list-style-type: none"> 能夠更有效率且低成本支持迴路交換語音及入境漫遊者 不會需要立即啟動網路轉換作業 	<ul style="list-style-type: none"> 讓部分頻譜可用於 4G/5G，改善頻譜使用效益 提升迴路交換語音服務之持續性

³⁵⁰ 此種型態讓業者得以在多個技術中動態核配頻譜資源，以符合需求。更詳細的資訊請參見 Nokia (2014), Single RAN Advanced Evolution: The Future Just Got Simpler, <https://onestore.nokia.com/asset/200245>

選項	對行動業者之影響	對市場與消費者之影響
	<ul style="list-style-type: none"> ● 單一共用網路可能面臨技術、商業和轉換之挑戰³⁵¹ ● 需要所有參與者密切合作 	<ul style="list-style-type: none"> ● 只要持續維持批發協議，對提供語音服務與入境漫遊者的影響最小
4. 動態網路解決方案(例如單一 RAN)	<ul style="list-style-type: none"> ● 對於重整流程以及服務中止之管理具備更大的彈性與可延展性 ● 如果既有網路需要同時運作，則轉換過程可能會很長，且會付出高昂成本 	<ul style="list-style-type: none"> ● 有效率之頻譜使用 ● 對於語音服務與入境漫遊者之服務提供影響最小

資料來源：Plum，本研究編修。

2. 監理考量

監管機關的主要關切要點，通常是保護消費者，且盡可能降低服務中斷或失去服務的影響。在我國，考慮到不再有新的 2G 或 3G 用戶，VoLTE 和其他 VoIP 服務的使用應會逐漸普及，且迴路交換語音的需求應會迅速下降。目前各業者仍持續運作自有 3G 網路以提供 CSFB，在不久的將來，有些業者可能認為繼續支持 3G 網路將不具備經濟效益，尤其是在現有 3G 網路資產需要汰換之時。最終仍由業者決定是否保留傳統技術，以及應保留多久時間、如何決定最適當的轉換路徑，以及如何為其用戶提供最佳服務。

從監理角度，通傳會應該確保監管架構具備彈性，以實施前述四種選項。現有監管主要基於設施競爭的角度，不過這點在迴路交換語音服務並非相關考慮要素。原因包括，第一，迴路交換語音是傳統服務，需求持續下降。因此競爭對消費者幾乎沒有好處。其次，前述選項不會對行動通訊市場結構以及 4G 和 5G 市場領域的競爭造成影響。第三，批發協議以及網路共用協議有助於降低繼續提供迴路交換語音服務的成本，並使業者可以透過頻譜重整，為 4G/5G 提供更多可用頻寬，改善效率並為消費者帶來更好的結果。因此，研究團隊認為採

³⁵¹需要考慮的因素包括所需的頻譜數量、可支持的 MNO 和 MVNO 數量、網路切換的時間以及相關網路決定議題。

取前述選項，並不會帶來任何重大風險。

針對建立單一共用 3G 網路之議題，仍有許多技術上、商業上以及運作上需要處理的議題。因此，最好讓業者自行協商以達成協議。通傳會可監督相關結果，必要時促進討論，並明確闡述監管原則與執照條件。

第四節 電信事業申請使用無線電頻率核配方式及相關法規條文研析

一、法源依據與撰寫說明

電信管理法改變現行電信法對於電信事業採取一、二類的分野，降低市場進入門檻，並採取誘因登記方式，在登記為電信事業情形下方得申請無線電頻率及電信號碼的核配，並且與他電信事業進行互連協商或申請裁決（第 5 條）。在登記為電信事業後，若欲使用商用無線電頻率，應檢具申請書、無線電頻率使用規劃書及相關資格證明文件，向主管機關申請核配；使用規劃書之相關事項，則包括電信設備概況之構想、網路設置計畫構想、無線電頻率使用規劃構想、無線電頻率使用應履行之事項及責任擔保等事項（第 53 條）。

在無線電頻率核配方式上，商用頻率的核配，電信管理法第 54 條規定主管機關得考量電信產業政策目標、電信市場情況及其他公共利益之需要，採評審制、公開招標制、拍賣制或其他適當方式為之。在釋出時即應公告該頻率之用途、使用者資格限制及所負之義務或其他使用條件、限制。其他頻率的核配，依據第 56 條規定應經主管機關審查後核配，不適用預算法第 94 條規定，包括：急難救助、實驗研發、專用電信網路、公共使用或其他公益用途；無線廣電事業、無線區域用戶迴路、衛星鏈路或微波鏈路等，性質上以專用電信及廣電用途為主。軍用無線電頻率則由主管機關會商國防部處理。

電信管理法第 53 條第 3 項並授權主管機關針對電信事業申請無線電頻率核配之資格、條件、程序、使用期限、無線電頻率數量、限制、履行擔保方式及其他相關事項，訂定辦法以為規範。就此而言，解釋上本條規定應同時包括電信事業申請無線電頻率核配可能涉及的規範，包括商用（第 54 條）、專用及實驗網路（第 56 條）、頻譜共用（第 57 條）等，尚有必要釐清此項規定授權訂定法規命令的適用範圍，以為規範。若以現行電信法有關行動寬頻業務管理規則而言，相關條文可對照如下表所示。

表 5-20：現行行動寬頻業務管理規則與電信管理法之條文對照

規範事項	行動寬頻業務管理規則	說明
無線電頻率核配之資格	第 8 條（股份有限公司、董事長本國籍、外資比例限制）、第 9 條（同一申請人）、第 10 條（聯合申請人）	現行規範以業務執照為對象，未來應調整為頻率執照
無線電頻率核配之條件	（相關條文） 第 12 條（提出申請書、事業計畫構想書）、第 40 條（籌設同意書申請、事業計畫書提交）、第 42 條（頻率指配申請）、第 43 條（系統架設許可）等	現行「行動寬頻業務管理規則」未明文頻率核配之條件，惟現行申請規範可能與核配條件有關，因此在電信管理法第 37 條有關營運計畫及網路設置計畫中，均需有所對應
無線電頻率核配之程序	第二章第二節（競價準備）、第三節（競價）	現行行動寬頻業務係以競價機制作為特許執照（含頻率）的核配主要程序，在競價結束後尚有籌設及申請頻率指配程序，與上述核配條件亦有關連
無線電頻率使用期限	第 51 條（特許執照有效期間）	現行行動寬頻業務的頻率使用期限即為該頻段的使用期限，未來應以該頻率的使用期限為判斷依據，且為釋照前即應公告
無線電頻率數量	第 7 條（歷次特許執照使用頻段及頻率）	對於釋出的總頻寬，應於釋空前明文規定
無線電頻率核配之限制	第 18 條（得標者總頻寬上限：數量限制）、第 40 條（事業計畫書變更涉及公平會事業結合或聯合行為核准）、第 53 條（原則禁止頻率出租、出借、轉讓或設定擔保）、第 66 條（網路建設數量及涵蓋義務）及第三章第三節第 81~83 條頻率使用權轉讓	現行行動寬頻業務管理規則著重在「得標者總頻寬數量限制」、「事業合作行為應經公平會許可」、「頻率原則不得出租、出借、轉讓或設定擔保」、「網路建設數量及涵蓋義務」，以及第 81~83 條頻率使用權轉讓規定。上述規定在電信管理法規範下尚須就其事項檢視相關條文及法規命令，以確認其規範內涵
履行擔保方式	第 36 條（得標金分期繳納支付擔保）	目前行動寬頻業務以得標金分期繳納擔保

資料來源：本研究自製

鑑於鈞會已公告「無線電頻率使用管理辦法」草案，刻正辦理法制作業程序，且電信管理法第 53 條第 3 項所授權規範之事項，已有

部分包括在該辦法草案中，因此對於其他與電信事業申請無線電頻率核配之事項，應以制訂「電信事業申請無線電頻率核配辦法」草案加以規範，以與「無線電頻率使用管理辦法」草案兩者結合作為完整規範。

二、 草案條文

以下為本研究草擬之建議條文，如下表所示：

表 5-21：電信事業申請無線電頻率核配辦法草案建議條文與說明

研擬條文	說明
第一章 總則	章名
第一條 本辦法依電信管理法（以下簡稱本法）第五十三條第三項規定訂定之。 微波電臺及衛星地球電臺其無線電頻率申請核配之事項，依微波電臺設置使用管理辦法及衛星地球電臺設置使用管理辦法辦理。	一、明訂本辦法之依據及適用範圍。 二、有關微波電臺及衛星地球電臺使用之無線電頻率，其核配另依微波電臺設置使用管理辦法及衛星地球電臺設置使用管理辦法辦理，不適用本辦法之規定。
第二條 本辦法用詞定義如下： 一、申請人：指依本辦法申請使用無線電頻率之電信事業。 二、使用者：指依本法第五十四條、第五十五條或第五十九條規定獲核配無線電頻率之電信事業。	明訂本辦法之用詞定義。
第三條 電信事業依本辦法規定申請無線電頻率核配者，應依本法第五條規定辦理電信事業登記。	明訂依本辦法申請無線電頻率核配之電信事業，需辦理登記，以落實本法第五條之規定。
第四條 電信事業申請無線電頻率核配設置公眾電信網路者，應符合本法第三十六條第四項至第六項之要件。	明訂電信事業申請無線電頻率核配以設置公眾電信網路者，應符合本法第三十六條規定，包括以股份有限公司為限、董事長具中華民國國籍，以及外資持股比例限制。
第二章 開放及受理申請	章名
第五條 主管機關公告電信事業申請無	一、明訂主管機關公告電信事業申請

研擬條文	說明
<p>線電頻率核配時，應載明下列事項：</p> <p>一、申請期間。</p> <p>二、無線電頻率之範圍、用途、使用期限、頻寬限制及其他條件與限制。</p> <p>三、申請人及使用者之資格限制。</p> <p>四、使用者之權利義務。</p> <p>五、應繳納之費用。</p> <p>六、無線電頻率之核配方式、程序及流程。</p> <p>七、無線電頻率核配採公開招標制或拍賣制者，押標金及得標金之繳納方式。</p> <p>八、申請文件及其格式。</p> <p>九、其他相關事項。</p> <p>主管機關於進行前項正式公告前，應提出公告草案，且應辦理公聽會聽取相關利害關係人之意見。</p>	<p>核配無線電頻率時，應載明之事項，包括申請核配之程序、申請人及使用者資格、頻率核配範圍及限制，以及使用者之權利義務等，並辦理公聽會以聽取相關利害關係人之意見。</p> <p>二、申請人及使用者之資格限制，包括不得具有第六條之同一或聯合關係，以及是否設有實收資本額之限制等。</p> <p>三、使用者之權利，包括得否將核配之無線電頻率提供他人使用、轉讓等；義務包括網路建設及涵蓋義務、災防告警義務等。</p>
<p>第六條 主管機關依本辦法規定公告受理申請無線電頻率核配者，得要求同次申請之電信事業之間不得具有同一關係或聯合關係。</p> <p>前項所稱之同一關係，為具有下列情形之一者：</p> <p>一、申請人持有他申請人有表決權之股份或出資額超過他申請人已發行有表決權之股份總數或資本總額半數以上。</p> <p>二、申請人與他申請人之董事有半數以上相同。</p> <p>三、申請人與他申請人之已發行有表決權之股份總數或資本總額有半數以上為相同之股東持有或出資。</p> <p>四、不同申請人同時為第三人之從屬公司。</p>	<p>一、明訂主管機關得要求同次申請無線電頻率核配之電信事業，不得具有同一關係或聯合關係，以確保申請的公平性。</p> <p>二、為避免電信事業在申請無線電頻率核配前得以知悉其合作關係有無構成在核配上所需避免的同一關係或聯合關係，因此在辦法中明訂以求明確。</p>

研擬條文	說明
<p>五、不同申請人之控制公司間有控制從屬關係。</p> <p>六、依本法第二十六條應向本會申請核准之情形。</p> <p>前項第四款及第五款所稱之控制從屬關係，係指各款當事人間有前項第一款、第二款或第三款之關係者。</p> <p>第一項所稱之聯合關係，為具有下列情形之一者：</p> <p>一、一申請人持有他申請人之股份達該申請人資本總額百分之十五以上。</p> <p>二、相同股東群持有不同申請人之股份達各該申請人資本總額三分之一以上。</p> <p>本條規定有關股權計算方式，依公司法第三百六十九條之十一規定辦理。</p> <p>經主管機關認定二以上申請人具同一關係或聯合關係者，主管機關應命其於一定期間內協調申請，若未能完成協調者，依主管機關指定之時間、地點，以抽籤方式定其符合資格之申請人。</p>	
<p>第七條 申請人得自行就開放申請無線電頻率之狀態進行接收之量測，量測結果有疑慮者，得於前條公告之申請截止日前向主管機關申請澄清。但前條公告未訂申請截止日時，申請人應於提出申請前向主管機關申請澄清。</p>	<p>為使申請人知悉其申請使用頻率之狀態，申請人得就開放申請之頻率自行量測，若有疑慮，得向主管機關申請澄清。</p>
<p>第八條 申請人應於申請期間內依本法第五十三條規定，檢具申請書、無線電頻率使用規劃書、應繳納費用之匯款單回執聯影本及相關資格證明文件，向主管機關申請核配。</p> <p>無線電頻率核配之申請，具有下</p>	<p>一、明訂申請核配所需具備之文件及不予受理之事由。</p> <p>二、為避免無線電頻率核配程序之延宕，並確保無線電頻率核配基礎事實之正確性及公正性，因此對於在程序進行所需之交付文件、</p>

研擬條文	說明
<p>列情形之一者，不得補正，主管機關應不予受理其申請：</p> <p>一、逾受理申請之期間者。</p> <p>二、未檢具申請書、無線電頻率使用規劃書及相關資格證明文件。</p> <p>三、未依規定繳納押標金、審查費等應繳納之費用，或所繳金額不足者。</p> <p>四、對於第二款文件內容為不實陳述、虛偽記載，或偽造、變造者。</p> <p>五、違反第六條之資格限制者。</p> <p>六、有圍標或其他影響核配申請公平、公正之行為者。</p> <p>主管機關為辦理前項規定之查核，必要時得限期命申請人或使用者補具相關資料；未於期限內補具相關資料者，主管機關應不予受理其申請。</p>	<p>繳交費用及資格，均應確實遵守，且主管機關應為必要之查核。若有文件不備之情形，除符合第九條規定之情形外，應以不予受理為原則。</p>
<p>第九條 申請人提出之申請無前條所定情事，而有下列情形之一者，由主管機關通知限期補正，逾期不補正或補正後仍不完備者，主管機關應不予受理其申請：</p> <p>一、依第六條規定應具備之文件不全、記載內容不完備或申請書及無線電頻率使用規劃書記載事項顯有誤寫或誤算。</p> <p>二、電信設備所採用之技術種類未符合主管機關依第六條第二款規定公告無線電頻率之用途，或非電信國際組織所公布採用之技術標準者。</p> <p>三、其他經主管機關公告之事項。</p>	<p>一、明訂電信事業申請核配無線電頻率得以補正之事由。</p> <p>二、對於申請文件內容有疏漏、錯誤之情事，或所採用之技術種類、技術標準有不符公告用途或國際組織之技術標準，或者有其他經公告之事項時，主管機關應給予申請人補正之機會。</p>
<p>第十條 主管機關於受理申請後，發現申請人具第八條第二項所列之情形</p>	<p>明訂在具有第八條第二項之情形時，由於情節重大不應具有申請資格；若</p>

研擬條文	說明
者，應撤銷或廢止其申請資格；已獲核配者，撤銷或廢止其核配。	有取得核配者由於不符合核配要件，應由主管機關審酌應予撤銷或廢止核配。
<p>第十一條 主管機關受理申請後，為審查申請人檢具之申請文件、資格及條件，得成立審查委員會。</p> <p>前項審查委員會之作業要點，由主管機關公告之。</p>	明訂主管機關設定審查委員會之權限。
第三章 核配方式	章名
<p>第十二條 主管機關依規定完成資格審查後，於採拍賣為核配方式者，應公告合格者名單。</p>	<p>一、明訂採拍賣為核配方式時，應公告合格者名單。</p> <p>二、主管機關依據第六條公告有關核配方式及程序，若採拍賣方式，則應包括其拍賣程序及相關流程。</p>
<p>第十三條 主管機關應於各該期程開始日之七日前公告或通知各該申請人。但為辦理審查所為之通知或公告，不在此限。</p>	明訂程序開始前之公告時間。
<p>第十四條 獲准核配無線電頻率之申請者，依主管機關指定之方式及期限繳納費用後，取得頻率核配資格；並得依無線電頻率使用管理辦法之規定向主管機關申請核發頻率使用核准函及頻率使用證明。</p>	明訂取得頻率核配資格的要件，及介接無線電頻率使用管理辦法。
第四章 應繳納之費用	章名
<p>第十五條 申請人依第八條規定提出申請時，應繳納審查費。</p> <p>申請人有下列情形之一，得申請無息發還前項審查費：</p> <p>一、第五條公告訂有申請截止日，且申請人於申請截止日前撤回申請案。</p> <p>二、有第八條第二項第一款至第三款情形之一。</p>	明訂繳納審查費之時間，以及得申請發還之要件。

研擬條文	說明
<p>第一項審查費及其利息，除前項情形者，申請人不得要求發還，已發還者，並予追繳。</p>	
<p>第十六條 申請核配以拍賣為核配方式者，主管機關得依第五條第一項第五款規定所為之公告中載明申請人應繳納之押標金。</p> <p>申請人有下列情形之一者，不得要求發還前項之押標金，已發還者，並予追繳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、有第八條第二項第四款至第六款情形之一。 二、未依主管機關指定方式繳納得標金。 三、經主管機關於拍賣作業中廢止其申請資格。 <p>申請人有下列情形之一，且無前項各款情形者，始得申請無息發還第一項押標金：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、於主管機關公告合格申請者名單前撤回申請案。 二、主管機關不予受理其申請。 三、俟拍賣作業結束，確認未得標。 四、依主管機關指定方式繳納得標金。 	<ol style="list-style-type: none"> 一、明訂在採拍賣為核配方式時，押標金之繳交及發還要件。 二、押標金性質上具有確保申請人具有真實參與投標的意願及財力，因此不僅應與拍賣的頻譜價值具有一定程度的對應關係，且具有擔保足以繳交得標金之作用，因此對於不應具有投標資格而虛偽不實、妨害投標公正性及未依規定繳納得標金者，主管機關應予沒入。對於撤回投標申請、不予受理申請、未得標或已繳納得標金的情形，由於已不需押標金，因此應無息發還之。
<p>第十七條 申請人或使用者應繳納得標金者，應依主管機關指定方式繳納得標金。</p> <p>申請人或使用者未取得頻率使用證明前，有第八條第二項第四款至第六款情形規定之情事，不得申請無息發還已繳納之得標金及其利息。</p> <p>使用者違反相關法令規定，經主管機關撤銷或廢止其核配使用無線電頻率之全部或一部，其已繳納之得標金及利息不予發還。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 一、明訂繳納得標金之方式及不得發還已繳納得標金之要件。 二、為避免申請人或使用者存有違法僥倖心理，於不應具有投標資格而虛偽不實、妨害投標公正性時，雖未授予其頻率使用證明，但不應發還得標金。又使用者於無線電頻率使用期間有違反法令而經主管機關撤銷或廢止其使用時，得標金及利息不應予以發還。

研擬條文	說明
第五章 附則	章名
第十八條 本辦法自中華民國○年○月○日 施行。	明訂本辦法施行日期。

第六章 研擬我國推動 5G 應用發展、網路建設規劃以及垂直場域推動之相關政策建議

第一節 我國推動 5G 發展政策建議

一、國際推動 5G 發展經驗比較

本章從頻譜資源及產業發展策略來看國際推動 5G 發展的經驗，來思考一個成功的 5G 發展政策應包含什麼樣的要素，做為我國推動 5G 發展政策之借鏡。

(一) 提供充分之頻譜資源

提供充分涵蓋低、中與高頻段之 5G 頻譜資源，將是國家成功發展 5G 的關鍵因素。頻譜的有效可用性將促進各國在 5G 競賽中的地位。

歐盟已要求其會員國應於 2020 年前完成 3.4-3.8 GHz 頻段釋照作業。中頻段被定義為最重要的 5G 頻段，大部分國家均積極整備或釋出 3.4-3.8 GHz 頻段供 5G 使用。

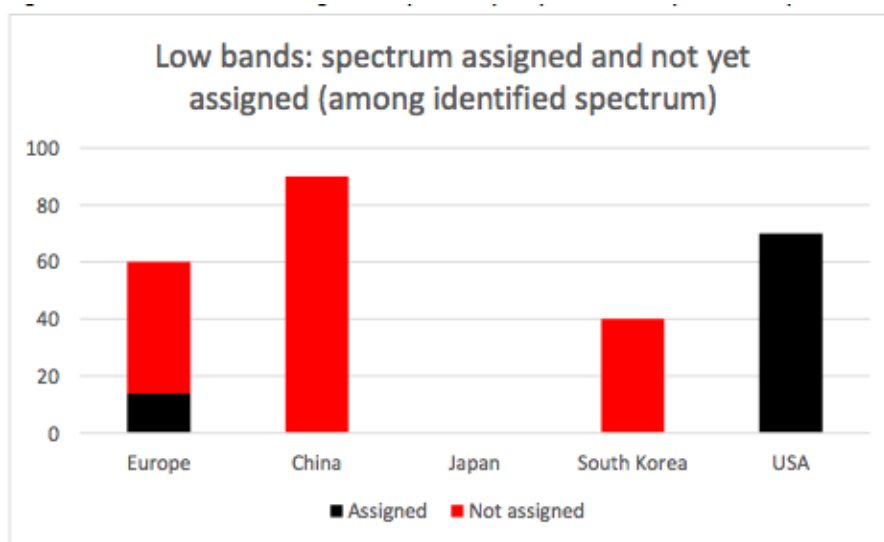
美國在中頻段之發展速度較慢，FCC 於 2015 年為 3.5 GHz 頻譜建立三層式頻譜共用系統。遲至 2017 年，FCC 才開始準備將 3.7-4.2 GHz 頻譜用於行動寬頻。目前 FCC 已初步規劃在 2020 年底時拍賣 3.7GHz 頻段，並規劃在 2020 年中釋出 3.5GHz 頻段，美國正急起直追 5G 中頻段之發展。

高頻段則為美國的勝場，截至目前為止，美國已釋出 28GHz、24GHz、37GHz、39GHz 以及 47GHz，影響所及，美國用戶使用之 5G 服務速率比其他國家 5G 服務更快。歐洲在高頻段之發展較慢，目前以 26 GHz 頻段為主要目標，現階段僅有義大利已釋出高頻段，其餘各會員國仍持續規劃、辦理其高頻段釋出政策。高頻段毫米波頻譜具

備可提供大頻寬、超高速之服務優點，但覆蓋範圍非常有限。

世界無線通信大會（WRC-19）於 2019 年 11 月 22 日結束，在四個星期的會議討論過程中，針對 5G 毫米波頻段的議題（議程 1.13）進行熱切討論，最終決議將 26 GHz（24.25-27.5 GHz）、40 GHz（37-43.5 GHz）、45.5-47 GHz、47.2-48.2 GHz 與 66-71 GHz 均核配於 5G 行動通訊使用，為行動通訊業務提供總頻寬 17.25 GHz。

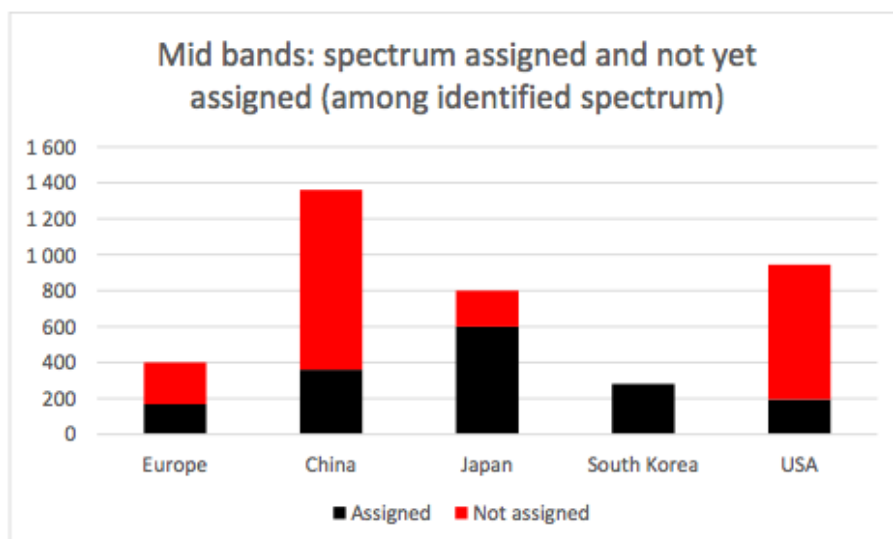
為了更清楚的觀察目前 5G 頻譜在世界主要國家的現狀，本研究比較美國、中國、日本、韓國之低、中與高頻段頻譜，以及歐盟（含英國）等地進行比較。以下分別顯示每個國家或地區在低頻段、中頻段或高頻段中預留和已分配的頻譜數量。



Source: IDATE DigiWorld

圖 6-1：國際比較低頻段預留和已分配頻寬（MHz）

日本在低頻段並未規劃任何 5G 頻譜，韓國與中國雖預留頻譜，但尚未分配。美國已核配低頻段 600MHz 作為 5G 使用，由於低頻段在地理上的特性，美國利用低頻段發展 FWA 固定無線接取的整合服務，搭配既有業務，更快速的為佔地幅員廣大的用戶提供服務。



Source: IDATE DigiWorld

圖 6-2：國際比較中頻段預留和已分配頻寬 (MHz)

3.5 GHz 頻段是 5G 最受歡迎的頻段，6 GHz 以下之設備生態系統成熟度較高，尤其是 3.5 GHz 頻段，當使用大頻寬配置 (100 MHz) 時，該頻段提供比毫米波頻段更佳的網路覆蓋範圍，且所需天線規模較低頻段更小，更適合於大規模 MIMO 布建。因此，3.5GHz 頻段的頻譜整備與釋出進度，將一定程度的影響各國 5G 發展速度。

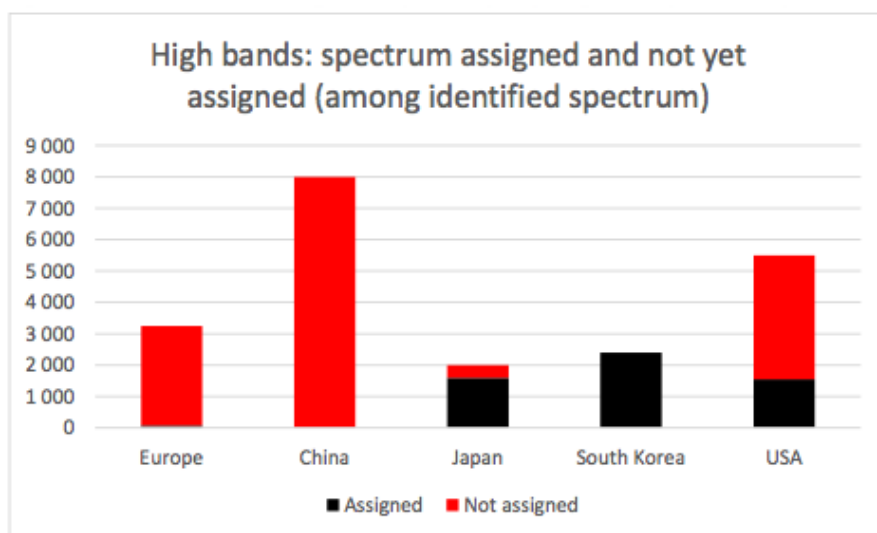


圖 6-3：國際比較高頻段預留和已分配頻寬 (MHz)

資料來源：IDATE DigiWorld。

目前許多毫米波設備生態系統主要由美國 5G 網路的需求來驅動，隨著日本與韓國逐漸使用更多毫米波頻段，預期 2020 年對於毫米波頻譜設備之生態系統將逐漸改變。

隨著虛擬化技術的出現，電信業者將可使用新的網路設備提供商，以降低設備成本及營運成本，並促進 5G 網路的自動化。虛擬化使網路控制和數據方案分離，並可以在現成的硬體（例如服務器，路由器，處理器）上運行特定的 5G 軟體。因此也創造了一些新的設備商，例如 Mavenir、Parallel Wireless 和 AltioStar 等，其規劃與歐洲電信集團及日本新電信業者樂天行動公司進行合作³⁵²。

世界各國不僅在頻譜資源上進行角力，對於推動各國 5G 發展之進度上，5G 商業網路開台以及 5G 實驗場域之建構也是另一個重要指標。本研究整理歐盟蒐集世界各國對於 5G 之商業及大型試驗現況，如下表。

表 6-1：歐盟蒐集世界各國之主要 5G 發展現況

5G 指標	主要趨勢
商業網路營運現況	歐洲：奧地利（3 家業者已提供 5G 商業服務）、芬蘭（3 家業者已提供 5G）、德國（2 家業者已提供 5G）、匈牙利（1）、愛爾蘭（2）、義大利（2）、拉脫維亞（1）、羅馬尼亞（3）、西班牙（1）和英國（4 家業者已提供 5G）。 美國：Verizon、AT&T、Sprint 均已提供 5G 商用，T-Mobile 於 2019 年 7 月開台。 韓國：2018 年 12 月先針對企業用戶開台，2019 年 4 月針對一般客戶提供商用服務。 中國：2019 年 9 月開始營運 5G 服務。 日本：2020 年 4 月 5G 服務開台。
主要城市地區和主要道路的 5G 布建與試驗基地	歐盟 27 國和英國共 191 個 5G 試驗基地。 俄羅斯，土耳其，聖馬力諾，瑞士和挪威：42 個。 2017-2019 年，歐盟宣布並建立了 11 條數位跨境通道，用於 5G 的實驗測試，包括三個大型實驗專案（5G-CARMEN，5GCroCo，5G-MOBIX）。
促進泛歐多邊	大型試驗是歐盟 H2020 第三階段項目的一部分。三個項目

³⁵² IDATE digiworld (2020), 5G Observatory Quarterly Report 7, Up to March 2020, A study prepared for the European Commission DG Communications Networks, Content & Technology.

