

103 年度

「我國 3G 頻譜屆期釋出規劃
及 B4G/5G 規範與發展研究－
我國未來頻譜政策規劃」

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 104 年 5 月

本報告為研究案並不代表交通部意見

1031229coco-01

103 年度
「我國 3G 頻譜屆期釋出規劃
及 B4G/5G 規範與發展研究—
我國未來頻譜政策規劃」
研究報告

著者：陳志仁、張正武、田崎嘉邦、郭力慈、沈宜中

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 104 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目資料

「我國 3G 頻譜屆期釋出規劃及 B4G/5G 規範
與發展研究－我國未來頻譜政策規劃」研究報
告. 103 年度 / 陳志仁等著. -- 初版. -- 臺北
市：交通部，民 104. 05

面；公分

ISBN 978-986-04-4853-5(平裝)

1. 電信管理 2. 電信政策

557.7

104007302

103 年度「我國 3G 頻譜屆期釋出規劃及 B4G/5G 規範與發展研究
－我國未來頻譜政策規劃」研究報告

著者：陳志仁、張正武、田崎嘉邦、郭力慈、沈宜中

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 104 年 5 月

印刷者：和範股份有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 40 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：1010400606

ISBN：978-986-04-4853-5

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

出版品名稱：103 年度「我國 3G 頻譜屆期釋出規劃及 B4G/5G 規範與發展研究－我國未來頻譜政策規劃」研究報告			
國際標準書號(或叢刊書)		政府出版品統一編號	計畫編號
978-986-04-4853-5		1010400606	1031229coco-01
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：陳明昌 聯絡電話：02-23492246 傳真號碼：02-23813928 e-mail：mc_chen@motc.gov.tw		研究單位：台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	其他參與合作之研究團隊
		計畫主持人：陳志仁	無
		聯絡電話：02-2718-7620 #131	研究期間
		傳真號碼：02-2718-7621	自 104.2
		e-mail：c-chen@nri.co.jp	至 104.5
		研究人員：陳志仁、張正武、田崎嘉邦、郭力慈、沈宜中	研究經費
		通信地址：台北市敦化北路 168 號 10 樓 F 室	參佰參拾萬元整
		聯絡電話：02-2718-7620 #131	
關鍵詞：頻譜使用需求、3G 屆期後續規劃、頻率供應計畫、頻譜壅塞解決方案			
摘要： 於本次之研究案中，利用 ITU 之 M.2290 模型進行我國未來頻譜需求之推估，預測於 2020 年我國將會需要 1625MHz 之頻寬來支援行動寬頻。而面對未來可能頻寬需求，研究團隊針對國際間頻譜配置現況與國際組織候補頻段動向等兩大面向，提出未來可能追加釋出頻譜之建議；另探討各國使用 Small Cell、Carrier Aggregation、Supplemental Downlink (SDL) 等頻譜壅塞解決方案相關技術，提出提昇既有頻率的使用效率之可能性。同時，因應 2018 年我國 3G 業務頻段之屆期，針對此重點頻段提出屆期處理之建議。最後，綜合以上議題，提供我國頻率供應計畫之建議，俾利主管機關面對未來頻率供應有更全面性的參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
104 年 5 月	311	1200	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。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密) <input type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見			

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

TITLE : Suggestion for upcoming expiring 3G frequency band and potential usage of B4G/5G – Suggestion for future frequency spectrum policy in Taiwan

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-04-4853-5	1010400606	1031229coco-01

DIRECTOR GENERAL : Wang, Ting-Jun HONE : 02-23492200 FAX : 02-23813928 E-MAIL : tc_wang@motc.gov.tw SPONSOR STAFF : Chen, Ming-Chang PHONE : 02-23492246 FAX : 02-23813928 E-MAIL : mc_chen@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, Yoshikuni Tazaki, Kuo, Li-Tzu, Shen, Yi-Chung ADDRESS : Room F, 10F, No.168, Dunhua N. Rd., Taipei, 105 PHONE : 02-27187620 #131
--	--

PROJECT PERIOD	From: February 2015 To: May 2015	PROJECT BUDGET	NT \$ 3,300,000
-----------------------	-------------------------------------	-----------------------	-----------------

KEY WORDS : Spectrum needs, Plan for upcoming expiring 3G frequency band, Spectrum plan, Technical solution for spectrum shortage

ABSTRACT :

The project team predicted that the spectrum bandwidth demand will be 1625MHz until 2020 in Taiwan using ITU model M.2290. To fulfill the traffic needs, the project team studied global spectrum allocation plan and the recommendations from international organization, and suggest the potential candidate for spectrum assignment to release more spectrum resources. In addition, the project team also studied the solution for the under supply for spectrum. Including small cell 、carrier aggregation and supplemental downlink (SDL). Meanwhile, expiring spectrum licenses are reviewed for proposing the 3G spectrum refarming advice. In summary, the project team proposed the advice about the 2015 spectrum plan as a reference for the government to establish the future mobile broadband policies and regulations.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
May 2015	311	NT \$ 1200	<input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications

全文摘要

於本次之研究案中，利用 ITU 之 M.2290 模型進行我國未來頻譜需求之推估，預測於 2020 年我國將會需要 1625MHz 之頻寬來支援行動寬頻。而面對未來可能頻寬需求，研究團隊針對國際間頻譜配置現況與國際組織候補頻段動向等兩大面向，提出未來可能追加釋出頻譜之建議；另探討各國使用 Small Cell、Carrier Aggregation、Supplemental Downlink (SDL) 等頻譜壅塞解決方案相關技術，提出提昇既有頻率的使用效率之可能性。同時，因應 2018 年我國 3G 業務頻段之屆期，針對此重點頻段提出屆期處理之建議。最後，綜合以上議題，提供我國頻率供應計劃之建議，俾利主管機關面對未來頻率供應有更全面性的參考。

關鍵詞：頻譜使用需求、3G 屆期後續規劃、頻率供應計劃、頻譜壅塞解決方案

目錄

	頁次
壹、 前言.....	1
一、 計畫簡介.....	1
貳、 研究目的.....	3
一、 研究背景與目的.....	3
二、 計畫重要性.....	5
參、 研究方法.....	6
一、 研究方法.....	6
(一) 文獻分析法.....	6
(二) 標竿事例研究法.....	6
(三) 深度訪談法.....	6
二、 採用原因.....	8
(一) 文獻分析法.....	8
(二) 標竿事例研究法.....	8
(三) 深度訪談法.....	8
三、 各工作項目辦理情形.....	9
(一) Task 1 國際組織與主要國家頻譜配置現況與未來趨勢研究.....	10
(二) Task 2 我國頻譜現況掌握及未來行動寬頻頻譜需求推估.....	12
(三) Task 3 產官學界頻譜規劃意見交流研討.....	13
(四) Task 4 104 年我國頻率供應計畫建議.....	16
(五) Task 5 我國 3G 屆期頻譜後續規劃建議.....	17
四、 預計產出之項目.....	18
(一) 政策面.....	18
(二) 技術面.....	18
(三) 產業面.....	18
(四) 社會面.....	18
(五) 各界意見彙整.....	19
(六) 學界溝通橋梁建立.....	19
(七) 整體規劃建議.....	19
五、 預期具體成果.....	20
肆、 研究成果.....	21
一、 我國頻率需求計算.....	21
(一) 評估我國未來頻譜使用需求.....	21
(二) 「我國未來頻率需求探討」座談會.....	67
二、 未來可新增之頻譜.....	77
(一) 國際 LTE 網路發展動態暨相關頻譜配置趨勢探討.....	78

(二) 國際組織新增行動寬頻候補頻段討論結果彙整.....	112
三、 3G 頻譜屆期處理建議.....	140
(一) 800MHz 頻段後續規劃探討與建議.....	145
(二) 1900MHz 頻段後續規劃探討與建議.....	167
(三) 2.1GHz 頻段後續規劃探討與建議.....	172
(四) 各國 3G 頻段後續處理方式彙整.....	177
(五) 小結.....	184
(六) 「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會.....	191
四、 我國未來頻率供應計畫建議.....	201
(一) 470-698MHz.....	203
(二) L-Band (1.5GHz).....	205
(三) 1800MHz.....	206
(四) 2.3GHz.....	208
(五) 3.5GHz.....	211
(六) 小結.....	214
(七) 「我國中長期頻段規劃探討」座談會.....	217
五、 頻譜壅塞解決技術.....	227
(一) Carrier Aggregation.....	228
(二) Supplemental Downlink.....	236
(三) Unlicensed LTE.....	239
(四) 動態頻譜與頻率共享.....	244
(五) 極高頻毫米波技術及應用.....	247
(六) TV White Space.....	255
(七) VoLTE.....	261
(八) UHD TV 與 Hbb TV.....	266
伍、 結語.....	274
陸、 附錄.....	277
附件 1-「我國都會區行動上網使用行為調查」網路問卷.....	277
附件 2-「我國都會區行動上網使用行為調查」網路問卷結果彙整.....	286
附件 3-座談會照片.....	299
附件 4-校園分享交流會照片.....	301
附件 5-中英文對照表.....	304
柒、 參考文獻.....	306

表目錄

	頁次
表 1 SC 種類.....	30
表 2 SE 種類.....	31
表 3 無線方式種類	33
表 4 我國現狀與參數的設定	37
表 5 台北市大安區基地台布建情形	39
表 6 我國常見 46 種應用行為之 SC 對照表.....	46
表 7 ITU.M.2290 模型中沿用 ITU 預設值之參數.....	58
表 8 「我國未來頻寬需求探討」座談會會議資訊	67
表 9 「我國未來頻寬需求探討」座談會參加單位	67
表 10 「我國未來頻寬需求探討」座談會討論議題	68
表 11 座談會意見整理：需求推估面探討	69
表 12 座談會意見整理：供給規劃面探討	74
表 13 座談會意見整理：我國頻譜價值計量模型	75
表 14 座談會意見整理：會後結語	76
表 15 LTE FDD 商轉前五大頻段（截至 2015/01）	79
表 16 LTE FDD 設備數前五多頻段（截至 2015/02）	79
表 17 LTE TDD 商轉前五大頻段（截至 2015/01）	80
表 18 日本 LTE 釋照與商轉頻段	81
表 19 韓國 LTE 釋照與商轉頻段	82
表 20 新加坡 LTE 釋照與商轉頻段	83
表 21 德國、法國、英國 800MHz 頻段近年規劃	87
表 22 香港、韓國、澳洲 800MHz 頻段近年規劃	89
表 23 中國、日本、新加坡 800MHz 頻段近年規劃	90
表 24 德國、法國、英國 2.1GHz 頻段近年規劃.....	99
表 25 香港、韓國、澳洲 2.1GHz 頻段近年規劃.....	100
表 26 中國、日本、新加坡 2.1GHz 頻段近年規劃.....	102
表 27 2.3GHz 商轉現況整理	105
表 28 2.3GHz 主要國家規劃現況整理	107
表 29 2.3GHz 亞洲、大洋洲國家規劃現況整理	109
表 30 ITU 行動寬頻頻段共用之研究簡介.....	113
表 31 WRC-15 會議預計探討之候補頻段.....	113
表 32 L-Band 相關 3GPP 定義頻段.....	121
表 33 3.5GHz 頻段國際規劃使用狀況.....	127
表 34 美國 Citizens Broadband Radio Service 頻譜共享規劃	129
表 35 歐盟 3.5GHz 頻譜規劃原則	131

表 36	日本 C-band 干擾實驗結果彙整.....	135
表 37	第三代行動電話業務執照資訊整理	141
表 38	於 800MHz 頻段提案載波聚合之電信業者 (截至 Rel-13).....	154
表 39	於 800MHz 頻段提案 LTE 三頻段載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)	155
表 40	我國各家業者對 800MHz 頻段後續規劃之看法	158
表 41	800MHz 頻段我國依循美規與歐規之比較	166
表 42	CEPT 研究 1900-1920 MHz 與 2010-2025 MHz 的替代應用.....	168
表 43	我國各業者對 3G TDD 頻段規劃看法	170
表 44	於 2.1GHz 頻段提案載波聚合之電信業者 (截至 Rel-13).....	173
表 45	於 2.1GHz 頻段提案 LTE 三頻段載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)	174
表 46	我國各業者對 2.1GHz 頻段規劃看法	175
表 47	2.1GHz 各國屆期處理	178
表 48	香港 3G 業務頻段拍賣結果.....	183
表 49	「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會會議資訊.....	191
表 50	「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會參加單位.....	192
表 51	「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會討論議題.....	192
表 52	座談會意見整理：800MHz 頻段屆期後釋出規劃	194
表 53	座談會意見整理：2.1GHz 頻段屆期後釋出規劃.....	197
表 54	座談會意見整理：3G TDD 頻段屆期後釋出規劃	197
表 55	座談會意見整理：後續釋出相關規劃與其他	198
表 56	座談會意見整理：會後結語	200
表 57	於 2.3GHz 頻段提案 LTE 載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13).....	208
表 58	我國各業者對 2.3GHz 頻段規劃看法	209
表 59	於 3.5GHz 頻段提案 LTE 載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13).....	211
表 60	我國各業者對 3.5GHz 頻段規劃看法	212
表 61	「我國中長期頻段規劃探討」座談會會議資訊	217
表 62	「我國中長期頻段規劃探討」座談會參加單位	217
表 63	「我國中長期頻段規劃探討」座談會討論議題	218
表 64	座談會意見整理：短中期頻段釋出規劃	219
表 65	座談會意見整理：長期頻段規劃	221
表 66	座談會意見整理：其他頻段規劃	223
表 67	座談會意見整理：會後結語	225
表 68	3GPP 中 Carrier aggregation 的提案業者及頻段組合.....	230
表 69	世界使用之 ISM 頻段	242
表 70	毫米波頻段劃分	249
表 71	推廣 60GHz 毫米波無線短距離通訊技術之主要技術及聯盟.....	253

表 72 4G 時代語音通話解決方案比較.....	263
表 73 開啟 VoLTE 之營運商與其使用頻段	265
表 74 國際 DTT 8K 電視測試國家資料.....	267
表 75 國際 DTT 4K 電視測試國家資料.....	268
表 76 已有 Hbb TV 服務之國家或地區	272
表 77 Hbb TV 服務測試或檢討中之國家或地區	273

圖目錄

	頁次
圖 1 本計畫研究框架	9
圖 2 本計畫研究架構	20
圖 3 M.2290 模型所調整的 RATG 主要參數 (radio parameters).....	26
圖 4 M.2290 模型所調整的 RATG 主要參數 (spectral efficiency).....	26
圖 5 M.2290 計算步驟與參數.....	27
圖 6 各 SE、SC 發生傳輸量的計算步驟.....	31
圖 7 計算流程	32
圖 8 分配 Cell 模式示意圖.....	35
圖 9 ITU 所公佈之基地台覆蓋面積理論最大值.....	38
圖 10 台北市大安區基地台設置情形所設定之 Sector Area 數值	40
圖 11 Sector Area 參數輸入：ITU 與我國之差異.....	41
圖 12 Sector Area 參數影響之頻寬需求，我國與國際情形的差異	42
圖 13 User Density 設定示意圖	43
圖 14 我國行動上網應用行為（2009/03、2010/03、2012/12）	44
圖 15 利用現有市調資料時可能出現無法完全對應至 ITU 之 SC 定義表之情形	45
圖 16 我國行動網路應用行為調查問卷流程	47
圖 17 問卷調查結果與 User Density 參數計算過程	47
圖 18 User Density 參數輸入	48
圖 19 User Density 參數輸入：ITU 與我國之差異.....	49
圖 20 我國較常見與較不常見之應用行為與 ITU 標準之比較.....	50
圖 21 預測我國 2020 年各 RATG 之使用比率.....	51
圖 22 Distribution Ratios among Available RATGs 參數輸入：ITU 與我國之差異	52
圖 23 以基地台布建及 Wi-Fi 使用情形算出我國版本之 Population Coverage Percentage 參數.....	54
圖 24 Population Coverage Percentage 參數輸入：ITU 與我國之差異.....	55
圖 25 3G (RATG1)與 4G (RATG2) 業者數量推估.....	56
圖 26 Number of network deployments 參數輸入：ITU 與我國之差異.....	57
圖 27 利用 M.2290 模型推算我國 2020 頻譜需求之結果.....	60
圖 28 影響我國與 ITU 之結果差異之重要變因.....	62
圖 29 我國未來環境預估與頻寬需求計算結果	64
圖 30 世界各國 LTE 主要頻段分布情形	78
圖 31 800MHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀	84
圖 32 LTE FDD 各頻段商轉總數量 (2015.01) - 800MHz 頻段.....	85

圖 33	LTE FDD 各頻段終端設備產品總數量 (2015.02) – 800MHz 頻段	86
圖 34	800MHz 頻段 LTE 商轉、規劃狀況	86
圖 35	德國、法國、英國 800MHz 頻段 (Band 20) 釋出現況	88
圖 36	香港、韓國、澳洲 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況	89
圖 37	中國 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況	91
圖 38	日本 800MHz 頻段 (Band 18、19) 釋出現況	91
圖 39	美國 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況	92
圖 40	1900MHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀	93
圖 41	支援 LTE TDD 頻段設備數量 (2015/02) – Band 39	94
圖 42	2.1GHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀	95
圖 43	LTE FDD 各頻段商轉總數量 (2015.01) – 2.1GHz 頻段	96
圖 44	LTE FDD 各頻段終端設備產品總數量 (2015.02) – 2.1GHz 頻段	97
圖 45	2.1GHz 頻段-LTE 商轉、規劃狀況	97
圖 46	德國、法國、英國 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況	99
圖 47	香港、韓國、澳洲 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況	101
圖 48	中國、日本、新加坡 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況	102
圖 49	美國 2.1GHz 頻段 (Band 4) 釋出現況	103
圖 50	全球 LTE TDD 商轉狀況 (2015/01) – 2.3GHz	104
圖 51	支援 LTE TDD 頻段設備數量 (2015/02) – 2.3GHz	106
圖 52	新加坡 2.3GHz 頻段使用現狀	108
圖 53	香港 2.3GHz 頻段使用現狀	109
圖 54	中國 2.3GHz 頻段使用現狀	109
圖 55	英國 2.3GHz 頻段使用現狀	111
圖 56	亞洲諸國數位紅利頻譜規劃	115
圖 57	歐美諸國數位紅利頻譜規劃	116
圖 58	Incentive Auction 概念	117
圖 59	Incentive Auction 預計清出之頻段	118
圖 60	Incentive Auction 規劃頻段上下行分配方式	118
圖 61	美國 600MHz Incentive Auction 時程變動說明	119
圖 62	L-Band 與 L-Band Extension 之規劃建議	121
圖 63	3.4-3.6GHz TDD/FDD 國際標準	125
圖 64	支援 LTE TDD 頻段設備數量(2015/02) – Band 42/43	126
圖 65	美國 3.5GHz 頻譜規劃	128
圖 66	美國頻譜共享管理系統初步架構	129
圖 67	英國 3.5GHz 頻譜規劃	132
圖 68	中國 3.4-4.2GHz 使用狀況	133
圖 69	日本 3.4-4.2GHz 使用狀況	134
圖 70	日本 3.5GHz 頻段釋出規劃	137

圖 71	日本 3.5GHz 頻段釋出結果	137
圖 72	日本 NTT DoCoMo 對 3.5GHz 頻段之預計使用模式	138
圖 73	我國 3G 業務頻段分配現狀	142
圖 74	我國 2G, 3G 與 4G 用戶現狀	143
圖 75	我國 700, 800, 900MHz 分配現狀	145
圖 76	香港 700, 800, 900MHz 分配現狀	146
圖 77	中國 700, 800, 900MHz 分配現狀	147
圖 78	韓國 700, 800, 900MHz 分配現狀	148
圖 79	日本 700, 800, 900MHz 分配現狀	149
圖 80	澳洲 700, 800, 900MHz 分配現狀	150
圖 81	Band 26 說明	151
圖 82	CEPT CPG 討論 700MHz 之可能配置方式	152
圖 83	主要國家各頻段導入系統	153
圖 84	3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能性	161
圖 85	3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能選項①—美規	162
圖 86	3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能選項②—歐規	164
圖 87	1900-1920 與 2010-2025 MHz 未來可能的國際規劃	169
圖 88	3G 屆期頻段(3G TDD)之釋出規劃建議	171
圖 89	3G 屆期頻段(2.1GHz)之釋出規劃建議	176
圖 90	香港 3G 業務頻段分配現狀	180
圖 91	香港 3G 業務頻段屆期規劃處理時程	181
圖 92	香港 3G 業務頻段屆期三種候選規劃方式	181
圖 93	香港 3G 業務頻段屆期 2013 年 11 月 15 日公告釋出方案	182
圖 94	香港 3G 業務頻段實際拍賣頻段	183
圖 95	我國 3G 頻段初步後續規劃建議	184
圖 96	我國 3G 執照屆期處理方式評估	185
圖 97	我國未來頻率分配短中長期三階段	201
圖 98	我國短中長期頻率規劃建議	202
圖 99	我國 470-698MHz 頻段之規劃建議	204
圖 100	我國 L-Band (1500MHz)頻段之規劃建議	205
圖 101	我國 1800MHz 2013 年拍賣結果	206
圖 102	我國 1800MHz 2013 年拍賣結果	206
圖 103	我國 1800MHz C6 頻段釋出建議	207
圖 104	我國 2.3GHz 頻段之規劃建議	210
圖 105	我國 3.5GHz 頻段之規劃建議	213
圖 106	三類 Carrier Aggregation 模式示意圖	228
圖 107	SDL 模式示意圖	236
圖 108	利用 SDL 及 CA 技術所展示的 LTE-U 示意	239

圖 109 LAA 標準使用 CCA 技術進行空頻道探測連線與 Wi-Fi 共存示意 ..	240
圖 110 動態頻譜技術減低 LTE-U 造成干擾之方案	243
圖 111 感知無線電技術的 2 種思考方式	245
圖 112 毫米波頻段在大氣中被吸收之峰值	248
圖 113 NTT DoCoMo 與六大廠商針對高頻率頻段進行之實驗內容.....	254
圖 114 美國 TVWS 發展進程	257
圖 115 日本 TVWS 發展進程	260
圖 116 VoLTE 技術現階段優缺點比較	264
圖 117 16:9 解析度比較	266
圖 118 Hbb TV 概念	270
圖 119 我國未來頻譜規劃整體建議	274
圖 120 網路問卷樣本遍布	286
圖 121 我國無線網路使用者之網路連線方式	287
圖 122 我國半年內使用過無線網路之使用者所使用之服務類型	288
圖 123 我國無線網路使用者之網路連線方式	290
圖 124 我國無線網路使用者之網路連線裝置	291
圖 125 我國無線網路使用者之從事線上娛樂行為(1).....	292
圖 126 我國無線網路使用者之從事線上娛樂行為(2).....	293
圖 127 我國無線網路使用者之從事上傳/下載資料行為(列舉).....	294
圖 128 我國無線網路使用者之即時通訊行為(1).....	295
圖 129 我國無線網路使用者之即時通訊行為(2).....	296
圖 130 我國無線網路使用者定位地圖之行為	297
圖 131 我國無線網路使用者之金融活動行為	298

壹、前言

一、計畫簡介

為提出我國未來行動寬頻規劃建議，本研究計畫將由調研美、英、澳、日、中、港、韓與新加坡等國近期行動寬頻頻譜配置計畫及 3G 頻譜屆期後之釋出與回收機制等面向切入；並且透過關注國際間與國際組織（如：ITU、3GPP 等）對於新增行動寬頻候補頻段之看法，以掌握國際間頻譜配置現況與未來趨勢，瞭解頻段規劃之可行性。同時，研究國際上對頻譜壅塞解決技術或創新頻段運用技術的發展現況。

此外，本研究計畫亦將透過 ITU 提出之新版未來頻譜需求計算模式 M.2290，搭配國內市場環境之參數，推算我國未來之行動通訊需求頻寬。同時，檢視我國未來各頻譜規劃之可行性，並搭配三場之專家學者座談會，促進產官學界對於我國未來頻譜規劃進行意見交流。綜合上述之國內外研究及座談會，提出我國 3G 屆期頻譜後續規劃，並制定 104 年我國頻率供應計畫等行動寬頻規劃、政策及法規的建議，提供主管機關相關策略擬定時之參考依據。

本計畫期望可以經由國內外之頻譜配置與管理方案之研究及相關頻譜運用之技術研究，提供政策面上未來頻譜規劃之建議方向、技術面上頻譜運用技術之改善發展方向、產業面上對於頻率資源可取得性之掌握，及社會面上終端消費者享有之行動上網服務提升等四大面向之效益。

貳、研究目的

一、 研究背景與目的

無線行動網路技術日新月異，建構於無線行動網路上的應用行為亦急遽增加。然而，無線行動網路並非取之不盡用之不完的資源，其重要的構成要素之一的頻譜資源，就如同實體土地資源供應上有其上限。是以，有必要對於頻譜進行妥善的規劃，確保現有頻譜使用之效率。

鑒此，根據行政院推動之「加速行動寬頻服務及產業發展方案」，政府正計劃透過每年提出頻率供應計畫，建立「早期且定期對外公告」的程序，此作法將可促使產業掌握頻率資源的可取得性；並且藉由每年定期的公告與諮詢結果，政府可以更瞭解產業對於頻譜政策所關心的議題。

本研究計畫將聚焦於我國行動通信長期頻寬需求推估、歐美亞主要國家頻譜使用現況與未來趨勢，以及各國之頻段屆期後續處理機制；並凝聚我國產官學各界專家先進對於未來頻譜規劃之共識，以協助制定每年我國頻率供應計畫。此外，當年度將針對前一年度公告之我國頻率供應計畫中，亟需重點改善或研擬之議題，經由歐美亞主要國家之標竿研析、各界共識凝

聚、公眾諮詢與適法性分析等面向著手，提出相關處理建議。

二、 計畫重要性

行動寬頻服務已成為帶動經濟成長的動力之一，而國際組織及各國政府也均以國家的資通訊政策高度來規劃頻譜使用，以因應未來頻譜使用需求的增長，及行動寬頻技術的快速演進。

在此趨勢下，我國主管機關需要更有彈性與前瞻性的方式來規劃頻譜資源。本計畫觀察未來世界頻譜發展，評估行動寬頻產業可能形成的效益，並分析釋出時程、釋照程序及原有業者屆期之處理方式，以規劃我國行動寬頻政策及法規方向，供主管機關擬定相關策略時之參考依據。

參、研究方法

一、 研究方法

(一) 文獻分析法

文獻分析法是一種對文獻內容作客觀系統的定量分析的專門方法，其目的是釐清或測驗文獻中本質性的事實和趨勢，揭示文獻所含有的隱性情報內容，對事物發展作情報預測。其基本做法是把媒介上的文字、非量化的有交流價值的資訊轉化與整理，建立有意義的類目分解交流內容，並以此來分析資訊的某些特徵。

(二) 標竿事例研究法

係透過尋求最佳作業典範並將其作為學習對象的方式，找出並填補組織本身與最佳作業典範在績效之間的差距，並汲取對方的優點，使組織能夠藉此過程有效的提昇能力。

(三) 深度訪談法

深度訪談法是指由受訪者與施測者進行面對面溝通討論的一種方法，以廣泛的蒐集所需要的資料。通常使用此法時，施測者會儘可能使用最少的提示與引導問題，而是鼓勵受訪者在

一個沒有限制的環境裡，就主題自由的談論自己的意見。因此
深入訪談法除可增加資料蒐集的多元性外，更能藉此瞭解受訪
者對問題的想法與態度。

二、 採用原因

(一) 文獻分析法

本計畫選擇文獻分析法作為各個子項或細項研究議題之基礎與素材。透過此法，研究團隊將廣泛收集國際組織與國內外主管機關對於頻譜規劃的現況、重要規劃或政策法律等相關次級資料，找出與本計畫相關的資訊，作為進一步政策建議或是分析的依據。

(二) 標竿事例研究法

透過標竿事例研究法，本計畫可從世界各頻譜規劃先進國家或地區的頻譜政策，或頻譜使用案例當中，吸取良好的經驗及作法，了解我國不足及需要強化之處。

(三) 深度訪談法

由於文獻分析法以及標竿事例研究法的研究素材以次級資料為主，深度訪談法可用來輔助佐證，增強本研究專案的務實性和在地性。此外，透過舉辦各式專家學者座談會，進行中小型集體訪談，除了可取得共識外，亦可建立產官學界的互動交流機制。

三、 各工作項目辦理情形

研究團隊預計透過以下分析框架及工作項目 (task)，逐步進行本專案之調研分析，如下圖所示。

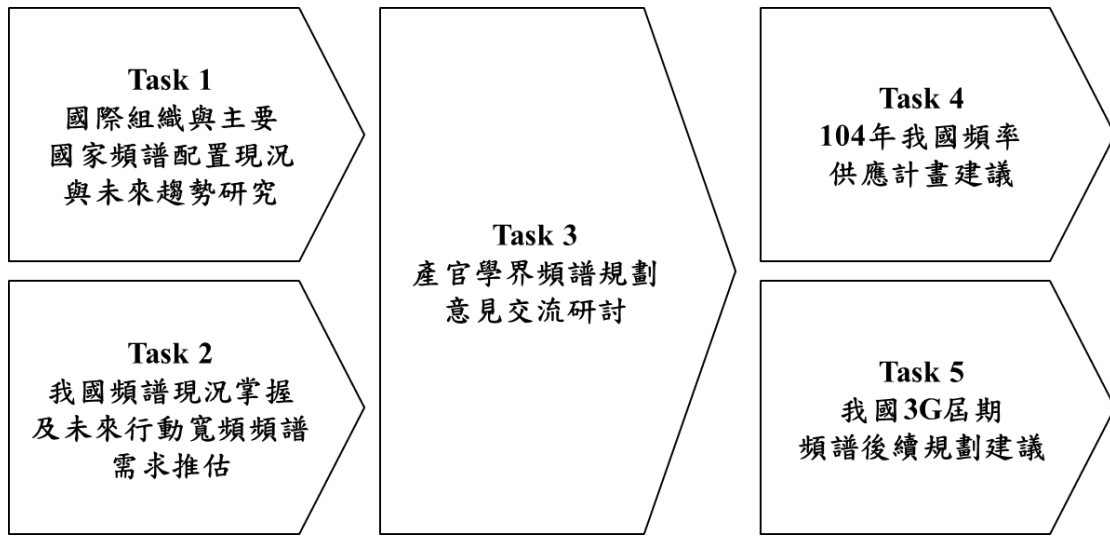


圖 1 本計畫研究框架
資料來源：本計畫製作

以下說明各工作項目之研究內容、研究對象與研究方法。

(一) Task 1 國際組織與主要國家頻譜配置現況與未來趨勢研究

1. Task 1-1 各國近期行動寬頻頻譜配置彙整

透過公開資料、產業公協會資訊、研究報告、相關論文、新聞與雜誌，彙整主要國家行動寬頻頻譜配置現況，以及所採取之政策法規內容、策略意涵，目前預定調查國家分別為：美、英、澳、日、中、港、韓、新加坡。

詳見第四章第二節「未來可新增之頻譜」

2. Task 1-2 各國3G頻譜屆期後之釋出與回收機制彙整

透過公開資料、產業公協會資訊、研究報告、相關論文、新聞與雜誌，彙整主要國家對於 3G 頻譜屆期後之整體規劃方向，以及換照、延照、重新分配等回收機制，目前預定調查國家分別為：美、英、澳、日、中、港、韓、新加坡。

詳見第四章第二節「未來可新增之頻譜」

3. Task 1-3 國際組織新增行動寬頻候補頻段討論結果彙整

調查 ITU 與 3GPP 等國際組織對新增行動寬頻候補頻段的討論結果，如新增頻段規劃、目前進程等。

詳見第四章第二節「未來可新增之頻譜」

4. Task 1-4 國際上對頻譜壅塞之相關解決技術整理

透過公開資料、產業公協會資訊、研究報告、相關論文、新聞與雜誌，彙整國際上解決頻譜壅塞相關技術發展現況，如：TV White Space、Carrier Aggregation (CA), Supplemental Downlink (SDL)等。

詳見第四章第五節「頻譜壅塞解決技術」

預期產出：分析歐美亞主要國家頻譜使用現況與未來規劃趨勢

(二) Task 2 我國頻譜現況掌握及未來行動寬頻頻譜需求推估

1. Task 2-1 評估我國未來頻譜使用需求

利用 ITU 於 2013 年底提出之新版未來頻譜需求計算模式 M.2290，搭配台灣市場調整之各項參數，以及台灣消費者行動上網使用行為資訊，推估 2020 年我國行動通訊需求頻寬。其中，為契合 ITU 之 M.2290 之模型中的消費者行動網路使用行為，預計針對目標族群進行 1500 份(有效樣本 1000 份)之行動上網使用行為調查。

詳見第四章第一節「我國頻率需求計算」

2. Task 2-2 評估我國未來頻譜使用可行性

根據國際頻譜使用情形之相關資料，如：國際行動頻譜目前釋出大小、預計釋出大小等，評估我國未來頻譜使用可行性。

詳見第四章第二節「未來可新增之頻譜」

預期產出：進行我國行動寬頻現況調查，並更新於頻寬需求推估模型中，估算未來我國行動通信頻寬需求

(三) Task 3 產官學界頻譜規劃意見交流研討

1. Task 3-1 舉辦三場專家學者座談會

舉辦三場專家學者座談會，透過座談會與專家業者交流我國未來頻譜資源規劃方向之看法，包含：我國 3G 屆期頻段後續之規劃、我國頻率供應計畫方向及短期釋出頻段之規劃方向。同時，針對建立我國頻譜配置與規範的經濟效益及社會福祉計量評估模型之可行性，與建立實驗頻普及規範之可行性進行探討。目前暫定三場座談會主題：「3G 屆期後續規劃」、「我國短期頻譜釋出規劃」、「我國頻率供應計畫方向暨模型建置可行性」。

將邀請 2 至 4 位法規或電信背景學界專家出席參加每場座談會，促進座談會的交流與加深相關議題探討深度，進而充實研究內容與提出更為強力的研究結果。預計邀請學界專家有：元智大學通訊工程學系彭松村教授、輔仁大學法律學系吳志光教授、中原大學財金法律學系江耀國教授與其他法規或電信領域方面學界專家。

舉辦以下三場學者座談會：

- 2015/02/25 舉辦「我國未來頻寬需求探討」座談會。
- 2015/03/12 舉辦「我國中長期頻段規劃探討」座談會。
- 2015/03/27 舉辦「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會。

詳見第四章第一節「我國頻率需求計算」、第四節「我國未來頻率供應計畫建議」、第三節「3G 頻譜屆期處理建議」及第五章附錄

2. Task 3-2 彙整專家學者意見作為研究參考

透過三場座談會收集專家業者之建議，作為研究未來方向之參考，同時驗證研究內容之合理性，並視情況調整研究假設，以貼近實際情況。

3. Task 3-3 舉辦三場校園頻譜規劃推廣交流會

透過三場校園頻譜規劃推廣交流會，建立與學界對頻譜規劃議題之溝通橋樑，提升學生對此議題之認知，以培養未來此領域之專才。舉辦校園之初步預想如下：台灣大學、台灣科技大學、交通大學、清華大學、成功大學、中山大學。

舉辦以下三場校園頻譜規劃推廣交流會：

- 2015/04/10 於政治大學舉辦「行動寬頻應用與頻譜規劃政策」校園分享交流會。
- 2015/04/11 於台灣大學舉辦「行動寬頻應用與頻譜規劃政策」校園分享交流會。
- 2015/04/14 於逢甲大學通訊工程系舉辦「行動寬頻應用與頻譜規劃政策」校園分享交流會。

請詳見第五章附錄

預期產出：綜合國際與我國產官學意見作為後續規劃建議方向

(四) Task 4 104年我國頻率供應計畫建議

1. Task 4-1 104年我國頻率供應計畫建議

根據 Task 1 與 Task 2 之研究調查，搭配 Task 3 之座談會結果，評估我國未來可用頻段之可行性，推動相關技術與應用之可適性，研擬重要議題的處理與規劃內容，提出我國頻率供應計畫與相關頻譜資源回收、再利用及共用之建議，預計包含：優先釋出頻段、頻譜騰讓與移頻建議、頻譜資源回收、再利用及共用建議等。

詳見第四章第四節「我國未來頻率供應計畫建議」

預期產出：提出 104 年我國頻率供應計畫建議

(五) Task 5 我國3G屆期頻譜後續規劃建議

1. Task 5-1 我國3G即將屆期執照處理方式與影響評估

根據 Task 1 與 Task 2 之研究調查，搭配 Task 3 之座談會結果，提出適合我國之屆期處理與影響評估，並提出相關建議。

詳見第四章第三節「3G 頻譜屆期處理建議」

預期產出：提出我國未來 3G 執照屆期規劃建議

四、 預計產出之項目

(一) 政策面

1. 國際組織與主要國家行動寬頻頻譜配置設計
2. 國內外行動寬頻頻譜釋出與收回方式

(二) 技術面

1. 改善行動上網壅塞技術發展現況
2. 改善行動上網壅塞技術對使用影響

(三) 產業面

1. 我國未來頻譜使用需求分析
2. 改善頻率資源可取得性之評估

(四) 社會面

1. 終端消費者享有之行動上網服務提升

(五) 各界意見彙整

1. 三場專家業者座談會
2. 電信服務與設備業者深度訪談

(六) 學界溝通橋梁建立

1. 三場校園頻譜規劃推廣交流會

(七) 整體規劃建議

1. 104年我國頻率供應計畫建議
2. 我國3G屆期頻譜後續規劃建議

五、 預期具體成果

本計畫首先對我國未來行動通信頻寬需求進行推估，並針對我國未來可用頻譜進行探討。同時，藉由掌握世界各國頻譜配置狀況與國際組織近期會議結果，了解目前國際間頻譜使用現況與未來發展趨勢。再藉由研討會與專家業者交流，使研究內容更接近實際情形。最後總結以上研究結果，提出 104 年我國頻率供應計畫建議及 3G 屆期頻段之規劃建議。

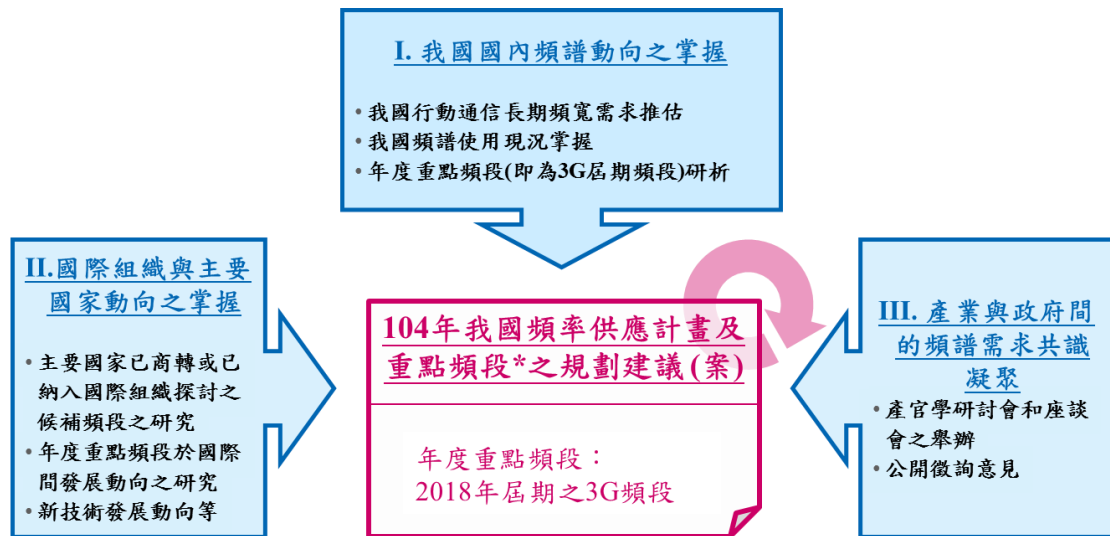


圖 2 本計畫研究架構
資料來源：本計畫製作

肆、研究成果

一、 我國頻率需求計算

(一) 評估我國未來頻譜使用需求

近年來，我國智慧型手機 (Smart Phone) 開始普及，加上新世代的行動電話技術也趨近成熟，過去與外國相比之下較少使用手機連網的台灣，其傳輸量也開始快速上升。伴隨著傳輸量的增加，各行動電話業者所擁有的頻譜也漸漸可能出現不堪負荷使用量之狀況。因此研究團隊建議，未來在商用通訊如 2G 行動電話業務、3G 第三代行動通信業務、4G 行動寬頻業務，甚至未來其他商用技術所需要的頻寬多寡，必須先行推估預測，以利後續規劃頻譜。

頻譜需求預測模型的選擇，除了需要顧及模型精確度的高低之外，並必須兼具公平性及接受度，因此本研究團隊使用國際上公認的模型來進行計算。過去本研究團隊已於 98 年度「我國中、長期無線電頻譜最佳化規劃」三年研究計畫，以及 102 年度「行動寬頻頻譜政策研究」計畫中，利用 ITU M.2078 建議案所提供之模型評估我國未來的頻譜使用需求。有鑑於傳輸科技日新月異，為使頻譜需求預測更加準確，ITU 更新了其於

2006 年推出的 M.2078 模型，於 2013 年 12 月提出 M.2290 建議案。為使主管機關於未來頻譜規劃上能夠有更量化的施政依據，本研究團隊參考市調公司資料中我國民眾的使用習慣，根據我國民眾之上網行為，重新以 ITU 的 M.2290 模型估算我國未來 2020 年商用頻譜使用需求。

1. 頻譜需求預測方法

預測頻譜需求的方法要具公平性，因此應該使用國際公認的方法為佳。ITU 的最新預測模型為 M.2290 建議案。M.2290 中有考慮到 3G 切換到 4G 的過程、複數種類基地台的涵蓋率，回線交換及封包交換同時存在等等現況，是一個完成度非常高的模型。但是 M.2290 也因為考慮到許多層面，因此需要帶入各式變數，計算方式複雜，不容易以直覺來理解是較為不利的地方。

以下針對頻譜預測模型的相關基礎資訊進行介紹。

(1) 計算頻譜需求多寡的原理

最基本的計算方式是傳輸量 \times 頻譜使用效率。傳輸量的單位是 bit/s，而頻譜使用效率單位為 bit/s/Hz。從傳輸量的預期成長與預期新技術帶來的使用效率提昇來推算，即可以粗略算出需要多少頻譜。

因此，我們套用最簡單的模型，就可以如上述般以頻譜使用效率與傳輸量預測推算出需要的頻譜。但實際上，行動電話業者會在傳輸量最高的地方努力集中設置基地台，用 Macro Cell、Micro Cell、Pico Cell 等不同大小的基地台之間來分配處理傳輸量；因此上述的方法過於簡單，沒有考慮到除了通信技術進步之外頻譜使用效率的提昇。

(2) ITU 建議 M.1390

用於預測 IMT2000 的頻譜需求模型 (M.1390) 是 1999 年建立的。相較於更新一版的模型 M.2078 及其以後版本有考慮到封包交換及回線交換，M.1390 全部都只用回線交換來處理，大部分的情形用四則運算即可推算出。因此 M.1390 是一個非常單純的模型。然而，把 M.1390 套用在 IMT Advanced 上，就算計算出來的結果與使用未來的模型來說沒有太大差異，

理論上也非正確。此外，M.1390 是為了分配新頻譜給 IMT2000 使用，也沒有考慮到 IMT2000 過渡到 IMT Advanced 的過程。因此本研究並不建議使用 M.1390。

(3) ITU 建議 M.2078

M.2078 是為了 WRC-07 所製作的技術中立預測方法，為國際上公認的預測計算模型，也有考慮到 IMT2000 過渡到 IMT Advanced 的過程並放入計算式中。

本模型中亦可輸入各技術的人口涵蓋率等非常細微的參數，但也因為可以輸入的參數太多，算式非常複雜，ITU 是以 EXCEL Macro 的型式提供這個計算模型。

(4) ITU 建議 M.2290

為反映 IMT 科技的進步及 IMT 網路佈署增加 (IMT-Advanced 的公布、世界各國 4G LTE 的開台、頻譜使用效率的提升等)，ITU 於 2006 年所公布的舊版本 M.2078 模型已不符合現代傳輸科技需求。因此，ITU 為了 2015 年將召開的 WRC-15 設計新模型，在 2013 年 4 月時將其模型之依據演算法報告書由 M.1768-0 版本更新至 M.1768-1，並在 12

月發布了 M.2290 新版本模型。

M.2290 新版本模型相較於 M.2078 的舊版本，主要差異為部分參數數值的調整，其中，主要針對市場行為及其所使用的重要參數 RATG1（對應 IMT-2000 以及其以前之技術）及 RATG2（對應 IMT-Advanced 技術）之標準數值，依據資訊科技之進步進行更新。而在演算法方面，M.2290 將資料傳輸時服務的數據傳輸方式分為預約服務型或是封包交換型，RATG 演算法中更加入了頻譜顆粒度（頻譜可被切分的最小單位），進而更改了頻譜計算時演算法的一條公式。

除本報告書列出的部分之外，詳細調整數值公布在 ITU-R M.2289 建議報告中。

Radio parameters for RATG1

Parameters	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
Application data rate (Mbit/s)	20	40	40	40
Supported mobility classes	Stationary/ pedestrian, low, high	Stationary/ pedestrian, low	Stationary/ pedestrian	Stationary/ pedestrian
Guard band between operators (MHz)	0			0
Minimum deployment per operator per radio environment (MHz)	20	20	20	20
Granularity of deployment per operator per radio environment (MHz) <i>(NOTE – This is a new parameter in Recommendation ITU-R M.1768-1)</i>	20	20	20	20
Support for multicast	Yes			Yes
Number of overlapping network deployment	1			

Radio parameters for RATG2

Parameters	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
Application data rate (Mbit/s)	50	100	1 000	1 000
Supported mobility classes	Stationary/ pedestrian, low, high	Stationary/ pedestrian, low	Stationary/ pedestrian	Stationary/ pedestrian
Guard band between operators (MHz)	0			
Support for multicast	Yes			
Minimum deployment per operator per radio environment (MHz)	20	20	120	120
Granularity of deployment per operator per radio environment (MHz) <i>(NOTE – This is a new parameter in Recommendation ITU-R M.1768-1)</i>	20	20	20	20
Number of overlapping network deployment	1			

圖 3 M.2290 模型所調整的 RATG 主要參數 (radio parameters)

資料來源：ITU M.2290 建議，本計畫整理

Area spectral efficiency RATG1 2020 (bit/s/Hz)

Unicast area spectral efficiency (bit/s/Hz/cell)					Multicast area spectral efficiency (bit/s/Hz/cell)				
Tele-density	Radio environments				Tele-density	Radio environments			
	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot		Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
Dense urban	2	4	4	4	Dense urban	1	2	2	2
Suburban	2	4	4	4	Suburban	1	2	2	2
Rural	2	4	4	4	Rural	1	2	2	2

Area spectral efficiency RATG2 in year 2020 (Set 1)

Unicast area spectral efficiency (bit/s/Hz/cell)					Multicast area spectral efficiency (bit/s/Hz/cell)				
Tele-density	Radio environments				Tele-density	Radio environments			
	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot		Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
Dense urban	4	5	5	7.3	Dense urban	2.25	3	3.75	4.5
Suburban	4	5	5	7.3	Suburban	2.25	3	3.75	4.5
Rural	4	5	5	7.3	Rural	2.25	3	3.75	4.5

圖 4 M.2290 模型所調整的 RATG 主要參數 (spectral efficiency)

資料來源：ITU M.2290 建議，本計畫整理

2. ITU M.2290 模型計算

M.2290 的計算步驟與各步驟需要代入的參數關係如下所

示。

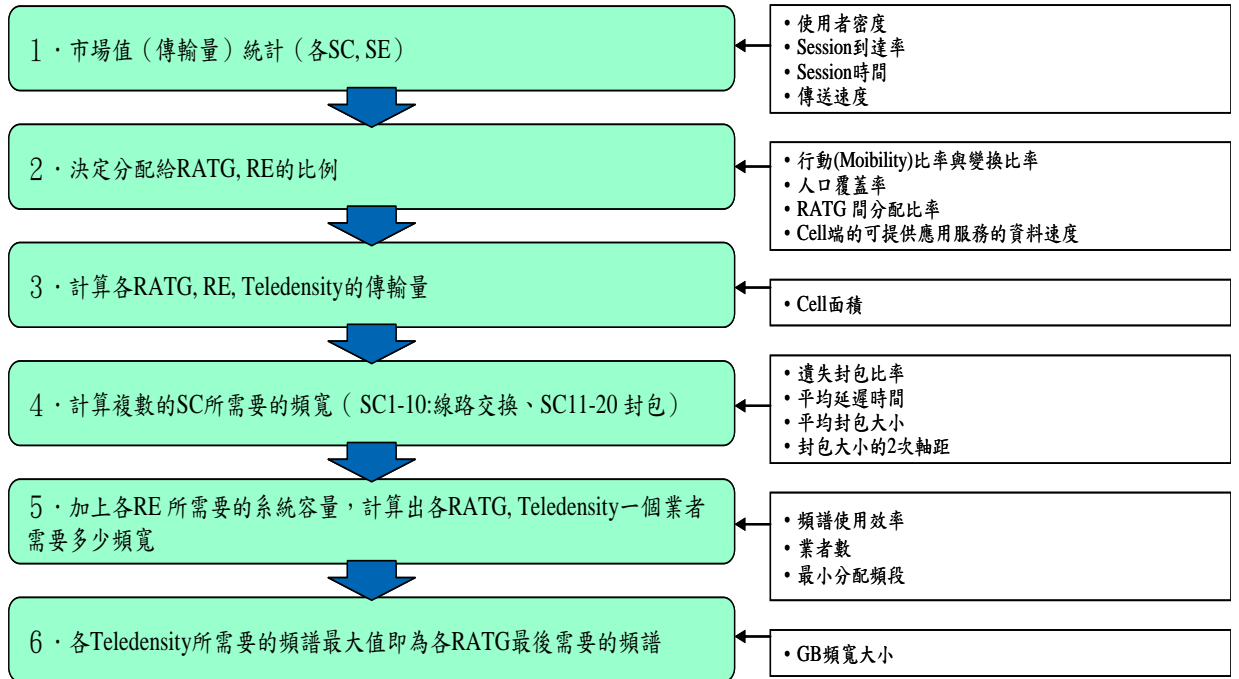


圖 5 M.2290 計算步驟與參數

資料來源：各公開資料，本計畫製作

(1) 名詞釋義

- SC：Service Category 的簡稱，將各式服務依照「傳輸量×服務即時度」分為 20 個小分類
- SE：Service Environment 的簡稱，根據「使用服務的模式×使用者密度 (Teledensity)」分為 6 類
- RATG：Radio Access Technology Group 的簡稱，將無線技術分為 4 類，其中可略將 RATG1 分為 3G、RATG2 分為 4G。
- RE：Radio Environment 的簡稱，以 Cell 展開方式的分為 Macro、Micro、Pico 及 Hot Spot，共 4 種不同的無線環境。不同的 Radio Environment 以發射功率區分其種類，並影響其所能覆蓋之面積大小。

(2) 計算步驟

- 各 SC、SE 分別統計傳輸量 (Traffic)：

首先，從服務類型與傳輸量類型定義 20 種類的 Service Category (SC)。SC 是由 5 個服務類型 \times 4 種傳輸量類型合計出 20 種 SC 分類。

服務類型以最大傳輸速度的不同區分為 5 類。

傳輸量類型使用則在 ITU-R 建議 M.1079-2 中被定義出的 4 種。這 4 種類型的主要差別在於服務的延遲時間條件，Conversational 是最不能允許延遲的類型，而 Background 則是最緩和的。

表 1 SC 種類

Service Type (最大傳輸速度)	Traffic Class			
	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Super high multimedia (100Mbps or 1Gbps)	SC1	SC6	SC11	SC16
High Multimedia (30Mbps)	SC2	SC7	SC12	SC17
Medium multimedia (2Mbps)	SC3	SC8	SC13	SC18
Low rate data & low multimedia (144kbps)	SC4	SC9	SC14	SC19
Very low rate data (16kbps)	SC5	SC10	SC15	SC20

資料來源：ITU 建議 M1079-2, 本計畫整理

接下來，以 3 種類的服務使用行為模式與 3 種類的 Teledensity 定義 Service Environment (SE)。嚴格來說有 9 種 SE，不過將類似的 SE 合併後，成為六種 SE。

Teledensity 是將通信裝置以地理區域來分類，與人口密度有高度相關性。使用服務行為模式是指各服務區域的使用者共通行為模式，有 Home、Office 及 Public Area 三種。所謂的行為模式是指類似的用途或要求類似的通信品質 (QoS)。

表 2 SE 種類

Service 利用 pattern	Teledensity		
	都市密集區 (Dense Urban)	準都市區 (Suburban)	郊區 (Rural)
Home	SE1	SE4	SE6
Office	SE2	SE5	
Public Area	SE3		

資料來源：ITU 建議 M2078, 本計畫整理

將所有的參數代入後，如下述算式可計算出各 SE、SC 發生的傳輸量。

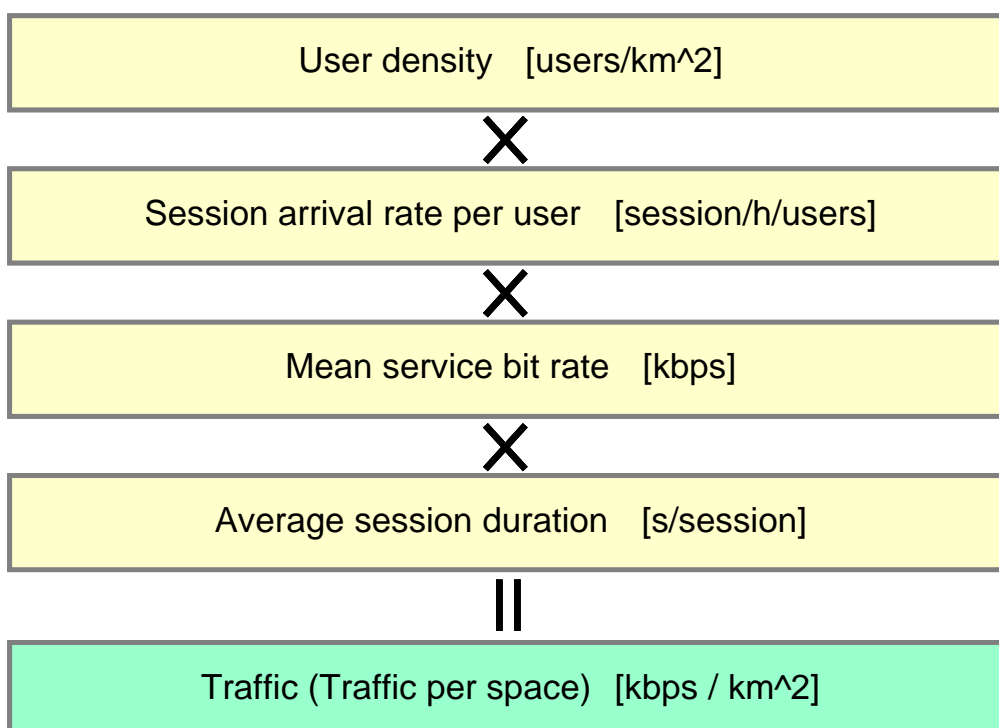


圖 6 各 SE、SC 發生傳輸量的計算步驟

資料來源：本計畫整理

● 從推測傳輸量計算需要的頻譜

算出各 SC、SE 的傳出量後，合計傳輸量。計算出傳輸量

後之後的計算流程如下

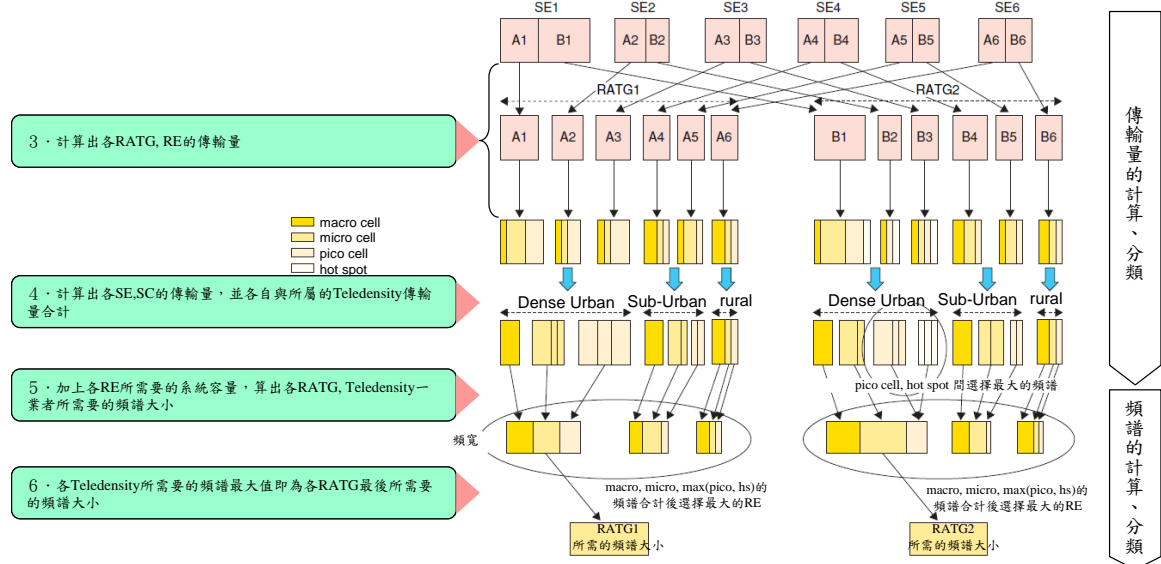


圖 7 計算流程

資料來源：各公開資料，本計畫製作

上圖的第 3、4 步驟中，將主要的參數輸入後，可推算出各 Radio Environment (RE) 傳輸量。之後於步驟 5、6 將「傳輸量 × 頻譜使用效率」計算出需要的頻譜。

以下將針對本計算流程進行說明。

首先計算各無線方式所需要的的傳輸量。在 M.2290 的模型中，主要以行動電話通信技術 RATG1、2 來推估所需的頻譜，而 RATG3、4 則僅推估傳輸量。例如使用者在可使用無線 LAN 的室內環境下，不會使用 W-CDMA 或 LTE 等行動無線

通信，而會選擇使用免費的無線 LAN。因此在這個情況下，不會造成行動無線通訊頻寬的負擔，可以進行較高速的通信行為。因為無線 LAN 速度快，也不會佔用到行動無線通訊頻譜，由於可使用 RATG3 的情形下使用者會優先使用 RATG3，因此在計算過程中可以扣除 RATG3 所需要的頻寬。

表 3 無線方式種類

RATG1	IMT-2000 以前的 Cellar System、IMT-2000 及改良後的 IMT-2000 System。理想的情況下可到達 30Mbps 前後的技術（約是 GSM、W-CDMA、HSDPA、HSPA 等技術）
RATG2	IMT-Advanced。不過不包含於其他 RATG 中的移動通訊技術亦包含（大約是 LTE）
(RATG3)	現有的無線 LAN 及改良後的無線 LAN 系統
(RATG4)	數位行動放送 (Multicast) 與其改良系統

資料來源：ITU M.2290 建議書，本計畫整理

基地台的布建情形亦是影響頻譜需求的一大因素。大的基地台雖然有較大的覆蓋率，可以處理較多的流量，但距離終端越遠，使用效率會下降；反之，小的基地台覆蓋率可處理的流量有限，但卻在短距離內可以發揮大的效益。統計計算區域內的基地台布建情形，包含其各類基地台覆蓋面積以及各類基地台覆蓋人口百分比後，即可算出將傳輸流量分給哪種型式的基地台處理。而在 ITU 的模型中，會先將流量分配給覆蓋半徑小的基地台處理後，再分配給覆蓋半徑大的基地台；而使用者

移動速率亦是一影響因素：低 Mobility 的使用者先分配給覆蓋半徑小的基地台處理。

假設某區域的基地台的涵蓋率 Hotspot 10%、Pico cell 20%、Micro cell 40%、Macro cell 100%，分配給各類基地台的流量即如下圖所示。Stationary, Pedestrian 類型的低 Mobility 比率使用者有 40%，儘量先分給 Hot Spot 或 Pico Cell 等使用效率高、覆蓋面積小的基地台。但在下圖中，Stationary、Pedestrian 的使用者僅有 30% 可被 Hotspot、Pico Cell 收納，剩下收納不完的使用者會由覆蓋面積面積較大一級的 Micro Cell 來收納，以此類推。

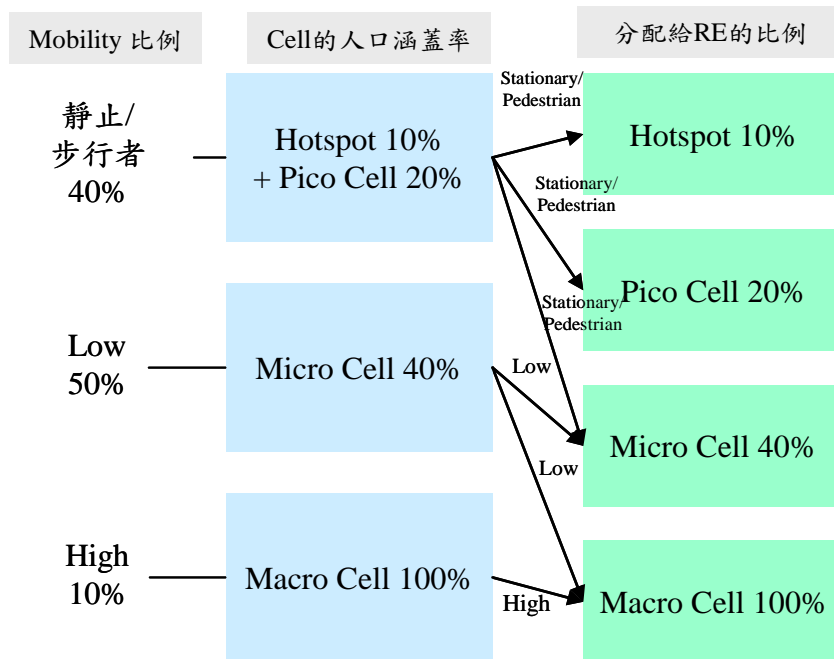


圖 8 分配 Cell 模式示意圖

資料來源：ITU 建議 M2078, 本計畫整理

各類型基地台的傳輸量分配完畢後，最後從傳輸量計算所需要的頻譜量。

3. ITU M.2290 模型之參數設定

雖然 M.2290 中的參數眾多，但多半為技術性值參數，與通訊科技發展相關；由於我國資通訊科技並未與國際有太大落差，因此此處參數可使用 ITU 所提供之國際標準數值帶入。然而，部分參數必須根據我國實際的建設狀況和使用情況做調整，分別為（一）Sector Area、（二）User Density、（三）Distribution ratios among available RAT groups、（四）Population Coverage Percentage、以及（五）Number of network deployments。以下為各參數之輸入值。

另外，由於我國幅員並不遼闊，沒有分區頻譜規劃問題，因此本次計算僅考慮密集都市區（SE 1~3）之頻譜需求（滿足密集都市的大流量即滿足郊區及鄉村的需求），在參數輸入方面亦僅探討密集都市區之現況以進行計算。

表 4 我國現狀與參數的設定

需參考我國現況調整之參數		
參數名稱	參數意義	使用方針
User Density [users/km ²]	<u>使用者密度</u> ： 與我國用戶使用情形相關。根據台灣之 3G 及 4G 使用者行為調查結果決定數值	參考 ITU 所設定的服務 SC 對照表，選擇我國常用的應用行為進行普及率調查
Sector Area (Cell Area) [km ²]	<u>基地台涵蓋面積</u> ： 使用我國現行基地台設置情形推算涵蓋面積	以 2015 年 1 月台北市大安區基地台數量估算，代表密集都市
Number of Network Deployments	<u>我國電信業者數量</u> ： 參考我國現行提供電信服務之業者數	3G 有 5 家電信業者 4G 有 5 家電信業者
Distribution Ratios among Available RAT Groups	<u>各 RATG (網路類型) 使用比率</u> ： 以我國 2014 年 4G 開台後成長，參考 2G→3G 普及情形估算 4G 普及速度並決定 RATG1:RATG2 數值	4G 於 2014 年開台，根據以往 2G 升級至 3G 時可能遇到的天花板效應推估普及率 3G:4G 約 20:80
Population Coverage Percentage (%)	<u>各類基地台涵蓋人口數量指標</u> ： 使用我國現行基地台設置情形推算涵蓋率	以密集都市區基地台數量估算基地台 (cell)，並以市調資料結果估算 Hot Spot 的覆蓋

資料來源：本計畫整理

以下分項說明我國需在地化之參數意義、本次估算輸入之數值以及與 ITU 國際標準情形的比較：

● Sector Area :

基地台的涵蓋率。基地台分為 2G、3G、4G 用基地台，但在本參數中，基地台的分類依照其發射功率，分為 Macro Cell, Micro Cell, Pico Cell, Hotspot 四種類型；而依照基地台發射功率，基地台有不同的理論最大涵蓋面積，此數據公佈於 ITU-R M.2290 報告當中，Sector Area 參數的原始數據。使用者可依其參考地區的基地台布建情形向下調整此參數輸入之數值。

SECTOR AREA [km ²]			
Radio environment	Teledensity		
	DJ	SU	RU
Macro cell	0.1	0.15	0.87
Micro cell	0.07	0.1	0.15
Pico cell	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03
Hot spot	6.50E-05	6.50E-05	6.50E-05

圖 9 ITU 所公佈之基地台覆蓋面積理論最大值

資料來源：ITU-R M.2290 模型，本計畫整理

在過去的計畫中，以台北市大安區作為密集都市區之代表，並以其基地台數量進行 Sector Area 參數之估算；而在本年度計畫中，參考過去經驗中取大安區極大的流量（白天人口密度極高）及其完整的基地台建設的特點，沿用大安區作為密集都市區代表進行估算。

一般情況，人口密集城市會設置較多的 Micro Cell、Pico

Cell，並讓 Macro Cell 涵蓋全部。但台灣的情況是大量設置大功率的 Macro Cell 為主，而 Micro Cell 與 Pico Cell 的布建比例與相對較低。

表 5 台北市大安區基地台布建情形

	輸出功率	中華電信	台灣大哥大	遠傳電信	亞太	台灣之星	合計	面積/ 基地台數量
Pico Cell	0.1W			1			2	5.681
	0.5W				1			
Micro Cell	1W		2	1			83	0.137
	2W	8	1	27	1	6		
	2.5W	8						
	5W			4				
	8W		24					
	10W				1			
Macro Cell	18W			59			811	0.014
	20W	4		8	4			
	22W			25				
	25W		35					
	28W			1				
	30W	105	5	19				
	40W	14	94	26	9			
	50W	13	23					
	60W	52	15	88	20	29		
	70W	72	62		6			
80W		23						

資料來源：NCC 頻率資料查訊系統

經統計由 NCC 公佈的基地台數量，依照其發射功率 (> 10W 為 Macro Cell，1W~10W 為 Micro Cell，< 1W 為 Pico Cell) 並計算其覆蓋面積後，台北市大安區的 Macro cell 是每 0.014 km² 設置 1 台，Micro Cell 是每 0.137 km² 設置 1 台，而 Pico Cell 設置數量則極少無法計算。因此，在台北市大安區的 Sector Area 參數中，單一 Macro Cell 的實際覆蓋面

積即為 0.027 km²，而經計算出的 Micro Cell 及 Pico Cell 覆蓋面積高於其理論最大覆蓋面積並不合理，因此此處之覆蓋面積以 ITU 公佈之理論最大值代入分別為 0.07 km² 及 1.6 x 10⁻³ km²。

SECTOR AREA [km ²]			
Radio environment	Teledensity		
	DJ	SU	RU
Macro cell	0.014	0.15	0.87
Micro cell	0.07	0.1	0.15
Pico cell	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03
Hot spot	6.50E-05	6.50E-05	6.50E-05

圖 10 台北市大安區基地台設置情形所設定之 Sector Area 數值

資料來源：NCC，本計畫整理

在 ITU 預設的 Sector Area 參數中，數值為各類基地台的理論覆蓋最大面積；參考我國廣設 Macro Cell 的情形調整後，單一基地台的服務面積遠小於 ITU 預設值

