

一〇六年補助研究報告

計畫編號：Y106-A6

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段 與技術發展趨勢研究

計畫補助機關：國家通訊傳播委員會

中華民國一〇七年一月

一〇六年補助研究報告

計畫編號：Y106-A6

GRB 系統編號：PG10606-0092

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段 與技術發展趨勢研究

執行單位：財團法人電信技術中心

計畫主持人

巫國豪

研究顧問

楊成發、林丁丙

研究人員

江亮均、王彥中、殷其光、張志鵬、陳志宇

周傳凱、張簡耀暉、黃煒智、蔡志宏、薛茂呈、余曜成

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國一〇七年一月

目錄

提 要	XI
Abstract	XVI
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
一、 研究背景	1
二、 研究動機	2
第二節 研究主題與執行進度	4
一、 研究主題	4
二、 執行進度	5
第三節 成果效益與章節架構	8
一、 成果效益	8
二、 章節架構	10
第二章 全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢	11
第一節 市場發展脈絡與未來需求情境趨勢	11
一、 市場演進與未來情境	11
二、 5G 的需求與應用場景	13
三、 IoT/IoE 的需求與應用場景	26
四、 5G/IoE 應用場景、需求指標與對應頻譜資源	28
第二節 B4G/5G、IoT 技術發展與趨勢	35
一、 B4G/5G、IoT 技術發展脈絡	35
二、 B4G/5G、IoT 之代表技術介紹	37
三、 5G 頻譜資源特性與技術關聯	70
第三節 國際 5G/IoT 頻譜發展趨勢	76
一、 WRC 大會討論之 5G/IoT 頻譜議題	76
二、 與 3GPP 標準機構相關之國際組織與推進組織	77
三、 各國 5G 發展與頻譜規劃動態	78
四、 主要設備商與晶片商 5G 發展與頻譜規劃動態	79

第三章 各國 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形	80
第一節 B4G/5G 頻段規劃與管制措施	80
一、 歐盟	80
二、 英國	101
三、 美國	115
四、 澳洲	146
五、 日本	155
六、 小結：綜合比較	171
第二節 IoT/M2M 頻段規劃與監理措施	178
一、 歐盟	178
二、 英國	198
三、 美國	209
四、 澳洲	219
五、 日本	234
六、 小結：綜合比較	248
第四章 我國新興技術發展與監理制度研析	253
第一節 我國市場現況與新興技術發展觀察	253
一、 我國行動通信市場現況	253
二、 我國產業/法人在相關 5G/IoT/車聯網實驗之現況	255
第二節 我國新興技術發展政策與頻譜整備措施	259
一、 交通部頻率供應計畫	259
二、 比較分析國際 5G/IoT 頻譜規劃政策與我國頻譜政策	260
三、 我國頻譜整備及規管制度政策建議	267
四、 產業輔導措施	284
第五章 研究結論	287
第一節 我國 B4G/5G 頻譜整備建議	287
一、 5G 候選頻段建議	287
二、 執照規管方式	288

三、 發展我國 5G 整體策略.....	290
第二節 我國 IoT/車聯網頻譜整備建議.....	291
第三節 我國前瞻頻譜政策建議.....	293
第六章 本研究相關執行成果與支援臨時交辦事項	295
第一節 研究案相關執行成果.....	295
一、 研討會執行成果	295
二、 產業利害相關人訪談	305
三、 發表論文執行成果	306
第二節 支援通傳會臨時交辦事項.....	307
第三節 績效指標與計畫成果自評.....	308
參考文獻.....	309
一、 中、日文文獻	309
二、 西文文獻	311
附錄一：簽到表（依日期排序）	323
附錄二：會議審議意見	335
一、 期中審查會議審議意見與修正對照表	335
二、 期末審查會議審議意見與修正對照表	337
附錄三：國際研討會論文發表	339
附錄四：國內研討會論文發表	349

表目錄

表 1-1：本研究工作項目、執行時程與說明	6
表 1-2：本研究執行進度甘特圖	7
表 2-1：不同應用型態之需求指標	30
表 2-2：5G 應用場景、案例與需求項目對應表	31
表 2-3：5G 應用場景、需求指標與對應頻譜特性	32
表 2-4：不同場域對高速傳輸與訊務密度的需求指標	33
表 2-5：不同場域對低延遲與高可靠度的需求指標	34
表 2-6：3GPP 標準與關鍵技術發展	39
表 2-7：LWA/LAA/LTE-U 技術差異比較表	41
表 2-8：B4G 下物聯網技術比較表	46
表 2-9：車聯網相關資通訊技術比較	50
表 2-10：5G 技術與需求指標比較表	67
表 2-11：5G 載波頻寬大小與理論速率值	73
表 3-1：RSPG 工作小組工作會議進度與討論議題	81
表 3-2：英國行動通信業者頻譜持有狀態	111
表 3-3：英國 3GHz 以上頻譜分配狀態	113
表 3-4：FCC 頻譜篩檢機制控管之頻譜資源	141
表 3-5：美國頻譜分配狀態（以每 MHz / 每人的比例計算）	142
表 3-6：美國頻譜分配狀態（乘上人口權重後的持有頻寬數）	142
表 3-7：美國四大行動業者 5G 發展策略	144
表 3-8：東京奧運內之頻率使用劃分	161
表 3-9：日本行動通訊頻譜分配狀態	167
表 3-10：日本 5G 實驗案例	169
表 3-11：歐盟 5G 頻譜整備與監理政策摘要	171
表 3-12：英國 5G 頻譜整備與實驗計畫摘要	173
表 3-13：美國 5G 頻譜整備與監理制度摘要	174
表 3-14：澳洲 5G 頻譜整備摘要	175

表 3- 15：日本 5G 頻譜整備摘要	176
表 3- 16：歐盟 ITS 使用 5875-5905MHz 之技術參數.....	186
表 3- 17：歐盟 ITS 頻譜劃分方式	186
表 3- 18：歐盟 ITS 應用	187
表 3- 19：ACMA 頻譜諮詢所涉規範修訂	221
表 3- 20：使用無人機/機器人之主要無線通訊系統頻譜.....	240
表 3- 21：日本 LPWA 實驗案例.....	244
表 3- 22：各國物聯網管制政策摘要	249
表 3- 23：各國車聯網與 ITS 管制政策摘要	251
表 4- 1：亞太區域國家 3.3-3.8GHz 整備措施	272
表 4- 2：訪談電信業者 5G 頻譜整備意見彙整	275
表 4- 3：各國 5G 規管制度比較與我國建議	281
表 4- 4：訪談電信業者物聯網/車聯網頻譜整備意見彙整.....	283
表 5- 1：我國 5G 頻譜執照規管建議	289
表 6- 1：本研究訪談產業利害相關人.....	305
表 6- 2：本研究論文發表成果	306
表 6- 3：本研究支援通傳會臨時交辦事項列表	307
表 6- 4：績效指標與計畫成果自評	308

圖目錄

圖 1- 1：5G 發展與行動通訊、物聯網之關連性	3
圖 1- 2：5G 發展之四大面向與相關議題	4
圖 2- 1：行動通信演進	11
圖 2- 2：通訊與資訊網路之匯流	12
圖 2- 3：全球行動數據使用量成長趨勢	13
圖 2- 4：ITU 定義的 IMT-2020 三大應用場景	15
圖 2- 5：ITU 定義的 IMT-2020 八大關鍵需求指標	16
圖 2- 6：ITU 定義的 5G 願景	17
圖 2- 7：5G 三大場景與應用案例	18
圖 2- 8：四大 5G 沉浸式體驗應用	23
圖 2- 9：MR 聖火傳遞	23
圖 2- 10：VR 漫步	24
圖 2- 11：5G 自動駕駛和無人機	25
圖 2- 12：5G 對各產業之影響與應用	26
圖 2- 13：ITU GSR-16 IoT 關鍵應用	27
圖 2- 14：5G/IoE 之可能應用型態	29
圖 2- 15：技術演進與需求示意	36
圖 2- 16：本研究研析之 B4G/IoT 技術	38
圖 2- 17：License Assisted Access, LAA 技術概念示意圖	40
圖 2- 18：LTE-WLAN Aggregation, LWA 技術概念示意圖	40
圖 2- 19：LTE-M 技術特性	42
圖 2- 20：低功率廣域網路系統目標	43
圖 2- 21：4G 電信級物聯網發展	44
圖 2- 22：LoRa 網路架構	44
圖 2- 23：SigFox 網路架構	45
圖 2- 24：License Shared Access, LSA 架構	47
圖 2- 25：Citizens Broadband Radio Service, CBRS 架構	48

圖 2- 26：M2M 與 IoT 運作機制示意圖	49
圖 2- 27：ITU 規劃之 5G 里程碑.....	51
圖 2- 28：IMT-2020 無線介面建議發展時程	52
圖 2- 29：3GPP 規劃之 5G 時程	53
圖 2- 30：LTE 與 5G NR 基地臺布建態樣.....	54
圖 2- 31：ITU 建議 5G/IoE 之關鍵技術領域.....	55
圖 2- 32：雲端無線接取網路架構	56
圖 2- 33：SDN 概念架構	59
圖 2- 34：網路切分概念架構	60
圖 2- 35：異質網路運作概念	62
圖 2- 36：MIMO 與其他收發通訊技術架構示意圖	65
圖 2- 37：韓國 Pre 5G 示範網路	68
圖 2- 38：頻譜特性研究	70
圖 2- 39：mmWave 頻譜	71
圖 2- 40：5G 候選頻段	72
圖 2- 41：5G NR 第一組頻段劃分	73
圖 2- 42：3GPP 3.3-4.2GHz 之 5G NR 提案	74
圖 2- 43：3GPP 24.25-29.5GHz 之 5G NR 提案	75
圖 2- 44：5G 標準制訂機構關連	78
圖 3- 1：歐盟 5G PPP 之 5G 規劃時程	84
圖 3- 2：英國 26GHz 頻段使用狀態.....	108
圖 3- 3：毫米波頻段受大氣和雨水吸收之訊號特性.....	136
圖 3- 4：ACMA 的 FYSO 需求分析架構	147
圖 3- 5：ACMA 的頻譜管理決策架構	148
圖 3- 6：澳洲行動業者頻譜持有狀態	154
圖 3- 7：日本 5G 政策路徑	156
圖 3- 8：新世代行動通訊系統委員會在資訊通訊審議會之位置	157
圖 3- 9：5GHz 頻使用狀態	159
圖 3- 10：1.7/2.3/2.6/2.5GHz 頻譜使用狀態	163

圖 3- 11：3.4-4.4GHz 頻譜使用狀態	164
圖 3- 12：4.4-4.9GHz/5GHz 頻段使用狀態.....	165
圖 3- 13：28GHz 頻段使用狀態.....	166
圖 3- 14：歐盟 5G 頻譜整備	171
圖 3- 15：英國 5G 頻譜整備	172
圖 3- 16：美國 5G 頻譜整備	174
圖 3- 17：澳洲 5G 頻譜整備	175
圖 3- 18：日本 5G 頻譜整備	176
圖 3- 19：各國 5G 頻譜整備	177
圖 3- 20：歐盟 IoT 頻譜整備藍圖	183
圖 3- 21：700MHz 頻段共存研析	185
圖 3- 22：歐盟 ITS 頻段劃分	187
圖 3- 23：NB-IoT 使用頻塊與相鄰業者 LTE 頻塊之間隔	194
圖 3- 24：NB-IoT 布建於 LTE 頻段邊界的型態	194
圖 3- 25：LTE-eMTC 之布建型態	195
圖 3- 26：物聯網頻譜選擇的考量因素	200
圖 3- 27：物聯網通訊使用 700MHz 頻段的研究	202
圖 3- 28：英國 IoT 頻段架構	205
圖 3- 29：5GHz U-NII 免執照頻段配置	211
圖 3- 30：美國 DSRC 頻段配置	213
圖 3- 31：澳洲 IoT 頻譜架構	223
圖 3- 32：歐洲與澳洲 C-ITS 頻率配置	226
圖 3- 33：FSS 在 5.9GHz 頻段的發射運作頻率	227
圖 3- 34：固定無線業務於 5.9GHz 頻段使用情形.....	229
圖 3- 35：ETSI C-ITS、ISM、LIPD 和公路收費(tolling)的頻率分布 .	231
圖 3- 36：IoT 政策委員會在資訊通訊審議會之組織位置	234
圖 3- 37：IoT 政策委員會年度時程規劃	235
圖 3- 38：日本 IoT 政策路徑	237
圖 3- 39：日本物聯網技術型態分類	239

圖 3- 40：日本 960-1710MHz 頻譜分配狀態.....	239
圖 3- 41：日本 ITS 頻譜使用狀態	241
圖 3- 42：聯網車輛通訊系統案例	242
圖 3- 43：駕駛安全通訊系統案例	242
圖 3- 44：日本 ITS 推動發展措施	246
圖 3- 45：4.4-5.85GHz 頻段使用狀態	247
圖 3- 46：各國物聯網免執照頻譜整備	248
圖 3- 47：各國車聯網相關頻譜整備	251
圖 4- 1：我國行動通信市場變化趨勢	253
圖 4- 2：我國平均每一用戶每月 4G 數據傳輸量	254
圖 4- 3：我國行動通信市場業者平均 ARPU 變化趨勢	255
圖 4- 4：各國與我國頻率供應計畫毫米波頻段比較	263
圖 4- 5：各國與我國頻率供應計畫 5G 中頻段比較	264
圖 4- 6：各國與我國頻率供應計畫 5G 候選頻段比較	265
圖 4- 7：各國與我國頻率供應計畫物聯網免執照頻譜比較	266
圖 4- 8：各國與我國頻率供應計畫車聯網頻譜比較	267
圖 4- 9：香港 3.4-3.7GHz 頻譜整備規劃	271
圖 4- 10：ST-2 衛星訊號涵蓋範圍	273
圖 4- 11：各國 5G 實驗網路使用頻段比較	274
圖 4- 12：我國第一階段 5G 頻譜釋出建議與國際比較	277
圖 4- 13：我國 5G 頻譜整備時程建議	278
圖 4- 14：德國政府 5G 網路重點應用產業	284
圖 4- 15：德國 5G 策略規劃時程	285
圖 5- 1：本研究 5G 候選頻譜建議	287
圖 5- 2：本研究 5G 頻譜整備時程建議	288
圖 5- 3：各國物聯網頻譜配置	291
圖 5- 4：各國車聯網頻譜配置	292
圖 5- 5：我國前瞻頻譜政策原則	294

提 要

關鍵詞：第四代行動通訊技術、第五代行動通訊技術、IMT-2020、物聯網、車聯網、毫米波頻譜、頻譜政策、執照制度、增強型行動寬頻、極低延遲與高可靠通訊、巨量物聯網通訊、智慧交通系統、專屬短距離通訊、3.3-3.8GHz、28GHz

一、研究緣起

當第四代行動通訊技術正以秋風掃落葉之姿席捲你我日常聯網行為之際，通訊產業正緊鑼密鼓籌備下世代行動通訊技術標準制定，這一次登入網路的使用者不僅是人類，更擴張至工廠機房、車輛、醫療設備與能源管線等，實現萬物聯網之願景。

第五代行動通訊技術（5G）具備三大應用場景與八大關鍵需求指標。不同應用場景之關鍵需求指標各有差異，因應指標特性，可找出適合之頻譜資源。許多國家已開始研析高頻毫米波頻譜，並訂定規劃釋出時程及研討適當的執照管理架構。

為掌握國際間對於 4G 演進到 5G，以及物聯網、車聯網等新興技術發展、頻譜整備與規管趨勢，本研究研究歐盟、英國、美國、澳洲與日本等先進國家對於 5G 與物聯網頻譜整備政策發展與現況、推動策略與政策措施，比較各國經驗與我國發展現況後提出本研究建議之我國 5G 與物聯網前瞻頻譜整備政策建議。

二、研究方法及過程

本研究執行上分為三大主軸，第一項為了解國際間 B4G/5G 與物聯網應用型態與技術發展趨勢，蒐集、分析國際標準組織如 ITU、3GPP 對於 5G 標準制定之文件。第二項為研析各國 5G、IoT 與車聯網相關頻譜整備政策，經過國際經驗研究結果並與我國現有頻率供應計畫修正草案與市場發展狀態進行比較後，第三項主軸為提出適合我國之頻譜整備政策與未來 5G、IoT 之管制措施建議。

三、重要發現

（一）全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢

5G 網路可滿足不同產業之需求，例如增強型行動寬頻帶來更快之連線速率與低網路延遲，提升用戶對於各種娛樂業應用型態之服務體驗。巨量物聯網通訊則適用於智慧城市、智慧家庭以及製造業中的自動化工廠等。極低延遲的可信賴通訊則適用於對網路延遲容忍度低的汽車運輸業與醫療業等。

國際組織持續推動 5G 技術規格演進，ITU 於 2015 年 9 月正式命名 5G 為 IMT-2020，並於 2016 年起開始討論 5G 技術規範、評估標準及方法等相關作業。2017 年 10 月提出 IMT-2020 之規劃建議書，預計於 2019 年底前完成產出與制定決議。

標準組織 3GPP 則於 2016 年 6 月確認 5G 標準之詳細工作規劃，並於 2017 年 12 月 22 日批准通過之 NR 非單獨（non-standalone）規格，5G 獨立 NR 版本將在 2018 年 6 月完成。

（二）國際 5G/IoT 頻譜政策發展

目前各國持續進行 5G 頻譜整備作業，歐盟 RSPG 於 2017 年的第二次 5G 策略藍圖中，排除 31.8-33.4GHz，並納入 66-71GHz 頻段做為 5G 候選頻譜。美國 FCC 積極推動 5G 頻譜整備，針對毫米波頻譜訂定相關執照規範條件，並開始研議 3-24GHz 間適用於 5G 之頻譜資源。

各國 IoT 頻譜整備狀態，歐盟以 863-870MHz 頻段適用於 IoT，而美國則以 902-928MHz 供 IoT 使用。2.4GHz 與 5GHz 免執照頻段為所有國家共同使用之頻段，部分國家持續調查國內頻譜使用狀態，規劃核配更多頻譜資源供 IoT 使用。

雖然多數國家均使用 5.9GHz 頻段做為車聯網 DSRC 用途，不過頻寬大小略有不同。因應 WRC-19 大會對於 5GHz 免執照頻譜與使用 5.9GHz 之 DSRC 間設備共存議題，美國已開始進行實驗，希望在不干擾 DSRC 運作前提下，擴大 5GHz 免執照頻譜使用頻寬。

（三）我國 5G/IoT 頻譜政策建議

比較各國 5G 頻譜整備與規劃時程，並參考鄰近國家對於 5G 頻譜發展步驟後，本研究提出我國第一階段 5G 頻譜整備建議，時程則以 2019 年完成頻譜整備作業，2020 年釋出為規劃。未來 5G 執照架構應為彈性化監管架構，提供執照頻譜、免執照頻譜與共享頻譜供行動通訊業者依其自身需求，整合其所需之頻譜資源。

對於需要極低延遲與高可靠度之物聯網應用設備，本研究建議應以保障設備使用不受有害干擾為規管基準，未來應研析在頻譜執照與免執照制度架構之間，有無其他類似歐盟輕度執照或美國規範授權執照之輕度規管架構。

四、主要建議事項

（一）立即可行建議

1、頻譜整備政策規劃

本研究建議我國第一階段 5G 頻譜應以 3300-3800MHz、28GHz 與 38GHz 為優先整備目標，第一階段 5G 頻譜應於 2019 年完成頻譜整備作業，並於 2020 年釋出。

2、持續技術觀測

ITU 與 3GPP 陸續於 2017 年第三季完成 IMT-2020 規格建議書範本與批准 5G NR 非獨立運作規格。各項可能為 5G 採用之技術如 C-RAN、NFV 與網路切分等持續演進，新興技術如 V2X 與車用雷達等亦不斷發展，例如 WRC-19 大會將決議 5GHz 免執照頻譜設備能否共用 DSRC 專用頻譜。因此，本研究建議應持續觀測相關技術發展，據以修訂適合產業發展之規管環境。

3、建立 5G 應用測試平臺

由於 5G 可滿足跨產業不同應用所需，本研究建議政府從整體產業發展角度，通盤檢視國內重點發展產業與企業可適用 5G 之情境，藉由建立 5G 應用測試平臺之機會，讓各垂直產業與電信產業互相溝通、協調，共同推動我國 5G 應用發展。

（二）中長期性建議

1、頻譜整備政策規劃

本研究建議目前頻率供應計畫中所提之 3800-4200MHz 與 4400-4990MHz 為可做為我國第二階段 5G 頻譜整備目標。

除此之外，建議主管機關視 2019 年 WRC-19 大會之 5G 毫米波頻譜決議，進一步探究釋出 5G 低頻段（3GHz 以下頻段）與其他毫米波頻段之可能性。

2、監理架構規範

5G 時代將為低、中及高頻毫米波頻譜組合，本研究建議應建立靈活規管制度，確保服務業者能依照自身需求取得所需頻譜資源，降低服務業者接取頻譜資源之障礙及監理機關規管負擔。同時研析適合新興應用與關鍵通訊（如自駕車及遠距醫療等）發展之監理制度，確保服務運作免受妨害干擾。

Abstract

Keyword : The 4th mobile generation network (4G) 、 The fifth mobile generation network (5G) 、 IMT-2020 、 Internet of things (IoT) 、 Vechile-to-everything (V2X), millimeter wave, spectrum policy, licence scheme 、 enhance Mobile Broadband (eMBB), ultra-reliable and low latency communications (uRLLC), massive machine type communications (mMTC), Intelligent Transport System (ITS), Dedicated Short Range Communications (DSRC), 3.3-3.8GHz, 28GHz.

This research “Comparative international and domestic research on the development trend of the spectrum and technology for beyond 4G/5G and IoT” is focused on study the development trend for 4G,5G and IoT technology. In this research, we mainly study for three parts: The first one, we research the usage scenario and application development trends for 4G, 5G and IoT. Second, we analyze the 5G spectrum policy and license scheme in 5 comparative countries, European Union, United Kingdom, United states of America, Australia and Japan. Third, we compare the international research result and discuss the 5G planning policy in domestic. Finally, we construct the principle of the foresight spectrum policy of Taiwan.

International Telecom Union (ITU) already analyze there are three kinds of usage scenarios in 5G: Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-reliable and low latency communications (uRLLC) and Massive machine type communications (mMTC). The key capabilities of 5G include eight parameters: peak data rate, user experienced data rate, latency, mobility,

connection density, energy efficiency, spectrum efficiency and area traffic capacity. Based on the capabilities, 5G can fulfill the demand from different vertical industries, include automated factories, automotive, energy, healthcare, media and entertainment. Each application has specific requirements, consider the different requirement has each potential spectrum implication, the millimeter wave bands might be more suitable for high speed application, and the lower frequencies might be more meets for massive machine-type communications.

According to the detailed timeline & process for 5G (named IMT-2020) announced by ITU in Jun 2015, the formal technical specification standard will release on Oct 2020. There are many demonstration, pilot run, trial for 5G network construct by operators and vendors, those networks belong to the proof of concept and the proof of service.

ITU plans to make the 5G spectrum final decision in 2019, there have many measures need to prepare before the final decision. In many countries, there already exist many incumbents use spectrum resources below 6GHz, like satellite service and dedicated telecommunications service. The regulators have to prepare the spectrum inventory policy to reassign or reallocate spectrum resources efficiently.

3GPP also set the schedule for specifications of 5G, 3GPP approved the first 5G specifications: non-standalone 5G New Radio in Dec 2017, 3GPP will completes the 5G specification in June 2018.

This research analyzes the spectrum policy for 5G , IoT, ITS of research countries. RSPG in the EU already publish two document for the 5G spectrum roadmap. RSPG recommend 3.4-3.8GHz is the primary band of 5G, 24.25-27.5GHz can be a pioneer band of 5G. The 66-71GHz band also can be the 5G candidate band. The unlicensed spectrum for IoT in European is 863-870MHz. The spectrum of ITS in EU is 5855-5925MHz and 63-64GHz.

Ofcom in the UK following the policy planned by RSPG, assign 700MHz, 3.4-3.8GHz and 24.25-27.5GHz can be the 5G candidate band. The spectrum of ITS in UK is 5875-5905MHz.

FCC allocates 24GHz, 28GHz, 37GHz, 39GHz and 47.2-48.2GHz frequencies for 5G licensed spectrum, 64-71GHz frequencies for unlicensed spectrum. The unlicensed spectrum for IoT in USA is 902-928MHz. The spectrum of ITS in USA is 5870-5925MHz.

ACMA refers the 5G candidate band from the EU and USA, and plan to auction 3575-3700MHz and 3700-3800MHz in 2018. The unlicensed spectrum for IoT in Australia is 433MHz and 915-928MHz. The spectrum of ITS in Australia is 5855-5925MHz.

The communication regulator MIC in Japan allocate 3.6-4.2GHz and 4.4-4.9GHz and 28GHz as 5G candidate band. The unlicensed spectrum for IoT in Japan is 400MHz and 915-928MHz. The spectrum of ITS in Japan is 755.5-764.5MHz and 5770-5850MHz.

We also research the license scheme for 5G, IoT and ITS in research countries. FCC already set the license condition for millimeter wave, but the other countries include the EU, UK, Australia and Japan still discuss the license scheme for 5G. RSPG believe the future license condition in 5G should be more flexible, and the coverage obligation should focus on the key area, like rural public both indoor and outdoor locations and transport links.

This research investigates the usage status of possible 5G candidate bands and spectrum supply plan (draft) announced by MOTC in Taiwan. After comparing the analyze result from research countries and domestic market condition, we submit the foresight spectrum policy of Taiwan. We believe the phase 1 candidate band for 5G should be 3.3-3.8GHz, 28GHz and 38GHz in Taiwan. We also suggest the regulator NCC should finish preparation for the phase 1 candidate band in 2019, and release phase 1 candidate band in 2020.

The spectrum supply plan (draft) also mentions there were some candidate band for 5G like 3.8-4.2GHz and 4.4-4.9GHz. We believe those bands can assign the phase 2 candidate band for 5G. Because the ITU will hold World Radiocommunication Conference in 2019 (WRC-19) will discuss and make the final decision for the millimeter wave. We suggest NCC can observe the development trends in millimeter wave, then identify other suitable spectrum for 5G.

Because the development trends of IoT, DSRC and ITS technology, there might be need to adjust the license scheme in the future. Because of the concern on interference issue, FCC already revises their license regulation

format for automotive radar in 76-81GHz from license exempt to license-by rule. RSPG and Ofcom also mention about the future application of IoT, uRLLC or mMTC might be need the license condition can ensure higher quality of service and avoid interference. We suggest the NCC can research the license structure suitable for those application.

In order to boost the 5G application in different industries, we suggest the government can organize the application and testing platform for 5G. It can promote the awareness for 5G in different industries, help to upgrade the development of industry and economy in Taiwan. Let the interest bring from 5G can share with all nationals.

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

一、研究背景

行動通訊的世代變革，主要目標在於滿足因應網際網路與人類生活形態之演進而不斷創新之需求。1G 是行動通訊發展的基礎時期，主要使用類比通訊，滿足人類行動通訊的基礎。2G 進入數位化通訊時代，並在語音服務之外提供基本數據傳輸能力。而後為了滿足人類以手機接取網際網路的需求，3G 正式進入行動寬頻時代，至 3.5G 網路時，大規模網路布建提供普及與高速數據傳輸服務，各類網路新興內容與應用大量出現。隨著智慧型手機日漸普及，4G 網路藉其全 IP 化網路及更高速度寬頻之特性，巨幅提升用戶對行動網際網路之體驗，以各種 APP 應用為中心、結合雲端服務的行動寬頻，創造了全新的生活模式，各式新興網路服務也帶來了新的經濟模式。在 4G 網路時期，行動網路所提供的連線服務能力與固網幾無差異。

隨著全球 5G 行動通訊技術演進與發展，可以想見網際網路更趨向行動化發展，伴隨雲端運算的廣泛應用，通訊技術與資訊技術正以前所未有的速度融合，不僅大幅改變人際間的通訊模式，也帶動物對物通訊（Machine-to-Machine Communications, M2M）技術與應用的蓬勃發展。5G 更進一步整合新世代之資通訊技術（Information and Communication Technology, ICT），其服務形態滿足不同特性垂直產業之需求，成為全球最新科技革命與產業變革的核心。

物聯網最初的概念，係將無線射頻辨識系統（Radio Frequency Identification, RFID）嵌於各類物品，透過網路回傳物品相關資訊，再針對所收集資訊加以分析或管理。2005 年國際電信聯合會（International Telecommunication Union, ITU）提出物聯網定義為人與人之間、人與物之間，以及物對物之間，不論何時、何地、任何裝置皆透過網際網路聯繫並交換資訊，M2M 通訊便是其中最重要的關鍵技術。物聯網結合 M2M 通訊及其它 ICT 技術，在諸多領域正快速地拓展，為服務與創新應用賦予全新的內涵。

二、 研究動機

5G 帶動通訊與資訊的變革，也將通訊的意義從人際溝通延伸向物與物的聯繫，因此，本研究認為廣義而言，可由通訊產業結構的「網路層」與「應用層」來加以分析。在網路層，5G 本身的技術演進與技術發展提升了行動通訊網路的基礎特性，提供更為強化的網路基礎與更高效益之行動/無線傳輸能力，足以承載未來網路社會所需。透過 5G 所強化的基礎網路層，應用端的行動通訊（人際溝通）與物聯網（物的聯繫）應用將更進一步的整合，大幅改變產業與社會的面貌，本研究繪製 5G 整體概念如下圖 1-1。

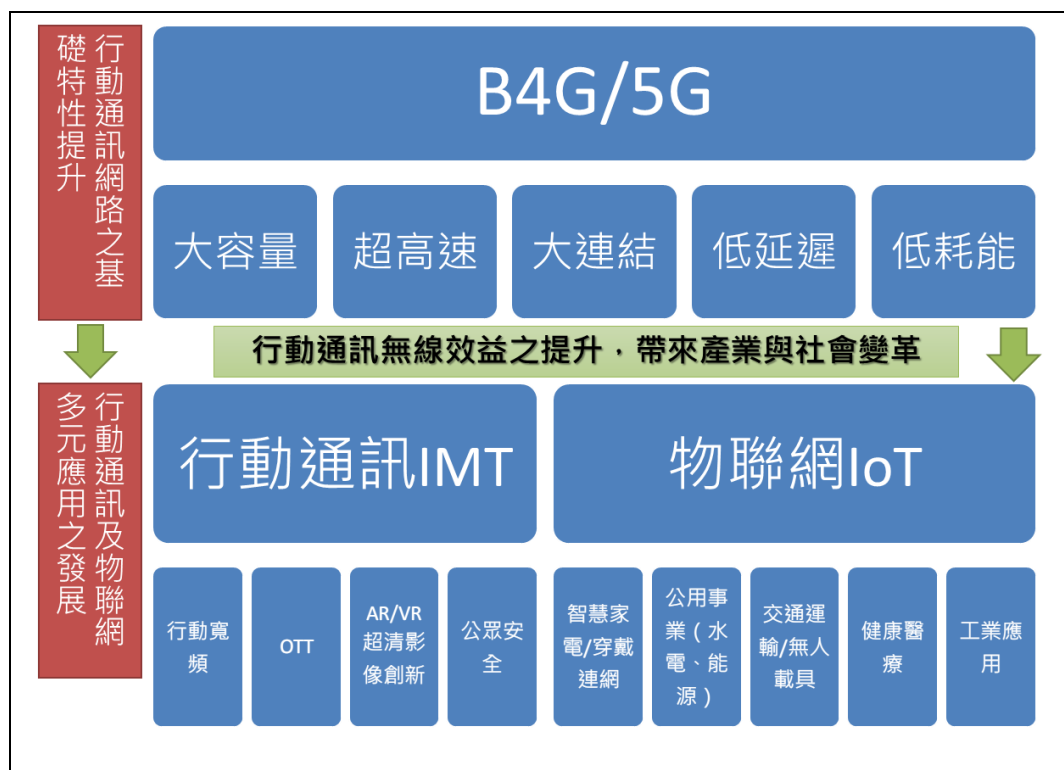


圖 1- 1：5G 發展與行動通訊、物聯網之關連性

資料來源：本研究繪製

由於頻譜資源有限，頻譜利用效率與無線通訊技術發展息息相關，無論是未來 5G 通訊服務或新興物聯網應用，對於頻譜資源均需求若渴，因此主管機關必須深入瞭解新興無線通訊技術之發展趨勢，以及相關技術所適用之傳輸頻段，並整合分析我國頻譜規劃與寬頻政策之基礎，才能作出最適當之規劃，使頻譜使用效率最佳化。值此，本研究研析國外 B4G、5G、IoT、M2M 等新興技術使用頻段與技術發展趨勢，綜整國外新興技術使用頻段與政策推動意涵，並與我國之頻率供應計畫比較分析，提出具前瞻性之頻譜規劃與政策建議等研究成果。

第二節 研究主題與執行進度

一、 研究主題

5G 將帶來行動通訊基礎網路層之提升，進而帶動行動寬頻與物聯網等多樣化應用面之發展。5G 將影響技術、需求與應用等多個層面，各國亦如火如荼推動 5G 候選頻譜之規劃與整備相關措施，因此本研究從需求情境、應用範疇、技術發展與頻譜規劃等面向探討 4G/5G 與 IoT、M2M 之發展，如下圖 1-2。

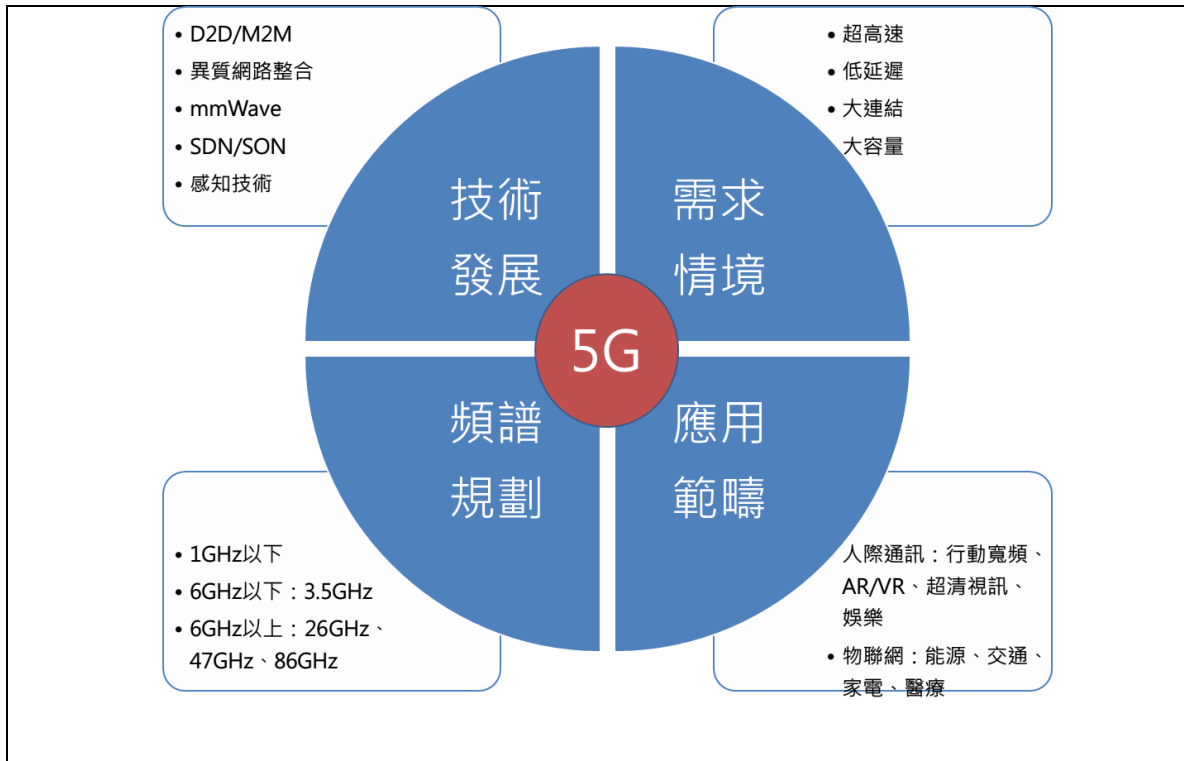


圖 1-2：5G 發展之四大面向與相關議題

資料來源：本研究繪製

現階段世界許多國家均大力推動國內 5G 與物聯網發展政策，本研究以歐盟、英國、美國、澳洲與日本等先進國家為研究對象，研究該國 5G 與物聯網頻譜整備政策發展與現況、推動策略與政策措施，相關

國際經驗研究成果可作為本研究依據我國市場特性與頻譜使用現況，調整、提出本研究建議之我國 5G 與物聯網頻譜整備政策與推動措施。

本研究主題如下：

- 1、研析國內外 B4G、5G、IoT、M2M 等新興技術使用頻段與技術發展趨勢。
- 2、比較分析研究國家 5G、IoT 與車聯網相關頻譜整備政策與我國既有頻譜規劃之差異，並提出適合我國之頻譜整備措施建議。
- 3、研析未來 5G、IoT 應用服務發展所涉之基本管制議題。

二、執行進度

本研究於期中報告階段提出全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢以及各國 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形之初步分析報告，並參考監理制度、技術發展與產業動態發展趨勢，於期末報告階段提出符合我國國情之 B4G/5G、IoT 頻譜整備政策建議。

為協助委託機關掌握產業發展動態，本研究於履約期間，提供委託機關研究範圍內之業務諮詢及相關資料，並舉辦一場研討會與一場專題論壇共二場會議，邀請相關領域內產官學研之專家學者，對相關研究議題提出看法。本研究工作項目與執行進度如下表 1-1。

表 1-1：本研究工作項目、執行時程與說明

工作項目	時程規劃	執行說明
(一) 蒐集全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢		
蒐集全球對於 B4G/5G、IoT 產業之需求情境、應用與技術發展趨勢。	期中報告提出初步分析，並於期末報告提出研究成果。	研析國際組織如 ITU、3GPP 對 B4G、5G 與物聯網應用之發展，掌握技術標準時程、產業發展等趨勢。
(二) 研析國際組織及主要國家 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形		
1.研析國際組織如歐盟，與主要國家如英國、美國、日本與澳洲等國對 B4G/5G 之頻譜整備、監理制度與相關措施。	期中報告提出初步分析，並於期末報告提出研究成果。	研析各國監理機關 B4G/5G 頻譜整備、監理制度及推動政策。
2.研析國際組織如歐盟，與主要國家如英國、美國、日本與澳洲等國對 IoT 之頻譜整備、監理制度與相關措施。	期中報告提出初步分析，並於期末報告提出研究成果。	研析各國監理機關 IoT 與車聯網頻譜整備、監理制度及推動措施。
(三) 研析我國 B4G/5G、IoT 頻譜整備之政策法規修正建議		
1.針對研究國家之應用與頻段規劃研究成果，提出適合我國 B4G/5G、IoT 等相關應用與頻段規劃建議。 2. 比較分析國際頻譜規劃與我國頻譜政策	期末報告	綜整各國研究成果後，與我國頻率供應計畫修正草案進行比較後提出規劃建議。
3.針對研究國家之監理架構與法規制度研究成果，提出適合我國 B4G/5G、IoT 之頻譜整備與監理政策建議	期末報告	綜整各國研究成果與國內市場分析後，提出適合我國之前瞻性頻譜政策建議。

資料來源：本研究整理

本研究執行進度甘特圖如下表 1-2。

表 1-2：本研究執行進度甘特圖

工作項目		工作月(2017)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段與技術發展趨勢研究													
	1.全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢												
	1.1 蒐集、研析全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢						▲						▲
	2 國際組織及主要國家 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形												
	2.1 蒐集、研析研究國家 B4G/5G 之頻譜配置及整備情形						▲						▲
	2.2 蒐集、研析研究國家 IoT 之頻譜配置及整備情形						▲						▲
	3 我國 B4G/5G、IoT 頻譜整備研析												
	3.1 相關應用與頻段規劃建議												▲
	3.2 比較分析國際頻譜規劃與我國頻譜政策												▲
	3.3 頻譜使用與管制議題研析：擬定適合我國之前瞻性頻譜規劃政策												▲
工作進度執行百分比 (%)				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
▲：為期中報告、期末報告工作查核點。													

第三節 成果效益與章節架構

一、 成果效益

本研究產出的主要研究成果與效益如下。

(一) 瞭解全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢

本研究研析全球 B4G/5G、IoT 等新興技術與應用發展趨勢，從需求情境的角度出發，更進一步調查應用案例、技術標準訂定時程與推動措施，以及因應不同技術、應用環境所提出可能之頻段規劃。

行動通訊標準制定組織第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership project, 3GPP）規劃於 2018 年初步完成 5G 標準制定作業，ITU 則規劃於 2019 年世界無線通訊大會（World Radiocommunication Conference, WRC-19）決定全球 5G 高頻段配置，預計將於 2020 年進入 5G 商轉時代，本研究持續掌握國際發展趨勢，透過滾動式修正方式執行研究分析，協助主管機關掌握 5G 與物聯網需求情境與技術發展趨勢。

(二) 綜整國際組織及主要國家 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形

從監理機關的角度，有必要檢視既有電信規管架構對各種創新技術與前瞻應用如 5G、IoT 之適用，以衡量規管架構是否符合創新技術與應用所需。既有電信法規之制定背景可能源自於以語音服務為主的市場狀態，未必全然符合數位時代所需。目前已有許多監理機關開始討論未來 5G 與 IoT 對監理制度之影響。

本研究除研析 ITU 與 3GPP 等重要國際組織對 5G、IoT 之頻譜挑選與技術標準訂定時程外，更進一步研析國際組織（如歐盟）與主要

國家（包含英國、美國、日本及澳洲）對 5G、IoT 之頻段整備制度與頻段規劃。

基於市場需求之發展，各種創新與前瞻技術如 5G、IoT 需要多樣化的頻譜資源以滿足服務目標。許多國家監理機關目前已意識到頻譜供給的稀少性，正努力提高頻譜資源的可得性，惟既有使用者通常會對騰出頻譜或共享頻譜表達反對意見，監理機關如何在確保既有使用者之使用權利與推動整體產業發展等不同層面中權衡，應有許多值得探討之處。因此，本研究研析各國對 B4G/5G、IoT/M2M 之頻譜整備政策與監理架構，掌握因各種創新、前瞻技術之發展，所帶來關於頻譜共享機制、執照與免執照架構規範等相關議題之討論。

（三）研析我國 B4G/5G、IoT 頻譜整備之政策法規修正建議

本研究綜整國際組織（如歐盟）與主要國家（包含英國、美國、日本及澳洲）對 5G、IoT 之頻段整備規劃成果後，更進一步比較我國頻率供應計畫修正草案之相關規劃，提出適合我國國情之 B4G/5G、IoT 與車聯網頻譜整備政策法規修正。

本研究通盤了解 5G 技術對我國可能帶來各種新興應用與候選頻段，在物聯網部分，由於許多縣市政府正大力推動智慧交通應用之發展，因此本研究亦以車聯網為主要研析對象，討論頻譜整備與監理相關議題，並提出我國 B4G/5G、IoT 與車聯網頻譜整備政策建議。

(四) 協助委託機關辦理本案研究範圍內之臨時交辦事項與其他

為完備前揭預期研究成果，本研究訪談國內主要行動通信業者、車聯網相關機構與研究單位。為建立學者專家間之溝通平臺，本研究舉辦一場研討會及一場專題講座，蒐集、彙整各界對 5G 和 IoT 相關議題之看法。同時，本研究於履約期間，協助委託機關就研究範圍內臨時交辦之業務諮詢及相關資料等共計八次，參見本研究第六章。

二、 章節架構

本研究第一章為緒論，第二章則說明全球 B4G/5G、IoT 之需求情境、應用與技術發展趨勢，簡述 ITU 對於 5G 標準之訂定歷程，並討論 5G 之需求與應用場景，以及 B4G/5G、IoT、M2M 以及車聯網相關技術發展。第三章針對本研究分析之國際組織（歐盟）與主要國家（包括英國、美國、澳洲與日本）對於 5G/IoT 與車聯網之次世代頻譜整備政策與監理規範。第四章針對我國目前 B4G/5G、IoT 與車聯網之政策規劃與實驗發展狀態進行研析，並與第三章國際政策研究成果進行比較後提出相關建議。第五章說明本研究提出之 B4G/5G 與 IoT/車聯網頻譜整備政策建議。第六章說明本研究相關執行成果與績效指標自評。

第二章 全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢

第一節 市場發展脈絡與未來需求情境趨勢

一、市場演進與未來情境

行動通信世代由最初為回應用戶在移動狀態下仍能使用語音通信服務之需求，經過技術演進與市場普及後，逐步演進到滿足用戶對於數據服務的需求，並更進一步擴展到能夠隨時隨地高速上網的階段。未來 5G 網路社會時代，則讓更多聯網設備皆有接取行動網路的機會。行動通信演進如下圖 2-1。¹

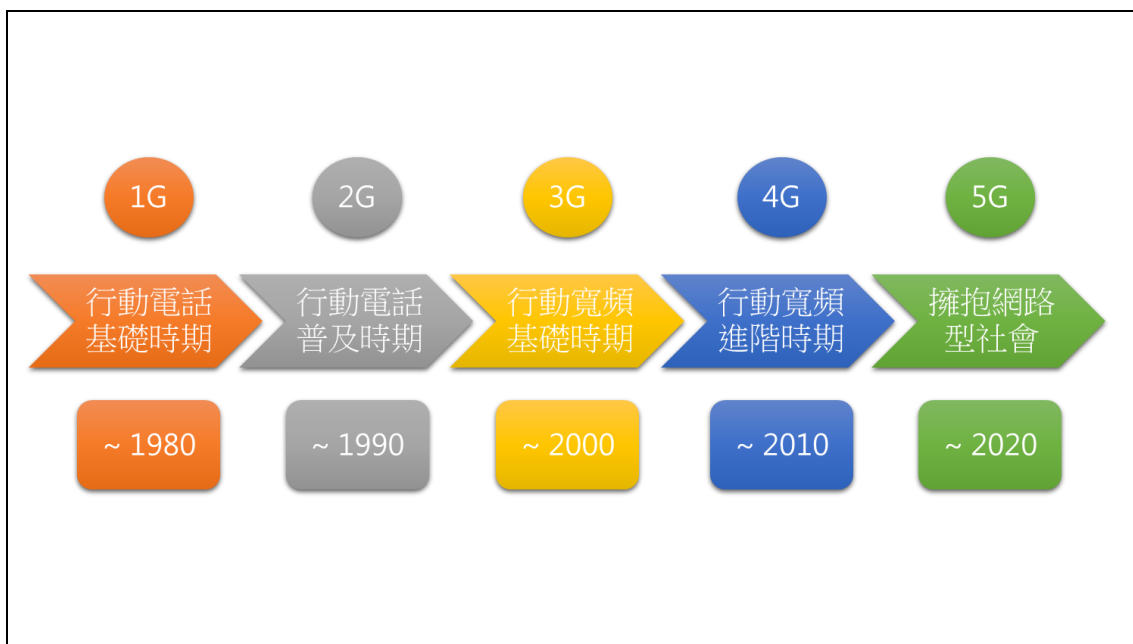


圖 2-1：行動通信演進

資料來源：電信技術中心

¹ 電信技術中心（2015），無網不利：未來世界 5G 大演進，頁 4。

隨著雲端技術、人工智慧與軟體定義網路等資訊技術（Information Technology, IT）逐步應用於通訊網路，故可發現通信技術（Communication Technology, CT）導入資訊技術之趨勢。若從網際網路的角度出發，則是資訊技術（IT）逐漸導入通信網路技術（CT）。由此可見，若第一次匯流為電信與廣電產業兩者間之服務匯流，則當前正在發生的第二次匯流，應為資訊與通訊（甚至是廣播電視）間之匯流，B4G/5G、IoT 技術與應用之需求皆與 ICT 融合有高度相關，展現出行動通信與網際網路的共同發展，如下圖 2-2。

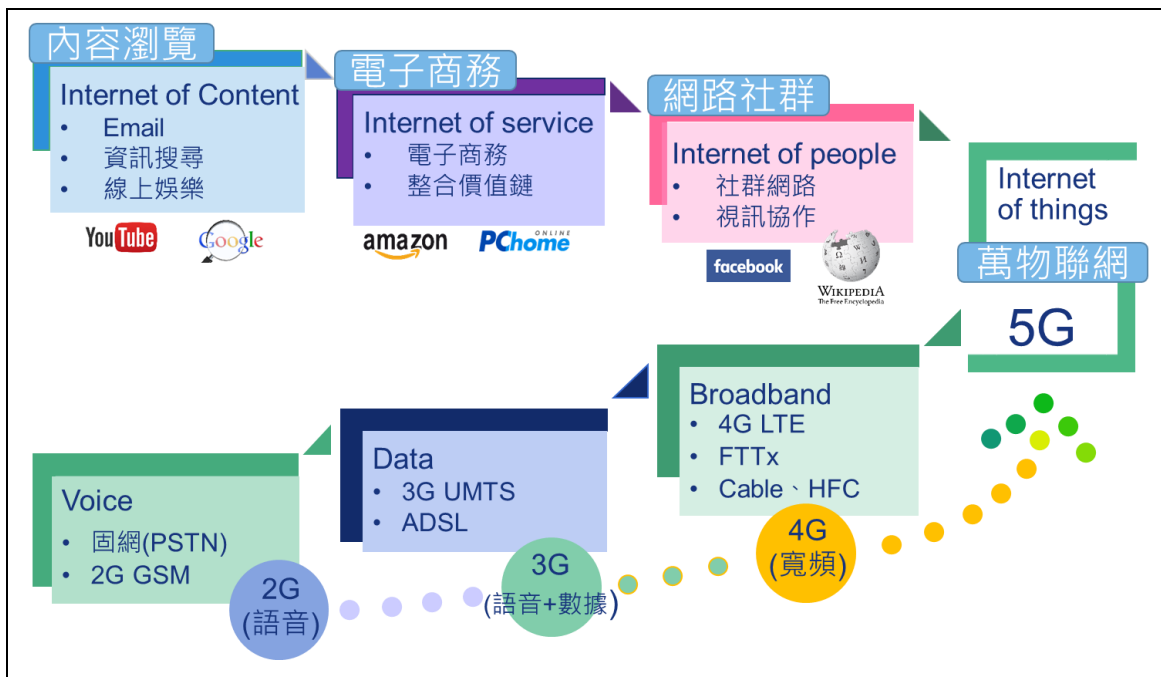


圖 2-2：通訊與資訊網路之匯流

資料來源：本研究繪製

電信市場亦隨著用戶使用需求之轉變，從原本固網通訊為主的年代，轉向以行動寬頻市場為重心，並隨著智慧型手機的蓬勃發展實現數據大爆發世代。根據 Cisco 的預測與統計，2011 年到 2016 年的行動

數據使用量成長 18 倍！其中又以視訊服務為最明顯的數據流量驅動因子，預期到 2020 年全球手機數據使用量將可達每月 40,000PB，如下圖 2-3。²

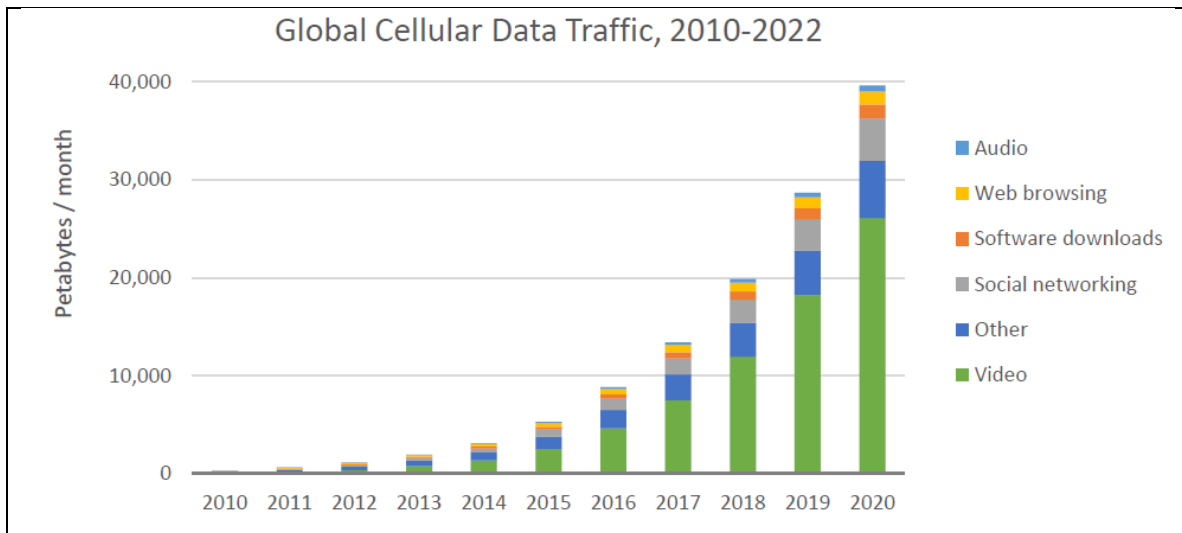


圖 2- 3：全球行動數據使用量成長趨勢

資料來源：Cisco，轉引自 5G Americas

從 4G 技術演進到 5G 網路，最明顯的改變在於 5G 的三個強項：數據傳輸速率、連線能力與可靠度。5G 藉著更大的頻寬提供更高的速率、更彈性運用高頻毫米波頻譜的能力，再透過大規模天線多輸入多輸出技術（Massive Multi-input Multi-output, Massive MIMO）、3D 波束成形（beamforming）等技術實現更好的頻譜使用效率。

二、 5G 的需求與應用場景

² 5G Americas (2017), 5G Services and use cases, at 7, available at: http://www.5gamerica.org/files/3215/1190/8811/5G_Services_and_Use_Cases.pdf (last visited : 2017/12/4)

(一) 5G 發展歷程

5G 的制定可追溯自 2015 年時，世界各國相關組織即開始對於 5G 應用場景設定有不同的討論，透過對不同應用場景的設想，逐漸形塑、發展出足以量化的需求指標。ITU-R 綜合各方的提案與貢獻，進行工作小組的討論，最終於 2015 年 9 月公布 5G 的正式名稱為 IMT-2020，同時確立三大應用場景與八大技術需求指標。ITU 定義之三大應用場景分別為增強型行動寬頻（enhanced mobile broadband, eMBB）、極低延遲的可靠通訊（ultra-reliable and low latency communications, uRLLC）以及巨量物聯網通訊（massive machine type communications, mMTC）。

行動寬頻主要處理以用戶為中心的應用型態，例如接取多媒體內容、使用各種服務及數據等。隨著未來用戶對行動寬頻需求之增長，各種新應用的誕生，推動行動網路改善其運作效能與增進用戶體驗之必要，因而需要透過增強型行動寬頻以滿足用戶需求。增強型行動寬頻涵蓋多種應用案例，各有不同需求，例如在需求密集的熱點區域，較重視高連線密度與大量訊號傳輸，同時也需要更高的用戶體驗速率。至於在廣域服務區域之情境，則重視訊號無間斷、高速移動下仍可接取服務之能力。

極低延遲的可靠通訊則高度重視傳輸速率、網路延遲與服務連線能力等項目，例如工業製造或生產線所需之無線控制能力、遠端醫療與運輸安全等。

巨量物聯網通訊則以超高數量之設備連線為目標，該類設備可能傳送少量或非訊務敏感性的數據，同時設備本身的要求為低成本與超長電池壽命。IMT-2020 定義之三大應用場景如下圖 2-4。³

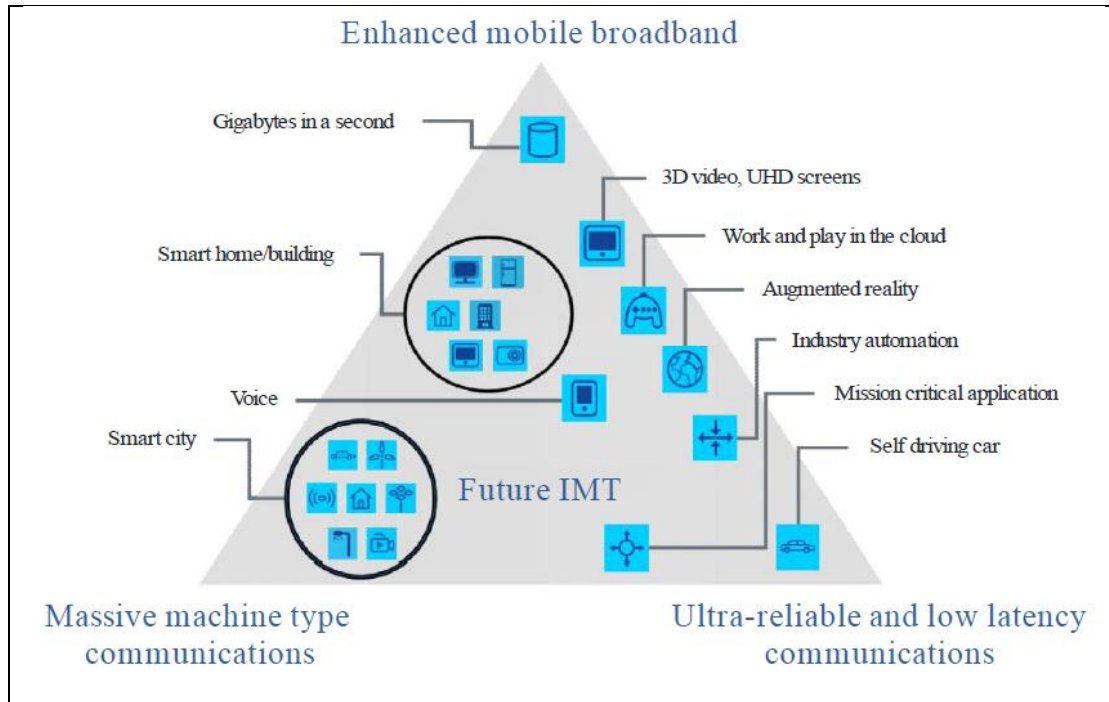


圖 2-4：ITU 定義的 IMT-2020 三大應用場景

資料來源：ITU

為實現前述三大應用場景，ITU 定義 IMT-2020 共有八大關鍵需求指標，同時亦定義其目標數值。八大關鍵需求指標如下。

- 一移動中的用戶/設備於網路訊號服務區域內可持續、無縫隙使用之實際體驗速率達 100Mbit/s 至 1Gbit/s；
- 每用戶/設備於理想狀態下之最高峰值速率達 20Gbit/s；

³ ITU (2015), IMT vision- Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, at 12, available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf (last visited : 2017/12/24)

- 時速 500 公里移動狀態下仍可持續通訊之能力；
- 網路延遲為 1 毫秒；
- 每區域單位之總設備連線密度為每平方公里 100 萬個設備；
- 能源使用效益為 4G 標準的 100 倍，可區分為網路端與設備端；
- 頻譜使用效益：每個基地臺使用每單位頻譜資源之平均數據傳輸量為 4G 標準的 3 倍；
- 區域內訊務通訊能力為每個基地臺於每平方公尺可提供 10Mbps 之服務訊務量。

若比較 4G（IMT-Advanced）與 5G（IMT-2020）之需求指標，差異如下圖 2-5。

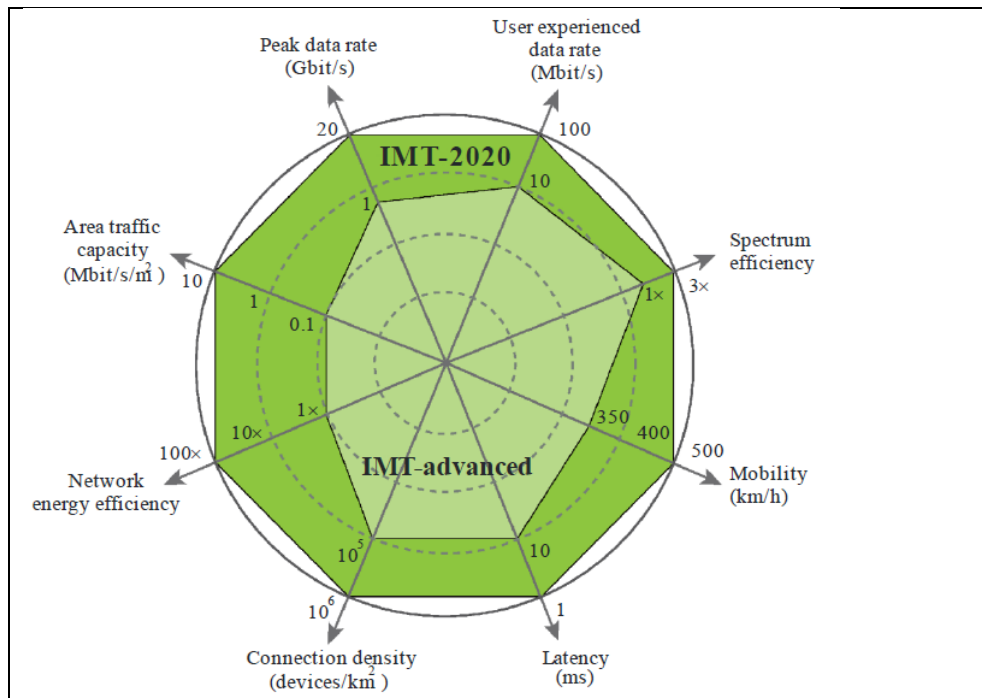


圖 2-5：ITU 定義的 IMT-2020 八大關鍵需求指標

資料來源：ITU

比對三大應用場景與八大關鍵需求指標，則可浮現 ITU 定義之 5G 願景，如下圖 2-6。⁴

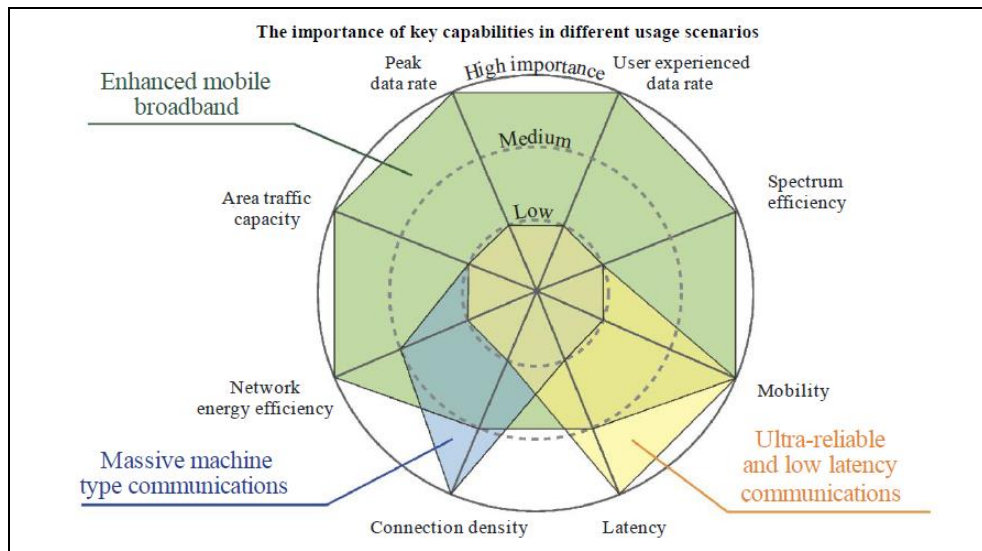


圖 2-6：ITU 定義的 5G 願景

資料來源：ITU

三大應用場景下各有不同應用特性與關鍵指標，增強型行動寬頻能提供更高的傳輸速率、更多的聯網設備與更佳的用户體驗，提升用戶使用虛擬實境（Virtual Reality, VR）與擴增實境（Augmented Reality, AR）等應用的流暢度。極低延遲的可靠通訊則具備超低網路延遲與高可靠度特性，能實現車聯網通訊、無人機與智慧製造等應用。巨量物聯網通訊則著重服務區域內大量設備之連線能力，如下圖 2-7。⁵

⁴ *Id*, at 15.

⁵ Ofcom (2017), Update on 5G spectrum in the UK, at:9, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf (last visited : 2017/6/12)

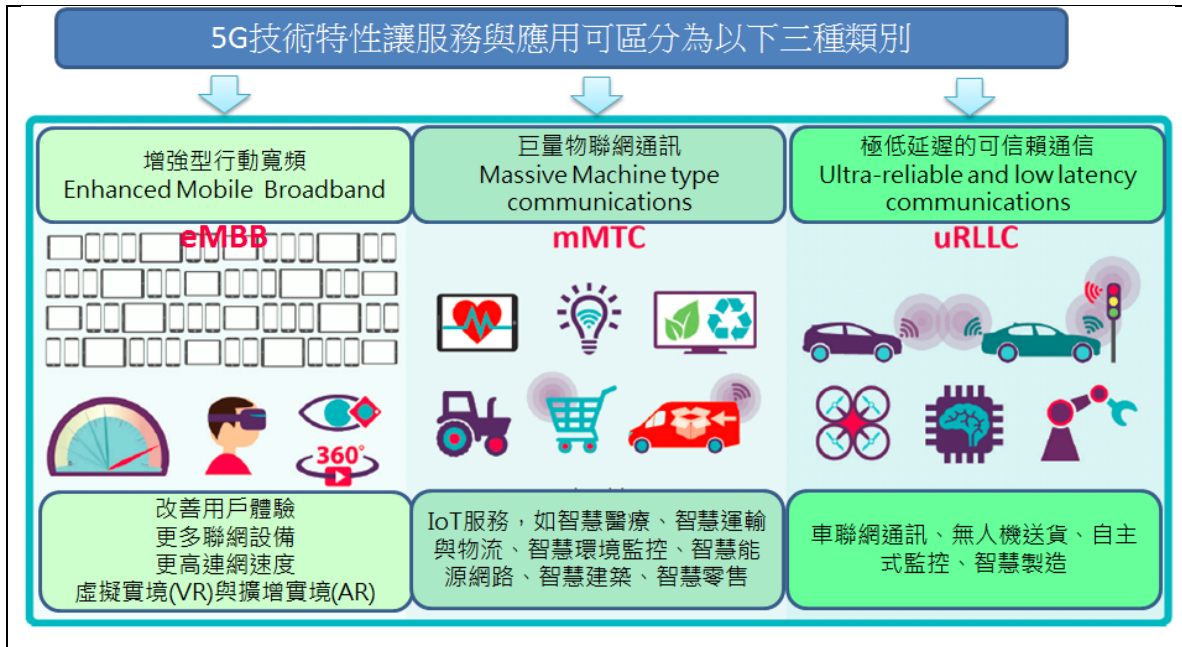


圖 2- 7：5G 三大場景與應用案例

資料來源：Ofcom，本研究編修

(二) 5G 與不同產業間之關係

5G 所帶來的高傳輸速率、低網路延遲、移動狀態下之持續連線能力以及區域內大量設備連線能力等，皆可滿足各種不同產業之需求，例如增強型行動寬頻帶來更快之連線速率與低網路延遲可提升用戶對於各種娛樂業應用型態之服務體驗，如前述之虛擬實境與擴增實境等。另外，巨量物聯網通訊則適用於智慧城市與智慧家庭等產業，亦很適合製造業中的自動化工廠等。極低延遲的可信賴通訊則適用於對網路延遲容忍度低的汽車運輸業與醫療業等。⁶顯見各垂直產業如製造業、汽車業與醫療業等，未來都會受到 5G 的影響，亦創造出更多樣化之創新應用情境。以下簡述 5G 對各產業的影響。

⁶ 5G Americas (2017), 5G Services and use cases, available at: http://www.5gamericas.org/files/3215/1190/8811/5G_Services_and_Use_Cases.pdf (last visited : 2017/12/4)

1、製造業

製造業目前正進入工業 4.0 的時代，藉著更有效率的生產流程與設備，以智慧工廠的方式帶來成本節省的利益。智慧工廠所需的數位化能力，將仰賴 5G 技術提供。5G 技術可能帶來製造業的使用情境如下。

- 生產流程自動化

- 工業生產流程的自動化，藉由對儀表、控制器、人機介面與通訊系統來實現，透過大量感測器與生產單位監督生產與控制的複雜流程。

- 自動化生產線

- 自動化生產線中的不同設備，包括感測器、機器人與生產單位需要低延遲的通訊系統，以實現高效率生產。自動化與控制單位更需要高可靠度。

- 庫存與供應鏈優化

- 藉由 5G 技術實現大量感測器與平臺間的連線，以大數據分析進行庫存與供應鏈管理的自動化。

- 遠端人機物聯網

- 藉由擴增實境或虛擬實境等新技術，實現更好的遠端人工控制能力。透過視訊與交談功能，可以讓遠端專家提供近端關於產品組裝、維護與故障排除等指導。另外也可以透過遠端設備或機器人遙控來測量或處理有害物質等。相關線路將需要具成本效益且高可信賴、低延遲的通訊系統。

2、汽車業

汽車產業正受到油電混合車與自駕車的衝擊，現階段的駕駛輔助系統未來將逐漸為自動駕駛取代，也創造出對 5G 的需求情境。藉由與大量即時感測器間資訊交換的能力，將可實現車與車間的通訊、車與基礎設施間的通訊和車與道路使用人的通訊。5G 的通訊能力預期將對汽車產業帶來更進一步的發展，將可適用於以下情境。

- 輔助駕駛

- 為車輛提供即時的導航、速度警示、道路危險訊息等。感測器等進階設備將可減少重大傷害事故與交通阻塞。車聯網未來將有助於車與周圍物體間的辨識，確保能夠取得最新的地圖資訊、交通提醒等。

- 自動駕駛

- 自駕車相關技術目前仍持續發展，未來預期可透過各種技術感測周遭環境，運用無線通訊、光波雷達、GPS、電腦視覺化和先進控制系統達成此一目標。
- 對自駕車而言，相關數據都需要透過人工智慧和電腦深度學習、分析與處理，方能辨別道路上的各種狀況，並考慮交通規則。5G 將可實現自駕車所需的能力，透過大量連線能力與高可靠度通訊，進行資訊交換與分析。

- 遙控駕駛

- 5G 的連線能力，將讓遠端遙控駕駛變成可能。為殘障人士、老年人或複雜的交通環境下提供更好的駕駛安全。透過車

聯網將影像、聲音與其他資訊傳送給遠端駕駛人，透過 5G 的即時通訊、低延遲與高可靠性通訊能力實現此一情境。

3、能源業

能源產業目前正受到生產成本上漲以及對終端用戶配送系統改變之衝擊，藉由 5G 通訊技術，將可實現智慧能源管理，提高能源配送效率，並將資訊回饋給生產方，帶來生產效率與配送效率的提高。

- 智慧電網

- 智慧電網需要更好的通訊技術，以提高監控效率，帶來更好的能源管理與生產管理，5G 的低延遲與高可靠度通訊將符合智慧電網的需求。

- 電網後端迴路與骨幹網路

- 5G 網路可提供對於智慧電網後端迴路與骨幹網路的控制監督能力，藉由設定嚴格的網路延遲標準，以進行自動化偵故障偵測與診斷策略、安全性與可靠性。

- 智慧讀表通訊

- 5G 網路可實現更具效益的大量智慧讀表連線能力，適用電網或其他能源網路，掌握空氣、水或電力等資源使用狀態。

4、醫療業

5G 技術將對醫療產業帶來更多樣化的創新應用，包括遠端醫療照護、遠端手術等，均仰賴 5G 的高傳輸速率、低網路延遲且高可靠度通訊能力方能實現。該類應用需要即時通訊、保證服務品質以及極低的通訊延遲，例如透過 5G 傳輸，運用遠端連線以機器人進行醫療手術，

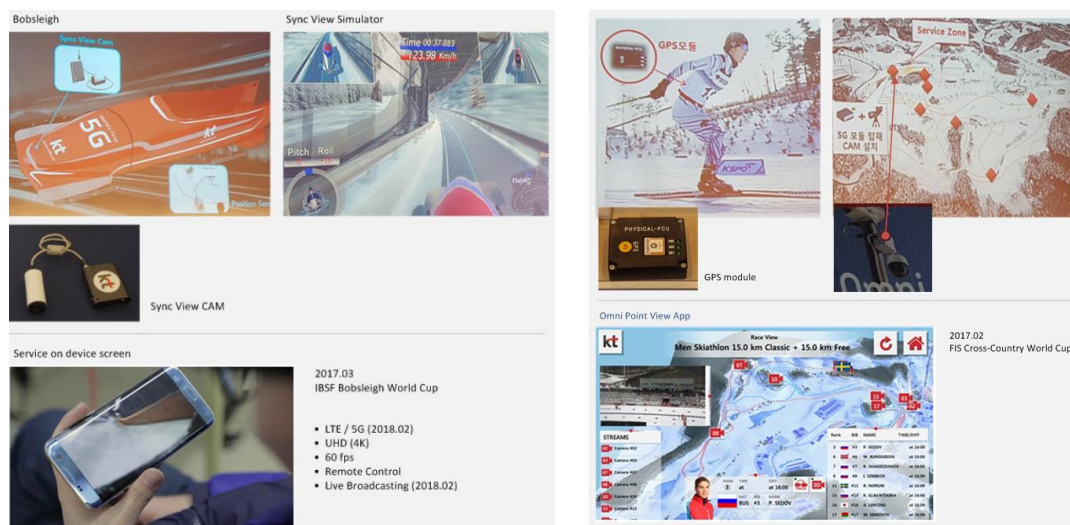
或透過穿戴式裝置與感測器，偵測與監督病患的身體狀態，進行醫療照護或診斷分析等。

5、平昌冬季奧運 5G 相關應用展示

另外本研究團隊成員藉由參訪韓國之機會，取得韓國將於 2018 年舉辦平昌冬季奧運會時，規劃之 Pre 5G 示範網路相關應用與展示報告，本研究整理分為：四大 5G 沉浸式體驗應用、MR 火炬傳遞、VR 漫步和 5G 自動駕駛和無人機等。

● 四大 5G 沉浸式體驗應用

為了向觀眾提供全方位、沉浸式的賽事觀看感受，推出了同步影像模擬（Sync View Simulator）、互動式時間軸影片（Interactive Time Slice）、360 度 VR 直播和全向視圖四大服務，如下圖 2-8。



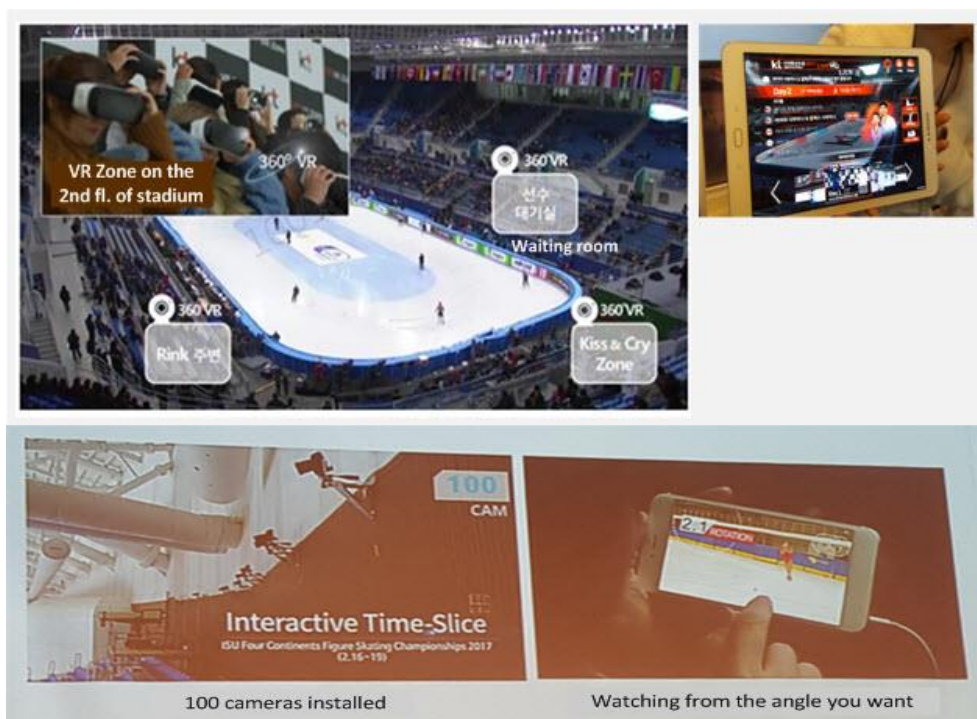


圖 2-8：四大 5G 沉浸式體驗應用

資料來源：KT

● MR 聖火傳遞

MR 技術將在平昌冬季奧運會的聖火傳遞中採用，遠在希臘的奧林匹克聖火將以虛擬影像的形式通過手機傳送到平昌，並點燃現實中的聖火，再透過虛擬方式傳給下一位聖火傳遞運動員，如下圖 2-9。



圖 2-9：MR 聖火傳遞

資料來源：KT

- VR 漫步

目前的 VR 應用只能在固定位置體驗 360 度視角，VR 漫步加裝了運動、位置等追蹤感應器，讓漫步中的體驗沉浸於虛擬實境世界。最後一位聖火傳遞選手將採用這一項技術，如下圖 2- 10。

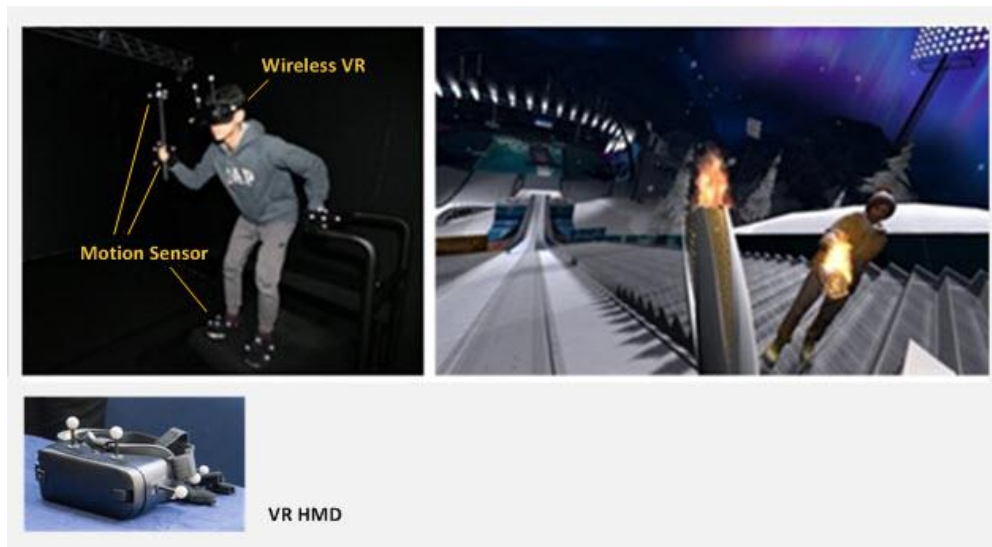


圖 2- 10：VR 漫步

資料來源：MSIP

- 5G 自動駕駛和無人機

平昌市 Alpensia 度假村附近展示 5G 自動駕駛巴士和無人機。在展示區域內布建了 2 個固定式基地臺、1 個行動基地臺，共 8 個細胞覆蓋展示區域。5G 基地臺設備來自愛立信和三星，自動駕駛巴士上也安裝了兩個 5G 無線電頻率單位（Radio Frequency Units, RFU）之用戶終端設備，運作頻段為 28GHz，測試時終端峰值速率達 3.2Gbps，如下圖 2- 11。

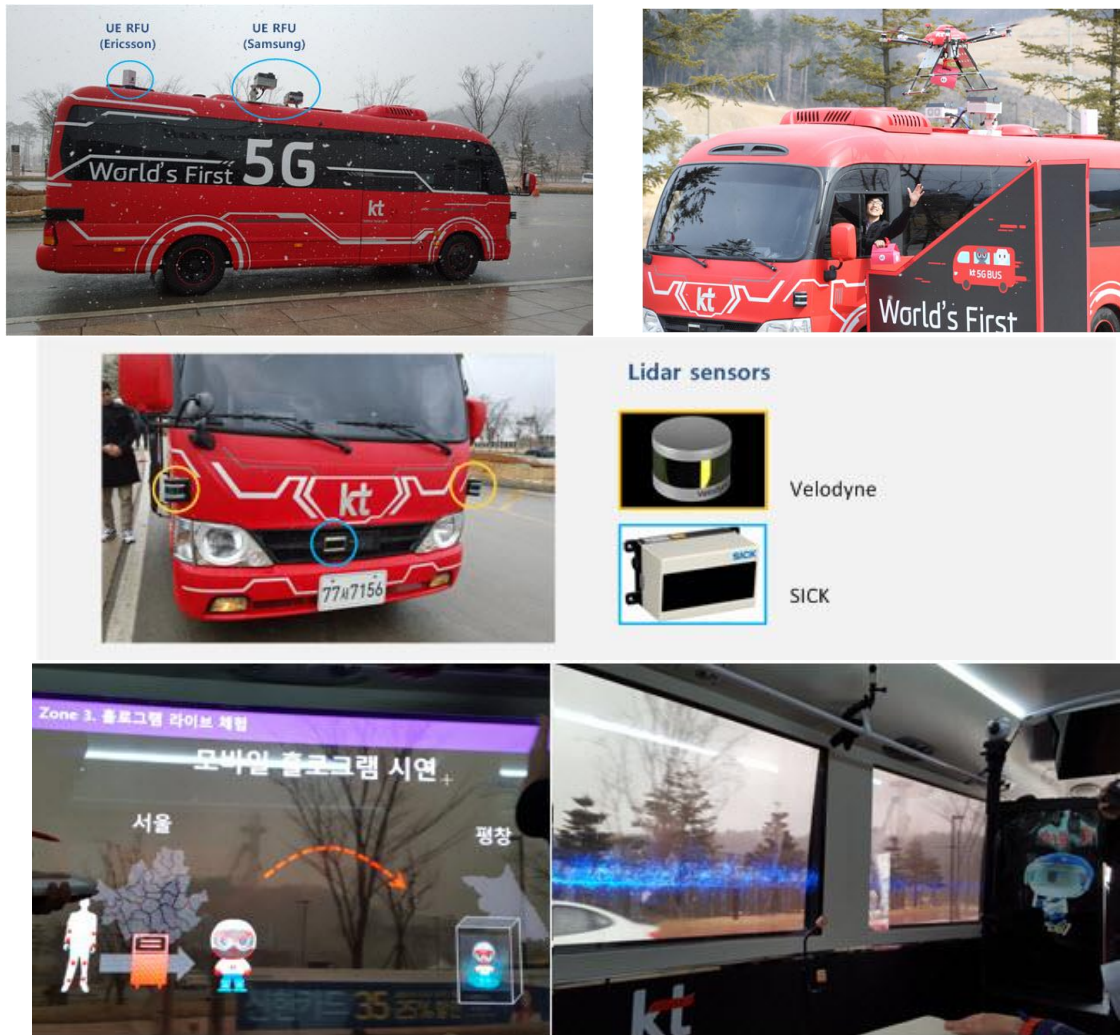


圖 2- 11：5G 自動駕駛和無人機

資料來源：MSIP

綜合 5G 對前述垂直產業之影響與應用，如下圖 2- 12。

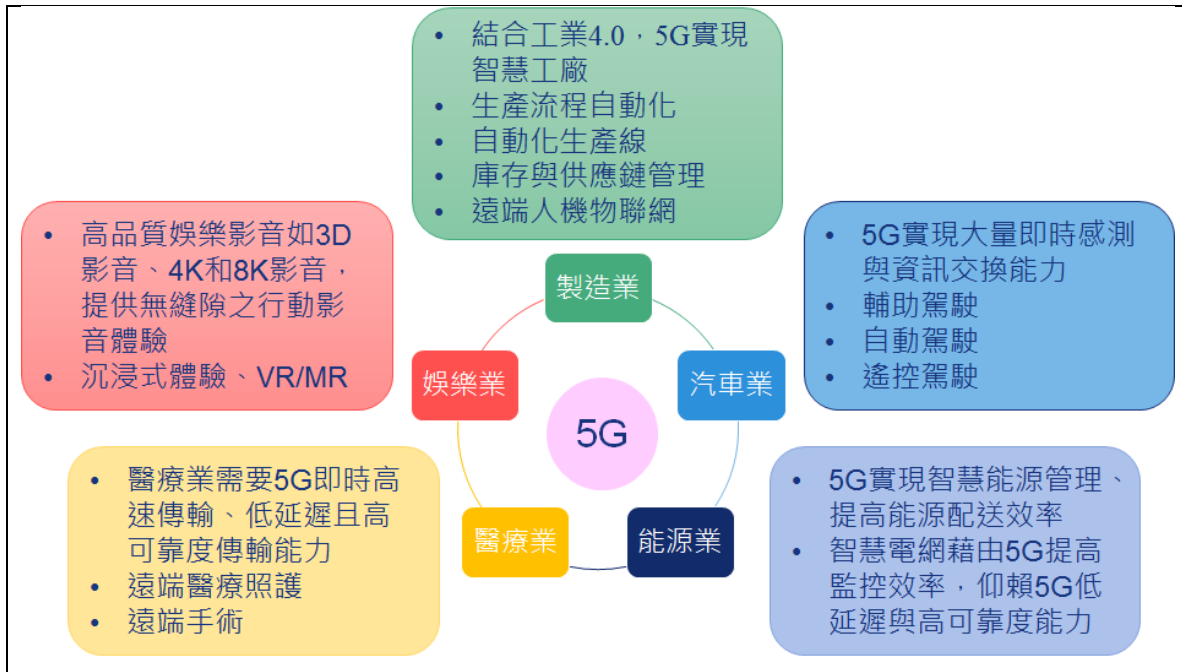


圖 2- 12：5G 對各產業之影響與應用

資料來源：5G America、KT，本研究繪製

三、 IoT/IoE 的需求與應用場景

針對需求情境與應用場景，當前 B4G 與 IoT 技術對應的應用場景，在於 B4G 行動寬頻部分能達到更高速 Gbps 級別的網路服務，因此發展上注重更多的頻譜資源利用，例如：需執照頻譜、頻譜共享與免執照頻譜搭配聚合等。在 IoT 的部分，因技術開發與連網裝置等限制，尚未能有完整的生態鏈，因此較注重在低功率廣域網路、低數據量的感測網路、動態管理系統為主，實際討論聚焦後的相關應用將會在 5G/IoE 的世代有更明確的發展。ITU 針對新興應用整理出物聯網帶來之智慧社會、無人機、智慧醫療與智慧地理空間應用等四項，其中智慧社會又可細分為智慧城市、智慧製造與工業物聯網以及智慧運輸系統，整體架構如下圖 2- 13。

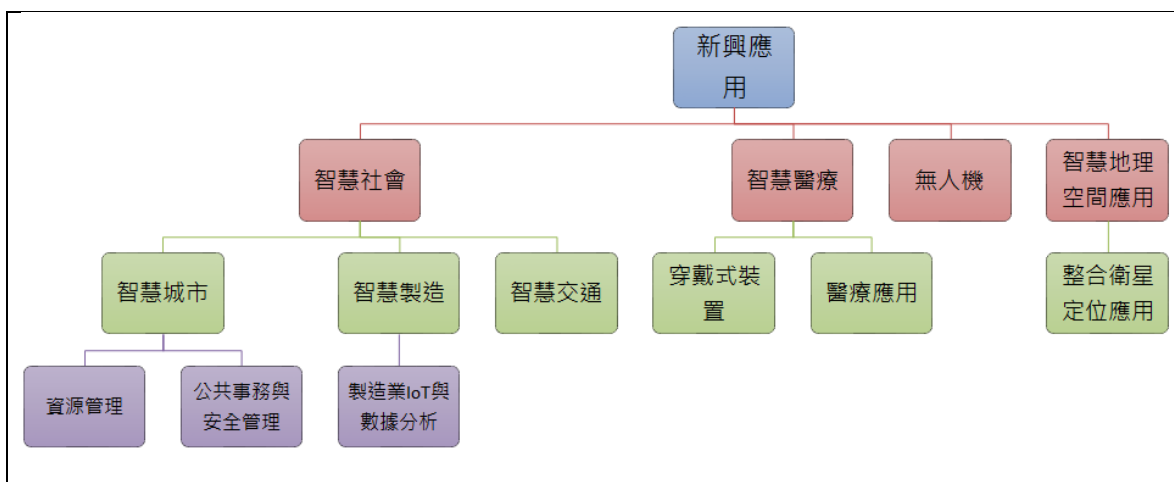


圖 2- 13：ITU GSR-16 IoT 關鍵應用

資料來源：ITU

若與前述討論之 5G 需求情境與關鍵應用相比，可以發現 5G 與 IoT 兩者適用之關鍵應用有許多重疊之處，包括智慧製造、自駕車、連網汽車及智慧醫療等。⁷

目前物聯網依據其技術類別，大致包括 IEEE 底下 802 無線標準系列如：Bluetooth/ ZigBee/ WBAN/ WiFi 以及 WiSUN 等，以提供中短距離的智慧應用為主，例如：智慧家庭、智慧醫療等。

至於物聯網常用技術標準 LPWAN 則以 LoRa、SigFox 與 NB-IoT 為主，可對應至智慧城市、先進智慧讀表與智慧農業等；此外，發展中的技術且與將來毫米波頻譜有關者，則有 IEEE 的 WiGig 標準，持續與 5G 標準發展同步，未來將應用到更高階智慧醫療、智慧製造以及車載資通訊。

⁷ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf (last visited : 2017/12/4)

四、 5G/IoE 應用場景、需求指標與對應頻譜資源

5G 除了代表人際通訊的新里程之外，也將與物聯網的發展更加緊密結合，詳言之，各國依國情不同，其 5G 政策所著眼的應用場景也各有不同，但大致上乃以物聯網與網際網路相關應用服務之場景。5G 大幅的整合人際通訊與萬物聯網（IoE），從巨量物聯網通訊與低延遲、高可靠度通訊等應用場景與需求指標之設計，反映 5G 對物聯網之重視。

另一方面，5G 尚未代表全部的 IoE，目前仍有 IEEE 相關領域以及其他垂直產業專屬的物聯網標準正同步討論其應用場景與需求情境。對於我國產業而言，相較於網路系統標準制定，投入 5G 關鍵技術及應用開發的發展前景更佳，因此必須加快關鍵技術測試之腳步。應用面則結合我國專業服務業之優勢，如醫療服務、觀光服務等，加快 5G 應用布局。5G/IoE 可能之應用型態綜整如下圖 2-14。⁸

⁸ 5G Americas (2017), 5G Services and use cases, available at: http://www.5gamericas.org/files/3215/1190/8811/5G_Services_and_Use_Cases.pdf (last visited : 2017/12/4)

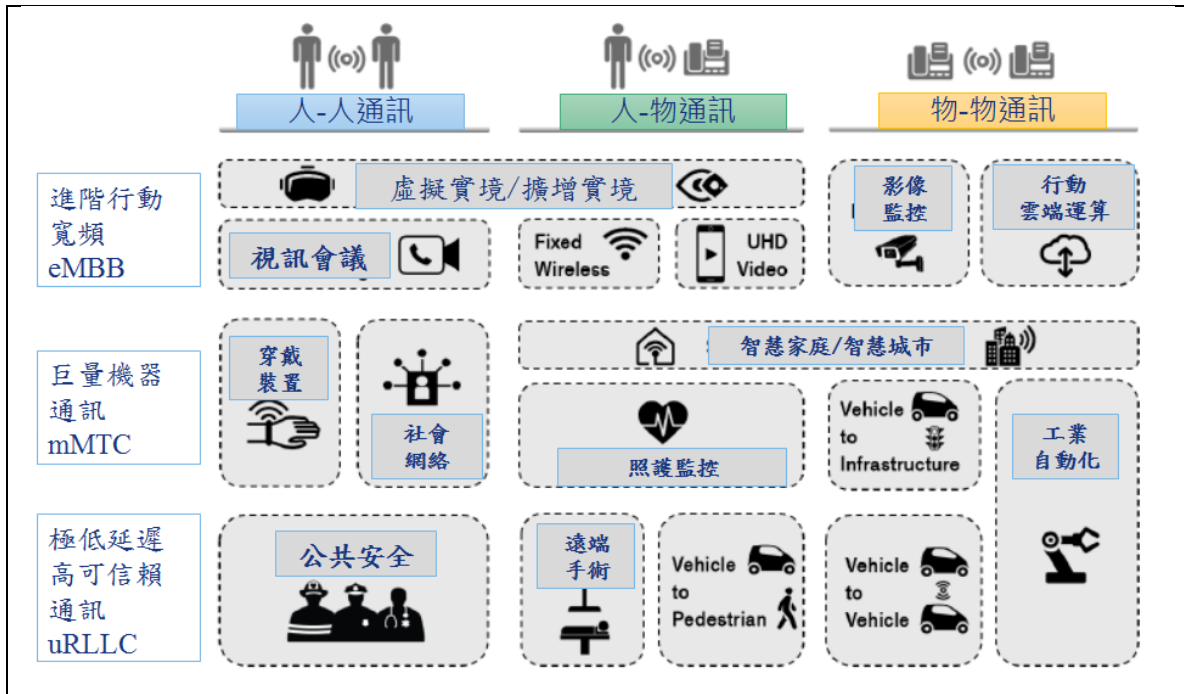


圖 2-14：5G/IoE 之可能應用型態

資料來源：5G America

比較各種不同應用型態與對應之 5G 三大場景與八大需求指標，例如自駕車重視極低延遲、高度連線能力與高可靠度通訊，緊急通訊應用則需要高連線可靠度與長時間使用之優異能源效率，自動化工廠則需要低延遲與高可靠度通訊等。不同應用案例對應之需求指標整理如下表 2-1。⁹

⁹ Rysavy Research (2017), LTE to 5G : Cellular and Broadband Innovation, available at: http://www.5gamerica.org/files/6415/0282/1551/2017_5G_Americas_Rysavy_LTE_5G_Innovation_Final_for_Upload.pdf (last visited : 2017/12/4)

表 2- 1：不同應用型態之需求指標

使用案例	需求項目	需求指標
自駕無人車	低延遲	5 毫秒
	連線能力	99.999%
	可靠度	99.999%
緊急通訊	連線能力	99.9%的受害者發現率
	能源效率	持續一周的電池效力
自動化工廠	低延遲	低於 1 毫秒
	可靠度	封包損失率低於 10^{-9}
高速火車	訊務量密集度	下行：100Gbps/平方公里 上傳：50Gbps/平方公里
	使用者體驗速率	下載：50Mbps 上傳：25Mbps
	移動速率	500km/h
	網路延遲	10 毫秒
大型戶外活動	使用者體驗速率	30Mbps
	訊務量密集度	900Gbps/平方公里
	連線密度	4 臺設備/ 平方公尺
巨量物聯網	連線密度	100 萬臺/平方公里
	連線可用性	範圍內 99.9%
	能源效率	電池可持續 10 年
遠端醫療手術	網路延遲	低於 1 毫秒
	可靠度	99.999%
智慧城市	使用者體驗速率	下行：300Mbps 上傳：60Mbps
	訊務量密集度	700 Gbps/ 每平方公里
	連線密度	20 萬台設備/平方公里
虛擬實境/擴增實境	使用者體驗速率	4-28Gbps
	網路延遲	低於 7 毫秒

資料來源：愛立信，轉引自 Rysavy Research

綜合比較應用場景、使用案例與對應之需求項目如連線速率、網路延遲與可靠度後，各場景之需求項目如下表 2-2。¹⁰

表 2-2：5G 應用場景、案例與需求項目對應表

應用場景	使用案例	連線速率	網路延遲	可靠度	距離	環境特性
增強型行動寬頻	高畫質影音、3D	超高速	低延遲			
	虛擬實境 VR	超高速	極低延遲			
	擴增實境 AR	超高速	低延遲			
	連網車輛	超高速			短至長距離	支援低至高都卜勒環境
極低延遲與高可靠度通訊	工業自動化	高速	極低至低延遲	超高可靠度	短至長距離	能運作於雜亂環境
	關鍵目標通訊，如智慧醫療等	高速	極低至低延遲	超高可靠度	短至長距離	具備地面與障礙物穿透力
	自駕車	高速	極低至低延遲	超高可靠度	短至長距離	能運作於雜亂環境與附近有快速移動障礙物之環境
巨量物聯網通訊	智慧家庭					能運作於雜亂環境具備地面與障礙物穿透力
	智慧辦公室			高可靠度		能運作於雜亂環境具備地面與障礙物穿透力
	智慧城市			高可靠度	短至長距離	能運作於雜亂環境與附近有快速移動障礙物之環境具備地面與障礙物穿透力

¹⁰ 5G Americas (2017), 5G spectrum recommendations, available at: http://www.5gamericas.org/files/9114/9324/1786/5GA_5G_Spectrum_Recommendations_2017_FINAL.pdf (last visited : 2017/12/4)

	感測網路				短至長 距離	能運作於雜亂環境 與附近有快速移動 障礙物之環境 具備地面與障礙物 穿透力、網狀網路
--	------	--	--	--	-----------	--

資料來源：5G Americas

依照前述應用場景、需求指標並若考量適合之頻譜特性與意涵，
整理如下表 2-3。¹¹

表 2-3：5G 應用場景、需求指標與對應頻譜特性

應用場景	需求指標	頻譜特性意涵	對應頻譜
增強型行動寬頻	超高速連線	超充足頻寬 至少 500MHz	24GHz 以上
	高速連線	充足的頻寬資源 例如 100MHz	3-6GHz
	超低延遲	短距離	3-6GHz 與 24GHz 以上
	低延遲	中距離	3-6GHz
	超高可靠度	不受高頻段被雨水吸收 特性嚴重影響	6GHz 以下
	高可靠度	不受高頻段被雨水吸收 特性影響	6GHz 以下
極低延遲與高可 信賴通訊	短距離	高頻段	24GHz 以上
	中至長距離	低頻段	6GHz 以下
	地面與障礙物穿透力	1GHz 以下頻段	1GHz 以下
巨量機器通訊	雜亂操作環境	因應不同環境特性	各頻段
	在快速移動的障礙物附 近作業	具備跳頻能力	以 6GHz 以下為主
	網狀網路 (Mesh Network)	運作於頻段內或頻外之 高速無線後置迴路連線	24GHz 以上

資料來源：5G Americas

¹¹ 5G Americas (2017), 5G spectrum recommendations, available at:
http://www.5gamerica.org/files/9114/9324/1786/5GA_5G_Spectrum_Recommendations_2017_FINAL.pdf
(last visited : 2017/12/4)

不同場域如都會區、郊區、室內熱點、高速鐵路、高速車輛與機上連線等，對於高速傳輸與訊務密度之需求指標亦有差異。3GPP 持續討論各場域對應高速傳輸與訊務密度之需求指標如下表 2- 4。¹²

表 2- 4：不同場域對高速傳輸與訊務密度的需求指標

	場域	下載體驗速率 (DL)	上傳體驗速率 (UL)	區域訊務容量 (DL)	區域訊務容量 (UL)	使用者密度	終端速度	覆蓋範圍
1	都會區	50 Mbps	25 Mbps	100 Gbps/km ²	50 Gbps/km ²	10 000/km ²	行人或車輛內的使用者(可達 120 km/h)	完整網路
2	郊區	50 Mbps	25 Mbps	1 Gbps/km ²	500 Mbps/km ²	100/km ²	行人或車輛內的使用者(可達 120 km/h)	完整網路
3	室內熱點	1 Gbps	500 Mbps	15 Tbps/km ²	2 Tbps/km ²	250 000/km ²	步行	辦公室與住宅
4	擁擠區的寬頻接取	25 Mbps	50 Mbps	[3.75] Tbps/km ²	[7.5] Tbps/km ²	[500 000]/km ²	步行	特定區域
5	密集都會區	300 Mbps	50 Mbps	750 Gbps/km ²	125 Gbps/km ²	25 000/km ²	行人或車輛內的使用者(可達 60 km/h)	市中心區
6	類廣播式服務	最高 200 Mbps (每 TV 頻道)	N/A or 極低 (例如每用戶 500 kbps)	N/A	N/A	一頻道 20 Mbps	固定使用者、步行或車輛中的用戶(可達 500 km/h)	完整網路
7	高速鐵路	50 Mbps	25 Mbps	15 Gbps/每列列車	7.5 Gbps/每列列車	1 000/每列列車	列車上用戶(可達 500 km/h)	鐵路沿線
8	高速車輛	50 Mbps	25 Mbps	[100] Gbps/km ²	[50] Gbps/km ²	4 000/km ²	車輛中的用戶(可達 250 km/h)	道路沿線
9	機上連線	15 Mbps	7.5 Mbps	1.2 Gbps/每架	600 Mbps/每架	400/每架	機上使用者(可達 1,000 km/h)	

資料來源：3GPP

對於低網路延遲與高可靠度通訊場景，3GPP 討論各場域對應之需求指標如下表 2- 5。

¹² 3GPP (2017), 3GPP TS 22.261 V16.1.0: Service requirements for the 5G system.