5G 指標	主要趨勢
利益試驗，將技術創新轉化為完整業務解決方案	(5G EVE, 5G-VINNI, 5GENESIS) 於 2018 年 7 月 1 日啟動。它們在歐洲實施和測試先進的 5G 基礎設施 (投資 15 至 2,000 萬歐元)。另外七個項目 (5G 解決方案, 5G 旅遊, 5GDrones, 5G-HEART, 5GROWTH, 5G-SMART, 5G-VICTORI) 於 2019 年 6 月開始專注於在垂直產業中試用 5G。2019 年 11 月開始進行八個長期專案 (ARIADNE, 5G-CLARITY, 5G) -COMPLETE, INSPIRE-5Gplus, LOCUS, MonB5G, TERAWAY 和 5G ZORRO)。

資料來源：IDATE DigiWorld – March 2020

(二) 5G 發展策略

5G 如何滿足人類夢想的發展、如何提升整體產業、如何讓各種需求與發展從無到有的推進？首先必須建立的基礎是 5G 網路及其上的應用建設，這是一項投資額極高的未來性產業，因此需要透過政府制定完整策略，透過政策規劃來輔導一步一步實現 5G 的進展。本研究選擇美國、歐洲、愛爾蘭、韓國及中國等國家之 5G 發展措施及策略重心。

1. 美國

美國 FCC 主委之 5G 發展策略主要有三，包括建立 5G 基金、釋出充分之頻譜資源以及鼓勵實驗。FCC 提供近 90 億美元之 5G 基金，作為補助偏鄉地區 5G 涵蓋之用，其中有近 10 億美元將用於精準農業上。觀察 FCC 之策略，為先提升 5G 網路涵蓋，促進業者投資誘因，再選定適合美國地廣人稀發展農業之國內產業特性，以 5G 扶植相關創新應用與垂直產業發展。

在頻譜資源之釋出上，FCC 積極整備與釋出高頻毫米波頻譜，目前已釋出 5 個毫米波頻譜，幾乎掌控毫米波頻譜設備生態發展體系，儘管其 3.5GHz 中頻段之發展速度較慢，惟目前已急起直追。

在鼓勵實驗制度上，FCC 提供實驗區域以及 95GHz 以上極高頻之實驗執照，讓更多新興應用能夠透過實驗區域或實驗執照驗證其技

術與服務可行性。

綜前所述，美國並不直接針對 5G 技術與研發提供補助，其 5G 基金著眼於提升偏鄉 5G 網路涵蓋，並帶動創新應用如精準農業之發展。同時積極整備與釋出頻譜資源及健全實驗執照與區域，使各項創新應用擁有資金補助、頻譜資源以及測試區域等進行研發或驗證，進而帶動美國 5G 產業發展。

2. 歐盟

歐盟的 5G 行動計劃措施涵蓋 5G 發展規劃與頻譜計畫等，隨著 5G 發展規劃設定的具體目標、優先領域和里程碑，考慮到動員電信及垂直產業之主要參與者，以及如何刺激其發展，歐盟透過各種專案的融資提供資金協助。各會員國可申請資助 5G 發展的公共資金，包括：結構和投資基金（Structural and investment Funds, ESIF），提供 60 億歐元用於建設數位網路，其下設有歐洲區域基金（ERDF）及歐洲農村發展農業基金（EAFRD）。連接歐洲設施基金（CEF），用於建設電信網。寬頻基金（CEBF），則擁有 10-17 億歐元規模，預計將在服務不足地區提供寬頻布建之補助，金額約 100 萬至 3,000 萬歐元之間，總投資不超過 1.5 億歐元。

歐盟 2018 年營運的項目包括：啟動 WiFi4EU、1.2 億歐元鋪設電信設備。另外尚有歐洲戰略投資基金（EFSI），透過動員私企業資金進行戰略投資，以克服當前歐盟投資缺口。截至目前，已投資超過 22 億歐元於會員國的專案項目。

另外，歐洲太空總署（European Space Agency, ESA）和歐洲航太工業在 5G 衛星領域攜手合作，旨在開發和測試衛星在 5G 技術背景之下可帶來的附加價值。歐洲太空總署表示衛星將為促進 5G 服務的泛歐和全球覆蓋、彈性、移動性、安全性以及創新基礎設施和服務的實現帶來附加價值。在垂直領域中，衛星可以發揮重要作用，例如運

輸，媒體和娛樂以及公共安全等產業。

在歐洲 5G 垂直戰略中，建設車輛周圍完整的生態系統，CAM（Connected and Automatic Mobility）被視為沿歐洲主要道路布建 5G 的旗艦專案，CAM 以提供比協作智慧運輸系統（Cooperative-Intelligent Transport System, CITS）更高等級的安全服務為目標。因應 CAM 布建 5G 跨境走廊之準備工作，歐盟會員國於 2017 年 3 月在羅馬簽署合作意向書，以期加強大規模試驗及建設之跨境合作。此協議的前身，是由盧森堡、法國和德國以及北歐國家之間的雙邊協議等構成，其後則為 2018 年西班牙和葡萄牙之間，保加利亞，希臘和塞爾維亞之間以及愛沙尼亞，拉脫維亞和立陶宛之間的一系列協議，延著歐洲七號公路（Via Baltica），延伸到立陶宛和波蘭之間，如下圖。



Source: European Commission, December 2019

圖 6-4：歐盟各國主要合作協議地圖

2018 年 11 月，在 5G 公私合作夥伴關係（5G Public Private

Partnership, 5GPPP) 的規劃下，歐盟啟動三個 Horizon 2020 專案，為跨境走廊上的 CAM 展開 5G 連網的大規模測試和試驗。三個項目接受近 5,000 萬歐元的資金，總預算為 6,300 萬歐元，涵蓋了三個 5G 跨境走廊：梅斯-梅爾齊格-盧森堡 (5GCroCo)，西班牙和葡萄牙之間的波爾圖-維戈 (5G-Mobix)，以及經過布倫納路徑 (5G-CARMEN) 的博洛尼亞-慕尼黑。此外，還將在希臘和土耳其之間布建 8 公里的跨境路段進行測試。

3. 愛爾蘭

有「歐洲的矽谷」之稱的愛爾蘭，與台灣兩國經濟發展及模式相似，都為島國經濟並均重視進出口貿易。愛爾蘭只佔有歐盟百分之一的人口，其境內經濟體卻佔美國 35% 的外資，美國在歐洲的投資很多都是在愛爾蘭，如：Google、Facebook、Apple 和 PayPal 等歐洲總部均在愛爾蘭。

愛爾蘭政府於 2003 年設立愛爾蘭科學基金會 (Science Foundation Ireland, 以下簡稱 SFI)，於法律中列出 SFI 法定職權及重點戰略發展範圍，並授權法律提供靈活性，使具有國家發展機會的戰略領域能隨著時間的推移由愛爾蘭總理直接修正制定戰略性領域。2014 年，愛爾蘭總理批准愛爾蘭科學基金會可以與主要的國際基金機構建立戰略合作夥伴關係，在此合作架構下，允許 SFI 為法律規定的戰略性機會領域以外的領域提供資金。SFI 在 2013 年就將未來網路和通信、數據分析，管理，安全性和隱私及數位平台、內容和應用程序列入策略發展項目。

SFI 的成立促進和協助愛爾蘭工業，企業和就業發展和競爭力。透過基礎科學研究，發展廣泛的知識基礎，幫助提供當前或未來問題或可能性的解決方案背景。SFI 的宗旨是支持根基基礎科學 (STEM)，

包括：科學（Science）、技術（Technology）、工程（Engineering）及數學（Math）領域的研究，投入教育、參與並且促進根基基礎科學對經濟體成長提供的價值。

愛爾蘭政府透過設立 SFI 等機構的合作與資助，過去十年來在 ICT，製藥和醫療設備等領域建立了新興的高科技生態系統。使愛爾蘭有能力克服財政和經濟挑戰，並在未來十年內成為重要的利基高科技參與者。SFI 認為，認知當前面臨的挑戰至關重要，且必須有策略的掌握機會。其關注愛爾蘭的獨特機會，無論是地理上的優勢（例如可再生能源），國家規模（該國很合適做為新科技實驗場域），或是現有愛爾蘭的專業知識或學術水平（ICT，醫療設備，製藥等），在獨特的優先領域內，應努力爭取平衡的組合，從根基研究到使用者需求、啟發性的基礎研究到市場應用研究。SFI 在 2020 年年度的資本補助金預算為 1.99 億歐元。該預算比 2019 年資本補助金增加了 1,060 萬歐元。

愛爾蘭使用歐盟的共同資源，包括歐洲區域基金\農業基金、在寬頻、資通訊及創新領域的基金、歐洲區域基金（ERDF）約 1.5 億歐元、歐洲農村發展農業基金（EAFRD）約 7,030 萬歐元、歐洲區域基金 ERDF 約 2.8 億歐元。連接歐洲基金（CEF）的 490 萬歐元則用於建設寬頻。

在資通訊方面，SFI 成立了 Connect 平台，此為愛爾蘭科學基金會未來網路和通信研究中心。該中心任務是研究和開發創新的解決方案，以應對當今社會面臨的通信挑戰。物聯網、5G 網路和新的寬頻架構是其主要關注領域。得到來自科學基金會愛爾蘭研究中心的計劃支持，透過歐洲區域發展基金和行業合作夥伴的 5,000 萬歐元資金，支持 10 個高等教育機構的 250 多名 CONNECT 研究人員。CONNECT 與各種行業夥伴合作，致力於物聯網、未來行動技術（5G 及更高版

本)、下一代寬頻、軟體定義網路和雲服務等領域的目標項目。利用國家預算進行包括：設置使用低功耗廣域網 (LPWAN) 進行物聯網測試的 Pervasion Nation。設立愛爾蘭最大的 TSSG 公共數據交換中心。建立適用於行動、Cloud-RAN 和 SDR 的室內/室外無線測試平台。設立 RadioSpace，這是位於沃特福德理工學院的國家機構，用於開發和測試物聯網和 5G 的新無線電技術 (5G New Radio)。

除了技術方面的資助外，愛爾蘭也重視人文社會科學的發展，THINKTECH 是由愛爾蘭社會創新基金會 (Social Innovation Fund Ireland) 在 Google.org 和愛爾蘭政府的支持下創立，基金規模達 100 萬歐元，旨在尋找並支持基於技術的解決方案來處理愛爾蘭的關鍵社會問題。

4. 中國

中國政府將 5G 列為全國戰略重點之一(2015-2020 年“十三五”計劃和 2013 年啟動的“中國製造” 2025 計劃)。2017 年 1 月，中國政府工業和信息部 (MIIT) 發布了一份題為《2016 年至 2020 年信息通信產業發展規劃》的報告，其目標是成為 5G 全球領導者之一。

“中國製造 2025” 倡議的目標是到 2020 年實現 5G 商業化。作為國家計劃和倡議的一部分，中國當局向包括中興通訊和華為在內的 5G 公司提供了資助贈款。對中興通訊和華為的 5G 業務補助 7,200 萬美元。

2017 年 10 月，中國政府啟動了 5G 技術研發測試的第三階段。此階段旨在為 2019 年 6 月首個 5G 標準版本發布之前的商用產品做好準備。

2018 年 12 月，中國政府提供 5G 實驗頻譜，測試期限至 2020 年 6 月之前。中國電信和中國聯通在 3.5 GHz 頻段中接收了 100 MHz 頻

譜（中國電信為 3.4-3.5 GHz，中國聯通為 3.5-3.6 GHz）。中國移動在 2.6 GHz（2515-2675 MHz）和 4.8 GHz（4800-4900 MHz）頻率下獲得 260 MHz。

根據中國信息通信技術研究院（CAICT）的數據，預計到 2020 年至 2025 年，中國將在 5G 網路上投資 9,000 億元至 1.5 萬億人民幣（134 億美元至 2,230 億美元）。

中國於 2019 年 6 月上旬向中國移動，中國聯通，中國電信和中國廣電核發四張 5G 執照。中國移動，中國電信和中國聯通已於 2019 年 11 月 1 日推出 5G 服務。三個業者之間的資費方案非常相似。入門級方案每月收費 129 元人民幣（16 歐元），並提供 30GB 數據，300 Mbps 的下載速度和 500 分鐘的語音。最昂貴的方案價格為 599 元人民幣（76 歐元），可提供 300GB 數據，下載速度高達 1Gbps。目前只有高階方案可提供符合 5G 標準的傳輸速率。

在網路規劃方面，工信部於 2020 年 2 月要求中國電信，中國聯通和中國廣電共享 3.3-3.4 GHz 頻段供室內 5G 使用，以加快 5G 布建。

5. 韓國

在韓國，韓國科學、信息通信技術與未來規劃部與 5G 論壇（於 2013 年 5 月 30 日在漢城成立的公私合作 5G 聯盟）合作，由政府撥款 15 億美元以共同發展在 2014 年 1 月確定的 5G 行動戰略。

5G 論壇（www.5gforum.org）的計劃運行時間為 2014 年至 2020 年，為期 7 年，由政府和私營部門共同投資 1.6 萬億韓元。該項目約有 26 家公司/機構，其中包括民間企業（含電信業者與設備供應商），研究機構和大學。

另外，為了在 5G 商業市場取得先機，韓國電信業者同意在 2018

年中期建立單一 5G 網路來節省金錢和時間。三個業者於 2019 年 4 月 3 日聯合推出 5G 服務。

本研究觀察現階段主要 5G 領導國家推動其 5G 頻譜發展策略，致勝關鍵多半是採取超前部署，培養科學研究及實驗的能量，並依據該國市場決定 5G 發展主軸，搭配該國最具使用效率的頻段，運用自身在科技優勢，來形成該國之 5G 策略。

例如，最早發展的韓國在 2013 年就成立公私聯盟的 5G 論壇，方能在今日 5G 的世界舞台上擁有重要的發言權。另外，以愛爾蘭為例，不論國際市場如何變化，該國政府堅持每年挹注大量的科學發展基金，澆灌基礎科學領域，並以政府的力量，搭建產業與學術界的溝通協作橋梁，在大國主導的產業發展中，由於投注在研發的資源規模龐大，故仍能持續在先進產業領域中掌握關鍵利基市場，與國際貿易夥伴形成重要合作關係，在科技發展上占有一席之地。

二、研析推動我國 5G 發展之政策建議

我國第一次 5G 釋照競價總標價金達 1,421.91 億元，超過原規劃預算 440 億元。為加速我國 5G 網路布建與服務推動，行政院規劃相關標金將作為推動 5G 的基礎設施、縮短城鄉數位落差等，加速我國 5G 技術研發與服務推動，成為全球 5G 領先國家。

由於標金收入依規定須繳歸國庫統一規劃運用，本研究建議相關標金之應用，可參考歐盟設置 5GPPP 組織、愛爾蘭或韓國設立第三方學研機構或論壇之方式，以及美國設置 5G 基金等優點，用於協助推動 5G 產學人才發展及因應 5G 世界變革的政策制度，對 5G 基礎設施（適用於電信業者）、產業發展面（電信業者與垂直應用業者，如產學合作、創新應用）以及社會關懷面（健全內容文化產業環境、假新聞及教育問題、保障資訊安全）等三大層面制定鼓勵措施。

1. 完善主管機關政策措施與工具

從上一節的國際經驗中得知，5G 頻譜整備與釋出機制為 5G 發展的首要關鍵。因此，主管機關應及早整備 5G 頻譜，並依市場需求適時釋出頻譜，以確保我國在國際間 5G 之領先位置。

根據電信管理法帶來之頻譜彈性運用機制，主管機關可及早辦理下一階段 5G 執照釋出前之各項準備工作，包括：挑選適合之候選頻段，評估候選頻段上既有業者之運作狀態，以及其能否與 5G 行動通訊服務和諧共存之干擾分析，了解可釋出之頻寬、區域與時間等，完善頻譜整備工作。若不同業務可能相互干擾時，則須訂定相關政策或改善措施以使干擾的影響最小化。或辦理移頻或清頻作業，整備充份的 5G 候選頻段，做為我國長期推動 5G 發展之政策目標。

對於頻段價值之評估及頻率開放時機，也須持續進行市場資料的蒐集及模型的建立，透過更完整的計量分析，來預測需求，研究各種情況的組合模擬分析，找出適當之開放時機與頻段，以滿足市場對高額數據用量與超高速行動寬頻服務之需求。

各國國際組織的標準制定進度與我國 5G 頻率釋出時機及產業機會習習相關，電信產業的發展應能支持我國相關垂直產業如製造業、醫療業等之發展，以確保我國於相關領域之領先地位。主管機關及研究單位須更積極參與國際組織標準討論與制定，累積研究發展能量，掌握新科技進度，以期對未來 5G 之後及早部署，從目前在 5G 技術上之領先國家汲取其超前佈署的經驗，並做為我國滋長、蛻變的養分。

對於 5G 釋出機制，考量電信管理法架構下將存在多種頻譜釋出方式，包括公開招標制、評選制、競價制甚或誘因拍賣制等，因此，有必要研析各項釋出機制之國際經驗與執行細節，做為精進未來 5G 頻譜釋出工具之參考。

因應 5G 網路架構與 4G 略有差異，未來 5G 網路布建可能有多種形態，除了非獨立組網（Non-standalone, NSA）與獨立組網（Standalone, SA）等兩種 4G 與 5G 網路之布建態樣外，目前國際上有業者採用固定無線接取（Fixed wireless access, FWA）布建其 5G 網路。因此，主管機關有必要了解各種 5G 基礎設施布建型態，並據以提出有利於 5G 網路布建之基礎設施相關政策。

綜上所述，主管機關完備 5G 政策之準備工作項目及任務繁重，故建議應有部分標金應用於提升主管機關制定政策措施與使用政策工具之用途，強化主管機關施政能量。

2. 產學發展培育基金及 5G 時代相關社會議題之應對

5G 網路因具備滿足三大應用場景之特性，能滿足跨垂直領域產業之需求，包括應用 5G 於智慧交通、智慧醫療、能源業或休閒娛樂產業等。因此，5G 可應用於橫跨多個部會管轄產業，包括科技部之 5G 新興技術研發與人才培育，經濟部之 5G 商業服務與製造業、交通部之交通運輸業、衛生福利部之醫療產業等，另外，國家通訊傳播委員會亦持續研析相關新興無線通訊應用之發展，同時，制定健全傳播環境政策。

在全球化的浪潮下，我國各個產業營收受國際巨型企業影響而大幅降低，迎接產業變革時，在國家發展的基礎界線與市場競爭機制之間取得平衡，是一個急須面對的問題。各部會所屬產業均可能有推動 5G 之需求，5G 標金應可用於提升各部會促進新興技術研發與應用之用途。以通傳會職掌範圍為例，國內電信產業及內容產業之發展，在網路世界大者恆大的前提下，單靠市場競爭機制運作，恐將無法與跨國巨型企業競爭。

5G 為國家競爭力發展關鍵，亟需各部會分工推動，制定跨部會協調目標。NCC 做為傳播通訊主管機關，負責打造健全通訊傳播產

業環境，在 5G 發展環境上，持續追蹤並釐清創新應用對於頻譜資源之使用需求、識別需求頻段、調查頻段使用狀態與規劃可用頻率資源；在推進 5G 垂直應用發展機會上，NCC 推動創新實驗頻率執照架構，對所轄業務透過減免頻率使用費或提供實驗專案補助，建立創新實驗獎勵機制，並於 109 年初完成第一波 5G 釋照。

5G 應用廣泛且影響社會層面深遠，橫跨各種產業類別與政府機關單位，包含零售、交通、物流、金流、自駕車、無人機、工業製造、娛樂業、農業發展、電力、國防、教育、通訊安全、勞動資源等等，5G 發展亦涉及相關國家機關之政策及法規，所牽涉相關機關部會除了經濟部、交通部、科技部、國防部、中研院、農委會與金管會以外，也包含教育部、勞動部等。

本研究建議，政府可設立階段性目標，依循行政院對我國數位發展科技政策與 5G 行動方案的規劃主軸，對於 5G 創新科技在各行各業的管理與推廣發展，先交由各業務主管機關進行評估、對規管及配套措施進行考察研究以建立促進應用的產業輔導環境；同時，加強跨部會溝通聯繫、架構機關與機關間溝通平台並定期追蹤協調。第二階段可考慮是否成立部會層級的專責單位，建立國家科技決策體系，整體領導監督各相關機關的 5G 推動計畫並健全法規環境，加速產業創新與永續發展環境。

政府各部會需保有長期努力的心態及做法，培養我國人才，重視教育人文素養與實際產業的銜接，重新建立國內在地能量，並以開放的心態與國內外產業合作，必能在 5G 新世界秩序中維持我國基本國力與文化能量。

基於以上 5G 在促進國家競爭力、產業發展、人才培育及社會人文環境之涵蓋，本研究建議參考歐盟與美國作法，將部份 5G 標金保留為 5G 發展基金，規劃用於國內資通訊產業發展所需之產業發展、

礎科學研究、人才培育，以及因應 5G 衍生相關身心健康與、社會人文議題發展之用途，並解決未來 5G 時代下將更為嚴重之偏鄉數位落差問題。

與我國國土大小相仿的愛爾蘭，從西元 2003 年開始便透過政府資助以及政府與私人研究部門共同成立基金的方式，為產業實力及研究能量打下紮實基礎，使愛爾蘭在十幾年之間成為歐盟中最具競爭力的國家。

例如，愛爾蘭科學基金會未來網路和通信研究中心 Connect 平台，其任務是研究和開發創新的解決方案，以應對當今社會面臨的通信挑戰。提供充分的資金支持各相關產業發展與人才培育。此種機制應值得我國參考。另外，美國設立 5G 基金時，除解決偏鄉網路涵蓋問題外，部分資金亦作為發展精準農業之用，從提升網路建設至推動相關創新應用與產業發展之作法，值得我國參考。

因此，本研究建議將 5G 標金設立長期發展基金。首先，補助重要領域的基礎科學研究，培養國內產學能量，其次，將基金用於規劃 5G 時代所需之人才輔導培育，帶動相關資通訊產業之建設及研發動能，有必要時再將部分金額投入偏鄉地區之網路布建，及解決數位落差問題。5G 執照長達二十年的期間，應建立中長期之國內人才培育與運用機制，一方面將協助業者減少對國際大廠的依賴，降低網路布建成本，另一方面，提升國內人民競爭力及就業率、降低數位落差並扶持相關創新應用發展。

第三，5G 對世界的改變不會只有在電信產業，包含 5G 時代的虛擬內容產業環境、假新聞及教育問題，皆需累積社會文化實力、資訊技術及資安研究調查能力。愛爾蘭的作法是透過與跨國產業合作引進資金，由愛爾蘭社會創新基金會（Social Innovation Fund Ireland）在 Google.org 和愛爾蘭政府的支持下創立，旨在尋找並支持基於技術的

解決方案來解決愛爾蘭的關鍵社會問題。對 5G 時代可能產生的社會問題提早規劃及預防。本研究建議，我國政府因及早探討隨著 5G 及人工智慧時代來臨而衍生的議題，關照人民的身心健康，確保國家的進步與提昇。

3. 藉由建設可負擔之 5G 資費環境降低數位落差

本次 5G 標金雖高，但藉由主管機關對電信市場競爭的良好規管，應可確保消費者之實際負擔金額不會因為高額頻譜價金而受影響。目前，得標的 5G 廠商建設義務為至少涵蓋 50% 營業區人口，在 5G 建設成本及標金支出的沉重壓力下，對於業者的涵蓋率，主管機關有必要為更進一步降低都會區與偏遠地區用戶使用 5G 服務可能存在之數位落差情形作出應對措施，爰建議參考美國設立 5G 基金之方式，保留部分標金，作為未來對 5G 業者未涵蓋區域之建設基金，協助使偏遠地區用戶於使用 5G 服務時，付費金額為合理可負擔之金額，藉以降低數位落差。

