1050304coco

105 年度
「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
委託研究計畫

研究報告

執行單位：財團法人資訊工業策進會

委託機關：交　　通　　部

中華民國 105 年 12 月

本報告為研究案並不代表交通部意見

105 年度
「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
委託研究計畫

研究報告

受委託單位：財團法人資訊工業策進會
研究主持人：蔡玉青
研究期程：中華民國 105 年 5 月至 105 年 12 月
研究經費：新台幣伍佰肆拾萬元

交通部郵電司 委託研究

中華民國 105 年 12 月

（本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見）

1050304coco

105 年度

「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」

研究報告

著者：張奇、張家維、蔡玉青、曾巧靈、董奕君、謝耀方

執行單位：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所

委託機關：交　通　部

中華民國　105　年　12　月

國家圖書館出版品預行編目資料

「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」研究報告.
105 年度/ 張奇等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部, 民 105. 12
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-0942-7 （平裝）

1. 無線電通訊業 2.寬頻網路 3.電信政策

484.6 105022335

105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」研究報告
著　　者：張奇、張家維、蔡玉青、曾巧靈、董奕君、謝耀方

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 105 年 12 月
印 刷 者：承亞興圖文印刷有限公司
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：1010502570
ISBN：978-986-05-0942-7
著作財產權人：交通部
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

交通部郵電司委託研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」研究報告</td></tr>
<tr><td colspan="2">國際標準書號（或叢刊書）</td><td>政府出版品統一編號</td><td>計畫編號</td></tr>
<tr><td colspan="2">978-986-05-0942-7</td><td>1010502570</td><td>1050304coco</td></tr>
<tr><td rowspan="6">主管：王廷俊
聯絡電話：02-23492205
傳真號碼：02-23813928
e-mail：tc_wang@motc.gov.tw
承辦人：吳昆諺
聯絡電話：02-23492205
傳真號碼：02-23813928
e-mail：kywu@motc.gov.tw</td><td colspan="2" rowspan="6">研究單位：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所
計畫主持人：蔡玉青
聯絡電話：02-6631-1506
傳真號碼：02-2733-4378
e-mail：tyc@iii.org.tw
研究人員：張奇、張家維、蔡玉青、曾巧靈、董奕君、謝耀方
通信地址：台北市敦化南路二段 216 號 19 樓
聯絡電話：02-6631-1506</td><td>其他參與合作之研究團隊</td></tr>
<tr><td>財團法人電信技術中心</td></tr>
<tr><td>研究期間</td></tr>
<tr><td>自 105.5 至 105.12</td></tr>
<tr><td>研究經費</td></tr>
<tr><td>伍佰肆拾萬元整</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：專用電信、頻譜共享、物聯網、下世代行動寬頻通訊技術</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本研究計畫範圍共可分為六大子題，分別是子題一：提出我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議；子題二：研析我國可開放頻率共享之頻段；子題三：專用電信頻譜；子題四：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢；子題五：我國下世代行動寬頻未來產業發展方向；子題六：研討會之辦理。
由於下世代通訊應用不再局限於人與人之間的溝通或民眾上網需求，將發展至人對物、物與物之間通訊的需求；不同的應用情境，對頻譜產生不同的需求特性，故本研究五大子題分別就通信業務屬性之差異探討下世代行動寬頻頻率需求與建議。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>105 年 12 月</td><td>467</td><td>1200</td><td>凡屬機密性出版品均不對外公開，普通性出版品；公營、公益機關團體及學校，由本部依業務性質函送參考，其他需要者可函洽本部免費贈閱，或逕進入 www.motc.gov.tw 之出版品項下下載。</td></tr>
<tr><td colspan="4">機密等級：
☐限閱☐密☐機密☐極機密☐絕對機密
（解密【限】條件：☐　年　月　日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密）
☑普通</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見</td></tr>
</table>

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

TITLE：Research on Taiwan's Spectrum Allocation for Next-generation Mobile Broadband		
ISBN（OR ISSN）	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-05-0942-7	1010502570	1050304coco
DIRECTOR GENERAL：Wang, Ting-Jun PHONE：02-23492200 FAX：02-23813928 E-MAIL：tc_wang@motc.gov.tw CASE OFFICER：Wu, Kun-Yen PHONE：02-23492205 FAX：02-23813928 E-MAIL：kywu@motc.gov.tw	RESEARCH AGENCY：Institute for Information Industry, Market Intelligence & Consulting Institute PRINCIPAL INVESTIGATOR：Tsai, Yu-Ching PHONE：02-6631-1506 FAX：02-2733-4378 E-MAIL：tyc@iii.org.tw PROJECT STAFF：Chang, Chi, Chang, Chia-Wei, Tsai, Yu-Ching, Tzeng, Chiau-Ling, Doong, I-Chun, Hsieh, Yao-Fang ADDRESS：19F, No.216, Sec 2, Dunhua S. Rd., Taipei, 106, Taiwan, R.O.C PHONE：02-6631-1506	

PROJECT PERIOD	From: May 2016 To: December 2016	PROJECT BUDGET	NT $ 5,400,000
KEY WORDS：Dedicated Telecommunications, Spectrum Sharing, Internet of Things（IoT）, Next Generation Mobile Broadband			

ABSTRACT：

This research project includes six programs:（1）Proposals for Taiwan's spectrum allocation for next-generation mobile broadband;（2）Analysis of suitable frequency bands for spectrum sharing;（3）Frequency bands for dedicated telecommunications services;（4）Future trends of Taiwan's next-generation mobile broadband applications;（5）Future development of the next-generation mobile broadband industry in Taiwan;（6）Seminars.

As the next-generation communications applications will no longer be confined to interpersonal communication and Internet services, new demand for communication between people and things and even Internet of things will arise. Each application scenario entails specific requirements for the frequency band it uses. For this reason, this project consists of five research programs that look into the specific needs and suggestions about frequency allocation for next-generation mobile broadband for various telecom businesses.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
December 2016	467	NT $ 1200	☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ☑UNCLASSIFIED

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

全文摘要

本研究計畫範圍共可分為六大子題，分別是子題一：提出我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議；子題二：研析 105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計畫範圍共可分為六大子題，分別是子題一：提出我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議；子題二：研析我國可開放頻率共享之頻段；子題三：專用電信頻譜；子題四：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢；子題五：我國下世代行動寬頻未來產業發展方向；子題六：研討會之辦理。

由於下世代通訊應用不再局限於人與人之間的溝通或民眾上網需求，將發展至人對物、物與物之間通訊的需求；不同的應用情境，對頻譜產生不同的需求特性，故本研究五大子題分別就通信業務屬性之差異探討下世代行動寬頻頻率需求與建議。

子題一，以「通訊技術」（B4G/5G）為研究主軸，探討技術發展對傳統行動通信網路業務頻譜之需求。子題二，以「共享技術與機制」為研究主軸，分析可供共享的各類型頻段與建議，包括電視頻段、專用頻段（有既有使用者）、免執照頻段等。子題三，以「專用電信」為研究主軸，可分為兩部份，一是國內專用電信使用現況進行盤點，為未來可能提供實驗頻譜或共享之準備，二就公共安全寬頻網路建置構想進行前期探討。子題四，以「物聯網」為研究主軸，探討低功率通訊技術、頻段的發展與建議。子題五，以「電信業者」為研究主軸，探討電信業者行動應用服務發展對未來電信管理之影響與建議。

目　　錄

頁次

前言、計畫概述及說明 I

一、 計畫範圍與內容 I
二、 計畫目標 V
三、 研究方法 VI
四、 研究進度 IX

第一章、我國行動通信網路業務頻譜規劃建議 12

一、 國際間下世代行動寬頻研究與試驗發展動態 12
二、 我國下世代行動寬頻研究與試驗發展動態 31
三、 我國下世代行動寬頻研發國際合作發展動態 40
四、 我國 5G 發展對未來頻譜需求之建議 52

第二章、研析我國可開放頻率共享之頻段 60

一、 頻寬不足驅使頻譜共享的誕生 60
二、 新頻譜技術發展對頻譜共享機制之影響 62
三、 國際頻譜共享機制之發展 66
四、 我國頻譜共享機制發展議題 87
五、 我國開放頻段共享之法制分析 90
六、 各頻段釋出之相應法規需求分析 102
七、 我國頻譜共享頻譜與管理機制之建議 104

第三章、專用電信頻譜使用現況及未來規劃 107

一、 國際 6GHz 以下頻段發展狀況 107
二、 我國專用電信頻譜資料彙整 110
三、 我國專用電信頻譜分析圖建議 113
四、 國際公共安全（PPDR）建置模式發展動態 114

第四章、我國下世代行動寬頻未來應用趨勢 127

一、 國際智慧城市成功建置案例分析 127
二、 物聯網主要應用之技術標準及頻譜規劃 143
三、 LPWAN 技術、應用發展與各主要國家管理機制 172
四、 主要國家物聯網暨實驗頻譜管理機制、架構及管理層級之探討 191
五、 我國智慧城市、物聯網發展動態與規劃 213
六、 下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢 238

第五章、我國下世代行動寬頻未來產業發展方向 245
一、 國內外主要電信營運商發展狀態與資費營運方式 245
二、 全球主要電信營運商推動 VoLTE 服務情形與資費設計 283
三、 國際主要電信營運商創新加值服務發展動態 289
四、 主要電信業者之物聯網服務探討及我國電信業者發展意向 304
結論 322
一、 我國行動通信網路業務頻率建議 322
二、 國際頻譜共享機制之發展 323
三、 專用電信頻譜使用現況分析 326
四、 下世代行動寬頻未來應用趨勢 328
五、 下世代行動寬頻未來產業發展方向 334
六、 下世代頻譜規劃及頻譜管理、機制之結論與建議 337
附件 343
參考文獻 439
英文縮寫與全文對照表 448
國際組織簡介 452
專用電信分析圖 454
105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計劃期中研究報告審查意見表 459
105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計劃期末研究報告審查意見表 465

表 目 錄

頁次

表 1　計畫研究範圍與內容.....I

表 2　本案六個子題研究進度與規劃.....IX

表 3　SMARTER 文件主要內容.....13

表 4　5G PPP 點出之 5G 關鍵技術與議題.....15

表 5　IMT-2020（5G）測試之 5G 關鍵技術.....17

表 6　4G Americas 點出之 5G 關鍵技術.....19

表 7　Nokia 準 5G 系統平台技術規格.....23

表 8　Ericsson 5G Plug-Ins 技術規格與效益.....25

表 9　華為於 5G 之技術布局與測試成果.....26

表 10　NTT DoCoMo 點出之 5G 關鍵技術.....27

表 11　NTT DoCoMo 進行的 5G 頻譜測試.....28

表 12　台灣 5G 研發項目.....38

表 13　台灣發展 5G 之國際結盟現況.....46

表 14　遠傳 5G 研發重點.....48

表 15　鴻海 5G 布局.....49

表 16　台灣之星 5G 國際合作規劃.....52

表 17　台灣第 1 次 4G 頻譜釋照.....52

表 18　5G 應用與所需頻譜特性 53

表 19　主要國家下世代行動通訊頻譜規劃 54

表 20　國際主要業者下世代行動通訊頻譜測試動態 55

表 21　台灣 2017 年可能釋出頻率 57

表 22　我國行動通信網路業務頻率釋出建議 59

表 23　CBRS 3.5GHz 頻段規劃 76

表 24　需調整法規與建議內容整理 105

表 25　我國專用電信頻譜分配初步統計 111

表 26　各國規劃採用寬頻 PPDR 之單位一覽表 125

表 27　總務省 ICT Smart Town 示範計畫 139

表 28　智慧家庭主要無線通訊技術比較 146

表 29　東京電力智慧電錶通訊技術 151

表 30　Wireless Body Area Network 技術比較 168

表 31　3GPP 蜂巢網路物聯網系統設計考量項目 173

表 32　NB-IoT 標準制訂時程 174

表 33　NB-IoT 頻段 176

表 34　Sub-GHz 免執照 LPWA 技術比較 183

表 35　Sigfox 操作頻段 184

表 36　Weighless 協定比較 186

表 37　SKT LoRa 資費方案 188

表 38　902～928MHz 跳頻系統規範 189

表 39　歐盟 863～868MHz 頻段技術規範 190

表 40　物聯網價值鏈各端產業舉例 196

表 41　重點任務分工與進度表 200

表 42　美國 3 驗頻譜執照比較表 206

表 43　英國 NODL 及 NOTL 實驗頻譜執照比較表 208

表 44　日本實驗用無線電台之申請費費率 210

表 45　4G 智慧寬頻應用城市補助計畫重點 215

表 46　悠遊城市服務商及補助計畫 216

表 47　亞太電信 4G 智慧寬頻應用城市補助計畫 222

表 48　應用領航類業者及補助計畫 224

表 49　本計畫調查之國內外主要電信營運商 248

表 50　美國 Verizon 4G 資費 250

表 51　美國 AT&T 4G 資費 252

表 52　英國 EE 4G 資費 255

表 53　英國 Vodafone 4G LTE 用戶數 257

表 54　英國 Vodafone 營收增減狀況 257

表 55　英國 Vodafone 4G 月租資費方案設計 258

表 56　英國 Vodafone 4G 純 SIM 卡資費方案設計 259

表 57　日本 NTT DoCoMo 服務量變化趨勢 260

表 58　日本 NTT DoCoMo 營收增減狀況 261

表 59　日本 NTT DoCoMo 4G 資費 263

表 60　日本 KDDI 服務量變化趨勢 264

表 61　日本 KDDI 4G LTE 占總用戶比重 265

表 62　日本 KDDI 營收增減狀況 266

表 63　日本 KDDI 4G 資費方案設計 267

表 64　韓國 SKT 4G 資費方案設計 269

表 65　韓國 KT 服務量變化趨勢 271

表 66　韓國 KT 營收增減情況 271

表 67　韓國 KT 4G 資費方案設計 271

表 68　澳洲 Telstra 4G LTE 用戶數 273

表 69　澳洲 Telstra 4G 資費 274

表 70　澳洲 Optus 4G 資費方案 276

表 71　新加坡 Starhub 4G 資費方案 279

表 72　本計畫預計蒐研之全球主要電信營運商 284

表 73　MSIP 整理 VoLTE 互連的重要發展 287

表 74　Orange 的一般 M2M 資費方案 315

表 75　Orange 的高流量 M2M 資費方案.....315

表 76　SKT 的 M2M 資費方案.....318

圖 目 錄

頁次

圖 1　3GPP 5G 標準制定方向與主要應用 12

圖 2　3GPP R-15 5G 標準制定時程規劃 14

圖 3　5G PPP 之標準制訂時程規劃 14

圖 4　IMT-2020（5G）之 5G 標準推動進度 17

圖 5　IMT-2020（5G）訂立的 7 種測試環境與 18 項技術評估指標 .. 18

圖 6　Qualcomm 提出之 LWA 技術 21

圖 7　Qualcomm 5G NR 測試成果 21

圖 8　Nokia 5G 測試成果 23

圖 9　Ericsson 5G 測試成果 24

圖 10　華為 5G 測試情境 27

圖 11　KT 5G Innovation Belt 29

圖 12　國際各國 5G 候選頻段規劃 31

圖 13　5G 技術演進 32

圖 14　mmWave 相關研發工作 33

圖 15　台灣 5G 先期研究架構 35

圖 16　我國自主 5G 網路系統架構 37

圖 17　工研院研發之 5G small Cell 原型機 39

圖 18　工研院與聯發科合作開發 LWA 技術 40

圖 19　遠傳電信成立 5G 實驗室 47

圖 20　遠傳電信 5G 產業應用 47

圖 21　中華電信 MEC-EVO 服務 51

圖 22　台灣第 2 次 4G 頻譜釋照 53

圖 23　ITU 頻譜決議及規劃 56

圖 24　5G 暨 $5G^{+}$之頻譜需求 56

圖 25　頻譜共享機制提升頻譜使用效率 61

圖 26　LAA 之運作原理 64

圖 27　LTE-U 及 LAA 之技術差異 65

圖 28　英國 3.4GHz 規劃釋出頻段與既有使用狀況 78

圖 29　英國軍方及民間使用的頻譜 109

圖 30　ITU 頻率波段命名規則 112

圖 31　芬蘭 VIRVE 系統轉換時程 124

圖 32　各國 PPDR 網路建置及頻譜安排模式 126

圖 33　智慧城市技術架構模型 128

圖 34　SECAV 整體執行措施 129

圖 35　SFpark 布建場域及感測技術 130

圖 36　舊金山市智慧水錶系統 131

圖 37　阿姆斯特丹智慧城市計畫 132

圖 38　首爾恩平 New Town U-City 服務 135

圖 39　首爾恩平 New Town 智慧 CCTV 系統 136

圖 40　首爾深夜巴士分析系統 137

圖 41　首爾北村物聯網示範服務系統架構 138

圖 42　豐田市碳素社會系統實證計畫架構 141

圖 43　YSCP 系統架構 142

圖 44　英國智慧能源錶服務架構 148

圖 45　Telefonica 智慧能源錶通訊架構 148

圖 46　Arqiva 智慧能源錶通訊架構 149

圖 47　Eenl 智慧能源錶系統架構 150

圖 48　Smart@Home 通訊架構 150

圖 49　日本智慧電錶服務架構 151

圖 50　法國 GrDF 智慧瓦斯錶通訊架構 152

圖 51　SKT LoRa 智慧瓦斯錶通訊架構 153

圖 52　北京國家體育場智慧建築系統 155

圖 53　Vodafone Cobra OBD 通訊架構 157

圖 54　Google LiDAR 系統 158

圖 55　3GPP 定義 LTE-V 傳輸要求 159

圖 56　FCC UNII-4 頻段規劃 161

圖 57　FCC DSRC 頻道重新畫分方案 162

圖 58　Amazon 物流機器人檢貨程序 165

圖 59　AAT RFID 貨物追蹤流程 166

圖 60　物聯網醫療照護通訊架構 167

圖 61　內視鏡膠囊通訊方式 169

圖 62　NB-IoT 頻段內與保護頻段布署方式 177

圖 63　KT NB-IoT 救生外套 182

圖 64　LoRa 傳輸模式 185

圖 65　Sigfox 服務營運模式 187

圖 66　電信營運商提供 LoRa 服務營運模式 188

圖 67　資通訊媒體產業 2025 計畫技術發展藍圖 202

圖 68　業者對物聯網所設管制議題之優先排序 203

圖 69　美國申請實驗頻譜之流程圖 206

圖 70　英國實驗頻譜執照申請流程圖 209

圖 71　日本實驗頻譜執照申請流程圖 211

圖 72　加速行動寬頻服務及產業發展方案架構 214

圖 73　悠遊城市類、應用領航類補助申請須知 216

圖 74　大豐環保之廢棄物暨資源回收 4G 行動智慧平台 225

圖 75　凱擘大寬頻－全方位 4G 智慧城市家庭應用服務 227

圖 76　遠流出版－台灣雲端書庫 Touch! 228

圖 77　耀勝電子－智能旅遊購物免攜平台 229

圖 78　線上真人即時諮詢與翻譯行動創新服務 230

圖 79　行政院生產力 4.0 發展方案核心理念 231

圖 80　智慧機械產業生態體系 231

圖 81　智慧機械產業推動方案計畫架構 233

圖 82　智慧電網總體規劃方案總體架構 233

圖 83　智慧電網總體規劃之推動策略具體作法－智慧用戶 234

圖 84　低壓智慧型電錶推動規劃 235

圖 85　AMI 發展策略及布建場域 236

圖 86　我國資通訊資通訊政策發展 236

圖 87　數位國家創新經濟方案發展架構 237

圖 88　亞洲・矽谷推動方案願景 238

圖 89　5G 應用服務 3 大方向 239

圖 90　5G 頻譜需求及應用特性 240

圖 91　5G 標準時程 241

圖 92　整合式的 5G 架構 244

圖 93　行動產業的演化趨勢 246

圖 94　結合型資費方案 278

圖 95　新精采 Hami 包購機方案 280

圖 96　新購機方案 280

圖 97　新 Hami 包單門號方案 281

圖 98　4G 飆速手機上網專案 282

圖 99　4G 飆速平板上網專案 282

圖 100　大型活動行動電話應用示意圖 294

圖 101　AT&T 提供的車聯網功能示意圖 296

圖 102　OnStar 提供的 Security 方案示意圖 297

圖 103　OnStar 提供的上網資費方案 298

圖 104　Verizon 提供的車聯網服務 Hum 298

圖 105　AT&T 提供的 UBI 解決方案 299

圖 106　Verizon 與 PrecisionHawk 合作的農業用無人機試驗 303

圖 107　AT&T 用於監視基地塔的無人機 304

圖 108　Orange 智慧電錶示意圖 305

圖 109　Verizon 與 LCEC 合作智慧能源平台 307

圖 110　Verizon 與 LCEC 合作智慧能源平台 308

圖 111　Telefonica 與 Cutcsa 合作智慧交通之手機應用圖 309

圖 112　AT&T 與 KineticCare 合作智慧醫療之平台示意圖 310

圖 113　Vodafone 之 iNanny 追蹤裝置平台圖 311

圖 114　Orange 之 i-Net 能源管控應用示意圖.....312

圖 115　韓國的智慧農業示意圖.....313

圖 116　SKT 的 IoT 鰻魚監測系統.....314

圖 117　奧地利 T-Mobile 國內 M2M 資費方案.....316

圖 118　奧地利 T-Mobile M2M 漫遊資費方案.....317

圖 119　美國 Verizon 之 M2M 資費方案 317

前言、計畫概述及說明

一、計畫範圍與內容

105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計畫範圍共可分為六大子題，分別是子題一：提出我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議；子題二：研析我國可開放頻率共享之頻段；子題三：專用電信頻譜；子題四：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢；子題五：我國下世代行動寬頻未來產業發展方向；子題六：研討會之辦理。

由於下世代通訊應用不再局限於人與人之間的溝通或民眾上網需求，將發展至人對物、物與物之間通訊的需求；不同的應用情境，對頻譜產生不同的需求特性，故本研究五大子題分別就通信業務屬性之差異探討下世代行動寬頻頻率需求與建議。

子題一，以「通訊技術」（B4G/5G）為研究主軸，探討技術發展對傳統行動通信網路業務頻譜之需求。子題二，以「共享技術與機制」為研究主軸，分析可供共享的各類型頻段與建議，包括電視頻段、專用頻段（有既有使用者）、免執照頻段等。子題三，以「專用電信」為研究主軸，可分為兩部份，一是國內專用電信使用現況進行盤點，為未來可能提供實驗頻譜或共享之準備，二就公共安全寬頻網路建置構想進行前期探討。子題四，以「物聯網」為研究主軸，探討低功率通訊技術、頻段的發展與建議。子題五，以「電信業者」為研究主軸，探討電信業者行動應用服務發展對未來電信管理之影響與建議。

表 1　計畫研究範圍與內容

項目	工作項目
子題一：提出我國下世代行動寬頻頻規劃建議譜	1.1 國際間下世代行動寬頻研究與試驗發展動態 1.1.1 主要國家下世代行動寬頻產學研單位研發動態 1.1.2 主要國家下世代行動寬頻頻譜規劃研析（例如：日、韓、中、歐、美國等） 1.1.3 主要國際標準組織技術與頻譜規劃研析（例如 ITU WRC-15、WRC-19、IWP5D、MT-2020 等） 1.2 我國下世代行動寬頻研發國際合作發展動態

項目	工作項目
	1.2.1 我國產學研單位下世代行動寬頻技術研發動態 1.2.2 我國下世代行動寬頻研發國際合作案 1.3 針對國內外技術發展與應用趨勢擬定我國下世代行動寬頻候選頻段 1.3.1 國際行動寬頻應用發展趨勢與頻譜需求預測 1.3.2 我國頻譜供應規劃
子題二：研析我國可開放頻率共享之頻段	2.1：研析世界各主要國家及國際組織針對頻率共享（包括 LSA：Licensed Share Access/ASA：Authorized Shared Access、LAA：Licensed Assisted Access 等）、免執照頻譜使用、上下鏈不對稱（如：Supplemental Downlink）、開放與衛星共用及短距通訊（如：Small Cell）等使用模式，所提出開放方式、頻譜規劃及管理法規，具體羅列我國短中長期可開放頻率共享等使用模式之頻段。 2.2：對於前項羅列之我國短中長期可開放頻率共享等使用模式之頻段，具體提出政府機關未來進行開放時所需辦理之政策及法規建議。 2.3：深入探討我國短中長期可開放頻率共享等使用模式之頻段，以具體納入「頻率供應計畫」相關內容。
子題三：專用電信頻譜	3.1：協助辦理「頻率供應計畫」中，有關專用電信各類業務頻譜使用現況分析之內容擬定。 3.2：有關 ITU WRC-15 會議所提出 6GHz 以下可規劃供行動通信業務使用之頻譜，部分可能現為專用電信使用，且無法進行清、移頻作業，如 3400～3600MHz 及 4800～4990MHz 等，故就其未來如何提供行動通信業務使用進行研析，包括使用規劃、開放方式、管理機制等。 3.3：PPDR 頻譜規劃及商業模式之國際個案分析

項目	工作項目
子題四：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢	4.1:研析國際智慧城市成功案例 4.2:掌握物聯網主要應用終端與核心網路無線技術動態，蒐研專用頻譜技術發展 4.2.1 物聯網主要應用 M2M/MTC 技術標準與無線核心網路技術 4.2.2 3GPP NB-IoT 技術標準與應用情形 4.2.3 車聯網等專用頻譜物聯網技術 4.3:分析 Sub-1GHz M2M 技術、應用發展及國際相關頻段開放方式與管理辦法 4.3.1: Sub-1GHz M2M 技術標準與應用情境 4.3.2:歐美亞主要國家 Sub-1GHz 頻譜開放方式與管理辦法 4.4 彙整國際主要國家物聯網管理層級與法規機制,及物聯網實驗頻譜規範 4.4.1 物聯網管理法規之機制、架構及負責管理之層級單位 4.4.2 國際提供物聯網實驗頻段辦法，與實驗頻段提供商用服務相關規範 4.5 蒐羅國內智慧城市、物聯網發展動態與規劃 4.5.1 國內政府智慧城市、物聯網發展動態與未來規劃 4.5.2 民間企業智慧城市、物聯網發展動態與未來規劃 4.6 下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢
子題五：我國下世代行動寬頻未來產業發展方向	5.1 調查國外各主要電信營運商及國內各電信營運商隨著 4G 開台,造成之語音、簡訊服務量變化情形,以及該等電信營運商營收增減情況,並針對其電信營運資費方式進行研究,以實際瞭解國內外各電信營運商如何維持盈餘。

項目	工作項目
	5.2 蒐研全球主要電信營運商目前推動 VoLTE 服務情形，以及針對該服務所作資費方式設計。 5.3 綜整國際上主要電信營運商隨著 4G 普及化，所推出創新加值服務，並就其隨著下世代行動寬頻發展，未來可能推出之創新加值服務。 5.4 蒐集國外電信營運商是否有針對具短暫傳輸時間、少量傳輸資料，且每日傳輸次數不頻繁等特性之使用模式提供通訊服務（如：提供物聯網作為傳輸資料之用），若有相關案例，彙整其應用目的及資費方式。同時實際瞭解國內各電信營運商對於上述使用模式予以提供通訊服務之意願及看法。
子題六：研討會之辦理	6.1 國際頻率共享等相關頻譜使用模式之開放方式、頻段規劃與管理法規趨勢 6.2 專用電信頻譜使用現況暨未來規劃 6.3 物聯網應用發展及頻譜規劃之探討

資料來源：MIC，2016 年 7 月

二、計畫目標

本案有鑒於下世代行動寬頻新技術發展迅速，越早了解技術領導國家於頻譜政策上的考量、主要產業龍頭的技術進展及國際電信組織在頻段畫定的共識，以作為國內未來擘畫頻譜政策或扶攜相關產業發展的參考方向。本案目標從五項研究子題進行研究，從全球技術趨勢、頻譜、使用型態、應用案例、我國需求探討等構面進行研析。

第一子題的研究目標在於國際間下世代行動寬頻技術發展、解析歐美亞主要國家 B4G/5G 發展之頻譜規劃及應用趨勢，並瞭解國內相關部會下世代行動寬頻研究動態，以提出我國頻譜規劃先期準備建議，並列出相關候選頻段，作為推動我國對於下世代行動寬頻相關政策發展之建議。

第二子題的研究目標，在於研析主要國家及國際組織之頻譜共享及其他相關之頻譜利用機制，包括：開放方式、頻譜規劃與管理規範等。本計畫將收集主要國家之頻譜利用機制，加以檢視其規劃之頻譜與法規發展，將可用於我國之頻譜建議於頻率供應計畫之修訂，並針對開放利用該頻譜資源所需之法規議題，進行研析及提出建議。

第三子題的研究目標在於進一步分析專用電信目前在各業務項目的使用現況，甚至擴及未來需求等項目，以此等基礎方能了解未來制定新版頻譜供應計畫時，將頻譜資源排入妥善且有效率之規劃。此外在 WRC-15 的決議下，已有新確認的全球性 IMT 頻段，如：3400～3600MHz，或有國家開始施作 IMT 的頻段，如：4800～4900MHz，此等頻段於我國由於現時由專用電信所使用，且較無可能進行清、移頻。因此國際通訊趨勢上的頻譜共享機制成為在此類頻段上的另類考慮方向，本研究將透過國外案例比較及國內現況分析，提供關於此類頻段在使用規劃、開放方式、管理機制上等建議。

第四子題的研究目標希冀透過蒐研全球智慧城市成功建構案例之應用與技術面向，瞭解標竿智慧城市之作法，同時對比國內政府單位與廠商發展動態，並透過研究物聯網通訊技術發展與應用案例，以及歐美亞主要國家對於物聯網技術與服務提供之管理機制，掌握國際先進應用趨勢，做為我國管理機制規劃設計之參考依據。

第五子題的目標在瞭解行動寬頻的發展之下，國內外主要電信業者如何在資費方面因應 4G 服務以資料傳輸為主、語音簡訊需求大幅降低的市場狀況；同時由於網路傳輸速率的需求，業者必須大幅度投資網路建設，也因此國內外電信業者在資費的方面的因應策略非常值得參考；此外，VoLTE 的發展對於業者成本及營運面均有影響，相關資費之規劃策略亦值參考。

隨著 4G 普及化之影響下，將觀察國際上主要電信營運商在市場上推出以 4G 為技術基礎的服務，並蒐研隨著下世代行動寬頻的日益發展，未來電信營運商如何開發用戶新需求，發展相對應之創新加值服務。此外將蒐集國外電信營運商是否有在提供物聯網作傳輸資料之用的基礎上，提供針對具有如短暫傳輸時間、少量傳輸資料及每日傳輸次數不頻繁等之特性的通訊服務模式。透過相關案例研究，並彙整其應用目的及資費方式。同時透過實際訪查，瞭解國內各電信營運商對於上述使用模式予以提供通訊服務之意願及看法。

三、研究方法

本研究將透過文獻分析方式，蒐集並綜整國內外相關文獻，並搭配第一手對設備業者、電信業者及頻譜主管機關等透過深度訪談與專家座談等質性研究方法，深入瞭解與此議題相關之利害關係人意見，以提供交通部在評估我國下世代行動通信頻譜規劃方向。各研究方法執行方式，分述如下。

(一)文獻蒐集分析與評論

文獻分析法是一種對文獻內容作客觀系統定量分析的專門方法，其目的是釐清或驗證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。其做法即是將媒介上的文字、非量化但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。

本計畫透過國內外政策文件及文獻之蒐集，掌握世界各先進國家與國際組織針對下世代行動寬頻與物聯網發展之方向，分析其在技術與應用趨勢；並且對於瞭解其針對頻譜之規劃，包括下世代行

動寬頻候選頻譜規劃、商用化頻譜新型態使用模式、專用電信頻譜使用規範、智慧城市、物聯網應用之相關頻譜等政策法規制訂。

基本上，將依據全球推動下世代行動寬頻發展之主要國家（包括：歐盟、日本、韓國、中國大陸與美國）技術暨應用與物聯網趨勢、釋照政策和整體頻譜資源規劃等面向，進行資料之分析與整理。經過比較及分析上述國家下世代行動寬頻與物聯網技術與用發展、規劃下世代行動寬頻頻譜資源等議題，及相關因應之政策方案，梳理出下世代行動寬頻發展與應用推廣之脈絡。

(二)標竿案例分析

標竿事例研究法（Benchmarking）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，使後進者能夠藉此過程提升績效與成功率。標竿事例研究法需要事先設定欲研討的議題及假設，並針就此再進一步深入調查案例的相關資訊，避免漫無邊際地搜尋資料。

藉由標竿事例研究法，本計畫透過國外案例資訊以檢視國內現況進行彙整，掌握歐美亞主要國家及國際組織之技術發展與應用案例及未來趨勢，針對下世代行動寬頻之可能形式、應用趨勢及技術發展進行前瞻性之研究與探討，做為我國未來若導入國際上逐漸發展成熟之技術的他山之石典範案例。

並從世界針對下世代行動寬頻候選頻譜規劃、物聯網專用頻段布局、先進國家或地區的頻譜政策，或頻譜使用案例當中，汲取良好的經驗及作法，結合探討我國現況、了解我國不足及需要強化之處，擬定長期觀點的下世代行動寬頻頻譜政策。

(三)深度訪談與座談會

深度訪談法是指由受訪者與研究人員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，可以有一對一或一對多的方式進行。通常使用此法時，研究人員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思考框架下，就主題自由的談論自己的意見，因此透過對於研究人員與受訪者間面對面

之溝通，針對特定主題進行深度的探討，交換彼此所知的資訊、的意見與想法，增進對主題之瞭解與資料蒐集的多元性，並於彼此互動的過程中，重新釐清問題。此外，透過舉辦專家學者座談會或研討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。

針對本計畫內需有專業人士意見支撐與驗證，或需要多方反覆討論之特定議題，研究團隊將使用深度訪談法強化證據之信度及效度，本研究預計將針對行動通訊業者、頻譜規劃機關等不同產業之公協會，蒐集彙整未來專用頻譜發展之具體建議，並且舉辦專家學者及產業界的綜合座談會議，配合前述之產業意見，邀集蒐集產、官、學及不同研究領域之專家、學者，蒐集彙整對於我國發展下世代行動寬頻之規範與發展與頻譜資源規劃等相關議題的意見及建言；再配合國內外文獻的研究，成為本計畫最後提出具體政策建議之規劃基礎。

四、研究進度

本研究共分六個子題，預定進度規劃如下：

表 2　本案六個子題研究進度與規劃

月份 工作項目	105 年 4 月	105 年 5 月	105 年 6 月	105 年 7 月	105 年 8 月	105 年 9 月	105 年 10 月	105 年 11 月	105 年 12 月
子題一：提出我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議		▲ 1.1				▲ 1.2	▲ 1.3		
子題二：研析我國可開放頻率共享之頻段			▲ 2.1		▲ 2.2		▲ 2.3		
子題三：專用電信頻譜			▲ 3.1	▲ 3.2		▲ 3.3			
子題四：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢			▲ 4.1	▲ 4.2	▲ 4.3 4.4	▲ 4.5	▲ 4.6		
子題五：我國下世代行動寬頻未來應用趨勢		▲ 5.1	▲ 5.2	▲ 5.3		▲ 5.4			
子題六：深化與產、官、學、研之互動，提升研究與政策建議品質			▲ 6.1		▲ 6.2		▲ 6.3		
期中報告				▲ I					
期末報告								▲ II	

註 1：紅色區塊表示已完成項目，橘色區域為預計完成。

資料來源：MIC，2016 年 7 月

(一)期中報告（105 年 8 月），內容包含：

1.1：國際間下世代行動寬頻研究與試驗發展動態

2.1：研析主要國家及國際組織針對頻率共享、免執照頻譜使用、等新興頻譜使用模式

3.1：協助「頻率供應計畫」中有關專用電信頻譜使用現況分析

3.2 ：有關 ITU WRC-15 會議所提出 6GHz 以下可規劃供行動通信業務使用之頻譜，部分可能現為專用電信使用，就其未來如何提供行動通信業務使用進行研析

4.1：研析國際智慧城市成功案例

4.2：掌握物聯網主要應用終端與核心網路無線技術動態，蒐集專用頻譜技術發展

5.1：國際主要電信業者 4G 營運現況分析

5.2：全球主要電信營運商推動 VoLTE 服務情形，以及資費設計方式，期中報告已完成業者商轉 VoLTE 的初步介紹與資料收集。

5.3：國際主要電信業者創新行動寬頻服務發展分析

6.1：完成 1 場研討會之舉辦

(二)期末報告（105 年 11 月），內容包含：

1.2：我國下世代行動寬頻研發國際合作發展動態

1.3：擬定國內下世代行動寬頻候選頻段

2.2：提出政府機關未來進行開放頻率共享時，所需辦理之政策及法規建議

2.3：探討我國短中長期可開放頻率共享等使用模式之頻段，以具體納入「頻率供應計畫」相關內容

3.3：PPDR 頻譜規劃及商業模式之國際個案分析

4.3：分析 Sub-1GHz M2M 技術、應用發展及國際相關頻段開放方式與管理辦法

4.4：彙整國際主要國家物聯網管理層級與法規機制，及物聯網實驗頻譜規範

4.5：蒐羅國內智慧城市、物聯網發展動態與規劃

4.6：下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢

5.2：全球主要電信營運商推動 VoLTE 服務情形，以及資費設計方式，期末報告將再針對各國 VoLTE 之推動策略與資費設計加以分析其規劃趨勢。

5.4：國際主要電信業者物聯網服務發展分析

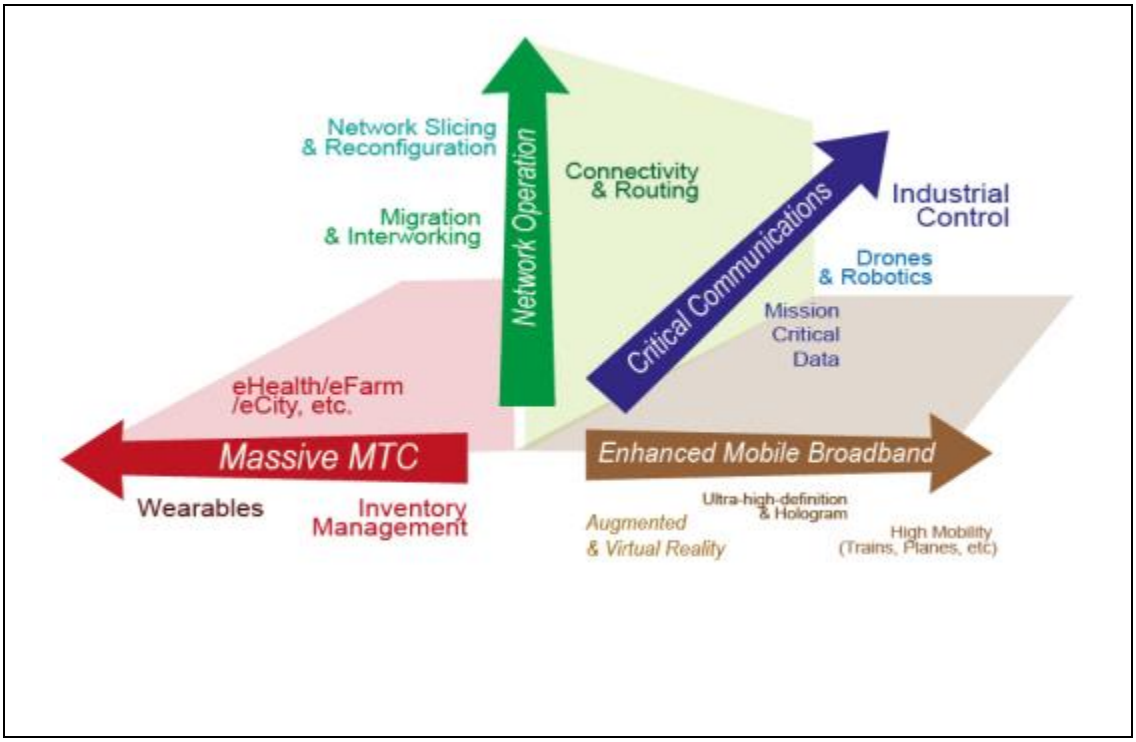
6.2+6.3：完成 2 場研討會之舉辦，並藉此凝聚各界共識

第一章、我國行動通信網路業務頻譜規劃建議

一、國際間下世代行動寬頻研究與試驗發展動態

(一)主要國際組織與國家 5G 技術發展與頻譜規劃動態

3GPP 技術規範工作小組（TSG）在 5G 之標準制定規劃目前仍以 Release 14 為主，較注重於 NB-IoT、V2X 等應用；然 3GPP 專門制定服務需求規範的 SA1(Service and System Aspects Working Group 1)工作小組於 2016 年 6 月 23 日根據 5G 未來可能之智慧化應用情境發布了 4 份技術報告概要（New Services and Markets Technology Enablers，SMARTER）做為未來 5G 標準制定之方向，值得一提的是，5G 未來智慧化之應用乃是根據 70 個不同應用案例（可參考 3GPP TR22.891 文件）探討歸納而出[1-1]。



資料來源：3GPP，2016 年 7 月

圖 1　3GPP 5G 標準制定方向與主要應用

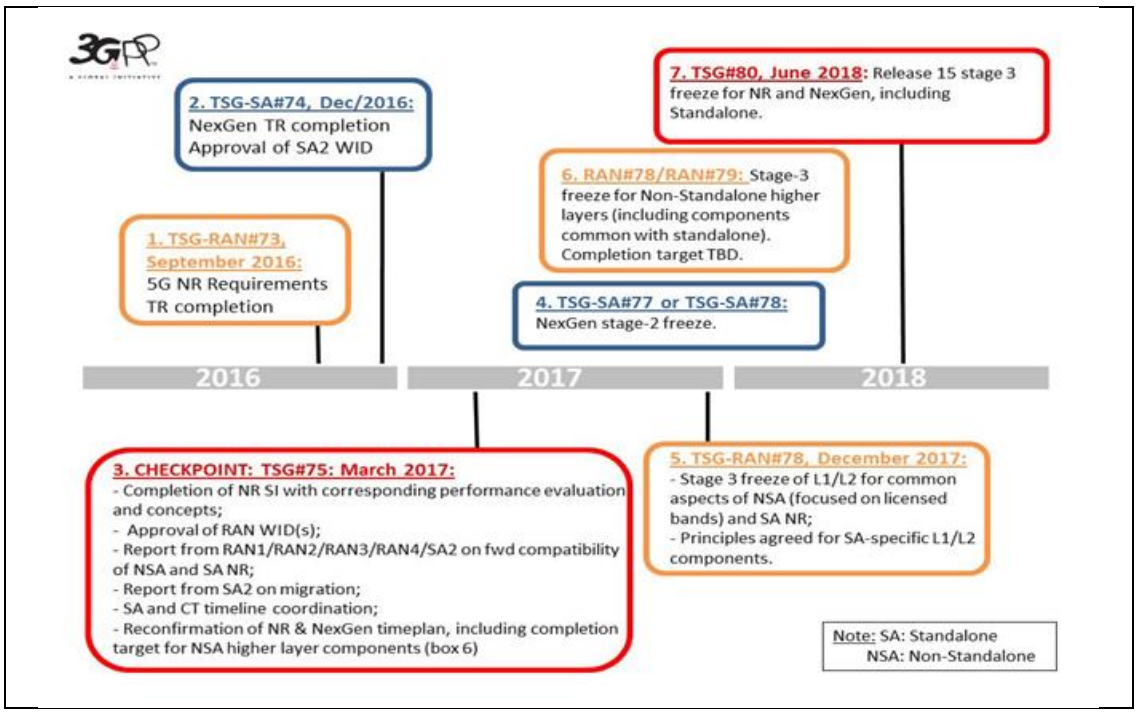
SMARTER 所重視的四大方向為大量 IoT 感測元件應用、智慧化應用之行動網路改善關鍵、行動網路頻寬之增加、網路操作效率之改善。此外，3GPP SA1 正在將 4 份技術文件合併成 5G Stage 1 的標準需求規範，後續將開始 Stage 2 及 Stage 3 之討論。草案預定 2016 年 12 月發布，最終版本預計於 2017 年 3 月發布。

表 3　SMARTER 文件主要內容

文件	主要內容
TR 22.861：FS_SMARTER–Massive Internet of Things	針對大量感測元件於新垂直領域應用：如感測器與穿戴產品於智慧家庭、智慧城市、智慧健康醫療、智慧工具、智慧穿戴等。
TR 22.862：FS_SMARTER–Critical Communications	針對行動通訊技術之低延遲性、高可靠性等進行改善，應用面如工業控制應用等。改善之技術面包含無線通訊介面、網路架構最佳化及核心與無線資源之使用等。
TR 22.863：FS_SMARTER–enhanced Mobile Broadband	針對增加行動通訊之頻寬，包含更高資料傳輸速率、更高密度、更高訊號覆蓋率、更高用戶移動速率、Small Cell 之布建等。
TR 22.864：FS_SMARTER–Network Operation	針對網路系統效率之改善，包含靈活之功能與通信能力、創造新價值、互通、系統優化、系統效能增進、通訊安全等。

資料來源：3GPP，MIC，2016 年 7 月

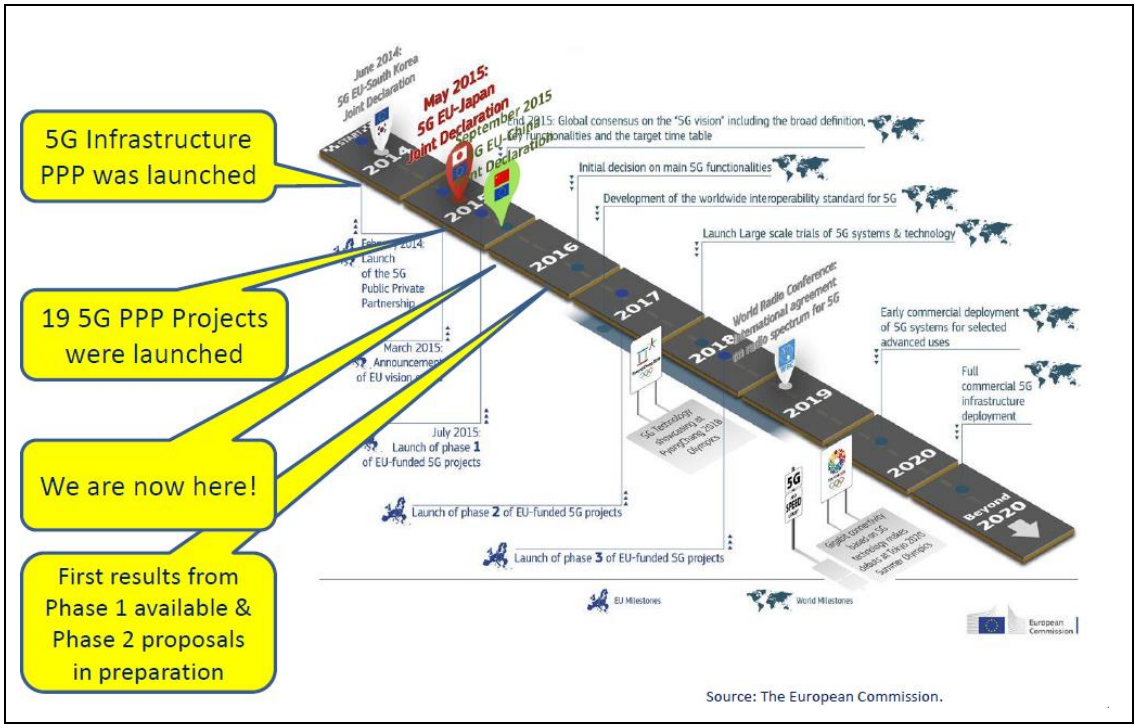
3GPP 亦於 2016 年 6 月 27 日宣布未來將針對 5G 標準在 Release 15 之詳細工作規劃，並預計於 2018 年 6 月確立 Release 15 之 5G 標準規範。Release 15 標準將包含 5G NR（New Radio）技術（即針對 6GHz 以下之頻段，並以 OFDM 調變技術為主）之獨立式布建情境與非獨立式布建情境；目標應用情境為增強型行動寬頻應用（enhanced Mobile Broadband，eMBB）、低延遲及高可靠性之應用（Ultra-Reliable and Low Latency Communications，URLCC）；此外，標準規範之應用頻率為小於 6GHz 及大於 6GHz。值得一提的是，TSG#72 會議亦強調 5G 之標準設計必須具備向前相容性、可分階段導入及實現各應用場域之時間點。



資料來源：3GPP，2016 年 7 月

圖 2　3GPP R-15 5G 標準制定時程規劃

歐盟的 5G PPP 於 2016 年 MWC 大會上亦說明其目前標準制定時程已在 2015 年 7 月完成 Phase 1 之計畫審查，並開始執行 19 項技術標準研究計畫（如：NORMA、mmWave 及 Small Cell 等），2016 年 5 月將開始徵選 Phase 2 之計畫。



資料來源：歐盟，2016 年 3 月

圖 3　5G PPP 之標準制訂時程規劃

此外，5G PPP 亦於 2016 年 7 月更新發表 5G 架構白皮書[1-2]，該架構規範由核心網路到局端網路所需之關鍵技術，希望能將 5G 技術所延伸之應用與使用者的真實需求結合，加快 5G 應用之推動。該架構提出未來 5G 之關鍵議題，希望後續 Phase 2 可針對此些技術與議題作提案。白皮書內亦點出之關鍵五大應用為醫療、能源、未來工廠、智慧車、媒體。

其中，NFV/SDN 及 Network Slicing 都是一種以虛擬化網路架構技術來增加網路運作效率與傳輸頻寬，並能因應未來行動寬頻技術的各種應用場景之特性，因此此三項技術被 5G PPP 列為重點技術。此外，C-RAN 或 D-RAN 接是一種增加網路運算能力的技術，一者以雲端化處理，一者則類似平行運算；因此，可以總結 5G PPP 的關鍵技術大部分已改進網路效能來配合 5G 將來運用為主。

表 4　5G PPP 點出之 5G 關鍵技術與議題

關鍵技術與議題	
關鍵技術	End-to-End Network Slicing、SDN/NFV、Control/User Plane split、Radio Access Network/Core Network Split、Multi-Connectivity、C-RAN and D-RAN and Different Functional Splits、New Fronthaul、Fixed-Mobile Convergence、Multi-Domain Orchestration
關鍵議題	What Can Be Virtualized and What not、Deployment of Cloud Facilities、Flexible Placement of Virtual Network Functions、Specific examples of New 5G Functions、Integration with LTE、Security as Integral Part of Architecture Design

資料來源：5G PPP，MIC 整理，2016 年 7 月

歐洲方面，歐盟委員會於 2016 年 9 月 14 日正式公布了 5G 行動計畫（5G for Europe：An Action Plan），該行動計畫包含以下幾個面向[1-3]。

商用測試：2017 年 3 月公布具體的測試計劃，並開始測試。2017 年底之前制定完整的 5G 部署藍圖；2018 年開始預商用測試；2020 年各個成員國至少選擇一個城市提供 5G 服務；2025 年各個成員國在城區和主要公路、鐵路沿線提供 5G 服務。