表 2-5：不同場域對低延遲與高可靠度的需求指標

場域	端到端延遲	延遲變異 Jitter	存活時間	通訊服務可用度	可靠度	用戶體驗速率	資料承載量	訊務量密度	連線密度	服務區域維度
離散自動化—動態控制	1 毫秒 ms	1 微秒 μ s	0 毫秒 ms	99.9999 %	99.99 99%	1 Mbps 至 10 Mbps	小	1 Tbps/k m ²	100 000/k m ²	100 x 100 x 30 公尺
離散自動化	10 毫秒 ms	100 微秒 μ s	0 毫秒 ms	99.99%	99.99 %	10 Mbps	小至大	1 Tbps/k m ²	100 000/k m ²	1000 x 1000 x 30 公尺
流程自動化—遠端控制	50 毫秒 ms	20 毫秒 ms	100 毫秒 ms	99.9999 %	99.99 99%	1 Mbps 至 100 Mbps	小至大	100 Gbps/k m ²	1 000/k m ²	300 x 300 x 50 公尺
流程自動化—監控	50 毫秒 ms	20 毫秒 ms	100 毫秒 ms	99.9%	99.9 %	1 Mbps	小	10 Gbps/k m ²	10 000/k m ²	300 x 300 x 50 公尺
電力配送—中電壓	25 毫秒 ms	25 毫秒 ms	25 毫秒 ms	99.9%	99.9 %	10 Mbps	小至大	10 Gbps/k m ²	1 000/k m ²	電力線路沿線 100 公里
電力配送—高電壓	5 毫秒 ms	1 毫秒 ms	10 毫秒 ms	99.9999 %	99.99 99%	10 Mbps	小	100 Gbps/k m ²	1 000/k m ²	電力線路沿線 200 公里
智慧運輸系統—基礎設施迴路	10 毫秒 ms	20 毫秒 ms	100 毫秒 ms	99.9999 %	99.99 99%	10 Mbps	小至大	10 Gbps/k m ²	1 000/k m ²	道路沿線 2 公里
觸覺互動	0.5 毫秒 ms	待決議	待決議	[99.999 %]	[99.9 99%]	[低]	[小]	[低]	[低]	待決議
遠端控制	[5 毫秒 ms]	待決議	待決議	[99.999 %]	[99.9 99%]	[低到 10Mbps]	[小至大]	[低]	[低]	待決議

資料來源：3GPP

第二節 B4G/5G、IoT 技術發展與趨勢

一、 B4G/5G、IoT 技術發展脈絡

雖然 3G 已提供高速網路傳輸服務，但受限於頻譜使用技術、且語音服務與數據傳輸服務仍分屬不同迴路，傳輸速率向上提升的空間有限。4G 則正式進入語音及數據均採全 IP 化之網路時代，更成熟的技術與更高的頻譜使用效率，讓行動網路可提供之通訊品質已與固網無異，因此 4G 可歸屬於「行動寬頻」的正式時期。

於此同時，「通訊」一詞也逐漸產生變化，先進無線通訊技術將通訊的定義由人與人間的聯繫延伸向物與物的聯繫，在基礎行動寬頻時期，如 Zigbee 與 RFID 的發展，也型塑了「物聯網」的基礎面貌。

B4G 的來臨，除了更進一步強化行動寬頻的能力，也將物聯網的發展推向新的紀元，更強的連接能力與更大量的裝置對應，使物聯網與人聯網的界線開始模糊、整合，而漸漸朝向人與人、人與物、物與物無間隙整合以及網路無所不在的「5G 網路化社會」邁進，最終高度整合演進為 5G+IoE 的概念。

5G+IoE 之技術基底所形成通訊技術之演進，與民眾生活對應需求息息相關，也與網際網路的世代有所連結。在世代演進下，網際網路從單純提供資訊的功能，逐步演進至具有多元服務的電子商務，然後至具有高互動性的社群網路，未來更將隨著 5G+IoE 技術演進，進一步成為結合虛擬與現實之萬物聯網時代。本研究整體研究概念如下圖 2-15。

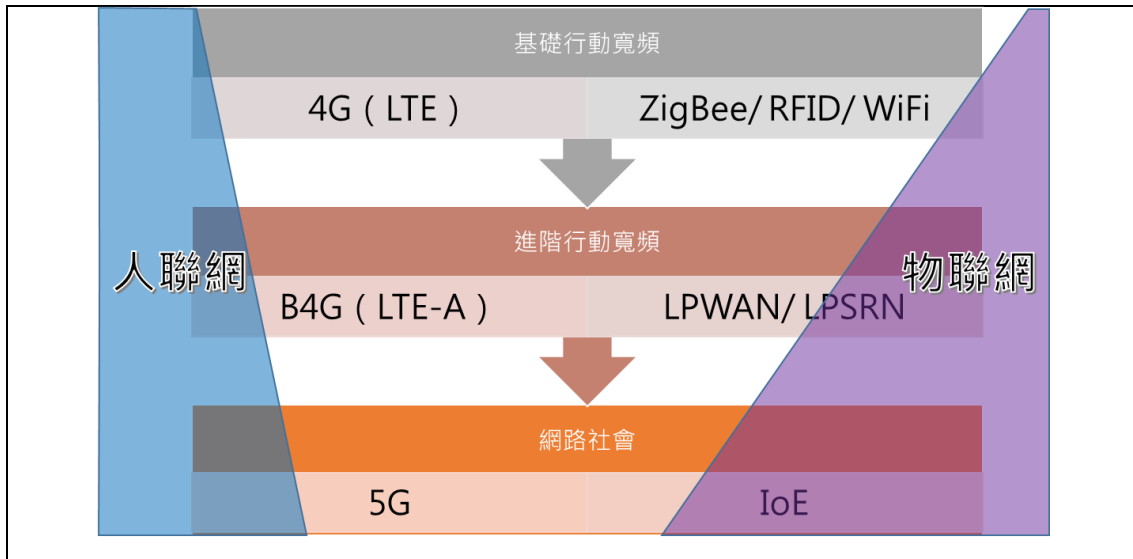


圖 2- 15：技術演進與需求示意

資料來源：本研究繪製

(一) 基礎行動寬頻時期

此時期之主要項目為網路瀏覽與社群網路之隨時連結，以用戶對行動網路之需求為主要發展，其代表技術為 4G 網路。至於物的連網，發展受限於當代技術之聯網能力、耗能及單價成本等因素，代表技術有：ZigBee/ WiFi/ RFID 等，物聯網發展較受限於區域內、少量的關鍵物件聯網為主，並輔以精簡之管理系統。

(二) 進階行動寬頻時期

目前大多數國家之電信市場正位處此一時期，更注重用戶體驗，同時也開啟了物聯網的發展大門。行動寬頻納入專為提供物聯網服務之技術設計及應用情境。B4G 部分之代表技術包括：LTE-A 與 NB-IoT/ LTE-M 等技術標準，同時段間非電信級之無線網路類別也發展了低功

率廣域網路（Low Power Wide Area Network, LPWAN）及低功率短距網路（Low Power Short Range Network, LPSRN）兩種技術形態，以迎接物聯網之發展，其代表技術包括：LoRa/ SigFox/ Wi-SUN/ 802.15.6（WBAN）/ Bluetooth 等。

（三）網路社會時期

「Internet of Everything」為目前各國際標準組織、技術研發單位與顧問分析機構一致認同之未來。不論是 5G 或者其他無線通訊技術，將來各種裝置都會連上網際網路，提供快速、穩定且巨量連線，並透過大數據（Big Data）採集與人工智慧（Artificial Intelligence, AI）優化管理發展出關鍵應用。其代表技術尚在制訂標準規範之過程，並以應用情境帶出技術規範。目前可以觀察到的下世代網路標準代表分別有 5G、WiGig 等。

二、 B4G/5G、IoT 之代表技術介紹

（一）進階行動寬頻時期的 B4G/IoT 技術

本研究整理目前進階行動寬頻時期的 B4G/IoT 技術，包括執照輔助接取（License Assisted Access, LAA）、LTE 免執照接取（LTE in Unlicensed Spectrum, LTE-U）、LTE 整合廣域網路（LTE-WLAN Aggregation, LWA）、LTE-M、低功率廣域網路（Low Power Wide Area Network, LPWAN）、共享執照接取（License Shared Access, LSA）、公眾無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service, CBRS）、

物對物通訊（Machine-to-Machine, M2M）與車對物通訊（Vehicle-to-everything, V2X）等，如下圖 2- 16。

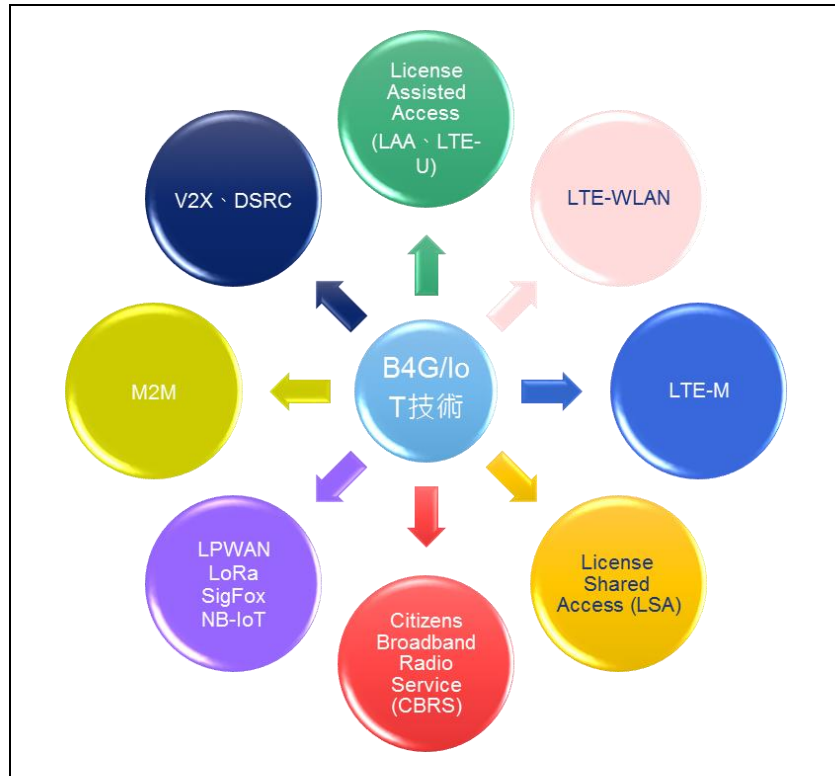


圖 2- 16：本研究研析之 B4G/IoT 技術

資料來源：本研究繪製

電信級行動通信網路有其一致性的標準且世代演進明確，目前行動通訊標準主要依循 3GPP 規格制定，因此不論 4G/B4G 或將來之 5G，皆以此標準發展。本研究整理近年標準版本之演進與關鍵技術之發展如下表 2- 6。¹³

¹³ 李大嵩（2015），後 4G 時代行動寬頻與數位匯流。

表 2- 6：3GPP 標準與關鍵技術發展

1999  2017	3GPP Release	Stage 3: Core specs frozen	Main feature of Release
	Rel-99	Mar. 2000	UMTS 3.84Mcps (W-CDMA FDD& TDD)
	Rel-4	Mar. 2001	1.28Mcps TDD (TD-SCDMA)
	Rel-5	Jun. 2002	HSDPA
	Rel-6	Mar. 2005	HSUPA (E-DCH)
	Rel-7	Dec. 2007	HSPA+ (64QAM DL, MIMO, 16QAM_UL), LTE & SAE Feasibility Study, Edge Evolution
	Rel-8	Mar. 2009	LTE Work Item- OFDMA interface SAE Work item- New IP core network UMTS Femtocells, DC-HSDPA
	Rel-9	Mar. 2010	Multistandard Radio(MSR), DC-HSUPA, Dual band HSDPA, SON, LTE Femtocells(HeNB) LTE-Advanced feasibility study, MBSFN
	Rel-10	Sep. 2011	LTE-Advanced work item, CoMP study MC-HSDPA
	Rel-11	Mar. 2013	CoMP, eDL MIMO, eCA, MIMO OTA
	Rel-12	Mar. 2015	3DL CA, D2D, MTC, Dual Connectivity, small cells
	Rel-13	Mar. 2016	LAA, 4CA, >5CA study, FD MIMO, LTE-M& NB-IoT, LWA 5G initiate MCPTT
	Rel-14	Jun. 2017	eLAA, V2x, eLWA 5G requirements Mission Critical enhancements(Video/Data/Proximity finding)

資料來源：李大嵩

4G 的發展始於 3GPP Rel-8 時命名為 LTE，目前我國各家電信業者的 LTE 網路，則是基於 Rel-10 時命名之 LTE-Advanced，甫於 2016 年完成規格制訂的 Rel-13 則稱為 LTE-Advanced Pro，亦即本研究之研究主題 B4G，其代表技術分別如下。

1、LAA 與 LTE-U

LAA 與 LTE-U 是目前 4G 行動寬頻網路於免執照頻段（Unlicensed band）中的新接取模式，LTE-U 目前被定位為 3GPP Rel-12 前的專用產品規格，LAA 則在 3GPP Rel-13 正式列為技術標準。兩者差異在於空中介面之異系統間分享與共存的接取規約，LTE-U 採用高通公司提出的載波感測適應性傳輸（Carrier Sense Adaptive Transmission, CSAT），而 LAA 則採用 3GPP 與 IEEE 共識下所發展出的先聽後送機制（Listen

Before Talk, LBT)。兩種 4G 行動寬頻網路免執照輔助接取都是奠基於載波聚合 (CA) 與僅使用下行訊框 (Frame)，如下圖 2- 17。¹⁴

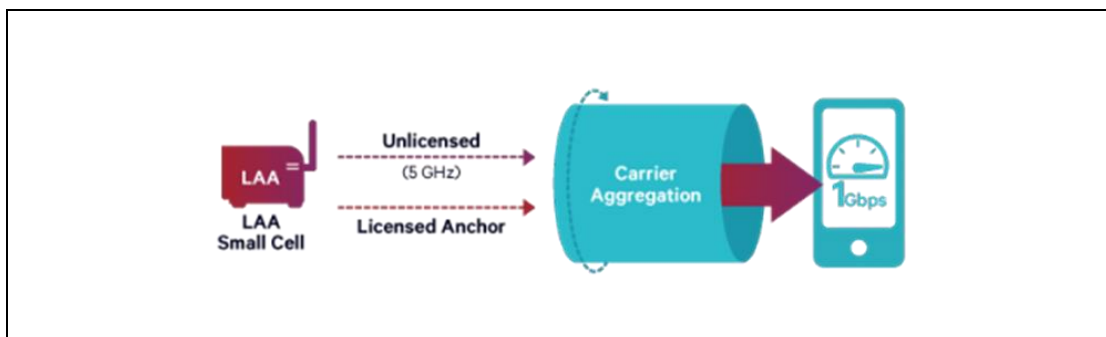


圖 2- 17：License Assisted Access, LAA 技術概念示意圖

資料來源：Qualcomm

2、LWA

LWA 不同於 LAA，基於原來 3GPP 定義之 LTE 需執照頻譜接取，再搭配 IEEE 制訂之 802.11 免執照頻段接取，聚合後透過用戶終端以及核心網路，將資料分拆組合進行雙連結，達到高速下載的用戶體驗，如下圖 2- 18。

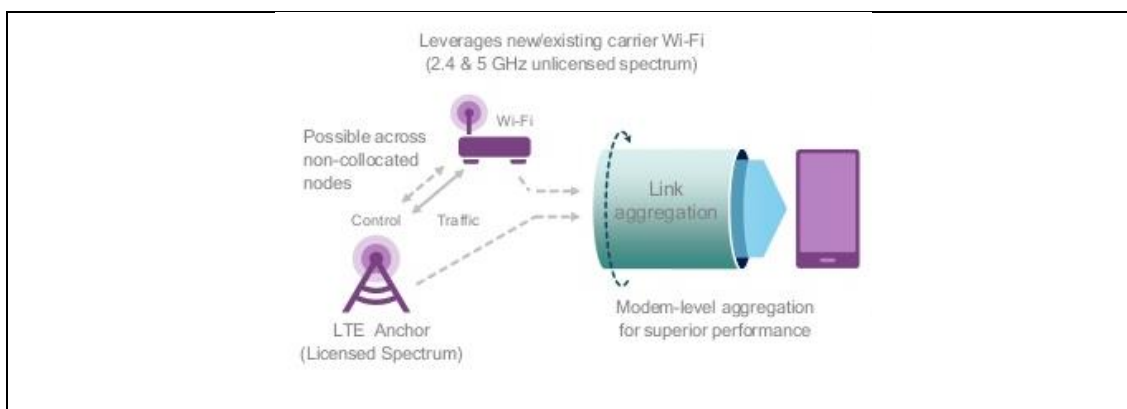


圖 2- 18：LTE-WLAN Aggregation, LWA 技術概念示意圖

資料來源：Qualcomm

¹⁴ Qualcomm (2016), Progress on LAA and its relationship to LTE-U and MulteFire, at:6.

由於前面三項技術皆與免執照 5GHz 頻段相關，容易造成混淆，本研究整理這三種免執照輔助行動寬頻接取模式的細節差異，比較如下表 2-7。

表 2-7：LWA/LAA/LTE-U 技術差異比較表

解決方案	LTE-U LTE in Unlicensed Spectrum	LAA Licensed Assisted Access	LWA LTE-WLAN Aggregation
標準	專有技術 Proprietary	3GPP Rel. 13	3GPP Rel. 12 and beyond
僅應用於小細胞	Yes	Yes	Yes
利用第三方WiFi基地台	N/A	N/A	No
無線接取方式	LTE based	LTE based	LTE+WiFi dual connectivity
異系統接取規約	CSAT	LBT	CSMA/CA
免執照頻段採用	Band 252(UNII-1) Band 255(UNII-3)	Band 46	UNII 1-4
網路升級程度	無線接取網路與用戶終端需升級	無線接取網路與用戶終端需升級	無線接取網路與用戶終端需升級
後續發展	No	3GPP Rel. 14 eLAA可能實現 Stand alone	3GPP Rel. 14 eLWA可能實現 Uplink transmission

資料來源：本研究整理

3、LTE-M

LTE-M 的發展可追溯自 Rel-12 時便開始研析、討論，並於 Rel-13 確定規格細節標準。LTE-M 的主要功能，讓 4G 系統除了能提供使用者高速上網體驗外，行動網路尚可切割出一部分的頻寬，作為相對低速的物聯網（其傳輸速率可達 1Mbps）使用，讓裝置在移動狀態下（時速可達每小時 300 公里）仍可持續接取網路。

雖然行動通信網路自 2G 時代 GPRS 技術便已存在物聯網概念，但由於裝置費用成本與系統耗電、上網速率等問題，發展進度較慢。隨著 4G 所採用的 OFDM 技術，容許使用不同系統頻寬建置網路（LTE-

M 採用 1.4MHz 頻寬），加以物聯網的應用需求日漸增加，進而發展了低功率耗能的電信級物聯網，如下圖 2- 19。

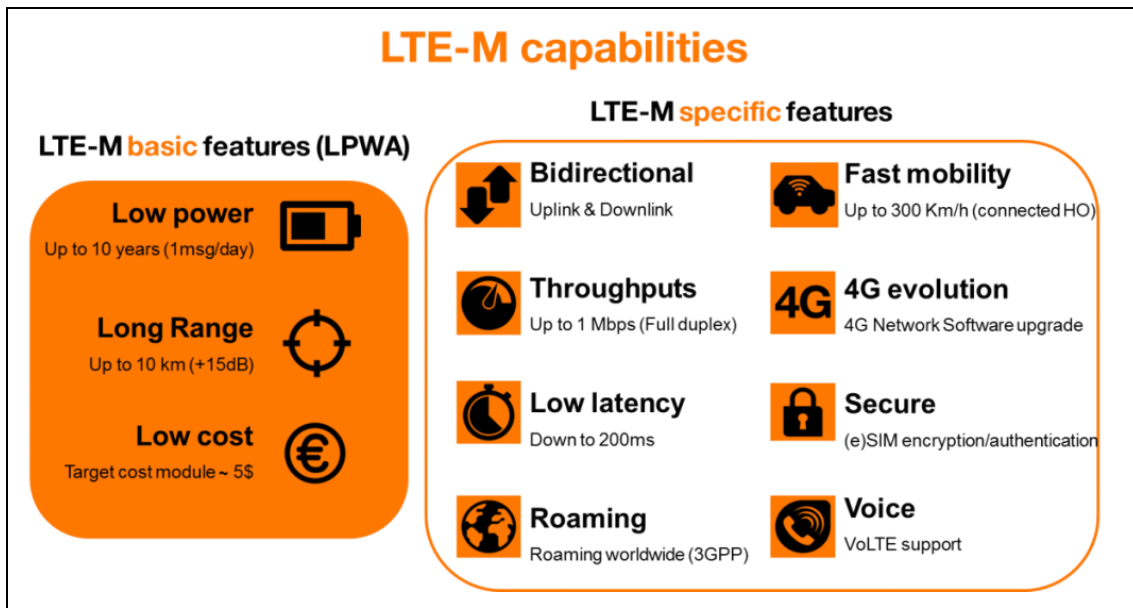


圖 2- 19：LTE-M 技術特性

資料來源：Orange

4、LPWAN

LPWAN 低功率廣域網路，是近期因應低速率、大量連線的物聯網應用需求所發展出的技術，只要系統符合設計目標即可稱為 LPWAN。技術特性包含通訊距離長、容易布建、電池壽命長與低成本，如下圖 2- 20。其中，電信級物聯網（需執照頻段）以 NB-IoT 為代表，另外在免執照頻段（工科醫頻段—ISM band）部分，多數生態系統支持的兩個網路技術分別為 LoRa 與 SigFox，其所建立之網路皆具有技術上與服務上的專屬性，以下分別介紹並以表格整理包含 LTE-M/ NB-IoT/ LoRa/ SigFox 物聯網技術特性比較。

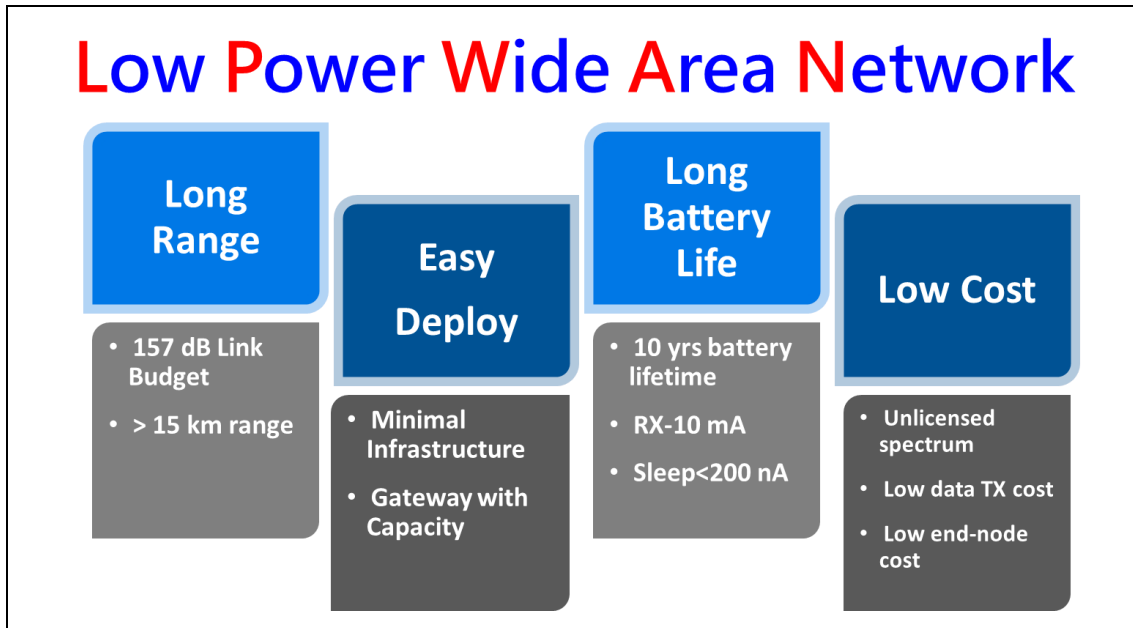


圖 2- 20：低功率廣域網路系統目標

資料來源：Gemtek

(1) NB-IoT

NB-IoT 是 Rel-13 於特別短的時程內，完成標準制訂的另一個電信級物聯網技術，原因在於同時期免執照頻段已完成低功率廣域網路 LPWAN 的物聯網技術（LoRa/SigFox 等）。其技術特性要求更低速、更大量連線數與更廣、更深的網路覆蓋率等。基於市場主流技術之考量，3GPP 發展了僅利用 200KHz（4G 頻譜物理通道設定極小值），並透過各種搭配之技術，以達到極省電、極大範圍涵蓋同時保有電信級網路的服務品質等特性。NB-IoT 之傳輸速率可達 170Kbps，同時補強了 LTE-M 與 LoRa/SigFox 技術於省電及涵蓋延伸特性。電信級物聯網發展如下圖 2- 21。

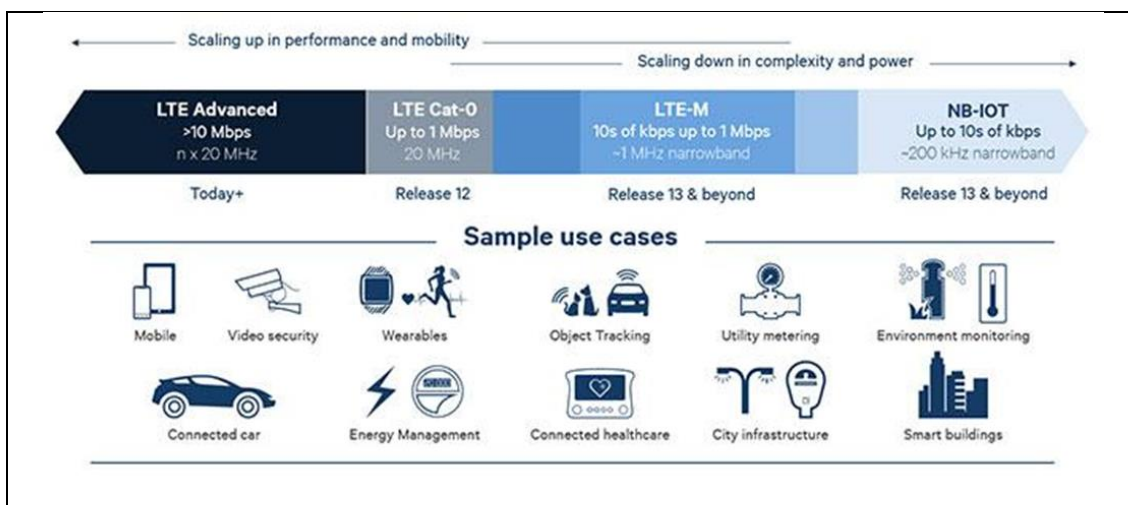


圖 2- 21：4G 電信級物聯網發展

資料來源：Qualcomm

(2) LoRa (LoRaWAN)

LoRa 是利用展頻通訊 (Spread Spectrum) 調變技術，傳送 50Kbps 以下數據，達到遠距離傳輸並簡化用戶端的裝置設計，其中又分成三種類型，分別應用於不同的情境需求並達到超低功率消耗，成本較電信級網路低，不過此系統無法提供 QoS。整體運作概念如下圖 2- 22。

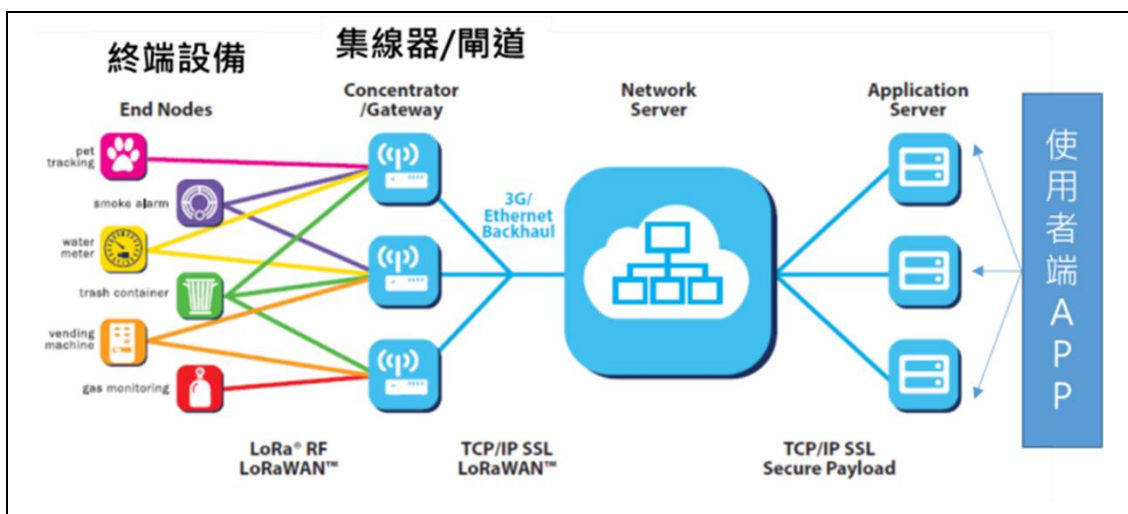


圖 2- 22：LoRa 網路架構

資料來源：LoRa Alliance

(3) SigFox

SigFox 之網路目的與 LoRa 一樣，均試圖提供長距離物聯網使用。但與 LoRa 之差異處在於，SigFox 採用極窄頻（Ultra Narrow Band）空中介面技術，且用戶端每次傳輸 0.1Kbps 資料之方式設計，因此具備傳輸距離長、耗電量低且晶片成本低之優點，目前在物聯網技術之市占率高。不過，SigFox 的技術發展主要由該公司自行研發，與 LoRa 以聯盟方式訂定技術規範的方式不同。SigFox 的網路架構如下圖 2- 23。

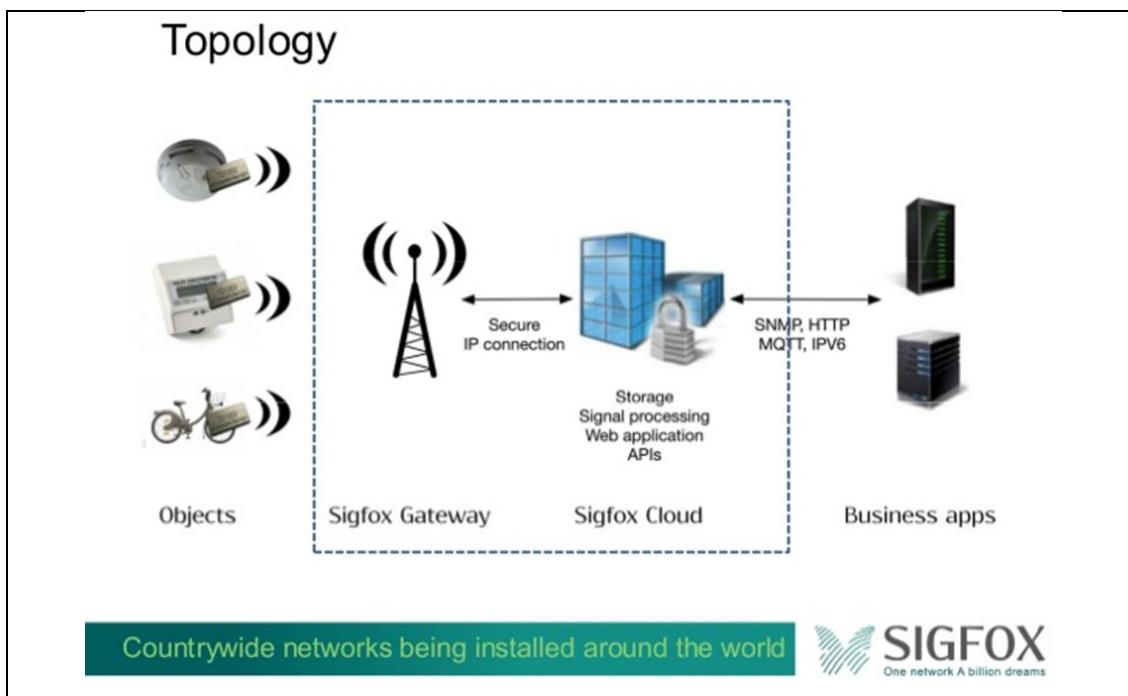


圖 2- 23：SigFox 網路架構

資料來源：SigFox

本研究整理 NB-IoT、LTE-M、LoRa、SigFox 等物聯網技術比較如下表 2- 8。

表 2- 8：B4G 下物聯網技術比較表

	採用標準	使用頻段	系統利用頻寬	涵蓋範圍 (最大耦合損耗)	晶片 成本	電池 消耗	傳輸速率
SigFox	專屬技術	免執照 頻段	192kHz	<12km 156db	X	10Y	UL 100bps DL 600bps
LoRa	專屬技術	免執照 頻段	125/500kHz	<15km 160dB	X	10Y	UL 250bps DL 50kbps
EC-GSM (R13)	3GPP R13	GSM 執照頻段	2.4MHz	<35km 164dB	2X	<5Y	UL 74kbps DL 74kbps
LTE-M (R13)	3GPP R13	LTE 執照頻段	1.4MHz	<11km 156dB	3~10X	<5Y	UL 1Mbps DL 1Mbps
NB-IOT (R13)	3GPP R13	GSM/ UMTS/LTE 執照頻段	200kHz	<35km 164dB	X	10Y	UL 200kbps DL 200kbps

資料來源：本研究整理

5、LSA

LSA 是目前仍處規格制定階段的 4G 頻譜共享接取技術，該技術特色在於對於部分僅有特定時間、特定區域或特定範圍內使用之頻譜資源，得透過共享方式釋出供其他使用者使用。LSA 機制是透過第三方頻譜資料庫之垂直式管理，藉以與既有使用者共享頻譜資源，同時避免共享頻譜時產生有害干擾，並保證既有使用者優先使用權利，運作概念如下圖 2- 24。

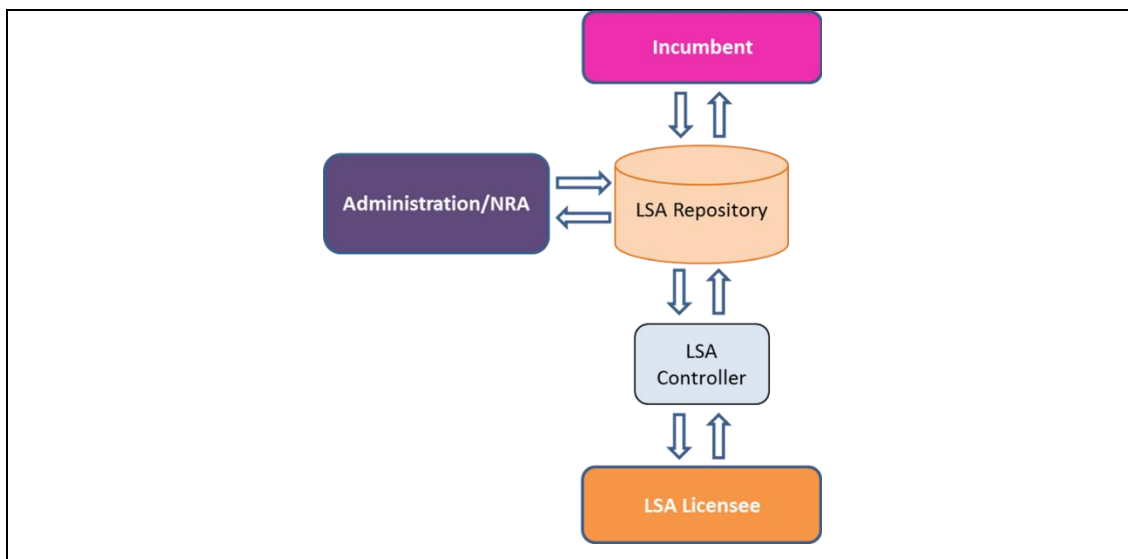


圖 2- 24：License Shared Access, LSA 架構

資料來源：ETSI

6、Citizens Broadband Radio Service (CBRS)

CBRS 與 LSA 概念上相似，皆屬頻譜共享機制。差異處在於 CBRS 的共享架構除了既有使用者與共享使用者之外，尚有第三層的一般許可接取使用者。CBRS 技術屬於美國 FCC 建立的創新性頻譜接取模式。最初規範架構是由美國 ICT 產業鏈論壇協助建置，近期 3GPP Rel-14 也將之列入工作項目之中，規劃使其成為 B4G 技術之一，目前 3GPP 尚未完成規範發佈。

觀察整體規範的討論與研析過程，目前 3GPP 已經定義了 CBRS 的使用頻段為 Band 48，同時對照美國 FCC 對於發射端與接收端及用戶終端裝置之技術規格，均初步完全符合（10MHz 頻寬以下）。因此美國無線 ISP 業者若未來取得第二層優先接取執照（Priority Access License, PAL）以建置小區域或室內型採 Band 48 之 TDD LTE 網路，

即可遵守其頻譜共享使用規範並實現商用化。至於第三層一般許可接取（General Authorization Access, GAA）的部份，則與電視空白頻譜（TV White Space, TVWS）採用之動態頻譜地理資料庫管理用戶終端及基地臺模式相近，此種模式之創建目的在於鼓勵新創無線通訊技術研發及商用，整體運作概念如下圖 2- 25。

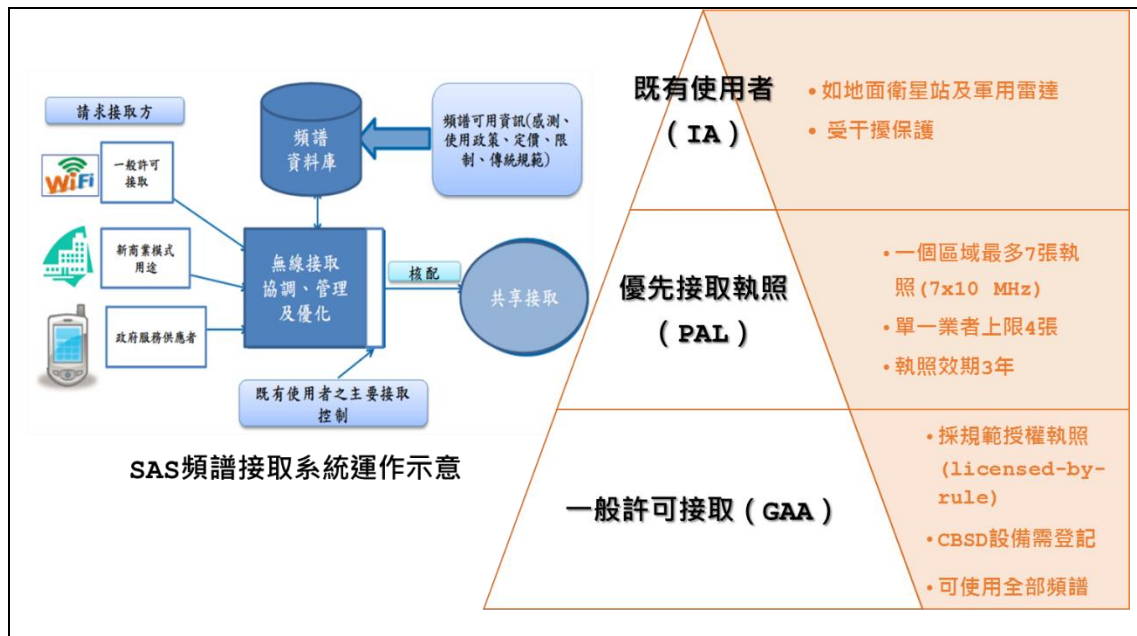


圖 2- 25：Citizens Broadband Radio Service, CBRS 架構

資料來源：本研究參考 FCC 編修

7、M2M（Machine-to-Machine）通訊

物聯網主要的通訊方式尚有 M2M 通訊，指物品間數據傳輸。M2M 系統組成有硬體與軟體，硬體透過網路遠端數據連線，能更有效控制設備，因此 M2M 廣泛地應用於自動傳輸、遠端控制和測量等，運作概念如下圖 2- 26。¹⁵

¹⁵ 電信技術中心（2015），無網不利－未來 5G 大演進，頁 12。

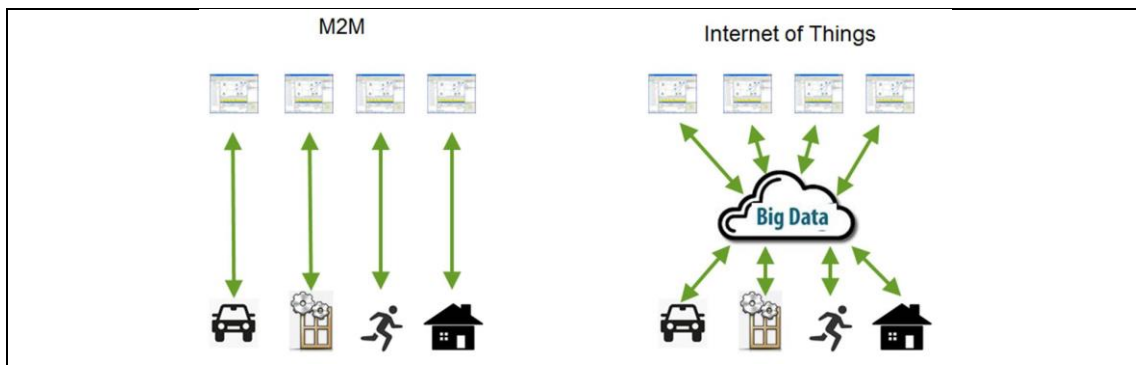


圖 2- 26：M2M 與 IoT 運作機制示意圖

資料來源：IEEE，轉引自電信技術中心

8、V2X（Vehicle-to-everything）

V2X 是指車對外界的通訊，是一系列車載通訊技術的總稱。V2X 包含汽車對汽車（Vehicle-to-Vehicle, V2V）、汽車對路側設備（Vehicle-to-Roadside, V2R）、汽車對基礎設施（Vehicle-to-Infrastructure, V2I）、汽車對行人（Vehicle-to-Pedestrian, V2P）、汽車對機車（Vehicle-to-Motorcycle, V2M）及汽車對公用車輛（Vehicle-to-Train, V2T）等六大類。目前以 V2V 的發展最為成熟。

V2X 是未來智慧交通運輸系統的關鍵技術，透過 V2X 通訊獲得實時路況、道路訊息、行人訊息等一系列交通訊息，提高駕駛安全性、減少塞車、提高交通效率並提供車載通訊娛樂等。V2X 技術不僅可以大幅提升交通安全、降低交通事故率，而且可以為自動駕駛、智慧交通和車聯網創新提供低成本、易實施的技術路線和基礎平台。目前較具代表性的無線通訊技術有藍牙（Blue Tooth, BLT）、802.11 系列 WiFi、專屬短距離通訊（Dedicated Short Range Communication, DSRC）與 LTE-V 系列，整理如下表 2- 9。

表 2-9：車聯網相關資通訊技術比較

	車載資通訊聯網		車輛通訊	自動駕駛
	實現車輛與網際網路平台互連及人車介面互連		車間通訊 (V2V)、車對設施 (V2I) 及車對行人 (V2P)，統稱為V2X	電波雷達 (Radar)
代表技術	• GPRS • 3G/HSPA • LTE/LTE-A	• Blue Tooth • WiFi	• IEEE 802.11p (物理層協定) • IEEE 1609 (網路層協定) • SAE J2735 (無線訊息格式) - 美規國際標準	• 車輛前後雷達 • 車側雷達
頻譜資源	• IMT Band	• BT: 900MHz • WiFi: 2.4GHz/5GHz	• <u>700MHz</u>& <u>5.9GHz</u>	• <u>24GHz</u>& <u>78GHz</u>
特點	• 電信級QoS • 統一規範的技術標準	• 成本低 • 近端接取高頻寬傳輸	• 訊息傳遞低延遲	• 極低延遲，避免碰撞

資料來源：本研究整理

(二) 網路社會時期的 5G/IoE 技術

1、5G 技術發展時程

ITU 於 2014 年 11 月發布行動通信系統未來技術趨勢報告 (Report ITU-R M.2320)，2015 年 9 月 ITU 正式命名 5G 為 IMT-2020。ITU 第 5D 分項工作小組 (Working Party 5D, WP 5D) 於 2016 年起開始討論 5G 技術規範、評估標準及方法等相關作業，並於 2017 年 10 月召開第 28 次會議，提出 IMT-2020 之規劃建議書，預計於 2019 年底前完成產出與制定決議。ITU 規劃 5G 里程碑如下圖 2-27。

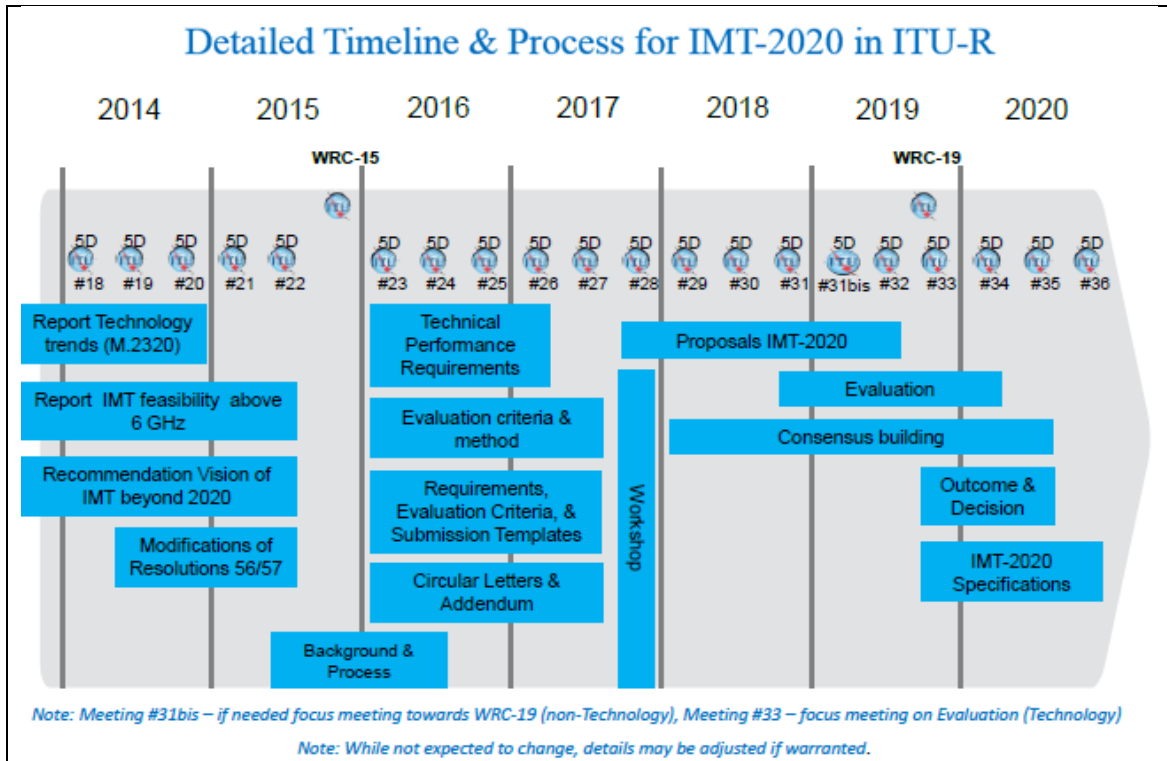


圖 2- 27：ITU 規劃之 5G 里程碑

資料來源：ITU-R WP 5D

WP 5D 的 IMT 無線介面發展步驟規劃區分為八個階段，第一階段為向各界邀請提出對於 5G 技術元件之無線介面技術（Radio Interface Technology, RIT）或無線介面技術集合（Set of RITs, SRIT）之建議，以及對該項技術之評估標準，第二階段則針對該類候選技術進行研發與測試，評估其是否能夠達到 IMT-2020 的效能。

第三階段針對規劃採用之技術提出完整範本，各會員國或國際組織之提案應於 2019 年 7 月前提交給 ITU。第四階段則由獨立評估團體針對各國或各組織所提建議進行評估，至遲於 2020 年 2 月前將評估報告提交給 ITU。

第五階段為 WP 5D 會邀集不同的獨立評估團體進行協調，並掌握評估活動的發展。第六階段為 WP 5D 審查各界所提規劃建議是否能達

到 IMT-2020 預期的最低效能需要，第七階段則考量評估結果，第八階段則針對第七階段評估合格的建議技術，發展 ITU 應採用之無線介面技術建議案。WP 5D 發展 IMT-2020 無線介面建議時程如下圖 2- 28。¹⁶

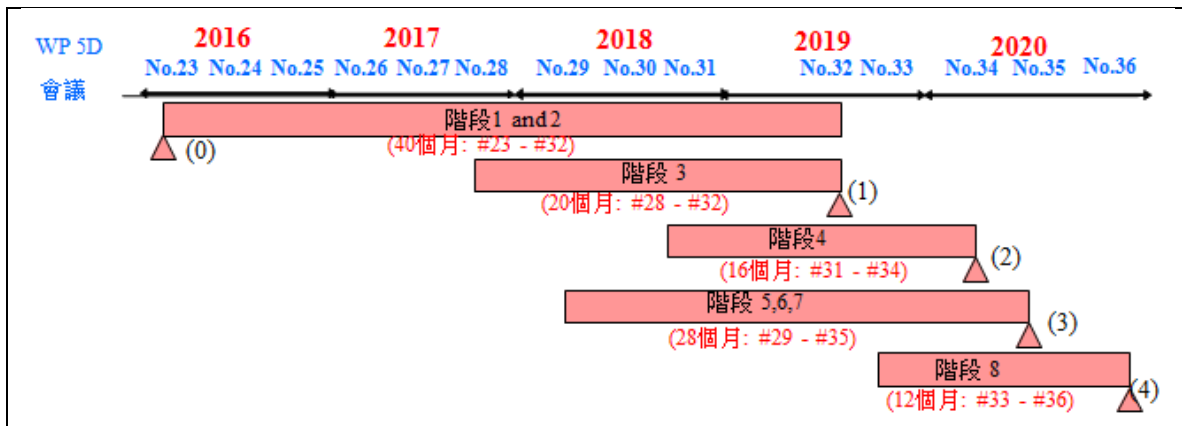


圖 2- 28：IMT-2020 無線介面建議發展時程

資料來源：ITU-R WP 5D

對應 ITU 所發佈的 5G 願景與技術需求，3GPP 進行 5G 之標準制定規劃，預計將於 2020 年完成 Release 15 版的第一階段設備商用，3GPP 整體時程規劃如下圖 2- 29。

¹⁶ ITU WP5D (2017), Submission, Evaluation Process and Consensus building for IMT-2020, p.2.

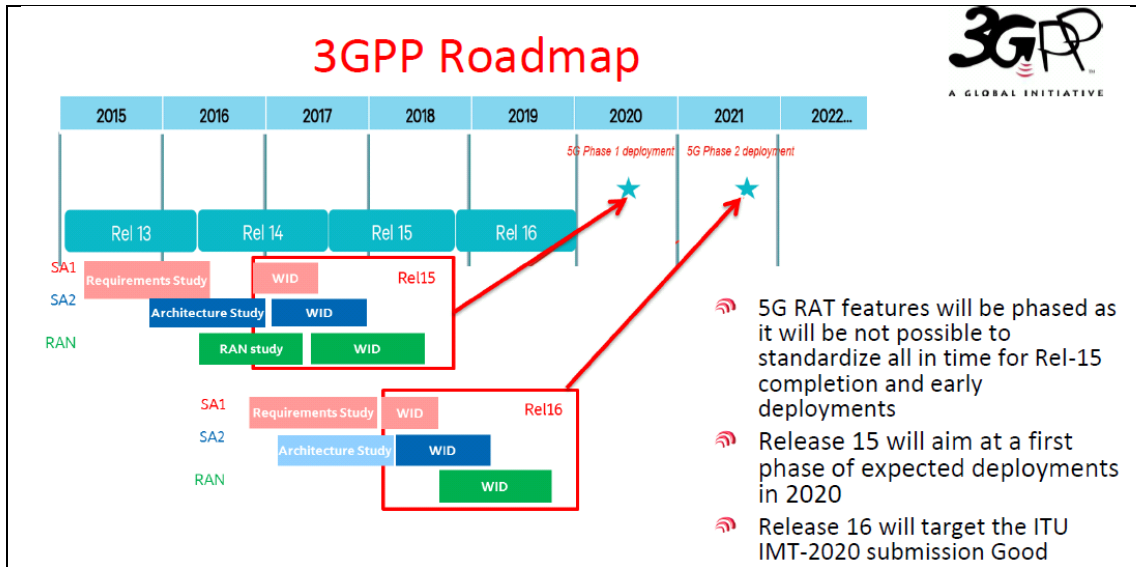


圖 2- 29：3GPP 規劃之 5G 時程

資料來源：3GPP

根據 3GPP 規劃時程，Rel-15 將是 5G 的第一個商用版本。3GPP 於 2016 年 6 月確認 5G 標準於 Rel-15 之詳細工作規劃，相關規範將於 2018 年 6 月份定案。Release 15 標準確定 5G 新無線電（New Radio, NR）技術，目標應用場景包括增強型行動寬頻應用（eMBB）、極低延遲及高可靠性之應用（uRLLC），同時強調 5G 之標準設計必須具備向前相容性、可分階段導入及實現各應用場域之時間點。目前各家設備廠商、晶片商、手機商與電信業者為了能被規範採納，無不投入大批研發經費並進行實驗網路。

3GPP 於 2017 年 12 月 22 日 批准通過之 NR 非單獨（non-standalone）規格，NR 與 LTE 會以雙重連接方式互動，至於 5G 獨立 NR 版本將在 2018 年 6 月完成，完成版本確認後將向 ITU 提交 IMT-2020 的進行步驟與時程供 ITU 確認，而後才會開始進行相關技術自我

評測，以確保所提出的技術能滿足 ITU-R 所提出的性能指標與各自對應的三大應用需求。

3GPP 目前定義 LTE 與 5G NR 基地臺布建態樣主要區分為三種情境，如下圖 2-30。¹⁷

- 情境一：LTE 與 5G NR 基地臺共站，且提供相似訊號涵蓋範圍，LTE 與 5G NR 基地臺同時為大型基地臺（Macro cell）或小型基地臺（Small cell）；
- 情境二：LTE 與 5G NR 基地臺共站，但提供訊號涵蓋範圍不同，LTE 為大型基地臺、5G NR 為小型基地臺；
- 情境三：LTE 與 5G NR 基地臺不共站。

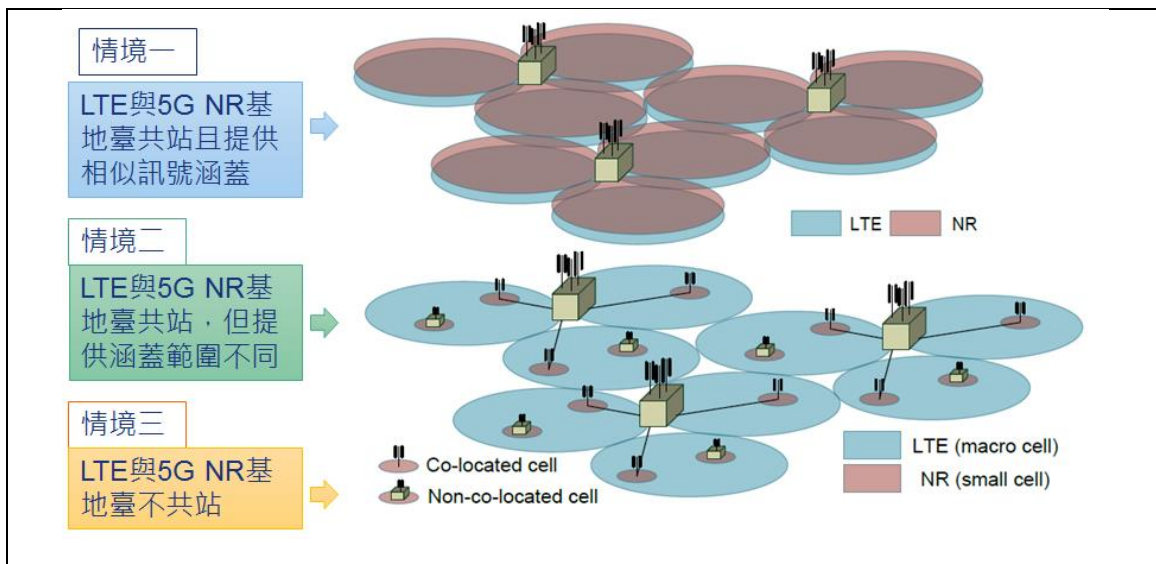


圖 2-30：LTE 與 5G NR 基地臺布建態樣

資料來源：3GPP

¹⁷ 3GPP (2017), TR 38.804 V14.0.0.

2、5G 關鍵技術

ITU 於 2015 年提出行動通信於 2020 年後的發展架構時，認為行動通訊技術於 2015-2020 年甚至未來的關鍵技術，將包括對無線介面技術的升級、網路架構相關技術，以及實現三大場景的技術型態，另外也包括改善網路耗能、終端相關技術、資安與隱私相關技術以及推動更高數據速率的技術¹⁸，如下圖 2- 31。本研究以主要之網路技術、無線電介面技術與天線相關技術進行重點介紹。

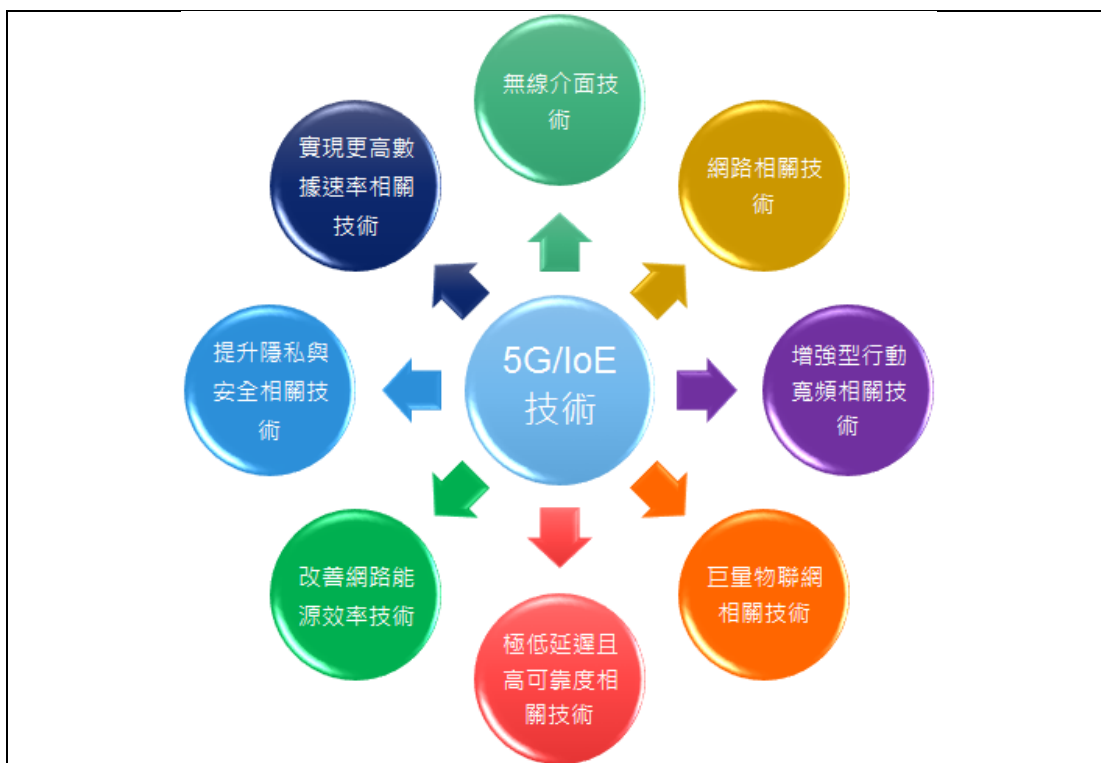


圖 2- 31：ITU 建議 5G/IoE 之關鍵技術領域

資料來源：ITU, 本研究繪製

(1) 網路相關技術

¹⁸ ITU (2015), IMT Vision- Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!PDF-E.pdf (last visited : 2017/12/24)

A. 雲端無線接取網路 (Cloud Radio Access Network, C-RAN)

雲端無線接取網路架構最早由中國移動研究院於 2010 年推出，該網路架構技術普遍認為很適用於 2G、3G、4G 甚或未來行動通訊系統架構之需求。C-RAN 運作概念以雲端架構為中心搭配無線接取網路，並從中心化與虛擬化二個角度改善基地臺基頻運作。C-RAN 架構如下圖 2-32。¹⁹

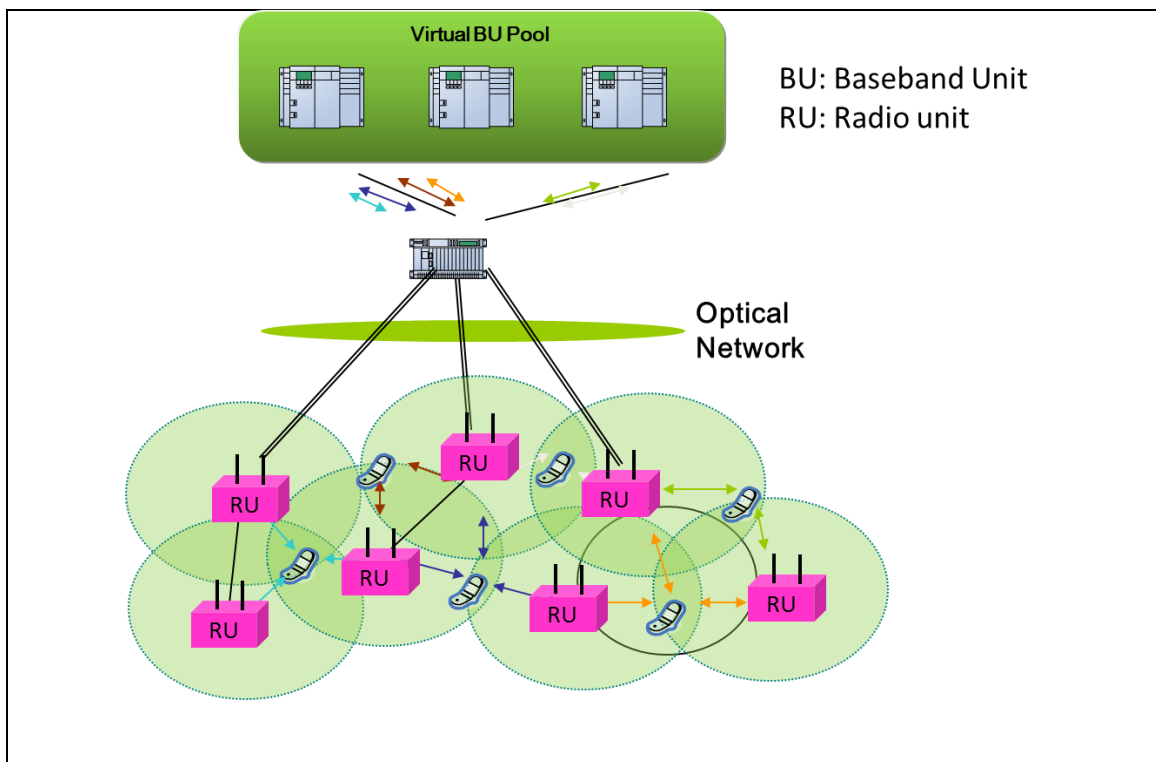


圖 2-32：雲端無線接取網路架構

資料來源：ITU

傳統網路架構下，基頻單位 (Baseband unit, BBU) 與射頻單位 (Radio unit, RU) 在同一基地臺。在 C-RAN 架構中，則將 BBU 從 RU

¹⁹ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf (last visited : 2017/12/4)

中分離，並配置在中心位置以及受保護之地點，讓一個 BBU 可以透過遠端無線標頭（Remote Radio Heads, RRHs）方式服務多個遠端射頻單位（Remote Radio unit, RRU）。中心化的做法有效改善運作效能並減少營運支出。

對無線接取網路採用網路功能虛擬化技術（Network Function Virtualization, NFV），則可減少資本支出。該種技術讓行動業者可以使用商業伺服器作為基地臺硬體，減少客製化產品的支出。

B. 網路功能虛擬化（NFV）

網路功能虛擬化欲處理的問題，在於行動網路業者希望找到能更快速因應需求與服務發展變化的解決工具。NFV 藉由 IT 虛擬相關技術將現有實體網路節點的功能轉化為以軟體、虛擬化方式處理網路功能。

與傳統網路節點對每項網路功能採用客製化硬體的方式不同，NFV 讓業者用軟體方式模擬客製化硬體，使其可運作於經標準化後的相關設備，例如處理大量數據的伺服器、網路交換路由器以及儲存設備。藉由 NFV 可以增加服務提供的彈性，並減少新服務上市的所需時間。²⁰

歐洲電信標準組織（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）於 2012 年組織 NFV 產業規格小組（NFV Industry Specification Group, NFV ISG），持續研析 NFV 相關規格標準訂定、使用案例、資訊安全以及管制議題，並定期發布 NFV 相關白皮書。ETSI 於 2017 年 2 月發布 NFV 應用於 5G 之白皮書，討論 NFV 應用於

²⁰ *Id.*, p22.

5G 的各項功能。²¹目前行動通訊業者認為 NFV 應屬實現 5G 的關鍵技術之一，由於 5G 適用的三大場景各有其需求特性，因此將會仰賴網路切分（Network Slicing）、邊際運算（Edge Computing）等技術特性實現。ETSI 認為 5G 網路整合 NFV 與軟體定義網路（Software Defined Network, SDN）將可因應不同場景之需要而提供相對應的網路服務。

C. 軟體定義網路（SDN）

SDN 與 NFV 兩者相似又互補，顧名思義，SDN 為透過軟體方式管理網路，SDN 帶來網路程式化能力以及負荷彈性，讓網路運作更能因應策略調整與集中控制，使業者能夠更容易回應新服務帶來的變化與即時需求。

SDN 最早起源於史丹佛大學的開放流（OpenFlow）通訊協定，最初定義為一種網路架構，該架構之數據平面層（Data Plane）是由遠端的控制平面（Control Plane）所管理。網路運作系統位於控制平面端，並透過 SDN 控制器加以管理不同的應用服務，概念如下圖 2-33。²²

²¹ ETSI (2017), Network Operator Perspectives on NFV priorities for 5G, available at: https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper_5G.pdf (last visited : 2017/12/22)

²² Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). software-defined networking: A comprehensive survey. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.

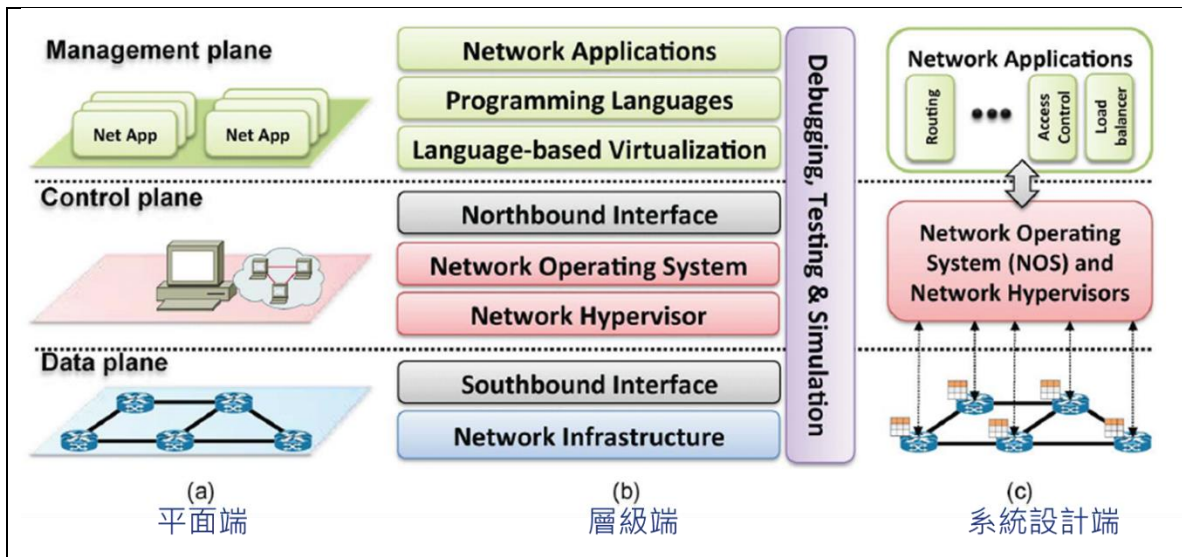


圖 2- 33：SDN 概念架構

資料來源：Diego Kreutz et al.

從網路規劃的角度來看，SDN 的好處之一就是網路虛擬化。讓網路以抽象的邏輯方式呈現，而非直接呈現實體網路。與雲端管理整合的 SDN 應用於行動通信網路時會具備以下特性：²³

- 集中式的網路控制單位：透過一個集中式控制層，將資料中心與網路以整體的角度來管理。
- 協調網路與雲端管理：運用一個包含傳統網路管理以及創新雲端管理系統的整合方法進行管理。藉由對基礎設施的集中協調，讓網路能更動態、更具適應力與更敏捷的靈活因應新服務而調整。減少導入服務與因應服務進行調整的時間，移除創新障礙。
- 服務呈現方式：SDN 架構透過應用程式介面（Application programming Interfaces, APIs）呈現網路給應用層。這些 API 不只提供網路數據，還能呈現應用層的行為資訊。

²³ Ericsson (2015), The programmable network cloud, p.6.

D. 網路切分

網路切分整合雲端技術、SDN 與 NFV 等特性，讓 5G 網路能夠從邏輯上因應不同應用而切分成多個虛擬網路提供服務。每個切分都可針對特定垂直應用有效提供網路服務，具備滿足多種使用情境的高度彈性能力。

網路切分的運作方式從核心網路端、無線接取網路端（RAN）到終端都進行切分。核心網路端主要透過 NFV 與 SDN 讓網路元件與功能可依不同情境需要切分。至於 RAN 端則透過物理性資源的方式切分，例如對傳輸點、頻譜資源或使用時間之分割，或者也可以透過邏輯劃分的方式進行。網路切分運作概念如下圖 2-34。²⁴

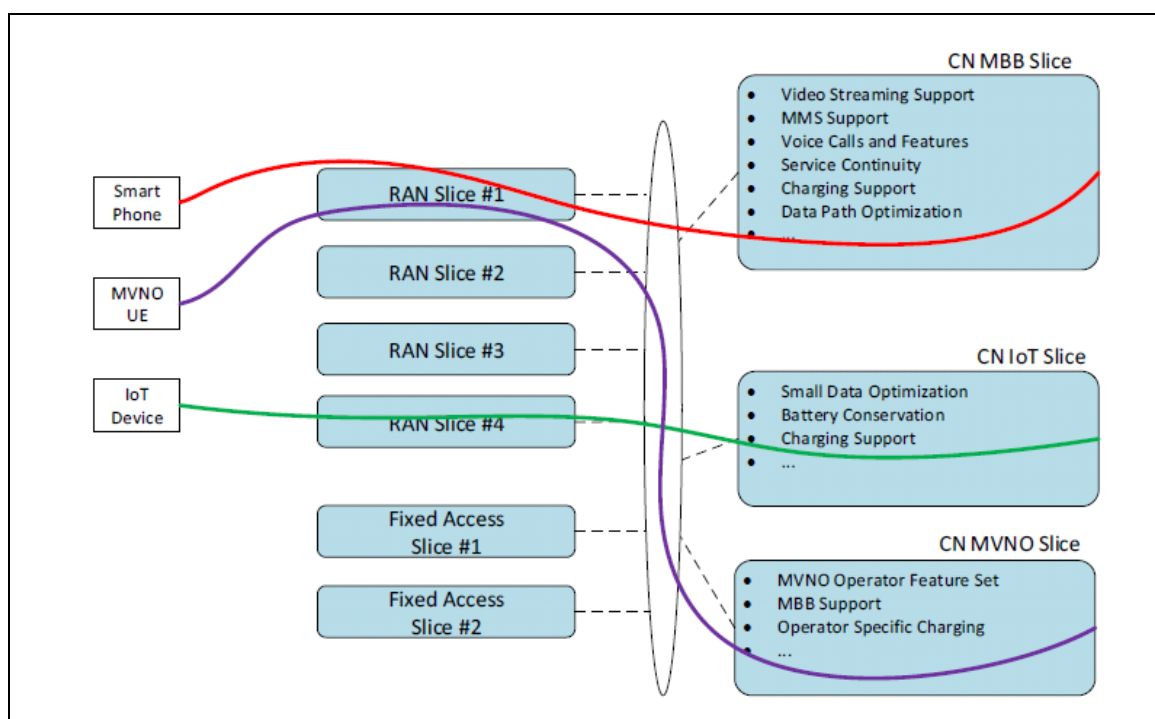


圖 2- 34：網路切分概念架構

資料來源：5G Americas

²⁴ 5G Americas (2016), Network Slicing for 5G Networks & services, p.7.

E. 異質網路 (Heterogeneous Network, HetNet)

行動通訊業者除了改變網路路由與計算方式外，亦可透過對無線網路架構之改良來提升效能。異質網路 (HetNet) 架構讓不同規模的基地臺和技術得以布建無線網路，有效拓展網路訊號涵蓋範圍，因此越來越受到行動通訊業者青睞。²⁵

典型的 HetNet 由多種無線電接取技術、網路結構、傳輸方案與不同傳輸功率的基地臺所構成。技術上呈現從既有技術演化的方式，而非出現一個全新的技術。將許多不同技術整合為一，可因應特定區域選擇適合的方式，有助於提供無間斷的服務。網路中運作不同規模大小的基地臺，可以滿足不同的訊號涵蓋需求，並增加整體網路傳輸容量。例如在建築物內部可以布建小型基地臺或 WiFi 分享器，戶外則可透過大型基地臺提供行動用戶所需的訊號涵蓋。對基地臺的選擇技術能夠使選項最佳化，異質網路架構概念如下圖 2- 35。²⁶

²⁵ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf (last visited : 2017/12/23)

²⁶ 3GPP, HetNet/Small Cells, available at: <http://www.3gpp.org/hetnet> (last visited : 2017/12/23)

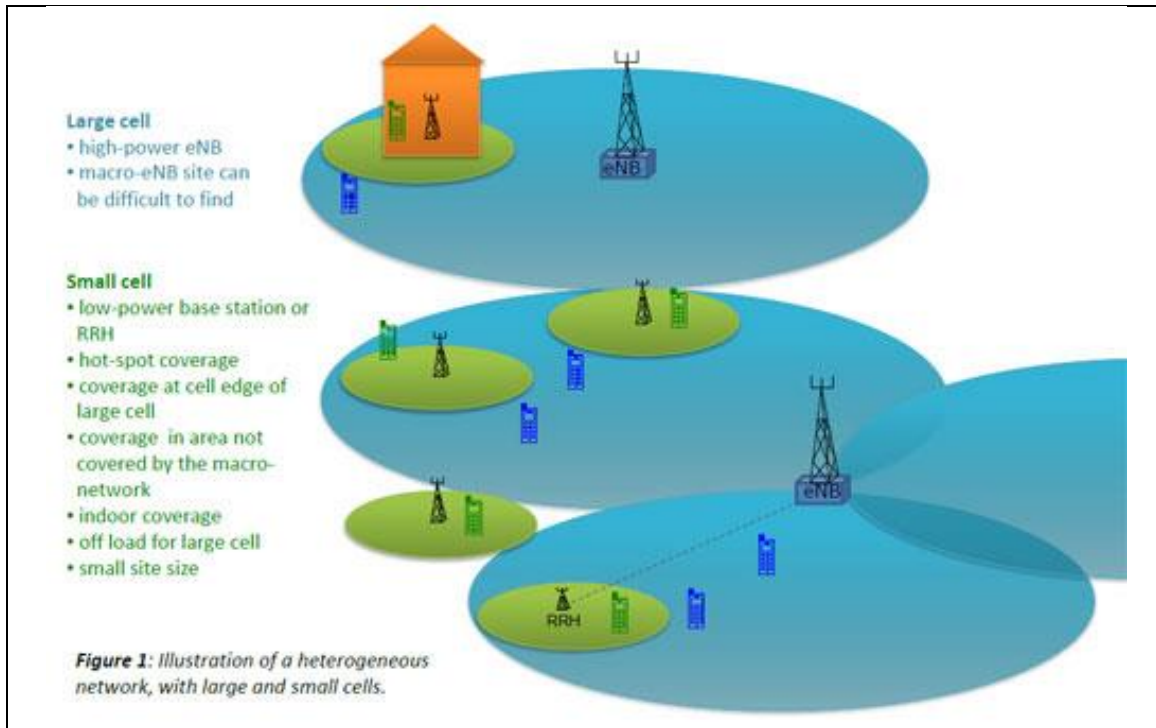


圖 2- 35：異質網路運作概念

資料來源：3GPP

F. 自我組織網路（Self-Organizing Network, SON）

SON 被認為是目前複雜的蜂巢式行動網路之必須品。當故障事件發生時，網路必須具備自我配置、組織、最佳化甚至「自行修復」的能力。SON 的主要功能如下：²⁷

- 自我配置讓新布建節點能夠更簡單、隨時建置即可使用。例如該類網路節點被預期在配置時能夠自行配置包括基地臺識別訊息、傳輸頻率與功率等，加速基地臺規劃與布建。
- 自我最佳化的能力則包含對於網路覆蓋範圍、傳輸容量、切換與改善干擾以提高容量的最佳化能力。為實現此目標，必須要

²⁷ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf (last visited : 2017/12/23)

在網路節點間維護與交換關於可用網路容量負載層級以及相關資訊。

- 自行修復的功能包括自動檢測、故障排除，以及自動調整參數的功能。

SON 技術在行動通訊業者中越來越受歡迎，業者可藉由採用 SON 技術顯著改善資本支出與營運支出。藉由減少人為干擾程度而降低成本，促進資源運用的最佳化，並透過減少錯誤狀態而保護網路。雖然初期可能需要業者投入更多資金，但可獲得之收益預期會比支出更高，且有利於長期成長。從使用者的角度，SON 則可以提供更低的成本以及更好的網路效能。

G. 行動邊際運算（Mobile Edge Computing, MEC）

行動邊際運算是未來發展新世代 5G 行動網路的關鍵技術之一，概念上與雲端運算相異。運作原則為對資源處理去中心化，以達到行動網路業者與用戶之需求。運作模式為在基地臺連接後端傳輸網路的近端（用戶端）放置一臺伺服器，以便將傳回後端核心網路的資料攔截到伺服器上運算處理。行動邊際運作目前已由歐洲電信聯盟（ETSI）專門成立工作小組制定產業共通標準，來加速推動建立 MEC 生態系，該技術可運用在如企業服務、健康醫療及視訊分析等應用。

行動邊際運算盡可能不將資料回傳雲端，以減少資料往返雲端的等待時間及降低網路頻寬成本。對於許多即時性應用服務，例如 5G 三

大場景下的極低延遲與超高速率等型態有絕對的助益。行動邊際運算的基礎設施需透過硬體資源的標準化以及軟體虛擬化功能方得實現。²⁸

(2) 無線電介面與天線相關技術

A. 大規模天線多輸入多輸出技術（Massive MIMO）

多輸入多輸出（MIMO）技術是一種無線通訊網路採用的天線技術，在發送器與接收器均使用多個天線。此種方法可使無線電鏈路的傳輸容量倍增，同時還能利用多條路徑傳播。

傳統的無線通訊網路架構在接收端與發送端均使用單一天線，此種方式較易受到多路徑之影響，例如受到山勢或建築物影響導致訊號損耗，提升訊號接收錯誤的機率，也可能降低傳輸速率。因此，技術上改採用多個天線，讓訊號可由多條路徑傳輸，雖然可能會因為牆壁、天花板和其他障礙物的影響，而使到達天線的角度與時間略有差異，但可以藉由同步以及增加該類數據串流來處理。讓 MIMO 可以增加傳輸容量、可靠度以及傳輸範圍。預期 MIMO 未來將應用於 5G 標準，為實現 5G 網路的效能需求，天線數量可能會非常多，甚至超過 64 個。

²⁹ 大規模 MIMO 的網路架構概念如下圖 2-36。³⁰

²⁸ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, at 28, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf

²⁹ Id, at 25.

³⁰ 電信技術中心（2015），無網不利－未來 5G 大演進，頁 8。

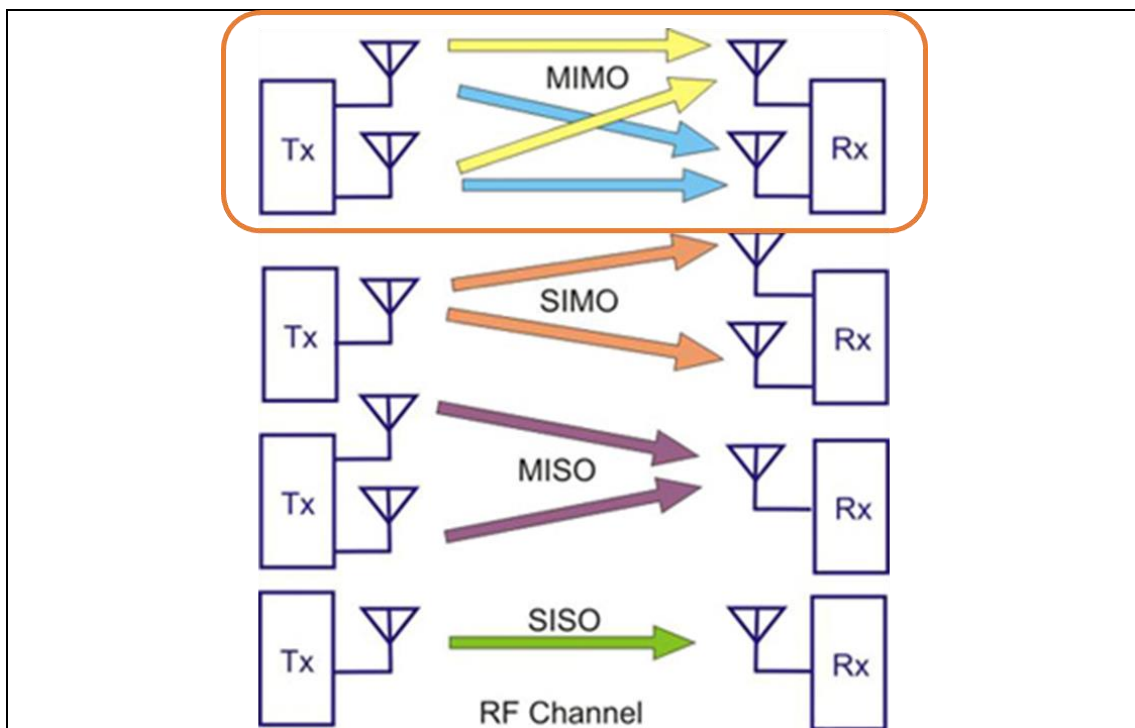


圖 2- 36：MIMO 與其他收發通訊技術架構示意圖

資料來源：電信技術中心

B. 3D-波束成形（3D-beamforming）

波束成形技術是一種訊號處理技術，需透過使用 MIMO 技術的發送器與接收器實現。採用波束成形的天線，會將其指向源頭（或目的地）聚焦，而非屬全向性以各角度在大氣中擴散的發送和接收方式。波束成形技術會控制每個天線的訊號相位和相對幅度，從而產生預期的輻射模式。

傳統的 MIMO 技術是二維度的波束成形，但隨著天線元件數量的增加，拓展了垂直面波束成形的使用空間。此種三維度的波束成形技術特別適用於都會密集區域環境，適合改善訊號因高樓層建築物影響

而產生的訊號損耗。3D 波束成形也很適合使用於高樓層室內，能有效增加室內訊號的涵蓋。

波束成形技術主要透過一組選擇性和固定的加權和相位來組合陣列中的信號。另一方面，具備適應性的波束成形技術能夠根據不同情境自動調整。因此適應性的波束成形天線也被稱為「智慧天線」。使用此種適應性波束成形天線時，即使用戶身處相同頻率，但只要位處不同方向，仍可實現在單一頻率上提供多用戶的目標，只要將能量聚焦在各自的方向，就可以在一個區域內同時傳輸，從而減少對其他用戶的干擾，顯著提高能耗效率和網路容量。

對 5G 網路而言，前述波束成形的能力特別重要，透過謹慎控制干擾，即可向大量用戶提供高傳輸速率。藉由一些更新的技術，例如現場程式化閘陣列（field-programmable gate arrays, FPGA）等，可即時透過重新配置互連處理高速傳輸，並藉由軟硬體的搭配，得以符合 5G 系統下各種高速應用服務的需求。³¹

C. TDD 與 FDD 聯合運作技術

為了提升頻譜使用彈性，目前有多種不同形式的 FDD 與 TDD 聯合運作模式，透過實體層或更高層聚合 FDD 與 TDD 載波頻道。FDD 與 TDD 聯合運作模式讓同一個網路節點基地臺可運行兩個雙工技術，或一種雙工技術以大基地臺運作，另一種雙工技術則以低功率方式運作。³²

³¹ ITU (2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, at 28, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf

³² ITU (2014), Report ITU-R M.2320-0, p.9.

綜合前揭 5G 關鍵技術介紹內容以及仍處發展階段的 5G NR 技術，依據技術特性以及對應 5G 八大需求指標整理如下表 2- 10。

表 2- 10：5G 技術與需求指標比較表

	無線接取技術(Radio Acces Tech.)				網路技術(Network Tech.)					
	Massive MIMO	3D-Beamforming	TDD-FDD 聯合	5G NR	C-RAN	SDN/ NFV	Network Slicing	HetNet	SON	MEC
高用戶體驗速率 (Mbit/s-Gbit/s)	●	●		●	●		●	●	●	●
超高峰值速率 (Gbit/s)	●	●		●	●			●	●	
低端到端延遲 (ms)				●	●	●	●			●
高移動性 (km/h)				●	●					
高連線數密度 (per/Km ²)	●	●			●	●	●	●	●	
能源使用效率 (bit/J)	●	●						●	●	
頻譜使用效率 (bit/s/Hz)	●		●	●						
流量密度 (Mbit/s/m ²)	●	●			●			●	●	

資料來源：ITU、KT³³與電信技術中心³⁴，本研究編修

除前揭介紹之技術外，在 5G 網路標準化之前，本研究團隊成員參訪韓國科技未來部（MSIP）及韓國電信業者，藉由對談與參訪，了解韓國將在 2018 年冬季奧運會舉辦時使用之 Pre 5G 示範網路，其核心網路將採用分散式架構設計，確保在物理距離上更接近使用者。每個核心網路機房配置應用伺服器與暫存伺服器，以實現 5G 低時延、高流量的 AR/VR 應用。

³³ KT(2015), KT 5G Master Plan, at 40.