第二節 後續頻率釋出政策（含高頻段毫米波頻段）

一、國際頻率釋出政策規劃比較

本研究研蒐各國 5G 頻譜釋出政策與拍賣制度，5G 候選頻譜包含低（1GHz 以下）、中（1-6GHz）、高（毫米波）頻段資源。根據彙整結果觀察，整體而言各國皆規劃不同頻段互相搭配，並以中頻段為主要頻段，輔以高頻毫米波頻段，至於低頻段仍受限於既有業務重新調整。本節後續將依據頻譜釋出與運用政策之三個面向：各國頻率釋出方式、各國頻譜共用規定、垂直創新應用規劃等三項主題彙整國際頻譜釋出政策。

（一）頻率釋出方式

彙整各國頻譜釋出方式（拍賣制、審議制）後，相異頻段採取不同釋出政策規畫。中低頻段部分，頻譜釋出採取審議制方式的國家只有中國、日本和新加坡，其他多數國家皆採取拍賣方式釋出頻段，具體拍賣方式以 CCA、和相關的 CA、改良型 CCA 拍賣機制為主，其次為 SMRA（和改良型 SMRA）方式；在毫米波頻段，則是採取審議制（申請制）國家比例提升。部分研究國家（如美國、愛爾蘭、義大利、韓國）仍採取拍賣方式，另有部分國家和區域（日本、香港、新加坡等）則是改以審議制方式釋出，提供有興趣業者申請使用。因此，本研究發現中低頻段多數國家皆採用拍賣制度，確保頻譜市場價值和頻譜使用效率，整體結果呈現為各國規劃同質性高。但在高頻毫米波頻段，不少國家嘗試以不同方式釋出頻段，並規劃新型區域執照、垂直專網等方式，試圖探索頻段資源與垂直應用有效整合的政策思維。

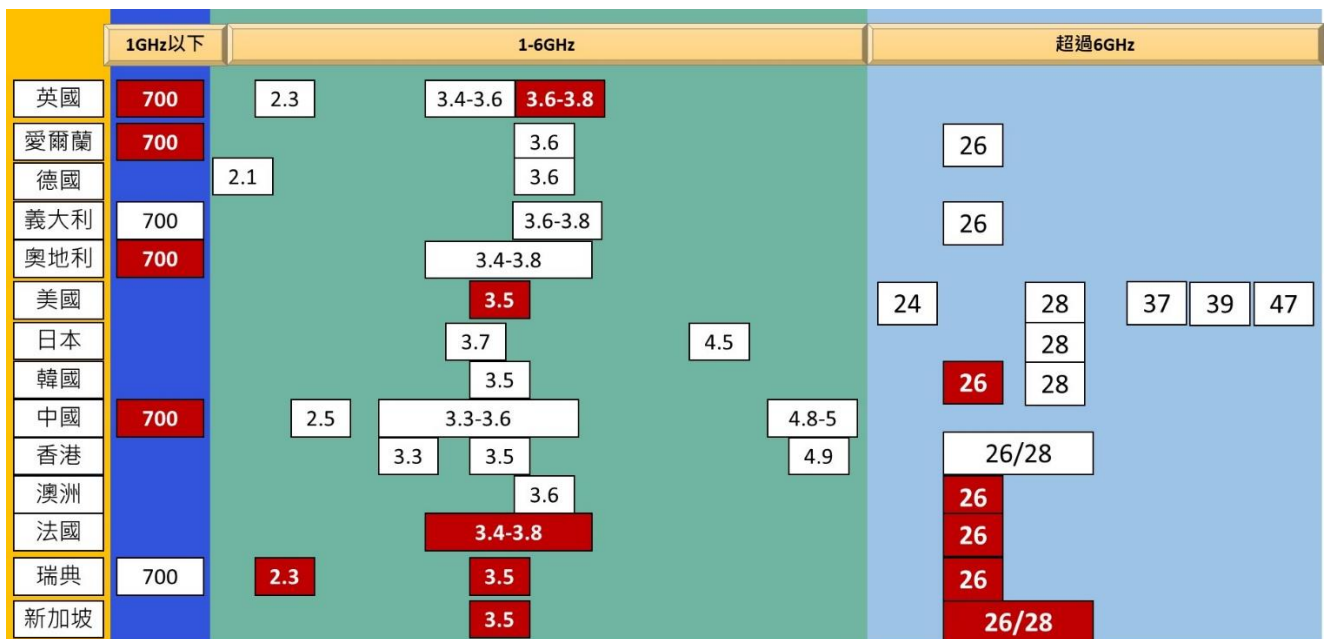


圖 6-5：本研究研析國家釋出頻段分布圖

註：深色底、白字為預計 2020、2021 年釋出之頻段。

資料來源：本研究彙整

(二) 頻率運用合作規範

因應 5G 時代網路布建可能需花費較高的投資成本，以及歷經多世代通訊技術發展，累積多套基礎設施造成空間和維運成本高昂。各國政府多數鼓勵網路共建、被動式共用等措施。至於強制漫遊、容量批發 (MVNO) 合作類型，由於 5G 正式商轉國家有限，並且皆為初期布建階段，因此不少國家尚未表達明確立場，立法程序仍在諮詢討論。但在頻譜共用、交易議題較為複雜，根據本研究彙整資料，歐美國家對於頻譜交易和共用議題採偏正面立場，另有少數國家如德國則是嚴格限制。至於其他國家在頻率交易或共用議題上則是採取相對審慎的立場。

整體而言，5G 商轉仍為近期新發展趨勢，相應政策措施仍在諮詢規劃中。至於頻譜共用、交易議題影響深遠而更顯複雜，各國仍在探索適當措施。

(三)5G 與垂直應用

5G 技術研發極為重視與垂直應用整合，因此不少國家在頻譜釋出政策中，也同步規劃相關垂直應用政策。由於頻段資源珍貴，是否規劃專頻成為重要議題。專頻具通訊品質保障，但存在與既有業務和諧共用、干擾議題、與商用頻段的公平性等多重因素。以頻段資源立場觀察，1GHz 以下低頻段現階段並無垂直應用規劃，因為頻段資源最稀有。

垂直應用使用頻率之規劃，部分國家多規劃於 1-5 GHz 頻段與毫米波頻段，並且可能採用專頻或頻譜共用方式為之。中頻段資源須面臨與既有業務和諧共存、拍賣頻譜公平性等議題，釋出國家採取頻譜共用（英國）、賦予多項配套措施和使用限制等方式。至於毫米波頻段，由於技術、設備成熟度不高，頻段資源充足，並且頻段具備涵蓋範圍窄而干擾嚴重性相對輕微，使得不少國家規劃在毫米波頻段規劃垂直應用相關政策。

表 6-2：各國垂直應用措施與頻段彙整表

政策措施分類	研究國家	規劃頻段	推動垂直場域政策措施
企業專網	德國	3.7-3.8GHz	規劃企業專用頻譜
	日本	4.6-4.8GHz 28.2-29.1GHz	規劃垂直應用區域執照
	香港	26/28GHz	設立 LWBS 執照，鼓勵 5G 創新應用
	法國	2.6GHz	供專用行動通訊使用
	新加坡	800MHz 1900MHz	規劃企業專用頻譜
	瑞典	3.7-3.8GHz	規劃區域執照
頻譜共用、實驗執照	英國	3.8-4.2GHz 1800MHz 2300MHz	設計頻譜共用方式，開放創新應用
	奧地利	-	規劃 5G 合作平台、實驗場域與沙盒
	美國	-	核發實驗執照與設置兩個實驗場域
	愛爾蘭	-	核發實驗執照，鼓勵創新應用
其他政策	義大利	3.6-3.8GHz	課予頻段接取義務，促進創新應用發展

政策措施分類	研究國家	規劃頻段	推動垂直場域政策措施
推動	韓國	-	推動 5G 垂直應用
	中國	-	推動 5G 垂直應用
	澳洲	26GHz 28GHz	規劃 Area-wide licensing 區域執照

資料來源：本研究彙整。

二、我國頻譜相關政策及規劃與推動產業政策措施

我國整體 5G 頻譜政策依循行政院科技會報辦公室於 2018 年 10 月 29 日至 31 日召開「5G 應用與產業創新策略 (SRB) 會議」，會議結論彙整為「臺灣 5G 行動計畫 (2019-2022)」，成為統整各部會政策措施與未來 5G 發展目標、具體措施之總體策略。5G 行動計劃訂定五大主軸，頻譜相關政策分列在「規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜」、「調整法規以創造 5G 發展有利環境」兩主軸之下。

5G 行動計劃研擬完備 5G 頻譜釋出政策，協助我國 5G 發展具備充足之頻譜資源，並與國際趨勢接軌。頻譜整備、釋出政策（拍賣制度）委由交通部、通傳會主責相關工作，同時協助建構 5G 垂直應用創新環境。現階段已完成第一波頻譜釋照作業，釋出頻段為 1800MHz、3.5GHz、26GHz。未來行政院規劃第二階段 5G 商用頻譜釋出時間以 3 年後為原則，中頻部分規劃以 4.4-5GHz 頻段為主，預計釋出總計 300MHz 頻寬供商用、專網分配使用，其中 4.8-4.9GHz 頻段之 100MHz 頻寬為 5G 專網之實驗頻譜，高頻部分則優先評估 37-40GHz。

通傳會主責頻率整備和釋出作業，依循「行動寬頻業務管理規則」考量國際、國內頻譜釋出現況後，以交通部公告「頻率供應計畫」與「第一類電信事業開放之業務項目、範圍、時程及家數一覽表」（簡稱一覽表）之修正與公告頻段範圍，進行後續國內頻譜釋出相關工作項目。通傳會同時為通訊傳播相關法規、電信通訊和廣播電視等通訊傳播市場之監理機關。2019 年 5 月 31 日「電信管理法」三讀通過，

通傳會依循「電信管理法」鬆綁管制之精神，進行各項子法調整，協助營造適合 5G 發展的有利環境，實現縮減我國偏鄉數位落差、提升我國數位競爭力願景。

本研究研析國際主要國家頻譜釋出政策，觀察到全球資通訊生態具有產業標準競爭和網路外部性特質。國際組織 3GPP 技術研發由成立項目工作小組方式，先行確立技術發展目標和候選頻段，後續透過不斷釋出新版本方式，在 R15、R16 和未來的 R17 版本中，持續深化並完善各技術環節。5G 技術、應用發展採取目標導向式研發路線，由上而下 (Top-Down) 推動技術成熟化。基於此模式，技術發展具有相對明確目標，但缺乏具體實現步驟。因此不同候選頻段、技術的成熟度將出現落差，參與成員越多、生態資源越豐富，成本也同時下降，具有強者恆強的正回饋效應；其次我國總體願景為讓 5G 福祉能與全民共享，協助電信業和資通訊產業上下游生態系共榮；通傳會為頻譜資源釋出、通訊傳播相關法規、電信通訊和廣播電視等通訊傳播市場之監理機關，基於促進市場公平競爭、頻譜資源有效利用、前瞻監理思維之原則，承擔研擬 5G 時代監理制度之重責。

逐步梳理國際 5G 趨勢、國內 5G 政策架構和主管機關通傳會相關政策目標後，本研究研提之政策建議為持續精進 5G 相關法規，研擬彈性化頻譜釋出政策，賦予各項頻率彈性使用法源依據，說明如下：

1. 5G 頻譜釋出規劃，可研議彈性頻譜釋出政策。

通訊業為高資本支出、民生關鍵產業，各國皆制定多項監理政策以維持市場公平競爭與消費者福祉，同時兼顧開放與有效治理之目標。通傳會基於電信管理法放鬆管制、市場公平競爭和頻率有效利用之精神。本研究建議可研擬彈性化頻率釋出政策，參酌國際最新發展趨勢、國內頻譜資源現況等多方因素後，衡量採評審制、公開招標制、拍賣制或其他適當方式釋出頻譜之可行性。並且因應 5G 創新應用的不確

定性，藉由持續精進頻譜政策，研議實驗頻譜、專網專用頻譜、前瞻頻譜管理模式帶動創新垂直應用。同時鼓勵以實驗先行，進行 5G 應用試驗，待模式成熟後逐步提升至商用階段，協助研擬實驗頻譜相關管理規範，放寬法規限制並制定鼓勵業者（電信業、垂直場域業者）合作之措施。

2. 實施可降低 5G 網路高額布建成本之彈性措施

在 5G 基礎設施建設方面，5G 網路布建需要更高建設成本，因而基礎設施的監理制度成為左右 5G 時代業者成本、通訊市場競爭之關鍵。歐盟新「電子通訊法」逐步放寬頻譜使用限制，鼓勵 5G 網路共建、輔以頻率出租共用等彈性化應用措施，加速歐盟會員國 5G 網路布建。我國「電信管理法」同樣基於放鬆管制精神，放寬業者合作規定。本研究建議除延續頻譜整備與釋出工作，為提升頻率使用效率，持續推動法規調整工作，賦予各項頻率彈性使用法源，促進 5G 網路基礎設施共建共用，並讓頻率得共用、出租出借，或轉讓改配等彈性使用具有正當法規基礎。必要時可透過建立基金等方式，適時提升業者於偏鄉地區布建 5G 網路之投資誘因。

3. 以創新監理思維規劃毫米波頻段應用。

無線電頻段資源日益稀缺，毫米波頻段因而受到各界重視。然而毫米波在物理特性、頻段指配現況和下游應用發展皆與現有中、低頻段存在明顯差異。毫米波具備頻段資源充足、可提升傳輸速率等優點，同時也具備能量衰減快而無法遠距傳輸、相關設備和應用市場不成熟等局限。未來應用情境將明顯不同於中、低頻段和行動通訊應用。在國際經驗方面，除美國以毫米波為 5G 通訊主要頻段之外，其他國家作為輔助頻段使用。此外日本、香港和澳洲皆規劃毫米波頻段結合新興應用政策，反映毫米波具備應用潛力，能實現 5G 應用願景。然而目前技術整備度（Technology Readiness Levels, TRL）、設備成熟度仍

相當低。長期而言，在中低頻段資源有限情況下，毫米波具備重要的應用價值和發展必然性。但以短期觀點而言，現階段技術、設備和下游市場皆不成熟，投資成本將顯著高於應用價值。所以各國皆以孕育技術研發、扶植市場發展為主要施政立場。綜上所述，本研究建議在毫米波頻段釋出方式、管理措施方面可參酌各國創新思維，採取不同政策措施。

4. 鼓勵垂直應用發展之頻譜資源取得機制

各國對於推動垂直應用發展之頻譜政策，態度略有不同。部分國家如德國與日本等，認為有必要設置 5G 專網專頻，讓地區型業者（如製造業）或新創事業能透過專頻導入 5G，藉使強化垂直應用發展；另有部分國家如美國與愛爾蘭，透過實驗先行或劃定實驗區的方式，鼓勵垂直應用 5G 之實驗；部分國家如法國與韓國，探討 5G 中頻段（3.4-3.8GHz）之中是否劃定 5G 專網專頻時，則考量垂直應用能透過與電信業者合作或租借之方式取得服務，故認為無設置 5G 專頻之必要。

我國則由行政院於 108 年 12 月 5 日公告，未來將規定特定頻段（4.8-4.9GHz）作為 5G 專網頻譜使用，按照主管機關目前規劃，其頻率使用費之應繳納數額將與鄰近頻段（3.5GHz）之行動通訊頻譜取得成本相當。

由於我國 3.5GHz 頻段之拍賣價金結果達新臺幣 1,400 億元，若按此標準換算 5G 專網頻譜之頻率使用費，其金額將非常高，可能對有意願導入 5G 之垂直應用業者造成頻譜資源取得成本上之高額負擔。從電信業者之角度，則認為垂直應用之企業客戶市場為其 5G 時代之發展重點，垂直應用業者可與電信業者合作，或向電信業者租用頻譜或網路，擁有更好的網路品質與成本效益。

本研究認為，5G 具備之功能將得以滿足跨領域、跨產業需求，

因此應鼓勵垂直應用導入 5G，讓垂直應用產業也能享有 5G 帶來之便利性。至於 5G 專頻頻譜資源之取得成本，主管機關則應兼顧頻譜取得成本之公平性與合理性，訂定適當頻率使用費。在電信管理法架構下，頻譜資源將得以彈性運用，垂直應用得透過提供使用（租借）取得頻譜資源，或透過網路切片方式，取得 5G 網路並滿足其服務需求。例如義大利主管機關即要求其 3.6-3.8GHz 頻段拍賣得標者應使垂直應用有接取其頻譜資源之機會，以鼓勵創新應用發展。

部分設置 5G 專用頻譜之國家（如德國），或採頻譜共享機制提供創新應用之國家（如英國），其頻譜資源取得成本相較於行動寬頻商用頻譜之拍賣標金而言更為低廉。因此，基於鼓勵創新應用與垂直產業導入 5G 之政策目標，建議應訂定合理之頻率使用費，避免過高之頻譜資源取得成本限制整體國內 5G 市場之發展。

第七章 其他執行項目與相關成果彙整

第一節 支援通傳會於研究範圍內交辦之臨時性協助事務

本研究團隊於執行期間，持續協助委託機關各項臨時協助事項，並依照委託機關需求，協助提交「5G 釋照全球排名概況」與「國際釋出 3.3-3.4GHz 頻段概況」等多個個案研析，執行說明如下表。

表 7-1：本研究協助辦理事項

時程	重要事項	執行說明
108/7/3	提交 5G 業者合作原則初步建議	依委辦單位支援需求辦理
7/4	提交歷次釋照後得標結果	依委辦單位支援需求辦理
7/15	提交 5G 釋照頻率上限及共頻共網原則政策說帖	依委辦單位支援需求辦理
7/16	提交主流國家 5G 頻譜釋照概況	依委辦單位支援需求辦理
7/18	「5G 業者『電信管理法』之合作原則座談會」	派員出席並製作會議紀錄
7/26	5G 發展研究與推動工作小組第 31 次會議	派員出席並製作會議紀錄
7/31	5G 發展研究與推動工作小組第 32 次會議	派員出席並製作會議紀錄
8/6	行動寬頻業務管理規則修正草案公開說明會	派員協助會議執行並製作會議紀錄
8/13	108 年度行動寬頻業務釋照得標者設置網路及共用頻率原則公開說明會	派員協助會議執行並製作會議紀錄
8/19	晨報(108 年度行動寬頻業務拍賣底價初步研析)	研究團隊簡報 5G 底價建議方案
8/22	5G 發展研究與推動工作小組第 34 次會議	研究團隊簡報 5G 底價建議方案
8/23	晨報(108 年度行動寬頻業務拍賣底價初步研析)	研究團隊簡報 5G 底價建議方案
8/28	第 871 次委員會議(108 年「行動寬頻業務」特許執照使用頻率底價討論案)	研究團隊簡報 5G 底價建議方案
9/4	研析不適用外資持股比例之設置公眾電信網路	依委辦單位支援需求辦理，協助整理電信管理法子法訂定所需資料
	研析電信事業應辦理股票公開發行之金額及股東人數	依委辦單位支援需求辦理，協助整理電信管理法子法訂定所需資料
9/11	蒐集各國競價期間資訊公開揭露	依委辦單位支援需求辦理
9/26	蒐集各國位置階段揭露事項 提交立院質詢報告-5G 頻譜拍賣底價分析	依委辦單位支援需求辦理

時程	重要事項	執行說明
	建議	
9/27	整理美國商會談參資料	依委辦單位支援需求辦理
10/16	協助測試數量競價系統(第一場次)	派員協助
10/17	協助測試數量競價系統(第二場次)	派員協助
10/17	提交管理規則第 25 條之 1 設計範例進行說明	依委辦單位支援需求辦理
10/21	確認一回合報價程式驗證結果	依委辦單位支援需求辦理
10/21	協助測試數量競價系統(第三場次)	派員協助
11/04	5G 頻譜競價模擬情境分析	依委辦單位支援需求辦理
11/5	提交 4G 行動寬頻業務釋照每日暫時得標金	依委辦單位支援需求辦理
11/12	確認位置競價排列組合程式之驗證結果	依委辦單位支援需求辦理
11/14	協助回應公平會就 5G 共頻共網共建之提問	依委辦單位支援需求辦理
12/6	提交 5G 釋照全球排名概況簡報	依委辦單位支援需求辦理
12/9	預擬 5G 釋照總結報告簡報	依委辦單位支援需求辦理
12/13	提交國際釋出 3.3-3.4GHz 頻段概況簡報	依委辦單位支援需求辦理
12/13	提交國際兩階段釋照比較表	依委辦單位支援需求辦理
12/19	提交國際使用 WiMAX 概況簡報	依委辦單位支援需求辦理
12/26	國際毫米波頻段頻譜釋出概況	依委辦單位支援需求辦理
12/27	各國 5G 頻譜標金比較	依委辦單位支援需求辦理
109/2/5	我國行動寬頻業務 5G 首波釋照經驗實錄	依委辦單位支援需求辦理
2/10	美國 Auction 103 競價程序摘要	依委辦單位支援需求辦理
2/12	國際釋出 4GHz 頻段概況	依委辦單位支援需求辦理
2/18	泰國 5G 拍賣結果	依委辦單位支援需求辦理
2/26	4G/5G 資費比較	依委辦單位支援需求辦理
3/2	巴西 5G 頻譜規劃	依委辦單位支援需求辦理
3/23	2020 年各國 5G 頻譜拍賣規劃	依委辦單位支援需求辦理
3/31	主要國家推動 5G 加速布建政策措施整理	依委辦單位支援需求辦理

資料來源：本研究整理。

本研究執行過程中，本研究團隊已按委託機關指定時程，指派本中心先後指派孫世芸助理研究員與王資寧助理研究員至委託機關駐點，協助辦理 5G 釋照作業相關會內庶務工作。

第二節 座談會執行成果彙整

一、電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃

本研究團隊於今年 3 月 5 日舉辦「電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃」座談會，依照委託機關之需求，邀請產、學及研究機構等專家學者出席，本次研討會實際出席人數達 27 人。

本場次座談會分別探討無線電頻率釋出方式之法規架構，以及釋照機制下合作模式同意原則等議題，以下分別整理各界意見。

(一) 議題一：無線電頻率釋出方式之法規架構

由於「電信管理法」以提供電信服務進行管理，與「電信法」以業務別進行監管並不相同，與會專家指出頻率使用構想書應可不敘明其使用之業務細項。惟針對是否於應要求欲參與投標之廠商於提出競標申請時，即應繳交營運計畫書一事，與會專家、學者、業者意見並不相同，大致可歸納如下：

1. 部分與會者提出營運計畫構想書涉及業者取得頻譜資源後之營運規劃說明，可能涉及未來業者合作規劃，故有其必要性。
2. 部分與會者表示營運計畫構想書提交之目的在於審查競標者之資格，惟其審查之標準應更加明確。
3. 部分與會者表示電信事業依電信法提交之資安防護計畫書、事業計畫構想書、網路建設計畫書為行政契約，不利於面對快速變化之行動通訊技術發展與市場應用，使得電信事業失去應變之彈性。
4. 部分與會者表示考量既有電信事業經營電信業務逾 20 年，已具備相當之能力，且因無線電頻率使用規劃書已要求載明電信設備之構想，與營運計畫構想書內容大致相同，故建議既

有業者可免於提交營運計畫構想書。

另一方面，雖然無線電頻率釋出方式之法源依據為「電信管理法」第 53 條，與會專家指出，若以公平性而言，本條文第 50 條規範之專用電信網路，兩者取得之頻譜應採相同釋出條件，如(1)同採競標制；(2)電信業者亦可參競標；(3)若專用電信可接公眾電信網路，於釋照時應提出計畫書；(4)應有資通安全規範。

對於學者專家所提對於計畫構想書之建議，本研究認為，由於營運計畫構想書涉及業者取得頻譜資源後之營運規劃說明，可能涉及未來業者合作規劃，為使主管機關能了解業者後續規劃，建議仍應要求業者須提出無線電頻率使用規劃書，內容包含頻率使用規劃與網路設置計畫等。

對於學者專家所提專用電信網路取得頻譜資源，與商用頻譜資源取得方式應採取相同釋出條件之建議，本研究認為應視專用電信網路之應用型態與性質，例如若為警政、消防、電力或能源等具公共性質之專用電信，其頻譜資源之取得條件應與商用頻譜資源有很大差異，難以將兩者相提並論，應視專用電信之服務性質、適用區域與應用對象，再個別評估其頻譜資源取得之相關條件與規範，較為妥適。

(二) 議題二：釋照機制下合作模式同意原則

1. 5G 網路時代下，電信業者可能採用之合作型態，以及合作模式對於市場競爭之影響範疇與程度

依「電信管理法」之規劃，電信業者之合作型態可區分為主/被動式網路合作與頻率合作，其中主動式網路合作與頻率合作會涉及競爭議題，應審慎評估。專家表示，頻率為稀有資源，不可過度集中。此外，開放 5G 合作之目的在於降低網路布建成本，其成本之計算應架

構於對頻譜需求之預測，故建議監理機關應投入資源，以計量分析與建立模型預測頻譜需求。另一方面，有業者提出，目前僅開放 5G 頻譜共用，惟未來 4G 頻譜陸續重整 (refarming) 為 5G，宜考慮開放 4G 頻譜之共用。

最後，與會者提出本次釋照係依「電信法」釋出頻譜，並不適用「電信管理法」之合作規劃，未來在 3 年內之過渡期，兩法之競合關係應加以釐清。再者，監理機關與競爭主管機關應就可能合作態樣進行事前之溝通，以避免有競爭疑慮而違反公平法。

對於學者專家所提出對於 5G 網路時代業者合作型態之建議，本研究認為，隨著技術演進，各種節省成本之合作型態將更加可行，雖然能帶來資源有效利用與降低網路布建投資成本壓力之優點，然主管機關仍有必要掌握合作模式下之頻譜資源集中與市場競爭相關發展，避免因部分業者之合作導致造成對市場競爭之風險。

2. 監理機關檢視合作模式之准駁標準

與會專家提出，合作模式之准駁標準可參酌歐盟審查合作之同意原則，可設計矩陣模型，縱軸為頻率（依頻譜特性區分高低頻），橫軸為區域（依人口密集分），依業者合作深度決定准駁與否。再者，參酌技術發展之動態以 10 年為一期，監理機關之審查原則或可每 5 年評核一次。考慮消費者權益，應將 QoS 納入准駁評估標準。惟，基於一事不兩罰的原則，營運違規紀錄不應納入准駁評估標準。

就業者之意見，有業者提出未來監理機關檢視合作模式之准駁條件與規範應有明確之標準，甚至可採負面表列方式。而頻率共用涉及資源持有與使用集中度，攸關競爭公平性之維持，故除應設置頻率共用之上限外，更不應「溯及既往」，或合作後超出頻譜持有上限之處理方式應明確說明（如繳回或下次拍賣時限制其取得之頻譜數量）。就合作之服務品質而言，有業者表示，NCC 已設有 25 項服務品質規

範，故未來合作模式之准駁標準建議可參採此規範。

對於學者專家所提出合作模式之准駁建議，本研究認為，參酌技術發展對監理造成之影響，故主管機關可定期檢視審查原則對市場與技術之適用度，對於頻率共用之准駁，除應規範共用上限外，更應確保是否可能造成業者間過度交換經營策略或共謀降低競爭程度之風險，並定期檢視業者於合作後，是否對消費者使用服務之品質造成不利影響，若有明確因合作導致消費者使用服務品質下降之事證，則應規範合作雙方檢討並改善。