頻率規劃：2016 年底之前提供臨時頻率供測試使用，測試頻率需要同時包含 1GHz 以下、1~6GHz 和 6GHz 以上。在 2017 年底之前確定 6GHz 以下和毫米波的頻率規劃，以支持高低頻融合的 5G 部署。

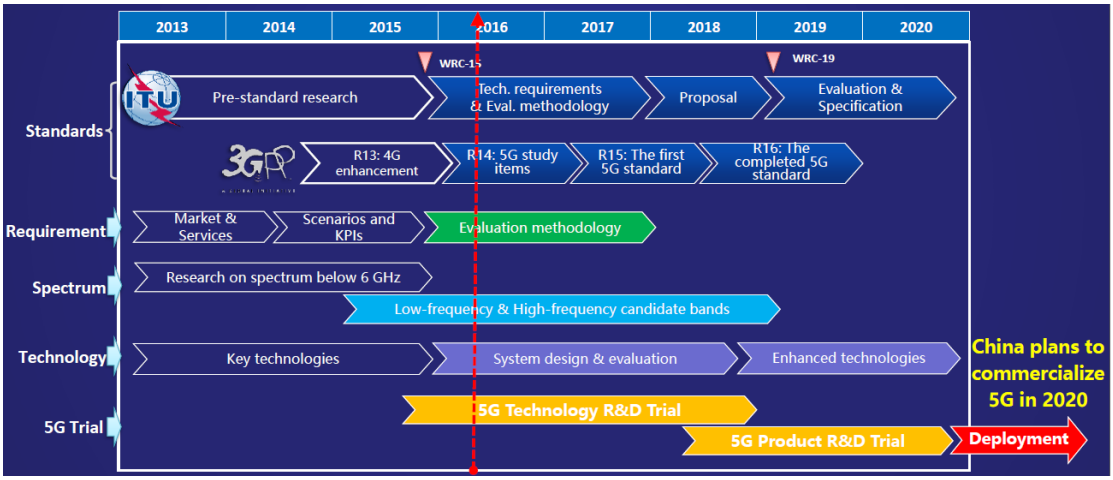
標準方面：強調建立統一的標準體系支持不同的應用場景；同時為了支持跨行業應用，建議在 2017 年底之前找到合適的垂直行業合作夥伴共同推動標準制定。

而歐洲主要電信營運商及網通業者（如：Nokia、Ericsson、Vodafone、Telefonica、Orange 及 Deutsche Telekom 等）於 2016 年 2 月簽訂合作協議，共同合作讓歐洲在 2020 年 5G 網路覆蓋率達到最大，2018 年以前完成歐洲各區之 5G 連網技術測試。電信營運商並對歐盟提出頻譜釋放要求，希望在 2020 年時能釋出授權頻譜 700MHz、3.4～3.8GHz 及大於 6GHz 之頻段（如：24GHz）。

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

中國大陸 IMT-2020(5G)於 2016 年 5 月 31 日與歐盟 5G PPP、南韓 5G Forum、美國 5G America 及日本 5GMF 共同招開 5G 大會，與會者亦包含全球各地電信大廠及主要學術單位共約 500 人，目的為建立全球 5G 技術發展之一致性。

由圖 4 之時程表可知中國大陸 IMT-2020（5G）目前正在進行 5G 關鍵技術測試、評估方法研究及高低頻譜之挑選，IMT-2020(5G)所挑選之關鍵技術如表，目前已完成技術規格之測試，並預計於 2016 年 9 月完成技術之場域測試[1-4]。



資料來源：中國大陸 IMT-2020（5G），2016 年 7 月

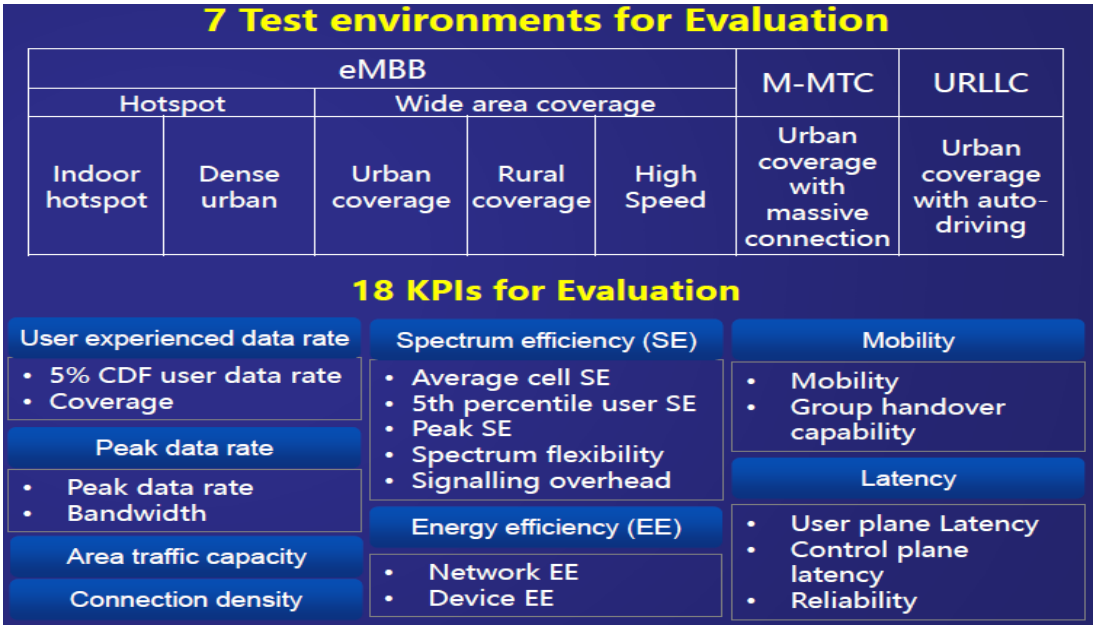
圖 4　IMT-2020（5G）之 5G 標準推動進度

表 5　IMT-2020（5G）測試之 5G 關鍵技術

主要關鍵技術	
無線技術	● Massive MIMO ● Novel Multiple Access：SCMA、PDMA、MUSA ● New Multi-Carrier：F-OFDM、UFMC、Filter-Bank ● Advanced MCS：Polar code、Q-ary 、LDPC ● Ultra-Dense Network
網路技術	● Network Slicing ● Mobile Edge Computing ● Network Function Reconstruction ● C/U Plane Separation

資料來源：IMT-2020（5G），MIC 整理，2016 年 7 月

IMT-2020（5G）之技術評估方法分成增加行動頻寬（enhanced Mobile Broadband，eMBB）、大量機器通訊（Massive Machine Type Communication，M-MTC）、低延遲及高可靠性通訊 URLLC（Ultra-reliable and Low Latency Communications，URLLC）三個面向，測試場域類別主要為室內、都市及鄉村，此外並根據所需達成之技術特徵制定 18 項評估 KPI。



資料來源：中國大陸 IMT-2020（5G），2016 年 7 月

圖 5　IMT-2020（5G）訂立的 7 種測試環境與 18 項技術評估指標

在候選頻段方面，低頻（小於 6GHz）的 eMBB 候選頻段為 3.3～3.4GHz、4.4～4.5GHz、4.8～4.99GHz，而 IoT 應用除將 Sub-1GHz 規劃給 NB-IoT 應用，亦將 5.9GHz 規劃給車聯網使用。高頻（大於 6GHz）方面則將 20～40GHz 列為未來優先應用頻段，包含：25GHz、28GHz、30GHz、40GHz 及 WRC-19 AI1.13 規劃之候選頻段。

值得一提的是，國際電信聯盟無線通訊部門（ITU-R）的 TG5/1 小組於 2016 年 5 月召開第一次會議，並決定將 24.25～86GHz 頻段訂為 5G 未來的新應用頻譜且展開研究，而中國大陸負責 37～52.6GHz 頻段之應用研究，更進一步取得未來 5G 國際話語權。

美國聯邦通訊委員會（Federal Communications Commission，FCC）於 2016 年 7 月 14 日宣布為加速推動 5G 之技術應用，將領先全球率先開放近 11GHz 之頻段給 5G 網路使用，授權頻段定為 28GHz（27.5～28.35GHz）、37GHz（37～38.6GHz）及 39GHz（38.6～40GHz），非授權頻段定為 64～71GHz，將於 2017 年測試 5G 網路。

關於此次增加非授權頻段 64～71GHz 部份，早在 2001 年美國 FCC 即針對 57～64GHz 採取免執照模式提供商用或公用，當年美國 FCC 釋出此類連續性的大頻寬，背後動機主要有二，一是驅動

毫米波（Millimeter Wave）頻段的商用化，二為鼓勵透過此頻段發展應用。

而這一次增加非授權頻段 64～71GHz 的決議，乃基於觀察到 57～64GHz 免執照的 WiGig 裝置準備要開始上市，這些產品將會進行標準化，並符合國際和諧的 Channelization Scheme，因此為了推動相關產業的成長及相關應用，開放此頻段有其必要性。

FCC 進一步認為若是等到 ITU 的結論出爐，要花費數年的時間，讓寶貴頻段閒置，卻不讓近期已可使用免執照應用（如：可用在 57～64GHz 鄰近頻段的 WiGig 產品）的產品發展，將阻礙美國在此方面與國際競爭的產業發展進度[1-5]。

此外，5G Americas 亦於白皮書中點出未來 5G 發展之關鍵技術及研究頻段，決議研究給 WRC-19 參考的頻段分別為 24.25～27.25GHz、31.8～33.4GHz、37～40.5GHz、40.5～42.5GHz、42.5～43.5GHz、45.5～47GHz、47～47.2GHz、47.2～50.2GHz、50.4～52.6GHz、66～76GHz、81～86GHz[1-6]。

表 6　4G Americas 點出之 5G 關鍵技術

關鍵技術
● Massive MIMO、RAN Transmission at Centimeter and Millimeter Waves 、New Waveforms、Shared Spectrum Access、Advanced Inter-Node Coordination、Simultaneous Transmission Reception、Multi-RAT Integration and Management、D2D Communications、Efficient Small Data Transmission、Wireless Backhaul/Access Integration、Flexible Networks、Flexible Mobility、Context Aware Networking、Information Centric Networking （ICN）、Moving Networks

資料來源：4G Americas，MIC 整理，2016 年 7 月

此外，FCC 亦開放了 3.5GHz 及 5GHz 給非授權頻譜使用，在 3.5GHz 開放 3550～3700MHz 頻段給市民使用（Citizen Broadband Radio Service，CBRS），希望透由使用者共享，創造更多頻譜資源給創新使用。5GHz 開放的頻段定為 5150～5925MHz，其中 5150～5250MHz、5725～5825MHz 將開放給 LTE 與 Wi-Fi 共同使用。

英國 Ofcom 也於 2016 年 10 月發佈 3.6- 3.8GHz 頻段未來使用的諮詢文件，Ofcom 認為該頻段是未來行動使用的優選頻段，因為有大量頻寬，並且為全球一致看好的 5G 重要頻段。

目前該頻段在英國是用於提供固定鏈路和衛星地球站接收服務，以及 UK Broadband 在 3605～3689MHz 提供 TD-LTE 服務；Ofcom 諮詢重點在於 3.6～3.8GHz 這一段的頻譜是否可以共用或應完全分配給行動使用，提出兩個選擇方案。

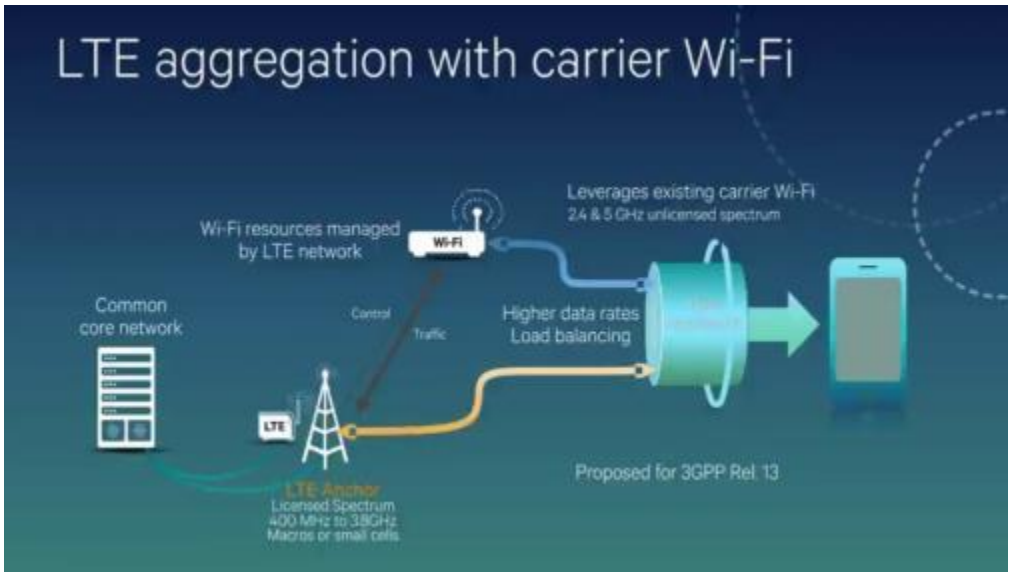
方案一、保留固定鏈路和衛星地球站接收服務現有用戶的授權使用，並條列新進使用者對既有使用者產生干擾等相關管理規範。

方案二、移除固定鏈路和衛星地球站接收服務現有用戶的授權使用；對現有用戶的影響是必須接受干擾等問題。以上的諮詢回覆預計至 2016 年 12 月初截止，可持續觀察後續發展[1-7]。

韓國與日本則計畫在奧運舉辦時間（2018、2020 年）布署 5G 網路應用，其中韓國預計在 2017 年推出 5G 試用，並計畫在 2018 年平昌冬季奧運推出 5G 應用。而日本已經提議將 3.5GHz、4.5GHz 和 28 GHz 頻段作為於 2020 年推出 5G 服務的潛在備選頻段，目前日本已將 3.5 GHz 用於 4G 服務。

(二)主要廠商 5G 技術發展與頻譜規劃動態

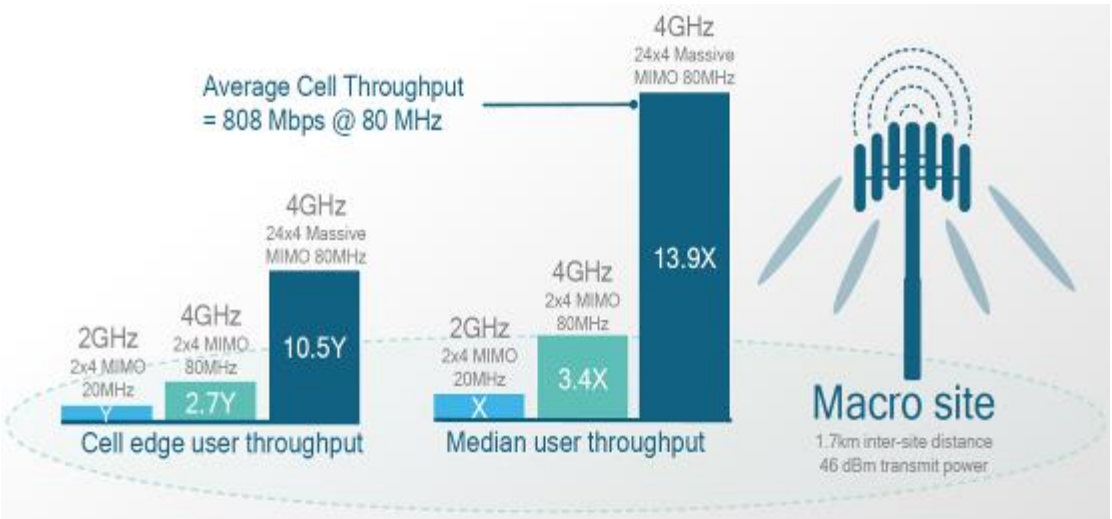
Qualcomm 除在 2015 年底於美國聖地牙哥以 28GHz 測試 mmWave 技術外，2016 MWC 展中更展出 LTE 和 Wi-Fi 聚合技術（LTE Wi-Fi Link Aggregation，LWA），透過支援 LWA 的無線接取器（Access Point，AP）將行動數據的封包交給免授權頻段來傳輸，此一技術可支援跨接 4G、5G 及 Wi-Fi 技術，除有效利用頻譜外，並能使網通業者於前期 LTE 技術之投資更有效率被利用。



資料來源：Qualcomm，2016 年 5 月

圖 6　Qualcomm 提出之 LWA 技術

此外，Qualcomm 亦於 2016 年 MWC 展中展出 5G NR 原型機系統（3GPP 已決定將 5G NR 技術研究納入 Release 15 內），該系統支援之技術包含 OFDM、mmWave、Massive MIMO（128 根天線，及終端天線 16 根），主要支援測試低於 6GHz 之授權、非授權及共享頻段。值得一提的是，Qualcomm 發現以 24x4 的 Massive MIMO（頻寬 80MHz）技術條件進行測試時，4GHz 之傳輸效率最好，可達 808Mbps。



資料來源：Qualcomm，2016 年 5 月

圖 7　Qualcomm 5G NR 測試成果

為因應未來 5G 應用時的大頻寬、大量感測器聯網及機器傳輸資料之技術需求，Nokia 於白皮書中發布主要 5G 網路技術發展方向為網路切分技術（Network Slicing）、高速傳輸轉發（Fast Traffic Forward）、動態用戶管理（Dynamic Experience Management）、服務連結（Service-Determined Connectivity）及工作與移動需求（Session & Mobility on Demand），此外，Nokia 亦發布其 5G 網路架構[1－5]，網路基礎架構包含融合邊緣雲（Converged Edge Cloud）、自適化核心（Universal Adaptive Core）、大規模網路接取（Massive Scale Access）及智慧網路架構（Smart Network Fabric），使用者介面技術為可程式化作業系統（Programmable Network OS），在雲端層為擴增認知（Augmented Cognition Systems）與動態數位資料安全（Dynamic Digital Security）。

為卡位 5G 市場，Nokia 於 2016 年 MWC 大會上展出應用上述技術架構之準 5G 生態系統技術 AirScale，在應用上可讓智慧型行動電話、物聯網裝置及自動駕駛車接入 5G 網路以實現更多元應用。Airscale 可支援各種無線技術（2G、3G、TDD-LTE、FDD-LTE、LTE-Advanced、LTE-Advanced Pro、5G 與 Wi-Fi），以虛擬化技術擴充容量及連線滿足 IoT 聯網及 5G 高傳輸速率之需求，雲端接取網路採用 AirFrame 架構（低延遲、高容量及高安全性）。展場中 Nokia 展示此平台與韓國 SK 電信合作於室內外通訊之測試，在 15GHz 之頻段下，最高速率可達 19.1Gbps。

資料來源：Nokia，2016 年 3 月

圖 8　Nokia 5G 測試成果

表 7　Nokia 準 5G 系統平台技術規格

技術應用需求	技術規格
高載波聚合	● 32 個載波
智慧聯網	● 支援 LWA、LWIP、LAA
物聯網	● 支援 NB-IoT、eMTC
高階天線系統	● Massive MIMO、MU-MIMO、3D-MIMO
雲端系統	● 虛擬化無線接取技術

資料來源：Nokia，MIC 整理，2016 年 7 月

Nokia 於 2016 年 6 月於英國倫敦展出世界首個 5G 網路系統產品（包含機站及使用者設備），該產品基於 AirScale/AirFrame 系統架構，會場中展出使用 cmWave 技術，4.5GHz 頻段於室內外通訊之傳輸速度最高可達 1.602Gbps。此外，Nokia 在 2016 年 6 月的上海世界移動通訊大會上亦展示最新的 TD-LTE-Advanced（TD-LTE-A）及 TD-LTE-Advanced Pro 產品，使用分散式波束技術（Beamforming）將基站的上傳及下載容量提升 3 倍，並宣布已在 2016 年上半年與瑞典電信營運商 Hi3G 合作於瑞典哥德堡完成 2600MHz 之 TD-LTE-A 網路布署。

Ericsson 於 5G 發展之策略為以合作夥伴方式建構生態體系，目前合作夥伴以全球20家主要電信營運商為主(如:Verizon、AT&T、Deutsche Telecom、SingTel、NTT DoCoMo、SK Telecom、Singtel、China Mobile、Turkcell 與 Telstra 等），並開始與美國、韓國、瑞典等地之電信營運商展開合作測試，2016 年 MWC 大會上展出以 Massive MIMO 天線技術在不增加頻譜資源與發射功率條件下，使用波束追蹤（Beam Tracking）技術鎖定移動裝置，在 15GHz 之頻段下執行室內外通訊測試，最高下載速率可達 25.2Gbps。

此外，Ericsson 於 2016 年 6 月底宣布其智慧車 5G 通訊測試結果，使用 Massive MIMO 技術測試車子在移動狀態下，傳輸速率可高達 7Gbps 以上，為目前世界上速度最快之 5G 車載通訊。而 Ericsson 亦於白皮書中指出預計於 2016 年完成 15GHz 及 28GHz 兩個頻段之 5G 技術測試，2017 年將完成 5G 雲端架構與測試。

資料來源：Ericsson，2016 年 7 月

圖 9　Ericsson 5G 測試成果

值得一提的是，Ericsson 於 5G 技術布局較特別之策略為推出以軟體驅動的 Plug-Ins 解決方案，可銜接 4G、4.5G、5G 技術之產品，且未來電信營運商可直接透過軟體升級，而不用更新太多硬體設備，此方案預計於 2017 年商用化。

表 8　Ericsson 5G Plug-Ins 技術規格與效益

外掛程式	技術效益
Massive MIMO	● 提高網路容量及覆蓋率 ● 單用戶 MIMO（SU-MIMO） ● Beamforming
多用戶 MIMO	● 可在同一時間與頻率下將資料同時傳送給多個使用者 ● 提高網路容量與覆蓋率 ● 降低訊號干擾 ● 提高使用者體驗
RAN 虛擬化	● 提高網路效率及效能（透過將 VNF 集中支援一個 4G 及 5G 的通訊平台）
智慧連接	● 提高在異質無線網路通訊環境下(如 4G 與 5G 共存之通訊環境），資料傳輸資速度
低延遲	● 透由修改網路架構，實現網路即時接收與資料更新

資料來源：Ericsson，MIC 整理，2016 年 7 月

華為於 5G 的發展策略與 Ericsson 相似，都以透過合作夥伴方式建立生態體系為主，目前在全球已擁有 30 多家合作對象，此外，華為亦與歐洲合作夥伴發起垂直產業聯盟，加快 5G 於各領域應用之測試速度。

表 9　華為於 5G 之技術布局與測試成果

合作對象	合作時間	合作內容
NTT DoCoMo	2015 年 10 月	● 全球首個 5G NR 測試，傳輸速率達 3.6Gbps ● 測試條件：使用 2.3GHz 頻段、戶外、頻寬 100MHz、MU-MIMO、F-OFDM、Polar Code、SCMA
中國移動	2016 年 MWC	● 展示全雙工及 Massive MIMO 原型機，頻譜效率增加 1.8 倍，干擾降低 118 dB ● 發展網路切片技術
Vodafone	2016 年 MWC	● 展示 5G Mobile edge 運算原型機簽署 5G MOU ● 建立六個聯合創新中心 ● 開始規劃 5G 之聯合展示
Deutsche Telecom	2016 年 MWC	● 展示於德國使用 mmWave 技術及 Massive MIMO 技術使 73GHz 頻段傳輸速率達 70Gbps ● （測試條件：頻寬 1.8GHz、MU-MIMO、LOS & NLOS、Beam tracking） ● 展出首個 5G E2E 網路切片技術
TeliaSonera	2016 年 3 月	● 簽署 5G MOU ● 在 RAT 技術演進上建立更快傳輸速度與低延遲的網路 ● 開放網路平台以增加各種垂直應用
KUKA	2016 年 3 月	● 發展智慧工廠應用 ● 合作發展 5G、IoT、大數據技術

資料來源：華為，MIC 整理，2016 年 7 月

資料來源：華為，2016 年 3 月

圖 10　華為 5G 測試情境

觀測華為在 5G 網路系統的布局上，以 B4G（4.5G）先行布局（vEPC），截至 2016 年 6 月為止已有 29 個 4.5G 商用和測試網路，預計到 2016 年底會有 60 座商用網路。此外，華為在 5G 白皮書亦點出未來發展之 3 大關鍵技術，F-OFDM(Filtered-OFDM)、SCMA（Sparse Code Multiple Access）、Polar Code，前兩項技術是用來提升傳輸資料的效率，Polar Code 則旨在改善訊號互相干擾的問題。

NTT DoCoMo 計畫到 2017 年底前為 5G 關鍵技術測試階段，2017 年開始到 2018 年底將在日本東京進行 5G 系統測試，2017 年開始亦會開始進行 5G 系統之商轉，此外，預計於 2018 年開始以 5G 技術驗證小型巴士的自動駕駛技術。

表 10　NTT DoCoMo 點出之 5G 關鍵技術

技術類別	關鍵技術
新無線接取技術（New RAT）	● New Numerology with Shorter TTI ● Lean Radio Frame ● Well Localized Waveform ● Massive MIMO ● Beamforming
與 LTE 的整合	● C/U-Plane Split ● NOMA on LTE

技術類別	關鍵技術
	● Flexible Duplex with Unlicensed Spectrum ● IoT Related LTE Enhancements

資料來源：NTT DoCoMo，MIC 整理，2016 年 7 月

截至 2016 年 7 月，NTT DoCoMo 已進行了主要的 6 次 5G 頻譜測試，測試最快傳輸速率 10.8Gbps。此外，NTT DoCoMo 於白皮書中已發布未來著重發展的三大頻段為 3.4～3.8GHz、4.4～4.99GHz、27.5～29.5GHz（未授權頻譜）。

表 11　NTT DoCoMo 進行的 5G 頻譜測試

合作對象	測試條件
Samsung	● 測試頻譜：28GHz ● 使用技術：Massive MIMO（96 個天線）、Beamforming ● 測試情境：移動中的車子（車速 60km/s） ● 測試結果：最快傳輸速率達 2.59Gbps
Nokia	● 測試頻譜：73GHz ● 使用技術：Beamforming、NCP-SC（Null-Cyclic Prefix Single Carrier）、BPSK、QPSK、16 QAM ● 測試情境：室內、商場、街頭 ● 測試結果：最快傳輸速率達 2Gbps（60 公尺內）
Ericsson	● 測試頻譜：15GHz ● 使用技術：Massive MIMO（64 個天線） ● 測試情境：戶外，以距離 2 台 5G 原型機 3 公尺和 9 公尺傳輸 ● 測試結果：最快傳輸速率達 10.8Gbps
華為	● 測試頻譜：2.3GHz（頻寬 100MHz） ● 使用技術：TDD- Massive MIMO、SCMA、F-OFDM、24 個 UE ● 測試情境：戶外 ● 測試結果：最快傳輸速率達 3.6Gbps（60 公尺內）
Fujitsu	● 測試頻譜：4.65GHz ● 使用技術：Massive MIMO（64 個天線）、4 個 UE

合作對象	測試條件
	● 測試情境：戶外 ● 測試結果：最快傳輸速率達 2.59Gbps
NEC	● 測試頻譜：5.2GHz（頻寬 100MHz） ● 使用技術：128 元件之主動天線系統 ● 測試情境：戶外 ● 測試結果：最快傳輸速率達 5Gbps

資料來源：NTT DoCoMo，MIC 整理，2016 年 7 月

南韓 KT 將 2015～2016 年底訂為發展關鍵技術年，2017～2018 年底為標準制定年，2019 年開始發展創新服務；而為了迎接 2018 年的平昌冬奧，2015 年開始即聯合國際大廠打造 5G Innovation Belt，2015 年 7 月先成立研發中心，2016 年 2 月成立 5G 創新實驗室支持創業。

資料來源：KT，2016 年 7 月

圖 11　KT 5G Innovation Belt

此外，2016 年 4 月 KT 與 NEC 合作，在南韓太白山實行 5G 高頻（大於 6GHz）試驗，發現當對 70～80GHz 頻段（E Band）測試，採用 NEC 超小型微波通訊系統（iPASOLINKEX），使用 256QAM 調變技術，測試結果最高傳輸速率達 3.2Gbps，且此頻段於山區之訊號耗損情況較其他頻段來得低。

綜觀各國組織與大廠的 5G 技術發展動態，可歸納出頻譜效率、網路密度、頻寬拓展為各組織與大廠積極發展的三個技術面向，而

為因應 5G 的高頻、多頻譜及多應用場域的需求，天線技術發展型態朝大規模 Massive（為了高頻傳輸）、多頻譜 Multi、主動式 Active（為了多應用場域）；此外，為提升網路系統運作效率，NFV/SDN 技術話題熱度延燒至今，而網路切片技術（Network Slicing）更是未來 NFV/SDN 技術的重要一環，無論各國組織白皮書或者大廠皆將其列為 5G 未來關鍵技術。值得一提的是，在 4G 時代的 OFDM 技術有頻譜配置彈性不足的問題，因此可看到大廠紛紛提出如 F-OFDM（Filtered-OFDM）、FB-OFDM（Filter Bank-OFDM）等基於 OFDM 原理的濾波演算法或編碼演算法設計來增加頻譜配置效率，以符合未來 5G 時代之應用。

由各國組織及大廠對於候選頻段之選定及測試，可歸納出歐洲及大陸主要由 6GHz 以下頻段開始布局測試，日本由於對於行動寬頻的應用較有興趣，因此在 6GHz 以上之頻段布局亦多，而美國則是現階段看起來在高低頻段布局較為平衡之國家。觀察各國之布局，6GHz 以下之頻段以 3.5GHz 及 5GHz，3.5GHz 由於其附近之頻寬累計連續可達 400MHz，因此被各國政府或大廠所重視，此外，由於 5GHz 之可用頻寬較 2.4GHz 多，而為了與 Wi-Fi 和平共處，也因此產生了 LTE-U、LAA、LWA 等聚合技術。高頻部分如 28GHz、39GHz、60GHz、73GHz 為各國布局之重點，原因為在高於 6GHz 的頻率範圍，此三種頻段氧氣吸收率（損耗率）較低，能傳輸距離較遠。

世界各國及大廠大部分將 2016 年訂為 5G 關鍵技術測試的最後一年，對於台灣業者而言，5G 的關鍵技術及應用相對於系統是較有機會的，因此必須加快關鍵技術測試之腳步。此外，各國在頻段技術上皆走向融合，如：4G、B4G、5G 技術之相容，甚至為了提高頻譜使用效率，亦與未授權頻段（如：Wi-Fi）開始相容，為未來頻譜規劃不可忽視的重要發展。

Frequency band	Bandwidth	For eMBB	Device availability	Spectrum availability				
				Europe	US	JPN	KOR	CHN
Below 6 GHz								
3.4-3.8GHz	400MHz	😐	☺	☺	😐 3.4-3.7GHz only	😐 for 4G	☺	😐 3.3-3.6GHz only
3.8-4.2GHz	400MHz	😐	☺	☹	☹	😐	?	☹
4.4-4.99GHz	500MHz	😐	☺	☹	☹	☺	☹	😐 4.4-4.5, 4.8-4.99GHz only
5.15-5.35GHz*	200MHz	😐	☺	😐 Indoor only	☺	😐 Indoor only	😐 Indoor only in 5.10-5.25GHz	😐 Indoor only
5.47-5.85GHz*	380MHz	😐	☺	😐 Not available above 5.725GHz	☺	😐 Not available above 5.725GHz	☺	😐 Not available above 5.725GHz
Above 6 GHz								
24.25-27.5GHz	3,250MHz	☺	?	☺?	☺? 24.25-24.45GHz, 25.05-25.25GHz	😐	☺ Unlicensed band 25GHz is used for V2V	☹ FSS
27.5-29.5GHz	2,000MHz	☺	?	☹	☺ 27.5-28.35GHz	😐	☺	☹

*Unlicensed frequency bands, which are mainly used for Wireless LAN now.

資料來源：NTT DoCoMo，2016 年 7 月

圖 12　國際各國 5G 候選頻段規劃

二、我國下世代行動寬頻研究與試驗發展動態

5G 國際標準制定蓄勢待發，先進國家競相投入未來 5G 技術與標準的研發，我國在經濟部技術處之下成立「新世代通訊技術推進辦公室」，負責 5G 發展並研訂推動目標於 2024 年建立台灣在全球 5G 價值鏈的重要地位。本節將就我國下世代通訊技術發展整體規劃、5G 技術研發重點、以及法人研發現況等進行論述。

(一)下世代通訊技術發展整體規劃

為調整我國產業結構，提升關鍵材料、設備及零組件的自製能力、高階技術研發及系統整合能力，促使國內網通產業技術迎頭趕上歐美先進國家及國際大廠，我國下世代通訊產業發展，以 5G 通訊技術研發、毫米波免執照頻段通訊技術研發、智慧物聯網創新應用研發、頻譜規劃與試驗等四大面向，推動 5G 寬頻暨智慧物聯技術發展及基礎建設，四大方向各主要推動工作分述如下。

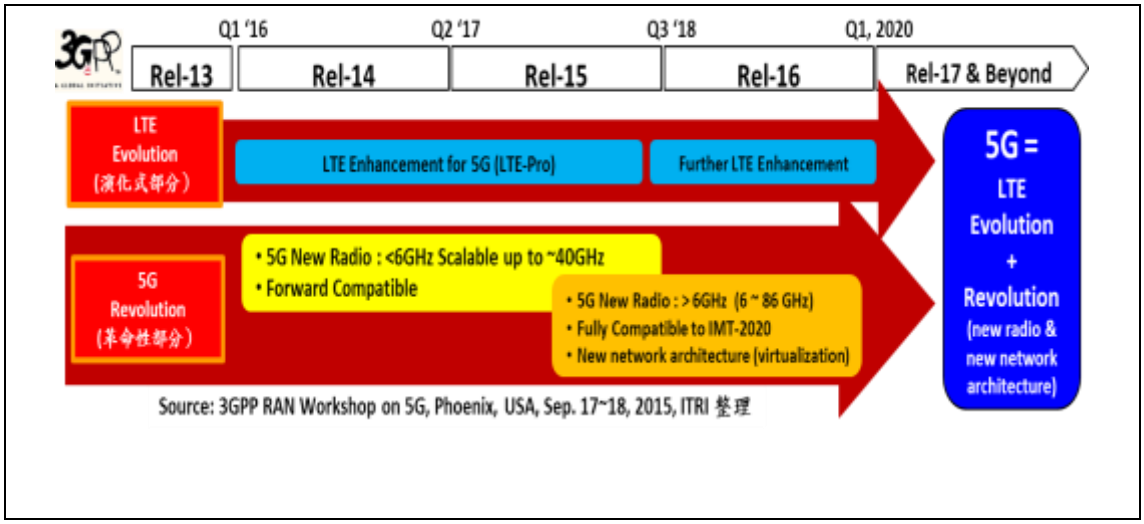
方向一：5G 通訊技術研發。以目前全球發展趨勢來看，5G 技術發展將包含兩個部分：演進部分與全新部分。本項工作亦依此趨勢作發展規劃，以最終滿足 5G 主要性能指標與應用需求。

1. 演進技術部分（4G LTE Evolution）

持續依目前 4G LTE/LTE-A/LTE-A Pro 之演進，提升並滿足未來系統性能之需求。

2. 全新無線技術研發（5G New Radio）

將隨標準化時程與發展內容，發展全新的接取技術、關鍵元件及系統技術，分階段依序於 6GHz 以下及 6GHz 以上之頻段作發展。



資料來源：3GPP，2015 年 9 月

圖 13　5G 技術演進

方向二：毫米波執照及免執照頻段通訊技術研發。為因應更大頻寬與更快速度的需求，開放高頻段頻譜已是時勢所趨，Google 執行長 E. E. Schmidt 指出，行動革命已驅動產業從網路優先（Web First）、行動優先（Mobile First） 朝向行動唯一（Mobile Only）發展。為了支援行動唯一（Mobile Only）的可能發展，美國 FCC 於 2016 年 7 月宣布釋出 60GHz 以上、增加釋出 64～71GHz 免執照頻段，期望以 64～71GHz 協助美國新創企業發展創新應用及營運模式。

資料來源：工研院，2016 年 3 月

圖 14　mmWave 相關研發工作

為延續台灣 Wi-Fi 產業的優勢，mmWave 技術發展應同時考量執照頻段和免執照頻段，除加速軍用材料與關鍵技術商用化外，亦須輔導相關產業為 mmWave 產品開發預做準備，期能降低台灣廠商生產與製造成本為網通產業再造新利基。

方向三：智慧物聯網（IoT）創新應用研發。智慧物聯網研發工作，係以發展創新行動應用解決方案為主軸，搭配最新的物聯網通訊技術，包含：LTE-M、LTE-V、LTE-A Pro、NB-IoT、SigFox、LoRa 與 Wi-Fi 802 系列以及發展中的 5G Cellular IoT 等，深耕 Tactile MR 雲端應用（觸覺回饋）、無人機視訊監控整合應用、綠電管理應用、智慧駕駛服務、無人駕駛技術領域、整合可編程網路平台、Edge Cloudlet（邊緣雲端）、MTC、霧運算等技術，支持創新行動應用快速開發布建選擇代表性場域（如：電塔、高架道路/橋樑、綠電廠、工廠等）進行應用實證，提供完整解決方案導引軟硬體整合，加強廠商在完整方案輸出時之國際競爭力，有關下階段智慧物聯網解決方案研發方向如下：

1. 承載多樣化物聯網應用之驅動網路平台與行動邊緣微雲技術
2. 無人機隊飛控與巨幅視訊合成系統
3. 互動式雲端混合實境觸動技術
4. LTE/5G V2X 通訊系統技術

5. 通訊與感測器融合等系統整合技術

6. 先進智慧駕駛雲端大腦系統

7. 先進物聯網平台解決方案

8. 智慧電網、綠電交易等應用技術

9. 霧運算結點、平台中介軟體與安全技術

方向四：頻譜規劃與試驗。頻譜為天空中的土地，是無形的國土資源，當無線電波理論急速發展與無線電技術廣泛使用的現今，頻譜管理與國家的無線電通信政策須抱持永續經營的理念來規劃，並兼顧國家安全、社會公益、商業價值與技術發展等面向，讓頻譜的使用效益極大化。

為因應下一代行動通信（5G）發展趨勢，並為促進國內產業創新發展，將參考國外規劃案例，盤點我國暫無釋出可能之頻率，提出可作為技術研發或商用服務實驗網路使用之頻率，其相關作法步驟如下：

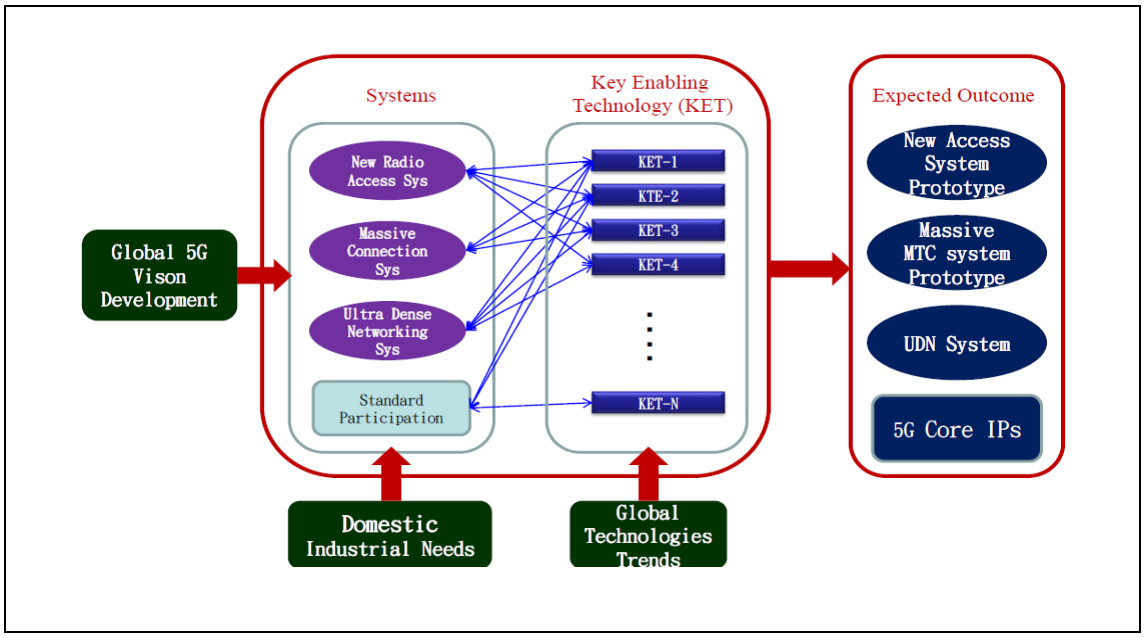
1. 持續觀察全球頻率利用技術、物聯網等發展趨勢，並評估導入我國之可行性，以及進行相關頻譜規劃事宜。
2. 持續觀察全球頻譜共享機制（如：Spectrum Sharing 等）、SDL 機制及 LTE-U 等，新技術或開放頻段作為免執照頻譜使用之發展情況，並評估導入我國之可行性。
3. 彈性開放實驗頻譜並簡化技術研發和商用服務實驗網路申請機制，鼓勵我國產、學、研各界相關產業投入資源創新發展。

(二)5G 技術研發重點

依國際主流發展趨勢及標準可能走向，及我國產業既有能量與適性，為達 5G 發展目標，至 2024 年分為 3 個階段：第 1 階段，2015～2017 年 5G 先期研究、第 2 階段，2017～2020 年 5G 先驅產品開發、第 3 階段，2021～2024 年 5G 產品開發。

先期布局 5G 產品關鍵技術與系統雛型，期能於標準制定完成半年內，完成雛型產品建置，技轉廠商搶得先機，並強化 5G 國際標準專利之先期布局。在第 1 階段先期研究中已取得初步成果，包

括 5G 毫米波（mmWave）、CCFD 技術，以及關鍵小型基地台晶片及系統解決方案。



資料來源：工研院，2016 年 3 月

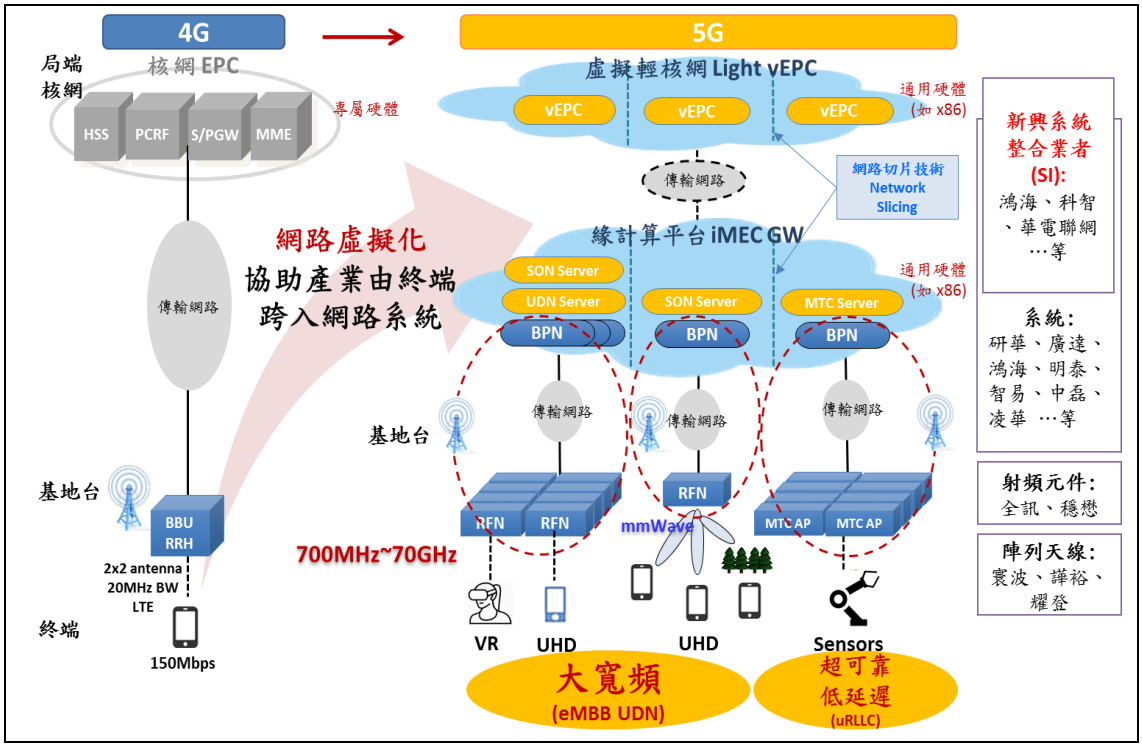
圖 15　台灣 5G 先期研究架構

後續規劃可區分為 4G 演進、5G 發展及物聯網應用等三大主軸、合計九大研究項目進行。4G 演進部份，包含如小型基站系統著重演進式技術發展、小於 6GHz 以下的 RF IC 研發等；5G 技術研發方面，包含如：5G 新接取通訊技術、6GHz 以上毫米波射頻與天線相關元件等；物聯網應用方面，包含如： 5G 物聯網連結技術、AR/VR 應用等。

1. 5G 小型基站系統技術：研發自主之 5G 小型基站系統技術，與國際大廠同步推出符合 3GPP 規範之產品技術，著重由 4G/B4G～5G 之演進式技術，延伸既有經驗並強化現有輕局端產業於 5G 時代之競爭力。
2. 5G 新接取通訊技術：針對 3GPP 即將訂定的高頻段接取技術規格的各項傳輸與通訊的革命性技術挑戰進行研發，建立與國際大廠同步，並符合 3GPP 標準且具備 Gbps 以上超高速傳輸與超大傳輸量能力之 5G 新接取通訊小型基站系統技術。

3. 小型基站 RF IC 與射頻模組次系統技術：針對 5G 行動通訊小於 6GHz 之小型基站系統，發展射頻完整解決方案。建立＜6GHz 之寬頻射頻收發機與功率放大器之產品技術能量，並投入毫米波功率放大器應用在行動通訊產品之研發。開發＞6GHz 之毫米波射頻與天線相關元件，與解決毫米波相列（Phased-Array）通信系統所面臨的挑戰。
4. 5G 超高密度網路系統技術：研發 5G 超高密度網路組網系統及行動智慧型閘道器技術。針對 5G 行動通訊之小基站系統，發展完整解決方案，並應用於超高密度網路系統，解決超高密度布建干擾等相關議題。
5. 5G 物聯網連結技術：研發 5G mMTC、uMTC、5G IoT 終端與 MTC Gateway 等自主關鍵技術，完成系統開發 5G IoT 系統平台，並與國內廠商合作共同展示 mMTC、Industrial IoT 等應用。
6. 虛擬化輕核網：發展輕核網 vEPC 系統，輔助我國相關 5G 計畫整合驗證，並縮短與國際領先業者之差距。建構自主完整 5G 測試網路，擺脫國外牽制，協助 5G 產業之發展。掌握電信核網軟硬體可能解決之契機，切入核心網路硬體平台市場。
7. 網路功能虛擬化：研發 NFVI 相關技術，協助我國 IT 產業掌握 5G 網路系統虛擬化與雲端化的平台變革之機會，發展切入電信市場的技術能力與創新能力。
8. 實驗網路與應用服務整合測試平台：建立 5G 系統與網路驗證環境，協助產業緊跟國際（標準），推出 5G 先驅產品/系統建立網路技術驗證環境，加速各次系統整合，展示 5G 特性應用服務 （如：AR/VR 或 IoT 等）。運用實驗網環境，降低國內產學研技術成果實證的環境面障礙，促進 5G 技術研發的快速發展。
9. 國際標準參與與國際合作：發展 5G 標準技術，參與國際 5G 標準提案，建立 5G 標準關鍵專利，強化我國智慧財

產權能量，補足我國智權薄弱之缺口，與產業能量整合，達成建立我國 5G 標準必要專利（Standards-Essential Patents，SEP）之目標。推動台/歐高層實質合作，促進產學研與歐共提 H2020 計畫，成為國際 5G 創新國之策略夥伴。長期目標為建立與日本、韓國、美國與中國大陸之實質合作計畫，拓展我國之影響力。



資料來源：經濟部技術處，2016 年 11 月

圖 16　我國自主 5G 網路系統架構

由於各國廠商積極發展 5G 技術，皆欲卡位標準必要專利，故未來 5G 的標準必要專利在眾家業者互相牽制與合作的情形下，會變得較平均，過去標準必要專利皆集中於高通（Qualcomm）的現象將會改變，因此小廠也會有取得標準必要專利的空間。

台灣雖為資通訊產品生產大國，但相關的智財權卻少；因此，須付出較多的授權金。過去在行動通訊發展上，台灣都是標準制定後才投入開發，但這次趕在標準未定前發展 5G，將有更多機會掌握標準必要專利。而手機晶片、小型基地台（Small Cell）皆為台灣發展 5G 的機會，此外物聯網是 5G 延伸的新應用，故物聯網相關的基礎設備，如通訊模組、物聯網閘道器（Gateway）亦為台廠切入 5G 的著力點。

表 12　台灣 5G 研發項目

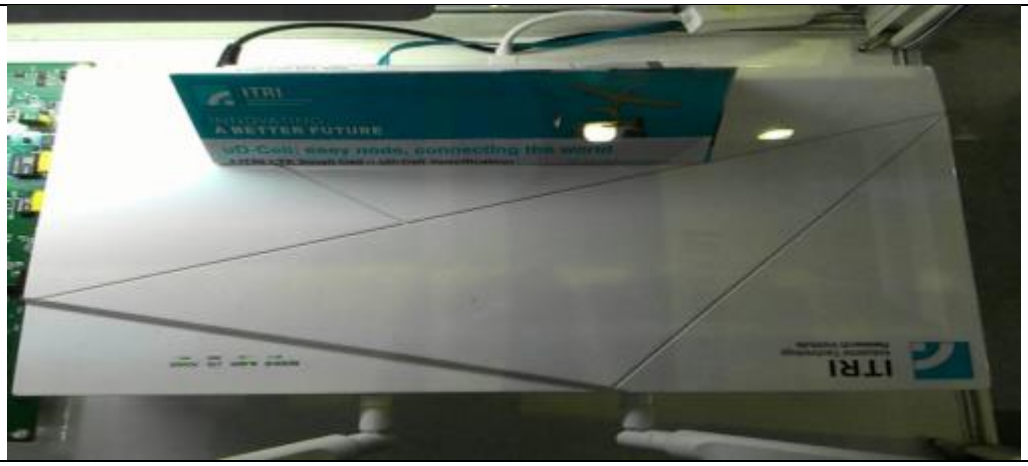
項目	產品
5G 小型基站系統技術	● Stand-Alone Small Cell ● Virtualized Small Cell
5G 新接取通訊技術	● 毫米波小型基站雛形產品
5G 小型基站 RF IC 與射頻模組次系統技術	<6GHz ● 射頻天線前端模組（RRH） ● 射頻收發機晶片（TRx） ● 射頻功率放大器晶片（PA） >6GHz ● 38GHz 相位陣列天線 ● 38GHz PA by GaAs ● 38GHz RF SoC by CMOS
5G 超高密度網路系統	● UDN Server ● SON Server ● iMEC Gateway
5G IoT 巨量連結技術	● MTC UE/Gateway ● IoT 系統解決方案
3GPP 5G 標準參與	● Standard Essential Patent（SEP）
虛擬化輕核網（vEPC）	● 多元服務 vEPC 解決方案（3GPP R14/R15）
網路功能虛擬化（NFV）	● 支持 vEPC、vIMS、iMEC 等 VNF 運行之 NFVI 硬體平台

