

國家通訊傳播委員會

「數位經濟下我國物聯網及 5G 發展整體監理 政策研析」委託研究採購案

期末報告

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國 108 年 01 月 23 日

107 年委託研究報告

GRB 系統編號：PG10703-0293

**「數位經濟下我國物聯網及 5G 發展整體監
理政策研析」委託研究採購案
期末報告**

受委託單位

台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司

計畫主持人

陳志仁

研究人員

王懷賢、莊珮琪、莊雅喬、周竹翎

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國 108 年 01 月

全文摘要

物聯網技術發展時間較早，隨設備佈建之普及、已陸續有各項商業服務開始提供；另在 5G 部分，自 2018 年開始，已陸續有國家完成 5G 頻譜釋照或預計於 2019 年、2020 年釋照，釋照及監理相關機制包含共享之推動、覆蓋義務設定、垂直場域服務模式等，亦是各國討論重點，隨技術標準之成熟，物聯網及 5G 產業將加速發展，因此需持續關注國際發展動態及我國產業需求。研究團隊主要透過標竿調研方式，調研英、德、美、日、韓、中、星等國物聯網及 5G 技術、應用、監理發展趨勢，並透過訪談及座談會等方式，掌握我國發展需求，以提出適合我國物聯網及 5G 產業發展及監理政策。

在物聯網部分，由於發展已相對成熟，目前國際上討論較多，主要係著重在物聯網資安議題的強化，由於物聯網設施數量的大幅增加，但是因為單一感測設備價格低廉、生產廠商品質不一，因此容易成為資安的漏洞。國際上多透過提供資安指南、設備資安檢驗、以法規規範禁止使用相同預設密碼等措施，來改善物聯網資安品質。而我國現亦已有經濟部工業局及國家通訊傳播委員會共同發起「物聯網資訊安全標章認證計畫」，進行物聯網設備驗證。

在 5G 發展議題部分，現各國主要在進行頻譜規劃及釋照作業的執行，或透過試驗計畫方式，進行各種創新服務之早期測試。我國現亦已初步完成潛在釋出頻段規劃，預計有 3.5GHz 頻段共 270MHz、28GHz 頻段共 2500MHz。本次釋照中垂直場域服務被視為重要議題，從相關法規來看，未來垂直服務業者可透過競價、租用、MVNO 方式取得資源，亦有可能規劃專用頻段以促進產業發展。針對釋照及監理機制部分，研究團隊建議仍持續推動被動式共享以促進業者建設，為順利完成效率釋照，沿用兩階段 SMRA 小區塊虛擬位置競價，為可能之方式，但因本次釋照區塊數較多，且 3.5GHz 預定釋出頻段的鄰頻亦有可能作垂直場域專用頻譜，因此大區塊、實際位置的方式，仍亦納入探討當中；競價機制部分，若欲加快競價效率、降低業者因競價標的數量多而產生出價作業困難，則可能由 SMRA 改為 CA 機制進行拍賣。覆蓋義務上，由於目前 5G 商業模式未明，且釋出頻段較高，不適合設定覆蓋義務，以免影響業者建設意願。

關鍵詞： 物聯網、5G、創新服務模式、基礎設施共享、電信監理

Abstract

As the technology of IoT and 5G evolve with the popularization of IoT device, several commercial services have been released. Meanwhile, some countries have completed the 5G spectrum releases in 2018, while others have planned to do so in the years to come. In addition to the auction mechanism, network coverage requirements, industrial vertical service model and network sharing regulation are also issues discussed among benchmark countries.

In order to provide the appropriate suggestions for IoT and 5G development in Taiwan, we need to keep track of both global trend and local needs. The research team has adopted benchmark study and also held two forums and several interviews. UK, USA, Germany, Japan, Korea, Singapore and China are the main research targets. The latest IoT and 5G developing and regulatory strategies have been collected and analyzed.

With regard to IoT, the information security issues have been on the table internationally. As the number of IoT devices rises, the devices have become vulnerable to cybersecurity attacks due to poor quality of sensors. To improve the IoT information security, issuing information security guidelines, conducting information security inspection on equipments are the most common strategies recently. In Taiwan, NCC and the Industrial Development Bureau have also jointly promoted “the IoT information security verification program” for the equipment security certification.

With regard to the 5G development, spectrum release has been under progress among many countries with test plans for innovation services. Taiwan has planned to release 270MHz spectrum in 3.5GHz as well as 2500MHz spectrum in 28GHz. Industrial vertical services model has been an emerging issue for 5G development. Currently, Industrial vertical service provider could get access to spectrum by joining the bidding or being an MVNO vendor. To assign a dedicated spectrum for industrial vertical service usage or not is also a topic undergoing.

Other 5G managing issues are discussed below. The research team recommends facilitating the passive infrastructure sharing for reducing cost for 5G network

deployment. In order to achieve efficient spectrum release, the two-stage SMRA auction with small and virtual blocks adopted last time could be a default mechanism. Nonetheless, due to the large number of blocks available, along with the possibility of adjacent spectrum to the 3.5GHz block used for the industrial vertical services, the auction format with large blocks is still under consideration. On the other hand, the SMRA format may still be shifted to CA in order to speed up the auction process. In terms of coverage obligation, the team concludes that it is unsuitable to make such obligations due to the uncertainty of 5G commercial development status, and because of the physical limitation of 3.5GHz and 28GHz. A serious coverage obligation might affect the capability of MNO to deploy 5G network.

Key words : IoT, 5G, Business model innovation, Infrastructure sharing,
Telecommunications regulations

目次

全文摘要.....	V
ABSTRACT.....	VI
目次.....	8
表次.....	9
圖次.....	10
第 1 章 研究計畫背景與目的.....	16
第 2 章 物聯網國際發展追蹤.....	22
第 3 章 5G 技術及應用發展.....	65
第 4 章 標竿國家 5G 發展政策.....	97
第 5 章 電信服務及業者合作模式發展	151
第 6 章 我國物聯網及 5G 政策發展建議.....	179
第 7 章 結論.....	206
附件 1 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會紀錄	208
附件 2 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會紀錄	212
附件 3 期中審查意見回覆表.....	218
附件 4 期末審查意見回覆表.....	225
參考書目	239

表次

表 1-1 期末成果對應表	20
表 2-1 各國物聯網政策及監理分工	62
表 3-1 3GPP 新興定義 NR 頻段－我國既有 3G 或 4G 頻段.....	68
表 3-2 3GPP 新興定義 NR 頻段－SUB-6GHz 頻段	69
表 3-3 3GPP 新興定義 NR 頻段－ABOVE-24GHz	70
表 3-4 跨頻非連續載波聚合頻段.....	71
表 3-5 同頻連續載波聚合頻段.....	72
表 3-6 各國主要發展頻段	72
表 3-7 5G 應用情境傳輸需求.....	82
表 3-8 VERIZON 5G HOME 相關資訊	87
表 3-9 日本 2017 年起 5G 綜合實證試驗	90
表 4-1 OFCOM 5G 頻譜規劃	99
表 4-2 歐美地區 5G 頻譜釋照規劃	109
表 4-3 亞洲地區 5G 頻譜釋照規劃	110
表 4-4 澳洲 3.6GHz 競標結果	124
表 4-5 FCC 開放毫米波頻段	125

圖次

圖 1-1 本計畫工作項目架構	18
圖 1-2 研究進度甘特圖	19
圖 2-1 世界 IoT 設備數量之推移與預測	22
圖 2-2 各國物聯網頻段規劃.....	23
圖 2-3 物聯網技術比較.....	24
圖 2-4 LPWAN 技術比較	25
圖 2-5 國際物聯網網路商轉現況.....	25
圖 2-6 通訊技術發展趨勢.....	26
圖 2-7「資料主導的社會」城市治理未來趨勢	27
圖 2-8 M2M 應用服務之所需傳輸速率	28
圖 2-9 英國物聯網專案內容.....	29
圖 2-10 英國網路安全管理架構.....	30
圖 2-11 物聯網行為準則	32
圖 2-12 德國數位化策略內容.....	34
圖 2-13 德國數據保護監理架構.....	35
圖 2-14 美國物聯網發展綠皮書內容	37
圖 2-15 美國廢止網路中立性.....	38
圖 2-16 美國物聯網監理各機關分工.....	41
圖 2-17 美國物聯網監理立法進度.....	42
圖 2-18 日本世界最先端 IT 國家創造宣言對應組織	43
圖 2-19 各物聯網情境資訊安全評估	44
圖 2-20 自動駕駛車之裝載媒體顯示內容	45
圖 2-21 交通 BIG DATA 活用現況與重點行動方案.....	46
圖 2-22 日本農業 IoT 應用概念圖	46
圖 2-23 日本 NTT DOCOMO 物聯網計費新方案	47
圖 2-24 日本物聯網安全綜合措施	48
圖 2-25 日本 IoT 推進協會架構.....	49
圖 2-26 韓國開放式創新	50
圖 2-27 韓國 SKT 物聯網計費方案.....	51
圖 2-28 韓國物聯網用戶數	52

圖 2-29 KISA IoT 產品認證標章	54
圖 2-30 推進 NB-IoT 建設發展通知內容	56
圖 2-31 中國物聯網監理各機關分工	57
圖 2-32 2018 中國物聯網安全白皮內容整理	58
圖 2-33 INFOCOMM MEDIA 2025 的基礎建設.....	59
圖 2-34 新加坡「智慧國家 2025」計畫.....	61
圖 3-1 5G 通訊之潛在核心技術、特性與應用	65
圖 3-2 ITU-R 之 5G 標準進程.....	66
圖 3-3 3GPP 之 5G 標準化制定時間表	67
圖 3-4 5G 低中高頻頻譜混和布建服務策略.....	73
圖 3-5 非獨立與獨立組網發展.....	74
圖 3-6 非獨立與獨立組網佈署選項.....	75
圖 3-7 SDN 網路架構圖	76
圖 3-8 網路切片技術.....	77
圖 3-9 多接取邊緣計算技術	78
圖 3-10 免執照頻段提供 LTE 服務之技術	80
圖 3-11 免執照 LTE 相關監理措施	81
圖 3-12 V2X 技術比較	83
圖 3-13 局部網路分散式計算與應用架構	84
圖 3-14 英國薩里大學高速移動下 4K 影像傳輸測試	85
圖 3-15 無人機於多元應用領域之潛在用途	88
圖 3-16 美國無人機領域開拓者計畫.....	89
圖 3-17 SOFTBANK 卡車列隊行走測試	91
圖 3-18 SOFTBANK 卡車列隊行走測試	92
圖 3-19 2018 年 5G 綜合實證計畫	93
圖 3-20 韓國平昌冬奧 5G 展示內容.....	94
圖 3-21 華為 5G 導盲頭盔概念.....	95
圖 3-22 NASA 無人機測試頻段.....	96
圖 4-1 5G 市場預估.....	97
圖 4-2 5G 應用情境傳輸需求.....	98
圖 4-3 英國 3.8-4.2GHz 頻譜現況	100

圖 4-4 德國 5G 發展政策.....	102
圖 4-5 德國 5G 應用領域.....	103
圖 4-6 先進無線通信研究計畫	104
圖 4-7 「次世代行動服務實現計畫」之九大領域	105
圖 4-8 韓國 5G 頻譜與網路建設發展規劃.....	106
圖 4-9 中國 5G 發展政策.....	107
圖 4-10 新加坡 5G 發展時間表及公眾諮詢內容	108
圖 4-11 愛爾蘭 3.6GHz 頻段釋出規劃	111
圖 4-12 愛爾蘭 3.6GHz 頻段拍賣結果.....	112
圖 4-13 英國 2.3/3.4GHz 頻譜釋出規劃	113
圖 4-14 英國 2.3/3.4GHz 頻段拍賣結果	114
圖 4-15 韓國 5G 首波頻段釋出規劃	115
圖 4-16 韓國 5G 首波頻段釋照設計.....	117
圖 4-17 韓國 5G 首波頻段釋出拍賣結果.....	118
圖 4-18 義大利 5G 頻段拍賣結果.....	119
圖 4-19 義大利 5G 頻段拍賣結果.....	120
圖 4-20 義大利 3.7GHz 區塊劃分方法設計原因	120
圖 4-21 義大利業者建設義務.....	121
圖 4-22 澳洲 3.6GHz 頻段釋出規劃.....	123
圖 4-23 美國 24、28GHz 釋出規劃	126
圖 4-24 美國 24GHz 業者投標示意圖	128
圖 4-25 美國 CLOCK AUCTION 機制	129
圖 4-26 美國 CLOCK AUCTION 機制範例	130
圖 4-27 中國 3000-5000MHz 釋出規劃及干擾管理措施	133
圖 4-28 中國 5G 中頻試驗頻率使用許可釋出結果	134
圖 4-29 日本 3.4GHz 共享釋出前準備.....	135
圖 4-30 日本 3.4G 頻段分配結果	136
圖 4-31 日本中頻段 5G 潛在頻譜	137
圖 4-32 日本預定 2019 年 3 月指配頻譜	138
圖 4-33 新加坡 5G 發展時間表及公眾諮詢內容	139
圖 4-34 各國 3.5GHz 拍賣競爭情形整理.....	140

圖 4-35 各國 26/28GHz 拍賣競爭情形整理.....	141
圖 4-36 IMAGINE COMMUNICATIONS 簡介	142
圖 4-37 AIRSPAN NETWORKS 簡介	142
圖 4-38 FASTWEB S.P.A.簡介	143
圖 4-39 香港 5G 頻譜釋照規劃.....	144
圖 4-40 芬蘭頻譜釋照規範與結果.....	145
圖 4-41 國際 5G 釋照垂直應用專用頻段規劃案例.....	146
圖 4-42 奧地利 3.6GHz 釋照規則	148
圖 4-43 奧地利 3.6GHz 得標業者建設義務整理	150
圖 5-1 MICRO OPERATOR 的特性與應用	151
圖 5-2 PRIVATE NETWORK 網路架構圖	152
圖 5-3 PRIVATE NETWORK 網路應用領域	153
圖 5-4 智慧城市應用技術和測試主題.....	156
圖 5-5 MVNO 分類方式	157
圖 5-6 GSMA 對 MVNO 分類方式及各類網路數占比	158
圖 5-7 國際 MVNO 發展趨勢	159
圖 5-8 PROJECT FI 收費機制.....	160
圖 5-9 日本業者進入 MVNO 事業策略.....	161
圖 5-10 日本朝向 FULL MVNO 開放之進程	162
圖 5-11 LINE MOBILE 計費方案	163
圖 5-12 各類 MVNO 業者未來發展趨勢.....	164
圖 5-13 新型 MVNO 業者案例.....	165
圖 5-14 基礎建設共享分類.....	166
圖 5-15 基礎建設共享效益.....	167
圖 5-16 日本對偏鄉建設的補助內容.....	168
圖 5-17 日本共享—JTOWER.....	169
圖 5-18 基礎建設共享—中國鐵塔公司	170
圖 5-19 共享頻譜國際開放情形	171
圖 5-20 香港基礎建設共享—和記電訊與香港電訊.....	172
圖 5-21 瑞典網路共享	174
圖 5-22 芬蘭業者頻譜共享—SONERA 與 DNA 共享案例	175

圖 5-23 頻譜共享使用者分級	176
圖 5-24 動態 SAS 頻譜共享管理系統概念	177
圖 6-1 物聯網及 5G 發展現況比較	179
圖 6-2 我國物聯網及 5G 政策發展議題	180
圖 6-3 我國關鍵資訊基礎設施管理架構	181
圖 6-4 我國物聯網資訊安全認證標章制度整理	182
圖 6-5 行動寬頻業務管理規則與物聯網及 5G 發展相關條文	183
圖 6-6 各國 5G 發展進程彙整	184
圖 6-7 我國頻譜釋照規劃	185
圖 6-8 我國潛在 5G 首波釋出頻譜	186
圖 6-9 各國 5G 重點發展應用情境	187
圖 6-10 2025 年新應用服務市場成長機會	188
圖 6-11 垂直場域服務業者可能頻譜取得途徑	190
圖 6-12 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會討論議題	191
圖 6-13 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會電信業者意見	192
圖 6-14 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會其他業者意見	193
圖 6-15 我國釋照機制設計重點討論議題	194
圖 6-16 共享與漫遊機制比較	195
圖 6-17 釋照效率關鍵因子	196
圖 6-18 SMRA 與 CA 機制比較	197
圖 6-19 小區塊頻譜上限及大區塊設計影響分析	199
圖 6-20 競價期程影響關鍵因子	199
圖 6-21 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會討論議題	200
圖 6-22 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會業者對 5G 發展需求意見彙整	201
圖 6-23 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會業者對 5G 頻譜拍賣設計關鍵要素彙整	202

圖 6-24 我國 5G 首波釋照機制重點建議.....	204
圖 6-25 我國 5G 發展重點政策建議.....	205

第1章 研究計畫背景與目的

第一節 計畫背景

技術的演進，往往是推動產業及社會前進的最大動力之一，行動通信技術約每十年會有一新技術之普及，由 2G 發展至 4G 大抵符合此發展趨勢。但未來行動通信技術發展願景，除提供更高速的傳輸能力外，通訊溝通之主體，已由傳統人與人間拓及至以物為主體的物聯技術，如次世代通訊技術 5G、或由既有技術延伸作物聯使用的 NB-IoT、LTE-M 等。透過大量聯網裝置的佈建及溝通網路的完善，在真實世界中會有更多資料被蒐集，另由於聯網設備量之大幅成長、更加速蒐集資料量的成長。物聯時代，將成為一以資料為主導力量的社會，各產業之服務情境、商業模式也將具有更多創新之可能性。

5G 技術目標，除大量聯網裝置型的應用外，亦有超高速傳輸、高可靠低延遲等情境，具備高度未來發展性，為取得 5G 市場之先機，各大廠商、各大組織與許多國家近年無不積極投入 5G 技術之研究與規格之推動，各項技術規格制定也將陸續完成確認。2017 年 12 月底，3GPP 即已經通過非獨立組網標準，有利於整體商用 5G 網路之佈建推進。隨技術標準之成熟，各國政府也開始積極探討由國家發展角度，5G 之重點應用情境，預計於 2020 年前後，即會有實際 5G 商轉網路案例發生，逐步進入 5G 時代。

雖物聯網與 5G 尚在發展階段，因此各國政府以產業推動而非監理管制角度居多，但隨物聯網設備佈建之普及、商業服務開始提供，各國主管機關開始逐步檢視現行監理制度之適切性，另資訊安全及資料保護措施亦逐漸受到各國電信主管機關關注；5G 發展部分，各國政府現多積極準備頻譜之釋出，部分國家如韓國即將於 2018 年完成首波 5G 頻譜釋出，相關頻譜釋照之規劃及執行結果亦值得我國持續關注，各國監理機關為促進 5G 建設之普及，日本、韓國、德國皆有討論到被動式基礎設施進行共享之可能性，以支應未來 5G 大量小型基地臺及光纖網路之佈建需求。隨技術標準之成熟，預期今年物聯網及 5G 產業皆將快速成長，需持續關注國際發展動態及我國產業需求，以即時提出適切之我國物聯網及 5G 產業發展及監理政策。

第二節 計畫目的

本計畫研究目的主要有三項：

1. 透過國際標竿調研，掌握最新物聯網及 5G 技術標準發展現況。
2. 透過國際標竿調研，掌握各國政府近年物聯網及 5G 發展策略及重點應用情境內容，及產業面物聯網及 5G 實際測試應用情境內容。
3. 透過專家座談會掌握我國電信產業發展需求，並參酌國際標竿案例發展趨勢，提出我國物聯網及 5G 產業發展及監理政策發展建議。

研究團隊預期透過本次研究計畫，除協助主管機關掌握國際發展趨勢，更透過與產業密切的互動，與主管機關共同提出符合我國物聯網及 5G 發展需求之策略，除須確保監理機關應盡之責，同時也扮演產業促進者角色。

第三節 計畫架構

本計畫主要分為分為三大區塊，一是於 Task 1 至 Task 3 透過國際調研掌握國際發展趨勢及我國潛在發展課題；二是透過 Task 4 將國際調研結果與研究團隊對我國發展假設，與產官學界進行交流以蒐集我國發展意見；最後於 Task 5 彙整相關資料及產業意見，提出我國政策建議。

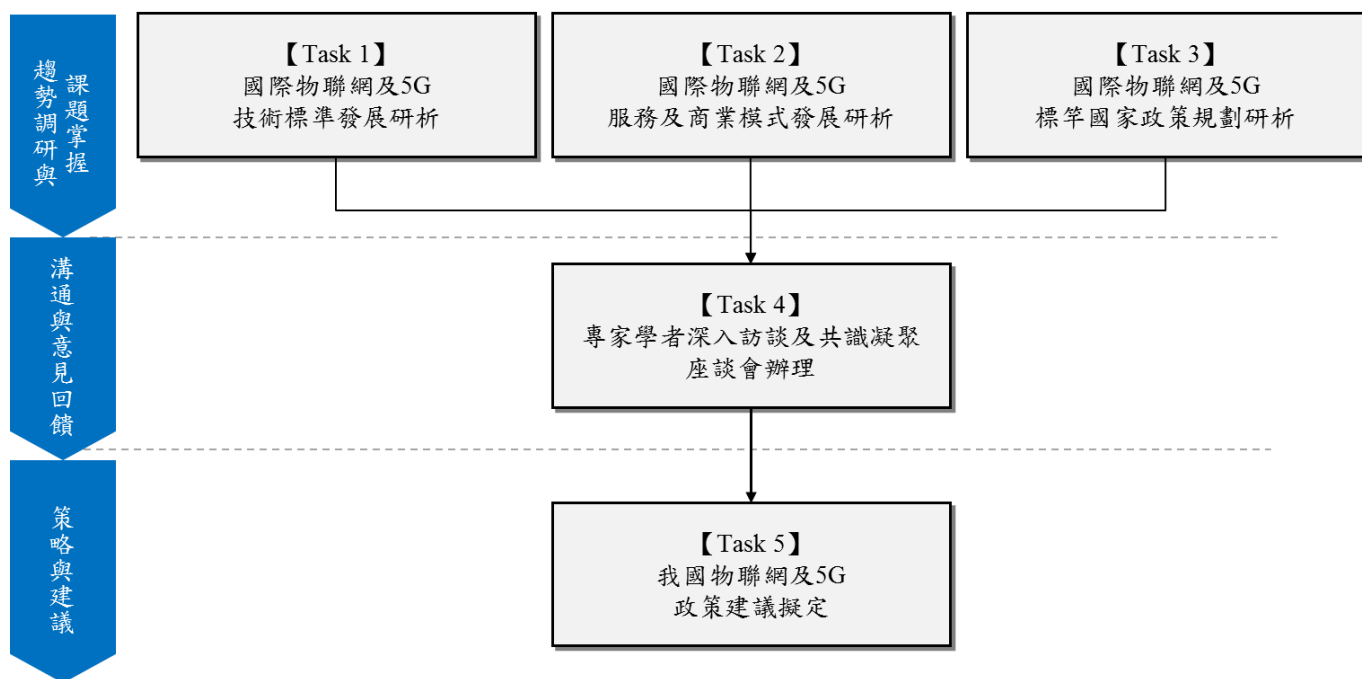


圖 1-1 本計畫工作項目架構

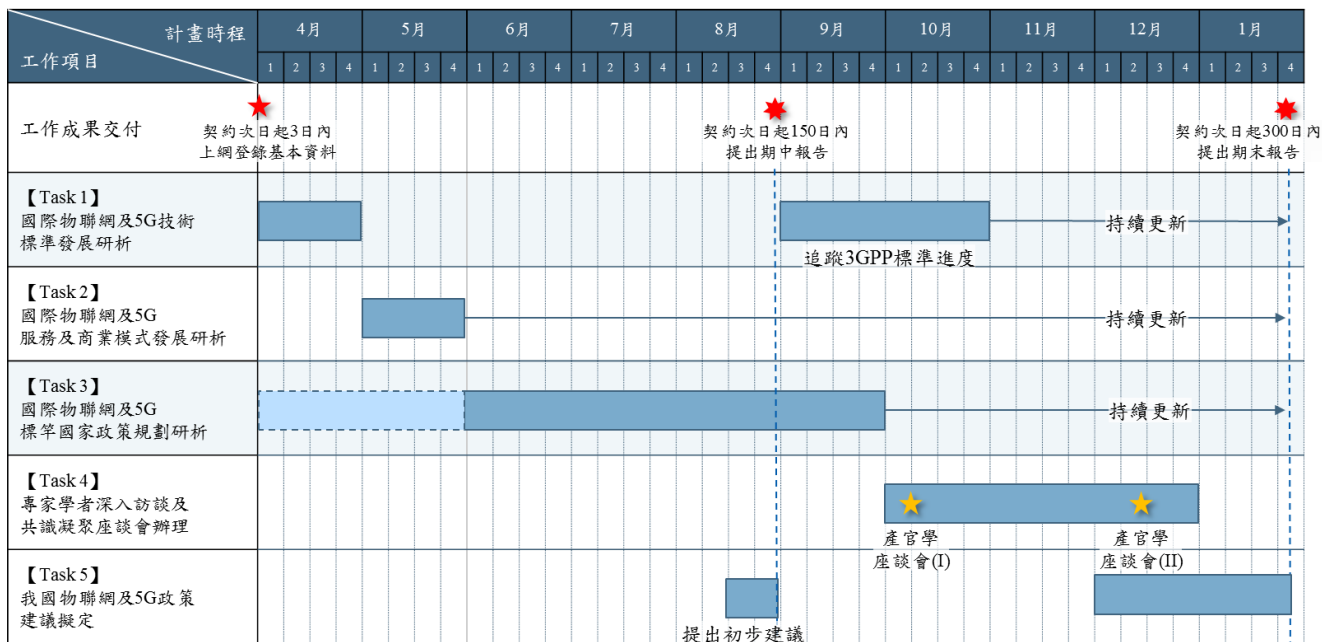
資料來源：研究團隊製作

第四節 進度說明

(一) 整體進度甘特圖 (Gantt Chart)

針對物聯網及 5G 相關議題，研究團隊於期中報告，已完成初步整體技術標準發展、服務及商業模式、國家政策規劃調研工作，並提出我國發展初步假設。期中報告後除根據委員意見進行調整修正，並開始透過訪談及座談會和產官學界進行交流，於 2018 年 10 月 11 日舉辦「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會、2018 年 12 月 13 日舉辦「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會。並也持續追蹤各議題，如標準制定、各國釋照規劃與執行發展，以完善對我國之政策建議，整體進度如下圖所示。

圖 1-2 研究進度甘特圖



資料來源：研究團隊製作

(二) 工作項目執行現況

依契約規範，於期末報告時針對本案計畫書委託辦理工作項目第一點至第五點進行資料更新、建議提供，並將工作項目第六點中兩場座談會紀錄納入於報告中。針對各工作項目執行成果及章節對應如下表整理。

表 1-1 期末成果對應表

工作項目	對應章節
一、蒐集並分析世界主要國家（包含但不限於英國、德國、美國、日本、韓國、中國大陸、新加坡）主管機關對於物聯網及 5G 服務之政策規劃、方向及其考量因素，包含： (一) 政府規劃及討論之物聯網及 5G 使用頻段。 (二) 政府規劃推動物網聯及 5G 之時程。 (三) 政府隨技術演進仍規定行動通訊業者應負擔之義務（如通訊監察、緊急電話）、放寬之管制及新增之要求。 (四) 政府對物聯網及 5G 技術於民生各領域與市場競爭、秩序（如金融、工業、農業、通訊傳播、資通安全、個資保護、公平交易等）可能產生影響之因應規劃，及各部門間之合作與分工。	第 2 章第 1 節 第 2 章第 3 節 （物聯網） 第 4 章 （5G）
二、蒐集與瞭解世界主要國家及市場之物聯網及 5G 產業發展，包含： (一) 國外電信事業（如美國 Verizon、韓國 KT、日本 NTT DOCOMO）對物聯網及 5G 服務之測試及規劃。 (二) 國內外政府機關及民間組織對物聯網及 5G 服務可創造出之新商業模式（如微業者等）及應用場景（如追蹤定位、遠端監測等）之規劃及遠景。	第 2 章第 2 節 （物聯網應用） 第 4 章第 1 節 （應用場景） 第 3 章第 2 節 （服務測試） 第 5 章 （微業者、私有網路、MVNO）
三、世界主要國家物聯網及 5G 政策分析，分析其政策目標差異、發展分析(說明發展趨勢)、現行監理法規、新興服務型態、瞭解其政策規劃程序並蒐集各國關鍵議題。	第 2 章第 3 節 （物聯網）

	第 4 章第 1 節 (5G)
四、蒐集物聯網及 5G 之國際技術標準發展趨勢資料，包含： (一) 物聯網各項技術（包含電信級及非電信級）之介紹與分析。 (二) 國際標準化組織（如 ITU 或 3GPP 等）對 5G 網路已定案或仍在規劃中之定義、技術標準（空中介面應包含非獨立式及獨立式 5G NR）、網路架構及基地臺建置型態。 (三) 目前 5G 服務可能納入之各項技術（如毫米波通信、載波聚合、動態頻譜共享（如 LTE-U、LWA、LAA 等）、邊緣運算、SDN、網路虛擬化（如 NFV、網路切片等）等）之介紹與分析。	第 2 章第 1 節 (物聯網) 第 3 章第 1 節 (5G)
五、提供我國物聯網及 5G 發展政策之具體建議，包含： (一) 我國物網聯及 5G 可能應用場景及遠景之擘劃。 (二) 我國物網聯及 5G 關鍵策略目標之建議。 (三) 我國物網聯及 5G 推動措施（如引導投資、降低建設成本等）及規劃期程之政策建議。 (四) 物聯網及 5G 技術對八大關鍵基礎設施（能源、水資源、通訊傳播、交通、銀行與金融、緊急救援與醫院、中央與地方政府機關、高科技園區）及物聯網對資通安全與個資保護之影響研析，以及政府各部會之網路治理應對政策建議。 (五) 我國因應物網聯及 5G 服務之行動網路監理建議。 (六) 我國物聯網及 5G 於數位通訊傳播法草案及電信事業管理法草案之適用，及因應未來新興服務型態（含網路層與應用層）可能面臨之法規修訂建議。	第 6 章
六、舉辦至少 2 場次座談會 瞭解專家學者、電信業者、公協會或消費者團體等單位，針對受委託研究單位之初步調查與分析結果，以及我國物聯網及 5G 發展整體監理政策之意見，並綜整意見供本會參考。	附件 1 附件 2 (會議記錄) 第 6 章第 3 節 第二、三段 (意見研析)

資料來源：研究團隊製作

第2章 物聯網國際發展追蹤

第一節 物聯網技術及頻段發展

日本總務省發布之 2018 年（平成 30 年度）「平成 30 年版情報通信白書」中，對世界未來聯網設備數量之統計推估，自 2015 年到 2020 年，將會由 205 億個增加至 403 億個設備，以 15.4% 之年複合成長率快速成長。

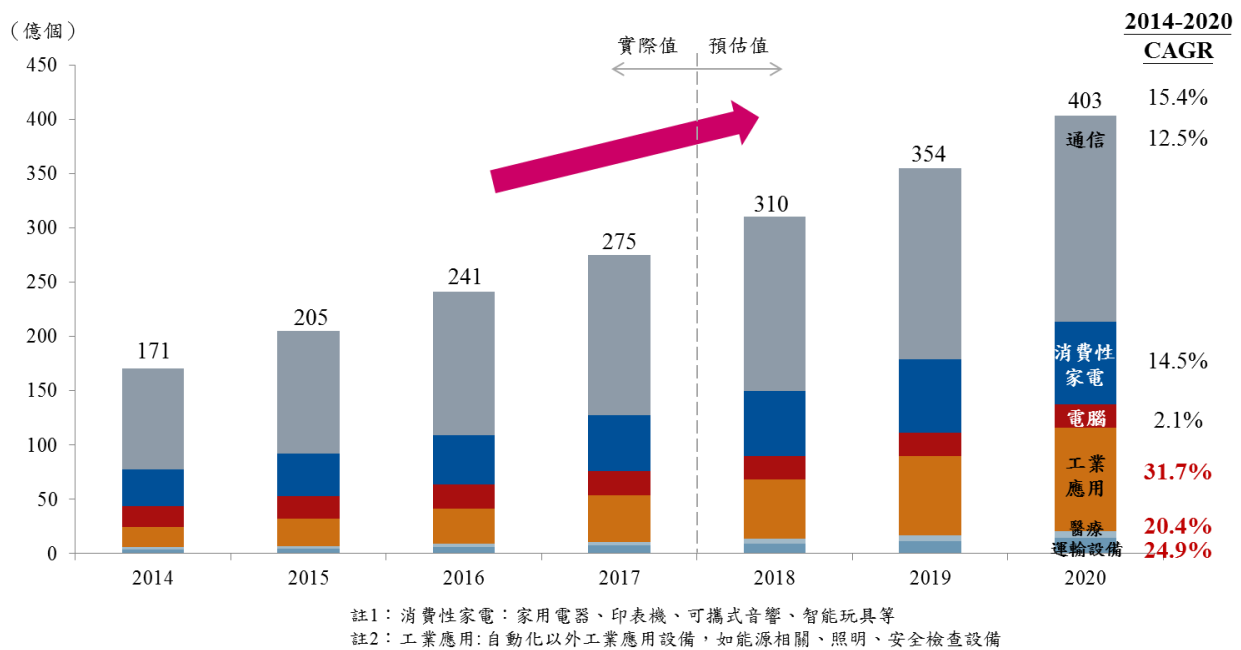


圖 2-1 世界 IoT 設備數量之推移與預測

資料來源：總務省「平成 30 年版情報通信白書」，研究團隊製作

為滿足物聯網需求，各國在規劃物聯網頻段，現多使用低頻（Sub-1GHz）之頻段，以提供較大覆蓋能力，其中以 700—900MHz 頻段使用最為廣泛，我國現也規劃有 920—925MHz 頻段，作為免執照物聯網應用。

	國家	頻譜規劃
Region 1	歐盟	• 733-736、788-791 • 863-870、870-876
	英國	• 55-68、70.5-71.5、80.5-81.5 • 400、870-876、915-921
Region 2	美國	• 902-928
Region 3	日本	• 73、315、350、400、426-429、449、469 • 755-765(ITS使用)、916.5-927.5
	韓國	• 262-264、917.5-923.5
	新加坡	• 88-108、146-149.9、174-230、235-300、300-328.6 • 470-494、866-869、920-925

*標色字體表位於700-900MHz頻段

圖 2-2 各國物聯網頻段規劃

資料來源：研究團隊製作

有鑑於物聯網之快速發展及潛在商機，除免執照頻段外，利用既有電信設備、頻段發展物聯網之 NB-IoT 技術，也是後續物聯網可能發展之進程，尤其既有業者可快速跨入提供服務，更加速整體之發展。目前 NB-IoT 所使用之頻段，以 2GHz 以下的頻譜為主要的潛在頻段，除 Sub-1GHz 等低頻頻段（700、800、900MHz），亦包含部分中頻的商用頻譜（ex：Band 1、2、3），我國現釋出的有 700MHz 的 Band 28、900MHz 的 Band 8、1800MHz 的 Band 3、2100MHz 的 Band 1，均具有發展 NB-IoT 之潛力。

廣義的物聯網技術，只要設計用來作為物與物間之溝通聯繫即可稱為物聯網，包含過去的各種區域網路技術，用來提供小範圍內的群集連結，包含 RFID、藍芽、紅外線、Wi-Fi、Zigbee 等；但近年論及物聯網，主要是指提供廣域覆蓋、更大量聯網裝置溝通之技術，如：TVWS、LoRa、Sigfox、甚至是既有之 2G/3G/4G 技術，即快速崛起之 NB-IoT、5G 技術。物聯網技術之整理如下圖所示。

	區域網路 Local Area Network		廣域網路 Wide Area Network	
傳輸範圍	小範圍，群集連結		主要以低頻頻譜達成大範圍覆蓋	
技術	RFID	藍芽 Bluetooth	TVWS	LoRa
	紅外線	Wi-Fi	Sigfox	2G, 3G, 4G
	Zigbee	IEEE 802.15.6	NB-IoT	5G

圖 2-3 物聯網技術比較
資料來源：研究團隊製作

近年討論最熱門之廣域低功耗網路（Low Power Wide Area Network, LPWAN）技術，應用情境主打低傳輸率、及低耗電感測器的情境，網路設計則需要能提供大量節點的連結，初期多以低頻免執照頻譜，提供低成本大範圍的傳輸網路。現主要有 LoRa 和 Sigfox 技術，以免執照頻譜進行佈建，LoRa 挾各領域大廠聯盟包含 IBM、Cisco、Semtech、Microchip 優勢逐步完善生態系、並以開源軟體方式釋出相關介接介面，供裝置商開發產品，其技術宣稱可提供大於 20 公里之傳輸距離、超過 10 年之設備電源年限，現於美國已有超過 100 個城市完成網路布建、國際上也已有 17 個以上國家、120 個城市佈建案例。Sigfox 則為法國新創公司，希望能以其標準技術頻段，於全球建立網路、成為全球性物聯網營運商，目前於各國透過自建網路，或和既有電信業者合作方式，也已於 32 個以上國家完成網路佈建，於 2017 年 6 月也以台灣優納比（Unabiz）名義，獲得通傳會核發「網際網路接取一般二類電信執照」，將開始於全台進行網路佈建，並以二類電信業者身分提供網路接取服務。主要 LPWAN 技術如下圖整理。

	LoRa	Sigfox	NB-IoT	LTE Cat M1
發展年份	2015年	2009年	2016年	2016年
頻譜需求	歐規:433、868MHz 美規:915MH	歐規:868MHz 美規:915MH	利用既有頻段 (以700-900MHz為主)	利用既有頻段 (以700-900MHz為主)
頻寬需求	125KHz	0.1KHz	200KHz (HD-FDD)	1.4MHz (HD-FDD、FDD、TDD)
傳輸速率	300bps~50kbps	100bps	~50kbps	~375Kbps(HD-FDD) ~1Mbps(FDD)
技術特性	採星狀拓譜，終端設備和Gateway連結，Gateway再和伺服器連結，網路布建較為彈性	通訊協定精簡：每天最多140個訊息，每個訊息最長12bytes（總封包為26bytes）、且無需額外控制信號，因此也較為省電	Rel-14中增加定位、廣播(Multicast)等功能。並提升傳輸速率、及對移動性的支援。	- 支援VoLTE - 支援移動性和服務連續性功能

* LPWAN: Low Power Wide Area Network

圖 2-4 LPWAN 技術比較

資料來源：研究團隊製作

電信級物聯網技術 NB-IoT 和 LTE-M 普及快速；截至 2018 年 8 月，國際上共有 78 個物聯網商轉網路，NB-IoT 於 30 個國家有 59 個商轉網路、LTE Cat-M1 於 14 個國家有 19 個商轉網路。其中，有 13 個國家同時具有 LTE-M 和 NB-IoT 商轉網路。下圖標示各國佈建物聯網商轉網路業者，一般字體代表佈建 NB-IoT 業者，以方框標明代表佈建 LTE-M 業者，畫底線標明則代表同時佈建兩種技術業者。NB-IoT 商轉案例多分布於歐盟以及亞洲地區，LTE-M 商轉案例則主要分布於北美洲及東亞、南亞地區。

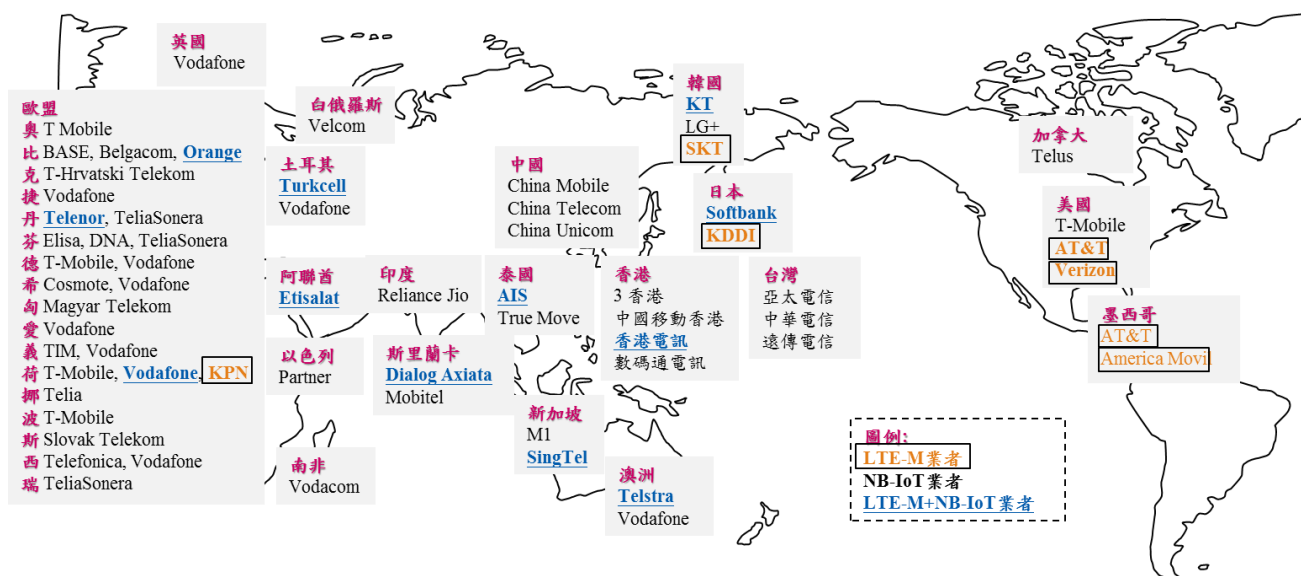


圖 2-5 國際物聯網網路商轉現況

資料來源：GSA 公開資料，研究團隊製作

第二節 物聯網應用發展

論及過去無線行動通訊技術之發展，自最早期第一代行動通信技術 AMPS/TACS，約每十年會有一新技術之普及，近年在使用的技術有 GSM/GRPS/EDGE (2G)、UMTS/HSPA (3G)、LTE/LTE-Advanced (4G) 等，但未來發展之趨勢，除提供更高速的傳輸能力外，通訊溝通之主體，以自人與人間拓及至以物為主題的物聯技術，在此情境之下，不管是次世代通訊技術 5G、或由既有技術延伸作物聯使用的 NB-IoT，都將以大量聯網裝置之情境進行相關標準、規格制訂。

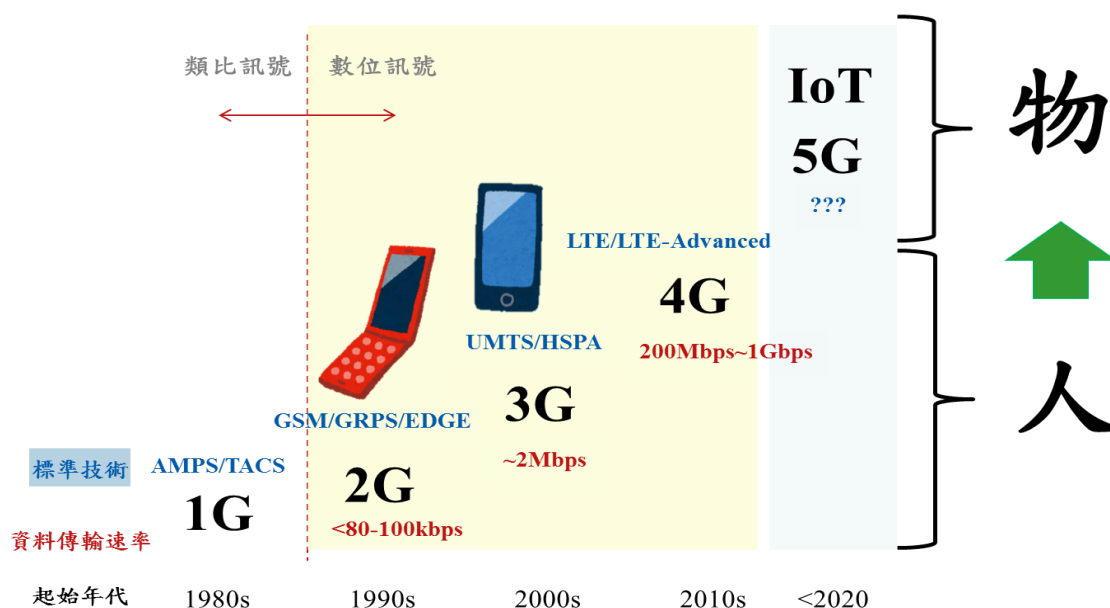


圖 2-6 通訊技術發展趨勢

資料來源：研究團隊製作

透過大量聯網裝置的佈建及溝通網路的完善，在真實世界中會有更多的動態/靜態、即時/非即時資料被蒐集、回傳彙整至網路世界，由於設備量之大幅成長、回傳的資料量也十分驚人，若能結合大數據分析技術、人工智慧技術進行分析，則有利於資料價值之發掘，並藉此於各領域激發創新解決方案。物聯時代，基於通訊技術開始支撐大量聯網裝置、可蒐集更多元的資料、可即時與各類型聯網裝置進行即時溝通，未來將成為一以資料為主導力量的社會，各產業之服務情境、應用情境也將具有更多創新之可能性。

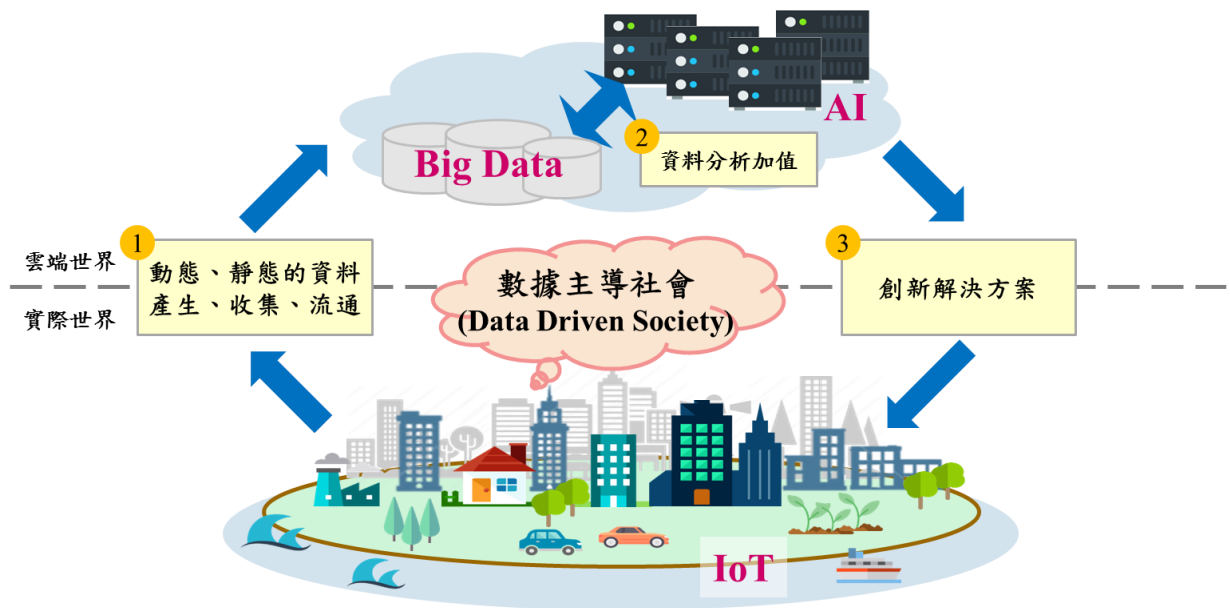


圖 2-7 「資料主導的社會」城市治理未來趨勢

資料來源：研究團隊製作

由於物聯網溝通情境之多元，不同情境對無線網路要求的傳輸速率、乘載用戶數需求也有所不同，在能源管理上，聯網用戶可能達百萬等級，但對傳輸速度要求相對較低；在機器應用上也有百萬聯網以上裝置可能，對傳輸速度的要求較高，需 2.5Mbps 以上之速度；車載應用對乘載用戶數量之要求較高，預估有可能達兩百萬以上等級同時進行傳輸。物聯網對網路之需求特色在於因應情境多元，使得各情境對網路需求也會有所差異，但因其聯網裝置規模皆遠大於過去網路所能負擔，動輒皆有百萬以上聯網裝置，即使傳輸速率不快，也會對現有網路帶來負擔，需要一定的基礎設施升級、甚至是頻譜資源的提供。

物聯網在領域應用部分，目前一大類別在於能源、智慧錶類應用，透過物聯網技術，蒐集水、電、瓦斯使用狀況，進行資料回報或是透過資料分析提出能源使用改善優化建議；另在農業領域也十分適合發展物聯網應用，透過感測器收集水、土壤、空氣相關資料，進行自動灌溉或是進行生產優化改善建議；醫療領域部分，亦是透過即時之監測，即時掌握病人或使用者的生理狀況，進行危險狀況預警或是健康管理建議。綜合而言，物聯網的好處，在於可以廣泛、即時的蒐集資料，透過資料分析提出改善建議，硬體的建設為物聯網的基盤，而資料的分析加值、服務的提供會是是否能產生價值的重要關鍵。

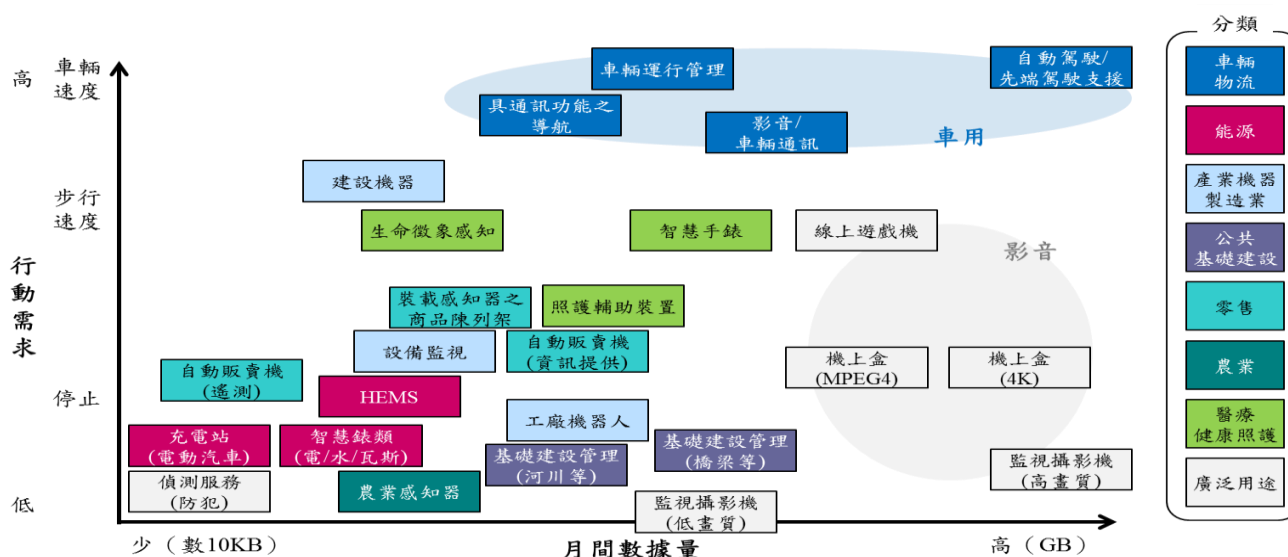


圖 2-8 M2M 應用服務之所需傳輸速率

資料來源：研究團隊製作

下面第三節中，則就各國物聯網發展策略及發展動態進行說明。

第三節 物聯網各國發展動態

（一）英國

1. 物聯網發展政策

英國政府於 2015 年成立國家物聯網推動計畫 IoTUK，專注於擴展物聯網產業及應用發展；由政府出資的加速器 Digital Catapult 和 Future Cities Catapult 共同推行 4 項大型物聯網專案，以加速產業 IoT 之創新和研發。專案計畫為物聯網硬體加速器、智慧城市計畫、長期照護與智慧醫療服務計畫，以及 IoT 安全相關研究計畫¹。

在硬體加速器方面，目的在於給予硬體技術和資源缺乏的英國新創事業更多專業上的協助；另外也和歐洲最大物聯網加速器 Startupbootcamp 合作，加速將 IoT 硬體轉變為商品上市。智慧城市計畫則為打造英國首座示範場域，協助改善現有的城市問題如交通運輸、醫療服務、能源等民生議題。物聯網醫療服務計畫（NHS Test Bed）則是與國民健保署（National Health Service）合作，針對長期患有癡呆症和糖尿病的慢性病患者提供遠距醫療居家照護服務。其利用感測器、可穿戴設備、醫療監控儀器，將病患生理數據傳回至醫院後端系統進行監測，使醫護人員可以遠距掌握病情，有助於減少政府醫療照護和人力成本。針對 IoT 安全議題，則與數所大學合作成立 IoT 安全研究中心（The PETRAS IoT Hub），專注於 IoT 隱私、道德、可靠性、可接受性以及安全方面研究。

主題	計畫內容
物聯網硬體加速器 Hardware Accelerator for IoT	為新創提供從設計、工程、製造到全球供應鏈的協助，加速將IoT硬體變成商品推出上市
智慧城市計畫 CityVerve	以曼徹斯特為首打造首座智慧城市的示範場域，改善交通、醫療、能源及文化等問題
遠距醫療照護及管理 NHS Test Bed	為患有癡呆症及糖尿病患者，提供遠距醫療與照護，減少政府相關醫療支出
IoT安全相關研究 The PETRAS IoT Hub	聯合大學共同成立IoT安全研究中心，專注IoT的隱私、道德、可靠性、可接受性及安全方面等研究

圖 2-9 英國物聯網專案內容

資料來源：IoTUK 公開資料，研究團隊製作

¹ Digital Catapult, "IoTUK The world's leading national IoT programme", 2017.12

2. 物聯網監理政策及分工

英國國家網路安全中心（National Cyber Security Centre）於 2016 年設立，其隸屬於英國政府通訊總部（Government Communications Headquarters）；通訊總部提供國家網路安全中心私密情報及技術；網路安全中心主要任務則為強化公共部門及私營企業的網路安全，也因應網路安全事件致力於減少其對英國國內組織的傷害。此外，英國文化、傳媒及體育部則負責推廣網路安全相關研究發展。

英國國家網路安全中心和英國文化、傳媒及體育部接受學術機構、設備製造商、零售商的指導，聯合制定消費類物聯網設備安全行為準則，於 2018 年 3 月由英國文化、傳媒及體育部發行並於同月經過公共諮詢。該行為準則至少每兩年由文化、傳媒及體育部更新一次。該行為準則旨在支持所有涉及消費類 IoT 開發、製造和零售的各利害關係人，確保產品採用安全設計²。英國網路安全管理組織架構整理於下圖。

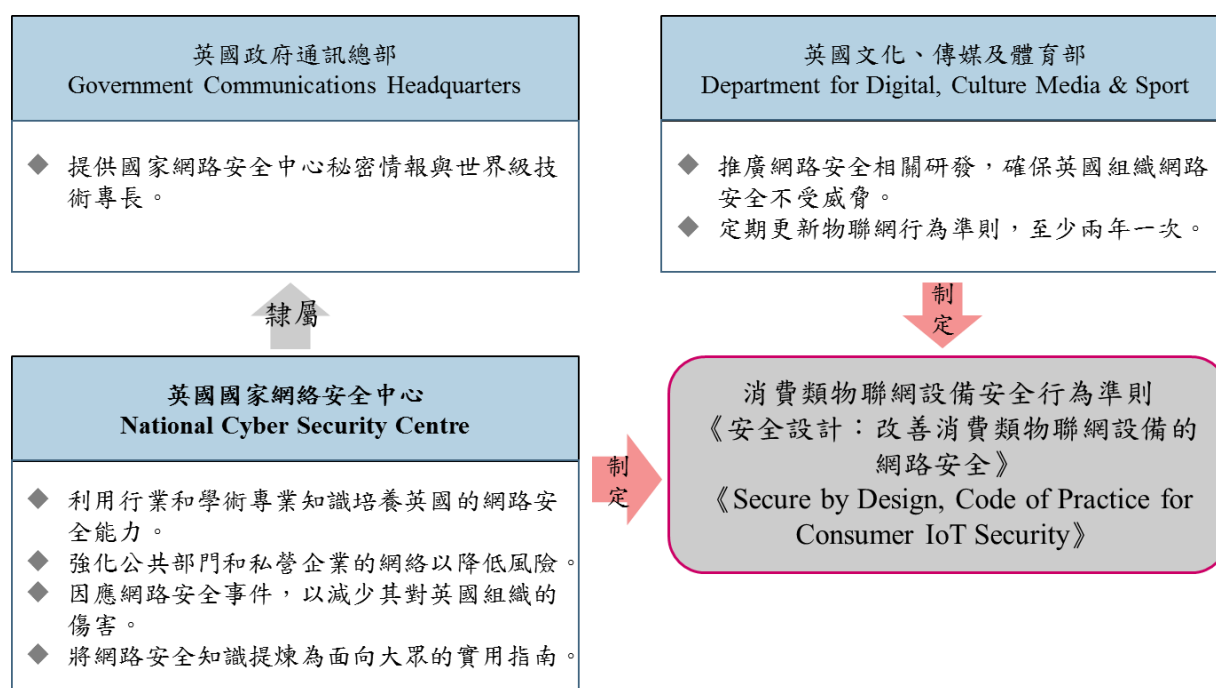


圖 2-10 英國網路安全管理架構

資料來源：英國國家網路安全中心公開資料，研究團隊製作

² DCMS, "Secure by Design: Improving the cyber security of consumer Internet of Things: Report", 2018.10

該消費類物聯網設備安全行為準則，為 IoT 製造商和利害關係人制定實用步驟，以改進消費類 IoT 產品及其相關服務的安全性。行為準則將有助於保護消費者的隱私和安全，同時使消費者更能安全使用產品，也減少從不安全的 IoT 設備和服務啟動分散式阻斷服務攻擊的風險³。行為準則依據適用對象而有所不同；適用對象包含：設備製造商、IoT 服務提供商、移動應用程式開發人員及零售商。同時，該行為準則適用於連接到網路抑或是家庭網路和相關服務的消費類 IoT 產品如：聯網的兒童玩具和嬰兒監控器、聯網的煙霧探測器和門鎖、智能攝影機、電視和音響、可穿戴式健康追蹤器、聯網家庭自動化和警報系統、聯網家電、智能家庭助理等。相關服務意指與 IoT 設備連接的服務，例如：移動應用程式、雲端計算/儲存、第三方應用程式介面（API）等服務。

行為準則內容包含以下 13 點：

- (1) 禁止使用默認密碼
- (2) 實施漏洞披露政策
- (3) 保持軟體更新
- (4) 安全存儲憑證和安全敏感資料
- (5) 安全通信
- (6) 減少暴露的攻擊面
- (7) 確保軟體完整性
- (8) 確保個人資料受保護
- (9) 使系統能從故障迅速恢復
- (10) 監控系統遙測資料
- (11) 用戶能輕鬆刪除個人資料
- (12) 輕鬆安裝和維護設備
- (13) 驗證輸入資料

³ DCMS, 2018, "Secure by Design : Improving the cyber security of consumer Internet of Things : Report" ,

其中，設備製造商適用於除了第 10 點以外的所有準則；IoT 服務提供商適用於除了第 1 點、第 7 點以外的準則；行動應用程式開發人員適用於第 1、6、7、9、10 點以外的準則；零售商則適用於第 8 點準則。行為準則與適用對象整理如下圖所示。

	設備製造商	IoT服務提供商	行動應用程式開發人員	零售商
禁止使用默認密碼	✓			
實施漏洞披露政策	✓	✓	✓	
保持軟體更新	✓	✓	✓	
安全存儲憑證和安全敏感資料	✓	✓	✓	
安全通信	✓	✓	✓	
減少暴露的攻擊面	✓	✓		
確保軟體完整性	✓			
確保個人資料受保護	✓	✓	✓	✓
使系統能從故障迅速恢復	✓	✓		
監控系統遙測資料		✓		
用戶能輕鬆刪除個人資料	✓	✓	✓	
輕鬆安裝和維護設備	✓	✓	✓	
驗證輸入資料	✓	✓	✓	

圖 2-11 物聯網行為準則

資料來源：《安全設計：改善消費類物聯網設備的網路安全》報告，
研究團隊製作

另一方面，該消費類物聯網設備安全行為準則的部分內容亦與英國現行法規內涵相符合。例如：歐盟《一般資料保護規範》（General Data Protection Regulations; GDPR）以及使 GDPR 更加完善的英國《2018 年資料保護法》（Data Protection Act 2018），《2015 年消費者權益法》（Consumer Rights Act 2015）以及《2008 年保障消費者免於不公平交易規則》（Protection from Unfair Trading Regulations 2008），這些法規的內涵基本上與安全行為準則一致。

（二） 德國

1. 物聯網發展政策

德國聯邦經濟事務和能源部（Bundesministerium für Wirtschaft und Energie）在 2016 年 3 月發布「Digital Strategy 2025」，目的在於確保德國在工業品質與科技上維持領導者地位。為達成德國產業界之數位化轉型，策略主題聚焦於數位化設施、資訊安全和研究創新，以及企業數位化發展以確保德國在工業品質與科技上維持領導者地位。

策略首先提及在 2025 年前須建立具有高容量、低延遲性、廣泛可用性的光纖網路作為數位轉型的基礎設施。有鑑於創業投資資本額只佔德國 GDP 之 0.02%，策略中強調新創公司與產業界知名企業合作以提升創新動能的需求。另外，相較於美國於 2001 至 2011 年間在資通訊科技領域中創造出 55% GDP 之成長，此一數字在歐盟僅 30%，因此為改善此一情況，建立有助於更多投資和創新發生的法律架構至為重要。同時，為促進產業數位化，需鼓勵重點工商業領域內的智慧網路發展。

另一方面，在商業與社會活動數位化的趨勢之下，加強資訊安全與提升資訊自治權遂成為資料導向的經濟系統之先決條件。由於 99% 之德國企業屬中小企業規模，其生產總額佔德國國內生產總值一半，因此協助德國中小企業發展數位化轉型的商業模式亦視作策略之一。根據預測產業數位化在德國可提升生產力 30%，因此為促進德國製造業數位化，工業 4.0 為近年來重要策略之一，在政策上須鼓勵企業發展數位科技的研究創新。

由於經濟產業數位化需要具有相關知識技能的人才支援，加強各階段的數位化科技教育被列為政策之一。為協助政府跨部會單位與產業界合作，政策上亦建議成立 Digital Agency，以提供市場洞察、針對企業與消費者的諮詢服務、作為協調者，與數位化經濟利害關係人進行資源整合。

主題	數位化設施	資訊安全和研究創新	企業數位化發展
目標	2025年之前建立Gigabit光纖網絡	加強資訊安全和資訊自治權的發展	協助促進新創公司和知名企業合作
	成立跨部會組織Digital Agency協助資源整合	工業4.0促進德國製造現代化	鼓勵重點工商業領域內的智慧網絡發展
	建立鼓勵投資和創新的法律架構	鼓勵企業發展數位科技之研究創新	協助德國中小企業發展數位化的新商業模式
	加強不同階段的數位科技教育		

圖 2-12 德國數位化策略內容

資料來源：德國聯邦經濟事務和能源部之公開資料，研究團隊製作

2. 物聯網監理政策及分工

物聯網涉及大量數據的蒐集與資料處理，因此有關數據保護和個人隱私的法規和監管與物聯網密切相關。歐盟自 2018 年 5 月 25 日起強制執行的《一般資料保護規範》（GDPR；歐盟編號：(EU) 2016/679），對所有歐盟住民的個人資料隱私進行規範⁴，它延伸歐洲資料保護的領域至所有處理歐盟住民的境外公司；該規範架構確立了歐盟內高標準的個人數據保護，對於利害關係人如：私人企業、相關組織而言，它提升了歐盟境內的法律明確性，也對數據保護控制機制和執法權力進行監管。由於 GDPR 屬於歐盟條例，因此不須經過成員國立法轉換為各國法律而可直接適用。

⁴ European Parliament, "REGULATION (EU) 2016/679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL", 2016.04

依據 GDPR 第 51 條第 1 款，成員國可設立多個獨立的國內數據保護監管機關以對 GDPR 的應用做監控；在德國，國內的數據保護監管機關包含了聯邦政府與 16 個地方州政府管轄下的數據保護監管機關；聯邦政府級別的機關作為德國數據保護監管機關的代表，稱為聯邦數據保護和信息自由委員（BfDI），BfDI 為聯邦政府與政府部門等公共機構提供諮詢和監管；在私營部門方面，BfDI 則為電信和郵政服務企業提供諮詢和監管。另一方面，為了使各德國監理機關與其他成員國，歐洲數據保護委員會（EDPB）與歐盟執委會（EC）進行合作，在組織上從 BfDI 分開並單獨成立了中央聯繫窗口（ZAST），以執行協調任務。數據保護監管組織架構整理於下圖。

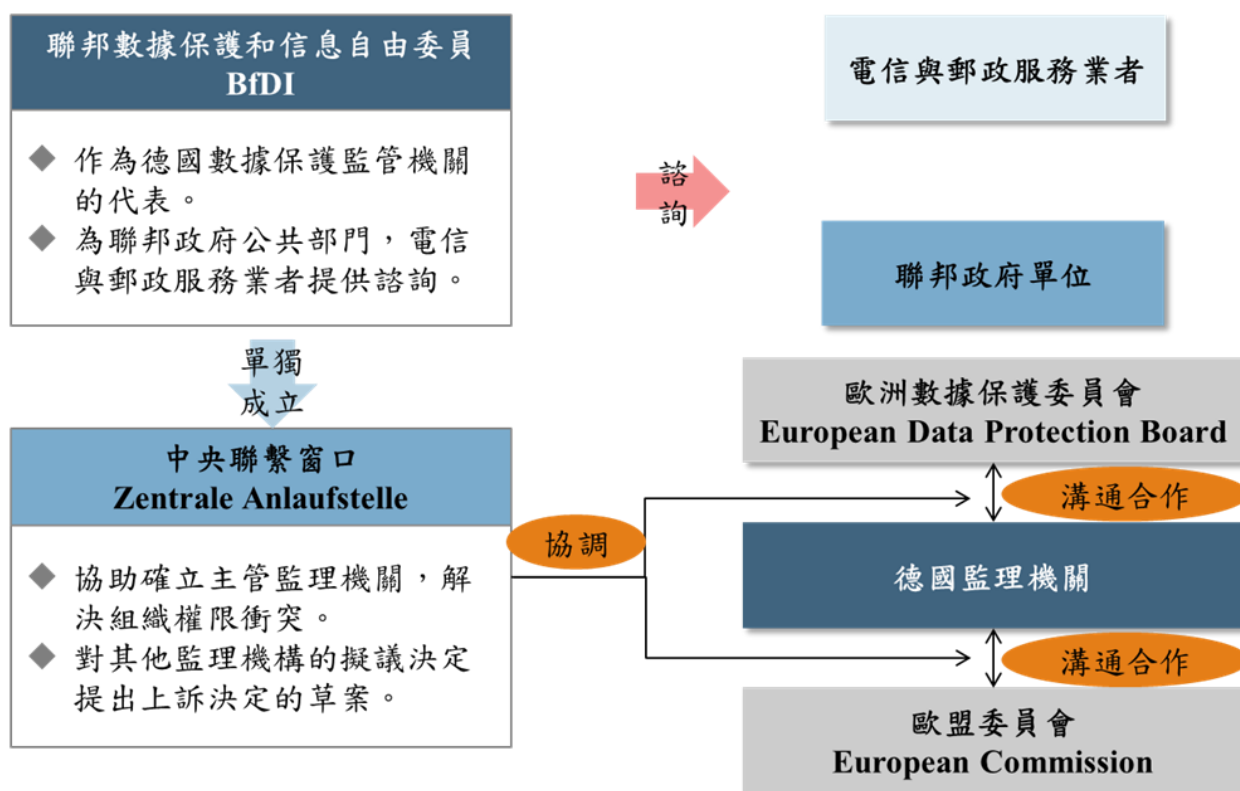


圖 2-13 德國數據保護監理架構

資料來源：德國聯邦數據保護與信息自由委員會之公開資料，研究團隊製作

依據 GDPR 第 60 條所描述的合作機制（Cooperation Mechanism），是為了在資料保護相關跨境案件中，達成主要數據保護機關與有關的監管機關之間的決議共識，也為了在可能的資料外洩事件中為歐洲公民和企業提供單一聯繫點；原則上，註冊地址位於某成員國的企業，或是進行歐盟居民資料處理的企業皆受到歐盟成員國監管機關的監理。在德國，聯邦政府以及州立數據保護監管機關作為合作機制的利害關係人，而中央聯繫窗口會協助決定何者具有較大的決策權。倘若相關監理機關無法在合作機制上達成共識，則會依據 GDPR 第 63 與 65 條說明的一致性機制（Consistency Mechanism）進行調解。當與事件有關的監管機關反對草擬決策之時，主要的監管機關卻未遵循此反對意見，則會由歐洲數據保護委員會對該案件形成具強制效力的決議。

（三）美國

1. 物聯網發展政策

美國國家電信暨資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）於 2016 年 4 月發布物聯網公開徵詢，針對物聯網發展之技術、經濟、政策議題徵詢各界意見，並於 2017 年 1 月整理各界意見及回覆內容，發布”Fostering the Advancement of the Internet of Things”⁵。主要有四大主題：確保基礎建設可用性及可接取、平衡政府監管與產業發展、推動技術標準制定、提升市場發展，由內容中可發現，鑒於物聯網之潛在商機及應用可能性，美國監管機關現也須扮演促進者（Enabler）之角色，在確保消費者權益前提下，積極與民間合作開拓市場。從探討主題中也可了解，在前瞻技術發展之早期階段，監理制度非必要且先行之議題，反而是從監理角度，探討促進產業之方法。