二、5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望

本研究團隊於今年4月8日舉辦「5G 頻譜釋照機制與未來展望」座談會，依照委託機關之需求，邀請產、學及研究機構等專家學者出席，本次研討會實際出席人數達24人。

本場次分別探討首波5G 頻譜釋出競標機制之檢視與回顧，以及對於後續頻率釋出方式之建議等議題，以下分別整理各界意見。

(一) 議題一：對於本次頻譜釋出競標機制之檢視與回顧

1. 對競標者而言，採取對需求頻寬數量投標（數量競標）與對特定頻塊位置出價，在競標理論或實務上可能有哪些差異，優缺點為何？

此次5G 釋照業者在第一階段拍賣已經為取得頻譜數量付出高昂代價，並且第二階段業者之間位置協商未能達成協議，故又進行一次單回合密封標拍賣來決定得標業者區塊之位置。對業者而言，第二階段之位置拍賣又必須付出標金，難免覺得負擔沉重，更重要的是投標金額無參考值而增加競標的不確定性，故有業者建議後續頻譜拍賣方

式取消兩階段競標設計。但仍有業者支持兩階段拍賣設計，以確保獲取連續頻塊，提高頻譜使用效率。

對此，研究報告已於第四章第三節之小區塊拍賣及兩階段釋照進行分析，設計小區塊單位是讓參與競標之業者經由投標行為主動表達其需求，故在此設計下，若以具體位置競標，業者可能會視區塊位置而有策略性投標，釋照結果也無法確保得標者取得連續頻寬，而影響頻譜使用效率。再者，從國際經驗，小區塊設計下往往伴隨二階段拍賣。

2. 執行競標作業時，若需求強勁促使標金上升高漲，是否有設計降溫機制之必要？可行作法為何？或仍交由市場機制決定？

座談會之與會專家學者與業界先進多數贊成導入降溫機制，但執行方式有不同意見：(1)導入降溫機制，並於競標前就明確定義啟動條件（如以國際標竿作為參考值）。啟動降溫機制後，重新檢討競標機制設（如重新檢視頻譜取得上限、資訊揭露項目等）；(2)導入降溫機制，並於競標前就明確定義啟動條件，但不可更改競標機制（如熔断機制）。此外，部分業者與專家學者贊成導入儲備金或其他可以來檢視競標者之財務能力證明文件，促使競標者在競標中保持理性。

本研究認為，無論從學術研究或國際實際拍賣經驗，未有確定義何謂競標過熱與標金達到多高才應啟動降溫機制，以及亦無法確保重啟拍賣後標金激升過程不會重演。因此，回歸拍賣的重要精神，應讓投標者為其所有投標行為承擔完全責任。惟，為確保競標者能夠理性出價，並檢視其具支付價金之財務能力，建議設計暫時得標預儲金機制，並在繳納期限內，主管機關可考慮競標程序暫停，藉此可望達成競標過熱之降溫效果。詳細說明參見第四章第三節之降溫機制研析。

3. 部分國家之頻譜拍賣採取資格點數與押標金連動之方式，該機制應用於我國競標實務之可行性為何？應設計那些

配套措施？

為加入競標收斂，有業者提出取消以「期」為單位之活動規則，於第 51 回合起即要求各回合提出之需求頻，不得超過前一回合提出之需求頻寬或暫時得標頻寬之最大值，即可達到同樣之目的。就資格點數而言，設計導入資格點數並搭配活動規則，將可促使競標者真實表達其需求外，加速競標收斂速度。此外，透過資格點數與押標金連動之設計，可確保參與競標者具備一定財務能力。本研究團隊於座談會議徵求與會者之意見發現，電信業者普遍認為導入資格點數會增加其負擔，專家學者則認同導入資格點數之設計。

本研究評估，以「期」為單位之活動規則雖可促使競標者真實反應其需求，達到儘速收斂之目標，但主管機關無法從競標者投標行為觀察其真實需求。反觀，參採國際經驗導入資格點數機制，除了可促使競標者積極出價，將有利於主管機關掌握業者真實需求，同時透過資格點數與押標金連動之設計，亦可確保參與競標廠商之財務能力足以支付得標金額。詳細說明參見第四章第三節之加速機制研析。

(二) 議題二：後續頻率釋出方式之建議

1. 目前得標者繳納得標金得採分期付款之設計，是否會影響競標行為？對於分期付款機制之建議與看法為何？

根據現行「行動寬頻業務管理規則」第 36 條之規定得標者可選擇以一次付清或以 2 至 5 年分期繳納方式繳納得標金。惟，相較於本次拍賣結果總標金高達 1,421.91 億元，業者僅需繳納新臺幣 10 億元即可參與競標，兩者差距過大。座談會議之與會者普遍同意保留分期付款機制，以使更多業者有機會參與競標。但亦有業者建議取消分期付款制度，其認為競標者於投標時就應評估參與競標的價值。

針對本議題，研究團隊認為現行押標金 10 億元之設計已與實際競標所設定之底價、實際得標金額脫勾，因此研究建議搭配規範競價

者取得資格點數所需支付之押標金設計，以降低押標金與實際得標金額之落差。分期付款選項仍可保留，以增加得標者繳納標金之彈性。

2. 對於後續 5G 頻譜執照競標第二階段位置競價，是否仍維持現行採先協商、協商不成再進入一回合密封標競價之程序？或有其他建議方案？

對於二階段位置競價之設計，有業者表示應取消，以減少競標過程之不確定性，但也有業者認為，兩階段的設計可確保得標者獲得連續頻塊。此外，亦有業者建議可參考德國作法，於第一階段數量競標時將前後兩頻段設立為具體頻塊，基於頻譜連續性的要求，前後兩個頻塊的得標者已經決定位置，中間頻段競標者的競爭性會相對小，以緩和第二階段位置競標的競爭性。

研究團隊認為，本次釋照於第二階段位置競價已提供協商的機會，從 28GHz 頻段之得標者所提交頻率位置意向書中並無重疊，可視為達成共識。惟，3.5GHz 頻段因不同頻率位置之生態系統(eco-system)成熟度存有差異，且得標廠商之間經營策略考量而無法取得共識，進而進入一次性之密封標。此方式國際間之競標設計相同（如英國、德國），故維持現行機制。另一方面，德國在 3.6GHz 頻段拍賣中，將釋出頻段之前後兩區塊訂為具體頻塊，以減少位置組合爭議，因此研究團隊認為此設計亦可列為下次釋照之參考方案。

3. 對於首波 5G 頻譜釋照採用之競標機制，未來釋出第二波 5G 頻譜時是否持續沿用？有無建議或其他意見？

與會專家學者、業者一致表示，對於我國 5G 政策藍圖、頻譜供應、產業發展策略主管機關應有長期的規劃，並於競標前公布，以減少競標者之不確定性。再者，本次頻譜拍賣係依「電信法」之架構下進行，未來「電信管理法」施行後，開放頻譜資源合作，兩者並不相同。因此有業者提出，未來釋照機制應將其一併考量，如於拍賣事前

審查機制應與事業計畫構想書連結，包括網路建設承諾、規劃的合理性、頻率的需求，以及財務規劃都應視為審查的重點，並應同時與降溫機制連結，重新檢視競標者的資金成本率與事前規劃的合理性。

此外，與會專家提醒，頻譜供應固然需考量公平性，但拍賣機制無法實現經濟、產業政策或 5G 願景，本次拍賣結果歸因於頻譜供應不足，應從供應面討論。而拍賣機制設計之目的係將頻譜進行最適分配（隱含由價高者得標），兩者必須加以釐清。

最後，標金過高雖可增加國庫收入，但有礙於業者布建網路之能力，且亦可能影響消費者進用 5G 之機會，故部分與會專家建議除了以拍賣機制釋出頻譜資源，未來也可依頻段特性考慮採審議制進行頻率指配。

本研究報告已於第四章第三節完整分析本次競價結果與未來釋照機制建議，項目包括數量競標、小區塊拍賣及兩階段釋照、降溫機制（導入暫時得標預儲金）、加速機制（導入資格點數與活動規則）、分期付款、資訊規則、拍賣程式資料庫設計，以供主管機關參考。

第八章 結論與建議

一、國際 5G 頻譜規劃與釋出政策研析

自韓國於 2018 年 6 月首次宣稱以 5G 標準釋出 3.5GHz 頻段與 28GHz 頻段以來，全球許多國家積極推動 5G 整備與釋出政策，根據全球行動供應商協會（Global Mobile Suppliers Association, GSA）之統計，截至 2020 年 2 月，全球已有 40 個國家與地區完成適合 5G 技術（含技術中立執照或行動寬頻服務執照）使用頻段之釋照作業。本研究整理主要國家已釋出之頻段，中頻段為多數國家發展 5G 服務的首要頻段，其次則為毫米波頻段（24GHz-28GHz），規劃釋出頻段則有較大之差異。

就頻譜釋出方式之選擇，主要國家採拍賣制為主（如英國、愛爾蘭、美國、韓國等），僅日本、中國與新加坡採審議制。考量釋出頻譜的連續性，採拍賣制釋出頻譜資源之國家多採兩階段釋照之 CCA（如愛爾蘭、美國、韓國等）或改良型 SMRA（英國、義大利、香港等）之競價機制。針對採拍賣制之 5G 頻譜底價之設算，則可歸納出國際標竿法（如英國、愛爾蘭）、過往拍賣成果（英國、義大利）、相頻段市場價格（英國、義大利）、反應拍賣過程中主管機關衍生之相關費用（瑞典）、反映頻譜價值（美國、香港、澳洲）等方式。一般來說，計算頻譜底價會採二至三種方式，以作綜合的考量。

考量頻譜資源之稀有性，為確保取得頻率執照之電信業者積極布建網路，本研究計畫所研究之國家皆訂有網路布建義務，分別從地理或人口涵蓋率（如英國、愛爾蘭、美國等）、基地台數量（奧地利、德國、韓國等）、投資金額（如日本）等不同措施設置義務。同時因應 5G 新服務與既有業務的和諧共存議題，也有不少國家將相關責任附加於得標者義務，要求得標業者須負起主動避免之責任。再者，雖然新興技術推動頻譜需求大幅增長，但頻譜資源供給卻成長有限。在頻

譜資源日益擁擠的趨勢下，除從技術面開拓新頻譜資源（例如毫米波頻段）和新管理技術、從制度面提升頻譜使用效率，各國亦開放 5G 業者合作，包括新進業者漫遊與商業協商漫遊（如德國、義大利、法國）、容量批發（如英國、德國、日本等）、網路共用（多數國家）與頻率共用（如英國、義大利）。就頻率共用部分，則在有限度的開放下，允許業者共用，如義大利允許 26GHz 頻段開放頻率共用。

最後，由於 5G 具備催生各種新興應用服務的深厚潛力，因而各國均持續推動 5G 與各項新興創新服務發展，積極制定各項新興產業扶植與監管政策。不過，各國電信市場與監管架構存在政策目標、法規環境與市場結構特殊性，對新興產業扶植政策措施上各有強調之政策重心。主要研究國家多規劃垂直場域，以發展 5G 創新應用，其政策大致可區分為：企業專網（如德國、日本、新加坡等）、頻譜共用和實驗執照（英國、奧地利、美國等）、其他政策推動（如義大利、韓國、中國等）等三類。

二、我國 5G 頻譜釋照底價研究與拍賣競價機制研析

本研究採用國際標竿法、計量經濟分析和成本降低模型法，以設算 5G 頻譜價值範圍。但由於 28 GHz 頻段之頻譜覆蓋範圍非常小，28 GHz 不會使用在廣域 RAN 網路中，且目前還沒有足夠的數據供計量經濟分析法對 28 GHz 頻段價值的進行可靠預估，故僅採國際標竿法估算頻譜價值。另一方面，為協助通傳會計算 5G 頻譜拍賣底價，除參考頻譜價值估算結果，同時一併考量本次釋照之政策目標訂定，依各頻段計算執照期間預期總價值，並扣減頻率使用費後，再考量各頻段競爭程度，設定價值與底價折扣比例。

就拍賣競價機制而言，本研究於競標前就通傳會已於 2019 年 9 月 3 日公告修正「行動寬頻業務管理規則」部分條文中涉及數量競價部分之管理規則第 25 條至第 31 條所設計拍賣制度進行模擬，以確保管理規則之競標規則具可操作性。頻譜拍賣結束後，本研究根據通傳

會公布數量競標 261 回合之各回合競標資料，分析各參與競標廠商之出價行為，作為檢視競標機制設計之依據。考量 3.5GHz 頻段為本次釋照之熱門頻段，以下分析業者在此頻段之投標資料，並比較各業者投標之積極度。

分析結果顯示，本次拍賣回合與總標金均超乎預期的主要原因是業者需求強勁，在熱門頻段 3.5GHz 僅釋出 270MHz 頻寬，並考量 5G 頻譜資源最佳使用效率而設有單一得標者取得上限 100MHz 之規劃下，實屬供不應求。再者，本次 5G 釋照為電信業者參進下一代行動通訊技術之重要機會，在面臨無法整備更多頻譜資源的情況下，建議於競標前即由主管機關提出長期的頻譜供應計畫，以減輕業者之不確定性。

針對競標機制設計之合理性，本研究除檢視通傳會公告之「行動寬頻業務管理規則」涉及競標條文第 21 條至第 35 條，研究團隊就競標機制設計與電信業者進行訪談，以及辦理座談會蒐集產學研之意見，提供包括數量競標、小區塊拍賣及兩階段釋照、降溫機制、加速機制、分期付款、資訊規則、拍賣程式資料庫共七項分析及政策建議，概述如下：

1. 數量競標

我國歷次頻譜拍賣都是業者以「價格」競標，出價最高者得到暫時得標者地位。但此次 5G 釋照制度則是由拍賣官宣布回合價，業者以「數量」競標，並以隨機方式在各回合對業者指派「抽籤序號」，然後再依照此序號決定分配頻譜區塊之順序。此一方式對各業者而言隨機決定抽籤序號的方法是一種公平的分配機制，於釋照拍賣過程中此隨機過程也都能順利運作。回合價上升機制也運作順利。

2. 小區塊拍賣及兩階段釋照

政府拍賣之單位頻寬大小設計隱含政府對得標者的規劃，例如，本次釋照若規劃 4 個大區塊，則可能隱含主管機關希望由 4 家業者得

標之猜測，若採用小區塊單位，則由業者經由投標行為來主動表達其需求，應屬較適合之作法。依據國際經驗，小區塊設計下往往伴隨二階段拍賣，以確保業者標到的區塊處於連續位置。雖然本次釋照於數量競標業者已經為頻譜數量付出高昂代價，於第二階段之位置拍賣又必須付出標金，難免覺得負擔沉重，但採拍賣釋出頻譜資源之基本精神就是由效率最高、願意付出最高價格的業者標到頻譜。對區塊位置也應相同處理，如果有業者願意為其偏好的位置付出額外標金，就應該進行第二階段的位置拍賣。再者，受限於現有技術發展與設備成熟度，本次釋出之 3.5GHz 頻段之頻率位置市場價值略有差異，已於第二階段位置競價提供暫時得標業者協商的機會，因無法取得共識，方以一回合報價決定位置。

3. 降溫機制

本次頻譜拍賣過程中，因競標過熱引發外界對拍賣暫停或結束規則之討論。雖然現行「行動寬頻業務管理規則」第 21 條之 3 即賦予主管機關得宣布暫停競價程序之法源依據，但在未有明確暫停之定義與重啟條件下，若貿然適用容易引發爭議。此外，沒有科學方法可以決定標金達到多高才應啟動終止機制，也無法確保上次標金激升過程不會重演。為確保競價者能夠理性出價，並檢視其具支付價金之財務能力，本研究建議參考英國競標機制設計，導入暫時得標預儲金制度，當總標金達總底價之一定倍數時，主管機關得要求暫時得標者於競標階段中應繳納一定額度之暫時得標預儲金（如暫時得標總金額之一定比例）。暫時得標預儲金繳納期限內，主管機關可考慮競標程序暫停。藉由設計暫時得標預儲金可達成競標過熱之降溫效果，以及降低監理機關承擔競標者未能支付標金之財務風險。

4. 加速機制

現行「行動寬頻業務管理規則」第 26 條中訂定有加速機制，以

期能加速拍賣的進行，但拍賣資料顯示加速機制並未達成預期效果。探究原因，依法設計數回合為一期，自第 51 回合起，3.5GHz 頻段每期各回合提出之需求頻寬，不得超過該頻段前一期提出之需求頻寬或前一期各回合之暫時得標頻寬之最大值。在此規定下，競標者為確保其在下一期可提出最高需求頻寬，往往會在當期結束前提高需求，而促使回合價上升，並延長競標時間。因此，建議取消以「期」為單位之活動規則，於第 51 回合起即要求各回合提出之需求頻寬，不得超過前一回合提出之需求頻寬或暫時得標頻寬之最大值，以加速拍賣收斂。此外，為了確保拍賣能以更合理的速度進行，研究團隊建議應該仿照國外經驗，設計更完備的資格點制度，以促使業者真實反應其需求。

5. 分期付款

根據現行「行動寬頻業務管理規則」第 36 條之規定得標者可選擇以一次付清或以 2 至 5 年分期繳納方式繳納得標金。惟，相較於本次拍賣結果總標金高達 1,421.91 億元，業者僅需繳納新臺幣 10 億元即可參與競標，兩者差距過大。因此研究建議搭配規範競價者取得資格點數所需支付之押標金設計，以降低押標金與實際得標金額之落差。分期付款選項仍可保留，以增加得標者繳納標金之彈性。

6. 資訊規則

就學理角度而言，拍賣屬於不完全資訊賽局，投標者只知道自己對頻譜區塊之評價高低，但卻不知道其他投標者的私有資訊。因此資訊揭露是拍賣制度中很重要的一環。資訊不足會影響參與者下標判斷，資訊過多則又可能造成業者之間相互攻擊。依據本次釋照過程而言，現行資訊揭露規定應可維持，尚無修訂之必要。

7. 拍賣程式資料庫

本次 5G 釋照拍賣制度與以往經驗有重大差異，且決標標金遠高於預期，應透過資料庫方式完整紀錄、保存拍賣程式中各業者的投標行為，對於檢視競標機制設計之利弊有相當幫助，以供日後進行政策及學術分析，亦可做為未來競標機制修訂之參考。

因此，本研究建議 NCC 建立模擬拍賣程式資料庫，以便日後可繼續研究不同拍賣制度細節之執行方式（例如資格點數之設計及執行），並邀集相關業者進行測試，以確保業者都能瞭解競標機制之操作方法。

三、電信管理法架構下之頻率資源配套

1. 釋照機制下合作模式同意原則

本研究經完成國際政策研析比較、分析我國市場特性與蒐集專家學者之建議後，建議主管機關在審酌既有行動網路經營者 MNO 進行此一合作方式時，應綜合評估其帶來資源有效利用、成本節省效益、對設施競爭的影響，以及消費者權益的保障，包括：

- 現有獨立公眾行動通信網路的數量及網路涵蓋情形。
- 實施地理範圍，如對於人口稠密的都會區應維持基礎設施競爭原則，反之偏鄉地區則應原則允許網路共用。
- 網路共用的服務型態，是否同時包括 4G 與 5G，包括越多則影響程度越大。
- 對於用戶服務品質的影響：不得因為網路共用影響用戶通信服務的基本權益。
- 執照義務的履行，如基地臺數量或人口涵蓋要求等，不因網路共用而有影響。

- 頻譜共用業者可能具有共同決定服務區域、技術等相互約束事業活動之行為，足以影響服務供需之市場功能，或者有承租他事業主要部分之財產，進而構成公平交易法上聯合或結合行為的疑慮，因此應就其共用協議在公平交易法之適法性，移送行政院公平交易委員會辦理。
- 網路所有權及使用責任歸屬。

針對頻率共用議題，其對於市場競爭之影響程度較大，且必須以網路共用為前提，因此除須對於上述網路共用所需考量的因素加以審酌外，本研究研提同意原則如下：

- 頻譜共用在架構上包括網路共用，因此在技術上必須瞭解是否仍有獨立控制網路、決定服務內容之決策能力，若無則應可認為共用事業彼此間不具網路層競爭關係。
- 頻譜共用之業者，在規範上仍須完成其執照相關義務，如基地臺設置數量或人口涵蓋率等。為有效監理行動網路經營者在頻譜共用上所負擔的權利義務，多數國家頻譜共用案例均透過成立合資企業方式進行，此一作法可供主管機關加以參考。
- 頻譜共用之合計頻寬，應符合頻譜使用上限，其頻譜資源集中情形不得導致有過度減損市場競爭之後果。
- 在服務層競爭上，不應顯著減損消費者的選擇可能性，且應維持基本服務品質。
- 對於頻譜共用的頻段，主管機關得以依循相同的考量項目進行評估。如既有 4G 頻段是否得納入頻譜共用頻段，應考量共用方在頻譜使用集中上有無符合上限規定，且在網路共用上對於網路層競爭的影響程度為何，包括共用的區域範圍、

時間及網路效能的差異程度，以及對於服務層競爭的影響（服務品質、競爭條件等差異化），綜合加以考量。

2. 電信事業申請使用無線電頻率核配方式及相關法規條文

鑑於鈞會已公告「無線電頻率使用管理辦法」草案，刻正辦理法制作業程序，且電信管理法第 53 條第 3 項所授權規範之事項，已有部分包括在該辦法草案中，因此對於其他與電信事業申請無線電頻率核配之事項，本研究建議應以制訂「電信事業申請無線電頻率核配辦法」草案加以規範，以與「無線電頻率使用管理辦法」草案兩者結合作為完整規範。

本研究研提「電信事業申請無線電頻率核配辦法」草案，針對開放及受理申請、核配方式、應繳納之費用以及附則等相關章節研擬草案條文，供委託機關參考。

四、研擬我國推動 5G 應用發展、網路建設規劃以及垂直場域推動之相關政策

1. 我國推動 5G 發展經驗比較

本研究參考國際 5G 發展推動政策，建議可參考歐盟設置 5GPPP 組織、愛爾蘭或韓國設立第三方學研機構或論壇之方式，以及美國設置 5G 基金等優點，用於協助推動 5G 產學人才發展及因應 5G 世界變革的政策制度，對 5G 基礎設施（適用於電信業者）、產業發展面（電信業者與垂直應用業者，如產學合作、創新應用）以及社會關懷面（健全內容文化產業環境、假新聞及教育問題、保障資訊安全）等三大層面制定鼓勵措施。

考量主管機關完備 5G 政策之準備工作項目及任務繁重，故本研究建議應有部分標金應用於提升主管機關制定政策措施與使用政策工具之用途，強化主管機關施政能量。

另外，人才長期培育機制實為一國競爭力之重要根本，故本研究建議將 5G 標金設立長期發展基金。首先，補助重要領域的基礎科學研究，培養國內產學能量，其次，將基金用於偏鄉地區之網路布建與人才培育，解決數位落差問題並帶動相關資通訊產業之建設及研發動能。5G 執照長達二十年的期間，應建立中長期之國內人才培育與運用機制，一方面將協助業者減少對國際大廠的依賴，降低網路布建成本，另一方面，提升國內人民競爭力及就業率、降低數位落差並扶持相關創新應用發展。

本次 5G 標金雖高，但藉由主管機關對電信市場競爭的良好規管，應可確保消費者之實際負擔金額不會因為高額頻譜價金而受影響。目前，得標的 5G 廠商建設義務為至少涵蓋 50% 營業區人口，在 5G 建設成本及標金支出的沉重壓力下，對於業者的涵蓋率，主管機關有必要為更進一步降低都會區與偏遠地區用戶使用 5G 服務可能存在之數位落差情形作出應對措施，爰建議參考美國設立 5G 基金之方式，保留部分標金，作為未來對 5G 業者未涵蓋區域之建設基金，協助使偏遠地區用戶於使用 5G 服務時，付費金額為合理可負擔之金額，藉以降低數位落差。

2. 後續頻率釋出政策

本研究彙整各國 5G 候選頻段釋出政策，聚焦於頻段差異與釋出方式、頻譜彈性使用、垂直應用等三方面趨勢，並基於主管機關權責研擬相對應之三項建議。本研究觀察到各國頻率釋出方式存在頻段差異。中低頻段各國多採用拍賣制方式確保頻譜價值。至於毫米波頻段，因應毫米波發展不確定性，不少國家嘗試以不同方式釋出頻段，並規劃新型區域執照、垂直專網等方式，試圖探索頻段資源與垂直應用有效整合的政策思維。

5G 時代網路布建可能需花費較高的投資成本。本研究觀察到各

國政府多數鼓勵網路共建、被動式共用等措施。至於強制漫遊、容量批發（MVNO）合作類型，由於 5G 正式商轉國家有限，並且皆為初期布建階段，因此不少國家尚未表達明確立場。但在頻譜共用、交易議題較為複雜，各國立場明顯分歧。頻譜共用、交易議題影響深遠而更顯複雜，各國仍在探索適當措施。

垂直應用為 5G 新興重點議題，以頻段資源立場觀察，部分國家多規劃於 1-5 GHz 頻段與毫米波頻段，並且可能採用專頻或頻譜共用方式為之。1GHz 以下低頻段資源最稀有，因而無垂直應用釋出規劃。中頻段資源須面臨與既有業務和諧共存、拍賣頻譜公平性等議題，釋出國家採取頻譜共用（英國）、賦予多項配套措施和使用限制等方式。至於毫米波頻段，由於技術、設備成熟度不高，頻段資源充足，並且頻段具備涵蓋範圍窄而干擾嚴重性相對輕微，使得不少國家規劃在毫米波頻段規劃垂直應用相關政策。

因應上述三項議題，本研究研提之政策建議為持續精進 5G 相關法規，研擬彈性化頻譜釋出政策，賦予各項頻率彈性使用法源依據。

5G 技術深具應用潛力而備受各界重視，然而同時存在技術尚未成熟，投資和建設成本高昂之挑戰，因此應考慮如何降低建設負擔及分散投資成本，並且開創可培育創新應用的發展環境。本研究建議可研擬彈性化頻率釋出政策，參酌國際最新發展趨勢、國內頻譜資源現況等多方因素後，衡量採評審制、公開招標制、拍賣制或其他適當方式釋出頻譜之可行性。藉由持續精進頻譜政策，研議實驗頻譜、專網專用頻譜、前瞻頻譜管理模式帶動創新垂直應用。同時鼓勵以實驗先行，協助研擬實驗頻譜相關管理規範，放寬法規限制並制定鼓勵業者（電信業、垂直場域業者）合作之措施。

在 5G 基礎設施建設方面，5G 網路布建需要更高建設成本，因而基礎設施的監理制度成為左右 5G 時代業者成本、通訊市場競爭之關

鍵。本研究建議除延續頻譜整備與釋出工作，為提升頻率使用效率，持續推動法規調整工作，賦予各項頻率彈性使用法源，促進 5G 網路基礎設施共建共用，並讓頻率得共用、出租出借，或轉讓改配等彈性使用具有正當法規基礎。