³⁴ 電信技術中心（2015），無網不利－未來世界 5G 大演進，頁 5

韓國電信業者在首爾研發中心架設了一個中心核心網節點，在平昌、江陵附近的冬奧區域架設了兩個邊緣核心網路節點，組成一個分散式的核心網架構。

接取網路部分採用最新 Cloud-RAN 架構，該架構分為集中單元 CU 和分佈單元 DU。CU 集中處理無線高層通訊協定功能，提供接取網路的協作能力和資料分發能力。DU 包括基頻處理單元 BBU 和無線電發射單元 RFU。CU 功能可以根據業務即時性要求靈活布建。針對即時性要求不高的業務，CU 可布建於邊緣核心網節點；對於時延要求極高的應用，CU 和 BBU 一起建置於中心機房。BBU 和 RFU 天線均架設於比賽場館周邊。整體網路架構如下圖 2-37。

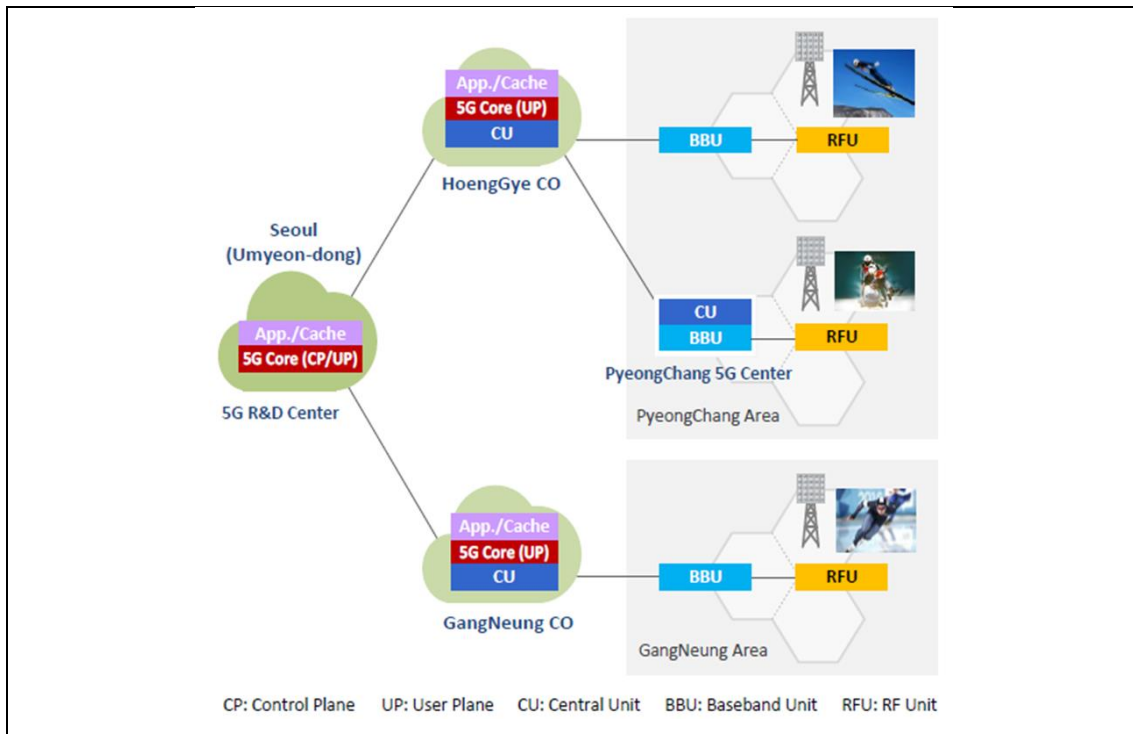


圖 2-37：韓國 Pre 5G 示範網路

資料來源：KT 5G White paper

3、IoE 非電信級網路：IEEE（專屬或免執照頻段）

由於未來 5G 以及物聯網將有相當多種類新興應用服務，橫跨資訊及通訊產業領域，因此除了電信業者之外，亦有許多來自資訊產業之新興創新業者投入，技術發展除個別業者自行研發之專屬網路標準外，許多技術發展係依循 IEEE 標準制訂。

現階段發展中的技術，可適用於未來毫米波物聯網應用者，則有 IEEE 的 WiGig 標準，該技術將與 5G 標準同步發展。

相關新興業者投入 5G 及物聯網發展時，由於其身份非屬電信業者，故未取得專屬頻譜執照。因此，若其應用服務有頻譜需求時，則偏好透過免執照頻譜提供服務。同時，其提供服務之網路結構、功能性也與電信業者不同，因此歸類在非電信級網路。

WiGig 技術是 Wireless Gigabit Alliance 制定的一種短距離無線技術，2013 年 1 月 4 日併入到 Wi-Fi Alliance，共同推動於 60GHz 免執照頻譜提供高速網路，且與現有 2.4GHz&5GHz WiFi 標準相容。WiGig 具有以下 4 個重要特性：

- 支援最高 7Gbps 的數據傳送速率，是 WiFi 標準的 10 倍。
- 設計初衷不僅是為支援無線行動上網裝置（比如手機），而且也支持高性能終端設備（例如將來的網卡以及桌上型電腦等）。
- 以 IEEE 802.11 ad 標準，且支援 2.4GHz，5GHz 和 60GHz 三個頻段
- 支持多天線 MIMO beamforming，提高信號強度，有效傳送距離達 10 公尺並可準確定位。

三、 5G 頻譜資源特性與技術關聯

無線電頻率使現代無線及行動通信服務及產業成為可能。無線中繼通信、衛星通信、無線區域網路（如 Wi-Fi）等無線通信服務，以及高速普及的行動通信服務，都需要頻譜資源。

無線電頻率是自然界的物理現象及資源，其特性依據頻率的高低與環境互相搭配，並且依據需求速率決定頻寬大小，同時亦考慮基地臺與終端間的上下行頻譜配置與相對應設計之雙工器。本研究研析頻譜的物理特性，與對應 5G 與 IoE 應用搭配的頻譜，如下圖 2-38。

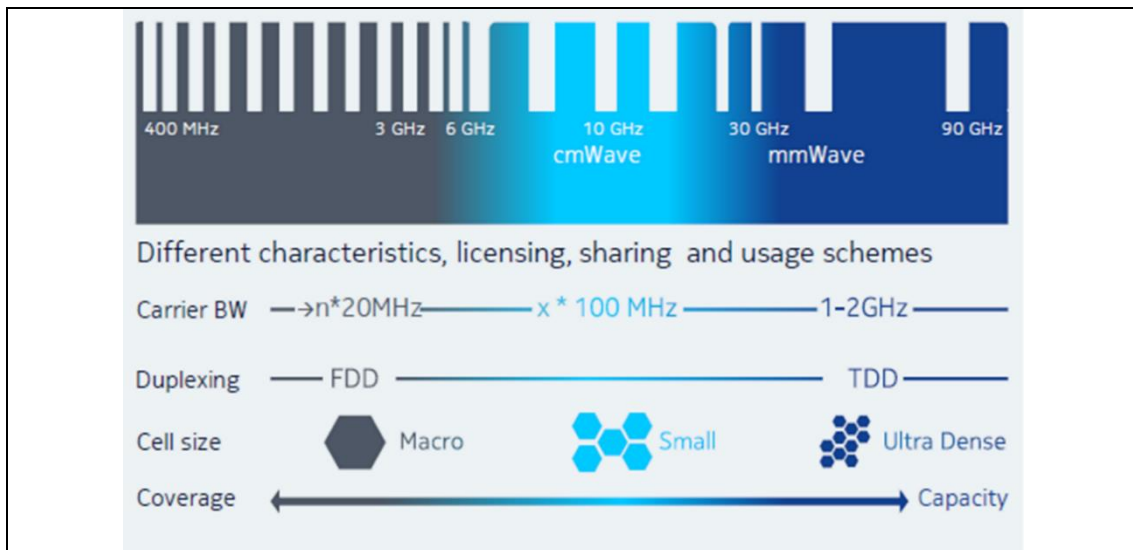


圖 2-38：頻譜特性研究

資料來源：5G America

毫米波頻譜通常指 24GHz 至 300GHz 頻率，其中 57GHz 至 64GHz 以及 164GHz 至 200GHz 兩區塊範圍較容易受氧氣及水氣吸收影響。毫米波頻譜整體範圍如下圖 2-39。³⁵

³⁵ 電信技術中心（2015），無網不利－未來世界 5G 大演進，頁 10。

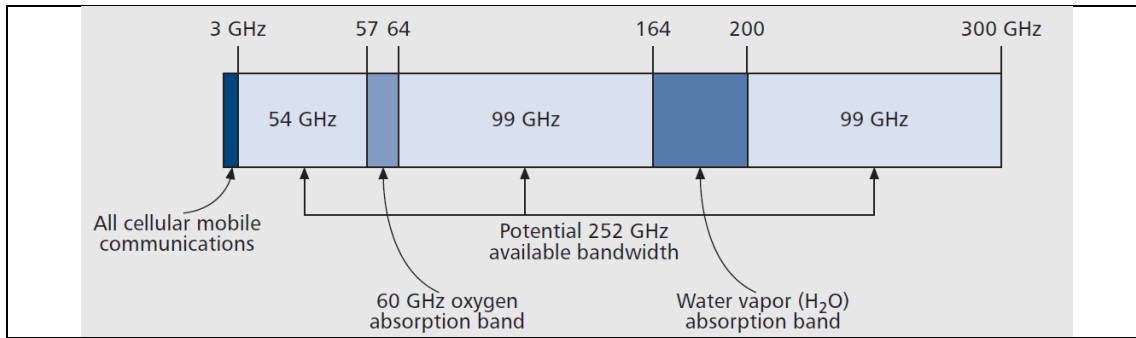


圖 2- 39：mmWave 頻譜

資料來源：IEEE 2014，轉引自電信技術中心

毫米波頻譜具備自由空間傳播（Free space propagation）、大氣吸收損耗以及雨衰等數項特性。由於無線電高頻頻率的電波波長較短，故單一天線孔徑會較低頻電波的天線孔徑更小，因而高頻頻率的天線增益較小。不過，由於波長較短，因此天線體積亦相對較小，在相同面積內得以配置更多天線，因而換算後之單位面積內等效孔徑應與低頻電波相近。至於大氣吸收損耗，則為毫米波傳播時，能量為氧分子、水蒸氣和其它組成大氣的氣態成分吸收，導致能量損耗。同樣的，毫米波傳輸時受到雨滴的影響，造成訊號散射，使能量大幅衰減。³⁶

毫米波頻譜在 5G 網路中扮演重要特性，因其可提供充足頻寬進而實現超高速率傳輸。ITU 已討論許多 5G 候選頻段，除於 WRC-15 大會中決議 6GHz 以下適用 5G 之候選頻段外，另也提出許多毫米波頻譜，預計於 WRC-19 大會中定案。ITU 之 5G 候選頻段配置如下圖 2- 40。

³⁶ 同前註。

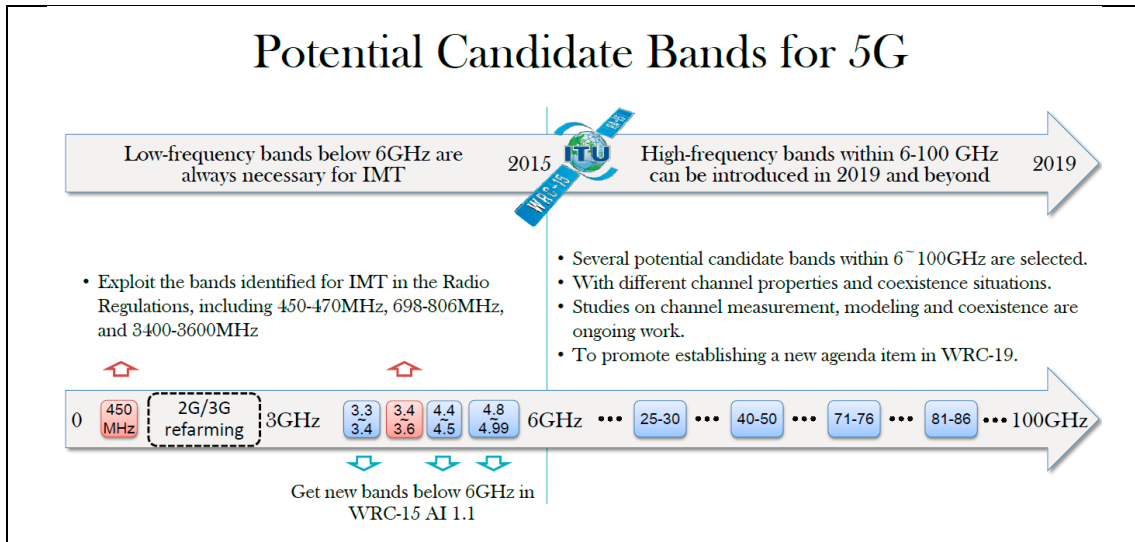


圖 2- 40：5G 候選頻段

資料來源：IMT2020 PG, 2015 年

ITU 對於 5G 頻譜將採高低頻段協同，以中低頻為基礎，高頻為補充，同步進行研析驗證：

- 1GHz 以下頻段主要提供網路訊號涵蓋，現階段以 600-700MHz 頻段為主要討論對象；
- 國際間對於 6GHz 以下頻段則以 3.5GHz 頻段（3300-3600MHz）為主要討論對象，該頻段需要討論與既有業務之共存、干擾或頻譜重整政策。另外，依據 WRC-15 大會中指定以行動通訊為主要業務之新頻譜資源，包括 3300-3400、4800-4990、4400-4500MHz 等頻段，亦可觀察該類頻段於國際間之整備趨勢。
- 24GHz 以上毫米波頻譜，現階段需要持續觀察各國電信業者之實驗狀態與國際間之整備情形，並掌握於 WRC-19 大會前之發展趨勢。

近期 3GPP 已經決議第一組 5G 頻譜，並以 3.5GHz 頻段為其中最熱門且最快有商用系統的頻率，原因在於系統採用分時雙工（TDD）設計可動態調整上下行傳輸速率、一個載波頻寬可到 100MHz 將可以實現 3Gbit/s 峰值速率（如下表 2- 11），滿足 eMBB 與 mMTC 兩種情境需求，且該頻段有利於傳統大型基地臺與小細胞基地臺之同時布建。

表 2- 11：5G 載波頻寬大小與理論速率值

RF channel Bandwidth	Peak data rates ¹	Average data rates ²
40 MHz	1.2 Gbit/s	0.312 Gbit/s
100 MHz	3 Gbit/s	0.78 Gbit/s
200 MHz	6 Gbit/s	1.56 Gbit/s
400 MHz	12 Gbit/s	3.12 Gbit/s

資料來源：GSA

Band number	UL	DL	Duplex mode
n77	3.3 – 4.2 GHz	3.3 – 4.2 GHz	TDD
n78	3.3 – 3.8 GHz	3.3 – 3.8 GHz	TDD
n79	4.4 – 5.0 GHz	4.4 – 5.0 GHz	TDD
n80	1710 – 1785 MHz	N/A	SUL
n81	880 – 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 – 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 – 748 MHz	N/A	SUL
n84	1920 – 1980 MHz	N/A	SUL

圖 2- 41：5G NR 第一組頻段劃分

資料來源：TAICS（2017）

現階段 3GPP 正討論 3.3-4.2GHz 頻段的頻段配置方式，目前規劃有兩種型態。第一種配置方式將 3.3-4.2GHz 區分為不同頻段，Band X 為 3.3-3.8GHz、Band Y 為 3.6-4.2GHz。第二種配置方式則為整個 3.3-4.2GHz 為單一頻段，如下圖 2- 42。目前仍未正式定案。³⁷

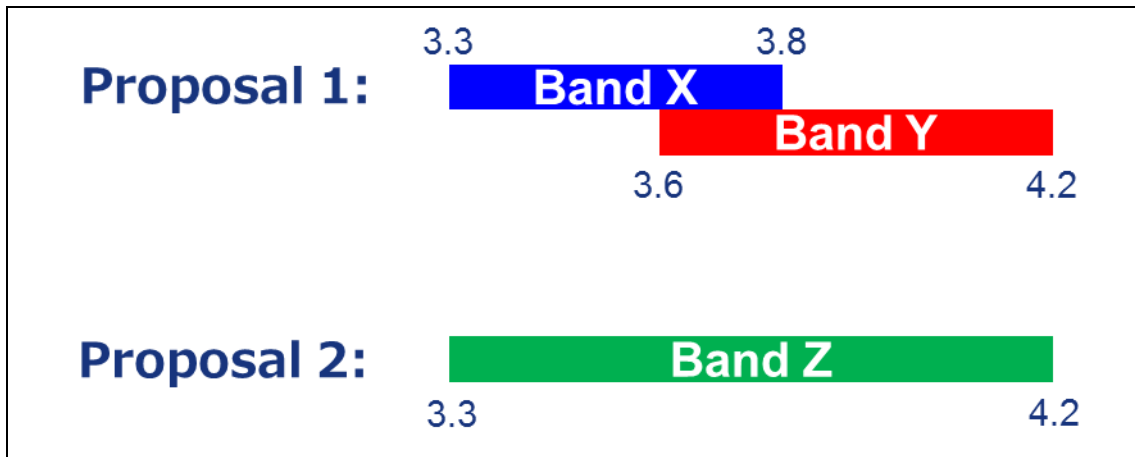


圖 2- 42：3GPP 3.3-4.2GHz 之 5G NR 提案

資料來源：3GPP

基於 3GPP 已開始討論 3.3-4.2GHz 以及 4.4-5.0GHz 頻段配置方式，本研究建議我國應關注目前已經確立的 3.3-4.2GHz、4.4-5.0GHz 頻段，進行頻譜清查與整備，作為第一階段 5G 頻譜準備方向。

有關毫米波頻段，3GPP 目前正在討論 24.25-29.5GHz 頻段的劃分方式。目前主要有兩組頻段配置（n257 與 n258），分別如下圖 2- 43。

38

- n257：26.5-29.5GHz；
- n258：24.25-27.5GHz。

³⁷ 3GPP (2017), WF on 3.3-4.2 GHz and 4.4-4.99 GHz NR spectrum.

³⁸ 3GPP (2017), 3GPP TR 38.815 V0.1.0

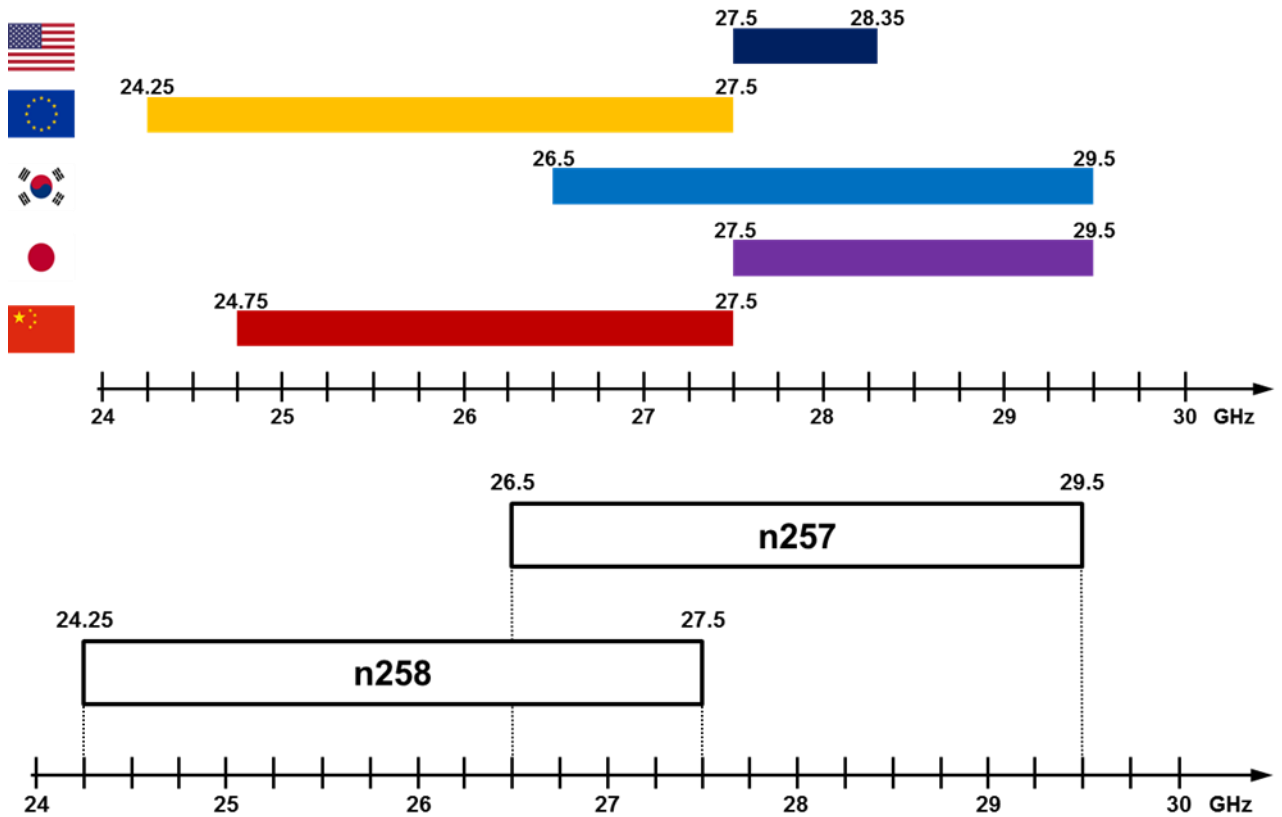


圖 2- 43：3GPP 24.25-29.5GHz 之 5G NR 提案

資料來源：3GPP

由於先進國家對於 24.25-29.5GHz 頻段各自規劃不同，因此 3GPP 尚未公布最終頻段劃分方式，需持續觀察最終定案結果。

第三節 國際 5G/IoT 頻譜發展趨勢

一、 WRC 大會討論之 5G/IoT 頻譜議題

(一) 5G 候選頻譜

歷經 WARC-92、WRC-2000、WRC-07、WRC-12 與 WRC-15 多次會議後，全球目前已識別供行動通信使用的頻譜資源包括 450-470MHz、470-698MHz、694/698-960MHz、1425-1518MHz、1710-2025MHz、2110-2200MHz、2300-2400MHz、2500-2690MHz、3300-3400MHz、3400-3600MHz、3600-3700MHz 以及 4800-4990MHz 頻段。³⁹

WRC-15 大會的第 238 號決議則提出後續將針對 24.25-27.5GHz、37-40.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz 以及 81-86GHz 頻段以行動通信業務作為主要業務之相關研究，相關毫米波頻譜適用於 5G 頻譜之規劃作業預計於 WRC-19 大會中定案。⁴⁰

另外，WRC-19 大會中也將 31.8-33.4GHz、40.5-42.5GHz 以及 47-47.2GHz 頻段，討論額外分配行動通信業務為主要業務之決議。

(二) IoT 與智慧運輸系統 (Intelligent Transport Systems, ITS)

WRC-15 大會的第 237 號決議則提出對於智慧運輸系統的頻譜協同一致議題，以及和行動服務整合之相關議題。預計在 WRC-19 大會中討論智慧運輸系統使用之頻譜資源能達到全球協同一致或區域協同一

³⁹ ITU (2017), Report ITU-R M.2411-0.

⁴⁰ WRC (2015), Resolution 238.

致等議題，希望藉由國際標準與頻譜均採協同一致之措施，促進智慧運輸系統之發展。⁴¹

WRC-15 大會的第 239 號決議則討論 5150-5925MHz 頻段適用於無線接取系統之相關議題，隨著 2.4GHz 工科醫免執照頻譜的使用逐漸不足，國際間逐漸出現讓另一個免執照頻段：5GHz 頻段有更豐富的頻譜資源，然而由於許多國家已經將 5850-5925MHz 分配給 DSRC 使用，因此預計需要研究二種設備間之干擾與共存議題。WRC-19 大會預計將會決定 5GHz 頻段內的免執照頻譜是否能與使用 5850-5925MHz 的 DSRC 設備共享。⁴²

二、與 3GPP 標準機構相關之國際組織與推進組織

除 3GPP 及其六大認可的分支標準組織（ETSI-EU、ARIB-Japan、TSDSI-India、TTA-Korea、CCSA-China、ATIS-North America）外，還有其他相關推進組織如歐盟 5GPPP、METIS、無線世界研究論壇（Wireless world research forum, WWRF）、韓國的 5G Forum、中國的 IMT-2020 推進組等機構，各自結盟該國自身關鍵資通訊產業力量，布局專利並推動 5G 發展，同時也與設備商如愛立信、諾基亞與三星，研究機構 GSMA、NGMN 及行動通信業者如 DoCoMo 與 Vodafone 等組成策略聯盟。針對異質網路接取則邀請 IEEE、WiFi alliance 等單位投入對 5G 的研究，各組織之關係略如下圖 2-44。

⁴¹ WRC (2015), Resolution 237.

⁴² WRC (2015), Resolution 239.

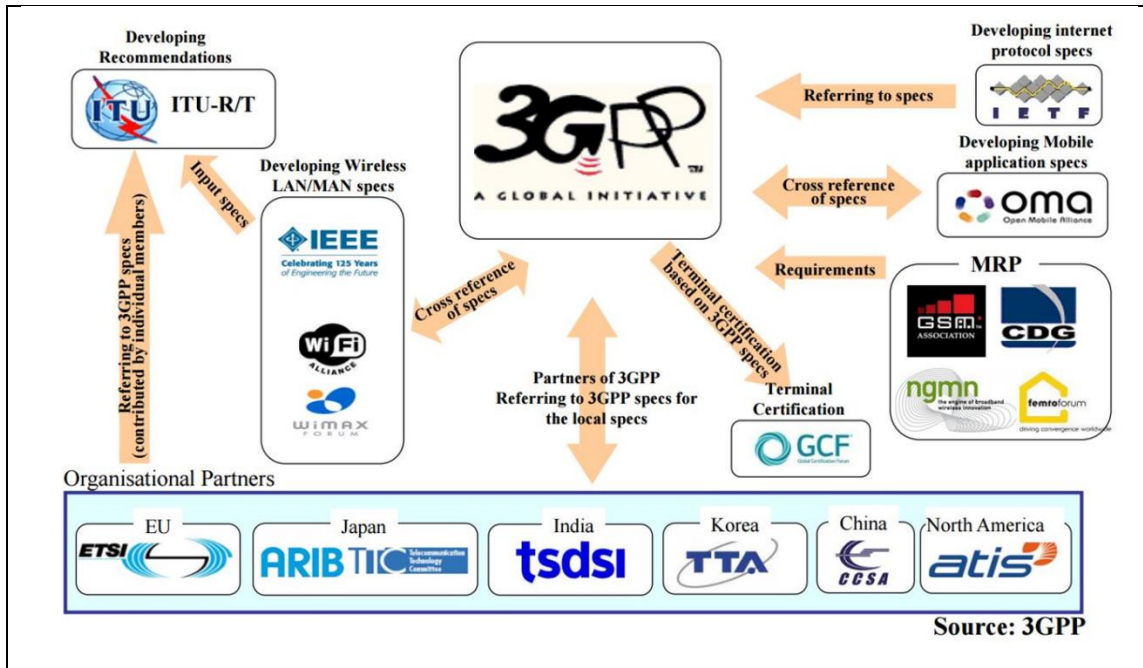


圖 2- 44：5G 標準制訂機構關連

資料來源：IMT2020 PG, 2015 年

三、 各國 5G 發展與頻譜規劃動態

歐盟為推動 5G 發展組成 5G PPP，其於 2015 年便已展開 5G 標準制訂，並於 2016 年 7 月更新發表 5G 架構白皮書，規範由核心網路到局端網路所需之關鍵技術，並將 5G 技術所延伸之應用與使用者的真實需求結合，點出關鍵 5 大應用為醫療、能源、未來工廠、智慧車與數位媒體。

歐洲主要電信營運商如沃達豐（Vodafone）、西班牙電信（Telefonica）、Orange、德國電信（Deutsche Telekom）及網通業者如諾基亞（Nokia）、愛立信（Ericsson）等於 2016 年 2 月簽訂合作協議，共同合作規劃歐洲之 5G 網路覆蓋及聯網技術測試，並希望歐盟未來能釋出 700MHz、3.4-3.8GHz 及大於 6GHz 之頻段（如 24GHz）。

此外，歐盟亦積極與各國合作開發 5G 及 IoT 相關關鍵技術，如與南韓未來創造科學部共同投資研發 5G、IoT 與雲端運算等技術，預計於 2 年內投入約 1,200 萬美元；另外，歐盟亦和日本合作研發 IoT、雲端運算及巨量資料等技術，同樣規劃將於 2 年內投入約 1,300 萬美元。

中國 IMT-2020 (5G) 推進組同樣與歐盟 5GPPP、南韓 5G Forum、美國 5G America 及日本 5GMF 共同合作，透過結合全球各電信業者及主要學術單位，建立全球 5G 技術發展之一致性。

中國在候選頻段方面，提出低頻（小於 6GHz）的 eMBB 候選頻段為 3.3-3.4GHz、4.4-4.5GHz、4.8-4.99GHz，而 IoT 應用除將 Sub-1GHz 規劃給 NB-IoT 外，亦將 5.9GHz 規劃給車聯網使用。高頻（大於 6GHz）方面則將 20-40GHz 列為未來優先應用頻段，包含 25GHz、28GHz、30GHz、40GHz 及 WRC-19 大會中規劃之候選頻段。

四、主要設備商與晶片商 5G 發展與頻譜規劃動態

在主要設備商部分，高通（Qualcomm）、諾基亞、愛立信、華為、日本 NTT DOCOMO 等大型業者也紛紛針對 4G/5G 相關通訊技術進行測試與發展，高通、諾基亞與愛立信較偏向 5G 網路架構與新通訊技術之發展，以對應未來 5G 高傳輸效率與智慧化網路之需求。

華為與日本 NTT DOCOMO 著重於 5G 網路商用化之佈局與測試，以透過合作夥伴方式建立生態體系為主，如華為與歐洲合作夥伴發起垂直產業聯盟，加快 5G 於各領域應用之測試速度，NTT DOCOMO 則計畫到 2017 年底前為 5G 關鍵技術測試階段，並預計於 2018 年開始以 5G 技術驗證商用服務。

第三章 各國 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形

第一節 B4G/5G 頻段規劃與管制措施

一、 歐盟

(一) 政策發展

歐盟執委會下轄之無線頻譜政策小組（Radio Spectrum Policy Group, RSPG）於 2016 年 6 月發布公眾諮詢文件，擬定歐洲 5G 頻譜策略藍圖，選定 5G 候選頻段同時諮詢公眾意見。而後於 2017 年 11 月發布第二次歐洲 5G 頻譜策略藍圖草案（Strategic Spectrum Roadmap towards 5G for Europe: Draft RSPG Second Opinion on 5G Networks），針對 5G 技術一年來之發展提出更進一步之補充意見給各會員國參考。

43

RSPG 於 2016 年 4 月第一次召開工作小組會議，至 2017 年 11 月提出第二次 5G 頻譜策略藍圖草案時，已召開過十二次會議，由各會員國監理機關與產業利害相關人共同討論對於 5G 頻譜、網路與監理相關議題。RSPG 工作小組的會議進度與討論議題整理如下表 3- 1。

⁴³ RSPG (2017), Strategic spectrum roadmap towards 5G for europe: draft RSPG second opinion on 5G networks, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/b7f85cbb-5155-4268-abbb-fa83113b3ed4/RSPG17-034final_2nd_draft_opinion_on_5G.pdf (last visited : 2017/11/29)

表 3- 1：RSPG 工作小組工作會議進度與討論議題

日期	會議資訊與內容	會議內容
2016 年		
4/25	第一次工作小組會議	討論專案範疇與計畫
6/2	第二次工作小組會議	討論策略藍圖，擬定對於 5G 的第一次建議草案
7/13	第三次工作小組會議	針對各會員國回覆意見與發展進度再次討論第一次建議草案
9/8	第四次工作小組會議	完成第一次建議草案之公眾諮詢與對會員國使用現況的調查後，擬定第一次建議草案初稿
11/1	第五次工作小組會議	收集公眾意見後，更新第一次建議草案策略藍圖與推動目標
11/9	進度更新	向全體會員國提出 RSPG 對 5G 頻譜之第一次建議書
2017 年		
1/12	第六次工作小組會議	進一步討論策略藍圖與補充建議
2/7	進度更新	將補充建議工作進度提交給全體會員國
2/23	第七次工作小組會議	討論補充建議之草案，更進一步擬定相關建議
3/23	第八次工作小組會議	討論補充建議草案以及草擬議題
5/4	第九次工作小組會議	擬定補充建議初稿
6/6	進度更新	將補充建議工作進度提交給全體會員國
7/14	第十次工作小組會議	討論相關議題
9/14	第十一次工作小組會議	討論相關議題，邀請 GSA 外部代表參與
9/17	第十二次工作小組會議	討論相關議題，邀請 GSMA 外部代表參與

資料來源：RSPG

另外，歐盟由產官學研機構組成 5G PPP，針對 5G 網路布建、技術等進行研析，同時透過 Horizon 2020 計畫作為 5G 研究開發與實測。

5G PPP 於 2015 年發佈 5G 願景報告（5G Vision），針對 5G 頻譜議題，主要考量以下三點：⁴⁴

- 無線寬頻接取與後置網路對頻譜需求之趨勢；
- 對於新的 6GHz 以上無線寬頻頻譜之考量；
- 頻譜管理方法。

無線寬頻接取與後置網路對頻譜需求之趨勢，主要受到影音應用與各種智慧型終端裝置使用率的成長影響。根據 Cisco 等公司的預測，自 2013 年到 2018 年的行動數據訊務量，成長幅度達每年 50-60%，此一趨勢預測將會持續到 2020 年以後。同時，因應 5G 應用需要更大連續頻寬之特性，對於頻譜資源的需求將更為提高。

基於對更大連續頻寬之需求，故須考慮 6GHz 以上之頻譜。更高頻段可以提供更大的連續頻寬，以提供更高的系統傳輸速率。高頻的傳播擴散條件比低頻來得更高，特別是路徑損耗與繞射損失都會變得更嚴重，受到天氣影響程度更明顯，同時需要使用指向天線。

考量 6GHz 以上新頻段時，需要更審慎評估、確認是否有其他服務正在使用或規劃使用該頻段。需要應用許多方法和標準，例如最小所需頻寬以及頻譜使用率層級等。

維持一個穩定、可預測的監理架構和頻譜管理環境，是業者有無意願長期投資之關鍵。專用行動執照頻譜的指派仍屬重要，以確保網

⁴⁴ 5GPPP (2015), 5G Vision, available at: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf> (last visited : 2017/6/09)

路長期穩定投資。為了改善頻譜使用效率，透過新的技術來促進服務與應用間的長期共存。可使用於高頻的新技術，以及創新監理工具，將可為 5G 系統帶來新頻譜共存的機會。例如透過頻譜動態共享，或運用感知無線電等技術，均屬於新出現的選項。

5G PPP 針對 5G 之發展時程，將 2014 至 2015 年設定為了解 5G 系統需求的探索期，識別出欲達成此需求之功能架構與技術選項。2015 至 2017 年間將研析系統細節，包括接取網路、骨幹網路與核心網路等，以及各種可能使用的技術，例如軟體定義網路（SDN）、網路功能虛擬化（NFV）、雲端系統等。

2016 年則針對 5G 使用的頻段進行識別與分析，並藉由模擬、概念驗證與營運測試，確立最終系統定義與最佳化。2017 到 2018 年間則針對網路管理與運作進行調查、開發原型、技術展示與前導計畫。2018 年起則依據標準的整備程度與組成元件的可得性，進行不同複雜程度的展示、試營運與測試。2020 年預計將可使用新獲得的頻譜用於試驗網路布建，或對新系統開始進行商用化布建。5G PPP 的時程規劃如下圖 3-1。

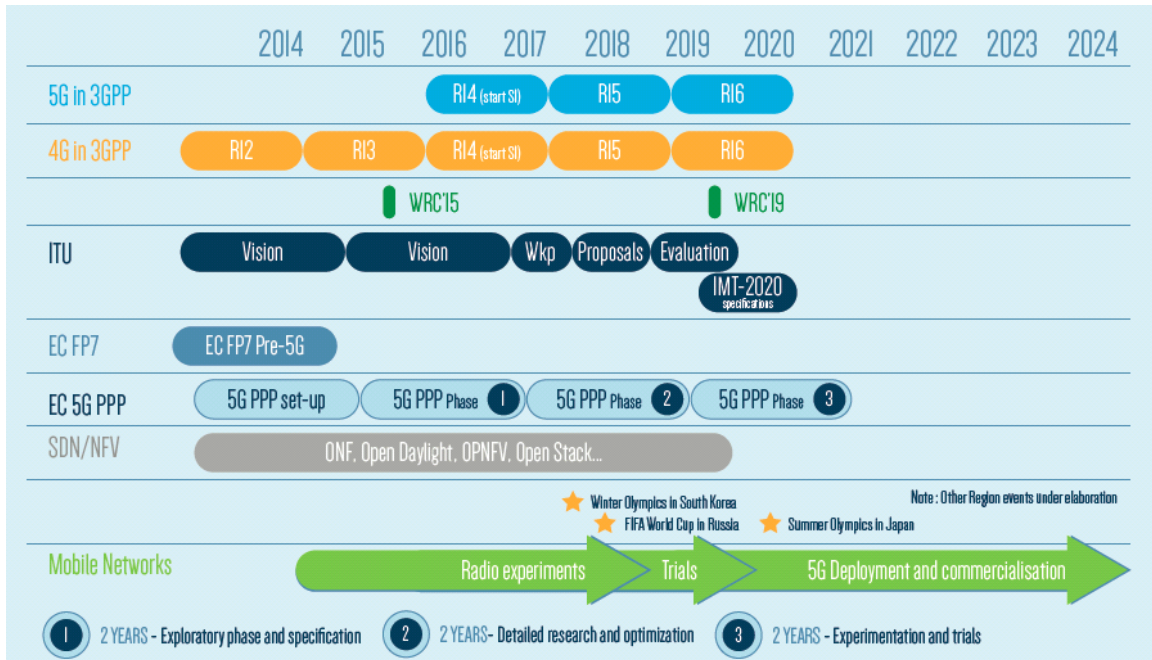


圖 3- 1：歐盟 5G PPP 之 5G 規劃時程

資料來源：5G PPP

除了 5G PPP 針對技術標準與網路需求訂定相關進度外，歐盟執委會於 2016 年 9 月發布歐洲 5G 行動計畫（5G for Europe: An Action Plan），規劃 5G 發展重要里程碑如下。⁴⁵

- 2018 年底前達成 5G 網路初期運作的目標。2020 年底前達成 5G 服務商業化的目標；
- 鼓勵各會員國於 2017 年底前，將該國 5G 發展藍圖訂為國內寬頻網路計畫之一；
- 確保各會員國於 2020 年底前，該國內至少有一個主要城市已擁有 5G 服務，2025 年國內主要都會區與主要交通要道均由完整不中斷的 5G 網路覆蓋。

⁴⁵ EC (2016), 5G for Europe: An action plan, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-588-EN-F1-1-PDF> (last visited :2017/6/09)

(二) 頻段規劃

1、2016 年第一次 5G 頻譜策略藍圖

歐盟 RSPG 於 2016 年 11 月提出其對於 5G 頻譜的策略藍圖，其中規劃 6GHz 以下頻段可運用於 5G 網路者，包括 700MHz 及 3.4-3.8GHz。

(1) 6GHz 以下頻段

對於 1GHz 以下頻段，RSPG 認為 700MHz 頻段適合作為 5G 全國性與室內訊號範圍之用。RSPG 認為 3.4-3.8GHz 為最有機會能於 2020 年前導入 5G 的主要頻段（primary band），原因為該頻段已與行動網路達成協同使用，且可提供最高連續頻寬達 400MHz，故最有機會成為 5G 第一個使用頻段。

(2) 超過 6GHz

RPSG 對超過 6GHz 的建議頻段，包括有 24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz 及 40.5-43.5GHz 等。

A. 24.25-27.5GHz

24.25-27.5GHz 適合作為 5G 的前導頻段（pioneer band）。歐盟規劃於 2020 年前，發展該頻段協同使用之基礎。同時，各會員國應確認該頻段可用於 5G，以回應市場需求。RSPG 認為 5G 網路將會從主要都會中心區域開始，積極使用該頻段布建。同時，行動網路業者可能會

運用該頻段提供固定式無線服務，減少對固定式線路服務清頻的需要。

46

針對 RSPG 的調查，目前地球探索衛星服務（Earth Exploration Satellite Service, EESS）使用 25.5-27GHz 頻段提供服務的地球電臺數量有限，不過仍有必要採取適當的許可規範，以確保運作中與未來將運作的地球電臺都能獲得保護，且仍有以合乎比例的方式於該頻段布建之機會。

該頻段的另一個主要業務：固定式衛星服務（Fixed Satellite Service, FSS）使用 24.65-25.25GHz 提供服務的地球電臺數量同樣較少，但仍有必要採取適當的許可規範，確保運作中與未來將運作的地球電臺都能獲得保護，以及仍持續保有於該頻段布建之機會。

針對相鄰頻段 23.6-24GHz 的被動服務，則應發展相關技術條件，以限制不必要發射（unwanted emissions）。

B. 31.8-33.4GHz

RSPG 認為 31.8-33.4GHz 頻段也是未來可作為 5G 使用的候選頻段之一，考慮到目前既有固定式服務的使用狀況，主管機關應較易釋出該頻段，故有必要更進一步研析、評估該頻段之未來可得性、產業需求、全球協同使用以及對既有服務的保護條件等。同時應盡可能避免將其他頻段之使用業務轉移到 31.8-33.4GHz 頻段，讓該頻段能保有運用於 5G 的機會。

⁴⁶ RSPG(2016), Strategic roadmap towards 5G for Europe: Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G), available at: http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf (last visited :2017/6/12)

C. 40.5-43.5GHz

40.5-43.5GHz 是另一個 RSPG 認為可使用於 5G 的選項，考慮到行動通訊產業的支持度及維持行動與衛星產業間的平衡，應盡可能避免將其他頻段使用業務轉移到 40.5-43.5GHz 頻段，確保該頻段能做為 5G 使用頻段。

2、2017 年第二次 5G 頻譜策略藍圖

RSPG 於 2017 年 11 月提出第二次 5G 頻譜策略藍圖建議草案，相較於 2016 年第一次策略藍圖中提出將 3.6GHz 頻段（3400-3800MHz）視為 5G 主要頻段、26GHz 頻段（25.25-27.25GHz）視為 24GHz 以上毫米波前導頻段之建議，第二次草案內容多針對 5G 頻譜與執照管理議題進行討論。

針對候選頻段部份，第二次 5G 策略藍圖草案與第一次 5G 策略藍圖最大差異在於 31.8-33.4GHz（32GHz 頻段）與 66-71GHz 頻段。RSPG 經過對 31.8-33.4GHz 頻段之研析成果發現，運用該頻段以共享方式和既有固定式服務之難度較高，對於該頻段之興趣已然降低，因此不再視為 5G 候選頻段。

經過歐洲郵政和電信管理委員會（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）對會員國之問卷調查後發現，現階段大多數會員國並未使用 66-71GHz 頻段。考量相鄰頻段 57-66GHz 頻段已被指定供 WiGig 使用，未來 5G 生態體系使用 57-66GHz 頻段之設備型態將逐漸浮現，將帶動相鄰頻段 66-71GHz 頻段之生態體系發展。

除此之外，在 5G 新服務與應用的發展上，以一般許可制方式接取之免執照頻譜將扮演重要角色，考慮到 66-71GHz 頻段相較於 57-66GHz 具備更好的傳播特性，因此 RSPG 於第二次 5G 策略藍圖草案中，新增 66-71GHz 為另一個歐洲 5G 主要頻段。

RSPG 將持續觀察 WRC-19 大會中，以共享方式使用 24GHz 以上毫米波頻譜之完整資訊。RSPG 預計在 WRC-19 大會後，提供對於歐洲國家使用 24GHz 以上毫米波頻譜之策略建議。

針對 70GHz 以上之毫米波頻譜，RSPG 將持續觀察 70/80GHz 頻段、W 頻段（92-114.5GHz）與 D 頻段（130-174.8GHz）的發展，RSPG 認為該類頻譜資源應會在未來超密集網路（Ultra-dense network）情境下扮演重要角色，惟現階段該類頻段尚未列入歐盟 5G 候選頻譜。

（三）頻譜使用與管制議題

1、2016 年第一次 5G 頻譜策略藍圖

RSPG 於 2016 年 11 月確認 3.4-3.8GHz、24.25-27.5GHz 頻段為 5G 頻段，並認可 5G 服務可透過現有已協同之頻段提供，未來 1GHz 以下頻段可應用 700MHz 頻段提供 5G 服務。RSPG 接續於 2017 年 6 月提出對於 5G 的第二份建議文件，該份文件將針對頻譜政策規劃議題進行研析與公眾諮詢，例如執照許可模式等。⁴⁷

（1）RSPG 之 5G 重要議題

RSPG 認為，5G 發展應有以下重要議題：

⁴⁷ RSPP(2017), Chairman's Report of RSPG#43 on 06 June 2017, available at : https://circabc.europa.eu/sd/a/d7d08273-0cab-4462-8839-25b009b5900e/RSPG17-029-43rd_Chairs_report.pdf (last visited: 2017/6/12)

- 5G 能夠傳輸多樣化應用，超越傳統行動寬頻市場；
- 來自不同產業的使用案例與未來需求是 5G 的關鍵驅動力；
- 未來 5G 將在廣泛、不同的領域中扮演重要角色，頻譜主管機關需要考慮是否對這些服務提供特定或額外核配頻譜資源；
- 24GHz 以上頻段可能會有不同的執照許可方式，例如個別業務執照或免執照。
- 24GHz 以上頻段最有可能透過小型基地臺與熱點提供更高速率，並有效率的布建超高密度網路。

(2) RSPG 之 5G 頻譜整備建議

RSPG 之 5G 頻譜整備建議包括下列：

- 頻譜主管機關應持續以靈活方式，運用 24GHz 以上頻段做為 5G 使用頻段，會員國需要考慮以最適合的執照許可制度，來實現其政策目標。
- 對於執照條件的具體設計內容，例如覆蓋或布建義務等，會取決於各會員國政策目標與特徵（例如人口分佈、地理型態、產業與社會需求），難在歐盟層級訂定一致性的執照條件規範。
- 會員國應該依據當地需求，漸進式的許可特定區域可接取 24.25-27.5GHz 頻段，釋出該頻段的監管靈活性將有助於促進 5G 導入，避免對既有使用者產生不必要的負面影響。
- 5G 的發展過程中應處理共享的機會。RSPG 會跟 CEPT、產業機構與標準制訂機構合作，鼓勵建立基於監理與技術的解決方案，以進一步提升共享，有效促進頻譜資源利用。

- 各會員國應評估是否採取必要行動，簡化站臺許可與建置作業，使 5G 布建更為及時。

RSPG 於 2017 年 6 月提出 5G 頻譜議題的進度報告，RSPG 發展 5G 策略目標，聚焦 5G 發展所能提供的服務與達成目標。RSPG 將識別與分析與頻譜有關的挑戰，包括頻譜共享、執照使用條件、偏鄉區域的頻譜使用以及政策目標等。RSPG 認為，現有已達到協同的頻譜資源，應能支持 5G 使用。⁴⁸

根據 RSPG 對 5G 頻譜建議之使用頻寬大小，若頻段範圍為 3-4GHz 頻段時，建議應至少達 100MHz，若頻率範圍為 5-33GHz 時，應至少達 500MHz，更高頻的毫米波頻段應至少達 1,000MHz。

2、2017 年第二次 5G 頻譜策略藍圖草案

RSPG 認知未來 5G 將會在不同市場提供多樣化服務、應用與業務，已超越傳統行動寬頻市場，因此提出以下第二次 5G 頻譜策略建議供各會員國參考。⁴⁹

(1) 5G 頻譜整備策略建議

A. 頻譜執照規範

RSPG 對 5G 頻譜執照接取之策略建議包括下列：

⁴⁸ RSPG (2017), Progress Report of the RSPG Working group on spectrum related aspects for next-generation wireless system (5G), available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/0a7280fa-94c7-4bb9-be6b-b414d3dc91fa/RSPG17-021final-progress_report_5G.pdf (last visited: 2017/6/12)

⁴⁹ RSPG(2017), Strategic spectrum roadmap towards 5G for Europe: draft RSPG second opinion 5G Network, available at: https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/fdf96fcf-16c5-4492-babd-a92eabecdef4/RSPG17-034final_2nd_draft_opinion_on_5G.pdf (last visited : 2017/11/21)

- 各會員國應採更靈活的頻譜執照接取架構，例如選定適合的地理區域（以國家為單位之全區執照、區域執照、城市執照或特定區域執照，例如使用於工廠），或選擇以個別執照或一般許可架構接取頻譜資源。
- 服務性能與可用性規範將會和許多 5G 跨境服務的功能相關，需要依時程由產業決定。在某些情況下，歐盟的協調機制將有助於支持歐盟共通的解決方案。
- 各會員國境內已決定之 5G 候選頻段，其商業執照應允許交易或租賃，以創造新的市場機會。

B. 網路覆蓋義務

RSPG 對 5G 頻譜執照之網路覆蓋義務規範建議如下：

- 網路覆蓋義務需視各會員國之政策目標與特點而定，包括人口分布、地理型態及產業與社會需求等，無法從歐盟整體角度規範。
- 促進超密集網路有效布建的解決方案，將會是 5G 在密集都會區域布建的重點。各會員國應評估整體國家行動方案的必要性，讓基地臺的許可與建設更容易，特別是對小型基地臺，以促進 5G 布建進度。
- 歐盟執委會應與會員國一同採取行動，支持偏鄉地區之 5G 相關政策目標，並提升 5G 訊號覆蓋，同時考慮衛星可達到無所不在連線的目標。

- 歐盟執委會應在其研究計畫中研析改善 5G 連線與廣泛布建範圍之解決方案，特別適用於偏鄉地區。藉以促進和提升可實現 5G 相關政策目標的技術發展。

C. 頻譜整備策略建議

RSPG 對 5G 頻譜整備策略建議如下：

- 各會員國應對 3.6GHz 頻段之破碎化議題採取適當措施，以確保在 2020 年前有足夠的大頻寬。
- 對於前導頻段 26GHz（24.25-27.5GHz）建議如下：
 - 對於 5G 頻譜使用 26GHz 之執照許可方式，應採個別執照方式釋出。不過，也不需排除以共享方式透過一般許可制使用該頻段的可能性。只要相關共享條件能保護該頻段的其他使用者即可。
 - 歐盟執委會應考量各種 26GHz 頻段技術協同的可能性，包括讓該頻段上既有衛星業務繼續發展的機會。
 - 未來地球電臺應根據透明、客觀且適當的標準取得電臺許可，以保障其未來營運，同時確保該業務使用不會對 5G 布建與覆蓋造成重大影響。
 - 各會員國仍維持全權負責批准或拒絕新衛星地球電臺架設許可之權力。
 - 各會員國應確保在 2020 年時，26GHz 頻段有足夠的大頻寬（例如 1GHz）得以供 5G 使用，以回應市場需求。該頻段特性預計將使用於特定區域之網路覆蓋。

- 對 26GHz 頻段採逐步演進的監管靈活性，將有助於促進 5G 的導入，而不會對頻段內之既有用戶造成不必要的負面影響。各會員國必要時應制訂將遷移既有固定式業務的頻譜重整計畫，確保 5G 頻段的可用性。
- 一般許可制的頻譜資源可以成為創新的重要驅力。有助於形成充滿活力的市場環境。預計 66-71GHz 將可採用一般許可制方式供各界使用，成為 5G 重點頻段之一。

(2) RSPG 之 5G 監理管制建議

2017 年第二次 5G 頻譜策略藍圖草案更進一步討論以下 5G 監理管制議題。⁵⁰

A. 5G 與既有業務之一般性共享原則

頻譜管理者需要具備選擇執照許可方法的彈性，以最佳化的解決特定情況與政策目標，建構最佳共享實務。RSPG 建議一般性共享原則如下：

- 藉由共享讓業者能獲得更多頻譜並增加頻寬供 5G 應用，各會員國需要考量 5G 跟既有使用者共享頻段之可能性。
- 基於高頻段傳播特性，可以透過新的共享機制接取該類高頻段頻譜資源，例如使用 26GHz 前導頻段。5G 布建可能更適合用於小型基地臺，該類基地臺的訊號涵蓋範圍有限，

⁵⁰ RSPG(2017), Strategic spectrum roadmap towards 5G for Europe: draft RSPG second opinion 5G Network, available at: https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/fdf96fcf-16c5-4492-babd-a92eabecdef4/RSPG17-034final_2nd_draft_opinion_on_5G.pdf (last visited : 2017/11/21)

最初可能集中於都會區和次都會區，並藉由新的實體街道設備支持，布建於室內或戶外。

- 為 5G 開發的天線波束成形技術（beamforming）可以提高個別終端用戶的連線品質與速率。RSPG 建議應該調查天線波束成形技術的可行性，讓特定方向的電波輻射能最小化，例如對著其他服務接收站臺之方向。該技術可以和其他技術整合，例如資料庫或地理位置系統，有效減輕可能對其他服務產生之干擾，提升 5G 基地臺可布建於相距既有業務電臺更近位置之可能性。
- 相關共享機制必須仰賴標準組織如 3GPP、ETSI 以及 5G-PPP 的研究計畫，若有機會，應將製造商納入 5G 設備的開發，以促進共享。

B. 5G 與固定式無線服務之共享

某些會員國釋出 5G 頻段時，需要考量與其他主要既有業務之共存議題。例如運作於 3.6GHz 頻段中之固定式無線服務。CEPT 已提供監理機關一套技術管理工具，用以管理該頻段與固定式無線服務之共存議題。監理機關應視其國內狀態，決定如何藉由技術工具促進 5G 網路的布建，同時透過清頻機制，讓該頻段可完全供行動通信業者使用。

關於 26GHz 頻段，許多會員國應用該頻段於固定式無線服務，依據固定線路之位置，對於 5G 小型基地臺的需求以及使用新技術可減緩干擾程度，讓 5G 小型基地臺使用與既有固定式無線服務的相同頻率。

CEPT 的技術研究探討 26GHz 頻段中與固定式無線服務應用的共存議題。該類共存研究應考量相關技術的發展，以及可能帶來對共享的正向影響。例如對天線技術的改良，包括 MIMO 和波束成形技術等，或是 5G 與固定式無線服務不同天線安裝位置的改良。

對於難以實現共享的區域，RSPG 建議有必要對既有固定式無線服務採取清頻措施，讓該頻段能夠布建 5G。頻譜管理機關需要考量適當的清頻方法。先決條件是該清頻措施能夠符合國家政策目標。

C. 5G 與其他主要業務之共享

許多國家核發 5G 執照時，必須考慮在 3.6GHz 頻段運作的衛星業務地球電臺接收站。CEPT 已提供一套技術管理工具供監理機關處理該頻段與衛星業務地球電臺共存之議題。RSPG 認為各會員國監理機關應確保能允許 5G 使用與維護既有衛星業者使用該頻段間之適當平衡。

D. 5G 執照架構

行動通信業務使用之頻譜資源通常以排他性專用、以全國為執照區域的方式核配。此方法確保業者可以避免干擾並傳輸合乎預期的服務品質體驗度給終端用戶。

對於毫米波（24.25GHz 以上）頻譜資源之執照規管架構，可能需要採用不同的執照方式，以回應除了既有行動業者以外各種可能的新進業者。由於 5G 需要更寬的頻寬以提供高速增強型行動寬頻應用，因此未必有足夠的頻譜資源分配給既存之每家行動業者。

RSPG 建議各會員國需要彈性化的執照許可制度，可能的選項包括一般許可制（免執照）、共享執照制度，或使用地理資料庫的動態頻譜共享機制。RSPG 目前對 66-71GHz 頻段規劃採一般許可制，對 26GHz 頻段則採個別執照制。

基於服務與應用仍處在發展初期，對業者帶來許多投資不確定性，RSPG 建議允許頻譜出租與轉讓，降低投資不確定性並提升頻譜使用效率。各會員國應留意頻譜出租與轉讓是否會對競爭造成負面影響。為實現頻譜使用效率最佳化，產業應發展合適的连接埠，確保不同 5G 應用在一般許可制頻譜資源上的共存。

E. 5G 與 IoT、ITS 和其他垂直產業之相關性

RSPG 認為 5G 在提供通訊服務上扮演重要角色，可能會符合既有使用者或新使用者的特定需求，例如 IoT、ITS 或其他垂直產業之相關應用。由於可透過 5G 提供服務，因此減少了對特定應用指派專用頻譜之必要。執照制度應考慮不同類別應用之規範項目亦有差異。許多新的應用，例如物聯網等，可能會透過一般許可制（免執照）接取頻譜資源。因此，一般許可制的頻譜資源對於創新應用的重要性高，有助於形成一個充滿活力的市場環境。

F. 網路覆蓋義務規範

行動通信連線已成為社會的必要條件，且強烈正向影響經濟。5G 的設計不僅提供更高速的無線網路，同時也可以依照不同產業之特性，量身訂造適合其需求之服務。

過往對於網路覆蓋義務之規範，主要用以補強缺乏社會經濟利益區域的網路涵蓋。隨著在經濟面與更廣泛社會層面對行動通信連線的依賴度越來越高，監理機關有必要考慮採取不同的方法，以確保在核發新的頻譜時，仍能從行動連線獲得廣泛的利益。設定網路覆蓋義務的兩個考量要素包括：

- 達成政府對於擴張服務涵蓋區域的政策目標與時程設計；
- 確保業者應於特定頻率範圍內按照時程布建網路，發展生態系統。

對於 5G 候選頻段而言，1GHz 以下頻段如 700MHz，具備較佳的網路覆蓋範圍，因此對於 mMTC 市場的成長特別重要。在許多國家情境下，使用 1GHz 以下頻段導入 5G 的態樣更偏向 LTE 技術的逐步演進，而非新釋出頻譜資源供 5G 使用。因此，不見得有機會在該頻段設定 5G 網路涵蓋義務，需要考量業者間的競爭狀態，是否會驅動移轉至 5G 網路，監理機關也需要考慮是否於必要時介入。

通常網路覆蓋義務會以全國為單位設計，考量到小型基地臺與毫米波頻譜基地臺，未來 5G 時代未必會繼續採取以全國為覆蓋範圍之設計。比較合適的方式是各會員國各自考量當地特性，對於較可能缺乏網路覆蓋的地點設定規範，例如郊區的公共場所、戶外區域位置以及交通要道，而非採取傳統的人口或地理涵蓋設計方式。

5G 網路預期會因應不同垂直產業特性設計，藉由網路切分方式，對不同區域採取虛擬專用網路的型態，對不同區塊的消費者提供不同

等級的服務，惟需滿足最低需要，例如傳輸速率、網路延遲、連線率、可靠度與瞬間速率。

為了讓郊區或人口稀少區也能實現 5G 相關政策目標，RSPG 建議採取調查方案，以解決該類區域缺乏網路涵蓋之方法，同時應考慮衛星能提供不間斷服務的角色。

G. 候選頻段討論

RSPG 預期 1GHz 以下頻段適合作為 5G 網路布建巨量物聯網通訊的主要頻段，甚至高可靠度、低延遲的應用也會仰賴該頻段。該頻段可能釋出頻寬大小應會以 5MHz 或 10MHz 為單位，並採成對式頻塊釋出。根據標準制定組織的規劃，時間點應為 2020 年以後。

對歐盟而言，3.6GHz 頻段為 5G 主要頻段，同時也是 2020 年前唯一可用以布建 5G 的 4GHz 以下頻段，該頻段適用於增強型行動寬頻與巨量物聯網通訊應用型態。

RSPG 認為建立一個 5G 的新規管架構有其必要性，以提供可靈活、具前瞻性的長期發展架構。該架構需確保主要服務的協同共用，同時也能夠識別毫米波頻譜對應之應用型態。

毫米波頻譜需要考慮與既有主要業務之共存議題，也需要考量 5G 毫米波頻段適合的頻譜指派機制與共享機制，該類頻段的重覆利用率應會很高。

3、5GPPP 對 5G 頻譜與監理制度相關建議

針對監理規範上的相關議題，5GPPP 認為管制上應採取能促進協同的方法，以支持 5G 的布建。欲增進投資需要擁有一個跨所有利害相關人之穩定、一致與精確的監理架構。監理上需要增進行政條件的一致性，以促進基地臺的密集布建，包含：⁵¹

- 被動設施的權利；
- 支持性的公有站臺租用費；
- 免除站臺的稅款；
- 可預測和協調的電波排放限制。

監理制度應促進 5G 服務的發展，避免限縮布建選項，例如細分化概念、點對點虛擬化以及網路共享等。如果缺乏此靈活性，將無法實施 5G 的相關特性如多網域的細分化、網路化以及資源共享，減少廣泛性、多樣化服務的經濟價值。

監理規範應確保網路業者與線上服務業者所受隱私規範需求之權責相近且合乎比例，同時消除在垂直整合產業中任何發展創新服務的障礙。對於低延遲高信賴度的 5G 服務，監理規範應明確劃分責任歸屬。另外，隱私層面也需要即時且目標導向的行動。公部門應該扮演 5G 相關技術的早期採用者與促進者，例如透過公開採購等方式，以建立必要的商業投資個案。

5G 網路布建需考量成本效益方能實現。有效率和積極的布建策略、對 4G 基礎設施的再利用，以及運用新頻段是目前 5GPPP 正進行的計畫之一。例如在都會密集區域，5G 基地臺會和現有 4G 基地臺共站，並運用新的頻段如 700MHz 與 3.4-3.8GHz 頻段。為了提供更高的傳輸

⁵¹ 5GPPP (2017), 5G Innovations for new business opportunities, available at: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2017/03/5GPPP-brochure-final-web-MWC.pdf> (last visited : 2017/6/12)

容量，小型基地臺也被納入使用，可能使用 2.6GHz 與 3.4-3.8GHz 頻段，或超過 24GHz 的毫米波頻段。另外，也可透過免執照頻譜作為補充性用途，以提高用戶速率。⁵²

⁵² Id.

二、 英國

(一) 政策發展

Ofcom 的職責根據 2003 通信法(Communications Act 2003)，包括優化頻譜使用，以及鼓勵投資與創新。在制定頻譜決策時，Ofcom 會根據公民與消費者所能獲得的利益，以及利害相關人的需求等評估來平衡其責任，以最有效地利用無線電頻譜。

Ofcom 由政府指派代表英國處理國際頻譜政策方面的事宜，包括參加國際論壇，例如無線電頻譜政策小組（RSPG），歐洲郵政和電信管理委員會（CEPT），無線電頻譜委員會（Radio Spectrum Committee, RSC），以及國際電信聯盟(ITU)。

Ofcom 曾於 2015 年 3 月，委託 Quotient Associate 公司針對 6GHz 以上頻段進行研析⁵³，挑選 5G 網路候選頻段。Quotient Associate 公司提出適合的頻段如下（以優先順序排列）：

- 66 至 71GHz；
- 45.5 至 48.9GHz；
- 40.5 至 43.5GHz；
- 71 至 76GHz、81 至 86GHz；
- 57 至 66GHz。

Ofcom 與歐洲國家的頻譜監理機構保持密切合作，依據 2016 年 RSPG 商定下一代無線系統（5G）之工作計畫，RSPG 制定 5G 候選頻

⁵³ Quotient Associate (2015), 5G Candidate Band Study, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0014/31910/qa-report.pdf (last visited : 2017/6/12)

段建議，並於同年透過公開諮詢，正式確立歐洲 5G 策略藍圖。⁵⁴ 5G 候選頻段包括：

- 低頻段：700 MHz；
- 中頻段：3.4-3.8 GHz 作為導入 5G 的主要頻段，提供創新的 5G 服務；以及
- 24.25 至 27.5 GHz 的高頻段頻譜作為先進的毫米波(millimetre wave)頻段，為 5G 創新服務提供超高容量，使創新的業務模式和相關業者能夠從 5G 中獲得利益。

會員國隨後也於 2016 年 12 月在 RSC 批准了歐盟執委會對 CEPT 要求制訂兩個技術條件調和的前導頻段(pioneer bands)，分別是 3.4 至 3.8 GHz 頻段，以及 26 GHz 頻段。⁵⁵

目前 CEPT 電子通信委員會 (Electronic Communications Committee, ECC) 下的計畫小組 ECC PT1 正針對協調 24.25 至 27.5 GHz 頻段的技術條件進行研究。該小組將會針對上述的頻段制定 5G 的頻段規劃，並研究其他無線電在該頻段的共存機會。技術條件和頻段規劃將公告於 ECC 的決議文件(ECC Decision)中，研究結果也會發表在 CEPT 的報告中，相關文件的出版時程目標是 2018 年 6 月。

英國政府目前已經為 2018 年的 5G 試驗準備 500 萬英鎊經費，另外還準備 1.6 億英鎊用於新的 5G 網路(new 5G networks)，以及準備將

⁵⁴ RSPG (2016), Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G), http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf ;Quotient Associate (2015), 5G Candidate Band Study, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0014/31910/qa-report.pdf (last visited : 2017/6/12)

⁵⁵ EC (2016), Mandate to CEPT to develop harmonised technical conditions for spectrum use in support of the introduction of next-generation (5G) terrestrial wireless systems in the Union, http://cept.org/Documents/ecc-pt1/34326/ecc-pt1-17-055_5g-mandate Quotient Associate (2015), 5G Candidate Band Study, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0014/31910/qa-report.pdf (last visited : 2017/6/12)

近 10 億英鎊將用於未來五年光纖和 5G，除此之外，英國政府還承諾將準備 1,000 萬英鎊，透過國家網路安全中心(National Cyber Security Centre)進行 5G 相關的安全試驗。

英國政府指出，該類費用支出的重點不會放在 5G 技術開發，而是偏重在現有技術需要的地方提供連接。英國政府目前已撥款 1,600 萬英鎊給三所大學用於點對點的 5G 試驗，這是英國的第一個 5G 四年投資計畫。該試驗將測試道路安全、先進製造與機器人、擴增實境、遠程手術、智慧型農業，以及智慧型家居和城市等使用案例，英國政府表示將著眼於英國 5G 接取和自動車輛試驗的工作。

英國政府於 2017 年 10 月針對 5G 試驗專案進行招標，但傳出負責 5G 部門的單位和文化媒體暨體育部(Department for Culture, Media and Sport, DCMS)之間缺乏共識。因此，政府在 5G 部份減少了對大學的資助，下一輪的 5G 試驗資金已從 1,600 萬英鎊減少為 500 萬英鎊。

(二) 頻段規劃

Ofcom 於 2017 年 2 月發布 5G 頻段更新文件，將參考 RSPG 的文件，以 700MHz、3.4 至 3.8GHz，以及 24.25 至 27.5GHz 頻段作為 5G 優先候選頻段。Ofcom 認為選擇這些頻段將為英國第一波的 5G 設備帶來最佳機會。⁵⁶

Ofcom 提供兩種可用的執照，包括非業務發展執照(Non Operational Development licence)，主要用於研究目的，以及非業務臨時

⁵⁶ 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 : 2017/6/12)

使用執照(Non Operational Temporary Use licence)，主要用於測試目的，這些執照都可以支持開發中無線電設備的使用。

1、700MHz 頻段

Ofcom 現階段 700MHz 頻段的主要工作是清空既有使用業務，使其可用於正在發展的行動數據通信服務。Ofcom 已於 2014 年 11 月發布聲明，闡明其決定對既有使用業務：數位地面電視（Digital Terrestrial Television, DTT）和節目製作與特別活動(Programme Making and Special Events, PMSE)進行頻譜重整，清空後該頻段可用於行動寬頻服務。⁵⁷

Ofcom 清空 700 MHz 頻段計畫的目的，除了確保該相關措施不會對 DTT 觀眾造成不適當的干擾外，同時提供 960 至 1164 MHz 的額外頻段供 PMSE 業務使用。Ofcom 目前仍持續進行頻譜重整，確保在 2020 年第二季之前，該頻段能提供行動寬頻業務使用於全國。

Ofcom 預計於 2020 年開始釋出 700 MHz 頻段，並表示預計將覆蓋義務納入頻譜使用條件之一，Ofcom 後續將該頻段的釋出條件和義務規範之公眾意見諮詢。

2、3.4-3.8GHz 頻段

對於 3.4 至 3.6 GHz 頻段，Ofcom 預計釋出 3410 至 3480 MHz 和 3500 至 3580 MHz 頻率共計 150 MHz 頻寬。Ofcom 原先對於競標措施

⁵⁷ Ofcom (2014), Decision to make the 700 MHz band available for mobile data – statement, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0024/46923/700-mhz-statement.pdf (last visited : 2017/6/12)

和拍賣設計具體細節的公開諮詢已於 2017 年 1 月 30 日結束，並規劃於 2017 年底前進行拍賣。⁵⁸但因為兩家電信業者 BT 與 3UK 對於 Ofcom 設定之頻譜上限有疑義，向法院提訴，因此相關拍賣作業暫緩中。

有關 3.6 至 3.8 GHz 頻段，原先 3605 至 3689 MHz 頻段已指配給電子通信服務(electronic communication services)，包括行動業務，該頻段必須透過 Ofcom 的協調與其他現有用戶進行共享。

Ofcom 於 2016 年 10 月 6 日發布公開諮詢，建議將 3.6 至 3.8 GHz 頻段內剩餘的 116 MHz 用於行動業務，⁵⁹該諮詢文件針對頻段內的現有用戶提出相關政策措施，包括衛星地面站(satellite earth stations)和固定鏈路(fixed links)，以及 3605 至 3689 MHz 頻段由英國寬頻公司（UK Broadband）持有之執照進行調整。該諮詢工作已於 2016 年 12 月 15 日結束，Ofcom 於 2017 年 10 月發布對 3.6-3.8GHz 頻段之初步政策決議，確定將 3.6-3.8GHz 頻段指派給行動業務使用，並提出對既有衛星使用者的可能選項。⁶⁰Ofcom 提出以下兩種方案：

- A 方案：既有固定鏈路與衛星地球電臺仍可繼續使用；
- B 方案：現有許可固定鏈路使用的執照將會撤銷，且不再接受衛星地球電臺註冊使用 3.6-3.8GHz 頻段。

⁵⁸ Ofcom (2016), Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands, November 2016, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0026/93545/award-of-the-spectrum-bands-consultation.pdf (last visited : 2017/6/12)

⁵⁹ Ofcom (2016), Improving consumer access to mobile services at 3.6 to 3.8 GHz, October 2016, <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/future-use-at-3.6-3.8-ghz> (last visited : 2017/6/12)

⁶⁰ Ofcom (2017), Improving consumer access to mobile services at 3.6 to 3.8 GHz: statement, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0019/107371/Consumer-access-3.6-3.8-GHz.pdf (last visited : 2017/11/28)

為了促進英國 5G 的發展，Ofcom 偏好採取 B 方案。按照現行英國法規，Ofcom 如欲撤銷既有固定鏈路執照，需於撤照之日起五年前通知。Ofcom 建議改變既有衛星地面接收站臺的執照許可，包括永久地球電臺(Permanent Earth Station, PES)和接收地球電臺的認可頻譜接取(Recognised Spectrum Access for Receive Only Earth Stations, RSA for ROES)執照。預計從 2020 年 6 月 1 日起，取消具備接收元件的既有衛星地面站之執照許可。Ofcom 將持續進行 3.6-3.8GHz 頻段的公眾諮詢，預計在 2018 年上半年做出政策決議，並使 3.6-3.8GHz 頻段中剩餘 116MHz 可於 2019 年供行動業務使用。

固定鏈路業者與衛星業者對於 Ofcom 的政策規劃普遍無法接受，雖然其有機會於後續諮詢期間作出正式回應，但業者認為監管機構似乎已經選擇了大多數既有用戶最不喜歡的選項，除了要求現有用戶無償的騰出頻譜，既有衛星地面站業者更認為，無法接受僅有三年的頻譜騰讓時間，且該項作法已違反 Ofcom 過往標準五年的通知期，為非行動業務的執照業者開創一個不好的先例。

3、3.8-4.2GHz 頻段

Ofcom 於 2016 年 4 月 14 日發布創新應用服務機會的諮詢文件⁶¹，以期創新應用服務可以與該頻段的既有業者共享頻譜。依據相關的回應，Ofcom 認為在允許既有固網和固定衛星服務持續布建的情況下，

⁶¹ Ofcom (2016), 3.8 GHz to 4.2 GHz band: Opportunities for Innovation, available at: <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/opportunities-for-spectrum-sharing-innovation> (last visited : 2017/8/4)

仍可能更進一步探討以地理區域為基礎進行許可使用的頻譜共享制度，相關措施預計在 2018 年上半年進行新的磋商。

4、26GHz 頻段

Ofcom 正積極的推動 26 GHz 頻段作為全球統一的優先毫米波頻段，Ofcom 除了與 ECC 工作小組進行合作，並參與 ITU 的工作，包括針對既有業務之共存進行研究，以期在 WRC-19 大會能發揮主導的作用。

與其他的毫米波頻段相比，26 GHz 頻段具有顯著的優勢，ITU 無線電規則(Radio Regulations)中已指配該頻段作為行動之用，使其他國家可以在 WRC-19 大會舉辦前即使用該頻段作為 5G 使用。

Ofcom 於 2017 年 7 月 28 日發布 5G 接取 26GHz 頻段的公開諮詢文件⁶²，尋求利害相關人對於目前規劃 2.6GHz 頻段的公眾意見。Ofcom 目前規劃將 26GHz 頻段中 24.25-27.5GHz 間共 3.25 GHz 頻寬均作為 5G 之用。規劃採逐步開放的方式，最初規劃以高段 1 GHz 頻寬為先行釋出頻率，且暫規劃採輕度使用的方式。Ofcom 認為該頻段滿足頻譜需求的方法是採用漸進的方式，以確保頻譜的最佳使用。

英國 26.25-27.5GHz 目前可用於固定鏈路、衛星地面接收站、節目製作與特殊事件（Programme Making and Special Event, PMSE）接收站、短距離設備（Short Range Devices, SRD），以及英國國防部（Ministry of Defence, MoD）的軍事用途。26GHz 頻段使用狀態如下圖 3-2。

⁶² Ofcom (2017), 5G spectrum access at 26 GHz and update on bands above 30 GHz, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0014/104702/5G-spectrum-access-at-26-GHz.pdf (last visited : 2017/8/4)

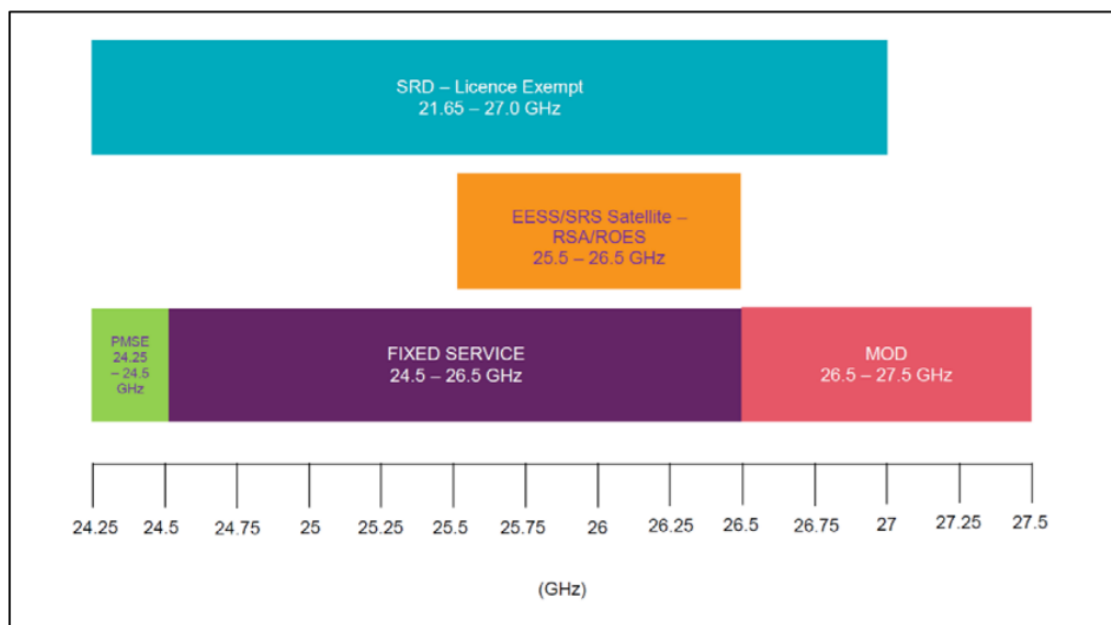


圖 3- 2：英國 26GHz 頻段使用狀態

資料來源：Ofcom

英國國防部目前使用 26 GHz 頻段的高段頻段，即 26.5-27.5 GHz 頻段，Ofcom 負責管理和分配 26 GHz 頻段的低段頻段，24.25 - 26.5 GHz 頻段。國防部目前使用 26 GHz 頻段作為軍事用頻率，但國防部已經確認使用該頻段的程度非常輕微，因此 26.5 - 27.5 GHz 頻段可用於布建 5G。

在英國和歐洲，固定鏈路是 26 GHz 頻段內最常見的既有用戶。在英國，24.25 至 26.5 GHz 頻段內有大約 3,000 個固定鏈路。英國哈威爾 (Harwell) 地區有一個地球探測衛星服務 (earth-exploration satellite service, EESS) 的地面接收站使用 26GHz 頻段，並已取得頻譜接取許可 (Recognised Spectrum Access, RSA)，但其位於離國家主要城市相當遠的地方。

PMSE 被分配於 24.25 至 25 GHz 頻段，典型的應用是暫時性點對點和可攜式視訊鏈接用途，對於該頻段的使用狀況也屬輕量使用。

除此之外，該頻段尚有許多免執照設備以不受保護的基礎上運作，例如使用歐盟執委會協調統一供汽車雷達使用的 21.65-26.65 GHz 頻段，其中包括短距離雷達(short-range radars, SRR)。雖然該類 SRR 長期規劃使用 79 GHz 頻段，但由於應用 79 GHz 頻段之 SRR 技術開發和相關實施作業延誤，因此歐盟執委會在 2011 年 7 月發布修正決議⁶³，從 2013 年 6 月 30 日起到 2018 年 1 月 1 日，24 GHz 頻段上半部分的使用範圍將用於 SRR。對於 2018 年 1 月 1 日之前核准汽車安裝的 24 GHz SRR 設備，該修正決議延長 4 年的使用期限至 2022 年 1 月 1 日止。

Ofcom 建議利害相關人如有興趣參與 26 GHz 頻譜之測試與開發，可以申請非營業執照。鑑於 26.5 - 27.5 GHz 頻段的使用受到限制，Ofcom 希望能盡快發布該頻段作為非營業用途，供外界使用。

Ofcom 正致力於國際的頻譜共存研究，相關共存研究會進一步審視建立衛星地面站的可行性。Ofcom 預期英國可能僅需要少量的衛星地面站，以從地球探測衛星的數據下行鏈路中獲益。Ofcom 認為該頻段使用於 5G 需求將會非常顯著。

⁶³ European Commission Implementing Decision 2011/485/EU:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:198:0071:0072:EN:PDF> (last visited : 2017/11/29)

(三) 頻譜使用與管制議題

1、頻段釋出規劃

針對 700 MHz 頻段，Ofcom 預計於 2019 年開始辦理釋出作業，並於 2020 年第二季釋出，並將覆蓋義務納入頻譜執照條件之一，同時，Ofcom 也已開始針對該頻段的釋出條件和新義務進行相關諮詢；對於 3.6 至 3.8 GHz 頻段內剩餘的 116 MHz 的頻譜，Ofcom 於 2017 年 10 月之政策決議將剩餘 116 MHz 頻寬應用於行動業務，Ofcom 正針對兩種選項進行公眾意見諮詢，且比較偏好將既有業者移頻的選項。針對 26 GHz 頻段，Ofcom 正積極的推動該頻段作為全球統一的優先毫米波頻段。

2、尋找適合之候選頻段

● 32 GHz 和 40 GHz 頻段

RSPG 在其意見中強調 32 GHz 和 40 GHz 頻段可作為 5G 的未來頻段，CEPT 確認這些頻段可作為 WRC-19 大會的研究優先事項。Ofcom 也認為這些頻段將是 5G 的潛在頻段，但認為相關頻段應屬長期規劃的優先事項。因此 Ofcom 將酌情在 WRC-19 大會的準備工作中參與該類頻段的國際研究工作，並於後續在英國布建 5G 網路的可適性作出評估。

● 66 GHz 和 71 GHz 頻段

66-71 GHz 頻段是 WRC-19 大會中另一個正在研究的潛在 5G 頻段，該頻段與 57-66 GHz 頻段相鄰，目前許多國家或地區將 57-66 GHz 頻段使用於免執照超高速應用服務。

(四) 業者頻譜持有狀態與 5G 發展規劃

英國主要行動業者包括 British Telecommunications PLC(BT)、EE Limited、TELEFÓNICA UK Limited、Hutchison 3G UK Limited(Three)，以及 Vodafone Limited，各業者目前頻譜持有狀態如下表 3- 2。⁶⁴

表 3- 2：英國行動通信業者頻譜持有狀態

頻率範圍		頻寬 MHz	分配業者
下行	上傳		
800MHz			
791-796	832-837	2x5	Three
796-801	837-842	2x5	EE
801-811	842-852	2x10	Vodafone
811-821	852-862	2x10	Telefonica
900MHz			
925.1-930.1	880.1-885.1	兩家業者各 持有 2x17.4MHz	Vodafone
930.1-935.1	885.1-890.1		Telefonica
935.1-939.7	890.1-894.7		Vodafone
939.7-947.3	894.7-902.3		Telefonica
947.3-955.1	902.3-910.1		Vodafone
955.1-959.9	910.1-914.9		Telefonica
1400MHz			
1452-1472		20	Vodafone
1472-1492		20	Three

⁶⁴ Ofcom(2016), Mobile Cellular Spectrum, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0023/84470/cellular_frequency_chart_jan_2016.pdf (last visited : 2017/11/29)

1800MHz			
1805.1-1810.9	1710.1-1715.9	2x5.8	Telefonica
1810.9-1816.7	1715.9-1721.7	2x5.8	Vodafone
1816.7-1831.7	1721.7-1736.7	2x15	Three
1831.7-1876.7	1736.7-1781.7	2x45	EE
1876.7-1880	1781.7-1785	2x3.3	共用執照
1880-1900		20	DECT 電話
1900MHz			
1899.9-1909.9		10	EE
1909.9-1914.9		5	Telefonica
1914.9-1920		5.1	Three
1900/2100MHz			
	1920.0-1920.3	0.3	Three
2110.3-2124.9	1920.3-1934.9	2x14.6	Three
2124.9-2134.9	1934.9-1944.9	2x10	Telefonica
2134.9-2149.7	1944.9-1959.7	2x14.8	Vodafone
2149.7-2169.7	1959.7-1979.7	2x20	EE
2600MHz			
2570-2595		25	Vodafone
2595-2620		25	BT
2620-2640	2500-2520	2x20	Vodafone
2640-2655	2520-2535	2x15	BT
2655-2690	2535-2570	2x35	EE

資料來源：Ofcom

英國使用 3GHz 以上之頻譜分配狀態如下表 3- 3。

表 3- 3：英國 3GHz 以上頻譜分配狀態

頻率範圍		頻寬 MHz	分配業者
3.5GHz			
3480-3500	3580-3600	2x20	UK Broadband
3.6GHz			
3605-3689	3925-4009	2x84	UK Broadband
10GHz			
10.125-10.205	10.475-10.555	2x80	MBNL
10.205-10.225	10.555-10.575	2x20	Digiweb
28GHz			
27.8285-28.0525	28.8365-29.0605	2x224	Arqiva
28.0525-28.1645	29.0605-29.1725	2x112	區域業者
28.1925-28.3045	29.2005-29.3125	2x112	區域業者
28.3325-28.4445	29.3405-29.4525	2x112	UK Broadband
32GHz			
31.815-32.067	32.627-32.879	2x252	EE
32.067-32.319	32.879-33.131	2x252	MBNL
32.319-32.445	33.131-33.257	2x126	BT
32.445-32.571	33.257-33.383	2x126	MLL
40GHz			
40.50-40.75	42.00-42.25	2x250	MBNL
40.75-41.00	42.25-42.50	2x250	MLL
41.00-42.00	42.50-43.50	2x1000	UK Broadband

資料來源：Ofcom

英國 EE 公司於 2017 年 11 月宣布，該公司與華為已成功完成 5G 網路之終端至終端架構測試，在 EE 的行動實驗室情境下，傳輸速率達 2.8Gbps，並可實現 0.5 毫秒的網路延遲。測試情境主要使用 64x64MIMO 的主動式天線，搭配 5G 新無線電系統，以 3.5GHz 頻段中的 100MHz 頻寬進行測試。華為更進一步預期 5G 頻譜中的 3.3-3.8GHz 頻段之設備將於 2018 年商用化。⁶⁵

⁶⁵ ComputerWeekly (2017), EE conducts UK's first 5G mobile network test, available at: <http://www.computerweekly.com/news/450430102/EE-conducts-UKs-first-5G-test> (last visited : 2017/11/29)

三、 美國

(一) 政策發展

美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)最早於 2014 年 10 月提出對於 5G 頻段的諮詢文件，規劃應用 24GHz 以上頻段作為 5G 網路使用，當時討論的頻段包括：區域多點固定式廣播服務（fixed Local Multipoint Distribution Service, LMDS）頻段（27.5-28.35GHz、29.1-29.25GHz、31-31.3GHz）、39GHz 頻段（38.6-40GHz）、37/42GHz 頻段（37.0-38.6GHz、42.0-42.5GHz）、60GHz 頻段（57-64GHz、64-71GHz）、70/80GHz 頻段（71-76GHz、81-86GHz）以及 24GHz 頻段（24.25-24.45GHz、25.05-25.25GHz）。⁶⁶

FCC 於 2016 年 7 月 14 日發布報告與命令與法規訂定草案公告（Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, Report & Order and NPRM），宣布為加速推動 5G 之技術應用，開放總頻寬約 11GHz 之毫米波頻段（執照頻段頻寬約 3.85GHz、免執照頻段頻寬約 7GHz）作為布建 5G 網路之用途。

FCC 於 2017 年 10 月 26 日發布第二份關於 5G 毫米波頻段之政策文件（Second Report and Order, Second further notice of proposed rulemaking, order on reconsideration, and memorandum opinion and order），該份報告主要針對 24GHz 以上毫米波頻段應用於 5G 網路之管理規範進行討論。

除了毫米波頻段外，FCC 也於 2017 年 7 月發布 5G 中頻段的調查通知，向業界徵詢對於應用 3.7GHz 至 24GHz 頻譜資源於 5G 網路之相

⁶⁶ FCC (2014), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services, available at : https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf (last visited :2017/6/14)

關看法，其中亦有部份內容討論 5GHz 免執照使用之相關議題，目前 5GHz 開放頻率範圍為 5150-5925MHz，其中 5150-5250MHz、5725-5825MHz 將開放給 LTE 與 Wi-Fi 共同使用。

FCC 亦開放了 3.5GHz。在 3.5GHz 頻段開放頻率範圍 3550-3700MHz 給公眾寬頻無線服務(Citizen Broadband Radio Service, CBRS)使用，希望透過頻譜共享機制創造更多頻譜資源供創新應用與服務使用。目前正在研議修正 CBRS 中的優先接取執照 (PAL) 執照內容，希望藉由執照制度的修正，增加應用 3.5GHz 頻段於 5G 網路布建之誘因。

另外，FCC 於 2017 年 3 月完成 600MHz 頻段以誘因拍賣方式釋出，原先由廣播業者所持有之 600MHz 頻譜資源，部分將於轉換期 39 個月內清理後改適用於行動通信業務使用。由於現有 5G 頻譜多著重於 3.5GHz 以及更高頻的毫米波頻段，尚缺乏可用於布建 5G 的 1GHz 以下低頻，因此 FCC 認為，600MHz 的低頻段特性，將適合作為無線寬頻布建之用，為 5G 發展奠定良好基礎。⁶⁷

(二) 頻段規劃

1、2016 年第一次 5G 毫米波頻譜資源規劃

FCC 於 2016 年 7 月發布之報告與命令與法規訂定草案 (Report & Order and NPRM) 中，規劃可應用於 5G 的頻段包括執照頻段與免執照

⁶⁷ FCC (2017), A groundbreaking auction to realign use of the public's airwaves, available at :

<https://www.fcc.gov/about-fcc/fcc-initiatives/incentive-auctions> (last visited : 2017/6/16)

頻段。其中，執照頻段包括 28GHz 頻段（27.5~28.35GHz）、37GHz 頻段（37~38.6GHz）及 39GHz 頻段（38.6~40GHz）。⁶⁸

另外，FCC 於此次公告中，亦開放 64-71GHz 頻段可採取與其相鄰頻段（57-64GHz）相同的管理方式（符合第 15 項（Part 15）免執照規範），故該類頻段將適用免執照規範，此一措施將可提供更多頻譜資源給 WiFi 使用，例如傳輸速率可達 Gbit/s 等級的無線千兆聯盟（Wireless Gigabit Alliance, WiGig）使用。

法規訂定草案中更進一步探討對於 24GHz 頻段（24.25-24.45GHz；24.75-25.25GHz）、32GHz 頻段（31.8-33GHz）、42GHz 頻段（42-42.5GHz）、47GHz 頻段（47.2-50.2GHz）、50GHz 頻段（50.4-52.6GHz）以及 70/80GHz 頻段（71-76GHz、81-86GHz）作為行動寬頻執照頻段使用之公眾諮詢意見。另外也規劃發展頻譜共享架構，開放聯邦政府使用的 37-37.6GHz 頻段共享，讓非政府單位得以使用該頻段。

2、2017 年第二次 5G 毫米波頻譜資源規劃

FCC 於 2017 年 11 月釋出第二次 5G 毫米波頻譜資源規劃，針對 24GHz 以上毫米波頻段預計釋出總頻寬達 1,700MHz 之頻譜資源，釋出頻段包括：24GHz（24.25-24.45GHz；24.75-25.25GHz）以及 47.2-48.2GHz。同時，FCC 也持續找尋有無其他可釋出做為 5G 頻譜資源之毫米波頻段，希望額外找到 13GHz 的毫米波頻譜資源。⁶⁹

⁶⁸ FCC (2016), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Report and Order and Further notice of proposed rulemaking, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-89A1.pdf (last visited: 2017/6/14)

⁶⁹ FCC (2017), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Second Report and Order, Second Further Notice of Proposed Rulemaking, Order on Reconsideration, and Memorandum Opinion and

在此同時，FCC 也持續研議可讓毫米波頻譜和既有其他業務使用者共享之相關規範，包括衛星、固定式和聯邦政府使用者。FCC 聚焦於目前供固定式衛星服務（FSS）使用的 40-42GHz 與 48.2-50.2GHz，同時也調整 28GHz 及 39GHz 之地球電臺規範，讓衛星使用更具彈性。除此之外，FCC 也關注原先應用於傳統固定式無線服務業者之 70GHz、80GHz，以及以免執照方式應用於機上通訊服務的 57-71GHz 能否應用於 5G 頻譜。

3、2017 年 5G 中頻段頻譜資源調查通知

FCC 於 2016 年與 2017 年分別針對 5G 毫米波頻譜資源進行規劃與整備措施，至於 5G 中頻段部份，則於 2017 年 7 月發布調查通知，希望向業界徵詢對於應用 3.7GHz 至 24GHz 頻譜資源於 5G 網路之相關看法。⁷⁰

該次調查主要聚焦於以下三個頻段：

- 3.7-4.2GHz；
- 5.925-6.425GHz；
- 6.425-7.125GHz。

前述三個頻段已廣受國內與國際產業利害相關人的重視，適合拓展為彈性寬頻服務用途。同時，FCC 也邀請各界對於其他已分配給排除非聯邦使用者之專用頻譜、與聯邦使用者共用之共享頻譜或正由非

Order, available at: http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1122/FCC-17-152A1.pdf (last visited: 2017/11/27)

⁷⁰ FCC (2017), Exploring Flexible use in mid-band spectrum between 3.7GHz and 24GHz: Notice of Inquiry, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-345789A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

聯邦使用者使用的頻譜資源提出是否可做為彈性化無線頻譜管理使用之相關建議，已找出其他可能之候選頻譜。

FCC 認為在 3.7GHz 至 24GHz 之間有許多頻譜資源為共享頻譜，因為其中有許多頻譜資源由聯邦重點業務使用，必須確保聯邦使用單位妥善執行其重要任務。由於聯邦使用頻譜由國家電信與資訊局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）管理，故 FCC 與 NTIA 密切合作，評估對聯邦使用頻譜採共享機制時可能出現的影響、成本與利益等相關議題。

4、2017 年修訂 CBRS 規範，促進該頻段可用於 5G 網路布建

FCC 於 2017 年 10 月 24 日公告 CBRS 規範修正草案（Notice of proposed rulemaking and order terminating petitions），針對原先核配給 CBRS 中優先接取執照（PAL）的執照規範進行修正，希望藉以促進執照業者運用 3550-3700MHz 頻段布建 5G 網路。⁷¹

本次 CBRS 修正規範內容，包括以下重點：

- 更長的執照年限：由原先執照年限 3 年改為 10 年；
- 執照換照規範：由原先不可換照修正為執照持有人可提出換照申請；
- 執照地理區域：修正為可用執照地理範圍較大的執照型態；
- 拍賣機制的修正。

⁷¹ FCC (2017), Notice of proposed rulemaking and order terminating petitions: Promoting investment in the 3550-3700MHz Band, available at: http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1024/FCC-17-134A1.pdf (last visited :2017/11/14)

FCC 認為 CBRS 使用的 3550-3700MHz 頻段，正好為 5G 網路的重點核心頻段。為了確保美國在 5G 發展的領導地位，因此 FCC 希望對相關頻段之規範能促進 5G 網路發展、創造投資誘因、鼓勵頻譜有效使用、支持多樣化的服務型態，並推動都會區與郊區無線寬頻網路的發展與布建。

(三) 頻譜使用與管制議題

FCC 最早於 2014 年發布 5G 頻段法規訂定草案公告時，除挑選適合 5G 候選頻段外，亦針對執照制度、營運管理等相關監理議題進行討論。⁷²而後 FCC 又持續釋出頻譜資源，並因應市場變化與技術發展趨勢，調整頻譜管制措施。以下將針對 FCC 近期幾次頻譜使用與管制議題進行分析與討論。

1、2016 年第一次 5G 頻段（執照頻段 28GHz、39GHz 及 37GHz；免執照頻段 57-71GHz）⁷³

(1) 新執照規範制度之建立

FCC 規劃針對新服務建立相關規則，現階段部分頻段已受 FCC 既有規範管制，例如 LMDS 業務與 39GHz 頻段受到 FCC 管理規章第 101 章中有關固定式微波服務之規管。FCC 規劃建立新無線電波的管制規範：高頻微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service），

⁷² FCC (2014), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services, available at : https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf (last visited :2017/6/14)

⁷³ FCC (2016), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Report and Order and Further notice of proposed rulemaking, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-89A1.pdf (last visited: 2017/6/14)

未來此一新服務型態建立後將成為 FCC 管理規章第 30 章。除 39GHz 頻段外，目前無既有聯邦使用者的 37GHz 頻段，未來也會被納入此一管理規章之中。因此，高頻微波彈性使用服務將會包括 28GHz、37GHz 與 39GHz 頻段。

FCC 基本上認為，將此三種毫米波頻段歸類為同一業務（高頻微波彈性使用服務），可以建立一個較明確的規管制度，該制度能適用多樣化的服務運用，對執照業者能更為明確、且更能反應執照的本質。

(2) 管制狀態

對於 LMDS 業者的管制狀態，FCC 允許申請 LMDS 業者能選擇提供共同載具（common carrier）服務、非共同載具（non common carrier）服務或同時提供此兩種服務。因此，FCC 允許 LMDS 業者能夠在同一張執照的執照區域中，任何時間點都能提供共同載具服務或非共同載具服務。

FCC 對於持有 39GHz 頻段的業者賦予相似的管制狀態，允許 39GHz 執照持有人能選擇是否成為共同載具服務業者，或僅成為專用執照持有人。共同載具執照持有人能夠提供專用服務，而專用執照持有人可以將其設施在非營利的基礎下與他人共享，或在 FCC 的條件規範的特定條件下，提供營利服務。在此種規管架構下，執照持有人有權視其需求，選擇其所欲接受的管制狀態。

FCC 規劃將此種開放式、具彈性的規管架構應用於高頻微波彈性使用服務（Upper Microwave Flexible Use Service, UMFUS）。FCC 規劃允許該服務之申請者和執照持有人能申請成為共同載具服務狀態、

非共同載具服務狀態、專用內部通訊服務狀態，或選擇同時提供相關服務內容，將前揭服務整合為一張執照。

因此，FCC 此種開放性、彈性的管制狀態將可適用於使用 28GHz、39GHz 及 37GHz 頻段提供 UMFUS 的執照業者，能依據自身商業模式和服務需求，選擇所受之管制狀態，成為共同載具業者、非共同載具業者，或同時具備兩種身分。

(3) 外資股份持有限制

對於使用 28GHz、39GHz 及 37GHz 頻段提供 UMFUS 服務的執照業者，其外資股份持有限制與一般共同載具執照業者相同，外國政府與其代表不得獲得執照，同時，所有申請取得該張執照的業者，也必須揭露該公司外資比例相關資訊。

(4) 申請資格

FCC 對於欲使用 28GHz、39GHz 及 37GHz 頻段提供 UMFUS 服務申請人之申請資格不設特定限制，基於相關頻段之應用型態仍在發展中，應確保使用彈性，以鼓勵競爭、創新和對該類頻譜資源的有效使用。

(5) 執照使用期限

FCC 對於欲使用 28GHz、39GHz 及 37GHz 頻段提供 UMFUS 服務之執照使用期限，設計為十年。FCC 認為，設計十年的執照使用期可讓執照持有人擁有充分的明確性，才有意願投資其系統，特別是處在

新技術仍在發展階段的過程。同時，除設定執照使用期限為十年之外，FCC 允許該類執照申請人於使用期限屆滿後可申請續照，只要執照持有人仍確保其服務提供維持原有水準。

(6) 執照地理區域

考量到 28GHz 頻段目前仍有 LMDS 既有業者使用，且 1997 年 FCC 對 LMDS 業務之執照地理區域採用以郡為單位的行政區域劃分方式，因此 FCC 對 UMFUS 服務使用 28GHz 頻段時，規範採用以郡為單位的執照地理區域；至於 UMFUS 使用 39GHz 及 37GHz 頻段時，執照地理區域則為部份經濟區（Partial Economic Area, PEA）。

(7) 頻譜持有政策規範

頻譜資源為服務提供之必要因素，不過，由於 5G 仍處發展階段，短期內執照持有人尚無法透過該類頻段提供行動通信服務，因此早期 FCC 並未打算將該類頻段納入整體頻譜持有規範管制之中。

對於是否將毫米波頻段納入頻譜持有總量規範之相關議題，產業利害相關人均紛紛表達其不同看法。例如 Verizon 反對特定頻段的持有總量限制，認為 FCC 應該要讓業者能夠有彈性的運用、轉換、共享和獲得毫米波頻譜資源，聚合高頻寬以提供 5G 服務布建。

AT&T 一開始也認為頻譜持有總量限制將會削弱次世代行動通信服務的潛力，也會威脅頻譜的商業運用。然而，根據 AT&T 新近提交的文件中，該公司轉向支持頻譜持有總量 1,250MHz 的限制門檻，如果超過時則另外提交審查。AT&T 認為此種方法可以確保 28GHz 頻段至

少有兩家執照業者各持有 425MHz 頻譜資源，而該頻段又是 5G 業務的重點頻段。

另一家行動業者 T-Mobile 同樣認為 FCC 應該對毫米波頻段採取頻譜持有上限規範，T-Mobile 主張總毫米波頻段持有上限應設計為三分之一，個別毫米波頻段持有上限為二分之一。

最後，FCC 於 2016 年 7 月的報告與命令（Report & Order）中，決定採取頻譜持有總量上限事前規範，對 28GHz、37GHz 及 39GHz 採取持有門檻 1,250MHz 之限制，該 1,250MHz 門檻同樣適用於以二次交易取得此三個頻段頻譜資源之持有上限。

2016 年 7 月的報告與命令除了討論對於 28GHz、37GHz 及 39GHz 之管制規範外，另外於法規訂定草案中（NPRM）討論許多額外頻段的目前使用狀態、技術性質與管制規範建議，額外頻段包括：24GHz 頻段（24.25-24.45GHz 及 24.74-25.25GHz）、32GHz 頻段（31.8-33.4GHz）、42GHz 頻段（42-42.5GHz）、47GHz 頻段（47.2-50.2GHz）、50GHz 頻段（50.4-52.6GHz）、70/80GHz 頻段（71-76GHz 與 81-86GHz）及超過 95GHz 頻段。

FCC 的法規訂定草案中，討論了 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻段的持有時間限制，FCC 規劃將持有時間限制訂為三年，三年後該類頻譜資源方得進入二次交易市場，現階段 FCC 正尋求各界對此一頻譜轉讓期限規範之意見。另外，對於新增的額外頻段是否納入 FCC 對三個毫米波頻段設訂之頻譜持有總量限制規範，FCC 一併尋求公眾意見諮詢中。FCC 主要政策目標希望促進以競爭方式釋出頻譜資源，確保有足夠的業者能獲得毫米波頻段提供服務。FCC 規劃對頻譜持有總量採三

分之一上限，然而 FCC 也認知到相關技術仍持續發展中，因此是否有必要於現階段訂定持有門檻限制？相關議題將是未來 FCC 探討之重點。

(8) 執照運作規範

為提升頻譜使用效率、鼓勵執照持有人於合理時間內提供服務給消費者，並促進創新服務提供給未服務區域，FCC 建立運作規範，希望建立明確且快速的衡量標準，讓執照持有人能向公眾提供服務。

FCC 要求 24GHz、LMDS 以及 39GHz 頻段之執照持有人必須證明該公司於第一次執照期間提供穩固的服務品質，方可達到續照門檻。

按照 FCC 對運作效率的衡量指標，包括服務涵蓋率達成時程等。例如 FCC 認為，服務涵蓋率必須達到總執照區域內人口涵蓋率達 40%，方可達到續照門檻。因此，FCC 規範使用 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻段的執照持有人，其服務涵蓋率應達執照區域之人口涵蓋達 40%。

(9) 運作終止規範

FCC 定義「永久終止」為連續 180 天內未向至少一個用戶提供服務。在業者第一次執照期限結束後的一年後，才會受到此「永久終止」的規範，以確保業者有足夠的網路布建時間。

使用 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻段的執照持有人如欲終止其服務提供，應於 10 日內通知 FCC，並提交執照撤銷申請。

(10) 次級交易規範

FCC 考量毫米波頻段的特性，允許 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻段可適用於頻譜地理分區及分解規範。讓執照持有人可將頻譜分解給其

他執照持有人。FCC 的理由為確保提升頻譜使用效益，讓頻譜指派能更貼近市場需求，也增加新進業者進入市場的機會，確保競爭，甚至能加快服務可能於短期無法提供的速度。

針對頻譜出租議題，FCC 允許 28GHz、39GHz 頻譜持有人能出租其頻譜資源，同時也允許 37GHz 頻段之頻譜持有人能以地理執照區域為單位，部分出租其頻譜資源。透過頻譜出租，將可促進頻譜使用效率、創新服務的提供、以及動態使用頻譜，擴張無線服務與設備的使用範疇與可得性、推動接取頻譜所帶來的經濟機會，並且能促進業者間的競爭。

(11)競價程序

對於 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻譜資源，FCC 規劃透過競價拍賣程序釋出相關頻段。

FCC 訂定競價程序時，美國國會要求 FCC 應確保小型業者、區域市話業者或由少數族群或婦女所運作的企業有機會得參與並提供頻譜相關服務。因此，FCC 於 39GHz 頻段的競價規則中，特別訂定指定企業相關規範，讓前揭業者能有參與提供頻譜服務的機會。透過年度收入門檻限制，FCC 定義三年內平均每年營收未達 5,500 萬美元的業者為小型業者，平均每年營收未達 2,000 萬美元的業者為極小型業者。若前揭小型業者或極小型業者參與頻譜拍賣時，小型業者可獲得 15%的競價價金退款、極小型業者可獲得 25%的競價價金退款。

(12)執照釋出頻寬

針對 28GHz、37GHz 及 39GHz 頻段，FCC 預計各頻段之執照劃分方式如下：

- 28GHz：以 425MHz 為執照頻寬單位，預計劃分兩個頻段配置方案，共計釋出 850MHz；
- 37GHz：以 200MHz 為執照頻寬單位，預計劃分五個頻段配置方案，共計釋出 1,000MHz。
- 39GHz：以 200MHz 為執照頻寬單位，預計劃分七個頻段配置方案，共計釋出 1,400MHz。

(13)安全規範

FCC 已認知到網路安全會是 5G 網路發展中的重點，現階段 FCC 採取量身打造的方法，協助促進、鼓勵產業於發展初期即考量安全相關議題。5G 網路可能涉及的安全相關議題，包括網路元件以及終端設備等，FCC 將會促進實務上的安全與標準制訂機構間之對話，確保網路標準與規範於制訂時，即考量安全相關議題。

(14)技術規範

關於 28GHz、39GHz 與 37GHz 頻段以 UMFUS 服務運作時，FCC 設定關於雙工技術、基站傳輸功率限制、帶外發射限制、干擾保護與協調等技術規範，整理如下。

A. 雙工技術

FCC 針對未來 5G 頻段劃分方式應採用分頻雙工（Frequency-Division Duplex, FDD）或分時雙工（Time-Division Duplex, TDD）技術詢問各界意見，許多回應意見建議以 5G 毫米波特性，應採 TDD 較適合。惟 FCC 考量給予得標業者較大的彈性技術選擇空間，故不限定採 TDD 或 FDD，允許業者採用各種可能的雙工技術。

B. 傳輸功率限制

● 基地臺傳輸功率限制

FCC 最早於草案制定之初，規劃 28GHz、37GHz 與 39GHz 之基地臺傳輸功率限制為每 100MHz 達 1620 瓦（62 dBm/100MHz），然而許多回應意見均建議應採更大的傳輸功率，使傳輸速率與訊號範圍更能達到預期。因此 FCC 最終決定基地臺之傳輸功率限制為 75 dBm/100MHz，若持有頻寬未達 100MHz，則按照線性比例減少。

● 行動臺傳輸功率限制

FCC 制定管理規則時，規劃 28GHz、37GHz 與 39GHz 之行動臺傳輸功率限制為 20 瓦（43 dBm）。大部份回應意見均同意此一限制，故 FCC 最終決定對行動臺傳輸功率限制採 43dBm。

● 可攜式基站傳輸功率限制

FCC 對於 28GHz、37GHz 與 39GHz 之可攜式基站傳輸功率限制，最初設定高於 43dBm，而絕大多數回應意見均建議可攜式基站傳輸功

率限制應介於 43dBm 至 62dBm 之間，FCC 最終決定規範可攜式基站傳輸功率限制為 55dBm。

C. 衛星業者關切之衛星接收站干擾議題

許多衛星業者如 EchoStar、Inmarsat、Intelsat、O3b limited、OneWeb、SES Americom 與 ViaSat 等建議 FCC 應對 UMFUS 設定聚合發射限制功率每 1,000 平方公里為 16.5 dBm/ MHz。不過，FCC 認為現階段並無限制 UMFUS 基站聚合發射功率干擾之需要。

D. 帶外發射功率限制

● 電磁發射功率限制（Conductive Emission Limits）

FCC 於政策草案制定時，規範執照持有人之帶外輻射發射功率（Out-of-band emissions, OOBE）限制，在頻率執照使用範圍外應達每 MHz 至少 $43+10 \log_{10}(P)$ （P 為傳輸功率）。

經過來自愛立信、高通等產業利害相關人之回應意見後，FCC 決定對 OOBE 之量測採全輻射功率（Total Radiated Power, TRP）為 -13dBm/ MHz。

E. 干擾保護與協調

為避免執照持有人於相鄰市場之干擾，FCC 於草案中規劃設定干擾保護標準，並分別針對以下三項議題徵詢公眾意見：

● 電場強度限制為 47dBuV/m；

- 直線路徑建議之功率通量密度（Power flux density, PFD）限制為-86dBm/m²/MHz；
- 其他適合作為干擾保護之相關措施。

經過與產業利害相關人討論，針對基地臺與行動臺的運作，FCC 採以下干擾標準：

- 電場強度限制為 47dBuV/m；
- 在高度為 1.5 公尺情況時，所量測之功率通量密度限制為-77.6dBm/m²/MHz。

(15)免執照頻譜使用

FCC 除討論前揭執照頻譜外，2016 年第一次 5G 頻譜整備文件同時決定將 64-71GHz 頻段規劃為免執照頻譜使用，免執照頻譜受 FCC 管理規章第 15 部之規範，僅須遵行發射功率等相關技術規範。若加上 2013 年釋出之 57-64GHz 頻段，FCC 總共釋出 14GHz 頻寬（57-71GHz 頻段）的免執照頻譜資源供 5G 與 IoT 使用。

2、2017 年第二次 5G 頻段（執照頻段 24GHz 及 47GHz；免執照頻段 57-71GHz）

(1) 24GHz 頻段（24.25-24.45GHz、24.75-27.25GHz）

A. 頻段使用現況

FCC 於 2017 年 10 月發布的文件中，規劃 24GHz 頻段為 5G 頻段，其中 24.25-24.45GHz 為 24GHz 的低區塊，24.75-27.25GHz 為高區塊。

中間 24.45-24.75GHz 目前由州際衛星連線使用，不列入本次開放之範圍。⁷⁴

低區塊既有使用者為非聯邦核發的固定式無線服務業者，高區塊（24.75-27.25GHz）既有使用者為非聯邦核發的固定式衛星服務業者，廣播衛星服務業者則擁有使用 25.05-25.25GHz 做為饋線鏈路（feeder link）的使用權。

FCC 對 24GHz 頻段設計採 176 個經濟地區執照服務區，2004 年 FCC 曾經拍賣 880 張 24GHz 頻段執照，但只有七張執照售出，目前只有五張執照為使用中。至於 24.75-25.25GHz 的使用狀況，目前有四張衛星服務執照做為地球電臺的饋線鏈路使用，四張執照均由 DIRECTV 公司持有。

B. 將行動通信業務做為 24GHz 頻段主要業務

由於 24GHz 頻段過往並未分派供行動通信業務使用，因此 2016 年 FCC 進行第一次 5G 頻段規劃時，即已討論將 24GHz 應用於行動業務之可行性。FCC 認為此一頻段具備既有製造業者青睞與全球頻譜資源協同一致供行動通信使用的優點。因此，FCC 規劃將 24GHz 採用 2016 年第一次 5G 頻段規劃時建立的 UMFUS 業務執照架構，供行動和固定式無線服務使用。⁷⁵

⁷⁴ FCC (2017), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Second Report and Order, Second Further Notice of Proposed Rulemaking, Order on Reconsideration, and Memorandum Opinion and Order, para 14, available at: http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1122/FCC-17-152A1.pdf (last visited: 2017/11/24)

⁷⁵ *Id.*, para 18.

