1091202coco

110 年度「交通跨域創新發展環境」委託研究報告

執行單位：台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司

委託機關：交　　通　　部

中華民國　110　年　12　月

本報告為研究案並不代表交通部意見

1091202coco

110 年度「交通跨域創新發展環境」委託研究報告

受委託單位：台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司

研究主持人：陳志仁

研究期程：中華民國 110 年 1 月至 110 年 12 月

研究經費：新臺幣 5,000,000 元

交通部 委託研究

中華民國 110 年 12 月

（本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見）

國家圖書館出版品預行編目資料

110 年度「交通跨域創新發展環境」委託研究報告
/陳志仁等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部, 民 110. 12
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-353-1 (平裝)

1. 電信管理 2.電信政策

557.7 110020406

著　　者：陳志仁、張正武、林宜蓁、李春怡、陳奕均

出版機關：交通部

地　　址：10052 臺北市仁愛路一段 50 號

網　　址：http://www.motc.gov.tw

電　　話：(02)2349-2900

出版年月：中華民國 110 年 12 月

印 刷 者：大手印企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 30 冊

定　　價： 1200 元

本書同時登載於交通部網站

展售處：五南文化廣場 40042 臺中市中區中山路 6 號
電話: (04) 2226-0330 轉 10 或 28
http://www.wuan.com.tw
國家書店松江門市 10485 臺北市松江路 209 號 1 樓
電話: (02) 2518-0807
國家網路書店: http://www.govbooks.com.tw

GPN：1011002060

ISBN：978-986-531-353-1

著作財產權人：交通部

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

交通部郵電司委託研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：110 年度「交通跨域創新發展環境」委託研究報告</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊書)</td><td>政府出版品統一編號</td><td colspan="2">計畫編號</td></tr>
<tr><td>978-986-531-353-1</td><td>1011002060</td><td colspan="2">1091202coco</td></tr>
<tr><td>主管：王廷俊
聯絡電話：02-23492200
傳真號碼：02-23813928
e-mail：tc_wang@motc.gov.tw
承辦人：高境良
聯絡電話：02-23492233
傳真號碼：02-23813928
e-mail：cl_kao@motc.gov.tw</td><td colspan="2">研究單位：台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司
計畫主持人：陳志仁
聯絡電話：02-2718-7620 #131
傳真號碼：02-2718-7621
e-mail：c-chen@nri.co.jp
研究人員：陳志仁、張正武、林宜蓁、李春怡、陳奕均
通信地址：台北市敦化北路 168 號 10 樓 F 室
聯絡電話：02-2718-7620 #131</td><td>其他參與合作之研究團隊
無
研究期間
自 110.01
至 110.12
研究經費
伍佰萬元整</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：頻譜規劃、頻譜政策、5G、B5G/ 6G、非陸面網路、交通產業、智慧創新應用、垂直場域、跨域創新、政策白皮書</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本報告主要分「我國頻譜規劃建議」、「我國交通產業跨域發展建議」以及「我國頻譜政策白皮書草擬」三大部分，分別進行國外趨勢的盤點與我國現況的掌握，以提出我國規劃建議。
首先針對「我國頻譜規劃建議」之部分，研究團隊盤點目前國際上備受討論的幾項新興通訊技術，以及其頻譜需求與標竿國家的規劃方向，同時透過座談會的方式蒐集國內的使用況與未來需求，針對商用電信頻譜提出下階段行動通信頻譜規劃建議；專用電信頻譜則針對政府專用議題進行討論；最後針對目前國際上討論熱烈的 6GHz 免執照頻譜開放議題提出相關建議。
在「我國交通產業跨域發展建議」章節中，主要研析標竿國家智慧交通的推動方向以及相關推動組織與職責，此外亦針對具有頻譜需求之車聯網技術進行調研，提出我國交通與資通訊產業跨域發展的推動模式。
最後，針對「我國頻譜政策白皮書草擬」，除了盤點標竿國家的頻譜政策方向外，更重要的是釐清頻譜政策白皮書的定位與欲傳達的內容。為此研究團隊透過標竿國家的頻譜政策撰寫的內容，以及國內中央部會所發布的政策白皮書之研析，擬定白皮書的架構方向。在內文的部分則根據標竿國家的頻譜政策之規劃方向，得出國家頻譜政策應支持整體國家政策之發展方向，為此亦盤點了我國在資通訊領域相關政策，提出「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」作為頻譜政策白皮書之願景。接續願景的定義，分別針對「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面分別制定六大政策目標，並討論頻譜規劃單位如何藉由既有的政策工具實現願景與目標，進而擬定五項全方位之推動策略，期望能夠確實地透過頻譜規劃，協助各部會在資通訊領域相關科研、產推與普及的推動，進而真正達到福國利民的最終目標。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本出版品取得方式</td></tr>
<tr><td>110 年
12 月</td><td>350</td><td>1200</td><td>凡屬機密性出版品均不對外公開，普通性出版品；公營、公益機關團體及學校，由本部依業務性質函送參考，其他需要者可函洽本部免費贈閱，或逕進入www.motc.gov.tw之出版品項下下載。</td></tr>
<tr><td colspan="4">機密等級：
☐限閱☐密☐機密☐極機密☐絕對機密
(解密【限】條件：☐　年　月　日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，
☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密)
☑普通</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
DEPARTMENT OF POSTS & TELECOMMUNICATIONS
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE：2021 Cross-Domain Innovation and Development in Transportation Sector		
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-353-1	1011002060	1091202coco

DIRECTOR GENERAL：Wang, Ting-Jun PHONE：02-23492200 FAX：02-23813928 E-MAIL：tc_wang@motc.gov.tw CASE STAFF：Kao, Ching-Liang PHONE：02-23492233 FAX：02-23813928 E-MAIL：cl_kao@motc.gov.tw	RESEARCH AGENCY：Nomura Research Institute Taiwan, Ltd. PRINCIPAL INVESTIGATOR：Chen, Chih-Jen PHONE：02-27187620 #131 FAX：02-27187621 E-MAIL：c-chen@nri.co.jp PROJECT STAFF：Chen, Chih-Jen , Chang, Cheng-Wu, Lee, Chun-I, Lin, Yi-Cheng, Chen, Yi-Chun ADDRESS：Room F, 10F, No.168, Dunhua N. Rd., Taipei, 105 PHONE：02-27187620 #131

PROJECT PERIOD	From: January 2021 To: December 2021	PROJECT BUDGET	NT $ 5,000,000

KEY WORDS：spectrum planning, spectrum policy, 5G, Beyond 5G/ 6G (B5G/ 6G), Non-Terrestrial Network (NTN), transportation sector, smart application service, cross-domain innovation, private network, policy white paper

ABSTRACT：

This report is mainly comprised of 3 parts- Recommendation on Taiwan's Frequency Planning, Recommendation on Taiwan's Cross-Domain Innovation and Development of Transportation Sector, and Recommendation on Taiwan's Spectrum Policy White Paper, based upon the analysis of international benchmarking and current situation in Taiwan, in order to provide future planning suggestions.

To begin with, for the future frequency planning part, the team of consultants have investigated the demand on frequency for several new wireless technologies as well as the policy trends from other countries, meanwhile collecting valuable insights from different stakeholders in Taiwan through seminars, to provide planning advices with regards to commercial telecommunications spectrum for future IMT frequency bands. As for specialised frequency bands, the project team focus on public sector's specific uses, and look into the hot topic of licence-exempt 6 GHz band by considering global trends, to provide relevant recommendations.

Furthermore, regarding Cross-Domain Innovation and Development for Transportation Sector, the team set the emphasis on counterparts' current achievements on promoting Intelligent Transport System (ITS), smart transport policy, and the correspondent organisations, and research the use demand on vehicle-to-everything (V2X), to propose appropriate development models for Taiwan's cross-domain innovation within transportation and ICT realms.

Foremost, whilst drafting the spectrum policy white paper, consultants not only take into account benchmarking countries' policy direction, but also concentrate on clarifying the positioning and purpose of such governmental materials. To accomplish this goal, the team conduct in-depth content analysis of benchmarks' spectrum policy as well as Taiwan's policy white paper from different Ministries, with an aim to create an ideal structure for better acceptance across different types of audience. Learning from benchmarking, the team conclude that a nation's spectrum policy should also

<table>
<tr><td colspan="4">support its general ICT strategy, which is why the team define the vision as “supporting Taiwan’s transition to smart nation through spectrum policy.” Following this vision, the project team suggest that the 6 main goals ought to centre around two dimensions- improve citizen’s living standard and promote industrial development- and provide 5 strategies that help to achieve these goals with current policy instruments, hoping to succeed in reaching the vision by sophisticated frequency planning.</td></tr>
<tr><td>DATE OF PUBLICATION</td><td>NUMBER OF PAGES</td><td>PRICE</td><td rowspan="2">CLASSIFICATION
☐SECRET
☐CONFIDENTIAL
☐UNCLASSIFIED</td></tr>
<tr><td>Dec 2021</td><td>350</td><td>NT $ 1200</td></tr>
<tr><td colspan="4">The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications</td></tr>
</table>

全文摘要

本報告主要分「我國頻譜規劃建議」、「我國交通產業跨域發展建議」以及「我國頻譜政策白皮書草擬」三大部分，分別進行國外趨勢的盤點與我國現況的掌握，以提出我國規劃建議。

首先針對「我國頻譜規劃建議」之部分，研究團隊盤點目前國際上備受討論的幾項新興通訊技術，以及其頻譜需求與標竿國家的規劃方向，同時透過座談會的方式蒐集國內的使用況與未來需求，針對商用電信頻譜提出下階段行動通信頻譜規劃建議；專用電信頻譜則針對政府專用議題進行討論；最後針對目前國際上討論熱烈的 6GHz 免執照頻譜開放議題提出相關建議。

在「我國交通產業跨域發展建議」章節中，主要研析標竿國家智慧交通的推動方向以及相關推動組織與職責，此外亦針對具有頻譜需求之車聯網技術進行調研，提出我國交通與資通訊產業跨域發展的推動模式。

最後，針對「我國頻譜政策白皮書草擬」，除了盤點標竿國家的頻譜政策方向外，更重要的是釐清頻譜政策白皮書的定位與欲傳達的內容。為此研究團隊透過標竿國家的頻譜政策撰寫的內容，以及國內中央部會所發布的政策白皮書之研析，擬定白皮書的架構方向。在內文的部分則根據標竿國家的頻譜政策之規劃方向，得出國家頻譜政策應支持整體國家政策之發展方向，為此亦盤點了我國在資通訊領域相關政策，提出「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」作為頻譜政策白皮書之願景。接續願景的定義，分別針對「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面分別制定六大政策目標，並討論頻譜規劃單位如何藉由既有的政策工具實現願景與目標，進而擬定五項全方位之推動策略，期望能夠確實地透過頻譜規劃，協助各部會在資通訊領域相關科研、產推與普及的推動，進而真正達到福國利民的最終目標。

關鍵詞：頻譜規劃、頻譜政策、5G、B5G/ 6G、非陸面網路、交通產業、智慧創新應用、垂直場域、跨域創新、政策白皮書

目錄

第一章、 計畫概述及總摘要說明 1

第一節、 計畫簡介 1
一、 背景分析 1
二、 計畫範圍 2
三、 計畫目標 2
四、 預期成效 2
第二節、 研究目的與重要性 4
第三節、 執行步驟與計畫時程 5

第二章、 研究成果 9

第一節、 我國頻譜規劃建議 9
一、 新興通訊技術與應用之發展 9
(一) 5G 與垂直場域 14
(二) B5G/ 6G 81
(三) 非陸面網路 104
(四) 6 GHz 免執照 128
二、 我國頻譜規劃建議 142
(一) 商用電信頻譜 143
(二) 專用電信頻譜 146
(三) 免執照頻譜 153
第二節、 我國交通產業跨域發展建議 155
一、 標竿國家 ITS 發展方向與現況 155
(一) 美國 157
(二) 日本 161
(三) 中國大陸 164
(四) 新加坡 168
(五) 小結 172
二、 我國交通跨域創新發展建議 172
第三節、 我國頻譜政策白皮書草擬 176
一、 標竿國家頻譜政策規劃方向 176

(一) 美國 178
(二) 英國 184
(三) 德國 189
(四) 日本 192
(五) 韓國 200
(六) 澳洲 203
(七) 小結 206
二、 我國頻譜政策白皮書草擬 208
(一) 標竿國家頻譜政策及我國各部會政策白皮書研析 210
(二) 國際頻譜發展趨勢研析 214
(三) 我國數位與資通訊相關上位發展政策盤點 216
(四) 我國頻譜政策白皮書擬定 218

第三章、 結論 227

第四章、 參考文獻 230

第五章、 附錄 附一-1

圖目錄

圖 1 本研究預期成果 3
圖 2 本研究執行架構 6
圖 3 本研究工作時程規劃 8
圖 4 B5G/6G 預期達到之性能 11
圖 5 頻段別 5G 網路投資與布建數量 18
圖 6 頻段別 5G 裝置數量 18
圖 7 垂直場域智慧應用實踐方式 19
圖 8 垂直場域獨立專網優勢 20
圖 9 上海洋山港公私混網案例 21
圖 10 場域專網布建方式 22
圖 11 網路切片與虛擬化技術 24
圖 12 美國 5G 政策概要 26
圖 13 美國 5G 頻段及潛在頻段釋出狀況 27
圖 14 美國 CBRS 三層優先接取概念圖 29
圖 15 美國 CBRS 頻段 PAL 執照釋出方式 30
圖 16 美國 5G 頻段釋出狀況 33
圖 17 英國 5G 政策五大推動策略 35
圖 18 英國 Local Licensing 釋出頻段與目標 36
圖 19 英國 2018 年 2.3 GHz 及 3.4 GHz 拍賣結果 38
圖 20 英國 700 MHz 及 3.6-3.8 GHz 頻譜拍賣結果 40
圖 21 英國垂直場域規劃 41
圖 22 英國 3.8-4.2 GHz 垂直場域低功率執照可使用範圍 41
圖 23 德國 5G 政策五大推動策略 43
圖 24 德國 5G 路線圖 44
圖 25 德國 5G 頻譜現況 45
圖 26 德國 3.7/3.8 GHz 垂直場域申請概念 46
圖 27 德國 3.7-3.8 GHz 垂直場域頻譜使用費 47
圖 28 德國 24.25-27.5 GHz 垂直場域頻譜使用費 48
圖 29 德國 24.25-27.5 GHz 未來可能應用 49
圖 30 日本 5G 發展進程 49
圖 31 日本 5G 頻譜釋照結果與垂直場域頻段規劃 51
圖 32 日本 5G 頻譜釋照結果與垂直場域規劃 52
圖 33 韓國 5G 政策頻譜規劃方向 54

圖 34 韓國 5G 商用頻譜 55
圖 35 韓國規劃釋出之 5G 頻寬 56
圖 36 韓國釋出之 5G 專網頻譜 58
圖 37 韓國 5G 專網頻譜計費方式 59
圖 38 中國大陸 5G 政策概要節錄 60
圖 39 中國大陸 5G 中低頻商用頻譜 62
圖 40 新加坡 5G SG 政策概要 68
圖 41 新加坡 5G SG 四大政策方向 70
圖 42 新加坡 5G 頻譜政策 71
圖 43 新加坡第一波 5G 釋出頻段 72
圖 44 澳洲 5G 政策概要 75
圖 45 澳洲 26 GHz 頻譜拍賣結果 76
圖 46 國際標準制定組織 B5G/6G 發展進程 82
圖 47 各廠商預期性能之結語 88
圖 48 B5G/6G 潛在應用頻段 90
圖 49 美國極高頻頻段開放及預期研發方向 93
圖 50 英國極高頻實驗頻譜及預期研發應用 96
圖 51 日本透過虛實整合系統實現 2030 年代社會像 97
圖 52 Beyond 5G 推動戰略之發展戰略 98
圖 53 日本 Beyond 5G 重點研發技術 99
圖 54 Beyond 5G 推動戰略頻譜規劃方向與時程 100
圖 55 NTN 網路概要 105
圖 56 NTN 網路組成 106
圖 57 NTN 用於 NR 之三大類別場景 107
圖 58 知名業者 HAPs 系統 110
圖 59 衛星通訊使用頻段趨勢 112
圖 60 衛星通訊頻段 113
圖 61 美國 SpaceX 服務提供模式 115
圖 62 美國衛星頻段供應計畫 118
圖 63 日本 Ku-Band 使用現況 120
圖 64 日本 Ka-Band 使用現況 121
圖 65 澳洲 Ka-band 干擾測試規劃 123
圖 66 澳洲 FWA 及 FSS 共存情境 124
圖 67 ITU 無線電規則(RR)規範之衛星頻段申請程序 128
圖 68 美國 6 GHz 免執照頻譜開放概要 134

圖 69 美國自動頻率調和(AFC)系統示意圖 135
圖 70 英國 6 GHz 免執照頻譜開放概要 137
圖 71 歐盟 6 GHz 免執照頻譜開放概要 138
圖 72 韓國 6 GHz 免執照頻譜開放概要 139
圖 73 加拿大 6 GHz 免執照頻譜開放概要 140
圖 74 國際 6 GHz 頻段開放現況 141
圖 75 我國商用頻譜釋出原則 144
圖 76 電信運營商對於後續 5G 頻譜釋出之看法 145
圖 77 5G 後續階段頻譜規劃建議 146
圖 78 專頻頻譜規劃課題 147
圖 79 總務省針對專用頻譜使用效率之檢討分針 148
圖 80 總務省針對政府使用通訊系統現況之盤點 149
圖 81 各業務領域使用的通訊技術 150
圖 82 專用頻譜規劃模式 152
圖 83 我國 6GHz 主要用途 154
圖 84 我國 6GHz 規劃建議 155
圖 85 美國運輸部推動 ITS 相關組織分工 158
圖 86 DOT Future Spectrum Requirements 之概要 159
圖 87 ETC2.0 通訊情境 161
圖 88 ETC 2.0 車輛運行管理支援服務 162
圖 89 ETC2.0 運用於電子支付情境 163
圖 90 日本 ITS spot 設置地圖 164
圖 91 中國大陸重大智慧交通相關政策發布時程 165
圖 92 創新應用導入流程圖 174
圖 93 跨域創新導入流程示意圖 175
圖 94 交通跨域創新推動建議 176
圖 95 美國頻譜策略擬定方式 179
圖 96 英國頻譜政策概要 185
圖 97 日本頻譜政策走向 193
圖 98 日本頻譜政策鎖定之潛在實現技術 195
圖 99 日本「數位變革時代的電波政策懇談會」主要討論課題 196
圖 100 總務省頻寬目標預估之方式 197
圖 101 總務省未來頻寬釋出目標 199
圖 102 韓國 “K-ICT Spectrum Plan”政策概要 201
圖 103 韓國 “K-ICT Spectrum Plan”頻譜釋出目標 202

圖 104 韓國頻譜釋出目標 203
圖 105 澳洲頻譜政策階段規劃原則 204
圖 106 國際頻譜政策願景走向彙整 207
圖 107 國際頻譜政策策略彙整 208
圖 108 新舊版頻率供應計畫與政策白皮書之定位 209
圖 109 86 年版《電信自由化政策白皮書》概要 212
圖 110 我國頻譜相關電信發展歷程 220
圖 111 我國頻譜規劃方式與步驟 221
圖 112 我國頻譜政策之共識凝聚結論 223
圖 113 我國頻譜政策概要 225

表目錄

表 1 Network2030 代表使用案例 13
表 2 3GPP 新興定義 NR 頻段－Sub-6GHz 14
表 3 3GPP 新興定義 NR 頻段－Above-24GHz 16
表 4 WRC-19 決議用於 5G 之 IMT 頻段 16
表 5 WRC-23 將討論之潛在 IMT 頻段 17
表 6 英國 700 MHz 及 3.6-3.8 GHz 頻譜拍賣結果彙整 39
表 7 香港 900/ 1800 MHz 指配現況 65
表 8 香港 600 MHz、700 MHz、850 MHz、2.5/ 2.6 GHz、4.9 GHz 拍賣結果 66
表 9 標竿國家 5G 商用頻譜現況彙整表 79
表 10 標竿國家垂直場域頻譜規劃彙整表 80
表 11 標竿國家 B5G/ 6G 進程彙整表 104
表 12 NTN 的部署方式 108
表 13 HAPs 可使用頻段 114
表 14 美國衛星頻段現況 117
表 15 美國 Ka-band 現況 119
表 16 日本 Ku-Band 干擾測試結果 120
表 17 日本 Ka-Band 干擾測試結果 121
表 18 澳洲衛星頻段現況 122
表 19 國際衛星業者使用頻段彙整表 124
表 20 標竿國家衛星與地面系統共存干擾解決方式 125
表 21 標竿國家低軌衛星與地面頻譜干擾與共存問題 126

表 22 國際 6 GHz 免執照存取功率限制彙整表 142
表 23 我國政府專用電信使用現況 151
表 24 我國政府專用電信未來潛在需求 151
表 25 標竿國家 ITS 現況彙整 172
表 26 標竿國家頻譜政策一覽表 177
表 27 美國鎖定之低頻段及整備狀態 180
表 28 美國鎖定之中頻段及整備狀態 182
表 29 美國鎖定之高頻段及整備狀態 183
表 30 英國頻譜願景實現方式 186
表 31 英國 Ofcom 2021-2022 財務年度之預期執行計畫（節錄） 187
表 32 英國 Ofcom 2021-2022 財務年度之預期執行計畫（節錄） 187
表 33 德國無線通訊頻段一覽表 191
表 34 日本 2020 年頻譜再分配行動計畫之目標 200
表 35 澳洲 2021-2026 年重點發展頻段 206
表 36 其他部會相關政策白皮書願景及策略彙整表 214

第一章、 計畫概述及總摘要說明

第一節、計畫簡介

一、背景分析

頻譜係珍貴而稀有的國家資源，如何運用頻譜資源滿足民眾與社會使用需求一直以來都是各國頻譜規劃單位追求的目標。研究團隊曾在交通部 109 年度「交通產業創新推動及發展」委託研究計畫當中，提出頻譜政策的願景——活用頻譜資源，推動社會以及產業發展。其目標則是優化民眾生活以及促進產業發展兩項。為了實現頻譜政策的願景與目標，需要使頻譜的使用現況透明化，同時在頻譜規劃上須與國際接軌，使得建設與應用的設備達到規模經濟。另外，為滿足不同的應用需求，需整備多元的頻譜釋出方式；最後針對釋出方式、技術等未明確頻段，可以透過創新實驗場域的推動，將實驗成果回饋到頻譜規劃議題上。

為達上述策略，在工具與手段上，可以藉由「頻譜政策白皮書」說明頻譜規劃原則與重點，並提出包含商用、專用以及免執照的整體頻譜規劃的方向；透過「無線電頻率供應計畫」（以下簡稱供應計畫）表列短、中、長期潛在釋出的商用頻段以及創新實驗之頻譜資源，能夠讓相關業者及早進行研發投入；同時，透過「中華民國無線電頻率分配表」（以下簡稱分配表）說明目前整體頻譜分配的現況，讓使用者得以向主管機關申請使用。然伴隨著通訊技術以及應用的不斷演進，頻譜的使用需求越來愈多元，變化也越來越快速。因此需要持續透過國際發展趨勢的調研以及國內需求的掌握，每年滾動性更新上述相關文件。

二、 計畫範圍

本計畫預計透過新興通訊技術的掌握以及標竿國家規劃發展趨勢的調研，並藉由訪談以及交流座談會之舉辦，掌握我國頻譜的使用現況和課題，分別針對商用電信頻譜、專用電信頻譜以及免執照頻譜探討我國的現況與需求，同時盤點該類別的重點發展頻段，探討其釋出的可能性和釋出時程，提出符合我國國情的頻譜規劃政策建議。

最終以此頻譜政策建議為基礎，擬定我國頻譜政策白皮書，並作為滾動式更新頻率分配表以及供應計畫的參考依據。

三、 計畫目標

本計畫除了延續過去在頻譜規劃面上的執行工作，亦強調對外的政策溝通與交流。

為此，將持續追蹤新興通訊技術的發展趨勢及其頻率規劃方向，並掌握國內對於該技術之頻譜需求，進而滾動式更新無線電頻率供應計畫以及中華民國無線電頻率分配表，滿足相關使用單位取得特定頻率之需求。同時，期望藉由頻譜政策白皮書的草擬，讓相關產官學研單位乃至一般民眾得以了解整體通訊技術的發展趨勢及潛在面臨之課題，進而了解國家頻譜規劃單位在頻譜政策上的思考邏輯與規劃方向。

四、 預期成效

本計畫預計透過提出符合我國國情之頻譜政策與規劃建議，滾動式更新「無線電頻率供應計畫」以及「中華民國無線電頻率分配表」，並提出「頻譜政策白皮書」正式出版版本草案，以支持我國數位、資通訊上位政策之推動。為此，在執行過程當

中，需瞭解相關產官學研對於特定議題之看法，並與其進行交流溝通、凝聚共識。

本計畫透過上述三個政策工具闡述整體頻譜政策的發展方向、說明政府商用頻譜的釋出時程並得以讓相關單位進行清移頻的整備工作，並表列整體頻率的分配現況讓相關業者可以進行申請使用。

對相關產學研界而言，藉此掌握現在可以使用，以及未來潛在使用的頻段與其釋出的時程，即早進行相關事業的評估發展，亦或是投入相關資源進行產品、服務的研發，得以掌握發展的先機，藉此達到上位政策中所強調的促進產業發展之目標。同時，在此過程當中透過多元頻譜釋出方式的整備，以及業者投入的資源等，民眾亦可藉此獲取相關數位、智慧服務，優化其日常生活。

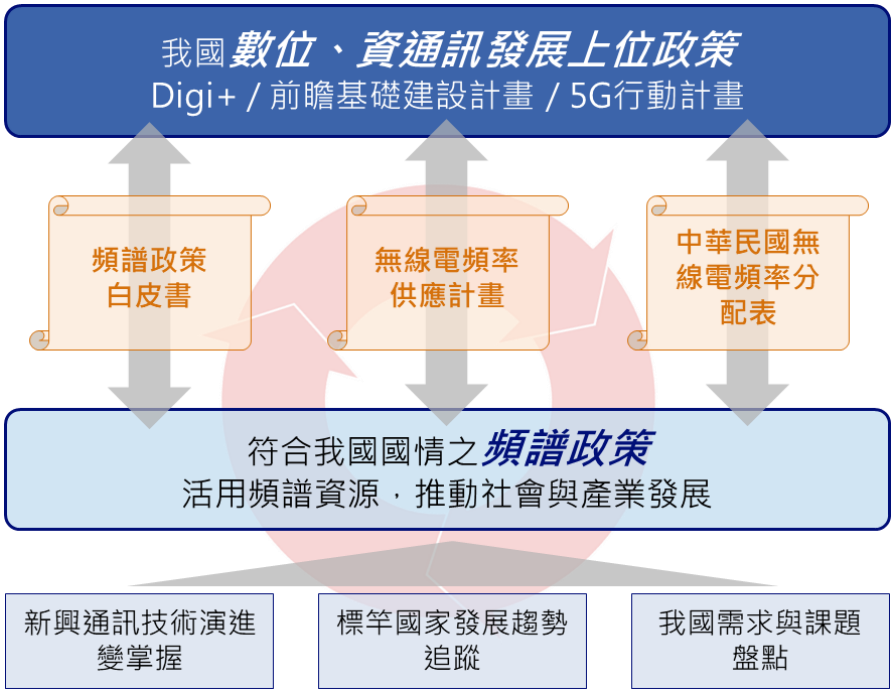


圖 1 本研究預期成果
資料來源：本計畫製作

第二節、研究目的與重要性

我國行政院於 106 年起推動「數位國家‧創新經濟發展方案（簡稱 DIGI+方案）」，期望藉由此方案發展活躍網路社會、推進高價值創新經濟、建構富裕數位國家。同年行政院通過了「前瞻基礎建設計畫」，其中亦根據 DIGI+方案提出了「數位建設」的項目，其與頻譜資源、網路建設息息相關。數位建設以「超寬頻網路社會發展」為核心，除了強調數位人權與寬頻普及之外，也針對「建構開放政府與智慧城鄉服務」展開三大主題：普及智慧城鄉生活應用計畫、建構民生公共物聯網、體感科技基地—體感園區計畫。經過了四年的努力，目前 DIGI+方案已完成第一階段（2017-2020 年）預計推動之任務，而為因應未來智慧國家的發展願景，已將其更名升級為「智慧國家發展方案（2021-2025 年）」，期望藉此加速實現創新、永續、包容的智慧國家之願景。而在該方案當中，重新將 2025 年的發展目標分成「創新數位經濟」、「活躍網路社會」以及「優勢寬頻環境」三部分進行定義，強調產業發展與民眾對於通訊網路可近性的提升。同時，前瞻基礎建設計畫中的數位建設亦跟隨著智慧國家發展方案的推動方向進行調整，將願景定義為「建構支持臺灣未來 10 年發展的數位建設」，以「以 5G 發展驅動台灣數位轉型與全球定位」為推動策略，設定「成為亞太區數位空間與創新的重要樞紐」、「5G 服務全面普及，布局全球 5G 產業鏈」以及「產業數位轉型鞏固先進產業全球領先地位」等三項目標。

此外，針對 5G 的發展，我國於 108 年發布了臺灣 5G 行動計畫，除了期望透過 5G 創造幸福城鄉，也期望可以透過友善環境的建構，讓我國的 5G 相關能量有國際輸出之機會。在推動的主軸中亦包含了「規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜」，強調完備 5G 頻譜政策，並推動 5G 頻譜整備以完善 5G 頻譜釋照作業。

綜觀上述相關政策，可觀察到伴隨著通訊技術的發展、產業環境的改變、智慧應用的普及，國家政策方向皆強調透過資通訊的力量，提供民眾舒適、安全的生活，並促進相關產業的發展。而頻譜為一切資通訊領域的最底層資源，研究團隊期望透過本計畫的推動，提出支持我國數位、資通訊政策的頻譜規劃方向，藉由頻譜使用現況的透明化、頻譜規劃國際接軌、多元頻譜釋出方式整備以及創新試驗場域推動，加速我國數位與資通訊的發展，達到優化民眾生活以及促進產業發展的目標。

第三節、執行步驟與計畫時程

研究團隊將透過「我國頻譜政策規劃建議擬定」以及「我國頻譜政策白皮書草案擬定」之推動逐步完成本計畫。

其中在我國頻譜政策規劃建議擬定當中，將透過國內外發展趨勢與需求課題掌握，包含【Task 1】新興通訊技術與頻段需求調研、【Task 2】標竿國家頻譜政策與 5G 發展追蹤、【Task 3】我國政策方向與頻譜需求掌握。而後，為能使提出的建議能廣納我國各方之意見，執行【Task 4】我國產官學用意見交流與共識凝聚。最後進行【Task 5】我國交通產業跨域發展建議提出，以及【Task 6】我國頻譜政策方向與規劃建議提出，針對我國頻譜政策的願景，以及未來各新興技術以及應用所需的頻譜資源進行規劃建議。此外，針對我國頻譜政策白皮書草案擬定的工作當中，首先會針對白皮書的位階、用途、架構進行定義，進而將上述 Task1-6 的成果的調研、建議提出的成果彙整進白皮書當中，完成【Task 7】頻譜政策白皮書研析草擬。

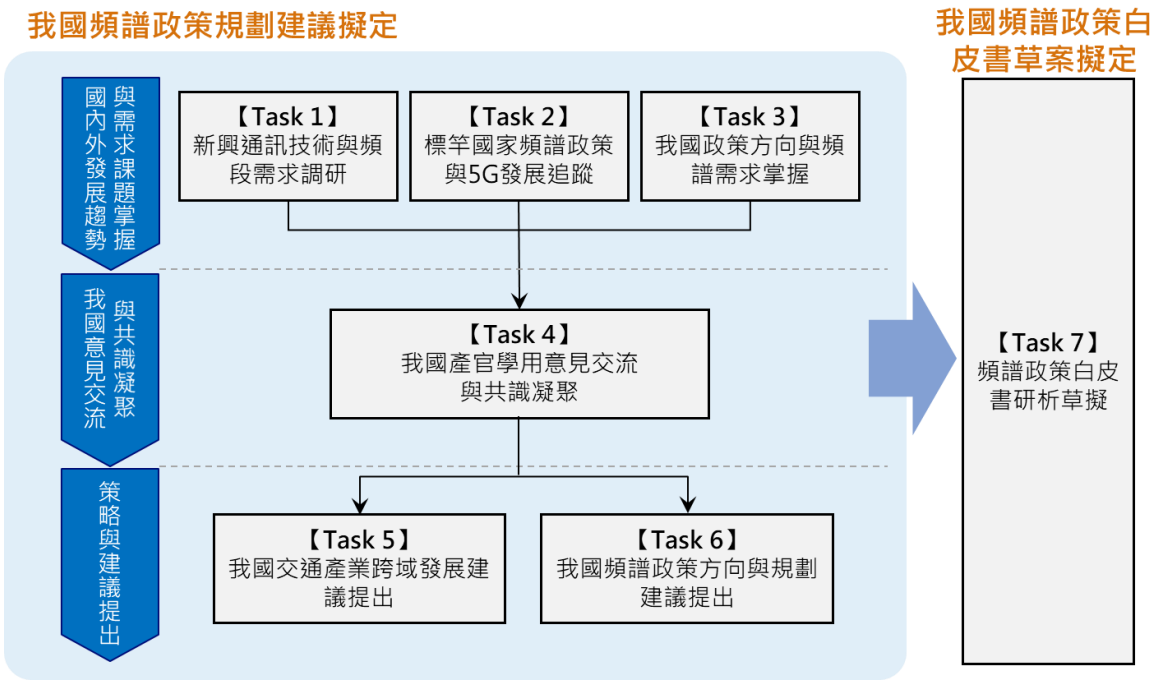


圖 2 本研究執行架構
資料來源：本計畫製作

根據工作時程的安排，截至期末報告的進度，研究團隊已完成：

完成【Task 1：新興通訊技術與頻段需求調研】，調研 3GPP、ITU、IEEE 等國際組織對於新興通訊技術的標準與定義，同時針對美、英、德、日、韓、中、星、澳等 8 國於新興通訊技術的頻譜配置狀況與趨勢。詳細內容於第二章研究成果當中之「第一節、新興通訊技術與應用之發展」進行說明。

完成【Task 2：標竿國家頻譜政策與 5G 發展追蹤】，調研美、英、德、日、韓、中、星、澳等 8 國資通訊的上位政策及其帶動頻譜規劃之政策。詳細內容於第二章研究成果當中之「第三節、標竿國家頻譜政策規劃方向」以及「第一節、新興通訊技術與應用之發展」進行說明。

完成【Task 3：我國政策方向與頻譜需求掌握】之工作內容，盤點我國數位資通訊發展相關之上位政策，並收集我國頻譜使用現況與潛在需求。詳細內容於第二章研究成果當中之「第三

節之二、我國頻譜政策白皮書草擬過程」及「第一節之二、 我國頻譜規劃建議」進行說明。

完成【Task 4：我國產官學用意見交流與共識凝聚】之工作內容，於 110 年 4 月 26 日舉辦「我國政府專用頻譜使用現況與需求探討」座談會，並於 110 年 8 月 26 日舉辦「我國頻譜政策暨下階段行動寬頻頻譜需求探討」座談會，會議記錄請參考第五章附錄中之「附件二、座談會會議記錄」，預計於 110 年 11 月 17 日舉辦「我國頻譜政策現在與未來」專家座談會。

針對我國發展建議的部份，研究團隊完成【Task 6：我國頻譜政策方向與規劃建議提出】之工作內容，根據國際調研的成果，提出我國頻率相關政策工具之定位、架構以及其內容，協助更新我國「無線電頻率供應計畫」以及「中華民國無線電頻率分配表」。詳細內容於第二章研究成果當中之「第一節之二、我國頻譜規劃建議」進行說明。

完成【Task 7：頻譜政策白皮書研析草擬】，透過前述工作項目掌握國際趨勢及我國頻譜需求，並參考我國資通訊上位政策及其餘政府部會白皮書，擬定適合我國資通訊發展之「頻譜政策白皮書」架構及內容。詳細內容於第二章研究成果當中之「第三節之二、 我國頻譜政策白皮書草擬過程」及第五章附錄中之「附件一、我國頻譜政策白皮書（草案）」進行說明。

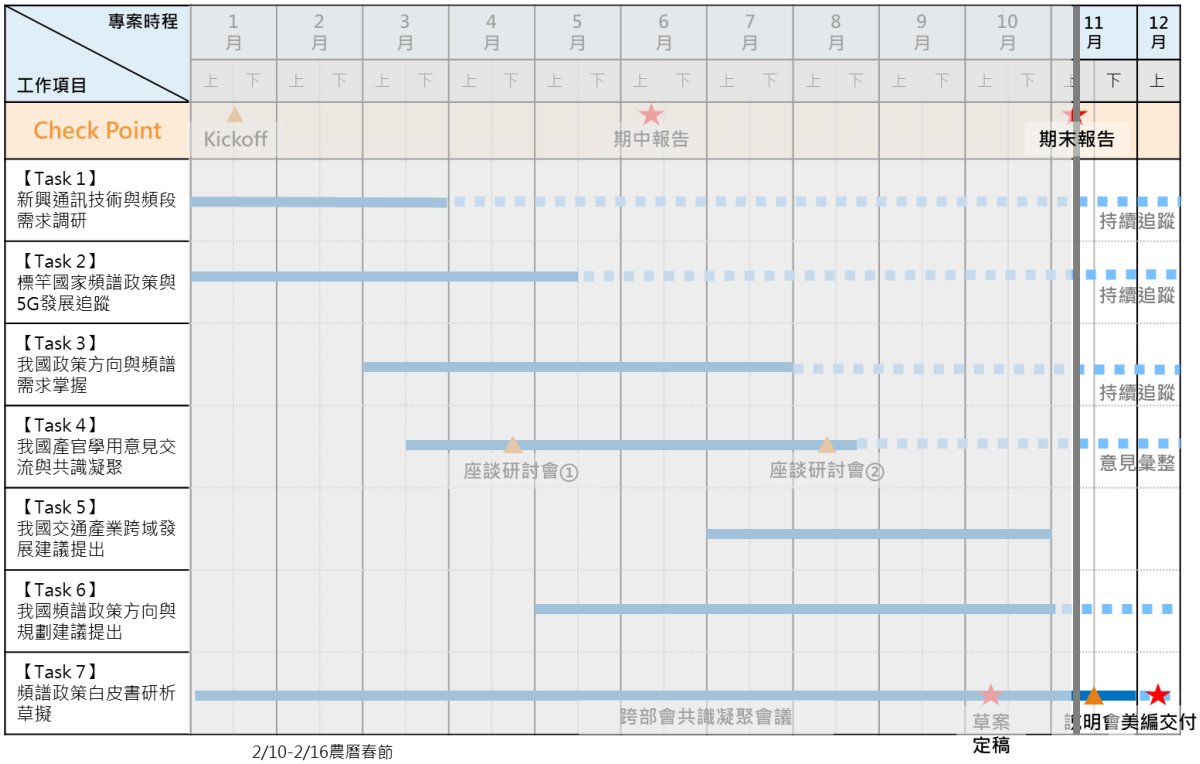


圖 3 本研究工作時程規劃

資料來源：本計畫製作

第二章、 研究成果

第一節、我國頻譜規劃建議

一、 新興通訊技術與應用之發展

針對未來新興通訊技術之規畫，ITU 已於 2018 年成立“Focus Group NET 2030”工作小組，小組下又再細分為三個針對不同主題之小組，分別扮演國際相關研究、技術定義的溝通平台，針對 2030 年以及之後的網路進行討論。

- Sub-G1：使用案例與需求(Use Case & Requirements)
- Sub-G2：網路服務與技術(Network Services & Technology)
- Sub-G3：架構與基礎設施(Architecture & Infrastructure)

Focus Group NET 2030 於 2019 年發布“Network 2030：A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond”白皮書，專注在未來數位世界和現實世界在各維度的融合，目標是要認證正確的網路技術集，以確保包含物聯網、自動化工廠以及自駕車等服務的可行性。因此，須明確未來社會於 2030 年時的通訊需求，同時包含公共、私人無線或是固定網路，希望透過標準的制定、公私夥伴合作關係(Public Private Partnership, PPP)和行業結盟，以進一步了解 Network 2030 提前規劃之重要性並盡早找出潛在機會。在白皮書當中提出了未來潛在出現的新案例包含：

- 全息影像溝通(Holographic Type Communications, HTC)：在工業領域中可用於數位分身，透過數位複製之分身控制實際物品；在醫療領域當中，可用於 3D 全息投影；此外亦可改變人與人的溝通方式，達到多點的同步互動的溝通模式。在網路面上的最大課題是需要非常大的頻寬進行大容量數據的傳

輸。

- 多感知網路(Multi-Sense Networks)：除了視覺與聽覺之外亦涵蓋嗅覺、觸覺等感知之應用。
- 時間工程應用(Time Engineered Applications)：由於人類很習慣在訊息傳遞延遲時自主進行調適，而未來在各領域當中皆強調依靠自動化去驅動，然大多數的機器、機械都是為了特定的任務而設計的確定性控制迴路，因此必須要確保設備必須遵守及時性。
- 關鍵基礎設施(Critical Infrastructure)：未來通訊技術被期待用於保護社會、人民免於緊急情況之傷害，即需要無所不在並隨時可用的網路環境。

為達上述應用案例，Network 2030 的特點包含：

- New Verticals：在各領域當中由自動化運作去驅動，並使用全息影像(holograms)支持個人近即時通訊。
- New Infrastructures：未達到高覆蓋的網路，未來將面對更多新網路建設議題，包含地面、空中以及太空之通訊。
- New Communication Services：發展新的模型提供新型態的網路服務，使應用可以與更智慧與高精準的與網路互動。尤其未來新的垂直應用之成功將取決於數據的即時性。

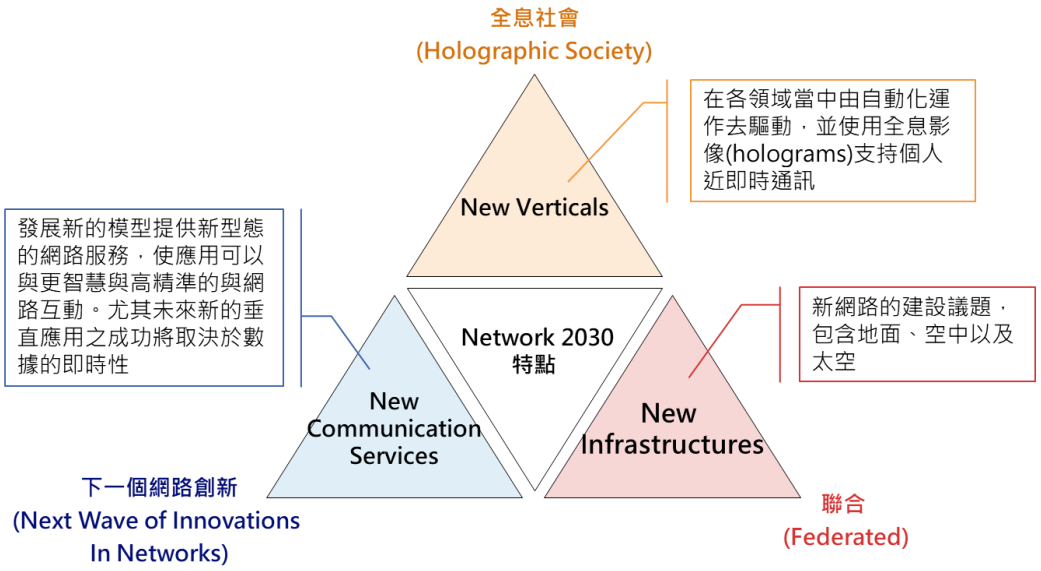


圖 4 B5G/6G 預期達到之性能

資料來源：ITU “Achievements of ITU-T Focus Group on Network 2030 (FG NET 2030)”，本計畫製作

白皮書亦點出了未來 Network 2030 五個關鍵領域。第一為時間工程通訊服務(Time Engineered Communications Services)，誠如上述提及的，數據傳輸的即時與準確性是未來各垂直領域應用當中的關鍵因子，因此在白皮書當中根據數據傳送的即時性，將服務分為及時服務(In-time Service)，規定於不遲於要求時間內回傳，其適用於製造業工廠自動化、遠距手術；準時服務(On-time Service)，規定於要求時間內回傳，適用於緊急狀況的及時回應及無人機等同步操作；以及協調服務(Coordinated Service)，要求在相對的時間內回傳，適用於多感知交流等應用。因此不同的應用服務會有不同的時間工程通訊的標準。

第二則是未來許多應用通訊服務皆具有複雜的條件(Communication Services with Complex Constraints)。以全息影像技術為例，需要高度融合視覺與聽覺，未來甚至需要包含觸覺、嗅覺等感知，因此需要低延遲與高傳輸速度的網路。

第三是異質網路基礎設施的共存(Coexistence of Heterogeneous Network Infrastructures)。未來網路通訊面臨到私有網路的激

增、太空通訊的出現、以及邊緣運算的細緻化，要如何監管用戶在不同網路之間的移動則是重要之課題。

第四為新垂直領域(New Verticals)，未來各垂直領域因通訊技術的創新而產生更多的機會，並透過啟動新服務來推動水平 ICT 之發展，進而產生更多新的領域，例如 Holoportation、數位分身等。

最後則是與下一世代行動通訊技術之關係(Relation to Next-generation Mobile Technologies)，要實現上述提到的全息影像通訊、多感知網路、時間工程等新型應用，僅依靠目前的通訊技術是不足的，因此預計到 2030 年將出現 B5G/6G 等新通訊技術，Network 2030 需去定義新技術的機制和協議。

隨後，各工作小組亦持續針對負責的領域進行定義，其中 Sub-G1 針對使用個案分為三大類：(1)新媒體的使用案例(Use Cases for New Media)、(2)垂直場業與應用的使用案例(Use Cases for Vertical Industries and Applications)以及(3)增強網路能力的使用案例(Network Capability specific Use Cases)。在三類別中展開新的應用，下表列舉七個代表性之使用案例，之後 Sub-G1 會將各個應用所需之網路特性進行矩陣分析，並探討與現存網路間能力的差距，藉此定義未來網路的技術目標。

表 1 Network2030 代表使用案例

類別	應用	描述	關鍵網路需求
新媒體	全息影像溝通(Holographic Type Communications, HTC)	期望透過交互的方式將一個或多個的3D圖像以數位的方式傳送到一個或多個目標節點。在工業領域中可用於數位分身，透過數位複製之分身控制實際物品；在醫療領域當中，可用於3D全息投影；此外亦可改變人與人的構通方式，達到多點的同步互動的溝通模式。端對端的HTC可以依程度與傳輸需求分為四類： • 完全全息呈現（需要Tbps之傳輸）、 • 小透鏡光場3D(lenslet light-field 3D)（需要Gbps之傳輸） • AR/VR的顯示器 • 目前廣泛運用於3D成像的3D點雲數據	• 大頻寬 • 低延遲 • 多串流的同步 • 邊緣計算 • 安全與可靠度
垂直產業與應用	遠距操控之觸覺網路(Tactile Internet for remote operations, TIRO)	觸覺式物聯網可對遠端的設施進行即時的操控，創造許多在工業4.0以及遠距醫療領域當中的新應用機會。兩個典型的案例包含： • 遠距的工業管理：對設施的即時監控與控制，觸覺傳感器可以幫助遠端的操作員取得動作的回饋更精準地控制機械 • 遠端機器人手術：手術醫師可以即時獲取患者與手術室的聲音影像資訊以及觸覺資訊，操控遠端的機器人。病患的觸覺回饋也必須即時傳送到醫師端	• 大頻寬 • 低延遲 • 同步 • 安全與可靠度 • 優先度判定與排程
	智慧運營網路(Intelligent operation network, ION)	未來網路會變得越彈性與越複雜，現行監控網路的方式是透過多個感測器回傳大量參數以評估網路狀況，然這些感測器往往都是獨立運作，並非在同一個系統下運作。未來類似AI的技術將在網路運作當中扮演關鍵角色，做到數據的蒐集、分析、控制與及時介入。	• 低延遲封閉式的控制 • 具有數據優先級的低延遲事件驅動 • 高頻寬即時收集網路狀態數據 • 可編程與軟體化
	網路與計算之融合(Network and computing convergence, NCC)	近年雲端計算以及網路功能虛擬化促使網路雲端化的出現，此外，邊緣運算之發展也使得網路的運算從中心端擴展到各處。因此未來的網路將會需要多個端點互相協作與合作，這些都需要具計算知覺的編程功能。同時，未來將朝向微型服務模式(micro-service model)發展，在微型服務模式的架構當中，網路當中具有無所不在的計算和儲存的功能，因此每個端點都可變成資源提供者(resource providers)，各個應用可以依據其特定的服務需求、即時的網路狀況、即時的可用網路資源等，進行動態的計算任務排程到各端點。	• 計算知覺(Computing awareness) • 聯合網路與計算資源調度 • 網路協定與可編程性 • 垂直行業的分布式智慧網路管理 • 多接取能力 • 快速路由與重路由機制(Fast routing and re-routing)
	數位分身(Digital twins, DT)	數位分身通常只在數位世界當中即時呈現物理個體，促使數位世界以及物理世界的融合，為傳統提供實際資產的優化及預測性維護的解決方案增加價值。數位分身可運用於具物理實體的各種場景中，包含汽車、建築物、程式、城市等。透過數位分身的技術將物理實體反射到數位世界當中做即時的模擬與預測未來。	• 頻寬 • 延遲 • 移動性 • 彈性 • 安全與隱私 • AI分析
	太空-陸地整合網路(Space-terrestrial integrated network, STIN)	太空與陸地網路的結合。未來可達到： • 無所不在的網路接取，包含海洋、沙漠以及船舶、飛機等移動平台 • 由低軌衛星上的輕型載計算與儲存資源提供無所不在的邊緣運算 未來期望達到的是所有移動設備可以直接低軌衛星進行通訊，而不需要仰賴地面的基礎設施。	• 彈性的尋址與路由 • 衛星端的頻寬能力 • 衛星的許可控制(Admission control by satellites) • 邊緣計算與儲存
增強網路能力	具有雲端化功能之工業物聯網(Industrial IoT (IIoT) with cloudification)	IIoT實現從辦公室到工廠現場，從設備級別的聯網到企業業務的系統，進而達到工業過程當中的自動操作與控制，無須人工干涉。需要端對端低延遲(sub-ms to 10 ms)以及小抖動(1μs level)。同時作為工業4.0的場景，OT與IT正在結合，許多過去在硬體上的控制功能逐漸虛擬化，並轉移到邊緣或雲端上，以減少設備的資本支出。	• 延遲 • 同步 • 小而有限的抖動(jitter) • 安全與可靠度 • 大規模的網路

資料來源：ITU “Representative use cases and key network requirements for Network 2030”(2020)，本計畫製作

(一) 5G 與垂直場域

行動通訊的演進以十年為單位不斷的演進當中，2020 被譽為 5G 元年，為此 2018 年開始就有國家陸續釋出 5G 的頻譜，期望在新興通訊技術的發展過程當中搶得先機。5G 具有高速行動寬頻傳輸(eMBB)－預期傳輸速率達 20 Gbps 以上、海量機器類通信(mMTC)－預期能使 100 萬以上裝置同時連接並且低設備價格與耗電量、高可靠度低延遲(URLLC)－預期延遲時間能少於 1 毫秒為三大共識目標。

3GPP 對於 5G NR 頻段的定義如下：

表 2 3GPP 新興定義 NR 頻段－Sub-6GHz

頻段	名稱	上鏈	下鏈	頻寬(MHz)	備註
n1	2100	1920-1980	2110-2170	5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n2	1900 PCS	1850-1910	1930-1990	5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n3	1800	1710-1785	1805-1880	5, 10, 15, 20, 25, 30	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n5	850	824-849	869-894	5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n7	2600	2500-2570	2620-2690	5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n8	900	880-915	925-960	5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n20	800	832-862	791-821	5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n28	700 APT	703-748	758-803	5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n38	TD 2600	2570-2620		5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n41	TD 2500	2496-2690		10, 15, 20, 40, 50, 60, 80, 100	其中 60, 80, 100MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n50	TD 1500+	1432-1517		10, 15, 20, 40, 50, 60, 80	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15，其中 60, 80MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n51	TD 1500-	1427-1432		5	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15

n66	AWS-3	1710-1780	2110-2200	5, 10, 15, 20, 40	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15，其中 40MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n70	AWS-4	1695-1710	1995-2020	5, 10, 15, 20, 25	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n71	600	663-698	617-652	5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n74	L-band	1427-1470	1475-1518	5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n75	DL 1500+		1432-1517	5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n76	DL 1500-		1427-1432	5	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n77	TD 3700	3300-4200		10, 20, 40, 50, 60, 80, 100	其中 60, 80, 100MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n78	TD 3500	3300-3800		10, 20, 40, 50, 60, 80, 100	其中 60, 80, 100MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n79	TD 4500	4400-5000		40, 50, 60, 80, 100	其中 60, 80, 100MHz 為 SCS(kHz)=30, 60
n80	UL 1800	1710-1785		5, 10, 15, 20, 25, 30	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n81	UL 900	832-862		5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n82	UL 800	880-915		5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n83	UL 700	703-748		5, 10, 15, 20	不包含 SCS(kHz)=60，其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15
n84	UL 2100	1920-1980		5, 10, 15, 20	其中 5MHz 為 SCS(kHz)=15

資料來源：3GPP (2017.12)，本計畫製作

另外對於 24 GHz 以上之頻率，3GPP 先行定義出 Band n257、n258、n260 以及 n261 等新興頻段，建議頻寬比起 Sub 6GHz 頻率亦有顯著差異，最小為 50 MHz，最大為 400 MHz。

表 3 3GPP 新興定義 NR 頻段－Above-24GHz

頻段	名稱	頻率範圍	頻寬(MHz)
n257	28GHz	26.5-29.5	50, 100, 200, 400
n258	26GHz	24.25-27.5	50, 100, 200, 400
n260	39GHz	37-40	50, 100, 200, 400
n261	28GHz	27.5-28.35	50, 100, 200, 400

資料來源：3GPP (2017.12)，本計畫製作

而在 WRC-19 會議上決議將 24.25-27.5 GHz、37-43.5 GHz、45.5-47 GHz、47.2-48.2 GHz 和 66-71 GHz 頻段等共 17.25 GHz 頻寬供 IMT 使用，全球一致的部分佔了 14.75 GHz。其中，37-43.5 GHz 當中各地區有一些衛星業務使用，因此各國可以斟酌在此些頻段內規範 IMT 使用之限制。同時，由於有一些頻段及其鄰頻有一些既有使用者，因此亦針對該些頻段使用 5G 頻段時，提出一些強制以及建議之規範，例如限制 5G 基地台之功率、基地台天線之指向避免干擾衛星接收；鼓勵設立 guardband 等。

表 4 WRC-19 決議用於 5G 之 IMT 頻段

頻段(GHz)	頻寬(GHz)	使用限制
24.25-27.5	3.25	全球統一
37-43.5或部分	6.5	全球統一
45.5-47	1.5	部分國家
47.2-48.2	1	部分國家
66-71	5	全球統一

資料來源：ITU “Final Acts WRC-19”，本計畫製作

而預計在 2023 年舉辦之 WRC-23 中，1.2 議題亦將持續針對 3300-3400 MHz（美洲及部分歐洲區域）、3600-3800 MHz（美洲區域）、6425-7025 MHz（歐洲區域）、7025-7125 MHz（全

球）以及 10-10.5 GHz（美洲區域）等 5 個頻段進行討論，決議是否將此些頻段分配於 IMT 用途。

表 5 WRC-23 將討論之潛在 IMT 頻段

議題	議題	鎖定頻段
1.2	針對3300-3400 MHz、3600-3800 MHz、6425-7025 MHz、7025-7125 MHz以及10.0-10.5 GHz頻段用於IMT的問題進行討論	• 3300-3400 MHz(Region 2 and amend footnote in Region 1) • 3600-3800 MHz(Region2) • 6425-7025 MHz(Region1) • 7025-7125 MHz(globally) • 10.0-10.5 GHz(Region2)
1.4	2.7GHz以下頻段用於高空平台(HAPs)作為行動服務中IMT基地台(HIBS)之討論	• 694-960MHz • 1710-1885MHz • 2500-2690MHz

資料來源：ITU “Final Acts WRC-19”，本計畫製作

隨著 5G 技術發展以及各國釋出的進度，根據 GSA 發布的報告，C-band 目前還是最熱門的頻段，截至 2021 年 5 月為止已有約 240 個營運商投資於 C-band，其中超過 150 個運營商已部署或取得 n77 以及 n78 之執照。其次則為毫米波的 n257、n258 以及 n261 (24.25-29.5 GHz)，共有約 150 個營運商進行投資，然實際進行部署的運營商家數仍遠低於 C-band。

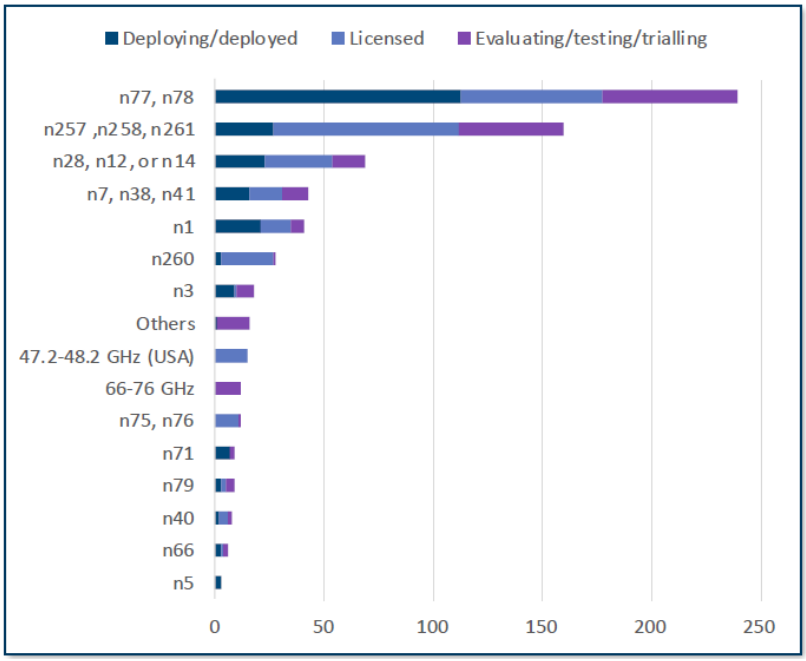


圖 5 頻段別 5G 網路投資與布建數量

資料來源：GSA “H1 2021 Review: 5G Spectrum , Networks and Devices”

其趨勢亦反映於 5G 的商用裝置數當中，根據 GSA 於 5 月公布的報告中，目前已知有九成以上的商用專端設備支持 Sub 6 GHz 之頻段，其中以 n78 最多，其次為 n41，接續為 n1，支持此三個頻段的商用終端設備數皆已突破 400 款。然而，毫米波的可用裝置數仍佔少數。

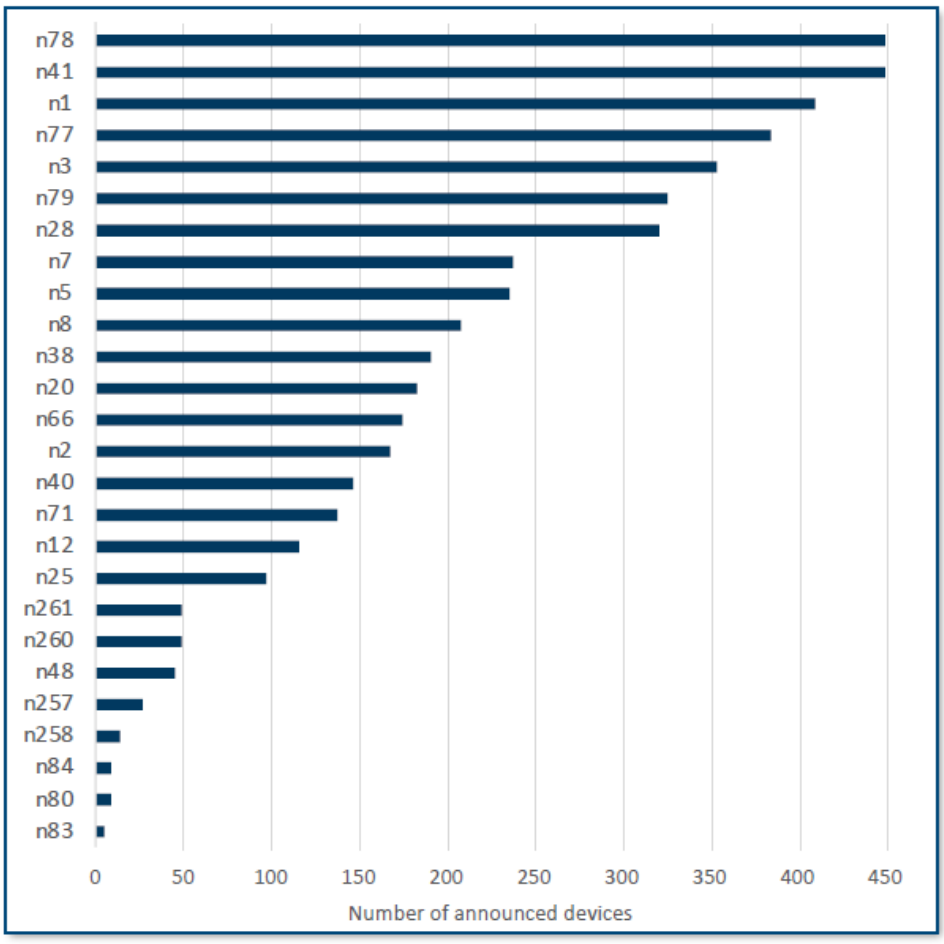


圖 6 頻段別 5G 裝置數量

資料來源：GSA “H1 2021 Review: 5G Spectrum , Networks and Devices”

此外，由於 5G 網路強調的是以應用內容為導向之服務，因此有許多國家因應產業的需求，提出垂直網路專用頻段之議題。

針對垂直場域當中通訊的基礎設施，同樣可以從頻譜層開始展開，如下圖所示，主要可分為商用頻譜以及專用頻譜兩種模式，並開展三種專網建置模式，包含公網、公私混網以及私有網路等。以下將分別針對此三種模式進行說明。

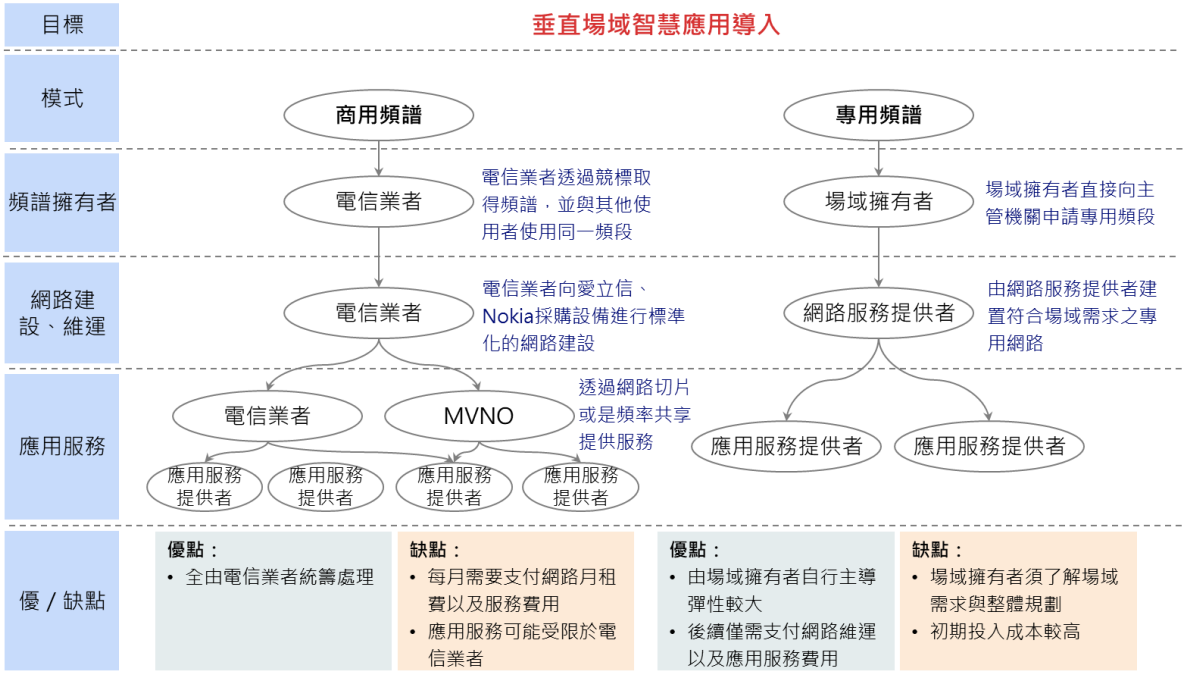


圖 7 垂直場域智慧應用實踐方式
資料來源：本計畫製作

公網顧名思義就是與一般用戶共同使用的公眾網路，透過與一般用戶接取同一個網路，在場域當中導入智慧應用。此方式為過去較為人所知之普遍模式，由電信營運商透過競標取得頻譜資源，並由其向愛立信、Nokia 等通訊設備大廠採購通訊設備進行標準化的網路建設，網路的使用及所有權則完全掌握在電信業者上。

有別於過去網路多由擁有頻譜之電信商所提供，未來垂直場域網路可以透過專用頻段的規劃，讓業者有機會自己建構一套符合各別場域應用需求之網路。同時，由於是小區域之自營網路架構，當災害發生導致網路中斷時其修復能力較高；另，因數

據資料不需要通過電信業者的核心網路，因此也受到許多重視數據安全的製造業者之支持。

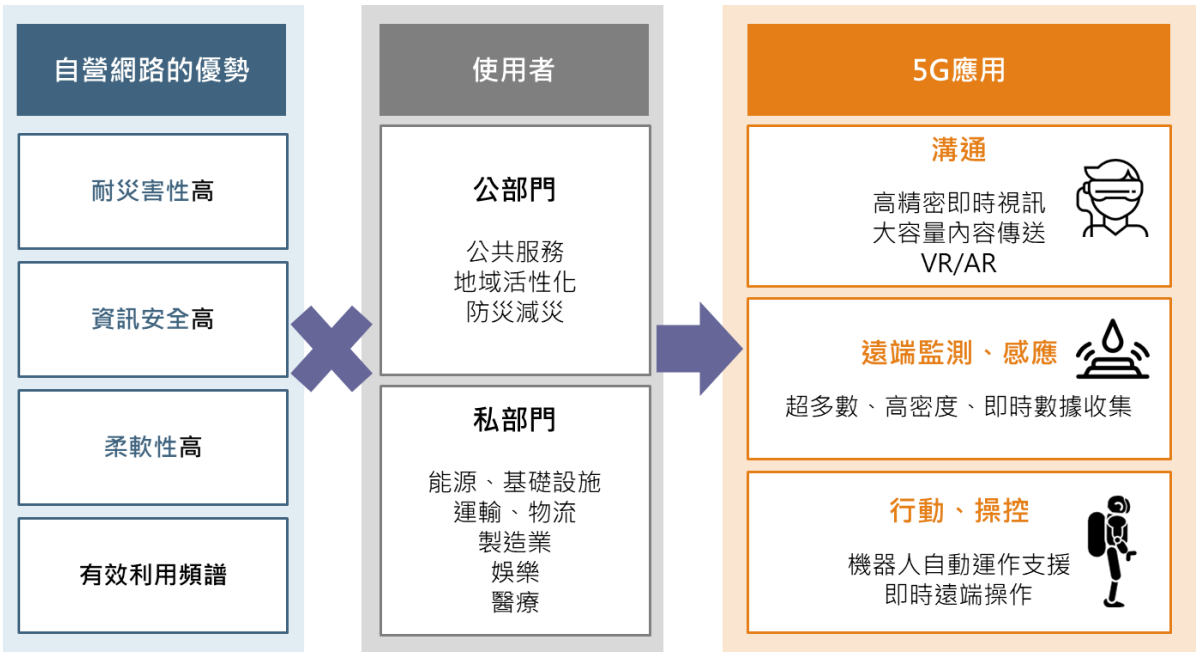


圖 8 垂直場域獨立專網優勢

資料來源：總務省、Panasonic 公開資料，本計畫製作

而同樣使用電信運營商取得的網路資源以及建設的標準化網路設施的情況下，尚存在另一種可能性——公、私混網。在 5G 垂直場域課題出現時，各大電信運營商亦積極想透過既有資源擴展 B2B 的垂直場域市場，此時可透過共享機制，或是網路切片(network slicing)的技術切割一部分的獨立虛擬網路提供垂直場域使用，其亦可能滿足場域擁有者對於資安以及網路功能的需求。此模式之下網路控制層功能由公網處理，場域內的應用則分流到內部專網進行。所以在場域當中將存在兩種網路，一般使用者或裝端可以連上公眾網路外，有特殊資安以及應用需求之裝置可透過場域的 ID 認證，連結上場域的私有雲當中。上海的洋山港採用的即為此種公、私混網模式，中國移動利用其既有的 2.6 GHz 以及 4.9 GHz 雙頻段資源，根據港口的應用需求，建置符合應用需求之公、私混合網路環境，提供碼頭公

眾網路與專網兩種接取方式。透過專網接取方式，實現數據不出港口的應用模式。

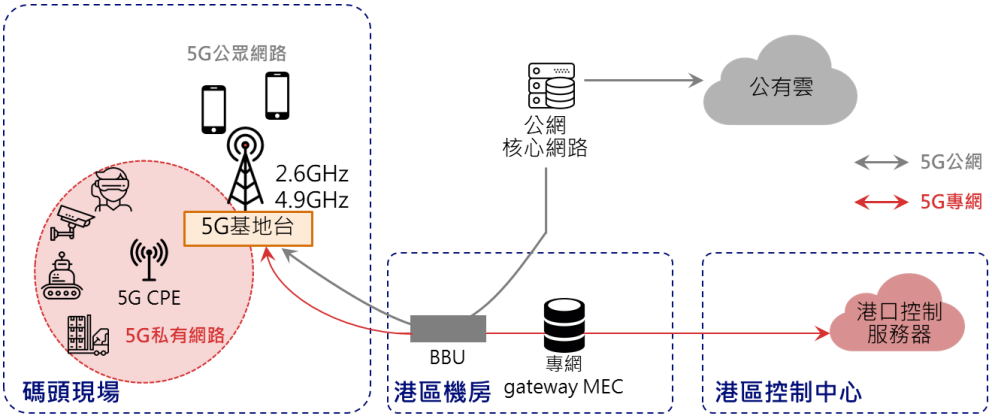


圖 9 上海洋山港公私混網案例

資料來源：振華重工、中國移動、沃達豐、華為《5G 智慧港口白皮書》，本計畫製作

然而，即使是在公、私混網的方式下，仍有使用者對於資安、應用的彈性以及商業模式有所疑慮，為此國際上亦出現了垂直場域專用頻譜的規劃趨勢。在此模式下，可由場域擁有者直接向頻譜主管機關申請專用頻段，再委託網路服務提供商建置符合場域需求之專用網路。其優勢在於場域擁有者可自行主導，且具有彈性較大，後續亦僅需支付網路維運以及應用服務費用；然相對而言，初期投入成本較大，且場域擁有者需清楚了解場域需求與整體規劃。

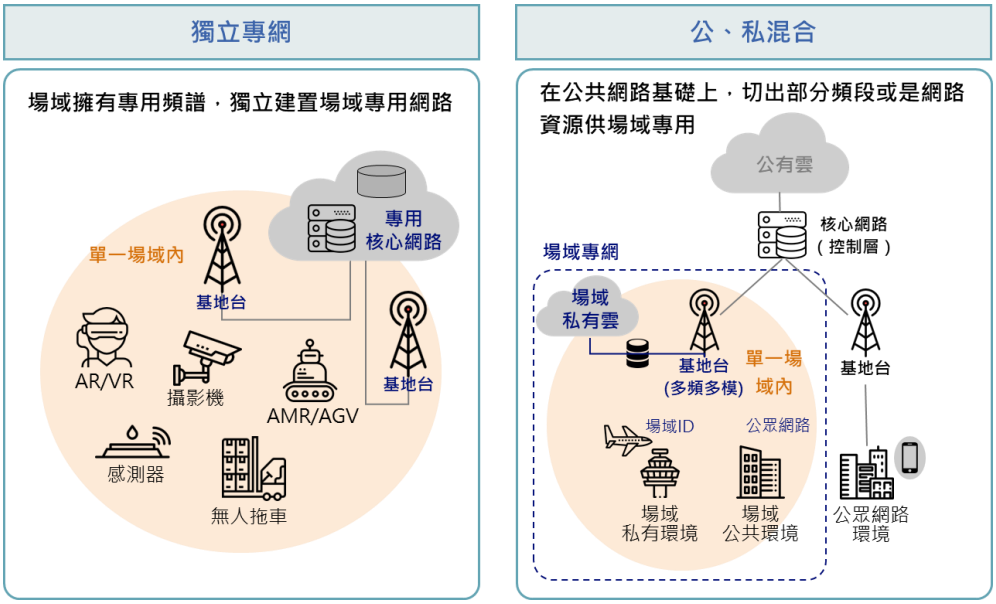


圖 10 場域專網布建方式

資料來源：本計畫製作

前述提及之網路切片技術為 5G 網路時代中之一大特色，該技術奠基於逐漸成熟之軟體定義網路(Software Defined Nework)及網路功能虛擬化(Network Function Virtualisatiom)等虛擬化架構。SDN 為一種新型態的網路架構，透過使用 OpenFlow 協定，將傳統上包含在資料平面(data plane)中的路由器控制平面(control plane)分隔出來；此一分離使得網路層中不同的控制平面得以透過軟體集中化地管理，進而能在不改變既有硬體裝置的條件之下達到網路架構的重新設計及規劃、升級。至於 NFV 則指將原先用以支援某特定網路性能之實體設備，改為以軟體的形式呈現，例如：將用戶終端設備(Customer-Premises Equipment, CPE)、防火牆以及路由器等硬體虛擬化、軟體化，透過通用的硬體（伺服器）提供此些功能，可更彈性支援不同的應用情境，並減少購置專用硬體之支出。

網路切片本身指的則是一種邏輯（虛擬）網路，為特定的業務目的、客戶所服務。切片概念將接取及網路核心功能之範圍擴大，使不同網路資源的端到端組成(end-to-end composition)可在共享基礎設施層上建立邏輯網路，進而提供網路服務。透過網

路切片，網路運營商可透過區分應用服務之特性進而分配所需之網路資源，而服務供應商亦可於網路運營商之物理層基礎設施上建立虛擬網路，並使終端消費者得因應其個別需求進行網路之客製化。透過 SDN、NFV 等虛擬化技術，網路運營商能夠藉由將實體的網路切分為可以對應不同應用情境之端對端虛擬網路，並根據應用類別決定須使用之網路切片。

在強調應用為導向的 5G 時代中，由於應用情境多樣且多元，透過網路切片技術可更有效率地使用網路資源，將 5G 三大性能根據應用之需求切分出去。舉例而言，須面對路面突發狀況而因此要求極低延遲之車聯網，則可透過此技術將核心網路中處理低延遲傳輸(URLLC)之功能切分；至於需要大量裝置連線之物聯網應用，則可對應到用以供應海量連結(mMTC)之切片；一般民眾使用智慧型裝置連線所欲享用到之高速 5G 性能，則可藉由超高速傳輸(eMBB)之切片與之對應。

網路切片技術除可更有效處理網路資源外，亦將因 5G 於各地區之規模化部署，而產生龐大商機及新興之網路服務商業模式。為使終端用戶能在沒有資安疑慮且隨時隨地都能享受進階網路性能，往後如何改善服務品質(Quality of Service, QoS)及服務水準協議(Service Level Agreement, SLA)之訂定亦為各大組織如 3GPP、GSMA 等不斷研析之重點方向。

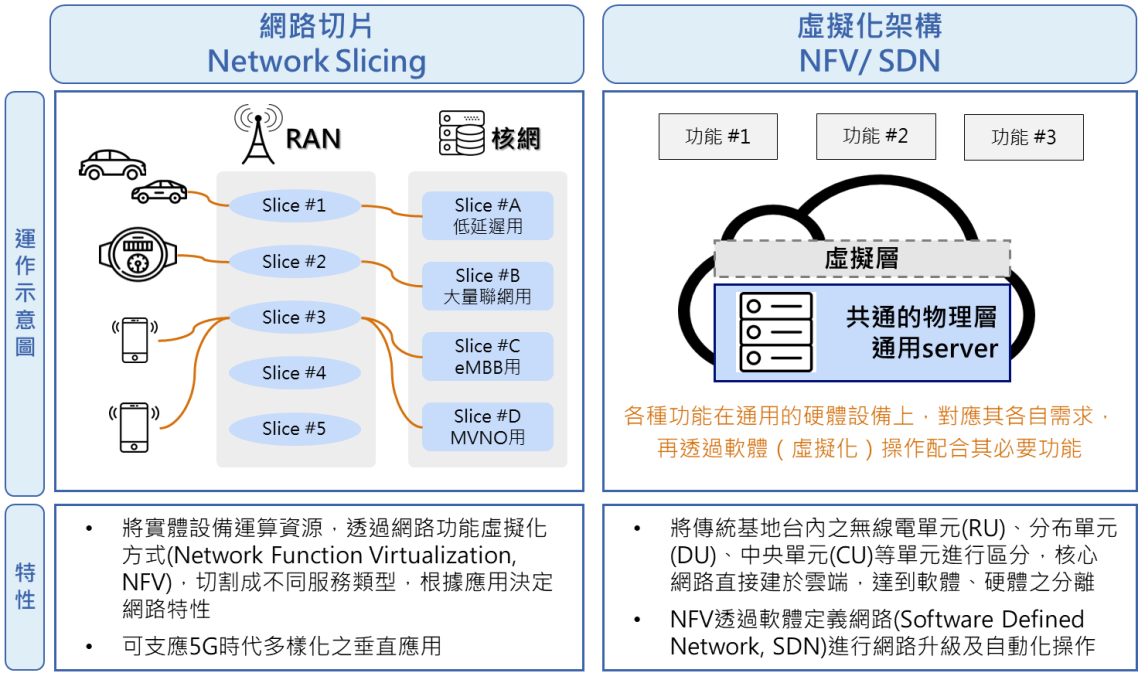


圖 11 網路切片與虛擬化技術
資料來源：本計畫製作

1. 美國

FCC 於 2018 年 9 月發布“The FCC’s 5G FAST Plan”，期望從頻譜面、建設面以及法規面三大面向著手規劃，希望能藉此加速美國 5G 的發展。其中在建設面強調要加速對 small cell 應用的審查程序，期望透過彈性化的審查，促使 5G 的覆蓋部署加快；法規面強調透過法規的鬆綁及修正，提升 5G backhaul 的能力，包括放寬新設設備建設的位置、增加投資的措施等；而在頻譜面則希望能完備低中高頻段之頻譜資源，其中除前述提及的高頻頻段外，在中頻頻段則希望能釋出 844 MHz 供 5G 使用，低頻則鎖定 600/ 800/ 900MHz，另外也希望規劃 6 GHz 以及 95 GHz 以上供未來 5G Wi-Fi 作使用。根植於此，現階段美國的 5G 政策主要以“America’s 5G Future”作為推進方向，此政策之目標為更新不符時代趨勢法規。

以下為其於法規面推行之具體計劃：

- 5G Fund for Rural America：於 2020 年 10 月成立並將投入 90 億美元於 USF (Universal Service Fund)以支持業者於美國偏鄉提供 5G 行網無線服務，並包括規劃於原住民部落土地建置之 6.8 億美元。此外，USF 亦規劃至少需使用 10 億美元於提供精準農業之網路需求（2.5 GHz 頻段可供申請，以提供 5G 無線服務於此類原住民保護區）。
- One-Touch Make-Ready：針對附屬於基地台之新網元設備，FCC 已更新其監管規則，以減少建置成本並加速 5G 網路 backhaul 之部署。
- Speeding the IP Transition：透過修改規定以提高各公司投資下世代網路及服務之意願。
- Supply Chain Integrity：藉由法規的奠定，要求 USF 不可使用國民上繳之稅金向可疑廠商採購可能對美國傳播網路及傳播供應鏈造成國安威脅之設備或服務。

另外，除了頻譜、法規以及建設層面外，FCC 也強調將透過其他行動強化美國 5G 能量，例如：藉由產學研論壇研發開放、可共操作、標準化及虛擬化之 5G Open-RAN，以分散設備之供應鏈風險、降低成本並提高資安品質；透過設立兩座新創園區(Innovation Zone)，促進當地政府及學研單位之合作並展開以全城為範圍之實證測試，紐約市將針對開放軟體定義無線通訊(Cloud Enhanced Open Software Defined Mobile Wireless Testbed for City-Scale Development, COSMOS)進行研發，而鹽湖城則瞄準數據驅動 MIMO 之開放平台(Platform for Open Wireless Data-driven Experimental Research with Massive MIMO Capabilities, POWDER)。

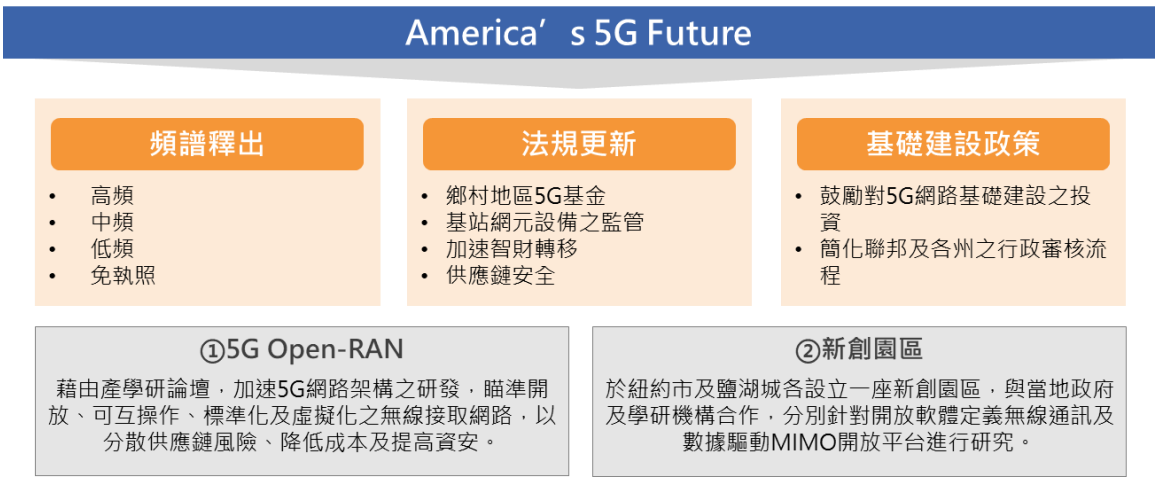


圖 12 美國 5G 政策概要

資料來源：FCC “America’s 5G Future”，本計畫製作

如下表所示，搭配其推行政策，美國 5G 可用頻譜已釋出中頻 3.5/ 3.7-3.98 GHz、高頻 24/ 28/ 37/ 39/ 47 GHz 等頻段，於免執照可供 5G Wi-Fi 使用的則有 6 GHz 和 57-71 GHz 等。光是在中頻部分，便已提供總計 1130.5 MHz 供 5G 使用。於往後潛在釋出部分，國際趨勢逐漸開始討論並規劃的低頻段，FCC 認為往後亦有作為 IMT 之潛力；中頻 2.5 GHz 之 EBS 將於「部落優先機會」窗口計畫結束後將剩餘頻譜拍出（目前規劃為 Auction 108），而 3450-3550 MHz 部分正值拍賣(Auction 110)程序當中；至於高頻的 25.25-27.5 GHz，FCC 目前已針對此段作為 5G 頻段發布公眾諮詢，而 37-37.6/ 42-42.5 GHz 則將繼續討論其潛在共享機制，並徵詢相關建議，以配合此三於 WRC-19 被認定為 5G 適用之頻段。

頻段類別	頻段位置	目前用途
高頻	24GHz	已於2019完成釋出
	25.25-27.5GHz	太空研究、地球探測、固定及行動服務
	28GHz	已於2019完成釋出
	37-37.6GHz	太空研究、FSS、固定及行動服務
	37GHz、39GHz、47GHz	已於2020完成釋出
	42-42.5GHz	廣播衛星服務、FSS、固定及行動服務
中頻	2.5GHz（2496-2690MHz）	教育性寬頻服務(EBS)
	3.45-3.55GHz	太空研究、地球探測、無線定位、航空無線電導航、固定及行動服務
	3.5GHz	已於2020完成釋出
	3.7-3.98GHz	已於2021完成釋出
低頻	600MHz	行動寬頻
	800MHz	公共安全廣播服務、私人廣播、商用無線服務
	900MHz	Private Land Mobile Radio（窄頻）
免執照頻段（供5G Wi-Fi使用）	6GHz（5.925-7.125GHz）	已於2020完成釋出
	57-71GHz	已於2017完成釋出

圖 13 美國 5G 頻段及潛在頻段釋出狀況

資料來源：美國商務部、FCC 公開資料，本計畫製作

FCC 從 2019 年開始陸續進行三次毫米波 5G 頻譜之拍賣，分別是 Auction 101、Auction 102 及 Auction 103。28 GHz 之拍賣(Auction 101)鎖定 27.5-28.35 GHz 共計 850 MHz 之頻寬，執照年限 10 年，以 county-based licenses 的方式拍賣釋出，預計拍出 3,072 張執照。拍賣結果由於執照集中在 country 周邊鄉村地區，最終僅拍賣出 2965 張執照，標金共計 7 億美元，主要得標者為 Verizon、U.S. Cellular、T-Mobile。Auction 102 則鎖定 24.25-24.45/ 24.75-25.25 GHz 共計 700 MHz 頻寬，執照年限同為 10 年，但是是以 Partial Economic Area (PEA)執照的方式拍賣釋出，且地區集中在 country 等人口密集的區域，最終標金達到 20 億美元，僅有 5 張執照尚未拍出，主要的標者為 AT&T、T-Mobile、U.S. Cellular。Auction 103 則主要針對 37.6-38.6 GHz 、38.6-40 GHz 以及 47.2-48.2 GHz

共 3,400 MHz 之頻寬進行拍賣，執照年限 10 年，透過 PEA 執照釋出予「高頻微波彈性使用服務(Upper Microwave Flexible Use Srvice, UMFUS)」，拍出 14,142 張執照，標金總額為 75.6 拍出 14,142 張執照，標金總額為 75.6 億美元，主要得標者為 Verizon、AT&T、T-Mobile。

FCC 的 UMFUS 將頻譜釋出用於創新型固網、暫時性固網、行網及物聯網於陸地上之無線服務，由 UMFUS 執照擁有人所提供的服務得包括固網、行網、固定衛星服務(FSS)以及聯邦特定用途之使。綜合以上頻譜釋出之情況看來，可知美國 5G 網路現有架構，基本上使用的是介在 24 GHz 以上之高頻毫米波波段，然因其物理特性，此類頻譜之 5G 訊號於傳送時之距離較短，造成基站需求提高為 4G 基站之兩至三倍，且無法經由既有之 4G 基站傳遞，因此需要較多頻譜資源以支持設備之要求。24.25-24.45/ 24.75-25.25/ 47.2-48.2 GHz 等頻段被定義為行動通訊使用頻段，40-42/ 48.2-50.2 GHz 則被規劃予衛星、固網以及聯邦相關業務，可見美國政府於大力發展 5G 產業之際，亦充分考慮了未來衛星及政府計畫等業務之可能發展。例如：高頻網路衛星之衛星通訊將可提供 50 GHz 之頻段；釋出之豐富高頻頻譜資源則可搭配「偏遠地區數位機會基金(Rural Digital Opportunity Fund)」政策，令國土廣大之美國得以實際推動農村地區之寬頻通訊。

此外，美國也希望透過 CBRS (Citizens Broadband Raio Service)的共享機制，釋出原先僅用於公部門之頻段，提供商業用的無線服務，並透過此一新頻段建置垂直場域專頻環境。此頻段在美國原係供軍事雷達使用，FCC 自 2012 年 12 月起對 3.5 GHz 頻段以 Authorized Shared Access (ASA)釋出之可行性進行探討，於 2014 年進一步針對 CBRS 提出新的提案公告並進行意見徵詢。2015 年 4 月決議將該頻段作為技術中立的 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 以技術中立為原則稱其為 Innovative Band 創新頻段。

CBRS 包含了優先權機制的設計，使用者依權限高低可分為三層：第一層的最高優先權保留給原政府部門之既有使用者(Incumbent Access)；第二層的優先權為透過拍賣取得優先接取執照(Priority Access License, PAL)者；第三層即為免付費的一般使用者(General Authorized Access, GAA)，可使用未被既有用戶或優先用戶使用之頻段，GAA 最多可保留 20 MHz 給醫院、地方政府、公共安全相關等組織使用。

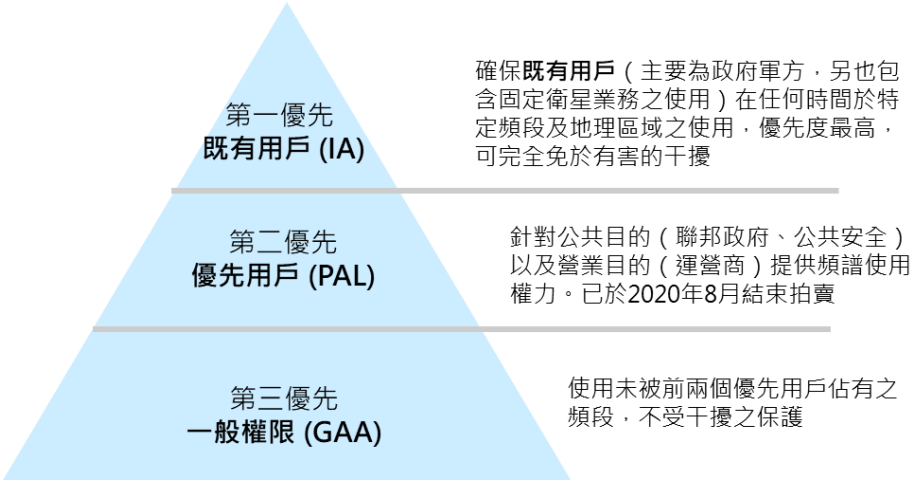


圖 14 美國 CBRS 三層優先接取概念圖
資料來源： FCC 公開資料，本計畫製作

有鑑於 3.5 GHz 為近年來國際上 5G 的重要發展頻段，FCC 陸續展開相關諮詢，期望藉由規則的修改，增加外界對 3.5 GHz 之投資意願，並使該頻段可以發揮最大效益。最終於 2018 年 10 月 23 日舉行公開會議，並於 24 日發表“Report and Order (Promoting Investment in the 3550-3700 MHz Band)”，修改 PAL 層的使用規則，其中關於執照的區域大小的討論，原先規劃以人口普查區(census tracts)作為執照區域大小，全美共計 74,000 個區，然而在公開諮詢時，各大電信商提出希望擴大範圍，除佈

建上經濟效益的考量（尤其有些人口普查區人口數很少，但範圍很廣且位於山區）外，也可以有效降低邊界之間的干擾，因此支持使用 417 個 PEA (Partial Economic Area) 作為執照範圍；然而有些小型網路服務提供商以及非電信業者（Google、Microsoft 等）傾向維持現狀小區域的執照，如此便於提供小區域與當地性的服務，而最終 FCC 採取折衷的方法，以 county 作為劃分基礎。

同時，考量到通訊技術是一種長期演變的過程，特別是針對新的技術需要足夠的確定性才能促使業者投資，設備也較具經濟利益。換而言之，長時間的執照年限除可有效地促進投資，對業者而言也較有機會提供客戶長期穩定的網路服務，因此執照年限從原先規劃的 3 年變成 10 年，並可優先延長。另外為確保有足夠競爭力，設有確保每個執照許可區有 7 個 PAL (7*10 MHz)，且每個申請者上限 40 MHz，以及提供鄉村、農村服務的企業採取招標信用額度，增加其取的頻譜之能力等規則。最終，根據諮詢的結果，訂出 Auction 105 之拍賣規範。

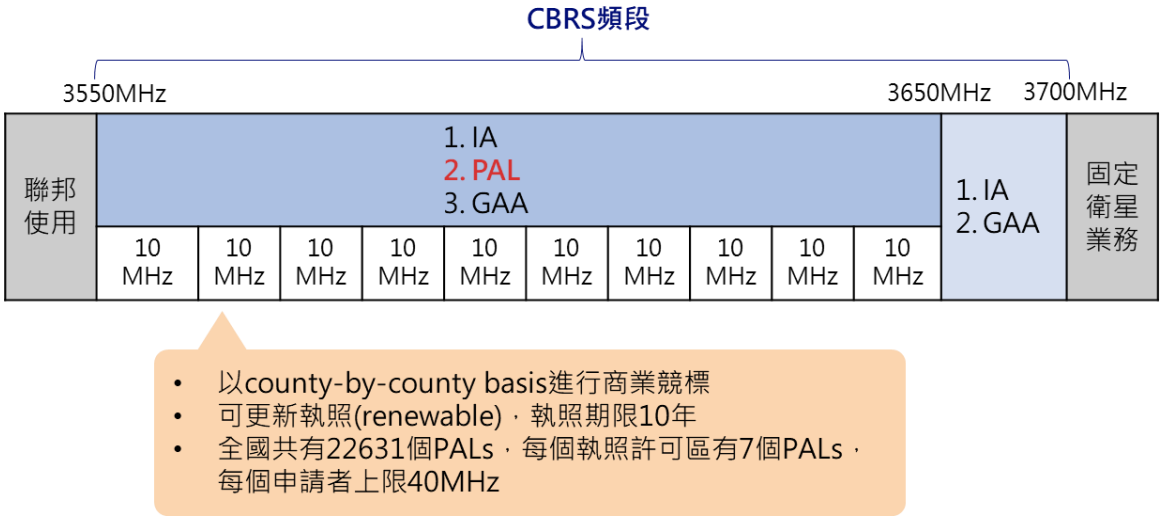


圖 15 美國 CBRS 頻段 PAL 執照釋出方式

資料來源： FCC ”Auction of Priority Access Licenses for the 3550-3650 MHz Band”，本計畫製作

於 2020 年 8 月完成的 Auction 105，鎖定 CBRS 頻段當中 3550-3650 MHz 之 PAL 層，以區域執照的方式進行拍賣，為 FCC 史上發出最多頻譜使用執照之拍賣。此一拍賣共標得 45 億美元，成功拍出 20,625 張年限為 10 年之優先存取執照(PALs)予 228 個投標者，主要得標者為 Wetterhorn Wireless（5,492 張執照，得標金額 9.1 億美元，隸屬於 Dish Network）、SAL Spectrum（1,569 張執照，得標金額 2 千萬美元，隸屬於 ATN International）、AMG Technology Investment（1,072 張，得標金額 2 千 8 百萬美元，隸屬於 Nextlink Internet）。由於 Verizon 早已於 2018-2019 年左右便開始部署天線於其既有網路架構中，以利往後可支援 3.5 GHz 之 CBRS 頻段，用以增加其 4G/5G 網路容量，因此其為出資最高之廠商實不令人意外，最終以得標金額 19 億美元獲得 557 張執照。

此外，衛星電視業者及有線電視業者如 Dish Network、Comcast、Charter、Cox 等集團於本次拍賣亦活躍參與，可歸因為與其欲建立無線網路之策略有關，而 Cox 則表示其欲重回行動網路產業之野心。預期這些有線電視業者將於 CBRS 頻譜上建立無線網路，使其日趨擁塞的行網能將使用者轉移至它們自有的無線網路，進而減少它們以往需付給 MVNO 合作商（例如：Verizon）之鉅額服務費。以 Dish Network 為例子，其往後策略為建立一全國性 5G 網路來服務客戶。

另一方面，小型有線業者(Cable One、Shentel、Mediacom)、電信營運商(Windstream、VTX1 Companies)以及固網與行網營運商(Viaero、Nextlink Internet、Watch Communications、U.S. Cellular)亦於此次競標十分活躍，可推測這些公司將利用取得之 CBRS 頻譜提供行網服務以改善其既有網路品質，並提供固定無線網路服務。本次競標亦吸引許多不同產業的廠商，例如：能源(Sempra Enerygy、Southern California Edison、Alabama Power)及房地產公司(JBG SMITH)，前者可能將利用取得之頻譜建

立其私有無線網路作為提供設備監測服務之基礎，而後者則可運用 CBRS 頻譜提供其建物之室內無線服務。

另一部分，C-band 3.7-3.98 GHz 之拍賣(Auction 107)已於 2021 年 1 月結束，標金金額為 FCC 頻譜拍賣史上最高，共達 812 億美元，將釋出 5,684 張執照予 21 得標者。主要得標者為：Cellco Partnership（455 億美元，3511 張執照、含 406 張 PEA）、AT&T Spectrum Frontiers LLC（233 億美元，1621 張執照、含 406 張 PEA）、T-Mobile License LLC(93 億美元，142 張執照、含 72 張 PEA)、United States Cellular Corporation（13 億美元，254 張執照、含 99 張 PEA）、NewLevel LL, L.P.（13 億美元，10 張執照、含 10 張 PEA）。透過此次拍賣，以往用於為民眾提供衛星通訊服務之 C-band 頻譜，將可被重新分配於未來的 5G 通訊服務，而過去衛星通訊商（以 Intelsat、SES 及 Telesat 組成的 C-Band Alliance 為主）須將其營運服務移至較上端之 4.0-4.2 GHz，以配合美國 5G 無線及其他服務之政策，並促進產業、經濟成長，使美國能於該領域取得全球性優勢。FCC 主席 Ajit Pai 認為此次拍賣結果顯示，私部門積極支持美國聯邦政府將 C-band 列為 5G 重點發展頻段之決策，並有意遵守服務規範及協助將頻譜轉移至較高頻段(mid-band)之策略，據此可將既有優勢轉化為未來美國科技產業於全球市場之發展動能。

拍賣	頻段	結果
Auction 101	27.5-28.35GHz（共850MHz）	• 標得7億美元 • county-based licenses，集中在country周邊鄉村地區的執照 • 執照年限：10年 • 預計拍出3072張執照但僅拍出2965張執照 • 主要得標者：Verizon、U.S. Cellular、T-Mobile、Windstream
Auction 102	24.25-24.45GHz 24.75-25.25GHz （共700MHz）	• 標得20億美元 • Partial Economic Area (PEA) licenses，集中在country的執照 • 執照年限：10年 • 預計拍出2909個執照，最終成功拍出2904張執照 • 主要得標者：AT&T、T-Mobile、U.S. Cellular、Starry
Auction 103	37.6 – 38.6 GHz 38.6 – 40 GHz 47.2 – 48.2 GHz （共3400MHz）	• 標得75.6億美元 • Partial Economic Area (PEA) licenses，用於Upper Microwave Flexible Use Service (UMFUS) • 執照年限：發行或更新日起不超過10年 • 預計拍出14144個執照，最終成功拍出14142張執照 • 主要得標者： Verizon、AT&T、T-Mobile、Columbia Capital、Dish Network、 U.S. Cellular等
Auction 105	3.55-3.65GHz（共100MHz）	• 標得45億美元 • 執照年限：10年 • 總共拍出20625張執照 • 主要得標者：Wetterhorn Wireless、SAL Spectrum、AMG Technology Investment等
Auction 107	3.7-3.98GHz（共280MHz）	• 標得812億美元 • 執照年限：10年 • 總共拍出5684張執照 • 主要得標者：Cellco Partnership、AT&T、T-Mobile、U.S. Cellular、NewLevel

圖 16 美國 5G 頻段釋出狀況

資料來源：美國商務部、FCC 公開資料，本計畫製作

最後，FCC 於今(2021)年 10 月 5 日展開了 3450-3550 MHz 頻段之拍賣競標，即 Auction 110，為電信營運商提供另一段可用於 5G 之頻譜。由於此 CBRS 頻段之既有用戶為美國國防部(Department of Defense, DoD)，其應用包括高／低功率雷達系統與軍事訓練及測試等，故取得執照者須於共享頻譜之基礎上進行接取。本次拍賣將以 10x10 MHz 之區塊處理總計 100 MHz 之頻譜，並基於 PEAs 地理區域劃分以釋出 4,060 張執照。FCC 亦設下蛋一組織於每一 PEA 內不可取得超過 4 張執照，即於每一區域內不得超過 40 MHz 之總頻寬。Auction 110 中取得 FCC 競標許可之單位共計有 33 個，包括全國性運營商 Verizon、T-Mobile US、AT&T 和 Dish Network、US Cellular 等區域性網路業者。根據 Bloomberg 之分析預測，AT&T 為配合其營運策略可能在此次拍賣中投入 102 億美元，成為出資最高之業者；而總體標金則可能落在 250 億美元左右，少於 Auction 107 之 812 億美元。

2. 英國

為配合 5G 的發展，Ofcom 於 2018 年 3 月發布“Enabling 5G in the UK”，提出「5G 頻譜規畫」、「5G 佈署建設」、「5G backhaul 網路」、「網路中立性」及「推動 5G 潛在應用」等五項重點政策，以促使英國成為 5G 領先國家的目標。5G 頻譜之規畫為了可滿足不同需求，預計除了已於 2018 年拍出的 3.4 GHz 外，將再開放更多其他的低中高頻頻譜來因應需求，例如：3.6-3.8 GHz、3.8-4.2 GHz、26-27.5 GHz、66-71 GHz。5G 佈署建設的部分以鬆綁基地台建設法規為主，例如：基地台位置、基地台使用設備等，使業者建設基地台時能更有更多彈性，以確保在基礎建設的佈署上不會形成 5G 推動的障礙。英國在 5G 發展上持續將 backhaul 網路視為重點項目，為了使 5G 業者可以獲得足夠的 backhaul 頻寬，Ofcom 取消英國電信 BT 光纖骨幹設施須用在寬頻網路的法規限制，讓光纖網路營運商可以提供數據傳輸網路服務給小型基地台業者、電信營運商等。由於既存之網路中立性法規對於網路建置的網速及延遲有著一致的規定，為了讓業者在提供服務時更有彈性，將針對 5G 網路服務特性修改網路中立性法規。最後一項策略為推動 5G 潛在應用，Ofcom 積極推動 5G 技術的實驗平台或測試計畫，促進跨部門、跨組織甚至跨國的 5G 研究合作，以了解 5G 未來在英國的潛在應用。

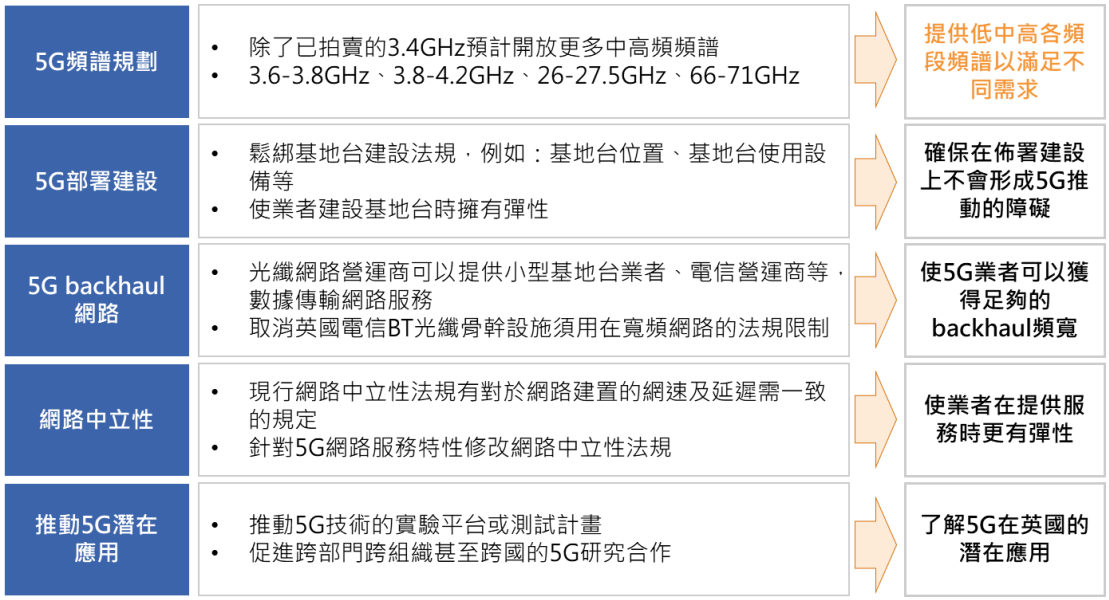


圖 17 英國 5G 政策五大推動策略

資料來源：Ofcom “Enabling 5G in the UK”，本計畫製作

Ofcom 於 2019 年 7 月提出《透過區域執照促進無線網路技術之創新(Enabling Wireless Innovation through Local Licensing)》，該文件指出 1800 MHz (1781.7-1785MHz、1876.7-1880 MHz)、2300 MHz (2390-2400 MHz)及 3.8-4.2 GHz 三頻段可以共享頻譜的方式建置私網(private network)，支持各種創新應用與相關通訊技術發展，以其低延遲、安全可靠等網路特性，支持產業自動化、機器人及物聯網等應用需求、使用固定無線接取(Fixed Wireless Access, FWA)技術進入農村建立電話及數據網路服務等，以滿足其在通訊應用的不足、改善行動網路覆蓋不足的問題、同時支持專用網路，而不會影響現有網路及其未來計畫等四項目標。

圖 18 英國 Local Licensing 釋出頻段與目標

資料來源：Ofcom “Enabling Wireless Innovation through Local Licensing”，本計畫製作

除以上政策外，Ofcom 於每年定期出版之“Connected Nations”皆會定期檢討過往計畫並提出來年預期規劃，以下將針對 2020 年發布之最新版本中與 5G 相關之部分進行討論。首先是行網覆蓋率的問題，雖覆蓋率於英國已有大幅改善—四大電信業者 EE、O2、Three 以及 Vodafone 於全英國之覆蓋率介於 79%至 85%之間，於 2020 年 3 月此四電信商同意共同推動偏遠地區網路共享(Shared Rural Network, SRN)計畫，並承諾將於 2025 前改善 4G/5G 之現況並超越此數據。SRN 之具體內容如下：各電信營運商(MNO)承諾將於 2024 達到全英 88%之 4G 覆蓋率，於 2020 年起之 6 年間達到全英領土 90%，並期望能於 2025 年前有至少一家達到 95%之覆蓋率。此外，自 2021 年 4 月起 Ofcom 亦著手推動一關於競爭、投資之長期監管架構，鼓勵全光纖(FTTP)及 gigabit 網路之投資；與此同時，也積極推動包括 5G 在內的新興無線服務，並保證創新技術能有頻譜資源可使用。

整體來說，英國 5G 佈建雖有延宕但亦持續進行中，尤其於行網服務高需求地區進展更多，目前於全英有大約 3,000 個 5G 基地台（增長數量約為前期之 10 倍），其中

87%位於英格蘭、7%於蘇格蘭，威爾斯及北愛爾蘭則各3%，顯示主要 5G 佈建仍於人口稠密、通訊需求及流量較高之都市地帶，MNOs 之策略依然奠基於市場，並以消費者需求為主要導向。最後，數位、文化、媒體及體育部(Department for Digital, Culture, Media and Sports, DCMS)於 2020 年 11 月出版之“5G Supply Chain Diversification Strategy（5G 供應鏈多元化策略）”提出將於初期投入 2.5 億英鎊，並以「支持既有供應商」、「吸引新供應商進入英國市場」及「加速並部署開放介面解決方案」為主要目標，希望能於 2027 年前建立起具韌性之英國 5G 供應鏈，並排除如華為等高風險供應商，以確保英國之國家安全；例如；於 2020 年底，英國政府宣布將與日本 NEC 合作，共同研發並展開 5G Open-RAN 之部署。此外，DCMS 亦指出未來將與五眼聯盟（美、加、澳、紐）合作，建立起資訊流通機制，以共同於 5G、乃至於 B5G/6G 議題上取得可保障國家安全之先機。

在頻譜方面，2018 年 4 月英國完成 2.3 GHz 及 3.4 GHz 的頻譜競標，此次釋照並非如同其他國家為因應 5G 之規劃措施，因此拍賣的時程較早，並且也僅釋出共 150 MHz 的 30 個小區塊，頻段執照年限為 20 年。另外在 3.4 GHz 的頻段因有既有業者 UK Broadband 的存在，因此得標業者擔心可能發生頻譜不連續的情況，但 Ofcom 表示業者可進行頻譜試算模擬，便不會有上述之情形發生，最後 3.4 GHz 釋照結果由 EE (40 MHz)、Hutchison 3G UK (20 MHz)、Telefónica UK (40 MHz)及 Vodafone (50 MHz)四間參與業者取得；在 2.3 GHz 則是由 Telefónica UK 單獨取得 40 MHz。