資料來源：經濟部技術處，2016 年 8 月

(三)法人研發現況

工研院資通所針對毫米波(mmWave)通訊、裝置對裝置(D2D)、高速移動與超高密度網路(UDN)等四大方向展開研發，現今已具部分成果，期望能協助台灣強化 5G 專利布局。

在高頻通訊的部分，工研院從 2014 年開始研發毫米波技術，並於 2015 年開發出 38GHz、64 根天線的 5G 雛型系統。該系統包含波束成形(Beam-Forming)、波束追蹤(Beam-Tracking)等技術；工研院於 2016 年 MWC 展示設計架構更完整與嚴謹的 38GHz 5G 雛型系統，目前此系統已邁入技術驗證階段。工研院資通所和中科院選定 38GHz 做為開發頻段，乃因該頻段具有可用即時頻寬大於 2GHz，且覆蓋率較廣等優點。

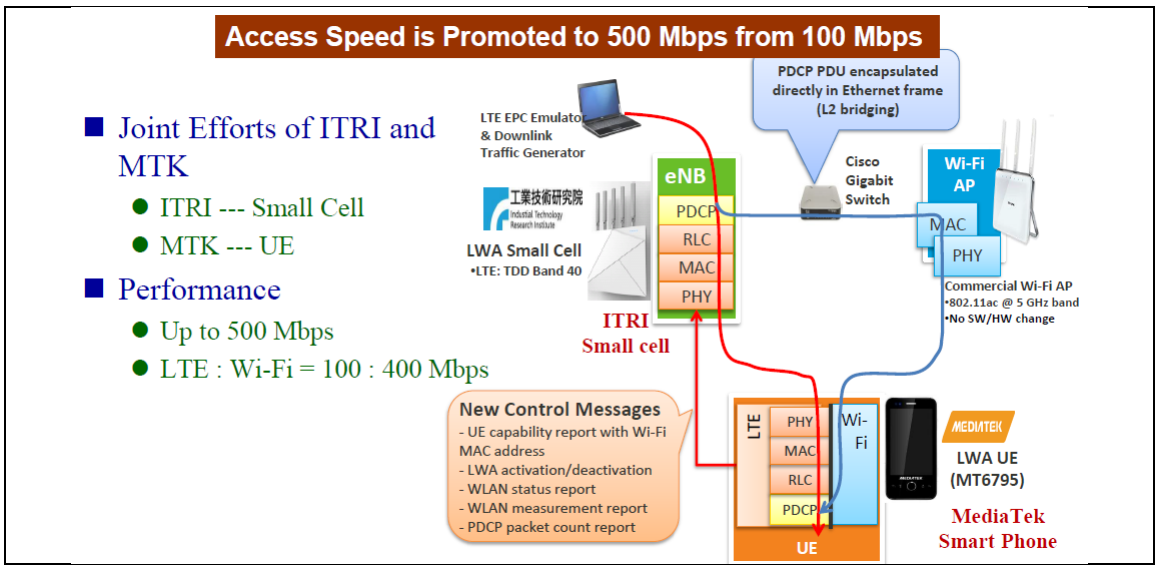


資料來源：工研院，2016 年 3 月

圖 17　工研院研發之 5G small Cell 原型機

另外，4G 時代便已討論 D2D，其可令裝置與裝置直接通訊，工研院亦已投入開發，並應用於新竹世博館，該技術雖不算 5G 技術，但可謂為 5G D2D 的前身。而高速移動技術方面，工研院則與營運商聯手，透過 4G 平台與技術在高鐵進行實際展示，提前布局和呈現未來 5G 可能的應用情境。

另外，工研院與聯發科合作開發 LWA(LTE Wi-Fi Aggregation)技術，LWA 是 3GPP R13 技術標準，可在既有的手機硬體及網路設備下，將手機的傳輸速率大幅提升，由工研院資通所開發 LWA Small Cell 相關技術、聯發科負責終端手機及晶片，目前實驗的接取速度已可達到 500Mbps。



資料來源：工研院，2016 年 3 月

圖 18　工研院與聯發科合作開發 LWA 技術

資策會智通所部份，聚焦同頻同時全雙工（CCFD）、動態頻譜分享（DSS） 和機器型態通訊（MTC）等技術，藉以提升 5G 頻譜使用效率。所謂同頻同時全雙工是指可於同一頻率、同一時間收送訊號，因此能提高一倍的頻率效率。

動態頻譜分享是指有些頻譜並不常被使用，譬如軍事頻道只有演習時才會使用，便可透過租借的方式，來分享給其他有需求的使用者利用，從而提高使用效率，讓更多行動用戶享用頻譜。

此外，為因應日後諸多聯網裝置的需求，資策會智通所也發展機器型態通訊技術。資策會智通所已發表 CCFD 相關天線隔離與數位干擾消除的概念性方案，下階段重點則聚焦類比干擾消除、5G 基頻演算法，將分別與 RF IC 和行動處理器廠商合作，以驗證軟硬體設計可行性和效能。

三、我國下世代行動寬頻研發國際合作發展動態

在全球 5G 發展先進國家中，以歐盟、日本、中國、韓國、英國及美國等先進國家，已先期投入資源進行相關研發。為讓台灣在 5G 研發為能趕上前述國家，與其它區域國家進行合作，係台灣發展 5G 之重要策略與捷徑，本節分別就政府單位及電信業者之國際合作現況進行論述。

(一)政府單位之國際合作動態

1. 歐洲方面

台灣與歐盟的技術合作，最早源自於 2014 年，過去 2 年來，雙方已建立在未來互聯網（Future Internet）的技術連結，並以主題式開放徵案（Targeted Opening Call）的方式建立雙方科技研發合作框架。另外，歐盟在 FP7 計畫（The EU's Seventh Framework Programme for Research）的 METIS 計畫，已著手 5G 前瞻技術之研究；因此，在 Horizon 2020 公布時，為能爭取台灣參與 Horizon 2020 計畫，經與歐盟資通訊科技委員會研商討論 5G 技術發展、合作互惠協議架構及要項，決議台歐雙方各出資 500 萬歐元，透過歐盟 2016～2017 年計畫徵案遴選機制，來促成台灣與歐盟的相關公司與研發法人合作。

除研究計畫合作部份，研討會的交流亦為合作重點之一。經濟部於 2016 年 6 月間舉辦台歐 5G 聯合研討會（EU-Taiwan 5G Workshop），邀請歐盟網通技術總署（DG CONNECT）官員來台，同時聚集易利信、諾基亞、鴻海、聯發科等知名企業與國際專家，共同探討全球 5G 發展進程；期望結合台灣優勢與歐盟強項，共同發展高附加價值的 5G 技術與系統，以提供全球所需要的優質服務解決方案，為 2020 年提供產業新動能，掌握 5G 龐大商機。

在台歐 5G 聯合研討會中，也針對 2016 年 5 月初甫開放全球提案的台歐主題式開放徵案進行說明，指定歐盟單位與台灣合作夥伴共組團隊參與，希望借重台灣在 5G 研發及試驗場域的優勢，結合歐盟既有 5G 研究成果，開發出整合各種網路介面的匯流接取技術，提供進一步驗證與較大規模的部署，聯合制定全球5G標準，展示實際應用與服務，讓雙方從大型試驗場域布建形成經濟規模，加速新世代通訊系統之實現，進而促動商業模式的典範移轉。

目前台歐合作項目中，台灣有六大提案構想，包括：毫米波、超密度網路與行動邊緣運算、運用於未來工廠的物聯網通訊、車聯網及虛擬化應用平台等，這些都是 5G 目前最熱門的議題，也符合國際發展趨勢，希望在 2016 年可以通過歐盟歐盟網通技術總署認可投資，爭取 2017 年 3 月起的 6 億歐元計畫經費，並在 2019 年 3 月完成計畫，達到 2020 年台灣推出 5G 先期試運轉（Prototype）的目標。台歐盟合作主題規劃六大方向如下：

- 5G RRH Platform and Multi-RAT Deployment Tool
- 5G Mobile Edge Network
- Highly Coordinated Ultra Dense Networks（UDN）
- 5G mM2M Access
- Convergence of 5G/G5 for the SeaPort Of Things
- Real-Time Virtualization Infrastructure for NFV APPlications

經濟部將針對六大項目，在 2016 年 11 月 8 日之前正式向歐盟遞件提案，在 2017 年 1 月 16 日遴選出兩個計畫，2017 年 6 月完成簽約執行。而這六大項目也將分別組成產官學的六個團隊，分別集結網通廠、工業製與終端設備製造大廠。

透過台灣提案、歐盟認可的方式，建立雙方在 5G 相關技術及產品研發、合作關係。對於台廠來說具有兩大意義，一是台廠可以攜手歐盟大廠合作 5G，其次台廠的 5G 產品可以藉此打入歐洲市場，率先在國際找到產品曝光的舞台，有利於提前卡位國際市場。

另外歐盟也請台灣協助提供台歐未來合作議題，以期展開 H2020 第 3 期之合作計畫。由於台灣在 IC、終端、網通產品等硬體設備開發具有優勢，以及完整的供應鏈群聚，加上積極開發巨量資料分析、雲端運算服務與應用等軟體服務、Beyone 4G 之創新應用，以及 5G 通訊技術之研發，

因此物聯網（Internet of Things，IoT）亦為台灣與歐盟的潛在合作優勢項目之一。

2. 美國方面

經濟部於2016年9月舉辦2016 Taipei 5G/IoT Summit，會中促成台灣資通產業標準協會（TAICS）與美國電信產業協會（TIA）共同簽署合作意向書，開啟台美雙方推動 5G 及物聯網標準，以及參與美國先進無線技術研發倡議（Advanced Wireless Research Initiative，AWRI）合作之基礎，推動台灣產業參與 AWRI 倡議下的美國 5G 智慧城市測試平台建議，為台灣 5G 發展壯大全球結盟平台。

依台美雙方簽署合作意向，將於既有產業合作基礎上，加強國際和區域標準的交流介接，進一步推動台灣產業參與 AWRI 倡議下的美國 5G 四大城市測試平台。

未來合作也將促成台灣 4G 與 5G 實驗網成為 TIA 的物聯網相關實驗網之一，加速台灣 5G 垂直應用及商模驗證，協助台灣廠商提前布局美國產業標準，產生核心 5G 專利，開創新局。

與美國業者合作部份，主要延續與晶片大廠 Intel 及營運商 Sprint、Verizon 與 AT&T 等之 5G 技術交流合作。Intel 在微毫米波（mmWave），軟體定義網路（Software Define Network，SDN）及網路功能虛擬化（Network Function Virtualization，NFV）已有相關研究成果，透過持續合作交流共同發展相關之關鍵技術。另與美國行動通信營運商 Sprint 持續在設備互通互連實驗網合作，發展入網測試案例（Test Cases），俾利台灣相關網通設備製造業者出口相關設備時符合當地電信業者需求。

3. 中國大陸方面

目前主要係與中國大陸大陸 IMT-2020 推動組主要成員之學者教授進行 5G 技術之研發，兩岸透過台灣新世代無線

技術研發聯盟（WIT CLUB）和中國大陸未來行動通訊論壇（Future Forum），整合兩岸學界資源共同發展 Open 5G 相關技術，目前已共同研發 OAI（Open Air Interface）、Open 5G Platform（Ya!RAN＋NoStack）等相關技術，並促成完成亞洲 5G 的區域合作第 1 期成果展，包括：共同發表論文 35 篇、共同展示（Demo）8 件。

有關 2016～2017 年第 2 期合作規劃，朝以下 4 個工作研究方向進行：

- 面向未來 MBB 與 IoT 的 5G 網路架構創新
- 5G 虛擬網路環境下的新空口體制與協同問題
- 面向未來 MBB 與 IoT 的 5G 網路架構創新
- Open 5G 開放式實驗平台

兩岸研討會交流部份，華聚基金會與中國大陸電子工業標準化技術協會、中國大陸通信標準化協會共同舉辦第 13 屆海峽兩岸信息產業和技術標準論壇，於 2016 年 9 月在黑龍江登場。

會中由中國大陸通信標準化協會、電信發展產業聯盟（TDIA）和華聚產業共同標準推動基金會、台灣資通產業標準協會簽署了《海峽兩岸推動 5G 合作備忘錄》，兩岸首度簽署 5G、及智慧製造（工業 4.0）合作備忘錄。基於兩岸目前正面臨產業升級轉型、創業創新挑戰，雙方將特別在 5G、智慧製造、物聯網、雲計算以及車聯網等五大領域擴大交流。

2016 年兩岸會在 5G 共同成立專家技術小組，計畫 2016 年正式發布 5G 共通標準。在智慧製造部份，兩岸這次鎖定智慧機器人進行合作，台灣在機器人零組件及控制器具有相當大的優勢，可以跟大陸廠商對接合作。另外，2015 年聯發科已偕同台廠和大陸業者，在傳感器手機平台上共同進行開發，2016 年兩岸也會在 IC 晶片等半導體領域特別召開會議，由聯發科負責推動兩岸 IC 測試標準。

4. 日本方面

2016 年 7 月台灣資通產業標準協會分別與日本電波產業會(Association of Radio Industries and Businesses，ARIB）及情報通信技術委員會（Telecommunication Technology Committee，TTC）於日本東京簽署合作意向書，確認未來台日雙邊攜手推動 5G、IoT 與 ITS 等標準領域的共同發展。

ARIB 是日本的通訊標準組織（SDO），成立至今已有 20 多年，致力於通訊及傳播相關領域的國際標準推動；TTC 則是被 ITU-T 所認可的日本標準組織（SDO），成立至今 30 多年來，除了日本當地，其影響力更遍及整個亞洲太平洋區域，致力於 ICT 不同領域的技術標準推動。

5. 國際性組織方面

經濟部於 2016 年 3 月舉辦 2016 台北 5G 高峰會，同時舉行新世代行動網路聯盟(Next Generation Mobile Networks Alliance，NGMN Alliance）會員大會，會中並促成 NGMN 與台灣資通產業標準協會共同簽署合作意向書。此次與 NGMN 簽署合作意向書，是雙方跨出合作的第一步，期許未來雙方在互信、互利的基礎上，資源共享、彼此專注在各自的強項發揮統合綜效。

未來台灣產業界將透過 NGMN，提供營運商及消費者更務實的 5G 需求觀點，並且結合台灣快速原型及製造生產能力，將有助於 5G 相關局端及終端系統設備能盡速商轉。過去電信規範的發展，經常面臨使用者不知道技術發展到何程度，另一方技術供應商也不知道使用者需要什麼，供需雙方出現鴻溝。所以 NGMN 跟 TAICS 的合作，NGMN 代表使用方，TAICS 代表技術供應方，讓尖端技術跟使用者需求緊密結合一起。

5G 發展需要全球共同合作是各方的共識，特別是物聯網應用非常廣範，如何透過 5G 網路最佳化，並支援各家網

路設備及應用，是其最終目的。NGMN 透過台灣 ICT 資通訊產業及動態供應鏈能量優勢，支援全球的連結，使得 TAICS 及 NGMN 有合作空間，以促使 5G 標準能支援所有設備。

NGMN 是整合全球營運商的國際組織，有 93 個會員，多為電信業者，積極指導 5G 標準制訂，台灣會員包括：聯發科、中華電信、宏達電、鴻海與工研院等 9 家。

在官方支持與產業協助下，TAICS 已與歐洲標準組織（ETSI）、新世代行動網路聯盟（NGMN）、日本無線產業協會（ARIB）及情報通訊技術委員會（TTC）、中國大陸通信標準化協會（CCSA）、電信發展產業聯盟（TDIA）簽定合作備忘錄、美國電信產業協會（TIA）簽約，全球 5G 合作夥伴不斷擴增當中。

表 13　台灣發展 5G 之國際結盟現況

國家或組織	單位	合作重點
歐盟	歐洲標準組織（ETSI）	毫米波、超密度網路、行動邊緣運算、物聯網工廠通訊、車聯網與虛擬化應用平台
美國	電信產業協會（TIA）	智慧城市、物聯網
中國大陸	中國大陸通信標準化協會（CCSA） 電信發展產業聯盟（TDIA）	5G、智慧製造
日本	無線產業協會（ARIB） 情報通訊技術委員會(TTC)	5G、IoT 與 ITS
國際組織	新世代行動網路聯盟（NGMN）	5G

資料來源：MIC，2016 年 10 月

(二)電信業者國際合作動態

1. 遠傳電信

遠傳電信於 2016 年第 3 季與愛立信合作成立 5G 實驗室，主要是利用愛立信提供的 5G PLUG-INS 技術，包括：

大規模陣列天線、多用戶多天線、虛擬化 RAN、降低時延技術及智慧連結等 Plug-Ins 作為 5G 前導技術。

資料來源：遠傳電信，2016 年 10 月

圖 19　遠傳電信成立 5G 實驗室

該實驗室將負責各項創新技術的應用及開發，例如：優化網路效能、建立物聯網核心平台、雲端技術及先進無線技術等；主要應用發展將聚焦交通運輸、影音內容平台及水電能源等。

資料來源：遠傳電信，2016 年 10 月

圖 20　遠傳電信 5G 產業應用

此外，未來將針對 5G 高頻/超高頻頻譜運用、基地台與小微型基地站搭配建置、5G 核心網路演進，以及物聯網網路技術與應用等投入研發，並進行國際案例研究與遠傳 5G 網路規劃。尤其是目前 2G、3G 與 4G 服務同時並存，網路功能虛擬化將助行動網路架構更有彈性，遠傳電信將與愛立信共同打造優化且智慧化的行動網路。

表 14　遠傳 5G 研發重點

項目	內容
合作夥伴	愛立信
技術重點	物聯網核心平台 雲端技術及先進無線技術 5G 高頻/超高頻頻譜運用 基地台與小微型基地站搭配建置 5G 核心網路演進
主要應用	交通運輸、影音內容平台及水電能源
時程目標	2018 年試營運、2020 年商轉

資料來源：MIC，2016 年 10 月

2. 亞太電信

亞太電信的 5G 發展由鴻海集團主導，並且廣邀國際大廠加入。鴻海布局 5G，先做技術研發、再推 5G 實驗場域，接下來推動應用場域、最後建設 5G 商用網路。

5G 國際合作方面與英特爾、高通等合作，推行 5G 實驗網。鴻海集團與英特爾於 2016 年台北國際電腦展中，宣布簽訂共同合作備忘錄，合作開發多項網路基礎設施技術，推動通訊網路的現代化，並為 5G 發展奠定基礎。

英特爾將與鴻海集團旗下的鴻通韜略發展中心進行技術合作，並在亞太電信的網路環境中進行各項測試與驗證。2 家公司將合作開發概念實證產品與推動早期測試計畫，鎖定包括：行動網路邊界運算、雲端無線存取網路及網路功能虛擬化等領域，打造更具智慧化、高效率、彈性化的網路環境。

運用英特爾的參考架構與領先技術，鴻海將針對終端使用者裝置、無線存取及核心網路設備開發相關硬體解決方案，做為通訊解決方案供應商在硬體解決方案的延伸。

其次，為因應物聯網多元化的服務應用開發，建立 IoT by Gt 智慧生活解決方案平台，由鴻海科技集團提供硬設備、富鴻網布建 LoRa 網路，並由亞太電信負責應用開發及服務提供，以期加快物聯網應用之商轉。

2016 下半年，富鴻網先行建設長距離低耗電的 LoRa 網路，為 5G 實驗網鋪路，台北、新北市及桃園共設立 500 座 LoRa 物聯網數據收集熱點，並計畫 2016 年底依應用需求覆蓋全台。

另外平台解決方案由富鴻網與 IBM、思科等國際大廠合作，推出 3 個應用開發平台，包括：思科的 Jasper、Actility 的 ThingPark 雲端控制平台，及 IBM 的 Bluemix 等，提供開發者完整的物聯網解決方案並加速孵化創新應用，期望 2020 年該物聯網平台可以吸引逾 1 億個連網設備。

表 15　鴻海 5G 布局

分工	公司	重點項目
國際合作	思科、Actility、IBM	物聯網應用開發平台
	Intel、高通	5G 實驗網
集團分工	亞太電信	● 應用開發及服務提供 ● 測試與驗證
	鴻通韜略發展中心	技術、應用研發
	富鴻網	● 通信及網絡規劃、建置及維運 ● 建置 LoRa 網路
	鴻海、台揚、建漢	硬體設備研發、製造

資料來源：MIC，2016 年 10 月

3. 台灣大哥大

台灣大哥大於 2016 年 7 月與 Nokia 5G 策略聯盟備忘錄，雙方將逐步從實驗室合作發展到實驗網，過程將投入各項創新技術的應用及開發，包括：5G 無線技術、頻譜規劃、小/微型基站、無線及核心網路轉型至雲端、物聯網技術及應用等。雙方亦將進行 5G 標準交流，共同推動產品及應用之實驗室測試、策略研討會等。

4. 中華電信

中華電信由中華電信研究院領頭布局 5G，中華電信研究院致力發展 5G 終端，包括：小型基站（Small Cell）、毫米波（mmWave）、多輸入多輸出（MIMO）、軟體定義

網路（SDN）與機器類型通訊（MTC）等相關技術並研發各項終端通訊產品。

為能搶得 5G 先機，中華電信在 2006 年就參與 5G 技術規格制訂組織 3GPP，以及於 2015 參與 NGMN 聯盟的 5G 驗證與測試計劃。中華電信為 NGMN 聯盟全球 28 個電信業者會員之一，也是台灣唯一加入該聯盟的電信業者，積極作為台灣與國際 5G 商機接軌的橋樑。中華電信自 2006 年加入 3GPP 國際標準組織，就已投入 B4G、5G 相關技術制定，提昇中華電信在行動通訊上的研發能量。

另一方面，中華電信也與 Nokia 合作，運用行動網路邊緣計算技術（Mobile-Edge Computing，簡稱 MEC）發展 5G。MEC 技術因具備低時延、高容量的特性，可以支援多元應用服務發展，包含：影像分析、導航、物聯網、擴增實境、移動辦公室與智慧安全防護等，普遍用於距離使用者終端最近的網路環境內執行服務運算，能提升網路營運效率，增強資料傳送能力。

中華電信於 2016 年 9 月運用 MEC 技術，與 Nokia、職棒球隊 Lamigo 桃猿隊，推出賽場多視角手機直播服務，這項服務便是利用 MEC 技術，所提供的「行動網路邊緣計算—多重影視協作服務」（MEC-Edge Video Orchestration，MEC-EVO）。MEC-EVO 服務，預期將為賽場內多視角的直播帶來全新視覺感受。

資料來源：中華電信，2016 年 10 月

圖 21　中華電信 MEC-EVO 服務

5.　台灣之星

台灣之星於 2016 年 8 月與 Nokia 正式簽訂 5G 合作備忘錄、聯手進軍 5G 市場，雙方將投入窄頻物聯網技術。

根據台灣之星與 Nokia 簽訂的合作備忘錄及策略聯盟內容，雙方將於 2017 年推出 5G 實驗室及實驗網，共同投入 NB-IoT 技術，窄頻物聯網服務計畫於 2017 年正式商轉。

其次，2 家公司亦將在 5G 無線技術、核心網路虛擬化和雲端化，進行一系列性能驗證和整合測試，在 NB-IoT 服務領域，2 家公司將針對智慧城市、醫療保健、智慧電網、智慧家居等領域進行垂直服務整合驗證，研擬各種商業模式可行性。

Nokia 除了協助台灣之星推展 5G 服務，雙方也會針對物聯網服務與 5G 技術發展、網路演進等策略目標進行合作，同時，運用 NB-IoT 技術，協助台灣之星在 4G 時代布局物聯網、接軌 5G。

表 16　台灣之星 5G 國際合作規劃

項目	內容
合作夥伴	Nokia
合作重點	5G－實驗室、實驗網 包含：5G 無線技術、核心網路虛擬化和雲端化等技術
	IoT-NB IoT 包含：智慧城市、醫療保健、智能電網、智慧家居等應用
目標	● 2017 年建置 5G 實驗室、實驗網 ● 2017 年商轉 NB-IoT 服務

資料來源：MIC，2016 年 10 月

四、我國 5G 發展對未來頻譜需求之建議

(一)我國 4G 頻譜釋照現況

從上節我國 5G 發展規劃之討論，可以發現不論是政府單位或民間單位都以國際發展時程為依據，目標鎖定 2020 年商轉 5G。而根據交通部 2016 年 11 月，105 年度「頻譜供應規劃與政策規範研究」委外研究估算結果，至 2020 年我國行動通訊總頻寬需求預計達 1625MHz[1-8]。我國從 2013～2015 年底已進行 2 次 4G 頻譜釋照，2 次拍賣合計已釋出 460MHz。

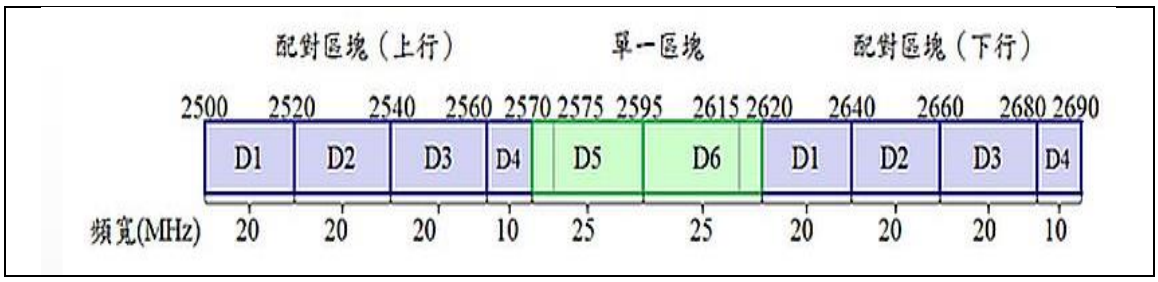
第 1 次拍賣於 2013 年第 4 季進行 700MHz、900MHz 及 1800MHz 等 3 個頻段、合計 270MHz 頻寬的拍賣，使用期限係自得標日起至 119 年 12 月 31 止。

表 17　台灣第 1 次 4G 頻譜釋照

頻段	上行	下行	頻寬/MHz
700 MHz	703～748MHz	758～803MHz	90
900 MHz	885～915MHz	930～960MHz	60
1800 MHz	1710～1770MHz	1805～1865MHz	120
合計			270

資料來源：MIC，2016 年 10 月

第 2 次拍賣於 2015 年第 4 季進行，釋出 2500MHz 及 2600MHz 頻段、合計 190MHz 頻寬，頻率使用權係自得標日起至 122 年 12 月 31 止。



資料來源：NCC，MIC 整理，2016 年 10 月

圖 22　台灣第 2 次 4G 頻譜釋照

就 2015 年底前已釋出 460MHz 頻寬，離 2020 年的 1700MHz 需求仍有很大的差距，對未來頻譜規劃考量面向，不僅需要滿足總頻寬條件，5G 世代應用場景有別於 4G、3G 僅是傳統的行動通信網路業務，5G 有著更多元的物聯網應用，不同特性的頻段都需要考量。

5G 通訊網路連結簡易區分可以分為人的連結、物的連結，人的連結主要在行動寬頻上網，隨行動上網生活型態不可逆之現象，行動流量呈倍數成長，頻譜需要大頻寬例如：100MHz 的頻寬來提供高容量、高傳輸速度的應用，如表 18 所示；而對物的連結，如：物聯網應用情境之一，大量終端、大範圍地區的連結場景對低頻段 Sub-1GHz，例如 868MHz、915MHz 等頻段的需求亦不可少。

下文內容先就人的連結、也就是傳統的行動通信網路業務部份，建議我國未來可持續釋出之頻段。而有關物的連結、也就是 5G 重要應用場景物聯網所需頻譜的相關建議，將在本研究後續章節陸續討論。

表 18　5G 應用與所需頻譜特性

5G 應用需求	所需頻譜特性
Ultra-High Speed Radio Links	Ultra-Wide Carrier BandWidths, e.g. 500MHz Multi-Gigabit front Haul/Backhaul
High Speed Radio Links	Wide Carrier Bandwidths, e.g. 100MHz Gigabit front Haul/Backhaul
Support for Low to High-Doppler Environment	Depends on the Throughput Requirement
Ultra-Low Latency	Short Range Implications
Low Latency	Mid-Short Range Implications
Ultra-High Reliability Radio Links	Severe Impact of Rain and Other Atmospheric Effects on Link

5G 應用需求	所需頻譜特性
	Availability in Hgher Frequencies, e.g. mm-Wave, for Outdoor Operations
High Reliability Radio Links	Impact of rain and Other Atmospheric Effects on Link Availability in Higher Frequencies, e.g. mm-Wave, for Outdoor Operations
Short Range	Higher Frequencies, e.g. mm-Wave
Long Range	Lower Frequencies, e.g. Sub-3GHz
Ground/Obstacle Penetration	Lower Frequencies, e.g. Sub-1GHz
Operation in Cluttered Environment	Diffraction Dominated Environment in Lower Frequencies
Operation Near Fast Moving Obstacles	Frequency-Selective Fading Channels
Mesh Networking	High-Speed Distributed Wireless Backhaul Operating in-Band or Out-of-Band

資料來源：4G America，MIC 整理，2016 年 3 月

(二)國際間行動通訊頻譜規劃

為使行動通訊發揮最大效能、提升頻譜使用效率，並有充足的設備支持服務商轉，追求全球頻譜和諧性是我國頻譜規劃時應有的考量。歸納本章所探討之國際間 5G 發展動態，在技術方面可分為 4G 演進技術、以及全新通訊技術；相對在頻譜的討論及規劃，亦被劃分為 6GHz 以下、適用於 4.5G 世代，以及 6GHz 以上、因應 5G 世代各種應用之頻譜規劃。

觀察主要國家下世代通訊之頻譜規劃以及國際主要業者測試重點，6GHz 以下之頻段以 3.5GHz 及 5GHz 受到青睞。3.5GHz 由於連續頻寬可達 400MHz，而 5GHz 之可用頻寬較 2.4GHz 多，且有 LTE-U、LAA、LWA 等聚合技術的支持；因此，也受到國際間高度的注意。高頻部分如：28GHz、39GHz、與 3GHz 為各國布局之重點，原因為在高於 6GHz 的頻率範圍，此 3 種頻段氧氣吸收率（損耗率）較低，能傳輸距離較遠。

表 19　主要國家下世代行動通訊頻譜規劃

國家	頻譜規劃
歐盟 5G PPP	● 6GHz 以下：希望在 2020 年時能釋出授權頻譜 700MHz、3.4～3.8GHz

國家	頻譜規劃
	● 6GHz 以上：如：24GHz
中國大陸 IMT-2020（5G）	● 6GHz 以下：3.3～3.4GHz、4.4～4.5GHz、4.8～4.99 GHz ● 6GHz 以上：20～40GHz 為主：25GHz、28GHz、30GHz、40GHz 及 WRC-19 AI1.13 規劃之候選頻段
美國 FCC	● 6GHz 以下：開放 3.5GHz 及 5GHz 給非授權頻譜使用 ● 6GHz 以上：開放近 11GHz 頻寬，授權頻段定為 28GHz（27.5～28.35 GHz）、37GHz（37～38.6GHz）及 39GHz（38.6～40 GHz），非授權頻段為 64～71 GHz
韓國&日本	● 6GHz 以下：日韓在 3.4～3.8GHz 規劃以 LTE-A 應用為主，日本為 3.4～4.2 GHz，韓國為 3.4～4.2GHz ● 6GHz 以上：日本預計研發之技術及測試之頻譜以 6GHz 以上為主

資料來源：MIC，2016 年 10 月

表 20　國際主要業者下世代行動通訊頻譜測試動態

業者	頻譜測試
Qualcomm	2016 年 MWC 展中展出 5G NR 原型機系統，主要支援測試低於 6GHz 之授權、非授權及共享頻段
Nokia	與韓國 SK 電信合作在 15GHz 之頻段下於室內外進行通訊測試
Ericsson	預計於 2016 年完成 15 GHz 及 28 GHz 兩個頻段之 5G 技術測試
華為	於 73GHz 頻段進行 mmWave 技術及 Massive MIMO 技術測試
NTT DoCoMo	著重發展的頻段為 3.4～3.8GHz、4.4～4.99GHz、27.5～29.5 GHz（未授權頻譜）

資料來源：MIC，2016 年 10 月

國際組織 ITU 方面，6GHz 以下的頻段，愈連續、愈大頻寬的頻譜愈好用，B4G 頻譜規劃考量到每家業者所分配到的頻寬，至少要 20～40MHz，以一個國家電信服務大部份為 3 家主要業者計算，以目前 ITU-R 列出 6GHz 以下的候選頻段，該頻段的頻寬至少要

100MHz 才足夠使用。而在 2015 年 11 月 WRC-15 決議之全球統一頻段有 1427～1452MHz、1492～1518MHz、3.4～3.6GHz。

6GHz 以下

探討頻段	Region1	Region2	Region3
470-694/698MHz	維持原廣播用途	依各國自行規劃	依各國自行規劃
1427-1452MHz	作為IMT用途	作為IMT用途	作為IMT用途
1452-1492MHz	需討論舊蘇聯地區使用	作為IMT用途	作為IMT用途
1492-1518MHz	作為IMT用途	作為IMT用途	作為IMT用途
3300-3400MHz	部份國家作為IMT用途	不作為IMT用途	部份國家作為IMT用途
3400-3600MHz	作為IMT用途	作為IMT用途	作為IMT用途
3600-3700MHz	維持原用途	部份國家作為IMT用途	部份國家作為IMT用途
3700-3800MHz	不作為IMT用途	不作為IMT用途	不作為IMT用途
4800-4990MHz	舊蘇聯地區作為IMT用途	作為IMT用途	作為IMT用途

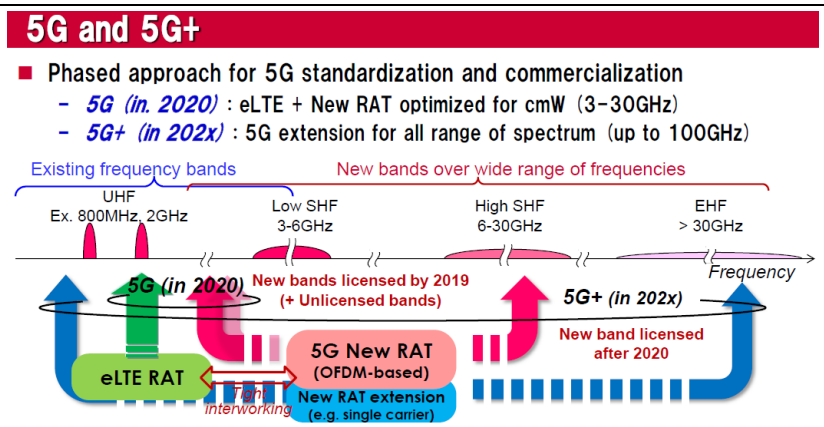
6GHz 以上

24~86GHz
24.25~27.5GHz
31.8~33.4GHz
37~43.5GHz
45.5~50.2GHz
50.4~52.6GHz
66~76GHz
81~86GHz

資料來源：ITU，2016 年 3 月

圖 23　ITU 頻譜決議及規劃

5G^{+}商用服務預計在 2022～2023 年前後，屆時將因容量爆增需求及低頻段壅塞與不足，系統將被迫運作於高頻段，部分區域考量到 30GHz 以下很難找到頻譜供行動服務使用，故 5G 相關技術發展目前多傾向 30GHz 以上，毫米波接取系統將為重點（毫米波頻率範圍為 26.5～300GHz），所以 ITU 在 24GHz 以上頻譜、提出 7 段頻段計畫於 WRC-19 討論。



資料來源：NTT DoCoMo，2016 年 3 月

圖 24　5G 暨 5G^{+}之頻譜需求

(三)我國行動通信網路業務頻譜建議

就我國下世代行動通信網路業務候選頻譜建議，可分為短、中期兩部份考量。短期方面以 3G 頻譜屆期重新釋照為主，中期方

面頻譜建議則依據國際、國內 5G 技術發展動態及研發重點為建言依據。

1. 短期頻率釋出建議

現為第 3 代行動通信業務（3G）所使用頻譜 2.1GHz（1920～1980MHz；2110～2170MHz），執照將於 2018 年屆期，可依執照屆期處理，進行後續使用規劃，列為 2017 年可能釋出頻率。另外新增與第 1 次 4G 釋照同屬 1800MHz 之 1770～1785MHz、1865～1880MHz 頻段、計 30MHz 頻寬，與 2.1GHz 併列為 2017 年可能釋出頻率，2 者合計共 150MHz。

表 21　台灣 2017 年可能釋出頻率

頻段	上行	下行	頻寬/MHz
2100MHz	1920～1980 MHz	2110～2170MHz	120
1800MHz	1770～1785MHz	1865～1880MHz	30
合計			150

資料來源：MIC，2016 年 1 月

2. 中期頻率釋出建議

同為 3G 使用之 800MHz 頻率（825～840MHz、870～885MHz）執照屆期時間為 2018 年，因考量公共安全行動通訊頻譜需求全球多數使用的 700MHz，在台灣第 1 次 4G 拍賣時已釋出，故 1GHz 以下頻段較適合 PPDR 應用的 800MHz、計 30MHz 頻寬暫時保留不釋出，待國際 PPDR 相關技術更成熟之時再行規劃。

另外在 2015 年 3 月底，已停止營運且頻率已收回之 1900 兆赫數位式低功率無線電話業務（PHS），使用之 1880～1920MHz，計 40MHz 頻寬再釋出的規劃，因現階段國際間僅中國大陸電信業者中國移動使用之，考量設備供應普及性問題，暫且不列為 2017 年可能釋出之頻率，待後續國際發展狀態再予討論。

而就 5G 下世代行動通信業務頻譜的建議，觀察國際發展可分為 6GHz 以下與 6GHz 以上，6GHz 以下討論較多的頻段為 3.4～4.2GHz、4.4～4.5GHz、4.8～4.99GHz，以及 ITU 已列出的 1.5GHz 部份；而 6 GHz 以上眾多測試頻率中，28GHz、39GHz、73GHz 為各國布局之重點。

因此就我國中期（2018 年後）頻率釋出建議，6GHz 以下可優先考量 1452～1492MHz、2300～2390MHz、3400～3600MHz、4800～4990MHz 等頻段，6GHz 以上除了持續觀察國際發展趨勢以外，38GHz 可優先考量。

1452～1492MHz 已在 WRC-15 列為 IMT 使用，國際間以歐洲為例，也將該頻段做為下行鏈補充頻段，已有國家陸續完成釋照，故未來我國在與既有使用者協商後，可列為行動寬頻業務使用。

2300～2390MHz 在國際間已有多個國家以 TD-LTE 技術商轉，為 3GPP 規劃的 Band 40，因此我國在與既有使用者協商後，可列為行動寬頻業務使用。

3400～3600MHz 已為國外普遍性使用，現用於 4G 的 TD-LTE 技術，在日本已商轉，或者用於 5G 小型基站（Small Cell）相關技術、產品的研發、或是美國用於頻譜共享等，而我國 5G 研發單位亦把 3.5GHz 列為小型基站研發之重點頻率。因此我國在與既有使用者協商後，可列為行動寬頻業務使用。

4800～4990MHz 在 WRC-15 中在區域 2、區域 3 已確定作為 IMT 頻段，因此我國在與既有使用者協商後，可列為行動寬頻業務使用。

6GHz 以上頻段部份，首先觀察 38GHz 頻率，其主因是該頻率為我國 5G 技術研發重點頻率，已規劃利用該頻率研發 5G 小型基站 RF IC 與射頻模組次系統，包含：38GHz 相位陣列天線、38GHz 射頻功率放大器晶片、38GHz RF IC 等。

表 22　我國行動通信網路業務頻率釋出建議

頻率釋出期間	建議頻率
2017 年	● 2100MHz（1920～1980MHz；2110～2170MHz） ● 1800MHz（1770～1785MHz；1865～1880MHz）
2018 年~	● 6 GHz 以下： ■ 800MHz（（825～840MHz、870～885MHz） ■ 1900MHz（1880～1920MHz） ■ 1.5GHz（1452～1492MHz） ■ 2.3GHz（2300～2390MHz） ■ 3.5GHz（3400～3600MHz） ■ 4.9GHz（4800～4990MHz） ● 6 GHz 以上： ■ 38GHz ■ 觀察 WRC-19 計畫討論之頻率

資料來源：MIC，2016 年 10 月

第二章、研析我國可開放頻率共享之頻段

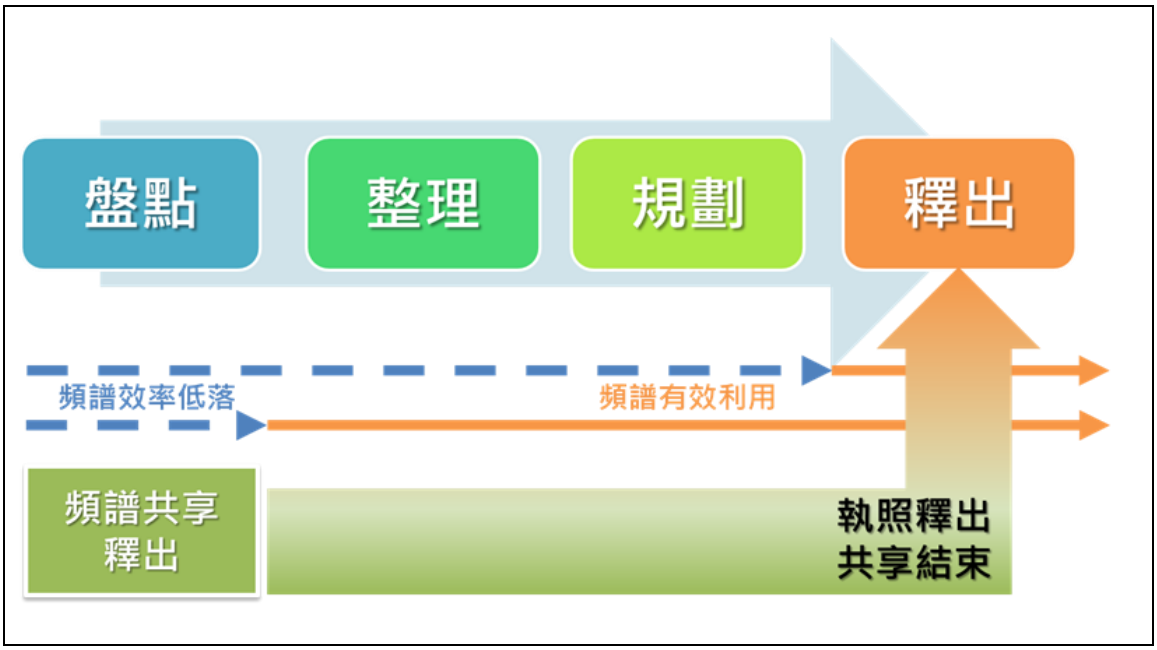
一、頻寬不足驅使頻譜共享的誕生

行動寬頻的高速普及，促進新興寬頻服務與應用的發展。其中，行動影音服務更是網路傳輸量高速成長的主因，無論是多媒體視訊、OTT 服務、即時影音串流、線上直播節目等，都帶來了巨量的傳輸需求。行動寬頻的頻寬成長，使無線電頻率的需求也隨之大幅提升，行動寬頻的頻譜利用需求推估至 2020 年將需要至少 1000MHz 之頻寬，目前我國已釋出供行動通信使用之頻寬為 590MHz，估計可滿足我國短中期的頻譜需求。然而，隨著 4G 下世代行動通信（B4G/5G）發展趨勢觀察，通訊技術之進程將由技術驅動逐漸轉變以整合性應用服務為主，亦即除既有網路通訊硬體之研發製造外，相關服務平台之建構、應用程式軟體設計整合等，如：物聯網 IoT、智慧城市相關應用服務亦將成為主流，對我國而言，無論是創新應用之崛起、影音需求之增加，或是未來物聯網 IoT、M2M（設備間通訊）之發展，都將因通訊資料傳輸量逐年大幅成長，導致所需無線電頻率頻寬持續增加。

由無線電頻率之傳輸特性觀察，約可由 1GHz 為基礎，區分為高頻段以及低頻段，在 1GHz 以下之低頻段部分，由於 500MHz 以下存在既有專用電信及各種傳統無線電通訊服務使用者眾多，短期難以重整出可用頻段，500M～1GHz 部分，我國已釋出 700MHz、800MHz、900MHz 等頻段，目前僅剩 600MHz 頻段可於未來規劃釋出。1GHz～3GHz 之間，我國已釋出 1800MHz、1900MHz、2100MHz、2600MHz 等頻段，目前仍有 1700MHz、2300MHz 可供釋出，其他部分仍有專用電信存在，須待未來逐步盤點重整。由以上討論可知，我國無線電頻率之供應於短中期尚可滿足需求，但若放眼長期仍有 1000MHz 頻譜之需求，則目前已規劃的潛在可釋出頻譜仍有不足，必須由提升整體頻譜使用效率，尋求提供更多可用頻譜資源著手，此時，頻譜共享機制成為一個討論方向。

頻譜資源的釋出，需經過既有使用者清頻後重新規劃、核配之程序，這樣歷程參酌美國國家電信及資訊管理局（National

Telecommunications and Information Administration，NTIA）於 2012 年 3 月有關優先釋出 1755～1850MHz 頻段的研究指出[2-1]，完全清頻以釋出全部 95MHz 頻寬，需耗時 10 年，相關移頻、清頻成本將達約 180 億美金，同時該頻段的既有使用者亦受到極大影響；然而，FCC（Federal Communications Commission）前一次拍賣頻譜、釋出 90MHz 頻寬（2006 年拍賣 1710～1755MHz 及 2110～2155MHz），拍賣結果總價金 137 億美金，其中卻只有一半的頻譜資源來自聯邦政府既有使用者，且既有使用者還須再花費 15 億美金的成本進行移頻，扣除成本與非屬於聯邦政府頻譜資源的收益後，實際上估算聯邦政府僅釋出 45MHz 頻寬、獲得 53.5 億美金，再考慮到執照使用年限等因素後，政府透過頻譜拍賣所獲得之收益不高。因此，以上述案例推論，即使不考量金錢成本，頻譜重整仍需花費相當的時間，若於頻譜清理的早期時間點，便將頻譜以共享機制釋出，便能使該頻譜資源儘早進入市場，頻譜使用效率也因此提高。



資料來源：TTC，2016 年 7 月

圖 25　頻譜共享機制提升頻譜使用效率

因此美國總統科技顧問諮議會（President’s Council of Advisors on Science and Technology，PCAST），於 2012 年 7 月提交給總統，釋放公部門持有頻譜的完整潛力以促進經濟成長報告（Report to the President:Realizing the Full Potential of Government-Held Spectrum to

Spur Economic Growth）中提到[2-2]，受惠於頻譜技術改善與更具彈性，將可使頻譜原先稀少性轉為充足供給，讓無論是聯邦公用服務或商業性質的行動服務，皆得於政府所核配的頻譜中以共享資源方式運作。

依據目前國際頻譜共享機制之發展，可由技術面與制度面分別觀察。在技術面的部分，載波聚合（Carrier Aggregation，CA）及其衍生的補充下行鏈路（Supplemental Downlink，SDL）技術，可聚合專用執照頻譜與共享機制頻譜，並維持網路服務穩定；3GPP LTE 使用免執照頻譜（LTE-Unlicensed, LTE-U/Licensed Assist Access，LAA）技術，則進一步聚合 5GHz Wi-Fi 免執照頻譜，可分散行動寬頻的流量，並與既有之 Wi-Fi 維持和諧共用。地理資料庫系統與頻譜感測技術（Cognitive Radio，CR）則分別提升了頻譜的可用性。

在制度面的部分，為妥善保障既有使用者，需對共享使用者制訂規範。除早期各國發展出以免執照為基礎、共享無線電視頻段的閒置頻譜共享機制（TV White Spaces，TVWS）之外；近年，歐盟與美國更是各別發展出更具彈性也更為細緻的許可共享接取（Licensed Share Access，LSA）機制以及公民無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service，CBRS））共享機制，在保障既有使用者、維護服務品質、提供行動寬頻額外頻譜資源以及促進新興服務發展等目的上，均有不同設計考量。以下個章節將順序介紹之。

二、新頻譜技術發展對頻譜共享機制之影響

得力於新頻譜技術之發展，如：載波聚合（CA）、補充下行鏈路（SDL）與執照輔助接取（LAA）等，頻譜共享機制所具有頻譜資源不穩定之缺點已可處理，藉由上述技術將專用執照頻譜與共享頻譜加以聚合，在頻譜有共享機會的情形下，可在特定時間或地點大幅提升可用的頻寬；而在既有使用者要求頻譜權利時，共享使用者可將消費者遷移回專用執照頻譜，維持一定的服務品質。以下將說明此類新頻譜技術之發展與其相關的頻譜規劃狀況。

(一)載波聚合（CA）與補充下行鏈路（SDL）

載波聚合（CA）與補充下行鏈路（SDL）係 LTE 標準內，為了克服頻段的不連續性造成頻譜效率無法提升，故將不同頻段的資

源加以聚合，以達到頻段連續的效果，提升可用頻寬。LTE 有分頻雙工（Frequency Division Duplex，FDD）與分時雙工（Time Division Duplex，TDD）兩種模式版本，相較於傳統的行動通訊技術，LTE 對於頻譜的使用非常有彈性，LTE 支援 1.4～20MHz 的載波頻寬，3GPP R10 LTE-A（LTE-Advanced）所定義的載波聚合（CA）允許將至多 5 個載波組合在一起，稱為成分載波（Component Carrier，CC）。行動業者依照其擁有的專用執照頻譜找出適合運行的組合，可有效提升頻率的可用性，擴大可用頻寬。隨著載波聚合技術持續演進，從僅在單一模式（FDD 或 TDD）的頻段內、頻段間進行聚合，到了 3GPP R12 已能允許 FDD 與 TDD 間混合模式聚合，大幅提升頻段資源的利用性。