主題	內容
確保基礎建設 可用性及可接取	支應基礎建設、頻譜需求；IPV6推動； 提升網路接取公平性
平衡政府監管與 產業發展	網路安全、隱私、著作權、商業秘密、商標
推動技術標準制定	物聯網技術規格制定搶先
提升市場發展	政府扮演促進者（enabler）、採用者（adopter）角色， 與民間合作共同發展IoT產業

圖 2-14 美國物聯網發展綠皮書內容

資料來源：DOC 公開資料，研究團隊製作

⁵ DOC, ” FOSTERING THE ADVANCEMENT OF THE INTERNET OF THINGS” , 2017.01

2. 物聯網監理政策及分工

在監理部分，美國 FCC 近日引發較大爭議的是於 2017 年 12 月 14 日，投票通過《恢復網路自由命令》（Restoring Internet Freedom Order），即代表廢除過去於 2015 年通過之網路中立性原則，FCC 主席 Ajit Pai 認為給業者較寬鬆的監理環境，因業者可採付費優先機制設計費率方案，因此有較大的建設誘因，但反方認為此舉破壞了網路自由及創新空間，對物聯網而言，也可能因此受限發展潛力。此命令之通過，引發廣大的討論與反彈。原於 2018 年 5 月 17 日，參議院投票結果以 52 對 47 票推翻 FCC 廢止網路中立性的決議，但因該議案一直未進入眾議院，使得《恢復網路自由命令》最終仍於 2018 年 6 月 11 日生效。但隨該命令通過，俄勒岡州及華盛頓州立即通過了保護網路中立性的法律，以維持網路中立性的原則，因此相關爭論仍在持續進行當中。

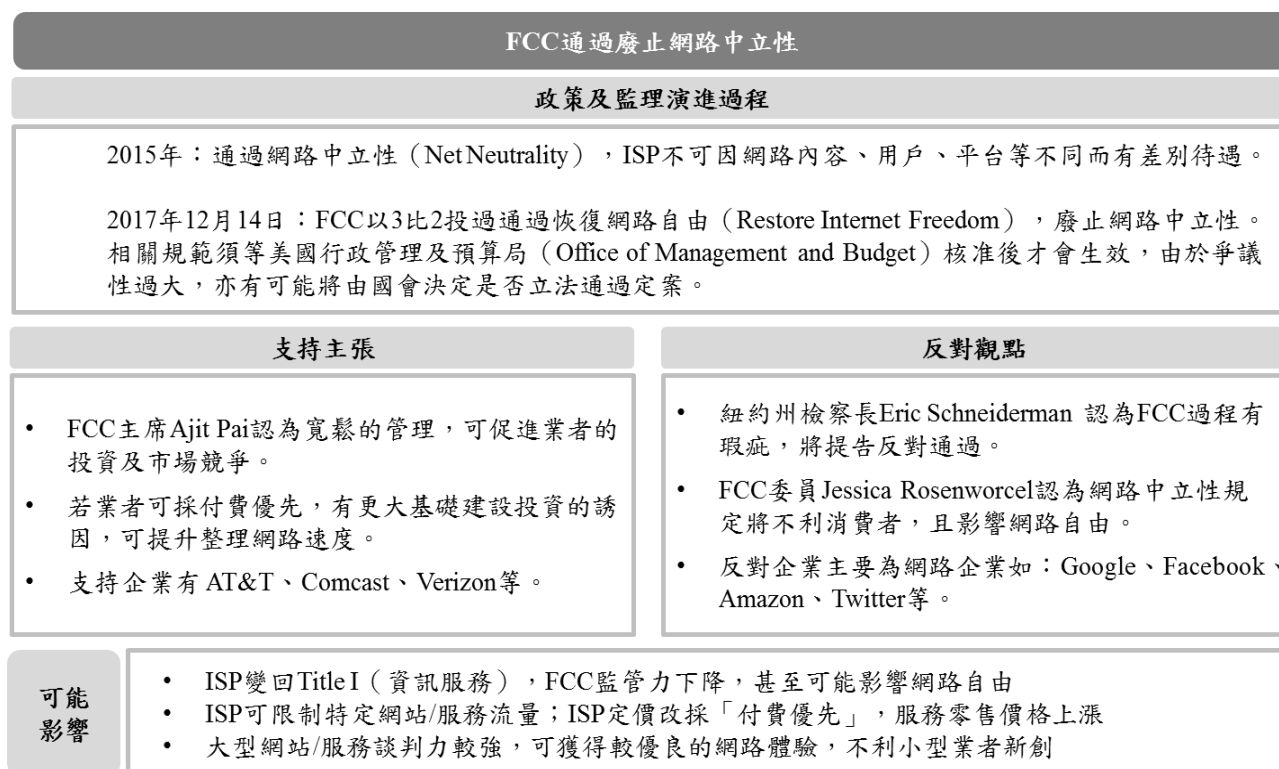


圖 2-15 美國廢止網路中立性

資料來源：FCC 公開資料，研究團隊製作

在物聯網監理的課題當中，美國政府機關最關心的是資訊安全以及個人隱私的部分，由於物聯網裝置傳輸的資料量少又經常大量生產的特性，許多物聯網裝置的製造商不會針對裝置設計授權機制或是複雜的授權流程，最簡單的例子是：廠商於生產物聯網裝置時，同一批產品皆採用同一組預設密碼，或是預設密碼過於簡單，例如以數個 0 作為密碼，此類密碼非常容易破解，可以輕易的被駭客登入，進而操控物聯網裝置或是獲取物聯網裝置的各種資料。除此之外，物聯網上傳資料的路徑可能也未經過加密，中途便可以攔截到數據或是個資。

美國近年來爆發多起物聯網裝置導致個資外洩的案例，引起各方對於物聯網裝置資訊安全的疑慮與關注。美國政府在物聯網監理的議題上，比起中國或是韓國，較沒有一個全面性、執行物聯網資安監理的機關。一般來說，與網路安全、資訊安全有關的部門都有針對物聯網資安議題安全發表報告、白皮書等等，來表達該部門的觀點。目前，美國政府機關包含：國土安全部、美國商務部以及聯邦通訊委員會都有針對物聯網資安議題發表報告，本研究整理如下。

● 國土安全部（Department of Homeland Security）

國土安全部主管國家安全重大議題，近年來，恐怖攻擊已經不僅僅出現在現實中，針對網路層面的恐怖攻擊亦逐漸增加，國土安全部基於國安考量，早已針對網路及資訊安全防護建立因應措施，此議題的負責單位是國土安全部底下的網路暨基礎設施安全處（The Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, CISA）。CISA 於 2017 年，針對物聯網裝置的資安議題以及網路安全事項，提出了「保護物聯網之策略性原則」報告，該報告主要是針對物聯網裝置可能碰到的危害，提出物聯網裝置應該如何透過軟體升級解決、如何從設計初期思考物聯網裝置該設計何種安全機制，並建議政府機關與民間共同合作，去紀錄、研究物聯網裝置的風險漏洞、盤點國際上制定的物聯網裝置發展標準，以建立完整物聯網裝置的網路安全機制⁶。

⁶ U.S. Department of Homeland Security, "Strategic Principles for Securing the IoT", 2016.11

- 商務部 (Department of Commerce)

商務部主管事項為國際貿易與出口管制等等商業行為，但同時商務部也管理美國的標準制定組織：國家標準暨技術研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST)，NIST 為美國多項產業標準的制定組織，跟物聯網產業相關的標準也在討論當中。NIST 於 2017 年成立了「網路安全標準劃跨部門國際工作小組 (Interagency International Cybersecurity Standardization Workgroup, IICS WG)」，針對網路安全進行風險評估、標準制定等工作，也負責物聯網網路安全標準的制定，並且在 2017 年發布「物聯網網路安全以及隱私風險之考慮因素」報告，該報告內容主要是針對物聯網裝置會面對的網路安全及個人隱私相關風險、物聯網網路安全標準制定上會遇到的困難進行盤點，以及對於資料蒐集、危險辨識以及個資方面的疑慮。最後，則建議 NIST 該如何制訂完整的物聯網監理政策，以及政府該如何去處理物聯網網路安全等議題。

另一個隸屬於商務部的組織，美國國家電信暨資訊管理局 (National Telecommunications and Information Administration, NTIA) 是負責美國國內及跨國間的電信政策、頻譜規劃等等，並向相關政府組織如 FCC 提出建議；另統籌規劃全國通訊頻譜之運用，制定國家頻率分配表，並管理及核配政府專用頻率。NTIA 與 NIST 合作成立的網路政策工作小組 (Internet Policy Task Force) 致力於了解各式各樣的網路議題，包含網路安全、個人隱私、智慧財產權等等，提供研究結果作為商務部在網路安全政策參考依據，自 2017 年起，工作組納入物聯網網路安全相關議題，舉辦多場公聽會、座談會以及研討會，針對網路安全等議題，與民間業者交換意見。

- 聯邦通訊委員會

聯邦通訊委員會 (FCC) 作為電信廣播與頻譜管理之組織，已將 NB-IoT 等等物聯網技術納入未來 Fast 5G 計畫當中，預計近期將會規畫 5G 時期窄頻物聯網等技術使用之相關頻段。以上各政府部門對物聯網監理觀點僅整理於下圖中。

	國土安全部	商務部		聯邦通訊委員會 (FCC)
	網路暨基礎設施安全處 (CISA)	國家標準暨技術研究所 (NIST)	國家電信暨資訊管理局 (NTIA)	
主要職能	✓ 針對網路安全提出策略性準則與建議 ✓ 規劃聯邦跨部門網路安全方針	✓ 蒐集國際物聯網安全標準以及相關資訊調查 ✓ 建立跨部門工作小組 IICS 進行物聯網安全標準制定	✓ 設立產業物聯網隱私與安全論壇與工作坊 ✓ 調查業界與聯邦政府物聯網頻段需求，並向FCC提出報告	✓ 規劃未來5G通訊頻譜內容，包含物聯網使用的相關頻譜
相關報告	✓ 2017 – 《物聯網安全的策略性原則》 (Security principles for securing the IoT)	✓ 2017 – 《物聯網網路安全報告書》 (IoT Cybersecurity and Privacy Risks)	✓ 2017 – 《物聯網安全性標準目錄》 (Category of existing IoT Security Standards)	

圖 2-16 美國物聯網監理各機關分工

資料來源：美國政府公開資料，研究團隊製作

除了政府部門之外，美國立法部門逐漸開始重視物聯網資訊安全領域的立法。在 2018 年 10 月，加州參議院通過了全美第一個物聯裝置個人隱私及資訊安全的法條，該法條是加州民法中關於個人隱私的一個原則性補充條例。條文中第一次明確定義了「連網裝置 (Connected Device) 泛指任何有能力連上網際網路，獲取 IP 位址或藍芽位址之裝置」，並明文規定物聯網裝置製造商於法律生效後，生產物聯網裝置時，預設密碼不能採用同一組密碼、使用者首次使用物聯網裝置須強制變更授權方式，對於美國物聯網資訊安全立法來說有標竿性的重大意義。

在美國參眾兩院，數條物聯網資安立法草案正在審議當中，其中值得注意的是由參議院提出的「Cybersecurity IoT Improvement Act 2017」法案，該法案規範政府公部門採購物聯網裝置時，應如何篩選物聯網產品以及物聯網裝置安全標準之制定。法案中明確指定美國物聯網資訊安全標準委由 NIST 制定，同時也規定 NIST 在物聯網裝置監理當中扮演的腳色。有關於美國物聯網監理法條立法現況茲整理如下圖所示。

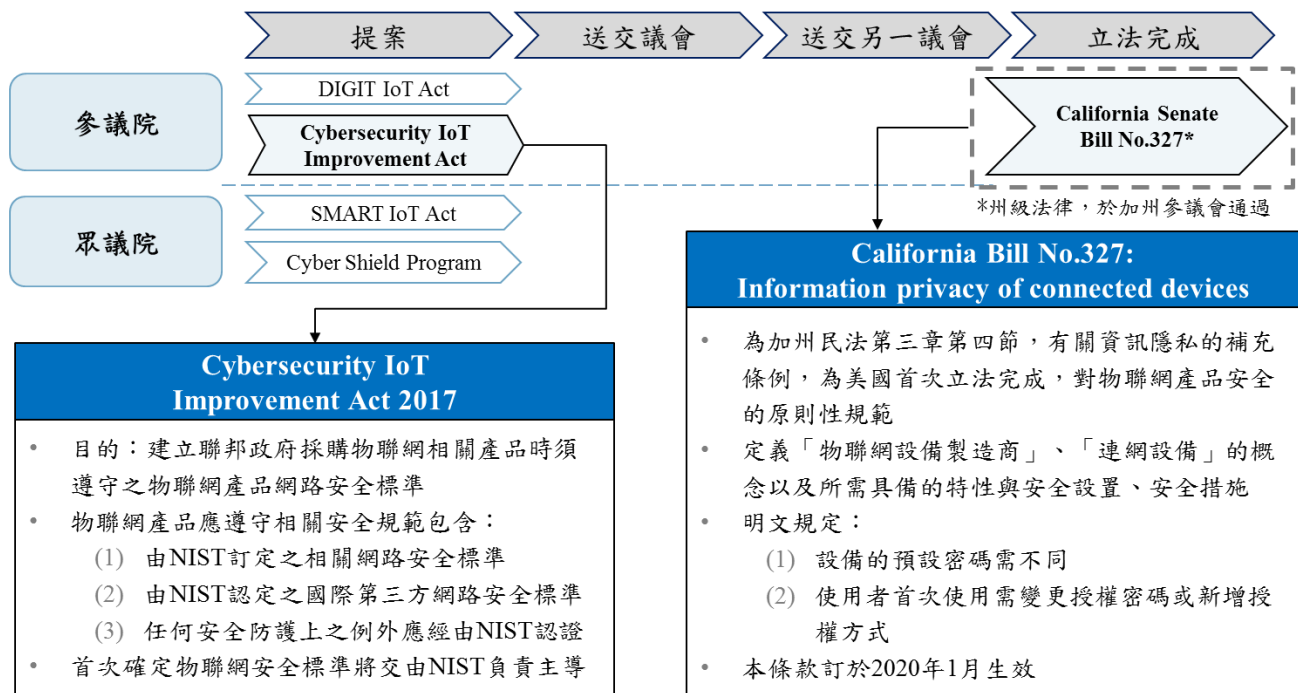


圖 2-17 美國物聯網監理立法進度

資料來源：美國政府公開資料，研究團隊製作

（四）日本

1. 物聯網發展政策

日本政府在發展物聯網或 5G 等先進技術，主要根據近年發布之世界最先端 IT 國家創造宣言。為實現日本政府世界最先端 IT 國家創造宣言，IT 戰略本部下成立新戰略推進專門調查會，彙整各部會需求、擬定整體國家發展策略。其中交通部分由道路交通分科會專門負責，進行安全且順暢之道路交通探討⁷。

日本世界最先端IT國家創造宣言對應組織

道路交通分科會概要

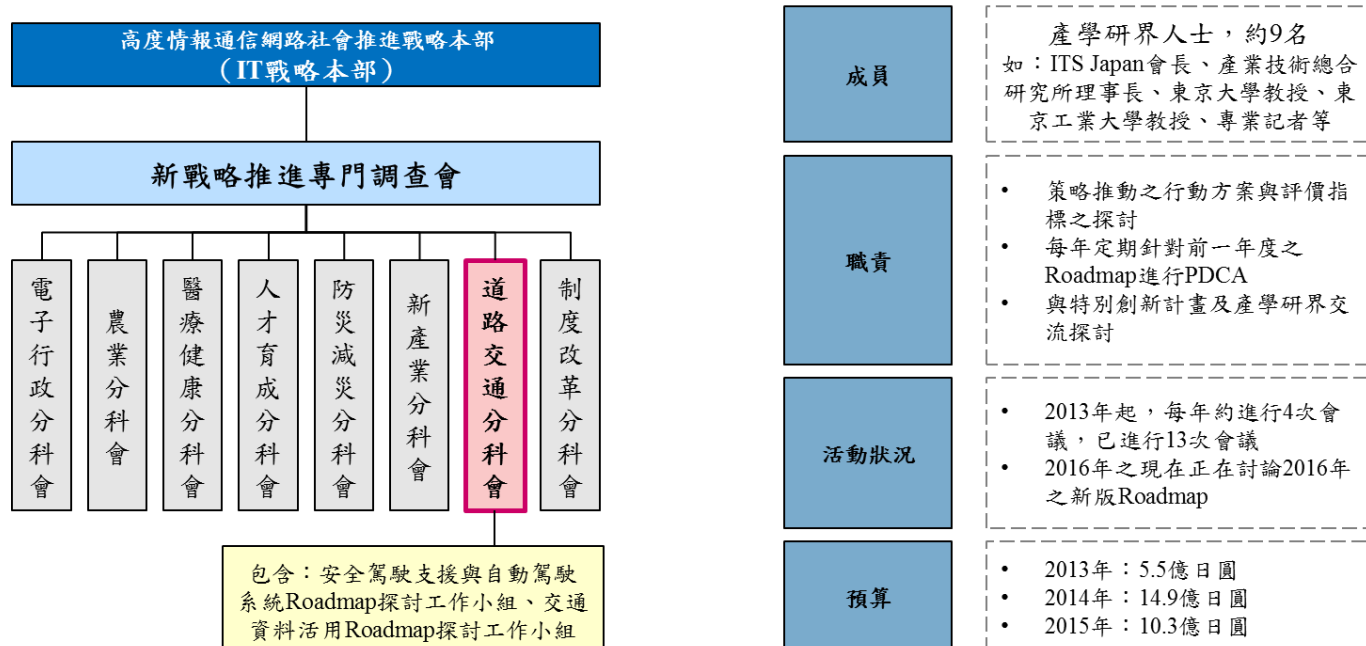


圖 2-18 日本世界最先端 IT 國家創造宣言對應組織

資料來源：研究團隊製作

⁷ 日本 IT 戰略本部，世界最先端 IT 國家創造宣言，2016 年 5 月

另隨物聯網之發展，日本現也正評估各類型之 IoT 應用（製造、流通服務、金融、公共基礎設施、一般消費者）於不同案例狀況下，可能的資安議題，及可能的發生位置為何（終端設備、通訊網路、雲端/資料中心），分析之內容如下圖整理。

IoT適用產業		IoT案例	主要資安議題	Edge Device			通訊網路			雲端/資料中心		
				C	I	A	C	I	A	C	I	A
製造	FA	裝置遠端維護	設備控制異常	L	H	H	L	L	L	L	L	L
	PA	化學反應產能向上	工廠營運異常	M	H	H	M	L	L	M	L	L
流通服務	零售	POS資料活用	個人資料洩漏	H	M	L	H	M	L	H	M	M
	物流	貨物Bar code資料活用	個人資料洩漏	L	L	M	L	L	M	H	M	M
金融	銀行	Fintech、虛擬貨幣	個人資料洩漏	H	M	L	H	M	L	H	M	L
	保險	車輛保險	個人資料洩漏	H	M	L	H	M	L	H	M	L
公共基礎設施	電力	智慧錶類	停電／偽造儀表	L	M	L	L	M	M	M	H	H
	瓦斯	智慧錶類	停瓦斯／偽造儀表	L	M	L	L	M	M	M	H	H
	航空	飛機運航效率化	不當操作導致之飛機事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	鐵路	鐵路運行管理效率化	不當操作導致之鐵路事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	自來水	遠端監控	遠端操作造成之自來水事故	L	L	H	L	L	H	L	L	H
	交通	舒緩塞車	遠端操作造成之車輛事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	大樓	電力使用效率化	遠端操作造成之火災	L	M	M	L	M	M	L	M	M
	醫療	遠端醫療	個人資料(病歷)洩漏	H	H	L	H	H	L	H	H	L
一般消費者	個人	穿戴式裝置	個人資料洩漏	M	L	L	M	L	L	M	L	L
	家庭	智慧家庭	個人資料洩漏	H	H	L	H	H	L	H	H	L
	車輛	自動駕駛	不當操作導致之車輛事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H

C:相容性、I:完整性；A:可用性

圖 2-19 各物聯網情境資訊安全評估

資料來源：研究團隊製作

日本物聯網產業發展現況部分，智慧交通中的車聯網應用，即為物聯網的一種重要應用情境，需多種通訊技術以滿足各種複雜交通情境之應用。現日本 Toyota 正進行 Highway Teammate 之計畫，預計推出可協助用路人於高速公路上自動駕駛之服務，其中利用包含 24GHz、77GHz 毫米波雷達，進行環境認知辨識。



圖 2-20 自動駕駛車之裝載媒體顯示內容

資料來源：Toyota 公開資料，研究團隊製作

除汽車技術之發展，交通資料之統整、加值應用也為日本政府重點發展策略。其實際發展方式上，政府雖作為第一手資料擁有者，但透過交通 Big Data 的開放資料，由民間業者營運資料價值、開放平台，創造更多既有資料之價值。如下圖所示，由各種車輛感知器、AVI、Beacon 蒐集的資料，會先進入公部門之管理單位，如：國土交通省、高速道路公司等，而後除直接透過道路資訊看板、手機網路提供給用路人，也會傳送至日本道路交通情報中心（JARTIC）、道路交通情報通訊系統中心（VICS 中心）進行資料之加值、及服務提供。

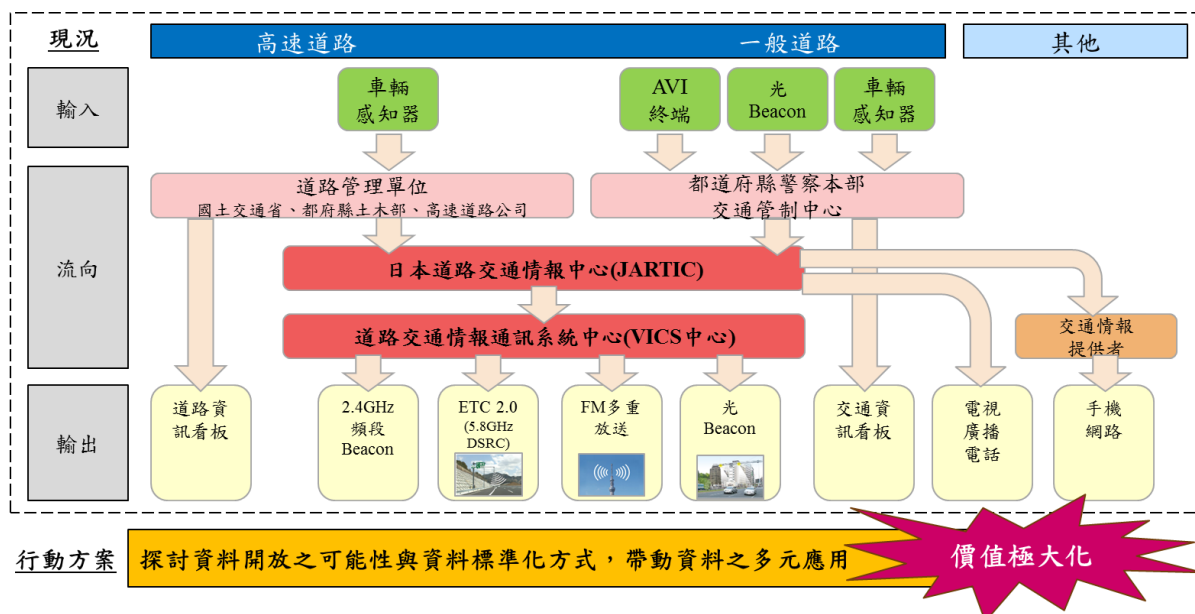


圖 2-21 交通 Big Data 活用現況與重點行動方案

資料來源：研究團隊製作

除智慧交通領域外，日本也將物聯網技術應用於農業相關產業，在農地中設置感測器偵測氣溫、濕度、水溫等資訊，再結合氣象資料進行分析，提供災害預測以及最適化收割建議，降低災害損傷並提升產量與品質。

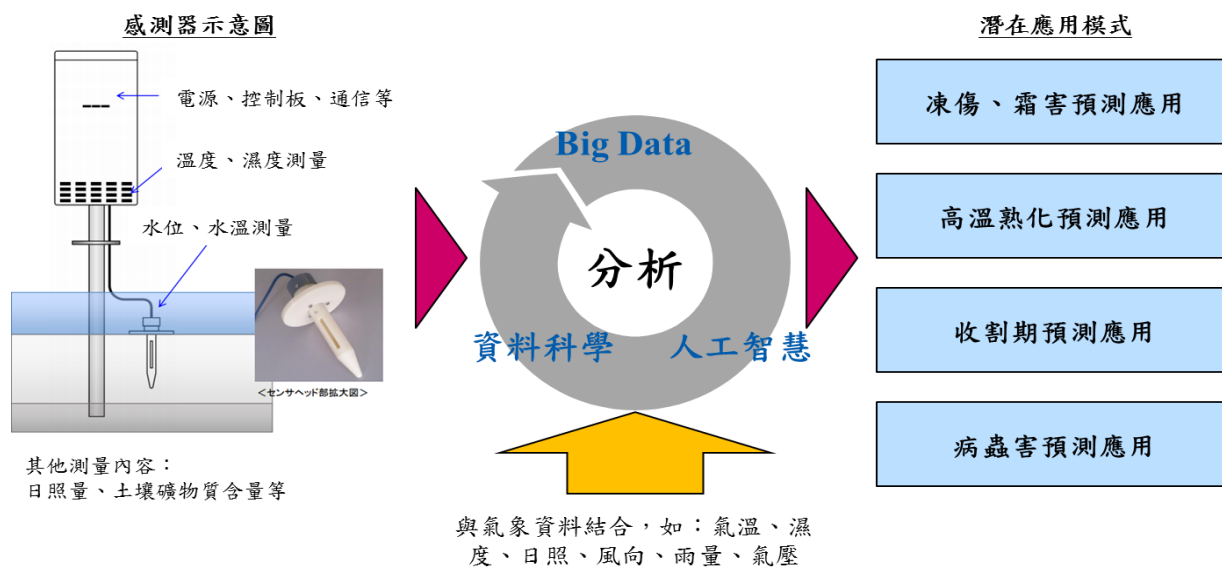


圖 2-22 日本農業 IoT 應用概念圖

資料來源：研究團隊製作

除了各式智慧聯網的應用之外，關於電信業者在物聯網上的推動，以 NTT docomo 為例，早在 2015 年 8 月，業者便已推出相關計費方案，並推出 IoT Partner Program 提供業務推廣、技術開發上的支援與建議。2017 年 4 月時，更與企業客戶共同進行為期五個月的 LPWA 實證實驗環境，共同在技術商業化上進行合作，並於 2017 年 10 月正式提供以 LPWA 網路架構的物聯網服務，同時發表對應之計費方案，針對不同應用情境，提供不同傳輸量與速率的費率方案供使用者自行根據需求選擇；另外也於近期推出針對 LoRaWAN 企業客戶的套裝組合，提供包含：專用開道的建置、設計、監控及維護和伺服器提供等服務。最後關於目前 NTT docomo 已提供的服務網路，包含：LTE Cat.1、LoRa 網路之外，未來預計也將建置 LTE Cat M1、NB-IoT 網路。另關於詳細計費方案，請參見下圖。

	IoT-Plan (少量、低速傳輸)	IoT-Plan-HS (大量、高速傳輸)
基本月租 (2年約)	120 NTD*	180NTD*
可用數據量	約30MB	150MB
額外通信 費率	0.009 NTD／KB	
加購後之 數據上限	約56MB (360 NTD)	約225MB (870 NTD)
傳輸速度	最高至128kbps	一般LTE速率 (超過3GB降速 至128kbps)

*如不綁約，月租費增加 120 NTD

**日幣兌台幣以 1:0.3計

圖 2-23 日本 NTT docomo 物聯網計費新方案

資料來源：NTT docomo 官方資料⁸，研究團隊製作

⁸ https://www.docomo.biz/html/rate/iot_plan.html

2. 物聯網監理政策及分工

日本總務省自 2017 年發布物聯網安全綜合措施，主要分為五大具體策略，包含：改進漏洞對策框架、促進研發、促進民營企業安全措施、加強人力資源開發、促進國際合作⁹。

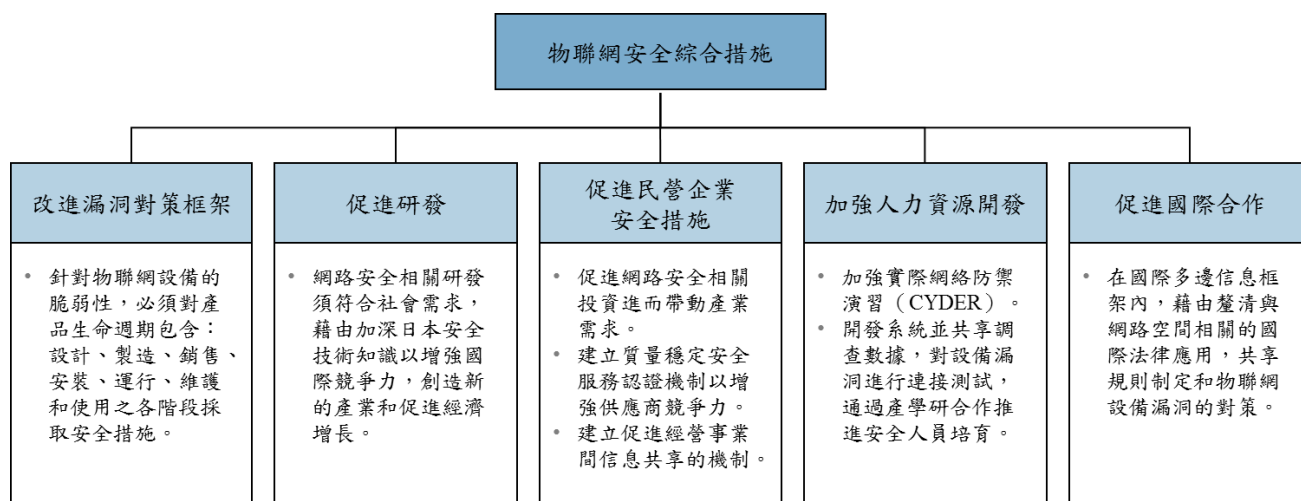


圖 2-24 日本物聯網安全綜合措施

資料來源：日本總務省公開資料，研究團隊製作

改進漏洞對策框架在於針對物聯網設備的脆弱性，須對產品生命週期各階段包含：設計、製造、銷售、安裝、運行、維護和使用階段採取提升安全之措施；促進研發意指加強符合社會需求的網路安全的知識與技術之研究發展，透過獲得的知識技術創造新的產業，藉此增強在國際上的產業和經濟競爭力；促進民營企業安全措施有助於促進網路安全投資以帶動產業需求，建立品質穩定安全的服務認證機制以增強供應商競爭力，並且建立促進事業間的訊息共享機制；加強人力資源開發是指開發系統並共享調查資料，對設備漏洞進行連接測試，透過產學研合作推行安全人員培育，亦加強實際網路防禦演習提升相關人員安全意識；促進國際合作意在國際多邊信息框架內，釐清與網路空間相關的國際法律應用，共享規則制定和物聯網設備漏洞的對策。

⁹ 日本總務省，平成 30 年版情報通信白書，2018 年

另一方面，為了結合政府、企業和學術界的優勢，建立一個用於開發和演示與物聯網推廣相關的技術，以期促進新的商業模式，創造吸引 IoT 相關投資的環境，因而設有日本 IoT 推進協會。該協會與日本總務省、經濟產業省、情報通信研究機構，日本情報經濟社會推進協會等機關合作，進行 IoT 相關技術的開發、示範與標準化，促進 IoT 相關項目之創建和實施運行這些項目所需的監管改革。協會成員包括企業會員和專家會員；其中的專家會員則包含：研究機構、以及包括中央政府部會及地方政府、英法外國大使館等在內的會員。IoT 推進協會的組織架構整理於下圖。

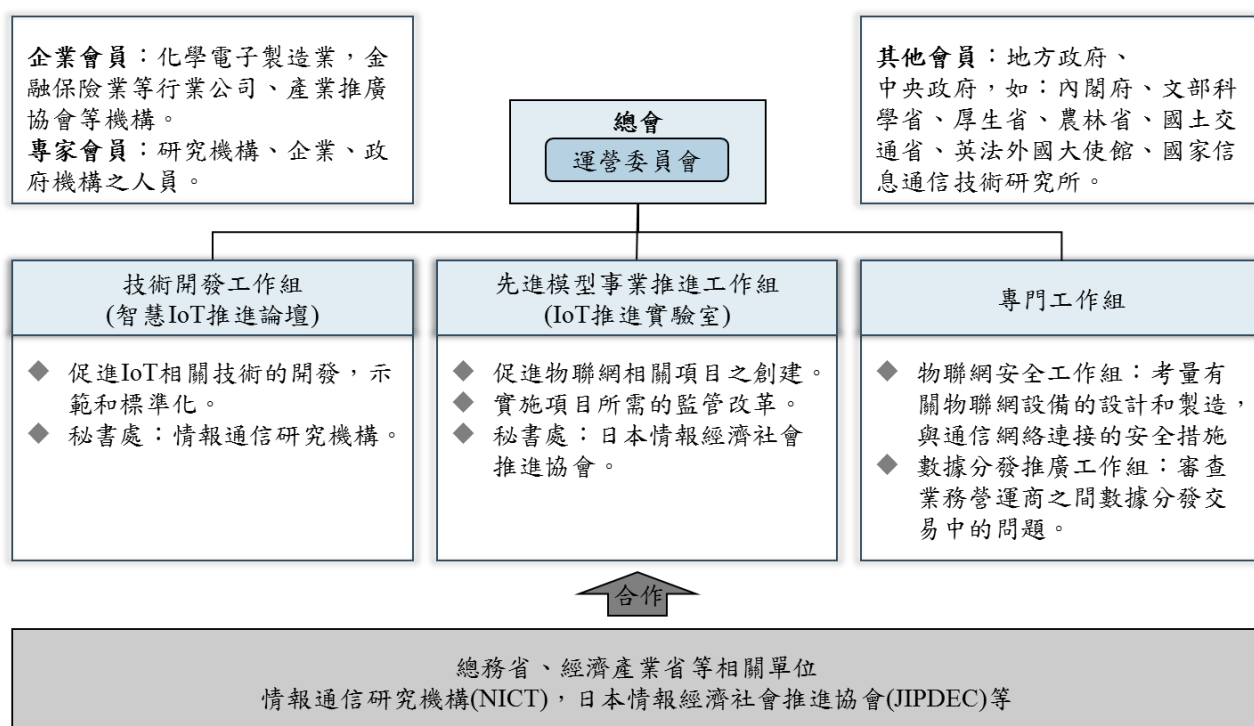


圖 2-25 日本 IoT 推進協會架構

資料來源：日本總務省公開資料，研究團隊製作

（五） 韓國

1. 物聯網發展政策

早在 2014 年，韓國未來創造科學部（Ministry of Science, ICT and Future Planning，為科學技術情報通訊部 MSIT 之前身）即發表了「建構物聯網的主要計劃（Master Plan for Building the Internet of Things）」，提出未來物聯網建置上應以開放式平台為主，除了能節省重複的相關投資資源外，也因將資料彙整在一起，有助於資料應用最大化。



圖 2-26 韓國開放式創新

資料來源：MSIT，研究團隊製作

而後又於 2015 年 3 月發表了至 2020 年的國家級的重要戰略之一——「K-ICT 策略」，計劃透過投資資訊產業（ICT 產業）以帶領韓國邁向巔峰。除計畫改善 ICT 產業本質以迎接未來的數位時代之外，更將透過大規模投資 ICT 整合服務來創造需求，目前預計在 2019 年前將在教育、醫療、觀光、都市、能源、交通等六大領域，投入總金額超過 2 兆 1000 億韓圓導入 IT 應用。且在未來萬物聯網的時代裡，國家須具備完善的基礎建設和優質的寬頻網路服務，才能更進一步提升數位利用能力和數位應用需求。舉例來說，在物聯網的應用上，政府和地方政府在智慧城市和醫療領域上進行合作，建立物聯網示範區。

目前韓國行動網路市占第一的 SKT 已在 2016 年 3 月完成建置全國性的 LTE-M 網路、並在同年 7 月完成 LoRaWAN 的網路布建，至 2017 年 1 月已完成覆蓋全國 99%人口，為韓國首個完成全國性商用物聯網建置的業者，全球首例以混合式物聯網網路覆蓋全國的業者。並預計 2017 年在包含：公共安全、工業等領域服務，完成發表 50 種商品服務，且至 2017 年 5 月 SKT 已有 921 個合作夥伴，期望年底能達到連接超過 400 萬個裝置的目標。至於行動網路市占第二、固網最大的業者 KT，2016 年 3 月先採 LoST（小型物聯網）提供服務，並與市占第三的 LGU+合作，於 2017 年 7 月完成全國性 NB-IoT 網路布建，為全球首個完成全國性 NB-IoT 網路布建的業者。目前兩大陣營為吸引對成本負擔較敏感的中小企業客戶，兩大陣營皆發表將免費提供 10 萬個物聯網模組供中小企業使用之外；對於聯網設備數目標，KT 則表示希望能在 2018 年初達成。截至目前為止，韓國市場上已出現不少物聯網的應用案例，除了常見的智慧電錶、智慧家庭之外，在北村地區為主的實驗場域，已出現透過將垃圾桶聯網的方式讓清潔隊掌握各地區垃圾桶是否已滿，並建議優化的收垃圾路線，讓整個作業變得更有效率。

最後關於業者推出的物聯網費率方案，以 SKT 為例，2016 年 7 月所推出的費率方案和先前使用 LTE 頻段的方案相比，僅先前的 10%左右金額而已，每個裝置月租費最低約為新台幣 10 元左右。且如為簽訂長期合約或大量申購的企業客戶，將另享折扣。

方案	月數據量*	月租費**
Band IoT 35	100 KB	NTD 10.60
Band IoT 50	500 KB	NTD 15.15
Band IoT 70	3 MB	NTD 21.21
Band IoT 100	10 MB	NTD 30.30
Band IoT 150	50 MB	NTD 45.44
Band IoT 200	100 MB	NTD 60.59

*數據用量超過月租用量時，每0.5KB為 0.005韓元。

**以0.0303匯率轉換為台幣

圖 2-27 韓國 SKT 物聯網計費方案

資料來源：SKT，研究團隊製作

根據韓國政府統計，截至 2017 年 9 月，韓國物聯網用戶數如下圖。

	<u>SKT</u>	<u>KT</u>	<u>LGU+</u>	<u>MVNO</u>
行動通訊	24,575,573	13,845,722	10,799,942	6,677,619
物聯網	2,172,488	2,029,164	1,429,493	715,385
遠端控制	737,576	458,137	611,715	483,237
穿戴式裝置	530,052	480,453	87,700	-
車輛控制	417,134	500,342	215,159	171,102
無線支付	260,987	188,192	229,869	49,070
平板裝置	226,739	391,256	83,726	-
其 他	-	10,784	201,324	

圖 2-28 韓國物聯網用戶數

資料來源：研究團隊製作

發展至 2018 年 7 月物聯網連網設備數，SKT 為 2,495,142、KT 為 2,666,939、LGU+ 為 1,743,700、MVNO 為 815,184。SKT 雖未達當初 400 萬連網設備量之目標，但整體連網設備量於近年仍持續呈成長趨勢。

2. 物聯網監理政策及分工

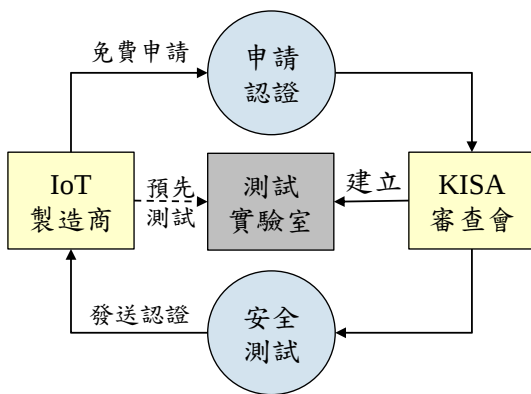
韓國的物聯網監理機關雖沒有明文訂定一政府機關全權負責，但目前監理責任一般認為落在韓國網路振興院（Korea Internet & Security Agency, KISA）身上，KISA 隸屬於科學技術情報通訊部（Ministry of Science and ICT, MSIT），主管韓國資通訊安全議題，包含網路安全、個資風險管理等。由於韓國多次傳出閉路攝影機遭到駭客入侵的事件，KISA 於 2017 年 11 月建立了「IP CAM 網路安全規劃」專案，專案中也建立「IoT 產品認證標章」這個安全認證機制，作為韓國物聯網資訊安全監理機制的一環，雖然是在閉路攝影機專案下的認證機制，但開放給各類物聯網裝置進行認證申請，期望透過該認證，可以保障物聯網裝置的網路安全¹⁰。

該認證目前免費提供給物聯網裝置製造商申請，針對物聯網產品資訊安全共設立五大認證項目，包含裝置授權、加密機制、資料安全、平台安全、硬體接口安全等項目，每個項目當中又設置不同的細目，例如說裝置授權部分，最低要求是在首次登入之後需要修改密碼，但最高要求更是強制密碼不得含有重複字元、並且必須含有至少一個特殊字元，規定十分嚴謹。

「IoT 產品認證標章」設有兩個認證等級：輕型認證「Lite」以及標準認證「Standard」，廠商可以根據自己的需求以及裝置安全等級的強弱，任意選擇其中一個認證等及進行認證。兩個認證等級不同之處在於，輕型認證只需要達成各個認證項目的最低要求即可；但標準認證必須達成各個項目的全部要求，審查過程較嚴格，所需的審查期間也較久。兩項認證等級的效期均為兩年，通過認證之物聯網裝置可以貼上由 KISA 授權的認證標章，目前已經有 Samsung 等四家物聯網廠商的產品通過認證。為了讓更多廠商有意願進行物聯網產品安全認證，KISA 也輔導建立測試實驗室，廠商可以先將產品自行送往實驗室進行檢測，在針對不合格之處進行改善，確保認證能夠快速、順利地通過。

¹⁰ KISA, " 사물인터넷 (IoT) 보안시험·인증 기준 해설서", 2017.12

IoT安全認證流程圖



貼有認證貼紙之IoT裝置



IoT產品安全認證五大項目

認證項目	內容敘述
裝置授權	- 使用者如何登入、授權裝置 - 密碼強度限制與安全性 - 登入失敗的保護機制
加密機制	- 加密演算法安全性 - 有無亂數加密機制
資料安全	- 傳輸資料協定安全性 - 儲存資料安全、隱私管理
平台安全	- 平台安全性更新模式 - 後臺監控記錄
硬體接口	- USB或其他接口防護 - 面對非授權存取之應急措施

業者可根據產品特性選擇認證等級

1. 輕型認證 (Lite)

- 達成最低要求即可
- 認證需兩周時間辦理
- 認證期限兩年，可延長

2. 標準認證 (Standard)

- 達成各項目最高要求
- 認證需一個月時間辦理
- 認證期限兩年，可延長

圖 2-29 KISA IoT 產品認證標章

資料來源：KISA 公開資料、研究團隊製作

（六） 中國

1. 物聯網發展政策

中國工業和信息化部（以下簡稱工信部）在 2017 年 6 月發布《關於全面推進移動物聯網（NB-IoT）建設發展的通知》，提出了三大方向及 14 項目標，要求各級政府協助推動 NB-IoT 網路基礎建設¹¹。

NB-IoT 標準和技術研究方面，在已完成之 NB-IoT 3GPP 國際標準上，結合中國網路規劃與行業需求，加速完成中國 NB-IoT 技術要求和測試方法標準制定。針對不同行業應用需求，對定位功能、移動性管理、節電、安全機制下的傳輸性能優化進行研究。同時，加速相關企業在專用晶片、模組、網路設備、應用產品和服務平台各方面產品研發。電信企業應加快網路部署，提供良好網路覆蓋和服務質量，以支持海量終端接入。

有關推廣 NB-IoT 在細項領域之應用，鼓勵各地城市因地制宜，結合當地產業發展和城市管理需求，透過試點示範，擴大應用行業和領域範圍。在公共服務領域方面，以水、電表計量，停車管理，環境監測為起點進行智慧城市建設。在個人生活領域之應用，針對在智能家居、穿戴式裝備、兒童及年長者照護、寵物追蹤及消費電子等應用，促進信息消費。在工業製造領域方面，探索 IoT 技術和工業互聯網、智慧製造相結合的應用，實現生產製造過程的監控。

關於優化 NB-IoT 應用之政策環境，統籌 3G、4G、未來 5G 網路需求，對於 NB-IoT 業務需求，配置系統工作頻段。確立營運企業、產品和服務供應商等不同主體的安全責任和義務，以建立網路安全管理機制。另外，電信業者、示範點所在地方通信主管部門和產業聯盟須完善資訊採集機制，達到即時追蹤產業發展動態之效。

¹¹ 中國工信部，关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知，2017 年 6 月

方向	加強NB-IoT標準與技術研究， 打造完整產業體系	推廣NB-IoT再細分領域的應 用，逐步形成規模應用體系	優化NB-IoT應用政策環境， 創造良好可持續發展條件
目標	加快國際標準在中國落地	開展應用試點示範工程	合理配置系統工作效率
	增強服務能力	推廣在公共服務領域應用	建立健全網絡和 信息安全保障體系
	健全完整產業鏈	推動在個人生活領域應用	加強信息行業與 垂直行業融合創新
	構建網絡基礎設施	探索在工業製造領域應用	組織產業聯盟建設 公共服務平台
		鼓勵在新技術、新業務應用	完善數據統計機制追蹤 產業發展動態

圖 2-30 推進 NB-IoT 建設發展通知內容

資料來源：中國工業和信息化部之公開資料，研究團隊製作

2. 物聯網監理政策及分工

中國從 2005 年開始發展物聯網產業，已經有十多年的歷史，在推動物聯網產業的同時，許多物聯網產品的標準、規格，也都制定的相當完善。近年來中國逐漸開始重視物聯網裝置的資訊安全議題。在物聯網監理議題方面，中國主管網路安全、資訊安全的監理機關都有發布相關報告。一般而言中國物聯網監理的主管機關是工信部下轄之「信息通信發展司」，除此之外，中國工信部之下的另一機構「中國信息通信研究院」則負責研究、紀錄物聯網產品可能遇到的風險與危害，並針對各項可能發生的物聯網資訊安全風險，提出建議。而中國的網路安全主管機關，國家網路資訊辦公室內的中國網路安全和資訊化委員會也曾經就網路安全及網路發展的角度，提出對物聯網安全相關的疑慮。最後，物聯網相關技術標準與個人隱私標準，統一由「中國國家標準化管理委員會」訂定，包含物聯網整體架構以及物聯網安全參考模型等等標準。有關中國各行政機關物聯網監理的分工請參考下圖。

	國家網路資訊辦公室	工業和信息化部		國家標準化管理委員會
	中國網路安全和資訊化委員會	中國信息通信研究院	信息通信發展司	
主要職能	✓ 推動中國網路發展事業。 ✓ 對資通訊應用提出研究報告 ✓ 制定網路安全相關政策	✓ 推動物聯網安全技術標準 ✓ 發布物聯網安全模型和技術重點	✓ 推動城市、全國物聯網重點發展項目 ✓ 研究物聯網頻譜應用需求 ✓ 推動NB-IoT城市級別發展環境	✓ 建立通訊安全標準 ✓ 制定物聯網相關技術標準 ✓ 建立個人資訊隱私標準
相關報告	✓ 2016 - 《物聯網白皮書》	✓ 2018 - 《物聯網安全白皮書2018》		✓ 2017 - 《信息安全技術-個人訊息安全規範》 ✓ 2018 - 《物聯網安全參考模型及通用要求》

圖 2-31 中國物聯網監理各機關分工

資料來源：中國政府公開資料，研究團隊製作

2018 年，中國信息通信研究院提出「物聯網安全白皮書 2018」分別從三個層面論述物聯網資訊安全的可能影響：一是服務端口，也就是網路 API 端的接點、用戶本身手機或是電腦的 UI 介面，或各類有可能遭受到駭客從漏洞進行攻擊的

網路接口；二是通信網路層，包含有線網路或是無線通訊層，其中無線網路有訊號干擾的疑慮之外，兩種網路很容易遭到 DDOS 等惡意攻擊而癱瘓¹²；最後，在終端系統上，由於物聯網裝置容易遭到破壞，或是系統授權方式太過單純，例如說密碼過於簡單、所有裝置設定相同的密碼等等，都會增加被入侵的風險。因此，在報告中也提出解決問題的原則，並提出有哪些相關單位可以協助執行：包含積極建立物聯網安全標準、紀錄以及研究物聯網新式攻擊手法、規範物聯網相關產品製造準則，最後是結合民間物聯網公司力量，積極的推廣物聯網產品資訊安全的共識。

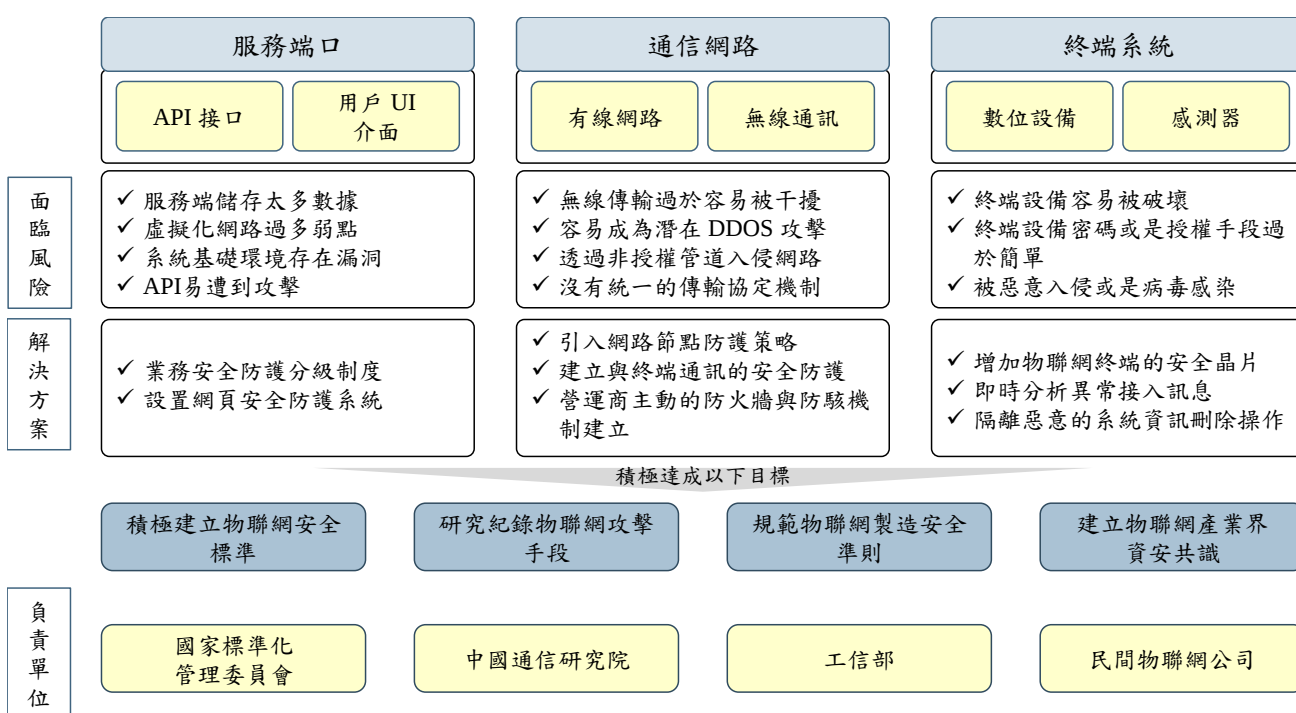


圖 2-32 2018 中國物聯網安全白皮內容整理

資料來源：中國政府工信部公開資料，研究團隊製作

¹² 中國工信部，物聯網網路安全白皮書 2018，2018 年 3 月

（七）新加坡

1. 物聯網發展政策

新加坡資訊通信媒體發展局（Info-communications Media Development Authority, IMDA）於2014年提出智慧國家2025（Smart Nation 2025）計畫，期望透過由政府制定國家級智慧化發展政策並進行基礎建設布建，推動民眾和企業共同激發出創新解決方案，並使新加坡在2025年成為世界第一個智慧國家。計畫的具體策略是透過資訊的公開、對研究的投資等，強調公部門與私部門共同合作的重要性，藉以改善影響市民生活及社會的交通運輸、居家與環境、商業生產力、健康及高齡增能、公共服務等五大面向。

而為成為智慧國家，IMDA於2015年也進一步提出「Infocomm Media 2025」計畫，透過完善的資通訊基礎建設，打造智慧國家以提升人民福祉及推動各項服務創新。計畫在未來十年當中，利用現有的建設推動公私部門服務之創新應用，並透過數據分析發揮資料價值；利用資料分享、開放的方式，讓公部門透過預測民眾需求，提供更好的服務；除此之外，企業也可利用健康、生活、交通與服務四大領域的公開資料進行服務創新。計畫中設有資訊分享平台，即智慧國平台（Smart Nation Platform），內容於資料蒐集部分，即有提及要利用廣佈感測器以收集資料，邁向智慧化國家，顯示物聯網技術亦為重要發展推手。

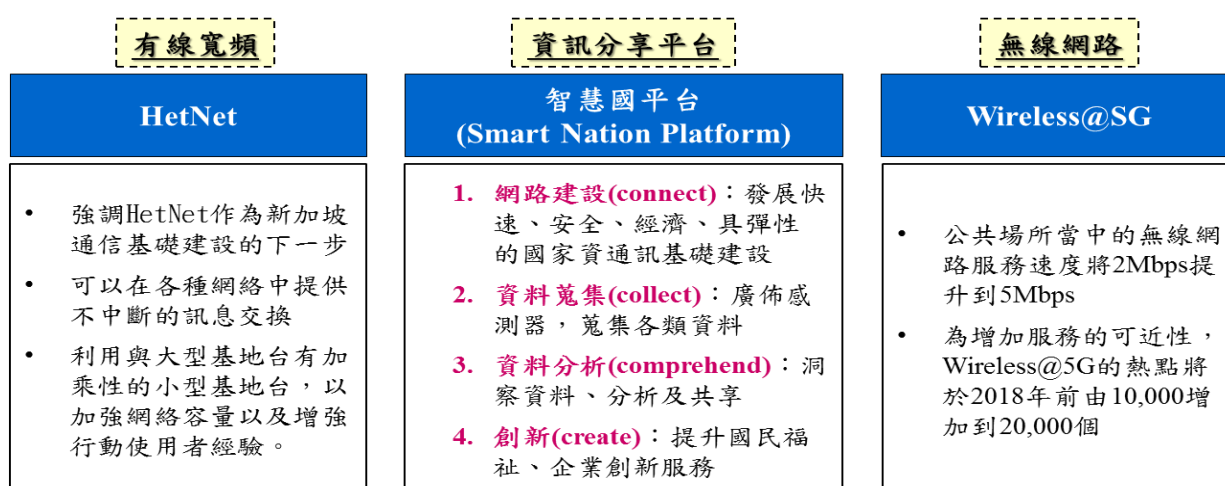


圖 2-33 Infocomm Media 2025 的基礎建設

資料來源：IMDA 公開資料，研究團隊製作

在智慧國家 2025 計畫中新加坡規畫發展五大國家重點項目，其中也提出透過物聯網加速國家發展、建立智慧國平台的基礎設施建設：國家智慧感測器平台（Nation Smart Sensor Platform）計畫。該計畫以加速物聯網產業的發展與推廣為宗旨，計畫透過建造遍及全國的物聯網感測器網路，並建立一個物聯網數據彙整、資料分析專用的分析平台，該平台可以授權給各項民間物聯網公司的專案使用，並鼓勵企業或是新創團隊來測試與智慧國家、民生公共物聯網有關的專案，目前平台中已經累積了多個概念性提案，實際測試過的智慧物聯網專案有以下四項：

- 智慧水表專案：智慧水表能夠藉由通知使用者即時用水情形，紀錄用水資訊，來達到省水的效果。目前專案在新加坡裕華區佈署 500 個智慧水表感測器進行測試，結果顯示，該系統的即時分析能力能夠幫助地區居民達到 5% 的省水效率。
- 泳池溺水監測專案：透過在全國游泳池裝設智慧感測器，感測器透過電腦進行視覺分析，掃描泳客的活動情形，如果泳客不慎溺水、或是發生抽筋等緊急情形，系統會在第一時間發出警報，並通知現場救生員，縮短泳池發生意外時候的反應時間，避免意外發生。
- 智慧救援按鈕，這個專案計畫開發一款低耗能、輕型、方便攜帶的求救按鈕，讓家人能夠及時了解長者的需求，或是在長者發生意外需要救援時，可以第一時間通知。
- 智慧路燈：智慧路燈專案將會於 2019 年開始部屬，透過路燈上面的感測器，可以提供氣溫、濕度降雨等等天氣資訊之外，數據還可以透過各種技術，例如 AI 進行分析，提供政策制定、市民服務以及商業用途。目前已經測試過用於監控道路違規的應用案例，感測器可以即時回傳逆向行駛、超速等等車輛違規資訊，協助道路交通安全管理。

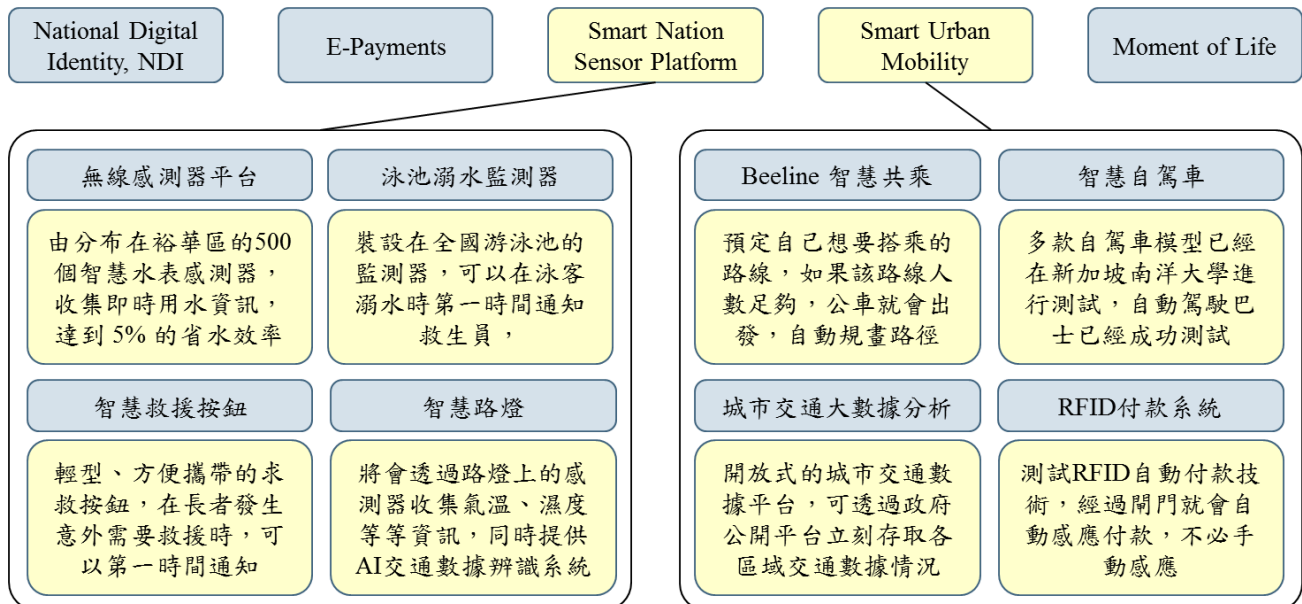


圖 2-34 新加坡「智慧國家 2025」計畫
 資料來源：GovTech 公開資料，研究團隊製作

2. 物聯網監理政策及分工

新加坡政府因應智慧國家 2025 推動計畫，對於物聯網產業也同步開始制定一系列標準，供物聯網裝置業者在開發產品時，有可依循之標準，新加坡政府的產業標準制定機關為新加坡企業發展局（Enterprise Singapore）下的資訊與科技標準委員會（Information and Technology Standard Committee, ITSC），目前，ITSC 已經制定了「智慧國家物聯網參考架構」、「智慧國家物聯網信息及服務互通性標準」以及「智慧國家物聯網安全性指引」三項物聯網產品標準及物聯網感測器網路架構標準等。

第四節 小結

綜整前面小節，彙整各國發展措施及監理政策分工如下表，由於目前物聯網技術已逐漸成熟，各國少有針對物聯網之發展措施，而多是在國家整體發展政策下，展開科技輔助項目，由各國政策來看，發展重點一是平台之設立，確保需求資料可順利的交換流通，另一面向則是需要落實於垂直領域之應用。在監理政策及分工部份，近來資安及隱私保護為重要主題，國家整體性資安、物聯網資安，由於多為跨部門之政策，因此多非直接由電信主管機關進行擬定，而是由一層級較高單位，進行物聯網安全方針之設定，另各國標準組織也陸續設立物聯網資安標準及驗證機制，希望可提升相關設備之資安水準。

表 2-1 各國物聯網政策及監理分工

國家	發展措施	監理政策及分工
英國	● 政府推動 IoTUK 計畫投資 4 項大型物聯網專案，包含：硬體加速器、智慧城市、長照與智慧醫療、IoT 安全 ● 案例：和國民健保署合作，利用感測器將病患生理數據傳回醫院，掌控病情減少醫療支出	● 國家網路安全中心：強化公部門、私企業網路安全 ● 文化、傳媒及教育部：定期更新消費類物聯網設備行為準則
德國	● 聯邦經濟事務和能源部規劃策略「Digital Strategy 2025」，工業 4.0 發展為重要項目	● 聯邦數據保護和信息自由委員：為聯邦政府與政府部門等公共機構、民間電信和郵政服務企業，提供數據保護諮詢和監管
美國	● NTIA 發布「物聯網發展綠皮書」聚焦四大主題，關鍵在於監理機關扮演促進者(Enabler)角色，在確保消費者權益前提下，積極與民間合作開拓市場	● 國土安全部網路暨基礎設施安全處：提出網路安全方針 ● 商務部國家標準暨技術研究所：提出安全標準 ● 商務部國家電信暨資訊管理局：推廣資安並蒐集業者頻譜需求

日本	● 政府發表「世界最先端 IT 國家創造宣言」，設有農業、醫療、防災、交通等領域 ● 總務省發布物聯網安全綜合措施聚焦五大具體策略 ● 案例：由車輛感測器蒐集之資料先進入公部門管理單位，同時傳送至道路交通情報通訊系統中心進行資料加值和服務提供	● IoT 推進協會：與總務省、經產省、情報通信研究機構、日本情報經濟社會推進協會合作，進行技術開發、資安措施設計
韓國	● MSIT 發表「K-ICT 策略」，目的為在六大領域導入 IT 應用 ● 案例：政府和地方政府在智慧城市和醫療領域上進行合作，建立物聯網示範區	● 韓國網路振興院：隸屬於韓國未來創造科學部，設立「IoT 產品認證標章」，進行資安認證
中國	● 工信部發布「關於全面推進移動物聯網建設發展的通知」，以 NB-IoT 作為主要發展技術，鼓勵各地城市因地制宜，結合當地產業發展和城市管理需求，透過試點示範，擴大應用行業和領域範圍	● 工業部信息通信研究院：推動安全技術標準，發布物聯網安全白皮書 2018 ● 國家標準化管理委員會：建立通訊安全標準，發布物聯網安全參考模型及通用要求

新加坡	● 在「智慧國家 2025」計畫中提出透過建立國家智慧感測器平台計畫、以及資訊公開、投資於研究、強化公私部門合作以改善交通、居家環境、商業生產、健康和公共服務等五大面向 ● 案例：智慧救援按鈕讓家人及時了解長者需求，長者發生意外時第一時間通知	● 資訊與科技標準委員會：隸屬於新加坡企業發展局，制定物聯網技術及資安相關產品標準和感測器網路架構標準
-----	--	---

資料來源：研究團隊製作

第3章 5G 技術及應用發展

第一節 5G 技術及頻段發展

在國際上 4G LTE 已逐漸普及之狀況下，各國各組織積極研究之 5G 技術規格，最近對於 5G 技術應達到的規格已有三大共識發展目標：高速行動寬頻傳輸（eMBB），預期傳輸速率達 20Gbps 以上；高可靠度低延遲（URLLC），預期延遲時間能少於 1 毫秒；海量機器類通信（mMTC），預期能使 100 萬以上裝置同時連接並且能以低設備價格與耗電量進行維運。上述三大技術規格分別可能推進下世代行動通訊應用、車聯網應用及物聯網應用發展。

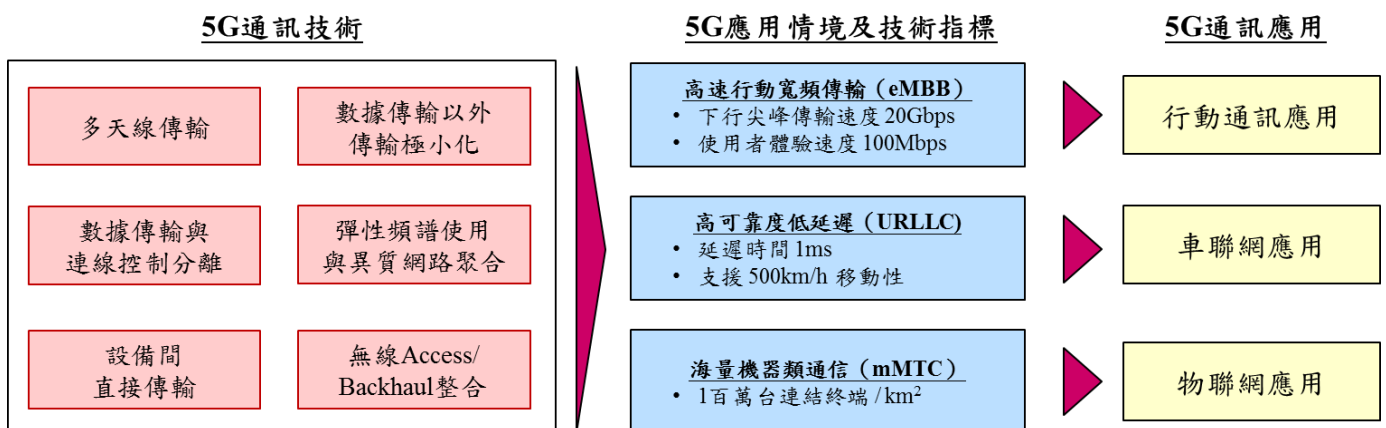


圖 3-1 5G 通訊之潛在核心技術、特性與應用

資料來源：研究團隊製作

根據 GSA 之統計，截至 2018 年 1 月，有 56 個國家、113 個電信業者在進行 5G 技術之測試、實驗或展示。其中，最多測試實驗計畫的國家為美國，高達 35 個，緊追在後的為亦超過 30 個之日本，其次為中國與南韓。主要測試之頻段以 Sub-6GHz 為主，約佔整體的 43%，次之為 24-29.5GHz 頻段，約佔整體之 31%。

(一) ITU 規劃動向

為了制定 5G 技術與頻段標準，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU) 下之 ITU-Radiocommunication 部門於 2012 年開啟了建立“IMT for 2020 and beyond”專案。並且於同年度，成立 WP5D 工作小組，負責 5G 技術與頻段標準之討論。因此，制定了一系列 5G 研究活動之階段與進程，現國際上主要關注時間點為 2019 年，屆時 ITU 會舉辦固定的世界通訊大會 World Radiocommunication Conference (WRC-19)，並將於會中確定 5G 首波頻段標準及技術規範，有關 ITU 於 5G 的標準制定進程如下圖所示。

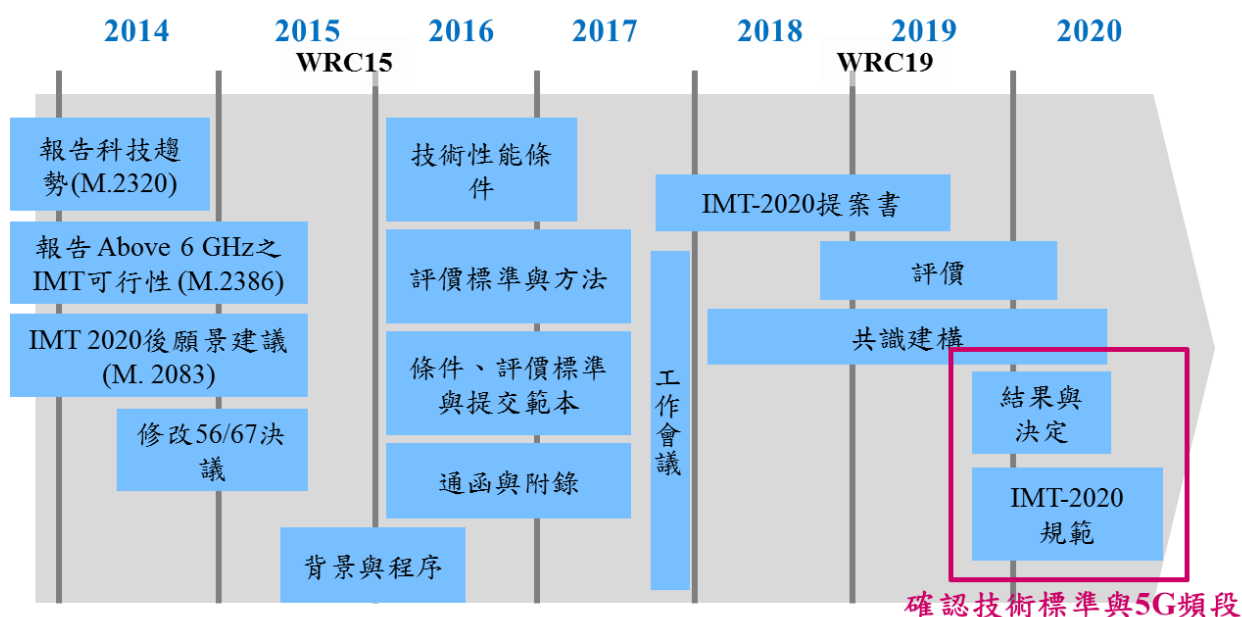


圖 3-2 ITU-R 之 5G 標準進程

資料來源：ITU-R

2015 年時的 WRC-15 會議，各會員國已針對 5G 潛在可使用之毫米波頻段進行討論，並選出 5G 候選頻段包含：24.25-27.5、37-40.5、42.5-43.5、45.5-47、47.2-50.2、50.4-52.6、66-76、81-86GHz。此些頻段近年持續由相關組織進行技術測試確認可行性，2019 年 WRC-19 大會時，會再從中選出 5G 首波頻段。