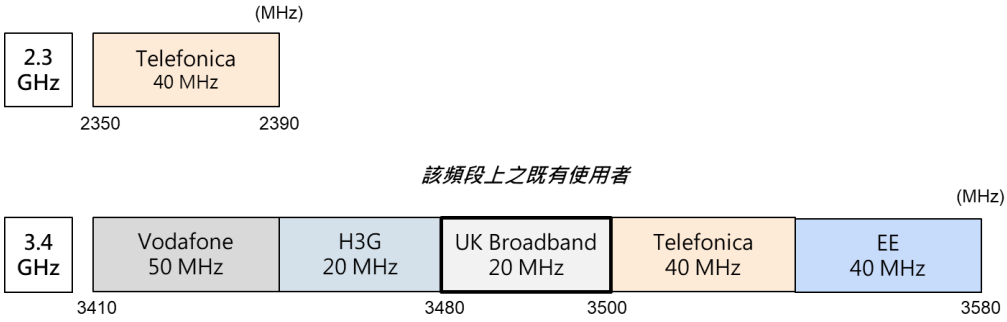


圖 19 英國 2018 年 2.3 GHz 及 3.4 GHz 拍賣結果

資料來源：Ofcom 公開資料，本計畫製作

另外，於去(2020)年 3 月 13 日，Ofcom 宣布將舉行 700 MHz（703-733 MHz/ 738-758 MHz/ 758-788 MHz，共 80 MHz）及 3.6-3.8 GHz (120 MHz)此二頻段共計 200 MHz 之釋照拍賣。但由於有 700 MHz 中有既有用戶，故須執行頻譜之整備，該 700 MHz 清頻計畫為 Ofcom 有史以來最大的專案之一，目的為轉移該頻段之電視業者，以利往後 4G/5G 之應用及各產業之創新應用。雖因 COVID-19 影響，計畫略有延宕，但 700 MHz 已於 2020 年 8 月順利完成清頻計畫，並已於今(2021)年 3 月連同 3.6-3.8 GHz 成功拍出。EE 為此次拍賣中取得最多執照之業者，共標得 700 MHz 成對(20 MHz)及非成對(20 MHz)部分和 3.6 GHz 頻段(40 MHz)，共投入 4.52 億英鎊；其次則為 Telefónica，取得 700 MHz 成對部分(20 MHz)及 3.6 GHz (40 MHz)，標額為 4.48 億英鎊；Hutchison 3G 取得 700 MHz 成對(20 MHz)部分，標額為 2.8 億英鎊；Vodafone 以 1.764 億英鎊標得 3.6 GHz (40 MHz)。

表 6 英國 700 MHz 及 3.6-3.8 GHz 頻譜拍賣結果彙整

得標者	標得執照	頻段	底價總額（英鎊）
EE Limited	4×5 MHz（非成對）	700 MHz	4百萬
	2×10 MHz（成對）	700 MHz	2億8千萬
	8×5 MHz	3.6 GHz	1億6千8百萬
Hutchison 3G UK Limited	2×10 MHz（成對）	700 MHz	2億8千萬
Telefonica UK Limited	2×10 MHz（成對）	700 MHz	2億8千萬
	8×5 MHz	3.6 GHz	1億6千8百萬
Vodafone Limited	8×5 MHz	3.6 GHz	1億7千6百4十萬

資料來源：Ofcom 公開資料，本計畫製作

隸屬於 Telefónica 的 O2 和 Vodafone 宣布將展開策略夥伴之合作關係，除了共享大部分之基礎設施外，亦將透過交易型的方式執行頻譜共享。藉由此策略，兩電信商希望提升用戶之 5G 覆蓋率，使 O2 可用之連續頻譜區塊達到 80 MHz（3.6 GHz 頻段取得之 40 MHz 加上 Vodafone 的 40 MHz）、並確保 Vodafone 總共可用之頻譜區塊範圍達到 90 MHz（700 MHz 上的 10 MHz 與 3.6 GHz 的 80 MHz），不論室內、室外，抑或是城市、鄉村地區，同時也可達到更高網速及更低延遲之綜效。Vodafone 同時也與 Ericsson、MediaTek、OPPO 和 Qualcomm 展開 5G SA 之合作計畫，其已於 2020 年於考文垂大學(Coventry University)完成建置與展演，並希望加速現有網路升級為 SA 之速度。

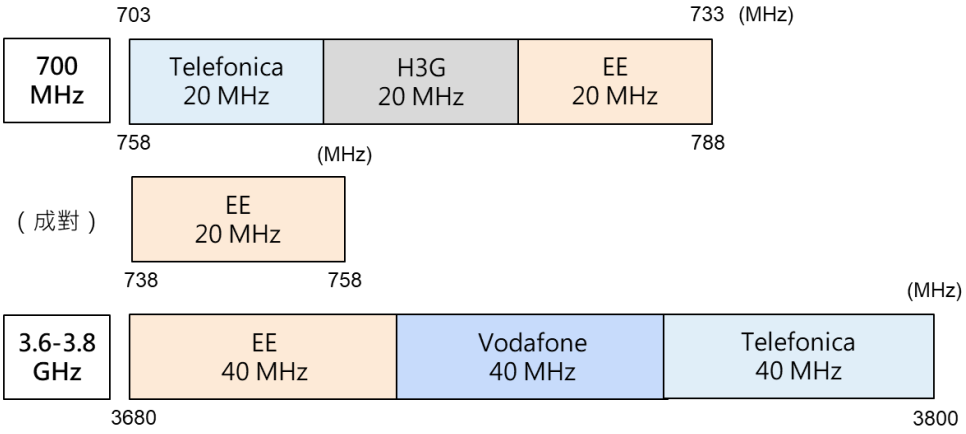


圖 20 英國 700 MHz 及 3.6-3.8 GHz 頻譜拍賣結果
資料來源：Ofcom 公開資料，本計畫製作

在垂直場域專頻部分，3.8-4.2 GHz 頻段上分為低功率執照以及中功率執照，低功率執照主要用於企業私有 5G 網路的建置，在範圍不超過半徑 50 公尺的範圍內可架設多個基地台，若需要更大範圍則可透過申請多個執照進行覆蓋。申請資格則不限於場域的擁有者，採優先申請優先取得(first come, first served basis)之機制，申請者提出申請位置、頻段與頻寬等資料後，由 Ofcom 進行該頻段與既有使用者的干擾評估後給予執照。針對頻譜費用之議題，Ofcom 認為因尚無法明確評估垂直場域頻譜需求，加上秉持著促進創新的精神，因此採取成本基礎法(cost-based)計算使用該頻段對 Ofcom 產生之管理成本（人事費用、設備費用），訂定以 10MHz 為單位一年收取 80 英鎊（約 3,200 台幣）之頻譜使用費，未來若出現需求大過於供給的情況，再重新檢討費用的訂定機制。

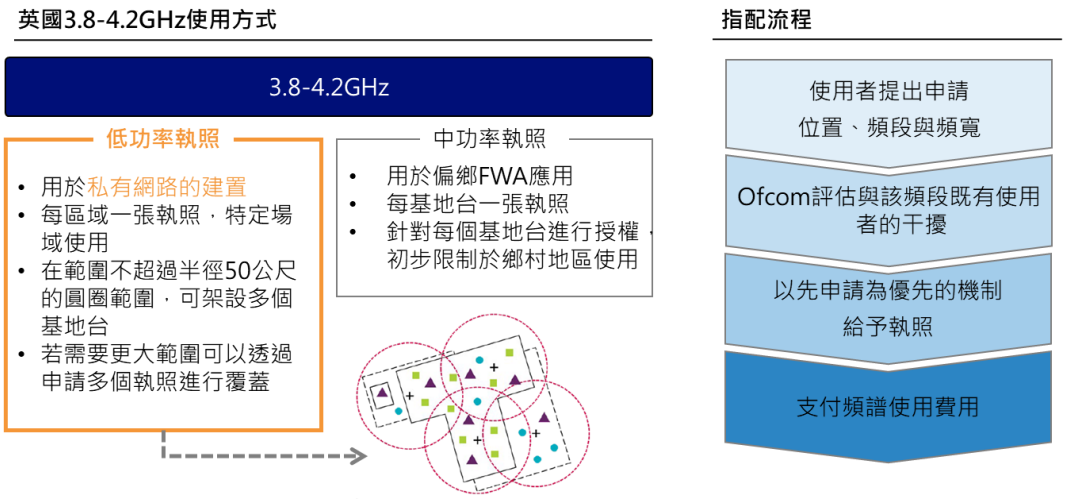


圖 21 英國垂直場域規劃

資料來源：Ofcom 公開資料，本計畫製作

在英國規劃專網可用的 3.8-4.2 GHz 頻段中，因存在既有衛星使用的問題，故 Ofcom 預先透過測試，盤點可供低功率執照使用的地區（如下圖）。可分為供室內外使用地區之個別限制，並以頻寬區分使用程度，唯有標註黑色的地區是完全無法申請使用之區域。

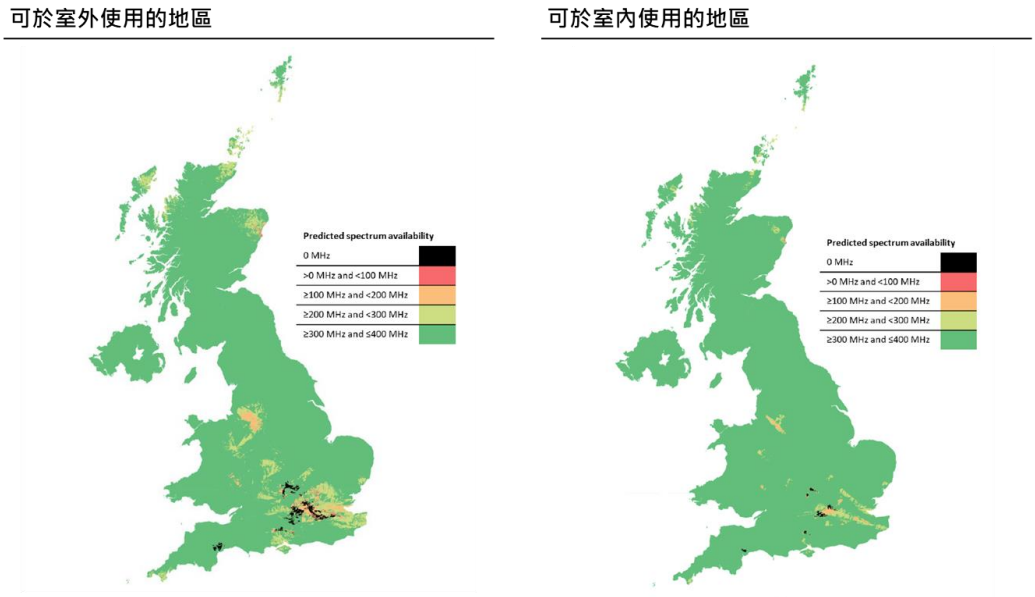


圖 22 英國 3.8-4.2 GHz 垂直場域低功率執照可使用範圍

資料來源：Ofcom 公開資料

於專網案例中，作為全英第一個導入垂直場域專頻的 Worcester Borsch 工廠，其 5G 專網將由英國電信(BT)負責建置及營運來自 Ericsson 之設備，與 Worcestershire 地方政府及議會合作“Worcestershire 5G Testbed”計畫，為 Worcester Borsch 建立英國第一座導入 5G 無線網路之工業 4.0 智慧工廠。目前導入之技術包括：自動機器人、萬物聯網、大數據分析、延展實境、移動邊緣計算等，基礎設施由 BT 全權管理。

3. 德國

在 5G 發展政策議題上，為使德國可以成為 5G 市場之領導者，BNetzA 於 2017 年 7 月發布“5G Strategy for Germany”，設定於 2020 年推出 5G 商轉服務。為達成 5G 發展目標，在計畫中提出五大領域作法：

- 加強推動基礎建設：通過光纖網路連接基地台，為了發展 small cell 以增強電信業者無源基礎設施的可共存性，在網路佈署的同時維護人體健康；
- 頻譜供應：提升國際及歐洲間頻譜規劃的統一性，準備 6GHz 以下頻譜、規劃 26 GHz 頻段，提供可用的 5G 實驗測試頻段；
- 促進 5G 產業合作：繼續推動 5G 產業對話論壇，積極推動標準化的制定；
- 5G 研究支持：為提高企業在 5G 應用領域的投入，支持 5G 研究，針對實驗測試場域資助其研究，聯繫和協調德國的各項研究活動；
- 推動 5G 地區應用：舉辦 5G 競賽，參與的地區政府需提出如何透過 5G 解決重要市政挑戰。例如：交通和衛生保健等議題，在企業的幫助下支持項目計畫的夥伴，以培養出為城市及城鎮等地區開發量身訂製的 5G 應用方案。

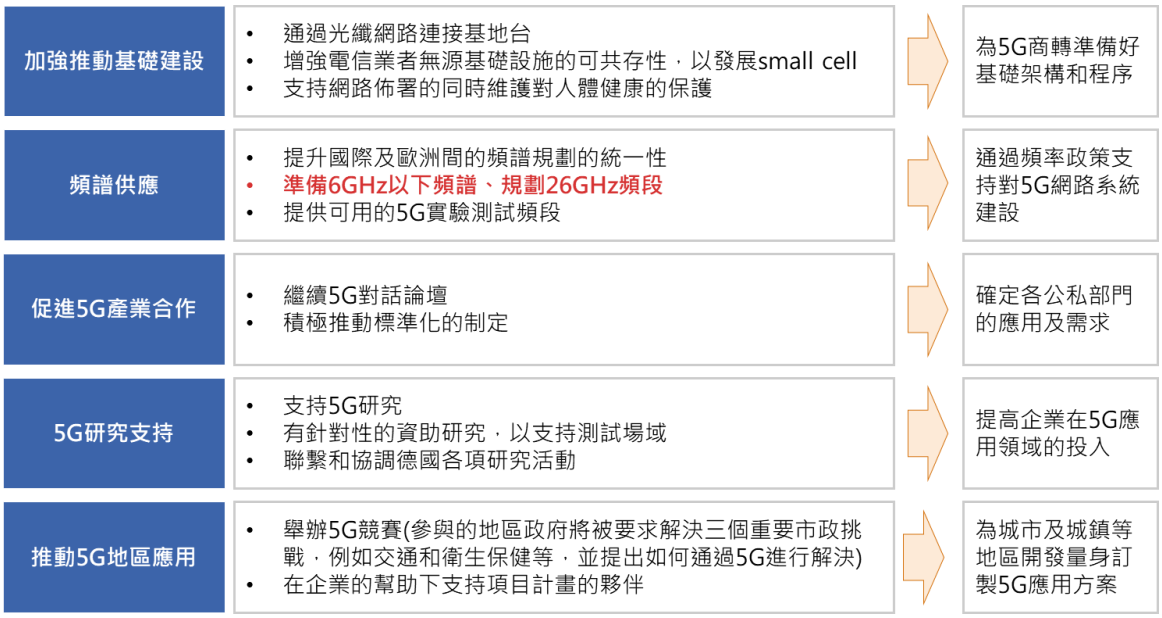


圖 23 德國 5G 政策五大推動策略

資料來源：BMVI “5G Strategy for Germany”，本計畫製作

去(2020)年發布之“Spectrum Compass 2020”中，BNetzA 定義了往後至 2030 年代之德國 5G 路線圖，預期透過明確方向成為 5G 主要市場，並搭配其他政策支持無線通訊技術之創新研發以取得領先地位。於 2018 年舉辦之行動通訊高峰會後，德國聯邦將 5G 發展劃分為三個階段，後續亦於 2019 年透過聯邦交通和數位基礎建設部(Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI)發布之行動通訊策略(“Mobile Communications Strategy”)，明確三年(2019-2022)及五年期(2019-2024)之覆蓋義務目標，以改善人民連網品質。至 2022 年末前，除須使家戶連網速度超過 100 Mbps 外，也須加快部署 5G 及非定點基地台，並覆蓋境內高速公路及主要聯邦道路和鐵道；至 2024 年末前，則將剩餘之聯邦道路和鐵道、各州公路、港口及內陸水道等覆蓋完成。另外，於 2010 年釋出之 800 MHz/ 1.8 GHz/ 2.6 GHz 等頻段執照都將於 2025 年底到期、於 2015 年釋出之 700 MHz/ 900 MHz/ 1.5 GHz/ 1.8 GHz 亦將於 2033 年末到期，為使德國於往後能有效運用頻譜資源，BNetzA 將持續針對此些頻段研究可

行之規劃及釋出方式，以使確保往後 5G 頻譜資源無虞。

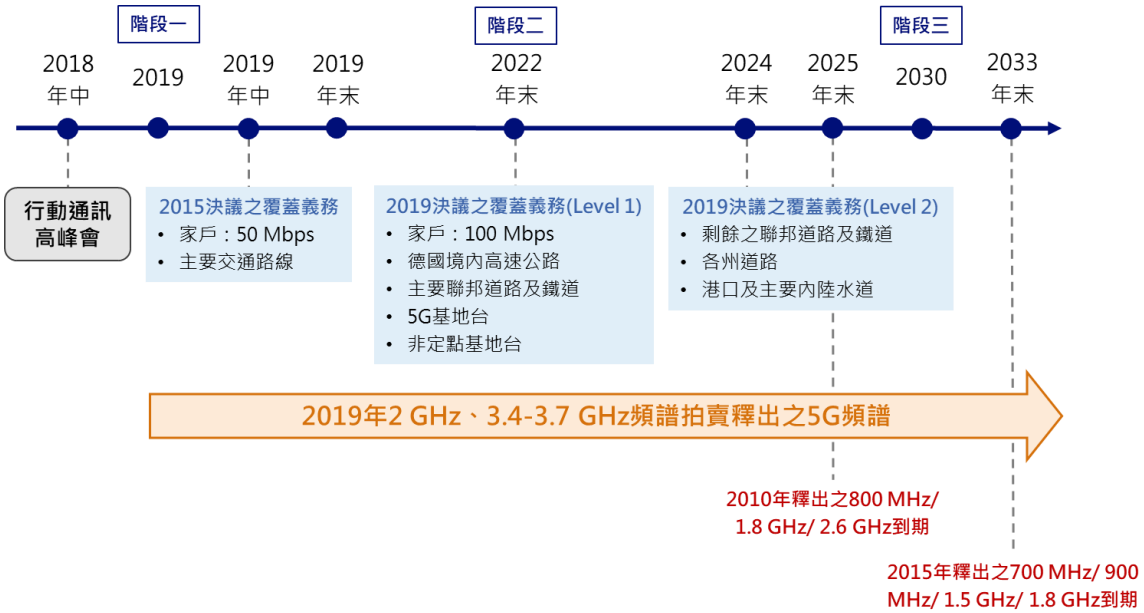


圖 24 德國 5G 路線圖

資料來源：BNetzA “Spectrum Compass 2020”，本計畫製作

1 GHz 以下及部分 1-2 GHz 頻段被 BNetzA 認為可用以提供偏遠地區之覆蓋，如上文所述，此覆蓋義務為 BMVI 於 2019 年 “Mobile Communications Strategy” 關鍵部分。於該策略中，BMVI 提及將於下一次的頻譜釋出（預計為 2022-2023 年間）提供可滿足廣域 5G 覆蓋之頻率，並根據實際 5G 部署及應用發展之情況而有微調，屆時將可同時滿足 5G 基礎建設並實現偏遠地區高速連網之需求。預計於 2022-2023 年間執行之頻譜釋出，除了探討潛在頻段外，也同時考量如何調整釋出之法規框架，尤其是針對偏遠地區之頻率，將不再以最高競標價為主要得標判準。另一方面，BNetzA 主席辦公室亦提出將改善已釋出的 2 GHz 及 3.4-3.7 GHz 頻段之覆蓋，至於還有哪些額外頻譜需被釋出及相關決議，將取決於往後德國於 5G 頻譜上是否仍有欠缺。

德國目前可用之 5G 頻譜為於 2019 年 6 月拍出之 2 GHz (1920-1980/ 2110-2170 MHz)和 3.6 GHz (3400-3700 MHz)

頻段，德國電信(Deustshe Telekom)花費 21.7 億歐元標得 2 段 20 MHz 的 2 GHz 頻段及 90 MHz 的 3.6 GHz 頻段；英國沃達豐(Vodafone)花費 18.8 億歐元標得 2 段 20 MHz 的 2 GHz 頻段及 90 MHz 的 3.6 GHz 頻段；西班牙電信(Telefónica) 花費 14.2 億歐元標得 2 段 10 MHz 的 2 GHz 頻段及 70 MHz 的 3.6 GHz 頻段；最後 1&1 Deillisch 花費 10.7 億歐元標得 2 段 10 MHz 的 2 GHz 頻段及 50 MHz 的 3.6GHz 頻段，總得標金額高達 66 億元，且根據規定，上述取得的頻譜的業者須在 2022 年完成 98%的家戶網路覆蓋率。頻譜競標結果及頻率分配如下。

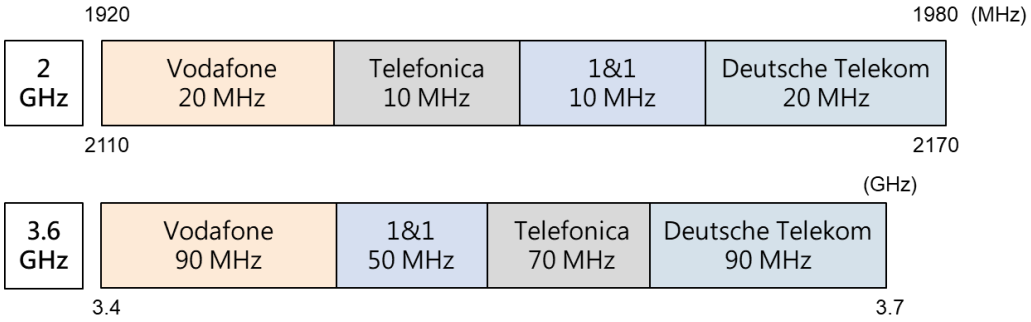


圖 25 德國 5G 頻譜現況

資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

5G 於業界之進展方面，Vodafone 德國目前與 Ericsson、Nokia、Qualcomm 及 OPPO 合作，宣布推出 5G 獨立組網(SA)，透過運用取得之 3.5 GHz 頻段為各大城市進行網路架構之升級，使網路可透過獨立的 5G 獨立核心網路進行連接，並預計於 2021 年底結束前擴及到 4,000 個地點。

在垂直場域規劃方面，德國考慮不同服務模式及相關頻率之物理特性，規劃保留 3.7-3.8 GHz 及 26 GHz 兩頻段範圍供垂直場域專頻使用，以滿足各種用戶群體的需求。3.7-3.8 GHz 頻段的部分，申請單位以 10 MHz 為一單位，執照期限 10 年，最晚於 2040 年年底收回。其申請方式分為兩類：

- 單一申請，由建築物或土地的所有者，透過授權方式(租賃)取得所有權的人提出；
- 聯合申請，可與多個所有者聯合提出申請，包含工業區、商業區等範圍，主管機關可在申請的一年後有進行審查之權利，以確保頻率有被有效利用

申請計劃書需包含申請區域、申請位置、基地台相關規格參數、使用概念（內含範圍、領域、用途、頻寬、技術、網路架構、干擾措施、預期使用期限等）、以及資格確認（包括是否為該廠域的擁有者、是否有足夠知識、是否委託其公司、財務能力、申請人保證等）。

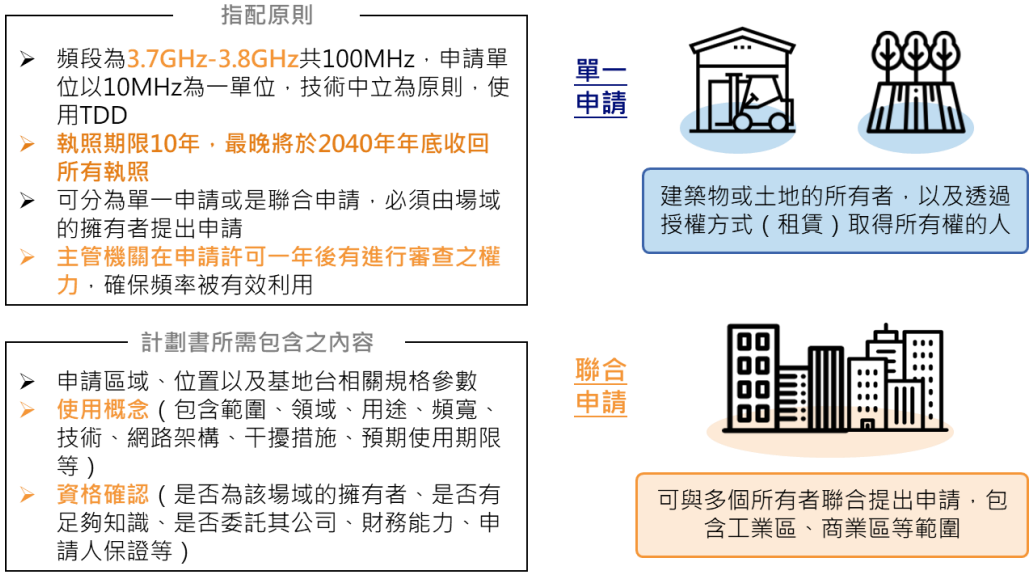


圖 26 德國 3.7/3.8 GHz 垂直場域申請概念
資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

3.7-3.8 GHz 頻率使用費之計算可參見下圖，除了基本費用外，尚須負擔分配頻寬乘上分配期限及 5 倍的分配土地之表面積，根據土地使用，將分配土地之表面積再細分為 a1（住宅區和交通運輸設施之土地）及 a2（其他土地）。

德國5G local usages 3.7-3.8 GHz頻率使用費計算方式	
費用 = 1000 + B × t × 5 (6a1 + a2).	• 1000=基本費用 • B=分配頻寬 • t=分配期限 • 分配土地之表面積，細分為a1(住宅區和交通運輸設施之土地)及a2(其他土地)

圖 27 德國 3.7-3.8 GHz 垂直場域頻譜使用費
資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

於該議題上，德國為全球第一個首開先例開放企業自建 5G 專網的工業大國，特地保留 5G 頻譜資源予企業，期望鞏固德國在工業 4.0 之領先地位及競爭性優勢。截至 2021 年中為止，BNetzA 已經發放 132 張 3.7-3.8 GHz 執照予境內各業者，允其建立企業 5G 專網。此些得到執照的企業，有 ICT 技術及解決方案供應商、亦有傳統製造工業大頭，乃至於科技園區、研究機構及大學都為名單中一員，其中包括：奧迪(Audi)、賓士(Mercedes-Benz)、博世(Bosch)、漢莎航空(Lufthansa)、巴斯夫(BASF)等傳統重工業及消費品製造業，亦有漢諾威展覽集團及斯圖加特大學(Universität Stuttgart)等非來自傳統工業之申請者。雖然德國保留頻譜給企業專網使用，這一舉動亦不代表完全跳過電信營運商，事實上，各電信業者正逐漸以策略性合作夥伴與取得專網執照之機構進行結盟，積極參與 5G 專網之佈建。例如，德國沃達豐(Vodafone)便正與巴斯夫合作、Telefónica 德國與賓士、德國電信與奧迪等，都正在合作進行 5G 企業專網之布建及試驗。

另外，24.25-27.5 GHz 頻段申請及使用規範已於 2020 年 12 月公布，第一批次之申請時間則為 2021 年 1 月 1 日至 3 月 31 日，申請單位須於申請時附上以下文件說明：場域及預期佈建基站之參數、頻譜使用概念、專業／技術／可靠度、可達成之營運協議、商業登記相關資料。此段之無線技術的分配須基於技術和服務中立，以提供網路接取之電信服務。BNetzA 認為該頻段可做為不同 5G 應用，

最終目標為完成用戶之基礎設施連接、工業 4.0 和物聯網等應用，並提供行動寬頻及 FWA 等。聯邦網路管理局(BNetzA)認為毫米波段中可用頻率於未來將成為無線網路接取之重要頻段，如於 WRC-19 上討論之 42 GHz (40.5-43.3 GHz)已於歐盟內取得共識，歐盟執委會目前已授權 CEPT 執行和諧及技術條件之研發，並要求於 2021 年 7 月前完成，以利後續規劃。在 26 GHz 方面，BNetzA 不對申請者設下最大區域或預定使用頻寬之限制，僅假設現有可用裝置之 800 MHz 範圍應為多數申請之頻寬需求，若超過此標準則須檢具詳細規畫及說明。在費率使用費計算方面，BNetzA 採用與先前規劃 3.7-3.8 GHz 類似之模式，認為使用單一費率對不同場域使用者收費不太可能，詳細計費方式如下圖所示。

德國5G local usages 24.25-27.5 GHz頻率使用費計算方式	
費用 = 1000 + B × t × 0.63 (6a1 + a2).	• 1000=基本費用 • B=分配頻寬 • t=分配期限 • 分配土地之表面積，細分為a1（住宅區和交通運輸設施之土地）及a2（其他土地）

圖 28 德國 24.25-27.5 GHz 垂直場域頻譜使用費
資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

在 26GHz 頻段的部分，BNetzA 已針對 24.25 至 27.5GHz 頻段範圍內 5G 應用之未來框架制定草案，期許可以透過不同的頻段釋出，來滿足各用戶群體的不同需求和興趣。

頻段	未來可能應用
24.25-26.5GHz	• 行動寬頻 • 農村地區的最後一哩路(FWA)
26.5-27.5GHz	• Local usages • 工業4.0、農業或林業等與土地分配相關的應用

圖 29 德國 24.25-27.5 GHz 未來可能應用
資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

根據 BNetzA 於 2021 年 6 月發布之新聞稿指出，已有 5 單位成功取得 26 GHz 執照，然因申請者不願揭露相關資訊及預期導入之用途，僅可知 Dortmund 技術大學目前正利用該段頻譜建構其校園內之場域專網。

4. 日本

總務省在 5G 之進程上，大致可分為 pre-service、黎明期、普及期以及滲透期。透過頻譜的分配與實證計畫之支援，除滿足 B2C 端的應用需求，亦推動多樣的 5G 應用服務。

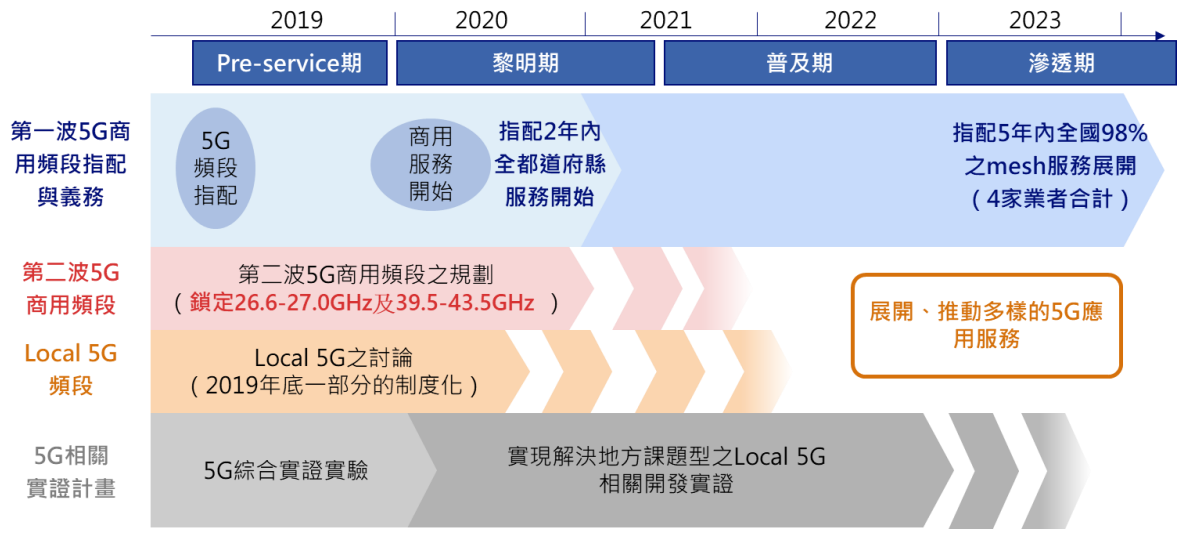


圖 30 日本 5G 發展進程
資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

總務省於 2019 年 12 月制定並頒布了《Local 5G 導入指南》，情報通信審議會也組織「Local 5G 檢討作業班」以建立必要的體系。此外，日本政府為了支持 5G 基站的加速發展並解決區域性問題，確立「5G 投資增值稅」為 2020 年之新稅制。具體來說，這是一項針對企業稅和所得稅之特殊措施，對某些符合國家及 Local 5G 政策的基站和設備，將可享受 15%的稅收減免或 30%的專項折舊。對固定資產稅來說，某些 Local 5G 設備在購入 3 年後享有稅基減半的優惠。於 2020 年之《Beyond 5G 推動戰略》中，總務省也再次呼籲需再加強部署 5G 之進展，並希望於 2023 財務年度結束前達到 21 萬個 5G 基站，以利鞏固基礎並促進順利銜接下世代的 B5G/6G。隨著 5G 開始商化，未來使用光纖作為中繼線路的需求將越來越大，故總務省提出電信商應將結合光纖及 5G 之基礎設施，即「5G 乘以光纖」，作為高速、高容量無線站之前提條件。

日本已於 2019 年 4 月完成第一波 5G 商用頻譜指配，其中包含中頻 3.5、4.5 GHz 以及高頻的 28 GHz。另外，日本同時也於中頻(4.6-4.9 GHz)、高頻(28.2-29.1 GHz)規劃 Local 5G 的頻段，預計作為垂直場域專用網路使用。針對商用頻譜，可以由下圖看到中頻段由 NTT 與 KDDI 各拿 200 MHz 頻寬(100 MHz*2)，而其他業者各分得 100 MHz 的頻寬；而高頻部分則是由四間業者均分各 400 MHz 的頻寬。其中，備受矚目的是 2018 年由行動虛擬網路營運商(Mobile virtual network operator, MVNO)登記成為行動網路業者(Mobile Network Operator, MNO)的樂天 mobile，在此次的頻譜指配上也成功獲取頻段，將於 2020 年開始透過自建的網路（部分地區仍租用 KDDI 的網路）提供電信服務。

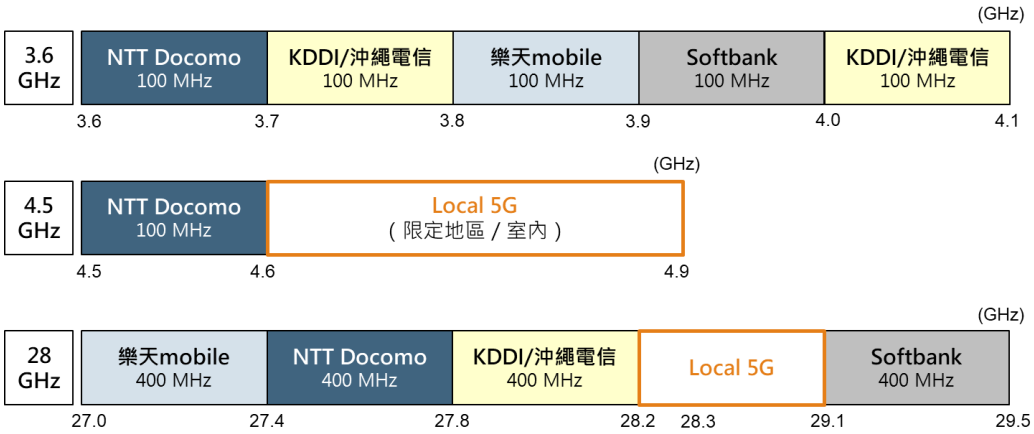


圖 31 日本 5G 頻譜釋照結果與垂直場域頻段規劃
資料來源：總務省公開資料(2019.04)，本計畫製作

在完成第一波 5G 頻譜釋出後，總務省亦開始盤點下一波 5G 頻譜的潛在頻段，目前鎖定 26.6-27 GHz 及 39.5-43.5 GHz。

同時，日本政府深感於未來 5G 時代用戶對於網路和應用的需求將越來越多元，因此期望透過 Local 5G 機制的設計，可以讓更多服務提供者可以進入市場，提供符合地域以及不同產業個別需求的網路及應用服務。為此規劃中頻、高頻作為 Local 5G 的頻段，可以在場域當中建構基於當地需求的小規模 5G 網路環境。目前總務省釋出的 Local 5G 頻段包含高頻的 28.2-29.1GHz 以及中頻段的 4.6-4.9GHz。

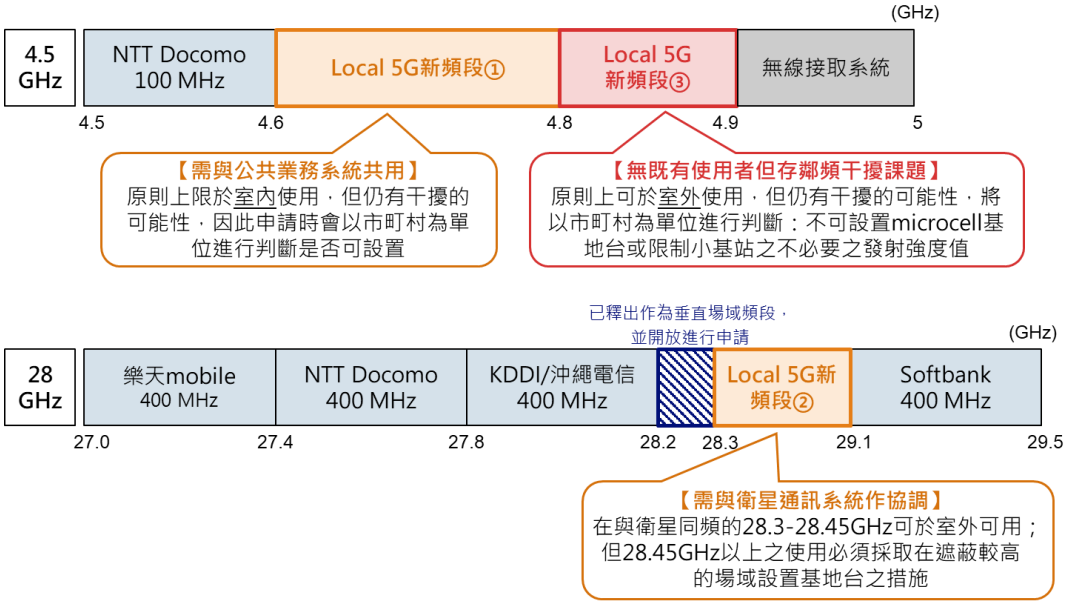


圖 32 日本 5G 頻譜釋照結果與垂直場域規劃
資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

在使用規範上，總務省秉持著以少量限制的原則，未來如果有使用效率不佳或是申請太少等課題出現時再進行規劃的調整。因此，目前僅訂定出大原則，認為由於營運商本來就可使用既有的頻段供垂直場域使用，為此規定全國性的運營商不可取得該 Local 5G 的頻段許可。另外可取得許可的包含：

- 使用自己土地：建物或是土地的擁有者為主體，業者若接收來自上述擁有者的系統建置委託時，也可取得許可。
- 使用他人土地：當利用非自有建物或土地時，若建物及土地擁有者沒有使用 Local 5G，則其他人可進行協調並申請，但限定為固定通訊。

同時，由於上述第一項「業者若接收來自上述擁有者的系統建置委託時，也可取得許可」，給予了包含系統整合商、設備業者、固網業者等取得頻譜的機會。因此，來自不同領域之業者皆已開展相關計畫，包括 NEC、Panasonic、

Opatage 等業者亦皆有提出申請。

除了 NEC 及 Toshiba 取得 28.2-28.3 GHz 頻段 Local 5G 執照外，富士通亦已取得該頻段執照並規劃於自社工廠當中進行試驗；富士通與包括村田(Murata)、夏普(Sharp)、微軟(Microsoft)、卡農(Canon)等單位合作，共同創造並應證垂直場域之創新應用，並將重點置於製造業之智慧生產、醫療以及安全管理等面向。同時，地方政府如東京都外，德島縣亦以地方政府扶植新創與推動產業發展的角度出發取得執照，規劃於縣府建物當中建構 Local 5G 環境，提供業者進行測試，並鼓勵當地中小企業、青年創業家跟上數位轉型之潮流，期許以網路技術為槓桿，為其創造更高的附加價值。

NTT 東日本申請了 4.8-4.9 GHz 頻段，將於其東京 NTT 中央研修中心之「Local 5G 開放實驗室」建立基地台，並與合作夥伴進行實證；NTT 西日本則申請了 4.7 GHz，將運用其先前 28 GHz 之經驗，於其位於大阪之新總部研發新應用服務；NTT Communications 同樣也申請了 4.7 GHz 段，並於東京的 Grandpark Tower 內設置基站，將用以驗證透過網路切片技術支援其“Smart Data Platfrom”與物聯網裝置。另外，富士通亦有取得第二波 Local 5G 頻譜，並已於 2021 年 3 月導入其小山工場，透過建置 4.7 GHz 之獨立組網支援自動推高機及無人搬運車(Automated Guided Vehicle, AGV)，並搭配 28 GHz 之 NSA 執行高畫質影像串流，將前線作業及後端管理之流程優化。

5. 韓國

MSIT 於 2019 年 6 月提出《5G+戰略》，當中提及未來韓國發展 5G 的 5 大核心服務，包含實境內容、智慧工廠、自駕車、智慧城市以及數位醫療。而為實現 5 大核心服務，MSIT 更於 2019 年 12 月提出《5G+頻譜計畫》，其願景是成為世界上最高質量的 5G 國家，目的為擁有最豐富且廣闊的 5G 頻譜之國家。計畫分為三個部分：

- 將免執照技術提升到 5G 性能，包含用於 6 GHz 的下一代 Wi-Fi、用於 5.9 GHz 之 5G C-V2X、用於 433 MHz 之無人機應用以及用於 70 GHz 之高辨識生物特徵雷達；
- 確保全球最寬的 5G 頻寬，預計 5G 頻寬從 2019 年的 2680 MHz 增加 2640 MHz 頻寬，於 2026 年達到 5G 總頻寬數 5320 MHz 之目標；
- 進行彈性的頻譜管理。

圖 33 韓國 5G 政策頻譜規劃方向
資料來源：MSIT 《5G+戰略》，本計畫製作

韓國於 2018 年 6 月進行首波 5G 頻譜拍賣，原因是其希望帶動產業於 2019 年提供商轉服務，以於世界市場上搶得先機。該次釋照所規劃的頻段包含中頻之 3.5 GHz 與高頻之 28 GHz 頻段，其中 3.5 GHz 因對上方鄰頻將可能造成干擾，因此釋出頻譜由原 300 MHz 縮減為 280 MHz（3420-3700 MHz）。經兩天拍賣，於 2019 年 6 月 18 日完成 3.5 GHz（3420-3700 MHz）及 28 GHz （26.5-28.9

GHz）拍賣，SKT、KT 與 LGU+分別取得 100 MHz、100 MHz 及 80 MHz 之中頻頻段，亦各自取得 800 MHz 之高頻頻段。中頻執照之期限為 10 年，取得執照之電信商須滿足 3 年內建置 22,500 基地台、5 年內達 45,000 基地台之建設義務。另一方面，由於韓國在高頻段的設備生態系及商業模式皆尚未成熟、明確之時（2018 年）便釋出 28 GHz，為因應 5G 技術與商業模式之潛在發展與變化，28 GHz 的執照期限僅有 5 年之時間，取得該高頻之電信業者亦須滿足建設義務，於 3 年內須建置 15,000 個基地台。

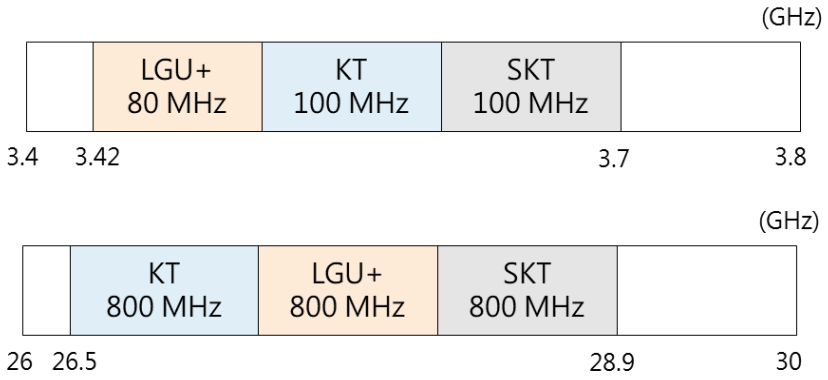


圖 34 韓國 5G 商用頻譜
資料來源：MSIT 公開資料，本計畫製作

透過以上的頻譜的拍賣釋出，韓國目前可用的頻寬為 2,680 MHz（包含中頻 280 MHz 及高頻 2400 MHz），期望在 2021 年可以在中頻部分增加 470 MHz、高頻增加 1,400 MHz 頻寬，達到總頻寬 4,550 MHz 之目標。最終則是繼續增加中頻 170 MHz、24 / 37 GHz 等高頻共 600 MHz 之頻寬，希望於 2026 年 5G 頻譜總頻寬可達到 5,320 MHz。其鎖定釋出的頻段如下圖所示：

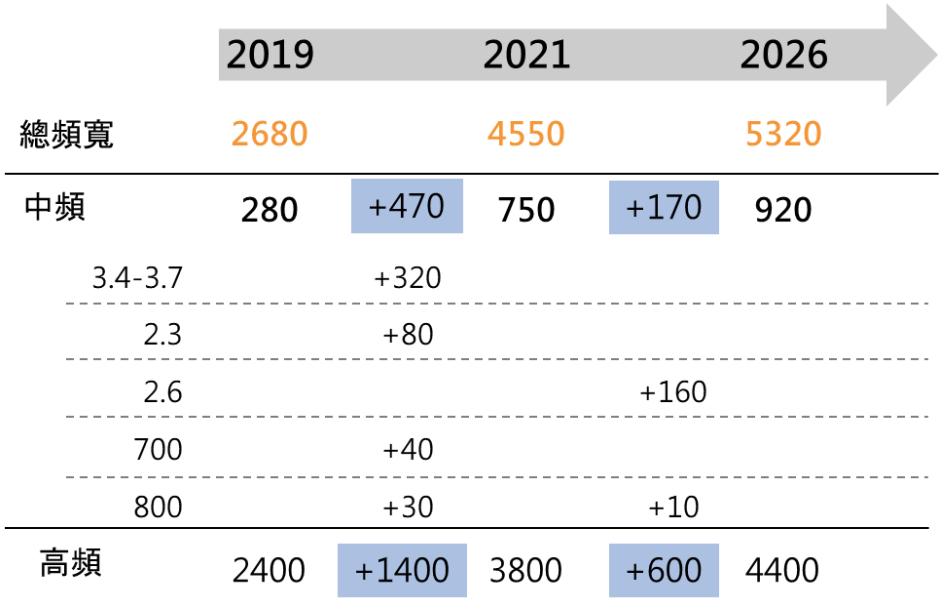


圖 35 韓國規劃釋出之 5G 頻寬

資料來源：MSIT 《5G+戰略》，本計畫製作

為了持續追蹤5G相關政策之實際成果並根據推動成績進行檢討，韓國於今(2021)年 1 月舉行了官民合作之「5G+戰略委員會」，該委員會負責管理 5G 的進展並確定往後方向。同時，於會議中亦宣佈了三項 2021 年 5G 重點推進措施，分別是更新版的《5G+戰略》、「MEC 平台 5G 集成服務活化計畫」以及「5G 專網政策計畫」。

首先是年初發布的《2021 年度 5G+戰略推廣計畫》，將持續推動於全國早期部署 5G 網路，透過擴大與 5G 建設相關的稅收抵免並支持基礎設施，以吸引私部門投資；藉由以公共服務為中心進行開發，結合 5G 與不同領域之應用，除可確保 5G 競爭力外，亦可做為工業發展之基礎，從而持續加強具策略性的 5G 產業；韓國可以前述規劃奠基實力，在加強與主要國家的全球合作的同時，可擴大成長韓國企業之海外市場，實現 5G 走向世界並引領全球生態系之期望。

另外，該委員會亦強調，於 2021 年將釋出 28 GHz (28.9-29.5 GHz)頻段作為專網之用，原先規劃於 3 月可完

成有關釋出方式、區域界定、干擾測試及頻譜使用費等規定之討論，然因韓國 COVID-19 疫情尚未完全穩定，MSIT 表示到年中後才會重啟有關該頻段專網之規劃。頻段選定之理由為目前 28 GHz 尚有剩餘部分，故應優先供應。而 sub-6 GHz 部分則因尚須進行用途定義及可行性分析等判斷，故 MSIT 決定以後再討論。產業界認為，如果 28 GHz 頻段的 5G 專網啟用，將在智慧工廠或智慧城市、VR 內容、人工智慧(AI)等新事業領域創造多樣的服務。由於韓國已在 3.5 GHz 頻段中提供 5G 服務，截至 2020 年底，其 B2C 用戶已佔總人口的 20%以上，使其成為世界上 5G 普及率最高的國家。由於 2020 年 12 月才剛開始其 B2B 模式的業務擴展，再加上韓國原本只限電信商可申請專網，因此進程十分緩慢。因此，MSIT 於 2021 年 1 月宣布，為避免缺乏競爭而導致相關投資之萎縮或推遲，專網之使用將擴及至 SI、IoT 及中小通訊公司等本地企業，並將用戶類型劃分為「建設主體」及「服務提供」兩類，5G 專網頻率供應方式將因地區 5G 營運商類型而異。

最後，以 MEC（Mobile Edge Computing，行動邊緣運算）作為促進 5G 融合服務方案之基礎，為 2021 年 MSIT 於委員會中提出的另一本年度目標，並將透過早期投資帶動 5G 市場。往後將探索基於 MEC 公共服務的最初市場主導模式，透過引入專門的網路和發現新的服務來促進市場擴展。於設備開發方面，將由全部循環模塊及終端的發展切入，支持基礎設施建設、服務活化，並藉由應用的傳播和擴散振興設備製造業。

MSIT 於 2021 年 6 月發布了”Private 5G Network Frequency Supply Plan”，除了原先討論之 28 GHz 頻段外亦將釋出 4.7 GHz 之頻譜供 5G 專網使用。在毫米波段的 28.9-29.5 GHz (600 MHz)上將分為 12x50 MHz 的小區塊；而 sub-6 GHz 的 4.72-4.82 GHz (100 MHz)則分為 10x10 MHz 之區塊。在頻率取得上則可分為以下兩類：

- 場域擁有者自建專網：於執行完現行無線電基地台建立許可程序之干擾測試後，可藉由頻率指配(Designation)之方式取得頻譜
- 透過第三方共同電信營運商(common carrier)布建專網：由複數之網路需用單位藉由基於基礎設施之電信商 (facility-based telecommunications business entity)建立專網，並須由土地及建物所有人、取得土地及建物所有人同意之承租人或第三方提出申請，進而取得核配(Allocation)之頻率。

除了於申請時須提出包含頻段、頻寬、區域、用途及干擾測試等建置計畫書外，MSIT 亦將進行財務能力之審核。此外，藉由簡化版的審查程序，由提出計畫書申請至審查結束之時程縮短為 3 個月，以利更快地提供頻率。獲 MSIT 許可之申請者可取得 2 至 5 年期不等之執照，並須於取得後之 6 個月內進行覆蓋義務。

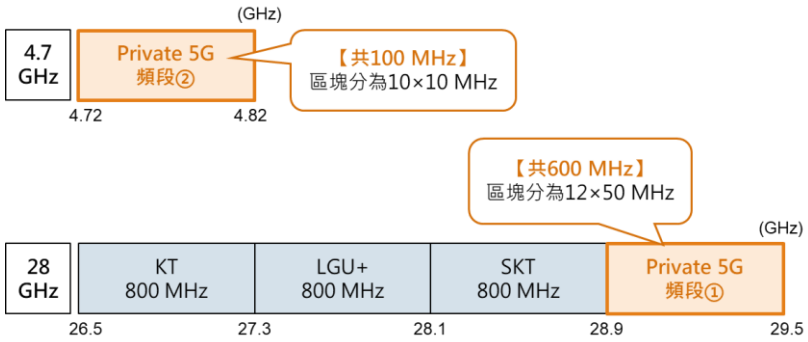


圖 36 韓國釋出之 5G 專網頻譜

資料來源：MSIT “Private 5G Network Frequency Supply Plan”，本計畫製作

由於專網頻率僅限用於土地及建物之有限區域，因此於頻率使用費部分不採競標方式，而是以政府決議之公式進行收費，以促進區域型營運商及潛在 user 能以符合其需求之費用取得專網使用之權利。在專網使用費之計算上，MSIT 採取與德國相似之模式，即不論面積多少都須繳納固定費用。除納入基本費用外，亦以場域面積、使用期限

及取得頻寬等作為使用費之計算標準。同時，因考量到 sub-6 GHz 及毫米波之覆蓋範圍條件、都會區人口稠密及高需求等因素，MSIT 決定 4.7 GHz 部分之基本費用收取亦應較高，而在全國 20 個以上的都會地帶亦設下較高之係數。此外，教育、學術研究及非營利法人等單位，於符合申請資格之情況下，則可免去頻率使用費。

韓國Private 5G 4.7 GHz/ 28 GHz頻率使用費計算方式

費用 = Basic amount × (5a1 + a2 + 1) × duration × BW.

- Basic amount=基本費用；4.7 GHz每10 MHz為100,000韓元、28 GHz每50 MHz為50,000韓元
- 分配土地之表面積，細分為a1(都會地區)及a2(其他土地)
- duration=分配期限
- BW=分配區塊數；4.7 GHz為每10 MHz一區塊、28 GHz為每50 MHz為一區塊

圖 37 韓國 5G 專網頻譜計費方式

資料來源：MSIT “Private 5G Network Frequency Supply Plan”，本計畫製作

目前第一波的專網申請已於 2021 年 10 月截止，預期最快於 12 月便可得知取得專網執照之組織。

6. 中國

中國大陸主要支持 5G 發展的政策為 2020 年 3 月之《關於推動 5G 加快發展通知概要》，其中強調「加快 5G 網路建設部署」、「豐富 5G 技術應用場景」、「持續加大 5G 技術研發力度」、「著力建構 5G 安全保障體系」、「加強組織實施」等五大面向之共同發展。其中，在加速 5G 網路建設部署主軸當中，強調中國大陸的 5G 基礎建設將以 SA 架構為核心，同時創造基地台建設的友善環境、推動網路共享，並加強 5G 頻譜之保障，包含期望將 700 MHz 頻段供 5G 使用、發展毫米波頻段、展開 5G 場域專用頻率規劃研究，並解決中頻頻段 5G 和衛星之間頻譜使用之課題。透過中央及地方政府之全力推進 5G 建設，中國大陸

希望奠基於此豐富 5G 技術應用場景，並鎖定智慧醫療健康、工業物聯網(IIoT)及車聯網，同時培育不同的 B2C 內容，以達統包不同領域之 5G 生態系。在研發方面，則強調須將標準、技術、應用及部署等不同階段納入重點，尤其是 5G 核心晶片及終端設備等，同時表示將強化資訊及數據安全，保障 5G 治理之模式。最後則是透過與地方政府之建設、交通、電力、醫療及教育等主管機關之雙向合作機制，加強責任分配及交流。

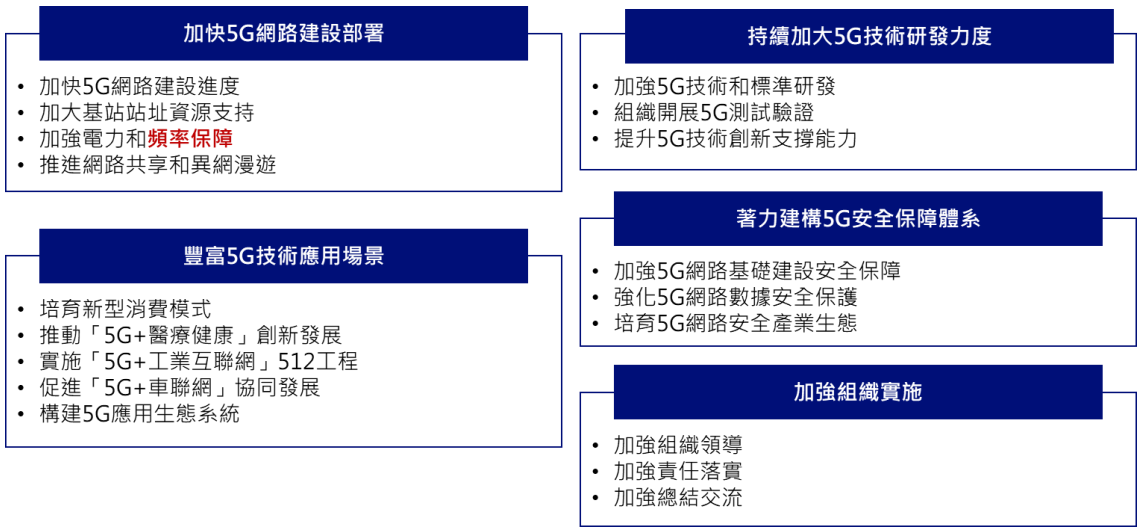


圖 38 中國大陸 5G 政策概要節錄

資料來源：工信部《關於推動 5G 加快發展通知概要》，本計畫製作

為保障 5G 之發展，工信部除於 2019 年發布《3000-5000 MHz 頻段第五代移動通信基站與衛星地球站等無線電台（站）干擾協調指南》，指引如何執行 5G 基地台與衛星地球站點間之干擾協調作業，同時搭配《關於進一步加強廣播電視衛星地球站干擾保護工作的通知》，建立起全國性的 5G 基站干擾協調之通報機制。於同年間，工信部陸續發表第 52 號公告《微功率短距離無線電發射設備目錄和技術要求》以規定極低功率短距無線電設備之管理辦法、《增強機器類通信(eMTC)頻率使用管理規定》、《關於調整 800 MHz 頻段數字集群通信系統頻率規劃的通知》、《遙感和空間科學衛星無線電頻率和軌道資源使用規

劃(20192025)》、《衛星無線電頻率使用可行性論證實施辦法》、《衛星網絡國際申報簡易程序規定（試行）》、《關於規範對地靜止軌道衛星固定業務 Ka 頻段設置使用動中通地球站相關事宜的通知》等 7 個規範性文件，為 5G 關聯技術設下法源基礎及管理辦法。

最後，於 2020 年的「全國無線電管理重點工作推進電視電話會議」中，工信部指出今(2021)年之重點策略為以下四項：

- 優化資源配置：除保障 5G 頻譜之使用及基地台之干擾協調工作外，亦將適時公告毫米波頻段之規劃，以開展專網（工業、交通、航太等領域）之部署。
- 規劃長遠發展：加強對頻率管理的前瞻及策略性，制定《衛星通信廣播和導航業務無線電頻率使用規劃（2021-2025 年）》、《省級無線電管理“十四五”規劃技術設施建設指導意見》等頻譜規劃方法。
- 建設法規制度：繼續推動《無線電頻譜資源法》之立法準備工作、《鐵路無線電管理辦法》、《地面無線電台（站）管理規定》、《衛星通信網無線電頻率使用和地球站設置使用管理規定》、《衛星無線電頻率和空間無線電台管理辦法》、《無線電發射設備管理規定》，以及民用無人機、無線電管理信用管理等規範性文件出版。
- 提升治理能力：重點鎖定為和諧共用之保障、監管、監測、無線電管理電子化等。

除有以上提及之工信部無線電管理局主管全國外，中國大陸也同時推動地方無線電管理機構依照工信部之規劃，於各地推進無線電頻率管理、基地台設備管理、無線電波秩序維護、國際協調合作及技術設施建設等各項工作，並已於上海、黑龍江、河南等地取得進展。

於 5G 頻譜方面，中國大陸已於 2019 年 6 月頒發商用執

照，取得頻譜的業者包含中國移動、中國聯通、中國電信、中國廣電。特別值得一提的是中國廣電以有線電視業者的身分新進入電信市場，除了既有的 700 MHz 頻段之外，也取得新指配的 5G 頻譜(4.9-4.96 GHz)。中國大陸自 2008 年起便逐漸提出「三網融合」的概念，亦即行動通訊網、網際網路網以及廣播電視網，透過三網在應用層的融合，同時實現一個終端三種功能，打破三領域的業者在各自領域壟斷經營的局面。另一方面，由於工信部早於 2018 年 12 月便給予電信商 5G 的試驗執照，因此各業者利用試驗執照已於各大城市進行網路設施的建設，發展速度快速；例如：中國廣電於取得執照前，透過試驗頻率使用許可，於 16 個城市部署 5G 網路。此外，工信部亦於 2020 年 2 月同意中國電信、中國聯通以及中國廣電利用 3.3-3.4 GHz 進行室內共享。

工信部於 2020 年 4 月發布《關於調整 700 MHz 頻段頻率使用規劃的通知》，將 703-798 MHz 頻段頻率使用規畫調整用於行動通訊系統，並將 703-743/ 758-798 MHz 頻段規劃用於 TDD 工作方式的行動通訊系統，作為中國第一個 5G 低頻頻段，搭配已釋出之中頻頻譜以強化其 5G 之覆蓋。

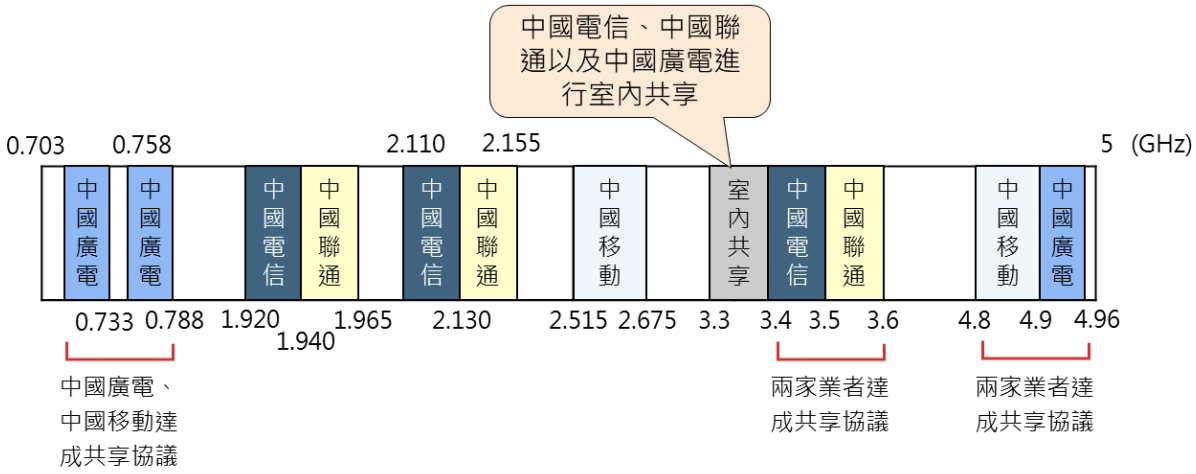


圖 39 中國大陸 5G 中低頻商用頻譜

資料來源：工信部公開資料，本計畫製作

中國大陸全國人大及全國政協（「兩會」）於今(2021)年 3 月召開，會中提及往後將擴大 5G 網路及千兆光網之建設，以配合其去(2020)年工業和信息部發布之《關於推動 5G 加快發展通知概要》。此外，於兩會期間，中國聯通亦提出《關於發展數字鄉村基礎設施，共建共享 5G 低頻接入網絡的建議》，強調被稱為黃金頻譜的 700 MHz 頻段，是達成鄉村最後一哩路之接取的重大決定因素。據其預測，由於該低頻率之廣覆蓋、強穿透性等特質，比起於 3.5 GHz 建造 5G 基地台，能夠於布建上減少 1,900 億美元之支出，每年之營運成本如電費、租金亦可省下 200 億美元左右。同時，中國聯通也建議利用 700 MHz 向農村區域建立一個全國範圍適用的 5G 共享接取網路，並由四家電信商共享，以避免重複建設，並保障相對均衡的產業發展。若此決議受中國大陸政府所支持，未取得低頻頻譜之中國聯通、中國電信，將可使用到未取得之低頻段—中國廣電之 700 MHz，可說是極具戰略性之舉。

於應用方面，2021 年工信部公告了《2100 MHz 頻段 5G 移動通信系統基站射頻技術要求（試行）》並制定技術條件，以配合與其他無線電服務的和諧共存。此一公告代表中國電信及中國聯通之策略性結盟從此有了政策上之支持，彼此可共同進行 5G 網路基礎建設以及共享，執行其決議推行之「3.5G＋2.1G」雙頻段 5G 策略。根據其聲明，兩業者可以全球最寬之 TDD (200 MHz)、FDD (2×40 MHz) 頻譜協作及創新，改善頻率使用效率，並提升上行 4-5 倍之體驗及 7-8 dB 之深度覆蓋。於(2021)年初時，工信部也針對往後開放 2.4/ 5.1/ 5.8 GHz 等頻段用為 5G 召開公眾諮詢，於 10 月公告之《工信部要求加強和規範 2400/5100/5800MHz 頻段無線電管理》中之現階段結論則為該些頻段仍保留予無線區域網路(WLAN)及 Wi-Fi。至於多國規劃為免執照接取頻段之 5925-7125 MHz，工信部

則於 2021 年 5 月 ITU 所舉辦之亞太頻譜管理會議中指出，6 GHz 為往後其 5G 重點頻段之一，因此沒有規劃為免執照頻段之打算。

由前述分析可以發現，中國大陸 5G 之頻譜規劃，現階段仍以 6 GHz 以下頻段為重心規劃，並著重推動以下頻段：3.3/ 3.4/ 4.8-4.96 GHz，並朝向低頻段之 700 MHz 前進；對於 6 GHz 以上之頻段預計將於處理完低頻段之規劃後方會進行討論。

根據工業和信息化部的最新數據，2020 年底為止，在中國大陸開放的 5G 基站總數約為 70 萬個，其中 55%以上歸中國移動所有。中國移動已經在全國 337 多個城市和 700 多個地區提供 5G 商業服務，人口覆蓋率達到 30%左右。此外，中國移動亦計劃在 2021 年建造 60 萬個新的 5G 基站，預計總數將超過 100 萬個，其中包括 2.6 GHz 頻段和 700 MHz 頻段的基站。

最後，在香港的部分，除了原先規劃的 3.3-3.4 GHz (100 MHz)/ 3.4-3.6 GHz (200 MHz)/ 4830-4930 MHz (100 MHz)/26-28 GHz (4100 MHz)外，今(2021)年 1 月通訊事務管理局(The Office of the Communications Authority, OFCA)根據 2017 年 12 月之決議，以行政指配兼市場主導的混合模式重新指配 900/ 1800 MHz 頻帶內共 200 MHz 之頻譜，由中國移動香港、香港電信(Hong Kong Telecommunications, HKT)、和電香港（和記電話股份有限公司）及數碼通(SmarTone)於 2018 年 12 月透過拍賣取得，並在 2021 年 1 月及 9 月分別展開 900 MHz 及 1800 MHz 之新指配期。在完成以上五頻段之釋出後，中國移動香港、HKT 及 SmarTone 都有取得低中高頻之 5G 頻率。

表 7 香港 900/ 1800 MHz 指配現況

頻段	頻率(MHz)	取得電信商	頻譜使用費（港幣）
A1	1710-1720/ 1805-1815（成對）	數碼通(SmarTone)	7億6千萬
A2	1730-1740/ 1825-1835（成對）	香港電信(HKT)	11億2千萬
A3	1770-1780/ 1865-1875（成對）	中國大陸移動香港	9億8千萬
A4	1780-1785/ 1875-1880（成對）	和電香港	4億6千萬
B1	890-895/ 935-940（成對）	和電香港	5億
B2	895-900/ 940-945（成對）	香港電信(HKT)	5億4千萬
B3	900-905/ 945-950（成對）	香港電信(HKT)	5億6千萬
B4	905-910/ 950-955（成對）	中國大陸移動香港	5億
B5	910-915/ 955-960（成對）	數碼通(SmarTone)	5億8千萬

資料來源：OFCA 公開資料，本計畫製作

由於 2020 年 26-28 GHz 之拍賣原預計指配 3,700 MHz，最後卻僅由中國移動香港、HKT 和 SmartTone 各自取得 400 MHz，比原先規劃少上 75%，根據規則受指配者不須就使用這些頻段繳付頻率使用費；剩下的 2,500 MHz 將於下次指配釋出，目前預計最快將於 2022 年發生。

另外，於 2021 年 10 月 OFCA 透過頻譜拍賣的方式釋出了 600 MHz、700 MHz、850 MHz、2.5/ 2.6 GHz、4.9 GHz 等 19 個頻段內共 255 MHz 之頻譜，並規劃為能於速度、容量及覆蓋範圍等條件上進一步用以支持 5G 服務之頻段。在經歷了 32 輪的競投，最終之標金總額達到港幣 18.8 億元。此次頻譜之指配期限為 15 年，所有標得頻譜者皆須於 2021 年 11 月 24 日前繳清頻譜使用費或呈交信用狀以保證能夠支付標金。取得頻段 C、E1、E2 者亦須於同一日期前繳交履約保證金，以作為往後提供網路服務之保證。至於 B1 至 B7 及 D1 至 D9 標得者，則須在實際的頻譜指配生效前付清履約保證金。

表 8 香港 600 MHz、700 MHz、850 MHz、2.5/ 2.6 GHz、4.9 GHz 拍賣結果

頻段	頻率(MHz)	取得電信商	頻譜使用費（港幣）
B1	703-708/ 758-763（成對）	和電香港	7千2百萬
B2	708-713/ 763-768（成對）	和電香港	6千6百萬
B3	713-718/ 768-773（成對）	數碼通(SmarTone)	7千2百萬
B4	718-723/ 773-778（成對）	香港電信(HKT)	6千9百萬
B5	723-728/ 778-783（成對）	香港電信(HKT)	7千2百萬
B6	728-733/ 783-788（成對）	中國移動香港	6千6百萬
B7	733-738/ 788-793（成對）	中國移動香港	6千6百萬
C	825-832.5/ 870-877.5（成對）	數碼通(SmarTone)	8千2百5十萬
D1	2500-2505/ 2620-2625（成對）	中國移動香港	9千5百萬
D2	2505-2510/ 2625-2630（成對）	中國移動香港	9千9百5十萬
D3	2510-2515/ 2630-2635（成對）	中國移動香港	9千9百5十萬
D4	2540-2545/ 2660-2665（成對）	和電香港	1億1千4百萬
D5	2545-2550/ 2665-2670（成對）	香港電信(HKT)	9千9百5十萬
D6	2550-2555/ 2670-2675（成對）	香港電信(HKT)	9千5百萬
D7	2555-2560/ 2675-2680（成對）	香港電信(HKT)	9千0百5十萬
D8	2560-2565/ 2680-2685（成對）	香港電信(HKT)	8千6百5十萬
D9	2565-2570/ 2685-2690（成對）	香港電信(HKT)	8千6百5十萬
E1	4800-4840	中國移動香港	2億2千2百5十萬
E2	4920-4960	數碼通(SmarTone)	2億2千2百5十萬

資料來源：OFCA 公開資料，本計畫製作

針對垂直場域專用頻段之議題，香港在高頻 26 GHz 以及 28 GHz 的位置保留 400 MHz 頻寬作為地區性創新無線寬頻服務(Localised Wireless Broadband Service, LWBS)使用，在範圍不超過 50 平方公里的指定地區內，例如大學校園、工業園區、機場、科技園區等場域提供創新 5G 服務，同樣也不限定場域擁有者進行申請，採優先申請優先取得的機制，但不允許已取得高頻其他頻段（上述中國移動香港、香港電信以及數碼通）的業者進行申請。地區性

無線寬頻服務執照的有效期限為五年，視情況最多可再延五年，每年支付約 10 萬港幣（約 40 萬台幣）的固定費用，並根據基地台、設備數量，以及取得頻寬數產生其他變動費用。

隨著香港的商用 5G 網路於 2020 年正式投入服務，客運量、貨運量皆為全球前十之香港國際機場(Hong Kong International Airport, HKIA)選擇申請垂直場域專用的頻段進行 5G 網路的建設，藉由網路之改善導入新應用以期提升營運效率。HKIA 已於 2019 年 10 月 25 日獲得 OFCA 許可，取得 Localised Wireless Broadband Service 之執照。香港機場於未來期望透過完整 5G 高速網路覆蓋，蒐集旅客、行李和資產等資料，進行監測和分析，再由雲端管理平台有效調配機器人和無人搬運車進行任務，增加營運效率。

透過機場內建置高解析度監視器和 IoT 裝置，即時收集機場內資料監測機場狀況、資源追蹤、資產狀態掌握、人流分析、行李流量分析以及各類消耗量表，例如：水、電等使用量，並將資料傳送回機場雲端資料管理平台。透過平台數據整合、分析數據和預測未來動態等，機場管理人員可利用管理平台運算後的資訊，進行機場流程決策最佳化，有效調配機場資源，例如：調配機場無人車搬運行李、指派清潔機器人清理指定地點、了解機場設備維護週期，可預先安排維護人員到現場進行設備維護，以及結合擴增實境技術協助現場人員排除困難。

7. 新加坡

新加坡的資通訊媒體發展管理局(Infocomm Media Development Authority, IMDA)於 2020 年提出“5G SG”，採用多管齊下的方式促進新加坡 5G 發展，分別針對政策法規、5G 創新、5G 人才發展及 5G 測試平台研發等四領域提出具體的相應措施。為鼓勵 5G 頻譜之創新，IMDA 區分兩種形式之實驗，分別為技術測試(Technical

Trial)及市場測試(Market Trial)，若參加 IMDA 之 5G 補助計畫(5G Grant Programme)可於定期內免去使用頻譜之費用，以促進業者之研發。日前於毫米波 26/ 28 GHz 頻段之補助計畫已於 2020 年 12 月 31 日結束，然而於 3.5 GHz 之補助則延續至 2021 年 6 月 30 日止。

另一方面，IMDA 亦主導“5G Innovation Programme”，重點發展之 3 大領域為機器人學／物聯網、AI／數據以及 AR/VR，著重在 5G 解決方案如何商化及導入各場域之課題，以此促進星國之 5G 生態系及解決方案之創新，並已於 2021 年 1 月 20 日開始收件。任何註冊於新加坡之企業皆可投遞申請書，並於審查文件中載明該 5G 應用可為企業、產業帶來何項價值及影響力，同時須包括營運、市場化及商業模型等規劃，IMDA 將補助通過審核之單位最高 70%之經費預算。此計畫並不會釋出實驗頻譜，但可將運用 MNOs 商用 5G 頻譜之使用費加入預算規劃中。

圖 40 新加坡 5G SG 政策概要

資料來源：IMDA 公開資料，本計畫製作

面對 5G 的發展，資通訊媒體發展管理局(IMDA)於 2020 年提出 5GSG，採用多管齊下的方式促進新加坡 5G 發展，分別針對「政策法規」、「5G 創新」、「5G 人才發展」及「5G 測試平台研發」四領域提出相對作法。

- 政策法規：以 5G 頻譜分配和建立監管框架促進商業網路的佈署，在 2019 年 5 月 7 日啟動公眾諮詢；
- 5G 創新：推動產業技術試驗，以證明 5G 對企業變革的影響，並支持 5G 技術應用創新及研究生態系統，重點關注 6 種戰略集群，包括海事營運、城市交通、智慧莊園、工業 4.0、消費者應用及政府應用；
- 5G 人才發展：與業界合作，提供 5G 技能培訓，另外計畫加深員工 5G 方面技能的公司可與 IMDA 合作進行 TeSA (Tech Skills Accelerator)計畫；
- 5G 測試平台研發：IMDA 將與學界、業界及其他政府單位合作，為企業及政府部門開發一系列的測試平台，測試平台將有助於 5G 應用、服務和能力的開發，從而加速生態系統的發展，且 IMDA、新加坡網路安全局(Cyber Security Agency, CSA)及國家研究基金會(National Research Foundation, NRF)將提供更多研究基金來支持 5G 網路安全的研究及其他領域的開發。

政策法規	• 以5G頻譜分配和建立監管框架促進商業網路的佈署 • 2019年5月7日啟動5G公眾諮詢
5G創新	• 推動產業技術試驗，以證明5G對企業變革的影響，並支持5G技術應用創新及研究生態系統 • 重點關注6種戰略集群：海事運營、城市交通、智慧莊園、工業4.0、消費者應用及政府應用
5G人才發展	• 與業界合作，提供5G技能培訓 • 計畫加深員工5G方面技能的公司可與IMDA合作進行TeSA(Tech Skills Accelerator)計畫
5G測試平台及研發	• IMDA將與學界、業界及其他政府單位合作，為企業及政府部門開發一系列的測試平台 • 測試平台將有助於5G應用、服務和能力的開發，從而加速生態系統的發展 • IMDA、新加坡網路安全局(CSA)及國家研究基金會(NRF)將提供更多研究基金來支持5G網路安全的研究及其他領域的開發

圖 41 新加坡 5G SG 四大政策方向
資料來源：IMDA 公開資料，本計畫製作

IMDA 於 2019 年 5 月 7 日發布針對 5G 的監管框架以及政策的公開諮詢文件，彙整出四項政策目標：

- 最大化 5G 的經濟價值以及對消費者的福利；
- 促進頻譜等稀少資源的分配效率；
- 確保新加坡 5G 網路的安全與可靠性；
- 支持電信部門、市場的活力

為達上述政策目標，亦提出了四個推動策略，包括：促使 2020 年開始開始佈建 5G standalone 的網路架構、確保至少 2 個以上全國性的 5G 網路，並鼓勵網路的共享、確保 5G 網路的彈性與可靠性、提供監管的彈性促使市場成長並適應技術的變革。

文件中更提出頻譜分配、建設義務與市場競爭的具體措施。針對頻譜分配，在 3.4-3.6 GHz 頻段，由於有衛星干擾問題，部分可供室內外使用(unrestricted)，另外則必須限制室內或地下(restricted)使用；在毫米波頻段，為促進其可用性，使其能在特定的熱點提供超高速的網路服務；最後期望於 2025 年全球的生態系更加完整之後，開放更多頻譜供使用，以達到更有效率的網路佈建。在建設義務的部分分為 3.5 GHz 及毫米波頻段，取得 3.5 GHz 執照，須在取得後 24 個月內達到 50%的覆蓋率；取得毫米波頻段執照，則須在取得後 12 個月內開始使用該頻段，避免頻譜資源浪費；取得執照之業者須以批發價提供 5G 網路服務給 MVNO。最後為維護市場競爭，須確保一開始的 5G 市場中最少有兩個全國性的網路提供業者，另外也鼓勵網路的共享以及服務為基礎的競爭。

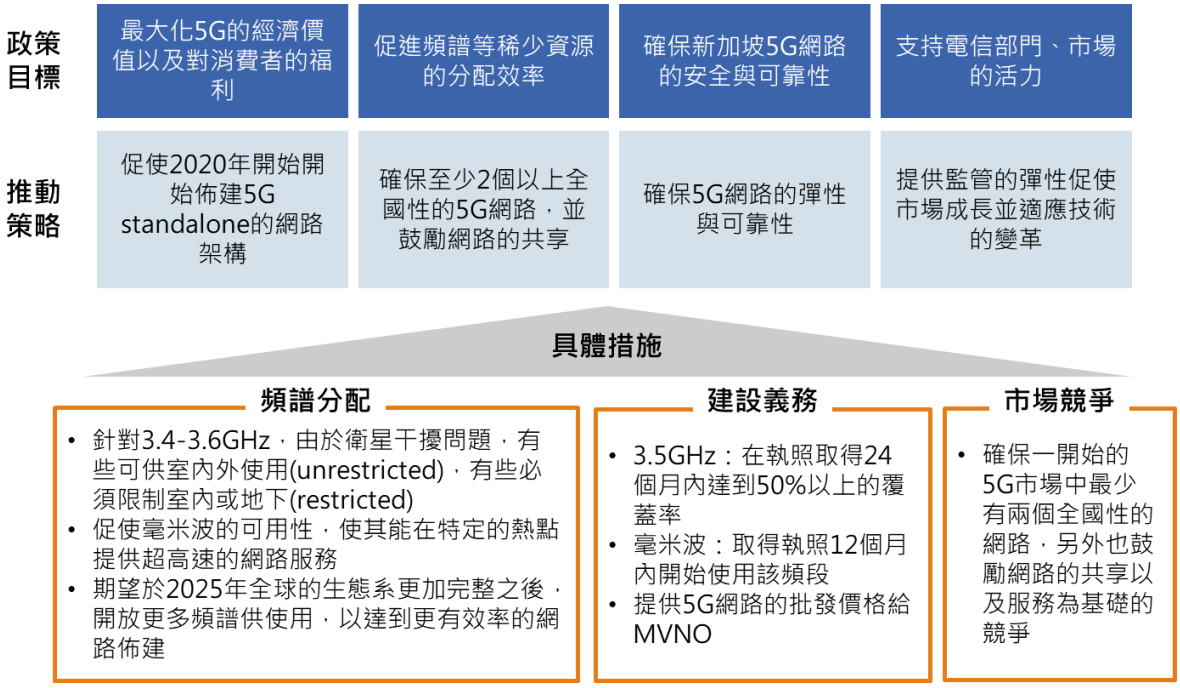


圖 42 新加坡 5G 頻譜政策

資料來源：IMDA 公開資料，本計畫製作

IMDA 於 2019 年 5 月 7 日進行第二次 5G 發展公眾諮詢，並於 10 月 17 日發布了新加坡 5G 總體願景、戰略及研擬政策與監管框架，以促進 5G 網路的佈署。其中根據全球頻譜規劃和新加坡可用頻段，規劃可用的 5G 商轉頻段，包含在 5G 市場領先並已發展出相關設備生態系統的 3.5 GHz、26 GHz 和 28 GHz 及其他需要和現有使用者或鄰國協調的潛在商轉頻段，例如：2.1 GHz、2.5 GHz 和 4.5 GHz。針對 5G 與衛星頻段衝突的部分，新加坡在考慮所有利益相關人後，決定在繼續營運衛星的同時啟用 5G 行動服務，將 3.4-3.7 GHz 頻段分配給行動網路使用，另外保留 3.7-4.2 GHz 頻段給予 FSS 空對地衛星通訊使用，以解決頻譜資源不足的問題。

根據產業意見書 IMDA 於 2019 年 10 月 17 日決議，5G 將由現行主要業者 M1、Singtel、StarHub、TPG Telecom 進行 3.5 GHz 及 28 GHz 的頻譜競標，並預計將在 2020 年年中分配頻譜。釋出規劃的部份，3.5 GHz 頻段將釋出

2 張全國性（大規模）執照，單一業者可得 100 MHz 頻寬，執照期限為 15 年，並且須使用 SA 獨立組網的網路，具有提供零售價格給予其他 MNO 以及 MVNO 之義務，並須從 2021 年開始提供服務，且到 2022 年底時，必須完成至少 50%之 5G SA 覆蓋率。28 GHz 頻段則釋出 4 張區域性（小規模）執照，這也代表取得 3.5 GHz 執照者可同時擁有 28 GHz 執照，28 GHz 頻段單一業者可得 800 MHz 頻寬，執照期限為 16 年，可使用 NSA 非獨立組網的網路，也可利用現有 4G 基礎，來進行 localised 5G 服務。

	執照張數	執照類型	單一業者頻寬	執照期限	其他
3.5GHz	2	全國性 (大規模)	100MHz	15年	• 必須使用SA獨立組網的網路 • 具有提供零售價格給予其他MNO以及MVNO之義務 • 得標者將從2021年開始提供服務 • 到2022年底，必須完成至少50%之5G SA覆蓋率
28GHz	4	區域性 (小規模)	800MHz	16年	• 可使用NSA非獨立組網的網路 • 利用現有4G基礎，來進行localised 5G服務

圖 43 新加坡第一波 5G 釋出頻段

資料來源：IMDA 公開資料，本計畫製作

根據 IMDA 規定，取得 3.5 GHz 之業者須於執照釋出後之 24 個月內，達到 50%以上之 5G SA 覆蓋率。在 2020 年 4 月 29 日，IMDA 宣布兩張全國性執照分別由 Singtel 及由 StarHub 與 M1 組成的合資企業 JVCo 取得。過了一年後，Singtel 於今(2021)年 4 月發布其已完成更新既有 5G RAN 並布建使用 5G 原生雲 SA 核心網路之基地台，往後可用以搭載與 SA 相容之新一代 5G sim 卡，預計於近期展開商業化。

取得毫米波頻段之 MNOs，包括 M1、Singtel、StarHub、TPG Telecom 等，可使用 SA 及 NSA 兩種布建方式，除須於取得執照後 12 個月內開始使用頻段，亦須於 SA 生

態鏈就緒後之 24 個月內完成 SA 之部署。Singtel 正在使用其取得之 28 GHz 執照進行 localised 5G NSA 之佈建，以滿足其 B2B 客戶對於消費者之需求，例如：雲端遊戲(cloud gaming)、擴增實境(AR)、無人搬運車(AGV)、混合實境(Mixed Reality, MR)及其他綁定地點(location-based)之服務。導入之場域包括 Orchrad Road 購物中心、Marina Bay Sands Expo 會展中心以及政府大廈大草場。

同時，另一取得毫米波段之電信商 M1 目前與 IBM 及三星電子合作，共同設立工業 4.0 工作室，將透過 localised 5G 網路支援 AI、混合雲端及邊緣運算(hybrid cloud and edge computing)，為新加坡境內之企業測試創新工業應用。作為新加坡第一個工業 4.0 測試場域，此工作室往後將研發之重點應用包括：無人搬運車(AGV)、協作機器人、3D 擴增實境、實時 AI 影像／語音辨識及分類等，以利於 2022 年結束前將 5G SA 涵蓋 50%以上之新加坡國土，並同時促進工業轉型。以下為 7 個重點領域及導入後之預期效益：

- 影像辨識：利用 IBM 的 Maximo Visual Inspection 軟體，可達到即時監測製造業不良產品及快速貨艙分類。
- 語音洞見：透過 AI 分析手機及平板蒐集之語音，可改善傳輸並即時發現潛在缺陷，達到連續監控。
- 擴增實境：透過疊加於螢幕上的多項說明及動態訪問多個製程，達到遠端之裝置維修、測試。
- 無人搬運車及協作機器人：應用上將更為複雜，可達到同時偵測物品是否達到品質要求並分析良率。
- 邊緣伺服器 AI：藉由 Red Hat OpenShift 之雲端即時運算，提供更多彈性並使資源有效利用。
- 容器化：透過 IBM Edge Application Manager，同時監

控、自主管理、整合及控制多個邊緣解決方案。

- 5G 終端及專網：由三星最新的終端解決方案搭配 IBM 邊緣運算，支持包括核網及 RAN 在內之終端解決方案。

在先進技術方面，新加坡的南洋理工大學和大阪大學的科學家利用光子拓樸絕緣體(Photonic Topological Insulators)，成功開發出一種能在 THz 上使用的新型晶片，能夠克服現行晶片之材料缺陷和過高的傳輸錯誤率，並可很容易地集成到電子和光學電路等設計中，往後將可用以提供下世代網路性能。此外，光照上網(Light-Fidelity, Li-Fi)亦為 IMDA 鎖定之技術，研發單位可向其申請定期、暫時性之技術實驗頻譜執照，可針對 400-800 THz 之實驗頻譜進行實證，十天內之費用為 1,550 新幣、三個月內則為 2,800 新幣。

8. 澳洲

搭配 2017 年公布之 5G 上位政策“5G- Enabling the Future Economy”，澳洲政府除將 2021 年訂為 5G 元年(“Year of 5G”)，亦於 2020 年公告了“JobMaker Digital Business Plan”以扶持企業利用新興科技達到轉型。此外，ACMA 亦獲得資金挹注，將針對頻譜管理釋照系統及頻譜拍賣機制進行研析及改善，並協助 5G 技術導入業界。據其主管機關預測，若澳洲整體產業可藉由 5G 達到轉型，於進入 5G 時代之第一個十年後，即至 2030 年前為止，每一澳洲公民之人均 GDP 將增加 1,300 至 2,000 澳幣，故澳洲政府對該議題抱持極積極之態度。

在鼓勵 5G 創新方面，澳洲的基礎建設、交通、區域發展及傳播部(Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications, DITRDC)正在展開“5G Innovation Initiatives”，將使用總額 2 千萬澳幣之經費補助重點產業之 5G 應用，包括：農業、礦業、零售、

醫療科技、建造及製造業。每一受補助之計畫將可得最高1百萬澳幣之經費，不論是地方政府或是民間企業都可申請，惟注意需滿足 eMBB、URLLC、mMTC 等 5G 性能，並執行技術及商業模式等測試以使計畫成果得以延續及擴散。目前第一階段之徵件已結束。

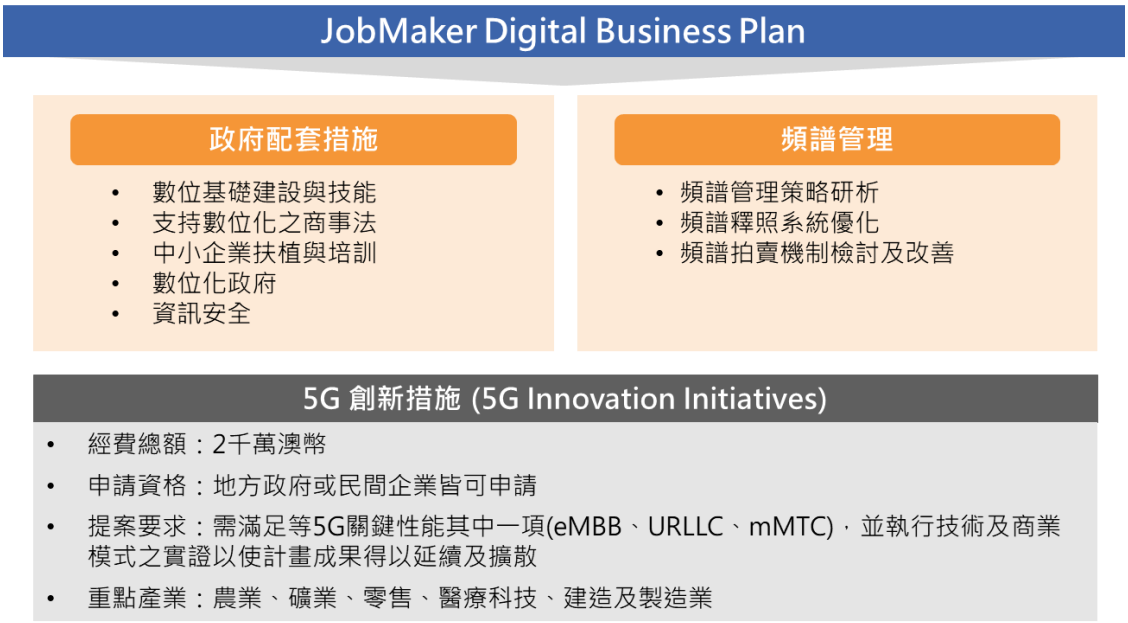


圖 44 澳洲 5G 政策概要

資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

在頻譜釋出進度上，2018 年末 3.6 GHz 已成功拍出頻譜執照，並將全國分為 6 個都會區(Metro Areas)和 8 個區域(Regional Areas)，共計 14 個區域。本次拍賣的執照使用年限為 10 年，參與競標共 4 間業者，包括：Telstra、Mobile JV、Optus 及新進業者 Dense Air，其中由於 Optus 被認定在重點都市，例如：雪梨、奧爾本，都已持有 3.4 GHz 頻段，足以提供 5G 服務，因此其禁止參與都會區的競價。造成都會區的競標皆以底價結束拍賣，反之區域性之執照則因三大業者 Telstra 、Mobile JV 和 Optus 互相競爭，使最後標金比底價增長約 10 至 50 倍。

在高頻部分，26 GHz 之拍賣已於 2021 年 4 月結束，預期

釋出 360 張頻譜執照，最後共計釋出 358 張使用期限為 15 年之執照，總得標金額約為 648 萬澳幣，並將全國分為 9 個都會區(Metro Areas)及 5 個區域(Regional Areas)，於都會區發出 10 品項之頻譜執照、區域則為 20 品項。其中，位於西澳的區域性電信商 Pentanet 及位於大都市區的 Dense Air 亦都取得了小規模的執照。

	執照張數	執照範圍	標得頻寬
Telstra	150	全國性(大規模)	• 全澳各地區（共1000 MHz）
Optus	116	全國性(大規模)	• 雪梨、墨爾本、布里斯本、伯斯、阿得雷德、坎培拉及其他區域（共800 MHz） • 西澳（共600 MHz）
TPG Telecom	86	全國性(大規模)	• 雪梨、墨爾本及伯斯（共400 MHz） • 布里斯本及其他地區（共600 MHz）
Pentanet	4	區域性(小規模)	• 上伯斯(200 MHz×2，共400 MHz) • 上瑪格麗特河(200 MHz×2，共400 MHz)
Dense Air	2	區域性(小規模)	• 雪梨(200 MHz) • 墨爾本(200 MHz)

圖 45 澳洲 26 GHz 頻譜拍賣結果

資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

在 28 GHz 方面，根據 2019 年發布之《28 GHz 頻段未來使用規畫(“Future Use of the 28 GHz Band”)》，決議讓 5G 服務 (FWA)與固定衛星服務(FSS)共存，但 FSS 具有優先權。在 2020 年 12 月，ACMA 同意發放 45 張新 FSS 執照、13 張由既存地球站執照轉為 FSS 之執照以及 12 張 FWA 執照，共計釋出了 70 張此頻段之執照。此 12 張 FWA 執照取得者希望往後能夠於全澳各州及各領地內提供都會區、區域性及偏遠地區之無線寬頻服務。

另外，較低頻段的 814-825/ 859-870/ 890-915/ 935-960

MHz (850/ 900 MHz)將於 2021 年第 4 季進行拍賣，並預期將用於 5G 技術，為澳洲第三波規劃釋出之頻段。由於 850 MHz 上既有用戶有 Telstra 及 TPG Telecom，然 Telstra 已使用該頻段推出 5G；至於 900 MHz，目前 ACMA 規劃令現階段僅提供 3G/ 4G 之 Optus 與 TPG Telecom 得以優先選取連續頻段，以保障該些業者取得低頻 5G 服務所需之頻率，進而促進競爭。目前已截止競標之資格申請，預計拍賣將於 2021 年 11 月至 12 月間舉行，取得執照者可享有 20 年之頻率使用權限，且最快可於 2024 年 7 月 1 日起提供服務。

在垂直場域專網部分，澳洲尚無規劃明確頻段，但 ACMA 建議可由以下三種方式取得頻譜使用之權利，以進行各項技術測試及應用可行性：首先為透過取得頻譜執照(Spectrum Licence)之電信商，藉由其商用頻譜進行場域內專網布建；或是向 ACMA 申請 1 年期之設備執照(Apparatus Licence)，於申請時說明預期於何頻段上進行專網用途；最後則是運用需與其他裝置共用頻段之分類執照(Class Licence)。此外，亦已開放對自建專網有興趣者另外向 ACMA 申請區域通用之廣域設備執照(Area Wide Apparatus Licence, AWLs)，作為第四種選項，此執照允許於廣域內（而非限定地點）皆可於選定之特定頻段連結多個裝置，包括剛拍出的 26 GHz 及規劃中的 28 GHz 頻段。在 28 GHz 頻段上，ACMA 將於首輪 AWL 發放後開放未分配頻段之申請。

9. 小結

由實務上來說，雖可由以上國際趨勢中見到 5G 逐漸向高頻段發展，然目前全球已開展 5G 規劃之國家中電信商主要瞄準的仍是中頻，尤其是 3.5 GHz 之頻段最為搶手。與過去 4G 相比，由於較高的頻率將使覆蓋範圍縮小，因此需要更多的基地台數量，以使覆蓋率達到堪用的程度。也正是因為如此，高頻段不受電信商青睞的原因主要與更高

的基礎設施建置及營運成本有關，整體而言將使得 5G 佈建的時間拉長。由 ITU 於 2018 年發布之“Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges”文中，進行了與 5G 建設有關的探討，尤其是關於小基站於實際規劃中可能遇到的技術問題及財務相關之挑戰，並提供若干解決方法及往後策略，以助將危機轉為往後之商業潛力。

承上所述，由於所需之基地台數量增加，營運商之佈建成本提高，導致進程被財務考量大幅延宕。為解決此一問題，ITU 於該文內提出基礎設施共享(infrastructure sharing)之概念，點出透過適當程度的通道共享及重複利用，可為光纖網路的建設節省大筆資金，同時促進降低 5G 佈建成本。另一方面，由企業所主導的網路共享協議亦獲得大多數監管單位所贊同，因為其不但於商業上具市場吸引力，這樣的協議也可透過基礎設施及光纖共享減低5G佈建費用，令電信商有更高的意願去部署，並加快 5G 網路的整體發展進展。例如：歐洲營運商透過策略結盟，成立一跨國公司 TowerCo，資產集中於光纖、小基站及一部分的數據中心，以利共同管理及維運分佈於十數個歐盟國之基地台，於財務及資源上達到有效利用。

國際上 5G 的拍賣進度已日漸平緩，在頻段使用上，可以觀察到還是以 sub-6 GHz 中頻位置為主要釋出頻段，低頻部分尤因使用狀況較為壅塞，多數國家尚處於針對目前頻段進行規劃的階段。另外針對高頻譜的部分，以美國較為積極，其從 2019 年開始連續進行三次毫米波的拍賣，直至於 2020 年 6 月才進行第一波中頻頻譜的拍賣。此外，英國亦於今(2021)年 3 月拍賣釋出 700 MHz 以及 3.6-3.8 GHz；澳洲亦已於 4 月進行第一次的毫米波頻譜拍賣；韓國於 2018 年完成第一波 5G 頻譜拍賣後，預計於 2021 年底完成 sub-6GHz 和 above-6 GHz 多個頻段之拍賣，以達到其 5G 發展的政策目標。

表 9 標竿國家 5G 商用頻譜現況彙整表

國家	5G政策	現況	頻段		
			低頻(MHz)	中頻(MHz)	高頻(GHz)
美國	5G FAST Plan (2018)	已釋出	-	3700-3980	24, 28, 37, 39, 47
		規劃中	600, 800 ,900	2496-2690, 3450-3550	26, 42
英國	Enabling 5G in the UK (2018)	已釋出	703-733/ 758-788（成對）, 738-758	2350-2390, 3410-3480, 3500-3580, 3680-3800	-
		規劃中	-	-	26-27.5, 66-71
德國	5G Strategy for Germany (2017)	已釋出	-	1920-1980, 2110-2170, 3400-3700	-
		規劃中	791-821/ 832-862（成對）	1710-1725/ 1805-1820（成對）, 1740-1750/ 1835-1845（成對）, 2500-2570/ 2620-2690（成對）, 2570-2620	-
日本	-	已釋出	-	3600-4100, 4500-4600	27-28.2, 29.1-29.5
		規劃中	-	-	26.6-27, 39.5-43.5
韓國	5G+ Strategy (2019)	已釋出	-	3420-3700	26.5-28.9
		規劃中	700, 800	2300-2390, 2600, 3400-3420, 3700-4200	24, 25.7-26.5, 37
中國	關於推動5G加快發展通知概要 (2020)	已釋出	700, 1900	2100, 2500, 3400-3600, 4800-4960	-
		規劃中	-	-	-
新加坡	5G SG (2020)	已釋出	-	3450-3650	-
		規劃中	700, 1400	2100, 2500, 3400-3450, 4500	-
澳洲	5G- Enabling the Future Economy (2017)	已釋出	-	3575-3700	25.1-27.5
		規劃中	814-825, 859-870, 890-915, 935-960	-	27.5-29.5

※紅字部份表示頻譜已藉由行政程序釋出

※黑字部份表示主管單位預計釋出頻譜但仍在討論具體方式及時機

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

目前美國、英國、德國、日本、韓國、香港以及新加坡在5G 頻譜規劃階段都有專頻專網的規劃，其中又以日本規

畫最多頻寬供垂直場域使用。而我國參考日本、德國等案例，經各部會多次跨部會協商，已決議釋出 4.8-4.9 GHz (100 MHz)供 5G 專網使用。此頻段目前已開放各界申請進行實驗場域驗證，並已於今(110)年開放專頻專網之執照申請，屆時使用者必須向通傳會繳交頻率使用費，而通傳會也將再研議申請資格、頻率使用費之收費機制及其他配套規範。無線通訊技術的演進將帶來垂直應用服務的蓬勃發展，研究團隊持續追蹤各標竿國家對於未來其他各類專網頻譜的需求，包含新的頻段釋出規劃，或是專網供應模式等。

最後，綜觀世界各國專網頻譜釋出，尤其是較高頻的 26 / 27 / 28 GHz，目前尚未有全體一致的規劃，各監管組織將依據其市場、技術等實際面要求，決定是否將該頻段釋出給專網或是商用網路。目前較高頻段之垂直場域專網，如圖所示，德國、日本、香港及新加坡皆已有取得頻譜資源並釋出使用權予不同的單位。

表 10 標竿國家垂直場域頻譜規劃彙整表

國家	頻段(GHz)	概要/規範
美國	3.55-3.65 (CBRS)	頻譜共享時政府及既有用戶(IA)享有第一優先權、透拍賣取得執照之優先用戶(PAL)其次、免付費的一般權限(GAA)再次之
英國	3.8-4.2	• 低功率執照：用於企業專網的建置，取得執照後在範圍不超過半徑50公尺的圓圈內可架設多個基地台，若需要更大範圍可以透過申請多個執照進行覆蓋 • 必須支付基本行政費用以維持Ofcom管理頻譜的成本，10MHz頻寬一年約支付80英鎊的費用
德國	3.7-3.8 24.25-27.5	執照期限10年，到2040年底將收回所有執照，並可以分為以下兩種模式： • 單一申請：由建築物或土地的所有者，透過授權方式(租賃)取得所有權的人提出 • 聯合申請：可與多個所有者聯合提出申請，包含工業區、商業區等範圍，主管機關可在申請的一年後有進行審查之權利，以確保頻率有被有效利用 頻譜費用取決於獲得頻寬、使用期限以及土地類型與面積
日本	4.6-4.9 28.2-29.1	規定全國性的運營商不可取得該Local 5G的頻段許可，可取得許可的包含： • 使用自己土地：建物或是土地的擁有者為主體，業者若接收來自上述擁有者的系統建置委託時，也可取得許可 • 使用他人土地：當利用非自有建物或土地時，若建物及土地擁有者沒有使用Local 5G，則其他人可進行協調並申請，但限定為固定通訊
香港	24.25-28.35	執照期限5年，可延遲5年，申請上限為400MHz • 提供小規模5G及創新服務用，指配給特定場域，如：學校、工業區、機場、科學園區等，場域大小不超過50平方公里。每年支付約100,000港幣的固定費用，並根據使用頻寬、基地台及設備數量會有其他變動費用產生
新加坡	28	釋出區域性執照給四家運營商，利用既有4G架構之NSA網路提供localised 5G服務
韓國	4.72-4.82 28.9-29.5	目前已於2021年10月21日截止第一波之申請，預期於12月可得知取得執照之申請單位。申請人須為土地或建物所有人、承租人、受所有人委託之第三人之一，並以土地、建物作為頻率指配時之單位。 執照期限為2至5年。

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

(二) B5G/ 6G

在全球大部分地區仍竭盡全力發展 5G 的此時，已有為數不少的組織及國家開始針對下世代無線通訊技術進行討論及研發。B5G 除了是 5G 三大性能(eMBB、mMTC、URLLC)之強化外，更高效率、更廣覆蓋以及可使用更高的頻段也被認為是其重要發展方向。

芬蘭於 2019 年 3 月舉行了「6G 高峰會」，總計有來自 29 個國家的 300 位出席者，其中包括：基礎建設之設備製造商、網路營運商、監理及學研單位。該次會議中提及雖然 5G 的發展是透過一系列垂直行業的需求所不斷推進，但是來自行動電信商(MNO)的驅動也是一大關鍵。隨著 6G 預期可推出的超高效短距離連接性能，此解決方案將可由市場上不同參與者推動，進而產生不同於以往由 MNO 主宰的新生態系統。6G 在每個連線的峰值吞吐量預計可超過每秒兆比特(Tbps)，同時也能有超高可靠性和超低延遲的通信，伴隨著本地化的釐米級別高分辨率以及高準度設備間同步（在 1 μs 內）之特性。然而，因為連結設備之密度將增長到每立方公尺數百個裝置，這對面積或空間頻譜效率以及連接所需的頻段提出了更嚴格的要求；另一方面，6G 技術需要突破半導體元件的物理特性及限制，還有無線電頻率通訊及能號等問題，這將是往後下世代網路研發時面臨的最主要挑戰。

在國際組織的方面，除了 IEEE 已發布“Future Network-Enabling 5G and Beyond”討論未來次世代網路之可能架構外，亦可參考前文提及之 ITU “Focus Group NET 2030”研究方向。根據國際電信聯盟(ITU)於 2020 年發布之工作計畫“ITU-R Working Party 5D Structure and Workplan”，其無線電通信部門(ITU-R)之 WP5D 工作小組預期將於 2022 年 6 月完成“IMT Future Technology Trends”之研究報告，並將於 2021 年 6 月至 2022 年 11 月間彙整研究成果，出版有關 IMT-2020 後之願景規劃。研究團隊以此規劃作為往後下世代無線通訊發展進

程評估之基準，故可以推測於 WRC-23 時有關 B5G/ 6G 之頻譜需求將被會員們提出並進行討論，於 WRC-27 時有望完成相關頻譜之分配，並於隨後之兩、三年間進行技術評估及擬定相關使用規範，如下圖所示。

3GPP 的部份則將首先於往後至 2023 年間先行完成 R-17 及 R-18 中關於 5G 演進及其技術標準、規範等討論，由於此階段已為第五代網路之進化版，因此亦可被視作 B5G 標準制定之過程。與 ITU 預期於 2028 至 2029 年之間進行 6G 標準制定與評估之時序相比，3GPP 則預估其需待 R-18 之討論結束，方會於 2023 年後之 R-19 進行有關 6G 之技術標準、需求及結構等探討及可行性評估，因此最快仍需待 2026 年才有機會完成 6G 技術之技術標準及規範提出，並可於取得結論後呈交予 ITU 做為參考。

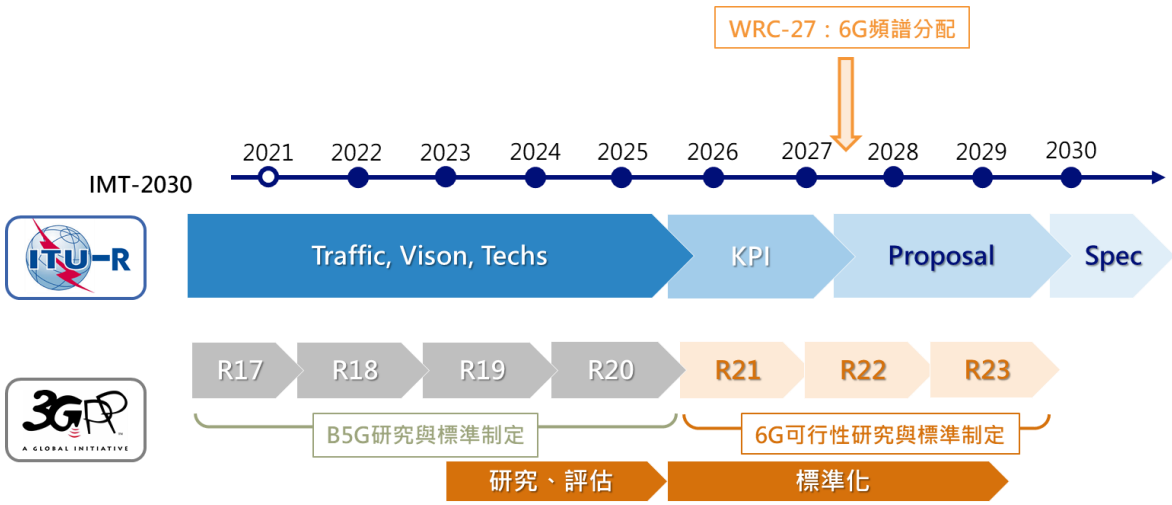


圖 46 國際標準制定組織 B5G/6G 發展進程
資料來源：ITU-R、3GPP 公開資料，本計畫製作

上文提到的往後 3GPP 研究主題及 5G 演進技術（即 B5G），將包括 5G NR 的強化功能、高頻段應用以及 NTN 通訊，並可再細分為以下幾個次主題，由往後進行的 R-17 至 R-21 進行研發：

- 5G 強化功能：穿戴裝置及影像監控(NR-RedCap+，R-17 討論)、多媒體廣播與服務 (NR-MBMS+，R-17、R-18 討論)、接取與回傳(IAB+，R-18 討論)、直接傳輸(NR-Sidelink+，R-18 討論)、免執照存取(NR-U+，R-19 討論)、定位（R-19 討論）、整合通信系統(ICS+，R-20 討論)、網路結構(R-20 討論)。
- NR 高頻段：52.6-71 GHz（R-17、R-18 討論）/ 71-140 GHz（R-19、R-20 討論）/ 140 GHz（R-21 討論）以上等頻段之三階段研究。
- NR NTN：52.6 GHz 以下（R-17 討論）/ 71 GHz 以下（R-19 討論）/ 71 GHz 以上（R-20 討論）等三頻段之研究，亦包括增強型之窄頻物聯非陸地網路(NB-IoT/ eMTC-NTN，R-18 討論)。

為使下世代無線通訊網路之規格更為明確，研究團隊亦盤點數家設備供應商之分析及預測，以利往後政策及策略制定時可作為標竿研究。在 Nokia 於 2020 年發布之白皮書“Communications in the 6G Era”中，便討論了既有可支援 5G 之各項技術，將在 B5G/ 6G 時代有更成熟及精準的表現。由於其技術之演進，工業領域之應用將對無線通訊有更嚴格的標準，例如：

- 全息影像虛實投影(Holographic Telepresence)：臉部表情及其他物質世界之特質將可被數位編碼並投影，異地共演可使技術人員於不同地點執行業務，如：在辦公室的同時，亦可監看工廠生產業務。
- 機器人及無人機的超海量運用：數以百計之智慧聯網將可被應用於不同的垂直領域中，如：餐飲、醫療院所、倉儲及貨運。
- 數位分身(Digital Twins, DT)：數位世界中的分身將可更準確且同步地更新真實世界中的資訊，人機介面之互動及流暢度將獲得大幅度改善。