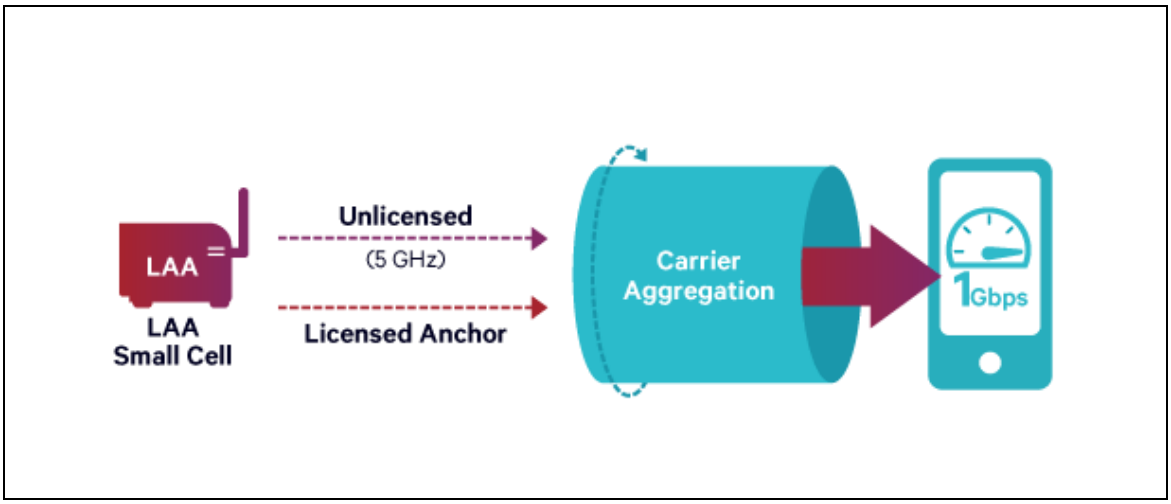
補充下行鏈路（SDL）是 LTE-A（R10 以上版本）載波聚合中的一個特例，係將採取 TDD 規劃之非成對頻譜或採取 FDD 規劃的成對頻譜的下行鏈路聚合，從而大幅提升下行鏈路的容量。傳統的分頻雙工定義（FDD）具備成對 1:1 的上下行頻率，由於行動寬頻流量對下行鏈路的需求比上行鏈路的需求更高，在國際標準制定討論及開發多載波聚合技術上，提出採用非成對頻譜補強成對頻譜行鏈路容量之概念，稱為補充下行鏈路（Supplemental Downlink，SDL）。SDL 已於 FDD 系統中實現並列為標準 3GPP R10 規範，其實現方法便是將 FDD 的上行碼框（UL-Frame）關閉，而運用此技術在系統使用無線頻譜時，因為沒有對應的上行頻率與通道存在，故無法單獨使用頻率提供的服務，必須於載波聚合情境下作為第 2 或第 3 以上聚合用頻譜資源，提供下行數據資料傳輸擴展頻寬。

補充下行鏈路所使用之頻段目前在全球範圍內的商業化部署不多。依據目前 3GPP 的規劃，分布在 700MHz 頻段，採用 Band 29（717～728MHz）、Band 67（738～758MHz）規劃；1.4GHz 頻段，採 Band 32（L-Band，1452～1496MHz）規劃與 2.6GHz 頻段，採 Band 69（2570～2665MHz）規劃，此類型頻段僅規劃下行鏈路頻率（Downlink Only）；另外尚有免執照頻段的 Band 252（NII-1，

5150～5250MHz）及 Band 255（NII-3，5725～5850MHz）；因此，未來 SDL 的開放使用上，也會因應需執照頻段與免執照頻段的規劃，而有不同的管制需求。在免執照頻段的使用上則與免執照頻段 LTE（LTE-U）與許可輔助接取（LAA）之發展有關，下節將繼續介紹。

(二)許可輔助接取（LAA）

承上節，載波聚合（CA）與補充下行鏈路（SDL）等技術之運用，主要在於將分散的頻段加以聚合成為連續頻段，從而提升行動寬頻網路之傳輸效率。然而，當聚合的頻段中包含有免執照頻段時，便必須制訂額外的技術規範，使 LTE 能夠與既有運行於免執照頻段上之服務和諧共存。在 3GPP 頻段規劃中之 FDD Band 252、Band 255 與 TDD Band 46（5150～5925MHz）均屬於 5GHz 頻段，目前為免執照使用、存在多種服務與應用，而最具代表的便是無線區域網路（Wi-Fi）。5GHz 頻段具有將近 500MHz 的總頻寬，而且在傳播損耗的物理特性上相近於 LTE 系統效能，因此，以高通為首陣營提出將使用部分 5GHz 免執照頻段（Unlicensed Band）提供行動寬頻服務，發展為免執照頻段 LTE（LTEUnlicensed，LTE-U）技術，即以下將介紹之 LTE-U/LAA[2-3]。



資料來源：Qualcomm，2016 年 2 月

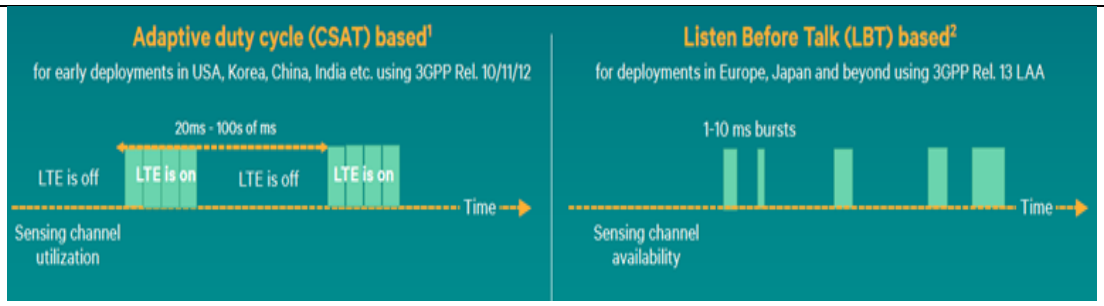
圖 26　LAA 之運作原理

LTE-U 或 LAA 同樣是基於載波聚合（Carrier Aggregation，CA）及補充下行鏈路（Supplemental Downlink，SDL）技術衍生出的應用模式，利用 5Gz 免執照頻段補充專用執照頻段頻寬。由於

5GHz 頻段具有功率限制，故需以小細胞（Small Cell）設備形式存在，且不允許單獨（Non-Standalone）使用 LTE-U/LAA 提供服務（即不能僅利用 Band 252、Band 255 與 Band 46 提供服務），而需以 LTE 執照頻段作為主要載波，免執照頻段作為補充使用。

在高通提出 LTE-U 技術之後，3GPP 於 2014 年 9 月 Rel.13 的討論中，將 LTE-U 技術結合 LBT 機制後，納入 Rel.13 的研究項目（Study Item）中，並正式定名為授權輔助接取（Licensed Assisted Access，LAA），並於 2016 年 3 月寫入 Rel.13 第一版規範；免執照頻段 LAA 暫時無法提供上下行鏈路聚合接取，僅能提供下行鏈路補充。

LTE-U 與 LAA 主要的差異在於採用不同的避免干擾機制，下圖左 LTE-U 採用載波感測可適性傳輸（Carrier Sense Adaptation Transmission，CSAT）機制，在免執照頻段使用間歇性連線；下圖右 LAA 採用先聽後送（Listen Before Talk，LBT）機制，先對欲使用的免執照頻段進行偵測，無其他設備占用時才會進行連線。兩種模式皆是為了與既有 Wi-Fi 服務於免執照頻段中共享與共存。



資料來源：Qualcomm，2015 年 2 月

圖 27　LTE-U 及 LAA 之技術差異

由於各國在 5GHz 免執照頻段的頻率使用範圍不盡相同，要求的技術標準也並不一致，且 CSAT 與 LBT 主要是 LTE-U/LAA 導入後與 Wi-Fi 的共享與共存機制。LTE-U 所採 CSAT 機制原屬於設備商的專利設計，相容於 Rel.12 前的載波聚合概念，在部分地區（美國、南韓、中國大陸及印度等）的使用只需要終端支援而不需要額外的防干擾規範；LAA 則需遵守制定中的 3GPP Rel.13

規範，目前已明確採用 LBT 的地區（歐盟及日本等）需依據 Rel.13 標準修改相關之技術規範完成後方能採用。

(三)相關頻段規劃狀況

專為 SDL 規劃之頻段用於國際商業化網路案例不多，且頻段之規劃與其他商用頻段的規劃多有重疊或過度相鄰。例如 700MHz 頻段的 Band 29（717～728MHz）與 Band 67（738～758MHz），與主流使用之 Band 28 重疊；1.4GHz 頻段的 Band 32（L-Band，1452～1496MHz），則與 Band 11、Band 21 部分重疊；2.6GHz 頻段的 Band 69（2570～2665MHz）規劃，則與 Band 7 重疊。由於 SDL 頻段僅規劃下行鏈路頻率，若依頻率之傳輸特性推論，訊號涵蓋性較佳之 700MHz 與 1.4GHz 應較不傾向以 SDL 釋出；2.6GHz 主要在於強化網路傳輸頻寬，採用何種方式釋出，則需視各國頻段重整狀況及產業狀況。

而免執照頻段的 FDD Band 252（NII-1，5150～5250MHz）、Band 255（NII-3，5725～5850MHz）與 TDD Band 46（5150～5925MHz）則已經是 Wi-Fi 使用頻段，且 LTE 技術限制不能僅以免執照頻段提供寬頻服務，各國主要討論的焦點在於如何與既有 Wi-Fi 和諧共用，頻段規劃部分較無爭議。

三、國際頻譜共享機制之發展

(一)電視頻段共享機制之發展

1. 背景

電視頻段的共享機制發展已有相當長的時間，也是目前規範最為完整、用途最為多元且具體之機制，本研究以下將介紹規範發展與使用案例較為完整之美國、英國及新加坡之狀況。

美國於 2009 年完成無線電視的數位轉換，由於數位化後對於頻譜的需求下降，數位轉換後的電視頻段在重整後，在 700MHz 頻段清理出完整的區塊，做為數位紅利而拍賣釋出；仍繼續用於數位無線電視之頻段，因美國有許多地區並未被數位電視訊號涵蓋、且美國數位電視採取複頻網

配置，為了防止訊號干擾而規劃區隔之頻段，在部分地區亦閒置未用。這些閒置頻段被稱為 White Space，FCC 便規劃以此頻段進行頻譜共享機制的運作。White Space 之發展係以免執照使用為基礎，但因該頻段仍存在持執照的使用者，必須嚴格管制干擾，故 FCC 制定了相當細緻而嚴格的規範，包含裝置的種類、用以管理頻譜使用的資料庫系統、天線的高度、感測信號的靈敏度、避免干擾的範圍等。

英國於 2005 年進行數位電視轉換計畫，於 2012 年完成後，後續規劃如何有效利用數位轉換後釋出之頻譜資源。由 2005 年底開始，Ofcom 的數位紅利（Digatal Dividend）審查研究了如何以最佳方式分配釋出之 112MHz 頻譜，作為新的應用服務發展。另外對於保留予數位電視多頻道傳輸平台的 256MHz 頻譜中，尚有部份未充分利用的容量，此類剩餘頻段即構成閒置頻段（Interleaved Spectrum，即 White Space）。Ofcom 於 2009 年 7 月之 Digital Dividend：Cognitive Access 建議中，決定將以免執照方式，以地理定位與頻譜感知技術作為替代辦法，並設定謹慎的參數以檢測相關設備。依據 2006 年無線電信法（Wireless Telegraphy Act 2006）Section 8（4）與（5）之規定，Ofcom 認為無線通信基地台或設備的使用不會產生有害干擾時，可制訂規則豁免其執照。

新加坡則並非因為無線電視數位轉換而關注 TVWS 之發展，主因在於新加坡與馬來西亞、印尼等國家相鄰，因此為了避免彼此的電視訊號干擾，相互規劃使用不同的電視頻段，因此新加坡在電視頻段中擁有相對較多之閒置頻譜，故新加坡主管機關 IDA（The Infocomm Development Authority of Singapore）亦於 2011 年起，結合資通訊服務與設備相關業者進行概念實證與規範研擬，展開 TVWS 技術之運用。

2. 免執照使用

美國於 2008 年發布行政命令，展開閒置頻譜之利用，只要符合 FCC 行政命令與技術規範之設備（TV Band Devices，TVBDs），即可免執照利用閒置之電視頻段。FCC 指出，開放閒置頻譜共享利用，除了增加無線通訊之頻譜供給外，同時提升頻譜的使用效率，有助於提供各式無線通訊的業者推出新興服務[2-4]。FCC 認為在免執照的基礎上開放使用 TVBDs 的裝置，另透過一系列的限制規範來保護取得執照的既有服務商，是符合公眾利益的方式。如此不僅可為這些頻譜引進創新的使用，也同時保護廣播電視或其他授權服務的經營。另一個考量點在於，當電信業者使用頻譜提供服務時，較佳的模式是給予明確界定的、排他的、靈活及可轉讓的頻譜使用權，但頻譜共享機制缺乏這些特性，服務具有不確定性，頻譜的分布與數量不穩定，隨著頻段使用率、地點、時間的不同，頻率的可使用條件亦各地不一，因此不以執照管制。

新加坡同樣決定 TVWS 的使用將在免執照的基礎上，使用者必須遵守 IDA 所定義之技術操作規範。而使用於 TVWS 的設備（White Space Devices，WSDs），必須通過 IDA 的設備檢驗規範。因為 WSDs 是一項新技術，可能有潛在造成干擾的問題，IDA 實施一般設備登記（General Equipment Registration，GER）計畫，以全面性的驗證過程，通過 IDA 認可的驗證機構檢驗或通過 IDA 評估，要求設備商與供應商必須依據 GER，向 IDA 登記 WSDs，方能於市面販售。

英國於 2007 年開始規劃 TVWS 時，Ofcom 在 Digital Dividend Review 中便已建議免執照（Licence-Exempt）的基礎，而後於 2009 年 Digital Dividend：Cognitive Access 中，依據 2006 年無線電信法（Wireless Telegraphy Act 2006）Section 8（4）與（5）之規定，Ofcom 認為無線通信基地台

或設備的使用不會產生有害干擾，決定以免執照方式、結合地理定位資料庫，並設定設備使用參數管理 TVWS 之使用。隨著 2015 年 2 月實現電視 White Spaces 頻段（Implementing TV White Spaces）[2-5]聲明文件的發布，Ofcom 同時也公布了有關 White Spaces 設備豁免管制規則（White Space Devices Exemption Regulations），除規範設備的要求外，也闡明設備與地理定位資料庫的運作規範。

3. 地理資料庫管理頻譜使用

TVWS 機制能夠避免干擾既有使用者，主要因各國發展出以地理資料庫系統管制頻譜使用與共享者所在區域，從而使共享者可避開既有使用者所在地。美國、英國、新加坡之資料庫運作流程均大同小異，當 TVWS 裝置查詢所在地資訊時，須先連線至合格的資料庫業者，地理資料庫將會由不同的業者提供，資訊包含既有使用者之狀況、各地區的頻譜使用狀況資訊。TVWS 裝置則向合格的資料庫業者，取得設備所在地的可用頻譜以及最大可傳輸功率等資訊，以確保不會對既有服務造成有害干擾。目前各個資料庫業者（White Space Data Bases，WSDBs）分別獨立運作，彼此之間並未交換資訊，但未來 WSDs 的使用越來越廣泛，WSDBs 之間便可能有交換資訊的需求。擁有既有執照授權的頻譜使用者，如：無線電視、PMSE（Programme Makers and Special Events）服務，需要提供關於所擁有的頻譜在各地區使用狀況的資訊。

各國之資料庫均必須經過主管機關的測試，以確保資料庫能夠依據相關規範架構，正確的提供資訊。資料庫的資訊必須在執照服務提供資訊後迅速更新。資料庫必須保持隨時可用，保持高度的可用性。TVWS 設備必須週期性的向 WSDBs 查詢，以確保資訊的及時性。一個具有充分資訊與智慧化的資料庫，除了可以提供閒置頻譜的資訊予服務設備，也可進一步提供可用頻道以及可用傳輸功率的資

訊。因為資料庫記載執照裝置與免執照裝置的相對距離，這些資訊可以輔助計算適當的發射功率與相鄰頻道的溢波限制。換言之，閒置頻譜裝置有機會可以用高於主管機關原先所設定參數的功率運作。

地理資料庫系統的發展，成為往後各種新頻譜共享機制的管理核心，也使存在既有用途之頻譜，其可能的閒置可用機會能夠被善加利用，提升整體的頻譜使用效率，也為行動寬頻服務提供更多的額外頻譜，可說是頻譜共享機制核心要素之一。

4. 頻段使用狀況

- 美國

依據 FCC 規範，所有的電視頻段設備（TV Band Devices，TVBDs）被允許使用 512～608MHz 頻段（TV Channels 21～36）與 614～698MHz 頻段（TV Channels 38～51），608～614（TV Channels 37）則保留為無線麥克風使用。而當固定式 TVBDs 與其他固定式 TVBDs 相互通訊時，可例外使用 54～60MHz 頻段（TV Channel 2）、76～88MHz 頻段（TV Channels 5 and 6）、174～216MHz 頻段（TV Channels 7～13）與 470～512MHz 頻段（TV Channels 14～20）。

- 新加坡

依據新加坡資通訊發展管理局（The Infocomm Development Authority of Singapore，IDA）的規劃，TVWS 的操作頻率在 VHF 頻段 Channel 6（181～188MHz）、Channel 10 與 11（209～223MHz）；在 UHF 頻段 Channel 25-26（502～518）、Channel 39（614～622MHz）、Channel 41-50（630～710MHz）、Channel 52～54（718～742）、Channel 56～58（750～774）、Channel 61～62（790～806）共 189MHz 頻寬。但新加坡預計至 2020 年之前展開無線

電視數位轉換，故屆時 700MHz 的 14 個頻道 Channel 49～62（694～806MHz）將重新分配給國際行動通訊（IMT）使用，不再許可提供給 TVWS。此外，Channel 25～26 將利用地理資料庫鎖定不提供使用，直到與鄰頻干擾的問題獲得解決。而 Channel 25 與 47 將保留給免執照無線麥克風，以短距設備技術規範（Short Range Device Technical Specification）運作，故 Channel 47 也將利用地理資料庫加以鎖定。

- 英國

英國 White Space 使用的頻段為 470～790MHz，但在此一頻段範圍內仍有數位電視（Digital Terrestrial Television，DTT）與節目製作與特殊活動（Programme Makers and Special Events，PMSE）所使用，White Space 的利用必須防止干擾上述用途，DTT 與 PMSE 將會把服務地點資訊設定於地理定位資料庫，提供 White Space 裝置存取，避免干擾；此外，Ofcom 預期在 2022 年左右，700MHz 頻段（694～790MHz）將轉移作為行動通訊用途，因此最早可能於 2018 年開始，英國 White Space 將被限制在 470～694MHz 頻段。

5. 國際發展趨勢

綜合美國、新加坡與英國有關 TVWS 的頻段規劃，可概略將討論範疇涵蓋 470～790MHz。其中 700MHz（694～790MHz）部分已分別經由 WRC-12、WRC-15 兩次會議決議，規劃為全球行動通訊（IMT）頻段，由於各國在該頻段的差異性極大，3GPP 在此一頻段的相關規劃就包含有採 FDD 標準之Band 12、13、14、17、28、68；另包含適用 SDL 技術之 Band 29、67；採用 TDD 標準則為 Band 44。採 Band 28（上行：703～748MHz；下行：758～803MHz）規劃為多數，無論是商用網路與終端設備支援都非常豐富[2-6]。

由於 700MHz 之發展已經成為 4G 主流頻段，英國已規劃在 2022 年附近，將把 700MHz 頻段轉為 ITM 使用；新加坡則正進行無線電視數位轉換，計畫於 2020 年完成後，亦將 700MHz 轉為 IMT 頻段，屆時 TVWS 的可用頻段將減少。我國 700MHz 頻段早已清頻完成，於 2013 年底 4G 釋照拍賣中，將 700MHz 頻段採 Band 28 釋出，目前已成為國內業者的主要頻段。

而在剩餘 600MHz（470～698MHz）部分，，該頻段尚未協調成為全球行動通訊頻段，故 3GPP 並未納入頻段規劃，目前美國正將該頻段進行誘因拍賣（Incentive Auction）釋出，提供新興服務使用；我國亦將 608～698MHz 頻段規劃為行動通訊候選頻段，將視國際發展狀況決定後續規劃。

(二)美國公民無線寬頻（CBRS）之發展

1. 背景

為因應高速成長的行動寬頻網路傳輸量，FCC 於 2010 年 3 月發布之國家寬頻計畫（National Broadband Plan）中指出，寬頻傳輸量持續成長將導致頻譜資源短缺，限制行動寬頻之速率與服務品質發展，減損經濟效益。長期而言，FCC 與美國國家電信暨資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration，NTIA）共同合作，針對無線頻譜資源使用現狀進行調查，並認為 2020 年前 FCC 應釋出總頻譜資源達 500MHz 頻寬供寬頻服務使用。緊接著於 2010 年 6 月，美國總統歐巴馬亦發布釋放無線寬頻革命（Unleashing the Wireless Broadband Revolution）備忘錄，要求商業部（DOC）、NTIA 與 FCC 協同合作，持續尋找可釋出、運用於行動寬頻服務的頻譜資源，除透過專用執照的釋出外，亦可藉由頻譜共享機制釋出更多可用頻譜，提升整體使用效率。

2010 年 10 月，NTIA 發布調查報告，針對聯邦政府目前使用的頻段進行清查，並挑選適合未來釋出供行動寬頻

服務使用的候選頻段，其中，3550～3650MHz 頻段即屬短期可釋出的頻譜資源，該頻段的既有使用者為軍方雷達及固定式衛星，但 3550～3650MHz 頻段之物理特性適合做為行動寬頻網路布建，因而被列入考量[2-7]。

以專用執照釋出頻譜需經過清頻、規劃與核配等漫長過程，因此美國總統科技顧問諮議會（President’s Council of Advisors on Science and Technology，PCAST）於 2012 年 7 月提交給總統的「釋放公部門持有頻譜的完整潛力以促進經濟成長」報告（Report to the President：Realizing the Full Potential of Government-Held Spectrum to Spur Economic Growth）中提到，頻譜使用技術的改善，可為頻譜使用帶來更多彈性，使公部門擁有之頻譜，可透過共享機制加以有效利用。同時，增加該頻段的頻譜資源，將可提升網路傳輸容量，促進對新服務和新技術的投資，並透過訂定技術規範有效避免既有使用者遭受有害干擾，FCC 即規劃公民無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service，CBRS）[2-8]。

3.5GHz 頻段的既有使用者有國防部雷達、非聯邦的固定衛星服務(FSS)的下行傳輸以及太空對地球通信操作等，在其相鄰 3550MHz 頻段則有軍方高功率地面及空中雷達，在短期間內不太可能考量遷移軍方設施或升級相關設備的可能性，即便該頻段已經畫分為 IMT 頻段，頻譜盤點與重整的期程仍是無法預料的。透過先進的頻譜共享機制，可以讓聯邦或非聯邦的專用頻譜可用於一般用途，例如商用行動寬頻服務。

2. 小區域、短效期之優先許可執照（PAL）

3.5GHz 的特點，由於既有使用者為國防部雷達及固定衛星服務，且頻段傳輸距離較短，在考量以禁制區保護既有使用者後，並不適合如目前商用行動寬頻的方式，以一般基地台部署服務，而需使用小型基地台以及頻譜共享使用，以增加 3.5GHz 頻段的可用性。CBRS 採取 3 層級的授

權架構。包含第 1 層級的既有使用者（Incumbent Access，IA）、第 2 層級的優先接取執照（Priority Access Licenses，PAL）、第 3 層級的一般授權接取（General Authorized Access，GAA）。

小型基地台的低功率特性，可覆蓋有針對性的室內或室外局部大小不等的區域，如家庭、辦公室、體育館、商場、醫院建築物密集區域的室外空間，在覆蓋區域中提供更大的網路傳輸容量，相比起一般基地台，小型基地台可由企業用戶或電信業者以低廉的成本加以部署 。因應此一特性，FCC 也將 PAL 執照依人口普查區域進行畫分，而非一般固定大小的地理區域，因為普查區結合人口密度與行政區界，故 FCC 認為人口普查區域的畫分可讓有意申請 PAL 執照的業者選擇特定需加強網路傳輸涵蓋的區域，而可避免不必要的範圍申請。

PAL 執照效期僅有 3 年，並得延長 1 次，也因此許多業者認為執照效期過短將影響業者的參進意願，並對於設備投資能否回收有所顧慮，因為執照效期短，業者可能不願意進行大規模投資。FCC 認為，參酌 TVWS 係基於免執照頻譜共享的經驗，在美國各地仍有非常多的業者投資在網路布建及設備發展上。實際上由 CBRS 的三層級架構規劃可以得知，PAL 執照是在 GAA 免執照的基礎上作為額外的誘因，吸引更多的業者參與 3.5GHz 之共享，也針對頻譜品質保障要求較高的業者，提供一個以競標為基礎的方式取得 PAL 執照。同時，由於 GAA 擁有保留可用的頻段，即使 PAL 執照屆期，未取得執照的業者仍可以 GAA 的身份繼續使用頻譜，已投資的設備並不會陷入無法使用的情況。此外，由於 3.5GHz 的頻譜特性，業者布建設備將以小型基地台為主，投資成本相較於一般基地台布建相對較低，若 CBRS 服務確實為業者帶來相當益處，業者也有更大的誘因繼續參與更新一輪的 PAL 執照拍賣。

最後，FCC 希望能鼓勵業者在短效期執照制度下，發展新的商業模式，例如共享分布式天線系統（Distributed Antenna Systems，DAS）可能也適用於 3.5GHz 頻段的小型基地台網路，或是其他網路設備共享的商業模式，促進此類型網路基礎設施的投資。而願意競標取得 PAL 執照的業者，亦可反映出業者利用 3.5GHz 頻譜提供無線服務之意願。

3. 依許可使用（GAA）

CBRS 的 GAA 使用者將透過「依規則許可（License-by-Rule）」的方式取得頻譜使用權。所謂的依規則許可，是一種管制程度介於執照許可及免執照規範之間，以免執照為基礎，額外設定使用規範與許可授權的制度，在 CBRS 中將透過頻譜接取系統（Spectrum Access System，SAS）執行使用者授權許可與頻譜分配管理的任務。FCC 認為在 CBRS 多層級架構下，透過許可制進行管理，可有效降低干擾既有服務的可能性；其次，依規則許可制能夠讓該頻段之使用授權具有一致性，避免涉及 FCC 其他行政規範，尤其在 FCC 免執照頻譜行政規範類型眾多，若僅以免執照規範，可能面臨與其他規範衝突。

4. 以環境感測能力增加頻譜可用性

3.5GHz 頻段的共享概念係由 NTIA 所提出，而 NTIA 本身即負責美國聯邦公部門的頻譜使用管理，因此前述 NTIA 針對短期間可用於無線寬頻之無線頻譜所做之調查報告中，詳細的分析了該頻段的既有使用者的分布狀況，包含軍方使用的機載、艦載、地面雷達的干擾分析與禁制區（Exclusion Zones）的畫定，也針對基地台與行動終端設備在 3.5GHz 頻段中運作進行訊號與功率的分析，故初期估計約需畫設由海岸線向內陸延伸約 50～60 公里之禁制區，而後經 FCC、NTIA 與國防部合作分析後，將範圍縮小至約 3 公里範圍。FCC 並規劃後續第二階段將藉由環境感測能力（Environmental Sensing Capability，ESC）的部署，能夠進

一步縮小禁制區，轉換為保護區，在設備的功率使用上將更有彈性，也能夠獲得較大的頻譜可用性[2-9]。

5. CBRS 頻譜規劃

CBRS 在 FCC 所規劃的許可架構中，區分既有使用者（Incumbent Access，IA）、優先接取（Priority Access License，PAL）及一般許可接取（General Authorized Access，GAA）三種層級。依據美國聯邦行政規則 47 C.F.R. §96.11 規定，CBRS 整體運作頻段為 3550～3700MHz，除了既有使用者受到防止干擾的保護、可使用全部的頻段，其他層級的使用者則受到不同的限制；其中，PAL 可使用 3550～3650MHz 頻段；GAA 優先權低於 PAL，在 PAL 存在時，不能干擾 PAL，但倘若 GAA 的使用區域中不存在任何 PAL，則 GAA 可使用 3550～3700MHz 全部的頻段。如下表 12 所示：

表 23　CBRS 3.5GHz 頻段規劃

3550～3650MHz	3650～3700MHz
既有使用者（IA） 如地面衛星站及軍用雷達。	
優先接取執照（PAL）一個區域最多發出 7 張 10MHz 執照	保留給依據 47 C.F.R.§90.1338 登記的無線寬頻許可（Wireless Broadband Licensees）
一般許可接取（GAA） 以免執照為基礎之依規則使用（License-by-Rule）	

資料來源：FCC，TTC 整理，2016 年 7 月

在 FCC 的規劃中，除既有使用者提供服務的區域外，優先接取執照（PAL）將可使用 3550～3650MHz 頻段共計 100MHz 頻譜資源，FCC 規劃對優先接取執照最多釋出 7 張執照，每一張執照使用頻寬為 10MHz，故 PAL 總使用頻寬上限為 70MHz。至於 GAA 則可使用整個 3550～3700MHz 頻段共計 150MHz 頻譜資源，原因為 FCC 認為採比例方式釋照可能增加額外的不確定性，以 150MHz 總頻寬釋出較能達到接取機會、維持連線穩定性和可預測性[2-10]。FCC 認為

採用三層式執照架構而非傳統執照排他性制度的方式對3.5GHz頻段釋照,將更具備技術彈性,得以促進投資與創新。

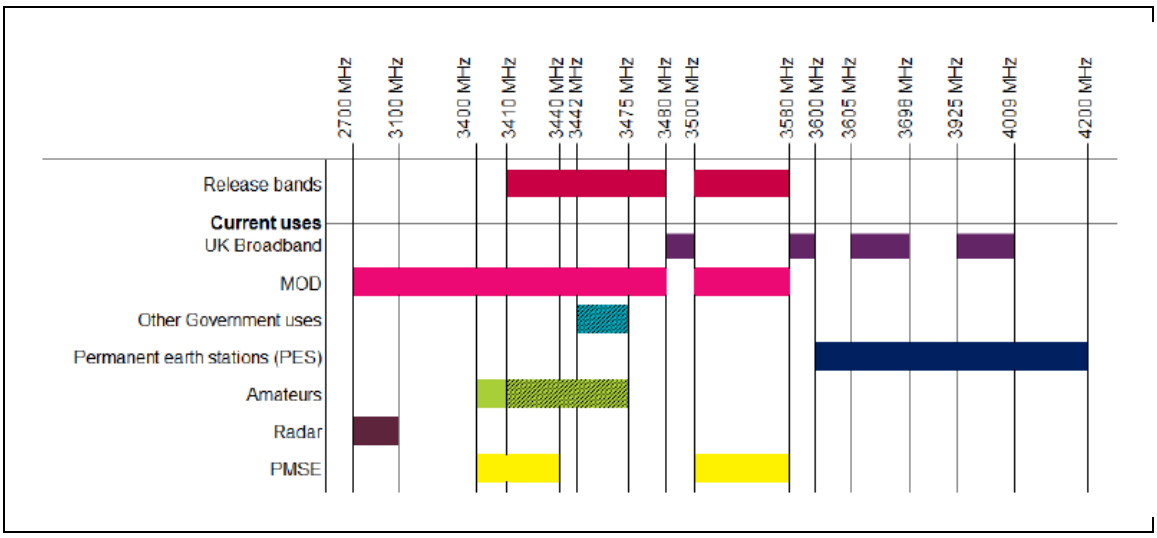
在國際針對 3.5GHz 的相關規劃與發展上，應置於 3.4～3.8GHz 的討論範疇中，其中 ITU WRC-15 已決議 3.4～3.6GHz 將做為全球行動通訊頻段（IMT）；而 3GPP 亦已將 3.4～3.8GHz 納入 LTE 頻段規劃中，分別為在 FDD LTE Band 22(上行：3410～3490MHz、下行：3510～3590MHz)，以及 TDD LTE Band 42（3.4～3.6GHz）、Band 43（3.6～3.8GHz），目前約有 17 個商用網路、以 TDD 為主，未來在終端裝置與網路服務亦逐漸增加。

(三)3.4～3.6GHz 頻段其他國家之發展現狀補充

3.4～3.6GHz 經過 WRC-07 與 WRC-15 會議決議，正式將 3.4～3.6GHz 規劃為全球一致 IMT 業務頻段，未來各國亦將視該頻段既有之衛星業者移頻的狀況再加以規劃。英國、美國、日本及中國大陸均積極展開如何克服衛星干擾問題之研究。美國規劃以 CBRS 共享機制利用此頻段已如前述，接下來將補充介紹英國及室內用途之發展狀況。

1. 英國規劃拍賣釋出

英國於 2015 年 10 月進行 2.3GHz 與 3.4GHz 的頻譜拍賣的機制設計，包含：競標規範與底價等，目前因為英國電信業者合併的議題而有所延遲，但未來應會將 3.4GHz 部分拍賣釋出作為行動通訊用途。



資料來源：Ofcom，2014 年 11 月

圖 28　英國 3.4GHz 規劃釋出頻段與既有使用狀況

英國政府自 2014 年 11 月透過政府公部門頻譜釋出（Government’s Public Sector Spectrum Release，PSSR）計畫，由國防部釋出 2.3GHz 與 3.4GHz 頻段供行動寬頻使用，並由 Ofcom 著手設計拍賣機制與進行該頻段的技術條件研析，該頻段採 TD-LTE 規劃。

在 3.4GHz 部分，既有使用者包含軍方（MOD）、PMSE、英國寬頻公司（UK Broadband）與部分政府部門用途（如上圖）。Ofcom 規劃釋出 3410～3480MHz 與 3500～3580MHz 共 150MHz 頻寬，執照範圍涵蓋英國全境。其中，英國寬頻公司所使用之頻段（3480～3500MHz 與 3580～3600MHz）可選擇是否參與此次拍賣，以擴展可用連續頻寬（3410～3600MHz，共 190MHz）。Ofcom 表示，英國寬頻公司若參與拍賣，將保障分配其原有之 40MHz 頻寬，並給予 6 個月移頻時間，以保障其營運。

在拍賣設計上，Ofcom 依據歐盟電子通訊委員會（ECC）之建議，在 3.4GHz 部分規劃以 5MHz 區塊釋出，以保持頻段的最大潛在可用性。該頻段與民用海事雷達、航空雷達相鄰，必須加以協調，且需與既有衛星服務和諧共用。此外，與軍方既有系統的共存問題也仍須加以確認。

在執照設計方面，該頻段釋出無期限執照，但有初始期限為 20 年；3.4GHz 執照範圍涵蓋英國全部領土，但不含領海與內部毗鄰水域；3.4GHz 頻段將許可依據行動頻譜交易規則進行頻譜交易；在可能的用途部分，該頻段可作為行動寬頻的補充頻段或小型基地台的骨幹迴路（Backhaul），在前章節亦已說明 3.4～3.6GHz 頻段已經 3GPP 納入規劃為 TDD Band 42，釋出後可即為電信業者使用。

為處理該頻段釋出後，得標者與既有使用者間的干擾問題，Ofcom 持續發布相關諮詢文件，計畫以功率限制、與既有電台之距離、迴避特定地理區域等方式規範。並於 2015 年起，停止許可 PMSE 等使用狀況較為不穩定之用途，並遷移可能的使用者至 3400～3410MHz 頻段，使預計釋出之頻段具有更高可用性。

Ofcom 也特別提出 3.4GHz 頻段並不考慮以歐盟 LSA 機制釋出，主要原因在於 LSA 機制尚未成熟，但 Ofcom 亦不排除未來依據市場變化而有相對應的規劃。

2. 3.4～3.6GHz 室內用途技術發展

如前所述，3.4-3.6GHz 在多國已有既有使用者存在，但多數屬於衛星通訊或是固定無線通訊，以 LTE 技術提供的服務網路尚為少數。而在室內通訊的發展上，於 2012 年 9 月時，3GPP 啟動 LTE Release 12 的標準化制定工作，其中包含採取小型基地台滿足熱點與室內覆蓋需求之技術標準 LTE Hi（LTE Hotspot/Indoor）以強化室內數據通訊表現為主。LTE Hi 的標準制定有幾個方向重點，首先是具備高傳輸速率，提供不低於 Wi-Fi 的傳輸頻寬；其次是 LTE Hi 應符合低功率與低製造成本的布網需求；最後是 LTE Hi 應能接入核心網路，並實現獨立建網與網路管理等功能。

LTE Hi 發展受到中國大陸多數以 TD-LTE 營運網路的業者重視，由於 TD-LTE 使用頻譜普遍落於中高頻段，因此在相同條件下 TD-LTE 的室內網路覆蓋能力較 FD-LTE

為弱，目前國際偏向以 3.5GHz 作為 LTE Hi 室內覆蓋的主要頻段。目前已有電信營運商、基地台設備商等積極試行驗證與參與標準研擬，如：中國大陸的中國移動、日本的 NTT DoCoMo 均已開始試行 LTE-Hi，設備商如華為亦有投入 LTE-Hi 之技術研究。目前由於 LTE-Hi 技術尚未完成，多數有興趣之業者也僅在進行測試，尤其以中國大陸的測試推動最為積極，後續仍須首先觀察 3.4～3.6GHz 頻段之使用狀況，因目前既有服務仍為多數，LTE 網路之布建較少；同時，短期內因高低頻譜的釋出，頻譜資源尚稱充足，各電信業者並無立即的頻譜需求。其次，LTE-Hi 仰賴 Small Cell 普及，業者若並無太大布建室內的需求，則技術發展進入商用化階段就較緩慢。

3. 我國專家意見及相關建議

3.4～3.6GHz 頻段之發展，美國與英國之規劃完全不同，美國以 CBRS 頻譜共享機制釋出 3.5GHz，而英國則是規劃以拍賣執照釋出 3.4～3.6GHz。我國在該頻段上主要為衛星專用電信使用中，短期內亦無法完成清頻。故針對 3.4～3.6GHz 頻段之規劃，除收集國際發展趨勢外，本研究亦於 2016 年 6 月 29 日舉辦，頻譜共享機制規範發展研析專家座談會，就 3.4～3.6GHz 之可能使用情境與規劃，邀集產業專家與學者提供意見。與會專家建議歸納如下：

- 以共享機制釋出 3.4～3.6GHz 頻段，意見較為保留。
- 與會業界專家指出，3.4～3.6GHz 頻段為衛星所使用，由於衛星訊號對地投射後訊號減弱，倘若在接收站附近相同頻率有其他用途，則可能造成干擾。而衛星訊號之投射也可能因區域範圍大，使頻段的共享可用性受到影響。
- 規劃 3.4～3.6GHz 頻段為室內用途。

  3.4～3.6GHz 為衛星使用，共享使用在室外受到干擾或造成干擾的可能性大；因此，若限制於室內用途，

則可因建築物遮蔽而有較佳之可用性，但仍須距離衛星地面站有一定距離。

- 規劃 3.4～3.6GHz 為技術研發或創新實驗頻段。

  由於我國目前商用頻譜使出的頻寬尚稱充足，3.4～3.6GHz 在國外亦有規劃用於發展 5G 技術；同時由於該頻段之既有使用者短期無法清頻，作為商用頻段拍賣釋出之可能性較低；因此，可透過動態或靜態共享機制，將該頻段規劃為技術研發及創新實驗頻段，促進未來 5G 新技術研發。

- 頻段釋出前，應先經完整干擾與頻譜使用、可用性評估。

  在以上室內或實驗研發用途之建議以外，多數與會專家皆認為該頻段在進一步規劃利用之前，應進行完整的干擾與可用性評估，以確認既有使用者的狀態與頻譜可用性，方能進一步規劃是否能於特定場域使用，或是開放室內通訊用途。

若將 3.4～3.6GHz 頻段開放做為室內通訊使用，考量該頻段有保障既有使用者之需求，不宜免執照開放，共享使用者資格仍限於電信業者，故需修訂行動寬頻業務管理規則，許可電信業者使用該頻段，並將使用條件、不得干擾既有使用者等原則加以修訂。

在設備管理部分，室內型基站仍屬電信設備，故須修訂行動寬頻基地台審驗技術規範，增加 3.4～3.6GHz 頻段，並修訂完整的技術規範與開放頻率範圍。

(四)歐盟許可共享接取（LSA）

1. 背景

歐盟於 2012 年 9 月發布促進無線頻譜資源共享（Promoting the Shared Use of Radio Spectrum Resources in the EU）通訊文件[2-11]，並於 Promoting the Shared Use of Europe's Radio Spectrum[2-12]文件提到無線頻譜共享技術的

重要性、創新發展的誘因及明確的法律規範需求，其中可觀察到歐盟對於頻譜共享之機制設計重點，在於提供經濟上的誘因與明確的規範，在共享頻譜的接取上，授予一個保證的使用權（Guaranteed Rights of Use），作為管制機關的規範基礎。而後由歐盟 RSPG（Radio Spectrum Policy Group，無線電頻譜政策小組）於 2011 年 11 月的 Report on Collective Use of Spectrum(CUS)and Other Spectrum Sharing APProaches[2-13]中發展成為許可共享接取（Licensed Shared Access，LSA）機制，而後 RSPG 於 2013 年 11 月發布 RSPG Opinion in Licensed Shared Access[2-14]，進一步奠定 LSA 的基礎。

由前述歷程可知，歐盟 LSA 機制的背景，主要在於利用頻譜的共享機會，以因應行動寬頻的需求，尤其某些頻段在部分會員國的既有用途，在短期之內不易重整釋出。例如：2.3GHz 頻段在歐盟各國的利用狀況便有不少差異。而頻譜的共享機會主要係因頻譜的使用具有時間或空間上的閒置狀況，例如部分用途在固定地理區域，因此其他區域便可使用相同頻段；或者，部分用途係事先安排於特定時間地點，因此只要有適當的管理工具，便可妥利用閒置的時間或地點。

2. 頻譜共享機會之分析

歐盟各國在 2.3GHz 的使用情況均有所不同，因此並非所有國家均能使用全部的 2.3GHz 頻段，考量到部分國家長期政策係保障既有服務，倘若部分國家準備利用 2.3GHz 於行動/固網通訊網路（Mobile/Fixed Communications Network，MFCN），需要協調統一的頻譜管理規範，包含頻譜區塊規劃以及技術標準規範，因應部分歐盟會員國於 2.3GHz 頻段希望兼顧保留既有服務、與同時提供 MFCN 服務之需求。故若歐盟會員國希望能在 2.3GHz 頻段同時保護既有服務以及提供 MFCN，可執行 LSA 機制，建立自身的頻譜共享架構。

在考量建立頻譜共享架構時，必須先考量可能的頻譜共享機會，根據既有使用者的頻譜使用模式，共享機會可能來自於以下三種情境：

- 靜態共享（Static Sharing）：既有使用者僅在特殊地域使用特定頻段，與時域無關。例如軍事、航空雷達畫分「禁止/保護區（Exclusion/Protection Zone）」；或者依功率限制行動業者僅能在室內環境接取使用。
- 半靜態共享（Semi-Static Sharing）：既有使用者在可預先定義的時域，或特定地域條件下，使用特定頻段。例如：運動賽事、棚內節目製播等場所之無線攝影、麥克風等設備接取使用。
- 動態共享（Dynamic Sharing）：來自既有者的保護請求是無法預測的，既有使用者可動態決定在特定時域，或特定地域條件下使用特定頻段。例如戶外新聞採訪現場之無線麥克風、無線視頻鏈路接取使用。

在上述情境之下，LSA 機制必須能兼顧提供 MFCN 額外可用頻譜、並保護 2.3GHz 頻段既有服務之目的。歐盟 ECC 針對各式既有服務與 MFCN 設備共存之技術條件進行許多測試，ECC 則建議實施 LSA 的會員國主管機關進行全國性的研究（如：確定一個合適的傳輸模式模型，設置相應的國情的技術特性），以獲得更有效的共享。

3. LSA 頻譜共享架構

2.3GHz 的既有服務多數具有限定時間或地點的特性，可透過如地理資料庫的方式，在分時、分地或分頻的基礎上進行頻譜共享。對此，歐盟電子通訊委員會（Electronic Communications Committee，ECC）在 2014 年 2 月的 ECC Report 205[2-15]，針對 LSA 整體架構提出相應的規劃建議。

LSA 頻譜共享機制亦以地理資料庫系統作為頻譜管理的核心，主要由 LSA 頻譜庫（LSA Repository）和 LSA 控制器（LSA Controller）兩個重要角色所構成。其中，LSA

頻譜庫主要提供依據既有使用者頻譜使用情形而得之的頻譜可用性資訊、共享使用者的許可狀況以及主管機關可能的政策指示；LSA 控制器則依據共享架構，控制共享使用者自 LSA 頻譜庫取得特定頻譜使用許可條件，再依其可用性調整行動網路的頻段配置。從另一個層面來說，兩者之間的區分實益在於，提供頻譜共享的既有使用者，可能是較為敏感的公部門，如：軍方、科學研究等，這些使用者的資訊可能屬於機密或敏感事由，此時 LSA 頻譜庫與 LSA 控制器兩者之間角色相互獨立，可形成一道資訊防火牆，避免機密敏感資訊洩漏。

4. 授予共享使用者獨立使用許可

在規範授權許可部分，依據歐盟電子通訊管制之架構指令（Framework Directive）Art. 9 § 1 之規範，無線頻率之分配，需依據客觀、透明、無差別待遇與適當的標準。歐盟會員國在實施LSA前,必須制訂相應的頻譜共享規範，根據既有使用者的頻譜使用模式，訂定合適的共享架構及相關許可規則。共享使用者需遵循執照規則，自監理機關取得 LSA 頻譜許可後，在確保既有使用者不受有害干擾的使用條件下共享頻譜資源。

針對許可的性質，ECC Report 205 中也提及，依據歐盟電子通訊管制之許可指令（Authorisation Directive）Art. 5 § 1，所謂的許可，係指一般許可（General Authorisations）或獨立使用權（Individual Rights of Use），ECC 建議採取獨立使用權之許可。依據 RSPG 之意見，LSA 之許可並非新的頻譜執照類型，而是在特定頻段上引進共享使用者，促進頻譜的使用效率。LSA 機制重視既有使用者的保護，並期待共享使用者的服務品質是可預測的，因此不規劃免執照使用，而以有限制數量的個別許可為基礎，依據 ECC 的建議，LSA 的每個使用者都需要一個獨立的（但不一定是唯一的）的許可。

也因此，LSA 機制與頻譜次級使用（Secondary Service）不同，LSA 機制係在既有使用者不使用頻譜時，給予共享使用者利用頻譜的機會，既有使用者要求使用權時，共享使用者便需退出；次級使用則是頻譜使用權優先授予主要使用者，在主要使用者完全未使用的區域，才分配給次級使用者，主要用途申請新的執照時，將先收回次級用途的執照，主/次使用者相互不重疊。不干擾此種規劃的另一個目的也在於提供參與誘因給潛在的共享者，透過明確的管制措施、穩定的頻譜可用性，保障共享者的投資，提升參進意願。

5. LSA 頻譜規劃

2.3GHz 在歐盟主要有四種既有服務，分別是遙測（包括地面和航空遙測）、政府部門使用，例如：無人機系統（UAS）、節目製作和特殊事件（PMSE）的應用（廣播/節目輔助服務 SAP/SAB）、以次要服務提供業餘無線電使用。歐盟各國對於 2.3GHz 頻段業務既有的使用狀況非常複雜，例如愛爾蘭、瑞典、丹麥等國家規劃將該頻段全數規劃為行動通訊服務；而英國則已騰讓 2350～2390MHz 之 40MHz 頻寬準備釋出為行動寬頻服務；其餘歐洲國家則由於分配給既有之國防和航空遙測等公部門用途、無線視訊鏈路和無線麥克風等 PMSE（Program Making and Special Events）商業用途，故無法以商業執照釋出。歐盟認為 2.3GHz 頻段若能基於統一的頻率配置，將最大限度提升消費者與整體社會利益，並有利於電信業者提升數據傳輸率的成本，降低生產設備的開發和基礎設施布建成本。

而國際電信聯盟（International Telecommunication Union，ITU）則早於 2007 年世界無線電通訊會議（World Radiocommunication Conference 2007，WRC-07）即決議將 2.3GHz（2300～2400MHz）頻段規劃為國際行動通訊（International Mobile Telecommunications，IMT）頻段。

3GPP 則分別納入規劃為 FDD LTE Band 30（上行：2305～2315MHz、下行：2350～2360MHz）、以及 TDD LTE Band 40（2.3～2.4GHz），目前約有 29 個商用網路，以 TDD LTE 為主。

(五)英國 3.8～4.2GHz 創新機會頻段

伴隨著 Ofcom 發布有關[2-16]頻譜共享架構的聲明，Ofcom 也以此共享架構為基礎，後續展開 3.8～4.2GHz 作為頻譜共享候選頻段、促進頻譜創新應用之諮詢。Ofcom 將透過頻譜共享架構以評估 3.8～4.2GHz 頻段進行頻譜共享所具備的優勢、阻礙與潛在的利益，並諮詢利益相關者。

依據頻譜共享架構，Ofcom 在諮詢文件提出 3.8～4.2GHz 的可用機會，該頻段目前的既有使用者為固定衛星服務（Fixed Satellite Services）、固定連接（Fixed Links）與英國寬頻公司（UK Broadband）的行動/無線寬頻接取服務，共有 3 種不同性質的通訊技術。Ofcom 考量該頻段的共享機會分別由地理區域、頻譜可用性等因素，歸納出 5 個原因，以分析出共享潛在機會：

- 固定衛星與固定無線連接的既有使用者集中在特定、不連續的地理區；英國寬頻則是擁有 3925～4009MHz 的全區頻譜使用許可。
- 固定無線與固定衛星業務的頻譜需求穩定。
- 該頻段內，特定頻道/頻率被使用在特定地點。
- 因為該頻段同時存在 3 種通訊技術和諧共用，Ofcom 掌握詳細的布建資訊。
- 此一頻段尚未有歐盟統一使用的規劃。

就頻率使用區域、頻率功率等因素進行分析，Ofcom 認為此一頻段有很好的共享潛力。在提出頻譜共享機會後，Ofcom 希望藉由諮詢的發布，瞭解該頻段進行共享時將會面臨的障礙。

而在執照規劃與共享機制設計上，Ofcom 初步提出將考量以地理區域許可、頻譜機會接取的方式，設計不同型態的執照條件。

- 地理區域許可：較為靜態的共享模式，以一定數量的頻譜與特定的技術規範，依據地理區域在同一頻段上釋出複數頻譜使用執照。
- 頻譜機會接取：透過頻譜地理位置資料庫的方式，以類似 TVWS 機制的方式進行頻譜動態共享，以確定頻率可用性，並保護既有使用者不受到有害干擾；機會接取也可能採取免執照的方式進行管理，以促進市場規模擴大。

在整體共享機制上，Ofcom 則設計多層級共享概念，以同時容納既有使用者與不同類型的執照/免執照。目前共享概念分為 3 個層級，第 1 層為既有使用者，第 2 層為地理區域執照，第 3 層為機會接取或附加管理條件的免執照制，作為此一頻段的共享管理機制。

Ofcom 將透過諮詢瞭解何種共享模式以及哪些條件適合用在 3.8～4.2GHz 的共享模式上。針對 3.8～4.2GHz 的共享諮詢將於 2016 年 6 月 9 日截止，由於此為 Ofcom 首度運用頻譜共享架構進行具體頻段的共享評估及諮詢，後續發展值得關注。

四、我國頻譜共享機制發展議題

我國行動寬頻市場自 2014 年 4 月業者陸續開台提供服務以來，發展時程約歷時 2 年，截至目前為止已釋出約 600MHz 無線頻寬，短中期內頻譜供應相對充分，而在未來數年內仍持續規劃新頻段持續釋出；然長期觀察，已規劃之頻率陸續釋出後，我國未來長期頻譜供應亦為有限，1GHz 以下頻段所剩無幾。尋求額外頻譜供應亦將成為未來需面對之課題。故參酌歐美主要國家之發展，研擬頻譜共享機制，時機亦為恰當。