2016 年首次進行的公眾諮詢中，回應意見對於 24GHz 頻段應用於行動通信業務的規劃均持正面支持態度，多認為該頻段與 2016 年 FCC 首次釋出的 28GHz 性質相近，且相對低頻。因此，FCC 決定將行動業務做為 24.25-24.45GHz 頻段與 24.75-25.25GHz 的共同主要業務。

C. 24GHz 執照發照與執照地理區域劃分

關於執照發照議題，FCC 對於 24GHz 頻段將採取與 28GHz、39GHz 頻段一致的排他性專用地理區域執照，執照持有人在執照區域內可彈性布建行動服務、固定式服務或同時布建兩種服務。許多回應意見認為運用傳統執照架構，較能鼓勵業者有投資誘因及經濟規模等優點，加快布建 24GHz 頻段於 5G 網路之速度。24GHz 頻段之執照地理區域則採取和 37/39GHz 頻段相同的部份經濟區（PEA）執照地理區域劃分方式⁷⁶，希望盡可能讓 UMFUS 的規管制度一致。

D. 24GHz 頻段劃分方式

24GHz 最早的頻段劃分方式為分成五張 2x40MHz 的成對式頻塊。FCC 於 2016 年進行公眾諮詢時，認為採非成對式頻塊的方式將更符合需求，因此提出將低區塊部份（24.25-24.45GHz）採一張 200MHz 的非成對式頻塊、高區塊（24.75-25.25GHz）採二張 250MHz 的非成對式頻塊規劃方式。許多回應意見則認為高區塊部份應採三張執照方式，分別劃分為 200MHz、200MHz 及 100MHz，設備製造商認為發展中的技

⁷⁶ 28GHz 頻段則採以郡為單位的執照區域，範圍較小，主要原因為考量系統轉換之故。

術標準以 100MHz 做為執照頻塊的基礎，因此以 100MHz 為區塊大小可能更適合業者網路布建需求。

FCC 評估後，決定採取低區塊部份一張 200MHz 執照、高區塊採一張 100MHz 和兩張 200MHz 的頻段劃分方式。高區塊執照將分為：24.75-24.85GHz、24.85-25.05GHz 以及 25.05-25.25GHz 共三張執照。⁷⁷

(2) 47GHz 頻段（47.2-48.2GHz）

A. 頻段使用現況與行動業務

FCC 於 2017 年 10 月發布的文件中，47GHz 頻段為另一個 5G 候選頻段，目前該頻段主要由非聯邦固定、行動和固定衛星服務使用。FCC 將指派 47.2-48.2GHz 頻段供無線服務使用，目前該頻段並未分配給其他聯邦業務使用。⁷⁸

現階段 47GHz 頻段主要為固定式衛星服務使用，可能會使用到部份 47GHz 頻段，因此 FCC 規劃讓 47.2-48.2GHz 頻段適用於 UMFUS 管理規則，允許固定業務和行動通信業務使用該頻段。

B. 47GHz 執照發照與執照地理區域劃分

2016 年 FCC 進行 47GHz 頻段釋照之公眾意見諮詢時，即規劃採排他性專用區域之執照制度發照，地理區域劃分方式則採和 37/39GHz 頻段相同之部份經濟區域（PEA）。

⁷⁷ FCC (2017), Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Second Report and Order, Second Further Notice of Proposed Rulemaking, Order on Reconsideration, and Memorandum Opinion and Order, para 33, available at: http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1122/FCC-17-152A1.pdf (last visited: 2017/11/24)

⁷⁸ Id, para 42.

許多回應意見則認同 FCC 採 PEA 地理區域劃分的方式，認為此種地理區域劃分方式有助於促進網路布建。另外也有回應意見建議 FCC 應採取執照地理區域範圍更大的劃分方式，方能鼓勵投資並降低跨執照區域所需之溝通協調。FCC 則決定採地理執照區域之執照架構，並維持原先以 PEA 劃分方式釋出執照之規劃。FCC 相信此種劃分方式有助於促進頻譜接取並提升服務的布建效率。

C. 47GHz 頻段劃分方式

FCC 曾經討論過將整個 47GHz 頻段（47.2-50.2GHz）劃分為六張 500MHz 執照釋出，許多回應意見認為應該以大頻寬執照釋出，多數回應意見認為應以 200MHz 做為執照單位，Nokia 則贊成以六張 500MHz 執照方式釋出。

由於本次釋出頻段為 47.2-48.2GHz，FCC 最終決定將該頻段分為五張 200MHz 執照釋出。FCC 相信此一做法應可讓執照持有人有足夠的頻寬資源提供高速率數據傳輸，並推動各種創新應用服務的發展。

至於 48.2-50.2GHz 頻段，由於 FCC 認為該頻段仍為衛星業務核心使用頻段，因此並未允許讓固定服務和行動業務使用該頻段，現階段暫無釋出做為 5G 網路之必要。

(3) UMFUS 執照規範修正草案：運作績效量測指標

FCC 於 2017 年 10 月公布的第二次 5G 頻段規劃文件，除了討論 24GHz 與 47GHz 頻段釋出相關議題外，針對未來 5G 毫米波頻段將採 UMFUS 執照釋照，各界對於 UMFUS 執照之運作績效量測指標亦提出

修正建議。主要考量項目為物聯網等創新應用，未必符合傳統網路訊號涵蓋範圍之規範。

由於將來 5G 時代會涵蓋物聯網應用，然而物聯網應用可能僅著重於服務特定區域，例如工廠內的物聯網設備，相關服務區域會比傳統行動網路架構下，提供給民眾的服務區域更小。因此 FCC 目前規範 UMFUS 執照持有人需於換照申請前完成 40%執照服務區的運作績效量測指標，可能對物聯網業者或其他創新服務業者帶來挑戰。

FCC 認知到現階段要特別對物聯網應用形態另訂量測指標有其困難度，因此向公眾諮詢將網路涵蓋率調降為執照服務區內 25%的可能性，後續發展仍待 FCC 最終政策公告後方可得知。⁷⁹

(4) 70/80GHz 頻段

FCC 於 2016 年 10 月公布的第一次 5G 頻段規劃文件中，討論對於 70/80GHz 頻段（71-76GHz、81-86GHz）的規範方式。FCC 當時提出兩種可能的選項，第一種為列入與前揭介紹 5G 毫米波頻段的高頻微波彈性使用服務（UMFUS），另外一種則是使用與 3.5GHz 頻段相同的管制方式：公眾寬頻無線服務（CBRS），以動態頻譜共享方式分成三種層級使用者。

前揭政策討論於 2017 年 11 月第二次 5G 頻段釋出規劃有較明確之發展，對於 70/80GHz 頻段現階段 FCC 不考慮將其納入 UMFUS 管理規則之中。FCC 會持續觀察技術演進、其餘毫米波頻譜的布建狀況以及行動和固定業務間共存等相關議題的發展，再來決定是否調整。

⁷⁹ *Id.*, para 99.

另外，2016 年第一次規劃文件中亦討論是否對 70/80GHz 頻段採僅限室內免執照使用之政策規劃，原因在於隨著頻段越高，受大氣吸收損耗或雨水導致傳輸效率下降的情況將更為明顯，其中 50/60GHz 頻段受影響狀態更為顯著，至於 70/80GHz 頻段之大氣或雨水吸收現象反而不似 50/60GHz 頻段嚴重，如下圖 3- 3。

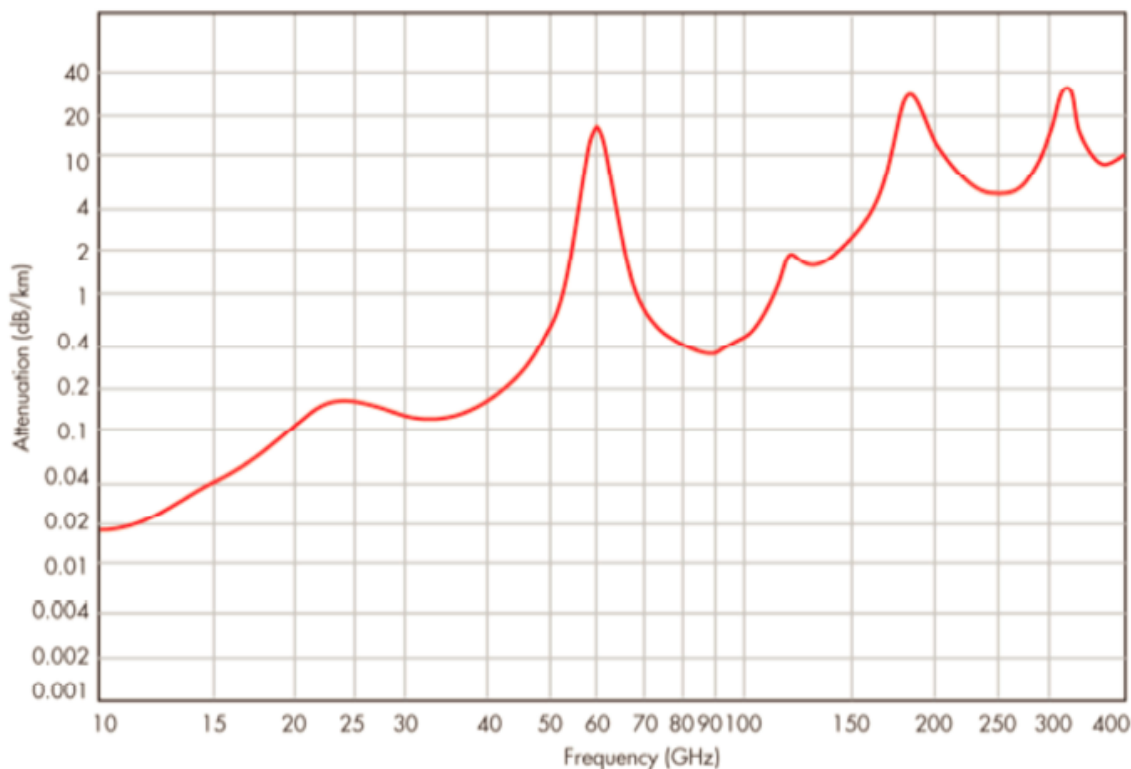


圖 3- 3：毫米波頻段受大氣和雨水吸收之訊號特性

資料來源：FCC

惟 2017 年 11 月第二次 5G 頻段釋出政策時，FCC 考量到促進 5G 創新服務與應用發展之政策目標，以及現階段尚無充分證據證明於 70/80GHz 使用免執照設備將對既有使用者產生干擾，故暫緩限制 70/80GHz 僅能以免執照於室內使用。

3、2017 年 5G 中頻段之監理議題討論（頻段 3.7-24GHz）

美國 3.7GHz 到 24GHz 頻段中有許多不同業務使用，包括固定式衛星服務與廣播衛星服務使用（Broadcasting-Satellite Service, BSS）。此外，也有部份聯邦機構使用該頻率範圍於雷達用途。為更進一步了解 3.7-24GHz 頻段之使用狀況，FCC 檢視相關頻段之使用狀態。

(1) 3.7-4.2GHz 與 5.925-6.425MHz

美國 3.7-4.2GHz 頻段主要使用於固定式衛星服務的下行鏈路（從太空至地球電臺），而 5.925-6.425MHz 則應用於固定式衛星服務上行鏈路（從地球電臺到太空）。運用該頻段做為下行鏈路的衛星數量達 48 個，在美國境內約有 4,700 個註冊之地面站。地球同步衛星則有 24 個轉頻器，轉發給一個或多個地球電臺，使用頻寬約 36MHz。

除固定式衛星服務外，地上固定業務（terrestrial fixed service, FS）亦使用 3.7-4.2GHz 頻段。使用成對式頻道 20MHz 給點對點公共載具業者或私企業固定式微波鏈路使用。最早運用於類比式電視網路和長途電話迴路，1988 年時曾有約 39,000 萬張執照，但過去 20 年間持續下降，至 2017 年時僅剩約 119 張執照。

由於 FCC 了解仍有許多固定式衛星業務之地球電臺仍以使用 3.7-4.2GHz 頻段為主要使用頻段，因此 FCC 希望諮詢公眾意見，了解運用該頻段與行動通信業務共享的可能性，同時也研析技術進步是否能促進行動通信服務的布建，並降低該頻段內與其他業務之干擾。

至於 5.925-6.425MHz 頻段主要分配給非聯邦用途的 FSS 以及 FS 使用。目前約有 1,535 個地球電臺執照使用該頻段從事上傳用途。5.925-6.425GHz 頻段同樣是 FS 的重度使用頻段，FS 執照業者用以提供

點對點微波鏈路，使用 120MHz 成對式頻寬。根據 FCC 資料庫，目前約有 27,000 張執照使用該頻段於點對點通訊用途。

FCC 諮詢公眾對於無線寬頻使用 5.925-6.425GHz 頻段之意見，該頻段目前緊鄰指定為免執照國家資訊基礎建設（Unlicensed National Information Infrastructure,U-NII）業務之頻譜資源。U-NII 頻段目前供免執照設備使用 5.15-5.35GHz 和 5.47-5.725GHz，同時受 FCC 免執照設備規範（第 15 章）管理。2013 年 FCC 尋求開放 U-NII 設備使用 5.35-5.47GHz 及 5.85-5.925GHz 頻段之公眾諮詢，不過 NTIA 認為 5.35-5.47GHz 目前尚無可讓 U-NII 設備與既有聯邦系統共享使用之解決方案。此外，FCC 也於 2016 年評估 U-NII 設備於 5.85-5.925GHz 和 DSRC 系統共享的可行性。

由於相鄰頻段正在進行是否適用於免執照頻譜之諮詢過程，因此 FCC 也考慮將 5.925-6.425GHz 頻段納入 U-NII 頻段，使該頻段得以共享方式供無線寬頻使用。

目前 FCC 尚未公布諮詢意見結果，不過 FCC 委員 Michael O’Rielly 於 2017 年 10 月 14 日的演講中提到，幾乎所有回應意見都贊同 3.7-4.2GHz 頻段對 5G 而言是重要的，同時許多回應意見認為美國在該頻段之整備應加緊腳步以跟上其他國家的進度。大多數回應意見均贊同可藉由和既有使用者的共享機制，或藉由彈性化之使用，讓該頻段可供行動通信使用。同時也有回應意見認為，該頻段原既有使用者應參考 AWS3 的拍賣經驗，透過移頻基金補助原既有使用者進行頻譜重整。另有高通公司建議在頻譜以拍賣方式釋出前，可透過共享方式加快行動通信服務使用該頻段的速度。3.7-4.2GHz 最大的既有衛星業

者 Intelsat 則認為可先進行移頻或清頻，再透過簽署商業協議的方式讓行動業者能夠使用該頻段。⁸⁰

Michael O’Rielly 委員認為 FCC 應開始進行 3.7-4.2GHz 頻段中既有業者於 FCC 資料庫中註冊資訊的更新作業，讓 FCC 清楚掌握目前使用 C-Band 的地球電臺數量，方能更精準的評估使用狀態與保護機制的可行性。

至於 5.9GHz 頻段，主要討論採免執照方式釋出供 5G 頻譜使用。Michael O’Rielly 委員表示，現階段 FCC 已完成該頻段的實驗室測試作業，正在分析結果。Michael O’Rielly 委員認為，原本 5.9GHz 頻段的 DSRC 主要為提供安全功能，但使用上有侷限，未必符合當下應用情境的需求，同時布建和維護的成本效益也需納入考量。因此，FCC 會視分析結果與諮詢意見回應，決定是否將 5.9GHz 頻段與 6GHz 頻段一併納入 5G 免執照頻譜之使用範圍。

(2) 6.425-7.125MHz

目前 6.425-7.125GHz 頻段主要分配給非聯邦用途地面衛星服務使用 6.525-7.125GHz，另有行動通信使用 6.425-6.525GHz 與 6.875-7.125GHz，以及地面衛星服務使用 6.425-6.700GHz 與 7.025-7.075GHz 做為上行鏈路、6.700-7.025GHz 做為上行鏈路與下行鏈路使用。

地面衛星執照業者主要使用 6.525-6.875GHz 與 6.875-7.125GHz 頻段於點對點衛星鏈路。目前 6.525-6.875GHz 約有 18,000 張執照，

⁸⁰ FCC (2017), Remarks of FCC Commissioner Micheal O’Rielly Before the 6th annual Americas spectrum management conference, October 13 2017, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-347222A1.pdf (last visited :2017/11/14)

6.875-7.125GHz 則有 4,900 張執照。FCC 希望藉由公眾諮詢，了解運用 6.425-7.125GHz 於行動通信業務之可行性。

(3) 其餘可用頻段之討論

FCC 於 2017 年討論 3.7-24GHz 頻段之諮詢文件中，尚討論藉由各種彈性使用方式擴大行動通信可用頻段之可能性，包括以下議題：

- 其餘 3.7-24GHz 頻段之彈性使用；
- 修正管理規則以提升頻譜使用效率；
- 簡化相關規範降低管制負擔；
- 更新頻譜分配狀態以回應技術演進；
- 促進頻譜有效使用之誘因；
- 對既有使用者重新分配以提升頻譜接取機會；
- 建立長期得促進頻譜彈性使用之機制。

4、目前已確定採執照方式釋出之頻段

經過 2016 年第一次 5G 頻段釋出規劃與 2017 年第二次 5G 頻段釋出規劃，目前美國已有五個毫米波頻段將以 UMFUS 執照釋出（24GHz、28GHz、37GHz、39GHz 及 47GHz）。以免執照方式釋出的頻譜資源則有 57-71GHz。另外，FCC 也開始調查 5G 中頻段從 3.7GHz-24GHz 間，適合應用於 5G 使用之頻譜資源。

(四) 業者頻譜持有狀態與 5G 發展規劃

FCC 近年來持續釋出頻譜資源，包括於 2017 年 3 月完成 600MHz 頻譜以誘因拍賣方式釋出、整備 3.5GHz 以 CBRs 方式釋出、完成 AWS-3 頻譜拍賣、整備 24GHz 以上毫米波頻譜資源與 3.7-24GHz 中頻段頻譜資源等政策措施。參考 FCC 於 2017 年 9 月公告之第二十號行動無線市場競爭年度報告（Twentieth Mobile Wireless Competition Report），目前 FCC 以頻譜篩檢機制（Spectrum Screen）控管、檢視應用於商用行動通信業務頻譜資源如下表 3-4。⁸¹

表 3-4：FCC 頻譜篩檢機制控管之頻譜資源

頻段	釋出頻寬
600MHz	70
700MHz	70
Cellular	50
SMR	14
Broadband PCS	130
AWS-1	90
AWS-3	65
AWS-4	40
H Block	10
WCS	20
BRS	67.5
EBS	89

⁸¹ FCC (2017), Annual Report and Analysis of Competition Market Conditions With Respect to Mobile Wireless, Including Commercial Mobile Service, Twentieth Report, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-17-126A1.pdf (last visited :2017/11/14)

總頻寬	715.5
-----	-------

資料來源：FCC

由於美國頻譜釋出多採分區執照形態，因此 FCC 以每 MHz/ 每人口的比例，計算業者頻譜持有狀態。目前美國四家全國型業者 Verizon Wireless、AT&T、Sprint 與 T-Mobile 的頻譜持有狀態合計約為總頻譜的 76%。以每 MHz/每人的頻譜持有狀態如下表 3-5。

表 3-5：美國頻譜分配狀態（以每 MHz / 每人的比例計算）

	600 MHz	700 MHz	Cell.	SMR	PCS	H Block	AWS -1	AWS -3	AWS -4	WCS	BRS	EBS
頻寬	70	70	50	14	130	10	90	65	40	20	67.5	112.5
AT&T	3.8%	41.6%	44.5%	0.0%	29.3%	0.0%	16.2%	33.6%	0.0%	100%	0.0%	0.0%
Sprint	0.0%	0.0%	0.0%	96.5%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	86.8%	69.8%
T-Mobile	45.3%	14.2%	0.1%	0.0%	22.0%	0.0%	41.0%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Verizon	0%	31.0%	47.5%	0.0%	16.4%	0.0%	39.1%	18.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
USCC	2.6%	3.6%	4.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.8%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
DISH	26.2%	6.6%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	35.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%
其他	22.0%	3.0%	3.9%	3.5%	2.6%	0.0%	2.9%	4.3%	0.0%	0.0%	13.2%	30.2%

資料來源：FCC

若將該頻段釋出總頻寬乘上每 MHz/每人之比例，則可估算各業者於各頻段持有頻寬數量，如下表 3-6。

表 3-6：美國頻譜分配狀態（乘上人口權重後的持有頻寬數）

	600 MHz	700 MHz	Cell.	SMR	PCS	H Block	AWS -1	AWS -3	AWS -4	WCS	BRS	EBS
頻寬	70	70	50	14	130	10	90	65	40	20	67.5	112.5
AT&T	2.6	29.2	23.6	0	38.1	0	14.6	20.3	0	20	0	0
Sprint	0	0	0	13.9	37.3	0	0	0	0	0	58.6	78.5
T-Mobile	30.8	9.9	0	0	28.7	0	36.9	3.4	0	0	0	0
Verizon	0	21.7	25.2	0	21.4	0	35.2	11.4	0	0	0	0

USCC	1.8	2.5	2.1	0	1.5	0	0.7	1.6	0	0	0	0
DISH	17.8	4.6	0	0	0	10	0	21.1	40	0	0	0
其他	14.9	2.1	2.0	0.5	3.4	0	2.6	2.6	0	0	8.9	34.0

資料來源：FCC

根據 FCC 對行動通信市場競爭分析報告指出，美國的行動通信業者持續布建分散式天線系統（Distributed Antenna System, DAS）和小型基地臺，用以改善 4G 網路的頻譜使用效率並做為未來 5G 網路布建之用，希望增加室內網路涵蓋、擴大人口密集區域的戶外涵蓋以及地底下的網路涵蓋，FCC 估計在 2018 年底前將有介於 10 萬至 15 萬個小型基站會完成布建。⁸²

目前美國行動通信業者正積極測試 5G 網路。Verizon Wireless 目前和多家設備商測試 5G，於 2017 年 5 月在安娜堡市（Ann Arbor）試轉其 5G 網路，其後於 2017 年 11 月宣布將在 2018 年中於沙加緬度市推出該公司 5G 家用寬頻服務，2018 年底將有最多 5 個國內市場可使用 5G 服務，目前 Verizon 已在國內 11 個市場測試 5G 應用。第一階段 5G 家用寬頻服務範圍將可涵蓋國內將近 3,000 萬家戶。該公司 5G 測試計畫主要使用 28GHz 頻段，免費供用戶測試使用。⁸³

AT&T 積極進行以 5G 毫米波做為固定式無線的測試運作，AT&T 和 Verizon 皆向 FCC 表達希望盡早取得 5G 毫米波頻譜執照以加速其 5G 網路布建。T-Mobile 規劃運用 600MHz 頻段布建其 5G 網路，並規劃使用部份 3.5GHz 頻段於 5G 網路布建。T-Mobile 在 2017 年 8 月宣布

⁸² *Id.*, para 42-43.

⁸³ FierceWireless (2017), Verizon to launch 5G first in Sacramento in late 2018, available at: <https://www.fiercewireless.com/wireless/editor-s-corner-so-verizon-s-launching-5g-sacramento-big-deal> (last visited: 2017/11/30)

其已商轉全世界第一個 600MHz 的 LTE 基地臺，該公司未來將藉由 600MHz 頻段布建 LTE 網路的基礎下，逐步移轉至實現國內 5G 網路布建。T-Mobile 和設備商愛立信合作，藉由愛立信的新無線電設備，建構未來可無縫接軌至 5G 的 LTE 網路。T-Mobile 的布建策略從郊區開始，訊號涵蓋範圍將超過 120 萬平方英里。第一個 600MHz LTE 基地的營運城市為懷俄明州（Wyoming）的夏安市（Cheyenne）。⁸⁴

Sprint 則規劃使用 2.5GHz 頻段做為 5G 網路布建。⁸⁵美國四大全國性行動業者對於 5G 的發展策略摘錄如下表 3-7。⁸⁶

表 3-7：美國四大行動業者 5G 發展策略

業者	頻段	策略內容
Verizon	28GHz 39GHz	➤ 2015 年中建立 5G 技術論壇 ➤ 策略夥伴：愛立信、三星、英特爾與高通 ➤ 2017 年 5 月進行 5G 車輛通訊與 VR 的測試驗證 ➤ 2017 年於 11 個市場推出 5G 先導服務 ➤ 向地區型業者取得 28GHz 和 39GHz 執照
AT&T	28GHz 39GHz	➤ 申請實驗執照，包括 3.7-4.2 GHz, 27.5-28.35 GHz, 37-38.6 GHz, 64-71 GHz, 71-76 GHz ➤ 2017 年 5 月推出 5G 固定式的視訊串流服務測試 ➤ 2017 年規劃以 28GHz 頻段進行測試 ➤ 2017 年與策略夥伴高通、愛立信進行 5G 測試 ➤ 參與 3GPP 對 5G NR 規格之測試
T-Mobile	600MHz 28GHz 38GHz	➤ 預計以 600MHz 進行 5G 網路布建 ➤ 2017 年宣布申請實驗執照（28GHz 與 38GHz）

⁸⁴ T-Mobile ready to rock new spectrum with first 600MHz lte smartphone & 5G-Ready network gear, available at: <https://newsroom.t-mobile.com/news-and-blogs/tmobile-600mhz.htm> (last visited: 2017/11/13)

⁸⁵ *Id.*, para 86.

⁸⁶ Rumi IIZUKA (2017), 5G Global trends, Spectrum Futures 2017.

Sprint	2.5GHz	➤ 和高通與 Softbank 簽署以 2.5GHz 頻段進行 5G 技術測試之合作協議 ➤ 與紐約大學協同測試 5G
--------	--------	--

資料來源：Rumi IIZUKA

四、 澳洲

(一) 政策發展

澳洲政府下轄之澳洲通訊與媒體管理局（Australia Communications and Media Authority, ACMA）是主管澳洲通訊業務。ACMA 的主要職責之一是根據 2005 年澳洲通信和媒體管理局法 (Australian Communications and Media Authority Act 2005, ACMA Act)、1992 年無線電通信法(Radiocommunications Act 1992)，以及 1992 年廣播業務法 (Broadcasting Services Act 1992, BSA)的法律授權來管理無線電頻譜，其頻譜管理範圍包括規劃、分配和許可，以及射頻設備和合規性的管理。

通訊市場環境不斷變化與演進，創新與日益複雜無線電技術的開發和使用、對頻譜接取的需求等變革，持續對頻譜管理架構造成壓力。在作出政策決定前，ACMA 必須平衡新浮現之利害相關人前所未有的頻譜增長需求，以及滿足現有利害相關人持續獲取頻譜的期待。ACMA 求取政府和其它應用服務對頻譜需求之平衡，以維持市場競爭。

五年頻譜展望(five-year spectrum outlook, FYSO)是 ACMA 諮詢和規劃頻譜管理框架的重要參考文件，提供關於頻譜需求以及外部環境所引起其他重大挑戰之相關資訊。FYSO 協助 ACMA 對特定頻譜議題的公眾諮詢討論。ACMA 致力於使所有利害相關人均得以參與有關頻譜需求和優先頻譜議題的公開討論。

FYSO 針對 ACMA 頻譜管理的優先事項、短期與中期相關議題，以及其對應之規劃和解決方案定期檢視，利害相關人可以使用該文件

來確認 ACMA 何時開始啟動特定的工作計畫，並了解 ACMA 對特定活動的優先順序。ACMA 的 FYSO 需求分析架構如圖 3-4 所示。

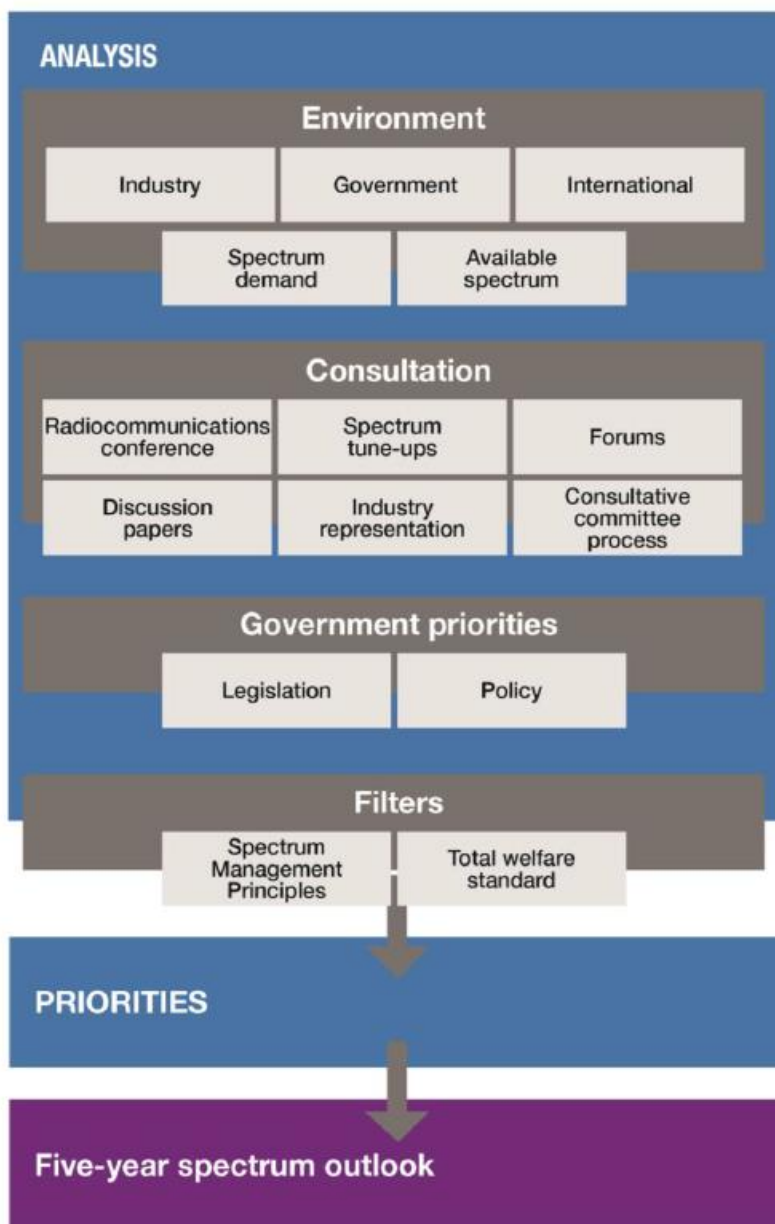


圖 3-4：ACMA 的 FYSO 需求分析架構

資料來源：ACMA

ACMA 的頻譜管理決策架構如下圖 3-5 所示，旨在確保 ACMA 明確掌握其管理的頻譜使用者和服務之技術、經濟和社會環境，使

ACMA 能夠執行符合市場需求的頻譜管理決策。下圖 3- 5 中黑色的迴圈箭頭代表頻譜管理的結果影響了環境，以及對頻譜的需求與供給，此一過程是不斷迴圈、重複出現。

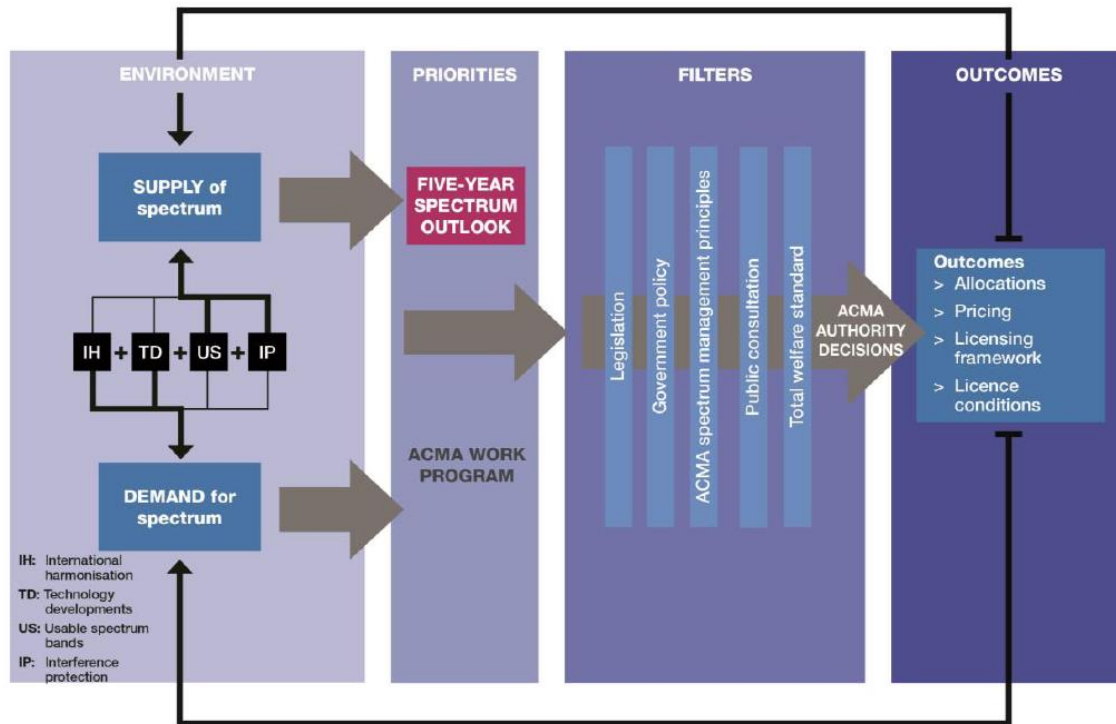


圖 3- 5：ACMA 的頻譜管理決策架構

資料來源：ACMA

行動寬頻訊務量需求成長仍是 ACMA 頻譜管理的關鍵議題。多年來，行動寬頻頻譜管理是 ACMA 的重點領域，為其相關策略與工作計畫提供詳盡的公共指導原則。為了回應行動寬頻快速增加的狀況，ACMA 主要考量三個重要因素：

- 分配額外的頻譜或改善現有頻譜的使用效率；
- 運用效率更好的技術；
- 布建適當的網路基礎設施與拓撲。

ACMA 認為澳洲目前短至中期尚有足夠的頻譜資源可用於行動寬頻服務。然而，為了提供長期可用的額外頻譜，以及確保合乎國際頻譜協同一致的重要性，ACMA 必須提前展開相關工作。為此，ACMA 於 2015 年 9 月 10 日發布了 2020 年後的頻譜管理策略：2020 年後的頻譜管理策略（Beyond 2020- A spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity），以解決行動寬頻訊務量的成長。⁸⁷

ACMA 於 2016 年 2 月 24 日發布了行動寬頻策略 - ACMA 的頻譜管理策略（Mobile Broadband Strategy – The ACMA’s spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity），以解決行動寬頻訊務量的成長。⁸⁸ 該文件與 2020 年以後的頻譜管理策略一同發布摘要與各界意見回應結果⁸⁹。ACMA 將會持續跟上國際間不斷變化之趨勢，包括觀察 6GHz 以上頻譜適用於行動寬頻業務與 5G 之發展。同時，ACMA 也會採取比較靈活的頻譜策略，以回應行動寬頻需求之成長。

（二）頻段規劃

ACMA 於 2016 年 2 月發布關於 5G 和行動網路發展新興議題的報告（5G and mobile network development—Emerging issues）⁹⁰，檢視在

⁸⁷ ACMA (2015), Beyond 2020—A spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity.

⁸⁸ ACMA (2016), Mobile broadband strategy—The ACMA’s spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity.

⁸⁹ ACMA (2016), a summary of and response to submissions received to Beyond 2020.

⁹⁰ ACMA (2016), 5G and mobile network developments—Emerging issues, available at : <https://www.acma.gov.au/theACMA/~media/47F68EC7164A4BBD88D29D1420ADA3A4.ashx> (last visited : 2017/11/29)

透過大量使用行動寬頻與 M2M 通訊的情況下，行動技術的創新如何提供澳洲 5G 的拓展與機會。該份報告指出，欲實現行動網路下一階段的發展，需要 ACMA 協助頻譜配置的國際協調作業，為製造商提供規模經濟，以降低設備成本，使消費者獲益。

國際頻譜的協調和技術標準化、相對應的頻譜配置正處於發展初期。ITU-R 之 IMT 框架下的國際頻譜協調，以及 3GPP 的技術標準化仍持續進行，預計尚需要一段發展時間，包括 2019 年底 WRC-19 大會對毫米波頻譜之整備決議，以及 3GPP 預計於 2018 年中旬完成 Release 15 之技術規格訂定。⁹¹

ACMA 於 2016 年 10 月公告澳洲 2016 至 2020 年的 FYSO⁹²，針對 5G 候選頻段和毫米波頻段，ACMA 將持續觀察其他國家與 WRC-19 大會的發展，並透過諮詢公眾意見，尋求適合作為 5G 候選頻段之建議。ACMA 參考的頻段包括美國 FCC 初期選定 27.5-28.35GHz、37-40GHz，以及 64-71GHz 頻段作為 5G 頻譜；另外也參考歐盟將 3.4-3.8GHz 作為 5G 初期候選頻段，以及 24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz，以及 40.5-43.5GHz 等毫米波頻段之調查，以期作為初期的 5G 頻段。⁹³

ACMA 將持續觀察其他國家與 WRC-19 大會的 5G 頻譜發展，除了 5G 高頻段毫米波頻譜外，同時也有興趣使用較低頻段的頻譜作為 5G 使用頻段，包括 6GHz 以下的 2.3GHz、2.5GHz、3.5GHz，以及 3.6GHz 頻段。其中，澳洲已釋出 2.3GHz、2.5GHz 及 3.5GHz 供行動寬

⁹¹ 3GPP (2016), High-level Features and Studies, www.3gpp.org/images/presentations/optimised_poster.pdf (last visited : 2017/6/12)

⁹² ACMA (2016), Five-year spectrum outlook 2016-20, <http://www.acma.gov.au/theACMA/five-year-spectrum-outlook-2016-20> (last visited : 2017/6/15)

⁹³ [https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/1a40dd19-c8a8-4ed0-bc9c-6cc5a7755f7d/RSPG16-031Final Opinion 5G for public consultation.pdf](https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/1a40dd19-c8a8-4ed0-bc9c-6cc5a7755f7d/RSPG16-031Final%20Opinion%205G%20for%20public%20consultation.pdf) (last visited : 2017/11/15)

頻使用，相關頻譜可用於 5G 初期布建。另參考歐盟將 3.4-3.8GHz 作為 5G 初期候選頻段之政策，3.6GHz 頻段已納入 ACMA 行動寬頻工作計畫的初步調查階段，預計在 2018 年進行 3575-3700MHz 以及 3700-3800MHz 的頻譜拍賣作業。

ACMA 將繼續協助產業開發 5G，包括促進符合 ACMA 有關新興無線電通信技術適用準則的試驗。ACMA 指出，因為毫米波頻段存在較少的既有業者，較容易管理共存的挑戰，部份毫米波頻段將會考慮應用於 5G 網路，而且在適當選擇頻段與位置的情況下，可以更容易加速產業的試驗。

ACMA 將透過既定的國際籌備程序，持續與利害相關人協調，以制定澳洲的頻譜定位，並在 WRC-19 大會處理 IMT-2020/5G 的頻譜協調時，適時提出建議與貢獻。

ACMA 了解行動寬頻可能快速成長，因此在下一年度更新 ACMA 行動寬頻工作計畫之前，將與產業進行協商，討論尚未進入檢視階段的 5G 毫米波頻段之進展。各種行動的適當性和時機性將取決於 ACMA 和產業是否可以取得足夠的資訊，以制定相關建議。此外，須認真考量其他頻譜管理的活動，以制定相關議題的優先性。

(三) 頻譜使用與管制議題

1、5G 頻譜管理議題

ACMA 討論 5G 頻譜的配置，應採用何種作法來管理毫米波頻譜。除了毫米波頻譜外，依據 FYSO 對於行動寬頻工作計畫的說明，ACMA 將會發布一篇關於 3.6 GHz 頻段的報告，該份報告將會研究行

動寬頻使用該頻段的可能性。鑑於全球對於 5G 網路布建的興趣日漸增長，迫使 ACMA 必須提早考量澳洲 5G 頻譜分配，因此 ACMA 將下列問題列為近期的重要議題，希望利害相關人能提供相關意見：

- ACMA 的行動寬頻工作計畫預計在哪個時間點、或在哪種情況下，潛在的 5G 毫米波頻段將超出預期？
- 相較於 6 GHz 以下其他潛在的頻譜資源，是否需要優先調查毫米波頻段？
- ACMA 應採取何種措施來推進 5G 毫米波頻譜之管理？是採用傳統作法，先等待國際頻譜協同一致，並在該頻段生態系統明確健全發展後，再認真考慮？或是採取較積極主動的作法？這種作法風險較大，但可儘早釋出 5G 頻譜。
- 如果考量 5G 頻譜初期配置，哪一種 5G 毫米波頻段最成熟？
- 如果初期即配置 5G 毫米波頻段，須考慮哪些技術議題？例如針對個別執照，以及產業的整體考量，最小執照單位釋出頻寬應設定為何？為了儘早釋出頻譜資源，能否調整相關考量要素？
- 哪些頻譜共享措施和既有使用者，對 5G 毫米波頻段影響最大？
- 5G 毫米波頻段是否為新興頻譜共享和釋照作法提供機會？

2、毫米波頻譜討論議題

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⁹⁴，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

⁹⁴ 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> (last visited : 2017/11/28)

增加對毫米波頻段的興趣，以及毫米波频段中既有使用者的限制問題，透過本次會議和磋商過程，將相關提議用於協助 5G 初期使用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⁹⁵，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 频段（26 GHz 频段）作為 5G 初期使用，並歡迎業界建議其他可用的毫米波频段作為參考。

具體來說，ACMA 建議在調整的過程中使用 FYSO 蒐集到的回應意見與各方資訊，並將此諮詢過程作為對 26 GHz 毫米波頻段的初步調查，相關成果亦可作為其他毫米波頻段的參考，藉以決定是否將一個或多個毫米波频段納入 ACMA 行動寬頻策略的初步規劃階段。如果選定一個或多個毫米波频段後，將進入至下一階段，ACMA 將致力於發展諮詢文件，討論可能之選項。針對 26 GHz 毫米波频段，除非有重大反對理由，否則 ACMA 將使用此過程中所取得的相關資訊，於 2018 年第一季發布後續政策規劃。

(四) 業者頻譜持有狀態與 5G 發展規劃

澳洲主要行動業者包括 Telstra、Optus 及 Vodafone Australia 之頻譜持有狀態如下圖 3-6。⁹⁶

⁹⁵ ACMA (2017), Questions for comment: Spectrum for broadband in the mmWave bands.

⁹⁶ Mobile Network Guide in Australia (2017), available at: http://www.mobilenetworkguide.com.au/australian_mobile_phone_frequencies.html (last visited : 2017/11/28)

Mobile Carrier	700 Band (MHz)	800 Band (MHz)	900 Band (MHz)	1800 Band (MHz)	2100 Band (MHz)
	713-733 768-788	880.0 - 890.0	935.0 - 943.4	1805.0 - 1815.0 1825.0 - 1830.0	
	703-713 758-768		943.4 - 951.8	1820.0 - 1822.5 1837.5 - 1850.0	2140.0 - 2150.0
		870.0 - 880.0	951.8 - 960.0		2160.0 - 2170.0

圖 3- 6：澳洲行動業者頻譜持有狀態

資料來源：Mobile Network Guide in Australia

澳洲主要行動業者 Telstra 與 Optus 已開始進行 5G 相關測試。Telstra 和愛立信合作於 2017 年 11 月宣布在澳洲黃金海岸建立 5G 測試中心，Telstra 宣稱該公司為全世界第一個使用 26GHz 毫米波頻段的 5G 測試網路。⁹⁷

⁹⁷ ZDNet (2017), Telstra launches 5G testing centre, available at: <http://www.zdnet.com/article/telstra-and-ericsson-make-5g-data-call-over-mmwave/> (last visited : 2017/11/28)

五、日本

(一) 政策發展

2013 年 6 月 14 日日本內閣議決提出《世界最新進 IT 國家創造宣言》（後於 2014 年 6 月 24 日修正），希望能夠達到產業革新、打造健康、安心的生活環境與建立具備完善公共服務的社會環境等目標。為實現前述政策，總務省希冀打造世界最高水準的 IT 環境，推動行動寬頻與固定光纖寬頻的發展即屬重要措施之一。⁹⁸

為推動 5G 服務實際上路，日本產官學界（電信業者、通訊設備製造商、應用・內容相關企業、大學與研究機關）自 2014 年 9 月成立第五世代行動通進論壇（5GMF），以 2020 年東京奧運會作為目標，進行次世代的行動服務實現進程。⁹⁹日本 5G 政策路徑如下圖 3-7。

⁹⁸ 日本首相官邸（2013），《世界最先端 IT 国家創造宣言》，網址：
<<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou1.pdf>>。

⁹⁹ 第 5 世代モバイル推進フォーラム（2016），〈5GMF における 5G 総合実証の検討状況について〉，網址：<http://www.soumu.go.jp/main_content/000446203.pdf>。

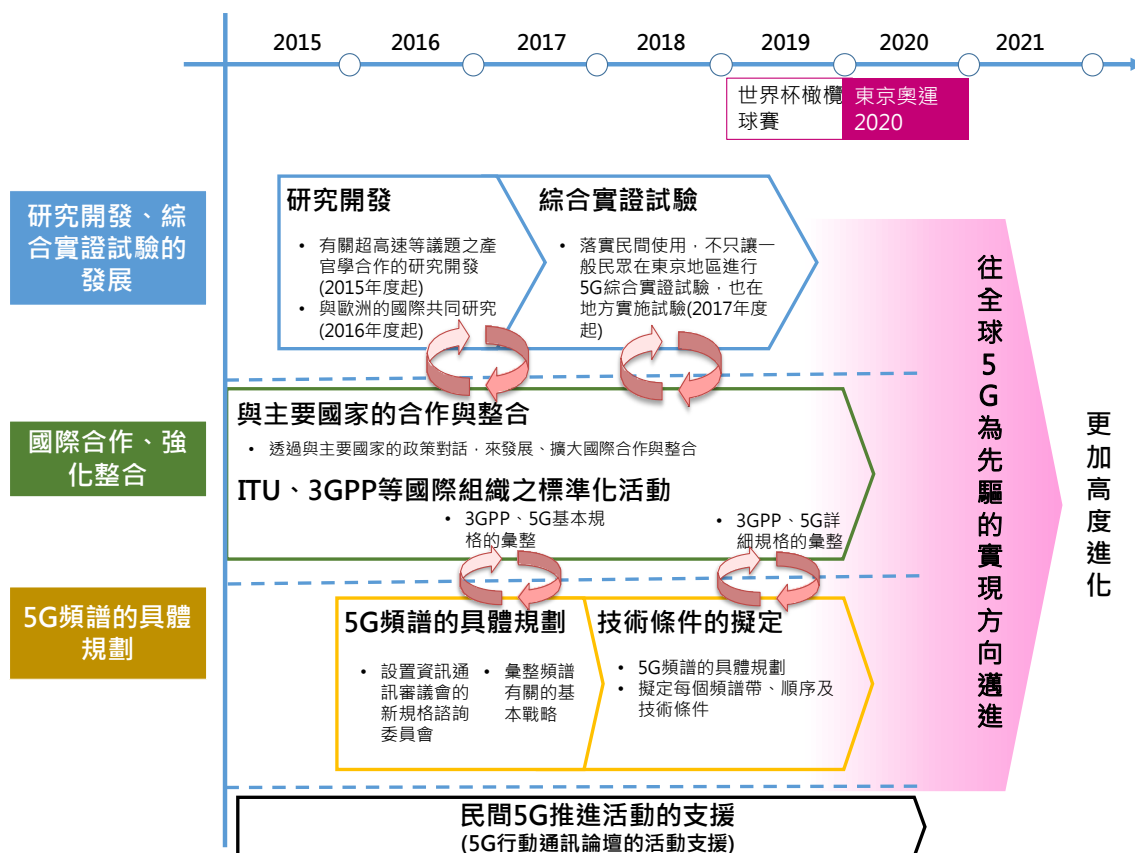


圖 3-7：日本 5G 政策路徑

資料來源：總務省

為了往 2020 年實現 5G 之路邁進，總務省自 2016 年 10 月在內部資訊通訊審議會¹⁰⁰之資訊通訊技術分科會中¹⁰¹，成立「新世代行動通訊系統委員會」，開始進行新世代行動通訊系統技術的彙整檢討，檢討事項包括「基本概念」、「網路構成模式」、「服務樣貌」、「需求條件」以及「4G 往 5G 的進化情境」等，最後產生 5G 導入後的頻譜區段、技術條件的彙整報告。新世代行動通訊委員會之配置如下圖 3-8。

¹⁰⁰ 資訊通訊審議會（情報通信審議会）為總務省 2001 年成立時即有的組織，其為總務大臣之諮議機構，如電磁、頻譜利用有關之政策等重要事項之調查審議，給予總務大臣相關意見，以及在郵政事業給予各有關大臣相關意見。

¹⁰¹ 分科會的其他委員會為 ITU 部會、廣播系統委員會、IP 網路設備委員會、陸上無線通訊委員會、行動電話等高度畫委員會、航空・海上無線通訊委員會、衛星通訊系統委員會、頻譜利用環境委員會、技術戰略委員會。

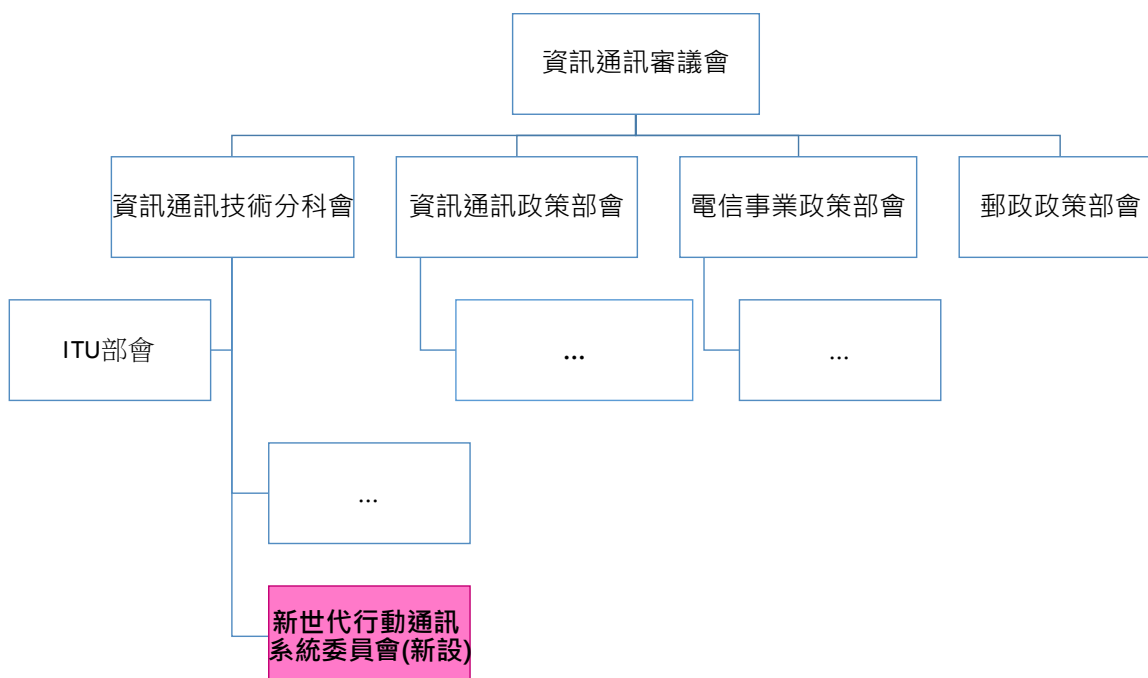


圖 3- 8：新世代行動通訊系統委員會在資訊通訊審議會之位置

資料來源：總務省

5G 通訊系統特徵具備「超高速」、「多數同時接取」與「低延遲、高可用性」等。日本以 2020 年實現 5G 為目標，期待在活用 5G 的特徵下，在交通、智慧城市、農林水產業、醫療等領域運用、創造新的商業模式。為了要盡早實現 5G，日本嘗試強化日本企業的國際競爭力，活化地區商業服務的方式落實 5G 進展。¹⁰²

(二) 頻段規劃

總務省於 2016 年 1 月起召開「電波政策 2020 懇談會」，以邁向 2020 年日本無線服務之發展、國際競爭力強化之策略、修正新的無線系統導入後之制度方向以及迎接 2017 年修正頻譜使用費制度的方案等

¹⁰² 總務省（2016），〈IoT 時代に時代に向けた移動通信政策の動向〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000454145.pdf>。

政策面向進行討論；另外在 2016 年 6 月 7 日至 6 月 24 日間進行公眾意見蒐集，共收到 93 件回覆意見，最後於 2016 年 7 月 15 日公布懇談會報告書。¹⁰³

電波政策 2020 懇談會中的其中一項檢討 5G 頻譜使用，並加上國際協同一致之頻段，以推展、協調與各國 5G 頻譜之搭配，另外也針對無線區域網路使用的頻譜進行檢討。目前頻譜整備具體討論方向如下。

104

1、3.4GHz 以下（3GPP 使用頻段）

- 1.7GHz、2.3GHz 頻段：包含公共業務用廣播電臺的頻譜共用、重新配置之檢討。
- 2.6GHz 頻段：發展檢討下階段衛星行動通訊系統導入時的頻譜共用機制。
- 3.4GHz 頻段：檢討「終止移頻措施」之活用機制。

2、3.6GHz 至 4.9GHz

- 3.6GHz-4.2GHz、4.4GHz-4.9GHz：根據國際調和、國內外研究開發動向與既有業務的頻譜共用狀態等議題進行綜合檢討。

3、5GHz 頻段（無線區域網路）

- 5.15-5.35GHz 頻段：根據國際動向，發展可與其他戶外使用業務的共用機制，如下圖 3-9。

¹⁰³ 參見總務省網站：

<http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/denpa_2020/02kiban09_03000328.html>。

¹⁰⁴ 總務省（2016），〈電波政策 2020 懇談會報告書概要〉，網址：

<http://www.soumu.go.jp/main_content/000430218.pdf>。

- LTE 使用 5GHz 頻段之相關技術：持續掌握國際發展。

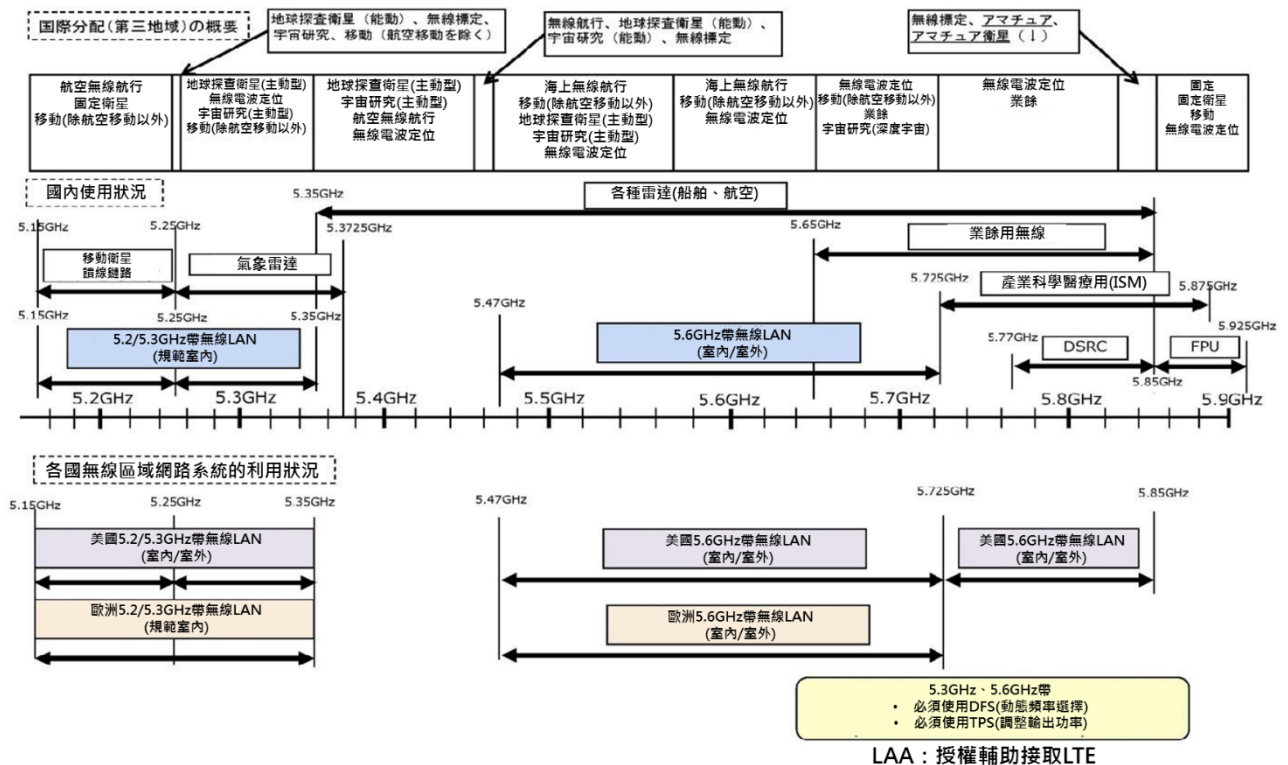


圖 3- 9：5GHz 頻使用狀態

資料來源：總務省

4、6GHz 頻段以上

- 24.245GHz-86GHz（11 個頻段）（目前 IMT-2020 檢討的頻譜）：根據國際頻譜協同共用、國內外的研究開發動向與既有業務的共用狀態，進行綜合檢討。
- 27.5GHz-29.5GHz：參考美國動向進行綜合檢討。

總務省持續探討 5G 候選頻段的分配狀況。¹⁰⁵

¹⁰⁵ 總務省（2016），〈情報通信審議会 諮問 新世代モバイル通信システムの技術的条件について〉，網址：<http://www.soumu.go.jp/main_content/000446203.pdf>。

5、因應東京奧運之頻譜整備

總務省與公益財團法人東京奧林匹克運動會組織委員會因應奧運期間頻率劃分檢討，彙整了兩項檢討要點：¹⁰⁶

(1) 根據國外相關人員可能攜帶之無線系統設備

根據國外相關人員攜帶至日本的無線設備規格，預想可能的頻譜使用狀態。相關裝置以過往奧運舉辦時之使用規格為參考範例，包括：

- 無線麥克風/耳內監控器；
- 錄影設備（包含無線攝影機等影像固定迴路（P2P 迴路））；
 - 無線攝影機
 - 點對點迴路
- 聯絡用行動式無線電話；
- Intercom 對講機；及
- 遙測發射器。

(2) 2020 東京奧運內施行的頻率分配

因應東京奧運舉辦之頻率分配，從 138MHz 之聯絡用行動式無線電話、Intercom 對講機、遙測發射器，到 12.2GHz 之點對點固定迴路（作為公共、一般迴路與衛星無線基地臺之使用）。不過，總務省特

¹⁰⁶ 總務省（2017），〈2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会で割当を行う周波数〉，網址：<http://www.soumu.go.jp/main_content/000472849.pdf>。

別提到，相關頻率使用時，必須注意與既有業務使用的共存、干擾議題。相關使用頻率如下表 3-8。

表 3-8：東京奧運內之頻率使用劃分

頻率使用規劃 MHz	東京奧運會時之主要使用目的
138-170、170-225、335.4-380.2	聯絡用行動式無線電話、對講機、遙測發射器
381.4-402	遙測發射器
406.1-420、420-470	聯絡用行動式無線電話、對講機、遙測發射器
470-714、714-718、748-755、765-773、803-806、810-815、845-850	無線麥克風/耳內監控器
915-930	遙測發射器
1215-1400	無線麥克風/耳內監控器 無線攝影機
1525-1559、1613.8-1660.5、1668.4-1700、1980-2110、2170-2300、2300-2400	無線攝影機
2483.5-2497	無線攝影機、遙測發射器
2500-2545、2575-2595、2645-2690、2700-3100、3100-3400、3600-4200、4400-4900、4900-4990、5000-5150、5710-6425	無線攝影機
6425-7900	無線攝影機、點對點固定迴路
10.7-11.7GHz、12.2-12.75GHz	點對點固定迴路

資料來源：總務省、東京 2020 組織委員會

(三) 頻譜使用與管制議題

為了於 2020 年導入與促進新無線系統之普及，以解決制度上的議題，有必要擬訂頻譜使用環境之保護策略，「電波政策 2020 懇談會」提出關於頻譜監理、監督有關之制度修正如下：¹⁰⁷

- 電波使用費修正；
- 新無線系統的導入、普及等對應之執照制度；
- 開設計畫認定制度；
- 頻譜調整、共用與重新配置；
- 地區性的廣域行動無線接取議題；
- 檢查制度；
- 技術基準與測定方法；
- 高頻譜使用設備適用之制度。

對於頻譜調整、共用與重新配置，總務省依據不同頻段特性，整理相對應之政策如下。

1、1.7GHz、2.3GHz、2.6GHz：行動通訊頻段

為了對應 4G 行動通訊系統的頻譜需求，原先使用 1.7GHz 頻段之既有公共業務用基地臺將移往 4GHz 頻段，目標於 2017 年底分配頻譜。

關於 2.3GHz 頻段，為了可以成為行動通訊系統使用之頻譜配置，持續檢討與公共業務用基地臺（固定、移動）的頻譜共享與重組。2.6GHz 頻段則開始往下世代衛星行動通訊系統檢討，並進行與行動通訊系統間共享條件的技術檢討。

¹⁰⁷ 總務省，前掲註 104。

2、2.5GHz：地區型無線寬頻接取

為了讓地區型無線寬頻接取高度發展，與公共服務相關的市町村合作之制度整備（2014 年 10 月 1 日施行）明確後，應激發市場新進入者誘因與高度發展動力。因此將從頻譜有效利用的觀點出發，定期確認頻譜使用狀況。除了公開發布相關訊息外，還會同時針對地區型無線寬頻接取制度進行地方縣市政府的政策宣傳。

1.7GHz、2.3GHz、2.5GHz 以及 2.6GHz 之頻譜使用狀態如下圖 3-10。

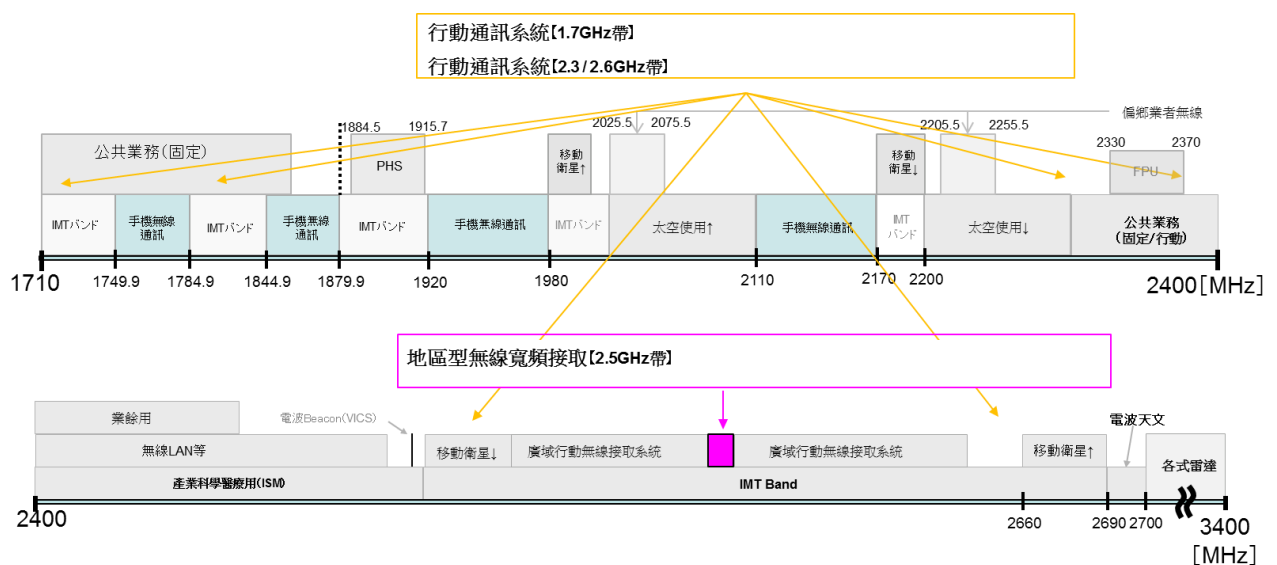


圖 3- 10：1.7/2.3/2.6/2.5GHz 頻譜使用狀態

資料來源：總務省

3、3.4-4.4GHz：行動通訊系統

關於 3.4-3.48GHz 的既有無線頻譜轉移，有以下二項原則：

- 3.4GHz 頻段的 STL/TTL/TSL 與監視/控制迴線將移往 M 頻段 (6570-6870MHz)及 N 頻段(7425-7750MHz)
- 3.4GHz 頻段的 FPU 將移往 B 頻段(5850-5925MHz)及 D 頻段(6870-7125MHz)，預定於 2022 年 11 月 30 日前移頻。

3.4GHz 頻段將以導入 4G 行動通訊系統為主，目標於 2017 年底分配頻譜。3.6-4.2GHz 頻段則依據 ITU、3GPP 等國際檢討狀況與研究開發動向，將往 5G 方向導入，2018 年夏天將議定技術條件，目標在 2018 年底完成頻譜分配，同時確保 3.7GHz 頻段與 4.5GHz 頻段上擁有最大 500MHz 之頻寬。目標於 2020 年實現 5G，並持續進行研究開發、綜合實證與國際標準化。3.4-4.4GHz 頻譜使用狀態如下圖 3- 11。

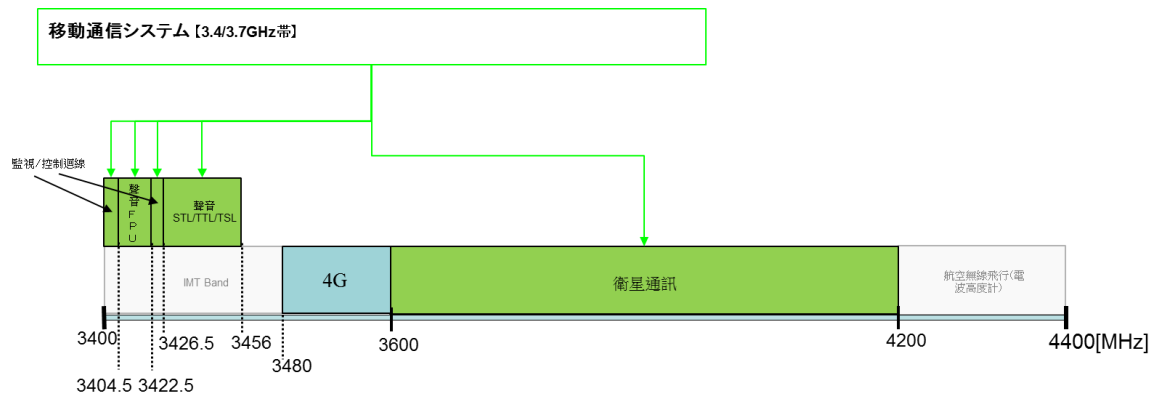


圖 3- 11：3.4-4.4GHz 頻譜使用狀態

資料來源：總務省

4、4.4-4.9GHz：行動通訊系統

依據 ITU、3GPP 等國際檢討狀況與研究開發動向，4.4-4.9GHz 頻段將往 5G 方向導入，2018 年夏天左右議定技術條件，目標在 2018 年底完成頻譜分配，並確保在 23.7GHz 頻段與 4.5GHz 頻段擁有最大

500MHz 之頻寬。目標於 2020 年實現 5G，並持續進行研究開發、綜合實證與國際標準化。

5、5GHz：區域無線系統

5GHz 頻段之頻率位置：5150-5350MHz / 5470-5725MHz。看準 2020 年東京奧運的機會，因應未來流量增加，將以 5GHz 無線 LAN 系統滿足流量，同時進行與其他既有的無線系統的共享條件的技術檢討。希望能實現目前供室內使用的 5.2~5.3GHz 頻段能在室外使用，2017 年中決定技術基準。4.4-4.9GHz 與 5GHz 頻段使用狀態如下圖 3-12。

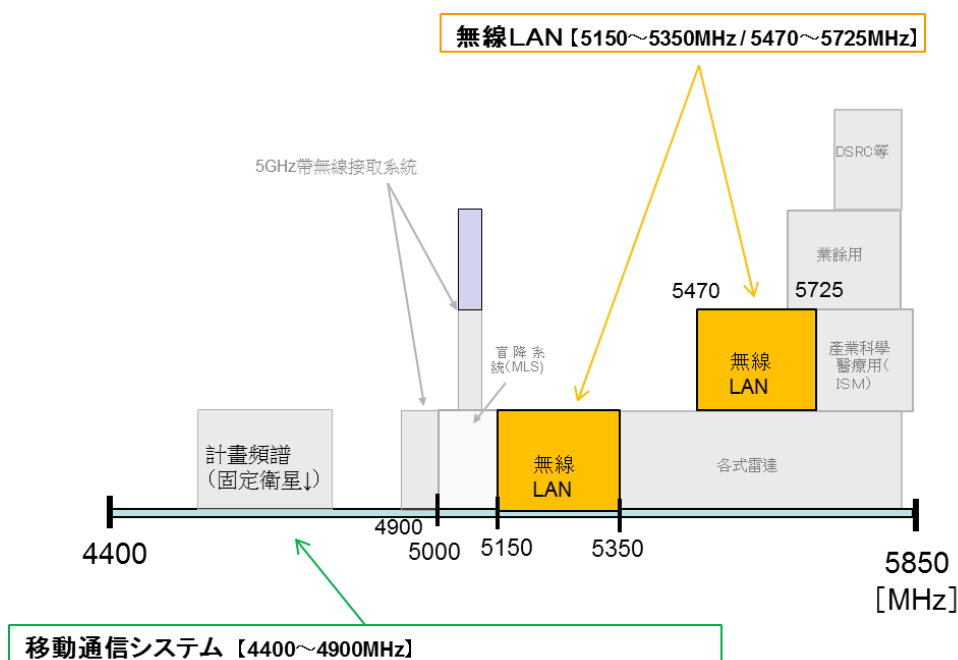


圖 3-12：4.4-4.9GHz/5GHz 頻段使用狀態

資料來源：總務省

6、27.5-29.5GHz：5G 行動通訊

依據 ITU、3GPP 等國際檢討狀況與研究開發動向，27.5-29.5GHz(28GHz 頻段)將往 5G 方向導入。目標在 2018 年底完成頻譜分

配，2018 年夏天左右議定技術條件，並確保 28GHz 頻段有 2GHz 之頻寬可用。目標於 2020 年實現 5G，並持續進行研究開發、綜合實證與國際標準化。

關於 WRC-19 檢討的毫米波頻譜(包括 24.25GHz-27.5GHz、31.8GHz-33.4GHz 等 11 個頻段)，除了依據 ITU、3GPP 檢討狀況與各國動向外，亦進行 5G 與其他無線系統的共享利用檢討。

該頻段預計於 2020 年開始檢討人造衛星通訊 Ka/Ku 頻段之政策規劃作業。如下圖 3- 13

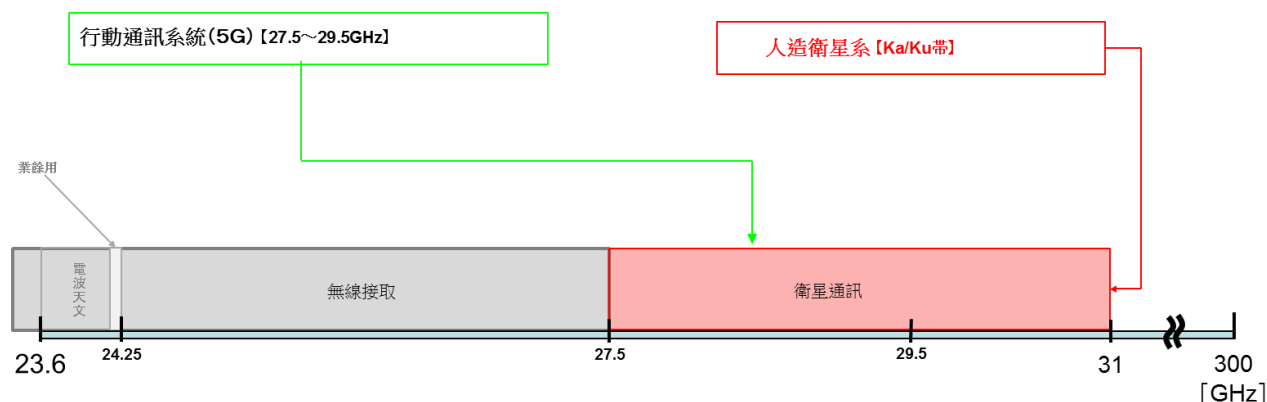


圖 3- 13：28GHz 頻段使用狀態

資料來源：總務省

(四) 業者頻譜持有狀態與 5G 發展規劃

現階段日本行動業者頻譜持有狀態如下表 3-9。¹⁰⁸

表 3-9：日本行動通訊頻譜分配狀態

業者別	頻段(MHz)		使用技術
	上行	下行	
NTT DOCOMO, INC.	728-738	783-793	LTE
	830-845	875-890	WCDMA / LTE
	1447.9-1462.9	1495.9-1510.9	LTE
	1764.9-1784.9	1859.9-1879.9	WCDMA / LTE
	1940-1960	2130-2150	WCDMA / LTE
	3480-3520(TDD)		LTE
KDDI CORPORATION	718-728	773-783	LTE
	815-830	860-875	CDMA2000 / LTE
	1437.9-1447.9	1485.9-1495.9	LTE
	1920-1940	2110-2130	CDMA2000 / LTE
	3520-3560(TDD)		LTE

¹⁰⁸ APT (2016), APT Report on "Information of Mobile Operator's Frequencies, Technologies and License Durations in Asia Pacific Countries", available at: http://www.apr.int/sites/default/files/Upload-files/AWG/APT-AWG-REP-15Rev.4_APT_Report_on_Mobile_Band_Usage.docx (last visited : 2017/11/28)

SOFTBANK MOBILE Corp.	900-915	945-960	WCDMA / LTE
	1427.9-1437.9	1475.9-1485.9	WCDMA
	1960-1980	2150-2170	WCDMA / LTE
	3560-3600(TDD)		LTE
Ymobile Corp.	738-748	793-803	LTE
	1749.9-1764.9	1844.9-1859.9	WCDMA / LTE
Ymobile Corp.	1884.5-1915.7(TDD)		PHS
Wireless City Planning Inc.	2545-2575(TDD)		AXGP(Advanced eXtended Global Platform)
UQ Communications	2595-2645(TDD)		WiMAX / WiMAX2+

資料來源：APT

NTT Docomo 於 2017 年 5 月成立 5G 測試站，以 28GHz 與 4.5GHz 頻段做為測試頻段，測試基地臺與終端設備間的連線狀態。2017 年 11 月宣布該公司已和豐田汽車、愛立信和英特爾成功完成 5G 技術適用於汽車的測試實驗，車輛行駛速率 30km/h 的情況下能夠提供 1Gbps 的 4K 影音傳輸。¹⁰⁹

¹⁰⁹ NTT Docomo (2017), DOCOMO Initiates Multi-Party 5G trial for connected cars, available at: https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2017/1106_00.html (last visited : 2017/11/28)

Softbank 於 2017 年 9 月將與愛立信合作在日本都會區實驗以 4.5GHz 頻段提供端到端之 5G 測試網路。Softbank 於 2016 年 8 月就已經開始進行 5G 相關測試，最初進行基地臺到設備端的訊號測試，並陸續於東京完成使用 4.5GHz 頻段與 15GHz 頻段之 5G 測試作業，後續則於 2017 年 3 月使用 28GHz 頻段進行測試。¹¹⁰

現階段日本投入 5G 實驗的方向與內容整理如下表 3-10。

表 3-10：日本 5G 實驗案例

項次	主要業者	合作夥伴	實驗內容	實施場所	技術目標
1	NTT docomo	東武 Tower Skytree 株式會社 綜合警備保障株式會社 和歌山縣	高臨場度、高精細度的影像內容傳輸與廣域監視；綜合病院與區域診療所間的遠距醫療相關實證	東京都(東京 Sky Tree 城鎮周邊) 和歌山縣	實現使用終端 5Gpbs 的超高速通訊(基地臺端超過 10Gbps)
2	NTT communications	東武鐵道株式會社 株式會社 Infocity	對於高速移動體(鐵路、巴士)的高精細度影像傳輸之相關實證	栃木縣(東武 Sky Tree Line、日光線沿線) 靜岡縣	實現高速移動時 2Gbps 的高速通訊
3	KDDI	株式會社大林組 日本電氣株式會社	工程機械的遠距操作、以及移動體的即時資訊傳輸之相關實證	埼玉縣	實現 1ms(無線區間)的低延遲通訊
4	國際電氣通訊基礎技術研究	那霸市京濱急行電鐵株式會社	室內體育場的自由視角影像的即時傳輸，與鐵路	沖繩縣 東京都(羽田機場國	實現使用終端 5Gpbs 的

¹¹⁰ FierceWireless (2017), Ericsson, Softbank prepare for 4.5GHz 5G trail in Japan, available at: <https://www.fiercewireless.com/wireless/ericsson-softbank-prepare-for-4-5-ghz-5g-trial-japan> (last visited : 2017/11/28)

	所		站建築內的高精細度影像的收集傳輸之相關實證	際線 Terminal 站)	超高速通訊(基地臺端超過 10Gbps)
5	Softbank	先進 Mobility 株式會社 SB Drive 株式會社	行駛中的交通的車輛、遠距監視、遠距操作之相關實證	山口縣	實現 1ms(無線區間)的低延遲通訊
6	國立研究開發法人 資訊通訊研究機構	公開徵求中	從生產到消費的物流管理與庫存管理、實現自由隨地工作的智慧辦公室與遠距工作的相關實證	北海道 大阪府	實現 100 萬台/km ² 的多數設備同時連線

資料來源：總務省

六、 小結：綜合比較

本研究綜整各國目前 5G 頻譜整備狀態，發現許多國家持續進行 5G 頻譜整備作業，若發現該頻段暫時不適用於 5G 頻譜，則會再調整國內 5G 頻譜整備作業。例如歐盟 2016 年與 2017 年的 5G 頻譜整備略有差異，RSPG 於 2017 年的修訂計畫中，排除 31.8-33.4GHz，並納入 66-71GHz 頻段做為 5G 候選頻譜。歐盟 5G 候選頻譜如下圖 3- 14。

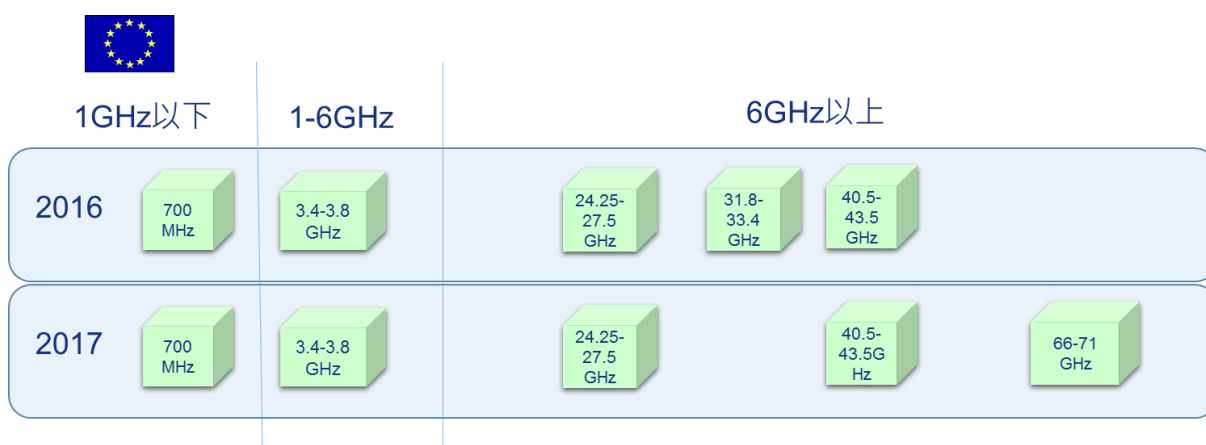


圖 3- 14：歐盟 5G 頻譜整備

資料來源：本研究整理

歐盟 5G 頻譜整備與監理政策之相關政策建議，依照執照架構、訊號涵蓋、網路布建等管制面向與政策建議整理如下表 3- 11。

表 3- 11：歐盟 5G 頻譜整備與監理政策摘要

管制面向	政策建議
執照架構	● 5G 頻譜應採更靈活之執照接取架構 ● 5G 可以滿足 IoT、ITS 與其他垂直產業所需之通訊能力，減少對特定應用指派專用頻譜之必要
網路覆蓋	● 支持偏鄉地區之 5G 發展 ● 提升 5G 訊號涵蓋
布建規範	● 使基地臺許可與建設更容易，特別是小型基地臺 ● 過往以全國人口覆蓋率之規範方式，5G 時代應修正為對可能缺乏網路覆蓋之區域設定規範

出租轉讓	執照應允許交易或租賃
頻譜整備	● 各會員國應處理 3.6GHz 之碎裂化問題，確保 2020 年前有足夠頻寬 ● 若 26GHz 頻段上有既有業者，必要時應制訂頻譜重整計畫，確保 2020 年前 26GHz 有足夠頻寬供 5G 使用 ● 66-71GHz 頻段可採一般許可制

資料來源：本研究整理

英國主管機關 Ofcom 最初請顧問公司調查許多 5G 毫米波頻段，惟後續因應歐盟 RSPG 之整體 5G 頻譜計畫，故修正國內 5G 候選頻譜，政策上已與歐盟 RSPG 之 5G 候選頻譜規劃相近，包括低頻段 1GHz 以下為 700MHz 頻段、中頻段進行 3.4-3.8GHz 頻段整備，並研析 3.8-4.2GHz 頻段。24.25-27.5GHz 頻段則為高頻毫米波頻段釋出為 5G 使用之優先選項。英國 5G 頻譜整備趨勢如下圖 3-15。

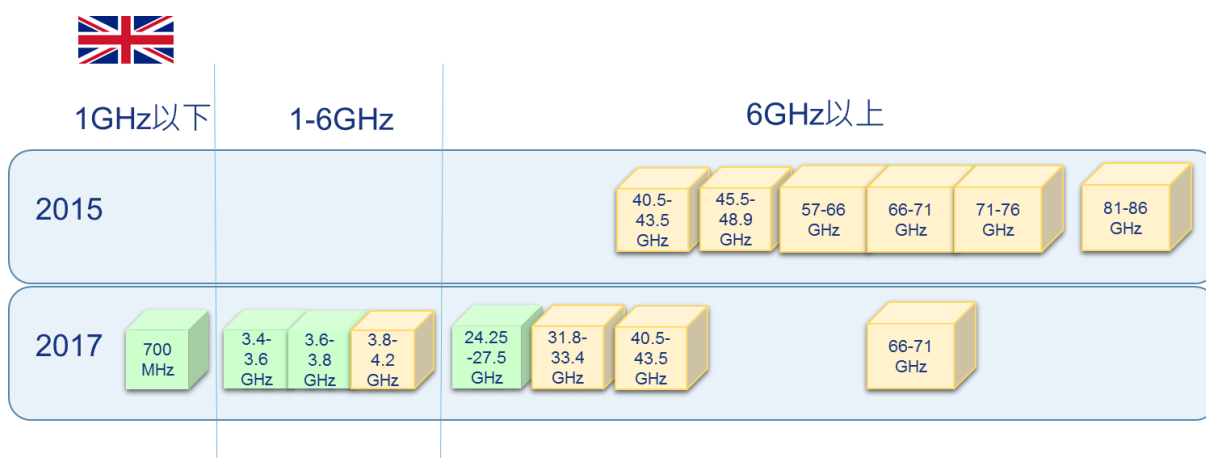


圖 3-15：英國 5G 頻譜整備

資料來源：本研究整理

英國 5G 頻譜整備與國內實驗計畫摘要如下表 3-12。

表 3- 12：英國 5G 頻譜整備與實驗計畫摘要

管制面向	政策建議
頻譜整備	● 700MHz：預計 2020 年開始規劃釋出 ● 3.4-3.6GHz：原預計於 2017 年末拍賣，因業者向法院控告 Ofcom 之頻譜上限制度而暫緩，法院於 2017 年 12 月判決業者敗訴 ● 3.6-3.8GHz：預計於 2019 年開放供行動通信使用 ● 3.8-4.2GHz：預計於 2018 年上半年進行政策討論 ● 26GHz：2017 年下半年開始辦理公開意見徵詢 ● 調查 32GHz、40GHz 與 66-71GHz 頻段
實驗計畫	● 英國政府準備經費供 5G 實驗與提供 5G 連線之資金、點對點之 5G 試驗，測試道路安全、先進製造與機器人、AR、遠端手術、智慧農業、智慧城市與自駕車等 ● 5G 網路安全相關試驗 ● EE 與華為共同進行 3.5GHz 頻段之實驗

資料來源：本研究整理

美國 FCC 積極推動國內 5G 頻譜整備，2016 年即宣稱將釋出總頻寬達 11GHz 的毫米波頻段供 5G 使用，並將 28GHz、37GHz 與 39GHz 定為執照頻段，64-71GHz 做為免執照頻段。2017 年又再次規劃 24GHz 與 47GHz 以執照頻段釋出，並開始進行 3.7-24GHz 間 5G 中頻段整備。美國 5G 頻譜整備如下圖 3- 16。

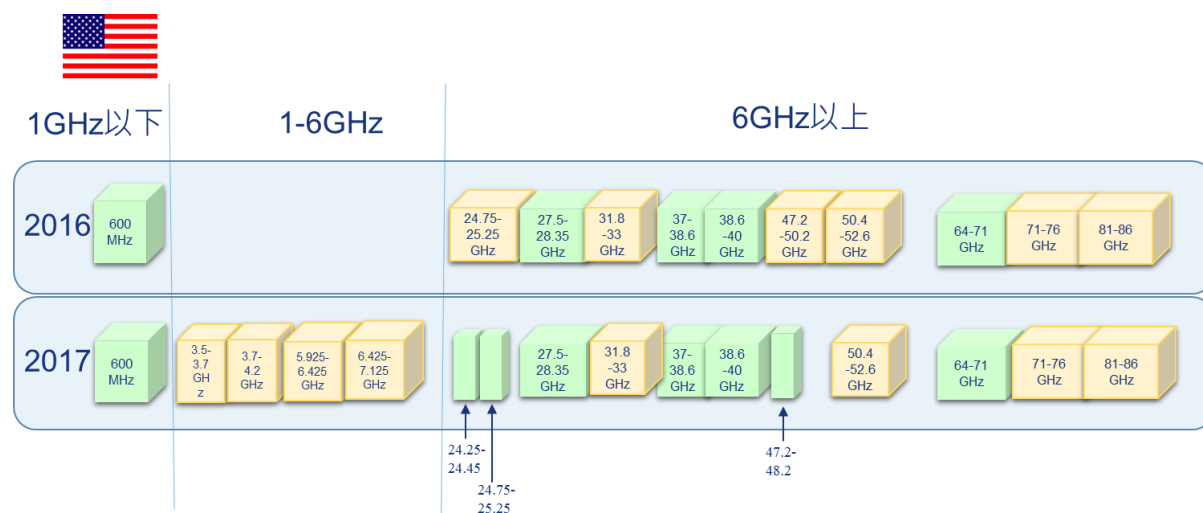


圖 3- 16：美國 5G 頻譜整備

資料來源：本研究整理

美國 5G 頻譜整備政策與執照規範摘要如下表 3- 13。

表 3- 13：美國 5G 頻譜整備與監理制度摘要

管制面向	政策建議
政策發展	● 2016 年發布第一次 5G 毫米波政策文件 ● 2017 年發布第二次 5G 毫米波政策文件 ● 2017 年討論 5G 中頻段（3-24GHz） ● 2017 年規劃修正 3.5GHz 管理規則
2016	● 執照頻段：28GHz、37GHz 及 39GHz ● 免執照頻段：64-71GHz
2017	● 執照頻段：24GHz、47.2-48.2GHz ● 調查 3.7-4.2GHz、5.925-6.425GHz 與 6.425-7.125GHz
技術規範	● 雙工技術：毫米波頻段不限定 TDD 技術 ● 傳輸功率：基地臺 75dBm、行動臺 43dBm ● 帶外發射功率限制：-13dBm/MHz
執照頻寬	● 毫米波頻段多採 200MHz
布建範圍	● 規劃由執照區域內 40%修正為 25%
公眾諮詢	● 研析 3.7-4.2GHz 間固定衛星與行動業務之共存議題 ● 研析 5.925-6.425GHz 與 5GHz 免執照(U-NII)頻段之干擾

資料來源：本研究整理

澳洲參考 WRC-19 會議、美國與歐盟的 5G 頻譜整備作業，討論可用之相關頻譜資源，針對國內已釋出供 4G 使用的 2.3GHz、2.5GHz 與 3.5GHz 頻段，認為相關頻段可作為 5G 初期布建之用，並預計於 2018 年拍賣 3575-3700MHz 以及 3700-3800MHz，如下圖 3-17。

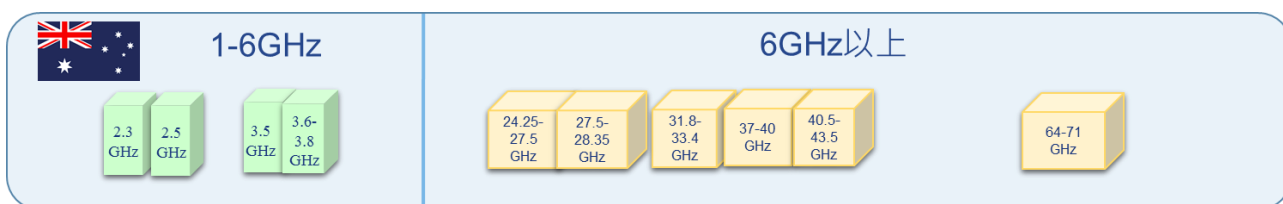


圖 3-17：澳洲 5G 頻譜整備

資料來源：本研究整理

澳洲 5G 頻譜整備摘要如下表 3-14。

表 3-14：澳洲 5G 頻譜整備摘要

管制面向	政策建議
頻譜整備	● 觀察 WRC-19 大會之 5G 候選頻譜 ● 參考美國選定 27.5-28.35GHz、37-40GHz 與 64-71GHz 作為 5G 候選頻段 ● 參考歐盟選定 3.4-3.8GHz、24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz 與 40.5-43.5GHz 為候選頻段 ● 2.3GHz、2.5GHz 與 3.5-3.6GHz 可作為 5G 初期布建之用 ● 3575-3700MHz 與 3700-3800MHz 預計於 2018 年拍賣 ● 2017 年 9 月進行 5G 毫米波之公眾諮詢，規劃以 26GHz 作為 5G 初期頻段 ● Telstra 宣布已成功以 26GHz 作為 5G 測試網路