Nokia 指出，除了作為供應以上應用之網路基礎外，6G 網路之關鍵性能要求(KPI)及特色亦包括下列六項，以與目前 5G 網路進行區隔：

- 吞吐量及容量(Throughput & Capacity)：大於 100 Gbps、於端點(edge)時亦有至少 5 Gbps
- 延遲與可靠性(Latency & Reliability)：0.1 毫秒之延遲、9 秒內
- 規模與彈性(Scale & Flexibility)：預期可達到全球之陸／海／空覆蓋、每平方公里支援 1000 萬台設備、並與平台與服務為主
- 精準度(Precision & Accuracy)：將可小至公分等級、小於 1%的漏檢率(Miss Detection Rate, MDR)／誤報率(False Alarm Rate, FAR)
- 適應性響應時間(Adaptability Response Time)：1 秒、0 接觸
- 設備(Device)：達到 0 能耗之永續目標、約可連至 10 個子網(sub-network) 、更直觀的介面（如：手勢及其他可感測之人類動作將取代目前手動打字、輸入之模式）

Nokia 認為使用通信網路進行定位和感測將是 6G 的重要功能。精準度(precision)和準確性(accuracy)分別作為定位和感測的相應性能指標，並可期望將達到厘米級的精度，物體感測之偏差值則可參考漏檢率(MDR)和誤報率(FAR)。在網路結構的方面，分佈式 AI 及 ML 技術所設計之網路如可將應用嵌入在各個節點中，以及如何令這些端點迅速適應新條件將是另一項重要措施。網路的高度、高效自動化將成為常態，因此在零人工干預下完成自動化的完整程度將是另一個準則。最後，終端設備之概念將在 6G 時代發生重大變革，其將在許多情境下發展成為設備網路或子網。例如：我們可以想像一個連結無數多個裝置的機器區域網路或機器人區域網路，且這樣的設備可透

過網路設備本身達到充電之功能，減少電池之利用並降低能耗。

另外，NEC 於 2020 年亦出版了《Beyond 5G 願景白皮書》，對於下世代網路之應用及規格的討論與預測，不約而同地與 Nokia 有不少重疊之處，例如：多重感知及物聯網之結合(Internet of Senses)將可整合感官知覺，並與虛擬世界連結；遠端遙控數位分身(DT)則使虛實界線更加模糊，有更多創新服務將在社會中誕生，而透過 AI 與 XR 等技術、越趨成熟的大數據掌握及分析，企業生產與服務之效率將獲得巨幅改善。在不久的將來，透過 B5G 演化技術，「人間、空間、時間」的隔閡將可被打破，聯網範圍將達到超廣覆蓋，文化、語言、意圖等訊息將被轉換為數據，並透過虛實世界整合，達到數據／訊息傳遞無藩籬之理想社會。為達到以上情境，NEC 指出以下四項 6G 網路必須具備之關鍵技術及表現，以使往後十年間 B5G/ 6G 網路之研究與開發能有具體的引導方向：

- 無線通訊／光通訊：高速、大容量／小尺寸和低功耗—除毫米波(mmWave)之利用外，將不斷改善性能及可支援更高頻率的通信設備，例如：用於兆赫茲波(Terahertz)的天線和放大器技術、用於寬頻信號處理的數字信號處理技術以及整合以上技術之 AI 將會蓬勃發展。
  - 覆蓋範圍增加：配合新的無線通訊方法（如：軌道衛星和 HAPs 之導入），毫米波和兆赫茲波通訊將覆蓋整個地球，擴展有效的覆蓋範圍，但如何透過自定義去涵蓋本地及營運商之通訊，則有賴於各技術之整合。
  - 無線／光學傳感：對於整個空間的數位化(Digitalization)，可採用類似於傳統相機之方法。也就是除了利用傳輸及感測設備外，亦利用無線電波和光纖進行通訊。此外，可用以追蹤室內無線電波通訊及移動中室外物體所需之精準定位技術，則可藉波束成形之現象達成。
- 作業自動化／優化
  - 支持異質性網路：B5G 的移動網路不僅是 Ku 頻段的

進化系統，還有固定網路、ad hoc 網路、衛星及 HAPs 等，是結合了各種網路、極其複雜的架構。因此，更進階及細緻的作業管理流程需被具體規劃並執行，其管理的目標除了分佈式處理所需之集成操作管理，亦包括數據處理。

- 更成熟的自動化營運管理：在極其複雜的網路中逐步提高自動化之水準，最終希望實現完全自動化，從而減少人類之干預操作。
- AI 技術的利用和發展：各種人工智慧之發展與上述優化和自動化之實現息息相關，而針對可以處理未知事件的完全自動化技術，未來將仰賴能夠適應環境變化的 AI 來執行。

● 分佈式數據處理平台

- 分佈式 AI 處理優化：需要大規模數據移動和處理的分佈式 AI 處理必須最大限度地提高性能，並且採取最分散的方式去安排、計算通訊資源，以利實時、動態地進行適應及 ML。
- 通訊和 AI 演算法的共同發展：AI 和通訊須繼續研發及優化，其交疊之演算法及共同發展亦須持續追蹤，以取得共通優勢。
- 大型運算基礎架構：對於大規模分佈式處理，有必要為邊緣 AI 引入專用處理器。另外，亦期望有新的運算應用誕生，例如：利用量子運算解決大規模優化之難題。

● 安全性

- 通訊基礎設施之安全：系統開放性、互連性和異構性作為通信基礎設施的可靠性指標，為抵禦日益增長的地緣政治因素及其連帶影響，有必要時刻保持網路、資訊及數據之安全。
- 數據處理架構之安全性：為了處理與 DX 相關的各種問題，有必要確保平台將其作為數位分身時數據處理的可靠性，改善可視化風險並自動處理風險。

綜上所述，與 5G 相比，B5G/ 6G 於多個領域將有更傑出的表現。例如：工業場域中的 AR 可支援更高畫質的影像傳輸，並能達到多重感知(multi-sensory)、同步設計(co-design)及更複雜的指派工作；由於數據傳輸技術的改善，要求高容量的混合實境(MR)及全息影像將可被執行；廠房內良率檢測或各式安全監控等定位及感知技術在下世代中將大幅利用整合無線電感知技術(integrated radio sensing)，達到全自動化；和時間工程有關的分佈式運算(distributed computing)及自動化將可精準至奈米秒(nanosecond)等級，為現行微米秒(microsecond)之重大進展。既有 5G 技術無法達到的數位分身、數據中心無線網路及低能源耗損等問題，亦預期將由 B5G/ 6G 之研究成果得到解答，並可支援超海量機器人、無人機智慧聯網及更複雜的生物感測 AI。

在未來萬物聯網的時代中，為了向無人機、飛機、汽車、輪船和太空站提供服務，需要覆蓋範圍的擴展技術，因為它們的服務區域（如：天空、海洋和太空）目前並未完全覆蓋。因此，應該從垂直方向三維地研究新的網路結構。基於無線 backhaul 和 IAB（接取與回傳）應用的假設，有必要於往後研究如何在數十公里之範圍內實現長距離無線傳輸。而在超廣覆蓋範圍之擴展中，透過同時考慮對地靜止衛星(GEO)、低地球軌道衛星(LEO)和高空平台(HAPs)的利用，可以實現山區、偏遠地區、海洋等領域之超廣覆蓋性，並為未來新場域之通訊奠下基礎。尤其是於近年引起許多關注的 HAPs，藉由部署在離地大約 20 公里高度的固定位置，達到低延遲且廣泛的訊號覆蓋。如下圖所示，除了上面提到的廣泛覆蓋範圍外，HAPs 還具有為移動式基站提供 backhaul 的即時性優勢，因此其不僅被認為是一種有效的通訊方法，亦因其專有性被推斷為往後之災難時期通訊對策；這樣的混合式網路架構及應用，亦可同時適用於 B5G/ 6G 中被預測將大幅出現的工業應用。

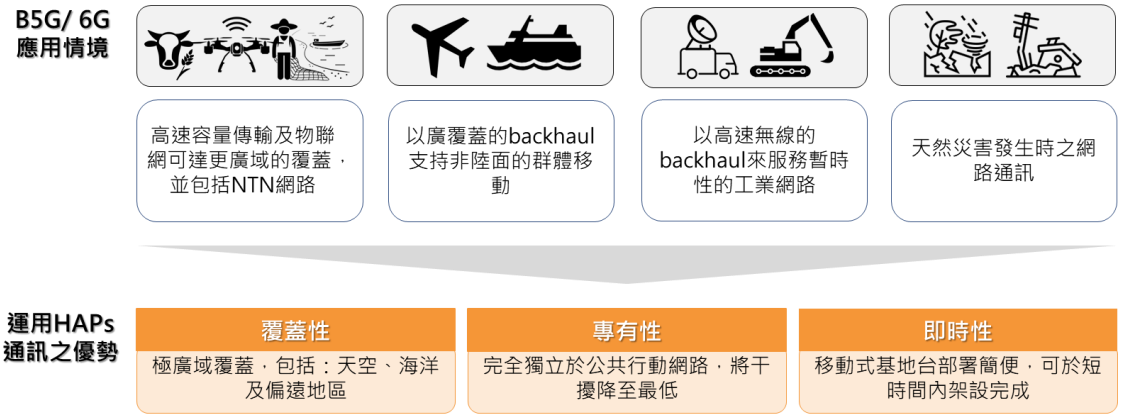


圖 47 各廠商預期性能之結語

資料來源：NTT Docomo、Nokia、NEC 公開資料，本計畫製作

根據 ITU 及 3GPP 等組織之 B5G/ 6G 預計期程，研發及標準化作業應於 2027 至 2028 年左右完成，並可期望於 WRC-27 時完成 6G 頻譜之分配。這樣的時程規劃與預測給予了各廠商、監管機構有了充裕的時間去研究目前尚未被探索的頻譜資源，例如：於下世代網路通訊中可能扮演重要角色的兆赫茲波(Terahertz)。在電磁波頻譜的頻率範圍內，兆赫茲波介於 300 GHz 和 3 THz 之間。該區間介於無線電波和光波之間，其主要特徵包括無線電波之透明性(transparency)和直射光傳播(straight light propagation)。與在醫療、保健和其他行業中廣泛使用的 X 射線技術不同，兆赫茲波沒有電離效應。也就是說，它們不會破壞原始的材料結構，因此從生物學角度來看是安全的。此外，根據其接觸的材料類型，兆赫茲波具有不同的吸收特性。雖然它們可滲透到紙張、織品、木材和塑料中，它們卻無法滲透到金屬和水等導電材料中。利用這些特性，太赫茲波可以透過測量微弱信號的強度來分析化學物質，當這些微弱信號指向物體時便會反射它們。例如，它們可以用於調查博物館中古董繪畫於表面之下的痕跡、質地，亦可用於感知和監視衛星環境的變化。

雖然兆赫茲波具有如此有用的特性，但直到現在人們還沒有充分利用它。兆赫茲波頻率位於無線電波和光波之間的中間位置，因為頻率太高而不能用作無線電波、又因頻率太低而不能

用作光波。使用傳統技術時，這使生成和檢測它們成為問題。另外，兆赫茲波在大氣中的傳播特性隨波長而顯著變化。這也使它們難以處理，因為關於在可使用它們的不同環境中的波傳播仍然存在許多未知數。電信中使用的無線電波技術歷史上是沿著頻率的順序發展的，從最低的頻率開始逐步提高到更高的頻率（即長波、短波、超短波和微波）。當前的主流電信（即4G LTE）的頻段範圍高達 20 GHz。對於 5G 網路，頻段定義為介於 100 MHz 和 400 MHz 之間。相比之下，B5G/ 6G 服務的頻寬範圍甚至更高，可望在 2 GHz 至 69 GHz 之間。透過更寬的頻寬，B5G/ 6G 服務可以前所未有的速度提供高速通訊。由於通訊技術一直在持續發展，好比 4G 的誕生帶來了智慧型手機及高速電信的發展，而 5G 則促成了大幅運用 IoT 設備的工業應用。在這種情況下，使用不同頻率的需求正在增加，也因此人們對利用兆赫茲波的期望越來越高。在兆赫茲波中，許多頻率尚未被開發，仍有相較乾淨、連續的空白頻段(white space)，因此該頻率範圍被譽為未來超高速通信的潛在救星。

現階段而言，國際上正在進行如何使用兆赫茲波段及相應的法規討論，於各國尚未完全建立起監管規範時，凝聚共識及技術需求將成為重點。以設置 Wi-Fi 通訊標準而聞名的 IEEE，，便正在進行兆赫茲波的研究，以確定往後的頻譜分配走向。此外，ITU-R 亦已制定了分配全球頻率資源的指南，並在 WRC-19 上討論了兆赫茲波的使用，同時考慮了對衛星地球探測業務(EESS)的干擾，該次會議之結果針對 275-450 GHz 頻率範圍中的新應用達成了協議。在這種情況下，世界各國政府正在積極努力確保各自國家的競爭力。

同樣地，從技術上來說，95 GHz 至 300 GHz 之波段仍為毫米波，因其波長等於或大於 1 毫米，但是 300 GHz 至 3 THz 的波長則等於或小於 1 毫米，因此被稱為次毫米波。

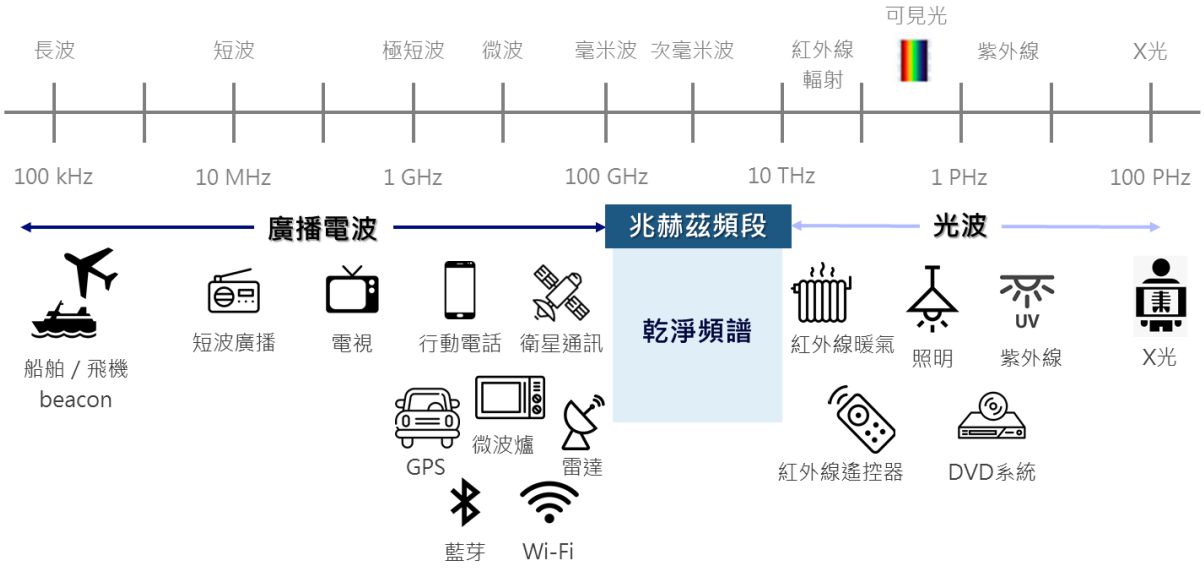


圖 48 B5G/6G 潛在應用頻段
資料來源：本計畫製作

1. 美國

2019 年 3 月，美國 FCC 公告了使用 95 GHz 至 3 THz 實驗頻段的規則“Spectrum Horizons First Report and Order”，對 B5G 無線技術及設備有興趣之廠商可以該法源做基礎展開研發，由於該頻段目前尚未於消費類設備中使用，並且具有超寬頻(Ultra Wide Broad, UWB)及龐大數據流之潛力，故除了發放期限 10 年的許可證以在該範圍內進行實驗外，FCC 還將提供完整的 21.2 GHz 頻譜，用於測試免執照的設備。

於 2020 年 5 月，資通訊產業解決方案聯盟(The Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS)主動向政府、業界喊話，希望透過官民合作(PPP)的方式共同推廣、建立起美國於 6G 之領導地位，提出籌組「下世代無線通訊聯盟(Next G Alliance, NGA)」，整合北美洲各 ICT 領域廠商之技術並協調與各政府之需求。透過 5G 發展及早期部署所獲取之知識，美國可以此做槓桿，並建立自身於 6G 研發、技術導入和快速商業化之全球領先地位；同時

亦可與 ICT 產業中全球性之標準互補，以規模及共操作性(cooperability)為基礎，以北美市場為出發點，研發可適用全世界之標準及商業化產品。因 B5G/ 6G 可應用具感知、預測及脈絡性之能力以提供超越當前想像之未來使用者經驗，下世代網路願景要求的將不只是更多頻寬、更低延遲、額外頻譜或更好的可靠性。除了定義 AI 驅動之進階網路與服務、進階天線及無線電系統、多重接取網路服務、智慧健康照護及智慧農業為核心技術外，NTIA 也敦促美國政府提供額外研發資金並著重於美國具領導能量之重點科技領域，同時擴大研發相關稅收之減免以鼓勵核心技術之鉅額投資，並透過創造國家頻譜政策與產業合作以發展消費者或商業為主之無線頻譜解決方案，最後則是透過探索創新財務誘因以使美國製造之軟硬體被廣泛採用。

以下為 NTIA 收斂出的預期研發之應用：

- 分佈式智慧應用將滲透到網路和設備中：邊緣智慧(edge intelligence)將使創新微服務(microservice)可於網路邊緣上運行，為垂直市場和企業提供創新機會
- GHz 和 THz 高頻段通訊將促成下世代嵌入裝置及無所不在的連接性：生活中的物件將成為數據和智慧之來源，允許應用自主預測並提供符合各消費者需求及偏好之服務
- 使用者將可自主定義安全及隱私之範圍：美國可藉此奠立自身研發和部署安全網路之領導者地位，6G 將善用網路及設備之性能，擴展安全及營運能力（偵測、告知、防衛）

在 ATIS 的積極主導下，NGA 於 2020 年 10 月正式創立，首要之急為促進美國／北美於 B5G/ 6G 主題上展開願景、路線圖及時程之規劃，以取得先進者優勢(first-mover advantage)。另，時程規劃須能與技術方向相輔相成。最

後，亦將建立與美國政府機關之合作機制，以爭取扶持研發計畫之資金並提供技術演進之動能。透過電信商、硬體供應商及雲端／軟體服務等各領域成員之合作及努力，重點將為 B5G 科技之儘早商業化，並圍繞於「研發」、「製造」、「標準化」、「市場就緒(market readiness)」等層面。截至目前為止，共有 45 個組織為成員，並涵括基礎建設、半導體、電信營運、大規模製造業及研究、顧問公司。根據其規範，任何中國企業都不得加入，須被排除在外。於 2021 年 3 月之成員選舉中，共同推派了 AT&T 及 Ericsson 之科技長(CTO)作為主席及副主席，作為全權會員小組之主持人。AT&T、Nokia 之標準化部門及 VMware 之邊緣運算及 AI 生態系部門之高階總監亦被選為監督小組之共同主席。此外，也成立了綠能小組，除將繼續鑽研如何使 B5G 技術達到能源有效外，亦將評估新技術、製程及營運對環境之衝擊，同時也試圖改善水及其他材料運用上之效率。以下為往後監督及工作小組之三項關鍵產出：

- 下世代無線網路進程規劃：提出 6G 國家路線圖以解決國際競爭之挑戰並將美國定位為全球領導者
- 成功策略模式：定義核心技術、研究主題及建議之政府措施以影響政策及政府資金挹注
- 全球領導地位：識別可促進快速商業化之策略以利於不同國家、產業快速導入 6G

在頻譜使用方面，FCC 在 2019 年公告了“Spectrum Horizons First Report and Order”，希望鼓勵無線通訊技術之創新並奠立美國於 B5G 議題上之優勢，各單位皆可以下列兩種方式獲得使用權限，分別是透過高頻段之實驗執照或接取免執照營運之極高頻段，以研發運用較大頻寬之數據串流服務。同時 FCC 亦與下世代聯盟合作，將重點發展往後可繁盛美國經濟之核心技術，例如：高畫質影像串流、非傳播用之感測功能、衛星通訊等與下世代網路息

息相關之先進技術。

在實驗頻譜部分，可申請之頻段限制為 95 GHz-3 THz 之範圍內，除了須於申請時提出營運種類外，亦須符合既有 FCC 對於實驗無線電服務之規範，並闡述此一實證可望達成何種技術或應用之革新及干擾測試之規劃;於以上文件通過審核後，將發給為期 10 年之執照，並可於前述頻率區間內自由選擇適合導入技術之頻段,與以往實驗頻譜最大的不同點在於此新執照賦予廠商早期進入市場之權限，於實證後具有可直接銷售產品及服務之商業化權利，有助於美國研發成功的下世代無線通訊技術能提早導入市場。

此外,FCC 也開放了 116-123/ 174.8-182/ 185-190/ 244-246 GHz 等頻段共 21.2 GHz 之免執照營運，然因此些頻段已有既有使用者,有意使用該些頻率者將收到這些既有裝置之干擾，如高功率的 ISM（工業、科學及醫療）裝置；免照裝置之額外規範則為須遵守最大 EIRP 之平均不得超過 40 dBM、峰值亦須小於 43 dBM，以保障較為被動的無線電天文、地球探測衛星(EESS)、太空研究(SRS)、衛星間服務(Inter Satellite Service)和業餘無線電等既存用戶。

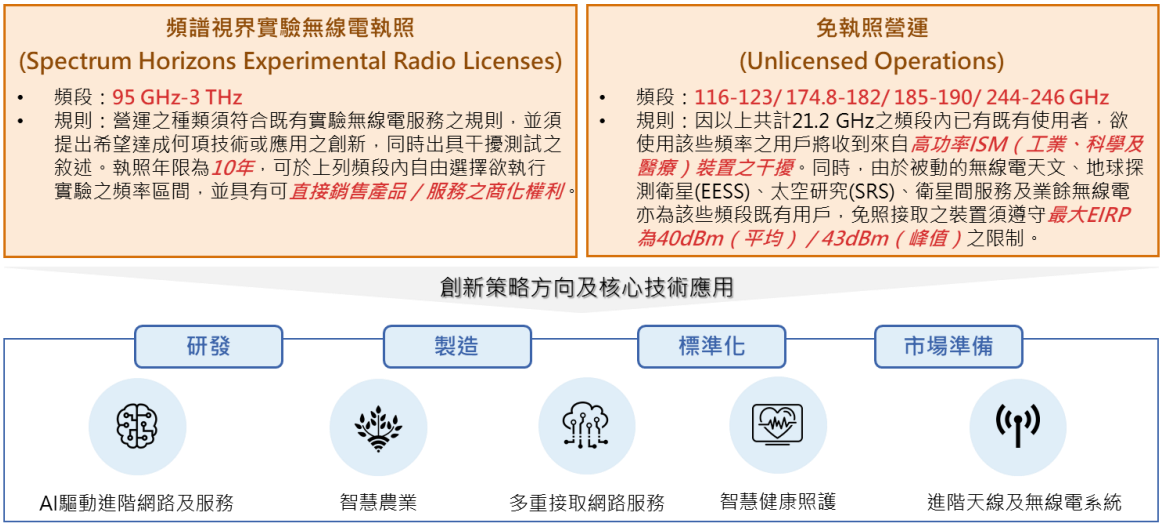


圖 49 美國極高頻頻段開放及預期研發方向

資料來源：FCC、NGA 公開資料，本計畫製作

在實證方面，目前有由聯合大學微電子計畫(Joint University Microelectronics Program, JUMP)提出之ComSenTer (Communications Sensing TeraHertz)計畫，透過產學合作加速包括無線通訊在內的微電子技術創新，目前正在研發應用廣域多路複用之未來行網基礎建設樞紐，預期可提供終端用戶 1 至 100 Gbps 之網速，並搭配 100 至 1000 同時獨立調和光束。另一方面，紐約大學成立之 NYU Wireless 之研究重點則為 THz 通訊及感測、行動邊緣網路及運算、THz 和量子微裝置及電路、ML、通訊基礎及 6G 試驗場域等方向。

2. 英國

2020 年 10 月公告之“The Spectrum Access: EHF Licence”為針對欲使用 116-122/ 174.8-182/ 185-190 GHz 此三極高頻率(EHF)之組織及人員所需申請之執照，以非保護、不干擾為原則，並容許多個使用裝置。由於此些頻段目前主要用戶為觀測天氣及氣象之地球探測衛星服務(Earth Exploration-Satellite Services, EESS)，故 Ofcom 針對不同發射角度及室內外之使用皆設下功率限制以保障其營運不受干擾。此外，若有單位對 100 GHz 以上其餘頻段有意進行試驗，亦可向 Ofcom 申請實驗頻譜，以加速英國下世代無線通訊之研發。

於 2020 年 11 月，University of Surrey 啟用其 6G Innovation Centre (6GIC)，除可透過以上管道取得實驗頻譜外，亦將奠基於其 5GIC 之 5G 研發經驗及知識，整合產學研，繼續為英國之無線通訊進行研發。於 B5G/6G 息息相關之衛星通訊部分，雖目前英國尚未有重大進展，但政府已於 2020 年 11 月收購 OneWeb，預期將於今(2021)年重啟發

射 LEO 之計畫，並於今年底前提供初期服務。

另外，國際工程技術學會(Institution of Engineering and Technology, IET)除於 2021 年 2 月出版建議 Ofcom 策略方向之白皮書“6G for Policy Makers”外，亦指出下世代網路的重點不再僅是更多頻寬、更高網速，而是思考如何藉由處理社會問題(societal challenges)催生創新應用及技術，並以永續發展的角度切入研發，例如：能源及頻譜的有效利用。因此，IET 建議英國政府需為 6G 設定更高層次目標，力保永續的經濟成長動能，並透過新進網路技術及應用解決瘟疫及氣候變遷等問題，帶動整體社會的數位轉型；不過，此一進展需仰賴適切的前標準化(pre-standarisation)研發階段，並由過程中篩選出具前景之研究方向，以利往後能獲取全球性的規模經濟。其中一個潛力較大之主題為感知網(Internet of Senses)，概念為整合物理、數位及非物理世界。此外，IET 亦建議英國政府及相關監管機構須基於以上目標奠立架構，佐以支持 6G 行網之頻譜政策，以促進各部門對該類基礎設施之興趣及建置意願。

如圖所示，藉由釋出極高頻頻譜之執照並開放其餘頻段之創新實驗頻譜，英國瞄準工業及醫療領域之潛在應用，奠定下世代無線通訊之創新策略走向。其中 Ofcom 欲重點研發之應用為透過高容量達到之高畫質 3D 建模及全息投影、利用感測技術進行醫療領域的健康狀態掃描與皮膚病變之早期偵測、於工業領域之高準度自動化產線以及在數千個鄰近設備聚集之廠區、辦公室中之高密度應用。

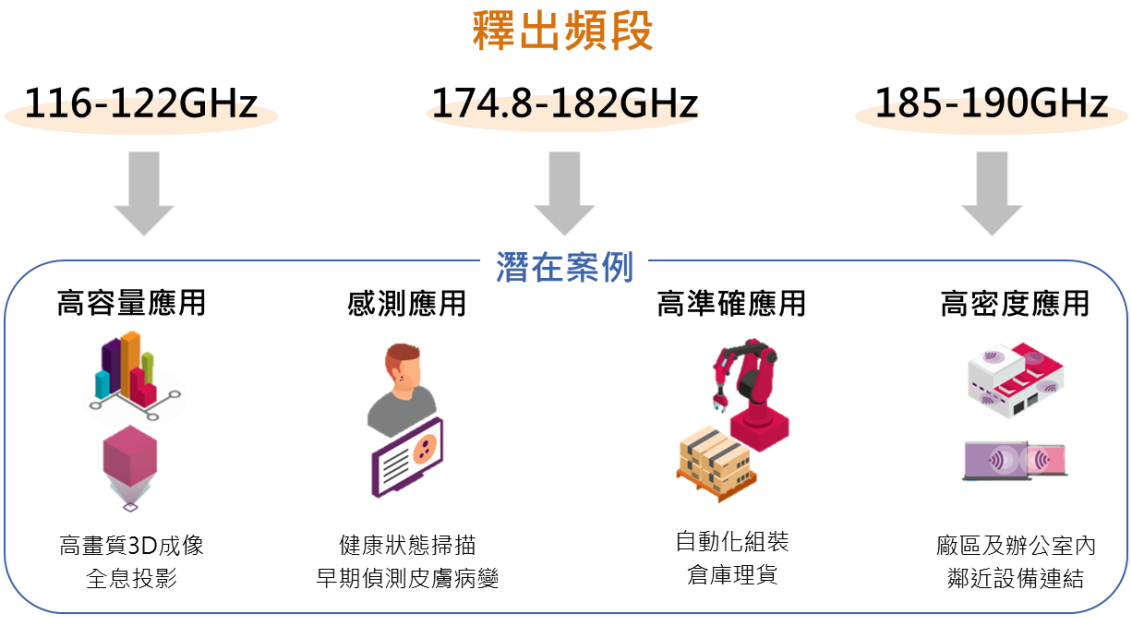


圖 50 英國極高頻實驗頻譜及預期研發應用

資料來源：Ofcom “Supporting Innovation in the 100-200 GHz Range: Increasing Access to Extremely High Frequency (EHF) Spectrum”，本計畫製作

3. 日本

總務省於 2020 年 1 月召開 Beyond 5G 推動戰略懇談會，在懇談會中，將會討論在預想的 2030 年社會環境之下，對於通訊基礎設施的期待，以及 Beyond 5G 時代必要的技術，和日本該如何圓滑導入 Beyond 5G 並取得國際競爭力等議題進行討論。

該懇談會於於同年 6 月發表「Beyond 5G 推動戰略－邁向 6G 的 Roadmap」，Roadmap 當中提及希望透過以 Beyond 5G 為中心的資通訊網路基礎設施，藉由萬物聯網、大數據以及 AI 分析，實現現實世界與網路世界融合的虛擬整合社會，進而於 2030 年達到「任何人都可活躍(Inclusive)」、「持續成長(Sustainable)」、「可以安心活動(Dependable)」之社會。

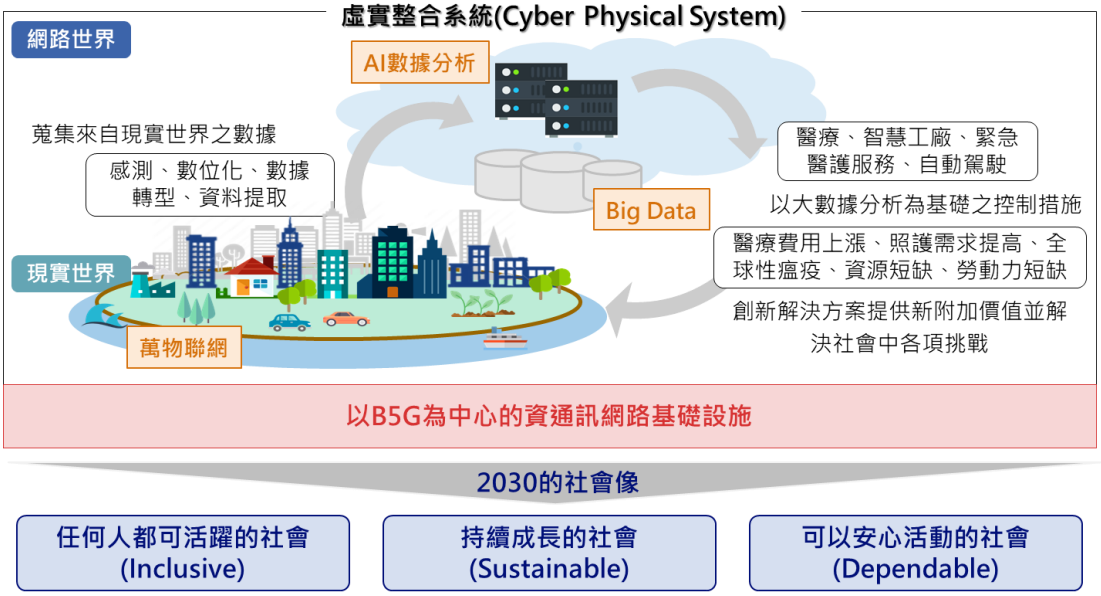


圖 51 日本透過虛實整合系統實現 2030 年代社會像

資料來源：總務省「Beyond 5G 推動戰略-邁向 6G 的 roadmap」，本計畫製作

為此在 B5G 推動戰略上，為達到 B5G 系統的圓滑導入以及強化國際競爭力，總務省設定三個基本方針，第一是「全球第一」，過去日本在發展資通訊等科技時，首要都以滿足國內市場作為第一優先，然面對產業需求的快速變化，在未來 B5G 的發展上將日本國內市場視為全球市場的一部分，從一開始就以能在活用在全球作為前提進行相關的研發與產業推動策略；其次為「建立創造創新的生態系」，設計讓多樣的參與者能自由彈性地活動為基礎原則；最後則是「資源的集中投入」，強調政府將鎖定必要性高的措施，一定期間內集中資源投入。

根據此三個基本方針，進而展開三大發展戰略，其中在研究開發展略上，強調藉由先端技術的開發研究以及大膽的頻譜開放的政策，實現世界最高等級的研究開發環境，目標於 2025 年開始逐次確認 B5G 及 6G 系統所需要的關鍵技術，並反映於 3GPP 等國際標準上，積極爭取日本在新技術發展過程當中的國際主導地位。

圖 52 Beyond 5G 推動戰略之發展戰略

資料來源：總務省「Beyond 5G 推動戰略-邁向 6G 的 roadmap」，本計畫製作

總務省將 B5G 視為進一步完善 5G 的性能，包含在超高速大容量(eMBB)的表現上，期望達到 5G 標準的 10 至 100 倍，海量機器的同時接續(mMTC)亦期望達到 5G 標準之 10 倍，而在延遲(URLLC)的部分期望降到 5G 標準的 1/10。除此之外，亦發展為創造可持續性及新價值所增加的功能，包含在消費電力、自動化、擴張性以及安全可靠度上。而為達此些技術的目標，要積極發展高頻頻段，尤其是 THz 所需要的技術。

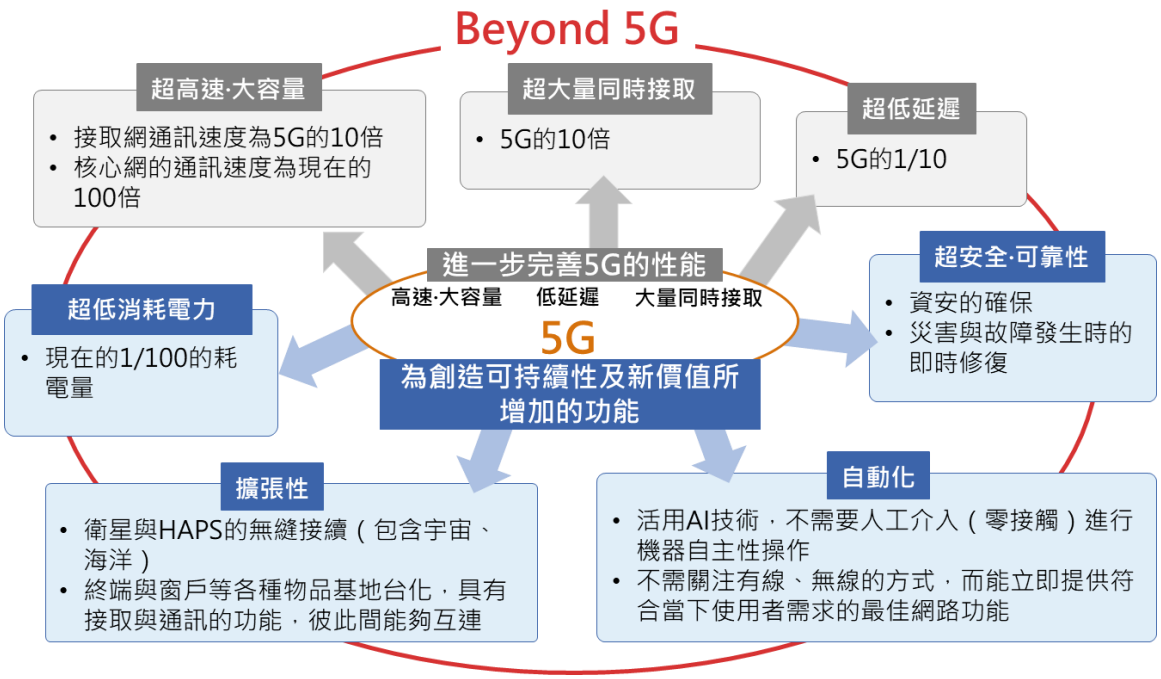


圖 53 日本 Beyond 5G 重點研發技術

資料來源：總務省「Beyond 5G 推動戰略-邁向 6G 的 roadmap」，本計畫製作

總務省預期 5G SA 架構將於 2023 年正式取代 NSA 架構，並於 2030 年導入初期 B5G/6G，並以大阪關西萬國博覽會作為階段性成果展示，相關基礎制度與環境皆在 2025 年完成。在大膽的頻譜政策上，具體而言總務省將建立原則上透過簡單手續即可以自由使用高頻段(100GHz)進行實驗的機制，預計於 2022 年完成相關制度的規畫。此外針對滿足特定條件的實驗，總務省將簡化實驗執照的申請程序，除修正電波法實行規則外，亦將特定實驗試驗基地台可使用的頻段擴大到毫米波以上頻段，包含 92-100 GHz、152-164 GHz 以及 287.5-312.5 GHz，藉以鼓勵相關產官學研積極投入高頻技術的研發測試。

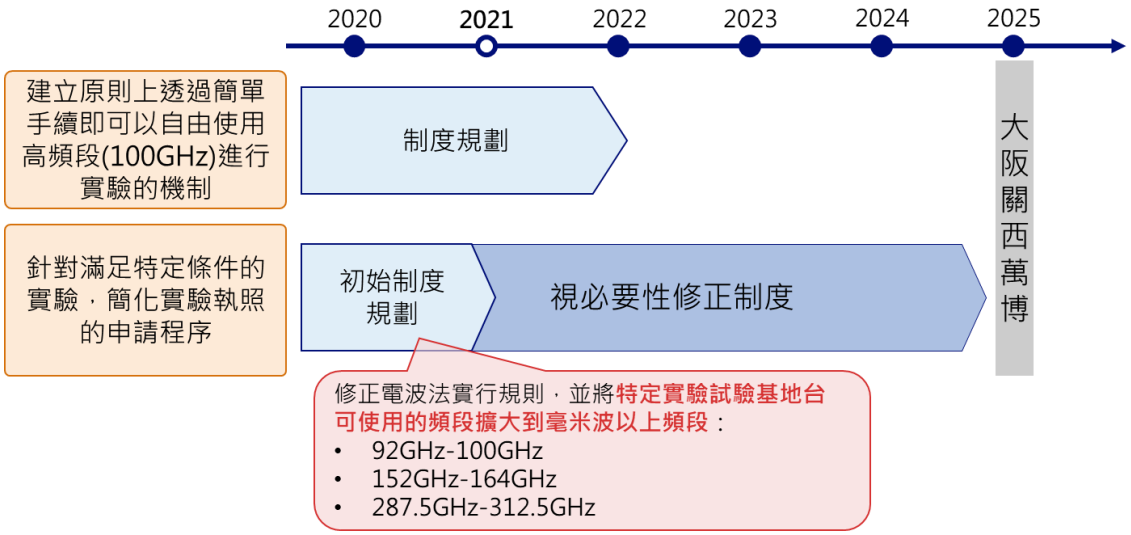


圖 54 Beyond 5G 推動戰略頻譜規劃方向與時程

資料來源：總務省「Beyond 5G 推動戰略-邁向 6G 的 roadmap」，本計畫製作

4. 小結

在下世代無線通訊的脈絡裡，整合各式異質網路將成為關鍵趨勢，未來的網路架構將更多元也更為複雜。2030 年代之網路架構被預期包括固定網路、無線網路、雲端及太空通訊等基礎建設。舉例而言，未來的核心網路群將擴及 IP/ MPLS 網路、光纖、SD-WAN、大型數據中心及衛星等，可作為彼此之備援網路，並由這樣的 Mesh 結構擴及至更多種類之接取點及端點。整個 2020 年代結束前，通訊的需求只會更加旺盛，5G 帶來的轉型將刺激社會的期望、推動技術的進步並加速人們生活的進展，同時帶來可以改善我們生活的新應用服務。B5G/ 6G 的性能目標制定以及研究進展，可能成為 2030 網路結構中的關鍵技術元素，而此步驟也正在加快當中。此一轉變的關鍵要素為具有全球普遍性的無線接取、具有適應性的網路等極佳性能。在克服此些與連接性相關之問題後，6G 將成為值得信賴的數據和運算平台，鼓勵創新並成為社會各式訊息流通之骨幹。此時正值開展 B5G/ 6G 技術研究的關鍵時機，

宜將目標訂在擴展 2030 年應用需求的能力。技術和系統設計的進步可以實現前所未有的智慧通訊及聯網，而 5G 將在演化後的新版本中不斷發展，並應與不同行業、領域進行合作，以實現跨域、全球一致的發展方向。

藉由以上網路規格之具體改善，全息影像溝通、多感知網路及時間工程應用等先端技術將大量地被運用至不同產業中，新型態、不同領域之垂直場域(New Verticals)將如雨後春筍不斷出現。舉例來說，在娛樂領域中將可達到幾乎無延遲之異地共演，甚至有越來越多感官知覺可被模擬，於不同地點同時溝通；影像辨識技術也因時間工程、自適應等科技，可於醫療、製造領域進行遠端監控，並進行診斷、分析，以達到更高效率之作業及服務管理；於教育及交通領域，則可透過更高容量及網速之 B5G/ 6G，整合各式各樣智慧裝置及應用，達到不同技術之和諧協作及高程度還原影像，例如：透過 AI 邊緣運算分析蒐集而來的大數據，並依多重感知之反饋訊息進行系統的優化。

在 B5G/ 6G 等未來無線網路通訊技術之框架下，越來越複雜的網路結構、基礎建設及多樣化的應用，將為建置商帶來巨大的挑戰。研究機構 6GWORLD 便於 2020 年末針對以上問題進行了一項樣本分散於亞太、北美及歐洲之調查，由學界、產業界及監管組織等人員之觀點出發，探討「下世代網路之創新應用應由何單位帶頭研發」。在多數人對下世代網路仍處於摸索階段的現在，問卷調查中的 38%受訪者表示，跨單位、跨域的合作計畫應為創新研發最重要的關鍵，藉由各個利害關係人間的持續合作、交流與溝通，以克服技術、法規及應用等層面之不確定性，共同降低投資之風險。長期以來，創新一直受到極少數的控制，例如：網路、軟體、電信業等巨頭，透過技術的掌握把持創新之動能；往後的 B5G/ 6G 創新將包羅萬象，為具有想像力的人提供重塑未來的工具，使全人類之生活福祉可透過網路通訊技術之進步隨之改善，並將眼前之社會問題藉由此些新興智慧應用得到解答。

事實上，全球各區域皆有跨組織合作之專案開始執行。為了開展兆赫茲波技術的研發，日本軟銀(SoftBank)於 2018 年與情報通信研究機構(NCIT)及岐阜大學簽署 MOU，並約定在此夥伴關係中，共同研究兆赫茲頻率範圍中最低端的 290 GHz，在消聲室內建造兆赫茲波的通訊環境以測試往後 B5G/ 6G 潛在運用頻段之性能。在這環境下除了進行模擬實驗、探索可用於智慧型手機的天線，亦評估利用兆赫茲波頻率的實用性。此外，日本亦與歐盟合作了 ThoR 計畫，將包括學術研究機構在內的許多不同領域之組織整合進兆赫茲研究專案當中（「支持超高數據傳輸率的 Terahertz 端點至端點之無線系統應用」研究計畫），希望將兆赫茲波投入實際使用。於 2021 年 4 月 17 日，日本與美國共同發表了「競爭力與強韌夥伴關係(Competitiveness and Resilience Partnership, CoRe)」聲明，將瞄準於科學及技術領域，於以下領域共同合作進行研發：

- 5G Open-RAN
- 5G/ B5G 研發及測試：美國及日本將各自投資 25 億美元及 20 億美元
- 於第三國家開展“Global Digital Connectivity Partnership”：協助親近國家改善連接性並奠立網路安全之能力
- 於全球標準化發展議題上強化兩國間 ICT 資訊交換及合作
- 敏感技術供應鏈：於包含半導體在內之關鍵技術面上強化推廣及保護
- 先進生物技術：細胞序列及研究開放性、透明性及研究倫理
- 強化量子資訊科技學研單位間之交流

另一方面，於歐盟國境內目前共有 85 項與 6G 研發相關之計畫，於本(2021)年度開始，期程兩年半的 Hexa-X 計畫亦正式展開，並由 Nokia 擔任主要的專案領導，與歐洲內各產業、單位之夥伴共同開發下世代網路，該專案包括無線設備製造商愛立信(Ericsson)，行網營運商 Orange 和 Telefónica，同時亦有英特爾(Intel)和西門子(Siemens)在內的技術公司及奧盧大學(Oulu University)和比薩大學(Pisa University)等學術機構。除了 Hexa-X 外，Nokia 也積極參與其他歐洲 6G 研究計劃，例如：由芬蘭科學院資助之 6 Genesis 計畫（由奧盧大學領導的國家 6G 計劃）以及 Horizon Europe Smart Networks and Services 計畫，旨在確保歐洲於下一代網路技術和服務的開發和部署方面之領導地位，同時加快歐洲工業化 4.0 的進程。

儘管 5G 網路的部署仍處於起步階段，全球亦僅有 100 個無線網路營運商於十分有限的區域內提供 5G 服務，但在全球多個地區 6G 開發的準備工作已如火如荼地開始進行。如下圖所示，不論是鄰近的中國大陸、日本、韓國，或是具有市場潛力的美國、歐盟等區域，都已提前部署，目前亦取得不少收穫。藉由追蹤其技術與應用發展趨勢，可為我國往後資通訊產業發展及政策走向建立良好基礎。

由下表彙整之趨勢可見，標竿國家於下世代無線通訊目前重點研發之技術皆包括極高頻頻率之應用，兆赫茲如何成為支援往後 B5G/ 6G 之重點頻段將是國際上往後重點。透過與異質網路之結合，如 NTN，則可達到目前 5G 尚無法突破之三維空間限制。

表 11 標竿國家 B5G/ 6G 進程彙整表

國家	時間（年）	研究方向
芬蘭	2018	• Oulu大學作為芬蘭國內6G研究及計畫之主要協調單位，並提倡組成全球性6G研究團隊6 Genesis Project，預計於2018至2026年間投入2.5億歐元，結合產官學研界共同研發。
美國	2019	• FCC於2019年3月開放95 GHz至3 THz作為B5G之實驗頻段，並開放116-123/ 174.8-182/ 185-190/ 244-246 GHz等頻段之免執照營運。 • IEEE發布Future Network- Enabling 5G and Beyond，討論未來次世代網路之可能架構。
歐盟	2019	• TERRANOVA研究計畫於2020年完成，成果為證實275 GHz以上之高頻頻譜得提供B5G所需之超高速Tbit/s速率及超低延遲，並出版THz無線系統架構及應用白皮書，以扶持相關產業。 • 與日本合作之Networking Research beyond 5G計畫，目前亦正在研究次世代網路使用100 GHz至450 GHz等THz頻譜之可能性。
韓國	2019	• 韓國科學技術院(KAIST)與LG電子合作，共同設立6G研發中心。 • 電子通信研究院(ETRI)與芬蘭Oulu大學簽訂MoU，合作研發6G網路技術。 • SK電訊(SKT)除與Samsung電子結盟外，亦與芬蘭Nokia、瑞典Ericsson簽約，期於6G網路技術及商業模式等領域取得先機優勢。 • 2021年MSIT發布「6G研發執行計畫」，於2025年前將挹注2千2百億韓元於標準研發。
中國	2019	• 科學技術部宣布開始6G的研究開發，由相關政府部門成立推進工作組，負責6G技術的研發工作；並由產學研界成立總體專家組，負責提出相關布局建議與規劃。
英國	2020	• Ofcom已於2020年10月公告釋出116-122/ 174.8-182/ 185-190 GHz等極高頻(EHF)頻譜供企業運用，以加速無線通訊技術之創新研發，並預期導入工業、醫療等領域。
日本	2020	• 總務省成立Beyond 5G推動戰略懇談會，並預計投入20億美金協助產業研發6G技術。 • 情報通信機構(NICT)、NTT及Intel宣布進入策略性結盟，將共同開發6G行動網路技術。
澳洲	2020	• 澳洲政府已於2020年11月於眾議院針對提案 “The Next Gen Future” 進行討論，承諾在致力發展5G外亦同時關注B5G議題。 • 澳洲太空局(APA)於 “Advancing Space Communications Technologies and Services- Roadmap 2021-2030” 中將其往後重點定義為衛星通訊、量子通訊等技術之研發及商化。
德國	2021	• 聯邦教育及研究部(BMBF)於2021年4月啟動第一個政府主導的6G計畫，以配合其「2025高科技戰略」，將針對6G研發聚落及6G平台進行研發。 • Fraunhofer應用研究促進協會之Sentinel計畫將針對兆赫茲傳播、彈性網路、6G系統架構及本地化進行研究。

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

(三) 非陸面網路

非陸面網路(non-terrestrial network, NTN)是指透過空運(airborne)或是太空(space-borne)載具上架設中繼節點或是基地台所建構之網路或是部分網路。目前 NTN 大致上可分為衛星，以及包含無人機及飛船等之高空平台(High-Altitude Platform station, HAPs)兩大類，其與地球地面之距離會影響通訊覆蓋程度。

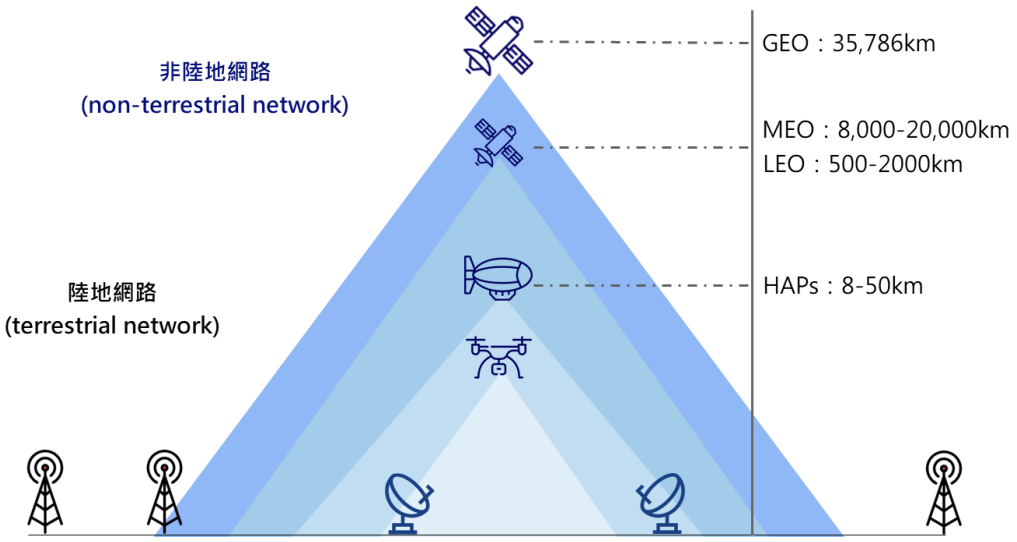


圖 55 NTN 網路概要
資料來源：3GPP 公開資料，本計畫製作

在 NTN 網路當中，主要有三個關鍵設施，分別為：

- 太空／空中平台(A Space/ Airborne platform)：衛星或是 HAPs
- NTN 終端(NTN Terminal)：指 3GPP UE 或是當在衛星系統不直接連通 3GPP UE 之情況下之特定的衛星系統終端
- 地面閘道器(Ground Gateway)：通常指地球接收站，其將空中的接取串聯回核心網路

此三個關鍵設施亦透過無線通訊技術進行串聯，產生 Service link、Feeder link 以及 Inter satellite/ aerial links（衛星間鏈結及航空鏈結）三個通訊的需求。

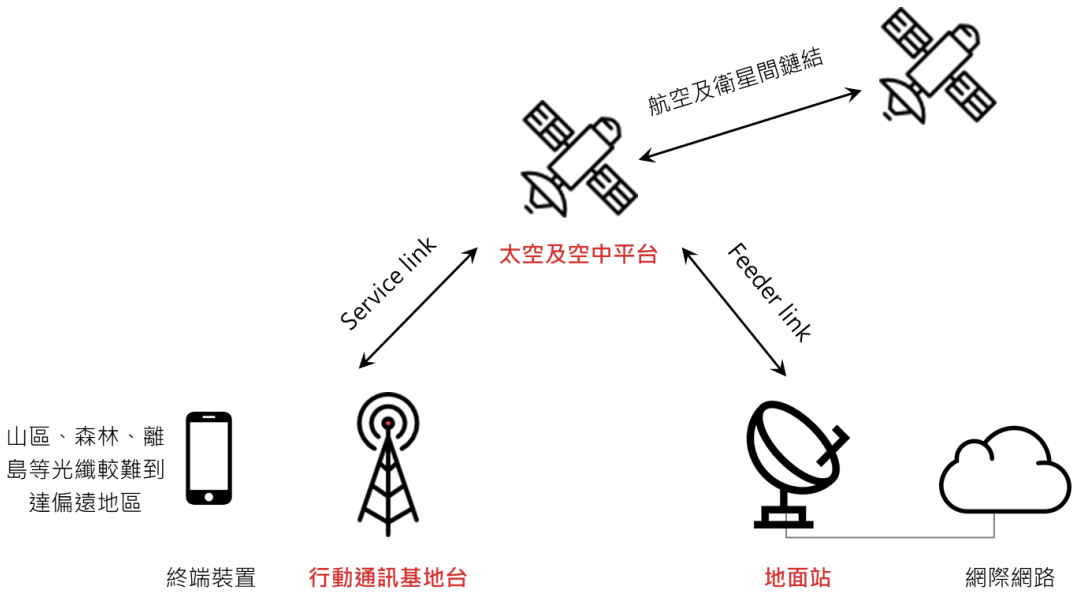


圖 56 NTN 網路組成
資料來源：3GPP 公開資料，本計畫製作

除了 5G 三大特性(eMBB、mMTC 與 URLLC)外，新興的 B5G/6G 能夠藉由 NTN 的新技術，如：毫米波雷射、光學與全息訊息、機器與人工智慧等，進一步提高太空中低延遲與高可靠性的傳輸。衛星通訊未來願景預期將包含以下功能：

- 透過提高頻譜效率及網路容量，全息無線電能夠藉由大型智能介面控制實體空間
- 非射頻能夠抵銷由大氣引起的波長失真問題，並提供超低延遲以及高可靠性
- 藉由人工智能可落實即時的衛星控制與決策，實現自動化操作

在 6G 無線網路中，NTN 對於保持高彈性以及連結地面與衛星網路，佔有關鍵的重要性，ITU 預期 6G 將支援許多新興應用，如災難預測，並在偏遠的山區及海上透過無縫的網路連接將實體地球串接起來。在此架構中，無人機將能夠作為基站，透過衛星作為 backhaul 支援，並於偏遠地區提供更廣泛的連結與服務。

3GPP 從 2010 年初期亦開始進行 NTN 對未來通訊技術的影響之討論，針對 NTN over NR 的應用上，其定義了三個服務類別場景：

- 服務的連續性(Service Continuity)：地面網路的部署通常都是以人口中心進行覆蓋，導致有些地區無法進行網路接取。因此當行人用戶或是移動體在移動過程中，可能會遭遇單個或多個地面網路無法連續性提供服務之情況，此時則期望透過 NTN 與地面網路之間的互補解決。
- 服務的無所不在(Service Ubiquity)：因為建設不經濟而缺乏基礎設施，或是因災害發生導致地面網路中斷時，可透過衛星接取為無服務或是服務不足的地方提供網路。
- 服務的規模性(Service Scalability)：衛星網路具有較大的覆蓋範圍，因此可以有效地在大範圍中多播(multicasting)或是廣播(broadcasting)相似的內容，或是直接傳送到用戶的終端設備中。

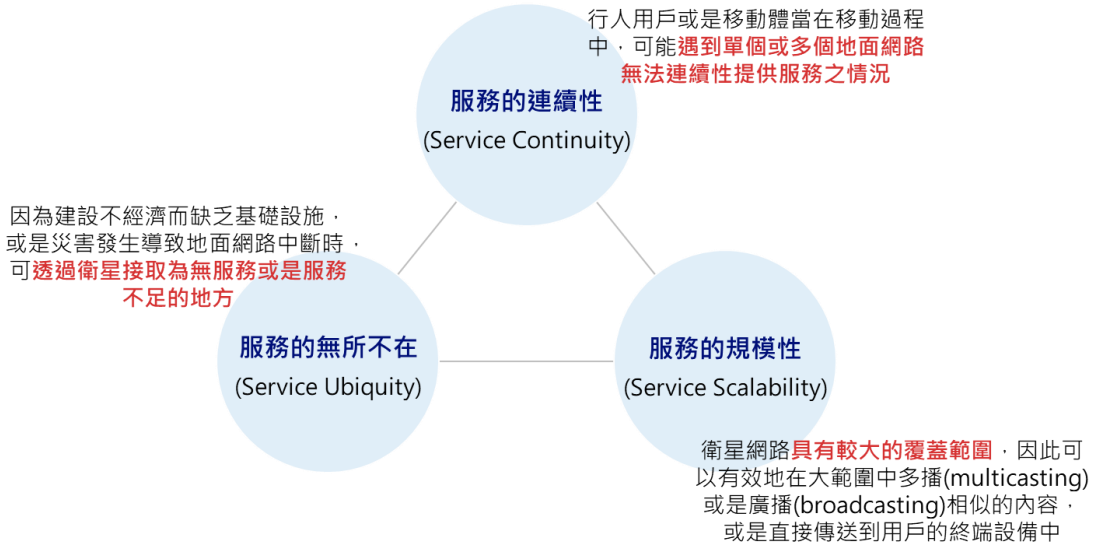


圖 57 NTN 用於 NR 之三大類別場景
資料來源：3GPP “TR.38.811”，本計畫製作

NTN 的應用主要可分為 NR 或是 IoT 兩類，因應 NTN 在應用上有不同的應用需求，包含覆蓋範圍、通訊速度、應用環境等，

因此 3GPP 亦提出了在不同情境下 NTN 網路的部署建議。從下表當中可以看到在衛星通訊的使用上，基本上還是以戶外的場景為主，HAPs 則是適用於室內場景。未來 3GPP 在 R17 當中亦將持續針對 IoT 以及 NR over NTN 兩大議題進行討論。

表 12 NTN 的部署方式

Main attributes	Deployment-D1	Deployment-D2	Deployment-D3	Deployment-D4	Deployment-D5
Platform orbit and altitude	GEO at 35 786 km	GEO at 35 786 km	Non-GEO down to 600 km	Non-GEO down to 600 km	UAS between 8 km and 50 km including HAPS
Carrier Frequency on the link between Air / space-borne platform and UE	Around 20 GHz for DL Around 30 GHz for UL (Ka band)	Around 2 GHz for both DL and UL (S band)	Around 2 GHz for both DL and UL (S band)	Around 20 GHz for DL Around 30 GHz for UL (Ka band)	Below and above 6 GHz
Duplexing	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD
Channel Bandwidth (DL + UL)	Up to 2 * 800 MHz	Up to 2 * 20 MHz	Up to 2 * 20MHz	Up to 2 * 800 MHz	Up to 2 * 80 MHz in mobile use and 2 * 1800 MHz in fixed use
NTN Terminal type	Very Small Aperture Terminal (fixed or mounted on Moving Platforms) implementing a relay node	Up to 3GPP class 3 UE (Handheld or IoT devices)	Up to 3GPP class 3 UE (Handheld or IoT devices)	Very Small Aperture Terminal (fixed or mounted on Moving Platforms) implementing a Relay node	Up to 3GPP class 3 UE (Handheld or IoT devices) Also Very Small Aperture Terminal
NTN terminal Distribution	100% Outdoors	100% Outdoors	100% Outdoors	100% Outdoors	Indoor and Outdoor
NTN terminal Speed	up to 1000 km/h (e.g. aircraft)	up to 1000 km/h (e.g. aircraft)	up to 1000 km/h (e.g. aircraft)	up to 1000 km/h (e.g. aircraft)	up to 500 km/h (e.g. high speed trains)
Main rationales	GEO based indirect access via relay node	GEO based direct access	Non-GEO based direct access	Non-GEO based indirect access via relay node	Support of low latency services for 3GPP mobile UEs, both indoors and outdoors

資料來源：3GPP “TR.38.811”，本計畫製作

有關 NTN 技術成熟後可導入之應用場景，研究團隊歸納出以下四個類別：

- 物聯網：IoT 的應用為未來發展的趨勢，尤其在透過萬物聯網收集大數據的期待下，現實上有些地區仍缺乏陸面的網路基礎設施。因此承接上述三個服務類別場景，NTN 於 IoT 的應用亦強調在偏鄉等缺乏網路基礎建設環境作為回傳網路之用，例如 2016 年 Inmarsat 即與 LoRa 聯盟合作測試，透過其寬頻全球區域網(Broadband Global Area Network,

BGAN)衛星作為 LoRa 區域網路的回傳網路，期望用以減少陸面的建設成本。

- 軍事通訊：通訊衛星能作為軍事作戰時的中樞，負責戰場上訊息的傳輸與發送。而美國軍隊透過窄頻衛星通訊系統、寬頻衛星通訊系統以及防護衛星系統作為緊急通訊之軍事衛星體系。而 Iridium 主要為提供美軍軍事通訊之衛星運營商，透過低軌衛星群提供語音以及基本的數據傳輸服務，並預期未來應用於軍事的服務將能更多元。

- 寬頻網路：低軌衛星能夠與光纖網路互補，並彌補光纖網路無法到達之偏遠或危險地區，替當地居民提供網路服務。

- 機載資訊：根據衛星運營商 Inmarsat 的調查，83%的乘客期待能在搭乘飛機時，使用網路服務。而 Inmarsat 也公佈其航空寬頻藍圖，透過低軌衛星的布建，保證在未來五年內，能夠滿足旅客對於快速、可靠並遍布全球的網路覆蓋。

HAPs 主要運行於氣流較為穩定的平流層，目前較具規模的兩大 HAPs 系統分別為來自 Google 之 Loon 公司提供的熱氣球平台，以及由 SoftBank 成立之 HAPS Mobile 所提供的 Sunglider。其中 Loon 已於 2021 年結束營運。

Loon 所提供的服務始於 2013 年 Google X 之熱氣球網路計畫，其使用 AI 進行氣流預測，讓熱氣球可以在空中持續飛行一段時間。並使用 ISM 頻段 2.45 GHz 和 5.8 GHz 兩個頻段進行氣球間以及對地的通訊，而每個氣球最多與其他五個氣球連線，可構成一個 mesh 網路。

HAPS Mobile 所開發之 Sunglider 與無人飛行器較為相近，可透過遠端操控的方式飛行於空中。其在 Feeder Link 使用 70-80 GHz 之高頻的頻段；Service Link 則規劃使用既有終端之頻段，在設計不干擾既有地面基地台通訊的機制下提供服務。

圖 58 知名業者 HAPs 系統

資料來源：Loon、HAPS Mobile 公開資料，本計畫製作

於衛星通訊方面，根據 Grand View Research 的調查結果，2019 年全球衛星通訊市場規模達到 621.9 億美元，其中主要用於地球遠端觀測，包含能源、農業、油氣與國防等。而隨著技術演進，衛星通訊逐漸也在偏遠地區扮演重要角色。而目前通訊衛星主要以北美市場為主要發展地區，其於 2019 年佔全球市場份額約 32%，增長主因為國防安全對通訊的需求，例如美國已有明確政策針對通訊衛星應用於軍事國防。然而，在預期增長率的部分，亞太地區的中國大陸、印度及日本因政府戰略考量，近年積極研究並開發該國的太空衛星產業，因此被認為未來具有強大的發展潛能。現階段全球主要的衛星營運商主要集中於美國、加拿大、英國等，而其他各國除了以國家角度發展太空事業外，也陸續扶植當地私人的衛星營運商，同時也視發展衛星產業為十年內主要政策，不論是用於前述所言之國防安全，因應衛星製造成本及發射成本的下降使低軌衛星用於通訊寬頻的期待也逐漸提高，期望能夠帶給國民覆蓋更廣的網路服務。

衛星技術發展迅速，且衛星服務應用廣泛，截至目前為止，除了無線通訊外，也應用於天文學、天氣預報、廣播、定位等服務。在頻段的使用上，L-band 主要用於衛星定位及海上的無線通訊，也為全球定位系統(GPS)所使用之頻段；而 S-band，則作為氣象雷達與衛星通訊之應用，如 NASA 用於航空飛機通訊的衛星；在 C-band 中，主要應用為衛星通訊、衛星電視，由於其相對於更高頻段不容易受到天氣影響，因此通常用於熱帶雨林氣候的地區。

通訊衛星則可依據其運行的軌道位置分為靜止衛星軌道和非靜止衛星軌道。靜止衛星是指對地球同步軌道衛星(Geosynchronous orbit, GEO)，其衛星的的軌道周期等於地球自轉的週期，且方向一致，因此從地面與衛星之間的相對位置保持不變。其發展較早且較成熟，屬於傳統的衛星通訊方式，目前通訊以及廣播用的人工衛星多屬於靜止衛星。靜止衛星運行的位置較高，在地球上空約 35,786 公里處，也因此 3-4 個衛星基本上就可覆蓋整個地球；然也因對地距離遠導致延遲性的表現較差。

非靜止衛星(Non Geosynchronous orbit, NGSO)是指運行在靜止軌道以外之衛星之總稱。在 NGSO 當中，近來來以同時發射多顆衛星之衛星星系(Satellite constellation)發展較積極，其又可分為在中軌道（高度約 8,000 km-約 20,000 km）運行之中軌道衛星(Medium Earth Orbit, MEO)、以及運行於低軌道（高度約 500 km-2,000 km）之低軌道衛星(Low Earth Orbit, LEO) ，此些衛星使用的非過去常用的 L 或是 S 帶，而是使用 Ku、Ka band 等較高頻的頻段，其通訊速度可以達數 10 Mbps-1 Gbps 之高速服務。低軌衛星相較於靜止衛星，延遲較低（低軌道：20～30 msec、中軌道：150 msec）、體積尺寸較小、製造與發射的成本低，被視為未來衛星通信重點發展方向。

通訊衛星使用頻段從 C、L 逐漸演變到今天最受各界關注之 Ku 以及 Ka band。未來甚至擴展到更高頻之 Q、V，達到更即時以及高畫質影像傳輸應用，WRC-19 針對 37.5-39.5 GHz（太空對

地球）、39.5-42.5 GHz（太空對地球）以及 47.2-50.2 GHz（地球對太空）和 50.4-51.4 GHz（地球對太空）用於非低軌衛星進行討論，亦是奠定未來衛星通訊頻譜往更高頻的頻段發展之趨勢。

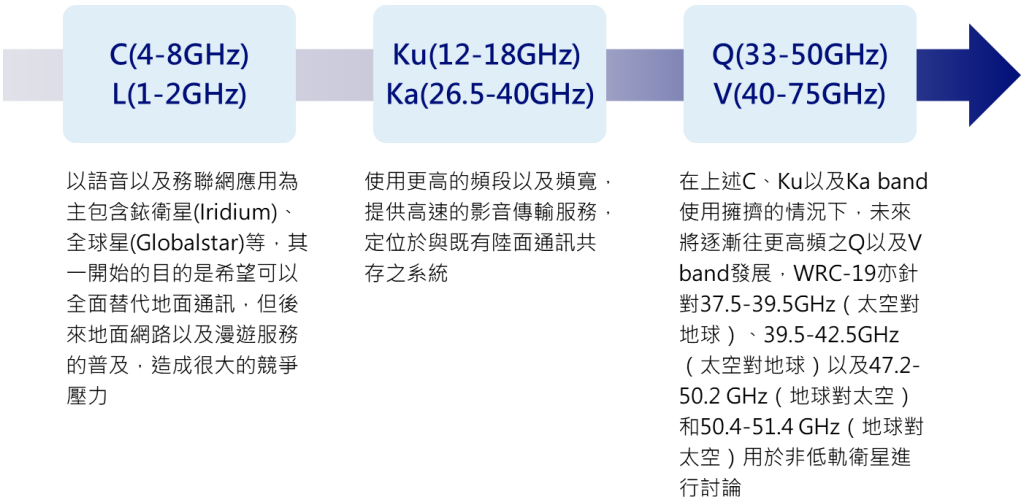


圖 59 衛星通訊使用頻段趨勢
資料來源：本計畫製作

國際電信聯盟(ITU)目前主要將固定衛星服務(FSS)分配至 Ku-band、Ka-band 以及更高頻率的 Q/ V-band，而主要原因為較高的頻段除了能夠實現更高的傳輸速率外，也能夠改善頻譜的使用效率。然而較高的頻段同時也較容易受到天氣以及雨水影響，但隨著近年技術的進步，通訊衛星的地面站設計與信號調節系統能夠有效減少此種情況，也因此，國際標竿各國也開始討論並分配高頻段提供衛星使用。

逐漸飽和

頻段	範圍	上行/下行速率	用途
VHF/UHF	30-3000MHz	400/225 MHz	-
L-Band	1-2GHz	1.6/1.5 GHz	衛星定位、衛星通訊、地面行動通訊
S-Band	2-4GHz	3/2 GHz	氣象雷達、船用雷達、衛星通訊
C-Band	4-8GHz	6/4 GHz	衛星通訊、地面通訊
X-Band	8-12GHz	8/7 GHz	雷達、地面通訊、衛星通訊(主要為軍用)
Ku-Band	12-18GHz	14/12 GHz	衛星通訊
Ka-Band	27-40GHz	30/20 GHz	雷達、實驗通訊
		44/20 GHz	
Q/V-Band	33-75GHz	39.5/43.5 GHz	衛星通訊、遙感、射頻研究

目前國際主要計畫發展頻段

圖 60 衛星通訊頻段

資料來源：本計畫製作

如下表所示，前年的 WRC-19 中，觸及的 1.14 議題亦針對「促進人們獲取通過高空平台台站提供的寬頻應用」進行討論，並新增 HAPs 系統可使用之頻段。另外，在 WRC-23 將討論之議題 1.4 則聚焦在 2.7 GHz 以下頻段用於高空平台(HAPs)作為行動服務中 IMT 基地台(HIBS)之討論，以利更快捷、經濟的通訊解決方案於未來提供服務。其中可能於未來作為潛在使用之頻段包括：694-960/ 1710-1885/ 2500-2690 MHz；而 Region 3 之 1710-1815 MHz、2500-2535 MHz 則僅可用做上行，並且於 2.6 GHz 上僅包括 2500-2655 MHz。

表 13 HAPs 可使用頻段

頻段	使用地區
1885-1980MHz 2010-2025MHz 2110-2170MHz	第1區及第3區
1885-1980MHz 2110-2160MHz	第2區
6440-6250/6560-6640MHz	澳大利亞等5國
21.4-22GHz 24.25-27.5GHz	第2區
27.9-28.2GHz	全球24個國家
31-31.3GHz	全球
38-39.5GHz	全球
47.2-47.5GHz 47.9-48.2GHz	全球

資料來源：ITU 公開資料，本計畫製作

目前已有為數不少廠商開始商業化服務，其中，由衛星營運商提供服務至終端客戶之模式較為成熟，知名案例包括 SpaceX。如下圖所示，此種模式為將每一顆低軌衛星作為行動基地台，進行訊號的接收與傳遞，然而，終端用戶仍須透過天線向衛星傳送數據，而後再由低軌衛星將數據傳至地面站，並透過全國光纖網路傳送至伺服器，並按照原先路徑將數據回傳至用戶的天線，接著轉換成 Wi-Fi 或經有線網路傳輸至終端設備，此為目前美國衛星運營商 SpaceX 的運作架構。SpaceX 因計畫佈建約 40,000 顆低軌衛星作為完整的 Starlink 星座，屆時將能提供全球偏遠地區及難以到達區域的寬頻覆蓋。而目前其僅於美國、加拿大及英國市場提供測試版的網路方案。於美國，申請使用測試版之用戶，須花費 499 美元購買天線、路由器等相關設備，並以 99 美元之月資費，購買此一寬頻服務，雖要價相對於地面行動網路昂貴，然而對於部分難以接收網路訊號之地區，卻也替當地民眾帶來期待與便利的可能性。而目前的方案的測試結果，下載速度約為 11-60 Mbps、上傳速度為 5-18Mbps，而延遲時間為 31-94 毫秒，其最終目標希望能夠達成下載速率 1 Gbps 及小於 20 毫秒的延遲時間。

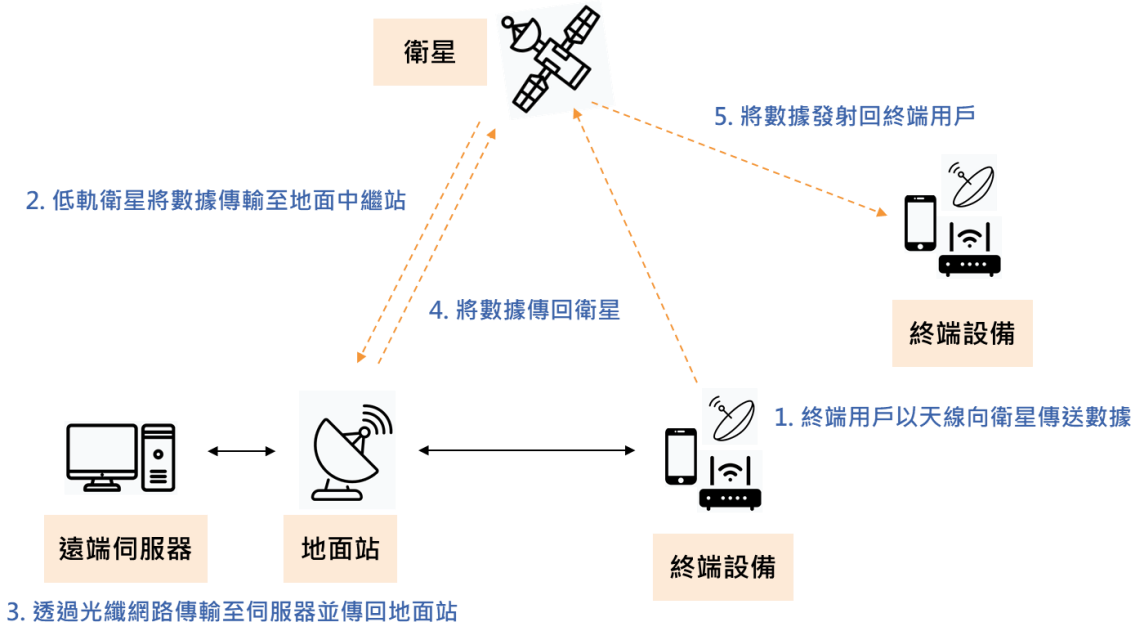


圖 61 美國 SpaceX 服務提供模式
資料來源：SpaceX 公開資料，本計畫製作

第二種方式為衛星營運商與電信業者之合作，由於部分國家並不允許境外衛星營運商直接進入當地市場，在此一情況下，衛星營運商需要與當地電信業者合作，以獲得提供服務的機會。例如：英國衛星營運商 OneWeb 在進入中國大陸市場前，已與中國電信開始進行合作協商；雖目前地面站已獲得建設許可，然而因服務之提供牽涉到頻譜資源的使用，因此尚須與當地政府進行申請與協調，預計 2021 年 10 月能夠開始提供服務。除了透過地方電信業者進入市場外，電信業者也尋求與衛星營運商合作的機會，以擴大服務範圍並提升獲利機會，如日本軟銀於 2021 年 1 月，即投資英國 OneWeb 約 14 億美元。其將協助 OneWeb 進行相關系統的展開外，也因為軟銀於日本國內對於基地台等設備的建置已有一定程度的經驗，因此對於未來通訊業務上共同合作也將能產生助益。

第三種方式則是透過衛星與衛星之間的連結，達成多層互聯模式。由於不同軌道位置的衛星所著重的應用不同，各自也有各自的難題。如對地靜止軌道衛星(GEO)雖距地表較遠，延遲時間較長，但其能夠涵蓋較廣的面積，且其正試圖以高通量衛星

的佈建，增強其效能；而中地球軌道衛星(MEO)將可能用來達成萬物聯網的需求，然而其天線技術尚存在挑戰；低軌道衛星(LEO)因以高速繞地運轉，且距離地表較近，能夠達到較高的頻寬，然而若要達到全球覆蓋所需佈建的數量以及天線技術也都需要考量營運商的技術與成本。因此若要平衡需求與衛星特性的問題，衛星營運商可能需要考量不同軌道間衛星的互聯。

SES 目前已擁有 GEO 與 MEO，原先以 GEO 的部署為主的 Telesat 也計畫開始佈建 LEO，同時 OneWeb 與 Intelsat 也在討論雙方的合作可能，期望能夠提供給客戶更多的服務並落實不同應用。SES 在距離赤道 36,000 公里的對地靜止軌道已部署 50 顆衛星，並在距離地球上方 8,000 公里處，運行 20 顆中軌道衛星，根據 SES 說法，這些衛星能夠同時擁有 GEO 以及 MEO 的優勢，並能根據速度及覆蓋範圍優化客戶的路由。除此之外，SES 也計畫在未來部署 LEO 星座，並使用射頻鏈路將數據傳輸至 MEO 與 GEO 的衛星。而此種連接方式，主要為將 GEO 作為 backhaul，並用以監視整體網路運作。而路由的運作，由 MEO 與地面 Gateway 共同執行。LEO 則為中繼網路。三者的共同運作能為地面提供更廣泛及多元的物聯網服務。

1. 美國

美國聯邦通訊委員會衛星司(The Satellite Division)於 2020 年 3 月發布公共通知(Public Notice)，開放新的衛星使用頻段提供營運商申請，其中為針對 Ku-band 的 10.7-12.7 GHz、12.75-13.25 GHz、13.85-14.5 GHz 頻段以及 Ka-band 的 17.7-18.6 GHz、18.8-20.2 GHz、27.5-30 GHz 頻段。而 FCC 於 2017 年公告之報告與行政命令(“Report and Order”)中也提及，為因應衛星系統的進步以及星座規模的擴大，計畫更新 Ka-band 中的頻率分配、功率限制以及服務規則，以促進新興系統的發展與應用，因此提出 Ku-band 計畫。

在 FCC 的 Ku-band 計畫中，將 17.3-20.2 GHz（空到地）及 27.5-30 GHz（地到空）頻段作為特定衛星與地面系統的使用，而此頻段於國際間普遍與其他服務共存，美國則是原先僅作為聯邦 FSS 使用，在經過與衛星營運商及業者討論後，認為能夠以技術排除干擾狀況，因此決議允許更多 FSS 系統於此頻段中使用，以提高頻譜的靈活性。最終，FCC 增加 17.8-18.3 GHz 作為次要頻段提供非聯邦之 FSS 使用，然而運營商必須遵守功率通量密度(Power Flux Density, PFD)的限制以保護既有服務不受干擾。

表 14 美國衛星頻段現況

頻段	頻段位置	目前狀態
Ku-Band	10.7-12.2 GHz、12.7-13.25 GHz、13.75-14.47 GHz	已釋出
Ka-Band	17.3-17.8 GHz、18.3-20.2 GHz、24.75-25.25 GHz、27.5-30 GHz	已釋出
V/Q-Band	37.5-42 GHz、47.2-50.2 GHz、50.4-51.4 GHz、71-76 GHz	已釋出部分

資料來源：FCC 公開資料，本計畫製作

另一方面，美國在實驗頻譜上則期望能夠加快 95 GHz 至 3 THz 的新技術開發，因此 FCC 於 2019 年 6 月發布“Spectrum Horizons First Report and Order”以提供開發者或創新者作為開發新設備或應用的機會，當中即鼓勵運營商申請許可，進行固定衛星服務之技術驗證。

為解決頻段共享所產生的狀況與問題，美國 FCC 以發布通知的方式，公告在頻譜規劃下，可能受到干擾影響的頻段，並要求各利害關係單位於處理程序中給予意見，以使各服務間能夠有效且公平地使用該頻段資源。下圖則顯示美國於 Ku-band 以及 Ka-band 中，固定衛星服務的分配，以及鄰頻服務的分布狀況，並有助於辨識可能發生的干擾情形。

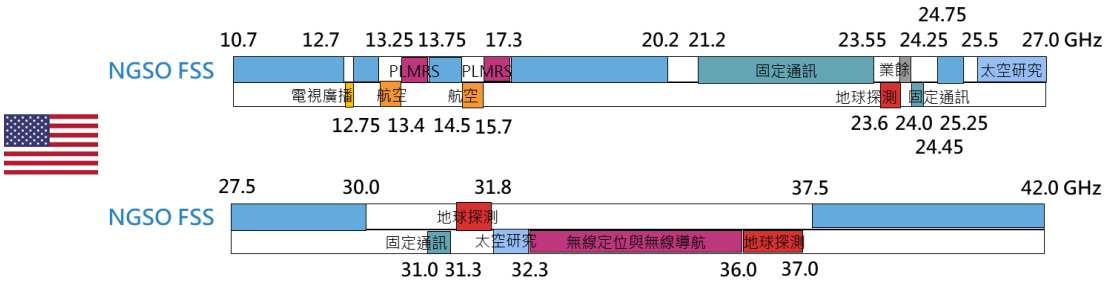


圖 62 美國衛星頻段供應計畫

資料來源：FCC 公開資料，本計畫製作

24 GHz 頻段由兩個部分組成：24.25-24.45 GHz 與 24.75-25.25 GHz。FCC 通過將 24GHz 頻段作為高頻微波彈性使用服務(UMFUS)，其定義為將頻譜釋出以用於創新型或暫時性固網、行網以及固定衛星服務，期望能夠增加此頻段之可操作性，並容納更多服務。而有關單位則對於此提議給予評論，大多數評論者同意為提升頻譜利用效率，將 24.25-27.5 GHz 分配予 5G 毫米波及衛星固定通訊服務，然而另一方面也有評論認為中間 24.45-24.75 GHz 中的濾波信號將會降低 24 GHz UMFUS 的服務品質。與我國較相關的 28 GHz 頻段(27.5-28.35 GHz)部分，FCC 決議於既有營運商放棄持有後將釋出執照於固網及行網業者，並通過其公告之 UMFUS 該項規劃底下之“First Report and Order”進行規範，採取措施去保障某些地區的既有 FSS 營運，且亦為 28 GHz 目前和未來的潛在 FSS 營運提供了許多可能性，從而能以和諧的方式與地面無線服務系統共存並獲得保護。

為了達成兩種應用的共存，FCC 修改有關規定，在衛星地面站的部署下，必須滿足兩點限制：地面站周圍的干擾區域須受到人口數量的限制，以及服務區域內的地面站須符合數量限制。同時，FCC 有權監視其中服務運作狀況以及干擾情形，並採取適當措施，同時要求運營商須盡到干擾保護的義務。

表 15 美國 Ka-band 現況

頻段(GHz)	聯邦使用情況	非聯邦使用情況
24.25-24.45		固定、移動
24.45-24.65	衛星間、無線電導航	
24.65-24.75	衛星間、衛星無線電定位(地對空)	
24.75-25.25		固定、固定衛星(地對空)、移動

資料來源：FCC 公開資料，本計畫製作

而另一方面，FCC 也發布公告，於 2020 年 3 月開放新的使用頻段予衛星運營商申請，其包含 Ku-band 及 Ka-band 中 10.7-12.7 GHz、12.75-13.25 GHz、 13.85-14.5 GHz、17.7-18.6 GHz、18.8-20.2 GHz 與 27.5-30 GHz 給非對地靜止衛星之固定衛星服務做使用。

2. 日本

相對於歐美大國，日本較晚進行通訊衛星於高頻段應用之研究，因此近幾年日本開始調查各國及各國際組織中，Ku/ Ka-band 的頻率分配狀態、許可政策及技術條件，以作為國內頻譜整備之參考。

在「頻譜有效利用成長戰略懇談會」當中提及 2030 年要實現的系統當中亦包含「次世代衛星利用系統」，而在之後的 2019 及 2020 年的《頻譜再編行動計畫》當中，亦提出強化衛星通訊系統之政策方針。總務省首先就 19.7-20.2 GHz、29.5-30.0 GHz 頻段進行討論，針對運行於 1,200 公里處的 Ku-band 非靜止衛星通訊系統與其他系統的共存的技術條件進行定義。Ku-band 非靜止衛星通訊系統之 Service link 所使用之頻段為 10.7-12.7 GHz 以及 14.0-14.5 GHz，此些頻段目前包含電通業務、BS/CS 廣播等既有系統正在使用當中，為此總務省參考 CEPT 以及 ECC 討論

的結果，選定五個可能產生干擾的情境進行干擾的測量，顯示透過適當的干擾保護措施條件下可以共用系統。

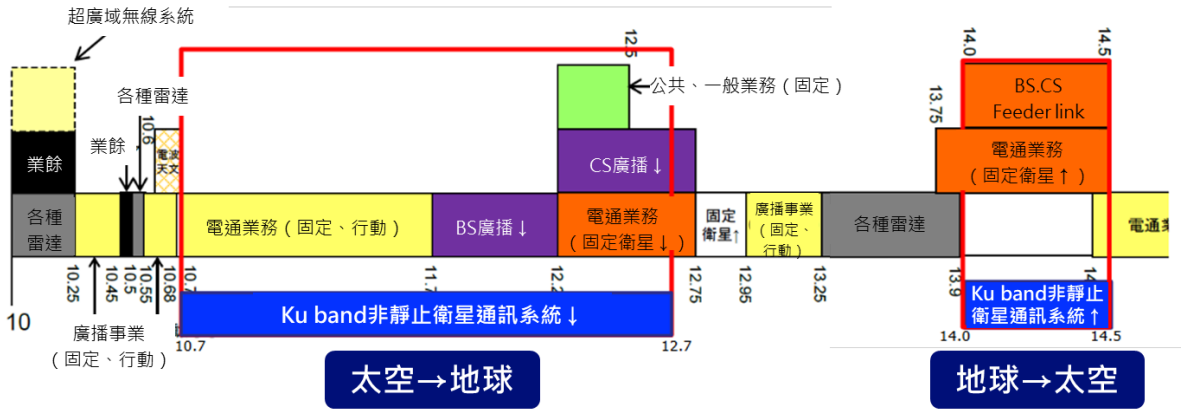


圖 63 日本 Ku-Band 使用現況

資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

表 16 日本 Ku-Band 干擾測試結果

情境	干擾	被干擾	頻段共用
A	太空站 10.7-12.7GHz	太空研究 10.6-10.7GHz	根據ECC Report 271之討論結果，符合到歐洲太空研究的無用發射。因此判斷在國內亦可以保護太空研究系統
B	電通業務（固定、行動） 10.7-11.7GHz	地球站 10.7-12.7GHz	無須保護來自既存系統干擾，但建議在設置地球站的時候，由衛星通訊系統端進行適當的系統建置設計可以降低干擾程度
C	公共、一般業務（固定） 12.2-12.5GHz	地球站 10.7-12.7GHz	
D	地球站 14.0-14.5GHz	電通業務（固定、行動） 14.4-15.25GHz	• 陸面地球站：透過事業者間的協調可以共用 • 航空、海上地球站：符合歐洲的PFD規定，判斷可保護國內固定站
E	電通業務（固定、行動） 14.4-14.5GHz	太空站 14.0-14.5GHz	共用可能

資料來源：總務省公開資料，本計畫整理

而 Ku-band 非靜止衛星通訊系統(1,200km) Feeder link 使用之 Ka-band 頻段 18 GHz 以及 28 GHz，亦面臨有既有系統存在之課題。其中尤其針對 5G 系統，總務省在前(2019)年釋出該頻段之前，已對干擾問題進行相關測試，並得出針對基地台的設置位置、數量進行管理的條件下，可與既

有的系統進行共用之結論。

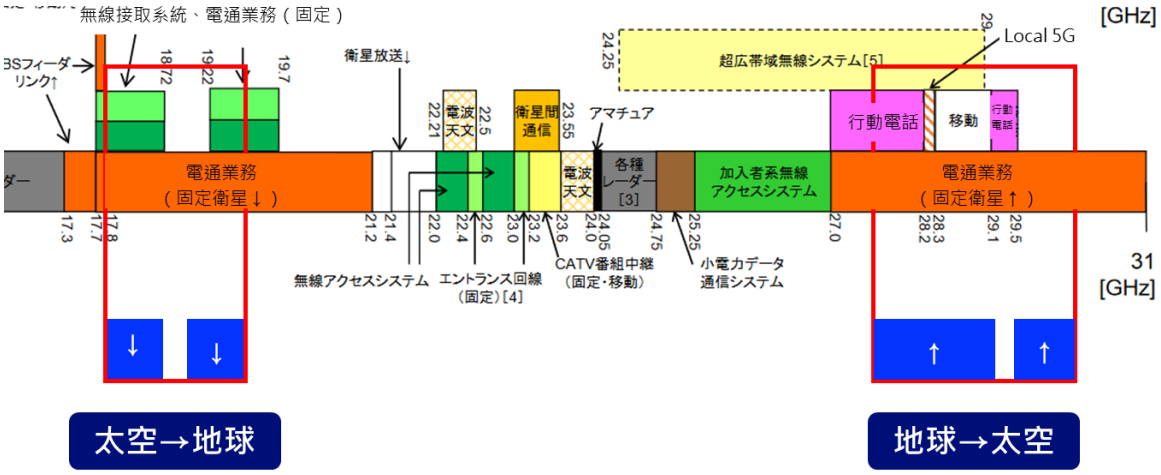


圖 64 日本 Ka-Band 使用現況

資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

表 17 日本 Ka-Band 干擾測試結果

情境	干擾	被干擾	頻段共用
A	NGSO太空站 17.8-18.6/18.8-19.3GHz	無線接取系統 17.7-18.72/19.22-19.7GHz	目前預計設置2個地球站，在欲設置的地點進行個別的干擾保護措施可現共用。
B	無線接取系統 17.7-18.72/19.22-19.7GHz	NGSO地球站 17.8-18.6/18.8-19.3GHz	
C	NGSO地球站 27.5-29.1/29.5-30GHz	5G系統 27.0-29.5GHz	在5G釋照之前，已針對針對兩個預設的地球站對5G系統可能干擾議題進行討論。除了除了地球站附近（約6 km內的幾個點）以外，都滿足了基站的允許干擾功率，因此未來透過地理的區隔，兩個系統可以實現共用。
D	5G系統 27.0-29.5GHz	NGSO太空站 27.5-29.1/29.5-30GHz	在低仰角不考慮Clutter loss的情況下，可以設置6,000-8,000的基地台。因此在考量低仰角造成Clutter loss之情況下，預期可以設置更多的基地台。適當的管理基地台的設置狀況可以實現共用。

資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

3. 澳洲

與美、日相比，澳洲擁有較為豐富之衛星可使用頻段。目前 Optus 為澳洲唯一同時具陸面行網服務及自擁衛星艦隊的電信商，使其具有能覆蓋全澳國土 100%之通訊能

力，並提供語音／數據傳輸、寬頻、國際通訊存取等服務。Optus 主要使用頻段為 Ku-band，比起應用 Ka-band 的 NBN Sky Muster 服務而言，具有更好穩定性。

表 18 澳洲衛星頻段現況

頻段	頻段位置	目前狀態
Ku-Band	10.7-11.7 GHz、12.2-13.25 GHz、13.75-14.8 GHz、15.43-15.63 GHz	已釋出
Ka-Band	17.3-21.2 GHz、22.55-23.55 GHz、24.45-31 GHz、32.3-33 GHz、33.4-36 GHz	已釋出
V/Q-Band	37.5-47 GHz、47.2-50.2 GHz、50.4-52.4 GHz、54.25-58.2 GHz、59-76 GHz	多數已釋出

資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

由於 28 GHz 為用作衛星固定服務以及 5G 毫米波的重要頻段，澳洲通信與媒體管理局(ACMA)在其“Five-Year Spectrum Outlook 2019-2024”中亦已確定其為澳洲毫米波應用頻段之一，也代表其中可能存在需求競爭關係。因此，重新分配此一頻段為 ACMA 重要優先事項，同時，也須確認該頻段利害關係單位實際的應用需求並提供明確的使用規則。

ACMA 以 1992 年制定之《無線電通信法(“Radiocommunications Act”)》為依據，期望盡可能地提高頻譜使用效率以促進公共利益，因此，在進行 28 GHz 重新分配之審查與管理時，也將以其頻譜管理原則與現有法律框架作為指導方針。2018 年 9 月發布的 28 GHz 頻譜規劃文件除了詳細闡述該頻段的國際趨勢、目前規劃以及潛在應用外，也要求利害關係單位提供相關建議，以協助制訂可能的規劃方案。而後則於 2019 年發布了“Future Use of the 28 GHz Band”，並確定了相關的規劃方案，ACMA 進一步評估相關的技術以及管理條件，能夠確保減低不同服務間的干擾；而其在制訂與評估規畫方案時，

也考慮了 26 GHz 頻段審核的過程與結果，尤其考量到兩個頻段在地面無線寬頻的潛在用途，以確實發揮頻譜效益的最大化。

針對 28 GHz 頻段做出主要的決策包含：

- 此頻段主要供應給固定衛星服務
- 維持當前在 27.5-29.5 GHz 頻段範圍對固定衛星業務的許可管理
- 在人口稠密地區之 27.5-28.1 GHz 頻段開放兩項業務共存，但以固定衛星業務為優先使用
- 由於此頻段作為 FWA 固定 5G 使用，因此地理位置固定，同時透過地球站的 power level 計算覆蓋範圍，範圍外才提供給 5G 使用

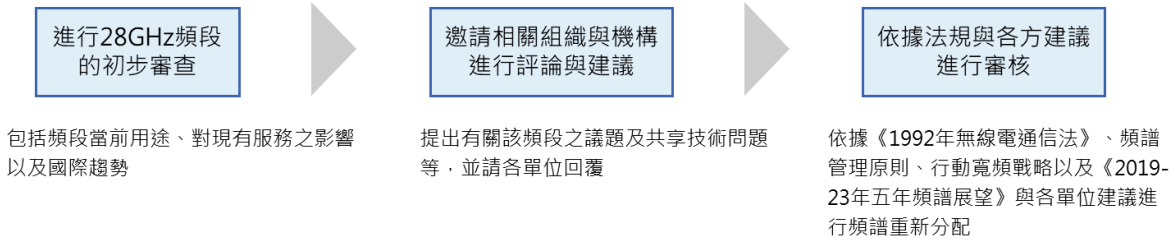


圖 65 澳洲 Ka-band 干擾測試規劃
資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

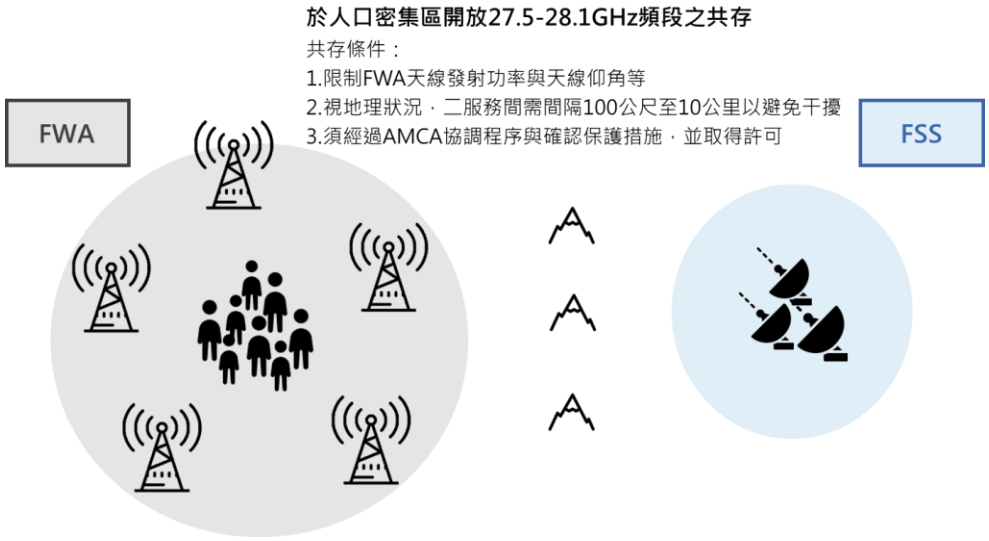


圖 66 澳洲 FWA 及 FSS 共存情境
資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

4. 小結

目前已有許多國家內的衛星營運商開始規劃或提供衛星互聯網的服務，其中包含美國的 SpaceX、Iridium 與 Boeing、加拿大的 Telesat 以及英國的 OneWeb 等。而這些低軌衛星星座所使用頻段多集中於 Ku-band，同時，也因為低軌道星座的佈建，需要為數眾多的衛星數量，因此，此一頻段已逐漸飽和，各國運營商開始往 Ka-band、V-band，甚至更高頻段發展，並積極探討未來應用。

表 19 國際衛星業者使用頻段彙整表

業者	SpaceX	LeoSat	Iridium	Boeing	Telesat	O3b	Inmarsat
發射衛星數量	4425台以上	120-140台	66台	1396-2956台	117台	20台	13台
軌道高度	約1150公里	約1400公里	約780公里	約1000-1200公里	約1000公里	約8000公里	約35800公里
製造廠商	SpaceX	Thales Alenia Space	Thales Alenia Space	Boeing	Airbus Defence and Space和Thales Alenia Space	Thales Alenia Space、Boeing和SpaceX	Northrop Grumman Innovation Systems和Thales Alenia Space
使用頻段	Service link： 10.7-12.7GHz(D/L) 14.0-14.5GHz(U/L) Feeder link： 17.8-18.6GHz(D/L) 18.8-19.3GHz(D/L) 27.5-29.1GHz(U/L) 29.5-30.0GHz(U/L) 其他： 37.5-42.0GHz 47.2-50.2GHz	S&G： 17.8-18.3GHz(D/L) 18.3-18.6GHz(D/L) 19.3-19.7GHz(D/L) 19.7-20.2GHz(D/L) 27.5-28.35GHz(U/L) 28.35-28.6GHz(U/L) 29.5-30.0GHz(U/L) S&G, TT&C： 18.8-19.3GHz(D/L) 28.6-29.1GHz(U/L)	Service link： 1616-1627MHz Feeder link： 19.4-19.6GHz 29.1-29.3GHz 衛星間通訊： 22.18-23.38GHz	37.5-42.5GHz(D/L) 47.2-50.2GHz(U/L) 50.4-52.4GHz(U/L)	17.8-18.6GHz(D/L) 18.8-19.3GHz(D/L) 19.7-20.2GHz(D/L) 27.5-29.1GHz(U/L) 29.5-30.0GHz(U/L)	17.8-18.6GHz(D/L) 18.8-19.3GHz(D/L) 19.3-19.7GHz(D/L) 19.7-20.2GHz(D/L) 37.5-42.0GHz(D/L) 27.5-27.6GHz(U/L) 27.6-28.4GHz(U/L) 28.4-28.6GHz(U/L) 28.6-29.1GHz(U/L) 29.1-29.5GHz(U/L) 29.5-30.0GHz(U/L) 47.2-50.2GHz(U/L) 50.4-51.4GHz(U/L)	Service link： 19.2-20.2GHz(D/L) 29.0-30.0GHz(U/L) Feeder link： 17.7-19.7GHz(D/L) 27.5-29.5GHz(U/L)
通訊速度	1 Gbps per user	1.2 Gbps	D/L：最大1.5Mbps U/L：最大512kbps	D/L：最低25Mbps U/L：最低3Mbps	D/L：最低50Mbps U/L：最低10Mbps	2 Gbps	D/L：42-84Mbps U/L：4Mbps

資料來源：各營運商公開資料，本計畫製作

以上述美國、日本及澳洲三國之案例來看，在發展衛星通訊議題方面，將首先處理與地面站之共存問題，其分別對於國內衛星與地面系統間的頻段共享有不同的應對方式。美國在 24 GHz 的頻段下，一方面希望能夠有效利用此段頻譜，另一方面也考慮彼此干擾的情形，因此將此頻段分為高、低兩段，並藉由營運商的保護措施以及 FCC 的監管，期望降低干擾發生。而澳洲在 28 GHz 的頻段下，雖開放衛星與 5G FWA 在人口稠密區之 27.5-28.1 GHz 共存，然而，為減少服務間干擾問題的產生，其限制在此一頻段中，仍以衛星優先，而 5G FWA 僅能於特定範圍外提供服務。日本在 Ku-band 以及 Ka-band 中，均針對非靜止衛星系統與其他地面系統的共存技術，選定情境進行干擾測試，並依測試結果決議是否應共用該頻段或是討論該採取何種方式共用。

表 20 標竿國家衛星與地面系統共存干擾解決方式

	美國	澳洲	日本
頻段協調單位	FCC	ACMA	總務省
干擾測試參與單位	利害關係人，如各衛星運營商、衛星聯盟等	技術聯絡小組(Technical liaison group)、利害關係人等	衛星通信系統委員會(包含相關產官學界專業人員)
干擾處理方式	以24GHz頻段為例 1.設定人口數與地面站數的限制 2.將該頻段切割分配不同服務 3.採取技術保護措施	以28GHz頻段為例 1.透過TLG進行干擾測試 2.限制基地台天線角度與功率 3.以地形及距離區隔服務	由總務省針對基地台設置位置與數量管理限制下，進行干擾測試，以實現服務的共用

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

表 21 標竿國家低軌衛星與地面頻譜干擾與共存問題

衛星頻段與地面系統共存		
Region3	日本	• 日本總務省進行NGSO之10.7-12.7GHz與14.0-14.5GHz頻段與地面系統的測試，並參考CEPT與ECC討論結果，認為在適當干擾措施保護下能夠共用頻段。 • 而在NGSO使用的Ka頻段中18GHz與28GHz，亦與地面系統產生干擾問題，尤其針對5G系統。總務省已在5G頻段釋出前進行相關測試，透過基地台設置位置、數量進行管理之下，兩者能夠共享該頻段。
	澳洲	• 澳洲已決議將27.5-29.5GHz規劃給衛星使用，只是在一小部分的地區（主要是大城市），將27.5-28.35GHz保留給5G和衛星共存使用，由於此頻段是作為FWA的固定5G使用，所以地理位置是固定的，同時透過地球站的power level計算覆蓋範圍，範圍外5G才可以使用。
Region2	美國	• 美國考量因衛星FSS地面站數量較少，干擾程度較低，因此允許28GHz頻段與現有地面系統共存。 • 美國進行47.2-48.2GHz頻段中，衛星FSS使用與地面系統操作的測試，因結果發現兩者影響程度較小，因此將此頻段與將此頻段作為衛星與地面共享使用。

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

為了確保各服務供應商能公平使用無線電頻率，ITU 針對頻譜及通訊衛星進行規管，以避免通訊系統間潛在之干擾問題。衛星通訊之服務提供廠商，須於開始營運前諮詢 ITU 訂定之國際頻率總表(Master International Frequency Register, MIFR)，並向其事業登記所在國家之主管機關遞交申請書。針對衛星通訊議題，ITU 建議太空系統與設備等關聯廠商所組成之頻譜需求者，應及早進行規劃與協調事宜，以透過合適之頻率確保火箭、天線以及接收器得穩定運行，從而縮短整體部署之時間與財務成本。此外，ITU 之「無線電規則」(Radio Regulation, RR)中亦有提供於協調過程中發生爭端時可供參考之相應法規，藉以解決營運商及利害關係人間頻率使用的衝突問題。

前述提及之規則中，ITU 明確定義各國主管機關之權利及義務，並奠立頻譜及軌道之管理原則，以確保頻率資源得以公平取得並有效運用。具體之程序首先包含「優先規劃程序」，其目的為保障衛星營運商得於公平競爭之基礎上取得頻譜，並事先規劃往後頻譜之使用；另一部分則為「協調程序」，強調先申請先取得的方式，鼓勵有興趣使用頻譜之營運商盡早申請並執行相應之溝通協調，以提高整體頻譜與衛星軌道之使用效率，並排除潛在之有害干擾。

於協調程序裡，頻率申請國家之主管機關須提前公告資料(Advanced Publication Information, API)，並依據 RR 第九條要求，於該國之衛星商進行實際部署之 2 至 7 年前，向 ITU 的無線電通信局(Radiocommunication Bureau, BR)遞交其衛星計畫之國際頻率資訊聯絡函(Internationl Frequency Information Circular, IFIC)，以供不同單位參考。該 BR IFIC 太空服務相關資訊之資料庫(Space Network Systems)，僅供 ITU 成員國之政府及訂閱使用者存取，每兩周將進行一次數據之更新，而訂閱制之收費則為每人每年 3,530 瑞士法郎（約 10.6 萬元新臺幣），超過 1 人以上則須視使用人數增加訂閱費；如 2-10 人須付 2 倍價格、11-25 須付 4 倍價格等。

ITU 無線電通信局於獲此資訊(BR IFIC)後，將更進一步地審核衛星型態、軌道位置、天線傳輸方向等細節之可行性，以減少不同太空系統間之干擾問題；與此同時，無線電通信局亦會將上述 BR IFIC 轉達予其餘國家之主管機關，此些單位須於接收到訊息之 4 個月內回覆此衛星部署計畫是否將對其既有及規劃中之太空系統造成干擾，並由 ITU 無線電通信局主導此些詳細資訊之協調工作。處理完以上跨國協調作業後，該衛星計畫之營運商尚須於實際進行部署時進行干擾及保護測試，即於技術面之測試外，亦須透過將衛星停留於預定軌道上 90 天，確保無有影響既有系統之情況，方可繼續完成原定之部署計畫。

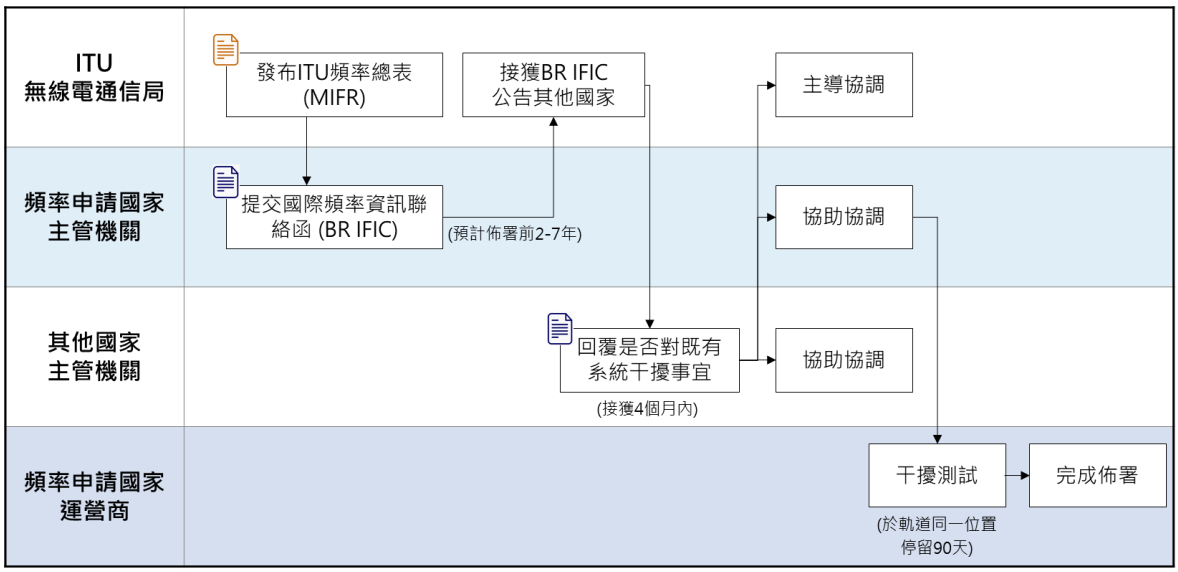


圖 67 ITU 無線電規則(RR)規範之衛星頻段申請程序
資料來源：ITU 公開資料，本計畫製作

此國際衛星頻譜之申請流程涉及 ITU 及各國主管機關，與我國通常取得頻率之國內流程甚有差異，其中包含大量的跨國協商工作，以確保全球各國之頻譜資源皆能在無干擾的基礎上支持衛星通訊。然而我國因非為聯合國成員國，因此於 ITU 內亦無代表席次，雖 BR IFIC 相關之數據庫可供作參考，在先進國家科技競逐之角力過程中，我國之談判能力相對邊緣。往後於衛星通訊頻譜之討論及相應之頻率協調執行方法上，除須符合國際上規劃趨勢及滿足國內需求者之預期頻段外，如何透過與境外衛星營運商之合作關係滿足 ITU 之部署程序，將為往後持續追蹤之重大方向。

(四) 6 GHz 免執照

由於頻譜提供的無線電波是日常生活中無線服務的基礎，在網路越來越普及化後，新的創新應用與技術如 5G、物聯網以及來自各領域的使用需求都不斷地增加。例如：行動影音服務及線上影像串流平台之出現，都使用戶之數據流量大幅成長。然而，頻譜資源並非無限量的，總有一天將無法負荷當代的巨量