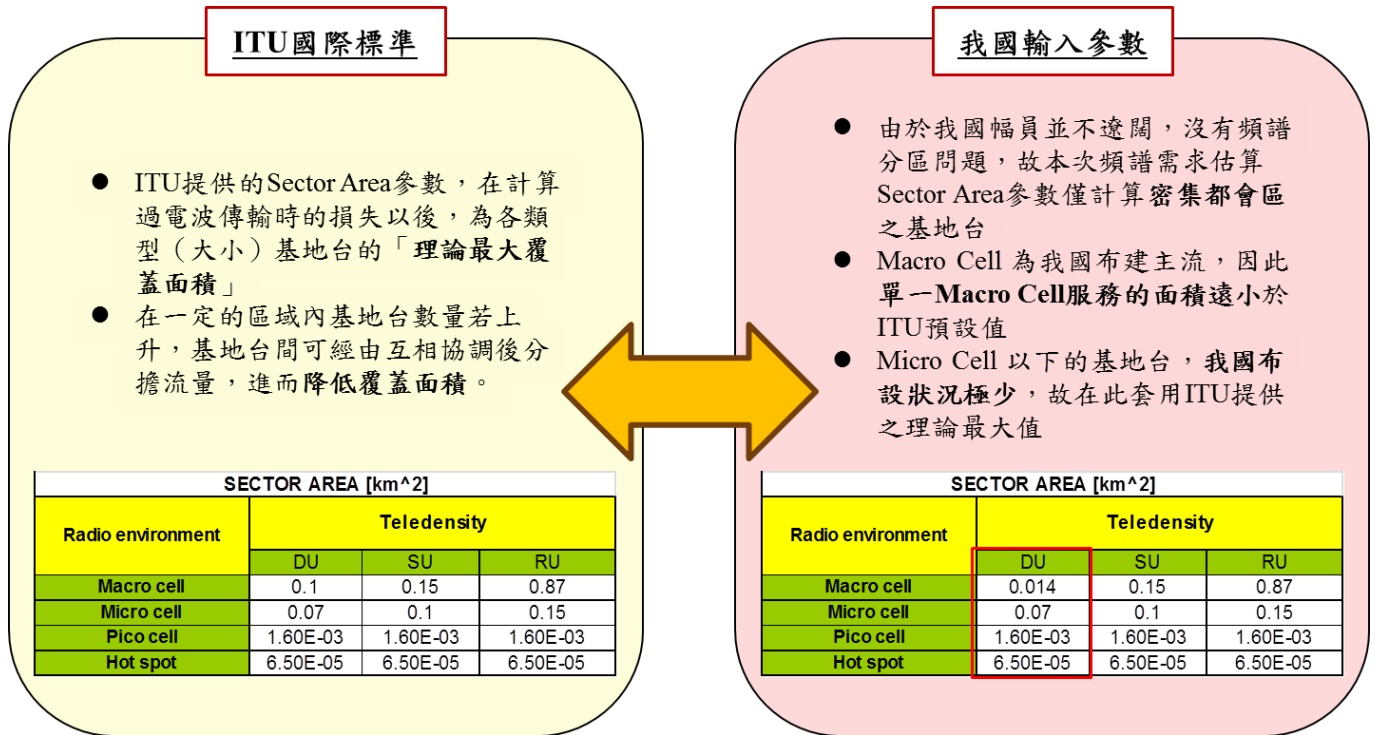


圖 11 Sector Area 參數輸入：ITU 與我國之差異

資料來源：ITU M.2290 報告、本計畫整理

Sector Area 對於頻寬需求計算結果有著大的影響。而由於我國基地台的布建以處理能力高的 Macro Cell 為主，對比於國際狀況的平均佈建以及逐漸興起的 Small Cell 趨勢，我國高比例的高發射功率 Macro Cell 能處理較多的流量。因此，由 Sector Area 參數部分影響的頻寬計算結果，造成我國與國際情形（ITU 估算結果）相比，趨向有較低的頻寬需求。

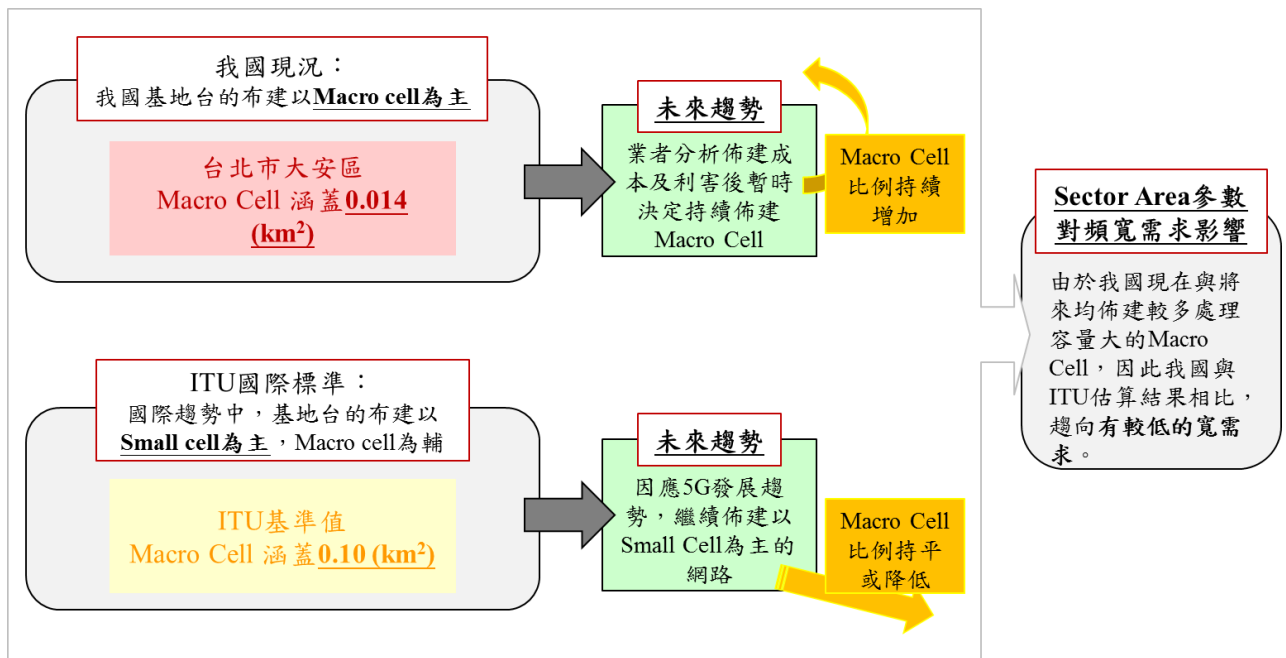


圖 12 Sector Area 參數影響之頻寬需求，我國與國際情形的差異

資料來源：業者公開諮詢，本計畫整理

● User Density :

User Density 並非是人口密度，而是「使用者密度」的特殊概念。一個 SC、SE 中，某人使用了該歸類於該 SC 的服務兩種類的話，會被計算為 2 人次；人次數量再乘以人口密度，即為使用者密度。例如以下狀況：服務 1 的使用率 50%、服務 2 使用率 30% . . . 的情況，User Density 之計算方式即為人口密度 × 各服務之使用率總和 (50% + 30% + . . .)。

我國版的 User Density 表之作法，首先要調查我國被普遍使用的應用服務如聲音通話、E-mail 收送信、網頁瀏覽、檔案上傳下載、音樂下載等，在不同 SE (公共領域、辦公室、住家) 環境下的使用普及率；然後對照 ITU 所提供的 SC 分類表並將數值帶入，乘上人口密度後即可完成 User Density。

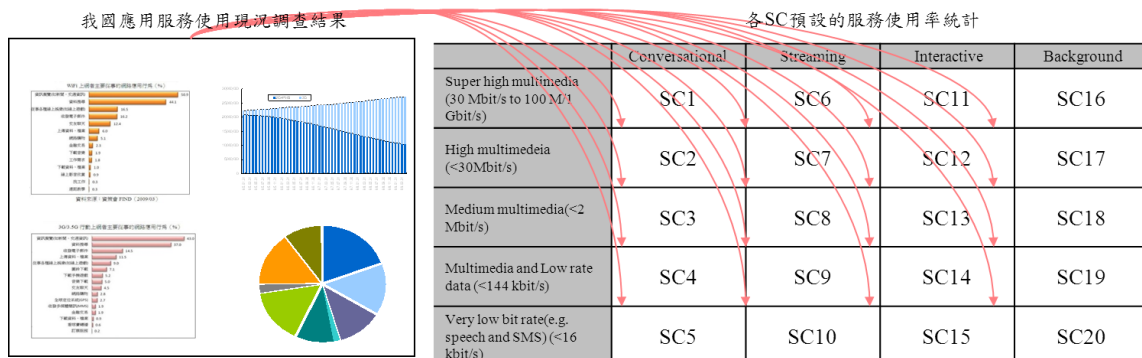


圖 13 User Density 設定示意圖

資料來源：本計畫製作

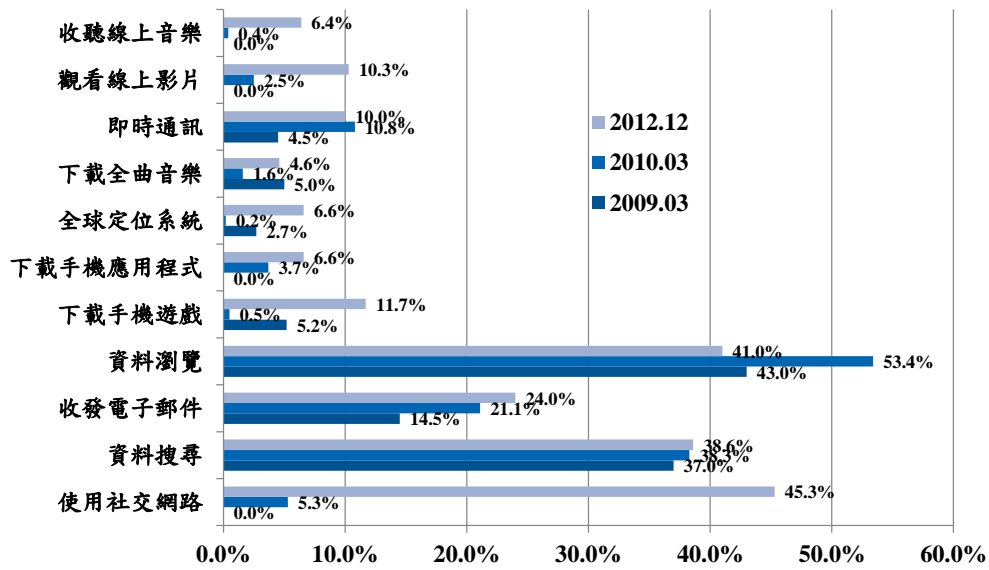


圖 14 我國行動上網應用行為 (2009/03、2010/03、2012/12)

資料來源：資策會 FIND，本計畫製作

過去研究團隊的計算，User Density 數據參考資策會 FIND 於 2010、2012 年之調查結果進行估算；惟其可能出現無法完整對應於 ITU 定義之 SC 定義表情形，如應用行為定義不清或常用應用行為未進行調查等情形。此二類情形都會產生 User Density 參數計算時的疏漏，造成計算時的誤差。

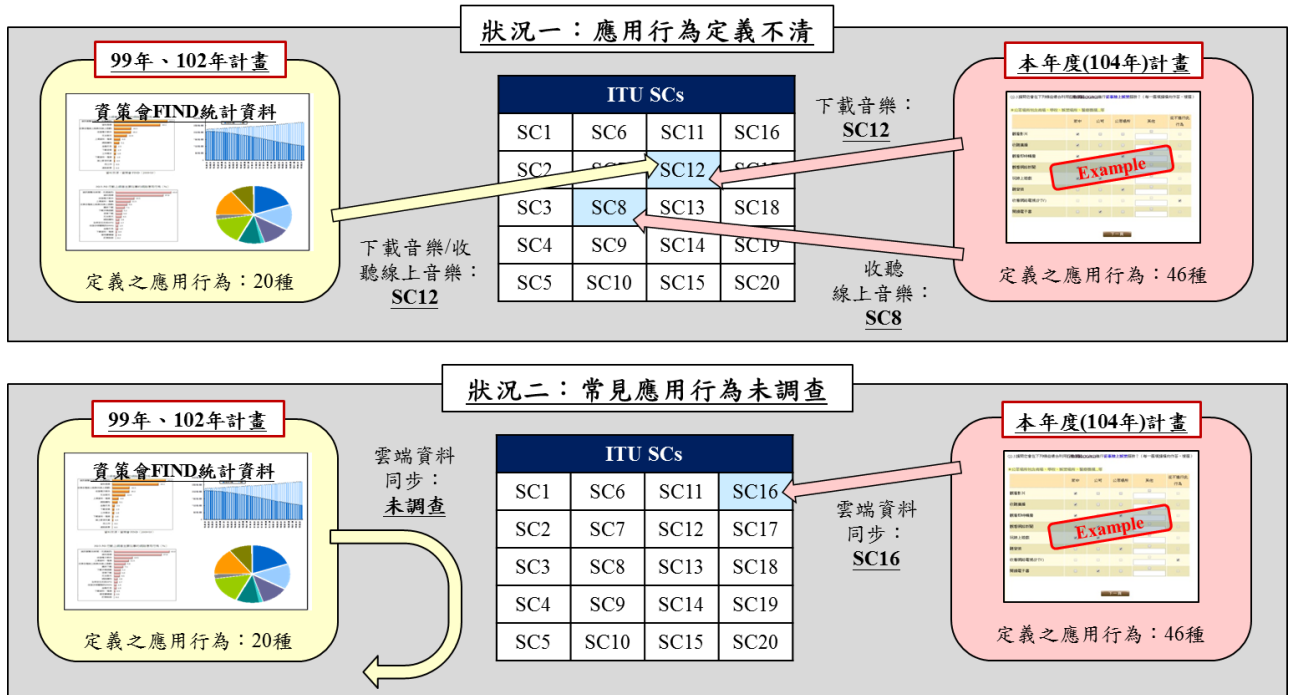


圖 15 利用現有市調資料時可能出現無法完全對應至 ITU 之 SC 定義表之情形

資料來源：資策會 FIND，ITU-R M.2072 報告，本計畫製作

因此本計畫團隊針對 ITU 所定義，可對應至 20 種不同 SC 之各服務項目設計問卷，蒐集我國常見之 46 種應用行為之使用資料；收集 1,000 份之台灣本島都會區無線網路使用者之有效樣本，詳細調查應用行為使用時的連網方式 (RATG) 以及使用地點 (SE)，以期獲得更精準之 User Density 結果，詳細問卷內容及結果請參照附件-1 及附件-2。

表 6 我國常見 46 種應用行為之 SC 對照表

Service Type (最大傳輸速度)	Traffic Class			
	Conversational	Streaming	Interactive	Background
Super high multimedia (100Mbps or 1Gbps)	SC1	SC6	SC11	SC16 雲端同步 裝置間檔案同步
High Multimedia (30Mbps)	SC2 IPTV 遠距同步學習 視訊會議 IP 視訊電話	SC7 線上轉播 線上影片	SC12 資料瀏覽 資料搜尋 電子書 下載資料檔案 下載音樂 下載應用程式 下載遊戲 下載影片 上傳資料檔案 上傳音樂影片 傳送影片 瀏覽社群網路	SC17 看新聞 P2P、FTP 檔案傳 送 電子地圖 保全監控 遠距醫療設備
Medium multimedia (2Mbps)	SC3	SC8 聽廣播 線上音樂 線上遊戲 遠距教學	SC13 傳送文字貼圖 傳送圖片 PO 文 及時通訊 訂票服務 網路購物	SC18
Low rate data & low multimedia (144kbps)	SC4 IP 電話	SC9	SC14 圖鈴下載 GPS 導航 金融交易 行動支付	SC19 文字簡訊 (SMS) 多媒體簡訊 (MMS) 電子郵件 智慧家電
Very low rate data (16kbps)	SC5 語音通話(撥號碼)	SC10	SC15 傳送語音	SC20

資料來源：本計畫製作

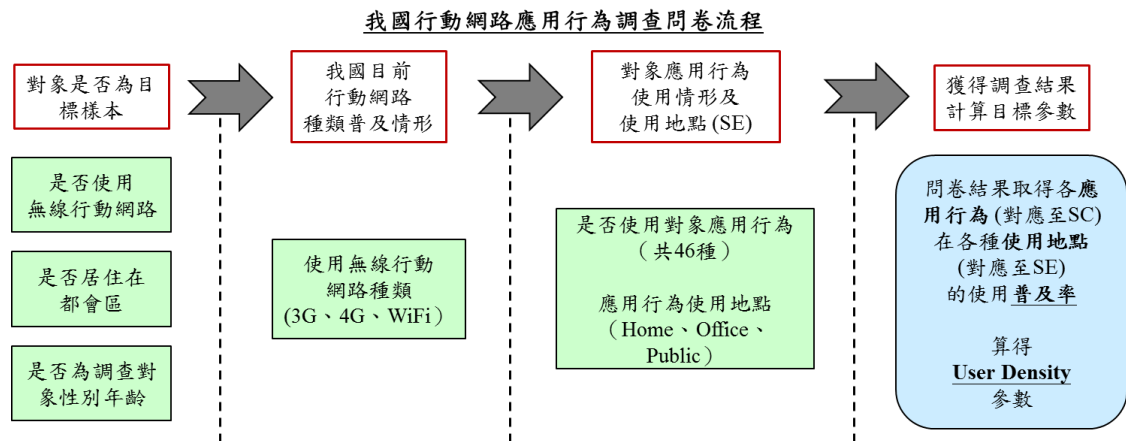


圖 16 我國行動網路應用行為調查問卷流程

資料來源：本計畫製作

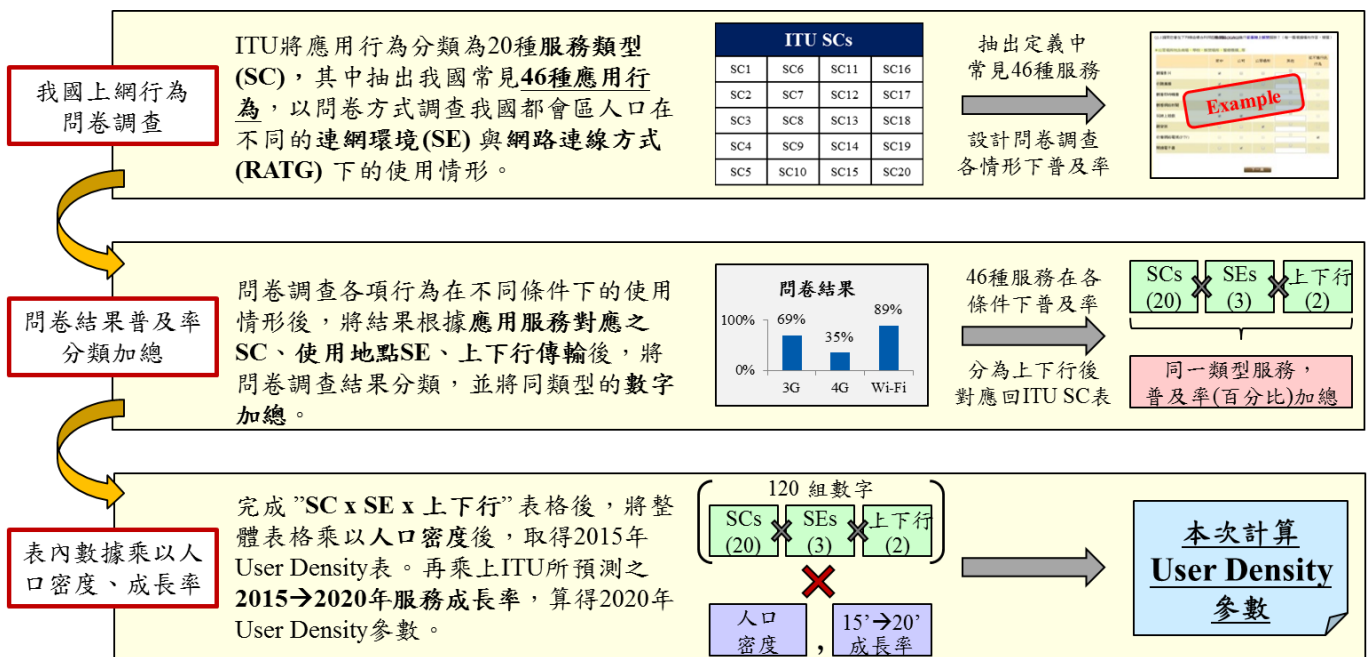


圖 17 問卷調查結果與 User Density 參數計算過程

資料來源：本案市調結果、本計畫整理

問卷調查我國都會區人口在家中、辦公室、公共場所 (SE) 使用 3G、4G、Wi-Fi (RATG) 使用網路服務 (SC) 的普及情形，

區分流量上下行後加總算出 User Density。統計市調結果後，根據 ITU 公布之各類傳輸極大極小值區間做數據合理化調整。計算出的 User Density 表為上下行、20 種 SC 類型、本案統計的都會區 3 種連網環境 SE，共 120 個個別數值。

2020 User Density (downlink)						2020 User Density (uplink)					
SC	SE	User Density	SC	SE	User Density	SC	SE	User Density	SC	SE	User Density
1	1	0	11	1	0	1	1	0	11	1	0
1	2	0	11	2	21	1	2	0	11	2	21
1	3	0	11	3	0	1	3	0	11	3	0
2	1	18920	12	1	140358	2	1	52	12	1	87656
2	2	34609.52406	12	2	368790.8383	2	2	57	12	2	137643.2486
2	3	39127.08165	12	3	328913	2	3	0	12	3	161858.8104
3	1	47740.34616	13	1	51121	3	1	20132.85144	13	1	57105
3	2	23082.61488	13	2	50994	3	2	8706.09792	13	2	50994
3	3	27550.21776	13	3	69955	3	3	10109.38344	13	3	69955
4	1	50491.53498	14	1	52788	4	1	50491.53498	14	1	52788
4	2	25525.37249	14	2	52788	4	2	25525.37249	14	2	32369.71168
4	3	32400.17926	14	3	103509	4	3	32400.17926	14	3	63186.20222
5	1	26851.26702	15	1	43289	5	1	26851.26702	15	1	51878.33728
5	2	18378.02858	15	2	27724.67711	5	2	18378.02858	15	2	27724.67711
5	3	21821.49077	15	3	33621.37087	5	3	21821.49077	15	3	33621.37087
6	1	1743	16	1	0	6	1	1743	16	1	0
6	2	1743	16	2	52	6	2	1743	16	2	52
6	3	2324	16	3	0	6	3	2324	16	3	0
7	1	20322	17	1	17973	7	1	0	17	1	1265
7	2	43627.43512	17	2	64815	7	2	206	17	2	2792
7	3	11887	17	3	11878	7	3	0	17	3	2193
8	1	62974	18	1	618	8	1	62974	18	1	618
8	2	63135	18	2	1339	8	2	31628.50432	18	2	1339
8	3	85251	18	3	21	8	3	65361.2282	18	3	21
9	1	309	19	1	515	9	1	309	19	1	515
9	2	412	19	2	1030	9	2	412	19	2	1030
9	3	52	19	3	52	9	3	52	19	3	52
10	1	206	20	1	1030	10	1	206	20	1	1030
10	2	309	20	2	1030	10	2	309	20	2	1030
10	3	52	20	3	103	10	3	52	20	3	103

圖 18 User Density 參數輸入

資料來源：本案市調結果、本計畫整理

ITU 國際標準

ITU 以一年時間收集會員國之數據，並預測未來可能出現之服務及各 SC 之發展百分比

2020 User Density (downlink)				2020 User Density (uplink)							
SC	SE	User Density	SC	SE	User Density	SC	SE	User Density			
1	1	0	11	1	61.06	1	1	0	11	1	61.06
1	2	0	11	2	62.4	1	2	0	11	2	62.4
1	3	0	11	3	34680.6	1	3	0	11	3	68.08
2	1	8703.2	12	1	64676.92	2	1	52	12	1	40433
2	2	31366.36	12	2	222333.52	2	2	57	12	2	144063.48
2	3	18798.82	12	3	151306.38	2	3	0	12	3	86863.34
3	1	30683.4	13	1	24628.06	3	1	30894.54	13	1	27380.7
3	2	61434.44	13	2	24569.64	3	2	61694.46	13	2	24569.64
3	3	48256.4	13	3	32234.92	3	3	48298.88	13	3	32234.92
4	1	24041.46	14	1	25951.08	4	1	24041.46	14	1	25951.08
4	2	24069	14	2	25951.08	4	2	24069	14	2	25951.08
4	3	32037	14	3	47726.38	4	3	32037	14	3	47726.38
5	1	67408.98	15	1	21581.54	5	1	67408.98	15	1	67461.54
5	2	123763.12	15	2	73009.54	5	2	123763.12	15	2	202177.54
5	3	83451.62	15	3	46946.68	5	3	83451.62	15	3	121401.28
6	1	1743	16	1	0	6	1	1743	16	1	0
6	2	1743	16	2	52	6	2	1743	16	2	52
6	3	2324	16	3	0	6	3	2324	16	3	0
7	1	9348.12	17	1	8287.58	7	1	20914.82	17	1	581.9
7	2	25003.88	17	2	29842.98	7	2	66782.22	17	2	1312.4
7	3	5468.02	17	3	5463.88	7	3	42598.76	17	3	1008.78
8	1	28996.12	18	1	618	8	1	28996.12	18	1	618
8	2	29097.72	18	2	1339	8	2	29097.72	18	2	1339
8	3	39220.86	18	3	21	8	3	39220.86	18	3	21
9	1	309	19	1	515	9	1	309	19	1	515
9	2	412	19	2	1030	9	2	412	19	2	1030
9	3	52	19	3	52	9	3	52	19	3	52
10	1	206	20	1	1030	10	1	5226.44	20	1	1030
10	2	309	20	2	1030	10	2	18581.68	20	2	1030
10	3	52	20	3	103	10	3	11076.82	20	3	2142.18

我國輸入參數

調查我國常見46種應用行為，加以ITU之發展百分比，預測我國2020年使用者密度

2020 User Density (downlink)				2020 User Density (uplink)							
SC	SE	User Density	SC	SE	User Density	SC	SE	User Density			
1	1	0	11	1	0	1	1	0	11	1	0
1	2	0	11	2	21	1	2	0	11	2	21
1	3	0	11	3	0	1	3	0	11	3	0
2	1	18920	12	1	140358	2	1	52	12	1	87656
2	2	34609.52406	12	2	368790.6383	2	2	57	12	2	137643.2486
2	3	39127.08165	12	3	328913	2	3	0	12	3	161858.8104
3	1	47740.34816	13	1	51121	3	1	20132.85144	13	1	57105
3	2	23082.61488	13	2	59594	3	2	8706.09792	13	2	50894
3	3	27550.21776	13	3	69555	3	3	10109.38344	13	3	69555
4	1	50491.53498	14	1	52788	4	1	50491.53498	14	1	52788
4	2	25525.37249	14	2	52788	4	2	25525.37249	14	2	32369.71168
4	3	32400.17926	14	3	103509	4	3	32400.17926	14	3	63186.20222
5	1	28851.26702	15	1	43289	5	1	28851.26702	15	1	51878.33728
5	2	18378.02858	15	2	27724.67711	5	2	18378.02858	15	2	27724.67711
5	3	21821.49077	15	3	33621.37067	5	3	21821.49077	15	3	33621.37067
6	1	1743	16	1	0	6	1	1743	16	1	0
6	2	1743	16	2	52	6	2	1743	16	2	52
6	3	2324	16	3	0	6	3	2324	16	3	0
7	1	20322	17	1	17973	7	1	0	17	1	1266
7	2	43627.43512	17	2	64815	7	2	206	17	2	2792
7	3	11887	17	3	11878	7	3	0	17	3	2193
8	1	62974	18	1	618	8	1	62974	18	1	618
8	2	63135	18	2	1339	8	2	31628.50432	18	2	1339
8	3	85251	18	3	21	8	3	65361.2282	18	3	21
9	1	309	19	1	515	9	1	309	19	1	515
9	2	412	19	2	1030	9	2	412	19	2	1030
9	3	52	19	3	52	9	3	52	19	3	52
10	1	206	20	1	1030	10	1	206	20	1	1030
10	2	309	20	2	1030	10	2	309	20	2	1030
10	3	52	20	3	103	10	3	52	20	3	103

圖 19 User Density 參數輸入：ITU 與我國之差異

資料來源：ITU M.2290 報告、本案市調結果、本計畫整理

比較 User Density 參數中各我國與 ITU 標準中各 SC 之數值，可知我國目前使用網路服務行為以中流量的服務為主如：常見的線上娛樂類型及網路瀏覽、通訊服務等，均有高於國際平均的表現；較低的部分為過去主流的手機語音通話及簡訊服務，這方面占比下降，顯示我國行動通訊使用習慣在轉移中（偏向以 Wi-Fi 網路或行動網路吃到飽服務，以即時通訊體軟打 IP 電話或傳送即時訊息）；而一些新興的服務如網路廣播服務（視頻與語音），目前也尚未在我國普及。

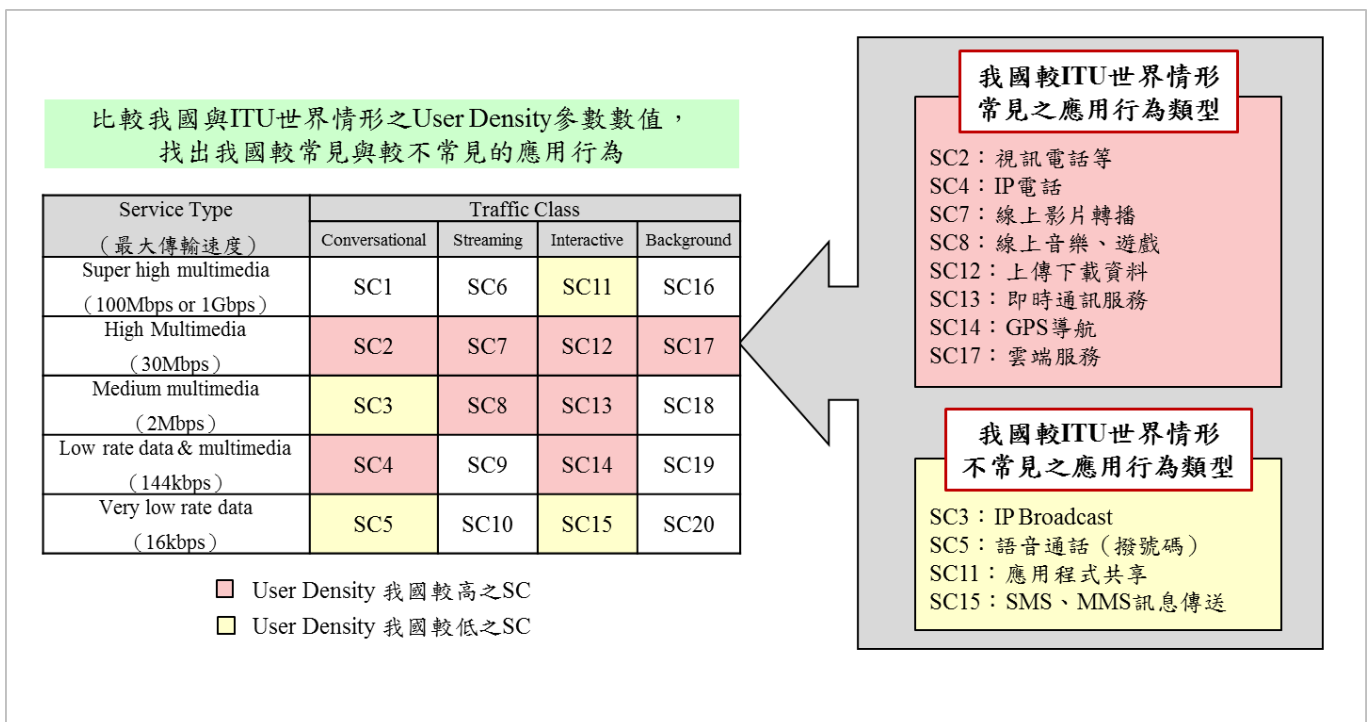


圖 20 我國較常見與較不常見之應用行為與 ITU 標準之比較

資料來源：ITU M.2290 報告、本案市調結果、本計畫整理

● Distribution ratios among available RAT groups :

用戶在連網使用服務時，傳輸量全體幾 % 為哪個 RATG 所處理之指標；即為用戶在上網時使用的連網方式之比例。

此參數考慮用戶未來使用網路連線方式的比例情形，以及若在多種網路連線共存時，用戶的連網方式選擇。ITU 設定連網時用戶偏向使用 WiFi 為主，而 2020 年 3G:4G 用戶比例為 10:90；我國 4G 網路在 2014 年開台後急速發展，2015 年預計 3G:4G 用戶比例為 75:25；但考慮未來達到發展可能會達到飽和，部分釘子用戶可能維持使用 3G 或 2G 服務，因此設定 2020 年 RATG1:RATG2 之使用比例為 20:80。

2020				
Available RAT	Distribution ratio [%]			
	RATG #1	RATG #2	RATG #3	RATG #4
#1	100	-	-	-
#2	-	100	-	-
#3	-	-	100	-
#4	-	-	-	100
#1,#2	20	80	-	-
#1,#3	10	-	90	-
#1,#4	100	-	-	100
#2,#3	-	50	50	-
#2,#4	-	100	-	100
#3,#4	-	-	100	100
#1,#2,#3	10	50	40	-
#1,#2,#4	100	100	-	100
#1,#3,#4	100	-	100	100
#2,#3,#4	-	100	100	100
#1,#2,#3,#4	100	100	100	100

圖 21 預測我國 2020 年各 RATG 之使用比率

資料來源：ITU M.2290 建議書，本計畫整理

ITU 國際標準

- ITU 預設在有無線網路連線時，用戶偏向使用無線網路連線。
- ITU 預測 2020 年屆時 3G：4G 用戶 (RATG1：RATG2) 比例為 10：90。

Distribution ratios among available RAT groups				
Available RAT	Distribution ratio [%]			
	RATG #1	RATG #2	RATG #3	RATG #4
#1	100	-	-	-
#2	-	100	-	-
#3	-	-	100	-
#4	-	-	-	100
#1,#2	10	90	-	-
#1,#3	10	-	90	-
#1,#4	100	-	-	100
#2,#3	-	10	90	-
#2,#4	-	100	-	100
#3,#4	-	-	100	100
#1,#2,#3	10	20	70	-

我國輸入參數

- 我國 2014 年 4G 開台後用戶高速成長 (半年約成長 10%)，但未來可能遇到釘子戶不轉移的天花板效應，因此預估我國 2020 年 3G：4G 用戶 (RATG1：RATG2) 比例為 20：80。

Distribution ratios among available RAT groups				
Available RAT	Distribution ratio [%]			
	RATG #1	RATG #2	RATG #3	RATG #4
#1	100	-	-	-
#2	-	100	-	-
#3	-	-	100	-
#4	-	-	-	100
#1,#2	20	80	-	-
#1,#3	10	-	90	-
#1,#4	100	-	-	100
#2,#3	-	10	90	-
#2,#4	-	100	-	100
#3,#4	-	-	100	100
#1,#2,#3	10	20	70	-

圖 22 Distribution Ratios among Available RATGs 參數輸入：ITU 與我國之差異

資料來源：ITU M.2290 報告、本計畫整理

值得注意的是，ITU-R M.2290 頻寬計算模型是一極簡化之模型，因此在利用該模型計算頻寬需求時，探討網路服務類型時僅粗略分為四大類 (四種 RATGs)。其中同屬於 4G 技術的 LTE FDD 以及 LTE TDD 均屬於 RATG2，因此在使用該模型計算時並無法將此二種規格分開討論。

- Population Coverage Percentage :

Population Coverage Percentage 為各 Radio Environment (Macro Cell, Micro Cell, Pico Cell, Hotspot) 於各區域能涵蓋的人口數量之指標，代表各類基地台所能服務之人口總數占區域總人數之比例。M.2290 模型在進行需求推估時，會先將流量往小範圍的 Cell (Pico Cell、Hot Spot) 分配，再將剩餘的流量放往較大的 Cell；其中 Macro Cell 的布建一般是可以覆蓋所有使用者的，因此在此越小的 Cell 的覆蓋比率發生改變，對估算結果會有較大的影響。

本參數需根據台灣實際情況設定各種 Radio Environment 的人口涵蓋率。在基地台 (Macro Cell、Micro Cell、Pico Cell) 的部分，利用 NCC 頻率資料庫查詢系統公布的大安區基地台數量、M.2290 報告提供的基地台理論覆蓋面積以及大安區總面積，可以算得 Macro Cell、Micro Cell 及 Pico Cell 的覆蓋率；而在熱點部分 (Hot Spot)，利用市調資料中 Wi-Fi 使用普及率，並參考過去資料中的普及率，即可推估 2020 年 Hot Spot 覆蓋率。

Population Coverage Percentage				
Service environ	Radio environments supporting service			
	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
SE1	100	51	1	87
SE2	100	51	1	80
SE3	100	51	1	75
SE4	100	35	0	80
SE5	100	50	35	20
SE6	100	0	10	50

圖 23 以基地台布建及 Wi-Fi 使用情形算出我國版本之 Population Coverage Percentage 參數

資料來源：ITU M.2290 報告、NCC、本案市調結果、本計畫整理

本參數的計算需分項考慮。Macro Cell 由於是大功率基地台，目的在於能給所有人提供服務，因此不論何種情況下覆蓋率均為 100%；Micro Cell 及 Pico Cell 的部分，根據我國基地台布建情形計算，其覆蓋率均不會是 100%，因此參考大安區布建之數量，乘以其理論最大覆蓋面積後，所占區域總面積 (11.3614 km²) 之比例；而 Hot Spot 則以市調資料中，家中、辦公室、公共場所 (SE1~3) 的 Wi-Fi 使用情形，加以未來可能的 Wi-Fi 成長率及 ITU 制定標準，推估 2020 年情形。

ITU國際標準

- ITU預設參數中，為達到計算範圍內均有無線通信服務，大功率的**Macro Cell**在理論上需覆蓋所有人口。
- 其他Micro Cell、Pico Cell及Hot Spot的涵蓋人口數，以ITU統計之國際情形為準。

Service environ	Radio environments supporting service			
	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
SE1	100	90	20	80
SE2	100	90	20	80
SE3	100	95	40	40
SE4	100	35	0	80
SE5	100	50	35	20
SE6	100	0	10	50

我國輸入參數

- 本次估算計算密集都市區(SE1-SE3)。
- Micro Cell參考大安區布建之數量(83台)，乘以其理論最大覆蓋面積後，所占區域總面積(11.3614 km²)之比例。
- Pico Cell由於我國布建狀況不佳，覆蓋率取最小值1%。
- Hot Spot參考市調資料中我國無線網路使用情形進行參數輸入。其中，已超過ITU標準之數值視為已達飽和不成長，未達標準者預期將成長至ITU之標準。

Service environ	Radio environments supporting service			
	Macro cell	Micro cell	Pico cell	Hot spot
SE1	100	51	1	87
SE2	100	51	1	69→80
SE3	100	51	1	75
SE4	100	35	0	80
SE5	100	50	35	20
SE6	100	0	10	50

圖 24 Population Coverage Percentage 參數輸入：ITU 與我國之差異

資料來源：ITU M.2290 報告、本計畫整理

- Number of network deployments :

Number of network deployments 為資通訊服務提供業者數量。目我國目前提供 3G 服務的業者有 5 家；而擁有 4G 業務執照的業者有 6 間，但目前已開台提供服務業者為 5 家。本計畫推估未來在 2020 年時 3G 業者及 4G 業者數量不變，各為 5 家。

Number of network deployments for RATG1	5
Number of network deployments for RATG2	5

圖 25 3G (RATG1)與 4G (RATG2) 業者數量推估

資料來源：本計畫整理

而由於 M2290 模型的簡化模式，ITU 在無論在探討用戶行為流量以及基地台架設等面向時，均是以單一業者的角度（ITU 在此參數的預設值為 1）；在網路服務業者數量發生改變時，本參數影響頻寬之原因除一般常見的業者間 Guard Band 的保留以外，模型在計算過程中會將所有基地台平均分配至各業者、所有網路流量分攤給各業者、業者可取得頻寬變大等，頻譜使用效率改變及數據扁平化的情形產生。

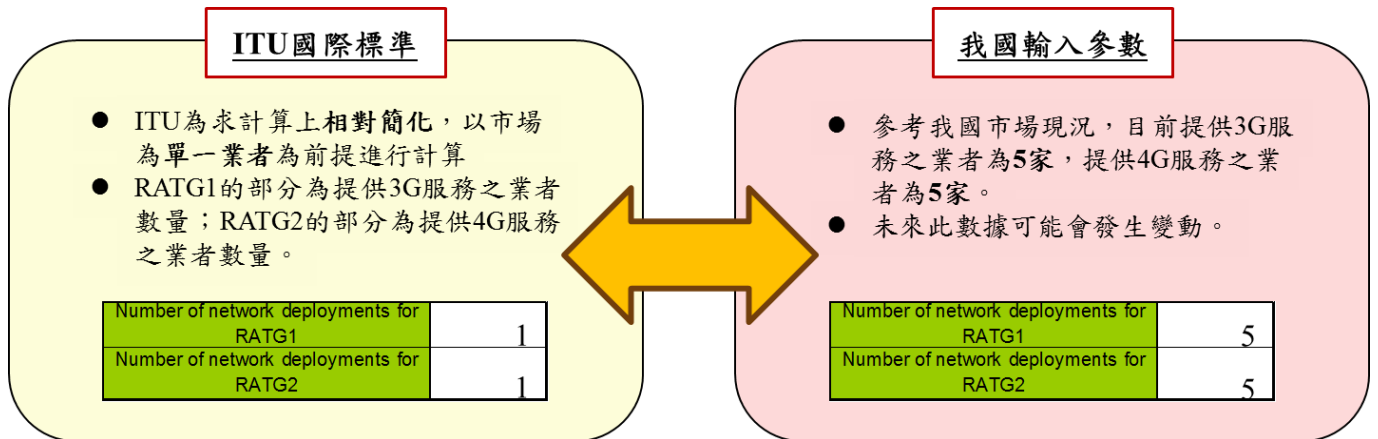


圖 26 Number of network deployments 參數輸入：ITU 與我國之差異

資料來源：ITU M.2290 報告、本計畫整理

- 下表另外整理其他 M.2290 中，本次需求推估計算時沿用

ITU 預設值之參數及其意義介紹。

表 7 ITU.M.2290 模型中沿用 ITU 預設值之參數

參數	說明
Spectral efficiency matrix [bits/s/Hz/cell]	是頻譜使用效率的參數，ITU 有將未來技術進步納入考量來設定預設值。3G、4G 的無線技術我國與世界各國無重大差異，以 ITU 的預設值代入，不需以我國的特有參數代入。
Session arrival rate per user [session arrivals/h/users]	使用特定服務的使用者 1 小時平均有幾次的連結 (Access) 之參數。這個數值如同 User Density 一樣，以複數的服務合計。也就是說，某 SC、SE 的服務 1 的 Session arrival rate per user 為 0.01，服務 2 的 Session arrival rate per user 為 0.015，則該區域的 Session arrival rate per user 為 0.025。各國家或地區有些許差異，但是若以該服務的使用者平均下來看，各國差異並不大。可以從我國電信業者取得信賴程度高的實測數據則可代入，但若電信業者本身也未統計或保存該數據時，則使用 ITU 的預設值。
Mean service bit rate [kbps]	使用者 1 次的連結，使用多快的通信速度之指標。本數字如同 Session arrival rate per user 一樣，若我國電信業者可提供實測值則可代入，若無法取得的情形下，則使用 ITU 的預設值。
Average session duration [s/session]	使用者 1 次的 Access，佔據多少時間及通訊量之指標。與 Session arrival rate per user 相同，若我國業者無法提供實測值，則使用 ITU 的預設值。
Allowed blocking rate	傳輸集中，頻譜不足的情形時，會發生例如無法撥打出去等無法通信的情況。能允許多少程度的通信不良，影響頻譜的需求。通信不良完全降到 0 的情況時，需要的頻譜接近無限大。Allowed blocking rate 是合理的通信不良比率，以便算出合理的頻譜需求。世界各國並不會設定偏離過大的數值，因此可以直接使用 ITU 的預設值。
Mobility Ratio	SC、SE 中靜止不動的人，半靜止狀態的人 (SM:0-5km/h)、低中速度移動的人 (LM: 5-50km/h)、高速移動的人 (HM: 50-250 k m/h) 之比率。我國無法正確的收集此類數據。台灣都會型態為 Dense Urban，ITU 中設定 Dense Urban 區域 (SE1~SE3) 的標準值平均看來，SE1 (Home 區域) 的 Mobility Ratio 是 (SM:LM:HM= 89 % : 10% : 1%)，SE2 (Office 區域) 的 Mobility Ratio 是 (SM:LM:HM= 95% : 4% : 1%)，SE3 (Public 區域) 的 Mobility Ratio 是 (SM:LM:HM= 82% : 16% : 2%)。研究團隊認為與我國實情差異不大，建議可直接使用預設值。

Service categories served with circuit switched or packet based	未來的無線通信系統中，預計所有的通信都會以封包通信的方式。然而，有無法允許通信延遲的聲音通話服務跟些許延遲也無所謂的 Email 服務同時存在於一個通信系統上之情形依然不會改變。計算上，無法容許延遲的服務歸類於回線交換，適用 Erlang B 式。本指標是決定哪種 SC 是歸類於使用回線交換，適用 Erlang B 式的指標。本計畫中將使用 ITU 的預設值。
Mean Packet size S/N [kbit/packet]	一個封包的數據大小。為了算出封包交換型的傳輸需要多少系統容量而使用本指標。本計畫中將使用 ITU 的預設值。
Second moment of pkt size S/N ² [(kbit/packet) ²]	封包長的 moment 2 次方 (與平均封包長的差的 2 次方平均)。為了算出封包交換型的傳輸需要多少系統容量而使用本指標。本計畫中將使用 ITU 的預設值。
Mean Packet delay [s/packet]	封包的平均要求延遲時間。為了算出封包交換型的傳輸需要多少系統容量而使用本指標。本計畫中將使用 ITU 的預設值。

資料來源：ITU-R M.2290 建議，本計畫製作

4. 以 M.2290 模型所算出之 2020 年我國頻譜需求

利用 ITU M.2290 模型計算出我國至 2020 年行動通訊需求，以上述參數代入模型後進行計算，得到我國於 2020 年頻寬需求為 1625MHz，介於 ITU 國際標準的 1340~1960MHz 之間。

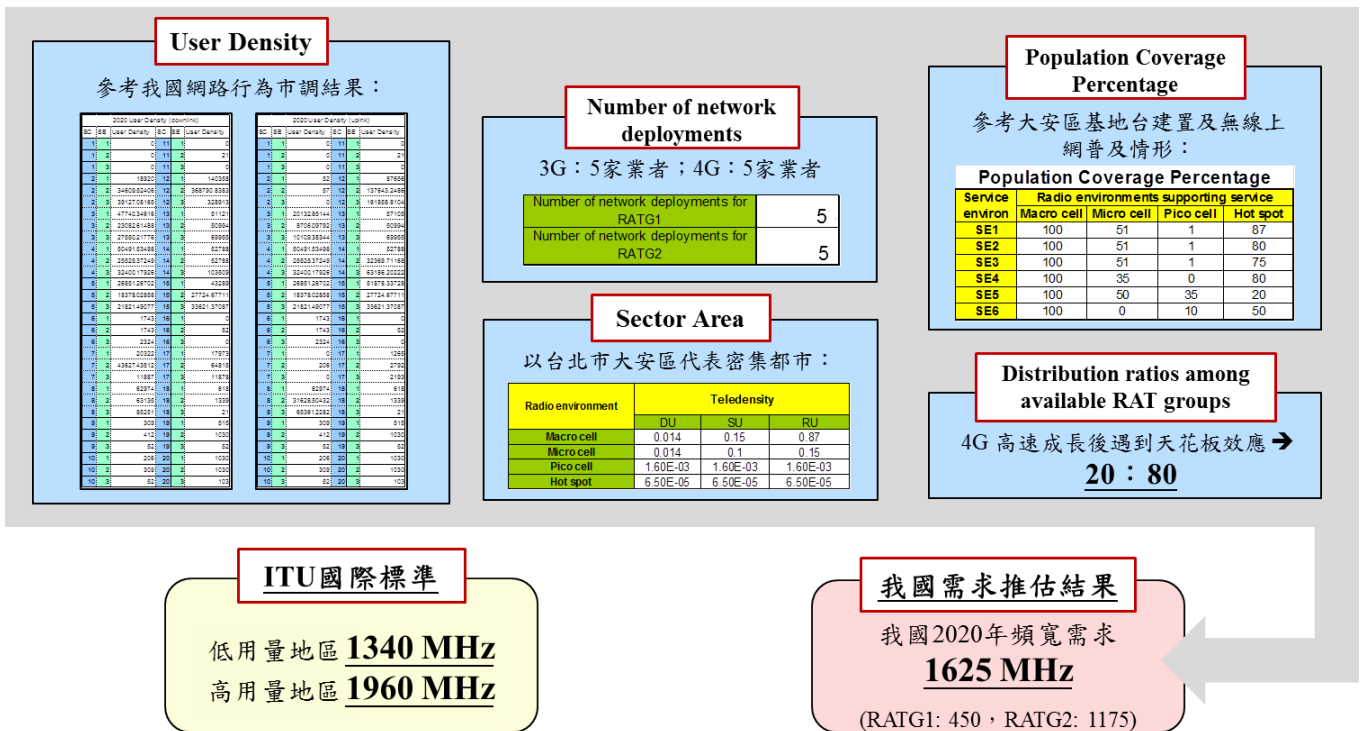


圖 27 利用 M.2290 模型推算我國 2020 頻譜需求之結果

資料來源：ITU M.2290 模型，本計畫整理

與 ITU 的國際標準低用量地區 1340MHz、高用量地區 1960MHz 相比，我國的計算結果為一合理數值。其中，我國結果與 ITU 國際標準間數值的差異可依五項在地化參數的六種面向分別進行討論：

於網路建設面的供給面，我國高密度的 Macro Cell 使得 Sector Area 參數數值降低，這方面會大幅將需求頻寬降低；而我國目前較多的電信營運商（3G 業者 5 家，4G 業者 5 家）將影響 Number of network deployments 參數，使得頻寬需求小幅上升；而基地台覆蓋率的 Population Coverage Percentage 則可從二種面向：1. 我國 Micro Cell 及 Pico Cell 不普及，Small Cell 覆蓋情形不佳，這會大幅增加頻寬需求；2. 我國 Wi-Fi 成長率及普及率均略高於水準，這會將頻譜需求小幅降低。

於用戶行為的需求面，考慮 Distribution ratios among available RATGs 參數時，雖然我國 2014 年 4G 開台後急速的普及，但參考我國過去 2G → 3G 電信服務移轉經驗，轉移至 4G 時將可能同樣會出現天花板效應，受限我國有多的 2G、3G 釘子戶，未來我國 RATG1：RATG2 的 20：80 大於 ITU 的 10：90，造成頻寬需求結果小幅增加；而 User Density 部

分，雖然我國地狹人稠，數據流量及密度約在世界前段，但依然在 ITU 所預設的標準範圍內。

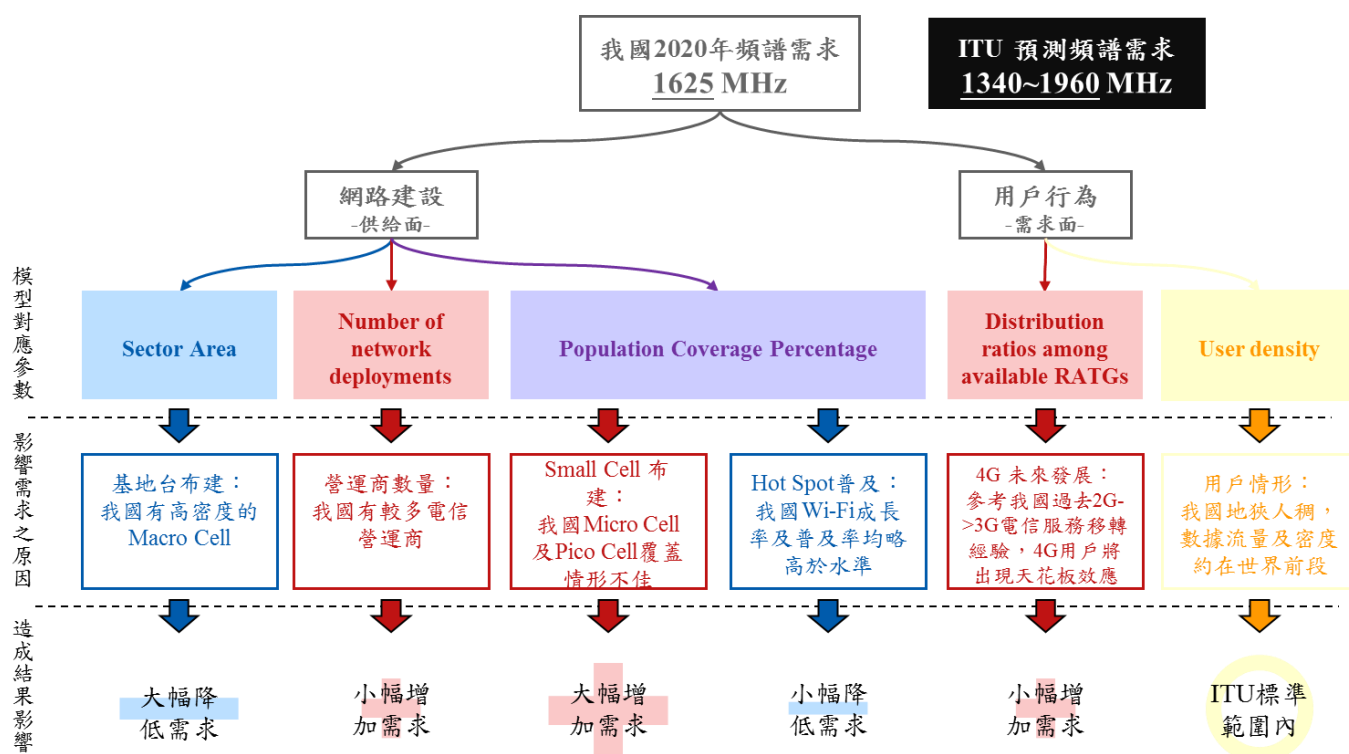


圖 28 影響我國與 ITU 之結果差異之重要變因

資料來源：本計畫整理

除了透過模型計算我國未來頻率需求以外，若以各國 benchmark 的方式來探討頻率需求，也十分接近研究團隊的預估：(1) 英國 Ofcom 在 2014 年 Study on the future UK spectrum demand for terrestrial mobile broadband applications 報告中指出，該國 2020 年頻寬需求，高流量地區約為 2710-3325MHz，中流量地區約為 1445-1515MHz，低流量地區

約為 805-995MHz。 (2) 美國 FCC 於 2010 年利用其自行研發之 Top-Down Forecast 模型，於 Mobile Broadband: The Benefits of Additional Broadband 報告中預測 2020 年時將需要 1848MHz 之頻寬。 (3) 澳洲在 2011 年的 Towards 2020—Future spectrum requirements for mobile broadband 報告中，利用 M.2078 模型計算，其 2020 年頻寬需求為 1720MHz。

(4) 日本在 2013 年提出利用 M.2078 模型預測，2020 年需求頻寬為 1140 - 1700MHz。 (5) 中國利用 ITU-R M.2078 計算，於 2020 年需求之頻寬為 1860MHz，而 2013 年時利用 GSA 所發表的模型進行計算，結果約為 1864MHz。 (7) GSMA 組織則預測，在 2020 年世界需求之商用行動網路頻寬需求為 1600-1800MHz。

另外，在計算 2020 年頻譜需求時，研究團隊亦假設了 2 種未來可能出現的市場狀況，分別為 (1) 業者數量減少為 3 家，(2) 因應 5G 發展廣佈 Small Cell。

結果顯示，當 (1) 業者數量減少為 3 家狀況發生時，頻寬需求將從原先的 1625MHz 降為 1575MHz。而當 (2) 因應 5G 發展廣佈 Small Cell 發生時，若未來 Pico Cell 覆蓋率由 1% 提升至 5%，頻寬需求將從原先的 1625MHz 降為 1400MHz；而若未來 Pico Cell 覆蓋率由 1% 提升至 10%，頻寬需求將進一步降至 1150MHz。

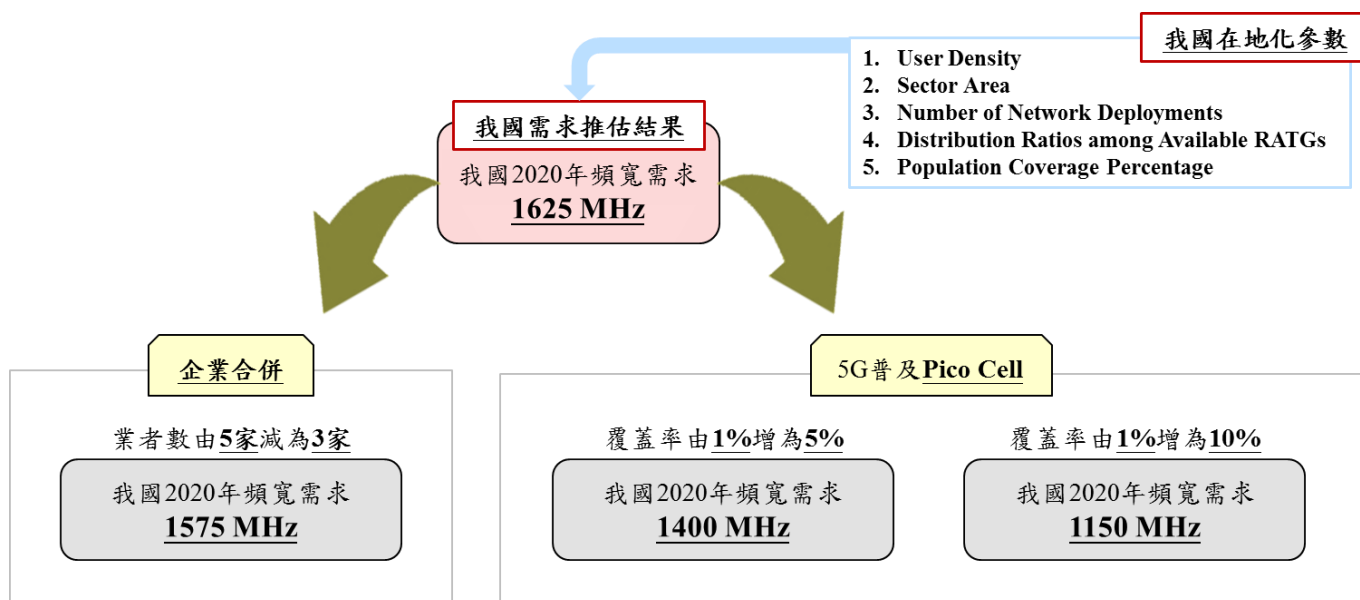


圖 29 我國未來環境預估與頻寬需求計算結果

資料來源：本計畫整理

檢討 (1) 業者數量減少為 3 家，以及 (2) 因應 5G 發展廣佈 Small Cell 兩種情形發生時，頻寬需求下降之原因，如下分項探討：

(1) 當業者數量減少為 3 家時，頻寬需求的改變可從「模型演算面」及「實務面」二個面向進行討論：

- 模型演算面：ITU-R M.2290 模型在計算最後 Guard Band 需保留之總頻寬時，是由「各業者間須保留之 Guard Band」參數乘以「業者數量 -1」所算得（ITU 提出之演算法報告 M.1768-1，p.33）。故雖然實務層面上，FDD 技術業者間並不需保留 Guard Band，因此推測在此 ITU 將 FDD 技術與 TDD 共同討論後，簡化得到答案。
- 實務面：未來各業者可能僅保留 5 MHz 之 3G 頻段作提供 3G 通訊服務，業者數量的減低使得可使用的 4G 頻段增加，提升頻譜使用效率；另外，由於業者數量減低，造成各業者能取得的單一頻段有較大的頻寬，亦可進一步提升頻譜使用效率。

(2) 而隨著電信產業發展趨勢，未來 5G 技術可能會以多個 Small Cell 為網路連線的骨幹。Small Cell 的布建將可大幅吸收用戶流量，未來 5G 技術廣設 Small Cell 可能解決頻譜壅塞問題。

參考我國目前釋出商用頻段約為 625MHz，在 2020 年前額外釋出 1000MHz 達到預估需求的 1625MHz 實屬困難。根據以上探討，建議主管機關除了額外檢討可釋出商用的頻段以補足缺口外，亦可從

(1) 積極輔導電信業者進行整併，減少頻段分配時 Guard Band 保留、切分更大頻寬頻譜給各業者等方式提高頻譜效率，

(2) 法規面進行調整鬆綁，於高傳輸量地區廣布 Pico Cell (Small Cell) 分擔流量，

兩構面方式著手，提升頻譜使用效率並降低未來頻寬需求。

(二) 「我國未來頻率需求探討」座談會

利用 ITU 在 2013 年底發表之 M.2290 新模型，本研究團隊已完成我國未來頻寬需求之初步推估。然而，為使本議題之討論能夠更臻完善且有較全面性的觀點，本研究團隊召開座談會，聚集產官學各界先進共同探討未來頻譜需求計算之方法與結果。座談會資訊如下表：

表 8 「我國未來頻寬需求探討」座談會會議資訊

時間	2015 年 2 月 25 日 (三) 14:00 ~ 16:30
地點	集思交通部會議中心 2 樓活動式會議室 (台北市中正區杭州南路一段 24 號)
議程	13:30 ~ 14:00 報到 14:00 ~ 14:30 本計畫簡報 14:30 ~ 16:30 議題討論 16:30 ~ 散會

資料來源：本計畫製作

參加單位如下表。本次座談會邀請政府機關、學術界、電信業者及設備廠商，提供意見並共同參與討論。

表 9 「我國未來頻寬需求探討」座談會參加單位

政府機關	交通部郵電司、國家通訊傳播委員會射頻與資源管理處
學界	元智大學通訊工程學系
電信業者	遠傳電信股份有限公司、亞太電信股份有限公司、國基電子股份有限公司、台灣大哥大股份有限公司、台灣之星電信股份有限公司、中華電信股份有限公司
設備廠商	聯發科技股份有限公司、台灣愛立信股份有限公司、美商高通國際股份有限公司

資料來源：本計畫製作

而為了使討論有效率地進行，研究團隊擬定了下列討論綱要及細部議題，與參與長官業者交換並徵詢意見。

表 10 「我國未來頻寬需求探討」座談會討論議題

<p>1. 需求推估面 (M.2290 使用之參數在地化):</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 議題一：密集都會區之選定 <ul style="list-style-type: none"> ● 基地台布建越密集，未來所需之頻寬越小；對於模型中 Sector Area 所選定的密集都會區，基地台建設完整之大安區或是人口密度最高之永和區，兩者間選擇之看法。 ■ 議題二：我國未來 4G 普及速度 <ul style="list-style-type: none"> ● 從初期看來普及較 2G→3G 來得快，不過未來仍可能受到費率、應用服務等因素影響。基於眾多因素，對我國 4G 普及速度之看法。 ■ 議題三：Pico cell 之涵蓋率 <ul style="list-style-type: none"> ● 基於國際上 Pico cell 之布建趨勢與我國實際基地台布建現狀，對我國未來 Pico cell 的布建趨勢之看法。
<p>2. 供給規劃面：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 議題四：未來頻寬規劃之建議 <ul style="list-style-type: none"> ● 根據 M.2290 之模型推估，我國未來將需要 850~1350MHz 之頻寬；面對更多之頻寬需求，對未來頻譜規劃的建議。
<p>3. 我國頻譜價值計量模型：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 議題五：建立我國頻譜價值計量模型之可行性與急迫性 <ul style="list-style-type: none"> ● 面對我國商用頻段、專用頻段、免執照頻段等，為了擁有標準化的頻譜價值（包含：經濟效益、社會福祉等）之衡量標準，對於建立我國頻譜價值計量模型是否有急迫性及相關可行性之建議。

資料來源：本計畫整理

以下整理座談會意見。關於需求推估面，業者除了對於參數的意義提出疑問、輸入的數值提出可改善的意見外，則普遍對於初步計算結果 850 ~ 1350 MHz 的我國 2020 年頻寬需求，對比 ITU 提供之參考數值後，表示有低估的可能性。

對於議題一的 Sector Area 參數的計算以及密集都市區的選定，有業者認為精確的基地台數據及其效能可以經由業者訪談後取得，而密集都市區的參考數值可以多個行政區分別進行計算後找尋最合理的結果。

議題二的未來 4G 普及速度方面，業者普遍認為 3G 轉換至 4G 的速率將會高於過去 2G 轉換至 3G 的速率；然而，固定不使用行動網路的 2G 用戶數量則會限制未來 4G 用戶的成長情形。

議題三的 Pico Cell 布建，有業者表示硬體設備的價格以及現行的法規限制了其成長，未來若要普及有賴官方的合作。

表 11 座談會意見整理：需求推估面探討

1. 需求推估面 (M.2290 使用之參數在地化)：	
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ Model 計算時，User Density 參數之意義為何？其單位為何？輸入的參數資料若標註來源，業者方面便可以對數據本身進行研究 <ul style="list-style-type: none"> ➤ User Density 參數代表使用者之密度，可以視為是使用網路服務的人口密度；每項業者提供之應用行為，其普及率乘上人口密度並對應至 20 種 SC，可製成 User Density 參數表。其單位為（人/平方

	<p>公里)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 近年行動上網人數普及率提升速度快、平均使用時間增加、而傳輸量也大幅提高。由於台灣人口密度較高，理論上頻寬需求應較 ITU 算出的國際標準多。 ■ 基地台數量方面，可以對各業者進行訪談後取得更多精確的結果。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 贊成訪談業者。但由於本結果需公開並與事實相符，因此目前暫時先尊重 NCC 公布之結果。 ■ 人口密度高低未必與基地台密度相符，計算時應尋找一標準。 ■ 在歐洲一些國家進行頻寬需求推估時，常出現鄉村地區較密集都市區需求高之情形，原因在於鄉村地區之基地台站數較少，此現象可作為後續重新計算時的參考。
<p>亞太電信 (國基電子)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 選定進行需求推估計算的區域，是否不應以人口密集的非常狀況，而可以鄉村或平均人口密度情形進行計算？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 本次計算目的在於算出人口密集區，也就是頻寬需求最高的區域為目標。目前比較永和區（人口普查中人口密度最高）與大安區（過去計算時之指標）之結果，發現其基地台密度之差異造成頻寬需求不同。可嘗試計算多個行政區之數據後，找尋最合理的結果。 ■ 建議可以多找幾個區域進行需求推估計算。
<p>遠傳電信</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目前推估 3G 轉換至 4G 的速率，必定較 2G 轉換至 3G 之速率來的快，但同時要考慮支援 4G 的終端（手機等）普及情形。 ■ 在計算基地台數量時，是否應考慮不同頻率之電波性質不同（衰減率等），分別進行計算？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ ITU-R 的 Model 中並沒有將不同電波頻率之基地台分開計算，故本研究沿用其方式。 ■ RATG 1~4 是什麼？在使用計算輸入參數時，為何只探討 RATG 1 及 RATG 2 使用之比率差異？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ RATG 1 代表 IMT 2000 標準及其以前的技術，包括 2G 到 3.5G；RATG 2 代表 IMT 2000 之後 (Beyond IMT 2000) 的技術，包括 4G LTE 及其以後之技術；RATG 3 為 Wi-Fi；而 RATG 4 為廣播系統。其中 RATG 3 及 RATG 4 不占用行動網路頻寬。而在計算面，的確是有考慮當 RATG 3 出現時之使用比率，此部分參照 ITU 給定之標準值，

	<p>故沒有列入討論，僅比較 RATG 1 及 RATG 2 之使用比率。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ RATG3 的部分是否應要考慮 Offload 的比率？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 其實際上使用比率，應來自業者內部之計畫造成調整。 ■ SE 1~3 代表什麼意思？在 Population Coverage Percentage 參數中輸入的數值分別之意義為？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ ITU 模型中依照使用環境，以人口密度（密集都市、準都市區、郊區）及使用地點（家中、辦公室、公共區域）分成 9 類，後簡化為 6 個 SE。其中 SE 1~3 都是密集都市，因此考慮其 Macro Cell 及 Micro Cell 覆蓋情形將會相同；而 SE3 因為是在公共區域，將會有較少的 Wi-Fi 熱點覆蓋率。 ■ 台灣人口密度高，因此頻譜需求應較 ITU 提供之標準值為高。
聯發科	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在人口密度中，使用之人口密度為戶籍人口還是流動人口？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 本計算中使用的是人口普查之結果進行計算，不過的確考慮到流動人口時，可能會有差異出現（如白天的辦公區人口密度極高）。這方面的數據可進行進一步探討。 ■ ITU 在對其 Model 及結果進行決議時，也歷時兩年多的討論；而台灣亦有法人參與 ITU-R，可嘗試透過他們獲得更多相關意見。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2G 轉換至 3G 之速率，4 年約提升 50%，但由於 3G 剛開台時上網普及率低，支援終端也少，因此目前推估的 3G 轉換成 4G 可能太過保守。4G 去年開台，半年就達到 10%，因此達到 50% 的時間可望提前至 2017。但由於不使用行動上網的 2G 用戶大約始終保持 10%，扣除一些使用 Wi-Fi 的用戶後，於 2020 年的 4G 用戶可能剩 60%。 ■ 一個基地台可能有共構情形，也會有多個 Cell，每個基地台的使用效率可能會不同。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 基地台數據參考 NCC 頻率資料庫查詢系統網站上所公布之資料，因此詳細數據如細胞共構等情形，需仰賴 NCC 及業者提供。 ■ 關於 Pico Cell 布建方面，目前還是受限於設備單價及法規。若設備單價降低，並且法規放寬使得電台執照與