(一)SDL 技術需求頻段共享機會分析

依據本文前章節介紹，以 SDL 技術需求規劃之頻段，目前共有 Band 29、32、67、69 等 4 個頻段。以下分別與我國相關頻段狀況進行分析：

1. 700MHz 頻段的 Band 29（717～728MHz）與 Band 67（738～758MHz）：該頻段為我國於 2013 年底 4G 首波

釋照頻段之一，我國採 3GPP LTE Band 28（上行：703～748MHz、下行：758～803MHz）釋出，故該 SDL 頻段之規劃與我國行動寬頻業務相鄰且重疊，同時因 700MHz 具有相當優異之傳輸涵蓋力，主要作為行動寬頻訊號基礎覆蓋，目前已無法採 SDL 技術釋出。

2. 1.4GHz 頻段的 Band 32（L-Band，1452～1496MHz）：該頻段之規劃與 Band 11、Band 21 部分重疊，我國並未採用該頻段為行動寬頻業務。我國在 1.4GHz 頻段目前仍有既有專用電信使用中，目前亦已納入頻率供應計畫（1452～1492MHz），作為行動寬頻業務之候選頻段。在我國該頻段不足以規劃為完整的 FDD Band 11 與 Band 21，相對若採用 Band 32 規劃，則因 Band 32 為 SDL 補充頻段，業者無法單獨使用，相對價值較低。
3. 故首先，必須調查專用電信之使用狀況，評估是否能與既有電台協商移頻；其次，由於該頻段相對價值較低，尚須估計頻譜重整之時間、成本與未來釋出獲益，因此可考量以共享機制釋出該頻段，提供行動寬頻業務補充頻段之用。
4. 2.6GHz 頻段的 Band 69（2570～2665MHz）：2.6GHz 主要在於強化網路傳輸頻寬，我國規劃為 FDD Band 7（上行：2500～2570MHz、下行：2620～2690MHz）與 TDD Band 38（2570～2620MHz），並於 2015 年 11 月拍賣釋出。該 2.6GHz 之 SDL 頻段完全與我國規劃重疊，且我國在 2.6GHz 所提供之可用頻寬相當完整，無須考量 SDL 之規劃。
5. 5GHz 免執照頻段：3GPP 各規劃為 FDD Band 252（NII-1，5150～5250MHz）、Band 255（NII-3，5725～5850MHz）以及 TDD Band 46（5150～5925MHz）。在我國既有用途同樣為 Wi-Fi 頻段，且 LTE 技術限制不能僅以免執照頻段提供寬頻服務，由於為免執照頻段，故無釋出之問題，同時因 LTE-U/LAA 本即設計與 Wi-Fi 共存，也不另生頻

譜共享之需求。欲以 LAA 技術利用該頻段，為技術標準與設備審驗之問題。在我國亦同，須待國家通訊傳播委員會將相關技術規範修訂完成，即可提供使用。但目前仍須關注 LAA 技術規範之發展，與國外針對 LAA 與 Wi-Fi 和諧共用之測試與標準進度，我國可依據國際發展狀況跟進利用。

(二)各國於頻譜共享機制規劃之頻段分析

依據本文前章節針對各國發展頻譜共享機制時，所納入規劃之頻段，在 TVWS 部分，可概略歸納為 470～790MHz，歐盟 LSA 機制規劃 2.3GHz，美國 CBRS 則規劃為 3.5GHz（3550～3700MHz）。

1. 470～790MHz：在此一頻段中，其中 700MHz（694～790MHz）部分已分別經由 WRC-12、WRC-15 兩次會議決議，規劃為全球行動通訊（IMT）頻段，而我國在完成無線電視數位轉換後，亦已將重整完成之 700MHz 採 3GPP LTE Band 28（上行：703～748MHz；下行：758～803MHz）釋出為行動寬頻業務，與國際趨勢一致，商用網路與終端設備支援都非常豐富。
2. 另一區塊為 500～700MHz（470～698MHz），由於該頻段並未經 ITU 協調一致，僅第 2、3 區（我國為第 3 區）部分規劃為 IMT 頻段，故 3GPP 尚未針對此頻段有任何規劃。我國在此一區塊的狀況，目前 530～608MHz 部分規劃為無線數位電視服務，部分則保留尚未釋出。由於我國無線數位電視採單頻網配置；因此，保留頻段的意義與美國、英國採複頻網配置有所不同，但仍保留導入 TVWS 之可能性。
3. 而 608～698MHz 的部分則無規劃，但其上仍有既設電台使用中。目前計畫在限制範圍區域內可供作實驗用途。由於 3GPP 並無規劃，建議可作為促進新興無線服務發展之用。

4. 2.3GHz：ITU 早於 WRC-07 已決議將 2.3GHz 規劃為 IMT 頻段，3GPP 分別納入規劃為 FDD LTE Band 30（上行：2305～2315MHz、下行：2350～2360MHz）、以及 TDD LTE Band 40（2.3～2.4GHz）。我國與英國發展類似，已規劃將 2355～2390MHz 部分以 TDD Band 40 釋出為行動寬頻業務。而 2300～2350MHz 則仍存在專用電信，短期內該頻段應無法，如：歐盟規劃以共享機制釋出。但我國亦正計畫將 2300～2350MHz 頻段提供限制區域範圍之實驗用途。
5. 3.4～3.8GHz：ITU 於 WRC-15 決議將 3.4～3.6GHz 規劃為 IMT 頻段；而 3GPP 則將 3.4～3.8GHz 分別規劃為 FDD LTE Band 22（上行：3410～3490MHz、下行 3510～3590MHz），以及 TDD LTE Band 42（3.4～3.6GHz）、Band 43（3.6～3.8GHz）。我國則將 3.4～3.6GHz 規劃為行動寬頻候選頻段；3.6～3.8GHz 則尚無規劃。整體而言，3.4～3.8GHz 頻段在我國仍為專用電信使用，且以衛星通訊為主，短期內可能不易清頻與重整，故建議可調查既有專用電信之使用狀況，研析是否具有頻譜共享之機會，以決定是否可以共享釋出，或先行規劃做為室內用途以及實驗頻譜之用。

五、我國開放頻段共享之法制分析

(一)國際頻譜共享法制歸納

1. 電視頻段共享（TVWS）

美國規劃 TVWS 頻譜共享機制，法規授權來自於 1934 年通訊法（Communications Act of 1934）第 301、303、306 條之規範[2-17]，無線電頻率之使用需得到 FCC 許可；FCC 亦有責任與權力，針對干擾防止、無線電台位置、種類、營運資格、條件等制訂規範，並可考量公眾便利、公共利益與必要性前提，為新技術開發與實驗用途，規劃更有效率之頻譜使用。

在法規授權之下，FCC 制訂 TVWS 的使用規範於美國聯邦行政規則 47 C.F.R Part 15，以開放無線電設備（Radio Frequency Devices）規範之。其中電視頻段設備（Television Band Devices，TVBDs）共享之技術標準與規範為第 15.701～15.717 條閒置頻段設備（White Space Devices，WSDs），整體規範，包含：免執照原則、設備類型及功率限制、地理位置資料庫之要求及管理者之責任。

英國無線電頻率管制規範為 2006 年無線電信法 Wireless Telegraphy Act 2006，下稱 WT Act[2-18]，包含：頻譜使用規劃、執照管理、設備許可管理、干擾、禁止規範與相關罰則等。針對 TVWS 規範之授權則來自於 WT Act 第 8 條有關頻譜執照之授予與豁免，第 8 條（3）、（4）、（5）項授權 Ofcom 在考量無線電服務不會造成有害干擾之前提下，可制訂行政規則開放特定服務可以免執照之方式利用頻譜資源。

Ofcom 依據上述授權制訂 The Wireless Telegraphy（White SpaceDevices）（Exemption）Regulations 2015 行政規則，此一規範以 TVWS 設備為主，並未涉及地理位置資料庫及管理者之規範。推測原因在於 Ofcom 於 2015 年 12 月才正式開放 TVWS 服務，之前雖有許多業者展開商業測試，但仍尚未正式開放。目前 Ofcom 亦正測試與審查資料庫業者之資格與技術，未來可能以與業者簽訂行政契約的方式進行管理。

新加坡無線電頻率之管理規範主要依據電信法第 33～35 條，非經主管機關許可，不得使用、販售、安裝維護無線電通信設備。新加坡 TVWS 共享機制由 3 個環節構成，首先是頻譜共享之使用與管理，主管機關 IDA 依據法律制訂了豁免規則 Telecommunications（Exemption from Sections 33, 34（1）（b）and 35）（Amendment No. 2）Notification 2014，使 TVBDs 之設備可使用相對應之電視頻段；另外

TVBDs 必須經過一般設備登記（General Equipment Registration，GER）計畫審驗通過並登記。第 2 個環節是針對地理位置資料庫管理者，IDA 決定資料庫管理者必須依據新加坡電信法申請以服務為基礎之業者許可（Services-Based Operator，SBO）。最後是頻譜共享管理架構，IDA 在 2014 年 11 月發布了管制架構，具體規定頻譜使用條件、頻段規劃、禁止有害干擾等，正式開放 TVWS 之使用。

2. 美國 CBRS

美國 CBRS 係採用 3 層級頻譜共享架構、建立於 3.5GHz、採用頻譜接取系統（SAS）作為共享管理核心、並能與後續計畫廣泛布建的環境感知能力（ESC）進行整合，以縮小頻譜共享禁制區的範圍，加強頻譜共享可用性。CBRS 的授權法源為美國 1934 年通訊法第 307 條、309 條，分別為授權 FCC 建立頻譜使用執照之規範，FCC 並依此制訂 47 C.F.R Part 96 以下之公民無線寬頻服務（CBRS）行政規則，歸類於美國聯邦行政規則 Title 47 電信規則(Telecommunications）下之安全與特殊無線電服務（Safety and Secial Radio Services）。

相較於電視頻段共享被歸類為低功率設備，CBRS 在美國屬於新類別的無線寬頻服務。其共享使用者有 2 個類型，分別為優先接取執照（PAL）與一般接取許可（GAA）。PAL 將與一般商業執照相同，採競標拍賣釋出；而 GAA 之一般許可雖無須如商業執照以競拍程序取得，但與免執照有別，須依 CBRS 之行政規則向 FCC 申請許可（License-by-Rules），依據 FCC 之規劃，這一項許可之申請與通過，將透過 SAS 系統進行處理。

3. 歐盟 LSA

歐盟由於其地位之特殊性，故法制規範與其他國家不同，其主要權源來自於歐盟執委會，有關無線電頻率技術標準及管理規範，則由歐洲郵電管理會議（Conference of European Postal and Telecommunications Administration，CEPT）下屬之歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute，ETSI）負責。ETSI 依據歐盟執委會 2012 年針對可重構無線電系統（Reconfigurable Radio System，RRS）之標準化授權（EC M/512）的要求，進行 LSA 頻譜共享機制的標準化研究。CEPT 則就頻譜監管變革等議題進行研析，以利相關系統早日進入市場實現商業化應用。

使用及管理規範部分，則由電子通訊委員會（Electronic Communications Committee，ECC）提出建議。監理機關可根據既有使用者的頻譜使用模式，訂定合適的共享框架及釋照相關規則。共享使用者需遵循執照規則，自監理機關取得 LSA 頻譜執照後，在確保既有使用者不受有害干擾的使用條件下共享頻譜資源。

LSA 頻譜共享機制之核心為 LSA Repository 和 LSA Controller 兩個角色。LSA Repository 面對既有使用者，收集既有使用者頻譜使用情形、功率與位置之共享頻譜資訊，並可配合主管機關之政策指示；共享使用者利用 LSA Controller 自 LSA Repository 取得頻譜使用許可條件，再依其可用性調整行動接取網路的頻段配置；在服務許可部分，LSA 之管理應以授予獨立使用權之方式為之。整體而言，歐盟為歐洲會員國組成，其本身並無制訂統一的頻譜管制規範，ETSI 負責標準制訂、ECC 負責政策規範建議，目前尚無歐盟會員國落實前述要求，制訂本國之共享架構規範。

4. 國際法制小結

在頻譜利用之法制規範上，由於美國、歐盟及英國等國家將頻譜資源以獨立使用權釋出；因此，能夠以頻譜為

管理核心制訂行政規則加以開放。本研究歸納各式頻譜共享機制，依據其頻譜規劃與法規授權，大致可分為免執照與需執照兩類。TVWS 之頻譜使用為免執照，其使用管理屬於設備管理，性質相似於我國低功率設頻器材管理，美國、英國及新加坡之電信法規，均有相對之法源依據，且均已行政規則形式發布頻譜共享使用辦法。歐盟 LSA 尚未被歐盟會員國加以落實，但由 ECC 之建議文件可知，歐盟之電子通訊管制指令之足以作為許可基礎，歐盟會員國依據 ECC 之建議原則制訂共享架構規範，便可開放 LSA 機制。美國 CBRS 則依據電信法之授權，被視為新型態的無線寬頻服務，換言之，CBRS 是一個新的寬頻業務，擁有完整的執照規範、頻譜範圍與技術規範等。

(二)我國法制

1. 既有電信法架構情境

目前我國對於頻譜之規範，係以電信法為母法，頻譜管理制度為業務執照與頻譜結合，在現行法下，頻譜釋出之主要制度為審議制及拍賣制，但法規仍允許免執照使用。主管機關針對前述之業務執照，制訂並公布管理規則進行管制，如：行動寬頻服務之行動寬頻業務管理規則。而針對免執照、低功率設備，則以低功率電波輻射性電機管理辦法（細部技術規範於「低功率射頻電機技術規範」）為主，對於頻率使用管理原則，則以電波監理業務管理辦法為主。

依電信法第 48 條第 1 項前段，以及電波監理業務管理規則第 8 條規定，目前我國頻率釋出之規範，除核發執照外，亦在不發生妨害性干擾之原則下，允許部份頻段作免執照使用。如：2.4GHz 及 5GHz 頻段為我國目前主要免執照頻段，供低功率無線區域網路（WLAN）使用。

依據低功率電波輻射性電機管理辦法，第 9 條第 1 項設置 2.4GHz 及 5GHz 頻段低功率無線區域網路（WLAN）

提供電信服務者，應依電信法第 14 條第 6 項所定，第 1 類電信事業管理規則，或同法第 17 條第 2 項所定，第 2 類電信事業管理規則之規定辦理。第 2 項非供經營電信服務之 2.4GHz 及 5GHz 頻段低功率無線區域網路，經審驗或型式認證合格者，得自行設置使用。由條文內容可知，無線電頻率涉及電信服務者，仍必須以電信事業之身分方能提供服務。

我國現行電信法並未明文規定業務執照與頻率執照究竟係屬合併發放或各自獨立分離，在實務上，主管機關制訂各項業務管理規則時，係依據電信法第 14 條規劃特定業務執照類型及相對之無線電頻率規劃，再以審議或拍賣等方式釋出業務執照，並核配經營該業務所需之頻譜。申請人或得標者於取得籌設同意書後，再向主管機關申請指配無線電頻率，故我國目前頻譜釋出已廣泛採用拍賣制。

惟受限於現行電信法架構與預算法規範，並非以頻率執照釋出，而係拍賣業務執照，如：第 3 代行動通訊業務（3G）、行動寬頻業務（4G）等，業者以拍賣取得業務執照後，再向主管機關申請頻率指配。

以行動寬頻業務為例，其執照為特許制，釋出執照張數依據釋出之頻譜數量及持有頻譜下限等規範而有限制，業務型態與經營條件均於管理規則中明定。如：行動寬頻業務管理規則中定義，行動寬頻系統為指經營者利用第 7 條所指配之頻率，並採用國際電信聯合會公布之行動通訊技術標準，以提供行動通信之行動台、基地台、高速基地台、交換設備、傳輸機線設備、網路管理設備及帳務管理設備等設備，所構成之通信系統；而行動寬頻業務則指經營者設置行動寬頻系統，提供寬頻行動通信服務之業務。

而由第 7 條第一項文字，特許執照得使用頻段及頻率內容可知，無線電頻率之使用為附屬於特許執照之條件，申請經營業務之業者於競價中勝出得標後，經過籌設、架

設許可等階段後可取得特許執照，身份則由得標者變為經營者。經營者有權使用特許執照中指配頻率，如果使用頻率遭受其他經核准之既設合法電台無線電頻率干擾時，則該經營者應與其設置者協調處理。

一般行動通訊業務執照期限大多以 15 年為基準，行動寬頻業務執照期限因主管機關之考量，2 次釋照之期限分別為 17 年(民國 102～119 年)及 18 年(民國 104～122 年)。執照期限屆滿後，依據行動寬頻業務管理規則內容，屆滿後執照失其效力，後續事宜由主管機關另訂之。

由上述可知，我國行動通信業務相關執照型態，目前仍以排他性專用執照為主要執照類別。監理機關開放業務經營時，主要係拍賣業務執照，而非拍賣無線電頻率。

整體而言，我國頻譜管理使用係附屬於業務執照條件，主管機關預先規劃各業務執照使用之特定頻段，將頻譜與業務執照一併核配予特定電信或廣電業者。而根據各業務的管理規則可知，頻譜的使用受業務限制，對於業務或頻率所採取之技術、頻帶、頻寬與基地台發射功率等事項，各項業務管理規則亦多設有嚴格規範。

2. 在新匯流法之情境下

依據國家通訊傳播委員會公開之匯流法架構草案，未來頻譜共享機制的主要法源，為電信基礎設施與資源管理法（下稱資源法），免執照頻段之指定與開放規定於第 17 條第 6 項，需執照頻譜之共享則規範於第 23 條。主管機關得依頻率使用特性，依職權或申請核配 2 以上使用者於不同時間或不同地點使用同一無線電頻率。

第 17 條與第 23 條均為授權性規範，依據條文內容觀之，僅有基礎的法源授權基礎，尚須制訂一套完整的管理規則。第 17 條第 6 項依據國際趨勢指定開放免執照頻段，較無問題。

第 23 條規範內容依文意解釋，頻率使用之時間與地點條件需經主管機關依職權或申請核配確認。依據立法理由，第 23 條之立法主要參酌歐盟 LSA 模式，由於頻率共享機制之主要精神在於共享需執照頻段，意即該頻率本即存在既有使用者，而該既有使用者應係依據資源法其他條文取得頻率使用執照（權）。

依據第 23 條內容規範之共享型態，屬於動態頻率分享機制，可用頻譜以及既有使用者均可能為動態，草案中並已規劃動態頻譜地理資料庫的建立，相較於既有之電信法，資源法已經制定頻譜共享所需之法源授權條款，未來國家通訊傳播委員會需再參酌國外頻譜共享機制規範，制定一套新管理規範，並著手建立頻譜地理資料庫，認證合格之第 3 方資料庫業者，便可逐漸開放頻譜共享機制。

(三)法規政策修訂建議

目前我國之頻譜規範模式，係以電信法為母法，除各種業務管理規則外，針對免執照頻段，係以設備管理之低功率射頻電機技術規範為主；頻率使用的基本原則，則以電波監理業務管理規則為主。需執照頻段之釋出廣泛採用拍賣制，惟受限於現行電信法架構與預算法規範，並非以頻率執照釋出，而係拍賣業務執照，如：第 3 代行動通訊業務（3G）、行動寬頻業務（4G）等。

1. 免執照頻段之法規修訂

在許可執照面，LAA 的技術發展可抒解業者對於頻譜之需求，目前我國並未針對 Wi-Fi 使用訂定業務管理規則，而係依照其低功率射頻之技術特性，透過低功率電波輻射性電機管理辦法，對設備採形式認證方式，無需主管機關指配頻率即可使用 2.4GHz 頻段及 5GHz 頻段。在電信法授權之下，針對業者以 LTE-U/LAA 技術、利用免執照頻段提供行動寬頻服務，分散網路流量，由於免執照頻段本即無須執照使用，因此在執照方面並無問題。

在技術規範面，Wi-Fi 運作於 2.4GHz 及 5GHz 頻段，須忍受其他醫科工應用之頻率干擾，本身且不得干擾合法通信。設備面則需使用經審驗或認證合格之射頻設備，無須經主管機關核發執照，即得由不特定人共同使用該頻段。故技術規範部分，應檢視低功率射頻電機技術規範，第 4.7 節無線資訊傳輸設備（Unlicensed National Information Infrastructure，UNII）之相關規範。依據已納入 3GPP 國際標準之 LAA 技術，修訂相關技術內容規範。

LAA 目前主要的爭議仍在於與 Wi-Fi 和諧共存及干擾處理，LAA 採用 LBT 機制已納入 3GPP 標準，但 LBT 對 Wi-Fi 之干擾仍須進行相關測試，未來低功率射頻電機之技術規範亦需將相應規範導入，以處理與既有 Wi-Fi 之和諧共用問題，相關規範需參酌國際技術標準之發展進行修訂。

最後，由於涉及使用免執照頻譜營利，針對頻譜費用或服務費用的管制亦應加以檢討。

2. 需執照頻段規範修訂需求

在需執照頻譜之利用，由於我國頻譜管制較為嚴格，故除商業釋出外，既有電信法並不允許頻譜共用、租賃及交易。我國既有電信法之管制係以業務為核心，頻譜之使用係附屬於相關業務，電信法對於頻譜利用之授權未臻明確，如：行動寬頻業務管理規則，係來自於電信法第 14 條授權；而電信法中與頻譜使用規劃相關之條文為第 48 條，由於我國並未視頻譜為獨立權利，若以電信法第 48 條作為授權法源恐有不足。故電信法需增訂更為明確之條文，授權主管機關制訂管理規則，方可開放需執照頻譜共享；相對而言，新匯流法已考量到頻譜共享機制之許可，故修訂有許可條款，法規授權足夠。

在法規授權完善之後，我國欲開放頻譜共享機制，尚必須新制定一套頻譜共享管理規則，針對開放的形式、執照、使用規範、干擾管理與既有使用者保護等層面進行規範，便能開放頻譜共享機制。

3. 建立共享機制管理規則

無論由既有電信法亦或是未來的匯流法，在頻譜共享機制的建立上，都將先於法規層級制訂授權條款，後續則需訂立管理規則以及技術規範，並經相當的測試使用，確認頻譜的使用條件、對既有使用者的保護、資料庫管理者的角色與管理政策、以及共享使用者的規範等，均需加以研析，因此本計畫針對相關規範需求層面，先行提出以下建議：

- 執照規劃

歸納主要國家之執照管制模式目的可知，採取免執照規劃的主要目的在於促進新興服務的發展與偏遠地區服務；相

對的，採取執照管制的目的，則係對既有使用者有較佳保護，並維持共享使用者一定程度的服務品質。而發展最早之共享電視頻段（TVWS）除均為免執照使用之外，在法律定位上，美國、英國與新加坡均歸類為類似低功率裝置規範，歸納原因在於 TVWS 主要利用電視頻段間之閒置區塊與電視訊號未涵蓋區域；因此，其既有使用者（無線電視台)之站點及頻譜使用狀況可預測性高，對設備之功率、型態進行規範便已足夠。

而歐盟 LSA 則考量既有使用者之保護與服務品質，故 ECC 建議採取授予獨立使用權（執照）之原則；因此，LSA 機制為既有使用者與共享使用者 2 層級，共享使用者需取得許可執照。美國 CBRS 則採取三層級架構，其共享使用者分為：優先執照（PAL）與一般許可接取（GAA）。PAL 雖具有優先權，但執照張數與可用頻段皆有限制，保留相當的頻譜資源供一般許可之 GAA 使用，可說是兼顧既有使用者保護與促進新興服務之目的。

考量我國本身條件與法規狀況，本研究建議採取執照管制原則。首先，由主要國家共享機制之發展歷程觀察，其實均由免執照原則走向不同程度之執照管理原則；其次，我國國土範圍較小，採取執照管理較能限制共享使用者之數量，可提升管理之效率；最後，執照門檻仍應盡可能降低，以促進新興服務之發展。

- 共享使用者資格

我國頻譜管制規範與美國、歐盟與新加坡等國家不同，我國之頻譜使用權並未設立為獨立的許可或權利，而係附屬於業務執照之下；因此，在實務上僅有低功率射頻電機規範屬於免業務執照之頻譜使用。主要國家對於電信業者之參進門檻相對較低，如：歐盟以登記制為主、美國除傳統電話業者需負擔共同載具（Common Carrier）之高度管制義務外，新興服務業者之管制程度相當低。在我國若欲以

共享頻段提供通訊服務，業者仍須申請成為第 1 類電信事業，可能難以吸引新業者投入。

另一個問題是共享使用者之規劃，美國 CBRS 多規劃了第 3 層級的一般許可，雖然提升了促進新興服務發展的可能性，但管制的複雜度也提升許多。因此整體而言，我國共享使用者之管理應僅參酌歐盟 LSA 之規劃，共享使用者給予平等地位即可，無須設計較為複雜之層級。

- 干擾管理

各國發展頻譜共享機制的最基本原則，均是不得造成既有使用者有害干擾；因此，在共享規範上，設計有畫定保護區、共享使用必須透過頻譜地理資料庫加以確認頻譜的可用性、必須及時退出與設備射頻功率限制等原則。然而，共享使用者仍有可能造成干擾；此時，便需要有及時處理的機制以確保既有使用者權益。目前僅有美國 CBRS 規範 SAS 資料庫業者負擔通報干擾的義務，故未來我國規劃共享機制時，亦應明訂干擾處理之責任，使既有使用者遭受干擾時，能及時排除侵害。

- 使用流程及資料庫管理

目前，頻譜共享機制的另一核心角色—地理位置資料庫之管理者，目前我國法規尚難以定位其屬性，美國、英國均並未特別限制其資格，但若欲成為資料庫管理者，則需通過主管機關測試合格。新加坡將資料庫管理者視為電信業者之一環，要求需取得電信事業之 SBO 執照，其性質類似我國第 2 類電信事業，若再考量管制程度需求，則可能需歸屬於第 2 類電信事業特殊業務，明訂其管理辦法。

頻譜共享機制之妥善運作，需具備足夠能力進行風險控制與辨識干擾來源，若既有使用者受到有害干擾，能盡快予以處理；同時機制之運作，亦必須遵守中立及無差別待遇

之原則，對於共享機制所仰賴之地理位置/頻譜管理資料庫之資料正確與安全性，亦必須能予以維持。

由於我國法規對於頻譜管制較為嚴格，頻譜之回收與指配均需經主管機關同意；然而，動態頻譜共享機制需求較高的專業人力與較具彈性之制度運作，我國主管機關之人力限制與運作彈性皆有不足之處，專業與彈性均恐難以應付頻譜共享機制運作所需。為維持頻譜共享機制之公平性，遵守無差別待遇原則，且兼顧制度運作所需之彈性，頻譜共享機制實宜由中立第 3 方建置與維運。此一中立第 3 方接受主管機關監督與政策指令，對外公平提供頻譜共享管理，對內具備維持資料庫安全與正確之專業，如此具有彈性之運作機制較能維持共享機制之妥善穩定。

- 設備規範

由於頻譜共享機制涉及既有使用者的保護，即使共享機制以頻譜地理資料庫進行管理，但仍有干擾既有使用者的情形；因此，在較為成熟的 TVWS 共享機制上，各國同時針對共享設備訂定詳細的技術規範，對於發射功率、天線高度、設備反應時間等均進行規範。當我國建立頻譜共享機制的同時，亦必須考量設備技術規範的增修，以完善既有使用者的保護。

六、各頻段釋出之相應法規需求分析

(一)SDL 頻段分析

目前採 SDL 技術之頻段有 Band 29、32、67、69 等 4 個頻段。以下依序就其釋出與否及可行方案進行分析建議：

1. 700MHz 頻段的 Band 29（717～728MHz）與 Band 67（738～758MHz）：此 2 部分 SDL 頻段之規劃與我國整體頻譜規劃不同且無法並存，該頻段我國為行動寬頻訊號覆蓋之基礎，我國無須採用 SDL 規劃。
2. 2.6GHz 頻段的 Band 69（2570～2665MHz）：2.6GHz 頻段已於 2015 年 11 月拍賣釋出，我國無須採用 SDL 規劃。

3. 1.4GHz 頻段的 Band 32（L-Band,1452～1496MHz）：1.4GHz 頻段存在既有專用電信，由於 SDL 頻段僅能作為下行補充，頻段價值相對較低，故可評估其價值，在清頻重整後，以拍賣或共享機制釋出該頻段，作為行動寬頻補充頻段。
4. 5GHz 免執照頻段：FDD Band 252（NII-1,5150～5250MHz）、Band 255（NII-3,5725～5850MHz）；或 TDD Band 46（5150～5925MHz）。

該頻段為 Wi-Fi 頻段，本為免執照使用，故無釋出之問題，亦無頻譜共享之需求。該頻段欲導入 LAA 技術，須待國家通訊傳播委員會依據 3GPP 標準修訂技術規範，可開放電信業者用以補充行動寬頻頻寬需求。

(二)國際頻譜共享頻段分析

依據本文前章節針對各國發展頻譜共享機制時，所納入規劃之頻段，在 TVWS 部分，可概略歸納為 470～790MHz，歐盟 LSA 機制規劃 2.3GHz，美國 CBRS 則規劃為 3.5GHz（3550～3700MHz）。

首先 470～790MHz 將分為 3 個部分探討：

1. 700MHz（694～790MHz）頻段為全球行動通訊（IMT）頻段，在我國為 700MHz 之 Band 28（上行：703～748MHz；下行：758～803MHz）做為行動寬頻業務頻段，無須額外規劃。
2. 500～700MHz（470～698MHz），該頻段 ITU 僅規劃部分第 2、3 區（我國為第 3 區）為 IMT 頻段，3GPP 亦尚未規劃。在我國目前 530～608MHz 部分為無線數位電視服務，部分則保留未釋出。在國際發展尚未明朗前，建議繼續保留或考量以共享機制釋出。
3. 而 608～698MHz 的部分，ITU 與 3GPP 均無規劃，在我國則有既設電台使用中，建議可繼續保留或以共享機制釋出。

4. 2.3GHz：我國已規劃將2355～2390MHz部分以TDD Band 40釋出為行動寬頻業務，此部分無須變動。
5. 而 2300～2350MHz 則仍存在專用電信，若能清頻完成，可與2355～2390MHz頻段合併增加連續性，故建議以拍賣釋出。
6. 3.4～3.8GHz：我國將 3.4～3.6GHz 規劃為行動寬頻候選頻段，3.6～3.8GHz則尚無規劃。故建議可調查既有專用電信之使用狀況，研析是否具有頻譜共享之機會，以決定是否可以共享機制釋出，或先行規劃做為室內用途以及實驗頻譜之用。

七、我國頻譜共享頻譜與管理機制之建議

(一)我國法制調整

1. 共享頻段納入原則

綜觀國際發展趨勢，頻譜共享之最主要目的在於提升頻譜使用效率，因此被納入共享機制之頻段主要係因其在保護既有使用者使用權前提下，仍具有一定程度之共享機會，例如從時間、地點、以及頻段的使用狀況，擁有具效益的利用機會，可加以充分利用頻譜資源；另一個可能的狀況是頻譜重整期間，可配合國際趨勢以共享機制釋出頻譜，業者可提早導入相關設備加以測試運作，當頻譜重整完成，則結束共享，以拍賣釋出頻譜，業者之既有設備仍可繼續使用。

也因此，未來頻譜之規劃利用，仍係以拍賣釋出專屬執照為主，頻譜共享機制為輔；而可能被納入共享之頻段，是以存在共享機會為前提，故如行動寬頻業者佈建綿密的基地台提供服務，便不可能有任何共享的機會。

2. 共享機制之推動時程

頻譜共享機制之最重要原則，是保護既有使用者免受有害干擾，因此，共享機制之運作必須確保干擾的機率最

小，因此主管機關在開放任何頻段之前，均應經過詳細的干擾評估與實測驗證，並建立完善的資料庫系統及干擾處理機制，方可開放共享機制運作。

3. 共享者之資格限制

如前所述，共享機制之重點在於避免干擾，因此在共享者之管理上，必須確保當干擾發生時，能儘速被通知並關閉頻率使用，故共享者應以執照加以管理，在共享機制運作初期，應以電信業者為主；而例外在以實驗為主要目的之限制特定場域，則可允許學研單位、新創業者參與，在可受控制的場域中進行技術開發或實驗。

4. 法規調整

依據我國現行之頻譜管制，頻譜係附屬於特定電信業務指配，現行電信法之授權有不足之爭議，為了授權明確化，應修訂電信法，賦予主管機關可將同一頻段、在不干擾既有使用者之前提下，指配於多個使用者之權限。我國擬議中的資源法草案已可初步達成此一目標，但仍有須完善之處。

在解決法規授權的爭議之後，則需制訂頻譜共享之管理規則，包含：頻譜之指配方式、地理位置/頻譜管理資料庫之規範、資料庫管理者/中立第 3 方之定位、共享使用者所需遵守的權利義務、既有使用者的保障、主管機關的監督責任、設備的技術規範要求與審驗等，均需加以考量制訂。目前本研究初步建議可採取執照制、不得干擾既有服務之原則、共享使用者可先限制為電信業者、資料庫之管理可由主管機關考量人力狀況而自行營運或委託中立第三方、可逐步開放多個資料庫、需有資料正確性之要求等。

表 24　需調整法規與建議內容整理

法規	調整議題
電信法	需增訂頻譜共享機制之許可規範。
低功率電波輻射性電	需修訂有關 5GHz 頻段之使用，允許業者以符

法規	調整議題
機管理辦法	合國際標準之 LAA 利用。
低功率射頻電機技術規範	需依據 3GPP 標準修訂 LAA 技術規範與 LBT 之需求。
頻率供應計畫	● 5GHz 部分納入 LAA 開放候選頻段。 ● 1.4GHz 註明為 SDL 頻段，僅能作為下行鏈路補充。 ● 2.3GHz 部分納入候選頻段。 ● 3.4～3.6GHz 規劃為室內或實驗研發用途。 ● 4.8～4.9GHz 納入候選頻段；4940～4990MHz 註記為寬頻 PPDR 應用發展。
增訂頻譜共享管理辦法	需新制訂。含執照規劃、既有使用者與共享使用者權利義務、地理位置/頻譜管理資料庫及管理者、設備標準技術規範等。

資料來源：TTC 整理，2016 年 10 月

(二)頻率供應計畫

本子題所檢視頻段，分別為免執照頻段之 5GHz Wi-Fi（5150～5350MHz；5470～5850MHz），在我國頻率供應計畫中已初步規劃含有 LTE-U 之用途，並列為候選頻段。由國際發展狀況可知，目前 LTE 用於免執照頻段的技術，分別為：LTE-U 與 LAA，LAA 已經納入 3GPP R.13 的技術標準中，將搭配 LBT 技術避免干擾既有之 Wi-Fi 服務，由於我國技術導入原則上跟隨國際標準，因此建議本頻段可將技術註記為許可輔助接取（LAA）。

歐盟 LSA 所規劃使用之 2.3GHz 部分，頻率供應計畫中規劃為行動寬頻業務，並備註需與既設電台進行協商，此與歐盟的狀況相似；因此，建議於規劃內容中，亦可納入研究導入 LSA 機制，如此在未來可視與既設電台協商狀況與 LSA 機制發展趨勢，先行以 LSA 共享機制提供使用。美國 CBRS 所使用之 3.5GHz（3550～3700MHz）部分，由於 WRC 15 會議結論將 3.4～3.6GHz 列入 IMT 頻段，且 CBRS 機制發展之狀況資訊仍極為有限，亦建議應持續觀察後續發展。

第三章、專用電信頻譜使用現況及未來規劃

一、國際 6GHz 以下頻段發展狀況

隨著行動通訊之頻譜需求成長，2015 年世界無線電通信大會（WRC-15），亦針對國際行動通信（IMT）新增頻譜之議題進行討論，於本次會議達成新增 IMT 頻譜之重要結論，其中在 6GHz 以下包含兩個較高頻段，分別是 3.4～3.6GHz 形成了全球一致的 IMT 頻段；另外則新增 4800～4990MHz 作為 IMT 頻段，雖尚未達成全球一致，但部分國家將作為行動通訊使用。

3.4～3.6GHz 與 4.8～4.9GHz 在我國目前均有既有用途存在，部分為專用電信使用；國際 3.4～3.6GHz 之發展已於第二章討論；因此本節將先針對兩 4800～4990MHz 頻段之國際發展狀況現狀進行研析，並後續就其未來提供我國行動通信業務使用之可能性進行分析。

(一)ITU

4800～4990MHz 頻段依據 ITU 頻率分配表，為固定業務、行動業務以及無線電天文學研究（Radio Astronomy）。經 WRC-15 會議第 223 號決議，確認第 2 區部分國家用於國際行動通訊（IMT）用途，但須考慮該頻段用於 IMT 時，與既有服務共存不相干擾的議題，並針對用於 IMT 服務之技術、使用規則與頻率安排等事項進行進一步研究。此外，依據 WRC-15 第 646 號決議，針對公眾保護及災防用途之寬頻服務（Public Protection & Disaster Relief，PPDR）之議題，ITU 亦認為寬頻 PPDR 將能於 IMT 用途之頻段中加以部署與實現。為了達成寬頻 PPDR 於國際各區域頻率的一致性，鼓勵第 3 區各國主管機關考量 4940～4990MHz 頻段用於寬頻 PPDR；因此，依據 ITU 的規劃，4800～4990MHz 頻段逐漸朝 IMT 服務發展，但因各國於該頻段的應用相當複雜，且 IMT 服務與既有業務的共存性不高，在維護既有服務的前提下，短期內該頻段之使用尚未能達成全球一致。

(二)美國

美國在 4800～4990MHz 頻段整體分配依據 ITU 政策，同樣分配為固定、行動及無線電天文學，實際使用狀況可概分為 2 部分，4800～4940MHz 之既有使用者多為實驗研發或技術試驗等用途。

而在 4940～4990MHz 頻段則規劃為公眾安全用途（Public Safety Spectrum）[3-1]，服務型態包含：因應突發事件建立臨時無線網路、Wi-Fi 熱點及 VoIP、固定點對點或多點（Fixed Point-to-Point/Multipoint）寬頻通訊、固定點對點視訊監控、700MHz 公眾安全寬頻的固定點對點或多點骨幹迴路（Backhaul）。其使用者資格為經 FCC 許可之政府或非政府公共安全機構，其他機構若欲使用該頻段，必須與公共安全機構合作，且僅限用於支援公共安全事務。由於該頻段可支援寬頻，故無論語音、視訊等技術均可使用。

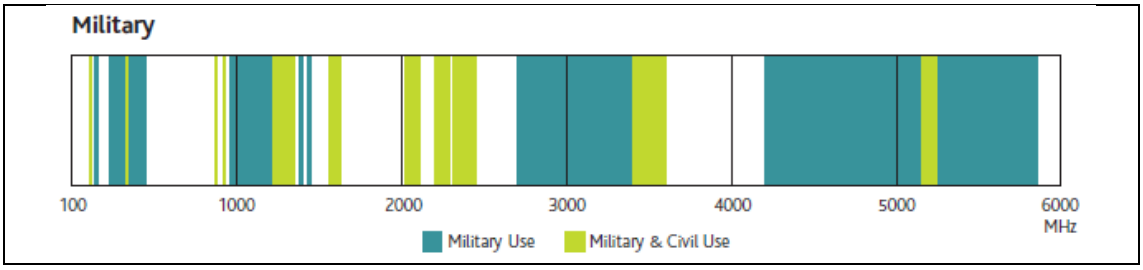
在頻段許可的規劃上，4940～4990MHz 公眾安全頻段之執照原則上不分配專屬頻段，所有的持照使用者共享所有的頻段，屬於特定用途執照共享頻段。執照的類型包含：固定、移動設備以及短期執照（1 年以內）；頻段區塊規劃以 1MHz 為單位，並在必要的時候(如:個別頻道壅塞或有大量頻寬需求)，許可以 5MHz、10MHz、20MHz 的頻寬進行聚合（Aggregation）使用。整體頻段的使用係基於協調共用的原則，若某一持照使用者對其他使用者造成有害干擾，FCC 才會介入限制。

(三)英國

英國 4800～4990MHz 頻段分配依據 ITU 政策，劃分為固定及行動業務，另外許可免執照、短距（Short Range Device，SRD）、低功率射頻器材，如：無線電測定（Radio Determination）與桶槽位面探測雷達設備（Tank Level Probing. Radar，TLPR）的使用。

針對 4800～4990MHz 頻段釋出予行動寬頻之議題，英國文化、媒體與運動部（Department for Culture, Media & Sport，DCMS）於 2011 年針對英國未來至 2020 年之頻譜需求，發布「促進英國成長－釋出公部門頻譜（Enabling UK Growth－Releasing Public

Spectrum）」報告，預計於 2020 年前尋求釋出 500MHz 可用頻譜之機會，其中 4400～5000MHz 頻段被納入後續研究潛在可釋出的頻段，將進行進一步的研析調查。



資料來源：DCMS，2011 年 3 月

圖 29　英國軍方及民間使用的頻譜

如上圖所示，4800～4990MHz 頻段目前為軍方所使用，主要用途在軍事機構間語音和資料連接以及通訊系統、導航設備、國防和武器雷達、衛星通信和遙測等。在初步的研究中，軍方使用於特定的地點，因此該頻段有釋出的可能性，但仍須軍方進行後續的研究，才能進一步得知可釋出之頻寬與頻譜可用性。

英國 4800～4990MHz 頻段已在討論釋出行動寬頻應用，但由於其仍在初步研析階段，同時必須由軍方評估釋出之可能性及頻寬大小，因此 Ofcom 亦尚未針對該頻段有任何具體規劃。

(四)台灣

我國在 4800～4990MHz 頻段存在既有專用電信，主要為微波通信，由於 ITU 並未確認該頻段為全球一致的 IMT 頻段，目前仍以維護各國既有通訊服務為原則，同時，4800～4990MHz 頻段上，IMT 服務與既有固定及行動業務的和諧共用機制上，也仍然存在許多爭議，相關技術標準與規範也仍在討論中。

同時參酌美國與英國的狀況，美國僅將 4940～4990MHz 作為寬頻 PPDR 用途，其他頻段實際供實驗研發用途，尚無進一步規劃；英國則因該頻段之既有使用者為軍方，目前透過公部門頻譜釋出計畫，將會在未來考量 4800～4990MHz 釋出之可能性，但目前亦尚無具體規劃。由 ITU WRC-15 會議結論來看，4800～4990MHz 頻段真正確認用於行動通訊服務，也僅有第 2 區及部分國家。

因此，綜合目前收集到國際發展狀況、IMT 服務與既有服務的共存性不佳等因素，該頻段僅 4940～4990MHz 在美國有作為寬頻 PPDR 之發展，ITU 則是同樣建議各國在 4940～4990MHz 考量寬頻 PPDR 之發展，以在未來達成 PPDR 全球協調之規劃。在考量本頻段短期間難以清頻，IMT 服務與既有用途共存性不佳，亦難以考量共享釋出，本研究建議保留 4800～4990MHz 釋出作為行動寬頻之討論，待國際發展狀況較為明朗後再行決定。而 4940～4990MHz 頻段，為 ITU 建議第 3 區國家作為寬頻 PPDR 發展之基礎，我國既屬於第 3 區，亦應考量該頻段發展寬頻 PPDR 之需求性及可行性。

二、我國專用電信頻譜資料彙整

依據電信法第 2 條，專用電信係指公私機構、團體或國民所設置，專供其本身業務使用之電信。次依專用電信設置使用及連接公共通信系統管理辦法；同法第 3 條，專用電信依其申請設置系統或目的，分為專用有線電信與專用無線電信，在專用無線電信部分則包含有船舶、航空器、計程車、學術試驗、業餘無線電、漁業、電力、警察、消防、鐵路、公路、捷運、醫療、水利、氣象及其他專供設置者本身業務需要而設立之專用無線電台，例如：微波、衛星等。

專用電信之使用者依據上述業務，透過不同業務之專用電台設置使用管理辦法（如：計程車專用無線電台設置使用管理辦法、船舶無線電台管理辦法、學術試驗無線電台管理辦法等），向國家通訊傳播委員會申請頻率使用及電台設置許可。

(一)尋找可供新技術研發與實驗之無線電頻率

然而如本計畫第二章所介紹，由於行動寬頻業務的高度發展，對於無線電頻率之需求亦持續成長。透過對於整體頻率使用狀況之盤點，一方面評估既有頻率使用效率，另一方面則作為尋求更多頻譜利用機會的基礎。尤其，在未來新興無線服務之發展，對於頻譜有更多利用的型態與可能性，也需要透過頻譜盤點，尋找空閒未使用的頻譜，提供業界或學界進行頻率新技術之研發與實

驗。因此，本次計畫執行藉由委託單位提供早期我國頻譜使用資料，進行初步整理與彙整，並準備以圖表方式呈現。

由於無線電頻率均已透過 ITU 規範，規劃不同的用途，因此若欲提供頻譜技術實驗研發,則必須尋找並未被實際使用的頻譜、或是依據地理區域可劃分出未使用之地區，如此方能避免干擾既有專用電信的使用者；而即使提供閒置未用之頻段，也必須注意鄰頻干擾或頻率使用條件出現變化之狀況。

以下將以我國早期頻率實際使用資料為基礎，進行頻譜資料之整體與圖表呈現。

(二)我國專用電信頻譜之使用分析

本次分析之資料系我國專用電信業者實際設立站台之狀況，資料一共約 30,000 筆，依據頻率高低初步整理如下表：

表 25　我國專用電信頻譜分配初步統計

頻段	資料筆數	說明
300MHz 以下	8,944 筆	
300MHz～1GHz	4,274 筆	（數位無線電視：600； 行動通訊：700、800、900）
1GHz～3GHz	1,209 筆	2.7GHz 以下：1123 （行動通訊：1.8、1.9、2.1、2.3、2.6；Wi-Fi：2.4）
		2.7～3GHz：86
3GHz～6GHz	3,594 筆	
6GHz～12GHz	2,966 筆	
12GHz～40GHz	3,637 筆	12GHz-30GHz：3384
		30GHz 以上：253

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

300MHz 以下含有大量的既有使用者，由於本計畫的目的在找尋可用頻譜,因此初步可知300MHz以下頻譜空閒可用性極低，即使有少量未用之頻段，其可用頻寬也不會很多。其他各區塊資料筆數均落在 3,000～4,500 筆左右。

Band number	Symbols	Frequency range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Corresponding metric subdivision
4	VLF	3 to 30 kHz	Myriametric waves
5	LF	30 to 300 kHz	Kilometric waves
6	MF	300 to 3 000 kHz	Hectometric waves
7	HF	3 to 30 MHz	Decametric waves
8	VHF	30 to 300 MHz	Metric waves
9	UHF	300 to 3 000 MHz	Decimetric waves
10	SHF	3 to 30 GHz	Centimetric waves
11	EHF	30 to 300 GHz	Millimetric waves
12		300 to 3 000 GHz	Decimillimetric waves

資料來源：ITU，2015 年 11 月

圖 30　ITU 頻率波段命名規則

由於頻率範圍大，難以單一圖表呈現，本計畫將依據以下資料彙整原則，將整體頻率使用狀況劃分為 6 張圖表，6 張專用電信分析圖請見附錄資料。

1. 參酌 ITU 之定義、並依據頻譜區塊、我國資料量及頻譜利用可能性，將 3KHz～300MHz 彙整為一個部分。
2. 依據以 1GHz 畫分高低頻段特性，將 300MHz～1GHz 彙整為一個部分，未來將先進行 400～500MHz 資料縮減。
3. 依據行動寬頻已釋出頻段之使用，將 1～3GHz 彙整為一個部分。
4. 推估短期間有關頻譜利用將往高頻段之發展趨勢，未來 3～6GHz 討論持續增加，將故彙整為一個部分。
5. 因應資料量，在 6～12GHz 附近再切分一次。
6. 參酌 ITU SHF 的最高頻率為 30GHz，彙整 12～30GHz 為一個部分；但 30GHz 以上資料量不多，暫不獨立為一個部分。

7. 資料按使用者名稱進行縮減、並按我國行政分區，以 7 個區塊（北北基、桃竹苗等）彙整。

8. 標示出無資料區塊，在資料彙整完成後，將依據前述頻率以及地理區塊之規劃，進行圖表繪製。

三、我國專用電信頻譜分析圖建議

本研究針對我國專用頻譜使用狀況之分析，除初步得到我國頻譜使用狀況並以圖示化表達外，針對未來資料分析之需求，在資料收集與紀錄面有以下改良之建議。

首先，依據專家座談會意見，目前頻率使用執照之資訊並無須新增或更改之處。但由於資料的紀錄格式並未標準化，在資料分析上產生許多問題，建議應依據資料可能的分析方向，將資料內容標準化。因本次研究以地理區域為主，因此多數資料並未有縣市資訊，僅有小區域地名，因此應獨立記錄縣市名稱。

其次，在頻率用途中，有行動基地台與固定基地台，前者如國道警察之行控通訊，後者則如一般通訊基站，但其記錄並不明確，因此頻率使用者之基站為行動式或固定式，亦應獨立完整記錄；相對的，所應用之技術亦應加以記錄，此一建議於專家會議中亦有提出。

最後則是資料更新的規劃，本類型資料應定時更新或隨頻率使用者更動而漸次更新，如此可基本保持資料的可用性。降低因資料時程過久，若政府欲推動創新頻譜使用或實驗用途時，對於頻譜與地理區的狀況缺乏基本資訊，不利於政策推動。以下是本次分析遇上之問題及後續改進之建議：

(一)權責機關層級造成資料重疊，不易完整確認

由於公部門專用電信之使用在各地方，但由中央部會加以統籌，因此資料容易重疊，例如警政與消防屬內政部，但真正使用者為地方政府之警政與消防單位，在資料呈現上常不一致。又例如經濟部下之國營事業，由經濟部統整資訊或由國營事業個別回覆資訊，亦容易造成問題。

(二)傳輸形式定義過於簡略

目前所定義之傳輸形式為固定式點對點、固定式點對多點、行動式點對多點，無法區分「行動式」是否即為基地台行動化，但許多無線電應用亦無明確之基地台角色，故此應加以釐清；再者，傳輸技術為微波、無線電或衛星，也將會影響頻譜可用之分析，未來亦應加強。

(三)頻譜使用範圍定義不清，地點資訊記錄誤差或不詳細

資料記錄有時僅有中心頻點，有時有範圍，在技術格式上需加改進；地點資訊缺乏縣市記載，在台灣地名有重複時，難以確認縣市所在，而以經緯度定位時，若落在縣市交界，亦應加以考量分析之方式。

四、國際公共安全（PPDR）建置模式發展動態

隨著全球各國對（如：氣候變遷造成的自然災害、邊界安全或是反恐活動等)公共安全議題日漸重視,2015 年 11 月舉辦的 WRC(World Radio Communication）會議將公共安全（Public Protection and Disaster Relief，PPDR）相關之 646 號決議文進行再次修訂，為滿足公共安全日漸在寬頻傳輸上的需求、及不同單位在互通性上的重要性，大會促請各國在對寬頻 PPDR 開展其國內頻譜規劃時，採用最新版 ITU-R M.2015 建議書所述，位於 694～894MHz 的寬頻公共安全頻率範圍。