數據傳輸，因此有越來越多討論著重在如何透過異質網路結合的架構，讓原本分屬不同性質的連線方式可以在合作、和諧的方式裡共存。

目前的 LTE 便正面臨前述挑戰，由於 2.4-5.8 GHz 之頻譜已供不應求，在找不到更多的資源且現階段網路擁塞時，開放更多的免執照頻譜即為一方便、有效率的解決方式。以正在規劃中的額外頻段 5925-7125 MHz (6 GHz)來說，未來開放免執照使用後，將可供 Wi-Fi 6E 及 5G NR-U 等新技術使用。不過，由於 Wi-Fi 及 5G NR-U 分別使用 IEEE 及 3GPP 之技術標準，在未來如何達到和諧共用勢必將帶來新的挑戰，因此須仰賴與各利害關係人之詳細溝通，方能達到所謂的技術中立原則。

2018 年 10 月，Wi-Fi Alliance 正式將 802.11ax 納入標準，成為第六代 Wi-Fi 技術，並將 Wi-Fi 規格重新命名，標準 802.11n 改名為 Wi-Fi 4，標準 802.11ac 改名為 Wi-Fi 5，新標準 802.11ax 改名為 Wi-Fi 6。

Wi-Fi 6 基於 802.11ax 技術制定，目前已於 2020 年 1 月通過草案，標準草案已於 2021 年 2 月 9 號由 IEEE 核准，並於 IEEE 網站上提供有興趣者購買 “IEEE 802.11ax-2021” 以供各團體應用。802.11ax 同時支援 2.4GHz 和 5GHz 頻段，同時下向相容 802.11 a/ b/ g/ n/ ac 標準，目標是支援室內外場域，提高頻譜效率，Wi-Fi 6 還支援許多先進功能：

- 正交頻分多址(OFDMA)：在要求嚴格的環境中，同時面向上行鏈路和下行鏈路有效共用通道，以提高網路效率並降低延遲。
- 多用戶多輸入多輸出(MU-MIMO)：允許一次傳送更多下行鏈路數據，使接入點能夠同時將資料傳送到更多的設備。
- 160MHz 通道：增大頻寬，從而能夠以低延遲提供更高性能。
- 目標喚醒時間(TWT)：顯著延長 Wi-Fi 設備的電池壽命，如

物聯網設備。

- 1024 正交幅度調製模式(1024-QAM)：通過在同樣數量的頻譜中編碼更多資料，提高 Wi-Fi 設備的輸送量。
- 發送波束成形：在給定範圍內支援更高的資料速率，從而提供更大的網路容量。

Wi-Fi 6 能提供包括經濟實惠的性能、高效率運行、對安全性的承諾、易用性、自主部署以及長期相容性，同時還能夠在使用者需求很大的區域支援更加可靠的使用者體驗。利用 Wi-Fi 在全球無處不在的優勢，在多種多樣的環境中更加高效地連接使用者、支援日益增長的資料需求並擴展更進階的應用，其中包括擴增實境和虛擬實境、高解析度的串流內容、即時監控和關鍵任務應用。目前 Wi-Fi 聯盟正討論加入 Wi-Fi 6E，也就是將 6 GHz 頻段加入支援。

另一方面，在 2018 年於義大利舉辦的 3GPP 大會上，3GPP 決定啟用 Release 16 版本中的 5G 免執照頻譜(5G NR in Unlicensed Spectrum, 5G NR-U)專案，也就是可於免執照頻段中運行之 5G 網路，並於 2020 年 7 月初完成 Release 16 之規劃。3GPP 有關 5G NR-U 技術標準之參考文件為 TR 38.889 (Study on NR-based Access to Unlicensed Spectrum (Release 16))，並於 Release 16 之 3GPP TSG-GRA #78 (3GPP Technical Specification Group Radio Access Network No. 78)針對 LTE 及 NR 於 6 GHz 之可行性進行研究，期望釐清不同地區於 5925-7125 MHz 內之監管架構，並了解有關當局於該頻段內對於需授權及免執照等無線使用現況。

在美國的案例中，雖然 Wi-Fi 6 同樣也使用 6 GHz 頻段，但由於 Wi-Fi 技術有室內外之功率及須使用自動頻率調和(Automatic Frequency Coordination, AFC)系統等要求，使得 5G NR-U 能不受更為嚴格的 LBT (listen-before-talk)協議限制。在 5 GHz 頻段上若可以 CAT4 LBT 作為操作之基準，並根據 CSMA/CA（載波偵聽多路存取／碰撞避免）之程序強制嚴格

迴避，那麼 5G NR-U 便可在 6 GHz 內及甚至以上的頻段使用 CAT1 LBT，而這些較高頻道的接取是即時亦無須 LBT 的。相對地，藉此可透過簡單的波能檢測以確定頻道的可用性，進而達到快速訪問傳輸通道以支持低延遲、自動化和 IoT 之應用程序。若所有相關的無線電接取技術皆認可同一個共通訊號，則該標準的未來演進亦將包括前置碼(preamble)檢測。

以下為 5G NR-U 可部署的三種模式：

- 載波聚合(Carrier Aggregation)：須基於 LTE-LAA，其中免執照頻譜僅用於強化下游使用者之平面容量(plane capacity)，控制平面數據(control plane data)僅於須取得執照之頻段上傳輸。
- 雙重連接性(Dual Connectivity)：根據 3GPP R-14 中引入的擴展 LAA (extended LAA) ，可支援免執照頻譜中上行和下行用戶之平面流量。由於其目的亦為流量之分流而非覆蓋，故控制平面之流量僅可於獲許可之頻譜上傳輸。
- 獨立性(Standalone)：透過 MulteFire Alliance 開發的 LTE 技術建構，此為 3GPP 首次定義一種完全建立於免執照頻譜上進行控制及用戶平面流量之操作模式。

透過此些模式，NR-U 技術可為 5G 網路帶來更多彈性運用免執照頻譜之可能性，尤其是在獨立性此一面向上。3GPP Release 16 除了支援授權頻譜輔助(LAA NR-U)以外，亦可用於獨立式之非授權頻譜(Standalone NR-U)，為全球第一個可同時支援以上兩者之行動通訊標準。藉由這樣的設計，5G NR-U 不再需要依賴取得執照的網路營運商，並可供私人企業、服務提供業者以及網路系統整合商使用，這使 5G 專網的布建能以不同方式支持於人口稠密的端點處嚴格要求 URLLC 及 eMBB 等性能之新興消費者和工業應用。雖然載波聚合和雙重連接性設計為於 5 GHz 中運行，然 NR-U SA 模式已針對所有 sub-7 GHz 之中頻段以及 57-71 GHz 高頻段進行定義，並可於全球範圍內開放，且於 R-17 中 3GPP 已清楚表達對這些毫米波段的關注。

在以上任何操作模式下，NR-U 的部署頻率範圍決定了其執行的方式。與 LAA 相同，於高度擁塞的 5 GHz 頻段中運行 NR-U 的主要挑戰是如何確保與其他行動技術（如 Wi-Fi）和諧共存。5G NR 無線接取網路(RAN) 的導入對現有 Wi-Fi 系統的影響，應不至於比直接加入另一個 Wi-Fi 接取點來得更大。雖然仍然應用 5G NR 物理(Physical)層並因此可享有諸如 multi-numerology、mini-slots 等優勢，由於針對頻道訪問之類過程的媒介接取控制(Medium Access Control, MAC)層之協議已有進行修改，因此可實現一致使用 Wi-Fi。同樣地，這也是遵從 NR-U 之 LAA 前身的原理，並採行 802.11 中同樣使用的基於競爭的 LBT，以確保對可用頻到的對等接取。此即所謂的非同步 NR-U 操作(asynchronous NR-U operation)。

使用 5G NR-U 之主要優勢為裝置在免執照頻譜上運行時，將可得到最高 400 MHz 之下行鏈路，以及 100 MHz 之上行鏈路。其能支援工業物聯網之應用，藉由提供類近於 Wi-Fi 之簡易裝置流程，提供得以輕鬆擴充之網路容量，使得 5G 企業專網更容易被部署、並將其活用於營運過程當中。除了 5G 網路帶來的超高速(eMBB)、低延遲(URLLC)及廣覆蓋(mMTC)等優勢外，NR-U 以下特色亦令人期待其往後發展：

- 擴大 5G 生態系：透過開放 5G 之頻譜限制，行動網路營運商(MNO)、多業務營運商(MSO)、無線網路服務供應商(WISP)以及 5G 專網營運商可被整合、納入生態系統內，授權頻譜將繼續作為行動寬頻之基礎，但免執照、共用頻譜將可令此生態系統擴大至更多的供應商、建置商。
- 多收發節點(multi-TRP)及多點協調(CoMP)傳輸：可提供於免執照頻譜內運行之物聯網應用服務更好的穩定度及更高的頻譜使用率。

1. 美國

FCC 已於 2020 年 4 月通過 6 GHz 頻段之免執照存取，為全球第一個開放之國家。如下圖所示，在 5925-7125 MHz 全頻段上，僅有室內低功率裝置可存取。標準功率執照則僅可於 5925-6425/ 6525-6875 MHz 此二頻段運行，並須使用頻率調和系統(AFC)進行控制，使免執照接取點可以在室內及室外傳輸。這些規則將有助於滿足對無線連接不斷增長的需求，並滿足 Wi-Fi 和 IoT 設備的預期增長，以允許免執照設備能更廣泛運用此頻段，同時保護既有服務，包括：微波鏈路、移動新聞收集（broadcast auxiliary service，廣播輔助服務）、衛星上行鏈路和數量有限的衛星下行鏈路。往後 FCC 亦將持續考慮新型超低功率設備之可行性，以利進一步擴大免執照頻段之應用。另外，由於 WRC-23 將討論是否將 7025-7125 MHz 作為 IMT 之中頻頻譜，故 FCC 將考慮透過加入 WRC-23 工作小組以倡議決策方向。

以下為針對室內低功率及標準功率之規範：

- 室內低功率：可接取 5925-7125 MHz 全頻段共 1,200 MHz 之頻譜，FCC 期待此段之開放可用於連接家庭及工商企業中之裝置，如智慧型手機及平板等，同時支援 IoT 之連網用途。由於無需使用 AFC 系統，為達使用者間之和諧共存須遵守以下規範：設備須使用內建之天線、不可改裝，且須基於競爭式協定(contention-based protocol)於室內以低功率營運。在功率限制部分，最大 EIRP 定為 30 dBm、而最大 EIRP PSD 則為 5 dBm/ MHz。

- 標準功率：僅可接取 5925-6425/ 6525-7125 MHz 此二頻段共 850 MHz 之頻譜，主要將支援於室外之熱點網路、偏鄉寬頻建設及網路能力升級之用途。由於功率較高，須透過 AFC 系統協調，於指定之地理區域及可用之頻率內提供接取。功率限制為最大 EIRP 36 dBm、最大 EIRP PSD 為 23 dBm/MHz。

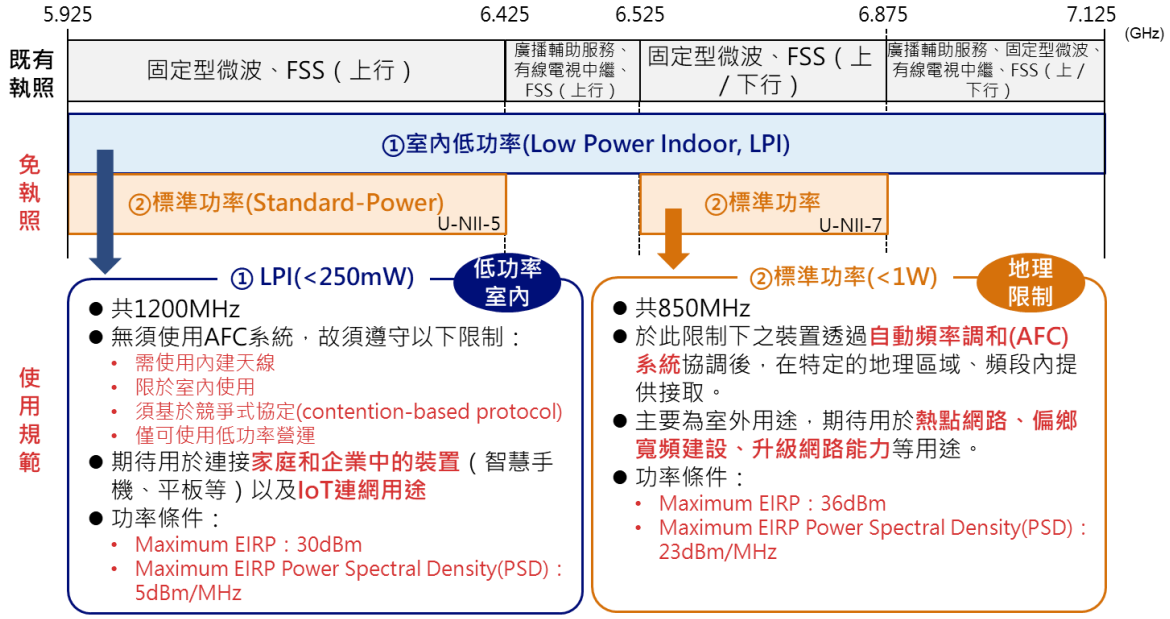


圖 68 美國 6 GHz 免執照頻譜開放概要

資料來源：FCC “Unlicensed Use of the 6 GHz Band: Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking”，本計畫製作

承上所述，FCC 要求標準功率設備於 6 GHz 免執照接取時以自動頻率調和(AFC)系統協調，進而連接至可用之頻率並設下發射功率之限制，達到各裝置之和諧共存並去除有害干擾。由於 5.945-6.425/ 6.525-7.125 GHz 之既有執照用戶包括固網、行網、點對點微波及固定衛星服務(FSS)等非聯邦用途業務，開放免執照存取之但書為和諧共存且不造成有害干擾。

如以下示意圖所呈現，標準功率接取點須搭配 AFC 系統去除對 6 GHz 既存用戶之有害干擾，該系統將基於地理位置及頻率使用區域建立保護區，透過此機制可使更高功率的裝置於室外運行。首先，AFC 為制定系統之營運商（如 Federated Wireless）據此而開發的一切政策和程序，為單一或多個透過同一營運網路連結的接取點網元設備（如標準功率接取點及固定用戶終端）進行註冊、認證及授權，並根據 FCC 擬定之傳播模型及干擾保護標準，為標準功率接取點及固定用戶終端於其所在位置的頻率範

圍內提供可供連結的頻率及最大使用功率，最後於 FCC 通用許可數據庫(Universal Licensing System, ULS)中獲取應保護之頻率範圍及可接取頻率之最新資訊。

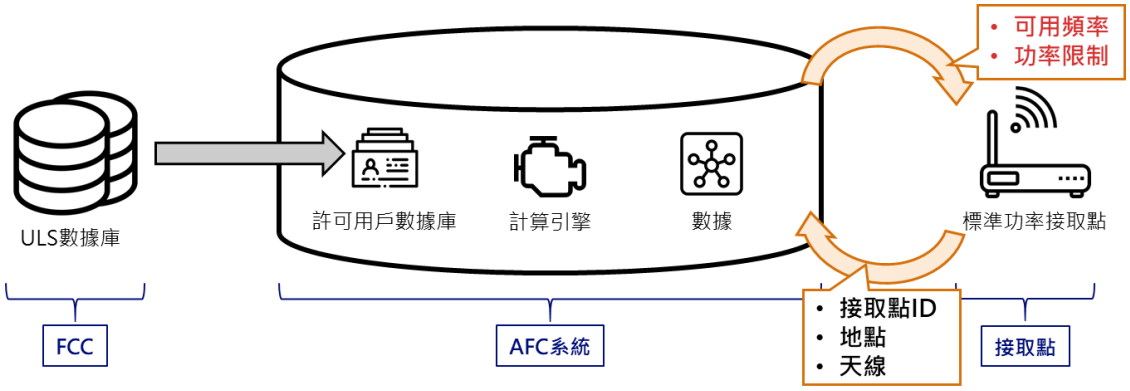


圖 69 美國自動頻率調和(AFC)系統示意圖

資料來源：FCC “Unlicensed Use of the 6 GHz Band: Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking”，本計畫製作

以上決定將改變 Wi-Fi 技術現有之應用，並在物聯網、連接設備、機器、儀表、可穿戴設備、智慧電視和其他消費性電子產品以及工業自動化和製造業的增長中扮演重要角色。與此同時，美國 FCC 之監管手法將確保已於 6 GHz 頻段內營運之廠商得到保護以防有害干擾，相關技術標準及規範已於 2020 年 4 月公告之”Unlicensed Use of the 6 GHz Band: Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking”進行討論。點對點微波、電子新聞採集以及衛星服務，將受到此保護而可免於潛在的有害干擾。

關於 Wi-Fi 6 及 5G NR-U，以下參數及條件皆為兩技術所共同必須遵守：

- 最高頻寬：320 MHz。
- 頻帶外發射(Out of Band Emission, OOBE)：任何於 5.925-7.125 GHz 頻帶外之發射不可超過-27 dBm/MHz 之

等效全向輻射功率(Equivalent Isotropically Radiated Power, EIRP)，且於頻道邊緣外之功率頻譜密度(Power Spectral Density, PSD)須於 1 MHz 處減少 20 dB、於頻道中心 1 頻帶處減少 28 dB、並於中心 1-1.5 頻帶處減少 40 dB（於這些點中內插）。

- 標準功率 Wi-Fi (EIRP < 1W)：在協調後的基礎上以預定頻率於存取點營運可避免既有微波接收器受到有害干擾，並使該頻率通用於存取點。
- 室內低功率(LPI) Wi-Fi (EIRP < 250mW)：可藉建築架構避免潛在干擾信號，因此限制為室內。
- 極低功率(VLP) Wi-Fi (EIRP < 25mW)：直接營運並不會造成微波接收器之有害干擾。

2. 英國

英國 Ofcom 於 2020 年 7 月公告“Improving spectrum access for Wi-Fi: Spectrum use in the 5 GHz and 6 GHz bands”，決議僅開放較低頻的 5925-6425 MHz 作為免執照存取之頻段，並可分為以 3 段 160 MHz 或 24 段 20 MHz 之頻寬進行總計 500 MHz 頻寬之接取。於室內使用時設備功率限制為 250 mW，室外則需使用 VLP，功率不得超過 25 mW。此一公告除了開放免執照外，亦取消了 5725-5850 MHz 過往需使用動態頻率選擇(Dynamic Frequency Selection, DFS)系統 Wi-Fi 才可接取之規定。作為此決議之後續發展及相應措施，應可期待英國及 Ofcom 亦將於往後開放 6425-7125 MHz 之額外頻譜以供應其他免執照技術。

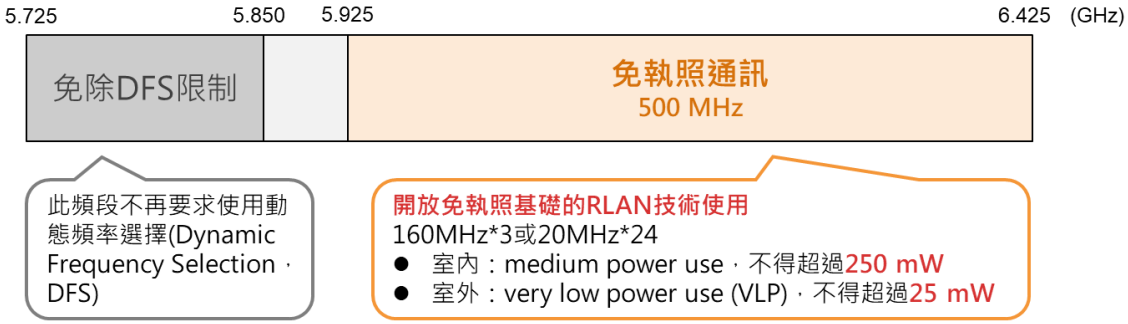


圖 70 英國 6 GHz 免執照頻譜開放概要

資料來源：Ofcom “Improving Spectrum Access for Wi-Fi: Spectrum Use in the 5 GHz and 6 Ghz Bands”，本計畫製作

3. 歐盟

歐盟國於 6 GHz 免執照此議題上首先由歐盟執委會(European Commission)於 2020 年 11 月通過一項行政命令，要求以歐洲郵政與電信管理會議(CEPT)於 5.945-6.425 GHz 頻段之研究成果為基礎，公告免執照使用之技術規範，並要求免執照存取之 WAS/RLAN 設備須遵守非排他、不造成干擾及不加以保護之準則。相關決議已於 2021 年 6 月 17 日正式公告，並要求所有會員國皆須於 2021 年 12 月前開放較低頻之 5945-6425 MHz 供免執照接取使用，而德國之 BNetzA 則已於 2021 年 7 月公告該頻段之釋出，為歐盟國內第一個發表之成員國。針對往後之規範，在小於 23 dBm 之 LPI 部分將限制為室內使用，但具有金屬塗層窗戶以減低干擾之火車、飛機及其餘交通工具內亦可使用。功率限制上，最大 EIRP 須小於 23 dBm、最大 EIRP PSD 則須小於 10 dBm/MHz。在極低功率方面，預計除了無人機外之各種可攜式裝置皆可接取，並設下最高 EIRP 小於 14 dBm 及最高 EIRP PSD 小於 1dBm/MHz 之限制。

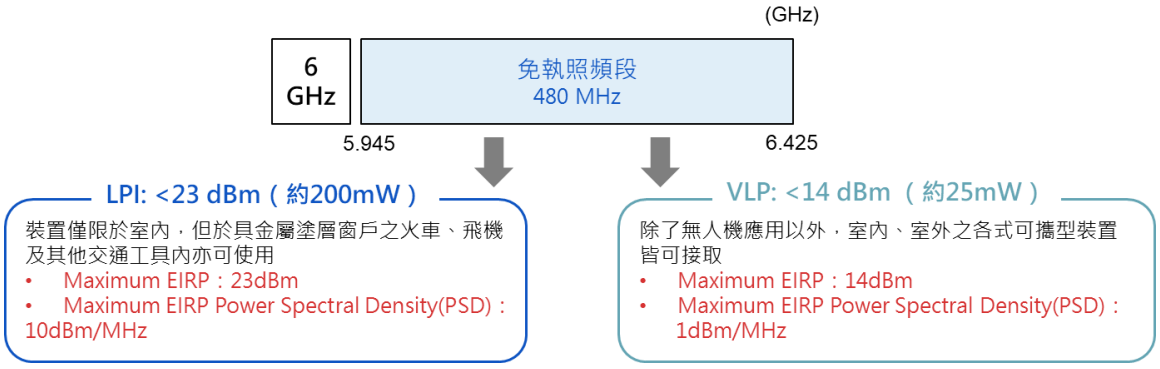


圖 71 歐盟 6 GHz 免執照頻譜開放概要

資料來源：CEPT “ECC Decision (20)01: on the Harmonised Use of the Frequency Band 5945-6425 MHz for Access Systems Including Radio Local Area Networks”，本計畫製作

4. 韓國

韓國的 MSIT 於 2020 年 10 月發布「實現具有 5G 行動通信性能之下一代 Wi-Fi」，為全球繼美國後第二個釋出 6 GHz 全頻段免執照接取之國家。只要功率不超過 250 mW，任何裝置都可於室內自由使用共計 1.2 GHz 頻寬之該頻段，預計將導入於室內人口稠密處、大型咖啡館、學校及車站等，將可解決 Wi-Fi 干擾及擁塞之通訊狀況。至於設備之間的連結，如網路共享及熱點，則皆僅限於 5925-6445 MHz 使用，而不論室內、室外皆可接取；在此頻段上將用以支援 5G 行網之擴展功能，以促進創新應用及服務之導入，例如：利用 Wi-Fi 6 支援 AR/VR 等終端設備與 5G 網路進行連結。此外， MSIT 亦已著手相關規劃，於今(2021)年開始推行與 Wi-Fi 6 相關及商化支持之示範專案，促進中小企業對此進展的興趣，並提供頻率以活化 6 GHz 頻段之利用。除了支持中小企業間之技術收購和初步市場規劃外，同時亦補貼 Wi-Fi 相關設備之中小型製造商的無線電認證成本，旨在全方位的協助該產業發展，以利各行號之早期商業化及市場准入，為韓國於此議題上建立競爭性優勢。

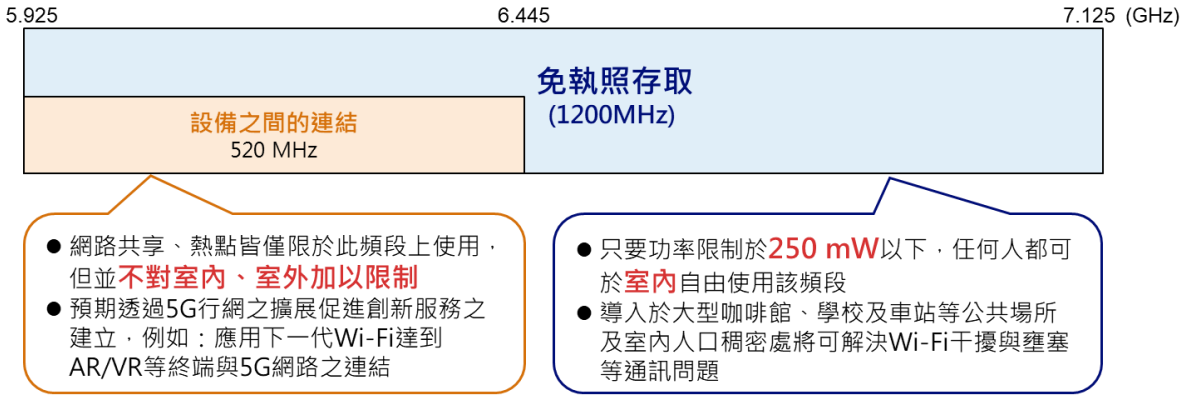


圖 72 韓國 6 GHz 免執照頻譜開放概要

資料來源：MSIT 「實現具有 5G 行動通信性能之下一代 Wi-Fi」，本計畫製作

5. 小結

自今(2021)年起，有越來越多國家逐步跟進前些標竿之腳步，不論是開放部分或是全部之 6 GHz，已可見到至少於較低部分之 5925-6425 MHz 被大多數地區規劃為免執照存取，在全球設備通用的基礎上將不會有無法使用之情形。

值得注意的是，計畫團隊發現目前尚未有國家規劃於 6 GHz 免執照存取頻段上同時開放標準功率、LPI 及 VLP。但於調研過程中，發現了加拿大事實上正針對該頻段開放給三種功率之設備接取進行規劃。以下為其創新、科學與經濟發展部 (Innovation, Science and Economic Development Canada, ISED)研擬中之規定：

- 標準功率(小於 36 dBm)：使用範圍為 5925-6875 MHz（共 950 MHz），並須藉由 AFC 系統協調，功率限制為最大 EIRP 小於 36 dBm、最大 EIRP PSD 小於 23 dBm/MHz；於仰角大於 30 度時除須使用仰角遮罩外，最大 EIRP 亦不得超過 125 mW。
- LPI（小於 30 dBm）：可接取 5925-7125 MHz 全頻段共 1200 MHz 頻寬，無須使用 AFC 系統，但僅得於室內

使用，功率限制為最大 EIRP 小於 30 dBm、最大 EIRP PSD 小於 5 dBm/MHz；須基於如 LBT 之競爭式協定。

➢ VLP（小於 14 dBm）：可接取 5925-7125 MHz 全頻段共 1200 MHz 頻寬，無須使用 AFC 系統，室內或室外皆可使用，功率限制為最大 EIRP 須小於 14 dBm、最大 EIRP PSD 小於-8 dBm/MHz；須基於如 LBT 之競爭式協定。

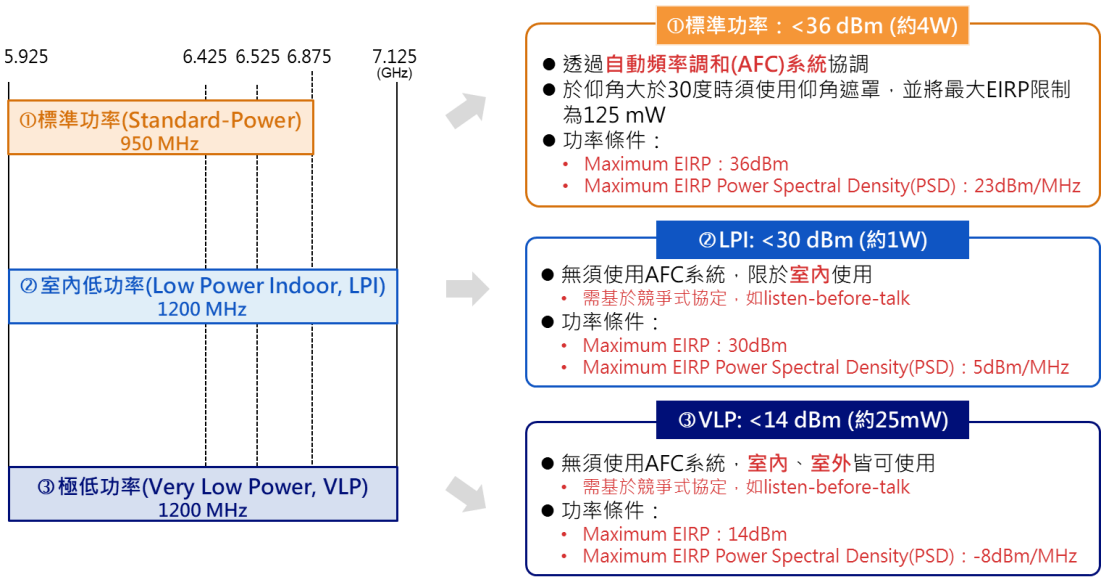


圖 73 加拿大 6 GHz 免執照頻譜開放概要

資料來源：ISED “Consultation on the Technical and Policy Framework for Licence-Exempt Use in the 6 GHz Band”，本計畫製作

下圖為計畫團隊彙整各國於 6 GHz 免執照頻段之最新規劃，橘色區塊為標準功率設備、紅色區塊為室內低功率(LPI)設備、藍色區塊則表示極低功率(VLP)設備。在國際 6 GHz 免執照存取的開放趨勢上，僅有美國、韓國及巴西完全開放 5.925-7.125 GHz 共 1200 MHz 頻寬；而巴西則是決議不論 LPI 或 VLP 皆可完整接取 6 GHz 頻段。在歐洲的部分，不論英國或歐盟都僅先針對較低的 5925-6425 MHz 頻段，現階段而言亦未有開放標準功率設備之打算；惟歐盟尚未決議最終框架，可預期於年中過後將有更明確規範。鄰近的日本則尚未有具體規劃，但總務省已要

求一般社團法人電波產業會(Association of Radio Industries and Businesses, ARIB)之無線區域網路工作小組整合產業對於 6 GHz 的要求，目前仍處於技術檢討之階段。至於中國大陸，工信部於 2021 年 5 月之 ITU 亞太頻譜管理會議中則表明目前未有釋出 6 GHz 為免執照頻段之規劃，往後該頻段將列為其 5G 重點發展頻段。

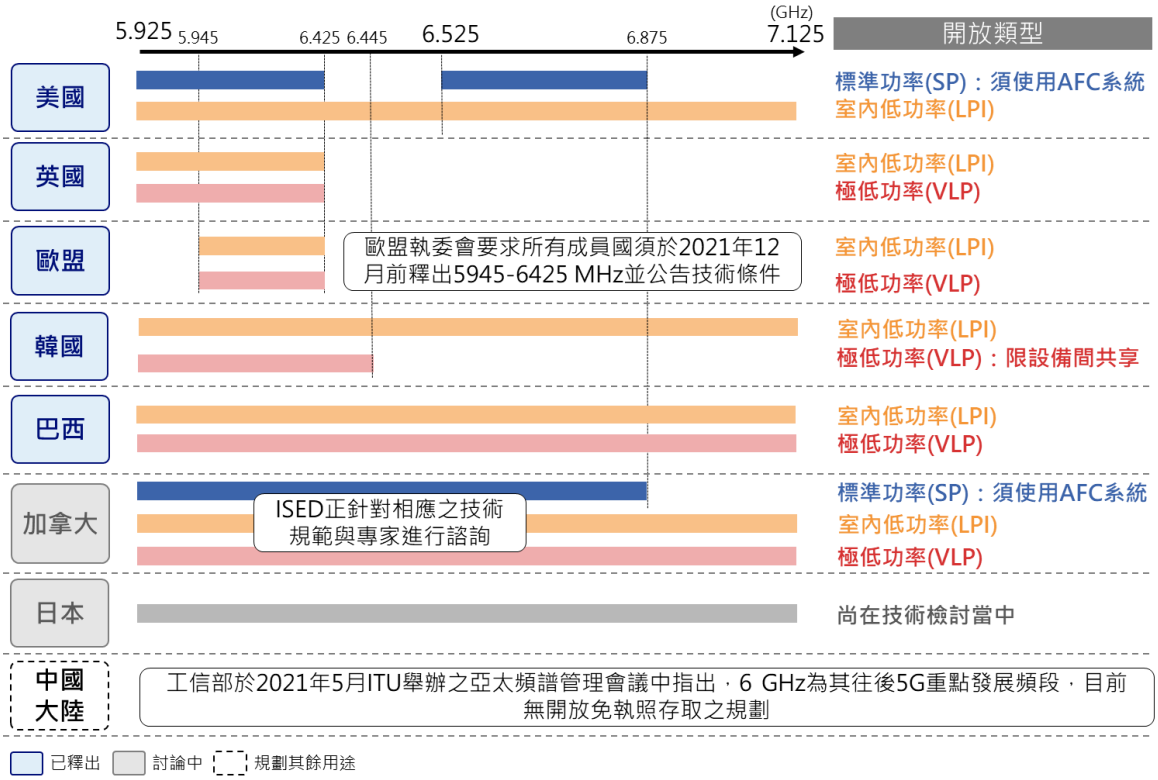


圖 74 國際 6 GHz 頻段開放現況

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

除了美國、加拿大開放標準功率裝置並要求使用 AFC 協調外，多數已有規劃之國家仍暫以 LPI 及可於室內外運行之 VLP 為 6 GHz 免執照接取之主要裝置。由下表可見，美洲國家多將 LPI 裝置又細分為接取點(Access Point, AP)及客戶端(Client)，前者之功率限制為須小於 30 dBm（約 1 W），後者之功率則須小於 24 dBm（約 250 mW）。歐盟國不論於 LPI 或 VLP，其功率限制皆為目前蒐集到之資訊中最小的，分別是須小於 23 dBm（約 200 mW）及須

小於 14 dBm（約 25 mW）。

表 22 國際 6 GHz 免執照存取功率限制彙整表

已釋出 討論中

國家	標準功率	室內低功率(LPI)	極低功率(VLP)
美國	<36 dBm （約4W）	Access Point (AP)<30 dBm（1W） Client<24 dBm（250mW）	-
英國	-	<24 dBm （250mW）	<14 dBm （25mW）
歐盟	-	<23 dBm （200mW）	<14 dBm （25mW）
韓國	-	<24 dBm （250mW）	<14 dBm （25mW）
巴西	-	Access Point (AP)<30 dBm（1W） Client<24 dBm（250mW）	<17 dBm （50mW）
加拿大	<36 dBm （約4W）	Access Point(AP)<30 dBm（1W） Client<24 dBm（250mW）	<14 dBm （25mW）

需使用AFC　　需使用競爭式協定

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

最後，由於新型冠狀病毒肺炎(COVID-19)之大流行，大部分國家及地區都已採用遠端上班(work from home)及數位教學(digital learning)以遏止疫情惡化，居家網路環境及無線服務更顯其重要性。尤其是視訊會議、遠端課程等線上影音服務，其高流量之需求將可藉 5G NR-U 及 Wi-Fi 6 技術，使人們在家也能享受到高品質的網路。為了使人們在防疫、居家隔離的同時亦能保有生產力，將會有越來越多受 COVID-19 衝擊的國家逐漸跟進擴增 6 GHz 免執照使用之頻譜資源。

二、 我國頻譜規劃建議

在我國頻譜政策規劃方向部分，團隊會針對商用電信頻譜、專用電信頻譜以及免執照頻譜的規劃分別提出建議，此些建議作為「無線電頻率供應計畫」與「中華民國無線電頻率分配表」修正建議，協助規劃單位與各界進行協調與相關行政程序。

(一) 商用電信頻譜

在商用電信頻譜的建議當中，本計畫主要針對 5G 未來頻譜需求進行討論，提出我國 5G 後續階段頻譜規劃建議。在商用電信頻譜的釋出原則當中，團隊認為在頻譜國際和諧之前提條件，需要考量到設備裝置成熟度、國際商轉情形與我國現況三個面向。針對裝置設備成熟度的面向當中，需要評估設備以及可支援裝置的數量，前者會影響服務提供者建置網路的成本；後者決定該頻段是否能被有效利用，最終都會影響民眾取得通訊服務的可近性。針對國際商轉情形，團隊認為主要市場以及鄰近國家是必要觀察的兩個對象，前者考量在開放式網路架構的發展下(Open-RAN)，我國資通訊的硬體設備是否能在滿足主要輸出國家的同時，亦滿足我國市場之需求，達到最大的規模經濟；後者則考量到現階段許多技術以及應用正在發展與驗證階段中，如果在頻譜規劃上能夠與鄰近國家一致的情況下，將有助於國際合作的發生，並藉此加速我國產業打進全球的供應鏈當中。而最後，還是要評估我國現況，包含頻譜效率與清移頻的可行性。根據上述面向的考量評估，延續在頻率供應計畫的定義，將頻率分為短、中、長期三階段的釋出規劃：

- 短期：已建立國際標準規格、設備已可取得或預計可取得，且使用需求明確，預計將於三年內釋出或政府已展開相關整備規劃工作之頻段
- 中期：政府將於三年內展開相關頻譜整備工作（例如：技術規格定義、與既有使用者之協調與定義清移頻方案等）之頻段
- 長期：根據目前掌握之國際發展趨勢、設備可取得性或國內實際需求尚未明確，將持續追蹤觀察並納為候選，尚不會進行相關頻譜整備工作或釋出規劃之頻段

圖 75 我國商用頻譜釋出原則

資料來源：本計畫製作

在前述的國際調研當中，團隊針對設備裝置成熟度及國際商轉情形進行盤點，而為了瞭解我國現況與需求，研究團隊於 110 年 8 月 26 日召開「我國頻譜政策暨下階段行動寬頻頻譜需求探討」座談會，針對未來商用頻譜（行動寬頻）需求，包含頻寬需求以及頻段規劃進行討論。在該會議上，國內的電信運營商表達對於 sub-6GHz 之需求，同時認為頻譜的釋出應要有充足的整備，避免因小頻寬的釋出造成頻譜規劃碎片化，並且需要有高低頻規劃的組合，以滿足對於涵蓋與高容量傳輸的需求。

單位	建議
台灣大哥大	• 我國行動寬頻目前仍以室內需求為主，尤其在疫情階段，許多企業面臨數位轉型之際，室內對於行動寬頻的頻寬有增無減，且sub-6 GHz之需求大於above-6 GHz。 • 目前應有數百萬的5G用戶，要考量到設備與終端的成熟度，頻段是既有用戶的終端可以立即支持的話，可以直接讓用戶使用而不用更換終端，是未來釋出頻譜時很實務的考量。 • 後續規劃n40 (2300-2390 MHz)、n77 (3700-4200 MHz)等如本身具有3GPP聚波載合(Carrier Aggregation, CA)標準之規範，業者可以藉此提高頻譜使用效率。 • 由初次5G釋照可見該次拍賣sub-6 GHz之頻率供給(270 MHz)遠小於需求，建議往後規劃須增加釋出多一點頻寬或頻段，可以取得較大頻寬避免頻譜破碎。 • n79的部分，中間有一個4.8-4.8GHz，前面4.4-4.7GHz供警消使用，希望可以了解後續的規畫，看是否有調整的空間。 • 3700-4200MHz是3.5GHz最熱門的部分，建議參考澳洲、美國透過移頻等方式，就行動寬頻的使用上對產業發展有利。 • 建議6425-7125 MHz頻段納入行動寬頻候選頻段。
中華電信	• 釋照的部分希望有更充足的頻率整備，高低頻一併釋出讓業者做更好的規劃和網路建設，可以兼顧涵蓋和速率等。 • 在未來近幾年還在應用、建設第一波釋出的頻段，若有需要增補的話，低頻段較有需求。目前台灣僅有700MHz及900MHz，對5G未來深度涵蓋、偏鄉普及對於低頻的擴充，建議把600MHz有優先處理的順序提高，另外針對n79的規劃，看是否有機會調整成連續、較大頻寬，在使用上較有效率。

圖 76 電信運營商對於後續 5G 頻譜釋出之看法

資料來源：本計畫製作

綜整上述國際調研成果與國內現況的掌握，團隊根據 109 年 9 月公告的頻率供應計畫中針對行動通信所表列的頻段，提出優先順序的調整建議。針對 sub-6GHz 之頻段，目前潛在釋出頻段包含 n71(632-652/678-698MHz)、n40(2350-2390MHz)、n77(3700-4200MHz)、n79(4700-4800MHz、4900-5000MHz)四個候選頻段，其中 n71 及 n40 在 5G 設備以及裝置的成熟度較低，國際的商轉經驗亦不高，因此雖然國內無線有使用者，但優先順序仍維持長期。n77 為目前爭議最大之頻段，原因在於其為國際 5G 頻譜的熱門頻段，相關設備成熟度高，在我國的使用需求亦高，但該頻段目前尚有衛星廣播電視使用中，需等期限屆滿或與既有使用者達成共識才有釋出之可能，建議持續進行共享可能性之協調，而考量到頻率供應計畫的法規效力，建議維持長期規劃。目前 n79 的既有使用者已配合政府之決議，開始進行相關移頻之準備，因此在優先處理順序上建議更新為短期規劃。

針對 above-6GHz 之頻段，有鑑於我國第一波 5G 頻譜釋出時毫米波頻譜沒有完全拍賣完成之狀況，可見國內目前對於毫米波

頻譜的需求尚小，且設備成熟度及國際商轉情形亦較低，因此建議列為長期處理頻段，持續觀察國際發展趨勢與我國需求再行調整。

潛在釋出頻段 (MHz)	名稱	5G設備/裝置成熟度	國際商轉情形	我國現況	處理優先順序
632-652 678-698	n71	低 / 低	• 美國、香港規劃中	無既有使用者	長
2350-2390	n40	低 / 低	• **英國已釋出** • 韓國預計2021年底釋出	無既有使用者	長
3700-4200	n77	高 / 高	• **美國、英國、日本已釋出** • 韓國預計2021年底釋出	有既有衛星廣播電視使用，需等期限屆滿或是與既有使用者達成共識	長
4700-4800 4900-5000	n79	低 / 高	• **中國、日本已釋出** • 香港預計2021年底釋出 • 新加坡預計2025年釋出	國內既有使用者正在進行清移頻	短
24250-27000	n258	中 / 低	• **美國、新加坡已釋出**	無既有使用者	長
37000-40000	n260	低 / 低	• **美國已釋出** • 韓國規劃中 • 新加坡開放供5G服務試驗	無既有使用者	長

圖 77 5G 後續階段頻譜規劃建議

資料來源：本計畫製作

(二) 專用電信頻譜

針對我國專用電信的頻譜規劃，本計畫主要聚焦於我國政府以及國營事業端目前專用頻譜使用課題。

在專用頻譜之規劃較不像商用電信的模式，商用電信在通訊技術的演進過程當中，為了滿足消費者會不斷衍伸新的頻譜及通訊需求，而規劃單位考量到消費者需求、產業發展、國際標準等等之因素，會定期進行商用頻譜供給之討論。然，在專用電信規劃上，由於使用單位較多，此些單位對於電信通訊技術掌握程度不一，加上實際上現場業務端與規管單位職責分割之關係，導致規管單位不一定能確切掌握現場端之需求的情況，且在研究團隊訪談的過程當中，亦觀察到各業務單位對於政府頻譜規劃、申請的機制不清楚，導致較難提出長期且符合需求的

最佳頻譜選項並確切使用。而作為頻譜的供給端的規劃單位除了無法一一掌握各業務別的頻譜需求外，在頻譜資源有限但整體的頻譜需求不斷成長情況下，如何使頻譜使用效益最大化，擬定最適化的頻譜規劃為其面臨之課題。

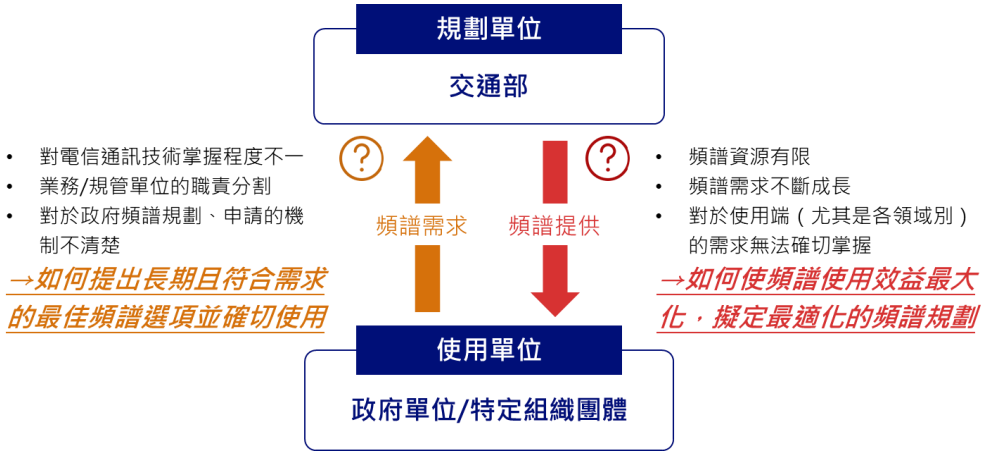


圖 78 專頻頻譜規劃課題
資料來源：本計畫製作

綜觀其他國家在頻譜規劃經驗上，從第二章第一節的標竿國家頻譜規劃方向的調研當中可以觀察到，多數國家積極討論如何將專用頻譜的使用更加效率化，尤其是強調市場競爭機制的國家，將專用頻譜透過共享的方式釋出給商業用途使用以促進產業的發展是其重要推動方向，包含美國在 CBRS 的規劃即是代表案例。此外，日本在去年的頻譜再分配行動計畫當中，亦強調頻譜及政府專用頻譜使用效率之檢討，其主要的方針是促使舊式系統轉移到新無線電系統，提高無線電功能，增進頻譜使用效率。

圖 79 總務省針對專用頻譜使用效率之檢討分針

資料來源：總務省「頻譜再分配行動計劃（令和 2 年修訂版）」、「頻譜再分配行動計劃（令和 2 年第二次修訂版）」，本計畫製作

為此總務省每年會針對 3THz 以下之頻譜使用狀況進行調查，項目包含具體的使用狀態以及其他通訊方式替代可能性等項目，目的即是為把握頻譜使用的正確現況，確保頻譜使用的透明性進而推動頻譜有效利用的策略。而在去年開始召開的數位變革時代的頻譜政策懇談會中亦成立政府用頻譜工作小組，針對政府專用頻譜議題進行現在與未來需求之盤點。其盤點的結果可分成該頻段具有其他用途的新需求，未來潛在供行動通訊或是無線 LAN 用途使用；另外一項則是目前主要使用類比方式的系統，未來總務省期望透過「推動數位化」的過程增加頻譜的使用效率。

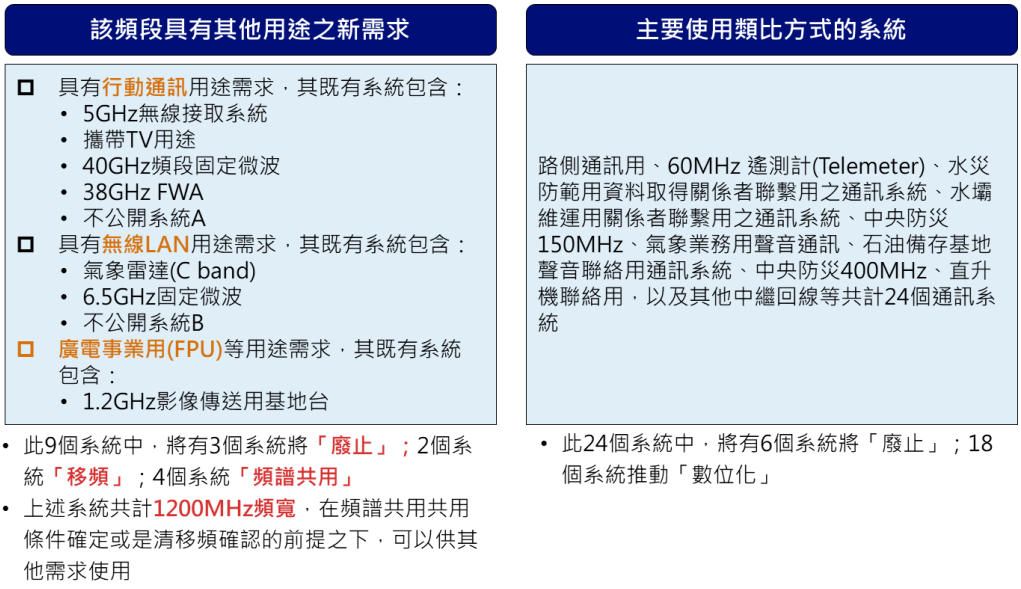


圖 80 總務省針對政府使用通訊系統現況之盤點
資料來源：總務省公開資料，本計畫製作

研究團隊認為在專用頻譜的規劃當中，「共享」的作法是其中一個解決方案，考量到我國頻譜規管機制與市場環境，不一定適用於我國，應該把重點放在過程當中如何掌握此些專用頻譜的使用現況與未來的需求。尤其在未來需求上，在整體頻譜需求增加的情況下，如何確保公部門頻譜使用需求能獲的滿足；以及面對通訊技術不斷更迭的過程中，解決從類比系統轉數位系統的過程當中產生的頻譜重新配置之課題。

為此，為掌握專用頻譜的使用現況與需求，進而回饋到頻譜規劃上，研究團隊於 4 月 28 日召開「我國政府專用頻譜使用現況與需求探討」座談會，當天與會的單位包含：內政部警政署警通所、交通部中央氣象局、交通部公路總局、交通部民航局、交通部高速公路局、交通部鐵道局、海巡署、農委會、台電公司、高捷公司、北捷公司、桃機公司以港務公司等 14 個機關與其幕僚/委託廠商與會，相關會議記錄請參見附件一。

研究團隊藉由簡要的新興通訊技術的演進方向分享帶領各單位進行討論。團隊將通訊技術於各業務單位的使用上分為共通型以及專用型兩類，通用型意旨各業務別可能都會使用到的通

訊技術，例如行動通訊、衛星通訊、中繼微波、無線電通訊、雷達感測等；而專用型技術強調在各領域當中專用之通訊技術，其通常皆有個領域別的國際標準與頻段分配須遵循，例如用於鐵道通訊的「未來鐵道行動通訊系統」(Future Railway Mobile Communication System , FRMCS)、緊急救難防災專用之公共保護與災害救助系統(Public Protection and Disaster Relief, PPDR)，或是現階段正在倡議階段的次世代航空通訊系統 AeroMACS 等。

圖 81 各業務領域使用的通訊技術

資料來源：本計畫製作

當天與會的單位多以利用低頻的位置作為窄頻無線電通訊使用為主，另亦包含中繼微波、backhaul 回傳、雷達感測等用途。而在軌道系的單位採 TETRA 技術做為鐵道通訊系統，用於營運調度相關用途；高公局目前利用 900MHz 用於國道電子收費系統與交控系統高功率電子偵測設備；台電公司使用 800MHz 供智慧電錶使用。

表 23 我國政府專用電信使用現況

單位	頻段(MHz)	用途
捷運系統（高雄捷運、臺北大眾捷運、桃園大眾捷運）	412-422	採TETRA技術，用於營運調度相關用途
交通部鐵道局	380	
交通部高速公路局	461-466	急難救援的搶修工作
	922-924	國道電子收費系統、交控系統高功率電子偵測設備使用
農委會林務局	155-165, 454-458	山區無線電通訊、防盜木、協同警方查緝
交通部公路總局	100	防、救災時的通訊
海洋委員會海巡署	380-400	DMR (Digital Mobile Radio)
內政部警政署警察通訊所	485-490, 500-505	無線電通訊
	4400-4700, 6000	微波
台灣電力股份有限公司	40/158/167/172/403	無線電通訊
	6425-7125 (U6)	微波
	S-band及X-band	港口及碼頭的雷達
	839-847	智慧電錶
交通部中央氣象局	多頻段	雷達感測
	HF	將感測站的小量數據傳回氣象作業

資料來源：「我國政府專用頻譜使用現況與需求探討」座談會，本計畫製作

而在未來的需求上，多數單位反應因應影像傳輸之需求出現，未來期望能有寬頻系統支持，進而可能產生新的頻譜需求，包含鐵道局近期在推動 5G 智慧鐵道、北捷以及海巡署亦有相關影像傳輸的需求。此外，亦有單位期待能夠透過 5G 垂直專網的系統建置，進行特定區域的場域營運。而在上述單位中，已有少數單位已開始進行規劃、實證。

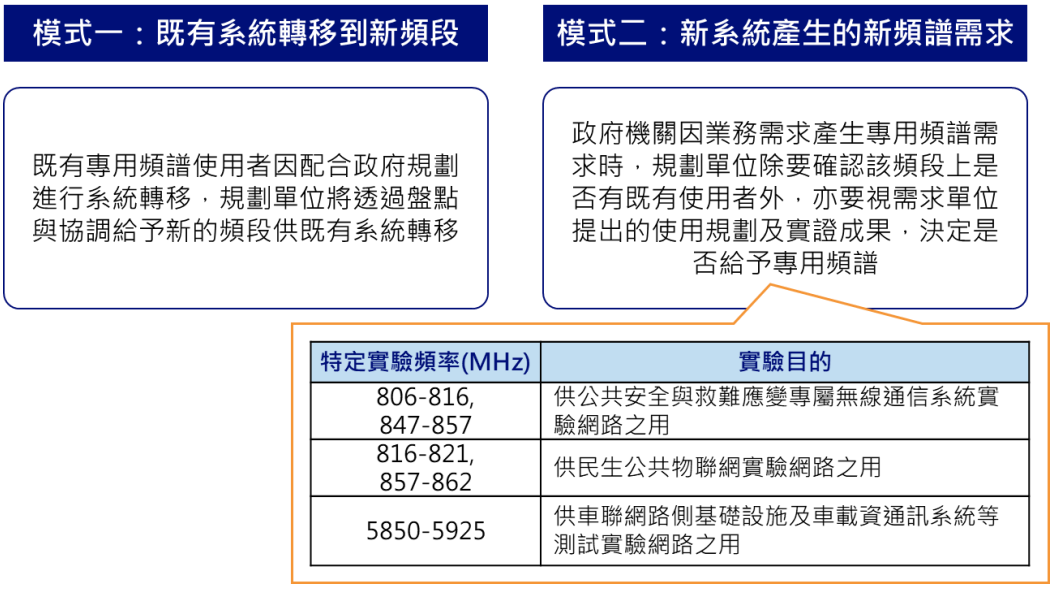
表 24 我國政府專用電信未來潛在需求

單位	應用需求	潛在頻段
鐵道局	5G智慧鐵道	800 MHz/1800 MHz 4.8-4.9 GHz
林務局	Backhaul傳輸	608-698 MHz
臺北大眾捷運股份有限公司	影像傳輸需求(目前的412-422 MHz段傳輸速度僅有28 kbps，且於地面下亦僅能以天線增加覆蓋率)	-
海洋委員會海巡署	寬頻無線電（海上通訊時具有影像傳輸需求）	-
台灣電力股份有限公司	場域營運	4.8 GHz

資料來源：「我國政府專用頻譜使用現況與需求探討」座談會，本計畫製作

綜整而言，在專用頻譜的規劃上可分為兩種模式，模式一為既有的系統因為配合政府的規劃進行系統轉移，在此情況下，規劃單位將透過盤點與協調給予新的頻段供既有系統轉移；模式二則是因新系統產生的頻譜需求，當政府機關因業務需求產生專用頻譜需求時，規劃單位除要確認該頻段上是否有既有使用者外，亦要視需求單位提出的使用規劃及實證成果，決定是否給予專用頻譜。目前我國在模式二的規劃上，藉由創新實驗頻譜的機制已在 109 年的無線電頻率供應計畫當中，表列了三段潛在專用頻譜的頻段，包含：

- 806-816, 847-857MHz：供公共安全與救難應變專屬無線通信系統實驗網路之用
- 816-821, 857-862 MHz：供民生公共物聯網實驗網路之用
- 5850-5925 MHz：供車聯網路側基礎設施及車載資通訊系統等測試實驗網路之用



特定實驗頻率(MHz)	實驗目的
806-816, 847-857	供公共安全與救難應變專屬無線通信系統實驗網路之用
816-821, 857-862	供民生公共物聯網實驗網路之用
5850-5925	供車聯網路側基礎設施及車載資通訊系統等測試實驗網路之用

圖 82 專用頻譜規劃模式

資料來源：本計畫製作

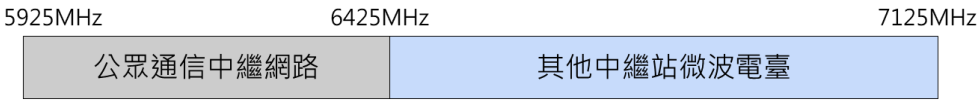
而透過座談會的舉辦可以觀察到整體公部門的通訊需求逐漸由窄頻轉向寬頻系統，亦屬於模式二。然在轉換的過程中，從通訊技術、應用情境、使用頻段，到未來的建置、維運模式等等的釐清與確認，對於使用者而言都是很大的挑戰。因此建議各具有需求的政府單位可以積極與主管機關進行討論，並透過實驗的方式，除驗證可行性之外，亦可藉此創造更多應用情境。

此外，我國在頻譜規劃的方針上，會在有明確需求與使用衝突時才會有清移頻的規劃，並不會隨意要求使用者進行清移頻的動作，因此若是有預期的規劃時，建議各單位可以盡早提出，以便規劃單位可以及早進行規劃與準備。尤其是我國在頻譜的使用上基於先申請先取得之原則，加上一般商用電信取得使用後，期程通常為 10 至 15 年，主管機關亦無權要求變更。

最後，雖然各專業領域內都有國際上應用頻段之趨勢，然而尚須考量各國電信及頻譜分配的狀況，在無法與大多國家使用相同頻段的情形下，在我國頻譜規劃上應也可尋得具相似頻率特性之頻段供使用。透過座談會的舉辦，也讓各單位了解我國頻譜規劃相關單位與流程機制，因此團隊亦建議未來各單位若具有專用頻譜的需求時，除了考慮欲使用的頻段外，亦可與相關主管機關進行討論，尋求可供新技術使用之頻率。

(三) 免執照頻譜

近期在免執照頻譜的議題主要針對 6GHz 之開放，在第二章第二節當中已針對國際目前 6GHz 開放的現況與規範進行盤點，而我國目前在 6GHz 的分配上遵循 ITU 第三區域之規則，主要用途為固定、衛星固定以及行動，並規劃 5925-6425MHz 供公眾通信中繼網路；6425-7125MHz 供其他中繼站微波電台使用，核配給內政部、台灣電力股份有限公司、財團法人中央廣播電臺、無線電視台等單位。



既有使用者包含：內政部、台灣電力股份有限公司、財團法人中央廣播電臺、無線電視台等

圖 83 我國 6GHz 主要用途

資料來源：中華民國無線電頻率分配表，本計畫製作

為此，交通部已於去(109)年 6 月發布「交通部規劃 5925-7125MHz 作為和諧共用頻段諮詢文件」，共收到來自國內外的建議回饋。面對連網需求的增加，各界 6GHz 的開放將能舒緩 2.4GHz 以及 5GHz 免執照頻段壅塞免執照頻段之議題，然在 6GHz 開放上仍存在不同立場之意見。首先，設備、晶片的相關的產業界中，Wi-Fi 聯盟預測 2023 年 Wi-Fi 的全球經濟總價值將接近 3.5 萬億美元，並預期在於 2021 年前將有超過三億個 Wi-Fi 6E 裝置上市；而相關設備、晶片商認為，預期於 2020 年底前，LPI 裝置（含消費者等級存取點和客戶裝置）將流通於美國與其他幾個國家，於 2021 年 LPI 裝置之應用將迅速提升，包括商用存取點，並於來年持續快速增長，而我國網通廠商配合國外市場的需求，亦已投入 WiFi 6E 之 WiFi Router、WiFi Mesh 等裝置開發生產。然，在後半的 6425-7125 MHz 同時為 WRC-23 IMT 討論之頻段，行動通訊運營商以及設備業者擔心開放 6GHz 免執照頻譜之開放可能造成 IMT 頻譜的碎片化，建議視 WRC-23 的會議結論再決定是否開放。

同時，如同上述提及目前使用者包含包含政府、公共事業以及其他私部門，為避免造成業務的困擾，多數不支持頻段的開放，若要開放亦建議先以 5925-6425MHz 為主。

因此在參考國際趨勢及公開諮詢結果，將先規劃第一波開放 5925-6425MHz 供室內 LPI 使用，6425-7125MHz 則視接下來的國際發展趨勢再行決定。

國家/地區	開放類型	功率規範
美國	LPI	AP<1W、Client<250mW
	標準功率	<4W（需具AFC系統）
英國	LPI	<250mW
	VLP	<25mW
巴西	LPI	AP<1W、Client<250mW
	VLP	<50mW
韓國	LPI	<250mW
	VLP	<25mW
CEPT	LPI	<200mW
	VLP	<25mW
加拿大	LPI	AP<1W、Client<250mW
	標準功率	<4W（需具AFC系統）
	VLP	<25mW

圖 84 我國 6GHz 規劃建議

資料來源：本計畫製作

第二節、我國交通產業跨域發展建議

一、標竿國家 ITS 發展方向與現況

在交通產業跨域的議題上，研究團隊鎖定交通產業與資通訊產業間的跨域，亦即智慧運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)進行討論，盤點標竿國家在智慧交通議題上的推動方向與方式，並鎖定車聯網技術及其應用發展趨勢進行研析。目前車用無線通訊技術(Vehicle-to-Everything, V2X)可再細分為 C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)及 DSRC (Dedicated Short Range Communications)，其中 C-V2X 是基於蜂巢式網路之通訊技術演進所形成之車用技術，為 3GPP 所訂立之全球標準並廣受設備製造商及電信商所支持，由於可同時支援短距、長距之通訊，此一於傳輸距離上之彈性給予駕駛人更多反應時間去應對路況，再加上於高速狀態下仍能維持穩定的連網狀態以達成即時訊息之更新，被認為是 5G 發展中智慧交通的核心技術。另一方面， DSRC 則是基於 IEEE 的網路協定 802.1p，主要用以支持短距離之通訊，因發展較久，技術及廠商經驗都

已成熟，好處為不須投資大型網路基礎設施；但缺點為須透過搭配路側單元(Road-Side Unit, RSU)才可將訊息成功傳輸至車載單元(On-Board Unit, OBU)，故有較高成本門檻。

C-V2X 技術中又可再分為須利用電信業者商用頻譜與基站之 LTE-V-Cell（網路通訊）及不須經由基站直接接取 5.9 GHz 頻段之 LTE-V-Direct（直接通訊），國際上多處於研發測試階段。LTE-V-Cell 可直接利用電信業者之基地台，支援之應用包括導航、遠程監控、緊急救援及車載資訊及娛樂服務等等，例如：在交通意外發生時，主管道路之機關可於接收相關訊息後，透過雲端傳送車輛緊急通道之需求，而該需求再透過雲端傳至受影響車輛之導航系統，於其車載螢幕上顯示有關緊急車輛通道之提醒。LTE-V-Direct 之應用包括車輛監控管理及交通事故避免等，包括路口碰撞、行人接近車輛時之危險示警以及交通號誌餘時提醒等功能。

在全球已有許多由車廠、設備製造商、系統整合及電信業者組成之車聯網產業聯盟，例如致力於 5G C-V2X 研發及推廣的 5GAA (5G Automotive Association)，以及汽車邊緣計算聯盟 (Automotive Edge Computing Consortium, AECC)；AECC 之成員包括各產業領導廠商，包含 Toyota、Intel、Ericsson、NTT、KDDI 及 Cisco 等，期望透過邊緣運算提高網路能力，以提升效率並減少資料傳輸往返雲端之時間及網路通訊成本，進而為駕駛人提供更精準的車輛及數據面等輔助功能。

隨著可支援 5G 之 NR-V2X 標準 R16 於 2020 年 6 月完成，有越來越多國家將其指定為 5.9 GHz 車聯網技術；此次標準化亦使 5G-V2X 可與 LTE-V2X 及 LTE-eV2X 技術相容、互補。此外，在應用方面，C-V2X 也逐漸擴展多樣之服務，並由訊息傳輸進入到交通安全及效率等層面，並將逐漸往自動駕駛協作服務之應用方向前進。加入 5G 性能後，5G-V2X 即便於高速環境下也可享有高容量、高可靠性與低延遲等性能，亦可與 LTE-V2X 於同一頻段內共存並與搭載 LTE-V2X 之車輛溝通。

3GPP 目前揭示之應用案例包括車隊行駛、先進駕駛、感測器輔助、遠端駕駛等四領域。

由於目前的兩大車聯網技術標準 DSRC 及 C-V2X 中的直接通訊都是以 5.9 GHz 頻段為主，然各國技術標準之決定及建設規劃上皆有差異，也由於該頻段同時也可作為空對地之衛星通訊使用，故亦有部分國家針對衛星通訊與車聯網之和諧共存進行探討。以下將分別針對美國、中國大陸及新加坡等車聯網技術取得進展之標竿國家進行探討。

(一) 美國

美國運輸部(Department of Transportation, DOT)為推動 ITS 等相關新興技術與應用，設立研究與技術發展秘書辦公室(Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, OSTR)，致力於新興技術、交通數據、政策、研究之發展。而 OSTR 底下設有不同部門，其中智慧運輸系統聯合專案辦公室(The Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, ITS JPO)，負責領導智慧運輸系統中協作與創新的研究、開發以及推動，以改善人員和貨物的安全與移動性；研究、開發與科技辦公室(Office of Research, Development & Technology) 負責部內協調、促進和審查 DOT 中關於研究、開發和技術 (RD&T) 方面的投資。此外， DOT 認為其是頻譜與通訊的重要使用者，因此透過「定位、導航與時刻及頻譜管理(Positioning, Navigation and Timing(PNT) & Spectrum Management)」辦公室，負責 PNT 及相關頻譜政策以確保運輸網路的安全性、機動性和效率，並涉及支持多聯式運輸應用(multimodal)的跨領域技術，最重要的是提出相關 DOT 內部的頻譜需求資訊與建議作為 DOT 與 NTIA 及 FCC 討論之基礎。

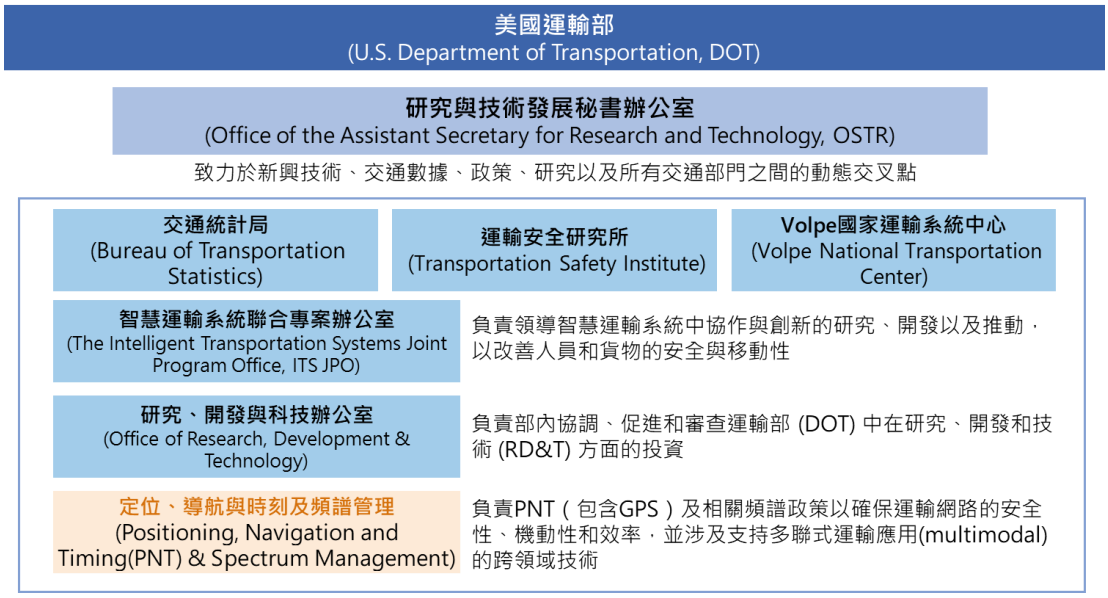


圖 85 美國運輸部推動 ITS 相關組織分工
資料來源：DOT 公開資料，本計畫製作

DOT 在此基礎上於 2019 年發布”Future Spectrum Requirements：An Analysis of Transportation Spectrum Needs 2019 through 2033”，搭配其本身的交通發展戰略強調安全、基礎設施、創新以及問責的發展方向中，提出 DOT 的頻譜戰略目標，包含要保護頻譜避免遭受有害的干擾、確保頻譜的可用性以符合現有及未來的交通需求、鼓勵無線通訊的使用、促使在交通相關活動中使用非聯邦頻譜、增加頻譜使用效率並最大限度地減少頻譜占用以及減少實驗過程當中對於單點系統的監管負擔。

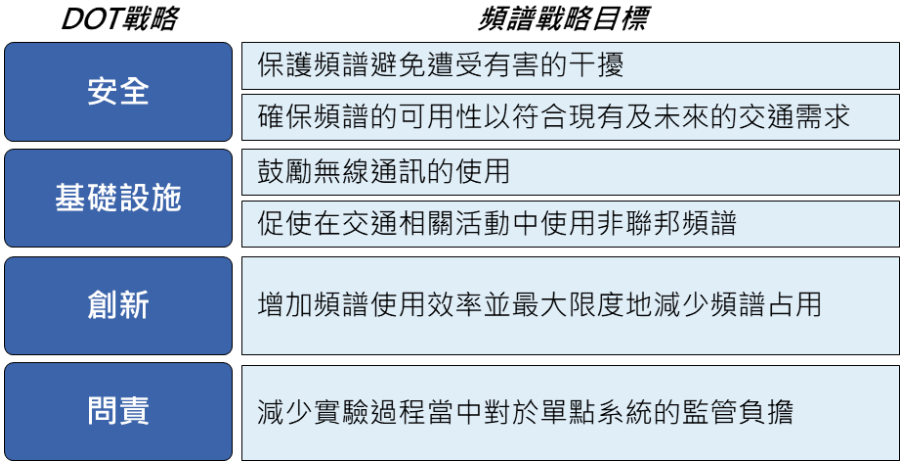


圖 86 DOT Future Spectrum Requirements 之概要

資料來源：DOT 公開資料，本計畫製作

而在 5.9GHz 之規劃上，美國的 5850-5925 MHz 頻段早已分配給非聯邦移動服務，包括僅限用於智慧運輸系統(ITS)的短程通信專用服務(DSRC)，該頻段也主要分配給聯邦無線電定位服務，因此 DSRC 路側單元(RSU)須接受指定軍事設施 75 公里範圍內來自聯邦之干擾並與之協調。其他既存使用者亦包括固定衛星服務(FSS)以及室內之工業、科學與醫學(ISM)服務。包括業餘無線電緊急數據網路營運商(AREDN)在內的業餘無線電營運商，可以免執照的方式以輔助容量使用此頻段。然於 2019 年底，FCC 提出將為免照設備及運輸、車輛安全相關應用創造單獨的頻段，將 5.8 GHz 之下緣 45 MHz (5850-5895 MHz)用作包括 Wi-Fi 在內的免執照頻譜，而上緣之 30 MHz (5895-5925 MHz)則用於汽車安全相關技術。

而在技術使用面，由於過往規定該頻段只能使用 DSRC 技術之，然釋出多年後亦未見 DSRC 之大規模佈建，可見頻譜未被有效使用。為此，FCC 於 2020 年之“First Report and Order, Further Notice of Proposed Rulemaking, and Order of Proposed Modification, FCC 20-164”中，修改了 5895-5925 MHz 之規範，指出 30 MHz 之頻寬足以支持安全相關之車聯網應用，並決定將該頻段限 C-V2X 技術使用。此決議同時獲得 Ford 等車

廠之支持，該些汽車製造商認為 C-V2X 應為產業主要發展趨勢，往後之應用能更有效率地提升道路安全性。

目前 C-V2X 之申請方式與先前 DSRC 一致，任何公部門單位（包括美國海外領地、各州內之城市、郡、城鎮等）及與公共安全相關之商業、工業單位皆可申請。申請執照之資格如下：

- 公部門：執照將限定於該行政單位管轄所及之地理區域
- 私部門：執照將以其營運所在地為基礎釋出（包括郡、州、多個州或者全國）

RSU 之設置需要向 FCC 進行申請，RSU 等級依據輸出功率限制可分 A、B、C、D 等 4 種，功率限制分別為 0、10、20 以及 28.8dBM，同時 RSU 之架設高度原則上以 8 公尺為上限，申請執照時亦須登錄將設置之地點及路段。由於該頻短緊鄰衛星通訊頻段，FCC 亦強調在有糾紛發生時，將必要性地由 NTIA 出面協調。

由於去年美國才將車聯網指定技術轉為 C-V2X，相關實證計畫數量不比 DSRC，以下將針對美國 5G C-V2X 之最新進展進行討論。高通目前正在喬治亞州的郊區測試基於 5G 之 C-V2X，此一計畫將包括周邊之路側基礎設施、交通管理及道路安全等領域。RSU 等將由合作之廠商 Commsignia 提供，以與高通之車聯網解決方案搭配，並預期展演 V2I (Vehicle-to-Infrastructure) 通訊，整合攝影機、雷達(LiDAR)和光達等高級駕駛輔助系統(ADAS)感測器。此一實驗場域包括一個長達 1.5 英里（約 2.4 公里）之車道，可提供給車聯網及自駕車等技術測試；同時，亦有一規模為 500 英畝（約 2.02 平方公里）之科技園區，可以相關智慧城市應用搭配創新研發及所需之服務。被定位於此生態系統促進者之高通，將透過 5.9 GHz ITS 頻譜導入 5G 技術，從自動駕駛汽車、接駁車、行人交通管理、公共安全等領域，擴及到其他與路側有關的應用。

(二) 日本

日本在 V2X 的應用使用 760 MHz，而 5.8 GHz 的使用上以 DSRC 技術之 ITS spot 服務為主。透過路側設施「ITS spot」之建置，提供用路人「動態路徑選擇」、「安全駕駛支援」以及「ETC 服務」等三個服務。其中前兩項較偏向 V2X 的應用，透過 ITS spot 傳送相關道路資訊至車輛的導航系統及車載器當中，例如「動態路徑選擇」主要提供廣域的道路壅塞資訊以實現動態路徑導航；「安全駕駛支援」則是提供前方道路之緊急資訊，例如掉落物、障礙物、地震、降雪起霧等天氣資訊與駕駛人，喚起駕駛人之注意以確保行車安全。

日本在電子電子道路收費系統(Electronic Toll Collection System, ETC)的發展上已邁入新的階段，目前正在積極推動利用 ITS spot 支援雙向通訊之 ETC2.0，除了支付功能外亦可提供相關交通資訊，而目前整體使用率為 26.4%，同時中型車以上的使用率達 64%。

圖 87 ETC2.0 通訊情境
資料來源：國土交通省公開資料

如上述，ETC2.0 除了作為通行費用之路的工具外，亦可進行雙向通訊，因此可累積大量的行車資訊。國土交通省於 2018 年起開始推動利用 ETC2.0 所收集的資料進行加值服務，首要瞄

準的是物流領域，為了提供物流領域的生產性，將收集而來的數據開放給 OKI、DENSO 等提供物流解決方案的 IT 業者，以提供相關車隊管理之服務與運輸業者。具體上，將 ETC2.0 車載裝載所收集的通行路徑（時刻、經緯度位置、行駛速度）以及急煞（緊急減速時的加速度）等資訊，藉由財團法人道路新產業開發機構(Highway Industry Development Organization, HIDO)進行數據的處理，當運輸業者向服務提供者（IT 業者）購買車隊管理服務時，服務提供者即可向 HIDO 取得該車隊之數據，提供車隊管理之服務。同時，為緩解一般道路上 ITS spot 間距離較遠（一般為 60km 以上）時導致的數據丟失，以及車隊到民間據點時無法透過政府設置之 ITS spot 收集相關數據，政府亦制定了「民間企業簡易路側設備（無線單元）規範」，鼓勵民間企業可以採購和安裝，讓應用的範圍得以擴散。

圖 88 ETC 2.0 車輛運行管理支援服務
資料來源：國土交通省公開資料

而日本對 ETC2.0 之期望亦擴展到支付上，未來除了道路的支付外，亦可以在停車場、得來速、休息站以及加油站等場域，透過 ETC2.0 執行支付的動作。為此 Sony Payment Service 亦與 MEICOM、OKI 等公司共同成立「ETC 解決方案公司」，期望促進社會對 ETC 相關技術的使用和發展，期望接 ETC 從「高速公路的 ETC」變成「全體社會的 ETC」。

圖 89 ETC2.0 運用於電子支付情境
資料來源：國土交通省公開資料

然 ITS spot 目前仍以高速公路（1,800 座）以及直轄國道（2,300 座）為主要的部署範圍，在地理範圍上仍具有侷限性。因此考量到頻譜的有效使用及國際對於車聯網應用之趨勢，總務省目前正討論開放 5.9 GHz 供 V2X 系統（目前鎖定 C-V2X 技術）使用之可能性，為此從今年開始陸續進行 V2X 與既存系統共用之實驗與討論。

圖 90 日本 ITS spot 設置地圖
資料來源：國土交通省公開資料

(三) 中國大陸

中國大陸自 2012 年起便陸續公告一系列政策以推廣智慧交通領域之發展，單在過去六年間便計有超過 20 個官方文件涉及與智慧交通相關之政策論述。其中主要負責 ITS 相關政策的單位為交通運輸部以及作為非官方組織且負責民間推廣之中國智能交通協會(ITS China)。其交通運輸部於 2012 年 7 月發布之《交通運輸行業智能交通發展戰略（2021-2020 年）》中便已設定至 2020 年中國大陸須形成得支援當代運輸行業發展需求之智慧交通基礎，並透過跨區域、規模化協作式智慧應用之部署，提供高效率的運輸及物流服務，以支持在 2050 年前達到中國大陸之運輸現代化。2015 年中華人民共和過國務院頒布之《中國製造 2025》中，指出中國大陸將逐步透過掌握自動駕駛等關鍵技術，建立完整的車聯網創新研發及產銷生態系，達到其汽車產業之轉型升級，以於各製造領域皆成為世界級之工業大國。2017 年發布之《智慧交通讓出行更便捷行動方案

（2017-2020 年）》則鎖定都市之大眾運輸，預期將研發車聯網所累積起之技術，導入於市區交通系統，並強化資訊服務系統之建設。

2019 年 9 月，中國大陸國務院發表《交通強國建設綱要》，提出將重點發展智慧交通，透過在交通產業中推動大數據、物聯網、AI 及區塊鍊等新興技術，達到創新轉型，並預計在 2035 年成為交通領域之領先國家。交通運輸部隨後於 2020 年公告《關於推動交通運輸領域新型基礎設施建設的指導意見》，呼應國務院之交通強國建設概念，並點出規劃先進感測器、電信網路及由北斗衛星所支援之導航、定位功能，協助交通領域之全面智慧化及活用交通數據等。在今(2021)年 2 月發表的《國家綜合立體交通網規則綱要》中，則強調將透過車聯網推進智慧城市之偕同發展，透過在都會基礎設施、建築等加入感測功能，打造基於數據之交通及城市治理模式。相同地，在《中華人民共和國國民經濟和社會發展第十四個五年規劃和 2035 年遠景目標綱要》（簡稱「十四五」） 中更強調了重點扶植車聯網產業之決心，除了自駕車和協作技術等研發外，也更明確指出公路智慧化管理、適應式交通號誌管理以及車輛優先通行等車聯網技術為達到交通產業創新轉型之重大關鍵。

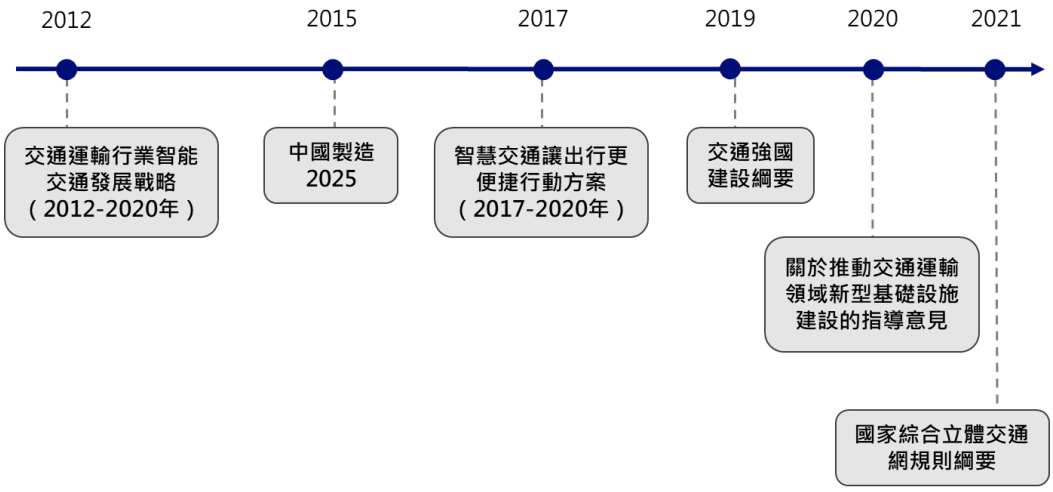


圖 91 中國大陸重大智慧交通相關政策發布時程

資料來源：中華人民共和國國務院、交通運輸部公開資料，本計畫製作

根據中國智能交通協會(ITS China)之公開數據，中國大陸之智慧交通產業市場規模由 2011 年之 420 億元人民幣成長至 2020 年之 1658 億元，年增長率約為 20%；並預期將於 2026 年突破 4000 億元人民幣。以上數據之大幅增長更加深了中國大陸整體推動智慧交通之信心，除於國家級層面上而下地宣揚政策外，透過各省、市政府之單位下而上地與之配合並推出地方性施行辦法，目前中國大陸各地區皆已有大規模推動智慧交通之相關專案。

於 5G 導入交通場域之實際推動部分，工信部於《關於推動 5G 加快發展通知概要》中，強調將「促進 5G+車聯網協同發展」，透過將車聯網納入中國大陸新興資通訊基礎建設工程之重點之一，規劃促進 LTE-V2X 之大規模部署。具體做法則是將建設國家級的車聯網先導示範區，開展 5G-V2X 標準研發及驗證，同時完善該技術之不同應用情境，並探索適切之商業模式。其中，透過結合 5G 網路的商業化部署，將可帶領重點地區提前規劃，配合跨部門之合作，促進 5G、LTE-V2X 成為智慧城市、智慧交通建設等面向之重要通訊標準。

在頻率使用之規範方面，無線電管理局於 2018 年發布之《車聯網（智能網聯汽車）直連通信使用 5905-5925 MHz 頻段管理規定(暫行)》中，將 5.9 GHz 車聯網頻譜釋出，並規劃 5905-5925 MHz (20 MHz)做為專用頻率，供基於 LTE 網路之 C-V2X 使用，未來亦會慢慢過渡到 5G 技術，並已展開相關實證實驗。僅由 RSU 需要申請執照，而執照之取得方式為向無線電管理局申請實驗頻率，然而，若在建置及營運等面向完整且符合適度超前、互聯互通、安全高效、智能綠色等原則，可以支持國家經濟特區、新區、自由貿易試驗區等加快智能交通系統建設之理由，透過地方主管機關（省、自治區及直轄市之無線電管理單位）向上級（無線電管理局）報請，可以較簡便之程序取得。以下將針對前述提及之中國大陸國家級車聯網先導示範區進行討論，其中以無錫及重慶之進展較為先進。

江蘇省無錫市於以上車聯網實驗頻率釋出後便十分積極推動整個城市的數位轉型，於 2018 年 5 月 3 日啟動了其 LTE-V2X 之實證計畫，為全中國大陸第一個開啟城市級車道協作平台實證之場域。此計畫之主軸為「建設全城等級車聯網示範區」、「構建車聯產業生態」及「創造全新社會價值」，透過推動 C-V2X 解決方案於城市中實證並落地，加速車廠於該技術之商用進展並探索新興商業模式，以提升整體交通管理之效率並降低交通事故等意外發生。參與廠商包括華為、中國移動、中國大陸公安部交科所、中國大陸信通院等，相關合作夥伴則擴及 29 單位，如第一汽車、上海汽車及奧迪等，將以「人—車—路—雲」之協作系統為基礎，結合各合作夥伴之數據及交通號誌 RSU 實測數據，提供交通管理及控制訊息、V2I、V2V (Vehicle-to-Vehicle)、V2P (Vehicle-to-Pedestrian)等應用場景之數據。其中，華為的雲端服務(V2X Server)是基於對場域內車、路、人、感測設備等訊息的彙集，運用平台的數據整合及 AI 分析能力，提供設備、車輛及事件的管理，並支援 RSU 就近接取、數據處理、本地封閉迴圈管理，透過雲端協作，實現邊緣 AI 交通演算法更新、本地執行及即時指導，滿足交通領域對實時處理、安全與隱私等方面的需求。目前已完成 240 個交通路口、5 個城市快捷公路及 1 條城際高速公路之佈建，總長 280 公里、覆蓋 170 平方公里之大規模城市級開放道路 LTE-V2X 網路，並達到約 2.2 萬之車載前後裝及企業用戶數，同時搭載可供市民使用之 app，能即時獲知整個無錫市 1,246 個交通號誌狀態及秒數倒數訊息，據華為說法延遲不超過 0.5 秒。

另一方面，位於重慶市的智能汽車集成系統試驗區(Intelligent Vehicle Integrated Systems Test Area, i-VISTA)為工信部及重慶市共同支持創建之智慧汽車及交通應用示範區，於 2017 年 i-VISTA 便發表了車聯網評級之框架，在經過了三年的實證後，最終與中國大陸汽車工程研究院共同制定《i-VISTA 中國智能汽車指數管理辦法（2020 版）》，目標為針對行車、停車、安全、互動及效能等五大智慧汽車核心性能建立一評分規則，並希望能夠推展至全世界。其測試內容主要以消費者市場為導

向，針對自適應巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)、自動緊急煞車(Autonomous Emergency Braking, AEB)、車道偏離警示(Lane Departure Warning, LDW)、盲點偵測(Blind Spot Detection, BSD)、 自動停車系統(Automatic Parking System, ASP)等先進 ADAS 系統進行評級，目前已完成 45 車款四次測試之結果發布，於今(2021)年起亦將開始對搭載 L2 功能之新一代智能汽車進行評價，並於 4 月 19 日宣布將開展第二期之實證，以「車—路—雲—網—圖」為核心建設理念，除將強化 5G-V2X 之效能外也將往綠色運輸方向邁進，以搭配中國大陸之 2060 年達到碳中和之目標。

(四) 新加坡

新加坡的 ITS 政策主要由成立於 2014 年的智慧國家與數位政府辦公室(Smart Nation and Digital Government Office)進行主導，並由其下轄之智慧國家與數位政府工作小組(Smart Nation and Digital Government Group, SNDGG)與陸路交通管理局(Land Transport Authority, LTA)共同制定相關發展策略，並藉由 LTA 進而與民間企業合作。LTA 為隸屬新加坡交通部且負責智慧交通戰略擬定之單位，早於 2015 年 LTA 便與 ITS Singapore 共同發布了“Smart Mobility 2030- ITS Strategic Plan for Singapore”，並定義了往後新加坡於智慧交通領域的四大重點發展目標，分別是資訊化(Informatve)、互動式(Interactive)、輔助式(Assistive)及綠色運輸(Green Mobility)。此外，LTA 亦期望至 2030 年前能夠建立一統整道路及車輛資訊之數據平台，用以支援包括車聯網在內之各項應用，並廣召各類智慧交通解決方案之廠商進行商業及技術測試。

首先，為達資訊化之運輸服務，相關單位須採用先進的交通數據蒐集技術，提高整體數據之可用性及品質，進而能更為動態地處理、分析蒐集而來的交通大數據，同時達到資料的標準化以及資訊安全等要求。其次，在互動式主軸上，亦須擺脫傳統上基於基礎設施之數據蒐集模式，實際做法則是藉由整合移動

體之設備、感測器以及應用服務，體現服務管理者及使用者雙向之數據交流，進而改善服務流程並提高效率。現實生活中之類似實例則可參考民間企業 Grab，其提供之實時運輸服務奠基於使用者之 on-demand 需求，且於訂價上呈現極高透明度；往後智慧運輸之關鍵環節即為由需求面切入探討，透過微調民間、公部門之管理及營運模式，改善整體之服務效率。接著，在輔助式運輸層面，LTA 則希望透過改善 V2V 及 V2I 傳輸、車載資訊系統、自駕車等 ITS 解決方案於技術面之改善，進而提供更為協調及安全之運輸生態系。最終，亦希望基於以上措施，透過改善大眾運輸服務之效率促進民眾使用意願，進而減低碳排放量，同時研發可供基礎設施及車輛使用之替代方案，以邁向更永續、更節能及更可靠的未來綠色運輸。

另一方面，LTA 為了更有效率地處理交通相關數據並更有效率地執行交通管理，設立了全年無休的 ITS 營運控制中心(Operations Control Centre, OCC)，透過運用設置於道路之感測器和運輸系統蒐集並處理資訊，從而監督、管理車流運作。此一架構的核心為其建立之資訊整合平台“i-Transport Platform”，透過中央整理分析並透過不同子系統傳送對應的服務管道，提供最適號誌控制或緊急事件快速回報應變等智慧服務用。LTA 透過蒐集到的交通資料，將分析後的數據透過 MyTransport.SG、應用程式 app 及 Twitter 即時推播，以便分享給用路人使用。以下為 i-Transport Platform 內包含之主要子系統：

- 快速道路監控系統(Expressway Monitoring Advisory System, EMAS)：透過道路上所設置的路況監視攝影機來即時偵測道路壅塞、交通事故、車輛拋錨故障或是其他道路路況事件，並立即採取適當緩解行動；該系統管轄範圍包括新加坡所有快速公路以及中央公路(Centrl Expressway, CTE)隧道
- 最適綠燈時制系統(Green Link Determining System, GLIDE)：為新加坡主要幹道的號誌控制系統，透過感測器和行人觸碰號誌來偵測車流以及通行時間的變化，進而調整號

誌周期以維持道路交通順暢，降低等待時間；目前涵蓋 17 個區域、2,000 個以上的交岔路口

- 路口電眼系統(Junction Electronic Eyes, J-Eyes)：透過設置在路燈及建築物上的監視攝影機再經由交通控制中心連線，能即時掌握路口之影像及路況資訊，並隨時採取必要措施
- 交通掃描(TrafficScan)：透過在計程車加裝 GPS 設備，傳送計程車的空間位置及行駛速率，作為 TLA 之探針車(Probe Vehicle)以提供道路交通資訊

另外，LTA 同時亦透過與民間公司 Data Mall 合作開發即時交通訊息頻道(Traffic Message Channel, TMC)，為駕駛人提供實時交通訊息。其最大優點為僅須使用極小頻寬，相關資訊便可透過傳統的 FM 電台、數位語音廣播(Digital Audio Broadcasting)或衛星電台進行傳輸。此外，任何符合 TMC 標準之設備終端便可進行存取，如手機、便攜式導航設備(PNDs)和車載導航系統，即可進行支援動態調整之路線導航。

為配合以上 Smart Mobility 2030 策略，於 2017 年 IMDA 決議將 5875-5925 MHz 之頻段作為 DSRC 之車聯網技術專用頻段，並容許 DSRC 以小於 100 mW 於 ISM 頻段 5855-5875 MHz 使用。在執照取得部分，OBU 無須取得任何執照，僅對 RSU 及其於非車載裝置設下審核條件。RSU 及其餘非車載裝置之使用須先向 IDMA 取得本地無線電傳播站或廣域專網之執照，執照分成共享(Shared)及專用(Exclusive)兩種執照，並僅以 ITS 使用之頻段作為年費收取之基準，通用控制頻道之使用則不予收費。共享型執照需與他人於所申請使用之區域共享頻段，而專用型則可於限定地點內獨享頻率，但須付執照使用費。

雖然 IMDA 已指定 DSRC 技術，但為研發可推進其餘國家之車聯網解決方案，於 2020 年新加坡科學園區(Singapore Science Park)啟用了東南亞第一個 5G C-V2X 技術的實證場域，用以測試商業環境下之智慧交通解決方案。該計畫由 IMDA 偕同凱德集團、國家研究基金會(NRF)，共同投入資金支持，並為新加

坡智慧城市共同創新實驗室(Smart Urban Co-Innovation Lab)之重點之一，將透過與 NavInfo DataTech 及 TPG Telecom 之合作提供 5G 網路之基礎，使科學園區進駐廠商及有意進行創新解決方案測試之企業得以研發測試；另一方面，擁有兼容 5G 終端設備之 TPG Telecom 客戶亦可於此使用 5G。其中測試之關鍵技術將包括高精密衛星定位系統、雲端控制平台、自動駕駛地圖等改善車載體驗之解決方案。

於 2017 年落成之南洋理工大學無人駕駛車輛測試和研究卓越中心(Centre of Excellenceof Testing & Research of AVs-NTU, CETRAN)則瞄準自駕車之測試，場域由新加坡陸路交通管理局(LTA)偕同新加坡南洋理工大學 (Nanyang Technological University, NTU)與裕廊集團(Jurong Town Corporation, JTC)共同籌畫營運，並與 BMW 集團、荷蘭應用科學研究組織(TNO)、南德意志集團與慕尼黑工業大學 (TUM)合作。CETRAN 場域中透過使用 5.9 GHz 之 DSRC 系統和自駕車黑盒子進行實證，LTA 於場域中裝置了 7 個全方位 360 度之 CCTV，透過這些 CCTV，路況之即時影像將回傳到智能交通系統中心(Autonomous Vehicle Monitoring and Evaluation System) OLIVE，藉由 OLIVE 之平台，LTA 得以實時整合各車載裝置及 RSU（如 CCTV）所蒐集之資訊及數據，進而評估實務上導入於公共場域之成效。

另外，南洋理工大學亦和恩智浦半導體(NXP Semiconductors)合作設立“Smart Mobility Test Bed”，於校園內共同開發、測試智慧運輸，透過使用 50 輛配備智慧車載系統(OBU)之汽車並搭配 35 座具有攝影機之路側基地台(RSU)，預期研發包括智慧交通系統、自動影像分析和環境感測器在內之相關技術。藉由創立 NTU-NXP 資料中心蒐集 V2X 相關資料，其可執行校區內交通狀況即時控制及安全相關訊息廣播等應用。新加坡電信商 M1 同樣地也透過於南洋理工校園內部署 3 個用於 C-V2X 通訊的 5G 基地台，用以支持自駕車及巴士等車聯網測試。

(五) 小結

在車聯網的頻譜規劃上，除日本另規劃 700 MHz 外，各國主要保留 5.9 GHz 頻段，且多數都在免執照的基礎上開放使用。美國早期將此頻段指定供 DSRC 技術使用，但在 2020 年 10 月發布的資料當中，要求將既有的 DSRC 標準轉變成 C-V2X 之技術，並僅將 5895-5925 MHz 釋出，比過去開放之頻段少了 40 MHz。標竿國家中除了日本、新加坡目前將此頻段開放給 DSRC 技術外，中國大陸之車聯網則僅開放予 C-V2X 使用；英國、德國、韓國及澳洲等國則採取基於 IEEE 802.11p 標準的 ITS G5，以技術中立原則供 ITS 系統使用。

表 25 標竿國家 ITS 現況彙整

國家	頻段(MHz)	規範
美國	5895-5925	由DSRC轉為C-V2X技術，僅釋照予政府單位及符合測試條件之企業
英國	5855-5925	維持技術中立
德國	5855-5925	維持技術中立
日本	755.5-764.5 5770-5850	指定DSRC，755.5-764.5 MHz供ITS Connect、5.770-5.850 GHz段供ETC/ ETC 2.0使用
韓國	5855-5925	維持技術中立
中國	5905-5925	指定C-V2X技術，僅RSU及路側無線電設備需申請執照，且須由地方及中央無線電管理機構同意後方可使用
新加坡	5875-5925	指定DSRC技術，在免執照條件下設置OBU，於本地無線通訊站或廣域專網使用之RSU及非車載安裝須取得執照
澳洲	5855-5925	維持技術中立

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

二、 我國交通跨域創新發展建議

在本計畫當中，研究團隊鎖定交通領域結合資通訊產業推進創新技術或商業模式之開展進行探討。於 109 年度之「交通產業創新推動及發展」委託研究計畫中，團隊曾針對機場、車站、港口及物流中心等主要交通場域於國際上推行智慧化發展之情況進行研析，進而盤點我國交通場域目前於創新推動之進

展，並發現現階段而言我國在交通領域中為提升整體營運品質、安全控管及改善使用者體驗而導入之新興應用，多為透過服務採購之模式取得既有的成熟技術及解決方案。透過需用單位提撥經費，以既定、可行之服務大規模複製至場域中，達到大規模的服務普及。雖具有較小財務及技術風險，然於新興通訊技術及相應機制面上，亦較難有學習及持續創新之經驗累積機會。

隨著 5G、ITS 及車聯網等技術逐漸於全球普及化，未來交通領域中勢不可擋地將迎來新一波的數位轉型及創新應用導入浪潮。考量我國現況並參考各國促進創新之案例後，研究團隊認為往後於思考創新應用導入時可由技術及解決方案的供給面與需求面同時切入，並將團隊建議之導入流程區分為四階段，分別對應至不同之最終目標及產出。

步驟一的「服務需求定義」指的是透過服務需求者（即欲導入場域之擁有者）提出場域現存之應用課題，在與服務供給者討論後由其提供專業服務能量，並規劃能符合場域需求之創新解決方案。此階段之重要產出為透過兩造之開放式討論，進而收斂創新研發之藍圖，以共同創造(co-creation)得扣合最適需求且具概念可行性之智慧應用服務。步驟二「單元測試(Unit Testing)」則指服務供給者基於步驟一定義出的初始想法，於業務量較小的場域進行小範圍的技術面驗證。同時，應用服務需求者(user)亦須透過整合單位內相關部門資源，成立專職該創新場域之委員會、工作小組，以與創新服務提供單位共同審核、檢視提出之概念是否確實符合場域需求，並共同驗證服務可行性。接著，步驟三之「場域 PoC」為取得前述單元測試之正向成果後，藉由需用單位提撥專案型預算，進而更大規模地支持供給單位執行較長時間、更大場域及更高頻率的實證計畫。其目的為透過累積更多的實驗數據，測試整體系統之穩定性、可用性，並藉由累積之經驗改善服務品質。最後的步驟四「服務擴散」，則是在驗證完服務穩定度後，由服務需求者挹注財務資源以大規模預算進行服務採購，並由服務供給者大量提供經

由前述步驟收斂之成熟解決方案。透過此一快速複製、導入於各場域之步驟，最終達到智慧應用服務的大規模普及化。

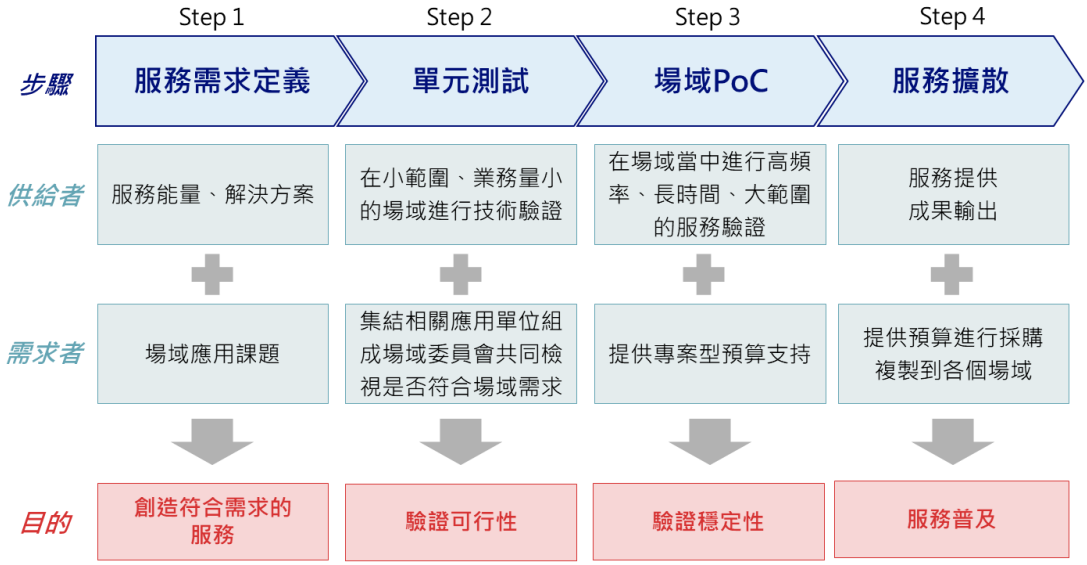


圖 92 創新應用導入流程圖

資料來源：本計畫製作

基於以上提出之建議流程，研究團隊認為若欲推進現階段我國交通跨域之創新及數位轉型，須先轉化以往導入智慧應用慣常使用之服務採購模式思維；雖此一方法(Step 4)可快速達到既有成熟技術與解決方案之落地，然於實際研發層面上難收創新之效，長期而言對於需用單位亦難有經驗累積之可能，對於未來之創新亦將產生研發實力面之缺口及落差。因此，團隊建議往後規劃跨域創新計畫時，應著重於前述步驟一至三之推行策略；雖尚未有成熟之解決方案及明確之服務擴散規劃，然藉由逐步摸索並透過創新研發過程中之試誤(trial and error)學習，對於需用單位累積創新動能具有莫大之潛在效益，並可將創新技術之研發轉而由組織內部主導，同時亦可銜接現在與未來之競爭力落差，培養不受外部情勢、條件限制之可持續性、可面向未來(future-proof)之競爭性優勢。

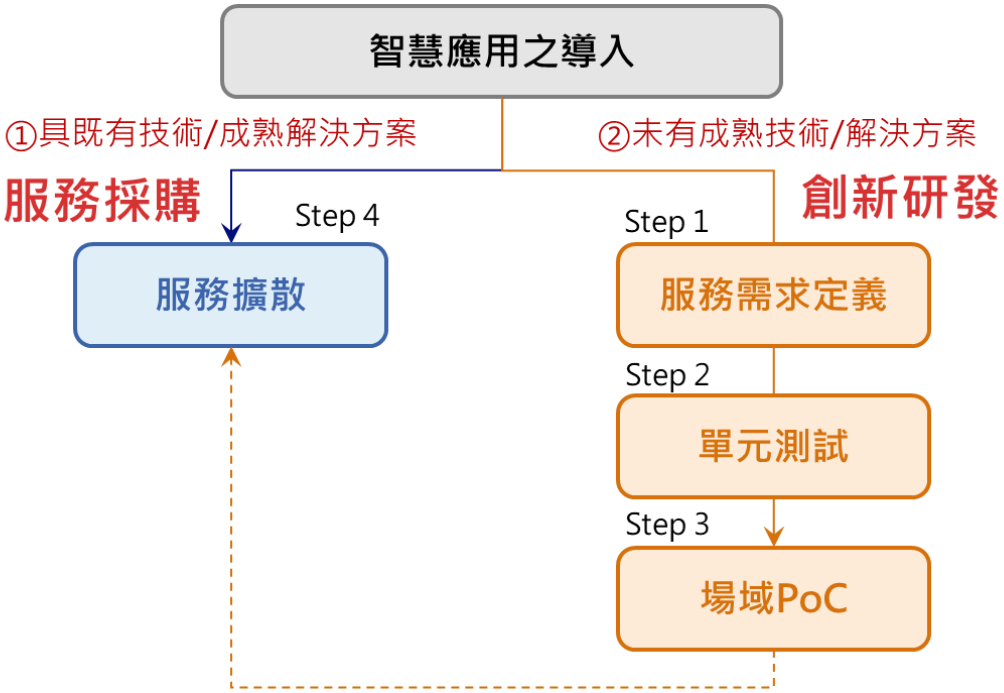


圖 93 跨域創新導入流程示意圖
資料來源：本計畫製作

解決完以上現況與未來之創新能力落差問題後，研發層面上便能夠養成更具策略性之思維，於支持往後交通跨域之創新推動工作上亦將更有效率、更高品質。透過執行訪談、座談會所蒐集之資訊，研究團隊認為現階段而言交通領域內之各業務單位（如交通部屬機關中主責鐵道、港口等單位）對於創新流程以及創新實證計畫之規劃及推動仍相對陌生，因此於組織層面上具有可妥善利用之良機。團隊於前一分節深入研析美國運輸部之 ITS 推動架構後，認為我國可參考其 DOT 下屬之智慧運輸系統聯合專案辦公室(ITS JPO)以及定位、導航與時刻及頻譜管理(PNT & Spectrum Management)等辦公室之運行機制。

我國往後交通機關之數位轉型策略，應呼應上述提出之「交通x通訊」概念，以便加速催生跨域創新之實績。郵電司近年來透過以頻譜規劃之專業角度切入，掌握各交通相關單位之頻譜需求，以及協助場域型交通機關（如：港務公司、桃機公司）釐清電信與頻譜需求，已培養起相似於前述 DOT 之 JPO、定

位、導航與時刻及頻譜管理之專業實力。於未來之組織業務上，團隊認為交通部內可配置一專門單位，對內針對交通事業單位提供電信、資通訊領域之產業與技術趨勢等新知，並提供創新應用於交通場域內之規畫及應用導入相關建議。同時，對外與往後之頻譜規劃單位協調，提出交通跨域創新中所衍生出之通訊需求及相應之新興應用頻段。團隊認為，透過以上方法銜接交通領域中創新技術之趨勢研究，以及預期導入技術之資通訊背景知識兩者，往後我國在交通跨域創新之主題上，除可更貼近產業實際趨勢並配合新興技術之演進外，更能事半功倍地推展創新研發之進度。

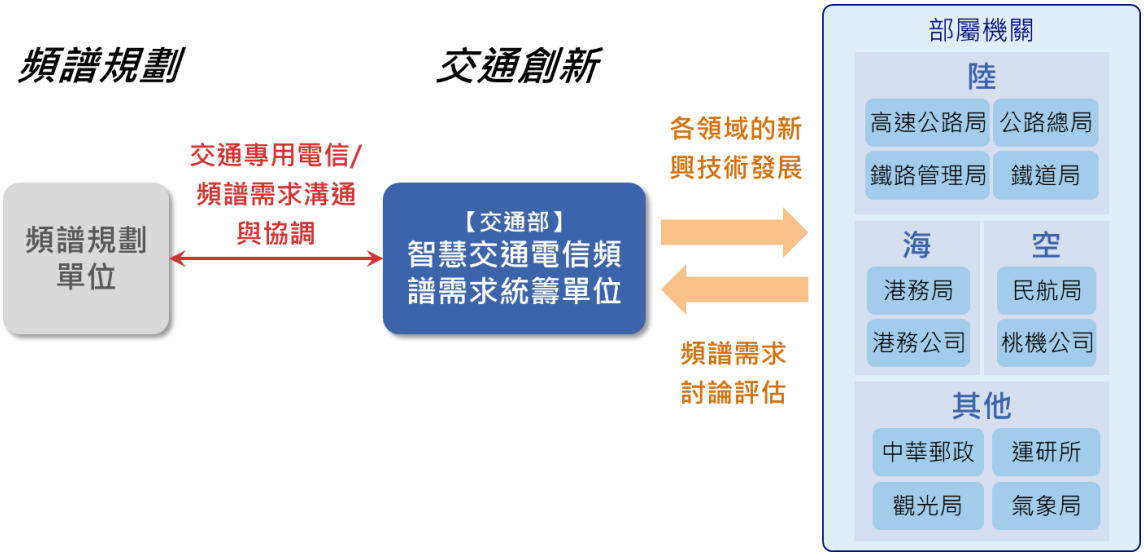


圖 94 交通跨域創新推動建議
資料來源：本計畫製作

第三節、我國頻譜政策白皮書草擬

一、 標竿國家頻譜政策規劃方向

頻譜政策是每一國家在進行頻譜規劃的最高原則，其將呈現該國期望透過頻譜規劃達成的願景與目標，根據此願景目標進行再展開個別的細部規劃。因此，研究團隊首先針對標竿國家頻

譜政策規劃方向進行研析，由下表可見，各標竿國家於近年皆有發布大方向性之策略走向，惟中國大陸目前無發布全盤性之頻譜政策、新加坡之“Radio Spectrum Master Plan”距今亦已有七年餘之差異，研究團隊認為對於往後我國政策擬定方向之參考價值不高，故將不多以著墨。

表 26 標竿國家頻譜政策一覽表

標竿國家	發布單位	策略名稱	最新版本
美國	NTIA	Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing	2020
英國	Ofcom	Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s	2020
德國	BNetzA	Spectrum Compass 2020	2020
日本	總務省	頻譜再編行動計畫（周波数再編アクションプラン）	2020
韓國	MSIT	K-ICT Spectrum Plan	2017
中國	-	*無*	-
新加坡	IMDA	Radio Spectrum Master Plan	2014
澳洲	ACMA	Five-Year Spectrum Outlook 2021-2026	2021