	<p>架設許可證較易取得，未來 Pico Cell 將可能有較多成長。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 營運至今接到的客訴較多屬於涵蓋率相關（沒訊號），並非與容量相關（網速過低），可以見得顧客端較重視的是涵蓋率，因此業者在布建基地台的時候將也會以參照顧客需求，提升服務涵蓋率為主。 ■ LTE 的 FDD 及 TDD，在頻譜需求推估時是否有分開計算？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 以 ITU 提供之 RATG 演算方式計算時，僅將技術以 RATG 分為四種種類；LTE 的 FDD 及 TDD 技術均屬於 RATG 2，故沒有分開計算。
愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在 Sector Area 參數計算方面，由於 Macro Cell 數量較多，造成其涵蓋面積甚至小於 Micro Cell，此結果並不合理。是否應反過來以發射功率推算其涵蓋面積？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 基地台在提供服務時，會考慮附近基地台是否存在及其所能提供的服務範圍來調整其涵蓋情形甚至其發射功率。因此，反過來推估時必須要考慮各基地台間相對位置等眾多影響因素，以 Model 計算的簡化概念而言並不符合實際。 ■ M.2290 模型的計算，是以電信營運商為出發角度進行計算。其他可能提供服務的頻段如 LTE-U 等免執照頻段是否有包含在內？另外，以愛立信方面的願景來看，2020 年可能會產生更多種類型的應用服務，如 M2M，或是其他公共安全的頻譜需求。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ M.2290 模型中並沒有討論免執照頻段，其計算出的結果均為需執照的商用頻段。而新技術之發展願景、期望，以及應歸類為的服務類型 (SC) 等，可與愛立信方面進行後續追蹤。
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻寬需求部分，可先針對 2015 年進行預估，以確認是否符合實際結果。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ M.2290 模型無法對 2015 年的情形進行計算，而過去研究的計算結果可以再提供進行檢討。 ■ 而提供網路服務之業者數量，未來可能會出現變動，建議可進行各種參數的嘗試。

資料來源：本計畫製作

供給規劃面部分，對於未來頻譜釋出規劃，電信服務業者普遍認為頻譜的釋出需提早公布且事先進行清頻完成，並能夠釋出量大且完整的頻段；釋出方法則期望能夠以週期性的批次方式進行。業者亦期望主管機關在日漸複雜的頻譜應用情形上，能夠仿效部分國家能以年為單位定期推出頻率供應計畫，以利業者經營時作為參考。此外，業者也表示，未來許多規劃須與國際接軌，因此今年底的 WRC-15 的討論內容及結果將會是一重要參考指標。

值得一提的是，關於新技術的發展，設備製造業者期望政府能與服務提供業者合作，在我國進行新技術的拓荒實驗。但就服務提供業者的立場而言，新技術實驗可能會造成其服務品質下降；而服務提供業者也期望較具國際影響力的設備製造業者能積極參與國際標準制定。業者們期待政府擔任橋樑的溝通角色，以政策輔助各類業者達到雙贏。

表 12 座談會意見整理：供給規劃面探討

2. 供給規劃面	
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 為與國際接軌，應參考年底 WRC-15 的最新決議。 ■ 頻譜釋出應以 3~5 年為一個階段，對頻段進行批次性招標。 ■ 2.3GHz 頻段為國際上 TDD 技術成熟之頻段，中華電信表示有興趣。
高通	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對頻譜釋出的未來規劃，應於年底 WRC-15 的諸項決議後做全盤性的考量。就目前得知，WRC-15 的重點討論頻段將會有 470 – 698MHz、L-Band、C-Band 等。
愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 由於目前討論中的頻段越來越多，規劃方式變得較複雜，主管機關可每年推出規劃白皮書，提供業者參考以利其制定計畫。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 主管機關已參考澳洲、香港等地區，推出每年頻率供應計畫書。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻譜釋出前應要先進行清頻，而其釋出需具有週期性（例如 7~10 年）、整體性，並且為批次釋出。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 目前有許多較混亂不清的狀況，討論某些議題尚嫌太早，但頻譜釋出與國家發展高度相關，因此在清頻前應先進行一系列的未來情形預估，並凝聚各界之共識。 ■ 對 2.3GHz 不進行表態。
聯發科	<ul style="list-style-type: none"> ■ 對於未來發展應秉持著長遠的視野。服務提供廠商可與政府合作研究推動新技術及新頻段的應用，如美國最新在對 3.5GHz、TV White Space、5G 毫米波技術等創新技術所進行的拓荒。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 這牽扯到業者財務報表與技術發展上的兩難。在嘗試新技術時，必然伴隨產生服務品質的低下，將影響業者的收益表現；但對於未來產業發展，拔得頭籌對業者及國家發展有莫大幫助。
遠傳	<ul style="list-style-type: none"> ■ 呼應前述業者，頻譜釋出應提前告知，且應清頻乾淨，並有完整頻寬。 ■ 國際上其他國家均積極進行規劃，我國也應該有一個滾動式的預測，約 3~5 年提供一次。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 下一次研討會中將討論國際上短中期頻段規劃。
亞太電信 (國基電子)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻寬供給量應提供夠多的頻寬，例如未來 2018 年可與 3G 屆期的頻段一起進行拍賣。
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對頻譜釋出方式，贊同前述業者提出之意見。希望頻

	<p>譜能一次釋出較大量，以利擁有較少頻譜的新參入業者發展。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 網路使用用戶成長必定快過網路容量的提升，而提升容量時，新技術的突破較難以發展及預測，基地台的建設其實我國已達到飽和，因此增加頻譜釋出增加頻寬將是較實際且快速的作法。 ■ 1800MHz 的 C6 頻段，以及 800MHz 頻段應以何種方式釋出 (美規 Band 5 或是日規 Band 19)，亦是一個可以討論的議題。 ■ 技術性公司如在座的愛立信、聯發科、高通等，可積極參與國際技術標準制定，以利我國未來發展的前瞻。
--	--

資料來源：本計畫製作

而針對討論綱要 3 的我國頻譜價值計量模型主題，當天在座業者並未對此議題提出意見。

表 13 座談會意見整理：我國頻譜價值計量模型

3. 我國頻譜價值計量模型
業者未針對此議題發表意見

資料來源：本計畫製作

最後，由現場元智大學電信工程系彭松村教授以及交通部郵電司蔡怡昌簡正發表本次座談會會後結語。

彭教授分析在頻譜規劃時各類業者的基本立場以及學界的角色，期勉主管機關能將其全盤考慮後進行政策規劃；而在需求推估模型中，彭教授也鼓勵各業者提供所掌握之資訊，提出對參數之具體建議及試算結果。

蔡簡正則以主管機關的角度出發，表示未來頻譜規劃將會以滾動方式每年公布更新；並且呼籲各業者對於各頻段應積極發表看法及使用意願，提供主管機關作為政策規劃時的參考。

表 14 座談會意見整理：會後結語

會後結語	
元智大學電信工程學系 彭松村 教授	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在頻譜規劃方面，分別有短期戰術目標，以及長期戰略目標。其中，服務商關心短期戰術，製造商關心長期戰略，而學術界則企圖將兩者進行結合。政府在此應以政策引導雙方相輔相成發展。 ■ 需求推估模型的部分，可由野村提供輸入的參數給業者廠商進行參考，業者廠商可依照其經驗及專業提出具體建議，甚至提出該廠商版本之參數及計算結果。
交通部郵電司 蔡怡昌 簡正	<ul style="list-style-type: none"> ■ 隨著技術的改變，頻譜的需求也會有很大的變動；郵電司在進行頻譜規劃時，將以滾動式的方式，每年公布更新。 ■ 而在座談會這樣的平台時，業者也應盡量提供其對各頻段的建議，以利主管機關參考其意願進行規劃；若業者並沒有特殊需求或熱忱，郵電司亦不排除考慮用於其他用途而不對外釋出之可能性。

資料來源：本計畫製作

二、 未來可新增之頻譜

為提供更多頻段滿足民眾上網需求，新增頻段作為無線寬頻用途是其中一種解決方案。研究團隊將根據國際 LTE 網路發展動態暨相關頻譜配置趨勢探討以及國際組織新增行動寬頻候補頻段討論結果等兩個面向切入，分析國外頻譜配置的發展狀況，重新考慮我國頻譜規劃之發展方向。

(一) 國際 LTE 網路發展動態暨相關頻譜配置趨勢探討

目前世界上已商轉 LTE 網路中，以歐洲與亞洲使用之 2.6GHz 與 1800MHz 為主流，另外歐洲數位紅利頻段 800MHz、美國數位紅利頻段 700MHz 也是 LTE 主流頻段之一。世界各國 LTE 商轉網路之頻段分布如下圖所示。

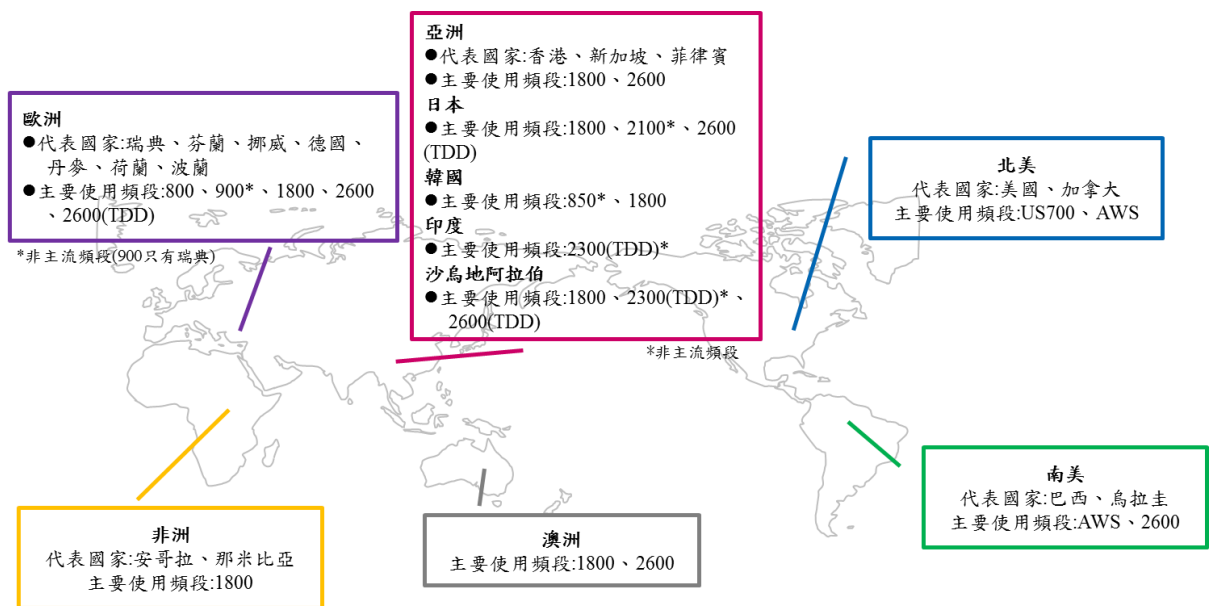


圖 30 世界各國 LTE 主要頻段分布情形

資料來源：公開資料，本計畫整理

LTE FDD 服務截至 2014 年 8 月，於 111 個國家中總共有超過 350 個商轉網路數，其中以 1800MHz 為大宗，已經擁有 158 個商轉網路數，同時擁有最多之支援設備數，詳細數據如下表所示。

表 15 LTE FDD 商轉前五大頻段 (截至 2015/01)

	頻段		Band	商轉網路數
1	1710-1785	1805-1880	3	158
2	2500-2570	2620-2690	7	91
3	832-862	791-821	20	58
4	698-716 / 777-787 / 788-798	728-746 / 746-756 / 758-768	12/13/14/17	55
5	1710-1755	2110-2155	4	36

資料來源：GSA，本計畫整理

表 16 LTE FDD 設備數前五多頻段 (截至 2015/02)

	頻段		Band	設備數
1	1710-1785	1805-1880	3	1141
2	2500-2570	2620-2690	7	1022
3	1920/1980	2110/2170	1	844
4	832-862	791-821	20	605
5	1710-1755	2110-2155	4	551

資料來源：GSA，本計畫整理

LTE TDD 服務網路截至 2015 年 1 月為止，已有超過 27 個國家，共計超過 40 間電信業者商轉營運，其中最大宗 Band 40 (2.3GHz) 有 21 個商轉網路，詳細數據如下表所示。

表 17 LTE TDD 商轉前五大頻段 (截至 2015/01)

	頻段	Band	商轉網路數	支援設備數	商轉國家(舉例)
1	2300-2400	40	21	696	澳洲、中國、香港、印度
2	2570-2620	38	12	606	巴西、西班牙、瑞典、波蘭
3	2496-2690	41	10	457	加拿大、中國、日本、美國
4	3400-3600/ 3600-3800	42	9	26	加拿大、西班牙、英國
5	1880-1920	39	1	514	中國

資料來源：GSA，本計畫整理

以下研究團隊整理同為 Region 3 之亞洲鄰近國家之 LTE 頻譜釋出狀況。

- 日本截至 2015 年 3 月已釋出 500MHz 之頻段於 4G LTE 使用，其中包含尚未商轉的 60MHz 之 APT700 頻段，以及於 2014 年底釋出的 120MHz 之 3.5GHz TDD 頻段。釋出的頻段除了日規特有之頻段，如：1500MHz、1700MHz，亦包含國際商轉熱門之 Band 3。目前三家業者均利用 5~6 個不同頻段之頻譜，提供全日本 LTE 之服務，詳細請見下表。

表 18 日本 LTE 釋照與商轉頻段

	NTT DoCoMo	KDDI	Softbank	總計
700MHz	Band 28 : 728-738MHz / 783-793MHz (未商轉)	Band 28 : 718-728MHz / 773-783MHz (未商轉)	Band 28 : 738-748MHz / 793-803MHz (未商轉)	60MHz
800MHz	Band 19 : 830-845MHz / 875-890MHz	Band 18/26 : 815-830MHz / 860-875MHz		60MHz
900MHz			Band 8 : 905-915MHz / 950-960MHz	20MHz
1500MHz	Band 21 : 1447.9-1462.9MHz / 1495.9-1510.9MHz	Band 11 : 1437.9-1447.9MHz / 1485.9-1495.9MHz		50MHz
1700MHz			Band 9 : 1749.9-1764.9MHz / 1844.9-1859.9MHz	30MHz
1800MHz	Band 3 : 1764.9-1784.9MHz / 1859.9-1879.9MHz			40MHz
2.1GHz	Band 1 : 1940-1960MHz / 2130-2150MHz	Band 1 : 1920-1940MHz / 2110-2130MHz	Band 1 : 1960-1980MHz / 2150-2170MHz	120MHz
3.5GHz	Band 42 : 3480-3520MHz (未商轉)	Band 42 : 3520-3560MHz (未商轉)	Band 42 : 3560-3600MHz (未商轉)	120MHz

資料來源：各公開資料，本計畫整理

- 韓國截至 2015 年 3 月已釋出 220MHz 之頻段於 4G LTE 使用，釋出的頻段包含：Band 1、Band 3、Band 5 與 Band 7，以及 KT 尚未商轉的 Band 26 頻段。目前三家業者均利用 3 個不同頻段之頻譜，提供 LTE 之服務，詳細請見下表。

表 19 韓國 LTE 釋照與商轉頻段

	SK Telecom	LG U+	KT	總計
800MHz	Band 5 : 829-839MHz / 874-884MHz	Band 5 : 839-849MHz / 884-894MHz	Band 26 : 819-824MHz / 874-879MHz (未商轉)	50MHz
900MHz			Band 8 : 905-915MHz / 950-960MHz	20MHz
1800MHz	Band 3 : 1715-1725MHz, 1730-1735MHz / 1810-1830MHz & 1755-1765MHz / 1850-1860MHz		Band 3 : 1735-1740MHz, 1745-1755MHz / 1830-1850MHz	90MHz
2.1GHz	Band 1 : 1930-1960MHz / 2120-2150MHz	Band 1 : 1920-1930MHz / 2110-2120MHz		20MHz
2.6GHz		Band 7 : 2520-2540MHz / 2640-2660MHz		40MHz

資料來源：各公開資料，本計畫整理

- 新加坡截至 2015 年 3 月已釋出 270MHz 之頻段於 4G LTE 使用，釋出的頻段包含：Band 3 與 Band 7。三家電信業者分別擁有 2×25MHz 之 Band 3 及 2×20MHz 之 Band 7，詳細請見下表。

表 20 新加坡 LTE 釋照與商轉頻段

	StarHub	M1	Singtel	總計
1800MHz	Band 3 : 1735-1760MHz / 1830-1855MHz	Band 3 : 1760-1785MHz / 1855-1880MHz	Band 3 : 1710-1735MHz / 1805-1830MHz	150MHz
2.6GHz	Band 7 : 2500-2520MHz / 2620-2640MHz	Band 7 : 2520-2540MHz / 2640-2660MHz	Band 7 : 2540-2560MHz / 2660-2680MHz	120MHz

資料來源：各公開資料，本計畫整理

我國亦於 2013 年進行 700MHz、900MHz 及 1800MHz 之頻譜拍賣，於 2014 年正式商轉 LTE 服務。為滿足未來持續增加之行動通訊之需求，勢必需要更多頻段之支援。因此，於本計畫中，先透過國際上已擁有豐富商轉經驗之頻段及國內近期面臨屆期之頻段進行國際各國頻譜配置趨勢之探討。以下章節主要針對面臨屆期之 800MHz、1900MHz、2.1GHz 與國際上 LTE TDD 商轉經驗最豐富的 2.3GHz 進行探討。

1. 800MHz

歐盟、美國以及日本對於 800MHz 頻段的使用規劃差異甚大，使用技術也橫跨 2G、3G 及 4G 技術，歸納後可分為四種規劃方式（包含近年來開始討論之 Band 26），分別為：

- 歐規 791-821/832-862MHz (Band20)；
- 美規 869-894/824-849MHz (Band 5)；
- 美規 859-894/814-849MHz (Band 26)；
- 日規 Lower 860-875/815-830MHz (Band 18)、日規 Upper 870-890/830-845MHz (Band 19)。

800MHz 頻段的四種規劃方式中，歐規 (Band 20) 和美規 (Band 5) 為主流。此外，我國 2000 年 3G 執照係以美規釋出 800MHz 頻段。

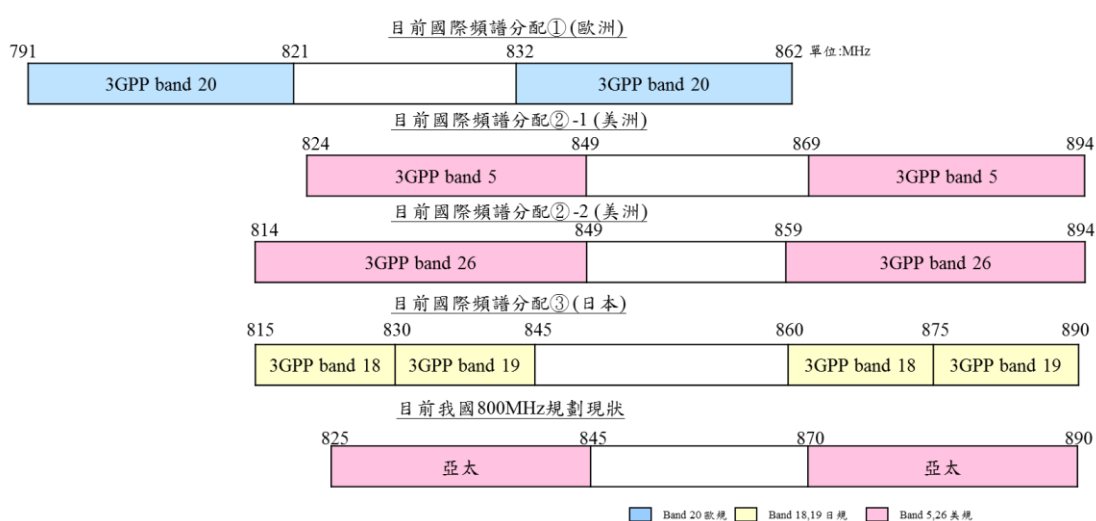


圖 31 800MHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀

資料來源：NCC，3GPP，本計畫製作

就整體 LTE FDD 各頻段商轉現況來看，於 800MHz 頻段上，近年來歐洲國家利用 Band 20 商轉 4G 服務發展快速，已有 68 個商轉之網路數；過去美規以 Band 5 商轉 3G 服務為主，近年來 Band 5 亦開始商轉 4G 服務，此外也出現利用 Band 26 規劃之商轉經驗。

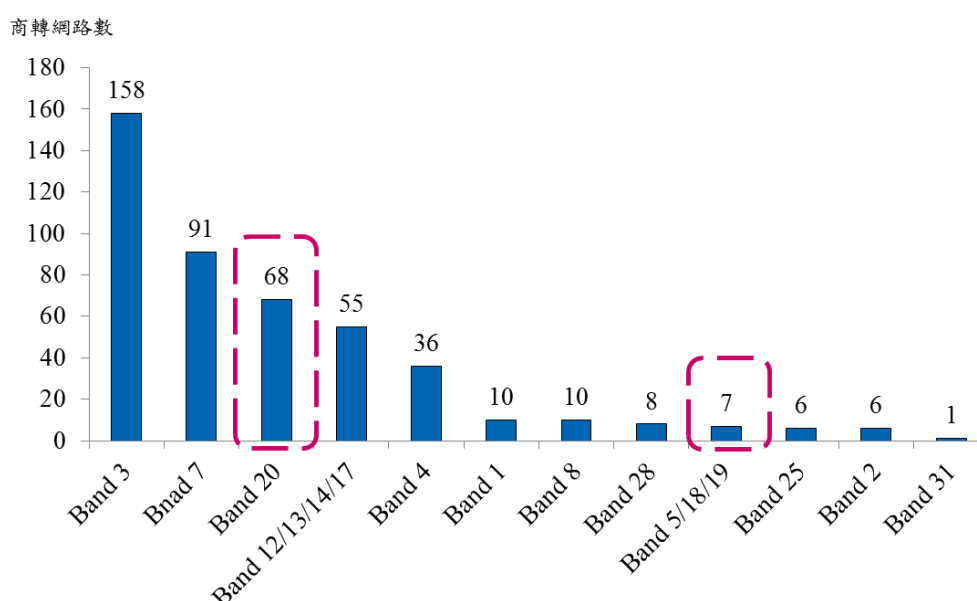


圖 32 LTE FDD 各頻段商轉總數量 (2015.01) —800MHz 頻段
資料來源：GSA，本計畫製作

從支援之終端設備與產品的角度來看，於 800MHz 頻段支援歐規 (Band 20) 及美規 (Band 5) 的 LTE 終端設備之數量均不少，目前歐規 (Band 20) 之終端設備達 605 項，美規 (Band 5) 之終端設備達 486 項，兩者之生態環境皆堪稱完備。

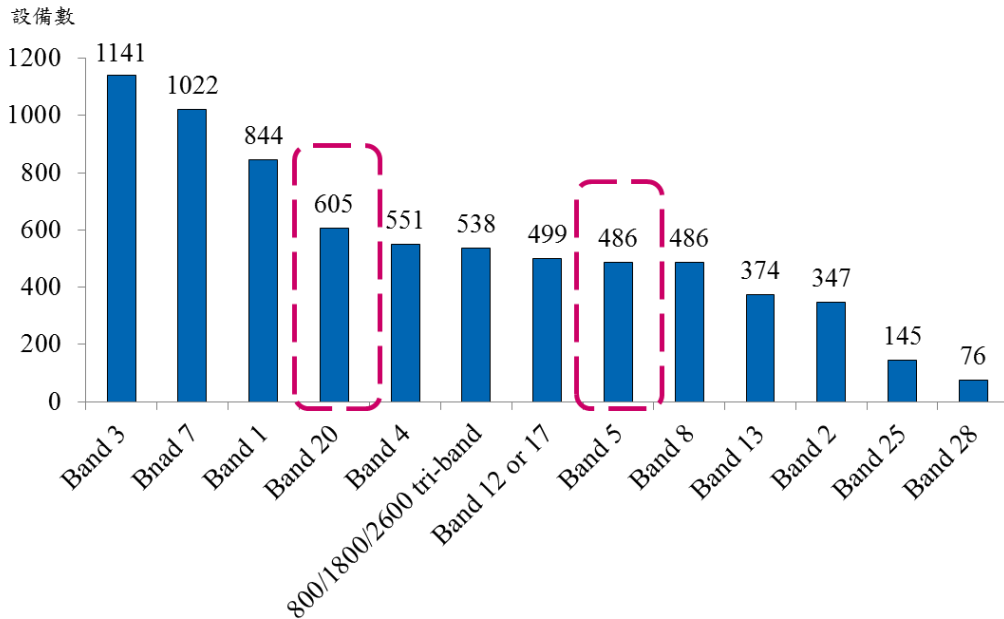


圖 33 LTE FDD 各頻段終端設備產品總數量 (2015.02) — 800MHz 頻段
資料來源：GSA，本計畫製作

目前，德國、法國、美國、英國、韓國以及日本等六國已有電信業者透過 Band5、Band18、Band 20，甚至 Band 26 的規劃方式商轉 800MHz 頻段提供 4G 服務。調查國家中，除了新加坡並未以 800MHz 頻段提供行動服務，其餘國家皆使用該頻段提供 2G、3G 及 4G 之通訊服務。

國家別	2G	3G	4G
美國	■ Band 5	■ Band 5	■ Band 5:Sprint & Affiliates /2012.07商轉 ■ Band 26:Sprint / 2013.10商轉
日本	-		■ Band 18:KDDI/2012.09商轉 ■ Band 19:NTT DoCoMo / 2012.11商轉
澳洲	-	■ Band5:Telstra/Vodafone	-
韓國	■ Band5:SKT	-	■ Band 5:LG U+ /2011.07商轉、SK telecom/2011.07商轉
英國	-	-	■ Band 20:O2/2013.8商轉、Vodafone/2013.8商轉
新加坡	-	-	-
香港	-	■ Band5:PCCW/SmarTone	-

■ Band 5美規 ■ Band 18,19日規 ■ Band 20歐規

圖 34 800MHz 頻段 LTE 商轉、規劃狀況
資料來源：NCC，3GPP，本計畫製作

接著，研究團隊就 800MHz 頻段，介紹各國該頻段配置與使用現況。

(1) 800MHz 歐洲各國分配現狀

採用歐規 (Band 20) 的德國、法國、英國三國已於最近三年內陸續完成 800MHz 頻譜拍賣。其中，德國和法國的電信業者已開始商轉 4G 服務，英國於 2013 年 2 月完成拍賣後，由四家業者所獲得；目前已有兩家業者商轉 4G 服務。

表 21 德國、法國、英國 800MHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
德國	<ul style="list-style-type: none"> the Federal Network Agency (BNetzA) 於 2010 年 5 月拍賣 800MHz 頻段的 791-821/832-862MHz，最終由給 O2、Vodafone、T-Mobile 三家業者所獲得。
法國	<ul style="list-style-type: none"> ARCEP 於 2011 年 12 月發放 791-821/832-862MHz 共 60MHz 頻段給 Orange、Bouygues Telecom 和 SFR 三家電信公司。其中，參與競標的第四家公司 Free Mobile 雖然競拍失敗，但將能申請與 SFR 共用網路 (800MHz 的漫遊權利)，這是 SFR 在競拍中做出承諾的一部分。
英國	<ul style="list-style-type: none"> Ofcom 於 2013 年 2 月拍賣 800MHz 頻段的 791-821/832-862MHz 共 60MHz 頻段，最終由給 Everything Everywhere、Hutchison 3G UK、Telefónica UK 以及 Vodafone 四家業者所獲得。Vodafone 及 Telefónica UK 已於 2013 年 8 月 29 日商轉。

資料來源：ARCEP、BNetzA、Ofcom 等公開資料，本計畫製作

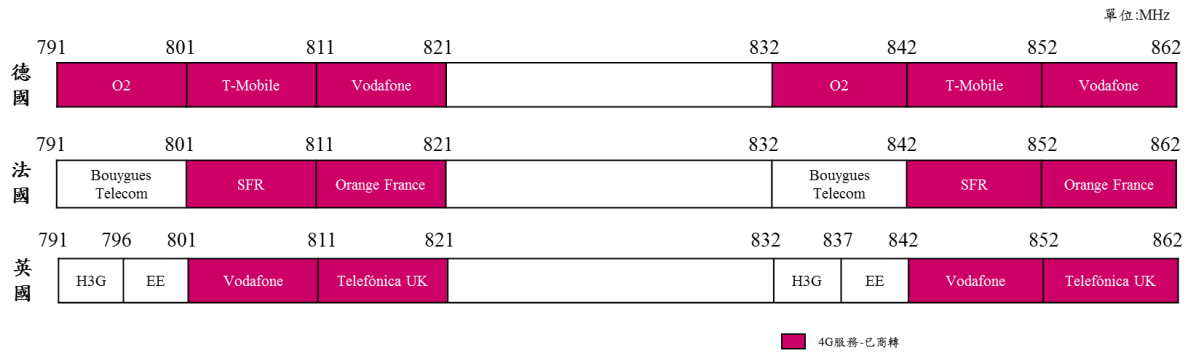


圖 35 德國、法國、英國 800MHz 頻段 (Band 20) 釋出現況

資料來源：ARCEP、BNetzA、Ofcom，本計畫製作

(2) 800MHz 亞洲各國分配現狀

亞洲部分，案例國家中的香港、韓國、澳洲三個國家皆採用美規 Band 5 的規劃方式。其中，韓國的電信業者 SK Telecom、LG U+ 皆利用 Band 5 提供 4G 服務，而 KT 則是規劃利用 Band 26 商轉提供 4G 之服務。除了澳洲的 Vodafone 已開始提供 4G 服務外，香港和澳洲其他電信業者則主要繼續提供 3G 通訊服務。

表 22 香港、韓國、澳洲 800MHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
香港	<ul style="list-style-type: none"> ■ OFTA 先於 2008 年 11 月將 825-830/870-875,831-834/876-879MHz 頻段拍賣給 PCCW，使用期限為 15 年，並於 2010 年 11 月移頻至 825-832.5/870-877.5MHz，此頻段限定使用 CDMA-2000 技術。 ■ OFTA 再於 2011 年 3 月將 832.5-837.5/877.5-882.5MHz 頻段的 10MHz 連同 900MHz、2000MHz 頻段一同拍賣，最終 800MHz 頻段由 SmarTone Mob 一家電信業者獲得，執照使用年限為 15 年，此頻段以 UMTS 技術為主。
韓國	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2011 年以前，韓國頻譜管理採取審議制，將分配 829-849/874-894MHz 頻段 SK telecom、LG U+ 兩家電信業者使用。 ■ KCC 於 2011 年 8 月開始了第一次的頻譜拍賣，將 819-824/864-869MHz 頻段共 10MHz 分配 KT 電信業者使用，執照期限為 10 年。
澳洲	<ul style="list-style-type: none"> ■ ACMA 於 1998 年 8 月、1998 年 9 月、1999 年 5 月、2001 年 2 月，將 825-845/870-890MHz 頻段依照地域特性劃分為城市、區域共兩類執照，分次拍賣給電信業者作為 PCS 服務使用，最後由 Telstra 和 Vodafone Australia 兩家業者獲得，該執照將於 2013 年 6 月到期。 ■ the Minister for Broadband 於 2012 年 2 月 10 日宣布，800MHz 頻段於屆期之後重新發照給既有業者，既有業者則必須支付 SAC(Spectrum Access Charges)給主管機關，倘若既有業者不同意 SAC 之價格或是無法如期支付 SAC 費用，則該頻段需重新拍賣。

資料來源：OFCA、KCC、ACMA 等公開資料，本計畫製作

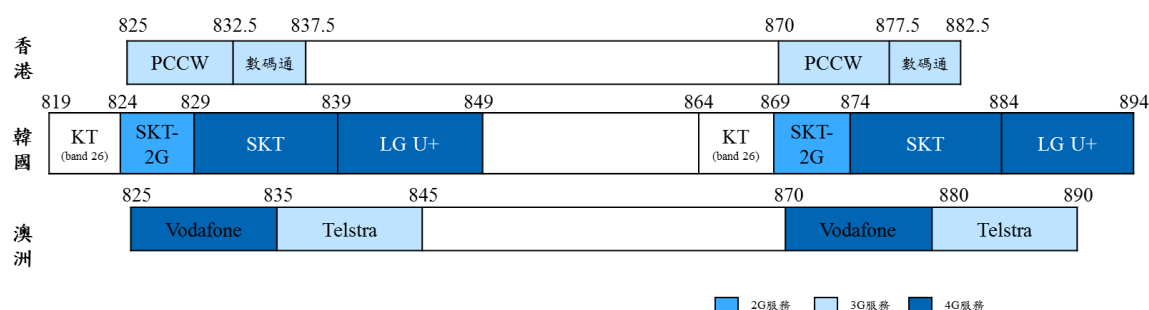


圖 36 香港、韓國、澳洲 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況

資料來源：OFCA、KCC、ACMA，本計畫製作

另外，中國則是於 800MHz 頻段上提供 3G 服務；日本總務省 (MIC) 則將 815-845/860-890MHz 頻段依照日規 (Band 18、Band 19) 分配 NTT DoCoMo 以及 KDDI 兩家電信業者使用，KDDI 與 NTT DoCoMo 皆已利用該頻段商轉 4G 服務。新加坡方面，電信主管機關 IDA 表示 700/800MHz 頻段因為涉及鄰近國家類比電視轉換數位電視之時程，因此在 2015 年之前將不考慮釋出該頻段作為行動網路服務，也是本次調查案例國家中唯一沒有使用 800MHz 頻段提供行動通訊服務的國家。

表 23 中國、日本、新加坡 800MHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
中國	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中國於 800MHz 之 825-835/870-880MHz 分配給中國電信利用 CDMA 提供 3G 之服務；885-890MHz(與 930-935MHz)規劃給鐵路 GSM-R 使用。
日本	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本總務省(MIC)於將 815-845/860-890MHz 頻段依照日規(Band 18、Band 19)分配 NTT DoCoMo 以及 KDDI 兩家電信業者使用，兩家業者均已利用該頻段商轉 4G 服務。KDDI 更於 2014 年中於同一頻段依照 Band 26 商轉 LTE 服務，同時提供 Band 18 與 Band 26 之服務。
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新加坡 IDA 於 2010 年 3 月針對 4G 可使用頻段之議題的進行公開諮詢討論，其中表示 700/800MHz 頻段因為涉及鄰近國家類比電視轉換數位電視之時程，因此在 2015 年之前將不考慮釋出該頻段作為行動網路服務。

資料來源：總務省、IDA、工信部等公開資料，本計畫製作

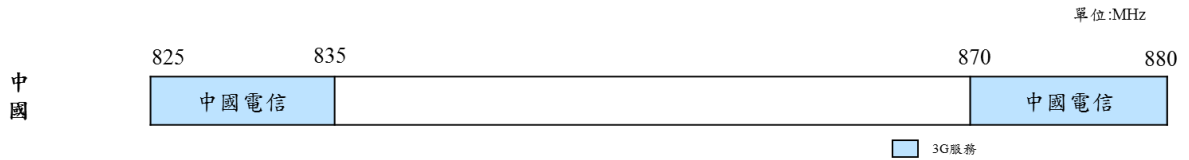


圖 37 中國 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況

資料來源：總務省，本計畫製作

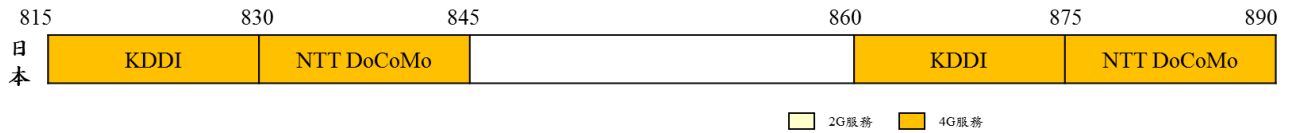


圖 38 日本 800MHz 頻段 (Band 18、19) 釋出現況

資料來源：總務省，本計畫製作

(3) 800MHz 美國發展現狀

美國 800MHz 頻段 (824-849/869-894MHz) 最早作為類比式行動電話 (AMPS) 使用，目前該頻段主要支援 2G 與 3G 服務。該頻段於 2002 年 5 月的第 45 號拍賣、2008 年 6 月的第 77 號拍賣共兩次釋出。

FCC 釋出 Band 5 頻段時，將 50MHz 劃分為 734 個 CMA (Cellular Market Area) 區塊，同區塊內根據不同頻率分為兩張執照。

- 執照 A：824-835、845-846.5、869-880 與 890-891.5 (25 MHz)
- 執照 B：835-845、846.5-849、880-890 與 891.5-894 (25 MHz)

上述執照的使用年限為執照發出日起算 10 年，持照屆期

後可進行展延。

FCC 於 2013 年 2 月發布「The Mobile Broadband Spectrum Challenge」，文中指出將來會考慮以該頻段提供 4G 服務。

現今美國已有電信業者於 850MHz 頻段商轉 LTE 服務，分別是全美第五大業者 U.S. Cellular 於 2013 年 5 月啟用 (Band5)，第三大業者 Sprint 於 2013 年 10 月啟用 (Band26)；全美第一大業者 AT&T 也在美國部分區域利用 Band5 商轉 HSPA+ 服務。

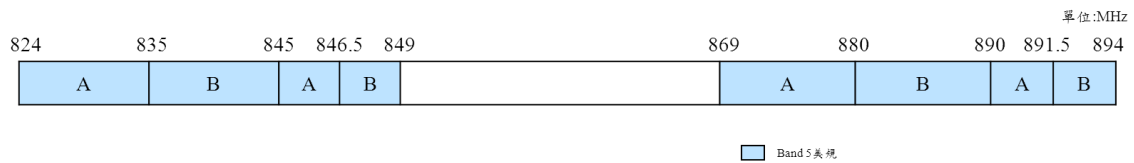


圖 39 美國 800MHz 頻段 (Band 5) 釋出現況
資料來源：FCC，本計畫製作

2. 1900MHz

1900MHz 主要做為 TDD 頻段，根據 3GPP 有 Band 33 (1900-1920MHz)、Band 39 (1880-1920MHz) 及 Band 34 (2010-2025MHz) 等分配方法。

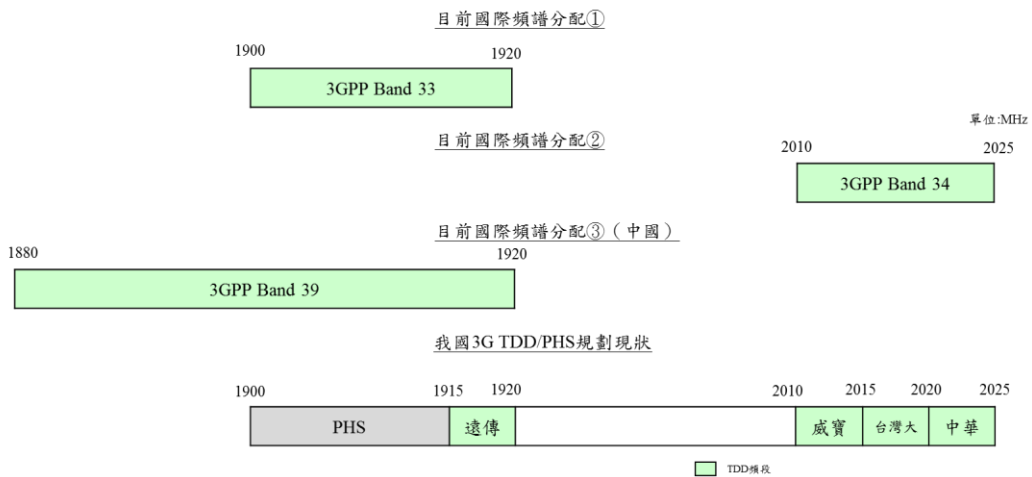


圖 40 1900MHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀

資料來源：NCC，3GPP，本計畫製作

不過 Band 33 及 Band 34 一直以來仍較缺乏相關之設備及商轉經驗。唯有 Band 39 之規劃方式，於中國有唯一的一個商轉經驗。而於支援 LTE TDD 頻段之設備數量之角度來看，Band 39 之設備數因目前於中國正式商轉而快速成長中。

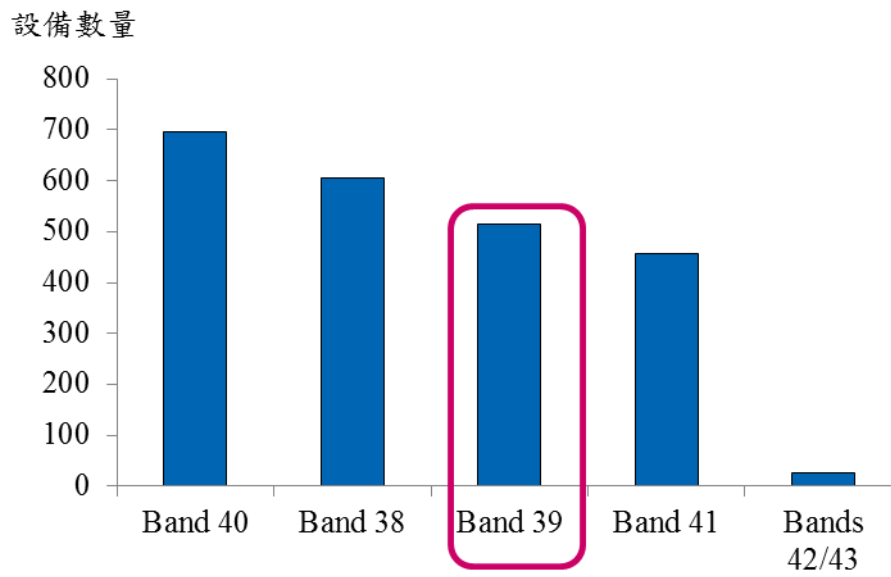


圖 41 支援 LTE TDD 頻段設備數量 (2015/02)—Band 39

資料來源：GSA，本計畫製作

3. 2.1GHz

2.1GHz 為歐盟 3G 網路服務的重要頻段，全球目前已有部分業者開始於此頻段提供 4G 服務。除了歐盟提出 Band 1 的規劃方式，2.1GHz 的頻段另外還有兩種規劃方式，分別為：

- 歐規的 1920-1980/2110-2170MHz (Band 1) ；
- 美規的 1710-1755/2110-2155MHz (Band 4) ；
- 中南美規的 1710-1770/2110-2170MHz (Band 10) 。

2.1GHz 頻段的三種規劃方式中，歐規 (Band 1) 和美規 (Band 4) 為主流，我國 2000 年 3G 執照係以歐規釋出 2.1GHz 頻段。

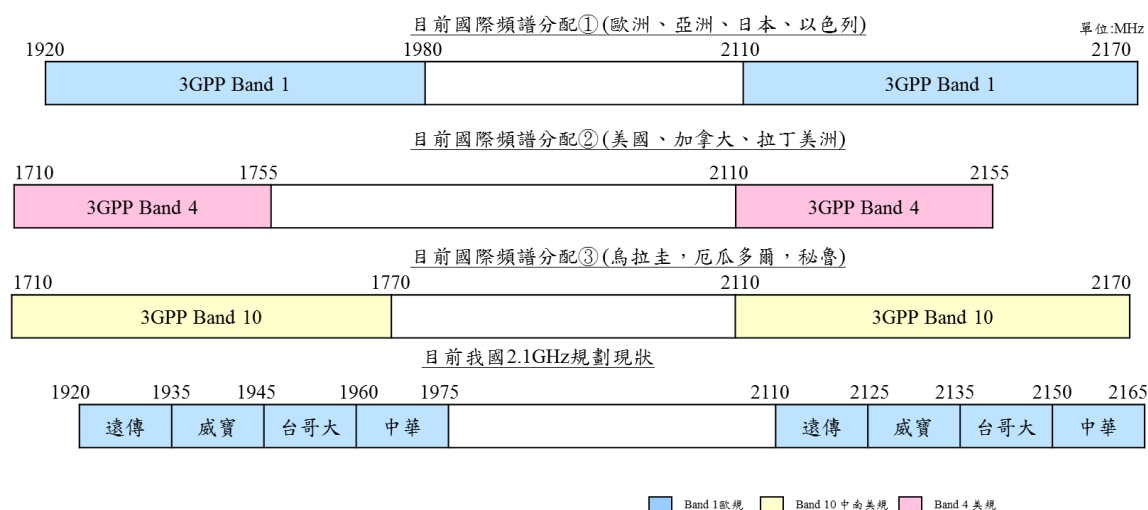


圖 42 2.1GHz 國際頻譜分配與我國規劃現狀

資料來源：NCC，3GPP，本計畫製作

就整體 LTE FDD 各頻段商轉現況來看，於 2.1GHz 頻段上，過去以利用 WCDMA 技術商轉 3G 服務為主；近年來亦

有利用 Band 1 及 Band 4 之規劃來商轉 LTE FDD 技術提供 4G 服務。截至 2015 年 1 月國際上已有將近 50 個網路運用 2.1GHz 之頻段商轉 LTE FDD 技術，提供 4G 服務，其中美規之 Band 4 有 36 個網路數；歐規之 Band 1 則有 10 個網路數。

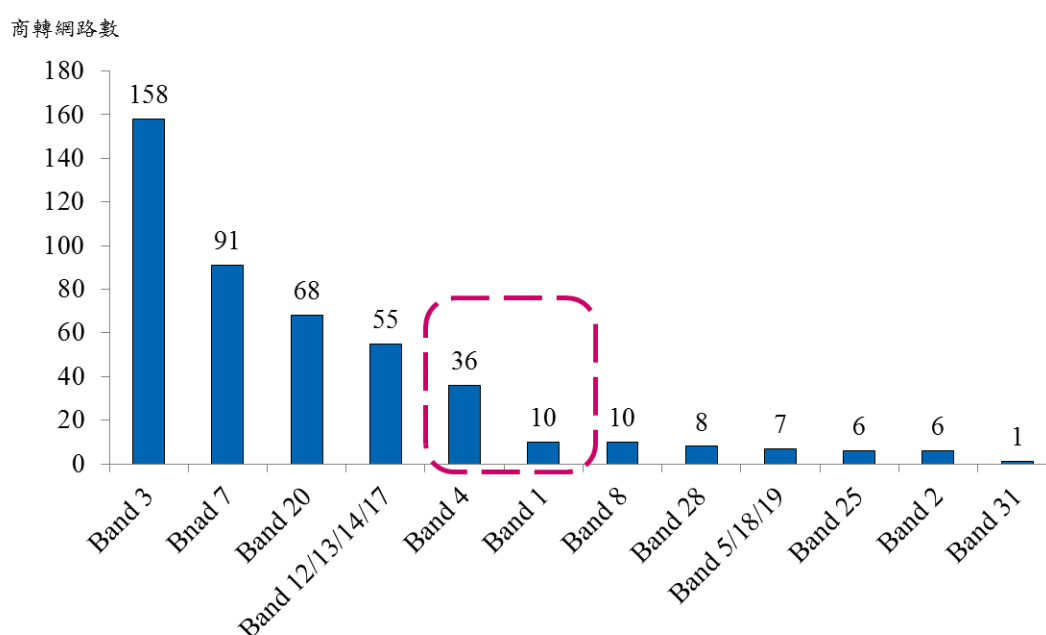


圖 43 LTE FDD 各頻段商轉總數量 (2015.01)—2.1GHz 頻段
資料來源：GSA，本計畫製作

從支援之終端設備與產品的角度來看，於 2.1GHz 頻段上，歐規 (Band 1) 與美規 (Band 4) 的支援終端設備皆持續發展中。截至 2015 年 2 月，歐規 (Band 1) 之終端設備達 844 項，美規 (Band 4) 之終端設備達 551 項，兩者之生態系統皆堪稱完備。

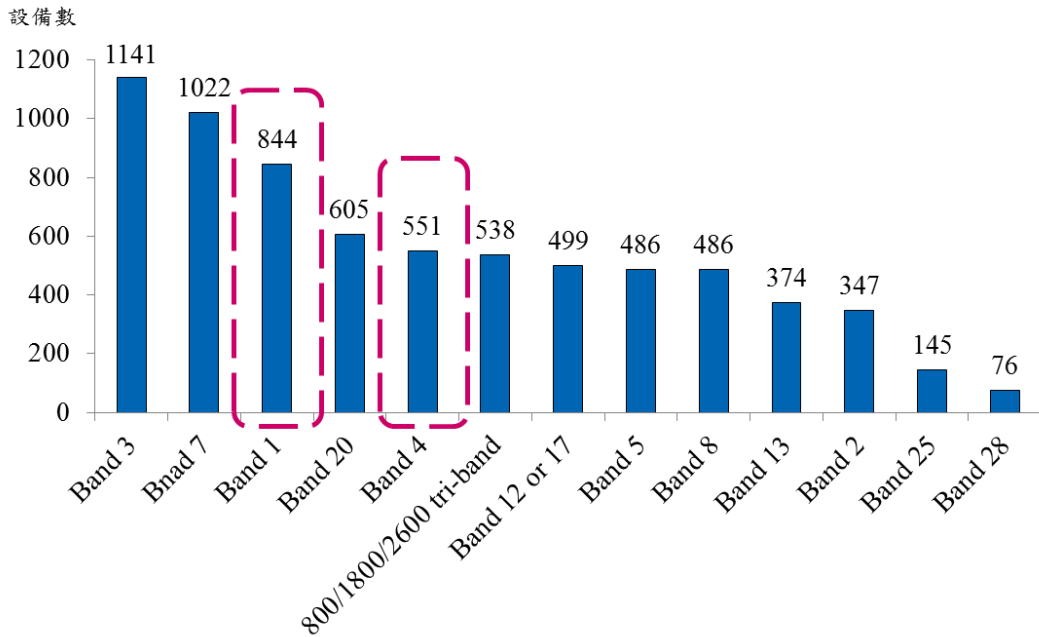


圖 44 LTE FDD 各頻段終端設備產品總數量 (2015.02)–2.1GHz 頻段
資料來源：GSA，本計畫製作

目前美國、日本、韓國與澳洲已有業者採用 2.1GHz 頻段提供 4G 通訊服務。德國、法國、英國、新加坡和香港仍繼續以 Band 1 規劃提供 3G 網路服務。

國家別	各國2.1GHz使用頻段及技術	
	3G	4G
美國	■ Band 4	■ Band 4: BendBroadBand/2012.05、Mosaic Telecom (Rural CDMA)/2011.07、NetAmerica Alliance (Rural operators)/測試中、nTelos (Rural CDMA)/測試中、
日本		■ Band 1: KDDI/2012.09商轉、NTT DoCoMo / 2010.12商轉、Softbank/2012.09商轉
澳洲	■ Band 1: Telstra/Vodafone	■ Band 1: Optus (SingTel)/2012.07商轉
韓國	■ Band 1: KT/SKT	■ Band 1: LG U+/2011.07商轉、SKT/2014.12商轉
德國	■ Band 1: E-Plus/Telefonica(O2)/T-Mobile/Vodafone	-
法國	■ Band 1: Bouygues Telecom/Free Mobile/SFR/Orange	-
英國	■ Band 1: EE/H3G/Telefonica/Vodafone	-
新加坡	■ Band 1: M1/Sintel/StarHub	-
香港	■ Band 1: CS/H3G/PCCW/SmarTone	-

■ Band 1 美規 ■ Band 4 歐規

圖 45 2.1GHz 頻段-LTE 商轉、規劃狀況
資料來源：4G America，GSA，公開資料，本計畫製作

接著，研究團隊就 2.1GHz 頻段，介紹各國該頻段配置與使用現況。

(1) 2.1GHz 歐洲各國分配現狀

德國、法國和英國 2.1GHz 頻段的 3G 執照屆期時間皆在 2020 年以後，短期內無回收計畫。英國 Ofcom 於 2013 年 2 月至 3 月針對 2.1GHz 頻段用途變更之議題進行公眾諮詢；已於同年 7 月 9 日公告通過變更，未來於 2.1GHz 進行 4G (即：LTE/WiMAX 服務)，將不再受限於 Ofcom 現有的 3G 相關技術授權範圍內，確定將開放 2.1GHz 頻段用途，以利行動寬頻服務之使用。

表 24 德國、法國、英國 2.1GHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
德國	<ul style="list-style-type: none"> the Federal Network Agency (BNetzA)先於 2000 年 8 月拍賣了 1920-1930/2110-2120, 1940-1950/2130-2140, 1960-1980/2150-2170MHz 頻段，共 80MHz，BNetzA 並於 2010 年 5 月拍賣 2.1GHz 頻段的剩餘頻譜(即 1930-1940/2120-2130, 1950-1960/2140-2150MHz)，以上 3G 執照預計於 2020 年 12 月底到期。
法國	<ul style="list-style-type: none"> ARCEP 的前身 ART (Autorité de Régulation des Télécommunications)於 2001 年 5 月發放 1940-1980/2130-2170MHz 共 80MHz 頻段給 SFR 和 Orange France 兩家業者作為 3G 服務使用。2004 年 1 月，將 1900-1940/2110-2130 的頻段再行釋出給 Bouygues Telecom，以上執照於 2021 年到期。
英國	<ul style="list-style-type: none"> Ofcom 於 2000 年拍賣 2.1GHz 的 3G 執照，最終由 O2、Vodafone、T-Mobile、Orange 加上 Hutchison 3G 五家業者所獲得，該 3G 執照則於 2021 年到期。 Ofcom 於 2013 年 2 月 1 日公開諮詢 900MHz、1800MHz、2.1GHz 頻段可提供 4G 服務之可能。已於 3 月 29 日結束，7 月 9 日公告通過變更，開放 2.1GHz 進行 4G(即 LTE/WiMAX 服務)，將不再受限於 Ofcom 現有的 3G 相關技術授權範圍內。

資料來源：ARCEP，BNetzA，Ofcom 等公開資料，本計畫製作

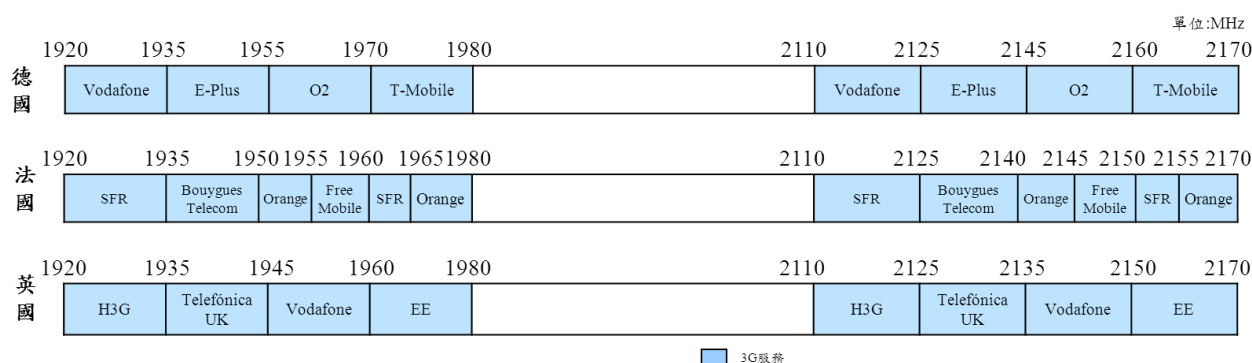


圖 46 德國、法國、英國 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況

資料來源：ARCEP，BNetzA，Ofcom，本計畫製作

(2) 2.1GHz 亞洲各國分配現狀

香港、韓國和澳洲的 2.1GHz 頻段 (Band 1) 則是於 2015 到 2017 年間陸續到期，目前香港已於 2014 年 12 月完成重新拍賣事宜。另外，韓國之 LGU+、SKT 及澳洲之 Optus 等三間電信業者以利用 Band 1 提供 4G 服務。

表 25 香港、韓國、澳洲 2.1GHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
香港	<ul style="list-style-type: none"> ■ OFTA 於 2001 年 10 月將 1920-1980/2110-2170MHz 頻段分配給 Hong Kong CSL、Hutchison 3G HK、SmarTone、SUNDAY(後被 HKT 收購)四家電信業者作為 3G 服務使用，該執照於 2016 年到期。 ■ 根據 OFCA(Office of the Communications Authority, OFTA 於 2012 年 3 月之後的繼任單位)之討論，已確定既有業者保有優先選擇權，同時釋出 1/3 之頻段進行重新拍賣，已於 2014 年 12 月進行拍賣。
韓國	<ul style="list-style-type: none"> ■ KCC 於 2000 年 12 月先將 1940-1980/2130-2170MHz 頻段，共 80MHz 分配兩家電信業者作為 3G 的 WCDMA 服務使用。並於於 2001 年 8 月再將 1920-1940/2110- 2130MHz 頻段，共 40MHz 分配一家電信業者作為 3G 的 CDMA2000 服務使用。 ■ 上述執照期限為 15 年，將於 2015 年以及 2016 年陸續到期。 ■ 根據 KCC 於 2011 年提出 Mobile Gwanggaeto Plan，以 2020 年提供 10Gbps 為目標。為達成此目標，KCC 計畫回收 668MHz 的頻譜，其中 2.1GHz 的頻段(Band 1)將於 2016 年回收其 40MHz 的頻譜資源。
澳洲	<ul style="list-style-type: none"> ■ ACMA 於 2001 年 3 月將 1900-1980/2110-2170MHz 頻段分配電信業者作為 3G 服務使用，該執照將於 2017 年 10 月到期。 ■ ACMA 已列出未來 5 年內將屆期頻段(2013-2017)的處理進度，其中 2.1GHz 頻段(Band 1)將於 2014 年 Q4 完成諮詢，並於 2015 年 Q2 完成執照重發及頻段重新規劃。

資料來源：OFCA，KCC，ACMA 等公開資料，本計畫製作

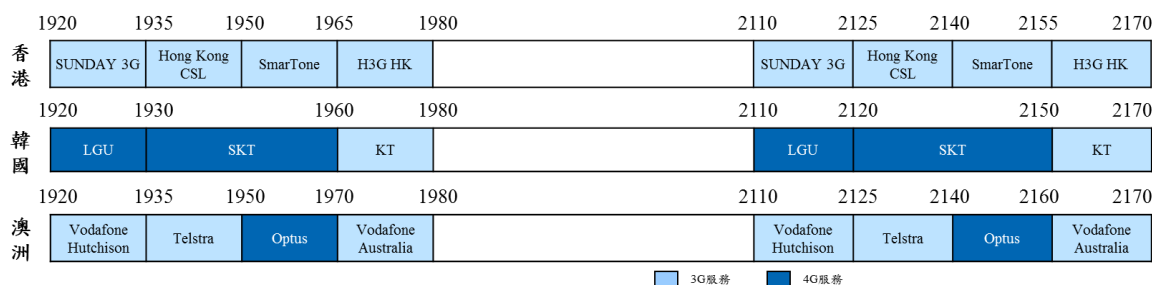


圖 47 香港、韓國、澳洲 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況
 資料來源：OFCA，KCC，ACMA，本計畫製作

另外，中國方面，目前由中國電信及中國聯通提供 3G 之服務，此外考慮將 1955-1980/2145-2170MHz 規劃作為 LTE FDD 技術使用。日本方面，KDDI、NTT DoCoMo 與 Softbank 均已經透過 2.1GHz 頻段 (Band 1) 商轉 4G 服務。新加坡 2.1GHz 頻段規劃也是採用 Band 1 的歐規作法，然而頻段釋出的時程卻與其他案例國家不同，IDA 採取分批釋出的方式，限制首輪 3G 釋照得標的業者必須完成建設義務後才可競標第二輪，確保國內業者積極建設無線網路，將於 2021 年 12 月到期。

表 26 中國、日本、新加坡 2.1GHz 頻段近年規劃

國家	近年頻譜規劃
中國	■ 3G 部分有中國電信及中國聯通兩電信商提供服務；4G 部分則另將 1955-1980/2145-2170MHz 規劃作為 LTE FDD 技術使用。
日本	■ 日本總務省 (MIC) 於 2000 年 6 月將 1920-1980/2110-2170MHz 頻段分配給 KDDI、NTT DoCoMo 及 Softbank 三家電信業者，目前均已做為 4G 服務使用。
新加坡	■ IDA 先於 2001 年釋出 1920-1965/2110-2155MHz 頻段分配 M1、SingTel、StarHub 三家電信業者作為 3G 服務使用，附帶條件是在 2004 年底前完成相關建設工作。之後 IDA 於 2010 年將 1965-1980/2155-2170MHz 頻段再度分配 M1、SingTel、StarHub 三家電信業者作為 3G 服務使用。上述 3G 執照將於 2021 年 12 月到期。

資料來源：工信部、總務省、IDA 等公開資料，本計畫製作

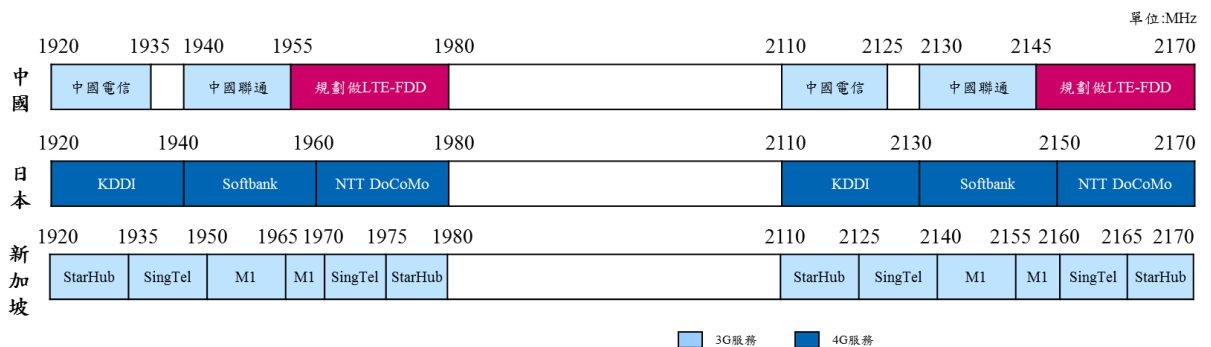


圖 48 中國、日本、新加坡 2.1GHz 頻段 (Band 1) 釋出現況

資料來源：工信部、總務省、IDA，本計畫製作

(3) 2.1GHz 美國發展現狀

2002 年 FCC 釋出「Second Report and Order」，將 1710-1755/2110-2155MHz 共 90MHz 的頻譜資源劃分為 AWS-1，並透過 2006 年 9 月的第 66 號拍賣、2008 年 8 月的第 78 號拍賣分批釋出。

釋出 AWS-1 頻段時，FCC 將 90MHz 劃分為 6 個區塊，並分為三類地域單位釋出：

- CMA：Cellular Market Area 共 734 區塊。
- EA：Economic Area 共 176 區塊。
- REAG：Regional Economic Area Grouping 共 12 區塊。

上述執照的使用年限，則根據執照釋出時間點的不同而有所差異，執照的屆期時間將於 2019-2024 年間陸續到期。

- 2009 年 12 月底前釋出之頻段，使用年限為執照發出日起算 15 年。
- 2009 年 12 月底後釋出之頻段，使用年限為執照發出日起算 10 年。

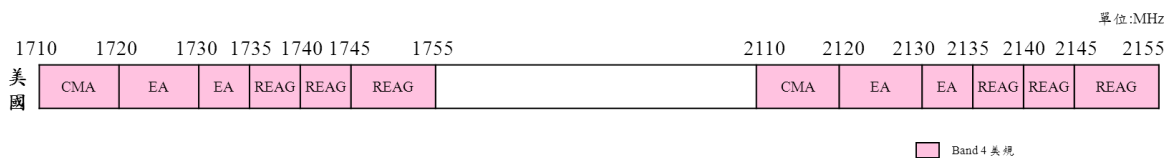


圖 49 美國 2.1GHz 頻段 (Band 4) 釋出現況
資料來源：FCC，本計畫製作

4. 2.3GHz

從國際 LTE TDD 商轉狀況來看，用 Band 40 規劃之 2.3GHz 為目前商轉經驗最豐富的頻段，於所有超過 50 個 LTE TDD 的商轉網路中，就有 21 個為 2.3GHz 頻段上之應用。

	頻段	3GPP Band	商轉 網路數	商轉國家(舉例)
1	2300-2400	Band 40	21	澳洲、中國、香港、印度、俄羅斯
2	2570-2620	Band 38	12	巴西、西班牙、瑞典、波蘭
3	2496-2690	Band 41	10	加拿大、中國、日本、美國
4	3400-3600/ 3600-3800	Band 42/43	9	加拿大、西班牙、英國
5	1880-1920	Band 39	1	中國

圖 50 全球 LTE TDD 商轉狀況 (2015/01) – 2.3GHz

資料來源：GSA，本計畫製作

2.3GHz 目前僅有 TDD 的規劃方式 (Band 40)，相較於 2013 年之研究案發現，有更多的國家開始 LTE TDD 服務，包括中國、香港、澳洲、印度、印尼與沙烏地阿拉伯等 14 個國家，共 21 間業者，已開始於 2.3GHz 開始商轉。

表 27 2.3GHz 商轉現況整理

國家	業者名稱
澳洲	NBN Co. Optus (TDD+FDD)
加拿大	Telus (TDD+FDD)
中國	中國移動 中國電信 中國聯通
象牙海岸	YooMee
香港	中國移動(香港) (TDD+FDD)
印度	Aircel Bharti Airtel
印尼	PT Internux
奈及利亞	Spectranet Swift Network
阿曼	Omantel (TDD+FDD) Ooredoo (TDD+FDD)
俄羅斯	Vainakh Telecom
沙烏地阿拉伯	STC (TDD+FDD)
南非	Telkom Mobile (8ta)
斯里蘭卡	Dialog Axiata (TDD+FDD) Lanka Bell
萬那杜	WanTok

資料來源：GSA，本計畫製作

從支援 LTE TDD 頻段設備數量之面向來看，截至 2014 年 11 月，有 93 間提供 LTE TDD 裝置的製造商；截至 2015 年 2 月已有 969 項設備是可支援 LTE TDD 的（約佔所有 LTE 設備中的 37%）；Band 40 亦擁有最完整之設備生態系統，截至 2015 年 2 月有 696 件相關設備，相較於 2014 年 11

月之設備數量成長 63%。

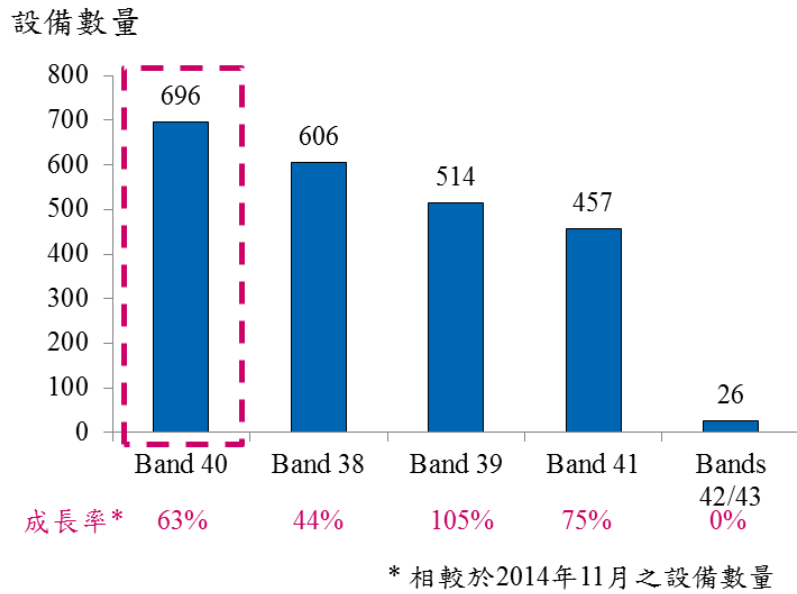


圖 51 支援 LTE TDD 頻段設備數量 (2015/02) — 2.3GHz
資料來源：GSA，本計畫製作

以全球市場來看，2.3GHz 頻段以亞洲國家的規劃與使用最為積極，澳洲、新加坡與香港均已規劃。日本不計畫供行動寬頻使用，將供 broadcast 用途使用。在美國並非將 2.3GHz 視為主要的行動寬頻用頻段，僅規劃其中 20MHz 供行動寬頻業務使用。然而，近來歐洲國家亦開始積極進行規劃，英國規劃其中 40MHz 供行動寬頻業務使用。