(二) 3GPP 頻譜規劃動向

由各國產業標準協會組成之第三代合作夥伴計畫 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 亦自 Release 14 起開始著墨 5G 技術與頻段之標準討論，5G NR 標準有 3 個 Stage 的開發階段，Stage 1 將會決定非獨立組網 (Non-Standalone, NSA)，也就是 Option 3 系列的技術規範，Stage 2 將決定獨立組網 (Standalone, SA) Option 2 系列，最後 3GPP 原本定於 2018 年 9 月發表 Release 15 Stage 3 之 5G 技術標準，由於 Release 15 制定過程過於密集，為了完善 Release 15 Stage 3 關於 Option 4、Option 7 等 LTE-NR 雙連結技術上的細節，在 12 月 10 到 13 號於 Sorrento 舉行的 TSG RAN 全體會議上，大會通過延遲凍結 Release 15 Stage 3 版本標準的決定，3GPP 決定 Release 15 Stage 3 標準將延後到 2019 年 3 月凍結，Release 16 標準隨之順延。根據 3GPP 發布的新聞稿，本次延後發表並不會對 5G 商用網路的發展造成影響，而第二階段 5G 技術與頻段標準 Release 16 計畫於 2019 年 9 月開始制定，時程規劃如下圖所示。

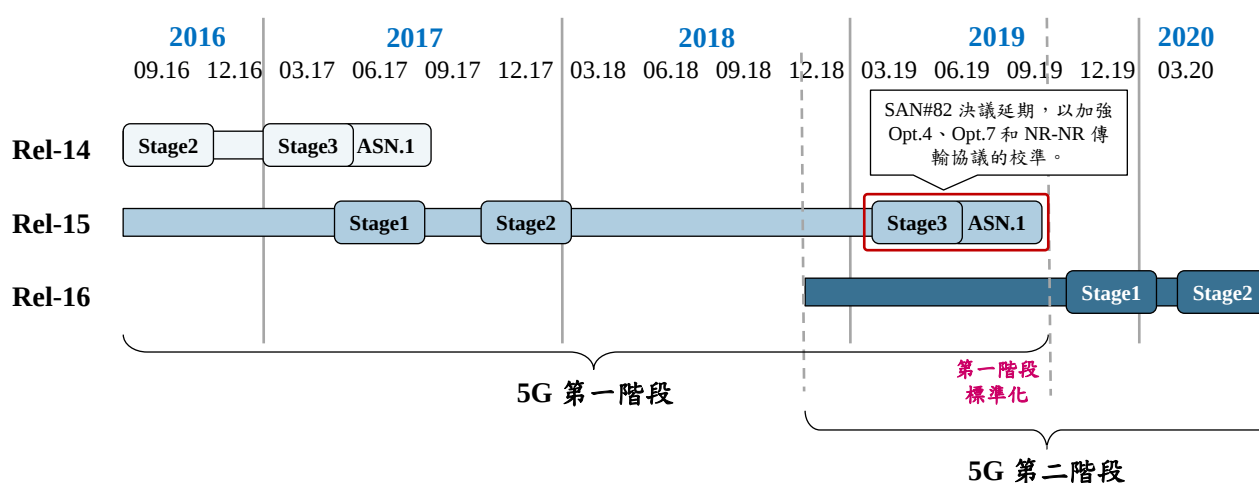


圖 3-3 3GPP 之 5G 標準化制定時間表

資料來源：3GPP 公開資料、研究團隊整理

於 2017 年底 3GPP 已公告 New Radio (NR) 之頻段定義，列入國際上近年討論較熱門之頻段，包含：3.3-4.2 / 3.3-3.8GHz (Band n77 / n78，由日本、中國、韓國、部分歐洲電信業者支持提案)、4.4-5.0GHz (Band n79，由日本、中國電信業者支持提案)、26/28GHz (Band n257 / n258，由日本、韓國、部分歐洲電信業者與中國行動支持提案)、39GHz (Band n260，由 AT&T、Verizon、T-mobile 等

美國電信業者支持提案)，並納入部分過去 3G 及 4G 使用頻段。新定義之 5G NR 頻段中，我國現已釋出之 Band n1、Band n3、Band n5、Band n7、Band n8、Band n28、Band n38 皆有相關規範，未來業者可利用既有之頻段，配合新釋出之 5G 頻段、毫米波段，逐步平順移轉升級至 5G 網路。

表 3-1 3GPP 新興定義 NR 頻段－我國既有 3G 或 4G 頻段

頻段	名稱	上鏈	下鏈	頻寬（MHz）
n1	2100	1920-1980	2110-2170	5, 10, 15, 20
	CHT、FET、TWM、T-STAR			
n3	1800	1710-1785	1805-1880	5, 10, 15, 20,25,30
	CHT、FET、TWM			
n7	2600	2500-2570	2620-2690	5, 10, 15, 20
	CHT、FET、T-STAR			
n8	900	880-915	925-960	5, 10, 15, 20
	CHT、APT、T-STAR			
n28	700 APT	703-748	758-803	5, 10, 15, 20
	FET、TWM、APT			
n38	TD 2600	2570-2620		5, 10, 15, 20
	FET、APT			

資料來源：3GPP，研究團隊製作

6GHz 以下新定義頻段部分，Band 77、78、79 三個頻段過去於 LTE 技術標準可切分頻寬最大為 20MHz，於此次 NR 頻段定義中，則擴大可切割最大頻寬為 100MHz，最小頻寬大小部份則依頻段有所差異，Band 77、Band 78 最小單位為 10MHz、Band 79 則為 40MHz，相關技術標準後續也可能作為我國釋照機制設計時之重要參考。值得注意的是，Band 77、78 頻段定義了 70MHz、90MHz 兩個特殊頻段，其目的為提供增加基地台在傳輸時的彈性，雖可能因為因終端設備通訊所設計，而無法最大化使用效率，但作為業者頻譜使用上，因已有相關技術規範，為可行方案。

表 3-2 3GPP 新興定義 NR 頻段－Sub-6GHz 頻段

頻段	名稱	上鏈	下鏈	頻寬 (MHz)
n77	TD 3700	3300-4200		10 , 20, 40, 50, 60, 70*, 80, 90*, 100
n78	TD 3500	3300-3800		10 , 20, 40, 50, 60, 70*, 80, 90* 100
n79	TD 4500	4400-5000		40 , 50, 60, 80, 100
n80	UL 1800	1710-1785		5, 10, 15, 20, 25, 30
n81	UL 900	832-862		5, 10, 15, 20
n82	UL 800	880-915		5, 10, 15, 20
n83	UL 700	703-748		5, 10, 15, 20
n84	UL 2100	1920-1980		5, 10, 15, 20

*該頻寬僅提供基地臺提供傳輸上的彈性，可能無法達到最佳化傳輸效率

資料來源：3GPP，研究團隊製作

24GHz 以上新定義頻段部分，3GPP 先行定義出 Band n257、n258、n260 等新興頻段，建議頻寬比起 6GHz 以下頻率亦有顯著差異，由於頻段位置較高，要達到 5G 所需傳輸速度頻譜量要求較大，因此最小頻寬為 50MHz，最大為 400MHz。

表 3-3 3GPP 新興定義 NR 頻段—Above-24GHz

頻段	名稱	上鏈	下鏈	頻寬 (MHz)
n257	28GHz	26.5-29.5GHz		50, 100, 200, 400
n258	26GHz	24.25-27.5GHz		50, 100, 200, 400
n260	39GHz	37-40GHz		50, 100, 200, 400

資料來源：3GPP，研究團隊製作

載波聚合 (Carrier Aggregation, CA) 指的是能將電信業者不同的頻段整合起來一同使用，進而提供更高速的網路下載速度。CA 技術從 LTE 時期開始發展，3GPP 標準中共有三種不同的載波聚合技術，分別是跨頻非連續載波聚合 (Inter-band non-contiguous CA)，可以整合不同頻段上的兩個頻段；同頻連續載波聚合 (Intra-band contiguous CA) 則是整合同一頻段上的兩個連續頻段；最後，同頻非連續載波聚合 (Intra-band non-contiguous CA) 則是在同一頻段上不連續的兩個頻段進行載波聚合。在 5G NR 的技術標準中，3GPP 先行定義了同頻連續載波聚合和跨頻非連續載波聚合兩種 CA 機制，下表整理 3GPP 定義的跨頻非連續載波聚合頻段。

表 3-4 跨頻非連續載波聚合頻段

5G NR 載波聚合	載波聚合使用頻段
CA_n3A-n77A	n3, n77
CA_n3A-n78A	n3, n78
CA_n3A-n79A	n3, n79
CA_n8A-n75A	n8, n75
CA_n8-n78A	n8, n78
CA_n8A-n79A	n8, n79
CA_n28A-n75A	n28, n75
CA_n28A_n78A	n28, n78
CA_n41A-n78A	n41, n78
CA_n75A-n78A	n75, n78
CA_n77A-n79A	n77, n79
CA_n78A-n79A	n78, n79

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

3GPP 目前只制定了同頻連續載波聚合的技術細節，最高可以支援到 5 個頻段一同 CA 使用，但越多頻段進行 CA 所需要的頻段條件較為嚴苛。目前僅有 n77、n78、n79 三個頻段有定義同頻載波聚合的技術，下表列舉目前 3GPP 定義的同頻連續載波聚合所可以使用的頻段。

表 3-5 同頻連續載波聚合頻段

5G NR 載波聚合	載波聚合使用頻段
CA_n77	n77
CA_n78	n78
CA_n79	n79

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

另彙整現各國政府及業者 5G 主要技術發展及實驗頻段狀況如下表，可見雖然 6GHz 以上的毫米波段為新興之技術與應用頻段，因此各國皆積極提出毫米波段標準，但為提供完整之服務，於 1GHz 以下之低頻頻段、1-6GHz 之中頻頻段也為未來 5G 重要的服務頻段，尤其以短期技術及標準制定進程來看，低頻與中頻將可能是早期之主要 5G 服務頻段。

表 3-6 各國主要發展頻段

國家	<1GHz (MHz)	1-6GHz (GHz)	Above-6GHz (GHz)
美國	600	3.55-3.7	27.5-28.35、38.6-40、37-38.6、64-71
英國	700	3.4-3.8	24.25-27.5
法國		3.4-3.8	
中國		3.3-3.6、4.8-5.0	
新加坡	800	1.5, 3.4-3.6	24.25-29.5、31.8-33.4、37-43.5、45.5-50.2、50.4-52.6、66-76、81-86
日本		3.6-4.2, 4.4-4.9	27.5-29.5
韓國		3.4-3.7	28
3GPP* Rel-15 討論頻段	663-698、 617-652	1427-1518 (MHz)、 3.3-4.2、4.4-4.99	24.25-29.5、31.8-33.4、37-40

資料來源：各國公開資料，研究團隊製作

整體 5G 頻譜應用上，預期也將會需要低中高頻頻譜來共同提供完整服務，Sub 1GHz 之低頻頻段由於覆蓋性較佳，仍作為廣域與深度室內覆蓋、提供大量 IoT 設備連結；Above 6GHz 以上之頻段，由於穿透力低、不適合作覆蓋使用，而是佈建於熱點區域，或特殊服務區域，以提供特殊情境下之超高速數據傳輸需求；1-6GHz 之中頻頻段，則兼具容量及覆蓋，搭配低頻與高頻頻段共同使用。因此未來 5G 頻譜應用及基地臺佈建策略，將可能以面線點方式，由低頻作為面的覆蓋、中頻作為各區域之串聯、高頻則於特定位點與各頻段共同提供超高速傳輸，由下圖歐洲目前 5G 試驗網路之佈建方式來看，亦符合本段前述之假設。



圖 3-4 5G 低中高頻頻譜混和布建服務策略

資料來源：研究團隊製作

（三）5G 其他技術標準

● 獨立與非獨立組網

3GPP 因應整體 5G 發展趨勢進程及參與會員的需求與努力，在相關技術標準制定上持續加快腳步，原先訂於 2019 年通過之 5G NR 標準，即拆分成非獨立（Non-Standalone, NSA）及獨立（Standalone, SA）兩種。在 5G NR 技術標準三個 Stage 之的制定過程當中，2017 年 12 月的 5G NR Stage 1 先提出並正式凍結了 NSA 之技術標準，代表已經有可實際商用部屬的 5G NR 標準，有利於整體產業發展及大規模 5G 試驗及實際網路部屬的進行，3GPP 在 2018 年 6 月通過了 5G NR Stage 2 有關 SA 的技術標準，正式宣告完成 5G NR 獨立與非獨立組網標準的訂定。NSA 之特性在於沿用 LTE 的核心網路，並先以 4G 作為控制主軸，由 LTE 基地臺與 5G 基地臺共同提供服務，優點在於既有營運商可利用既有 LTE 網路，佈建速度快、投資成本小；相較之下獨立組網需建設全新的 5G 網路，而不與 4G 網路連結，因此困難度較高，但也預期可以避免兩套網路系統、兩種技術間複雜的溝通問題，應會更有效率。

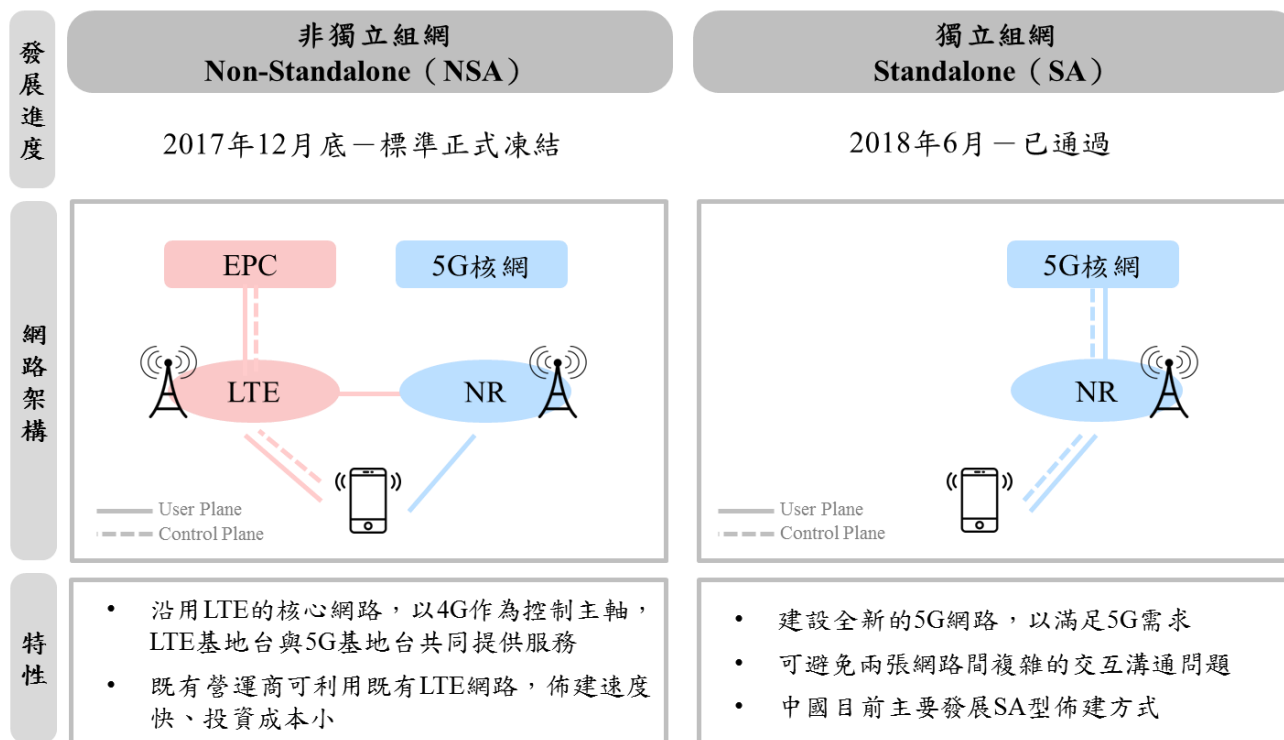


圖 3-5 非獨立與獨立組網發展

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

3GPP 設計的 5G NR 網路建置方式稱為「Option (Opt.)」，目前 5G NR 共有 5 種網路建置 Opt.，分別為 Opt.2、Opt.3、Opt.4、Opt.5 以及 Opt.7。主要的差別是使用的基地臺與核心網路歸屬不同。其中 Opt.2 與 Opt.5 是屬於 SA 方式，兩種方式都使用獨立 5G 核心網路，但訊號傳遞途中經過的基地臺不同，Opt.2 使用 5G NR 基地臺而 Opt.5 設計上使用 LTE 的基地臺與線路。該標準已經於 Release 15 的 Stage 1, Stage 2 制定完畢；此外 5G NR 於設計時，為了減緩網路遊 4G 往 5G 遷移的時候造成過大的網路架構改變，另外設計了三種 4G 與 5G 網路混和的 Option，分別是 Opt.3, 4, 7，稱為非獨立組網方式，特別之處在於都有共用到 5G NR 設備與舊有的 LTE 設備，但目前只有 Opt.3 有使用到 LTE 的核心網路，其餘都是新建置 5G 核心網路。目前延期的 Release 15 Stage 3 就是此標準尚須經過校準，以下列舉五種 5G 網路的架構圖。

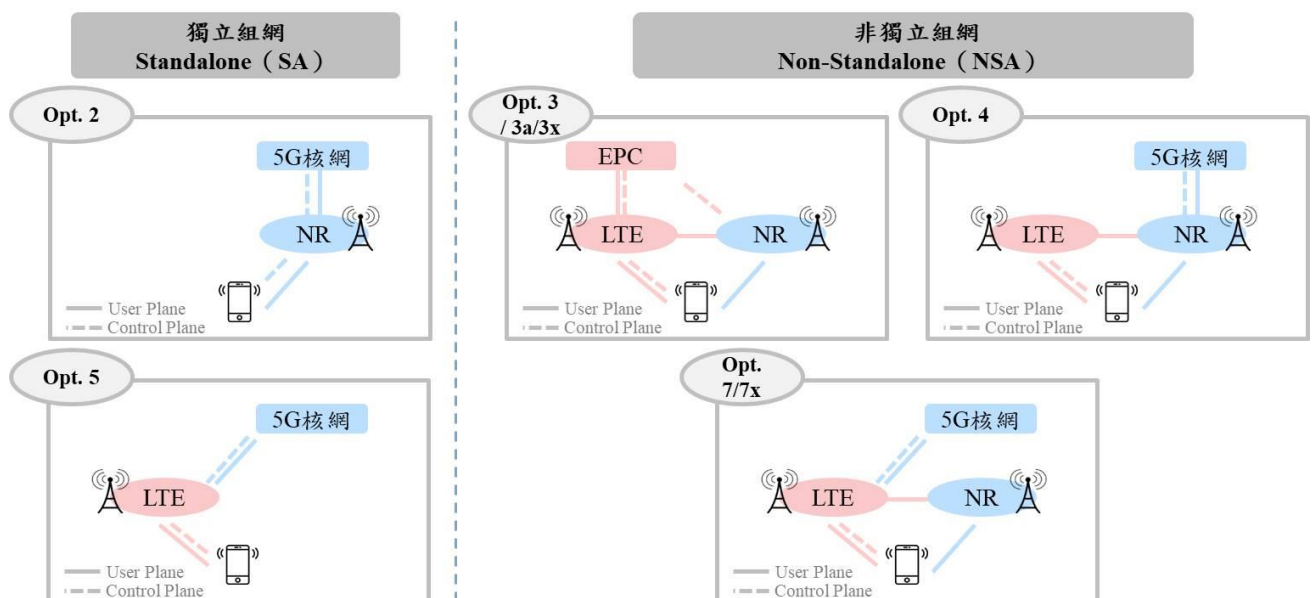


圖 3-6 非獨立與獨立組網佈署選項

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

各家電信業者對於採用何種方式佈署 5G 網路看法較不相同，SA 的網路建造模式雖然可以完整利用 5G 相關優勢，但也需要投入的成本比較高，業者建造初期需要負擔高成本帶來的風險，相對的透過 NSA 慢慢移轉到 SA 的作法，成本壓力較 SA 建造模式來得低，但就無法達到 5G 原有的傳輸效率。各家電信業者對於如何建造 5G NR 網路都有自己的看法，例如中國移動有意願透過 SA 方式從直接佈署 5G NR 網路；而其他電信業者如中國聯通、AT&T、NEC、LG 則表示將先採取 Option 3 的 NSA 方式建造 5G NR 網路，再逐漸轉移到 Option 2 的 SA 5G NR 網路。

- 軟體定義網路 (Software-Defined Networking)

傳統網路在通訊過程中，需仰賴路由器以及控制器等等設備，將訊息導向正確的 IP 位址，並回傳正確的值，該架構雖然能夠正確的管理、傳遞，卻存在重大缺陷：傳統網路架構的靈活性不足，若需要引進新功能或是遇到重大網路安全事件需要維護網路，網管人員需要從頭建立新的網際網路架構，連帶的軟硬體都需要重新設計，非常耗費人力以及資源。

軟體定義網路 (Software-Defined Networking) 就是在這樣的需求下產生的技術，將分配封包、控制器的功能從硬體中分離出來，由軟體作為中央調控的管道，再將網路架構中各自該做的事發送給個別硬體，如此一來，一旦遇到硬體的更動，只需要在軟體層進行修改，不必更動整體的網路設計，為網路管理、硬體維護省下人力以及硬體成本。

實作上來說，軟體定義網路可以分為數據層、控制層以及應用層三個部分，數據層是網路數據實際流動的設備，包含路由器、封包交換器等等網路設備，控制層是整合的數據控制平台，控制層以及數據層的溝通由軟體控制，目前業界通用的一套傳輸標準稱為 OpenFlow，控制層之外還包含應用層，可以透過 API 的方式接入控制層，藉此進行各式各樣的網路應用設計。

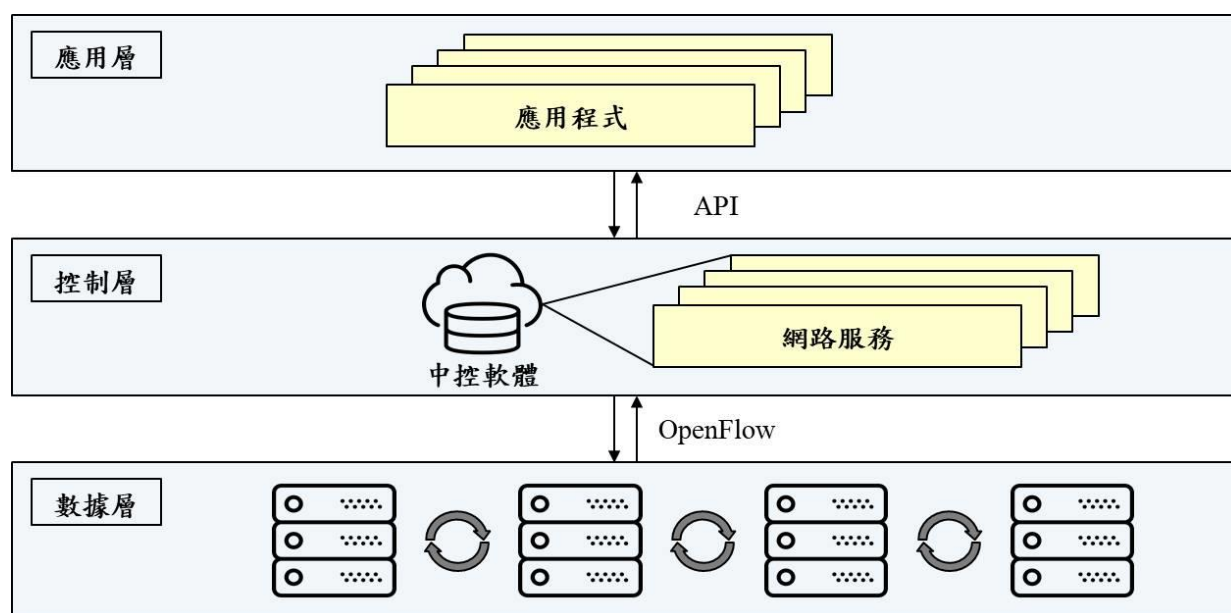


圖 3-7 SDN 網路架構圖

資料來源：研究團隊製作

● 網路切片 (Network Slicing)

虛擬化技術為 5G 發展重要基礎之一，網路切片也基於虛擬化技術發展，將實體設備運算資源，透過網路功能虛擬化方式 (Network Function Virtualization)，切割成不同服務類型，並根據應用類別決定要使用之網路切片。由於 5G 應用情境十分多元，此一網路切片技術，可更為有效率的使用網路資源，並滿足多樣化的服務需求。如車聯網、智慧電錶、一般用戶使用之手機，即可能分別被對應至低延遲應用之切片、大量聯網裝置用之切片、及提供超高速傳輸之切片，提供不同服務水準、特性之服務。

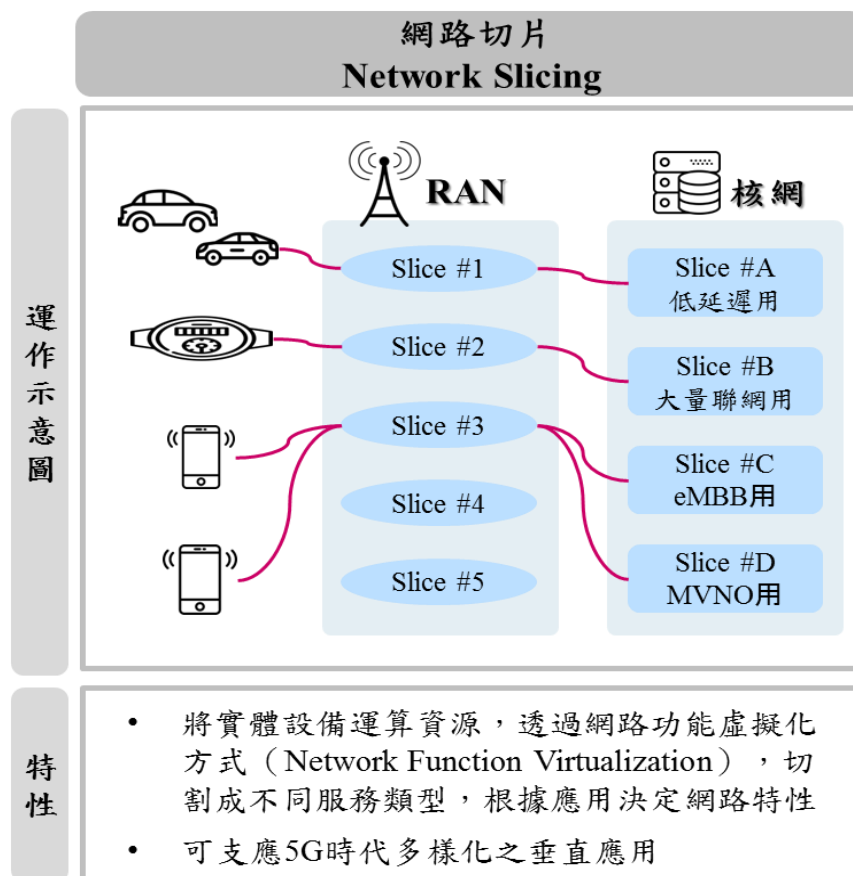


圖 3-8 網路切片技術

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

- 多接取邊緣計算（Multi-access Edge Computing，MEC）

為提供超高速傳輸，或大量接取時，若同以往的架構，將運算及資料都集中於核網處理，除了會增加整體網路負擔，也可能無法達成所需之服務水準。多接取邊緣計算（Multi-access Edge Computing，MEC），在接取網路佈建應用程式及資料庫伺服器，相較以往集中於核心網路，可提供終端低延遲、高頻寬傳輸之服務。如區域型高畫質轉播，即可將資料存於該區域之 MEC 伺服器，而不需要讓所有影音資料都須進到核網存取；自動車於小範圍區域的溝通，亦可透過 MEC 伺服器執行，加快反應速度¹³。

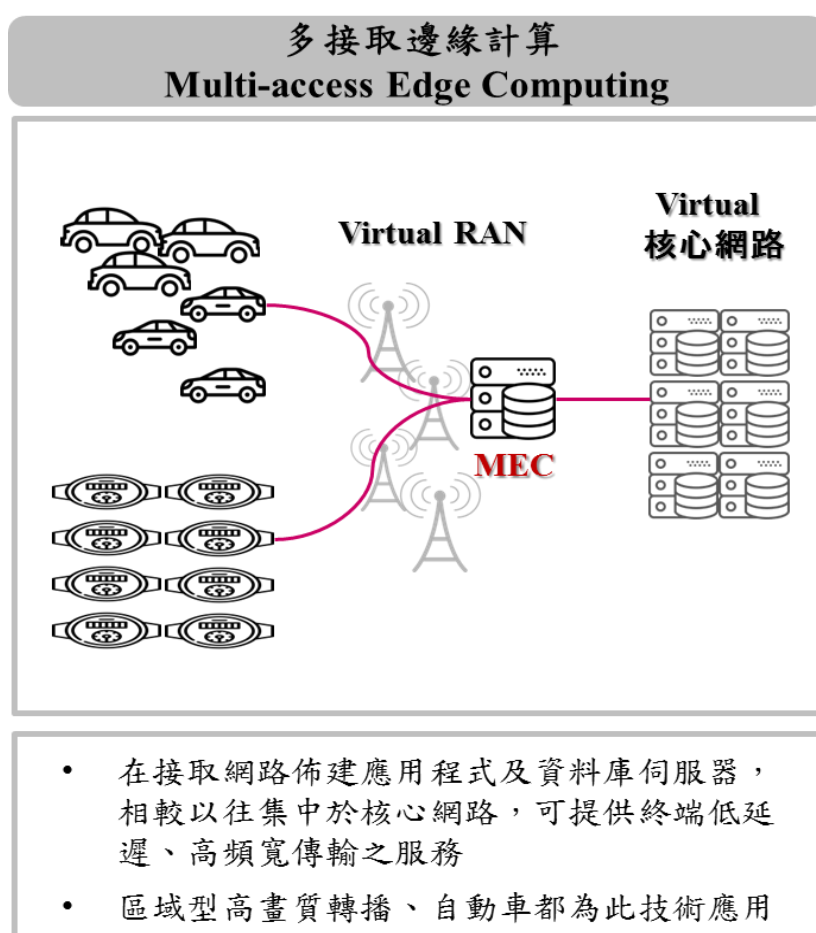


圖 3-9 多接取邊緣計算技術

資料來源：3GPP 公開資料，研究團隊製作

¹³ 5G Automation Association，” Toward fully connected vehicles： Edge computing for advanced automotive communications” ，2017.02

（四）免執照頻段提供 LTE 服務之技術

近年來由於 LTE 網路流量使用的增加，造成授權頻譜（licensed spectrum）需求增加；針對此一議題，3GPP 提出使用免執照頻段 LTE（LTE-Unlicensed Band, LTE-U）和授權輔助接取（License Assisted Access, LAA）、LTE/Wi-Fi 聚合（LTE-WLAN Aggregation, LWA）等使 LTE 能在 5GHz 上運行的接取模式，以提高資料傳輸效率。LTE-U 和 LAA 都是基於載波聚合（Carrier Aggregation）以及補充下行鏈路（Supplemental Downlink）技術所衍生的應用模式，LTE-U 和 LAA 的運作基本概念是將 5GHz 免執照頻率和 LTE 執照頻率進行載波聚合，並於 LTE 網路上進行資料傳輸。LTE-U 和 LAA 是以 LTE 執照頻段作為主要載波，免執照頻段則作為補充載波。為了避免干擾目前已使用 5GHz 頻段的裝置，LTE-U 和 LAA 均採用動態頻率選擇（Dynamic Frequency Selection）技術，在適當時機會啟動更換頻道機制。LWA 標準在 2016 年 3 月 3GPP 發布的 Release-13 被確立，LWA 運作概念是利用既有 Wi-Fi 存取點（AP），將一部分流量經由 Wi-Fi AP 傳輸，其他則透過 LTE 本身傳送，以進行數據分流進而提升 LTE 服務的容量。LTE-U 與 LAA、LWA 主要差異在於採用不同的防干擾機制。LTE-U 採用載波感測調適傳輸（Carrier Sense Adaptation Transmission）技術避免干擾，此技術會感測鄰近節點的使用情形，調整未授權頻段內次級基地臺的 LTE-U 開關工作週期，該週期是取決於活躍的 Wi-Fi AP 數量和通道用量，以達成在同一通道與其他裝置公平分享。LAA 與 LWA 則採取先聽後送（Listen Before Talk, LBT）機制，須先對欲使用的免執照頻道進行偵測，待無其他設備佔用時才會進行連線。至於免執照 LTE 技術的發展情形，LTE-U 已有美國 T-Mobile 和泰國 AIS 進行商用，並且在美國、中國、俄羅斯、韓國、南非等國共有 9 個運營商正進行測試、佈建或計劃商轉。LAA 有美國 AT&T、T-Mobile、泰國 AIS、俄羅斯 MTS 已進行商用，並且於美國、加拿大、中國、日本、韓國等共有 23 個運營商正計畫商轉。LWA 則有中華電信已進行商用，此外，新加坡 M1 正計畫商轉。

	LTE-U	LAA	LWA
標準定義	3GPP Rel-12	3GPP Rel-13	3GPP Rel-13
特色	採CSAT規範	採LBT (Listen-before-talk)規範	
使用頻段	所有免執照頻段，現階段以5GHz為主		
主要發展國家	• 商用:美國T-mobile, 泰國AIS • 共9個營運商進行測試、佈建或計畫商轉，包含：美國、中國、俄羅斯、韓國、南非等國	• 商用:美國AT&T, T-Mobile, 泰國AIS, 俄羅斯MTS • 共23個營運商進行測試、佈建或計畫商轉，包含：美國、加拿大、中國、日本、韓國等國	• 商用:台灣中華電信 • 新加坡M1進行測試、計畫佈建

圖 3-10 免執照頻段提供 LTE 服務之技術

資料來源：GSA 公開資料，研究團隊製作

針對免執照頻段作 LTE 服務的監理機制，國家通訊傳播委員會於 2013 年 1 月公告「Wi-Fi 頻段使用及服務監理機制說明」，說明對免執照公用頻段監督管理，應以不特定多數人能和諧使用為原則，循低度管理模式。相關內容包含：第一類或第二類電信業利用 Wi-Fi 提供電信服務，如 Wi-Fi AP 使用同頻通道或接收鄰頻通道訊號太強，或佈建 AP 間的距離不當，造成上網傳輸速率下降之干擾現象，第一類及第二類電信事業應先自行檢視 Wi-Fi AP 之佈建位置，選擇適當之通道或頻段（2.4G 或 5.8G）。另外，利用 Wi-Fi 設備對公眾提供電信服務（上網服務），應以電信事業納管。

此外，NCC 於 2017 年 10 月補充說明監理規則：服務涉及 Wi-Fi AP 使用及網際網路資訊傳輸，對原行動寬頻業者所應負擔之資訊安全、通訊監察、緊急電話等義務在技術可行下仍需維持。詳細措施包含：責成電信事業對其設置於公眾場域或提供用戶使用之 Wi-Fi AP，儘速更新其軟體；呼籲 Wi-Fi 設備製造商盡速提供更新軟體，供消費者對自行裝設之 Wi-Fi AP 下載更新，以降低資安風險並保障消費者權益；請消費者在使用 Wi-Fi 環境下，需有資安風險及資安防護意識，

如除 HTTPS 網站外避免傳送個人機敏資料，於連網終端設備之作業系統，盡速更新至最新版本。

Wi-Fi頻段使用及服務監理機制說明		NCC採取措施	
1.	第一類或第二類電信業利用Wi-Fi提供電信服務，如Wi-Fi AP使用同頻通道或接收鄰頻通道訊號太強，或佈建AP間的距離不當，造成上網傳輸速率下降之干擾現象，第一類及第二類電信事業應先自行檢視Wi-Fi AP之佈建位置，選擇適當之通道或頻段(2.4G或5.8G)。	1.	責成電信事業對其設置於公眾場域或提供用戶使用之Wi-Fi AP，儘速更新其軟體。
2.	利用Wi-Fi設備對公眾提供電信服務(上網服務)，應以電信事業納管。	2.	呼籲Wi-Fi設備製造商盡速提供更新軟體，供消費者對自行裝設之Wi-Fi AP下載更新，以降低資安風險並保障消費者權益。
		3.	請消費者在使用Wi-Fi環境下，需有資安風險及資安防護意識，如除HTTPS網站外避免傳送個人機敏資料，於連網終端設備之作業系統，盡速更新至最新版本。

圖 3-11 免執照 LTE 相關監理措施

資料來源：NCC 公開資料，研究團隊製作

第二節 5G 應用及產業發展

5G 相較物聯網，尚在技術標準制定、試驗階段，但目前相關之應用，各國發展之重點，多基於 5G 三大應用情境 增強型行動寬頻通訊（eMBB）、超可靠度和低延遲通訊（URLLC）及大規模機器通訊（mMTC）發展，各情境對於通訊之需求、網路佈建也有所差異。如 eMBB 可用於 Live TV、密集區域寬頻熱點、智慧家庭等，需要即時傳輸大量資料，甚至可能是高清影像資料，因此對傳輸速度需求高，可能需要 50Mbps 以上，甚至 1Gbps 的傳輸速度水準；而 URLLC 則主要用於車用通訊、工業自動化、緊急安全服務等對於即時性要求比較高的服務，因此反應時間須為毫秒等級；mMTC 主要需求在於能夠負荷大量同時聯網裝置，因此相對的對於傳輸速度或延遲性要求則相對沒有沒有那麼嚴格。

表 3-75G 應用情境傳輸需求

情境類型	使用類型	（下行）傳輸速度需求	延遲性需求	移動性
增強型行動寬頻通訊（eMBB）	Live TV	50-200Mbps	NA	0-8 km/h
	密集區域寬頻熱點	300Mbps	NA	60km/h
	家庭及辦公室	1Gbps	NA	步行
超可靠度和低延遲通訊（URLLC）	V2X通訊	1Mbps — 1Gbps	3 — 100ms	250/h
	工業自動化	100kbps — 10Mbps	0.5 — 1ms	步行
	體感互動控制	100kbps	0.5 — 1ms	步行
	緊急安全服務	100kbps — 10Mbps	1 — 10ms	0 — 120km/h
	緊急醫療服務	100kbps — 10Mbps	1 — 10ms	0 — 120km/h
大規模機器通訊（mMTC）	大量感測器網路	1-100 kbps	50ms — hours	0 — 500 km/h
	大量穿戴式裝置	100kbps — 5Mbps	1 — 10ms	0 — 120 km/h
	農業物聯網	1 — 100 kbps	1 — 10ms	步行

資料來源：5G America 公開資料，研究團隊製作

車聯網應用對於反應速率需求高，因此被視為 5G 重要應用。在車子行駛時，根據視角範圍可分為直視距離及非直視距離，依照物理特性不同，採用不同之通訊技術以滿足車聯網之需求，直視距離尚可透過雷達、攝影機光學等方式，偵測物體位置及速度，但在非直視範圍下，則需要更多元的通訊情境以滿足需求，V2X 的應用即包含車輛對車輛（Vehicle to Vehicle, V2V）、車輛對基礎設施（Vehicle to infrastructure, V2I）以及車輛對行人（Vehicle to Passenger, V2P）等。主要的通訊

技術目前未有統一標準，而有兩派之技術，分別是以 Wi-Fi 技術為基礎的專用短距無線通訊（Dedicated Short Range Communication, DSRC），以及以 LTE 為基礎的 C-V2X（Cellular Vehicle-to-Everything）。

DSRC 採 IEEE 802.11p 通訊協定，主要支持短距離的通訊需求，發展時間較早，目前相關技術已相對成熟及有充分測試經驗，也由於其通訊架構非基於既有行動通訊網路發展，因此好處是不須依賴網路基礎設施，但也需額外在每個路口架設 Roadside unit，可能會使整體基礎建設成本較高。C-V2X 則為 3GPP 訂定之標準，以設備業者、電信業者為主要支持者，可同時支援短距與長距的通訊，其在傳輸距離上的優勢將給予駕駛員更多反應時間，且在高速的狀態下具有穩定、即時的連網能力，為未來 5G 發展中實現車聯網的關鍵技術。其又可分為不須經由基地臺直接利用 5.9GHz 進行通訊之 LTE-V-Direct，以及利用電信業者商用頻段與基地臺的 LTE-V-Cell 兩種，然而由於其發展歷史較短，多數國家尚處於測試階段，兩者之通訊技術比較如下圖整理。

DSRC (Dedicated Short Range Communication)	C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)				
- 泛指於短距離的無線通訊技術，此專指使用於交通應用的DSRC - 美國及歐盟利用5.9GHz、日本使用5.8GHz - 美國稱為DSRC歐洲稱為ITS-G5 - 物理層協定為IEEE 802.11p，以Wi-Fi技術為基礎，又稱車用無線接取(Wireless Access in Vehicular Environments, WAVE) - 以車廠為主要支持者	3GPP於2017年6月的Rel. 14中確認第一階段標準 - 可支援短距與長距的通訊 - 在高速的狀態下具有穩定、即時的連網能力 - 以設備業者、電信業者為主要支持者 <table> <tr> <th>直接通訊</th><th>網路通訊</th></tr> <tr> <td> - 獨立於核心網路，不須經由基地台可直接通訊，且無須SIM卡 - 利用5.9GHz </td><td> - 利用電信業者之商用頻段 - 可利用業者既有基地台 </td></tr> </table>	直接通訊	網路通訊	- 獨立於核心網路，不須經由基地台可直接通訊，且無須SIM卡 - 利用5.9GHz	- 利用電信業者之商用頻段 - 可利用業者既有基地台
直接通訊	網路通訊				
- 獨立於核心網路，不須經由基地台可直接通訊，且無須SIM卡 - 利用5.9GHz	- 利用電信業者之商用頻段 - 可利用業者既有基地台				
- 優勢：發展較早，技術及經驗成熟；不依賴網路基礎設施 - 缺點：需額外架設roadside unit，成本較高	- 優勢：可使用現有基地台以等基礎設施，成本較低；通訊範圍較大，傳輸量較大，反應時間較快。 - 缺點：發展歷史較短，多數國家皆尚處於測試階段。				

圖 3-12 V2X 技術比較

資料來源：研究團隊製作

5G 和車聯網、自駕車、智慧交通的關聯，主要其超低延遲的特性，十分適合於交通領域發展。國際上目前有許多業者，透過結盟方式，進行相關技術之測試及驗證，如：2016 年成立之 5G 汽車通訊技術聯盟(5G Automotive Association,

5GAA)，即著重在 5G C-V2X 技術的研發與推廣。另亦有業者著重於邊緣計算之應用，2017 年 8 月，Toyota、Intel、Ericsson、NTT、DENSO、KDDI、Cisco 等各產業領導業者聯合成立了汽車邊緣計算聯盟（Automotive Edge Computing Consortium, AECC），希望透過更有效率的通訊架構設計，降低傳輸時間及傳輸成本，除改善服務品質，亦可以更有效率收集車輛運行間之各項大數據，即時回饋作為輔助駕駛之用。根據預估，車輛與雲端之間的據傳輸量在 2025 年時將會達到每個月 100 petabytes，若大量資料仍採以往之拓樸設計，皆需要集中至中央雲端處理，則會造成整體網路負擔，進而拉長反映時間，因此強調採用局部網路的分散式計算（Distributed Computing on Localized Network），並賦予局部網路計算能力，以即時於端點處理部分資訊。在此分散式架構下，可提供車輛 V2C2V、智慧駕駛以及高精密地圖等應用，V2C2V 指的是車輛到雲端再到車輛端的應用，此應用適用於結合鄰近車輛、路側單元等資訊進行分析，利用廣播的方式發送相同訊息至需要相同資訊的車輛；智慧駕駛則利用車內的感測器以及車載生物感測器及相機等收集生理、動作分析等數據，監測駕駛的身體狀況以及評估行車表現；高精密地圖強調的是靜態資訊與動態資訊的結合，從車載攝影機及雷達等收集大量數據達到精準的定位包含車輛等動態物體的位置。

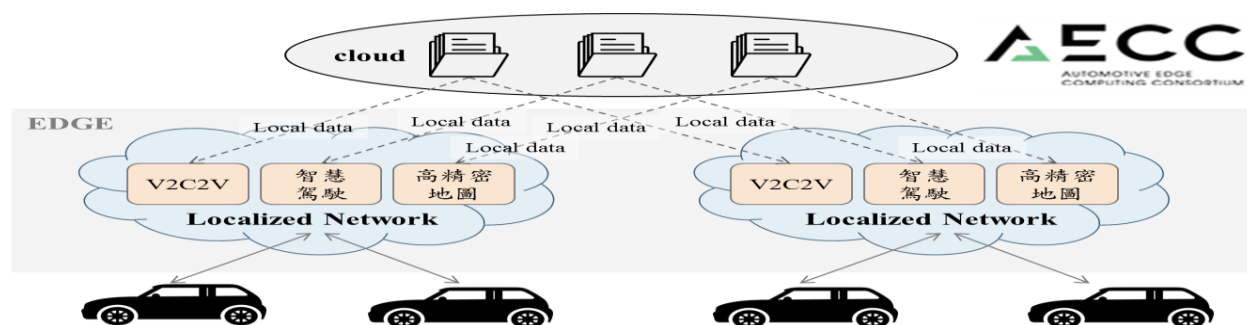


圖 3-13 局部網路分散式計算與應用架構

資料來源：AECC 公開資料，研究團隊製作

以下各段落中則介紹各國近其實際發展、測試中之應用案例。

(一) 英國 4K 影像高速移動環境測試

eMBB 超高速傳輸之應用為目前各種測試重點之一，英國薩里大學（University of Surrey）於 2017 年 7 月公布的影片中，測試戰鬥機隊起飛時候，機上安裝攝影器材，並同時利用 5G 和 4G 基地臺進行 4K 畫質影像傳輸測試，可明顯發現兩者除在畫質上有明顯差異外，另外也因為延遲關係、速度穩定性差異，5G 可以幾乎持續保持穩定傳輸而處於同步狀態，相較之下 4G 的速度穩定性較差，加上訊號延遲關係，影響延遲秒數越來越高，從下圖可以看出，同一個轉播原始畫面，左邊使用 5G 傳輸的訊號戰鬥機已經起飛，而右邊的 4G 訊號因為延遲關係，仍還在地面的加速階段，顯示兩者有顯著的差異性。

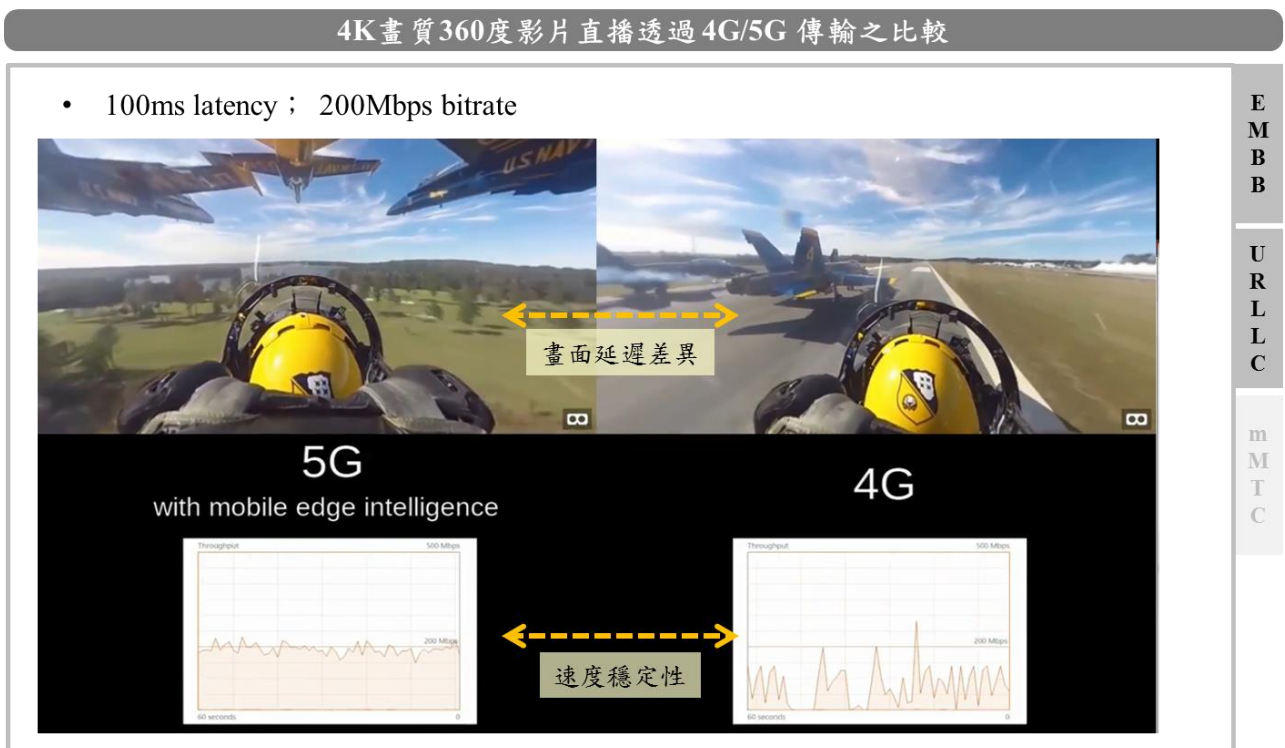


圖 3-14 英國薩里大學高速移動下 4K 影像傳輸測試

資料來源：薩里大學公開資料，研究團隊製作

（二）美國 FWA 服務發展

無線固定接入（Fixed Wireless Access, FWA）是從 LTE 時代就持續發展的通訊技術，概念是透過基地臺與戶外天線進行網路接取，再接入室內佈署網際網路，跟以往光纖網路、ADSL 等等的固定網路技術不同的是，FWA 相對於固網，在建造以及佈署上具有相當大的彈性。光纖網路或是一般固網接入家戶的時候需要牽線、佈線、整線以及室內安裝等工程，而 FWA 只需要有基地臺以及負責接收訊號的戶外天線、室內路由器等等設備就可以建構網路，在安裝上面十分方便。在 LTE 時期美國就有需多小型基地臺業者，在美國西部鄉村、郊區等等地區主推 FWA 的固網服務，提供牧場、農場或是郊區的住戶上網、數據管理等網路服務。

進入 5G 時代之後，5G FWA 的數據傳輸能力得到大幅度的強化，許多設備商在 28GHz 毫米波頻段測試高達 200MHz 頻寬的 FWA 解決方案，由於傳輸的頻寬大幅增加，5G FWA 的傳輸速率可以超越光纖網路，來到 Gbps 等級，更有潛力取代光纖，成為一般家戶固網服務的選項之一。根據 Ericsson 的 FWA 白皮書指出，FWA 有三個主要的應用場景：一是在都市作為 5G 高速上網解決方案，提供企業客戶、一般客戶 Gbps 等級的數據傳輸能力；二是在城郊區域(suburban)，可以解決光纖入戶不易的問題，FWA 低成本、高速建設的特性，可以解決光纖固網「最後一哩路」的難題；最後，FWA 在鄉村或網路建設落後地區，在基礎建設不成熟的情況之下，可以快速提供居民上網服務，此場景不一定要達到 Gbps 的傳輸速率，利用的是 FWA 可以快速部署，快速使用的特性。可說是「先求有，再求好」的最佳解決方案。

美國電信商 Verizon 在 2018 年積極的測試 5G 服務，早在 2018 年年初就已經與 Samsung 等設備商進行 5G 網路的測試。並且在 2018 年 10 月，Verizon 推出全美第一個 5G 商用服務「Verizon 5G Home」，是美國最早推出 5G 商用服務的電信業者，該服務使用的技術基礎就是 5G FWA，「Verizon 5G Home」預計將會在 4 個城市先行推出，根據 Verizon 官方說法，「Verizon 5G Home」服務最高可以達到 1Gbps 以上的傳輸速率。Verizon 預計推出 3 個月試用期，既有 Verizon 用戶訂閱該服務，每個月只需要 50 美元，新申辦客戶則是每個月 70 美元，並且提供 Apple TV 等內容應用服務，關於 Verizon 提供的 5G FWA 服務內容可以參考下列表格。

表 3-8 Verizon 5G Home 相關資訊

Verizon 5G Home 基本資訊	
發行日期	2018 年 10 月
開放區域	Houston、Indianapolis、Los Angeles、Sacramento
上網服務	5G FWA 無線固網解決方案
加值服務	Apple TV、Youtube TV 等影音服務
上網費率	✓ 提供三個月免費試用 ✓ 新客戶：\$70/月 ✓ 舊客戶續約：\$50/月
預計速度	平均速度 340 Mbps，最高速度可達 1 Gbps
設備供應商	Samsung（28GHz）

資料來源：Verizon 公開資料，研究團隊製作

(三) 美國無人機應用發展

無人機發展目前機體技術、控制技術已逐漸成熟，因此現整體無人機產業，除硬體部分外，搭配不同的酬載設施，亦逐步朝向服務提供之市場，如搭配拍攝用之攝影器材，即可提供空拍或監視之功能，各項功能於不同垂直領域內，又可因應需求包裝成不同服務。目前無人機較為成熟之用途，約可分為三大類型：拍攝、測量及運送，分別於媒體娛樂、工程建設、農林漁產、政府行政、通訊/電力/瓦斯、航空鐵道、物流貨運、零售等領域提供服務。

領域用途		媒體娛樂	工程建設	農林漁產	政府行政	通訊、電力、瓦斯	航空鐵道	物流貨運	零售
拍攝	空拍	- 商業攝影 - 新聞、賽事攝影	不動產空拍	山坡、林地狀態把握	- 災害狀況把握 - 搜索活動				
	監視	活動監視	工程進度確認	鳥獸對策	- 國防 - 可疑人士監視	巡邏	巡邏	巡邏	扒手對策
測量	測量		- 土木測量 - 建築測量	- 農業管理 - 魚群探索	- 環境監測 - 圖資收集				
	檢查		屋頂、外牆檢查		- 橋梁 - 水壩 - 隧道	- 鐵塔 - 電線 - 太陽能板	客機檢查	庫存管理	庫存管理
運送	物流		材料運送		緊急物資運送	- 臨時基地台 - 零件運送	零件運送	宅配服務	商品運送
	業務替代		高樓的外牆作業	- 農藥噴灑 - 播種					

圖 3-15 無人機於多元應用領域之潛在用途
資料來源：研究團隊製作

美國聯邦航空總署（Federal Aviation Administration, FAA）在 2015 年開始就有推出領域開拓者計畫，進行無人機於不同領域之測試應用，如與 CNN 電視台合作於人群上利用無人機拍攝新聞畫面；或是與農業感測裝置製造商（PrecisionHawk）合作，進行偏遠鄉村地區農作物的生長監測；另也和 BNSF 鐵路公司合作，進行鄉村/孤立地區的超越視覺應用測試，進行鐵路基礎設施的監測。在無人機測試應用中，過去有利用包含 2.4GHz、5.8GHz 等頻段，但由於此兩頻段為免執照頻段，亦同時供電腦、手機、鍵鼠等設備無線傳輸所用，所以在住宅密度高以及辦公大樓等無線信號很多的地方，可能發生干擾問題，因此現在也在探討未來是否利用 4G、5G 相關頻譜，進行傳輸。

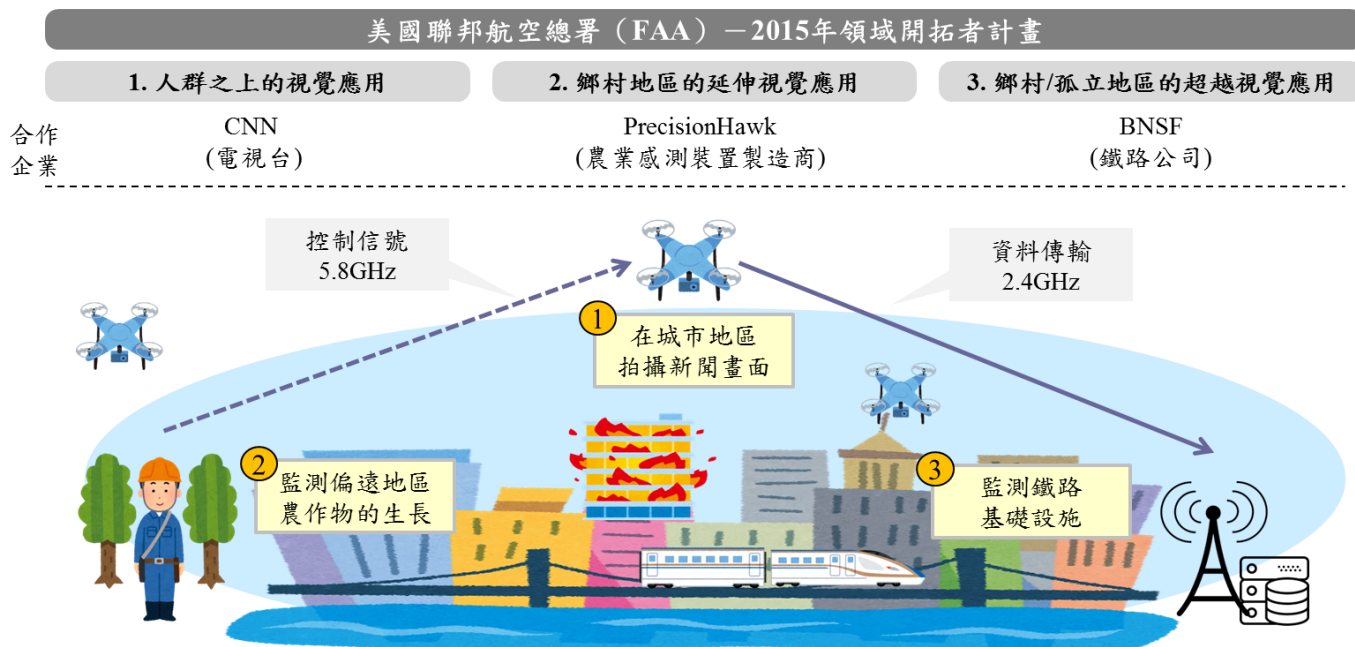


圖 3-16 美國無人機領域開拓者計畫
資料來源：FAA 公開資料，研究團隊製作

(四) 日本 5G 應用及測試案例

總務省於 2017 年 5 月發表了第一波 5G 綜合實證實驗的實施概要，在娛樂、智慧城市以及醫療三個領域當中，針對 5G 之三個特性（技術目標），由以下 6 個實證實驗開始展開，其中包含即時高畫質影像傳輸、遠距醫療、無人載具的操作、物聯網的應用。此波的實證計畫實施日期從 2017 年 6 月預定至 2018 年 3 月為止，測試內容如下表整體。

表 3-9 日本 2017 年起 5G 綜合實證試驗

實施單位	預想夥伴	內容概要	預想實施地點	技術目標
NTT docomo	- 東武晴空塔股份有限公司 - 綜合警備保障股份公司 - 和歌山縣	- 高臨場・高精密的影像內容之傳送以及廣域監視 - 綜合醫院與地區診所之間的遠距醫療	- 東京都(東京晴空塔周邊) - 和歌山縣	實現使用者末端 5Gbps 的超高速通訊
國際電氣通信基礎技術研究院	- 那霸市 - 京濱急行電鐵股份有限公司	- 同時傳送於室內體育場的自由視點影像 - 車站內的高精密影像的收集傳送	- 沖繩縣 - 東京都(羽田機場國際線航廈車站)	實現使用者末端 5Gbps 的超高速通訊
NTT Communications	- 東武鐵道 - INFOCITY, INC	高速移動體(火車、巴士)內的高精密影像傳送	- 栃木縣(東京晴空塔線・日光線沿線) - 靜岡縣	實現高速移動體內的 2Gbps 高速通訊
KDDI	- 大林組股份公司 - 日本電氣股份有限公司	建築機械的遠端操作等，與移動體間的即時情報傳送	埼玉縣	實現 1ms(無線區間)的低延遲通訊
Softbank	- 先進mobility股份公司 - SB Drive	- 卡車的列隊行走 - 車輛的遠端監視與操作	山口縣	實現 1ms(無線區間)的低延遲通訊
國立研究開發法人情報通信研究機構	今後透過公募選定	- 從生產端到消費者的物流和庫存管理 - 為實現自由工作模式的智慧辦公室以及在家工作模式	- 北海道 - 大阪府	實現 100 萬台/km ² 多台裝置同時接續

資料來源：總務省¹⁴，研究團隊製作

在 5G 綜合實證試驗當中，Softbank 從 2017 年 12 月開始與 SB Drive、日本華為，以及先進 mobility 在茨城縣筑波市進行卡車的列隊行駛與遠端監控操作的實驗。SB Drive 為 Softbank 與先進 mobility 的合資公司，目前主要與先進 mobility 聯手進行自駕車的實證研究。此試驗的項目包含有卡車的列隊行駛，車隊中第一台車由真人駕駛員進行駕駛，後續車輛則跟隨第一台開車行駛，主要欲測試輛之間的 5G 通訊技術，後續車輛所搭載的相機拍攝之影像會傳送到由人駕駛的第一台車輛中，用以確保列隊行駛時左右後方的安全，另外也針對第一台車輛上的駕駛員對後續車輛下達的操作指示（方向盤、油門等）之過程進行試驗。本次試驗

¹⁴ 日本總務省，5G 綜合實証試驗，2017 年 5 月

所使用的頻段皆為日本總務省鎖定作為 5G 頻段的 4.7GHz（100MHz 之頻寬）以及 28GHz（732MHz 之頻寬）。

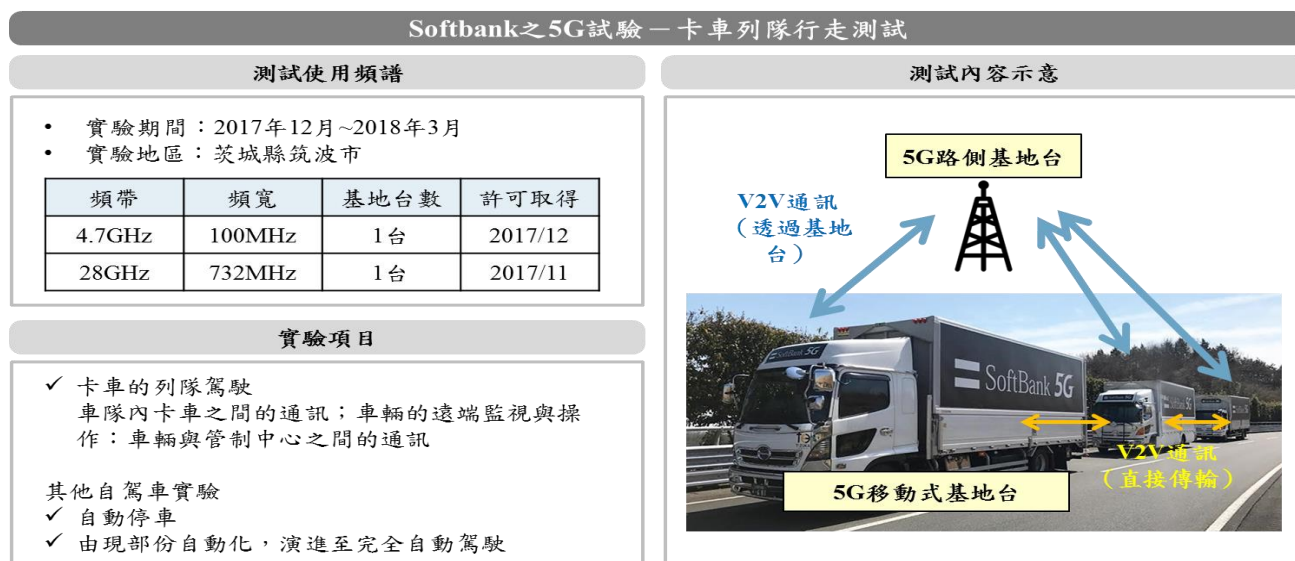


圖 3-17 Softbank 卡車列隊行走測試

資料來源：Softbank 公開資料，研究團隊製作

另 KDDI 則是利用 5G 高傳輸速度、低延遲特性，應用於醫療領域，進行遠距醫療的測試，將所有影像，包含視訊會議系統、傷口診斷拍攝影像、MRI 影像皆改為 4K 畫質，因為畫素提高關係，遠距醫生方能確實透過影響判斷傷口狀況；除畫質之提升外，透過低延遲特性，也使得遠距協作變得更為便利可行，如遠距醫生可透過視訊會議系統指示偏鄉醫生進行儀器之操作。

KDDI之5G試驗－遠距醫療測試（和歌山縣）

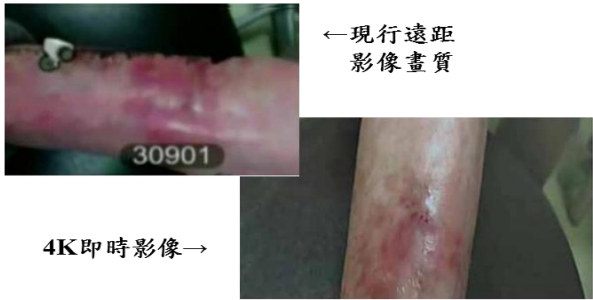
實驗項目	實驗項目
✓ 4K畫質即時傳輸 影像傳輸全部改為4K畫質，包含TV會議系統、創傷傷口診斷特寫拍攝、MRI影像	✓ 遠距診療協助 由遠端較具經驗醫生，透過即時視訊畫面、超音波畫面，協助偏鄉醫生進行診斷
測試內容示意	測試內容示意
 ←現行遠距影像畫質 4K即時影像→	 ←透過超音波、視訊畫面進行診斷、指示 偏鄉醫生實際進行儀器操作→

圖 3-18 Softbank 卡車列隊行走測試

資料來源：Softbank 公開資料，研究團隊製作

在新的 2018 年 5G 綜合實證計畫中，為測試超高速且大容量的數據傳輸，NTT docomo 和警備保險公司合作設計維安用穿戴式攝影機作廣域監控；另外，NTT Communications 和鐵道公司合作鐵路安全行駛支持系統來監控運輸安全性。為試驗超高延遲技術，KDDI 開發支持無人機影像傳輸技術，支持除雪車的系統運作技術，並與電視台合作測試終端上傳高精密影像的技術。為實現大規模機器之間的通訊能力，國立研究開發法人情報通信研究機構則和城市規劃公司合作強化高速公路的建設監測，亦與夏普合作開發智慧辦公室感測器，並進行資料蒐集和共享。

技術分類	技術目標	實施單位	預想夥伴	內容概要	試驗環境/地點
超高速 大容量	實現使用者末端2-4Gbps的超高速通訊	NTT docomo	- 東武晴空塔股份有限公司 - 綜合警備保障股份有限公司	- 觀光資訊透過AR，VR進行4K實時影像傳送 - 維安用穿戴式攝像機之廣域監控	京都府、福島縣，群馬縣、德島縣、和歌山縣
	實現使用者末端超過2Gbps的超高速通訊	國際電氣通信基礎技術研究院	京濱急行電鐵股份有限公司	- 智慧工廠之機器人和感測器 - 火車站安全監控之入站措施	東京都羽田機場國際線航廈車站、福岡縣（著重室內環境）
	實現高速移動體內的1Gbps的超高速通訊	NTT Communications	- 東武鐵道 - 西日本旅客鐵道 - 日本電氣	- 高速移動體(火車、巴士)內的高精密影像傳送 - 鐵路安全行駛支持系統	東京都東武鐵道、JR西日本沿線、茨城縣
超低延遲	終端平均上行鏈路300 Mbps	KDDI	- 大林組股份有限公司 - 日本電氣股份有限公司 - 朝日電視台	- 多項建築機械之遠端操作、無人機影像傳輸 - 支援除雪車運作 - 終端上傳高精密影像	大阪府、廣島縣、千葉縣、長野縣
	實現1ms(無線區間)的低延遲通訊	Softbank	先進mobility股份有限公司	高速公路車隊行進之遠端監控與操作	山口縣、靜岡縣
大規模 機器型通訊	實現100萬台/km ² 多台裝置同時接續	國立研究開發法人情報通信研究機構	- Wireless City Planning股份有限公司 - 夏普股份有限公司	- 強化高速公路建設監測 - 智慧辦公室感測器資料蒐集及共享	愛知縣，廣島縣

圖 3-19 2018 年 5G 綜合實證計畫
資料來源：總務省公開資料¹⁵，研究團隊製作

¹⁵ 日本總務省，5G 綜合實証試驗，2018 年 5 月

（五）韓國 5G 應用及測試發展

韓國平昌冬奧於 2018 年 2 月 9 日至 2 月 25 日舉辦，期間將展示各項 5G 應用，主要基於超高速傳輸之高畫質轉播、AR/VR 應用等。為達成相關展示，韓國電信（KT）於競賽場館、首爾部分地區、5G 科技村（風之村）已佈設 5G 網路覆蓋，賽事期間，預計展示 UHD 轉播、AR/VR 等各項 5G 應用。

「SYNC VIEW」透過選手身上及器材上配置的超小型無線鏡頭，可提供觀眾選手角度的即時轉播畫面，有同步進行的新觀賞體驗；「360 度 VR 轉播」透過於滑冰場上裝 100 台鏡頭，觀眾即可即時選擇 360 度任意角度高畫質即時轉播，同事亦可用 VR 方式收看；另於 5G 科技村（風之村）內，除有 5G 網路建設，亦有各種應用展示，如透過 VR 眼鏡進行虛擬實境購物，或演唱會的全息投影觀賞等。