無線電頻段資源日益稀缺，毫米波頻段因而受到各界重視。然而毫米波在物理特性、頻段指配現況和下游應用發展皆與現有中、低頻段存在明顯差異。毫米波具備頻段資源充足、可提升傳輸速率等優點，同時也具備能量衰減快而無法遠距傳輸、相關設備和應用市場不成熟等侷限。長期而言，在中低頻段資源有限情況下，毫米波具備重要的應用價值和發展必然性。但以短期觀點而言，現階段技術、設備和下游市場皆不成熟，投資成本將顯著高於應用價值。所以各國皆以孕育技術研發、扶植市場發展為主要施政立場。綜上所述，本研究建議在毫米波頻段釋出方式、管理措施方面可參酌各國創新思維，採取不同政策措施。

附件一：電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃座談會

會議紀錄

壹、時間：109 年 3 月 5 日(星期四)下午 2 時

貳、地點：集思交通部會議中心 201 會議室（臺北市杭州南路一段
24 號 2 樓）

參、主持人：陳人傑主任

紀錄：徐玉珊

肆、出席單位及人員：(詳如簽到單)

伍、主持人致詞：(略)

陸、綜合討論摘要：

議題一：無線電頻率釋出方式之法規架構

依據電信管理法第 53 條第 3 項所規定的「電信事業申請無線電頻率核配之資格、條件、程序、使用期限、無線電頻率數量、限制、履行擔保方式及其他相關事項之辦法，由主管機關定之」之辦法，其所應具備之規範項目為何？是否應包括營運計畫構想書？

一、劉崇堅教授：

(一)電信頻率有效管理的三個前提條件，效率、公平與和諧。若以此三大面向檢視本次 5G 頻譜釋出成果，可發現效率與公平，大致符合條件要求。惟就公平性而言，仍有討論的空間。

(二)本次座談會之主題為：電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃，其範圍並不限於電信管理法第 53 條之範疇。故對於議題一之發言，亦包含依電信管理法第 50 條，專用電信網路取得 5G 頻率，所可能衍生之公平性問題。

(三)由競爭公平性角度觀之，電信管理法 53 條所規範之電信事

業，與 50 條規範之專用電信網路，兩者取得頻譜應基於相同釋出條件。包括：(1) 同採競標制；(2) 電信業者、持有中繼線路電纜執照的有線電視業者等亦可參與競標；(3) 依電信管理法第 50 條規定，專用電信不得接續公眾電信網路，除非是電信管理法第 50 條第四項之特殊例外規定。；(4)若專用電信違反第五項規定，則依電信管理法第 77 條之罰則，裁罰或廢止執照。因為專用電信業者若將規定頻率起始範圍、使用對象以及用其他方式與使用場域以外的外界連結，將造成競爭上極大的問題；(5)一旦專用電信與公眾電信連接，提供 5G 垂直應用服務時，訊號必需跨越不同的業者與網路層級，其中的資通安全等，應有明確規範。

二、江耀國教授：2003 年歐盟的法律架構就定得很清楚，電信事業就是取得一般許可的 ECN (Communications Network) 及 ECS (Electronic Communications Service)，有權利也有義務，有取得頻率的資格的權利，還有其他的權利，如號碼及路權。但相對而言，就有一般義務、特別義務以及指定義務。有別於電信法以業務別進行監管，電信管理法則以提供電信服務進行管理，故頻率使用構想書應可不敘明其使用之業務細項。

三、張時中教授：

(一) 競標時應避免勾結，網路會有彈性，各種新創的服務等，因此頻譜的使用、頻率的使用，要有一定的配套彈性，營運計畫構想書涉及業者取得頻譜資源後之營運規劃說明，可能涉及未來業者合作規劃，故有其必要性。

(二) 業者合作態樣、策略應納入頻譜競標機制設計之考慮因素。

(三) 考量行動通訊技術發展變動大，未來營運計畫構想書、營運計畫書之變更不可避免，應預擬審查標準

四、劉莉秋副秘書長：技術跟市場變化得非常非常的快，轉為電信管

理法，第一點名義上說要鬆綁，開始以行為管制取代事前的預防性管制；第二點業務跟執照是分離的；第三點把網路建設開始有彈性；第四點是商用頻譜取得的方式，不再像過往一樣只有競標，商用頻譜的取得方式已經出現了變化，而且專用電信已經進入了商用頻譜的部分，這一次 5G 競價是在電信法的架構之下，因為在電信法的架構之下，電信事業業務跟執照沒有分離的情況之下，被視為準公用事業，電信事業依電信法提交之資安防護計畫書、事業計畫構想書、網路建設計畫書為行政契約，不利於面對快速變化之行動通訊技術發展與市場應用，使得電信事業失去應變之彈性。基於前述理由，未來電信管理法下無線電頻率釋出不宜納入營運計畫構想書。如未來電信管理法下，上述各項計畫書無法通過，會產生何種問題？

- 五、亞太電信：未來頻譜核配權利、義務皆訂於公告，應可不納入營運計畫構想書，但因應市場變化，可考慮要求電信事業每年更新營運概況（如股權、網路布建數量、服務品質、客訴）
- 六、中華電信：營運計畫構想書提交之目的在於審查競標者之資格，惟其審查之標準應更加明確。
- 七、台灣大哥大：考量既有電信事業經營電信業務逾 20 年，已具備相當之能力，且因無線電頻率使用規劃書已要求載明電信設備之構想，與營運計畫構想書內容大致相同，故建議既有業者可免於提交營運計畫構想書。如果是新進業者的話，可能可以考慮用先有一個這樣的審查，這樣是比較合理的，在電信管理法 50 條有註明，業者在申請的時必須繳交無線電頻率規劃書，包含了電信設備概況、相關的構想等，大致包含現有構想書內容，據了解，綜規處也在擬定一個核配辦法，包含相關的規定在項目裡面，可以作為參考的，針對其他規則裡面，在審議服務品質標準，沒有明確的定義。
- 八、遠傳電信：

- (一) 頻率之管理應該於「公平使用(取得頻率者之權利義務均等)」、「和諧使用(無干擾)」、「有效運用(使用效能與價值最大化)」三大前提下進行。
- (二) 頻率釋出應符合「相同服務、相同管制」原則，即商用電信使用之頻率與商業領域之「垂直場域應用專用頻率」，其頻率之釋出方式(採競標)、頻率使用費應相當。
- (三) 若開放申請用於商業領域之專用頻率，不應排除電信業者參與申請之機會。
- (四) 專用電信於用途與對象均具有公益、公共性質，且均應「不介接公眾網路而為完全封閉之私有網路」，以避免有違反公平競爭或專用電信之設置目的。
- (五) 申請競標者之資格已有相關限制(如國籍、外資持股比例、同一/聯合申請人限制)，故無於申請前提出「營運計畫構想書」以證明競標者有具體運用頻率並進行後續建設與提出服務之規劃必要性。

九、台灣之星：未來業者的營運計畫跟網路建置計畫一定都是經過 NCC 審核，營運的規劃其實都已經在核定過的營運計畫裡，而未來法規上業務和頻率是脫鉤的，業者只要針對頻率使用的方式提出頻率使用規劃即可。

議題二：釋照機制下合作模式同意原則

議題 2-1：5G 網路時代下，電信業者可能採用之合作型態

一、劉崇堅教授：

- (一) 對於網路共用部分，業者不應因網路共用而免去建設義務。頻率共用部分仍需要避免過度集中。除非業界有共識、或因市場變動、造成網路容量數增、減，才可能討論准駁標準。

(二)頻譜資源不應過度集中。

二、江耀國教授：

(一) 論到與競爭的關係，我們可以將「頻率共享」及「網路共享」這兩個部分加以區別。「頻率」為提供電信服務的稀有資源，所以「頻率共享」與競爭議題的關係最為密切，監理機關應確實保障競爭。至於「網路」是傳輸的基礎設施 infrastructure，若兩事業之間共用網路設施，並不直接影響個別事業電信服務的提供，則其與競爭的關係，較為次之。

(二) 「網路共享」部分，歐盟有提到被動式共享的部份，被動式網路共享與競爭關係低，被動式共享的網路共享可以直接執行。目前草擬的公眾電信網路申請審查辦法草案第 13 條，在網路的部份，除了自建之外，其餘可以共建。對於被動式監督強度可較寬鬆。

三、張時中教授：對於需求預估，5G 合作之目的在於節省成本，其成本之計算架構於對頻譜需求之預測，故建議監理機關應投入資源，以計量分析與建立模型預測頻譜需求。

四、戴豪君資深研究員：由於企業無自行布建網路能力，未來可能出現企業專網與電信業者合作之商業模式（如租用網路），此於網路共享不同，應預想對外溝通、協調之方式。

五、亞太電信：

(一)目前僅開放 5G 頻譜共用，惟未來 4G 頻譜陸續重整(refarming)為 5G，宜考慮開放 4G 頻譜之共用。

(二)針對主動式、被動式共頻、共建以及漫遊之審查可適度放寬標準。

六、台灣之星：假設現在 MVNO 歸在第二類電信事業，未來沒有所謂的業務以及業務管理規則，那所謂的虛擬行動網路的經營者，

未來使用什麼方式來建置網路，例如說行動公眾電信網路的身分？這也有市場競爭上的考量，容量批發未來營運模式，該如何認定？

- 七、劉莉秋副秘書長：電信管理法僅要求使用電信資源者必須登記為電信事業，惟採批發容量合作型態之 MVNO 依法可做登記（維持電信法下之二類電信事業），未來其與已登記為電信管理法下之電信事業合作，是否會發生兩部法律之競合問題？

議題 2-3：合作模式對於市場競爭之影響範疇與程度

- 一、戴豪君資深研究員：針對共享方式有包含被動式以及主動式，以主動式共享的話會牽扯到公平法，監理機關與競爭主管機關應就可能合作態樣進行事前之溝通，以避免觸及公平法之競爭上的疑慮。

議題 2-4：監理機關檢視合作模式之准駁標準

- 一、張時中教授：參酌技術發展之動態以 10 年為一期，監理機關之審查原則或可每 5 年評核一次。

- 二、戴豪君資深研究員：

(一)參酌歐盟審查合作之同意原則，可設計矩陣模型共享機制，縱軸為頻率（依頻譜特性區分高低頻），橫軸為區域（依人口密集分），依業者合作深度決定准駁與否。

(二)針對行政處分，目前依照核定標準有供給及承用人營業違規記錄，是否與一事不兩罰的原則相符？營運違規紀錄是否仍應納入准駁評估標準，供主管機關參考。

(三)推動共享時，考慮消費者權益，應將 QoS 納入准駁評估標準。

- 三、亞太電信：

(一)合作模式之准駁標準應更為明確，審查前應列出正面、明確以及負面表列方式。

(二)合作後超出頻譜持有上限之處理方式應明確說明（如繳回或下次拍賣時限制其取得之頻譜數量）。

四、中華電信：對於共頻共網機會可能性，與 3G、4G 或 5G 技術上沒有太大關聯，歐洲共頻共網實例較多，但整體網路品質上亞洲國家品質可能較好。針對共頻共網之實施，未來監理機關檢視合作模式之准駁條件與規範應有明確之標準。

五、台灣大哥大：

(一)NCC 已設有 25 項服務品質規範，，是否可參照服務品質做明確規範，故未來合作模式之准駁標準建議可參採此規範。

(二)考量一事不兩罰，營運違規不宜納入准駁標準。

六、遠傳電信：

(一)與歐盟之原則相同，應立足於「進入障礙--建設困難/難以複製(瓶頸設施原則)」、「消費者權益」、「競爭公平性」三面向檢視其程序。

(二)「網路共用」：基於競爭公平性與消費者權益考量，目前通傳會所訂「核心網路不能共用、業者需有控制能力」之標準已確實符合而無須調整，因經營者之建設義務不應因網路共用而有所減省，避免進而造成對於與其餘未能有合作之業者間產生不公平之問題，也不會因為網路過度融合共用下造成服務品質同一化而影響消費者權益。

(三)「頻率共用」：頻率共用涉及資源持有與使用集中度，攸關競爭公平性之維持，故除應設置頻率共用之上限外，更不應「溯及既往」。

(四)支持目前 NCC 規劃方向，相關合作之限制除非有明確之產業需求(經討論獲得產業多數意見或共識)、市場變動(如業者合併)，否則均不應有所變動。

七、台灣之星：

- (一)未來 5G 頻率合作的整個審查基準，針對頻率使用的效益方面、市場競爭的衝擊方面或者對消費者權益的影響方面，以上利益衡量評估，建議以計量模型進行分析比較。
- (二)頻率的使用，4G 頻率目前沒開放共用，5G 開放共用，但是 5G 和 4G 都是行動寬頻服務難以區分，在市場競爭上，也就會影響到現在 4G 的市場競爭環境以及 4G 消費者的權益，故在合作模式規範上應一併考量。
- (三)針對網路共享之核心網路控制能力之定義應更加明確，研究團隊整理歐盟個案認定的方式，在個案上提出一些具體措施的範例，NCC 也應該在個案審查中揭露其認為可行的具體措施為何。

其他討論事項：首波 5G 頻譜競標成果與討論

一、劉崇堅教授：

- (一)針對這次競標金額非常高，是否在競標機制內增加暫停或終止競標機制：現行行動寬頻業務管理規則第 21-3 條已有宣布暫停競價程序之條件，甚至可以終止競標作業，但未敘明重啟之條件（可參考國外捷克 2012 年案例）。
- (二)資訊揭露：隨著競標之進程，可設計適時加入新的資訊，以達降溫之目標。
- (三)針對頻譜資源限制的部分，各界似已有共識，頻譜取得上限：目前 1GHz 以下、3GHz 以下、6GHz 以下單一業者皆不得持有超過 1/3 之頻譜資源限制。
- (四)擔保：業者標得之頻譜不宜做為借款之擔保品。

二、張時中教授：本次釋照多著墨於 3.5GHz，但針對毫米波頻段 26、28GHz 之頻譜特性與 3.5GHz 大不相同，應有更多的討論。

三、戴豪君資深研究員：參考金管會公布之證券型代幣交易之熔斷機制，一天之內價格超過一定比例暫停交易。頻譜競標如欲設計暫停機制，應有其標準。

四、劉莉秋副秘書長：

- (一)降溫機制：為避免競標過熱，建議設計一個可量化、客觀的標準之降溫機制，如當標金超過主管機關研究出來的合理頻譜價值後，即可導入降溫機制。
- (二)二階段競價機制設計使用電信業者無法單就其屬意頻塊進行競價，而是群體先就數量進行競標，為本次頻譜拍賣標金高昂之因素。

五、遠傳電信：

- (一) 頻率釋出建議仍以「競標制」釋出為原則。
- (二) 建議設置「暫停」或「終止競標作業」機制，以避免國家社會將產生重大不利之影響。建議依序現行「行動寬頻業務管理規則」第 21-3 條中之相關暫停機制進行調整外，再加入「終止競標作業」機制，使競標失控下主管機關能立即啟動並重新檢討競標機制後，再進行後續頻率釋出，以確保政府頻率釋出符合既有政策規劃方向。
- (三) 資訊揭露：建議主管機關應得搭配前項建議，除於競標前與業者充分溝通當次競標應可釋出之資訊外，於競標程序進行中若有失序問題則立即停止檢視並調整資訊揭露程度，使競標更可趨於理性、公平、合理。
- (四) 應提高競標頻率單位並設置「頻率低標」。
- (五) 建議取消二階段競標機制之設計：「二階段競標機制」不僅完全無法產生「促進共頻」之增加頻率彈性運用目的，更有使參與競標者面臨更多不確定性因素之問題，加上於電信管理法放寬頻率使用彈性下，「二階段競標機制」非僅不合時宜且無必要，故建議於未來競標機制中進行必要調整
- (六) 「加速機制」完全無法產生效果，亦有檢討必要。
- (七) 建議應設置「出局機制」，加速排除干擾或遲滯競標程序之問題，加速競標程序之順利進行：
- (八) 競標中應授權主管機關得適時檢視競標者之資金及財務能力，確保得標者有能力運用標得頻率提供服務，避免頻率閒置風險。
- (九) 為避免因資源過度集中造成一家獨大問題，並健全市場競爭，應採相同上限限制，亦即 1GHz 以下、3GHz 以下與 6GHz 以下均不得超過 1/3。

- (十) 頻譜為全民共有之珍貴稀有資源，為保障取得頻率者之資格適格與使用效益，頻率之履行擔保方式應與現行相同，仍不應質借或擔保。

**電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃座談會
簽到表**

時間：109年03月05日（星期四）14:00-16:50

地點：集思交通部會議中心201會議室（臺北市杭州南路一段24號2樓）

單位	出席人員	簽名處
臺北大學	劉崇堅 教授	劉崇堅
臺灣大學	張時中 教授	張時中
中原大學	江耀國 教授	江耀國
資策會 科技法律研究所	戴豪君 資深研究員	戴豪君

電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃座談會

簽到表

時間：109年03月05日（星期四）14:00-16:50

地點：集思交通部會議中心201會議室（臺北市杭州南路一段24號2樓）

單位	簽名處
台灣電信產業發展協會	鄭志強
中華電信	陳國強 張維偉 郭文政
台灣大哥大	吳中志 曾志強
台灣之星	尹宗華 潘科為
亞太電信	孫三
遠傳電信	葉景騰 黃嘉信


JL339

電信管理法下釋出 5G 頻譜資源配套規劃座談會

簽到表

時間：109年03月05日（星期四）14:00~16:50

地點：集思交通部會議中心201會議室（臺北市杭州南路一段24號2樓）

單位	簽名處
國家通訊傳播委員會	
財團法人電信技術中心	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>王紫蓮</p> <p>徐翔菱</p> <p>邱偉堯</p> <p>徐仁傑</p> <p>王資亭</p> <p>陳冠榮</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>陳人傑</p> <p>王國永</p> <p>王資亭</p> <p>陳冠榮</p> </div> </div>

附件二：5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望座談會

會議紀錄

壹、時間：109 年 4 月 8 日(星期四)下午 2 時

貳、地點：集思交通部會議中心 201 會議室（臺北市杭州南路一段
24 號 2 樓）

參、主持人：陳人傑主任

紀錄：徐玉珊

肆、出席單位及人員：(詳如簽到單)

伍、主持人致詞：(略)

陸、綜合討論摘要：

議題一、對於本次頻譜釋出競標機制之檢視與回顧

議題 1-1：對競標者而言，採取對需求頻寬數量投標（數量競標）與
對特定頻塊位置出價，在競標理論或實務上可能有哪些差
異，優缺點為何？

一、電信產業發展協會：建議後續頻譜拍賣方式為整合數量與位置的一階段拍賣。

二、中華電信：兩階段的拍賣可解決頻譜可能不連續以及頻寬組合受限的問題。

三、遠傳電信：建議取消兩階段拍賣的競標機制，第二階段位置競標對於業者來說風險太高。

四、台灣之星：兩階段的拍賣機制可使頻譜的分配較有彈性。

五、劉崇堅教授：

(一)兩階段競價可更大程度反映競標者對頻率價值的判斷，有利

頻率效率使用。兩方式各隱含主管機關對產業組織設計之期望。

(二)本次 5G 釋照的缺點為，未能產生「促進共頻」以增加頻率彈性運用目的；使參與競標者面臨更多不確定性因素之問題。在「電信管理法」放寬頻率使用彈性下，「二階段競標機制」似可朝取消的方向檢討。

議題 1-2：執行競標作業時，若需求強勁促使標金上升高漲，是否有設計降溫機制之必要？可行作法為何？或仍交由市場機制決定？

一、電信產業協會：建議降溫機制應於競標前就有明確的條件，例如，當標金價格超過一定金額(或參考國際標竿)的多少比例時暫停拍賣並導入協商機制。

二、中華電信：

(一)同意設計降溫機制與儲備金的規劃，若每周都要提交儲備金將使得競標者在競標中保持理性。

(二)未來電信管理法生效後將存在共頻的問題，建議訂定頻譜使用規範，取得頻譜的使用者應被賦予頻譜使用的責任，或制定閉鎖期的規定，想取得頻譜的市場參與者，於取得頻譜後勢必須付出標金與網路建置的成本，也為降溫機制的一種作法。

三、台灣大哥大：建議使用熔斷機制的做法，超過定價一定倍數時，應停止競價作業，且時間不宜過短。

四、遠傳電信：降溫機制應有明確的條文規定，建議拍賣停止之後應重新檢討之前的機制，再決定後續的做法。

五、台灣之星：建議降溫機制於暫停時可以對於得標上限進行調降。

六、亞太電信：建議有熔斷機制以合理化標金，來降低整體建置成本

並使終端消費者受益。

- 七、劉崇堅教授：設置「暫停」或「終止競標作業」機制。競標過程中檢視競標者之財務能力，以確保得標者有能力運用所標得頻率提供服務，避免頻率閒置風險；提高競標頻率單位並設置「最低競價數量」合理競標程序且避免頻率分散、降低頻率效能之風險。若無上述機制，則仍應交由市場機制決定。
- 八、王國樑教授：若考慮熔斷與暫停機制，應訂定明確的規範。
- 九、戴豪君資深研究員：建議熔斷機制要重新設計，且在拍賣之前就必須訂定明確規範，明定啟動條件與機制，而非熔斷後再討論如何修改機制。
- 十、樊沁萍教授：建議降溫機制與熔斷機制的設計要特別注意，以免被業者作為策略性用途。

議題 1-3：部分國家之頻譜拍賣採取資格點數與押標金連動之方式，該機制應用於我國競標實務之可行性為何？應設計那些配套措施？

一、中華電信：

- (一)本次競標所設計的加速機制係以“10 回合或 5 回合為一期”，未能真正彰顯加速的作用。如同本公司在競標前之建議，未來的競標機制應納如資格點數(eligibility point)及活動規則(activity rule)之設計，並且每回合適用。
- (二)資格點數的設計在國際上有很多方式與案例可參考，同一國家在不同次的釋照也可能有不同的作法，或許可視每次的釋出頻段、頻寬、底價等，逐次討論。
- (三)至於押標金與資格點數連動的用意在於確保競價者之財務能力足以支付得標金，而若可參採議題二之“暫時得標預備金”設計，則押標金不一定需要與資格點數連動。

(四)最重要的是活動規則的設計，必須由“10 回合或 5 回合為一期”改為“每回合適用”；另參考本次競價，業者於第一回合在 3.5GHz 頻段提出之需求區塊數皆 \geq 最終得標區塊數，因此，可以自第一回合起即適用履行其資格點數 100%。

二、台灣大哥大：

(五)建議加速機制以一回合來做結算以利反映競標者真正的意圖，並達到加速機制的效果。

(六)資格點數的金額是否可以當作押標金使用？

三、台灣之星：建議維持目前押標金的機制，尤其在我國底價向來朝接近得標價的方式設定，若設計資格點數與底價連動，應該參考國際整體配套措施之作法進行整體的考量。

四、亞太電信：不贊成資格點數的設計，應將競標過程中的不確定因素降低，過程不宜太過複雜。

五、劉崇堅教授：研究團隊之建議應屬可行。「參考德國、英國設計資格點數與押標金連動之機制，實際押標金金額可參考底價訂定。」及「以頻段的價值（底價）計算資格點數。」

六、王國樑教授：建議加速機制可以透過資格點數的設計著手，分為「總點數的上限」與「各頻段上限」。總點數的上限不宜過高，否則無效；各頻段的點數上限則可根據商業價值來決定。

後續頻率釋出方式之建議

議題 2-1：目前得標者繳納得標金得採分期付款之設計，是否會影響競標行為？對於分期付款機制之建議與看法為何？

一、台灣大哥大：建議取消分期付款的制度，競標者於投標時就應評估參與競標的價值。

二、台灣之星：應不需有競標者付不出錢的疑慮。

三、劉崇堅教授：分期付款機制可降低競標之資金成本。分期付款之目的為求更多的競標者參與，但會有拉高標金的空間。顧及後續經濟環境變動與鼓勵新業者參進市場，建議保留得標金得採分期付款之設計。

四、戴豪君資深研究員：

(一)建議保留分期付款的機制，同時應避免押標金過高以阻絕新進業者進入市場。且押標金的成本很高，建議可考慮除了現金之外，可容許履約保證、有價證券等其他方式。

(二)暫時得標預儲金的設計限制了業者得分期付款的額度，在此制度設計上建議再多作考量。

議題 2-2：對於後續 5G 頻譜執照競標第二階段位置競價，是否仍維持現行採先協商、協商不成再進入一回合密封標競價之程序？或有其他建議方案？

一、中華電信：第二階段位置標的一次性密封標出價對業者來說確實是困難度頗高，建議是否有其他的競標機制，例如先制定上限 10 億，若有兩位以上競標者投標，再進行第二次無上限投標等。

二、台灣大哥大：

(一)建議第二階段位置競價應考量既有業者的得使用連續頻譜為優先，以利整體頻譜使用效率。

(二)建議第二階段位置競價可以參考德國的做法，即於第一階段數量競標時將前後兩頻段設立為具體頻塊，基於頻譜連續性的要求，前後兩個頻塊的得標者已經決定位置，中間頻段競標者的競爭性會相對小，以緩和第二階段位置競標的競爭性。

三、亞太電信：建議在第一階段數量競標時就開放協商，因目前已可預期未來在共頻共網上合作的可能性。

四、劉崇堅教授：建議取消二階段競標機制。

議題 2-3：對於首波 5G 頻譜釋照採用之競標機制，未來釋出第二波 5G 頻譜時是否持續沿用？有無建議或其他意見？

一、電信產業協會：

- (一)建議有更明確的我國 5G 政策藍圖，透過市場需求、產業發展或國家戰略制訂頻譜政策、規劃與釋出時間。
- (二)建議拍賣於每回合結束後公開每一家投標者目前暫時得標的情形，以資訊透明的方式進行，以利市場參與者得在既有的頻譜與頻寬之下，決定最適的競爭或合作方式，使資源達到最大的經濟效益。
- (三)此次標金如此高係因頻譜還涉及到業者未來生存的議題，政府應確保所有市場參與者皆有持續提供服務的機會與能力。

二、中華電信：

- (一)建議 5G 頻譜整備完善後再進行頻譜釋出作業，以避免因頻譜供給遠低於需求導致標金過高，以及頻譜分開釋出將使設備數量增加，導致成本提升，並非有效率的完整建設。
- (二)建議在競標過程中，資訊公開透明。

三、台灣大哥大：建議先釐清相關政策規劃再進行 5G 頻譜釋照規劃，例如 5G 企業專網專頻等。

四、遠傳電信：

- (一)建議後續的釋照應依據電信管理法的政策框架全盤重新檢討。
- (二)拍賣事前審查機制應與事業計畫構想書連結，包括網路建設承諾、規劃的合理性、頻率的需求，以及財務規劃都應視為審查的重點，並應同時與降溫機制連結，重新檢視競標者的資金成本率與事前規劃的合理性。

五、台灣之星：此次競價競爭過於激烈係因供給太少且得標上限過高，

導致五家業者中可能有兩家需要承擔無法進行下世代技術演進發展的風險。

六、亞太電信：建議釋照規劃應根據 5G 的整體發展以及國際趨勢進行考量。

七、劉崇堅教授：

(一)處理已知問題後，建議持續採競標機制。

(二)競標過程中得適時檢視競標者之財務能力，以確保競價者理性出價，具支付價金之財務能力。可於標金至預定水準時授權主管機關得要求參與競標者提出所標金額相當倍數之「資金證明」，證明其於得標後備有網路建設所需之資金。可降低監理機關承擔競標者未能支付標金之財務風險，也可避免投機炒作或囤積等不當牟利行為。