表 28 2.3GHz 主要國家規劃現況整理

地區別	國家	規劃狀況
美洲	美國	FCC 通過 wireless communication service (WCS) license 使用 2.3GHz 的 30MHz 作為寬頻用途，其中 20MHz 供行動寬頻使用，10MHz 供固網寬頻使用
歐洲	英國	Ofcom 規劃 2350-2390MHz (40MHz) 將以 TDD 方式釋出，預計最早於 2015 年末進行拍賣
亞洲 太平洋	澳洲	Optus 收購 Vivid wireless 取得 2.3GHz 的 98MHz (部份區域)
	新加坡	原本 QMAX 的執照將於 2015 年屆期，IDA 預計未來重新釋出 50MHz 於 2.3GHz；現開放 2300-2335MHz 作為 HetNet 短期試驗頻段
	中國	於 2300-2390MHz 中，由中國聯通、中國移動、中國電信分別擁有 20MHz、50MHz、20MHz 部屬 LTE TDD 服務
	香港	OFCA 於 2012 年 2 月拍出 2.3GHz 供 BWA 業務使用，共分三張執照，每張 30MHz。得標者為 Hutchison Telephone、中國移動與 21 ViaNet Group (新進業者)
	日本	2.3GHz 將供 broadcast 使用，不計畫供行動寬頻使用

資料來源：GSA、FCC、Ofcom、ACMA、IDA、工信部、OFCA、總務省等相關資料

(1) 2.3GHz 於亞洲發展現況

在新加坡的 2.3GHz 頻段上，目前由 QMAX 擁有之頻段 (2300-2350MHz) 將於 2015 年 6 月屆期。在 4G 的公開諮詢中，原本將 1800MHz、2.3GHz 與 2.5GHz 納入釋出候補頻段中，2.3GHz 原本計畫釋出 30MHz，最後在 2013 年 1 月決定僅釋出 2.5GHz 與 1800MHz。

於 2014 年 8 月公告之頻率供應計劃表示，2300-2350MHz 的頻段為低優先順序之處理頻段。2015 年 1

月則進一步公告將提供 2300-2335MHz 開放作為 HetNet 短期試驗用途，至下一次長期釋出發生前。

另，針對未來國際間可能成為主流之 2.3GHz，預計提早開始進行移頻清頻之準備，避免未來與其他業務衝突。

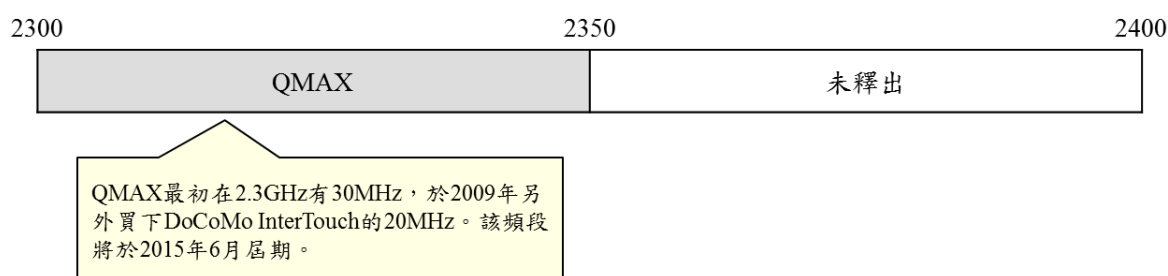


圖 52 新加坡 2.3GHz 頻段使用現狀

資料來源：IDA，本計畫製作

香港的 2.3GHz 頻段，已由 OFCA 於 2012 年 2 月拍出 2.3GHz 供 BWA 業務使用，共分三張執照，每張 30MHz。拍賣得標者為 Hutchison Telephone、中國移動與 21 ViaNet Group (新進業者)。其中，中國移動香港已於 2012 年 12 月正式商轉世界首例的 LTE TDD (2.3GHz) 與 LTE FDD (2.6GHz) 雙模式的服務。另外，中國的 2.3GHz 則是於 2013 年 12 月時將執照發放給中國聯通、中國移動、中國電信三家業者，分別擁有 20MHz、50MHz、20MHz 不等的頻段部屬 LTE TDD 服務。



圖 53 香港 2.3GHz 頻段使用現狀

資料來源：OFCA，本計畫製作

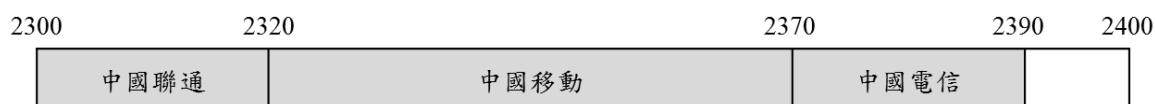


圖 54 中國 2.3GHz 頻段使用現狀

資料來源：工信部，本計畫製作

觀察其他尚未商轉的國家，在亞洲太平洋地區，孟加拉、宏都拉斯、馬來西亞、尼泊爾、泰國與紐西蘭均已在 2.3GHz 釋出執照。

表 29 2.3GHz 亞洲、大洋洲國家規劃現況整理

國家	規劃狀況
孟加拉	釋出 2320-2365MHz (45MHz)、2360-2390MHz (30MHz)
宏都拉斯	釋出 2390-2400MHz (10MHz)、2315-2320MHz (5MHz)、2317-2322MHz (5MHz)，無業者得標： 2305-2310MHz/2350-2355MHz (10MHz)、2305-2315MHz (10MHz)、2350-2360MHz (10MHz)
馬來西亞	共釋出四張執照，三張 30MHz，一張 25MHz。Packet one 原本在其 2.3GHz 頻段使用 WiMAX 技術，2013 年預計升級為 LTE TDD，至 2015 年 LTE TDD 基站數目標為 4,000-5,000 座。Asiaspace 也於 2012 年底將其網路由 WiMAX 升級為 LTE TDD
尼泊爾	2011 年釋照，Nepal telecom 預計以 LTE TDD 技術商轉
泰國	主管機關 NBTC 核准了 2.3GHz 的實證實驗，國營電信業者 TOT 在 2.3GHz 擁有 64MHz
紐西蘭	Kordia (2300-2335MHz)與 Woosh (2335-2370MHz) 預計將其 2.3GHz 頻段升級為 LTE TDD 技術

資料來源：GSA，本計畫製作

(2) 2.3GHz 於歐洲發展現況

相較於整體而言，對 2.3GHz 規劃較為積極的亞洲太平洋國家，面對在歐洲國際主要用於 PMSE 應用（主要為支援電視頻道相關應用，如：SNG、廣播）、業餘業務、航空遙測、政府及軍事等用途之 2.3GHz，考量行動寬頻服務的日益增加頻譜需求，歐洲目前討論以 License Share Access (LSA) 的形式供行動通訊使用。

ECC Decision (14) 02 於 2014 年 6 月公布使用 2300-2400MHz 進行移動/固定通信網路的協調與規範制度；搭配 ECC Decision Recommendation (14) 04 之跨境及其他系統間的協調建議。目前已有英國、俄羅斯、愛爾蘭、丹麥、哈薩克等國家進行相關規劃。

英國預計最快於 2015 年末進行 2350-2390MHz 之拍賣，預計未來作為 Capacity Band。目前 2.3GHz 於英國主要由國防部、政府用途、業餘電台及 PMSE 應用。其中業餘執照經過諮詢，將於 2015 年 4 月結束。Ofcom 規劃 2350-2390MHz (40MHz) 於 2015 年末或 2016 年以 TDD 釋出；同時與 3410-3480MHz 與 3500-3580MHz (150MHz)，總共 190MHz 一同進行拍賣。而目前在英國，2.3GHz 頻段的政府用途及業餘電台之移頻即將完

成，但依然有國防部專用電信使用中，因此主管機關將檢討利用 LSA 共享之方式，檢討該頻段上限有用戶及新用戶和諧共存之可能性。

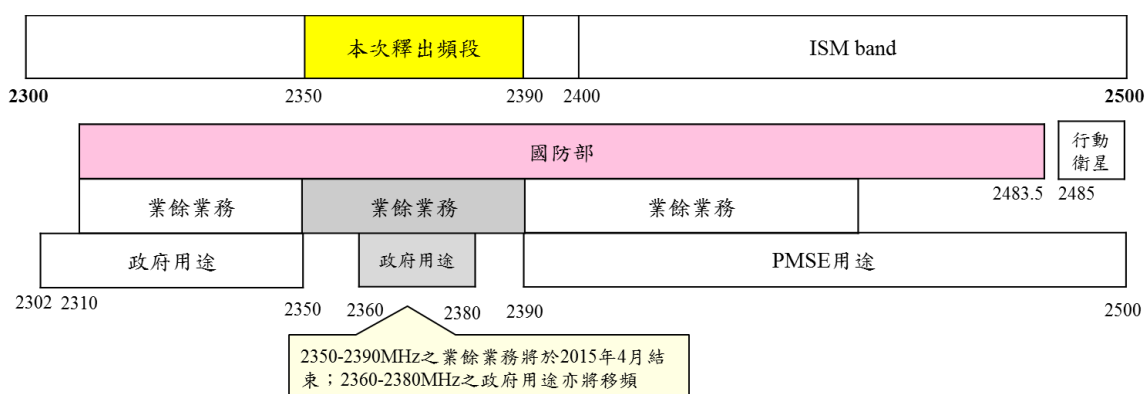


圖 55 英國 2.3GHz 頻段使用現狀
資料來源：Ofcom，本計畫製作

5. 小結

雖然我國已於 2013 年進行 4G 執照之拍賣，但隨著行動通訊服務之需求增加，未來勢必需要其他頻段來支援。因此針對目前國內以作為通訊使用之頻段進行未來 refarming 之探討或是國際上已使用熱門之頻段之掌握均為重點議題。透過對國際動向之掌握，以利提供我國未來頻率規劃之建議。

(二) 國際組織新增行動寬頻候補頻段討論結果彙整

除了國際間商轉經驗豐富之頻段外，為掌握未來頻譜之配置趨勢，研究團隊亦針對國際組織 ITU 提出之候補頻段進行調研，以及早掌握國際動向進行我國未來中長期可能釋出頻段之規劃，以利滿足頻譜規劃中國際接軌之重要前提。

ITU 將於 2015 年 11 月之 WRC-15 會議中統整會員國對候補頻段之建議，於會議中做出結論以增加未來行動寬頻可用頻段。WRC-15 議程中，將根據 WRC-12 會議的第 233 號決議，探討下列兩點事項。在 WRC-15 會議展開前，籌備工作小組將徵集各會員國對候補頻段之建議，並於 WRC-15 會議上做出結論。

(1) 審議作為主要業務的行動業務做出附加頻譜劃分

(2) 確定國際行動通信 (IMT) 的附加頻段及相關規則條款

近年來 ITU 針對未來可能之行動寬頻頻段進行與既有用戶者共用可行性之研究，如下表所示，例如：針對現今作為無線電通信業務之候補頻段 450-470MHz，ITU-R M.2110 表明進行 IMT 系統與無線電通信業務之共用之可行性之研究。

表 30 ITU 行動寬頻頻段共用之研究簡介

報告名稱	研究主旨
ITU-R M.2109	3.4-4.2GHz 和 4.5-4.8GHz 頻段內 IMT-Advanced 系統與衛星固定業務對地靜止衛星網路之間的共用研究
ITU-R M.2110	450-470MHz 頻段內無線電通信業務與 IMT 系統之間的共用研究
ITU-R M.2111	3.4-3.7GHz 頻段內 IMT-Advanced 與無線電定位業務之間的共用研究
ITU-R M.2112	2.7-2.9GHz 頻段內機場監測雷達和氣象雷達與 IMT 系統之間的相容性/共用

資料來源：ITU，本計畫整理

除了上述研究提及之頻段以外，如下表所整理，ITU 將於 WRC-15 中討論橫跨低頻段、中低頻段、中高頻段等八大段之頻段，未來用來做於行動寬頻或增補頻段之可能性。

表 31 WRC-15 會議預計探討之候補頻段

敘述	頻段	備註
低頻段(<1GHz)	470-694MHz	部分國家，且需與廣播業者討論
	694-790MHz	Region 1
中低頻段 (1GHz-3GHz)	1350-1525MHz (L-Band)	
	2.7-2.9GHz	
中高頻段 (3GHz-6GHz)	3.4-3.6GHz	
	3.6-3.8GHz	
	3.8-4.2GHz	
	4.4-4.99GHz	

資料來源：ITU，本計畫整理

因此，研究團隊將針對上述頻段進行探討，以掌握國際上對於此些頻段的看法與未來之可行性，作為我國之參考。

1. 470-694/698MHz

關於此頻段的規劃，我國已於 2013 年底透過頻譜拍賣釋出 APT700 頻段，與日韓釋出方式接近。而尚未釋出之 608-703MHz，目前在亞洲國家多仍做數位無線電視用途使用，如下圖所示。在 UHF (470-862MHz) 區域，亞洲大部分國家主要做數位無線電視使用。近期隨著 APT700 標準釋出，日韓已空出 700MHz 頻段作為下一代無線通訊技術服務使用。日本更已於 2012 年 6 月釋出三塊 $2 \times 10\text{MHz}$ 之 700MHz 頻段給 NTT DoCoMo、KDDI、e-Mobile 三家業者，預計未來作為 LTE 商轉服務。

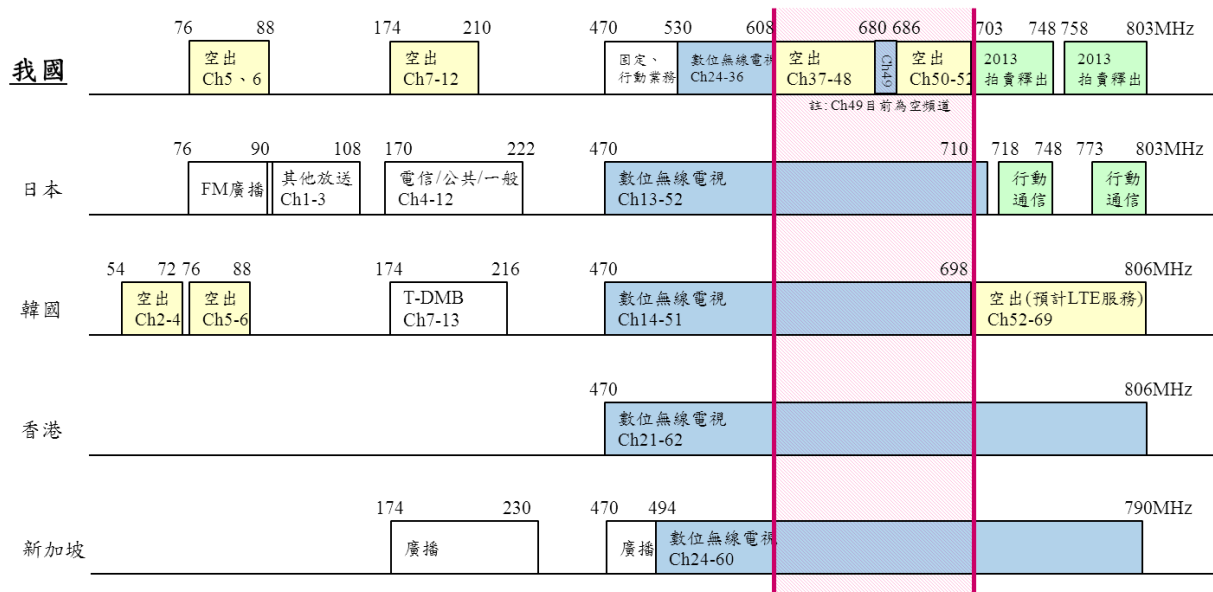


圖 56 亞洲諸國數位紅利頻譜規劃
資料來源：各種公開資料，本計畫製作

另外，研究團隊亦對於歐美各國於數位紅利頻段之規劃進行調查，608-703MHz 目前在歐洲國家多仍做數位無線電視用途使用，美國近期規劃釋出部分 470-698MHz 頻譜資源作為無線寬頻用途使用。

2010 年 3 月 FCC 提出「National Broadband Plan」，其中提出將透過拍賣釋出 600MHz 頻段之原電視廣播 120MHz 左右頻寬供無線寬頻用途使用，如下圖所示。

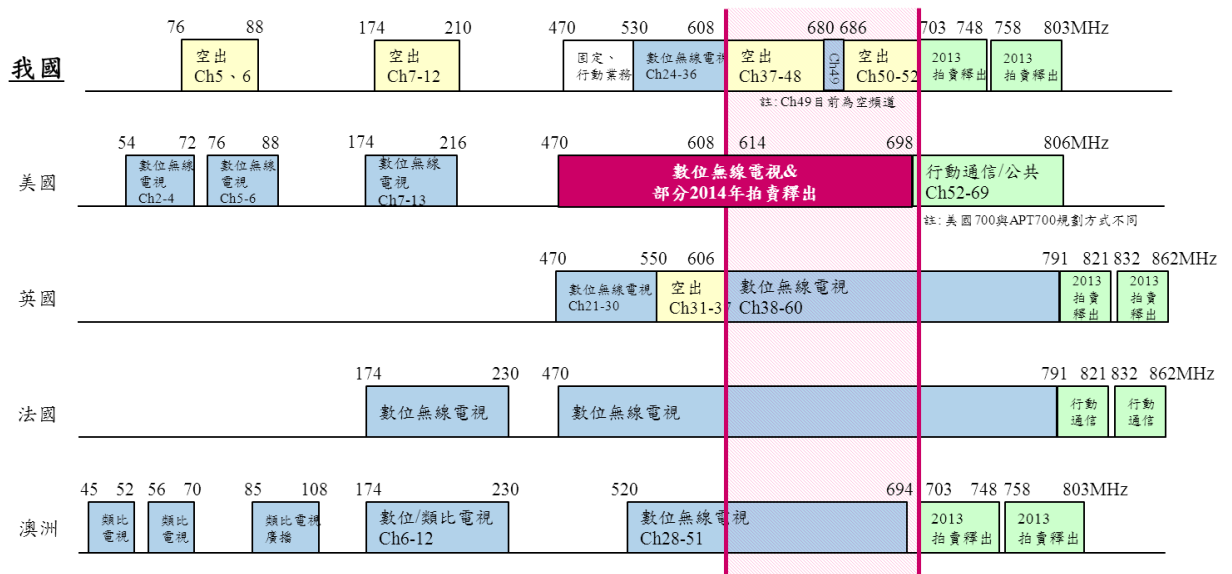


圖 57 歐美諸國數位紅利頻譜規劃
資料來源：各種公開資料，本計畫製作

有鑑於廣播頻段使用價值逐漸低於行動寬頻使用價值，FCC 在 2010 年「National Broadband Plan」中提出世界首例”incentive auction”概念，藉由給予電視廣播持照者一定比例拍賣金作為回收前提，再將回收頻譜再次拍賣給其他行動寬頻業者，達到頻譜資源有效利用與刺激美國經濟發展。

“incentive auction”主要由兩個獨立但又相互依存的拍賣組成，分別是 ”reverse auction” 與 ”forward auction”。“reverse auction” 為決定電信廣播業者放棄頻譜使用權可得金額；”forward auction” 為確定出價之無線寬頻業者願意付的頻譜使用權之金額。

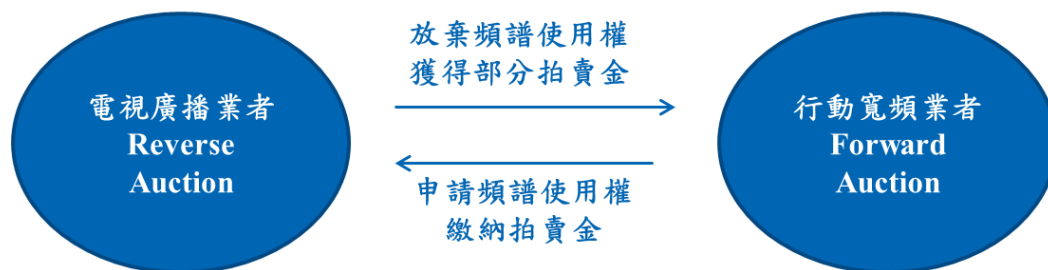


圖 58 Incentive Auction 概念
資料來源：FCC，本計畫製作

”incentive auction” 鎖定 470-698MHz 區域之頻段，對既有電視廣播業者以利益交換進行自發性頻譜執照繳回方式，回收之頻譜則規劃重新配置於 698MHz 往下之 Y 頻寬與 608MHz 往下之 X 頻寬，其中 Y 頻寬規劃作為上行使用，X 頻寬則作為下行使用。

FCC 不限制既有業者一定要繳回頻譜，因此回收後可重新發放的頻譜涵蓋地理區域可大可小，全視業者自行評估是否要競標該頻譜，FCC 認為這樣的自由度較高較可靈活運用，並不打算規劃所有地理區域在某頻段全部清空作為單種技術使用。

另外，Ch37 (608-614MHz) 作為天文觀測與遠距醫療使用，不在拍賣中釋出。

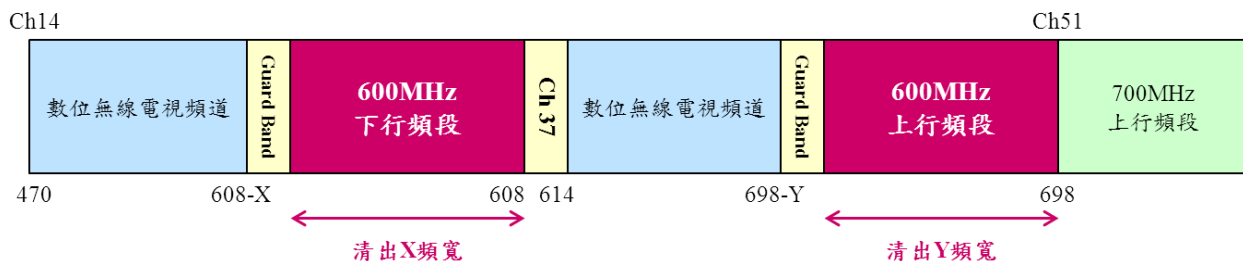


圖 59 Incentive Auction 預計清出之頻段
資料來源：FCC，本計畫製作

回收後可重新發放之頻譜，FCC 會先經過 repack 再進行發放，目前規劃將下行頻段頻寬固定，上行頻段則視不同地理區域頻寬有所不同，來因應回收頻譜不確定前提下，較具彈性之頻譜規劃方式。

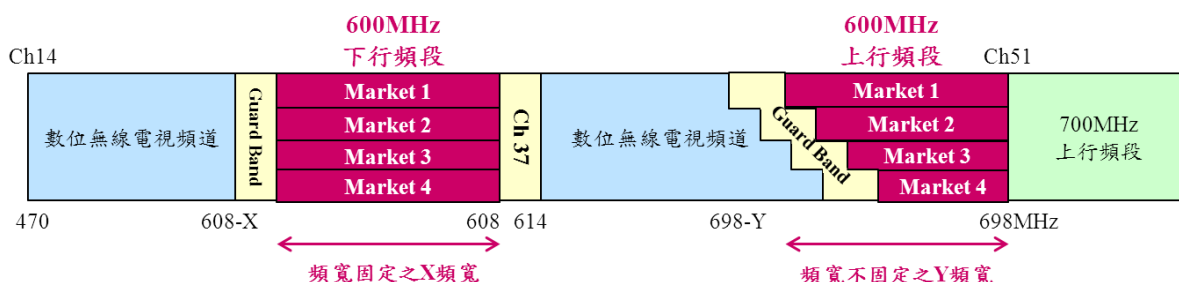


圖 60 Incentive Auction 規劃頻段上下行分配方式
資料來源：FCC，本計畫製作

美國 FCC 於 2012 年 10 月公告 600MHz 之”incentive auction”拍賣規則與準備流程草案，欲拍出 470-698MHz 區域之部分頻段，最初預計 2014 年 6 月可以完成拍賣。

不過有鑑於美國 FCC 提出之 ”incentive auction” 拍賣概念為世界首例，於 2013 年底時即因為拍賣程序規劃、相關政策

制定及拍賣軟體之測試需要更足夠的時間，進行了首次的拍賣時程延後，由原先 2014 年 6 月之時程延至 2015 年年中。

然而，至 2014 年又進行第二次之延展，因拍賣流程尚未被各方接納，以及全美廣播事業者聯盟 (NAB: National Association of Broadcasters) 對於此次拍賣的法律疑慮，尚需些許時間與程序上之處理，將拍賣再度延至 2016 年年初。

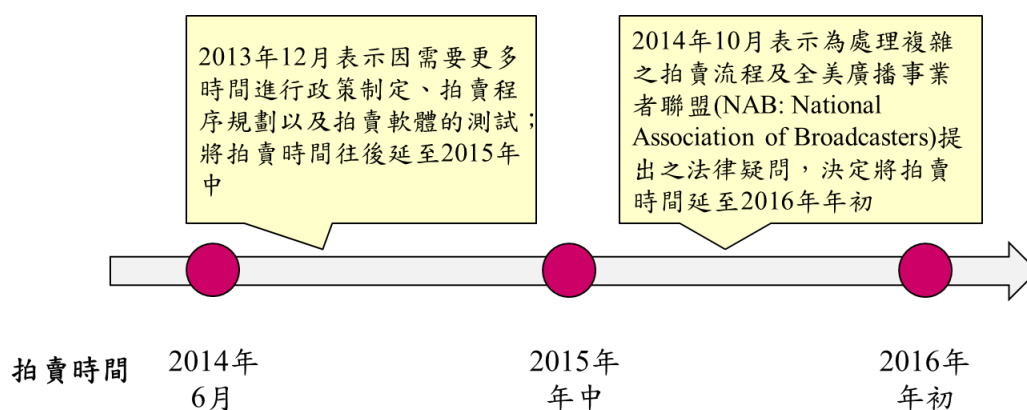


圖 61 美國 600MHz Incentive Auction 時程變動說明

資料來源：FCC、相關公開資訊，本計畫製作

目前美國 FCC 預計於 2015 年秋天接受欲參與 ”incentive auction” 的業者之意願申請，並且持續公告詳細規劃內容及積極進行業者間溝通。研究團隊將會持續關注美國 FCC 對 470-698MHz 之拍賣規劃、過程及結果，尋找未來可作為我國頻譜拍賣之重要參考。

2. 1350-1525MHz (L-Band)

1350-1525MHz 頻段 (L-Band)，目前在各國的用途包括 D-radio、固定通訊與科學用途使用。目前在 WRC-15 的定位為國際上未來供 IMT 用途使用頻段，作為增補頻段使用。

1.5GHz 頻段被篩選作為 IMT 頻段的原因，為其低頻特性。目前在 1GHz 以下可以供行動寬頻使用的頻段極其有限，1.5GHz 雖然位於 1GHz 以上，但是其覆蓋率特性與 1GHz 以下頻段相去不遠，也可以期待一定的 capacity。

在 WRC-12 的決議中，該頻段以行動、固定、broadcasting 業務為主要及次要用途。然而，1.5GHz 頻段擁有潛力成為國際接軌的行動寬頻用頻段，目前已有日本供行動寬頻用途使用。

此外，歐盟 ECC Decision 亦於 2013 年 6 月決議壓縮現有衛星用之頻段大小，將 1452-1492MHz 之 40MHz 頻寬作為全歐洲之 Supplemental Downlink (SDL)。並於同年 11 月公布「統一將 Band 1452-1492MHz 用於 SDL」之公告。此外，3GPP 亦於 2014 年 6 月正式將此頻段定義為 Band 32，如下表整理。

表 32 L-Band 相關 3GPP 定義頻段

編號	上行頻段 MHz	下行頻段 MHz	Duplex mode
Band 11	1427.9-1447.9	1475.9-1495.9	FDD
Band 21	1447.9-1462.9	1495.9-1510.9	FDD
Band 24	1626.5-1660.5	1525-1559	FDD
Band 32		1452-1496	FDD

資料來源：3GPP，本計畫整理

此外，除了目前已列為 Band 32 之 L-Band 之使用外，國際上目前亦有對於 L-Band 鄰近頻段進行規劃的想法，如下圖。

提出對於 L-Band 之規劃可階段性進行：

- 第一階段為目前歐盟以決議作為 SDL 使用的 1452-1492MHz
- 第二階段則是 1375-1400MHz (上鍊) / 1427-1452MHz (下鍊) 的 FDD 規劃
- 第三階段則是 1350-1375MHz (上鍊) / 1492-1517MHz (下鍊) 的 FDD 規劃

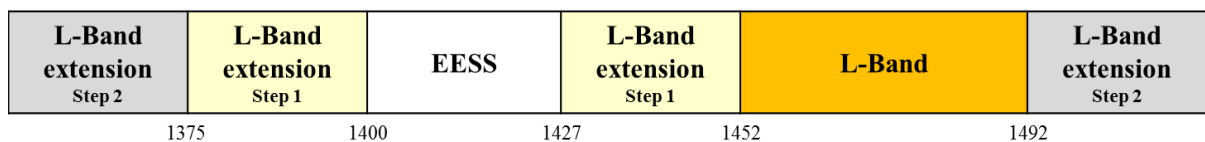


圖 62 L-Band 與 L-Band Extension 之規劃建議

資料來源：Hwawei，Qualcomm，ITU，本計畫製作

雖然 L-Band 目前於國際間主要被用來進行安全、遇難、海洋、航運、航空等領域之通訊服務，同時亦用於低地球軌道衛星、軍事衛星及類 GSM 之地面無線通訊。但近年來此頻段持續受到受到國際間熱烈之討論，將於 WRC-15 進行更明確之討論。

3. 2.7-2.9GHz (S-Band)

2.7-2.9GHz 目前主要用於航空無線導航業務 (ARNS) 使用，目前在 WRC-15 的定位也是國際上未來供 IMT 用途使用頻段。根據 WRC-15 之 Joint Task Group 4-5-6-7 之研究發現：既存之雷達用量可能不需要使用到全額的 200MHz 頻段，因此，此頻段有用於行動寬頻通信之可行性。可能可規劃全部或是部分的頻段提供 IMT 之使用，不過同時需要進行法規上的規定以保護雷達之通訊。

4. 3.4-4.2GHz

在 3.4-4.2GHz 中，3.4-3.6GHz 是國際間最為熱烈討論的頻段，另有 3.6-3.8GHz 以及 3.8-4.2GHz，在國際上的討論尚未達成共識，尤其 3.8-4.2GHz 頻段，在歐洲預期較難期待進一步的應用。

(1) 3.4-4.2GHz 的定位

在 WRC07 中已將 3.4-3.6 GHz 列入 IMT 候補頻段。其後，許多國家均將 3.4-4.2GHz 列為行動寬頻釋出的候補頻段。如下表的整理，日本與澳洲均將 3.6-4.2GHz 列入行動寬頻釋出的候補頻段。美國將 3225-3700MHz 列入行動寬頻釋出的候補頻段。但因高頻段之低穿透力之特性，主要以佈建 Small Cell 來補足既有頻寬不足之用途為最常見之規劃方式。

目前 3.4-3.6GHz 有 TDD 與 FDD 兩種標準。TDD (Band 42) 在 3410-3600MHz 有 190MHz，3400-3410MHz 保留 10MHz Guard Band。FDD (Band 22) 保留左右 10MHz Guard Band 與中間的 gap，規劃 80MHz ×2 (3410-3490 / 3510-3590MHz)。

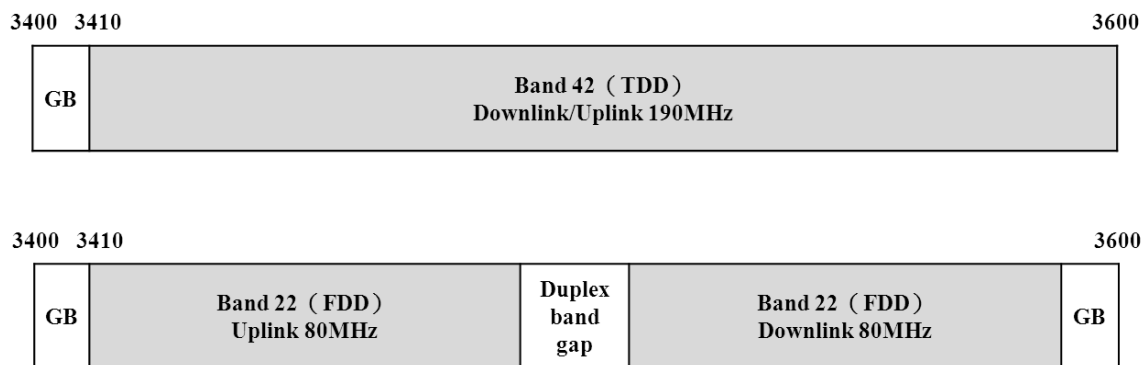


圖 63 3.4-3.6GHz TDD/FDD 國際標準

資料來源：華為

同時，3GPP 亦定義 Band 43 (3600-3800MHz) 供 LTE TDD 使用。3800-4200MHz 亦在討論中，預計在未來供 LTE 使用。

目前利用 3.4-3.6GHz 或 3.6-3.8GHz 商轉之網路數達到 9 個，商轉國家包含加拿大、西班牙、英國等，尚未非常普遍。同時，相關設備相較於其他 LTE TDD 頻段支援設備亦較為不豐富。

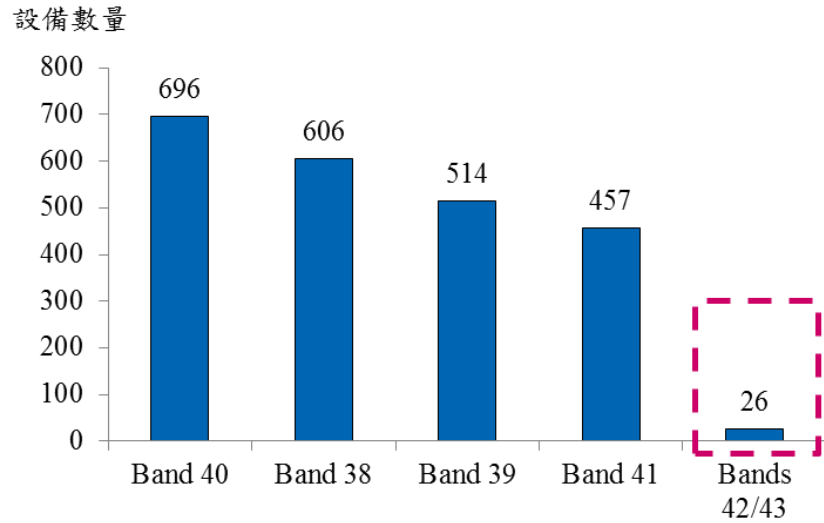


圖 64 支援 LTE TDD 頻段設備數量(2015/02)—Band 42/43
資料來源：GSA，本計畫製作

雖然目前整體設備生態尚未完善，但於國際上各區域都已有熱烈之討論，包含北美的美國與加拿大規劃用於行動寬頻，歐洲因為在此頻段沒有衛星系統，因此積極討論 3.5GHz 的使用；亞洲各國因為頻譜資源的窘迫，即使有既有的衛星系統仍積極研究 3.5GHz 未來供行動寬頻之用。

表 33 3.5GHz 頻段國際規劃使用狀況

區域	規劃現狀	個別國家商轉彙整
北美	美國預計開放 3550-3650MHz 供 IMT 用途使用	-
	加拿大在 3.5GHz 規劃 150MHz 供行動寬頻用 途	ABC Communication 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務 (Band 42)
亞洲	中國計畫在 3.4-3.6GHz 導入 small cell，正在研 究如何與衛星系統共 存，並進行 LTE-Advanced 之試驗	-
	日本總務省於 2014 年釋 出 3.5GHz	-
	澳洲主管機關 ACMA 計 畫釋出更多頻譜，其 中，3.4-3.6GHz 的釋出 優先度由次要轉為主要	-
		菲律賓 PLDT 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服 務 (Band 42)
		巴林 Menatelecom 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務 (Band 42)
		沙烏地阿拉伯計畫於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務
歐洲	建議主要以 TDD 方式規 劃，但根據各國之實際 狀況，仍保留尊重選擇 FDD 之規劃可能性	英國 UK Broadband 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務 (Band 42 與 43)
		比利時 Blite telecom BVBA 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務 (Band 42) 日前預期再釋出四段共 2×45MHz
		西班牙 Neo-sky 於 3.5GHz 推出 LTE TDD 服務 (Band 42)

資料來源：GSA、FCC、總務省等相關公開資料，本計畫整理

(2) 美國 3.4-4.2GHz 頻譜規劃

美國 3.5GHz 係供軍事雷達使用，FCC 將 3.5GHz 的 100MHz 列在候補頻段中，聯邦政府預計開放 3550-3650MHz 供行動寬頻使用。美國 FCC 於 2014 年進一步針對 Citizens Broadband Radio Service 提出新的提案公告，並進行意見徵詢。

Citizens Broadband Radio Service 將利用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。其中表示預計將原先規劃的 3550-3650MHz，再加入 3650-3700MHz，共規劃 150MHz 之頻寬。3400-3550MHz 的規劃則需要等到 3550-3650MHz 釋出後再開始討論。

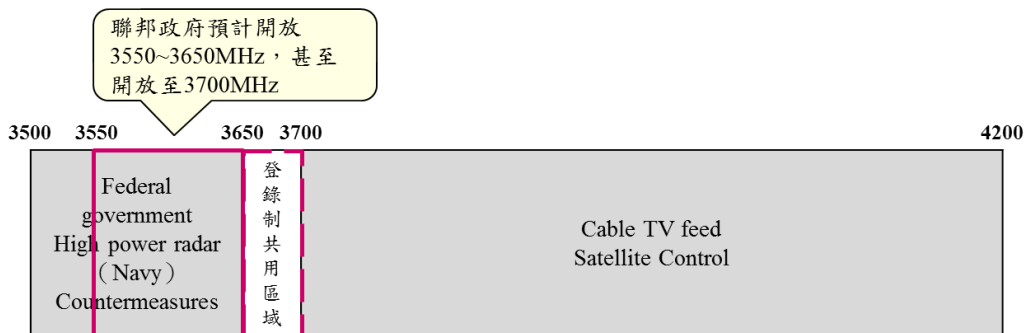


圖 65 美國 3.5GHz 頻譜規劃

資料來源：Nokia Siemens network，FCC 等相關公開資料，本計畫製作

由於 3.5GHz 頻段於美國目前用於海岸線周邊的軍用途，預計藉由 Spectrum Access System (SAS) 及三種不同優先權之區分，進行頻譜共享之管理。將透過 SAS 進行頻段共用之管理，

以確保較高層的使用者不會受到較低層的使用者干擾。

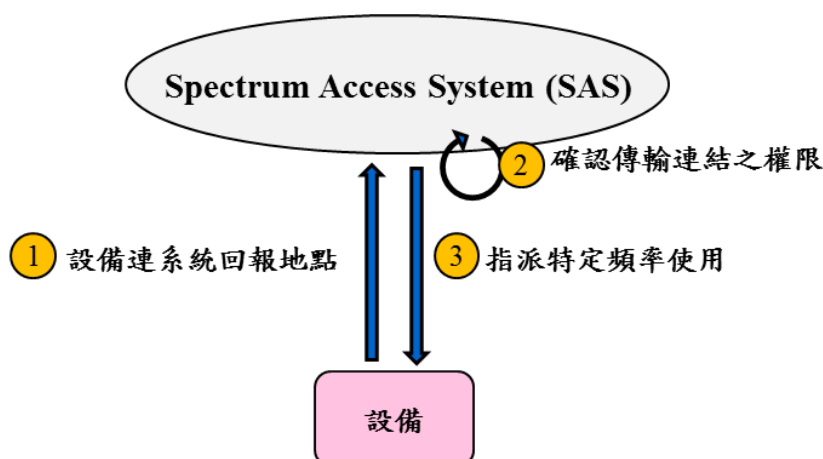


圖 66 美國頻譜共享管理系統初步架構

資料來源：FCC 等相關公開資料，本計畫製作

美國 FCC 目前規劃將頻譜使用者分成三層：第一層的最高優先權保留給既有使用者，第二層的優先權將透過拍賣執照決定，及第三層的一般使用者。詳細說明如下表：

表 34 美國 Citizens Broadband Radio Service 頻譜共享規劃

使用層級	說明
第一優先—既有用戶	確保既有用戶（聯邦政府等）在任何時間於特定頻段及地理區域之使用
第二優先—優先用戶	透過人口普查之最小區域（於全美大約有 74,000 個）分別進行年度執照的拍賣，執照涵蓋 10MHz（但可自由整合各地理區域、時間（最多 5 年）、頻寬（最多 30MHz）之執照）
第三優先—一般權限	使用未被前兩個優先用戶佔有之頻段，其中最多保留 20MHz 給醫院、地方政府、公安組織等

資料來源：FCC 等相關公開資料，本計畫製作

(3) 歐洲國家 3.4-4.2GHz 頻譜規劃

歐盟對 3.4-3.8GHz 的頻譜規劃，根據 2012 年 12 月 ECC 的決議，3.4-3.6GHz 與 3.6-3.8GHz 指定為 MFCN (Mobile/Fixed Communication Networks) 用途。3.4-3.6GHz 保留 FDD 與 TDD 兩種規劃方式，而 3.6-3.8GHz 則僅配置為 TDD 用途。

在 3.5GHz 頻譜的規劃細節上，各國均設定 FDD 或 TDD 方式，少數國家僅設定為 FDD 方式。3.5GHz 上下行間的 duplex gap 設定為 100MHz。歐洲各國的 3.5GHz 執照頻寬均設定在 14MHz 以上。在上限部份，除了俄羅斯以外，所有國家頻段規劃都從 3410MHz 開始，3400-3410MHz 供 Guard Band 用途。在下限部份，大部分國家規劃上限至 3494MHz (下行 3594MHz 為止)，僅少數國家規劃到全頻段 3600MHz 為止。然而，法國部分區域於 2014 年 Q1 由電信業者 Orange 與設備商 Ericsson 共同於 3.4-3.6GHz 進行 LTE-A FDD 之試驗。

表 35 歐盟 3.5GHz 頻譜規劃原則

FDD/TDD 規劃	各國均設定 FDD 或 TDD 方式，少數國家僅設定為 FDD 方式
FDD 規劃的 duplex gap	3.5GHz 上下行間的 duplex gap 設定為 100MHz
執照頻寬設定	歐洲各國的 3.5GHz 執照頻寬均設定在 14MHz 以上
頻段起始上限	除俄羅斯以外，所有國家頻段規劃都從 3410MHz 開始，3400~3410MHz 供 Guard Band 用途
頻段規劃下限	大部分國家規劃上限至 3494MHz（下行 3594MHz 為止），僅少數國家規劃到全頻段 3600MHz 為止

資料來源：ECC PT1 (10) 170_Annex21： on harmonized frequency arrangements for IMT systems used for mobile/fixed communications networks 2011

根據 2013 年 11 月 CEPT ECC 的會議結論：3.4-3.6GHz 偏向以 TDD 規劃，但保留會員國當可提供更有效率的頻譜運用、為保護既有用戶、避免干擾、與非 EU 國家合作等原因，可使用 FDD 規劃之權利。

英國 Ofcom 規劃 3410-3480MHz 與 3500-3580MHz（150MHz）與 2.3GHz 中的 40MHz，於 2015 年末或 2016 年初進行拍賣，作為 Capacity Band 之用途。然而，英國 UK Broadband 於 2012 年 6 月商轉 LTE TDD，UK Broadband 持有 Band 42 20MHz ×2（TDD）與 Band 43 20MHz ×4（84MHz，TDD）。

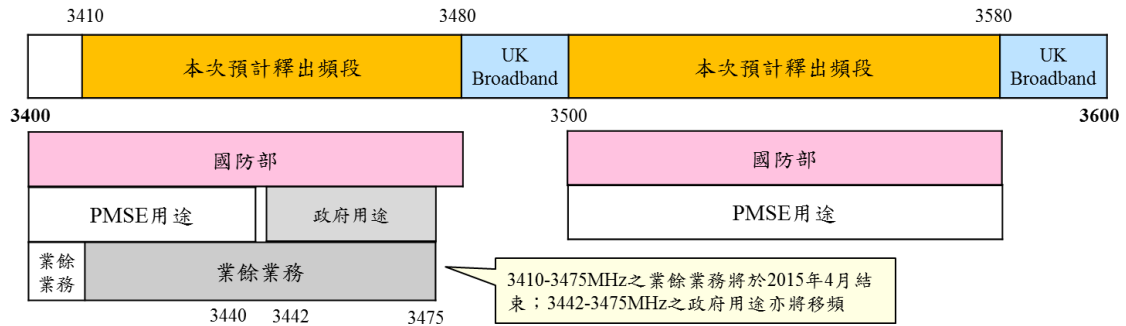


圖 67 英國 3.5GHz 頻譜規劃
 資料來源：Ofcom 等公開資料，本計畫製作

暨 CEPT 決議利用 Licensed Shared Access (LSA) 方式開放 2300-2400MHz 之移動/固定通訊網路之使用。於 2014 年 2 月公告 ECC Report 205 說明 LSA 相關規範，針對頻段上既有使用者並非於全地域使用全部頻段，為提高頻譜使用效率且補足行動寬頻頻率需求，建議可利用 LSA 方式釋出特定時間、特定地區與特定頻段之執照，提供其他補充頻段於行動寬頻用途。均奠定歐洲國家於使用 2.3GHz 或 3.5GHz 此類擁有既有用戶之頻段之頻譜共享之相關制度與規範。

(4) 亞洲國家 3.4-4.2GHz 頻譜規劃

亞洲 3.4-4.2GHz 有衛星系統存在，但日本、中國與澳洲仍計畫使用此頻段。目前日本與中國正在檢討如何克服衛星干擾問題。中國更計畫在 3.4-3.6GHz 導入 small cell。而中國自 2010 年底起開始檢討 3.5GHz 作為 traffic offload 的方向，2011 年已確認理論上 IMT 系統在 3.4-3.6GHz 可以與 FSS 衛星共存，2012 年起進行實驗。2013 年中國政府表明將積極考慮 3.5GHz 用於 TDD 技術之發展。2015 年 1 月發布愛立信與中國移動成功完成室內與室外的 3.5GHz 頻段 LTE-Advanced TDD 實驗，除了測試單一頻段之使用狀況外，亦進行與 2.6GHz 頻段之 CA 測試。

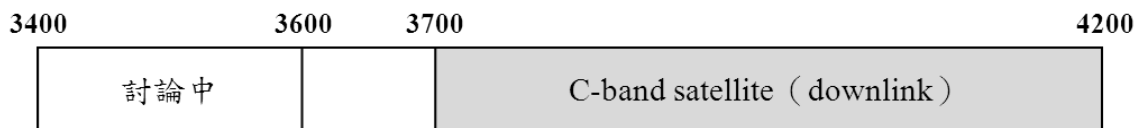


圖 68 中國 3.4-4.2GHz 使用狀況

資料來源：華為

另外，日本方面，總務省已於 2014 年釋出 3.5GHz，各家業者計畫導入 LTE-Advanced。NTT Docomo 計畫於東京銀座進行 3480-3560MHz(4×20MHz)之頻段 LTE-Advanced 試驗導入。

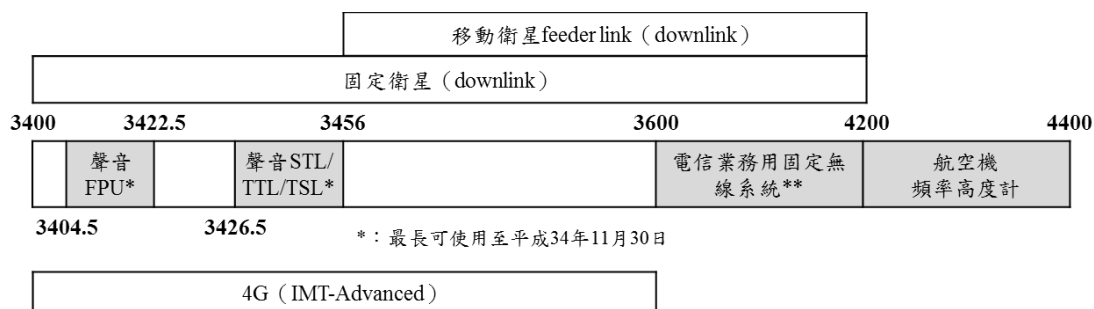


圖 69 日本 3.4-4.2GHz 使用狀況

資料來源：總務省

(5) 日本 3.5GHz 頻段釋出背景與結果

日本總務省 3.5GHz 頻段為世界中採用之標準頻段；雖該頻段上同時存在著固定衛星及移動衛星，但該國仍積極進行相關實驗，而其結果顯示行動通訊技術可有條件地與衛星共存。透過一系列的實驗檢測，提出未來行動通訊與既存廣播業者及衛星通信系統之間的解決方案，如下表整理：

表 36 日本 C-band 干擾實驗結果彙整

廣播業者	
	<ul style="list-style-type: none"> • 目前於 3400-3456MHz 之相關廣播業者，將於 2022 年進行移頻將此頻段騰出 • 最初導入 4G 通訊系統之地區，應會為高傳輸需求的大都市，預期會設立低天線高度、低發射功率的 Small Cell，因此干擾影響應該不明顯 • 此外，應注意與既有廣播事業基地台的間隔距離
衛星通信系統	
實驗結果	進行了 45 個衛星基地台的干擾試驗，於 3.4-3.6GHz 頻段應用時，有其中 9 個基地台發生干擾現象
解決方案	預留 Guard Band，並保留適當間隔距離 此外在地形影響下，可能也會減低干擾問題
其他減緩干擾方案	Small Cell 基地台： <ul style="list-style-type: none"> • 降低發射功率、降低天線高度 • 利用建築物取得遮蔽效果 • 設立於室內，可透過牆壁使訊號衰退 一般基地台： <ul style="list-style-type: none"> • 根據衛星基地台，調整基地台 Sector 設立方向 • 調整天線傾斜角度

資料來源：總務省平成 25 年度情報通信審查會情報通信技術分科會「攜帶電話等高度化委員會報告」等相關公開資料，本計畫製作

基於實驗結果找出了相關干擾減緩或解決方案，整理出較不易產生嚴重干擾的頻段空間。不同於歐美預計透過動態頻譜共享之方式，利用資料庫方式進行連線管理，讓行動通訊與既有用戶共存；日本利用靜態頻譜共享之方式，透過物理性之隔絕，例如：高度、角度...等，讓行動通訊與既有用戶共存。

利用物理性隔絕的方式解決衛星干擾的議題，再加上以下兩大理由：(1) 為滿足既有對影片、定位之需求，以及未來潛

在之無線 RAN、IoT 等需求，實現數據通訊之高速化 (1Gbps) 及大容量化；(2) 為了未來 5G 之發展，先進行高頻段通信之技術之發展與試驗；日本總務省於 2014 年釋出 3.5GHz 頻段之 40 MHz×3 的 TDD 頻段供 LTE-A 使用。

日本總務省根據 2014 年召開之公聽會結果，制定以下分配方針：

- 將早期可釋出之頻段 (3,456 MHz 以上) 先行釋出。
- 為達網速最高 1Gbps，因此本次釋出 3 段各 40MHz 之頻段。
- 為對應傳輸量急增，本頻段將使用上下行比率可調整之 TDD 方式釋出。

由於該頻段同時也提供衛星通信系統使用，總務省於公布服務開設指南時提出業者須遵守之義務：

- 需要提出衛星通信業務干擾之對策計畫。
- 在服務開設的同時須召知該頻段會有衛星干擾之情形，並需與其他使用該頻段之業者共同開設對應諮詢窗口。

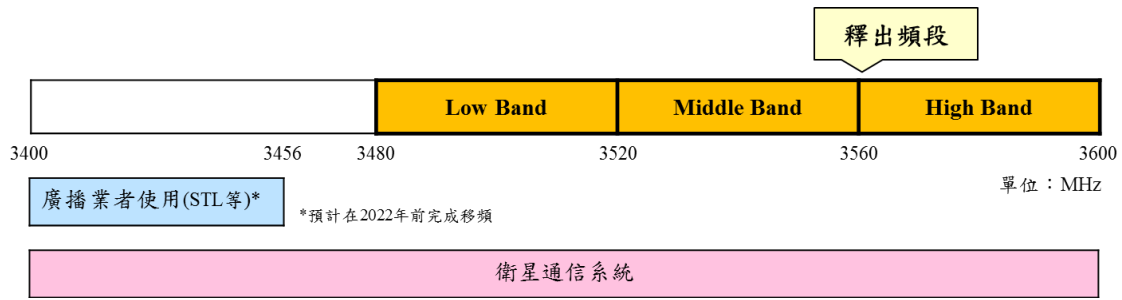


圖 70 日本 3.5GHz 頻段釋出規劃

資料來源：總務省

2014 年 10 月，NTT DoCoMo、KDDI 及 Softbank 向日本總務省提出了 3.5GHz 執照申請書與頻段志願序；經審查後於同年 12 月 19 日公告獲得頻段之業者與其獲得之頻段，結果如下圖。



圖 71 日本 3.5GHz 頻段釋出結果

資料來源：總務省

接下來各業者便須遵守總務省於規劃頻段釋出時提出之時程規範：

- 取得頻譜後第 4 年度年末以前，在各總合通信局之管轄區域內人口覆蓋率需達 50%。
- 取得頻譜後第 2 年度年末以前，須在各特定大流量區域商

轉 LTE-A 服務。

- 在所有的都道府県都要開啟服務（服務需涵蓋日本全域）。

而取得頻段之業者 NTT DoCoMo 於 2015 年 2 月，說明將利用 2014 年 12 月獲得之 3.5GHz 頻段與既有的頻段進行 CA，以提供更高速度之通訊服務。預計透過 3.5GHz 頻段之特性，在傳輸量特別高的地點，如：車站等地，布建 Small Cell 提升效率。目前規劃於 2015 年末開始運行，2016 年中正式商用化。

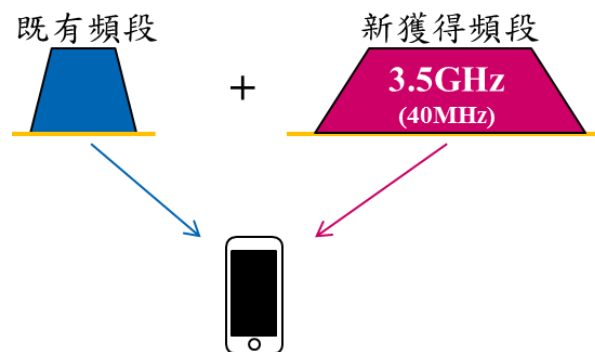


圖 72 日本 NTT DoCoMo 對 3.5GHz 頻段之預計使用模式
資料來源：NTT DoCoMo 等相關公開資料，本計畫製作

5. 4.4-4.99GHz

4.4-4.99GHz 目前為衛星用途使用，目前在 WRC-15 的定位也是國際上未來供 IMT 用途使用頻段。

4.4-4.99GHz 屬於高頻，其用於行動寬頻有兩項優勢，一是用於密集都市提供 capacity，二是該頻段可以提供連續大頻寬供 Micro Cell 與 Pico Cell 網路佈建。

然而，4.4-4.99GHz 在使用上的限制為既有使用者，此頻段在許多國家供衛星通訊與 FSS 使用。因此，目前可能的解決方法為 4400-4500MHz 與 4800-4990MHz 供 IMT 使用，提供小範圍都市密集地區 traffic 需求。而 4500-4800MHz 則可能必須促進 IMT 系統與 FSS 系統的共用，例如導入較低功率的 IMT 系統。

6. 小結

隨著 LTE 之發展及對行動寬頻頻寬之需求，國際上對於未來可利用之行動寬頻頻段之探討越來越多，再加上未來 B4G/5G 的標準及相關技術發展正在國際間熱烈討論，後續將持續關注國際組織及主要國家之規劃方向，以利提供我國未來頻率規劃之建議。

三、 3G 頻譜屆期處理建議

第三代行動電話屬於特許業務，採取先審查後競標的兩階段方式發行 5 張執照。自 2002 年 1 月 16 日起至同年 2 月 6 日辦理競標作業，最終由遠傳電信、威寶電信、台灣大哥大、中華電信與亞太行動寬頻 5 家業者取得執照。其中 4 張執照以 FDD 30MHz/20MHz（上行 15MHz/10MHz + 下行 15MHz/10MHz）+ TDD 5MHz 形式釋出。第三代行動通信業務釋照概要整理如下表。

表 37 第三代行動電話業務執照資訊整理

一、執照用途限制	1.執照的特許經營業務	採用國際電信聯合會公布 IMT-2000 所定之技術標準，以提供語音及非語音之通信
	2.使用頻段	執照 A：1920~1935 MHz; 2110~2125 MHz + 1915~1920 MHz，執照 B：1935~1945 MHz;2125~2135 MHz + 2010~2015 MHz，執照 C：1945~1960 MHz;2135~2150 MHz + 2015~2020 MHz，執照 D：1960~1975 MHz;2150~2165 MHz + 2020~2025 MHz，執照 E：825~845MHz; 870~890MHz
	3.涵蓋區域	全區
	4.原則	限採用國際電信聯合會公布 IMT-2000 所定之技術標準
	5.執照轉讓之可行性	不可
	6.頻譜交易之可行性	不可
二、執照發行方式	1.發行方式	競標制
	2.執照期限	特許執照之有效期間為自核發日起至 2018 年 12 月 31 日止，屆滿後失其效力
	3.業務執照使用收費方式	得標金：遠致電信 101.69 億元，聯邦電信 77 億元，台灣大哥大 102.81 億元，中華電信 101.79 億元，亞太行動寬頻 105.7 億元
	4.執照屆期處理方式	特許執照有效期間屆滿時之處理方式，由主管機關另定之
三、執照發行張數	執照張數	5 張

資料來源：第三代行動通信業務管理規則，本計畫整理

在五家業者中，亞太電信採用美規的 CDMA 2000 技術展開 3G 服務，遠傳電信、台灣大哥大、威寶電信與中華電信則以歐規的 WCDMA 技術展開 3G 服務。

除亞太電信以外，遠傳電信、台灣大哥大、威寶電信與中

華電信均有 5MHz 頻段供 TDD 用途使用。但因國際上缺乏較成熟的 TDD 頻段解決方案，除了遠傳將其 5MHz 頻段作為與 1900 兆赫數位式低功率無線電話頻段之間的防護頻段(Guard Band)有較明確之安排外，其他三家業者的 TDD 頻段並未有明確之規劃。

我國第三代行動電話業務使用頻率整理如下圖。

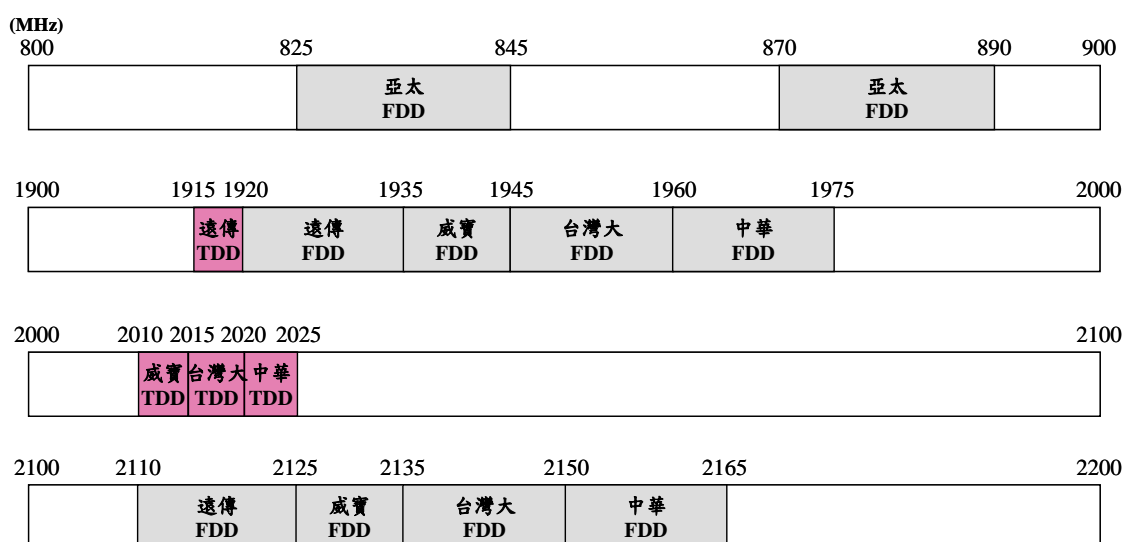


圖 73 我國 3G 業務頻段分配現狀

資料來源：中華民國頻率分配表、NCC 頻率資料庫查詢系統，本計畫製作

然而，上述之第三代行動電話頻段將於 2018 年 12 月 31 日屆期，時限屆滿後將失去效力，應延續 2013 年之「行動寬頻頻譜政策研究」之中進行「3G 執照屆期頻率先期規劃」，於至少屆期前兩年明確後續處理方法。

我國於2014年4G正式開台，截至2015年1月共有約2,900萬之行動通訊（包含：2G, 3G與4G）用戶。其中，2G用戶過去幾年穩定以每年-15%速率在減少，近兩年受2G的用戶年減少比例逐漸提升，截至2015年1月仍有228萬用戶；3G用戶自4G開台後由過去大約年成長率9~10%，轉為-8%，截至2015年1月仍有2200多萬之3G用戶；而4G用戶約有400萬戶。

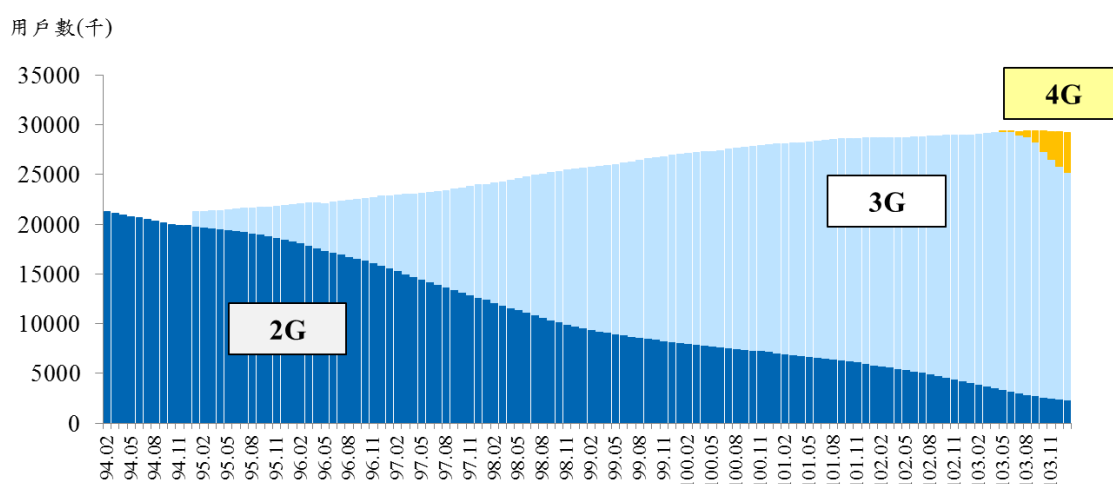


圖 74 我國 2G, 3G 與 4G 用戶現狀

資料來源：NCC 相關公開資訊，本計畫製作

至2018年12月31日3G執照屆期後，依照目前之轉換率預計仍會有1千萬之3G用戶，且目前4G LTE有別於過去GSM及UMTS，主要提供數據傳輸之服務為主。因此，為同時滿足4G用戶的語音通話需求，目前台灣業者主要透過CSFB (Circuit

Switched Fallback) 的技術，在需要語音通話服務時將網路轉回 3G 或 2G。

因此，在 2018 年 3G 執照屆期時，VoLTE 技術或是其他 4G 應用之語音技術是否成熟，會成為頻段釋出規劃上一個重要關鍵因素。截至 2015 年初國際上共有 9 國 20 個營運商正式商轉 VoLTE 之服務，包含：美國、加拿大、韓國、日本、香港、新加坡...等；另外有 42 國 80 家營運商正檢討或實驗中。

但目前發展 VoLTE 上最大的困難並不是技術，而是相關整合界接及漫遊協定尚未標準化，整體普及率尚未明顯提升。此外，終端設備的支援亦是重要考量因素。於 3/27 之「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會中，設備商提到若要全面使用 VoLTE 進行語音服務，還無法有明確的時間點。

因此，於我國 3G 屆期時，頻段之後續處理應考慮對於 3G 用戶及 4G 用戶的語音服務之延續性，以提供我國行動通訊用戶良好的語音服務品質。後續章節將針對個別頻段進行後續規劃之探討。

(一) 800MHz 頻段後續規劃探討與建議

我國 800MHz 的 3G 執照於 2002 年拍賣釋出，而鄰近的 700MHz 及 900MHz 於 2013 年進行 4G 執照拍賣釋出。因此，在面對 2018 年底 3G 屆期時，應同時納入兩邊的頻段分配現況一同考慮。

1. 我國與亞洲鄰近主要國家 700, 800, 900MHz 頻段分配現況

我國 700, 800, 900MHz 分配現狀如下圖所示：700MHz 為 APT700 Band 28 的規劃方式，規劃至 806MHz（包含 803-806MHz 之 Guard Band），900MHz 為 Band 8 之規劃方式，於 2013 年釋出時規劃從 885MHz 開始，與既存之 3G 執照有 5MHz 之重疊之處（885-890MHz）。

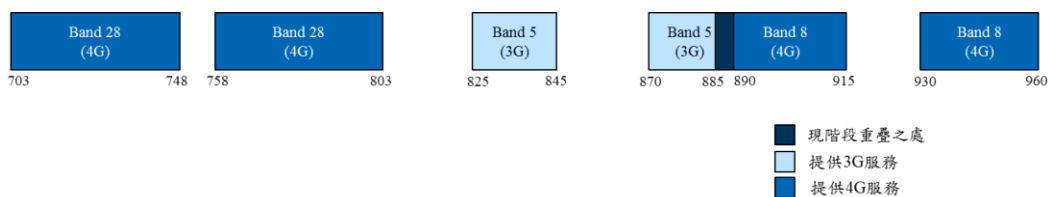


圖 75 我國 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：NCC 相關公開資訊，本計畫製作

以下針對亞洲鄰近國家之 700, 800, 900MHz 分配現狀進行探討。

香港 700, 800, 900MHz 分配現狀如下圖所示：700MHz 目前尚未有釋出規劃。而 900MHz 頻段 GSM 執照原於 2006 年屆期，2004 年 OFTA 宣布展延 15 年，共有三家業者持有頻譜：Hutchison、CSL、SmarTone，皆持有 2×8.3MHz。2011 年 OFTA 又額外釋出 2×5MHz 頻寬之 900MHz 資源，由 Hutchison 取得。執照改於 2021 年屆期，並開放使用 3G 技術，因此目前該頻段主要使用 GSM 或 UMTS 技術。

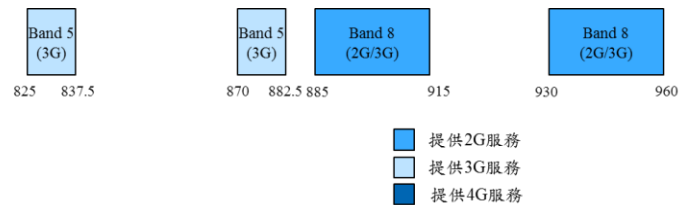


圖 76 香港 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：OFCA 相關公開資訊，本計畫製作

中國 700, 800, 900MHz 分配現狀與香港類似，如下圖所示：

700MHz 目前尚未有釋出規劃。而 900MHz 頻段持有業者有中國移動與中國聯通 2 家，兩者皆使用 GSM 技術；其中 885-890MHz / 930-935MHz 擬全數退還給 GSM-R 使用。900MHz 執照無限期，視社會需求進行調整或回收。

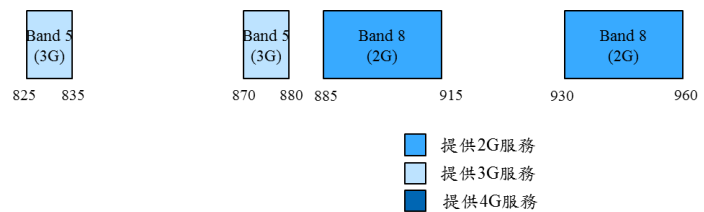


圖 77 中國 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：工信部相關公開資訊，本計畫製作

韓國 700, 800, 900MHz 分配現狀，如下圖所示：根據 Mobile Gwanggaeto Plan 2.0，韓國規劃 700MHz 未來將依 band 28 規劃，預期未來釋出 40+α 之頻段，但尚有下一步更明確之釋出規劃；除了其中 718-728MHz/773-783MHz 於 2014 年 11 月公告確定未來利用 PS (Public Safety)-LTE 提供 PPDR (Public Protection Disaster Recovery) 之服務，預期在 2017 年提供全國性的公共安全服務。而 900MHz 之部分韓國通信委員會 (KCC) 於 2010 年重分配 905-915 / 950-960MHz 給韓國電信業者 KT，供 4G 佈建使用，KT 於 2013 年正式利用 Band 8 推出 LTE 服務，為世界第一個使用 Band 8 運行 LTE 服務業者。目前韓國的 800MHz 之 Band 5 頻段與 900MHz 之 Band 8 頻段擁有 11MHz 之間距。