其他賽事期間的 5G 應用展示有「Omni Point View」，滑雪選手身上裝設有 GPS 感測器，觀眾收看時，可呈現選手即時位置，且可任意切換不同選手、不同角度視角；另設有 5G 連結巴士，觀眾可即時收看高畫質賽事轉播，展移動中 5G 傳輸速度的維持能力。



圖 3-20 韓國平昌冬奧 5G 展示內容
資料來源：KT 公開資料，研究團隊製作

（六） 中國 5G 應用及測試案例

華為目前展示 5G 相關概念應用案例中，其中亦包含納入 AI 技術之產品應用，將 AI 導入隨身穿戴式裝置，作為導盲頭盔。概念上主要是透過 AI 之即時運算，分析路上紅綠燈、路人、物體辨識，提供包含避免盲人行走與路人碰撞、定位/定向、聲音辨識及物理影像辨識、導航等功能。

要提供即時性的服務，重點是必須壓縮反應時間至一定時限內，以導航及環景影像分析為例，由於人類腦神經反應時間約為 100ms，AI 運算時間需要 80ms，因此整個網路的延遲必須在 20ms 內，整個服務方能即時回饋給使用者，針對環境狀況作出反應，這種延遲時間受到控制且壓縮到足夠秒數的情境，也是未來 5G 發展之關鍵應用趨勢。

此項應用能夠實行的關鍵，也與 5G 網路架構有關，透過 MEC 行動邊緣計算技術，很多反應可以快速在靠近使用者端的機房即進行運算和反應，反應速度才夠快，而不若以往，相關資訊皆須送到核網方能作出反應。因此也預期未來在 5G 時代，AI 應用的個人化、即時化，也會隨之並進。

華為導盲頭盔產品概念（實時AI個人補助）



圖 3-21 華為 5G 導盲頭盔概念

資料來源：華為公開資料，研究團隊製作

隨無人機應用之發展，可預期未來運行之機體數量也會持續增加，對通訊的需求，除控制及資料之傳輸外，如何建立廣域覆蓋之基礎設施，進行大量的低空空域無人機管理，亦為重要探討議題。因此美國太空總署 NASA（National Aeronautics and Space Administration）自 2015 年起啟動無人機管理系統（Unmanned Aircraft System Traffic Management, UTM）的研究與測試，預計創建低空空域的無人機交通管理系統，使無人機不會相互干擾或干擾附近的機場。UTM 系統，包含通訊、監控、導航等功能，因應功能之多樣性、通訊需求差異，因此測試頻段除免執照相關頻段，亦會測試 700MHz、800 MHz、850 MHz、1700 MHz、1900 MHz、2100 MHz、2300 GHz、2500 GHz 等 LTE 頻段，整體測試頻段如下圖整理。

功能	通訊形式	頻段	基地台傳送頻段	使用者設備傳送頻段
通訊	LTE	700MHz	717-768MHz	699-716MHz 777-798MHz
通訊	ISM	800MHz	832-869MHz	807-824MHz
通訊	Wi-Fi(2.4GHz, 5.8GHz)	850MHz	852-894MHz	814-849MHz
通訊	VHF	1700MHz	N/A	1710-1780MHz
通訊	Amateur band(900MHz)	1900MHz	1930-1995MHz	1850-1915MHz
監控	ADS-B	2100MHz	2110-2170MHz	1920-1980MHz
監控	TIS-B	2300MHz	2350-2360MHz	2305-2315MHz
導航	GPS	2500MHz	2496-2690MHz	2496-2690MHz
導航	雷達			

圖 3-22 NASA 無人機測試頻段

資料來源：NASA，研究團隊製作

雖在無人機相關應用中，5G 目前尚不是最關鍵且必要之要件，但不管是為了防止控制訊號使用免執照頻段而被干擾、或是提升傳輸速度及品質、加強無人機管理及管制之能力，使用商用頻譜的需求有持續提高之現象。基於 5G 網路目前多數業者預計採 NSA 方式進行佈建，即基於 4G 網路上進行建設，未來若有較高流量之即時傳輸需求、或較快之反應時間時，亦可能使用 5G 頻譜及技術進行傳輸以滿足需求。

第4章 標竿國家 5G 發展政策

第一節 各國 5G 政策及應用重點情境

由於 5G 除提供以往行動通訊之高速傳輸服務外，也提供快速的反應時間、大量聯網裝置等情境，因此可支持各樣化服務，據 Qualcomm 於 2017 年 1 月由委外公司提出之 5G 市場預測，2035 年全球 5G 相關市場總產值將可達 35,000 億¹⁶美元，除中、美國、日、德、韓等領先國家，台灣基於優勢軟硬實力，亦有 1,340 億美元市場規模。而是否能從 5G 市場中獲利，除提供電信服務、或從相關電信設施之硬體販售、供應鏈參與進行銷售外，是否能落入垂直領域應用，從應用增值中打開新市場，亦為 5G 市場重要關鍵，以下則整理各國對於 5G 發展策略及瞄準之應用領域項目。

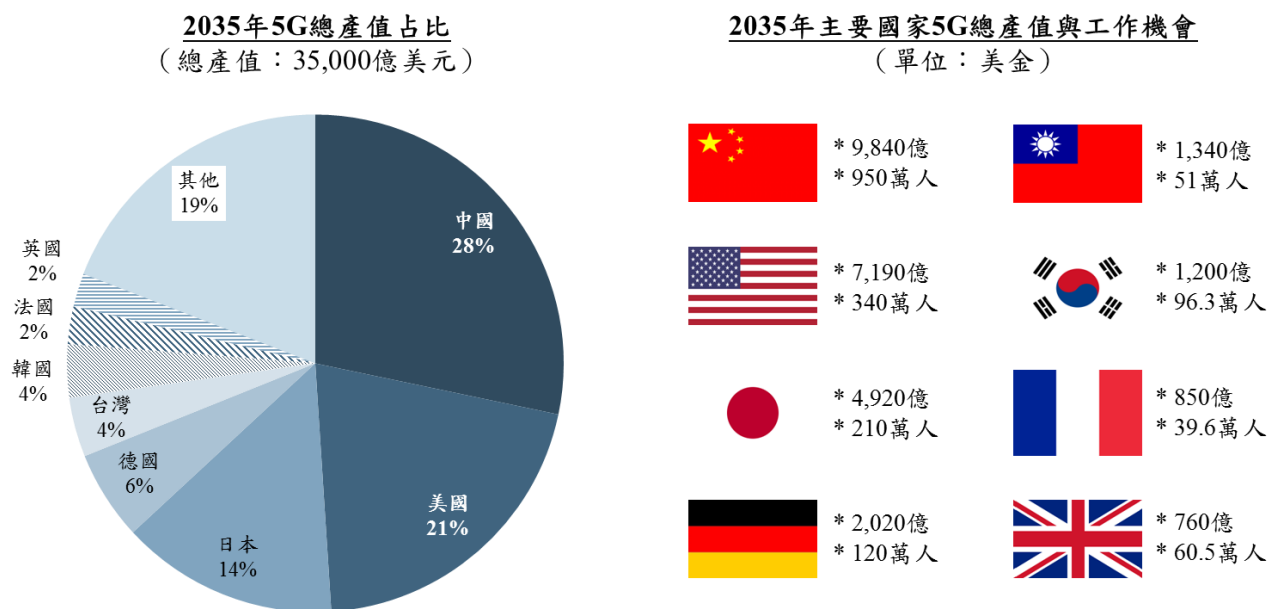


圖 4-1 5G 市場預估

資料來源：Qualcomm 公開資料，研究團隊製作

¹⁶ IHS，5G 经济：5G 技术将如何影响全球经济，2017 年 1 月

（一） 歐盟 5G 政策

歐盟於 2016 年的 5G for Europe : An Action Plan 為歐盟國家重要整體發展策略參照依據，頻段規劃部分，早期試驗欲使用頻段，sub 6GHz 部分著重於 700MHz、3.4-3.8GHz，above 6GHz 以 WRC-15 決議之後選頻段為主；時程部分，2016 年底決定早期試驗頻段、2017 年底確定後續 5G 頻段釋出辦法、2018 年進行早期商轉測試、2020 年各國有一個主要城市完成覆蓋且商轉、2025 年城市地區皆完成覆蓋。

另在應用情境的部分，也由技術及傳輸需求，評估各情境對 5G 技術之需求度，評估那些領域跟產業是必須 5G 技術才能達成，既有 LTE 技術無法支援，且對於歐盟整體來說，較具發展潛力，最後選出醫療、媒體娛樂、汽車業三個產業，認為這幾個領域發展潛力及需求高，尤以汽車（自駕車）於會員國中，發展共識度最高。

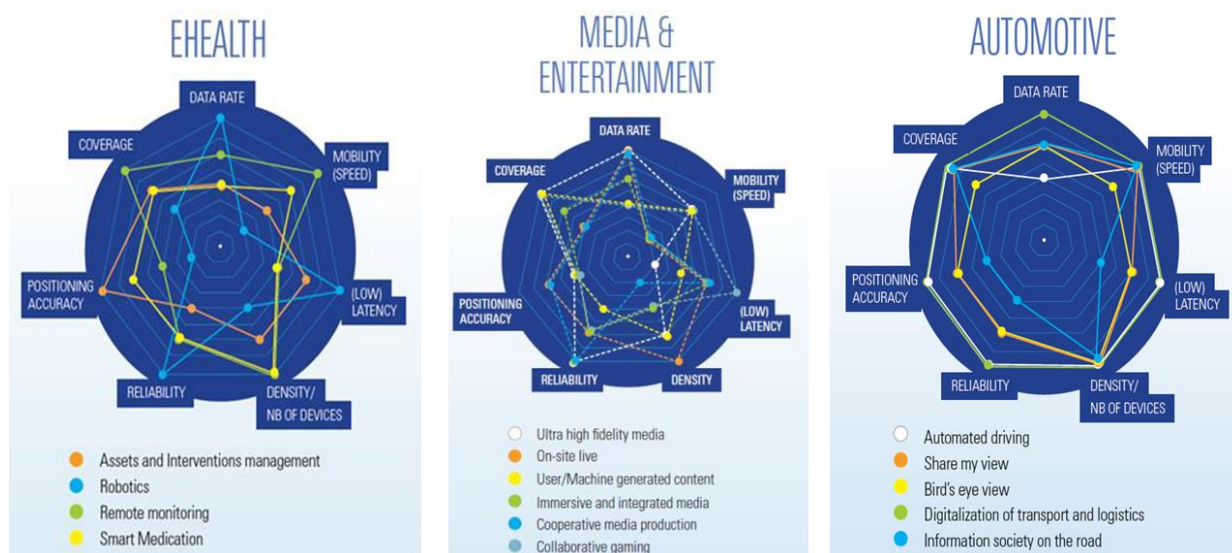


圖 4-2 5G 應用情境傳輸需求

資料來源：EU 公開資料，研究團隊製作

（二）英國 5G 政策

英國電信主管機關 Ofcom，在 2018 年 3 月提出了 Enabling 5G in UK 的 5G 推動計畫說明，Ofcom 在 5G 政策上主要有三個推動重點：5G 頻譜規劃、5G backhaul 網路推動計畫以及網路中立性法規研討等三大項目。

● 5G 頻譜規劃

Ofcom 在 5G 頻譜規劃部分，除了已經拍賣完的 3.4GHz 頻段之外，也同時討論 3.6-3.8 GHz、3.8-4.2 GHz、毫米波頻段 26 GHz 以及極高頻段 66-71GHz 的開放計畫，茲整理在下面表格中。¹⁷

表 4-1 Ofcom 5G 頻譜規劃

5G 預計 開放頻段	開放方式
3.6-3.8 GHz	已經開始進行衛星移頻計畫，預計 2020 年可以開放作為商用頻段
3.8-4.2 GHz	作為衛星對地頻段為主，在不造成衛星干擾的前提下，可提供較低頻率的部分作為低功率、室內使用的 5G 測試網路。
26-27.5 GHz	鼓勵電信商、設備商透過 26GHz 進行相關設備的測試，可在 Ofcom 的 Innovation and Trial 網站上申請試驗執照，僅供非營利用途、一定期間內進行測試
66-71 GHz	預計開放作為免執照測試頻段

資料來源：研究團隊製作

¹⁷ Ofcom，” Enabling 5G in UK” ，2018.03

● 3.8-4.2GHz 頻段頻譜創新討論

Ofcom 在 2016 年曾經針對 3.8-4.2GHz 進行頻譜創新之討論，該頻段原先用途為固定的衛星頻段以及固定點對點連線用途，但根據 Ofcom 的調查發現，該頻段的使用程度較低，一是使用衛星通訊的地點較少，二是固話連線僅使用到前後兩段 3800-3875MHz、4015-4200Mhz 的頻段，中間部分尚有剩餘頻寬可供利用，因此 Ofcom 也正在研擬將整個該頻段開放作室內試驗用頻段，如此一來可以減少頻譜之間的干擾，但目前該議題尚在討論當中，並未完成相關立法程序。目前英國現行的 3.8-4.2GHz 規劃如下圖。

衛星專用頻段 (Fixed Satellite Service)			
400MHz 3800 – 4200 MHz			
固話雙工 (Fixed Line Duplex) 75MHz 3800–3875MHz	雙工間隔 (Duplex Gap) 50MHz 3875–3925MHz	英國寬頻 (Broadband) 84MHz 3925-4009Mhz	固話雙工 (Fixed Line Duplex) 270MHz 3925-4195MHz

圖 4-3 英國 3.8-4.2GHz 頻譜現況

資料來源：Ofcom 公開資料，研究團隊製作

● 5G Backhaul 網路建設推動計畫

5G 的大量傳輸特性，以及小型基地臺可能更加蓬勃發展的情形之下，大量的 5G 資料傳輸之下，如何保證 5G 營運商都可以獲得足夠的 backhaul 頻寬是 Ofcom 接下來的推動重點，Ofcom 認為維持競爭才能夠促進網路發展，因此希望透過法規鬆綁，讓更多營運商可以快速地建置光纖骨幹網路，提供電信商或小型基地臺業者 backhaul 的數據服務，Ofcom 也取消英國電信 BT 光纖骨幹設施必須用在寬頻網路的法規限制，允許 BT 把骨幹網路用在混和型資料傳輸的用途上，預期光纖網路營運商能夠出現不同的營運型態，例如說提供小型基地臺業者或是物聯網傳輸等的專用數據傳輸網路服務。

● 小型基地臺建設法規鬆綁

小型基地臺可能是未來 5G 網路建置會大量使用的設備，但目前政府對於基地臺選址、選用設備以及建制法規上有過多限制，未來將會研究如何針對小型基地臺建制法規進行鬆綁，讓小型基地臺業者在進行基地臺建設的時候更有彈性，使 5G 網路佈建可以更加順暢。

- 網路中立性法規研討

現行的網路中立性法規（Net Neutrality Regulation）對於網路建置時的網路速度、延遲有一致的規定，但由於 5G 網路針對不同產業、不同的營運型態，可以提供的網路速度與延遲等等特性不同，以現行的網路中立性法規來看，若是對於各種 5G 網路服務都規定相同的延遲與網路速度，對電信商或是 5G 營運商在提供 5G 網路服務上會有諸多不便之處。因此未來將針對 5G 網路服務的特性，對網路中立性法規進行修改，使 5G 業者在提供 5G 服務時更加具有彈性。

（三）德國 5G 政策

德國在 5G 發展政策上，2017 年 7 月發布 5G Strategy for Germany¹⁸，內容說明德國預計的發展時程，2016 年起開始進行相關場域測試，並成立工作小組進行相關工作推動，2017 年開始頻譜釋出諮詢、2018 年完成釋照，預計 2020 年會有商轉服務推出。

為達成 5G 發展目標，德國有五大主要推動措施：1. 基礎建設建設推動，主要考量未來 5G 網路會有大量光纖及基地站佈建需求，因此希望可以推動小型機站、光纖可以利用既有已設置電源的公有設施進行共享建設；2. 頻率供應準備；3. 整體 5G 產業推動，透過論壇方式，推動垂直領域的研發；4. 5G 研究支持，由政府補助特定研究或測試，並協調各計畫之資源、引入企業投資；5. 5G 城市應用推進，由於各城市需解決的問題不同，因此透過競賽方式，希望可以整合創新概念及實際資源，於各城市發展適切的 5G 解決方案。整體德國 5G 發展政策，如下圖整理。



圖 4-4 德國 5G 發展政策

資料來源：German Federal Government 公開資料，研究團隊製作

¹⁸ Germany Federal Government, "5G Strategy for Germany", 2017.07

德國於 5G 策略中，選出 5G 六大發展領域，包含，智能交通、工業 4.0、智慧農業、智慧電網、eHealth、未來媒體等。智慧交通部分，主要考量 5G 網路發展後，可更妥善進行資訊整合、串聯交通工具的資料，因此可因應即時狀況，進行交通的安排，提升運輸效率；工業 4.0 部分，主要考量更優質的無線網路環境，自動化流程將可更靈活佈建，可應用於物流、生產過程等；智慧農業部分，因為 5G 網路提升資訊串聯能力，預計可執行精準農業，或透過農業機器人、遠距控制系統，提升作業效率；智慧電網部分，由於歐洲國家積極推動再生能源的利用，發電的模式逐漸變成去中心化的模式，因此整體電網需要更加有彈性，終端建築及電錶本體，也需因應變成更智慧化，以有效利用能源；智慧醫療部分，因應 5G 對於即時大量傳輸的能力，可用於緊急救護時的通訊，或作為遠距服務時的溝通媒介；未來媒體部分，主要著眼即時高解析度影音的支援，可促進 VR/AR 的應用，尤其是在觀光遊樂、及大型活動領域，但也會特別提出，骨幹網路傳輸量也會因此而持續大幅提升。德國 5G 六大應用領域，及範例說明如下圖整理。

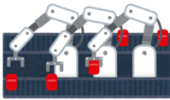
		A 智能交通	B 工業4.0	C 智慧農業	D 智慧電網	E eHealth	F 未來媒體
							
應用範例		- 智慧停車控管 - 多種交通方式串聯應用	- 智慧物流 - 自動化生產 - 資訊物理系統 - M2M通訊	- 精準農業 - 農業機器人 - 農場管理系統 - 農業資料平台	- 智慧電網 - 智慧電錶 - 智慧建築 - 智慧電力	- 救護車連結 - 遠端監控 - 遠端顧問（對病人/對醫生）	- 穿戴式裝置 - VR - AR - 高解析影音
	說明	透過資訊流的整合，可將各種交通工具資訊整合，並即時因應路況、提升交通及運輸效率	5G預期將能提供更快速的無線環境，生產各流程、元件將能即時被連結起來，提供自動化服務	透過無線網路串連農業資訊，現已提供最佳化機器設定、最佳施肥策略、自動化執行等	由於更多種再生能源被應用於發電，發電變成去中心化，需有更彈性的基礎電網、用戶端監測機制	更快速無線通訊可用來便利化服務，如救護路途資訊傳遞、即時影像資訊。也可平衡資源差距	高解析度影音，可促進VR/AR的應用，尤其是在觀光遊樂、及大型活動領域，但也會造成傳輸量提升

圖 4-5 德國 5G 應用領域

資料來源：German Federal Government 公開資料，研究團隊製作

（四）美國 5G 政策

美國對於 5G 發展除頻譜的盡早釋出、並增加釋出方式的多元性，也考量 5G 對國家整體資通訊產業發展之重要性，政府帶頭投入資金，著重於早期易被低估價值之基礎研究，以推動技術之創新。美國白宮於 FCC 通過 5G 規範後隔日，也隨即宣布先進無線通信研究計畫（Advanced Wireless Research Initiative, AWRI），由美國國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）和民間電信業者、製造商、服務商，包含：AT&T、Intel、Juniper Networks、National Instruments、Nokia、Oracle、Qualcomm、Samsung、Sprint、T-Mobile USA、Verizon、HTC 等 20 多家業者合作，預計投入 8500 萬美元（NSF 佔 5000 萬美元）用以建設四個城市級測試平台作為各類基礎學術研究、產品開發、服務測試的實際測試場域，另未來七年 NSF 也將投入 3.5 億美元資金支持各項基礎研究。由美國案例可知，5G 因其應用情境廣泛、且包含物聯網應用、服務創新之可能，因此測試場域的範圍可能已非以往小規模園區型測試可負擔，而是需以城市級的規模進行測試。

計畫目標	進行下一代無線網路研究，提供 Super-fast, Ultra-low latency, high-capacity 的網路作為各項服務創新的基礎
參與組織	- 公部門：美國國家科學基金會（NSF） - 私企業：AT&T、Intel、Juniper Networks、National Instruments、Nokia、Oracle、Qualcomm、Samsung、Sprint、T-Mobile USA、Verizon、HTC 等 20 多家電信業者、製造商、服務商
計畫內容	建立四個城市級測試平台：由 NSF 和各家業者投入資金、軟硬體資源，於美國四個城市建立可覆蓋全市之網路，作為各類研究、產品、服務一實際的測試場域 - 進行基礎學術研究：提供資金供學術單位於測試平台上進行研究
預算金額	- 測試平台：8500 萬美元（其中 NSF 投入 5000 萬預算） - 基礎研究：NSF 未來七年投入 3.5 億美元資金

圖 4-6 先進無線通信研究計畫

資料來源：白宮公開資料，研究團隊製作

為加速 5G 部屬速度及降低業者佈建困難，FCC 於 2018 年一連推動多項鬆綁措施，包含限制州政府對於基地台設置的審核時間，若在既有設施上安裝，須於 60 天內回覆，若為包含基礎設施皆為新設，亦須於 90 天內回覆，另州政府對於審核及設置基地台所收取費用，應以成本導向為原則，僅收取合理的費用，希望從制度及費用兩個面向，共同加速 5G 設施的建置。

（五）日本 5G 政策

日本為了於 2020 年實現「數據主導社會」的發展目標，2017 年總務省提出「次世代行動服務實現計畫」，根據國際對 5G 之共識，展開超行動寬頻、無線 IoT 與次世代 ITS 等三大子專案。同時，因為日本政府也觀察到未來之社會將會透過 5G 作為通訊基礎，藉由雲端大量累積 Big Data，延伸創造出來的服務將影響人類的生活以及商業模式。因此，根據日本的產業特性及構造，提出運動、娛樂、工作、醫療、生活、零售、農林漁業、智慧城市與交通，共九大應用領域，期望透過專案的推進，加速 5G 技術於此九大領域的智慧應用，九大應用領域之內容，如下圖說明。

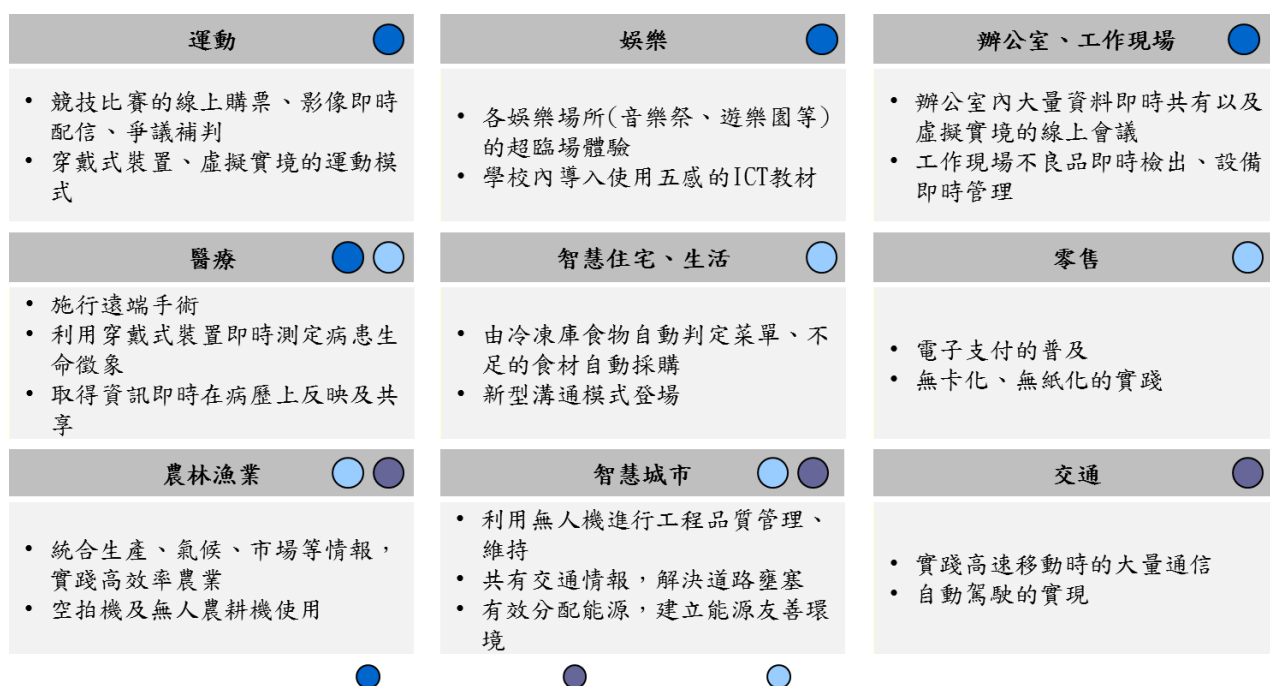


圖 4-7 「次世代行動服務實現計畫」之九大領域

資料來源：總務省，研究團隊製作

（六）韓國 5G 政策

韓國首波釋出的 5G 頻譜，即包含了最熱門的 3.5GHz 頻段、及 28GHz 的毫米波段，日前亦已於 2018 年 6 月完成相關拍賣之作業，拍賣規劃之相關細節將說明於後面段落。

在整體 5G 網路建設進度部分，韓國也相當積極，希望能搶先全球，於 2019 年 3 月就有商用服務推出，2020 年即拓展到一般用戶，有 5% 的滲透率，2022 年即完成全國 5G 網路覆蓋，並於 2026 年將 5G 用戶滲透率提升到 90%。為達到此積極的建設目標，2018 年 1 月時，科學技術情報通訊部（Ministry of Science and ICT, MSIT）即召集三家主要電信業者 KT、SKT、LG 進行協商，希望 5G 能採共享方式進行建設，加速整體建設進度；同年 7 月，三家電信業者與寬頻營運商 SK Broadband Inc. 同意共享 5G 網路設備，包含電線桿、天線架、人孔、電纜管線；並且，電信業者將負擔成本，以及後續有關開鑿，管線與人孔埋設的管理責任。同時，17 個地方政府與國家設施管理機關將提供設施給業者設置無線設備，預估該共享合作將會在未來十年內為韓國節省 5G 網路建設成本達 9.38 億美元（約 288 億新台幣）

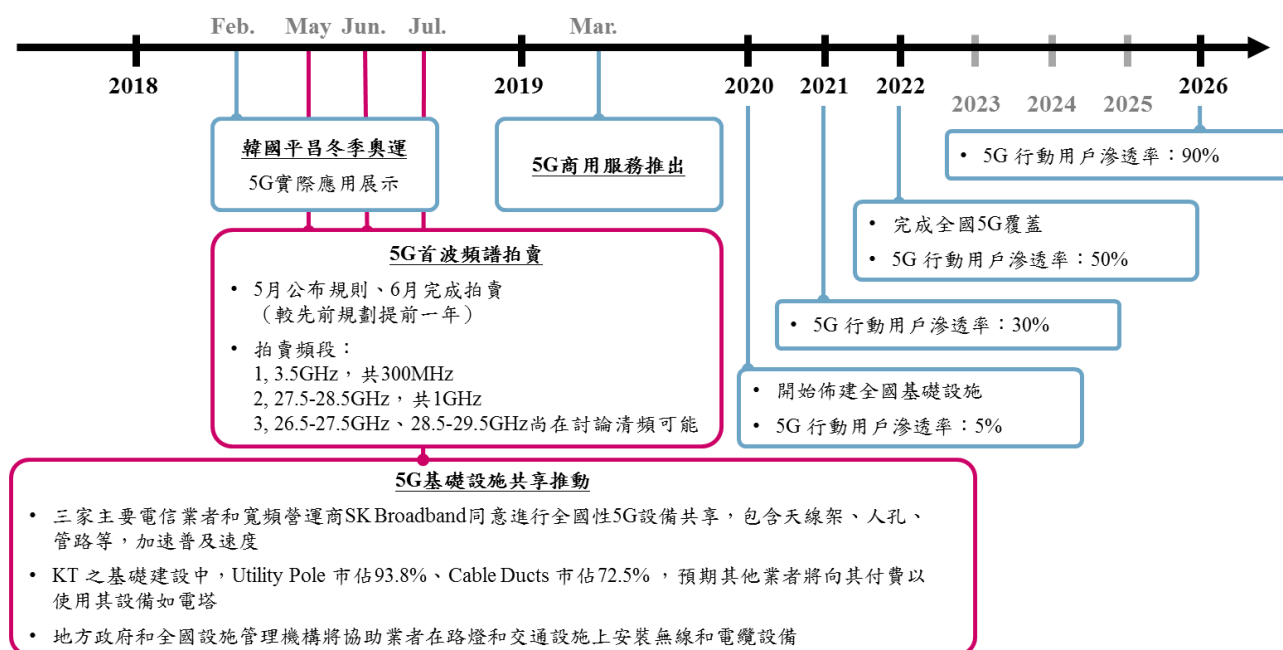


圖 4-8 韓國 5G 頻譜與網路建設發展規劃

資料來源：MSIT 公開資料，研究團隊製作

(七) 中國 5G 政策

中國政府將 5G 列為「十三五」中重點項目，於 2013 年 2 月，即聯合中國工信部、國家發展與改革委員會及科學技術部成立 IMT-2020 推進組。中國現發展 5G 現階段主要鎖定 6GHz 以下頻段，對於 6GHz 以上之頻段預計將待 2019 年後才會進行規劃與應用。而在 2017 年 11 月 15 日，中國工信部已經明確宣告 3300-3600MHz 與 4800-5000MHz 作為 5G 用途的頻段。其中，對於 C-band 上既有之衛星等業務採取保護措施，公告 3300-3400MHz 原則上僅限室內使用，且上述之 5G 頻段的使用，不得對同頻段或鄰頻段內依法開展的射電天文業務及其他無線電業務產生有害影響。但也公告未來不再受理和批准 3400-4200MHz 內之地面固定業務頻率、3400-3700MHz 內之空間無線電台業務頻率、3400-3600MHz 內之空間無線電台測控頻率。自公告即日起，中國電信業者即可向工信部申請頻率之使用執照(中國工信部，2017)。

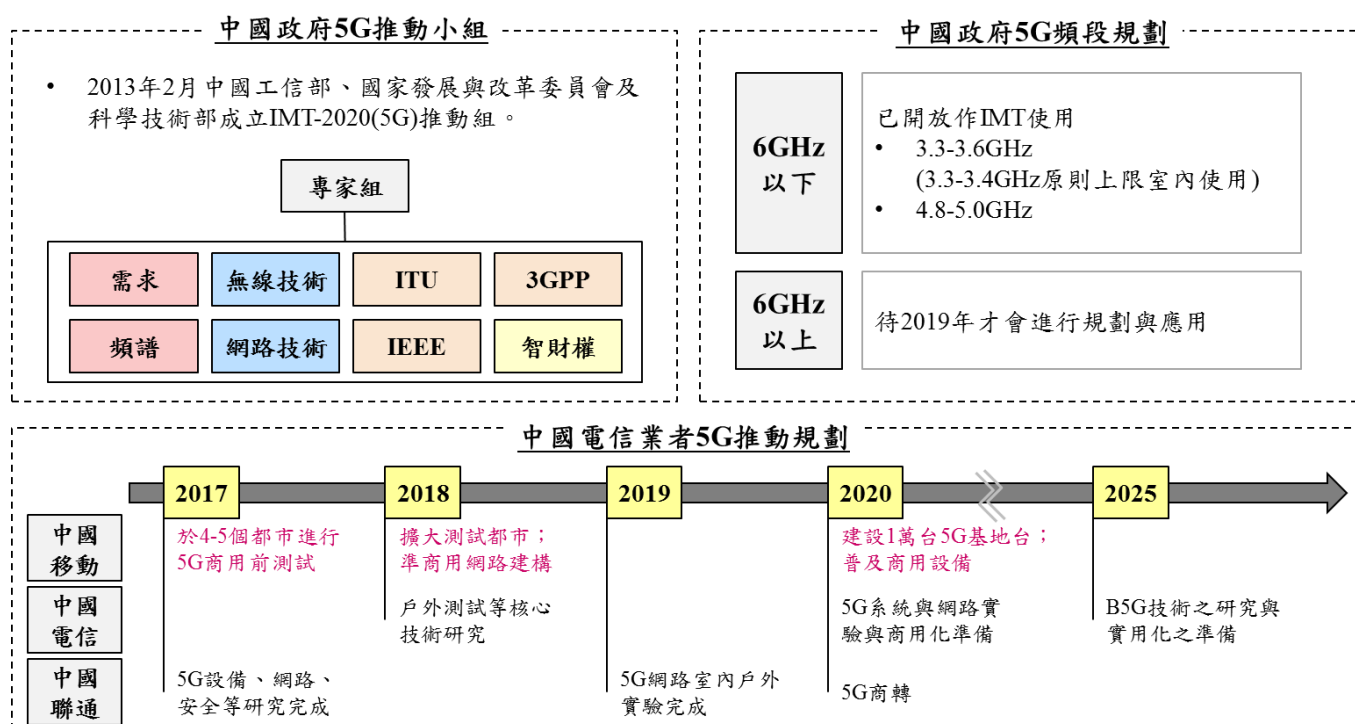


圖 4-9 中國 5G 發展政策

資料來源：中國工信部、各電信業者公開資料，研究團隊製作

（八）新加坡 5G 政策

新加坡於 2017 年 5 月進行 5G 發展公眾諮詢，內容中指出新加坡 5G 發展進程中，2018 年前主要利用 Sub-1GHz 頻譜發展物聯網(大量設備接取)；2019-2020 年納入 1-6GHz 的中頻頻譜，發展增強型行動寬頻應用；2020 年後則開始發展毫米波頻段。公眾諮詢內容中，除評估技術發展時程、頻段需求、釋出時間點，亦討論各類免執照頻段 IMT 技術之應用。公眾諮詢主要諮詢主題及詳細問題，如下圖整理。

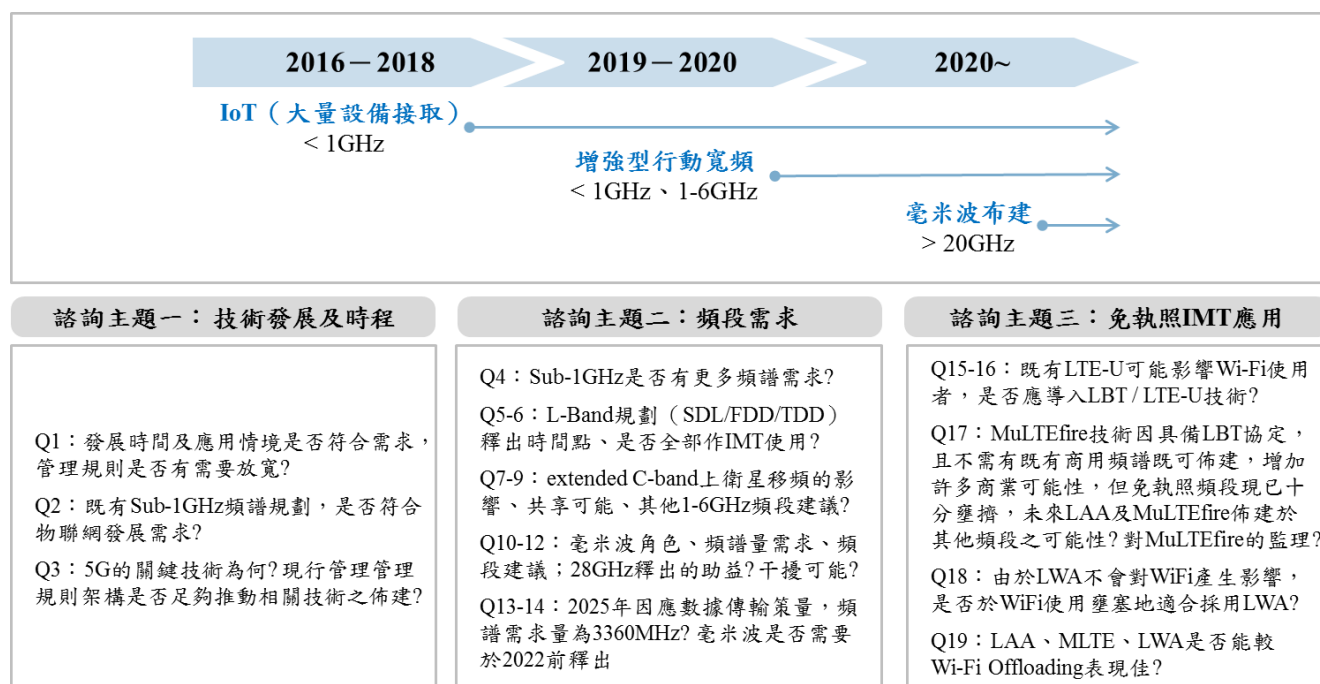


圖 4-10 新加坡 5G 發展時間表及公眾諮詢內容

資料來源：IMDA 公開資料，研究團隊製作

第二節 國際 5G 頻譜釋照規劃及案例

5G 頻段中，現以中頻 3.4-4.2GHz 頻譜為早期主要釋照標的，因此段頻譜潛在可釋出連續頻譜量相較低頻頻譜大，方能支撐超高速傳輸需求，而其頻段位置也未若毫米波高，因此技術成熟時間也會較早，適合做為早期發展 5G 主力頻段，另目前也看到部分國家於首波 5G 釋照時，會將毫米波頻段，主要是 24、26、28GHz 左右的頻段，一併進行釋出發展。整體釋照時間而言，若欲策略性盡早將頻譜釋出的國家，將會陸續於 2018 年進行釋照，但各國主要釋照時間，考量清頻所需時間、釋照規劃、及成熟度，將會於 2019 年以後方為高峰。

歐美國家截至 2018 年 12 月的釋照進度而言，已有愛爾蘭、英國、西班牙、義大利、芬蘭陸續完成釋照，而義大利、奧地利也將陸續進行釋照，美國則是已於 2018 年 11 月開始陸續進行 28GHz 及 24GHz 的釋照作業。在中頻釋照規劃上，由於歐盟具有整體性發展策略，希望能於中頻釋出足夠大量的連續頻譜，且歐洲國家於此段無既有衛星通訊問題，因此多數國家如愛爾蘭、奧地利、瑞士、德國、瑞典皆規劃釋出 300MHz 以上的頻譜，而西班牙及義大利亦有 200MHz 之頻譜釋出量規劃。相較之下英國的 3.4GHz 僅釋出 150MHz，而美國原先於 3550-3700MHz 已規劃作為共享創新頻段，因此現在也積極探討 3.7-4.2GHz 釋出可能。

表 4-2 歐美地區 5G 頻譜釋照規劃

國家	時間	5G 中頻 (3.4-4.2GHz) 頻譜釋出規劃	頻譜量 (MHz)	時間	5G 高頻 (24GHz↑) 頻譜釋出規劃	頻譜量 (MHz)
愛爾蘭	2017.05	• 3410-3435、3475-3800MHz	350			
英國	2018.04	• 3.4GHz，以 5MHz 為單位	150			
西班牙	2018.07	• 3.6-3.8GHz，5MHz 為單位共 40 塊，業者於 3.4-3.8GHz 上限為 120MHz，20 年期	200			
義大利*	2018.10	• 3.6-3.8GHz，切為 80/80/20/20 四塊，單一業者上限為 100MHz，有新進業者	200	2018.09	• 26.5-27.5GHz：5 塊，每塊 200MHz，共 1GHz	1000
芬蘭	2018.10	• 3410-3800MHz，共 390MHz，分成三塊競標	390			
美國	—	• 3550-3700MHz，原規劃為 CBRS 頻段；因此在探討 3.7-4.2GHz 衛星頻段中	150	2018 11/14	• 28GHz (850MHz 分兩塊)、24GHz (700MHz 分七塊)	1550
瑞士*	2019.01	• 3.4-3.8GHz，單位大小 20MHz，因有衛星通訊，部分地區不可使用，部分頻段採功率限制	300			
奧地利	2019.02	• 頻段：3410-3800MHz，2 月時尚在討論區域劃分上限管制議題	390			
德國	2019.初	• 3.4-3.8GHz	300			
瑞典*	2019	• 3.4-3.8GHz (300MHz 為全國執照、100MHz 為區域執照)	400	—	• 26.5-27.5GHz 延後釋照待國際和諧	
法國	2019.中	• 頻段：3400-3800MHz				

資料來源：研究團隊製作

亞洲區部分，目前有韓國已於 2018 年 6 月完成包含中頻及高頻釋照作業，澳洲亦已於 2018 年 11 月完成拍賣。值得注意的是，由於 C-Band 於亞洲地區為衛星通訊頻段，因此在此段釋照上，多數國家如：中國、日本、香港都因有衛星干擾問題，於規劃之初先進行既有使用狀況盤點、及未來行動通訊與衛星通訊共存的防干擾機制設計，目前多是以靜態共享方式，即劃出禁止干擾區域後，其他區域可透過釋照，開放做 5G 通訊共享使用。

表 4-3 亞洲地區 5G 頻譜釋照規劃

國家	時間	5G中頻（3.4-4.2GHz）頻譜釋出規劃	頻譜量(MHz)	時間	5G高頻（24GHz↑）頻譜釋出規劃	頻譜量(MHz)
韓國	2018.06 (已完成)	• 3420-3700，共280MHz	280	2018.06 (已完成)	• 26.5-28.9GHz	2400
澳洲	2018.11 (已完成)	• 3.5GHz共125MHz，採5MHz小區塊釋出、並分為城市鄉村共14個區域	125			
中國	2019	• 3.3-3.6GHz（3.3-3.4GHz原則上限室內）、4.8-5GHz，預計2019下半年到2020上半年發放	300+ 200			
日本	2019	• 3.6-4.2GHz。2018年夏天之前確定3.6-4.2GHz作為5G頻段的技術條件		2019	• 27.5-29.5GHz	2000
香港	2019	• 3.3-3.4MHz(100MHz，限室內)、4.83-4.93MHz(100MHz，全區使用)	200	2019	• 26GHz（24.25-27.5）、28GHz（27.5-28.35）。採指配	4100
新加坡	—	2017/05的諮詢中，探討中頻頻譜需求及使用方法，預計於2019-2020發展。現預計於2019年底前確認5G頻譜。				

資料來源：研究團隊製作

目前研究團隊已就愛爾蘭、英國、韓國、義大利、澳洲、美國、德國、法國、中國、日本、新加坡等 10 國，進行釋照規劃及釋照結果的調查整理。以下各段落就各國釋照規劃細節進行說明。

（一）愛爾蘭 3.6GHz 釋照案例

愛爾蘭於 2017 年將 3.6GHz 頻段上 350MHz 以 Band 42、Band 43 規劃進行釋出，由於頻段上於 3435-3475MHz 有既有服務，因此將整個 3.6GHz 分為兩類型進行釋出，最大化可釋出之頻譜量。A Type 的 3410-3435MHz 以大區塊規劃，劃分為單塊 25MHz，其餘 B Type 為 3475-3800MHz 的連續大頻寬頻段，切割為以 5MHz 單位大小進行拍賣，共有 65 塊，所有頻譜的執照年限皆為 15 年。在執照區域劃分部分，愛爾蘭將全境分為 9 個區域，其中四個區域為鄉村（Rural）類型、五個區域為城市（City）類型，各區域之單位拍賣底價、頻譜使用費皆不相同。頻譜上限部分，單一業者於任一區域設有取得頻譜上限 150MHz，約為總釋出頻譜量 350MHz 的 43%，釋出的規劃如下圖所示。

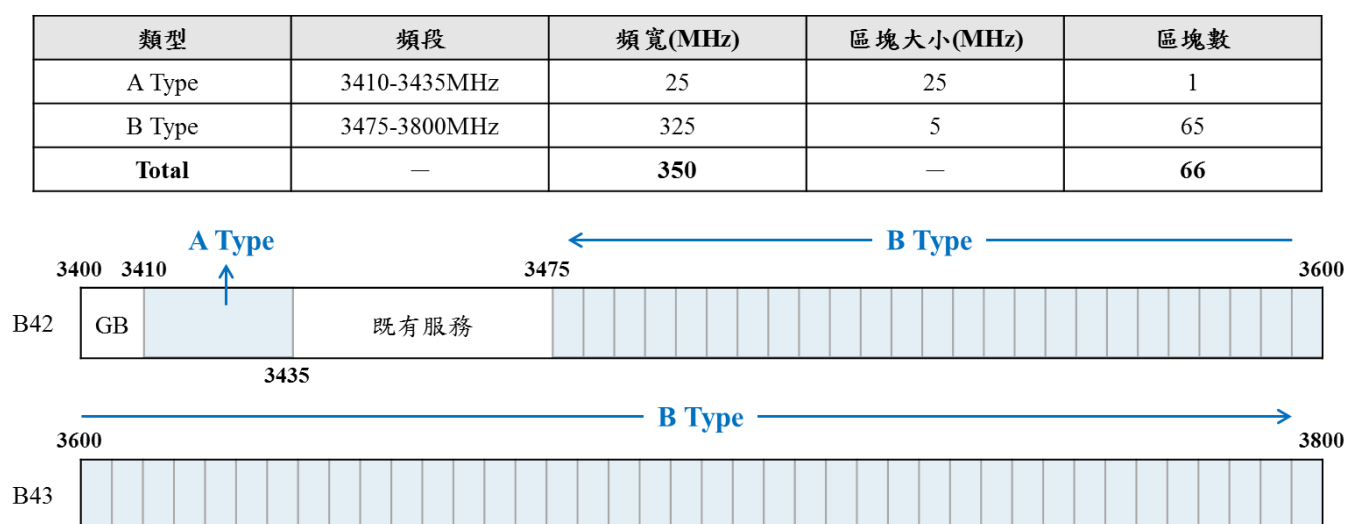


圖 4-11 愛爾蘭 3.6GHz 頻段釋出規劃

資料來源：ComReg 公開資料，研究團隊製作

愛爾蘭採 CCA 機制進行拍賣，最終於 2017 年 5 月完成 3.6GHz 釋照，共有五家業者得標，三家愛爾蘭主要無線通訊業者 Vodafone、Three、Meteor Mobile Communications 分別取得 80-105MHz 以提供高速傳輸服務，雖執照分有九個區域，但主要業者均於全區取得相近大小之頻段，以提供全國覆蓋之服務。愛爾蘭拍賣案例中，除既有業者參與競標外，也出現有新近業者，如無線網路服務業者 Imagine Communications，欲於農村地區發展服務，因此取得各鄉村區域的 60MHz

頻譜；另 Airspan Spectrum Holdings 為新進業者，欲提供智慧公共服務，因此也參與競標，共於城市區域取得 60MHz。拍賣結果與分配頻段位置如下圖所示¹⁹。

得標業者	市佔情形	鄉村區域得標量	城市區域得標量	總費用（歐元）*
Vodafone	- 行動寬頻：38.5% - 固定網路：19.7%	85MHz	105MHz	2273萬
Three	行動寬頻：35%	100MHz	100MHz	2037萬
Meteor Mobile Communications	行動寬頻：18%	80MHz	85MHz	1566萬
Imagine Communications	最大無線網路服務提供商，欲發展農村服務	60MHz	—	977萬
Airspan Spectrum Holdings	新進業者，提供公共智慧服務解決方案	25MHz (A Type)	60MHz	964萬
Total	—	350	350	7817萬

*含頻譜競標費用及每年頻率使用費之總和

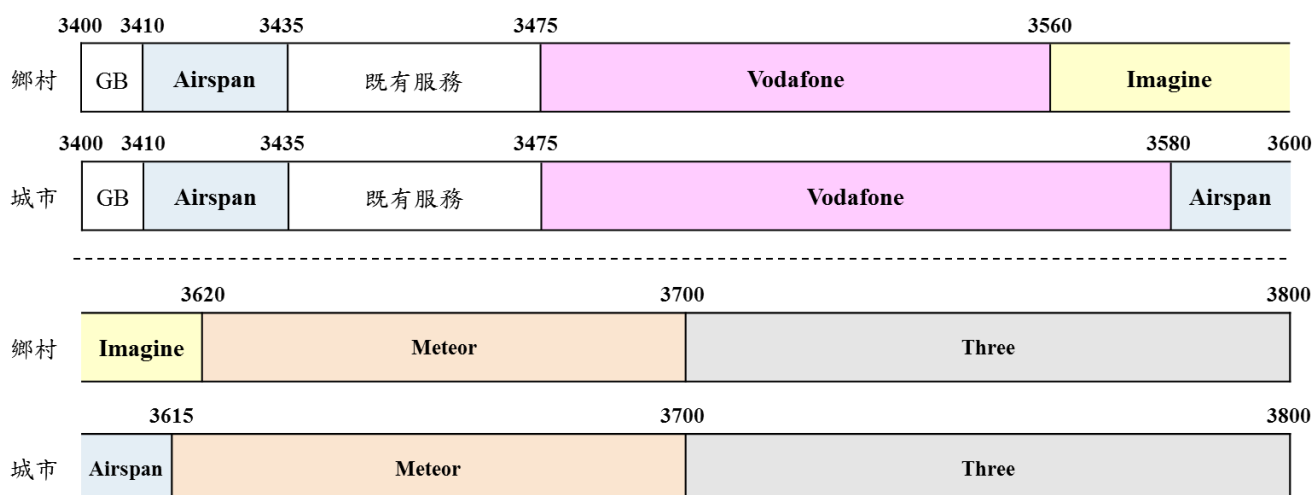


圖 4-12 愛爾蘭 3.6GHz 頻段拍賣結果

資料來源：ComReg 公開資料，研究團隊製作

¹⁹ ComReg, "Results of the 3.6 GHz Band Spectrum Award", 2017.05

（二）英國 3.4GHz 釋照案例

英國於 2018 年 4 月已完成 2.3GHz、3.4GHz 釋照作業，由於此二頻段於英國先前已進行廣泛討論，並非如其他國家因 5G 議題才開啟釋照討論，因此可較早完成釋出，但也看到相較其他國家於 5G 中頻多準備 300MHz 左右之頻譜，英國此次僅於 3.4GHz 釋出 3410-3480、3500-3580MHz，共 150MHz，切為 5MHz 小區塊共 30 塊，執照年限為 20 年，未來可能延照，單一區塊底價為 404 萬台幣左右²⁰。

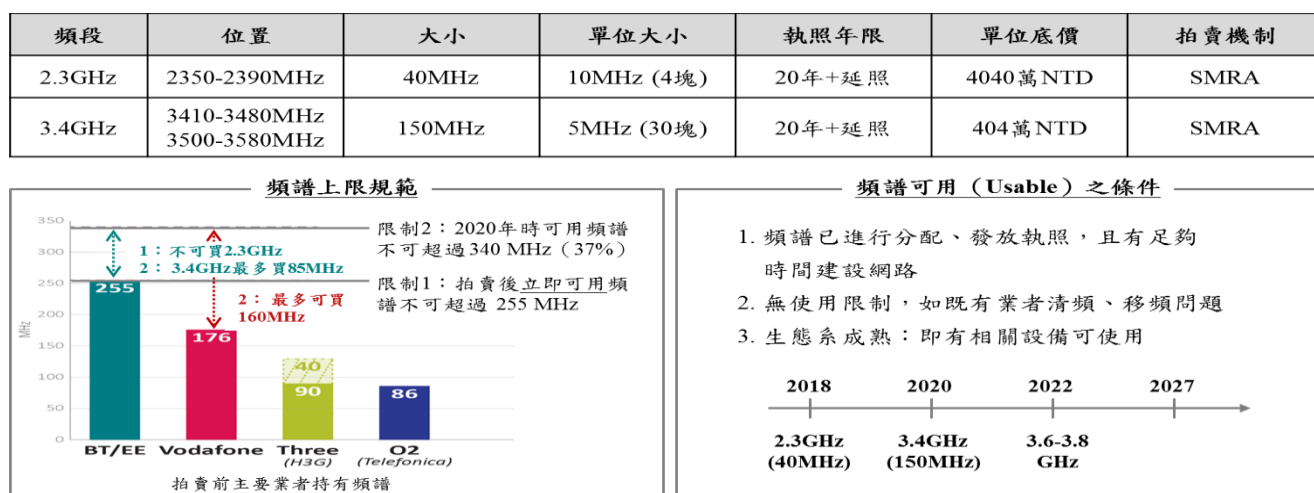


圖 4-13 英國 2.3/3.4GHz 頻譜釋出規劃

資料來源：Ofcom 公開資料，研究團隊製作

在設定頻譜上限部分，英國相較其他國家，在考量業者持有頻譜上限時，會考量頻譜是否已為可用 (Usable) 之頻譜，衡量頻譜是否已為可用主要有三個條件，條件一主要是頻譜已被分配、執照已被發放；條件二則是該頻譜已確實可被使用，如既有業者已完成移頻；條件三則是該頻譜之生態系已經成熟，有相關設備可供使用。以此條件標準，此次釋出的 2.3GHz 頻譜被視為立即可用，但 3.4GHz 頻段則因生態系尚未完成成熟關係，儘管已被釋出，但未被視為立即可用，被認為 2020 年方為可用之頻譜。納入可用之條件後，單一業者頻譜持有上限之限制，拍賣後立即可用頻譜上限（計入 2.3GHz 得標頻譜）為 255MHz，2020 年時的上限則為 340MHz（計入 3.4GHz 得標頻譜），以此標準下，既有頻譜持有量最高之 BT/EE 公司將不得參加 2.3GHz 競標，而 3.4GHz 最多僅可購買 85MHz，而既有

²⁰ Ofcom, "Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands-Process guidance to potential applicants and bidders in the auction", 2018.01

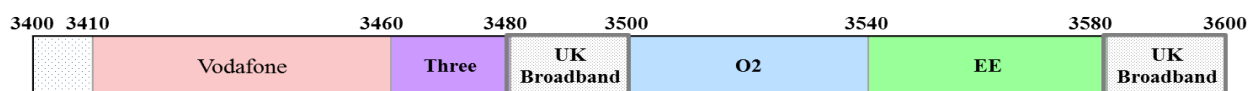
頻譜次之的 Vodafone 公司，最多則可得標 160MHz，其他兩家頻譜持有量較少的業者 Three、O2 則幾乎未受限制。

提出競標申請並通過資格審查的六家業者中，Connexin 於競標前即聲明放棄競標，Airspan 雖參與競標但未得標。最後仍是由四家主要電信業者得標，EE 取得共 40MHz 的 3.4GHz 頻段；Three 取得 20MHz 的 3.4GHz；O2 取得 40MHz 的 2.3GHz 頻譜及 40MHz 的 3.4GHz 頻譜，總共取得 80MHz；而 Vodafone 取得 50MHz 的 3.4GHz 頻譜。

在得標頻譜位置分配上，英國 3.4GHz 的頻段因有既有業者存在（UK Broadband 於 3480-3500MHz），因此新得標業者將會有發生頻譜不連續，被既有頻譜切割為兩段的風險，Ofcom 原先希望強制 UK Broadband 進行換照，以既有頻寬大小，和 3.4GHz 新得標業者一起進行位置排列，此作法被法院判決認為針對單一業者具歧視性，因此 Ofcom 只能不強制但鼓勵 UK Broadband 進行換照，UK Broadband 若欲換照，可於拍賣開始前提出申請，針對其他業者所提潛在之新得標頻譜不連續風險，Ofcom 表示業者可預先進行得標結果模擬試算，若得標特定數量頻譜，則不會有不連續之風險，由最終四家業者得標頻譜數量 50、20、40、40 的組合結果而論，確實不會有不連續之風險，顯示業者確實會預先進行模擬，以避免頻譜不連續，大大減低頻譜使用價值。英國頻譜競價結果及位置分配結果如下圖所示。

得標業者	2.3GHz 得標塊數	單位價格,英鎊	3.4GHz 得標塊數	單位價格,英鎊
EE	0	0	8	37,824,000
Three	0	0	4	37,824,000
O2	4	51,474,000	8	39,715,000
Vodafone	0	0	10	37,824,000
Total	4塊,共40MHz	205,896,000	30塊,共150MHz	1,355,744,000

3.4GHz分配結果



連續頻段上既有業者處理

- Ofcom 原希望強制 UK Broadband 換照，同得標者一起排位置，被法院判決針對單一業者作法具歧視性
- Ofcom 改為不強制，UK 若欲換照，可於拍賣前提出申請，針對業者所提潛在在不連續風險，可預先試算，若得標特定數量頻譜，則不會有不連續之風險

位置階段一次性標單

3410-3480 選項	Vodafone 出價	Three 出價
Vodafone — Three		25,026,000
Three — Vodafone	13,133,000	

整高次高價

取得與 UK 寬頻連續之頻段（已併購）

圖 4-14 英國 2.3/3.4GHz 頻段拍賣結果

資料來源：Ofcom 公開資料，研究團隊製作

（三）韓國 3.5GHz、28GHz 釋照案例

韓國在 5G 發展上亦為十分積極的領先國家，因此在各項時程規劃上，也為國際上速度較快之國家，先前即預計於 2018 年 2 月於平昌舉辦之冬季奧運，向全世界展示各項 5G 應用。整體國家推動規劃上，韓國首波 5G 頻譜拍賣，將會於 2018 年 6 月進行，較先前規劃的 2019 年提前一年，首波釋出的 5G 頻譜，即包含了最熱門的 3.5GHz 頻段、及 28GHz 的毫米波段，日前亦已於 2018 年 6 月完成相關拍賣之作業。

韓國首波 5G 釋照，即規劃為將中頻之 3.5GHz、高頻之 28GHz 共同進行釋出，其中 3.5GHz 因會對上方之鄰頻有干擾可能，因此釋出頻譜由最初規劃之 300MHz 縮減為 3420-3700MHz 共 280MHz，以 10MHz 為區塊單位大小共切割為 28 個競價區塊，年限部分僅設定為 10 年，單一區塊之底價設定水準較高，即須 26 億元新台幣以上，因此總底價逾 736 億元新台幣；在 28GHz 頻段部分，釋出 26.5-28.9GHz 之頻段共 2400MHz，以 100MHz 為區塊單位大小共切割為 24 個競價區塊，使用年限僅提供五年，而單位區塊底價設定為 7.16 億元左右，總底價達 169 億元。

頻段	位置	大小	單位大小	執照年限	單位底價	單一業者上限
3.5GHz	3420-3700MHz	280MHz	10MHz (28塊)	10年 (18.12.1~)	約26.22億元NTD/塊 (約 736 億NTD)	100MHz
28GHz	26.5-28.9GHz	2400MHz	100MHz (24塊)	5 年 (18.12.1~)	7.16億NTD/塊 (共 169 億NTD)	1000MHz
Total		2680MHz			905 億NTD	

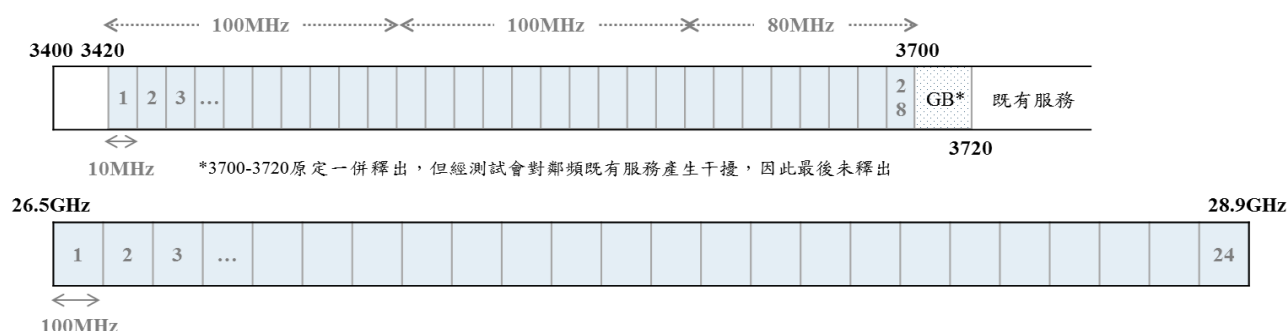


圖 4-15 韓國 5G 首波頻段釋出規劃

資料來源：MSIT 公開資料，研究團隊製作

韓國競價前，由於可釋出之 3.5GHz 頻譜最後確定由原規劃之 300MHz 縮減為 280MHz，原先預期可能為三家均分各得標 100MHz 的狀況破滅，競爭性提升，也因此各家業者對於單一業者可取得之上限訴求不一，市佔第一的 SK 電信主張單一業者上限為 120MHz，而其他之 KT 及 LG U+則聯合共同主張應將上限為

100MHz，因若單一業者可取得 110/120MHz 時，則第三家業者可能僅能取得 60MHz 或 40MHz、最終受限於頻譜量而無法達成 5G 所要求之 1Gbps 速度，而被市場淘汰。最終 MSIT 決議，考量為第一次 5G 頻譜釋照，管制應相對較嚴格，讓各主要業者皆能發展 5G，後續釋照再適度放寬，讓市場競爭，因此最後 3.5GHz 單一業者頻譜得標上限設定為 100MHz。

另一個韓國釋照規劃觀察的特色，在於 28GHz 的年限僅有 5 年，相較於歐盟呼籲頻譜釋照應拉長執照期間，以降低業者對於建設之不確定性，商用之頻譜執照僅有 5 年係相對較短的設定，對此主管機關說法為，由於此段頻譜目前發展狀況較不明確、投資風險也較高，因此將年限設定為 5 年，較短的年限也反映至較低的底價，可降低業者初期投資過多資金於頻譜取得。就研究團隊觀點，5 年的執照長度，屆時於 2023 年屆期時，28GHz 可能發展已相對成熟，可再重新評估對於頻譜的使用，有關屆時換照造成之頻段不連續、移轉風險問題，由於毫米波之商用模式未明，業者此刻並不會將取得頻譜量之多寡視為未來競爭之優勢，因此最終總共 2400MHz 之頻譜，確實是由三家業者均分，各取得 800MHz 之頻譜，而未出現顯著之競爭，未來若仍是此情形，即使重新釋照，仍很可能係延續三家業者均分之狀況，但由韓國此規劃也可知，即使是發展領先之韓國，對於 28GHz 之使用，也未視為短期可用，而是現階段仍有發展風險之頻段。

在建設義務部分，由於 3.5GHz 頻段、甚至到毫米波頻段，受限波長關係，覆蓋能力較差，預期各國將不太會在中頻或毫米波頻段設下地理性的覆蓋義務，在韓國案例中，是以建設台數作為基本建設義務之管制及避免業者不建設狀況而將頻譜另作他用之防範，在 3.5GHz 頻段部分，基地臺建設義務為 15 萬台，需於 3 年內達成 15%、5 年內達到 30%；而在 28GHz 頻段部分，基地臺建設義務為 10 萬台，同樣需於 3 年內達成 15%。

3.5GHz
單一業者上限

- 業者意見：SK主張120MHz；KT、LG U+聯合主張100MHz，縮小業者間頻譜差距，若上限設為110/120MHz，第三家業者可能受限頻譜量而無法達到 1Gbps速度，被市場淘汰
- MSIT決議：因是首波5G釋照，管制較嚴，讓各業者皆能發展5G，後續釋照再適度放寬

拍賣機制

- 兩階段（數量+位置），但第一階段由 SMRA 改為 Clock Auction
- 希望降低競價，限制每回合加價上限為 1%

28GHz
發展風險

- 28GHz 發展較不明確、風險大，執照期間設計較短為 5 年
- 底價除反映較短期限，也設在較低水準，希望降低業者風險

建設義務

區段	年限	基地台之基準數	3年內	3-5年
3.5GHz	10	150,000	15%	30%
			22,500	45,000
28GHz	5	100,000	15%	
			15,000	

圖 4-16 韓國 5G 首波頻段釋照設計

資料來源：MSIT 公開資料，研究團隊製作

韓國經三天拍賣，於 6 月 18 日完成 3.5GHz 及 28GHz 拍賣，中頻頻譜競價結果因受限於 100MHz 上限，因此 SKT、KT 皆僅取得 100MHz、而 LG U+則取得其餘的 80MHz；在 28GHz 部分，則由三家業者各取得 800MHz 頻譜。韓國案例中，由於底價較高、市場僅三家主要業者、及頻譜上限管制關係，實際競爭程度較低，因此競價作業於三天即完成相關程序。

得標業者	3.5GHz標金（億韓元）				28GHz（億韓元）				業者 總標金
	得標量	數量標金	位置標金	總標金	得標量	數量標金	位置標金	總標金	
SKT	100	9,680	2,505	12,185	800	2,072	1	2,073	14,258
KT	100	9,680	—	9,680	800	2,072	6	2,078	11,758
LGU+	80	7,744	351	8095	800	2,072	—	2072	10,167
Total	280MHz	27,104	2,865	29,960	2400MHz	6,216	7	6,223	36,183

*韓元匯率：0.02757

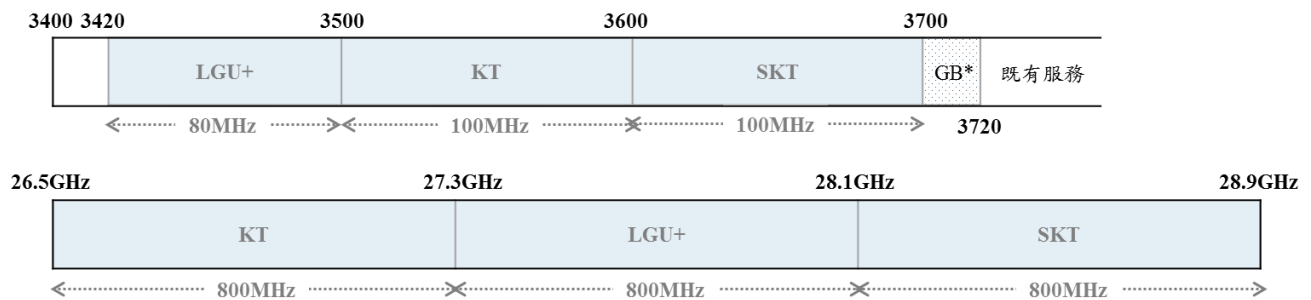


圖 4-17 韓國 5G 首波頻段釋出拍賣結果

資料來源：MSIT 公開資料，研究團隊製作

（四）義大利 700MHz、3.6GHz、26GHz 釋照規劃

義大利 5G 頻譜釋照包含低中高三種頻段：700MHz、3.7GHz、26GHz，這些頻段分別釋出 60MHz、200MHz 和 1GHz 的頻譜量；700MHz 的單位大小為成對的 5MHz，單一業者頻譜持有上限則依業者性質分為 20MHz（於同質性高的 800、900MHz 頻段上持有 10MHz 業者）與 30MHz（新進業者）。3.7GHz 持有上限則為 100MHz；而 2.6GHz 持有上限為 200MHz。釋照規劃請參見下圖。²¹

頻段	位置	大小	單位大小	執照年限	得標上限
700MHz	694-790MHz	60MHz	5MHz成對 (小區塊，6塊)	15.5年 (2022-2037年)	20/30MHz*
3.7GHz	3600-3800MHz	200MHz	80/80/20/20 (大區塊)	19年 (2019-2037年)	100MHz
26GHz	26.5-27.5GHz	1GHz	200MHz (大區塊)	19年 (2019-2037年)	200MHz

圖 4-18 義大利 5G 頻段拍賣結果

資料來源：AGCOM 公開資料，研究團隊製作

依照 2017 年底電信市場資料，義大利有三家主要電信業者，分別是 Wind Tre、Telecom Italia、Vodafone 以及來自法國的新進業者 Iliad，另外亦有其他 MVNO 業者。三家既有業者與新進業者依訂戶數計算之市佔率分別為 31.5%、30.6%、30.3% 以及 2%。針對 700MHz 頻段的競標，有三家電信業者分別獲得 20MHz 的頻譜量；至於 3.7GHz 頻段，則由上段所述之四家電信業者依序拿到（20, 80, 80, 20）的頻譜量；而 26GHz 則由四家電信業者和一家固網業者兼 MVNO 分別取得 200MHz 頻譜量。競標結果請參見下圖。

²¹ AGCOM，” Resolution No. 231/18/CONS”，2018.05

得標業者	市佔情形	700MHz 得標量	標金 (歐元)	3.7GHz 得標量	標金 (歐元)	26GHz得 標量	標金 (歐元)	總費用 (歐元)
Wind Tre	行動：31.5%	—	—	20MHz	4.84億	200MHz	3,300萬	5.17億
Telecom Italia	行動：30.6%	20MHz	6.8億	80MHz	16.9億	200MHz	3,300萬	24.1億
Vodafone	行動：30.3%	20MHz	6.83億	80MHz	16.9億	200MHz	3,700萬	24.1億
Iliad*	行動：1.99% (新進業者*)	20MHz	6.76億	20MHz	4.84億	200MHz	3,260萬	11.9億
Fastweb	固網業者 MVNO：17.6%	—	—	—	—	200MHz	3,260萬	3,260萬
Total	—	60MHz	20.4億	200MHz	43.5億	1GHz	1.68億	65.5億

*Iliad：來自法國的電信業者，於2018年進入義大利行動通訊市場。

圖 4-19 義大利 5G 頻段拍賣結果

資料來源：AGCOM 公開資料，研究團隊製作

針對 3.7GHz 共 200MHz 頻段的區塊劃分方法，於公眾諮詢階段曾提出三種劃分方式，是為（100, 100）、（50, 50, 50, 50）和（80, 80, 40）；其中，第一種劃分法主要為技術考量，可達較有效率之頻譜使用，促進市場競爭；第二種劃分法的目的在於增加潛在競標業者；第三種劃分法則是為保留 40MHz 給新進業者使用。於實際釋照中，3.7GHz 劃分為（80, 80, 20, 20），是考量到至少有兩家業者可取得 80MHz 頻譜以滿足 5G 技術需求，以及需求少的業者可競爭 20MHz 的小區塊。以下就劃分方式與設計原因整理於下圖。