資料來源：本研究整理

日本依照國內頻譜使用狀態決定未來可適用於 5G 之候選頻譜，進行 1.7GHz、2.3GHz、2.6GHz、3.4-4.4GHz 與 4.4-4.9GHz 之頻譜整備作

業，至於高頻段部份則觀察 WRC-19 會議之討論頻段，並優先參考美國的頻段配置，以 28GHz 為優先考量頻段。日本 5G 頻譜整備如下圖 3- 18。

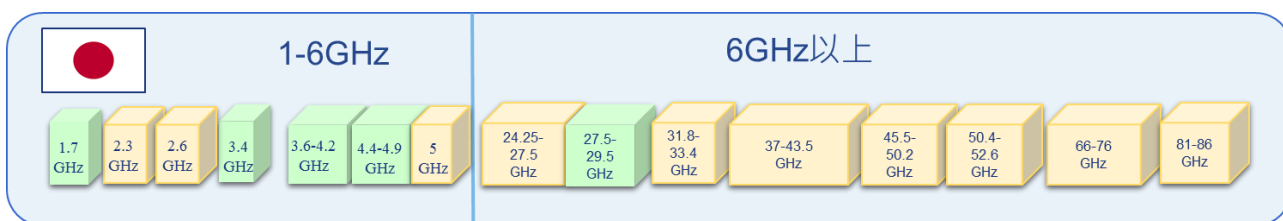


圖 3- 18：日本 5G 頻譜整備

資料來源：本研究整理

日本 5G 頻譜整備摘要如下表 3- 15。

表 3- 15：日本 5G 頻譜整備摘要

管制面向	政策建議
頻譜整備	● 觀察 WRC-19 大會之 5G 候選頻譜 ● 參考美國選定 27.5-28.35GHz、37-40GHz 與 64-71GHz 作為 5G 候選頻段 ● 參考歐盟選定 3.4-3.8GHz、24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz 與 40.5-43.5GHz 為候選頻段 ● 2.3GHz、2.5GHz 與 3.5-3.6GHz 可作為 5G 初期布建之用 ● 3575-3700MHz 與 3700-3800MHz 預計於 2018 年拍賣 ● 2017 年 9 月進行 5G 毫米波之公眾諮詢，規劃以 26GHz 作為 5G 初期頻段 ● Telstra 宣布已成功以 26GHz 作為 5G 測試網路

資料來源：本研究整理

若綜合比較各國 5G 頻譜整備作業，應可發現各國決定 5G 候選頻段時，會參考國內市場發展與頻段使用特性。例如日本為推動該國 5G 設備產業發展，故所挑選之 5G 中頻段與其他國家略有差異。整體而言，各國目前均重視之 5G 候選頻譜，包括 3.4-38GHz、28GHz 與 66-71GHz 頻段。其中有許多國家規劃於 2019 年前釋出或完成 3.4-3.8GHz 適用於 5G 之頻譜整備作業。各國 5G 頻譜整備如下圖 3-19。

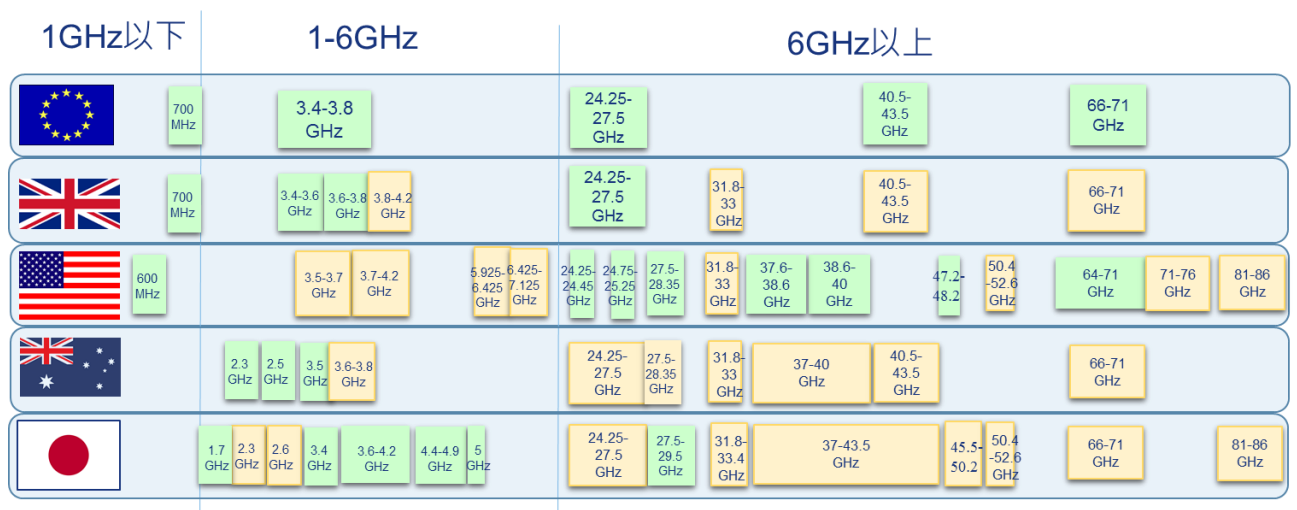


圖 3-19：各國 5G 頻譜整備

資料來源：本研究彙整

第二節 IoT/M2M 頻段規劃與監理措施

一、 歐盟

(一) 政策發展

1、 物聯網

歐盟無線頻譜政策小組（RSPG）於 2016 年 2 月發布之 2016 年專案工作計畫（Work Programme for 2016 and beyond）中，將 IoT/M2M 的頻譜政策議題列為年度工作重點之一。RSPG 於同年 11 月發布 IoT 頻譜藍圖，討論適合應用於 IoT/M2M 的頻譜資源。¹¹¹2017 年 2 月，RSPG 宣布 IoT 專案小組將與 ITS 專案小組和 5G 專案小組密切溝通、合作後形成之 IoT/M2M 頻譜接取相關政策意見。¹¹²

RSPG 認為，IoT 的組成多樣化，涵蓋多種應用與操作規範；由於技術規範差異大，例如對傳輸速率、穩定度、服務範圍與輸出功率的要求皆不同，因此缺乏一個單一可適用所有使用案例的解決方案。

IoT 正穩定成長，因此有廣泛、多樣化的解決方案。然而，IoT 的持續成長，創造出更多的頻譜需求，頻譜接取的數量與型態取決於運作規範與使用案例。因此，RSPG 將持續檢視 IoT 頻譜需求的演進程度，特別是 1GHz 以下頻段。

RSPG 認為，目前尚無分配、指定 IoT 專用頻段的需要。後續可以透過不同的方式提供 IoT 頻譜接取，包括透過技術協同措施允許 IoT 使用，或透過特定執照許可制度、或建立橫跨多數會員國的頻譜接取。

¹¹¹ RSPG (2016), A spectrum roadmap for IoT, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)

¹¹² RSPG (2017), RSPG Opinion on Spectrum aspects of the Internet-of-Things (IoT) including M2M, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)

現階段產業面主要透過免執照應用的方式，接取 800-900MHz 頻段，包含智慧家庭應用等。RSPG 建議透過短距離設備的頻譜協同措施，來處理多種型態的 IoT 應用，同時，優先考慮目前已存在的免執照頻段，以實現經濟規模和全球協同一致。對於布建該頻段的政策挑戰，在於考量對其他頻譜使用者如政府或鐵路通訊用戶的需求以及保護措施，可能會需要適當的監理規範，包含會員國對於特定案例申請特定執照許可制度的規管彈性等。

對於新興技術而言，能達到全球經濟規模是重要的。歐洲將受益於相關頻譜被廣泛應用，相關頻段可能包含短距離設備（包含 WiFi）使用頻段、低功率廣域網路（Low Power Wide Area Network）使用頻段以及未來可能用於 5G 的行動通信頻段；

新形態的應用如區域性高可靠度專用網路（如醫院、智慧工廠及電力產業等），將設定新的 IoT 協同使用條件。專用行動網路與公共使用者將會持續尋求接取頻譜資源，以對創新技術的使用。

RSPG 認為各會員國的協同合作有助於進一步實現規模經濟，例如透過收集衛星 IoT 數據的機會，來補充陸上用 IoT，縱而對整體 IoT 生態系統產生效益。目前產業界規劃透過 800-900MHz 之協同合作推動相關活動。

因應 IoT 多樣化應用與使用情境之性質，RSPG 建議採用整合一般許可制以及個別執照許可制度的頻譜接取混合架構。目前尚無一種可涵蓋所有可能需求的單一執照許可架構與技術條件。

IoT 所涵蓋的應用與使用案例將會比現有行動通信網路更廣泛，新的 IoT 可能會透過 5G 驅動，部分 IoT 於啟用之初即依照 5G 特性設計，包括採用網路細分化、低耗能以及可擴張性。

已分配給電子通訊服務（即行動網路）的頻率，可用於提供 IoT 應用與服務。依據技術中立原則，需要確保現有的協同技術解決方案能符合 IoT。目前歐洲電子通訊委員會（European Electronic Communications Committee, ECC）正評估電子通訊服務協同頻段現有技術條件能否適用於 NB-IoT、LTE-based IoT 與寬頻 IoT。

由於 IoT 的應用範疇廣泛，故不同的產業利害相關人可能不熟悉頻譜管理制度、頻率可用性與使用條件，故使用頻譜可能對某些服務提供者而言會是執行上的挑戰。因此，RSPG 建議會員國應從 IoT 的觀點出發，考慮頻譜管理架構，並且尋找可向產業解釋 IoT 頻譜接取的機會。

2、車聯網

歐盟於 2014 年 11 月建立協同式智慧運輸系統（Cooperative Intelligent Transport System, C-ITS）平臺，希望解決產業鏈中跨產業的問題，讓公部門以及私部門的利害相關人均能夠一同討論，相關單位包括公部門組織、汽車製造商、供應商、服務業者與電信業者，在第一階段（2014 年 11 月至 2016 年 1 月）能夠共同提出促進 C-ITS 於歐盟境內布建的計畫。

隨後歐盟於 2016 年 1 月提出 C-ITS 平臺報告，對於道路基礎設施與車輛之間的通訊，包括車流量訊號、路側基礎設施與其他道路使用

者間的通訊態樣進行整備。C-ITS 多適用於車輛對車輛通訊以及車輛對基礎設施通訊。¹¹³

C-ITS 平臺主要處理頻譜、混合通訊、網路安全與車內數據之接取等資源問題，以及法律面的議題，包括隱私權與資料保護等。對於使用頻率議題，C-ITS 平臺建議對於短距離通訊透過 5.9GHz 頻段提供服務之通訊系統，可以採用 IEEE 802.11p / ETSI ITS-G5 技術。為了增加更多可用的頻譜資源，ECC 與 ETSI 研析 5855-5875MHz、5905-5925MHz 與 63-64GHz 的頻率特性、頻譜使用狀況與技術規範，並提出相關頻段可適用於 ITS 之分析。C-ITS 平臺參考其建議，將 5855-5875MHz、5905-5925MHz 以及 63-64GHz 頻段應指定供 C-ITS 服務使用，以因應未來趨勢。

除前述頻段外，目前歐洲地區將 5795-5805MHz 頻段指定供道路運輸與交通流量通訊（Transport and Traffic Telematics, TTT）使用。歐盟指定 TTT 做為道路收費系統使用。

對於 2019 年世界無線通訊大會（WRC-19）討論可能開放 5725-5925MHz 頻段給區域無線網路服務共享使用之規劃，C-ITS 平臺表達關切之意，深怕開放共享使用後可能對原有 ITS 服務造成妨害干擾。

（二）頻段規劃

1、物聯網

（1）RSPG 調查之物聯網頻譜資源

¹¹³ EU (2016), C-ITS Platform: Final report, available at: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf> (last visited: 2017/11/26)

A. 歐盟現有物聯網頻譜資源

歐盟無線頻譜政策小組（RSPG）於 2016 年 11 月發布 IoT 頻譜藍圖文件中，因應 IoT 多樣化的使用型態與情境，整備不同性質之頻譜資源，透過聚焦頻段的方式，促進跨會員國的經濟規模。

RSPG 討論 IoT 的頻譜整備藍圖，專用頻譜包括行動網路與專用廣域網路。行動網路則包括 LTE-M、NB-IoT 等網路型態，包括 700MHz、900MHz 與 1.8GHz 頻段等均屬於此一範疇。專用廣域網路則指 LoRA、SIGFOX 等，適用頻段為 164-169.8MHz、400MHz 與 863-868MHz 頻段等。

共享頻譜則涵蓋專用廣域網路、專用區域網路及一般區域網路等，其中專用區域網路如 ZigBee 等，一般區域網路則有藍牙（Bluetooth）等。專用區域網路適用頻段與專用廣域網路相似，而一般區域網路使用頻段則多為免執照共享頻段，如 2.4GHz 與 5GHz 頻段。

根據 RSPG 的調查，目前已用於 IoT 的頻譜資源包括：169MHz、433MHz、863-870MHz、2400-2483.5MHz、5150-5350MHz 以及 5470-5725MHz。整體而言，RSPG 對 IoT 頻譜整備如下圖 3- 20。

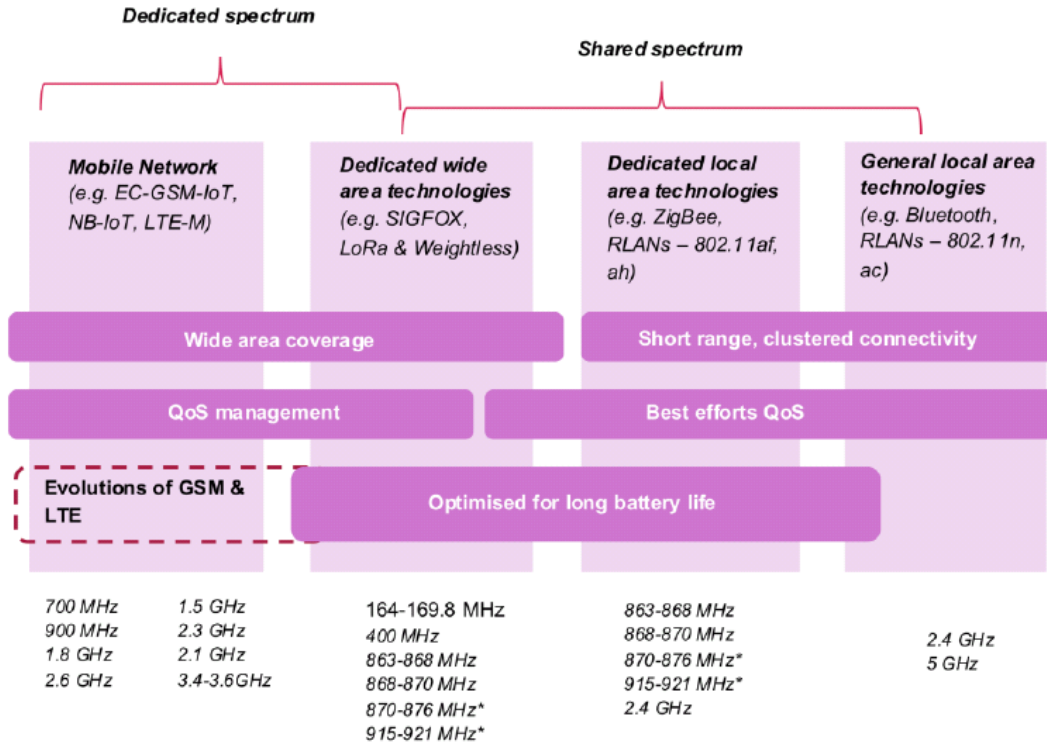


圖 3- 20：歐盟 IoT 頻譜整備藍圖

資料來源：RSPG

B. RSPG 後續討論之物聯網頻譜

RSPG 正進一步討論下列頻段應用於 IoT 的可行性，例如 870-876MHz、915-921MHz 以及 1900-1920MHz。¹¹⁴

● 862-868MHz、870-876MHz 及 915-921MHz

由於 ECC 已於 2016 年 6 月通過 CEPT 關於短波無線電設備使用頻譜之協同合作相關規範（CEPT 第 59 號報告），並於同年 11 月針對該份報告之增修版（CEPT 第 59 號報告增修版）進行公眾諮詢。根據 CEPT 第 59 號報告增修版之內容，主要討論 870-876MHz、915-

¹¹⁴ RSPG (2016), A spectrum roadmap for IoT, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)

921MHz 頻段協調共用的可能性，並增加 862-868MHz 頻段使用於短波無線電設備之機會。因此，RSPG 參考該份報告，規劃未來歐盟境內短波無線電可使用的頻譜資源，將新增 863-868MHz 與 915-921MHz 等頻段，未來歐洲各會員國可使用 IoT 之頻段將包括 870-876MHz、863-868MHz 與 915-921MHz。¹¹⁵

RSPG 認為，915-921MHz 頻段具備全球協同共用的潛力，能夠實現經濟規模的利益與產品可得性。

● 1900-1920MHz

1900-1920MHz 頻段目前已經以個別執照許可方式，核配給商業性行動通信業者提供電子通訊服務之用，技術上採用 UMTS/IMT-2000 TDD 技術。不過，從實務上角度而言，此一頻段的使用率偏低。

CEPT 於 2015 年間曾討論是否將該頻段使用於空對地寬頻通訊用途（Broadband direct air-to-ground communications，BDA2GC）。不過，歐盟執委會最後並未將 1900-1920MHz 指定為 BDA2GC 使用頻段，因此，該頻段未來可能會用於 IoT 頻譜接取使用。

(2) ECC 對 700MHz 頻段應用於物聯網之技術研析

2016 年 3 月 ECC 提出應用 733-736MHz / 788-791MHz 之技術研析報告（第 242 號報告），由於歐洲對 700MHz 頻段之行動通信業務採 2x30MHz 之 Band 28 方式釋出（703-733MHz/ 758-788MHz），中間有

¹¹⁵ CEPT (2016), Addendum to CEPT Report 59, available at: http://www.erodocdb.dk/doks/filedownload.aspx?fileid=4337&fileurl=http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/zip/CEPTREP059_Addendum.ZIP (last visited: 2017/6/16)

25MHz 的閒置頻譜可供利用，因此 ECC 研析公共災防應用（Public Protection and Disaster Relief, PPDR）、PMSE 等對於該頻段之共用狀態。

700MHz 頻段使用狀態如下圖 3- 21。¹¹⁶

Bands	694-698	698-703	703-733	733-736	736-738	738-743	743-748	748-753	753-758	758-788	788-791	791-821
PPDR 2x3 MHz			UL MFCN Band 28	UL PPDR						DL MFCN Band 28	DL PPDR	DL MFCN Band 20
PPDR 2x5 MHz		UL PPDR							DL PPDR			
M2M 2x3 MHz				UL M2M							DL M2M	
SDL 4x5 MHz							DL MFCN SDL					
PMSE		PMSE					PMSE					
Block Size [MHz]	4	5	30	3	2	5	5	5	5	30	3	30

圖 3- 21：700MHz 頻段共存研析

資料來源：ECC

2、車聯網

歐盟對於車聯網的頻譜指派，可追溯自 2008 年執委會政策決議（Decision 2008/671/EC）將 ITS 之 DSRC 指派使用 5875-5905MHz 頻段。¹¹⁷ 歐盟執委會為了增加歐洲用路人的安全性，運用智慧運輸系統，藉由對交通基礎設施與汽車的資通訊技術整合，避免可能的危險道路狀況以及減少意外事故發生。歐盟執委會要求各會員國應於六個月內將該頻段指定為國內智慧運輸系統使用。相關技術參數設定如下表 3-16。

¹¹⁶ ECC (2016), ECC Report 242: Compatibility and sharing studies for M2M applications in the 733-736MHz/ 788-791MHz band, available at:

<http://www.erdocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP242.PDF> (last visited: 2017/11/30)

¹¹⁷ EC (2008), Decision/671/EC, available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008D0671&from=EN> (last visited: 2017/11/30)

表 3- 16：歐盟 ITS 使用 5875-5905MHz 之技術參數

參數型態	數值
功率密度最大值	23 dBm/MHz
傳輸功率最大值	33dBm
頻道接取與使用規則	傳輸功率控制範圍至少為 30dB

資料來源：EU

因應 ITS 服務的頻譜需求，歐盟更進一步調查其他可適用於 ITS 的頻譜資源，2015 年 7 月 3 號 ECC 修正決議（ECC Decision (08)(01)）中，決定擴張 ITS 使用範圍至 5875-5925MHz。¹¹⁸除此之外，ECC 對於 5855-5875MHz 的頻譜使用，則建議指派給 ITS 下非關安全的應用。¹¹⁹

ETSI 將目前歐洲 ITS 頻譜劃分方式區分為 ITS 道路安全應用、ITS 非關安全應用以及未來 ITS 應用等三種，如下表 3- 17。

表 3- 17：歐盟 ITS 頻譜劃分方式¹²⁰

頻率 MHz	使用情境	管制規範
5855-5875	ITS 非關安全應用	ECC Recommendation(08)01
5875-5905	ITS 道路安全應用	Commission Decision 2008/671/EC ECC Decision (08)01
5905-5925	未來 ITS 應用	ECC Decision (08)01

資料來源：ETSI

¹¹⁸ ECC (2015), ECC Decision (08)01: The harmonized use of the 5875-5925MHz frequency band for Intelligent Transport System (ITS), available at :

<http://www.eroocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCDEC0801.PDF> (last visited: 2017/11/30)

¹¹⁹ ECC (2015), ECC Recommendation (08)01: Use of the band 5855-5875MHz for Intelligent Transport Systems (ITS), available at: <http://www.eroocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC0801.PDF> (last visited: 2017/11/30)

¹²⁰ ETSI (2017), Intelligent Transport Systems (ITS) ETSI EN 302 571 V2.1.1, available at: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302500_302599/302571/02.01.01_60/en_302571v020101p.pdf (last visited: 2017/11/30)

歐盟 ITS 的頻段劃分以 10MHz 為單位，三種應用型態對應之頻譜如下圖 3- 22。¹²¹

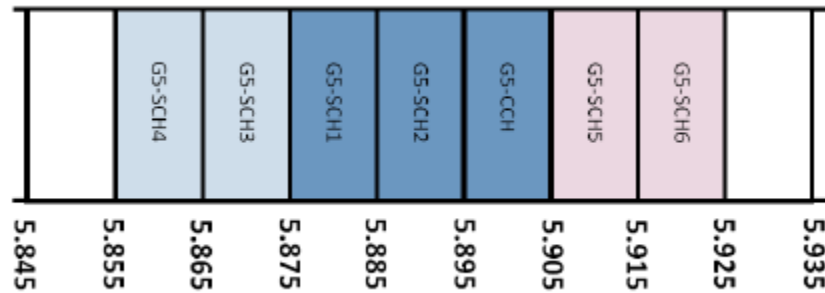


圖 3- 22：歐盟 ITS 頻段劃分

資料來源：5G America

依據 ETSI 整理現階段各種 ITS 應用，主要分為四大類應用型態，包括主動道路安全、協同式交通效率、協同式當地服務及全球網際網路服務。各應用型態與使用案例如下表 3- 18。¹²²

表 3- 18：歐盟 ITS 應用

應用種類	應用	使用案例
主動道路安全	駕駛輔助系統： 協同提醒	● 緊急車輛警示 ● 慢速車輛指示 ● 交叉路口轉彎之碰撞風險警示 ● 車道合併轉彎之碰撞風險警示 ● 協同式車道合併協助 ● 交叉路口碰撞警示 ● 協同式前方碰撞警示 ● 變換車道調度

¹²¹ 5G Americas (2016), V2X Cellular Solutions, available at: http://www.5gamericas.org/files/2914/7769/1296/5GA_V2X_Report_FINAL_for_upload.pdf (last visited: 2017/11/30)

¹²² ETSI (2017), Intelligent Transport System (ITS); Security; Threat, Vulnerability and Risk Analysis (TVRA), available at: http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102800_102899/102893/01.02.01_60/tr_102893v010201p.pdf (last visited: 2017/12/27)

	駕駛輔助系統： 道路危險警示	● 緊急電子煞車燈 ● 駕駛方向錯誤警示 ● 車輛事故警示 ● 拋錨車輛警示 ● 交通狀況警示 ● 違規警示 ● 道路施工警示 ● 行駛中車輛資訊－危險地點 ● 行駛中車輛資訊－降雨 ● 行駛中車輛資訊－塞車 ● 行駛中車輛資訊－能見度 ● 行駛中車輛資訊－風勢 ● 弱勢用路人警示 ● 預測將碰撞之感測警示 ● 協同式降低眩光
協同式交通效率	協同式速度管理	● 行車規範速限通知 ● 彎道警示 ● 因應交通號誌之最佳速度建議
	協同式導航	● 交通資訊與建議路線 ● 公共運輸資訊 ● 車內資訊標示
協同式當地服務	位置資訊服務 (LBS)	● 感興趣的地點訊息 ● 自動門控制和停車管理 ● ITS 當地電子商務 ● 多媒體服務
全球網際網路	社群服務	● 保險與金融服務 ● 車隊管理 ● 裝卸貨區域管理 ● 車輛失竊相關服務
	ITS 基站壽命管理	● 車輛軟體數據之 ● 提供與更新 ● 車輛與路側單位數據校準
	交通類電子交易	● 道路收費

資料來源：ETSI

除了 5855-5925MHz 已被分配供 ITS 使用外，目前 63-64GHz 目前也被指定供 ITS 使用。2016 年 3 月 4 號 ECC 修正決議（ECC Decision (09)(01)）中，說明為了配合歐洲電子安全倡議（eSafety initiative）的政策目標，藉由智慧運輸安全減少道路交通事故死亡人數與提高交通順暢度，有必要推動 ITS 系統的快速發展與布建。因此，需要整備更多頻譜資源，並促進協同一致標準規範可適用全歐洲的機會。

歐盟認為 5.9GHz 頻段與 63-64GHz 頻段的特性，適合互補，做為 ITS 的使用。63-64GHz 頻段的技術使用條件適合應用在運輸場域中（例如鐵路與公路）中的車輛對車輛通訊、車輛對基礎設施通訊以及基礎設施對車輛通訊。

63-64GHz 頻段適用於近距離的視距內通訊，傳輸距離為 100 公尺，並提供高速傳輸速率。63-64GHz 頻段提供短距離內交換大量感測數據的能力，對於可能危害生命安全的狀況提供額外的反應時間，例如可實現主動安全駕駛之合作適性定速控制（Cooperative Adaptive Cruise Control，CACC）與車隊自動列隊行駛（Platooning）等應用情境。¹²³

¹²³ ECC (2016), ECC Decision (09)(01): Harmonised use of the 63-64GHz frequency band for Intelligent Transport System(ITS), available at: <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/ECCDEC0901.pdf> (last visited: 2017/11/30)

(三) 頻譜使用與管制議題

RSPG 探討頻譜使用與執照架構之相關議題，包括一般許可制（General Authorisation Model）與個別執照制（individual authorisation model）。¹²⁴

1、一般許可制

許多牽涉短距離使用情境的 IoT 應用案例，有些可容忍較高的訊號延遲或延誤。此種 IoT 應用可透過一般許可制接取頻譜資源，因為該類 IoT 的設計方式比較不會對其他用戶造成干擾，較不需要特別保護。使用一般許可制的頻段，較不會對 IoT 的網路布建形成障礙，業者可使用現有頻譜提供服務。不過，隨著各種新型態應用的顯著成長，該類頻段的使用未來仍可能會受到一定程度的干擾。

因此，為了避免有害干擾，對於一般許可制之定義與維持適當的技術條件應屬重要。同時，應避免導入不合理、可能阻礙創新的條件。基於保護國際電信聯合會（ITU）於一頻段中指定為主要服務的使用權利，必要時應允許 IoT 使用者於個別執照許可制度下使用頻譜資源。

頻譜監測管理是一般許可制下可獲得頻譜資源使用詳細資訊的工具。監測管理可收集頻譜整體使用資訊，以及 IoT 設備預期成長的資訊，特別是目前 863-870MHz 以及 868MHz 周遭頻率都受到大部分布建技術的青睞。不過，部分研究顯示，目前頻譜重複占用情況仍不嚴重。

¹²⁴ RSPG(2017), RSPG Opinion on Spectrum aspects of the Internet-of-Things (IoT) including M2M, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)

對許多欲測試新技術與新服務的業者而言，一般許可制是適當的規管架構。此種架構降低所有利害相關人的進入障礙，擁有接取頻譜資源之機會，無須取得個別執照，也無須繳交頻率使用費。一般許可制是更能支持實驗與投資、加速創新並促進競爭的規管方式。

RSPG 認為一般許可制下的頻譜資源，應考量以下事項：

- 確保一般許可制為技術中立，目標頻段與相鄰頻段可提供 IoT、M2M 與其他用途；
- 定義平衡的解決方案，允許所有業者擁有平等的機會接取頻譜資源；
- 定義許可制的配置方式，允許且可容許各種使用與技術規範；
- 確保短距離設備的市場監督機制及相鄰頻段使用系統的保護，特別是一般許可制的頻譜資源，很難控制相關設備的使用密度。

2、個別執照制

有許多 IoT 應用會需要高信賴度、即時通訊、極低延遲、高度可用性以及保證送達時間等特性。針對該類應用，採取個別執照許可制或許更為適當，得以管理服務品質、避免不可控制傳輸延遲以及干擾問題等。

目前採取類似案例的應用包括全國性電力基礎設施（智慧電網）、工業製造（智慧工廠）以及安全的智慧運輸系統（ITS）。

IoT/M2M 可使用既有個別執照許可制頻譜的機會包括：

- 已核配或允許用於公眾行動網路（包含 2G、3G、4G 以及 5G）的頻率；

- 專用行動網路（Professional mobile radio network, PMR）使用頻率；
- 固定式通訊服務使用頻率（例如無線市內迴路、微波通訊等）；
- 衛星通訊使用頻率。

RSPG 認為，個別執照許可制的優點之一，為能夠和其他既有頻譜使用者達成可接受的頻譜共享條件，能更完善的控制關鍵共享標準，例如布建密度等。基於過去十年間的技術發展，且政府部門對於 5G 與 IoT 網路布建的政策支持，未來頻譜共享可能扮演重要的角色。

在歐洲區域，現有 M2M 應用多透過 GPRS 技術提供服務，隨著新技術導入，目前 3GPP 已定義三種可用於 IoT 的技術標準：

- 延伸型 GSM-IoT（Extended coverage GSM for IoT, EC-GSM-IoT），提升 EGPRS 供 M2M 使用，且讓 IoT 可透過全球 GSM 網路提供服務；
- LTE-eMTC，應用於大量物間通訊的 LTE 技術，LTE MTC 目前已取得 3GPP R13 版批准。
- 嵌入於 LTE 平台的窄頻無線通訊技術（Narrowband radio technology），可用於提供低成本的大量物間通訊（NB-IoT）。NB-IoT 具備彈性使用、容易布建、可運作範圍廣泛以及支持超過千個數量的設備連線。使用頻寬為 200kHz，易於用於 GSM、UMTS 與 LTE 頻段。

RSPG 認為未來 IoT 的功能會納入 5G 的網路標準之中，包括網路切片化（Network Slicing）、低耗能以及可擴張性。3GPP 預計於 2017

年 6 月提出 R15 前導 5G (pre-5G) 之技術標準，並可能於 2019 年底前提出 R16 版。

目前分配給公眾行動網路的頻段，包括 700MHz、800MHz、900MHz、2100MHz 及 2600MHz 頻段等，都可用於提供 IoT 與新浮現之 M2M 技術。除了維持技術中立原則外，亦應確保既有和諧共用之解決方案能夠與相關技術相符。RSPG 建議歐盟執委會與各會員國應採用 ECC 對 NB-IoT、LTE-M 以及 EC-GSM-IoT 的技術條件規範。

ECC 於 2017 年 6 月 30 日發布第 266 號報告，針對前述頻段使用 NB-IoT、LTE-eMTC 及 EC-GSM-IoT 各自設定技術條件，例如在 NB-IoT 情境下，NB-IoT 使用頻道為 200kHz，ECC 建議與鄰頻 LTE 執照頻塊應至少間隔 200kHz，如下圖 3- 23。¹²⁵至於 NB-IoT 布建於 LTE 頻段邊界型態則如下圖 3- 24。

至於 LTE-eMTC，將使用連續 6 個 180kHz 頻塊，總使用頻寬達 1080kHz，如下圖 3- 25。

¹²⁵ ECC (2017), The suitability of the current ECC regulatory framework for the usage of wideband and narrowband M2M in the frequency bands 700MHz, 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 2.1GHz and 2.6GHz, ECC Report 266, available at: <http://www.ero-docdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCRep266.pdf> (last visited: 2017/11/29)

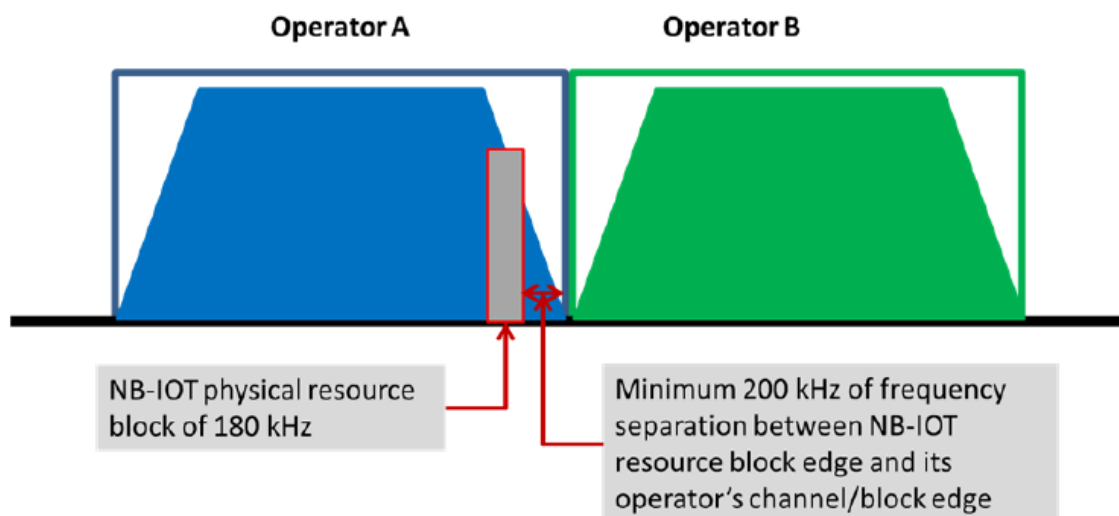


圖 3- 23：NB-IoT 使用頻塊與相鄰業者 LTE 頻塊之間隔

資料來源：ECC

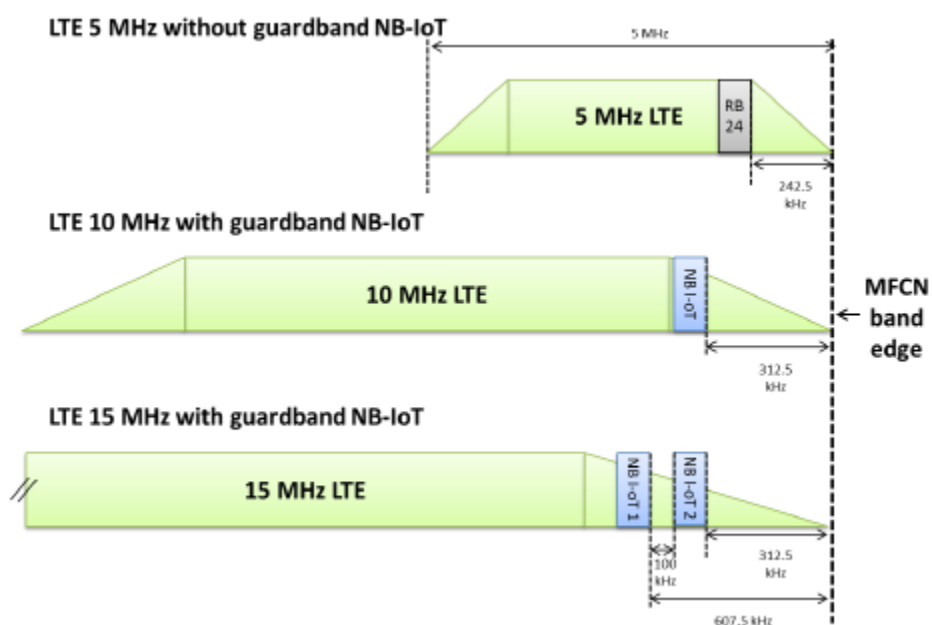


圖 3- 24：NB-IoT 布建於 LTE 頻段邊界的型態

資料來源：ECC

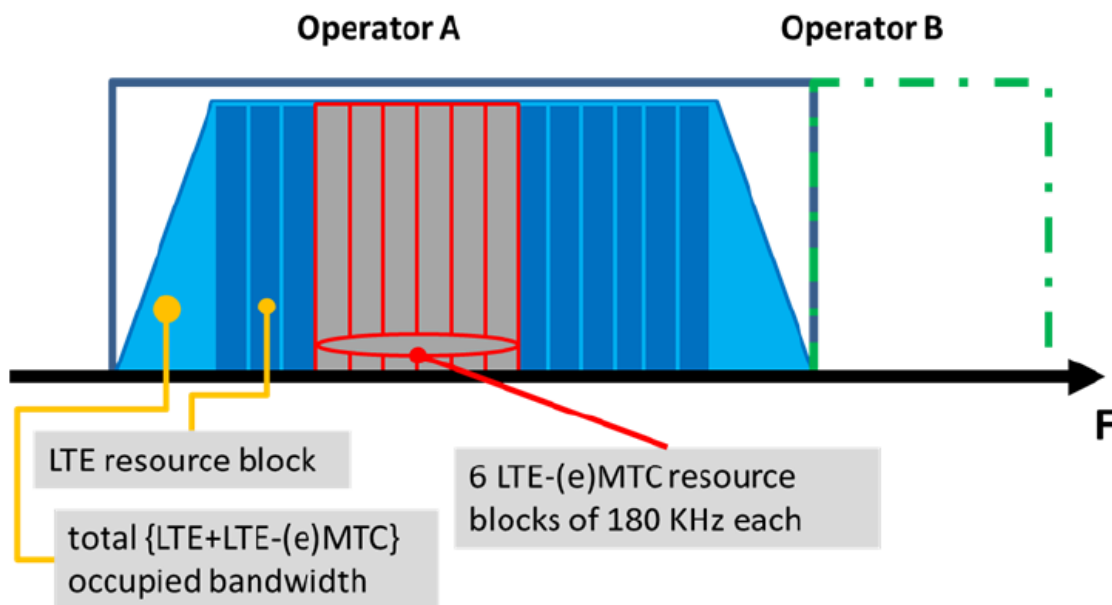


Figure 2: In-band deployment of LTE (e)-MTC

圖 3- 25：LTE-eMTC 之布建型態

資料來源：ECC

針對專用行動網路部分，傳統上已有許多 M2M 應用使用 942MHz、150MHz 及 400MHz 頻段提供服務。相關 M2M 應用包括關鍵性或安全性相關的應用（如運輸或能源等）等，有些長距離通訊之應用型態，可能需要高信賴度通訊，如智慧電網等，也會透過 PMR 來提供服務。400MHz 頻段被認為適合作為 IoT 與 M2M 使用，該頻段更可作為未來的 PMR 與公共災防頻段（PPDR）使用，此頻段具備良好的傳播特性、更具成本效益的訊號範圍及更佳之建築物穿透率等。不過，需要注意之處在於新技術使用頻道頻寬，與舊有標準不同。例如 NB-IoT 之頻道頻寬以 200kHz 為單位，與傳統 25kHz 有很大的差異。

根據 RSPG 的調查。有些歐盟會員國開始考慮提供其他頻譜資源供 IoT 與 M2M 使用，例如 2570-2620MHz 頻段。

針對固定式通訊服務使用頻率，有些歐盟會員國的公共事業業者使用彈性化點對點或點對多點 M2M 系統，透過 UHF 頻段，以速率 9.6kbit/s、頻道 12.5kHz 的系統提供服務。ECC 第 215 號報告（ECC Report 215）正在研究於固定式通訊服務使用之 6GHz 至 10GHz 間導入低速率或中速率 M2M 系統之可能性。

RSPG 將衛星通訊平台業者視為另一個可應用 IoT/M2M 的角色，目前正研究在 800-900MHz 頻段間導入衛星 IoT 應用的可能性。

歐盟執委會於 2017 年 8 月發布修正決議文件（DECISION 2017/1483），針對短距離設備（Short Range Device, SRD）的頻譜使用訂定相關規範，由於短距離設備的應用型態廣泛，包括雷達、局部區域通訊、大門開關、醫療植入物及智慧運輸系統等，因此對於創新應用的推動非常重要。歐盟執委會為了促進頻譜的共享使用，提升效率與彈性，因此修訂短距離設備使用條件，包括傳輸功率、電場強度限制、功率密度限制以及相關設備參數。

為探索 863-868MHz 頻段應用於創新 M2M、IoT 之使用機會，因此歐盟執委會訂定透過該頻段提供廣域數據傳輸應用之設備規範，傳輸功率限制、電場強度限制與功率密度限制設定為 25 毫瓦（mW）（e.r.p.），該規範預計於 2018 年 1 月實施。¹²⁶至於常用於提供物聯網的 870-876MHz 與 915-921MHz 頻段，則不列入短距離設備規範，讓應用上更有彈性。

至於車聯網部份，對於 24.25-24.5GHz 的傳輸功率限制，車前雷達設定為 20 dBm e.i.r.p.、車後雷達為 16 dBm e.i.r.p.。

¹²⁶ EU Decisions 2017/1483, available at:
<http://www.eroocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/20171483EU.pdf> (last visited: 2017/11/29)

對於 63-64GHz 頻段，若應用於 ITS 基礎設施地點時，傳輸功率限制為 40 dBm。ITS 設備使用該頻段則無需申請個別執照。另外，76-77GHz 則為地面車輛與基礎設施系統使用，限定峰值功率為 55 dBm e.i.r.p 以及均值功率 50 dBm e.i.r.p，脈衝雷達使用時之均值功率則為 23.5 dBm。

二、 英國

(一) 政策發展

Ofcom 於 2015 年 1 月 27 日公布促進物聯網投資與創新政策決議 (Promoting investment and innovation in the Internet of Things)¹²⁷，以期加速英國在物聯網產業的發展。Ofcom 認為 IoT 是一種新興的領域，智慧型設備可以透過無線的方式連接到網際網路，或相互連結，以共享資訊或相互通訊。Ofcom 預期未來的連線設備數可能會達到數十億個，而且 IoT 服務會擴及許多產業，包括農業、能源運輸、醫療，以及更多的產業，而應用的範圍包括利用無線感測器的智慧型養殖，智慧型交通管理系統和智慧型電網等，對人民與消費者而言，具有可以創造極大利益的潛力。

Ofcom 估計 2015 年時在英國已有超過 4,000 萬個設備透過 IoT 進行連接，預測至 2022 年將成長超過八倍，屆時每天將有數億個設備執行超過十億次的數據交換。Ofcom 考量利益相關者的諮詢意見後，確立許多優先的工作領域，包括：

- 頻譜可用性：很多 IoT 設備將透過無線進行通訊，因此須提供可用的頻譜。Ofcom 分析顯示，目前市場需要許多短期至中期的頻譜，但由於 IoT 具有低數據流量的特性，可使用既有的頻譜資源，Ofcom 認為短期至中期的頻譜需求不會構成問題，但會持續監測，以協助確定 IoT 何時需要額外的頻譜。

¹²⁷ Ofcom (2015), Promoting investment and innovation in the Internet of Things, <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/iot> (last visited: 2017/6/19)

- 數據隱私：個人資料保護是 IoT 發展的重要項目，IoT 須遵守既有的法律，例如 1998 年數據保護法(Data Protection Act 1998)。然而，數據隱私的傳統作法可能會局限 IoT 的應用範圍，因此 Ofcom 將與資訊委員辦公室 (Information Commissioner's Office)、政府機關、其他的監理機關，以及產業共同探討解決方案。
- 網路的安全性與靈活性：由於 IoT 與人類的日常生活將趨於密切，因此安全可靠的網路和數據儲存會變得越來越重要，Ofcom 將研究如何將通訊網路的安全性和靈活性應用到 IoT。
- 網路定址：IoT 服務可能會使用定制的定址系統，或依據網際網路標準的定址系統，例如 IPv6。最新版的網際網路協定 (Internet Protocol)能夠支持更大數量的設備連接，Ofcom 會持續觀察網際網路服務提供商應用 IPv6 連接的發展情況。

為了確保英國擁有促進 IoT 發展的措施與基礎設施，Ofcom 規劃與相關產業和政府機關進行緊密合作，以消除 IoT 發展的不必要障礙，同時建立一個促進 IoT 投資與創新的監理環境。

Ofcom 認為物聯網在短期至中期的發展中，頻譜的可用性應不會是主要障礙。在這段期間，大多數新興的物聯網應用是屬於低數據流量類型，因此現有的頻譜足夠支持相關應用。

然而從長期來看，物聯網的頻譜需求是不確定的。雖然目前物聯網市場似乎仍未成熟，但未來的物聯網應用可能會快速增加對頻譜的要求，例如大量出現高數據流量需求的物聯網影像設備。因此持續掌握物聯網的發展，預測頻譜需求的任何顯著變化相當重要。

物聯網的國際頻譜協調至關重要，如此才能拓展經濟規模，並降低消費者的設備成本。鑑於某些應用需求非常低的設備成本，國際頻譜協調對物聯網是否能獲得較長期的成功是特別重要。

鑑於物聯網的設備、技術與應用非常多樣性，因此可能需要各種頻段提供服務，物聯網頻譜選擇的考量因素如圖 3- 26 所示，說明如下：

- 如果物聯網的需求是廣域覆蓋或較深的穿透建築物，建議應採用低頻段；
- 如果物聯網的需求是一定程度的服務可用性和品質，則建議應採用專用頻譜；
- 如果物聯網的需求是設備具有較長的電池壽命，則建議應採用較低複雜度的網路，依據物聯網優化的技術可以透過自己的頻譜分配獲得更好的效率。

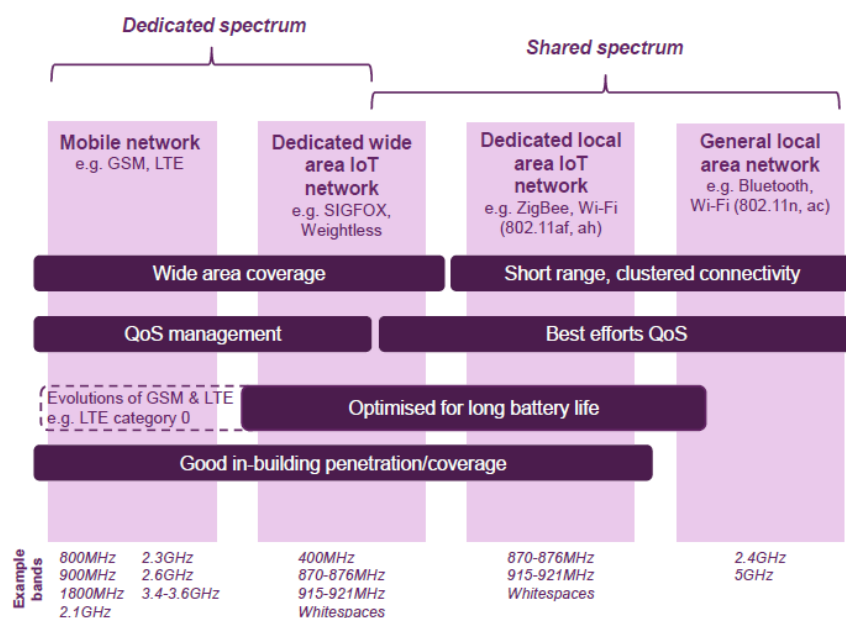


圖 3- 26：物聯網頻譜選擇的考量因素

資料來源：Ofcom

(二) 頻段規劃

雖然頻譜是物聯網發展的重要因素，但英國物聯網利害相關人認為頻譜的可用性在未來短中期將不會構成物聯網之發展障礙。雖然物聯網設備預期將大量成長，但在許多情境下，許多設備預期每天僅會進行極小量的數據交換，或者裝置在一天的工作流程中，僅會使用幾百 kilobytes 的流量。

業界認為，部分特定應用的物聯網設備多會運作在室內或採用短距離傳輸，該類設備可以使用現有 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段的免執照頻譜，讓大量服務與技術透過共用的方式進行數據傳輸，例如 Wi-Fi 和 Bluetooth，使用條件是不會干擾其他頻譜使用者，該類型態的物聯網設備在短中期不會造成頻譜可用性的障礙。

以長期來看，當物聯網進入成熟期時，可能需要額外的頻譜，例如未來物聯網設備可能演變為需要大量的數據傳輸，以影像為基礎的物聯網服務將成為重要的需求。

準確預測未來物聯網的市場大小和應用服務的特性有其挑戰性，要確切評估物聯網的長期頻譜需求相當困難。長期而言，額外的頻譜規劃有其必要性。Ofcom 依據與產業界的意見回覆，以及相關的諮詢意見內容，考量未來增加額外的物聯網頻譜，包括下列的 700MHz 頻段、1GHz 以下免執照頻譜與共享頻譜等。

1、物聯網於 700MHz 頻段

歐洲郵電管理委員會（Confederation of European Posts and Telecommunications，CEPT）考慮物聯網服務在 700 MHz 的頻譜分配，

該頻段可以讓物聯網優化（IoT-optimised）的行動技術所使用。CEPT 提議指配 2 個 3MHz 頻寬，提供未來行動寬頻服務於 700MHz 頻段使用，目前 CEPT 已有一個工作小組對物聯網通訊使用 733 至 736MHz 和 788 至 791MHz 頻段展開研究，如圖 3- 27 所示。

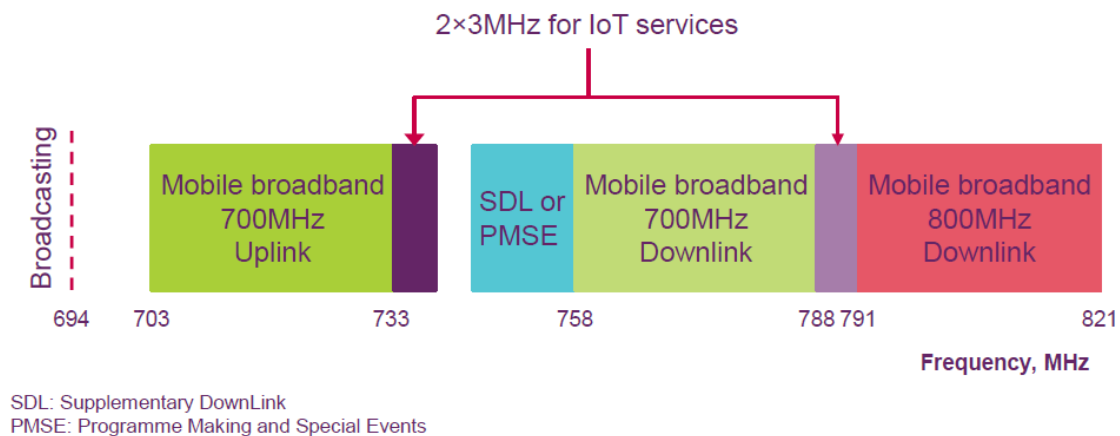


圖 3- 27：物聯網通訊使用 700MHz 頻段的研究

資料來源：Ofcom

700MHz 頻段劃分給物聯網服務的作法受到廣泛支持，因為此種作法具備潛在的國際協同一致趨勢，可提供低成本的物聯網設備。此外，使用低於 1GHz 的頻譜，將使傳輸設備特別適用於較遠的距離，以及更深入於建築物中。

2、1GHz 頻段以下之物聯網免執照頻譜

除了 870 和 915 MHz 頻段受到廣泛歡迎外，許多利害相關人期望政府可以整備 1GHz 以下的免執照頻譜，以符合物聯網的潛在需求。鑒於 700 MHz 頻段的長距離與穿透率能力，如果可以提供免執照的配置，將使 1GHz 以下頻段更具吸引力。

提供 1GHz 以下額外的免執照頻譜可以透過選定或清空頻段的使用，或降低頻段使用的技術限制，讓更多的設備使用既有頻譜配置，以提供更多的服務。

雖然免執照頻譜在網路布建初期具有極高的吸引力，但是長期來看，隨著共用頻譜免執照設備的數量不斷增加，相關業者可能會選擇移轉至需執照頻譜，以更容易地管理服務品質。如果大量提供免執照頻譜，則未來萬一需要更多的需執照頻譜時，頻譜重整或限制條件的修訂與分割將會更為困難。

3、物聯網共享頻譜

一部分的物聯網應用可能只出現在特定位置、或傳輸少量與不規則的數據，具有此種特性的物聯網應用應以共享頻譜為佳，否則將無法充分利用頻譜，或在特定地點、時間出現頻譜閒置的情況。頻譜共享是指一個以上的頻譜使用者共同使用同一個頻譜資源，並可依據頻率、時間和地點等三個相對領域進行頻譜共用。

目前許多國家在低於 6 GHz 的頻譜使用率普遍不佳，例如許多情況下，部份頻段並未使用於整個國家，或是在不同的地點或時間內沒有使用該頻段。該類頻段可以讓其他頻譜使用者共享。監理機關為了提供更多的頻譜資源時，如果尋找大量額外頻譜或進行清頻回收等措施有其困難時，頻譜共享是一個潛在的解決方案。

歐洲 VHF 頻譜對於 M2M 的應用並未規範協同一致。然而 Ofcom 認為取得超高頻頻率有助於促進創新環境發展。因此 Ofcom 於 2015 年

9 月發布尋求更多物聯網頻譜的公開諮詢，¹²⁸就有關 55-68MHz、70.5-71.5MHz 與 80.0-81.5MHz 頻段分配給 IoT 與 M2M 應用的政策規劃尋求公眾意見。Ofcom 想了解相關超高頻頻段在偏遠和農村地區提供 IoT 服務的適用性，並評估是否可以更廣泛地使用這些頻率，而不會影響既有頻譜使用者。

依據公開諮詢意見蒐集，Ofcom 於 2016 年 3 月發布運用 VHF 無線頻譜於 IoT 之政策文件，將 55-68MHz、70.5-71.5MHz 與 80.0-81.5MHz 頻段分配給 IoT 與 M2M 應用。¹²⁹Ofcom 考量利害相關人的意見後，確定 VHF 頻譜適用於 M2M 與 IoT 應用，而且 M2M 與 IoT 應用在該頻段的運作不會對其他頻譜用戶產生不利的影響。

Ofcom 以 RSPG 的架構為參考，更進一步擴張 IoT 的適用頻段，應用前述 VHF 頻段於遠端感知網路的範疇，頻段架構如圖 3- 28 所示。

¹²⁸ Ofcom (2015), More radio spectrum for the Internet of Things, <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/radio-spectrum-internet-of-things/> (last visited: 2017/6/19)

¹²⁹ Ofcom (2016), VHF radio spectrum for the Internet of things, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0029/78563/vhf-iot-statement.pdf (last visited: 2017/6/19)

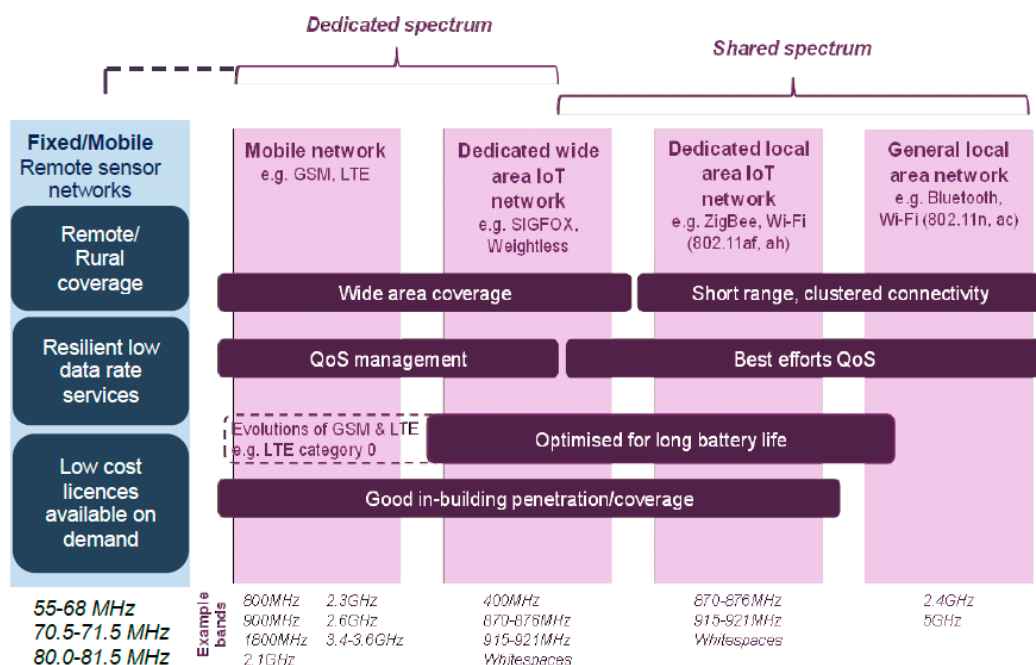


圖 3- 28：英國 IoT 頻段架構

資料來源：Ofcom

4、車聯網頻譜

Ofcom 於 2011 年 12 月 8 日公告第 2011 No. 2949 號電子通訊法定文件(Statutory Instruments)，發布「2011 年無線電報智慧交通系統豁免規定」，並於 2011 年 12 月 31 日生效。¹³⁰該公告說明無線電基地臺或無線電設備在 5875 MHz 至 5905 MHz 頻段內的建設、安裝與使用，如能符合上述該法定文件第 5 條條款的規定與限制，則可以豁免於 2006 年無線電報法¹³¹第 8（1）條的規定。

¹³⁰ Ofcom (2011), Statutory Instruments 2011 No. 2949, [http://barakaconsult.com/uploads/The%20Wireless%20Telegraphy%20\(Intelligent%20Transport%20Systems\)%20\(Exemption\)%20Regulations%202011.pdf](http://barakaconsult.com/uploads/The%20Wireless%20Telegraphy%20(Intelligent%20Transport%20Systems)%20(Exemption)%20Regulations%202011.pdf) (last visited: 2017/11/29)

¹³¹ Ofcom (2015), Wireless Telegraphy Act 2006, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/17184/wt6_licence_muxd.pdf (last visited: 2017/11/29)

第 2011 No. 2949 號電子通訊法定文件第 5 條條款的規定與限制如下所述：

無線電基地臺或無線電設備必須：

- 屬於安全相關的 ITS，或是該系統的一部分；
- 在所有方向的最大平均值 e.i.r.p. 密度為 23 dBm / MHz 和最大平均值 e.i.r.p. 33 dBm 的情況下才可以發射；
- 至少使用 ETSI EN302 571 版本 1.1.1(3) 標準¹³²所規定相當性能的技術，以減緩相關的干擾；以及
- 不會對任何無線電報設備造成不必要的干擾。

Ofcom 就其職掌在制定該規定時，依據 2008 年 8 月 5 日的歐盟執委會的決議(Commission Decision)¹³³，以履行歐盟要求調合 5875 MHz 至 5905 MHz 頻譜予 ITS 相關安全性應用的義務。

高品質的寬頻服務是人們生活和工作方式的基礎，雖然過去幾年英國大部分地區的寬頻速度均有顯著的提高，不過還是有一些地區的寬頻速度差強人意。2016 年 2 月出版的數位通訊審視 (Digital Communications Review)¹³⁴初步結論顯示，240 萬個家庭和小型企業還不能獲得 10Mbit/s 的寬頻速度，大約佔全部英國房屋建物的 8%。

因此 Ofcom 考慮將用於道路收費的 5.8 GHz 頻譜開放給 Wi-Fi 和其他通訊，目前該頻段提供給具功率限制的電子道路收費和短距離設備。Ofcom 於 2017 年 7 月 21 日針對改善固定無線寬頻接取(Broadband

¹³² ETSI EN302 571 v1.1.1(3), http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302500_302599/302571/01.01.01_60/en_302571v010101p.pdf (last visited: 2017/11/29)

¹³³ OJ No L 220 15.8.2008, p.24, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008R0816> (last visited: 2017/11/29)

¹³⁴ Ofcom (2016), Digital Communications Review, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0016/50416/dcr-statement.pdf (last visited: 2017/11/29)

fixed wireless access, BFWA)之 5.8 GHz 頻段相關事宜進行公開諮詢¹³⁵，主要是規劃將 5725 至 5850 MHz 頻段，即 5.8 GHz 頻段，作為 BFWA 的額外頻譜。原因在於 BFWA 目前已廣泛用於消費者和企業的寬頻服務，特別更適用於那些難以到達的地區。

Ofcom 在 5.8 GHz 頻段內採用輕度執照許可，目前已註冊約有一萬二千個站臺。除了用於道路收費系統的 5795 至 5815 MHz 之間的 20 MHz，目前 BFWA 可以使用其餘 5.8 GHz 頻段的頻譜資源，然而，道路收費系統在英國使用相關頻段的使用率相當低。經過 Ofcom 檢視後，認為此 20MHz 之限制不再必要，故建議取消 5795-5815 MHz 間 20 MHz 僅能用於道路收費系統的限制，並允許 BFWA 接取該類頻譜，以便在 5.8 GHz 頻段內提供更多頻寬。

但是 Ofcom 的提議遭到包括 ITS (UK) 等在內的多個機構、單位反對。反對者認為這將對英國其他使用專用短距離通信（Short Range Communications Service, DSRC）的道路管理和收費系統產生影響，有些交叉路口如果於 5.8GHz 頻段使用 DSRC 時，可能會出現信號障礙。¹³⁶考慮到諸多問題，Ofcom 決定與英國的道路收費運營商進行合作，以減少此舉帶來的技術風險。

¹³⁵ Ofcom (2017), Improving access to 5.8 GHz spectrum for broadband fixed wireless, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0014/105224/Improving-access-to-5.8-GHz-spectrum-for-broadband-fixed-wireless-access.pdf (last visited: 2017/11/29)

¹³⁶ ITS UK (2017), Society represents toll operators with response to Ofcom, <http://www.its-ukreview.org/society-represents-toll-operators-with-response-to-ofcom/> (last visited: 2017/11/29)

(三) 頻譜使用與管制議題

原先 55-68MHz、70.5-71.5MHz 與 80.0-81.5MHz 頻段的頻譜使用，是既有商業無線電（Business Radio, BR）執照的產品使用，因此不適用於 M2M 與 IoT 應用。隨後 Ofcom 於 2015 年 9 月尋求更多物聯網頻譜的公開諮詢¹³⁷，就 M2M 和 IoT 服務適用的頻譜資源議題進行諮詢，依據 2016 年 3 月發布運用 VHF 無線頻譜於 IoT 之政策文件，¹³⁸ Ofcom 認為沒有證據顯示現有 BR 執照的產品用途不適用於 M2M 和 IoT。但為了解決這個問題，Ofcom 將推出一個新的執照類別，以取代現有的 BR 執照，並為 M2M 和 IoT 應用做出具體規定。根據相關措施，Ofcom 為物聯網的頻譜接取推出專門資訊與應用網頁，以澄清目前可適用於物聯網的產品範圍。

新的執照產品範圍將取代目前的 BR 產品，並支持 M2M、IoT，以及所有當前的 BR 應用，擁有既有執照的利害相關人可以繼續按照目前的情況運作。新執照規定的技術參數和 BR 指配的規劃標準將會充分保護頻譜用戶，並可支持其他應用和物聯網之間的頻譜共享。

¹³⁷ Ofcom (2015), More radio spectrum for the Internet of Things, <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/radio-spectrum-internet-of-things/> (last visited: 2017/6/19)

¹³⁸ Ofcom (2016), VHF radio spectrum for the Internet of things, https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0029/78563/vhf-iot-statement.pdf (last visited: 2017/6/19)

三、 美國

(一) 政策發展

美國商務部下轄之國家電信與資訊管理局（NTIA）於 2017 年 1 月發布促進 IoT 發展綠皮書（Fostering the advancement of the internet of things），從各方向探討如何推動美國 IoT 的發展。NTIA 認為 IoT 可從人類生活便利性、公共安全、效率以及環境清潔等面向帶來優點；同時，IoT 也可為高速公路帶來更佳的安全性，透過連網車輛彼此互通資訊，能降低意外發生機率；除此之外，IoT 更能帶來更多商業機會，因此美國政府希望從整體 IoT 環境角度出發，建構整體 IoT 發展政策，從各面向推動 IoT 發展，其中，與頻譜較有關者，在於 IoT 將會推動頻譜資源之需求，因此，增加 IoT 可使用的頻譜資源，屬美國政府目前欲推動的策略之一，其中包括透過 5G 網路、創新性的免執照頻譜使用以及低耗能的便利性網路接埠，都是有助於 IoT 發展的工具之一。¹³⁹

為提升美國政府對 IoT 頻譜整備速度，因此 2016 年與 2017 年間，多位美國參議員連署提出草案，希望確保適當的頻譜規劃以及整合協調，以促進 IoT 的發展（A bill to ensure appropriate spectrum planning and interagency coordination to support the internet of things），草案中要求 FCC 應與國家電信與資訊管理局（NTIA）共同合作評估 IoT 未來的頻譜需求，供應必要的頻譜資源已滿足成長中的 IoT，另外也需要消除既有妨礙 IoT 頻譜供給的管制障礙，提供給 IoT 的頻譜資源將包括執照

¹³⁹ NTIA(2017), Fostering the advancement of the internet of things, available at: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/iot_green_paper_01122017.pdf (last visited: 2017/6/13)

頻譜以及免執照頻譜。FCC 應於法案公布施行一年內向國會提交相關報告。¹⁴⁰

(二) 頻段規劃

1、物聯網

美國 IoT 適用頻段可分為免執照頻段與執照頻段。免執照頻段之頻率範圍為 902-928MHz、2400-2483.5MHz 與 5725-5825MHz (UNII-3)。執照頻段則為現行行動通信業務使用之頻段，除此之外，根據 5G Americas 的報告指出，未來將會有兩個頻段新增到 3GPP Release 14 之中，支援 NB-IoT，其中美國採用之頻段配置計畫，包括 Band 25 (1850-1915MHz/1930-1995MHz) 以及 Band 70 (1695-1710MHz/1995-2020MHz)。¹⁴¹

另外，取得頻譜資源的業者也可以透過既有的執照頻譜資源提供 IoT 服務，例如 Dish Network 於其所取得之 700MHz 頻譜執照中，布建 NB IoT 網路，以提供 IoT 服務。因此目前用於提供 2G、3G 與 4G 服務的執照頻段，皆可用於提供 IoT 服務。

有關 5GHz 免執照的相關規劃措施，FCC 於 1996 年建立免執照國家資訊基礎設施 (Unlicensed National Information Infrastructure, U-NII) 相關規範，並於 1997 年分配 300MHz 頻寬供 U-NII 免執照使用，包括下列頻段：5150-5250MHz (U-NII-1)、5250-5350MHz (U-NII-2A) 以及 5725-5825MHz (U-NII-3) 等。後續在 2003 年時，FCC 又額外指

¹⁴⁰ S.88- DIGIT Act, To ensure appropriate spectrum planning and interagency coordination to support the Internet of Things, available at: <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/senate-bill/88/text> (last visited: 2017/6/13)

¹⁴¹ 5G Americas(2016), LTE and 5G technologies enabling the Internet of Things, http://www.5gamericas.org/files/3514/8121/4832/Enabling_IoT_WP_12.8.16_FINAL.pdf (last visited: 2017/6/15)

派 255MHz 頻寬適用適用 U-NII 免執照頻段，可用頻率位置為 5470-5725MHz（U-NII-2C 頻段）。2013 年時，FCC 希望擴大 U-NII 免執照可使用之頻率範圍，更進一步討論 5350-5470MHz（U-NII-2B）、5725-5850MHz（U-NII-3 的延伸）以及 5850-5925MHz（U-NII-4）頻段是否能歸屬於 5GHz 免執照頻譜。目前 U-NII 免執照頻段配置如下圖 3-29。¹⁴²

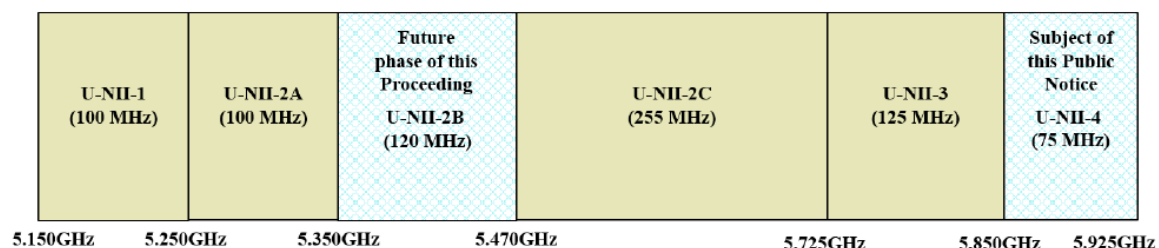


圖 3- 29：5GHz U-NII 免執照頻段配置

資料來源：FCC

同時，FCC 也藉由整備 5G 頻譜的過程，將更多頻譜納入免執照頻段使用，例如 FCC 於 2013 年 8 月修訂管理規章第 15 部，將 57-64GHz 頻段劃分為免執照頻譜，供 4G 與其他可能的無線服務應用使用。¹⁴³2016 年更進一步擴大適用範疇，增加 64-71GHz 適用於免執照頻譜規範，可應用於 5G 與創新性 IoT 使用。

由於 IoT 設備與應用將使用免執照頻段與執照頻段，因此隨著 IoT 應用之成長，未來對於頻譜資源的需求將會顯著增加。

¹⁴² FCC(2016), The commission seeks to update and refresh the record in the “unlicensed national information infrastructure (U-NII) devices in the 5GHz band” proceeding, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

¹⁴³ FCC (2013), Revision of Part 15 of the Commission’s Rules regarding operation in the 57-64GHz band, Report and Order, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-13-112A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

2、車聯網

關於車聯網之頻譜使用，FCC 於 2003 年 12 月 17 日發布指派 5850-5925MHz 頻段（5.9GHz 頻段）供指定 DSRC 技術使用的報告與命令，該技術會應用於智慧運輸系統（Intelligent Transportation System），主要做為車對車與車對基礎設施之通訊，藉由警告駕駛人即將發生的危險路況，讓駕駛人得即時迴避以提升道路安全。

DSRC 的設備包括車載設備（On-Board Units, OBUs）以及路側設備（Roadside Units, RSUs）。車載設備通常安裝在車輛內，有些車載設備為可攜式設備。相關車載設備必須遵守聯邦管理規章第 95 部的規範。路側設備通常為沿著道路或人行道旁架設的接收器。依據美國規範，路側設備也可以安裝在車輛或為攜帶式，但必須在車輛或手持設備呈停止狀態時方能運作。路側設備會向車載設備廣播數據，或在通訊區域和車載設備交換數據。路側設備必須遵守聯邦管理規章第 90 部的規範。¹⁴⁴

DSRC 將 5850-5925MHz 頻段分為七個 10MHz 頻塊，其中保留 5MHz（5850-5855MHz）作為未來技術發展。七個頻塊中，FCC 指定二個（5855-5865 與 5915-5925MHz）供公共安全服務使用，一個作為控制頻道（5885-5895MHz），剩下兩組 10MHz 頻塊整合為一個

¹⁴⁴ FCC, Dedicated Short Range Communications (DSRC) Services, available at: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/dedicated-short-range-communications-dsrc-service> (last visited: 2017/11/20)

20MHz 的服務頻道（5865-5885MHz、5895-5915MHz）使用，如下圖 3- 30。¹⁴⁵

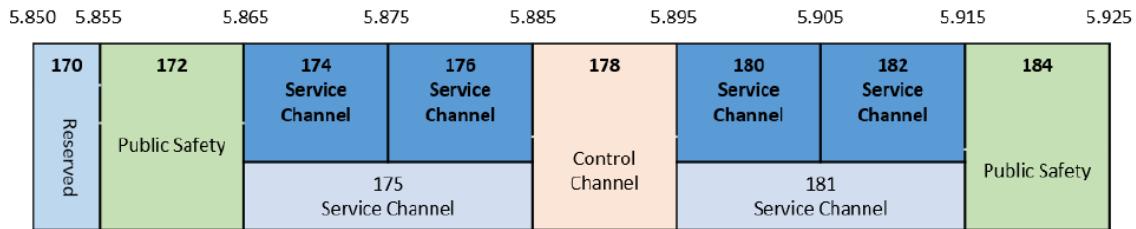


圖 3- 30：美國 DSRC 頻段配置

資料來源：FCC

除了 DSRC 通訊技術使用 5.9GHz 頻段外，FCC 於 2017 年 6 月公布對車用長距離雷達的頻譜整備政策，應用 76-81GHz 於車用長距離雷達。¹⁴⁶車用長距離雷達通常提供許多車用安全功能，包括應用於避免碰撞和主動車距巡航控制系統等。該份報告與命令讓車用長距離雷達可使用整個 76-81GHz 頻段提供服務，確保有足夠的頻譜資源可支持新浮現的短距離車用雷達應用，提升駕駛人與其他道路使用者的安全，也讓技術發展已成熟的長距離車用雷達能夠順利應用於車輛上，提升雷達應用的成本效益。

2017 年 FCC 新增長距離車用雷達可使用 76-81GHz 頻段時，也一併檢討其他幾個原先供長距離車用雷達使用頻段的分配狀態，現階段較少應用於長距離車用雷達的頻段將收回，包括 16.2-17.7GHz 與 46.7-46.9GHz 頻段。另外，原先分配給寬頻帶（wideband）、超寬頻帶

¹⁴⁵ FCC (2016), The commission seeks to update and refresh the record in the “unlicensed national information infrastructure (U-NII) devices in the 5GHz band” proceeding, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

¹⁴⁶ FCC (2017), Radar services in the 76-81GHz band, para 9, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-345476A1.pdf (last visited: 2017/11/20)

(Ultra-wideband,UWB) 車用雷達使用 23.12-29.0GHz 及 22-29GHz 頻段的頻率分配政策，FCC 也規劃逐步讓該頻段退場，不再應用於長距離車用雷達。

(三) 頻譜使用與管制議題

1、物聯網

FCC 目前由於 IoT 設備與應用將使用免執照頻段與執照頻段，因此隨著 IoT 應用之成長，未來對於頻譜資源的需求將會顯著增加。在管制上，免執照設備之主要規範為管理規章第 15 部無線電頻率設備 (Part 15: Radio frequency devices)。

現階段而言，FCC 對於 IoT 的監理規範主要仍以設備發射功率限制等技術規範為主。另一方面，NTIA 則更為重視 IoT 所涉及的相關資訊安全議題。

FCC 對於 902-928MHz、2.4GHz 與 5725-5850MHz (UNII-3) 的免執照使用規範訂於管理規則第 15.247 條，至於管理 54-71GHz 頻段於免執照使用的相關規範條文見諸於管理規章第 15.255 條。¹⁴⁷

在第 15.247 條中，主要規範符合跳頻 (Frequency-hopping) 與數位調變發送器 (Digitally modulated intentional radiators) 設備之使用。若一系統採數位調變發送，且使用 902-928MHz、2.4GHz 與 5725-5850MHz 頻段時，其最大峰值輸出功率不得超過 1 瓦。

如前揭頻段規劃中所述，2013 年 FCC 規劃修正 U-NII 設備使用 5GHz 頻段之適用範圍，討論 5350-5470MHz (U-NII-2B)、5725-

¹⁴⁷ 47 CFR§ 15.255.

5850MHz (U-NII-3 的延伸) 以及 5850-5925MHz (U-NII-4) 是否適用於 U-NII 免執照頻段。而後 FCC 於 2014 公告該修正案之政策決定，發布第一次報告與命令，修正 U-NII 設備技術規範，允許相關設備可使用 U-NII-3 的延伸頻段，頻率使用範圍從 5725-5850MHz，但另外兩個 FCC 試圖開放的頻段 U-NII-2B 及 U-NII-4 頻段均因技術考量而仍保留未開放給免執照頻段設備使用。¹⁴⁸

2013 年 8 月 9 日 FCC 發布修正免執照設備使用 57-64GHz (60GHz) 頻段之報告與命令，對於相關設備於戶外使用 60GHz 頻段時，允許較高的發射功率，FCC 希望藉以鼓勵點對點寬頻系統之布建，可適用於長距離點對點寬頻通訊，降低小型企業接取寬頻服務之成本，並促進行動通信系統於人口密集都會區之布建。¹⁴⁹

由於 60GHz 頻段受雨水與大氣吸收損耗之特性較為明顯，限制了該頻段的傳輸距離。2013 年修法前，FCC 對於 60GHz 頻段允許採免執照方式使用，當距離發射結構 3 公尺進行量測時，平均發射功率密度限制為每平方公分 9 微瓦(μ W)、峰值發射功率密度限制為每平方公分 18 微瓦。換算為均值 EIRP 為 10 瓦 (40 dBm) 與峰值 EIRP 為 20 瓦 (43dBm)。此外限制 60GHz 免執照設備的峰值傳輸功率為 500 毫瓦 (mW)。

¹⁴⁸ FCC (2014), Revision of part 15 of the commission's rules to permit unlicensed national information infrastructure (U-NII) Devices in the 5GHz band: First Report and Order, para 2, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-30A1.pdf (last visited: 2017/11/20)

¹⁴⁹ FCC (2013), Revision of Part 15 of the commission's rules regarding operation in the 57-64GHz band: Report and order, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-13-112A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

2013 年修法後，FCC 允許戶外平均發射功率提高到 82 dBm，若天線增益低於 51dBi 時，每 dB 額外再減 2dB。戶外峰值發射功率提高到 85 dBm，當天線增益低於 51 dBi 時，每 dB 額外再減 2dB。

2、車聯網

2016 年 6 月 FCC 提出將 5.9GHz 頻段（5850-5825MHz）從 DSRC 專用頻段開放供免執照 U-NII 頻段共享使用之政策文件，FCC 和美國交通部（Department of Transportation, DoT）、汽車產業與通訊產業合作測試、評估可能的共享技術。U-NII 設備可提供短距離且高速的免執照之無線連線，而 DSRC 則使用短距離無線通訊連線技術促進擁有合適設備之車輛與路側系統間資訊傳輸（車輛對基礎設施（Vehicle to Infrastructure, V2I），以及擁有合適設備之車輛間相互傳輸用途（車輛對車輛（Vehicle to Vehicle, V2V））。

2015 年 8 月時，DoT 釋出 DSRC 與免執照設備間的測試計畫，針對 U-NII 設備使用 5850-5925MHz 時，可能對 DSRC 運作造成的影響進行評估。而後 DoT 更進一步與 FCC、NTIA 共同溝通協調，建立 U-NII 免執照設備與 DSRC 設備共用頻段之測試計畫，該測試計畫共分以下三個階段：¹⁵⁰

- 第一階段：相關測試將在位於馬里蘭州哥倫比亞市的 FCC 實驗室進行。首先決定免執照設備原型的技術特性，並觀察運作時如何避免對 DSRC 造成妨害干擾。藉由本階段的測試，主管

¹⁵⁰ FCC (2016), The commission seeks to update and refresh the record in the “unlicensed national information infrastructure (U-NII) devices in the 5GHz band” proceeding, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf (last visited: 2017/11/14)

機關得以觀察設備的發射訊號特徵參數，例如 U-NII 設備偵測到 DSRC 訊號的門檻值，以及從頻道撤回以避免干擾之所需時間，採取「偵測與迴避（detect and avoid）」的方法。

- 第二階段：相關測試將在 DoT 的測試場域下進行，測試環境中只有少數車輛，作為評估第一階段所建立的避免干擾技術是否能於實際場域中運作。
- 第三階段：此階段之測試環境為適合的現實場域中測試，會有更多車輛與更多測試設備。第三階段將會考慮更多 DoT 所設定的環境因素，例如動態環境下對相關測試的整合影響。

FCC 與 DoT 希望藉由測試蒐集更多相關實證數據，用以分析、量化免執照設備在 5850-5925MHz 頻段運作時對 DSRC 接收端的影響。

2017 年 6 月 FCC 公布對 76-81GHz 頻段的管理規則，原先 76-77.5GHz 與 78-81GHz 核配給無線電定位服務（Radiolocation Service）與射電天文業務（Radio Astronomy Service），適用於接收來自太空到地球的無線電波。除此二項業務為主要業務之外，次要業務為業餘無線電。¹⁵¹

為了讓長距離車用雷達有更充足的頻譜資源可以使用，FCC 於 2017 年 6 月的管理規則主要有三項變動：

- 不再允許免執照車用雷達系統可使用 16.2-17.7GHz 與 46.7-46.9GHz；

¹⁵¹ FCC (2017), Radar services in the 76-81GHz band, para 13, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-345476A1.pdf (last visited: 2017/11/20)

- 對於免執照寬帶與超寬帶車用雷達使用 23.12-29GHz 與 22-29GHz 頻段的措施將逐步退場；
- 允許特定的固定式或移動式雷達系統可使用 76-81GHz 頻段，但使用區域僅限於機場；
- 允許車用長距離雷達可使用 76-81GHz，可用範圍為全國。
- 車用長距離雷達管理規則異動，原先採免執照規管方式，法源依據為聯邦管理規章第 15 部，修正為規範授權制（licenced-by-rule），須以執照方式取得頻譜使用，無法再像以往採免執照即可取得頻譜使用，以避免有害干擾。

四、 澳洲

(一) 政策發展

ACMA 於 2015 年 11 月發布 IoT 專注領域 (Internet of Things and the ACMA's areas of focus)¹⁵²的說明文件，列出促進物聯網短、中、長期發展應優先關注的四大領域，包括：

- 資源分配，例如通信基礎設施所需的頻譜與電話號碼；
- 確保網路的安全性和完整性；
- 推動制訂設備和資訊的互通性標準；以及
- 協助本國企業、民眾及消費者強化數位能力，俾利其有效掌握物聯網設備的人機互動及日趨複雜的數位資訊。

ACMA 於 2015 年 12 月 22 日提出有關頻譜管理法規修訂之諮詢文件，以利使用無線網路的 M2M 通訊業者能更有效地接取頻譜資源，並促進物聯網在各產業領域的應用發展。¹⁵³ACMA 指出，前揭措施將促進 M2M 和物聯網的創新、檢視政府在物聯網領域的準備就緒程度，並確認可以進一步提供產業協助的事項。

在澳洲，類別執照 (class license) 是一種運作特定無線電通信設備的許可機制，類別執照所規範的設備僅可在限制頻段、共通條件下運作。任何人均可以使用符合類別執照規範條件的設備。使用者無需

¹⁵² ACMA (2015), Internet of Things and the ACMA's areas of focus, <http://www.acma.gov.au/theacma/internet-of-things-and-the-acmas-areas-of-focus-occasional-paper> (last visited: 2017/6/15)

¹⁵³ ACMA (2015), Easier access to spectrum for Internet of Things, <http://acma.gov.au/sitecore/content/Home/Industry/Spectrum/Spectrum-planning/About-spectrum-planning/easier-access-to-spectrum-for-internet-of-things> (last visited: 2017/6/15)

申請核發類別執照，也無需繳交使用費。低干擾設備（Low Interference Potential Devices, LIPD）不可干擾其他無線電通訊服務，且不保證不受其他 LIPD 干擾。LIPD 用戶有責接受相關措施，以解決干擾問題。LIPD 發射機範例包括車庫開門遙控器、藍牙設備、無線麥克風和無線區域網路設備等。

包括 M2M 等各類物聯網設備目前須遵照分類執照機制的相關規定（class licensing regime）¹⁵⁴來接取頻譜資源。ACMA 於諮詢中計劃修改 2015 年低干擾設備無線通訊分類執照（Radiocommunications (Low Interference Potential Devices) Class Licence 2015）當中有關 900 MHz、2.4 GHz 和 5.8 GHz 頻段的使用規則，以解除 M2M 等各類物聯網設備運作於低功率窄頻（narrowband low powered）無線網路的技術障礙，如此將可支援多重產業的各種應用，例如數據遙測（data telemetry）、機器數據監控、感測器網路、保全系統和工業控制等。

ACMA 同時將修訂頻譜管理法規，以提供新的額外頻譜予相關應用領域，包括：運用於工業感測器中的無線測定發射器（radiodetermination transmitters）、自動停車管理系統中使用的超寬頻接地發射器、運用於天花板和地板牆面中探測物體的物質分析設備等。另在 122.25-123 GHz、244-246 GHz 等頻段開放供短距離無線通訊使用方面，亦尋求能與歐洲標準協同一致。ACMA 頻譜諮詢所涉規範修訂如表 3-19 所示：

¹⁵⁴ ACMA's Class licences, available at: <http://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Class-licences/class-licences> (last visited: 2017/6/15)

表 3- 19：ACMA 頻譜諮詢所涉規範修訂

項目	現行法條或規定	擬修訂法條或規定	修訂說明
改變數位調變發射機（digital modulation transmitters）最小頻寬限制。	LIPD 分類執照第 58、59 和 60 條之（b）項，限制由發射機傳導至天線之峰值發射電功率密度為 6dB 時，頻寬至少應有 500kHz。	取消此項限制。	現行規定會阻礙使用低數據傳輸速率的 M2M/IoT 應用，取消此項限制將使這些應用能透過 WiFi 頻段進行連結。
新增 122.25-123GHz、244-246GHz 等 ISM 頻段的適用設備。	無。	新增包含短距離抗通訊干擾和無線電測定技術（radio-determination）設備。	可提供短距離抗通訊干擾和無線電測定技術的發展機會，以支持創新技術，並尋求能與歐洲標準實現統一。
新增三個頻段予無線電測定發射機。	無線電測定發射機原本僅可使用於 75GHz 頻段。	新增 6.0–8.5GHz、24.05–26.50GHz，以及 57–64GHz 頻段。	

項目	現行法條或規定	擬修訂法條或規定	修訂說明
新增超寬頻接地發射機的使用頻段。	6.0–6.8GHz 頻段原已授權用於透過超寬頻技術的室內和可攜式應用，但排除戶外型固定設備。	新增 6.0–6.8GHz 頻段予超寬頻接地發射機。	適用於自動停車管理系統的停車感測。
新增建築物物質分析發射機的使用頻段。	無。	新增建築物物質分析發射機可使用 2.2GHz - 8.5GHz 頻段。	用於與物質接觸，以測定厚度，並定位物質內的物體。例如檢測牆壁內的牆柱、佈線、管道或釘子。

資料來源：ACMA

ACMA 指出，前揭措施將促進 M2M 和物聯網的創新、檢視政府在物聯網領域的準備就緒程度，並確認可以進一步提供產業協助的事項。考量未來各種服務的頻譜需求，ACMA 認為參與國際論壇將相當重要，例如參與 WRC-19 大會。

(二) 頻段規劃

1、物聯網

ACMA 於 2016 年 10 月公告澳洲 2016 至 2020 年的 FYSO¹⁵⁵，參考 RSPG 與 Ofcom 的分類架構，將 IoT 頻譜依特性區分為專用頻譜與共享頻譜，如圖 3- 31 所示。

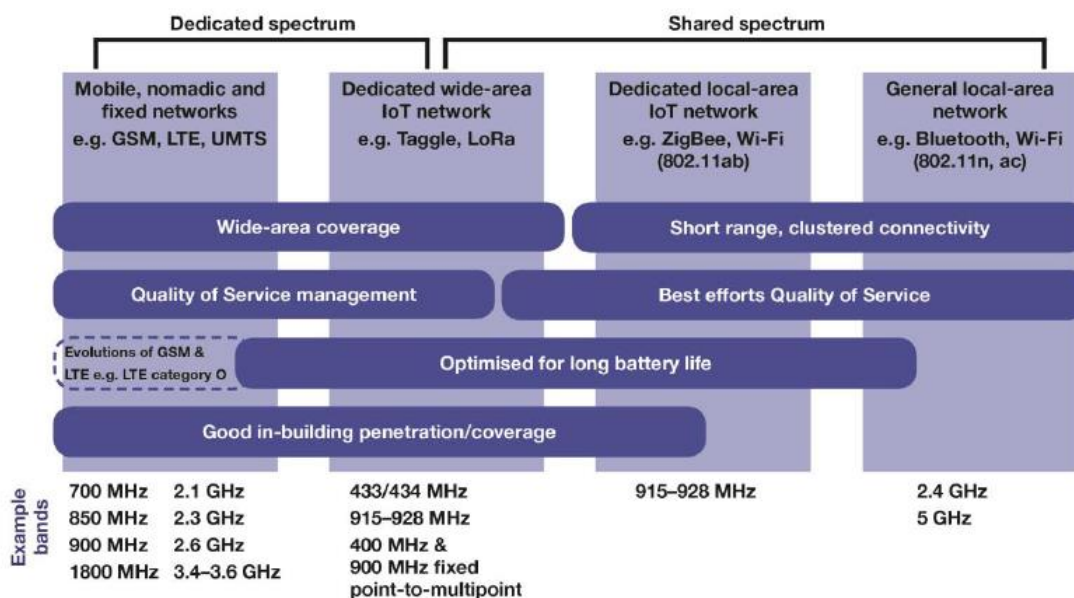


圖 3- 31：澳洲 IoT 頻譜架構

資料來源：ACMA, based on Ofcom model 2015, updated for Australian spectrum band plans.