(三)建議以現行「行動寬頻業務管理規則」第 21-3 條相關暫停機制為基礎進行調整外，再加入「終止競標作業」機制。於競標失控情形下，能立即啟動暫停或終止競標作業，重新檢討競標機制並與產業進行溝通後，再進行後續頻率釋出。可參考國際作法，例如捷克於 2012 年之頻率釋出。

(四)建議檢討加速機制之設計，可針對「個別頻段設置加速機制」，或有設計「資格點數制度」，導入「資格點數」與「活動規則」。

(五)建議結合現行之「加速機制」設置「累進出局認定機制」，針對競標者不出價等延遲競價速度之行為採行「累積計點失格機制」，以加速排除有參與者透過競標規則拖延並墊高其他參與者標金之操控可能性。

(六)「電信管理法」已導入資源有效運用機制，為避免局部機制檢視與調整造成未能確實符合既設之政策目標設計而增加競標作業困擾的風險，建議現行競標機制做全面性檢視及調整。

八、王國樑教授：

- (一)第一階段為什麼會過熱呢？第一個可能原因是五家參與競標；第二個可能原因是黃金的頻段 3.5GHz 總共才釋出 270MHz；第三個可能原因是很多專家認為假業者如要提供有效的服務品質的話，應該最少要有 80 到 100MHz，所以，這三個加起來，跟第一階段數量投標過熱有關係。
- (二)電信市場為寡占市場，不得出現聯合勾結行為，應注意競標期間考慮頻譜共頻、共用等協商行為是否會產生爭議。

九、周嗣文教授：

- (一)經濟、產業政策或 5G 願景應無法直接透過拍賣機制實現，拍賣機制的目的係將頻譜進行最適分配。
- (二)在寡占市場中，合作是很嚴重的議題，建議要訂定明確的規範，以避免如面板產業一樣遭受到嚴重的衝擊。
- (三)建議後續頻譜釋出時，應檢討供給不足的原因，以避免供給不足造成拍賣價金過高的問題。
- (四)建議主辦單位清楚劃分權責，競價機制本身的目的係最適分配資源，以提供產業自行發揮創新發展的能力。
- (五)拍賣底價的訂定不應直接反映產業價值，應訂定在一個較低的價格，讓參與者可以參與競標即可。

十、劉柏立所長：

- (一)建議制定更合理的釋照機制，完整頻譜的整備以及頻譜資訊的揭露，例如，對於未來政策的宣示、要釋出多少頻寬等，以利業者得提早因應。
- (二)建議釋照機制應考量到業者若沒有取得頻譜，會對於企業價值造成很大的衝擊，拍賣固然公平，但仍需有合理性。

(三)建議在衡量頻譜價值時，考量到頻譜的成本將直接影響未來的使用成本，標金過高雖使國庫收入增加，但後續又限制資費水準，則恐有扭曲市場機制之虞。

(四)5G 技術有效降低成本、提高生產力以及服務品質，其價值的定位在於創新市場、創新產業的新契機，因此若進入市場門檻與使用成本過高，則不利 5G 的普及近用。建議考量審議制以利 5G 能被普遍使用。

十一、戴豪君資深研究員：

(一)此次拍賣標金過高的原因為頻譜為業者的續命金丹、未來電信資料的加值應用非常有前景。電信業者是國內少數得擁有具有價值的個人資料的業者，建議底價的評估考量資料經濟的價值。

(二)在電信管理法的架構下，建議考慮到市場的新進業者，例如，採評審制的方式，某些特定的頻譜專門開放給新進業者使用等；考慮市場主導者取得執照的限制；以及，考量後續新的法規重新檢視與設計拍賣機制。

(三)建議對於拍賣競價資料的流通與透明度的設計要特別注意，避免業者之間產生勾結行為。

十二、樊沁萍教授：頻譜供給不足也與頻譜上限有關，建議應再多考量政策上頻譜上限的設定。

5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望

座談會簽到表

時間：：109年4月8日(三)14:00-16:30

地點：集思交通部會議中心201會議室

單位	簽名處
中華電信	褚維儒 朱怡靜
台灣大哥大	蔡宏利 宋志強
台灣之星	潘科諤
亞太電信	何伯陽
遠傳電信	葉景騰 陳俊文

5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望

座談會簽到表

時間：：109年4月8日(三)14:00-16:30

地點：集思交通部會議中心201會議室


單位	出席人員	簽名處
政治大學	王國樑 教授	
清華大學	周嗣文 教授	
台北大學	劉崇堅 教授	
台灣經濟研究院	劉柏立 所長	
資策會科技法律研究所	戴豪君 資深研究員	
台灣電信產業發展協會	劉莉秋 副秘書長	

5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望

座談會簽到表

時間：：109年4月8日(三)14:00~16:30

地點：集思交通部會議中心201會議室

單位	簽名處
國家通訊傳播委員會	

5G 頻譜釋照機制檢視與未來展望

座談會簽到表

時間：：109年4月8日(三)14:00-16:30

地點：集思交通部會議中心201會議室

單位	簽名處
財團法人電信技術中心	陳人傑 樊心奇 王紫蓮 王貞寧 王國承 陳冠榮 黃翊青 黃怡晴 徐之明

附件三：中英文名詞對照

英文	中文
5G Public Private Partnership, 5GPPP	5G 公私合作夥伴關係
Artificial Intelligence, AI	人工智慧
Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL	非對稱數位用戶迴路
Augmented Reality, AR	擴增實境
Australian Communications and Media Authority, ACMA	澳洲通訊與媒體管理局
Australian Competition & Consumer Commission, ACCC	澳洲競爭與消費者委員會
Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, AGCOM	義大利通訊管理局
Average Revenue Per User, ARPU	用戶平均收入
Band-pass filter, BPF	帶通濾波器
Baseband Unit, BBU	集中式基頻單元
Body of European Regulators for Electronic Communications, BEREC	歐盟電子通訊監理機構
Broadband Wireless Access, BWA	無線寬頻
Bundesnetzagentur, BNetzA	德國聯邦網路局
Business Support System, BSS	商業服務
Cable Television, CATV	有線電視
Capital expenditure, CAPEX	資本支出
Circuit-switched fall back, CSFB	語音交換電路回退
Citizen Broadband Radio Service, CBRS	公眾寬頻無線接取
Clock Auction, CA	價格鐘拍賣
Combinatorial clock auction, CCA	組合價格鐘拍賣
Combinatorial multi-round auction, CMRA	組合多回合拍賣
Commission des participations et des transferts, CPT	法國國家股權參與暨轉讓委員會
Commission for Communications Regulation, ComReg	愛爾蘭通訊規範委員會
Communications Authority, CA	通訊事務管理局
Competition and Markets Authority, CMA	競爭與市場管理局
Compound Annual Growth Rate, CAGR	年複合成長率
Conference of European Postal and Telecommunications administration, CEPT	歐洲郵政與電信管理協會
Connected and Automated Mobility, CAM	聯網自動輔助移動
Connecting Europe Broadband Fund, CEBF	連結歐洲寬頻基金
Connecting Europe Facility, CEF	連接歐洲設施基金
Cooperative-Intelligent Transport System, CITS	智慧運輸系統
Coordinated Radio Access Network, Co-RAN	無線接取網路共享

英文	中文
Customer Price Index , CPI	消費者物價指數
Danish Competition and Consumer Authority , DCCA	丹麥競爭和消費者機關
Danish Competition Council , DCC	丹麥競爭委員會
Department for Digital, Culture Media & Sport , DCMS	英國數位、文化、媒體暨體育部
Digital Subscriber Line , DSL	數位用戶迴路
Digital Terrestrial Television , DTT	數字地面電視
Earth-Exploration Satellite Services , EESS	地球探索衛星
Earth Stations in Motion , ESIM	行動衛星地球台
Electromagnetic energy , EME	電磁能
Electronic Auction System , EAS	電子拍賣系統
Enhanced Mobile BroadBand , eMBB	進階型行動寬頻
Enhanced Simultaneous Multi-Round Ascending Auction , ESMRA	增強型同時多回合拍賣制
European Agricultural Fund for Rural Development , EAFRD	歐洲農村發展農業基金
European Development Fund , EDF	歐洲發展基金
European Electronic Communications Code , EECC	歐洲電子通信準則
European Radio Messaging System , ERMES	歐盟廣播訊息系統
European Regional Development Fund , ERDF	歐洲區域基金
European Space Agency , ESA	歐洲太空總署
Body of European Regulators for Electronic Communications , BEREC	歐盟電子通訊監理機構
European Structural and Investment Funds , ESIF	歐洲結構與投資基金
European Union , EU	歐洲聯盟
Facilitate America's Superiority in 5G Technology , 5G FAST Plan	5G 促進計畫
Federal Communications Commission , FCC	美國聯邦通訊委員會
Fiber To The Building , FTTB	光纖到樓
Fiber To The Home , FTTH	光纖到府
Five-year spectrum outlook , FYSO	五年頻譜展望
Fixed Satellite Service , FSS	固定衛星業務
Fixed Wireless Access , FWA	固定無線接取網路
Gateway Core Network , GWCN	閘道核心網路
General Purpose Technologies , GPTs	通用技術
Global Mobile Suppliers Association, GSA	全球行動供應商協會
Global TD-LTE Initiative , GTI	TD-LTE 全球發展倡議
Herfindahl-Hirschman index , HHI	赫氏指標

英文	中文
Hybrid Fiber Coaxial, HFC	混合式光纖同軸電纜
Infocomm Media Development Authority, IMDA	新加坡資通訊媒體發展局
Intelligent Transportation Systems, ITS	智慧交通系統
Interference impact certificate, IIC	干擾影響證明
Intermodulation Distortion at the Receiver, IMD	相互變調
International Monetary Fund, IMF	國際貨幣基金組織
International Telecommunication Union, ITU	國際電信聯盟
Internet of Things, IoT	物聯網
Joint Venture, JV	合資企業
Korea Information Strategy Development Institute, KISDI	韓國資訊通訊政策研究院
Machine to Machine, M2M	機器對機器
Massive Machine Type Communication, mMTC	巨量物聯網通訊
Ministry of economic development, MISE	義大利經濟發展部
Mobile virtual network operator, MVNO	行動虛擬網路業者
Mobile network operator, MNO	行動網路業者
Multi-Operator Core Network, MOCN	多業者核心網路
Multi-Operator Radio Access Network, MORAN	多業者無線電接取網路
Mobile Switching Center, MSC	無線交換機中心
National Broadband Network, NBN	國家寬頻網路
Net Present Value, NPV	淨現值
Network Functions Virtualization, NFV	網路功能虛擬化
Non-standalone, NSA	非獨立組網
Localised Wireless Broadband Service, LWBS	地區性無線寬頻服務執照
Low-Power Wide-Area Network, LPWAN	低功耗廣域網
Office of the Communications Authority, OFCA	香港通訊傳播管理局
Operating Expense, OPEX	營運支出
Operation Support System, OSS	維運支援系統
Ordinary Least Squares, OLS	普通最小平方
Partial Economic Area, PEA	部份經濟區
Point-to-Point, PtP	點對點
Post and Telecom Agency, PTS	瑞典電信主管機關郵政電信局
Professional Mobile Radio, PMR	專用網路
Programme Making and Special Event stations, PMSE	固定線路、節目製作與特殊事件站臺
Public Protection and Disaster Relief, PPDR	公共安全及災防應變
Purchasing Power Parity, PPP	購買力平價

英文	中文
Radio Access Network , RAN	無線接取網路
Radio network controller, RNC	無線接取網路控制器單元
Radio Spectrum Committee , RSC	無線電頻譜委員會
Radio Spectrum Policy Group , RSPG	無線電頻譜政策組
Radio Spectrum Policy Programme , RSPP	無線電頻譜政策計畫
Radio Unit , RU	射頻單
Reference signal receive power , RSRP	訊號接收功率參考值
Regulatory Impact Assessment , RIA	法規影響評估
Remote Radio Unit , RRU	遠距射頻頭端
Rural Connected Communities , RCC	偏鄉地區互連計畫
Science Fundation Ireland , SFI	愛爾蘭科學基金會
Sealed Bid Combinatorial Auction , SBCA	密封標組合拍賣
Short Range Devices , SRD	短距離通訊設備
Simple Clock Auction , SCA	簡單價格鐘拍賣
Significant Market Power , SMP	具顯著市場力量者
Software-defined networking , SDN	軟體定義網路
Spectrum Access Fee , SAF	頻率接取費
Spectrum usage fee , SUF	頻率使用費
Standalone , SA	獨立組網
Standard Simultaneous Multiple Round Auction , SMRA	標準型同時多回合上升標
Subscriber Identity Module , SIM	行動用戶身份模組
Supplemental Downlink , SDL	補充下行鏈路
Technology Readiness Levels , TRL	技術整備度
Telecommunications Ordinance , TO	電信條例
Telekom-Control-Commission , TTK	奧地利電信監管委員會
The Electronic Communications and Postal Regulatory Authority , ARCEP	法國電子通訊暨郵政監理委員會
The Office of Communications , Ofcom	英國通訊傳播管理局
Time Division Duplex , TDD	分時雙工
TV Receive-Only , TVRO	電視接收服務
Universal Mobile Telecommunications System , UMTS	全球行動通訊系統
Ultra-Reliable and Low Latency Communications , uRLLC	極低延遲與高可靠度通訊
Vehicle to Everything , V2X	車聯網
Virtual Reality , VR	虛擬實境
Visitor Location Register , VLR	用戶位置註冊系統
Weighted Average Cost of Capital , WACC	加權平均資金成本
Wireless Broadband , WBB	無線寬頻網路
World Meteorological Organization , WMO	聯合國世界氣象組織大會

附件四：期中評審會議委員建議與研究團隊回應對照表

評審委員	審查建議	研究團隊回應
委員 1	1.1. 根據計畫期中報告內容及工作檢視表，本計畫期中執行進度應符合原先規劃進度要求。	感謝委員指導。
	1.2. 5G 頻譜第一次釋出尚未結束，建議後續就釋出結果在數量釋出或位置釋出或其它國家釋出方式，可以做更完整之分析，以供通傳會後續頻譜釋出參考。	本研究檢視通傳會公告之「行動寬頻業務管理規則」涉及競標條文第 21 條至第 35 條，研究團隊就競標機制設計與電信業者進行訪談，並辦理座談會，邀請產、學術與研究機構各界專家針對我國首波 5G 頻譜釋出政策與競標機制之執行成果與未來展望進行討論。研究成果撰寫於第四章第三節。
	1.3. 5G 網路建置成本預期將會提高，例如增加大量的 small cell 基地台，Macro 基地台因採用巨量天線，其電源、成本亦可能需特別考量，此外大量基地台亦牽涉路權協助問題，因此建議是否可能研究部分招標金提撥為協助基地台建設之可行性。	新增第六章第一節，參考主要國家 5G 推動發展政策與推動措施，研擬我國推動 5G 發展之政策建議，建議相關標金可應用於協助推動 5G 產學人才發展及因應 5G 世界變革的政策工具，對 5G 基礎設施、產業發展面以及社會關懷面等三大層面制定鼓勵措施。
	1.4. 建議共頻共網部分可以多做各種態樣分析，尤其是在服務品質改善及市場競爭力改變面向，可供通傳會未來在子法訂定時參考。	針對主要國家共頻共網之合作態樣已補充於第二章。
委員 2	本計畫期中執行進度符合甚且超越原規劃，報告內容豐富，有深入的研析與見解。唯於 11 月 26 日本報告繳交後，5G 競標的發展，顯然與報告所預期差異頗大，因此建議研究團隊在接下來階段的研析，加強下列四項議題。	感謝委員指導。
	2.1. 此番改良型 SMRA 競標機制及其模擬，是否宜加入國內電信服務市場競合特性的因素？並若可能，向委託機關取得原設計所考慮的市場目標及改良型 SMRA 設計，參照實際競標進程數據，綜整出所學到的心得（lessons learned），以為日後參考。	拍賣之目的是由效率最高、願意付出最高價格的業者標到頻譜。探就我國首波 5G 釋照結果超出預期之因素仍歸因於頻譜供應不足，既有電信業者為確保下一代通訊技術參進機會，對於得標頻譜資源為目的。是故，建議規劃長期頻譜供應計畫，以減輕競標者之不確定性。

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	2.2. 結合此次毫米波段競標情況及國際毫米波技術，系統與服務生態系統的發展趨勢，更深入提出研析與前瞻規劃建言。	新增第六章第二節研提我國後續頻率釋出政策建議，包括(1) 5G 頻譜釋出規劃，可研議彈性頻譜釋出政策；(2)實施可降低 5G 網路高額布建成本之彈性措施；(3)以創新監理思維規畫毫米波頻段應用。
	2.3. 第一波 5G 頻率釋照競標的高標金，對於專頻專網、垂直整合應用發展與行動寬頻電信產業間競合產生的衝擊，及衍生的社經效益，宜予探索，供作設計新興發展所需法規環境之參考。	感謝委員指導，相關內容將增補於第六章第一節，建議政府或可考慮將高標金透過補助行動寬頻產業布建基礎設施、創新應用之人才培育與研發基金等方式，降低高標金帶來進入 5G 創新市場之經營門檻與成本，以發揮 5G 推動垂直產業發展之功效。
	2.4. 是否可設計、提出中立的第三方，如電力市場的 Independent Service Organization，來調和管理未來行動/無線寬頻業務，公私協力，如車聯網、智慧城鄉等，並輔以標金運用方案，供作委託機關向中央提案之參考。	感謝委員指導，相關內容將增補於第六章第一節。
委員 3	3.1. 頻譜為國家基礎設施，頻譜的取得成本若因競價而提高，未來產業使用的成本相對提高，當國家基礎建設成本高，相對的不利於未來產業使用頻譜所得產生的創新服務，因此期中報告第 292 頁，請說明有何機制抑制不當投機式的出價？若政府取得高標價，未來是否可就預算決標金額以外之超額部分，回饋使用者降低成本。	(1) 根據通傳會公布數量競標 261 回合之各回合競標資料，分析各參與競標廠商之出價行為，研究團隊未發現投機式之出價。為精進頻譜釋出機制，研究團隊建議透過資格點數與活動規則促使參與競標之業者能真實表達其需求，如此將可避免出現投標式的出價。 (2) 新增第六章第一節，研擬我國推動 5G 發展之政策建議，建議相關標金可應用於協助推動 5G 產學人才發展及因應 5G 世界變革的政策工具，對 5G 基礎設施、產業發展面以及社會關懷面等三大層面制定鼓勵措施。
	3.2. 「共享」是所何指？請先釐清使用頻譜的本質為何？	電信管理法第 57 條明定主管機關得以無線電頻率共享之核配方式，使不同類型無線電通訊系統間，能有更廣泛之頻譜共享機制。此處所指之共

評審委員	審查建議	研究團隊回應
		享，為不同業務或系統共享無線電頻率之型態。
委員 4	建議期末報告能就共頻共網可能態樣，針對市場公平競爭及消費者權益兩基準作深入研析，以產出作為日後電信管理法施行後，本會對共頻共網之共用計畫之審查准駁考量依據。	感謝委員指導，相關內容增補於第五章第一節。
委員 5	5.1. 報告蒐集廣泛且各段落文句通順。	感謝委員指導。
	5.2. 本研究案除搭配本會 108 年度 5G 頻譜資源釋出規劃外，亦請就釋照結果提出相關機制調整建議或方向，俾利我國於 5G 第 2 波釋照規劃參考。	本研究檢視通傳會公告之「行動寬頻業務管理規則」涉及競標條文第 21 條至第 35 條，研究團隊就競標機制設計與電信業者進行訪談，並辦理座談會，邀請產、學、研針對我國首波 5G 頻譜釋出政策與競標機制之執行成果與未來展望進行討論。研究成果撰寫於第四章第三節。
	5.3. 其他修正建議：	
	(1) 第 27 頁：「已」避免無謂的冗長競價，請檢視修正。	已修正於第 29 頁。
	(2) 第 85 頁：圖 17，請標示單位。	已修正於第 108 頁之圖 19。
(3) 第 185 至 196 頁：圖 60 至 63、表 40、41，請翻譯為中文。	已修正於第 234 至 244 頁之圖 63、圖 64、圖 68、表 53 與表 54。	
委員 6	6.1. 對於本次釋照有關底價與標金差異部分是否要修正其他因素？	感謝委員指導，有關本次釋照之分析，整理於第四章第三節競價成果中。
	6.2. 請問受託單位認為亞太電信及台灣大哥大的共頻共網方式是屬於何種型態？	亞太電信因未於本次競價中取得 3.5GHz 頻段，因此若欲與台灣大哥大合作，僅能以類似 MVNO 方式向台灣大哥大租借 3.5GHz 頻率。
	6.3. 對於外國釋照後的建設成果，例如涵蓋率、用戶等，請於期末報告時提出。	已補充於第二章各國之 5G 商轉概況。
委員 7	7.1. 競價機制中，建議考量加入可能之降溫緩衝機制，如提高押標金、設定上限等，以防止不預期的高	本研究檢視通傳會公告之「行動寬頻業務管理規則」涉及競標條文第 21 條至第 35 條，研究團隊就競標機制設計與電信業者進行訪談，並辦理座談

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	競標金，必要時是否有暫停之可能？	會，邀請產、學、研針對我國首波 5G 頻譜釋出政策與競標機制之執行成果與未來展望進行討論。研究成果撰寫於第四章第三節。
	7.2. 法國專頻專網 2.6GHz 之部分，請問可能之設備何時可提供？	法國 2.6GHz 專用電信使用頻段現階段主要仍以 4G 網路為主，故現階段已有 4G LTE 設備可使用。
	7.3. 電信管理法中無「共享」之名稱，重點在資源之有效利用及市場之公平競爭，報告中所提「資料共享」，「資料」非屬電信管理法中之資源，或許屬 Data Economy 之範疇。	本處所提之資料共享，較接近電信業者經營策略、資費服務提供與業務營運相關之「資料」，為避免誤解，將酌予修正相關文字。

附件五：期末評審會議委員建議與研究團隊回應對照表

評審委員	審查建議	研究團隊回應
委員 1	1.1. 就評估準則，請說明為何採用特定公司(dot.econ)的標準，其理由為何？	Dotecon 公司為國際間專門協助各國電信主管機關釋出頻譜資源之經濟分析類顧問公司，近年來協助挪威、奧地利、荷蘭、丹麥與瑞士等國家主管機關提供頻譜競價機制建議並提供線上拍賣系統，對於頻譜競價機制擁有充分實務與理論架構之經驗。本研究引用之文獻，為該公司協助奧地利主管機關廣播與電信管理局研擬 700MHz、1500MHz 與 2100MHz 頻段適用之競價機制設計建議文件，內容挑選幾個國際間常見的競價機制進行分析，因此應適合作為本研究協助委託機關分析競價機制之文獻。
	1.2. 該標準中 common value uncertainty 之意義為何？係指共通之「價值不確定」還是「共同價值」之不確定？從德國經驗似指前者，請釐清。	(1) 由於資訊不對稱為拍賣之一項重要特性，出價者對於資訊不對稱的反應，決定其風險態度。在共同價值模型(common value model)中，各個競價者對標的物的評價雖然皆相同，但因缺乏關於標的物之真實價值的完整資訊，而產生不確定性。因此，競標者會因取得其他競價者之出價資訊，而改變對標的物價值的評估。 (2) 本研究報告所列，一個適當之競價機制，必須能有效處理共同價值之不確定性，指競價者對於頻譜之預估價值受到共同但不確定因素的影響。因此，若採取多回合競價機制，則於競價過程中公告之每回合各競價者競價行為資訊，讓競價者間能夠觀察彼此行為以更新自身對頻譜之預估價值，有助於減輕共同價值不確定的風險，達成有效率之頻譜分配結果。
	1.3. 就 448 頁分期付款，請標示英國之預儲金制度。另就我國經驗似無得標者不支付得標金之風險，	(1) 重新檢視研究報告所建議事項，因無論是本次釋照所訂定之底價或拍賣總標金皆遠高於押標金 10 億元。因此建議搭配規範競價者

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	<p>是否即無援用「預儲金制度」之必要，請予釐清。</p> <p>1.4. 共用，宜於未來依電信管理法第 58 條訂定共用辦法時，說明為促進市場競爭，避免聯合行為之發生，建議從目的性說明未來法規命令應以 MORAN 為共用之基礎，而不採 MOCN。</p>	<p>取得資格點數所需支付之押標金設計，以降低押標金與實際得標金額之落差。分期付款選項仍可保留，增加得標者繳納標金之彈性。</p> <p>(2) 基於上述理由，已修正報告內文，並將英國之預儲金制度等文字刪除。</p> <p>感謝委員指導。目前通傳會在「無線電頻率使用管理辦法」草案第 20 條第 1 項第 3 款已明訂「促進網路設置可能性」為電信管理法第 58 條第 3 項的審酌事項之一，即可將網路共用所造成對市場的不利影響，納入考量。</p>
委員 2	<p>2.1. 本案期末報告履約時程符合規定。本計畫亦提出我國推動 5G 發展及相關標金應用之政策建議。</p> <p>2.2. 計畫執行單位依本會公告之競價結果進行分析並提出建議。</p> <p>2.3. 本案相對於期中報告在共頻共網已有更深入之分析與探討。</p> <p>2.4. 本計畫研究結果認為二階段釋照利多於弊，建議後續釋照可以繼續採用。</p> <p>2.5. 本次釋照在毫米波部分需求不如預期，後續如何刺激鼓勵業者投入，建議 NCC 後續推動其它研究計畫時可以持續關注。</p>	<p>感謝委員指導。</p> <p>感謝委員指導。</p> <p>感謝委員指導。</p> <p>感謝委員指導。</p> <p>感謝委員指導。</p>
委員 3	<p>本委託研究採購案在期中報告後的期末研究期間，各項工作大體均依規劃進度與交付項目完成，並持續深入參考國際 5G 釋照經驗與措施，對我國此次 5G 頻譜(3.5GHz 與 28GHz)拍賣過程及結果，進行研析並提出了洞見與建議。對於期末報告，茲有下列四項請補充：</p> <p>3.1. 全計畫的中英文執行摘要(Executive Summary)，以利各界閱讀，掌握要點。</p>	<p>感謝委員指導。</p> <p>感謝委員指導，遵照辦理。</p>