提出時間	劃分方法	設計原因
公眾諮詢	1. 100/100	- 基於技術考量，符合5G技術最佳頻譜使用效率 - 促進市場競爭
	2. 50/50/50/50	- 可增加潛在競標業者 - 由於非20MHz之倍數，頻譜使用較不具效率性
	3. 80/80/40	40MHz保留給新進業者使用
實際釋照	3''：80/80/20/20	公眾諮詢選項3的延伸，兼顧兩種需求，一為至少有兩家業者可取得 80-100 MHz頻譜，以滿足未來各式 5G 需求，另若需求較少之業者，則可競爭 20MHz 的小區塊

圖 4-20 義大利 3.7GHz 區塊劃分方法設計原因

資料來源：AGCOM 公開資料，研究團隊製作

義大利主管機關依照不同頻段設置了不同的建設義務。在 700MHz 頻段，設置了全國覆蓋義務和熱點區域的覆蓋義務；全國覆蓋義務為在取得頻譜執照之 36 個月內達成至少 80% 的全國人口覆蓋率，其中包含所有行政區域的首府城市以及超過 30,000 名居民的行政區域。熱點區域的覆蓋義務則是指在觀光地區和陸路交通要道沿線須達成特定覆蓋率義務。在 3.7GHz 頻段上，則依照標得區塊大小而有不同的覆蓋義務：標得 80MHz 之業者被規定必須針對人口小於 5,000 人的行政區域列表，至少覆蓋列表上 10% 的行政區域。標得 20MHz 之業者，則須達到各個義大利行政區域 5% 以上的人口覆蓋率。值得注意的是，在人口小於 5,000 人未被涵蓋的行政地區，未持有頻譜的業者有權向得標業者租借頻譜作使用。而在 26GHz 頻段上，業者可以要求未在當地與極鄰近地區使用但持有頻譜的業者共享頻譜用以提升網路訊號。但針對 26GHz 並無設定涵蓋義務。

頻段	建設/覆蓋義務內容
700MHz	• 全國覆蓋義務： — 36個月內達成80%人口(超過30,000人口城市優先) — 54個月內達成99%人口(透過相互網路協議) • 熱點區域覆蓋義務： - 於觀光地區與陸路交通要道沿線有覆蓋率義務須達成 • 新進業者緩衝：相關覆蓋義務，新進業者有一年緩衝時間
3.7GHz	• 偏鄉涵蓋義務：針對人口少於5000的行政區域 — 標得 80MHz 頻段者：需覆蓋其中至少 10% 區域 — 標得 20MHz 頻段者：需覆蓋 5% 以上人口 • 未被涵蓋之少於5,000人口地區，未持有頻譜的業者有權向得標業者租借頻譜
26GHz	• 未使用頻譜之共享義務： - 業者可要求共享未於當地使用或極鄰近地區使用之競爭者持有頻譜來提升網路訊號 • 無涵蓋率之義務

圖 4-21 義大利業者建設義務

資料來源：AGCOM 公開資料，研究團隊製作

（五） 澳洲 3.6GHz 釋照規劃

澳洲於 2018 年 12 月結束 3.6GHz 的頻譜拍賣，相較歐洲國家，澳洲最後僅釋出 125MHz 的頻譜，並以 5MHz 為一個區塊，將 125MHz 切分為 25 個區塊進行釋出，3.6GHz 頻段的頻譜執照年限為 2020 到 2030 年，約 10 年時間。先前在 2018 年 3 月澳洲通訊與媒體管理局（Australian Communications and Media Authority, ACMA）所公布之釋照相關規劃文件中，對於執照區域之劃分尚未完成定論，最初規劃為 6 個都市型態的「Metro」區域以及 1 個大區塊、包含鄉村的「Regional」區域，但為增加小業者投標之能力、進而促進偏鄉之普及，因此在探討是否要針對執照區域，進行細一步的劃分，在提出的選項一中，增加 Regional 區域至 8 個，此一劃分方式如同先前已釋出之 3.4GHz 頻譜，因此業者可有更多策略規劃空間，找尋互補位置，或組成連續頻段，將 Regional 區域更細部劃分則有助於小業者於偏鄉取得頻譜提供服務；在提出的選項二中，則除了將 Regional 區域劃分為 8 個，也增加 5 或 6 個近郊區域的規劃，透過細分化不同區域類型，希望能夠增加不同類型業者投標的彈性²²。

ACMA 在 2018 年 8 月釋出的頻譜拍賣規則指南中，確定將地區劃分為 6 個 Metro 區域以及 8 個 Regional 區域進行頻譜拍賣，共計 14 個區域。並規定拍賣頻寬上限，根據規定，在拍賣頻寬 125MHz 中，任一競標者於 Metro 區域中不可得標超過 60MHz，Regional 不可得標超過 80MHz。拍賣機制採用 Enhanced SMRA。在 Metro 區域中，Perth 都市的前 16 個區塊有衛星移頻困難的問題，預計可以使用的時間會較其他區域短，因此特別分離出來以較低的底價進行競標。²³

²² ACMA, "3.6 GHz lot configuration options", 2018.03

²³ ACMA, "3.6 GHz Auction Guide", 2018.08

頻段	位置	大小	單位大小	執照年限	拍賣機制
3.6GHz	3575-3700MHz	125MHz	5MHz (25塊)	2020-2030 / 10年	ESMRA

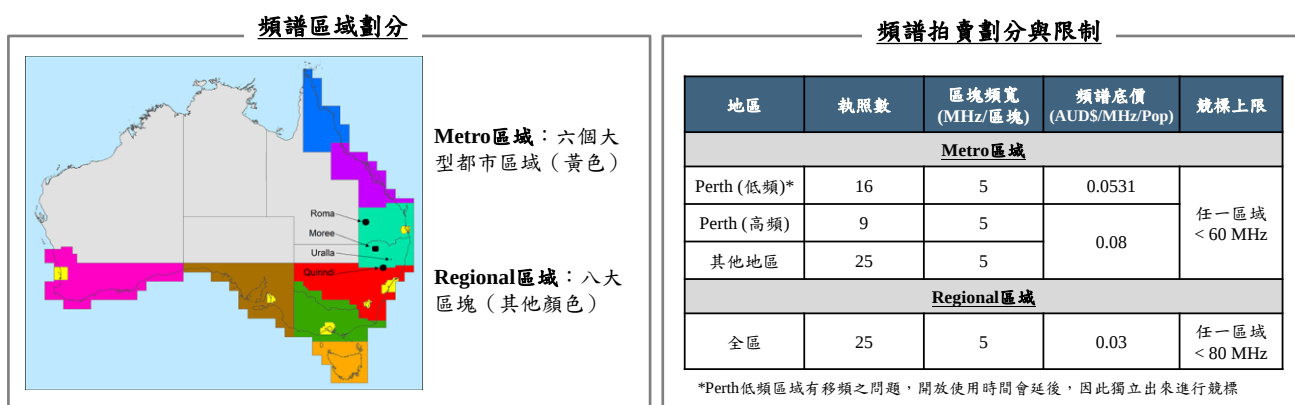


圖 4-22 澳洲 3.6GHz 頻段釋出規劃
資料來源：ACMA 公開資料，研究團隊製作

本次參與競標的共有四家業者，分別為 Telstra、Mobile JV、Optus、Dense Air，Telstra 為澳洲最大電信商；Mobile JV 為 Vodafone 與固網業者 TPG 採 JV 方式成立之子公司；Optus 是澳洲第二大電信商，同時也是新加坡電信 Singtel 的子公司，最後 Dense Air 為美國 Airspan 子公司，為本次拍賣的新進業者。Dense Air 預計利用得標頻段提供智慧 IoT、小型基地臺等等服務。本次競標由於 Optus 被認為在重要區域如雪梨及墨爾本都已經持有 3.4GHz 頻段，足以提供 5G 服務，因此被禁止參與所有 Metro 區域的頻譜競標，僅能競標 Regional 區域頻譜執照。本次競標約費時二十天，總結標金額來到 8.52 億澳幣，約合 187 億台幣，約是總競標底價的 4 倍，標金增長率 320%。

在競標時，由於僅有三家業者可以參加 Metro 區域的競標，尤其參與競標的又是兩大電信業者 Telstra 和 Mobile JV 以及一家小業者 Dense Air，加上頻譜最多只能拿下 60MHz 也就是 12 個區塊之限制，Metro 區域的 25 個區塊很容易以 12/12/1 或是 12/6/7 的區塊分配模式結標，中間幾乎沒有競價過程，因此 Metro 區域頻譜都是以底價結標，而 Regional 區域由於三大業者互相競價，價格幾乎翻漲 10 到 50 倍之間。競標詳細結果可參考下圖。

表 4-4 澳洲 3.6GHz 競標結果

	區域名稱	得標執照數				成交價格 (AUD\$/執照)
		Telstra	Mobile JV	Optus	Dense Air	
Metro 區 域	Adelaide	7	12	—	6	536,000
	Brisbane	6	12		7	880,000
	Canberra	6	12		7	184,000
	Melbourne	12	12		1	1,898,000
	Sydney	12	12		1	2,164,000
	Perth (lower, upper)	6 , 0	3 , 9		7 , 0	538,000 / 811,000
Regional 區 域	North Queensland	10	8	7	—	481,400
	Central Queensland	10	8	7		1,137,700
	Northern NSW / Southern Queensland	10	8	7		7,998,800
	Southern / Western NSW	13	6	6		11,269,900
	Victoria	10	8	7		2,685,600
	Tasmania	10	8	7		860,100
	South Australia	15	4	6		2,912,100
	Western Australia	16	9	0		127,800

資料來源：ACMA 公開資料，研究團隊製作

（六）美國 24GHz、28GHz 釋出規劃

美國 FCC 最早於 2016 年 7 月 14 日公告 24GHz 以上 5G 毫米波頻段之管理規範。公告頻段包含 27.5-28.35GHz（28GHz）、37-38.6GHz（37GHz）、38.6-40GHz（39GHz）與 64-71GHz 等四個頻段，總計約釋出將近 11GHz 頻寬之頻譜。其中 28GHz、37GHz、39GHz 規劃將採分區授權方式釋出，並開放作 IMT 業務用。此些頻段在討論授權方式時，均有考量既有執照釋出方式和技術、服務特性規劃，因此，決定於 28GHz 採 County-sized 分區、於 39GHz 採 Partial Economic Area 分區方式釋出，都是相對較小的地理單位，即為因應毫米波傳輸距離較短特性所規劃，希望能提升應用效率。另外，屬於較高頻之 64-71GHz 將採免執照方式釋出，規劃作 WiGig 使用，可讓更多感知設備進行短距傳輸，預期可促進更多創新服務及 IoT 產業發展²⁴。

表 4-5 FCC 開放毫米波頻段

頻段	授權方式	說明
27.5-28.35GHz (28GHz)	➤ 分區授權，採 County-sized (郡) 授權以符合技術、服務特性	➤ 開放既有 (Local Multipoint Distribution Service, LMDS) 執照業者營運行動業務
37-38.6GHz (37GHz)	➤ 37-37.6GHz 採共享機制；37.6-38.6 同 39GHz 採 PEA 分區授權	➤ 可作行動業務使用 ➤ 無既有執照用戶
38.6-40GHz (39GHz)	➤ 分區授權，採 Partial Economic Area 分區方式 (較 county 大)	➤ 可作行動業務使用
64-71GHz	➤ 延伸 57-64GHz 頻譜的規劃，採免執照頻譜釋出	➤ 作為類 Wi-Fi 功能 (WiGig) 使用，可讓更多感知設備進行短距傳輸

資料來源：FCC 16-89，研究團隊製作

²⁴ US Federal Communications Commission, "AUCTIONS OF UPPER MICROWAVE FLEXIBLE USE LICENSES FOR NEXT-GENERATION WIRELESS SERVICES NOTICE AND FILING REQUIREMENTS, MINIMUM OPENING BIDS, UPFRONT PAYMENTS, AND OTHER PROCEDURES FOR AUCTIONS 101 (28 GHz) AND 102 (24 GHz)", 2018.08

美國於 2018 年 4 月時即有提出希望於 2018 年底左右時間進行毫米波頻譜的拍賣，主要為原先所規劃之 27.5-28.35GHz 的 28GHz 頻譜共 850MHz，另也增加了 24.25-24.45、24.75-25.25GHz 共 700MHz 的 24GHz 頻譜。28GHz 以 425MHz 為單位區塊大小，僅切為兩塊，但採較小的 County 區域進行釋照，共有 1536 個地理區域，因此總執照數將達 3072 個執照；24GHz 部分，區塊單位大小設定為較小的 100MHz 共 7 塊，但區域則為範圍較大的局部經濟區域（Partial Economic Areas, PEA），全國共分為 416 個區域，總執照數為 2912 個執照。在拍賣方法上 28GHz 採用 SMRA 機制，而 24GHz 由於塊數較多關係，預期業者競價測率相對複雜，因此參考 Incentive Auction 採用 Clock Auction 機制進行拍賣，希望可以加速競價作業流程，因為競價執行效率也代表了內外部資源的節省。另在 24、28GHz 的拍賣也設有針對小業者、偏鄉服務業者的補助，增加小業者得標機會。競價執行時間。美國於 2018 年 11 月 14 日已開始 28GHz 的拍賣，結束後接續執行 24GHz 拍賣作業。

美國 28GHz 頻段釋出規劃（Auction 101，2018/11/14 開始舉行）

頻段	位置	大小	單位大小	區域範圍	執照數	單位底價	拍賣方法
28GHz	27.5-28.35 GHz	850MHz	425MHz (2塊)	County (郡)	1,536 +1,536 =3,072	約18.79億元NTD/塊	SMRA

美國 24GHz 頻段釋出規劃（Auction 102，接續 Auction 101 舉行）

頻段	位置	大小	單位大小	區域範圍	執照數	單位底價	拍賣方法
24GHz	24.25-24.45 24.75-25.25	700MHz	100MHz (7塊)	PEA	416 * 7 = 2,912	約18.69億元NTD/塊	Clock Auction

小業者、偏鄉服務業者補助

類型	標準	標金減免	補助上限
小業者	毛利 ≤ 25m 鎊	15%	25m 鎊
非常小業者	毛利 ≤ 20m 鎊	25%	
偏鄉業者	市場 ≤ 50 萬人	15%	10m 鎊

選用 Clock Auction 原因

- 主要參考 Incentive Auction 的 Forward Auction
- 採 Clock Auction 競價流程會較 SMRA 快（因每一塊同質性高，採 Clock Auction 及虛擬區塊方式，省去 SMRA 中業者需反覆對最低暫時價格區塊出價動作
- 競價效率也代表內外部資源的節省

圖 4-23 美國 24、28GHz 釋出規劃

資料來源：FCC 公開資料，研究團隊製作

除毫米波部分，美國先前由於 3.5GHz 已規劃要作共享型的創新頻段用途，因此在 2018 年 7 月時也公布有關 3.7 – 4.2 GHz 的法規命令制訂通知（Notice of

proposed rulemaking, NPRM)，但由於此頻段上面有衛星通訊、衛星電視使用，因此現在在進行使用現況的盤點，以了解未來開放作行動通訊的共存方法，希望後續能夠把此段的 500MHz 全數釋出。

美國 24GHz 執照拍賣，採用兩階段 Clock Auction 價格鐘拍賣形式，此形式具有許多 SMRA 同時多回合上升標拍賣的特點，並且，此方式代表了只要某區塊有需求存在，該區塊便不會有賣不出的問題。另外，價格鐘的設計可以減少拍賣所需時間。相較於 SMRA 形式在每一回合內只有一區塊上升價格，使用價格鐘的形式可在每一回合內讓所有區塊皆以某比例上升價格。再者，Intra-round Bidding 的設計使競標者更容易精準表達其頻譜需求；價格鐘拍賣相較於 SMRA，以較大的價格增幅進行，這會加快拍賣速度，同時減少回合數；另外該設計避免價格過度超調的情況，機制是當頻譜需求量降低至供給量時，區塊的價格便會停止上升。

此次拍賣頻段分為兩大類別區塊，24.25-24.45GHz 分為 2 塊 100MHz，24.75-25.25GHz 分為 5 塊 100MHz；拍賣分兩階段，先針對數量後針對位置進行拍賣。第一回合中競標者對起標價（Opening Price）進行投標，第二回合起競標者可對介於該回合起始價格（Posted Price）和該回合設定最高價（Clock Price）之間的任何價格出價（稱為 Intra-round Bids）；Clock Price 於每一回合以固定比例（ $1+X\%$ ）上升（ X 預設值為 10，其中 $5 < X < 15$ ），並且可透過改變 X 值調整拍賣速度。出價內容則包含價格和數量，並且出價方式分為兩種，一種是 Simple Bids，另一種為 Switch Bids；前者意指對某價格投標數量，後者意指將該業者需求頻譜數由一類別轉移至另一類別。舉例來說，假設前一回合的最後某競標者的出價價格與需求數為（5000,4），在目前回合中設定的最高價為 6000，該競標者對 5500 的價格要求降低投標量至 2 塊；針對此投標可以解釋為：當價格小於 5500 時，該競標者願意購買 4 塊；當價格等於 5500 時，競標者願意購買 2 至 4 塊；當價格大於 5500 時，競標者願意購買 2 塊。

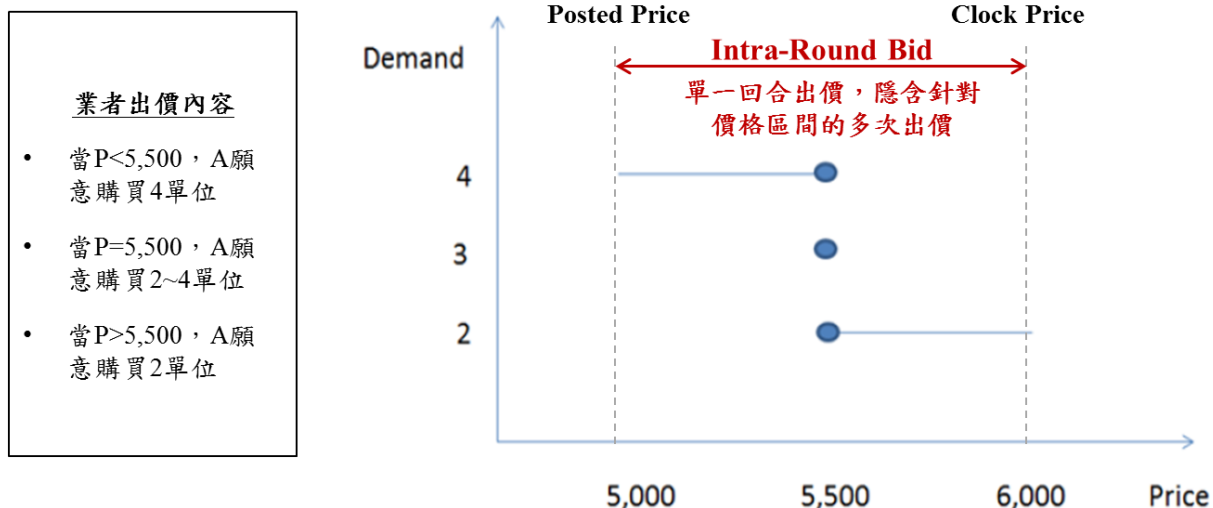


圖 4-24 美國 24GHz 業者投標示意圖

資料來源：FCC 公開資料，研究團隊製作

針對每一回合競標者的投標，系統依照以下順序處理。依照投標價格由低至高，再依照該回合所給的亂數由低至高依序處理。處理投標的原則為：若某競標者的投標需求量使總需求量大於或等於供給量，則該投標完全適用；若某競標者的投標需求量使總需求量小於供給量，則該投標部分適用，並且該投標被置於 queue（排序）於之後考慮是否完全適用；這個檢驗 queue 中投標需求的程序會重複直至所有投標需求皆被考慮適用與否。經過投標處理過的投標者需求量稱為 processed demands。舉例來說，假設頻譜供給量為 5 單位，在前一回合的起始價格（posted price）為 \$1,000 且競標者 b1, b2, b3 的需求量分別為 (3, 2, 1)；在目前回合中的設定最高價為 \$2,000，且競標者的出價情形為 $b1 = (1500, 0)$, $b2 = (1800, 3)$, $b3 = (2000, 1)$ 。系統依照投標價格依序處理投標，因此先處理 b1 的投標。b1 要求頻譜需求數降為 0，這會造成總需求量 = 3，小於供給量，因此系統不接受 b1 需求降至 0，但該需求部分適用，因此接受 b1 需求降低一單位，意即經處理過的 b1 投標需求為 2 單位。此時競標者 (b1, b2, b3) 的需求量為 (2, 2, 1)，需求等於供給，同時 b1 降為 0 的原始投標需求置於 queue 於之後考慮。再處理 b2 的投標，b2 要求增為 3 單位，這使得總需求量 = 6，大於供給量，因此接受 b2 需求增至 3 單位，但此時由於總需求大於供給，因此系統重新檢查 queue 中的需求，此時系統接受 b1 需求再度降低一單位，則目前經處理過的 b1 需求為 1 單位。美國投標處理機制可參考下圖。

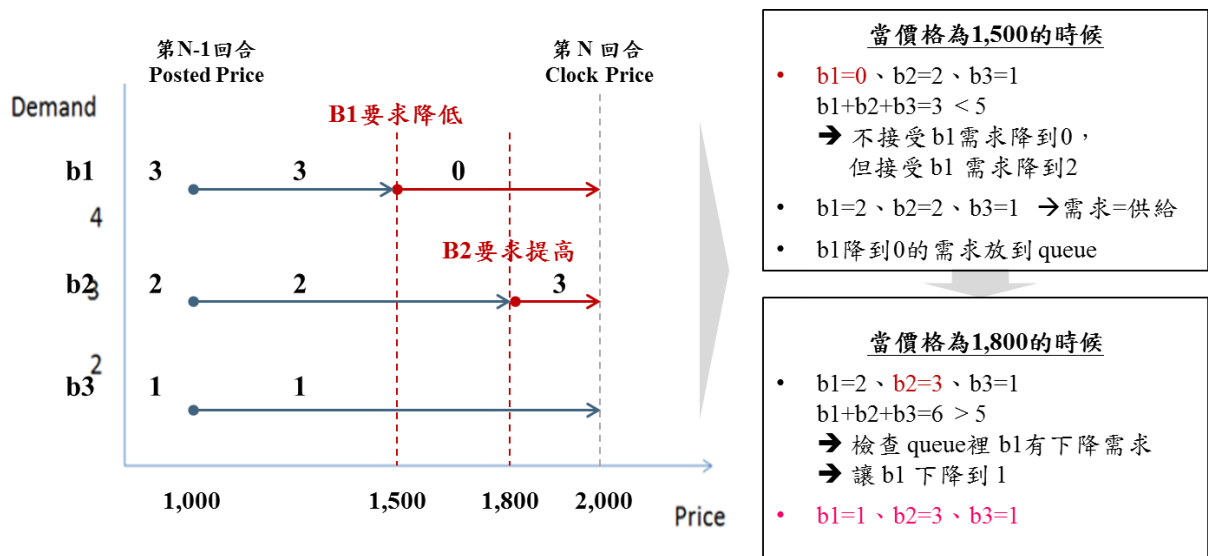


圖 4-25 美國 Clock Auction 機制
 資料來源：FCC 公開資料，研究團隊製作

當區塊總需求量大於供給量，則 Posted Price 設定為 Clock Price；當區塊總需求量等於供給量，則 Posted Price 設為使供給等於需求之投標出價。每一回合結束時公告內容包含：頻譜供給數，頻譜總需求量，前一回合的 Posted Price，下一回合的 Clock Price。在投標處理結束之後，拍賣系統會決定是否符合終止條件：若所有區塊的總需求量不多於總供給量，則數量階段拍賣結束。若有一區塊的總需求量高於總供給量，則系統會設定新的回合繼續數量階段拍賣。美國 24GHz 機制規則參考下圖整理。

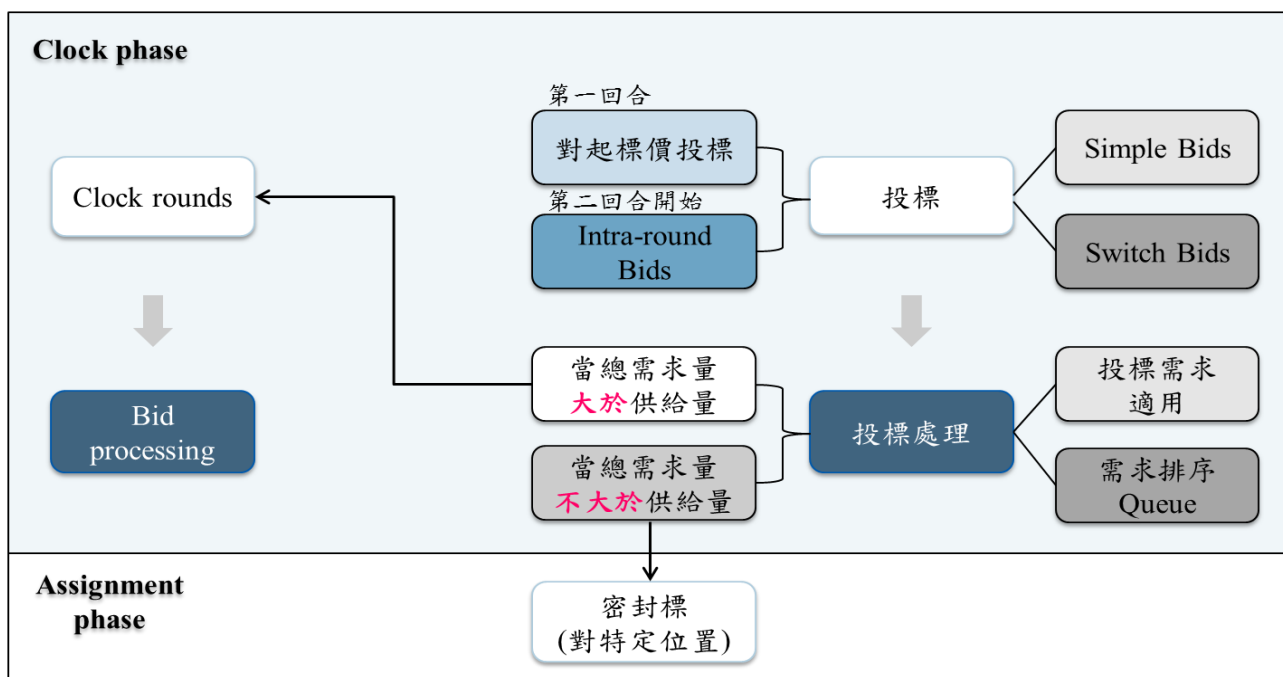


圖 4-26 美國 Clock Auction 機制範例
資料來源：FCC 公開資料，研究團隊製作

（七）德國 3.6GHz 釋照規劃

德國於 2018 年 2 月時聯邦電信管理局 (Bundesnetzagentur, BNetzA) 公布 5G 頻譜拍賣草案，並徵求建議，其中 3.6GHz 部分規劃有 300MHz 預定釋出，最初原期盼能於 2018 年進行釋照作業，但於 2018 年 5 月時，BNetzA 已宣布作業最早會於 2019 年才舉行，其中爭論點之一在於負責釋照的 BNetzA 和德國交通部對於頻譜價值看法不一，交通部希望可從拍賣獲得數十億的收入，以對國家寬頻網路進行升級建設，但 BNetzA 認為頻譜底價設定應更實際一些，就業者角度而言，最大的德國電信已公開呼籲，認為業者對於未來建設整體金額有限，若付出太多金額於頻譜取得費用時，則可能反而會阻礙業者的建設意願及能力，目前相關意見尚在討論當中²⁵。

在 2018 年 11 月底公布 2GHz 頻段（1920-1980MHz 及 2110-2170MHz，共 120MHz）和 3.6GHz 頻段（3400-3700MHz，共 300MHz）的釋照條件，參與拍賣的資格已開放申請，申請至 2019 年 1 月 25 日截止，拍賣預計於 2019 年春季開始。

針對取得 5G 頻譜之業者，覆蓋義務分為兩階段，第一階段為 2022 年前須提供傳輸速率達 100Mbps 的網路連線給至少 98% 的家戶，以及沿所有聯邦高速公路路線、主要聯邦公路以及主要鐵路路線。第二階段為至 2024 年前，次要聯邦公路沿線網路速率須達 100Mbps；州立公路，海港和主要水道及次要鐵路沿線的網路速率至少達到 50Mbps。此外，所有聯邦公路與鐵路沿線上的網路延遲需達 10 毫秒。在技術可行情況下，每個營運商須在 2022 年前建設 1,000 個 5G 基站。

²⁵ BNetzA, "Konsultationsentwurf zur Anordnung und Wahl des Verfahrens zur Vergabe von Frequenzen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz für den drahtlosen Netzzugang", 2018.01

(八) 法國 3.6GHz 釋照規劃

法國主管機關 ARCEP 於 2018 年 2 月時，宣布建立 5G 前導試驗窗口，將核發 5G 臨時性實驗執照，業者可取得 3.4-3.8GHz 頻段與 26GHz 頻段之實驗頻譜資源，於主管機關指定的區域進行實驗，例如 3.4-3.8GHz 頻段目前於里昂、波爾多等都會區使用，實驗執照性質非屬排他性專用，且可能隨著時間演進而收回。後續除持續推動相關試驗計畫，針對頻譜準備部分，於 2018 年 7 月發佈之國家 5G 路線圖顯示，預計在 2020 年前為 5G 網路找到更多頻譜，以協助 5G 建設的部署。

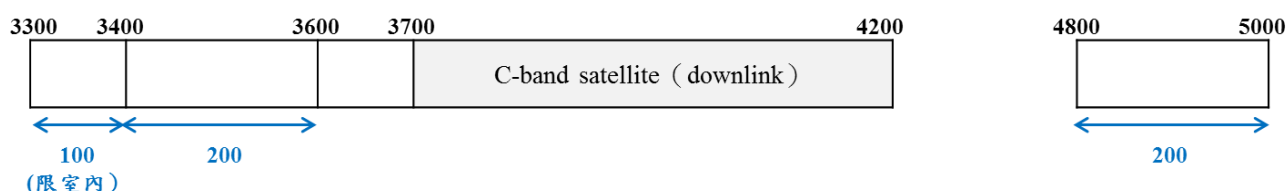
現法國準備中之 5G 頻譜主要為 3.5GHz (3.4-3.8GHz) 及毫米波之 26GHz (24.25-27.5GHz)，但在 3.5GHz 頻段的準備上，由於既有頻譜有許多既有使用者，包含 Wimax、商用頻譜、地面衛星接收站等，此些頻譜使用權要至 2023 年甚至 2026 年；在高頻的部分，目前已清理完成的，亦僅有 26.5-27.5GHz 共 1GHz 有望於 2020 年前使用，25.5-27GHz 亦有衛星使用中，需探討與 5G 通訊共存之可能性。

為依循歐盟整體 5G 發展策略，於 2020 年有一個城市完成覆蓋並商轉，法國目前仍朝 2019 年中旬釋照作規劃，由於頻譜供給量可能不足，法國電信業者已準備一定資金欲投入頻譜競標，雖高價賣出頻譜可作為國庫的補充，但主管機關考量高價之頻譜取得成本，將有可能影響業者建設意願，因此希望能避免屆時有過高之決標價，影響創新服務發展、基礎建設投資。

(九) 中國 C-Band 釋照規劃

中國在中頻頻段上，亦有衛星通訊的問題，目前則瞄準了 3.3-3.4、3.4-3.6、4.8-5GHz，三段合計 500MHz 的頻譜。在相關頻段上，從 2018 年 6 月開始，要求既有之用戶進行申報、7 月則完成審核，建立需要保護之衛星地面站清單，並已禁止新設衛星地面站之申請。第一步掌握使用現況後，則進行 5G 通訊與既有衛星通訊之干擾，找出應避免使用 5G 的干擾協調區，衛星地面站之干擾協調區內，5G 基地臺應避免造成有害干擾，干擾協調區為以衛星地面站為中心，因頻段不同既有用戶不同，設定不同半徑大小之圓形避免干擾衛星通訊區域：

3.4-3.6GHz 為半徑 45 公里內、3.6-3.7GHz 為半徑 4 公里內，另未來若既有使用者需要進行設備調整以減少干擾協調區，則相關費用，則由新進的行動通訊使用單位共同負擔。相關規劃如下圖整理。



配套措施	內容
既有使用清查	2018/6/30：使用3.4-4.2GHz、4.5-5GHz頻段之既有用戶進行申報 2018/7/31：完成審核並建立需保護之基地台清單
與衛星干擾處理	衛星地面站之干擾協調區內，5G基地台應避免造成有害干擾，干擾協調區為以衛星地面站為中心，一定半徑內之圓形區域： 3.4-3.6GHz：半徑 45公里內 3.6-3.7GHz：半徑 4公里內
費用分攤	既有使用者為防範干擾進行之調整費用，由3300-3700MHz使用單位共同承擔
新設禁止	不再受理3.4-4.2GHz、4.8-5GHz 地面固定業務站，及3.4-3.7GHz 無線基地站和衛星地面站之設置及使用許可
衛星地面站	新設置之衛星地面站，雜訊、功率需滿足指定條件

圖 4-27 中國 3000-5000MHz 釋出規劃及干擾管理措施

資料來源：工信部公開資料，研究團隊製作

中國工業和信息化部在 2018 年 12 月向三大電信業者發放中頻 5G 試驗頻率使用許可，取得許可頻段分別為：中國電信取得 3400-3500MHz 頻段，中國聯通取得 3500-3600MHz 頻段，中國移動取得 2515-2675MHz 及 4800-4900MHz 兩頻段；試驗頻率使用結果釋出結果如下圖整理。三家運營商將於 2019 年第一季開始 5G 建設並進行商用試驗，預計 2019 年將新建並啟用 5G 基站約 10 萬台，並且預計 2020 年正式商用。

頻段	預計商用時程	預計新建5G基站數
2515-2675MHz 3400-3600MHz 4800-4900MHz	2019年試商用， 2020年正式商用	100,000

業者	中國電信	中國聯通	中國移動
取得頻段	3400-3500MHz	3500-3600MHz	2515-2675MHz 4800-4900MHz
試點規劃	• 17個試點城市	• 16個試點城市	• 5個試點城市 • 參與政府規劃的12個城市應用示範點
特性	• 主流5G頻段，全球適用	• 主流5G頻段，全球適用	• 連續性頻段相對成熟度較差 • 具低建網成本優勢

圖 4-28 中國 5G 中頻試驗頻率使用許可釋出結果
資料來源：中國工信部公開資料，研究團隊製作

(一〇) 日本 C-Band 釋照規劃

現 5G 討論度最高之 C-Band 頻段，由於也為亞洲區域衛星通訊主要使用之頻段，因此未若歐洲可以較容易的在 C-Band 清出較大的連續頻寬，亞洲國家或其他於 C-Band 亦有衛星使用中的國家，有些是擴大探討頻段，自 3.4-4.2GHz 皆有使用可能，或者主要透過靜態共享方式，盤點既有衛星通訊接收站位置、進行干擾測試，以劃出禁用區域，而讓行動通訊可於禁用區域外的位置進行使用。其中日本於 2014 年時，即在 3.4GHz 透過靜態共享方式，讓行動通訊與衛星通訊共同使用。

日本 3.4GHz 頻段因與衛星通訊頻譜重疊，可能有干擾的情形發生，於頻譜釋出前，日本政府透過一連串的試驗，欲確認干擾情形，也希望能提前就各種可行的方案進行測試，以降低釋出後干擾的情形。日本根據測試結果認為預留 Guard Band、將 Small Cell 基地臺降低天線功率/高度/設立於室內、一般基地臺調整方向或天線角度，都為可能減緩干擾方案。在正式釋出頻譜前，也公布相關規定，受指配頻譜之業者須提出衛星通信業務干擾之對策計畫，在服務開設的同時也須告知該頻段會有衛星干擾之情形，並需與其他使用該頻段業者共同開設對應諮詢窗口，以期能降低對行動通訊、衛星通訊雙方的影響。

衛星通信系統干擾測試		
實驗結果	進行了45個衛星基地台的干擾試驗，於3.4-3.6GHz頻段應用時，有其中9個基地台發生干擾現象	
解決方案	預留Guard Band，並保留適當間隔距離 在外在地形影響下，可能也會減低干擾問題	
其他減緩干擾方案	Small Cell基地台： • 降低天線功率、降低天線高度 • 利用建築物取得遮蔽效果 • 設立於室內，可透過牆壁使訊號衰退	一般基地台： • 根據衛星基地台，調整基地台Sector設立方向 • 調整天線傾斜角度

圖 4-29 日本 3.4GHz 共享釋出前準備

資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

日本總務省於測試後，已於 2014 年釋出 3.4GHz，各家業者計畫導入 LTE-Advanced，取得頻譜的業者須遵守總務省於規劃頻段釋出時提出之時程規範，目前業者主要佈建方式為人口密集區域如車站的室內，即可降低室外衛星訊號之干擾影響。

1. 取得頻譜後第 4 年度年末以前，在各總合通信局之管轄區域內人口覆蓋率需達 50%。
2. 取得頻譜後第 2 年度年末以前，須在各特定大流量區域商轉 LTE-A 服務。
3. 在所有的都道府縣都要開啟服務（服務需涵蓋日本全域）。

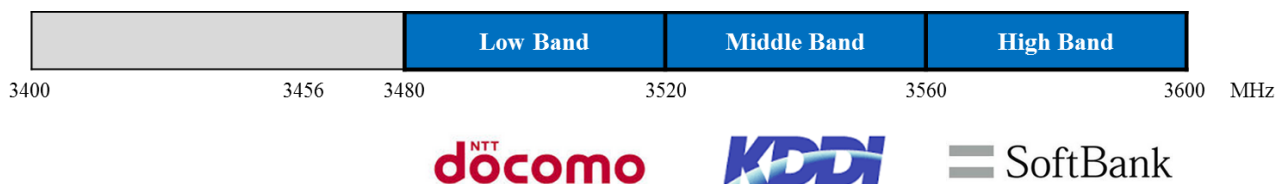


圖 4-30 日本 3.4G 頻段分配結果

資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

除原先釋出之 3.4GHz 頻段，日本亦持續探討釋出更多頻譜之可能性，在中頻部分，探討頻段包含 3.6-4.2GHz 共 600MHz，及 4.5-4.8GHz 共 300MHz，但此些頻段都面臨既有使用者問題，於 3.7GHz 頻段有衛星下行訊務使用，為探討 5G 通訊與衛星通訊並存之可能性，總務省進行一系列探討，除從技術面測試可能避免干擾措施如：活用低功率、低天線高度的小型基地站於室內之佈建模式；降低天線面對衛星地面站方向之增益；避免在衛星地面站干擾較大的地方設置基地臺；考量地形、建築物遮蔽效果進行干擾計算。另也從經濟效益面進行探討，選定人口密集區進行模擬，於不干擾既有通訊衛星前提下，可設置之基地臺數量，以日本首都圈（東京都、神奈川縣、千葉縣、埼玉縣），模擬結果可設置 5376 台 Small Cell。

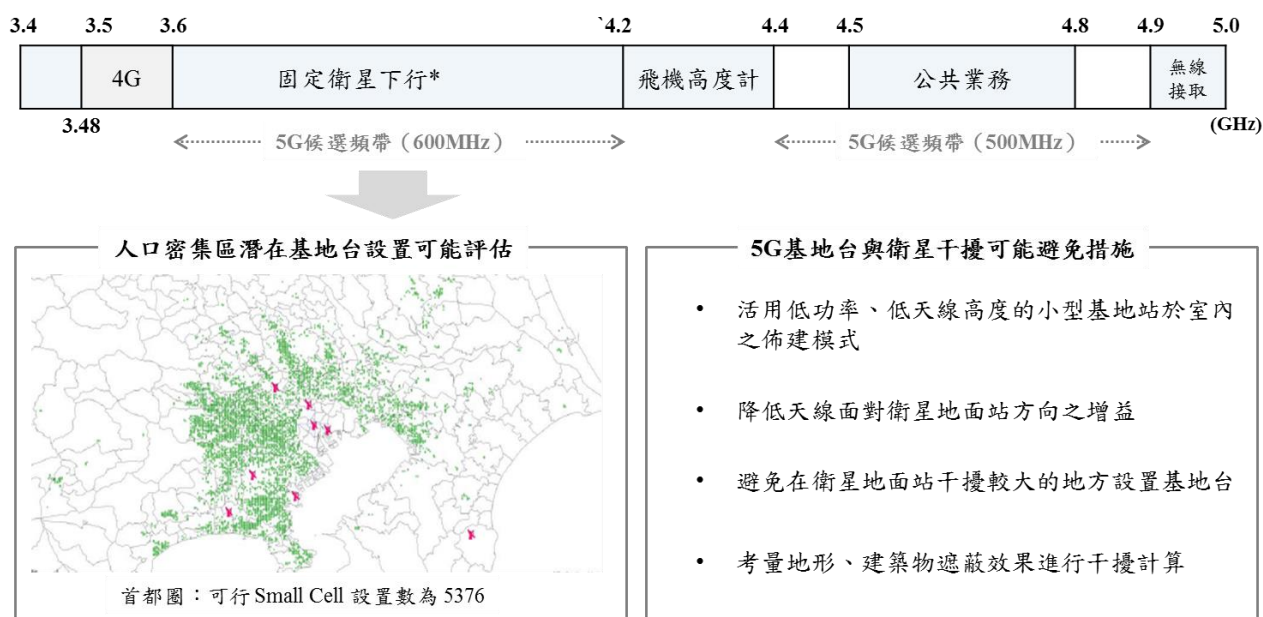


圖 4-31 日本中頻段 5G 潛在頻譜

資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

現針對潛在釋出頻段之干擾測試已完成，並於 2018 年 11 月公布相關之頻譜及後續申請程序規劃，徵詢業者意見，預計於 2019 年 1 月左右開始進行申請，並於 2019 年 3 月底完成指配作業。預定釋出頻段，包含中頻的 3.7GHz(3.6-4.1GHz，共 500MHz)、4.5GHz(4.5-4.6GHz，共 100MHz)，劃分為每一區塊 100MHz；另在毫米波部分，則預定釋出 28GHz(27-28.2GHz、29.1-29.5GHz，共 1600MHz)，另針對企業私有網路需求，現日本亦有於中頻(4.6-4.8GHz)及高頻(28.2-29.1GHz)開放使用可能。日本預定釋出頻段如下圖所示。²⁶

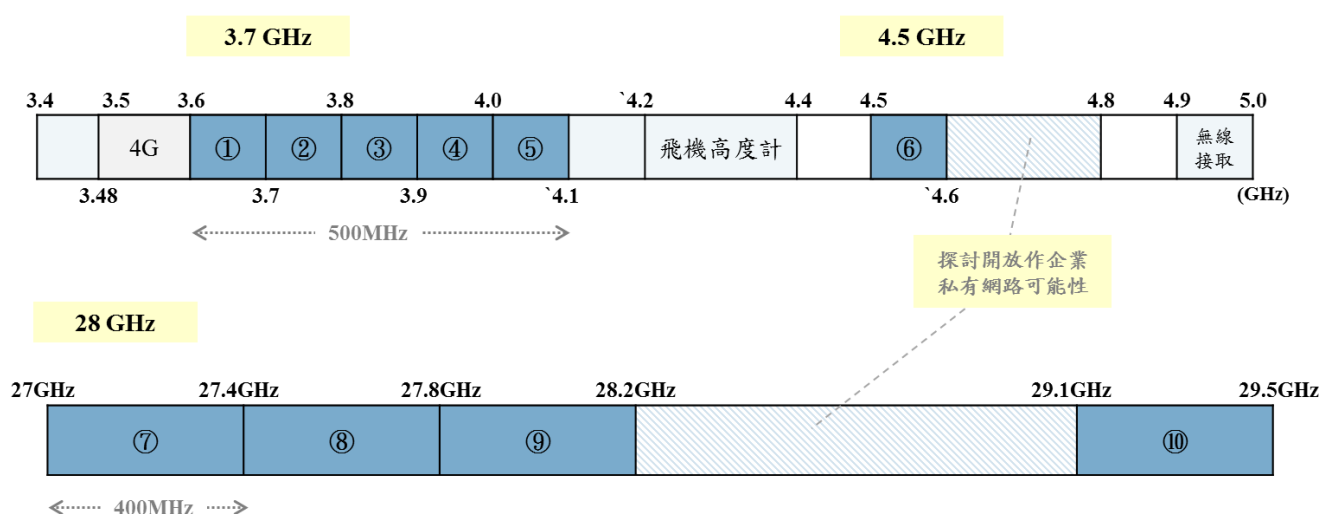


圖 4-32 日本預定 2019 年 3 月指配頻譜
資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

²⁶ 總合通信基盤局，第 5 世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設に関する指針案について，

（一一） 新加坡 5G 頻譜釋照規劃

有別於其他國家就頻譜拍賣十分積極，新加坡對於頻譜釋出相對較不執著於時程，而是先透過免除頻譜測試使用費等方式，鼓勵業者進行 5G 用硬測試。頻譜釋出部分，資訊通信媒體發展局(Infocomm Media Development Authority, IMDA) 於 2017 年 5 月進行 5G 發展公眾諮詢，就增強型行動寬頻應用，將於 2019-2020 年左右，以 1-6GHz 的中頻頻譜發展，毫米波頻譜的使用，則會於 2020 之後，公開諮詢中，主要就整體 5G 發展時程、頻段需求、釋出時間點進行諮詢。IMDA 副局長謝愛玲於 2018 年 6 月時，參加公開活動時說明，5G 頻段現在尚未達到國際標準統一，新加坡將一邊觀察國際發展，一邊進行頻譜的清頻整備，實際釋出時間點部分，參考國際現普遍將 2020 視為 5G 商用元年，因此 IMDA 也朝 2020 年前完成釋出進行準備²⁷。



圖 4-33 新加坡 5G 發展時間表及公眾諮詢內容

資料來源：IMDA 公開資料，研究團隊製作

²⁷ IMDA, "AUCTION OF 700 MHZ SPECTRUM RIGHTS (2016), 900 MHZ SPECTRUM RIGHTS (2016), 2.3 GHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) AND 2.5 GHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) INFORMATION MEMORANDUM", 2016.07

第三節 國際 5G 頻譜釋照重點議題整理

(一) 市場競爭及新進業者

綜整目前國際主要已完成釋照案例，3.5GHz 部分如下圖所示，每家業者可取得之頻譜，與釋出之總頻寬量、業者家數、及投入於頻譜競標之資金量有關。釋出頻譜總量較少之國家，如：英國、義大利，則單一業者能取得之頻譜量則可能較少，尤其英國無任一業者取得 60MHz、甚至 80MHz 以上之頻譜量。其他國家，皆有業者取得 80MHz 以上之頻譜量，也符合技術發展之趨勢，若須達到較 4G 更高的傳輸速度，於中頻單一業者應至少取得 60MHz~80MHz 以上之連續頻譜。另從得標業者數來看，多數國家得標業者數為 3-4 家，台灣因有 5 家行動通訊業者，因此在頻譜分配上，需更為謹慎以發揮頻譜效益，另愛爾蘭雖有兩家新進業者，但因釋出頻譜量充足，且有業者僅取得鄉村之頻譜，因此各業者仍可取得足夠之頻譜量。

國家	頻寬 MHz	投標業者家數			得標業者/得標量 (MHz), 行動通訊市佔率 (%)					未得標
		既有	新進	總數	1st	2nd	3rd	4th	5th	
英國	150	4	1	5	EE 40, 28%	O2 40, 26%	Vodafone 50, 21%	Three 20, 12%	—	Airspan 智慧服務
愛爾蘭	350	3	2	5	Vodafone 105, 39%	Three 100, 35%	Meteor 85, 18%	Imagine ¹ 60, 無線網路	Airspan 60, 智慧服務	—
韓國	280	3	0	3	SKT 100, 49%	KT 100, 29%	LGU+ 80, 23%	—	—	—
西班牙 ³	200	4	0	4	Telefónica 50, 30%	Vodafone 90, 25%	Orange 60, 23%	—	—	Masmovil ² 9%
義大利 ⁴	200	3	1	4	Wind Tre 20, 32%	Italia 80, 31%	Vodafone 80, 30%	Iliad 20, 法國業者	—	—
芬蘭	390	3	0	3	Elisa 130, 38%	Finland 130, 34%	DNA 130, 27%	—	—	—

1. 愛爾蘭執照分為城市鄉村，Imagine僅取得鄉村區域之頻譜

2. Masmovil 於拍賣前已持有80MHz的中頻頻譜

3. 西班牙於中頻先前已釋出160MHz

4. 義大利另有新進業者 Fastweb (固網、MVNO) 僅取得 28GHz 頻譜

圖 4-34 各國 3.5GHz 拍賣競爭情形整理

資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

在毫米波部分，預期各國應可釋出較為充足的頻譜量，因此各業者能取得足夠之頻譜，以韓國為例，總釋出頻譜量達 2400MHz，因此單一業者可取得 800MHz 之頻譜，義大利則僅釋出 100MHz，且有 5 家業者得標，但單一業者仍有 200MHz 之頻譜。

國家	頻寬 MHz	投標業者家數			得標業者/得標量 (MHz), 行動通訊市佔率 (%)				
		既有	新進	總數	1st	2nd	3rd	4th	5th
韓國 (28GHz)	2400	3	0	3	SKT 800, 49%	KT 800, 29%	LGU+ 800, 23%	—	—
義大利 (26GHz)	1000	3	2	5	Wind Tre 200, 32%	Italia 200, 31%	Vodafone 200, 30%	Iliad 200, 2%	Fastweb 200, 固網業者

圖 4-35 各國 26/28GHz 拍賣競爭情形整理

資料來源：總務省公開資料，研究團隊製作

另目前國際上拍賣案例中，確實有出現新進業者，除義大利是引進新的行動通訊業者 Iliad 以促進市場競爭外，其他新進業者則確實非傳統之行動通訊業者。如愛爾蘭之新進業者 Imagine Communications，為愛爾蘭最大無線網路服務供應商，合作對象主要為媒體公司，提供包含通訊之完整解決方案，較近於系統整合商性質。另一家愛爾蘭之新進業者為 Airspan，Airspan Spectrum Holdings 為 4G 寬頻無線系統供應商 Airspan Networks 子公司，提供包含軟體及硬體之公共事業、交通與公共安全等公共智慧服務解決方案。

Imagine Communications



- 成立時間：1922年
- 公司總部：Frisco, Texas, USA
- 營業項目：應用於影片和廣告解決方案的無線網路系統
- 營運國家：愛爾蘭，英國，荷蘭，奧地利，挪威和美國。

Imagine解決方案類別

現場製作支援設施

- 解決方案：提升運動賽事等現場活動的場地體驗，行動製作中心，新聞製作，工作室製作整合，信息處理等。

多螢幕輸出方案

- 解決方案：數位電視，動態廣告置入，OTT，多螢幕廣告置入，轉碼服務，HTTP-to-UDP閘道器

頻道播出解決方案

- 解決方案：頻道發布，內容管理，虛擬控制台，整合播放器，影片伺服器等等。

廣告管理方案

- 解決方案：端點到端點管理，進階廣告，動態廣告置入，程式設計，交通管理等。

圖 4-36 Imagine Communications 簡介

資料來源：Imagine Communications 公開資料，研究團隊製作

Airspan Networks



- 成立時間：1992 年
- 公司總部：Boca Raton，USA
- 產品類別：4G LTE基站，Small Cell Backhaul相容性方案

Airspan產品應用領域類別

垂直領域、IoT、M2M解決方案

- 應用領域：智慧公用事業網，公共安全，交通運輸，教育機構。
- 產品：AirHarmony 1K，AirHarmony 4K，iBridge，AirSynergy 2K



室內Small Cell解決方案

- 因應公共和私人場所之室內行動熱點需求，提升行動通訊訊號品質。
- 產品：AirVelocity，AirDensity。



鄉村地區解決方案

- 因應鄉村地區網路覆蓋需求，提供高效率的Small Cell覆蓋。
- 產品：AirHarmony 1K，AirHarmony 4K，iRelay



CBRS解決方案

- 因應商用需求如私有LTE網絡，Neutral Hos固定無線網絡，CBRS-LTE行動熱點和Backhaul網絡，提供3.5GHz頻段共享。
- 產品：AirStrand，AirPole。



圖 4-37 Airspan Networks 簡介

資料來源：Airspan Networks 公開資料，研究團隊製作

除前述之智慧服務業者外，於義大利則有固網業者 Fastweb 參與競標，義大利通訊業者 Fastweb 主要經營固網服務，同時也是主要 MVNO 業者，市佔率達 17.6%，綜合其各項服務提供各式費率方案組合。現 Fastweb 亦獲得 5G 頻譜，預期可提升既有行動通訊服務品質，或進行智慧增值服務、企業客戶之開發。

Fastweb S.p.A.	收費方案
- 成立時間：1999年 - 公司總部：義大利米蘭 - 持有企業：瑞士電信公司Swisscom - 營業項目：座機通話，寬頻網路，數位電視服務。 	網路 - 月費：24.95歐元(12個月) - 網路速度：上限為1 Gigabit/s 網路加室內電話 - 月費：29.95歐元(12個月) - 網路速度：上限為1 Gigabit/s - 包含全國室內電話通話 行動通訊加通話 - 月費：5.95歐元 4G行動數據流量：20 GB - 包含通話量1000分鐘，訊息100則 行動通訊 - 月費：10.95歐元 4G行動數據流量：10 GB

圖 4-38 Fastweb S.p.A. 簡介

資料來源：Fastweb S.p.A. 公開資料，研究團隊製作

(二) 垂直場域專用頻譜

5G 時代之商業模式，現由各方報告及規劃來看，將會以 B2B、B2B2C 之商業模式為主，且著重在垂直場域之服務提供，而垂直場域之服務模式，則可能有不同之執行方式，如前段所述，於愛爾蘭及義大利，即有業者直接透過競標方式取得商用頻譜。另於前面日本頻譜規劃案例中，日本政府著眼垂直場域、私有網路發展，正探討是否保留部分頻段作私有網路經營用。

其他國家案例中，香港則已確定會保留部分頻段作垂直場域專用之頻譜。在香港，26GHz 和 28GHz 共 4100MHz 的頻段將會是第一波可用作 5G 服務的頻譜，由於頻譜量大因此採用指配制；其中 3700MHz 將指配給電信營運商作全港大規模公共 5G 服務，其餘 400MHz 則會以共享頻譜模式，指配給特定地點作地區性的創新服務，特定地點包含：校園、工業區、機場和科技園區。

頻段	位置	頻譜量 (MHz)	單位頻段 (MHz)	釋出方式	業者頻譜 上限(MHz)	用途	指配/拍賣 時間	執照 年限	底價/使用費 (港元/MHz)
900 MHz	890-915 MHz 935-960 MHz	50	5	SMRA	90 (900 MHz上限 =20 MHz)	公共行動通訊， 全港使用	2018年 12月	15年	1. 拍賣： 3,800萬 2. 指配： 5,400萬 ~7,000萬
1800 MHz	1710-1785 MHz 1805-1880 MHz	150	5/10	80 MHz優先權頻譜行政指配予四家現有頻譜受配者，其餘採SMRA拍賣					
3.3 GHz	3.3-3.4 GHz	100	10	CA	40	限室內用	2019年中		近拍賣期公布
3.5 GHz	3.4-3.6 GHz	200	10	CA	70	全港使用			
4.9 GHz	4.83-4.93 GHz	100	50	SMRA	50	全港使用			
26 GHz	24.25-27.5 GHz	3250	100	1. 3700 MHz 指配予MNOs，上限=800 MHz 2. 400 MHz 指配給 特定地點(校園，工業區，機場，科技園區) ，上限=400 MHz，以 共享頻譜 形式		1. 大規模公共5G服務 2. 較小規模5G及創新服務	2019年初		1. *MNO：每年1,080港元/MHz 2. 特定地點：每年21,600港元/MHz 每50 km2覆蓋範圍
28 GHz	27.5-28.35 GHz	850	100						

*若頻譜指配率不超過供給量之75%則免費。

港幣匯率：3.95

圖 4-39 香港 5G 頻譜釋照規劃

資料來源：OFCA 公開資料(香港通訊事務管理局辦公室，2018)，研究團隊製作

芬蘭於 2018 年 10 月完成 3.5GHz 頻譜釋照，在釋照規劃初期，主管機關曾規劃保留頻譜提供給垂直場域業者，後因電信業者反對，轉而設置限制：在特殊地點（如港口、工業園區、醫院或購物中心）頻譜的使用未滿足顧客需求時，頻譜持有者須開放出租頻譜給其他電信業者或垂直場域業者作使用。

頻段	位置	大小	單位大小	執照年限	業者持有上限	拍賣機制
3.5GHz	3410-3800 (MHz)	390MHz	130MHz (3塊)	15年 (2019-2033年)	130MHz	SMRA

得標業者	市佔情形	單位底價	得標價	義務限制
Telia Finland	行動寬頻：34%	約8.28億台幣	約10.9億台幣	- 取得執照五年內須涵蓋芬蘭主島99%人口。 - 業者自身網路須至少達覆蓋之35%。 - 頻譜未使用時，須開放出租給其他電信業者或垂直場域業者。
Elisa	行動寬頻：38%	約7.56億台幣	約9.49億台幣	
DNA	行動寬頻：27%	約7.56億台幣	約7.56億台幣	

歐元匯率：36



圖 4-40 芬蘭頻譜釋照規範與結果

資料來源：FICORA 公開資料，研究團隊製作

國際上目前針對垂直應用保留專用頻段或進行相關討論之國家，綜合整理如下圖所示。

釋照時間	國家	垂直用頻段	頻寬	釋照方式	管理方式
2018.10	芬蘭	無垂直場域專用頻譜			取得3.5GHz頻段業者，未使用頻譜或於垂直場域地區之服務未能滿足顧客需求時，需開放其他電信業者或垂直服務業者租用頻譜
2019.初	香港	26、28GHz	400MHz	指配	- 採共享頻譜模式 - 指配給特定場域，如：學校、工業區、機場、科學園區等
2019.03	日本	4.6-4.8GHz	200MHz	—	著眼私有網路的發展，探討是否將部份頻段釋出開放作企業私有網路佈建可能性
		28.2-29.1 GHz	900MHz		

圖 4-41 國際 5G 釋照垂直應用專用頻段規劃案例

資料來源：研究團隊製作

（三） 共享建設模式

因應未來 5G 頻段位置較高，覆蓋性較差，可預期將需要佈建更多數量的基地臺以滿足覆蓋及人口壅塞地區之大傳輸流量，為加速大量基地台之佈建，目前各國主要以推動被動式基礎設施共享為主，如：日本 JTOWER、中國鐵塔公司為類似之模式，有一企業統一進行塔站、室內設施之共建、共營運，甚至包含前期之場址及租約商談，希望透過此一模式除加快佈建速度，也降低業者之建設及維運成本。

奧地利針對 5G 頻譜亦有規劃共享建設推動，奧地利預計於 2019 年 2 月以 Clock Auction 形式拍賣釋出中頻頻段 3410-3800MHz，以 10MHz 為一單位，共有 39 塊頻段。依據城市和鄉村的區域劃分為 12 個區域，執照期限為 20 年。關於主動共享，基本上採取逐案審查評估對市場的競爭性。另一方面，在人口密度高的城市如：Vienna、Graz、Linz，由於主管機關 TKK 認為室外網路的主動共享只會創造非常小的規模經濟，因此規定在三大城市室外不可進行主動共享。此外，主管機關 TKK 亦規定主動共享情況下，提供給第三方業者作接取的條件；例如：用於全國外部地點（隧道、地鐵、運動場、購物中心）無法覆蓋的地區，或全國室內覆蓋；由至少兩家既有電信業者合作；共享由新釋出頻譜達成；第三方業者擁有使用頻譜權如：700MHz、800MHz、900MHz、1800MHz、2100MHz。針對核心網路，只要至少一個業者持有頻段 800MHz、900MHz、1800MHz、2100MHz、2600MHz 的 10% 使用權，則不允許核心網路共享。關於被動共享，共享程度在 50% 以下因反市場競爭疑慮低，故允許開放；若共享程度在 50% 以上，主管機關須經過評估。關於 Backhaul 網路，須經過全面的競爭性評估後才可被考慮開放共享²⁸。

²⁸ TKK, "Tender Document Procedure for Spectrum Award in the 3410 to 3800 MHz Range", 2018.09

被動共享	對未來網絡佈建無量化限制，共享程度在 50% 以下因反市場競爭疑慮小，故允許開放；共享程度在 50% 以上，主管機關需進行評估								
Backhaul 網路	經過全面的競爭性評估後才可以被考慮開放共享								
主動共享	<table border="1"> <tr> <td>審核方式</td><td>逐案評估對市場競爭性之影響</td></tr> <tr> <td>揭露義務</td><td>業者有提供主動共享相關資訊之報告義務與責任</td></tr> <tr> <td>區域限制</td><td>在人口密度高的城市如 Vienna, Graz, Linz 針對室外網路覆蓋不可主動共享</td></tr> <tr> <td>開放義務</td><td> 符合以下條件時，須提供給第三方業者接取： - 用於覆蓋全國外部地點(隧道、地鐵、運動場、購物中心)無法覆蓋的地區，或用於全國的室內覆蓋 - 共享是藉由新釋出頻譜促成 - 有至少兩家既有電信業者合作 - 第三方業者須擁有使用頻譜權利如 700, 800, 900, 1800, 2100 MHz </td></tr> </table>	審核方式	逐案評估對市場競爭性之影響	揭露義務	業者有提供主動共享相關資訊之報告義務與責任	區域限制	在人口密度高的城市如 Vienna, Graz, Linz 針對室外網路覆蓋不可主動共享	開放義務	符合以下條件時，須提供給第三方業者接取： - 用於覆蓋全國外部地點(隧道、地鐵、運動場、購物中心)無法覆蓋的地區，或用於全國的室內覆蓋 - 共享是藉由新釋出頻譜促成 - 有至少兩家既有電信業者合作 - 第三方業者須擁有使用頻譜權利如 700, 800, 900, 1800, 2100 MHz
審核方式	逐案評估對市場競爭性之影響								
揭露義務	業者有提供主動共享相關資訊之報告義務與責任								
區域限制	在人口密度高的城市如 Vienna, Graz, Linz 針對室外網路覆蓋不可主動共享								
開放義務	符合以下條件時，須提供給第三方業者接取： - 用於覆蓋全國外部地點(隧道、地鐵、運動場、購物中心)無法覆蓋的地區，或用於全國的室內覆蓋 - 共享是藉由新釋出頻譜促成 - 有至少兩家既有電信業者合作 - 第三方業者須擁有使用頻譜權利如 700, 800, 900, 1800, 2100 MHz								
核心網路	考量市場競爭性，核心網路基本上限制共享								

圖 4-42 奧地利 3.6GHz 釋照規則

資料來源：TKK 公開資料²⁹，研究團隊製作

²⁹ TKK, "Tender Document Procedure for Spectrum Award in the 3410 to 3800 MHz Range", 2018.09

（四） 覆蓋義務設定

過去在 4G 時代，提升整體覆蓋為各國政府積極推動、補助之事項，但在 5G 時期，由於非以 B2C 之商業模式為主，因此未必有全國性覆蓋之需求，而是依市場之需求進行佈建，且在非人口密集之區域，既有之 4G 由於使用人口較少，已經可提供一定之傳輸速度。因此各國在 5G 之建設權利義務上並沒有各個國家皆設定有嚴格之覆蓋要求，而多僅是防禦性的要求，避免業者取得頻譜後不建設而浪費頻譜。

香港的毫米波頻譜，由於業者之總需求量不超過頻譜供給量，因此計畫不用拍賣而採指配方式釋出，但業者須於 5 年內設置並營運 5,000 個基站；韓國亦延續先前釋照之義務設定作法，以建設台數進行限制，本次 3.5GHz 頻段得標業者，於 10 年內需建設 15 萬台基地臺，28GHz 之得標業者則需於 5 年內建設 10 萬台基地臺。

義大利則是針對不同頻段進行設定，覆蓋能力較強的 700MHz，設有全國性覆蓋義務，需於 54 個月內達成 99% 人口覆蓋，而在中頻的 3.7GHz 部分則是僅針對偏鄉設定涵蓋義務，取得 80MHz 的業者，針對人口少於 5000 的行政區域，需從中覆蓋 10% 以上區域、而僅取得 20MHz 的業者，則僅需要覆蓋人口少於 5000 的行政區域 5% 以上人口，另若業者未於人口稀少區域進行覆蓋，則未持有頻譜的業者有權向業者租借頻譜，而避免頻譜未使用之浪費，毫米波的 26GHz 則未設定覆蓋義務，但同 3.7GHz，若有業者未使用，則其他業者可要求進行共享³⁰。

奧地利建設義務則依照頻譜取得量和時間點劃分，並且依照城市或鄉村地區而有必須建設基地臺數量差異。在一區域內頻譜取得量小於 50MHz 的業者在 2022 年 6 月 30 日前至少建設基地臺數為 20 至 35 台；頻譜取得量介於 50MHz 和 90MHz 之間的業者在 2022 年 6 月底前至少建設基地臺數為 33 至 61 台；頻譜取得量大於 90MHz 的業者在 2022 年 6 月底前至少建設基地臺數為 58 至 373 台³¹。

³⁰ Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, "ASSIGNMENT PROCEDURES AND RULES FOR THE USE OF THE FREQUENCIES AVAILABLE IN THE 694-790 MHz, 3600-3800 MHz AND 26.5-27.5 GHz BANDS FOR TERRESTRIAL SYSTEMS OF ELECTRONIC COMMUNICATIONS IN ORDER TO FAVOR THE TRANSITION TO 5G TECHNOLOGY, UNDER THE LAW 27 DECEMBER 2017, N. 205", 2018.05

³¹ TKK, "Position Paper on Infrastructure Sharing in Mobile Networks", 2018.05

建設基地臺數規範整理請見下圖。

• 建設義務(每一區域建設基地台數)

分類	地區	2020年前 至少覆蓋數量	2022.6.30前 至少覆蓋數量
頻譜取得<50 MHz	城市/鄉村	6-11	20-35
頻譜取得介於 50-90MHz	城市	10-19	33-61
	鄉村	10-18	33-58
頻譜取得>90 MHz	城市	18-113	58-373

圖 4-43 奧地利 3.6GHz 得標業者建設義務整理

資料來源：TKK 公開資料³²，研究團隊製作

³² TKK, "Tender Document Procedure for Spectrum Award in the 3410 to 3800 MHz Range", 2018.09

第5章 電信服務及業者合作模式發展

因應物聯網及 5G 發展趨勢下，服務模式、情境變得多元化，業者型態上可能會出現有別於以往大型、服務全面的電信業者，而出現於特定領域、區域提供服務之 Micro Operator 或者 MVNO 業者。另未來 5G 需要新一輪的投資，業者為節省固定成本、甚至是維運成本，共用基礎設施的發展也為新型趨勢，以下則進一步說明各項新商業模式內容。

第一節 Micro Operator

因應不同場域對網路的需求不同，Micro Operator 強調在”小區域”、”特定領域”內提供目的別之”特定服務”，在公共場域（學校、醫院等）內強調網路的可靠性與安全性；在商業場域（購物中心、群眾活動等）內強調高擴展性；在產業場域（製造業、建築業等）內需要先進的平台能力與準確的定位能力（如下圖所示）。然而 Micro Operator 能否成功發展，將受到 5G 頻譜之取得、業務執照、室內網路佈建、資料收集使用以及與 MNO 之間的關係等因素影響。

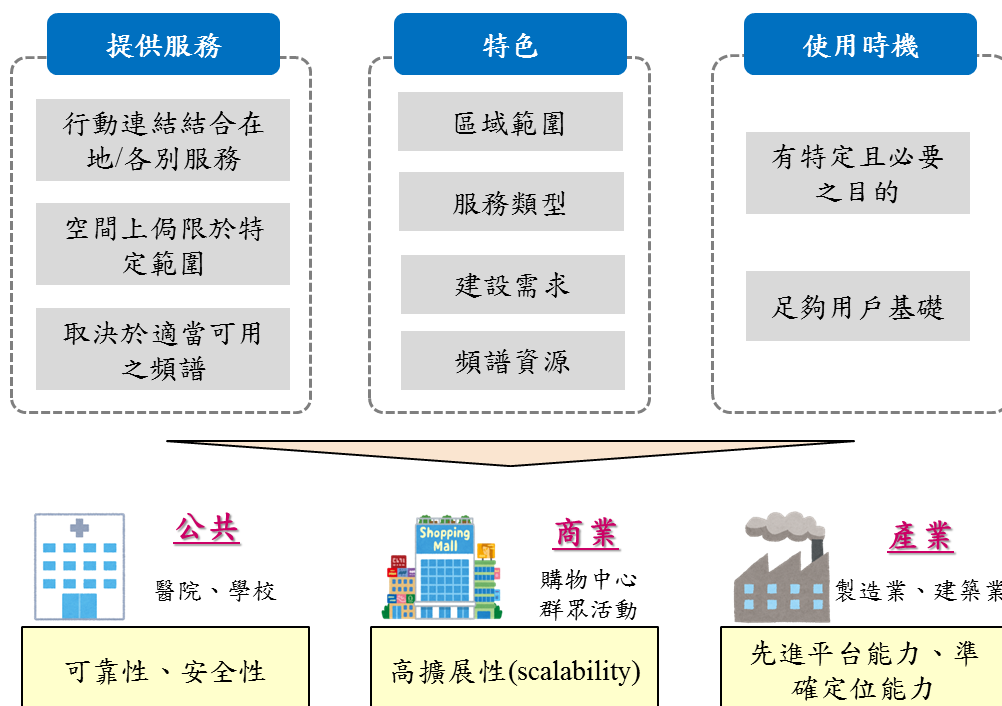


圖 5-1 Micro Operator 的特性與應用

資料來源：Future micro operators business models in 5G，研究團隊製作

第二節 Private Network

Private Network 中文可以理解為企業私有網路。不同於一般網路是公開、共享的概念，根據 Nokia 的定義，私有網路是專為企業所提供，在一特定區域（例如企業園區）連接企業內部的員工與設備、器材等等，並且把所有的數據、資訊留在當地，避免數據或資料流傳到外部網路，私有網路的特性讓企業可以在廠房內布置大範圍、密集的通訊網路。私有網路的應用場景經常跟物聯網有關，由於物聯網強調人機互動、大規模通訊、快速資料傳輸等等特點，若使用一般乙太網路，則受限於線材以及網路配置等等的限制，建置上較無彈性，部屬的成本與花費的時間都較高。若是使用無線網路，成本較低且易於部屬，但是缺乏安全性，因為資料需要連結到營運商的核心網路進行處理，對於企業來說就有資料外洩、企業隱私的問題存在。