專用頻譜包括行動網路與專用廣域網路。行動網路則包括 LTE-M、NB-IoT 等網路型態，包括 700MHz、850MHz、900MHz 與 1.8GHz 頻段等均屬於此一範疇。專用廣域網路則指 LoRA 等，適用頻段為 433/434MHz 與 915 至 928MHz 頻段等。

¹⁵⁵ ACMA (2016), Five-year spectrum outlook 2016-20, <http://www.acma.gov.au/theACMA/five-year-spectrum-outlook-2016-20> (last visited: 2017/6/15)

共享頻譜則涵蓋專用廣域網路、專用區域網路及一般區域網路等，其中專用區域網路如 ZigBee 等，一般區域網路則有藍牙等。專用區域網路適用頻段與專用廣域網路相似，而一般區域網路使用頻段則為 2.4GHz 與 5GHz 頻段。

目前已有許多可供 IoT 應用的頻譜資源，例如許多 IoT 應用使用免執照頻譜，業者只要符合該頻譜的技術規範要求，即可推出 IoT 的相關服務。另一個例子是使用需執照頻譜的 IoT，例如透過現有行動網路執照頻率，相關應用可以結合既有的頻譜執照，在現有的頻譜監管架構內進行布建。

有鑑於 IoT 用戶類別和使用方式的巨大差異，IoT 應用的頻譜接取並無一個可廣泛適用的解決方案。IoT 趨向於需要在不同的協定範圍內接取不同的頻譜資源，從專用頻譜到共享頻譜，且可在兩者間切換。因此，ACMA 正在監督物聯網的發展，以確保所有相關頻譜配置均考慮到相關新興應用之發展。雖然促進國際頻譜協調是 ACMA 頻譜管理的一個重要目標，但澳洲與其他地區或國家之間可能存在不同的頻譜配置，因此並非所有國際解決方案都可以適用於澳洲。

針對低功耗、低數據速率通訊的 IoT 應用，專門使用 900 MHz 頻段的議題已成為 ACMA 檢視 803-960 MHz 頻段的一部分。可提供額外頻譜資源來支持新興應用，ACMA 已開始採取相關措施，包括自動化、交換、計量和控制等 IoT 相關應用。雖然該頻譜之配置不會在 2021 年之前實現，但在符合既有服務和頻譜配置的條件下，將根據具體情況考量，盡早提供接取。

2、車聯網

ACMA 於 2009 年 10 月發布 ITS 規劃的討論文件¹⁵⁶，調查澳洲核配 5.850-5.925 GHz 頻段供協同式智慧運輸系統(C-ITS)的潛在價值，以及該系統與既有用戶可能採取頻譜共享的方案。ACMA 認為在澳洲引入 C-ITS 是有價值的，但需要制定一些監管措施，以促進 C-ITS 與既有用戶的頻譜共享。ACMA 收到 12 份意見回覆，所有回覆均支持在 5.850-5.925 GHz 頻段引入 C-ITS。然而，既有使用者要求須確保充分實行的頻譜共享條件。ITS 涵蓋廣泛的運輸技術，包括車輛雷達和其他應用。C-ITS 具體涉及車對車（V2V）或車對基礎設施（V2I）通信，包括 5.9 GHz 頻段的專用短距離通信（DSRC）。

國際 C-ITS 產業自 2009 年開始發展更進一步的技術與標準制定，導致延遲 C-ITS 技術的實施和採用。在此期間 ACMA 持續觀察 C-ITS 產業在國內和國際上的發展，並在澳洲展開 C-ITS 試驗。2014 年 4 月，負責管理配置澳洲 ITS 的國家道路運輸管理協會（Austroads）向 ACMA 提交一份解決 2009 年討論文件中相關問題的意見，並建議重新啟動 5.855-5.925 GHz 頻段（5.9 GHz 頻段）適用於 C-ITS 系統之規劃作業。

ACMA 2009 年的討論文件，主要考慮 5.850 GHz 到 5.925 GHz 的頻段，因為美國最初將該頻段分配給 C-ITS。然而在國際上，特別是在歐洲，C-ITS 被安排在 5.855-5.925 GHz 頻段。雖然美國和歐洲頻率

¹⁵⁶ ACMA (2009), Planning for intelligent transport systems, Proposals for the introduction of intelligent transport systems into the 5.9 GHz band in Australia, <http://www.acma.gov.au/~media/Spectrum%20Transformation%20and%20Government/Report/pdf/Planning%20for%20intelligent%20transport%20systems%20Proposals%20for%20the%20introduction%20of%20intelligent%20systems%20into%20the%2059%20GHz%20band%20in%20Australia%20Discussion%20Paper%20October%202009.PDF> (last visited: 2017/11/29)

範圍的配置幾乎相同，但在頻道安排上存在一些差異。ACMA 根據 Austroads 和聯邦汽車工業協會（Federal Chamber of Automotive Industries, FCAI）的建議，將在澳洲採用歐洲 5.9 GHz 頻段的 C-ITS 標準，因為目前澳洲的汽車標準是基於歐洲的標準訂定。因此，ACMA 主要考量以 5.855 GHz 和 5.925 GHz 頻段做為智慧運輸系統的頻譜配置。如果未來有需要，才會考慮擴充至 5.850-5.855 GHz 的頻譜配置。

依據 ETSI EN 302 571 標準規定，歐洲與澳洲 C-ITS 的通道配置，以及既有服務在 5.9 GHz 頻段及其附近使用頻率的情況如下圖 3- 32。

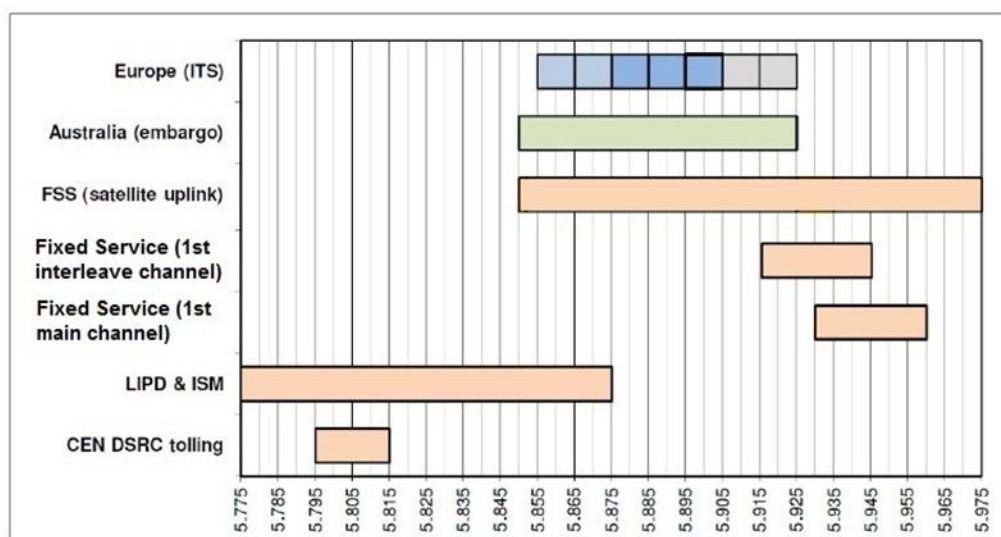


圖 3- 32：歐洲與澳洲 C-ITS 頻率配置

資料來源：ACMA

澳洲 C-ITS 討論與既有業務共同使用 5.9GHz 頻段之議題，包括固定衛星業務等，以下依序討論。

(1) 固定衛星業務

固定衛星業務(Fixed-satellite service, FSS)，特別是 FSS 的地面對太空的傳輸頻段與 5.9 GHz 頻段重疊，目前澳洲在六個地點共有 16 個 FSS 許可執照。FSS 主要運作於 5.9 GHz 頻段與 5.9 GHz 相鄰的頻段，其天線仰角均大於 15 度，僅在用作發射支援的情況下，其天線仰角才會低於 15 度。FSS 在 5.9 GHz 頻段附近提供發射支援的運作頻率如下圖 3-33。

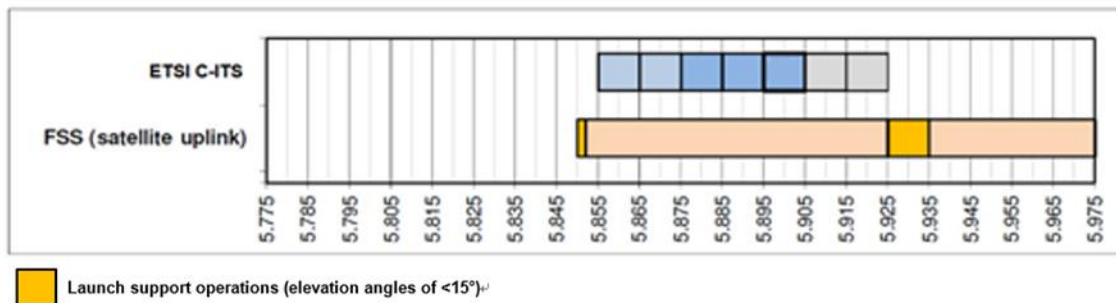


圖 3-33：FSS 在 5.9GHz 頻段的發射運作頻率

資料來源：ACMA

2009 年討論文件已有討論 C-ITS 對 FSS，以及 FSS 對 C-ITS 的干擾可能性，該報告得出結論，C-ITS 對 FSS 的干擾風險非常低。ECC Report 101 也支持這一觀點，¹⁵⁷因為 C-ITS 對 FSS 的干擾風險性被認為太低，所以不須考慮。相反地，FSS 對 C-ITS 的干擾有一定的風險，因此提出一些促進 C-ITS 與 FSS 頻譜共享的措施，其中包括：

¹⁵⁷ ECC Report 101, COMPATIBILITY STUDIES IN THE BAND 5855– 5925 MHz BETWEEN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (ITS) AND OTHER SYSTEMS, <http://www.ero.docdb.dk/docs/doc98/Official/Pdf/ECCRep101.pdf> (last visited: 2017/11/29)

- C-ITS 圍繞既有的 FSS 地面站布建時，須容忍既有服務的干擾。
- 既有 FSS 地面站在本頻段內配置新的 FSS 業務時，不可以增加 C-ITS 的潛在干擾。
- 只有在不曾干擾 C-ITS 未來可能布建於主要城市、城鎮，以及主要高速公路的情況下，才會允許新 FSS 布建的位置。
- 在各種情況下，使用一公里的干擾範圍作為協調的基礎，新 FSS 地面站天線仰角小於 15 度的情況是屬於例外。
- 當 FSS 地面站離 C-ITS 路邊設備(road side units, RSU)、主要城市、城市或公路之間達不到一公里的距離時，需要進行更詳細的協調；FSS 地面站的天線仰角小於 15 度的情況也須進行更詳細的協調。

相關業者對於在 5.9 GHz 頻段引入 C-ITS，擔心可能會限制 FSS 地面站未來的發展，同時也會擔心許多 C-ITS 設備對衛星接收機也會存在潛在的聚合干擾(aggregate interference)。

ECC Report 101 概述了 C-ITS 和其他系統之間在 5.9 GHz 頻段的兼容性研究。這些研究包括聚合干擾的研究，其結果顯示在 5.9 GHz 頻段引入 C-ITS 可以與 FSS 接收機兼容。因此，沒有需要提出任何措施來減輕 C-ITS 對 FSS 衛星系統的可能干擾。

(2) 固定無線業務

固定無線業務核配的頻譜，和建議 C-ITS 頻譜相鄰，其中在 6GHz 頻段的第一交織通道(interleaved channel)與 C-ITS 的 5.915-5.925GHz 頻

段交互重疊。目前在黃金海岸(Gold Coast)和布里斯班(Brisbane)之間有一個運作中的固定鏈路。固定無線業務第一交織通道在 5.9 GHz 頻段附近的運作頻率如下圖 3- 34。

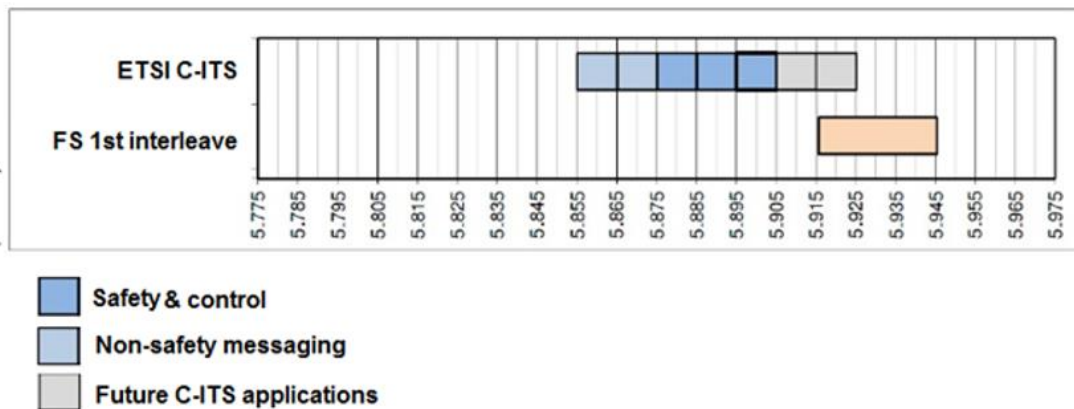


圖 3- 34：固定無線業務於 5.9GHz 頻段使用情形

資料來源：ACMA

2009 年討論文件已討論 C-ITS 與固定無線業務間的干擾可能性，該報告顯示在天線附近，固定無線業務與 C-ITS 之間出現干擾的可能性很高。然而，除了與固定無線業務天線相當接近的情況下，固定無線業務 6GHz 頻段的第一主通道(main channel)與 C-ITS 之間的干擾可能性卻是中度的或低度的。ACMA 提出一些促進 C-ITS 與 6GHz 頻段固定無線業務的共享措施，其中包括：

- 重新配置在 6GHz 頻段第一交織通道的獨立固定無線業務，以增加 C-ITS 的干擾保護。
- C-ITS 接受來自固定無線業務相鄰之 6GHz 頻段的干擾。

為了確保對既有固定無線鏈路的保護，對於編配在 5.925 GHz 頻段以上的固網業務，任何 C-ITS 設備的非必要(unwanted)發射功率都要低於-65 dBm/MHz。

(3) ISM 頻段應用和潛在的低干擾設備

C-ITS 5.9 GHz 頻段中的 5.725-5.875 GHz 頻譜與工業，科學和醫療（Industrial, scientific and medical, ISM）頻段重疊，根據 2013 年澳洲射頻頻譜計畫國際附錄(international footnote)第 150 條¹⁵⁸，在 ISM 指定頻段內運作的無線電通信設備必須接受 ISM 應用所造成的任何有害干擾。

5.725-5.875 GHz 頻段內除了 ISM 頻段應用之外，該頻段還支持根據 2015 年授權的潛在低干擾無線電通信設備（Low Interference Potential Devices, LIPD）。相關設備包括用於無線局域網路（wireless local area networks, WLAN）的設備，以及其他的發射機設備。LIPD 類執照中有註明，根據 LIPD 類執照運作的設備將不會受到防止干擾的保護。在發生干擾的情況下，被授權根據 LIPD 類執照運作的設備用戶，有責任採取措施以解決干擾。ETSI C-ITS、ISM、LIPD 和公路收費(tolling)的頻率分布如下圖 3- 35。

¹⁵⁸ ACMA (2013), Australian Radiofrequency Spectrum Plan 2013, <http://www.acma.gov.au/~media/Spectrum%20Transformation%20and%20Government/Information/pdf/Australian%20Radiofrequency%20Spectrum%20Plan%202013.pdf> (last visited: 2017/11/29)

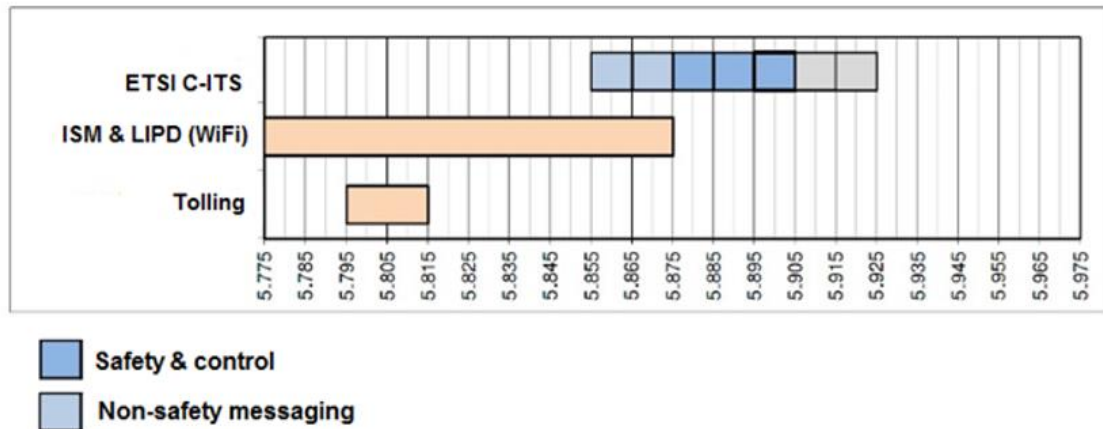


圖 3- 35：ETSI C-ITS、ISM、LIPD 和公路收費(tolling)的頻率分布

資料來源：ACMA

運輸產業一直擔心 C-ITS 早期的版本標準會對公路收費設備產生有害干擾。然而，ETSI EN 302 571 標準¹⁵⁹已經更新，並且要求須符合另一個 ETSI TS 102 792 標準¹⁶⁰，符合該標準有助於 DSRC 收費系統和 C-ITS 之間的共存。

有關 ISM 和 LIPD 應用擴展到 5.875 GHz，與 C-ITS 通道計畫的通道 1 和 2 重疊部份，歐洲 C-ITS 標準是將通道 1 和 2 用於非安全性相關的功能。如此作法可以確保任何潛在的干擾風險，僅會限制在對非安全性的功能，運作在 C-ITS 通道計畫中通道 1 和 2 的設備將不會受到防止干擾的保護。

¹⁵⁹ ETSI (2017), ETSI EN 302 571, https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/edithelp/Docs/en_302571v2.1.1_Compared%20with%20previous%20version.pdf (last visited: 2017/11/29)

¹⁶⁰ ETSI (2015), ETSI TS 102 792, http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102792/01.02.01_60/ts_102792v010201p.pdf (last visited: 2017/11/29)

(三) 頻譜使用與管制議題

為了解決物聯網相關的阻礙議題、追求推動者所提供的機會、促進澳洲物聯網產業的共同發展，以及協助澳洲在一些重點區域領導國際市場，澳洲通訊聯盟(Communications Alliance Ltd)提出 12 項關鍵的建議：¹⁶¹

1. 為了與國家的經濟目標一致，透過適當的政策和法規制定，以發展和支持連貫與協作的澳洲物聯網產業，並帶動生產與創新。
2. 選定可以成為國際領先的相關領域，產業與政府應投入更多的努力，並加強合作。礦業、農業、運輸和電信等領域是澳洲可以成為國際領先的相關領域。
3. 有關物聯網的應制定相關模式與原則。
4. 調整數據共享與公共數據公開的政策，並透過明確的政策與接取準則，以解決物聯網的隱私問題，並提升物聯網使用的信心與可信度。
5. 制定物聯網服務鏈的基本網路與服務安全性準則，牽涉的領域從感測器/驅動器(actuator)，到網路與數據，其中須從攻擊與服務回復力兩個層面進行安全性考量。
6. 透過參與產業成長中心(Industry Growth Centre)活動，調整與合理選定重點產業，並進行培育與互相合作，以建立創新的生態系統，以此鼓勵物聯網的蓬勃發展。

¹⁶¹ COMMUNICATIONS ALLIANCE LTD (2015), Enabling the Internet of Things for Australia, http://www.commsalliance.com.au/data/assets/pdf_file/0007/51991/Enabling-the-Internet-of-Things-for-Australia.pdf (last visited: 2017/6/15)

7. 面對新的物聯網無線技術，應檢視當前頻譜設置和釋照條件的充足性，特別應著重於低數據流量服務方面的頻譜。
8. 在默認情況下，鼓勵所有平台使用 IPv6，包括政府和網路服務提供商。
9. 提高科學、技術、工程和數學(science, technology, engineering and mathematics, STEM)學習計畫的比重，並制定物聯網培訓計畫，特別應著重於數據工程領域。
10. 透過檢視提供貿易障礙、數據保護和地方管理衝擊的產業指引能力，以審視澳洲在關鍵物聯網標準組織中的參與程度。
11. 有關澳洲智慧城市的發展，考量減少和簡化管理的程度。
12. 應委託進行更詳細、更健全，以及以證據為基礎的經濟研究，以確定初步的發現、建議、推動因素、發展障礙，以及重點產業，並確認那些團體可以作為領導者，以推動相關因應措施。

為了在主管機關與產業之間建立監管和協作的框架，澳洲 IoT 聯盟 (IoT Alliance Australia, IoTAA) 於 2016 年 2 月成立，並於 2016 年 7 月正式啟動，以利用物聯網為產業帶來的機會。IoTAA 來自於 2015 年 6 月成立的 IoT 通信聯盟 (Communications Alliance IoT) 智囊團，IoTAA 六個促進與解決 IoT 應用的工作小組所組成，其中包括頻譜工作小組。

五、日本

(一) 政策發展

日本的 IoT 政策與 5G 的政策脈絡一致，抑是由 2013 年之《世界最新進 IT 國家創造宣言》而來。其推動 IoT 一方面由 2015 年 10 月產官學代表設立之「IoT 推進委員會」來進行。

另一方面，因應 IoT/大數據產生的 Open Data、隱私、安全等方面之議題，以及商業上經營革新與社會改變，2015 年 9 月總務省在資訊通訊審議會之「資訊通訊政策部會」下，新成立「IoT 政策委員會」（如下圖 3- 36）。該委員會從政策面（ICT 基礎建設整備、制定相關規定）、採用措施（IoT 革新的相關議題之解決方案）、目標面（IoT 情境）來整合與檢討，制定完整的 IoT 總體戰略。¹⁶²

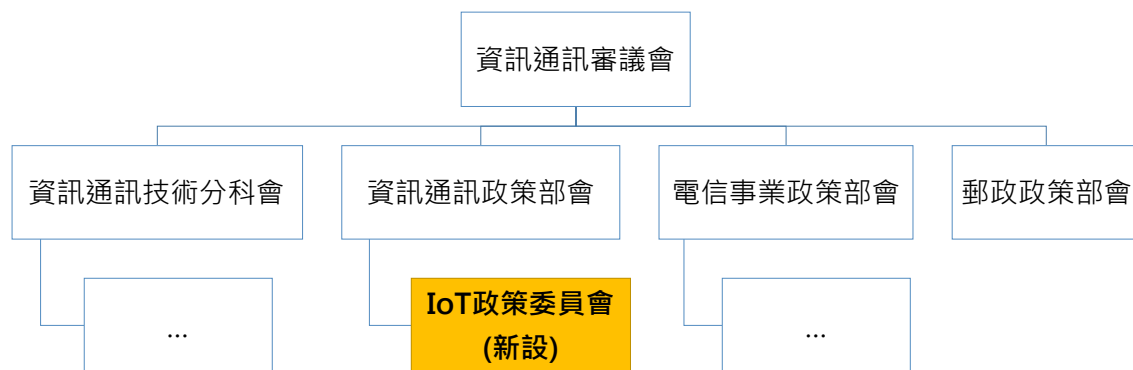


圖 3- 36：IoT 政策委員會在資訊通訊審議會之組織位置

資料來源：總務省

IoT 政策委員會中，另設置基本戰略工作小組與人才育成工作小組，以針對 IoT 各國政策的進展狀況、IoT 綜合發展的戰略擬定與執行網路

¹⁶² 總務省（2015），〈IoT／ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000379234.pdf>。

營運管理的人才、養成的策略分針。委員會從 2016 年 7 月至 2017 年 7 月之年度時程規劃如下圖 3-37：¹⁶³

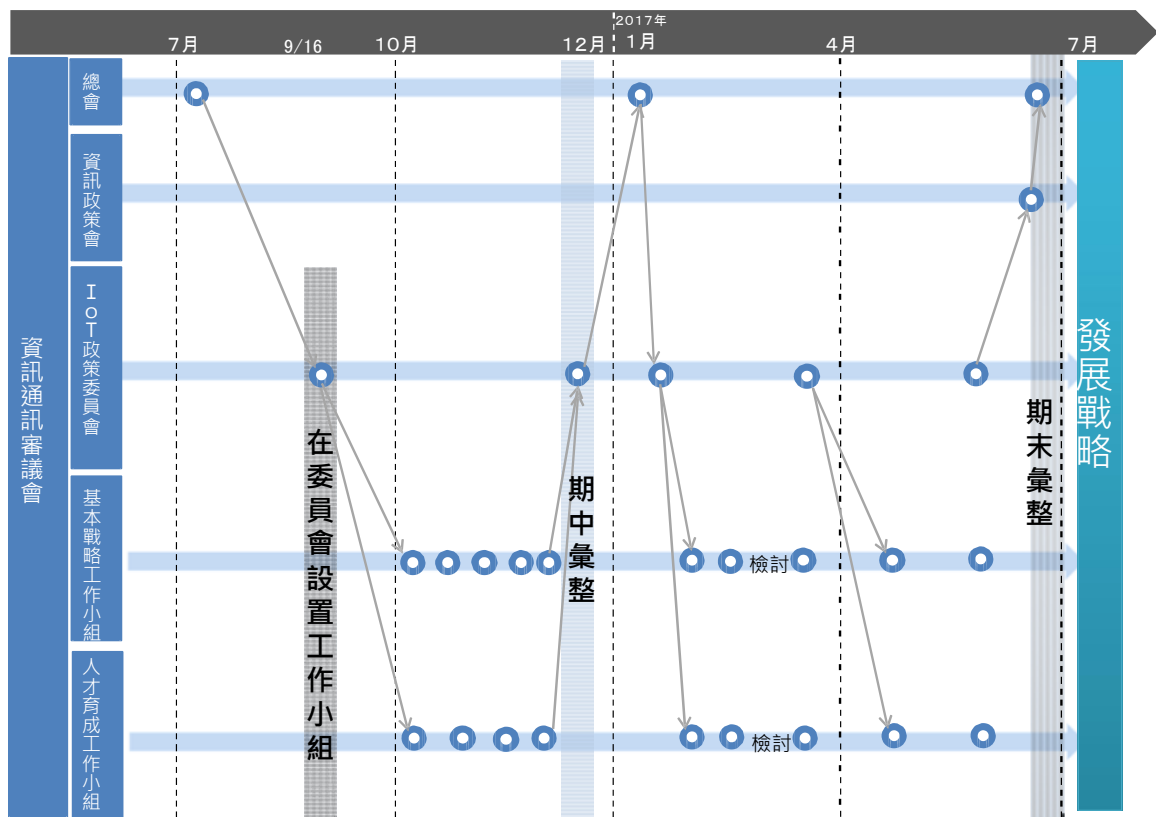


圖 3-37：IoT 政策委員會年度時程規劃

資料來源：總務省

在 2017 年的第三次期中會議中，IoT 政策委員會彙整較具體的 IoT 整體戰略與政策路徑。在整體戰略的部分，其目標是實現第四次產業革命，產生 30 兆日圓的附加價值，並重新設計整體的社會經濟活動，往與社會有關議題解決的 Society 5.0 方向前進。其統整機關是以總務省推動訂定「IoT 整體架構」，做為政府整體施政與各式合作之方針，其認為未來的社會是以資料驅動為主的社會，以各式各樣物件、機械

¹⁶³ IoT 政策委員會（2016），〈IoT 政策委員會の今後の進め方について〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000444755.pdf>。

之 IoT，形成動態、靜態性的資料，並（藉由 AI、大數據）據以分析、活用，來去實現產生解決方案（搭配設計思考的開放式創新概念），以解決社會上各式各樣的議題。

在政策路徑（如下圖 3- 38）中，日本的 5G 與 IoT 政策息息相關，在整個政策路徑上的規劃皆是以 2020 年東京奧運會作為實現的終點。其特別強調 ICT 人才培育的重要性、個資運用與隱私確保、網路安全、技術開發（AI、自動化、網路技術虛擬化）、跨領域整合、設備管理、創新落實等。¹⁶⁴

¹⁶⁴ 總務省（2017），〈総務省における IoT 関連の技術開発・標準化に関する取組〉，網址：
<www.iptpc.com/CI_seminar2017_01.pdf>。

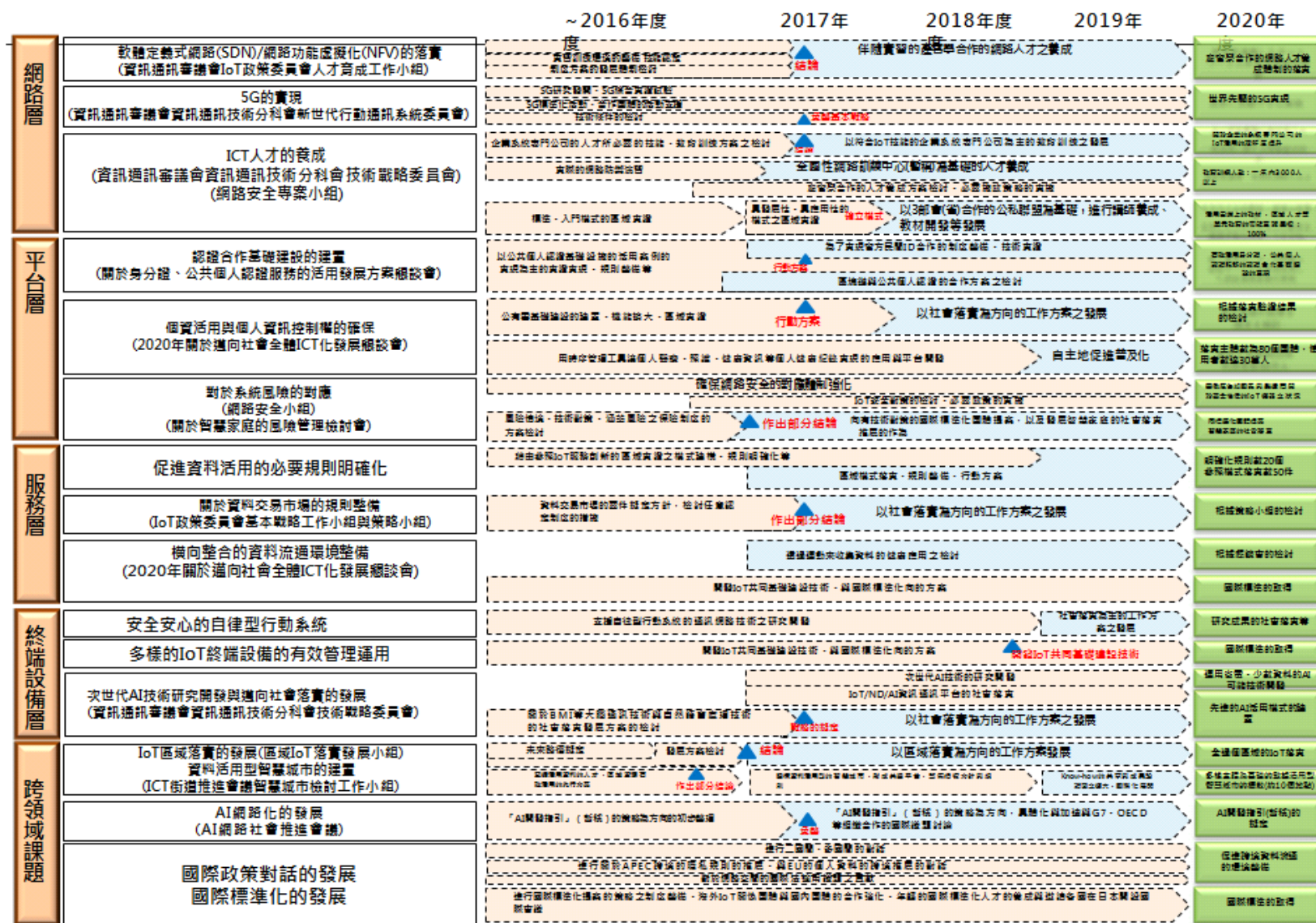


圖 3-38：日本 IoT 政策路徑

資料來源：總務省

從政策路徑中，資訊通訊審議會提出三項行動方案¹⁶⁵，分別為：

- 重要領域的資料利用：包括照護、教育、農業產業的實驗測試；智慧城市、智慧家庭、廣播、通訊、資安的橫向整合利用。
- 軟體對應：軟體定義網路（SDN）之落實支援、專門人才養成、初等、中等教育的整備。
- 國際標準化：國際合作、國內體制的整合。

（二）頻段規劃

1、物聯網

總務省依據物聯網傳輸速率與通訊距離，依技術型態與頻譜種類區分如下圖 3- 39。¹⁶⁶

¹⁶⁵ 總務省（2017），〈總務省におけるデータ利活用に関する取組について〉，網址：
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/kensho_hyoka_kikaku/2017/johozai/dai4/siryoushi.pdf>。

¹⁶⁶ 總務省（2017），〈總務省「第 4 次産業革命における産業構造分析と IoT・AI 等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究」（平成 29 年）〉。

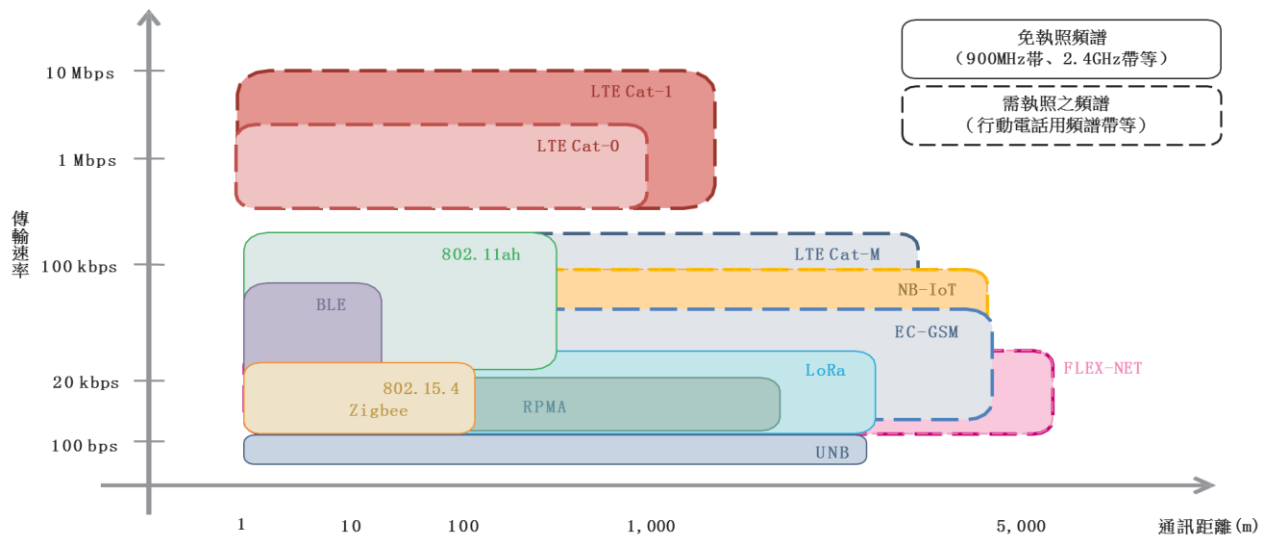


圖 3- 39：日本物聯網技術型態分類

資料來源：總務省

總務省提及的 IoT 類別包含無人機/機器人、醫療/健康、智慧家庭、金融科技、智慧城市等¹⁶⁷。日本 960-1710MHz 頻譜分配狀態如下圖 3-40。

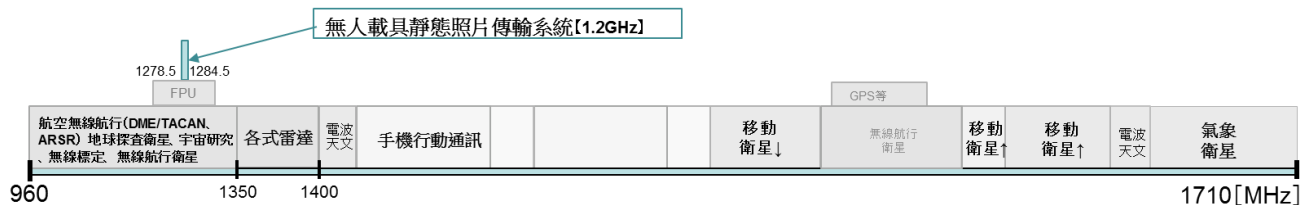


圖 3- 40：日本 960-1710MHz 頻譜分配狀態

資料來源：總務省

總務省目前對無人載具靜態照片傳輸系統規劃使用 1.2GHz 頻段，如下表 3-20。總務省對無人載具照片傳輸系統的無線基地臺之整備措

¹⁶⁷ 總務省（2016），〈IoT 時代に向けた 移動通信政策の動向〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000454145.pdf>。

施，規劃未來將 1.2GHz 類比式照片傳輸系統移轉至使用 2.4GHz 與 5.7GHz 頻段。

表 3- 20：使用無人機/機器人之主要無線通訊系統頻譜

無線系統名稱 /電臺種類	頻段	傳輸功率	傳送速度	使用型態	電臺執照
傳統廣播操控 用微弱無線	73MHz	※1	5kbps	操控	不需要
特定小電力無線電臺	400MHz	10mW	5kbps	操控	不需要※2
特定小電力無線電臺	920MHz	20mW	~1Mbps	操控	不需要※2
行動電臺	1.2GHz	1W	類比方式	圖像傳送	需要
小電力資料通訊系統	2.4GHz	10mW/MHz(FH 方式為 3mW/MHz)	200k~54Mbps	操控 圖像傳送 資料傳送	不需要※2
無線接取	4.9GHz	250mW	~54Mbps	圖像傳送 資料傳送	需要
小電力資料通訊系統	5GHz	10mW/MHz	~6.93Gbps	圖像傳送 資料傳送	不需要※2
簡易無線電臺	50GHz	30Mw	類比方式	圖像傳送	需要

※1：在 500 公尺的距離下，電界強度為 200 μ V/m 以下

※2：關於不需要執照的無線電臺，要事先確認無線設備是在電波法中訂定之適當技術基準下，並有「技術基準適合證明或工事設計認證」證明之無線設備使用為限。

2、車聯網

總務省針對智慧運輸系統（ITS）的使用頻段如下圖 3- 41：¹⁶⁸

- 安全駕駛支援系統使用 760MHz；

¹⁶⁸ 總務省（2016），〈ロボット・IoT における電波利用の高度化など最新の電波政策について〉，網址：<<http://kiaigr.jp/jigyoku/h28/PDF/0617p1.pdf>>。

- DSRC 使用 5.8GHz 頻段；
- 高分解能雷達使用 79GHz 頻段（77~81GHz）。

ITS的頻譜使用狀況

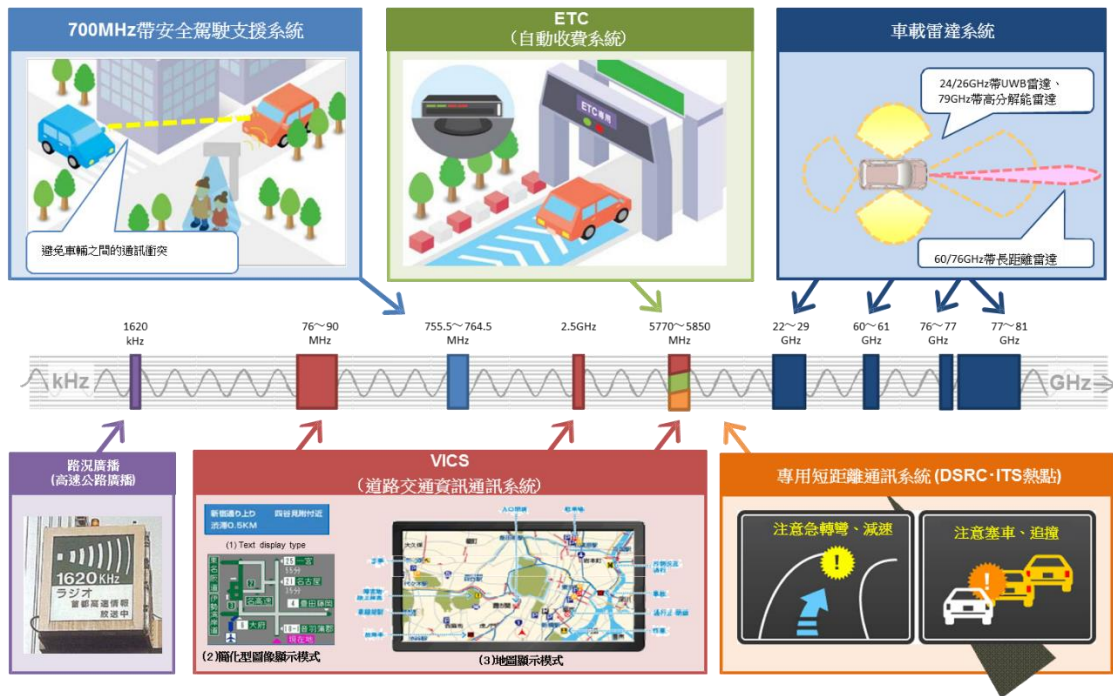


圖 3- 41：日本 ITS 頻譜使用狀態

資料來源：總務省

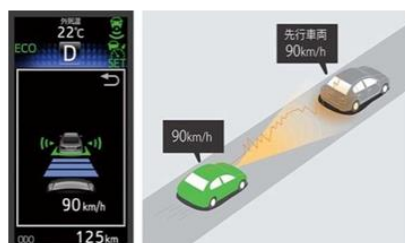
相較於其他國家以 5.9GHz 頻段做為 ITS 主要頻段，總務省整備 760MHz 頻段供該國汽車產業使用。2015 年 9 月 30 日，豐田汽車發表販售對應使用 760MHz 帶的聯網車輛支援系統(CVSS)與駕駛安全支援系統(DSSS)之汽車。這是世界上首次商業落實使用 ITS 專用頻譜之聯網車輛支援系統。聯網車輛通訊案例如下圖 3- 42，駕駛安全支援系統案例如下圖 3- 43。

【聯網車輛通訊系統】



緊急事件車輛出現通知

當緊急行駛車輛（如救護車）處於附近時，顯示緊急車輛的相對方向、距離以及行駛方向。



使用通訊系統雷達的定速行駛控制系統

當前方車輛也使用與系統兼容的系統時，可藉由前方車輛的加速度／減速資訊來控制車輛間的距離和速度變化，以實現平順駕駛。

圖 3- 42：聯網車輛通訊系統案例

資料來源：總務省

【駕駛安全通訊系統】



紅燈警戒系統

接近即將變為紅燈的交叉路口時，發出警戒訊息



變換燈號前的提醒

當車輛停止等待紅燈時，顯示紅燈的等待時間



右轉時之注意訊號

等待在交叉路口右轉時，當駕駛人即將行駛，但對向車道直行車或行人出現時發出警告

圖 3- 43：駕駛安全通訊系統案例

資料來源：總務省

(三) 頻譜使用與管制議題

1、物聯網

目前日本尚在針對若干技術進行干擾測試，與進行政策上的調整，舉例如下。

- 920MHz 頻段 RFID 的室外使用有關之技術條件之調查檢討：
日本已在 2011 年時，將原本使用被動式標籤系統（Passive Tag System）的 950MHz 移頻至 920MHz，目前正在檢討室外 RFID 的使用情況，會與公共腳踏車的管理、運動會的計時器等既有無線系統使用共同之頻譜是否相衝突之情形。
- eMTC/NB-IoT 的共用頻譜檢討：包含 NB-IoT 的護衛頻段模式的情況，為了要規定在既有的 LTE 系統的不必要發射強度的範圍內，導入 eMTC/NB-IoT 的情形不需要檢討新的頻譜共用事宜。¹⁶⁹
- eMTC 與 NB-IoT 的頻率防護指針：使用上，需在人體的吸收率之容許值規定內。

除此之外，總務省調查日本境內與海外對於免執照物聯網之推動狀態，包括電信業者、一般企業與縣市政府均有發展物聯網相關應用之實驗案例，整理如下表 3- 21。

¹⁶⁹ 總務省（2017），〈eMTC 及び NB-IoT の技術概要・共用検討〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000458171.pdf>。

表 3- 21：日本 LPWA 實驗案例

區分		國家/企業等	案例概要(L:LoRA、S:Sigfox)
日本	實證	azbil、日本 IBM 等 7 公司	福岡市從 2017 年 7 月起開始進行關於瓦斯、自來水測計的數據收集實證實驗。目前確認實用向的課題(L)
		NTT Docomo、hatapro(IT 創投)	結合市區內三個水源地、11 個配水池與市公所的網路，以 LPWA 來做平時監視設施運作狀況的系統實證(L)
		日立	有得到 Tomisu、e-trust、新潟市水利局、新潟市的協助，實施人孔蓋的監視之驗證，以作為人孔蓋的犯罪避免、安全對策解決方案提供向的實證實驗的一環(採用技術不明)
	實用	京瓷通訊	宅配披薩連鎖店內，導入保存披薩麵團的冰箱溫度管理的遠距遙控系統(S)
海外	產業	美國/Senet	美國有自來水管基礎設施的惡化問題，他們利用 Senet 公司的 LPWA 網路，提供基礎設施的監控服務(L)
		祕魯/馬努國家公園	在國家公園內設置感測器與攝影機，以監測環境狀況，提供即時的資訊(L)
		台灣/亞太電信	台灣 IoT 智慧島計畫(亞洲矽谷)自 2016 年起從台北市起頭，包含新北市、桃園市設置共 500 個「LoRA 熱點」(L)
	消費者	法國/La Poste	設置可以收集與配送的按鈕形式設備
		荷蘭/KPN	阿姆斯特丹為建設智慧城市的基礎設施，提供「Amsterdam Beacon Mile」的觀光客向的服務，設置 LPWA 的 Gateway 與 3000 個 Beacon

資料來源：總務省

2、車聯網

總務省目前正在研析推動 ITS 高度發展的相關措施，從原先道路交通資訊通訊系統（VICS）、ETC 電子收費系統演進到聯網車輛通訊、駕駛安全通訊與自動駕駛系統。

運用光學式車輛感應器、頻譜 Beacon 感應器、FM 多重廣播塞車資訊傳輸之 VICS 服務於 1996 年開始，2017 年 1 月底累計有 5,300 萬台車輛使用。至於使用 5.8GHz 頻段之 DSRC 之付費道路收費機制的 ETC 服務於 2001 年起開始，2017 年 4 月底累計有 7,900 萬台設備。

總務省希望未來更進一步推動 ITS 發展，能夠演進至使用感應類的自動煞車系統與雷達感應式車距維持定速系統、以及促進聯網車輛通訊、駕駛安全通訊之系統商轉。

關於自動駕駛系統之發展，總務省希望能透過使用感應類的周圍狀況監測，聯網車輛通訊、駕駛安全通訊的天波雷達（Over-the-horizon radar）監測與協調型駕駛支援；以及透過動態地圖來組合辨認正確的自駕車位置等，藉以早日實現自動駕駛系統。

總務省 ITS 推動發展措施如下圖 3-44。



圖 3-44：日本 ITS 推動發展措施

資料來源：總務省

目前總務省無人機與車聯網的頻譜使用均為 5GHz 頻段，相關應用管制規劃如下圖 3-45。

- 無人機系統（5030-5091MHz）

- 為了要分配 5GHz 頻段給無人機 CNPC 使用，以 2019 年為目標，往國際的飛航系統標準化邁進。

- DSRC 系統（5770-5880MHz）

- 為確保未來的協力型 ITS(高度發展的道路交通系統) 與接取頻譜的聯網車輛之重要性，以及國際協同一致的觀點，將針對現行 5.8GHz 頻段的 DSRC 使用服務擴張的角度，進行檢討/實證新的車聯網通訊技術導入之可能。

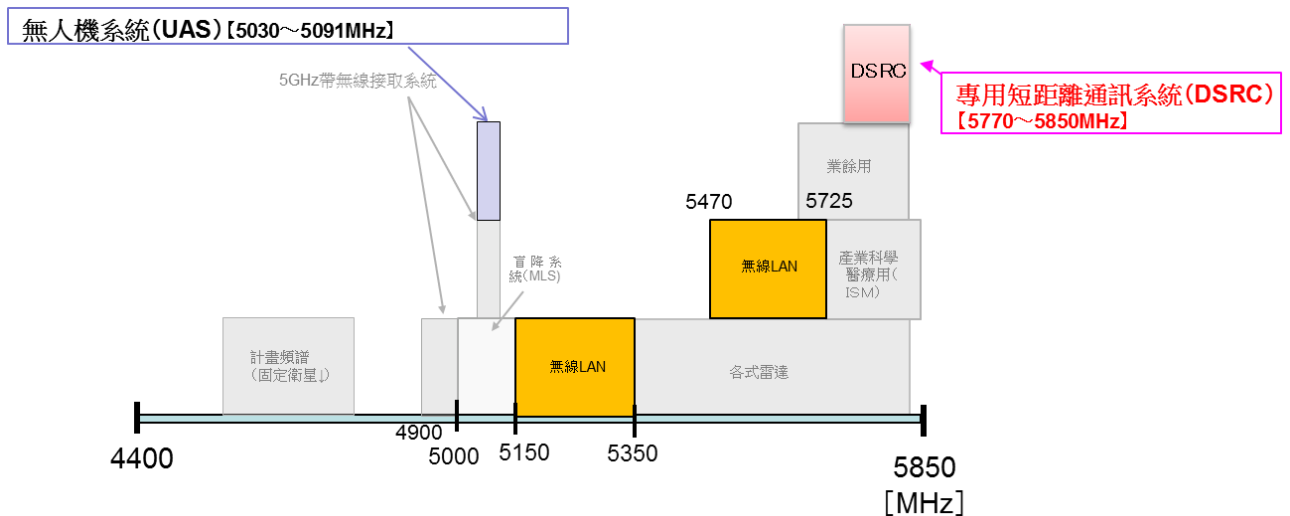


圖 3- 45：4.4-5.85GHz 頻段使用狀態

資料來源：總務省

六、 小結：綜合比較

綜整各國 IoT 頻譜整備狀態，業者除可透過執照頻譜布建 IoT 外，亦可使用免執照頻譜或共享頻譜布建 IoT。

在頻段選擇上，各國對於 IoT 使用 1GHz 以下頻段之分配狀態略有差異，例如歐盟以 863-870MHz 頻段適用於 IoT，而美國則以 902-928MHz 供 IoT 使用。2.4GHz 與 5GHz 免執照頻段為所有國家共同使用之頻段，惟美國的 5GHz 頻段較其他國家略寬。

部分國家持續調查國內頻譜使用狀態，已核配更多頻譜資源供 IoT 使用。例如歐盟持續蒐集、探討可適用於 IoT 之頻譜資源，英國亦積極推動該國 IoT 產業之發展，故劃定 VHF 頻段供 IoT 使用。綜合比較各國 IoT 免執照頻譜如下圖 3- 46。

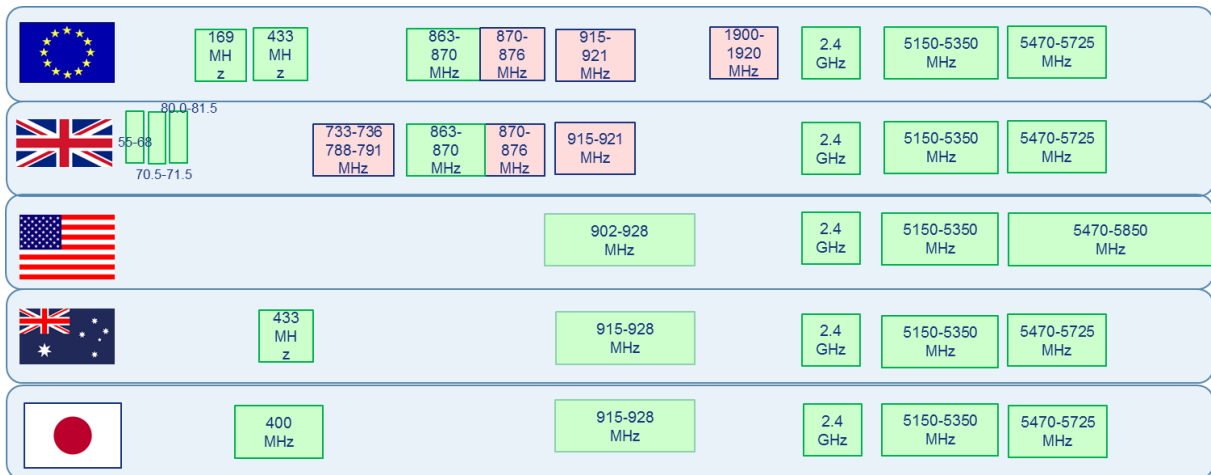


圖 3- 46：各國物聯網免執照頻譜整備

資料來源：本研究彙整

各國物聯網頻譜管制政策發展摘要如下表 3- 22。

表 3- 22：各國物聯網管制政策摘要

研究國家	管制項目	政策建議
歐盟	執照制度	● 適用於物聯網的頻譜執照型態包括個別執照、一般許可制以及共享頻譜。 ● 一般許可制適合新技術、新服務等創新應用，可加速創新。不過必須確保設備使用的監督機制以及和相鄰頻段系統的干擾預防規範。 ● 對於需要高可靠度、即時通訊與極低延遲等功能之物聯網應用，如智慧工廠或安全類 ITS 等，較適合採用個別執照制度。
	頻譜整備	● RSPG 討論 870-876MHz、915-921MHz 與 1900-1920MHz 應用於物聯網之可能性。 ● ECC 進行 733-736MHz 與 788-791MHz 使用物聯網之技術研析。
	管制措施	● 運用頻譜監測管理工具，蒐集頻譜使用資訊，藉以分析物聯網設備的預期成長。
英國	頻譜整備	● Ofcom 持續掌握物聯網市場發展狀態，藉以研判頻譜資源之釋出時機。 ● 經過研析與蒐集公眾意見後，Ofcom 核配 55-68MHz、70.5-71.5MHz 與 80-81.5MHz 供 IoT/M2M 使用。
	執照制度	● 針對需要較高服務品質的物聯網應用，Ofcom 建議應採個別執照頻譜。 ● 對於要求訊號涵蓋較廣或較佳建築物穿透力之物聯網應用，Ofcom 建議以低頻段為主。 ● 一般許可制免執照頻譜適合網路布建初期，惟隨著使用免執照頻譜設備數量不斷增加，Ofcom 認為業者未來可能選擇改使用個別執照頻譜，以確保

		服務品質。 ● 核配給物聯網使用之 VHF 頻譜，Ofcom 規劃將來建立新的執照類別，以取代目前 VHF 頻譜原先使用的無線電業務執照（BR）。
美國	頻譜整備	● 美國物聯網免執照頻譜包括 902-928MHz、2.4GHz、5150-5350MHz 及 5470-5850MHz。 ● 因應 WRC-15 大會中規劃 5GHz 免執照頻段將延伸至原先核配給 DSRC 之 5850-5925MHz，FCC 與美國交通部正進行干擾測試實驗中。 ● FCC 於 2013 年開放 57-64GHz 頻段為免執照頻譜，並於 2016 年增加 64-71GHz 頻段亦為免執照頻譜。
澳洲	頻譜整備	● 目前澳洲物聯網免執照頻譜包括 915-928MHz、2.4GHz 與 5GHz。 ● ACMA 檢視 803-960MHz 頻段，調查有無可供物聯網使用之頻譜資源，並規劃新增頻譜如 122.25-123GHz 供短距離無線通訊使用。
	執照架構	物聯網於澳洲執照模式為類別執照
日本	頻譜整備	日本物聯網免執照頻譜包括 400MHz、920MHz 與 2.4GHz 等。

資料來源：本研究整理

綜整各國車聯網與 ITS 頻譜整備狀態，雖然多數國家均使用 5.9GHz 頻段做為 DSRC 用途，不過頻寬大小略有不同。歐盟以 5855-5925MHz 做為 DSRC 使用，澳洲則參採歐洲規格。美國的 DSRC 頻譜略寬，使用頻率範圍為 5850-5925MHz。日本因應國內汽車產業之需求，除選定 5770-5850MHz 為 DSRC 使用外，另額外劃定 755.5-764.5MHz 做為安全駕駛支援系統。綜合比較如下圖 3-47。

6GHz以下		超過6GHz		
	5855-5925 MHz	24.25-24.5GHz	63-64GHz	76-81GHz
	5875-5905 MHz	21.65-26.65GHz		76-81GHz
	5850-5925 MHz			76-81GHz
	5855-5925 MHz	22-26.5GHz		76-81GHz
	755.5-764.5 MHz 5770-5850 MHz			77-81GHz

圖 3- 47：各國車聯網相關頻譜整備

資料來源：本研究彙整

各國車聯網與 ITS 頻譜管制架構摘要如下表 3- 23。

表 3- 23：各國車聯網與 ITS 管制政策摘要

研究國家	政策建議
歐盟	● 歐盟於 2008 年指派 5875-5905MHz 為 DSRC 使用頻段，2015 年更進一步擴張至 5875-5925MHz。 ● 2016 年將 63-64GHz 指定供 ITS 使用。
英國	● Ofcom 於 2011 年發布智慧交通系統規定，將 5875-5905MHz 指派供 ITS 使用。
美國	● FCC 於 2003 年將 5850-5925MHz 指派為 DSRC 使用頻段，並於 2017 年調整車用長距離雷達使用頻譜，可使用 76-81GHz 頻段。 ● 原先指派給雷達使用之 16.2-17.7GHz、46.7-46.9GHz、23.12-29.0GHz 及 22-29GHz 頻段逐步退場 ● 車用長距離雷達規管措施不再採免執照架構，改為規範授權制（licenced-by-rule），需以執照方式取得頻譜使用，以避免干擾。

	● 針對 5.9GHz 頻段，FCC 與交通部於 2016 年開始進行 DSRC 與 5GHz 免執照頻譜間之測試。
澳洲	ACMA 於 2009 年討論 ITS 使用 5850-5925MHz 之政策文件，2014 年，國家道路運輸管理協會建議 ACMA 重新啟動規劃 5855-5925MHz 之政策文件。澳洲最後決定採用與歐規相同的頻率範圍 5855-5925MHz。
日本	● 760MHz 與 5770-5850MHz 為 ITS 頻譜，總務省將進行 5.8GHz 頻段使用之檢討作業。 ● 豐田於 2015 年 9 月 30 日發表使用 760MHz 之聯網車輛支援系統與駕駛安全系統的車輛 ● 透過感應設備的狀況監測、聯網車輛通訊與駕駛安全的天波雷達進行監測，透過動態地圖來辨認正確的自駕車位置

資料來源：本研究整理

第四章 我國新興技術發展與監理制度研析

第一節 我國市場現況與新興技術發展觀察

一、我國行動通信市場現況

我國自 2013 年下半年完成行動寬頻業務釋照作業以來，市場對高速行動寬頻業務（4G）需求強勁，從 2014 年 5 月底開台以來，至 2017 年第二季已突破 2,000 萬戶。整體行動通信市場變化趨勢如下圖 4-1。

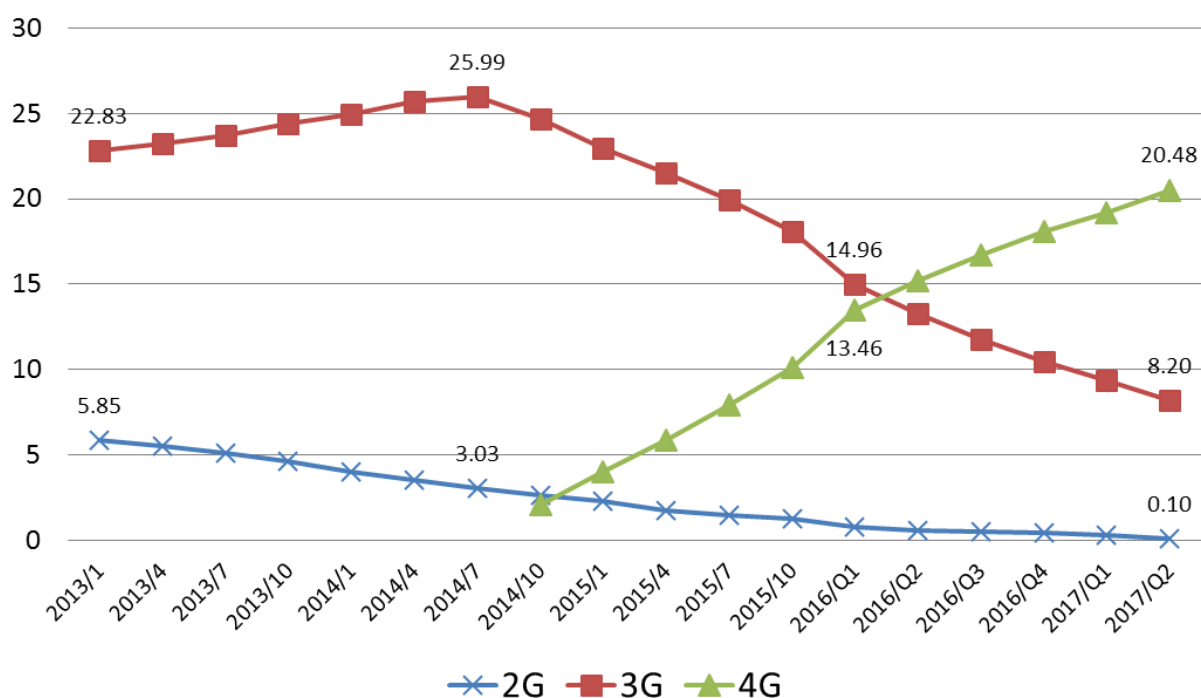


圖 4-1：我國行動通信市場變化趨勢

資料來源：通傳會，本研究編修

註：單位為百萬

若觀察用戶平均每月使用數據量，則可發現自 2014 年 5 月我國 4G 業務開臺以來，用戶對數據服務需求高，從 2014 年 5 月開臺至 2015 年 1 月約半年時間，平均每一用戶每月 4G 數據傳輸量即達 8.32GB，至 2017 年 10 月時更達 14.47GB，變化趨勢如下圖 4-2。

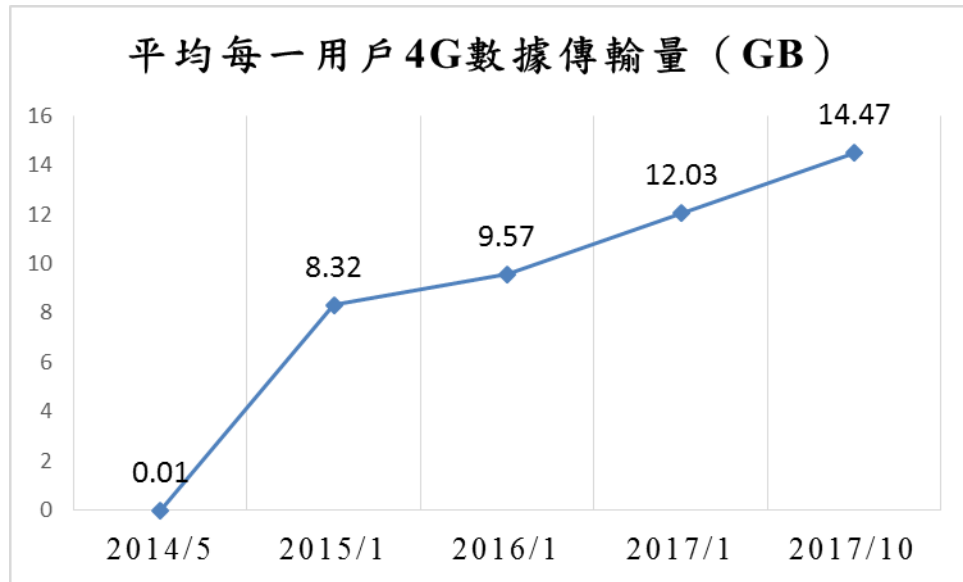


圖 4-2：我國平均每一用戶每月 4G 數據傳輸量

資料來源：通傳會，本研究編修

註：單位為 GB

我國 4G 市場用戶數快速成長、數據需求量亦快速成長，然而，由於市場中有五家行動通信業者相互競爭，因此整體 4G 用戶平均收益（Average Revenue Per User, ARPU）由 2015 年第一季之新臺幣 1,059 元，持續滑落至 2017 年第一季達新臺幣 723 元。整體趨勢如下圖 4-3。

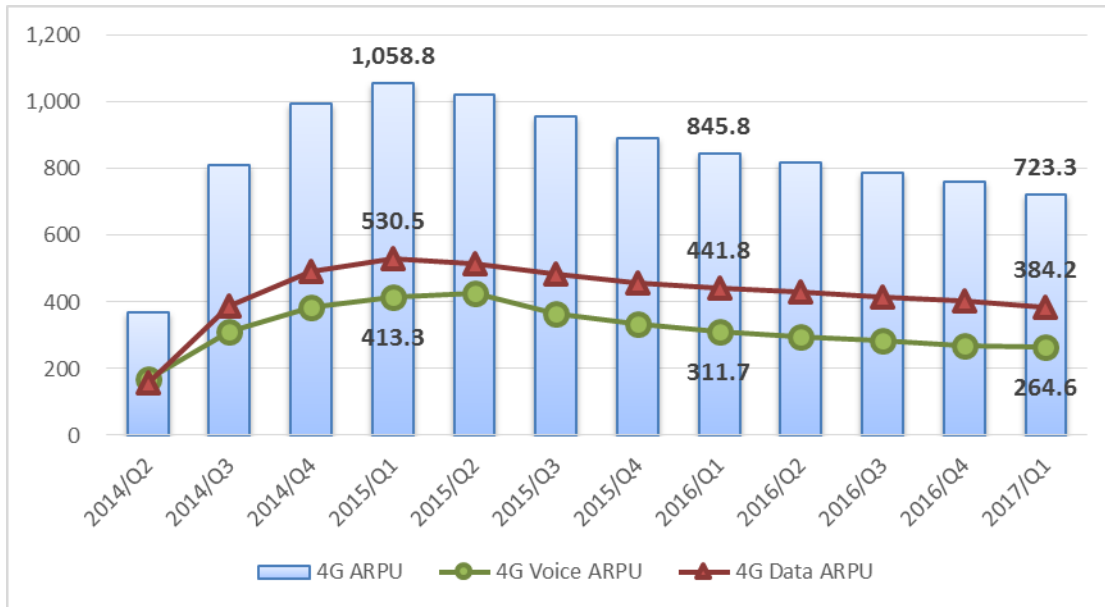


圖 4-3：我國行動通信市場業者平均 ARPU 變化趨勢

資料來源：通傳會，本研究編修

註：單位為新臺幣

我國於 2013 年與 2015 年分別完成兩次行動寬頻業務執照釋照作業，第一次釋照結果總得標金達 1,186.5 億元，第二次釋照結果總得標金達 279.25 億元。對於行動通信業者而言，為取得無線電通訊頻譜資源，必須付出高額標金，然而市場競爭激烈導致 ARPU 持續降低，可能降低業者投資 5G 之誘因。

二、我國產業/法人在相關 5G/ IoT/車聯網實驗之現況

(一) 5G/IoT 實驗概況

目前我國電信業者對於 5G 多處實驗階段，例如遠傳電信與愛立信、工研院等合作團隊於 5G 實驗室建立 NB-IoT 網路試驗網，透過

700MHz 頻段進行測試。遠傳電信已宣布該公司 NB-IoT 係使用 700MHz 頻段，而中華電信也和諾基亞合作完成 NB-IoT 實驗驗證測試。

另外，我國國內法人如工業技術研究院資訊與通訊研究所，為了發展 5G 無線通訊技術，針對 38GHz 頻段開發毫米波驗證平臺，作為驗證 5G 無線通訊軟體演算法之開發工具。同時也已經申請 38GHz 頻段之實驗執照，發展 5G 小型基地臺之用。

除此之外，工研院資通所亦針對 5G 網路環境下可能存在超高密度基地臺干擾的問題，開發多基站與多天線合作系統，利用集中式伺服器進行各基地臺間的協調與合作，消除可能之干擾問題。

隨著手機用戶對頻寬需求越來越大，目前全世界許多國家，包括政府與通訊大廠，都已針對 5G 相關技術與標準積極投入。原本預計 2018 年中完成 phase-1、緊接在 2019 年底完成 phase-2 的標準制定，並在 2020 年展開商用推廣的時程也有往前提早的趨勢。目前 3GPP 正與國際許多通訊要角針對 5G 無線接取技術積極提案與討論，在 2017 年底前可望進展至工作項目 (Work Item, WI) 階段，產出 phase-0 的標準，並預計在 2018 年中完成 phase-1 涵蓋至 30 或 40GHz 毫米波頻段，2019 年底完成 phase-2 涵蓋至 100GHz 毫米波頻段之 5G 標準的制定。此外，考慮提供超高傳輸速率的服務需求發展與在單一通訊裝置的開發成本與複雜度，國際間目前實作多傾向 24.25-24.75GHz 頻段列入第一階段的研究當中，而較高之頻段，如 42.5-43.5GHz，則列為接續階段研究

170。

¹⁷⁰ 陳文江 (2016), 5G 毫米波新無線接取技術之發展現況。《電腦與通訊》，第 168 期》

行政院曾於 2014 年 1 月召開 5G 發展產業策略會議，綜合與會委員、專家及先進們建言與共識，彙總議題二「5G 產業技術深耕與環境建置」，未來應該努力的方向之一為推動成立「台灣通訊標準聯盟」，建構區域型標準，期成為通訊特定子領域標準制定的關鍵第三方。經濟部配合行政院推動「國家資通訊發展方案」、「加速行動寬頻服務與產業發展方案」等政策，結合我國產業對標準智慧應用之跨領域產業技術強化與延伸外，亦提前整備下世代如 5G 之技術開發與專利布局，協助我國資通產業擴大優勢與能量，爰於 2015 年 2 月 3 日宣布成立「台灣資通產業標準協會」（Taiwan Association of Information and Communication Standards，簡稱 TAICS）¹⁷¹。

該協會設有「TC1. 前瞻行動通訊」技術工作委員會，其任務規劃包括「依未來新世代無線通訊之應用場景與演進技術，進行適用之頻譜研究與分析，以提供政府制定相關產業政策參考依據。」¹⁷²。根據 2015 年對 TC1 會員所作調查，包括極高頻通訊、LAA、Flexible duplex（FD）、巨量天線（mMIMO）、巨量連結通訊、超可靠裝置普及連結通訊技術（Ultra Reliable）、多重存取裝置普及連結技術（Multi-RAT Device）、網路切片及超高密度異質網路（UDN）等，被我國業者認為是高度重要性的關鍵技術，另一個角度來看，相關技術亦是我國業者相對較具發展優勢的項目。TC1 並擬將 5G 系統先期試驗頻譜之研究，列為 2018 年度之重要工作事項。本研究建議後續可與該工作委員會密切合作，藉以有效掌握國內產業於此頻段領域之研發動態。

¹⁷¹ 經濟部技術處 (2015), 台灣資通產業標準協會成立會員大會暨成立啟動記者會，available at https://www.moea.gov.tw/MNS/doit/activephoto/ActivePhoto.aspx?menu_id=13399&ap_id=4197 (last visited: 2017/11/29)

¹⁷² TAICS TC1 網頁介紹，available at http://www.taics.org.tw/index.php/committee/index/cat_id/1 (last visited: 2017/11/29)

(二) 車聯網實驗概況

目前交通部頻率供應計畫中，已劃定 5850-5925MHz 為車聯網技術研發測試實驗網路用途，實驗區域則包括有新竹工業技術研究院、南投中興新村以及臺南沙崙綠能科學城。

臺北市政府於 2017 年 8 月 1 日至 5 日凌晨時段 1 至 4 時測試無人車 EZ10，該車搭載兩台攝影機、GPS 定位系統及 6 個光達（LiDAR）。2017 年 11 月更首次對外說明「臺北市自駕車實驗場域測試計畫」，宣示將以士林北投科技園區做為封閉區域，積極打造成為全臺第一個自駕車試驗場域。臺北市政府指出，下階段預計向主管機關通傳會申請專用頻寬，以利透過 DSRC 進行 V2I、V2X 通訊。

另外，包括高雄市政府、桃園市政府等多個縣市政府均表達正在推動類似計畫。以桃園市政府為例，其規劃於「亞洲矽谷」計畫中打造「虎頭山物聯網創新基地」成為「無人車產業聚落及研發測試基地」，針對無人車測試、車聯網及人工智慧技術開發等進行研發測試。桃園市政府除在 2017 年 9 月跟中華電信與新加坡科技工程公司合作引進無人自駕車，並擬於 2017 年底前引進共享電動車 Ucar；相關計畫初期於虎頭山進行研發測試，未來則更進一步規劃延伸無人車應用到既有道路上行駛。

第二節 我國新興技術發展政策與頻譜整備措施

一、交通部頻率供應計畫

我國於 2015 年由交通部正式公告「頻率供應計畫」，並依國際發展趨勢及國內需求情況作滾動式檢討。除了讓頻譜資源規劃方向透明化，主管機關可據以規劃頻率釋出與利用之方向，亦可發揮協助產業掌握頻譜資源之可預測性，以規劃頻譜之取得與使用計畫。

鑒於當前全球先進國家皆將數位經濟視為國家社會進步暨經濟轉型的主調，且政府目前推動產業創新及新南向政策，數位經濟為其重要驅動因素，2016 年行政院提出「數位國家・創新經濟發展方案（2017-2025 年）」（簡稱 DIGI+方案），期望在 2025 年時，我國數位經濟規模能夠成長至新臺幣 6.5 兆元、民眾數位生活服務使用普及率達到 80%、寬頻服務可達 2Gbps、保證國民 25Mbps 寬頻上網基本權利、我國資訊國力排名能夠躍進到前 10 名，藉以達成發展平等活躍的網路社會，推進高值創新經濟並建構富裕數位國家之願景。

根據 2017 年 8 月發布之「頻率供應計畫」（修正草案），在國家政策論述上，已與行政院自 2017 年度起推動之「數位國家・創新經濟發展方案（簡稱 DIGI+方案）」有所連結。該草案對我國頻率釋出之規劃，首次改採商用電信、專用電信概分，亦首次納入 5G 潛在使用頻譜及時程規劃。

（一）商用電信

除我國已完成之行動寬頻業務總計三波釋照所指配之頻率外，交通部頻率供應計畫尚列出 1452MHz-1492MHz（L-band）、2300MHz-

2390MHz、3300-3800MHz、3800-4200MHz 以及 4800-4990MHz 等候選頻段，作為行動寬頻業務未來使用之規劃。惟其中多有既設電臺使用因素，故均須經過協商，以及完成清、移頻作業或採行共享頻率新使用機制，方能進行釋出規劃。

(二) 專用電信

交通部就政府未來所提供之創新應用服務（如：PPDR、車聯網等）規劃專用電信使用頻譜，包含：800MHz 將規劃作為政府專用電信網路使用；5850-5925MHz 規劃作為車聯網實驗頻譜；以及 3300MHz-3800MHz 將作為我國未來 5G 發展之試驗，擬先規劃作為實驗網路使用頻譜。

(三) 5G 頻譜規劃

交通部頻率供應計畫中，對 6GHz 以下頻段預計於 2019 年啟動 3300MHz-3800MHz、3800MHz-4200MHz、4400MHz-4990MHz 等頻段之規劃釋出作業，並將觀察國內 2019 年第 1 季開始進行之大規模測試結果。6GHz 以上頻段，將依循 ITU WRC-19 會議之決定，並視國際間 5G 極高頻區段接取技術發展情況，同時觀察國內相關實驗結果，預計於 2020 年啟動規劃釋出作業。

二、 比較分析國際 5G/IoT 頻譜規劃政策與我國頻譜政策

我國交通部「頻率供應計畫」每年定期進行滾動式檢討，以作為頻譜未來可能規劃方向之依據，除主管機關可據以規劃頻譜釋出與利

用之方向，亦可發揮協助產業掌握頻率資源之可預測性，以規劃頻譜之取得與使用計畫。

因此，「頻率供應計畫」可作為我國釋出各種無線通訊技術及應用所使用之頻率依據，應強化頻譜未來性之評估。故針對前述 5G 與物聯網等議題，除盤點我國目前已釋出及潛在可用頻段外，亦應與國際頻譜規劃發展進行比較分析，依據國際發展狀況適時調整我國頻譜規劃，並納入前瞻性頻譜視野，提供在相關政策研議之討論基礎。

為搶佔 5G 先機，全球通訊產業已陸續投入新技術與頻譜研究。國際產業組織建議依據電波特性，將 1GHz 以下低頻區域用於小頻寬、有經濟效率且需良好覆蓋率的服務應用，在 1-6GHz 之間的中高頻區段、也依據不同應用調整以彈性支援涵蓋範圍與傳輸速率，並在系統容量、可實現性、以及成本效益考量下取得最佳的平衡。此外，隨著毫米波通訊技術之發展，WRC-19 也確定議程，將討論 24.25-86GHz 頻段的頻譜配置，使頻譜配置議題繼續朝向極高頻區段發展。以下分別與我國相關頻段狀況進行分析：

(一) 5G 毫米波頻段

WRC-15 根據各區域針對毫米波頻段之提案，進行討論後初步選出 24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz 與 81-86GHz 作為 5G 可能使用之候選頻段，續待相關技術測試確認可行，再於 WRC-19 確認為 5G 頻段。

依據我國頻率分配表，該類頻段用途現況如下：

- 24.25-26.65GHz 供低功率車輛短距離雷達設備(SRR)；
- 24.5-24.9GHz 與 25.5-25.9GHz 供公眾通信中繼網路使用；
- 27-27.5GHz 供固定、衛星固定、行動、衛星與衛星間使用；
- 37-37.4, 38.3-38.7GHz 可供公眾通信中繼網路使用；
- 64-65GHz 可供固定、衛星與衛星間、行動使用；
- 65-66GHz 可供衛星地球探測、太空研究、衛星與衛星之間、固定、行動使用；
- 66-71GHz 可供行動、衛星行動、無線電助航、衛星無線電助航、衛星與衛星之間使用。

若比較各國與我國頻率供應計畫（2017 年 8 月修正草案），目前我國頻率供應計畫規劃 24.25-30GHz 以及 37-43.5GHz 為實驗網路使用頻譜，暫未將前述頻段列入我國 5G 候選頻譜，僅說明將視 WRC-19 會議之決定，並觀察國內相關實驗結果後，於 2020 年啟動規劃釋出作業。各國與我國毫米波頻段之整備狀況如下圖 4-4。

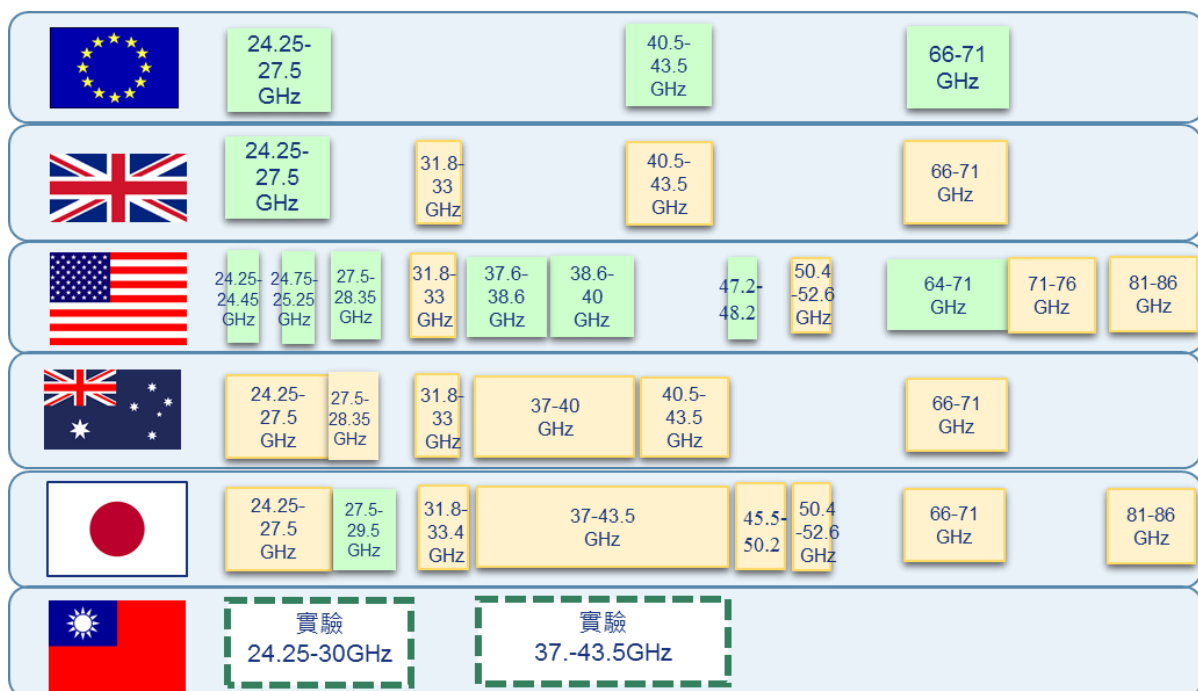


圖 4-4：各國與我國頻率供應計畫毫米波頻段比較

資料來源：本研究整理

(二) 5G 中頻段

以目前國際產業發展與研究進度，著重在 3.3-3.8GHz 頻段，其中多鎖定在 2020 年前先期發展 3.5GHz 頻段，國際上許多電信業者也在電信監管單位的規劃與協助配合下，陸續開展先期試驗及商用服務。

我國由於此頻段現存既設電臺使用因素，故須先經過協商，並對既有業務使用者頻譜利用情形進行調查，以及完成清、移頻作業或採行共享頻率新使用機制等選項之綜合評估後，方能進行釋出規劃。目前頻率供應計畫（修正草案）主要規劃 3300-3800MHz、3800-4200MHz 與 4400-4900MHz 為候選頻段。

然因國際上主要國家均以 3.4-3.8GHz 做為 5G 主要頻段，歐盟將以 3.4-3.8GHz 做為主要頻段，英國原規劃於 2017 年下半年釋出 3.4-

3.6GHz 頻段，惟因故暫緩。美國與澳洲正討論將該頻段做為 5G 候選頻段之可能性，美國原先對於 3.5GHz 頻段規劃採 CBRS 動態頻譜共享機制，然 FCC 為避免美國 5G 發展落於人後，故開始考慮修正該頻段管理規則，使該頻段更能適用於布建 5G 網路。日本則已規劃 3.6-4.2GHz、4.4-4.9GHz 為 5G 頻譜。研究國家與我國頻率供應計畫對 5G 中頻段之比較如下圖 4-5。

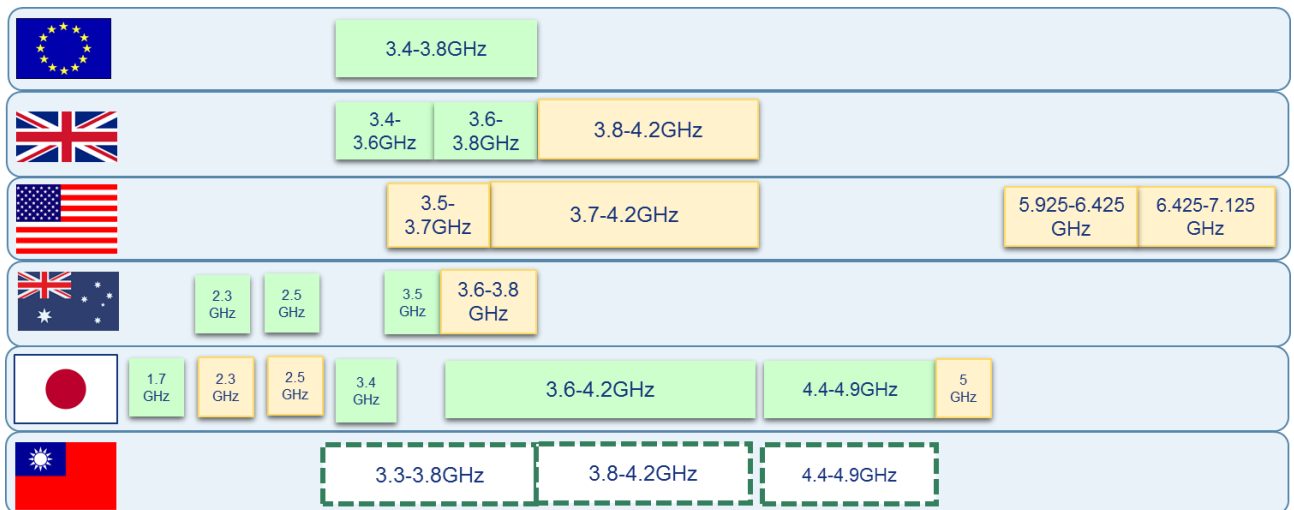


圖 4-5：各國與我國頻率供應計畫 5G 中頻段比較

資料來源：本研究整理

(三) 5G 低頻段

綜觀國際潛在重要 5G 之 1GHz 以下低頻區段，主要以美國 600MHz 頻段，以及歐盟 700MHz 等頻段為主。國內 700MHz、900MHz 頻段已釋出供行動寬頻業務使用，800MHz 頻段目前規劃給 PPDR (Public Protection and Disaster Recovery)、公共事業智慧錶類等使用、600MHz 頻段亦尚存在眾多應用使用中。因此，除盤點 600MHz 頻段及評估清頻釋出供業者布建 5G 涵蓋網路之選項外，尚可就

1400MHz 頻段以補充下行鏈路（Supplemental Downlink，SDL）釋出之作法，諮詢業者使用意願。

若綜合比較交通部頻率供應計畫之 5G 候選頻段與其他國家 5G 候選頻段，比較如下圖 4-6。

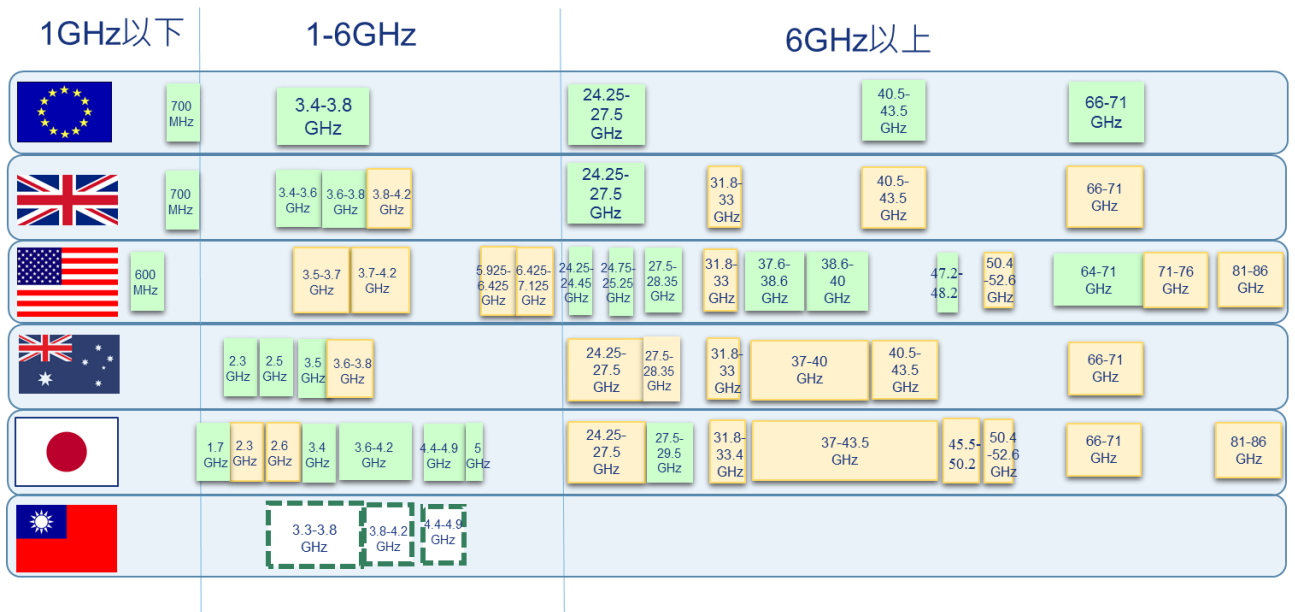


圖 4-6：各國與我國頻率供應計畫 5G 候選頻段比較

資料來源：本研究整理

(四) IoT 頻段比較

目前我國頻率供應計畫（修正草案）內免執照頻譜包括 2400-2483.5MHz、5150-5250MHz、5250-5350MHz、5470-5725MHz、5725-5825MHz，以及低功率物聯網頻譜 920-925MHz。頻率供應計畫未來規劃更進一步統合修正免執照頻譜為 5150-5350MHz 與 5470-5850MHz。

與其他國家相比，歐盟對於免執照物聯網之整備作業較積極，RSPG 討論、整備相關可適用於物聯網之頻譜資源，包括開放 870-876MHz、915-921MHz 頻段，並研析 1900-1920MHz 做為物聯網使用之可行性分析。至於日本與澳洲所採用之物聯網頻譜配置（915-

928MHz)，與美國（902-928MHz）較接近，由於我國 900MHz 頻段採 Band 8 方式分配，使用頻率範圍為 885-915MHz，因此我國開放做為物聯網頻譜之頻率範圍為 920-925MHz。我國現行物聯網頻譜與研究國家物聯網免執照頻譜比較如下圖 4-7。

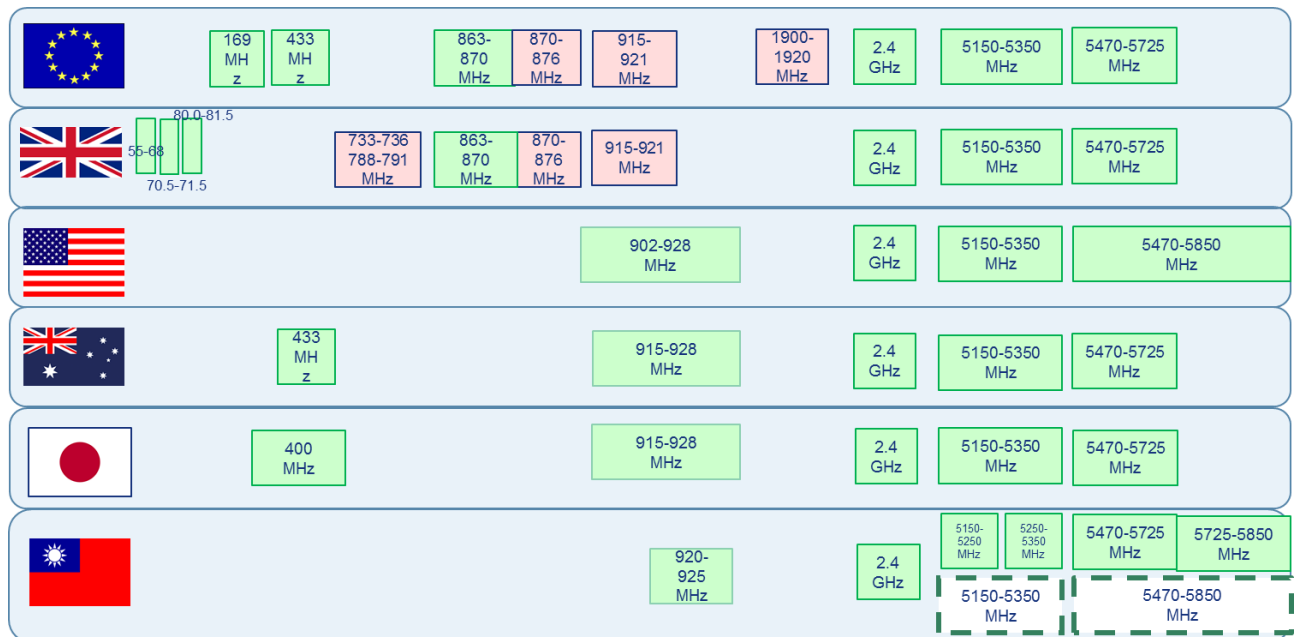


圖 4-7：各國與我國頻率供應計畫物聯網免執照頻譜比較

資料來源：本研究整理

(五) 車聯網頻段比較

目前我國頻率供應計畫（修正草案）內對車聯網設定為特定實驗頻率，頻率位置為 5850-5925MHz，供車聯網技術研發測試之用，實驗場域則包括新竹、南投與臺南沙崙綠能科學城等地。

與其他國家相比，歐盟正研議 63-64GHz 頻譜是否可用於 ITS 用途。歐盟認為該 63-64GHz 頻段將可與 5.9GHz 頻段互補。另外，美國 FCC 現正針對 DSRC 使用頻譜 5850-5925MHz 與 5GHz 免執照頻譜（U-NII）進行共存干擾測試，FCC 希望能擴大 5GHz 免執照頻譜的使用範圍，

但運輸產業對此持保留意見，故後續政策發展需視實測結果而定。日本則因應國內汽車產業之需求，分配 700MHz 頻段以及 5770-5850MHz 供車聯網使用，與他國較不同。整體比較如下圖 4-8。

6GHz以下		超過6GHz		
	5855-5925 MHz	24.25-24.5GHz	63-64GHz	76-81GHz
	5875-5905 MHz	21.65-26.65GHz		76-81GHz
	5850-5925 MHz			76-81GHz
	5855-5925 MHz	22-26.5GHz		76-81GHz
	755.5-764.5 MHz 5770-5850 MHz			77-81GHz
	5850-5925 MHz	24.25-26.65GHz		77-81GHz

圖 4-8：各國與我國頻率供應計畫車聯網頻譜比較

資料來源：本研究整理

三、我國頻譜整備及規管制度政策建議

(一) 5G 候選頻段與釋出時機

目前交通部頻率供應計畫中，我國未來將釋出之 5G 中高頻區段包括 3.3-3.8GHz、3.8-4.2GHz 以及 4.8-4.9GHz。交通部將視國際發展情況進行後續評估規劃，且要求行動寬頻業務使用時，需與既設電臺進行協商。

通傳會目前正檢視 3.3-4.2GHz 頻段之國際發展趨勢，目前國際間許多國家監理機關正持續整備 3.4-3.8GHz 頻段，並視該頻段為 5G 主要

頻段，因此本研究除研析歐盟、英國、美國、澳洲與日本外，另外針對亞太地區國家研析該頻段之整備狀態，以下討論蒐集、分析新加坡、香港與其他亞太地區國家對該頻段之政策規劃，做為主管機關政策制定參考。

1、3.5GHz 頻段國際觀測與分析

(1) 新加坡 3.5GHz 頻段政策規劃

新加坡於 2017 年 5 月發布諮詢文件，規劃將目前使用延伸 C 頻段（Extended C-Band）：3400-3600MHz 之衛星用戶移頻，改指派給行動通信業務使用。

IMDA 調查延伸 C 頻段的使用狀況，認為該頻段的使用者數量較少，使用效率較低，大多數用戶為個別站臺（例如飯店、醫院等）為接收無線電視電臺衛星訊號之使用目的。在延伸 C 頻段未達充分使用效率，且需要足夠的連續頻寬來布建新的業務，因此新加坡主管機關 IMDA 考慮以下兩種方案：

- 全面移頻：將所有使用延伸 C 頻段之既有使用者移頻，清理出約 200MHz 頻寬的頻譜資源供行動通信業務使用。
- 部分移頻：將部分既有使用者移頻至 C 頻段的高頻區域，清理出部分 200MHz 頻譜供行動通信業務使用。

無論哪一種方法，原使用延伸 C 頻段的衛星用戶，都可以選擇移往 C 頻段的高頻位置（3.7-4.2GHz），從技術上而言不至於影響運作，如果需要建立護衛頻帶（guard band），以解決可能相鄰頻段共存的問

題。無論最終決定採用哪一種方法，IMDA 都需要制定延伸 C 頻段的跨境共存規範，相關標準規範可參考國際電信聯合會的無線電管理規則（ITU Radio Regulation, ITU RR），IMDA 會遵守 ITU RR 的相關準則。

在 2015 年世界通信大會（WRC-15）之前，ITU 已經進行一系列的研究，從大型基地臺、小型基地臺到行動通信系統的參數等，以考量行動通信基地臺與衛星廣播電臺於同頻共存時的間隔距離。同時，新加坡 IMDA 也需要建立新加坡與鄰近國家的雙邊協議，確保在新加坡運作的行動通信業務不會對全球衛星通信業務造成干擾，因此需要決定共存參數，以減輕跨境干擾的問題。相關措施將需要在監理及營運面和相鄰國家進行協調。

(2) 香港 3.4-3.7GHz 頻段政策規劃

香港主管機關通訊事務管理局（Office of Communications Authority, OFCA）因應 5G 頻譜整備議題之趨勢，規劃將目前指派給固定衛星業務使用之 3.4-3.7GHz 頻段，於 2020 年改指派給行動通信業務使用。¹⁷³

目前 3.4-3.6GHz 頻段於香港原全數指派給衛星業務使用，由兩家衛星業者利用十個衛星提供服務，其中，C 頻段主要用於衛星下鏈用途。根據 OFCA 的調查，目前兩家衛星通信業者所使用的衛星服務總下行鏈路中，有 11% 為使用 3.4-3.7GHz 頻段。兩家衛星業者除了向位於香港的用戶提供服務外，也向亞太地區其他用戶提供該項服務。除了提

¹⁷³ OFCA (2017), 有關把 3.4-3.7 吉赫頻帶的編配由固定衛星服務改為流動服務的建議。參見 https://www.coms-auth.hk/filemanager/tc/content_711/cp20170727_c.pdf (last visited: 2017/11/29)

供衛星服務外，兩家業者也透過 C 頻段內的部分頻道進行遙測、追蹤及控制用途，其中少數使用之頻率位置位於 3.4-3.7GHz 範圍內。

有關遙測、追蹤及控制頻到的收發器已預先設置於衛星，在衛星發射後將無法改變相關頻率。至於相關站臺的位置，也位於遠離香港人口稠密區的地點。

香港 OFCA 規劃撤回原先讓衛星通訊服務使用 3.4-3.7GHz 頻段之頻率指派，而將該頻率位置改用於行動通信服務用途。為了避免對 3.7-4.2GHz 頻段造成干擾，因此於 3.6-3.7GHz 頻段間引入 100MHz 的護衛頻帶。

待 OFCA 重新指派後，3.4-3.7GHz 頻段僅能於香港境外使用，不可再於香港境內使用。至於位於香港境內的衛星遙測、追蹤及控制站，則需要衛星服務業者設定相關保護措施，或對未來 3.4-3.6GHz 頻段內之行動通信業務基地臺設定相關限制，例如設定限制區等。

另外，由於香港採取開放天空政策，允許衛星電視共用天線系統存在，為了避免將來行動通信業務使用 3.4-3.6GHz 頻段時，對衛星電視共用天線系統造成影響。因此，香港通訊局建議衛星電視共用天線系統未來需要改裝，須更換系統內的變頻器，將使用頻率縮短於 3.7-4.2GHz 頻段之間。

香港 OFCA 規劃於 2018 年年初通知既有使用者，既有使用者有兩年的時間可以調整其頻率使用，至 2020 年初即將頻率重新指派給行動通信業務。為避免對 3.7-4.2GHz 衛星服務使用造成干擾，故 3.6-3.7GHz 被規劃為護衛頻帶，不指派給行動業務或衛星業務使用。通訊局建議 3.4-3.6GHz 中的 200MHz 作為行動通信使用，3.6-3.7GHz 的 100MHz 則作為護衛頻帶使用。整體頻率指派修正規劃如下圖 4-9。



圖 4-9：香港 3.4-3.7GHz 頻譜整備規劃

資料來源：OFCA

(3) 其餘國家政策規劃

中國工業和信息化部（工信部）於 2017 年 6 月發布對 3300-3600MHz 與 4800-5000MHz 之意見徵詢，規範 3300-3400MHz 頻段原則上為室內使用；3400-3600MHz 頻段則不應對仍處執照效期內之衛星地面站產生干擾。2017 年 11 月發布中國 5G 中頻段規劃，3300-3600MHz 與 4800-5000MHz 正式做為 5G 使用頻率。

韓國未來創新科學部（MSIP）於 2017 年發布 K-ICT 策略，因應 B4G/5G 發展，規劃未來 10 年間將釋出至少 4,440MHz 頻譜資源。MSIP 規劃於 2018 年釋出第一波 5G 頻譜，候選頻段包括 3.5GHz 頻段與 28GHz，3.5GHz 頻段至少釋出 300MHz，28GHz 頻段釋出 27.5-28.5GHz，2018 年至少釋出 1,300MHz。2021 年底前將釋出 1.4GHz 頻段 40MHz、2.3GHz 頻段 40MHz 以及 26.5-27.5GHz、28.5-29.5GHz 釋

出 2GHz，共計釋出 2,080MHz。2026 年底前將釋出 2.1GHz 頻段 60MHz 與 24GHz 頻段以上毫米波頻譜至少 1GHz。

若比較亞太區域主要國家，目前大部分鄰近國家已決定 3.4-3.6GHz 頻段將做為 5G 頻譜使用，如下表 4-1。

表 4-1：亞太區域國家 3.3-3.8GHz 整備措施

國家	頻率位置(MHz)	政策決定/釋出時間
日本	3480-3600	已於 2014 年底核配行動業者，但預計將於 2017 年底重新劃分
韓國	3400-3700	預計於 2018 進行拍賣釋出
中國	3300-3600	2017 年政策決定該頻段供 5G 使用
香港	3400-3700	2017 年開始討論衛星業務移頻事宜，預計 2020 年重新核配行動通信業務
新加坡	3400-3600	2017 年開始討論衛星業務移頻事宜
澳洲	3575-3800	預計於 2018 年進行拍賣釋出

資料來源：本研究整理

2、國內該頻段使用現況

目前我國 3400-4200MHz 頻段中，主要由全球衛星下鏈（太空對地球）、微波鏈路或雷達使用中，因此後續釋出 5G 中高頻區段時，需考慮頻譜和諧共用議題。

關於全球衛星使用 3400-4200MHz 頻段之狀態，我國主要由 ST-2（中新衛星）使用延伸 C 頻段，使用頻率範圍為 3528-3700MHz，每頻道頻寬為 36MHz；另有 TELSTAR-18（華人衛星）使用標準 C 頻段（Standard C-band）及延伸 C 頻段，其中延伸 C 頻段使用 3581-3587MHz 及 3642-3678MHz。

由於 ST-2 訊號涵蓋範圍包括中國大陸、香港、印度及其他亞洲地區國家，因此 ST-2 之使用，需要考量有無影響我國與其他相關國家 5G 頻譜規劃與整備事宜之可能。ST-2 訊號涵蓋範圍如下圖 4- 10。

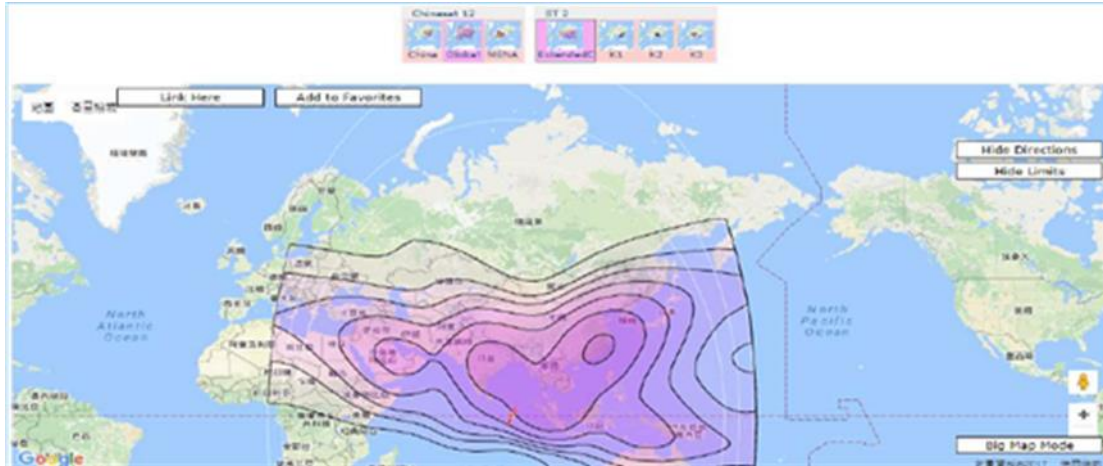


圖 4- 10：ST-2 衛星訊號涵蓋範圍

資料來源：本研究蒐集

3、5G 高頻段規劃與實驗概況

主管機關通傳會目前已依電信法授權訂定「學術教育或專為網路研發實驗目的之電信網路設置使用管理辦法」，針對有意投入 5G、IoT 等新興電信技術實驗之學術單位與產業機構提供申請電信實驗網路之法源依據。合於申請資格者，於符合測試電信網路系統相關設備及規定，且不影響合法通信權益者，均可獲准申請，並免繳無線電頻率使用費。現階段已有工業技術研究院申請 38GHz 頻段實驗執照，另外遠傳電信亦宣稱該公司預計將透過 28GHz 頻段布建 5G 實驗網路。