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	3.2. 請補充降溫機制學理基礎的參考文獻。	拍賣是讓最有效率者得標，競價標金結果部分程度反映業者對於取得頻譜資源之預期收入，競價機制之設計將會影響價金上升程度與達到結果之所需時間。研究團隊會再補充學術上拍賣相關文獻，以豐富研究基礎。
	3.3. 依據我國的市場特性，歸納出此次 5G 頻譜拍賣過程中所觀察到電信運營商的競標策略，包括競標前各運營商即已知悉電信管理法將於 109 年 7 月施行的因素，共建、共頻、共網將成為商務模式的新選項。此項策略歸納的結果，宜可供下波釋照設計之參考。	研究團隊於拍賣結束後觀察業者投標行為，發現部分業者競標策略似有考量未來達到共頻之可能性，或可作為下波釋照之參考。
	3.4. 同工作小組檢視意見項目 6	感謝委員指導，本研究會再補充高標金對於專頻專網、垂直整合應用發展與行動寬頻電信產業間競合產生的衝擊相關分析。針對委員提出運用機器學習來作為後續評估基礎之建議，本研究建議後續主管機關得參考並視實務需求導入機器學習等相關技術。
	3.5. 另有一項建議：未來似可考慮結合本報告中的模式，運用機器學習來從競標過程資訊從事競標行為與策略發掘，以作為下次釋照機制設計模擬評估的基礎，並與第三點可相互對照佐證	針對後續釋照時之技術發展，建議主管機關視需求導入機器學習等相關技術。
委員 4	4.1. 格式建議：請依本案計畫要求，期末報告應依表次、圖次等順序，並補充中文摘要及英文摘要。	感謝委員指導，已調整報告編排方式，並補充中、英文摘要。
	4.2. 第一章，請整體國際觀察角度簡述 5G 發展情形(釋照與商轉概要、頻譜頻段、技術標準演進等)。	感謝委員指導。在第一章第二節第一項部分，補充國際近期 5G 發展趨勢，包含 3GPP、ITU 之技術和頻譜最新規劃、時程表。補充 GSA 彙整之國際 5G 商轉階段報告。
	4.3. 第二章，各國釋照方法分析，建議搭配釋出頻譜區塊圖，俾利閱讀(例如英國、愛爾蘭、奧地利)。	感謝委員指導。針對缺乏頻譜區塊圖之國家，已增補頻譜核配區塊圖示。

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	4.4. 第四章，第 442 頁建議參採英國預儲金機制，請詳述相關程序並補充資料來源。	感謝委員指導，已補充英國於整個拍賣過程中，押標金繳納之相關規範與資料來源於報告中。
	4.5. 第五章，請整理國際近期共頻或共網案例。	感謝委員指導，將整理國際近期共頻或共網案例於報告之中。
	4.6. 第七章，請歸納分析座談會業者或專家學者意見並提建議。	感謝委員指導，將整理座談會業者或專家學者意見並納入報告之中。
	4.7. 第八章，結論與建議部分 4.7.1. 第 545 頁「義大利僅限 26GHz 頻段開放頻率共用。」與第五章 P.495 整理義大利業者頻率共用情形描述不同，請再確認。 4.7.2. 本章建議共計 10 頁，請綜整國際趨勢、專家學者意見與本文分析研究，提供更具體研究成果。	感謝委員指導 (1) 將修正報告文字，避免讀者誤解。 (2) 已將本研究之重點摘錄至摘要，並以另冊製作精簡版中、英文報告。
	4.8. 附件一及附件二僅會議簽到等資料，請補強專家學者及業者之意見研析與建議。	已於附件一及附件二加入彙整之座談會會議紀錄。
委員 5	本期末報告研蒐資料豐富，架構完整，業已完成委託研究辦理之工作項目。	感謝委員指導。
委員 6	網路共用及頻譜共用之預估金額之計算基礎。	感謝委員指導，已調整相關文字說明。
委員 7	7.1. 資料豐富，報告符合要標要求。 7.2. 暫時得標預儲金機制與導入資格點數機制，效果有重疊之處，主要目的應在降溫效果及加速競價，在我國環境中，違約不繳納標金之風險較低。	感謝委員指導。 (1) 設計暫時得標預儲金機制之目的係為確保競價者能理性出價，而導入資格點數機制則是促使競標者真實反應其需求，使拍賣能以合理的速度進行，兩者目的不同。 (2) 為真實反應我國歷次拍賣結果，未曾發生不繳納標金之情事，已調整文字說明。
	7.3. 報告中對共用頻率及共用網路之模式做了細部分析，可供參考。但依電信管理法精神，隨著技術不斷演進，共同模式也會改變，建議也同時注意「資源有效利用」及「市場公平競爭」兩因	感謝委員指導，將增補共用頻率及共同網路帶來資源有效利用之相關優點說明，以呈現共用情況下帶來之優點與利益。

評審委員	審查建議	研究團隊回應
	<p>素觀點下，如何看待共同頻率及網路。</p> <p>7.4. 5G 應用環境之促進，亦涉及服務應用主管機關之政策及法規，建議可探討。</p>	<p>本研究建議，政府可設立階段性目標，依循行政院對我國數位發展科技政策的規劃主軸，對於 5G 創新科技在各行各業的管理與推廣發展，先交由各業務主管機關進行評估、對規管及配套措施進行考察研究以建立促進應用的產業輔導環境，同時，需加強跨部會溝通聯繫、架構機關與機關間溝通平台並定期追蹤協調。</p>

參考文獻

中文文獻

- [1] 5G 商用服務啟動-打開發展新篇章。新華網。2019 年 10 月 31 日。 http://www.xinhuanet.com/2019-10/31/c_1125178175.htm。
- [2] GSMA、GTI (2018)。中國 5G：典型行業應用。
<https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=755854eaf0d77195e2a9df40a559e47d&download>。
- [3] 人民網。5G 試點城市最新名單公佈！今年，5G 將在這些城市應用落地。2018 年 4 月 11 日。
<http://tc.people.com.cn/BIG5/n1/2018/0411/c183008-29918897.html>。
- [4] 工信部。2019 年通信業統計公報。
<http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c7696411/content.html>
- [5] 工信部 2020 年 1—2 月通信業主要指標完成情況（二）
<http://miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c7827531/content.html>
- [6] 工信部（2020），工信部關於調整 700MHz 頻段頻率使用規劃的通知，
<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c7845702/content.html>
- [7] 工信部（2020），工業和信息化部為中國廣電許可 4.9GHz 頻段 5G 試驗頻率，
<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146440/c7597192/content.html>
- [8] 工信部（2020），工業和信息化部許可中國電信、中國聯通、中國廣電共同使用 5G 系統室內頻率，
<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/c7671201/content.html>
- [9] 工信部（2020），關於推動 5G 加快發展的通知，
<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c7832258/content.html>
- [10] 巴士的報（2019），機管局欲建立「智能機場」 無人駕駛運貨

送行李，<https://www.bastillepost.com/hongkong/article/4603240-%E6%A9%9F%E7%AE%A1%E5%B1%80%E6%AC%B2%E5%B%BA%E7%AB%8B%E3%80%8C%E6%99%BA%E8%83%BD%E6%A9%9F%E5%A0%B4%E3%80%8D-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E9%A7%95%E9%A7%9B%E9%81%8B%E8%B2%A8%E9%80%81%E8%A1%8C%E6%9D%8E>。

- [11] 王文科 (2001)。教育研究法 (第六版)。臺北市：五南。
- [12] 中國 IMT-2020 (5G) 推進組 (2014)。5G 願景與需求白皮書。
<http://www.imt-2020.cn/zh/documents/download/1>。
- [13] 中國 IMT-2020 (5G) 推進組 (2015)。5G 概念白皮書。
<http://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/download/2>。
- [14] 中國政府網 (2019)，工業和資訊化部 國資委關於開展深入推進寬頻網路提速降費 支撐經濟高品質發展 2019 專項行動的通知，http://www.gov.cn/xinwen/2019-05/09/content_5389906.htm
- [15] 中國政府網 (2020)，新基建，為數位經濟注入新動能 (新基建，为数字经济注入新动能)，http://www.gov.cn/xinwen/2020-03/12/content_5490164.htm
- [16] 中國移動網站。
https://shop.10086.cn/goods/471_471_1077334_1059009.html (最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日)。
- [17] 中國移動，投資者關係-移動業務，
https://www.chinamobileltd.com/tc/ir/operation_m.php?year=2020&scroll2title=1
- [18] 中國發改委 (2018)，國家發展改革委 財政部關於降低部分無線電頻率占用費標準等有關問題的通知，
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201804/t20180424_962716.html
- [19] 中國發改委 (2020)，關於促進消費擴容提質加快形成強大國內市場的實施意見，
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202003/t20200313_1223046.html
- [20] 中國電信網站。<http://189.cn/fj/hd/5G/?p=A.FJ.SYCD#make1> (最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日)。

- [21] 中國電信，主要運營數據-月度，<https://www.chinatelecom-h.com/sc/ir/kpi.php>
- [22] 中國聯通。中國聯合網路通信股份有限公司關於與中國電信進行 5G 網路共建共用合作的公告。2019 年 9 月 9 日。
<http://www.chinaunicom.com.cn/news/201909/1568027178888010079.html>。
- [23] 中國聯通網站。
<http://mall.10010.com/goodsdetail/111910177586.html>（最後瀏覽日：2019 年 11 月 21 日）。
- [24] 中國聯通（2020），央視報導聯通 5G 助力復工復產，
<http://www.chinaunicom.com/news/202003/1584351360950018107.html>；中國電信（2020），中國電信”5G+雲+AI”新冠肺炎智慧輔助分析系統準確度超 90%，
http://www.chinatelecom.com.cn/news/02/202003/t20200316_52993.html
- [25] 中國國務院（2006）。國家中長期科學和技術發展規劃綱要（2006—2020 年）
http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm。
- [26] 中國鐵塔（2020），中國鐵塔 2019 年財報：塔類站址總數達 199.4 萬個，持續加速 5G 發展，
<http://www.cww.net.cn/article?id=467112>
- [27] 中華人民共和國工業和信息化部（2019），〈工業和信息化部向四家企業頒發 5G 牌照〉，網址：
<<http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146397/c6992938/content.html>>。（瀏覽時間：2019 年 6 月 10 日）。
- [28] 朱柔若（譯）（2000）。社會研究方法：質化與量化取向（原作者：Neuman, W. L.）。台北：揚智出版社。
- [29] 台灣經濟研究院，「行動寬頻業務發展趨勢與監理機制分析」，國家通訊傳播委員會委託研究報告，2014，頁 115 以下。
- [30] 周文欽（2008）。研究方法概論補充教材。空大學訊。
- [31] 林怡伶。南韓視 5G 為國家戰略-政府擘劃產業升級。DIGITIMES。2019 年 5 月 2 日。

- https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=1&id=0000558348_N4K4SK8230XGTT9QJ2LXN (最後瀏覽日：2019年11月21日)。
- [32] 香港電信條例§36AA, 2011 修訂。
https://www.elegislation.gov.hk/hk/cap106!zh-Hant-HK?xpid=ID_1438402546431_002。
- [33] 香港電訊 (2018), 香港電訊與華為於港鐵新綫提供香港首個 5G 全光纖共享室內數碼網絡，
https://www.hkt.com/About+HKT/Press+information/Press%20Information%20Detail?pop=Y&guid=23de09176cf27610VgnVCM1000006a8ba8c0____&language=zh_HK
- [34] 笨手蛇。探析：韓美 5G 快車，套餐亮點在哪兒？騰訊新聞。2019 年 6 月 8 日。
- [35] 通信世界網 (2019), 國家電網 5G 網路建設方案：利用廣電 700/60MHz 建 11.31 萬座基地臺，
<http://www.cww.net.cn/article?id=462869>
- [36] 通信世界網 (2020), 將建 55 萬個 5G 基站：三大運營商 5G 建設計畫公布，<http://www.cww.net.cn/article?id=465770>
- [37] 通訊事務管理局 (2018)。通訊事務管理局 2017/18 年年報
https://www.coms-auth.hk/annual_report/1718/pdf/tc/full.pdf。
- [38] 通訊事務管理局 (2019), 地區性無線寬頻服務牌照持牌人名單，https://www.coms-auth.hk/tc/licensing/telecommunications/lwbs/list_of_licensees/index.html。
- [39] 通訊事務管理局 (2020)。衛星電視共用天線系統須及時升級方可與 5G 網絡並存。
https://www.ofca.gov.hk/tc/media_focus/press_releases/index_id_2080.html
- [40] 通訊事務管理局，5G 測試報告網頁。
https://www.ofca.gov.hk/tc/pub_report/technical_reports/index.html#01 (最後瀏覽日：2019 年 11 月 11 日)。
- [41] 國家通訊傳採委員會 (2019)。5G 開跑，NCC 針對釋照及後續

監理修正相關法規。

https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&cate=0&keyword=&is_history=0&pages=0&sn_f=41563

- [42] 國家通訊傳採委員會 (2019)。5G 開跑，NCC 審議通過「3.5 吉赫 (GHz) 頻段整備改善措施補助作業要點」，將據以完成 5G 釋照 3.5GHz 頻段最終整備。
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&is_history=0&pages=0&sn_f=41650
- [43] 黃欣。發改委：今年加快 5G 商用等 5 大投資方向。工商時報。2019 年 1 月 14 日。
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190114004142-260409?chdtv>。
- [44] 程琳琳。工信部發佈《關於 2019 年推進電信基礎設施共建共用的實施意見》。通信世界網。2019 年 6 月 5 日。
<http://www.cww.net.cn/article?id=452977>。
- [45] 新浪科技。三大運營商今年 5G 基站數對比：移動最多，電信聯通相同。2019 年 8 月 28 日。<https://tech.sina.com.cn/5g/i/2019-08-28/doc-ihytcern4102706.shtml>。
- [46] 新華網 (2020)，5G+智慧路燈充電樁亮相運營，
http://m.xinhuanet.com/gd/2020-03/17/c_1125723666.htm
- [47] 新華網 (2020)，5G 頻段擴容 毫米波成”兵家必爭之地”，
http://www.xinhuanet.com/tech/2020-02/11/c_1125557803.htm
- [48] 新華網 (2020)，全國有線電視網路整合和廣電 5G 建設一體化發展工作啟動，http://www.xinhuanet.com/ent/2020-03/03/c_1125653824.htm
- [49] 萬文隆 (2004)。深度訪談在質性研究中的應用。生活科技教育月刊，37 (4)，17-23。
- [50] 數位時代(2017)，愛爾蘭小國翻轉的競爭力，許毓人。
- [51] 樊沁萍、陳人傑 (2018)。頻譜拍賣制度之理論回顧、政策經驗與模擬研究。人文及社會科學集刊。第三十卷第三期(107/9)，1-40。
https://www.rchss.sinica.edu.tw/files/archive/1328_b372f0d2.pdf。

- [52] 廣電總局 (2020), 《全國地面數位電視廣播頻率規劃》發佈, http://www.nrta.gov.cn/art/2020/1/14/art_114_49503.html
- [53] 廣電總局, 中國廣電獲頒 5G 系統室內頻率, http://www.nrta.gov.cn/art/2020/2/17/art_114_50007.html
- [54] 賽迪智庫 (2020), 誰在助力 5G 加速跑?—中國地方政府 5G 政策研究, <https://www.ccidgroup.com/sdgc/16029.htm>

外文文獻

- [1] 5G.CO.UK, <https://5g.co.uk/> (last visited : 2019/11/21)
- [2] ACCC (2013), Facilities Access Code Final Decision, available at: <https://www.accc.gov.au/system/files/TFA%20-%20Facilities%20access%20-%20Code%20inquiry%20-%20Final%20Decision%20Paper%20on%20updating%20the%20Code%20-%20FINAL%20-%20August%202013.pdf>
- [3] ACCC (2018), Communications Sector Market Study Final Report, https://www.accc.gov.au/system/files/Communications%20Sector%20Market%20Study%20Final%20Report%20April%202018_0.pdf (last visited :2019/11/21).
- [4] ACCC (2019), Facilities Access Code Review Draft Report , <https://www.accc.gov.au/system/files/Facilities%20Access%20Code%20-%20draft%20report%20of%20the%20review.pdf>
- [5] ACMA (2017), Five-year spectrum outlook 2017–21, <https://www.acma.gov.au/theACMA/five-year-spectrum-outlook-2017-21>
- [6] ACMA (2017), Future use of the 3.6 GHz band—Decisions and preliminary views paper, https://www.acma.gov.au/theACMA/~/_link.aspx?_id=17BFF36784FF4151B1217647D6957112&_z=z (last visited :2019/3/09).
- [7] ACMA (2017) , Spectrum for broadband in mmWave bands, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/spectrum-for-broadband-in-mmwave-bands>
- [8] ACMA (2017) , Spectrum tune-up: Spectrum for 5G broadband in mmWave bands, available at: http://www.acma.gov.au/Home/theACMA/~/_link.aspx?_id=5C6E9FA9517844359BD38DCBD2F85423&_z=z

- [9] ACMA (2017), Future use of the 3.6 GHz band—Decisions and preliminary views paper, <https://www.acma.gov.au/theACMA/~/link.aspx?id=17BFF36784FF4151B1217647D6957112&z=z>
- [10] ACMA (2018), 28 GHz spectrum planning Discussion paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/992D0B89E5BB40098672A2F76320EBF7.ashx>
- [11] ACMA (2018), 3.6 GHz auction system format Information paper, https://www.acma.gov.au/-/media/Spectrum-Monitoring-and-Analysis/Information/Word-Document/3-6-GHz-band-auction-system_information-paper-docx.docx?la=en (last visited :2019/3/09).
- [12] ACMA (2018), 3.6 GHz band auction, November 2018, Auction guide, <https://www.acma.gov.au/-/media/Spectrum-Licensing-Policy/Information/pdf/3-6-GHz-auction-2018-Auction-guide-pdf.pdf?la=en> (last visited :2019/3/09).
- [13] ACMA (2018), Australia’s 5G auction concludes, <https://www.acma.gov.au/theACMA/australias-5g-auction-concludes> (last visited :2019/3/09).
- [14] ACMA (2018), The ACMA’s auction capability, available at: <https://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Spectrum-licences/the-acmas-auction-capability>
- [15] ACMA (2018), Consultation paper: Draft allocation instruments for 3.6 GHz band (3575–3700 MHz) metropolitan and regional lots auction, <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/9FD3C5CAFE4C444C988BD30C45555329.ashx> (last visited :2019/3/09).
- [16] ACMA (2018), Spectrum licensing FAQs, https://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Spectrum-licences/spectrum_20
- [17] ACMA (2018), Spectrum tune-up: 3.6 GHz band auction system, <https://www.acma.gov.au/theACMA/spectrum-tune-up-3-6-ghz-band-auction-system> (last visited :2019/3/09)
- [18] ACMA (2018), Wireless broadband in the 26 GHz band Options paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/15EF7BCEB00E4297B99953C9CDC27125.ashx> (last visited :2019/3/09)

- [19] ACMA (2018), The ACMA's auction capability, <https://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Spectrum-licences/the-acmas-auction-capability>
- [20] ACMA (2018), Wireless broadband in the 26 GHz band Options paper, available at: <https://www.acma.gov.au/theACMA/-/media/15EF7BCEB00E4297B99953C9CDC27125.ashx>
- [21] ACMA (2019), ACMA Submission Inquiry into the Deployment, Adoption and Application of 5G in Australia, available at: <https://www.aph.gov.au/DocumentStore.ashx?id=a3ec5b3d-73a7-4c76-a6d3-603d17c70f25&subId=672949> (last visited :2020/4/13)
- [22] ACMA(2020), Area-wide licensing ACMA approach to introducing area-wide licences, available at: <https://www.acma.gov.au/acma-creates-new-licence-type>
- [23] ACMA, Technical framework 28–31 GHz band, available at: <https://www.acma.gov.au/search/node?keys=28+GHz>
- [24] ACMA, Small cells, <https://www.acma.gov.au/small-cells> (last visited: 2019/11/21)
- [25] Aetha-Analysys Mason (2014), Review of Ofcom's benchmarking of the value of the 1800 MHz spectrum band to determine annual licence fees, http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/900-1800-mhz-fees/responses/EE_Annex_Analysis_Mason_Aetha_report.pdf
- [26] AGCOM (2018), Regulation and award of 5G pioneer bands in Italy.
- [27] AGCOM (2019), 2019 Annual report, available at : <https://www.agcom.it/visualizza-documento/7b6a8cdb-b6cc-45ac-b1b4-ef5a674df5b4>
- [28] Agcom (2019), COMMUNICATION MARKETS MONITORING SYSTEM.
- [29] Analysys mason (2018), Study on the implementation of spectrum trading in Hong Kong, https://www.cedb.gov.hk/ccib/eng/report/doc/spectrum_trading/2018_report.pdf
- [30] ARCEP (2017), 5G: Issues & Challenges, https://www.ARCEP.fr/uploads/tx_gspublication/Report-5G-issues-challenges-march2017.pdf

- [31] ARCEP (2017), Arcep launches a public consultation on the terms and methods for allocating 2.6 GHz TDD band spectrum to support professional mobile radio networks' transition to 4G, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/arcep-launches-a-public-consultation-on-the-terms-and-methods-for-allocating-26-ghz-tdd-band-spectr.html> (last visited: 2019/6/11)
- [32] ARCEP (2018), 5G: An ambitious roadmap for FRANCE, https://www.ARCEP.fr/fileadmin/reprise/dossiers/programme-5G/Roadmap_5G_-_VA.pdf
- [33] ARCEP (2018), Prospects for the introduction of 5G in the 26 GHz band, <https://www.arcep.fr/actualites/les-consultations-publiques/p/gp/detail/perspectives-pour-lintroduction-de-la-5g-dans-la-bande-26-ghz-22-mai-2018.html> (last visited: 2020/4/15)
- [34] ARCEP (2019), 5G trial platforms in the 26 GHz band: Agnès PANNIER-RUNACHER and Arcep present the first 11 projects selected, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-6.html> (last visited: 2020/4/15)
- [35] ARCEP (2019), The French government and Arcep issue a call for the creation of 5G trial platforms in the 26 GHz band, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-3.html> (last visited: 2020/4/15)
- [36] ARCEP, Allocation of 3.4 - 3.8 GHz band frequencies: Arcep publishes its allocation procedure and applicant obligations for public consultation, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/5g-4.html> (last visited: 2019/11/13)
- [37] ARCEP, Dashboard of 5G experiments in France, <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-deploiements-5g.html> (last visited: 2019/11/13)
- [38] ARCEP, Evolution of prices for mobile services in France 2010-2018, <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/marches-des-communications-electroniques-en-france-enquetes-trimestrielles-et-annuelles/indice-des-prix-des-services-fixes-et-mobiles.html> (last visited: 2019/11/13)
- [39] ARCEP, High and Very High Speed Observatories: Subscriptions and Deployments (Q2 2019), <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/observatoire-des-abonnements-et->

deploiements-du-haut-et-tres-haut-debit/hd-thd-t2-2019.html?2019
(last visited: 2019/11/13)

- [40] ARCEP, Network indicators and mobile services: Mobile subscribers (Q3 2019), <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/observatoire-services-mobiles/abonnes-mobiles-t3-2019.html> (last visited: 2019/11/13)
- [41] ARCEP, Sharing of mobile networks: The roaming contract between Free Mobile and Orange extended by two years, <https://www.arcep.fr/actualites/les-communiques-de-presse/detail/n/partage-de-reseaux-mobiles-2.html> (last visited: 2020/4/15)
- [42] ARCEP, To prepare for the advent of 5G, ARCEP opens a « 5G pilot » window for all market players, <https://en.ARCEP.fr/news/press-releases/p/n/to-prepare-for-the-advent-of-5g-ARCEP-opens-a-5g-pilot-window-for-all-market-players.html> (last visited: 2019/6/11)
- [43] ARCEP, Vertical market connectivity: Arcep creates a window for allocating 2.6 GHz TDD band frequencies, <https://en.arcep.fr/news/press-releases/p/n/businesses-digital-transformation-1.html> (last visited: 2019/11/13)
- [44] Arnnnet.com, Telstra flicks on 5G in the Gold Coast, available at: <https://www.arnnet.com.au/article/645262/telstra-flicks-5g-gold-coast/> (last visited: 2019/11/21)
- [45] Article 54 of Directive (EU) 2018/1972 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 establishing the European Electronic Communications Code (OJ L 321, 17.12.2018, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1573713687823&uri=CELEX:32018L1972>)
- [46] Au, <https://www.au.com/5g/> (last visited :2020/04/20)
- [47] Australian Government (2017), 5G—Enabling the future economy, <https://www.communications.gov.au/departmental-news/5g-enabling-future-economy>
- [48] BEREC(2018), BEREC Report on Infrastructure Sharing, https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8164-berec-report-on-infrastructure-sharing
- [49] BEREC (2019), BEREC Common Position on Infrastructure Sharing, https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/r

egulatory best practices/common approaches positions/8605-berec-common-position-on-infrastructure-sharing

- [50]BEREC (2019), BEREC Common Position on Mobile Infrastructure Sharing, BoR(19) 110, at 15-20.
- [51]BNetzA (2018), Annual Report 2018.
- [52]BNetzA (2018/12/14), 2GHz 3.6GHz Decision III IV.
- [53]BNetzA, Mobile broadband – Spectrum for 5G Allotment.
- [54]Bundesnetzagentur (2014/7/8), Telecoms rules decision on the Telefónica Deutschland and E-Plus merger
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2014/140708Telefonica_Eplus.html
- [55]Bundesnetzagentur (2016), Points of Orientation for the provision of spectrum for the rollout of digital infrastructures, at 2-3.
- [56]Bundesnetzagentur(2019), Grundlegende Rahmenbedingungen des zukünftigen Antragsverfahrens für den Bereich 3700 MHz – 3800 MHz für Anwendungen des drahtlosen Netzzugangs.
- [57]Bundesnetzagentur, Regionale und lokale Netze
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html
- [58]Buten un binnen (2019/09/05), 5G-Start: Ab wann Bremer den neuen Mobilfunkstandard nutzen können
<https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/politik/neuer-funkstandard-umsetzung-bremen-100.html>
- [59]Bvmit (2018), 5G Strategy : Austria’s way to become a 5G pioneer in Europe,
<https://www.bmvit.gv.at/en/service/publications/downloads/5Gstrategy.pdf>.
- [60]Channelnews, The State Of 5G: Optus vs Telstra, available at:
<https://www.channelnews.com.au/the-state-of-5g-optus-vs-telstra/>
(last visisted :2019/11/21)
- [61]COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2019/784 on harmonisation of the 24,25-27,5 GHz frequency band for terrestrial systems capable of providing wireless broadband electronic

communications services in the Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019D0784>

- [62] ComReg(2018), Document 18/60 – Proposed Multi Band Spectrum Award – Preliminary consultation on which spectrum bands to award.
- [63] ComReg(2019), 19/124, Proposed Multi Band Spectrum Award - Response to Consultation and Draft Decision-The 700 MHz Duplex, 2.1 GHz, 2.3 GHz and 2.6 GHz Bands, Annex: 6 Draft RIAs – Spectrum for Award & Assignment Process, P.388~419.
- [64] ComReg(2019), ComReg 19/59R, Response to consultation and further consultation, P24-25 、 167.
- [65] ComReg(2019), Document 19/59 – Response to consultation and further consultation on a Proposed Multi Band Spectrum Award for the 700 MHz, 2.1 GHz, 2.3 GHz and 2.6 GHz Bands.
- [66] DBS (2018), Singapore Telecom Sector, https://www.dbs.com.sg/sme/aics/pdfController.page?pdfpath=/content/article/pdf/AIO/012018/180125_insights_opportunities_from_mis_pricing.pdf
- [67] DCMS(2018), 5G Testbeds and Trials Programme, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/753531/5GTT_Programme_Update_1_.pdf (last visited: 2019/11/6)
- [68] DCMS(2018), 5G Testbeds and Trials Programme, <https://www.gov.uk/government/collections/5g-testbeds-and-trials-programme> (last visited: 2019/11/6)
- [69] DCMS(2020), New £65 million package for 5G trials, <https://www.gov.uk/government/news/new-65-million-package-for-5g-trials> (last visited: 2020/03/25)
- [70] Department of Communications and the Arts , Impacts of 5G on productivity and economic growth, <https://www.communications.gov.au/departmental-news/impacts-5g-productivity-and-economic-growth> (last visited :2019/11/21)
- [71] DotEcon (2018), Options for the design of the auction in the 700, 1500 and 2100MHz bands, https://www.rtr.at/de/inf/konsult700-1500-2100-mhz/Consultation_Award_700_1500_2100_MHz_20122018_Appendix_Auction_design.pdf