私有網路可以解決以上所述的困難，透過小型基地臺連接企業工廠、園區的各種設備以及各類用戶終端，透過企業內部的 Gateway / APP 來進行運算或是分析，如果有大數據運算的需求，自己內建的伺服器較難處理的話，再透過服務商提供的雲端伺服器進行處理，由於採用無線通訊方案，部屬的速度較快，加上不必連到外部公共網路的緣故，資料的保密性更高。雖然目前私有網路技術多是透過 LTE 來進行部屬，若未來能透過 5G 技術部屬私有網路，甚至可以達到 URLLC 等超低延遲的需求，對於企業發展智慧物聯網、智慧工廠或是要發展人機協作等等應用來說，私有網路非常適合企業的需求。

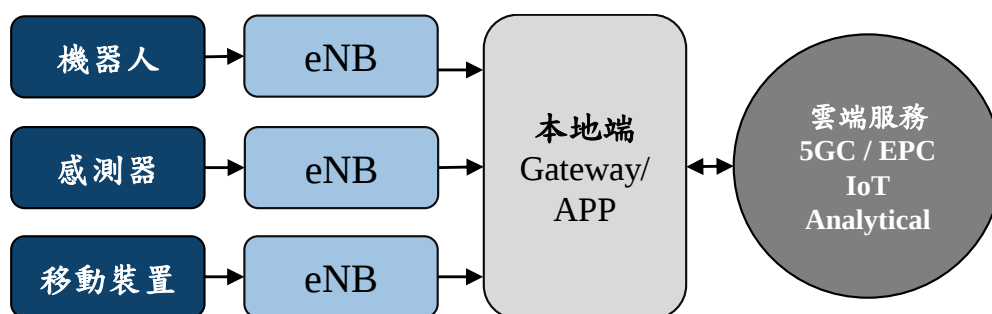


圖 5-2 Private Network 網路架構圖

資料來源：Qualcomm 公開資料，研究團隊製作

私有網路的特性可以適用在多種應用場景，尤其是有高機密性的資料需要保護、不能公開的個人資訊或是有多種設備需要連網的場地裡面，都是私有網路可以發揮的場景。無論是在公共安全上、私人企業如醫院、電廠、採礦業、製造業、物流業甚至在軍事領域、娛樂業界，私有網路都可以發揮其資料落地、快速部屬的特性。提供高速、低延遲、可以信賴的專用通訊網路。

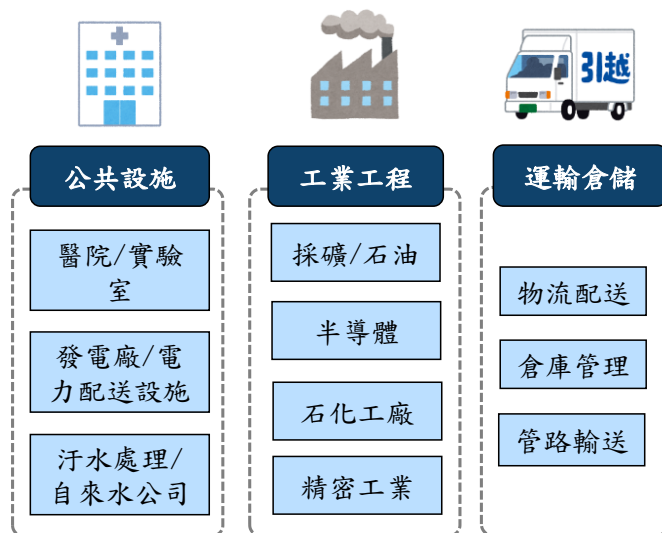


圖 5-3 Private Network 網路應用領域

資料來源：研究團隊製作

根據 SNS Telecom & IT 在 2018 年所提出的報告，預計 LTE / 5G 的私有網路 3 年內將會有 30 % 的 CAGR、到 2021 年可以有 50 億美金左右的年度支出，通訊市場的大型營運商與設備商，都是潛在的服務提供者，包含 Qualcomm、Nokia、Ericsson 都有提供相關的解決方案，而小型基地臺業者，如美國的新進小型基地臺服務提供商 Airspan 也會提供相關的服務，預計未來在 5G 頻譜開放、設備成本降低之後，可以成為 5G B2B 服務重要的一環。

（一）德國漢堡港案例

德國漢堡港（Hamburg Port）是歐洲第二大港口，僅次於鹿特丹，2017 年的貨運吞吐量達到 13.6 億噸，是德國重要的貿易據點之一。2018 年 2 月，德國電信（Deutsche Telekom）、Nokia、Samsung 以及漢堡港務局（Hamburg Port Authority）在漢堡港展開一系列的大型港灣 5G 私有網路測試，該測試是屬於 3GPP 所發起的大型測試專案 5G MoNArch（5G Mobile Network Architecture），5G 行動網路基礎架構的一部分，本次測試預計將投入兩年時間、約 8 百萬歐元的資金，共同在漢堡港架設大型 5G 私有網路，主要測試 5G 在網路切片、低延遲、安全傳輸等方面的實際性能，漢堡港區的 5G 網路將會由架設在漢堡港電視塔上，150 公尺高空的 5G 網路系統提供，截至 2018 年 11 月止，共有三個測試專案正在進行中，本研究整理如下。

● 大型交通號誌調控系統

透過架設在交通號誌上的感測器，透過 5G 網路，連接到港區交通中心管控系統，該中心已經建立一套完整的 5G 數據交換系統以及光纖骨幹網路。所有進入港區的車輛都會透過感測器紀錄位置、速度、車輛大小、載貨量等資訊，可以由港區中控系統即時調控港區內的所有交通號誌，透過數據分析以及號誌調控，增加港區內貨運交通的順暢度。同時讓大型車輛如貨櫃車，在運送貨物的時候能通過指引，順利的從港埠將貨物運出漢堡港。

● 寬頻 AR/VR 智慧眼鏡

5G 網路的大頻寬特性，使得 5G 網路能傳輸的資料量提升，甚至可以傳輸 4k、全 3D 等需要大量傳輸資訊的影像，漢堡港正在測試透過 5G 網路傳輸影像給具有擴增實境（Augmented Reality）以及虛擬實境（Virtual Reality）等功能的智慧眼鏡，可以即時的將建築資訊投影在眼鏡上面。港區的工程師、建築師可以透過智慧眼鏡，在工程現場進行專案的評估、控管、最佳化等等工作。

● 船隻即時感測器

漢堡港務局經營的子公司 Flotte Hamburg GmbH & Co. KG 與港務局合作測試，將旗下的船隻加裝智慧感測器，可以透過 5G 網路傳輸各種資訊，包含船隻當前位置、海洋環境資訊以及船隻各項數據，主要是測試智慧感測器在不同

環境之下是否能夠正常運作並傳輸 5G 數據回到控制中心，未來可以更加有效的透過智慧感測器監控港區附近海域的船隻運輸情形，使港區交通更加順暢，也避免意外發生。

透過 5G 的網路切片技術，漢堡港的 5G 虛擬網路層被切分為多種不同用途，稱之為網路片段（Network Slices），每個網路切片都可以處理一種專門需求，可以是高數據傳輸需求、語音通訊需求或是低延遲的網路需求，使得多種不同網路要求的測試項目可以同時在一個 5G 網路上面順利的進行，這種新的網路層架構對於未來 5G 在私有網路、專用網路或是公共網路要執行多種不同應用時，能夠有效的發揮 5G 網路的價值。

（二）英國 Bristol 智慧城市網路

英國城市 Bristol（布里斯托）為建立安全、實時且城市範圍的網路提供給開發者、研發機構與設備供應商測試與展示應用服務，因此布里斯托市政府和布里斯托大學合作創設了合資計劃 Bristol Is Open。Bristol Is Open 在許多建物及路燈上安裝設備，並使用多元無線通訊技術於市中心建立私有光纖骨幹網路。該計畫中所使用的技術和設施包含：連結 4 個主要節點的 144 個光纖核心網路，傳輸速率達 1Gbps 的無線接取網路，物聯網用途的網狀網路（利用城市內的燈柱群），以及雲端計算設施進行邊緣運算和資料處理。應用層面上，設備業者使用具城市規模的網路研究可用程式控制的網路如何應對未來城市挑戰；應用主題包含智慧量表，弱勢族群生活輔助，無人車整合，空氣品質與天氣預報，公車路線優化，公共場所警報系統，救護車監控等。

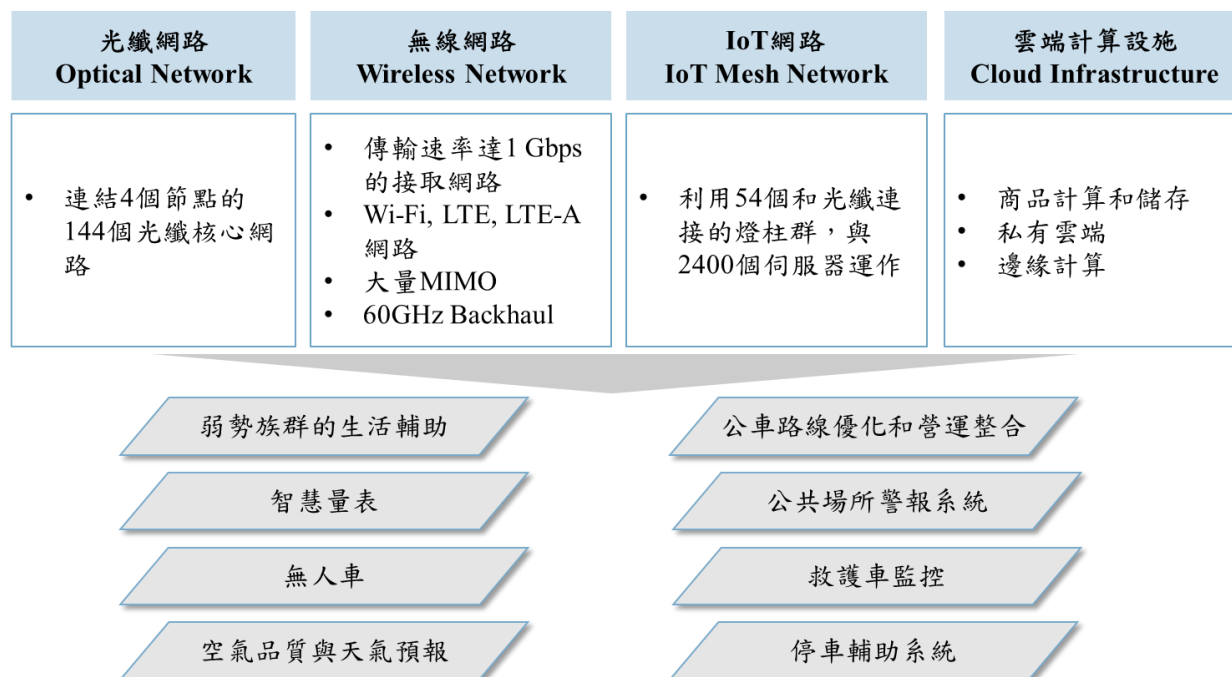


圖 5-4 智慧城市應用技術和測試主題

資料來源：Bristol Is Open 公開資料，研究團隊製作

第三節 MVNO

MVNO 分類方式主要有兩個類型，一是較由硬體面角度出發，依 MVNO 自建設備程度差異進行分類；一是由服務角度出發，依主要服務內容及對象進行區隔。依自建設備程度差異之分類如下圖所示，MNO 業者需完整自建無線傳輸介面、網路路由設備、互連線路、並基於此些設備上提供應用服務、客服、帳務系統、行銷及銷售等。MVNO 之業者，多基於 MNO 業者設備上，提供特定服務，最輕度的 Branded MVNO 只自行提供行銷、銷售之功能；次之的 Second MVNO，則自建提供有客服、帳務、Handset Management 等功能；Light MVNO 業者則提供有特殊之應用服務；自建程度最高的 Full MVNO 則除無線通訊接取設施外，皆自行建置提供，包含路由設施、互連線路等。

我國現已開放有 A 型、B 型 MVNO，即約等同於 Second MVNO 及 Light MVNO，業者可自建業務用支援系統或另開發加值服務系統，但並未開放可自建核心網路的 C 類、D 類 MVNO，即等同於 Full MVNO 之定位。

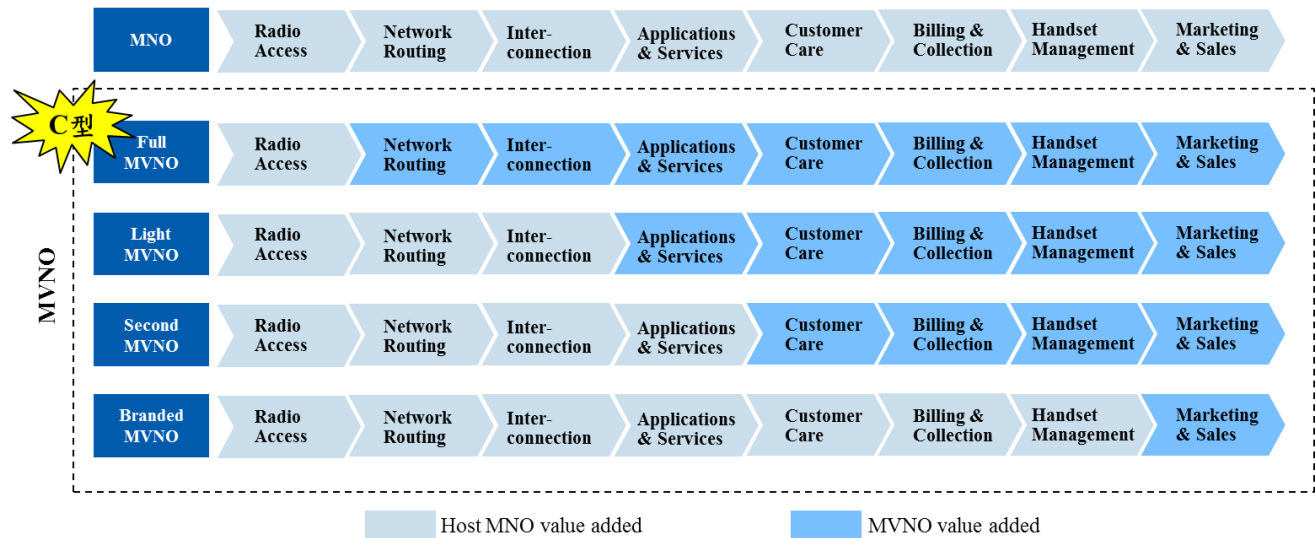


圖 5-5 MVNO 分類方式

資料來源：研究團隊製作

GSMA 另對 MVNO 以服務內容作出八大類分類：折扣型業者以價格優惠吸引顧客；電信營運型業者則多已經營有其他有線業務如：固網、數位電視等，以多個服務一起綁定的方式，進行銷售以提升營收；媒體型業者則由媒體業、娛樂業經營；候鳥型主打國際語音服務、提供商務、旅遊等短期需求；零售型則由零售業者經營，利用其既有通路之優勢、或既有之客群之推廣進行銷售；企業型則著重於企業用戶的服務提供；漫遊型則提供國際漫遊數據服務；另因應現物聯網之發展也有業者提供 M2M 連網環境，相關之計費方式也會有所差異，八大類型 MVNO 如下圖左所示。各類 MVNO 於 2015 年之網路數佔比，以折扣型（26%）、電信營運型（20%）為最大宗，前者以價格差異吸引客人、後者利用既有基礎設施優勢切入行動通訊市場，另針對國際型商務、遊客需求提供國際語音、數據漫遊服務的候鳥型（12%）、漫遊型業者（8%）也佔有一定比例，新興之 M2M 也佔有 5% 的比例，各類型 MVNO 網路數占比如下圖右所示。

GSMA對MVNO分類

分類	服務內容
折扣型	以低價開拓用戶
電信營運型	同時綁定其他業務，如固網、數位電視
媒體型	由媒體業、娛樂業經營
候鳥型	主要提供國際語音話務
零售型	由零售業者經營
企業型	提供企業用戶服務
漫遊型	提供國際漫遊數據服務
M2M	為M2M服務提供連網環境

2015年各分類MVNO網路數占比

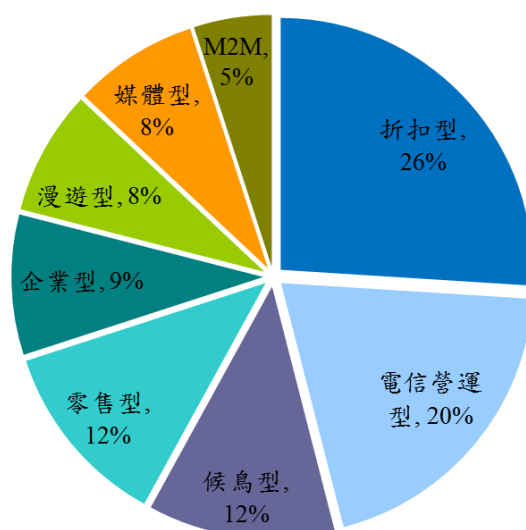


圖 5-6 GSMA 對 MVNO 分類方式及各類網路數占比

資料來源：研究團隊製作

就全球發展而言，根據 OVUM 公司之預測，整體用戶數將會有每年 8.9% 的成長，相較於傳統電信業者僅有 2.7% 成長而言，MVNO 發展力道相對較為強勁。而發展潛力由區域別作分析，澳洲、歐洲、美洲區域而言，滲透率相對較高，係發展成熟的市場，單純用戶數成長可能相對困難，而是以新類型、新應用之發展為主；亞洲區而言，滲透率較低，為近年成長較快速的區域，尤以中國發展速度最為快速；非洲區雖滲透率低，具發展潛力，但由於基礎建設較為不足，短期可能發展較為困難。MVNO 整體將持續成長，尤其亞洲區關注度較高，另新類型的 MVNO 如：提供 M2M 型物聯網服務之業者、O2O 業者跨界經營型、甚至是 Full MVNO 型等將是成長動能較強的領域。

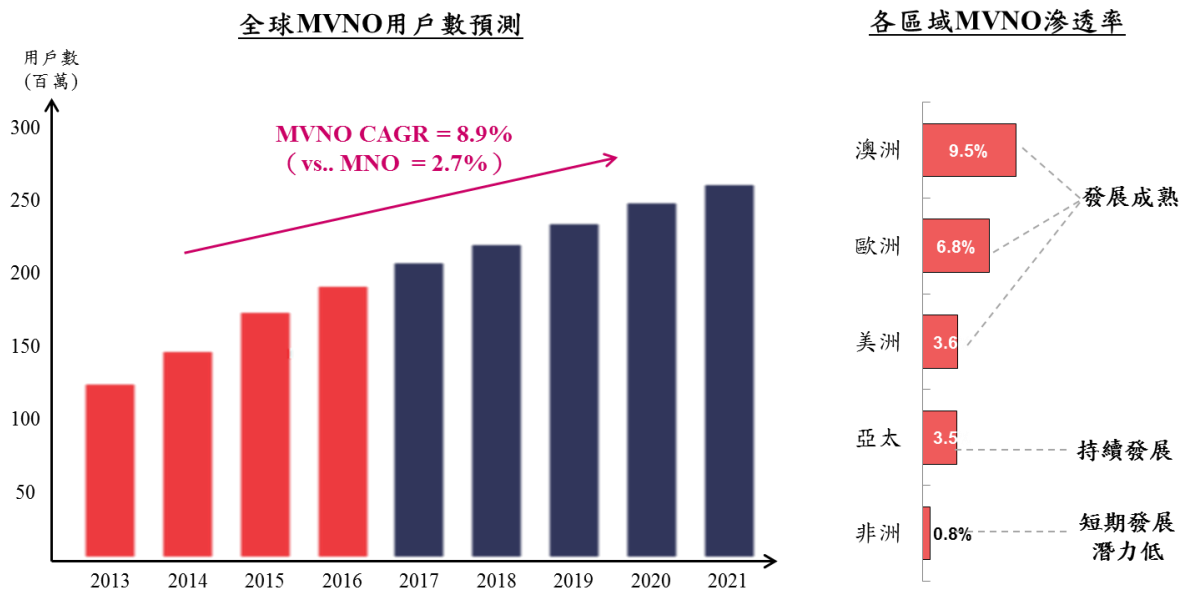


圖 5-7 國際 MVNO 發展趨勢

資料來源：OVUM 公開資料，研究團隊製作

● 美國 MVNO 發展

國際上目前 MVNO 趨勢，傳統型 MVNO 正不斷進行整合，甚至不禁市場競爭而退出市場，但亦有新的業者欲跨入此市場，尤其一些新型的 OTT 業者，正試圖打破以往的競爭型態，提供全新的服務、收費模式，美國網路巨擘 Google 正是一例。Google 於 2015 年正式成為 MVNO 業者，並推出 Project Fi 的電信服務，Project Fi 的費率設計是，每月基本月租費 20 美金，可享有無限的國內通話及簡訊，數據傳輸費須另外計算，每 1GB 為 10 美金，但為採以量計費，用多少

流量就收多少的費用，如購買 1GB 流量但沒有用完，則會再退費，強調不須為沒有使用的流量付費，如下圖所示，若每月訂閱 1GB 流量，但最後僅使用 0.7GB，則該月之費用為 20 美金的基本費加上使用 0.7GB 的傳輸費 7 美金，共計 27 美金。另數據傳輸月租是可以共享，每多一位用戶共享須多收 15 美金的月費，最多可增加五位用戶共享數據流量。

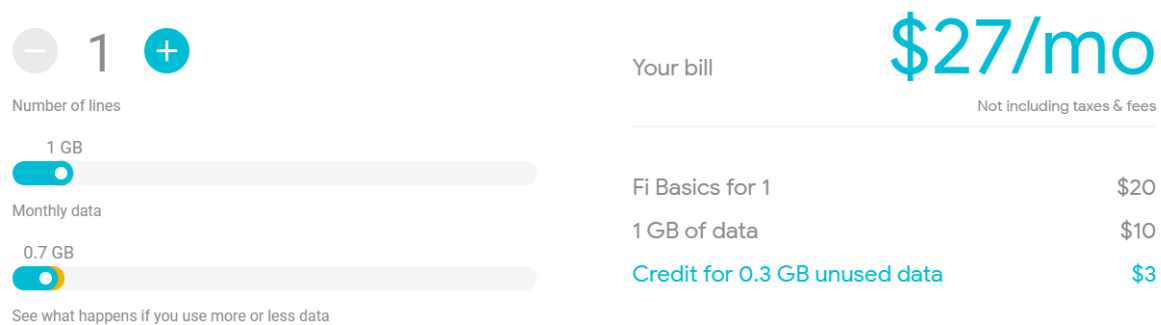


圖 5-8 Project Fi 收費機制
資料來源：Google 公開資料，研究團隊製作

另在其網路部分，Google 並不如其他 MVNO 僅侷限於單一電信商，在美國 Project FI 網路係和 T-Mobile、Sprint 同時簽訂服務協議，用戶會依所在地的信號強度被分配到適合的網路提供服務，以確保整體 Project Fi 的覆蓋率及傳輸品質。Google 現已於全球 135 個國家和電信業者簽訂服務，並在全球收取一樣的傳輸費用，即於 135 個國家上網之費用皆為每 GB 10 美金，不須額位付漫遊費用，另在通話部分，在美國以外國家進行撥話時，也僅另外收取 20 美分/分鐘的通話費，遠低於現國際漫遊通話之費率水準，對於商務人士來說十分便利。雖然 Project Fi 營運模式特殊、創新，但由於在終端設備上有限制，目前也僅於少數國家開放申請帳號，因此實際使用用戶數並未如預期，仍有待觀察 Google 後續推廣、行銷策略。

● 日本 MVNO 發展

日本為國際上現 MVNO 發展最蓬勃之國家之一，整體 MVNO 用戶規模成長至 2017 年 6 月超過 6,705 萬戶，其中非三大 MNO 所開辦的 MVNO 用戶數於 2017 年 6 月已達約 1,636 萬戶，約佔整體行動裝置市場之 9.7%。各業者在切入經營 MVNO 事業時主要需考量兩個面向，一是服務提供對象，係提供個人客戶使用亦或是針對企業用戶提供服務；另一重點是服務提供之硬體架構，是以自建為主，或是透過 MVNE 業者來提供服務。部分 MVNO 則介於個人與企業服務間，希望利用 MVNO 提高公司原自有服務的附加價值及效率，如結合 TOYOTA 推出的 G-BOOK、亞馬遜書店的 Kindle（個人用）、業務用 IP 無線系統（企業用）、企業用 VPN 等服務一起提供。下圖為業者市場策略分類。

提供MVNO的方法		想法・論點
個人用	以MVNO為主體	■ 例如OCN、Biglobe、IIJ、日本通信等業者與MNO接續。雖然提高設計服務上的自由度，但必須配有相關設備（L2接續等）。若只是費用及速度上的設計，難以與相同類型的業者間的競合關係中勝出。
	以轉售、或透過MVNE	■ 像是AEON、BIC Camera等業者不需要自行與MNO接續，透過MVNE支援。設計服務上的自由度雖低，但不需設備成本。因不需額外支付販賣以外的費用，業者容易執行。適合具有集客力的零售業者等。
	M2M與Solution等融為一體	■ 利用MVNO提高公司自有服務的附加價值及效率。 ■ 結合TOYOTA推出的G-BOOK、亞馬遜書店的Kindle（個人用）、業務用IP無線系統（企業用）、企業用VPN等服務一起提供。
企業用	企業用MVNO	■ 提供企業用行動通信服務 ■ 但不少MNO推出的企業方案降價的關係，MVNO在單就費用上的競爭力弱。
	針對企業用MVNO提供協助支援	■ 活用自有的企業顧客基礎，MVNE以提供支援給顧客的MVNO的形式存在。 ■ 有必要去提供與既有的IIJ、日本通信不同的價值。

圖 5-9 日本業者進入 MVNO 事業策略

資料來源：研究團隊製作

如前所述，MVNO 網路接續的程度，依業者採取策略不同，自建程度也會有所差異，於日本主要分為 Layer 2、Layer 3 兩大類。Layer 2 業者需自行建設 PGW，成本較高，但相對可提供的服務自由度也較高；Layer 3 業者之伺服器則直接與 MNO 之核心網路 PGW 介接，進行資料傳輸。而為使 MVNO 業者能提供更多元服務，以帶動電信市場競爭，日本政府將 HLR/HSS 設置列為應促進開放的項目，讓日本 MVNO 業者得以朝向 Full MVNO 類型發展，相關之開放進程自 2014 年即開始於 MVNO 委員會討論、至 2016 年 5 月時，正式修正「MVNO 事業化準則」，將 HLR/HSS 合作機能列入應促進開放的功能。

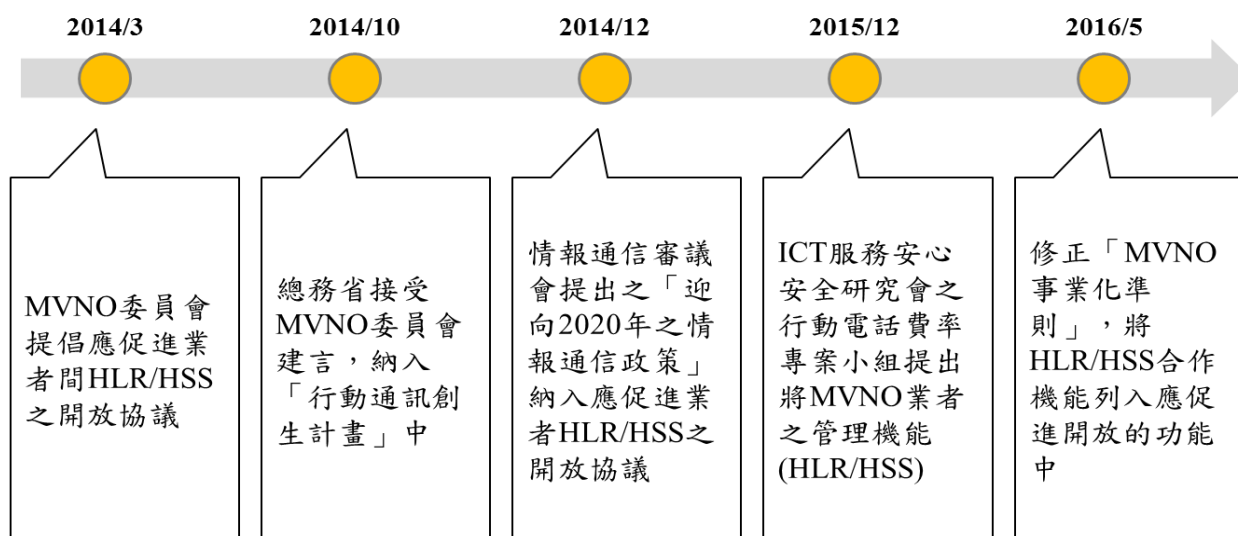


圖 5-10 日本朝向 Full MVNO 開放之進程
資料來源：研究團隊製作

政府宣布開放 HLR/HSS 連携機能後，IIJ (Internet Initiative Japan Inc.) 於 2016 年 8 月底宣布將於隔年下半年成為 Full MVNO 業者（僅提供數據部份），以因應 MVNO 市場近兩年快速成長所開啟的資費大戰，期望能差異化自身 MVNO 服務。IIJ 將透過與 NTT docomo 合作，改變過去向 MNO 業者租借線路及 SIM 卡的服務方式，此次 IIJ 預計將投資數十億日圓來自建 HLR/HSS 設備，不僅將成為日本首個 Full MVNO 業者，也代表著 IIJ 未來能發行自家 SIM 卡，擁有更多在定價及服務提供面上的發揮空間，目前預計將優先鎖定有數據需求的企業用戶、及物聯網之無線連網需求的業者及使用情境，未來可望能推出符合各類機器設備條件及形狀的 SIM 卡以直接內嵌在裡面，抑或可直接以軟體的方式遠端改寫 SIM 卡內建程式及裝置內容等創新服務，預期有助於推動相關產業的創新與發展。

至於現在日本 MVNO 實際業者提供服務內容，可分為幾大類型：由通信事業業者、ISP 業者出身之 MVNO 業者，如：IIJ、日本通信、OCN 等擅長面對企業客戶的業者，已逐漸朝 MVNE 發展（Mobile Virtual Network Enabler），提供 MVNO 所需之平台；零售業者，如：AEON、BIC CAMERA 所，預估未來市場仍會持續成長。

而現成長最快速之 MVNO 業者，當屬已擁有既有客群的樂天 Mobile、LINE 等 OTT 業者。隨著費率競爭逐漸成熟，OTT 業者也開始將通信服務與公司原有業務做結合，尋求綜效及提升競爭力。以 LINE Mobile 為例，在智慧型手機的普及、消費者通訊習慣改變的背景之下，相較於傳統語音電話，不少民眾更傾向透過像是 LINE 等的傳訊軟體作為取代，看到這樣一個未被滿足的市場需求，LINE Mobile 於 2016 年 9 月跨入 MVNO 服務市場。清楚自身使用者以年輕族群為主要樣貌，LINE Mobile 推出凡申購該方案者，使用指定 APP（LINE 軟體和主要社群軟體）的網路流量皆不計入月租數據量，希望能結合 LINE 原先的既有族群之外，透過搭配 LINE Points 等旗下相關服務，例如：凡開啟官方帳號的「契約者連攜」功能者，每 100 日幣基本月費可獲得 1 點 Line Points；或是結合既有支付功能，能線上購買數據用量送禮或自用之外，如當月數據用量用不完時，更可將流量送給同樣使用 Line Mobile 的好友和家人（但該贈送容量僅限當月有效）。

	<u>Line-Free-Plan</u>	<u>主要 SNS-Free-Plan</u>	<u>MUSIC+ Plan</u>
每月基本費	500 日幣起	1,110 日幣起	1,810 日幣起
每月數據量	1GB	3GB、5GB、7GB、10GB	
享無限數據之服務	Line	Line、Twitter、FB、Instagram	Line、Twitter、FB、Instagram、Line Music

圖 5-11 Line Mobile 計費方案

資料來源：Line Mobile 官方資料，研究團隊製作

透過這樣的設計，期望能加深、加廣原先的軟體服務範疇，進一步強化使用者黏著度。同時標榜使用 NTT docomo 的網路，不論是在特約連鎖家電量販店及通訊行，或是網路線上都能輕鬆選擇申辦方案及購買手機；並透過原先 LINE 的通訊功能，除了能提供不間斷的客服服務之外，最重要的是 LINE 希望能更進一步藉此鼓勵使用者從語音電話轉向 LINE 的電話功能。

另外關於提供 M2M 相關特殊利基市場服務的業者，如：TOYOTA（汽車）、SECOM（保全），雖然近年 IoT 市場急速成長，但隨原電信業者調整原費用架構之彈性，以 MVNO 去施行的必要性也逐漸減少。另原先由 MNO 業者成立之副品牌，如：Y!Mobile、UQMobile，雖透過費率價格帶設定和母公司做出市場區隔，並有效利用來自 MNO 的資金持續維持成長，但未來 MNO 自己的下游客戶與副品牌間仍有可能會發生業務競爭關係。各類 MVNO 業者近年發展趨勢如下圖整理。

MVNO業者	實例	未來發展動向	展望
通信事業者、ISP等	OCN、IIJ、日本通信、Biglobe、So-net、Nifmo	IIJ、日本通信、OCN等擅長面對企業客戶的業者、逐漸朝MVNE發展。	
零售店等	AEON、BIC CAMERA、Yodobashi Camera	預估未來仍持續看漲。很多這類業者使用IIJ提供的MVNE服務。	
OTT等	樂天Mobile、LINE、ToneMobile（TSUTAYA）	目前成長最多的。隨著費率競爭逐漸成熟，開始將通信服務與公司原有業務做結合。	
其他	FreeBit	一部分的獨立企業透過投入開發終端裝置，創造自身獨特性。另為一小部份的企業呈持續成長。	
M2M相關（汽車等）	TOYOTA、SECOM（保全）	即便IoT市場急速成長，以MVNO去施行的必要性卻也逐漸減少。（MNO的費用架構的彈性上升）	
MNO的副品牌	Y! Mobile、UQMobile（雖是MVNO，但實際運營商為KDDI）	副品牌即便有效利用來自MNO的資金持續維持成長，但未來MNO自己的下游客戶與副品牌間有可能會發生業務競爭關係。	

圖 5-12 各類 MVNO 業者未來發展趨勢

資料來源：研究團隊製作

● 新型態 MVNO 發展

隨應用之發達及多元化，對通訊的需求也更加多元，為提供更好的服務品質或服務體驗，有業者選擇從最底層之通訊著手，除日本外，國際上亦多有既有產品或服務提供者，選擇投入 MVNO 事業，使得既有產品或服務加上通訊功能以提供更簡便且完善之使用經驗。如義大利國家電力公司，即成立 MVNO，作為佈建國內智慧錶類連網服務之網路佈建模式，以即時掌握能源使用狀況，達成智慧能源管理目標；另汽車公司 Audi 則成立 Cubic Telecom，以使用標準化 Audi 車輛之通訊方式，統一規劃讓全世界超過 180 個國家之 Audi 車輛均可使用 Audi 提出之車連網應用服務；另家電企業 Panasonic，則自 2014 年起提供日本國內攝影機、投影機、冷暖氣等家電連網與加值服務，於 2015 年已擴大為全球服務。

<u>業者</u>	<u>地區</u>	<u>領域</u>	<u>服務內容</u>
SECOM	日本	安全	穿戴式裝置與屋內控制器等裝置直接連網，以提供屋內保全（防盜、火災監控等）、健康管理（活動紀錄、緊急通報等）等服務
ENEL	義大利	能源	國內智慧錶類之全面連網，以即時掌握能源使用狀況，達成智慧能源管理之目標
Cubic Telecom (Audi)	全球	交通	標準化Audi車輛之通訊方式，讓全世界超過180個國家之Audi車輛均可使用Audi提出之車連網應用服務
Panasonic	全球	家電	2014年起提供日本國內攝影機、投影機、冷暖氣等家電連網與加值服務，2015年起更擴大至全球

圖 5-13 新型 MVNO 業者案例

資料來源：研究團隊製作

第四節 共用基礎設施

過去由於基礎建設是行動通訊服務重要競爭力之一，因此各業者多採各自建設模式，主管機關也著眼於整體市場之建設性、及服務安全性，因此設有限制，而近年隨行動寬頻網路建設成本持續提升、偏遠地區覆蓋困難、新技術推出成本高等因素，各國業者與政府也開始積極思考，是否可進行一定程度的基礎建設共享，降低整體建設支出，方能用較合理的費率水準提供消費者有品質的電信服務。基礎建設共享模式，依照共享程度之差異，可大致分為四種類型，最基礎之共站共構（Site Mast），為被動式共享，僅分享塔、天線等被動元件；而其他共享模式則統稱為主動式共享，包含 MORAN（Multi-Operator Radio Access Networ），共享包含基地臺、回傳中繼線、無線網路控制器等元件；MOCN(Multi-Operator Core Network)則除共享基地臺相關設施外，也共用頻譜；最大程度共享模式為 GWCN（Gateway Core Network）則連核心網路元件如：MSC、SGSN 皆進行共享，各共享模式共享元件如下圖整理。

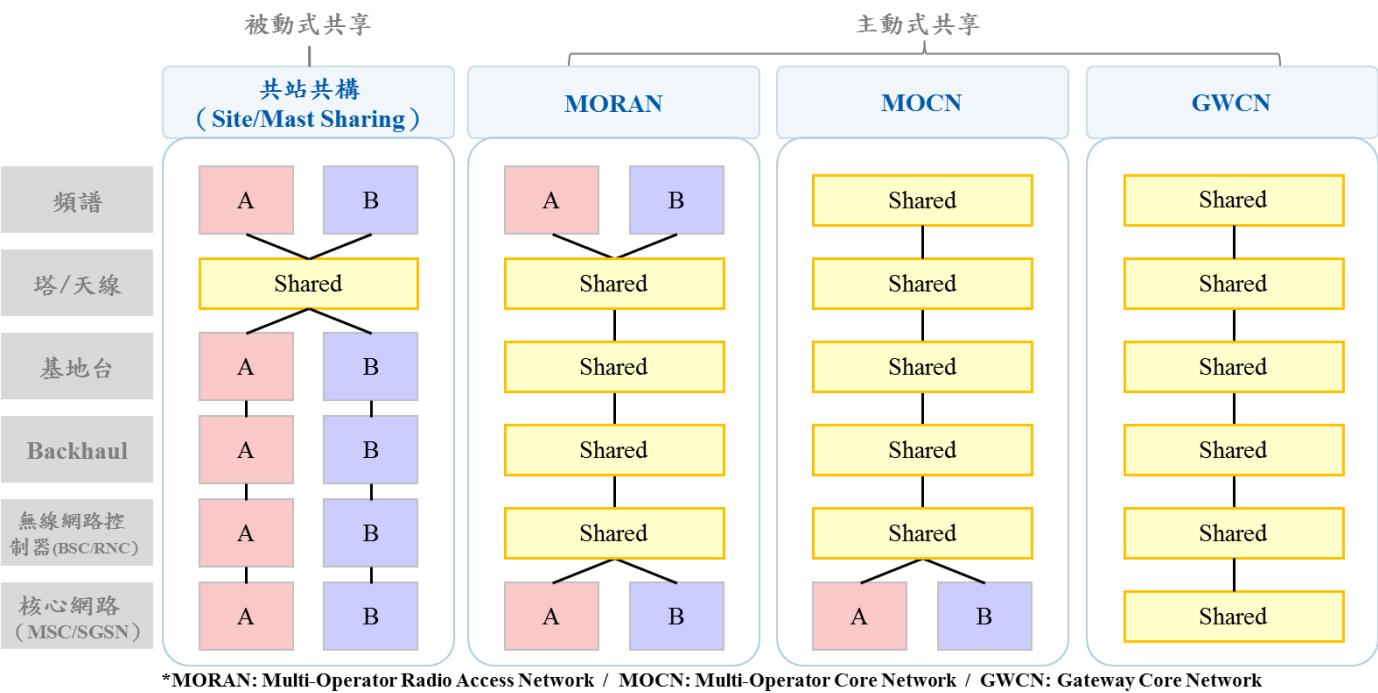


圖 5-14 基礎建設共享分類

資料來源：NSN、3GPP 公開資料，研究團隊製作

基礎建設共享主要效益，在於節省整體費用，除初始投資費用之外，後續費用也為影響支出之關鍵，根據 Vodafone 所進行的研究指出，大致趨勢上共享程度與成本節省呈正向關係，即共享程度高則成本節省程度高、抑或是共享的對象數越多，則共享基礎設施能節省的成本也較高，就 Vodafone 的研究指出，若為兩家業者共享基礎設施的狀況下，最高約可節省 40% 的成本。因此不管是在不經濟區域、偏遠地區之建設，或新技術之普及，透過共享基礎建設方式皆可以較低成本方式達成，但若須進行基礎建設共享、其共享開放程度須看主管機關政策方向，部分國家係採限定區域（偏鄉）方式進行，也有國家亦已全面開放，由市場機制自由協商是否共同進行建設。

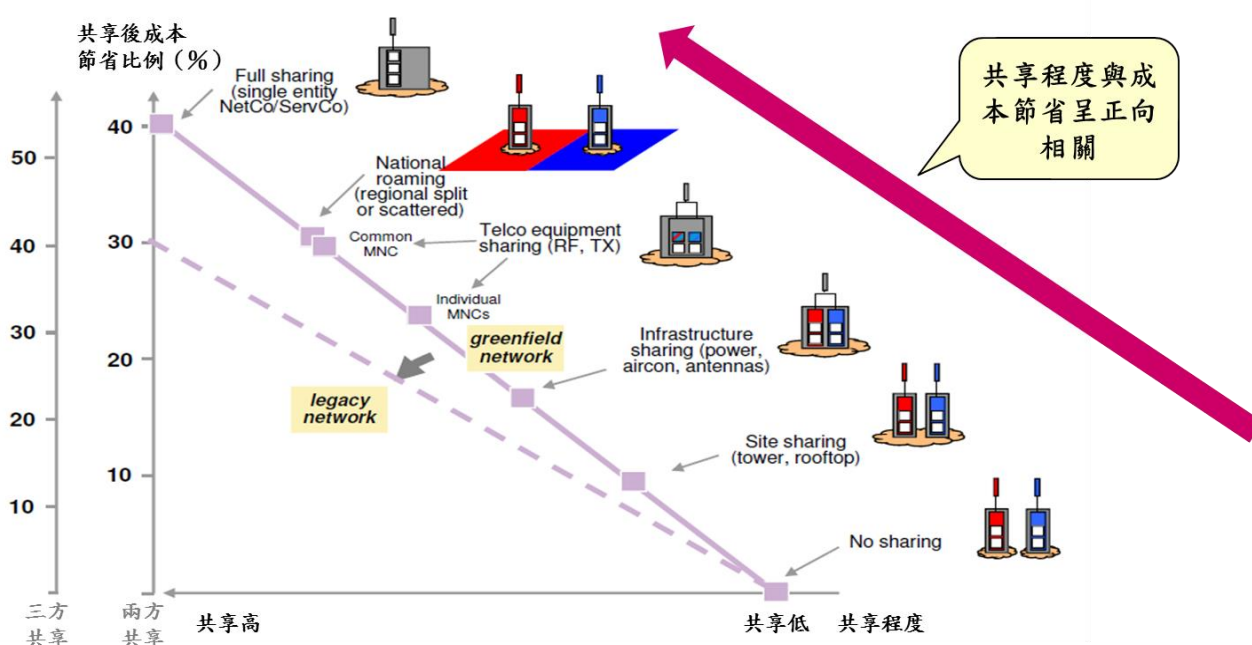


圖 5-15 基礎建設共享效益

資料來源：Vodafone 公開資料，研究團隊製作

以下段落中主要就兩大共享類型進行介紹，一是在未來 5G 發展上，由於需要建設更多的基地臺，因此也勢必要尋找更多的站點並進行基礎建設，被動式共享模式則可能降低業者們於 5G 發展過程，投入基礎建設成本；另一類型則是著眼於過去部分國家目前已有開放業者可將得標之頻譜與其他業者進行共享，即為 MOCN 模式，將就 MOCN 現國際發展現況及發展案例進行介紹說明。

（一）被動式共享

1. 日本案例

日本政府為改善部份地區在室內收訊不佳的情況，自 1993 年起便開始針對高速公路及鐵路用的隧道、地下鐵、地下街、地下停車場等區域進行收訊改善上的部份補助，補助對象主要為一般社團法人（如：公益社團法人行動通訊基盤整備協會等）及行動通信業者；並根據不同實施場所訂定不同補助比例，完成被動式基礎建設共享。舉例來說：日本對鐵路隧道的補助比例為 1/3，其餘則由社團法人來負擔；補助設備則為無線設備、光纖等。其中直轄國道隧道整備率在 2012 年已達 91.1%；同年在高速公路的隧道整備率更達 99.4%，近年三大業者主要鎖定新幹線的設備整備。

另外在人口稀少、離島、深山、特定農山村及雪地等地區，可能因地理條件不佳或因人口過少等原因之下，業者認為較不具投資效益而造成當地收訊品質不佳的情況出現。為提升偏鄉地區的無線通訊品質以弭平通訊品質上的城鄉差距，日本政府自 1991 年起便持續針對偏鄉、深山等收訊不佳的地區，協助地方自治體及電信業者負擔部分設備整備費用。在以住家為主的地區，日本政府透過來自頻率使用費的資金挹注，提供基地臺設備整備的部分補助給地方縣市；同時也補助行動通信業者在傳送線路整備上的部分補助，關於上述兩項補助都將視該地區家戶數是否達 100 戶以上為標準去審核補助金比例，詳細可見下圖。

日本政府對偏鄉建設補助內容與比例

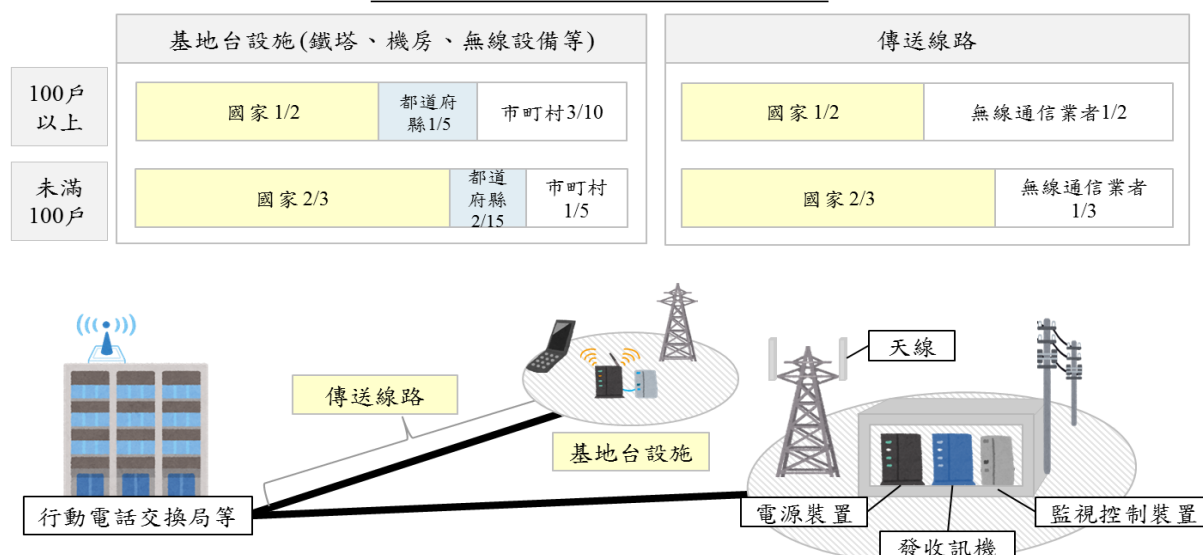


圖 5-16 日本對偏鄉建設的補助內容

資料來源：日本總務省公開資料，研究團隊製作

另配合近年 LTE 網路的普及化，自 2017 年起將原先既有設備升級至 LTE 用設備之整備費用也納為補助項目之一；且原則上整個基盤整備作業及服務提供皆由民間業者為主導進行，且每年的補助整備區域都不相同，地方自治體在這之中所扮演的角色主要為審核哪些地區需要進行設備整備，以及決定補助比例。

除了日本政府所提供的相關設備整備之補助金之外，為協助業者在 2020 年前達到 5G 服務商用化，2012 年 6 月由具官方色彩的產業革新機構為首，以及多家民間銀行背景的資金共同成立了推動行動通信設備共用的公司—JTower，其資本額為 13 億日圓。關於 Jtower 設立背景主要鑑於當時日本在室外的設備建置已接近完備，但在室內收訊仍有訊號不佳的情況出現，因此於 2012 年創立新的基礎建設共享的商業模式。JTower 在推動基礎建設共享活動上，主要扮演平台的角色，負責和大型商業設施、辦公大樓、旅館及集合式住宅等建物主洽談，以向建物主承租的方式，並由 JTower 統一建置室內的共用線路和天線，免去了過去各家行動通信業者需各自至大樓牽線、裝設的手續，也降低對建物結構的影響。

JTOWER 公司概要

公司介紹	■ 創立時間：2012年6月 ■ 資本額：13億日圓 ■ 業務內容： • 共用行動通信設備的解決方案 (機器開發、設計與執行相關建設等) • 活化屋頂空間作為基地台整備服務用 ■ 導入實績：Ginza six, AEON Mall, 日本大學...	■ 主要股東： • 產業革新機構 • JA三井租賃 • IT-Farm • 三菱UFJ Capital • Mizuho Capital • DBJ Capital • SMBC Venture Capital等

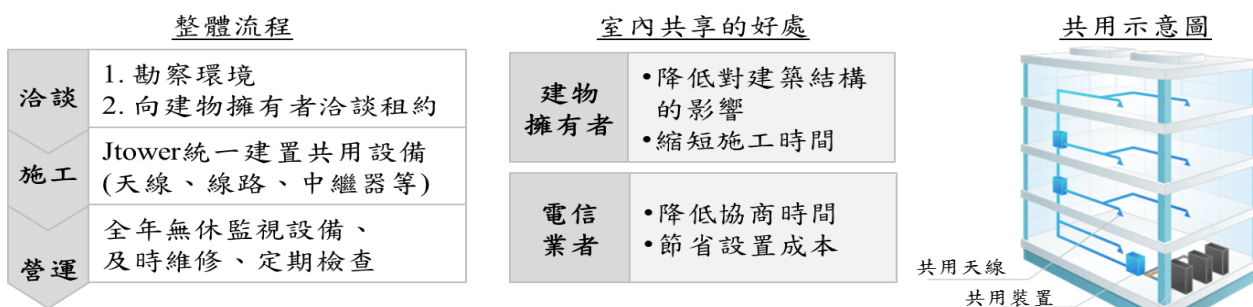


圖 5-17 日本共享—JTower

資料來源：JTower 公開資料，研究團隊製作

2. 中國案例

2005 年中國信息產業部發布要求，電信服務經營者應將空餘資源以出租、出售或資源互換等方式向有需求的其他電信業者開放；2008 年中國國家審計署報告顯示，2002 年至 2006 年間電信業者重複投資問題突出，網路資源利用率普遍偏低，通信光纖利用率僅約 1/3，運營商之間資源共享的呼聲四起。

有鑑於此，2014 年中國三大電信業者中國移動，中國聯通和中國電信為減少通信業建設成本，分別以 40%、30.1%和 29.9%持股成立中國鐵塔公司，主要經營項目為鐵塔建設、維護和運營，以及基站設備的維護。中國鐵塔公司業務分為塔類業務與室分業務，其中塔類業務包含宏站與微站業務；宏站業務為將鐵塔站址中鐵塔、機房或機櫃提供給客戶，分別安裝其天線及其他設備；微站業務指取得人流量較高地區之路燈杆、監控杆、電線杆、公車站牌、居民區樓頂和建築物牆面作站址，並預留設備之安裝空間。室分業務為向通信營運商提供站址，將其通信設備連接至室內分布式天線系統，幫助其接收和發送移動通信訊號。

關於設施共享成效，報告顯示，截至今年 6 月底塔類站址達 187.9 萬，來自三家通信商的新增租戶共享滿足比例達 71%。另外，2018 年中國鐵塔工作會議指出，全網鐵塔共享率由成立前的 14.3%提升至 43%，新建鐵塔共享率則提升至 70.4%，累計相當於少建鐵塔 60.3 萬個，節省行業投資 1073 億元人民幣，減少土地佔用面積 112 平方公里。

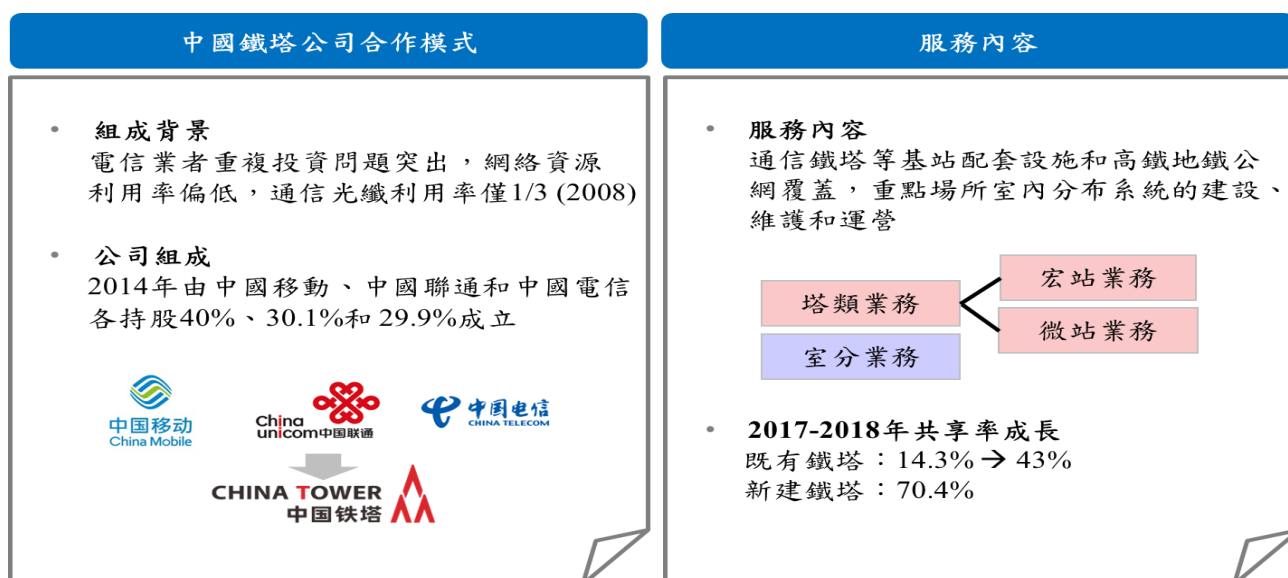


圖 5-18 基礎建設共享－中國鐵塔公司

資料來源：中國鐵塔公司公開資料，研究團隊製作

(二) 主動式共享—MOCN

主動式共享網路由於牽涉市場競爭度關係，目前國際上未普遍開放，目前案例主要分布於北歐、東南亞、以色列。推行的政策原因可以分為三種，包含提供鄉村地區低成本 3G、4G 網路服務、促進新進營運商進入市場、以及加速 4G 網路服務推行。北歐國家由於人口低密度地區佔全國面積比例較大，因此為了以較低成本提供偏遠地區網路服務，眾多電信業者以兩兩結盟形式建立共有無線網路。另一方面，在以色列和香港，為了使新進業者容易進入市場促進電信業者競爭，電信業者亦會進行網路共享。同時，加速新技術如 LTE 網路佈建亦為主動式共享案例推行因素。

	國家	業者案例	時間	推行原因
歐洲	瑞典	TeliaSonera+Tele2	01/2001	提供鄉村地區 低成本3G, 4G服務
	瑞典	Telenor Sweden+Hutchison (3)	04/2001	
	瑞典	Tele2+Telenor Sweden	04/2009	
	丹麥	TeliaSonera+Telenor Denmark	06/2011	加速4G服務 首次展示
	冰島	Fjarskipti+Nova	11/2013	
	芬蘭	TeliaSonera+DNA	08/2014	
中亞非	以色列	Partner+HOT Mobile	11/2013	促進新進營運商 提供服務
	以色列	Cellcom+Golan	09/2014	
	以色列	Cellcom+018 Xfone	07/2016	
亞太區	香港	PCCW+Hutchison (3)	10/2010	加速4G服務 首次展示
	越南	Viettel+Hanoi Telecom	04/2009	
	越南	Bakcell+Azerfon	05/2013	加速4G服務 首次展示
	馬來西亞	Maxis+REDTone	07/2012	
	馬來西亞	Celcom+Puncak Semangat	07/2013	

圖 5-19 共享頻譜國際開放情形

資料來源：coleago consulting，各國公開資料³³，研究團隊製作

³³ Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas, "Mobile Network Sharing, 28th European Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "Competition and Regulation in the Information Age", Passau, Germany, July 30 - August 2, 2017, International Telecommunications Society (ITS)

以下針對三個國家(地區)，香港、瑞典和芬蘭的主動式共享進行案例分析，進一步解釋推行主動式共享背景，共享內容和條件限制。

1. 香港案例

為加速 LTE 網路服務在香港普及，以及鼓勵新進業者進入市場促進電信業之競爭，香港和記電訊（3 Hong Kong）和香港電訊（HKT Limited）在 2009 年各持有 50% 權益成立共同控制企業 Genius Brand Limited，取得寬頻無線接入無線電頻譜的 30 MHz 頻譜之 4G 執照，以共享無線接取網路和頻譜之形式進行網路共享。並於 2011 年委由華為統一為其建設 LTE 無線接取網路。2013 年 Genius Brand Limited 取得 2500/2600 MHz 無線電頻譜內的一對 5 MHz 頻譜頻段，效期為 15 年。

香港電訊與和記電訊採取 Greenfield 商業模式，以合資企業取得頻譜執照建立新的共享網路；此一模式有助於通信營運商減少資本支出、營業費用及取得頻譜成本，使營運商加速網路覆蓋和服務之商業化。

香港基礎建設共享案例

和記電訊（3香港）+香港電訊（HKT）

- 合作歷程

- 2009年：各持股50%成立共同控制企業Genius Brand Limited
- 2011年：由Genius Brand和華為簽訂合約，由華為一併為兩家業者建設LTE無線接取網路、並共享頻譜，即採MOCN共享模式

- 網路架構

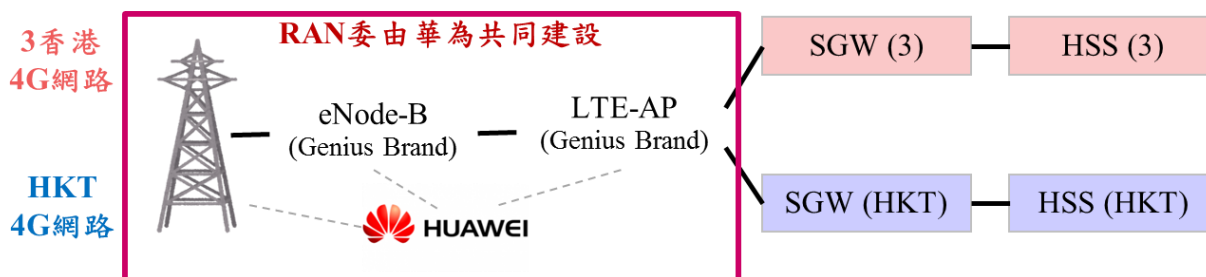


圖 5-20 香港基礎建設共享—和記電訊與香港電訊

資料來源：HKT 公開資料，研究團隊製作

2. 瑞典

為提升瑞典 3G 和 4G 網路覆蓋率，降低建設成本，瑞典四家主要電信業者以兩兩結盟形式建立網路共享。無線網路服務市占率第一的 Telia 由於未取得 3G 執照，和已有 3G 執照、市佔第二的 Tele2 於 2000 年成立合資企業 SUNAB，共享包含所有無線接取網路、Backhaul 網路、設施和頻譜。合資企業以 Tele2 所有執照和頻譜為基礎，在 Telia 的既有設施上建立共有無線網路。Tele2 執照條件允許共享至 70% 的無線網路設施，但兩家企業各自經營自身網路營運中心 (Network operation center)，對網路進行控制和監控。

後於 2001 年，市佔率第三位 Telenor 和第四位之 Hi3G 成立合資企業 3GIS 進行 3G 網路共享，條件為兩家企業須為至少 30% 瑞典人口提供各自的無線網路服務；因此兩家企業在建立共享網路之外也續建自身 3G 網路；不同的是，3GIS 無自身的終端用戶，僅提供網路容量給 Telenor 和 Hi3G。兩者同意 Hi3G 網路使用者在 Hi3G 未提供 3G 網路涵蓋之地區可以使用 Telenor 的 2G 網路。最終此項協議在 2008 年中止。

另一方面，於 2009 年，市佔率分別為第二和第三的 Tele2 和 Telenor 成立合資企業 Net4Mobility，提供 4G 網路服務；兩家企業將既有頻譜 900 MHz 和 2600 MHz 轉移至 N4M 之外，亦取得 800 MHz 頻段中的 10 MHz 和 1800 MHz 頻段執照，而後合併之 4G 和 2G 網路涵蓋 99% 瑞典人口。另外，N4M 服務並未觸及提供給消費者的服務，兩家業者仍獨立提供各自具競爭力的服務與費率方案。

根據 OECD 報告，在 2013 年低人口密度國家瑞典的 3G 網路涵蓋率已達 100% 且 4G LTE 涵蓋率達 99.2%，最大網路營運商 TeliaSonera 市佔率從 2000 年 51% 降為 2016 年 36.8%，顯示廣泛網路共享在瑞典未阻礙競爭。

年	2000 (3G)	2001 (3G)	2009 (4G)
業者組合	 	 	 
合作模式	在不同地區由其中一家電信業者負責網絡規劃和佈建。	合資企業負責網絡規劃、佈建和營運。	合資企業負責網絡規劃、佈建和營運。
地區	全國性	鄉村地區	全國性
條件	Tele2執照條件允許共享至70%無線網絡設施。	共用網路可覆蓋達70%瑞典人口。	兩家業者獨立提供各自服務和費率方案。
共享內容	2.1 GHz頻段：40 MHz 3G RAN、Backhaul、設施	3G RAN、Backhaul、設施	800 MHz頻段：20 MHz 900 MHz頻段：12 MHz 1.8 GHz頻段：70 MHz 2.6 GHz頻段：80 MHz

圖 5-21 瑞典網路共享

資料來源：NRF Mobile Retail Initiative, "Mobile Retailing Blueprint v2.0.0"，研究團隊製作

3. 芬蘭

在北歐國家芬蘭，低密度人口（每平方公里 6 人）地區北部及東部佔全國總面積約 67%，為加速 4G 網路在此地區推出服務，降低偏遠地區移動服務交付成本，以及由於監管者要求 Sonera 須在 2018 年底前讓芬蘭 99%人口得以使用 4G 網路服務等原因，市佔率分別為第二和第三的 Sonera 和 DNA 在 2014 年分別以 51%和 49%股份成立合資企業 Finnish Shared Network Ltd，採取共享 800 MHz 頻譜之模式。

芬蘭競爭及消費者委員會為維護消費者權益，強調 Sonera 和 DNA 做出以下承諾：提供全國性網路給虛擬服務電信業者，出租 Mast 和設備位置給競爭業者；業者自身取得之其他頻譜無法透過合資企業共享；在共同網路範圍內透過具特色產品和費率促進競爭；未被妥善使用之共站須以市場價格出租給第三方業者；必須限制資訊交換³⁴。



圖 5-22 芬蘭業者頻譜共享－Sonera 與 DNA 共享案例
資料來源：colego， FCCA 公開資料，研究團隊製作

³⁴ Finnish Competition and Consumer Authority，” FCCA’s decision ensures consumers benefit from network partnership between DNA and Sonera” ，2015.11

第五節 動態頻譜共享

有別於前一小節所談之共用模式，是由兩個業者將手上資源進行共享，動態頻譜共享模式，多發生在政府專用之頻譜，因為使用效率低、或是僅於特定區域使用，因此將該段頻譜以共享頻譜方式釋出，讓一般也有也有機會使用該專用頻譜，目前國際上較大規模之動態頻譜共享案例，以美國 3.5GHz 頻段為重要案例。

美國 3.5GHz 原係供軍事雷達使用，FCC 自 2012 年 12 月起對 3.5GHz (3550-3650MHz，共 150MHz) 頻段以 Authorized Shared Access (ASA) 釋出可行性進行探討；2015 年 4 月決議將該頻段作為技術中立的 Citizens Broadband Radio Service (CBRS) 釋出，採用 ASA 共享機制讓頻段被用於消費者用途、Small Cell 布建、固網/行動寬頻服務或其他服務，FCC 以技術中立為原則以 “Innovative Band” 稱呼之。

美國的 ASA 共享機制，使用權共分為三層，第一層的最高優先權保留給原政府使用者 (Incumbent Access)；第二層則納入優先權機制設計，欲獲得優先使用者的業者，需透過拍賣取得優先接取執照 (Priority Access License, PAL)，因希望獎勵創新業者進入，PAL 的區域劃分以人口普查之最小區域進行切割，於全美大約有 74,000 個，以利小業者取得執照；第三層即為免付費的一般使用者 (General Authorized Access, GAA)，可使用未被使用之頻段，另也保留部分頻段給公用服務如：醫院、地方政府、警察單位使用。美國 CBRS 頻段三層式使用權限分級模式如下圖整理。

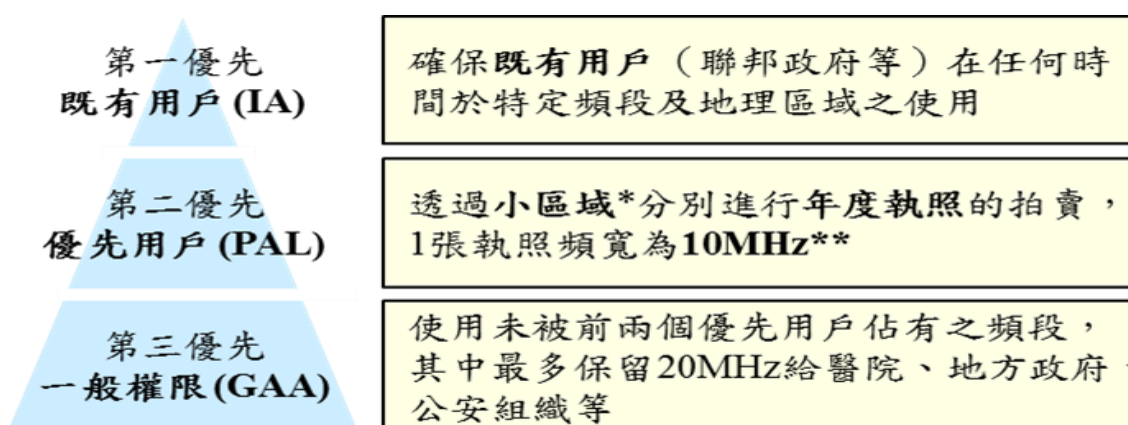


圖 5-23 頻譜共享使用者分級

資料來源：FCC 等相關公開資料，研究團隊製作

在動態共享機制部分，透過一 Spectrum Access System (SAS) 資料庫系統進行頻段共用之管理，紀錄各頻段使用狀況，如欲使用頻譜時，設備需先和 SAS 系統回報地點後，由 SAS 確認其設備之權限及頻譜使用狀況後，分配閒置之頻譜供設備使用，除確保較高層的使用者不會受到較低層的使用者干擾，也能最大化頻譜使用效率。

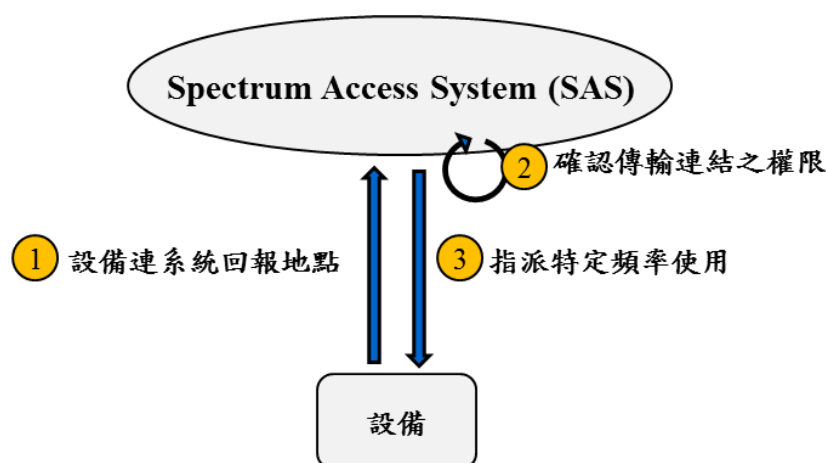


圖 5-24 動態 SAS 頻譜共享管理系統概念
資料來源：FCC 等相關公開資料，研究團隊製作

此一動態頻譜共享機制，有別於 MOCN 為兩業者共享其各自持有之頻譜，而係政府將使用率低之頻譜，開放與產業共享。此一機制雖預期可提升頻譜使用效率，但困難之處在於如何透過資料庫，維運動態共享之過程，其資源分配是否能確實促進創新應用發展，亦有待觀察。