交通部頻率供應計畫修正草案中，針對 6GHz 以上極高頻區段部分之規劃，現階段已將 24.25-30GHz 及 37-43.5GHz 做為 5G 實驗網路之

規劃使用頻譜。交通部將依循國際電信聯合會（ITU）於 2019 年世界通訊大會（WRC-19）之決議，並視國際間 5G 高頻區段接取技術之發展與國內相關實驗結果，預計在 2020 年啟動 5G 高頻區段之規劃釋出作業。

若與本研究所調查國際間行動網路業者對於 5G 高頻段實驗網路之布建與測試計畫，可發現大部分業者以 28GHz 為主要實驗頻段，包括美國 Verizon、AT&T 與 T-Mobile 以及日本 NTT Docomo、Softbank 以及我國遠傳電信。綜合比較如下圖 4-11。

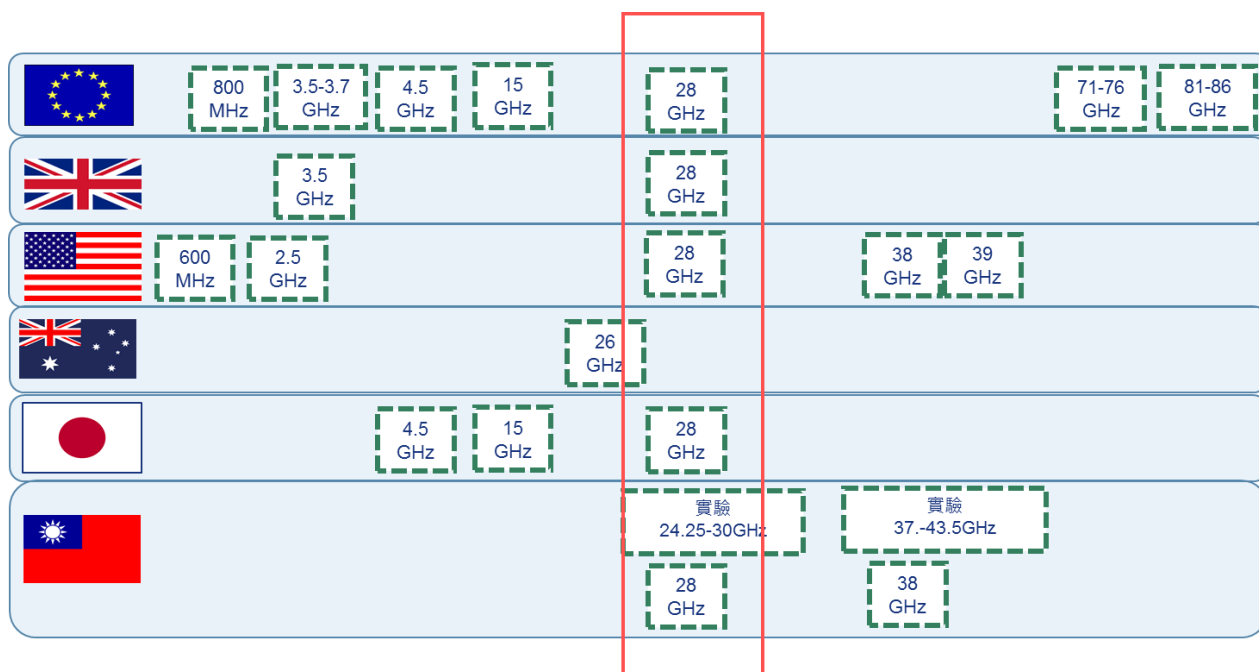


圖 4-11：各國 5G 實驗網路使用頻段比較

資料來源：本研究整理

4、國內產業利害相關人之看法

為了解我國產業利害相關人對 5G、IoT 頻段之看法，本研究訪談國內三家主要電信業者，針對 5G、IoT 釋出頻譜資源、車聯網頻譜以

及監理相關議題進行討論，業界回應意見可做為主管機關政策制定之參考，整理如下表 4-2。

表 4-2：訪談電信業者 5G 頻譜整備意見彙整

業者 A	業者 B	業者 C
釋出頻段－低頻段		
● 頻譜釋出前，應確保已完全清空，避免干擾。	● 希望釋出低頻 600、800MHz 做為 5G 頻譜使用。	● 低頻部分可就現有 4G 頻率加以活用
釋出頻段－中高頻段		
● 中頻段建議 3.5GHz 頻段優先考慮釋出，應讓每一家或多數業者可各自取得 100MHz 頻寬的足夠頻譜資源，否則對發展 5G 沒有太大意義。	● 中頻段目前以 3.4-4.2GHz 為多數國家討論頻段，建議整備相關頻段時應做測試，技術成熟前貿然釋出恐有風險。 ● 高頻段視產品、設備成熟度而定，現階段應以 28GHz 頻段較有設備。	● 中、高頻部分則與基地臺建置方式有關。5G 基地臺數量將是 4G 基地臺數量的 10 倍數以上。
釋出時機與建議		
建議 2019 年之前暫無釋出頻譜之必要	● 建議 2020 年為時機點較妥適 ● 建議一次多頻段釋出	在環境、法規還沒有接受改變之前，中、高頻頻率並無可用之處。

執照釋出方式		
應以全區執照釋出	應以全區執照釋出	-
其他頻譜使用相關議題		
● 建議頻譜釋出前應確保以完全清頻，避免業者標得頻譜資源後面臨干擾問題。 ● 頻率使用費收費應再檢討。	● 目前有許多對於技術實驗與商業實驗的討論，假設商業規模做大一點，投入很多，結果卻不一定保證取得最終商業運轉權利，會有風險疑慮。 ● 希望低、中、高頻率都有可進行實驗的機會。 ● 頻率使用費收費應再檢討。 ● 目前國內尚缺乏 5G 整體策略的政府白皮書。	● 建議配合技術發展，允許電信業者藉由免執照頻譜作為輔助頻段使用 (LAA, eLAA 技術) 可滿足 B4G 時代的需求。 ● 未來電信管理法對於電信事業採用登記制，新進業者對於 5G 環境下之應用服務受到主管機關之低度管制，但是使用頻率或電信號碼等電信資源之電信業者提供相同之服務卻會受到較多之義務限制，如此將有違相同技術應為相同管制之精神。

資料來源：本研究整理

5、本研究分析建議

經研究主要國家與亞太區域國家之 5G 中頻段政策發展，比較交通部頻率供應計畫修正草案內容，並蒐集 3.5GHz 頻段現行使用狀態與產

業利害相關人之建議，本研究建議主管機關從 5G 整體策略考量，檢視 3.5GHz 頻段既有業務之使用態樣，並分析、實驗該頻段應用於 5G 之實驗結果後，建議將 3300-3800MHz 頻段做為 5G 優先候選頻譜。

參考國際間 5G 頻譜整備趨勢、實驗網路使用頻段、國內業界對於釋出時機、釋出頻段之回應，以及現階段已有研究單位向主管機關申請毫米波頻譜實驗執照，釋出毫米波頻譜應符合國內產業需求。考量國際 5G 發展，建議我國第一階段 5G 頻譜應以 3300-3800MHz、28GHz 與 38GHz 為優先整備目標。本研究建議之第一階段 5G 頻譜與國際比較如下圖 4-12。

1GHz以下	1-6GHz	6GHz以上
 700 MHz	3.4-3.8 GHz	24.25-27.5 GHz, 40.5-43.5 GHz, 66-71 GHz
 700 MHz	3.4-3.6 GHz, 3.6-3.8 GHz, 3.8-4.2 GHz	24.25-27.5 GHz, 31.8-33 GHz, 40.5-43.5 GHz, 66-71 GHz
 600 MHz	3.5-3.7 GHz, 3.7-4.2 GHz, 5.925-6.425 GHz, 6.425-7.125 GHz	24.25-24.45 GHz, 24.75-25.25 GHz, 27.5-28.35 GHz, 31.8-33 GHz, 37.6-38.6 GHz, 38.6-40 GHz, 47.2-48.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 64-71 GHz, 71-76 GHz, 81-86 GHz
 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.5 GHz, 3.6-3.8 GHz		24.25-27.5 GHz, 27.5-28.35 GHz, 31.8-33 GHz, 37-40 GHz, 40.5-43.5 GHz, 66-71 GHz
 1.7 GHz, 2.3 GHz, 2.6 GHz, 3.4 GHz, 3.6-4.2 GHz, 4.4-4.9 GHz, 5 GHz		24.25-27.5 GHz, 27.5-29.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-43.5 GHz, 45.5-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-71 GHz, 81-86 GHz
	3.3-3.8 GHz, 3.8-4.2 GHz, 4.4-4.9 GHz	28 GHz, 38 GHz

圖 4-12：我國第一階段 5G 頻譜釋出建議與國際比較

資料來源：本研究整理

毫米波頻譜之分配、相關標準制定、3GPP 頻段劃分、5G NR 規格發展、設備成熟度及採購成本等議題，將於 WRC-19 會議後更趨明朗。本研究訪談業界對於 5G 頻譜之釋出建議，多認為對於頻譜釋出應採長

期規劃，且釋出時機應更明確、可採一次性釋出多頻段之方式，且釋出前主管機關應充分完成清頻，確保得標者使用時不會遇到非預期之干擾，因此建議主管機關於今年度初步盤點國際 5G 候選頻段觀察後，2018 年可更進一步觀察相關頻段之實驗狀態，同時進行既有使用者之政策決定，2019 年更進一步量測國內使用現況與完成頻譜整備，2020 年進行我國第一階段 5G 頻譜釋出作業，優先整備候選頻段包括 3300-3800MHz、28GHz 以及 38GHz 頻段。本研究建議之我國 5G 頻譜整備時程如下圖 4-13。

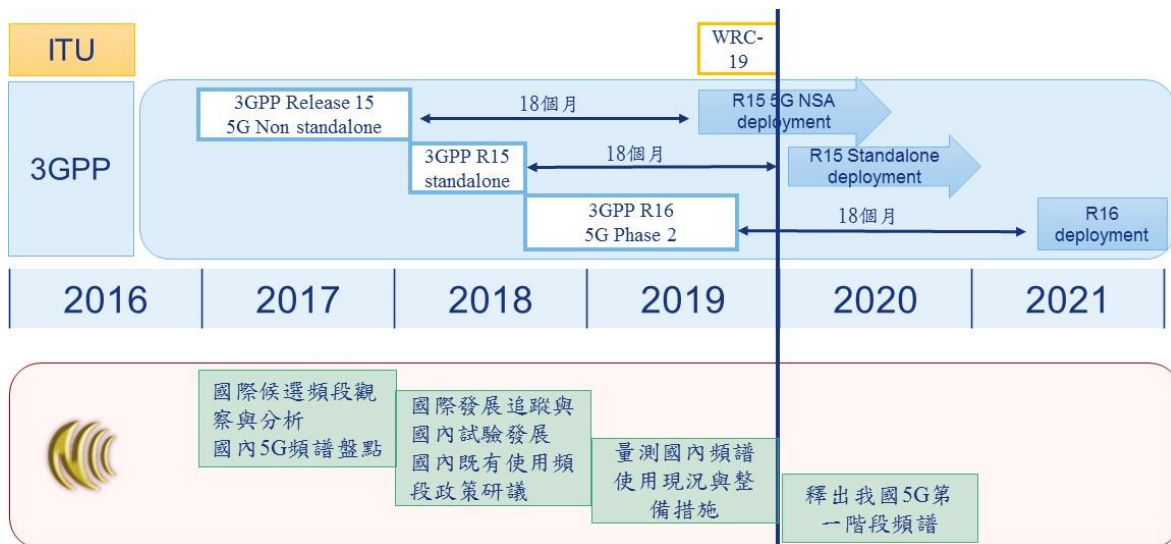


圖 4-13：我國 5G 頻譜整備時程建議

資料來源：本研究繪製

(二) 5G 頻譜管制建議

經比較研究國家包括歐盟、美國等先進國家後，儘管許多國家規劃於 2020 年前完成頻譜釋出作業，然對於 5G 執照規範等相關細節，

現階段仍以美國執照規範制定較為詳盡，其他國家多處於候選頻譜選定、或制定移頻、清頻或與既有業務共存之討論過程。

現階段歐盟與美國已初步擬定釋出頻段之建議頻寬，歐盟建議若頻段範圍為 3-4GHz 頻段時，執照頻道單位應至少達 100MHz，若頻段範圍為 5-33GHz 時，執照頻道單位應至少達 500MHz，更高頻的毫米波則應以 1,000MHz 為頻道單位。

美國規劃 28GHz 頻段之執照頻寬時，考量該頻段原有既有業務使用中，因此將可使用之 850MHz 頻寬區分為二張執照，各執照單位為 425MHz。至於其他 37GHz、39GHz 與 47GHz 均以 200MHz 為單位釋出。24GHz 頻段因可釋出頻寬為 500MHz，故以一張 100MHz、二張 200MHz 的方式釋出。

規管架構上，歐盟建議應採取能促進協同合作的方式，以支持 5G 網路布建，可考慮之政策措施包括提供公有基地臺、免除基地臺稅款等。RSPG 建議會員國應採更靈活之執照接取規管架構，可更彈性符合各種業者需求。包括個別執照制、免執照、共享頻譜或動態頻譜共享機制等，讓業者依其自身需求選擇所需之頻譜資源。

美國則針對 5G 毫米波頻譜使用另訂 UMFUS 業務，希望建立一個毫米波頻段可歸類的明確規管制度，讓執照業者有明確的規範可依循。執照頻譜釋出仍採拍賣競價機制，但 FCC 提供許多免執照頻譜供創新服務業者有取得頻譜資源之機會。

偏鄉 5G 訊號涵蓋議題上，RSPG 建議歐盟應確保偏鄉地區之 5G 訊號覆蓋。由於高頻毫米波頻段可能更適用於布建小型基地臺，因此 5G 網路最初可能集中於都會區，並藉由新型態之街道設備，將訊號導入室內。RSPG 預期未來 5G 網路涵蓋義務將視各會員國考量自身地理

特性，對於較可能缺乏網路覆蓋的地點設定涵蓋規範，例如郊區公共場所或交通要道等，不再是傳統上以人口計算涵蓋率之方式。

FCC 對於 5G 執照網路覆蓋義務之規管，亦考量未來物聯網架構下，服務區域將著重於特定區域如工廠、運動場館等，因此規劃將現有 UMFUS 執照訊號應涵蓋區域內 40% 的涵蓋標準，調降為 25%，最終政策決定仍待 FCC 公告。

目前僅見美國已討論毫米波頻譜之基地臺功率，FCC 最早規範 28GHz、37GHz 與 39GHz 頻段之基地臺傳輸功率限制為每 100MHz 達 1620 瓦（62 dBm/ 100MHz），惟許多回應意見均認為應提供更高的傳輸功率，因此 FCC 最終決定修正毫米波頻譜基地臺傳輸功率為 75dBm /100MHz。

比較歐盟與美國之 5G 頻譜規管制度，本研究認為其中有許多共通原則，可供我國 5G 規管制度參考，例如 3-6GHz 頻段之執照頻寬建議應以 100MHz 為單位，高頻毫米波頻譜釋出頻寬單位應以大頻寬為主。針對執照架構，未來 5G 執照架構應以更彈性之規管制度為佳。

在網路覆蓋部分，歐盟與美國的管制方式略有差異，歐盟認為未來 5G 網路之覆蓋義務，應規範需於可能缺乏網路覆蓋之重要區域設定涵蓋規範，例如偏鄉之公共場合或交通要道等。美國則規劃將 5G 毫米波網路覆蓋義務由現行 40% 調降為 25%。本研究認為，由於美國毫米波頻譜執照制度多採分區方式釋出，執照地理範圍與我國過往採全區執照方式釋出略有差異，且政府仍應確保全民均有接取 5G 網路之機會，因此建議網路覆蓋義務應參考歐盟制度，規範重點區域之覆蓋。

目前大部分國家仍在討論、選擇 5G 毫米波候選頻譜，僅美國執照制度發展速度較快，已規範毫米波頻譜之基地臺功率。FCC 對毫米波

基地臺功率規範為 75dBm，本研究建議可參考美國對於毫米波頻譜基地臺功率之設計理念，惟應持續觀察各國 5G 頻譜執照發展，再考量我國地理環境因素後，設計適合我國毫米波頻譜之基地臺功率規範。各國 5G 規管制度與我國政策建議如下表 4-3。

表 4-3：各國 5G 規管制度比較與我國建議

	歐盟	美國	我國
執照頻寬	● 3-4GHz 頻段：100MHz ● 5-33GHz 頻段：200MHz ● 更高頻：1,000MHz	● 28GHz：450MHz ● 其餘毫米波頻譜：200MHz	● 3-6GHz 應以 100MHz 為釋出單位 ● 毫米波頻段釋出單位以大頻寬為主
執照架構	● 個別執照 ● 免執照 ● 共享頻譜	● UMFUS 業務執照 ● 免執照 ● 共享頻譜	5G 執照架構應採具備執照頻譜、免執照與共享頻譜之彈性機制，使業者依自身需求取得頻譜。
網路覆蓋義務	對可能缺乏網路覆蓋的地點設定涵蓋規範，如偏鄉之公共場所與交通要道	規劃調降。40%降為 25%	5G 網路覆蓋未來應逐步調整為對重點區域之覆蓋
毫米波基地臺功率	尚未公告	75 dBm /100MHz	持續觀察國際發展

資料來源：本研究整理

(三) 物聯網頻譜與管制議題研析

隨著物聯網技術近年快速發展，除小範圍區域網路外，各國亦積極布建大範圍覆蓋之廣域網路。我國除在 2017 年 2 月完成開放「非電

信級」物聯網使用之 920-925MHz 免執照使用頻段外，通傳會亦已參酌相關國際規範，於同年 8 月 18 日預告訂定「行動寬頻業務窄頻終端設備技術規範」。依據該技術規範，採分頻雙工 (Frequency Division Duplex, FDD) 之 LTE 機器型通訊 (LTE-M1) 或窄頻物聯網 (NB-IoT) 窄頻終端設備在我國適用之頻段包括：700MHz、900MHz、1800MHz、2100Mz 及 2600MHz (僅 LTE-M1)，惟考量物聯網之廣域網路需求及頻率涵蓋特性，未來實務上仍可能以 1GHz 以下之無線電頻率為主。

車聯網頻譜部份，由於現階段 LTE-V2X (汽車對萬物通訊，Vehicle-to-everything) 將於 2020 年出現，2025 年更進一步導入 5G-V2X。整體技術仍處發展階段。相較於電信業者較關注 3.4-3.8GHz 頻譜之發展，汽車產業 5G 聯盟 (5G Automotive Association, 5GAA) 認為 V2X 仍會聚焦於 5.9GHz 頻段。

不過，由於 WRC-19 大會將討論免執照無線網路與 ITS 共存於 5150-5925MHz 頻段之議題，歐盟 ITS 相關業者已經開始擔心，ITS 應用和免執照區域無線網路共享後，會對 ITS 應用造成干擾，進而導致可能危害駕駛人用路安全之風險。

FCC 目前已開始進行免執照設備與 DSRC 設備共用 5.9GHz 頻段之驗證測試，藉由實測數據來決定免執照設備使用 5850-5925MHz 之狀態。FCC 現階段對於長距離車用雷達 (76-81GHz) 之規管方式，已修正為規範授權制，而非以往之免執照制度，主要著眼點為避免使用上的有害干擾，影響行車安全。

本研究對電信業者之訪談結果，現階段電信業者對於物聯網頻譜議題，多認為應採執照頻譜為核心，免執照頻譜為輔助之機制，以確保更佳的服務品質。至於車聯網頻譜，業者現階段均建議需視國際間

車聯網技術發展、DSRC 與免執照設備間之共存實驗結果更為明確後，方能回應。業者認為基於車聯網對於行車安全的輔助，原則上應以安全為主要考量，如下表 4-4。

表 4-4：訪談電信業者物聯網/車聯網頻譜整備意見彙整

業者 A	業者 B	業者 C
物聯網頻譜相關議題		
建議未來應區分商用跟專用不同的管理方法。	物聯網應以執照頻譜為核心，免執照應為輔助性角色	對於未來物聯網需大規模部署 SIM 卡，在法規管理面上，需要更具彈性的申裝流程，以利企業快速部署 SIM 卡。
車聯網頻譜相關議題		
需要再觀察國際間車聯網技術、車聯網頻譜與免執照頻譜間的發展。	● 車聯網與免執照 5GHz 頻段間頻段之使用，未來需要政策決定 ● 車聯網應以安全為主要考量要素	需要多了解全球 DSRC 和 LTE-V 的發展方向，以及主管機關對 LTE-V 技術/頻譜的規劃方向

資料來源：本研究彙整

綜合分析國際間對物聯網、車聯網之頻譜整備與規管制度，再加上本研究訪談國內電信業者對相關應用頻譜整備之業界意見，本研究建議對於服務品質要求標準較高，使用上可能影響人身安全之物聯網／車聯網應用，應以保障設備使用不受有害干擾為規管基準。未來通

傳會應更進一步研析在頻譜執照與免執照制度架構之間，有無其他類似歐盟輕度執照或美國規範授權執照之執照架構。

四、 產業輔導措施

本研究參考德國政府 2017 年通過之德國 5G 策略（5G Strategy for Germany）。為促進國內重點產業與企業參與 5G 標準制定，德國政府建立 5G 標準化交換平臺，重點產業包括汽車產業、工業製造業、媒體娛樂業、醫療照護業、智慧能源以及智慧農業等，德國 5G 重點應用如下圖 4-14。¹⁷⁴

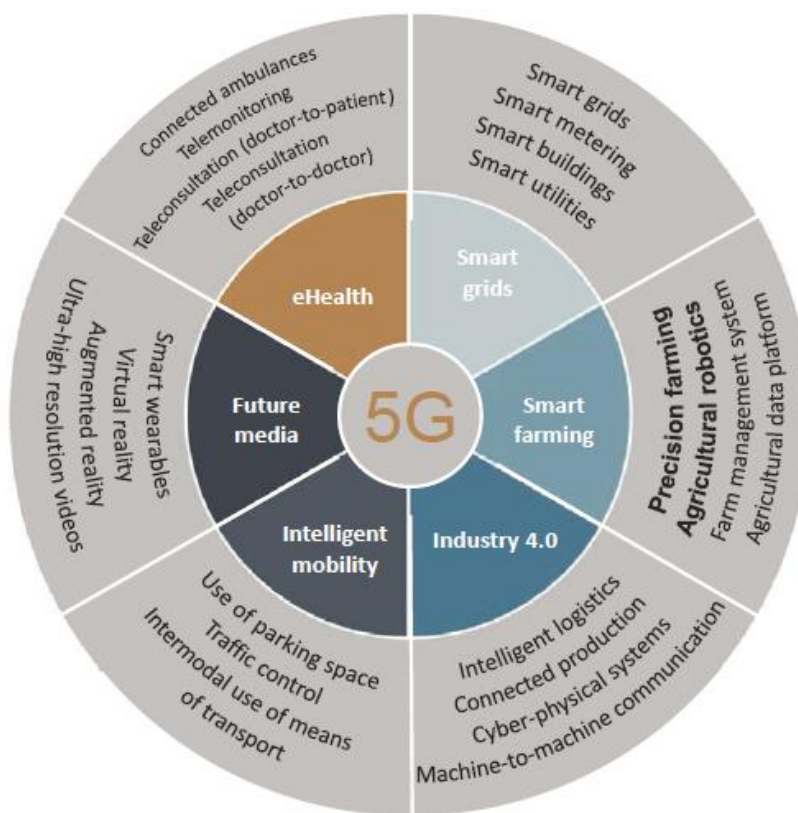


圖 4-14：德國政府 5G 網路重點應用產業

資料來源：德國政府

¹⁷⁴ Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (2017), 5G strategy for Germany, available at: https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-germany.pdf?__blob=publicationFile (last visited: 2017/11/13)

德國政府 5G 策略擬定五大目標措施，包括：

- 加強網路布建；
- 依需求提供可用頻率；
- 促進電信產業與各行業之合作；
- 聚焦重點產業項目與協同研發；
- 促進 5G 儘早於都會區提供用戶使用。

德國政府 5G 策略推動時程目標規劃如下圖 4-15。



圖 4-15：德國 5G 策略規劃時程

資料來源：德國政府，本研究編修

除德國擬定 5G 重點策略外，英國同時亦擬定相關 5G 策略，除了以補助經費方式，協助產業與學界投入 5G 試驗之研發外，同時更準備將近 1.6 億英鎊用於未來的 5G 網路，以推動產業發展。

交通部目前以建立實驗場域測試計畫，同時通傳會也已經完成實驗執照之申請機制，目前已有工研院取得實驗執照。然而，5G 應用因其技術特性與適用之應用情境甚廣，以德國為例，5G 策略涵蓋醫療、

農業、能源、運輸等產業，因此應從政府整體施政角度推動我國 5G 發展，將重點應用產業所涉及相關政府部門，包括經濟部、科技部、衛生福利部與交通部等相關單位共同推動 5G 發展。建議我國通訊主管機關應與經濟部、科技部等業管機關，整合政府資源、產業與學界能量，初期先成立 5G 測試溝通平臺，再因應個別產業特性打造符合我國產業需求之 5G 前瞻應用。

第五章 研究發現與結論

第一節 我國 B4G/5G 頻譜整備建議

一、5G 候選頻段建議

1、短期建議（第一階段 5G 頻譜整備）

綜整前述研究分析結果，本研究建議我國第一階段 5G 頻譜應以 3300-3800MHz、28GHz 與 38GHz 為優先整備目標，如下圖 5-1。

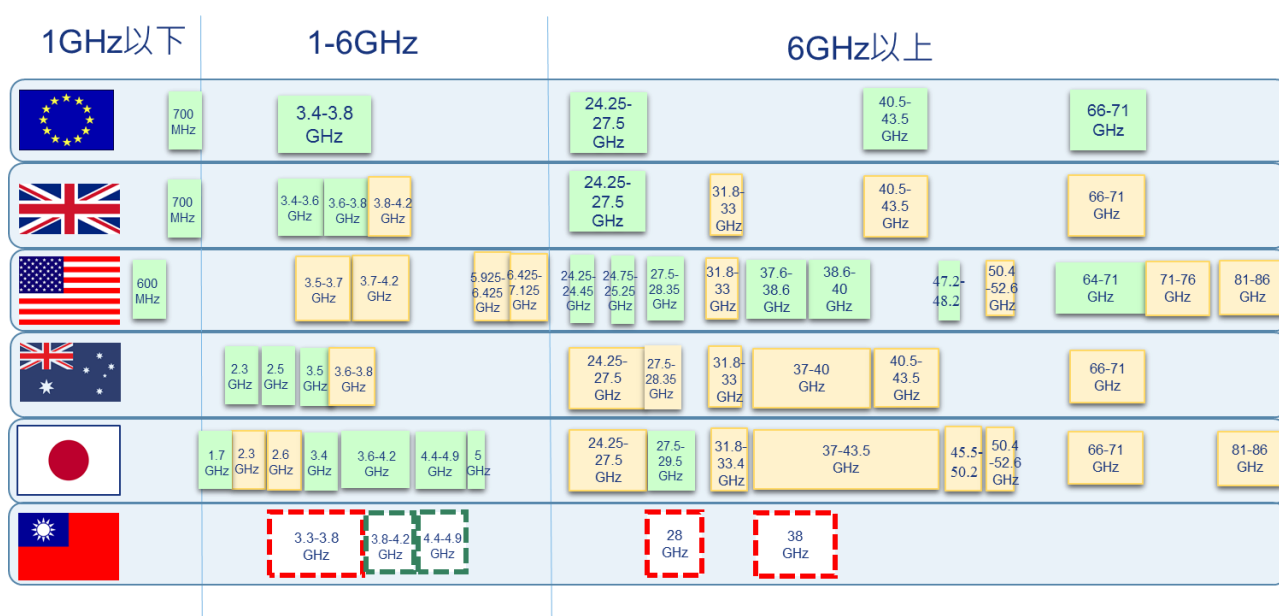


圖 5-1：本研究 5G 候選頻譜建議

資料來源：本研究整理

參考前揭研究分析結果，本研究建議我國第一階段 5G 頻譜整備時程，應於 2019 年完成頻譜整備作業，並於 2020 年釋出，時程如下圖 5-2。

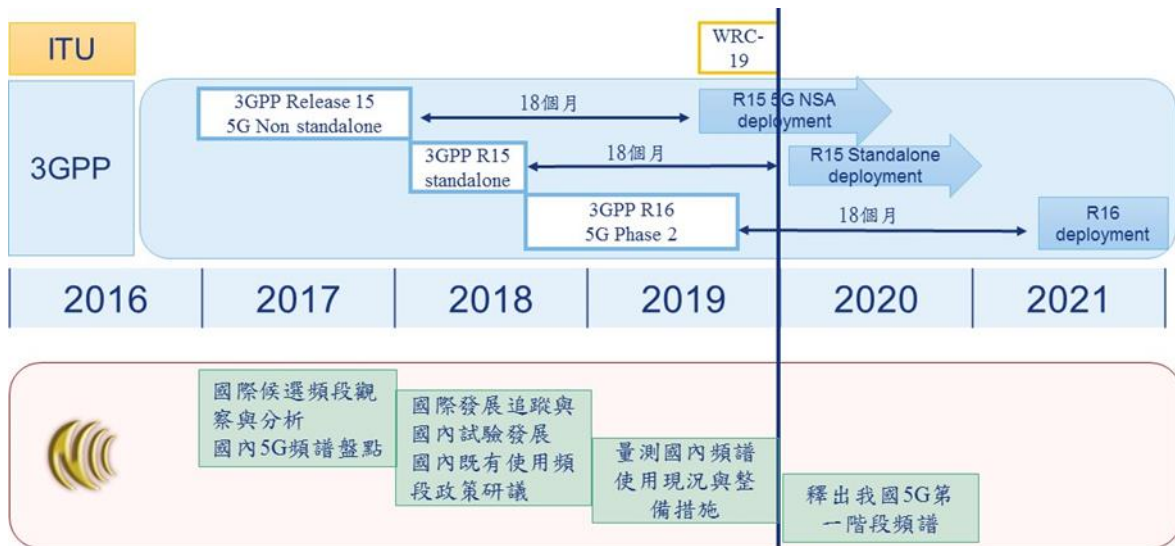


圖 5- 2：本研究 5G 頻譜整備時程建議

資料來源：本研究整理

2、中長期建議（第二階段 5G 頻譜整備）

依據交通部頻率供應計畫修正草案，規劃 3800-4200MHz 與 4400-4990MHz 為 5G 使用頻譜，本研究建議該類頻譜可做為我國第二階段 5G 頻譜整備目標。

除此之外，因應 3GPP 5G Phase 2 標準將於 2021 年中開始布建，建議主管機關可視 2019 年 WRC-19 大會之 5G 頻譜規劃發展結果，進一步探詢釋出 5G 低頻段（3GHz 以下頻段）與其他毫米波頻段之可能。

二、執照規管方式

現階段各國 5G 頻譜執照規管架構尚在討論、演進階段，比較歐盟與美國之 5G 頻譜規管制度，本研參考國外 5G 頻譜整備經驗，認為其我國 5G 頻譜執照之執照頻寬，3-6GHz 頻段應以 100MHz 為單位，高頻毫米波頻譜釋出頻寬單位應以大頻寬為主。未來 5G 執照架構應為彈

性化監管架構，提供執照頻譜、免執照頻譜與共享頻譜供行動通訊業者依其自身需求，整合其所需之頻譜資源。

在網路覆蓋部分，本研究建議應參考歐盟之 5G 網路覆蓋義務設計，規範 5G 網路應完成重點區域之覆蓋。

由於現階段大部分國家仍在討論、選擇 5G 毫米波候選頻譜，僅美國之 5G 執照制度發展較快，已規範毫米波頻譜之基地臺功率。本研究建議可參考美國因應毫米波頻譜特性，對於毫米波基地臺之傳輸功率設計較現行 4G 基地臺功率更高，方可實現其傳輸速率與訊號涵蓋範圍之需求，未來可持續觀察各國 5G 頻譜執照發展，並考量我國地理環境因素後，設計適合我國毫米波頻譜之基地臺功率規範。本研究研提對於我國 5G 頻譜執照規管建議如下表 5-1。

表 5-1：我國 5G 頻譜執照規管建議

	我國 5G 規管建議
執照頻寬	● 3-6GHz 應以 100MHz 為釋出單位 ● 毫米波頻段釋出單位以大頻寬為主
執照架構	5G 執照架構應採具備執照頻譜、免執照與共享頻譜之彈性機制，使業者依自身需求取得頻譜。
網路覆蓋義務	應規範對重點區域之網路覆蓋，如偏鄉區域之公共場所或交通要道等。
毫米波基地臺功率	因應毫米波特性和 5G 毫米波基地臺功率應較現有基地臺功率更大，可持續觀察國際對 5G 執照核發之相關規範發展趨勢。

資料來源：本研究整理

三、 發展我國 5G 整體策略

因應 5G 技術可適用跨產業別之特性，本研究參考其他先進國家之國家型 5G 策略，建議政府應從整體產業發展角度，通盤檢視國內重點發展產業與企業可適用 5G 之情境，並藉由建立 5G 應用測試平臺之機會，讓各垂直產業與電信產業互相溝通、協調，共同推動我國 5G 應用發展。建議應整合政府資源、產業與學界能量，初期先成立溝通平臺，再因應個別產業特性打造符合我國產業需求之 5G 前瞻應用。

第二節 我國 IoT/車聯網頻譜整備建議

目前我國 IoT 免執照物聯網除 2.4GHz 與 5GHz 外，另選定 920-925MHz 為物聯網免執照頻譜，本研究建議主管機關可持續檢視目前有無其他可釋出供物聯網之頻譜，促進更多物聯網應用發展之契機。本研究整理各國物聯網頻譜整備如下圖 5-3。

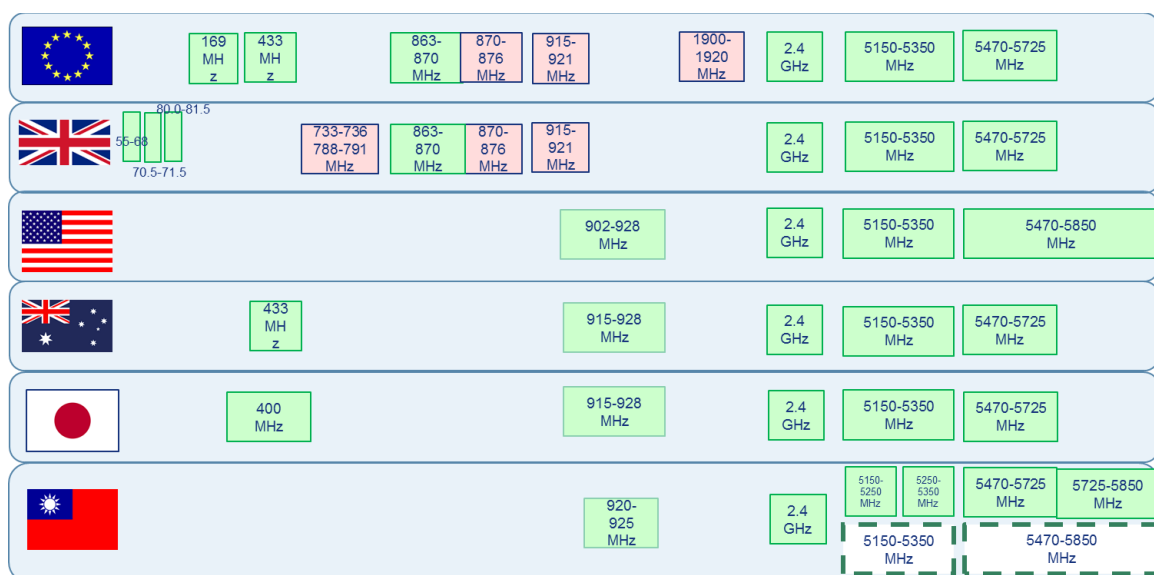


圖 5-3：各國物聯網頻譜配置

資料來源：本研究整理

目前我國車聯網議題仍屬新興發展階段，相關技術則持續演進，預計 2020 年實現 LTE-V2X。惟 WRC-19 大會將討論 5.9GHz 頻段與 5GHz 免執照設備之共存議題，本研究建議主管機關應持續觀察相關議題之發展趨勢。本研究整理各國車聯網頻譜整備如下圖 5-4。

6GHz以下		超過6GHz		
	5855-5925 MHz	24.25-24.5GHz	63-64GHz	76-81GHz
	5875-5905 MHz	21.65-26.65GHz		76-81GHz
	5850-5925 MHz			76-81GHz
	5855-5925 MHz	22-26.5GHz		76-81GHz
	755.5-764.5 MHz 5770-5850 MHz			77-81GHz
	5850-5925 MHz	24.25-26.65GHz		77-81GHz

圖 5-4：各國車聯網頻譜配置

資料來源：本研究整理

現階段美國對於可能影響人身安全之雷達應用頻譜，採規範授權執照方式，避免以免執照方式釋出頻譜資源時之設備干擾，危害駕駛行車安全。歐盟與英國則認為對於服務品質要求較高的物聯網應用，未來可能有申請執照頻譜之需求，已確保服務提供不受有害干擾。本研究建議針對該類需要極低延遲與高可靠度之物聯網應用設備，應以保障設備使用不受有害干擾為規管基準，同時更進一步研析在頻譜執照與免執照制度架構之間，有無其他類似歐盟輕度執照或美國規範授權執照之執照架構。

第三節 我國前瞻頻譜政策建議

綜整本研究對於 5G、IoT 與車聯網相關新興應用、技術發展、頻譜整備與規管制度之相關研究成果後，總結我國前瞻頻譜政策應具備以下原則。

- 整備頻譜資源
 - 掌握國際 5G、IoT、DSRC、V2X 等各類新興應用使用頻譜發展趨勢，確保我國相關應用之頻譜整備達到頻譜協同之目標。
 - 因應 5G 三大應用場景特性、區域內相鄰國家頻譜規劃、國內實驗發展進度與市場需求，整備我國第一階段 5G 候選頻譜資源，確保頻譜釋出時已具備完善生態體系。
 - 依據 WRC-19 大會對毫米波頻譜之決議與新興技術及應用之發展，持續規劃我國後續 5G 候選頻段。
- 建立靈活規管制度
 - 5G 時代將為低、中及高頻毫米波頻譜組合，應建立靈活規管制度，確保服務業者能依照自身需求取得所需頻譜資源，降低服務業者接取頻譜資源之障礙及監理機關規管負擔。
 - 研析適合新興應用與關鍵通訊（如自駕車及遠距醫療等）發展之監理制度，確保服務運作免受妨害干擾。
- 推動產業發展
 - 5G 技術特性將對不同產業帶來影響，為有效提升不同產業對 5G 等新興技術之瞭解，應建構跨產業 5G 應用測試平臺，並提升不同產業投入 5G 應用開發之誘因。

- 精進技術研析

- ITU 於 2017 年 11 月公布 IMT-2020 之規劃建議書與採用範本，開始接受來自各區域組織或會員國之 5G 提案。3GPP 於 2017 年 12 月批准 5G NR 之非獨立運作規格。本研究建議應持續觀測國際組織與標準制定技術之發展。

- C-RAN、NFV 與網路切分等相關技術持續演進，各種技術如 DSRC、V2X 與車用雷達亦推陳出新，例如 WRC-19 大會將決議 5GHz 免執照頻譜設備能否共用 DSRC 專用頻譜。本研究研議應長期追蹤關鍵技術演進趨勢，確保規管至度與時俱進。

本研究研提我國前瞻頻譜政策原則如下圖 5-5。

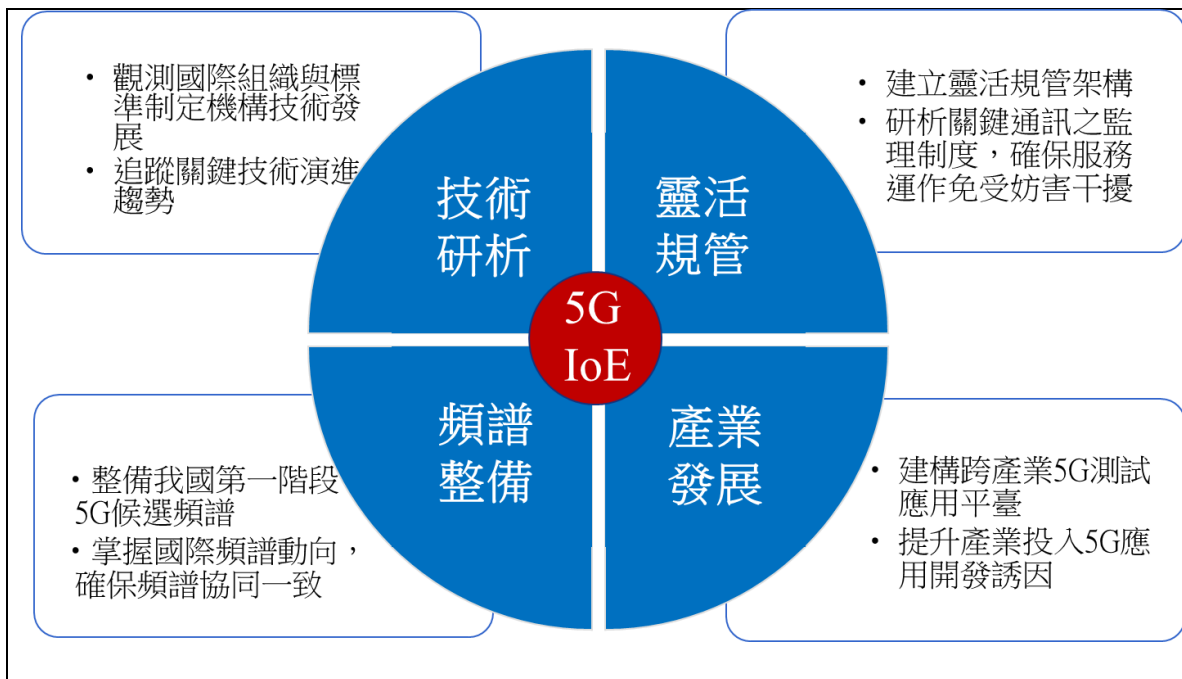


圖 5-5：我國前瞻頻譜政策原則

資料來源：本研究整理

第六章 本研究相關執行成果與支援臨時交辦事項

第一節 研究案相關執行成果

一、 研討會執行成果

為蒐集國內外政府單位、產業、學界與研究機構對 B4G/5G、IoT 技術發展趨勢與使用頻段等議題之看法，本研究舉辦研討會與專題論壇，希望了解產業、學界與研究機構目前對 B4G/5G、IoT 等相關議題之研究概況與執行。本研究分別於 9 月 15 日舉辦頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會，以及 11 月 11 日舉辦新世代行動通信技術發展與監理制度發展之研析專題論壇。

1、9/15 研討會

本次會議邀請到美國維吉尼亞理工 Dr. Jeffrey H. Reed 擔任專題演講嘉賓，並舉辦綜合座談「新世代行動網路與無線電波技術發展新風貌」，邀請國家通訊傳播委員會射頻與資源管理處陳崇樹處長主持，國際數據資訊（IDC）電信分析師兼研究主任 Bill Rojas 擔任講者，分享全球 5G 網路與頻譜整備發展趨勢；座談與談人邀請經濟部新世代通訊技術辦公室許冬陽副主任、工研院資通所曹睿華組長、資策會智通所李揚副主任、電信技術中心林炫佑副執行長以及臺灣諾基亞通信鄭志中總監等研究機構專家共同探討新世代通訊技術與頻譜整備等相關議題。

本次會議主持人、出席演講貴賓及與談專家如下。

	
美國維吉尼亞理工學院暨州立大學 Jeff Reed 教授	國家通訊傳播委員會射頻與資源管理處 陳崇樹 處長
	
IDC Bill Rojas Adjunct Research Director	經濟部新世代通訊技術推動辦公室 許冬陽 副主任
	
工業技術研究院資訊與通訊研究所 曹睿華 組長	資訊工業策進會智通所 李揚 副主任

	
財團法人電信技術中心 林炫佑 副 執行長	台灣諾基亞通信 鄭志中 業務銷售 總監

本次會議專家學者重點發言摘錄如下：

- IDC Bill Rojas , Adjunct Research Director

- 由於具有超高速、巨量、靈活彈性等特性，5G 行動通訊網路的功能與可用性將超過 4G，也會賦予行動裝置新的使用面貌。根據 IDC 研究，未來可以連網的裝置將超過 2,000 億個。在各式各樣裝置都需要連網傳送接收資料下，不同基地臺間必須能夠支援動態協同運作的機制，頻譜使用效能也必須與時俱進，例如朝軟體定義網路（SDN）、網路功能虛擬化（NFV）與新一代載波聚合（CA）技術發展。有哪些驅力會推動 5G 市場的發展？首先要看應用服務的發展狀況，以及電信營運業者翻新或建置相關基礎建設的意願。

- 經濟部新世代通訊技術推動辦公室許冬陽副主任

- 二十年前的行動通訊產業，主要是聚焦於 GSM 網路的開臺及建置，現在已在談 5G 及頻譜共享，這是一個重要關鍵時期。從經濟部的觀點來看 5G，主要是看國際 5G 市場

的發展。經濟部在 2013 年就已投入 4.5G 的研究，到了現在，我們在今年會推出 5G end-to-end POC 的 DEMO。之後在 2020 年希望能與先進國家同步，在臺灣進行 5G 技術的大型展示，這部分需要 Operator 及電信設備商的共襄盛舉。過去我們主要是做小型設備，無法觸及核心設備，5G 推動的平臺轉換，給予臺灣一個新的機會，可以朝更高階的系統及設備發展。

- 工業技術研究院資訊與通訊所曹睿華組長

- 現有的網路架構中集合許多頻段，網路層次變多，所以網路優化工作的複雜度及難度變高，工研院積極投入優化網路技術的研發。尤其 mmWAVE 的技術涵蓋範圍大，要優化此一網路，已經到了無工具可用的境地，工研院在此方面主要就是開發可用的優化技術。例如，工研院的 SON 自我優化網路技術，除了提供 3GPP 國際標準所定義的 SON 功能外，還具備智慧型天線（Smart Antenna）的控制管理能力，可以有效追蹤用戶位置，避免干擾發生，大幅提高網路服務品質與使用效率。

- 資訊工業策進會智通所李揚副主任

- 針對 5G，資策會的投入重點之一是高可靠度低延遲通訊 uRLLC(ultra-reliable low latency communication)。uRLLC 將會發展在 6GHz 以下的頻段上，URLLC 將網路延遲的目標壓低到 1 毫秒以下，主要應用於智慧工廠。在此場域內，大量的機器都內建感測器，從感測器、後端網路、下指令，再傳送回機器本身的這些過程，若出現明顯延遲就可能引

發工安事故，uRLLC 的導入可降低此方面危險。3GPP 所訂的 5G 應用場景主要有三，分別為 eMBB、mMTC、uRLLC。整體而言，5G 是為物聯網而生，5G 的技術複雜度遠高於 4G，但是 5G 是臺灣 ICT 產業的一個新機會，此外，5G 頻譜的需求範圍更大，頻譜分享新思維的導入更為重要。

- 財團法人電信技術中心 林炫佑 副執行長

- 從三個觀點來探討 5G 時代來臨，第一個為 5G 時代的轉變，3G 與 4G 改變了人們的通訊方式，未來 5G 將會改變人的生活方式，而 5G 將會帶來三個轉變，1 更高的 Throughput 2.更多的 devices connected 3. 更可靠的通訊連結。進一步來看，從基地臺到通訊傳輸設備資料的上傳與下載速度將會更高，以手機、NB、PC 等產品來說，未來將會在雲端進行運算，而裝置上的功能就是簡易文書應用，5G 時代將讓產業進入跨領域，未來共享經濟會更加普遍，並且在這些過程中，產生更多新的應用，並通過數據資料達到最大效益，未來除了人不共享外，許多的事物將進入共享，生活將進入自動化與更智慧化的時代。第二點為頻譜，這次分享為 6Gigabit 以下的頻譜，在這邊特別提到 6.1.6 這個區段頻譜，在於設計上涵蓋 100 公里的距離，此設計上的應用情境是以飛機到地面以及無人機未來的操作來設定的頻譜，而在這個設計過程中以將 5G 把所需要用的應用情境都涵蓋了。第三點為如何確保當中的可靠性，林副執行長表示可靠性由三個內容組合，分別為 Performance、

Safety、Security，其中 Safety 確保設備為對別人沒有安全疑慮，Security 確保別人設備為對自己有沒有安全疑慮，在 Performance 未來國內法規是會有更多管理，對於 5G 應用將會是個很大的挑戰，舉例來說未來無人車發生車禍，可能不在是只有警察出現，而是會有由專業的部門協同來進行評估看是哪個環節出了問題，因此可靠性變得非常重要。最後 5G 要能成功，關鍵在於可信賴度，包括網路實際運作績效、安全性與可靠度等。

- 臺灣諾基亞通信鄭志中總監

- 從 AI, cloud, robotics, VR 等來看，這些服務都需要 5G 的網路協助，將改變經濟型態，帶來第四次工業革命，過去十幾年 Internet 興起在這當中人們把網路布建完整，現在將把 Internet 放在所有東西上面，根據 NOKIA 在芬蘭的統計數字每個人一天在裝置上需要用到 1.5 GB，而在 Smart Factory 1 天會用到 1PB，這表示 5G 將會改變人們的經濟模式，另外 NHTS 發表在 2025 年將會全面進入自駕車時代，未來 5G 的發展將會更靈活、據自動化並且有雲端的服務，而這些建置將會從人口密集度高的地方開始發展，現階段全球對於 5G 頻譜的整備，則多聚焦在 3-6GHz 頻段，此一頻段適合作為 5G 網路訊號覆蓋基礎，6GHz 以上頻段則適合作為超高速率傳輸用途。

2、11/11 專題論壇

為通盤了解國內相關領域學者專家對後 4G 時代與 5G 新世代行動技術發展的看法，本研究於 11 月 11 日假 2017 年臺灣資訊社會研究學會年會暨學術研討會中，安排新世代行動通信技術發展與監理制度發展之研析專題論壇，會議由國立交通大學張仲儒電機工程學系榮譽退休終身講座教授擔任主持人，並由成功大學電信管理所黃光渠教授、元智大學資訊管理系陳志成教授、元智大學資訊傳播系葉志良教授及本中心巫國豪副研究員擔任與談專家學者，分別從市場發展趨勢面與監理法規面，分享學者專家之專業觀點。



本次會議專家學者重點發言摘錄如下：

- 交通大學電機工程學系 張仲儒榮譽退休終身講座教授
 - 破壞式創新的定義在於一種創新技術，開創一個新的市場與價值，既而轉變人類生活與商業模式。從技術的發展與監理制度的發展來看，很多規劃趕不上變化。最近的一次技術典範，可以回顧 1991 年當時發展個人電腦時，Bill

Gates 說 64kbyte，但現在已經發展到 6Gigabyte 都不夠了，差了千萬倍。技術進步太快，常出乎你我意料之外，因此，當政府在制定相關監理政策，或因應商業行為的改變，要如何預測未來？網際網路的誕生對人類生活帶來很大的影響，行動通訊技術的破壞性科技與創新，推動現在行動網路的世代，從 4G、5G 到甚至未來 6G，會創造出很多服務。行動網路、物聯網甚至人工智慧，將來可能會靠人工智慧來做有效規劃。5G 發展有三大應用情境，也有很多技術標準，像是超長的電池壽命、高速移動情境下的數據使用、以及極低的網路延遲，未來自動駕駛需要和雲端伺服器連結，也都需要透過 5G。將來勢必會有很多樣化的商業模式。

- 成功大學電信管理所黃光渠教授

- 從 4G 到 5G，科技隱性帶來許多商業投資與產業監理的機會與挑戰。電信事業有點像水、電力跟瓦斯，透過一些管道訊息，將訊息帶至家戶或個人使用。不過，電信產業面臨與水、電力環境不同的地方在於，行動通訊產業可能每十年需要重構，更新其內部設備，因此對電信業者成為一大壓力。行動業者透過競標取得頻譜後，還需要建置網路與相關行銷成本。但目前 4G 發展卻面臨用戶數持平難以大幅成長、ARPU 下滑的問題，投資的不確定性，也會影響業者未來的發展，以及往 5G 邁進的意願。因此，電信

業者需要積極拓展新服務，多角化經營，更有效從現有數據中萃取出寶貴價值，並延伸到多角化經營層面。個人建議應透過監理沙盒機制，允許新興服務，類似 Lora，或是頻譜共享機制。政府提供一個環境，鼓勵 5G 發展的各種可能性，透過基礎環境建設、法規的開放，讓各種資訊蓬勃發展。

- 元智大學資訊管理系陳志成教授

- 目前全球行動通信市場的發展，行動上網在歐美的普及率大概都已經達到八成，相對來說，5G 大概會在 2020 年開始發展，2025 年可達 34% 的全球用戶普及率。但從營收的角度來看，GSMA 預估未來已開發市場行動通訊市場的營收成長率大概低於 2%。電信業者如何突破這層困境？GSMA 建議電信業者應該更進一步透過即時通訊系統的數據，以此做為創新目標，在交通、購物、房屋與金融等領域來運用，到了萬物聯網時代，更可透過大數據分析或是雲端來實現個人化服務。因此，如果電信業者本身擁有很多數據時，應該要思考如何將其轉成營收來源。行動通信市場上，數據使用量不斷上升，但語音用量持續萎縮，未來 5G 萬物聯網時代，數據成長應該會更快，但對電信業者來說在許多市場都會受到衝擊。高通的 5G 報告認為我國未來的 5G 強項在製造業，現在工研院也積極投入。不過，必需要注意到 OTT 對電信市場帶來的衝擊，讓電信業

者的營收有很大變化。若與其他專家提到的破壞式創新，其實目前有種概念叫開放式創新，創新可能來自外部團隊。若將數據去個人識別化後加以應用，或許是 5G 時代創造新服務的一種可能選項。

- 元智大學資訊傳播系葉志良教授

- 從電信管理法的角度進行探討，IoT 其實是電信業者現在想要向上攀升的一個驅力。目前 NCC 的匯流法已通過行政院，其中關於頻譜管理的部份，新法對於市場進入做了很大的改變，改成登記制。若要取得號碼、頻譜等資源，則需要按照相關規範辦理。物聯網的發展將對人類生活帶來重大改變，透過頻率與號碼的交互管制手段，導引整個產業發展。近一年來 NCC 大力推動物聯網的發展，射頻器才管制也逐漸鬆綁，對於實驗或與國際協同合作，都有許多進展。物聯網另一項資源是號碼，NCC 已經發給三家業者各 300 萬門號，不過未來實體號碼是否真有必要？如果 ESIM 是未來趨勢，則傳統號碼的重要性會慢慢下降。對於頻譜管理的角度，新法中有許多新的想法，像是頻譜共享、和諧利用等，另外也建立了誘因拍賣，讓使用效率較差的業者可繳回頻譜，讓主管機關做更有效的運用。從頻譜管理的角度來看，目前低頻大部份已被使用，未來會往高頻發展，現階段應要思考未來新興服務如何運用，開始進行清頻與頻譜整備措施，盤整頻譜使用現況以提升使用效率。頻譜共享機制是一種新的運用模式，藉由資料庫建置的方式，得以在保護既有使用者前提下活絡頻譜使用。

目前政府對頻率的規劃、號碼管理與射頻器材管制，都朝向鬆綁的角度，希望促進未來 5G、IoT 的發展，鼓勵促進為先、必要管制為輔。個人十分贊同此種管制思維。未來 5G 時代，對於小型基地臺與射頻器材的管制鬆綁應屬必要。在現在這個 4G 迎向 5G 的時間點，很適合討論新興政策與相對應修法管制的時機。

二、 產業利害相關人訪談

為確保本研究研析國內外 B4G/5G、IoT 與車聯網技術發展趨勢與使用頻段相關議題之執行成果，能契合我國產業需要，本研究訪談產業利害相關人，包括車聯網研究機構與行動通信業者，蒐集各界看法並據以提出適合我國國情之 B4G/5G、IoT 與車聯網頻譜整備政策，相關時程如下表 6- 1。

表 6- 1：本研究訪談產業利害相關人

項次	訪談日期	訪談對象	訪談議題
1	8/11	交通部科技顧問室	車聯網技術發展、頻譜整備與規管架構
2	8/30	財團法人車輛研究測試中心	車聯網技術發展、頻譜整備與規管架構
3	9/12	財團法人工業技術研究院資通所車載資通訊與控制系統組	車聯網技術發展、頻譜整備與規管架構
4	11/23	遠傳電信	5G、IoT 頻譜整備與監理制度
5	11/28	中華電信	5G、IoT 頻譜整備與監理制度
6	11/30 書面諮詢	台灣大哥大	5G、IoT 頻譜整備與監理制度

資料來源：本研究整理

三、發表論文執行成果

本研究具體衡量指標項目中，量化指標為發表於刊物或國內研討會之文章至少一篇。本研究共計完成二篇論文投稿，分別為張志鵬副研究員以「Mitigating Interferences from Mobile Satellite Services to Facilitate LTE Services」為題目，投稿 IEEE Global Wireless Summit (GWS) 2017，經大會審查通過後提升為 10 月 18 日之專題演講 (Keynote)。

另一篇論文投稿則由巫國豪副研究員投稿 2017 臺灣資訊社會年會，投稿名稱為「萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討」，經大會審查通過後於 11 月 11 日完成發表。兩篇論文發表成果如下表 6-2。

表 6-2：本研究論文發表成果

作者	大會名稱	論文題目	會議時間	會議地點
張志鵬、郭芳璋、曾志成	IEEE Global Wireless Summit 2017	Mitigating interferences from mobile satellite services to facilitate LTE services	10/18	南非開普敦
巫國豪	2017 臺灣資訊社會年會	萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討	11/11	臺灣新竹

資料來源：本研究整理

第二節 支援通傳會臨時交辦事項

本研究執行過程中，持續協助通傳會辦理本案研究範圍內之臨時交辦事項，包括業務諮詢、談參資料整備等相關事宜，交付分析簡報、談參資料與評估分析報告等，提供通傳會推動 B4G/5G、IoT 相關頻譜整備政策之參考，如下表 6-3。

表 6-3：本研究支援通傳會臨時交辦事項列表

項次	協助內容	交付項目	時間
1	出席 SCF-Taiwan 5G Workshop 簡報	談參資料	5 月
2	主要國家 5G 頻段規劃與發展策略	簡報	8 月
3	自由時報專訪 5G 議題之談參資料	談參資料	8 月
4	出席泰國 Spectrum future 研討會談參資料	談參資料	8-9 月
5	歐洲商會代表談參資料	談參資料	8 月
6	中新衛星影響評估分析與建議報告	評估分析	8 月
7	高通拜會之談參資料	談參資料	8 月
8	挪威數位廣播政策簡介	談參資料	10 月

資料來源：本研究整理

第三節 績效指標與計畫成果自評

本研究績效指標與計畫成果自評如下表 6-4。

表 6-4：績效指標與計畫成果自評

績效指標	量化指標	執行方式	成果自評
A.研究報告	B4G/5G、IoT 使用頻段與技術發展趨勢報告一份	研析歐盟與美國等國之 B4G/5G、IoT 使用頻段與技術發展趨勢，提出適合我國頻譜規劃與監理制度之分析建議報告一份。	已完成研究報告一份
C.論文	發表於刊物或國內研討會之文章至少一篇	● IEEE Global Wireless Summit (GWS) 2017，題目：「Mitigating Interferences from Mobile Satellite Services to Facilitate LTE Services」 ● 2017 臺灣資訊社會年會，題目：「萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討」	已完成二篇國內外研討會論文發表
其他	舉辦研討會或專題論壇至少二場	● 9/15 於集思交通部會議中心舉辦數位匯流下的新頻譜管理論壇－頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會 ● 11/11 於新竹交通大學舉辦新世代行動通信技術發展與監理制度發展之研析專題論壇	已完成研討會與專題論壇共二場

資料來源：本研究整理

參考文獻

一、中、日文文獻

- [1] 李大嵩（2015），後 4G 時代行動寬頻與數位匯流。
- [2] 經濟部技術處（2015），台灣資通產業標準協會成立會員大會暨成立啟動記者會，available at
https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/activephoto/ActivePhoto.aspx?menu_id=13399&ap_id=4197
- [3] 電信技術中心（2015），無網不利－未來世界 5G 大演進。
- [4] OFCA（2017），有關把 3.4-3.7 吉赫頻帶的編配由固定衛星服務改為流動服務的建議。參見 https://www.coms-auth.hk/filemanager/tc/content_711/cp20170727_c.pdf (last visited: 2017/11/29)
- [5] IoT 政策委員會（2016），〈IoT 政策委員會の今後の進め方について〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000444755.pdf>。
- [6] 日本首相官邸（2013），《世界最先端 IT 国家創造宣言》，網址：
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou1.pdf>
- [7] 第 5 世代モバイル推進フォーラム（2016），〈5GMF における 5G 総合実証の検討状況について〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000446203.pdf>。
- [8] 總務省（2015），〈IoT／ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方〉，網址：
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000379234.pdf>。

- [9] 総務省（2016），〈IoT時代に向けた移動通信政策の動向〉，網址：http://www.soumu.go.jp/main_content/000454145.pdf。
- [10] 総務省（2016），〈IoT時代に時代に向けた移動通信政策の動向〉，網址：http://www.soumu.go.jp/main_content/000454145.pdf。
- [11] 総務省（2016），〈ロボット・IoTにおける電波利用の高度化など最新の電波政策について〉，網址：
<http://kiai.gr.jp/jigyuu/h28/PDF/0617p1.pdf>。
- [12] 総務省（2016），〈情報通信審議会 諮問 新世代モバイル通信システムの技術的条件について〉，網址：
http://www.soumu.go.jp/main_content/000446203.pdf。
- [13] 総務省（2016），〈電波政策 2020 懇談会報告書概要〉，網址：
http://www.soumu.go.jp/main_content/000430218.pdf。
- [14] 総務省（2017），〈2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会で割当を行う周波数〉，網址：
http://www.soumu.go.jp/main_content/000472849.pdf。
- [15] 総務省（2017），〈eMTC 及び NB-IoT の技術概要・共用検討〉，網址：http://www.soumu.go.jp/main_content/000458171.pdf。
- [16] 総務省（2017），〈総務省における IoT 関連の技術開発・標準化に関する取組〉，網址：www.iptpc.com/CI_seminar2017_01.pdf
- [17] 総務省（2017），〈総務省におけるデータ利活用に関する取組について〉，網址：
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/kensho_hyoka_kikaku/2017/johozai/dai4/siryuu5.pdf。

二、 西文文獻

- [1] 3GPP (2016) , High-level Features and Studiies,
www.3gpp.org/images/presentations/optimised_poster.pdf.
- [2] 3GPP (2017) , WF on 3.3-4.2 GHz and 4.4-4.99 GHz NR spectrum.
- [3] 3GPP (2017) , 3GPP TR 38.815 V0.1.0
- [4] 3GPP (2017) , 3GPP TS 22.261 V16.1.0 : Service requirements for
the 5G system.
- [5] 5G Americas (2016) , V2X Cellular Solutions, available at:
http://www.5gamericas.org/files/2914/7769/1296/5GA_V2X_Report_FINAL_for_upload.pdf
- [6] 5G Americas (2016) , Network Slicing for 5G Networks & services.
- [7] 5G Americas (2017) , 5G Services and use cases, available at:
http://www.5gamericas.org/files/3215/1190/8811/5G_Services_and_Use_Cases.pdf
- [8] 5G Americas (2017) , 5G spectrum recommendations, available at:
http://www.5gamericas.org/files/9114/9324/1786/5GA_5G_Spectrum_Recommendations_2017_FINAL.pdf
- [9] 5G Americas (2016) , LTE and 5G technologies enabling the Internet
of Things,
http://www.5gamericas.org/files/3514/8121/4832/Enabling_IoT_WP_12.8.16_FINAL.pdf
- [10] 5GPPP (2015) , 5G Vision,available at: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>

- [11]5GPPP (2017) , 5G Innovations for new business opportunities,available at: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2017/03/5GPPP-brochure-final-web-MWC.pdf>
- [12]ACMA (2009) , Planning for intelligent transport systems, Proposals for the introduction of intelligent transport systems into the 5.9 GHz band in Australia,
<http://www.acma.gov.au/~media/Spectrum%20Transformation%20and%20Government/Report/pdf/Planning%20for%20intelligent%20transport%20systems%20Proposals%20for%20the%20introduction%20of%20intelligent%20systems%20into%20the%2059%20GHz%20band%20in%20Australia%20Discussion%20Paper%20October%202009.PDF>
- [13]ACMA (2013) , Australian Radiofrequency Spectrum Plan 2013,
<http://www.acma.gov.au/~media/Spectrum%20Transformation%20and%20Government/Information/pdf/Australian%20Radiofrequency%20Spectrum%20Plan%202013.pdf>
- [14]ACMA (2015) , Beyond 2020—A spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity.
- [15]ACMA (2015) , Easier access to spectrum for Internet of Things,
<http://acma.gov.au/sitecore/content/Home/Industry/Spectrum/Spectrum-planning/About-spectrum-planning/easier-access-to-spectrum-for-internet-of-things>
- [16]ACMA (2015) , Internet of Things and the ACMA's areas of focus,
<http://www.acma.gov.au/theacma/internet-of-things-and-the-acmas-areas-of-focus-occasional-paper>
- [17]ACMA (2016) , 5G and mobile network developments—Emerging issues.

- [18]ACMA (2016) , a summary of and response to submissions received to Beyond 2020.
- [19]ACMA (2016) , Five-year spectrum outlook 2016-20,
<http://www.acma.gov.au/theACMA/five-year-spectrum-outlook-2016-20>
- [20]ACMA (2016) , Mobile broadband strategy—The ACMA’s spectrum management strategy to address the growth in mobile broadband capacity.
- [21]ACMA (2017), Questions for comment: Spectrum for broadband in the mmWave bands.
- [22]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
- [23]ACMA’s Class licences, available at:
<http://www.acma.gov.au/Industry/Spectrum/Radiocomms-licensing/Class-licences/class-licences>
- [24]CEPT (2016) , Addendum to CEPT Report 59, available at:
http://www.erodocdb.dk/doks/filedownload.aspx?fileid=4337&fileurl=http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/zip/CEPTREP059_Addendum.ZIP
- [25]COMMUNICATIONS ALLIANCE LTD (2015) , Enabling the Internet of Things for Australia,
http://www.commsalliance.com.au/__data/assets/pdf_file/0007/51991/Enabling-the-Internet-of-Things-for-Australia.pdf

- [26]EC (2008) , Decision/671/EC, available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008D0671&from=EN>
- [27]EC (2016) , Mandate to CEPT to develop harmonised technical conditions for spectrum use in support of the introduction of next-generation (5G) terrestrial wireless systems in the Union,
http://cept.org/Documents/ecc-pt1/34326/ecc-pt1-17-055_5g-mandate
- [28]EC (2016) , 5G for Europe: An action plan,
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-588-EN-F1-1.PDF>
- [29]ECC (2015) , ECC Decision (08)01: The harmonized use of the 5875-5925MHz frequency band for Intelligent Transport System (ITS), available at :
<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCDEC0801.PDF>
- [30]ECC (2015) , ECC Recommendation (08)01: Use of the band 5955-5875MHz for Intelligent Transport Systems (ITS), available at:
<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC0801.PDF>
- [31]ECC (2016) , ECC Decision (09)(01): Harmonised use of the 63-64GHz frequency band for Intelligent Transport System(ITS), available at: <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/ECCDEC0901.pdf>
- [32]ECC (2016) , ECC Report 242: Compatibility and sharing studies for M2M applications in the 733-736MHz/ 788-791MHz band, available at:
<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP242.PDF>
- [33]ECC (2017) , The suitability of the current ECC regulatory framework for the usage of wideband and narrowband M2M in the frequency bands 700MHz, 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 2.1GHz and 2.6GHz,ECC

Report 266, available at:

<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCRep266.pdf>

- [34]ECC Report 101, COMPATIBILITY STUDIES IN THE BAND 5855–5925 MHz BETWEEN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS (ITS) AND OTHER SYSTEMS,

<http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/Official/Pdf/ECCRep101.pdf>

- [35]Ericsson (2015), The programmable network cloud.

- [36]ETSI (2015) , ETSI TS 102 792,

http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102792/01.02.01_60/ts_102792v010201p.pdf (last visited: 2017/11/29)

- [37]ETSI (2017) , ETSI EN 302 571,

https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/edithelp/Docs/en_302571v2.1.1_Compared%20with%20previous%20version.pdf (last visited: 2017/11/29)

- [38]ETSI (2017) , Intelligent Transport Systems (ITS) ETSI EN 302 571 V2.1.1, available at:

http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302500_302599/302571/02.01.01_60/en_302571v020101p.pdf

- [39]ETSI EN302 571 v1.1.1(3), available at:

http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302500_302599/302571/01.01.01_60/en_302571v010101p.pdf

- [40]ETSI (2017) , Network Operator Perspectives on NFV priorities for 5G, available at: https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper_5G.pdf.

- [41]ETSI (2017) , Intelligent Transport System (ITS); Security; Threat, Vulnerability and Risk Analysis (TVRA), available at:

http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102800_102899/102893/01.02.01_60/tr_102893v010201p.pdf

[42]EU (2016) , C-ITS Platform: Final report, available at:

<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf> (last visited: 2017/11/26)

[43]EU Decisions 2017/1483, available at:

<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/20171483EU.pdf> (last visited: 2017/11/29)

[44]FCC (2013) , Revision of Part 15 of the commission’s rules regarding operation in the 57-64GHz band: Report and order, available at:

https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-13-112A1.pdf

[45]FCC (2014) , Revision of part 15 of the commission’s rules to permit unlicensed national information infrastructure (U-NII) Devices in the 5GHz band: First Report and Order, para 2, available at:

https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-30A1.pdf

[46]FCC (2014) ,Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services, available at :

https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-14-154A1.pdf

[47]FCC (2016) , The commission seeks to update and refresh the record in the “unlicensed national information infrastructure (U-NII) devices in the 5GHz band” proceeding, available at:

https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-68A1.pdf

[48]FCC (2016) , Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Report and Order and Further notice of proposed rulemaking, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-16-89A1.pdf (last visited: 2017/6/14)

- [49]FCC (2017) , A groundbreaking auction to realign use of the public's airwaves, available at : <https://www.fcc.gov/about-fcc/fcc-initiatives/incentive-auctions>
- [50]FCC (2017) , Annual Report and Analysis of Competition Market Conditions With Respect to Mobile Wireless, Including Commercial Mobile Service, Twentieth Report, available at:
https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-17-126A1.pdf
- [51]FCC (2017) , Exploring Flexible use in mid-band spectrum between 3.7GHz and 24GHz: Notice of Inquiry, available at:
https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-345789A1.pdf
- [52]FCC (2017) , Notice of proposed rulemaking and order terminating petitions: Promoting investment in the 3550-3700MHz Band, available at:
http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1024/FCC-17-134A1.pdf
- [53]FCC (2017) , Radar services in the 76-81GHz band, para 13, available at: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-345476A1.pdf
- [54]FCC (2017) , Remarks of FCC Commissioner Micheal O'Rielly Before the 6th annual Americas spectrum management conference, October 13 2017, available at:
https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-347222A1.pdf
- [55]FCC (2017) , Use of spectrum Bands above 24GHz for Mobile radio services: Second Report and Order, Second Further Notice of Proposed Rulemaking, Order on Reconsideration, and Memorandum Opinion and Order, available at:

http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1122/FCC-17-152A1.pdf

- [56]FCC, Dedicated Short Range Communications (DSRC) Services, available at: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/dedicated-short-range-communications-dsrc-service>
- [57]Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (2017) , 5G strategy for Germany, available at: https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-germany.pdf?__blob=publicationFile
- [58]FierceWireless (2017) , Ericsson, Softbank prepare for 4.5GHz 5G trail in Japan, available at: <https://www.fiercewireless.com/wireless/ericsson-softbank-prepare-for-4-5-ghz-5g-trial-japan>
- [59]FierceWireless (2017) , Verizon to launch 5G first in Sacramento in late 2018, available at: <https://www.fiercewireless.com/wireless/editor-s-corner-so-verizon-s-launching-5g-sacramento-big-deal>
- [60]ITS UK (2017) , Society represents toll operators with response to Ofcom, <http://www.its-ukreview.org/society-represents-toll-operators-with-response-to-ofcom/>
- [61]ITU (2015) , IMT vision- Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf
- [62]ITU (2016) , Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf

- [63]ITU (2017) , Report ITU-R M.2411-0.
- [64]ITU WP5D (2017) , Submission, Evaluation Process and Consensus building for IMT-2020.
- [65]Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015) . Software-defined networking: A comprehensive survey. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.
- [66]KT (2015) , KT 5G Master Plan.
- [67]Mobile Network Guide in Australia (2017) , available at:
http://www.mobilenetworkguide.com.au/australian_mobile_phone_frequencies.html
- [68]NTIA (2017) , Fostering the advancement of the internet of things, available at:
https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/iot_green_paper_01122017.pdf (last visited: 2017/6/13)
- [69]NTT Docomo (2017) , DOCOMO Initiates Multi-Party 5G trial for connected cars, available at:
https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2017/1106_00.html
- [70]Ofcom (2011) , Statutory Instruments 2011 No. 2949,
[http://barakaconsult.com/uploads/The%20Wireless%20Telegraphy%20\(Intelligent%20Transport%20Systems\)%20\(Exemption\)%20Regulations%202011.pdf](http://barakaconsult.com/uploads/The%20Wireless%20Telegraphy%20(Intelligent%20Transport%20Systems)%20(Exemption)%20Regulations%202011.pdf)
- [71]Ofcom (2014) , Decision to make the 700 MHz band available for mobile data – statement,

https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0024/46923/700-mhz-statement.pdf (last visited : 2017/6/12)

[72]Ofcom (2015) , More radio spectrum for the Internet of Things,
<http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/radio-spectrum-internet-of-things/> (last visited: 2017/6/19)

[73]Ofcom (2015) , Promoting investment and innovation in the Internet of Things, <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/iot> (last visited: 2017/6/19)

[74]Ofcom (2015) , Wireless Telegraphy Act 2006,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/17184/wt6_licence_muxd.pdf

[75]Ofcom (2016) , Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands, November 2016,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0026/93545/award-of-the-spectrum-bands-consultation.pdf (last visited : 2017/6/12)

[76]Ofcom (2016) , Digital Communications Review,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0016/50416/dcr-statement.pdf

[77]Ofcom (2016) , Improving consumer access to mobile services at 3.6 to 3.8 GHz, October 2016, <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/future-use-at-3.6-3.8-ghz> (last visited : 2017/6/12)

[78]Ofcom (2016) , VHF radio spectrum for the Internet of things,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0029/78563/vhf-iot-statement.pdf (last visited: 2017/6/19)

- [79]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 : 2017/6/12)
- [80]Quotient Associate (2015) , 5G Candidate Band Study,
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/31910/qa-report.pdf (last visited : 2017/6/12)
- [81]RSPG (2016) , A spectrum roadmap for IoT, available at:
https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)
- [82]RSPG (2016) , Strategic roadmap towards 5G for Europe: Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G),
http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf
- [83]RSPG (2017) , RSPG Opinion on Spectrum aspects of the Internet-of-Things (IoT) including M2M, available at:
https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf (last visited: 2017/6/16)
- [84]RSPG (2017) , Progress Report of the RSPG Working group on spectrum related aspects for next-generation wireless system (5G), available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/0a7280fa-94c7-4bb9-be6b-b414d3dc91fa/RSPG17-021final-progress_report_5G.pdf (last visited: 2017/6/12)
- [85]RSPP (2017) , Chairman's Report of RSPG#43 on 06 June 2017, available at : <https://circabc.europa.eu/sd/a/d7d08273-0cab-4462-8839->

25b009b5900e/RSPG17-029-43rd_Chairs_report.pdf (last visited: 2017/6/12)

[86]Rumi IIZUKA (2017), 5G Global trends, Spectrum Futures 2017.

[87]Rysavy Research (2017), LTE to 5G : Cellular and Broadband Innovation, available at:
http://www.5gamericas.org/files/6415/0282/1551/2017_5G_Americas_Rysavy_LTE_5G_Innovation__Final_for_Upload.pdf

[88]S.88- DIGIT Act, To ensure appropriate spectrum planning and interagency coordination to support the Internet of Things, available at:
<https://www.congress.gov/bill/115th-congress/senate-bill/88/text> (last visited: 2017/6/13)

[89]T-Mobile ready to rock new spectrum with first 600MHz lte smartphone & 5G-Ready network gear, available at: <https://newsroom.t-mobile.com/news-and-blogs/tmobile-600mhz.htm>

[90]WRC (2015) , Resolution 237.

[91]WRC (2015) , Resolution 238.

[92]WRC (2015) , Resolution 239.

[93]ZDNet (2017) , Telstra launches 5G testing centre, available at:
<http://www.zdnet.com/article/telstra-and-ericsson-make-5g-data-call-over-mmwave/>

附錄一：簽到表（依日期排序）

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段案

智慧運輸與無線電頻譜規劃：車聯網

簽 到 表

時間：106 年 8 月 11 日（星期五）13:30

地點：財團法人車輛研究測試中心會議室（彰化縣鹿港鎮鹿工南七路 6 號）

單位	簽名處
財團法人車輛研究測試中心	梁育能
臺灣大學電機系 張時中教授	張時中
財團法人電信技術中心 研究團隊	王國永 潘友明

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段案
智慧運輸與無線電頻譜規劃：車聯網

簽 到 表

時間：106 年 8 月 30 日（星期三）10:00

地點：交通部科技顧問室辦公室（台北市中正區仁愛路 1 段 50 號 11 樓）

單位	簽名處
交通部科技顧問室	劉建邦 張志郎 江偉倫
財團法人電信技術中心 研究團隊	郭哲源 陳志宇 王國豪 王 志郎

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段案
智慧運輸與無線電頻譜規劃：車聯網

簽 到 表

時間：106 年 9 月 12 日（星期二）14:00

地點：工業技術研究院資訊與通訊所車載資通訊與控制系統組（新竹縣竹東鎮
中興路四段 195 號 14 館 123 室）

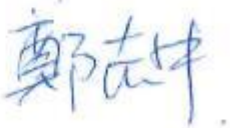
單位	簽名處
工業技術研究院 資訊與通訊所 車載資通訊與控制系統組	
財團法人電信技術中心 研究團隊	 

**「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會**

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

單位	出席人員	簽名處
IDC	Bill Rojas Adjunct Research Director	
經濟部新世代通訊技術 推進辦公室	許冬陽 副主任	
工業技術研究院資通所	曹睿華 組長	
資訊工業策進會智通所	李揚 副主任	
臺灣諾基亞通信	鄭志中 總監	

**「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會**

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

單位	出席人員	簽名處
Virgin Tech	Dr. Jeffery Reed	
行政院科技會報辦公室	吳兆瑛 研究員	
臺灣大學電機工程系	張時中 教授	
臺灣大學電機工程系	蔡志宏 教授	
中山大學電機工程系	許蒼嶺 教授	許蒼嶺
臺灣大學電機工程系	周俊廷 教授	周俊廷

「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

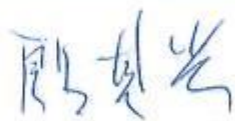
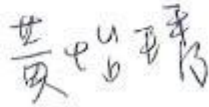
單位	出席人員	簽名處
臺北市資訊局	李維斌 局長	
臺灣資通產業標準協會	林咨銘 博士	林咨銘
野村總合研究所	陳志仁 副總經理	
臺灣科技大學電機系	楊成發 教授	楊成發
臺灣科技大學電子系	林丁丙 教授	
財團法人電信技術中心		李佐欣
財團法人電信技術中心		吳榮隆
財團法人電信技術中心		莊國豪

「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

單位	出席人員	簽名處
財團法人電信技術中心	殷其光 研究員	
財團法人電信技術中心	張志鵬 副研究員	
財團法人電信技術中心	王牧震 副研究員	
財團法人電信技術中心	黃志雲 組長	
財團法人電信技術中心	曾俐穎 助理研究員	
財團法人電信技術中心	李淑華 助理研究員	
財團法人電信技術中心	黃怡琇 助理研究員	

郭哲源

「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

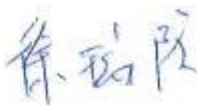
單位	出席人員	簽名處
財團法人電信技術中心	林根煌 執行長	林根煌
財團法人電信技術中心	江亮均 副執行長	江亮均
財團法人電信技術中心	林炫佑 副執行長	林炫佑
財團法人電信技術中心	陳人傑 代理主任	陳人傑
財團法人電信技術中心	王彥中 研究員	王彥中
財團法人電信技術中心	鄧添來 顧問	鄧添來
財團法人電信技術中心	陳志宇 副研究員	陳志宇

「數位匯流下的新頻譜管理」論壇
頻譜監理與新世代技術發展新風貌研討會

簽 到 表

時間：106 年 9 月 15 日（星期五）13:00-17:00

地點：集思交通部會議中心 3 樓 國際會議廳（台北市杭州南路一段 24 號 3F）

單位	出席人員	簽名處
國家通訊傳播委員會	柳忠元 科長	
國家通訊傳播委員會	沈信雄 科長	
國家通訊傳播委員會	陳威呈 技正	
國家通訊傳播委員會	包家禎 技正	
國家通訊傳播委員會	徐瑞隆 技士	
國家通訊傳播委員會	林徐沛 技士	
VCC		

2017 台灣資訊社會研究學會年會暨學術研討會

各場次主持人 / 評論人 / 發表人 簽到單

時 間：2017 年 11 月 11 日（星期六）

地 點：國立交通大學客家文化學院

出席人員：

場次	姓名	簽到	獎狀
D2：新世代通訊技術發展與監理制度發展之研析	籌劃人 巫 國 豪	巫國豪	
	主持人 張 仲 儒	張仲儒	
	與談人 黃 光 渠	黃光渠	
	與談人 陳 志 成	陳志成	
	與談人 葉 志 良	葉志良	
	與談人 巫 國 豪	巫國豪	

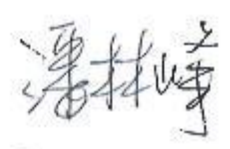
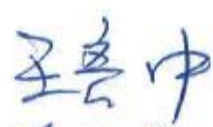
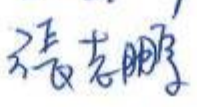
國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段案

5G、IoT 頻譜整備會議

簽 到 表

時間：106 年 11 月 23 日（星期四）10:00

地點：遠傳電信（臺北市內湖區瑞光路 468 號）

單位	簽名處
遠傳電信	  
財團法人電信技術中心 研究團隊	  

國內外 B4G/5G、IoT 新興技術使用頻段案 5G、IoT 頻譜整備會議

簽 到 表

時間：106 年 11 月 28 日（星期二）10:30

地點：中華電信總公司一樓 104 會議室（臺北市信義路一段 21 之 3 號）

單位	簽名處
中華電信	張維儒 簡鴻銘 朱怡靜 鄭又復
財團法人電信技術中心 研究團隊	陳志宇 王彥中 王國弘

附錄二：會議審議意見

一、 期中審查會議審議意見與修正對照表

期中審查意見	研究團隊執行與修正狀態
本案期中報告審查通過，報告內容中尚有名詞誤繕及漏繕部分，請依本會所提供之審查稿（詳附件）修正相關文字，並於提交期末報告時一併修正。	感謝鈞會指導，已修正相關文字。
第二章（全球 B4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢初步分析）之 B4G/5G、IoT 代表技術介紹部分，請詳細介紹各代表技術，俾供未熟悉物聯網相關技術者亦能參考閱讀本研究結果；另請提供應用場景、IMT-2020 三種用戶態樣情境（eMBB、uRLLC 及 mMTC）及國際電信聯合會於 2016 年舉辦之全球監管機構專題研討會（Global Symposium for Regulators, GSR-16）中提出的 IoT 關鍵應用三者間之彙整比較。	已增加 5G 與車聯網相關技術說明，增補於 <u>期末報告第二章第二節</u> 。 已參考 GSR-16 報告，IoT 三項關鍵應用為智慧城市、智慧製造與工業用 IoT 以及智慧運輸及聯網汽車，增補於 <u>期末報告第二章第一節</u> 。
第三章（國際組織及主要國家 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形初步分析） 應持續更新先進各國發展，於章節內容並做小結，同時亦請提供	已更新各國發展狀態，並製作小結和比較圖，增補於 <u>期末報告第三章第一節與第二節之六</u> 。 車聯網相關議題已納入各國分析之中，參見 <u>第三章第二節</u> 。

整體頻譜比較表。 針對車聯網（700MHz 及 5.9GHz）相關議題，請再重點整理；另有關 5G 推動時程、頻率規劃原則或方向，及對於產業的規劃及幫助，請提供建議內容。	推動時程、頻率規劃及產業輔導建議，參見<u>第四章第二節</u>。
第三章（國際組織及主要國家 B4G/5G、IoT 頻段規劃情形初步分析） 有關 3.5GHz 頻段為全球 5G 熱門頻段，該頻段原本在全球均為衛星及雷達使用，請受託單位蒐集包括亞洲國家（香港、新加坡、韓國、日本、中國大陸）、美國及歐洲有關該頻段之整備及發照方式，並提出供我國未來開放之規劃建議。 針對 10GHz 以上基地臺可能的釋照及其布建方式，請蒐集國外相關資料，並提供具體建議內容。	3.5GHz 相關研析與未來規劃建議已整理於<u>期末報告第四章第二節</u>。 10GHz 以上基地臺釋照方式已整理於<u>期末報告第三章第一節（國外資料）與第四章第二節（國內建議）</u>。

二、 期末審查會議審議意見與修正對照表

期末審查意見	研究團隊執行與修正狀態
期末報告初稿交付期限為 106 年 12 月 8 日，廠商於期限內繳交，並無逾期。	感謝鈞會指導。
本案期末報告審查通過，報告內容請依下列意見修正，並於 107 年 1 月 5 日前提提交修正後之完整期末報告。	已修正相關文字，並於時限前繳交。
報告內容第二章須修正如下： (一) 有關 B4G/5G、IoT 代表技術介紹部分，請將 B4G/5G、IoT/DSRC 技術簡介整理列圖（如簡報第 10 頁）。 (二) 報告第 63 頁之「表 2-10：5G 關鍵技術與對應指標表」，請參照 ITU 文件修正為 8 項指標。 (三) 報告第 28 頁及第 30 頁增加如表 2-10 方式呈現。	已修正如下： (一)增補於<u>期末報告第二章第二節</u>，參見圖 2- 16 與圖 2- 31。 (二)增補於<u>期末報告第二章第二節</u>，參見表 2- 10。 (三)增補於<u>期末報告第二章第二節</u>，參見表 2- 2。
報告內容第三章須修正如下： (一) 第一節之小節，請綜整所研究之國家/地區頻譜整備圖，並以 1GHz 以下、1GHz-6GHz、	已修正如下： (一)增補於<u>期末報告第三章第一節</u>，參見圖 3- 19 以及表 3- 11、表 3- 12、表 3- 13、表 3-

6GHz 以上分類方式呈現，以及綜整增加管制措施相關內容。 (二) 第二節：請補充說明未來 ITS 應用型態之說明；第二節之小節：請綜整增加管制措施相關內容。	14 及表 3- 15。 (二)增補於<u>期末報告第三章第二節</u>，參見表 3- 18 以及表 3- 22。
報告內容之論述語句不順、標號錯誤、名詞誤繕及漏繕等部分，請依附件修正。	已修正相關文字。
明年度研究方向建議針對 5G/IoT/車聯網情境下，其他國家執照制度中有關輕度執照或規範授權制進行研析，並提出我國執照制度之修正建議。	針對 5G/IoT/車聯網情境下，其他國家執照制度中有關輕度執照或規範授權制將列為明年度研究方向。

附錄三：國際研討會論文發表

Global Wireless Summit 2017 邀請函



CONFIRMATION OF INVITATION

Global Wireless Summit

Ratanga Junction, Cape Theme Park, Century Blvd, Century City, Cape Town, 7441

4 September 2017
CHANG, CHIH-PENG
Passport No: 305053750
Paper title: "Mitigating interferences from mobile satellite services to facilitate LTE services"

Dear Chih-Peng Chang,

This is an official invitation to attend and participate in the Global Wireless Summit (gwsummit2017.org) to be held in Cape Town, South Africa on October 15-18, 2017.

The Global Wireless Summit (GWS) is a premier annual conference series, technically sponsored by the IEEE South Africa Session Joint Chapter on Communications and Signal Processing. It covers the latest advances in wireless communication technologies and enjoys a worldwide participation rate of about 400 leading experts. In 2017, its 7th edition will be hosted in Cape Town, South Africa by University of Cape Town, South Africa under the theme "Towards a virtualized communications world – Challenges and Opportunities"

The conference will bring together academia, industry and standardization bodies to explore activities, trends and future challenges towards ICT globalization and the rapid progress in digitization of smart cities, particularly in the automotive, industry 4.0, e-Health, energy, safety, maritime, and e-Government sectors.

This letter, however, does not constitute any obligation for the Organising Committee to cover travel, accommodation expenses, registration fees or any other costs associated with your participation in the Conference.

Kind regards

Ms Deidre Raubenheimer
Manager, University of Cape Town Conference Management Centre, on behalf of the General Chair

Conference Management Centre
Rm 146.2 Level 1, Bremner Building, UCT Lower Campus, Lovers Walk, Rondebosch, 7700
Cape Town, South Africa
Tel: +27 21 406 6733 / Fax: +27 21 650 1926

參與紀錄



Conference program parameters updated for GWS-WS'17.

Time	Kramer 2A	Kramer 2B	Kramer 4A	Livingstones	Ratanga Officers' Club	Smugglers	Time Square
Tuesday, October 17							
09:00- 11:30					D3KS: Keynote Speeches - Day 3		
11:00- 13:00						D3TS3: Embedded Systems, Antenna & Radio Aspects in Wireless Communications	
11:30- 17:45							
14:00- 17:30					D3FM: Towards a 5G strategy for Affordable Broadband	D3TS4: PoCs and Testbeds for Future Wireless Networking Technologies and Applications + Vehicular Communications	D3PM: Advanced Information and Communications Technologies
15:45- 17:15							
Wednesday, October 18							
09:00- 10:30					D4KS: Keynote Speeches - Day 4		
11:00- 15:30						D4TS6: Internet of Things	
14:00- 15:30					D4BG: Health care Technology	D4TS7: New Network Architectures and Software impacts on mobile networks	D4PL: Business Model Innovation

Wednesday, October 18

Wednesday, October 18, 09:00 - 10:30 (Africa/Johannesburg)

D4KS: Keynote Speeches - Day 4

Keynote Speakers

Room: Ratanga Officers' Club

Chair: Mqhele E. Dlodlo (University of Cape Town, South Africa)

Mitigating interferences from mobile satellite services to facilitate LTE services

Fang-Chang Kuo and Chih-Cheng Tseng (National Ilan University, Taiwan)

In order to cope with the increasing demand of LTE mobile systems, more and more spectrums are allocated for it. In general, the spectrums allocated to LTE in one country might be allocated to other wireless communication services in different countries. However, if a spectrum is allocated to different systems in neighboring countries, the interference between systems is thus inevitable. For example, part of the LTE band 7 has been used for Japanese N-STAR Mobile Satellite Service (MSS). However, it is difficult to accurately control the footprint of N-STAR satellites to cover only the territory and the territorial seas of Japan, which owns many islands distributed in a wide range. As a result, some areas of the adjacent countries that also use LTE band 7 are interfered. In order to make the interfered band available for LTE, we propose a DOFS (Downlink Only Frame Structure) approach. It treats LTE band 7 as a secondary carrier of licensed primary carriers and employs standardized LAA (Licensed Assisted Access) to transmit only downlink traffic on this band. We evaluate the feasibility through field measurement and a popular commercial simulation tool at a tourist spot in Taiwan. The results reveal that, by employing the proposed DOFS, the SINR of most of the evaluated areas are improved and qualified for high efficient 64QAM transmission. We expect the proposed approach can also be applied to other countries suffering from the similar problem.

Mitigating Interferences from Mobile Satellite Services to Facilitate LTE Services

Fang-Chang Kuo and Chih-Cheng Tseng*
National Ilan University
Taiwan
* tsengcc@niu.edu.tw

Calvin Chang
Telecom Technology Center
Taiwan

Abstract – An LTE band in a country may be interfered by the Mobile Satellite Services (MSS) of another country. In this paper, we propose an approach so that the LTE system can tolerate the interference. In order to cope with the increasing demand of LTE services, more and more spectrums are defined for it. However, some parts of the LTE bands may have been used by satellite services. The interference problem between the two systems would be very difficult if they belong to two different countries. For example, the footprint of Japanese N-STAR MSS also covers some areas of the neighboring countries. In order to make the interfered band available for the LTE systems of the neighboring countries, we propose a DOFS (Downlink Only Frame Structure) approach. It treats the interfered band as a secondary carrier of licensed primary carriers and employs a standardized frame structure to transmit only downlink traffic on this band. We evaluate the feasibility through field measurement and a popular commercial simulation tool at an interfered tourist spot. The results reveal that, for most of the evaluated zone, the SINR values are qualified for high efficient 64QAM transmission. We hope such an approach is also applicable in other countries with similar problem.

Keywords — MSS, LTE, LAA, DOFS

I. INTRODUCTION

A. Motivation

The rapid progress of mobile broadband devices and multimedia services have created a demand for more radio spectrums. To meet this demand, more and more bands are assigned for modern terrestrial mobile services (TMS), the LTE/LTE-A. However, some of the bands have been assigned for other applications. For example, Figure 1 illustrates that the Band 7 and 41 assigned for LTE overlap with the S-Band,

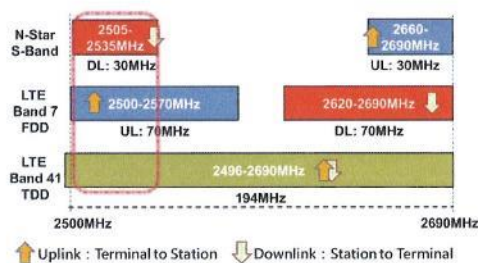


Figure 1. Overlapping of S-band and LTE bands.

which is at 2505-2535 MHz and 2660-2690 MHz, used by mobile satellite systems (MSS). More serious is that, because it is difficult to accurately control the footprint of an MSS, the footprint may cover some areas of neighboring countries and cause interference.

In this paper, we propose an approach to efficiently utilize the LTE band that is interfered by an MSS of another country.

B. Interference between TMS & FSS belonging to the same country

Satellite services include Broadcasting Satellite Service (BSS), Fixed Satellite Service (FSS), and MSS. Nowadays, however, some satellite service spectrums are also defined for the TMS, and the interference should be studied as a result. Interferences can be permissible, acceptable, or harmful, where only the harmful ones will be negotiated by the concerned countries. Before the advent of the LTE, the ITU-R report M.2041 addressed the sharing band compatibility between 3G terrestrial IMT-2000 and satellite IMT-2000 MSS [1]. In order to facilitate examining the interferences systematically, various interference paths are categorized into four main types. They are shown in table 1 of the report. We rewrite the table by substituting LTE for terrestrial IMT-2000, and then illustrate the four types in Table 1 to facilitate discussing the interferences between the LTE and MSS in this paper. For example, the type A concerns with the interference where the wanted LTE up and down links are interfered by the MSS down link.

So far, related literatures usually focus on discussing the co-existence of LTE and satellite systems belonging to the same country. For example, the co-existence of the LTE and FSS using the band 3.4-3.6 GHz in China was discussed in [2]. The analysis results reveal that the LTE frequency offset from the edge of the FSS channel should be above 10MHz for downlink, and above 5 MHz for uplink. If the LTE is an FDD system, the FSS operation band had better to be assigned adjacent to the uplink of the LTE. Besides, about 1 Km protection distance is also required.

Table I. Types of interference paths between LTE and MSS

Interference path	MSS downlink	MSS uplink
LTE wanted, MSS interfering	A	B
LTE interfering, MSS wanted	D	C

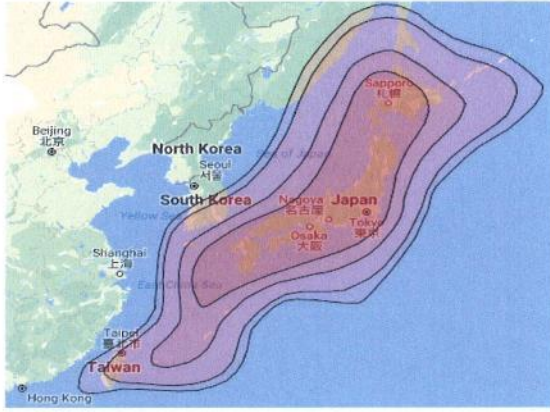


Figure 2. Footprint of JCSAT-5A/N-STAR D on Ku-band.