資料來源：本計畫製作

而了解標竿國家在頻譜政策的方向後，具體而言如何達到此些願景目標則尚須進行細部的頻譜規劃，尤其是對於新興技術與應用所產生的新頻譜需求。為此，研究團隊除針對新技術與應用進行研析外，亦盤點了標竿國家在面對此些發展趨勢時，如何進行相關規劃與政策推動。

最後，參考上述標竿國家對於整體頻譜政策規劃以及各新興技術、應用的發展現況與規劃後，研究團隊針對我國發展現況與需求進行討論，進而提出我國頻譜政策白皮書之草案，其中包含我國頻譜政策的願景、目標的擬定；以及我國頻譜規劃方向之建議。以下將針對研究成果進行說明

(一) 美國

美國前總統 Donald Trump 於 2018 年簽署了“Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America’s Future（《為美國的未來發展永續性的頻譜策略》）” 之備忘錄。總統備忘錄(Presidential Memorandum)為美國總統發布之行政命令，可用以管理各類跨部門組織行動、措施及政策。

備忘錄當中提出了「平衡、前瞻性、彈性以及可持續的頻譜管理方法」，包含將發布國家頻譜策略，以期透過頻譜政策支持從 5G 無線系統到衛星與太空應用發展相關創新產品與服務，以維持美國在全球技術與經濟的領先地位。在此備忘錄中，也提出了頻譜管理原則與重點發展方向，並確立國家整體頻譜策略所需涵蓋的內容，以確保各聯邦單位能透過新技術及獨創性滿足美國國內對於頻譜的需求。根據此些文件及政策，白宮要求商務部需每年報告頻譜清、移頻及變更用途之相關進展，以支持商用無線電服務。於此議題上，截至 2020 年底為止，美國重點瞄準之中頻段(1-10 GHz)商用執照已釋出，並完成多次拍賣及指配，取得諸多進展，可助其於 WRC-23 呈現綜效並啟動倡議程序。

備忘錄同時也提及，各聯邦機構需組成頻譜策略任務小組(Spectrum Strategy Task Force)有效合作與協調以完成頻譜策略的制定，如下圖所示，將成立跨部會之溝通管道。小組成員包含隸屬於美國商務部的國家電信暨資訊署(National Telecommnication and Information Administration, NTIA)，其主要負責規劃一段時間內對頻譜的使用需求，並審查當前頻譜的使用狀況；而科技政策辦公室(Office of Science and Technology Policy)則需針對新興技術及其對非聯邦頻譜需求可能的影響提出研究報告，並對於頻譜研究提出發展之優先順序。另還包含經濟顧問委員會(Council of Economic Advisers)，以經濟發展的角度切入；國家安全委員會(National Security Council)則基於國家安全的立場共同進行討論。最後，這些單位將與聯邦通訊管

理局(Federal Communications Commission, FCC)共同討論長期的頻譜發展戰略，其規劃目標與策略包含：

- 增加所有用戶頻譜之使用，並在共享基礎上提高頻譜使用的透明性
- 建立彈性的頻譜管理模式，包含標準、獎勵措施及執行機制，以促進頻譜使用效率
- 開發新技術、頻譜使用方法以及頻譜共享工具，以增進頻譜使用效率
- 建立安全、自動化的方式進行頻譜使用的評估

圖 95 美國頻譜策略擬定方式
資料來源：NTIA 公開資料，本計畫製作

前文提及，美國聯邦政府要求 NTIA 須定期回報有關頻譜規劃之現況報告，於 2020 年 12 月最新版“National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing”已出版，針對自 2019 年 7 月 1 日至 2020 年 8 月 30 日期間頻譜策略任務小組之成就及往後活動進行說明。此些重新調整目標的活動包括正在進行的監管程序以及可行性研究，許多涉及聯邦及非聯邦頻譜重新分配之計畫亦在其中，以支持公、私部門之創新應用及研發。此報告指出，美國於商用無線服務頻譜之整備已取得偌大進展，包括須重新規劃之中頻

亦已提供總計 1,130.5 MHz 供 5G 使用，其中包含宣布釋出之 3450-3550 MHz 共 100 MHz 頻寬之頻譜，將可用作往後 5G 部署。在已完成的工作當中，2020 年針對 CBRS (3550-3700 MHz) 頻段進行拍賣外，亦完成了 C-band 釋出之規劃，並已於今(2021)年年初拍出 3.7-3.98 GHz 之執照。NTIA 與其餘聯邦機構將持續合作，針對其他中頻頻譜（如：3100-3450/ 1300-1350 MHz）進行研擬，以扣合 WRC-23 將討論之重點頻段。在此段時間內，聯邦政府於各頻段上皆有推動計畫，並已完成整備共計 7,513 MHz 之頻譜。

在低頻段部分，如下表所示，美國先前設立之目標皆已完成。值得一提的是，在 900 MHz 頻段上，FCC 於 2019 年發布了“Review of the Commission’s Rules Governing the 896-901/935-940 MHz Band”，宣布將為現有營運商提供更高靈活性，並已於 2020 年 5 月重新配置了該段頻譜，以促進寬頻技術和服務的發展，包括用於關鍵基礎設施之頻率。此外，FCC 亦於此計畫中導入一過渡機制，使潛在寬頻執照持有者可與現有窄頻執照持有者進行協商，往後 FCC 將著手潛在寬頻執照之申請程序。

表 27 美國鎖定之低頻段及整備狀態

頻段(MHz)	用途變更狀態
512-698	廣播站轉移至數位電視(DTV)即將完成，無線服務則已於多個地區開始提供服務。
809-817 854-862	該頻段之用途變更已於2019年12月完成，並已於2020年1月向執照擁有者諮詢尚須解決之問題。
896-901 935-940	在2020年5月FCC公告一項命令以促進寬頻技術及服務之發展，包括關鍵基礎設施之改善。

整備完成　規劃中

資料來源：NTIA “National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing”，本計畫製作

在 2015 年，美國便釋出中頻段 AWS-3 之執照（1695-1710/ 1755-1780/ 2155-2180 MHz 等頻段）以供商化服務與聯邦使用者共享，其中聯邦單位限縮於較低的兩頻段運行，而寬頻執照

持有者將於聯邦用戶於 2025 年前徹底移出該頻譜前暫時共享頻譜，在此前 NTIA 將持續追蹤及監督過渡的過程。CBRS 頻段 PAL（Priority Access License，優先接取執照）之拍賣也於 2020 年 8 月完成，目前計有五個 SAS（Spectrum Access System，頻譜接取系統）使用者投入商化，以支持 GAA（General Authorized Access，通用授權接取）之一般權限營運，詳細規劃請參考下一節美國 5G 與垂直場域部分。最後，C-band 之拍賣於 2021 年初也順利落幕，拍得執照之業者須支付 C-band 衛星業務的移頻費用，FCC 將優先撥款給自願加速移頻之衛星業者。5.8 GHz 之車聯網及 5.9 GHz 之免執照存取，美國皆已釋出，詳細規定請分別參考第二節第五部分及第四部份。

1300-1350 MHz 頻段既有使用者美國國防部(DoD)目前正與其他有關單位攜手研究此段釋出 30 MHz 予商業無線服務之和諧共用可行性，以符合 “Spectrum Pipeline Act” 第 1004 部分「釋出 sub-3 GHz 中 30 MHz」之要求，目前預期於 2022 年 1 月前確定決議，以便於 2024 年 7 月以前完成拍賣。於 2019 年 5 月之 NPRM，FCC 建議於共同主要(co-primary)基礎上將 1675-1680 MHz 重分配，以使既有聯邦及非聯邦固定／行動服務共用，近日美國國家海洋暨大氣管理總署(National Oceanic and Atmospheric Administration)將公開其研究，以利 FCC 做出決議。2496-2690 MHz 頻段於 2019 年 FCC 取消教育使用之要求後，將於「部落優先機會」計畫滿足完偏鄉之需求後，將剩餘的頻譜拍賣出去。另外，白宮已於 2020 年 8 月宣布將拍賣釋出 3450-3550 MHz 之頻譜，而既有使用者 DoD 將與 NTIA 繼續研擬其餘 3100-3450 MHz 內進行額外共享之可行性。最後，於 4.9 GHz 頻段，由於整個 4800-4990 MHz 已成為全球矚目之重點頻段，WRC-23 亦將審議可能之建議，美國雖已分配 4940-4990 之頻譜給固定及移動服務，FCC 將持續研究往後用為 5G 之配套措施及潛在政策。

表 28 美國鎖定之中頻段及整備狀態

頻段(MHz)	用途變更狀態
1300-1350	目前主要用途為聯邦雷達，並由聯邦航空管理局(FAA)、國防部(DoD)、國安部(DHS)共同研究無線服務共享，目標為釋出至少30 MHz。
1526-1536 1627.5-1637.5 1646.5-1656.5	落於1525-1559/ 1626.6-1660 MHz中的此三頻段被指配為移動衛星服務（包括輔助陸面元件ATC），Ligado（衛星通訊商）已取得條件式許可於該些頻段進行地面營運。
1675-1680	此頻段被FCC歸類為可與商業地面無線服務共享之候選頻段。國家海洋及大氣管理局(NOAA)於2020年末完成了其研究，目前正值出版前最後階段。
1695-1710 1755-1780 2155-2180	FCC已於2015年拍出此些“AWS-3”頻段共65 MHz之無線服務執照。移頻已大抵完成，除了於限定地點之某些聯邦共享外，並預計於2025年前全部完成。
2483.5-2495	此些頻段之執照已由Globalstar（衛星通訊商）取得，FCC並已提供法規面之鬆綁以利於Wi-Fi主要頻段相鄰部分使用陸面低功率服務。
2496-2690	透過修改規範，FCC希望提供現有教育寬頻服務(EBS)執照更多彈性，並創造未使用頻譜之使用機會。於2020年1月發表之公告，FCC設立了「部落優先機會(Tribal Priority Opportunity)」窗口，預期將剩餘頻譜執照透過拍賣競價過程釋出。
3100-3550	2020年1月NTIA透過技術報告識別此頻段用途變更之可行性，隨後白宮於2020年8月宣布3450-3550 MHz將拍賣給包括5G在內的商用無線服務；此頻段100 MHz之頻寬目前正在拍賣階段(Auction 110)。FCC先前亦發布建議規則制定通知(NPRM)，提議移除3300-3550 MHz非聯邦用之次級無線定位與業餘廣播，並使其成為與MOBILE NOW Act相符之商用無線潛在頻段。
3550-3700	2020年8月CBRS之優先存取執照(PAL)拍賣已結束，FCC亦已授權5個頻譜存取系統(SAS)管理者使用以促進頻譜之商化。
3700-3980	FCC已於2021年1月完成此段之拍賣。此段落於WRC-23將討論之IMT/5G 3.6-3.8 GHz頻段。
4940-4990	FCC將持續探討4.9 GHz頻段使用及促進投資之方法。
5850-5925	由DSRC轉為C-V2X技術，僅釋照予政府單位及符合測試條件之企業。
5925-7125	FCC已於2020年釋出此頻段之免執照存取。

整備完成　規劃中

資料來源：NTIA “National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing”，本計畫製作

最後，在高頻段的部分，美國亦有所規劃。在 above-24 GHz 部分，根據 FCC 之“Spectrum Frontier Proceeding”，其允許在適用於 5G 部署的彈性規則下，令固定和移動服務得使用此類高頻段。在此規範發布以前由於此些頻段已分配給固定、移動和 FSS 等服務，雖然主要使用者仍然是在各個頻段中的少量固定微波系統。如下表所列，FCC 已將 24 GHz (24.25-24.45/ 24.75-25.25 GHz)/ 28 GHz (27.5-28.35 GHz)/ 37 GHz (37.6-38.6 GHz)/ 39 GHz (38.6-40 GHz)/ 47 GHz (47.2-48.2 GHz)等頻段拍賣釋出，並計劃將相似規則應用於 42-42.5/ 50.4-52.6 GHz，且預期針對 25.25-27.5 GHz 提出公眾諮詢。由於以上幾個除了 50.4-52.6 GHz 外之頻段都在 WRC-19 提出的 5G 頻率範圍內，

美國於其中的角色為促成共識，並將剩餘時間集中在最可能實現 5G 全球協調的頻段上。總的來說，美國在 WRC-19 成功為北美的 IMT 確立了 17.25 GHz 的額外頻譜，並使 14.75 GHz 的頻譜於全球範圍內得到了統整。

至於 71-76/ 81-86/ 92-94/ 94.1-95 GHz 等頻段，2020 年 6 月 FCC 亦已開始徵詢關於該些頻譜創新應用之相關評論，以構思往後潛在的規則變更，進而支持可提供 5G 無線回傳(backhaul)及航空機具／船舶寬頻服務之布建。另外，於 2019 年 FCC 之“Report and Order”中釋出了新品項之實驗頻譜執照，用以使用 95 GHz-3 THz 之頻段；此公告同時也釋出了 21.2 GHz 之頻率，包括免執照接取的 116-123/ 174.8-182/ 185-190/ 244-246 GHz，並限制其對該些頻段既有的政府和科學營運（如太空研究及大氣感測）應用可能產生之干擾問題。FCC 針對 above-95 GHz 頻段之相關措施，亦可參考上文提及之“Spectrum Frontier Proceeding”，且其亦正在評估此些頻段往後能以商用執照釋出之潛力。

表 29 美國鎖定之高頻段及整備狀態

頻段(GHz)	用途變更狀態
24.25-24.45 24.75-25.25	FCC已完成此段之執照拍賣，在基於彈性使用規則上釋出700 MHz。WRC-19將24 GHz視為5G頻段。
27.5-28.35	FCC已完成此段之執照拍賣，在基於彈性使用規則上釋出850 MHz。
25.25-27.5	FCC已針對此頻段之潛在共享應用尋求建議。WRC-19將26 GHz視為5G頻段。
37-37.6	FCC已針對此頻段聯邦及非聯邦實體之共享應用機制尋求建議。WRC-19將37-43.5 GHz視為5G頻段。
37.6-38.6 38.6-40 47.2-48.2	FCC已完成此些頻段之執照拍賣，在保障既有使用者於39 GHz之使用並指配該些連續頻譜後，釋出3.4 GHz。WRC-19將許多落於此範圍內之頻段視為5G頻段。
42-42.5	FCC已針對此頻段之潛在共享應用尋求建議。WRC-19將42 GHz視為5G頻段。
50.4-52.6	FCC已針對該頻段之彈性陸面應用尋求建議，並已修改規範以使FSS營運商可與於50.4-51.4 GHz個別授權之地面觀測站共同使用。然，WRC-19針對50.4-52.6 GHz頻段持「不改變」立場，且並未將其視為5G頻段。
64-71	FCC已將此頻段7 GHz之免執照使用釋出，緊鄰於57-64 GHz之另外7 GHz免執照頻譜。
71-76 81-86 92-94 94.1-95	FCC已針對此些頻段之創新應用尋求建議，並包括可能的規範變更，以提供5G的無線回傳(backhaul)及航空、船舶用之寬頻服務布建。
95-3000	FCC已創立一實驗頻譜新品項，以提供95 GHz-3 THz之應用及創新研發。
116-123 174.8-182 185-190 244-246	FCC已釋出此些頻段共計超過21 GHz之免執照頻譜，以使聯邦及非聯邦應用共享。

整備完成　規劃中

資料來源：NTIA “National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing”，本計畫製作

(二) 英國

英國於 2014 年曾發布 “Spectrum Management Strategy” 作為往後十年間之頻譜管理策略，Ofcom 從頻譜使用方式的重新分配以及異質系統間的共用兩大主題，根據市場機制及法規設定調整其未來頻譜管理方向，並將「了解未來頻譜需求、行動覆蓋率之重要性及新行動服務」、「執行 Ofcom 之 700 MHz 頻段計畫，考慮免費電視的發展」、「支援公部門頻譜釋出計畫(Public Sector Spectrum Release, PSSR)」、「處理未來節目製作與特殊活動(Programme Making and Special Events, PMSE)頻譜需求」、「確保 M2M 與 IoT 的創新發展」、「支援政府未來在緊急服務上之無線通訊需求」等六大領域作為優先處理重點。

時隔六年，也當全球無線通訊正式進入 5G 時，Ofcom 於 2020 年末發表了 “Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s” ，作為整個 2020 年代之頻譜規劃與管理的上位政策。此一版本強調了未來頻譜管理的願景將包括不同受眾，不論是令任何人都可接取的大眾市場(mass market)取向，或者是公部門、其他組織之特定需求服務，都是往後須同時兼顧之面向；而於頻率使用本身，如何透過創新的彈性使用方式並改善使用效率等，也是對於頻率的逐漸稀缺課題進行回應。如圖所示，奠基於此四項願景，Ofcom 透過瞭解頻譜管理相關趨勢並善用既存之工具，提供能夠真正解決未來挑戰之策略性建議。

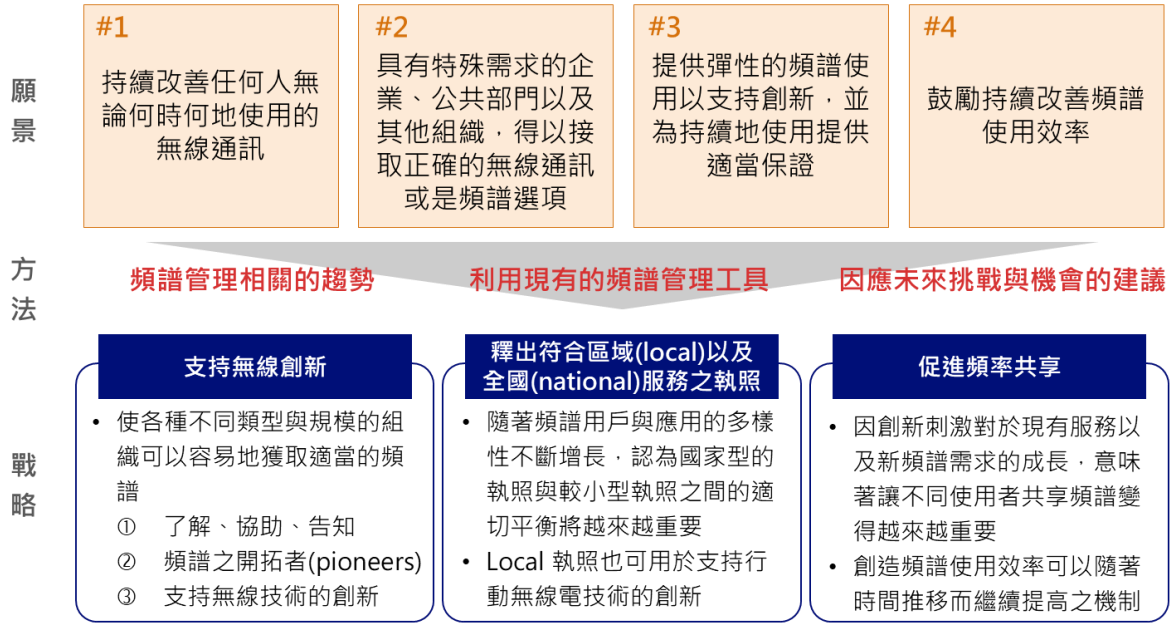


圖 96 英國頻譜政策概要

資料來源：Ofcom ”Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s”，本計畫製作

若再更深入地研究其願景設定之背後假設，不難發現 Ofcom 是由頻譜的整體需求面切入，進行全方位之剖析。由於無線通訊技術之進步，包括每一個體及公、私部門之組織，所有人都期待無時無刻可享有網路之連接，然而不同的終端裝置、場域，乃至於未來之創新應用，都有其各自複雜性及不同的頻率要求，為確切貼近其需求，持續性地追蹤並檢討實屬必要策略；與此同時，對於頻譜管理之守則亦須留有彈性，以提供頻率之永續利用，而其中關鍵便是力保逐漸稀少之頻譜得以有效使用，無有浪費、空閒未利用之情況發生。針對以上目標，Ofcom 提出「釋出符合區域(local)及全國性(national)服務之執照」以搭配不同情境使用者之需求，而「支持無線通訊技術之創新」及「促進頻率共享」則可保障頻率於技術的更迭、汰換過程中，仍能達到具永續性之運用。

表 30 英國頻譜願景實現方式

願景目標	重要性與未來趨勢	如何使用現有的工具實現目標	應對未來挑戰與機會之建議
持續改善任何人無論何時何地使用的無線通訊	• 人們越來越期望無論身在何處都能上網 • 新興科技及應用正在推動對接取(connectivity)的需求 • 人們用以連網的裝置越來越多樣化	• 追蹤需求並提供頻譜以改善無線網路通訊之連接性 • 試圖於國際上採取領導地位 • 促進關鍵無線服務之可觸及性(availability)	• 釋出符合區域(local)及全國性(national)服務之執照 • 支持無線通訊技術之創新 • 擴大工作範圍 • 推動創新實驗頻譜 • 促進頻率共享
具有特殊需求的企業、公共部門以及其他組織，得以接取正確的無線通訊或是頻譜選項	• 頻譜使用者擁有多元且專業的需求 • 跨領域 / 產業的無線通訊應用機會正不斷成長 • 部分新進頻譜使用者及應用將對頻譜有特殊要求	• 與既有頻譜資源使用者（產業、利害關係人）合作並開發未來潛在使用者 • 提供頻譜資源以支持不同的使用需求及商業模式 • 提高頻譜相關資訊統整之質與量水準	
提供彈性的頻譜使用以支持創新，並為持續地使用提供適當保證	• 由於未來創新應用尚不明確故頻譜使用時之彈性便十分重要 • 不同產業對無線通訊之導入需求將使彈性的重要性更加提高 • 為持續使用頻譜之使用者提供適當保證可減少負向衝擊	• 提供創新實驗頻段之執照並以更多元的方式釋出頻譜 • 持續研發自動化頻譜管理工具 • 定義彈性的頻譜使用權 • 於國際上促進適當程度的和諧共存 • 為既有及新使用者提供持續使用的適當保證	
鼓勵持續改善頻譜使用效率	• 需求的增加顯示頻譜使用效率的提高將為未來關鍵因素 • 頻譜共享機制可成為改善使用效率之重要方法	• 透過市場機制改善頻譜使用效率 • 於必要時刻採取合適的監管行為（如：頻譜之回收） • 許可頻譜之共享 • 深化自動化頻譜管理工具之使用以支持頻譜共享 • 改善無線電波之性能標準 • 與政府合作以促進公部門之頻譜有效利用	

資料來源：Ofcom ” Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s”，本計畫製作

以前述願景及推動策略為基礎，Ofcom 計畫於 2021 至 2022 年間執行一系列計畫，使全民之網路連接性能被保障。其中與行政命令有關之部分包括：公告「行網策略(Mobile Strategy)」以支持連網及創新，目前已於 2021 年 5 月發布將涵蓋之範圍(terms of reference)以告知往後大抵方向；「拍賣整備完畢之頻譜」將以 26 GHz 作為公眾諮詢之主題；發布「頻譜管理策略」並釋疑，以明確 2020 年代英國之頻譜管理規劃；擬定可反映市場、技術及國際發展等面向之「頻譜路線圖(Spectrum Roadmap)」,作為保障 IMT、5G 頻譜之措施並為英國在 WRC-23 前做足準備；最後則是研擬「2G/ 3G 退場機制」，使消費者及電信商之衝擊減至最小。

表 31 英國 Ofcom 2021-2022 財務年度之預期執行計畫（節錄）

Q1	Q2	Q3	Q4	H1
4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	9月

計畫細節	預定期程
頻譜管理策略 “Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s” ：執行完畢公眾諮詢後目前已於2021年7月公告，闡釋往後十年之頻譜管理規劃	聲明：Q2 21/22
行網策略(Mobile Strategy)：將擬定規範並支持高品質連網及創新，計畫之涵蓋範圍及先期準備相關規畫已於2021年5月公告	諮詢：Q3 21/22 聲明：Q1 22/23
拍賣已整備且釋出之頻譜：將於2021/22針對26 GHz之拍賣召開公眾諮詢	諮詢：Q3 21/22
頻譜路線圖(Spectrum Roadmap)：將擬訂同時反映市場、技術及國際發展等面向之策略性頻譜路線圖，以促進創新並確保當需求被創造出來時能有頻譜足以使用，包括：行動網路及5G。此計畫也會與英國針對WRC-23之準備相互呼應	諮詢：Q3 21/22 公告：Q4 21/22
2G/3G退場機制：將持續探索此退場機制將如何影響關係人，並與行網營運商共同識別可能之課題以及如何解決，以保障消費者並最小化衝擊	持續進行中

資料來源：Ofcom “Ofcom’s Plan for 2021/22: Making Communications Work for Everyone” ，本計畫製作

於不同應用別部分，Ofcom 指出將持續推動「地區性執照釋出(Localised Licensing)」，透過自動化接取之授權方式共享頻率，並提供更有效率之特定地點接取平台；「促進需求漸增之無人機應用」則透過探索新興頻段及授權方式支持應用端需求，並與民用航空管理局(Civil Aviation Authority)合作研擬適切監管架構；最後則是「與產業共同支持無線通訊與頻譜」，透過數位轉型，整合各產業之利害關係人對無線通訊之不同需求。

表 32 英國 Ofcom 2021-2022 財務年度之預期執行計畫（節錄）

計畫細節	預定期程
地區性執照釋出(Localised Licensing)：期望共用頻段能執行全自動化之接取授權方式，並為特定地點提供更有效接取的平台	持續進行中
促進需求漸增之**無人機應用**：將持續探索頻譜及授權方式等潛在選項以符合各項應用之需求，如：醫療物資發送及交通監控系統，並與民航局(Civil Aviation Authority)合作以產出聯合監管架構	持續進行中
與**產業共同支持**無線通訊與頻譜：透過執行各產業之數位轉型凝聚共識，並解決仰賴無線通訊之新應用的需求	持續進行中

資料來源：Ofcom “Ofcom’s Plan for 2021/22: Making Communications Work for Everyone” ，本計畫製作

此外，與極高頻段有關之政策，則因大眾及部分公部門組織對於其可能對人體造成之危害而進展較為緩慢。針對此議題，於

英國各地完成實驗後，Ofcom 設定 PHE (Public Health England)為權責機關，根據 ICNIRP (International Commission for Non-Ionising Radiation Protection)2020 年 3 月修改之 EMF (Electromagnetic Field)國際框架，監管大於 10 Watts EIRP 之高頻毫米波無線電通訊，以減輕 5G 基站對人體的危害；隨後，英國亦根據此標準展開公開諮詢，作為規劃 EHF (Extremely High Frequency)頻譜執照釋出之規則。另外，57-71 GHz 無線寬頻之公眾諮詢已於 2021 年 1 月底結束，草擬之新框架將改變該段原先免執照之基礎，要求超過 40 dBm 功率之服務改採適度之釋照方式，以配合與 PHE、ICNIRP 規範相符之 EMF 保護原則。

在第二章第一節中 B5G/6G 部分提及之“Spectrum Access: EHF Licence”除須於申請程序中備妥相關規劃外，同時亦被要求須遵守以上 EMF 相關之保護原則。EHF 執照提供 116-122 GHz、174.8-182 GHz、185-10- GHz 等實驗頻率，為加速申請及執照發放之效率，整體申請流程僅須透過 e-mail 傳送 Ofcom 之制式表格。在申請書當中需詳述實驗期限、預計選取頻段及頻寬、實驗單位之註冊稅號、負責人及合夥人相關資訊、使用裝置、實驗目的等；實驗目的除須符合 Ofcom 要求之「支持無線通訊技術創新」外，由於 100-200 GHz 已有既有被許可之用戶，實驗者須承受可能之干擾，並須將所有裝置之 EIRP 限制為 55 dBm 以下，且仰角需大於 20 度。

在以上送審資料皆符合條件的情況下，Ofcom 將提出需繳付使用費及保證金之期限，而相關資料之查核則將落於此區間內；透過此一機制改善以往需逐步查核並曠日廢時之繁雜步驟，進而加速需用單位提早進行硬體部署及其餘初期設置。在執照期限方面，Ofcom 目前並未設下硬性規定，惟若英國政府有頻段上之整備及其餘打算，僅須提早 1 年告知實驗單位便可收回。在執照使用費上，Ofcom 也預期以低廉之費率保障各單位之可負擔性，每一選取頻段僅需每 5 年繳納 75 英鎊；同時，該執照亦可在複數地點使用多個裝置進行測試。

(三) 德國

德國的聯邦網路局(Bundesnetzagentur, BNetzA)每年皆會滾動式檢討頻譜管理之方向，透過發布“Spectrum Compass”闡述過往推動計畫之成果並解釋來年頻譜政策之走向。BNetzA 將目標訂為於早期便明確頻譜需求並決定如何提供可用之頻譜，由市場、法規及規劃面進行準備，尤其是針對使用權限將到期頻譜之整備，以便進一步推出更高速、更穩定的行網服務。

BNetzA 設定了六大準則，作為往後頻率管理之策略。首先是確保「頻譜釋出程序」基於客觀、透明及不具歧視性之原則，並尋求不同管道及方式，此項為自歐盟框架中衍生而出；其次是「掌握頻率需求」，透過深入了解需求及供給面之平衡點，於釋出前訂立適切框架，並同時避免推高競價之惡意商業行為；在保障國民連接性方面，也需「改善行網覆蓋率」，於頻率釋出時定義每一電信商需達到之具體覆蓋義務；要求電信商需遵守以基礎設施為主之「公平及永續競爭」，保護消費者不受市場寡占所宰制並透過良性競爭使其享有最高利益；為使整體連網品質及覆蓋率提高，將積極推動「檢討法規工具」，透過修正《電信法(Telekommunikationsgesetz, TKG)》，以作為頻譜釋出時指派給電信商之覆蓋義務及其他要求（如需與其他業者進行設施共享）之法源基礎；最後則是藉由盡早判斷哪些頻譜適合配合往後技術發展，以奠立「規劃與投資確定性」，並吸引廠商投資並早日部署。

在德國，700 MHz/ 800 MHz/ 900 MHz/ 1.5 GHz/ 1800 MHz/ 2 GHz/ 2.6 GHz/ 3.6 GHz 皆已被分配給行動及固定通訊網路(Mobile/ Fixed Communications Network, MFCN)，26 GHz 則正準備提供予包括 5G 技術在內之高容量應用。未來 BNetzA 亦將持續針對 42 GHz 研擬善用該頻譜資源之框架，該段已於 WRC-19 上取得全球和諧之共識，歐盟執委會業已授權歐洲郵政與電信管理會議(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT)針對該頻段設定適用歐洲之技術條件。此外，德國聯邦參議院(Deutscher

Bundersrat)已起草了一項有關頻譜釋出之決議，要求聯邦政府與各州政府共同合作，針對目前拍賣頻譜之作法進行檢討，進而產出以市場為導向且有利於競爭之不同釋出模式，包括行政指配或延長原先使用權限以及可能創造出的新方式。。

由於德國的《電信法(Telekommunikationsgesetz, TKG)》規定了頻譜透過拍賣釋出之方式具有法定優先權，在一般情況下都需以拍賣作為釋出之方式。在以上的提議之下，未來頻譜釋出將有更多元之管道，並需考慮是否有新頻譜足以供給市場，將改善其稀少問題並對市場競爭產生好的影響。例如：sub-1 GHz、1-7 GHz 及毫米波頻段等，其釋出方式亦需考慮搭配之應用，像是未來可用以覆蓋偏遠地區及高容量應用之毫米波段將可促進達成聯邦政府對電信商要求之覆蓋義務。

如下表所示，由於 700/ 800/ 900 MHz 等低頻都將陸續於 2025 年末或 2033 年末到期，德國政府正在考慮是否修改制度，令此些 sub-1 GHz 頻段現階段之使用得以延長，或甚至將其用途改為可令某些技術（如 LTE 或 5G）永久使用之頻段；BNetzA 目前正針對該些頻率擴展及可能對移動通信覆蓋造成之潛在影響進行研究，將於近期公告成果。若可早期重新規劃用途並提供頻譜，便可保障網路之早期部署。

表 33 德國無線通訊頻段一覽表

頻段	頻率	到期時間
450 MHz	451.075-455.575/ 461.075-465.575 MHz	2020/12/31
700 MHz	703-733/ 758-788 MHz	2033/12/31
800 MHz	791-821/ 832-862 MHz	2025/12/31
900 MHz	880-915/ 925-960 MHz	2033/12/31
1.5 GHz	1452-1492 MHz	2033/12/31
1800 MHz	1710-1725/ 1805-1820 MHz	2025/12/31
	1725-1730/ 1820-1825 MHz	2033/12/31
	1730.1-1735.1/ 1825.1-1830.1 MHz	2025/12/31
	1735.1-1758.1/ 1830.1-1853.1 MHz	2033/12/31
	1758.1-1763.1/ 1853.1-1858.1 MHz	2025/12/31
	1763.1-1780.5/ 1858.1-1875.5 MHz	2033/12/31
	1780-1785/ 1875-1880 MHz	2033/12/31
2 GHz	1900.1-1905.1 MHz	2025/12/31
	1905.1-1920.1 MHz	2020/12/31
	2010.5-2024.7 MHz	2025/12/31
	1920.3-1930.2/ 2110.3-2120.2 MHz	2040/12/31
	1930.2-1940.1/ 2120.2-2130.1 MHz	2040/12/31
	1940.1-1950/ 2130.1-2140 MHz	2040/12/31
	1950-1959.9/ 2140-2149.9 MHz	2040/12/31
	1959.9-1979.7/ 2149.9-2169.7 MHz	2040/12/31
2.6 GHz	2500-2690 MHz	2025/12/31
3.5 GHz	3410-3473/ 3510-3573 MHz	2040/12/31
	3473-3494/ 3573-3594 MHz、在區域(regional)或本地(local)分配的較小頻率塊	2040/12/31
3.7 GHz	3600-3800 MHz、在區域(regional)或本地(local)分配的較小頻率塊	2040/12/31

資料來源：BNetzA 公開資料，本計畫製作

有鑑於 800 MHz/ 1800 MHz/ 2.6 GHz 等頻段都將於 2025 年末到期，為提前規劃，BNetzA 已於 2020 年末針對此些頻段往後作為行動通訊之規畫進行公眾諮詢，預期可於《頻譜指南 2021 (Spectrum Compass 2021)》中得知最終決議結果。另外，由於歐盟執委會將 2010.5-2024.7 MHz 於歐洲和諧共存之頻段中排除，且德國除需滿足自身法律外也須遵守歐盟法規，故將於到期後封存不再釋出。根據以上於往後十年間內將到期之頻譜，德國於 2026 年將享有 250 MHz 之可用成對頻譜，其中 sub-1 GHz 為 60 GHz，並有約 50 MHz 之不成對頻譜；於 2033 年，

則可享有共 230 MHz 之成對頻譜，低於 1 GHz 之成對頻譜部分為 130 MHz，加上不成對的 40 MHz。BNetzA 認為，透過逐年檢討頻譜需求並隨情況調整頻譜管理之規劃及政策，將可使德國之頻譜資源達到永續，並透過頻率的活用支持產業發展。

最後，與未來頻譜規劃相關之部分，於 2021 年 4 月，德國聯邦教育及研究部(BMBF)宣布將開啟德國第一個政府主導的下世代無線通訊研究計畫，並將於 2025 年前投入 7 億歐元之財務資源以扶持相關研發，並配合聯邦政府之「2025 高科技戰略」。此研究計畫之初期資金為 2 億歐元，除將創造一「6G 研究聚落」以刺激各學研單位間之合作，亦將成立專屬未來通訊技術之「6G 平台」，以作為未來保障經濟成長及競爭力之措施。後續 BMBF 除針對兆赫茲傳播進行研究外，也將展開其他相關 6G 及頻譜管理之研究，並預計逐步提高預算經費。目前將以未來通訊技術之研究為主要方向，以為下世代行動通訊及光導纖維(fiber optic networks)做準備，下一步則是研究如何快速轉移 6G 技術至創新產品及應用，並持續挹注資金支持。此外，德國的 Fraunhofer 應用研究促進協會中的五個機構（積體電路研究所 IIS、通訊技術研究所 HHI、開放通訊系統研究所 FOKUS、應用固體物理研究所 IAF、可靠性和微整合研究所 IZM）亦將展開為期三年之 Sentinel 計畫，透過投資 8 百萬歐元之預算支持其由 2021 至 2023 年底間之計畫，就「兆赫茲傳播」、「彈性網路」、「6G 系統架構」及「本地化」進行研發。

(四) 日本

日本擬定頻譜政策的管道為透過各個討論以及懇談會，逐步進行收斂並提供建議，包含自 2012 年開始的「頻譜有效利用促進檢討會」、2014 年「頻譜政策願景懇談會」、2016 年「頻譜政策 2020 懇談會」、2018 年「頻譜有效利用成長戰略懇談會」、2019 年 8 月之「頻譜有效利用成長戰略懇談會令和元年 follow up 會議」以及 2020 年展開之「數位變革時代的電波政

策懇談會」，集結產官學研的成員共同討論頻譜規劃以及管理之方向。

在 2018 年「頻譜有效利用成長戰略懇談會」所發佈的報告書中提及，日本期望在 2030 年實現包含「Beyond 5G 系統」、「無線 IoT 系統」、「次世代移動系統」、「無線電力傳送系統」、「次世代衛星利用系統」、「次世代影像・終端系統」以及「公共安全 LTE」等 7 個次世代無線系統。而為實現此 7 個系統則必須從頻譜的長期重新分配以及確保開始執行，因此設定 2020 年為迎向 5G 實現的關鍵里程碑，並強調須確保至 2020 年末為止有約 4 GHz 的頻寬可供行動通訊、物聯網等無線通訊使用。

圖 97 日本頻譜政策走向

資料來源：總務省 「2018 頻譜有效利用成長戰略懇談會」，本計畫製作

根據上述的目標，總務省於 2019 年開始召開「頻譜有效利用成長戰略懇談會令和元年 follow up 會議」，針對其執行及發展的趨勢持續進行 PDCA，並討論更具體的執行方針，並針對四項議題深入探討：

- 動態頻譜共用系統：面對 5G 等新技術的出現以及頻率需

求量增加，未來則期望建立動態頻譜共享系統讓新使用者與既有使用者共同使用，透過地理、時間性的區隔方式，更柔軟地進行頻譜共享，以改善現行的僅以地理做為區隔的方式。

- 抑制不符合標準設備之流通：智慧手機等無線裝置通常都是搭載多個模組在一個裝置中進行販賣，然出現有些裝置僅取得一項標準認證，而其他標準許可尚未取得的情況下即進行販賣；抑或是販售來自國外並不符合國內標準之商品，例如：使用 5.8 GHz 頻段之 Wi-Fi AP。

- 無線 IoT 人才育成：過去許多政府機關或是企業單位較少具有通訊系統建置與運用之經驗，面對未來將會出現更多使用者自己進行網路建置之機會，需培養各領域當中組織內部資通訊相關人才。

- 新頻譜系統海外展開之對應：以氣象・防災以及交通・宇宙領域為中心，加強日本企業研發的高技術能力之頻譜系統輸出的能量，積極進行與海外現地之間的合作。

最後，於 2020 年總務省召開了「數位變革時代的電波政策懇談會」，針對頻譜資源的有效利用，使其效益擴及到廣大的國民以及活化國家經濟與社會進行討論。因應資通訊系統的技術演進，自 2019 年開始推動 5G 後，包含頻譜的釋出以及全國網路的展開，總務省便開始著手進行 2030 年通訊系統的所需的技術與頻譜資源的討論。該次會議鎖定往後將研發之技術包括能使基地台與終端、基地台與基地台間使用相同頻段連結之整合接取與後傳(Integrated Access and Backhaul, IAB)；運用 100 GHz 以上之極高頻段的兆赫茲波通訊；由多個寄生反射器(parasitic reflecton)組成的超物質、智慧反射表面(Intelligent Reflecting Surface, IRS)，以使基站與用戶終端之通訊保持暢通；能夠提供陸、海、空在內的三維空間通訊服務之高空平台；根據各應用服務之要求虛擬劃分網路性能之網路切片；最後是多樣化的空域無線系統，支持無人機、飛行汽車於天空中運送人員及物資之流通服務。

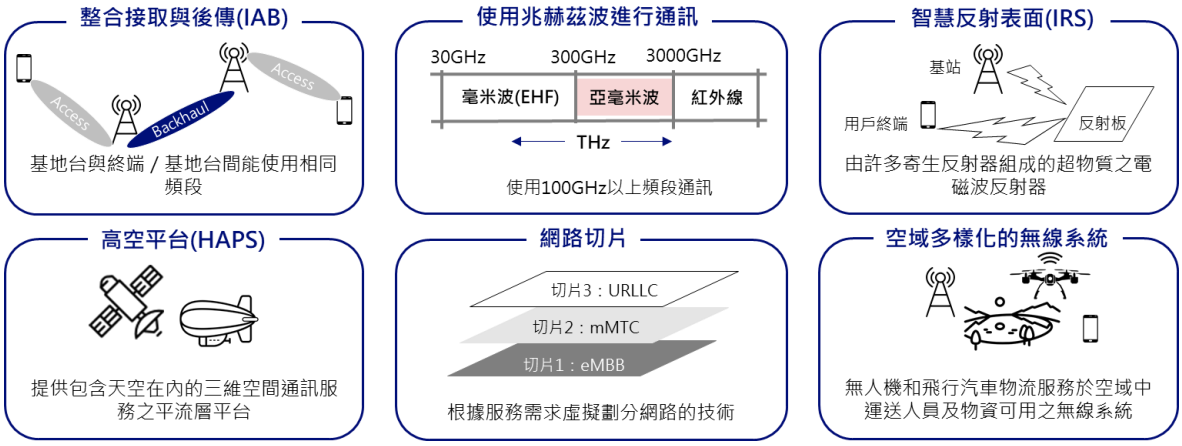


圖 98 日本頻譜政策鎖定之潛在實現技術

資料來源：總務省「數位變革時代的電波政策懇談會」，本計畫製作

同時，在此次懇談會中也定義了往後之五大關鍵課題，以「未來如何使用無線電波」作為開頭，討論「數位變革時代所需的無線系統之導入及普及方式」，將 5G/ Local 5G、B5G、頻譜共用、Open-RAN、防災及人才培育等議題包括在內；另一方面，「頻率有效利用的驗證及分配措施」用以支持前述上位政策之方向，預期使電信商及公部門專網頻譜達到有效率使用，並以此驗證方式確立往後頻譜分配之方式。相關監管措施「有關無線電波監理及監督之方法」、「頻譜使用費制度的檢討」等討論，則意在改善既存制度不完善之處，以配合瞬息萬變並充滿破壞式創新之數位變革時代。

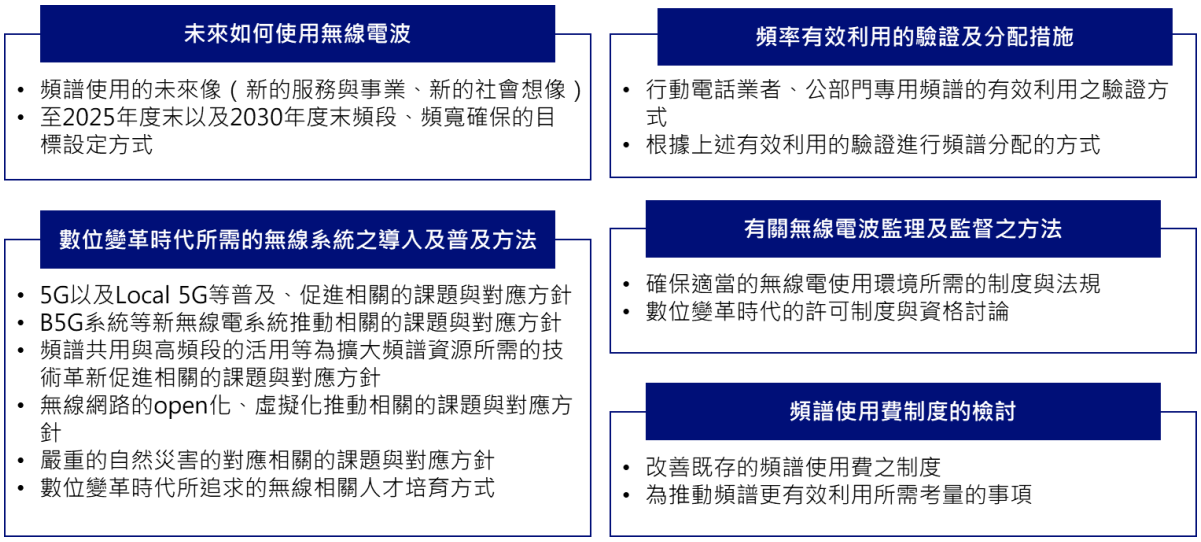


圖 99 日本「數位變革時代的電波政策懇談會」主要討論課題
資料來源：總務省「數位變革時代的電波政策懇談會」，本計畫製作

在「未來如何使用無線電波」中，總務省透過技術的演進趨勢、社會環境的變化，包含因新冠疫情的影響下數位化與無線通訊的使用變化、人口老化勞動力降低，以及公共設施老化、物流需求增加以及偏鄉交通課題等，提出未來電波利用的想像圖，透過要新興通訊系統、技術等的供給端，與需求、要件等的需求端兩個觀點設定未來頻寬釋出之目標。具體而言，透過國際動向、目標系統以及使用者需求之相關分析，設定頻寬的需求。

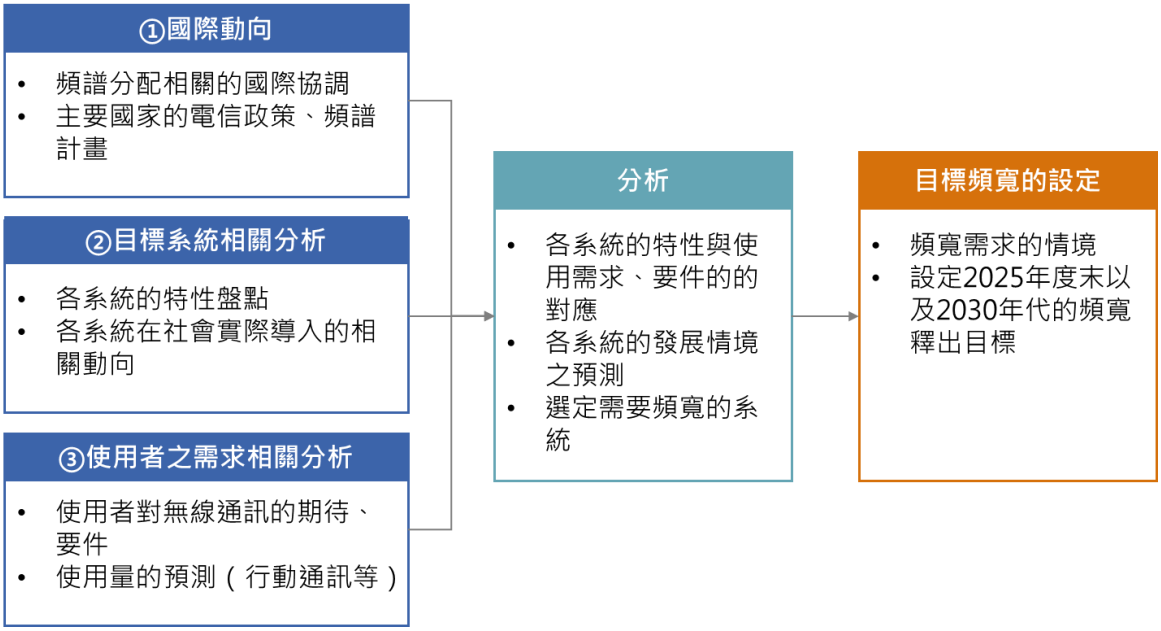


圖 100 總務省頻寬目標預估之方式

資料來源：總務省「數位變革時代的電波政策懇談會」，本計畫製作

其中，使用者的需求分析是藉由針對不同產業、規模大小的企業、組織進行抽樣後，透過問卷調查企業、團體對於無線通訊的期待。調查的問題包含：

- 對於無線通訊的使用意願：在 2025 年時對於無線通訊系統的導入及更新的想法為何？用或欲使用無線通訊系統、網路的背景與目的為何？
- 具體的使用需求：當前使用或是未來想要導入無線通訊系統之領域或產業？目前使用或未來要導入的無線通訊應用為何？
- 網路要件相關需求：假設下世代的無線通訊環境已整備好的情況下，貴組織會有什麼轉變呢？對於網路要件的重視程度與既有系統的滿足度？

藉由上述的調查得出多數企業會因既有系統的老舊，以及為推動數位化而欲導入新的無線通訊系統，同時現階段在工作模式的改革（遠距工作）以及工廠/倉庫/物流等自動化的產業當中活用無線通訊的比率較高，同時未來的需求亦較高。在這些產

業當中，主要的使用需求除了原本的溝通之外，對於檢測、遠端操控以及自動化的使用需求將快速增長。而無線通訊的導入被預期增加數據、資料的種類，最期待用於影像（Full HD・4K/8K 等高畫質影像）以及大容量的數據、文件傳送等，因此需要大容量的通訊能力。除了大容量的通訊外，對於安全與信賴度的重視程度亦高。將上述問卷調查得到的使用者需求，結合上述「2018 頻譜有效利用成長戰略懇談會」所提出的七大系統之網路特性，認為在「5G/B5G 等行動通訊網」、「衛星通訊/HAPS」、「IoT/無線 LAN」以及「次世代交通」四大系統當中，需要額外的頻寬支持。進而針對不同系統展開未來的預測與頻譜需求的推估，例如針對「5G/B5G 等行動通訊網」，預想行動通訊訊務量的年增長率為 1.2 倍，在假設頻譜使用效率不變的情況下，2025 年度末的頻寬需求應為現階段(3GHz)之 2 倍為 6GHz；而預想 2030 年代的訊務量為 2025 年末的 19 倍，假設藉由 B5G 的實現，頻譜的使用效率可提升約 34 倍，2030 年代的總頻寬需求將為 2025 年頻寬(9GHz)的 5-6 倍，約 38GHz -52GHz。藉由這些假設的推估，認為於 2025 年度末，應確保 16GHz 的頻寬；2030 年代應確保約 102GHz 之頻寬。

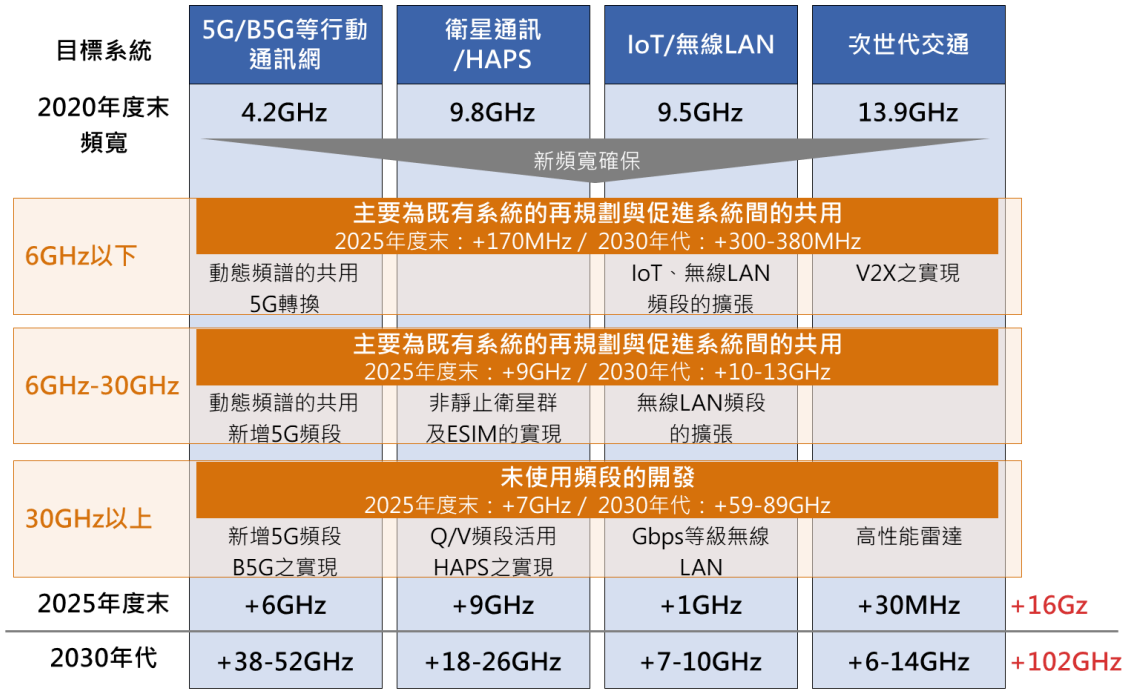


圖 101 總務省未來頻寬釋出目標

資料來源：總務省「數位變革時代的電波政策懇談會」，本計畫製作

在以上各種上位政策的框架下，總務省每年也會定期發布「頻譜再編行動計畫」，公告未來一年的重要發展方向。於 2020 發布之「頻譜再編行動計畫」當中，總務省開始針對 5G 第二波商用頻譜進行討論（目前鎖定之頻段包含 4.8-5.0 GHz、26.6-27.0 GHz、39.5-43.5 GHz），也期望在 2020 年當中完成針對 4.6-4.8 GHz、28.3-29.1 GHz 等 Local 5G 之頻段完成技術細節與標準之討論，並已於 2020 年 12 月開放此些頻段之執照申請。此外，總務省亦積極推動動態頻譜共享之機制、增加 760 MHz、5.8 GHz 等 ITS 相關頻段的使用效率與服務之擴散、評估於 5 GHz 導入之 IEEE 802.11ax 規格，以及衛星通訊系統的強化等政策。

表 34 日本 2020 年頻譜再分配行動計畫之目標

方針	內容	頻段
5G等平滑導入之對應	下一波商用頻譜之討論	4.9-5.0GHz、26.6-27.0GHz、39.5-43.5GHz
	既存頻段之5G化	3.6GHz以下之頻段
	Local 5G頻段確立	4.6-4.8GHz、28.3-29.1GHz
動態共用頻譜的推動	為了2020年以後因IoT以及5G普及產生的新頻譜需求，須建立與既有系統共用之動態頻譜共享系統	2.3GHz、2.6GHz、26GHz、38GHz
6GHz無線LAN系統之強化	評估6GHz(5150-5925MHz)無線LAN系統與其他系統之共用條件，並討論5.2GHz用於汽車內使用之通訊系統相關技術條件	6GHz
衛星通訊系統之強化	為於令和3年實現非靜止衛星群之服務提供，針對L band、Ka/Ku band進行與鄰近既存無線系統、靜止衛星系統的共用條件討論。此外針對移動體使用的衛星通訊系統的擴張頻段(17.7-19.7/27.5-29.5)進行技術條件的討論。	L band、Ka/Ku band 17.7-19.7/27.5-29.5
根據頻率使用狀況調查的評價成果，進行頻譜的再分配	針對技術演進而造成既有使用效率降低或是有轉換到新系統規劃之頻段，進行有效利用的討論。例如： • 1.2GHz供類比方式畫面傳送基地台使用之頻段進行移頻 • 1.9GHz 公眾PHS服務將於令和5年結束，其後頻率有效利用對策討論（階段性共享）	1.2GHz→2.4/5.7GHz 1.9GHz
Beyond 5G推動	舉辦「Beyond 5G推動展略懇談會」，並制定「Beyond 5G推進戰略-6G Roadmap」。將預計於2030年導入之B5G潛在頻段開放進行實驗。	150GHz、300GHz

資料來源：總務省「2020 年頻譜再編行動計畫」，本計畫製作

(五) 韓國

韓國政府預估國內行動通訊量於 2016 年至 2026 年將成長 21 至 36 倍，故未來創造科學部(Ministry of Science and ICT, MSIT)於 2017 年發表了《K-ICT 頻譜策略(K-ICT 스펙트럼 플랜)》，新增可用頻段，並建立相關管理規則。於 2018 年 6 月完成韓國首波 5G 頻譜拍賣並釋出後，2019 年 1 月 25 日 MSIT 再次公告了《第三次無線電促進基礎計畫 (제3차 전파진흥기본계획) (2019-2023)》此文件，韓國政府希望能夠透過建立頻段的管理與標準，擴大各頻段使用的效率，因此也在頻段的規劃上訂立了相關的基本規則，包含：「完善供需系統」、「提升頻段使用效率」以及「持續開發新技術並強化國際合作」。

在「完善供需系統」方面，除期望透過調整頻段之分配以配合往後 5G 策略的發展，同時也希望藉由簡化頻段移轉及租賃之相關規則，成功擴大市場，並透過需求預測系統，調查創新的

應用服務中頻段的使用狀況以建立需求處理機制。在「提升頻段使用效率」上，希望藉由評鑑系統作為重編標準，以促進頻段的共享。最後在「持續開發新技術並與國際合作」的面向，韓國也積極針對下一代技術的發展行研究，如 THz 與可見光進，同時強化與國際間的合作，推動 5G 於全球的標準化。

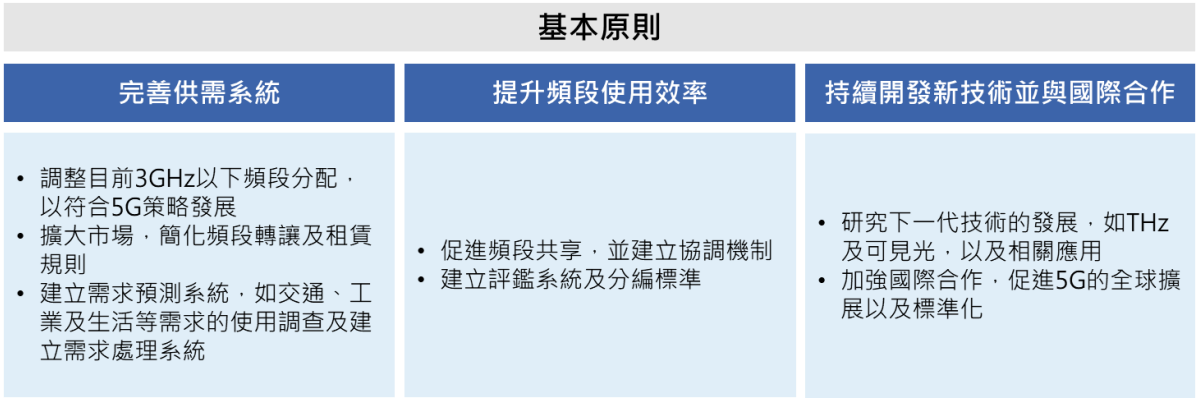


圖 102 韓國 “K-ICT Spectrum Plan”政策概要
資料來源：MSIT “K-ICT Spectrum Plan”，本計畫製作

除了於《K-ICT 頻譜策略》中指出需釋出 1.4/ 2.1/ 2.4 GHz 此三頻段共 140 MHz 之頻寬供 4G 使用外，亦需於 2026 年前增加 4,300 MHz 之頻寬供 5G 使用。此外，於 2019 年之《第三次無線電促進基礎計畫 (2019-2023)》中提到，據其預估，於 2018 年拍出之 3.5 GHz（頻寬 280 MHz）將於 2022 年達到使用之飽和，因此需確保於此之前提供更多頻寬與 5G 使用，因此亦額外規劃將於 2022 年前釋出 2300-2390 MHz/ 3.4-3.42 GHz/ 3.7-4.2 GHz/ 24 GHz 以上等頻段共 2,510 MHz 頻寬之目標。

圖 103 韓國 “K-ICT Spectrum Plan”頻譜釋出目標
資料來源：MSIT “K-ICT Spectrum Plan”，本計畫製作

除以上討論到的行動通訊部分外，為迎接第四次產業革命以及智慧時代的到來，該策略內也針對無線網路等相關設備的使用頻寬訂定目標。預計至 2026 年為止，總共可以新增 27,214 MHz 供產業與生活使用（下圖右紅框內之總和），於公共以及衛星部分，則預計分別新增 4,580 MHz 以及 3,755 MHz 頻寬。以上計畫，預計可令韓國可用頻寬擴大為 2016 年(44 GHz)之兩倍，總計新增約 40 GHz 頻寬，於行動通訊、產業生活、公共安全・國防以及衛星等四個領域，共計將有 84 GHz 可供使用。

行動通訊用頻寬確保

分類		~2018	~2021	~2026	合計
4G	1.4GHz	-	40	-	40
	2.1GHz	-	-	60	60
	2.4GHz	-	40	-	40
5G	3.5GHz	300	-	-	300
	24GHz 以上	1,000	2,000	1,000	4,000
合計(MHz)		1,300	2,080	1,060	4,440

產業、生活用頻寬確保

分類		~2018	~2021	~2026	合計
無線網路	IoT	4	12	12	28
	無線LAN	5,000	120	-	5,120
	無線連網基礎	-	1,500	6,000	7,500
	小計	5,004	1,632	6,012	12,648
無人移動體		-	60	12,500	12,560
產業感測器		1,005	1,000	-	2,005
無線充電		0.01	-	1	1.01

圖 104 韓國頻譜釋出目標

資料來源：MSIT 公開資料，本計畫製作

(六) 澳洲

澳洲通訊暨媒體管理局(Australian Communications and Media Authority, ACMA)每年皆會發布《五年頻譜展望(Five-Year Spectrum Outlook, FYSO)》，解釋該年度及往後五年之頻譜規劃方向及各頻段現階段動態。由於每年度之 FYSO 皆會提前進行來年之頻譜規劃，但於正式決策公告之前，並不能確定所討論之頻段是否皆會轉移到更改後的分配位置；此外，ACMA 亦強調規劃中提供的訊息不會以任何方式取代正式決策，仍須待當局與利害關係人透過公眾諮詢及其於協調管道溝通後，始可促成入法並實際推動。

如下圖所示，澳洲的頻譜規劃可依四階段區分。在「監控(Monitoring)」部分，將執行國內外頻譜使用相關趨勢之例行性監控，並針對可能需要進行大規模規劃行動的頻段繼續保有發展意識，此階段內相關利益關係人尚無需採取任何直接行動，僅須持續追蹤，一般而言，列在此階段的頻段約需 12 個月以上的工作時間；其次可透過「前期調查(Initial Investigation)」之成果，收斂可用於澳洲之潛在重新分配頻段，包含初步考量新頻段的利用是否最大化頻譜使用價值並產生最大的公共利益，透過發布討論文件(discussion paper)或是透過公開產業會議

取得意見回饋；於「初步重新分配(Preliminary Replanning)」階段則識別適合重新分配之詳細頻譜規劃，並收斂預期成效，以更加了解使用需求並著手進行相關規劃；最後則透過「執行(Implementation)」確認規劃之成果確實達到公眾利益最大化之期待，包含更縝密的技術細節框架，並根據既有情況可能有清移頻等重新規劃之活動，並正式召開公眾諮詢及發布“The Forward Allocation Work Plan”。

圖 105 澳洲頻譜政策階段規劃原則
資料來源：ACMA 公開資料，本計畫製作

針對往後五年(2021-2026)間 ACMA 鎖定發展之頻段，除了包括毫米波段之 26/ 28 GHz 外，亦有較低頻段的 850 MHz/ 900 MHz/ 2 GHz/ 3400-3575 MHz/ 3700-4200 MHz 等。在毫米波段上之 26 GHz 已於 2021 年 4 月結束拍賣，與 28 GHz 之狀態雷同，裝置執照(Apparatus Licence)的準備已就緒，將待目前 26 GHz 拍賣釋出之頻譜執照(Spectrum Licence)及 28 GHz 之廣域設備執照(Area Wide Apparatus Licence)之發放程序結束後由 ACMA 邀請區域性(regional)執照申請者，以進行行政分配。

於 850 MHz (809-824/ 854-869 MHz)段之清頻計畫已取得進展，目前正在考慮極大化其效用之選項，其分配之時間與 900 MHz (890-915/ 935-960 MHz)頻段分配時間相關，目前正針對此二段草擬之分配方式召開公眾諮詢並規劃於 2021 年末執行頻譜執照之拍賣。

針對 3700-4200 MHz，於 2021 年裡，ACMA 將持續調查並審核「無線通訊指配與釋照指引(Radiocommunications Assignment and Licensing Instruction, RALI)」中 FX3（固定微波服務）對 3.8 GHz 點對點微波之安排以釐清移頻可能性，同時探討該頻段中 3700-4000 MHz 區域性無線寬頻之裝置執照及 3700-3800 MHz 頻譜執照分配之框架；目前已決議以行政分配(Administrative Allocation)之方式釋出低需求之區域性裝置執照，高需求區域性之裝置及頻譜執照則仍在討論釋出方式。

在 3400-3575 MHz 頻段上由於可能有額外頻譜，將就技術框架之變更展開公眾諮詢以支持都市區之許可，且新分配或介於 3700-3800 MHz 部分將採頻譜執照拍賣之方式。

最後，在 2 GHz 頻段的行動衛星服務(Mobile Satellite Service, MSS)部分，於電視轉播(Television outside Broadcast, TOB)業者尚未移至 7.2 GHz 不可開始營運，此過程預期將耗時五年；ACMA 已針對 RALI FX3 於 7.2 GHz 之更新規劃展開公眾諮詢，以利更有效率容納該頻段之既存數位科技，並使 TOB 業者能更有效率使用 7.2 GHz 頻段。

表 35 澳洲 2021-2026 年重點發展頻段

頻段	階段	建議分配時機	分配方式	備註
26 GHz	設備執照就緒	完成目前執照發放程序後	行政分配	ACMA於頻譜執照拍賣完成後，邀請於指定區域外之26 GHz區域性執照申請者。
28 GHz	設備執照就緒	完成目前執照發放程序後	行政分配	ACMA邀請27.5-30 GHz未分配頻段之區域性執照申請者。
850/ 900 MHz	最終化分配工具並準備拍賣程序	2021年第4季	頻譜執照拍賣	拍賣將於26 GHz頻譜執照拍賣結束至少6個月後開始。
3400-4000 MHz 低需求、區域性	執行計畫之決議中	2022年第1季至2022年第2季	行政分配	為低需求、區域性裝置執照進行行政分配。整合先前3700-4200/ 3400-3700 MHz之規畫及討論。
3400-3575 MHz 高需求、區域性	執行計畫之決議中	2023年第1季	新分配部分採頻譜執照拍賣	頻譜執照進行分配之範圍為任何額外頻率或落於3700-3800 MHz之頻譜。
3700-4200 MHz 高需求、區域性	執行計畫之決議中	2023年	3700-3800 MHz部分採頻譜執照拍賣	為高需求地區之頻譜執照或設備執照分配。設備執照之釋出方式尚在討論當中。
2 GHz （行動衛星服務，MSS）	執行計畫之決議中	2023年第3季後才可能發放設備執照（目前立場可能因往後審議而有改變）	待確認	新服務在TOB尚未移至新規畫前不可開始營運。預期將於5年後才發生。

資料來源：ACMA “Five-Year Spectrum Outlook 2021-2026”，本計畫製作

(七) 小結

綜觀以上標竿國家之頻譜政策，不難發現其個別願景皆可連結至欲發展的大方向，計畫團隊認為可概分為為了符合「產業發展」、「大眾／小群需求」、「支持數位上位政策」及「釋出頻寬目標」等四類。美國為了扶植其 5G 產業之發展，藉由“National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing”將重點定義為頻譜的重新分配，並鎖定中頻頻譜之投資，以利於國際上透過完備之生態系統帶領標準化及市場方向。英國則強調不論是大眾市場或有個別需求之公、私部門團體，乃至於個人，都有不同的連網需求，因此須透過彈性的頻譜管理原則搭配效率之改善，令有限的頻率能符合各有差異之應用。日本、韓國則以明確的頻譜釋出數量作為政策推進方向，以實際可供接取之頻率資源支援無線技術之發展，最終希望於此基礎上促成新應用服務之創造。

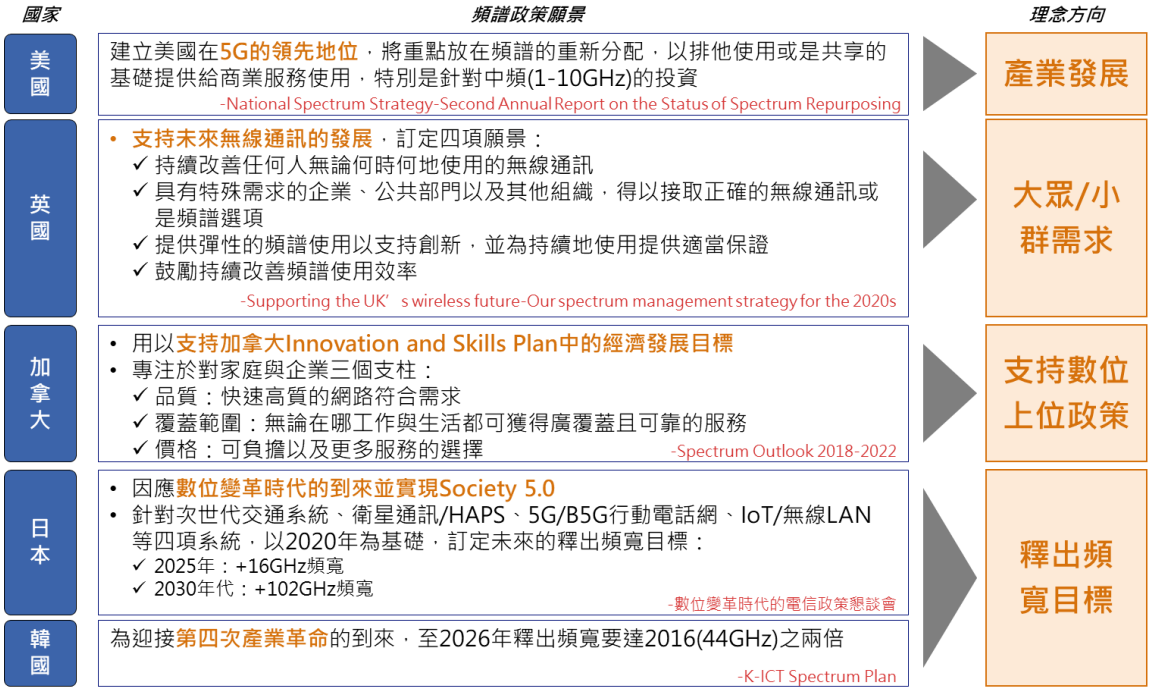


圖 106 國際頻譜政策願景走向彙整
資料來源：各國公開資料，本計畫製作

在具體頻譜策略方面，則可分為「使用效率」及「降低門檻」等兩大類別。作為效率改善之措施，除了可透過效率之檢討瞭解實際使用情況及可再改善之處外，亦可透過頻譜共享制度使有限之頻譜資源得以供應不同技術；其中除了使用如美國之自動頻率調和系統外，亦可參考如日本的公共頻譜共享制度。在降低使用門檻此一主題上，則可研擬更多元的釋出管道，像是於國際上已見到越來越多的區域性專網概念；為使頻譜不再被某一單位獨佔，免執照的方式可令排他性消失，於共享的基礎上活用頻率資源；最後則是透過支持創新研發之角度切入，令有意發展無線通訊技術者不再受制於無法取得頻率之苦，於實證後除可測試技術之可行性、商業性，亦可收斂出適合搭配之頻譜。

使用效率	頻譜共享	• **美國**：討論聯邦使用頻段的釋出/共享可能 • **英國**：促進頻率共享 • **日本**：公共用（政府）頻譜的官官、官民共享 • **韓國**：促進頻譜共享，並建立協調機制與系統
	效率檢討	• **英國**：鼓勵持續改善頻譜使用效率 • **日本**：每年定期實施頻譜利用狀況調查/公共用（政府）頻譜現況可視化 • **韓國**：建立頻譜需求預測系統，並導入使用效率低之回收等級制度
降低門檻	多元釋出	• **英國**：釋出符合區域(local)以及全國(national)服務之執照 • **加拿大**：確保頻譜釋出的效益可以擴展到農村和城市中，包含為區域性運營商提供頻譜/為新興5G應用與服務思考多種許可方式 • **日本**：頻譜分配制度的檢討/釋出Local 5G之頻譜 • **德國**：釋出垂直場域專頻
	釋出免執照	• **美國**：開放更多免執照頻段（6GHz以及60GHz以上高頻頻段） • **韓國**：6GHz(Wi-Fi/5G NR-U)、5.9GHz(C-V2X)、433MHz（無人機）、70GHz（高辨識生物特徵雷達）
	鼓勵創新	• **英國**：支持無線創新 • **日本**：根據技術的進展制定無線電有效利用的對策、特定實驗試驗基地台制度 • **韓國**：持續開發新技術並與國際合作

圖 107 國際頻譜政策策略彙整

資料來源：各國公開資料，本計畫製作

二、 我國頻譜政策白皮書草擬

綜觀國際頻譜規劃主管機關在執行頻譜規劃過程當中，皆有相關的政策工具進行政策的宣示或是法令執行的依據。而我國目前在頻譜規劃的政策工具上具有「無線電頻率供應計畫」（以下簡稱供應計畫）以及「中華民國無線電分配表」（以下簡稱分配表）兩項政策工具，前者為我國商用電信別的頻譜供給規劃；後者則是載明我國目前各頻段的用途與規範。此兩項文件因被規範於電信管理法的第 52 條：「中華民國無線電頻率分配表（以下簡稱頻率分配表）及無線電頻率供應計畫（以下簡稱頻率供應計畫），由行政院指定機關擬訂，邀集相關機關協商訂定，並定期檢討修正。」，屬於實質的法規命令。

然而在電信管理法施行前，供應計畫在每年滾動式檢討更新的過程當中除揭露業務別的頻譜釋出時程外，同時闡述我國頻譜

政策規劃方向及原則供外界參考。而在電信管理法施行後，考量新版的供應計畫已屬實質的法規命令，有別於以往提供各界參考的行政計畫，因此將政策論述的部分刪除，僅保留商用電信服務別的重點頻段規劃，目前提供後續相關機關在進行清移頻時有明確的法規依據。而為了讓各界能夠持續掌握我國頻譜規劃的原則與方向，交通部預計將透過「頻譜政策白皮書」的之出版，提供相關資訊，加強相關產官學研界的交流。

為此，頻率政策白皮書要涵蓋哪些內容才能符合原有舊版頻率供應計畫想要達成的目的，滿足閱聽者的閱聽目的；同時，作為一個政府說明頻率政策的文件，仍需哪些內容，則是本計畫在擬定頻率政策白皮書時需要考量之重點。

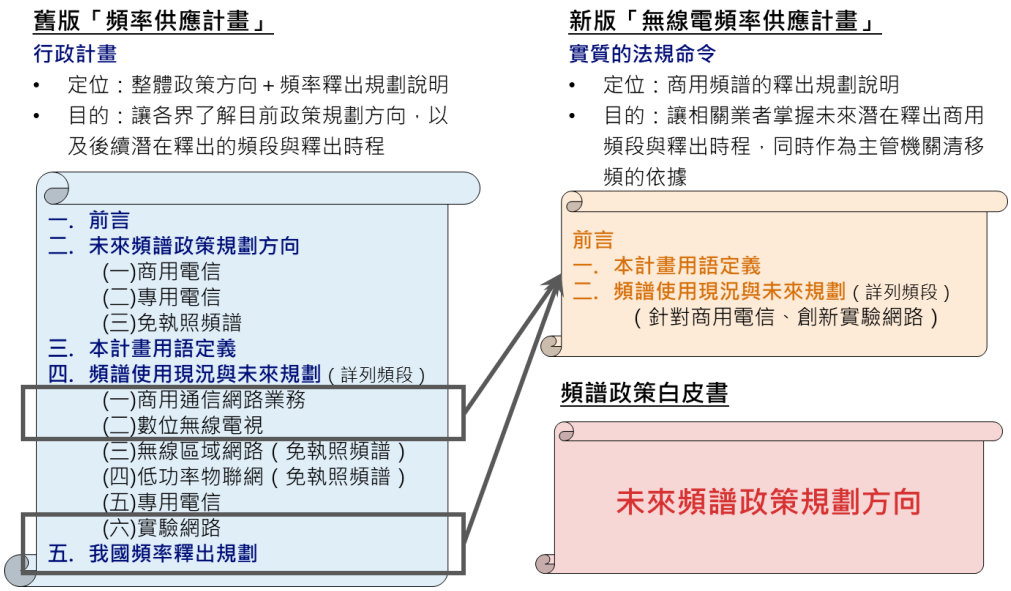


圖 108 新舊版頻率供應計畫與政策白皮書之定位

資料來源：本計畫製作

頻譜政策白皮書的擬定，是為了向外界說明頻譜規劃上的政策方向，研究團隊認為有兩大重點需要進行探討，其一是在政策方向上，我國頻譜政策的願景與政策目標為何是首要探討的課題，頻譜是一切資通訊發展的基礎，頻譜的規劃亦要能支持我國資通訊上位政策的發展方向，相輔相成產生更大的效益；其二，白皮書的定位角色為將影響其涵蓋的範圍，除了政策方向

的說明外，是否具有教育以及科學普及的功能，能夠帶領大家了解新的技術與產業動向，進而更深刻的了解頻譜政策的規劃邏輯。

為此，團隊盤點了我國政府機關近幾年來發布的政策白皮書，除了掌握其各單位擬定願景的邏輯外，亦觀察白皮書中說明與涵蓋的內容，同時結合第二章第三節第一部分中針對標竿國家頻譜規劃與政策的發展方向，擬定我國頻譜政策白皮書的架構。同時，為使白皮書的擬定更臻完善，亦將從我國資通訊上位政策的盤點，了解整體資通訊政策欲達到的願景與目標，並考量我國現階段發展之實況，結合國際調研中之頻譜發展趨勢及標竿國家政策方向，作為我國頻譜政策願景、政策目標擬定之參考依據。

(一) 標竿國家頻譜政策及我國各部會政策白皮書研析

為擬定我國頻譜政策白皮書，團隊盤點並回顧過去幾年來我國政府機關所發布的政策白皮書，以及國際上各政府針對頻譜政策公告之相關論述文件，針對其願景、策略目標的制定方式，以及文件的框架進行參考。在國際頻譜政策部分，研究團隊於此節第一部分之小結部分，已藉由標竿國家之調研，梳理出頻譜政策上「產業發展」、「大眾／小群需求」、「支持數位上位政策」及「釋出頻寬目標」等四大方向。在草擬我國頻譜政策白皮書時，亦會納入此些能夠福國利民之概念，並結合我國國情設定適切願景及目標。

以下將針對我國電信政策白皮書以及其餘機關白皮書之撰寫架構深入探討。由交通部電信總局於民國 86 年所擬定的《電信自由化政策白皮書》與本計畫的主題相近且其內容完整，參考的重點在於其對於政策目標的內容方向；而其他部會之政策白皮書參考的重點則是願景、政策目標擬定的範圍(scope)以及文件的架構。

1. 交通部電信總局《電信自由化政策白皮書》

交通部電信總局於分別於民國 86 年以及民國 91 年擬定《電信自由化政策白皮書》，在我國逐漸邁向電信自由化的時代，透過此白皮書向外界說明並宣示政府的決心以及作為。

在電信自由化過程當中強調的是市場競爭機制，促使電信產業、消費者以及相關產業能夠共蒙其利。因此在 86 年版的《電信自由化政策白皮書》中界定出電信服務業、消費者以及電信相關產業三個利害關係族群，分別制定政策目標，其中：

針對電信服務業：

- 建立電信市場公平競爭環境；
- 促進電信技術進步；
- 改善電信事業經營效率；

針對消費者：

- 提供高品質、多樣化且價格低廉的服務；

針對電信相關產業：

- 透過產業關聯性，誘發聯鎖效果，帶動經濟發展之目標。

而為達上述政策目標，祭出促進競爭、鼓勵技術創新以及建立完善電信監理制度三項執行方針，並說明相關政策工具以及電信總局已執行、完成之工作。

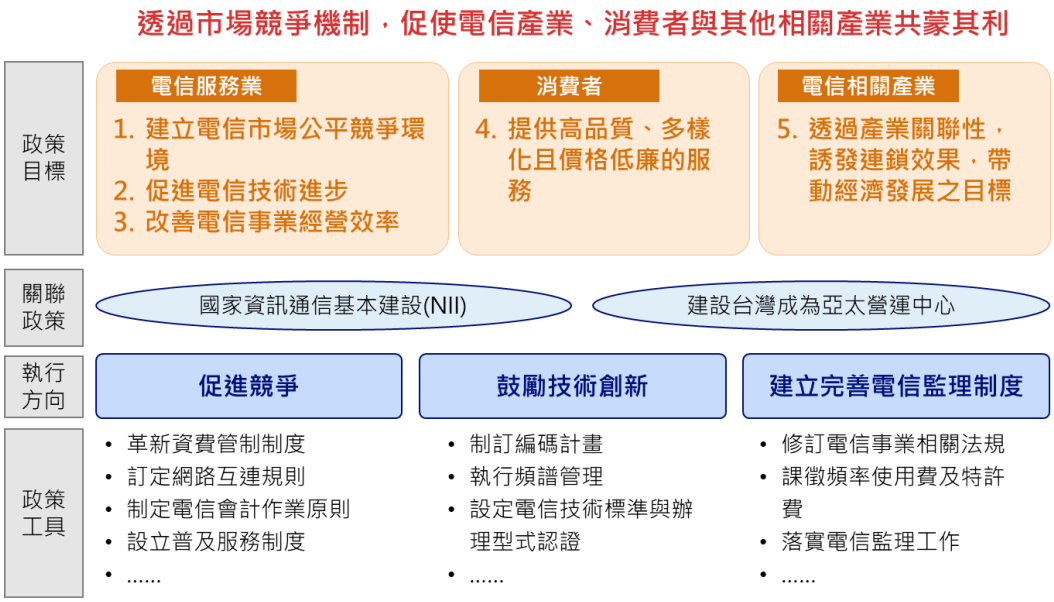


圖 109 86 年版《電信自由化政策白皮書》概要

資料來源：交通部電信總局 86 年版《電信自由化政策白皮書》，本計畫製作

2. 其他部會之政策白皮書

國家通訊傳播委員會(以下簡稱通傳會)於 109 年發布《傳播政策白皮書》，以傳播產業監理者的角色，依循「言論與表意自由」、「公平與有效競爭」、「多元與本國文化」、「民主與公民參與」等四大核心價值，提出「符合數位匯流轉型與智慧連結要求的基礎建設」、「符合公平有效競爭與產業創新要求的視聽平台」、「符合本國文化認同與質量均優要求的視聽內容」、「符合自由意見表達與有效自律要求的言論表意」、「符合數位公民識讀與專業倫理要求的傳播素養」、「符合消費權益保護與弱勢保障要求的公眾權益」等六項願景。而在白皮書當中，亦針對我國傳播產業的現況，以及科技、產業發展趨勢所帶來之挑戰進行論述，最後則提出通傳會的解決方案與策略方向。

行政院於 103 年指示國發會協同其他部會研訂「網路智慧新臺灣政策白皮書」，做為日後政府推動相關政策及網路世代全民參與公共事務的指導綱領與原則，此白皮書於 105 年正式出版並命名為《ide@ Taiwan2020（創意臺灣）

政策白皮書》。該白書從國際趨勢進行探討，並針對現況提出質性與量化的資料進行檢討，提出「透過網路集聚眾人智慧，於 2020 年前建構具有『idea』概念的網路智慧新臺灣，塑造臺灣全民未來優質生活」之政策願景。在此願景中，包含：

- 智慧(intelligent)臺灣：擴大網路的創新發展與應用，營造舒適的生活與國土環境，打造創新的網路經濟模式。
- 數位(digital)國家：透過開放資料與大數據分析，建構社群網路與政府的互動、互信機制，讓網路與實體世界相輔相成。
- 電子化政府(e-government)：經由精簡行政流程與效率化管理，提供主動、分眾和完整的民眾服務。
- 全民普及(accessible)：讓民眾不分區域、世代，不受經濟、教育等因素限制，都能享受智慧生活體驗，落實近用權(access rights)及縮減數位落差。

而後針對「基礎環境」、「透明治理」、「智慧生活」、「網路經濟」、「智慧國土」五大構面提出具體的政策目標以及施政重點。

交通部於 108 年出版 2020 年版運輸政策白皮書，其以「人本交通」作為願景並根據安全、效率、品質、綠色四大主軸為核心，針對陸運、海運、空運、運輸安全等領域提出相關政策與策略。此外，此白皮書的重點除了放在國內交通現況的改善外，亦提及產業的發展、創新科技的導入，以及國際輸出等產業面的目標。

科技部《中華民國科學技術白皮書》依據「科學技術基本法」訂定而成，其願景是「以智慧科技打造永續成長的幸福社會」，並 ，並以達成科研創新轉化、永續綠能環境、產業科技加值、幸福多元社會等四大目標作為八大策略規劃之核心。在該白皮書中，首先透過我國科技技術發展的

現況，包含組織體系、任務等，並回顧過去相關的資源投入與成效與未來規劃、各部會的發展目標；進而擬定整體科技技術發展遠景、目標與指標，展開八大策略。

表 36 其他部會相關政策白皮書願景及策略彙整表

部會	文件	願景與目標	策略
NCC	傳播政策白皮書	依循「言論與表意自由」、「公平與有效競爭」、「多元與本國文化」、「民主與公民參與」等四大核心價值，在以下六個方向致力實現以公共利益為核心關懷的通訊傳播願景： ① 符合數位匯流轉型與智慧連結要求的基礎建設 ② 符合公平有效競爭與產業創新要求的視聽平台 ③ 符合本國文化認同與質量均優要求的視聽內容 ④ 符合自由意見表達與有效自律要求的言論表意 ⑤ 符合數位公民識讀與專業倫理要求的傳播素養 ⑥ 符合消費權益保護與弱勢保障要求的公眾權益	• 競爭平台間的管制調和 • 完備媒體集中防制的法令體系 • 廣電事業執照制度與評鑑換照 • 頻道授權、上下架排頻與消費者選擇 • 影視產製振興與本國文化提振 • 內容監理與媒體素養 • 無線廣播之未來想像 • 無線電視與公共媒體之發展
行政院	ide@ Taiwan 2020 (創意臺灣)政策白皮書	透過網路集聚眾人智慧，於 2020 年前建構具有「idea」概念的網路智慧新臺灣，塑造臺灣全民未來優質生活。其中： ①智慧(intelligent)臺灣：擴大網路的創新發展與應用，營造舒適的生活與國土環境，打造創新的網路經濟模式。 ②數位(digital)國家：透過開放資料與大數據分析，建構社群網路與政府的互動、互信機制，讓網路與實體世界相輔相成。 ③電子化政府(e-government)：經由精簡行政流程與效率化管理，提供主動、分眾和完整的民眾服務。 ④全民普及(accessible)：讓民眾不分區域、世代，不受經濟、教育等因素限制，都能享受智慧生活體驗，落實近用權(access rights)及縮減數位落差。	• 基礎環境整備：虛擬世界法規、資通訊環境整備、網路資安隱私 • 透明治理：政府資料開放、公共政策參與、數位政府服務 • 智慧國土：智慧災防、智慧運輸、智慧城鄉 • 網路經濟：創新創業、電子商務、產業智能化、網路金融 • 智慧生活：智慧健康照護、數位學習、網路媒體與文化娛樂、智慧體驗服務、智慧食品安全
交通部	運輸政策白皮書	以「人本交通」為願景	• 安全：落實安全交通管理提供效率便民服務 • 效率：提供效率便民服務 • 品質：完善優質交通環境 • 綠色：發展綠運輸及產業 依據上述4個主軸，針對8個單元，提出27個政策與策略
科技部	中華民國科學技術白皮書 （民國104年至107年）	以智慧科技打造永續成長的幸福社會為願景，並以達成科研創新轉化、永續綠能環境、產業科技加值、幸福多元社會等四大目標作為策略的核心。 ① 科研創新轉化：集中資源重點成立跨界產學研聯盟推動科研發展，並加速行動寬頻商業化布局，使科研成果市場化及國際化。 ② 永續綠能環境：架構綠能相關產業之資源及能源循環共生體系，全面協調與整合環境保護和產經發展，同時打造安全防災的生活智慧網路。 ③ 產業科技加值：強化具備高技術涵量、高成長潛力、出口導向之早期產業投資規劃，並完善智財法制與智財保護措施，提升產業服務涵量與附加價值。 ④ 幸福多元社會：應用生活科技研發成果，勾勒在地化智慧生活之藍圖，以社會公平正義為資訊教育的核心價值，強化城鄉整體發展能量。	• 聚焦科技優勢領域，創造科研卓越價值 • 平衡產學人才供需，完善科研創業環境 • 打造綠能科技國度，形塑低碳智慧社會 • 落實永續發展機制，調和環保產經發展 • 建構科技智財布局，強化產業創新動能 • 加速產業智慧升級，發展重點新興產業 • 營造幸福安心環境，推動智慧健康生活 • 建構多元包容社會，實踐城鄉均衡發展

資料來源：通傳會《傳播政策白皮書》、行政院《ide@ Taiwan2020（創意臺灣）政策白皮書》、交通部《運輸政策白皮書》、科技部《中華民國科學技術白皮書》，本計畫製作

(二) 國際頻譜發展趨勢研析

隨通訊技術之不斷演進，誠如 ITU 之 Network 2030 文件所描述，往後之網路將與今日十分迥異，亦因此將有日漸複雜之頻規畫與監理課題浮現。在頻譜之規劃上須緊密追蹤相關技術及整體環境之進展，以便快速回應新興技術對於頻率之需求，取

得早期發展之先機。以下將針對未來於頻譜規劃上日趨重要之主題及趨勢進行概述，以利頻譜規劃單位得滾動式調整往後執行方向。詳細分析及論述請參考附件一之「頻譜政策白皮書」（草案）內文第壹章第一節。

1. 不斷成長的頻譜需求造成頻譜資源之短缺：隨著通訊技術的演進及智慧應用的發展，頻 譜 需求呈現不斷成長之趨勢，根據 ITU 文件“IMT Traffic Estimates for the Years 2020 to 2030”之分析，往後十年間個人無線通訊數據傳輸量預期將增長 50 倍。然而在各項無線技術同時演進並往下世代標準前進的過程中，可能因為當前技術限制，造成不同技術同時鎖定相同頻段之現象，導致頻率資源之「結構性短缺(structural shortage)」課題。此外，往後的新興無線電系統出現後，亦可能與既有用戶間之使用權益產生摩擦。以上問題都是往後頻率使用需求逐漸攀升後，頻譜規劃機關須處理之挑戰。

2. 中低頻段的使用日趨飽和對於高頻頻譜需求的增加：由於頻率資源傳統上為由低頻發展至高頻，故中低頻段已有許多既存技術應用導致過於擁塞，而無線技術之演進則推高對高頻頻譜之需求。舉例而言，世界各國皆正在火熱討論之 B5G/ 6G 網路，不論是鄰近的日本、韓國或英國、美國等歐美國家，都正在研析未來使用至高頻段(EHF)及兆赫茲(THz)等高頻段之作法，並透過釋出簡化版的實驗頻率，同時促進科研之發展。

3. 多元網路布建方式與異質網路匯流增加市場機會：伴隨著小型區域網路、非陸面網路需求增加與網路虛擬化技術的成熟，未來網路布建模式將相當多元，並催生異質網路匯流等連網模式。在這樣的趨勢發展之下，頻譜規劃單位可能須耗費更多精力，原因在於其須思考如何配合電信市場中既有營運商以及往後新進之參與者們之頻率需求，進而促進產業發展；同時，亦須確保多個系統間之使用權利能夠受到保障。

4. 應用需求與技術發展的互相影響改變頻譜釋出的方式：近年電信市場中出現許多改變，例如：隨著專網的出現，以往 B2C 為主之模式逐漸轉向 B2B；為配合這些新興商業模式之頻譜需求，不同的解決方案亦逐漸誕生，以支持符合特定用途之網路架構，包含鐵道、防災相關之專用網路，以及可彌補偏遠地區涵蓋率之衛星網路等。這些新興應用及網路需求間的互相搭配，都將更進一步地改變往後頻率供應在規劃面上的思考邏輯。

(三) 我國數位與資通訊相關上位發展政策盤點

藉由前述針對標竿國家頻譜政策之研析，並考量進往後於頻譜規劃面之挑戰與課題後，研究團隊觀察到各國將頻譜政策與其各自資通訊發展之方向進行連結，以頻率之規劃支持其整體資通訊政策以及國家數位化發展。為使我國頻譜資源亦能於國家政策方向上發揮最大效用，並與資通訊政策相得益彰，團隊進行我國數位及資通訊相關政策之爬梳。透過明確整體 ICT 產業未來之策略性發展目標，希望提出能與之配合並創造加乘效益之頻譜政策。以下僅概述各政策主要方向，詳細內容請見附件一白皮書內文之第貳章內容。

1. 智慧國家方案（2021-2025 年）

我國於 110 年 5 月啟用 DIGI+第二階段之「智慧國家方案（2021-2025 年）」（簡稱「DIGI+ 2.0 方案」），將往後願景定為「2030 實現創新、包容、永續之智慧國家」，透過促進社會整備之核心精神，希望加速整體國家社會之數位轉型。「DIGI+ 2.0 方案」聚焦於「數位基盤」、「數位創新」、「數位至李」及「數位包容」等四構面，希望在 2025 年達到以下指標：

- 創新數位經濟：數位經濟規模達 6.5 兆元，數位經濟占 GDP 的比率成長至 29.9%；數位服務（軟性）經濟產值成長至 2.9 兆元

- 活躍網路社會：民眾數位生活服務使用普及率達 80%；民眾具備個人數位競爭力人口占比達 60%
- 優勢寬頻環境：高速網路寬頻服務達 2Gbps（涵蓋率達 90%）；5G 網路非偏鄉人口涵蓋率達 85%。

同時，本方案亦提出以上目標之達成須尚須以「先進網路建設整備」、「B5G 衛星通訊發展」、「釋劃頻譜政策」等策略與之配合；在頻譜政策部分將持續針對第二階段 5G 釋照執行整備工作，並針對往後 B5G 衛星通訊潛在使用頻段進行追蹤，以推動需求導向之頻率供應政策，進而提升頻譜分配之整體效率。

2. 前瞻基礎建設計畫—數位建設

「前瞻基礎建設計畫」為我國規劃於 106 至 114 年推動之具前瞻性思維政策，其中以八項建設主軸為核心，與資通訊整體發展最為相關者為「數位建設」支柱，預期推進我國智慧國土之營造。「數位建設」為基於 105 年通過的「數位國家·創新經濟方案（2017-2025 年）」（「DIGI+方案」）之架構而設計，強調跳脫傳統上偏重硬體建設之思維，將逐步推動軟性數位基礎建設。

隨著前瞻計畫進入第二階段（110 至 114 年），「數位建設」之願景更為「建構支持臺灣未來 10 年發展的數位建設」，將協助加速我國整體之數位轉型，並累積國家之數位競爭力。作為搭配之推動策略，可以「5G 發展驅動臺灣數位轉型與全球定位」為主，其將支持我國達成以下目標：

- 成為亞太區數位空間與創新的重要樞紐
- 5G 服務全面普及，布局全球 5G 產業鏈
- 產業數位轉型鞏固先進產業全球領先地位

3. 臺灣 5G 行動計畫

行政院於 108 年通過「臺灣 5G 行動計畫」，預計於 108

至 111 年挹注資源，發展多元化之 5G 電信，並鎖定垂直應用等進階服務。此計畫之目標一為滿足國內需求，二為邁向國際市場，並規劃透過以下五大主軸達成：

- 主軸一、推動 5G 垂直應用場域實證
- 主軸二、建構 5G 新創應用發展環境
- 主軸三、完備 5G 技術能量及資安防禦能力
- 主軸四、規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜
- 主軸五、規調整法規以創造 5G 發展有利環境

在主軸四當中，強調了 5G 頻譜政策之完備至關重要，並須藉由相關之頻譜整備工作，妥善執行最能帶予我國最大化效益之 5G 頻譜釋照作業。

(四) 我國頻譜政策白皮書擬定

針對頻譜政策白皮書之定位，誠如前述所提，目前我國在電信管理法的規範下會定期公告供應計畫與分配表，前者提供商用電信相關用途別頻段的使用現況與未來釋出規劃；後者則是表列整體頻譜分配的現況，相關的欲使用者可以此為依據向 NCC 申請執照，此兩份文件皆以頻段表列的方式進行公告。而研究團隊在參考國際上頻譜政策的文件以及與委辦機關討論後，認為頻譜政策白皮書之定位為提供國民對於無線電頻譜、通訊相關趨勢與重要性之認知，以及闡述政府在擬定頻譜政策的邏輯與思維，並說明未來可能的規劃方向以及欲達成之政策目標，然實際頻率釋出作業，仍應依循相關法規辦理。

1. 我國電信、頻譜發展背景

在下圖當中，研究團隊整理出幾個我國在電信以及頻譜政策上的重要事件與時間軸，在 86 年版的電信自由化政策白皮書當中可以看到當時面對國際上推動電信自由化的浪潮下，我國亦逐漸於民國 76 年起逐漸開放電信自由

化，包含在民國 85 年電信三法的通過，更加快自由化發展的腳步，直到民國 90 年代已全面完成電信自由化，電信產業中有多家業者相互競爭，進入了電信市場蓬勃發展的時代。而在 90 年代中，最重要的除了在電信通訊相關規管組織上的變革外，亦開啟了國際上通訊市場下一波的變革——數位匯流。我國行政院亦於民國 99 年核定了「數位匯流發展方案」，透過數位匯流整合了電信網路、網際網路以及廣電網路，藉由有線及無線通訊技術之整合為民眾提供優質寬頻網路與服務；同時透過類比轉換為數位系統的歷程，我國亦於 101 年關閉無線電視類比訊號，得以更多頻譜資源被釋出，產生了所謂數位紅利(Digital Dividend)。

而數位匯流的效應持續延續至今，為因應數位匯流與降低市場障礙以鼓勵創新發展，NCC 提出的電信管理法於 108 年三讀通過。在電信管理法當中，如同前述提及的，其明確供應計畫與分配表的法律定位，並放寬相關法規限制，包含頻譜資源的彈性運用等。

此外，在經歷了資訊化、數位化到現在邁入數位轉型的時代，數位的發展已逐漸成為跨領域、產業之課題，為此我國亦於今(110)年通過數位發展部組改法案，雖然正式組織尚未公告，但未來頻譜規劃的業務將會轉由數位發展負責，此為繼民國 95 年後再一次面臨頻譜規管相關組織的變革。

在歷經了上述的政策、產業以及組織的演變，在整體頻譜政策的願景與政策目標上亦應朝向未來我國政策方向與趨勢潮流進行規劃。

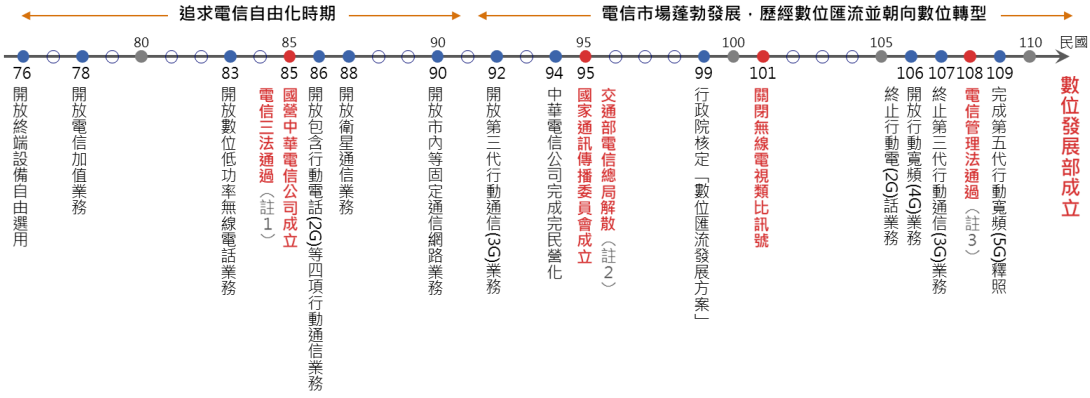


圖 110 我國頻譜相關電信發展歷程

資料來源：本計畫製作

2. 我國頻譜規劃步驟與方式

於參考前述國內外相關政策的同時，研究團隊亦針對我國頻譜規劃之流程及跨部會之業務分工進行研析。國內目前於整體無線通訊技術之推動上具四個階段，分別為頻譜規劃、研發與驗證、頻譜管理以及產業推動。在頻譜規劃的部分，交通部藉由持續追蹤國際及技術發展趨勢，如 ITU 之國際頻譜分配、3GPP 之技術標準及各標竿國家之規劃方向，進而釐清我國於應用、產業發展、科技研發與國際競爭力等面向上是否具有導入該新興技術之需求。而在需求明確後，亦將針對技術、使用頻段、釋出時機、釋照方式等層面與國內各利害團隊進行規劃上之共識凝聚。然許多尖端無線技術仍處早期發展階段，在規劃方向及頻段選擇尚未有共識時，則可透過規劃創新實驗網路之特定實驗頻率，提供科研單位進行技術研發與服務驗證之資源，並將成果回饋到規劃層面。對於已有明確共識之頻段，則於釋出頻率後，由頻譜管理單位進行對頻譜使用者之監理，並由推動單位負責產業面之大規模設備導入與服務普及。

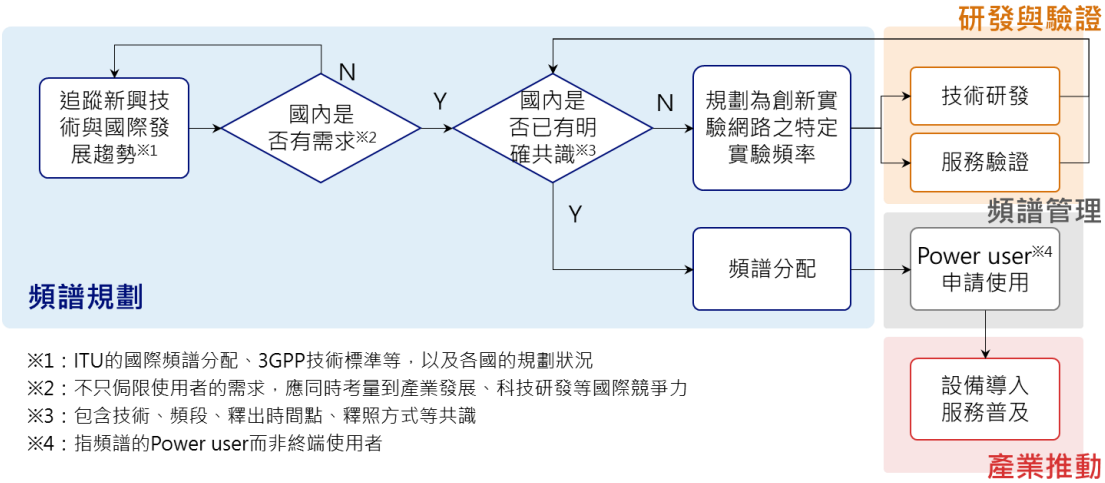


圖 111 我國頻譜規劃方式與步驟
資料來源：本計畫製作

為使我國頻譜政策之制定得包納各方專業意見，研究團隊透過本計畫執行之三場大型座談會，收集對於頻譜的使用需求及規劃上之共識，同時也藉由與專家學者之訪談交流、討論往後頻譜政策之方向，進而凝聚規劃面之共識。今(110)年 4 月舉辦之「我國專用頻譜使用現況與需求探討」座談會中，與會者指出現有通訊仍多以窄頻為主，往後對於寬頻的需求將持續增加，而對於山區、海上之通訊需求則仍有待中繼、衛星等多元接取方式進行解決。8 月舉辦之「我國頻譜政策暨下階段行動寬頻頻譜需求探討」座談會中，主要結論則為針對未來行動寬頻之頻譜需求，sub-6 GHz 將比 above-6 GHz 更為重要，因而民間業者期望能於規劃單位決定釋出前進行更充裕的頻譜整備工作，以避免頻譜的碎片化。最後，於 11 月的「我國頻譜政策現在與未來」專家學者座談會中，會議結論則指出因應通訊技術之快速更迭、演進，往後頻譜政策之研擬過程中應持續精進跨部會之水平溝通以凝聚各單位之共識，並整合各方專業意見；而在政策工具上，往後則可持續強化基於數據分析之計量及量化模型，以使整體頻率規劃得更為扣合實際情況。

此外，與專家、學者之個別訪談過程中，科技部工程司建議往後於科研單位技術投入之發想、聚焦過程中，交通部可以提供政府政策之相關說帖、國際政策之發展趨勢與思考邏輯等資訊，以通透跨部會間之整體規劃邏輯，在頻譜規劃與科研投入面上便可予以串聯。國立臺灣大學電機系蔡志宏教授，則建議往後各機關可進行跨部會之討論，並共同定義研究方向之指引(guideline)，以使科研計畫得於開展初期便明確方向。另外，蔡教授亦認為我國不論是公、私部門，應用面的使用者雖然具有深厚的專業知識(domain knowledge)，但對於頻譜、電信知識之缺乏導致其對於需求定義之不足，因而無法提出明確的頻率需求，並選擇最適合之網路技術；基於此原因，蔡教授建議往後頻譜規劃單位可多與使用單位之相關部門透過圓桌會議等方式進行交流討論。

在研發與驗證層面，經濟部工業局及科技部工程司皆建議可再持續改善實驗頻譜之取得程序，以頻率資源支持廠商及科研單位之技術驗證，並透過此優化機制扶植具創新能量之新進業者，進而促進整體資通訊產業之競爭力。於頻譜管理之議題上，由於頻率資源有限，不同技術於條件限制下容易同時鎖定某些特定頻段，造成所謂「結構性短缺」問題，為克服此挑戰，往後頻譜規劃及監理單位須持續攜手，針對多元之頻率釋出管道進行合作、討論，並於頻譜政策上兼顧創新及有效運用之平衡。至於後續的產業推動部分，則因我國之產業型態為以出口為導向，因此經濟部工業局及技術處則建議在頻譜政策的規劃上須考量資通訊產業之供給，以能夠接軌國際及重點市場之和諧頻率支持製造業之外銷；同時，臺大蔡志宏教授亦建議可於新技術發展初期時，同時思考多元之頻率選擇，以擴大潛在市場基數，進而最大化產業效益。

圖 112 我國頻譜政策之共識凝聚結論
資料來源：本計畫製作

以上之各方建議提供了研究團隊諸多重要動見，並作為白皮書撰擬過程中之關鍵參考資料。透過統整此些意見、前文之國際趨勢及國內政策研析，團隊逐步修正白皮書之範疇與內容，期望使頻譜政策能於跨部會之共識基礎上，更全面地闡釋往後方向。

3. 願景與政策目標

從前述對於先進國家頻譜政策的借鏡，研究團隊將頻譜政策定位為需要支持國家發展方向，因此透過國內近年來資通訊與數位發展相關政策之盤點，提出我國頻譜政策白皮書之願景為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」。

在政策目標的定義上，於參考國外頻譜政策的願景目標與我國的現況後，分別針對「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面分別訂定六大政策目標：

(1) 持續增進國民無線通訊的可及性

(2) 提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇

(3) 創造健全電信市場競爭環境

(4) 促進跨域創新合作機會

(5) 制定國際和諧的頻譜規劃

(6) 關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境

特別需要強調的是,研究團隊認為此六項政策目標並非獨立存在之目標，而是透過「保障並優化國民生活」及「促進產業發展」兩構面互補、互襯，有了產業面的發展，方能支持民眾享有更便捷、高質之服務；相對地，民眾的需求，亦能更永續地促進產業的發展。

為了實現這些政策目標，研究團隊藉由既有的政策工具，擬定五項全方位之推動策略：

(1) 完善頻譜規劃政策工具

(2) 健全部會橫向連結

(3) 掌握整體頻譜供需狀況

(4) 優化創新實驗進行流程

(5) 擬定多元頻譜釋出方式

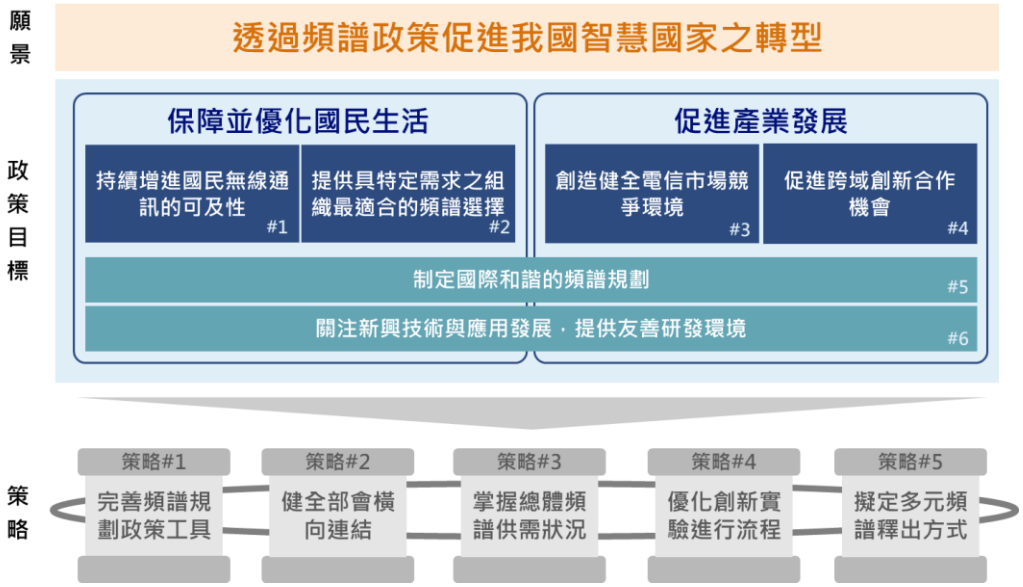


圖 113 我國頻譜政策概要

資料來源：本計畫製作

除了以上願景、政策目標與推動策略之擬定外，研究團隊亦於白皮書內文中針對各政策目標相關之我國數據進行盤點，藉以說明我國於該項政策目標的現況與重要性。同時，亦針對擬定之五項推動策略進行包含標竿國家的執行方法、我國推動現況以及下一步進行具體地展開。