第六節 小結

因應服務之多元化，電信業者的經營模式亦出現差異化，業者不一定需和傳統行動通訊業者般、自建網路並提供全國性的服務，可能於特定場域或特定垂直領域提供服務。Micro Operator 概念為在特定地點提供特定服務；Private Network 雖亦同樣為特定地點提供特定服務，但強調擁有私有網路，甚至可能包含頻譜及無線接取設施，透過硬體的自有，達成佈建及網路之彈性；在共用基礎設施部分，現各國為推動 5G 發展，主要推動被動式之共享，共享塔站、電力等設備，加速佈建及降低成本，主動式共享上，理論上雖可進一步降低成本，但由於可能會影響到電信市場之競爭，因此多有搭配特殊政策目標，如：偏鄉普及、輔導新進業者、加速新技術普及等，並在一定條件限制下開放。若業者完全不持有頻譜，及幾乎不自建設備時，則可考慮以 MVNO 形式進行經營，現國際上 MVNO 發展，除既有轉租型業者外，新型態 MVNO 業者亦持續發展，主要係結合其原公司於垂直領域之專業，如：交通、能源、家電，透過 MVNO 規劃其網路，以滿足其垂直領域之通訊需求。另提到頻譜共享議題上，容易混淆的有兩種形式，一係兩電信業者，共享其分別持有之頻譜，即為主動式共享中 MOCN 模式；而另一種動態頻譜共享形式，則是政府將其使用效率低之專用頻譜，透過共享方式，開放產業也有機會進行使用，目前主要有美國 3.5GHz 頻段之 CBRS 案例。因應此些電信服務模式之發展，如何滿足我國市場之需求，仍需看我國整體電信市場發展，進行通盤之整體規劃，而非有絕對的最佳規劃方法。

第6章 我國物聯網及 5G 政策發展建議

第一節 我國物聯網及 5G 政策發展探討議題

綜整本章前面小節，已探討國際上目前對於物聯網及 5G 於技術發展、產業應用、國家政策之概況。物聯網發展時間較早，近年也陸續有 LTE-M、NB-IoT 標準的制定，加速整體產業發展，現已經進入網路佈建甚至商轉服務提供之階段，我國亦已有 LoRa、Sigfox、NB-IoT 等物聯網網路逐步佈建中，在頻譜部分，先前我國亦已釋出 920-925 免執照頻段，作為發展物聯網之用，另既有電信業者，也可使用原持有之頻譜，以 LTE-M、NB-IoT 技術進行網路佈建，因此短期應已無太大頻譜需求。在 5G 部分，目前仍主要在技術與標準制定階段，實際網路建設也尚未發生，而仍以區域型測試為主，在應用情境部分，5G 和物聯網都有提供大量設備接取的功能，但 5G 亦有超高速傳輸、高可靠度低延遲之服務情境。物聯網及 5G 發展現況比較，如下圖整理。

物聯網及5G發展現況比較		
	物聯網	5G
標準	<u>已完成</u> - LoRa、Sigfox - LTE-M、NB-IoT	<u>持續探討中</u> 預計2019年完成 相關技術標準
頻譜	<u>已釋出</u> 920-925免執照 - 業者既有頻段	<u>尚未釋出</u> 國際上2018年開始 陸續有國家釋出
建設	<u>已開始建設</u> 業者已陸續建設LoRa、 Sigfox、NB-IoT網路	<u>尚未開始</u> 目前以試驗為主，尚 未開始商用網路建設
應用	<u>大量接取</u> 主要為各種感測器的佈建， 用於監測、自動化、智慧化 等服務開發。5G中亦有類似 應用情境。	<u>超高速傳輸</u> (高畫質影音) <u>低延遲</u> (自駕車)

圖 6-1 物聯網及 5G 發展現況比較

資料來源：研究團隊製作

承前段說明，物聯網及 5G 發展階段處於不同階段，物聯網已進入網路佈建及商用服務提供，5G 仍在技術標準制定階段，因此於本期研究中，著重之重點也會有所差異。就頻譜釋照需求、應用情境、監理機制、資安與資料保護四大議題來說，物聯網目前已無急迫頻譜需求，且各業者已陸續進行網路建設，提供服務，因此主要應追縱探討議題，著重於因應物聯網發展時，相關監理機制之配套措施；而 5G 部份，研究團隊將將各國 5G 首波頻譜釋照進行彙整，以進行我國 5G 釋照探討，包含釋照時間點、頻段位置、單位區塊大小、釋照機制、頻譜價值等議題討論建議，另也預計於期中後，和產業進行交流座談，以掌握產業界需求，提出我國未來 5G 前在關鍵應用情境。在監理與資安資料保護議題部份，則需持續追蹤國際發展趨勢及我國發展現況進行探討。針對我國物聯網及 5G 重點政策發展議題，如下圖整理。

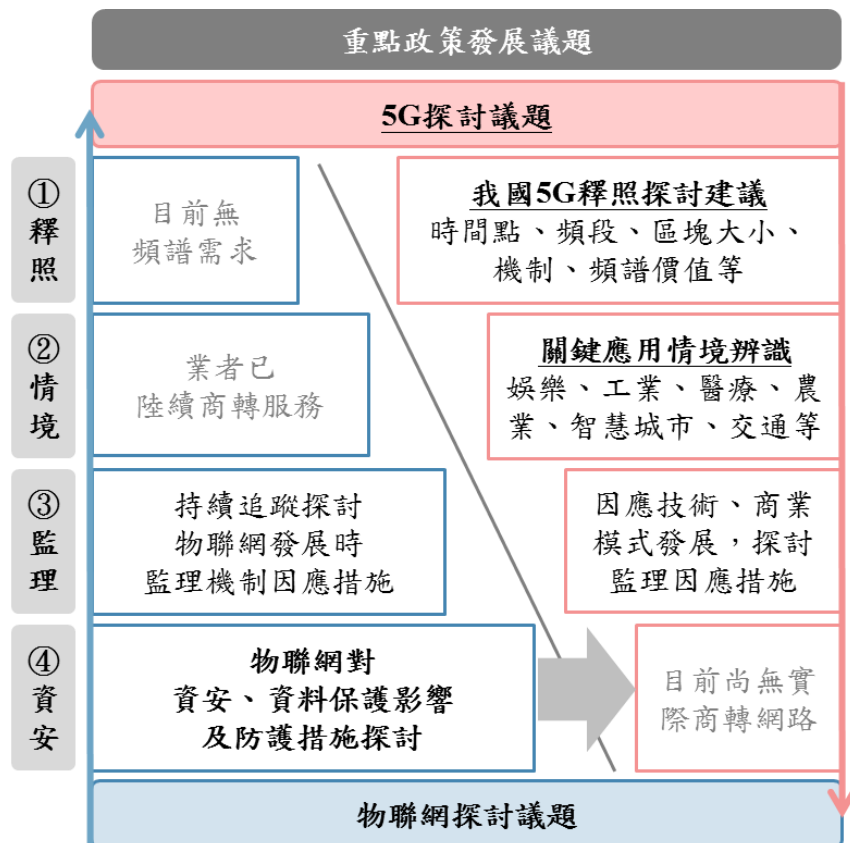


圖 6-2 我國物聯網及 5G 政策發展議題

資料來源：研究團隊製作

第二節 我國物聯網發展政策建議

（一）物聯網資安政策發展

我國現於行政院資通安全處下，已設有關鍵基礎設施之管理機制，其中通傳會負責通訊傳播分組織管理，需監督業者是否有妥善之資安防護措施。NCC 已於 2017 年 5 月 22 日修正之相關固定通信及行動寬頻業務管理規則中，增訂關鍵基礎設施相關規範，業者應進行關鍵基礎設施盤點、擬定防護計畫、並配合進行相關演練。

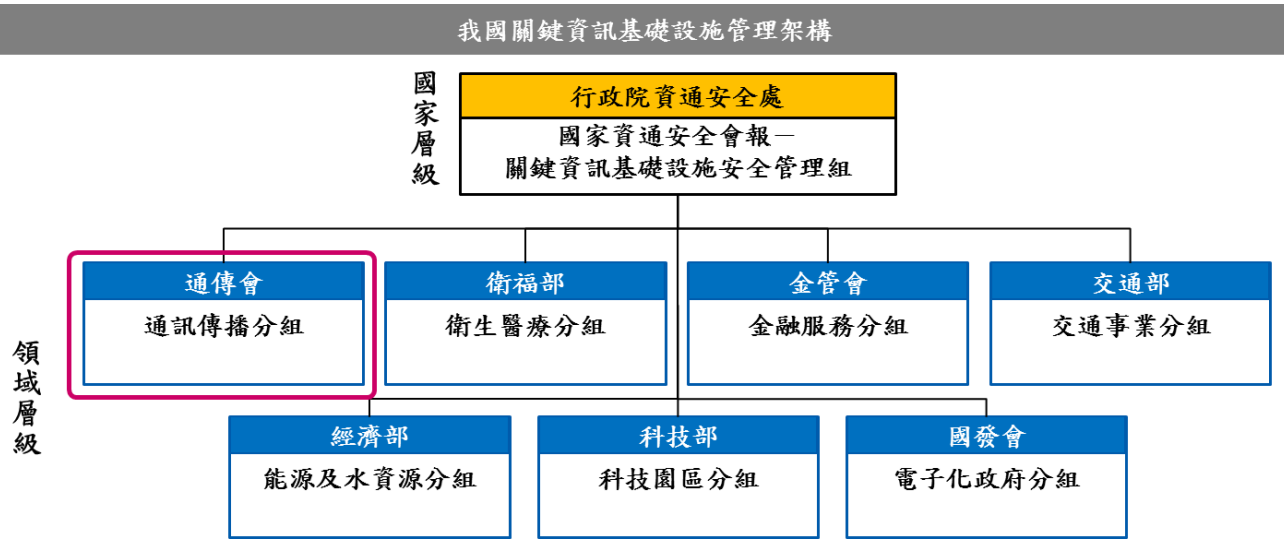


圖 6-3 我國關鍵資訊基礎設施管理架構

資料來源：研究團隊製作

針對物聯網部份，面對持續增長之物聯網設備，各國皆陸續發布物聯網資安標準及驗證措施，我國亦於 2018 年 12 月由經濟部工業局及國家通訊傳播委員會發起「物聯網資訊安全標章認證計畫」，是我國第一個物聯網設備資訊安全監理制度，目的為透過申請以及審核，加強物聯網產品資訊安全方面的保護，並且給予合乎資安標準之產品一認證標章，未來公部門進行物聯網產品採購時，也會優先選擇有物聯網資訊安全標章之產品。物聯網資訊安全標章認證計畫主管機關為經濟部工業局及國家通訊傳播委員會，相關的物聯網裝置安全標準、檢測標準等等則委由台灣資通產業標準協會（TAICS）訂定，目前 TAICS 已經制定了包含網路攝影機、影像錄影機、網路儲存裝置資訊安全有關的五項安全標準，並負責物聯網產品廠商的申請作業。同時，主管機關委由驗證機關遴選測試實驗室，共有

四家實驗室可以進行物聯網裝置安全認證測試，包含電信技術中心、安華聯網科技、台灣電子檢驗中心及勤業眾信的資安實驗室。目前物聯網資訊安全標章認證計畫已經授權驗證標章給由奇偶科技所提出申請的兩款物聯網產品。未來除了網路攝影機的資訊安全認證外，也會持續將物聯網資安認證制度拓展到其他的物聯網產品。



圖 6-4 我國物聯網資訊安全認證標章制度整理

資料來源：研究團隊製作

（二） 監理機制調整方向

針對物聯網監理之調整，主要需針對以物為主體之服務模式，與既有以人為主之行動通訊管理作出區隔。NCC 近日已進行部分行動寬頻業務管理規則之解釋，物聯網採有條件的輕度管理原則，若物聯網服務不涉及簡訊及語音，則物聯網服務，可排除於「加值服務之合作對象備查」及「預付服務每週複查使用者資料」規定外。另「緊急電話/災防告警」、「平等接取」、「號碼數量申辦限制」、「資費核准」、「通信紀錄保存」、「雙證查核」及「號碼可攜」等部分也與業界達成共識，若物聯網服務不涉及簡訊、語音，則相關議題亦採輕度管理模式。

現行行動寬頻業務管理規則與新通信技術監理議題

條文摘要	
47	得標者於完成高速基地臺設置數量達二百五十臺以上時，始得向主管機關申請系統技術審驗，經審驗合格後，發給系統技術審驗合格證明。
55	經營者應免費提供使用者災防告警細胞廣播訊息服務。（下略）
66	經營者自取得系統架設許可之日起五年內，其高速基地臺之建設，應符合下列規定： 一、數量應達已建設基地臺總數百分之八十以上，或達一千臺以上。 二、電波涵蓋範圍應達營業區人口數百分之五十。
76	經營者對於通信紀錄，應至少保存六個月。
77	（前略）前項使用者之資料包括使用者姓名、住址、二身分證明文件號碼及所指配號碼等資料。

圖 6-5 行動寬頻業務管理規則與物聯網及 5G 發展相關條文

資料來源：研究團隊製作

第三節 我國 5G 發展政策建議

目前由國際 5G 發展趨勢來看，雖 2018 年就陸續有國家搶先釋出頻譜，但由於頻段標準及生態系到 2019 年才真正較為完整確定，包含終端設備的陸續推出，因此國際上的釋照將會以 2019 年甚至到 2020 年為主。雖國際上現目前皆把 2020 年視為 5G 商用化的重要里程碑，但從各業者目前動態來看，受限於終端設備的更新時間、網路佈建、及商用模式不明的狀況來看，2020 年即使有小規模的商用，也不會瞬間變成一般民眾端大量、廣域的普及，而是從 B2C 和 B2B 的商用服務並行著手。因此雖然釋照的時機點很重要，早期釋出有望為業者帶來先機，但相關生態系成熟與否、是否找到應用情境發展缺口，亦為發展關鍵，如整體歐盟的策略於 2020 年時，僅預計於一個城市提供服務，因此早期之釋出並不只是為了建設的開始，更是為了服務的及早驗證提供。

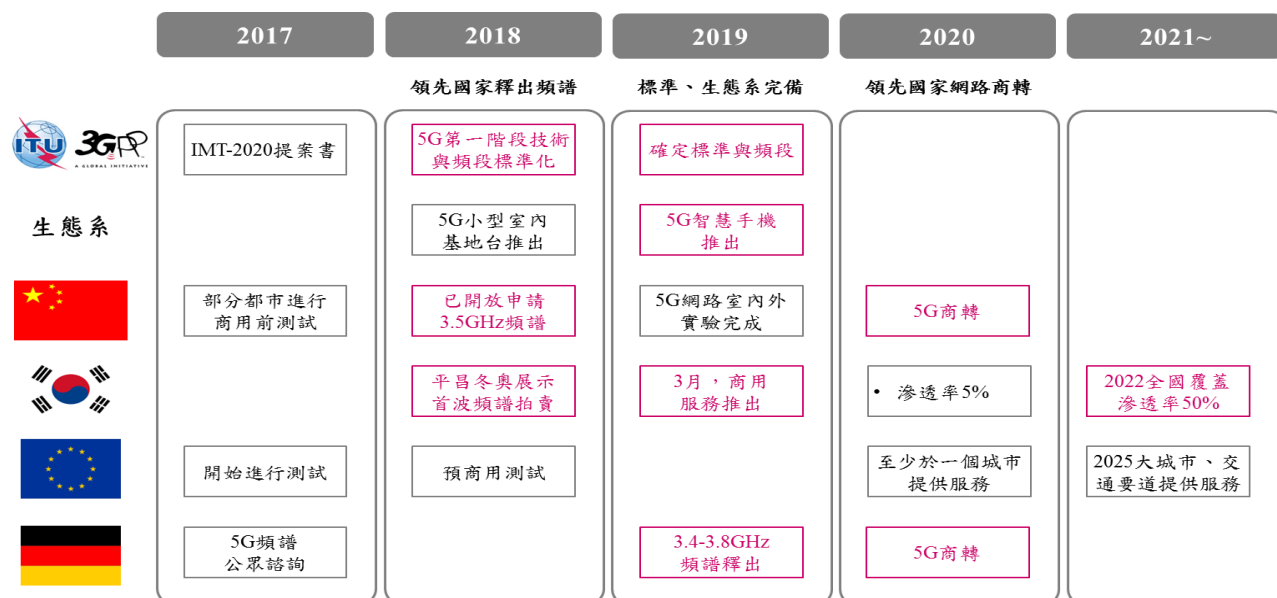


圖 6-6 各國 5G 發展進程彙整

資料來源：研究團隊製作

我國頻譜釋照作業大致可分為兩大階段，一是頻譜規劃，需要先參考國際標準、我國現潛在釋出頻段可能清頻時間、可能釋出頻譜，方能決定釋照標的，。待頻譜確定後，方會進行後續作業，包含底價之制定，及釋照機制之規劃。頻譜釋出量之多寡，也會影響後續底價、得標上限等機制在設計上的考量方向。另本次釋照作業中，對於垂直場域頻譜的規劃、及後續如何提升釋照效率，並盡可能降低頻譜取得成本，亦是重點探討議題。

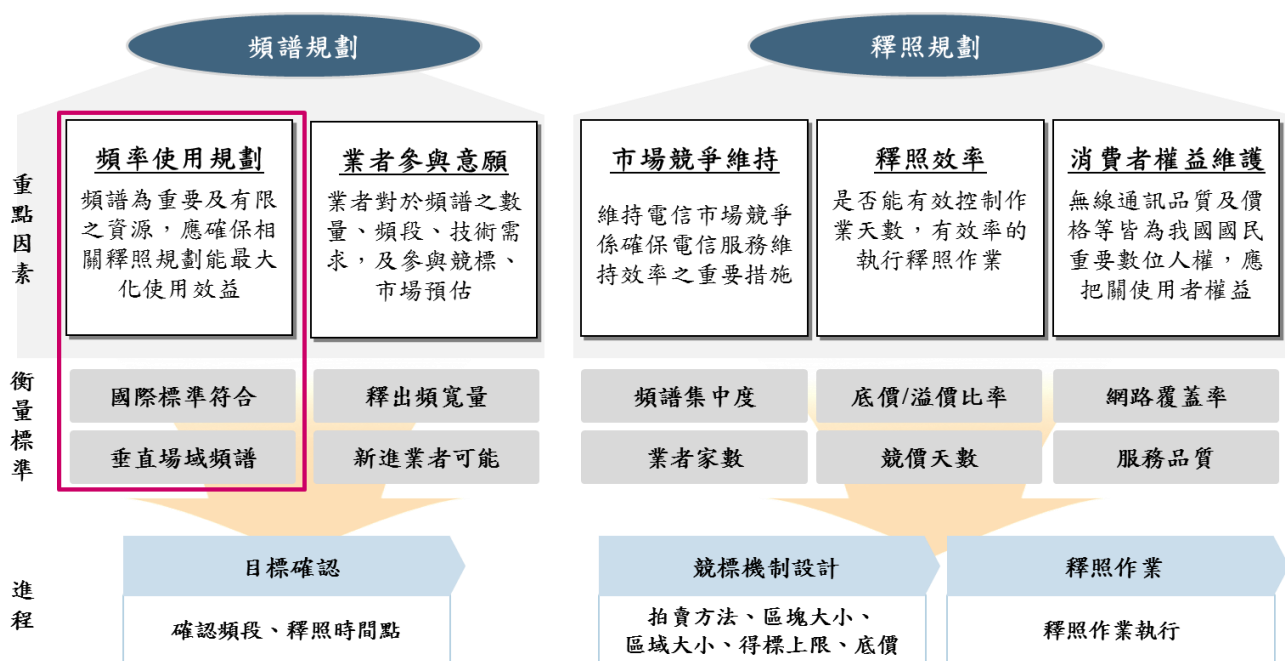
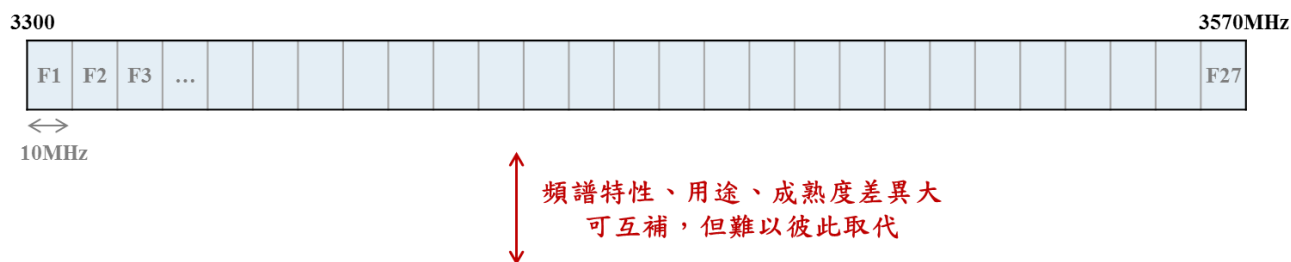


圖 6-7 我國頻譜釋照規劃

資料來源：研究團隊製作

我國 5G 中頻頻譜釋照如同其他亞洲國家，因有衛星通訊使用關係，因此清頻作業較為困難，由於中頻頻譜為發展 5G 重要關鍵，是否有足夠之頻譜量，也是業者是否能達成 eMBB 傳輸速度水準之關鍵。現經主管機關努力下，清頻作業已大致完成，於 3.5GHz 的頻段部分，預計釋出 3300-3570MHz，共 270MHz，相較原先規劃的 200MHz，大幅提升釋出頻寬量，讓業者較有機會取得足夠的頻譜；在 28GHz 毫米波部分，預計釋出 27-29.5GHz，共 2500MHz，亦有充足的釋出頻譜量，以首波釋出頻譜量來看，目前我國之規劃應已規劃足夠之頻譜量。但考量我國現行有五家一類電信業者、亦有潛在垂直場域服務提供業者之需求，釋照機制之規劃仍十分重要。

3.5GHz (3300-3570MHz, 共270MHz；以10MHz為單位共27塊)



28GHz (27-29.5GHz, 共2500MHz；以100MHz為單位共25塊)

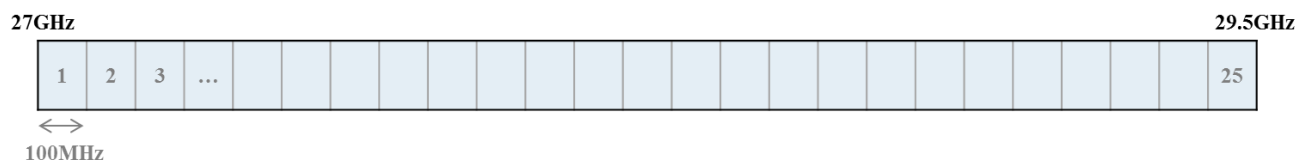


圖 6-8 我國潛在 5G 首波釋出頻譜

資料來源：研究團隊製作

透過國際調研，及我國發展現況，研究團隊主要就 5G 未來：1.關鍵應用情境、2.垂直場域服務模式、3.釋照及監理機制三個議題進行研析及建議。詳細說明如下整理：

（一）關鍵應用情境

透過標竿調研，了解國際發展領域，並對照我國政策方向、及產業座談意見交流，針對我國物聯網及 5G 發展關鍵應用情境。現研究團隊盤點建議如下，我國有潛在六大 5G 發展情境：娛樂、智慧工廠、智慧醫療、智慧農業、智慧城市、智慧交通等。

娛樂部分，由於未來高畫質影像、即時 AR/VR 應用都可能需要超高速的傳輸速度，符合 5G 中 eMBB 之應用情境，因此被各國視為首波重要情境，可用於娛樂、運動賽事及活動之轉播等等；但從產值觀點，5G 垂直領域中，又以工廠內之應用，最有短期商業機會，不管是用於自動化、遠端操控、良率偵測警示等情境，目前皆有各項測試發展中；另外於醫療領域，由於對於無線傳輸品質要求高、且反應時間亦需較傳統 4G 來的快，因此亦可視為未來 5G 重要發展機會。

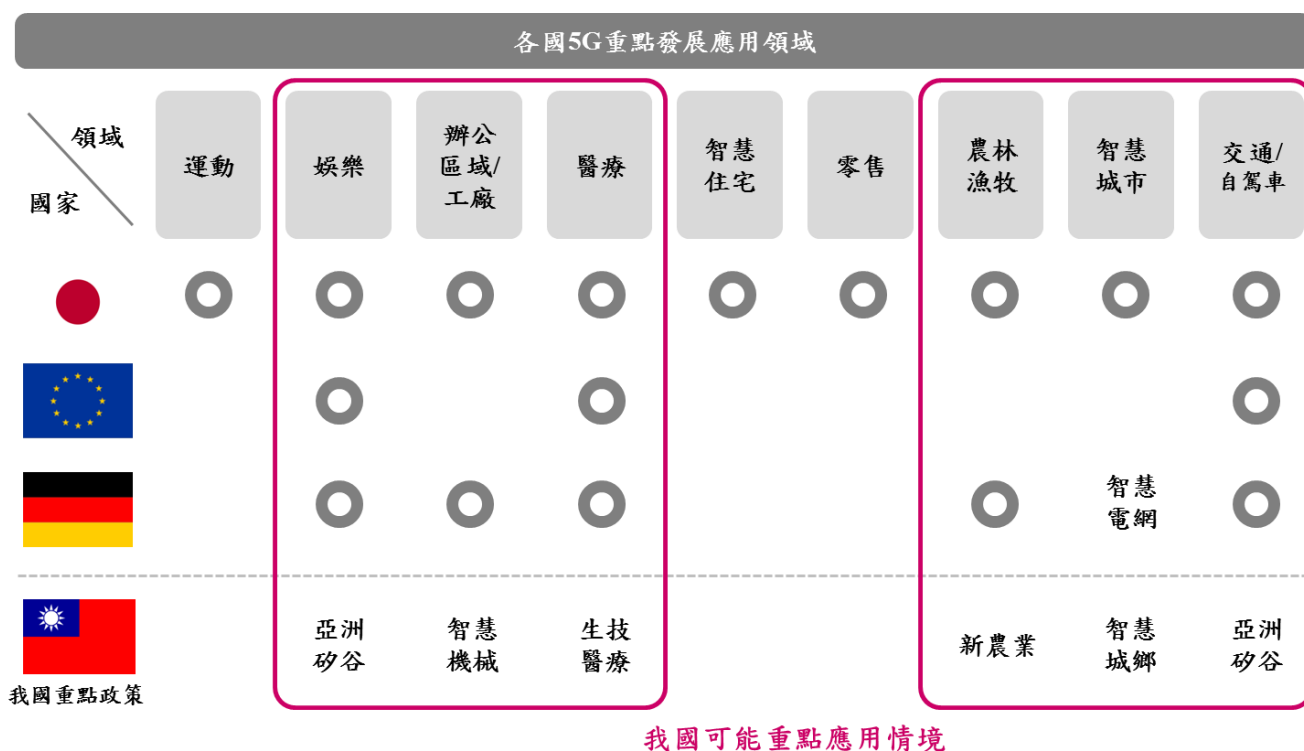


圖 6-9 各國 5G 重點發展應用情境

資料來源：研究團隊製作

上述建議之發展項目，除符合國際趨勢及我國重點產業發展政策外，亦和國際設備業者所預估較具發展潛力之發展項目吻合，根據 Nokia 所預測，5G 新商業模式應用情境發展趨勢，短期仍以 4G 延伸型、eMBB 的應用為主，但隨相關技術標準成熟後，未來 URLLC 等情境用於工業革新、數位化、自動化等，甚至各垂直領域之破壞式創新，亦是整個 5G 產業之重要潛力。其中垂直場域裡，預期智慧工廠、智慧城市、智慧醫療等項目，為目前看到有較高發展潛力的項目。

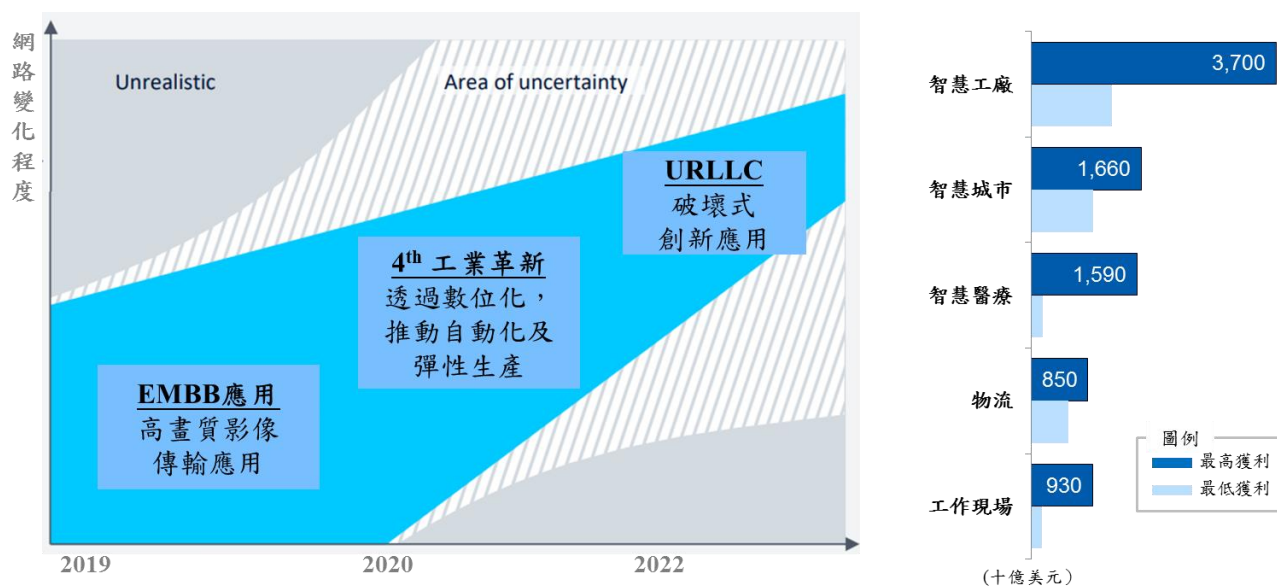


圖 6-10 2025 年新應用服務市場成長機會

資料來源：Nokia 公開資料，研究團隊製作

（二）垂直領域服務模式

同前段所述，未來 5G 於垂直領域應用為重要發展關鍵，於我國亦有諸多討論，從現行相關電信法條及於立法院審理中之電信管理法草案觀點來看，可能有以下五種可能的頻譜取得方法，其中若要使用商用頻譜，現行已可透過競標、或 MVNO 方式取得，國際上愛爾蘭、義大利確實有新進業者業者逕行參與競標；另透過 MVNO 方式以批發方式從 MNO 業者取得頻譜及其他相關網路使用權，亦為既有可行之作法，從國際上案例來看，現亦多有新形態之 MVNO 業者，以垂直領域服務為主要目標市場，惟業者欲透過 MVNO 發展新事業時，取得之批發價格，亦會影響其發展之機會，因此日本於 MVNO 發展過程，亦積極推動批發價格之下降，以提供更多創新機會。

目前我國亦有在討論透過專用頻譜（3570-3610MHz，原規劃為 5G 頻段與衛星通訊頻段間之護衛頻段）開放產業應用，發展垂直領域服務、私有網路之建議，惟目前在電信法或電信管理法草案中，皆有規範專用電信不得連接公共通信系統或供設置目的以外使用，此舉意在避免專用頻譜涉入一般商用之領域產生衝突，且專用主要以政府機關、公用事業、公共目的使用，而少以產業發展為目的進行開放，若採專用頻譜方式，除需釐清管理單位、管理權責，亦可能適合於封閉場域內私有網路之相關應用。

在電信管理法中，對於頻譜使用較為彈性，其中開放有頻譜之租用、及頻譜共享等措施，亦為未來可能垂直場域服務廠商取得頻譜之方式，惟動態頻譜共享機制，目前國際上主要僅美國一例，因此相關機制較不成熟。綜整以上研析，目前可行機制中，業者已可透過直接競標、MVNO 方式取得相關資源以提供服務，惟取得資源成本較高，若希望降低業者進入障礙，不管是採專用頻譜的方式、或動態頻譜共享方式，由於發展尚未成熟，需持續追蹤國際標準國家發展之作法，另若採用專用頻譜時，若希望開放使用範圍、使用用途，除可能有法遵議題，亦有可能受到電信業者之反彈。

可能作法	1	2	3	4	5
	商用頻譜			專用頻譜	動態頻譜共享
取得方式	競標	租用 (尚未開放)	MVNO	由政府機關取得後， 進行使用權授權	註冊資料庫後使用 (尚未開放)
取得成本	高	中	中	低	低
發展議題	發展自由度高， 但取得價值高	對於租用頻譜價格 尚無前例	同租用，批發價格 影響發展機會	需於封閉場域使用	目前主要僅美國 案例，尚不成熟
相關法規	—	電信管理法第58條： 得檢具申請書及協議書，向主管機關申請核准後，將其獲配頻率之一部提供予他電信事業使用。		電信法第47條：專用電信不得連接公共通信系統或供設置目的以外之用。 電信管理法第50條：專用電信網路之設置者為政府機關(構)。... 為促進技術研發及服務創新，供實驗研發用途之專用電信網路經主管機關專案核准，得提供他人使用及收取費用。	電信管理法第57條：得檢具申請書及協議書，向主管機關申請核准後，將其獲配頻率之一部提供予他電信事業使用。
國外案例	愛爾蘭、義大利	—	日本、義大利	日本、香港、芬蘭	美國

圖 6-11 垂直場域服務業者可能頻譜取得途徑
資料來源：研究團隊製作

為強化對垂直場域之服務提供模式探討，研究團隊於 2018 年 10 月 11 日，於集思台大會議中心舉辦有「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會，除有電信業者及設備商與會外，亦邀請國內系統整合商、資服業者光寶科技、神通資訊科技共同參與討論。討論議題主要分為兩大區塊，一是從需求角度出發，探討未來是否有垂直場域、私有網路之需求；第二部分則是想了解，如有垂直場域之服務需求，則相關服務提供模式、頻譜取得方式的可能性，討論議題如下圖整理。

主題一：垂直領域應用通信需求：

■ 5G通訊情境，已從以往以人為主擴大至以物為主、B2B型的服務，另在網路虛擬化、切片技術逐漸成熟之背景下，網路資源也可更彈性靈活配置，以滿足各種垂直領域之通信需求，想請教：

- 1-1 垂直領域之通訊情境，是否以物聯網型、室內型的應用為主？或是亦有高畫質影音傳輸，大傳輸頻寬需求之應用？
- 1-2 私有網路（Private Network）發展之優勢及需求？如：資安隱私、優化配置、快速部署？

主題二：垂直領域通信建設及服務模式：

■ 隨通訊需求之多元化及垂直領域需求發生，未來電信市場除既有之一類電信業者外，亦可能有更多樣化之服務模式，想請教：

- 2-1 電信業者對於未來5G與物聯網時代垂直領域應用市場之發展策略、服務提供模式？
- 2-2 垂直領域應用以 Private Network/ Micro Operator/ MVNO提供服務之可行性？
- 2-3 私有網路（Private Network），除商用頻譜外，以免執照頻譜、專用頻譜、測試頻譜提供服務之可行性？

圖 6-12 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會討論議題

資料來源：研究團隊製作

業者意見回饋中，電信業者由於為未來 5G 頻譜之競標者及使用者，最擔心的是若開放 3570-3610MHz 作為專用頻譜開放產業界使用，則會失去作為原規劃釋出之 3300-3570MHz 護衛頻段的作用，而影響 5G 商用頻譜的價值，甚至有干擾發生。另一擔憂是目前對於專用頻譜之規劃，尚未有較完整之規劃，若開放一般產業界，如：工廠、系統整合商、資服業者皆可進行申請，且可免費或以很便宜的價格使用，則亦會影響到公平性，因為相較之下電信業者需要以較高的成本去競標以獲得頻譜，且若使用專用頻譜，非同法規限制，僅能於封閉區域使用，則服務內容上亦可能與電信業者既有服務產生衝突可能，但電信業者受管制較為嚴格，亦可能造成競爭的不公平性。綜整以上，電信業者對於垂直場域專用頻譜呈反對意見，如果確定採相關規劃，亦需要於 5G 商用頻譜拍賣前公布相關規劃，以讓業者重新評估 5G 頻譜的價值。

業者		垂直領域服務發展意見
電信業者	中華電信	- 私有網路存在之需求和經濟效益為何? 有存在必要性的話，是否需要專用頻率? 為什麼可以取得專用頻率? - 對於電信業而言，頻率使用效率是重點，但是如要使用Guard Band作為垂直領域應用則不建議，因為會造成干擾，整體效益反而較差。
	遠傳電信	- 垂直場域若使用 3.5GHz 頻譜，會有干擾問題，如台積電廠房旁邊亦有多家工廠。 - 如是原先規畫用來作為 Guard Band的頻譜，則不適合開放作使用。 - 電信業者管制較為嚴格，也代表較高的成本，Micro Operator、私有網路業者應也要受相同的管制方法及義務限制。
	台灣大哥大	既有unlicensed band (如: 2.4GHz) 已經可支援一些應用，是否有需求一定要使用 3.5GHz。
	亞太電信	- 亞太因為母公司有硬體製造能力，在醫療市場亦有著墨，若亞太拿到5G頻譜，結合電信服務建設和維護基地台經驗，有意協助企業做私有網路。 - 私有網路多需要設定靜態隔離，如何界定範圍? 申請方式如何? 使用限制? 是否需要執照以控管? 相關配套措施必須完善。
	台灣之星	- 過去4G是建設完網路等人來用，但是5G的模式是依照需求去建設。 - 如有垂直領域頻譜相關規劃，在5G競標頻譜前應明確說明，因會影響標金。

圖 6-13 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會電信業者意見
資料來源：研究團隊製作

從設備業者觀點，於國外皆已有發展私有網路案例，如台灣愛立信提到的是電網的監測網路傳輸服務，但該案例尚屬於公共服務性質、原亦已擁有專用之頻譜，另台灣諾基亞額外補充的是，垂直場域的 MVNO 業者，不僅提供工廠通訊功能，亦會有資料管理分析之服務，即不僅是作為電信業者，而是提供綜合的解決服務方案。從需求方的工廠、系統整合商業者角度，光寶科技主要需求在於希望台灣內有 5G 相關場域，以進行其產品之 5G 通訊驗證跟測試，測試完整後才有機會整場輸出到海外市場；另神通資訊提到的是，以他們的經驗，在智慧城市、醫療場域、工廠等特殊之垂直場域，因為對於服務的效率、品質、安全、隱私等需求，確實有私有網路的需求，但從商業角度仍會去衡量不同解決方案的成本及帶來的網路品質提升。

業者		垂直領域服務發展意見
設備及資訊服務業者	台灣諾基亞通信	- 國外案例像是Airbus用既有無線電TETRA系統去設立私有網路（Push-to-talk的需求）。 - 台灣需求，先前有風力發電的廠商，希望能夠設立私有網路，但台灣沒有適合的頻譜。 - 國外在Industry 4.0發展中，MVNO除提供無人工廠通訊，亦提供資料管理分析等服務。
	台灣愛立信	在國外Private Network已有實際案例，如電網的sensor監測數據，原先透過電信業者的服務有丟失數據，數據經人為刪改的狀況，因對資安要求較高，相關數據改用既有之專用頻譜建設私有網路，由operator代建代維，一小時處理全國數據量約3TB。
	光寶科技	5G需要有場域建置才能有實際的需求，希望有實際建置時程，實際測試應用出現，製造業才能推自家的產品製造經驗。 5G智慧製造已經和電信業者進行過成果不錯的場域測試。但就商用化而言，設備製造商需要在台灣先有proven record，包含商業模式皆完成驗證才能推到海外市場。
	神通資訊	- 智慧城市，IoT和醫療場域因有效率、品質、安全需求，具有私有網路需求。 - 政府、工廠、醫療，因隱私、資安需求有私有網路需求，但須衡量成本與網路品質。

圖 6-14 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會其他業者意見
資料來源：研究團隊製作

綜合本段落對於五種可行方案之研析，及座談會業者之意見回饋，研究團隊初步建議，對於我國之垂直領域服務模式，現行法規下業者已可申請為 MVNO 業者，透過批發方式取得相關通訊服務之資源，再轉提供垂直場域服務，若採此一方案，主管機關需關注的在於國內電信市場批發價格之合理性。

若欲採類似專用頻譜方式進行釋出的話，應先透過公眾諮詢、座談、或透過產業發展之主管機關經濟部，調查相關垂直場域服務之通訊需求特性、頻譜需求量，以探討適合之頻譜位置、頻譜量。實際使用方式上，限制於特定區域內作私有網路使用，較不會與既有之電信市場產生衝突，若欲開放作廣域之通訊服務提供，則一是需公平性對所有需求者開放（甚至包含電信業者），另因也會影響到預定釋出之 5G 商用頻譜價值，因此需連同於 5G 商用頻譜之價格、拍賣機制一同進行配套討論。

(三) 釋照及監理機制

在釋照機制部分，由於前次 2017 年 11 月第三波 4G 頻譜釋照時已有良好的設計與執行成果，預期本次拍賣理想上可能不須有太多的變動，惟仍須配合我國 5G 發展政策進行配套調整。在區域劃分議題，雖國際上有小區域的釋照規劃，但由於我國國土較小，採全國執照應仍為相對有頻譜效率之規劃；頻譜上限部分，我國過去多採單一頻段及總頻譜 1/3 上限的設定，但詳細建議內容，仍需看最終釋出頻譜數量，及我國電信業者需求探討做衡量；SMRA、虛擬位置競價、連續優先等機制預期都可延續使用，惟在區塊大小部分，前次拍賣係採 5MHz 為單位，但若釋出頻譜量足夠時，考量 5G 技術規格及使用效率，則可探討是否改採以 10MHz 為區塊大小進行拍賣。相關釋照機制潛在探討議題如下圖整理。

1 共享機制	1-1：MORAN 既有法規下可行		1-2：動態頻譜共享 電信管理法通過後可行
2 垂直應用	2-1：專用頻譜 3570-3610MHz / 28GHz	2-2：商用頻譜 競價/租賃/MVNO	2-3：共享頻譜 毫米波波段
A 執照期間	維持過去設計		
B 區域劃分	B-1：全國執照 競價容易、佈建和頻譜使用效率		B-2：區域執照 推動偏鄉普及、創新服務
C 頻譜上限	C-1：80MHz 確保市場有4家業者	C-2：90MHz 1/3	C-3：100MHz 確保服務品質
D 拍賣機制	D-1：SMRA 已有成功拍賣經驗		D-2：CA 優: 速度提升；缺: 需讓業者熟悉
E 虛擬位址 或實際位置	E：採取虛擬位址規劃 避免業者互踩他人頻段，降低後續移頻之成本或服務中斷之風險		
F 區塊大小	F-1：大區塊	F-2：5MHz 沿用過去拍賣作法	F-3：10MHz 考量5G標準及效率
G 覆蓋義務	G-1：類4G之覆蓋比率 確保偏鄉5G覆蓋		G-2：防禦性覆蓋義務 避免業者不建設

圖 6-15 我國釋照機制設計重點討論議題

資料來源：研究團隊製作

針對主要之議題，分為「頻譜及設施共享機制」、「釋照機制設計及釋照效率」、「建設及覆蓋義務」，以下進行分別討論。

1. 頻譜及設施共享機制

面對未來 5G 大量的建設需求，為求降低業者的建設負擔、加速佈建速度，及對頻譜資源作最有效率的應用，因此出現對於共享的呼籲。從網路架構角度，研究團隊於第 5 章第 4 節、第 5 節中，研析各種共享模式，約略可歸納為三種，第一種是被動式共享，共享各種基礎設施；第二種是主動式共享，現行我國法規限制關係，開放至 MORAN 模式，即不涉及頻譜及核網之共享，有審核通過之空間，未來在電信管理法通過後，由於電信業者從執照制改為登記制，因此相關建設義務，將有機會進一步開放，不一定要採自建模式；第三種是動態頻譜共享，將專用頻譜開放和商用服務共享使用權。

5G 世代，參考日本 JTower 及中國鐵塔公司案例，被動式共享之推動係重要發展方向，目前業者間已有協商平台，未來應持續追蹤其發展成效，及是否擴大至室內型小型基地台之佈建；至於 MORAN、甚至是 MOCN 模式，未來法規上是有可能逐漸開放，但各國在主動式共享上，多仍需進行審核，是否會影響到市場的競爭性，因一個市場，至少需有 3-4 家以上業者，方能維持市場之競爭性，另在主動式共享模式中，並非代表業者完全不用建設，而是業者間分攤建設責任，若單一業者幾乎無建設時，則較近於漫遊之模式，漫遊模式主要常用於國際漫遊，而少有國內性的漫遊，標竿漫遊案例，多半是為了特殊政策目標，如：偏遠地區覆蓋、扶持新進業者/小業者，而非常態性的開放措施，以維持業者投入建設之動力，避免業者皆不建設，而造成國家整體通訊品質的下降。

就共享議題上，應係在不影響國內市場維持競爭情況下進行開放，以讓業者用更有效率方式達成佈建。

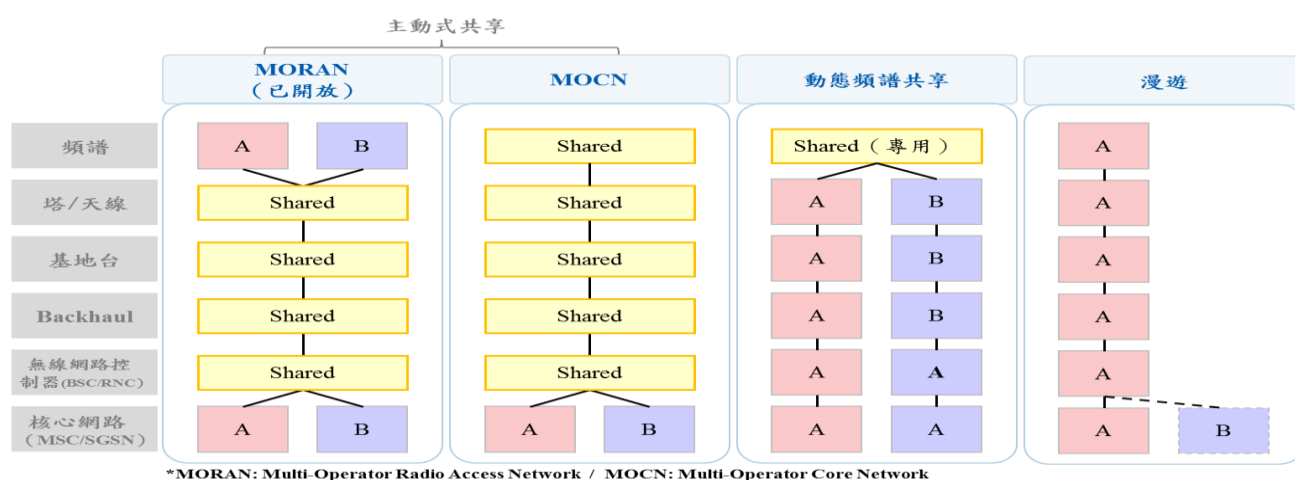


圖 6-16 共享與漫遊機制比較

資料來源：研究團隊製作

2. 釋照機制設計及釋照效率

在未來 5G 釋照及權利義務設計部分，除最重要是順利完成競價，另也需考量整體競價作業效率（完成時間長短）、及決標價格之高低，因預期未來 5G 會再有一波大量投資之需求，若業者取得頻譜成本過高，則有可能降低業者之投資意願，雖對國庫收益有利，但亦可能影響民眾福祉。

影響整體釋照效率之關鍵因子眾多，且有相互關聯，其中影響最大仍在於競價的競爭性，我國首次之 5G 頻譜拍賣，雖然釋出之頻譜資源十分足夠，但業者對於頻譜量的需求亦較 4G 頻譜來的高，以 3.5GHz 頻段為例，雖釋出頻譜量達 270MHz，但三大電信，皆預期需要 80MHz 以上之頻譜量，幾乎可說小業者競爭空間有限、更別說垂直領域之新進業者。若電信管理法通過後開放有頻譜租用，小型的電信業者包含亞太、台灣之星，除可透過取得 28GHz 頻段提供服務，亦可透過租用等方式，向其他業者取得 3.5GHz 頻段之使用權，降低必須要在 3.5GHz 取得頻譜之壓力，另因現業者可能皆採 NSA 方式進行佈建，及基於 4G 網路架構進行佈建，利用既有頻譜發展 5G，亦為可能之方向。

底價水準的設定，與決標價格之關聯，受競爭性之影響。若整體競爭性低，則底價將可能接近於成交價，則底價應設定在合理之水準，但若整體競爭性高，則即使設定於較低之底價水準，最終決標價格亦可能在競爭下不斷攀升。另在競價機制上，可能延續前次拍賣作法，採 SMRA 機制進行拍賣，在業者熟悉拍賣流程及規則下，順利完成拍賣，但國際上如美國，考量希望加快競價作業，改採出價較為簡易之 CA 方式進行拍賣，同時也有機會加快拍賣作業流程。

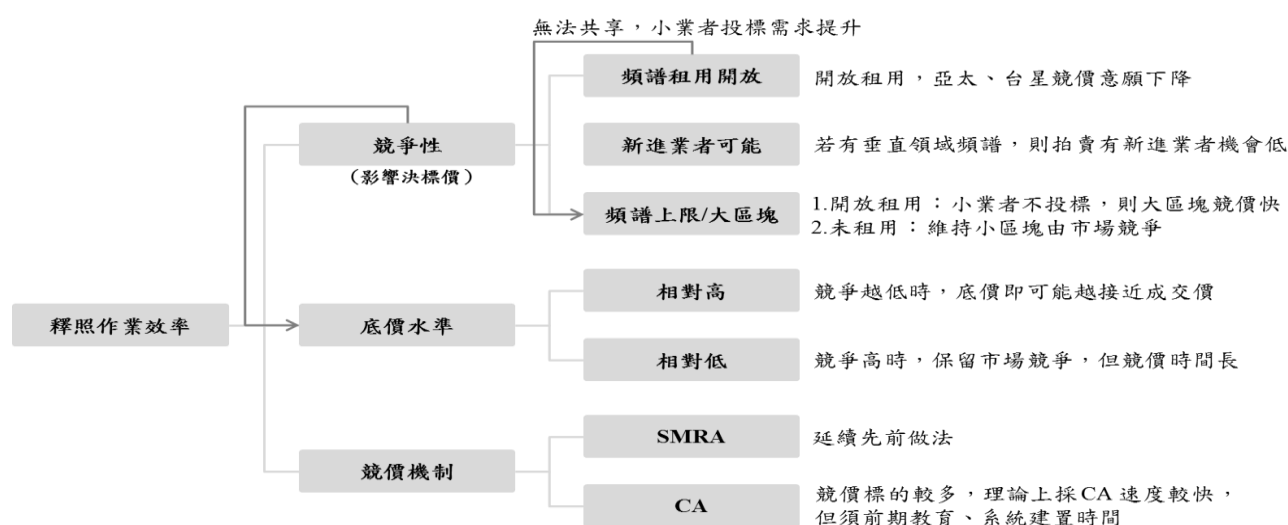


圖 6-17 釋照效率關鍵因子

資料來源：研究團隊製作

針對較為重要之競價機制、頻譜上限、釋照效率部分，詳細說明於下：

● 競價機制

SMRA 機制與 CA 機制，差異點主要有二，一是在於出價的容易程度，SMRA 是直接對各個區塊進行出價，CA 則是對該回合之回合價格，出價需求塊數。以下圖為例，假設 A 業者希望取得 8 塊頻譜，在 SMRA 機制狀況下，如 A 業者此回合暫時得標有五塊，則 A 業者需要再擇三塊區塊進行出價。在 CA 機制下，假設此回合之 Clock Price 為 5 億（即取得每一塊的價格為 5 億），則業者僅需表示在此價格水準下，頻譜需求數量為 8 塊。本次拍賣標的，於 3.5GHz 頻段，如以 10MHz 為單位，則有 27 塊、於 28GHz，如以 100MHz 為單位，則有 25 塊，整體競價標的因本次頻譜供應量較多，因此競價標的較多，採 CA 機制可降低業者之出價程序難度。

另一差別在價格上升速度，在 SMRA 機制下，業者並不一定需要每回合進行出價，因此不一定每一區塊每一回合皆會上升價格；相較之下，CA 機制每一回合 Clock Price 上升，等同於每一區塊的價格皆上升一定比例。以前次拍賣過程來看，由於業者皆盡可能希望以最低價格取得頻譜，因此於 SMRA 機制下，出價的速度較為緩慢，因此若本次拍賣改採 CA 機制，確實有機會加速整體釋照作業流程。

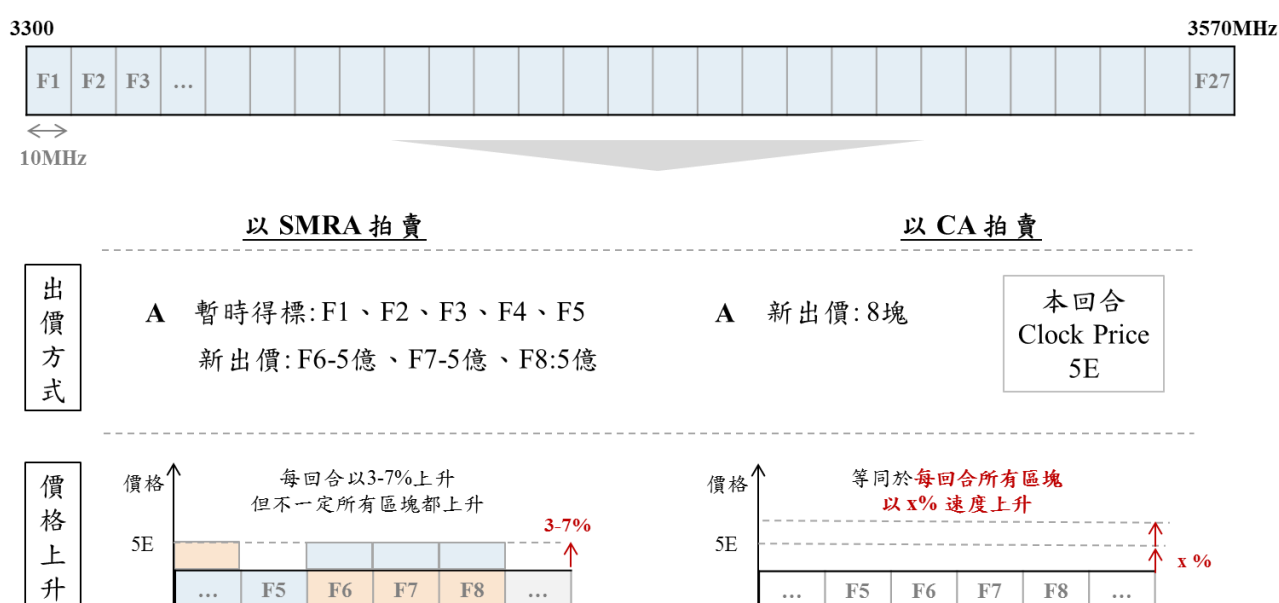


圖 6-18 SMRA 與 CA 機制比較

資料來源：研究團隊製作

但更換釋照機制，需要重新確立拍賣規則、進行拍賣系統之開發，更重要的是要讓業者有時間熟悉規則、進行演練，以避免業者係因為不了解規則狀況下，而影響拍賣的結果。本次拍賣標的雖多，但 3.5GHz 預期主要為大業者進行投標、28GHz 則因供應量足夠而競爭性低，可能原拍賣流程即可快速完成，若於此前提之下，更換為 CA 機制的效益有限，而成本過高。因此是否要更換為 CA 機制，應仍視本次釋照作業之競爭性而共同進行討論。

● 頻譜上限

在大區塊/小區塊選擇部分，採用小區塊的最大好處，在於保持市場之彈性及競爭，業者可依自己的需求進行競標，組合需求之頻譜量，因此為目前之主流釋照規劃方式；但國際上亦有採大區塊的規劃方式，主要發生在有特定政策目標之國家，如義大利因希望引入新進業者，因此以大區塊方式，將 200MHz 的頻譜劃分為 80/80/20/20 四個區塊。採用大區塊的好處主要在於競價效率高，業者不用一塊一塊小區塊競價，但大區塊組合方式多元，考量因素可能包含：是否希望國內有 100MHz 的業者、是否希望確保有小業者存在、大區塊組合規劃是否存在競爭性、是否有流標之可能，任一大區塊之組合規劃方法，都隱含特定政策方向，且因難以於競價前明確掌握所有業者之規劃，因此難以作出所謂之最佳之規劃。

若採小區塊規劃，則是由市場決定頻譜之分配，但上限之劃分亦可能影響到競爭性、及拍賣之結果。以三大業者皆希望拿到 80MHz 以上作為假設，若同過去機制設定，設定為單一業者最多取得 1/3 頻譜，即 90MHz，則三大業者即可能買完所有的 270MHz，而無小業者之空間，若要確保小業者能於 3.5GHz 獲得頻譜，則需調降單一業者之上限，但相對的亦會壓縮大業者發展的空間，另從頻譜效率觀點，即使小業者能取得部分頻譜，由於頻寬量較小，與既有 4G 表現差異不大，亦無法充分發揮 5G 之效用。有關上述大小區塊、頻譜上限之可能選項，及優缺之分析，如下圖整理。

3.5GHz 上限	三大業者	小業者總和	決標價	特性
80	240	30	低	有第四家業者
90	240-270	0-30	中	同先前1/3上限規範
100	300	0	高	有100MHz的業者

大區塊組合					100MHz	小業者	競爭性	流標可能
80	80	80	30			V	亞太v.s.台星	30
80	80	80	20	10		V	亞太v.s.台星	20、10
90	90	90					無	
90	80	80	20			V	高	20
100	100	70			V		遠傳v.s.台哥大	
100	90	80			V		遠傳v.s.台哥大	
100	100	50	20		V	V	高	20
100	80	80	10		V	V	亞太v.s.台星	10

圖 6-19 小區塊頻譜上限及大區塊設計影響分析

資料來源：研究團隊製作

● 釋照效率綜合分析

綜合前述討論，影響整體釋照效率之因素及可能作法如下圖整理，主要視各種作法對於競爭性的影響，進而會影響釋照之效率，其中可能影響的項目包含區塊劃分、位置模式、單一業者頻譜上限、競價機制、底價等，皆是可能影響因子。

項目	可能作法	重點優劣特性	相對競價時間
區塊劃分	小區塊	優: 彈性大，讓市場決定需求	長
	大區塊	優: 降低競爭；缺: 區塊劃分困難、底價設立重要	短
位置	虛擬位置	優: 目前主要拍賣方式，前次亦有成功案例	短
	實體位置	缺: 可能有惡意出價策略	長
★單一業者 上限	80	三大業者: 80；剩餘30MHz效益較低、有流標風險	視亞太 v.s. 台星
	1/3 (90)	三大業者: 90；小業者的配套	最快
	100	三大業者間亦會有競爭；小業者的配套	視三大業者競爭
競價機制	SMRA	優: 業者較熟悉，運作順暢；缺: 標的較多投標不易	長
	CA	優: 業者每回合出價容易，競價時間可能較短	短
底價	較高	對5G頻譜估價困難，較不易定在準確底價	短
	較低	競價時間長	長

圖 6-20 競價期程影響關鍵因子

資料來源：研究團隊製作

3. 業者意見回饋

為及早了解業者對於 5G 相關監理機制，包含釋照機制之意見，研究團隊於 2018 年 12 月 13 日，於集思台大會議中心舉辦有「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會。討論議題主要分為兩大區塊，一是就業者對於 5G 未來商業模式、頻譜需求看法進行了解，及未來是否支持相關共享措施的推動；另一主題則是針對研究團隊所提出之頻譜拍賣設計關鍵要素，包含釋照機制、上限、覆蓋義務等，與業者進行討論。

主題一：5G發展規劃及需求

- 國際5G首波釋照以3.5GHz、28GHz為主，業者可因應發展服務內容不同而競標適合之頻段及頻寬，除以往B2C服務，未來B2B型垂直領域服務亦為關鍵，想請教：
 - 1-1 針對5G發展，是否已規劃有網路建置或服務商轉提供時程？主要提供服務係以B2C服務或以B2B服務為主？
 - 1-2 因應 5G 服務發展需求，貴司對於3.5GHz及28GHz之頻譜需求？
 - 1-3 因應5G大量基礎建設，及電信管理法發展，是否支持或有意願發展業者間基礎設施或頻譜共享之營運模式？

主題二：頻譜拍賣設計關鍵要素

- 因應5G使用頻段、商業模式與以往行動通訊技術之差異，於5G頻譜拍賣機制及配套措施上，亦有可能進行調整，想請教：
 - 2-1 為利拍賣進行，是否認同原則上延續先前機制，採兩階段虛擬位置SMRA拍賣，並為全國性執照？
 - 2-2 為確保頻譜使用效率，及滿足對EMBB服務需求，3.5GHz頻譜上限是否應規劃為 100MHz？
 - 2-3 為確保數位人權，設定覆蓋義務對業者之影響為何？

圖 6-21 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會討論議題

資料來源：研究團隊製作

座談會中，業者對 5G 發展看法及需求大致相同，對於商業模式來說，皆認為早期將會以 B2B、B2B2C 的商業模式為主，但短期來說，因為商業模式尚未成熟，且目前設備仍處於較高之價格，因此尚無規劃大量建設，而是會依需求發展逐步進行建設；對於 5G 頻譜需求部分，業者亦認同 3.5GHz 技術上之最適頻寬約為 80-100MHz、28GHz 則為 400MHz，但同前面段落所述，若三大業者於 3.5GHz 皆欲取得 80-100MHz 時，則小業者幾無取得頻譜機會，因此台灣之星也呼籲考量台灣現有五家既有業者，因此不應只考慮最佳頻寬規劃；共享議題部分，以台灣大哥大與亞太電信為主要支持者，遠傳電信則建議未取得 3.5GHz 的業者，可改轉為 MVNO 與 MNO 業者進行合作，中華則從效率角度分析，若無放寬基

地台功率之限制，則共享不一定可帶來能源及成本的節省，另台灣之星則補充建議，若要開放共享，應於釋照前確認相關規範以讓業者可評估將釋出之 5G 頻譜價值，另共享之頻譜應僅限本次釋照之頻譜，而不溯及既往頻段，以維持公平性。

業者		5G發展規劃及需求意見
電信業者	中華電信	- 無明確商轉時程，目前設備一台仍約300-400萬，因此尚無法大量建設。 - 對網路共用能源及成本節省效益存保留態度，因若未調整功率的限制，共用設備在相同功率下，會使得涵蓋及速率下降，因此仍需增加基地台數量，因此共用不一定能帶來能源及成本的節省。
	遠傳電信	- 希望B2C和B2B2X服務都可提供，但會以後者為主，希望可以盡快提供5G服務，越快越好。 3.5GHz最適頻寬為80-100MHz。 - 假設只有三張5G執照，建議其他業者採取MVNO模式進行合作。
	台灣大哥大	- B2C商業模式不明顯，B2B2X的需求較多，運營商對短期大量投資網路建置較保守。 3.5GHz最適頻寬為100MHz，在28GHz應為400MHz。 - 支持網路和頻譜共享有國家整體規劃。
	亞太電信	- 市場決定商轉時程，B2B因預期有企業願意買單，所以會較早進入市場，但有非廣域覆蓋的特性，出現在一定的範圍以內；B2C服務對消費者買單的意願存疑。 3.5GHz至少需要80MHz，28MHz頻寬需求為400MHz。 - 共享營運，這是市場趨勢，法規應放寬且讓業者自由協商。
	台灣之星	- 台灣市場情況是有5家既有業者，因此認為不應只以最佳頻寬為80-100MHz作為唯一上限考量。 - 支持網路和頻譜共享，但應在釋照前確立相關規則，但應僅限新釋出頻段，不應溯及過往已釋出頻段。

圖 6-22 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會業者對 5G 發展需求意見彙整

資料來源：研究團隊製作

對於頻譜拍賣設計相關要素，在拍賣機制部分，業者皆支持延續前次作法採用 SMRA 機制，台灣大哥大甚至表示不必加速拍賣時間，因預期競價過程應該不會太久。但在 SMRA 細節部分，仍有不同建議，遠傳電信希望可採大區塊、實際位置方式釋出；中華則提出，若護衛頻段 3570-3610MHz 要作垂直場域用頻譜釋出，則會影響到鄰頻之 5G 頻譜價值，即代表 3300-3570MHz 的頻譜價值並非整段相等，較靠近 3570MHz 的頻段，若無法確保不被干擾，則頻譜價值較低，但在兩階段虛擬位置 SMRA 機制下，決定位置僅能透過第二階段的一次性密封標機制。若確實有如中華所模擬之狀況，即全頻段價值不等時，可能之作法，一是如遠傳所述，改為單一階段、大區塊、實際位置之 SMRA 機制；亦或於第二階段位置階段，由原一次性密封標機制，亦改為 SMRA 機制，讓業者可充份對位置的差異性進行出價。

在頻譜上限部分，三大業者皆建議可維持 1/3 上限管制模式，則 3.5GHz 頻段總共 270MHz 頻譜量，單一業者最多可取得 90MHz，於此規劃下，幾乎是三大業者可取得頻譜，且可能競爭相對低，即能夠以較低決標價格取得頻譜。但小業者則持不同意見，亞太雖未對上限表示意見，但若採用 1/3，則希望對其他既有業者有配套措施；台灣之星則參考國外案例，提出數量階段亦採兩階段之作法，第一階段上限僅為 40MHz，第二階段則將上限提高至 100MHz，讓欲取得更多頻譜的業者於第二階段競爭。28GHz 上限部分，三大業者亦建議採 1/3 上限，則單一業者有機會取得近 800MHz 頻譜量。

在覆蓋義務部分，業者則皆認為，既有行動寬頻已設有覆蓋義務，於偏鄉地區既有之傳輸速度已可滿足既有服務需求，若於 3.5GHz、28GHz 設定覆蓋義務，對於業者負擔較大，且目前尚未看到實際的需求，效益較低，因此不建議於本次釋照納入偏鄉之覆蓋義務，如需設定覆蓋義務，則應設定於低頻之頻段。

業者	頻譜拍賣設計關鍵要素意見
電信業者	中華電信
	遠傳電信
	台灣大哥大
	亞太電信
	台灣之星

圖 6-23 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會業者對 5G 頻譜拍賣設計關鍵要素彙整
資料來源：研究團隊製作

4. 小結

綜合本段落之相關討論，建議如下圖整理，共享之推動上以被動式共享、或 MORAN 共享為主，更進一步的 MOCN 共享則需評估是否會影響到市場之競爭性，而動態頻譜共享目前由於國際上相關機制尚不成熟，則需持續追蹤國際發展；在垂直場域頻譜部分，透過競價、MVNO、租賃方式取得商用頻譜為可行之作法，如欲規劃專用頻譜，28GHz 之頻譜量較充足，惟 3.5GHz 生態系目前較為成熟、且覆蓋性較佳，因此垂直場域業者較期待 3.5GHz 頻段的專用頻譜使用，若欲使用 3570-3610MHz，需注意干擾之問題，亦需要連同 3.5GHz 的 5G 商用頻譜釋照規劃共同討論。

區域劃分部分，由於我國國土較小，仍建議採用全國執照，以較有效率的使用頻譜；上限部分建議仍維持 1/3 之規劃，則預期三大業者有機會取得 80-90MHz 頻譜，若小業者未能取得 3.5GHz 頻段，一則是可競標 28GHz 以提供 5G 服務，或以租賃方式與得標業者進行 3.5GHz 頻譜之共享，仍可提供 5G 服務。

拍賣機制上，維持 SMRA、虛擬位置、兩階段仍是一可行作法，如欲加快釋照效率，則改採 CA 拍賣方式則為替代選項，惟因盡早完善相關規劃，以讓業者有充分時間準備；另因應 3570-3610GHz 可能釋出作專用頻譜，使得 3300-3570MHz 整段價值不均，替代方案為採大區塊、實際位置、一階段 SMRA 競價方式，抑或維持兩階段小區塊、虛擬位置 SMRA，但於第二階段之位置階段，由原一次性密封標改為其他方式，如 SMRA，讓業者可針對位置價值差異充分表達需求。

區塊劃分上，若維持小區塊方式，則因應頻段技術及使用效率，則 3.5GHz 區塊單位大小建議為 10MHz、28GHz 區塊單位大小建議為 100MHz，以最小符合技術標準之單位作釋照，保持業者彈性競價之空間。

覆蓋義務上，由於本次釋出頻段位置較高，覆蓋性較差，且目前 5G 商用模式可能以 B2B 型應用為主，於特定區域進行覆蓋及服務提供，因此若要求較大之覆蓋義務，除對業者負擔較大而影響建設，其效益亦較低。偏鄉部分，利用既用 4G 頻譜提升覆蓋及服務品質，因可已滿足目前相關應用需求。相關建議如下圖彙整。