但在公共安全通訊規劃初期時，除了確定頻譜配置外，公共安全之網路建置模式的重要性也不可小覷，因選擇不同的模式將關係到政府編配預算、修改法規與轉換系統的時間考量等。本文將從各國案例中討論各國選擇專用（由政府核配專屬頻率，且專網上僅供 PSA 單位做公共安全用途使用）、混用（一部分使用專屬核配頻率、一部分使用營運商頻率，若使用商用網路則使用加密傳輸，但網路上仍有一般商用使用者）、商用（使用營運商的頻率，若使用商用網路則使用加密傳輸，但網路上仍有一般商用使用者）等 3 種模式下的動態發展及考量因素。

(一)美國寬頻 PPDR 計畫－FirstNet

在經過 2001 年美國遭遇 911 恐怖攻擊及 2005 年颶風卡翠娜的天然災害後，透過 911 委員會（9/11 Commission）的建議及美國第一線反應單位（First Responder）對美國國會進行遊說，基於考量緊急事件發生時，商用通訊網路的用量將瞬間暴增、導致頻寬不足，並無法全力支援有通訊需求的第一線反應人員（包含：警察、消防、緊急醫療救護等）；此外因各單位間的通訊在互通性上仍有很大隔閡，透過單一平台，如：公共安全專網的設置，較能保障意外發生時緊急任務型通訊（Mission Critical Communication）品質。

因此，2012 年美國總統歐巴馬簽署的中產階級減稅及創造機會法（The Middle Class Tax Relief and Job Creation Act of 2012）之中，所包含的頻譜法（Spectrum Act），便將美國公共安全相關所需的頻段及資金預算均正式列入法案之中，在核配的頻率方面，包含：擬作寬頻用途的 758～768/788～798MHz（共 2x10MHz）、擬作窄頻應用的 769～775/799～805MHz（共 2x6MHz）及擬作 Guard Band 的 768～769/798～799MHz，這些頻段將專配給負責美國國內公共安全寬頻網路布建，及營運的專門機構 First Responder Network Authority（FirstNet）；在建置資金方面，則由政府由拍賣頻譜的營收撥出至多 70 億美金協助 FirstNet 進行布建；此外，於法案中也允許各州 FirstNet 使用公私夥伴合作機制（Public-Private-Partnership，PPP），透過與業界合作為 FirstNet 籌措經費。

但自 2012 年通過法案後，經過 4 年的先期布建試驗，時至今日，多份來自美國審計總署（US Government Accountability Office，GAO）的報告均指出，除卻在 FirstNet 在各地施行進度緩慢、發包流程中的瑕疵外，FirstNet 面臨的一大問題在於鋪建專網時創造的龐大資金缺口。在經過實際的數年布建經驗後，GAO 重新修改此計畫所需金額，預估 FirstNet 光在建置的第 1 個 10 年期間便須

花費 120～470 億美金不等的經費，與 2012 年法案所頒布的 70 億美金存在相當差距。

以上敘述可見因鋪建成本耗資不斐，FirstNet 除了在取得政府資金外，仍需想辦法自行開拓財源。除了商轉後的使用者付費外，另一個機制為透過公私夥伴合作機制，此機制為 2012 年法案中的為 FirstNet 可能出現的資金短缺提供了解決方案，法案中規定只要有符合特定要求的聯邦州，便可以透過與商業公司協商相關的 PPP 機制，在州內或指定地區內的無線接取網路（Radio Access Network）上出租原本核配給 FirstNet 專用的 20MHz 寬頻頻譜資源。此機轉的優點有二，一為增加專用頻譜平日閒置時的使用效益，提供私人企業除須執照頻譜外可租用的頻譜資源；二為替鋪建公共安全專網的龐大費用找尋長期資金來源。

但 FirstNet 的 PPP 機制是否能依照當初設計，藉由為提供次級使用者頻譜，替 FirstNet 挹注其需求若渴的大筆金援？回答此問題前，可先回頭檢視美國 2008 年在 758～763/788～793MHz（D Block）的拍賣結果。當初 FCC 在規劃 D Block 的拍賣條件時，此頻段也是基於 PPP 機制為原則，並附加如全國性網路布建之義務、與公共安全頻段執照擁有者協商制定接取互通標準（Interoperability Standards）、負擔移頻費用、成立確保公共安全通訊品質的獨立公司等義務。而得標者的權利在於，可以次級順位使用者的身分使用此頻段提供商業服務，但必須在緊急時段時，須將頻譜的優先使用權交回公共安全單位，同時也須警告其商業顧客服務有將中斷之可能性。在考量頻段底價達 13 億美金、具備多種協助布建公共安全網路之義務、加上還需考慮公共安全單位在此頻段具有先占性（Preemption）的情況下，競標者考慮基於過多條件與需達標準，所付出的投資不一定能收回相等的效益，D Block 終告流標。

回望 FirstNet 目前所遭遇的景況，和當年 D Block 的難題仍有許多重疊的部分。雖以專網的性質而言，FirstNet 應可保障第一線反應人員的通訊品質，但光在前期興建專網的資金，及後期營運

後如何透過建立使用者可接受的收費機制、說服營運商願意接受PPP 機制，以建立 FirstNet 具有永續經營能力都是目前面臨的主要挑戰。

其中又以 PPP，例如：最大的問題仍是在於不確定性。由於不清楚公共安全網路在全國布建完成後，會有多少公共安全單位使用，（其中牽涉是否會因費率設計太高而讓使用者卻步，進而降低使用者規模），另外使用頻率及地區也是未知數，這些因素使營運商並無法準確估算花下巨額標下 D Block，或是參加 FirstNet 的頻譜租賃機制後，到底是為公司帶來虧損或營利？尤其是頻譜交易或租賃牽涉的金額都相當龐大，營運商在上面的風險評估也相對保守。對比 FirstNet 及 D Block，雖有部分意見認為 FirstNet 有 70 億美金的政府布建資金支援，也沒有像當初拍賣 D Block 時繁雜的條件設定，FirstNet 應該較有機會發展其 PPP 機制。但對營運商而言，最大的問題並非資金，而是只要關於頻譜使用效益的不確定性仍有懸而未決的一天，FirstNet 在 PPP 機制下成功的機率仍甚為渺茫。

(二)韓國寬頻 PPDR 計畫－SafeNet

韓國自從 2014 年世越號船難發生後，對於韓國國內公共安全體系的檢討聲浪不斷，其中建議應儘速興建全國性的寬頻公共安全網路，以避免各單位間在緊急意外發生時的互通性被不同的使用頻段、不同的通訊科技（如：TETRA、iDEN、VHF、UHF 及 AM/FM）所阻礙；因此，在 2014 年 7 月時，韓國政府宣布基於 LTE 技術基礎的公共安全網路 SafeNet 即將在 2017 年進行布建。韓國公共安全的頻段為政府頒發的專用 2x10MHz，位於 718～728/773～783MHz。

韓國的公共安全網路涵蓋範圍較廣，預計達 324 個公共安全組織、20 萬左右的使用者規模、範圍，包括：警察、消防、緊急醫療照護、海岸巡防、軍隊、當地行政辦公室、電力、天然氣及林務。SafeNet 雖然會採專用（Dedicated）網路的方式布建，但其將利用現有的商用（Commercial）基礎建設，包括：商用回程網

路（Backhaul）及基地台等基礎設施；而退役後的公共安全網路將被保留為備用用途。

韓國政府預計斥資 2 兆韓圜（約為美金 17 億元）於 SafeNet，並估計再加上未來 10 年的維運費用，預估可能會上調到 3 兆韓圜。SafeNet 的建置型態為委由電信營運商協助維運，在 2015 年年底韓國政府宣布選定由 Korea Telecom（KT）與 Samsung 合組的聯盟負責首期計畫（Pilot）中第 1 區合同（loT 1）內的公共安全網路興建，為期 7 個月的測試即將在 2018 年舉行冬季奧運的江原道平昌市（Pyeonchang）進行，測試計畫中，包含：系統設計、相容安全性測試系統的發展、建立控制中心、安裝基地台及建置相關終端及最後的測試。Samsung 於 2016 年 2 月的新聞稿指出，其為全球第一個採取 3GPP 通訊標準建置的，公共安全 LTE 網路（Public Safety-LTE，PS-LTE），但由於 SafeNet 的布建與演進中的 Release 13 時程有重疊之處，Samsung 宣布其 PS-LTE 解決方案會先以 Release 12 標準為主，未來再透過軟體升級將 R13 特色納入現行網路，例如：緊急任務一按通（Mission Critical Push-to-Talk）；至於韓國另一家營運商 SK Telecom（SKT）則是贏得第 2 區塊的合約，範圍包含：江陵市（Gangneung）與胜善郡（Jeongsun）。

韓國政府目前由安全與公共行政部（the Ministry of Security and Public Administration）及未來科學創造部（The Ministry of Science, ICT [Information and Communications Technology] and Future Planning），對 SafeNet 進行整體的監督及相關計畫，但預計之後將有一新增部門，國家安全部（Ministry of National Security）接手 SafeNet 之事宜。

SafeNet 的布建可分為 3 個階段，第 1 階段為平昌市，網路將會自鄉村延伸至都市，第 2 階段為開始覆蓋其他省縣，而第 3 階段則會覆蓋至大都會地區。鄉村地區比都會區優先取得網路的原因在於，都會地區已經擁有基於 TETRA（Terrestrial Trunked Radio）科技所統一的 LMR（Land Mobile Radio System）網路，但鄉村地區尚未出現。雖然在第 1 階段的期限已有稍許延遲，但基本上韓

國希望將此國國姓公共安全網路，建設完成的期限訂在 2017 年。屆時，在 8 個省、1 個自治省、7 個都會地區及 1 個自治市都將在 SafeNet 的覆蓋範圍內。

(三)英國寬頻 PPDR 計畫－Emergency Service Network（ESN）

英國目前現有的公共安全網路，為政府外包給營運商 Airwave 進行相關維運事宜。Airwave 目前支援的主要是 TETRA 網路，窄頻的性質使其網路上的通訊多為語音及訊息。但隨著現有科技進步及資料傳輸型態的改變，如：高解析度的影片、照片、建築藍圖等，皆有助於現場反應人員的處理效率；因此，公共安全對於寬頻網路的需求也日益浮現。隨著 Airwave 與政府各單位的現有合約，即將於 2016～2020 年之間陸續屆期，英國內政部（Home Office）計畫將建設新一代的寬頻 PPDR 計畫，Emergency Service Network（ESN）。此計畫在 2015 年底陸續完成合約中 3 個子區塊的決標，得標者分別為 Kellogg Brown & Root Limited（KBR）負責 2017～2019 年間跨單位的專案管理、裝備升級及報告等業務；Motorola 則負責端對端的系統整合、管理使用者帳號與提供使用者服務；Everything Everywhere（EE）負責提供具有回復能力的全國性行動網路，以支援英國公共安全營運。EE 承諾將斥資 15 億英鎊（約為美金 23 億）在建設 ESN 上，例如：為加強 ESN 在偏遠地區及室內覆蓋度，EE 將新建超過 500 個可支援緊急通訊的 4G 基地台，還有在超過 3,800 個基地台上開啟 800MHz 頻段（2x5MHz）的服務；至於在語音的部分則是提供 VoLTE 及 Push to Talk；至於在一些訊號難以到達的地方，則是設置衛星回程網路。

ESN 計畫將涵蓋 44 個警察單位、50 個消防急救服務單位、13 個救護信託單位及其他超過 400 個公共安全組織的活躍使用者，預計達 30 萬左右的使用者規模。對於英國政府而言，採用新型 ESN 計畫的主因在於成本考量。相較於目前與 Airwave 公司之合約費用為每年約 4 億英鎊，整修 ESN 的預算為 10 億英鎊（約為美金 15 億），但升級後的 ESN 將可在未來 15 年為英國政府省下約 10 億英鎊，相當於每日為納稅人省下約 100 萬英鎊；且寬頻公

共安全網路可為第一線處理人員提供更多元化的通訊服務。此外，相對於專用網路有許多設施需要從頭布建，商用網路已有一定網路基礎，在導入相關公共安全網路的時程上，商用無疑快過專用網路。以英國 ESN 的時程表為例，EE 於 2015 年底得標，2017 年第 3 季後陸續開始提供服務，2017～2020 年間則進行新舊網路間的交接與轉移。

(四)比利時寬頻 PPDR 計畫－Blue Light Mobile

不同於美、韓兩國委由營運商搭建專網，或是英國直接由營運商使用其商用網路搭建公共安全網路，比利時的案例較為特殊。提供比國公共安全網路 Blue Light Mobile 的為一行動虛擬網路營運商（Mobile Virtual Network Operator，MVNO）ASTRID。ASTRID 為 1998 年在比利時公眾法（Public Law）下成立的公司，其目的為提供處理緊急事件的第一線處理人員相關之通訊服務。此公司資本有 61%來自聯邦，39%來自比利時聯邦政府和地方市鎮政府共同組成的市鎮控股（Holding Communal），此外，ASTRID 的監管由比利時內政部及預算部進行。

ASTRID 所運營的公共安全網路模式，基本上奠基在一集合式的商業網路上。由於比利時位處歐洲中心，與荷蘭、德國、法國及盧森堡接壤，國內也分為荷語區、德語區及法語區等區塊，不同區域內電信商訊號覆蓋有限，但公共安全事務的範圍卻需要覆蓋率越高越好；因此，單一 MNO 在整合區域電信網路資源上遇到的困難較大。而 ASTRID 身為 MVNO，在協調規劃不同區域甚至跨國的電信營運商時反而較具備彈性。ASTRID 提供 Blue Light Mobile 的行動通訊網路並非來自單一公司，而是綜合比利時國內 3 家主要電信營運商（Proximus、Base 與 Mobistar）之商業網路。ASTRID 藉整合 3 家國內營運商之網路資源，提高整體訊號覆蓋區域，以加強緊急通訊所需的訊號可靠度。例如：當原先設定使用的營運商訊號斷訊時，第一線反應人員可再重新接上另一家營運商之行動網路，以補強使用者的通訊需求。此外，因比國與鄰國接觸甚為密集，比國的公共安全組織也常有需在國界間

通訊之必要，ASTRID 也提供了國界間不同運商間的漫遊服務，將 Blue Light Mobile 的覆蓋率提升從國內區域延伸之國境交界之處。

比利時 ASTRID 採商用網路模式運營 Blue Light Mobile 的原因來自其 2012 年時進行的一項調查，審視以行動寬頻網路在比利時布建公共安全網路之效益。此研究發現，由於專為 PPDR 設置的和諧頻段（Harmonised Spectrum）在歐盟仍尚未底定、加上政府有限的預算排除了為 PPDR 建置專用網路模式之可能性；因此，ASTRID 總結出商用模式為當時最具可行性的方法。此外，比利時以商用網路模式布建 PPDR 的用意有二，其一為可在相對設置專網所需的十數年，商用網路可在短時間內提供行動寬頻的服務給所需的公共安全機構，作為現有的解決方案；其二則是以商用網路作為一試驗性質的測試（Pilot）並蒐集相關數據，可做為未來政府設置專用模式網路時的參考指標。

但雖然使用商用網路有布建快速、覆蓋率廣的優勢，但仍有某些問題無法解決，例如：當不同營運商的商業網路進行切換時，所需的轉移（Handover）技術問題尚未克服，在歷經斷訊、搜尋可用網路、重新連接及授權網路等程序上，可能需要 2 分鐘的等待時間。而此類等待延遲，在執行某些緊急任務型通訊時是無法被容許的。

(五)紐西蘭寬頻 PPDR 計畫－The Next Generation Whole of Government Radio Network＆Policing Excellence

紐西蘭目前尚未沒有配備專用的 PPDR 專網，因此案例說明可區分為 2 個部分，第 1 是現有採商用網路模式進行的 Policing Excellence；第 2 是未來規劃給公共安全使用的 The Next Generation Whole of Government Radio。

紐西蘭警方雖然已有大量廣泛使用的 LMR 語音系統，但因預見許多第一線反應人員之勤務需求，紐國警方早於其他國內單位進行警用行動寬頻網路配置。但由於欠缺專用之頻譜；因此，在 2013 年紐國警方與電信營運商 Vodafone 簽署了一紙為期 10 年的合約，將提供相關的終端，如：智慧型行動電話、智慧行動裝置

及相關行動寬頻網路服務，作為 Police Excellence 計畫中的一部分，而整體建置計畫的預估費用，約為紐幣 1 億 5900 萬元，但在合約內的 10 年期間將為紐國警方帶來效率的提升，預估效益約為紐幣 3 億 5 百萬。在計畫布建的首年即有約 14,000 個行動裝置在紐國國內使用，並建立一行動創新實驗與體驗中心（Mobility Innovation Lab and Experience Centre），針對支援警用勤務相關的應用及科技進行研發工作。在 Policing Excellence 中的行動寬頻網路可做到，警員出勤時可透過行動裝置進入警方專用資料庫，獲取如：人員、車輛及地理相關資料庫；透過 Mobile Responder 應用獲取即時性的警方勤務處理資料。

此類功能在提高處理效率上有長足進步，在計畫實施的第一年，行動寬頻網路已提供警方進行約 290 萬筆資料的查詢，平均為每位警員在每班勤務中節省約 30 分鐘的時間，同時有效為警用通訊網路進行分流，減少語音無線電系統的負荷。

除了警方的 Police Excellence 外，紐國政府預計將於 2018 年為 The Next Generation Whole of Government Radio Network 進行先期試驗，此網路的設置意在將以一具有整合性的行動寬頻公共安全網路取代現有政府轄下的多種 LMR 網路。透過網路的升級，除了提升原本多個單位缺乏的通訊互通性，並可將目前的行動網路地理覆蓋率從 44%提升到 88%：在此網路升級下也希望實現強化現有商用網路、優先處理公共安全單位的通訊需求與提高通訊品質等規劃。由於在鄉村地區警方與消防單位所使用的類比無線電系統，將於 2019 年年底到達其使用效期期限；因此，預估在 2019 年也會開始將相關公共安全單位，從現有 LMR 網路轉換至新建之行動寬頻公共安網路。紐國政府估計在 2023 年之前，所有政府及相關公共安全單位使用的通訊服務，都會轉移至電信營運商的網路上。

(六)芬蘭寬頻 PPDR 計畫－VIRVE

芬蘭政府自 1980 年代晚期，便開始加強有關公共安全通訊之效率及服務品質，在 2000 年之前，則已將國內公共安全機關的通

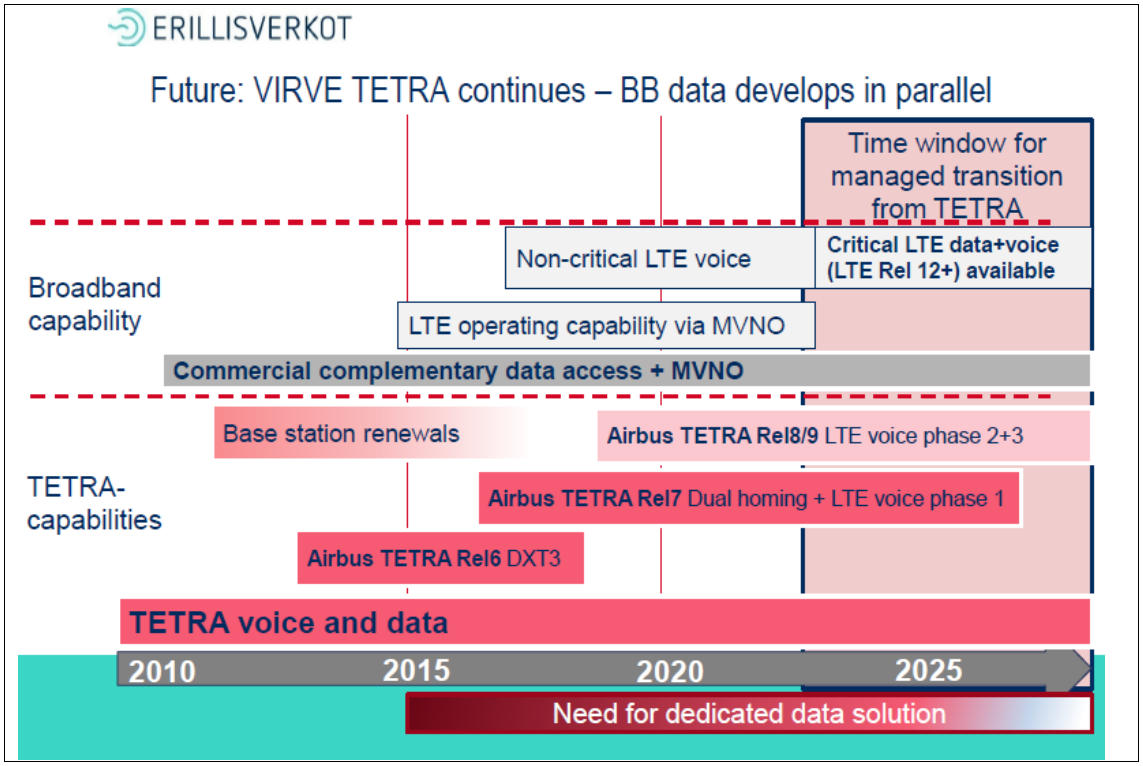
訊，轉移至一以 TETRA 技術為基礎的全國性網路 VIRVE，提供各單位緊急任務型（Mission Critical）之語音及訊息服務。使用機關的範圍，包含：國防（占 14%）、警方（占 20%）、消防急救（占 31%）、緊急醫療（占 15%）、政府及地方機構、社工服務、健康照護等單位，企業用戶約占 7%（包含能源、電信、交通與安全等），目前使用者規模約 3 萬 5,000 人。

此全國性的網路 VIRVE 背後的之營運商為 Erillisverkot（State Security Networks Group），此為一具備特殊用途且完全國有的企業，由芬蘭首相辦公室掌握其所有權。ERILLISVERKOT 旗下還包括數個與 VIRVE 提供的通訊網路及服務相關的子公司，如：Suomen Virveverkko、VIRVE Tuotteet ja Palvelut、Suomen Turvallisuusverkko、Leijonaverkot 及 Johtotieto。

隨著網際網路對通訊傳播的影響、資訊安全考量等因素，芬蘭也開始考慮將 VIVRE 從原有的 TETRA 轉換為以 LTE 為基礎的公共安全行動寬頻網路。由於芬蘭人口大多集中於特定區域，因此考慮布建全國通訊網路時，芬蘭政府認為於人口稠密處（如：大都市或車潮較擁擠的高速路段）採取專用網路以提高事件發生時的處理效率，而人口稀疏的鄉間則商用網路共用基地台以增加整體 PPDR 網路的覆蓋率。此外混用模式提供了經費開銷的彈性空間，例如在預算較緊縮的年份，專用網路的擴建若受限，還可挪用商用網路做其支援。因此混用（Hybrid）模式為芬蘭認為最符合國家經濟預算的布建模式。

目前預估共有 5 個階段讓 VIRVE 中的系統從 TETRA 過渡到 LTE，第一階段為設立一行動虛擬網路營運商（MVNO），由其提供 SIM 卡為使用單位提供日常網路流量處理；第 2 階段則將緊急任務型的語音及訊息歸於窄頻網路的營運上，而高速且有經過安全處理的資料則運行於商用寬頻網路（目前芬蘭位於此階段，由兩家電信商提供其商用網路做 VIRVE 的寬頻傳輸使用）；第 3 階段則是在特定地區將原有的 LTE 核心網路轉為專用（Dedicated）的寬頻網路接取，以提供緊急任務等級的網路資料服務；第 4 階

段則是等到 Voice over LTE（VoLTE）的標準底定，而 TETRA 供應商也可以開始提供 LTE 群組通訊（Group Call Over LTE）時，TETRA 及 LTE 兩個網路則可開始進行連接轉換；第 5 階段則是當新建的 LTE 寬頻網路已可符合公共安全等級的通訊要求並營運後，再對舊式的 TETRA 系統進行拆解。



資料來源：ERILLSVERKOT，2015 年 12 月

圖 31　芬蘭 VIRVE 系統轉換時程

(七)各國 PPDR 主要應用及網路建置方式

在各國目前的案例分析下，對 PPDR 通訊網路有較急切的升級需求，或希望可儘早採用寬頻行動網路作為通訊輔助的使用的單位，仍多屬警察、消防、緊急醫療與救災。但除了前述四個單位有較早導入寬頻 PPDR 的計劃外，如：韓國、芬蘭、紐西蘭政府均希望，將該國的 PPDR 整合為全國性網路，也就是將各個公共安全機關（PSA），在通訊或交換資料時的可互通性（Interoperability），納入規劃 PPDR 網路優先考量。此背後的因素可分為兩點分析：若以單位成本考量，越多使用單位將可擴增 PPDR 網路的使用規模，提升經濟效益；若以使用效益考量，消除

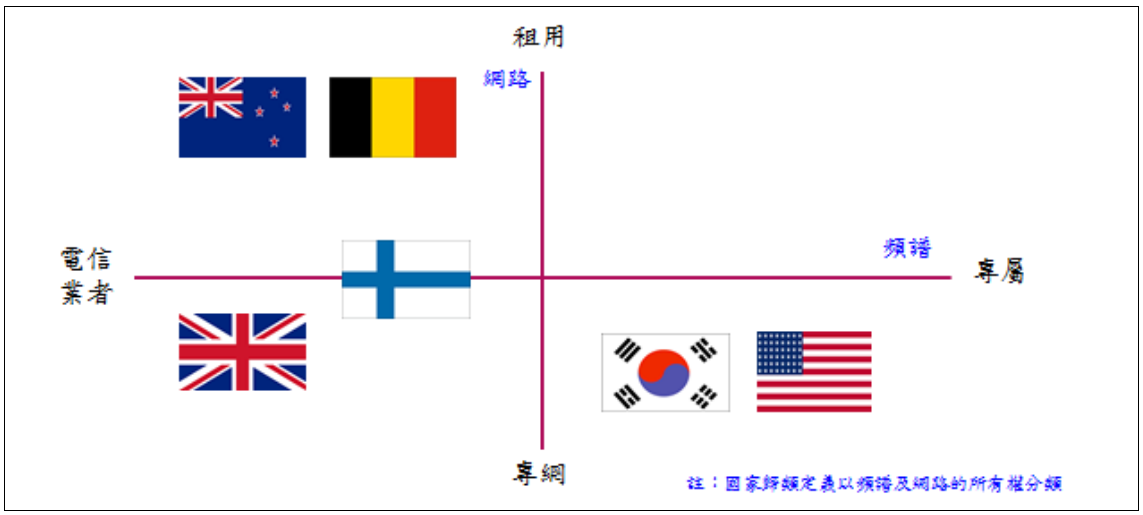
不同單位間的通訊或資料庫進入障礙，可有效提升勤務執行的效率，並降低時間及人力成本的花費。

表 26　各國規劃採用寬頻 PPDR 之單位一覽表

	警察	消防	緊急醫療	緊急救援	海防	林務	鐵路	國防	其他
美國	○	○	○	○		○			○
英國	○	○	○	○					○
韓國	○	○	○	○	○	○	○	○	○
芬蘭	○	○	○	○				○	○
紐西蘭	○	○	○	○					○
比利時	○	○	○	○					

資料來源：MIC 整理，2016 年 10 月

綜觀前述各國案例，若以頻譜所有權作為橫軸（左為使用電信業者頻譜、右為國家核配專用頻譜），PPDR 網路的所有權作為縱軸（上為向營運商租用商用網路，下為供公共安全單位用途專用）做為檢視標準，可發現比利時與紐西蘭均位於圖中之第 2 象限（租用電信業者網路、使用電信業者頻率），而採用此類商用模式的考量多因建置成本較低、導入速度較快；芬蘭則位於 2、3 象限之間（結合專網及租用網路、使用電信業者頻率），屬於人口密集處使用專用、鄉間則是用商用網路的混用模式，此模式不僅是成本考量，也是一個等待 PPDR 專屬頻率釋出前的觀察實驗期；英國則是位於第 3 象限（建置專網、使用電信業者頻率），在成本考量下將由營運商 EE 為政府打造為 PSA 專用的網路，但此模式之前未出現過，仍須觀察運轉後再做評斷：美國、韓國則是位於第 4 象限（建置專網、配置專屬頻率），採用此類專用模式肇因於整合救災成效、提升國內產業自主等考量，但由於鋪建專網所需的大筆資金，及過於長期的系統轉換時間造成對於第 1 線單位需求緩不濟急的問題，仍是眾多國家對此類模式卻步，進而改採混用或商用的模式的主要原因。



資料來源：MIC 整理，2016 年 10 月

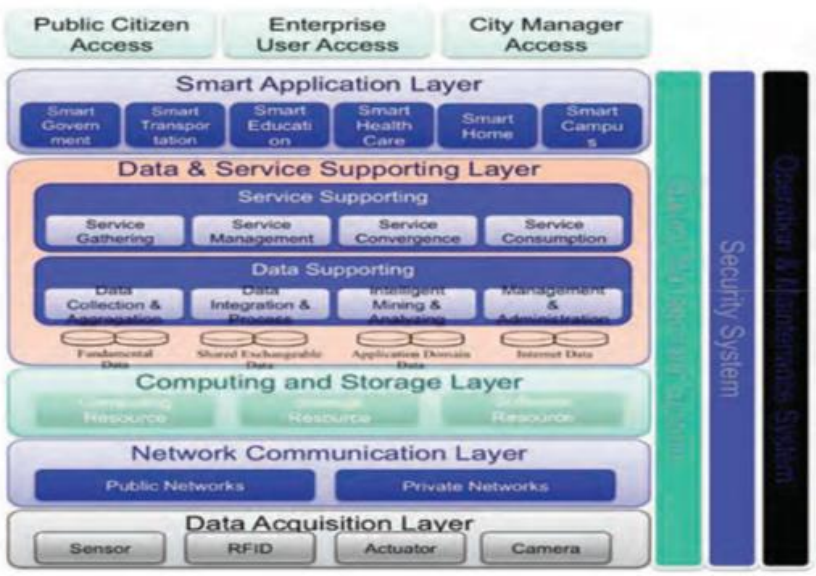
圖 32　各國 PPDR 網路建置及頻譜安排模式

第四章、我國下世代行動寬頻未來應用趨勢

一、國際智慧城市成功建置案例分析

城市提供就業機會與社會交流功能，可以呈現一個國家的發展程度，根據國際標準化組織（International Standard Organization，ISO）對於城市的定義指出，城市是一個結合多個子系統的系統，具有獨特的歷史以及特定的環境與社會背景。然而人口聚集所帶來的環境汙染、生活品質下降、都市犯罪等問題，需要城市集中各種資源共同面對這些挑戰。隨 ICT 技術持續進步，城市可以更有效、順暢地整合與運用資源以解決城市問題，並進一步帶動城市發展。ISO 技術管理委員會（Technical Management Broad，TMB）智慧城市策略建議小組（Smart Cities Strategic Advisory Group）認為，智慧城市透過應用不同領導工具、跨領域及城市內各種系統間的協作，以及運用數據資訊與現代科技，能夠大幅加速社會經濟進步的腳步與創造永續環境，回應各種挑戰如氣候變遷、人口遽增與政治經濟的不穩定等，提供城市中居民、商業與遊客更好的服務與生活品質。全球各主要國家包含美國、荷蘭、日本與韓國等都積極研擬與執行智慧城市相關建設，整合跨領域產業、學研界能量，提出各種解決方案，因應當前與未來城市面對的各種難題與挑戰。

智慧城市的運作涉及許多層面，包含資料數據的收集、傳遞、儲存、分析處理與應用，根據 ISO 於 2014 年的智慧城市報告，提出智慧城市的技術模型，認為智慧城市至少包含資訊收集層、網路通訊層、運算與儲存層、數據與服務支援層以及智慧應用服務層，並且所有階層以安全與品質管理系統輔助[4-1]。

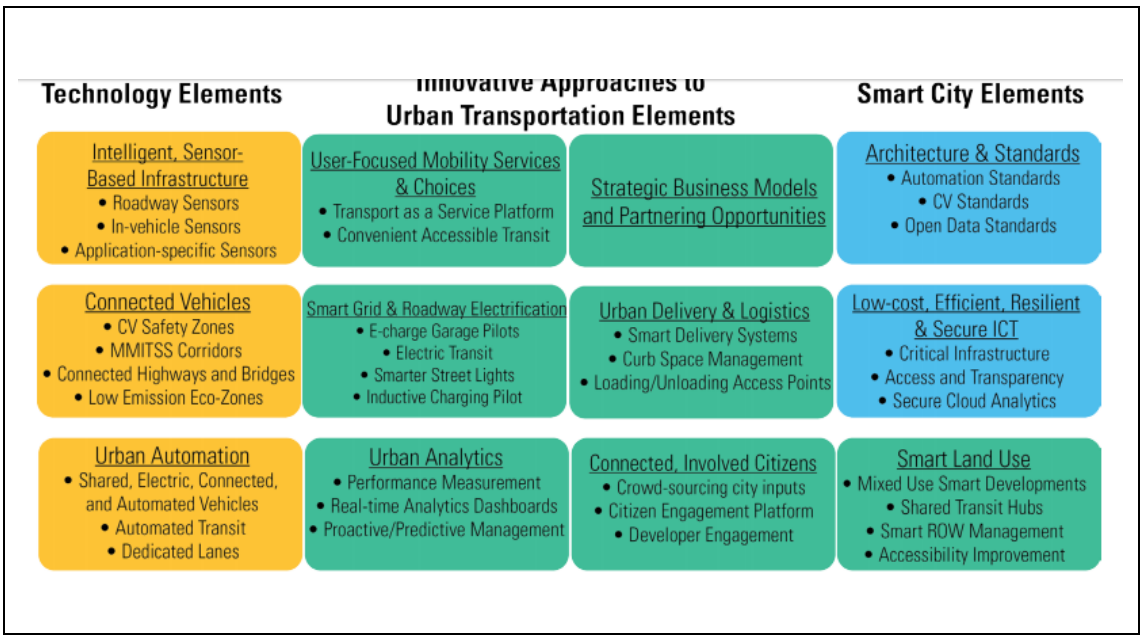


資料來源：ISO/IEC JTC 1，MIC 整理，2015 年 1 月

圖 33　智慧城市技術架構模型

美國白宮於 2015 年 9 月宣布投入超過 1.6 億美元啟動新智慧城市發展計畫（Smart City Initiative），強化聯邦政府的智慧城市技術研究，並展開超過25項新技術合作協助地方解決關鍵挑戰如減少交通壅塞、械鬥犯罪、促進經濟成長、回應氣候變遷的影響與加強城市服務等[4-2]。

美國舊金山市（San Francisco）自 2011 年開始積極投入智慧城市發展，2016 年美國交通部選定為 Smart City Challenge 的七個城市之一，舊金山市政府的智慧城市願景透過發展共享、電動、聯網與自動駕駛汽車（Shared, Electric, Connected and Automated Vehicles，SECAV）在 2020 年達到零廢棄物（Zero Waste）、零溫室氣體排放（Zero Emission）與 2024 年達到零交通事故致死率（Zero Traffic）的目標。舊金山 Smart City Challenge 規劃聚焦於三大領域：交通即平台（Transport as a Platform）、交通即服務（Transport as a Service）、智慧共享與連網街道（Smart Shared & Connected Streets）。舊金山市政府認為要達成上述目標，必須具備技術、城市交通創新與智慧城市等三大關鍵元素[4-3]。



資料來源：SFMTA，MIC 整理，2016 年 6 月

圖 34　SECAV 整體執行措施

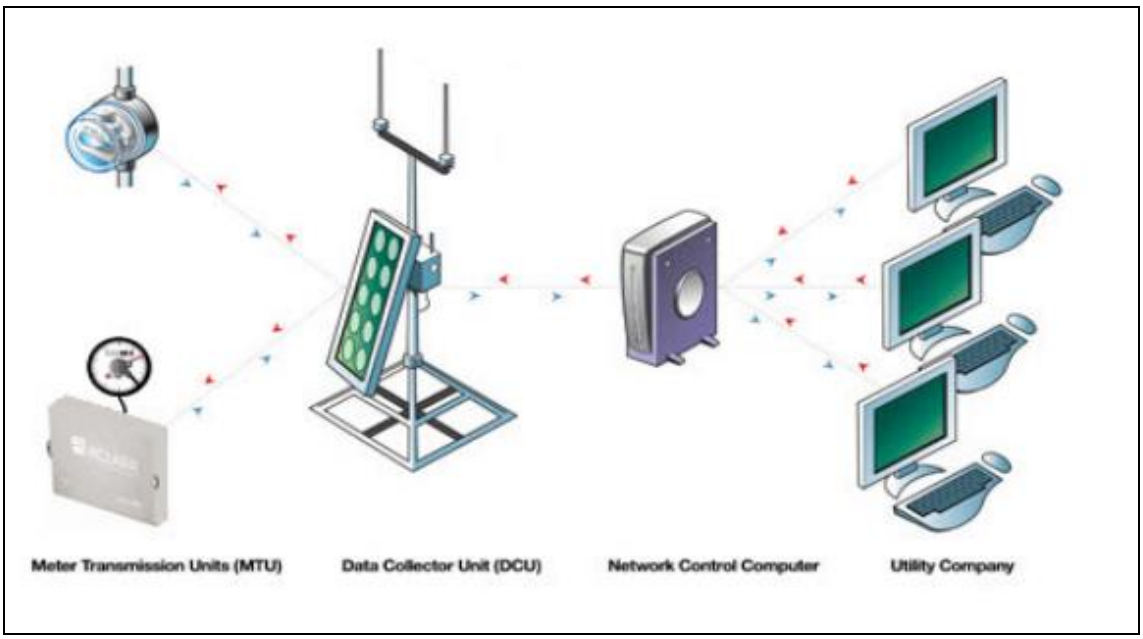
舊金山市政府將城市作為智慧城市新技術的測試場域，目前進行的實證項目有舊金山智慧停車（SFpark）、舊金山街角小公園計畫（San Francisco Parklets Program）、金銀島運輸管理計畫（Treasure Island Mobility Management Program）等。其中 SFpark 計畫由美國交通部都市合作夥伴協議（Urban Partnership Agreement）提供 2,000 萬美元資金，由舊金山交通局（San Francisco Municipal Transportation Agency，SFMTA）主導，透過即時收集與傳播停車位資訊協助車主搜尋停車位，並根據供需調整停車位計費，控制熱門區段的停車位需求，改善舊金山市的停車問題。於舊金山市西港區（West Portal）一帶，利用由 Fybr、Sensys Car Parking Technology 及 Cysen 等感測器廠商所製造的雷達、紅外線與影像辨識等感測器進行停車空位之監測與辨識。目前實證計畫已經進入第二階段，根據舊金山市交通局的成果報告第一階段比較實證區域與控制區域的結果顯示尋找車位時間平均減少 43%，溫室氣體排放及行車距離亦降低 30%[4-4]。

Sensor technology	Vendor	Streets tested
Radar/ magnetometer	Fybr	West Portal, Clement
Radar	Sensys	West Portal, Fillmore
Infrared	Car Parking Technologies (CPT)	West Portal, Fillmore
Image recognition	Cysen	West Portal, Fillmore, Valencia, Balboa

資料來源：SFMTA，MIC 整理，2011 年 8 月

圖 35　SFpark 布建場域及感測技術

在城市能源應用方面，舊金山公共事業委員會（The San Francisco Public Utilities Commission，SFPUC）自 2009 年開始更換智慧水錶，目前舊金山市已經建置全加州滲透率最高的智慧水錶系統，在全市 178,000 個水錶當中約 96%為智慧水錶，可以提供遠端抄錶、用戶資訊查詢等服務。舊金山市的智慧水錶系統採用 Aclara 的無線固定網路（Wireless Fixed Network），系統包含：水錶傳輸元件（Meter Transmission Unit，MTU）、數據收集元件（Data Collection Unit，DCU）、自動水錶資料庫（Automated Water Meter Program Database，AWMP Database）等三項主要功能。智慧水錶每 6 小時傳輸一次，MTU 與 DCU 之間利用 450～470MHz 低功率頻段進行傳輸，再透過蜂巢網路、光纖等將資訊傳輸至控制電腦，SFPUC 整合用水資訊與帳務系統建立用戶帳單[4-5]。



資料來源：SFPUC，MIC 整理，2015 年 10 月

圖 36　舊金山市智慧水錶系統

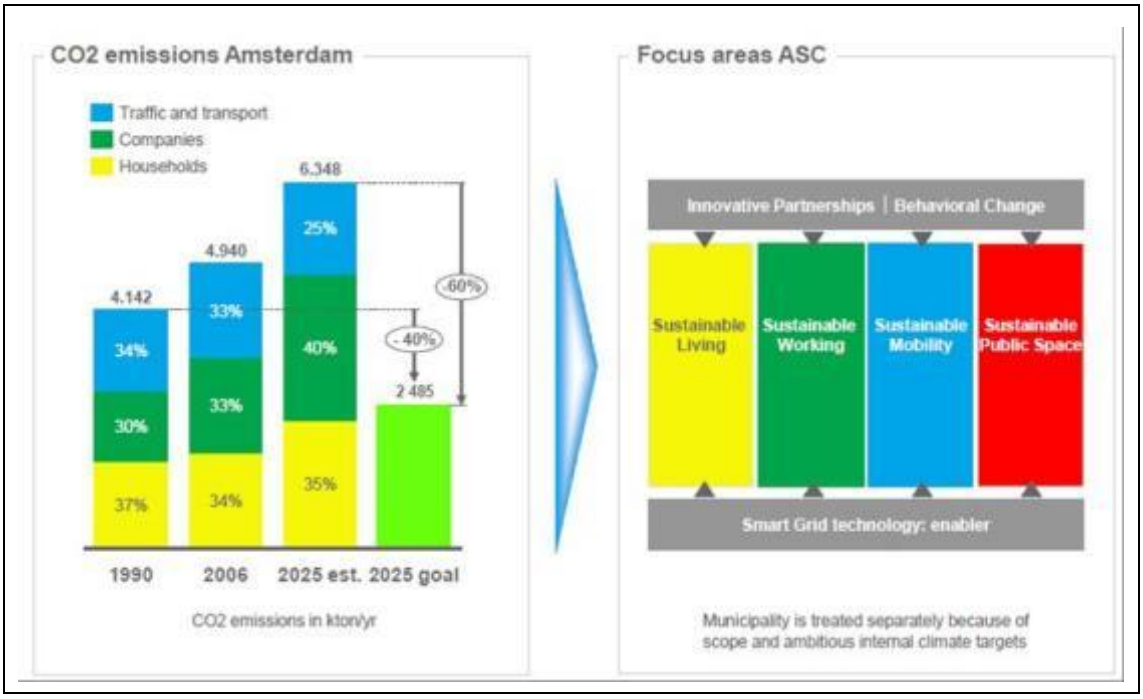
此外，隨不同物聯網發展，舊金山市政府亦積極推動新技術的應用，2015 年與法國物聯網技術業者 Sigfox 合作，讓 Sigfox 在市區內 20 個圖書館屋頂設置天線，建立一個低成本、具備能源效率的物聯網，提供舊金山市政府了解該技術的運作方式以及發展新產品服務的機會[4-6]。

歐洲部分，由於歐洲城市發展較早，許多公共基礎建設已經老舊，面臨更新問題，過去許多工業城市也因為產業轉型、人口遷移等因素等沒落，需要進行城市翻新與整頓，同時，ICT 產業藉著歐洲各國政府積極投入智慧城市建設，一方面解決城市問題，一方面能夠帶動智慧城市相關產業發展。

荷蘭阿姆斯特丹市為歐洲重要的港口及金融文化中心，為解決能源消耗、氣候變遷等問題，阿姆斯特丹市政府、阿姆斯特丹經濟委員會、網路服務商 Liander、營運商 KPN 於 2009 年共同發起阿姆斯特丹智慧城市計畫（Amsterdam Smart City，ASC），期望將原來的城市進化成為智慧城市。智慧城市阿姆斯特丹計畫根據以下二原則：第一，讓多方合作夥伴提供創新技術；第二，促進使用者的行為改變。該計畫不僅提供技術解決方案，而是同時要促進合作（Collaboration）、共同創造（Co-Creation）以及建立城市中包含政府、研究單位與企業等

關係者的夥伴關係，促成永續與智慧的解決方案。期望能夠協助達成在 Europe 2020、Amsterdam Structural Vision 2040 與 Amsterdam Energy Strategy 2040 等計畫中所設定的永續性目標，同時設定在 2025 年以前將阿姆斯特丹市的碳排放減少 40%[4-7]。

目前阿姆斯特丹智慧城市平台有超過 70 個合作夥伴，參與 38 個不同的智慧城市專案。以智慧生活、智慧工作、智慧行動與智慧公共空間等四大目標發展智慧城市。智慧生活應用範圍從翻修運河邊的舊建築物以達到更高的能源效率，到安裝智慧能源錶改善消費者能源使用行為，如：家電關閉與調降暖氣、替換家庭內裝置及透過太陽能板與家庭用風力渦輪，讓消費者製造自己使用的能源。智慧工作協助發展永續型建築物、改善企業能源消耗，如：安裝智慧插座、樓層智慧能源錶、LED 照明與其他智慧建築解決方案。智慧行動聚焦永續型的運輸與基礎建設，如：創新物流、動態交通管理、車輛快速充電電池與電動機車全城市充電站網路。智慧公共空間聚焦能夠讓公共建築的永續使用及智慧管理。



資料來源： 阿姆斯特丹，MIC 整理，2011 年 5 月

圖 37　阿姆斯特丹智慧城市計畫

ASC 初期計畫中包含數個重點項目，如：氣候街道（Climate Street）、船舶電網（Ship-to-Grid）、智慧樓宇管理系統（Smart Building

Management System）與健康實驗室（Health Lab）。其中，氣候街道聚焦減少購物街碳排與能源消耗，透過廢棄物物流、能源消耗顯示、LED 照明、智慧電錶與能源管理系統等系統建置，並促進用戶能源使用行為改變。2009～2011 年計畫驗證結果達到每年碳排減少 661 噸。阿姆斯特丹市期望透過船舶電網建設，在 2020 年以前將阿姆斯特丹打造成全歐洲首座智慧型港口，讓內陸船舶使用的動能從傳統柴油轉變成綠能，同時達成減少碳排及降低噪音與空氣汙染的目標，計畫在港口建置 195 個充電點，船主可透過電話支付系統繳費。船舶電網計畫透過 Utiliq（ICT 基礎建設）、Joulz（船電網硬體建設與運作）、Royal Haskoning（主要執行與計畫顧問）與 Liander（阿姆斯特丹電網業者）等多方業者的協力與合作，驗證結果達到年減少 5,100 噸碳排。智慧建築管理系統主要於 Accenture 的總部辦公室 ITO Tower 中進行，目的為降低辦公大樓的能源消耗。計畫在辦公大樓安裝 360 個智慧插座及換裝 300 個 LED 照明，結果年節省相當於 15 個家戶的用電量。健康實驗室則希望將阿姆斯特丹市打造成智慧健康解決方案的驗證場域（Living Lab），透過平台設置將研究員、政府、業者與民眾相互串聯，共同開發融合 ICT 技術的創新健康解決方案[4-8]。

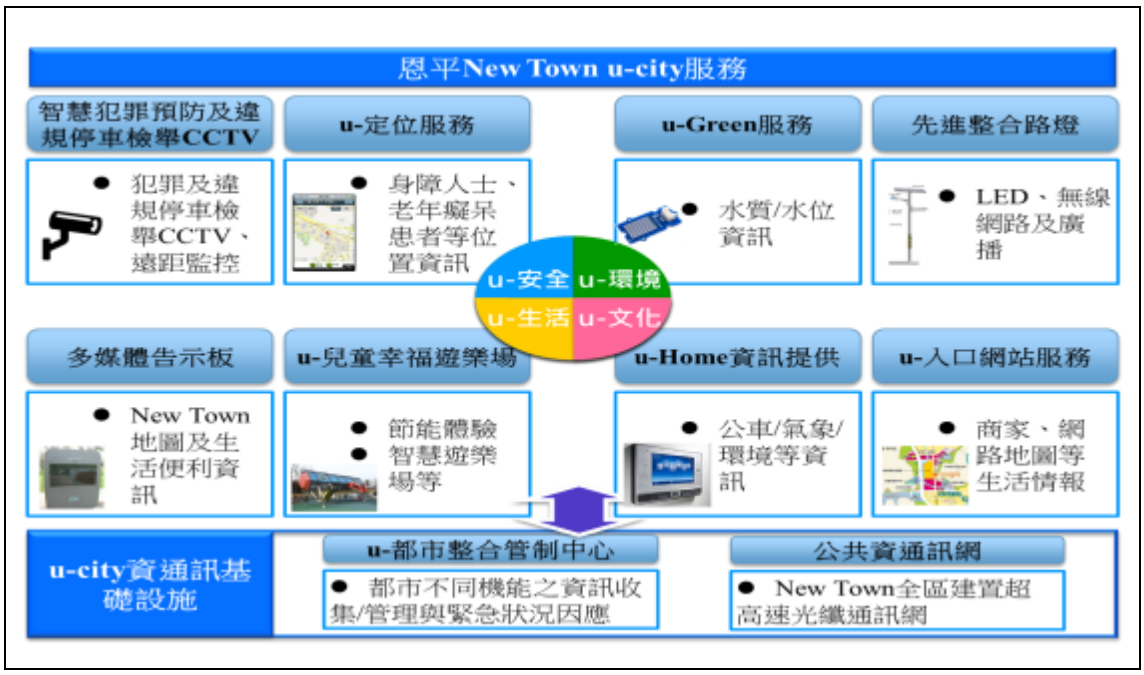
阿姆斯特丹市利用城市內不同參與者的提案，形成一個 Bottom-Up 的智慧城市發展模式，讓更多新技術與新解決方案得以在此獲得快速導入與發展，如阿姆斯特丹市於 2015 年結合電信營運商 KPN、Beacon 製造商 Glimworm 打造全球第一個長距低功耗技術 LoRaWAN 公共網路，稱為 iBeacon Living Lab，在全長 2 公里街道設置 Beacon，提供導航、旅遊路線規劃與商店指引等創新應用服務測試。在各種不同解決方案的激盪下，促進阿姆斯特丹成為全球最活躍的智慧城市之一[4-9]。

亞洲方面，日韓兩國政府在發展智慧城市最為積極，韓國智慧城市相關發展可回朔至 2006 年 2 月當時之建設交通部與情報通信部簽訂備忘錄，表示將共同推動無所不在城市（Ubiquitous City，U-City）相關建設。U-City 為在城市空間內整合先進資通訊基礎建設透過大規模

需求創造相關產業鏈之 21 世紀先進都市。在中央政府的推動之下，2006 下半年首爾、釜山、仁川等地方政府亦開始推動各自的 U-City 建設計畫[4-10]。

首爾市政府於 2006 年 4 月公布為期 5 年的 U-Seoul 計畫(U-Seoul Master Plan)，推動六大領域應用服務涵蓋社會福利（U-Care）、文化（U-Fun）、環境（U-Green）、交通（U-Transport）、商業（U-Business）與行政（U-Government），並且促進四大領導事業項目包含 U-新城區（U-New Town）、U-清溪川、U-圖書館（U-Library）與 U-交通資訊（U-TOPIS）。計畫分為 3 階段進行，第 1 階段（2006～2007）首先推動 U-New Town 等四大領導事業及行動行政相關基礎整備，第 2 階段（2008～2010）以交通管理中心強化、首爾醫療中心（Seoul Medical Center）患者資訊相關網路建構、數位資訊圖書館、環境資訊整合管理等為中心推動，第 3 階段（2011 年以後）為 U-New Town 的擴大及六大領域服務之普及[4-11]。