4. 文件框架

在文件架構的設定上，參考國際上頻譜政策文件以及我國相關政策白皮書，除了闡述國內的發展目標外，亦會帶到整體產業、環境的發展趨勢，以及國際上因應此些趨勢變化而提出的措施，一方面作為政策願景等制定的參考依據外，另一方面亦可作為科普教育的內容供外界了解。

為此，團隊目前擬定以下章節作為我國頻譜政策白皮書的文件架構與說明重點，後續團隊將依此架構依序展開相關內容：

- 緣起：說明頻譜規劃的重要性、我國頻譜規劃相關組織的演進（電總到郵電司）、現階段交通部的法令職

責與近年擬定的頻譜政策

- 本白皮書之說明：本白皮書之定位（提供民眾頻譜、通訊相關趨勢之新知，並闡述政府規劃政策時之邏輯與思維）與文章的架構
- 壹、頻譜發展趨勢以及我國頻譜規劃政策工具：概述未來在電信、通訊領域的重要發展趨勢，並說明面對此些趨勢變化，我國目前在頻譜規劃上所掌有的政策工具。
- 貳、我國頻譜政策之願景：盤點我國資通訊、數位發展相關上位政策，並提出我國頻譜政策之願景。
- 參、我國頻譜政策之政策目標：根據願景展開頻譜政策的目標，並盤點該目標中我國目前的發展現況，並說明該目標未來發展趨勢及頻譜規劃的要點。
- 肆、我國頻譜政策之推動策略：擬定推動策略，並藉由現有的政策工具說明目前的推動措施與情形，並闡述下一步的執行重點。
- 伍、結語：總結與綜合性說明

第三章、 結論

本報告當中研究團隊針對「我國頻譜規劃建議」、「我國交通產業跨域發展建議」以及「我國頻譜政策白皮書草擬」三大議題進行討論。前兩項的議題主要為後續的頻譜政策討論進行準備。

在「我國頻譜規劃建議」議題上，研究團隊彙整目前在國際上熱門討論的新興通訊技術，包含該技術的概要、對於頻譜之需求以及標竿國家的規劃方向，亦作為我國在商用電信頻譜、專用電信頻譜以及免執照頻譜規劃時之討論。其中在商用電信議題上，團隊鎖定下階段行動通信頻譜需求進行討論，透過座談會等方向蒐集國內相關單位對於頻譜之需求，在綜整國內外發展趨勢與需求後，提出將 n79 頻段列為短期處理頻段，其他毫米波頻段則列為長期處理頻段，將持續觀察國際發展動態，適時進行滾動式更新。而針對專用電信頻譜之議題，團隊則鎖定公部門專用頻譜需求進行討論，主因為伴隨著國際數位轉型之浪潮以及寬頻技術之演進，各國皆在智慧國家／城市議題上積極進行討論，如何透過資通訊、科技的力量改善國民生活的環境，其中包含安全、便利以及效率等重要議題。而此議題亦是我國重要的政策方向，未來相關公部門勢必面臨更多對於通訊與無線電之需求，以及既有的類比通訊系統與數位系統之轉換，在此過程當中即可能會有更多頻譜需求的產生，作為頻譜規劃單位如何及早進行頻譜的整備，提供具有特定需求之組織最適合的頻譜選擇，並保持與商用電信之間之平衡，則是未來頻譜規劃上的重要課題。同時團隊亦建議具有專用頻譜需求之單位，積極投入創新實驗的過程，除了對業務組織本身可以更加瞭解通訊技術與應用對於解決問題的可行性外，更重要的是可以將驗證的成果回饋到專用頻譜規劃的議題上，藉此在頻譜需求與規劃面上作更緊密的連結。針對免執照頻譜之討論，研究團隊針對 6 GHz 作為免執照頻譜開放之議題，蒐集標竿國家的規劃方向，並結合國內的現況，認為應先規劃 5925-6425 MHz 供室內 LPI 使用，6425-7125 MHz 則視國際發展趨勢再行討論。

在「我國交通產業跨域發展建議」之議題中，研究團隊針對交通結合資通訊領域的議題進行討論，鎖定智慧交通的發展進行國際的調研，除了整體的發展政策以及車聯網通訊技術的掌握外，亦研析了標竿國家推動智慧交通之模式。在我國發展建議上，認為未來交通事業單位在面臨數位轉型的議題上，應透過目標設定與現況的落差進行討論，針對目前已有成熟技術或解決方案之議題，可直接藉由服務採購之方式達成服務之擴散；然針對目前在服務或是商用模式面尚未發展成熟之議題，應透過創新的過程，逐步驗證可行性與成本效益後，再進行服務之擴散。同時，在跨域創新的過程當中，交通事業本身亦應具備相關對於電信、資通訊的了解，或是仿效美國 DOT 的推動方向，在組織內設立統一之窗口，蒐集部內對於電信、頻譜之需求，向頻譜規劃單位進行專用頻譜需求之協調與討論。

最後在「我國頻譜政策白皮書草擬」議題中，誠如在第一章針對本計畫的計畫目標中所描述，有別於過去主要針對特定用途頻段之發展趨勢、需求掌握，提出特定用途的頻率規劃建議，今年的計畫亦注重整體頻譜規劃方向之對外溝通。具體而言，在白皮書的定位上，在參考國內外的相關文件後，認為白皮書的任務除闡述政府在擬定頻譜政策的邏輯與思維，並說明未來可能的規劃方向以及欲達成之政策目標之外，亦期望透過白皮書提供相關發展趨勢供國民參考，增加國民對於無線電頻譜、通訊相關趨勢與重要性之認知，甚至達到增能(empower)之效果。因此在白皮書的擬定上，團隊除透過標竿國家的調研以及與國內產官學研用之交流，討論頻譜在國家發展過程中所扮演的角色，包含如何透過頻譜的規劃滿足國家施政上的需要，最大化頻譜的效益，同時團隊亦彙整了無線電通訊相關的發展趨勢與重要議題，透過專欄的方式撰述於白皮書當中作為補充資訊，期望藉此加深大眾在閱讀本白皮書時對此議題之認知。

而在政策方向之定義，團隊調研了標竿國家在頻譜政策的規劃方向，觀察到各國在訂定頻譜政策願景時雖然有不同的呈現方式，但主要的精神尚在輔助或加速國家整體的發展目標。尤其

頻譜為無線通訊與相關智慧應用的基礎，如何透過頻譜的規劃實現國家在智慧以及數位轉型的過程，即是標竿國家在制定頻譜政策願景的主要方向。為此，研究團隊亦整理了我國在數位與資通訊發展的相關上位政策，以及過去在電總時代曾出版過的電信自由化政策白皮書，期望將其作為參考以擬定我國頻譜政策白皮書的願景與政策目標。在白皮書研擬的過程中，團隊透過回顧我國從 70 年代至今在電信、頻譜相關政策方向之重要歷程，從電信自由化、數位匯流一直到今日各界都在關注的數位轉型，搭配我國數位國家的發展政策，定義出我國頻譜政策的願景為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」，並依據「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面分別訂定六大政策目標：(1)持續增進國民無線通訊的可及性、(2)提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇、(3)創造健全電信市場競爭環境、(4)促進跨域創新合作機會、(5)制定國際和諧的頻譜規劃，以及(6)關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境。而為實現這些政策目標，交通部藉由既有的政策工具擬定五項全方位之推動策略：(1)完善頻譜規劃政策工具、(2)健全部會橫向連結、(3)掌握整體頻譜供需狀況、(4)優化創新實驗進行流程，以及(5)擬定多元頻譜釋出方式。

第四章、 參考文獻

- ACMA (2017.10): 5G- Enabling the Future Economy
- ACMA (2017.10): Draft Spectrum Reallocation Recommendation for the 3.6GHz Band
- ACMA (2018.12): 3.6 GHz Band Spectrum Auction Results
- ACMA (2019.09): Future Use of the 28 GHz Band
- ACMA (2019.09): Five-year Spectrum Outlook 2019-2023
- ACMA (2020.09): Five-year Spectrum Outlook 2020-2024
- ACMA (2020.10): Licensing Arrangements in the 26 GHz and 28 GHz Bands Summary and Response to Submissions
- ACMA (2021.03): Five-year Spectrum Outlook 2021-2026
- Applied Sciences (2020.06): Review of V2X–IoT Standards and Frameworks for ITS Applications
- BMVI (2019.11): Mobile Communications Strategy
- BMWi (2017.03): Gigabit Initiative for Germany
- BnetzA (2017.07): 5G Strategy for Germany
- BnetzA (2020.10): Spectrum Compass
- CTIA (2020.03): 5G Mid-Band Spectrum Global Update
- CEPT (2020.11): ECC Decision (20)01: on the Harmonised Use of the Frequency Band 5945-6425 MHz for Access Systems Including Radio Local Area Networks
- DCMS (2014.03): the UK Spectrum Strategy- Delivering the Best Value from Spectrum for the UK
- DCMS (2020.11): 5G Supply Chain Diversification Strategy
- FCC (2016.07): Spectrum Frontier Proceeding
- FCC (2017.09): Review of the Commission’s Rules Governing the 896-901/935-940 MHz Band
- FCC (2018.09): the FCC’s 5G FAST Plan
- FCC (2018.10): Promoting Investment in the 3550-3700 MHz Band
- FCC (2018.10): Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America’s Future

- FCC (2019.03): Spectrum Horizons First Report and Order
- FCC (2019.06): Winning Bidders Announced for Auction of 28 Ghz Upper Microwave Flexible Use Service Licenses (Auction 101)
- FCC (2019.06): Auction of 24 Ghz Upper Microwave Flexible Use Service Licenses Closes Winning Bidders Announced for Auction 102
- FCC (2020.04): Unlicensed Use of the 6 GHz Band: Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking
- FCC (2020.10): Auction of Priority Access Licenses in the 3550-3650 MHz Band Closes; Winning Bidders Announced for Auction 105
- FCC (2020.12): National Spectrum Strategy- Second Annual Report on the Status of Spectrum Repurposing
- German Federal Government (2016.07): Frequenz-Kompass
- GSA (2021.04): 5G Market Snapshot: April 2021
- Hong Kong Communications Authority (2019.10.25): Telecommunications Ordinance (Chapter 106) Localised Wireless Broadband Service Licence
- Hong Kong International Airport (2019.06.24)：Legislative Council Panel on Economic Development
- IEEE (2020.11): Future Network- Enabling 5G and Beyond
- IET (2021.02): 6G for Policy Makers
- IDA (2014.08): Radio Spectrum Master Plan
- IDA (2015.08): Infocomm Media 2025
- IMDA (2019.05): Second Consultation on 5G Mobile Services and Networks
- IMDA (2019.09): Spectrum Management Handbook
- IMDA (2019.10): Policy for Fifth-Generation (5G) Mobile Networks and Services in Singapore
- ISED (2020.11): Consultation on the Technical and Policy Framework for Licence-Exempt Use in the 6 GHz Band
- ITU (2018.03): Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges
- ITU (2019.05): Network 2030- a Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers towards the Year 2030 and Beyond

- ITU (2020.03): Final Acts WRC-19
- ITU-T FG NET 2030 Sub-G1(2020.01): Representative Use Cases and Key Network Requirements for Network 2030
- LTA (2015.11): Smart Mobility 2030- ITS Strategic Plan for Singapore
- MSIT (2016.12)：ICT 융합 신산업 활성화를 위한무인항공기 주파수 공급
- MSIT (2019.06)：「5G+ 전략」실행계획(안)
- MSIT (2019.12)：5G+ 스펙트럼 플랜
- MSIT (2021.01)：2021 년도 「5G+ 전략」 추진계획(안)
- MSIT (2021.06)：5 세대(5G) 특화망 주파수 공급방안
- NEC (2020.11)：Beyond 5G ビジョン ホワイトペーパー
- Nokia (2020.12): Communications in the 6G Era
- NTIA (2017.09): Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management
- OFCA (2018.12): Guidelines for Submission of Applications for Assignment of Spectrum in the 26 GHz and 28 GHz Bands for Provision of Large Scale Public Mobile Services
- OFCA (2018.12)：關於指配 3.3 吉赫及 4.9 吉赫頻帶頻譜用作提供公共流動服務和相關頻譜使用費的安排
- OFCA (2019.07): Auction of Radio Spectrum in the 3.3 GHz Band for the Provision of Public Mobile Services
- OFCA (2019.07): Auction of Radio Spectrum in the 3.5 Ghz Band for the Provision of Public Mobile Services
- OFCA (2019.07): Auction of Radio Spectrum in The 4.9 GHz Band for the Provision of Public Mobile Services
- Ofcom (2014.04): Spectrum Management Strategy
- Ofcom (2014.11): Decision to Make the 700 MHz Band Available for Mobile Data Statement
- Ofcom (2018.03): Enabling 5G in the UK
- Ofcom (2018.03): 2.3 GHz and 3.4 GHz Band Plans Based on Final Auction Results
- Ofcom (2018.04): 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

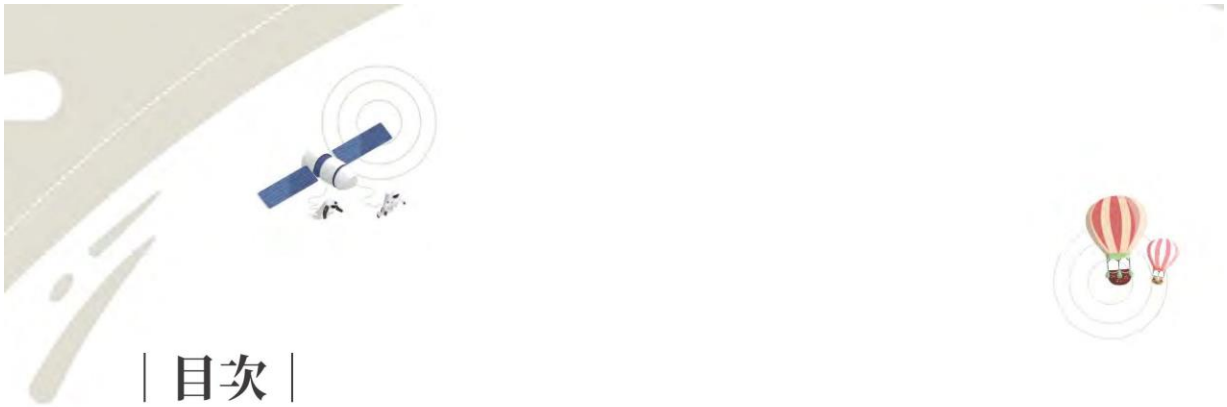
- Ofcom (2019.07): Enabling Wireless Innovation through Local Licensing
- Ofcom (2020.03): Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz Spectrum Bands
- Ofcom (2020.07): Improving Spectrum Access for Wi-Fi: Spectrum Use in the 5 GHz and 6 GHz Bands
- Ofcom (2020.10): the Spectrum Access: EHF Licence
- Ofcom (2020.11): Statement on the Final Regulations for the Award of Spectrum in the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz Frequency Bands
- Ofcom (2020.12): Supporting the UK's Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s
- Ofcom (2020.12): Connected Nations
- Samsung Electronics (2017.04)：5G の実現に向けた取り組み
- 工信部 (2018.10)：車聯網（智能網聯汽車）直連通信使用 5905-5925 MHz 頻段管理規定（暫行）
- 工信部 (2018.12)： 3000-5000 MHz 頻段第五代移動通信基站與衛星地球站等無線電台（站）干擾協調指南
- 工信部 (2019.08)：關於進一步加強廣播電視衛星地球站干擾保護工作的通知
- 工信部 (2019.11)：微功率短距離無線電發射設備目錄和技術要求
- 工信部 (2020.03)：關於推動 5G 加快發展通知概要
- 工信部 (2020.03)：關於調整 700 MHz 頻段頻率使用規劃的通知
- 工信部 (2021.03)：2100 MHz 頻段 5G 移動通信系統基站射頻技術要求（試行）
- 行政院(民 105)：ide@ Taiwan2020（創意臺灣）政策白皮書
- 行政院智慧國家推動小組：數位國家・創新經濟發展方案(2017~2025 年)
- 交通部(民 86)：電信自由化政策白皮書
- 交通部 (民 109)：無線電頻率供應計畫
- 交通部運輸研究所(民 108)：2020 年版運輸政策白皮書
- 科技部(民 104)：中華民國科學技術白皮書

- 振華重工、中國大陸移動、沃達豐、華為 (2019.10)：5G 智慧港口白皮書
- 國家通訊傳播委員會(民 109)：傳播政策白皮書
- 總務省 (2016.09)：電波政策 2020 懇談会
- 總務省 (2019.04)：情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告概要（案）
- 總務省 (2019.04)：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計画の認定に係る審査結果
- 總務省 (2019.09)：ローカル５Ｇ導入に関するガイドライン案
- 總務省 (2019.09)：電波有効利用成長戦略懇談会報告書
- 總務省 (2020.05)：周波数再編アクションプラン（令和２年度改定版）
- 總務省 (2020.06)：Beyond 5G 推進戦略 －6G へのロードマップ－
- 總務省 (2020.11)：デジタル変革時代の電波政策懇談会（第 1 回）資料 1－2　電波利用に関する現状と課題について
- 總務省 (2020.11)：情報通信白書令和 2 年版
- 5GUK Limited 網頁，https://5g.co.uk/
- Enterprise iot insights 網頁，https://enterpriseiotinsights.com/20200210/channels/fundamentals/vw-and-bmw-raise-industrial-5g-stakes
- GROUND Inc 網頁，https://groundinc.co.jp/
- The Government of the Hong Kong Special Administrative Region 網頁，https://www.info.gov.hk/
- 英國 Ofcom 網頁，http://www.ofcom.org.uk/
- 英國 DCMS 網頁，https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-culture-media-sport
- 澳洲 ACMA 網頁，http：//www.acma.gov.au/

- 美國 FCC 網頁，
  http：//www.fcc.gov/
- 美國 NTIA 網頁，
  http：//www.ntia.doc.gov/
- 美國 Whitehouse 網頁，
  https://www.whitehouse.gov/
- 香港通訊事務管理局網頁，
  https://www.coms-auth.hk/
  德國 BNetzA 網頁，
- https://www.bundesnetzagentur.de/
  新加坡 IMDA 網頁，
  https://www.imda.gov.sg/
- 新加坡 MCI 網頁，
  https://www.mci.gov.sg/

第五章、 附錄

附件一、我國頻譜政策白皮書（草案）



目次

緣起 04

本白皮書之說明 05

壹、頻譜發展趨勢及我國頻譜規劃政策工具 06

一、未來頻譜規劃之發展趨勢 06
二、我國頻譜規劃政策工具 21

貳、我國頻譜政策之願景 23

一、我國數位與資通訊相關發展政策 24
二、我國頻譜政策的發展願景 27

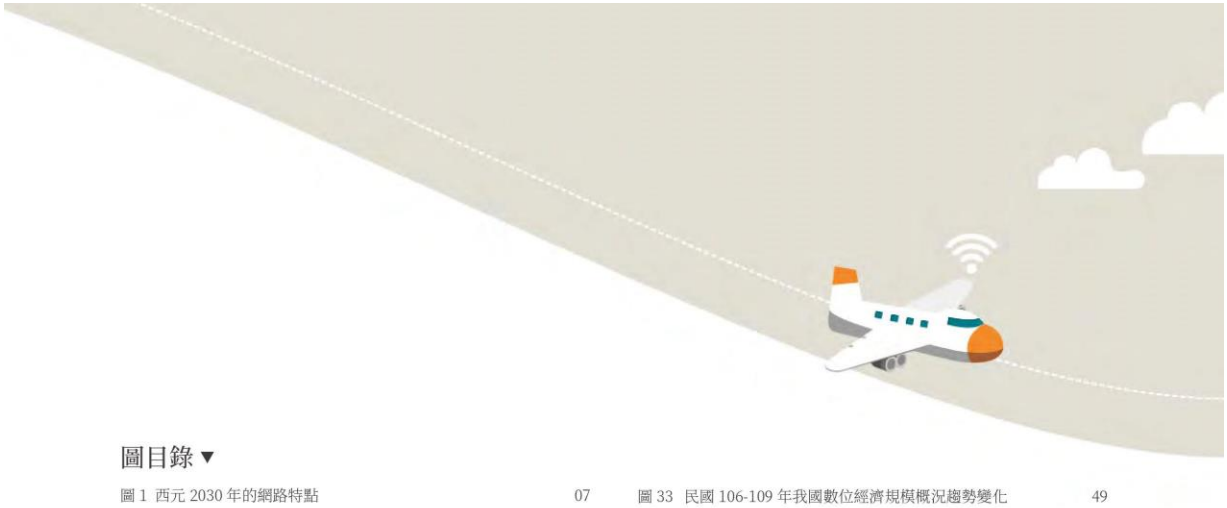
參、我國頻譜政策之政策目標 32

一、持續增進國民無線通訊的可及性 32
二、提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇 38
三、創造健全電信市場競爭環境 44
四、促進跨域創新合作機會 48
五、制定國際和諧的頻譜規劃 51
六、關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境 54

肆、我國頻譜政策之推動策略 60

一、完善頻譜相關政策工具 60
二、健全部會間橫向連結 63
三、掌握總體頻譜供需狀況 67
四、優化創新實驗進行流程 69
五、擬定多元頻譜釋出方式 74

伍、結語 77

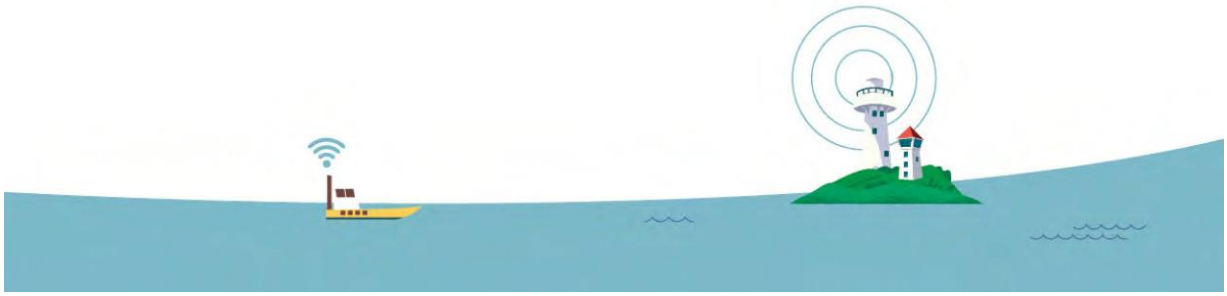


圖目錄 ▼

圖 1 西元 2030 年的網路特點 07
圖 2 行動通訊之演進 08
圖 3 6GHz 上可使用的不同功率裝置類型 10
圖 4 國際 6GHz 免執照頻段開放現況彙整 10
圖 5 頻譜特性與對應之應用類型 12
圖 6 未來無線通訊網路發展趨勢 13
圖 7 TN 與 NTN 網路概要 14
圖 8 新興應用及通訊需求與頻譜規劃之關聯 16
圖 9 數位轉型階段、內涵與效益 17
圖 10 垂直場域部署模式 20
圖 11 我國頻譜規劃方式與步驟 21
圖 12 我國頻譜規劃相關政策工具 22
圖 13 先進國家頻譜政策願景彙整 23
圖 14 我國頻譜政策概要 27
圖 15 美國頻譜政策擬定 28
圖 16 英國頻譜政策概要 29
圖 17 加拿大頻譜政策概要 29
圖 18 日本「數位變革時代的電波政策懇談會」主要討論課題 30
圖 19 韓國 “K-ICT Spectrum Plan” 政策概要 31
圖 20 西元 2019 年各國網路普及率比較 33
圖 21 我國行動寬頻普及率表現（左：2020 年各國行動寬頻普及率／右：我國 2014-2020(103-109) 年我國行動寬頻用戶數與普及率 (active) 趨勢變化） 34
圖 22 民國 103-109 年我國 2G/3G/4G 用戶比例趨勢變化 35
圖 23 西元 2021 年 6 月各國行動寬頻平均下載速度比較 35
圖 24 我國行動寬頻用戶每月平均數據用量（左：2020 年各國行動寬頻用戶每月平均數據用量／右：2014-2020(103-109) 年我國行動寬頻用戶每月平均數據用量趨勢變化） 36
圖 25 西元 2020 年行動寬頻每月資費占人均 GNI 之比例 37
圖 26 美國 CBRS 三層優先接取概念圖 40
圖 27 英國垂直場域申請原則 41
圖 28 德國 3.7-3.8 GHz 垂直場域申請原則 42
圖 29 日本 Local 5G 申請原則 43
圖 30 我國行動通訊市場競爭程度 (HHI)（左：2020 年各國行動通訊市場競爭程度比較／右：2015-2020(104-109) 年我國行動通訊市場競爭程度趨勢變化） 45
圖 31 民國 104-109 年我國行動通訊市場營收概況趨勢變化 46
圖 32 網路架構的變遷 47
圖 33 民國 106-109 年我國數位經濟規模概況趨勢變化 49
圖 34 民國 108 年我國資通訊產業實質生產毛額各行業占比 50
圖 35 民國 109 年我國外銷額各貨品類別占比 52
圖 36 西元 2021 年 5 月頻段別 5G 網路投資與布建數量 52
圖 37 西元 2021 年 5 月頻段別 5G 終端支援數 53
圖 38 我國高科技產業研發能力及關聯生態系概況 56
圖 39 民國 110 年我國科技發展計畫資通訊相關占比 56
圖 40 民國 110 年我國政府投入研究計畫資通訊相關占比 57
圖 41 國際 B5G/ 6G 發展現況彙整 59
圖 42 無線電頻率規劃分配作業流程圖 61
圖 43 頻率供應計畫頻率整備規劃定義 62
圖 44 相關部會於通訊、頻譜創新技術研發之成果 64
圖 45 相關部會於通訊、頻譜創新服務驗證之成果 65
圖 46 相關部會於通訊、頻譜創新過程中測試平臺之建立 66
圖 47 創新實驗網路之特定實驗頻率公告申請流程 70
圖 48 創新實驗網路之特定實驗頻率 71
圖 49 TRL1-9 定義 73

專欄目錄 ▼

專欄 1 ITU Network2030 06
專欄 2 和諧共用頻譜國際開放趨勢 09
專欄 3 非陸面網路介紹 14
專欄 4 數位轉型是什麼 17
專欄 5 垂直場域實現模式 18
專欄 6 標竿國家頻譜政策介紹 28
專欄 7 國際垂直場域專頻規劃趨勢 40
專欄 8 開放式架構與端對端解決方案發展趨勢 47
專欄 9 國際對第六代行動通訊之規劃 58
專欄 10 相關部會於通訊、頻譜創新之推動成果 64
專欄 11 技術準備度水準 72



緣起

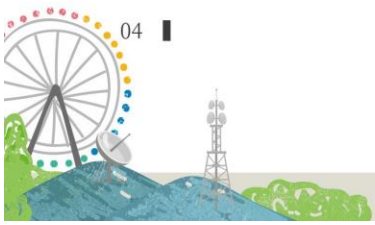
無線電頻率係國家稀有而珍貴之資源，而頻率的規劃直接或間接影響著民眾生活以及產業發展。我國頻譜規劃作業目前係由交通部依據交通部組織法第 6 條之規定，辦理通訊整體資源及相關政策之規劃事項；同時，依據電信管理法第 52 條之規定，行政院指定交通部擬訂「中華民國無線電頻率分配表」及「無線電頻率供應計畫」。為此，交通部遵照國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 規定及考量我國國情需要，積極規劃無線電頻譜資源，以滿足通訊傳播產業、國防、治安勤務與政府施政等各個面向之無線電頻率需求，並發揮頻譜使用最大效益。

我國頻譜規劃為因應整體技術、產業發展趨勢以及國內相關政策方向，進而產生各階段的發展目標，並進行相關法規與配套措施的調整。自民國 76 年起，我國在全球自由化風潮的大環境中，由當時的交通部電信總局逐步為電信自由化進行改革，並於民國 85 年修正了「電信法」、「交通部電信總局組織條例」及新訂「中華電信股份有限公司條例」（合稱「電信三法」）。電信三法的通過，奠定我國電信自由化的基礎，同時因修訂後的電信法強調電信市場的全面開放競爭，進而影響在頻譜規劃上，更需要思考能夠滿足自由競爭市場下的頻譜需求模式。

而在電信自由化之後，由於各項去管制化以及促進競爭的措施下，相關產業蓬勃發展進而促使技術的革新，逐漸模糊通訊以及廣播之間的產業界線 (boundaries of industries)，進入了所謂數位匯流 (Digital Convergence) 的時代，其對頻譜規劃的影響則在於因技術的革新與轉換促使頻譜資源能夠重新進行配置。交通部於民國 98 年研擬「我國數位無線電視頻率資源開放政策規劃方案」陳報行政院，規劃收回 Ch5-Ch13、Ch37-Ch48、Ch50 及 Ch52 等頻寬 6MHz 共 23 個類比電視頻道，可提出 138 MHz 頻寬再行規劃供新業務使用，即所謂的「數位紅利 (Digital Dividend)」，並已釋出 Ch24、Ch26、Ch28、Ch30、Ch32 及 Ch34 等 6 個頻道供作數位電視使用，於 101 年 7 月 1 日起完成臺灣之類比數位電視轉換。

在行動通信方面，我國自 85 年開放行動通信業務，陸續發放第二代行動通信 (Global System for Mobile Communications, GSM)、1900 兆赫數位式低功率無線電話、第三代行動通信、無線寬頻接取等業務執照，提供民眾語音、數據服務，並促進相關軟硬體產業發展，使我國成為行動通信普及率領先的國家。交通部亦於 101 年、104 年及 106 年規劃釋出三波的第四代行動通訊技術 (4G) 寬頻頻譜，並於 108 年完成第一波第五代行動通訊技術 (5G) 寬頻頻譜規劃。

由於電信管理法於 108 年 6 月 26 日制定完成，依據電信管理法第 52 條及行政院 109 年 3 月 10 日院臺科字第 1080039745 號函示，授權交通部為行政院指定機關擬訂中華民國無線電頻率分配表（下稱頻率分配表）及無線電頻率供應計畫（下稱頻率供應計畫），其中頻率分配表應載明各類無線電用途之分配；頻率供應計畫應載明中長程頻率釋出、頻率重整、頻率共享及其他頻率供應之規劃，而交通部已於 109 年 11 月 1 日公告這兩份文件，並持續進行滾動式檢討修訂，以應國際通訊技術趨勢及我國實際頻譜使用需求。



接下來整體環境面臨通訊技術快速演進的挑戰，促使電信與資通訊產業面臨解構與重組；同時各領域亦積極投入數位轉型與跨域創新，期盼透過資通訊力量找出更多商業機會以及附加價值。而在此浪潮下，國家需要更靈活與前瞻的頻譜規劃政策，才能夠即時回應需求與調整供給狀況，進而支持民眾生活、產業發展、國家社會安全等發展需求。為此，期望透過本白皮書的研訂，掌握國際趨勢與規劃上的課題，並盤點現有的政策工具，進而確立我國頻譜政策的願景與目標，具體展開推動策略，希望能夠藉此發揮出頻譜最大化的效益。

本白皮書之說明

本白皮書研擬之目的係為提供國民對於無線電頻譜、通訊相關趨勢與重要性之認知，以及闡述政府在擬定頻譜政策的邏輯與思維，並說明未來可能的規劃方向以及欲達成之政策目標，然實際頻率釋出作業，仍應依循相關法規及程序辦理。

本白皮書主要分為五章：

壹、 頻譜發展趨勢以及我國頻譜規劃政策工具：概述未來在電信、通訊領域的重要發展趨勢，並說明面對這些趨勢變化時我國目前在頻譜規劃上所掌有的政策工具。

貳、 我國頻譜政策之願景：盤點我國資通訊、數位發展相關國家政策方向，並提出我國頻譜政策之願景。

參、 我國頻譜政策之政策目標：根據願景展開頻譜政策的目標，並盤點該目標中我國目前的發展現況，並說明該目標未來發展趨勢及頻譜規劃的要點。

肆、 我國頻譜政策之推動策略：為達成政策目標，擬定推動策略，並藉由現有的政策工具說明目前的推動措施與情形，並闡述頻譜規劃單位可參考之未來執行方向。

伍、 結語：總結與綜合性說明。

此外，為了能夠讓讀者更清楚了解內容當中所出現的新興名詞與概念，在文中會透過專欄的方式進行補充說明。

壹、頻譜發展趨勢及我國頻譜規劃政策工具

一、未來頻譜規劃之發展趨勢

頻譜為稀少且珍貴的資源，然必須支撐著所有無線通訊的網路系統，在 ITU 所發布的“ Network 2030：A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond”報告 < 專欄 1> 當中提到，現今的網路與 2030 年的網路，最大的差別在於後者將建立於一個完全不同的軟硬體技術上。除強調現有的網路架構以及下一世代的網路結合外，亦需要與新型態的太空網路間互相操作；同時由於技術的邁進，進而影響到使用者使用網路的應用情境與模式。在新的垂直領域 (New Verticals)、新的通訊服務 (New Communication Services) 以及新的基礎設施 (New Infrastructures) 交互影響下，形塑了未來 2030 年的網路環境。

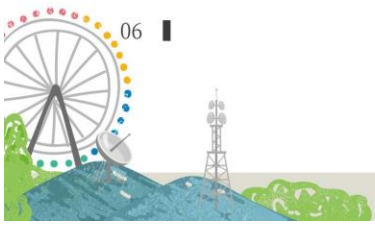
由此可見未來頻譜的規劃與監理課題日漸複雜，在規劃上必須密切關注相關技術與環境的發展，才能即時回應新技術對於頻譜的需求，進而取得發展的新機。以下彙整未來在頻譜規劃上重要之課題與趨勢，以利滾動式調整相關規劃方向。

專欄 1 ITU Network2030

ITU-T Study Group 13 於 2018 年 7 月在日內瓦舉辦的會議中，成立了 ITU-T Focus Group Technologies for Network 2030 (簡稱 FG NET-2030)。FG NET-2030 旨在針對 2030 年及 2030 年後的網路能力 (capability) 進行研究，這些網路能力期待用於支持新穎的前瞻性場景，例如：全息式 (holographic type) 的溝通模式、能在緊急情況下極快速的回應等。FG NET-2030 期望透過研究與分析，找出適合上述前瞻性場景的網路架構以及啟動機制，這些研究統稱為「Network 2030」。

Focus Group NET 2030 於 2019 年發布“Network 2030：A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond”白皮書，專注在未來數位世界和現實世界在各維度的融合，目標是要認證正確的網路技術集，以確保包含物聯網、自動化工廠以及自駕車等服務的可行性。因此，須明確未來社會於 2030 年時的通訊需求（包含公共、私人無線或是固定網路），希望透過標準的制定、公私夥伴合作關係 (Public Private Partnership, PPP) 和行業結盟，以進一步了解提前規劃 Network 2030 之重要性，並盡早找出潛在機會。在白皮書當中提出了未來潛在出現的新案例包含：

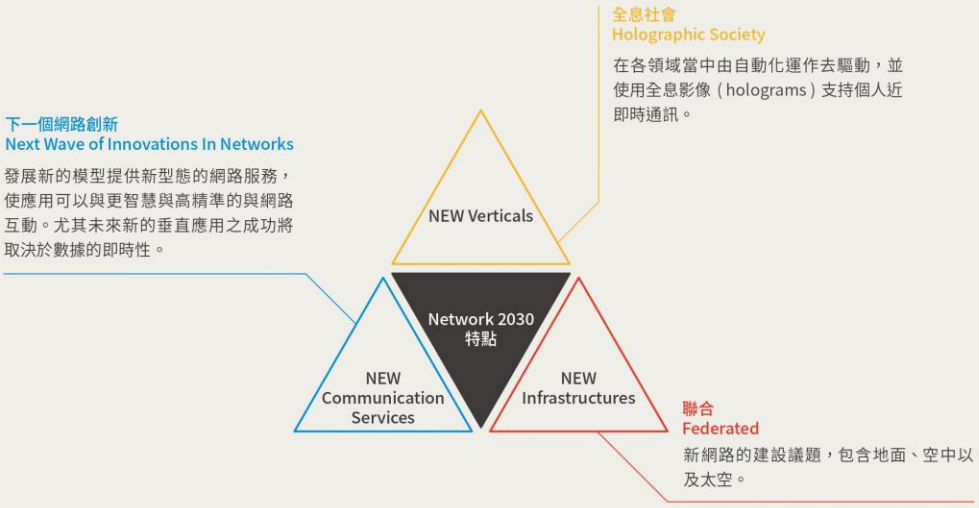
- 全息式的溝通 (Holographic Type Communications, HTC)：在工業領域中可用於數位分身，透過數位複製之分身控制實際物品；在醫療領域當中，可用於 3D 全息投影；此外亦可改變人與人的溝通方式，達到多點的同步互動的溝通模式。在網路面上的最大課題是需要非常大的頻寬進行大容量數據的傳輸。
- 多感知網路 (Multi-Sense Networks)：除了視覺與聽覺之外亦涵蓋嗅覺、觸覺等感知之應用。



- 時間工程應用 (Time Engineered Applications)：由於人類很習慣在訊息傳遞延遲時自主性地進行調適，然大多數的機器、機械都是為了特定的任務而設計準確的控制迴路，而非像人類一樣可以自主性的調適，因此在未來在各領域當中皆強調依靠自動化進行驅動的情況下，必須要確保設備必須遵守及時性。
- 關鍵基礎設施 (Critical Infrastructure)：未來通訊技術被期待用於保護社會、人民免於緊急情況之傷害，即需要無所不在且隨時可用的網路環境。

為達上述應用案例，Network 2030 的特點包含：

- New Verticals：在各領域當中由自動化運作去驅動，並使用全息影像 (holograms) 支持個人近即時通訊。
- New Infrastructures：為達到高覆蓋的網路，未來將面對更多新網路建設議題，包含地面、空中以及太空之通訊。
- New Communication Services：發展新的模型提供新型態的網路服務，使應用可以與更智慧與高精準地與網路互動。尤其未來新的垂直應用之成功將取決於數據的即時性。



▲ 圖 1 西元 2030 年的網路特點
資料來源：ITU “Achievements of ITU-T Focus Group on Network 2030 (FG NET 2030)”

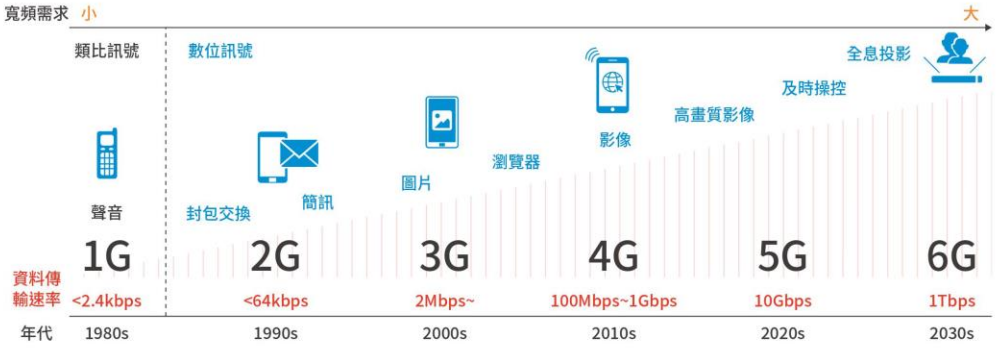
(一) 不斷成長的頻譜需求造成頻譜資源之短缺

無線電通訊技術發展多元，目前大致可分為透過衛星通訊、局部區域網路 (Local Area Network, LAN)、低功率廣域網路 (Low Power Wide Area Network, LPWAN) 及蜂巢式網路 (Cellular network) 等類別，且每項類別的技術皆不斷地演進，過程中對於頻譜的需求亦大量增長。

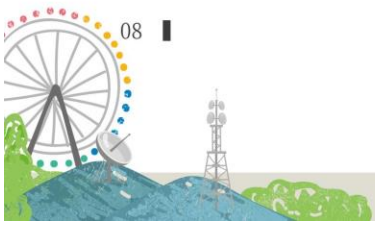
舉例而言，以蜂巢式網路為主的行動通訊基本上以 10 年為一週期往下一世代的通訊技術邁進。第一代行動通訊 (The first generation, 1G) 約為 1980 年代問世，使用類比技術僅能傳輸聲音等基本語音服務；進入到 1990 年代，行動通訊已發展至數位訊號，開始了第二代行動通訊 (The second generation, 2G) 的時代，整體之網速則向上提升至 64 kbps，除了實現語音通話服務外，並開始引進簡訊 (Short Message Service, SMS) 發送之功能。在此之後的第三代行動通訊 (The third generation, 3G) 之標準則於 2000 年正式公告，其網速可達到 2 Mbps 以上，使用者除可傳送內附圖片之多媒體訊息 (Multimedia Messaging Service, MMS) 外，亦進入可隨意上網瀏覽網頁及享有串流音樂等服務之階段。

於 2010 年代，我們進入了第四代行動通訊 (The fourth generation, 4G) 時代，其界於 100 Mbps 至 1 Gbps 之間的高網速使用戶得以流暢地使用影片串流服務，更因其穩定的特性促進了應用程式 (App) 及社群網站之普及發展，人人皆可隨時隨地透過聯網與世界進行交流。全球已於 2020 年正式進入第五代行動通訊 (The fifth generation, 5G) 時代，其關鍵三大性能—高速大容量 (Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、超可靠低延遲通信 (Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC) 及海量機器連結 (Massive Machine Type Communications, MMTC)，將可支持產業更多垂直領域方面之應用。

可觀察到從第一代行動通訊 1G 演進到第五代 5G 甚至未來 6G 的過程當中，對於通訊能量的要求越來越高，相對而言通訊系統對於頻寬的需求亦不斷在成長，以目前 5G 的技術為例，在 sub-6GHz 的頻段上，單一業者至少需要 80-100 MHz 之頻寬才能達到理想的 5G 效能，而在 above-6GHz 頻段上，則需要 400 MHz 為基礎。



▲ 圖 2 行動通訊之演進



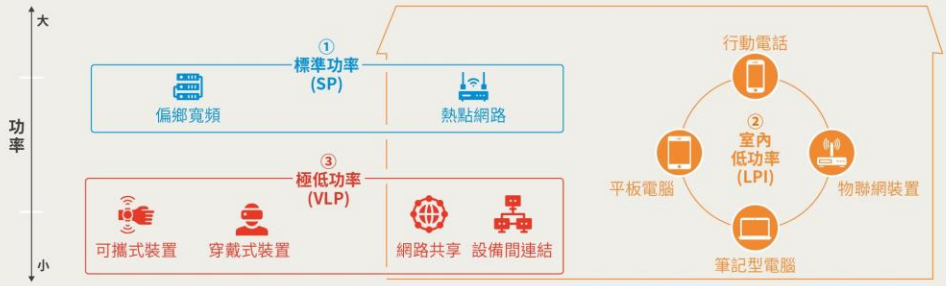
然而在多個技術皆不斷地往下世代技術標準邁進的同時，礙於當前技術、材料等因素的限制下，在發展過程中容易造成不同技術鎖定同一頻段之現象，進而造成所謂「結構性短缺 (structural shortage)」之課題，例如 5G 與低軌道衛星 (Low-Earth Orbit, LEO) 之發展，目前在毫米波的頻段上皆鎖定 28GHz 進行導入。另外，面對新興無線電系統之問世，其對於頻譜的需求將可能影響到既有使用者之使用權益，這些都是未來當頻譜需求不斷成長造成結構性短缺課題時，頻譜規劃機關必須面臨技術的選擇，或是尋求更多技術共存的可行方式。頻率共享可作為技術共存的方式之一，近期越來越受到各國的關注，除了藉此增加頻譜的使用效率外，亦能滿足不同系統對於頻譜之需求 < 專欄 2>。

專欄 2 和諧共用頻譜國際開放趨勢

當通訊技術不斷地演進，將可能造成頻譜資源的結構性短缺，頻譜的和諧共用為未來重要的發展趨勢。以免執照技術為例，過去大家主要使用 2.4 GHz 及 5.8 GHz 等頻段，然近年來因連網需求的快速增長，尤其是受到新型冠狀病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 之影響，居家辦公 (work from home) 及數位教學 (digital learning) 等生活模式的改變，造成室內網路接取的需求大量增加，導致既有的免執照頻段上的使用狀況日漸壅塞，產生不敷使用的情況。為此國際上正如火如荼討論開放更多免執照頻譜的可能性，其中以 6 GHz (5925-7125 MHz) 之討論最為熱烈。

6GHz 未來潛在可供 5G 免執照頻譜新無線電 (5G New Radio in Unlicensed Spectrum, 5G NR-U) 及 Wi-Fi 6E 等新技術使用。5G NR-U 為 3GPP 於 Release 16 完成定義之新技術，在使用上主要可分為固定式 NR-U (Anchored NR-U) 以及獨立的 NR-U (Standalone NR-U)。前者與過去 4G 時代討論的授權輔助接取 (Licensed Assisted Access，LAA) 相同，透過與商用頻譜的結合，協助電信運營商擴展可使用的頻寬，提升網路效能；後者為可獨立運作之網路，主要優勢為其類近於 Wi-Fi 之簡易設置流程，被視為實現 5G 企業專網手段之一。另一方面，Wi-Fi 6E 指的則是可運行於 6 GHz 頻段之第六代 Wi-Fi (802.11ax) 技術。然而，在 6 GHz 免執照頻段開放之議題上尚有兩大課題亟須處理。首先是該頻段上具有許多既有使用者，例如：中繼微波與點對點微波等服務，開放此段頻譜供免執照應用接取可能造成有害干擾。另一課題則為該段頻譜往後可能被規劃為國際行動電信 (International Mobile Telecommunications, IMT) 頻段，因此免執照與 5G 將可能產生衝突，根據國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 之規劃，其預期於 2023 年舉辦之世界無線電通信大會 (World Radiocommunication Conference, WRC) 上探討是否將歐洲、非洲、中東、前蘇聯國家等區域 (Region 1) 之 6425-7025 MHz 頻段，以及全球範圍內之 7025-7125 MHz 頻段規劃予行動寬頻使用。為此，各國針對 6 GHz 免執照頻段之開放上考量到上述課題，採取不同的措施與規範。

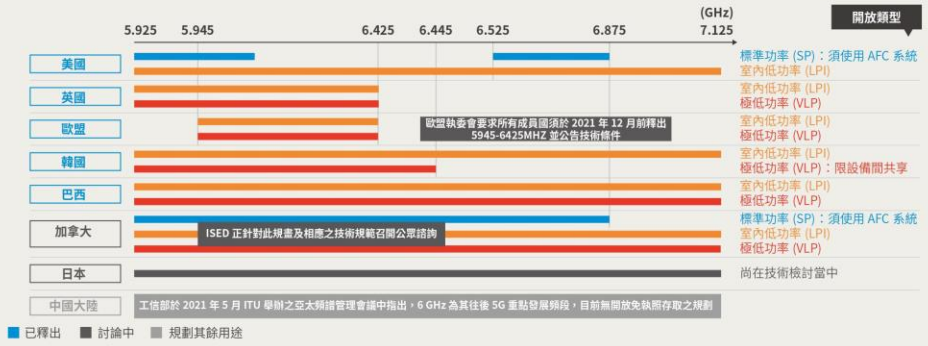
免執照頻段上之裝置類型，依照功率以及使用情境可分為標準功率 (Standard Power, SP)、室內低功率 (Low Power Indoor, LPI) 以及極低功率 (Very Low Power, VLP) 三種。標準功率為小於約 4W (36 dBm) 之裝置，常用於室內、外較為廣域之熱點網路應用。室內低功率為小於 250mW (24 dBm) 之裝置，除僅限於室內使用外亦須遵守競爭式協定，行動電話、平板與筆記型電腦及物聯網等裝置皆屬此類。極低功率則為小於 25mW (14 dBm) 之裝置，常見應用包括：可攜式與穿戴式裝置、網路共享及裝備間之連結，且於室內、外皆可使用。



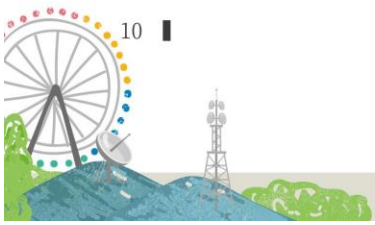
▲ 圖 3 6GHz 上可使用的不同功率裝置類型

而綜觀國際開放的現況，目前僅有美國、韓國、巴西、沙國、祕魯、智利、加勒比海三國及規劃中的加拿大等完全開放 5.925-7.125 GHz 共 1,200 MHz 頻寬。除了美國、加拿大開放標準功率裝置並要求使用自動頻率調和 (Automatic Frequency Coordination, AFC) 系統協調外，多數已有規劃之國家仍暫以 LPI 及可於室內外運行之 VLP 為主。AFC 系統可為單一或多個透過同一營運網路連結的接取點網元設備（如標準功率接取點及固定用戶終端）進行註冊、認證及授權，且將於 FCC 通用許可數據庫 (Universal Licensing System, ULS) 中獲取應保護之頻率範圍及可接取頻率之最新資訊，進而提供可供連結的頻率及最大使用功率。另外，同樣位於美洲的巴西則決議開放 6 GHz 全頻段供 LPI 及 VLP 同時接取。在規定方面，美洲國家於 LPI 之功率限制上亦區分接取點 (Access Point, AP) 及客戶端裝置，AP 須小於 1W (30 dBm) 而客戶端則須小於 250mW (24 dBm)。

在歐洲的部分，不論英國 (5925-6425 MHz) 或歐盟 (5945-6425 MHz) 都僅先針對較低的頻段釋出，並未有開放標準功率設備之規劃。與我國鄰近的日本仍處於技術檢討之階段，目前進度為總務省要求一般社團法人電波產業會 (Association of Radio Industries and Businesses, ARIB) 之無線區域網路工作小組整合產業對於 6 GHz 的要求。中國大陸之工信部則已公開表示此段頻率資源將作為其往後 5G 之重點頻段，故並無釋出 6 GHz 免執照頻段之規劃。



▲ 圖 4 國際 6GHz 免執照頻段開放現況彙整 / 資料來源：各國公開資料



(二) 中低頻段的使用日漸飽和對於高頻頻譜需求的增加

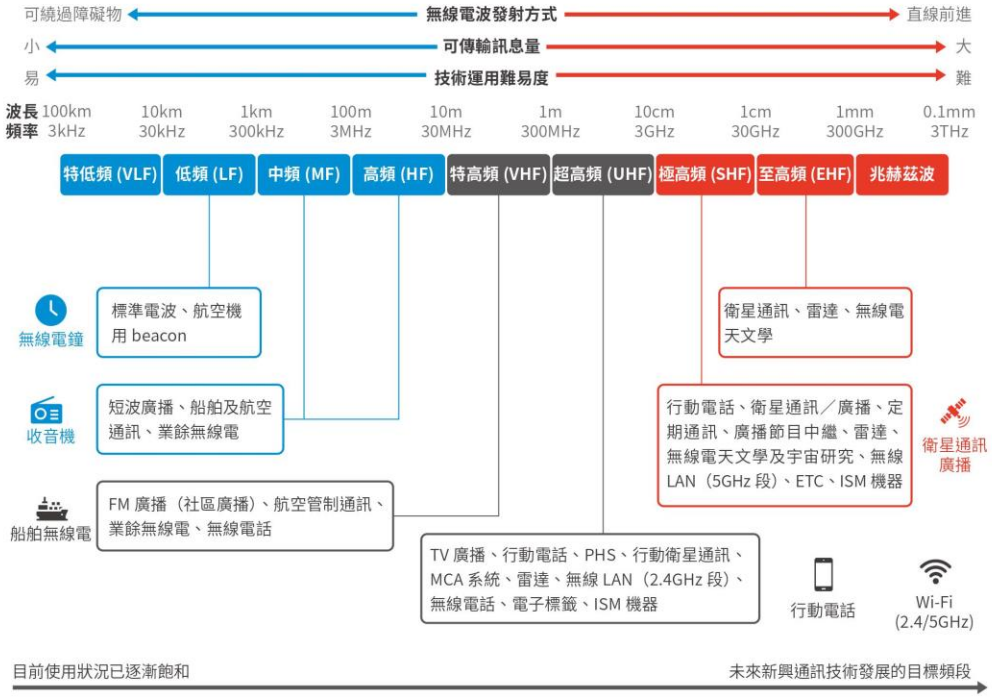
無線電波的特性因頻率的物理特性而有所差異，低頻頻段的波長較長，電波的繞射能力較佳，然傳輸量較小，較適合用於大範圍的語音通訊使用，包含傳統的無線電通訊、以及廣播等用途使用；而頻段越往高頻段發展，波長越來越短，無線電波的指向性較強，在直線前進的過程中具有較差的繞射能力，但優勢是可傳輸的訊息量較大。目前較常使用的包含在行動通訊、數位電視等都使用 300 MHz 至 3 GHz 的 UHF 頻段上。

順應這些頻率特性，需要廣域覆蓋的應用於早期便選定了較低、中頻的位置發展，導致低、中頻頻率使用的狀況已漸飽和。同時，隨著各界對於通訊傳輸能力的要求提升，往後頻譜利用之走向只能往更高頻段之方向前進。

由於過去高頻頻段較少受到使用，因此高頻目前仍有較為空白、連續空間，較可能擁有更高的頻寬，可支援更高速的傳輸，這也解釋了為何近年來毫米波（位於特高頻，介於 30 GHz 和 300 GHz 之間）成為全球電信產業之矚目焦點。這些更高頻段將可支持更優異的網路速度及容量，可望改善消費者於通訊面之體驗。

往後的 Beyond 5G (B5G) 有望將頻譜的使用擴張到 30 GHz 以上，第六代行動通訊 (The sixth generation, 6G) 的需求頻段可望落於兆赫茲波 (THz)（介於 300 GHz 和 3 THz 之間）的頻段上，透過更寬的頻寬，B5G/ 6G 服務方可提供前所未有的高速通訊。然亦因為兆赫茲波的繞射能力較差，加上訊號衰減程度大，未來用於無線通訊使用上尚有許多課題待克服。為此，國際上已有多國政府正積極鎖定高頻段之兆赫茲波進行研究，鄰近國家日本[1]、韓國[2]透過宣示其下世代網路之研發政策，將積極促進至高頻段 (Extremely high frequency, EHF) 及兆赫茲進行開發，預期達到 Tbps 之網路性能並於先期奠下競爭性優勢。至於歐美國家，如英國[3]、美國[4]等，則透過釋出申請程序較為簡化之實驗頻率執照及基於免執照接取之實驗頻段，達到支持創新研發之鼓勵作用，希望能夠促進各界藉由實驗頻率取得技術及商業模式面之成果，以為往後快速商業化做準備。

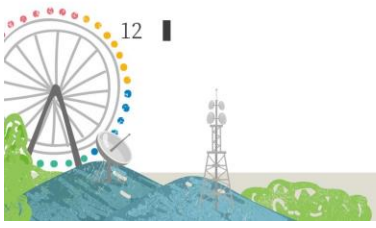
1 總務省，《Beyond 5G 推動戰略－邁向 6G 的 Roadmap》(2020)
2 MSIT,《6G 研發執行計畫》(2021)
3 Ofcom,“The Spectrum Access：EHF Licence” (2020)
4 FCC,“Spectrum Horizons First Report and Order” (2019)



▲ 圖 5 頻譜特性與對應之應用類型

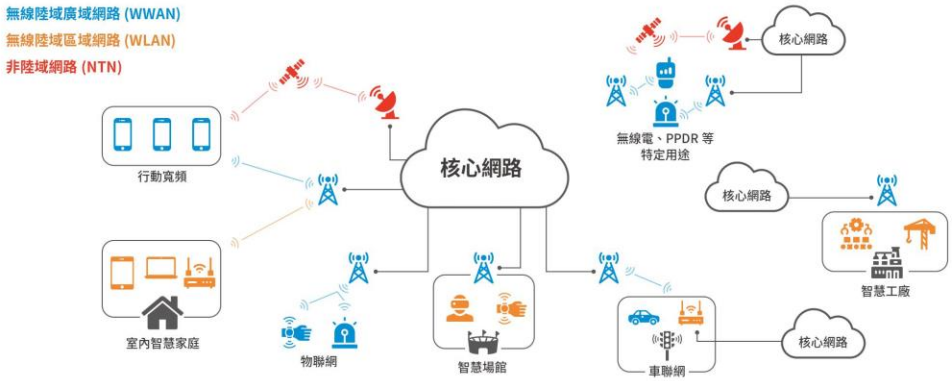
(三) 多元網路布建方式與異質網路匯流增加市場機會

在未來強調萬物聯網的環境當中，整體的通訊架構將隨著應用情境而有所轉變。就無線的陸域網路 (Terrestrial Network, TN) 而言，從網路規模大至小可分為無線廣域網路 (Wireless Wide Area Network, WWAN)、無線都會網路 (Wireless Metropolitan Area Network ,WMAN)、無線區域網路 (Wireless Local Area Network, WLAN) 以及無線個人區域網路 (Wireless Personal Area Network, WPAN)。其中較為大眾所知的即是以行動通訊，包含以 4G/5G 為首的 WWAN，以及以 Wi-Fi 等技術為代表的 WLAN。過去大家在討論 WWAN 以廣域覆蓋的蜂巢式網路 (Cellular network) 為主，其主要由電信運營商提供服務，供一般大眾的手機、平板的裝置進行接取；另外其他具有特定用途的廣域專用網路，包含公共保護與災難救助 (Public Protection and Disaster Relief, PPDR) 或是鐵道通訊亦是屬於 WWAN 的類別。而相較於 WWAN，WLAN 的覆蓋範圍較小，適用於辦公室、教室、家庭等一定的區域範圍內，用以接續場域內的裝置。



然而，隨著通訊技術的進步以及使用者對於通訊能力期待越來越高，無線通訊網路面臨了新的機會與挑戰。首先，WWAN 在行動寬頻技術演進的歷程中，因頻率的物理特性導致基地臺的布建密度需要更高才能達到覆蓋的效果。而除了行動寬頻用於「人」的接取外，將有越來越多「物」（感測器、監視器等）的聯網需求以隨時監控環境的變化，然這些感測器可能設置於山區、溪邊等無法連接電力的地方，在通訊傳輸能力（覆蓋、容量等）以及電力消耗之間的取得平衡是物聯網 (Internet of Things, IoT) 技術發展的重點。同時針對特定用途的廣域專用網路亦必須面對技術的演進與汰換。而過去在發展 WLAN 的歷程當中，強調的是接取的普及與輕便性，盡可能讓民眾可以較低成本的方式自行設置，然近幾年來「垂直場域」的應用模式日漸受到大家的關注，在場域當中設置符合場域需求（包含對通訊能力、資安的要求等）的網路環境，是未來 WLAN 的發展重點。有鑑於未來陸域網路發展面臨之課題，當使用者期望隨時隨地（包含海上、空中等）都能有網路能夠接取形成無縫的網路環境時，非陸面網路 (Non Terrestrial Network, NTN)< 專欄 3> 的角色越來越重要，期待透過空中的網路設施彌補陸域網路較難覆蓋之地區。

當這些新的需求、課題出現的同時，網路技術的革新亦帶給產業更多新的市場機會。舉例而言，當網路架構逐漸往開放式架構的趨勢邁進，逐漸降低了電信服務提供的門檻，未來預期許多區域型網路出現。而對於既有業者而言，則期待透過異質網路 (heterogeneous network) 將不同通訊技術結合到同一個通訊平臺上，一方面增加網路能力得以讓消費者有更好的使用經驗，並滿足不同使用需求之外，亦可有效利用既有設施，不需要每個技術都需要一套完整的設備，藉此達到節省成本之效果。



▲ 圖 6 未來無線通訊網路發展趨勢

因此，在上述趨勢的發展下，市場中既有業者與新進業者皆期望憑藉其自身優勢在未來電信市場中能夠佔據一席之地。然就頻譜規劃的角度而言，如何滿足多個系統所需的頻譜需求以帶動產業發展，同時卻能保障彼此的使用權利，在頻譜規劃與監管上需耗費更多的心力。

專欄 3 非陸面網路介紹

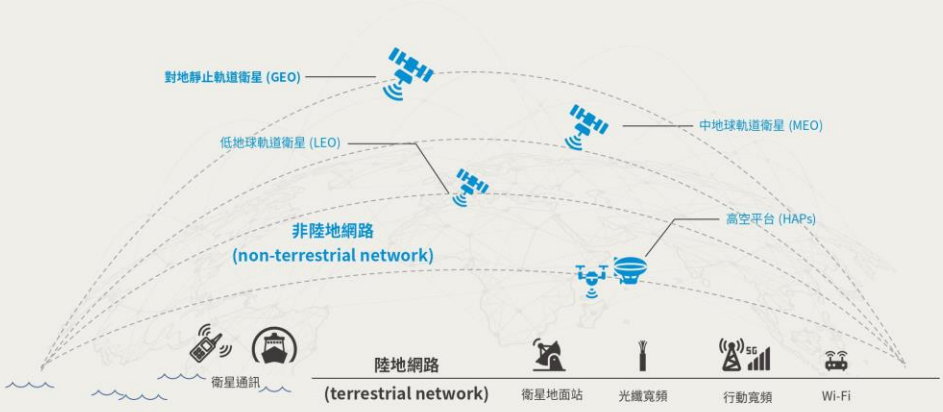
通訊網路依據其基礎設施建置的位置可大抵分為兩類，其一為將基礎建設布建於地表以達成連網之陸面網路 (Terrestrial Network, TN)，包括民眾較為耳熟能詳的行動寬頻（如 4G、5G 等行動網路）、光纖寬頻及 Wi-Fi 等，其發展時間較久，相關技術及商業模式已十分成熟；另一則為利用離地設備建置之非陸面網路 (Non-terrestrial Network, NTN)，其廣泛的定義為透過空運 (airborne) 或是太空 (space-borne) 載具上架設中繼節點、基地臺所建構之 (部分) 網路。

目前 NTN 之載具大致上可分為通訊衛星，以及包含無人機及飛船等距地較近之高空平臺 (High-Altitude Platform station, HAPs) 兩大類。不同載具的運行位置與運轉週期不同將造成通訊能力有所差異。如對地靜止軌道衛星 (Geosynchronous Satellite, GEO)，雖距地表距離較遠（35,786 公里），導致傳輸的延遲時間較長，但相對能夠覆蓋較廣的面積，屬於傳統的衛星通訊方式。而較靠近地表之中地球軌道衛星 (Medium Earth Orbit, MEO)（8,000-20,000 公里），以及低軌道衛星 (Low Earth Orbit, LEO)（500-2,000 公里）因離地面位置較近，雖然覆蓋範圍不如 GEO 來的廣，但回傳的速度較快，延遲較低 (LEO：20-30 毫秒、MEO：150 毫秒），同時因為體積尺寸較小、製造與發射的成本低，被視為未來衛星通訊重點發展項目。

在 NTN 的網路當中主要有三個關鍵設施，分別為：

- 太空／空中平臺 (Space / Airborne platform)：衛星或是 HAPs。
- NTN 終端 (NTN Terminal)：指 3GPP 使用者設備 (User Equipment, UE) 或是當在衛星系統不直接連通 3GPP UE 之情況下之特定的衛星系統終端。
- 地面閘道器 (Ground Gateway)：通常指地球接收站，其將空中的接取串聯回核心網路。

此三個關鍵設施亦透過無線通訊技術進行串聯，產生平臺到終端的 service link、平臺到地面閘道器之 feeder link 以及平臺之間的 inter satellite/ aerial links 三個通訊及頻譜需求。



▲圖 7 TN 與 NTN 網路概要

隨著 NTN 相關技術不斷演進並越趨成熟，其成本可望大幅下降，TN 與 NTN 之間的競合議題於近年來備受各界關注，探討使用 NTN 的通訊運營商（例如：SpaceX、OneWeb 等）是否有機會取代傳統行動網路營運商 (Mobile Network Operators, MNOs) 於廣域網路覆蓋之核心角色。然而以目前的發展趨勢以及相關組織的研究來看，兩種技術較屬於互補、合作的關係，包含由 3GPP 和歐洲之 SaT5G (Satellite and Terrestrial Network for 5G) 聯盟發表之文件中提及，現階段對於 NTN 之期待多為用以補足傳統光纖難以抵達的地理區域之通訊覆蓋，然對於許多要求低延遲、高準度之應用情境，使用 TN 網路仍有著無法取代之優勢。此外，3GPP 從 2010 年初期即開始進行 NTN 對未來通訊技術的影響之討論，針對 NTN over NR (new radio) 的應用上定義了三個服務類別場景：

- 服務的連續性 (Service Continuity)：地面網路的部署通常都是以人口中心進行覆蓋，導致有些地區無法進行網路接取。因此當行人用戶或是移動體在移動過程中，可能會遭遇單個或多個地面網路無法連續性提供服務之情況，此時則期望透過 NTN 與地面網路之間的互補解決。
- 服務的無所不在 (Service Ubiquity)：因為建設不經濟而缺乏基礎設施，或是因災害發生導致地面網路中斷時，可透過衛星接取為無服務或是服務不足的地方提供網路。
- 服務的規模性 (Service Scalability)：衛星網路具有較大的覆蓋範圍，因此可以有效地在大範圍中多播 (multicasting) 或是廣播 (broadcasting) 相似的內容，或是直接傳送到用戶的終端設備中。

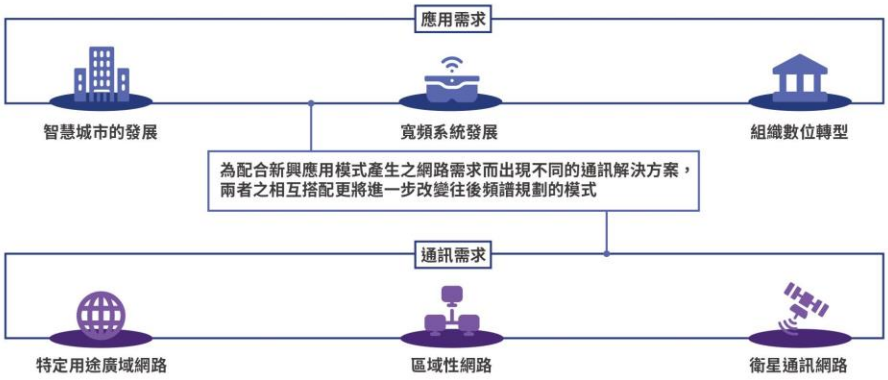
除了 NR 外，NTN over IoT 的應用亦是未來發展的趨勢，尤其在透過萬物聯網收集大數據的期待下，現實上有些地區仍缺乏陸面的網路基礎設施。因此承接上述三個服務類別場景，NTN 於 IoT 的應用亦強調在偏鄉等缺乏網路基礎建設環境作為回傳網路之用，例如 2016 年 Inmarsat 即與 LoRa 聯盟合作測試，透過其 BGAN 衛星作為 LoRa 區域網路的回傳網路，期望用以減少陸面網路的建設成本。此外，服務的連續性則是跨國、大範圍 IoT 應用中的關鍵需求。ICARUS 系統於 2019 年開始即被用於大規模、長期的動物觀察計畫，在鳥類以及動物身上裝載小型無線電發射器與感測器，將動物目前的位置、環境資訊等透過國際太空站 (International Space Station, ISS) 中繼，傳送到相關的研究機關，可用於動物集體行為以及地球環境變化追蹤等應用情境。

(四) 應用需求與技術發展的互相影響改變頻譜釋出的方式

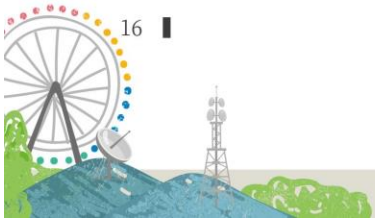
隨著數位化時代的來臨，不同領域都有支持無線應用之巨量需求。其中尤以寬頻系統性能之改善、智慧城市發展之願景以及各類組織因應潮流所需之數位轉型 < 專欄 4> 等應用需求最為關鍵。傳統以企業對顧客 (Business to Consumer, B2C) 為主之電信供應模式，亦將逐漸轉為企業對企業 (Business to Business, B2B)、企業對政府 (Business to Government, B2G) 以及企業對企業再對任何物 (Business to Business to Everything, B2B2X) 等商業模式。其中 B2B2X 指的是，在未來的服務提供模式上由於強調垂直領域的專業性，因此位於中心的 B 會向具有網路資源的業者租賃通訊服務後，再憑藉著其專業、特殊性提供服務給終端使用者。

智慧城市的發展將促進生活環境中全面化的改變，民眾們將可透過設置多元、多樣之智慧連網裝置改善其生活；公共場域中的醫療、交通、娛樂領域，也因而可提供更多能以數據為基礎之精準、客製化服務。而除了民間消費者對於網路通訊容量之需求將持續成長外，企業及各類組織亦因數位轉型浪潮中越來越重要的人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 與數據分析而可改善其業務流程，此將更為提高數據資料處理之總量及程度。另外，對於延遲性及吞吐量有較為嚴格之要求的擴增實境 (Augmented Reality, AR) 及虛擬實境 (Virtual Reality, VR)、需要極高數據傳輸量之 3D 列印等技術，也都需要有更高性能之寬頻系統予以支持。

在未來的世界中，數據導向之治理模式將成為主流，自駕車、無人機、車聯網 (Vehicle-to-Everything, V2X) 等應用都將成為我們生活中不可或缺的成分。然為搭配這些百花齊放之新興技術，通訊層之解決方案亦須因應其使用情境及需求有所轉變。因此於通訊需求方面，將出現符合特定用途之廣域網路，如：鐵道、防災相關之專用網路；於特定場域內用以提供通訊資源之區域性網路；以及前文討論到的，於往後將扮演越來越重要角色之衛星通訊網路等。這些新興應用及不同的網路需求得因不同情境而互相搭配，不同的通訊解決方案亦相應而生 < 專欄 5>，兩者之排列組合更將進一步改變並影響往後頻譜規劃之模式及背後規劃之思考邏輯。



▲ 圖 8 新興應用及通訊需求與頻譜規劃之關聯



專欄 4 數位轉型是什麼

伴隨著物聯網、人工智慧與雲服務應用之逐漸普及，組織善用數位工具推動數位轉型之意識也逐漸成熟。根據世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 之定義，數位轉型 (Digital Transformation, DX) 為「組織透過數位科技疊加運用下，深刻改變既有營運方式及降低成本，並產生全新數位化之產品服務、營運流程，帶來新商機之過程」，由此定義可知，數位轉型所帶來的面向包含在產品、流程與商業模式等構面。

然而，數位轉型轉變的過程通常需歷經不同階段，綜合各界對於數位轉型發展階段之分析，彙整出如下三大階段說明：

❶ 第一階段：數位化 (Digitization)

數位轉型的第一步為數位化階段，意即組織尚屬於數位工具導入規劃期，或已開始藉由數位工具之導入改善作業效率，譬如將過去依靠人工進行紙本記錄等作業，藉由數位工具之導入進行自動化的統計作業，以利後續分析作業之用。

❷ 第二階段：數位優化 (Digitalization)

數位化的下一步則為數位優化，意即藉由數位科技之掌握及疊加運用，將蒐集之數據進行分析用於改善決策、營運流程，改善目前的營運活動績效，提升營運效能，並且，在優化整體營運效能之同時，亦可透過數位 App 或其他工具，提升使用者端的服務體驗。

❸ 第三階段：數位轉型 (Digital Transformation)

數位優化之後，則是所謂真正的數位轉型階段。在此階段則是藉由先前所累積之各項數位資產與能力，創造延伸之新產品、服務甚至是商業模式，為組織創造新營收、新價值等商機。

▲ 圖 9 數位轉型階段、內涵與效益

世界經濟論壇也在其發表的數位轉型倡議 (Digital Transformation Initiatives, DTI)，明確指出組織在投入數位轉型過程中應從營運效能強化、使用者體驗優化以及商業模式創新三個面向進行思考。營運效能強化主要是推動自動化的產業價值鏈活動，並藉由整合物聯網及機器人技術，輔以後端數據分析、數位平臺等方式以提高資源使用效率。而在使用者體驗優化方面，則須藉由大量數據之管理分析，實現以使用者為中心之數據應用及客製化服務，加強對使用者偏好與潛在需求之服務能量，並建立長期良好之互惠關係。而針對商業模式創新之評估，除了從產品與服務面進行思考以外，亦可藉由重新審視組織價值鏈流程，探索是否具有創造潛在新商業模式之可行性。

另一方面，數位轉型亦可從其所涉及之構面進行規劃與推動。日本智庫野村總合研究所認為，在數位轉型 1.0 的階段，可從組織流程數位化 (Digital Back) 與使用者接點數位化 (Digital Front) 兩種角度進行規劃與推動。在組織流程數位化方面，包含推動既有系統雲端化、強化系統安全性等基礎建設等以實現流程效率化。除了針對企業內部流程之外，亦可從使用者接點出發，思考是否有不同的數位工具可推動商業模式之數位化。而在上述基礎之上，可進一步藉由創新科技與平臺工具之運用，打造生態圈數位化，實現數位轉型 2.0。譬如將原本只侷限在內部所使用之工具，擴大為提供給同業間皆可使用的平臺服務，例如：目前已有許多國內外大型製造業者正積極進行相關生態圈數位化之新事業投資，以期盼藉由一己之力帶動整體產業之數位轉型變革。

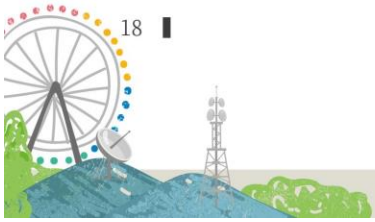
專欄 5 垂直場域實現模式

隨著數位轉型時代的到來，不論是工廠內之自動化、醫療領域之智慧健康照護服務以及來自不同類型場域內之應用，都逐漸要求無線、高速網路環境以支援其垂直場域之通訊需求。透過於場域端直接部署網路設備除可改善公眾網路之覆蓋率問題並，可提供更具體客製化之網路解決方案，例如：強調高服務品質 (Quality of Service, QoS)、資安、穩定度及可靠度等應用。

垂直場域網路的實現方式有許多種，但大致上可分為兩大類。第一是建立於公眾網路基礎上，由電信營運商 (Mobile Network Operators, MNOs) 提供頻率資源與主要網路設施；另一種方式則是於專頻或免執照頻譜的發展下，以私有網路 (private network) 的方式透過專用或免執照頻譜提供具排他性、封閉性的行動網路。後者由於是一個獨立建構的私有網路，不涉及電信營運商所建構之公眾網路，因此將可能為網路通訊市場帶進更多新的潛在參與者。而上述兩分類可依據場域端的使用需求而產生不同的網路部署方式：

❶ 完全公眾網路

即一般民眾上網所用之行動公眾網路，由於使用的是電信運營商既有之網路設施，無須額外投入建置，因此初期投入成本較低。此外，因公網的建置上本身被政府端賦予普及的義務，因此已有一定程度的覆蓋率，可供較為普遍之裝置及服務使用；同時，亦具有標準化之服務水準協議 (Service Level Agreements, SLAs) 及目標 (Service Level Objectives, SLOs)。基本上於 MNO 之公眾網路端進行邊緣運算，並可透過部署閘道器於場域內以提供低延遲及本地化之資料儲存及處理。



❷ 具客製化 SLA 之公眾網路

指電信運營商於公眾網路之基礎設施基礎上，透過明確、客製化之 SLAs 支持場域的網路需求。除了場域擁有者能夠以 MNOs 之電信專業、解決方案及更為廣泛之頻段組合作為槓桿外，亦可隨場域端之特別要求提供更為相符之顧客支援服務，並可透過改善 QoS 達到關鍵設施及應用之優先處理。

❸ 使用網路切片 (network slicing) 技術之公眾網路

網路切片源自於網路虛擬化 (network virtualization) 技術的概念，將單一個物理網路資源對不同網路需求進行分組，根據組別部署多個虛擬系統，透過網路資源配置的最適化，提供用戶端個別化的服務。而應用在垂直場域上，由於可藉由網路切片將單一網路劃分為各種虛擬的端到端 (End to End, E2E) 網路，並針對每個網路中的 QoS、資安以及網路資源進行定義，因此亦可滿足垂直場域的多樣、特殊需求。

❹ 共享本地基礎設施之公眾網路

此一模式指基於公眾網路之資源支持無線接取網路 (Radio Access Network, RAN)，明確定義 SLAs 並由 MNOs 部署並管理設置於場域端專用之無線電設備。具體而言，透過企業專用基地臺及場域端之邊緣運算閘道器，將可達到極低延遲及完全在地化的資料處理與儲存；同時亦因與公網具互操作性，除享有廣域覆蓋外亦可透過網路切片技術提供控制平面、數據平面之管理服務。

❺ 使用電信營運商頻譜之私有獨立網路

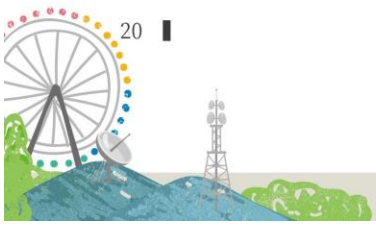
此種布建模式雖然使用的是由電信商提供之頻率資源，但整體網路由場域端所定義和設計，並僅供該場域使用，且所有權屬於場域擁有者，為完全專用之私有網路。場域端對於網路架構之設計、部署、營運與 SLAs 之制定上具有較高之主導權，電信運營商之角色僅在於協助布建及維運。

❻ 不使用電信營運商頻譜之私有獨立網路

最後一種模式於布建上與第 (5) 種相似，但是其頻譜並非由電信運營商提供，而是以場域端自行取得的專用頻譜或藉由免執照頻譜進行支持。由於完全獨立於電信商之網路資源，與公眾網路之間不具互操作性，但於部分設計與管理層面上亦可透過外包予 MNOs 取得專業建議。場域擁有者於網路環境之設計、設備採購、服務水準、維運 (operation & maintenance, O&M)、頻譜管理及無線電規劃等面向具有完全之控制權。

▲圖 10 垂直場域部署模式
資料來源：GSMA “5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0”

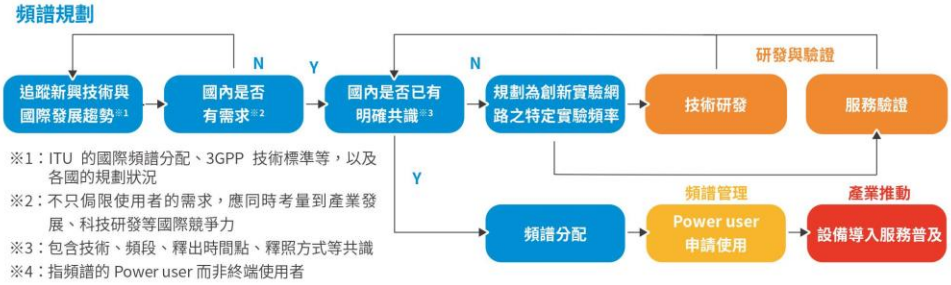
上述六種部署方式並不存在絕對的好壞，各自存在優點與缺點。例如以客製化程度而言，由於公眾網路基本上基於電信運營商既有的電信網路設施，因此可以調整的幅度較私有獨立網路小；但相對的，私有獨立網路要面對網路營運的相關課題，如果對電信網路沒有一定程度的了解，可能需要耗費更多的成本與人力。因此建議場域擁有者可以根據場域端的個別需求與能量，選擇適合該場域的網路部署模式。



二、我國頻譜規劃政策工具

頻譜的規劃強調全球的和諧，為此交通部作為我國頻譜規劃的主管機關，主要依循 ITU 的頻率分配原則，並且關注第三代合作夥伴計劃 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP)、電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 等國際組織對於新技術的標準與規範，及各國規劃狀況，並以各先進國家的規劃趨勢作為我國的頻譜規劃的參考。根據上述國際的發展趨勢，進行討論我國對於該技術與頻率的需求，需求的討論並不侷限於使用者本身，而是同時考量產業發展、科技研發等與國際競爭力相關之面向，待國內對於包含技術、頻段、釋出時機、釋出方式等達成各利害單位之明確共識後，方可透過頻譜分配釋出予需求者使用。

另一方面，若這些頻率之釋出仍未有共識時，為能加速國內共識凝聚的過程，將藉由實驗網路之規劃，驗證相關技術及服務之可行性，進而將驗證成果回饋到頻譜規劃上，將資源給予需求單位有效的使用，進而促進相關產業的發展。而上述的過程中，交通部持續與政府其他部會，包含科會辦、科技部、經濟部以及國家通訊傳播委員會等進行交流與合作，確保資訊的共享以及職權的分工，共同達到我國政府的施政目標。



▲ 圖 11 我國頻譜規劃方式與步驟

而回歸到頻譜規劃上，我國目前在頻譜規劃的政策工具上已有頻率分配表以及頻率供應計畫兩項政策工具，前者參照 ITU 於世界無線電會議 (World Radio Conference, WRC) 制（修）定無線電規則 (Radio Regulations)，以頻段為基礎表列各頻段在 ITU 於第三區域[5] 之無線電規則以及中華民國之規定，作為使用者申請頻率之依據；後者則說明我國需要申請核配之電信資源（行動通信、廣播電視及衛星通信等用途）目前的使用現況及未來潛在供給頻段，讓各界得以掌握政府頻譜整備情形，並持續公告創新實驗網路之特定實驗頻率等內容，協助產業發展新興無線通訊技術及相關應用服務。

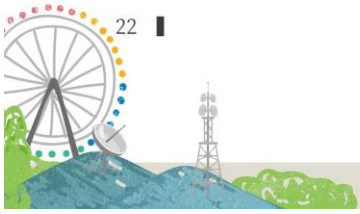
5 ITU 定義之第三區域 (Region 3) 即除去前蘇聯、蒙古國和波斯灣以西地區以外的亞洲、大洋洲國家，包括：日本、韓國、中國大陸、印度、澳洲及東南亞國協等地區之國家。

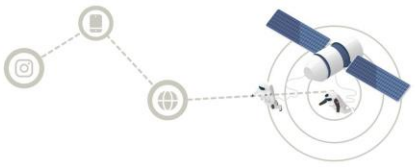
此兩項文件規範於《電信管理法》第 52 條：「中華民國無線電頻率分配表（以下簡稱頻率分配表）及無線電頻率供應計畫（以下簡稱頻率供應計畫），由行政院指定機關擬訂，邀集相關機關協商訂定，並定期檢討修正。」當中，屬於具實質法律效力之法規命令。以上兩項我國頻譜規劃的政策工具，皆須藉由即時掌握國內、外發展趨勢，進行逐年之滾動式更新，以支持、滿足與時俱進之各方使用需求。

此外，交通部亦依「無人載具科技創新實驗條例」第 13 條第 1 項規定[6]，協助經濟部盤點無人載具潛在使用之創新頻段以及可供實驗場域，並公告「無人載具科技創新實驗條例可供創新實驗運用之無線電頻率與其地理範圍、實驗期限及其他相關條件」，以供實驗申請者遵循適用，並持續辦理更新公告作業。

▲ 圖 12 我國頻譜規劃相關政策工具

6 《無人載具科技創新實驗條例》第三章實驗場域之管理及安全第 13 條第 1 項:「可供創新實驗運用之無線電頻率與其地理範圍、實驗期限及其他相關條件，由中央目的事業主管機關公告之。申請人取得創新實驗核准後，始得使用經核准指配之無線電頻率。創新實驗所需電信管制射頻器材輸入管理、通訊干擾處理及其他相關電信監理事項，由通訊傳播主管機關辦理之。」





貳、我國頻譜政策之願景

為能制定符合國際趨勢與我國發展需求的頻譜政策，首先參考先進國家對於頻譜政策願景與目標的制定方向。美國前總統川普在任期要求其國家通訊暨資訊管理局 (National Telecommunications and Information Administration, NTIA) 擬定” National Spectrum Strategy”，透過前瞻性的頻譜政策規劃建立美國在 5G 以及未來相關技術的領先地位；英國在 2020 年末提出” Supporting the UK’s Wireless Future – Our Spectrum Management Strategy for the 2020s”中提出了四項願景，涵蓋國民、組織 / 企業之需求以及創新發展；加拿大在文件的開頭即點出期望透過頻譜支持其 Innovation and Skills Plan 中的經濟目標；日本總務省在數位變革時代電信政策的懇談會中，提出相關政策方向與措施期望加速 Society 5.0 的實現；韓國所提出的 K-ICT Spectrum Plan 中亦提到為迎接第四次的產業革命，頻譜的規劃應有對應的配套措施 < 專欄 6>。

▲ 圖 13 先進國家頻譜政策願景彙整
資料來源：NTIA、Ofcom、ISED、總務省及 MSIT 等公開資料

由上述對於先進國家頻譜政策的盤點，可以觀察頻譜政策作為國家資通訊發展的基礎，各國期待能藉由頻譜資源之規劃支持國家在資通訊政策甚至整體國家發展方向。因此，為使我國頻譜資源得以支持國家政策方向，使資通訊及數位政策、頻譜政策可相得益彰，產生最大化之推動效益，交通部透過盤點我國資通訊、數位相關國家政策，釐清整體資通訊產業戰略性發展之願景及目標，以作為我國頻譜政策之參考方向。以下將針對近年來重大發展政策進行概要性說明，並提出我國頻譜政策之願景。

一、我國數位與資通訊相關發展政策

(一) 智慧國家方案（2021-2025 年）

我國於民國 105 年起啟動「數位國家．創新經濟發展方案（2017-2025 年）」（後簡稱「DIGI+ 方案」），以實現蔡英文總統提出之「數位國家、智慧島嶼」之政策。目前 DIGI+ 方案已完成第一階段任務並取得豐碩成果，為因應未來我國智慧國家之發展願景，行政院遂於 110 年 5 月起開始推動 DIGI+ 第二階段之「智慧國家方案（2021-2025 年）」（後簡稱「DIGI+ 2.0 方案」），期望藉由此方案發展「2030 實現創新、包容、永續之智慧國家」之願景，並以促進社會整備 (Society Ready) 為核心，促進國家社會整體數位轉型，以建構智慧國家新典範。

本方案將整合聚焦於四個主軸構面：「數位基盤」、「數位創新」、「數位治理」及「數位包容」，期望於西元 2025 年達到下列總體指標：

- 創新數位經濟：

  數位經濟規模達 6.5 兆元，數位經濟占 GDP 的比率成長至 29.9%；數位服務（軟性）經濟產值成長至 2.9 兆元。

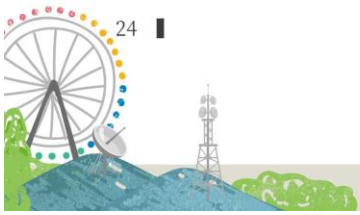
- 活躍網路社會：

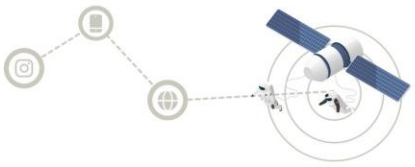
  民眾數位生活服務使用普及率達 80%；民眾具備個人數位競爭力人口占比達 60%。

- 優勢寬頻環境：

  高速網路寬頻服務達 2 Gbps（涵蓋率達 90%）；5G 網路非偏鄉人口涵蓋率達 85%。

為達成上述目標並因應 5G 以及下世代通訊技術的來臨，本方案提出了「5G 寬頻基礎建設與實證」、「先進網路建設整備」、「B5G 衛星通訊發展」、「國家網路資安防護強化」、「擘劃頻譜政策」、「法規調適促進先進網路應用發展」等推動策略。其中，在擘劃頻譜政策策略當中提及，將針對第二階段 5G 頻譜釋照進行相關頻譜整備，還應持續針對 B5G 衛星通訊頻譜，以及整體電信環境發展需要，推動需求導向的頻譜政策，以有效提升頻譜分配之效率與效能。





(二) 前瞻基礎建設計畫－數位建設

為使我國未來之發展具前瞻性思維並因應新產業、新技術、新生活等關鍵趨勢，我國至 106 年至 114 年推動「前瞻基礎建設計畫」，規劃以八項建設主軸為核心推進：(1) 建構安全便捷之「軌道建設」、(2) 因應氣候變遷之「水環境建設」、(3) 促進環境永續之「綠能建設」、(4) 營造智慧國土之「數位建設」、(5) 加強區域均衡之「城鄉建設」、(6) 「因應少子化友善育兒空間建設」、(7) 「食品安全建設」以及 (8) 「人才培育促進就業建設」。此計畫藉由盤點各地建設之需求，強調區域聯合治理之跨縣市建設為優先項目，重點發展過往投入資源不足之建設相對落後城鄉，期望帶動整體發展並改善區域落差。其中營造智慧國土之數位建設（後簡稱數位建設）係依據 105 年 11 月通過之前述 DIGI+ 方案之架構規劃而成，跳脫傳統偏重硬體的公共建設思維，推動網路安全、數位文創、科研設施等軟性數位基礎建設。

數位建設伴隨著前瞻計畫第一階段（106-109 年）的完成，已於今年正式邁入第二階段（110-114 年），在第二階段中將以「建構支持臺灣未來 10 年發展的數位建設」為願景，協助「六大核心戰略產業」[7] 發展，建構「智慧國家」的基石，加速臺灣數位轉型，累積後疫情時代的國家數位競爭力。

面對後疫情時代，除了人民生活習慣大幅受到影響外，全球的產業鏈亦將重新定位。同時因為疫情的影響，許多場域強調無人化、零接觸的工作模式，亦加速產業的數位轉型，擴大國家數位基礎建設需求。為此在數位建設的發展中，以「5G 發展驅動臺灣數位轉型與全球定位」為推動策略，目標定為：

- 成為亞太區數位空間與創新的重要樞紐
- 5G 服務全面普及，布局全球 5G 產業鏈
- 產業數位轉型鞏固先進產業全球領先地位

除了前階段已進行的五大主軸：(1) 資安基礎建設，提供網路安心服務、(2) 完備數位包容，保障寬頻人權、(3) 發展數位文創，普及高畫質服務、(4) 建構開放政府及智慧城鄉服務以及 (5) 建設下世代科研與智慧學習環境之外，再規劃 (6) 基礎建設環境、(7) 產業數位轉型、(8) 數位人才淬煉、(9) 5G 基礎公共建設、(10) 縮短 5G 偏鄉數位落差以及 (11) 推廣數位公益服務」等共計 11 大推動主軸。

7 2021 年 5 月核定之「六大核心戰略產業推動方案」，將重點發展「資訊及數位業」、「資安卓越產業」、「臺灣精準健康產業」、「國防及戰略產業」、「綠電及再生能源產業」、「民生及戰備產業」等六大產業，預期使我國成為全球供應鏈中之關鍵。

(三) 臺灣 5G 行動計畫

我國 5G 的發展在 DIGI+ 方案等政策的支持下，於 107 年 SRB 會議上集結產官學研之意見，明確我國 5G 發展的方向，並將整合相關部會提出「臺灣 5G 行動計畫」。在此背景之下行政院已於 108 年 6 月通過「臺灣 5G 行動計畫 (2019-2022)」，預計 4 年內投入約 205 億元，全力發展各式 5G 電信加值服務及垂直應用服務。

本計畫的兩大願景希望以 5G 領頭觸發跨界融合，並以虛實並進的方式塑造產業新貌，目標則以滿足國內需求並邁向國際兩大方向出發，具體目標包含：(1) 2020(109) 年邁向 5G 世代、(2) 培育應用人才約 4,000 人，10 個成功新創團隊、(3) 達到產業年產值 500 億以及 (4) 創造 10 大應用場域。為達成上述目標，行動計畫將透過以下 5 大主軸執行：

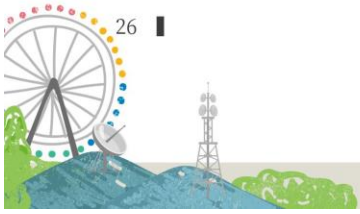
- 主軸一、推動 5G 垂直應用場域實證
- 主軸二、建構 5G 新創應用發展環境
- 主軸三、完備 5G 技術能量及資安防禦能力
- 主軸四、規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜
- 主軸五、規劃調整法規以創造 5G 發展有利環境

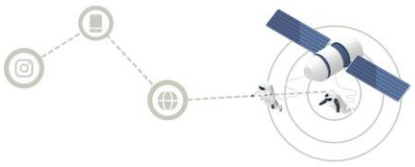
除了在主軸四「規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜」當中，強調了要完備 5G 頻譜政策，並推動 5G 頻譜整備以完善 5G 頻譜釋照作業之外，配合這些主軸，我國亦將朝產業創新、數位轉型、智慧生活等面向積極推動，以期達到以下總體目標：

- 打造智慧醫療、智慧製造、智慧交通等 5G 應用國際標竿場域
- 建構 5G 技術自主與資安能力，打造全球信賴的 5G 產業供應鏈
- 以 5G 企業網路深化產業創新，驅動數位轉型
- 實現隨手可得 5G 智慧好生活，均衡發展幸福城鄉

除了上述政策外，依循《科學技術基本法》的規定，政府每 4 年應召開一次全國科學技術會議（簡稱全科會），作為政府訂定未來科技政策及國家科技發展方向之重要依據。行政院於 109 年舉辦「第十一次全國科技會議」，針對「人才與價值創造」、「科研與前瞻」、「經濟與創新」、「安心社會與智慧生活」等四議題廣納各界意見，並以「科技發展策略藍圖」及創新、包容、永續之「臺灣 2030 願景」等先期研究為基礎，加速我國以科技帶動產業轉型升級、深化人文素養，期望於 2030 年代實現我國共生共榮的循環永續社會。

此外，為能更全面的掌握上述政策的執行進度與細節，在研擬的過程中亦就頻譜政策的議題諮詢相關計畫執行部會與機關，除深入了解各項政策的意涵與各機關的任務外，亦針對這些機關在推動資通訊相關科技研發、產業推動以及電信監管過程中，頻譜所扮演的角色與對頻譜政策的期待進行交流。





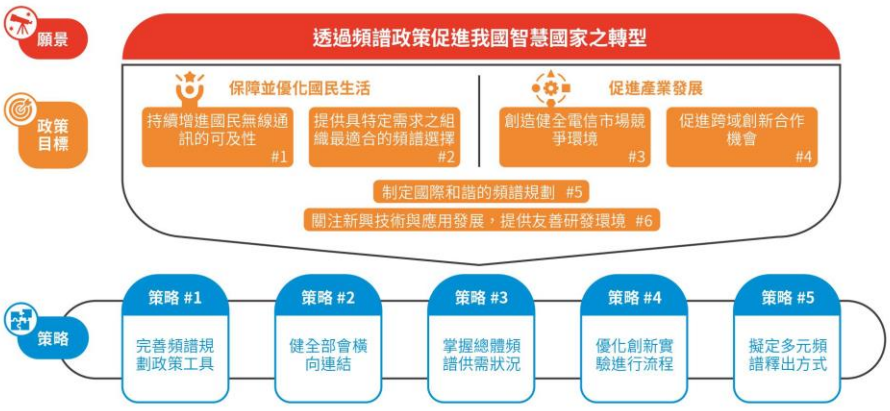
由上述的國家政策盤點中，可以觀察到政府在推動相關數位資通訊計畫時，主要可分為兩面向的目標推動方向。其一是針對民眾生活面的優化，包含在通訊與應用服務之普及；另外則是針對產業發展與經濟面向，尤其臺灣在資通訊發展上長期以來都是以外銷出口為導向，除此之外，迎接未來數位轉型的發展，國內對於資通訊技術的導入需求亦不容忽視。透過此兩面面向，逐步達成我國轉型成智慧國家的發展藍圖。

二、我國頻譜政策的發展願景

從前述對於先進國家頻譜政策的借鏡，交通部將頻譜政策定位為需要支持國家發展方向，因此透過國內近年來資通訊與數位發展相關政策之盤點，提出我國頻譜政策白皮書之願景為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」。

在政策目標的定義上，於參考國外頻譜政策的願景目標與我國的現況後，分別針對「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面分別訂定六大政策目標：(1) 持續增進國民無線通訊的可及性、(2) 提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇、(3) 創造健全電信市場競爭環境、(4) 促進跨域創新合作機會、(5) 制定國際和諧的頻譜規劃，以及 (6) 關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境。

而為實現這些政策目標，交通部藉由既有的政策工具擬定五項全方位之推動策略：(1) 完善頻譜規劃政策工具、(2) 健全部會橫向連結、(3) 掌握整體頻譜供需狀況、(4) 優化創新實驗進行流程，以及 (5) 擬定多元頻譜釋出方式。後續的章節中將針對政策目標的重要性與現況，以及如何利用既有工具執行相關策略進行說明。



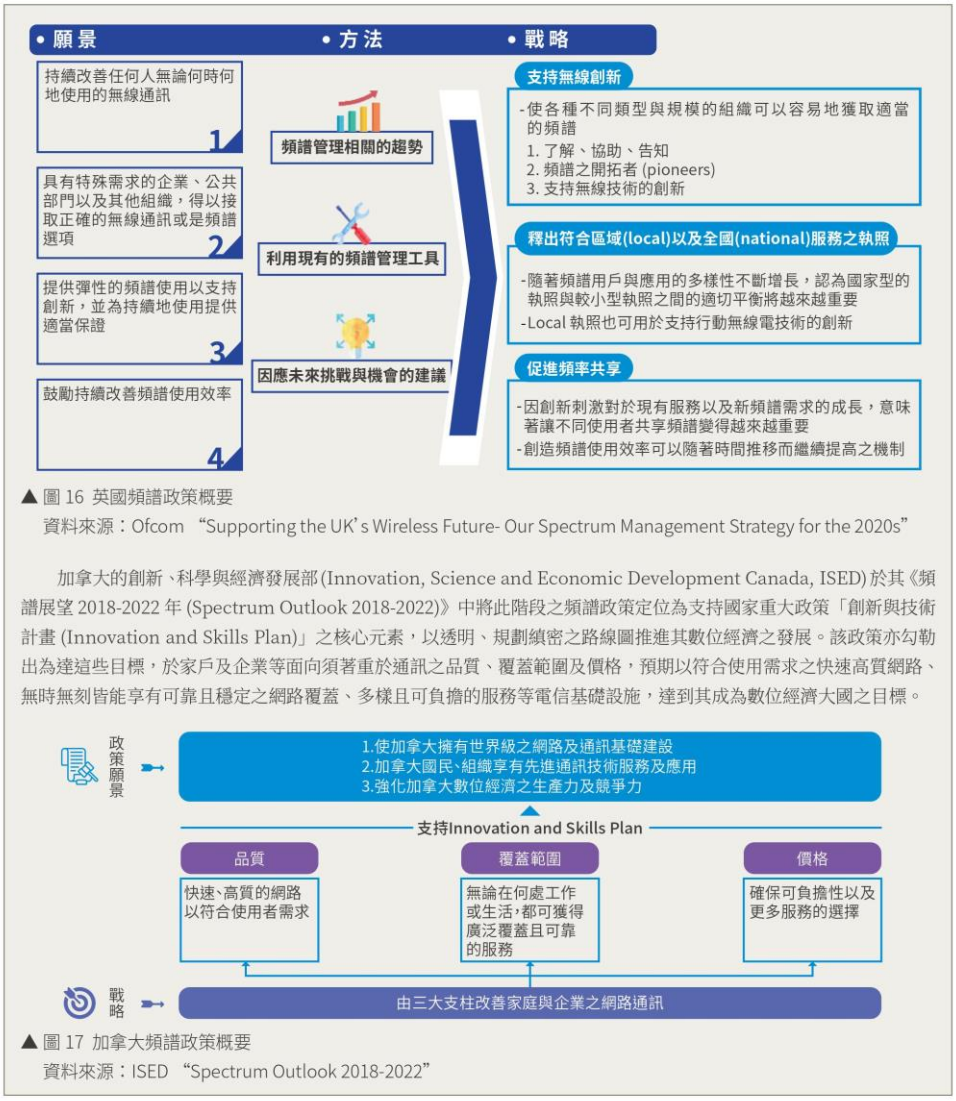
▲ 圖 14 我國頻譜政策概要

專欄 6 標竿國家頻譜政策介紹

頻譜政策是每一國家在進行頻譜規劃時的執行方向，呈現該國期望透過頻譜規劃達成的願景與目標，並根據此願景目標推進、展開個別的細部規劃。美國前總統川普 (Donald Trump) 於 2018 年簽署了《為美國的未來發展具永續性之頻譜策略 (Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America's Future)》之備忘錄，並提出建立「平衡、前瞻性、彈性以及可持續的頻譜管理方法」，透過頻譜政策支持 5G 無線系統、衛星與太空應用發展等相關創新產品與服務，以維持美國在全球技術與經濟的領先地位。各聯邦機構亦須組成頻譜策略任務小組 (Spectrum Strategy Task Force)，透過跨部門的合作與協調以完成頻譜策略的制定。這些單位將與聯邦通訊管理局 (Federal Communications Commission, FCC) 共同討論長期的頻譜發展戰略，並基於以下規劃目標與策略提供白宮相關建議：(1) 增加所有用戶頻譜之使用，並在共享基礎上提高頻譜使用的透明性；(2) 建立彈性的頻譜管理模式，包含標準、獎勵措施及執行機制，以促進頻譜使用效率；(3) 開發新技術、頻譜使用方法以及頻譜共享工具，以增進頻譜使用效率；(4) 建立安全、自動化的方式進行頻譜使用的評估與 (5) 透過頻譜政策增進產業及技術於全球之競爭力及領導力。

▲圖 15 美國頻譜政策擬定 / 資料來源：NTIA 公開資料

英國的通訊管理局 (Office of Communications, Ofcom) 於 2020 年末發表了《支持英國的無線未來：2020 年代的頻譜管理策略 (Supporting the UK's Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s)》，作為整個 2020 年代之頻譜規劃與管理的上位政策，並強調其未來頻譜管理的願景將包括不同面向。首先是保障任何人隨時都可接取無線通訊，以確保大眾市場 (mass market) 之聯網需求得以滿足。其次是來自公部門、其他組織之特殊需求服務，亦須確保無線通訊、頻譜能以最適合其要求之方式釋出。另外，Ofcom 也期許能提供更為彈性之頻譜使用方式，以支持更多創新技術及應用。最後則是鼓勵頻譜使用效率之持續改善，以回應頻率的逐漸稀缺課題。針對以上願景目標，Ofcom 藉由瞭解頻譜管理相關趨勢並善用既存之工具，提供能夠真正解決未來挑戰之三項策略：「釋出符合區域 (local) 及全國性 (national) 服務之執照」以搭配不同情境使用者之需求，而「支持無線通訊技術之創新」及「促進頻率共享」則可保障頻率於技術的更迭、汰換過程中，仍能達到具永續性之運用。



▲圖 16 英國頻譜政策概要

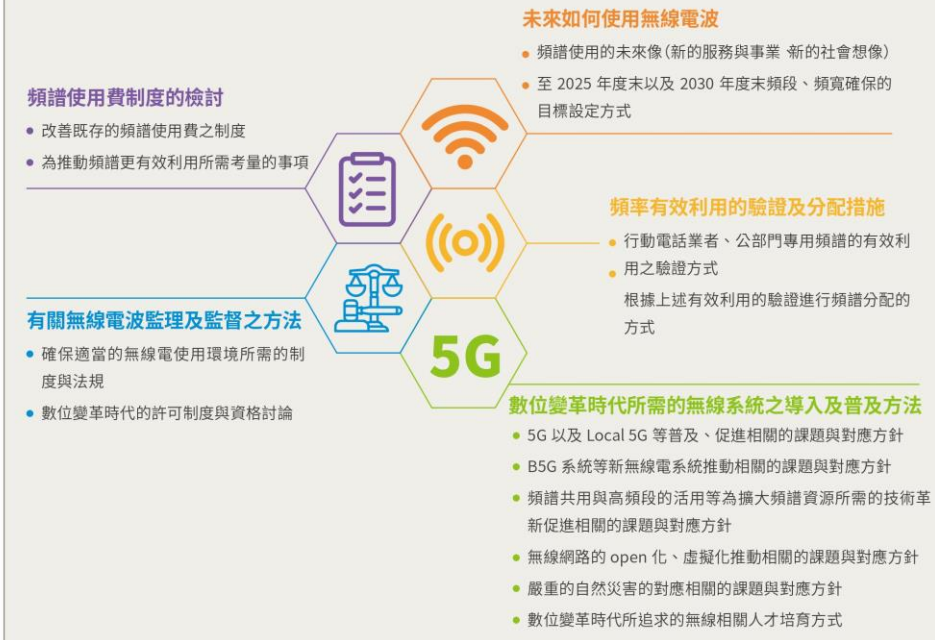
資料來源：Ofcom “Supporting the UK's Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s”

加拿大的創新、科學與經濟發展部(Innovation, Science and Economic Development Canada, ISED)於其《頻譜展望 2018-2022 年 (Spectrum Outlook 2018-2022)》中將此階段之頻譜政策定位為支持國家重大政策「創新與技術計畫 (Innovation and Skills Plan)」之核心元素，以透明、規劃縝密之路線圖推進其數位經濟之發展。該政策亦勾勒出為達這些目標，於家戶及企業等面向須著重於通訊之品質、覆蓋範圍及價格，預期以符合使用需求之快速高質網路、無時無刻皆能享有可靠且穩定之網路覆蓋、多樣且可負擔的服務等電信基礎設施，達到其成為數位經濟大國之目標。

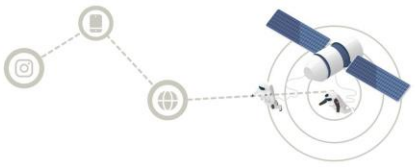
▲圖 17 加拿大頻譜政策概要

資料來源：ISED “Spectrum Outlook 2018-2022”

日本的總務省於 2020 年召開了「數位變革時代的電波政策懇談會」，並定義其往後之五大課題，以「未來如何使用無線電波」作為開頭，透過對未來整體頻譜使用的想像定義頻寬釋出之目標，並討論「數位變革時代所需的無線系統之導入及普及方式」，將 5G/ Local 5G、B5G、頻譜共用、開放式無線接取網路 (Open Radio Access Network, Open-RAN)、防災及人才培育等議題包括在內；另一方面，「頻率有效利用的驗證及分配措施」用以支持前述上位政策之方向，預期使電信商及公部門專網頻譜達到有效率使用，並以此驗證方式確立往後頻譜分配之方式。相關監管措施「有關無線電波監理及監督之方法」、「頻譜使用費制度的檢討」等討論，則意在改善既存制度不完善之處，以配合瞬息萬變並充滿破壞式創新之數位變革時代。另外，總務省也設下於 2025 年及 2030 年須各別釋出 30 MHz 及 6-14 GHz 之頻寬目標。



▲圖 18 日本「數位變革時代的電波政策懇談會」主要討論課題
資料來源：總務省「數位變革時代的電波政策懇談會」



韓國政府預估其國內行動通訊量於 2016 年至 2026 年將成長 21 至 36 倍，故未來創造科學部 (Ministry of Science and ICT, MSIT) 於 2017 年發表了《K-ICT 頻譜策略 (K-ICT Spectrum Plan)》，新增可用頻段，並建立相關管理規則。為迎接第四次產業革命以及智慧時代的到來，該策略內也針對無線網路等相關設備的使用頻寬訂定目標。預計至2026年為止，韓國可用頻寬擴大為2016年(44 GHz)之兩倍，總計新增約 40 GHz頻寬，於行動通訊、產業生活、公共安全 · 國防以及衛星等四個領域，共計將有 84 GHz 可供使用。

完善供需系統

- 調整目前 3GHz 以下頻段分配，以符合 5G 策略發展
- 擴大市場，簡化頻段轉讓及租賃規則
- 建立需求預測系統，如交通、工業及生活等需求的使用調查及建立需求處理系統

提升頻段使用效率

- 促進頻段共享，並建立協調機制
- 建立評鑑系統及分編標準

持續開發新技術並與國際合作

- 研究下一代技術的發展，如 THz 及可見光，以及相關應用
- 加強國際合作，促進 5G 的全球擴展以及標準化

▲圖 19 韓國“K-ICT Spectrum Plan”政策概要
資料來源：MSIT“K-ICT Spectrum Plan”

參、我國頻譜政策之政策目標

為達成我國頻譜六大政策目標，將分成「保障並優化國民生活」與「促進產業發展」兩大構面進行推動：

▌保障並優化國民生活：

❶持續增進國民無線通訊的可及性

❷提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇

▌促進產業發展：

❶創造健全電信市場競爭環境

❷促進跨域創新合作機會

以及橫跨上述兩構面之政策目標，需同步達成：

❶制定國際和諧的頻譜規劃

❷關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境

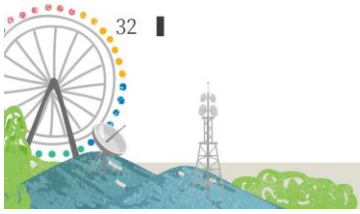
另須特別說明的是，這些目標達成的要素不單僅依靠頻譜資源的規劃，更需搭配監管、法令、市場環境等各項因素共同催化，頻譜的規劃則作為支撐目標達成的基礎要件。

透過第壹章第一節之趨勢分析，大抵可見往後頻譜議題之重點，透過頻譜政策掌握這些關鍵，相信可使我國於促進民眾優質生活外，同時奠立我國於數位轉型時代下之全球領先競爭地位。以下各節將針對各項政策目標之研擬過程進行探討，由我國現況分析梳理各項國家政策與各擬定目標之連結，並與標竿國家加以比較，以見我國之優秀競爭地位，最後則根據未來之重要性論述頻譜於其中之關鍵角色。