1 共享機制	1-1：MORAN 既有法規下可行		1-2：動態頻譜共享 電信管理法通過後可行
2 垂直應用	2-1：專用頻譜 3570-3610MHz/28GHz	2-2：商用頻譜 競價/租賃/MVNO	2-3：共享頻譜 毫米波波段
A 執照期間	維持過去設計		
B 區域劃分	B-1：全國執照 競價容易、佈建和頻譜使用效率		B-2：區域執照 推動偏鄉普及、創新服務
C 頻譜上限	C-1：80MHz 確保市場有4家業者	C-2：90MHz 1/3	C-3：100MHz 確保服務品質
D 拍賣機制	D-1：SMRA 已有成功拍賣經驗		D-2：CA 優：速度提升；缺：需讓業者熟悉
E 虛擬位址 或實際位置	E-1：採取虛擬位址規劃 避免業者互踩他人頻段		E-2：採取實際位址規劃 搭配大區塊效益較佳
F 區塊大小	F-1：大區塊	F-2：5MHz 沿用過去拍賣作法	F-3：10MHz 考量5G標準及效率
G 覆蓋義務	G-1：類4G之覆蓋比率 確保偏鄉5G覆蓋		G-2：防禦性覆蓋義務 避免業者不建設

圖 6-24 我國 5G 首波釋照機制重點建議

資料來源：研究團隊製作

在關鍵議題的具體建議部份，共分為三大項目：

1. 共享機制：持續推動被動式、MORAN 共享，降低業者建設負擔

現業者於法規面已可進行被動式、及不涉及頻譜、核網之共享，更進一步的開放 MOCN 或漫遊，由國際案例來看多搭配偏鄉覆蓋、扶持新進業者等特定政策，而非全面性開放。

2. 垂直應用：兼顧競爭性及合理性推動產業發展

若要使用護衛頻帶（3570-3610MHz）作為垂直應用之專用頻譜，應限制於垂直區域且不可接入公眾網路、亦不可造成鄰頻干擾條件下使用；另垂直應用頻譜之主管單位，應設置符合需求之收費標準，以避免濫用及合理化使用權；有意發展垂直服務之業者，除專用頻段，未來亦可透過租用、MVNO 方式、動態共享頻譜等措施取得頻譜，應就各種取得頻譜方式綜合評估垂直服務業者進入門檻合理性。

3. 覆蓋義務：未來由政府統一進行不經濟區域土建基礎建設

覆蓋義務將可能提升業者建設成本及影響發展機會，因此不建議於 3.5GHz 設立嚴格之覆蓋義務；但為避免 5G 加大數位落差，可利用標金、頻譜使用費，編列部份經費由國家進行偏鄉之土建基礎設施建設，再由電信業者進行基地台設置。

相關建議彙整於下圖：

1 共享機制	• 持續推動被動式、MORAN 共享，降低業者建設負擔 現業者於法規面已可進行被動式、及不涉及頻譜、核網之共享，更進一步的開放 MOCN 或漫遊，由國際案例來看多搭配偏鄉覆蓋、扶持新進業者等特定政策，而非全面性開放。
2 垂直應用	• 2-1 3570-3610MHz 開放，應在避免干擾、限制於垂直場域內條件下使用 • 2-2 毫米波未來可參考國際趨勢，探討保留部份以專用/共享頻段作垂直應用 • 2-3 完善垂直應用多元頻譜取得管道，兼顧市場競爭公平性下，合理化新型垂直應用服務業者進入門檻 若要使用護衛頻帶作為垂直應用之專用頻譜，應限制於垂直區域且不可接入公眾網路、亦不可造成鄰頻干擾；垂直應用頻譜之主管單位，應設置符合需求之收費標準，以避免濫用及合理化使用權；有意發展垂直服務之業者，除專用頻段，未來亦可透過租用、MVNO 方式、動態共享頻譜等措施取得頻譜，應就各種取得頻譜方式綜合評估垂直服務業者進入門檻合理性。
G 覆蓋義務	• 3.5GHz 由市場發展，僅設立基本覆蓋義務；但可由本次釋照頻譜相關費用中提撥編列預算，未來由政府統一進行不經濟區域土建基礎建設，降低建設成本 覆蓋義務將可能提升業者建設成本及影響發展機會，因此不建議於 3.5GHz 設立嚴格之覆蓋義務；但為避免 5G 加大數位落差，可利用標金、頻譜使用費，編列部份經費由國家進行偏鄉之土建基礎設施建設。

圖 6-25 我國 5G 發展重點政策建議

資料來源：研究團隊製作

第7章 結論

近年各項科技技術之累積，逐漸累積為爆發的能量，過去單一技術型研發，已轉向著重生態系的發展，各 Stakeholder 各司其職方能達成最大效益。綜觀各國電信監管機關，面臨下世代通訊科技，除須維持市場監理者之角色，維持市場公平性、競爭性、服務品質，亦越多的共同參與研發與早期研發，由技術面、應用面、商業模式面進行新型態服務模式的了解，以找到確切監理涉入角度及深度。整體監理角度來說，目前最困難問題在於，一是從以人為主要服務提供對象模式、轉往更多元的連網裝置型態，包含智慧裝置、感測模組等；另商業模式的變化、市場新進業者的參入，既有的監理架構需要隨技術及現地之產業發展與時俱進。

廣義物聯網，只要能將多個物體以通訊聯結溝通，皆能算是物聯網應用，惟近年特別強調具低功耗、覆蓋區域廣之模式，即各式感測、定位、量測元件之佈建。通訊技術議題目前已逐步完善，除主要使用免執照頻段之 LoRa、Sigfox 外，電信級物聯網技術 NB-IoT、LTE Cat M1 等已逐漸成熟，並可利用既有電信業者基礎建設，快速達成佈建及覆蓋。以物為主之服務特性，由於目前仍歸屬在行動寬頻業務管理規則下進行管理，部份的條款並不是那麼的適用，日前主管機關亦已逐步進行調整放寬，對於物聯網設備災防、平等接取、號碼數量申辦限制、號碼可攜、雙證查核等條款，採輕度管理模式。另國際上目前針對物聯網發展，討論最熱烈即資安議題，面對更大量、更多元、更輕量的物聯網設備，已逐漸成為容易被攻擊的資安漏洞，資安議題上，由於涉及國家各個部會、各個層面，因此多有一跨部會委員會機制進行整體性的規劃協調，另在設備驗證部份，則由國家標準制定單位進行物聯網資安標準設定，而後進行相關產品之認證查核，我國現行亦採此分工模式，由經濟部工業局及國家通訊傳播委員會共同發起「物聯網資訊安全標章認證計畫」，進行物聯網設備驗證。在法規部份，目前未有太多物聯網相關之法規，現加州雖有於民法中補充物聯網資安規範，但僅規範設備出廠時的預設密碼必須不同、使用者首次使用設備時亦須變更密碼。

5G 部份研究團隊分從技術、應用、國家政策及釋照規劃等面向進行探討。技術標準部份，3GPP Release 15 的主要版本已經於 2018 年 9 月凍結，即不管是 NSA 或 SA 之規範皆已完成，業者已可進入建設階段；頻段部份，雖然於 2019 年的 WRC19 才會決定國際統一之頻段標準，但目前已陸續有國家就較為熱門的 3.5GHz、28GHz 進行釋照；手機部分，目前主要廠商皆預定於 2019 年或 2020 年正式推出。整體而言 5G 生態系於 2020 開始應會逐步成熟，而我國現規劃於

2020 釋照，亦符合整體生態系成熟之時間點。應用角度面，由於 5G 強調 B2B 型、垂直場域型之商業模式，目前各家業者持續進行各項服務之測試驗證，eMBB 主要可用於娛樂、賽事轉播、高清影像相關之應用，亦可搭配於其他垂直領域服務，如遠距醫療亦需要傳遞高清影像，以供遠距醫生進行共同診療；另於自駕車、智慧交通領域、即時的高清地圖傳輸，亦為相關應用之重要資料，由於資料量龐大，亦需要透過 5G 達成即時之傳輸。而 URLLC 應用，則被視為可帶來破壞式的創新，開創不同的服務模式，真正達到異地同步、即時同步的服務模式，因此在垂直場域中，亦被視為重要應用，如現已有在測試透過 5G 網路，進行遠端工作機械之操作等。

在各國釋照規劃部份，除了機制規劃，隨 5G 新發展的議題包含共享之推動、垂直場域服務模式。共享推動，主要係因應未來 5G 頻段位置較高，預期需建設更多且包含室內之小型基地台，佈建上的困難及成本上都可能比過往提升，為加速佈建、降低業者負擔，共享被視為重要措施。從國際發展來看，因應 5G 所發展，目前如：中國、日本、韓國等國，主要推動的屬於被動式共享為主，除了站址亦包含電桿、室內線路等基礎設施，以降低重複建設之成本與時間。在垂直場域服務模式上，國際上目前有汽車、電器、能源等領域業者發展為垂直型 MVNO，提供包含通訊的整合解決方案、另從頻譜及釋照角度，目前日本、香港尚在討論規劃垂直場域之專用頻譜。

就釋照機制來說，延續前次釋照採用之兩階段 SMRA 虛擬位置拍賣方法，為一可行性之方法，但納入釋照效率、鄰頻潛在干擾議題後，目前包含 CA、大區塊、實際位置都一併列為可能之實施方式，若能先行決定垂直場域頻譜規劃模式、未來共享開放程度，將能更確定相關釋照機制之優缺分析。覆蓋性義務議題，目前多數國家係以固定台數方式進行限制，屬於防禦性的覆蓋義務，避免業者僅為取得頻譜而不進行建設，因本次釋照頻譜頻段位置較高、且 5G 發展目前商業模式未明，但預期短期會以 B2B 為主，若針對此次預定釋出之 3.5GHz 頻段進行覆蓋義務設定，將有可能影響業者整體建設意願，針對偏鄉之覆蓋及服務品質，持續透過既有 4G 進行加強，由於偏鄉人口數量較少密集程度較低，應已可滿足既有服務之需求。

未來就監理議題，除釋照相關規範外，對於服務模式之變動，包含 Private Network、主動式共享、MVNO 推動、垂直場域服務業者管理等，將需要持續追蹤我國產業需求及整體電信市場變化趨勢，進行探討及修正建議。

附件 1 「我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式」座談會紀錄

(一) 我國物聯網及 5G 垂直領域應用電信服務模式

時日	2018 年 10 月 11 日（四）14：00～16：00		
場所	集思台大會議中心 B1 洛克廳(台北市大安區羅斯福路四段 85 號)		
參加者	對象：	光寶科技股份有限公司	
	（業者按照	神通資訊科技股份有限公司	
	發言順序）	台灣愛立信股份有限公司	
		台灣諾基亞通信股份有限公司	
		亞太電信股份有限公司	
		台灣之星電信股份有限公司	
		遠傳電信股份有限公司	
		中華電信股份有限公司	
		台灣大哥大股份有限公司	
	NRI：	陳志仁、王懷賢、周竹翎	

業者發言

■ 光寶科技

- 5G 需要有場域建置才能有實際的需求，希望有實際建置時程，實際測試應用出現，製造業才能推自家的產品製造經驗。
- Smart City 為近年主要發展方向，包含智慧工廠、智慧監控、車聯網、雲端運算、生技醫療、智慧路燈等領域，都需要大量資料量，且即時的，積極和國外品牌業者和電信業者推自家產品和技術應用。
- 5G 智慧製造已經和電信業者進行過成果不錯的場域測試。但就商用化而言，設備製造商需要在台灣先有 proven record，包含商業模式皆完成驗證才能推到海外市場。
- 目前光寶科技正積極轉型為應用服務供應商，而非只是作為設備製造商。未來五年應用和服務的供應商，目前也在思考 Ecosystem 的應用和創新商業模式。

■ 神通資訊科技

- 作為系統整合商（System Integrator）公司，需求在哪裡神通就會去做該案子，大型企業和政府為神通科技需求案主。
- 想知道的是物聯網之剛性需求是否存在，NB-IoT 何時會取代現有網路？價錢成本和服務品質？
- 影音資料傳輸應用以一般場域為主，較無私有網路之需求。
- 智慧城市，IoT 和醫療場域因有效率、品質、安全需求，具有私有網路需求。
- 政府、工廠、醫療，因隱私、資安需求有私有網路需求，但須衡量成本與網路品質。
- 以企業角度來說，客戶沒有需求，系統整合商便不會發展該技術設備。因此神通並沒有以 MVNO 作為營運模式的討論。

■ 台灣愛立信（Ericsson）

- 在國外 Private Network 已有實際案例，如公家單位。
- MVNO 主攻 niche market，因為服務價格較低大型 MNO 不願進入。但台灣本身因電信費率較低，因為和 MVNO 價差較低可能較難出現 MVNO 模式。
- 國外案例如，電網的 sensor 監測數據，原先透過電信業者的服務有丟失數據，數據經人為刪改的狀況，因對資安要求較高，相關數據改用既有之專用頻譜建設私有網路，由 Operator 代建代維，一小時處理全國數據量約 3 TB。

■ 台灣諾基亞通信 (Nokia)

- 美、中、日、韓等 5G 領先國家，比較有企業精神，不會等商業模式出現才去做，而是會爭取用新技術當作 tools 進行測試。
- 國外案例像是 Airbus 用既有無線電 TETRA 系統去設立私有網路 (Push-to-talk 的需求)。
- 台灣需求，先前有風力發電的廠商，希望能夠設立私有網路，但台灣沒有適合的頻譜。
- 國外在 Industry 4.0 發展中，MVNO 除提供無人工廠通訊，亦提供資料管理分析等服務。

■ 亞太電信

- 私有網路是 niche market，需求由設備商、MNO、或是系統整合商來發現都有可能。
- 亞太因為母公司有硬體製造能力，在醫療市場亦有著墨，若亞太拿到 5G 頻譜，結合電信服務建設和維護基地臺經驗，有意協助企業做私有網路。
- 從 MNO 角度，因為網路建置、維運費用很高，如為企業建設私有網路時，希望可以推出更多服務應用。
- 私有網路多需要設定靜態隔離，如何界定範圍？申請方式如何？使用限制？是否需要執照以控管？相關配套措施必須完善。

■ 台灣之星電信

- 公司必須考量營收，虧損狀態，如有垂直領域相關規劃，在 5G 競標頻譜應該明確說明，因為會影響標金。
- 過去 4G 是建設完網路等人來用，但是 5G 的模式是依照需求去建設。
- 但法規上 4G 和 5G 無太大差別。使得 MNO 要推出創新服務較為困難。

■ 遠傳電信

- 希望 NCC 可以參考金管會對網銀的開放模式，既有的法規可以延續，但是新的服務要做適度的開放，如：純網銀。
- 垂直場域若使用 3.5 GHz 頻譜，會有干擾問題，如台積電廠房旁邊亦有多家工廠。
- 如是原先規畫用來作為 Guard Band 的頻譜，則不適合開放作使用。
- 電信業者管制較為嚴格，也代表較高的成本，Micro Operator、私有網路業者應也要受相同的管制方法及義務限制。

■ 中華電信

- 期待垂直場域應用發展。
- 私有網路存在之需求和經濟效益為何？有存在必要性的話，是否需要專用頻率？為什麼可以取得專用頻率？
- 對於電信業而言，頻率使用效率是重點，但是如要使用 Guard Band 作為垂直領域應用則不建議，因為會造成干擾，整體效益反而較差。

■ 台灣大哥大

- 系統整合商業者希望有實際場域，現在 NCC 已有推動簡化程序，也可以進行概念性驗證或甚至 POB。
- 既有 Unlicensed band（如： 2.4GHz）已經可支援一些應用，是否有需求一定要使用 3.5GHz。
- 台灣若因為頻譜資源有限，未來是不是有可能出現像美國 CBRS 的頻譜共享機制規劃？

附件 2 「我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討」座談會紀錄

(二) 我國 5G 發展頻譜需求及拍賣設計關鍵因子探討

時日	2018 年 12 月 13 日（四）14：00～16：30		
場所	集思交通部會議中心 2 樓 202 會議室（台北市中正區杭州南路一段 24 號）		
參加者	對象：	台灣大哥大股份有限公司	
	（業者按照	遠傳電信股份有限公司	
	發言順序）	亞太電信股份有限公司	
		台灣之星電信股份有限公司	
		中華電信股份有限公司	
		台灣愛立信股份有限公司	
		台灣諾基亞通信股份有限公司	
		亞旭電腦股份有限公司	
		經濟部 5G 辦公室	
		行政院科技會報	
	NRI：	陳志仁、王懷賢、何彥宏、周竹翎	

業者第一輪發言（5G 發展規劃及需求）

■ 台灣大哥大

- 5G 目前來看 B2C 商業模式不明顯，反而是 B2B2X 的需求較多。因此運營商對短期大量投資網路建置的作法較保守。
- 以頻譜需求來說，最適頻寬在 3.5GHz 應是 100MHz；在 28GHz 應為 400MHz。
- 想確認電信管理法通過以後是否 MOCN 確實可行，希望從國家角度，有一些集中資源，包含頻譜及網路的共享方向。

■ 遠傳電信

- 有關網路建置和服務提供時程的議題，遠傳電信希望 B2C 和 B2B2X 服務都可提供，但會以後者為主，希望可以盡快提供 5G 服務，越快越好。
- 對於市場預估，雖然保持樂觀，但目前仍看不清楚商業模式。
- 關於頻譜需求議題，3.5GHz 技術上來說 80-100MHz 為最適頻寬，遠傳認為 270MHz 劃分為三張執照、一張執照 90MHz 是最適當的，讓每條網路有相同效率，對國內的通信品質較有保障，對產業發展、競爭和服務提供也較有利。若是劃分為（100, 100, 70）則 70MHz 無法達到相同通信品質。以（100, 90, 80）劃分則各家服務會有差異，垂直產業合作對象選擇變少。
- 頻譜共享議題，5G 強調 Slicing 技術提供之網路彈性，假設透過頻譜共享營運，是否可如技術特點執行有疑問。假設只有三張 5G 執照，建議其他業者採取 MVNO 模式進行合作。

■ 亞太電信

- 認為是市場決定商轉時程和網路建設，但預期不會太晚。
- B2B 因預期有企業願意買單，所以會較早進入市場，但有非廣域覆蓋的特性，出現在一定的範圍以內；B2C 服務對消費者買單的意願存疑。
- 關於 3.5GHz 頻寬由技術觀點認為至少需要 80MHz，但也取決於是否允許共享網路以及整體釋出數量，80-100MHz 是較有效率的頻寬，而在 28GHz，頻寬需求為 400MHz。
- 關於共享營運，這是市場趨勢，法規應放寬且讓業者自由協商。亞太注意到中韓日的市場中有共享的機制，該三國有足夠的市場支持此網路共享業務。另外也考慮到為了降低網路建設和營運成本。由於基站建置維運需投入巨大成本，國家資源使用效率應為重要考量。

■ 台灣之星

- 關於商轉時程，由於目前可行商業模式未明朗，因此不管 B2B 或 B2C

服務推出，須看之後商業環境決定。

- 針對頻譜需求，簡報中提及取得 100MHz 頻寬以上的國家，多為釋出頻寬多但業者少的國家，如韓國或芬蘭。但在業者數較多的國家，要取得 100MHz 比較困難，可能需要付出高額標金，台灣市場情況是有 5 家既有業者，和愛爾蘭 3.5GHz 五家得標業者有兩家新進業者情況不同。因此認為不應只以最佳頻寬為 80-100MHz 作為唯一上限考量，過去 4G LTE 網路 20MHz 為最佳頻寬，但在過去拍賣中並亦沒有將 20MHz 作為拍賣上限。
- 設定上限方法可參考紐西蘭 700MHz 拍賣案例，分為兩階段，分別設定不同上限，於第一階段未拍完頻譜再進入第二階段拍賣，在第二階段中上限會提高，若業者希望提供更好的服務，可透過第二階段取得其所欲發展服務的需求頻寬。因此建議台灣 3.5GHz 數量標階段亦可分為 2 階段分別設定上限，第一階段上限為 40MHz，第二階段上限為 100MHz。或可參考捷克，其既有業者上限為 40MHz，新進業者為 80MHz，於台灣兩階段上限，第一階段設為 40MHz，第二階段設為 80MHz。
- 28MHz 因沒有頻寬不足問題，因此上限可設為 400MHz。
- 關於基礎設施和頻率共享議題，新釋出頻段在釋照前若能明確遊戲規則，則支持頻率共用和基礎設施共用，但共用相關規範不應溯及過往已釋出頻段，應該維持適用其當時釋照背景規範。

■ 中華電信

- 關於商轉時程議題，中華目前在積極準備，但無明確商轉時程；由於目前設備一台仍約 300-400 萬，因此尚無法大量建設。
- 預期 B2B、B2C 業務皆會進行。
- 頻譜部分，需要低中高頻段，3.5GHz 以下的頻段也希望盡量多釋出。
- 高頻頻段主要作為速度補充用，雖然部會做大量建設，但參考香港、韓國案例高頻上限設為 800MHz，希望台灣高頻上限亦可以設至 800MHz。
- 為了頻率和諧共用，需要有足夠 Guard Band，因此中華反對 3570-3610MHz 頻段 Guard Band 的使用，會造成干擾議題。
- 關於網路共用議題，中華對其能源及成本節省效益存保留態度，因若未調整功率的限制，共用設備在相同功率下，會使得涵蓋及速率下降，因此仍需增加基地臺數量，因此共用不一定能帶來能源及成本的節省。

■ 愛立信

- 從終端發展角度來看，認為 3.5GHz 和 28GHz 終端發展時程是差不多的，預計明年針對兩者都會出現手機型態終端。
- 針對頻寬議題，我們認為越多頻譜提供給單一 MNO 會較好發揮 5G 特性及能力。針對頻譜量上限 3.5GHz 建議設為接近 100MHz 為佳。針對高頻上限建議以 400MHz 作為基礎，但是如果資源豐富，能提高上限也可以。
- 5G 以網路彈性為主要特色，3GPP 定義最小頻寬標準訂為 10MHz，但因應不同應用 MNOs 會有不同的頻譜量需求，沒有標準，只要業者可達到自己的目標即可。

■ 諾基亞

- 產業生態會影響需求，舉例來說，中國移動目前已將頻譜需求轉移至 2.6GHz，相同頻段在台灣已有兩家業者持有執照，只是有業者還沒使用該頻段提供服務，假設業者有意願將 2.6GHz 轉作 5G，是可以馬上提供服務的？
- 設備成熟度部份，美國 Verizon FWA 被視為行銷非常成功的案例，市場認為它打破固網需要拉線之限制、是破壞性服務，但這樣的成功是否也會出現在台灣有待驗證，設備安裝很快，也不僅是考量設備的價格，重點是服務推出的時間點。
- 5G 服務中傳輸架構大幅改變，代表的是大量投資，例如香港 MNOs 相當仰賴傳輸業者，但要改善傳輸，業者會要求長時間如 10 年的 Commitment。

■ 亞旭電腦

- 作為網通設備商，亞旭專注在智慧城市領域應用，對於 28GHz 是否已準備好發展 B2B2C, B2B2G 應用服務，以及高頻頻率的使用是否能使設備商盡快進入市場並產生效益存有疑慮。

業者第二輪發言（頻譜拍賣設計關鍵要素）

■ 台灣大哥大

- 關於拍賣模式，建議延續先前機制，採兩階段 SMRA 機制，大家較熟悉。我們認為不必加速拍賣時間因過程已經很快。
- 上限設定問題，過去多採 1/3，因此建議沿用。
- 關於涵蓋義務，由於 5G 以 B2B 服務為多，在確保數位人權方面 4G 涵蓋率在台灣已經達一定水準，我們認為可以沿用現行法規關於網路涵蓋的規範，但希望不限定特定頻率。

■ 遠傳電信

- 關於拍賣模式，建議採用 SMRA 且比照 4G 第一次釋照機制，採大區塊實際位置釋照，考量頻寬有限且 5G 建設挑戰性高，3.5GHz 設為三張執照，一家 MNO 獲得 90MHz 最適當，若頻寬量有大有小會造成一開始競爭就不公平。
- 28GHz 上限建議設為 1/3，如果要釋出低頻讓業者有機會發展 SA mode，則應該也要有低頻 1/3 上限，不然只會有少數業者得標。

■ 亞太電信

- 關於頻譜量上限，持保留意見，但若設為 1/3，則可能僅有三家業者得標，對其他既有業者需要有配套機制。
- 偏鄉涵蓋議題，目前很多寬頻的應用以現行 4G 已經可支持，若要做到全面性 5G 覆蓋，由政府來做較為合適。

■ 台灣之星

- 台灣之星支持小區塊劃分，以 10MHz 為單位採 SMRA 拍賣，先拍賣數量後拍賣位置。
- 4G、5G 皆為行動寬頻業務，目前法規已有包含涵蓋率標準，業者皆已達到此涵蓋率，加上 5G 應用不一定是全國性，且不經濟地區 5G 需求尚不明顯，4G 已可提供服務，因此認為 5G 釋照不應單獨另設定覆蓋義務。針對垂直應用廠商、網通業者不反對業者一起競標取得頻段，但權利義務需要和電信業者相等。但反對提供 Guard Band 作為專用頻段，影響公平性。

■ 中華電信

- 針對頻譜競標，我們支持依照過去競標規則。以小區塊作規劃，有利於各家業者彈性組合頻段。
- 頻段上限設定中華建議設為 1/3，但也要考慮總釋出頻寬。
- 針對覆蓋義務議題，必須要有低頻釋出方有可能。
- 若 Guard Band 要開放使用靠近 Guard Band 的頻段因會受到干擾，因此價值較低，雖然第二階段可針對位置投標，但一次性出價風險性過高，則需要重新考慮兩階段機制的設計。

■ 愛立信

- 關於拍賣，我們認為只要能達到 MNOs 目的即可，但仍希望標金不要訂太高，因為會造成進入障礙，從應用面來看因為發展尚未成熟，MNOs 現在投資資金有限。

■ 諾基亞

- 針對 3.5GHz 劃分，主要是考量切割頻譜造成的效率損失，頻寬越大效率較高，因此若是一家業者僅劃分 10、20MHz，頻譜效率低不建議。

■ 亞旭電腦

- 關於偏鄉覆蓋義務議題，應先從應用的需求進行探討，先前在新竹縣原住民地區進行 4G 普及建設，偏鄉應用使用 4G 技術已可以達到絕大多數的目的，除非需要展示高端應用如 VR、AR 等技術，否則 5G 在偏鄉目前沒有看到需求。

■ 5G 辦公室

- 目前 28 GHz 技術生態尚不成熟，3.5GHz 技術較成熟對商用較有利。但 3.5GHz 和 28GHz 都有 coverage 問題，若要使用 SA 模式進行佈建，少了低頻覆蓋成本較高，因此預期建設前期需融合 4G LTE 低頻作使用。
- 若低頻能盡早釋出，對於 MNOs 業者佈建 5G 網路較有利，
- 目前台灣已有 MNOs 在布局 5G，預期 2020 年會達到良好發展。經濟部希望各產業透過 5G 產業升級，因此支持垂直應用領域發展，工業物聯網目前已經有企業推出產品，預期這樣的產品之後在工廠應用會相當廣泛。
- 專用頻段使用的公平性很重要，會朝公平公開進行發展，設定為所有單位都可參與使用。
- 從政府觀點來看，會在釋照之前設計公平機制以讓業者作規劃。

附件 3 期中審查意見回覆表

魏學文委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	期中報告對於物聯網與 5G 已有初步 Survey，期望未來期末報告可以深入研析此兩部分技術，並提出具體建議。	感謝委員指教，期中前較著重於國際調研，具體建議會於期末報告加強。
2.	相對於 5G，物聯網之後端異質網路與業者管理較少人談及，建議本計畫可以深入研析。	感謝委員建議，隨物聯網應用成長，確實有看到潛在討論議題，惟各國現對於物聯網實際監理機制調整較少，會再由技術、網路、商業模式等面向，進行探討。
3.	個人建議如團隊能量許可，期末報告可以包含下列研析： 1. mmWave 與 high-density cells。 2. 中國製造 2025 對我們的影響。 3. 5G JKC party 可能對我們的影響。 4. Dynamic spectrum 政策管理細節研析。	有關期末報告研析： 1. mmWave 及 5G 網路建置模式，為後續重要應用，會再追蹤加強。 2. 現有觀察到美國、澳洲等國已對中國之 5G 電信設備提出禁令，主要會就中國之 5G 設備國際採用趨勢進行追蹤。 3. 感謝委員建議，會再進行了解。 4. 動態頻譜部分，主要追蹤美國 3.5GHz 創新頻段之規劃，過去主要係電信與非電信業者對於使用權有角力的過程。
4.	TDD 發展進程。	感謝委員建議，由於未來 5G 會偏向使用連續的大頻段，因此目前看到主要以 TDD 應用為主，即使不於執照指定技術，但頻段之規劃亦會影響適用之技術。

張時中委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	宜強化對監理政策面（不僅頻譜釋出）各項議題的研析、建議： 1. 物聯網的監理，不妨以我國已經在推動中的物聯網發展（如智慧城市等）來出發。 2. 新興配套監理技術及 IoT / 5G 網路技術環境、通道特性等國際技術資料的蒐集，以為監理政策調和共存的實底，如 Ofcom 對 3.8~4.2GHz 電波環境、通道特性評估。 3. 資通訊製造業和服務業間對監理政策、頻譜釋出時間點期待差異的調合。 4. 5G 網路佈建和 4G 網路的差異何在？對 CAPEX 和 OPEX 的衝擊？監理對產業促進的角色？	感謝委員建議，會再就建議部分加強。 1. 物聯網部分，未來若地方政府會透過專用頻譜提供服務，則監理內容則可能與既有商用頻譜有所差別，會再進行探討。 2. 感謝委員指導，網路技術部分會再進行加強補充。Ofcom 針對 3.8-4.2GHz 頻段用作測試頻段，2016 年已做過公眾諮詢，各家業者持正面態度，但目前尚未進行相關立法或設立試驗執照制度，更詳細的討論已經新增在英國 5G 政策章節中。 3. 會再透過座談與訪談進行了解各方利益差異，現對於電信業者之掌握，對於釋照之猶豫主要在於若 5G 商業模式未成熟，則獲得頻譜後即代表開始要有包含頻率使用費的支出。 4. 5G 網路之基地臺佈建，應會以既有 4G 網路為主進行升級，唯因頻段位置關係，可預期未來基地臺數量會增加、尤以小型基地臺、室內型基地臺為主要增加方向。因此對於業者建設之推動，為重要的促進方向，中國、韓國即推動被動共享方式，加速 5G 建設。
2.	監理政策對 IoT 和 5G 跨部會間的調和議題？	我國建議及跨部會分工部分，會於期末報告進行補充加強。
3.	期中報告請提供執行摘要。	執行摘要內容已完成，另行提供供參。

王國樑委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	由於研究主題焦點在 IoT 與 5G，請在 緒論簡單扼要介紹 IoT 定義，在第三章先說明相對於 4G，5G 的功能優點。	感謝委員建議，物聯網近期討論較多以廣域低功耗技術（LoRa、Sigfox、NB-IoT、LTE-M）相關應用為主，但整體而論，亦有將所有聯網裝置視為物聯網的概念，會再進行報告論述加強說明。5G 優點部分，除傳輸速度的提升，在延遲性的設計與強化，亦為未來各項關鍵性傳輸之應用關鍵。
2.	國外發展模式最好交待背後論述，讓政策性建議更具說明力。	感謝委員指導，在進行我國相關政策建議時，會將國內外環境因素差異列入考量。
3.	監理與管制最好別併列。	感謝委員建議，若與主管機關相關部分，會以監理用詞為主。

陳玟良委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	簡報提到毫米波趨勢，請研究團隊分析，我國 5G 第 1 波釋出頻段中，是否應納入考量？適當釋出時機？與 3.5GHz 頻段一併釋出？	毫米波現相關生態系確實尚未成熟，但國際上亦陸續有釋出之動作或規劃，對我國而言，若與 3.5GHz 一併釋出，除考量產業發展先機，亦有減少頻譜釋出次數，利於電信業者長期發展規劃，若毫米波頻譜分開於稍後獨立釋出，由於屆時整體生態系應已發展較明確，對業者而言投入的風險性較低。
2.	IoT 監理，除 NCC 負責基礎網路外，其他跨域分工，請於報告再補強。	感謝委員建議，物聯網隨應用發展普及，逐漸有監理面議題浮現，會再追蹤探討，並於期末報告進行說明。
3.	5G 網路切片技術為熱門應用，「電信管理法」提供頻率多元取得方式，請研究團隊期末報告補充說明。	未來 5G 網路架構可提供更彈性之應用，有機會促進更多元的電信網路商業模式，如：MVNO、Micro Operator 等，會再考量我國法規現況，提出未來發展探討建議。

陳春木委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	本研究案期中報告章節（目錄）在期末報告會增加嗎？若是，可以一併呈現嗎？	目錄部分，會再依期末內容進行調整。
2.	「基地台」建議修正為「基地臺」。	感謝指導，會再進行修正。
3.	文中有關資料來源大部份標示「研究團隊製作」，但在某幾處標示「NRI 製作」或「本計畫製作」，請確認。	感謝指導，會再進行調整。
4.	請確認 P16 最後一段「為滿足物聯需求，各國在規劃物聯網頻段」是否宜修正為「為滿足物聯網需求，各國在規劃物聯網頻段」。	感謝指導，會再進行調整。
5.	請確認 P22 第 1 段中「車載應用對戶乘量要求較高，預估有可能達兩百萬以上等級同時進行傳輸」，是指用戶數量嗎？另對於傳輸速率要求為何？	車聯網同時聯網數量高，傳輸速率部分由於車聯網有不同的通訊情境，因此需要速率不一，若非涉及影音之通訊，多以低傳輸速率低延遲之通訊為主。
6.	請確認 P23 第 1 段後段「專案計畫為物聯網硬體加速器，智慧城市計畫，長期照護與智慧醫療服務計畫，以及 IoT 安全相關研究計畫」是否宜修正為「專案計畫為物聯網硬體加速器、智慧城市計畫、長期照護與智慧醫療服務計畫，以及 IoT 安全相關研究計畫」。	感謝建議，會再進行調整。
7.	請確認 P24 第 1 段後段「為達成德國產業界之數位化轉型，策略主題聚焦於數位化建設、未來工作、資料安全、未來導向的教育以及法律架構」與圖 2-9 之主題不一致。	感謝建議，會再進行調整。
8.	建議第 2 章第 3 節就推動策略、應用領域、使用資源/費用等項目（但不限）綜整比較各國 IoT。	感謝建議，會再就蒐集之國際案例，進行綜合比較討論。
9.	確認 P39 第 1 段中段「屆時 ITUU 會舉辦固定的世界通訊大會 World Radiocommunication Conference (WRC-19)」是否應修正為「屆時 ITU 會舉辦固定的世界通訊大會 World Radiocommunication Conference (WRC-19)」。	感謝指導，有筆誤部分會進行修正。
10.	P.48 的表 3-5 及 P.49 的表 3-6 之「頻段：」建議刪除之。	感謝建議，會再進行調整。
11.	建議第 3 章第 2 節就區塊大小、區塊要求、頻譜上限、限制要求、價金等項（但不限）綜整比較各國情形。	感謝建議，現已有對國際釋照案例進行蒐集。
12.	建議第 4 章第 1 節就頻譜政策、運用重點	5G 部分，亦會再進行國際案例之綜合整

	項目、發展策略等項目（但不限）綜整比較各國發展的 5G。	理。
13.	P90 最後 1 段第 2 行「者黏濁度」應修正為「者黏著度」。	感謝建議，會再進行調整。
14.	請確認 P96 第 2 段中段「宏站業務為將鐵塔站址中鐵塔、機房或機櫃提供給客戶，分別安裝其天線及其他設備」是否應修正為「宏站業務為將鐵塔站址中鐵塔、機房或機櫃提供給客戶，分別安裝其天線及其他設備」。	感謝建議，會再進行調整。

蘇思漢委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	P.16：920 - 928 MHz 與 P.102 之 920 - 925MHz 不一致，請確認並更正。	感謝委員建議，台灣現主要使用 920-925MHz，會再進行調整。
2.	P.18：圖 2-3 名為 M2M 應用服務之所需傳輸速率，但圖示並無速率，請確認並更正。	感謝建議，筆誤部分會再進行修正。
3.	第 2 章第 3 節之物聯網各國發展動態，共介紹英、德、美、日、韓、中、星等 7 國；但第 3 章第 2 節之國際 5G 頻譜釋照規劃及案例，共蒐集愛爾蘭、英、西班牙、義大利、美、瑞士、德、瑞典、法、韓、澳洲、中、日、港、星等 11 國。既然第 3 章第 2 節之國際 5G 頻譜釋照規劃及案例可以蒐集到 11 國，為何第 2 章第 3 節之物聯網各國發展動態只有 7 個國家？兩處的國家數量及內容可否一致？	5G 部分，因我國也將面臨釋照議題，且現國際上先行釋照國家非全屬原規劃，因此原 5G 部分為採優規辦理，多調研法國、義大利、愛爾蘭、澳洲等國，實際上調研則因應國際發展，亦有再蒐集奧地利、香港等案例。物聯網會再考量議題需求進行其他國際案例蒐集。
4.	承上題，這牽涉到章節編排的問題： 1. 第 2 章是物聯網國際發展追蹤，物聯網政策的介紹在何處？ 2. 第 3 章是 5G 技術及頻譜發展，第 4 章是 5G 應用發展趨勢，但第 4 章第 1 節卻又是各國 5G 政策及應用重點情境，在此節中忽然間冒出各國 5G 政策（歐盟、德、美、日、中、星 6 國，應該要有英、韓兩國），除章名不相符，而且中、星的政策說明好像是頻譜規劃（星的頻譜又涉 IoT），似乎應該放到第 3 章。第 2 節 5G 應用及產業發展看來才是本章的重點。因此，建議盡可能調整各章名稱及內容（IoT 與 5G 是否可放在同一章節），章節順序則例如先介紹各國 IoT 或 5G 政策、各國頻譜規劃、然後是各國技術及應用發展。	感謝委員建議，章節編排部分於期末報告會再進行調整。
5.	第 6 章 107 頁建議續用 SMRA，請說明為何是本會最好的釋照作法？對於第 5 章介紹的基礎設施共享及營運面的 MVNO，似無任何建議！	感謝委員建議，釋照機制之選擇設計，除要能順利完成釋照作業，其執行的效率性亦為考量的重點，現研究團隊主要著眼前次釋照時採用 SMRA 有良好的成果，且業者也相對熟悉，因此無太大變動的需求。針對基礎設施共享部分，主要就 5G 建設，認為可持續推動被動共享，MVNO 現我國法規面上已可執行，現主要就市場發展缺口、可能性，進行我國現況探討，期末時會再補充對我國實際建議。

附件 4 期末審查意見回覆表

張時中委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	本期末報告在有限的資源與時程下，對物聯網資安、5G 技術及應用國際發展趨勢、5G 釋照議題等三大面向，依我國的需求重點，作了深入的資料蒐集、分析、比較，提出深刻的觀察、建議及相關論述。請補充下列三項： 室內頻譜使用與監理的趨勢，如 Ofcom 3.8~4.2GHz、FCC CBRS，因未來室內應用為物聯網及 5G 網路服務的重點。	感謝委員建議，5G 由於往 B2B 型垂直場域應用發展，因此需多應用場景確實以室內型為主，如：工廠、醫院等。目前就頻譜規劃角度，少有特別為室內規劃。 Ofcom 針對 3.8-4.2GHz 頻段用作測試頻段，2016 年已做過公眾諮詢，各家業者持正面態度，但目前尚未進行相關立法或設立試驗執照制度，更詳細的討論已經新增在英國 5G 政策章節中。
2.	5G 頻譜規劃、釋出、時程對我國電信服務與 ICT 製造產業競合的分析、論述。	感謝委員建議，垂直場域為 5G 發展趨勢，電信業希望可以基於公平競爭原則進行開放，而 ICT 業者則希望可有頻譜資源進行更彈性之網路建設。但整體而言若電信業者能提供價格合理、服務達需求之服務，ICT 業者未必需要自行建設網路，未來我國頻譜取得方法，將可能有更多元的途徑，包含：直接參與競標、租用、MVNO、專用頻譜、動態頻譜共享等，應就各類型取得方法綜合評估 ICT 業者的進入障礙門檻。
3.	國際監理者協助產業導入無線通訊基礎建設提昇競爭力的做法，如 FCC 對智慧工廠無線建設生命週期的 guideline。	感謝委員建議，目前看到 FCC 為推動未來 5G 基礎建設的加速，希望可以加速州政府對於基地台設置審核的速度，並降低相關的規費，以推動整體建置時程。
4.	建議未來研究案要加入計量經濟分析的資源與要求。	感謝委員意見，會依後續專案規劃內容及需求配合執行。

王國樑委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	國外經驗顯示法規制訂跟不上科技應用速度，加上數位應用產品或服務壽命可能更短，國外如何來判斷短命應用而不用規範？	感謝委員建議，在各式技術及應用加速發展狀況下，監理機關確實面臨轉型困境，並非單純以往監理者角色，或皆必須透過法律進行規範，在科技發展早期，監理機關更像是產業推進者，隨技術及應用發展，協助進行資源整備，及管理規則的逐步調整。
2.	在物聯網時代，以往「以人為主」的規範已不適用，那規範原則應如何？	感謝委員意見，目前通傳會已就行動寬頻業務管理規則中，不完全適用物聯網部份進行解釋與放寬，欲促進產業發展。就國際物聯網發展趨勢，目前比較著重資安的強化，可透過認證機制改善設備資安程度。
3.	英文字母名稱應先交代英文全名，如：SI、.....。	感謝委員建議，已進行調整。

陳政良委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	簡報第 11 頁，整理新增釋出規格：n78 頻段技術規格支援 70MHz 及 90MHz 頻寬部分，請補充說明配合拍賣機制時，如何因應。	感謝委員建議，簡報過程未說明完整，n78 頻段在電信業者要求下，為增加佈建靈活程度，於設備端增加 70、90MHz 標準，因此是可行的使用大小。
2.	簡報部分：5G 應用於垂直場域利用，報告已整理國際趨勢，我國未來釋出 5G 頻譜時，如何鼓勵創新應用與合作。	感謝委員意見，就通傳會頻譜規劃及釋照角色而言，可從需求掌握著手，方能進行搭配之頻譜取得方式、頻譜規劃、其他頻譜取得模式的開放規劃，以讓有意願提供垂直服務業者，可有一合理進入門檻，及合理的服務取得價格。
3.	第 58 頁，國際間物聯網推動政策之資料蒐集豐富，關於表 2-1「各國物聯網政策及監理分工」，摘要各國主管機關名稱格式建議一致，例如德國「聯邦數據保護和信息自由委員會(BfDI)」以中英文對照，其餘引述監理機關則僅有中文名詞。	感謝委員建議，已進行調整。
4.	第 101 頁第 2 段：「已有愛爾蘭、英國、西班牙、義大利、芬蘭陸續完成釋照，而義大利、奧地利也將陸續進行釋照，」義大利重複。	感謝委員建議，已進行調整。
5.	第 101 頁表 4-2「歐美地區 5G 頻譜釋照規劃」，整理奧地利 2 月尚在討論相關議題，建議引述各國發展情形時，宜一併說明為何年度之事件。	感謝委員建議，已進行調整。
6.	第 105 頁，依本節順序，「一、英國 3.4GHz 釋照案例」，依序應為第二項，建議修正；此節引述其它國家部分，亦請一併考量調整順序。	感謝委員建議，已進行調整。
7.	第 132 頁第一段第三行：義大利僅釋出「100MHz」應為誤植。	感謝委員建議，已進行調整。

陳春木委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	表 2-1 能再補充各國實施的計畫、年代、主政單位。	感謝委員建議，已進行調整。
2.	圖 3-8 中的特色在 LTE-U 應為 CSAT。	感謝委員建議，已進行調整。
3.	第 131 頁的圖 4-26 是第 2 節的彙總。	感謝委員建議，針對釋照進度部份，說明於「第 2 節 國際 5G 頻譜釋照規劃及案例」，第 3 節中主要針對釋照進行主題性探討，因此該圖主要彙整各國競標是否有新進業者情形，以利討論。
4.	整理研究中，國際對於垂直場域有用到頻率的頻段在那裡是專用或什麼方式，做成比較表，如簡報第 24 頁。	感謝委員建議，已將統整表格彙整於「(二) 垂直場域專用頻譜」段落當中。
5.	其他有文字需要微調。	感謝委員建議，已進行調整。
6.	有關第 76 頁稱之 eMBB，文中有許多地方用 EMBB。	感謝委員建議，已進行調整。

蘇思漢委員審查意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	整體編排： 一般編號原則是用「壹、一、（一）、1、（1）」的順序。	感謝委員建議，章節編號部份，調整為第 1 章、第一節、（一）、1、（1）。
2.	整體編排： 第 1 章第 1 節用阿拉伯數字，後續用一、二，不符原則。	章部份，由於圖表編號 1-1 含章的數字，word 會自動抓取章的編號，因此需維持以數字方式編號。
3.	第 2 章第 4 節物聯網各國發展動態 ● <u>建議：</u> <u>屬於綜整前面各節之說明，若用「小結」較適合。</u>	感謝委員建議，已調整為小結。
4.	第 3 章第 2 節 5G 應用及產業發展 ● <u>建議：</u> <u>一至五是各國案例，六、七卻不是，放在一起很奇怪。若將各國案例改至第 3 節，與第 2 章編在一起，閱讀性較一致。</u>	感謝委員建議，已調整為以國家別進行案例介紹。
5.	第 4 章 第 1 節各國 5G 政策及應用重要情境 ● <u>建議：</u> <u>若與第 2 節之各國案例合併，閱讀性較順暢。</u>	感謝委員建議，確實以國家別進行各項資料整理較具整體性，惟章節編排時，考量研究報告主要建議，亦分為應用情境、釋照規劃等項目，另釋照規劃為增加報告參考價值，亦盡可能增加調研國家範圍，因此分拆為兩個小節，以利就建議主題進行對照。
6.	第 4 章第 2 節國際 5G 頻譜釋照規劃及案例 ● <u>建議：</u> <u>若與第 3 節之一、市場及新進業者，二、垂直場域專用頻譜合併，閱讀性較順暢。</u>	
7.	第 5 章物聯網及 5G 服務模式發展（第 1 節、第 2 節是政策與釋照規劃。） ● <u>建議：</u> <u>第 3 節與第 3 章第 2 節 5G 應用及產業發展有相關聯，若能合併，閱讀會更順暢。</u> <u>第 5 章內容都是描述 5G 的營運模式與應用案例，應該沒有提到物聯網，建議章名要調整。</u>	感謝委員建議，第 5 章名稱已調整為電信服務及業者合作模式發展，各項新型服務模式，確實有因應 5G 發展之模式，亦有為發展物聯網事業（如物聯網面向之 MVNO）所發生之新型服務。

8.	似乎少了 SDN 的介紹。	感謝委員意見，原先合併於網路切片、邊緣接取說明，已補充 SDN 介紹說明。
9.	第 14 頁：韓國即將於 2018 年……，應為韓國已於 2018 年……。	感謝委員建議，已進行調整。
10.	第 26 頁：對傳輸速度的要求較高，需 2.5Mbps 以上之速度，此標準出處為何？另速度應改為速率，報告之速度改為速率。	感謝委員意見，應為總務省相關調研發展報告，旨在說明未來網路需求的多樣性，實際上各項服務傳輸速率需求不一。
11.	第 30 頁：2008 年保障消費者免於不公平交易「規例」，法規名稱應為「規則」。	感謝委員建議，已進行修正。
12.	第 38 頁：何謂「連網裝置」，請提供原文說明。	感謝委員意見，連網裝置原文為 Connected Device，泛指任何有能力連上網際網路，獲取 IP 位址或藍芽位址之裝置。已在 38 頁新增相關說明。
13.	第 47 頁：韓國未來創造科學部(MSIT)，圖 2-26 為 MSIP，第 50 頁用 MISP，第 108 頁用 MSIT，經查網站，簡稱應該是 MSIT！另外，第 98 頁又稱之為科學技術情報通訊部？	感謝委員意見，韓國未來創造科學部已經於 2017 年 7 月改組為科學技術情報通信部，英文簡寫應為 MSIT，報告中已統一改用「科學技術情報通信部」以及英文簡寫「MSIT」。
14.	第 53 頁：「國家網路資訊辦公室」如果使用括號，建議報告內相關用字，用中國大陸原來名稱，頂多將簡體字轉為正體字。	感謝委員意見，已於報告中修正。
15.	第 63 頁：n5 頻段 APT 已繳回，所以並非業者既有 3G 或 4G 頻段。	感謝委員提醒，原將我國有使用之頻段皆納入，由於 n5 頻段 APT 已繳回，已調整刪。
16.	第 64 頁：增加「基地」(應為基地臺)在傳輸時的彈性。	感謝委員建議，已進行調整。
17.	第 86 頁：圖 3-15 資料來源：FAA「大學」(正確否？)	感謝委員建議，已進行調整。

18.	第 90 頁：2035 年 5G 總產值等資料，在中 美貿易大戰後，在國際上是否有更新的評 估資料？	感謝委員意見，該份報告目前未就近期中美 貿易大戰，及包含美國、澳洲、紐西蘭、日 本、英國、法國都有禁用華為設備情形等狀 況進行更新。針對 5G 市場發展，預期從 2019 開始陸續有國家商轉後，應該會更趨明朗， 研究團隊會再持續追蹤。
19.	第 103 頁及第 105 頁編號都是「一、」， 應調整。	感謝委員建議，已進行修正。
20.	第 130 頁：「5G 用硬測試」應為「5G 應 用測試」。	感謝委員建議，已進行修正。

計畫目標及預定工作項目意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	文意尚待釐清及補充部分: 報告中部分如「網絡」、「芯片」、「攝像機」、「頻帶」等用詞，建請修正為「網路」、「晶片」、「攝影機」、「頻段」等較常見之用詞。 相關參考資料除於文末列出參考書目外，建議亦於文中以註解列出。(P.17~P.19)	感謝委員意見，已進行修正。參考資料亦已加註於內文。
2.	文意尚待釐清及補充部分: 第 62 頁提到 Option 2、Option 3、Option 4、Option 7 及 NR-NR 雙連結等技術的制訂現況，第 70 頁則談到 Opt.2、Opt.3、Opt.4、Opt.5 及 Opt.7 等 7 個 Option 的網路架構，請問是否能補充說明 Opt.5 目前的制訂現況，及 NR-NR 雙連結的網路架構。(P.60~P.75)	感謝委員意見，經過調查 NR-NR 雙連結應更正為 LTE-NR 雙連結(Dual Connect)，指的是 Opt.4, 7 此類混用 LTE 及 NR 設備的 5G 網路建置模式。Opt.5 已經於 2017 年 6 月的 R-15 Stage2 中制訂完畢，與本次 R-15 stage 3 延後凍結無關。相關說明已補充於報告中

期末報告內容修正意見回覆

項次	審查意見	執行單位回覆說明
1.	P.5「預計有 3.5GHz 頻段共 270MHz、28GHz 共 2500MHz」建議修正為「28GHz 頻段」。	感謝委員建議，已進行修正。
2.	P.14「部分國家如韓國即將於 2018 年完成首波 5G 頻譜釋出」韓國首波 5G 頻譜業於 2018 年釋出，請協助調整用詞。	感謝委員建議，已進行修正。
3	P.16「本計劃主要分為分為三大區塊」請修正為「分為」。	感謝委員建議，已進行修正。
4	P.23 圖 2-4「將於 Rel-14 增加定位、廣播」Rel-14 已公布，請協助確認 NB-IoT 是否已增加相關功能。	感謝委員建議，已進行更新，Rel-14 中針對 NB-IoT 增加定位、廣播(Multicast)等功能。並提升傳輸速率、及對移動性的支援。
5	P.23 圖 2-5 圖中台灣與香港之電信業者建議以其中文名稱表示。	感謝委員建議，已進行修正。
6	P.27「將病患生理數據回至醫院後端系統進行監測」建議修正為「傳回至」。	感謝委員建議，已進行修正。
7	P.28「英國國家網絡安全中心」請將此機關名稱統一修正為「英國國家網路安全中心」。	感謝委員建議，已進行修正。
8	P.28 圖 2-10「《安全設計：改善消費類物聯網設備的網絡安全》報告建議修正為「網路」。 請列出其英文原名，或備註為參考書目 25。	感謝委員建議，已進行修正。
9	P.29「聯網的煙探測器和門鎖、智能攝像機、電視和音響」請修正為「攝影機」。	感謝委員建議，已進行修正。
10	P.32「它提升了歐盟境內的法律確定性」請修正為「法律明確性」。	感謝委員建議，已進行修正。
11	P.32「歐盟委員會」請將此機關名稱統一修正為「歐盟執委會」。	感謝委員建議，已進行修正。
12	P.34「NTIA 於 2016 年 4 月發布物聯網公開徵詢」請提供此機關之中文名稱及英文全名，見第 37 頁所示。	感謝委員建議，已進行補充說明。
13	P.38 圖 2-16 請提供圖內各相關報告之原文名稱。	感謝委員意見，已補充原文於圖表上。
14	P.47「且在未來萬物聯網的時代哩」請修正為「裡」。	感謝委員建議，已修正。

項次	審查意見	執行單位回覆說明
15	P.48「並預計 2017 年在包含：公共安全、工業等領域服務，完成發表 50 種商品服務，且至 2017 年 5 月 SKT 已有 921 個合作夥伴，期望年底能達到連接超過 400 萬個裝置的目標」請協助確認 SKT 於 2017 年底之達成情形。	感謝委員建議，經查更新的資料，於 2018 年 7 月公佈之統計資料，SKT 連網設備量達 246 萬左右，較 2017 年 9 月之 217 萬，約成長 30 萬台設備，但尚未達 400 萬的目標。
16	P.52「加速相關企業在專用 <u>芯片</u> 、模組、 <u>網絡設備</u> 、應用產品」建議修正為「晶片」、「網路」等較常見之用詞。	感謝委員建議，已進行修正。
17	P.57「智慧國家物聯網 <u>安全信</u> 指引」請確認是否為「安全性」。	感謝委員建議，已進行修正。
18	P.58「文化、傳娛及教育部」參考第 28 頁，請統一調整為「文化、傳娛及體育部」。	感謝委員建議，會進行調整。
19	P.65「進而提供更高速的的網路下載速度」請修正為「的」。	感謝委員建議，已進行修正。
20	P.70 圖 3-6 請調整圖內 Opt.3 Control Plane 的圖例。	感謝委員建議，已進行修正。
21	P.73「3GPP 提出使用未授權頻譜 LTE」請統一調整為「免執照頻段」。	感謝委員建議，已進行修正。
22	P.76 表 3-7「資料來源：5G America 公開資料」請修正為「5G Americas」。	感謝委員建議，已進行修正。
23	P.77「仍還在 <u>底面</u> 的加速階段」請確認是否為「地面」。	感謝委員建議，已進行調整。
24	P.82「合作設計維安用穿戴式 <u>攝像機</u> 作廣域監控」請修正為「攝影機」。	感謝委員建議，已進行修正。
25	P.83「期間將展示各項 5G 應用……預計展示 UHD 轉播……」韓國平昌冬奧已結束，請協助調整用詞。	感謝委員建議，會進行調整。
26	P.86「由於此兩頻段同時也是電腦無線網路所使用的頻段」請確認本段話之意思，是否即指「免執照頻段」，並請確認如修正為「由於此兩頻段為免執照頻段，亦同時供電腦、手機、鍵鼠等設備無線傳輸所用」是否仍符合原意。	感謝委員建議，確實此二頻段為免執照頻段，因此在探討共用之議題，已依委員建議進行調整說明。

項次	審查意見	執行單位回覆說明
27	P.86 圖 3-15「資料來源：FAA <u>大學</u> 公開資料」FAA 為美國聯邦航空總署，應非大學，請確認是否為誤植。	感謝委員建議，已進行調整。
28	P.89「可提供車輛 V2CV2、智慧駕駛以及高精密地圖等應用，V2CV2 指的是車輛到雲端再到車輛端的應用」請修正為「V2C2V」。	感謝委員建議，已進行修正。
29	P.90「2035 年全球 5G 相關市場總產值將可達 35,000 億美元」建議修正為「3 兆 5,000 億」。	感謝委員建議，已進行修正。
30	P.103「也出現有新近業者」請修正為「新進業者」。	感謝委員建議，已進行修正。
31	P.111「三、義大利 700MHz、3.6、26GHz 釋照規劃」建議修正為「三、義大利 700MHz、3.6GHz、26GHz 釋照規劃」。	感謝委員建議，已進行修正。
32	P.117「五、美國 24、28GHz 釋出規劃」建議修正為「五、美國 24GHz、28GHz 釋出規劃」。	感謝委員建議，已進行修正。
33	P.117「美國 FCC 最早於於 2016 年 07 月 14 日公告 24GHz 以上 5G 毫米波頻段之管理規範」請將「於於」修正為「於」，及將「07 月」修正為「7 月」。	感謝委員建議，已進行修正。
34	P.119「以較大的價格增幅進行， <u>這讓</u> 加快拍賣速度」建議修正為「這會」。	感謝委員建議，已進行修正。
35	P.122「最初原期粉能於 2018 進行釋照作業」請修正為「2018 年」。	感謝委員建議，已進行修正。
36	P.123「法過電信業者已準備一定資金欲投入頻譜競標」請修正為「法國」。	感謝委員建議，已進行修正。
37	P.124「建立需要保護之 <u>基地臺</u> 清單，並已禁止新設 <u>基地臺</u> 之申請」請確認此處所稱	感謝委員意見，應係指衛星地面站，因衛星地面站為既有使用者，需保護其使用權及不

項次	審查意見	執行單位回覆說明
	「基地臺」係指行動通訊基地臺、微波電臺或衛星地面站，請協助調整用詞。	被 5G 通訊干擾，已就文字進行調整說明。
38	P.125「三家運營商將於 2019 年第一季開始 5G 建設並進行商用試驗，預計 <u>明年</u> 將新建並啟用 5G 基站約 <u>100,000</u> 台」請確認此處所稱「明年」係指 2019 年或 2020 年，並建議將「100,000」修正為「10 萬」。	感謝委員建議，已進行修正。
39	P.127「探討頻段包含 3.6-4.2GHz 共 600MHz，及 4.5-4.8GHz 共 <u>500MHz</u> 」4.5-4.8GHz 應有 300MHz 頻寬，請確認此處之「500MHz」是否為誤植。	感謝委員意見，誤植部份已做調整。
40	P.127「頻帶」請修正為「頻段」。	感謝委員建議，已進行修正。
41	P.131「 <u>過去</u> 台灣因有 5 家 <u>1 類電信業者</u> 」台灣目前仍有 5 家行動通訊業者，請協助調整用詞。 除行動通訊業者外，許多有線電視系統經營者亦申請為一類電信事業，爰建議將「1 類電信業者」修正為「行動通訊業者」。	感謝委員建議，已進行調整。
42	P.132「較近於 <u>SI</u> 性質廠商」請協助確認「SI」是否即意指「系統整合」。	感謝委員建議，已進行調整。
43	P.145「稱之為網路片段(Network Slices)，每個網路切片都可以處理一種專門需求」建議修正為「網路切片」。	感謝委員建議，已進行修正。
44	P.169「先前我國亦已釋出 920-925 免執照頻段」建議修正為「920-925MHz」。	感謝委員建議，已進行修正。
45	P.170「另也預計於期中後，和產業進行交流座談」本報告為期末報告，應已與產業進	感謝委員建議，已進行修正。

項次	審查意見	執行單位回覆說明
	行過交流座談，請確認調整用詞。	
46	P.174「方能決定釋照標的，。」請刪除「，」。	感謝委員建議，已進行修正。
47	P.175「但考量我國現行有五家一類電信業者」除行動通訊業者外，許多有線電視系統經營者亦申請為一類電信事業，爰建議將「一類電信業者」修正為「行動通訊業者」。	感謝委員建議，已進行修正。
48	P.180「亦邀請國內 SI、資服業者光寶科技、神通資訊科技共同參與討論」請協助確認「SI」是否即意指「系統整合」。	感謝委員建議，已進行調整。垂直場域服務模式可能中，MVNO 相較其他方案係現行已可行的服務模式。
49	P.183「對於我國之垂直領域服務模式，既有已經可行是方案是業者可申請為 MVNO」請協助確認本段話之意思。	感謝委員建議，已進行調整。
50	P.191 圖 6-22「市場決定商轉時程， <u>2B</u> 因預期有企業願意買單」請修正為「B2B」。	感謝委員建議，已進行調整。
51	P.192「 <u>亞太之星</u> 則參考國外案例，提出數量階段亦採兩階段之作法」請確認是否為「台灣之星」之誤植，並修正之。	感謝委員意見，誤植部份已做調整，確實係台灣之星提出二階段上限作法建議。
52	P.195「整體而言 5G 生態系於 2020 開始應會逐步成熟」請修正為「2020 年」。	感謝委員建議，已進行修正。
53	P.196「2020 釋照，亦符合整體生態系成熟之時間點」請修正為「2020 年」。	感謝委員建議，已進行修正。

項次	審查意見	執行單位回覆說明
54	P.214 參考書目參考書目中歸類為英文之部分，有部分資料為德文與韓文，建議分別歸類。	感謝委員建議，已進行調整。

參考書目

【中文】

1. IHS，5G 经济：5G 技术将如何影响全球经济，2017 年 1 月
2. 中國工信部，工业和信息化部关于第五代国际移动通信系统（IMT-2020）使用 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 频段相关事宜的通知，2017 年 6 月
3. 中國工信部，关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知，2017 年 6 月
4. 中國工业和信息化部关于促进中小企业公共服务平台建设的指导意见，2010 年 4 月
5. 中國工信部，物聯網網路安全白皮書 2018，2018 年 3 月
6. 中國國家無線電辦公室，3000-5000MHz 频段第五代移动通信基站与其他无线电台（站）干扰协调管理规定，2018 年 6 月
7. 行政院，前瞻基礎建設計畫（核定本），2017 年 4 月
8. 交通部，頻率供應計畫（修正草案），2017 年 8 月
9. 香港通訊事務管理局辦公室，做好準備迎接 5G 新世代，2018 年 6 月
10. 香港通訊事務管理局辦公室，拍賣 900 兆赫及 1800 兆赫頻段內的無線電頻譜以提供公共電訊服務資訊備忘錄，2018 年 9 月
11. 國家通訊傳播委員會，行動寬頻業務管理規則，2017 年 7 月 11 日修正版
12. 國家通訊傳播委員會，物聯網產品資訊安全認證制度說明書，2018 年 12 月
13. 國家發展委員會，亞洲•矽谷推動方案行動計畫（核定本），2017 年 4 月
14. 華為，室內數字化面向 5G 演進白皮書，2017 年 11 月

【英文】

1. 5G Americas , ”5G Services & Use cases” , 2017.11
2. 5G Americas , ”5G Network Transformation” , 2017.12
3. 5G Automation Association , ” Toward fully connected vehicles : Edge computing for advanced automotive communications” , 2017.02
4. ACMA , ” 3.6 GHz lot configuration options” , 2018.03
5. ACMA , ” 3.6 GHz Auction Guide” , 2018.08
6. AGCOM , ” Resolution No. 231/18/CONS” , 2018.05
7. Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni , ”ASSIGNMENT PROCEDURES AND RULES FOR THE USE OF THE FREQUENCIES AVAILABLE IN THE 694-790 MHz, 3600-3800 MHz AND 26.5-27.5 GHz BANDS FOR TERRESTRIAL SYSTEMS OF ELECTRONIC COMMUNICATIONS IN ORDER TO FAVOR THE TRANSITION TO 5G TECHNOLOGY, UNDER THE LAW 27 DECEMBER 2017, N. 205” , 2018.05
8. Coleago Consulting , ”Active Sharing Best Practice” , 2017.04
9. ComReg , ” Results of the 3.6 GHz Band Spectrum Award” , 2017.05
10. DCMS , ”Tackling Partial Not-Spots in Mobile Phone Coverage Consultation Document” , 2014.03
11. DCMS , ”Secure by Design : Improving the cyber security of consumer Internet of Things : Report” , 2018.10
12. Digital Catapult , ”IoTUK The world’s leading national IoT programme” , 2017.12
13. DOC , ” FOSTERING THE ADVANCEMENT OF THE INTERNET OF THINGS” , 2017.01
14. EU Council , ”5G roadmap” , 2017.12
15. European Parliament , ”REGULATION (EU) 2016/679 OF THE EUROPEAN

PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL” , 2016.04

16. FCC , ”FCC 18-109 : AUCTIONS OF UPPER MICROWAVE FLEXIBLE USE LICENSES FOR NEXT-GENERATION WIRELESS SERVICES” , 2018.08
17. Finnish Competition and Consumer Authority , ” FCCA’s decision ensures consumers benefit from network partnership between DNA and Sonera” , 2015.11
18. Germany Federal Government , ” 5G Strategy for Germany” , 2017.07
19. Germany Federal Government , ”Digital Strategy 2025” , 2016.03
20. GSA , ” NB-IoT and LTE-M : Global Market Status” , 2018.08
21. Huawei , 5G Spectrum : Public Policy Position , 2017.11
22. IMDA , ”AUCTION OF 700 MHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) ,900 MHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) ,2.3 GHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) AND 2.5 GHZ SPECTRUM RIGHTS (2016) INFORMATION MEMORANDUM” , 2016.07
23. IMDA , ”CONSULTATION PAPER ISSUED BY THE INFO-COMMUNICATIONS MEDIA DEVELOPMENT AUTHORITY OF SINGAPORE 5G MOBILE SERVICES AND NETWORKS” , 2017.05
24. ITU-R , Provisional Final Acts WRC-15 , 2015.12
25. ITU-R , Final Acts WRC-15 , 2016
26. Viestinävirasto , ”NOTICE OF INVITATION TO APPLY FOR ELECTRONIC COMMUNICATIONS LICENCES” , 2018.07
27. Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas , ”Mobile Network
28. Sharing, 28th European Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS) : Competition and Regulation in the Information Age, Passau, Germany, July 30 – August 2, 2017, International Telecommunications Society (ITS) ” , 2017

29. OFCA , ”Auction of Radio Spectrum in the 1.9-2.2 GHz Band for the Provision of Public Telecommunications Service — Information Memorandum”
30. OFCA , ” Proposed Allocation of the 26 GHz and 28 GHz Bands to Mobile Service and the Associated Arrangements for Spectrum Assignment and Spectrum Utilisation Fee Consultation Paper” , 2018.07
31. OFCA , ” Arrangements for Assignment of the Spectrum in the 3.3 GHz and 4.9 GHz Bands for the Provision of Public Mobile Services and the Related Spectrum Utilisation Fee, Consultation Paper” , 2018.08
32. Ofcom , ” Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands - Competition issues and Auction Regulations” , 2017.07
33. Ofcom,” Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands-Process guidance to potential applicants and bidders in the auction” , 2018.01
34. Ofcom , ” Notice of Ofcom’s proposal to make regulations in connection with the award of 2.3 GHz and 3.4 GHz spectrum” , 2017.07
35. Ofcom , ”The award of 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands – Informarion Memorandum” , 2017.07
36. Ofcom , ”5G spectrum access at 26 GHz and update on bands above 30 GHz” , 2017.07
37. Ofcom , ” Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands—Process guidance to potential applicants and bidders in the auction” , 2018.01
38. Ofcom , ” Statement on the making of the regulations for the award of the 2.3 GHz and 3.4 GHz spectrum” , 2018.01
39. Ofcom , ” Award of 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands - Publication under regulation 111 of the Wireless Telegraphy (Licence Award) Regulations 2018 of results of auction” , 2018.04

40. Ofcom , "Enabling 5G in UK" , 2018.03
41. TKK , "Position Paper on Infrastructure Sharing in Mobile Networks" , 2018.05
42. TKK , "Tender Document Procedure for Spectrum Award in the 3410 to 3800 MHz Range" , 2018.09
43. UK Parliament , "Mobile Coverage in the UK : Government plans to tackles 'mobile not-spots'" , 2014.11
44. U.S. Department of Homeland Security , "Strategic Principles for Securing the IoT" , 2016.11
45. U.S. Federal Communications Commission , "AUCTIONS OF UPPER MICROWAVE FLEXIBLE USE LICENSES FOR NEXT-GENERATION WIRELESS SERVICES NOTICE AND FILING REQUIREMENTS, MINIMUM OPENING BIDS, UPFRONT PAYMENTS, AND OTHER PROCEDURES FOR
46. AUCTIONS 101 (28 GHz) AND 102 (24 GHz) " , 2018.08
47. U.S. Federal Communications Commission , "Auction 102 Clock Phase Technical Guide" , 2018.08

【日文】

1. 日本總務省，平成 27 年版情報通信白書，2015 年
2. 日本總務省，平成 30 年版情報通信白書，2018 年
3. 日本 IT 戰略本部，世界最先端 IT 國家創造宣言，2016 年 5 月
4. 日本總務省，電波政策 2020 懇談會報告書，2016 年 7 月
5. 日本總務省，5G 総合実証試験，2017 年 5 月
6. 日本總務省，物聯網安全綜合對策，2017 年 10 月
7. 日本總務省，5G 総合実証試験，2018 年 5 月
8. 日本情報通信審議會，新世代モバイル通信システム委員会報告，
2018 年 6 月
9. 総合通信基盤局，第 5 世代移動通信システムの導入のための特定基地局の
開設に関する指針案について，2018 年 11 月

【德文】

1. BNetzA，” Konsultationsentwurf zur Anordnung und Wahl des Verfahrens zur
Vergabe von Frequenzen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz für den drahtlosen
Netzzugang”，2018.01
2. TKK，” Konsultation der Ausschreibungsbedingungen—im Verfahren betreffend
Frequenz-zuteilungen im Frequenzbereich 3410 bis 3800 MHz”，2018.02

【韓文】

1. KISA，” 사물인터넷 (IoT) 보안시험・인증 기준 해설서”，2017.12
2. MSIT，”K-ICT 스펙트럼 플랜”，2017.01
3. MSIT，” 과기정통부, 5 세대 (5G) 이동통신 주파수 할당 공고”，2018.05
4. MSIT，” 5 세대 (5G) 이동통신용 주파수 경매 최종 결과”，2018.06