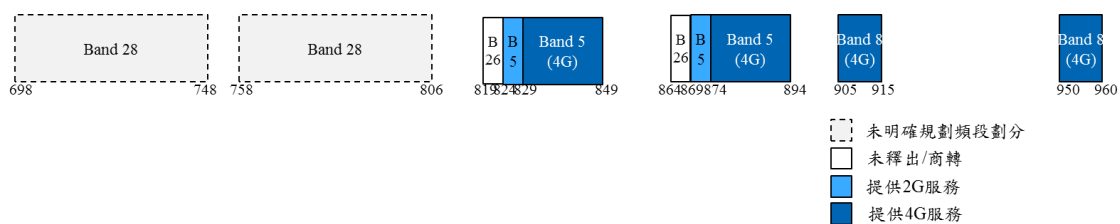


圖 78 韓國 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：KCC 相關公開資訊，本計畫製作

日本 700, 800, 900MHz 分配現狀，如下圖所示：日本總務省於 2012 年透過審議的方式釋出 700MHz 頻段給 NTT DoCoMo、KDDI、eAccess；該頻段目前仍在建設中尚未正式商轉。另，900MHz 頻段的部分，日本總務省於 2011 年透過審議的方式釋出 2x15MHz 給 Softbank，作為行動通信使用，預計 2015 年完成頻譜轉移。Softbank 將先取得之 900-905/945-950MHz (2x5MHz) 作為 3G 使用，而 2014 年將第二階段取得之 905-915/950-960MHz (2x10MHz) 用於 LTE 服務。目前日本的 700MHz 之 Band 28 頻段與 800MHz 之 Band 18/19 頻段間擁有 12MHz 之間距，而 800MHz 之 Band 18/19 與 900MHz 之 Band 8 擁有 11MHz 之間距。

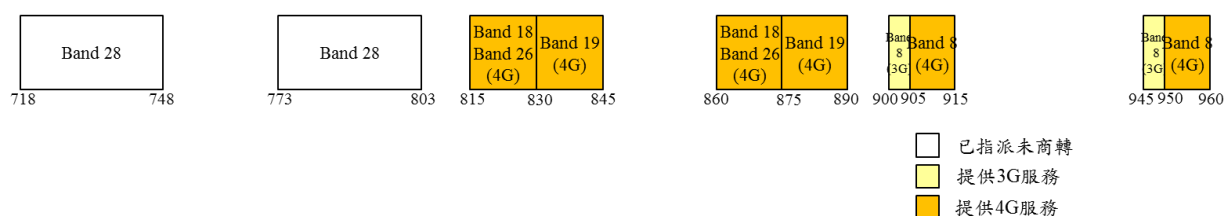


圖 79 日本 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：總務省相關公開資訊，本計畫製作

澳洲 700, 800, 900MHz 分配現狀，如下圖所示：700MHz 頻段於 2013 年進行拍賣，由 Optus 及 Telstra 分別獲得 2×10MHz 頻段，目前已局部或全面商轉 4G LTE 服務。目前 900MHz 仍以 2G 及 3G 服務為主；而針對 800MHz 與 900MHz，ACMA 於 2011 年便開始討論 803-960MHz 未來的規劃方式，其中包含未來將 805-820MHz/850-865MHz 規劃給行動服務使用之可能性，以及 900MHz 重新用 5MHz 的區塊進行劃分的討論。

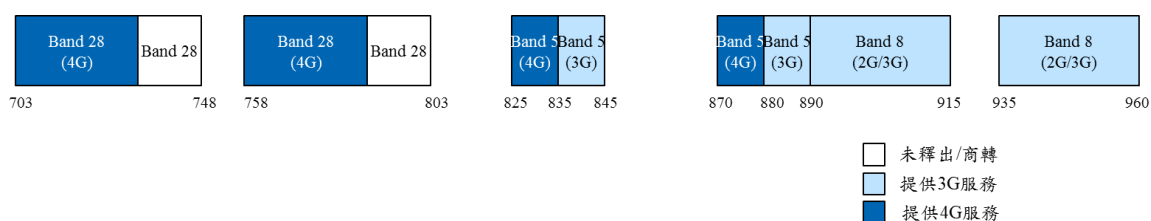


圖 80 澳洲 700, 800, 900MHz 分配現狀

資料來源：ACMA 相關公開資訊，本計畫製作

於上述之鄰近亞洲主要國家，特別是與我國一樣在 700MHz 有 Band 28 規劃及 900MHz 有 Band 8 規劃之日本、韓國及澳洲，主要 800MHz 之頻段以延續 Band 5 規劃為主（日本為 Band 18/19），另亦有往 800MHz 中的低頻規劃之趨勢—Band 26。如下圖所示，美規過去於 800MHz 頻段上有許多不同之規劃方式，如 Band 5 之美規、Band 18 及 Band 19 之日規；近年來，出現集結各種規劃之 Band 26 (814-849/859-894MHz)的提案，目標建立更和諧之規劃方式。目前美國 Sprint 業者已利用 Band 26 規劃頻段商轉 4G 服務，日本 KDDI 業者亦已利用 Band 26 規劃頻段商轉 4G，韓國亦皆有意進行 Band 26 之規劃。

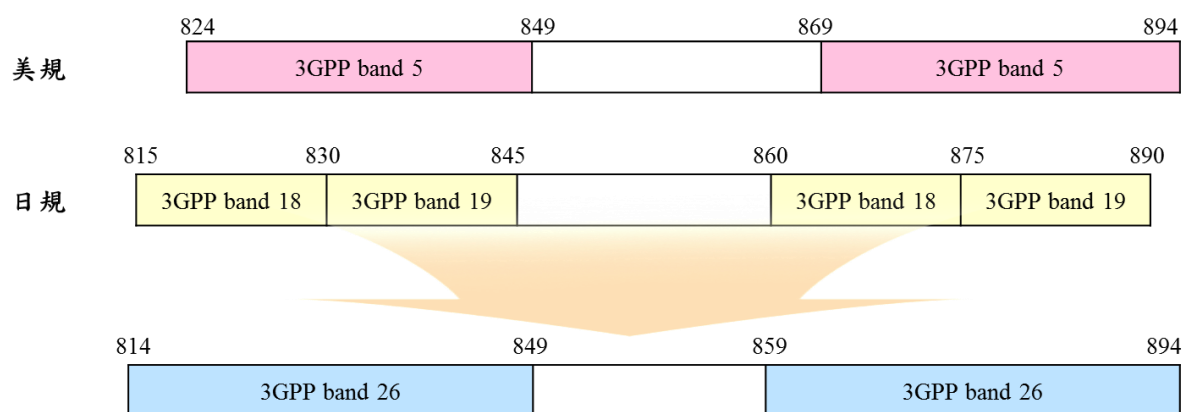


圖 81 Band 26 說明

資料來源：3GPP，KDDI 等相關公開資訊，本計畫製作

2. 歐洲國家 700, 800MHz 頻段規劃趨勢

另一方面，800MHz 頻段除了美規之規劃方式外，歐規的規劃方式亦為另一種選擇方式。歐洲國家過去以利用 Band 20 (791-821MHz/832-862MHz) 釋出 800MHz 頻段提供 4G 服務，近來因 APT700 頻段之竄起，亦開始探討將 700MHz 作 Band 28 規劃的可能性，如下圖所示。不過我國已於 2013 年釋出 APT700 頻段（規劃至 806MHz），使得歐規之 Band 20 最多僅剩下 2×15MHz 之頻譜能夠規劃。此外，Band 20 之上下行與一般的 Band 相反，因此若以 Band 20 規劃會遇到上下行與既有頻段相反的新議題。

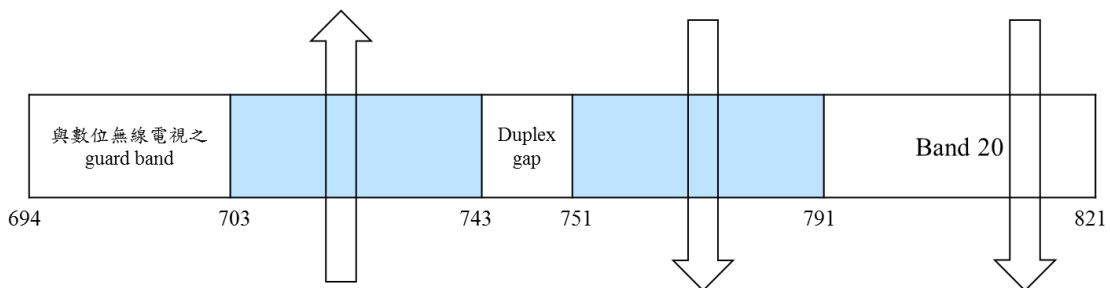


圖 82 CEPT CPG 討論 700MHz 之可能配置方式

資料來源：CPET CPG-15PTD#2 相關公開資訊，本計畫製作

3. 800MHz 之 roaming 議題

在技術發展上，美國、南美、印度、南韓、中國、日本、澳洲仍維持 850MHz 的頻段規劃，但技術逐漸由 CDMA 轉為 UMTS 或 LTE FDD。而歐洲數位紅利頻段為 800MHz，因此直接發展 LTE FDD。因此，800MHz/850MHz 頻段由 CDMA 技術，逐漸發展為 UMTS 與 LTE FDD 技術。

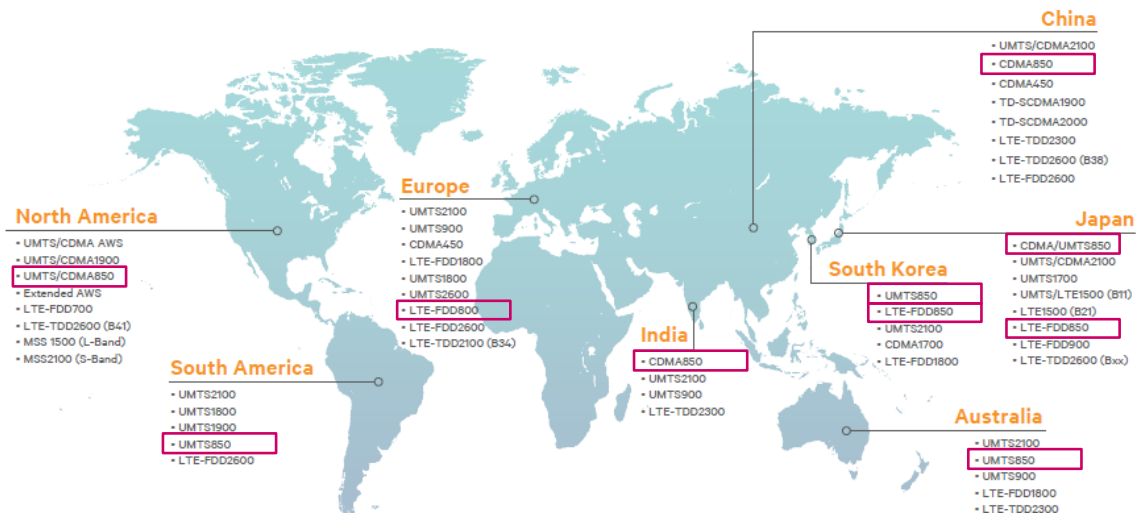


圖 83 主要國家各頻段導入系統

資料來源：Qualcomm

此外，過去在 2G 與 3G 世代，全球頻段較為一致，roaming 問題容易解決。然而，在 4G 時代，各國導入 LTE 系統頻段不一，因此 LTE roaming 的問題較為複雜。目前美洲和亞洲在 850MHz 的規劃還是以 Band 5 (824-849/ 869-894MHz) 為主，未來是 LTE roaming 的潛在頻段。

4. 800MHz 之 Carrier Aggregation 提案

除了國際上規劃趨勢的掌握外，為了解未來設備支援狀況，研究團隊亦從 Carrier Aggregation 的面向進行確認。如下兩張表所示，標註與我國目前釋出之 Band 1、Band 3、Band 8、Band 28 與即將釋出之 Band 7 互相聚合之歐規 Band 20 或美規 Band 5/26 的組合。

表 38 於 800MHz 頻段提案載波聚合之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	提案業者
Band 20	Band 7	Orange, Telia Sonera, Telefonica
Band 4	Band 5	AT&T
Band 5	Band 12	Cox Communications, Cellular South, US Cellular
Band 3	Band 5	SKT, LGU +
Band 20	Band 3	Vodafone, Deutsche Telekom, Orange, Telecom Italia, Telia Sonera
Band 20	Band 8	Vodafone, Deutsche Telekom, Orange
Band 2	Band 5	AT&T
Band 3	Band 20	Telekom Austria
Band 3	Band 26	KT
Band 5	Band 7	LG Uplus
Band 7	Band 20	Telekom Austria
Band 8	Band 20	Vodafone
Band 20	Band 32	Orange
Band 5	Band 13	Intel
Band 20	Band 40	Ericsson (WIP)
Band 20	Band 31	Huawei (WIP)
Band 5	Band 40	SK Telecom (WIP)

資料來源：3GPP，本計畫製作

從截至 3GPP Release 13 的載波聚合提案來看，歐規的 Band 20 與我國目前釋出之頻段有較多可以聚合之組合。美規 Band 5 主要以美洲區域使用之頻段聚合之組合較豐富，不過從提案現況來看，過去 850MHz 上依循美規之韓國業者亦積極提出歐美混規之載波聚合組合。此外，尚在進行的提案中，看到未來 FDD 的 Band 5 和 Band 20 未來與 2.3GHz 上 TDD 之 Band 40 聚合之可能性。

表 39 於 800MHz 頻段提案 LTE 三頻段載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	使用頻段 3	提案業者
Band 1	Band 3	Band 5	SK Telecom
Band 1	Band 3	Band 20	Vodafone
Band 1	Band 5	Band 7	LGU+
Band 1	Band 7	Band 20	Vodafone
Band 2	Band 4	Band 5	US Cellular
Band 2	Band 5	Band 12	US Cellular
Band 2	Band 5	Band 30	AT&T
Band 3	Band 7	Band 20	Vodafone
Band 4	Band 5	Band 12	US Cellular
Band 4	Band 5	Band 30	AT&T
Band 2	Band 2	Band 5	Intel
Band 4	Band 4	Band 5	Intel
Band 1	Band 3	Band 26	China Telecom
Band 2	Band 5	Band 13	Intel
Band 4	Band 5	Band 13	Intel
Band 26	Band 41	Band 41	KDDI
Band 2	Band 5	Band 29	Huawei (WIP)

資料來源：本計畫製作

截至 3GPP Release 13 的提案，現階段美規 Band 5 之三頻
段載波聚合提案發展較歐規 Band 20 豐富。不過若與我國釋出
頻段比對，不論歐規或美規與 Band 1、Band 3、Band 7 等頻段
的組合發展數量差距並不大。

5. 我國各業者對 800MHz 頻段規劃之看法

為求 3G 執照屆期後頻段後續規劃更符合我國既有業者與使用者之需求，於 3/27(五)下午舉辦「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會，對於 800MHz 未來延續美規規劃或是轉由歐規規劃有熱烈探討，意見彙整如下頁表。

表 40 我國各家業者對 800MHz 頻段後續規劃之看法

對 800MHz 頻段後續規劃之看法				
贊成美規規劃	中華電信	台灣大哥大	美商高通	愛立信
	在考慮和諧共用以及釋出最大頻寬兩個因素下，800MHz 考慮可以使用 Band 26，不過可再考慮與 Band 8 間是否有再多釋出 5MHz 的可能性	若以 Band 20 的方式規劃，會造成 800-900MHz 間其他的頻率無法被利用 日本、澳洲與韓國亦如此規劃 Band 26 目前雖因 GB 保留只能釋出 2x15MHz 之頻寬，但未來有機會往高頻率或以 Band 27 往低頻率擴增	歐洲釋出 Band 20 與 APT 700 的方式是與台灣相反的；這會造成未來釋出 Band 20 時頻譜可用量減少，與重疊部分的切分議題 建議考慮鄰近國家的規劃使用現狀 認為未來歐規+美規頻段的 CA 組合也將有許多選擇	Band 20 的上下行鏈路與常規是顛倒的，可能會造成 FDD 技術上下干擾 雖現在 Band 20 支援終端較多，但未來 Band 26 甚至 Band 27 很有發展潛力 認為應以 Band 26 為主，或是以 Band 5 + Band 27，未來會有較多可以分配之頻段
贊成歐規規劃	台灣之星	聯發科	諾基亞通信	
	若轉為歐規 Band 20，Band 8 的部分可能可以多往低頻釋出 5MHz 偏向以歐規 Band 20 的方式釋出。除了支援終端多以外，目前我國也以歐規方式釋出 Band 1、3、8、28，及未來的 7，因此建議以同類型的 Band 來釋出較好	台灣目前頻譜規劃與使用的狀況偏向歐規為主。因此，從 CA 方面考慮時，未來 3CA 或 4CA 時，可能會有更少的終端及設備支援歐美混規且目前美規 CA 技術以支援 Band 5 為多，Band 26 較少	由於 Band 20 目前有較多的支援終端，且 Band 26 有覆蓋到 LTE Band 8 造成影響，建議選擇 Band 20	
皆可	遠傳電信	亞太電信		
	認為 Band 20 及 Band 26 都有多的設備支援，並沒有偏好。惟不應盲目跟從國際現況	認為 Band 20 或 Band 26 都是可行的方案		

資料來源：2015/3/27 「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會

此外，對於 800MHz 頻段亦有專用電信提出需求。因此，研究團隊亦前往相關單位進行需求了解。以下彙整相關單位之意見：

(1) 系統升級之需求：希望將列車控制系統由現行的 ETCS Level. 1 提升至 Level. 2，因此需要 GSM-R 上下行 4MHz 的頻段。

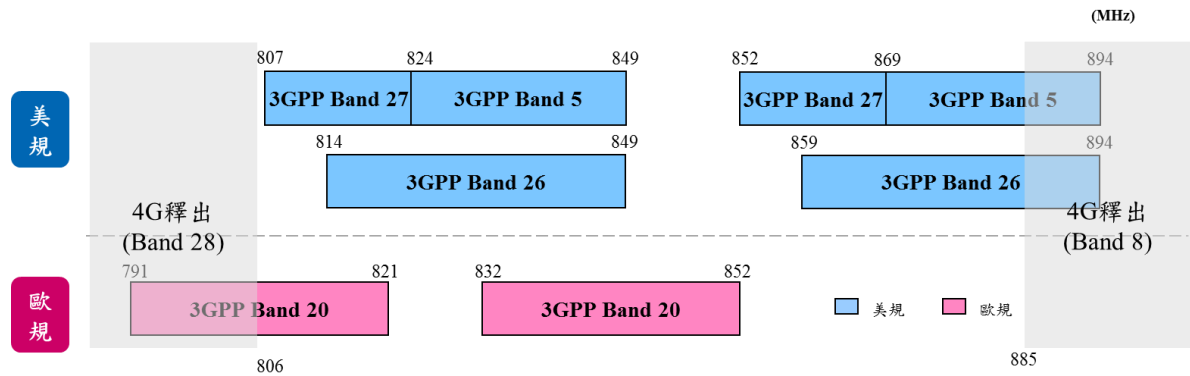
(2) 選用系統之考量：現行使用之系統為有線傳輸。而雖然話務以及部分貨運是使用 TETRA (400MHz 頻段) 系統進行傳輸，但是 TETRA 系統有規格上的限制，可能未來在建構以及維修機組會產生困難；而貨運系統與客運系統的安全性需求也不相同，不可一概而論。而，CBTC 並沒有一個統一個規格標準，採用上會有較多疑慮；而其使用頻段較高頻 (2.4GHz)，需要布建更多基地台。另外，高頻段在高速運行時也較容易產生都卜勒效應，據了解捷運的運行速度上限為 90 km/hr，而台鐵的標準在 130 – 160 km/hr。此外，希望使用的系統為國際上以商轉成熟並驗證安全無虞的國際通用標準，不應該抱持著”將我國鐵路給外國設備廠商作為商轉實驗”的心態。而使用國際標準也可以減低未來設備維修及採購的困難。

(3) ETCS 升級之益處：其中幾項重要的指標，如 Level. 1 的系統為有線系統，需要號誌機的裝設且維修成本較高；且有線系統一定要在裝設有的收發機處才可能進行列車定位控制燈號，將可能出現定位不明確及列車運行效率下降等情形。實際上短期內可觀察到的效能增加是有限的，但由於定位更準確，但由系統升級帶來的精準度提升可將鐵路閉塞距離縮短（原 Level. 1 系統在 1 km – 3 km 中僅能有一部列車，提升至 Level. 2 後可縮短至 0.5 km），未來若調整列車班次及有新路線引進時將可大幅提高效益。

(4) 頻譜規劃之建議：台灣現行頻譜分配為歐美規並存，並不是一正常狀況，建議考慮一次頻譜屆期後全部收回後進行重新規劃。GSM-R 系統牽扯國內產業鐵道發展，此系統不只可應用在台鐵，於高鐵及捷運均可通用。目光不應只放在台鐵系統而是整個國家鐵道發展；不希望使用只有少數廠商能提供支援的封閉頻譜，而是使用一具有國際標準的開放系統。

6. 對 800MHz 頻段規劃之建議

依據國際標準及國內頻段分配現況，800MHz 有歐規與美規兩種不同方向可以規劃，如下圖所示。



考慮我國2013年4G釋出頻段：

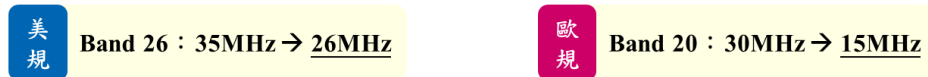


圖 84 3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能性

資料來源：本計畫製作

目前於 800MHz 頻段上，有美規與歐規兩種可能之規劃方向，美規的 Band 5 或 Band 26 及歐規的 Band 20。美規若利用 Band 26 整體的話將可以有 35MHz，但我國已於 2013 年釋出 Band 8，因此 Band 26 最多僅剩下 26MHz 可以釋出。若規劃歐規之 Band 20，亦因為我國已於 2013 年釋出 Band 28，因此最多僅剩下 15MHz 可釋出。

不過就頻段之規劃角度，不單僅是扣除既有已釋出之頻段後，比較兩個頻段可能釋出之頻寬大小。因此，接下來將再針對兩種方向進行更詳細之說明。

(1) 延續美規

若依循美規，考慮 900MHz 頻段之釋出並保留 Guard Band，可能以 Band 26 規劃釋出 814-829 / 859-874MHz，如下圖所示。另外，若能減少 Guard Band 所需保留頻寬，將有機會多釋出 829-834 / 874-879MHz 之頻段；此外，未來亦有規劃 Band 27 (807-814 / 852-859MHz) 之可能性。

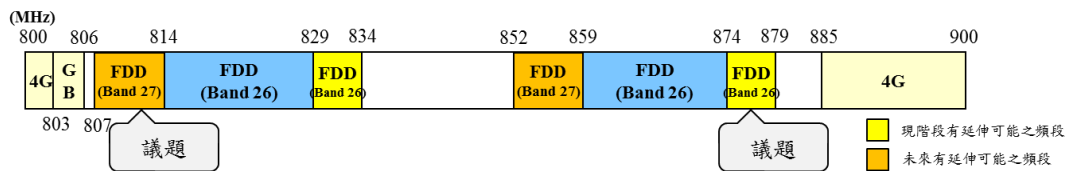


圖 85 3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能選項①—美規

資料來源：本計畫製作

考慮延續美規之因素包含：(1) 考慮 2013 年已拍賣之頻段，縮減原有 3G 頻段 $2 \times 20\text{MHz}$ 的 5MHz，並向下移，以 Band 26 方式規劃。(2) Band 26 目前由美國、日本及韓國已商轉或布建準備中，未來可期待設備之成熟及商轉經驗之增加。(3) 考慮與鄰近國家之頻譜和諧性：鄰近之亞洲國家過去以美規 Band 5 商轉 3G 技術多，未來可能會繼續依循美規。

選擇美規的話仍須商權探討的內容又包含：(1) 依我國釋出頻段現況來看，已釋出 Band 1、Band 3、Band 8、Band 28 及即將要釋出之 Band 7，均以歐規為主；若考慮未來 CA 之需求，

可能在消費者終端或通訊設備上較為被限制。(2) 以現階段來看，Band 26 的設備較 Band 20 不完整，且實際商轉經驗亦較少；雖然 Apple 終端已列入 Band 26 為支援頻段，但其他終端手機尚未提供此頻段的支援。

此外，在與個別業者進行訪談後，發現除了上述未來相關設備發展之因素要考慮外，仍有以下議題有待未來持續探討：

(1) Band 26 與 Band 8 之間應保留之 Guard Band 大小？根據與業者的訪談，各業者擁有不同之意見：台灣之星建議上下行之間應保留 10MHz 以上之 Guard Band，以確保不會發生干擾的問題，此舉將會使 Band 26 頻段最多只有 16MHz 可釋出；而中華電信、台灣大哥大與遠傳則建議保留 5MHz 之 Guard Band 即足夠，此舉將使 Band 26 頻段最多有 21MHz 可釋出。

(2) 利用此方式規劃之未來其他頻段的發展可能性是否存在？根據國際上對頻段之配置趨勢，若依循 Band 26 規劃，未來有 Band 27 之規劃方式可向低頻再延伸之可能性。目前國際上有將 Band 27 規劃於 PPDR 之用途，若我國採取 Band 26 方式規劃，未來於 800MHz 頻段將有再多 7MHz 頻段可利用之可能性，僅往更低頻規劃要再考慮與 APT700 之 Guard Band。

(3) 對於專用電信頻段(GSM-R)需求的滿足可能性？若採

取 Band 26 規劃 800MHz 將無法保留給專用電信規劃 GSM-R 頻段(876-880/921-925MHz)使用。

(2) 轉行歐規

若依循歐規，因 700MHz 頻段之釋出，將能釋出 806-821/847-862MHz 之頻段，但其中 810-815MHz 上有既有用戶（學術和中繼式無線電話用途），如下圖所示。

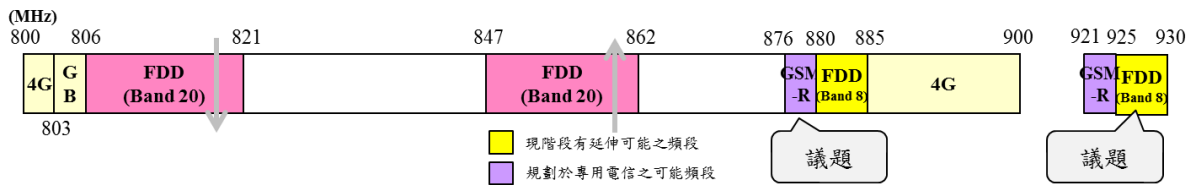


圖 86 3G 屆期頻段(800MHz)之釋出規劃可能選項②—歐規

資料來源：本計畫製作

考慮延續歐規之因素包含：(1) 考慮規劃頻段之統一性，規劃為歐規 Band 20，與已在使用之 Band 1、Band 3、Band 8、Band 28 及即將要釋出之 Band 7 保有一致性，確保未來設備之完備。(2) Band 20 目前於歐洲發展快速，設備亦發展完整。

選擇歐規的話仍須商榷探討的議題又包含：(1) 因已有 APT 700 之規劃，雖使用 Band 20 但只有 2×15MHz 能使用，現階段勢必空出 832-847MHz 之頻段。(2) 鄰近國家未有此類型之規劃方式，與鄰近國家之和諧需進一步了解。(3) 我國與歐洲國家不同為先規劃 Band 28 才考慮 Band 20，因此相關干擾或設

備支援狀況需在進一步商榷。

此外，在與個別業者進行訪談後，發現除了上述未來相關設備發展之因素要考慮外，仍有以下議題有待未來持續探討：

(1) 若採取 Band 20 規劃 800MHz，900MHz 頻段規劃之 Band 8 部分可否再釋出 5MHz 頻段？台灣之星建議可以將 900MHz 再向下延伸 5MHz（上行：880-885MHz／下行：925-930MHz）釋出使用；而中華電信、遠傳與台灣大哥大則表示下行之 925-930MHz 會與 ETC 使用頻段重疊，需要考慮 922-928MHz 為 RFID 專用頻段，可能會有干擾議題發生，因此不建議規劃釋出。

(2) 對於專用電信頻段 (GSM-R) 需求的滿足可能性？若採取 Band 20 歐規的方式規劃，將能同時滿足亦為歐規之 GSM-R 之需求 (876-880/921-925MHz)。

上述兩種之規劃方式各有其優缺點，將其整理於下表進行比較。

表 41 800MHz 頻段我國依循美規與歐規之比較

	美規 (Band 26)	歐規 (Band 20)
可規劃釋出頻寬	2×15MHz	2×15MHz
潛在可釋出頻寬	2×5MHz * (Band 26: 829-834/874-879MHz)	2×5MHz ** (Band 8: 880-885/925-930MHz)
未來可能可釋出頻寬	2×7MHz (Band 27: 807-814/852-859MHz)	--
使用此規劃方式國家	美國、日本、韓國等美國與亞洲鄰近國家	英國、德國、法國等歐洲國家
相關終端設備議題	CA 設備起步較慢，近年來韓國業者積極提出歐美混規之 CA 組合	與我國目前釋出與即將釋出之頻段類型一致，CA 設備等較完善
專用電信需求滿足與否	無法保留 GSM-R 頻段於專用電信使用	可以保留 GSM-R 頻段於專用電信使用
待釐清議題	* Band 26 與 Band 8 之所需 Guard Band	** 922-928MHz 現為 ETC 利用頻段

資料來源：本計畫整理

若選擇美規 Band 26 之規劃方式，將可至少釋出 2×15MHz 之頻段，且未來有 Band 27 規劃之可能性；相較於歐規之可利用頻寬來得多。此外，若考慮鄰近國家之頻譜配置方式，過去於 800MHz 頻段上使用 CDMA2000 之亞洲國家，持續延續美規方式規劃為多。因此，研究團隊初步建議依循美規方式，可能較適合我國現況；不過未來於美規及歐規間的選擇仍有些許議題需求釐清，建議未來再持續進行相關議題探討，以提出更利於我國行動通訊發展且適合我國之規劃方式。

(二) 1900MHz頻段後續規劃探討與建議

3G TDD 頻段 2010-2025MHz (band 34) 原本預計用於紓解 2.1GHz FDD 頻段流量，但是國際上陸續出現其他的 FDD 頻段滿足了紓解流量需求，且 TDD 的發展稍微延遲，因此該頻段遲未被利用。

對於 3G TDD 頻段遲未有應用的情況，不僅發生在台灣，其他國家也面臨相同狀況。1900-1920 MHz (Band 33) 與 2010-2025 MHz (Band 34) 從 1999 年起就保留供 UMTS 用途使用，許多國家釋出執照，但是遲未使用。目前 European Commission 要求 CEPT 研究 1900-1920 MHz (Band 33) 與 2010-2025 MHz (Band 34) 的替代應用。Low power use 與 D2D 是應用方向，但是目前仍然沒有市場支援。

表 42 CEPT 研究 1900-1920 MHz 與 2010-2025 MHz 的替代應用

可能用途	概要
Low power use, 5 MHz channels	<ul style="list-style-type: none"> ■ 此規劃延續 3GPP 規格，問題在於是否有足夠的市場支撐。 ■ 該頻段可以作為一般的商轉頻段也可以思考供 femto cells 使用，改善室內覆蓋率與 capacity。 ■ 以 LTE rel-10 技術在下載可達 30bps/Hz，上傳可達 15bps/Hz 來計算，5MHz 頻寬下一個家用小型基地台可提供一個家庭 150Mbps 的下載速度。
Low power, wideband use	<ul style="list-style-type: none"> ■ 另一個應用可能是 1900-1920 MHz 作為一個 20MHz 的 LTE channel，2010-2025 MHz 作為一個 15MHz 的 channel。 ■ 此應用可以作為 hot spots 的 offloading 之用。
Device to device connectivity	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3GPP 已針對該頻段制定 proximity-communications 的規格，可用於商業、社會、network offloading、公共安全等用途。

資料來源：NSN，本計畫整理

此外，國際上對 1900-1920 MHz 與 2010-2025 MHz 有些提案，主要為搭配其他頻段成 FDD 規格，但目前仍在提案階段。

1980-2010/2170-2200MHz 之前已分配為 IMT-2000 頻段，供 mobile-satellite service (MSS) 用途使用。在歐洲、韓國、日本等國家有實際的運用。如下圖所示，目前 GSMA 與 ITU-R 有收到一些提案，將 1980-2010 / 2170-2200 MHz、Band 33 (1900-1920 MHz) / 34 (2010-2025 MHz) 與 2090-2110/2170-2200 MHz 結合成為一連續的上下行頻段，如下圖可能性 (1)。也有

提案提出 2090-2110 與 2200-2215 MHz 可以和 Band 33/34 搭配

為上下行頻段，如下圖可能性(2)。另外一種規劃方式則是 Band

33 與 34 維持現行 TDD 方式規劃，如下圖可能性 (3)。

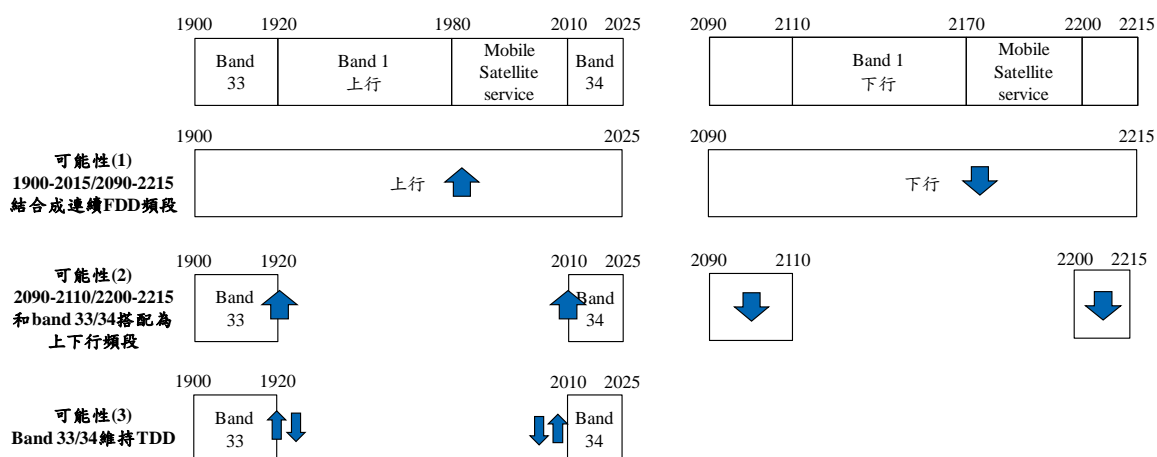


圖 87 1900-1920 與 2010-2025 MHz 未來可能的國際規劃

資料來源：華為「White paper on spectrum」

雖然 LTE TDD 近年來商轉國家與網路陸續增加，支援設備持續增加；不過 Band 33 及 34 並沒有成為候選發展之重點頻段，相關的設備與實際商轉應用經驗仍然缺乏。然而，涵蓋 Band 33(1915-1920MHz)之 Band 39 (1880-1920MHz)頻段，中國業者中國移動利用 Band 39 提供 LTE TDD 服務。因為中國之商轉，市場上有 Band 39 之支援設備，但 Band 33/34 皆缺乏。

於 3/27 之「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會上，大部分之業者表示贊成在國際上商轉經驗及設備尚未成熟時，先暫緩對於 3G TDD 之釋出。

表 43 我國各業者對 3G TDD 頻段規劃看法

對 3G TDD 頻段規劃暫緩釋出之看法					
贊成 暫緩 釋出	中華電信	台灣大哥 大	亞太電信	國基電子	諾基亞通 信
	3G TDD 頻 段看起來 短期內 ecosystem 仍未發展 完備，應先 保留	3G TDD 的 band 39 技 術並不成 熟，不應釋 出	對於 3G TDD 並沒 有特殊意 見	3G TDD 的 部分因為 商轉經驗 及終端設 備的不 足，贊成先 不釋出	3G TDD 目 前沒有充 足的設備 及終端，贊 同目前之 規劃暫緩 釋出
反對 暫緩 釋出	台灣之星				
	3G TDD 設備及終端雖然現在以中國產品為多，設備的部分以中興華為的為主，可能會有國安上的問題。不過就終端手機的角度來看，只要想要進入中國的都會有支援，因此認為能釋出就可以先釋出；但須注意在 TDD 與 FDD 技術間需要保留 5MHz 的 Guard Band				

資料來源：3/27「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會，本研究製作

綜合上述，由於目前 Band 34 (2010-2025MHz)目前沒有設備，香港 2.1GHz 屆期規劃亦將本頻段納入探討，諮詢結果決議收回。建議我國於執照屆期後保留 Band 34 暫不釋出。而 1915-1920MHz 屬於 Band 33、39 頻段，目前 Band 33 亦缺乏設備，而已有業者於 Band 39 商轉 LTE TDD，但整體商轉經驗以及生態系統尚未成熟，若改為 Band 39 規劃，後續將會持續關注國際上動態，以提供最適合我國之後續規劃方式。規劃如下圖所示。

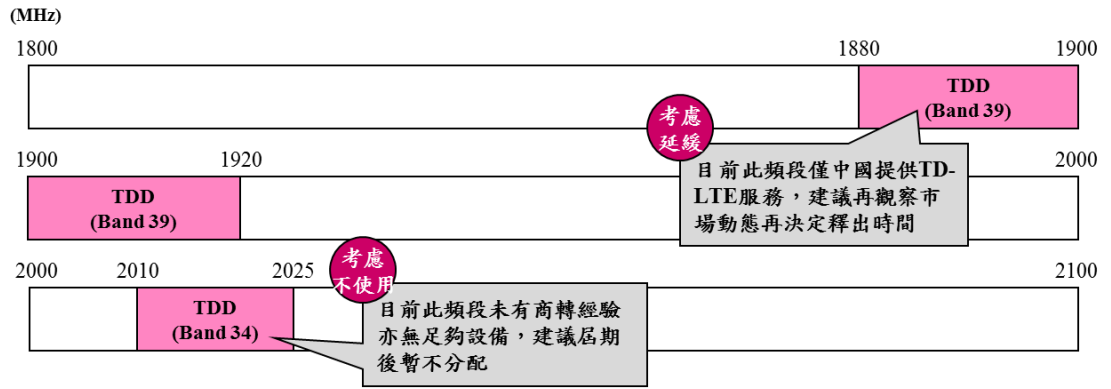


圖 88 3G 屆期頻段(3G TDD)之釋出規劃建議

資料來源：本計畫製作

(三) 2.1GHz 頻段後續規劃探討與建議

我國過去以歐規 Band 1 釋出 2.1GHz 頻段，如前面章節所說明的，Band 1 過去為國際間主要的 3G 頻段，近年來隨著國際間 3G 即將面臨屆期或各國開放 4G 服務之商轉，陸續出現 4G 之商轉經驗，且整體而言目前支援 Band 1 之 LTE FDD 設備數豐富，生態系統堪稱完備，預期未來為商轉 4G 之重要頻段。

歐盟委員會已於 2012 年 11 月通過 2.1GHz 頻段 Refarming 作為 4G 服務使用。英國亦 2013 年 7 月 9 日公告通過變更，開放 2.1GHz 進行 4G，將不再受限於 Ofcom 現有的 3G 相關技術授權範圍內。而日本、韓國、澳洲等國亦有些業者將過去使用的 3G 技術提升為 4G 技術提供服務。

除了國際上規劃趨勢的掌握外，為了解未來設備支援狀況，研究團隊亦從 Carrier Aggregation 的面向進行確認。如下兩張表所示，標示出與我國目前釋出之 Band 1、Band 3、Band 8、Band 28 與即將釋出之 Band 7 互相聚合之歐規 Band 1 或美規 Band 4 的組合。

表 44 於 2.1GHz 頻段提案載波聚合之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	提案業者
Band 4	Band 17	AT&T
Band 4	Band 13	Verizon
Band 4	Band 12	Cox Communications, Cellular South, US Cellular
Band 4	Band 5	AT&T
Band 4	Band 7	Rogers Wireless
Band 4	Band 29	AT&T
Band 2	Band 4	TMO-US
Band 4	Band 12	TMO-US
Band 4	Band 27	NII Holding
Band 1	Band 7	LGU+
Band 1	Band 18	KDDI
Band 1	Band 19	NTT DoCoMo
Band 1	Band 21	NTT DoCoMo
Band 1	Band 3	China Unicom, China Telecom
Band 1	Band 8	Softbank
Band 1	Band 11	Softbank
Band 1	Band 26	KDDI
Band 1	Band 42	NTT DoCoMo
Band 1	Band 40	KT (WIP)

資料來源：3GPP，本計畫製作

表 45 於 2.1GHz 頻段提案 LTE 三頻段載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	使用頻段 3	提案業者
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 5 (850M)	SK Telecom
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 8 (900M)	KT
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 19 (800M)	NTT DoCoMo
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 20 (800M)	Vodafone
Band 1 (2.1G)	Band 5 (850M)	Band 7 (2.6G)	LGU+
Band 1 (2.1G)	Band 7 (2.6G)	Band 20 (800M)	Vodafone
Band 1 (2.1G)	Band 19 (800M)	Band 21 (1500M)	NTT DoCoMo
Band 1 (2.1G)	Band 42 (3.5G)	Band 42 (3.5G)	NTT DoCoMo
Band 2 (1900M)	Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 4 (1.7G/2.1G)	TMO-US
Band 2 (1900M)	Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 5 (850M)	US Cellular
Band 2 (1900M)	Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 13 (700M)	Verizon Wireless
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 12 (700M)	TMO-US
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 13 (700M)	Verizon Wireless
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 5 (850M)	Band 12 (700M)	US Cellular
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 5 (850M)	Band 30 (2.3G)	AT&T
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 12 (700M)	Band 12 (700M)	AT&T
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 12 (700M)	Band 30 (2.3G)	AT&T
Band 4 (1.7G/2.1G)	Band 29 (700M)	Band 30 (2.3G)	AT&T
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 26 (850M)	China Telecom
Band 1 (2.1G)	Band 18 (800M)	Band 28 (APT700)	KDDI
Band 1 (2.1G)	Band 41 (2.5G)	Band 41 (2.5G)	KDDI
Band 1 (2.1G)	Band 3 (1.8G)	Band 5 (850M)	SK Telecom

資料來源：本計畫製作

從截至 3GPP Release 13 的提案來看，歐規之 Band 1 與美國之 Band 4 之載波聚合組合皆十分豐富。然而，若從我國目前已釋出及將釋出頻段之角度來看，與 Band 1 之 CA 組合較多。此外，亦有些與未來潛在規劃之頻段之 CA 組合已於國際上提案討論，例如：與 800MHz 頻段上的 Band 5、Band 20、Band 26

等，及與未來候補使用之 3.5GHz 頻段之載波聚合。

於 3/27 之「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會上，大部分之業者表示贊成 2.1GHz 將過去保留給數位式低功率無線電話業務之 5MHz (1975-1980 / 2165-2170MHz) 納入，以完整的 2×60MHz 的 band 1 方式釋出。同時，為使頻段擁有較高的頻譜效率，建議以大頻寬進行切分。

表 46 我國各業者對 2.1GHz 頻段規劃看法

對 2.1GHz 頻段規劃為 2×60MHz 之 Band 1 方式釋出之看法			
中華電信	台灣大哥大	遠傳電信	亞太電信
2.1GHz 部分贊成整合後釋出	2.1GHz 同意納入 PACS 之頻段整合後釋出。提議 2.1GHz 可以分為 3 個 2×20MHz 的方式釋出	2.1GHz 部分，PHS 的 1975-1980MHz 納入以 Band1 方式釋出為國際接軌，為很好的規劃方式	2.1GHz 頻段，贊成將 PHS 的 5MHz 納入一並釋出
台灣之星	國基電子	諾基亞通信	
對於 2.1GHz 之規劃沒有意見	2.1GHz 贊成使用完整的 2×60MHz 方式釋出	2.1GHz 的部分無另外建議。目前 2.1GHz 與國際的 Band1 標準相同，且有充足的設備	

資料來源：3/27「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會，本研究製作

2.1GHz 部份，歐規之 Band 1 為 1920-1980 / 2110-2170MHz，共 2×60MHz。我國過去為低功率無線電話業務保留 1975-1985MHz；但依照我國現況，未來將沒有此規劃需求。另一方面，如上一節所提到的 1.9GHz 頻段之後續處理，因國際上整體商轉經驗及支援設備尚未成熟，考慮暫緩釋出，因此與 1.9GHz 頻段間的 Guard Band 暫不需要。因此可考慮將加入保留的 2×5MHz，以完整的 Band 1 (1920-1980 / 2110-2170MHz) 規劃後續釋出，如下圖所示。

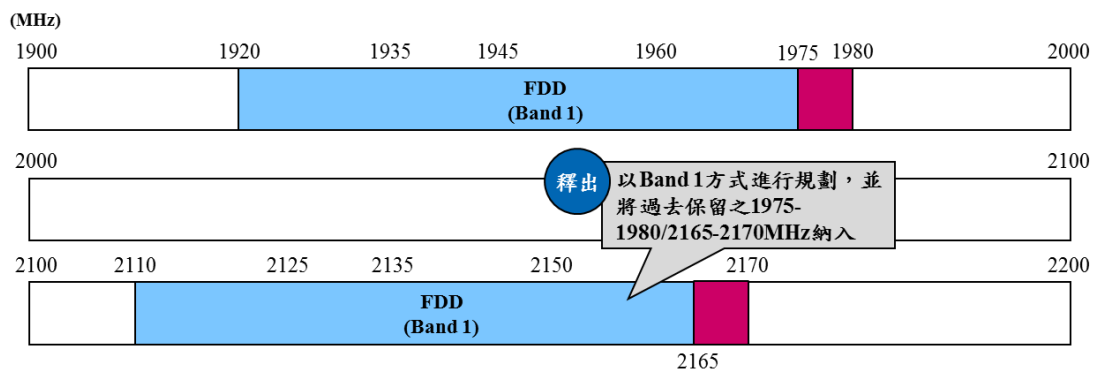


圖 89 3G 屆期頻段(2.1GHz)之釋出規劃建議

資料來源：本計畫製作

(四) 各國3G頻段後續處理方式彙整

3G 頻段於國際上各國亦即將面臨頻段屆期之時期，為進行我國 3G 頻段屆期後續處理之規劃，研究團隊於本次專案中，調研國際上已面臨 3G 頻段屆期或正在處理屆期頻段之國家，掌握國際趨勢並分析出對於我國較適當之處理方式。

1. 2.1GHz 各國屆期處理

2.1GHz 頻段各國多採用技術中立釋照，歐盟委員會也要求會員國解除 3G 條件限制。目前香港公告後續規劃並於 2014 年年底完成重新拍賣一事。其餘各國尚未開始屆期討論，而多數國家並沒有在當初釋照條件中說明可否展延執照。

表 47 2.1GHz 各國屆期處理

國家	技術限制	執照發出時間/ 屆期時間	可否延照	屆期前之規劃討論
美國	技術中立	2006/2019-2024	未說明	尚未展開
日本	技術中立	2000/未規定(審 議制)	未說明	尚未展開
澳洲	技術中立	2001/2017	若主管機關同 意，則既有業者可 繼續展延 15 年	預計 2015 年討論屆期處理
英國	技術中立	2000/2021	未說明	Ofcom 於 2013 年 2 月 1 日公開 諮詢 900MHz、1800MHz、 2.1GHz 頻段可提供 4G 服務 之可能。已於 3 月 29 日結 束，7 月 9 日公告通過變更， 開放 2.1GHz 進行 4G(即:LTE/WiMAX 服務)， 將不再受限於 Ofcom 現有的 3G 相關技術授權範圍內。
新加坡	限用 3G	2000/2021	IDA 可根據市場情 況決定是否展期	尚未展開
香港	技術中立	2001/2016	既有業者保有 2/3 頻段之優先選擇 權	將釋出 1/3 之頻段進行重新 拍賣，已於 2014 年 12 月完 成拍賣
韓國	技術中立	2000/2015-2016 (40MHz) 2011/ 2021(20MHz)	未說明	將於 2016 年回收該頻段 (40MHz)

*歐盟委員會已於 2012 年 11 月通過 2.1GHz 頻段 Refarming 作為 4G 服務使用

資料來源：各國主管機關網站，本計畫製作

2. 澳洲 3G 屆期處理規劃與現況

澳洲 ACMA 於 1998 年 8 月、1998 年 9 月、1999 年 5 月、2001 年 2 月，將 825-845/870-890MHz 頻段依照地域特性劃分為城市、區域共兩類執照，分次拍賣給電信業者作為 PCS 服務使用，最後由 Telstra 和 Vodafone Australia 兩家業者獲得，該執照將於 2013 年 6 月到期。然而，the Minister for Broadband 於 2012 年 2 月 10 日宣布，800MHz 頻段於屆期之後重新發照給既有業者，若既有業者不同意支付或無法支付重新發照之頻譜使用則該頻段需重新拍賣。

而澳洲面臨 2.1GHz 之頻段亦將於 2017 年屆期，目前正在考慮將執照展延 15 年。由既有頻段使用業者提出展延意願，若主管機關同意，則既有業者可繼續展延 15 年。詳細處理預計於 2015 年第二季討論及執行。

3. 香港 3G 屆期處理規劃與現況

香港於 2001 年啟用之 1.9GHz-2.2GHz 內的 2x59.2MHz 的成對頻段，由香港移動通訊有限公司(CSL)、Sunday 3G (HK) Limited (現為 Hong Kong Telecommunications Limited, HKT)、和記電話有限公司(Hutchison Telecom)及數碼通電訊有限公司(SmarTone)分別擁有 2x14.8 的成對頻段。當時界定執照期限 15 年，將於 2016 年 10 月 21 日屆期。

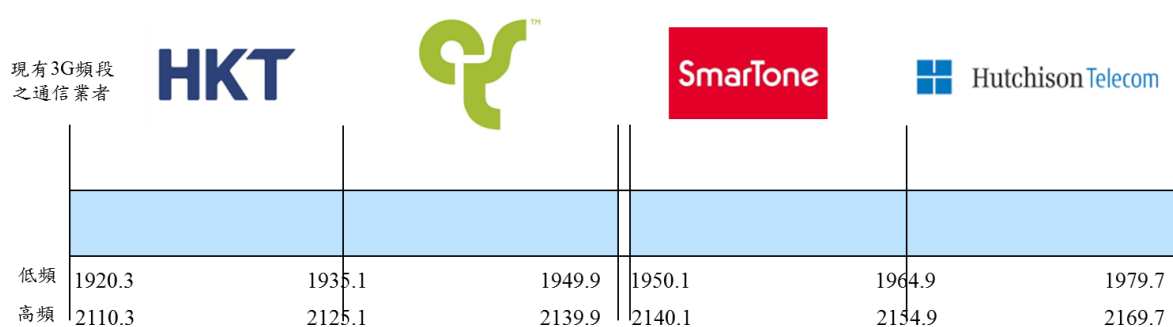


圖 90 香港 3G 業務頻段分配現狀

資料來源：OFCA，本計畫製作

為決定屆期後之處理方式，並提供電信業者 3 年的事前通知準備時間，香港於 2012 年開始進行兩次之公眾諮詢，並聘請顧問做研究，於 2013 年 11 月 15 日由香港通訊事務管理局與商務及經濟發展局局長發出公告聲明，說明後續之處理方式。

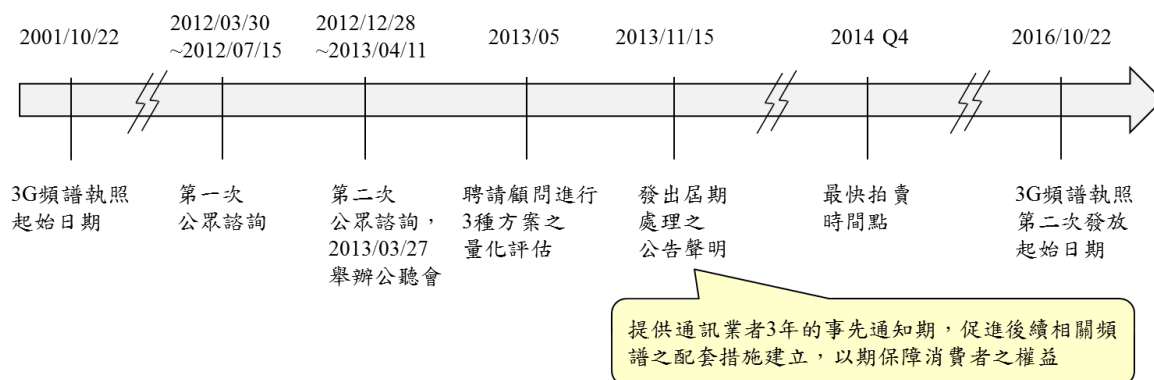


圖 91 香港 3G 業務頻段屆期規劃處理時程

資料來源：OFCA，本計畫製作

根據通訊事務管理局辦公室最初提出三種不同的方案，進行公眾諮詢以蒐集大眾對三種方案的看法，並聘請顧問進行量化評估，三種方案之細節如下圖。

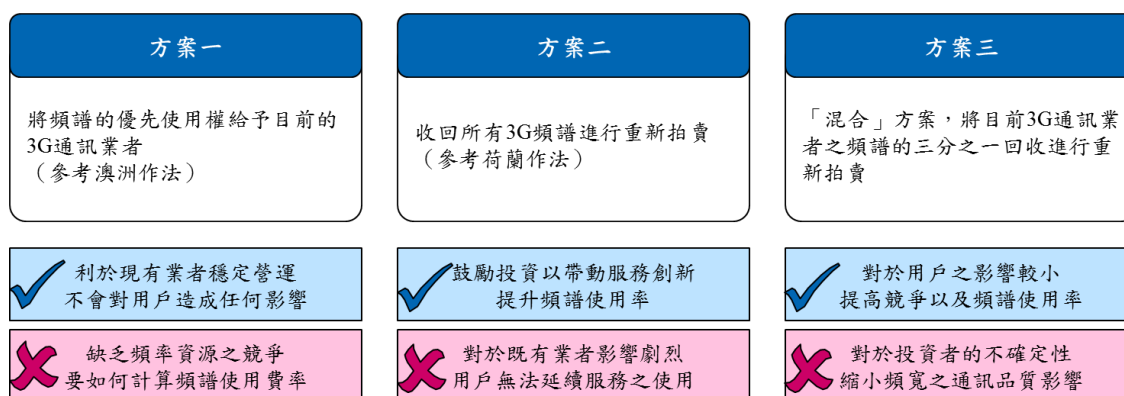


圖 92 香港 3G 業務頻段屆期三種候選規劃方式

資料來源：OFCA，本計畫製作

為確保客戶服務的延續性、促進有效之競爭環境、提升頻譜之使用率，並鼓勵投資與推廣創新服務，香港通訊事務管理局與商務及經濟發展局局長於 2013/11/15 發出之聲明表示將採

用行政指配間市場主導的「混和方案」來進行 3G 頻譜後續之處理。針對優先選擇之頻譜價格訂為 6,600 萬港幣/MHz(2016 年之預估水準)或重新拍賣頻譜之每 MHz 使用費中高者，但上限為 8,600 萬港幣；並集合供拍賣之 4 個頻段(2x4.9MHz)及不行使優先權之優先權頻譜，一併透過拍賣指派。不論是既有業者或新進業者，皆受 2x20MHz 的頻譜上限規定。

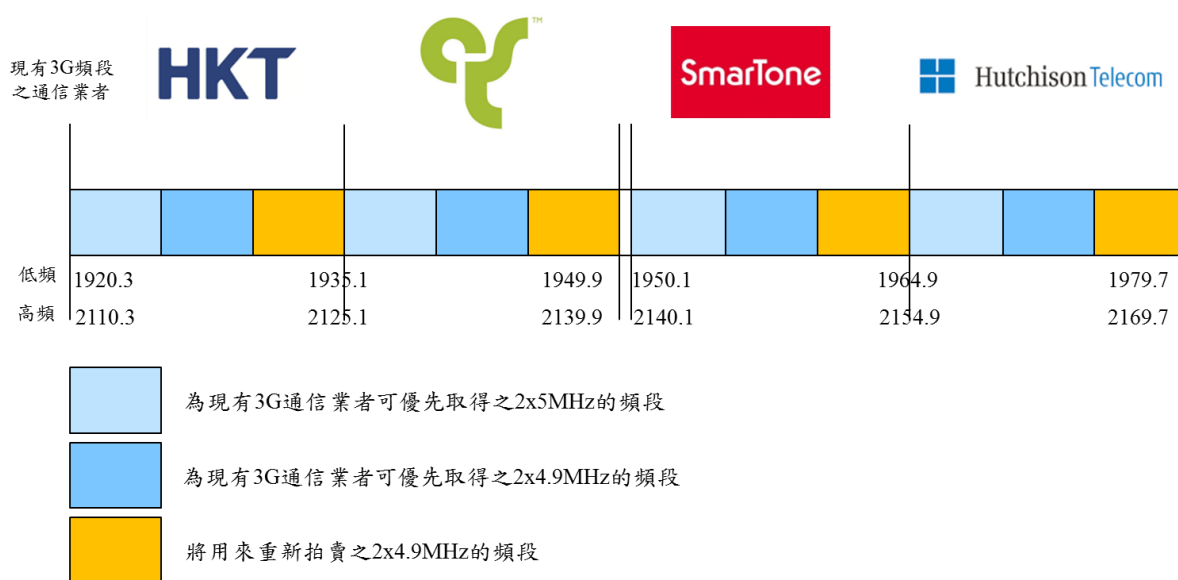


圖 93 香港 3G 業務頻段屆期 2013 年 11 月 15 日公告釋出方案

資料來源：OFCA，本計畫製作

然而，2014 年 4 月通訊事務管理局同意香港電訊有限公司（即 HKT 的母公司）收購 CSL New World Mobility Limited（即香港移動通訊的母公司）。HKT 承諾會交出一共 29.6MHz 的 2100MHz 頻譜，並承諾不參與 3G 頻譜拍賣。

2014 年 8 月，HKT、和記及數碼通行使優先權獲得重新

指配之 69.2MHz 頻譜，如下圖整理為實際拍賣之頻段，一共分為 5 個頻段。其中，2x5MHz 之頻段底價為 480,000,000 港幣，2 x 4.9MHz 之頻段底價為 470,400,000 港幣。

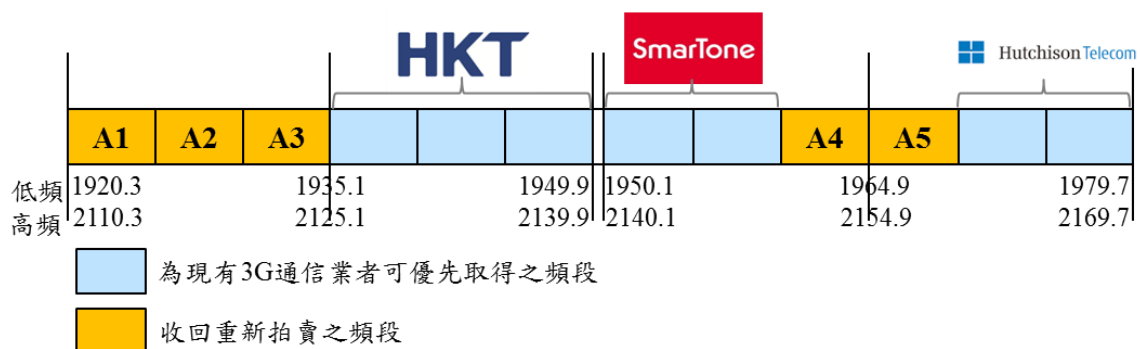


圖 94 香港 3G 業務頻段實際拍賣頻段

資料來源：OFCA，本計畫製作

同年 12 月，完成剩餘 49.2MHz 之頻段之重新拍賣，結果如下表整理。其中，和記於拍賣中取得既有之 A5 頻段；數碼通除了既有之 A4 頻段外，更多取得 A1 頻段；中國移動香港則藉由此次拍賣，正式取得 3G 之頻段。各業者新取得之頻段將於 2016 年 10 月 21 日屆期後之隔天生效。

表 48 香港 3G 業務頻段拍賣結果

頻段	得標廠商	費用(百萬港幣)
A1	數碼通	510
A2	中國移動香港	470.4
A3	中國移動香港	500
A4	數碼通	470.4
A5	和記電話	470.4

資料來源：OFCA，本計畫製作

(五) 小結

綜合以上之探討與分析，下圖為初步對於我國 3G 屆期頻段後續之規劃建議方向。針對 3G TDD 頻段及 PHS 頻段，因市場上生態系統之設備仍缺乏且未有足夠商轉經驗，建議先行保留，待國際上規劃方向更加明確再進行規劃。針對 2.1GHz 頻段則建議加入過去保留之 1975-1980MHz/2165-2170MHz 之 2 × 5MHz 延續歐規用 band 1 規劃。然而，800MHz 頻段目前針對歐規及美規進行比較，初步建議依循美規，但後續建議持續關注國際上處理之方式以及相關支援設備的發展狀態，再進行更進一步的探討以做出最適合我國電信市場的規劃方式。

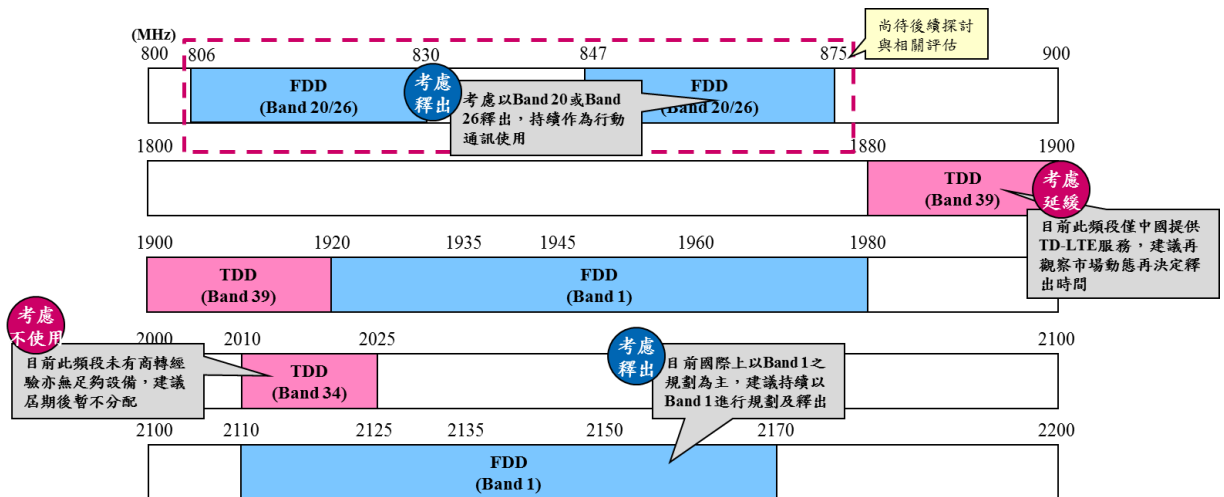


圖 95 我國 3G 頻段初步後續規劃建議

資料來源：本計畫整理

另一方面，執照屆期後對於既存 3G 用戶之服務延續以及

4G 用戶之語音通話服務之延續，亦為屆期處理中重要之議題。

目前 VoLTE 等相關 LTE 相關之語音應用服務於國際上仍於剛起步的階段，相關之整合仍有待各國之間、各電信業者間之討論與協議。因此，屆期後的執照處理方式建議除了參考國際間不同之處理方法外，應考慮對於我國消費者之服務延續性，以制定適合我國之屆期處理方式。

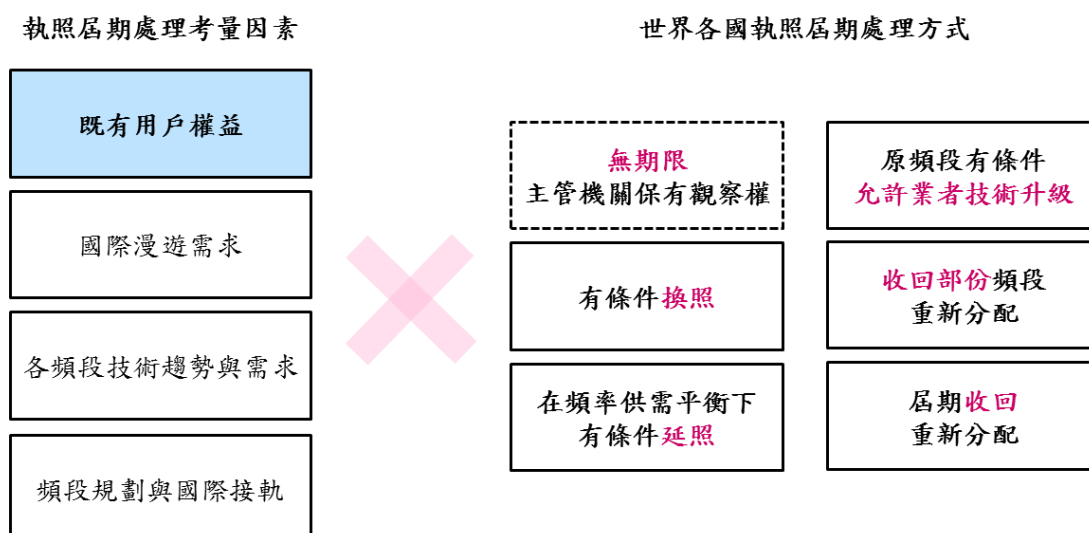


圖 96 我國 3G 執照屆期處理方式評估

資料來源：本計畫整理

參考香港於 3G 屆期處理的案例，有三種方式可以考慮：

- 方案一：重新拍賣：收回所有頻段重新拍賣；
- 方案二：重新釋照：既有業者擁有優先選擇使用權；
- 方案三：部分優先釋照：既有業者擁有部分頻段優先選擇權。

若採用第一種方案，將所有 3G 頻段收回重新進行拍賣，與過去處理 2G 執照的情況相同，我國於 2013 年進行 2G 頻段 900MHz 與 1800MHz 之重新拍賣。因為全數回收重新拍賣，造成既有業者希望標回原先使用之頻段，但最後有些事與願違之情況發生，亦導致對於 4G 服務之建設與商轉必須等到 2017 年 6 月 2G 執照到期後方可進行。

若欲採用第二種或第三種方案，讓既有業者保有對現有 3G 頻段之優先選擇權。然而，根據我國預算法第 94 條「配額、頻率及其他限量或定額特許執照之授與，除法律另有規定外，應依公開拍賣或招標之方式為之，其收入歸屬於國庫」，就目前之法律訂定條件下，方案二與方案三尚須相關法律與規範之制定方可提供既有業者頻段之優先選擇權。但若透過上述兩種方案，便可避免業者無法標回自身既有頻段，亦可確保各家業者仍能持有部分頻段提供使用者 3G 的語音服務。

此外，若未來將 800MHz 與 2.1GHz 等 3G 頻段均列入行動寬頻業務執照管理範圍內，根據行動寬頻業務管理規則第 18 條「競價者除受前項總頻寬限制外，各頻段得標之頻寬應符合以下規定：一、700MHz 頻段之上限為上下行各 20MHz。二、900MHz 頻段之上限為上下行各 10MHz。三、前二款頻段之上

限合計為上下行各 25MHz。」規定各業者於各頻段得標之頻寬不得超過該頻段頻寬的三分之一，且不得擁有超過三分之一的低頻（小於 1GHz）頻段。同行動寬頻業務管理規則第 83 條第 4 款「受讓方受讓後之 700MHz 及 900MHz 總頻寬逾行動寬頻業務 700MHz 及 900MHz 頻段總頻寬之三分之一，將不予核准業者間頻譜使用權之轉讓。」，現行管理規則對於各頻段及低頻之頻寬取得總額限制亦為面對 3G 屆期執照處理應考慮之議題。

在研究團隊與各家業者進行訪談時，有些業者表示此部分之限制會帶給屆時重新釋照時許多不確定因素，因目前各家業者均有 2×10MHz 至 2×25MHz 不等之低頻頻段，特別是目前 800MHz 之擁有者亞太電信，該業者目前已經擁有 2×25MHz 之低頻頻段，若對於低頻之規定仍存在的話，亞太電信將無法參與 800MHz 頻段之釋出。因此，對於低頻頻段三分之一的限制建議應重新審視並調整，避免排除既有業者對於 800MHz 頻段競標之可能性。

根據上述原因，研究團隊認為，頻段執照屆期的後續處理辦法及日程應及早明定。針對我國 3G 頻段執照將於 2018 年底屆期，參照現行法規，除第三代通信業務管理規則第 48 條「特

許執照之有效期間為自核發日起至民國一〇七年十二月三十一日止，屆滿後失其效力。前項特許執照有效期間屆滿時之處理方式，由主管機關另定之。」外，並無其他法源指向屆期後續處理之行動依據。此一現象常造成主管機關在頻率管理時欠缺明確之參考，亦可能造成其與業者間之爭議，降低業者投資信心。