一、持續增進國民無線通訊的可及性

在國人的每日生活中圍繞著各種不同無線電技術之應用，包括：行動通訊、居家及公共場所之 Wi-Fi、廣播與電視、設備間無線連結（如：藍芽、行動支付）以及衛星導航系統等等，這些服務共同組成我們生活以及工作中的核心。尤其是廣電以及網路已成為國人接收訊息、傳遞社會價值等重要媒介；而在以物為主的物聯網時代，大幅運用藍芽、Wi-Fi 技術等裝置亦將成為未來萬物聯網之智能社會中重要的網路基礎建設一環。

在知識即是力量且以數據為導向之當代脈絡中，政府需要持續支持全體國民不論身在何處、不因其世代、經濟及教育等背景之差異，皆可享有無線通訊之接取並削減數位落差之程度，達到數位人權之保障。而影響可及性之因素有許多，包含服務本身的涵蓋範圍、服務價格的可負擔性 (affordability) 等，皆可能導致國民無法取得或是沒有意願取得該些保障生活便利性之服務。



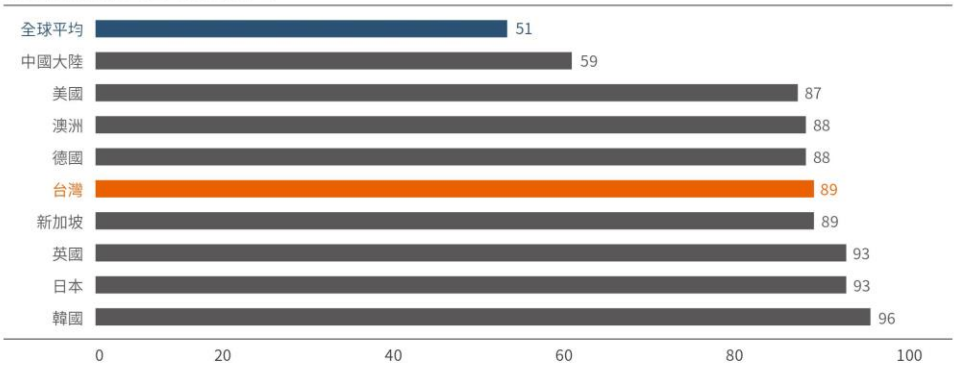
(一) 我國現況分析

我國於民國 110 年 5 月起開始推動 DIGI+ 2.0 方案，將促進社會整備作為核心元素，協助國家及社會整體的數位轉型。其中主軸一之「數位基盤」聚焦於「全面推動超高速、安全寬頻服務之普及應用」，具體目標以西元 2025(114) 年為目標年，5G 網路非偏鄉電波人口涵蓋率達 85%、2Gbps 非偏鄉家戶涵蓋率達 90% 等。在主軸四之「數位包容」當中，亦提到了「愈偏鄉愈數位、推動數位平權、推升數位能力」之推動目標，聚焦於數位生活與數位教務的普及。

另外在前瞻基礎建設計畫—數位建設中，亦以其主軸二「完備數位包容，保障寬頻人權」，定義「保障弱勢擁有基本網路頻寬及雲端資源」之目標，共同推動偏鄉寬頻建設之普及化並廣設民眾數位創新培訓場所，以令全民皆可享有平等之數位創新發展機會。

在可及性的討論上，普及率為一基礎指標，ITU 透過計算各國網路使用者總數除以整體國民人數之數值得出網路普及率，用以評估各國網路之接取環境。根據其最新報告，我國整體網路普及率（包含固定網路與行動網路）已於 2019(108) 年達到 89%，高於全球平均之 51%，但相較東亞其他國家如韓國、日本等則仍有進步空間[8]。

網路使用者佔整體國民比例(%)



▲ 圖 20 西元 2019 年各國網路普及率比較
資料來源：ITU

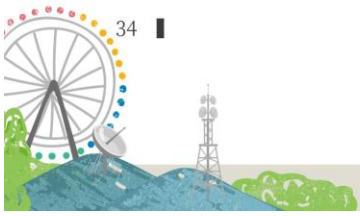
8 ITU, Percentage of Individuals Using the Internet (2020)

在單就行動寬頻部分而言，根據 ITU 用來衡量普及率之定義[9]，於 2020(109) 年全球平均每 100 人當中行動寬頻用戶數為 75 人，我國則為 117.2 人[10]，相較於全球平均高，但仍低於澳洲、新加坡、美國及日本等國家。

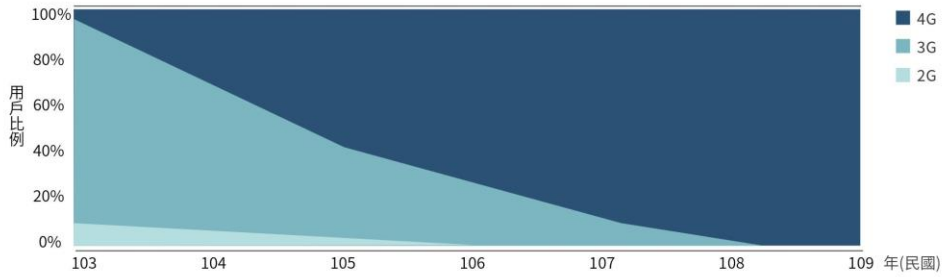
▲ 圖 21 我國行動寬頻普及率表現（左：2020 年各國行動寬頻普及率／右：我國 2014-2020(103-109) 年我國行動寬頻用戶數與普及率 (active) 趨勢變化）
資料來源：ITU "Mobile Broadband Subscriptions (2021)"

在行動通訊的演進過程當中，我國行動電話業務 (2G) 於民國 106 年 7 月結束業務；第三代行動通信 (3G) 業務於 107 年 12 月關臺後，目前我國之行動通訊主要便以行動寬頻業務 (4G) 為主。我國 4G 於 103 年開臺後用戶數持續成長，至 109 年年底為止用戶數已達 2,761.4 萬人，整體普及率[11] 至 107 年突破 100%， 109 年已達 117.2%[12] 並持續上升當中。此外，根據 NCC 統計資料，自從 5G 釋照、開臺並提供服務後，截至今 (110) 年 5 月底為止，全臺 5G 用戶數已達 276.29 萬戶，普及率約為整體行動寬頻之 11.8%。另外，在總體環境之外，偏鄉的寬頻接取議題更是近年來推動數位人權的重要課題，我國五家行動寬頻網路各業者之人口涵蓋率已皆達 98%。

9 ITU 用以衡量普及率之定義透過計算一國內所有行動寬頻用戶數之總額除以整體國民數，可理解為每 100 個國民中共計擁有之行動寬頻用戶數，故此數值可出現大於 1 之情況。
10 ITU, Mobile Broadband Subscriptions (2020)
11 根據 ITU 之定義，普及率之計算為「用戶總數」除以「總人口數」。
12 NCC 公開資料 (2021)



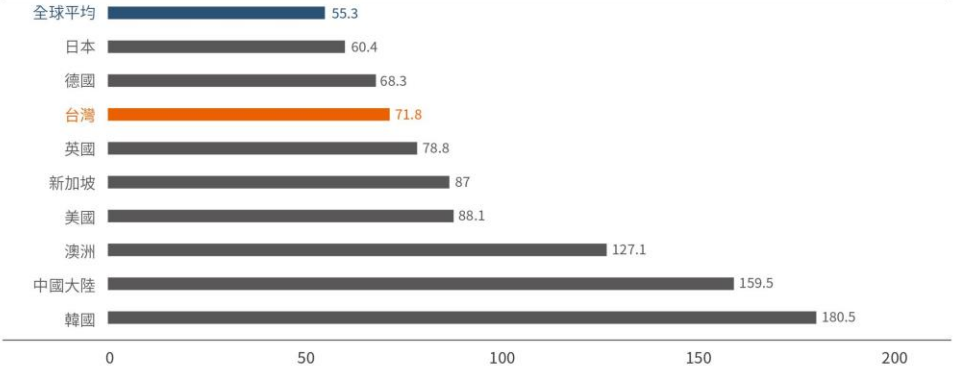
2G/3G/4G用戶比例趨勢變化



▲ 圖 22 民國 103-109 年我國 2G/3G/4G 用戶比例趨勢變化
資料來源：NCC 「第 3 季行動通訊市場統計資訊」

然而除了衡量普及率外，通訊性能 (capability) 亦為國家發展網路環境之重要指標。根據測速網站 Speedtest[13] 之統計，我國於 2021(110) 年 6 月之行動寬頻平均下載速度為 71.8 Mbps，於全體國家中排名第 28 位，高於全球平均值之 55.3 Mbps，亦優於德國、日本等選定之標竿國家。然而，我國與其餘標竿國家間目前仍存有網速落差，改善此項性能應為往後重點方向。

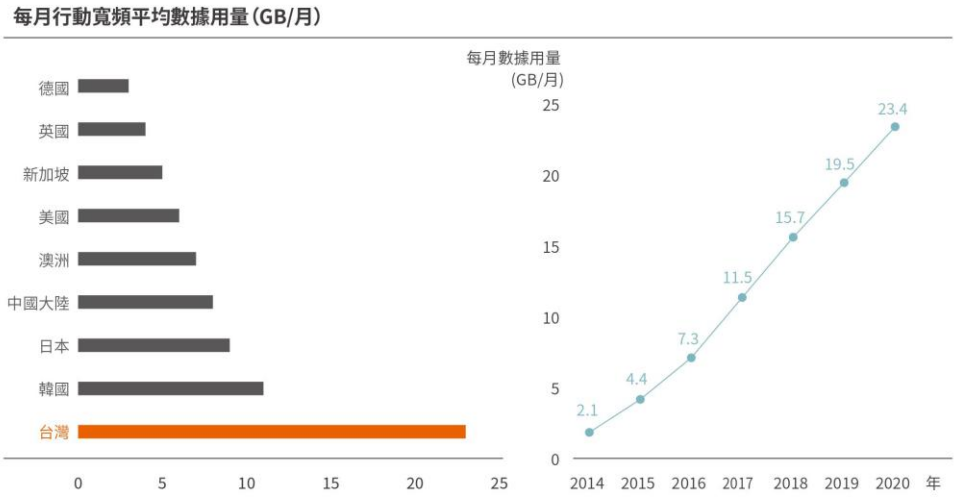
行動寬頻平均下載速度(Mbps)



▲ 圖 23 西元 2021 年 6 月各國行動寬頻平均下載速度比較
資料來源：Speedtest “Speedtest Global Index 2021”

13 Speedtest, Speedtest Global Index 2021 (2021)

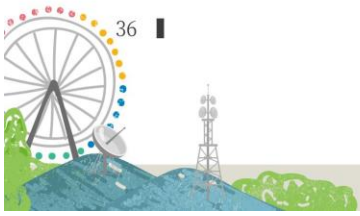
在普及率與通訊性能表現優異的使用環境下，我國民眾習慣透過行動寬頻解決生活中的工作、娛樂等大小事。因此在行動寬頻用戶每月平均數據用量部分，我國從 2014(103) 年的 2.1 GB 持續且快速地攀升，並於 2020(109) 年達到每月平均 23.4 GB 之使用量，遠高於歐美、日韓等先進國家，我國民眾每月平均使用更高數據流量。

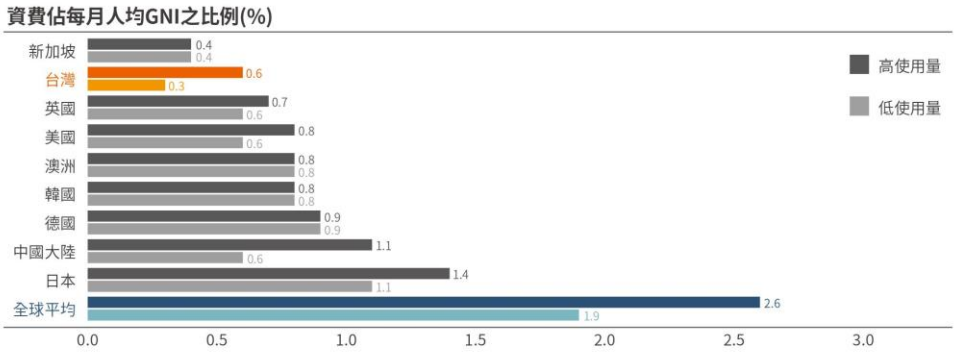


▲ 圖 24 我國行動寬頻用戶每月平均數據用量（左：2020 年各國行動寬頻用戶每月平均數據用量／右：2014-2020(103-109) 年我國行動寬頻用戶每月平均數據用量趨勢變化）
資料來源：NCC、TeleGeography 及各國公開資料

此外，可負擔性亦是可及性議題上之重要指標，根據 ITU 公布的資訊，行動寬頻每月資費占每月人均國民所得 (Gross National Income per capita, GNI p.c.) 可用以衡量電信服務之可負擔性。全球在 2020 年的表現上，高使用量以及低使用量群體分別為 2.6% 及 1.9%，而我國的數值分別為 0.6% 以及 0.3%[14]，皆優於全球平均及絕大多數之標竿國家，顯示我國電信服務相對可及、於價格面方面亦可負擔，民眾無須支出高額成本便可使用便利之行動寬頻服務。

14 ITU, ICT Price Baskets 2008-2020 (2021)





▲ 圖 25 西元 2020 年行動寬頻每月資費占人均 GNI 之比例
資料來源：ITU 公開資料

免執照網路的接取亦是各國增進寬頻可及性的手段之一。我國於民國 100 年推出了「iTaiwan 免費無線網路」（以下簡稱 iTaiwan）之服務，於重要公共區域以及大眾運輸場所建置免費使用無線上網環境，以提升寬頻接取的可及性。自 iTaiwan 推出以來，目前服務熱點高達 9,700 點[15]，地點包含偏鄉及離島等地區，著重地理涵蓋普及性及城鄉發展衡平性。在使用上，平均每人上網速度可達 5 Mbps 以上，截至今 (110) 年 6 月為止累積使用人數亦已達 4.6 億人次。未來 iTaiwan 將持續朝著提升上網速率及強化熱點涵蓋率等方向努力，以為國民提供更佳無線上網環境。

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

隨著通訊技術之成熟與普及，日常生活中將有越來越多可連網之智慧裝置，使用者對於連網之要求與期待亦將逐年提高。隨時隨地都可享有穩定之連網品質、裝置使用型態之改變以及不同連網裝置之多元性，這些使用需求的改變都將推高對於通訊之要求。於人的聯網使用方面，頻譜須支持更高容量、更廣覆蓋及更快網速之要求，以使任何人皆可於任何時刻及任何地點都可透過網路達成其應用需求；於物聯網設備之需求面，則須確保網路之涵蓋及穩定度得以支援其應用之執行。

為持續增進國民無線通訊的可及性，實現更廣的覆蓋，並滿足國民對於網路要求的提升，除了要評估新系統導入的機會，提供新系統所需的頻譜資源外，透過低、中、高頻各類型頻段的配置，達到個別應用之對於通訊能力之需求。此外，透過多元的釋出模式，例如全國性的頻譜執照滿足國民的日常生活使用需求；區域型或是免執照的方式可以彌補經濟不效率之地區對於網路接取的需求。

15 i-Taiwan 官網 , https://itaiwan.gov.tw/hotspotQuery.php

二、提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇

除了一般民眾對於無線通訊服務的需求外，許多企業以及公部門等組織亦仰賴無線通訊服務進行溝通與裝置的聯網；此外亦有一些單位為了科學目的，使用特定頻率進行雷達感測、太空探索等作業。因此整體上無線電波的使用包含航太通訊、業餘無線電、國防、地球探索、緊急服務、固定連接、海事通訊、衛星通訊、太空科學等用途，以支持國家安全、公共服務、科學發展與商業行為的運作。

而為達到上述應用，有些機關（不論公、私部門）可能產生特殊的頻率需求。特殊頻率需求的產生可能源自對通訊系統的嚴格要求，例如：即時的回應，高度的可靠性、低延遲及廣覆蓋範圍等，或是在一般公眾電信較無法提供營運的地方作為主要或是輔助的服務，抑或是產生其他布建上的考量因素，例如：成本效益、設置難易度等，以及因專業的監測需求（太空、氣象）等因物理特性需要非常特定的頻段，都使頻譜的選擇上有所殊異。

(一) 我國現況分析

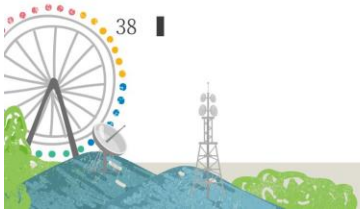
DIGI+ 2.0 方案中針對公部門智慧服務的提供，提及善用資料與數位新興科技，提供政府服務、改善施政效能，進而為社會創造更多公共價值，是世界各國政府推動數位化治。為此在主軸三「數位治理」中，期望建構循證式的公私領域決策環境，加強軟硬體之整合，致力資料治理與多元資料應用之推展，促進資料治理生態系之建構。具體而言，將藉由推動各機關透過 IoT 或感測器等新興科技蒐集之動態資，加速大數據的收集與分析。此外，持續引進 5G 網路、物聯網、AI、Big Data 等技術應用，打造全新政府公共服務數位化體驗，並優先應用於創新交通運輸模式、社會安全智能管理、經濟發展、犯罪偵查及提升公共服務量能範疇。最終期望達成「推升服務型智慧政府，至 2025 年新興科技應用之智慧服務民眾使用普及率達 60%」等多樣關於數位治理之政策目標。

同時，針對私部門的數位化，DIGI+ 2.0 方案中將主軸二定義為「數位創新」，希望透過瞄準「營造高競爭力、高創新性、高多樣性」之目標，促進我國中小企業之數位轉型，並刺激各行業之垂直跨域發展。於推動策略部分，鎖定「擴大數位經濟」、「數位關鍵技術」、「產業轉型基盤」等三大軸心，規劃以技術面之數位科技領銜，協助產業包括製造業、服務業、農漁產銷或小微企業等培植數位創新動能，達到推動產業創新轉型，推升數位經濟之成效。

為協助各機關能夠設置專為本身業務所需的通訊系統，依據《電信管理法》第四節專用電信與業餘無線電，以及其子法《專用電信網路設置使用管理辦法》之定義，專用電信網路指以主管機關核配之無線電頻率設置供自己使用之電信網路，其網路架構係由電臺所組成[16]。同時依據設置用途，可分為公共服務網路以及自用網路兩類，前者指設置供急難救助、公共使用或其他公共服務之網路，包括警政、消防、災防、醫療救護、海巡、救難、鐵路、公路、捷運、航空地勤、漁業、水利、氣象、學術教育、司法、矯正機關、外交、港埠、林務、關務、移民勤務、電力、自來水、瓦斯、石油等公共服務用途之專用電信網路；後者指非屬前款網路，設置供自己使用之專用電信網路[17]。由此可見目前我國公部門的專用電信使用目的多元，且作為基礎設施支持著整體國家之發展。

16 《專用電信網路設置使用管理辦法》第 2 條

17 《專用電信網路設置使用管理辦法》第 4 條



此外，隨著智慧化與數位化的發展趨勢，有越來越多公部門亦積極嘗試透過新系統之導入以進行數位轉型。以實際案例來說，我國交通部於 108 年成立「交通科技產業會報」，作為交通產業各利害單位跨域溝通及資源整合之平臺，以強化交通管理及關聯產業之創新發展，並於 109 年發布《交通科技產業政策白皮書》，由政府部門之角度回應數位化時代中快速變革之科技趨勢。《交通科技產業政策白皮書》中強調，由於交通為我國最大的服務業，為使民眾得以享有更優質、便捷及智慧的交通服務，於關注面向部分，交通部鎖定鐵道科技、公共運輸服務、電動巴士科技、電動機車科技、自行車與觀光旅遊、海空港服務、無人機科技、物流服務、交通大數據科技及 5G 智慧交通實驗場域等十領域之應用，希望透過縝密之策略規劃達到以上重點領域之智慧化轉型，改善民眾福祉的同時亦希望能將這些優良技術行銷全球，奠立我國於數位轉型時代下之全球性競爭優勢。

此外，我國自 106 年起在前瞻基礎建設計畫中，於行政院科技會報辦公室的指導下，整合科技部、交通部、經濟部、內政部、環保署等中央機關，於「建構民生公共物聯網計畫（106 年至 109 年）」分別針對智聯網跨世代環境治理、環境物聯網產業開展、都會區強震預警精進、智慧地震防災預警、數據政府災防決策應用，以及災害防救智慧應變，完成水、空、地、災四大領域的感測站基礎設施初步布建，並透過民生物聯網資料平臺研發及資料應用的普及推廣，開啟資料產業的發展。110 年開始至 114 年，新一期的「民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫」延續前一期的階段性成果，在技術開發、場域布建，到決策執法與資料應用的科技技術演化過程中，展開七項子計畫：(1) 智聯網—跨世代環境治理、(2) 環境物聯網產業開展、(3) 都會區強震預警、(4) 智慧地震防災預警、(5) 數據政府災防決策、(6) 災害防救智慧應變、(7) 民生公共物聯網資料應用服務，以強化前期計畫所研發之各領域物聯網資訊的蒐整與流通，並透過跨部會的協調與合作，整合中央與地方資源，滾動式調整各項運作模式，從感測設備的精度、資料數據的品質、網路通訊的穩定，到長期運作下的維運與商業模式的完善等，並納入更多民間企業的創新想法與技術量能，期望能夠促成民生公共物聯網的永續經營，為國民創造一個舒適、安全的生活環境。同時，我國政府亦積極推動智慧城鄉 (Smart City) 的發展，期望利用資通訊軟硬體技術及應用服務，整合城市的組成系統和服務，以創新的方式創造滿足人們對智慧生活需求的一種環境，有效提升資源運用的效率，優化城市管理以及服務，並且達成改善人民生活品質，促成安居、樂業、永續發展的目標[18]。

除了公部門具有專用電信的需求外，有些私部門亦因特定需求導入專用的電信系統，包含船舶、航空器、計程車的無線電通訊，以及無線實驗研發使用之實驗網路，這些都屬於目前私部門得以設置的專用電信類別。除此之外，由於垂直場域專網的議題之興起，我國行政院亦於 108 年 12 月 5 日第 3679 次院會決議將規劃特定頻段 (4.8-4.9 GHz) 供場域導入專用網路 < 專欄 7>，而在相關部會正籌備、規劃配套法規的同時，目前已有約 18 件申請案利用該頻段進行垂直場域專網的概念性驗證 (Proof of Concept, PoC)。

18　經濟部工業局「智慧城鄉生活應用發展計畫」網站

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

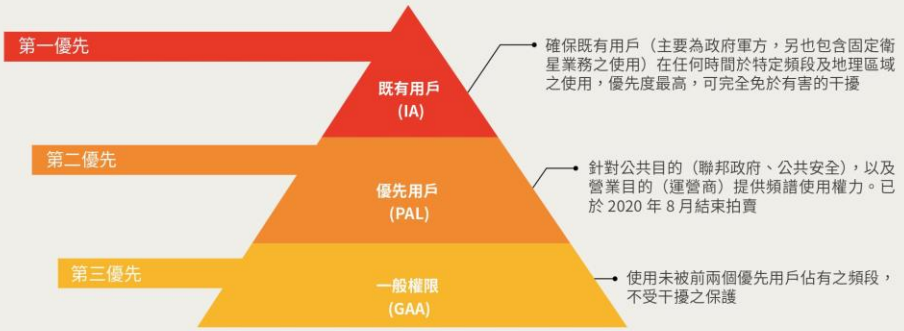
頻譜的使用除一般民眾的通訊需求外，更多的需求來自於政府用於國家、社會安全、科學探測等用途，因應氣候變遷等環境變化課題，未來可預期將需要更多科技、通訊技術輔助社會安全的維護。同時迎接數位轉型的時代，將有越來越多部門開始進行數位化之規劃，進而衍生相關通訊需求。

在頻譜規劃面上，必須根據使用單位的需求，提供各單位適合、多元的頻譜與無線通訊技術選項。當應用具有特殊且專業性時，考量到國家安全、政府運作以及公眾利益等，可規劃專用頻譜供使用者建置專用電信；然並非所有的應用皆有特殊的目的與通訊要求，在頻譜資源有效利用的前提下，則提供商用頻譜及免執照頻譜的使用選項。

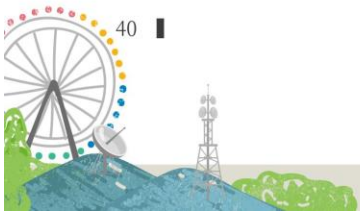
專欄 7 國際垂直場域專頻規劃趨勢

在 5G 通訊技術及應用蓬勃發展之下，各國政府為回應垂直場域之需求及趨勢，已有不少規管單位針對規劃專用頻段供場域使用的可能性進行探討。目前美國、英國、德國、日本、香港、新加坡及規劃中的韓國，皆有專頻專網之頻譜釋出，其中又以日本釋出最多頻寬供垂直場域使用。

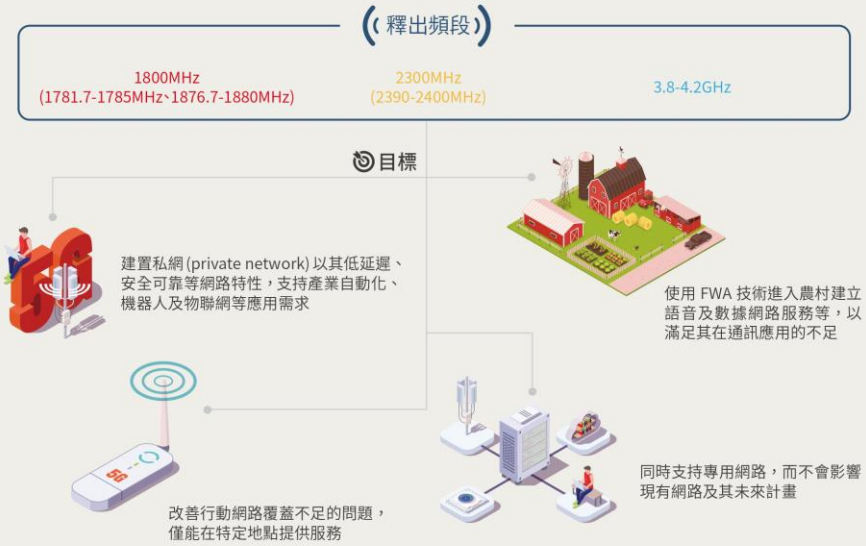
美國透過公眾寬頻無線服務 (Citizens Broadband Radio Service, CBRS) 頻段之共享機制，釋出原僅限於公部門應用之 3.5 GHz (3550-3700 MHz) 頻段，以供商用無線服務及垂直場域專網使用。目前此頻段之優先權機制將使用者依權限高低分為三層：第一層的最高優先權保留給原政府部門之既有使用者 (Incumbent Access, IA)。第二層的優先權給予藉由拍賣取得優先接取執照 (Priority Access License, PAL) 者，專頻的實現方式則為透過取得之 PAL 執照，於場域中運用頻譜建立區域性之專網。第三層則為免付費的一般授權接取 (General Authorized Access, GAL) 用戶，其可使用未被前述 IA 及 PAL 用戶使用之頻段，並限制為最多保留 20 MHz 予醫院、地方政府及公共安全相關之組織使用。



▲圖 26 美國 CBRS 三層優先接取概念圖
資料來源：FCC 公開資料



於專網議題上，英國以創新的角度出發，認為創新並不需要廣域的覆蓋。英國通訊管理局 (Office of Communications, Ofcom) 於 2019 年 7 月公告《透過區域執照促進無線網路技術之創新 (Enabling Wireless Innovation through Local Licensing)》，該文件釋出 1800 MHz (1781.7-1785 MHz、1876.7-1880 MHz)、2300 MHz (2390-2400 MHz) 及 3.8-4.2 GHz 三頻段，以共享頻譜的方式，支持各種創新應用與相關通訊技術發展，以達成「建置私網 (private network) 並以其低延遲、安全可靠等網路特性，支持產業自動化、機器人及物聯網等應用需求」、「使用固定無線接取 (Fixed Wireless Access, FWA) 技術進入農村建立電話及數據網路服務等，以滿足其在通訊應用的不足」、「改善行動網路覆蓋不足的問題」、「同時支持專用網路，而不會影響現有網路及其未來計畫」等四項目標。其中，3.8-4.2 GHz 的低功率執照係用以建置企業私有之專網，允其於半徑小於 50 公尺之範圍內架設多個基地臺以供場域聯網，並可藉由申請多個執照進行更廣域之覆蓋。由於申請資格不限定於場域擁有者並採優先申請優先取得制 (first come first served basis)，Ofcom 將針對提出之地點、頻段、頻寬等規劃進行審核，並評估是否與既有用戶間具潛在干擾。全英第一個垂直專頻導入於 Worcester Bosch 之產線，並由英國電信 (BT Group) 負責建置及維運此工業 4.0 智慧工廠。

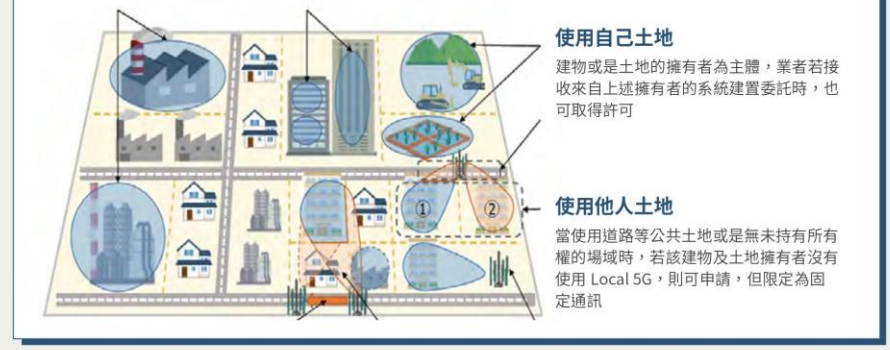


▲圖 27 英國垂直場域申請原則
資料來源：Ofcom 公開資料

德國為全球第一個開放企業自建 5G 專網之工業大國，透過考慮不同服務模式及頻率之物理特性，規劃保留 3.7-3.8/ 26 GHz 供垂直場域使用，以滿足不同用戶群體之需求。於申請資格上可分為由場域所有人及其授權者提出之「單一申請」及由多個所有者共同提出之「聯合申請」。以 3.7-3.8 GHz 頻段來說，德國聯邦網路局 (Bundesnetzagentur, BNetzA) 限制申請人以 10 MHz 為單位，並將執照年限定為 10 年，預期最晚將於 2040 年收回使用執照。目前於各頻段上都已有許多使用者，包括製造業之奧迪 (Audi)、賓士 (Mercedes-Benz)、巴斯夫 (BASF)；同時，漢諾威展覽集團及斯圖加特大學等非傳統工業之單位亦已取得專頻執照。

▲圖 28 德國 3.7-3.8 GHz 垂直場域申請原則
資料來源：BNetzA 公開資料

日本於 2019 年便釋出了第一波的垂直場域專網頻譜 (28.2-28.3 GHz)，以支持符合特定區域及產業之網路及應用需求，並於 2020 年末再次釋出 4.6-4.9 GHz 及 28.3-29.1 GHz 等頻段；然因電信商本就可以其既有頻段進行布建，故總務省規定全國性的電信業者不可取得該些頻譜，以符合其設計之「Local 5G」精神。於申請資格上，則分為「使用自己土地」及「使用他人土地」兩種；此外，根據規定，系統整合商、設備製造商及固網業者亦可於土地擁有者同意的前提下取得頻譜許可。目前 NEC、東芝 (Toshiba)、富士通 (Fujitsu) 及松下 (Panasonic) 皆有取得不同頻段之執照，於不同場域進行 Local 5G 之布建。



▲圖 29 日本 Local 5G 申請原則
資料來源：總務省公開資料

香港在高頻的 26/ 28 GHz 頻段保留 400 MHz 之頻寬予地區性創新無線寬頻服務 (Localised Wireless Broadband Service, LWBS) 使用，提供給包括大學校園、工業園區、機場、科技園區等範圍不超過 50 平方公里的特定區域布建其 5G 專頻。在申請資格上，則與英國相同，除了不限制場域擁有者申請外，亦採優先申請優先取得之機制，但禁止已取得高頻頻譜之業者（如中國移動香港、香港電信以及數碼通）進行申請。目前香港國際機場已取得 LWBS 之執照，並預期透過專網導入人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)、大數據分析及高畫質影像傳輸與監控等功能改善機場作業效率。

新加坡於 28 GHz 頻段釋出了 4 張區域性的小規模執照，單一執照取得者將擁 800 MHz 之頻寬，並可進行垂直場域之布建，即星國定義之“localised 5G”；取得此 4 張執照的皆為電信業者，包括：第一通電信 (M1)、新加坡電信 (Singtel)、星和電信 (StarHub) 及 TPG 電信 (TPG Telecom)。於實際進展面，Singtel 及 M1 皆有垂直專網部署之計畫，預期導入之場域則包括購物中心、會展中心、人潮密集處及智慧製造工廠。

三、創造健全電信市場競爭環境

市場競爭為電信相關政策中的重要課題，在市場機制當中，由於經營效率低落或是提供服務不足以滿足顧客需求時就會被市場競爭所淘汰。因此在此過程中，市場的力量將促使相關服務提供者自動產生提升服務效率之誘因和投入新興科技研發之動力。最終就消費者面而言，可藉由服務提供者的互相競逐，帶動整體產業之服務水準及效率之提升，以提供給消費者更多產品與服務組合供選擇。

由於行動網路和基礎設施市場之競爭係由技術所驅動，若營運商不將其網路服務逐步升級到最新技術，中、長期而言勢必因無法提供消費者合意之服務而將失去於市場中之地位。相同的道理亦可套用至基礎設施及設備供應商上，若其不對其硬體設施進行創新，亦很難保留與其締結契約關係之客戶。而其中推動競爭之動能，則有賴於公平競爭的市場環境，使參與者能與其競爭者進行標竿比較，透過推陳出新、更具有價格及服務競爭力之產品，以維持客戶之忠誠度。

然一般的市場競爭機制難免會受到外在因素的影響，導致不公平競爭的現象。因此為了創造健全的公平競爭環境，政府在電信市場中，除了秉持市場自由競爭的原則外，亦應在規劃與監管上適時提供相關措施，以防止產業中業者獨大、壟斷之情況，並平準化各業者之市場規模，以期促進產業發展。

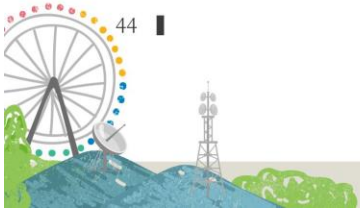
(一) 我國現況分析

在 DIGI+ 方案中之「數位創新基礎環境行動計畫」，提出「加速法規調和，促進數位匯流市場公平競爭」之計畫架構，將以促進與維護通傳匯流市場競爭、加速通傳法規調和為目標，藉由強化通訊傳播市場之競爭程度，引領相關事業於平等基礎上發展。透過定期彙整電信業者之相關資訊與數據，分析我國產業現況，並適度於有需要時介入執行市場競爭管制，以強化資通訊之發展與數位經濟成長之關係。於具體目標面，則希望於市場公平競爭的前提下，引入國際上電信管理之最新趨勢，並營造自由創新之產業發展環境，以保障網路通訊相關基礎建設之普及、活化產業並提升業者商業競爭力，使消費者得享有多樣、高質之服務。

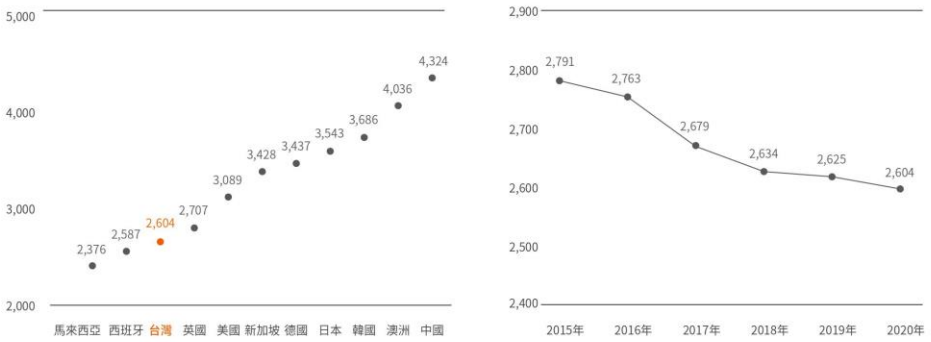
目前國際上衡量市場競爭之指數有許多種，而 ITU 採用之指數則為 HHI (Herfindahl-Hirschman Index) 值[19]，可用以衡量一國某市場之廠商集中狀況。根據美國司法部針對反托拉斯之壟斷定義，市場之競爭可分為三種情況：(1) 於完全競爭市場中，其 HHI 值應小於 1,500、(2) 在適度集中市場中，其 HHI 值應介於 1,500 及 2,500 之間、(3) 高度集中市場則具有大於 2,500 之 HHI 值。

若與我國主要市場之歐、美國家及鄰近亞洲國家相比，可見我國電信業已發展為較自由競爭之市場，整體環境並不受少數業者壟斷。若再深究各國 HHI 值大於我國之原因，應與其國內電信服務供應商數量較少有關，例如：澳洲、中國大陸皆僅具有三家電信商，此項因素將使計算市場競爭程度的 HHI 值偏高。

19 HHI (Herfindahl-Hirschman Index) 值為市場上所有廠商市占率平方之總和，可用以衡量市場之集中狀況，根據美國司法部對於反托拉斯之壟斷定義，可分為三種類別：(1) 完全競爭：HHI<1500；(2) 適度集中：1500<HHI<2500；(3) 高度集中：HHI>2500。

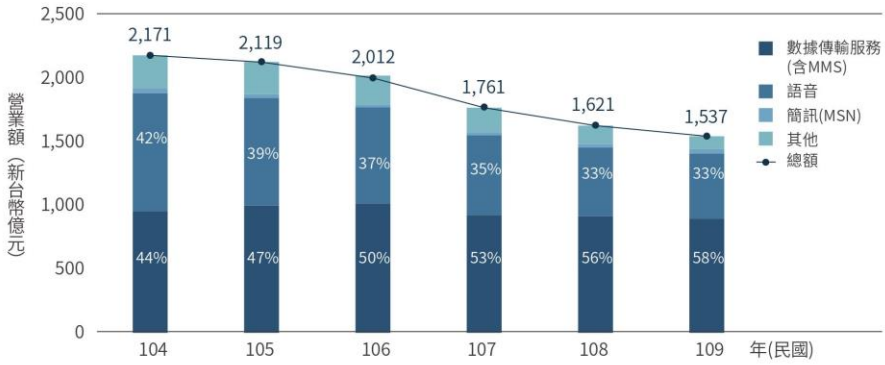


根據 NCC 發布之統計資料，我國電信市場之 HHI 值於 2015-2020(104-109) 年間呈現逐年遞減之趨勢，顯示市場份額逐漸分散於不同電信營運商、市場內亦越來越競爭；我國於 2020(109) 年之 HHI 值約為 2,604，截至 2021(110) 年第二季為止 HHI 值則持續下降為 2,583，整體而言仍屬高度集中市場。其中，於 2021(110) 年第二季之中，市場仍以中華電信 (36.0%) 為國內第一大電信運營商，緊接在後者為臺灣大哥大 (24.2%) 及遠傳電信 (23.9%)，此三大電信營運商之市占率加總已接近整體之 85%。未來我國應持續支持電信市場朝更自由競爭之市場樣態前進，以保障民眾及消費者之服務可及性與服務品質。



▲ 圖 30 我國行動通訊市場競爭程度 (HHI)（左：2020 年各國行動通訊市場競爭程度比較／右：2015-2020(104-109) 年我國行動通訊市場競爭程度趨勢變化）
資料來源：各國公開資料

除我國電信市場內有越來越競爭之趨勢外，行動通訊市場整體之營收於過去五年間（104 至 109 年）亦呈現逐年下降之趨勢，於去 (109) 年之營業額則下降為 1,537 億元，較 104 年之總額減少了 29%。其中值得注意的是，來自語音服務之營收亦從與數據服務相當之程度（其於 104 年尚占有整體營收之 42%），逐步下降到 109 年僅占整體之 33%；另一方面，來自數據服務之比重則逐年增加，於 109 年約占整體電信服務營收之 58%。以上數據顯示近年來於整體行動通訊業務中，包含多媒體服務的數據傳輸服務已然成為最為關鍵之收益來源。



▲ 圖 31 民國 104-109 年我國行動通訊市場營收概況趨勢變化
資料來源：NCC 公開資料

為使整體電信市場能於更公平之情況下促成競爭，我國已於 108 年完成《電信管理法》之立法程序，並改變以往以特許制為主的電信服務管理模式，目前新版《電信管理法》改以登記制為主，並以行為管理模式為主，預期一改僅以資本額或網路建構規模來區分之模式，可望降低市場進入門檻並促進公平競爭之自由、創新產業環境。

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

未來電信網路架構逐漸往開放式的網路架構 (Open RAN) < 專欄 8> 趨勢發展，有別於過去傳統電信網路需要專用的軟硬體搭配，整套系統相對龐雜且高成本，在 Open RAN 架構中透過標準化的定義，搭配虛擬化技術的發展，被視為可以有效增加電信網路設置的彈性並降低建置的門檻與成本。然由於 Open RAN 目前尚在研發與標準制定階段，雖然預期在短期內無法滿足大規模公眾網路所需要的穩定性與網路性能，但如同前述，未來在垂直場域專網的發展下，對於網路的要求可能不如大規模的公眾網路來得高，因此將有機會率先進行導入。在上述技術與應用模式的改變下，加上電信管理法的施行，未來電信市場的服務提供者將不僅侷限於傳統的電信運營商，有望有更多新進業者跨足電信產業。

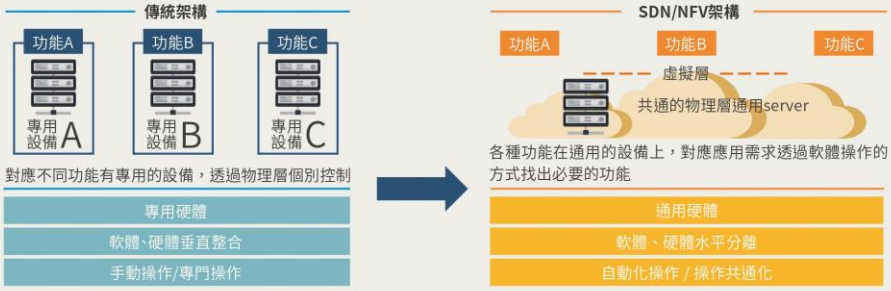
因此為維持市場內之良性競爭，除須確保無線電頻率整體釋出頻寬充足之外，面對未來更多垂直場域的需求，應思考多元的頻譜釋出模式，得以讓特殊服務的新進業者們可取得頻譜資源，提供創新應用服務。藉此透過良性競爭的市場環境，帶動整體產業發展。

專欄 8 開放式架構與端對端解決方案發展趨勢

5G 的到來改變了整體資通訊產業的生態，其中又以 5G 的開放式虛擬化無線接取網路 (Open Virtualized Radio Access Network, Open RAN) 被視為一種破壞式的創新而被廣泛討論。

從技術上來看，傳統電信網路是建構在由軟體、硬體等元件整合為一體的基站設備上，因此，在過去 3G 和 4G 的時代，電信運營商必須向國際設備大廠購買電信設備與系統才能建置電信網路。其優勢在於發展歷史悠久，穩定性較高，然整套系統繁複與專用性高，導致建置成本偏高，布建亦較缺乏彈性，且一旦選擇了一家通訊設備廠就只能採用該廠牌的產品，運營商主導性較低。在此背景之下，加上虛擬化技術的成熟與 5G 快速發展，市場需要的是彈性與靈活的網路設施，為此美國 AT&T、德國電信、日本 NTT docomo、法國 Orange 以及中國移動等橫跨歐美與亞洲的電信業者聯合成立 O-RAN 聯盟 (O-RAN Alliance)，以推動無線通訊網路的開放化與智慧化為目的進行相關標準定義與推廣的活動；Facebook、Nokia、德國 Deutsche Telekom 與韓國 SK Telecom 等業者亦組成 Telecom Infra Project (TIP)，加速開發與布建基於開放式、標準化的解決方案。

上述組織的使命皆是期望透過標準化的定義，透過一個「開放並且可以互通」的標準化操作介面來整合網路接口，得以讓電信運營商自行向不同的供應商購買伺服器、小型基地臺和交換器等設備以及軟體系統。具體而言，新的 Open RAN 架構把傳統的大型電信基地臺解構，分成無線電單元 (Radio Unit, RU)、分布單元 (Distribution Unit, DU) 和中央單元 (Central Unit, CU) 三個單元，透過將基地臺完全解構並把核心網路建置在雲端，藉此把軟體和硬體分開，同時在虛擬化的架構下也能透過軟體來定義網路 (Software-Defined Network, SDN)，能夠更快速地藉由軟體直接升級相關服務，不需要像過去一樣更新整個設備，將網路通訊帶向開放競爭的市場環境並達到成本經濟的最佳化。



▲ 圖 32 網路架構的變遷

伴隨著 Open RAN 的發展，結合垂直場域對於網路的需求，進而產生了端對端解決方案 (end-to-end solutions) 的市場機會。在未來垂直場域的發展中，場域需求者所需要的是從網路層到應用層的整體解決方案，而因為 Open RAN 的出現，預期可大幅降低網路布建的門檻與成本，並增加了布建的靈活度，加上封閉式的場域環境較為單純，被視為現階段實現 Open RAN 的最佳案例。

在此種應用模式下，搭配垂直場域專用頻譜的機制，電信運營商將不再是唯一可以提供服務的業者。在整個電信網路的架構中的固定網路業者，設備業者；應用端的 IT 業者與系統整合商都可能透過夥伴結盟的合作方式，共組上述端對端解決方案，成為市場當中潛在新的服務提供者。

四、促進跨域創新合作機會

跨域創新除了指原有生態系當中供給導向、上下游關係之產業鏈間的合作創新外，更重視的是跨產業的合作，例如：藉由數位科技帶動其他產業的發展，促進創新產品、服務模式的開發。

傳統上對於創新的刺激為來自於組織、企業內對於特別應用之需求，希望藉由創新研發達到流程、產品或服務之改善。然而在科技日新月異的數位化、物聯網時代裡，各行各業中都有對於新興無線技術之導入想望，相同的電信技術須適度微調以導入不同領域中截然不同的應用情境，過往來自於內部、基於經驗與業界最佳案例 (best in practice) 之研發動能顯已不足支撐跨部門之需求。

因此，若僅將切入角度限制於個別行業，思維繼續維持於「向最佳案例學習」的跟隨者策略 (follower strategy)，將很難取得實質性之競爭優勢。在此情況下，透過跨領域之腦力激盪，並齊心協力創造框外 (out of the box) 解決方案，才可真正取得潛在商機。

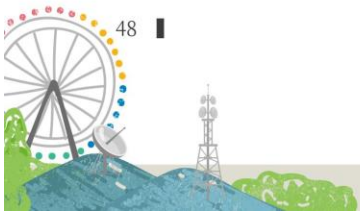
由於須跳脫框架思考，跨域創新之難度與複雜度亦設下極高門檻。針對這些障礙，政府應積極協助整體產業跨域間之交流及溝通，並由上而下地以公部門業務間跨單位之創新研發計畫作為示範，帶領各組織朝向跨越行業界線之創新思維前進，以保障尚未被滿足的痛點可將其中潛藏機會轉為實際效益。

(一) 我國現況分析

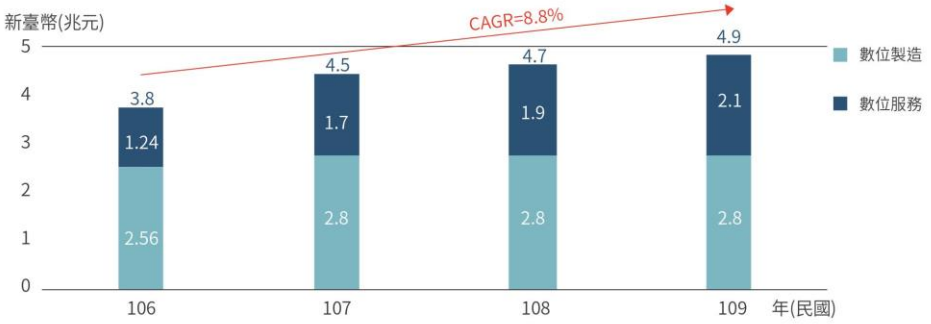
如同在目標二當中所提及的，在 DIGI+2.0 方案之主軸二「數位創新」當中，將「產業轉型基盤」列為重點推動項目，預期以跨領域創新試驗機制奠定我國產業轉型之基礎，並將政策目標鎖定為透過 5G 領航跨域整合運用，於 2025(114) 年前達到包括製造業、服務業、農漁產銷或小微企業每一行業至少 1 項代表案例。此外，在同主軸當中亦提出推升數位軟體之創新與應用，至 2025(114) 年提升電腦及資訊服務業年營業額達 5,400 億元 (CAGR 6%) 等目標。而在「數位治理」主軸部分強調推動政府單位跨部門間之跨域創新研發，並瞄準跨域數位治理人才之培養。

前瞻基礎建設計畫—數位建設之推動主軸「推廣數位公益服務」中，亦以「鼓勵跨域創新應用」為目標，希望整合政府部門、電信產業及資訊服務業者，推動跨領域之應用並強化防救災與警政服務，具體做法則將透過遠距醫療、文化科技、智慧城鄉 (Smart City)、農業物聯網及警消微波系統移頻等計畫之推行，改善我國公領域之服務品質及選擇性。

此外，臺灣 5G 行動計畫中強調將透過公私協力建置 5G 應用實驗場域，預期於 2022(111) 年建立分屬 5 個以上不同應用領域之 5G 應用驗證 10 件以上之實績，並帶動我國 20 家廠商參與產品或服務實證。在加速應用實驗部分，則藉由促進實驗頻譜及場域申請法規，預期精進 5G 實驗場域或應用領域。另外，此計畫亦將結合「普及智慧城鄉生活應用計畫」，推動我國各地之應用服務實驗，並引導跨域業者申請實驗頻譜、布建 5G 實驗網路，以促成不同領域之創新應用服務解決方案。



在上述計畫的推動之下，我國於 109 年之數位經濟規模達 4.9 兆元，超越該年度設定之預期達成目標，且過去四年間（106 至 109 年）之每年平均複合成長率 (CAGR) 達 8.8%；其中數位製造業之規模則約為 2.8 兆元，占整體數位關聯產業之 57%。

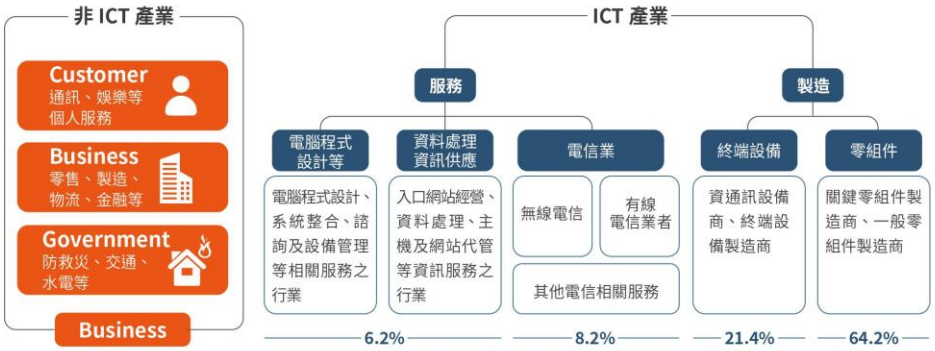


▲ 圖 33 民國 106-109 年我國數位經濟規模概況趨勢變化
資料來源：行政院公開資料

另一方面，傳統上對於資通訊產業之定義係以行政院主計總處之「國民所得分類」標準為主，其中之產業範圍包括：「CR. 電子零組件製造業」、「CS. 電腦、電子產品及光學製品製造業」、「JB. 電信業」及「JC. 電腦相關及資訊服務業」等 4 行業。我國整體資通訊產業之實質生產毛額 (GDP) 於 108 年達到 3.7 兆元，其中包含關鍵零組件及一般零組件之電子零組件製造業之產值共占整體之 64.2%。緊接在後的則為負責終端設備生產之電腦、電子產品及光學製品製造業，並可再分為資通訊設備及終端設備製造等廠商類別，共占產業整體 GDP 之 21.4%。

至於應用服務層面，則包含提供通訊基礎服務之電信業，以及可供應加值服務之電腦相關及資訊服務業。電信業中廠商主要以無線電信、有線電信及其他電信相關服務之供應商為主，其共為我國 ICT 產業貢獻 8.2% 之實質 GDP。最後，包括電腦程式設計、資料處理及資訊供應業在內之 ICT 加值服務，則僅占整體產業實質 GDP 之 6.2%；此加值服務之供應商類型涉及網路、平臺及應用業者，同時亦有系統整合廠商之關鍵角色。

由以上分析可見，我國 ICT 產業以硬體製造能力見長，製造業大約占了整體產值之 86%，而服務業則有待發展，其占比不及 15%。面對往後網路通訊技術將更以應用為導向之趨勢，我國須強化以硬體優勢帶動軟體創新服務之整體產業經濟策略，促進水平整合並加強與非 ICT 產業間之合作，以誘發聯鎖效果並創造可雙贏之跨域創新商業模式。



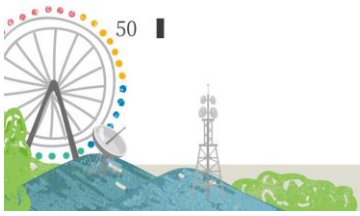
▲ 圖 34 民國 108 年我國資通訊產業實質生產毛額各行業占比
資料來源：行政院主計處公開資料

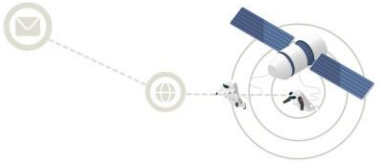
此外，以目前之 5G 時代為例，配合國家的推動政策，在前瞻計畫的推動下，許多部會正積極嘗試跨域創新的可能性，包含文化部「5G 內容力技術力跨域創新生態系計畫」、經濟部「文化科技 5G 創新垂直應用場域建構及營運計畫」、國立故宮博物院「故宮 5G 博物館建設計畫」、衛生福利部「導入 5G 及智慧科技提升醫療與健康照護計畫」、內政部警政署「5G 智慧警察行動服務計畫」、內政部消防署「消防 5G 場域計畫」、交通部運輸研究所「推動 5G 提升智慧交通服務效能與安全計畫」及教育部「校園 5G 示範教室與學習載具計畫」等，皆是資通訊跨足文化、教育、醫療、交通、警消等領域之案例，並可加速產業之數位轉型。

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

隨著無線通訊技術的不斷演進，日常生活中將有越來越多數位轉型案例，過往須仰賴人力傳遞之服務將可由機器人、物聯網裝置提供，例如：田間之手工量測作業可以感測設備取代，並即時傳輸至雲端，除減少人力開支外，同時亦可提高數據之準確度。在此一脈絡下，往後資通訊市場將更加以應用為導向，於不同產業、領域中導入新興無線通訊系統並促進產業發展與轉型是未來的重要發展方向。跨域創新之重要性在於其能開啟不同領域間溝通之窗口，如前例之資通訊產業與農業之結盟，藉由不同產業內各專業人士間之腦力激盪，思考以人為本之解決方案。其中促成創新之重點則在於人才、技術及經驗之橫向整合，以試圖解決未來社會中因應數位化、人口老化、資源匱乏等衝擊，並改善民眾生活中不便之處。

為使上述之理想創新路徑得以確保，於頻譜政策方面須持續關注應用面的發展趨勢，並與相關產業進行交流，並評估應用別的相關頻譜需求，以支持跨域創新相關新技術、新產品及新服務之發展。





五、制定國際和諧的頻譜規劃

於全球產業鏈緊密連結的現代，國際和諧頻率一直是各國頻譜規劃中最重要的環節，原因為標準化設備以及產品的銷售須追求規模經濟。尤其是對於基地臺等通訊系統以相關終端設備，由於由多種晶片與相關零組件組成，產業鏈龐雜且多屬於需要投入大量研發與製造成本的高精密產業。

此政策目標中貫穿了整體電信服務的服務提供流程，亦連帶影響政策目標中「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面之發展。電信運營商採購通訊設備業者所販售之系統與設備，進行提供網路服務給手中持有支援該頻段終端裝置的使用者。因此透過制定國際和諧的頻率規劃，就促進產業發展面而言，相關通訊設備以及零組件、晶片廠商對於基於該頻段的產品互相具有共識的情況下，得以將投入研發、生產的產品銷售到最大化的市場當中，創造規模經濟，而電信運營商亦可透過較低成本取得相關設備，避免因為特殊通訊規格導致採購的成本增加。而就「保障並優化國民生活」構面來看，民眾亦可以更多終端產品可以選擇作使用，亦不會因為電信運營商採購設備成本過高而需要支付更多金額購買電信服務。

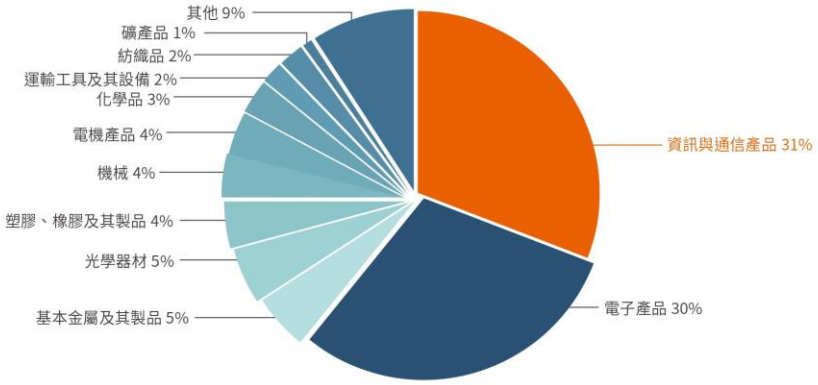
因此國家在進行頻譜規劃時，因隨時關注國際標準組織以及各國的頻率規劃動向。

(一) 我國現況分析

如同前述，透過頻率的和諧規劃，期望達到電信服務的普及並擴大相關產品與服務的市場，因此在不論是 DIGI+ 2.0 方案以及前瞻基礎建設計畫—數位建設，針對服務普及以及產業推動之相關政策目標，都與頻率和諧規劃息息相關。

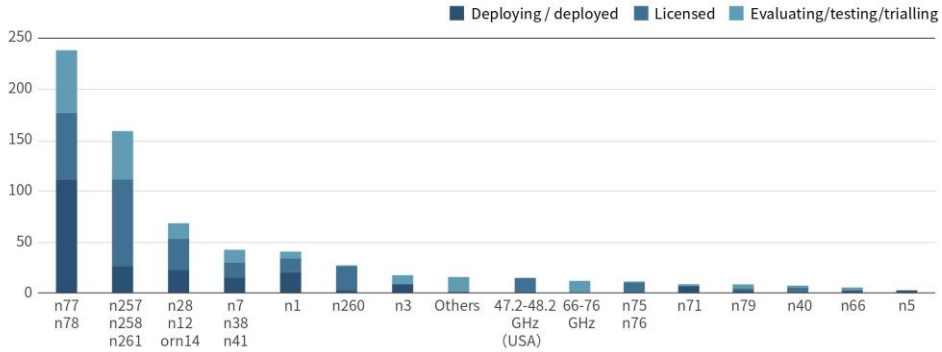
更具體而言，在臺灣 5G 行動計畫中定義主軸四為「規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜」，當中具體提出須完備 5G 頻譜政策、推動 5G 頻譜整備並完善 5G 頻譜釋照作業等推動重點。最終目標則希望得依國內產業需求及全球市場趨勢，參考全球通用頻率區間，分階段釋出頻譜，促進產業投資及創新應用發展，以使我國優良資通訊產品行銷全球。

我國資通訊產業長期以來以出口導向為主，根據經濟部統計處發表之外銷訂單統計，我國於 109 年之全年全體產業的接單金額約為 5,337 億美元，當中資訊與通信產品占比 31%（相較於 108 年成長 38%）其次則為電子產品之 30%（相較於 108 年成長 60%），此兩項已占我國外銷出口比例之半數。



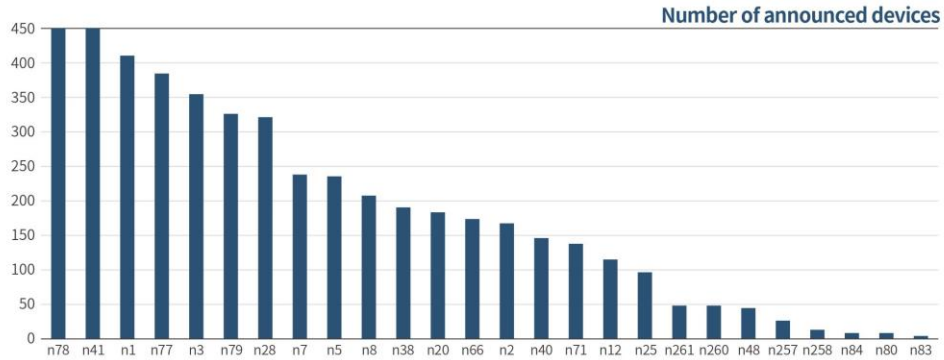
▲ 圖 35 民國 109 年我國外銷額各貨品類別占比
資料來源：經濟部統計處公開資料

而我國的頻譜規劃亦遵循國際規劃趨勢，以 5G 頻譜為例，根據全球行動通訊設備供應商協會 (Global Mobile Suppliers Association, GSA) 於發布之報告，目前國際上 5G 頻譜中以 C-band 目前為最熱門的頻段，截至今年 5 月為止已有約 240 個營運商投資於此段頻譜，且亦已有超過 150 個營運商完成部署或成功取得 n77 (3300-4200 MHz) 以及 n78 (3300-3800 MHz) 之頻譜執照。其次，第二熱門的則為毫米波段 n257 (26.5-29.5 GHz)、n258 (24.25-27.5 GHz) 以及 n261 (27.5-28.35 GHz)，共計有約 150 個營運商進行投資。



▲ 圖 36 西元 2021 年 5 月頻段別 5G 網路投資與布建數量
資料來源：GSA “2021 Review：5G Spectrum, Networks and Devices”

與此同時，GSA 於該報告中，同時指出目前已知有超過九成以上的商用專端設備以支持 sub-6 GHz 頻段為主，其中則以 n78 (3300-3800 MHz) 最多、其次為 n41 (2496-2690 MHz) 以及接續在後的 n1 (上行鍊路：1920-1980 MHz、下行鍊路：2110-2170 MHz)，既有足以支持此三頻段之商用終端設備數亦皆已突破 300 款。



▲ 圖 37 西元 2021 年 5 月頻段別 5G 終端支援數
資料來源：GSA “2021 Review: 5G Spectrum, Networks and Devices”

我國第一波 5G 頻譜釋照，大抵上亦是跟隨此趨勢與國內頻譜使用的狀況，鎖定全球業界興趣所在，增進我國 5G 服務的普及，並得以讓我國業者產品 / 服務銷售國際的同時亦可滿足國內的市場。

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

全球化的趨勢下，頻率和諧可帶來更多正面效益，尤其是於全球具有大眾市場吸引力之服務，例如：國際移動電信 (International Mobile Telecommunications, IMT)、IoT 及衛星通訊等解決方案，其將大幅受益於技術標準之整合與具全球普遍性的頻率規劃。除了可減少各國於邊境上之通訊干擾問題外，頻率和諧亦可促進各區域間網路設備及裝置製造之規模經濟，藉由技術標準之定義支持硬體面生態系之網路效應 (network effect)。

而就產業面而言，面對未來於中、高頻之發展趨勢，由於頻譜特性，在網路布建上可預期小型基地臺之需求將不斷增加；與此同時，未來網路亦逐漸向 Open RAN 架構上邁進，我國資通訊產業於硬體製造上的優勢，將有助於擴大市場機會。

由於頻段之規劃代表對於市場的選擇，頻譜政策應持續追蹤新技術的演進以及各國之規劃，同時由於技術變化快速，未來在頻譜規劃面上應更貼近與產業的距離，開放多元頻段供相關產官學研界進行測試。

六、關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境

不論是創新技術或消費者導向之產品、服務，其研發過程都需經歷漫長階段並投入大量資金。為了鼓勵支持創新，除了需要觀察更前瞻的發展趨勢外，國際上許多國家祭出沙盒 (sandbox) 的機制，讓業者得以一定的框架與規範內盡情發揮創意。除了進行技術研發外，亦能將研發的成果帶到實際場域當中進行創新實驗，甚至達到服務驗證 (Proof of Service, PoS) 與商業驗證 (Proof of Business, PoB) 之目的。

在新興通訊技術與無線通訊的創新發展過程中可能會產生新的頻譜需求，若能在發展的前期即時掌握頻譜需求之趨勢，並提供快速、簡便的頻譜申請與實驗機制，降低研發進行的門檻與耗費的時間，將有助於業者透過早期測試把握新興技術及服務模式之商機，進而反饋於民眾及產業，達到「保障並優化國民生活」與「促進資通訊產業發展」兩大構面成效。

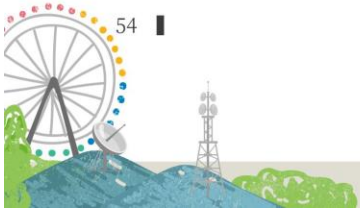
(一) 我國現況分析

DIGI+ 方案中「數位經濟躍升行動計畫」主軸，將以「亞洲．矽谷推動方案」作為主要推動措施，宣示我國將透過「完善資金協助」之策略改善創業者與天使投資人、創業投資間之資訊不對稱情況，並活化新創企業募資平臺，以提供具創新能量之事業取得早期 (early stage) 資金，期於 2025(114) 年協助至少 36 家新創公司申請創櫃板 (即創業櫃檯，為新創企業提供籌資之輔導機制) 。此外，亦透過「串聯我國創新及研發資源」策略，加強與全球知名加速器及創新聚落合作夥伴關係、吸引國際新創團隊及相關業者進入我國，預期於 2025(114) 年跨國共同育成 10 案、並培訓國際創新創業菁英 40 人次。

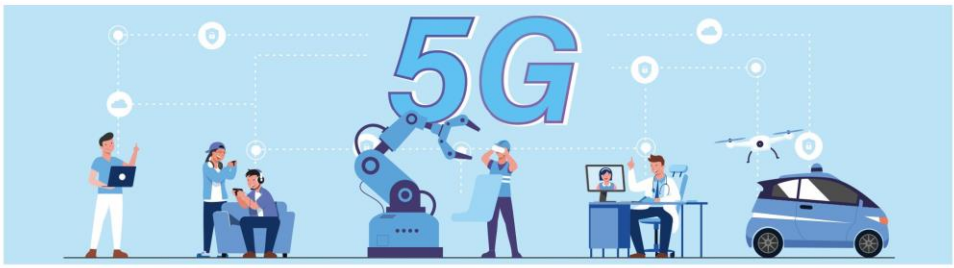
除了以上促進新創團隊創新研發之初期友善環境外，我國將持續強化新青創研發之補助機制以協助後續之概念驗證 (Proof of Concept, PoC)，於 2025(114) 年達到至少 900 件之數位領域補助案，並累積促進至少 9 億元之投資；並將針對新創事業之後育成乃至首次公開募股 (Initial Public Offering, IPO) 之輔導機制，進行全面性支持，於 2025(114) 年推薦轉介至少 10 家創新創意新創業者申請運用民間股權式群眾募資平臺或創櫃板等資源，籌措其創新小額資金。

延續到 DIGI+ 2.0 方案，「智慧治理」主軸同時也設定了政府將由公部門之服務切入，促進數位轉型並使創新生態系之運作機制更為成熟，進而激發多元、跨域之創新應用。實際目標將藉由各領域、各政府部門之合作，推動資料、數據相關之平臺應用，吸引民間企業及學研機構成為計畫成員，以初步形成以資料應用為導向 (data-driven) 的生態系。

最後，臺灣 5G 行動計畫中以「彈性管理規範加速進行 5G 應用實驗」為推動重點之一，預期透過法規之編修簡化實驗頻譜、場域之申請程序，創造有利創新試驗之環境，以支持商業驗證 (Proof of Business, PoB) 並快速回應 5G 應用之實驗需求。最終目標希望可藉由整體研發環境之改善，支持創新解決方案之育苗，並帶動整體生態系之穩健成長。

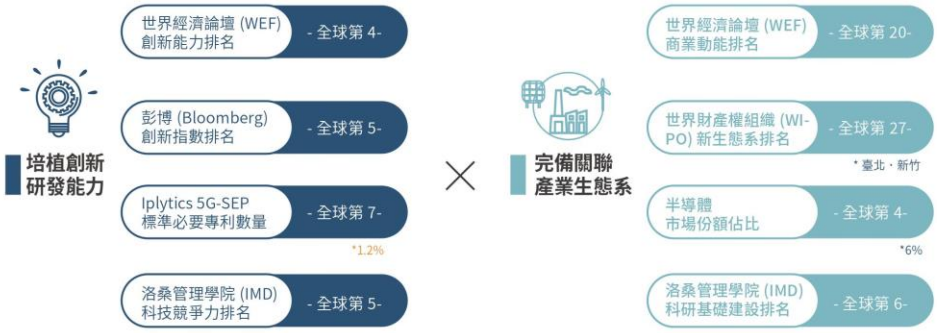


於創新能力表現方面，我國資通訊產業整體之研發實力及相關聯產業生態系之動能享譽國際，於多項評比中皆名列全球前茅，尤以創新科技研發能力之表現更為亮眼。在培植創新研發能力之面向上，根據世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 每年定期出版之全球競爭力報告[20]，臺灣於創新能力之排名為全球第四，僅次於德國、美國、瑞士，居亞洲第一之地位。與此相似，彭博創新指數[21]將我國之創新指數列為全球第五、瑞士的洛桑管理學院 (International Institute for Management Development, IMD) 亦於其世界競爭力年鑑[22]中指出於科技競爭力方面臺灣擁全球第五之地位。此外，專職於專利資訊與標準必要專利 (Standard Essential Patent, SEP) 檢索及分析應用平臺之德國公司 IPlytics，亦於其報告[23]中宣告臺灣取得之 5G SEP 數量名列全球第七，擁有占全體 1.2% 之 5G 標準必要專利，顯示我國資通訊產業業者對 5G 關鍵智慧財產權及背後技術具有十足掌握程度。



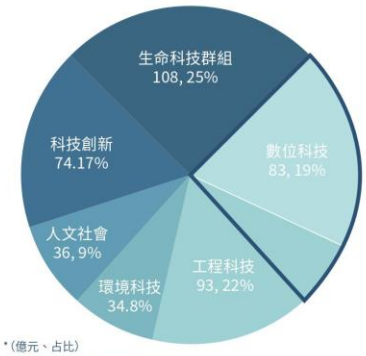
另一方面，於完備關聯產業生態系部分，除前述 WEF 同時將我國之商業動能評為全球第二十位外，世界財產權組織 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 亦將我國由臺北、新竹共同組成之創新科技生態系列為全球第二十七大聚落，全球僅有九個國家擁更大之產業區塊，顯見臺灣之資通訊產業於全球上亦扮演不可或缺之角色。在支持整體資通訊關聯產業之科學研究基礎建設上，IMD 亦將臺灣評為全球第六，表示我國於促進科技創新研發之環境上之表現可圈可點。最後，硬體、設備中之必備元素半導體元件亦為我國之優勢產業，根據半導體產業協會 (Semiconductor Industry Association, SIA) 之分析[24]，以總部市場來看整體產值的話，臺灣擁全球第四大半導體市場份額，僅次於美國 (45%)、南韓 (24%)、日本 (9%) 及歐洲 (9%)，為掌握整體資通訊產業發展之關鍵。

20 WEF, The Global Competitiveness Report (2019)
21 Bloomberg Economics, The Bloomberg Innovation Index (2020)
22 IMD, IMD World Competitiveness Yearbook (2021)
23 IPlytics, 5G Patent Study (2020)
24 SIA, World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) Semiconductor Market Forecast (2020)



▲ 圖 38 我國高科技產業研發能力及關聯生態系概況
資料來源：WEF、WIPO、SIA、IMD、IPlytics、Bloomberg 公開資料

在政府機關編列之科技發展計畫部分，我國 110 年之總預算為 428 億元，其中數位科技群組為原資通電子群組更名而成，預算費達 83 億元，約為整體之 19%；若再加上工程科技群組中之光電相關之計畫投入經費，則占總體之二至三成，可以觀察到我國對於資通訊產業之重視及資源挹注之程度相當高。透過此一投資策略，我國政府預期促進技術、專利之產出，以提升整體產業之產值、投資額，最終使整體社會福祉在繁盛之經濟動能帶領下得以提升。



數位科技（原資通電子）

計畫之目的在研究數位科技之研發，並促進計畫成果應用於產業，增進產業科技創新與技術提升，以創造經濟利益，推動數位化社會之建設，建構完善基礎環境，規劃數位資訊通信關鍵應用，帶動數位國力之提升。

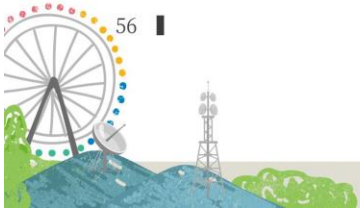
本群組計畫之主要績效指標為技術產出、專利申請及獲得數量、產業產值、投資金額、高速寬頻網路普及率、社會生活品質提升程度、民眾滿意度、政府網路服務滿意度、偏鄉民眾上網普及率、帶動民間投資等

工程科技

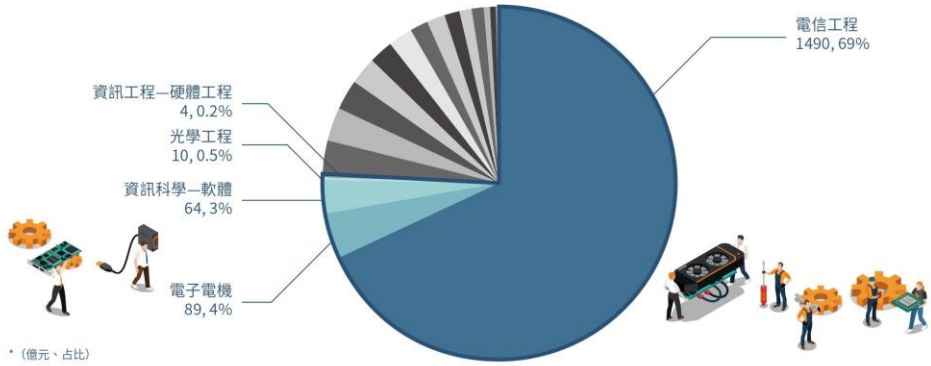
計畫之目的在研究產業工程科技（機械、航太、運輸、紡織、化工與材料、光電等科技），並促進計畫的研究發展成果應用於產業，增進產業科技創新與技術提升，以創造經濟利益。

本群組計畫之主要績效指標為技術產出、專利申請及獲得數量、產業產值、投資金額等。

▲ 圖 39 民國 110 年我國科技發展計畫資通訊相關占比
資料來源：行政院主計總處、政府科技計畫資訊網公開資料



除了發展計畫之投入外，根據政府研究資訊系統 (Government Research Bulletin, GRB) 之公開資訊，我國 110 年於研究計畫之總投入經費中，單就電信工程領域之研發預算便有 1,490 億元，已占整體之 69%；若再加上相關聯之電子電機 (4%)、資訊科學—軟體 (3%)、光學工程 (0.5%) 及資訊工程—硬體工程 (0.2%) 等領域，資通訊相關領域之挹注經費占整體之 77%，金額高達 1,657 億元。由以上數據之分析可見，我國對於資通訊產業非常重視，亦十分積極關注新興研發之進展，並以實際資金挹注以扶植創新技術之研發。



▲ 圖 40 民國 110 年我國政府投入研究計畫資通訊相關占比
資料來源：政府研究資訊系統 (GRB) 公開資料

(二) 未來重要發展趨勢與頻譜角色

在科技演進速度逐漸加快的當代，對於可望大幅改變我們生活之新興無線通訊科技，例如：第六代行動通訊 < 專欄 9>、低軌衛星通訊等，應抱持及早準備之研發策略，以強化未來因應破壞式創新之恢復能力。具體而言則應藉由執行技術及國際標準趨勢之研究達成，透過持續性追蹤來自國際性組織、學研單位及產業之進展，掌握新興技術之潛在頻譜需求。

此外，為使研發端與產業、國際端成功銜接，於政策面須著重如何透過實驗頻率之釋出促進研發單位與業界之合作機會，並建立起能支持創新研發之產業聚落及生態系，以帶動整體產業之發展動能。藉由簡化實驗門檻，創新應用得盡早進入實證階段，除可活化頻率資源之有效運用外，亦可以其實際演練經驗為基礎，收斂出更成熟之產品或解決方案，最後將於我國順利完成技術及商業模式實證成果更有口碑地銷往海外市場。

專欄 9 國際對第六代行動通訊之規劃

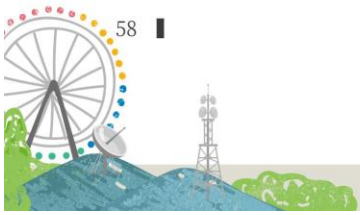
在全球大部分地區仍竭盡全力發展 5G 的此時，已有為數不少的組織及國家開始針對下世代無線通訊技術進行討論及研發。芬蘭首開先例地於 2019 年 3 月舉行了「6G 高峰會」。該次會議中提及 6G 在每個連線的峰值吞吐量預計可超過每秒太比特 (Terabit per second, Tbps)，同時也能有超高可靠性和超低延遲的通信，伴隨著本地化的釐米級別高分辨率以及高準度設備間同步（在 1 μs 內）之特性。然而，因為連結設備之密度將增長到每立方公尺數百個裝置，這對面積或空間頻譜效率以及連接所需的頻段提出了更嚴格的要求；另一方面，6G 技術需要突破半導體元件的物理特性及限制，還有無線電頻率通訊及能耗等問題，這將是往後下世代網路研發時面臨的最主要挑戰。

日本總務省於 2020 年召開 Beyond 5G 推動戰略懇談會，並發表《Beyond 5G 推動戰略－邁向 6G 的 Roadmap》，當中提及欲透過萬物聯網、大數據以及人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 分析，達到現實世界與網路世界融合的虛實整合社會，並於 2030 年達到「任何人都可活躍 (Inclusive)」、「持續成長 (Sustainable)」、「可以安心活動 (Dependable)」之 Society 5.0 理想。總務省認為 B5G 除了是 5G 三大性能一增強型行動寬頻通訊 (enhanced Mobile Broadband, eMBB)、海量裝置連結 (massive Machine-Type Communication, mMTC)、超可靠低延遲通訊 (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications, URLLC) 之強化外，更高效率、更廣覆蓋以及可使用更高的頻段也被認為是其重要發展方向。總務省預期 B5G/ 6G 於超高速大容量 (eMBB) 之表現上可增為 5G 的 10 至 100 倍、海量機器的同時接續 (mMTC) 亦期望達到 5G 之 10 倍，而在延遲 (URLLC) 的部分則期望降到 5G 的 1/10。除此之外，其亦勾勒出超低電耗、自動化、擴張性以及安全可靠性等目標。與此同時，其亦積極促進各界研發高頻及兆赫茲 (Terahertz, THz) 頻段之通訊技術，以確立日本於下世代通訊中之全球領導地位。

韓國的科學技術情報通信部 (Ministry of Science and ICT, MSIT) 於 2021 年 6 月發布《6G 研發執行計畫》，預計於 2025 年前投入 2,200 億韓元（約新臺幣 50 億元）扶植關鍵技術。其中鎖定之重點領域包括：超高速 Tbps、THz 頻段、衛星通訊、超低延遲高準度、跨領域 AI 導入及嵌入式資安技術等。由於韓國為全球第一個成功推出 5G 商轉之國家，其希望於 6G 時代亦能保有領導地位，往後將朝研發及產業環境之完備為目標前進，以確保關鍵技術之育成，並取得於國際標準與專利之核心角色。

除了各國陸續發表支持下世代通訊研發之政策外，設備廠商如諾基亞 (Nokia)、恩益禧 (NEC) 及三星 (Samsung) 亦透過出版白皮書闡述其往後研發之走向及預期導入之應用情境。於探討預期改善之網路性能外，其亦納入諸如無線通訊與光通訊、作業自動化與優化、分佈式數據處理平臺及資訊安全等應用，希望透過 6G 使這些技術更加成熟。

根據國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 及第三代合作夥伴計畫 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 等組織之 B5G/ 6G 預計期程，研發及標準化作業應於 2027 至 2028 年左右完成，並可期望於 2027 年之世界無線電通信大會 (World Radiocommunication Conference 2027, WRC-27) 時完成 6G 頻譜之分配。這樣的時程規劃與預測給予了監管機構以及相關產學研界有充裕的時間研究目前尚未被探索的頻譜資源與技術。而如果能夠率先取得成果，即有機會在國際標準制定組織中取得話語權，進而透過與各大利益關係人倡議，取得市場發展先機。



美國

FCC：2019 年 3 月開放 95GHz-3THz 作為 6G 之實驗頻段

IEEE：發布 Future Network- Enabling 5G and Beyond，討論未來次世代網路之可能架構

NGA：2020 年 10 月成立，將帶領美國於市場、技術上取得先機

芬蘭

6 Genesis project：

由 Oulu 提倡組成全球性的 6G 研究團隊，預計於 2018-2026 年間投過 2.51 億歐元，結合產官學研界共同研發

ITU

2018 年於為實現 2030 年網路技術研發所設立之 Focus Group NET 2030

中國

科學技術部 (MOST)：

於 2019 年宣布開始 6G 的研究開發，由相關政府部門成立推進工作組，負責 6G 技術的研發工作；由產學研界成立總體專家組，負責提出相關布局建議與規劃

韓國

LG 電子、Samsung 電子：陸續於 2019 年設立 6G 研發中心

未來創造科學部 (MSIT)：2021 年發布 6G 研發執行計畫

日本

總務省：2020 年成立 Beyond 5G 推動戰略懇談會並發布 6G 路線圖

情報通信研究機構 (NICT)、NTT：開始進行 6G 相關的研發

澳洲

太空局 (ASA)：

於 2020 年出版之路線圖定義往後研發重點為透過衛星 量子、混和頻譜及光學等技術支持無線通訊

▲圖 41 國際 B5G/ 6G 發展現況彙整

資料來源：各國公開資料

肆、我國頻譜政策之推動策略

各國在進行頻譜規劃時會考量到幾項基礎原則，包含資訊的公開透明 (transparency)、效益最大化、國際和諧與技術發展，藉以達到資源有效利用之目的。而頻譜規劃單位在進行頻譜規劃時，除了依循這些基礎原則外，未來將在此基礎上透過以下五大推動策略，期望達到上述提出的政策目標，進而實現頻譜政策的願景。

一、完善頻譜相關政策工具

頻譜像是無形的土地資源，因此國家在進行頻譜規劃時需要界定特定頻段歸屬於哪些單位及用戶使用。為此需要有明確的頻段分配基準，因此可以看到各國頻譜規劃的主管機關，皆會遵照 ITU 之規定及考量當地的國情需求，制定該國的頻率分配表 (Frequency Allocation Table)。除了分配表之外，有些國家會定期發布未來頻譜的釋出計畫，例如：澳洲通訊媒體管理局 (Australian Communications and Media Authority, ACMA) 每年會定期公告“Five Year Spectrum Outlook”，除闡述未來五年的發展趨勢以及重要工作，並將頻段分為監測 (Monitoring)、前期調查 (Initial Investigation)、初步重新分配 (Preliminary Replanning) 以及重新分配 (Replanning) 等四個階段，藉此讓相關利害關係人掌握政府頻率整備之現況。日本總務省亦透過每年定期發表「頻率再規劃行動計畫」，以頻段區間作為基礎，詳細說明該頻段現況、未來方針以及具體措施。

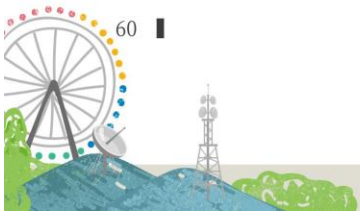
借鏡國際上先進國家之作法，交通部期望藉由完善頻譜相關政策工具，為上述六項政策目標奠定良好基礎。

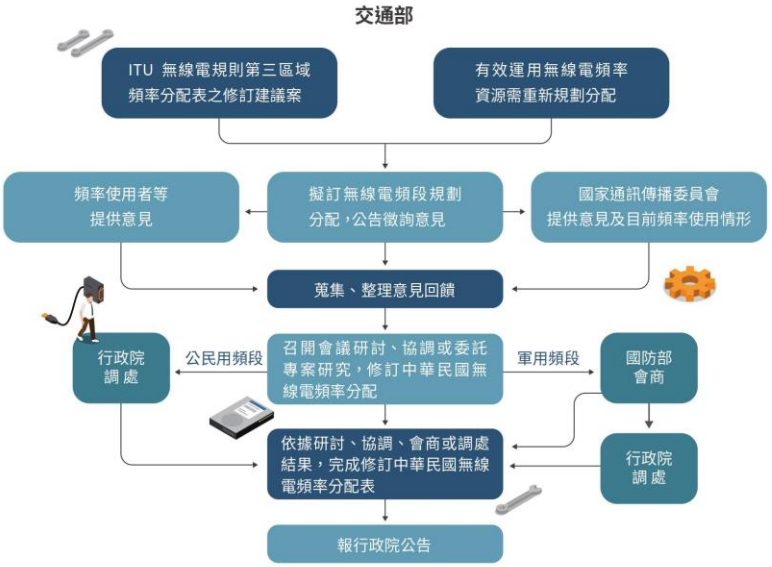
(一) 具體措施與推動情形：

目前我國頻譜規劃的政策工具為頻率分配表以及頻率供應計畫，頻率分配表及頻率供應計畫皆為電信管理法的子法，屬於實質的法規命令。目前兩份文件的最新版本皆為因應電信管理法施行後，於 109 年 11 月 1 日公告之核定本[25]。

而如同在前述所提及，頻率分配表作為國家頻譜分配之正式文件，以頻段為基礎表列各頻段之使用規定，作為使用者申請頻率之依據。交通部參照 ITU 於 WRC 制（修）定無線電規則 (Radio Regulations)，並視國內頻譜資源須重新規劃分配之需求，擬定無線電頻段規劃分配，公告徵詢國家通訊傳播委員會及相關潛在或既有頻率使用者之意見，並根據蒐集的意見回饋，召開會議研討、協調或委託專案研究，並將草案報請行政院核定後，完成頻率分配表修訂及公告作業。

25 交郵字第 10900285652 號與交郵字第 10900285662 號

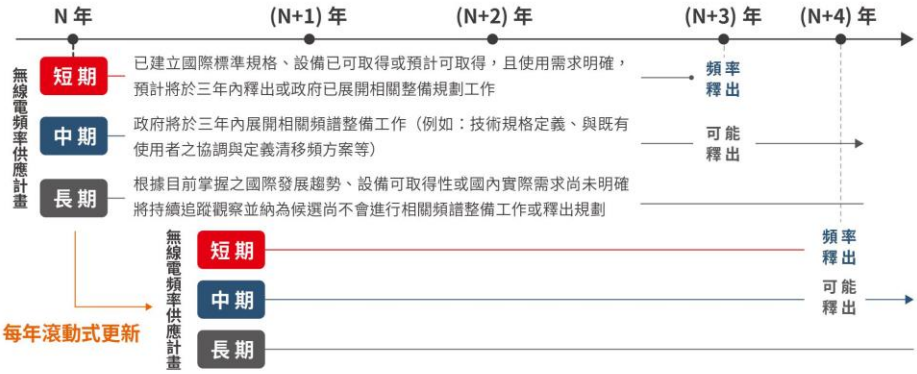




▲ 圖 42 無線電頻率規劃分配作業流程圖

頻率供應計畫主要載明我國需申請核配之電信資源，如行動通信、廣播電視及衛星通信等用途之頻率範圍及其使用現況與未來規劃，讓各界得以掌握政府頻譜整備情形。具體而言，會將該類別潛在釋出的目標頻段分為短、中、長期處理之優先處理順序：

- 短期：已建立國際標準規格、設備已可取得或預計可取得，且使用需求明確，預計將於三年內釋出或政府已展開相關整備規劃工作之頻段。
- 中期：政府將於三年內展開相關頻譜整備工作（例如：技術規格定義、與既有使用者之協調與定義清移頻方案等）之頻段。
- 長期：根據目前掌握之國際發展趨勢、設備可取得性或國內實際需求尚未明確將持續追蹤觀察並納為候選尚不會進行相關頻譜整備工作或釋出規劃之頻段。



▲ 圖 43 頻率供應計畫頻率整備規劃定義

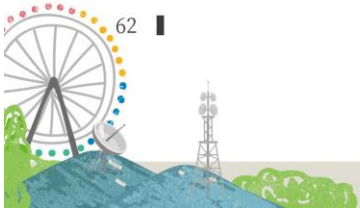
透過短、中、長期的定義與滾動式的更新，期望讓相關潛在服務提供者了解頻率供給的時程規劃，並及早進行相關技術的研發與投資。除了對於頻率的整備進程外，頻率供應計畫持續公告創新實驗網路之特定實驗頻率等內容，協助產業發展新興無線通訊技術及相關應用服務。

此外，交通部亦依「無人載具科技創新實驗條例」第 13 條第 1 項規定，協助經濟部盤點無人載具潛在使用之創新頻段， 並公告「無人載具科技創新實驗條例可供創新實驗運用之無線電頻率與其地理範圍、實驗期限及其他相關條件」，目前最新版本為 109 年 11 月公告之修正版[26]。

(二) 未來執行方向：

未來頻譜規劃單位得持續追蹤國際在頻譜規劃上的發展趨勢，同時面對技術快速變化，並更關注於產業面的發展，透過更彈性、創新與前瞻的頻譜規劃，協助我國產業掌握發展的先機，並將創新的成果回饋到國民身上。

26 交郵字第 10950142292 號



二、健全部會間橫向連結

無線電頻譜為所有通訊的最底層基礎，在其上的所有技術與應用將可能影響一個國家的總體發展，因此在進行頻譜規劃時需要頻繁與各相關部會進行溝通與協調。在國際上，美國為制定永續發展的頻譜策略，特別組成跨部會、多部門之頻譜策略任務小組 (Spectrum Strategy Task Force)，小組的主席由國家經濟委員會 (National Economic Council) 中的技術長 (Chief Technology Officer, CTO) 以及總監 (Director) 共同擔任，並集結科技政策辦公室 (Office of Science and Technology Policy, OSTP)，針對新興技術及頻譜研究提出發展之優先順序建議；經濟顧問委員會 (Council of Economic Advisers, CEA) 則由經濟與產業發展的角度切入；國家安全委員會 (National Security Council, NSC) 則基於國家安全的立場提供意見，並與美國聯邦頻譜規劃機關——隸屬於美國商務部的國家電信暨資訊署 (National Telecommunications and Information Administration, NTIA) 進行合作，共同研擬具前瞻、彈性以及永續性的頻譜戰略。

交通部期望藉由健全部會間橫向連結，在策略一所奠定的基礎上，與各部會攜手共同達到上述六項政策目標。

(一) 具體措施與推動情形：

我國在整體資通訊政策推動上由科技部主責前瞻技術的科研計畫；經濟部技術處負責通訊技術的研發、創新，並由經濟部工業局負責相關產業的推動。而交通部在進行頻譜規劃的同時會考量到我國在科研以及產業推動對於頻譜的需求與期待，除了意見諮詢以及需求蒐集外，當有需要進行跨部會協調時，將建議行政院科技會報辦公室召開跨部會協調會議進行溝通及裁示。

尤其近幾年通訊技術與整體產業變化快速，頻譜雖然是無線電通訊當中最底層的資源，但若透過妥適的頻譜規劃，切合國家整體產業推動方向，即能達到加成的效果。例如針對 4800-4900 MHz 行動寬頻專網頻段開放之議題，就頻譜規劃層面而言，交通部在規劃的初期盤點國際垂直專網專頻的規劃目的、鎖定頻譜以及使用情境等發展趨勢，並召開相關座談會議了解國內相關產業之需求與建議；而就產業推動的層面，則透過跨部會的溝通交流了解專頻專網的規劃對於我國資通訊產業推動的重要性。最終，我國在國際上垂直專網專頻尚在初期發展的階段即決議規劃專頻的政策方向，並選擇了在資通訊產業上與我國潛在具有合作機會之日本作為參考，規劃 4800-4900 MHz 作為行動寬頻專網頻段，並透過實驗先行的方式促使業者及早投入相關產品及解決方案的開發，期望除了滿足國內市場需求外，亦能將我國的產業能量輸出至海外 < 專欄 10>。

最後，透過本白皮書的草擬作業，交通部亦與相關負責科學研究及產業推動的機關進行對話，更全面性的了解在我國科學研究以及產業推動計畫在推動過程中所面臨的困難與挑戰，同時亦深刻了解頻譜在過程當中所扮演的角色。

(二) 未來執行方向：

未來頻譜規劃單位將就頻譜規劃之議題，透過圓桌會議等方式主動與相關科學研究及產業推動單位進行交流，並思考跨部會就頻譜創新議題合作的可能性。尤其面對下世代 B5G/ 6G 以及低軌衛星等新興通訊技術所延伸之需求，除了向其說明頻譜規劃的邏輯與政策，亦透過掌握各部會在執行業務期望頻譜能夠支持的部分，擬訂更全面性的頻譜政策方向。

專欄 10 相關部會於通訊、頻譜創新之推動成果

我國目前在資通訊領域推動的分工上，大致上由科技部針對下世代、未來十年的關鍵且前瞻之科技，引導相關學研界進行技術的研發；由經濟部針對技術較為成熟的產品與應用，透過示範案或是補助計畫的方式，並藉由服務驗證進而達到產業推動的成效。而目前相關部會在推動上已有相當亮眼的成果，並展現在本文當中針對各項政策目標所論述的數據表現上。而面對下世代的通訊技術與各項新興應用的發展，在我國相關資通訊與數位國家政策，包含在本文前述當中所盤點的智慧國家方案、前瞻基礎建設計畫、臺灣 5G 行動計畫等，以及其他包含六大核心戰略產業、5+2 產業創新計劃、亞洲．矽谷等計畫的支持下，相關部會正積極投入相關的技術研發與服務的驗證，而這些實驗過程當中將可能產生對頻譜使用的需求，亦意味著這些新興技術與服務未來潛在使用的頻段。

在技術研發方面，主要針對 B5G、6G 以及衛星通訊等新興通訊技術，引導我國產學研界投入相關技術的研發。其中以科技部工程司為例，積極推動下世代通訊系統關鍵技術之研發，並持續針對我國引以為傲之半導體以及晶片設計分別提出「次世代化合物半導體前瞻研發專案計畫」及「關鍵新興晶片設計研發專案計畫」；經濟部技術處亦針對 B5G 以及低軌衛星的發展，提出包含小基站、零組件以及核心網路等通訊設備端的研發計畫。上述計畫期望在新興通訊技術的演進過程當中找到發展先機，並透過我國在晶片、半導體等關鍵技術，以及網通硬體設備製造的既有能量，持續強化相關產學研界之優勢。而上述的計畫主要針對 B5G、6G 以及衛星通訊領域進行研究開發，因此在頻譜的使用上主要以毫米波，甚至 100 GHz-300 GHz 之間頻段為主。

上位政策	計畫名稱	概要	使用頻段與用途
科技部工程司			
數位國家．創新經濟發展方案	下世代通訊系統關鍵技術研發專案計畫	為鏈結學界及業界之研究量能，針對 B5G/ 6G 的前瞻及關鍵技術進行研發	• 目前主要使用 ISM(industrial, scientific and medical) band 進行實驗。 • 未來潛在使用 6-8 GHz、26.5-29.5GHz 與 Sub-THz/THz
六大核心戰略產業推動方案、5+2 產業創新	次世代化合物半導體前瞻研發專案計畫	因應新興市場之電動車、B5G/6G 及衛星通訊等應用，結合國內矽基半導體和光電產業基礎，本計畫將推動下一個十年所需的元件與系統應用布局，擴展次世代化合物半導體領域	未來潛在使用 140 GHz、240 GHz 以及 252-325 GHz
六大核心戰略產業推動方案、5+2 產業創新	關鍵新興晶片設計研發專案計畫	將推動下世代所需新興晶片設計的關鍵技術佈局，探索創新的研究方法。推動重點為包含下世代運算、6G 通訊晶片、晶片設計環境	未來潛在使用 100GHz-300GHz
經濟部技術處			
臺灣 5G 行動計畫	B5G 前瞻系統關鍵技術開發計畫	開發 5G 小基站通訊系統關鍵元件與次系統技術，及組網所需之服務導向網路管理技術，建立 5G 通訊核心技術能量	使用 1.8GHz、4.8-4.9GHz、28GHz、39GHz 等，於工研院 5G 實驗網進行小基站系統研發與測試
智慧國家方案	B5G 低軌衛星 - 地面設備與產業推動	開發具競爭力之衛星通訊地面設備零組件及 LEO 衛星網路維運管理與應用服務，加速我國低軌衛星產業發展	使用 18GHz、28GHz 研發 LEO 衛星地面通訊用戶終端系統

▲圖 44 相關部會於通訊、頻譜創新技術研發之成果
資料來源：各部會提供資料彙整

而除了新興通訊技術的研發外，經濟部亦負責針對創新的應用服務於實際場域中進行驗證與示範案之建立，除了透過實證實驗引導產業界投入相關服務的開發外，亦得以讓更多相關使用者了解科技對生活、工作環境所帶來的改變，增進供、需兩端對於創新應用服務之認知。近期經濟部專注於5G應用與行動寬頻專網的解決方案之開發與驗證。其中，經濟部技術處以 5G 行動寬頻專網系統驗證為主，積極整合國內廠商產品開發能量，共同發展使用於 4800-4900 MHz 頻段之 5G 行動寬頻專網系統，並陸續在全國各地的製造、展演、醫療等等場域當進行實驗。此外，經濟部工業局則以 5G 應用為主體，除了在「智慧城鄉生活應用補助計畫」的基礎上，鼓勵業者探索參與 5G 垂直應用方案開發，同時亦透過 5G 示範應用之推動，輔導產業運用 5G 進行產業的加值與轉型，近期的成果包含促進我國與日本之間就 5G 行動寬頻專網解決方案議題進行合作，並於實際場域當中驗證 5G 智慧製造輔助系統，並利用 3.7-3.8 GHz 在工廠當中驗證「5G 虛實供料物流整合」、「5G 智慧生產即時應變平臺」與「5G 產線自動化智慧工廠」等智慧工廠之解決方案，亦積極推動文化展演相關應用。

上位政策	計畫名稱	概要	使用頻段與用途
經濟部技術處			
臺灣 5G 行動計畫	5G+ 系統暨應用淬鍊計畫	整合國內廠商產品開發能量，共同發展自主 5G 企業專網系統，並於智慧工廠、智慧醫院、智慧場館等 5G 應用測試場域淬鍊自主 5G 企業專網系統	• 已於國家劇院實驗劇場、台中智慧製造試營運場域、三軍總醫院新生兒房等實證場域，使用 4.8-4.9GHz 驗證 5G 企業專網解決方案。 • 規劃於台中智慧製造試營運場域，佈署 28GHz 專網系統進行 5G 應用驗證，於高雄電競館場域使用 4.8-4.9GHz 佈署 5G 專網，淬鍊 5GMR 無人機對戰電競應用
前瞻基礎建設計畫	文化科技 5G 創新垂直應用場域建構及營運計畫	結合具指標性場域，運用國產自主 5G 專網系統，加速展演方案研發轉型與營運示範，建構台灣文化科技原創內容產製生態鏈	• 規劃於國家兩廳院實驗劇場、藝文廣場使用 4.8-4.9GHz、28GHz 佈署 5G 專網及 5G 表演藝術創新應用服務。 • 規劃於高雄展覽館使用 3.5GHz、4.8-4.9GHz、28GHz 佈署 5G 專網及 5G 科技會展創新應用服務
經濟部工業局			
臺灣 5G 行動計畫、六大核心戰略產業推動方案	5G+ 產業生態鏈推動計畫	透過 5G 示範應用推動，輔導產業運用 5G 加值轉型	已於台南市龍崎企業工廠中，由台灣松下電器、雲達科技等共同進行實證實驗，建置使用 4.8-4.9GHz 頻段之 5G 專網智慧製造輔助系統
前瞻基礎建設計畫、數位國家・創新經濟發展方案、六大核心戰略產業推動方案	智慧城鄉生活應用發展計畫	在「智慧城鄉生活應用補助計畫」基礎上，鼓勵業者探索參與 5G 垂直應用方案開發	使用 3.7-3.8GHz 驗證 5G 應用服務： • 已在砂格、瀚荃與英業達場域中分別進行「5G 虛實供料物流整合」、「5G 智慧生產即時應變平台」與「5G 產線自動化智慧工廠」等場域試驗計畫 • 台灣固網與台灣大哥大、優視媒體執行「5G 智慧運動棒球場開發計畫」；三立電視推動「三立 5G GO 影視娛樂大躍進」

▲圖 45 相關**部會於通訊、頻譜創新服務驗證之成果**

資料來源：各部會提供資料彙整

此外，經濟部工業局亦站在促進產業發展的立場，建置相關測試平臺供我國廠商進行使用，期望透過由政府整備相關所需之頻譜與通訊環境，降低業者在開發初期所投入之成本與研發門檻。目前建置之測試平臺包含 5G 開放網路驗測平臺，提供產業進行開放網路架構之通訊技術功能效能互通驗測與展示，並可作為第三方廠商設備介接測試之基礎網路；5G 應用實證平臺則以應用角度出發，營造 5G 應用實證平臺，集結國內網通廠、應用服務、與新創團隊，提供發展 5G 創新應用之驗證環境。最後，亦針對異質網路整合的議題，建立異質網路通訊技術整合驗測平臺，協助臺灣網通業者降低跨入商用 Wi-Fi AP 及 controller 市場之門檻。

上位政策	計畫名稱	概要	使用頻段與用途
經濟部工業局			
臺灣 5G 行動計畫、六大核心戰略產業推動方案	5G+ 產業生態鏈推動計畫	5G 開放網路驗測平台：設置開放網路架構之端到端網路環境，提供產業進行開放網路架構之通訊技術功能效能互通驗測與展示，並可作為第三方廠商設備介接測試之基礎網路	已申請包括 2.36GHz-2.38GHz 及 3.7GHz-3.8GHz 等實驗頻段建置 5G 開放網路驗測平台
		5G 應用實證：從應用角度出發，營造 5G 應用實證平台，集結國內網通廠、應用服務、與新創團隊，提供發展 5G 創新應用之驗證環境	規劃採用 4.8-4.9GHz 建置 5G 應用實證環境，供廠商進行 5G 專網應用驗證
亞洲．矽谷	數位寬頻創新應用產業發展計畫	異質網路整合驗證，建立異質網路通訊技術整合驗測平台，協助台灣網通業者降低跨入商用 Wi-Fi AP 及 controller 市場之門檻	使用 Wi-Fi 2.4GHz、5GHz 的非授權頻段用於異質網路整合驗證

▲圖 46 相關部會於通訊、頻譜創新過程中測試平臺之建立
資料來源：各部會提供資料彙整

三、掌握總體頻譜供需狀況

頻譜為稀少且有限的國家資源，在進行國家資源分配時，需要隨時掌握現在與未來需求，以及供給端的能量。由於我國的頻譜屬於國家統一規劃管理之資源，因此較容易掌握供給端的現況，然對於頻譜之需求之探討則需不斷與潛在使用者進行交流與討論。日本總務省每年定期實施頻譜利用狀況之調查與評價，透過發送問卷予頻譜使用者，調查現有系統的使用現況以及是否有其他技術或頻段可以替代，藉此讓總務省可以掌握頻率使用現況，進而進行供需之間的調整。此外，總務省於「數位變革時代的電波政策懇談會」中，也透過定義無線電之未來使用圖像，設定其於 2025 至 2030 年間之頻寬釋出之目標，以確保無線電頻率之供給得以支持新興應用。

交通部期望藉由掌握總體頻譜供需狀況，實現政策目標一「持續增進國民無線通訊的可及性」、政策目標二「提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇」、政策目標三「創造健全電信市場競爭環境」以及政策目標四「促進跨域創新合作機會」。

(一) 具體措施與推動情形：

交通部作為頻譜規劃的主管機關，持續掌握新興通訊技術對於頻譜之需求，並關注國際標竿國家之頻譜政策與規劃趨勢。交通部曾委託臺灣野村總研諮詢顧問公司於 105 年度 「頻譜供應規劃與政策規範研究」研究報告當中，利用 ITU M.2290 模型並根據我國國情設定五項在地化參數，推估我國 2020 年商用頻譜需求達 1,625 MHz。然因模型當中其中一項參數為無線電接取技術群 (Radio Access Technology Group, RATP)，當中定義了 RATG1 至 RATG4 四項技術群，分別為 IMT-2000 與以前的蜂巢系統 (Cellar System)（主要為 2G 及 3G）、IMT-Advanced（主要為 5G）、無線 LAN、數位廣播 (Mulitcast)，缺少 5G 及未來技術之技術，因此較難作為推估 2020(109) 年後之頻譜需求之依據。為此，近年來交通部持續透過座談會的方式定期掌握國內使用者的使用現況與未來需求。

針對公部門的頻譜需求與供給，交通部於今 (110) 年 5 月召開「我國政府專用頻譜使用現況與需求探討」座談會，邀請具有專用頻譜需求的政府部門，共同就專用頻譜使用的課題與需求進行交流。在公部門的頻譜規劃議題上，就頻譜規劃單位而言為一大課題，主因為各領域別（例如鐵道、港務、航空、氣象等）使用單位所使用的通訊技術複雜且多元，且各自有其產業生態系以及國際標準需要遵循，規劃單位較難掌握全體之需求。而就這些使用單位而言，系統的使用與導入強調穩定且長久的使用，因此在規劃面需要縝密且完整的評估；然各單位對於電信、通訊技術掌握的程度不一，加上過去對於政府在頻譜規劃、申請上的程序較不熟悉，因此較難提出長期且符合需求的最佳頻譜選項與規劃。此外，目前各公部門所使用的系統當中，導入至今已歷經數十年之系統不下少數，甚至仍有部分使用傳統類比技術，伴隨著技術的發展以及數位轉型之需求，轉移到新技術或是寬頻系統近期重要之發展趨勢。為此，在此研討會上除了與各機關交流新興通訊技術的演進，並掌握各機關現有使用的通訊技術、頻段與未來需求，亦藉此機會說明政府在專用頻譜規劃的程序與能夠協助的地方，後續亦將持續與需求單位保持交流之管道，期望未來能夠更有效地提供各機關所需的頻譜選項。

針對商用頻譜之部分，雖我國方於去 (109) 年完成第一次的 5G 頻譜釋出作業，交通部亦持續與各界保持溝通與交流的管道，並於今年 8 月召開「我國頻譜政策暨下階段行動寬頻頻譜需求探討」座談會，會中針對下階段行動寬頻，特別為第二波 5G 頻譜於 sub-6GHz 及 above-6GHz 所需之頻寬與目標頻段進行討論。此外針對 B5G/ 6G 技術應用趨勢與相關頻率規劃議題，於今年 6 月舉辦「B5G/ 6G 通訊技術與應用趨勢前瞻」座談會，探討 B5G/ 6G 關鍵技術趨勢與我國前瞻研發、產業佈局建議；7 月舉辦「B5G/ 6G 技術 / 應用之頻譜需求趨勢與我國頻譜整備方向」座談會，就 WRC-23 IMT 頻段中對於未來我國頻率規劃與和諧使用重要性較高之議題，以及我國未來 IMT 頻率開放與整備建議進行討論。

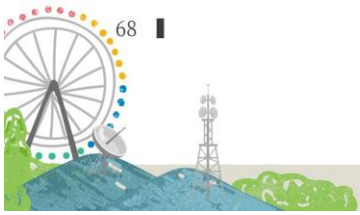
此外，針對 B5G 低軌衛星頻率資源整備之議題，亦分別於今年 6 月與 8 月舉辦「低軌衛星服務之頻率需求及頻譜資源規劃」與「衛星通訊頻率資源規劃及與地面通訊和諧共用」座談會，針對我國衛星通信開放頻段、頻寬、使用條件、業務範疇頻率與既有服務和諧使用作法等議題進行討論。另亦針對 B5G 低軌衛星通訊發展環境整備議題舉辦「B5G 低軌衛星通訊對我國產業之機會與挑戰」座談會，針對低軌衛星通訊網路服務對我國電信市場之影響、商機，以及低軌衛星業者之創新加值服務機會或新商業模式進行探討。而低軌衛星的發展過程中強調國際的頻率申請的機制，因此就 B5G 低軌衛星國際頻率申請與協調議題，已分別已於 6 月與 8 月舉辦「我國 B5G 衛星頻譜申請方式與協調機制探討」與「我國 B5G 衛星通訊頻譜申請可行性研析」座談會，收集相關產官學研相關經驗與建議回饋。同時，除了透過會議的資訊收集外，會後的相關決議亦透過頻率供應計畫以及頻率分配表的草案諮詢作業與各界進行溝通。

最後，針對免執照頻譜之需求，交通部關注於國內對於 6 GHz 免執照頻譜的開放議題，並以透過多次的公開諮詢文件與各界進行意見收集，確切掌握我國相關產業對於 6 GHz 免執照議題開放之看法與需求。