首爾恩平區（Eunpyeong New Town）為 U-Seoul Master Plan 中 U-New Town 事業項目的主要施行地區，總面積為 349 萬平方公尺，居住人口約為 45,000 名。自 U-Seoul Master Plan 開始推動後，2011 年已完成智慧犯罪預防閉路攝影機（Closed-Circuit Television，CCTV）系統、U-定位服務、U-入口網站、違規停車檢舉 CCTV 系統、U-Home 資訊提供系統與先進整合路燈設置等服務提供。智慧犯罪預防 CCTV 系統提供犯罪/違規停車熱點監測；U-定位服務以全球定位系統（Global Positioning System，GPS）定位兒童或老人配戴之搭載無線射頻識別（Radio Frequency Identification，RFID）的終端位置並進行警示通報；U-Home 透過家中安裝之平板電腦 Wall Pad，提供公車、氣象等資訊；先進整合市路燈搭載 LED 燈、無線路由器與廣播音響，提供市民 Wi-Fi 上網服務[4-12]。



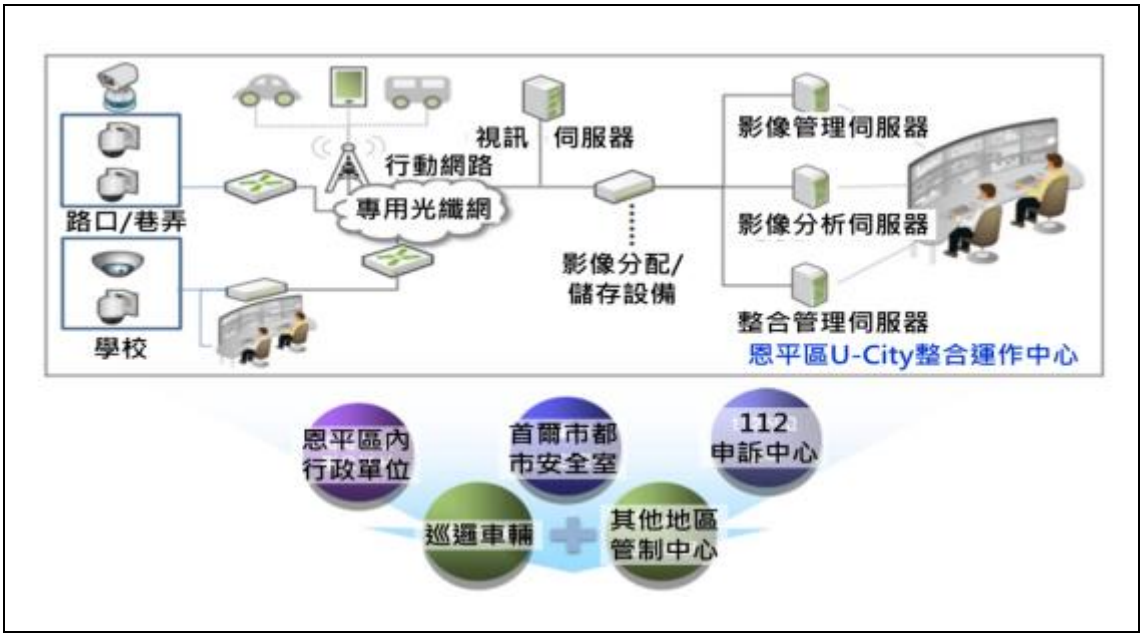
資料來源：首爾恩平 New Town，MIC 整理，2006 年 5 月

圖 38　首爾恩平 New Town U-City 服務

其中，智慧 CCTV 系統為恩平智慧城市計畫之發展重點，目的打造一個安全舒適的生活空間。目前恩平 New Town 內總計設置 203 台智慧 CCTV，在公園、學校周邊等犯罪熱點區域透過 24 小時監控，犯罪或事故發生時可迅速指派警察至現場，同時，在主要商圈周邊道路設置停車檢舉 CCTV，能夠自動檢知違規停車車輛並寄送違規通知書。CCTV 將拍攝之影像回傳至 U-City 整合管制中心，除 New Town 地區外，管制中心亦一併整合管理恩平區內其他校園、公園與道路等地點設置的 CCTV，至 2015 年底為止總計管理恩平區內 1,876 台 CCTV，提供區內不同行政管理單位，如：交通指導科、公園綠地科與土木科等進行資料查詢、違規檢舉等使用，2015 年總計提供相關主管單位影像查詢共 657 次，嫌疑犯檢舉 112 次，緊急呼救應對 1,165 次以及 112 狀況處理 2,190 次[4-13]。

恩平 New Town 目前使用專用光纖網路回傳影像至控制中心，同時，巡邏警車能夠透過行動網路確認事故/犯罪位置及確認現場影像，實施緊急應對處理。恩平區 2016 年已規劃相關設備更新計畫，由首爾市、恩平區與 SH 公司（SH Corporation of the Seoul Metropolitan）共同出資，預計將 CCTV 設備更新為搭載 LTE 通訊模組之無線 CCTV，

未來利用 LTE 核心網路進行影像回傳，同時將提升攝影機解析度至 200 萬畫素，以提升影像辨識度與增加設備設置的彈性，能夠更普及 CCTV 之使用，確保居民安全與行政效能[4-14]。



資料來源：首爾恩平 New Town，MIC 整理，2014 年 11 月

圖 39　首爾恩平 New Town 智慧 CCTV 系統

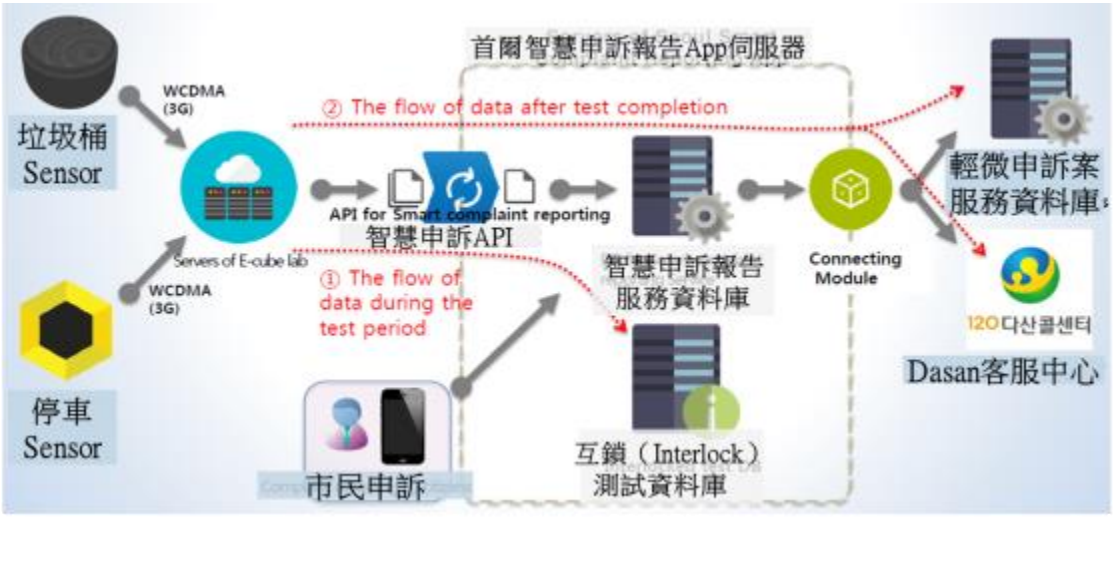
延續 U-Seoul 計畫之推展，首爾市於 2011 年公布首爾資訊化基本計畫（Smart Seoul 2015），計畫願景為創造一個市民共同參與之幸福且智慧的首爾，主要推動領域為生活福祉（Smart Life）、未來市政（Smart Government）、綠色都市（Smart Space）與創意經濟（Smart Economy）[4-15]，除建設首爾市智慧資通訊基礎建設外，更強化資訊之開放與應用，促進符合市民需求之智慧化服務。其中透過行動通訊結合大數據技術，成功改善首爾市內深夜巴士之使用率。首爾市政府自 2013 年開始與電信營運商 KT 合作，收集凌晨 0～5 點首爾市內，1,250 個基站的所接收之行動電話發話量與定位資訊，透過 KT 的大數據分析平台分析 30 億筆通話資料，導出深夜人口聚集熱點與流動方向，以此資料為基礎，修正深夜巴士路線與派車間距，2013～2014 年深夜巴士平均每日搭乘人次提升 54.5%[4-16]。

資料來源：韓國資訊化振興院，MIC 整理，2014 年 3 月

圖 40　首爾深夜巴士分析系統

首爾市政府為因應物聯網之世界潮流，以及配合中央政府物聯網基本計畫、下世代智慧裝置 2020 等資通訊計畫，於 2015 年公布首爾數位基本計畫 2020，提出四大目標包含打造以物聯網為基礎的數位首爾、數據運用行政、市民參與型市政及全球最先進的新都市基礎建設[4-17]。針對物聯網都市建設，設定首爾市北村地區為第一波建設目標，2016 年以後再擴散到首爾其他區域。北村是韓國傳統建築屋韓屋之聚落，近年來成為外國觀光客訪問首爾時的熱門景點，然而觀光客急增所帶來，如：安全、噪音與交通等都市問題，造成當地居民困擾，因此首爾市政府決定透過物聯網技術與服務，與民間企業共同解決相關問題，同時發展北村優質觀光環境。

目前北村已展開多項實證測試，如與感測器開發業者 Ecube Labs 合作垃圾桶與停車感測，將感測器裝設在垃圾桶與停車格中，透過 3G 行動通訊網路將感測資訊即時回傳至資料庫，旅客能夠在網頁上即時查詢可以使用的停車格，未來將提供預約車位之服務；在垃圾筒監控方面，感測器偵測垃圾桶狀態，即時通知清潔隊前往清倒垃圾[4-18]。



資料來源：首爾市政府，MIC 整理，2015 年 10 月

圖 41　首爾北村物聯網示範服務系統架構

除首爾市外，韓國國土交通部於 2009 與 2013 年公布兩次 U-City 綜合計畫，目的為透過各種基礎建設如道路、橋梁、學校或醫院等，並運用資通訊技術讓都市可以隨時提供各種必要的服務包含行政、交通、醫療等，以提升都市競爭力與改善居民生活品質。協助包含仁川松島、大田、大邱與釜山等地區建設智慧城市，相關建設預計至 2018 年完成，未來可以持續觀察其發展[4-19]。

日本政府自 2008 年起，由各部會展開不同智慧城市示範計畫，包含內閣府的未來環境都市（Future City Initiative）、經濟產業省的下世代能源、社會系統實證 Master Plan，以及總務省的 ICT Smart Town。其中，內閣府的未來環境都市包含環境未來都市及環境模範都市二大領域，環境未來都市針對未來都市中所面對的環境變化與高齡少子化問題，選定 11 個城市進行技術、服務與商業模式等的驗證；環境模範都市則以實現低碳社會為目標，選定 23 個城市，強調地區資源的運用，建立低碳永續的城市典範[4-20]。

經濟產業省自 2010 年選定，包含：神奈川縣橫濱市、愛知縣豐田市、京都府學研都市與福岡縣北九州市等 4 個城市，展開為期 5 年的實證計畫，以減少碳排為主要目標，協助各地區導入住宅用太陽能發電、民生燃料電池、建築物高效能源系統、促進新能源使用、研發複

合儲電系統與地區型能源管理系統以及開發下世代交通系統等，達到創造地方就業與守護市民安全、健康[4-21]。

總務省為因應未來日本所面對的複合性問題，包含：東日本大地震等天然災害之防災與減災、高齡少子化社會與地區均衡發展等。認為資通訊技術是支持社會、經濟發展的重要基礎，能夠提升民眾生活便利、減少人力資源並更有效率地解決問題。總務省於 2011 年舉辦發展 ICT 新市鎮與全球擴散相關懇談會，針對 ICT 發展現況與未來發展、運用 ICT 技術推動城市發展之方向、推動策略及全球擴散方法等進行討論，提出實現 ICT Smrt Town 推動策略之建言，並於 2012 年完成報告書。總務省為加速實現上述報告之願景，於 2012 年 9 月開始 ICT 城市發展推動計畫，向全國地方政府、民間企業等公開徵求實證計畫，結果選定千葉縣柏市、愛知縣豐田市、東京都三鷹市、長野縣鹽尻市與靜岡縣袋井市等 5 個城市，這些城市目標成為 ICT Smart Town 的標竿城市，於 2012 年 12 月陸續開始， 2015 年完成示範計畫，2020 年朝向國內外普及擴散。

根據懇談會報告指出，具備下列三項基本功能的市鎮可稱為 ICT Smart Town。第一、平時與災害時運用 ICT：具備平時能夠協助市鎮發展，緊急事件或災害時可發揮防災、減災功能的 ICT 系統；第二、居民等使用者的參與：ICT 系統具備行動電話及電視等能夠容易使用的介面，確保使用者參與；第三、利用共通 ID 連結不同領域的資料並運用大數據分析：運用感測器收集之即時資訊與行政機關開放的資訊，透過共通 ID 連結官方與民間保有的資訊，創造新服務[4-22]。

表 27　總務省 ICT Smart Town 示範計畫

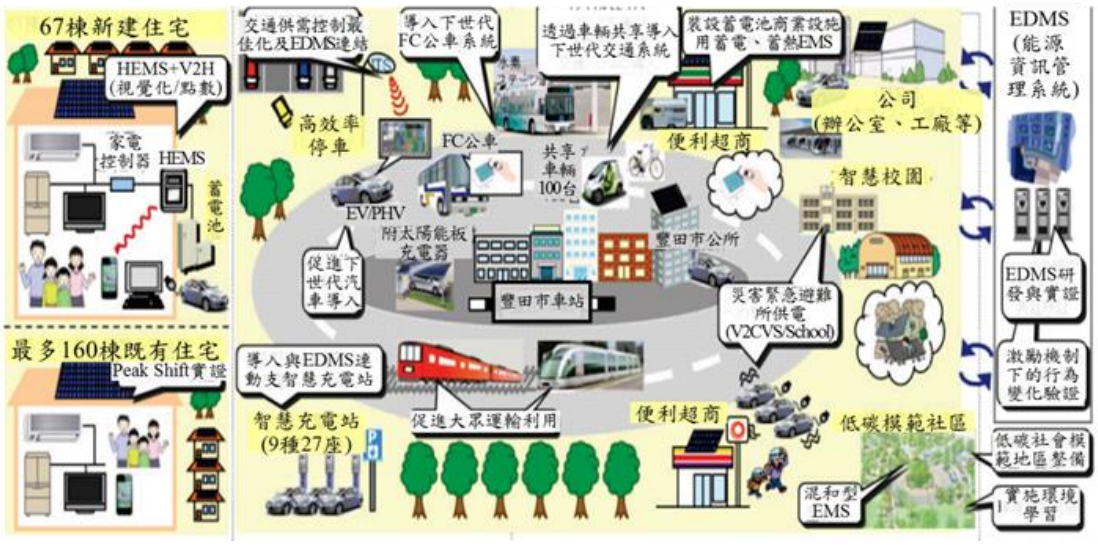
主要提案機構	計畫特色
柏市、三井不動產、日本 HP、E-Solutions	1、 聚焦領域：醫療健康、能源 2、 建構能夠即時收集、管理、分析居民健康情報達到疾病預防、照護之健康管理系統 3、 透過網際網路，將個人健康資訊、能源消耗資訊、地區行政資訊等視覺化呈現

主要提案機構	計畫特色
豐田市、名古屋大學、岐阜大學、Meitetsucom（名古屋鐵路子公司，系統整合商）	1、聚焦領域：醫療健康、交通 2、將過去病例、用藥歷史等醫療資訊整合至交通卡中；建構在緊急就醫時能夠獲得最適當醫療服務的系統 3、運用 CAN-Bus 探測器收集的偵測數據以及推特等社群媒體資訊，建立能夠掌握交通、道路通行規範、交通壅塞與災害資訊、高齡者地區不便設施等情報系統
三鷹市、城市建造三鷹	1、聚焦領域：高齡者保護與購物協助、災害通訊、資訊傳遞控制 2、導入共通 ID 讓高齡者的家族能夠掌握行蹤 3、作為災害資訊傳達的基礎於車站前設置 Wi-Fi、災害資訊傳達方法的整合控制、建立被照護者的資料庫、獨居高齡者的安全確認與購物協助系統
塩尻市、日本軟體工程、信州大學	1、聚焦領域：監控、地區資訊 2、設置監控、鳥獸對農作物危害、土石流、水位感測器，建置透過行動電話向居民提供資訊之系統 3、災害發生時，告知最適避難路線與確認受災者的平安
袋井市、大和電腦、慶應義熟大學、神奈川工科大學	1、聚焦領域：農業、物流 2、於當地特色農產品，如：哈密瓜上貼電子標籤，掌握出貨與配送資訊，建立加工、運送與販售資訊資料庫，實現最適切之物流 3、災害發生時亦能夠作為救難物資的配送系統

資料來源：總務省（2013 年），2013 年 6 月

綜觀日本政府歷年推動智慧城市相關計畫，多以節能、減少碳排等打造永續環境或建構因應災變、降低災害造成的損害為首要目標。愛知縣豐田市為愛知縣內面積最大的市，同時也是國際汽車製造大廠豐田汽車總部所在地，2008 年被選定為環境模範都市，2010 年在經濟

產業省的計畫下進行低碳社會系統實證，2011 年作為下世代能源、運輸特區的實證基地。在豐田市低碳社會系統實證計畫（Smart Melit）中，主要聚焦於低碳交通系統建構包含下世代汽車、汽車充電站導入、運輸工具共享等，同時亦致力於提升家庭內與商業公共設施的能源使用效率如家庭能源管理系統（Home Energy Management System，HEMS）開發與導入以及再生能源的使用等[4-23]。



資料來源：豐田市，MIC 整理，2014 年 4 月

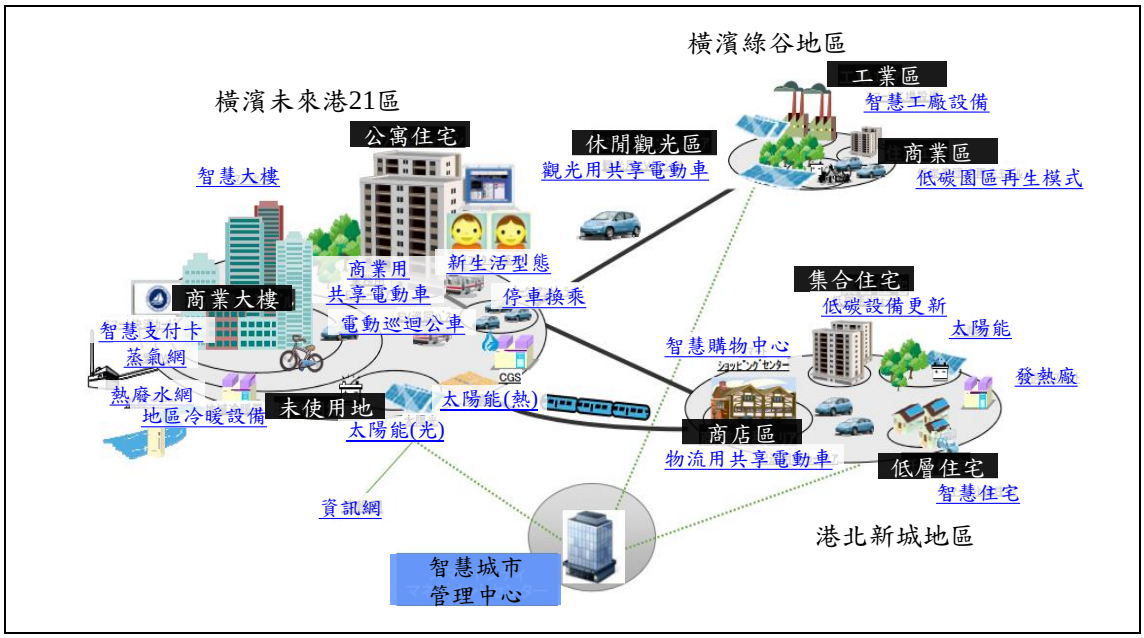
圖 42　豐田市碳素社會系統實證計畫架構

透透過導入 HEMS 等智慧裝置，以及下世代節能汽車等新技術的研發與商品化，實證結果成功減少 30%，合計約 264,740 噸的 CO^2 排放，節能效果亦達節省 28%。根據上述成果，豐田市自 2015 年起展開未來挑戰都市計畫，其中包含與名古屋大學合作進行的高齡者友善交通環境試驗、化學廢水回收技術及產業用無人機開發等[4-24]。

橫濱智慧城市計畫（Yokohama Smart City Project，YSCP）以人口約 370 萬的海港城市橫濱為實證場域，與其他下世代能源社會系統計畫相同，目標同時達成節能減碳及經濟成長。透過社會基礎建設的更新與改善，達成舊都市的智慧化，期望建立橫濱智慧城市模型，將成功經驗複製到全球其他城市。YSCP 由橫濱市聯合 Accenture、東芝、日產汽車、Panasonic 及明電舍等 5 家民間企業共同提案與推動，同時，包含：東京電力、東京瓦斯等，能源業者等也共同參與計畫執行。計

畫範圍涵蓋橫濱港未來 21 區、港北新城、橫濱綠谷地區等 3 個區域，先於該地區進行小規模驗證後，再逐漸擴大規模實施經濟效果與推廣實證。

YSCP 主要措施為大規模導入再生能源使用，透過使用 HEMS 或建築物能源管理系統（Building Energy Management System，BEMS）提升能源使用效率以減少二氧化碳的排放，橫濱市設定在 2025 年達成較 2004 年減少碳排 30%的目標。同時，利用區域內蓄電、蓄熱功能，實施地區可再生能源的自給自足，並建構地區全境的綜合能源管理控制系統；此外，推動下世代交通系統的運用，透過促進電動車的普及與公共交通工具的利用，減少交通運輸方面的碳排，同時建構電動車搭載的鋰離子電池殘餘電力提供家庭用電的住家汽車電力共享系統（Vehicle to Home，V2H）。[4-25]



資料來源：橫濱市，MIC 整理，2015 年 11 月

圖 43　YSCP 系統架構

智慧城市的出現在於政府希望藉由新技術或新方法解決城市的特定問題，如：環境污染、治安或經濟衰退等，觀察美國舊金山、荷蘭阿姆斯特丹、韓國首爾、日本豐田市與橫濱市等城市在發展智慧城市時，共同欲解決的課題為與都市永續發展相關的能源及交通議題；因應不同自然與社經環境，每個都市又各自擁有不同的重點發展目標，如：日本在歷經東日本大地震後，認為防災與減災為城市為未來城市

所必須具備的重要功能，韓國配合整體國家的 ICT 發展策略，希望透過各種新科技，同時發展新技術與新產業創造經濟成長動能。

在整體計畫規劃與推動方面，可以歸納舊金山、首爾、豐田與橫濱市是以政府主導向業者徵求解決方案的上到下模式（Top-Down）為主，阿姆斯特丹則是由民間主動提案，政府給予資金等資源協助的 Bottom-Up 為基本推動模式。就個別城市分析，舊金山市在美國白宮的智慧城市發展計畫下被選定為 Smart City Challenge 的 7 個城市之一，通動相關智慧城市發展；首爾則在中央政府 U-City 計畫、物聯網基本計畫與下世代裝置 2020 等大型國家型計畫的推動下，結合首爾市本身需求，逐步發展智慧城市解決方案；日本橫濱市與豐田市配合內閣府、經產省與總務省等中央政整體智慧城市發展策略，進行智慧城市系統建置與規模實證。阿姆斯特丹則是在減少碳排的願景前提下，由企業、研究機構等相關解決方案與技術提供者主動提案進行智慧城市商業模式與技術驗證。綜上所述，ICT 被認為是智慧城市重要基礎建設，根據環境需求綜合運用有線/行動寬頻通訊網路為各城市在智慧城市推動上的基本方向，同時隨新技術的演進與發展大數據、長距低功耗物聯網通訊技術等亦成為各城市在智慧城市資通訊建設的選項之一，以多元 ICT 技術的運用為基礎，達到城市管理與資源運用效率的最佳化。在智慧城市發展之下，各種應用服務之資訊傳輸需求增加如大頻寬的安全監控影像傳輸、低延遲的交通應用及低功率廣覆蓋的環境偵測等，將同時帶動高頻及低頻的頻譜使用需求，為因應此一趨勢，各國主管單位除持續規畫行動通訊頻譜外，也關注不同服務的應用特性與傳輸需求，綜合考量不同頻段的釋出與開放，滾動式調整相關頻譜規劃。

二、物聯網主要應用之技術標準及頻譜規劃

智慧城市的發展與執行需要多元技術相互整合運用，如：開放資訊、大數據、地理資訊系統、雲端運算、網路與物聯網等，其中物聯網利用各式資通訊協定連結裝置與既有的網際網路，在虛擬世界進行訊息交換，能夠促進不同領域的自動化，並實現，如：智慧能源、車聯網等各種先進應用服務。

(一)物聯網主要應用及相關 M2M 技術標準與無線網路技術

物聯網應用涵蓋各種面向，包含：交通、消費生活、公共事業、安全、零售行銷、健康照護、工業與政府等，相關通訊技術從裝置間到核心網路，依據傳輸距離、傳輸速率、功耗等要求之不同，可以選擇使用不同無線技術，而不同垂直領域，如：車聯網、電網等也發展特定通訊技術因應其服務。本文將就智慧家庭、智慧能源錶、智慧建築、車聯網、物流管控、醫療看護等六項應用進行探討。

1. 智慧家庭

一般而言，目前物聯網裝置間採用的無線通訊技術，多運作在免執照頻段，具備布建容易與設置成本低之優勢，但同時也必須忍受來自合法通訊如 LTE 等業務之干擾；此外，由於傳輸距離短；因此，多應用於智慧家庭、零售行銷等室內場景。相關標準如：Wi-Fi Alliance 推動之 802.11 相關標準、Zigbee、Z-Wave、Google 推動的 Thread 及 GE 主導的 Ingenu 等[4-26]。

智慧家庭概念最早於 1997 年由微軟創辦人比爾蓋茲所提出，隨 ICT 技術進步，近年智慧家庭為許多國際大廠積極發展的應用領域。智慧家庭應用範疇大致上可分為遠端遙控、安全監控、能源管理與醫療照護等部分，由於智慧家庭涉及家庭內許多裝置的互連與資訊的取得，因此為解決裝置互通問題，國際上成立許多聯盟如 Qualcomm 主導之 AllSeen Alliance、Intel 主導之 OCF、Google 旗下 Nest Labs 主導 Thread Group 等，期望在智慧家庭應用領域中取得領先地位。

AllSeen Alliance 主要的互聯共通平台採用 Qualcomm Innovation Center 於 2012 年開發之開源軟體框架—AllJoyn Framework，且該框架已由 Qualcomm 捐給 AllSeen Alliance。AllJoyn 為一近端、點對點的互聯通訊協議框架，以 C、C++、Java 語言撰寫而成，可有效跨作業系統（Linux、Android、

iOS、Windows、Mac 等）、跨傳輸技術（Wi-Fi、Ethernet、Serial 與 Power Line 等）為相異作業系統與通訊技術的連網裝置創造一溝通途徑；開發人員僅需基於 AllJoyn 框架撰寫應用層指令，近端裝置間即可創造點對點 AllJoyn 溝通管道；遠端則可透過 AllJoyn 網路閘道（Gateway Agent）進行雲端控制、資料庫存取等功能[4-27]。

OIC 為 Intel 於 2014 年 7 月成立之開放互聯聯盟，主要會員包括：Dell、Samsung、Atmel、GE、Cisco 及聯發科等。該標準發展願景與 AllSeen Alliance 相似，通訊協議框架同樣強調跨作業系統包括 iOS、Android、Windows、Linux、Tizen，以及跨 Wi-Fi、藍牙、藍牙 LE、Wi-Fi Direct、Zigbee、Z-wave 與 Ant^{+}等連網技術，並著重於設備近端、點對點之接取聯結，以及遠端及雲端透過 Gateway 外聯。2016 年 Microsoft、Intel、Cisco、Samsung 等大廠聯合宣布以 OIC 為基礎，成立開放互聯基金會（OCF），加速物聯網產業互通標準的發展[4-28]。

Thread Group 成立於 2014 年 7 月，主導業者為 Google 旗下 Nest Lab，主要會員包括 Qualcomm、Samsung Electronics、ARM、Freescale、Silicon Labs 等，截至目前已有 220 多家業者加入。2015 年 7 月正式推出 Thread 1.0 標準，不同於 AllSeen Alliance、OCF 提倡跨技術、跨平台通信協議，面對未來智慧家庭諸多智慧家庭產品皆需採用低功率、電池供電之需求，Thread Group 推出的 Thread 1.0 主要為一基於 802.15.4、IPv6/6LoWPAN 之無線網路標準協議。而隨著 Thread-certified ARM、Freescale、Silicon Labs 封裝晶片的上市，Thread Group 會員將可依據 RAND-RF（Royalty-Free）Licensing Term 開發相關設備[4-29]。

2014 年 6 月 APPle 於 WWDC 開發者大會中，宣布 HomeKit 智慧家居平台，HomeKit 可以控制燈光、門鎖、IP

攝影機、車庫門等家用設備，該平台旨在整合居家任何硬體終端，只需要符合 HomeKit 標準、並通過 APPle 認證，即可與 iOS 裝置，如：iPhone、iPad、APPle Watch 或 APPle TV 等終端互聯，同時支援 Siri 聲控。APPle 於大會中同時公布了 HomeKit Framework 設備通訊協議以及軟體 API，提供協力廠商終端設備商快速導入 HomeKit 平台，加速 HomeKit 生態擴散[4-30]。

歸納上述各主要聯盟所支援的無線通訊技術，智慧家庭應用場域中目前主流技術包含 Wi-Fi、Zigbee、Zwave 與藍芽等。

表 28　智慧家庭主要無線通訊技術比較

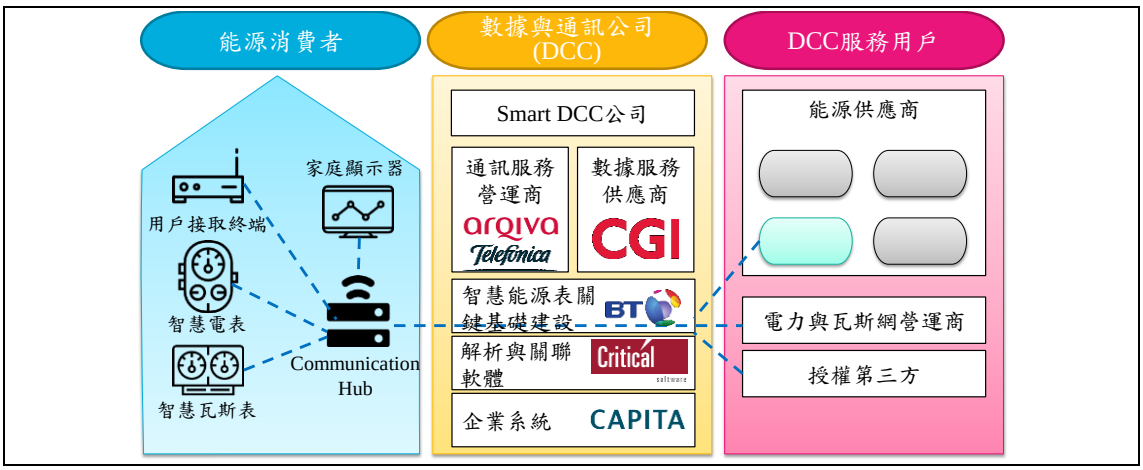
	Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave	Thread	Bluetooth	NFC
標準	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4	Bluetooth SIG、IEEE 802.15.1	ISO 13157
頻譜	2.4/5GHz	868/915 MHz/2.4 GHz	868/915 MHz/2.4GHz	868/915MHz/2.4GHz	2.4GHz	13.56MHz
最遠傳輸距離	200m	10～100m	40～200m	10m	10～100m	0.2m
最大傳輸速度	54Mb/s	250kp/s	40kp/s	250kp/s	24Mb/s	424kbit/s

資料來源：各聯盟，MIC 整理，2016 年 7 月

2. 智慧能源錶

在智慧能源應用相關部分，國際上許多國家將智慧能源視為智慧城市的重要基礎建設，同時能源為國家重要資源與經濟發展基礎；因此，多由政府主導推動。智慧能源應用範圍包含：電力、瓦斯及水資源等，重要元件如：智慧能源錶提供能源數據收集、網路通訊與數據分析平台等。國際案例，如：英國於 2007 年能源白皮書（Energy White Paper）中將智慧能源錶規劃至能源政策中，由能源與氣候變化部（Department of Energy and Climate Change，DECC）於 2011 年啟動全國智慧能源錶建置計畫，計畫分為 2 階段 2011～2014 年為基礎奠定階段（Foundation Stage），2014～2019 年為大規模建設階段（Mass Rollout Stage），預計於 2019 年以前換裝 5,300 萬個智慧電表與智慧瓦斯錶[4-31]。

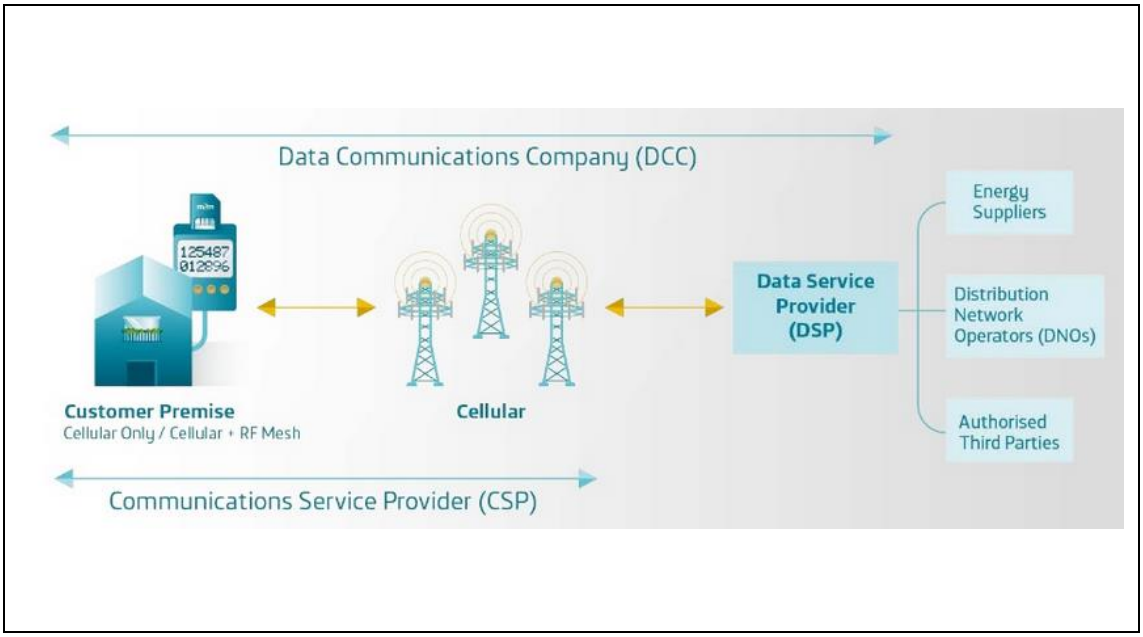
在 DECC 規劃之下智慧能源錶服務共有 3 個主要角色，包含：能源消費者、數據與通訊公司（Date and Communication Company，DCC），以及 DCC 服務用戶，其中在 DCC 部分，2013 年 DECC 核發執照給 Smart DCC Ltd. 執照，負責建立與管理從智慧能源錶到能源供應商、網路營運商與其他被授權之用戶的數據與通訊；Smart DCC 將與網路營運商及數據資料管理業者合作，減少用戶對於資訊隱私的疑慮[4-32]。



資料來源：DECC，MIC 整理，2015 年 10 月

圖 44　英國智慧能源錶服務架構

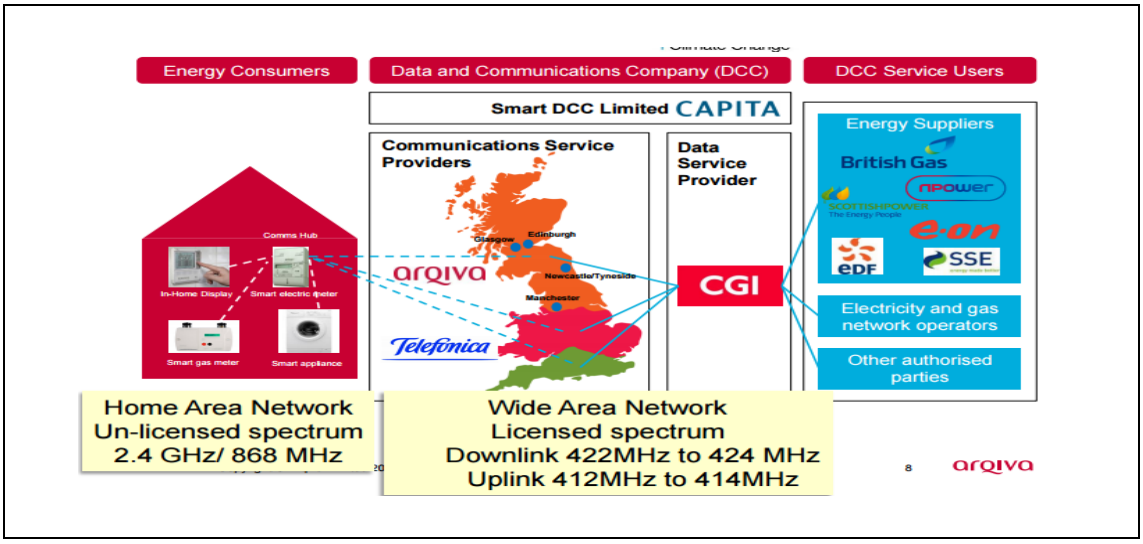
英國政府依照地理區畫分成北、中、南三個部分，由廠商提案進行智慧能源錶的規劃與建設，徵選的結果，由營運商 Telefonica 負責中區與南區的建設，Arqiva 聯合營運商 BT 負責北區智慧能源錶建設。Telefonica 智慧能源錶通訊方式有二，第一、使用 O2 行動網路，第二、在偏遠地區結合 RF Mesh 與行動網路將 Communication Hub 上的資訊回傳。RF Mesh 技術由瑞士公司 Connode 提供，除相容 802.15.4g（窄頻 RF）外，亦可相容其他通訊技術，如：乙太網路及 Wi-Fi[4-33]。



資料來源：Telefonica，MIC 整理，2013 年 11 月

圖 45　Telefonica 智慧能源錶通訊架構

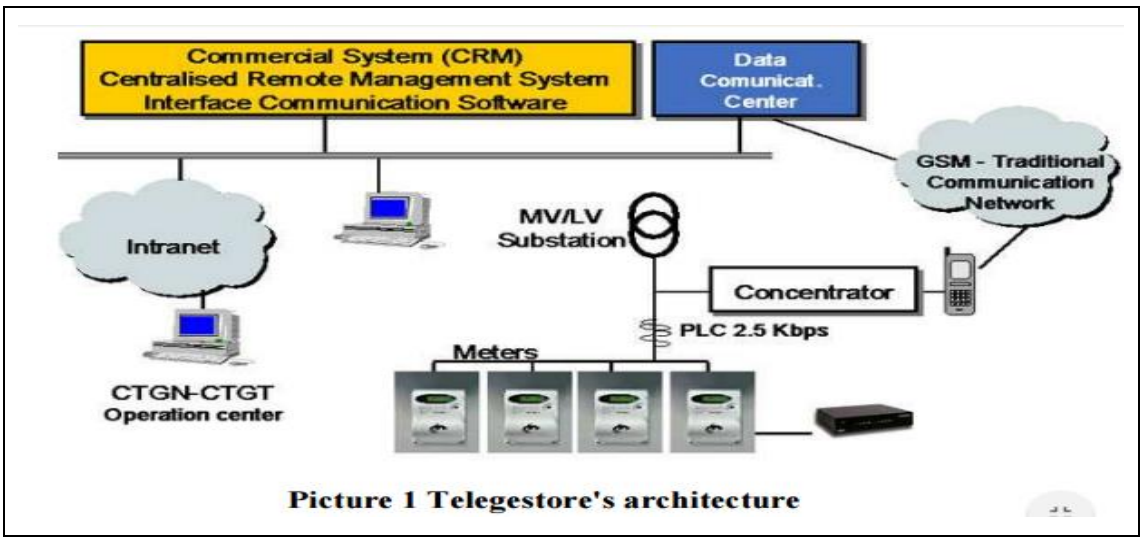
Arqiva 公司智慧能源錶通訊方式，在家庭區域網路（Home Area Network，HAN）部分可利用 Wi-Fi 或其他通訊技術連結智慧能源錶與 Communication Hub，廣域網路（Wide Area Network，WAN）使用美國 Sensus 公司提供的通訊技術 Flexnet，該技術使用 Arqiva 於 2006 年競標取得 412～414MHz(上行)及 422～424MHz(下行)頻寬共 4MHz 的頻段執照頻段負責將資料回傳[4-34]。



資料來源：Ariqiva，MIC 整理，2015 年 11 月

圖 46　Arqiva 智慧能源錶通訊架構

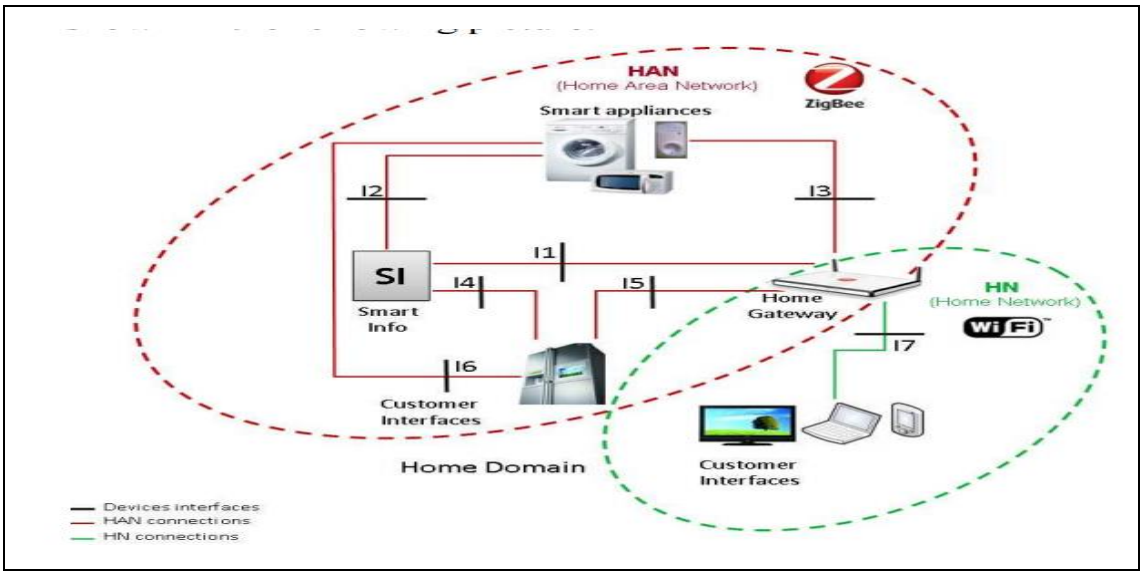
義大利為歐洲地區最早完成換裝智慧電錶的國家，義大利國家電力公司(Enel)於 2001～2006 年展開 Telegestore 計畫，完成安裝 3,300 萬個智慧電錶，目前規劃 2016～2020 年完成第二代智慧電錶建設。Telegestore 計畫中的自動電錶管理服務包含智慧電錶、集中器與數據處理中心等部分，電錶與集中器的傳輸採用電力線通訊（Power Line Communication，PLC），同時與義大利電信(Telecom Italia)合作，利用 GSM 通訊網路將集中器收集到多個電錶的資訊回傳至數據管理中心[4-35]。



資料來源：Enel，MIC 整理，2016 年 7 月

圖 47　Eenl 智慧能源錶系統架構

此外，為在智慧電錶基礎之上，提供更多加值服務給用戶，Enel 與 Telecom Italia 等組織 Energy@Home 聯盟，提供智慧電錶資訊視覺化提示等服務，由 Enel 提供 Smart Info 終端裝置，透過 Zigbee 技術與家電、智慧電錶連結，Telecom Italia 提供的智慧閘道器（Smart Gateway）利用 Wi-Fi 和家庭電腦、行動電話等通訊[4-36]。

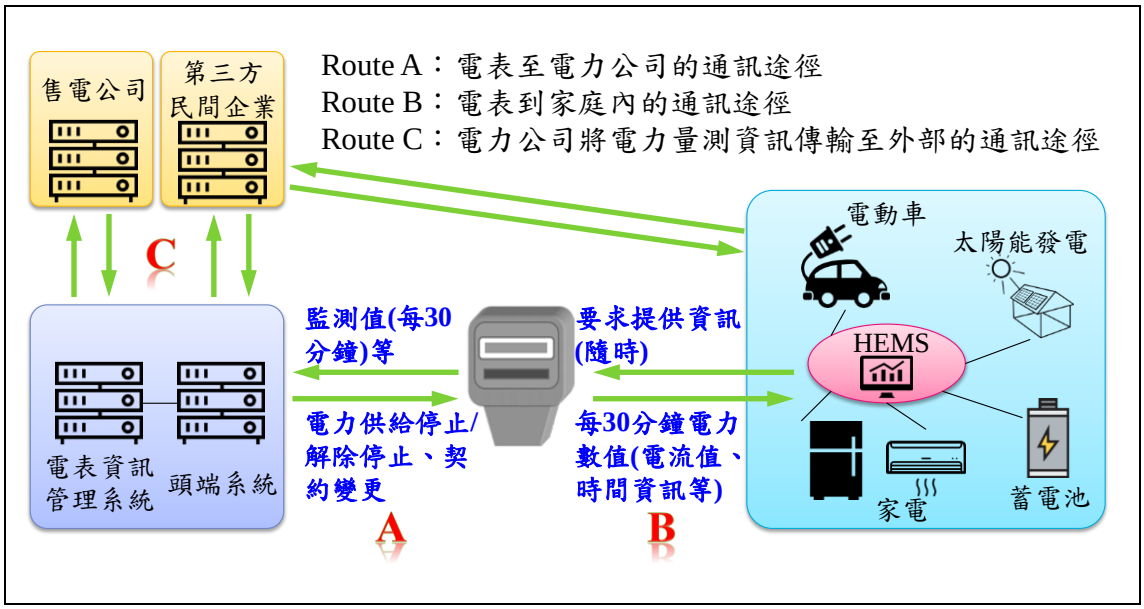


資料來源：Smart@Home，MIC 整理，2012 年 3 月

圖 48　Smart@Home 通訊架構

日本 2011 年歷經東北大地震後，為提升能源供應多元化與穩定，全力推動電力自由化，東京電力為日本最大電力公司，服務區域涵蓋東京、神奈川縣、千葉縣、琦玉縣

等地，電力供應量占全國 1/3，規劃從 2014～2020 年將完成所有約 2,700 萬個用戶的智慧電網設置[4-37]。



資料來源：經濟產業省，MIC 整理，2014 年 4 月

圖 49　日本智慧電錶服務架構

東京電力的智慧電錶採用大崎電氣工業、GE 富士電機電錶、東光東芝電錶系統與三菱電機，資料管理系統則與 NTT Data 合作，通訊方式則在經過多方意見徵求後，決定採用混合運用有線/無線技術，智慧電錶道及集中器部分採用 PLC、Wi-SUN 或行動通訊方式，集中器到資料中心的傳輸則可以利用東京電力自建的光纖網路，或是營運商的光纖網路或行動網路，依照用戶的通訊環境選擇不同技術傳輸[4-38]。

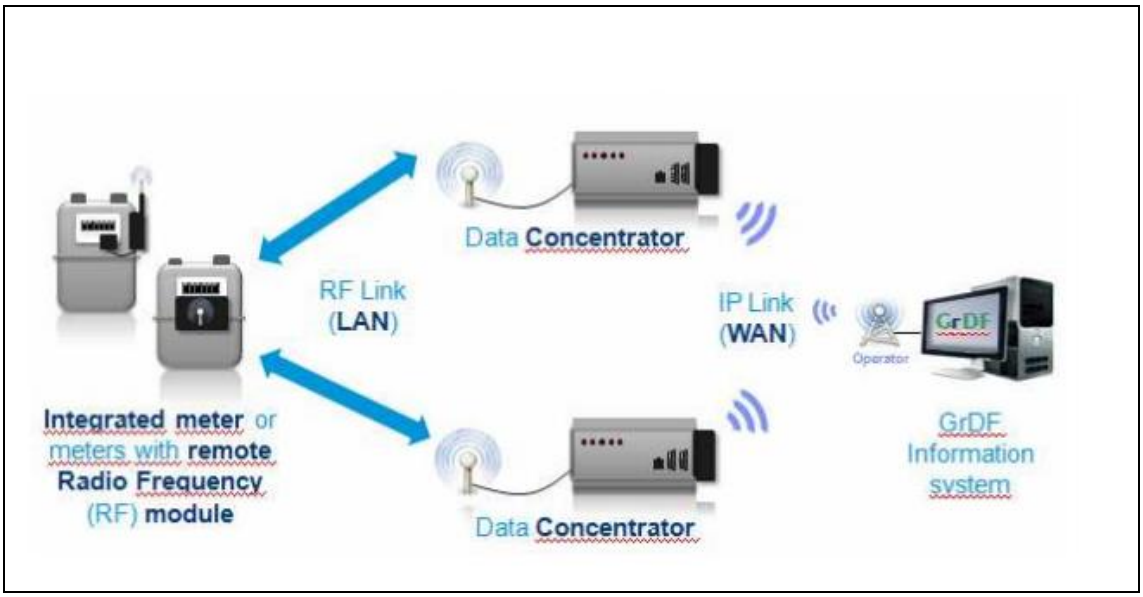
表 29　東京電力智慧電錶通訊技術

	技術	特色
FAN	Wi-SUN	較多傳輸功率，透過無線終端裝置跳頻方式傳輸
	行動網路	較高傳輸功率，透過基地台與無線裝端裝置溝通
	PLC	利用電力線傳輸
WAN	自建光纖網路	東京電力自建的光纖網路，多鋪設於國道 16 號附近
	行動通訊網路	3G/PHS/WiMAX 等，在東京電力服務範圍內皆可使用

	技術	特色
	其他業者光纖網路	營運商的光纖網路

資料來源：東京電力，MIC 整理，2013 年 7 月

Wireless Meter-Bus（Wireless M-Bus）為歐盟 ETSI 針對水、瓦斯、電力、熱氣等遠端監測使用的通訊標準 EN 13757-4，目前在歐洲各國大多應用於瓦斯錶之通訊，如：法國天然氣供應商 GrDF（Gaz réseau Distribution France）於 2010 年進行智慧瓦斯表的實證計畫，共計安裝 18,500 台智慧瓦斯表，根據其測試結果，計畫 2014～2020 年將正式鋪健全服務範圍共 1,100 萬智慧瓦斯表。GrDF 智慧瓦斯表使用 169MHz 窄頻通訊[4-39]。