為改善此一現象，除於執照發放時便明定詳細日程細節外，亦可提前公布屆期後續執行時程，並以公開諮詢之方式檢討執照到期後續處理。此處可參考國際上許多標竿先例：

1. 香港的電信主管機關 OFCA 於 2007 年訂定之無線電頻譜政策框架 (Radio Spectrum Policy Framework, April 2007)，4.2 條明定：「頻譜執照屆期時，並無任何法律依據規範其後續處理是否為執照更新或是重新標售。主管機關在審慎評估並決定後續處理方案前，應予屆期前合理的時間內知會各執照擁有者」；並在 2008 年 1 月進一步公告，其提前通知時間為三年以上。因此，其 3G 執照屆期 (2016 年 10 月) 之公開諮詢文件於 2012 年 3 月發表，並經由兩次之公眾諮詢及聘請顧問做研究，最終於 2013 年 11 月 15 日公告其「混和型」3G 頻譜後續之處

理。

2. 澳洲電信主管機關 ACMA 在其 Radiocommunications Act 1992 文件 Part 3.2, Division 4 中明定，ACMA 需在某一頻段之執照到期兩年內提供未來該頻段之規劃草案；頻譜執照現任擁有人可提出延照申請，經主管機關提供的標準評定業者是否合格，且延照是否符合公共利益；審核通過後，應由主管機關主動向執照更新申請者進行報價。而若頻率利用之核心原則與先前執照有不同，主管機關 ACMA 需以書面方式通知執照更新申請者 (Section 82-(4))。

3. 其他國家如：法國郵電法規中規定，執照屆期後續處理程序至少要在屆期 2 年前進行展開；英國則在 2G 執照部分未明定效期並得由英國通訊管理局得撤回執照，但須至少 1 年前告知業者。

鑒此，研究團隊建議主管機關於一普遍性法條中明確規範執照屆期前時程規範，包含屆期後頻譜收回或執照更新的公布日程，俾利主管機關在頻譜執照屆期後續規劃上早期與業者取得共識。

總結上述，除了對於 3G 屆期頻段進行頻段之規劃，研究

團隊亦建議相關主管機關儘早著手進行後續處理之規劃，以及
相關配套措施之訂定。

(六)「我國3G頻段屆期後續規劃探討」座談會

本年度的重點研究項目之一係進行我國 3G 頻段屆期後續規劃，將探討於民國 107 年執照將屆期的 3G 頻段，後續之頻譜規劃與釋照方式。然而，為使本議題之討論能夠更臻完善，俾使作為本年度政策制定內容之參考，本研究團隊召開座談會，聚集產官學各界先進共同探討未來頻譜需求計算之方法與結果。座談會資訊如下表：

表 49 「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會會議資訊

時間	2015 年 3 月 27 日（五）14：00～16：30
地點	集思交通部會議中心 2 樓活動式會議室（台北市中正區杭州南路一段 24 號）
議程	13：30～14：00 報到 14：00～14：30 本計畫簡報 14：30～16：30 議題討論 16：30～ 散會

資料來源：本計畫製作

參加單位如下表。本次座談會邀請政府機關、學術界、協會組織、電信業者及設備廠商，提供意見並共同參與討論。

表 50 「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會參加單位

政府機關	交通部郵電司、國家通訊傳播委員會
學界	元智大學通訊工程學系
協會組織	台灣電信產業發展協會、消費者文教基金會資通訊委員會
電信業者	遠傳電信股份有限公司、亞太電信股份有限公司、國基電子股份有限公司、台灣大哥大股份有限公司、台灣之星電信股份有限公司、中華電信股份有限公司
設備廠商	聯發科技股份有限公司、台灣愛立信股份有限公司、美商高通國際股份有限公司、台灣諾基亞通信股份有限公司

資料來源：本計畫製作

而為了使討論有效率地進行，研究團隊擬定了下列討論綱要及細部議題，與參與長官業者交換並徵詢意見。

表 51 「我國 3G 頻段屆期後續規劃探討」座談會討論議題

1. 800MHz 頻段屆期後釋出規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 考慮消費者權益、既有業者權益、國際接軌、生態系統、產業發展等因素，對於我國 800MHz 頻段後續規劃之建議與原因： <ul style="list-style-type: none"> ● 選項一：依循美規 Band 26 釋出 815-830/860-875MHz。 ● 選項二：改為歐規 Band 20 釋出 806-821/847-862MHz。
2. 2.1GHz 頻段屆期後釋出規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 對於將過去保留給 PHS 之 1975-1980MHz 納入，以完整 2×60MHz 之 Band 1 方式釋出，以及其後續頻段切分方式之建議與原因。
3. 3G TDD 頻段屆期後釋出規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 從國際商轉經驗與設備成熟之面向來看，是否同意暫時不將 3G TDD 頻段釋出。
4. 後續釋出相關規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 各國針對 3G 頻段屆期後處理方式有不同作法，對於我國應採取方式之建議與原因： <ul style="list-style-type: none"> ● 選項一：全部頻段繳回重新拍賣（如：荷蘭） ● 選項二：既有業者保有取得頻段之權力（如：澳洲） ● 選項三：既有業者保有取得部分頻段之權力（如：香港） ■ 於 3G 屆期頻段釋出的同時，是否有其他期望一起釋出之頻段？

資料來源：本計畫整理

整體而言，各家業者對於 3G 屆期之議題都表示高度的關注，並熱烈表達意見：

針對 800MHz 頻段研究團隊提出之兩種規劃（美規或歐規），均有設備商或電信業者表示支持。根據我國 700MHz 及 900MHz 之規劃有不同之意見，同時亦有設備商提供未來於設備上可能會遇到的問題或相關未來之願景。

針對 2.1GHz 及 3G TDD 頻段之後續處理，大致贊同研究團隊提出之建議，將 2.1GHz 以完整之 Band 1 釋出，同時暫緩對於 3G TDD 頻段之釋照。

而針對後續釋出之看法，從 VoLTE 的發展進程來看，業者們表示到 2018 年屆期時 VoLTE 可能仍尚未成熟也無法支援所有的消費者，此部分應納入未來執照釋出之考量中。

座談會中對於 800MHz 之詳細意見請詳見下表：由於目前我國於 700MHz 及 900MHz 的頻段釋出，現階段看起來 Band 20 的歐規除了 2×15MHz 外，Band 8 有機會往下延伸 5MHz；而 Band 26 之美規，為保留與 Band 8 之間的 Guard Band 近期只能釋出 2×15MHz，但往 800MHz 的更低頻走的 Band 27，未來亦有發展之可能性。不過，業者間亦提出了我國在 700, 800, 900MHz 面臨 APT700、美規及歐規的混合，對於未來 CA 設備

之潛在議題及互相可能發生的干擾議題。

表 52 座談會意見整理：800MHz 頻段屆期後釋出規劃

1. 800MHz 頻段屆期後釋出規劃：	
諾基亞通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對 800MHz 頻段歐規 band 20 以及美規 band 26 的選擇，由於 band 20 目前有較多的支援終端，且 band 26 有覆蓋到 LTE band 8 造成影響，諾基亞建議選擇 band 20。
遠傳電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 800MHz 的部分，遠傳認為 band 20 及 band 26 都有多的設備支援，並沒有偏好。惟與國際接軌，不應盲目跟從國際現況，如美規 700 即是一次教訓。
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ 800MHz 的規劃，需要檢討的部分是：在於既有用戶移頻以後，該頻段能夠釋出多少頻寬？若轉為歐規 band 20，band 8 的部分可以多往低頻釋出 5MHz (880-885)；雖然 band 8 多出的 5MHz 短時間內 880-885MHz 其他業者不可用，而對於其鄰近頻段的使用者（台灣之星）效果也有限，但就未來長期考量而言是一利多。 ■ 對於 800MHz 頻段，偏向以歐規 band 20 的方式釋出。原因是除了支援終端多以外，目前我國也以歐規方式釋出了的 band 1、band 3、band 8、band 28，也將要釋出 band 7，因此建議以同類型的 band 來釋出較好。 ■ 800MHz 除須注意 CA 技術的終端支援外，設備上的建設以及干擾情形是實務上非常重要的。太過相近的頻段在基地台共構架設時有實務上的困難，例如亞太 CDMA-2000 與台灣之星 LTE 的基地台在共構時就出過許多問題。APT Report 中，Guard Band 3MHz 是建立在基地台距離 8 公尺的前提下，無法進行共站共構。
聯發科	<ul style="list-style-type: none"> ■ 台灣目前頻譜規劃與使用的狀況偏向歐規為主。因此，從 Carrier Aggregation 技術方面考慮時，未來或許會有風險存在。因為雖然目前在雙載波聚合(2CA)時還可能有歐美規混和如 band1 + band 26，但在未來 3CA 或 4CA 時，可能會有更少的終端及設備支援。 ■ 而在美規 CA 技術的部份，目前支援的依然是以 band 5 為多，band 26 較少。 ■ 回應高通，當討論到 CA 技術的可用性時，除了 3GPP 方面通過的頻率組合提案以外，同時需要考量的是連接終端以及基地台設備的可取得性。

愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在討論 800MHz 頻段釋出時，須注意在 3GPP 規範中的 band 20，其上下行鏈路與常規的安排是顛倒的 (downlink 791-821MHz，uplink 832-862MHz)，此情形可能會造成 FDD 技術上下干擾。 ■ 雖然現在 band 20 支援終端較多，但在探討市場動態時，應著眼未來發展；例如美規 700 (band 12、band 13、band 14、band 17) 較 APT 700 (band 28) 早出現，但後續而言 APT 700 有較好的發展。 ■ 愛立信認為 800MHz 頻段規劃，應以 band 26 為主，或是以 band 5 + band 27，未來會有較多可以分配之頻段，有利未來行動寬頻業務之發展。
亞太電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 800MHz 頻段規劃上，認為 band 20 或 band 26 都是可行的方案。 ■ 目前高階終端的頻段支援均以 iPhone 6 為指標，band 20 及 band 26 均有支援，因此終端可能不會是個問題，基地台的建設也不是問題。而在歐洲目前有 61 個 band 20 在被商轉營運中，目前也有些對於 band 28 之規劃探討，若未來於歐洲 band 28 確實商轉，band 20 與 band 28 的 ecosystem 將會發展更豐富。不過，亞太地區是先釋放 APT 700 頻段，順序不同是一個點需要注意。
國基電子	<ul style="list-style-type: none"> ■ 800MHz 頻段規劃，目前歐美規的 ecosystem 均完整，且均是釋出 2×15MHz，因此兩種規劃方式均可以接受。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 若以 band 20 的上下行 2×15 的頻段規劃 800MHz 頻段使用，會造成 800-900MHz 間其他的頻率無法被利用 (band 20 downlink 上緣在 821MHz，往下會與 APT700 重疊，無法完全使用其 2×30MHz 的頻段規劃)。 ■ 就韓國、日本、澳洲來看，亦有釋出 APT700。日本釋出至 803MHz，同時規劃有 band 18 及 19；澳洲 800~900MHz 看起來也是以 band 26 在規劃。 ■ Band 26 在 2018 年時點雖然因為 Guard Band 保留問題依然可用頻寬只有 2×15MHz，但未來若防止干擾的技術提升後，可以往高頻率擴增 875-880MHz 的 5MHz，或以 band 27 的方式往低頻率方向擴增。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 台灣之星：band 27 的發放會與 APT 700 產生上下鏈干擾的情形，而在 3GPP 的定義中，需要保留的 Guard Band 為 10MHz。
美商高通	<ul style="list-style-type: none"> ■ 雖然同是歐規方式，但台灣的 700MHz 及 800MHz 頻段將會與歐洲狀況不同：歐洲是先釋出 band 20，而近期

	<p>內在檢討 APT 700 的釋出；而台灣所處的亞太地區先釋出 APT 700，再檢討 band 20 的可能性。這會造成未來釋出 band 20 時頻譜可用量減少，而兩者重疊的部分 (791-803MHz) 如何切分將會是一個議題，也是造成台灣與歐洲不同之處。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 除了考慮自身頻段的可用性之外，同時也應該要參考區域現狀，目前亞太地區有大量的營運商利用 APT 700 以及 band 8 提供服務。在區域內做特殊的頻率規劃將可能造成何鄰國的規格不符及干擾問題。 ■ APT Wireless Group Report 53 中界定，CDMA、HSPA 及 LTE 頻段間需要保留的 Guard Band 頻寬為 3MHz。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 台灣之星：APT Wireless Group Report 53 中的 Guard Band 3MHz 的結論是基於許多假設。 ■ 關於 CA 技術歐規+美規結合疑慮，隨著越來越多營運商啟用 CA 技術，3GPP 也每年通過越來越多 CA 頻段組合的提案。由於亞太區域鄰近國家的頻譜規劃中也有許多歐規頻段與美規頻段共存現象，所以高通認為歐規+美規頻段的 CA 組合未來也將有更多選擇。 ■ 回應台灣之星，APT Report 53 中假設的 3MHz Guard Band 在目前已經均被證實是可行的。 ■ 關於 band 26 及 band 28 間的干擾，band 26 的下緣 (814MHz) 及 band 28 的上緣 (803MHz) 之間有足夠的 11MHz。
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在考慮和諧共用以及釋出最大頻寬兩個因素下，800MHz 考慮可以使用 Band 26，不過建議可以考慮與 Band 8 間是否還可以多釋出 5MHz (830-835MHz / 875-880MHz)。 ■ 而針對 band 26 之設備，目前美國、日本及一些亞洲國家都朝著這個方向規劃，因此預期未來 band 26 之 ecosystem 是不會有問題的。

資料來源：本計畫整理

座談會中對於 2.1GHz 之詳細意見請詳見下表：大部分業者均對於將 1975-1980 MHz 之數位式低功率電話的保留頻段於本次屆期一併納入進行釋出。

表 53 座談會意見整理：2.1GHz 頻段屆期後釋出規劃

2.1GHz 頻段屆期後釋出規劃：	
諾基亞通信	■ 2.1GHz 的部分無另外建議。目前 2.1GHz 與國際的 band1 標準相同，且有充足的設備。
遠傳電信	■ 2.1GHz 部分，PHS 的 1975-1980 MHz 納入以 band1 方式釋出為國際接軌，為很好的規劃方式。
台灣之星	■ 對於 2.1 GHz 之規劃沒有意見。
亞太電信	■ 2.1GHz 頻段，贊成將 PHS 的 5 MHz 納入一並釋出。
國基電子	■ 2.1GHz 贊成使用完整的 2x60 MHz 方式釋出。
台灣大哥大	■ 2.1GHz 下方應是 PACS 數位式低功率電話，釋出方法方面贊成整合後釋出。
中華電信	■ 2.1GHz 部分贊成整合後釋出。

資料來源：本計畫整理

座談會中對於 3G TDD 頻段之詳細意見請詳見下表：大部分業者均對於市場上尚未成熟之 Band 33、Band 34 及 Band 39 表示應該暫緩期釋出的時程。

表 54 座談會意見整理：3G TDD 頻段屆期後釋出規劃

3. 3G TDD 頻段屆期後釋出規劃：	
諾基亞通信	■ 3G TDD 目前沒有充足的設備及終端，贊同目前之規劃暫緩釋出。
台灣之星	■ 3G TDD 設備及終端雖然現在以中國產品為多，設備的部分以中興華為的為主，可能會有國安上的問題。不過就終端手機的角度來看，只要想要進入中國的都會有支援，因此認為能釋出就可以先釋出；但須注意在 TDD 與 FDD 技術間需要保由 5MHz 的 Guard Band。
亞太電信	■ 對於 3G TDD 並沒有特殊意見。
國基電子	■ 3G TDD 的部分因為商轉經驗及終端設備的不足，贊成先不釋出。
台灣大哥大	■ 3G TDD 的 band 39 技術並不成熟，不應釋出。
中華電信	■ 3G TDD 頻段看起來短期內 ecosystem 仍未發展完備，應先保留。

資料來源：本計畫整理

座談會中對於後續釋出及其他議題之詳細意見請詳見下表：業者們表示 3G 頻譜未來釋出方式應考慮 3G 用戶之黏著性、消費者之需求以及釋照之公平性。而對於 VoLTE 的發展，設備商們表示技術其實已經成熟，只是相關界接與整合仍有待未來持續協議，因此整體發展時程尚無法有明確的時間點。

表 55 座談會意見整理：後續釋出相關規劃與其他

4. 後續釋出相關規劃：	
諾基亞通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對 3G 頻譜釋出方法沒有意見。 ■ VoLTE 目前的問題並不再設備商的技術可用性問題，而是在於目前漫遊無標準，業者間的服務共存整合有困難，造成可能在 1-2 年內依然難以實用。目前以韓國發展較快。
遠傳電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3G 後續釋出的相關規劃以及未來，需要考慮 3G 用戶的黏著性及移轉的可能性。例如 2012 年 2G 延照時，業者也是積極在做用戶遷移，但效果有限。一些限制還是在於固有營運服務的頻段上是否有難處理的釘子戶存在。
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3G 頻段屆期後續規劃部分，偏向既有業者保留全部或部分頻段的權力，原因在於 4G 未來成長將可能趨緩，未來 3G 用戶或手機數量依然會具有一定規模，估計到 2018 年時仍有 1000 萬隻的 3G 手機依舊被使用。 ■ 另外希望釋出什麼頻段的話，希望是 1800MHz C6 頻段。但是 1800MHz C6 頻段依然可能與 1900MHz 頻段出現干擾問題，需要注意。
愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ VoLTE 目前的停滯與產品成熟度無關，而是在於需整合的介面太多；要推動還是有辦法，只是會有較多整合上的成本出現。 ■ 國際上緊急救難的使用頻段並不一，在設備商方面目前也是遵照國際有在使用的情形走，並無一個一定的標準。日前有情報顯示韓國政府利用 band 28 公開招標做為緊急救難之用途，預計於下半年進行試驗；而歐洲的部分亦有看到將 band 28 中的某段用於公共安全的用

	途。
亞太電信	■ 釋照方面，只要政府秉持公平公正，將配合政府規劃。
國基電子	■ 屆期頻段後續規劃，認為全數重拍可讓各業者取其所需，但就實務經驗上來講較勞民傷財負擔大。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 屆期後續規劃時，各頻段目前散落，價值未必相同。提議 2100MHz 可以分為 3 個 2×20MHz，800MHz 可以 1 個 2×15MHz 的方式釋出。 ■ 業者都一定想拿到大頻寬與自己原有的頻段，這方面需要多考慮；而根據行動頻管理規則第 83 條對於總頻寬及低頻的規定，如：低頻頻譜比例不可超過 1/3 等，也可能影響一些業者（亞太電信）競標的權益。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 雖然釋出之規劃為 NCC 管轄範圍，但如同台灣大哥大提到的，在規劃時就應該考慮頻譜效率，才能有更完善的規劃。
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻譜的需求須從兩個構面來看：製造業（設備商）作為實驗等用途，多需要許多短期可用；而在服務業（營運商）的角度則從使用者用量出發。整個頻譜的需求，應從業者及整個產業角度來看，並不是有什麼可用頻段就先釋出。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 管理機關由於難以得知用戶滿意度、服務品質等，因此難以從業者的角度出發看頻譜需求；而以頻段使用的角度出發，在經濟發展部門如何將短期使用後的結果投入至長期，又是一個問題。

資料來源：本計畫整理

最後，由現場元智大學電信工程系彭松村教授以及交通部郵電司蕭家安科長發表本次座談會會後結語。

彭教授表示政府開放頻譜，並不像國土一樣是賣掉賺錢而已，其中影響到全民的利益，期許未來在規劃頻譜時非常小心，以滿足全民之利益。

蕭科長則以主管機關的角度出發，呼籲各業者積極發表真實的想法，以利未來提供主管機關作為政策規劃時的參考。

表 56 座談會意見整理：會後結語

會後結語	
元智大學電信 工程學系 彭松村 教授	<ul style="list-style-type: none"> ■ 政府開放頻譜，並不像國土一樣是賣掉賺錢而已，其中影響到全民的利益，規劃需要非常的小心。
交通部郵電司 蕭家安 科長	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在座的業者各有不同的意見，但卻感覺不出大家的心裡話。交通部作為頻譜政策規劃案的實行者，其實也是彙整提供行政院建議；但其實還是希望各業者能夠多發表真實的想法，公共場合不方便的話也可以用私底下透過訪談的方式進行溝通。未來還請多多指教。

資料來源：本計畫製作

四、 我國未來頻率供應計畫建議

根據過去與產官學研界探討未來無線電頻譜規劃之考量重點，歸納出以下三大原則：國際接軌、技術中立、等待市場成熟。因此研究團隊認為在建立我國頻率供應計畫的同時，應考慮國際上對該頻段之規格與共識、商轉經驗成熟度及支援該頻段之設備成熟度，以進一步將未來頻率分配分成短中長期三個階段，如下圖。

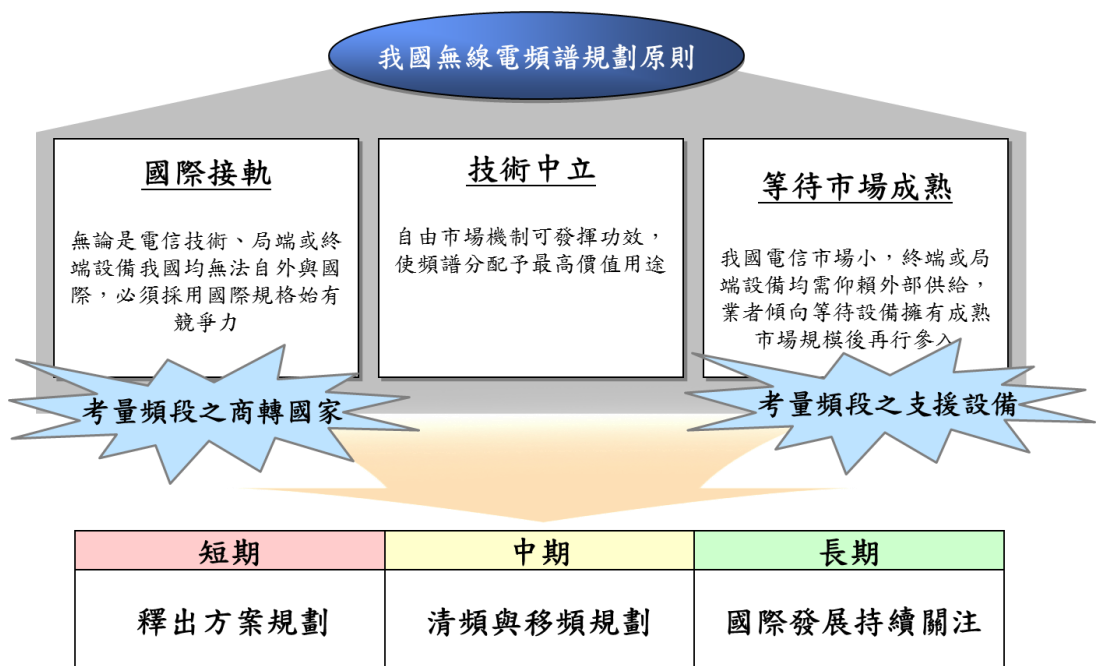


圖 97 我國未來頻率分配短中長期三階段

資料來源：本計畫製作

接下來的章節將針對目前觀察國際上探討熱烈的頻段及相關候補頻段進行我國未來頻率規劃之建議，主要包含：470-698MHz、L-Band、1800MHz 之 C6 頻段、2.3GHz、3.5GHz 進行探討。

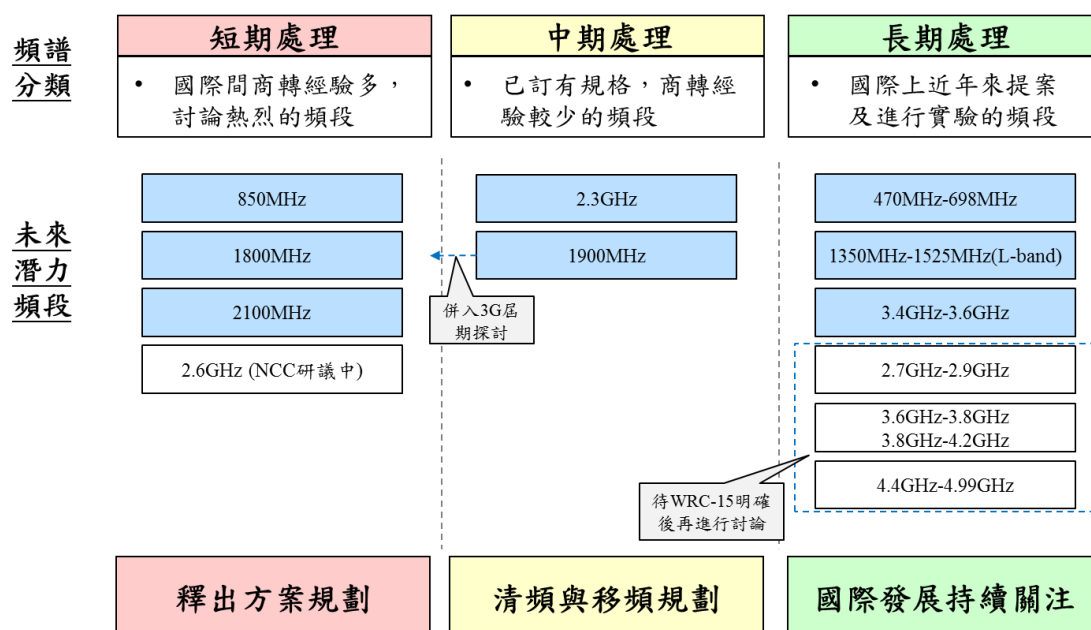


圖 98 我國短中長期頻率規劃建議

資料來源：本計畫製作

(一) 470-698MHz

我國於 2013 年底頻譜拍賣釋出 APT700 頻段，而尚未釋出 608~703MHz。目前 608~703MHz 於亞洲國家多仍做數位無線電視用途使用；此外，目前在歐洲國家亦多將此頻段用於數位無線電視用途。美國規劃釋出部分 470~698MHz 頻譜資源作為無線寬頻用途使用；WRC-15 亦將針對此頻段未來於行動寬頻業務用途進行探討。待整體規劃更明朗後，可預期設備的發展。

根據 99 年度之研討會，廣電業者表示數位紅利應優先保留給廣電業者。因此，針對此頻段建議依循美國之規劃方式，持續關注國際動向及 WRC-15 之決議，同時探討國內廣電業者之需求，以利未來盡早反應國際動態，規劃作為行動寬頻業務使用之頻段。

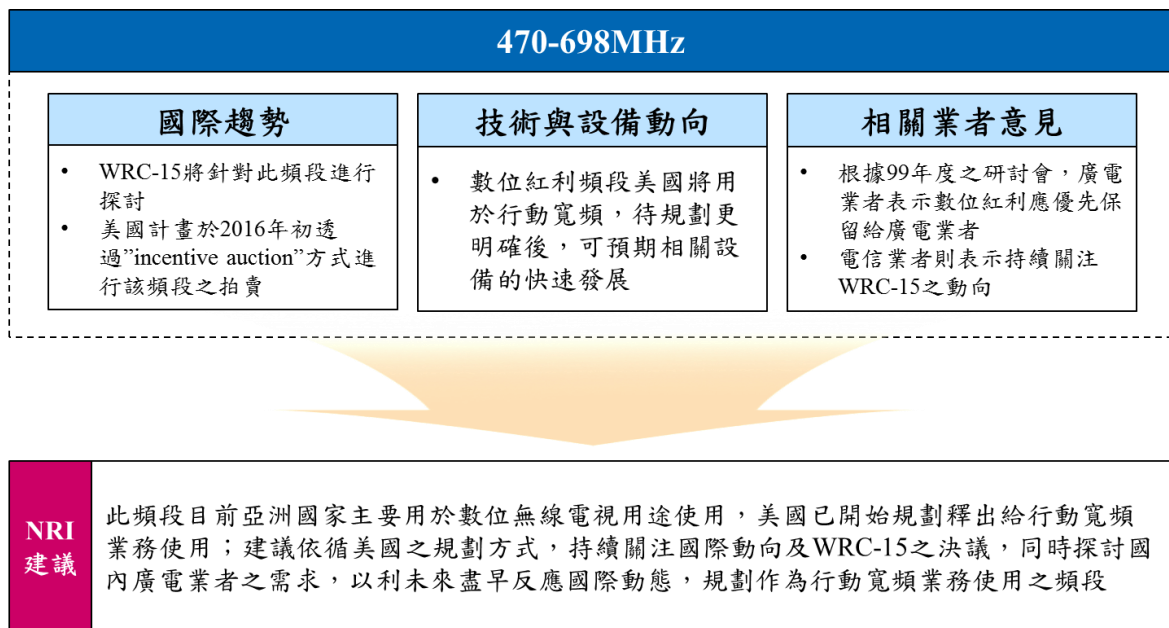


圖 99 我國 470-698MHz 頻段之規劃建議

資料來源：本計畫製作

(二) L-Band (1.5GHz)

L-Band 在 WRC-12 的決議中，該頻段以行動、固定、broadcasting 業務為主要及次要用途；並將於 WRC-15 再次針對此頻段進行探討。近來歐洲以確立將 1452-1492MHz 之 40MHz 頻寬作為全歐洲之 SDL，加上該頻段之低頻特性，1.5GHz 頻段擁有潛力成為國際接軌的行動寬頻用頻段。

我國目前該處為專用電信使用中，建議持續關注國際動向及 WRC-15 之決議，以利未來盡早反應國際動態，規劃作為行動寬頻業務使用之增補頻段。

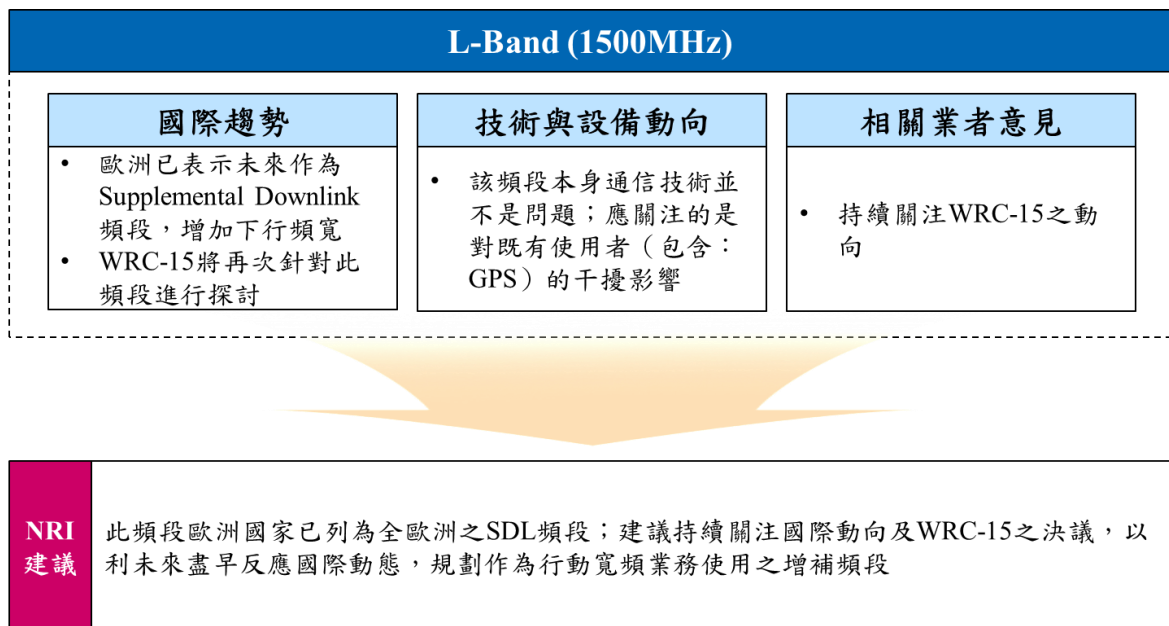


圖 100 我國 L-Band (1500MHz)頻段之規劃建議

資料來源：本計畫製作

(三) 1800MHz

1800MHz 過去為主要的 GSM 頻段，在各國 GSM 陸續屆期及 4G LTE 的崛起之下，依循 3GPP Band 3 (1710-1785MHz / 1805-1880MHz) 規劃的 1800MHz 頻段國際上目前主流的 LTE 頻段。



圖 101 我國 1800MHz 2013 年拍賣結果

資料來源：NCC，本計畫製作

我國亦於 2013 年時規劃 1800MHz 之頻段（包含 2017 年 6 月屆期之 2G 頻段）進行拍賣，拍賣結果如下：

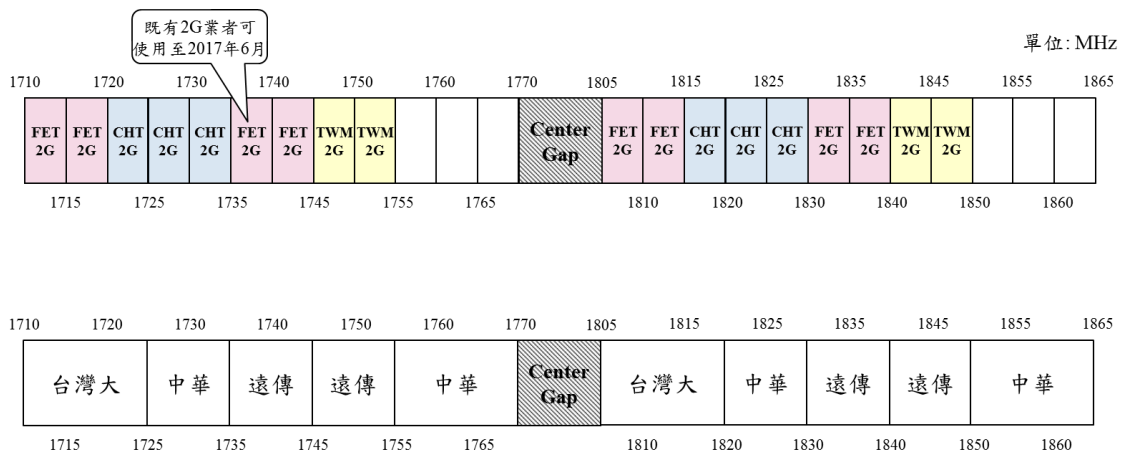


圖 102 我國 1800MHz 2013 年拍賣結果

資料來源：NCC，本計畫製作

相較於國際上 3GPP 規劃之 Band 3 (1710-1785MHz / 1805-1880MHz)，2013 年我國釋出時保留了 1770-1785MHz / 1865-1880MHz 之頻段。就目前國際上第一的 LTE FDD 商轉網路數(已有 158 個 Band 3 商轉網路數)及最豐富的終端產品(有 1141 件支援 Band 3 的設備數)的兩大重要指標，加上國內該頻段目前是乾淨於既存用戶，滿足業者對於頻段乾淨且完整的需求，若該頻段過去保留的因素已經消失，建議應考慮短期內釋出於行動寬頻使用。

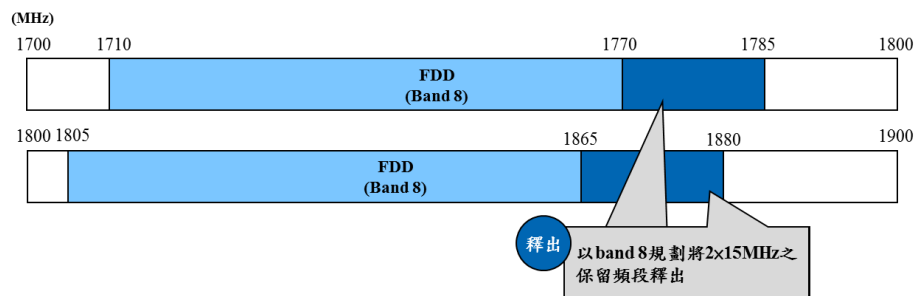


圖 103 我國 1800MHz C6 頻段釋出建議
資料來源：本計畫製作

(四) 2.3GHz

2.3GHz 於國際之 LTE TDD 市場中為目前商轉經驗最豐富且設備最成熟的頻段。不僅是亞洲、大洋洲國家，歐美國家亦開始進行相關規劃或釋照。我國於 2.3GHz 目前是專用電信用途。

2.3GHz 目前唯一的規劃方式為 Band 40 的 TDD 方式，目前國際上韓國業者並積極對 2.3GHz 之 band 40 進行相關載波聚合的試驗與提案。

表 57 於 2.3GHz 頻段提案 LTE 載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	使用頻段 3	提案業者
Band 8	Band 40	-	KT
Band 20	Band 40	-	Ericsson (WIP)
Band 1	Band 40	-	KT (WIP)
Band 3	Band 40	-	KT (WIP)
Band 5	Band 40	-	SK Telecom (WIP)
Band 38	Band 40	Band 40	Samsung (WIP)

資料來源：本計畫製作

根據 3/12 舉辦之「我國中長期頻段規劃探討」座談會之討論，我國有業者表示若要釋出，建議是完整且乾淨的。由過去 700MHz 移頻之經驗得知移頻與清頻所耗費時間很長。因此，若有意願釋出，希望可以盡早開始與既有用戶的進行移頻或清頻的討論。

表 58 我國各業者對 2.3GHz 頻段規劃看法

對 2.3GHz 頻段規劃之看法				
正面態度	台灣大哥大		美商高通	
	2300MHz 的釋出，可參考過去 700MHz 釋出經驗，需要大量的協商及移頻，因此可能需要 2~3 年的時間，屆時 4G 的普及率可能也已經達到 50%，使用者需求上升也會造成現行頻寬不足。因此 2300MHz 的規劃可考慮盡速展開		針對 2300MHz，因應產業發展國際接軌，TDD 市場的蓬勃，高通表示支持。但需要注意 2400MHz-2483.5MHz 與 ISM band 間需要預留 Guard band，大約是 2390 MHz -2400 MHz 的 10 MHz	
其他意見	中華電信	遠傳電信	亞太電信	台灣大哥大
	2300MHz 使用狀況尚不清楚，國際上商轉情形少且設備不完整，太快就投入使用可能造成缺憾。想了解釋出的目的是甚麼。(2600MHz 的目的為 capacity band)	2300MHz 要考慮政治因素，或許會有設備不易取得的議題	不一定要盲目跟隨國際業者的動向，CDMA-2000 的失敗經驗是慘痛教訓。目前對技術掌握度低，因此對業者而言無法決定是否進入這是場，需要花時間進行實驗	2300MHz 方面，由於 Carrier Aggregation 技術目前也處於市場 delay 狀態，共享議題未成熟，因此若要釋出，應先進行清頻並大量完整的釋出，以免影響效率。2300MHz 釋出時間應看用戶需求
	國基電子	台灣愛立信	諾基亞通信	
	2300MHz 的釋出需先進行協商、清頻。國際上的使用方式目前是 LTE TDD (Band 40)	2300MHz 的釋出，在技術部分，LTE TDD 可參考 LTE 最高規格 (20MHz) 進行釋照，Guard band 的考量大約為 5 MHz	2300MHz 的部分應要保持乾淨，不應如過去 700 MHz、900 MHz、1800 MHz 不乾淨且零碎，造成服務品質低	

資料來源：3/12 「我國中長期頻段規劃探討」座談會，本研究製作

有鑑於目前 2.3GHz 為國際上熱門之 LTE TDD 頻段，商轉經驗及相關設備皆已成熟；就全球市場來看，2.3GHz 的使用日益普及，是不容忽視的 TD 技術重要頻段。由於我國市場規模較小，在頻譜的規劃上必須力求國際接軌。因此，研究團隊建議我國 2.3GHz 頻段應依循 3GPP band 40 之標準規劃，應儘速與頻段上之既有用戶討論清頻或移頻之可能性，以早日釋出給行動寬頻業務使用。若既有用戶無法清頻或移頻的話，亦提早開始探討共存共享之可能性。

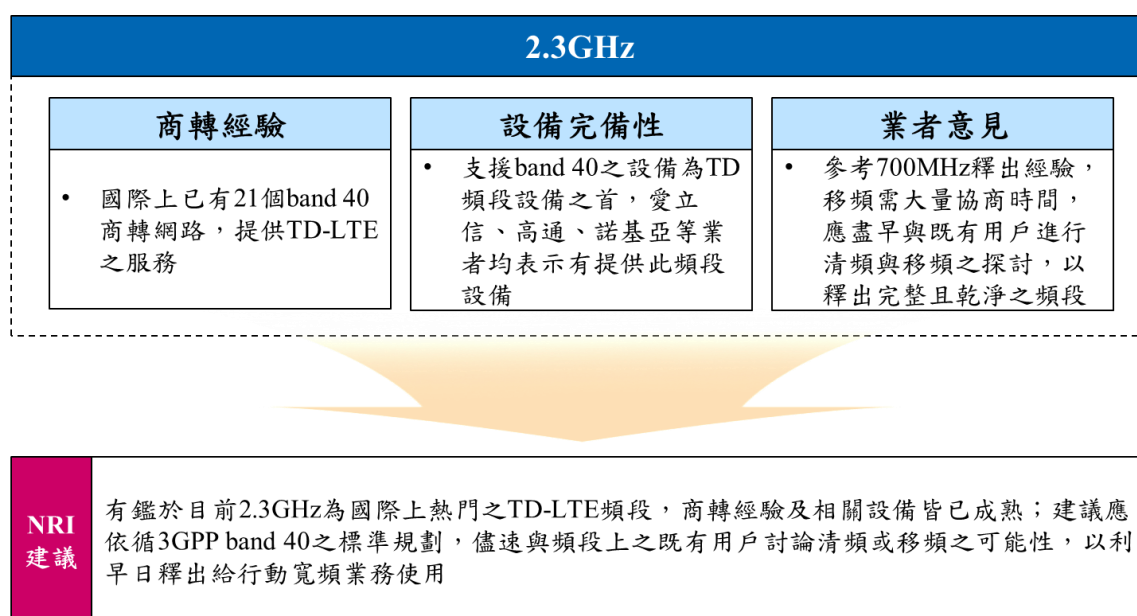


圖 104 我國 2.3GHz 頻段之規劃建議

資料來源：本計畫製作

(五) 3.5GHz

3.5GHz 之使用國際上正熱烈的討論，我國位於有既有衛星系統之 Region 3，中國與日本等鄰近國家，皆已開始進行相關頻段應用或干擾試驗，甚至正式發照於電信業者，以加速未來對該頻段之應用。

國際上中國及日本業者分別針對其他既有頻段對 3.5GHz 之 Band 42 進行相關載波聚合的試驗與提案，詳細請參閱下表。

表 59 於 3.5GHz 頻段提案 LTE 載波聚合技術之電信業者 (截至 Rel-13)

使用頻段 1	使用頻段 2	使用頻段 3	提案業者
Band 41	Band 42	-	China Unicom, China Telecom
Band 1	Band 42	-	NTT DoCoMo
Band 19	Band 42	-	NTT DoCoMo
Band 1	Band 42	Band 42	NTT DoCoMo
Band 19	Band 42	Band 42	NTT DoCoMo
Band 41	Band 42	Band 42	Hwawei

資料來源：本計畫製作

根據 3/12 舉辦之「我國中長期頻段規劃探討」座談會之討論，業者對於與衛星訊號會有干擾問題的 3.5GHz，大多保持觀望態度，希望先釐清干擾情況，並多掌握周邊國家的處理方式；另一方面亦有業者提出，可考慮用來進行 small cell 的布建，進行室內的應用。

表 60 我國各業者對 3.5GHz 頻段規劃看法

對 3.5GHz 頻段規劃之看法			
其他意見	中華電信	台灣大哥大	美商高通
	3.5GHz 應先釐清干擾情形	3.5GHz 可清理完成後再進行釋照	3.5GHz 高通所開發的晶片有支援，適合高頻 small cell 的使用
	亞太電信		國基電子
	3.5GHz 頻段在亞洲目前是衛星訊號在使用。而歐美與亞洲 C band 規格不同，在亞洲應考慮周邊國家（如中國、印度、印尼）的動向。因此，室內低涵蓋的 small cell 應為一解		建議以指配而非公開競標的方式分派給既有 4G 業者做支援頻段。3.5GHz 的釋出優先度應在 2300MHz、2600MHz 之後。而 3.5GHz 可以低涵蓋率的 small cell 應用，其干擾問題應該多少還是會產生，可應用感知技術化解。3.5GHz 現在為電台、衛星等在使用，可考慮以室內 small cell 的方式進行小涵蓋的應用。Small cell 的商業模型，應是被應用在公共空間而非住家使用。

資料來源：3/12「我國中長期頻段規劃探討」座談會，本研究製作

有鑑於目前 3.5GHz 頻段上有既有衛星系統，建議進一步釐清衛星干擾問題，並且持續追蹤周遭亞洲國家之規劃與利用方向；同時，探討現存法律與管理辦法是否適用於未來對於 3.5GHz 之服務實驗或適當之指配方式。此外，並探討我國 3.5GHz 頻段上利用頻譜動態共享（如：美國與英國）或靜態共享（如：日本）之必要性。

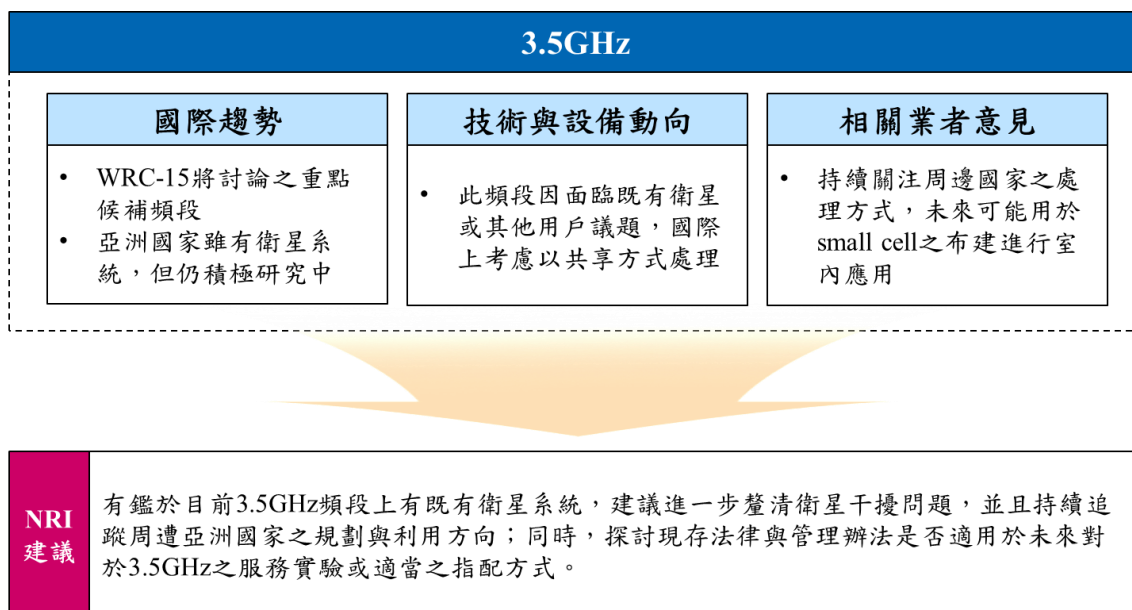


圖 105 我國 3.5GHz 頻段之規劃建議

資料來源：本計畫製作

(六) 小結

總結本章討論之 470-698MHz、L-Band、1800MHz 之 C6 頻段、2.3GHz、3.5GHz 等頻段，以及前一章探討的 3G 屆期頻段，研究團隊針對各頻段目前於我國的使用現況、國際上之商轉狀況、市場上相關支援設備的發展狀況，提出整體性短期處理、中期處理及長期處理之頻段建議。

建議將即將屆期之 3G 頻段、1800MHz 之 C6 與 2.6GHz (已由 NCC 研議相關釋出規範中)等頻段視為短期應處理之頻段，進行釋出方案與相關配套措施之規劃。

建議對於國際間已訂出規格並開始有商轉經驗的 2.3GHz、1900MHz 等頻段視為中期應處理之頻段，儘快與既有用戶進行清頻移頻之探討，以利頻率及早進行釋出規劃。

而對於國際上仍在提案、實驗及討論中之頻段，如：450MHz-470MHz、470-698MHz、1350MHz-1525MHz (L-band)、2.7GHz-2.9GHz、3.4GHz-3.6GHz、3.6GHz-3.8GHz、3.8GHz-4.2GHz、4.4GHz-4.99GHz 等頻段，建議視為長期處理之頻段，除了持續追蹤發展趨勢以及國際組織之決議外，亦建議開始與我國該頻段上相關業者進行探討。

此外，經過對國外頻譜政策的調研，以及國內外資通訊產業之業者三次的座談會，研究團隊對於短中期尚無法釋出給行動通訊業務使用之頻段，建議可考慮規劃為短期實驗頻譜，提高各頻譜之使用效率，並且提早為長期頻段進行技術或商業模式之佈局。例如：過去日本電信業者持續與各大設備商進行 3.5GHz 之試驗，直到 2014 年年底總務省正式釋出 3.5GHz 給三大業者進行行動通訊業務之使用；新加坡雖然將 2.3GHz 保留暫緩釋出，但於 2015 年 1 月公告將提供 2300-2335MHz 開放作為 HetNet 短期試驗用途，至下一次長期釋出發生前。

研究團隊認為，某些頻段短期內對於電信業者而言雖然無法利用，但可考慮透過短期實驗頻譜的配置，提供給國內外的設備商與電信業者甚至是政府進行大規模之新技術或新型態商業模式的試驗，直到將頻段釋出給相關業者進行商轉。不過，大規模實驗頻段的規劃，仍需要相關法律及規範之支援，並且有相關頻譜使用配套之建立；建議未來持續調研各國對於實驗頻譜之政策與規範，以利相關單位進行實驗頻譜及規範之擬訂。

此外，研究團隊亦針對建立我國頻譜之經濟效益與社會福祉計量評估模型進行可行性之探討。詢問我國相關資通訊業者

對於透過我國頻譜之配置（包含：商用頻段、專用電信頻段、免執照頻段等）與現行頻譜管理規範，建立經濟效益與社會福祉計量評估模型之可行性與急迫性。有業者表示若主管機關可以透過該經濟效益與社會福祉計量模型，反映於未來頻譜拍賣底價之設立標準，將會有助於提升政府公告底價之公信力；另一方面，該模型也可用於評估個別頻段之使用效益，提供一個可同時衡量商用、專用及免執照頻段之標準化指標。不過，目前業者們並沒有對此模型表示迫切需要，因此，建議未來進一步了解國際上是否有相關議題之量化模型，並且於明確模型之用途與定位後，再由相關單位著手進行後續模型之建立。

(七)「我國中長期頻段規劃探討」座談會

本年度的重點研究項目之一係進行我國頻譜政策中長期規劃，將探討國際上已在進行實驗商討中，或是具有應用潛力的頻段。為使本議題之討論能夠更臻完善，俾使作為本年度政策制定內容之參考，本研究團隊召開座談會，聚集產官學各界先進共同探討未來頻譜需求計算之方法與結果。座談會資訊如下表：

表 61 「我國中長期頻段規劃探討」座談會會議資訊

時間	2015 年 3 月 12 日（四）9：30～12：00
地點	集思交通部會議中心 2 樓活動式會議室（台北市中正區杭州南路一段 24 號）
議程	09：00～09：30 報到 09：30～10：00 本計畫簡報 10：00～12：00 議題討論 12：00～ 散會

資料來源：本計畫製作

參加單位如下表。本次座談會邀請政府機關、學術界、協會組織、電信業者及設備廠商，提供意見並共同參與討論。

表 62 「我國中長期頻段規劃探討」座談會參加單位

政府機關	交通部郵電司、國家通訊傳播委員會
學界	元智大學通訊工程學系、台灣大學電機工程學研究所
協會組織	台灣電信產業發展協會
電信業者	遠傳電信股份有限公司、亞太電信股份有限公司、國基電子股份有限公司、台灣大哥大股份有限公司、台灣之星電信股份有限公司、中華電信股份有限公司

設備廠商	台灣愛立信股份有限公司、美商高通國際股份有限公司、台灣諾基亞通信股份有限公司
------	--

資料來源：本計畫製作

而為了使討論有效率地進行，研究團隊擬定了下列討論綱要及細部議題，與參與長官業者交換並徵詢意見。

表 63 「我國中長期頻段規劃探討」座談會討論議題

1. 短中期頻段釋出規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 對於我國 TDD 頻段之釋出，除了既有之 PHS、3G TDD 頻段、今年預計重拍之 2.6GHz 頻段；面對國際上熱門之 2.3GHz 頻段相關釋照之規劃建議。 <ul style="list-style-type: none"> ● 包含頻段規劃(2300-2400MHz，共 100MHz；或其他規劃方式)、釋照時間點等。 ■ 針對行動寬頻業務使用頻段，是否有其他期待近期釋出之頻段？ <ul style="list-style-type: none"> ● 如：1800MHz 之 C6 頻段
2. 長期頻段規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 為滿足頻寬需求，針對國際上探討與規劃熱烈之 3.5GHz 頻段，相關釋照與規劃建議。 <ul style="list-style-type: none"> ● 包含頻段規劃(TDD/FDD、釋出頻寬)、釋照時間點、實驗頻段規劃需求等。 ■ 除了本日提及之頻段外，中長期上有哪些頻段可供行動寬頻業務使用？對於將過去保留給 PHS 之 1975-1980MHz 納入，以完整 2×60MHz 之 Band 1 方式釋出，以及其後續頻段切分方式之建議與原因。
3. 其他頻段規劃：
<ul style="list-style-type: none"> ■ 面對未來行動通信技術之發展，是否有技術應用之頻譜試驗需求或規劃需求？ <ul style="list-style-type: none"> ● 是否應針對免執照頻段、small cell 等趨勢規劃頻率？

資料來源：本計畫整理

整體而言，我國業者對於短期無法釋出之中長期頻段較為保守，期望等待國際上之規劃及設備生態系統更加完善且明確之後再進行投入。不過，業者們亦提出希望提早針對這些國際

上探討熱門的候補頻段進行清頻或移頻的準備，或是相關干擾之試驗調查，以利在釋出時為一個完整的、頻寬大的且乾淨的頻段。

座談會中對於 2.3GHz 之看法，部分業者對於現階段成長中的 2.3GHz 的 LTE TDD 尚有疑慮，但也有業者希望能盡速展開規劃。整體而言，若要規劃 2.3GHz 釋出，業者希望能有乾淨不零碎的頻寬。另外，對於 1800MHz C6 頻段，有業者提到當初規劃不釋出時的疑慮，但亦有業者表示興趣。

表 64 座談會意見整理：短中期頻段釋出規劃

1. 短中期頻段釋出規劃：	
對 2300MHz 頻段之意見	
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300MHz 使用狀況尚不清楚，國際上商轉情形少且設備不完整，太快就投入使用可能造成缺憾。而 NCC 釋出 2600MHz 的目的為 capacity band，釋出 2300MHz 的目的為何？ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 目前全球發展是增加中，設備成長率也極高。
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300MHz 的釋出，參考過去 700MHz 釋出經驗，需要大量的協商及移頻，因此可能需要 2~3 年的時間，屆時 4G 的普及率可能也已經達到 50%，使用者需求上升也會造成現行頻寬不足。因此 2300MHz 的規劃可考慮盡速展開。
國碁電子	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300MHz 的釋出需先進行協商、清頻。國際上的使用方式目前是 LTE TDD (Band 40)。
美商高通	<ul style="list-style-type: none"> ■ 針對 2300MHz，因應產業發展國際接軌，TDD 市場的蓬勃，高通表示支持。但需要注意與 ISM band(2400MHz-2483.5MHz)間需要預留 Guard band；根據目前之研究，10MHz 之 GB(2390 MHz -2400 MHz)即足夠。

遠傳電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300MHz 目前由於政治關係，買不到相關設備。 ➢ 愛立信在 2300 MHz 有設備可使用。
愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300MHz 的釋出，由於是法規相關問題，設備商並不適合發言。但在技術部分，LTE TDD 可參考 LTE 最高規格進行釋照，Guard band 的考量大約為 5 MHz。
亞太電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 美國 AT&T 過去曾花費 6 億美金，號稱在 3 年內要啟動 2300 MHz LTE TDD 服務，亞太的經驗是不一定要跟隨國際業者的動向，CDMA-2000 的失敗經驗是慘痛教訓。 ■ 2300 MHz 是否適合架設點對點傳輸的固網？在行動網路部分由於無 TDD 業者在場無經驗，對技術掌握度低，因此對業者而言無法決定是否進入這市場，需要花時間進行實驗。 ➢ 在過去研究中顯示，城市地區光纖密集度高，鄉村地區使用者不足，因此不需要額外的頻段進行固網服務。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300 MHz 方面，由於 Carrier Aggregation 技術目前也處於市場 delay 狀態，共享議題未成熟，因此若要釋出，應先進行清頻並大量完整的釋出，以免影響效率。日本就是因為頻譜分配較零散，因此雖然技術領先，但網路速度並不高。 ■ 2300MHz 釋出時間應看用戶需求。台灣大哥大意見認為討論釋出時，3G 頻段的處理優先度較高。
諾基亞通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300 MHz 的部分應要保持乾淨，不應如過去 700 MHz、900 MHz、1800 MHz 不乾淨且零碎，造成服務品質低。 ➢ 現行 4G 頻段的困境在於，原有 2G 使用者在此進行延照，但同時 4G 的需求也產生了必須釋照。當初有鼓勵各業者取得自家擁有頻段，但後來還是失敗。而在 2300 MHz 的部分原先並沒有電信營用商在使用，需要做的是與專用電信使用者進行協調。
對 1800MHz C6 頻段之意見	
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1800MHz C6，記得當時討論是否拍賣時，有一個不拍賣的理由；而如今要拿出來討論是否釋出拍賣，那當時不拍賣的理由消失了嗎？針對 1800MHz 的拍賣，硬要說的話會產生業者間惡性競爭，二桃殺三士的感覺；而每次釋照對營運商來說都是上百億的投資，這樣成本的上升最後還是得要回歸到消費者端，進入惡性循環。 ➢ 在研究團隊進行的模型敏感度分析中，發現營運商的數量會大幅影響頻寬的需求，因此研究團隊推

	估，從長期的觀點來看營運商的數量將會趨向於減少。
台灣之星	■ 1800MHz C6 可與 3G 的 2100MHz、850MHz 及 1900MHz 一起釋出。業者的網路速度永遠感不上需求的成長，例如 3G 的網路壅塞花了一年建設時間才緩解。
遠傳電信	■ 1800MHz C6 部分，當初不釋出的原因是否還存在？若釋出希望是乾淨大量（其實還是希望被釋出）。

資料來源：本計畫整理

座談會中對於 3.5GHz 之看法，業者認為應先釐清亞洲衛星干擾之問題，此外於該頻段之應用普遍被關注於低涵蓋的 small cell 模式。

表 65 座談會意見整理：長期頻段規劃

2 長期頻段規劃：	
對於 3.5GHz 頻段之意見	
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3.5GHz 應先釐清干擾情形。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 應該要有實驗頻段提供業者進行實驗，但實驗完成到早期應用，乃至於商用推動的中間將會產生落差。
國基電子	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3.5GHz 現在為電台、衛星等在使用，可考慮以室內 small cell 的方式進行小涵蓋的應用。建議以指配而非公開競標的方式分派給既有 4G 業者做支援頻段 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 目前相關法律配套可能未必支持 3.5GHz 指配的方式，需要進行實驗以及 NCC 制定新法規。 ■ 3.5GHz 的釋出優先度應在 2300MHz、2600MHz 之後。而 3.5GHz 可以低涵蓋率的 small cell 應用，其干擾問題應該多少還是會產生，可應用感知技術化解。 ■ Small cell 的商業模型，應是被應用在公共空間而非住家使用。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 日本的 3.5GHz 分配大頻寬（各營運商 40MHz）可能用在未來單一公共空間（如東京巨蛋）內的所有娛樂服務。實際上的使用目的、商業模型可以再研究。
美商高通	■ 3.5GHz 高通所開發的晶片有支援，適合高頻 small cell

	的使用。
亞太電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3.5GHz 頻段在亞洲目前是衛星訊號在使用。而歐美與亞洲 C band 規格不同，在亞洲應考慮周邊國家（如中國、印度、印尼）的動向。因此，低涵蓋的 small cell 應為一解。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 台灣的頻段共享方式應非美國 TV White Space 的方式（由主管機關設立資料庫管理），應參考日本（由營運商方面自行測試防止干擾）。未來會面的對的問題是整合速率快，包含電信業者、設備商、主管機關等須共同努力。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3.5GHz 可完整後再進行釋照。

資料來源：本計畫整理

座談會中針對其他頻段規劃相關之意見，詳細如下表：業者認為頻段釋出時應從用戶的角度出發考慮，而政策制定時應參考國際標準的制定。此外，業者們認為頻率共享將會是未來一大焦點。另外，業者也提出頻譜釋出的計畫可考慮以 4-5 年為批次進行。

表 66 座談會意見整理：其他頻段規劃

3. 其他頻段規劃：	
中華電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻段的釋出應從用戶使用的角度探討。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 消費者對於頻段頻寬並無概念，但對服務品質的需求無上限，因此頻譜需求英還是要回歸到使用效率去探討。 ■ 針對 2600MHz，認為現在 4G 剛開台，尚屬於設備建設階段而沒有那麼大使用者人數及流量需求，認為現在討論釋出太早。 ■ 本日 TDD 業者並未在場，商轉 LTE 服務的業者均使用 FDD 技術，但業者在探討頻段是否釋出時，並不會針對自身是否擁有該技術而有既定立場。 ■ 中長期的免執照頻段應持續關注。
台灣之星	<ul style="list-style-type: none"> ■ 贊成從消費者需求看頻譜釋出，國外在頻譜政策規劃前都會訂定目標（哪一年度到達下載速率多少）。 ■ 具國際觀的頻譜應快速執行。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 大環境在改變，長期頻段頻譜的規劃不應落入與短期相同的方法；此外，2.1GHz 比照國外公開競標的方式，未必為最佳方法。 ■ 2.4 GHz 的 ISM band 頻段為目前頻段使用的上限，頻率再上升以後難以為其他用途使用，適合提供給既有業者增頻，應分配給有建設實績的業者。 ■ 電信營運商為電磁波的價值創造者，一些頻段應開放業者申請做短期實驗使用。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 如何 qualify 業者資格為一個問題，若業者在這頻段上做得好應有頻段使用優先權。
美商高通	<ul style="list-style-type: none"> ■ L-Band、470-698MHz 為中長期優先，國際上亦多相關規劃。
遠傳電信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 由於內在大環境的差距、主管機關的政策以及規劃，會大幅影響到頻譜價值（標金）。研究對可考慮加入頻段價值推估研究。 ■ 國外 3G 執照屆期多為延照繼續使用，2G refarming 的問題不希望在 3G 時被重演。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 業者在此應先有各自的 band plan。 ■ 長期規劃構面，應觀察國際標準如何制定？WRC 目前的決議，以及 WRC 15' 將產生的決議，都應是關注焦點。例如 L-Band 的應用上，也有被拿去使用在 Supplemental Downlink。

愛立信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻率共享的問題在其他國家也有遇過。愛立信提出了一 License Shared Access 概念，主要是主管機關有共同的管理資料庫，並且制定 primary user 的使用是侷限在某時間或地域上。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 這樣的應用模式會產生其他費用、人力成本的支出；而在台灣頻寬並沒有（美國等）那麼擁擠，因此我國的頻譜使用還是以大頻寬為主而非小段應用。 ■ 中長期頻段規劃時，使用時也應考量公共用途的專用頻段需求，如：美國 FCC 將 700 MHz 分配給公共安全，歐洲 CEPT ECC 也將 400 MHz 及 700 MHz 分派給 PPDR。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 美日在 700 MHz 都有保留空間給專用頻段，目前我國在中長期頻段規劃時也應參看公共議題及新領域。營利賺錢固然重要，但公共利益上必定有不得不使用的部分。 ■ 國際上利用超高頻（50~64GHz）進行行動固網研究，也應納入考量。
台灣大哥大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻譜執照屆期的日期，可有計畫性的分為不同批次。例如 700 MHz、900 MHz、1800 MHz 的到期年是 119 年，2600 MHz、2100 MHz 的到期年份是 122 年就太短，建議可延長。以 4~5 年為一周期進行執照拍賣，可降低主管機關行政成本，也減低營運商投資風險。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 除舊有週期性以外，會有全新未商業化的頻段的加入，新技術應用的產生，因此批次難度較高。 ■ 新釋出的頻段規劃，台灣的政策走向應觀察國際發展並押對寶，並長期關注。（例：歐規 band 28） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 在短期規劃部分我國已有共識，中長期牽扯到國家競爭力問題，也應由主管機關及業者依同努力達成共識。
諾基亞通信	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻段的應用應保持中立，提供一公平競爭的平台。

資料來源：本計畫整理

最後，由現場台灣大學電機工程學研究所蔡志宏教授、元智大學電信工程系彭松村教授以及交通部郵電司蔡怡昌簡正發

表本次座談會會後結語。

蔡教授提出我國應再針對國外頻譜共用的議題與機制進行探討。此外，也提醒各位不應當僅從模型算出的頻譜需求不足來決定未來釋出頻譜的方向。頻段的需求應滿足使用者需求，符合業者自身網路架構。

彭教授串起短期、中期與長期之頻段規劃，建議主管機關面臨清頻議題可考慮長痛不如短痛，以利更有效的頻譜利用規劃之建立。

蔡簡正則以主管機關的角度出發，表示目前拍賣制度為法律所規定，未來若要往共享頻譜之方向走，在法規上有待各位先進一同努力。

表 67 座談會意見整理：會後結語

會後結語	
台灣大學電機工程學研究所 蔡志宏 教授	<ul style="list-style-type: none">■ 在國外的案例中，常有與既有業者共享頻譜釋出的動態頻譜情形，常是限制在部分區域使用。而這些共享頻段是否適用拍賣的？進行研究。■ 在清空或共享方面，也要考慮 single band operator 的出現。■ Model 算出的頻譜需求不足就應該要釋出頻譜？這樣的推論太過於簡單，頻段的需求應滿足使用者需求，符合業者自身網路架構，在這方面的市場敏感度應更有概念。■ 短中長期規劃的部份，有分法以年份為區分，認為 2020 年以前(5 年內)發生使用的頻段為中期，2020 年以後發生使用的頻段為長期：由於研議約需花 2 年的時間，決定到釋出也需花 2 年的時間，現在檢

	<p>討的頻段到釋出時也差不多 2020 年了。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 470~698 MHz 頻段應歸入中期規劃。
<p>元智大學電信 工程學系 彭松村 教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 頻譜管理問題就如同居住問題，各業者都會針對某些評斷友好惡之分。 ■ 清頻部分，主管機關可考慮長痛不如短痛，將現在使用中的頻譜延照使其同時到期，一同管理可徹底解決管理不易頻段不連續的問題。 ■ 技術中立的部分本日談得較少，主管機關應拍賣頻譜但不限定使用技術，因為業者應最清楚頻譜使用價值。 ■ 關心長期動向也應同時注意短期規劃，在處理中長期問題時應同時解決短期問題；政府應了解營運商需求，有效利用頻譜，找到之中的平衡。
<p>交通部郵電司 蔡怡昌 簡正</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目前拍賣制度為法律所規定，未來若要往共享頻譜之方向走，在法規上有待各位先進一同努力。

資料來源：本計畫製作

五、 頻譜壅塞解決技術

本研究參考公開資料、產業公協會資訊、研究報告、相關論文、新聞與雜誌，彙整國際上解決頻譜壅塞相關技術發展與規格制訂趨勢；從 3GPP Release 熱烈討論，並已實際商業化應用以提升頻譜使用效率的 CA (Carrier Aggregation)、SDL (Supplemental Downlink) 等技術規格的演進，到近期熱烈討論的頻譜共享 (Spectrum Sharing) 與免執照頻段使用 (Unlicensed-LTE)，最後檢視頻譜共享的成功範例 ---- 電視白頻段 (TV White Space) 在國際間運用現況及未來趨勢。

另外，除了以上壅塞解決技術外，本章亦調研國際新技術如 EHF 極高頻毫米波技術的應用、4G VoLTE、UHD TV 及 Hbb TV 的發展現況。

本研究透過國際上的發展標竿範例，企圖指出我國未來在面臨頻譜壅塞困境時，導入各種技術的可行性以及可能面臨的問題。

(一) Carrier Aggregation

為整合電信商所擁有之離散分佈頻段並提升 LTE 上下行的傳輸效率，3GPP Release 10 中提出了載波聚合 (Carrier Aggregation, CA) 的概念，為 LTE-Advanced 的核心技術之一。使用載波聚合技術之每個載波 (component carrier) 可於同頻段、不同頻段、連續或不連續等情境使用；行動通信業者可依據所取得之頻段及頻寬，將零碎的頻寬聚合成大頻寬以乘載更多流量並提供更快的網速。