(二) 未來執行方向：

未來頻譜規劃單位可延續目前的方式，透過公眾諮詢與會議的舉辦，持續與相關產官學研界與需求者進行現況及需求的討論。此外，應建立政策分析的相關工具，得以用較量化的方式分析現況與預測未來，用數據之持決策。例如透過資料庫之建立透明化頻譜使用現況，並得以定期檢討頻譜使用效率；抑或是藉由預測模型之建立，量化頻譜需求及頻譜價值等指標。

最後延續今年的推動成果，針對公部門專用頻譜需求之課題亦是未來在頻譜規劃上的重點工作，頻譜規劃單位可更積極地透過釐清新技術與應用的方向，達到對公部門電信、通訊相關的使用者達到增能 (empower) 的效果，進行加速政府數位轉型的過程。



四、優化創新實驗進行流程

創新的演進的歷程需要投入大量資金與人力成本，亦可能面臨未能符合當下法規限制之課題，然創新的過程為刺激產業發展的重要關鍵。因此可觀察到國際上許多國家為鼓勵相關產學研界投入創新以掌握產業發展的先機，積極藉由沙盒 (sandbox) 或是補助的機制，降低實驗進行的門檻並提升投入創新之誘因。當中，日本總務省提出「特定實驗試驗基地臺制度」，透過事前公告可實驗的頻率、地點、功率限制等規劃，供已完成事前無線設備檢驗的單位可快速取得實驗基地臺建置之執照，以促使技術與服務的開發，進而加速產業發展。此外，面對未來頻譜使用將往 100 GHz 以上頻段發展，先進國家已投入相關頻段的開發，美國為鼓勵無線通訊技術之創新並奠立美國於 B5G 議題上之優勢，聯邦通信委員會 (Federal Communications Commission, FCC) 分別針對 95 GHz-3 THz 以及 116-123/ 174.8-182/ 185-190/ 244-246 GHz 等頻段提出供新型態實驗頻譜或免執照營運之執照申請方式[27]。

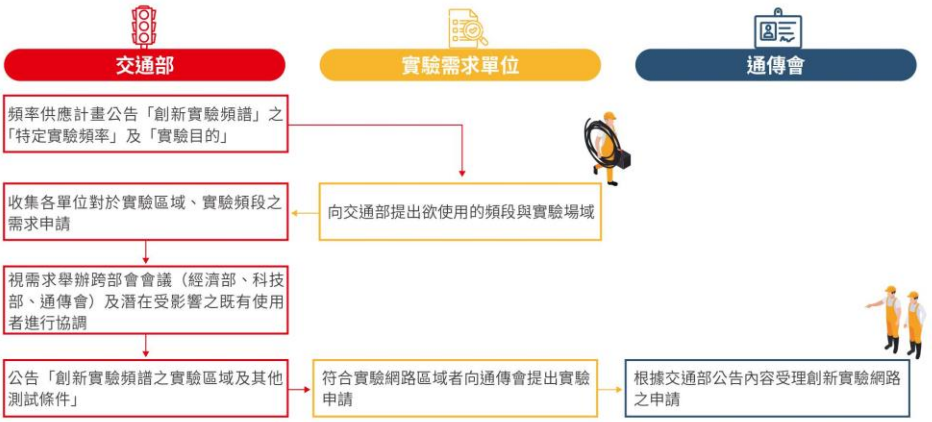
交通部期望藉由優化創新實驗進行流程，實現政策目標二「提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇」、政策目標四「促進跨域創新合作機會」、政策目標六「關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境」。

(一) 具體措施與推動情形：

目前針對實驗網路進行的方式主要分為兩種模式，其一為「一般實驗網路」，須依據電信相關法令向國家通訊傳播委員會提出實驗網路之申請。而為鼓勵電信網路研究發展，實驗網路之使用頻段及使用地區並無加以限制，惟該網路尚須與實驗區域之頻段既有使用者進行協調確認無干擾之疑慮後，始能指配頻率、取得執照及進行其實驗。

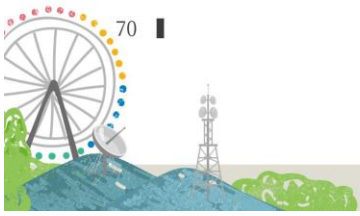
自 107 年起交通部為善用頻譜資源，引領資通訊產業創新發展，提出「創新實驗網路」之機制，藉由盤點 5G 及其他未來可能進行之技術標準或應用服務等創新實驗需求頻譜，並彙整經濟部 / 科技部於資通訊產業發展推動及新興技術研發與標準訂定之目標需求、國家通訊傳播委員會提出之實驗網路管理相關建議、地方政府之應用情境需求等潛在實驗頻段，針對這些需求事先盤點我國暫無釋出可能之頻率，主動於頻率供應計畫中公告作為可供「創新實驗網路」使用之「特定實驗頻率」，並臚列該頻段之實驗目的。待供應計畫公告後，對於學術教育、研究機構及各項產業等實驗需求單位，若符合計畫中所公告之特定實驗頻譜及其相關條件，即可向交通部提出欲實驗之頻段、目的及場域，並經跨部會協調程序，而後交通部會另行公告「創新實驗頻譜之實驗區域及其他測試條件」，符合實驗網路區域者可向國家通訊傳播委員會提出實驗申請，得享有「簡化專區進行實驗之管理機制，加速申設作業規定等」及「從事新商業模式之商業驗證 (Proof of Business，PoB)」等服務。

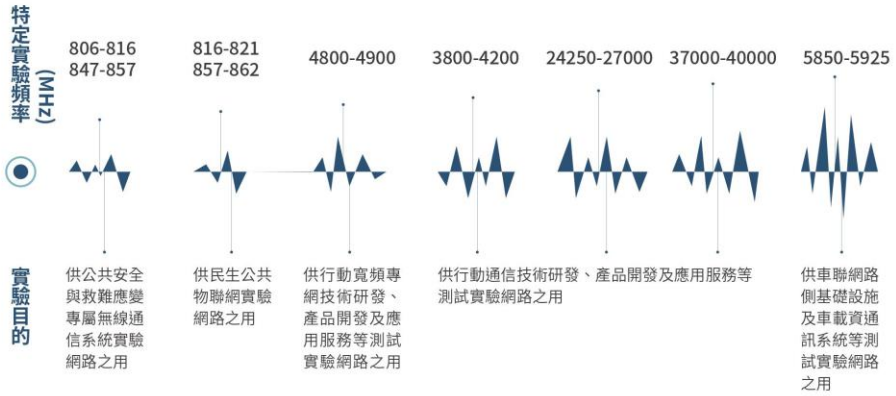
27 FCC, Spectrum Horizons First Report and Order (2019)



▲ 圖 47 創新實驗網路之特定實驗頻率公告申請流程

創新實驗網路之公告除期望透過程序的簡化加速實驗外，更重要的目的是為將這些實驗的成果能夠回饋到頻譜規劃面上。如同上述，創新實驗網路實驗除了是近期熱門及未來可能的技術標準或應用服務外，更隱含了政府在施政上重點推動的項目。然面對這些新技術與應用模式在發展尚存在許多不確定性，包含頻段的選擇、技術及應用的可行性、執照釋出的方式、商業模式等，因此就頻譜規劃在有效使用及長期規劃的考量上，並無法貿然地進行頻率的分配。為此，交通部期望透過先期的實驗讓相關服務提供者驗證可行性外，亦得使相關的利害關係人，包含政府機關、未來潛在使用者以及潛在服務提供者等預先看見實驗成果，了解未來能夠如何使用，如此在後續頻率正式分配後，才會有潛在使用者願意申請使用，以增進頻率的使用效率。目前公告的特定實驗頻率與實驗目的如下表，其中包含技術標準別的行動通信與低軌道衛星通信系統，以及偏應用面服務開發及商業模式驗證之公共安全與救難應變專屬無線通信系統、民生公共物聯網、車聯網路側基礎設施及車載資通訊系統等實驗目的。





▲ 圖 48 創新實驗網路之特定實驗頻率

(二) 未來執行方向：

創新實驗網路的機制自 107 年執行至今，亦陸續收到相關測試單位的正向回饋，未來頻譜規劃單位得持續秉持鼓勵創新的精神精進創新實驗網路進行之機制，支持相關單位在技術準備度水準 (Technology Readiness Level, TRL) < 專欄 11> 各階段中所需的頻譜資源，加速新興技術研發、新產品開發及商品化之時程。同時將視國際發展及國內需求滾動式進行創新實驗頻譜相關資訊之修正作業，並透過說明會以及相關單位的交流訪談，讓更多與創新實驗相關的利害關係人了解創新實驗的精神與方式，藉以鼓勵各界的申請。

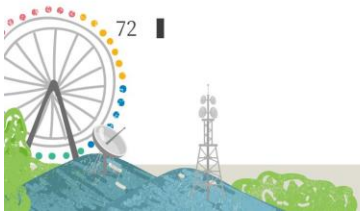
專欄 11 技術準備度水準

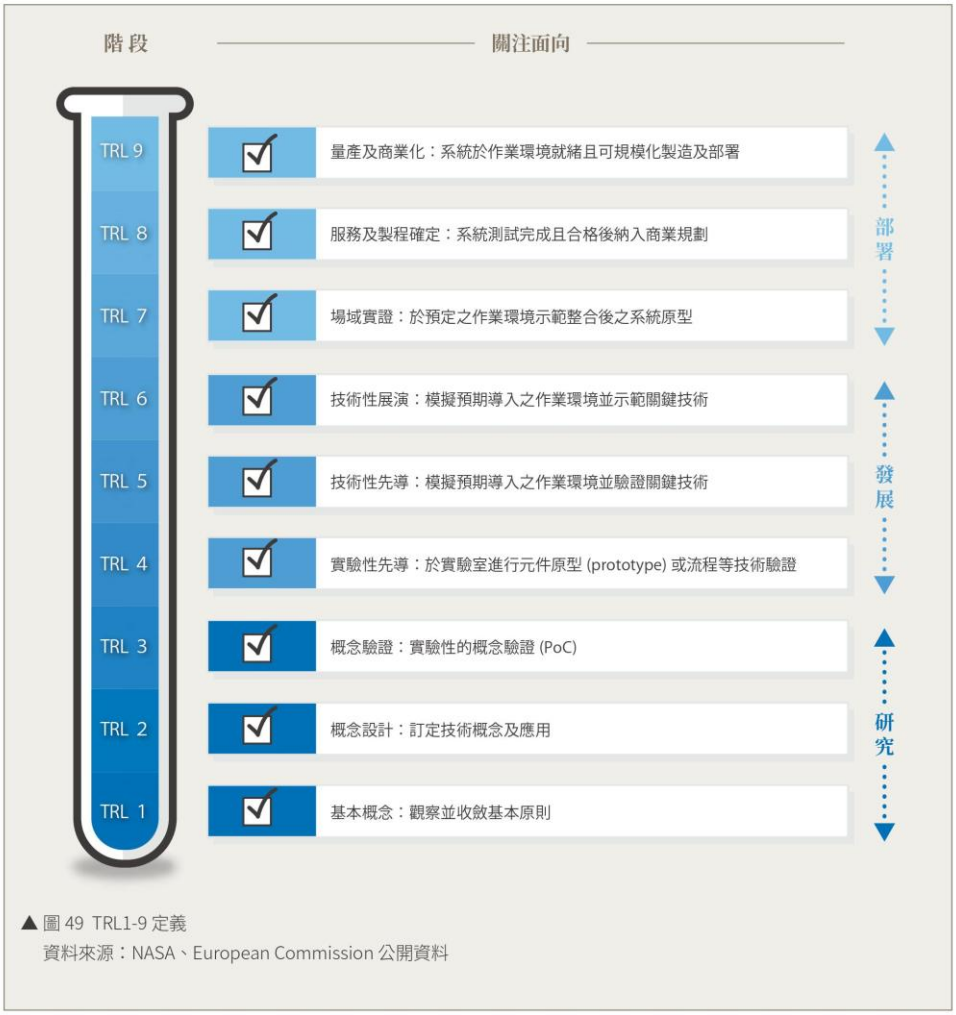
技術準備度水準 (Technology Readiness Levels, TRLs) 為美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 於 1970 年代提出、於 1989 年正式發布的技術成熟度之評估方法，亦被美國國防部 (US Department of Defense, DoD) 及歐盟執委會 (European Commission) 採用，並衍伸出大同小異之定義，以解釋不同領域新進技術之研發過程。雖然不同技術具有迥異的研發及產品生命週期 (Product Life Cycle, PLC)，然大抵而言皆須經過初期研究、中期發展及長期之商業化及部署，故於許多領域中皆有 TRLs 方法之導入實例，例如：資通訊、再生能源、生物醫藥等產業。同時，其解釋範圍亦不僅侷限於硬體製造之材料、零件及設備，於軟體之開發亦有雷同之發展軌跡。

TRLs 為一系統化之衡量指標，藉由 9 個等級描述技術由概念草創期 (TRL 1) 至商業化之成熟期 (TRL 9) 間各階段之重點及任務：

- TRL 1：藉由現象之觀察，掌握並釐清新概念背後之科學原理。
- TRL 2：定義並設計新概念之潛在應用，確立其科學原理及研究計畫之理論基礎。
- TRL 3：透過概念驗證 (Proof of Concept, PoC) 分析並證明關鍵技術之物理、化學或生物特性，以確認新概念之構想及可行性。
- TRL 4：基於可行性研究之成果將新概念之元素整合進元件原型或流程中，並於實驗室尺度進行前述要素之先導驗證。
- TRL 5：關鍵技術之元件、系統或模組於模擬實際場域之環境中進行要素之先導驗證 (pilot)，以提高技術可信度。
- TRL 6：將具有代表性及發展潛力之技術原型於模擬實際場域之環境中進行實證示範，為展演技術可信度之主要階段。
- TRL 7：藉實驗室測試而修正之系統原型於實際場域內進行操作端之驗證與試量產，以展演整合後之成果。
- TRL 8：透過先導驗證與製程定義之成果確認技術穩定度及商化價值是否合格，並將往後系統工程、生產及研發管理之走向納入事業發展之規劃。
- TRL 9：技術及系統成品準備就緒，可於實際場域中運用、量產、商化及大規模部署。

其中，針對新技術之概念發想及研究行為可歸類為「研究 (Research)」階段，涵蓋 TRL 1-3。於收斂完畢新技術之關鍵功能後所進行之原型 (prototype) 發展及驗證、系統修正及改善等行為，則為「發展 (Development)」階段，涵蓋 TRL 4-6。最後則是於技術雛型穩定後透過實際之場域實證及展演取得實績，並將研發所取得之系統及解決方案成果納入商業規劃，以大規模生產及商化之「部署 (Deployment)」階段，涵蓋 TRL 7-9。





▲圖 49 TRL1-9 定義
資料來源：NASA、European Commission 公開資料

五、擬定多元頻譜釋出方式

人民的日常生活當中圍繞著許多無線電相關服務與應用，當中有些是由私部門所提供之服務，例如：廣電與行動通訊；有些則是公部門為維持國民生活安全與便利性所提供之直接或間接之應用，例如：國家安全、交通運輸等。這些服務與應用都需要頻譜資源來支持，然考量到專業特殊性、服務的普及性與產業發展等各面向，應提供多元的頻譜釋出方式。尤其面對未來數位轉型，將會有越來越多單位產生頻譜的需求等待被滿足。以英國為例，英國通訊管理局 (Office of Communications, Ofcom) 其提出的頻譜政策目標即包含透過同時釋出符合區域 (local) 以及全國 (national) 性服務之執照，藉此符合來自不同地區、領域之各類團體之特別通訊需求[28]。此外，加拿大的頻譜政策中亦強調其將確保頻譜釋出之效益得以同時擴散到農村和城市中，具體來說則將為區域性營運商提供頻譜，並為新興之 5G 應用及服務思考多種許可方式[29]。

交通部期望透過研擬多元頻譜釋出方式，實現政策目標一「持續增進國民無線通訊的可及性」、政策目標二「提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇」、政策目標三「創造健全電信市場競爭環境」政策目標四「促進跨域創新合作機會」。

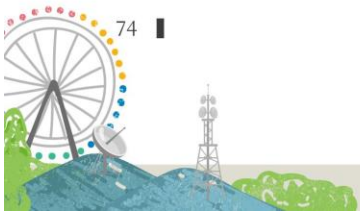
(一) 具體措施與推動情形：

我國的無線電頻譜釋出方式主要分為專用電信頻譜、商用頻譜以及免執照頻譜三大類別，以滿足不同使用者對於頻譜資源之需求。

專用電信頻譜佔了我國頻譜釋出總量百分之六十以上的頻寬，供公、私部門進行特殊目的之通訊、太空 / 科學探測、雷達感測等用途使用，係依據其通訊系統需求分布在個別頻率範圍中，並考量使用情況具有公共敏感性及高品質需求等性質，故特別規劃頻段僅供單一業務使用。亦因專用電信頻譜之使用具有排他性，故在規劃時須考量其必要性，同時可於核配時加入申設者之應盡義務。

隨著無線通訊技術演進，以及寬頻服務與物聯網需求之發展，如同在策略三當中所提及的，專用電信將面臨全新的應用型態，如寬頻化、智慧化等。交通部於 107 年 7 月修訂頻率分配表，將 839-847 MHz 分配作為民生公用事業之智慧型讀表系統使用，同時保留 800 MHz 部分頻段作為政府專用電信網路使用，初步提供包括公共安全與救難應變專屬無線通訊系統 (Public Protection and Disaster Relief，PPDR) 建置及民生公用事業等用途。

28 Ofcom, Supporting the UK’s Wireless Future- Our Spectrum Management Strategy for the 2020s (2020)
29 ISED, Spectrum Outlook 2018-2022 (2018)



而除了公部門使用的專用頻譜需求外，私部門專用頻率需求中近期以垂直場域專頻為主要規劃項目，交通部於去 (109) 年 2 月修訂頻率分配表[30]，將 4800-4900 MHz 規劃作為行動寬頻專網頻段，並備註「4800-4900 供行動寬頻專網於不得干擾合法通信且須忍受合法通信干擾之條件下使用；另依行政院 108 年 12 月 5 日第 3679 次院會決議，自即日起供各界申請進行場域實驗，並於 110 年至 111 年間擇期開放執照申請」。

商用頻譜主要為需要核配之電信資源，用於包含廣播電視、行動通信以及衛星通信等服務。目前廣播電視所使用的頻率較為穩定，已釋出 0.5265-1.6065 MHz 供調幅廣播電臺 (Amplitude Modulation, AM) 使用；88-108 MHz 供調頻廣播電臺 (Frequency Modulation, FM) 使用；210-216、219-223 MHz 供數位廣播使用，以及 530-536、542-548、554-560、566-572、578-584、590-596 MHz 供無線電視使用。

行動通信目前釋出頻段包含 703-748/ 758-803、885-915/ 930-960、1710-1775/ 1805-1870、1920-1980/ 2110-2170、2500-2690、3300-3570、27900-29500 MHz，總釋出頻寬達 2,460 MHz。其中 3300-3570、27900-29500 MHz 為我國第一波 5G 釋出之頻譜，現階段交通部亦透過國內外發展趨勢與需求的掌握，在頻率供應計畫當中臚列未來潛在釋出頻段及其處理的優先順序，進行滾動式的檢討。同時，並將當中於國際 5G 發展上較熱門之頻段列為創新實驗網路中的特定實驗頻率，供相關產官學研界進行技術的開發與服務的驗證。

衛星通信已釋出 3610-4200 MHz 供衛星廣播電視使用，針對未來衛星通信的頻譜規劃，已於今年 6 月進行無線電頻率供應計畫修正草案第一次預告[31]，廣蒐各界專家與關聯公私部門之意見，並研析第一次預告意見後進行相關內容調整，於 110 年 8 月進行第二次修正草案預告[32]，於頻率供應計畫當中規劃 10700-12700、14000-14500、17700-20200、27500-30000 MHz 為第一階段衛星通信頻段，並增加實驗頻段之規劃，提供衛星通信相關發展使用；同時於頻率分配表中之 11.7 GHz-12.2 GHz 頻段區間內，修正第三區域無線電規則及我國頻段業務分配等內容。

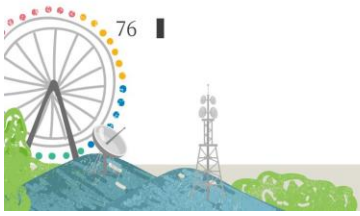
最後，免執照頻譜主要供不特定多數人和諧使用，如無線區域網路等，因其僅需符合相關技術規範即可自行設置，不須申請核准，且免頻率使用費及執照費，被視為門檻較低的無線電通訊系統，也因此對於服務普及而言是一大助力。而免執照頻譜除了獨立設置的選項外，亦可藉由授權輔助接取 (Licensed Assisted Access, LAA) 等技術與執照頻段 (licensed band) 進行整合，協助卸載 (offload) 行動網路流量，以彌補現有執照頻段的不足，進而增進數據傳輸效率。目前交通部已釋出包含 (2400-2483.5、5150-5250、5250-5350、5470-5725、5725-5825、55000-66000 MHz) 等頻段。然鑑於既有免執照頻段在使用上日漸壅塞，國際上開始針對 6 GHz 用於免執照頻譜開放之議題進行討論，交通部近期亦針對 6 GHz (5925-6425 MHz) 免執照頻譜開放議題進行相關公開諮詢及意見交流。

30 交郵字第 1095001425 號
31 交郵字第 11050073671 號
32 交郵字第 11050099241 號

除了上述頻段外，由於物聯網技術近年快速發展，除小範圍區域網路外，各國亦積極布建大範圍覆蓋之廣域網路。我國已完成開放 920 MHz-925 MHz 頻段供低功率物聯網使用，期望帶動 LoRa 與 Sigfox 等新興低功率物聯網之布建，發展相關智慧城市相關應用。

(二) 未來執行方向：

未來頻譜規劃單位得接續策略三對於總體頻率供需狀況的掌握之工作，並將策略四的實驗成果作為頻譜規劃的參考依據，以擬定適合的頻譜釋出方式。在商用頻譜方面，將重點放在持續掌握 5G 以及衛星通訊等新興技術對於頻譜之需求；在專用頻譜方面，則觀察國際專用電信相關創新應用導入情況及現有通訊技術升級情形，並配合國家政策辦理規劃作業，就政府未來所提供之創新應用服務規劃專用電信使用頻譜，並藉此帶動民生、經濟、交通、安全及災害防救等領域之整體數位基礎建設發展，以增進社會福祉；針對免執照頻譜之政策規劃，持續觀察全球主要國家在相關頻率採用之新興無線通訊技術或開放之創新應用並定期與國內產業各界就研發設計中或即將量產之設備商品，以啟動國內頻譜規劃作業。



伍、結語

頻譜為稀少且有限的國家公共資源，而頻譜政策在國家整體資通訊領域的發展當中扮演最底層基礎之重要角色，深刻影響著國民生活與產業的發展。

在前述的章節內容當中多次強調未來除了要面臨通訊技術、網路架構以及應用需求的快速轉變外，在這些轉變的交互影響下，將大幅度地改變整體商業模式與產業環境，進而衝擊在電信議題上頻譜規劃以及監管的思維。舉例而言，觀察近期 3GPP 之動向，發現其未來傾向針對垂直應用訂定通訊技術標準，因此在標準確定之後網路層的建置模式就相對多元與彈性，在頻譜規劃面上將不侷限於規劃特定的商用、專用或免執照頻段。同時，因共享機制與技術的成熟，在頻譜整備上未來可能不會採用至今為止的作法，即釋出足夠頻寬供各家電信運營商都能取得一定使用頻寬，而是在監管上給予大家更多彈性使用的空間，促進彼此間的競爭與合作，創造產業的多元性。

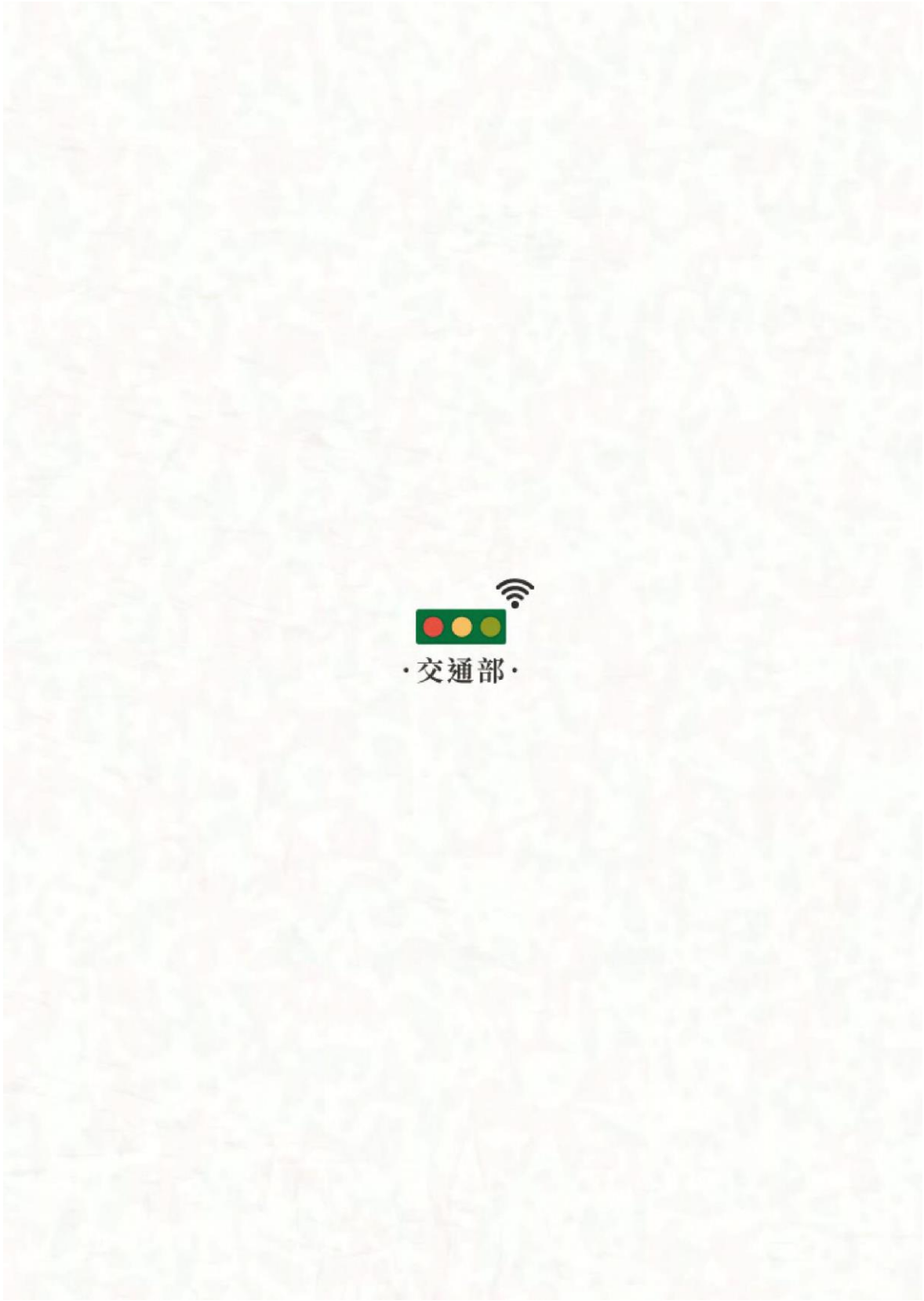
此外，客製化的網路將成為市場制勝的關鍵，其中異質網路以及網路切片亦是未來要關注的重要技術，給予服務提供者更多服務供給上的彈性，然相對增加頻譜規劃與管理上的複雜度。最後仍要強調，頻譜的使用除產業面的需求外，更重要的是國家安全與國民福利的實現，尤其面對氣候變遷、人口老化以及勞動力減少等社會環境的改變，科技被予以更重要的角色，各國皆期望透過智慧應用的導入協助整體社會秩序與安全的維護。

面對上述種種變動趨勢，對頻譜規劃單位而言，需要隨時掌握整體脈動，以及具備更前瞻的思維，才能夠即時回應各界對於頻譜的需求。為此，交通部期望透過本白皮書的擬定，更全面性的盤點整體區域以及國家發展方向，並回顧交通部近年來的重要推動措施，展望未來。

本白皮書的擬定過程中，不僅參考各國頻譜政策方向，彙整整體資通訊領域的發展趨勢，並詳細盤點我國的政策發展方向和各部會對於頻譜政策的期待，透過多次的交流座談會蒐集相關產官學研界對於頻譜的需求，最終定義我國頻譜政策的願景為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」。在此願景之下，針對「保障並優化國民生活」與「促進產業發展」訂定六大政策目標，就各項政策目標的重要性、我國的現況與未來重要發展趨勢進行分析，並說明頻譜規劃如何支持該項政策目標的達成。

最後提出五項推動策略，其亦代表著未來頻譜規劃單位之關鍵工作方向，包含：完善頻譜相關政策工具、健全部會間橫向連結、掌握總體頻譜供需狀況、優化創新實驗進行流程以及擬定多元頻譜釋出方式，期望透過借鏡先進國家的標竿作法，利用我國在頻譜規劃上的政策工具，在執行與推動的基礎上持續精進頻譜規劃工作，以達到政策目標並實現政策願景。

依據本白皮書所闡述的推動方向，頻譜規劃機關得適時檢討並滾動式修正更新相關重要議題與發展策略，期望能夠確實地透過無線電頻譜規劃，協助各部會進行資通訊領域相關科學研究與產業發展之推動，進而達成福國利民的最終目標。


·交通部·

附件二、座談會會議記錄

第一場座談會—「我國政府專用頻譜使用現況與未來需求」座談會

時日	2021 年 4 月 28 日（三）10：00～12：00		
場所	集思交通部會議中心 202 會議室		
主席		交通部郵電司	
參加者	出席單位 (依筆畫排序)	內政部警政署警察通訊所 交通部中央氣象局 交通部公路總局 交通部民用航空局 交通部高速公路局 交通部鐵道局 海洋委員會海巡署 國家通訊傳播委員會 農業委員會林務局 經濟部 5G 辦公室 國立臺灣大學電機系電信所 工業技術研究院資通所 台灣電力股份有限公司 高雄捷運股份有限公司 桃園大眾捷運股份有限公司 桃園國際機場股份有限公司 臺北大眾捷運股份有限公司 臺灣港務股份有限公司 台灣世曦工程顧問股份有限公司 遠通電收股份有限公司	共 45 位
	NRI	陳志仁、李春怡、陳奕均	

■ 國立臺灣大學電機系及電信所張時中教授

- 關於專用頻率申請流程
  - 目前我國頻譜運用之架構較為靜態，需藉郵電司初步盤點後，於每半年、每一年之期程內更新《頻率供應計畫》。通傳會亦有電波偵測系統，可測試是否有干擾存在。
  - 新版《電信管理法》通過後，將來頻譜規劃及監管之方法可更為彈性應

用，也就是可同時使用動態的即時監理資訊和靜態的頻譜使用情形盤點兩手段切入。在較為動態的方法上，想請教研究團隊是否已有掌握日本處理相關議題時之相關資訊。

《野村回覆》

- 日本於每年皆針對頻率使用現況進行盤點，透過於總務省官方網頁公告以達資訊透明化，並於年度更新之《頻譜分配整備計畫》中做一次性的公告。另，日本總務省亦有動態的即時系統，各頻率使用者可於網上登錄相關資訊。由於日本頻譜規劃與監理之單位皆由總務省一起統籌較為單純，這亦是未來我國在頻譜規劃與監管上需要討論之課題。

■ 高雄捷運股份有限公司

- 關於新興通訊技術
  - 於 PPDR 示意圖上之鐵路使用頻率標示為 146-174 MHz，似乎與我國使用 380-450 MHz 之現況有所不同。

《野村回覆》

- 該示意圖為參考韓國 SafeNet 整合各單位需求並轉移至 PPDR 之架構，與我國實際使用情況確有不同，於資料上表示不夠明確尚祈見諒。

- 關於專用頻譜使用現況
  - 目前使用之頻率主要為 410-430 MHz 段，某些特定設備如感應器傳輸模組(Balise Transmission. Module, BTM)則綁定於 412-413 MHz。
  - 於該些頻段若往後有清移頻之計畫，現行裝置勢必都得全面汰換，於成本上難以負荷，故建議暫不以此為頻率整備之手段。

■ 工業技術研究院資通所（鐵道局顧問）

- 關於新興通訊技術
  - 根據瞭解，GSM-R 主要為歐洲國家使用之鐵道通訊技術，欲請教較為熟悉日本情況之研究團隊，目前該技術於日本之進展為何。

- 關於專用頻率申請流程
  - 由於實驗頻譜之使用申請需每年更新，而新興技術之導入通常需兩至三年之中期規劃，故想深入瞭解延續實驗頻譜之申請流程及制度，以及完成技術及場域測試後如何取得專用頻譜之方法。

《野村回覆》

- 實驗頻譜之目的應理解為藉由實驗以明確欲導入技術之可行性，於技術驗證後若證實可運行無礙，則可透過現有框架申請專用頻譜，並以測試結果作為審核及後續發放許可之基準。

- 關於未來頻譜使用需求

- 在協助鐵道局計畫方面，目前有在執行 5G 智慧鐵道相關專案，並與桃園捷運有場域的連動。
- 先前亦曾提出因應未來鐵道環境之轉型，有 AIoT 智慧物聯網裝置之需求，以使總體環境可藉 AI 達到智慧維修並提升旅客服務相關應用之品質，故一直皆有持續評估專頻、專網，並申請 800 MHz 頻段以配合 3GPP 標準之可用設備。在與郵電司溝通後，得知 1800 MHz 此較高頻段作為往後申請為專頻之可能性，同時亦將持續爭取該段之使用權。
- 另外在 4.8-4.9 GHz 企業專網部分，未來也希望可以促成 5G 應用之實際落實，並邀請捷運公司及鐵道等各單位一同關注，透過更寬的頻寬支持創新應用。

■ 農業委員會林務局

- 關於專用頻率申請流程
  - 我國林地及山區佔國土面積之 60%，然該些地域之通信受訊號不足及低覆蓋率影響，故林務局已著手以實驗頻譜之測試探討改善之方法。
  - 然，目前測試指出即便於林地內亦有干擾問題，因此希望瞭解在取得先期測試成果後，創新實驗場域之申請流程，以利往後擴散並釐清技術面上可改進之處。此外，有鑑於測試完成後如何轉為專用頻譜以擴大計畫方向，亦為林務局後續追蹤之重點。

《野村回覆》

- 若以郵電司及通傳會規劃頻率的邏輯出發，會先考慮與國際接軌之相容性，基本上若該應用與頻段與全球趨勢相近，則可在各國應用頻段之共識基礎上將干擾的問題降至最少。
- 關於無線電涵蓋率不足之問題，主要困難出在骨幹網路，可參考歐盟於南美洲亞馬遜流域執行之實驗，其透過混合式架構整合衛星、於 5.8 GHz 頻段運行之 WiMAX 以及 Wi-Fi，在不同山頭間達到無須仰賴纜線之 backhaul 連接。

- 關於專用頻譜使用現況
  - 目前於山區通訊協同警方查緝方面，在 VHF 段上使用的是 155-165 MHz 之間；UHF 則是 454-458 MHz。
- 關於未來頻譜使用需求
  - 於新興技術之部分，亦有向通傳會申請於 608-698 MHz 上之實驗頻譜，利用電視白頻以達成寬頻之需求。

■ 臺北大眾捷運股份有限公司

- 關於專用頻譜使用現況

- 目前和高雄捷運使用相同頻段，於 412-422 MHz 以 TETRA 技術執行營運調度。

- 關於未來頻譜使用需求
  - 針對影像及列車資訊傳輸之需求，412-422 MHz 段傳輸速度僅有 28 kbps，且於地面下亦僅能以天線增加覆蓋率，因此正在思考如何於捷運地下站內導入 5G 並改善該問題。

■ 交通部鐵道局

- 關於專用頻譜使用現況
  - 台鐵及高鐵目前也是採用 TETRA 之系統，並於 380 MHz 段上運行。

《野村回覆》

- 與各都市大眾捷運系統相似，若未來有傳輸高畫質影像之需求，該頻段及可支援技術面臨將面臨速度太慢之問題，可能須往更高頻段尋找解答。

■ 桃園大眾捷運股份有限公司

- 關於專用頻譜使用現況
  - 與各捷運系統使用相同頻段(412-422 MHz)，桃園捷運亦採用由鐵道局規劃之 TETRA 技術。目前正在思考捷運系統專頻專用之可能性，並建議由政府引導相關計畫，以利通訊式列車控制(Communication-based Train Control, CBTC)及其他技術之使用成效極大化。

■ 交通部高速公路局

- 關於專用頻譜使用現況
  - 目前使用的頻段包含 461-466 MHz 之無線電系統，用以進行高速道路沿線急難救援的搶修工作使用。
  - 另外一段則為 922-924 MHz，作為國道電子收費系統跟交控系統高功率電子偵測設備使用。

■ 交通部公路總局

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 使用的頻率大概在 100 MHz，為較低頻之應用，主要用途則為防、救災的通訊。

《野村回覆》

- 於防、救災議題上，我國需思考往後萬物聯網時代如何透過高畫質影像完成救援，而這樣的應用則須仰賴更高頻的 5G 及下世代網路等商用網

路，或使用專網以滿足期待的網路性能。

■ 交通部民用航空局

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 就民航局的掌握，資料上呈現的 AeroMACS 系統現在仍屬於倡議階段，待未來倡議成真，其應該也會走商規系統，民航局會考慮導入並配合建置。

■ 海洋委員會海巡署

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 目前使用的 DMR(Digital Mobile Radio)是使用 P25 的技術，主要使用 380-400 MHz 的區間。
- 關於未來頻譜使用需求：
  - 今年開始對於海上通訊有新的需求，由於在海上通訊無法依靠陸面的 4G/5G 進行通訊，所以在海上通訊上，包含：海巡艦艇的登檢、小船的攻堅時會有相關的影像傳輸需求，今年會有一個寬頻無線電的申請案。
  - 其使用的頻寬相對比較大加上防電子監測的需求，頻段已給 NCC，準備進行測試。

《野村回覆》

- 由於該實驗應為近期新獲許可之頻段，建議可與規劃單位郵電司溝通，告知對於頻率使用之需求。

■ 內政部警政署警察通訊所

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 目前使用的無線電通訊落在 485-490 MHz 以及 500-505 MHz 段上，而微波的部分則是 4.4-5 GHz 並與消防署共用，未來會配合移頻之計畫將微波的使用移到 4.4-4.7 GHz 頻段，其他還有 605-615 MHz 用作和諧共用部分。
- 關於未來頻譜使用需求：
  - 先前郵電司曾規劃 800 MHz 之 PPDR 頻段，於國際趨勢上皆有類似規劃，例如：英國的緊急服務網路(Emergency Services Network)於 2016 年開始執行並預期於 2019 年完成，然而於實際推動過程中滋生許多不同層面之問題，導致落成時間不斷延宕，並先後延至 2022 年以及目前公告之 2025 年。
  - 由此例可見，PPDR 之推動將十分困難，並同時牽涉鉅額之財務投資，並非警政署或任一單位能獨立推行之計畫，故建議須由更高層級之中央

機關領導。

- 同時，由於前線救援可發生在不同地理區域，涵蓋率會因此而有大幅波動，如何進行佈建以達預期成效需要更多研究去支持。

《野村回覆》

- 該頻段實際上對各防災、救災單位確實有需求，尤其是可支持影像傳輸網路需求之高頻段特性。目前 PPDR 被規劃為實驗頻率，建議需求單位須先透過實驗創造情境(PoC)才能得知該些場域及配合裝置是否可行，再於得到正向結果後反饋予郵電司。
- 由於此實驗頻段已釋出多年，若遲無單位有意進行測試，主管機關則可以此作為頻段收回或甚至釋出給商用電信之理由，故建議有興趣的單位爭取實驗之機會，思考能以何項物聯網裝置與其配合並進行小型測試。唯有在測試完技術可行後，才便於向行政院倡議，以促其每年編製預算來支持，並加快執行大規模的布建。
- 若希望由其中一單位出面引導以規劃出一個符合所有單位需求以使其應用都可被納入的方法，似乎計畫預期成效將難以達到，期程也因需整合所有意見而被拖得更長，故建議各單位若對該頻段有興趣，應盡早提出實驗頻率之申請。

■ 交通部中央氣象局

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 氣象局主要有兩個較為大量的專用頻譜使用用途，第一個是雷達感測，其用到的範圍很廣，因為面對不同的自然現象要去感測就會對應到不同頻率。
  - 第二個是剛剛類似林務局的前輩所提，在那些感測站要把一些小量的數據傳回來，因為缺乏地面線線路，會用到專用無線電把小量的數據定時的傳回氣象作業。

■ 台灣電力股份有限公司

- 關於專用頻譜使用現況：
  - 台電使用之 VHF 包含 40/158/167/172 MHz 等頻段，UHF 部分則為 403 MHz 頻段。在微波部分，目前則主要使用 U6 (6425-7125 MHz)段。至於使用於港口及碼頭的雷達，現在使用的有 S-band 及 X-band。最後，於智慧電錶的部分，則以 839-847 MHz 段為主。
- 關於未來頻譜使用需求
  - 針對未來應用需求，目前台電公司除了有持續追蹤 5G 及其他無線通訊技術之進展外，亦關注行政院公告釋出之 4.8 GHz（N79 頻段）。同時，

也不斷研究各種新型技術及潛在頻段之趨勢，理由是公司內部有 VHF 搶修調度、雷達監測以及目前使用之智慧電錶等應用之需求。

- 最後，台電也積極探索智慧電網中之電器及物聯網設備相關趨勢，以期往後可改善供電可靠度。

■ 台灣世曦工程顧問股份有限公司（鐵道局顧問）

- 關於未來頻譜使用需求：
  - 目前配合鐵道局與工研院一起合作，研析鐵道相關的技術規劃，將於未來幾年內提出具體之方針及頻段使用上之建議。

■ 遠通電收股份有限公司（高公局國道電子收費協力廠商）

- 關於未來頻譜使用需求：
  - 針對高速公路無須停車或減速之高精準收費等議題上，一直都有持續追蹤新興技術及模式之演進，例如：5G C-V2X，但現階段仍僅停留於研究及測試階段，尚未有具體頻段之規劃。

■ 經濟部 5G 辦公室

- 關於未來頻譜使用需求：
  - 首先感謝交通部開放 4.8-4.9 GHz 供企業專網使用，除扣合國際發展趨勢外，亦對將來我國產業推動及經濟發展有很大幫助。在德國、日本，更高的毫米波也釋出作為專網使用，建議可再深入研究其開放之原因以及是否有產業面的需求，以供未來我國參考。由於去(2020)年頻譜拍賣時，於 28 GHz 段尚有約 900 MHz 未拍出，或許可列入高需求之考慮頻段。
  - 另一方面，新世代辦公室在經由與不同組織討論後，發現諸多單位有更大頻寬之需求，例如：台電、中油、中鋼及港務公司等，皆希望透過寬頻以支持像 AR/VR、公安、巡檢等新應用及技術之導入。此些應用於 4.8-4.9 GHz 段上尚不明確頻段寬度是否足夠配合，若有不足之情況，建請郵電司考慮往後開放更高頻段之選項。

《野村回覆》

- 郵電司為綜整各單位意見及規劃之角色，通傳會則負責後續的監管及配套措施，以使開放之頻譜得以永續。藉由實驗頻譜之流程確立技術可行後，經濟部便可主導更末端的創新研發及擴散推動。因此建議各出席單位應積極申請實驗，在試誤的過程裡明確技術方向、可靠度及可行性，藉頻譜資源支持研發。

■ 國家通訊傳播委員會

- 關於未來頻譜使用需求：
  - 根據通傳會研究，目前可見各單位之頻譜需求已由窄頻轉向寬頻，未來專用的趨勢將擴及公部門，使公眾相關服務也可應用 LTE 以改善效率，如同於美國看到的 FisrtNet 案例。
  - 雖然佈建公部門專網可能要求龐大資金，但大部分支出應為確立可行性後之基礎建設及相關設備之汰換，也因此建議須由各需求單位一起合作，而非由單一單位出面領導，以符合成本效益。理想情況應為由行政院出面建立一溝通平台，再由各單位分享資源；或透過與電信業者合作，一起分擔財務上的負擔。
  - 另外，有需求之單位亦須考量欲導入的技術是否要求 5G 的高頻寬、低延遲性能，若否，則可考慮使用 LTE 之 4G 即可。在國際案例上，已可見機場、鐵道等場域導入 5G，建議相關單位思考往後之發展策略是否亦有此面需求，並試圖往該方面轉型。
  - 最後，和主辦單位一樣，建請各單位積極以實驗頻譜作為起頭，以實證的方式支持策略面的需求。

■ 主席結語

- 首先感謝野村舉辦今日研討會，也感謝各方代表前來一起針對此議題深入研究。於頻譜議題上，亦如陳志仁副總說的一樣，雖說郵電司為規劃單位，實際上亦須由各單位提出需求後，郵電司才可將該些想法納入規劃中，在資源配置上也才更為合適。
- 針對實驗場域，目前我國有兩種公告工具，一為針對自駕車、無人機及無人船舶等之《無人載具科技創新實驗條例》，另一則為由《電信管理法》授權並包括更廣泛應用之《頻率供應計畫》。若各單位對申請實驗場域有興趣，歡迎聯繫吳昆諺技正，於討論並奠定規劃方向可行後，透過公告的方式將其納入法規。
- 另外，在郵電司不會隨意要求各位進行移頻，清移頻之規劃須建立於明確需求，因此也請各單位不用擔心。郵電司與通傳會一直以來都有很緊密的合作關係，建議各個有頻譜需求之單位，可多與此二組織溝通，並提出實驗之申請，以達政府部門資源的最高效利用。
- 另，若已預期於往後三至五年間有因應不同頻率及設備之需求，將產生新的頻譜需求時，建議應盡早提出，以利交通部提前部署進行規劃。由於頻譜的使用是基於先申請、先取得之原則，即便有更高重要性的應用，若該頻段已有既有用戶，交通部亦無權擅自變更。以 Hitachi 提出

的 GSM-M 預期使用頻段案例而言，即便鐵路單位有很高的需求，但選定之頻段皆已有既存電信商，交通部於規劃上須遵守法規架構，因此無法處理。所以，未來各方代表於頻譜議題上歡迎與郵電司、通傳會進行溝通，以利先期規劃。

- 最後，今年郵電司將出版《頻譜政策白皮書》，而今日各單位之回饋亦將納入其中，作為往後法規修正之基礎。

《野村回覆》

- 誠如科長所述，在頻率規劃上不論是商用或專用，都有其困難存在。商用電信取得使用後，期程通常為十至十五年，表示即便於長期亦很難變動。專用的部分，於確立技術可行後，往後若有移頻規劃，亦將牽扯龐大的時間即金錢成本。在剩餘且無人使用的頻譜部分，亦須逐年檢討無人使用之原因，以使資源有效運用。
- 在頻率使用的議題上，雖在各專業領域內都有國際上應用頻段之趨勢，然而尚須考量各國電信及頻譜指配狀況，在無法與大多國家使用相同頻段的情形下，應也可尋得具相似頻率特性之頻段。因此建議有頻率需求之單位，在考慮完欲使用的頻段後，應與郵電司與通傳會交流，尋求可供新技術使用之頻率。

第二場座談會：「我國頻譜政策暨下階段行動寬頻頻譜需求探討」座談會

時日	2021 年 8 月 26 日（四）14：00 ~ 16：00	
形式	Cisco Webex 線上會議	
主席	交通部郵電司	
參加者	出席單位 (業者依筆畫排序)	內政部消防署 內政部警政署 交通部郵電司 科技會報辦公室 國防部通信電子資訊參謀次長室 國家通訊傳播委員會 工業技術研究院 中華民國衛星廣播電視事業商業同業公會 台灣美國商會 台灣區電機電子工業同業公會 台灣通訊學會 台灣經濟研究院 台灣資通產業標準協會 國立成功大學 資訊工業策進會 電信技術中心 BGA (BowerGroupAsia) TVBS 新聞台（聯利媒體股份有限公司） 中國電視公司 中華電信股份有限公司 互動國際數位股份有限公司 仁寶電腦工業股份有限公司 公共電視台 友訊科技股份有限公司 台灣大哥大股份有限公司 台灣之星電信股份有限公司 台灣恩悌悌系統股份有限公司 台灣恩智浦半導體股份有限公司 台灣高通股份有限公司 台灣電力股份有限公司

	台灣諾基亞股份有限公司	
	四零四科技股份有限公司	
	民視電視公司	
	光普電通股份有限公司	
	伸波通訊股份有限公司	
	宏達國際電子股份有限公司	
	辰隆科技股份有限公司	
	亞太電信股份有限公司	
	亞旭電腦股份有限公司	
	長庚醫學科技股份有限公司	
	美商英特爾亞太科技有限公司台灣分公司	
	國眾電腦股份有限公司	
	華電聯網股份有限公司	
	華碩電腦股份有限公司	
	雲達科技股份有限公司	
	遠傳電信股份有限公司	
	鴻海精密工業股份有限公司	共 82 位
NRI	陳志仁、李春怡、陳奕均	

■ 台灣大哥大股份有限公司

- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 建議增加反映頻譜價值、使用效率，以及頻率使用費回饋到管理成本的相關論述。
- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 我國行動寬頻目前仍以室內需求為主，尤其在疫情階段，許多企業面臨數位轉型之際，室內對於行動寬頻的頻寬有增無減，且 sub-6 GHz 之需求大於 above-6 GHz。
  - 目前應有數百萬戶的 5G 用戶，要考量到設備與終端的成熟度，頻段是既有用戶的終端可以立即支持的話，可以直接讓用戶使用而不用更換終端，是未來釋出頻譜時很實務的考量。
  - 後續規劃 n40 (2300-2390 MHz)、n77 (3700-4200 MHz)等如本身具有 3GPP 聚波載合(Carrier Aggregation, CA)標準之規範，業者可以藉此提高頻譜使用效率。
  - 由初次 5G 釋照可見該次拍賣 sub-6 GHz 之頻率供給(270 MHz)遠小於需求，建議往後規劃須增加釋出多一點頻寬或頻段，可以取得較大頻寬避

免頻譜破碎。

- n79 的部分，中間有一個 4.8-4.9 GHz，前面 4.4-4.7 GHz 供警消使用，希望可以了解後續的規劃，看是否有調整的空間。
- 3700-4200 MHz 是 3.5 GHz 最熱門的部分，建議參考澳洲、美國透過移頻等方式，就行動寬頻的使用上對產業發展有利。
- 建議 6425-7125 MHz 頻段納入行動寬頻候選頻段。

■ 台灣資通訊產業標準協會

- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 由於頻譜政策對業界而言具有重要價值，因此欲釐清白皮書之定位、範圍，是否作為一個研究機構的報告或是未來交通部將宣示之政策，以及是否將納入公眾諮詢或產業界意見以成為我國產、官、學研共同認可的一本白皮書。
  - 白皮書之後續規劃時程為何，以及是否將針對內容進行公開討論。
- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 回應 TVBS 先進之提問，基於過往參加 ITU 之經驗，頻譜配置時皆會對既存無線電進行研究以確保不影響既存服務，若一定會影響到也將有相應之保護機制。
  - 未來在進行短／中／長期之頻譜規劃時，建議把與既存無線電之相容性研究納入討論文件中。

《野村回覆》

- 白皮書定位為用以補充既有政策工具之解釋性文件，因此將著重在未來政策面之論述、釋疑，且將不觸及已有法條規範之明確頻段規劃。
- 為整合來自各部會之意見，於 10 月 NRI 將再次舉辦另一場說明會，針對內文細節進行公眾諮詢

■ 友訊科技股份有限公司

- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 白皮書內容目前看來以討論民間使用為主，故想瞭解針對防、救災等公共安全服務，往後我國是否亦有如美國 FirstNet 之類似政府規劃及專用頻率。

《野村回覆》

- 目前於既有頻率分配表上已有表列供公部門應用之專用頻率，而頻率供應計畫則可用以支持新興技術之測試需求（例如：PPDR），藉實驗頻率進行實證並累積可說服 power user 之成果，以扶植優秀創新技術及商業模式。

- 於政策目標#2 中因此強調須提供不同組織、單位最適合之頻譜，同時也透過 4 月舉辦之研討會收斂各部門間之特別需求；於政策目標#5 也討論了須著重往後跨領域創新之需求，因此在論述上並不特別著重在於民間需求。

- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 我國 n78 (3300-3800 MHz)已開放並準備釋出 n79 (4700-4800/ 4900-5000 MHz)，全球則多以 n77 (3700-4200 MHz)為主，建議往後亦針對 n77 進行規劃，可望支持 5G 並將網速達到 4Gbps。
  - 本來即採 TDD 技術之 n40 頻段亦應屬已成熟，建議往後可以此段釋出。
  - 由於 n71 (632-652/ 678-698 MHz)頻寬僅有 20 MHz，但因其具高覆蓋範圍之特性，建議可供政府及公部門使用。
  - 毫米波段目前我國規劃釋出 n257 (26.5-29.5 GHz)，然低軌道衛星(LEO)規劃使用之 28 GHz 將因而有頻譜使用之衝突；相較不與 LEO 衝突之 n258 (24.25-27.0 GHz)，若能於 2023 年前規劃釋出，於 LEO 被預期將蓬勃發展的 2025 年時便可直接支持衛星通訊之應用。

《野村回覆》

- 前述分享之潛在頻段建議，將納入政府規劃整體頻率之 PDCA 循環當中。
- 許多潛在頻段由產業供應的角度來判斷雖有很高的商業機會，但為確保頻譜使用效率，仍須透過創新實驗頻譜之機制檢驗。藉由 power user 小區域範圍之練兵，可明確適合之技術及商業模式，並爭取更多經費支持，乃至最終得使服務延續、擴散。
- 以服務公部門(B2G)為例，建議廠商除了思考初期基礎建設之建置費用外，此些創新應用亦應於取得成果後研擬往後導入時如何編列維運費，以使頻譜使用真正達到永續、效率。

■ TVBS 新聞台（聯利媒體股份有限公司）

- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 建議於白皮書中解釋頻譜整備及規劃時短／中／長期之定義，以使相關利害關係人得早以準備；例如 3.5 GHz、ST-2 等整備計畫，都造成業者設備汰換之額外成本支出。

■ 台灣區電機電子工業同業公會

- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 由於全球和協之頻段規劃須考量國際技術及產業發展趨勢，很難僅以我國現況便下決議，建議研究團隊多分享來自歐、美及日本等各國之案例。

《野村回覆》

- 參考之標竿團體涉及國際組織、各國政府，然國際調研最終仍須回歸至我國狀況，以我國需求及實際情況為主。
- 以產業面來看，建議可透過實驗頻率之使用，與國外潛在 user 於國內進行試煉，提高往後能打進供應鏈之機會。

● 關於下階段行動寬頻頻譜

- 毫米波尤其是衛星通訊，目前在台灣的發展包含觀念、基礎較為薄弱，未來 NCC 在訂定未來策略時，除了相關研發法人外其他實驗室相關的配套措施亦要納入考量。
- 偏鄉的普及服務要有更多的檢討

《野村回覆》

- 針對往後政府預期扶持之應用及技術，建議可將政府立場透過競爭政策之公告明確說明，以使整體科技研發及產業推動方向能一致。
- 由歐洲之案例可見，歐盟之指導原則為希望營運商在原基礎設施上投資並翻新，以改善民眾生活福祉，並要求營運商達到覆蓋之義務，並由競爭政策背書其背後之邏輯；只要營運商彼此間有競爭，便可促進更高品質的服務誕生

■ 台灣高通股份有限公司

● 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬

- 非常樂見有白皮書政策的規劃，很期待未來建構數位發展的政策。然針對頻譜政策白皮書之定位及其如何與民間溝通之機制，建議未來能有更完善的跨部門諮詢平台，以使民間業者之意見能被充分討論

● 關於下階段行動寬頻頻譜

- 同意友訊科技之立場，認為往後應著重 n77 (3700-4200 MHz)及 n258 (24.25-27.0 GHz)等頻段，尤其是 n258 的部分，在國際上已經有很多國家開放進行部署，如：歐洲、韓國及澳洲等，且毫米波的應用伴隨著真 5G 的應用，期待將 n258 拉到中期、短期的目標，以協助產業發展。
- 針對 6 GHz 頻段，建議可全頻段開放免執照存取，從經濟面來看，整個 Wi-Fi 的經濟價值接近 5 兆美元，台灣在 ICT 及半導體產業都可以獲利，認為台灣可以盡早開放以成為一示範場域；由消費者需求面來看，該免執照頻段可與 5G 互補，以改善頻寬連線擁塞、網速過慢等問題。

《野村回覆》

- 針對免執照存取議題，交通部已召開多次公眾諮詢以廣納各方意見，往後若有全頻段開放之規劃亦將以行政程序與有關單位進行溝通。

■ 辰隆科技股份有限公司

- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 由於頻率為國家重要資源，且頻譜管理涉及許多面向，建議交通部往後進行政策擬定時多邀請不同部門之單位進行討論，如擴大討論來自各行各業及產業協會等之意見。
  - 行政院先前雖有公告釋出 n79 之規劃，但並未公告往後如何推進之政策措施。除了我國釋出頻率有短、中、長期之規劃外，建議政府亦同時公告相應之政策及推動措施，以使來自不同領域、產業之各組織得及早準備並預先投入資金研發可搭配該些頻率需求之設備。

《野村回覆》

- 同意先進建議，於確保頻率可永續使用的過程中，確實需納進各方意見以凝聚共識。由我國頻率規劃之框架來看，行政院指派交通部郵電司進行頻率整體之規劃，而於取得各方之共識後，行政院亦將指導各部會之配套措施。
- 透過將 n79 頻段列為創新實驗頻段供測試，可促進我國業者掌握適合我國之技術條件，並促進應用面之創新。由於我國許多廠商使用的設備不見得皆為國產，可能來自日本、德國等較我國垂直場域專網發展更快之國家，在我國設備條件成熟而應用尚在發展當中的條件之下，可透過此創新實驗頻率機制銜接我國與國際，並擴大往後實證成功後之潛在市場。

■ 美商英特爾亞太科技有限公司台灣分公司

- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 於免執照存取頻段，建議 6 GHz 全頻段開放予免執照應用。

■ 中華電信股份有限公司

- 關於下階段行動寬頻頻譜
  - 釋照的部分希望有更充足的頻率整備，高低頻一併釋出讓業者做更好的規劃和網路建設，可以兼顧涵蓋和速率等。
  - 在未來近幾年還在應用、建設第一波釋出的頻段，若有需要增補的話，低頻段較有需求。目前台灣僅有 700 MHz 及 900 MHz，對 5G 未來深度涵蓋、偏鄉普及對於低頻的擴充，建議把 600 MHz 優先處理的順序提高，另外針對 n79 的規劃，看是否有機會調整成連續、較大頻寬，在使用上較有效率。

《野村回覆》

- 針對行動寬頻涵蓋之問題，對業者來說仍是低頻較為重要，其特性亦使得成本及使用面之效率較高，往後團隊將持續追蹤。

第三場座談會：「我國頻譜政策現在與未來」專家學者座談會

時日	2021 年 11 月 17 日（三）14：00～16：30		
場地	集思交通部國際會議中心 202 會議室		
參加者	專家學者	鄧添來　前司長	
		科技部工程司　李志鵬　司長	
		國立臺灣大學電機系　張時中　教授	
	出席單位	交通部郵電司	
	(依筆畫排序)	科技會報辦公室	
		國家發展委員會	
		國家通訊傳播委員會	
		三立電視股份有限公司(代中華民國衛星廣播電視事業商業同業公會)	
		中華電信股份有限公司	
		台灣大哥大股份有限公司	
		台灣之星電信股份有限公司	
		台灣電信產業發展協會	
		台灣資通產業標準協會	
		亞太電信股份有限公司	
		資訊工業策進會	
		華電聯網股份有限公司	
		遠傳電信股份有限公司	共 27 位
	NRI	陳志仁、李春怡、陳奕均	

■ 鄧添來　前司長

- 關於我國現況與頻譜政策於國家發展所扮演的角色
  - 頻譜管理策略基本上與國家整體通訊政策緊密相關，其議題為多數人關心，但僅少數人深入研究核心課題，因此十分專業也複雜。
  - 頻譜有如無形的國土，其價格及成本取決於使用需求，於都市中具房地產「寸土寸金」之情況，於偏遠地區則相對低廉。
  - 一般而言越先進的國家因具有較成熟之尖端通訊技術與現代化之生活型態，對於頻譜之需求較高；社會型態較為原始的開發中國家則頻譜資源亦相對充裕。
  - 我國頻譜管理上最大的議題為臺灣非 ITU 會員國，且地理幅員亦小，因

此不太可能由我國為出發點規劃頻段並要求他國遵守，一般皆跟隨 ITU 無線電規則(RR)以及主要貿易伙伴和技術先進國家之腳步，以擴大產業外銷之機會。

- 關於未來於頻譜規劃上應具備的政策思維
  - 建議往後規劃單位可參考中國大陸翻譯之中文版 ITU 無線電規則以及總務省 ITU 研究報告，以作為參考基礎。
  - 頻譜人才之培育須加強，建議政府及相關部會編列更多預算支持人民參加國際研習，例如可薦送美國電信訓練所(United States Telecommunication Training Institute, USTTI)參與頻譜管理課程，以銜接全球最新趨勢。
  - 前述 USTTI 之訓練課程由美國聯邦通訊委員會(FCC)及商務部共同開設，鼓勵學員透過討論研擬適合各國之頻譜政策，並再三強調頻譜管理議題上沒有最佳政策只有適合與否。
  - 在頻譜標金及頻率使用費之議題上，須深入了解企業專網與 5G 之關聯性，以及部署、應用上之差異，以定義合適之收費模式。
  - 新興通訊技術如低軌道衛星(LEO)之頻譜並非由我國便可單一決定，國際上頻率指配之途徑為由業者向 ITU 進行頻譜之申請，後續許可後再由業者向各國主管機關進一步取得頻率使用權。
  - LEO 之頻譜除了可能造成干擾問題以外，如何令其業者於我國具有經營權亦是另一課題。
  - 高空飛行平台(HAPs)基本上可透過國內頻譜進行使用，然該些頻段多用以提供偏遠地區通訊使用，如何促進業者於偏鄉進行頻譜之投資意願、如何釋出頻率、相關硬體設備之成本考量等都將為往後監管單位帶來業務執行上之挑戰。
  - 承上，建議參考日本總務省之方法，雖其採與我國不同之頻譜直接指配制，但應可透過參考其做法研擬適合我國之管理辦法。
  - 由於軟體定義網路(SDN)、軟體定義無線電(SDR)等技術越趨成熟，國際上已可見電信商透過這些技術進行頻譜之租賃，往後可能也將對我國頻譜管理帶來新的挑戰。
  - 頻譜管理十分複雜，不僅須考量新技術之演進，同時也須隨時釐清國際上之規劃趨勢，並加進我國脈絡，以令頻段規劃得取得最大化效益。
- 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬
  - 白皮書之角色猶如一尺度，僅能提供規則之指引、建議，實際上如何執行則仍須回歸到各業務執行單位，並透過政府角色居中協調。
  - 白皮書之內容、架構及撰擬過程值得讚許，但建議往後須研析如何令實務上之推動措施及技巧可持續傳承，以利經驗、知識之累積。

《野村回覆》

- 如鄧前司長所述，白皮書之內容僅可作為方向性之指引及闡述，推動上之實際技巧則須各相關單位持續深入精進，以參與國家整體資通訊政策之發展過程。
- 我國資通訊整體研發及技術能量相當高，且產品於國際上極具競爭力，目前亟須改善的則是令單位間技術之供給與需求得以互相配合，藉由提出合適之服務建議書(RfP)刺激新興應用之大量採購。

■ 國立臺灣大學電機系　張時中　教授

- 關於我國現況與頻譜政策於國家發展所扮演的角色
  - 我國頻譜政策最高行政首長為擔任科技會報辦公室召集人之行政院長，在美國則為總統，可見頻譜相關之政策方向將可大幅度影響國家整體之發展。
- 關於未來於頻譜規劃上應具備的政策思維
  - 數位發展部成立後將改變各單位之業務，未來頻譜監理、管理之方向將有所不同，因此建議政府須加強縱向及橫向之溝通機制。
  - 縱向的頻譜釋出／規管、產業及社會需求等業務將續留於 NCC，雖溝通管道於過去 10 年內已改善許多但仍須持續精進。
  - 橫向的跨部會、水平規劃則很難僅由一組織便完成，尤其是涉及多個部門業務的時候，為統整各方代表之不同意見，往後亦應繼續針對共識凝聚方式進行研析。
  - 於野村出版之 98 年度《我國中、長期無線電頻譜最佳化規劃》中曾使用 ITU 計量模型配合我國參數以估算頻譜使用相關數據;隨大數據應用越來越成熟及盛行，在往後資源許可的前提下，建議主管機關應參考量化數據及計量模型，作為政策擬定時之分析基準。
  - 實驗頻率之申請程序已大幅簡化，且亦有交通部公告之實驗場域可供參考，對了解如何取得之單位而言省下許多功夫。
  - 承上，然因外在環境變遷及技術演進十分迅速，為呼應整體數位轉型趨勢，建議流程應再更為簡化以鼓勵使用者申請頻率並降低實驗之門檻。
  - 在未來頻譜政策上，建議政府建立有關頻譜實際使用狀況之數據庫(database)以釐清目前使用成效，透過適當的資訊揭露達到資源之追蹤及管理，進而促進頻率的彈性和有效使用。

《野村回覆》

- 認同張老師點出之意見，我國的社會建設部門雖有欲改善整體通訊並達覆蓋率 100%之目標，但在經費預算、推動措施等 know-hows 缺乏的前提下將很難達到。

- 實驗頻譜之機制可提供 TRL 1-6 所需之資源，若可廣為研發單位使用，在強化技術盤點能力的同時亦可促進往後社會建設部門更迅速地與執行團隊對接，提高產官學研間之合作效率。
- 以臺南市交通局為例，其 1500 根智慧停車柱透過實際於場域中進行 PoC 取得練兵成果，經歷過實證的不確定性並將其回饋在技術、商業模式，其成果搏得外縣市社會建設部門之關注，希望透過政府採購法導入智慧應用。
- 在未來複雜、多元的頻率發展狀況下，歐盟的研究指出一重要的思維轉捩點為由財產(property)管理之方式轉為負債(liability)管理，其核心精神為將通訊資源進行「借貸」，通訊資源之使用者於技術上具有債權，並可再借予其餘有需求者。
- 若我國具有管理的配套措施，將不致電信商與頻率使用者間之衝突；反之，在尚欠缺相關管理辦法時，技術及商業面上難以達到最高效益，亦難整合跨部門之意見。

■ 科技部工程司　李志鵬　司長

- 關於我國現況與頻譜政策於國家發展所扮演的角色
  - 科技部工程司專職於新興科技之研發，雖非頻譜管理單位，然無線通訊技術之創新則與頻率資源之運用息息相關，因此將由新進技術頻譜需求之角度切入，例如 6G 可能使用之頻譜。
  - 第一波 5G 頻譜釋照時我國主要關注頻段為 3.5 GHz 及毫米波段 28 GHz，且標金多來自於 3.5 GHz 之頻段位置，其與無線電頻率之物理性質與覆蓋範圍有關，而電信商則希望取得廣範圍之覆蓋。

《野村回覆》

- 呼應李司長之意見並參考技術整備度水準(TRL)之理論，負責創新科研並進行我國資源分配的科技部可對應至 TRL 量表之 1-3 業務，TRL 4-6 則由經濟部技術處主導，最後 TRL 7-9 的產業推動、出口則由經濟部工業局進行統籌。
- 我國整體科技政策係由 TRL 1 開始逐步推動，透過與位在產業鏈上不同位置之關係人合作，共同研發新興技術、創新商業模式；近年越發受到討論之開放式架構(O-RAN)即循類似模式開展。

- 關於未來於頻譜規劃上應具備的政策思維
  - 由於無線通訊技術以 10 年為一代進行更迭，可預測 2030 年前 6G 技術應已研發完成，並具備公認之國際標準，政策規劃單位可及早進行準備。
  - 雖然 5G 於去(109)年才開台並商業化，全球已有不少國家、機構展開 B5G/ 6G 之研發，目前亦可觀察到往後潛在使用至高頻 100 GHz 以上或

兆赫茲波(THz)等頻段之趨勢，建議規劃單位可持續關注。

- 由於 6G 往更高頻段發展將造成覆蓋範圍減少，為克服此問題目前已有團隊（如中山大學）研發出可補足高頻段之覆蓋範圍並減少能耗的「智慧反射面」，其可紓解高頻段訊號衰減過快、無法進入室內等問題，作為低耗能的綠色通訊(green communications)方法的同時亦可改善通訊品質。
- 芬蘭於去(109)年發表之 6G 白皮書(“6G White Paper”)中提出整合感知與通訊(Integrated Sensing and Communications, ISAC)之概念，透過在通訊領域中導入環境感測器，提高對各場域內環境因素及通訊需求之掌握度，進而提供最適切之通訊解決方案。
- 承上，導入後之實際成效包括：藉由釐清通訊地點之無線電傳播情況，可改善頻率通道選擇、訊號發射之品質與效率。
- 在傳播路徑、覆蓋範圍較具優勢的 sub-6 GHz 頻段中，目前 6 GHz (5925-7125 MHz)具有較多可供應用之潛在頻譜，未來值得繼續關注。
- 承上，目前國內規劃以較低的 5925-6425 MHz 供免執照接取及 Wi-Fi 6e 使用，而美國、韓國則是釋出全頻段共 1200 MHz 之頻譜，往後我國如何發展 6425-7125 MHz 亦須持續追蹤。
- LEO 被預期將於 2040 年達到 1.4 兆美元之產值並成為通訊消耗品，其市場將十分龐大，而目前我國主要則使用 Ku-band 及 Ka-band，由於 Ka-band 與毫米波有所重疊因此於未來須思考如何規避潛在干擾。
- 目前全球大約僅有一半人口得以接取網路，而另一半則因通訊基礎設施之建置成本太過高昂、地點太難抵達而無法取得通訊服務，往後 LEO、無人機及其餘技術之搭配將可能大幅改變通訊市場樣貌。
- 許多衛星通訊商（如 Starlink 等）之零組件大多來自於臺灣製造業者之供應，持續地追蹤 LEO 頻譜議題，具有未來產業發展之重要價值。

《野村回覆》

- 對於技術穩定度及商業模式尚不明確且具投資風險之新興科技，則可透過實驗頻率之機制進行練兵，不論最後是否產出可行成品，實證成果皆可提供改進或開發新型產品之洞見。

■ 台灣大哥大股份有限公司

- 關於未來於頻譜規劃上應具備的政策思維
  - 於往後規劃釋出頻率時，建議考量現有可用之頻率資源總量（即可釋出頻寬）是否符合市場內參與者總數及其需求，以避免標金不斷推高之現象，同時亦可保障電信市場更正向發展。
  - 認同張教授提到的計量模型於往後頻譜政策之發展上將扮演重要角

色，而今日資料中討論到先前使用的 ITU M.2290 模型則因未納入 5G 等新技術之參數，因此難以推估往後需求。

- 建議在未來往 B5G/ 6G 發展的過程中強化頻譜需求預估之計量模型，目前世界各國政府及 ITU 都正在朝此方向研究當中，而 ITU 預計於明(111)年六月公布之相關報告則可作為我國之參考基礎。
- ITU 工作小組出版之"Future Technology Trends"討論 B5G/ 6G 技術目前於國際上之進展，並規劃於明(111)年 6 月公告最終版報告以闡述此些技術之特性及應用，建議各單位可密切注意並深入了解。
- ITU "IMT Vision for 2030 and beyond"則為另一重要文件，其討論重點為全球 6G 技術、系統及服務之發展，推薦給在場各位來賓作為知識的補充。

《野村回覆》

- 由電信業者之角度而言，其關注點應為新興技術是否已有商化之可用設備、規模以及生態系之成熟度，進而能以較低廉價格取得設備進行大量擴散，而非僅考慮技術面之進展。
- 就 B5G/ 6G 議題而言，我國工研院之太空計畫亦規劃於 114 年才進行技術之接取，因此暫未以 ITU 之研發進程做為主要的規劃基礎，而是將重點放於成熟、可用設備預期進入市場之時。
- 呼應李司長先前討論到的創新研發，國內尖端技術創新之目的主要仍是以科研角度測試技術進行練兵，不論是科技部工程司、經濟部技術處等，其推動及成果並不直接影響市場內設備之供給或排擠到電信頻率之資源，因此建請電信業者無須擔心排擠及干擾等問題。
- 若電信業者對我國創新之成果抱有興趣或認為具商業、規模化之量產潛力，建議可直接與執行團隊進行溝通，討論往後合作之可能性。
- 以 O-RAN 發展歷程為例，其推廣面上最大的問題不在於技術面，而在於基礎設施擁有者不願投資於不確定性高的未來潛在收益模式，因此癥結點仍在於競爭政策之規劃方向。
- 我國電信市場經歷民營化、自由化等階段，其背後核心精神皆希望可透過引進市場內新參與者達到促進自由競爭，以改善整體之服務品質。

● 關於頻譜政策白皮書（草案）撰擬

- 贊同與談人「頻譜為無形國土」之概念，頻譜資源有限，為使欲使用者可理解費用之定義標準，建議於白皮書中納入有關頻率價值之相關論述及估算公式，或公告頻譜價值計算之計量模型，以完善頻譜管理相關工具。
- 我國歷經數代無線網路通訊之頻譜競標且標金不斷刷新，其中原因為造成疊加效應且逐漸攀升的競標金額及頻率使用費，而衛星通訊、廣電等

使用則僅採指配制，相關業者較不具成本壓力，因此建議整體政策之規劃上亦須進行細節之闡釋。

《野村回覆》

- 全球各國在處理電信監理議題時，多採清楚闡釋政策背後原則之方式；以歐洲國家為例，其透過政策面促進新進參與者進入市場，以透過自由競爭之機制刺激更高品質的服務，並避免市場被獨大業者所壟斷。
- 在政策發展的過程中，主管機關並不會偏好個別業者，而是希望透過結合競爭政策，保障電信市場內參與者之福祉。
- 許多無線通訊議題遭遇之困境並非源自於頻率資源本身，而是在於政策之配合措施是否足夠周到。
- 由於本白皮書之定位為基於研究成果之產出，因此僅納入較為方向性之建議而非進行全方位之共識凝聚，更為具體之頻段規劃須以未來頻譜主管機關為主。
- 針對各方意見之納入政策與否及相關討論，則建議以公眾諮詢之形式，廣邀利害團體參與研擬過程，以收斂出適切且實際之具體推動措施。
- 在頻譜規劃議題上，白皮書僅可由政策監理者之角度切入，協助釐清具體目標並提供大方向性原則之建議；至於細部的配套及行動方案則仍須取決於是否已有明確之政策方向。
- 舉例而言，若我國已訂有明確之 B5G 政策及相應之 KPI，便可於白皮書中納入更詳盡之推動措施，包含社會建設部門之財務預算、產業發展策略及研發計畫等。

《張時中教授回覆》

- 針對頻譜使用效率，建議進行既有使用頻譜及未來潛在釋出頻譜之盤點，並建立 database 以利有興趣使用者可透明化檢視，提供於不同頻段上使用之誘因。
- 國際上對於 LEO 使用 HF 頻段(3-30 MHz)之興趣日益濃厚，而該頻段多被用以支援行動通訊服務(2G/3G/4G)，因此許多單位希望透過動態頻譜接取(Dynamic Spectrum Access, DSA)機制，於衛星訊號不足時以補充式接取(complimentary access)之空隙頻道進行支援。
- 在近距傳輸上，DSA 藉由主動化感測本地無人使用的頻譜，進而進行空隙之接取，可大幅節省人工手動尋找之成本。
- 雖 DSA 之網速可能比衛星來得慢，但以使用電離層之最新技術而言，其具 48 個通道且頻寬已接近寬頻等級，可彌補橫跨數千公里之遠距通訊。
- 先前看到文獻指出全球目前之平均頻譜使用(utilization)率僅為 13%，而是否此數值有持續提升、使用效率為何則尚不明確，往後之政策可思考

如何提供有效運用頻率資源之誘因，以實質改善頻譜使用率及效率。

《鄧添來前司長回覆》

- 隨著電信市場整體營收及語音收入之下降， 5G 時代中須強調的不再是硬體建設而是應用服務之多元及創新性，建議營運商可藉在國內實證練兵後，將成功模式如智慧製造、智慧零售店等解決方案外銷全球，以開創新收益模式。
- 雖然創新十分艱難且 100 人中可能只有 1 人成功，仍希望鼓勵電信營運商持續努力創造附加價值，以茁壯我國整體資通訊產業之競爭力。

■ 中華電信股份有限公司

- 關於未來於頻譜規劃上應具備的政策思維
  - 中華電信作為電信業者其實即為頻譜之需求者、使用者，於頻譜政策之議題上，主要關心之兩重點為頻譜之近用成本以及使用方式。
  - 自 3G 以來我國採用拍賣方式釋出頻譜，而在標金之外尚有頻率使用費需要繳付，近用成本十分高昂。
  - 因此中華電信長期呼籲將頻率使用費回歸至行政管理成本之指引，以合理之頻譜近用成本鼓勵電信商進行建置，並令其更有餘裕地投資新興技術之研發及創新應用。
  - 如張老師所提之動態頻譜接取等新技術之使用，國際上應有許多參考案例，然是否適用於國內情境，亦為中華電信持續關注之議題。
  - 由於 5G 垂直場域之蓬勃發展，不同領域皆有許多創新應用迸發，然不同應用間是否適合共用頻譜，則為中華電信不斷追蹤及研析之重點。
  - 行動寬頻、專用電信、衛星通訊等應用於未來勢必都將討論到頻譜共用之議題，而我國是否已做好準備並規劃出相應之政策，則希望往後可有更細部的說明。
  - 獎勵電信業者採用 O-RAN 架構為目前 5G 補助辦法中一項推動措施，然中華電信研究院及外部實驗室實際進行 O-RAN 設備測試後，發現截至目前為止其與電信商用頻譜共存之技術仍不夠成熟，尚須一段研發時間。
  - 承上，因此建議研究團隊深入釐清世界主要國家之政府及電信業者於 O-RAN 架構之規劃，將其應用情境、案例供主管機關及國內電信業者做為參考。
  - 贊同陳副總對於技術成熟度之解釋，對於電信業者而言，若國內具有成熟、穩定之通訊設備，自然願意以更具競爭力之價格進行採購。

《鄧添來前司長回覆》

- 針對 O-RAN 議題經濟部已頒布多項推動措施，希望可以盡速達到關鍵

設備之國產化，但對電信商而言透過穩定的通訊進而穩固消費者基數可能更具市場價值。

- 針對以上兩立場之落差，NCC 採取之作法為預先編列一至兩年的時間以作為過渡，並在此期間內鼓勵業者積極進行試驗；建議 NCC 將來於監理面上可更彈性地從寬認定，進而支持電信業者之創新意願。

《張時中教授回覆》

- 認為往後頻譜釋出時，可考慮在其競標制度中將標金直接包含頻率使用費，然實務上是否適合我國制度，則尚須深入研析。
- 國際上看到的動態頻譜接取案例因與我國脈絡不同，目前仍須透過學研單位實際測試以釐清是否適合我國，往後將再繼續追蹤此技術之發展，並認為於 2 MHz 及可能釋出的電視白頻段(white space)上，我國有很大潛力運用此技術。

《野村回覆》

- 由國家進行跨部門政策研擬之角度以及財政面向來看，此次政府推動 O-RAN 之方式已有長足進步，將重點聚焦於可望帶動整體產業發展之新進技術。
- 承上，此與歐盟國採行之補貼措施推行方式相似，其要求受補貼之電信營運商須出具明確、具體之目標，以確保財務挹注與預期成效之間具報酬性。
- O-RAN 推廣之所以十分困難，其問題點在於配合政策太晚發表，若於 5G 頻譜競標之前便已公開此一政策方向並明訂覆蓋義務等措施，電信業者之接受度應可更為提高，於後續推動上亦更容易成功。
- 呼應前述之 B5G 議題，若我國希望於往後二至三年內鎖定 B5G 並進行大規模覆蓋，此刻便須開始籌備，將政策施行及準備期程拉長，以更詳盡的規劃執行推動工作。
- 對於由國營轉為民營之電信商來說，其角色及期待於全球各國情況皆類似，因為其領先地位，勢必承受最多市場上的衝擊與挑戰，建議須跳脫被政策拖著走的思維，並強化自身提高競爭力之策略。

附件三、中外文對照表

英文縮寫	外文全名	中文
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作夥伴計劃
5G	the Fifth Generation Technology Standard for Cellular Networks	第五代行動通訊標準
5GIC	5G Innovation Centre	5G 創新中心
5G NR-U	5G New Radio in Unlicensed Spectrum	5G 免執照頻譜新無線電
6G	6th Generation Mobile Networks	第六代行動通訊系統
6GIC	6G Innovation Centre	6G 創新中心
ACC	Adaptive Cruise Control	自適應巡航控制
ACMA	Australian Communications and Media Authority	澳洲通訊暨媒體管理局
ADAS	Advanced Driver-Assistance Systems	高級輔助駕駛系統
AEB	Autonomous Emergency Braking	自動緊急煞車
AECC	Automotive Edge Computing Consortium	汽車邊緣計算聯盟
AFC	Automated Frequency Coordination	自動頻率調和
AGV	Automated Guided Vehicle	自動導引車
AI	Artificial Intelligence	人工智慧
AP	Access Point	接取點
AR	Augmented Reality	擴增實境
AREDN	Amateur Radio Emergency Data Network	業餘無線電緊急數據網路營運商
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses	一般社團法人電波產業會
ASA	Authorized Shared Access	授權共享接取
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions	資通訊產業解決方案聯盟
AWLs	Area Wide Apparatus Licence	廣域設備執照
AWS	Advanced Wireless Services	進階無線服務
BGAN	Broadband Global Area Network	寬頻全球區域網
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	德國聯邦教育及研究部
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	德國聯邦交通和數位基礎建設部
BNetzA	Bundesnetzagentur	德國聯邦網路局

BSD	Blind Spot Detection	盲點偵測
BT	BT Group plc (formerly British Telecom)	英國電信
CAT4	Long Term Evolution User Equipment Category 4	LTE 網路使用者端設備分類四標準
CBRS	Citizens Broadband Radio Service	公眾寬頻無線服務
CCTV	Closed-Circuit Television	閉路電視
CEPT	the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	歐洲郵政與電信管理會議
CETRAN	Centre of Excellenceof Testing & Research of AVs-NTU	南洋理工大學無人駕駛車輛測試和研究卓越中心
CITC	Communications and Information Technology Commission	沙烏地阿拉伯傳播與資訊委員會
CoMP	Coordinated Multi-Point	多點協調
CoRe	Competitiveness and Resilience Partnership	美日競爭力與強韌夥伴關係
COVID-19	Coronavirus Disease 2019	2019 冠狀病毒病
CSA	Cyber Security Agency	新加坡網路安全局
CSMA/ CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance	載波偵聽多路存取碰撞避免
C-V2X	Cellular Vehicle-to-everything	蜂巢式車聯網
DFS	Dynamic Frequency Selection	動態頻率選擇
DITRTC	Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications	澳洲基礎建設、交通、區域發展及傳播部
DSRC	Dedicated Short Range Communications	專用短程通訊
DSS	Dynamic Spectrum Sharing	動態頻譜共享
DT	Digital Twins	數位分身
DX	Digital Transformation	數位轉型
ECC	Electronic Communications Commission	歐洲電子通訊委員會
EBS	Educational Broadband Service	教育性寬頻服務
EESS	Earth Exploration-Satellite Service	衛星地球探測業務
EHF	Extremely High Frequency	極高頻
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power	等效全向輻射功率
EMF	Electromagnetic Field	電磁場
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增強型行動寬頻通訊
FAR	False Alarm Rate	誤報率

FCC	Federal Communications Commission	美國聯邦通訊委員會
FRMCS	Future Railway Mobile Comminucation System	未來鐵路移動通訊系統
FM	Frequency Modulation	調頻
FOKUS	Institut für Offene Kommunikationssysteme	德國開放通訊系統研究所
FS	Fixed Service	固定無線業務
FSS	Fixed Satellite Service	固定衛星業務
FWA	Fixed Wireless Access	固定無線接取
FYSO	Five-Year Spectrum Outlook	澳洲五年頻譜展望
GAA	General Authorized Access	一般使用者
GEO	Geosynchronous orbit	對地球同步軌道衛星
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
GSA	General Services Administration	美國聯邦總務署
GSMA	Groupe Speciale Mobile Association	全球行動通訊協會
GSM-R	Global System for Mobile Communications-Railway	鐵道行動通訊全球系統
HAPs	High-altitude Platform station	高空平台
HHI	Heinrich Hertz Institute	德國通訊技術研究所
HIBS	High Altitude Platform Stations as IMT Base Station	高空平台作為行動通訊基地台
HKIA	Hong Kong International Airport	香港國際機場
HKT	Hong Kong Telecommunications	香港電信
HTC	Holographic Type Communications	全息影像溝通
IAB	Integrated Access and Backhaul	整合接取與回載
IAF	Institut für Angewandte Festkörperphysik	德國固體物理研究所
ICNIRP	International Commission for Non-Ionising Radiation Protection	國際非游離輻射防護委員會
ICS	Integrated Communications System	通信整合系統
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	電機電子工程師學會
IET	Institution of Engineering and Technology	國際工程技術學會
IIoT	Industrial Internet of Things	工業物聯網
IIS	Institut für Integrierte Schaltungen	德國積體電路研究所
IMDA	Infocomm Media Development Authority	資通訊媒體發展管理局
IMT	International Mobile Telecommunications	國際行動通訊

IoT	Internet of Things	物聯網
IP	Internet Protocol	網際網路協定
IRS	Intelligent Reflecting Surface	智能無線電波反射表面
ISED	Innovation, Science and Economic Development Canada	加拿大創新、科學與經濟發展部
ISM	Industrial Scientific Medical Band	工業科學與醫療頻段
ITS	Intelligent Transportation System	智慧交通系統
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯盟
i-VISTA	Intelligent Vehicle Integrated Systems Test Area	重慶市智能汽車集成系統試驗區
IZM	Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration	德國可靠性和微整合研究所
JTC	Jurong Town Corporation	裕廊集團
JUMP	Joint University Microelectronics Program	美國聯合大學微電子計畫
LAA	License Assisted Access	授權輔助接取
LAN	Local Area Network	區域網路
LBT	Listen-before-Talk	說前先聽協議
LDW	Lane Departure Warning	車道偏離警示
LEO	Low Earth Orbit	中軌道衛星
LiDar	Light Detection and Ranging	光學雷達(簡稱光達)
Li-Fi	Light-Fidelity	光照上網
LoRa	Long Range	超長距離低功耗數據傳輸技術
LPI	Low Power Indoor	室內低功率
LTA	Land Transport Authority	新加坡陸路交通管理局
LTE	Long Term Evolution	長期演進技術
LWBS	Localised Wireless Broadband Service	地區性創新無線寬頻服務
M2M	Machine to Machine	機器對機器
MAC	Medium Access Control	媒介接取控制
MDR	Miss Detection Rate	漏檢率
MEC	Mobile Edge Computing	行動邊緣運算
MEO	Medium Earth Orbit	低軌道衛星
MFCN	Mobile/ Fixed Communications Network	行動及固定通訊網路
MIMO	Multi-input Multi-output	多輸入多輸出
ML	Machine Learning	機器學習

mMTC	Massive Machine Type Communications	大規模機器型通訊
mmWave	Millimetre Wave	毫米波
MNO	Mobile Network Operator	行動網路業者
MOU	Memorandum of Understanding	合作備忘錄
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	多協定標籤交換
MR	Mixed Reality	混合實境
MSIT	Ministry of Science and ICT	韓國科學與情報通訊部
MSS	Mobile Satellite Service	行動衛星服務
MSO	Multiple Systems Operator	多業務營運商
Multi-TRP	Multiple Transmission/ Reception Points	多收發節點
MU-MIMO	Multi-user, Multiple-input, and Multiple-output	多用戶多輸入多輸出
MVDDS	Multichannel Video and Data Distribution Service	多頻影像與數據分佈服務
MVNO	Mobile Virtual Network Operator	行動虛擬網路營運商
MyIBFS	FCC International Bureau Filing System	美國聯邦通訊委員會電子歸檔系統
NB-IoT	Narrowband Internet of Things	窄頻物聯網
NCC	National Communications Commission	國家通訊傳播委員會
NGA	Next G Alliance	下世代無線通訊聯盟
NGSO	Non Geosynchronous Orbit	非靜止衛星
NR	New Radio	新無線電
NRF	National Research Foundation	新加坡國家研究基金會
NR-MBMS	New Radio- Multimedia Broadcast and Multicast Service	新無線電多媒體廣播與服務
NR-RedCap	Reduced Capability New Radio	性能降低新無線電
NSA	Non-standalone	非獨立組網
NTIA	National Telecommnication and Information Administration	美國國家電信暨資訊署
NTN	Non-terrestrial Network	非陸面網路
NTU	Nanyang Technological University	南洋理工大學
NYU	New York University	紐約大學
OBU	On Board Unit	車載單元
OFCA	Office of the Communications Authority	香港通訊事務管理局
Ofcom	Office of Communications	英國通訊管理局

OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	正交頻分多址
OOBE	Out of Band Emission	頻帶外發射
Open-RAN	Open-Radio Access Network	開放網路架構
PAL	Priority Access License	優先接取執照
PDCA	Plan, Do, Check, Act	循環式品質管理
PEA	Partial Economic Area	部分經濟區域
PFD	Power Flux Density	功率通量密度
PHE	Public Health England	英格蘭公共衛生局
PMSE	Program Making and Special Events	節目製作與特殊活動
PoC	Proof of Concept	概念驗證
PPDR	Public Protection and Disaster Relief	公共保安與災害救援
PPP	Public-Private Partnership	公私合作夥伴關係
PS-LTE	Public Safety Long Term Evolution	公共安全長期演進技術
PSSR	Public Sector Spectrum Release	英國公部門頻譜釋出計畫
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交幅度調製模式
RALIs	Radiocommunications Assignment and Licensing Instructions	無線通訊指配與釋照指示
RAN	Radio Access Network	無線電接取網路
RLAN	Radio Local Area Networks	無線電區域網路
RSU	Road Side Unit	路側設施
SA	Standalone	獨立組網
SAS	Spectrum Access System	頻譜接取系統
SD-WAN	Software-Defined Networking in a Wide Area Network	軟體定義廣域網路
SI	System Integration	系統整合
SRN	Shared Rural Network	英國偏遠地區網路共享計畫
SRS	Space Research Service	太空研究服務
TDD	Time Division Duplexing	分時雙工
TeSA	TechSkills Accelerator	新加坡加快培訓專才計畫
TKG	Telekommunikationsgesetz	德國電信法
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek	荷蘭應用科學研究組織
TOB	Television outside Broadcast	電視轉播

TUM	Technische Universität München	慕尼黑工業大學
TWT	Target Wake Time	目標喚醒時間
UE	User Equipment	使用者端設備
ULS	Universal Licensing System	通用許可數據庫
UMFUS	Upper Microwave Flexible Use Srvice	高頻微波彈性使用服務
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communications	超高可靠度和低延遲通訊
USF	Universal Service Fund	美國通用服務基金
UWB	Ultra Wide Band	超寬頻
V2I	Vehicle-to-Infrastructure	車輛與基礎建設間聯網
V2P	Vehicle-to-Pedestrian	車輛與行人間聯網
V2V	Vehicle-to-Vehicle	車輛與車輛間聯網
V2X	Vehicle-to-everything	車聯網
VHF	Very High Frequency	甚高頻
VLP	Very Low Power	極低功率
VR	Virtual Reality	虛擬實境
WAS/ RLAN	Wireless Access Systems and Radio Local Area Networks	無線接取系統與無線電區域網路
WiGig	Wireless Gigabit	無線千兆
WISP	Wireless Internet Service Provider	無線網路服務供應商
WP5D	Working Party 5D	5D 工作小組
WRC	World Radiocommunication Conference	世界無線電通信大會
XR	Extended Reality	延展實境

附件四、期末審查委員意見表

陳彥宏審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	研究成果針對國內頻譜相當豐富，建議補充我國在申請與使用跨國衛星頻段的難處或是和國內頻譜規劃的不同之處。	感謝委員建議，由於我國非為聯合國及 ITU 之成員國，在跨國協調程序上有被排除之風險，研究團隊認為往後可透過研擬與境外衛星營運商合作，尋求得同時滿足國際、國內及 ITU 要求之頻譜取得模式，相關論述亦已補充於報告內文中。	P. 128
2.	總體頻譜供需狀況針對國內頻譜供需說明十分豐富，但需要加強 ITU 衛星頻譜的說明，尤其是 BR、IFIC 的頻譜申請、公告和查詢操作方式，以及 ITU 衛星頻譜資料庫的取得方式。	感謝委員建議，針對 ITU 衛星頻譜取得模式及太空服務數據庫之相關資訊，研究團隊已將調研成果補充於內文。	P. 126-128

吳兆琰審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	就資料整理的角度，本研究成果涵蓋面廣泛、內容詳盡，具有可讀性。	感謝委員肯定與指導。	—
2.	研究建議或是交通創新統籌單位，協調交通專用電信需求建議再予強化論述，有助於釐清/強化郵電司的組織權責與業務。	感謝委員建議，研究團隊於結論中提出之「智慧交通電信頻譜需求統籌單位」，係參考美國 DOT 推動 ITS 之組織分工架構，團隊認為往後交通部中應可設立類似單位，針對數位轉型之相應通訊需求與各部屬機關研擬可行解決方案，實務上則將負責技術新知之引入，對內與部屬機關討論電信及頻譜層面之議題；對外則與頻譜規劃機關討論交通頻譜需求。	—
3.	我國頻譜政策願景、目標之說明(p.37)，顯示保障並優化國民生活、促進產業發展，請加強”保障並優化國民生活”相關策略的論述。	感謝委員建議，針對「保障並優化國民生活」構面之相關論述，在政策目標當中已針對「持續增進國民無線通訊的可及性」、「提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇」、「制定國際和諧的頻譜規劃」和「關注新興技術與應用發展，提供友善研發環境」等目標進行展開，探討其重要性、國內現況與未來需求。藉由爬梳我國於該目標之現況並探討往後頻譜於其中之角色，提出頻	—

		譜政策可透過促進我國智慧國家之茁壯並協助各領域之數位轉型，最終將創新成果及應用回饋至國民身上。	
4.	從政府相關的推動經驗，最常見有計畫才有實驗場域，計畫結束後，實驗就結束，殊為可惜。如果可以就如何建立機制，促進相關創新應用真正落地提出建議，會更具政策參考價值。	感謝委員建議，研究團隊認為頻譜上的創新實驗之目的在於確立該頻段對於特定技術及應用情境之可行性及穩定度，而透過實證回饋到頻譜規劃面上。而待頻段規劃完成後，後續之服務擴散與落地則再由執行單位執行。	—

蘇志文審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	本研究計畫受委託團隊之研究成果符合預期，且提出之頻譜政策白皮書(草案)亦有初步成果。	感謝委員肯定與指導。	—
2.	本委託研究工作項目包含舉辦「頻譜政策白皮書」(草案)大型座談會1場，及針對白皮書草案與各界充分溝通交流，並將意見回饋適當化為白皮書草案內容，惟於期末研究報告中尚未呈現，請執行團隊說明及補充。	感謝委員建議，11 月 17 日之專家學者座談會會議記錄已收錄於附件二。白皮書撰擬過程中，研究團隊亦與不同部會之長官進行意見交流，相關論述已補充於報告內文中。	P. 220-223, 附二-17
3.	研究成果提出「多元的網路布建方式與異質網路融合市場參與者增加」(期末報告 P.208 及頻譜政策白皮書草案 P.13)，惟從圖 6 未來無線通訊網路發展趨勢(頻譜政策白皮書草案 P.15)來看，異質網路整合部分大多在核心網路層，非無線網路層，建議此標題是否修訂為「多元的網路布建方式與異質網路匯(合/流)增加市場多元性」較合適?	感謝委員建議，已進行報告及白皮書內文之用字修正，並將該趨勢改為「多元網路布建方式與異質網路匯流增加市場機會」。	P. 215, 附一-12
4.	研究成果提出我國頻譜政策白皮書之願景(P.29)為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」，惟參考先進國家頻譜政策之願景，如持續改善任何人無論何時何地使用的無線通訊、專注於對家庭與企業三個支柱、因應數位變	感謝委員建議，該些標竿國家之頻譜政策願景係基於其國家政策之推動方向，並期望由頻譜角度加以支持，而研究團隊透過與郵電司每月定期之工作會議，討論出我國未來頻譜政策之願景可與近期重大政	—

	革時代的到來並實現Society 5.0 等都較具體易懂，請研究團隊再思考一下我國願景之願景為何? 草案中提出之針對「保障並優化國民生活」以及「促進產業發展」兩構面或許是願景的研究方向。	策——「智慧國家方案（2021-2025 年）」進行連結，同時加深讀者閱讀時的印象，故設定願景為「透過頻譜政策促進我國智慧國家之轉型」。	
5.	頻譜政策白皮書草案政策目標：(1)持續增進國民無線通訊的可近性(草案 P.41)之研究推動面向多在行動寬頻，另一種國民常使用之無線通訊 Wi-Fi，其技術演進之頻譜需求則較少著墨，建議執行團隊可補充。	感謝委員建議，研究團隊在第一項政策目標「持續增進國民無線通訊的可及性」之我國現況分析（P. 附一-32, 37）、未來角色（P. 附一-38）部分，以及未來推動策略（P. 附一-74, 75, 76），針對免執照對於普及的重要性進行論述。	—
6.	頻譜政策白皮書草案政策目標：(2)提供具有特殊需求之組織最佳的頻譜選擇(草案 P.47)之「特殊」需求可能造成外界及市場之誤解，建議可依電信管理法之定義「專用電信網路為設置供自己使用之電信網路」進行本目標修訂；另此類頻譜使用者眾，且包含共用方式，不如商用頻率之優先性，「最佳的頻譜選擇」說明也較不合適。	感謝委員建議，該項政策目標已修正為「提供具特定需求之組織最適合的頻譜選擇」。	P.223, 225, 229, 附一-38

張時中審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	本委託研究計畫期末報告110 年度在「我國頻譜規劃建議」、「我國交通產業跨域發展建議」以及「我國頻譜政策白皮書草擬」三大部分，透過與委託單位每個月的工作會議，以及研討座談會辦理，不僅完成原規劃進度，也充分掌握委託單位的需求。報告內容豐富，撰寫條理清晰，呈現洞見，可讀性佳，具政策規劃的參考價值。茲請補充及對未來建議事項如下：	感謝委員肯定與指導。	—
2.	有鑑於頻譜規劃在我國主管機關組織上未來的改變，以及其需跨部會上位策略擬定與協調，宜請就國際於組織上的設計與實務，如報告172 頁之圖 90 等，補充說明可供我國未來頻譜政策與規劃在組織分工及協調可供借鏡之處。	感謝委員建議，研究團隊亦認為此跨部會之討論對於政策研擬具有幫助，故參考此頻譜策略任務小組的架構，於「我國頻譜政策白皮書」（草案）撰擬過程中訪談各部會之長官，進行跨部門之意見交流，蒐集此些部會對於頻譜政策之期望。同時，亦得出未來頻譜規劃單位可更積極地透過圓桌會議之形式與各單位進行討論之共識。	P. 220-223
3.	建議未來選取重點逐步深化建立頻譜政策與規劃所需的(1)計量資料庫(2)計量分析與設計的模型與工具，可從彙整他國的資料與方法開始。	感謝委員建議，研究團隊於此次「頻譜政策白皮書」（草案）撰擬過程中，亦將量化工具納入往後政策規劃之重要環節之一，期望能更完整地掌握總體頻譜的供需	—

		狀況。	
4.	建議加強頻譜整備與規劃財務面的分析與論述。	感謝委員建議，研究團隊亦認為此財務面之計量模型對於往後頻譜政策十分重要，於往後研擬頻譜政策時納入規劃，能夠更全面地檢視整體頻譜使用之價值。	—

鄧逸琦審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	本研究報告已針對「新興通訊技術與應用之發展」、「標竿國家頻譜政策規劃方向」議題，蒐研美、英、德、日、韓、中、星、澳等 8 國之現況與趨勢，並已研提頻譜政策白皮書草案內容，符合預期。	感謝委員肯定與指導。	—
2.	建議期末報告加強下列論述：由於本研究計畫為「交通跨域創新發展環境」，第二章第二節(第 151-169 頁)「我國交通產業跨領域發展建議」內容，目前係鎖定車聯網技術及其應用，羅列美國、中國、新加坡等國家 ITS 發展方向與現況，建議可增加日本的資料，或新增其他交通產業與資通訊間跨域創新案例，以提出更為具體的建議。	感謝委員建議，已於報告當中補充日本之交通跨域創新相關案例資料，其透過 ETC 推動交通領域跨足物流、金流之創新應用。	P. 161-164
3.	建議期末報告加強下列論述：第三章結論部分應針對「我國頻譜規劃建議」、「我國交通產業跨域發展建議」及「我國頻譜政策白皮書草案」分段總結，以方便閱讀。	感謝委員建議，已於第三章結論部分中進行分段總結，以更便於檢閱各部分之結論。	P. 227-229
4.	建議期末報告加強下列論述：除補充 11 月 17 日辦理白皮書草案專家座談會議紀錄外，對於各方所提出的建議或回饋，建議於期末報告修正版適當呈現。	感謝委員建議，完整之座談會會議紀錄已收於附錄中，並將結論中重點部分新增於報告內文。	P. 220-223, 附二-17
5.	另請補正下列文字錯漏或資料編排：(P2) 四、預期成效中第一段有關無線電頻率供應計畫及	感謝委員指導，已修正內文。	P. 2

	中華民國無線電頻率分配表之引號部分。		
6.	另請補正下列文字錯漏或資料編排：(P4)研究目的與重要性第3 行高價值創新經濟…，漏植「價」。	感謝委員指導，已修正內文。	P. 4
7.	另請補正下列文字錯漏或資料編排：(P6)Task 1 第 3 行，重複使用「針對」二字，應為誤植。	感謝委員指導，已修正內文。	P. 6
8.	另請補正下列文字錯漏或資料編排：由於專網已開放申請，(P78)最後一行有關專網開放之敘述，建議更正。	感謝委員指導，已修正內文。	P. 80
9.	另請補正下列文字錯漏或資料編排：附錄附件一、頻譜政策白皮書第 17-26 頁有缺頁的清況，請補正。	感謝委員指導，缺頁部分已補齊於附件一。	—

郵電司意見（蕭家安科長）

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	補充說明前面鄧委員所說有關交通跨域創新這部分(簡報p.11)，因為立法院在審預算時一直有質疑這項預算編列，是否和本部其他單位職掌重疊，我們的解釋是郵電司是從通訊出發的角度在執行，而與科顧室或是運研所從ITS的角度不同，可能要請團隊思考明年這種解釋的模式是否還能成立。	感謝科長建議，研究團隊認為於交通跨域創新議題上，團隊過去協助郵電司執行專案時是以以電信、頻譜規劃之立場與不同交通場域進行創新應用之可行性及技術面之評估，確實不僅侷限於 ITS 議題，而是聚焦於交通專用電信需求之討論，未來在推動上亦可朝跨場域之共同需求進行討論。	—
2.	團隊執行跨域創新這個題目約有2至3年的時間，大致上可以分成兩種模式進行，一種是由上而下的方式進行(選定創新題目找一個場域執行)，第二種是從各個場域由下而上推廣的案例(如台南機場或是港口等)，想請教團隊這兩種模式不同之處。	感謝科長建議，面對數位轉型及智慧化的浪潮，在由下而上的推動上，各場域在近年來多已利用機關的預算推動智慧化、數位轉型相關計畫，然多以單點為主，達擴散之成效需要較長時間。而由上而下地推動跨域創新因可透過跨場域共同需求的討論，擬定方向性原則並標準化流程，因此易推行與擴散，但因涉及跨場域、單位之討論，可能需要更多溝通協調時間以及預算成本。	—

高凱聲審查委員意見

項次	審查意見	執行單位回覆說明	修正頁碼
1.	行政院指定交通部職權是擬訂我國頻譜規劃政策工具包括有；「中華民國無線電頻率分配表」及「無線電頻率供應計畫」。而我國頻譜規劃為因應整體技術、產業發展趨勢以及國內相關政策方向，進而產生各階段的發展目標，其目標如下；1.電信自由化：開放市場競爭。2.數位匯流：數位紅利發生、行動通信普及 3.電信管理法：政策工具法源化，經檢視；這些目標均已融入在期末報告中。	感謝委員肯定與指導。	—
2.	所謂「WHITE BOOK」是指政府就某一重要政策或提議而正式發表的官方報告書。本研究在今年七月前期中報告中已預告會提出將研究成果彙整引進白皮書當中，完成並提出我國頻譜政策白皮書。該報告主要分成為滿足國民的使用需求以及推動產業的發展兩方向，為此團隊亦在報告中定義「保障並優化國民生活」與「促進資通訊產業發展」兩大構面，並針對此兩大構面展開七大政策目標，並擬定四項推動策略。經檢視該政策白皮書但覺敘述偏多，量化數字較少是美中不足之處。即各項政策目標必要能有量化及推動策略以及國際性基準	感謝委員建議，研究團隊在擬定之各項政策目標中的「我國現況分析」小節裡，整理了我國於該目標上目前之表現，並同時蒐整來自國內外之數據進行分析，以釐清現階段我國與標竿國家間之現況差異。	—

	(benchmark)資料方具有比較性。		
3.	本白皮書研提之目的係為提供國民對於無線電頻譜、通訊相關趨勢與重要性之認知，以及闡述政府在擬定頻譜政策的邏輯與思維，並說明未來可能的規劃方向以及欲達成之政策目標，然實際頻率釋出作業，仍應依循相關法規及程序辦理。本白皮書計共有 29 頁分為五大章節：1.概述未來在電信、通訊領域的重要發展趨勢。2.我國頻譜政策之願景。3.我國頻譜政策之政策目標。4.我國頻譜政頻譜發展趨勢以及我國頻譜規劃政策工具策之推動策略。5.結語。有關頻譜政策白皮書內容；僅談及數位經濟產業規模達 6.5 兆元（占 GDP 比例達 29.9%）、數位服務（軟體）經濟成長至 2.9 兆元、民眾數位生活服務使用普及率達 80%、具個人數位競爭力之人口占比達 60%。高速(2Gbps)網路寬頻服務涵蓋率 90%、5G 網路非偏鄉涵蓋率達 85%。但卻對目前 5G 經營實際情況及面臨的挑戰如高速寬頻覆蓋率、數位競爭力之人口占比率均未曾加以著墨，讓人僅見空中樓閣而無實際基礎之支撐。	感謝委員建議，針對指標之分析，請參考白皮書內文，如我國之行動寬頻普及率表現（P. 附一-34）、我國創新及科技競爭力表現（P. 附一-56）等。然針對 5G 網路相關布建、使用狀況，目前官方尚未發布相關統計數據。	—
4.	綜觀研究團隊所揭各國頻譜政策都簡潔扼要如加拿大專	感謝委員建議，針對往後頻譜規劃單位得如何利用	—

	注於對家庭與企業三個支柱：1.品質：快速高的網路符合需求。2.覆蓋範圍：無論在哪工作與生活都可獲得廣且靠的服務。3.價格：可負擔以及更多服務的選擇。建議本白皮書應慎選一或二個議題且利用政策工具達成目標，不需談及培養多少人才 4 萬人等。建議，首先面對國內環境應先檢視現況，方能制定政策去完成目標。換言之，不僅只是提出 2030 年政策目標，而是研究團隊應以郵電司立場提供具體建議要採取那些策略來達成政策目標才是正辦。	推動策略達到此些政策目標，研究團隊於「頻譜政策白皮書」（草案）內文第肆章各策略之第二分節「未來執行方向」進行討論。	
5.	在數位新時代（From "Kevin Kelly: The next 5,000 days of the web" to "Eric Schmidt's The New Digital Age"）談及網際網路未來發展之趨勢 1.更加智慧化(smarter)。2.更加個人化(more personalized)。3.更加普遍性或無所不在的(more ubiquitous)等對本研究所指政府需要持續支持全體國民不論身在何處、不因其世代、經濟及教育等背景之差異，皆可享有無線通訊之服務，以改善網路、通訊之近用權(access rights)並削減數位落差之程度，而影響近用權與可近性(accessibility)對此深表表示贊同。但請注意在媒體中常用【近用】，通訊上則應採用【接取】。正如同電信局現都改名	感謝委員建議，已進行內文用詞之修正。針對各國行動寬頻每月資費占每月人均國民所得之數值，研究團隊採用 ITU 數據，於白皮書內文中進行討論（P.附一-37），往後亦將持續追蹤 5G 後續發展。	P. 附一-32

	為 NCC 國家通訊傳播委員會了，而前年 NCC 提出的匯流法規卻仍稱【電信管理法】而不是【通訊管理法】讓人墜入老一輩的電信局時代的迷霧中。另外，報告中也提出服務價格的可負擔性(affordability)議題，惜未能深入探討。對此一命題是 ITU 當前討論的主要議題；已開發國家寬頻費用占每人國民所得比重在 0.5%左右。我國 5G 年租費為 16,200 元占 2020 年每人國民所得 722,873 元的 2.24%仍屬偏高，有進一步探究之必要。		

ISBN：978-986-531-353-1

GPN：1011002060
定價：1200 元