In [3], the authors discussed the scenario where the LTE band 2010-2025 MHz is just aside that of a Chinese MSS with uplink band at 1980-2010 MHz and downlink band at 2170-2200 MHz. The interference impact was evaluated using a specific Monte Carlo method. They pointed out that, because there is insufficient isolation between the two systems, the LTE uplink suffers a considerable amount of interference from the MSS transmission.

In [4], the band 3.4-3.6 GHz is considered to be used for LTE Hotspot/indoor (LTE-Hi). When considering the co-channel interference from LTE-Hi BS to FSS Earth Station, a protection distance of about 700 m is enough for coexisting. If the frequency offset is 5 MHz, the two systems can coexist in adjacent channels. When considering the co-channel interference from LTE-Hi UE to FSS Earth Station, a protection distance of 350m is enough to guarantee the coexistence. When frequency offset is 5MHz, the two systems can coexist in adjacent channels without protection distance.

The authors of [5] also discussed the coexistence issue, but in the 2 GHz band, by carefully examining the four interference path types listed in Table 1. They concluded that uplink frequency sharing is not feasible, while downlink frequency sharing is feasible for pedestrian microcells and vehicular macrocells, but not for the wider rural cells.

C. Interference between TMS & MSS of different countries

An MSS system plays a significant role in extending the coverage of TMS. For example, the MSS may provide mobile services for both the entire territory and territorial waters. It is also very useful in urgent disaster situations, such as tsunami or earthquake.

Take Japan as an example. Because she owns a lot of islands scattered in a very wide range, her WIDESTAR II MSS also plays a very important role for maritime purpose [6] [7]. The links between the mobile stations and the two geostationary satellites, N-STAR c and d, use the S-band as shown in Figure 1. This figure also illustrates that the S-band overlaps with LTE bands 7 and 41. The two satellites employ four beams to cover the service zone that includes Japanese

islands and a very wide range of territorial waters. As far as we know, the footprints of S-band of the N-STAR c and d are not available in public due to some reasons. However, as shown in Figure 2, the footprint of the Ku-band of N-STAR d can be regarded as a footprint profile that covers the territory and territorial waters of Japan. Inevitably, the footprint also includes part of territories of neighboring countries. Aside Taiwan, for example, there are many Japanese small islands, where the closest one is only about 100 km apart. The whole Taiwan is included in the footprint as a result. Half of South Korea and part of Russia are also included in the footprint. An LTE eNB usually also provides service for the sea area close to the coast. As a result, according to Figure 2, the satellites also interfere part of the sea areas of China although the interference is not as strong as that in Taiwan or South Korea.

In World Radiocommunication Conference, Geneva, 2007 (WRC-07), the co-frequency issue mentioned above was also coordinated between Korea and Japan, and the resolved results are included in the Final Acts WRC-07 to specify the power limits, angle of satellite antennas, and other parameter values [8]. However, nowadays, any of the interfered countries is still unable to use the interfered LTE spectrum without the interference coming from the WIDESTAR II MSS. As a result, it is important to discuss how to utilize an LTE band interfered by the MSS of other country. To our knowledge, this issue has not been discussed in literatures.

In this paper, by taking Taiwan as an example, we propose an approach to utilize the interfered LTE bands in the countries interfered by Japanese WIDESTAR-II MSS.

This paper is organized as follows. The idea of the proposed approach is described in the next section. In Section III, we describe how to measure the interference that the proposed approach needs to conquer. Then, in Section IV, by taking a tourist hot spot as an example, the performance evaluation is made based on practical implementation parameters. We also evaluate the performance by using a simulation tool in Section V. Finally, conclusions and discussions are made in Section VI.

II. LAA AND THE PROPOSED DOFS APPROACH

A. Interference model

What we want to discuss in this paper is the performance of the LTE interfered by an MSS belonging to another country. Under such a scenario, there is no interference of type B, C, and D listed in Table 1 because it is illegal to use Japanese MSS mobile earth station (mobile phone) in the territory of a country other than Japan. As a result, we only need to consider the type A interference model as shown in Figure 3. Furthermore, although there are four interference paths of type A, we do not need to care about the interference paths A3 and A4 because there is no terrestrial repeater of Japanese WIDESTAR-II MSS in Taiwan. What we need to care about is the A1 and A2 interferences coming from N-STAR c/d satellites. Among them, because of the low uplink transmission power of UEs, the A2 interference endangers the uplink performance of LTE system more.

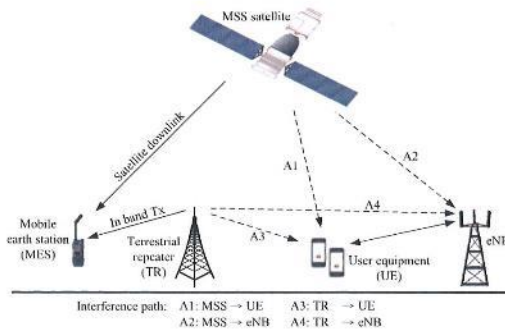


Figure 3. Model of type A interference coming from MSS to TM.

In order to avoid the A2 interference, in this paper, we suggest apply this coexisting LTE band for only downlink transmission without uplink. Therefore, the A2 interference has no effect on the LTE. With this approach, the coexisting LTE band is regarded as a supplementary down link (SDL) of a primary component carrier by using carrier aggregation (CA) technique [9, 10]. Now, what we need to confirm is whether the A1 interference, which is the one coming from N-STAR c/d to UE, is an acceptable interference for the proposed approach. We will evaluate the feasibility by taking a tourist hot spot in Taiwan as an example, and show that most of the zone can even support 64QAM downlink transmission.

B. LAA (License Assisted Access)

In TS 36.211 Release 13, 3GPP defined three frame structure types for different operation systems [11]. Frame structure type 1 is only applicable to full duplex and half duplex FDD. The uplink and downlink transmissions are separated in the frequency domain. For each 10 ms interval, there are 10 subframes available for downlink and uplink transmissions, respectively. The frame structure is well known and can easily be found in public, and therefore is not shown here.

As for the TDD, it should use frame structure type 2, which is illustrated in Figure 4. With respect to this structure, there are seven uplink-downlink configurations as shown in Table 2.

Table 2. Uplink-downlink configurations of frame structure type 2

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

In any of these configurations, each of the 10 subframes is indicated as U (uplink), D (downlink), or S (special). In a special subframe S, there are three time slots, namely DwPTS (Downlink Pilot Time Slot), GP (Guard Period), and UpPTS (Uplink Pilot Time Slot), as illustrated in Figure 4. Although not shown as a table in this paper, there are 10 configurations for the durations of these three time slots, where the duration of UpPTS also depends on whether using a normal cyclic prefix or extended cyclic prefix.

The next is frame structure type 3. It is applicable to LAA secondary cell operation with normal cyclic prefix only. This structure is similar to that of frame structure type 2 shown in Figure 4 and Table 2. However, it is not illustrated as a figure in TS 36.211. In the frame structure type 3, the downlink transmissions occupy one or more consecutive subframes. Downlink transmissions start anywhere and end at the last subframe. The last subframe can either be fully occupied with downlink data or follow one of the DwPTS durations that are defined for frame structure type 2. Most important of all, note that there can be only down link subframes in the frame structure type 3. This structure will be used by our approach.

The idea of the SDL mentioned above is related to the LAA that allows low power Small Cell (SC) to coexist with the Wi-Fi ecosystem so as to use unlicensed spectrums. To do that, the CA mechanism can serve for the scenarios where the unlicensed carriers are operated as secondary carriers associated to the existing licensed LTE primary carriers. Figure 5 illustrates the idea of CA, where the secondary carrier transmits only downlink traffic as an example.

As mentioned above, the frame structure type 3 can be set as a special format where all of the 10 subframes within a radio frame are used for downlink transmission only. For the sake of convenience, such a structure is named DOFS, which is the acronym of "Downlink Only Frame Structure," in the following of this paper. Figure 5 is also an illustration for

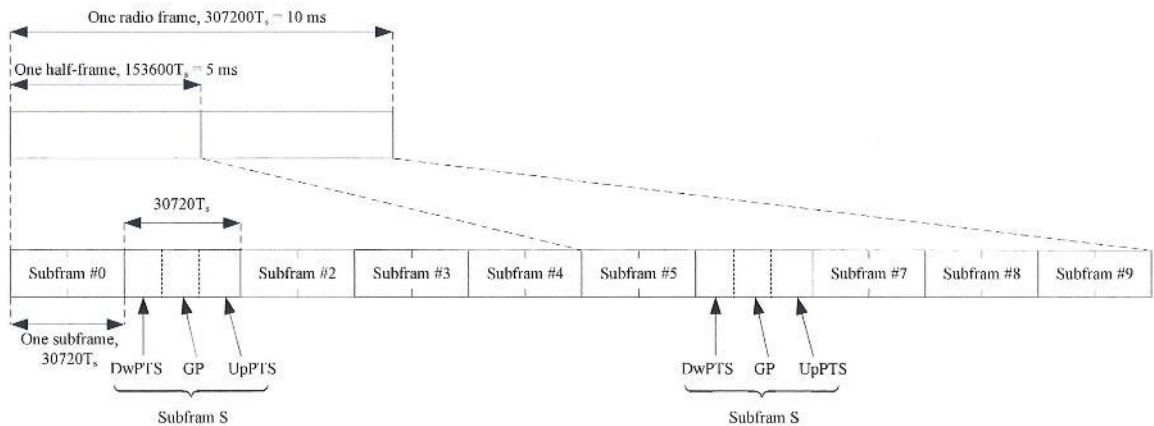


Figure 4. Frame structure type 2

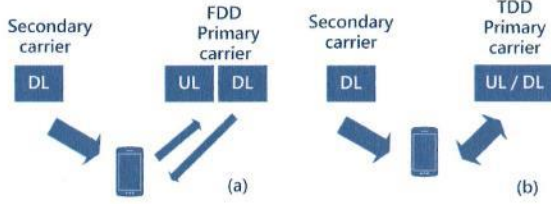


Figure 5. Carrier Aggregation for Primary carrier and secondary carrier, which is used for downlink as an example. The primary carrier may operate at (a) FDD mode or (b) TDD mode.

employing DOFS, where the secondary carrier is used for downlink only.

C. Proposed DOFS approach

In order to manage the interference for the regions interfered by N-STAR c/d, we propose to apply DOFS for the LTE bands that overlap with downlink band of N-STAR c/d. In the following, we name this method as “DOFS approach.” Another reason for employing DOFS approach is that most of the LTE users need higher downlink throughput than that of uplink. The downlink throughput obtained by the DOFS approach at the interfered band can meet the extra requirement for downlink throughput. By taking an interfered zone in Taiwan as an example, we study the feasibility of applying DOFS approach in the coexisting frequency band. With DOFS approach, we expect the interference from the N-STAR c/d is an acceptable interference, and thus the coexisting frequency band can be utilized by LTE networks.

III. FIELD MEASUREMENT OF MSS INTERFERENCE

At first, in order to assess whether the proposed DOFS approach can operate properly, we measure the signal strength of the N-STAR c/d signal. It will be regarded as the interference of DOFS approach. The measured MSS signal strength is the linear average of the downlink signals across the channel bandwidth, which is 30 KHz per channel for the N-STAR c/d.

We choose a 90-meter-high building close to a tourist spot, namely CKS memorial hall, in an interfered city, Taipei, Taiwan. The signal strength of N-STAR c/d downlink band for the 2500 ~ 2535 MHz is measured on the top of the building so as to receive the stronger and clearer MSS signal. The elevation angle of the antenna is set to 59.1°, with which we can obtain stronger N-STAR c/d signal than the mobile phone that is usually held more vertically. The RSRP is measured as -113 dBm in average, with only four peak values higher than -104 dBm. We convert the -104 dBm, which is measured over the 30 KHz bandwidth of a N-STAR c/d carrier, into -107 dBm over the 15 KHz bandwidth of the LTE subcarrier (LTE RSRP). Then, the -107 dBm is regarded as the target interference strength that the LTE downlink signal needs to overcome. In the next section, we will use this value to evaluate the SINR of

Table 3. Lookup table for mapping minimum SINR to modulation scheme and coding rate.

CQI index	modulation	SINR(dB) estimate	Code rate	Spectral efficiency
1	QPSK	-6.7	0.076	0.152
2	QPSK	-4.7	0.12	0.234
3	QPSK	-2.3	0.19	0.377
4	QPSK	0.2	0.30	0.601
5	QPSK	2.4	0.44	0.870
6	QPSK	4.3	0.59	1.175
7	16QAM	5.9	0.37	1.476
8	16QAM	8.1	0.48	1.914
9	16QAM	10.3	0.60	2.406
10	64QAM	11.7	0.45	2.730
11	64QAM	14.1	0.55	3.322
12	64QAM	16.3	0.65	3.902
13	64QAM	18.7	0.75	4.523
14	64QAM	21.0	0.85	5.115
15	64QAM	22.7	0.93	5.554

the proposed DOFS approach. Here after, signal strength is expressed based on 15 KHz bandwidth of the LTE subcarrier by default.

IV. PERFORMANCE EVALUATION BASED ON PRACTICAL IMPLEMENTATION PARAMETERS

In this section, we evaluate the feasibility of the DOFS approach at the coexisting band based on practical implementation parameters.

In Taiwan, the minimum RSRP requirement for outdoor coverage in an urban area is usually set to about -95 dBm at the middle of a road. With this requirement, the RSRP at a place with shadowing would not be too low. On the other hand, if the RSRP reported by a UE is less than -104 dBm, it might be switched to a neighboring eNB with higher RSRP. Nevertheless, these two values are operator dependent. As mentioned above, on the top of the 90 meter building, most of the RSRP values of the N-STAR c/d signal are less than -107 dBm. Thus, the corresponding SINR for the outdoor coverage area is more than 12 dB if only the N-STAR c/d interference is taken into consideration. According to Table 3, which suggests the mapping between SINR and modulation scheme [12], this value is higher than the reference minimum requirement for 64QAM for an LTE system. Thus, from this point of view, the proposed DOFS approach at outdoor areas can work well under the interference from N-STAR c/d. As for the indoor space, the N-STAR c/d interference comes from the sky, while a layer of cement roof or floor can cause an attenuation of at least 15 dB. That means the interference coming from N-STAR c/d would be quite acceptable at the indoor space within the coverage of an LTE eNB or a small cell eNB. Therefore, we only care about the performance at outdoor area in the next section.

V. PERFORMANCE EVALUATION BY USING SIMULATION TOOL

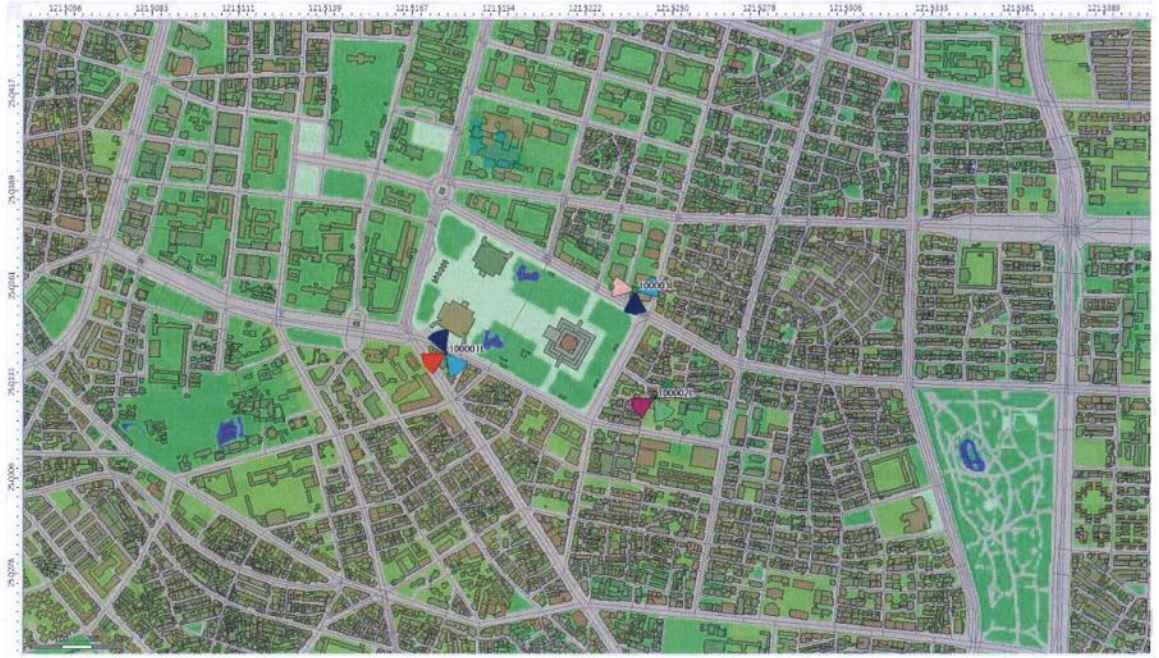


Figure 6. The zone for performance evaluation (with 3 eNBs).

In this section, we verify the coexistence performance by simulation tool, namely Atoll [13]. This tool uses clutter maps, which are also referred to as morphology maps, and 3D building vector maps with a high resolution of 5 m. It also uses the state-of-the-art CrossWave propagation model to evaluate path loss, signal attenuation, and frequency reuse [14]. The indoor penetration, clutter usage, and topographical terrain are also taken into consideration.

1) Parameter Settings

In Figure 6, we show a 3675m×1765m region with the

Table 4. LTE link parameters

Items	Link parameters
System Access scheme	OFDMA
Frequency [MHz]	2510-2530
Bandwidth [MHz]	20
Building penetration loss [dB]	18
Propagation model	CrossWave
eNB:	
Sector power [W]	2x20
Sectors	3
RRH noise figure [dB]*	2
Feeder loss [dB]	0
Jumper loss [dB]	0.2
RBS antenna gain [dBi]*	18
Cell range precision [m]	5
UL min. Power (Rx target) [dBm]	-110
UL max. Power (Rx target) [dBm]	-90
Path loss compensation	1

* RRH: Remote Radio Head,
RBS: Radio base station

tourist hot spot, the CKS memorial hall, at the center. Surrounding the hot spot, there are three LTE eNBs, each with three sectors (transmitters). The directions of the nine antennas are also indicated. Other farther eNBs are not simulated. This figure indicates buildings by black border shapes, roads by gray, water pools by purple, and the other outdoor areas by green or light green.

In order to evaluate the feasibility of the proposed DOFS approach based on the existing eNB infrastructure, the RSRP for the frequency interval 2510-2530 MHz is evaluated based on the current site database of the three eNBs. The data includes the antenna parameters such as positions, heights, azimuths, down tilts, and powers. In Figure 7, the rough zone covered by the three eNBs is indicated by a polygon, where the performance will be simulated.

The parameters for the LTE and N-STAR MSS are listed in

Table 5. MSS link parameters

Items	Link parameters
System Access scheme	FDMA
Downlink Frequency [MHz]	2510-2530
Bandwidth [MHz]	20
Transponder power [W]	288
Sectors	1
RRH noise figure [dB]	0
Feeder loss [dB]	2.6
RBS antenna gain [dBi]	18
Propagation model	CrossWave
Building penetration loss [dB]	∞



Figure 7. RSRP distribution when employing only the DOFS approach for the LTE eNBs (without N-STAR).

Table 4 and Table 5, respectively. We also simulate the interference coming from the N-STAR c/d. However, the maximum antenna height of the simulation tool is 10000 m because it is designed primarily for ground-based wireless systems. As a result, we simulate the N-STAR c/d by employing an antenna on top of the zone with height 10000 m and down tilt 90° . The transmission power is set to 288 W so that the received signal strength at ground level can be -107 dBm. The building penetration loss of MSS is set to infinite because we only want to evaluate the performance at outdoor areas.

2) Simulation Results

Figure 7 also shows the RSRP over the polygon zone when employing only the DOFS approach for the LTE eNBs. The mean and standard deviation of RSRP are -97.63 and 15.30 dBm, respectively. As for the corresponding SINR, where only the interferences from the other two eNBs are considered, the mean and standard deviation are 15.15 and 6.10 dB, respectively. According to the legends, almost all of the outdoor areas enjoy satisfactory coverage with RSRP higher than -100 dBm. This value is higher than the -104 dBm, where a UE may be switched to a neighboring eNB. Only very few outdoor areas are indicated by yellow, which means marginally acceptable RSRP values between -110 and -100 dBm. The main reason for having such marginally acceptable values of RSRP in these areas is that the signals from the eNBs are blocked by huge buildings. The areas with poor RSRP are indicated by red ($-120 \leq \text{RSRP} < -110$ dBm) and gray ($-200 \leq \text{RSRP} < -120$ dBm). Fortunately, most of these areas are indoor spaces. As we have described in section IV, the interference coming from the N-STAR c/d is negligible at the indoor space. It is inevitable to have outdoor coverage holes.

Nevertheless, these holes may be served by other macro or small cell base stations.

We also simulate the scenario with only N-STAR c/d satellites to make sure the simulated satellite can provide a coverage of about -107 dBm RSRP at ground level for the outdoor area. However, because the obtained simulation result is very plain, the figure is omitted to save the layout. Figure 8 shows the SINR for the coexistence scenario where the N-STAR c/d and the LTE with DOFS approach use the same frequency band. The corresponding mean of the SINR, including indoor areas, is 14.96 dB with standard deviation 6.07 dB. These values are very close to that without N-STAR c/d. That is to say, the N-STAR c/d has only little impact on the LTE with DOFS approach. The histogram of the SINR is shown in Figure 9, where the x-axis represents the SINR in dB. According to the legends, the SINR is higher than 10 dB for about 88% of the zone. The histogram includes indoor areas. If the indoor areas are excluded, and only outdoor areas are counted in, the percentage would be higher. According to Table 3, the SINR value 10 dB is very close to the requirement for CQI index 9, which has the highest spectral efficiency when using 16QAM. Besides, most of the outdoor areas even have SINR values higher than 11.7 dB, which is the minimum requirement for 64QAM and CQI index 10. Also note that no outdoor area is indicated with red or orange, which corresponds to SINR less than -0.16 dB. Even so, it is still much higher than -6.7 dB, which corresponds to CQI = 1, the minimum requirement to be in coverage. The data obtained by the simulation tool confirms the results shown in Section IV, which are obtained through practical implementation parameters.

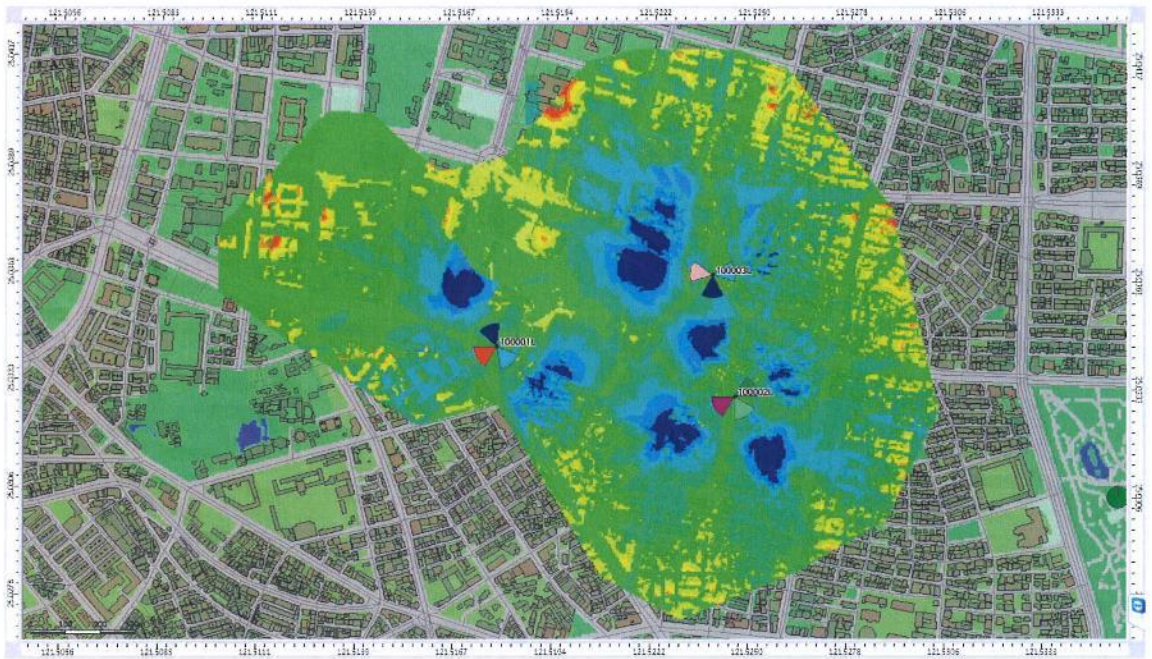


Figure 8. SINR distribution when applying DOFS of LTE with the interference from N-STAR c/d.

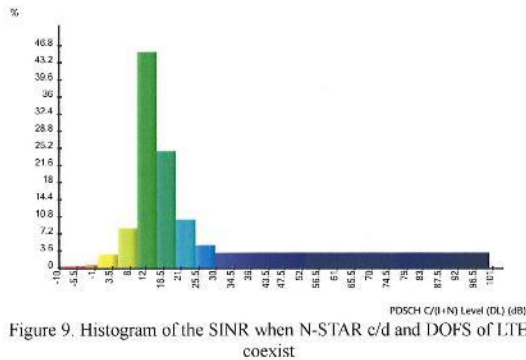


Figure 9. Histogram of the SINR when N-STAR c/d and DOFS of LTE coexist

The simulated polygon is only a rough coverage zone of the three eNBs. Indeed, the borders between service zones of eNBs are not clear, especially in an urban area. Although there are some outdoor coverage holes, it is quite possible that the holes can be served by other neighboring eNBs or small cells that are not included in the simulation.

According to the results shown above, we may say that the interference induced by N-STAR c/d is quite acceptable by the LTE with DOFS approach at the outdoor areas. As for the indoor space, the interference is even more acceptable because of the attenuation caused by the roofs and floors. Therefore, we may conclude that the DOFS approach works well as long as an LTE device can be served by an eNB.

VI. CONCLUSION AND DISCUSSION

In this paper, we propose a DOFS approach for the LTE system in one country so that it can tolerate the interference from the MSS of another country. This approach employs the standardized LTE frame structure type 3 and set it to transmit only downlink traffic. That means we treat the interfered band as an SDL of a primary component carrier. As first, we explain its feasibility based on practical implementation parameters. Then, we evaluate the feasibility by employing a famous commercial simulation tool, namely Atoll. The simulation results not only suggest the feasibility, but also reveal that most of the areas are qualified to use 64QAM. With the proposed DOFS approach, LTE mobile users could have better user-experience with the downlink throughput. The DOFS approach may be technical, however, it is also related to economics. Liberating an LTE band from being interfered by the MSS can have a direct contribution to the national coffers when the band is sold for a good price at the auction.

More and more spectrums are being allocated for the growing LTE mobile systems to cope with the increasing demand. However, many of the spectrums have been allocated for satellite communications already. As a result, the problem dealt in this paper may happen in other countries now and in the future. We believe such an approach is also applicable in other countries with similar problem. If the obtained SINR is not high enough, it can be improved by installing more eNBs or increasing the downlink transmission power.

REFERENCES

- [1] "M. 2041," in "Sharing and adjacent band compatibility in the 2.5 GHz band between the terrestrial and satellite components of IMT-2000," 2003.
- [2] W. Wang, F. Zhou, W. Huang, B. Wang, and Y. Zhang, "Coexistence studies between LTE system and earth station of fixed satellite service in the 3400–3600 MHz frequency bands in China," presented at the 3rd IEEE International Conference on Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT), 2010.
- [3] M. Zhang, H. Yu, Y. Fu, and Y. Chang, "Coexistence studies on the interference performance between mobile satellite system and LTE network," *China Communications*, vol. 10, no. 7, pp. 1–11, 2013.
- [4] Q. Sun and S. Nan, "Coexistence studies between LTE-Hotspot Indoor and earth station of fixed satellite service in the band 3400–3600MHz," in *IEEE Signal Processing Conference*, 2012, vol. 3, pp. 2275–2278.
- [5] A. B. Awoseyila and B. G. Evans, "Frequency Sharing between Satellite and Terrestrial in the 2GHz MSS Band," presented at the 31st International Communications Satellite Systems Conferences (ICSSC), Florence, Italy, October 14–17, 2013.
- [6] K. Yamamoto, T. Kanekiyo, K. Dai, S. Hayashi, S. Sasaki, and K. Kamogawa, "Development of Evolved Mobile Satellite Communications System; WIDESTAR II," in *IEEE Global Telecommunications Conference - GLOBECOM*, 2011, pp. 1–5.
- [7] M. F. Kazuichi Yamamoto, Hijin Satoh, Yasuki Nishi, Kouji Horikawa, "Special Articles on WIDESTAR II High-speed Mobile Satellite Communications Service for Diverse Satellite Communications / Overview of WIDESTAR II Mobile Satellite Communications System and Service," *NTT DOCOMO Technical Journal*, vol. 12, no. 2, Sep. 2010.
- [8] World Radiocommunication Conference (WRC-07) Session. (2007). *Article 21, Terrestrial and space services sharing frequency bands above 1 GHz, Section II - Power limits for terrestrial stations*.
- [9] Y. Lan *et al.*, "A field trial of LTE in unlicensed bands with SDL (Supplemental Downlink) transmission," in *2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 2016, pp. 1–5.
- [10] "HSPA Supplemental Downlink," Qualcomm Technologies Inc. 2014, Available: <https://www.qualcomm.com/documents/supplemental-downlink>.
- [11] *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): Physical channels and modulation*, 36.211, 2017.
- [12] A. Ghosh and R. Ratasuk, *Essentials of LTE and LTE-A* (Table 4.7 The CQI table and reference SINR requirements). Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- [13] *Atoll: 64-bit multi-technology wireless network design and optimization platform*. Available: <http://www.forsk.com/atoll>
- [14] *CrossWave Propagation Model*. Available: <http://www.forsk.com/atoll/crosswave/>

附錄四：國內研討會論文發表

萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討¹⁷⁵

巫國豪

財團法人電信技術中心

keith@ttc.org.tw

摘要

萬物聯網是目前被視為最具發展潛力的應用之一。根據市調公司 IDC 的預測，全球物聯網市場將從 2014 年的 6,558 億美元，發展至 2020 年的 1.7 兆美元，年複合成長率達 16.9%。其應用範圍非常廣泛，包括智慧運輸、智慧電網與電表、智慧農業、智慧城市及災害監測等均屬於物聯網之應用範圍。

本研究之研究主題為針對萬物聯網所需使用之頻譜資源議題進行探討，研究目的則在於探究萬物聯網可能涉及之頻譜資源與監理法規議題。本研究採取文獻分析法，分析現階段國際組織針對物聯網相關議題之規管文件，均提出其對物聯網頻譜整備之看法。本研究將整理相關政策文件內容，並依照我國規管架構，探討物聯網於我國之政策、法規相關議題。

在頻譜資源之議題上，目前國際上物聯網適用頻段可區分為歐洲國家與美國、亞太區域國家選用之頻段。歐洲國家主要使用 800MHz 頻段部分頻率位置作為物聯網頻段，美國及亞太區域國家則多挑選 900-928MHz 頻段作為物聯網使用頻段。前述頻段在頻譜執照性質上，多屬免執照頻段，因此提供服務的業者，無須透過競價制度即可使用該頻譜資源。但對於既有電信業者而言，其頻譜資源之使用乃透過花費大筆標金方能取得，因此，萬物聯網之規管架構議題十分值得探討。

在頻譜執照政策的思考上，主管機關對於物聯網之頻譜整備議題，如何促進整體產業之發展，同時避免不當之干擾，或侵害其他頻譜使用者之使用權益？。本研究將研析在物聯網使用頻譜資源時，可能涉及之法規架構與執照制度等法律議題，研究貢獻可作為我國發展物聯網應用時之法規制度政策參考。

¹⁷⁵本篇論文接受國家通訊傳播委員會「推動數位經濟發展之通訊傳播匯流政策及法制革新計劃：國內外 4G/5G、IoT 新興技術使用頻段與技術發展趨勢研究計畫」（Y106-A6）補助，部分內容為專案執行研究成果。

關鍵字：萬物聯網（Internet of Everything, IoE）、頻譜政策（Spectrum policy）、監理制度（Regulatory Scheme）、執照架構（Licensee Structure）

1. 研究背景與動機

萬物聯網是目前被視為最具發展潛力的應用之一。根據市調公司 IDC 的預測，全球物聯網市場將從 2014 年的 6,558 億美元，發展至 2020 年的 1.7 兆美元，年複合成長率達 16.9%。其應用範圍非常廣泛，包括智慧運輸、智慧電網與電表、智慧農業、智慧城市及災害監測等均屬於物聯網之應用範圍。

本研究之研究主題為針對萬物聯網所需使用之頻譜資源議題進行探討，研究目的則在於探究萬物聯網可能涉及之頻譜資源與監理法規議題。本研究採取文獻分析法，分析現階段國際組織針對物聯網相關議題之規管文件，據以了解國際間對物聯網頻譜整備之看法。本研究將整理相關政策文件內容，並依照我國規管架構，探討物聯網於我國之政策、法規相關議題。

2. 萬物聯網應用與技術標準

2.1 物聯網應用情境

本研究參考歐盟無線電頻譜政策小組（Radio Spectrum Policy Group, RSPG）於 2017 年對物聯網應用型態的整理，物聯網適用之領域甚廣，包括遠端遙測、車輛管理、服務維運等，如下表。¹⁷⁶

¹⁷⁶ RSPG (2017), RSPG Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-things (IoT) including M2M, at 2, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf

表 1 物聯網應用類型

遙控量測	車隊管理	服務與維運	安全與監控
● 電表 ● 停車收費表 ● 工業用量表 ● 電梯 ● 販賣機	● 貨物追蹤 ● 存貨管理 ● 溫度控制 ● 路線規劃 ● 訂單追蹤 ● 車輛診斷	● 工業用機器 ● 自動販賣機	● 公共監控 ● 資產監督 ● 壅塞與移動監控 ● 都市管理
車載機與運輸	智慧家庭	電子醫療	銷售與付款
● 智慧運輸 ● 導航 ● 車流量/天氣資訊 ● 道路安全 ● 車輛診斷 ● 位置服務	● 加熱控制 ● 電器應用 ● 警報與安全 ● 監控攝影機 ● 車庫與花園管理	● 病人監督 ● 遠端診斷 ● 活動監控 ● 生活型態建議 ● 個人安全	● 銷售系統 ● 販賣機 ● 遊戲與娛樂

資料來源：RSPG（2017）

前述各種使用案例，可再依照物聯網網路運作特性轉換如下。

表 2 物聯網網路運作特性

巨量通訊	關鍵通訊
使用情境	
資訊收集 智慧建築 後勤、追蹤與車輛管理 智慧量表 智慧農業 細微網路	命令/控制/監控 遠端醫療照護 車流安全與控制 工業用應用和控制 遠端製造、訓練及手術 工業用物聯網、關鍵基礎設施（工廠 自動化、移動控制、遠端控制、智慧 電網、感知網路、流程自動化）

運作需求	
低成本、簡單便宜、低耗能之設備 數據使用量低、間斷使用 訊號延遲之忍受度高，或對延遲之敏感度低 巨量連線設備 訊號範圍廣（涵蓋都會與郊區），訊號可涵蓋建築物內部	高信賴度 高可用性 具備通訊不間斷之能力 即時通訊，極低訊號延遲 保證訊號及時送達 訊號涵蓋區域多為特定地點

資料來源：RSPG（2017）

2.2 5G 萬物聯網應用情境

行動通信正逐漸演進到新一代（5G）技術，5G 所具備的三大應用情境：增強型行動寬頻（enhance Mobile Broadband, eMBB）、高信賴低延遲通訊（ultra-reliable and low latency communications, uRLLC）及巨量設備通訊（massive machine type communications, mMTC）將對行動通信市場帶來極大改變。

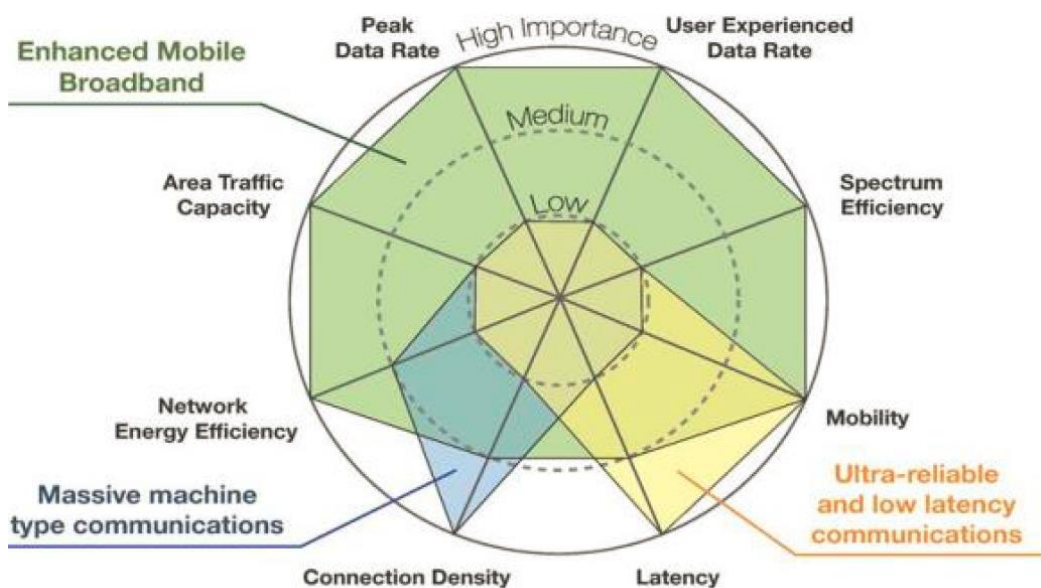


圖 1 5G 技術特性

資料來源：ITU

三大應用情境中，增強型行動寬頻（eMBB）代表相比 4G 網路速度更高的傳輸速率以及更低的延遲。5G 將可帶來更佳的用戶體驗品質，同時也可以在密集區域中讓大量設備得以連線，提供更好的服務給消費者。

巨量設備通訊（mMTC）則聚焦於現有物聯網應用，未來依據應用情境提供更符合的技術特性，例如低成本、低耗能，或讓一基地臺可以同時連線大量設備。5G 技術將促進不同應用平臺間的互連互通。5G 對既有物聯網應用的影響，簡列如下：¹⁷⁷

- 運輸與物流管理：實現包裹聯網與車輛追蹤；
- 電子醫療：5G整合其他技術，包括接取層、網路層和數據層的相關技術，讓使用者有機會個人化醫療服務；
- 環境監控：布建在城市各地的感測器，將可即時回傳空氣品質和水汙染狀態；
- 智慧能源：雙向能源網路的供給和需求能及時對應；
- 其他：提供智慧農業、智慧畜牧或智慧零售服務等。

至於高信賴低延遲網路（uRLLC），將仰賴新無線電技術的發展，可能的應用包括：

- 聯網和自動化車輛：5G將實現車輛與車輛間互通、車輛與其他道路使用者或甚至車輛與道路基礎設施互相溝通的目標。
- 智慧製造：讓生產鏈中不同步驟的所有機器設備得以相互連線，加快重新配置生產的速度和提高個人化製造的品質。

5G 三大應用情境於所構築的網路，將實現萬物聯網。

¹⁷⁷ Ofcom (2017), Update on 5G spectrum in the UK, at:9, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf

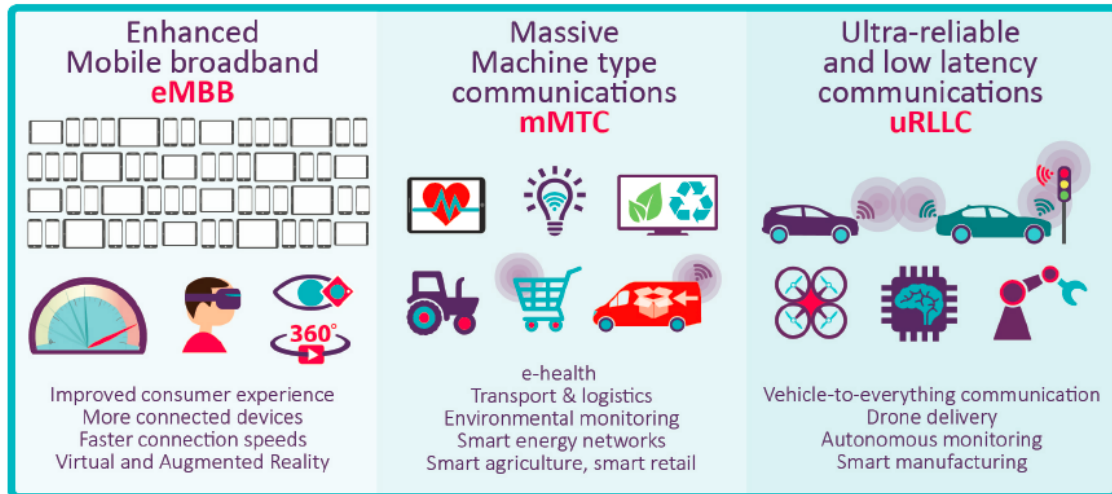


圖2 5G三大應用情境與應用型態

資料來源：Ofcom

2.3 物聯網技術標準

各種物聯網應用的網路技術會依照其設備型態有所差異，現有市場上的物聯網應用，多為成本極低的通訊裝置，透過 GPRS 網路進行傳輸，但由於電信業者逐步關閉其 2G 網路，因此也逐漸演進到使用 3G、4G 網路進行傳輸。

從 2G GSM 網路到 LTE 網路，都需要經過國際標準組織第三代合作夥伴專案（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）落實至其行動網路標準之內。目前 3GPP 已經在第 13 版標準（Release 13）中處理 LTE 網路提供車輛通訊的技術規範，包括車間通訊、車對基礎設施的通訊功能等。

因應物聯網應用的大幅成長，為符合物聯網應用所需，3GPP 於各版標準中逐步導入可符合於物聯網應用需求的功能。例如在第 11 版（Release 11）中增加物間通訊（Machine Type Communication, MTC）的網路通訊功能和服務伺服器。第 12 版（Release 12）定義第 0 類設備（Category 0）設計作為以單天線傳送低成本之規格。第 13 版（Release 13）更進一步制定第 M-1 類設備（Category M-1），減少成本、改善布建範圍並延長電池壽命。第 13 版也另外增加了第 NB-1 類設備（Category NB-1），在使用窄頻頻譜資源的狀態下提供 IoT 應用。第 M-1 類設備

（Category M-1）和第 NB-1 類設備（NB-IoT）設備都具備電池壽命長達 10 年的功能。¹⁷⁸

物聯網業者除了透過 3GPP 定義的行動網路提供服務外，也可以運用區域無線網路技術提供服務，例如常見的 Wi-Fi、藍牙、Zigbee 技術等。新近發展的低功率廣域無線網路技術（Low-Power Wide-Area, LPWA）也可支持物聯網，例如 LoRa 和 SIGFOX 是目前主要兩種 LPWA 標準規格。物聯網可使用之網路技術如下表。¹⁷⁹

表 3 物聯網網路技術

技術	網路覆蓋範圍	技術特點	標準制定機構
GSM/GPRS/EC-GSM-IoT	網路涵蓋範圍廣 網路可達到全球涵蓋	極低成本的通訊模組，低速傳輸，有可能受限於電信業者關閉網路	3GPP
HSPA	網路涵蓋範圍廣 網路可達到全球涵蓋	低成本的通訊模組，高功率可提高傳輸速率	3GPP
LTE, NB-IoT	網路涵蓋範圍廣 布建範圍正逐漸增加至全球	適用範圍廣。傳輸速率可由低至高速。	3GPP
WiFi	網路涵蓋範圍較小	高速率、功率較高	IEEE
ZigBee	網路涵蓋範圍較小	低速率、低功率	IEEE
低功率藍牙	網路僅能於使用者周遭範圍	低速率、低功率	藍牙組織
LoRA	網路涵蓋範圍廣	低速率、低功率，使	LoRA Alliance

¹⁷⁸ Rysavy Research (2017), LTE to 5G: Cellular and Broadband Innovation, at:54, available at: http://www.5gamericas.org/files/6415/0282/1551/2017_5G_Americas_Rysavy_LTE_5G_Innovation_Final_for_Upload.pdf

¹⁷⁹ Rysavy Research (2017), LTE to 5G: Cellular and Broadband Innovation, at:54, available at: http://www.5gamericas.org/files/6415/0282/1551/2017_5G_Americas_Rysavy_LTE_5G_Innovation_Final_for_Upload.pdf

	布建範圍增加中	用免執照頻段（以1GHz以下頻段為主）	
SIGFOX	網路涵蓋範圍廣 布建範圍增加中	低速率、低功率，使用免執照頻段（以1GHz以下頻段為主）	SIGFOX
Ingenu	網路涵蓋範圍廣 布建範圍增加中	低速率、低功率，使用免執照頻段 2.4GHz 工科醫頻段及 IEEE 802.15.4k	Ingenu

資料來源：Rysavy Research (2017)

3.萬物聯網國際監理制度觀察

本研究研析國際電信聯合會、歐盟、英國及我國對物聯網政策法規討論。

3.1國際電信聯合會

3.1.1新浮現技術、應用之影響

國際電信聯合會（International Telecom Union, ITU）於2016年全球監理機關論壇（Global Symposium for Regulators 2016, GSR-16）中討論物聯網與物間通訊（Machine to Machine, M2M）對實現智慧城市的影響。傳統上電信服務業者已透過物聯網設備提供服務許久，不過大多數使用低成本、低數據傳輸量的感測器或RFID晶片應用於製造業及車隊管理領域。¹⁸⁰

隨著技術的演進，物聯網已可實現更多創新、讓更多設備得以相互連線。按照ITU引用Garner的調查報告顯示，2020年預期將有260億臺連網設備，如此大量的設備連線數將有必要討論對整體社會與經濟面之影響，同時也需要討論物聯網所需的政策和規管環境為何？

ITU的報告認為物聯網對監理架構的影響層面廣泛，包括執照制度、頻譜管理、設備標準、市場競爭、安全與隱私等，都會造成監理機關的挑戰，而且其中許多議題不僅涉及電信監理機關，可能需要電信監理機關與市場競爭主管機關、資通訊主管機關共同合作、協調，甚至和其他領域的主管機關相互合作。例如電信監理

¹⁸⁰ ITU(2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, at 28, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf

機關須和資通訊主管機關協同處理資料保護的問題，而因應不同的服務應用類別，電信監管機關也無法避免和公眾服務機構、緊急災防部門、醫療衛生部門、高速公路局甚或其他單位協同合作之必要。

ITU 從頻譜的使用角度分析物聯網會同時使用執照頻譜跟免執照頻譜，同時依據不同設備或系統的需求，使用不同頻段。例如有些物聯網設備會使用既有行動通信頻譜（2G、3G 及 4G LTE）或衛星通訊線路提供服務。當使用該類執照頻譜資源時，監管機關需要檢視既有執照規則是否足已促進 IoT 的布建，或有無限制 IoT 發展的可能？

通常短距離、低功率 IoT 的設備會使用免執照頻譜，例如透過 WiFi、ZigBee 或藍牙技術使用 2.4GHz 或 5GHz 免執照頻段。

ITU 的報告建議，彈性、能發揮市場機制的頻譜使用政策，讓物聯網設備可以透過執照頻譜跟免執照頻譜提供服務，應可促進相關設備的成長，而無需透過指定物聯網專用頻譜的方式。從監管機關的角度，應確保有充足的頻譜資源提供給物聯網使用，同時亦應該提升後置迴路的傳輸量，並鼓勵 4G 和小型基地臺的布建等。

彈性的執照架構，讓監管機關無須改變監管架構即可讓市場演進到新的技術。許多監管機關會檢視既有的頻譜架構，並考量 IoT 的成長因素後調整相關規範。例如英國主管機關在 VHF 頻段建立新的 IoT 執照類別，讓 VHF 頻段的頻譜資源可應用於 IoT 領域。

ITU 認為，監管機關和政策制訂機構應考慮建立、發展 IoT 整體策略或計畫，以促進 IoT 的廣泛應用，相關項目可包含標準制訂、研發及檢視隱私、安全性、頻譜使用、跨境數據處理或資料在地化等議題。

3.1.2 頻譜管理工具

從頻譜管理的角度，ITU 認為監管上需找到執照規管與免執照規管間之平衡。在執照頻譜與免執照頻譜外，共享頻譜為新近出現的解決方案，幾種可能的技術如執照共享接取（Licensed Shared Access, LSA）、電視空白頻段共享（TV White Space, TVWS）都日益浮上檯面。監管機關考量頻譜管理的重要項目，應從彈性、頻譜協同一致、設備執照的其他管理方法、頻譜共享等角度進行探討。

(1) 彈性

ITU 認為監理機關現階段正面臨頻譜分配制度是否需要改變的挑戰，同時，也需要思考既有程序是否能夠適應未來的環境改變。傳統上的頻譜管理工具過於靜態，恐無法滿足不斷變動的市場和技術環境。僵化的管理制度可能導致頻譜供應不足，傳統上排他性的執照制度，可能妨礙為滿足不斷變化而設計彈性頻譜管理工具之實施。

目前實務上尚無一種可適用所有國家的頻譜管理制度，因此 ITU 建議，能夠適應不斷變化需求的管制，應屬必要。主管機關應時刻反思其頻譜管理制度是否仍能符合市場所需，是否能與新技術或新服務共存。

(2) 頻譜協同一致

ITU 認為全球和區域頻譜協同一致是各種新技術能否布建的關鍵先決條件。頻譜協同一致具備促進經濟規模、實現全球漫遊、減少設備設計的複雜度、節省電池壽命、提升頻譜使用效率以及減少跨國干擾等優點。

由於 5G 時代下，行動網路可能由多種頻率組合而成，因此假設所有新興技術都透過免執照頻譜布建，則對免執照頻譜進行協同一致將有利於頻譜使用和設備標準建立。若能夠建立符合全球標準的設備參數，則該新興技術的設備可更快速進入國際市場，有助於擴大經濟規模，進而降低終端使用者的成本。

因此，監理機關應該檢視其國內頻譜核配狀態，評估國內分配狀態與區域、全球的差異。若因特定服務的使用而使頻譜資源和國際常用型態有所不同，則須檢視是否可能成為採用新技術的障礙。

(3) 設備執照的替代性管理方法

5G 技術特性將讓未來有數以萬計的設備能夠連網，此一趨勢將對現有設備執照管理架構帶來很大的影響，對相關設備採個別許可的方式將曠日廢時，造成監理機關極大的管理負擔，也會成為新技術布建的障礙。

因此，規範授權制（Rule-based）和免執照制度可能是一種替代的管理方法，特別適合應用在符合某些條件的大量物聯網設備，例如在不造成干擾、也不受保護的使用前提下運作的設備。系統可以設置適當、事前建立的運作參數，讓免執照設備得以使用，該類設備必須忍受來自執照業者的干擾。此種方法可以讓監理機關和終端使用者皆免除個別許可執照制的負擔，也能促進設備的大量應用和布建。監理機關可以透過建立一般性的執照許可規則來確定其使用條件。

(4) 頻譜共享

對於尋求更多頻譜資源的監理機關而言，頻譜共享機制讓頻譜管理工具不再僅有排他性專用頻譜之制度，更開拓出釋出頻譜資源的空間。

隨著技術進步，監理機關可以更精確、有效的開放頻譜共享的空間，例如定義開放共享之頻率、時間、功率和地理位置等。相同頻段下的多種應用，可在正確的技術和規管架構下有效共存。

動態頻譜共享是頻譜共享的型態之一，其仰賴感知無線電技術來動態識別、運作可用頻率，在執照頻譜與免執照頻譜的範圍內開拓新的使用型態。

3.2 歐盟

3.2.1 歐盟執照制度現況

歐盟目前電信監理制度主要採一般許可制（General authorizations），針對個別頻譜的使用則設有使用條件。在使用特定頻譜資源的情況下，會說明採用一般許可制或個別使用制，也可能選擇兩者之整合模式。在萬物聯網情境下，網路服務業者可能會選擇透過一般許可制接取免執照頻譜，或藉由頻譜拍賣機制取得以排他性為基礎之個別使用頻譜。

RSPG 於 2009 年頻譜指派與定價方法報告中提到，頻譜資源使用制度可透過下列象限圖呈現一般許可制及個別使用制之差異。¹⁸¹

¹⁸¹ Radio Spectrum Policy Group (2009), Radio Spectrum Policy Group Report On Assignment And Pricing Methods, available at: http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/rspg09_298_final_report_assignment_pricing_122009.pdf

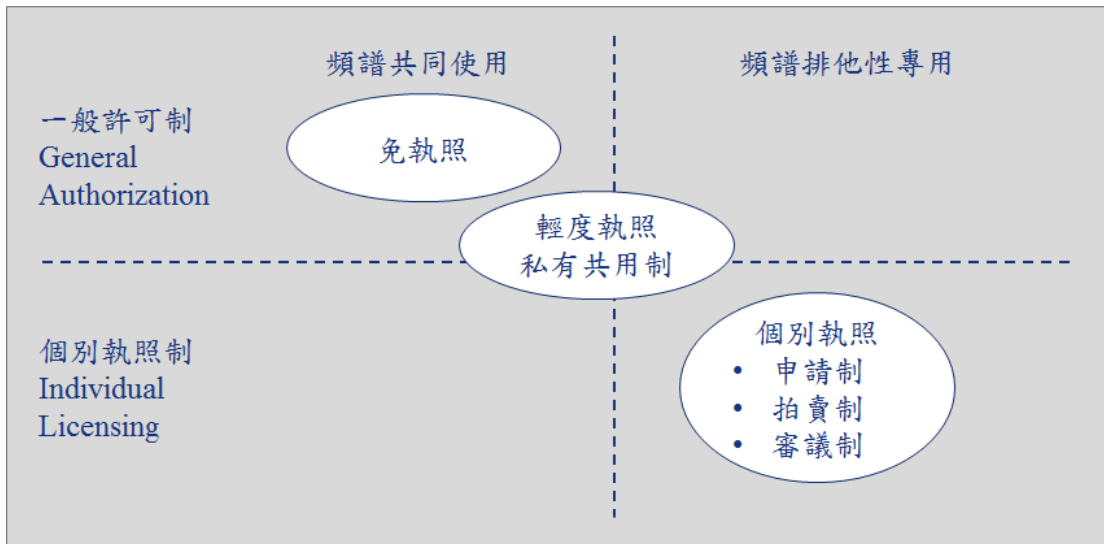


圖 3 歐盟頻譜執照分類概念

資料來源：RSPG(2009)

在一般許可制的情境下，若有達到相關使用條件時，頻譜管理者會開放該頻譜資源供各方共用，不得保護特定使用者，頻譜使用者不得宣稱遭受非授權設備之有害干擾。此種模式即可稱為免執照。

個別執照制則為頻譜管理者核發特定頻段執照給特定使用者，執照條件內保證持有人擁有不受其他使用者干擾之權利。

大量低功率設備的成長，讓一般許可制所扮演角色的重要性逐漸增加。技術與商業環境快速改變，具備服務與技術中立特性的一般許可制更能夠推動此一趨勢。一般許可制（免執照）通常更適用於同領域中有大量使用者而無須使用者間共同協調之情境。

然而，若符合前述情境，但頻譜管理者欲保有對特定頻段之控制權時，或是要求取得更多頻譜使用之資訊時，則更適用輕度執照或私有共用制。輕度執照制的概念是要求取得執照時應註冊或通知頻譜管理者。

在個別執照制下，主要有三種核發方式：申請制、拍賣制及審議制。申請制通常適用於頻譜管理者會核發執照給所有申請者的情況，而拍賣制則為頻譜管理者設定底價，讓申請者相互競價後決定誰取得頻譜執照。審議制則適用於申請者提交其對頻譜使用之規劃，頻譜管理者考量多個層面要素，比較後決定誰有權使用執照。

3.2.2 歐盟 RSPG 對物聯網頻譜政策之討論

RSPG於2017年底提出物聯網使用之政策建議，認為物聯網具備之多樣性特點，較難透過單一頻譜接取制度來滿足不同應用型態之需求，因為不同情境所需要的技術規範可能差異甚多，無論是對傳輸速率、訊號穩定度、訊號範圍或功率大小等。

182

RSPG 觀察到現階段產業對於以免執照機制取得 800-900MHz 頻譜資源的需求日益增加，許多應用如智慧電表及智慧家庭等均仰賴此一頻段提供服務。因此，RSPG 建議歐盟執委會與各會員國應對短距離通訊設備採取頻譜和諧共用（spectrum harmonization）措施，讓各種不同屬性的 IoT 設備能在該頻率範圍內以免執照方式運作，並進而達到規模經濟和推動全球一致。

RSPG 認為由於 IoT 應用的多樣性，因此採用混合一般許可制及個別許可制的頻譜接取制度更能滿足 IoT 多樣應用的需求。RSPG 整備物聯網頻譜接取架構如下圖。

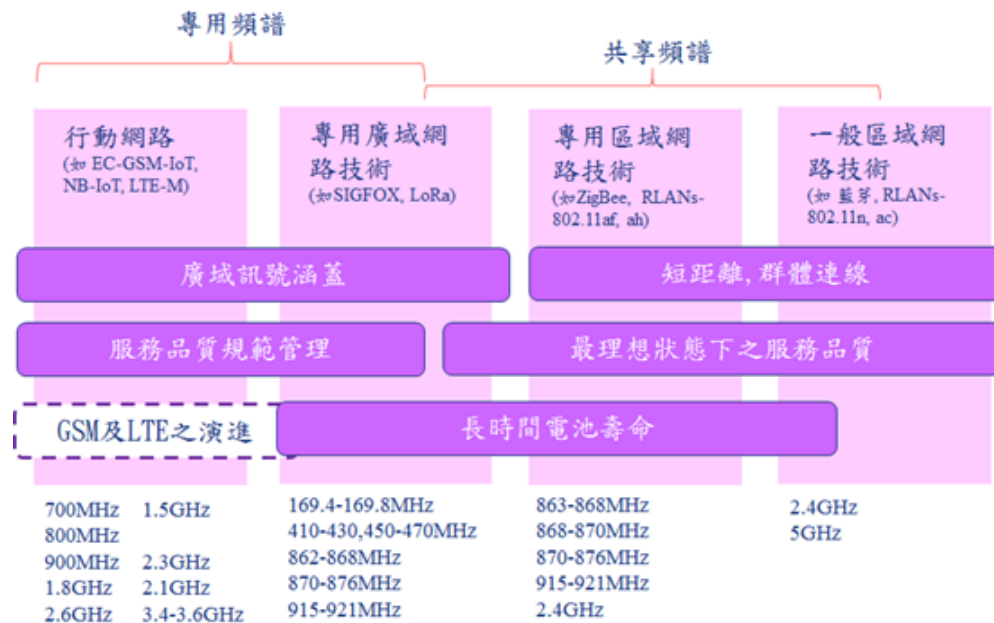


圖 4 RSPG 之 IoT 頻譜接取架構圖

資料來源：RSPG(2017)

¹⁸² RSPG (2017), RSPG Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-things (IoT) including M2M, at 2, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf

不同的執照許可制度可滿足多樣化的使用情境與運作需求，考量要素包括：設備價格、上市時間及網路涵蓋範圍、可靠度及安全性等。RSPG 觀察物聯網可用頻段包括：

- 使用一般許可制之免執照頻段：169MHz、433MHz、863-870MHz、2400-2483.5MHz、5150-5350MHz及5470-5725MHz。

- 無線 WiFi 和藍牙技術可能更適合用於消費型物聯網應用，例如健康、體能追蹤、穿戴式或智慧家庭設備等，此種設備對低延遲通訊的容忍度高，訊號運作的範圍較短。
- 短距離範圍的技術包括：低功率藍牙、IEEE 802.11ah、IEEE 802.15.4、ZigBee、Z-Wave 等；
- 長距離範圍的技術則包括：SIGFOX、LoRA 等。

- 使用個別許可制的頻段，則包括下列：

- 已核配給公眾行動網路（2G、3G、4G 和 5G）的頻譜；
- 專用行動電信網路（PMR）頻譜；
- 固定無線通訊網路（微波）頻譜；
- 衛星通訊頻譜。

3.2.3 歐盟對 5G 萬物聯網頻譜政策之討論

考慮到 5G 技術的浮現，以及其預期市場、技術發展、網路特性與架構、多樣化的干擾防制方法、物聯網應用等，應屬全球監理機關都很關切的重點，目前歐盟也開始討論 5G 技術可能對監理架構帶來之改變。

國際研究機構 LS Telecom、Valdani Vicari & Associati 及 Policy Tracker 共同合作，於 2017 年 10 月提交關於未來 5G 技術可能對歐盟頻譜指派制度帶來影響之研究報告給歐盟執委會之通訊網路、內容與技術理事會（Directorate General for Communications Networks, Content and Technology, DG Connect），內容針對 5G 網路可能衍生之應用情境，臚列四種未來情境：¹⁸³

¹⁸³ LS Telecom, Valdani Vicari & Associati, Policy Tracker (2017), Study on spectrum assignment in the European Union, Final report, at8-9. Available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2388b227-a978-11e7-837e-01aa75ed71a1/language-en>

- 巨型虛擬行動網路業者（Mega MVNO）：研究機構預期未來5G情境下，會出現巨型虛擬行動網路業者，該業者運用來自各種可取得之無線網路資源，包括傳統行動網路、WiFi服務供應商、IoT服務供應商以及其他網路服務供應商等網路資源，提供量身打造式的服務給其用戶，以符合用戶需求。
- 自行組織網路（Self-Organizing Network）：另外一種5G可能情境，則為SON，該情境為專門設計用來解決不需要事先規劃特定使用頻率，而是讓每一個基地臺依據當下可用之頻段選項中，選擇最佳的頻率之技術特性。網路會隨著流量成長而自行組織、自行優化頻譜使用。
- 更經濟的基礎設施（Infrastructure Economics）：5G也可能出現更經濟的基礎設施型態，由於在部分區域提供基地臺的必要成本，受限於網路密度而導致缺乏商業誘因，因而仰賴具成本效益的方式，例如基站共享或接取網路共享來實現服務提供。
- 垂直導向（Vertically Driven）：此種情境為進階型4G網路演進到5G網路的過程，考量未來進階型4G網路將可滿足垂直整合產業中之大多數用戶需求，故垂直整合產業更可能推動5G網路的布建，例如運輸、醫療以及建築業等，透過5G提供相關應用服務，例如智慧運輸與智慧醫療等。

研究機構 LS Telecom、Valdani Vicari & Associati 及 Policy Tracker 的報告討論前述四種情境與歐盟頻譜執照制度之關係，報告先依照一般許可制與個別許可制、排他性專用與共用等四種特性，區分四種象限。而後再針對前述四種情境可能適用之執照特性進行討論與分析，其所討論情境與執照制度的相關要素，包括上市時間、訊號範圍是否廣泛、能否提高網路效能、能否降低終端使用者的成本、是否具備更高的可靠度、是否符合更專門服務之需求以及是否達到更好的頻譜使用效率等。依據相關特性，呈現出四種情境對應之執照型態。

該份報告討論之四種執照制度象限如下圖。



圖 5 歐盟頻譜執照制度象限圖

資料來源：LS Telecom, Valdani Vicari & Associati, Policy Tracker (2017)

四種情境依據其情境型態特質，對應到的執照制度象限則呈現如下圖。

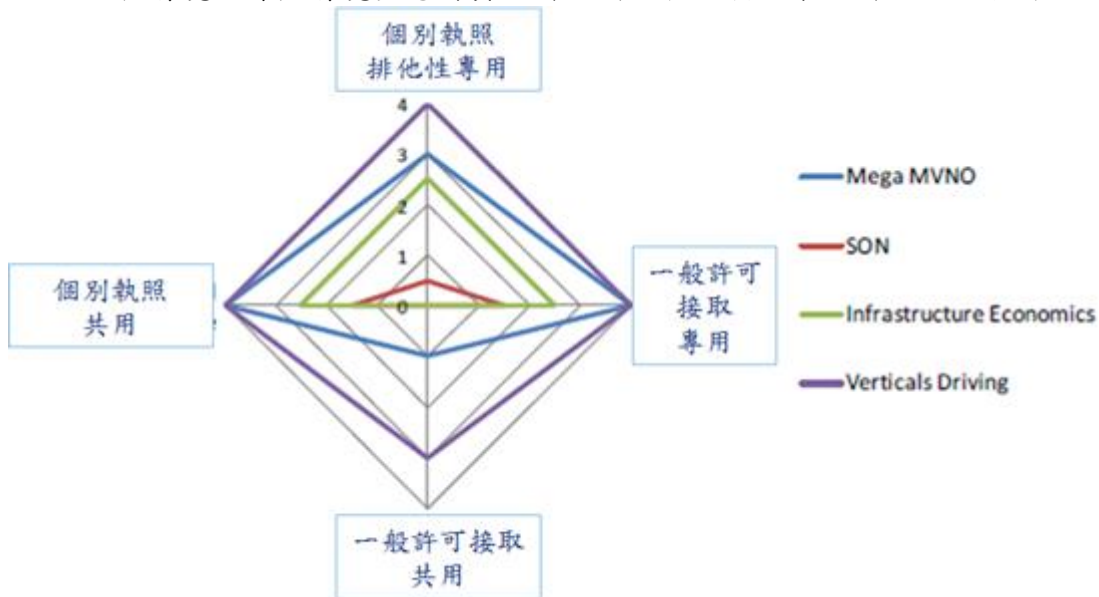


圖 6 5G 四種情境對應執照象限圖

資料來源：LS Telecom, Valdani Vicari & Associati, Policy Tracker (2017)

根據 LS Telecom 等研究單位的分析報告指出，歐洲既有的執照架構，仍可適用於 5G 時代，但有可能延遲 5G 網路的布建。對行動業者而言，偏好以既有個別使用制的執照架構來取得 5G 頻譜。不過，若有一家垂直導向企業欲使用相關應用時，按照既有執照條件，其所受規範會與行動網路業者相似，例如對服務品質、廣域訊號涵蓋以及訊號穩定度等要求，但該類執照條件未必符合垂直導向企業布建網路之需求。

某些 5G 的創新應用，必須仰賴接取或共享排他性頻譜的彈性，例如車聯網和智慧醫療等，必須要有一個橫跨全歐洲的一致性規管架構。

基於 5G 萬物聯網時代的應用多樣化，實務上需要更彈性的執照規管架構，讓許多新浮現的情境能夠取得所需頻譜資源。

為促使各種創新應用能夠順利誕生，在頻譜資源的利用上，LS Telecom 等研究單位建議若能夠讓一般企業有更大的彈性、自由度取得頻譜資源，將有助於帶來更多利益。不過若考量執照條件如網路訊號覆蓋義務等規範，則不應該要求全部業者都必須達成網路訊號涵蓋的目標，而僅要求需達到關鍵目標涵蓋區域如車站、重要道路等位置能接取到網路服務訊號即可。

3.3 英國

3.3.1 英國主管機關促進物聯網發展之政策

英國通訊管理局（Office of Communications, Ofcom）於 2015 年曾就促進物聯網投資與創新發布政策文件（Promoting investment and innovation in the Internet of Things）。報告中探討物聯網可能對相關政策帶來之衝擊與影響。¹⁸⁴

Ofcom 於 2014 年調查英國物聯網市場，當時英國境內有超過 4,000 萬個物聯網設備連線，預估到 2022 年時會成長八倍達 3.6 億個連線設備，每天會有超過十億筆的數據傳送。基於物聯網潛力無窮且發展可期，Ofcom 從四個關鍵要素來討論物聯網的相關政策議題。

- 1、物聯網設備：因應未來十年物聯網連線設備數量將成長達到億的等級，將會需要能實現巨量連線的網路技術。

¹⁸⁴ Ofcom (2015), Promoting investment and innovation in the Internet of Things, at:3, available at: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0025/38275/iotstatement.pdf

- 2、 無線網路：物聯網設備會將蒐集到的資訊回傳到基地臺或網路接取點等。因此無線網路需要能接取適當且足夠的頻譜資源，來滿足不同應用對訊號涵蓋及傳輸速率的需求。
- 3、 網際網路：物聯網設備會透過廣域網路或公眾網際網路連線，讓多臺設備彼此能夠互連，且讓數據能夠在適當的場所儲存、分析。不過，由於連網功能，將可能衍生網路安全議題。
- 4、 數據儲存與分析：未來各種 IoT 衍生的新服務，藉由廣泛收集數據，將可獲得更大的利益。有些數據可能具個人隱私或商業敏感用途，因此確保數據安全儲存與處理是必要的。

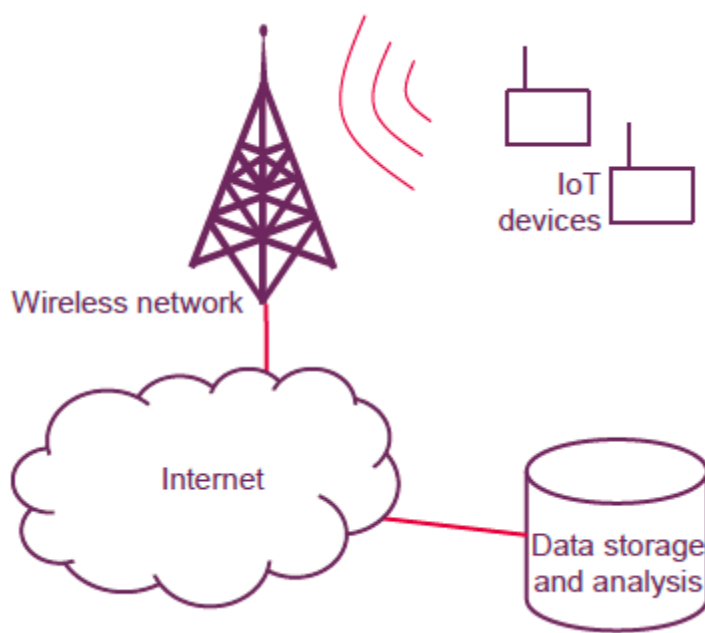


圖 7 物聯網的四項關鍵要素

資料來源：Ofcom (2015)

Ofcom 的規管架構應用於物聯網時，可能會和以下監理議題直接相關：

- 頻譜資源的利用：Ofcom 負責有效管理無線電頻譜資源，包括評估頻譜的未來需求，以及讓頻譜釋出機制能滿足多種應用的需求，其中也包括物聯網應用。
- 位址資源：Ofcom 負責管理英國的電話號碼資源，確保有足夠資源且訂定號碼管理機制。Ofcom 同時也管理網際網路位址（IP address）的分配與指派。
- 網路安全與彈性：Ofcom 有義務確保採取適當的措施，避免和降低網路與服

務安全的威脅。

Ofcom 向產業利害相關人進行有關促進物連網發展的公眾意見徵詢後，參考利害相關人建議，將頻譜、號碼資源管理、網路安全及數據隱私等主要議題區分其重要性如下圖。

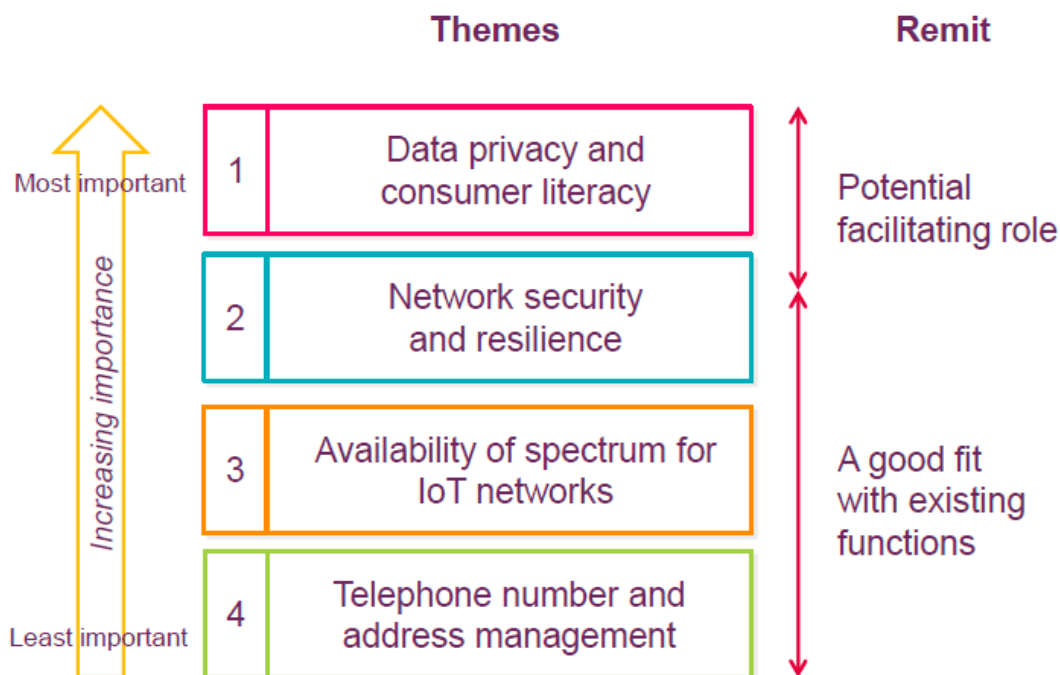


圖 8 物聯網的四項主題及其重要性

資料來源：Ofcom (2015)

3.3.2 英國主管機關促進物聯網發展之頻譜監理推動措施

前述討論物聯網的四項主題，其中，和頻譜接取有關的部分，Ofcom 於報告當時（2015）認為，短期內頻譜資源的取得程度尚不會成為物聯網發展的障礙。當時大多數的物聯網對傳輸速率的需求較低，因此使用既有技術即可滿足服務需其。Ofcom 則會釋出更多免執照頻譜資源給物聯網使用，包括 870MHz 及 915MHz 頻段等。另外，Ofcom 也討論釋出介於 55-68MHz 的極低頻頻段供物聯網使用。Ofcom 尋求探索各種可能鬆綁行動通信網路頻譜執照條件的選項，讓行動通信網路頻譜也能應用於物聯網。

Ofcom 對於現階段可應用於物聯網的頻譜資源，整理如下圖。

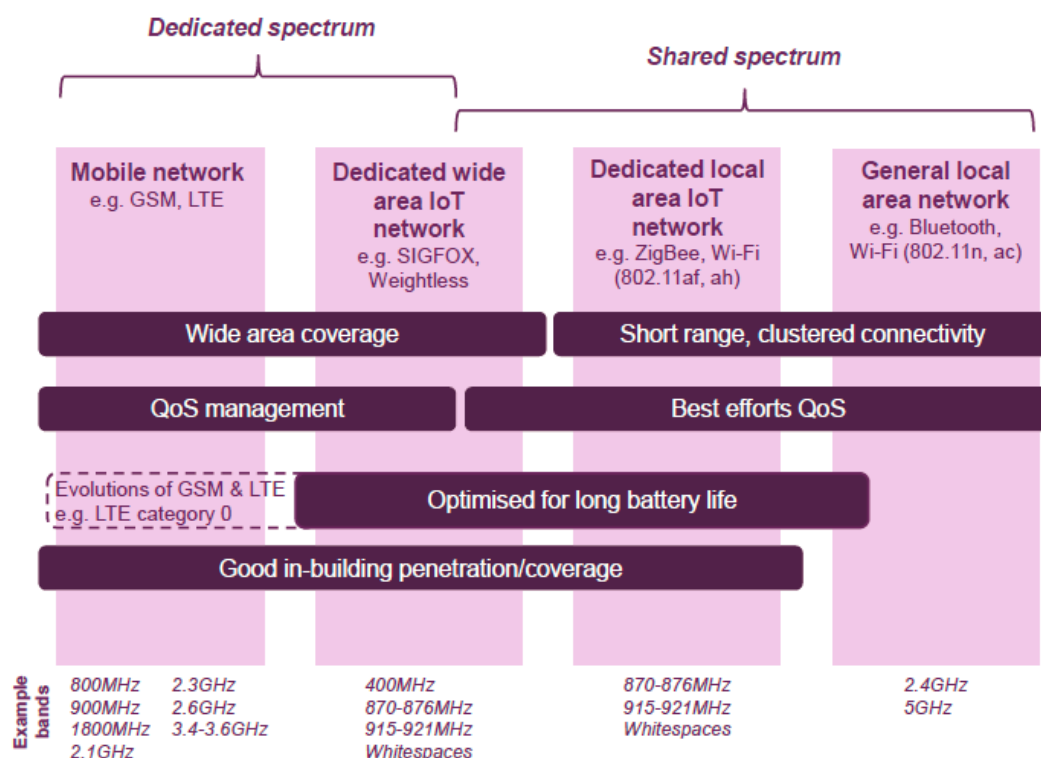


圖 9 英國物聯網使用頻譜架構

資料來源：Ofcom (2015)

Ofcom 觀察到長期來說，是否有足夠的頻譜資源供物聯網使用仍在未定之天，需視下世代物聯網應用對頻譜資源的需求而定。因此監理機關必須持續觀測物聯網的發展。

同時，對物聯網頻譜採國際協同一致的做法，有利於拓展經濟規模並降低消費者購買設備的成本，有助於物聯網的持續成長。

Ofcom 會確保頻譜資源提供能滿足物聯網需求，包括下列：

- 提供物聯網可用頻譜資源給產業利害相關人；
- 持續參與國內和國際間物聯網議題的公開論壇；
- 追蹤物聯網既有資料蒐集流程的發展；
- 持續掌握運用免執照頻譜提供服務的物聯網使用狀態，藉以觀察可能出現的干擾或訊號壅塞問題。

同時，對物聯網頻譜採國際協同一致的做法，有利於拓展經濟規模並降低消費者購買設備的成本，有助於物聯網的持續成長。

現階段歐洲郵電管理者會議（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT）正針對運用 700MHz 於物聯網進行研議，規劃在 700MHz 頻段內行動通信頻譜未使用到頻譜資源核配 2x3MHz 供物連網使用。頻率位置為 733-736/ 788-791MHz。如下圖。

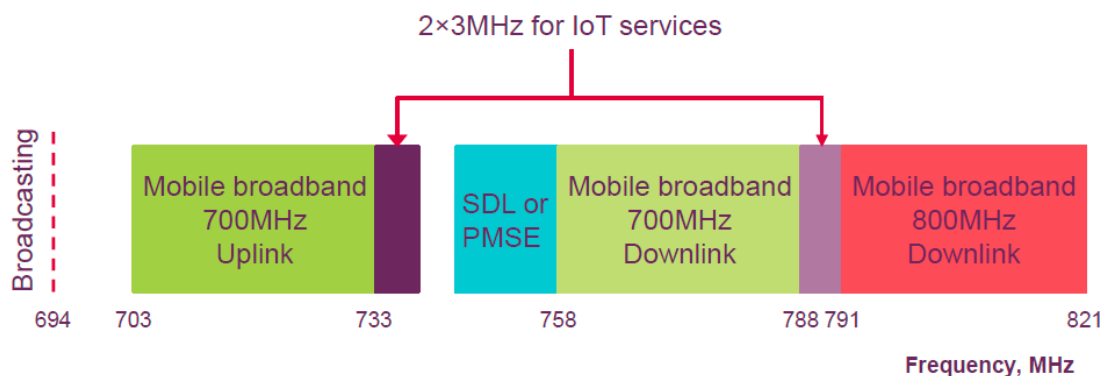


圖 10 CEPT 對 700MHz 分配給物聯網之規劃

資料來源：Ofcom (2015)

由於 700MHz 具備 1GHz 以下低頻段訊號覆蓋率廣、建築物穿透率佳的頻譜特性，因此被認為很適合供物聯網使用。Ofcom 基本上支持 CEPT 運用 700MHz 頻段於物聯網用途的研究規劃，不過未來需視 CEPT 能否提出更多運用該頻段給物聯網可帶來廣泛價值的證據，並考量 Ofcom 本身對於 700MHz 頻段之頻譜釋出政策，方能確認 Ofcom 後續的政策措施。¹⁸⁵

除分配 700MHz 頻譜、免執照頻譜給物聯網使用外，Ofcom 也提出運用共享頻譜機制於物聯網的討論，例如透過執照共享接取（Licensed Share Access, LSA）提供更多頻譜資源供各種服務使用。在共享頻譜機制中，Ofcom 收到來自產業利害相關人的回應意見，認為需要考慮既有使用者共享頻譜資源時，可能對共享使用者造成的干擾問題。不過，大多數利害相關人均同意 Ofcom 的見解，認為部分物聯網應用的服務性質很適合以共享頻譜進行傳輸用途。¹⁸⁶

¹⁸⁵ 同前註，頁 25。

¹⁸⁶ 同前註，頁 27。

4.我國物聯網相關政策與法規發展討論

4.1 頻率供應計畫與物聯網

我國頻譜規劃主管機關交通部於 2017 年 8 月公布頻率供應計畫（修正草案），其目的為促使我國頻譜資源規劃方向透明、並使符合大眾需求之資訊揭露供各界參考，其中，低功率物聯網為該修正草案中討論之一環。¹⁸⁷

根據交通部頻率供應計畫修正草案內容，我國目前已開放供低功率物聯網使用之頻段為 920-925MHz。該頻段現階段則有 LoRa 和 Sigfox 積極布建，並推動相關智慧城市應用之發展。交通部未來也會定期檢視國內低功率物聯網頻譜之實際需求，必要時再行規劃後續頻率。

表 4 我國低功率物聯網頻譜配置

頻段（MHz）	使用現況
920-925	供低功率物聯網設備（低功率射頻電機）在次要條件下使用。

資料來源：交通部（2017）

另外，因應未來 5G 發展可能帶來之創新應用，如車聯網之使用頻譜議題，交通部於頻率供應計畫修正草案中設立實驗網路，針對車聯網技術研發提出實驗網路專區，讓相關研發機構可以透過實驗頻譜進行測試。交通部明定特定頻率、區域、測試條件等，指定 5850-5925MHz 供車聯網技術之特定實驗頻率。在符合規範的前提下，不限採用單一技術如 DSRC、LTE-V 等。實驗網路專區之申請，則須待專區設置方法及電信監理沙盒機制完成後，再開放各界依規定申請。¹⁸⁸

表 5 我國低功率物聯網頻譜配置

頻段（MHz）	實驗目的	實驗區域
5850-5925	供車聯網技術研發測試實驗網路之用。	新竹工業技術研究院、南投中興新村、臺南綠能科學城。

資料來源：交通部（2017）

¹⁸⁷ 交通部（2017），頻率供應計畫（修正草案），頁 19。

¹⁸⁸ 同前註，頁 24。

4.2 電信管理法草案與物聯網

我國通訊監理主管機關國家通訊傳播委員會（以下簡稱通傳會）於 2017 年 5 月提報電信管理法草案至行政院與立法院審查，將原先以垂直管理架構、機線設備之有無來建構業務別分類管制的現行電信法，參考歐盟 2002 年暨 2009 年修正架構指令之管理思維，轉變為以基礎網路層、營運層及內容管理層之層級式管理。原先電信事業之規管採特許制與許可制，在新法電信管理法草案規範下，將改採登記制，規管模式改採「行為管制」。關於業者遵守之義務，則依其經營行為與樣態分為一般義務、特別義務則指定義務。¹⁸⁹

和現有電信法相比，新版電信管理法草案修正無線電頻率管理機制，既有電信法架構為釋出業務執照，頻率伴隨業務執照一同釋出；新版電信管理法草案則規範無線電頻率應經主管機關核配，並發給無線電頻率使用證明後，方可使用。監管制度已由核發業務經營執照、限定特定範圍之釋照模式，轉變為核發頻率。¹⁹⁰同時，主管機關基於促進無線電頻率有效使用，滿足資通訊服務需求之目標，得指定特定頻段供國民和諧有效使用。¹⁹¹

新版電信管理法架構下，電信事業需向主管機關申請使用無線電頻率，除繳付申請書外，尚應提供無線電頻率使用規劃書，載明採用之電信設備、系統與技術，同時規劃書內應包含網路設置計畫、頻率使用規劃構想、頻率使用應履行之事項及責任擔保和其他經主管機關指定之事項。¹⁹²

無線電頻率釋出方式則視主管機關政策目標、市場因素等考量，可採取評審制、公開招標制、拍賣制或其他適當方式。釋出頻率時也需要公告頻率用途、使用者資格限制及所負之義務或其他使用條件、限制等。¹⁹³

除此之外，新版電信管理法草案亦開放頻譜共享機制¹⁹⁴和免許可使用頻率等更具彈性之頻譜管理工具，促進頻率稀有資源之和諧、有效及公平彈性運用。

¹⁸⁹通傳會（2017），電信管理法草案總說明（報院版），頁 2。

¹⁹⁰電信管理法草案第 52 條。

¹⁹¹電信管理法草案第 52 條第 6 項。

¹⁹²電信管理法草案第 53 條。

¹⁹³電信管理法草案第 54 條。

¹⁹⁴電信管理法草案第 57、58 條。

4.3 我國政策法規與國際規管措施比較分析

4.3.1 頻譜資源規劃比較

本研究針對 ITU、歐盟 RSPG、英國及我國有關物聯網頻譜資源配置與規劃進行比較，目前歐盟與英國的行動通信業者都可運用行動網路頻譜布建物聯網。我國主管機關並未禁止電信業者運用行動網路頻譜布建物聯網，幾家電信業者包括遠傳電信、中華電信及台灣大哥大等業者均已向主管機關申請核發 040 物聯網號碼資源獲准，惟目前我國開放之物聯網應用，現階段仍以物對物通訊為主，暫不開放物對人、人對人等發展中的應用型態。有關行動網路頻譜布建物聯網之規範，則仍持續檢討、修正中。¹⁹⁵

表 6 物聯網頻譜規劃國際比較表

	歐盟(RSPG)	英國	我國
行動網路頻譜	已開放： 700MHz 、 800MHz 、 900MHz 、 1.5GHz 、 1.8GHz 、 2.1GHz 、 2.3GHz 、 2.6GHz 、 3.4- 3.6GHz	已開放： 800MHz 、 900MHz 、 1800MHz 、 2.1GHz 、 2.3GHz 、 2.6GHz 、 3.4- 3.6GHz 規劃中：700MHz	管理機制檢討中，主管機關通傳會已核發物聯網號碼供行動電信業者使用。

¹⁹⁵ 通傳會新聞稿（2017），國家通訊傳播委員會於今日審議通過首次核配 300 萬物聯網門號供遠傳電信 4G 使用，並將續行審查中華電信及台灣大哥大所提申請核配案，除整備物聯網發展所需號碼與頻段外，並已配套研修有利物聯網發展的管理規範，期全方位營造及促進臺灣物聯網發展環境，參見：

https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&is_history=0&pages=2&sn_f=37886

專用廣域網路	169.4-169.8MHz 、 410-430MHz 、 450-470MHz 、 862-868MHz 、 870-876MHz 、 915-921MHz	400MHz 870-876MHz 915-921MHz 電視空白頻段	920-925MHz 、 922-928MHz 規劃中：800MHz
專用區域網路	863-868MHz 、 868-870MHz 、 870-876MHz 、 915-921MHz 、 2.4GHz	870-876MHz 915-921MHz 電視空白頻段	
一般區域網路	2.4GHz 5GHz	2.4GHz 5GHz	2.4GHz 5GHz

資料來源：RSPG、Ofcom、NCC，本研究編修

關於專用廣域網路與專用區域網路部分，目前我國開放之物聯網免執照頻段包括 920-925MHz 及 922-928MHz。與歐洲國家相比，歐洲國家額外多出 863-876MHz 頻段與電視空白頻段，惟因我國 870-876MHz 頻段尚由第三代行動通信業者亞太電信使用中，執照使用效期將至 2018 年底，因此主管機關可於該頻段執照屆期後收回，並視市場需求，決議是否提供物聯網業者使用。至於電視空白頻段，目前該頻段於我國仍由廣電業者使用中，主管機關可視市場發展、頻譜使用效率及干擾防制等要素，決定是否開放供物聯網業者共用該頻段資源。

4.3.2 執照制度適用分析

歐盟目前已開始討論 5G 萬物聯網下，四種新興情境對監理執照制度之影響，包括巨型虛擬行動網路業者、自行組織網路狀態、更經濟之基礎設施以及垂直導向業者。

我國新版電信管理法草案之執照規管制度，已參考歐盟層級式管理及降地市場參進障礙之管制精神，從傳統特許制、許可制調整為登記制，同時，執照管理制

度也從原本核發業務執照更改為核發頻譜資源，管理機制將更具彈性，較能因應市場變動而做出調整。

以下進一步討論我國電信管理法與歐盟提出萬物聯網情境下四種新興態樣之適應狀態。

(1) 巨型 MVNO 業者 (Mega MVNO)

歐盟委託的研究機構預測，未來巨型 MVNO 業者會運用各種可能之無線網路資源，包括傳統行動網路、WiFi 服務及各種服務之網路資源提供服務。

目前我國電信管理法草案規劃未來電信事業將改採登記制，因此若有業者欲透過租借無線網路資源等方式提供服務，則可依電信管理法草案規範向行動網路業者租借行動網路，而無需受到傳統電信法需向主管機關取得特許或許可之限制。

不過，此種巨型 MVNO 的出現，仍需仰賴傳統行動業者布建的無線網路，因此租借網路之成本與議價能力、新業務開發之價值創造能力，將會決定巨型 MVNO 於市場中的存活度。

(2) 自行組織網路狀態 (SON)

未來 5G 萬物聯網情境下之 SON 機制，讓業者得依基地臺地點位置實際可用之頻率，動態組織該地區之行動網路架構，未必全然按照原有頻率配置發送訊號。而我國新版電信管理法草案第 53 條，則規範電信業者應於申請時向主管機關提交頻率使用規劃書，說明設備概況、網路設置計畫、無線電頻率使用規劃構想、無線電頻率使用應履行事項及責任擔保和其他主管機關指定之事項。

考量到未來 5G 萬物聯網情境下，業者手上擁有的頻譜資源很多，且依據頻段特性區分為低、中及高頻。為促進頻譜有效利用，建議管理上應更具彈性，使業者得依實際頻率狀態組織其網路服務。

就主管機關的角度，則可透過頻譜監測工具，例如透過資料庫方式蒐集各地區、各業者之頻譜使用狀態，避免資源閒置，同時也提升頻譜管理之透明度。

(3) 更經濟的基礎設施 (Infrastructure Economics)

未來 5G 萬物聯網情境下，業者得依其網路維運成本需求，透過動態頻譜資源共享方式，節省基地臺網路之布建成本。

我國新版電信管理法草案中，已准許行動網路業者間共享執照頻譜，因此已可實現此種情境。不過主管機關需確保消費者使用行動網路之權益，不會因業者共

享頻譜或基站共享而受到損害。因此，主管機關應定期檢視我國行動網路之覆蓋狀態、消費者可選擇之服務提供家數等競爭管制措施，以確保開放基礎設施共享後，能達到降低業者網路布建與維運成本，同時仍維持消費者有使用網路、自由選擇網路服務供應商的雙贏目標。

(4) 垂直導向（Vertically Driven）

未來 5G 萬物聯網情境下，垂直整合產業可能自行投入網路布建，提供該垂直產業之網路服務，例如車聯網、智慧運輸或智慧醫療等。服務提供不再僅限為電信業者。

由於我國電信管理法修正執照制度從特許制、許可制轉為登記制，因此對於有意以垂直整合方式提供網路服務的業者，所受之管制門檻已然降低。不過，此種垂直導向情境所受之網路訊號涵蓋規範，應與以人為服務對象的行動通信網路訊號涵蓋範圍有所差異。該種垂直整合網路應主要以物為服務提供對象，例如車聯網。或者租用對象為企業，例如智慧製造網路。

由於各種應用情境的運作方式差異甚大，因此主管機關在服務規範上，不適合以傳統規範行動網路訊號為全國地理或人口涵蓋的思維來處理垂直導向之情境，服務涵蓋規範應以關鍵目標涵蓋區域作為標準，例如車聯網規範關鍵目標區域如車站、主要道路，智慧製造則規範關鍵目標區域為廠房所在地等。

5. 結論

由於 5G 萬物聯網時代仍為現在進行式，各種新興應用和服務的出現，都可能對既有監管機制造成衝擊。我國目前正進行將電信法修正為電信管理法草案之過程，藉由執照制度的修正，應能透過更有效、彈性的管理制度因應市場快速變化需求。

在頻譜資源的供應上，我國主管機關應持續檢視頻率使用狀態與執照效期，考量區域與國際間的頻譜協同，持續釋出符合市場所需的頻譜資源，以回應高速變動、用戶高度需求的萬物聯網情境。

參考文獻

1. RSPG (2017), RSPG Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-things (IoT) including M2M, available at: https://circabc.europa.eu/sd/a/a0faa1a5-ca41-42c3-83d5-561b197419b0/RSPG17-006-Final_IoT_Opinion.pdf
2. Radio Spectrum Policy Group (2009), Radio Spectrum Policy Group Report On Assignment And Pricing Methods, available at: http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/rspg09_298_final_report_assignment_pricing_122009.pdf
3. Ofcom (2015), Promoting investment and innovation in the Internet of Things, available at: https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0025/38275/iotstatement.pdf
4. Ofcom (2017), Update on 5G spectrum in the UK, available at: https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf
5. Rysavy Research (2017), LTE to 5G: Cellular and Broadband Innovation, available at: http://www.5gamericas.org/files/6415/0282/1551/2017_5G_Americas_Rysavy_LTE_5G_Innovation_Final_for_Upload.pdf
6. ITU(2016), Emerging technologies and the global regulatory agenda, available at: http://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/GSR/Documents/ITU_EmergingTech_GSR16.pdf
7. LS Telecom, Valdani Vicari & Associati, Policy Tracker (2017), Study on spectrum assignment in the European Union, Final report, available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2388b227-a978-11e7-837e-01aa75ed71a1/language-en>
8. 交通部（2017），頻率供應計畫（修正草案）。
9. 通傳會新聞稿（2017），國家通訊傳播委員會於今日審議通過首次核配300萬物聯網門號供遠傳電信4G使用，並將續行審查中華電信及台灣大哥大所提申請核配案，除整備物聯網發展所需號碼與頻段外，並已配套研修有利物聯網發展的管理規範，期全方位營造及促進臺灣物聯網發展環境，參見：
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=8&is_history=0&pages=2&sn_f=37886

論文研討會議程

2017 台灣資訊社會研究學會年會暨學術論文研討會

場次：A3 地點：HK104 時間： 14:40~15:50

論文發表：社群媒體與世代溝通

主持人：曾淑芬 | 元智大學資訊管理學系副教授

評論人：黃心怡 | 台灣大學政治學系助理教授

- 「我寫故我在」社群媒體裡的憂鬱蹤跡
周姝菱 政治大學傳播學院傳播碩士學位學程碩士生
- 資訊的世代鴻溝？探討不同世代、政黨認同度在社群及電視上的選擇性接觸差異
張政文、吳宸樂 中山大學行銷傳播管理研究所碩士生
- 長輩「LINE」著你？！探討違反預期程度差異對 LINE 溝通滿意度的影響
廖珮羽、徐于涵 交通大學傳播研究所碩士生
- 青少年使用 LINE 與父母聯繫之益處與成本及家庭凝聚力之關聯性研究
江亦瑄 世新大學廣播電視電影學系副教授
林翠絹 政治大學廣播電視學系副教授
黃拓遠 銘傳大學廣告暨策略行銷學系辦事員

場次：A4 地點：HK115 時間： 16:10~17:20

論文發表：科技政策與產業管理

主持人：陳志成 | 元智大學資訊管理學系副教授

評論人：蔡欣怡 | 交通大學傳播與科技學系助理教授

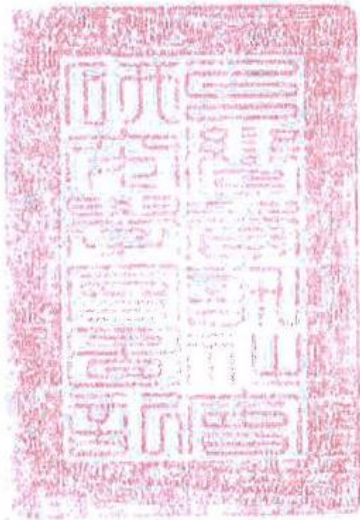
- 萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討
巫國豪 財團法人電信技術中心副研究員
- 亞洲 OTT 電視的全球化：中國大陸的全球價值鏈分析
鄭志文 靜宜大學大眾傳播學系副教授
- 中國政府對視頻網站的管制
胡瑋佳 iThome 特約記者

論文發表證明

2017 台灣資訊社會研究學會年會暨學術研討會 論文發表證明

茲證明 巫國豪

所著論文〈萬物聯網時代的頻譜整備與監理政策探討〉，通過台灣資訊社會研究學會 2017 年會「行動連結：永遠在線」之論文徵選。今年論文投稿共 64 篇論文，學生組共投稿論文全文 47 篇，22 篇入選，錄取率為 46.8%，教師組/其他身分組共投稿 17 篇，14 篇入選，錄取率為 82.3%。每篇稿件皆經 2 至 3 位學界專精於論文相關領域之教授擔任評審，以雙匿名方式審查，並經研討會論文審查委員會審議結果，於年會上宣讀發表，特此為證。



台灣資訊社會研究學會理事長

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the Taiwan Information Society Research Association.

中 華 民 國 一 〇 六 年 十 一 月 十 一 日