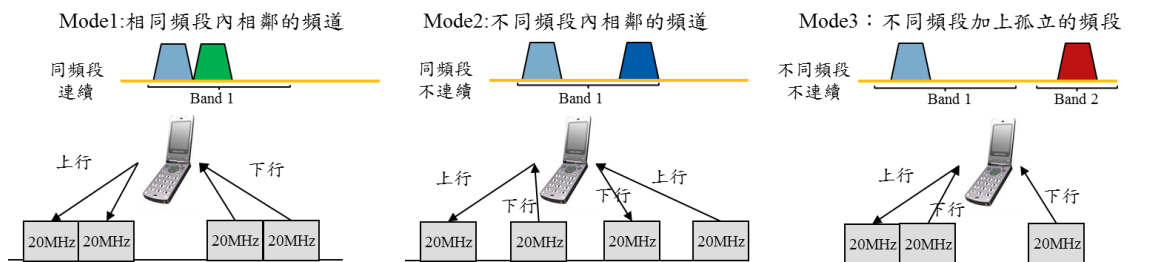


圖 106 三類 Carrier Aggregation 模式示意圖

資料來源：本計畫整理

CA 與 SDL 之重要差異，除後者的標準制定最初是為 HSPA+ 技術之外，CA 技術所提供的頻寬統整可同時支援 FDD 及 TDD 技術，應用於上下行傳輸。

目前全世界共有 29 國 49 家業者（統計至 2015 年 1 月底）利用 CA 技術啟用 LTE-Advanced 服務。其中有 20 家業者已達到 3GPP Cat6 標準，提供下行速率最高 300Mbps 的 LTE-A 服

務；而針對下行速率最高 450Mbps 的 3GPP Cat9 標準，目前有 9 家業者進行實驗及測試中。其中韓國的 SKT, KT 以及 LG U+ 三大業者已開發 3 頻段載波聚合 (tri-band CA technology) 之技術並在最後測試中。

隨著世界頻段使用情形增加且標準不統一，未來對於 Carrier Aggregation 技術，將可能走向 3 載波以上的多頻段結合；而 LTE FDD 及 LTE TDD 技術均有蓬勃的發展及一定的市場規模，也促成 FDD 頻段與 TDD 頻段混合載波的 CA 技術發展。研究團隊參考業界先進之見解，預期未來 CA 之頻段組合將隨著數量的增加而趨向區域化，在世界上各區域內發生標準化；因此我國在頻段釋出時，不只應考慮現況以及頻譜使用效益，亦須持續接軌國際及區域動態，以免未來發生設備、終端無法支援之憾事。

表 68 3GPP 中 Carrier aggregation 的提案業者及頻段組合

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-10

CA Band	Intra/Inter	Combination	Requested by	freq. 1	freq. 2
CA_C_1	Intra	1		1	
CA_C_40	Intra	40		40	
CA_1-5	Inter	1+5		1	5

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-11

CA Band	Intra/Inter	Combination	Requested by	freq. 1	freq. 2
CA_1-19	Inter	1 + 19	NTT DOCOMO	1	19
CA_3-7	Inter	3 + 7	Telia Sonera	3	7
CA_4-13	Inter	4 + 13	Verizon Wireless	4	13
CA_4-17	Inter	4 + 17	AT&T	4	17
CA_7-20	Inter	7 + 20	Orange et al	7	20
CA_5-12	Inter	5 + 12	US Cellular	5	12
CA_4-12	Inter	4 + 12	Cox Communication	4	12
CA_2-17	Inter	2 + 17	AT&T	2	17
CA_4-5	Inter	4 + 5	AT&T	4	5
CA_5-17	Inter	5 + 17	AT&T	5	17
CA_3-5	Inter	3 + 5	SK Telecom	3	5
CA_4-7	Inter	4 + 7	Rogers Wireless	4	7
CA_3-20	Inter	3 + 20	Vodafone	3	20
CA_8-20	Inter	8 + 20	Vodafone	8	20
CA_1-18	Inter	1 + 18	KDDI	1	18
CA_1-21	Inter	1 + 21	NTT DOCOMO	1	21
CA_11-18	Inter	11 + 18	KDDI	11	18
CA_3-8	Inter	3 + 8	KT	3	8
CA_2-29	Inter	2 + 29	AT&T	2	29
CA_4-29	Inter	4 + 29	AT&T	4	29
CA_C_41	Intra	41 (2DL/2UL)	Clearwire, CMCC,...	41	
CA_C_38	Intra	38 (2DL/2UL)	CMCC	38	
CA_C_7	Intra	7 (2DL/2UL)	CUC, CT, Telenor et al	7	
CA_NC_B25	Intra	25 (2DL/1UL)	Sprint	25	
CA_NC_B41	Intra	41 (2DL/1UL)	CMCC	41	

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-12

CA Band	Intra/Inter	Combination	Requested by	freq. 1	freq. 2
CA_1-3	Inter	1 + 3	China Unicom, China Telecom	1	3
CA_1-7	Inter	1 + 7	LGU +	1	7
CA_1-8	Inter	1 + 8	Softbank	1	8
CA_1-11	Inter	1 + 11	Softbank	1	11
CA_1-18	Inter	1 + 18	KDDI	1	18
CA_1-26	Inter	1 + 26	KDDI	1	26
CA_2-4	Inter	2 + 4	TMO-US	2	4
CA_2-5	Inter	2 + 5	AT&T	2	5
CA_2-12	Inter	2 + 12	US Cellular	2	12
CA_2-13	Inter	2 + 13	Verizon	2	13
CA_3-19	Inter	3 + 19	NTT DOCOMO	3	19
CA_3-20	Inter	3 + 20	Telekom Austria	3	20
CA_3-26	Inter	3 + 26	KT	3	26
CA_3-27	Inter	3 + 27	KT	3	27
CA_3-28	Inter	3 + 28	eAccess	3	28
CA_4-12	Inter	4 + 12	TMO-US	4	12
CA_4-27	Inter	4 + 27	NII Holdings	4	27
CA_5-7	Inter	5 + 7	LG Uplus	5	7
CA_5-25	Inter	5 + 25	US Cellular	5	25
CA_7-20	Inter	7 + 20	Telekom Austria	7	20
CA_7-28	Inter	7 + 28	Telefonica	7	28
CA_8-11	Inter	8 + 11	Softbank	8	11
CA_8-20	Inter	8 + 20	Vodafone	8	20
CA_12-25	Inter	12 + 25	US Cellular	12	25
CA_19-21	Inter	19 + 21	NTT DOCOMO	19	21
CA_20-32	Inter	20 + 32 (in UTRA BI + BXXXII)	Orange	20	32
CA_23-29	Inter	23 + 29	Dish	23	29
CA_39-41	Inter	39 + 41	CMCC	39	41
CA_41-42	Inter	41 + 42	China Unicom, China Telecom	41	42
CA_C_B3	Intra	3 (2DL/2UL)	Chin Unicom	3	

CA_C_B7	Intra	7 (2DL/2UL)	Orange	7	
CA_C_B23	Intra	23 (2DL/1UL)	Dish	23	
CA_C_B27	Intra	27 (2DL/1UL)	NII Holdings	27	
CA_C_B39	Intra	39 (2DL/2UL)	CMCC	39	
CA_C_B40	Intra	40 (3DL/1UL)	CMCC	40	
CA_C_B42	Intra	42 (2DL/2UL)	CMCC, NII, Bollere	42	
CA_NC_B2	Intra	2 (2DL/1UL)	Verizon	2	
CA_NC_B3	Intra	3 (2DL/1UL)	SK Telecom	3	
CA_NC_B4	Intra	4 (2DL/1UL)	TMO-US	4	
CA_NC_B7	Intra	7 (2DL/1UL)	Telecom Italia	7	
CA_NC_B23	Intra	23 (2DL/1UL)	Dish	23	
CA_NC_B25	Intra	25 (2DL/1UL)	Telus	25	
CA_NC_B42	Intra	42 (2DL/1UL)	CMCC, NII, Bollere	42	

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-12 (FDD+TDD)

CA Band	Intra/Inter	Combination	Requested by	freq. 1	freq. 2
CA_8-40	Inter	8 + 40	KT	8	40
CA_1-42	Inter	1 + 42	NTT DOCOMO	1	42
CA_19-42	Inter	19 + 42	NTT DOCOMO	19	42

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-12 (3DL CA)

CA Band	Intra/Inter	Combination	Requested by	freq. 1	freq. 2	freq. 3
CA_1-3-5	Inter	1 + 3 + 5	SK Telecom	1	3	5
CA_1-3-8	Inter	1 + 3 + 8	KT	1	3	8
CA_1-3-19	Inter	1 + 3 + 19	NTT DOCOMO	1	3	19
CA_1-3-20	Inter	1 + 3 + 20	Vodafone	1	3	20
CA_1-5-7	Inter	1 + 5 + 7	LGU +	1	5	7
CA_1-7-20	Inter	1 + 7 + 20	Vodafone	1	7	20
CA_1-19-21	Inter	1 + 19 + 21	NTT DOCOMO	1	19	21
CA_1-42-42	Inter	1 + 42 + 42	NTT DOCOMO	1	42	42
CA_2-2-13	Inter	2 + 2 + 13	Verizon Wireless	2	2	13
CA_2-4-4	Inter	2 + 4 + 4	TMO-US	2	4	4
CA_2-4-5	Inter	2 + 4 + 5	US Cellular	2	4	5
CA_2-4-13	Inter	2 + 4 + 13	Verizon Wireless	2	4	13
CA_2-5-12	Inter	2 + 5 + 12	US Cellular	2	5	12
CA_2-5-30	Inter	2 + 5 + 30	AT&T	2	5	30
CA_2-12-12	Inter	2 + 12 + 12	AT&T	2	12	12
CA_2-12-30	Inter	2 + 12 + 30	AT&T	2	12	30
CA_2-29-30	Inter	2 + 29 + 30	AT&T	2	29	30
CA_3-3-7	Inter	3 + 3 + 7	TeliaSonera	3	3	7
CA_3-7-7	Inter	3 + 7 + 7	Orange, Deutsche Telekom	3	7	7
CA_3-7-20	Inter	3 + 7 + 20	Vodafone	3	7	20
CA_4-4-12	Inter	4 + 4 + 12	TMO-US	4	4	12
CA_4-4-13	Inter	4 + 4 + 13	Verizon Wireless	4	4	13
CA_4-5-12	Inter	4 + 5 + 12	US Cellular	4	5	12
CA_4-5-30	Inter	4 + 5 + 30	AT&T	4	5	30
CA_4-12-12	Inter	4 + 12 + 12	AT&T	4	12	12
CA_4-12-30	Inter	4 + 12 + 30	AT&T	4	12	30
CA_4-29-30	Inter	4 + 29 + 30	AT&T	4	29	30
CA_19-42-42	Inter	19 + 42 + 42	NTT DOCOMO	19	42	42

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-13

Intra/Inter	Combination	Requested by	Note	freq. 1	freq. 2	freq. 3
Inter	8 + 27	KT	Inter-band CA 2DL/1UL	8	27	
Inter	3 + 8 + 27	KT	Inter-band CA 3DL	3	8	27
Inter	7 + 22	Orange, Ericsson	Inter-band CA 2DL	7	22	
Inter	5 + 13	Intel	Inter-band CA 2DL	5	13	
Inter	2 + 2 + 5	Intel	Inter-band CA 3DL	2	2	5
Inter	4 + 4 + 5	Intel	Inter-band CA 3DL	4	4	5
Inter	2 + 5 + 13	Intel	Inter-band CA 3DL	2	5	13
Inter	4 + 5 + 13	Intel	Inter-band CA 3DL	4	5	13
Inter	1 + 3 + 26	China Telecom	Inter-band CA 3DL	1	3	26
Inter	1 + 18 + 28	KDDI	Inter-band CA 3DL	1	18	28
Inter	2 + 2 + 12	U.S. Cellular	Inter-band CA 3DL/1UL	2	2	12
Inter	4 + 7 + 12	Rogers Wireless	Inter-band CA 3DL/1UL	4	7	12
Inter	4 + 4 + 7	Rogers Wireless	Inter-band CA 3DL/1UL	4	4	7
Inter	3 + 3 + 8	CHTTL	Inter-band CA 3DL/1UL	3	3	8
Inter	39 + 41 + 41	China Mobile	Inter-band CA 3DL/1UL	39	41	41
Inter	41 + 42 + 42	Huawei	Inter-band CA 3DL/1UL	41	42	42
Inter	1 + 41 + 41	KDDI	Inter-band CA 3DL/1UL	1	41	41
Inter	26 + 41 + 41	KDDI	Inter-band CA 3DL/1UL	26	41	41

Carrier aggregation bands in 3GPP Rel-13 (Work in Process)

Intra/Inter	Combination	Requested by	Note	freq. 1	freq. 2	freq. 3
Inter	3 + 28	Nokia Networks	Inter-band CA 2DL/1UL	3	28	
Inter	2 + 28	Huawei	Inter-band CA 2DL/1UL	2	28	
Inter	4 + 28	Huawei	Inter-band CA 2DL/1UL	4	28	
Inter	20 + 40	Ericsson	Inter-band CA 2DL/1UL	20	40	
Inter	1 + 40	KT	Inter-band CA 2DL/1UL	1	40	
Inter	3 + 40	KT	Inter-band CA 2DL/1UL	3	40	
Inter	20 + 31	Huawei	Inter-band CA 2DL/1UL	20	31	
Inter	3 + 31	Huawei	Inter-band CA 2DL/1UL	3	31	
Inter	5 + 40	SK Telecom	Inter-band CA 2DL/1UL	5	40	
Inter	25 + 41	Alcatel-Lucent	Inter-band CA 3DL/1UL	25	41	
Intra	42	CATT	Intra-band contig.CA 3DL	42		
Inter	39 + 39 + 41	China Mobile	Inter-band CA 3DL/1UL	39	39	41
Inter	8 + 41 + 41	China Mobile	Inter-band CA 3DL/1UL	8	41	41
Inter	2 + 2 + 29	AT&T	Inter-band CA 3DL/1UL	2	2	29
Inter	38 + 40 + 40	Samsung	Inter-band CA 3DL/1UL	38	40	40
Inter	2 + 4 + 29	Huawei	Inter-band CA 3DL/1UL	2	4	29
Inter	2 + 5 + 29	Huawei	Inter-band CA 3DL/1UL	2	5	29

資料來源：3GPP、本計畫整理

(二) Supplemental Downlink

隨著網路服務的普及以及更多數據傳輸的發生，現有的行動寬頻頻寬將漸漸難以支持過多的網路流量，而其中，一般用戶又以產生下行 (downlink) 的流量為多。

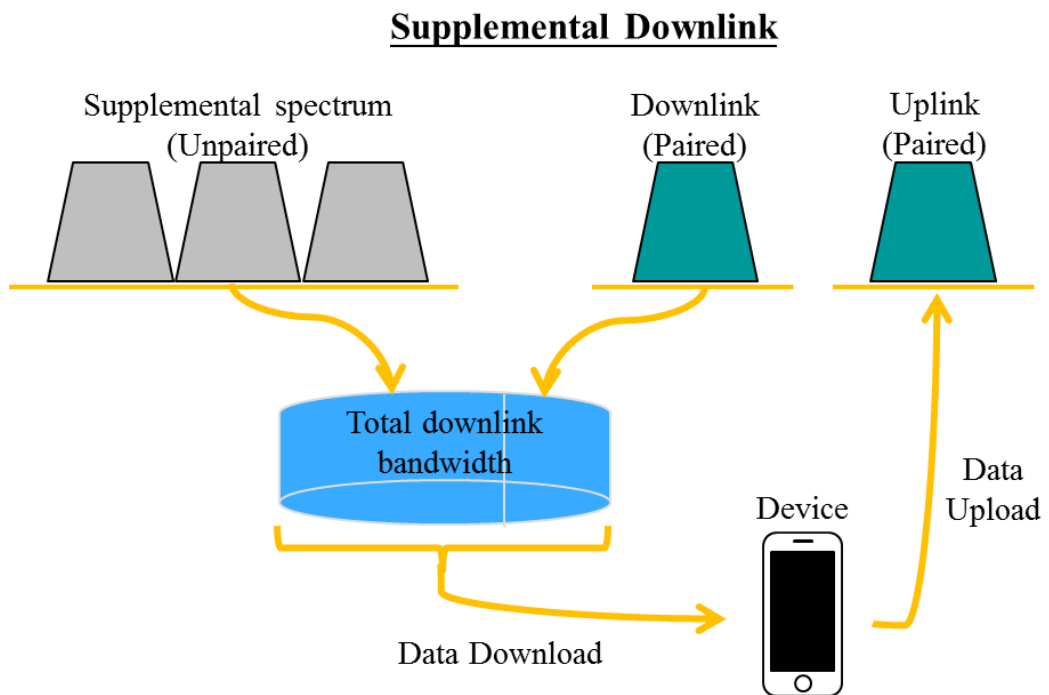


圖 107 SDL 模式示意圖

資料來源：本計畫整理

Supplemental Downlink (SDL) 的技術之概念由美國 Qualcomm 公司在 MWC 2011 (3GPP Release 9) 中提出，宗旨是將未成對的頻段作為 HSPA+ 及 LTE 中，FDD 技術成對頻段的下行額外頻寬，以提供下行傳輸更多流量空間，除可緩解下行頻寬壅塞的現象，亦可反過來解決 FDD 技術中上下行頻寬

等寬，但需承載流量不同的頻譜不效率使用現象。而在 TDD 技術使用時，雖然亦可對稱性的額外增加流量的承載，但會需要保留 Guard Band 防止干擾情形。

SDL 技術所使用的額外頻寬，常為免執照頻段或是與其他專用電信所共享之頻段。最早在 Qualcomm 提出該技術時，是以 L-Band (Band 32, 1452-1496MHz, downlink only) 作為傳統 2.1GHz 的下行額外頻寬使用。Qualcomm 在 2008 年時以 8300 萬英鎊標得了英國的 L-Band 的頻譜使用權限後，便開始檢討利用當中 40MHz (1452-1492 MHz) 發展 SDL 技術的發展可能性。2013 年 2 月，Orange、Ericsson 以及 Qualcomm 於法國共同成功展示了此技術之測試。

在頻譜管理者部分，以 2012 年 10 月 CEPT 通過 L-band 上技術的和諧共享開頭，ECC 也在 2013 年 2 月，經由公開諮詢的方式決定取消在 L-Band 上的衛星使用。而英國無線電頻譜管理機關 Ofcom 則在 2014 年 10 月正式對使用 L-Band 作為 SDL 使用之議題進行評估及公開諮詢，若通過，英國將會成為歐洲第一個使用 L-Band 作為 SDL 技術的國家，而預期歐洲其他國家也會陸續跟進。

但歐洲的 L-Band 原先作為地上波數位音訊廣播 (Digital

Audio Broadcasting) 服務，現在依然有營運商在此商轉；另外在一些鄰近國家如舊蘇聯、芬蘭等，該頻段現正使用在航空距離勘測 (aeronautical telemetry) 上，未來此頻段在進行共用時，預期可能會發生嚴重的干擾情形。針對這些可能產生的干擾問題，主管機關在審核 SDL 的使用時，同時也必須制定 in-band 功率限制、out-of-band 發射限制以及最大 SDL 基站數量限制等，防止干擾的措施。Ofcom 亦計畫關閉鄰近的固定無線系統 (fixed links) 的 2 x 6 MHz 頻寬。

SDL 除了使用 L-Band 之外，在日本亦有提出可使用 1475.9 - 1495.9 MHz, Band 11 的 Downlink 部分作為使用頻段的討論；而 DIGITALEUROPE 組織亦提出使用 470-694 MHz，地上波數位電視的頻段作為使用頻寬，針對其是下行傳輸專用，干擾情形較低的優勢。另外，在 Qualcomm 及 Ericsson 向 3GPP 提出的 RP-131635 中，則提議美國可利用免執照的 5725-5850 MHz 作為 Secondary Cell，搭配有執照的 LTE 頻段作為 Primary Cell 應用在 SDL 技術上。

(三) Unlicensed LTE

Unlicensed-LTE (LTE-U)，又稱為 Licensed-Assisted Access, (LAA)，為 Supplemental Downlink 及 Carrier Aggregation 技術衍生的應用模式，利用免執照的共用頻段彌補執照頻段頻寬的不足；在 SDL 技術下使用的 LTE-U，免執照頻段主要補足 LTE 下行頻段的不足，而 CA 技術下的 LTE-U 則能同時支援上下行傳輸。而 LTE-U 為 non-standalone 技術，須以 LTE 執照頻段作為主要載波，免執照頻段為補充頻段進行使用。

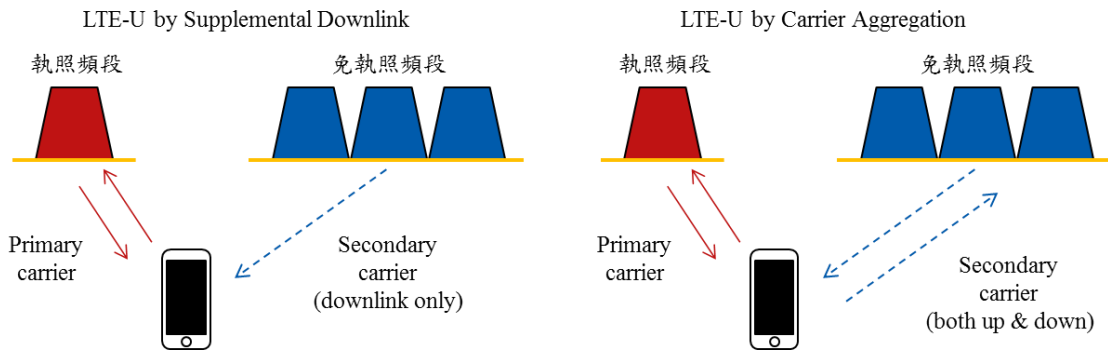


圖 108 利用 SDL 及 CA 技術所展示的 LTE-U 示意

資料來源：本計畫整理

LTE-U 的標準參考 Carrier Aggregation，在 3GPP Release 10,11,12 時已制定標準，在部分地區（美國、南韓、中國及印度）的使用中只需要終端支援而並不需要額外的防干擾規範；但隨著 LBT (Listen Before Talk) 規範制定，在 LBT 市場（歐盟及日本等）需使用新版本的 LAA 標準。一般相信 LAA 將使用

空頻道偵測 (Clear Channel Assessment) 技術，在 LAA 進行連線前利用探索訊號 (discovery signals) 搜尋目標頻段中空白可利用的頻道。LAA 技術在 2014 年 9 月時於 3GPP release 13 中被列為是 Study Item，此一評估將會在 2015 年 6 月進行結論，標準制定則最快則在 2016 年前半完成。

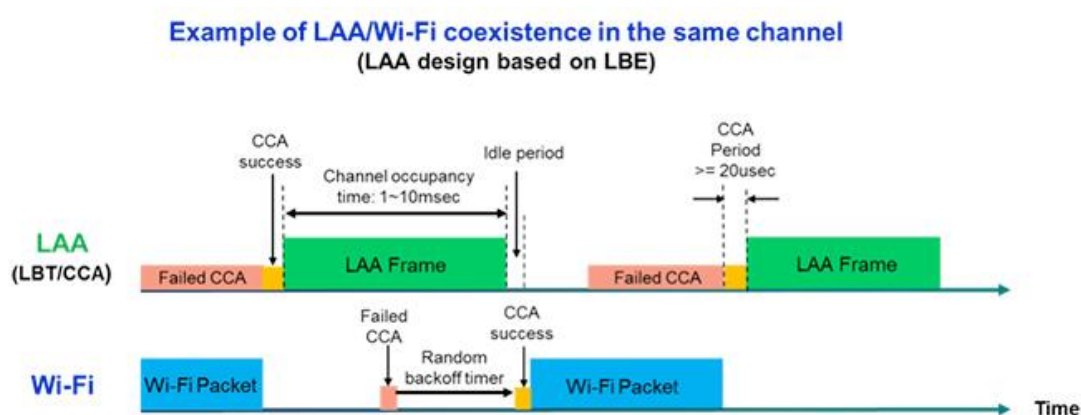


圖 109 LAA 標準使用 CCA 技術進行空頻道探測連線與 Wi-Fi 共存示意
資料來源：Qualcomm

理論上 LTE-U 可使用任何免執照頻段作為補充，而目前討論中的目標頻段是高頻的 Small Cell 5GHz 頻段；由於 5GHz 頻段現在為 Wi-Fi 在使用中，共享頻段可能造成 QoS 的壓縮。其共存的互相干擾性需要進一步的檢討。雖然部分研究(高通、愛立信、華為等公司)顯示滿足特定的機制下，LTE 及 Wi-fi 可以在 5GHz 頻段共存並且共同提升頻譜使用效率，但 Nokia 的研究顯示，不使用任何優化機制下的 LTE-U 技術將會減低 Wi-fi 的品質達 90% 以上。

而除了前述的 5GHz 頻段以外，也有廠商在討論使用 ISM 頻段。ISM (Industrial, Scientific & Medical) bands 是國際上預留給工業、科研及醫療等通訊以外目的使用的免執照頻段。

傳統的用途稱為 ISM uses，舉例如如介電加熱器（微波爐等）、電熱醫療器材(medical diathermy machines)、焊接器材等；但近年來隨著通訊需求的增加，ISM band 也被使用在一些短程低功率，容錯率高的通訊系統，如無線電話、藍芽、近場通訊 (NFC) 以及 IEEE802.11/Wi-Fi 等使用。此種用途稱為 non-ISM uses。

表 69 世界使用之 ISM 頻段

頻段範圍		頻寬	中心頻率	可用度
6.765 MHz	6.795 MHz	30 kHz	6.780 MHz	依地方規定
13.553 MHz	13.567 MHz	14 kHz	13.560 MHz	全世界
26.957 MHz	27.283 MHz	326 kHz	27.120 MHz	全世界
40.660 MHz	40.700 MHz	40 kHz	40.680 MHz	全世界
433.050 MHz	434.790 MHz	1.74 MHz	433.920 MHz	僅有 Region 1 且依地方規定
902.000 MHz	928.000 MHz	26 MHz	915.000 MHz	僅有 Region 2(含例外)
2.400 GHz	2.500 GHz	100 MHz	2.450 GHz	全世界
5.725 GHz	5.875 GHz	150 MHz	5.800 GHz	全世界
24.000 GHz	24.250 GHz	250 MHz	24.125 GHz	全世界
61.000 GHz	61.500 GHz	500 MHz	61.250 GHz	依地方規定
122.000 GHz	123.000 GHz	1 GHz	122.500 GHz	依地方規定
244.000 GHz	246.000 GHz	2 GHz	245.000 GHz	依地方規定

資料來源：公開資料，本計畫整理

在高通的研究中，免執照頻譜共用的 LTE-U 除了在物理上需要達到如地理上的隔離、發射功率的限制等，靜態的頻譜共用條件之外，亦可利用以下三項重要的動態頻譜共用能力，與同樣在免執照頻段上使用的如 Wi-Fi 等其他技術共存：

1. 頻道選擇 (Channel Selection)：LTE-U 會自行尋找乾淨、非使用中的頻段進行連線。由於目前 LTE-U 在檢討中的應用模式是使用 5GHz 頻段中的 20MHz 頻寬，因此此種方式適合中流量時的連線。

2. Time-domain coexistence techniques : LTE-U 將不會長期占用免執照頻寬資源。在沒有 LBT 規範的地區，LTE-U 可對免執照頻段使用間歇性的連線；而在有 LBT 規範的地區，則先對頻道進行偵測，無人佔用時才進行連線。此兩種方式均會保證連線持續時間在 1 毫秒到 10 毫秒間，以免獨佔頻段。
3. Opportunistic Secondary Cell operation : 在高流量時，LTE-U 將會釋放補充載波的免執照頻段，並退回到執照頻段進行連線。

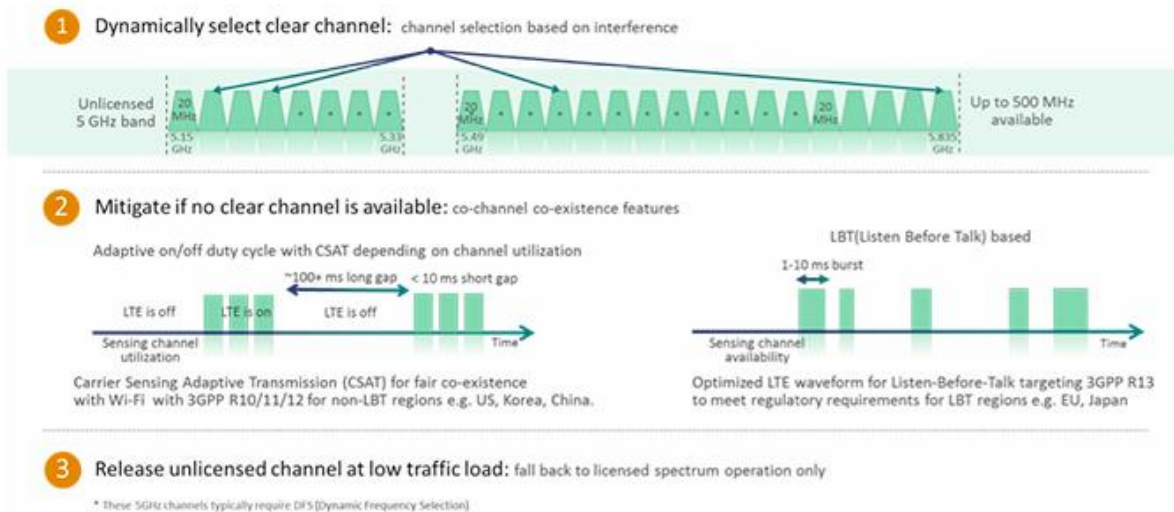


圖 110 動態頻譜技術減低 LTE-U 造成干擾之方案

資料來源：Qualcomm

(四) 動態頻譜與頻率共享

動態頻譜管理 (Dynamic Spectrum Management)，也被稱為動態頻譜接收 (Dynamic Spectrum Access)，是一組正在被研究和開發，以提高通信網路的性能的基礎上在網路通訊理論和博弈論理論概念技術整體。其基本策略係採用靈活的分配手段，是通過一個自我調整策略有效地利用頻譜資源，提高頻譜利用率。

為使頻譜獲得有效利用，對各種不同通信系統間的頻率共享及最佳化的討論持續地進行著。動態頻譜共享的感知無線電導入「監測→感知→判斷→行動」的控制循環，可監測頻譜使用狀況並感知到未利用的頻段。若擁有優先使用權的 primary user 存在，會在不造成 primary user 干擾的範圍內判斷 secondary user 共用該頻段的可行性，而採取資訊傳送的行動；在優先使用權利相等的情況下，則採取在一定的秩序下共用頻段的機制。

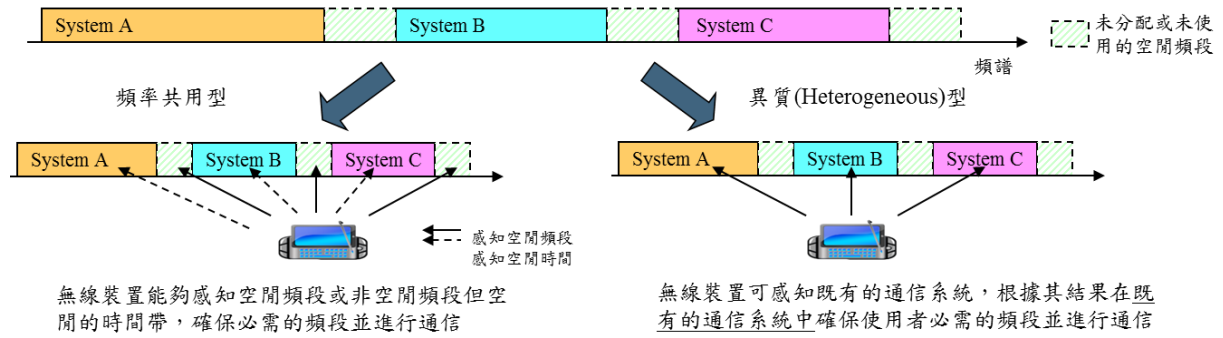


圖 111 感知無線電技術的 2 種思考方式

資料來源：本計畫整理

2013 年 6 月，動態頻譜協會 (The Dynamic Spectrum Alliance) 由 23 家世界不同公司及機關組織共同成立，為一技術中立之聯盟，其宗旨在於改善無線電波傳輸時共用頻段的干擾、頻譜放置未使用或低效率的情形，並為動態頻譜使用制定法規與標準。該協會之高峰會首次於 2013 年泰國曼谷舉行，第二次為 2014 年迦納阿克拉，並將於 2015 年 5 月於菲律賓的馬尼拉招開第三次高峰會。

動態頻譜管理的重要共同原則包括：

1. 自適應調變和編碼：自適應調變和編碼 (Adaptive modulation and coding; AMC) 是根據終端和 Node-B 提供的資訊，改變調變和編碼的格式，使其適應在系統限制範圍內和通道條件。一般利用兩種方法：選擇調變型態 (modulation type) 及選擇前向糾錯編碼 (FEC)。

2. 頻寬管理

3. 多用戶傳送波束成型與多裝置同步

4. 髒紙編碼：髒紙編碼 (dirty paper coding) 指資訊發送前，發射機已瞭解了通道的基本情況，通過在發射端處理信號，在存在干擾的情況下，對發射端採用合適的編碼方法使接收機在接受信號時可以認為傳輸不存在干擾，從而增加多輸入多輸出系統 (MIMO) 的總容量。髒紙編碼為非線性編碼。

5. 鏈路聚合：鏈路聚合(Link Aggregation)，又稱 Trunk，是指將多個物理埠捆綁在一起，成為一個邏輯埠，以實現出入流量吞吐量在各成員埠中的負荷分擔，交換機根據用戶配置的埠負荷分擔策略決定訊息從哪一個成員埠發送到對端的交換機。

(五) 極高頻毫米波技術及應用

極高頻 (Extremely High Frequency, EHF) 指頻率在 30 ~ 300GHz 範圍之電磁波，約坐落於微波到遠紅外光區段之間；而由於其波長在 1cm ~ 1mm 之中數毫米的範圍，亦被稱為毫米波頻段。

相較於較低頻率的電磁波，此區段的電磁波在空氣中較易被各種分子如水蒸氣、氧氣吸收(標準狀態下，氧分子吸收峰：60 GHz, 118.75 GHz；水分子吸收峰：22.235 GHz, 183.31 GHz, 325.153 GHz)，因此有較高的衰減率，並受到氣候如溼度等重大的影響；而高頻率的電磁波在遇到障礙物時易進行漫反射不易發生繞射的特性，也限制了其僅能在數公里內以視線傳播 (Line-Of-Sight, LOS) 方式進行傳輸。但其優點在於，高頻率能降低天線大小，進而允許較小的波束寬度 (Beam Width)，使其能乘載之流量提高，可達 10 Gbps 以上；另外由於其衰減率高傳輸距離短、使用高指向性天線的特性，也有效減低了鄰近蜂巢式網路 (Cellular Network) 其所需的頻率重複保留距離 (Frequency Reuse Distance)，減少鄰近範圍的干擾情形。

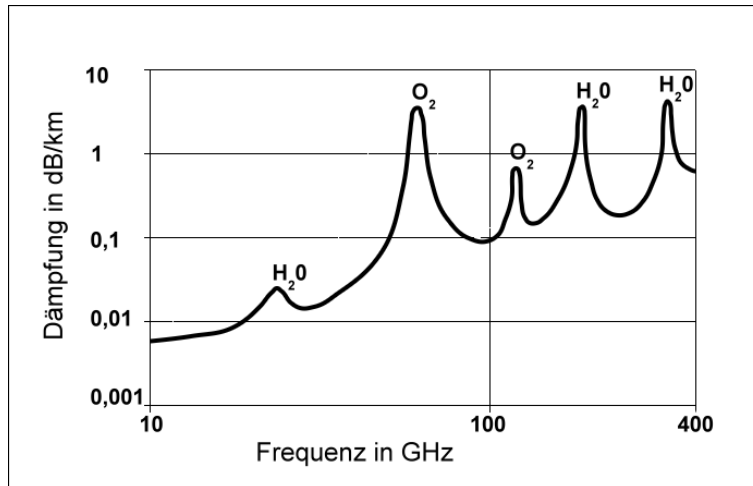


圖 112 毫米波頻段在大氣中被吸收之峰值
資料來源：Dantor，本計畫整理

毫米波頻段主要可應用在科學研究（無線電衛星、距離感測）、保全掃描（毫米波對衣料等軟材質有高的穿透率，用在機場等安檢掃描）、醫學儀器（40 – 70 GHz, MMW or EHF Therapy，較多用在於前蘇聯國）、車用雷達（在歐、美、澳等地區，利用 33.4 – 36.0 GHz 的 K_a-Band 作為測速雷達）、氣象雷達以及無線傳輸等用途。

表 70 毫米波頻段劃分

頻段 (Band)	頻率 (frequency)
L Band	1 – 2 GHz
S Band	2 – 4 GHz
C Band	4 – 8 GHz
X Band	8 – 12 GHz
K _u Band	12 – 18 GHz
K Band	18 – 26.5 GHz
K _a Band	26.5 – 40 GHz
Q Band	30 – 50 GHz
U Band	40 – 60 GHz
V Band	50 – 75 GHz
E Band	60 – 90 GHz
W Band	75 – 110 GHz
F Band	90 – 140 GHz
D Band	110 – 170 GHz

參考資料：各項公開資料，本計畫整理

毫米波技術進行無線傳輸部分，目前在美國，38.6 – 40.0 GHz 頻段已被用來作為高速微波數據連接的執照頻段進行使用；在 71 – 76, 81 – 86, 92 – 95 GHz 等較少受到空氣中分子吸收之頻段，目前也被拿來做為執照頻段的大頻寬點對點傳輸連結，其傳輸效率可高達 10 Gbps。而另外在免執照頻段使用面，較常見的則是在 ISM 頻段的 60GHz 頻段 (57 – 64 GHz)，除了目前已有在被檢討中及使用中的無線 Backhaul 等用途，如之外，短距離無線數據連接的 Wireless HD 與寬頻網路連線的 WiGig (IEEE 802.11ad) 為現在被關注的主流。以下分項介紹：

- Wireless HD :

隨著影片等大流量傳輸的需求，以及高畫質 (1080p 以上) 來源的增加，使用毫米波技術可以更進一步的提升傳輸速度，更能有效率傳輸無壓縮的高畫質來源。

Wireless HD 技術在 2008 年由 SiBEAM (2011 年被 Silicon Image 併購，而 Silicon Image 則在 2015 年被 Lattice Semiconductor 併購) 提出，利用 60GHz 頻段中的 7GHz 大小的頻道，通過無線方式提供裝置間進行未壓縮的 HD 視訊等多媒體訊息傳輸，傳輸速度的理論最大值可達 25 ~ 28 Gbps ；並使用指向性波束形成控制 (adaptive beamforming) 以及波束追蹤 (beam tracking) 技術天線技術延伸其傳輸距離至非 LOS，並利用 Digital Transmission Content Protection (DTCP) 技術提升安全性。其中波束成型技術利用相位陣列 (phased array) 的方式，允許最大 10 W 的等效率全像輻射功率 (Effective Isotropic radiated Power, EIRP)，以延伸其連線範圍至 10 公尺以上；而 beam-tracking 則協助保持高速移動及遭遇障礙物時的連線狀態。

WirelessHD 利用正交頻分多工 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 技術提供高流量及低流量之兩

種連線模式：高流量模式利用 ISM 60 GHz Band 的 57 – 64 GHz 頻段，將其切成 4 段 2.16 GHz 寬的頻道並使用其中 1.76 GHz 的頻寬，以及 512 個 4.957 MHz 寬的副載波 (subcarrier)，並在調變部分利用 1.9 Gbps 的四位元相位偏移調變 (Quadrature Phase-Shift Keying, QPSK) 或 16 相位正交震幅調變 3.8 Gbps (16-Phase Quadrature Amplitude Modulation, 16QAM)；低流量模式則使用 128 個 92 MHz 寬的副載波，並用 2.5 – 40 Mbps 的雙位元相位偏移調變 (Binary Phase-Shift Keying, BPSK) 進行調變。

- WiGig (IEEE 802.11ad) :

WiGig 為 IEEE 802.11 家族之 WLAN 無線網路線方式之一，利用 60 GHz 頻段進行傳輸；而由於在資料鏈結層 (Media Access Control Layer) 協定方式與過去類似，因此可與舊版本使用 2.4 GHz 或 5 GHz 的 11a/b/g/n/ac 等標準項下相容。推廣其技術標準的 Wireless Gigabit (WiGig) Alliance 已在 2013 年與 Wi-Fi 聯盟合併完成。

WiGig 利用天線陣列 (antenna arrays) 提供波束成型以及波數追蹤的技術，提升其連線範圍以及穩定性。在使用頻道方面，則為 ISM 60 GHz Band 的 57 – 64 GHz 頻段，分割成為 4 個 2.16 GHz 寬的頻道，利用正交頻分多工的方式，提供理論最大數率 7 Gbps 的網速；而使用單一載波的省電模式時依然可提供 4.6 Gbps 的網路連線速率，並透過高階加密標準 (Advanced Encryption Standard) 進行加密。

美國加州的 Wilocity 是 60 GHz WiGig 技術晶片的主要提供廠商，目前正與 Qualcomm 致力合作，製造支援 IEEE 802.11 三頻段連線 (2.4GHz、5GHz、60GHz) 的模組。

表 71 推廣 60GHz 毫米波無線短離通訊技術之主要技術及聯盟

Wireless HD (WiHD) 	Wireless Gigabit Alliance (WiGig) 
<ul style="list-style-type: none"> • 於 2008 年 1 月時提出 1.0 版，理論極限值為 25 Gbps，實際達 4 Gbps 傳輸率。2010 年 5 月提出 1.1 版，將理論極限值擴展到 28 Gbps • 使用 IEEE 802.15.3c 標準，支援裝置為無線影音傳輸而非無線網路 • 以指向性的波束控制 (adaptive beamforming) 天線技術來延伸傳輸距離，在 10 公尺範圍內可點對點傳遞無壓縮、無損失的高解析視訊畫面 • 利用 Digital Transmission Content Protection (DTCP) 技術避免其傳輸的影片被盜版使用 • 支援 1080p 以上，到 4K、120Hz、3D 等高畫質 • 聯盟成員以家電廠商為主，以美國的 SiBEAM 為首，包含 Sony、Toshiba、Philips、Samsung 等 • 2011 年 SiBEAM 被 Silicon Image 併購後，WiHD 改名為 UltraGig 	<ul style="list-style-type: none"> • 2009 年 5 月成立，同年 12 月正式的 WiGig 1.0 標準底定，支援傳輸速度 7Gbps • 2013 年併入 Wi-fi 聯盟中，以 IEEE 802.11ad 技術為核心，將 60GHz 頻段分為 4 個 2.16-GHz 片段，單一片段在低電量運行時的理論傳輸速度為 4.6Gbps • 2010 年發表了其 A/V 和 I/O 傳輸協定適應層 (protocol adaptation layer, PAL) 的規格，除無線網路外也可支援 HDTV 介面和其他高畫質顯示器和投影各種設備間的影音資料 • 支援全高畫質 1080p • 聯盟成員以 IT 廠商為主，包含 Dell、Intel、Nvidia、Microsoft 等，亦有聯盟成員同時為 WiHD 成員 • 目前發展目標為設計可切換在 2.4GHz、5GHz 以及 60GHz 三個頻段接收的晶片

參考資料：WiHD、WiGig 聯盟公開資料，本計畫整理

毫米波應用在行動通訊的領域之實驗，由紐約大學已在 2013 年在紐約市展示利用 28GHz 頻段及 38GHz 頻段，搭配高指向性天線以及波束成型技術之無線通訊實驗；日本的 NTT DoCoMo 也與國際六大廠商合作，於 2014 年開啟室內測試，並預計在 2015 年進行戶外測試，探討現有 UHF 頻段以上，由 SHF 到 EHF 頻段在無線通訊應用之可能性。

未來 5G 新技術的發展，目前預測將可會使用低覆蓋範圍 Small Cell 之異質網路 (Heterogeneous Networks 方式)，搭配高 Frequency Reuse 的頻段與技術，並朝高頻段有更多具潛力頻寬之方向發展。針對極高頻毫米波這個具潛力之頻段，我國除應持續追蹤技術發展動態外，亦應檢討現行法規下廣佈 Small Cell 之可能性，以建立利於推動新技術發展之友善環境。

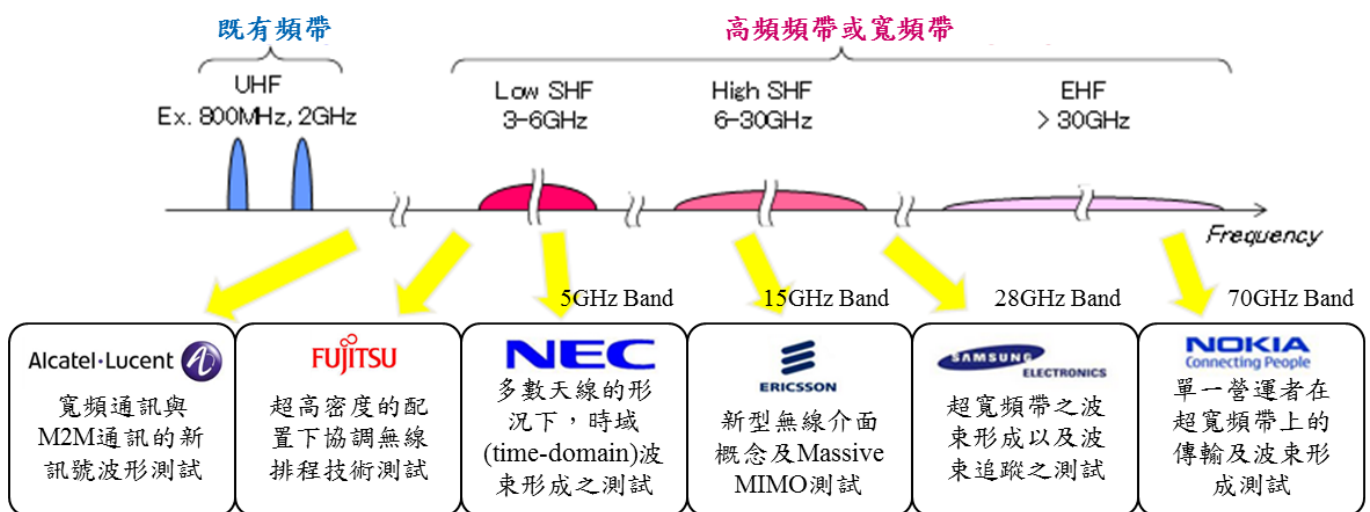


圖 113 NTT DoCoMo 與六大廠商針對高頻率頻段進行之實驗內容

資料來源：NTT DoCoMo，本計畫整理

(六) TV White Space

類比電視數位化後，過去為了避免干擾無法使用的頻段因而釋出，形成珍貴的空閒頻段。供無線電視所使用的短波長頻段具有長距離、高穿透性等優越的傳播特性及大的覆蓋面積，加上其頻段因時間與地域的不同而有閒置的情況，因此各國均積極思考透過感知無線技術來利用無線電視之閒置頻段。

TV White Space 的應用已在世界各地進行多項測試並獲得驗證。以下分項說明各國 TV White Space 應用現況：

● 美國 TV White Space 應用現況

美國是目前於 TV White Space 規格及技術領先的國家。主管機關 FCC 透過柔軟的頻譜政策，替美國 TV White Space 產業創造一個全國性的實驗場域，至今全世界領導 TV White Space 規格及服務的均為美國企業，將是美國未來重要的產業之一。如今，FCC 發布開放 White Space 供寬頻通信用無線設備的使用命令，揭示 White Space 使用條件為二次利用，採取免執照制，可利用於個人/商業用寬頻通訊無線設備。

FCC 自 2002 年便開始檢討 TV White Space 利用的可能性。FCC 經實驗證明在具備感知機能及無線設備位置資訊透過 database 進行 online 告知的情況下可充分防止干擾發生，更於

2009 年 1 月設立 TV White Space 的國際推動組織「International TV White Spaces Fellowship and Training Initiative」，並自 2009 年 10 月起，FCC 對 TV 的實證實驗賦予實驗執照，包括維吉尼亞州與北加州兩地區。

FCC 經過上述多年的討論與實證實驗，在 2010 年 9 月正式決議以免執照制開放 TV White Space 無線裝置使用；在 2011 年 1 月，為分區管理可用之電視白頻段，FCC 公布了 Google 等 10 家的 TVWS 資料庫營運商，使用者可經由其資料庫系統查詢自身所在區域可使用之空頻道；同年 2 月，FCC 正式通過 Incentive Voluntary Auction 法案，希望能向電視業者取回共 120MHz 的頻寬；但並不順利，在 2013 年的一次延期後，2014 年 10 月再度通過二次延期，原定 2015 年終執行的 Incentive Auction 延至 2016 年。

業界方面，2011 年，加州 Humboldt County 的 Yurok Tribe 在與通訊器材供應商 Carlson Wireless 的合作下展開 TV White Space 的測試；2012 年 1 月，美國第一個 TVWS 商用服務於北加州出現，利用 TVWS 頻段進行無線監視器的控制監測；2013 年 4 月，北加州的 El Dorado County 成為美國第一個使用 TVWS

提供寬頻網路的地區；同年7月，西維吉尼亞大學成為第一個利用電視頻道空頻段提供校園內及近郊網路傳輸的大學。

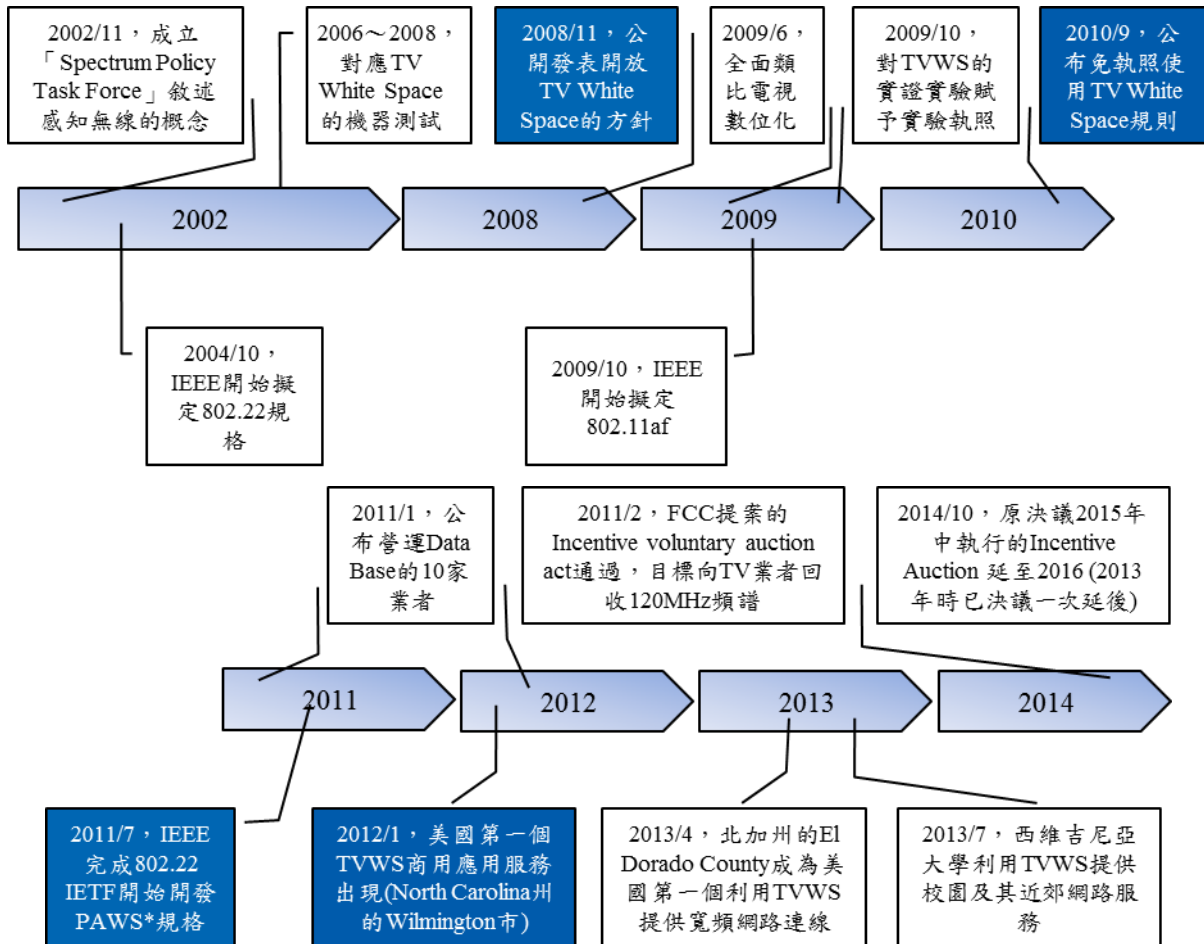


圖 114 美國 TVWS 發展進程

資料來源：FCC、各公開資料、本計畫整理

- 歐盟、英國、加拿大 TV White Space 利用現況

相較於美國的開放態度，其他多數國家對於 TV White Space 的利用仍處於檢討階段或正展開實證實驗之計畫。

歐盟的態度保守，表示 TV White Space 在不干擾/不保護的原則（即不對一次使用者造成干擾，不保護其免於一次使用者所造成的干擾）下，於特定地區與時間有使用的可能性，但認為透過感知無線技術利用 TV White Space 仍需經過充分驗證。

英國較歐盟開放，Ofcom 首先於 2007 年 12 月，在「Digital Dividend Review」中表示開放 TV White Space 的使用，並於 2009 年 7 月開放 TV White Space 頻段可使用免執照的感知無線設備，與美國立場相同。2011 年 6 月，於英國劍橋地區，由 Microsoft 主導，Adaptrum 技術提供並由其他如 Nokia、BSkyB、BBC 以及 BT 等廠商及單位支援，展開了一次大型的商業測試。該次商業測試中，利用 White sapce 所提供的頻寬向客戶端的一台 Xbox 傳送了一段 Live 的高清視頻，並完成了兩座 Xbox/Kinect 間的視訊聊天。

加拿大自 2006 年 6 月起採取執照制開放 TV White Space 於偏遠郊區進行寬頻服務。加拿大政府工業局亦在 2011 年 8 月開展一次大規模諮詢 (Consultation on a Policy and Technical

Framework for the Use of Non-Broadcasting Applications in the Television Broadcasting Bands Below 698 MHz 計畫)，蒐集各方面對 TV White Space 技術之應用意見。

- 日本 TV White Space 利用現況

日本的總務省自 2009 年 12 月起設立「新興無線電活用遠景檢討團隊」，專門研議 TV White Space 的利用等提昇頻譜使用效率的方法。該團隊針對 6 個地區進行無線電使用實測，發現在不同區域的部份電視用頻段有頻譜閒置的情況，可加以利用。隨後，在 2009 年 12 月至 2010 年 1 月，「新興無線電活用遠景檢討團隊」公開募集 TV White Space 的實驗計畫，共計 50 個單位提出約 100 個實驗計畫。

經過上述的規劃過程，「新興無線電活用遠景檢討團隊」於 2010 年 8 月提出了「White Space 特區」試驗計畫。根據其計畫，總務省在 2011 年 4 月制定了 25 個「White Space 特區」，在六本木新城等地區展開實驗試驗局數位地上波的放送。最終，日本總務省在 2013 年發表 TVWS 運用調整體制的最終確認。

而東日本震災後，於福島縣南相馬市亦在 2011 年 7 月，開啟「南相馬頻道」利用 TV White Space 的頻段以實驗試驗局的方式放送震災相關情報。2012 年 4 月，TV White Space 技術的播放

在以上試驗區域地帶內逐漸制度化，當年6月，赤坂 Sacas 取得了第一張 TV White Space 一般地上放送局的執照；往後，石卷專修大學、平塚競技場等也一一開局。「南相馬頻道」亦在2013年2月轉移成為一般地上放送局。

在 TVWS 的寬頻網路連線使用方面，在2014年1月，日本情報通信研究機構 (NICT)以及日立電子在倫敦完成了第一次長距離寬頻連線測試，而在同年7月達到了連線速度40Mbps。

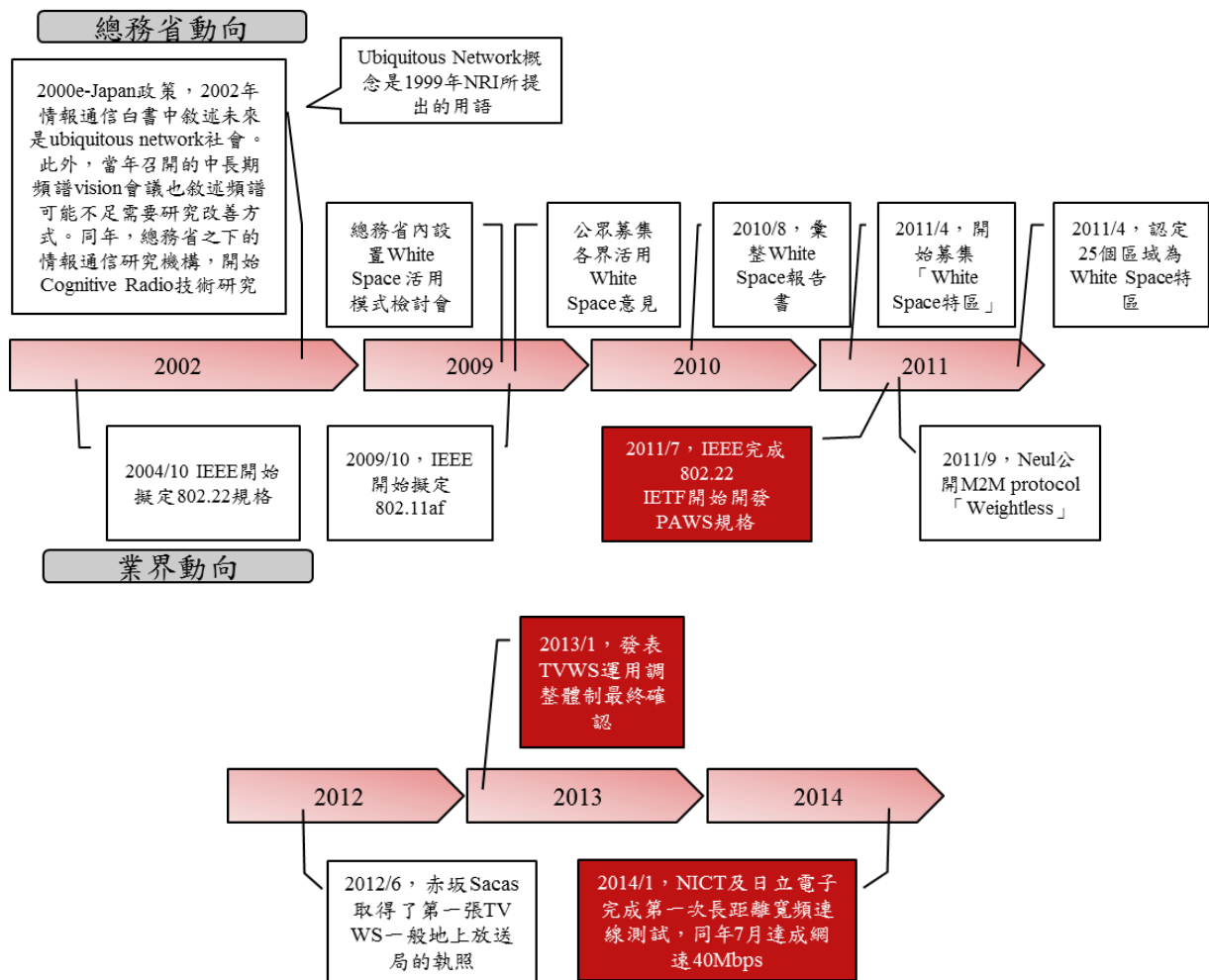


圖 115 日本 TVWS 發展進程

資料來源：日本總務省、各公開資料、本計畫整理

(七) VoLTE

現階段 4G LTE 服務有別於過去 2G GSM 及 3G CDMA 技術，主要為數據傳輸為主。在未來 3G 執照屆期服務結束後，需要高涵蓋率的語音通話有多個解決方案：

1. Over- The -Top (OTT)：Over the top 技術是使用網路電話（如即時通訊軟體 App 等現在的通話服務），以 IP 電話的方式取代現階段迴線電話。其優點是目前走網路連線的方法，只要取得免費的上網服務即可免費通話，並且不會使用其他技術，可順利將 2G 及 3G 的頻譜釋出；但使用此方案除了未來電話將沒有電話號碼之外，亦有通訊不穩定的缺點。更重要的是，目前電信服務業者與 OTT 業者是處於競爭關係，利用 OTT 服務取代迴線通話服務的未來似乎並不可見。
2. Simultaneous Voice and LTE (SVLTE)：SVLTE 為雙卡雙待技術，在一支手機上同時插有 2 張 sim 卡，其中一個 2G 或 3G 門號進行通話服務，另一個 4G 門號進行上網。其優點在於目前可以對電信網路環境要求較低，只要有網路服務的地方即可使用；但缺點通常在於終端，可能

有較耗電及選擇較少的可能性。另外，此種方案的接續資費也將需要更多主管機關、電信業者、消費者間共同的檢討。

3. Circuit Switched Fallback (CSFB)：CSFB 是目前主流方案，被視為是在 4G 網路普及率尚不足，3G 網路依然為主流時的過渡方案。終端用戶在平時進行網路服務時使用 4G 網路進行連線，而在語音通話時，系統將會直接降回普及率與覆蓋率較高的 2G 或 3G 網路進行通話服務。此種方式為目前多數共同擁有 3G 及 4G 網路方案的業者所提供，但卻有通話時上網速度會較慢的缺點，而為了運行 2G 及 3G 服務，依然需要保持一定輻支援該技術的頻寬，也會造成頻譜使用效率上的下降。
4. Voice Over VTE (VoTLE)：VoLTE 是直接使用 4G 網路進行語音通話的服務。被認為是未來的語音傳輸主流。

表 72 4G 時代語音通話解決方案比較

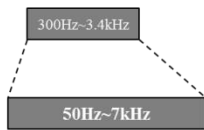
技術	內涵	優點	缺點	備註
OTT (Over-The-Top)	網路電話 (VoIP)	1. 互打免費 2. 2G 及 3G 之 頻譜可釋出	1. 無電話號碼 2. 通話不穩定	電信業者與 OTT 業者為競爭關 係，不可能成為 解決方案
SVLTE (Simultaneous Voice and LTE)	雙卡雙待	對電信網路環境 無要求	1. 手機可選擇 性少 2. 較耗電	-
CSFB (Circuit Switched Fallback)	語音時降回 2G/3G	多數 LTE 業者支 援	1. 通話延遲 2. 通話時上網 速度慢	目前主流方案， 被視為過渡方案
VoLTE (Voice over LTE)	LTE 語音技術	1. 2G 及 3G 之 頻譜可釋出 2. 音質高 3. 接話快	1. 訊號涵蓋率 須提高 2. 漫遊標準尚 未制定	隨著 LTE 普及率 及覆蓋率提升， 可能成為未來主 流

資料來源：各公開資料、本計畫整理

VoLTE 是利用 LTE 的網路的封包機換來產生語音通話，又稱為「IMS Profile for Voice and SMS」，提供包括語音、即時視訊、文字、檔案交換、影音串流等整合式多媒體通訊服務。其服務可應用於固網、行動網路、或是兩者匯流的網路，將帶來更清晰的語音和視頻通話品質、更快的呼叫接續速度。

■ VoLTE優點：

寬頻語音(HD Voice)



高清影像電話



超快速發話



高速網路通話同時應用



■ VoLTE缺點：

LTE涵蓋率需達80%以上



可支援手機種類少



圖 116 VoLTE 技術現階段優缺點比較

資料來源：NTT DoCoMo、各公開資料、本計畫整理

VoLTE 有音質高 (HD Voice)、接話快的優點，而由於服務全面使用 4G 網路，2G 及 3G 的頻譜將可以有效地釋出；並且由於通話時依然使用 4G 網路，並不會產生如 CSFB 的通話時網速下降的缺點。但是由於影響連線品質的一大因素的訊號涵蓋率目前還尚低，須待涵蓋率達成 80% 以上方可進行普及；而業者間、國家間的漫遊標準亦尚未制定，以及終端是否全面能夠支援 4G 服務的問題，現階段仍是無法進行普及。但就長遠發展來看，VoLTE 不啻成為未來解決 4G 時代通話技術以及頻譜壅塞的一線曙光。

目前(2015 年初)國際上共有 9 國 20 個營運商提供 VoLTE 商用服務，另外有 42 國 80 家營運商正檢討或實驗中。

表 73 開啟 VoLTE 之營運商與其使用頻段

國家	營運商	服務開啟時間	使用頻段
美國	AT&T	2014.05	Band 17、Band 2、Band 4
	MetroPCS	2014.08	Band 12、Band 2、Band 4
	T-mobile	2014.05	Band 12、Band 2、Band 4
	Verizon	2014.09	Band 13、Band 2、Band 4
加拿大	Rogers Wireless	2015.03	Band 17、Band 7、Band 4
德國	Vodafone	2015	Band 20、Band 7
南韓	KT	2012.10	Band 8、Band 3
	SK Telecom	2012.08	Band 5、Band 3、Band 1
	LG U ⁺	2012.08	Band 5、Band 1、Band 7
日本	NTTDoCoMo	2014.06	Band 19、Band 21、Band 9、Band 1
	KDDI	2014.12	Band 18、Band 11、Band 1
	Softbank	2014.12	Band 1、Band 41 (TDD)
香港	Csl	2014.10	Band 3、Band 7
	3 HK	2014.05	Band 20
	SmarTone	2014.08	Band 8、Band 3
	HKT-PCCW	2014.05	Band 7
新加坡	SingTel	2014.05	Band 3、Band 7
	StarHub	2014.08	Band 3、Band 7
土庫曼	Altyn Asyr	2014.09	
羅馬尼亞	Vodafone	2014.11	Band 20、Band 3

資料來源：各公開資料、本計畫整理

(八) UHD TV 與 Hbb TV

- UHDTV :

Ultra HD TV 由日本放送協會 (NHK)、英國廣播公司 (BBC) 及義大利廣播電視公司 (RAI) 等機構所倡議推動，並由 ITU-R Recommendation BT.2020 (Rec. 2020) 定義其屬性規格。

超高畫質電視有 4K、8K 兩種解析度，4K 電視之解析度為 $3840p \times 2160p$ (8.29 megapixels)，為現行高清電視 $1920p \times 1080p$ 之 4 倍；8K 電視之解析度為 $7680p \times 4320p$ (33.18 megapixels)，為現行高清電視之 16 倍。

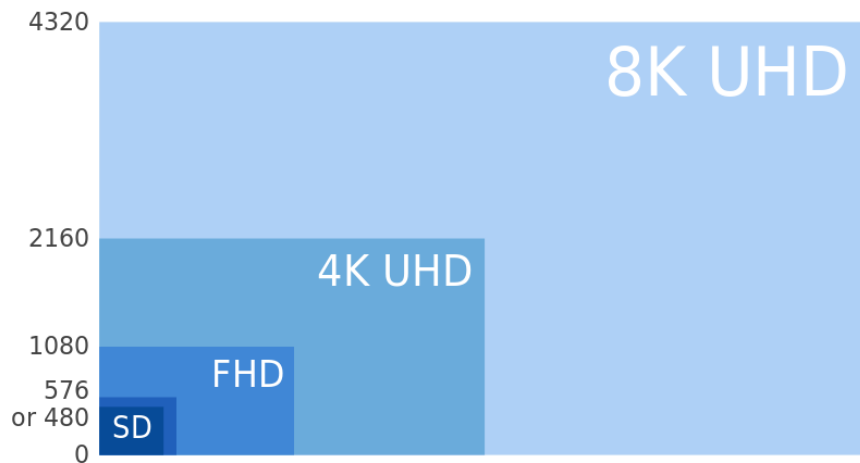


圖 117 16:9 解析度比較

資料來源：日本總務省、各公開資料、本計畫整理

2003 年，第一款 4K 錄影的攝影機 Dalsa Origin 由加拿大 Dalsa 公司推出；日本 Toshiba 在 2011 年十二月推出第一款 4K

電視，預期在 2017 年時 4K 將成為電視的主流規格。

2013 年四月，加拿大 Bulb TV 啟動了第一個 4K 有線頻道；

2014 年二月，美國 HIGH TV 提供了第一個全天候 4K TV 轉播。

2013 年四月，日本 Astro Design 推出第一台 8K 錄影支攝影機；

而目前有日本的 Sharp、Panasonic 及韓國的 LG 展示了 8K 電視

的技術，但預計還不會上市。2014 年一月，日本放送協會 (NHK)