- [72]ECC Report 287 (2018), Guidance on defragmentation of the frequency band 3400-3800 MHz,
<https://www.ecodocdb.dk/download/3a143dbe-7cbc/ECCRep287.pdf>
- [73]ELAN, a law to reform housing, planning and digital technology,
<https://www.gouvernement.fr/en/elan-a-law-to-reform-housing-planning-and-digital-technology> (last visited: 2019/6/11)
- [74]Ericsson (2019), Ericsson Mobility Report,
<https://www.ericsson.com/49d1d9/assets/local/mobility-report/documents/2019/ericsson-mobility-report-june-2019.pdf>
- [75]Ericsson (2019), The Power of 5G is Here and Will Continue to Spread Across The Globe in The Coming Years,
<https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/june-2019>
- [76]EU (2019), 5G Observatory Quarterly Report 4,
<http://5gobservatory.eu/wp-content/uploads/2019/07/80082-5G-Observatory-Quarterly-report-4-min.pdf>
- [77]EU, Digital Single Market: Country information - France,
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-france> (last visited Nov. 13, 2019)
- [78]European 5G Observatory, PUBLIC FUNDING OF 5G R&D, INCLUDING TRIALS. <https://5gobservatory.eu/public-initiatives/public-funding-of-5g-rd-including-trials/#1533628856456-6f95b149-b420> (last visit: 2020/4/7)
- [79]FCC (2018), Communications Marketplace Report
- [80]FCC (2018), FCC facilitates deployment of wireless infrastructure for 5G connectivity, <https://www.fcc.gov/document/fcc-facilitates-wireless-infrastructure-deployment-5g>
- [81]FCC (2019), Notice of updated 39 GHz reconfiguration procedures, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-19-397A1.pdf>
- [82]FCC (2020), FCC Proposes C-band Auction Procedures, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-23A1.pdf>
- [83]FCC (2020), Winning bidders announced for auction 103, available at: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-20-253A1.pdf>
- [84]Finder web, Telstra will offer free 5G Wi-Fi on the Gold Coast,

available at: <https://www.finder.com.au/telstra-will-offer-free-5g-wi-fi-on-the-gold-coast> (last visited :2019/11/21)

- [85]FierceWireless (2015/6/8), Germany's Airdata files challenge to Telefónica-E-Plus merger
<https://www.fiercewireless.com/europe/germany-s-airdata-files-challenge-to-telefonica-e-plus-merger>
- [86]GSMA (2012), Mobile Infrastructure Sharing,
<http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Mobile-Infrastructure-sharing.pdf>
- [87]GSMA、GTI (2018)。中國 5G：典型行業應用。
<https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=755854eaf0d77195e2a9df40a559e47d&download>
- [88]GSMA(2020), Impacts of mmWave 5G in China,
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/03/mmWave-5G-Benefits-China-English.pdf>
- [89]IDATE DigiWorld, <https://en.idate.org/>.
- [90]IMDA (2019), Second Consultation on 5G Mobile Services and Networks, <https://www.imda.gov.sg/-/media/Imda/Files/Regulation-Licensing-and-Consultations/Consultations/Consultation-Papers/Second-Public-Consultation-on-5G-Mobile-Services-and-Networks/Second-5G-Public-Consultation-7-May-2019-Final.pdf>
- [91]IMDA , Proposed Policy Frameworks For The Allocation Of 800 MHz, TDD 1900 MHz And FDD 2100 MHz Spectrum Bands.
- [92]IMDA(2019),Policy for fifth-generation(5G)mobile networks and services in Singapore.
- [93]Implementation of the 5G roadmap: The Government communicates to Arcep its orientations with a view to the development of the next frequency allocations for 5G, https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1562769055/user_upload/grands_dossiers/5G/communiqu-e-et-lettre-de-cadrage-orientations-5G_mai2019.pdf
- [94]ITU (2017), Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf
- [95]JTOWER (2019), NTT と JTOWER の資本・業務提携について

て ～5G 時代におけるシェアリングモデルの推進による、社会的課題の解決，<https://www.jtower.co.jp/2019/1256/>

- [96]KDDI (2019), KDDI Corporation and SoftBank Corp. to Cooperate on Rapid Build-out of 5G Networks in Japan's Rural Areas through Mutual Use of Base Station Assets ,
<https://news.kddi.com/kddi/corporate/english/newsrelease/2019/07/03/3900.html>
- [97]Ministers for Communications, Cyber Safety and the Arts, Building community confidence in 5G safety, available at:
<https://www.minister.communications.gov.au/minister/paul-fletcher/news/building-community-confidence-5g-safety> (last visited :2020/4/8)
- [98]Ministry of Transport and Communications (2018), Spectrum Auction Concluded, <https://www.lvm.fi/en/-/spectrum-auction-concluded-984712>
- [99]MISE (2020), Genoa 5G project,
<https://www.mise.gov.it/index.php/it/comunicazioni/servizi-alle-imprese/tecnologia-5g/5g-genova>
- [100] MISE (2020), Support program for emerging 5G technologies, available at:
<https://www.mise.gov.it/index.php/it/comunicazioni/servizi-alle-imprese/tecnologia-5g/tecnologie-emergenti-5g>
- [101] Next Mobility (2019), 東電 PG と通信事業 3 社、電柱等用い 5G 設備をシェアする実証，
https://www.nextmobility.jp/economy_society/demonstrated-to-share-5g-facilities-using-tepco-and-three-telecommunications-businesses-utility-poles-etc-20190319/
- [102] News.com.au, Optus announces 5G home broadband plan as it seeks to quadruple network within six months, available at:
<https://www.news.com.au/technology/online/nbn/optus-announces-5g-home-broadband-plan-as-it-seeks-to-quadruple-network-within-six-months/news-story/3fdafc3fd652e94f9b8208c8e446bde4> (last visited :2019/11/21)
- [103] Nokia (2014), Single RAN Advanced Evolution: The Future Just Got Simpler, <https://onestore.nokia.com/asset/200245>

- [104] NTT DoCoMo, New 5G Services & Products Presentation,
https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/ir/binary/pdf/library/presentation/200318/new_product_presentation_200318_e.pdf
(last visited :2020/4/20)
- [105] NTT DoCoMo ,
https://www.nttdocomo.co.jp/product/promotion/20_docomo_collection/?utm_source=corp_product&utm_medium=owned&utm_campaign=corp_202003_from-crp-spe-5g-to-crp-pro-pro-20 (last visited :2020/3/27)
- [106] OECD (2014), Wireless Market Structures and Network Sharing,
http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/wireless-market-structures-and-network-sharing_5jxt46dzt19r2-en
- [107] OFCA(2012), Auction of Radio Spectrum in the 2.5/2.6GHz Band for the Provision of Wireless Broadband Services, Information memorandum, p.13-14.
- [108] OFCA(2013), Major Tasks and Projects for 2013-14, p.4.
- [109] OFCA(2018), GUIDELINES FOR SUBMISSION OF APPLICATIONS FOR ASSIGNMENT OF SPECTRUM IN THE 26 GHZ AND 28 GHZ BANDS FOR PROVISION OF LARGE SCALE PUBLIC MOBILE SERVICES,
https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_1127/26_28_GHz_Guidelines.pdf (last visisted :2019/5/27)
- [110] OFCA (2019, Successful Conclusion of Auction of 5G Spectrum in 3.5GHz Band,
https://www.ofca.gov.hk/en/media_focus/press_releases/index_id_2005.html
- [111] OFCA 。
https://www.ofca.gov.hk/tc/data_statistics/data_statistics/key_statistics/index.html (last visisted :2020/3/20)
- [112] Ofcom(2017), 5G spectrum access at 26 GHz and update on bands above 30 GHz,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0014/104702/5G-spectrum-access-at-26-GHz.pdf (last visisted :2019/6/3)
- [113] Ofcom(2017), Update on 5G spectrum in the UK,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf (last visited :2019/5/30)

- [114] Ofcom(2018), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0019/130726/Award-of-the-700-MHz-and-3.6-3.8-GHz-spectrum-bands.pdf (last visited :2019/11/1)
- [115] Ofcom(2018), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0021/130737/Annexes-5-18-supporting-information.pdf (last visited :2019/11/15)
- [116] Ofcom(2019), Communications Market Report 2019,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0028/155278/communications-market-report-2019.pdf (last visited :2019/11/15)
- [117] Ofcom(2019), Consultation: Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands – Revised proposals on auction design,
<https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/award-700-mhz-3.6-3.8-ghz-spectrum-revised-proposals> (last visited :2019/11/20)
- [118] Ofcom(2019), Enabling wireless innovation through local licensing,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf (last visited :2020/03/25)
- [119] Ofcom(2019), Statement on the making of certain regulations in connection with the award of 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0029/148880/statement-auction-regulations.pdf (last visited :2019/5/30)
- [120] Ofcom(2019), Telecommunications Market Data Update,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0028/175582/q2-2019-telecoms-data-update.pdf (last visited :2019/11/14)
- [121] Ofcom(2020), 2020 Coverage Obligations - Notice of compliance verification methodology,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0031/192919/notice-of-compliance-verification-methodology.pdf (last visited :2020/03/24)
- [122] Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands,
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0020/192413/stat

- ement-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf (last visited :2020/03/16)
- [123] Ofcom(2020), Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands-Annexes,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0017/192410/annexes-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf (last visited :2020/03/18)
- [124] Ofcom(2020) , Statement on the final draft of the Regulations for the award of spectrum in the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz frequency bands-Notice of Ofcom’s final draft of the Wireless Telegraphy (Licence Award) Regulations 2020,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0018/192411/auction-regulations-award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf (last visited :2020/03/18)
- [125] Official Journal of the European Union, Commission Implementing Decision (EU) 2018/784, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019D0784>
- [126] OpenSignal (2019), Taiwan Mobile Network Experience Report, <https://www.opensignal.com/reports/2019/06/taiwan/mobile-network-experience>
- [127] Oxera(2018), Future mobile connectivity in Ireland, report for ComReg.
- [128] Pervasive-nation, <https://connectcentre.ie/pervasive-nation> (last visited: 2020/4/7)
- [129] Peter Curwen, Jason Whalley, Pierre Vialle (2019), Disruptive Activity in a Regulated Industry: The Case of Telecommunications, Emerald Publishing Limited.
- [130] Plum (2016), Review of Efficiency Gains with Multi-Operator Core Network (MOCN) Technology,
<https://plumconsulting.co.uk/review-efficiencies-multi-operator-core-network-mocn-technology/>
- [131] PTS, <https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2019/pts-tar-emot-synpunkter-pa-forslag-om-tilldelning-av-23--och-35-ghz-banden/> (last visited: 2020/4/14)
- [132] PTS (2013), Post- och telestyrelsens författningssamling, <https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala->

[dokument/foreskrifter/radio/ptsfs-2013_7-undantag-medgivande-radiosandare.pdf](#)

- [133] PTS (2018) , Förslag för tilldelning av lokala tillstånd I 3,7–3,8 GHz från 2023 och framåt ,
<https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/remisser/2018/radio/konsultation-1---23-och-35-ghz/2.-forslag-for-tilldelning-av-lokala-blocktillstand.pdf>
- [134] PTS (2018), Första steget i auktionen i 700 MHz-bandet avslutat,
<https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2018/forsta-steget-i-auktionen-i-700-mhz-bandet-avslutat/> (last visited : 2019/11/21)
- [135] PTS (2018), Open invitation to apply for licences to use radio transmitters in the 700 MHz band,
<https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/beslut/2018/radio/700-ai-bb-engelska/2.-appendix-1---open-invitation.pdf>
- [136] PTS (2018), Preliminary study prior to future assignment of frequencies for 5G (3.4–3.8 GHz and 24.25–27.5 GHz),
<https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/rapporter/2018/radio/preliminary-study-frequencies-5g-pts-er-2018-4.pdf>
- [137] PTS (2019), Allmän inbjudan till ansökan om tillstånd att använda radiosändare i 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden,
https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/remisser/2019/radio/samrad-ai-bb-35-och-23-ghz/2.-bilaga-1-master_allman-inbjudan.pdf
- [138] PTS (2019), Konsultation inför planerad tilldelning av frekvensutrymme i 2,3- och 3,5 GHz-banden samt tilldelning av frekvensutrymme för lokala tillstånd,
<https://docplayer.se/119270086-Konsultation-infor-planerad-tilldelning-av-frekvensutrymme-i-2-3-och-3-5-ghz-banden-samt-tilldelning-av-frekvensutrymme-for-lokala-tillstand.html>
- [139] PTS (2019), Samråd av regler och villkor inför auktion av 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden,
<https://www.pts.se/sv/nyheter/radio/2019/samrad-av-regler-och-villkor-infor-auktion-av-35-ghz--och-23-ghz-banden/> (last visited: 2020/4/14)

- [140] PTS (2019) , Svensk telekommarknad Första halvåret ,
<https://www.pts.se/sv/dokument/rapporter/telefoni/2019/svensk-telekommarknad-forsta-halvaret-2019-pts-er-201913/>
- [141] PTS(2020), Allmän inbjudan till ansökan om tillstånd att använda radiosändare i 3,5 GHz- och 2,3 GHz-banden,
<https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/remisser/2020/radio/andra-samrad-35/2.-bilaga-1-allman-inbjudan.pdf>
- [142] PTS(2020), Open invitation to apply for licences to use radio transmitters in the 3.5 GHz and 2.3 GHz bands,
<https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/legala-dokument/beslut/2020/radio/engelska-filer-auktionsinbjudan-35-23/appendix-1---open-invitation.pdf>
- [143] Radiocommunications (Spectrum Licence Allocation — 3.6 GHz Band) Determination 2018,
https://www.legislation.gov.au/Details/F2018L01065/Html/Text#_Toc520268117
- [144] Radiocommunications (Spectrum Licence Tax) Determination 2014, <https://www.legislation.gov.au/Details/F2014L00957> (last visited :2019/3/09)
- [145] Radiocommunications (subsection 145(3) Certificates) Determination 2012,
<https://www.legislation.gov.au/Details/F2012L01719>
- [146] RCR Wireless News (2019/09/06), Deutsche Telekom offers 5G tech in five cities via 129 base stations
<https://www.rcrwireless.com/20190906/5g/deutsche-telekom-offers-5g-tech-five-cities-via-129-base-stations>
- [147] RTR (2017), Communications Report.
https://www.rtr.at/en/inf/KBericht2017/C-Report_2017.pdf
- [148] RTR (2019), Communications Report 2018, available at:
<https://www.rtr.at/epaper/Communications-Report-2018/epaper/CommunicationsReport2018.pdf>
- [149] RTR (2019), Fachbereich Telekommunikation Und Post.
<https://www.rtr.at/en/inf/NewsletterTK012019/TK01-2019.pdf>
- [150] RTR (2019), Telekom Monitor Report 2018, available at:

<https://www.rtr.at/epaper/RTR-Telekom-Monitor-Annual-Report-2018/epaper/TelekomMonitor2018ENG.pdf>

- [151] SFT Annual Plan 2020, <https://www.sfi.ie/research-news/publications/SFI-Annual-Plan-2020.pdf> (last visited: 2020/4/7)
- [152] S.I. No. 476 of 2013, INDUSTRIAL DEVELOPMENT (SCIENCE FOUNDATION IRELAND) (STRATEGIC AREAS OF OPPORTUNITY) REGULATIONS 2013.
- [153] SoftBank , SoftBank 5G 新商品・新サービス発表会 , https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2020/20200305_05/?cid=5gmp_200312_mobile/special/softbank-5g/_015 (last visited: 2020/4/20)
- [154] Spotlight on Research, Maynooth University (2020), <https://www.maynoothuniversity.ie/research/spotlight-research/perks-and-challenges-guide-5g> (last visited: 2020/3/29)
- [155] Swedish regulator plans new spectrum licenses for 5G trials, <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/swedish-regulator-plans-new-spectrum-licenses-for-5g-trials> (last visited: 2020/4/14)
- [156] Taipei Time (2019), APT Raising Capital for 5G Efforts, <http://www.taipeitimes.com/News/biz/archives/2019/06/20/2003717217>
- [157] TELE2 (2018), Tele2 and Telenor secure new frequencies and consolidate joint plan for 5G network in Sweden, <https://www.tele2.com/media/press-releases/2018/tele2-and-telenor-secure-new-frequencies-and-consolidate-joint-plan-for-5g-network-in-sweden> (last visited: 2019/11/21)
- [158] Telecoms(2019), EE forced to backtrack on 5G data tariffs, <https://telecoms.com/499367/ee-forced-to-backtrack-on-5g-data-tariffs/>(last visited :2019/11/15)
- [159] TeleGeography (2019), NCC Defends Plans for 3.5GHz Spectrum Cap in Upcoming Auction, <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2019/08/07/ncc-defends-plans-for-3-5ghz-spectrum-cap-in-upcoming-auction/>
- [160] The Regional Administrative Court for Lazio (2020), Order,

https://www.giustizia-amministrativa.it/portale/pages/istituzionale/visualizza/?nodeRef=&schema=tar_rm&nrg=201914945&nomeFile=202002809_08.html&subDir=Provvedimenti

- [161] TIM (2020), Italy's largest tower operator and Europe's second largest listed tower company, <https://www.telecomitalia.com/tit/en/about-us/activities/INWIT.html>
- [162] TKK (2019), 5G frequency award 3.4-3.8 GHz – outcome of auction, <https://www.rtr.at/en/tk/5G-Auction-Outcome>
- [163] TSSG, <https://tssg.org/about/> (last visit: 2020/4/7)
- [164] Vodafone newsroom, Das erste 5G-Handy-Netz ist da: Ab morgen auf den Smartphones (2019/07/16) <https://www.vodafone.de/newsroom/netz/5g-start-vodafone-startet-5g-in-deutschland/>
- [165] ZDNet, Australia prepares for mmWave spectrum auction in early 2021, available at: <https://www.zdnet.com/article/australia-prepares-for-mmwave-spectrum-auction-in-early-2021/> (last visited :2020/4/8)
- [166] ZDNet, Vodafone Australia goes with Nokia for 5G build, available at:<https://www.zdnet.com/article/vodafone-australia-goes-with-nokia-for-5g-build/> (last visited :2020/4/8)
- [167] 민가홍 (2020) , 〈 5G, 세계 최초 상용화에 이어 세계 최고로 〉 , 과학기술정보통신부 , https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2462050 . (瀏 覽 時 間 : 2020 年 3 月 9 日)
- [168] 민가홍 (2020) , 〈 5G, 세계 최초 상용화에 이어 세계 최고로 〉 , 과학기술정보통신부 , https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2462050 . (瀏 覽 時 間 : 2020 年 3 月 9 日)
- [169] 김영은 , 전국 5G 기지국 현황 , Yonhapnews , 2019 年 9 月 5 日 , <https://www.yna.co.kr/view/GYH20190905000200044> (最 後 瀏 覽 日 : 2019 年 11 月 21 日)

- [170] 김주현, 작년 한해 5G 가입자수 466 만명...연말 증가세
 꺾인
 이유는, MoneyToday, 2020 年 2 月 3 日, <https://www.msn.com/ko-kr/news/techandscience/%EC%9E%91%EB%85%84-%ED%95%9C%ED%95%B4-5g-%EA%B0%80%EC%9E%85%EC%9E%90%EC%88%98-466%EB%A7%8C%EB%AA%85%E2%80%A6%EC%97%B0%EB%A7%90-%EC%A6%9D%EA%B0%80%EC%84%B8-%EA%BA%BD%EC%9D%B8-%EC%9D%B4%EC%9C%A0%EB%8A%94/ar-BBZAUR0>
 (最後瀏覽日 : 2020 年 3 月 18 日)
- [171] 장두원, 제 1 차 민·관 합동 「5G+ 전략위원회」 개최,
 과학기술정보통신부, 2019 年 6 月 19
 日, <https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw311&artId=2045427> (最後瀏覽日 : 2019 年 11 月 21
 日)
- [172] 심규열, 〈5G 서비스 점검 민관합동 TF 회의
 개최〉, 2020 年 3 月 12 日, [https://www.msit.go.kr/web/msipC
 ontents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2716670](https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2716670) (最後瀏覽日 : 2020 年 3 月 18 日)
- [173] 강선숙 (2019), 〈주파수 공동사용 고시 제정
 추진〉, 과학기술정보통신부, [https://www.msit.go.kr/web/msi
 pContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2287462](https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=2287462)
- [174] 김판열, 5 세대(5G) 이동통신 망 구축 지원을 위한
 필수설비 이용대가
 확정, 과학기술정보통신부, [https://www.msit.go.kr/web/msipC
 ontents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=1483738](https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=1483738) (最後瀏覽日 : 2020 年 2 月 26 日) 。
- [175] 한정원, 세계 최초 5G 상용화를 목표로 통신사, 손
 맞잡는다!, 과학기술정보통신부, 2018 年 4 月 10 日, [https://
 www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw
 311&artId=1379674](https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw311&artId=1379674) (最後瀏覽日 : 2019 年 11 月 21 日)
- [176] 관계부처 합동 (2019), 《5G+

전략》, [https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afildfile/2019/04/08/\(%EB%B6%99%EC%9E%84\)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf](https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afildfile/2019/04/08/(%EB%B6%99%EC%9E%84)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf)。(瀏覽時間：2020年3月9日)

[177] 관계부처합동, 4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회

중장기 종합대책, <http://prof.ks.ac.kr/cschung/2017-AI.pdf>

(最後瀏覽日：2019年11月21日)

[178] 과학기술정보통신부, 5G+전략, 2019年4月8日,

[https://msit.go.kr/cms/www/m_con/news/report/_icsFiles/afildfile/2019/04/08/\(%EB%B6%99%EC%9E%84\)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf](https://msit.go.kr/cms/www/m_con/news/report/_icsFiles/afildfile/2019/04/08/(%EB%B6%99%EC%9E%84)%20%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%20%EC%8B%A4%ED%98%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%205G%ED%94%8C%EB%9F%AC%EC%8A%A4%20%EC%A0%84%EB%9E%B5.pdf) (最後瀏覽日：2019年11月21日)

[179] 과학기술정보통신부 (2019),

http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxSearch.do?idx_cd=1348&stts_cd=134801&freq=Y; 스마트초이스

(2019),

http://www.smartchoice.or.kr/smc/smartreport/service_04_client.do。(最後瀏覽時間：2020年3月7日)

[180] 과학기술정보통신부 (2019),

http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxSearch.do?idx_cd=2755&stts_cd=275502&freq=Y。KOSIS (2019),

http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGAE21 (最後瀏覽時間：2020年3月7日)

[181] 과학기술정보통신부, 이동통신(IMT)용 주파수할당

공고, 2019年5月4日, [http://www.msip.go.kr/dynamic/file/afildfile/mssw311/1381784/2018/05/04/\(%EB%B3%84%EC%B2%A8\)%EC%9D%B4%EB%8F%99%ED%86%B5%EC%8B%A0\(IMT\)%EC%9A%A9%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88](http://www.msip.go.kr/dynamic/file/afildfile/mssw311/1381784/2018/05/04/(%EB%B3%84%EC%B2%A8)%EC%9D%B4%EB%8F%99%ED%86%B5%EC%8B%A0(IMT)%EC%9A%A9%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88)

%98%ED%95%A0%EB%8B%B9%20%EA%B3%B5%EA%B3%A0.pdf

- [182] 과학기술정보통신부 (2019), 《주파수 공동사용 범위와 조건 절차 방법 등에 관한 기준 고시 제정(안)》, [https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/11/07/\(%EC%B0%B8%EA%B3%A0\)%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%20%EA%B3%B5%EB%8F%99%EC%82%AC%EC%9A%A9%20%EB%B2%94%EC%9C%84%EC%99%80%20%EC%A1%B0%EA%B1%B4%20%EC%A0%88%EC%B0%A8%20%EB%B0%A9%EB%B2%95%20%EB%93%B1%EC%97%90%20%EA%B4%80%ED%95%9C%20%EA%B8%B0%EC%A4%80%20%EA%B3%A0%EC%8B%9C%20%EC%A0%9C%EC%A0%95\(%EC%95%88\).pdf](https://www.msit.go.kr/cms/www/policyCom/report/_icsFiles/afieldfile/2019/11/07/(%EC%B0%B8%EA%B3%A0)%20%EC%A3%BC%ED%8C%8C%EC%88%98%20%EA%B3%B5%EB%8F%99%EC%82%AC%EC%9A%A9%20%EB%B2%94%EC%9C%84%EC%99%80%20%EC%A1%B0%EA%B1%B4%20%EC%A0%88%EC%B0%A8%20%EB%B0%A9%EB%B2%95%20%EB%93%B1%EC%97%90%20%EA%B4%80%ED%95%9C%20%EA%B8%B0%EC%A4%80%20%EA%B3%A0%EC%8B%9C%20%EC%A0%9C%EC%A0%95(%EC%95%88).pdf)
- [183] 住友商事 (2019), 5G 基地局シェアリング事業の実証実験を開始,
<https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/release/2019/group/12330>
- [184] 總務省 (2018), 〈第5世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設に関する指針について〉, <
http://www.soumu.go.jp/main_content/000589764.pdf>。(瀏覽時間: 2019年11月5日)
- [185] 總務省(2018), 移動通信分野におけるインフラシェアリングに係る電気通信事業法及び電波法の適用関係に関するガイドライン, <
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban02_02000274.html
- [186] 總務省(2018), 第5世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設に関する指針について,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000589764.pdf
- [187] 總務省(2018), 電波有効利用成長戦略懇談会報告書,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000572077.pdf
- [188] 總務省(2018), 新世代モバイル通信システム委員会報告
- [189] 總務省(2019), 5G 総合実証試験の実施概要(令和元年度)
- [190] 總務省(2019), ローカル5G導入に関するガイドライン案,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000646534.pdf

- [191] 総務省（2019），令和2年度総務省所管予算概算要求の概要，https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kanbo04_02000120.html
- [192] 総務省(2019)，省令等改正案の概要，http://www.soumu.go.jp/main_content/000646535.pdf
- [193] 総務省(2019)，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，http://www.soumu.go.jp/main_content/000613734.pdf
- [194] 総務省（2019），移動通信分野におけるインフラシェアリングに係る電気通信事業法及び電波法の適用関係に関するガイドライン，
https://www.soumu.go.jp/main_content/000654880.pdf
- [195] 総務省（2019），電気通信紛争処理委員会（第195回），
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/hunso/case/iinkai/02shingi02_04000149.html
- [196] 総務省(2019)，電気通信事業分野における市場検証（平成30年度）年次レポート，
http://www.soumu.go.jp/main_content/000645738.pdf