完成 8K 影像傳輸的測試，成功將 8K 超高畫質影像傳輸 27 km。

國際目前 6 國 10 電台從事地面波數位電視 (DTT) 的 4K

TV 的測試，主要利用的頻段為 500-700 MHz 的數位電視頻段；

而 8K TV 則由日韓兩國展開測試。

表 74 國際 DTT 8K 電視測試國家資料

國家	電台	覆蓋範圍	中心頻段	頻寬	訊號傳輸 速率	視頻編碼 標準	相素標準	音頻編碼 標準
日本	NHK Hitoyoshi Station	City of Hitoyoshi	671MHz (Ch 46 in Japan)	6 MHz	91.0 Mb/s	MPEG-4A VC/H.264	320p59.94f rame/s 8 bits/pixel	MPEG-4 AAC384 kb/s
韓國	Technical Research Institute Building of Korean Broadcasti ng System (KBS)	Yeoeuido, Seoul	785 MHz (Ch 66 in Korea)	6 MHz	50.0 Mb/s	HEVC	-	-

資料來源：各公開資料、本計畫整理

表 75 國際 DTT 4K 電視測試國家資料

國家	電台	覆蓋範圍	頻段	頻寬	訊號傳輸 速率	視頻編碼 標準	相素標準	音頻編碼 標準
韓國	Kwan-Ak Mountain	Metropolitan area, of Seoul	761 MHz (Ch 62 in Korea)	6 MHz	Variable (some trials at 25~34 Mb/s)	HEVC Main10Level 5.1 Max 28 Mb/s	3840x2160p 60 frames/s 8 bits or 10 bits/pixel	MPEG-4 AAC-LC Dolby AC-3 Max 5.1Ch Max 600 kb/s
			701 MHz (Ch 52 in Korea)					
			707 MHz (Ch 53 in Korea)					
	Nam Mountain	Central area of Seoul	761 MHz (Ch 62 in Korea)					
	Yong-Moon Mountain	West Metropolitan area of Seoul	707 MHz (Ch 53 in Korea)					
法國	Eiffel Tower	City of Paris	514 MHz (Ch26 in Region 1)	8 MHz	Two programmes carried: one at 22.5 Mb/s, one at, 17.5 Mb/s	HEVC	3840x2160p, 50 frames/s, 8 bits/pixel	HE-AAC 192 kb/s
西班牙	ETSI Tele-comunicación	Ciudad Universitaria Madrid	754 MHz (Ch56 in Region 1)	8 MHz	35 Mb/s, (other bit rates also tested)	HEVC	3840x2160p, 50 frames/s, 8 bits/pixel	E-AC-3 5.1
瑞典	Stockholm Nacka	City of Stockholm	618 MHz (Ch 39 in Region 1)	8 MHz	24 Mb/s	HEVC	3840x2160p2 9.97 frames/s, 8 bits/pixel	
英國	Crystal Palace	Greater London (serving over 4.5 Million)	586 MHz (Ch 35 in Region 1)	8 MHz	Variable (some trials at 35 Mb/s)	HEVC	Mixture of 3840x2160p, 50 frames/s and	-

		households)					3840x2160p, 59.94 frames/s, Most of the trial at 8 bits/pixel, some at 10 bits/pixel	
	Winter Hill	North-west of England including Manchester and Liverpool (serving 2.7 Million households)	602 MHz (Ch 37 in Region 1)					-
	Black Hill	Central Scotland including Glasgow and Edinburgh (serving 1 Million households)	586 MHz (Ch 35 in Region 1)					-
捷克	Žižkov Television Tower	Prague	706 MHz (Ch50 in Region 1)	8 MHz	-	HEVC	3840x2160p	-

資料來源：各公開資料、本計畫整理

UHDTV 在我國未來的發展狀況而言，由於我國有線電視基礎設施完善，目前我國電視廣播主流依然以有線電視及衛星電視為主，其普及率約高達 85%；未來 UHDTV 導入後依然會以使用此二種方式居多，因此研究團隊認為 UHDTV 使用頻段的預留議題，尚待主管機關與廣電業者進行進一步討論後始得檢討。

- Hbb TV

Hbb TV 技術利用智慧型電視、機上盒以及多螢幕系統的結合，目的在於將廣播電視以及網路影片整合至同一平台。未來使用 HbbTV 的用戶可以同時用同一設備觀看數位轉播電視及 IP 電視，亦可利用 Smart TV 進行線上娛樂服務。

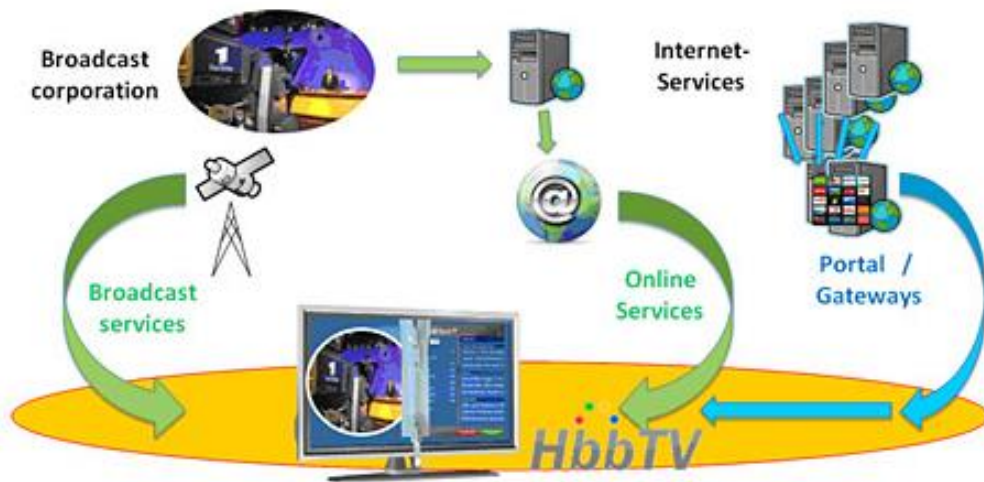


圖 118 Hbb TV 概念

資料來源：Hbb TV 聯盟

Hbb TV 的技術標準為 ETSI TS 102 796。其技術首先在 2009 年，由法國的 France Télévisions 以及兩家機上盒開發商 Inverto Digital Labs 及 Pleyo of France 展示，利用數位地上波、IP 連線及通訊衛星進行傳輸，在 IFA 及 IBC 展覽會上轉播法網公開賽。現階段已有約 20 個國家提供 HbbTV 服務，以歐洲地區為主。

HbbTV 組織在 2014 年 6 月與 Open IP TV 聯盟後，現有超過 50 個成員來自研究調查機構、標準制定機構、消費者電子產品商、電子產品軟體開發商以及廣播業者等。

結至 2014 年 9 月，以歐洲國家為主，有 14 個國家提供 Hbb TV 服務。另外尚有其他歐洲國家在陸續檢討商轉中，其他地區如美洲、澳洲及東南亞地區皆有對相關營運進行評估。而針對 Hbb TV 在我國導入可能性，由於現階段以商轉國家均為歐洲國家為主，亞洲國家大部分為觀察中；研究團隊建議我國持續追蹤其動態，待鄰近地區正是在整體商轉以及可能面臨的頻率干擾問題上達成協議後，始得導入為佳。

表 76 已有 Hbb TV 服務之國家或地區

國家	現狀(-2014.09)
德國	HbbTV 服務已在德國商轉，經由天線 (如 Astra HD+) 與 Free-To-Air (FTA) 進行連線。服務是由有線電視業者如 Telecolumbus and Primacom 提供。
奧地利	HbbTV 可在大多衛星、有線與地上波網路，有多個營運商提供服務
法國	法國公共廣播業者 France Television 營運了一基於 Hbb TV 的 video-on demand (VOD)服務。Eutelsa 也利用 Hbb TV 在其 FranSat 衛星平台。另外，新的包含 DRM 的 TNT2.0 平台也在 2013 年導入 MyTF1，以 Hbb TV 及 MPEGDASH adaptive streaming 並支援 Marlin 或 PlayReady DRM 系統。TF1 最近以購物系統開啟了 Hbb TV 服務
英國	由 DTG 啟動的 CTV 計畫，D-Book 7 Part B 以 HbbTV 1.5 為標準，但尚未被應用在任何平台業者。Freeview 與 Digital UK 發表了一個新的 Freeviewbranded 連結 TV 服務，被相信是基於 HbbTV2.0。Freesat G2 也使用 HbbTV
瑞士	服務該國法與區的 Radio Télévision Suisse (RTS)是第一家測試 Hbb TV 的 SRG，以及其他業者也從 2014 年陸續開始營運。連線方式有有線及衛星，如 UPC Cablecom, Foregin, French and German 有大量頻道可供使用
荷蘭	廣播業者 SPS, NPO, RTL 等已提供 Hbb TV 服務，服務平台包括 Digitenne (地上波) 及 Canal Digital (衛星)
斯堪地那維亞	The NorDig 標準機構選擇 NorDig Specification version 2.4 之中的 HbbTV 1.5。公共廣播業者 DR 以 HbbTV 提供其 catch-up 服務
丹麥	公共廣播業者 DR 有利用有線及地上波網路提供服務。當地的德國電台亦有提供 Hbb TV 服務
芬蘭	現階段有 14 個頻道在 Digita's 平台
波蘭	TVP, TVN 與商業頻道 Pulse TV 及 Eska 在不同頻台提供服務。預期可達 0.5m
捷克共和國	捷克的廣播業者 CT 從 2012 提供服務，包括提供了超過 70,000 小時的節目。一些最近運轉服務的業者如 Ocko TV 提供衛星連線的服務
西班牙	Abertis 以 HbbTV 1.5 啟動一 DTT 付費電視平台，TDT Hibrida。
匈牙利	所有匈牙利的地上波衛星頻道都可使用 Hbb TV
澳洲	澳洲的次世代 Freeview 平台，FreeviewPlus 在 2014 年九月開啟服務。

資料來源：Digital TV Labs，本計畫整理

表 77 Hbb TV 服務測試或檢討中之國家或地區

國家	現狀(-2014.09)
盧森堡	測試實行中，預計 2014 年可正式上線
比利時	廣播業者 RTBF 最近正展開測試
斯洛伐尼亞	RTVS 發表 Hbb TV 服務將會在 2014 年底可用
土耳其	最新的 DVB-T2 接收器 特別針對 DTT 的 Hbb TV 進行設計
美國	ATSC 正在推動 HbbTV 技術 ATSC3.0 的一部分
俄國	The Russian Television and Broadcasting Network 從 2013 年開啟實驗，並預期馬上可使用 Hbb TV 服務
納米比亞	The Namibian Broadcasting Corporation 正以 Hbb TV 展開 DVB-T2 付費電視服務。現階段的標準以 HbbTV 1.1 為一選擇
塞內加爾	以發表 Hbb TV 的商用為國家電視領域技術發展的次世代計畫之一
中東	許多國家考慮導入 Hbb TV 服務
義大利	題出了從 MHP 轉移至 Hbb TV 的提案。
東協地區	許多國家在考慮於 digital switch over 行動中轉移至 Hbb TV 服務
越南	將 Hbb TV 加入 DVB-T2 標準中
馬來西亞	將 Hbb TV 加入 DVB-T2 標準中
南非	計畫在完成 ASO 後導入 Hbb TV

資料來源：Digital TV Labs，本計畫整理

伍、結語

頻譜實為稀有之資產，對其之規劃十分重要，對電信市場較小的我國而言，需考慮國際接軌、技術中立及市場成熟度。研究團隊於本次研究案中，調研各國近來頻譜配置規劃、探討國際間 3G 頻段屆期之後續規劃方式、追蹤 ITU 於 WRC-15 將決議之頻段各國各區域目前之意見表態、觀測國際間新的頻譜使用相關技術，期望提供我國頻率供應計畫更完整的國際動向作為參考依據，並提供我國 3G 頻段屆期後續處理之初步建議。

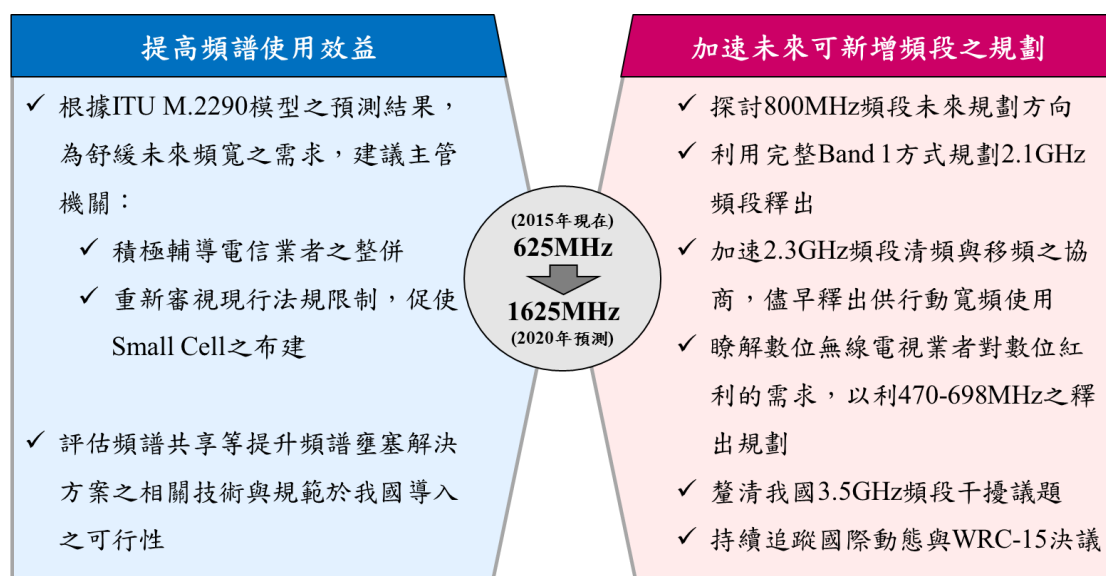


圖 119 我國未來頻譜規劃整體建議

資料來源：本計畫製作

面對未來持續成長之頻寬需求，研究團隊建議主管機關應從兩個面向著手：「提高頻譜使用效益」及「加速未來可新增頻段之規劃」。

針對「提高頻譜使用效益」，研究團隊建議應檢視現行法規並評估新規範制定之可行性，積極輔導電信業者之整併，並促進 Small Cell 之佈建。此外，近年來因國際各國皆面臨頻譜資源缺乏之問題，頻率共享議題持續在各國間發酵，不論是動態頻譜共享或是靜態頻譜共享，相關技術及相關規範與架構陸續在各國被提案與運轉；對於頻譜使用權的發放方式，或許不該僅有拍賣一種方式。因此，未來建議我國持續調研各國對於頻率之短期利用、動態共享之方式與規劃，以利我國未來進行更有效率之頻譜規劃與利用。

針對「加速未來可新增頻段之規劃」，研究團隊首先對於我國 3G 頻段屆期後續之處理進行探討，建議將 2.1GHz 頻段以完整之 Band 1 釋出；建議暫緩 3G TDD 頻段釋出計畫；針對歐規及美規均發展完善之 800MHz，建議未來持續關注國際規劃趨勢、鄰國規劃狀況、相關支援設備與干擾議題；並再透過公開諮詢及座談會更進一步了解產官學研界之意見，以利提出更貼近我國未來整體頻譜規劃之建議。

另一方面，研究團隊亦調研國際上熱門商轉及探討頻段於我國未來發展的可能性，建議應將 1800MHz 之 C6 頻段納入近期釋出頻段，以提供更豐富之行動寬頻頻段；建議盡快著手 2.3GHz 之清頻及移頻之探討，以利未來釋出頻段與國際接軌；建議針對 3.5GHz 頻段應加速釐清衛星干擾議題；針對其他國際上探討頻段則建議持續關注各國規劃與釋出動態以及 2015 年 11 月舉辦的 WRC-15 之決議結果。

陸、附錄

附件 1-「我國都會區行動上網使用行為調查」網路問卷

樣本配額條件:

- 全台灣地區，依人口比例分配
- 性別/年齡/居住地交叉配額
- 4G 人數達 90 人

篩選題

S1 請問您半年內是否曾上過網？

- 是
- 否 → 結束問卷

S2 請問您半年內是否使用過無線上網(包含各種行動上網方式及 Wifi)？

- 是
- 否 → 結束問卷

S3 請問您主要透過哪些方式進行無線上網? <<複選>>

- 3G(第三代行動通訊技術)
- 4G(第四代行動通訊技術)
- Wifi(無線區域網路)
- 不知道 → 結束問卷
- 以上皆無 → 結束問卷

S4 請問您的性別為？

- 男
- 女

S5 請問您的年齡為？

- | | |
|------------------|-----------------|
| ■ 未滿 15 歲 → 結束問卷 | ■ 45-49 歲 |
| ■ 15-24 歲 | ■ 50-54 歲 |
| ■ 25-29 歲 | ■ 55-59 歲 |
| ■ 30-34 歲 | ■ 60-65 歲 |
| ■ 35-39 歲 | ■ 66 歲以上 → 結束問卷 |
| ■ 40-44 歲 | |

S6 請問您的居住地?

- 台北市
- 新北市
- 基隆市
- 桃園縣
- 新竹縣
- 新竹市
- 苗栗縣
- 彰化縣
- 台中市
- 南投縣
- 雲林縣
- 嘉義市
- 嘉義縣
- 台南市
- 高雄市
- 屏東縣
- 宜蘭縣
- 花蓮縣
- 台東縣
- 澎湖縣 → 結束問卷
- 連江縣 → 結束問卷
- 金門縣 → 結束問卷

S6-1 請問您住的區域?

若非都會區者 → 結束問卷

第一部分：行動網路相關使用行為 <<若 S3 有勾選 3G/4G>>

1. 請問您主要下列哪些裝置連結「3G/4G 行動網路」上網? <<複選>>

- 筆記型電腦
- 智慧型手機
- 功能型手機
- 平板電腦
- PDA
- 手持式影音娛樂設備(如:遊戲機)
- 穿戴式裝置
- 智慧家電(如:Smart TV)
- 其他(請填寫)

2. 請勾選您會在哪些場域，使用行動網路(3G/4G)進行之下列行為 <<橫向作答，複選>>

2-1 一般溝通行為

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
語音通話					
收發文字簡訊(SMS)					
收發多媒體簡訊(MMS)					
收發電子郵件					

2-2 資訊獲得行為

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
資訊搜尋					
資料瀏覽					

2-3 從事線上娛樂

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
觀看即時轉播					
收看網路電視(IPTV)					
收聽廣播					
觀看影片					
聽音樂					

玩線上遊戲					
觀看網路新聞					
閱讀電子書					

2-4 上傳、下載資料

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
下載圖鈴					
下載音樂					
下載應用程式 (App)					
下載影片					
下載遊戲					
下載資料、檔案					
傳送電子檔案 (P2P、FTP)					
上傳音樂、影片					
上傳資料、檔案					
進行雲端檔案同步					
進行裝置間檔案同步(如:相機、電腦、硬碟等)					

2-5 使用即時通訊軟體(如: Line, Skype, WhatsApp, WeChat...)

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
收發文字與貼圖					
收發圖片					
收發語音訊息					
收發影片					
撥打語音電話					
撥打視訊電話					

2-6 使用社群網路(如:Facebook, 噗浪, Twitter, Instagram, LinkedIn...)

	家中	公司	公眾領域	從不進行此行為
瀏覽社群網路內容				
發布多媒體內容(包含:文字、圖片、影片)				

動態)				
進行即時通訊				

2-7 定位地圖服務

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
電子導航服務					
電子地圖服務					

2-8 進行金融活動

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
金融交易(包含:股票買賣、轉帳)					
訂票服務(包含:電影票、交通票券)					
網路購物					
行動支付					

2-9 進行線上學習

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
遠距同步學習					
遠距教學					

2-10 遠距服務

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
監控保全系統					
控制智慧家電					
遠距醫療服務					
參與視訊會議					

第二部分：無線區域網路(Wifi)上網使用行為 <<若 S3 有勾選 Wifi>>

3. 請問您主要下列哪些裝置連結「無線區域網路(Wifi)」上網? <<複選>>

- 筆記型電腦
- 智慧型手機
- 功能型手機
- 平板電腦
- PDA
- 手持式影音娛樂設備(如:遊戲機)
- 穿戴式裝置
- 智慧家電(如:Smart TV)
- 其他(請填寫)

4. 請勾選您會在哪些場域,使用無線區域網路(Wifi)進行之下列行為 <<橫向作答,複選>>

4-1 一般溝通行為

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
收發電子郵件					

4-2 資訊獲得行為

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
資訊搜尋					
資料瀏覽					

4-3 從事線上娛樂

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
觀看即時轉播					
收看網路電視(IPTV)					
收聽廣播					
觀看影片					
聽音樂					
玩線上遊戲					
觀看網路新聞					
閱讀電子書					

4-4 上傳、下載資料

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行

					此行為
下載圖鈴					
下載音樂					
下載行動裝置應用程式(App)					
下載影片					
下載遊戲					
下載資料、檔案					
傳送電子檔案(P2P、FTP)					
上傳音樂、影片					
上傳資料、檔案					
進行雲端檔案同步					
進行裝置間檔案同步(如:相機、電腦、硬碟等)					

4-5 使用即時通訊軟體(如: Line, Skype, WhatsApp, WeChat...)

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
收發文字與貼圖					
收發圖片					
收發語音訊息					
收發影片					
撥打語音電話					
撥打視訊電話					

4-6 使用社群網路(如:Facebook, 噗浪, Twitter, Instagram, LinkedIn...)

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
瀏覽社群網路內容					
發布多媒體內容(包含:文字、圖片、影片動態)					
進行即時通訊					

4-7 定位地圖服務

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行

					此行為
電子導航服務					
電子地圖服務					

4-8 進行金融活動

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
金融交易(包含:股票買賣、轉帳)					
訂票服務(包含:電影票、交通票券)					
網路購物					
行動支付					

4-9 進行線上學習

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
遠距同步學習					
遠距教學					

4-10 遠距服務

	家中	公司	公眾區域	其他	從不進行此行為
監控保全系統					
控制智慧家電					
遠距醫療服務					
參與視訊會議					

第三部分:屬性

5. 請問您的職業為?

- 上班族(非管理階層)
- 中高階主管
- 勞動工人
- 臨時/約聘人員
- 國高中學生
- 大專院校學生
- 家庭主婦
- 退休
- 無業/待業/目前沒就學
- 其他

6. 請問您家庭的年收入約為?

- 40 萬元(含)以下
- 40 萬元(不含)~70 萬元(含)
- 70 萬元(不含)~100 萬元(含)
- 100 萬元(不含)~150 萬元(含)
- 150 萬元(不含)~200 萬元(含)
- 200 萬元(不含)以上
- 不知道

附件 2-「我國都會區行動上網使用行為調查」網路問卷結果彙整

本次網路問卷樣本分布為鎖定於我國使用過無線上網之都會區人口，年齡層 15~65 歲，並根據該年齡層之全台性別、地區別比例進行配額，共採計 1,000 份有效樣本

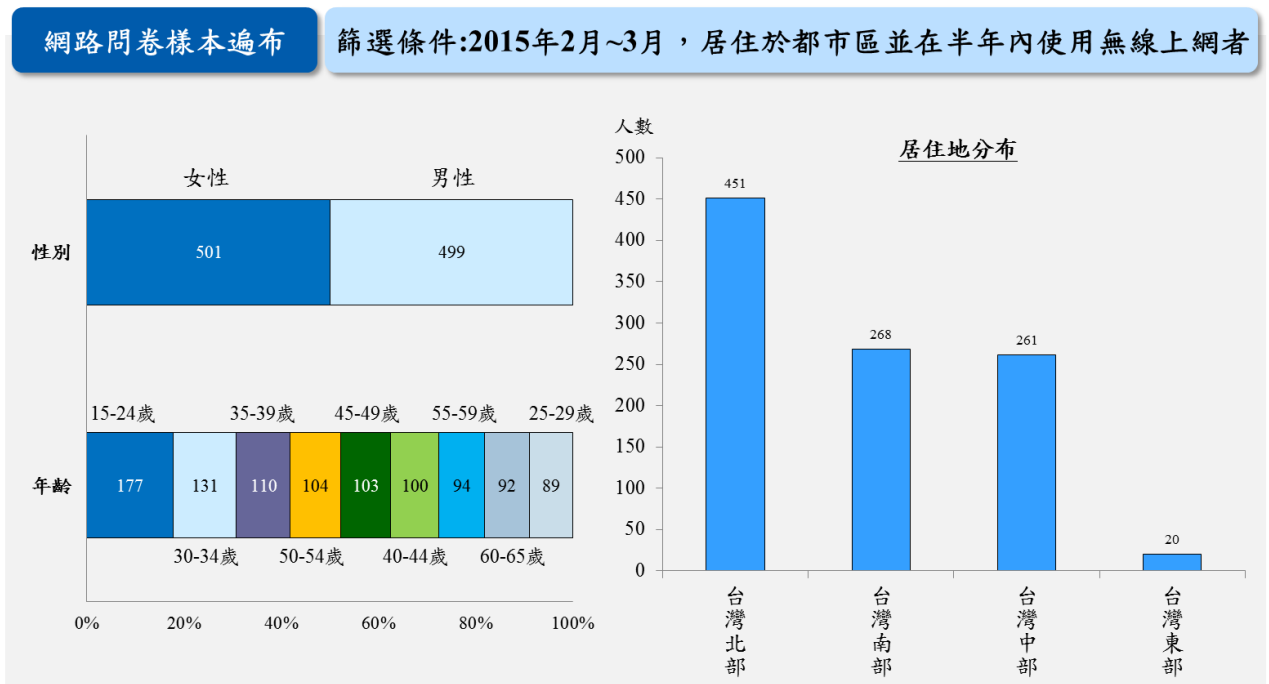


圖 120 網路問卷樣本遍布

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

在半年內使用過無線網路之使用者中，以使用 Wifi 連網的比例最高，約有 90% 的人使用；而在行動網路部分，有使用 3G 上網的用戶約為 70%；4G 上網用戶則為 30%，相較於其他市調資料，4G 開頭後半年 10% 的成長率而言偏高，推測可能原因在於本案集中調查都市區人口，其資源取得較容易，也有較好的 4G 網路覆蓋率及較高的網速，使得用戶有更高的意願轉換為 4G 服務；其中使用 4G 網路的使用者又以 25-44 歲為多，可能為對科技發展較敏感以及追求新潮終端的年輕族群，。

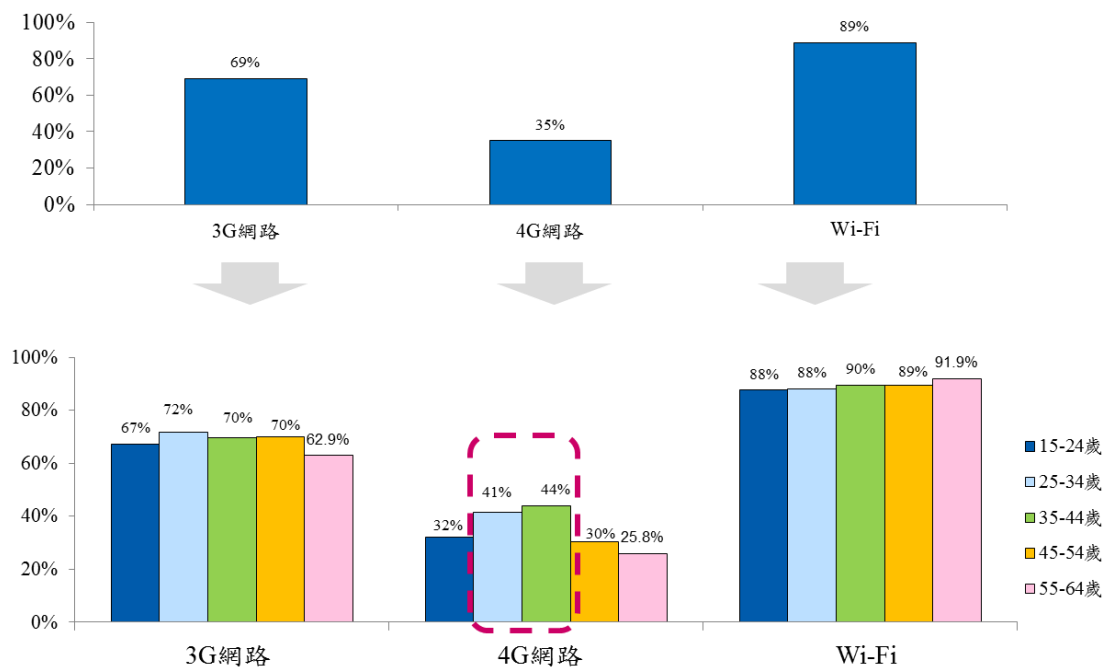


圖 121 我國無線網路使用者之網路連線方式

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

而在我國常見的應用服務方面，分為行動上網 3G/4G 及無線網路 Wi-Fi 兩面向作討論：

我國無線網路使用者透過 3G/4G 時，最常使用的應用服務前五名為「資料檢索」、「即時通訊」、「社群網路」、「定位地圖」、「上傳下載」，與 Wi-Fi 上網相比，其中特別利用即時且行動力強的「定位地圖」服務。

而利用 Wi-Fi 連網時，最常使用的應用行為前五名為「資料檢索」、「線上娛樂」、「社群網路」、「即時通訊」、「上傳下載」；與行動上網相比，其中大流量的「線上娛樂」服務使用比例特別突出。



圖 122 我國半年內使用過無線網路之使用者所使用之服務類型
參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

根據用戶使用網路連線方式之組合，可將用戶分為 9 類，而精簡後的 5 類用戶，分別探討其用戶組成結構，對其作年齡性別之展開。以下分項進行討論：

- 在我國行動上網服務已普及，但 4G 開台尚未滿一年，支援 4G 連網之終端設備亦尚未完全普及的現時點，使用 3G 網路與 Wi-Fi 網路之用戶最多，約占 44%；其年齡及性別組成較平均，但是有年區族群較低，45 歲以上中年使用者較多的情形。
- 所有連線方式 (3G + 4G + Wi-Fi) 均使用的用戶，比例較高為 25~44 歲的年輕男性；推測其可能對新科技敏感度較高，並有一定的經濟能力，擁有較多的終端連網裝置且能負擔較多的網路合約費用。
- 僅使用 Wi-Fi 的用戶，其組成壓倒性的以 55 歲以上中高年齡層居多。推測可能原因為：1. 網路需求較少，不須使用行動網路。2. 行動上網連線終端普遍螢幕較小，中高年齡層較看不清楚。3. 對現今網路即時性高的生活較反感，不喜歡被打擾。
- 4G 用戶多為近半年左右從 3G 升級，追求新手機或是潮流新技術，也喜歡用速度較快的網路速度使用更多元的服務；其客群為年輕族群，其中以男性學生較多。

- 僅使用行動網路的使用者以學生族群較多，其中亦有40歲以上的中高年族群以及女性。推測其可能原因，可能是兒女幫父母親辦手機，或是一人外宿的學生。

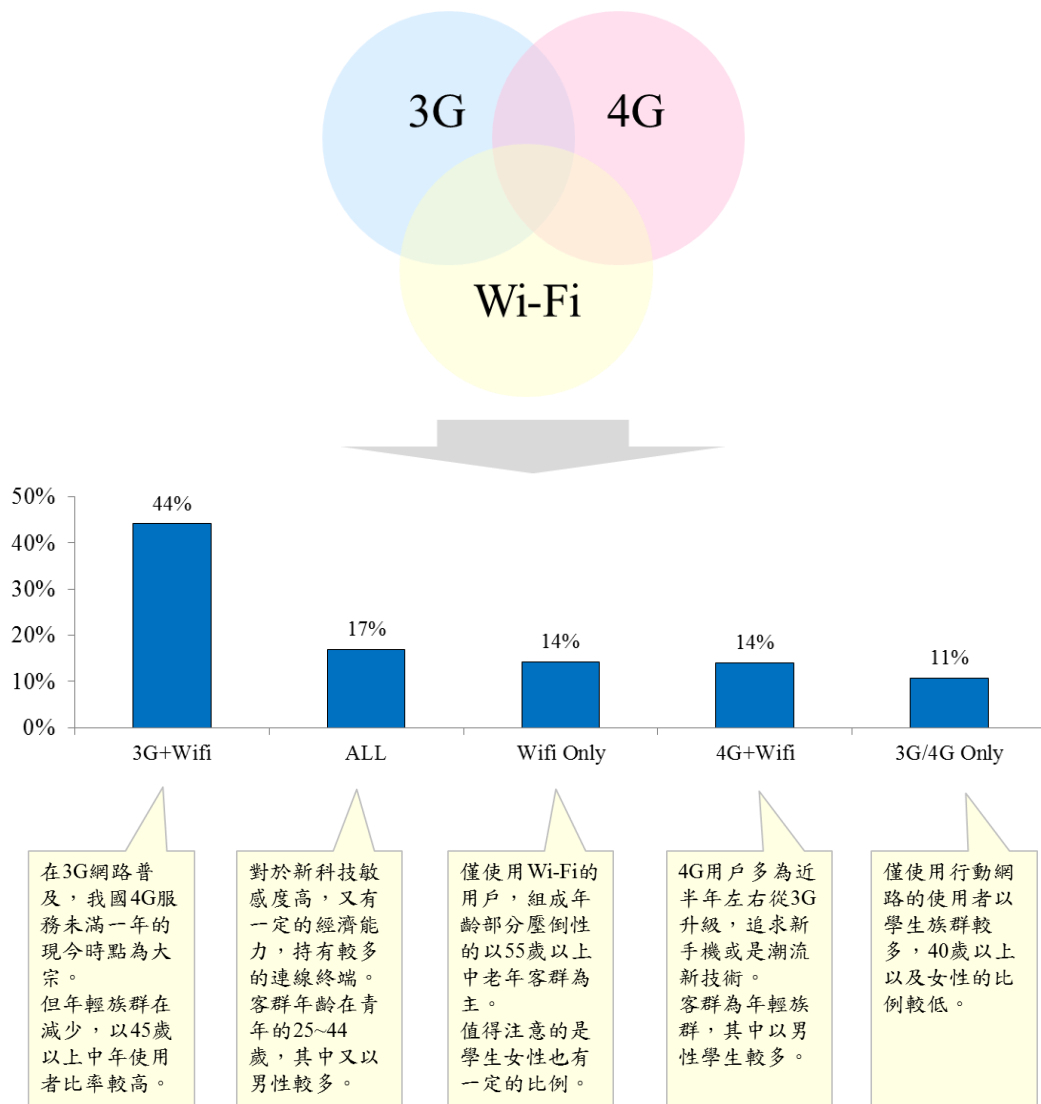


圖 123 我國無線網路使用者之網路連線方式

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

以連網方式對所使用的連網終端分項進行展開，可知使用筆記型電腦、平板電腦連接無線網路時，特別會以使用 Wifi 為多；會透過 3G、4G 及 Wifi 連網的使用者，擁有較多元的連網裝置。

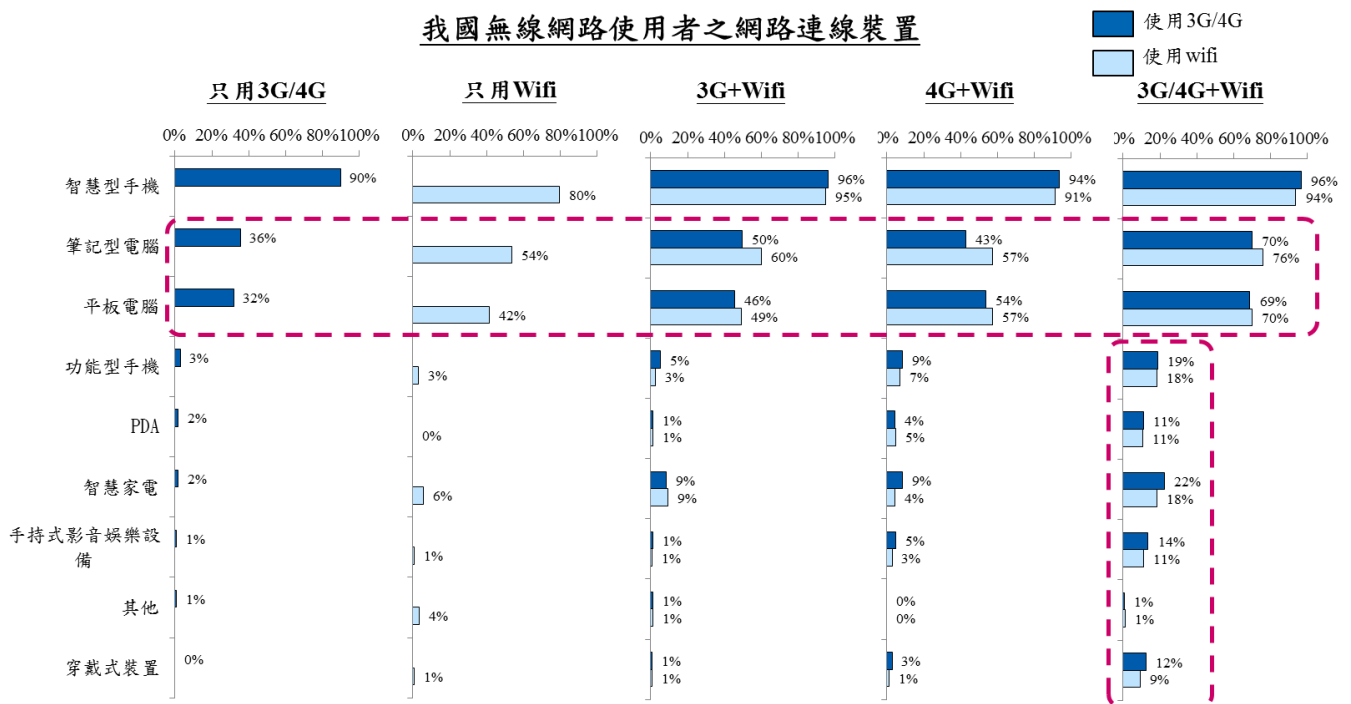


圖 124 我國無線網路使用者之網路連線裝置

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

以下則針對所調查之各種方式連網使用者（只用 3G/4G、只用 Wi-Fi、3G + Wi-Fi、4G + Wi-Fi、都使用）針對各項應用服務行為（6 大類型：從事線上娛樂、上傳下載資料、使用即時通訊軟體、定位地圖服務、進行金融活動）在三種連網地點（家中、公司、公眾場所）下的使用率進行分項展開：

● 從事線上娛樂

於公眾場所進行線上娛樂之行為時，主要以行動網路為多。

其中 4G 用戶透過 4G 網路來接收即時性的影音之行為較明顯；

而於公司內利用行動網路觀看網路新聞之比例較其他娛樂行為

明顯突出。

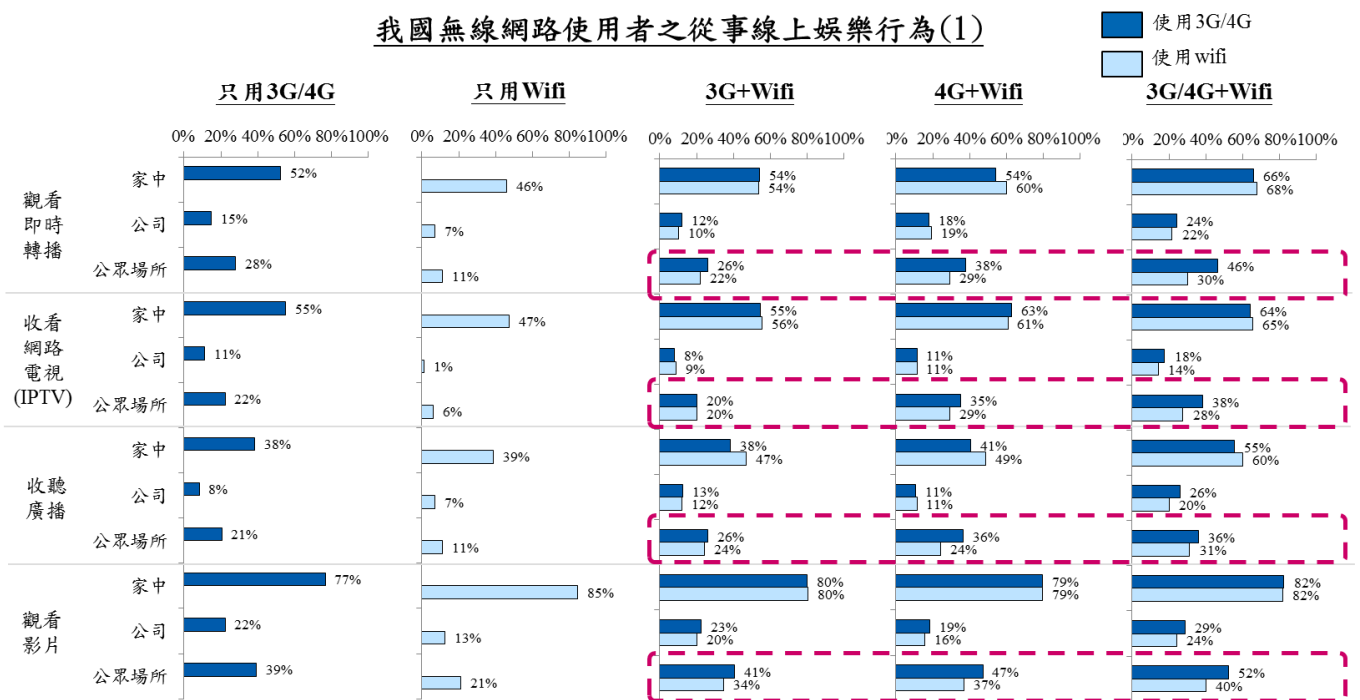


圖 125 我國無線網路使用者之從事線上娛樂行為(1)

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

我國無線網路使用者之從事線上娛樂行為(2)

■ 使用3G/4G
 ■ 使用wifi
 ■ 3G/4G+Wifi

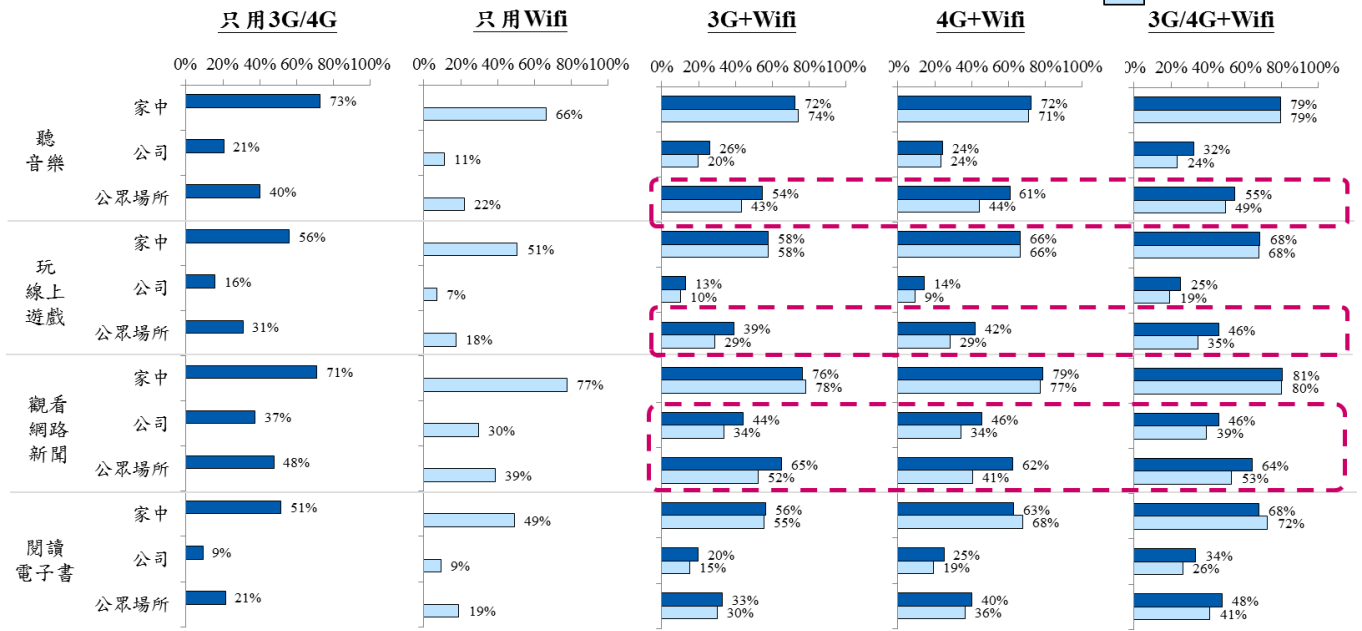


圖 126 我國無線網路使用者之從事線上娛樂行為(2)

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

● 上傳下載資料

下載一般檔案如音樂或影片時，一般因為不具有即時性，用戶偏向在較安定的家中使用 Wi-Fi 進行下載；而下載應用程式對使用者而言就於迫切需要，因此於公司及公眾區域直接使用行動網路下載之比例高。另外，對於下載音樂之行為，3G 使用者於公司及公眾區域之使用相對保守。

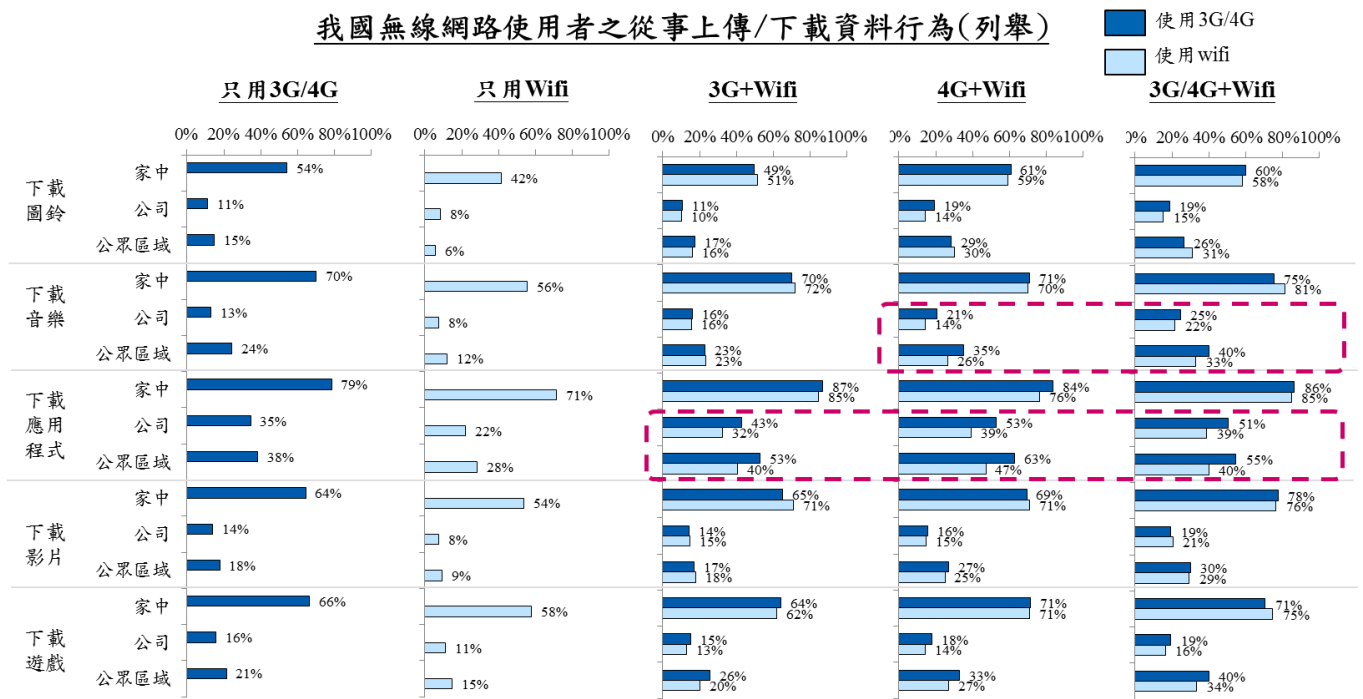


圖 127 我國無線網路使用者之從事上傳/下載資料行為(列舉)

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

● 使用即時通訊

即時通訊行為中，文字及圖片、語音訊息收發的使用狀況，並不受用戶所使用的連網方式影響；惟大流量的影片收發有較多 4G 使用者，可能是 4G 的高網速及吃到飽造成。而利用網路即時通訊進行的語音及視訊電話行為中，則以多元使用者有較高的比例；而在公司及公共場所時，4G 用戶的使用狀況又較 3G 用戶為活躍。

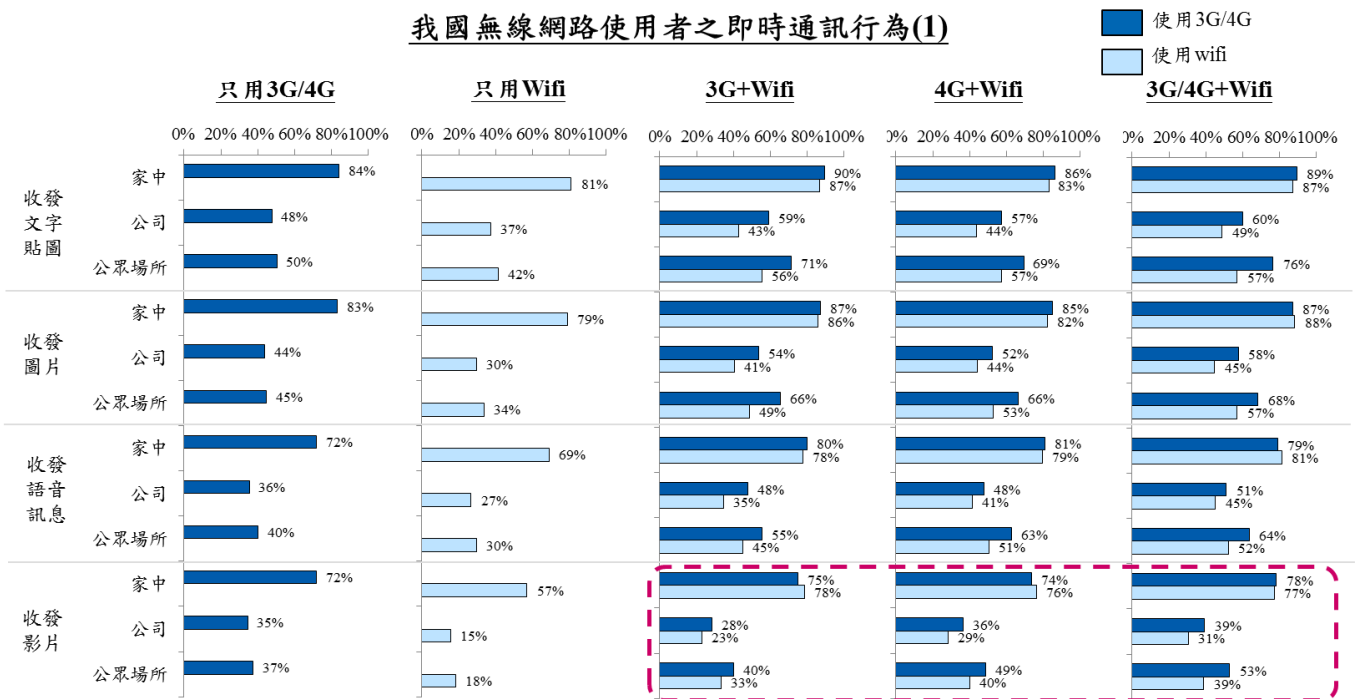


圖 128 我國無線網路使用者之即時通訊行為(1)

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

我國無線網路使用者之即時通訊行為(2)

■ 使用3G/4G
■ 使用wifi
■ 3G/4G+Wifi

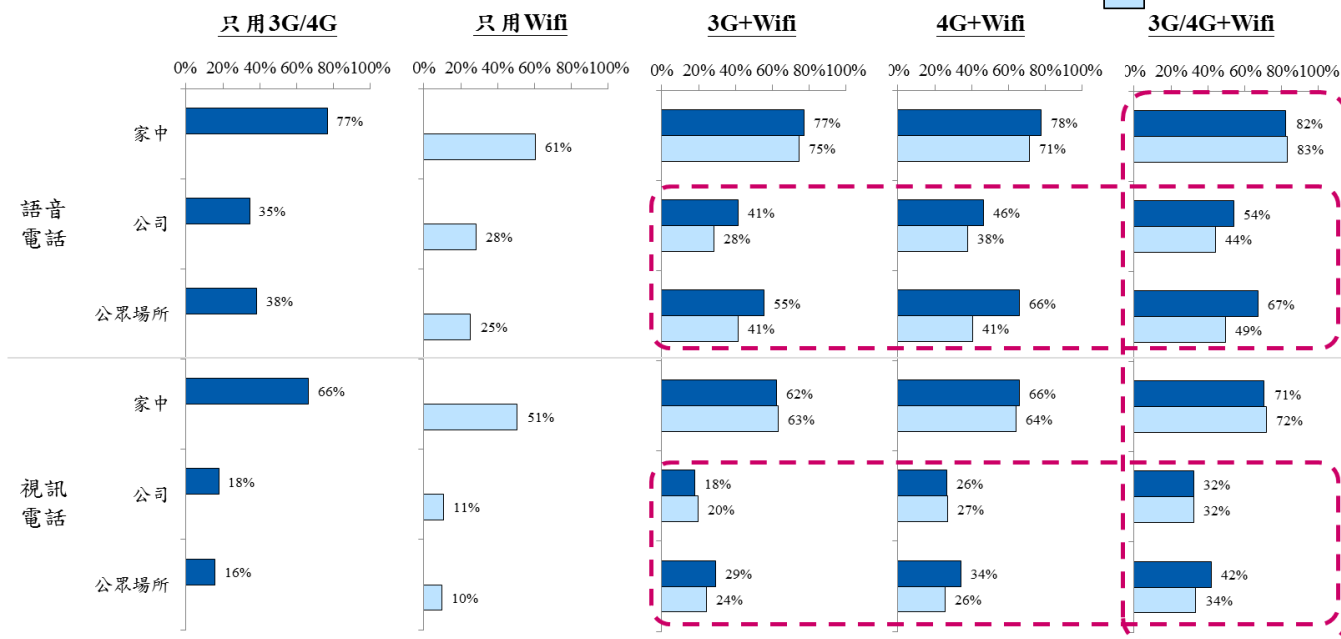


圖 129 我國無線網路使用者之即時通訊行為(2)

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

● 定位地圖服務

定位地圖的使用地點以公眾場所為主，而在公眾場所使用的電子導航服務則以 4G 連網者為最多。

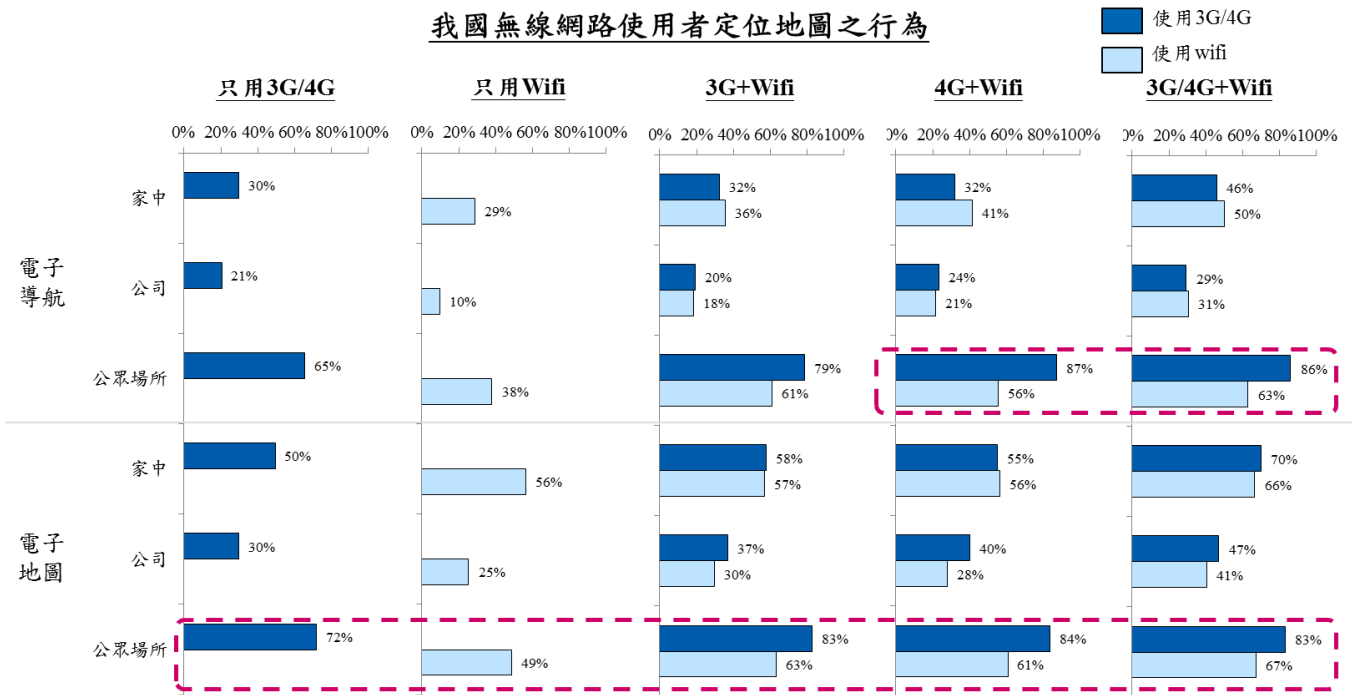


圖 130 我國無線網路使用者定位地圖之行為
 參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

● 進行金融活動

金融活動行為中的使用者，以多元連線使用者為最多；而在非家中的金融活動使用者較多以 3G 或 4G 連網，顯示使用者可能顧慮公共 Wi-Fi 可能產生的安全性問題。

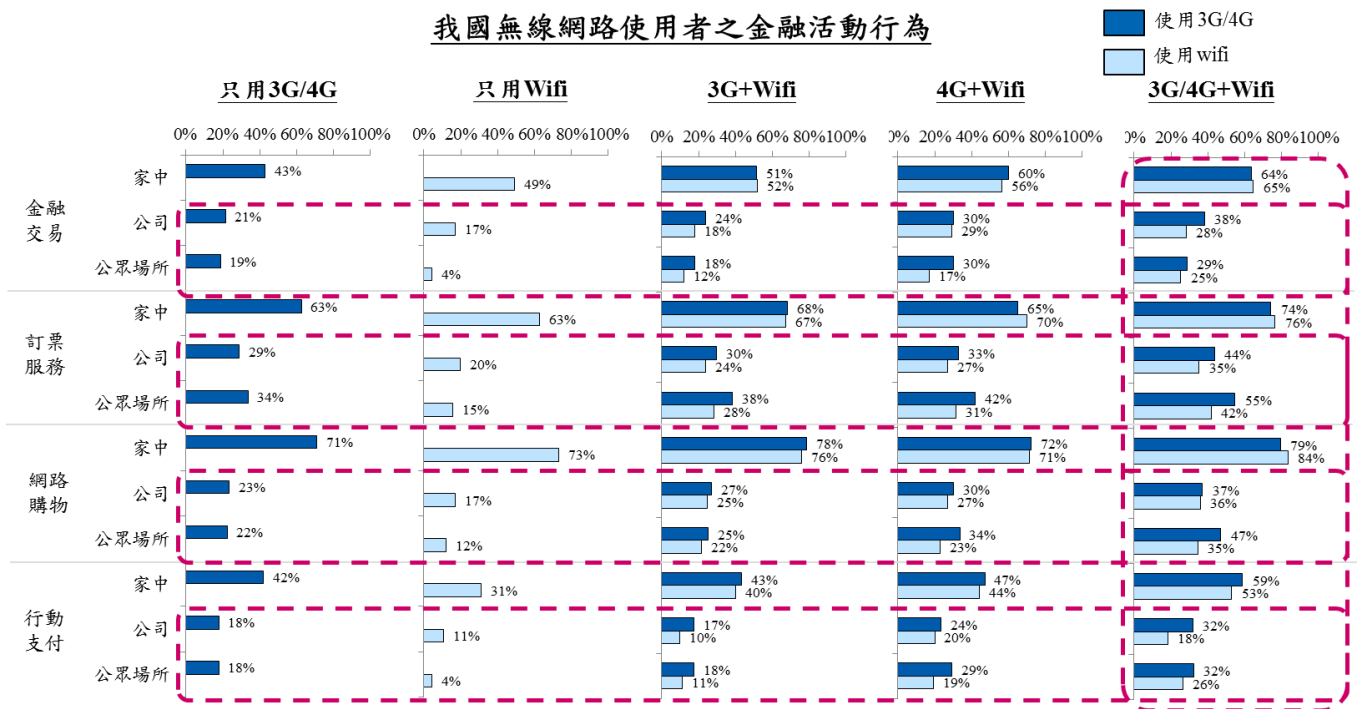


圖 131 我國無線網路使用者之金融活動行為

參考資料：根據 2015/2/26~2015/3/12 網路問卷調查，本計畫分析製作

附件 3-座談會照片

1. 我國未來頻寬需求推估 座談會 (2015/02/25)



本計畫簡報頻寬需求推估計算過程及結果



主席 NRI 陳志仁副總經理帶領討論本次座談會議題

2. 我國中長期頻段規劃探討 座談會 (2015/03/14)



本計畫簡報短中長期頻率規劃概念

3. 我國 3G 屆期頻段後續規劃探討 座談會 (2015/03/27)



主席 NRI 陳志仁副總經理帶領討論本次座談會議題

附件 4-校園分享交流會照片

1. 政治大學校園分享交流會 (2015/04/10)



主講人 NRI 郭力慈顧問帶領討論本次校園分享交流會



NRI 講者與政大學生合影留念

2. 台灣大學校園分享交流會 (2015/04/11)



主講人 NRI 沈宜中顧問講解本次分享會綱要

3. 逢甲大學校園分享交流會 (2015/04/14)



彭松村教授開場與基本觀念介紹



會後與逢甲大學通訊工程學系師生合影

附件 5-中英文對照表

英文	中文
16QAM (16-Phase Quadrature Amplitude Modulation)	16 相位正交震幅調變
3GPP (3rd Generation Partnership Project)	第三代行動通訊合作夥伴組織工作小組
ACMA	澳洲通訊與媒體管理局
Advanced Encryption Standard	高階加密標準
Beamforming	波束成型
Beam Tracking	波束追蹤
BPSK (Binary Phase-Shift Keying)	雙位元相位偏移調變
Carrier aggregation	載波聚合
CDMA (Code Division Multiple Access)	分碼多重進接
Cellular Network	蜂巢式網路
CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administration)	歐洲郵電管理委員會
CSFB (Circuit Switched Fallback)	降回迴線交換連線
DTT (Digital terrestrial television)	數位地上波電視
ECC (Electronic Communications Committee)	電子通訊委員會
EIRP (Effective Isotropic radiated Power)	等效率全相輻射功率
EHF (Extremely High Frequency)	極高頻頻段
FCC (Federal Communications Commission)	美國聯邦通信委員會
FDD (Frequency Division Duplexing)	分頻雙工
Frequency Reuse Distance	頻率重複保留距離
GSA	全球行動設備供應商協會
GSM (Global System for Mobile Communications)	全球行動通訊系統
Hbb TV (Hybrid broadcast & broadband Television)	廣播寬頻混和電視
HSPA (High-Speed Packet Access)	高速封包存取
IDA (Infocomm Development Authority of Singapore)	新加坡資通訊發展局
IMT (International Mobile Telecommunications)	國際行動通信
ITU (International Telecommunication Union)	國際電信聯盟

LAA (Licensed-Assisted Access)	執照輔助連線
LBT (Listen Before Talk)	聽後發話技術
Line-of-Sight	視線傳播
LTE (Long Term Evolution)	長期演進
LTE-U (Unlicensed LTE)	免執照 LTE
Macro Cell	大型基地台
MIC	日本總務省
Micro Cell	小型基地台
MIMO (Multi-input Multi-output)	多重輸入/多重輸出
OFCA (Office of the Communications Authority)	香港電訊管理局
Ofcom (Office of Communications)	英國通訊管理局
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)	正交多頻分工
OTT (Over the top)	OTT 服務
Pico Cell	微型基地台
QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	正交振幅調變
QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying)	四位元相位偏移調變
Re-farming	重整現有頻譜
Small cell	微型基地台
Supplemental Downlink	補充下行頻段
SVLTE (Simultaneous Voice and LTE)	雙卡雙待
TDD (Time Division Duplexing)	分時雙工

柒、参考文献

- ITU-R M.2290 (2013.12) : Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT
- ITU-R M.1768-1 (2013.04) : Methodology for calculation of spectrum requirements for the terrestrial component of International Mobile Telecommunications
- ITU-R M.2072 (2006.11) : World mobile telecommunication market forecast
- ITU-R M.2078 (2007.10) : Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced
- ITU-R M.2289 (2013.12) : Future radio aspect parameters for use with the terrestrial IMT spectrum estimate methodology of Recommendation ITU-R M.1768-1
- Qualcomm Research (2014.06) : HSPA Supplemental Downlink
- Qualcomm Research (2015) : Extending LTE Advanced to unlicensed spectrum
- 3GPP (2013.06) : Carrier Aggregation explained
- 3GPP (2014.10) : Overview of 3GPP Release 13
- Ericsson (2014.02) : APT700— A Truly Global LTE Band
- 日本総務省 (2014) : 情報通信白書

- 日本總務省無線電頻譜利用官方網站 (2014)
- 日本總務省平成 25 年度情報通信審查會情報通信技術分科會「攜帶電話等高度化委員會報告」
- ACMA (2011.05) : The 900MHz band – Exploring new opportunities: Initial consultation on future arrangements for the 900MHz band
- ACMA (2014.09) : Five-year spectrum outlook 2014–18
- NOKIA (2014.11) : LTE for unlicensed spectrum (Nokia white paper)
- iDA (2015.01) : Short-term Assignment of Unassigned Spectrum in the 2.3GHz and 3.5GHz TDD Spectrum Bands
- GSA (2014.08) : LTE in 900MHz spectrum (3GPP band 8) –market status
- GSA (2014.09) : GSA Evolution to LTE report
- GSA (2014.10) : Status of the LTE Ecosystem report
- GSA (2014.11) : Status of the Global LTE TDD Market
- GSA (2015.01) : Evolution to LTE Report
- GSA (2015.01) : LTE-Advanced Carrier Aggregation deployments: peak speeds
- GSA (2015.02) : Report: Status of the LTE Ecosystem
- GSMA (2013.02) : Licensed Shared Access (LSA) and Authorised Shared Access (ASA)

- GSMA (2014.08) : WRC-15: Regulatory Considerations – Based on the final JTG meeting and Citel preparations
- CEPT (2014.11) : The licensing of 'Mobile bands' in CEPT
- 財團法人資訊工業策進會 (2013.11) : 2012 年數位內容產業年鑑
- 華為(2013.02) : Whitepaper on Spectrum
- 華為(2013.08) : The full spectrum of possibilities
- OFCA (2014.03) : Spectrum Release Plan for 2014 – 2016
- OFCA (2014.12) : Auction of Radio Spectrum in the 1.9-2.2 GHz Band for the Provision of Public Telecommunications Service
- Ofcom (2013.07) : Statement on the Requests for Variation of 900MHz, 1800MHz and 2100MHz Mobile Licences
- Ofcom (2014.11) : Public Sector Spectrum Release (PSSR) – Award of the 2.3GHz and 3.4GHz bands – Consultation
- 2012 年台灣民眾無線與行動上網行為應用現況，2012，資策會
- 2014 臺灣消費者行動裝置暨 APP 使用行為研究調查報告，2015，資策會

- 台灣 NCC 網頁，

<http://www.ncc.gov.tw/>

- NCC 頻率資料庫查詢系統網頁，

<http://freqdbo.ncc.gov.tw/portal/index.aspx>

- 資策會 FIND 網頁，

<http://www.find.org.tw/find/home.aspx>

- 行政院主計處網頁，

<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>

- Asia-Pacific Telecommunity 網頁，

<http://www.aptsec.org/>

- CEPT 網頁，

<http://www.cept.org/>

- 3GPP 網頁，

<http://www.3gpp.org>

- GSA 網頁，

<http://www.gsacom.com/>

- 4G America 網頁，

<http://www.4gamericas.org/>

- GTI 網頁，

<http://www.LTE TDD.org/>

- 韓國 KCC 網頁，

<http://www.kcc.go.kr/user.do>

- 英國 Ofcom 網頁，

<http://www.ofcom.org.uk/>

- 日本總務省網頁，

<http://www.soumu.go.jp/>

- 澳洲 ACMA 網頁，

<http://www.acma.gov.au/>

- 美國 FCC 網頁，

<http://www.fcc.gov/>

- 新加坡 iDA 網頁，

<http://www.ida.gov.sg/>

- 香港 OFCA 網頁，

<http://www.ofca.gov.hk/>

- 中國大陸工信部網頁，

<http://www.miit.gov.cn/n11293472/index.html>

- Qualcomm 網頁，

<http://www.qualcomm.com/>

- Ericsson 網頁，

<http://www.ericsson.com/>

- 日本 NTT DoCoMo 網頁，

<http://www.nttdocomo.co.jp/>

■ Hbb TV 聯盟網站

<https://www.hbbtv.org/>

■ Digital TV Labs 網站

<http://www.digitaltv-labs.com/>

ISBN : 978-986-04-4853-5



GPN : 1010400606

定價 : 1200 元