資料來源：International Gas Union，MIC 整理，2012 年 6 月

圖 50　法國 GrDF 智慧瓦斯錶通訊架構

此外，智慧能源錶應用服務範圍廣，並且能源表經常設置在地下室等訊號較難到達的地方，同時能源表數據通常資料量小且傳輸頻率較低，如：東京電力設定每 30 分鐘傳輸一次，義大利國家電力則設定每 6 小時傳輸一次，基於上述特性，有業者選擇採用新興長距離低功耗無線技術提供智慧能源錶通訊。如：法國電力與天然氣供應商 ENGIE 子公司 ENGIE M2M 布建採用 Sigfox 技術的智慧瓦斯錶於建築物中，協助用戶能源使用管理；荷蘭電信公司 KPN 亦

利用 LoRa 布建其 IoT 網路提供用戶，如：智慧街燈、智慧停車、智慧電錶與煙霧警示等服務，並於 2015 年 6 月與法國電信業者 Orange、鴻海共同投資法國 Actility 公司在 LoRa 通訊架構基礎之上的物聯網平台[4-40]；韓國 SK 集團的 SKT 與 SK E&S 合作，在首爾、釜山與光州 3 個城市測試運用 LoRa 網路的瓦斯先進讀表系統，提供自動讀表與偵測瓦斯漏氣等服務，預計 2017 年將服務延伸至其他 8 個城市，未來也預計將應用範圍擴大至電力、下水道等監控與量測[4-41]。

資料來源：SKT，MIC 整理，2016 年 7 月

圖 51　SKT LoRa 智慧瓦斯錶通訊架構

綜上所述，觀察國際智慧能源錶服務的通訊架構主要可分為智慧能源錶到集中器以及集中器到後端資料管理系統二部分。集中器到資料管理系統部分，都以光纖網路及行動網路作為傳輸媒介，不同之處在於電力公司可以選擇使用自建的光纖網路，或是與營運商合作，使用營運商所布建的光纖及行動網路。在能源表通訊部分，電力線為傳統有線傳輸方式，無線技術方面，可分為執照頻段與免執照頻段兩部分探討，執照頻段部分，智慧能源錶除可以使用行動通訊直接接資訊傳輸至資料管理系統外，英國 Arqiva 使用 Sensus 開發的 Flexnet 技術，利用 412～414/422～

424MHz 頻段連結智慧電錶與基地台[4-42]。免執照頻段部分，歐洲與日本針對能源表通訊制定各自標準，歐洲採用 Wireless M-Bus 技術，支援 169、433 與 868MHz 頻段，日本推動的 Wireless Smart Utility Network（Wi-SUN）物理層 802.15.4g，主要使用 920MHz 頻段[4-43]。

3. 智慧建築

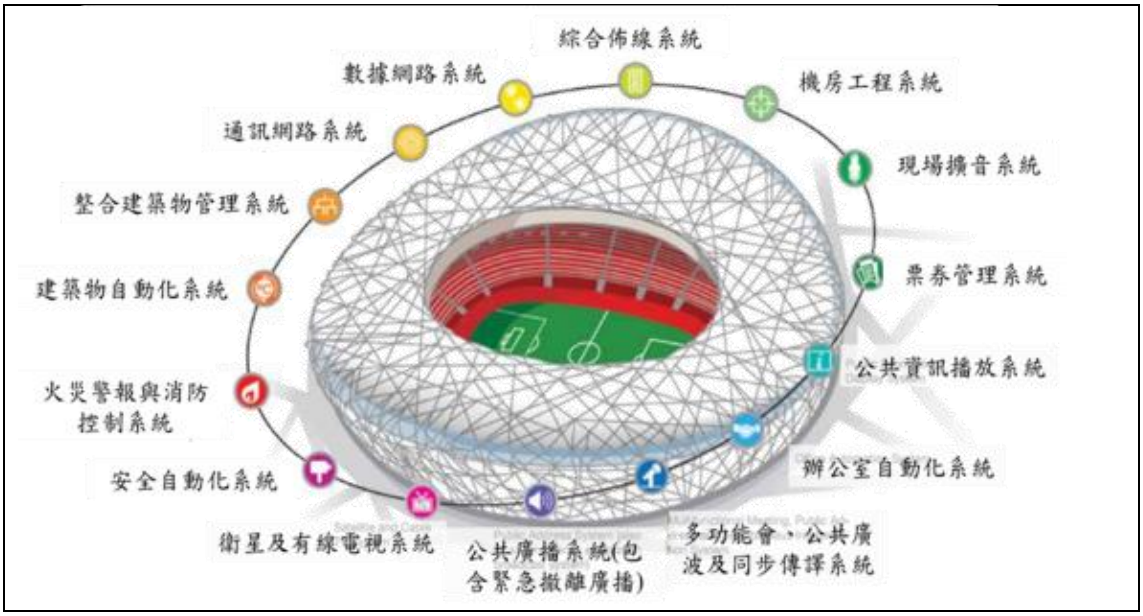
智慧家庭與智慧能源應用服務在於提供人民更便利、舒適的居住空間，以及在面對氣候變遷、資源缺乏的自然環境挑戰下，透過資通訊技術支援節能、減碳，減少對環境的衝擊。在上述概念下，近年來建築物的智慧化管理亦受到關注，尤其在都市化進展下，建築物是都會區的重要基礎建設，需要更有效的建築物管理。

根據美國智慧建築研究所(Intelligent Building Institue，IBI）的定義[4-44]，智慧建築是透結構、系統、服務與管理等基本元素設計、運用與優化，提供一個具高效能與成本經經濟效益的建築環境空間。歐洲智慧建築研究機構（European Intellignet Building Group）認為[4-45]，智慧建築是一個在使用最少硬體、設施成本下，有效管理資源，為使用者創造效益最大化的空間。建築物管理從過去建置各自獨立功能的管理系統，到建築系統自動化與整合，近年在物聯網等資通訊技術日益精進發展下，能夠降低建築物管理成本與增加效率。

美國零售商 Limited Brands，在其位於曼哈頓占地 350,000 平方英尺的公司建築內導入能源管理系統，系統提供以每小時與每日為單位的能源使用數據，允許管理者接取，並轉換成能源使用成本，作為管理者提升建築物整體效能的依據，透過設置智慧電表了解各樓層的電力使用狀況，依據能源使用的分析數據，可得知潛在的電力浪費情形，即時調整如：提昇會議室溫度設定、減少機房稼動的

空調設備、改變燈光於工作日或休假期間自動開關時間等。Limited Brands 導入建築物能源管理系統後，工作日平均減少 2,000kWh 的用電量，年用電量減少 730,000kWh，同時降低 524 公噸的碳排放[4-46]。

美國電子消費大廠 Honeywell 利用整合建築物管理系統，打造中國大陸北京的國家體育場成為智慧建築[4-47]。該系統整合建築物的自動化系統、火災警報器與消防控制系統、安全自動系統，同時結合辦公室自動化系統、票券管理系統與公共廣播系統。



資料來源：Honeywell，MIC 整理，2016 年 7 月

圖 52　北京國家體育場智慧建築系統

在能源管理方面，聚焦包含：空氣品質、用水與電力供應等 3 個層面，建築物的自動化系統包含：3 個中心管理站，接收來自超過 7,500 個控制點的資訊，使用 82 個數位控制器、769 個感測器、32 個水閥與 106 個氣壓制動器。消防管理方面，結合 1 個整合中心管理站、13 個火災警報器控制器、3,232 煙霧感測器、231 個熱感測器、564 個手動警報按鈕、1,629 個控制模組等；安全管理方面，結合安全監控系統、門禁系統、入侵警報系統、巡邏系統與園區

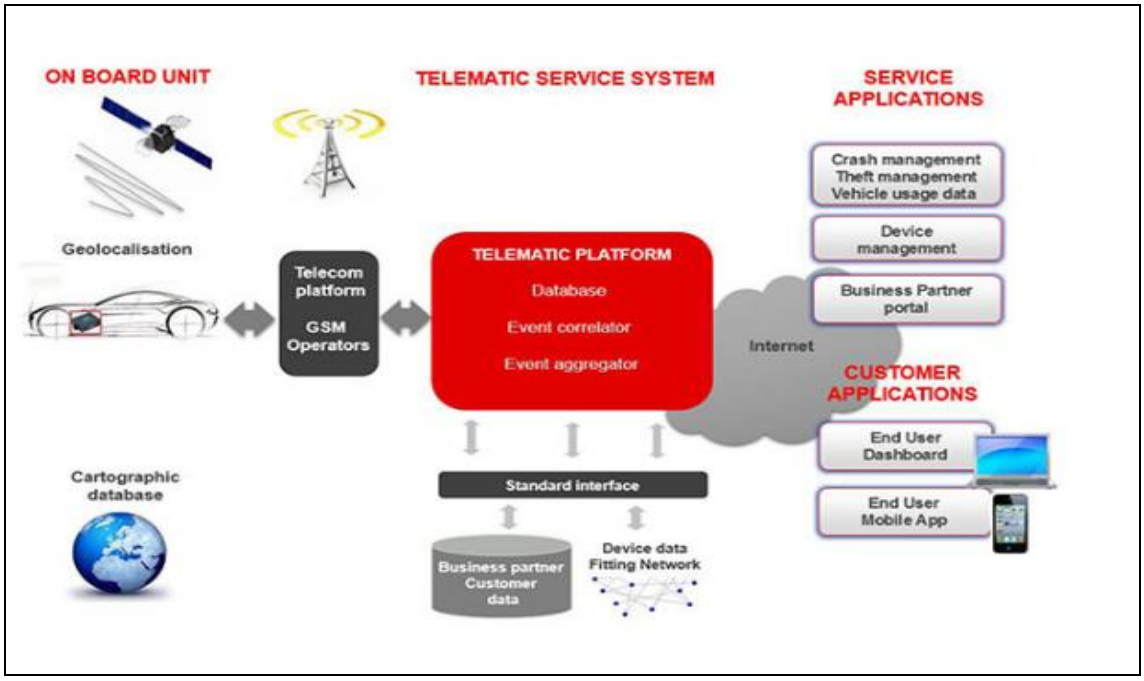
管理系統等。透過不同系統的整合運用，提升運動場的能源使用效率，以及強化場館安全。

建築物管理需要多種系統與通訊技術的整合，目前在建築物管理上多為能源效率、安全等層面的應用，透過結合智慧電錶、感測器等裝置，達到資訊收集的目的，無線數據傳輸多使用免執照技術，如：Wi-Fi、Bluetooth 等，能源控制依照不同解決方案使用既有的電表通訊技術如行動網路或 Wi-SUN 等，相關無線通訊技術頻譜使用多為 ISM Band，規範在美國 FCC Part 15 或是歐洲 ERC Recommendation 70～03 的 SRD 頻段。

4. 車聯網

車聯網應用部分,國際上對於車聯網定義有多種看法，根據 EU 2015 年商業創新觀察報告，廣義的車聯網指（Connected Car）透過區域網路或網際網路提供車輛與周遭環境間的資訊交換，其服務範圍包含機動力管理（Mobility Management）、車輛管理、娛樂、安全、自動駕駛、駕駛者管理與整合家庭應用等[4-48]。而美國交通部（Department of Transportation，DoT）的定義為車聯網（Connected Vehicle）在車輛、基礎設施與乘客的個人通訊設備間實現安全、互通的無線通訊[4-49]。車聯網應用可分為車對人、車對車以及車對環境三大服務。在車對人部分，目前主流應用包含車載資通訊及車載自動診斷系統（On-Broad Diagnostics，OBD）等服務。車載資通訊通常透過汽車上安裝之車機裝置，提供汽車影音播放、導航與資訊傳遞等服務。OBD 過去由車廠為進行汽車檢測時使用，可擷取汽車內的感測資訊如行駛里程、廢氣排放與引擎效能等，近年來 OBD 已經成為標準配備，因此許多業者發展基於 OBD 數據之服務,如：UBI 車險（Usage Based Insurance）又稱 PAYD 保險（Pay as You Drive），車險公司可以根據

OBD 資訊評估駕駛人的用車行為，進而量身打造適合該駕駛人的保險費率；或者透過 OBD 裝置讓駕駛人可以得知汽車狀態，避免行車途中發生故障或燃料用盡等情形，透過 GPS 定位可協助尋失竊汽車位置或通報事故發生地點等[4-50]。



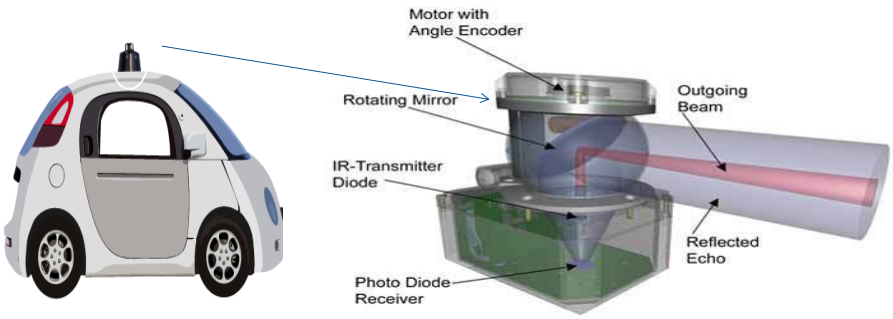
資料來源：Vodafone，MIC 整理，2016 年 7 月

圖 53　Vodafone Cobra OBD 通訊架構

車對車以及車對環境應用部分，根據美國國家公路交通安全管理局（National Highway Traffic Safety Administration，NHTSA）對於車對車（Vehicle to Vehicle，V2V）定義，認為 V2V 是一種防止碰撞的技術，依據周圍車輛間訊息的溝通，預先警告駕駛人潛在的安全風險，如：前方煞車時告知駕駛人減速或於警示十字路口有車輛快速通行等[4-49]。目前國際上主要應用的技術，包含：以 IEEE 802.11p 的專用短距通訊技術（Dedicated Short Range Communications，DSRC）、交換車輛基本安全訊息（Basic Safety Massage，BSM），如：行車速度、方向與煞車狀況等，DSRC 具備雙向溝通能力，透過車車間、車路間設備訊息交換，達到行車控制之目的。2014 年 NHFTA 針對制定

新聯邦汽車安全標準（Federal Motor Vehicle Safety Standard，FMVSS）提出意見徵詢，研擬將 V2V 通訊成為輕型汽車的標準配備，2016 年美國汽車工程師協會（SAE International）公布兩份 DSRC 相關技術文件，為相關法規制定奠定基礎[4-51]。目前多家車廠皆投入搭載 DSRC 技術之汽車研發如 2016 年 Honda 於加州 GoMentum Station 測試 DSRC 技術[4-52]，GM 汽車宣布 2017 年 Cadillac CTS 車款將會搭載 DSRC[4-53]。

Google 使用光學雷達（Light Detection and Reading，LiDAR）技術透過接受發射光束後反射回來的光訊號，分析周遭物體距離、速度與位置等，整合感測數據搭配攝影鏡頭拍攝的圖片即時繪製出 3D 立體地圖，Google 研發的自動駕駛系統，控制行車方向[4-54]。



資料來源：ECE，MIC 整理，2015 年 9 月

圖 54　Google LiDAR 系統

LTE-V2X 為華為、Qualcomm 等大廠積極推動的標準，3GPP 自 2015 年底將 LTE V2X 技術納入 Release 14 標準制定，目前於 SA WG1 內進行相關服務之研究及討論[4-55]。在 3GPP 架構下，與 V2X 相關技術標準，包含：多媒體廣播群播（Multimedia Broadcast Multicast Service，MBMS）與 LTE Direct 通訊。利用 MBMS 技術可同時對大量裝置廣播，如：公共警示等緊急訊息，LTE Direct 通訊部分，3GPP 於

2011 年展開相關研究，並正式將其納入 Release 12 的標準制定，LTE Direct 可自動搜尋鄰近上千台裝置，能夠讓處於 LTE 訊號覆蓋範圍內外之車輛、路側裝置等在不透過基地台情形下相互溝通。3GPP 於 TS 22.185 文件中描述 LTE-V 應用情境與傳輸要求，LTE-V 應用情境包含 LTE 網路範圍內及範圍外的 V2V、車對基礎建設/網路（Vehicle to Infrastructure/Network，V2I/N）及車對行人（Vehicle to Pedestrian，V2P）等。傳輸部分須達到支援最大相對速度 280km/h、絕對速度 160km/h 的高速移動，以及 V2V 環境下延遲速度低於 100ms 等要求[4-56]。

資料來源：3GPP，MIC 整理，2016 年 3 月

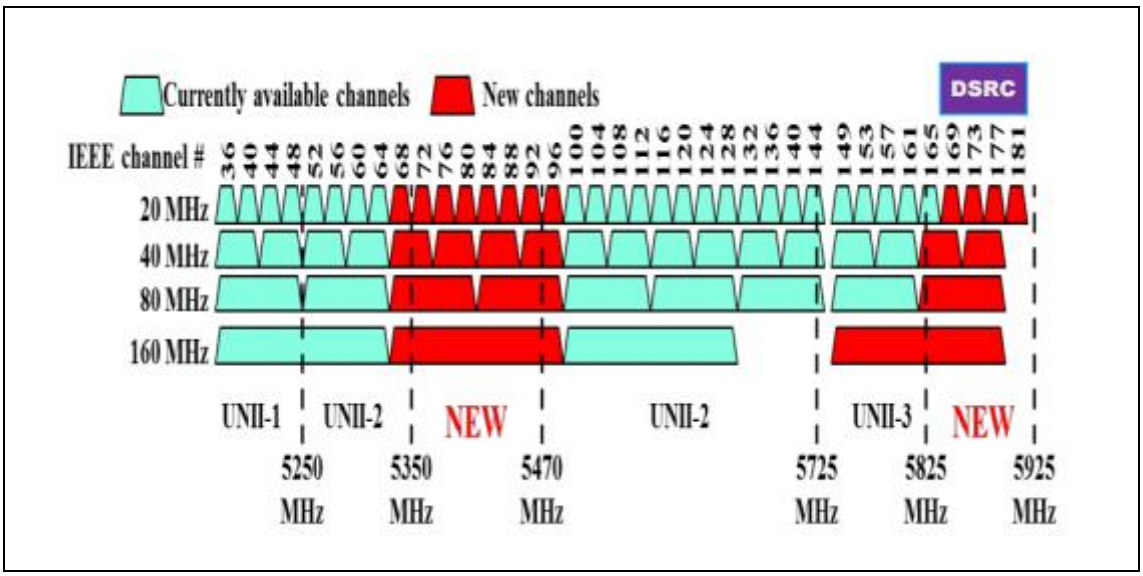
圖 55　3GPP 定義 LTE-V 傳輸要求

英國商業、創新既技能部（Department of Business, Innovation, and Skills，BIS）2016 年透過智慧運輸基金（Intelligent Mobility Fund）提供 8 個下世代自動駕駛車研發計畫資金，其中英國智慧互連交通環境計畫（UK Connected Intelligent Transport Environment，UKCITE），第一階段為場域布建，預計 2017 年將在超過 40 英里的都市道路、高速公路上進行，包含：LTE-V 等不同聯網與自動駕駛車輛技術實證，參與測試計畫者，包含：Jaguar Land

Rover、西門子、華為、Vodafone、Coventry University 與 University of Warwick 等[4-57]。德國電信亦宣布將與華為、Toyota 及 Audi 汽車合作在因哥爾斯塔特高速公路（Ingolstadt Autobahn）Testbed 上進行 LTE-V 技術實證。德國電信將在 LTE 基地台上設置華為供應的 LTE-V 硬體，Toyota 及 Audi 車載 LTE-V 裝置同樣由華為提供[4-58]。

綜觀上述車聯網技術，使用頻段，包含：DSRC 使用的頻段、美國 FCC 規劃的 5850～5925MHz、歐洲 ECC 分配 5875～5925MHz 與日本 5850～5925MHz 頻段提供電視中繼等衛星服務；因此，總務省將 5770～5850MHz 分配作為 DSRC 頻段使用；此外，考慮達到更高的訊號覆蓋，亦將 755.5～764.5MHz 畫分為 DSRC 使用。中國大陸工業與信息化部門，於 2002 年公布關於使用 5.8GHz 頻段頻率事宜的通知，將 5725～5850MHz 頻段分配作為高速無線區域網、寬頻無線接入系統、藍牙技術設備及車輛無線自動識別系統等無線電台的共用頻段。

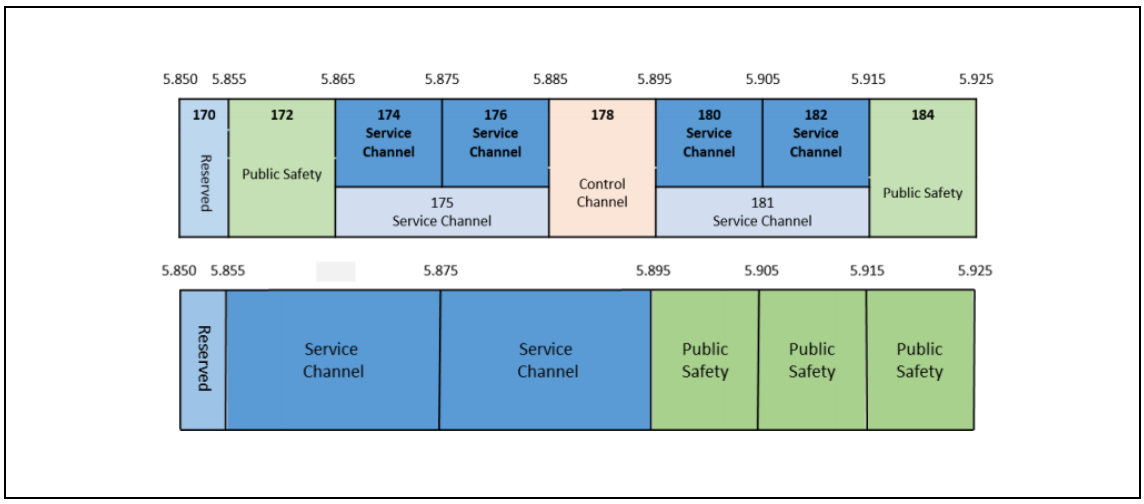
DSRC 頻段規劃相關議題，美國 FCC 預計在 5GHz 上開放更多頻段給免執照裝置使用，這表示 DSRC 未來可能將與這些免執照裝置共用頻段，但前提為免執照裝置不可以對 DSRC 產生干擾，為進一步測試干擾問題，DoT 於 2015 年進行測試。



資料來源：DOT，MIC 整理，2015 年 8 月

圖 56　FCC UNII-4 頻段規劃

FCC 根據 DoT 測試結果與建議，提出兩項具體方案分別為偵測與迴避（Detect and Avoid）以及頻道重新畫分（Re-Channelizing）。偵測與迴避方案在共享機制下，免執照裝置會監控所有 DSRC 頻段，當接收到 DSRC 發出訊號時，將會避免使用該頻段影響 DSRC 傳輸；頻道重新畫分方案為將 DSRC 與安全相關應用、使用的頻段集中在較高頻段，其餘部分則規劃至較低頻段，共享僅限定於非安全應用 DSRC 頻段。針對上述兩項解決方案，FCC 於 2016 年 6 月進行公開意見徵求，要求相關廠商及專家於 7 月底提出意見回覆。同時，FCC 亦規畫三階段的干擾測試，邀請相關廠商提供可運作在 5.9GHz 頻段上的免執照產品原型及 DSRC RSU、OBU 設備，測試委託 FCC 工程技術辦公室（Office of Engineering and Technology，OET）辦理。第一階段測試於 FCC 的試驗室中進行，將釐清 5.9GHz 免執照裝置的技術特性及避免對 DSRC 造成干擾的相關設計；第二階段將於 DoT 場域利用少量車輛進行測試，驗證第一階段的防干擾技術之有效性；第三階段將擴大實驗的車輛與裝置，模擬真實世界的情況，測試在動態環境下的各種影響，所有測試預計於 2017 年 1 月中旬完成[4-59]。



資料來源：FCC，MIC 整理，2016 年 1 月

圖 57　FCC DSRC 頻道重新畫分方案

根據相關業者回饋之建議，贊成開放者，如：Qualcomm、Broadcom、Cisco、Ericsson、動態頻率聯盟（Dynamic Spectrum Alliance, DSA）及 Wi-Fi Alliance 等，其中 Wi-Fi Alliance 認為 FCC 應盡速開放 5.9GHz 頻段，因為目前 WLAN 使用的 2.4GHz 頻段在 WLAN 裝置持續普及、IoT 應用日益增加的趨勢下，2.4GHz 頻段將變得更加擁擠，開放 5GHz 將可以滿足免執照裝置的頻譜需求並帶來技術上的好處如整合相鄰免執照頻段以提升傳輸速度[4-60]。DSA 亦認為該頻段鄰近既有的免執照國家資訊基礎建設（Unlicensed National Information Infrastructure，UNII）頻段，開放後可以允許更具彈性的頻道劃分，且 DSRC 是以 802.11 為基礎的標準，因此可有效與其他免執照裝置共享頻段[4-61]。Ericsson 更提出 FCC 應秉持網路中立性原則進行開放，允許除 Wi-Fi 以外的其他技術，包含以 LTE 為基礎的非安全性車聯網應用，在免執照規則下使用，而與安全相關的車聯網應用也應以網路中立性原則，讓無論使用 DSRC 或以 LTE 網路提供 ITS 服務都可在該頻道上運作[4-62]。

反對開放者，如：汽車零組件製造商 Delphi Automotive、Panasonic、General Motor、國家安全委員會（National Safty

Council，NSC）及電機與設備製造商協會（Motor & Equipment Manufacturers Association，MEMA）等。Delphi Automotive 指出目前參與車商相關研發及 DoT 的智慧交通城市計畫，使用整段 75MHz 頻寬的 DSRC 頻段部屬各項應用服務，頻道重新劃分讓 DSRC 可用的頻寬僅剩餘 30MHz，將對網路將取造成嚴重影響，導致 V2V 訊息封包遺失及增加 DSRC 硬體抵禦干擾的成本，在時速 60 英里的狀況下遺失一個訊息，將導致在防碰撞演算法上 9 英尺的重要數據錯誤，此距離相當於一個車道寬度或半個車身長度[4-63]。MEMA 提出目前基本安全訊息集（Basic Safety Message，BSM）是利用 CH 172 傳輸，且所有安全相關通訊會使用整個頻段，任何共享或重新劃分 5.9GHz 的措施都會對 DSRC 科技導入造成嚴重影響，並將減少 DSRC 預期對行車安全所帶來的效益[4-64]。

對於共享 5.9GHz 頻段持中立者，包含：Huawei、運算科技產業協會（Computing Technology Industry Association，CompTIA）、紐約市等，上述業者與機構認為開放頻段提供創新服務發展及確保 ITS 通訊以提供安全服務兩者同樣重要，建議 FCC 必須提出具體技術測試結果，確認免執照裝置不會對 DSRC 造成干擾，才可以開放 5.9GHz 頻段與免執照裝置共享使用[4-64]。此外，汽車工業聯盟（Alliance of Automobile Manufacturers）等，對 FCC 的提議表示尊重，但提醒 FCC 不能忽視多年來相關業者，投入研發 DSRC 的時間與金錢成本，必須進行充分的測試證明免執照裝置不會對 DSRC 造成干擾才可開放共享，針對 FCC 提出的共享方案，認為偵測與迴避方式對既有設備的衝擊最小，頻道重新劃分可能使所有裝置必須重新設計以符合新的頻道規範，導致 DSRC 布建時程延遲[4-65]。FCC 預計整合相關業者建議及根據干擾測試結果，進一步提出回應。

車用雷達技術包含近年車廠積極發展的先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems，ADAS），以及 Google 無人駕駛車關鍵技術之一的光學雷達等。車用雷達使用頻段在歐洲為 ECC 規範的 21.65～26.65GHz、76～77GHz 及 77～81GHz，美國 FCC 則畫分 16.2～17.7GHz、23.12～29GHz 與 76～77GHz 為汽車雷達使用，隨雷達技術不斷發展，FCC 於 2015 年公開徵求將 77～81GHz 畫分雷達使用，以利更多不同創新服務發展[4-66]。歐洲根據 ERC Recommendation 70-03 文件有關短距離裝置之頻譜畫分，將 21.65～26.65GHz、76～77GHz 以及 77～81GHz 分配做為汽車雷達使用[4-67]；日本目前規劃的車用雷達頻段為 22～29GHz、76～77GHz 與 77～81GHz[4-68]。

LTE-V 由於是基於 LTE 的技術因此理論上可以使用既有的 LTE 頻段提供服務，考慮 V2V 的免執照頻段，2016 年 4 月相關業者已完成報告建議 3GPP 應制定新的 TDD 頻段 5855～5925MHz 提供 V2V 使用[4-69]。同時，基於頻譜資源的稀少性以及頻譜使用的中立性，3GPP 認為可以透過相關規則制定與技術控制，讓 LTE-V 與 DSRC 共存於相同頻段，包含建立地理位置與資料庫、根據全球導航衛星系統（Global Navigation Satellite System，GNSS）定時使兩個系統可以依時間區隔分享頻段、以感測為基礎的騰讓/轉換使用等，Qualcomm 亦提出設定優先權與動作指令的方式，讓支援 DSRC 及 LTE-V 的裝置可以切換傳輸頻道，3GPP 建議相關標準制定組織應共同推動規格修正，實現兩種技術之共存。

5. 物流管控

物流管控整合貨物追蹤與物流車隊管理等多種物聯網應用。在電子商務的蓬勃發展下，要求更快速、高品質的物流服務。物流產業在資通訊技術發展下已逐步轉向智慧

化發展，包括運用導航與大數據分析計算最佳運輸路線、穿戴式裝置、影像即時監控等。

2012 年美國電子商務巨頭 Amazon 以近 8 億美元併購專門開發物流管理機器人的公司 Kiva Systems，機器人分為 2 種型號分別為負重量 750 磅的 G，以及負重量 3,000 磅的 S，工作每 60 分鐘就必須充電 5 分鐘，透過 Wi-Fi 網路由中央電腦進行遠端控制，機器人搭載紅外線感測器可偵測障礙物，並配備攝影機提供辨識讀取地板上的 QR Code，讓機器人可得知位置與方向，當電力不足時可以導引至發電站充電[4-70]。目前 Amazon 已於全美 50 個物流中心導入共 15,000 個物流機器人，導入成效出貨品項增加 150 萬個，撿貨速度較人力提升 3 倍[4-71]。

資料來源：Amazon，MIC 整理，2015 年 4 月

圖 58　Amazon 物流機器人檢貨程序

除物流機器人改善貨品檢貨、出貨流程外，針對貨品本身可利用 RFID、QR Code 進行貨物追蹤，如：香港亞洲空運中心（Asia Airfreight Terminal，AAT）與 SI 大廠 NEC 於香港國際機場導入 RFID 貨物控管解決方案，利用 RFID 標籤確保貨品通關流程，並即時掌握貨品位置[4-72]。

資料來源：NEC，MIC 整理，2015 年 4 月

圖 59　AAT RFID 貨物追蹤流程

物流車隊管理部分，可以透過 GPS 進行車輛定位，協助調配物流車輛、駕駛最佳行車路線，以及追蹤貨物運送位置，並透過 3G/4G 行動網路傳送駕駛行為資訊、即時影像傳輸等。UPS 自 2010 年開始導入車隊管理系統[4-73]，可以遠端監控運送車輛的車況，每年需進行預防性維護的車量從 24 萬輛降至 12 萬輛[4-74]。

物流控管應用方面，RFID 標籤被普遍使用於貨品辨識與追蹤，各國 RFID 頻段在各國以免執照頻段為操作頻段，在美國開放 902～928MHz 使用，歐洲根據 ECC Recommandation 70-03 規範，可使用 9kHz～30MHz 中數個頻段及 865～868MHz[4-75]。車隊管理的無線數據傳輸通常使用行動網路，依照各國釋出 3G/4G 頻段而有所不同。

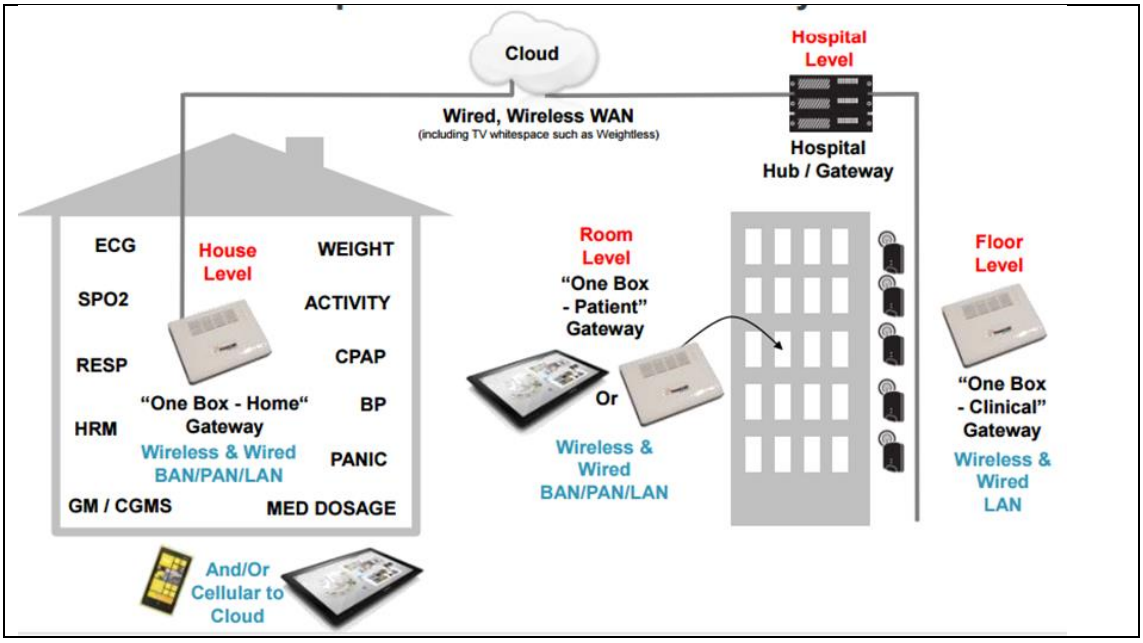
6.　醫療照護

醫療照護是近年來，全球無論是已開發國家或是開發中國家皆關注的議題，在已開發國家中隨文明發展、工作型態的轉變以及醫療照護技術服務的演進，人民雖然壽命更長壽，但各式文明病、慢性疾病的也對人民生活健康造

成影響與危害。發展中國家可能因為衛生環境尚未健全、醫療制度不完善，造成流行性疾病的擴散或是營養失調等

醫療照護領域的物聯網應用可以分為醫療院所內設備間的溝通、遠距醫療與個人健康管理等類型。植入式醫療發射器如植入式心律調節器、無線胰島素幫浦、電子膠囊等是近期國際上研究機構、醫療器材廠商積極投入研究的領域。個人健康管理包含許多穿戴式裝置的應用，如智慧手環、智慧手錶、智慧衣等，透過內建感測器，蒐集個人生理數值，監控體溫、心跳或是紀錄運動狀況等。

醫療照護的通訊架構可以分為人體區域網路（Body Area Network，BAN）、個人區域網路（Personal Area Network，PAN）或 LAN 以及 WAN 三部分[4-76]，透過感測器、穿戴式裝置等在人體周遭形成 BAN，經過 PAN 或 LAN 傳至相關資訊收集設備，最後透過 WAN 回傳至資料中心進行資訊處理與分析等。



資料來源：NXP，MIC 整理，2014 年 4 月

圖 60　物聯網醫療照護通訊架構

在 BAN 部分，目前常用的為 Zigbee、WLAN 與 Bluetooth，另包含使用 401～405MHz 頻段上的醫療通訊發射裝置[4-77]。

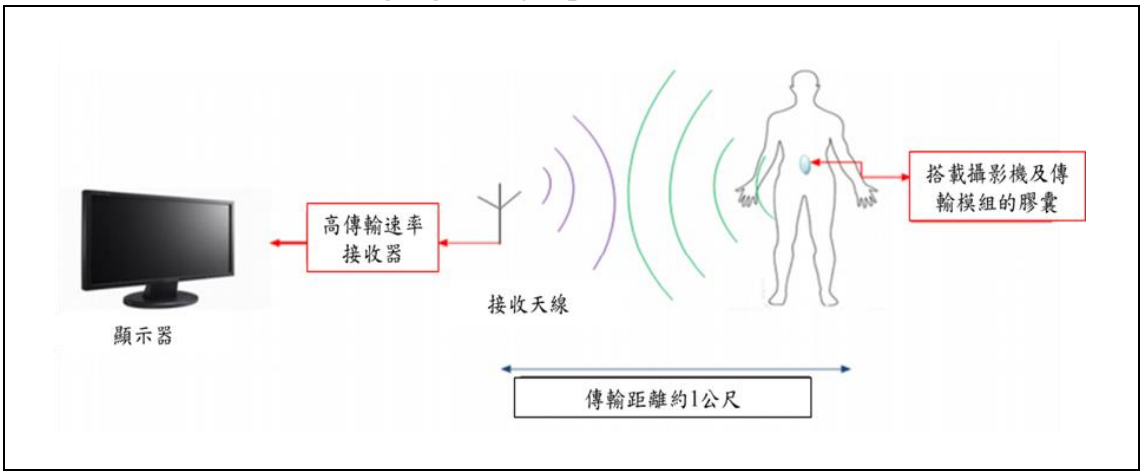
表 30　Wireless Body Area Network 技術比較

	Zigbee	WLAN		MICS	Bluetooth	UWB
操作頻段	2.4GHz	2.4GHz	5GHz	401～406MHz	2.4GHz	3.1～10.6GHz
傳輸功率	0dBm	10～30dBm	10～30dBm	-16dBM	0dBM	-41.3dBM
頻段數量	16	13	23	10	10	-
頻道寬度	2MHz	22MHz	20/40MHz	300kHz	1MHz	≧500MHz
傳輸速率	250kbps	11Mbps	54Mbps	200～800kbps	1Mbps	850kbps～20Mbps
傳輸距離	0～10m	0～100m	0～100m	0～10m	0～10m	2m

資料來源：Ultra Wideband Wireless Body Area Networks，MIC 整理，2014 年

健康管理方面，三星推出可以監測生理數據的運動服務 Body Compass，及與服飾品牌 Bean Pole Golf 推出可以監測氣候與 UV 指數的高爾夫球衣。Body Compass 透過內建 6 個感測器，可偵測心跳、體脂肪等數據，並透過內嵌小型通訊模組進行傳輸[4-78]。智慧手錶、手環廠商，如：Fitbit、Garmin 等，以運動健身為主要訴求，偵測運動時的生理數值並記錄運動習慣等。

在醫療應用方面，由於醫療電子技術持續進步，推動醫療設備從過去中大型朝向小型、微型邁進，透過微型醫療電子協助優化醫療行為，如近年來內視鏡電子膠囊的發展，大幅降低病患內視鏡過程的痛苦與對生活作息的干擾。患者在吞食內視鏡電子膠囊後耗時約 6-8 小時即可完成攝影，最後再透過排泄方式將膠囊自然排出體外，照射的影像以低功率無線方式傳輸。膠囊內視鏡廠商包含以色列廠商 Given Imaging、Olympus 等[4-79]。



資料來源：，MIC 整理，2014 年 4 月

圖 61　內視鏡膠囊通訊方式

國際在規範健康醫療應用無線通訊使用頻段可分為 2 種類型，在健康管理應用方面，目前多數應用使用免執照頻段，如：Wi-Fi 使用 2.4GHz 及 5GHz ISM Band，Bluetooth、Zigbee 等使用 2.4GHz ISM Band 進行數據傳輸。在醫療應用方面，除使用免執照無線通訊技術外，針對傳輸敏感、重要的醫療資訊，需要有更安全不受干擾的頻段，因此目前包含美國、歐洲等國家都劃定相關專用頻段提供醫療資訊傳輸使用。美國於 2009 年分配 401-406 MHz 作為醫療裝置無線通訊服務（Medical Device Radiocommunications Service，MedRadio）使用，包含植入性的人工心律調節器、除顫器與神經刺激儀器，協助肢體及器官知覺、活動與其他功能的回復。此外，2012 年 FCC 新增醫療人體區域網路

（Medical Body Area Networks，MBANs）頻段，是一低功率網路，由穿戴於人體上的感測器以及設置人體周圍的接收裝置組成，運作頻段為 2360～2400MHz[4-80]。歐洲 ECC Recommandation 70-03 文件分配 2483.5～2500MHz 作為 MBANs 頻段，允許傳輸非語音的資訊，協助監測、診斷與治療病人。ERC Decision（01）17 決議超低功耗醫療植入（Ultra Low Power Active Medical Implant，ULP-AMI）通訊系統在第二使用順位（Secondary Basis）下，允許裝置在 401～406 MHz 操作[4-81]。

(二)六項應用之國際間頻譜規劃方向

國際上在智慧家庭、智慧能源、智慧建築、車聯網、物流空管與醫療照護等領域相關應用所使用的頻譜，依照技術特性與傳輸需求各有不同規劃與規範。智慧家庭相關頻譜規劃上，由於國際上主流技術多使用 2.4GHz、5GHz 與 Sub-1GHz 的免執照頻段，如：美國 FCC 在 Part 18 中將使用 902～928MHz、2400～2500MHz 以及 5725～5875MHz 等畫分為工業、科學及醫療用頻段（Industrial Scientific and Medical，ISM）[4-82]，歐洲在 ERC Recommendation 70-03 規範中 863～870MHz、915～921MHz、2400～2483.5MHz 及 5725～5875MHz 皆為短距裝置（Short Range Device）使用的頻段[4-83]，日本總務省將 2400～2450MHz 及 5725～5875MHz 列為 ISM Band，915～928MHz 設為低功率無線裝置使用頻段[4-84]。

在智慧能源錶的建置方面，包含：電錶、水錶與瓦斯表相關應用，主要國家如：歐洲採用 Wireless M-Bus 技術，支援 169、433 與 868MHz 頻段，日本推動的 Wi-SUN 物理層 802.15.4g，主要使用 920MHz 頻段，此外，英國智慧電表業者亦以執照頻段 412～414MHz/422～424MHz 提供能源使用資訊傳輸，基本上低頻較能滿足智慧能源表需廣泛布建、布建環境等特性，可觀察無論是免執照或執照頻段，國際上多規劃在以 Sub-GHz 頻段。

智慧建築整合重點為提供居住者生活便利與舒適度，並增加管理者管理效率，在提升居住空間便利與舒適方面，提供，如：溫濕度控制、影音傳輸等功能，強化管理效率方面，在商業建築中可以結合，如：建築物自動化、能源管理、警消系統與門禁安全系統等，以免執照頻段技術如 Wi-Fi、Bluetooth、Zigbee 等作為收集資訊的主要無線傳輸技術，並透過有線或行動通訊將資訊回傳至控制中心集中處理分析。

在車聯網相關頻譜規劃上建議可與國際接軌，就 DSRC 部分可考慮分配 5850～5920MHz 頻段使用，然而目前在中華民國頻率分配表規範下，該頻段目前主要分配作為固定、衛星固定（地球對太空）與行動通訊使用，無線電定位為次要業務，鄰近頻段 5725～5850MHz 畫分無線電定位業務使用，5925～6425MHz 提供公眾通信中繼網路使用[4-85]，除須考慮與既有服務間之干擾議題外，如：FCC 考慮未來鄰近頻段的免執照裝置增加，設定防止干擾準則。車用雷達部分，NCC 於 2016 年 7 月修正低功率射頻電機技術規範，將 77～81 GHz 設定為車用短距雷達頻段。LTE-V 相關頻譜規範由於目前相關技術尚在發展中，建議可先透過相關實證試驗了解技術特性，並參考 3GPP 之 LTE-V 標準制定及頻段規範及主要國家作法，審慎規劃相關頻段之使用。

物流管理相關應用如貨品辨識、追蹤主流仍以 RFID 技術為主要無線傳輸手段，倉儲內各式機器的無線控制、資料傳輸目前多透過 Wi-Fi 等可以快速導入、建置的免執照頻段技術，移動中的產品、貨櫃、物流車隊則搭配 GPS 與行動網路實現高移動性之下的定位追蹤及資訊即時傳輸服務。其中在 RFID 部分國際上已開放多個頻段使用，國內亦已釋出包含 13.533MHz、433MHz、922-928MHz 等頻段[4-86]，以低功率射頻電機技術規範相關技術限制。

醫療照護應用方面，其資訊傳輸可分為 BAN、PAN/LAN、WAN 等部分，因為考慮其布建範圍靠近人體，因此目前主要多使用低功率無線傳輸技術，如：Zigbee、Bluetooth 等，此類型技術多使用免

執照頻段。然而，各國考慮醫療資訊傳輸的安全性及隱密性等需求，又劃分醫療資訊頻段提供相關裝置使用，如：FCC 與歐洲的 MedRadio 頻段在 401～406MHz，FCC 另分配 2360～2400MHz 作為 MBANs 頻段，歐洲則為 2483.5～2500MHz。

整合智慧家庭、智慧能源表、智慧建築、車聯網、物流管理與醫療照護等領域的技術發展趨勢及各主要國家的頻段規劃現況，觀察國內相關應用的頻段使用現況，在智慧家庭、智慧建築及物流管理多使用免執照頻段提供服務，我國目前於低功率射頻電機技術規範中將 2400～2483.5MHz 及 5725～5875MHz 畫分為低功率裝置使用頻段，建議視國際技術與應用趨勢，綜合我國頻譜使用需求，考慮開放更多免執照頻段作為相關應用使用。在智慧能源表的建置部分，考慮該應用的傳輸需求特性，我國可視未來相關建設需求開放在 Sub-1GHz 頻段上規劃免執照頻段提供使用。車聯網部分，在評估國內相關服務及產業發展需求，考慮國際和諧等因素，5.9GHz 是相對合適的頻段，惟 5GHz 頻段目前受到包含 ITS、行動通訊、Wi-Fi 等多種服務所關注，在頻譜資源有限及頻率有效利用的原則下，國際上展開許多頻段共享的解決方案，如 DSRC 與 LTE-V 使用相同頻段，在此方案下頻段內裝置間之干擾、頻段使用的優先權管理與規則設定，以及裝置的可支援性等議題有待解決。此外，針對免執照裝置與 DSRC 共享部分，因國內亦有數個單位進行 DSRC 研發多年，需考慮對國內 DSRC 發展的影響及未來需求，持續關注美國相關發展，規劃合適頻段與釋出、管理規則。醫療照護應用部分，國內依照國際趨勢目前亦配置 401～406MHz 為醫療通訊服務發射器的使用頻段，但相關頻段適合窄頻通訊傳輸使用，考慮未來醫療技術發展與多元應用需求可能須使用寬頻傳輸，未來可持續觀察國際趨勢，規劃適當頻段使用。

三、LPWAN 技術、應用發展與各主要國家管理機制

物聯網應用日益多元，不同於行動通訊對於大頻寬、低延遲等傳輸要求，許多物聯網應用如監測空氣品質、電表資料傳輸等服務，資

料封包小、對於延遲容忍程度較大，同時，在環境監測、管線監測等應用場景中需要廣範圍布建，或是地處偏遠、位於地下室、地底等屏蔽較嚴重的地點,既有無線通訊或行動通訊技術之傳輸訊號到達不易，針對上述應用，產業界發展出具備長距離低功耗的通訊技術，包含使用授權頻段的技術，以及運作於免執照頻段的技術，統稱為低功耗廣域網路技術（Low Power Wide Area Network，LPWAN）。

(一)NB-IoT 技術標準、產品與應用發展

1. NB-IoT 技術標準發展

3GPP 過去一直致力於發展機器類通訊技術（Machine Type Communication）之規格，Release 12 中完成 LTE Cat. 0 制定，將傳輸速率限制在 1Mbps，並且支援 FDD 半雙工（Half Duplex）與單一天線收發。為進一步發展更低功耗、使用更少頻寬的物聯網技術，使蜂巢網路可以在低傳輸速率相關應用市場與非 3GPP 技術競爭，3GPP 一方面持續推動 LTE-MTC 技術演進，另一方面於 2014 年 5 月於 GERAN#62 會議中成立新的研究項目 FS_IoT_LC，進行支援超低複雜度與低流量物聯網的蜂巢網路系統（Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput Internet of Things）的相關可行性研究，讓終端裝置具備能源使用效率，並可克服不同布建環境如室內及地下室等，且成本夠低可進行大規模布建[4-87]。

FS_IoT_LC 研究項目中針對系統設計，認為必須從數個重要層面考量，包含提升室內覆蓋、支援大規模的低流量裝置、延遲敏銳度、超低成本、低功耗與網路架構。

表 31　3GPP 蜂巢網路物聯網系統設計考量項目

考量項目	內容
提升室內覆蓋	許多應用場景必須安裝聯網裝置於室內，因此必須具備可靠的室內覆蓋
支援大量的低速率裝置接取	預計物聯網裝置將大量成長，但個別裝置的數據封包仍然較小，營運商可以使用既有執照頻段中的一部份支撐 MTC 流量

考量項目	內容
延遲敏銳度	部分裝置可能允許較高延遲如讀表系統資訊傳可能達 24 小時，部分裝置如防盜警鈴對延遲要求較嚴格，必須在評估系統容量及設計時納入考量
超低成本	MTC 應用要求裝置成本低以因應大量布建需求，MTC 裝置流量低且可能不需支援電路交換服務，從而可顯著降低成本
低功耗	許多 MTC 應用服務需要至少 10 年的電池壽命，應考量 R12 既有的節電模式（Power Save Mode，PSM）是否能夠滿足？如果不能，必須定義何種技術可以減少 MTC 裝置功耗
網路架構	既有 3GPP 定義的網路架構可能不適合小資料傳輸，應該重新定義核心網路架構、安全框架及接取網路與核心網路間的介面

資料來源：3GPP，MIC 整理，2014 年 5 月

FS_IoT_LC 研究項目中探討多項蜂巢網路物聯網技術，主要有演進既有 GSM/EDGE 無線接取網路（GSM EDGE Radio Access Network，GERAN）系統的延伸覆蓋 GSM 技術（Extended Coverage GSM，EC-GSM），及新系統的 NB-CIoT（Narrow Band Cellular IoT）與 NB-LTE（Narrow Band LTE），根據研究結果，2015 年 9 月 3GPP 於 GERAN#69 會議中成立新工作項目 Narrowband IoT（NB-IoT）展開相關標準制定工作，為 3GPP 所制定的 LPWA 主要標準之一[4-88]。

NB-IoT 的核心標準部分已在 2016 年 6 月凍結[4-89]，但更多強化功能如支援多點傳送（Multicast）及測試標準將陸續於 2016 年底完成標準制定。

表 32　NB-IoT 標準制訂時程

技術規範組	項目名稱	開始時間	（預計）完成時間
	Cellular（Narrowband）Internet of Things	2015.12.07	2016.12.15

技術規範組	項目名稱	開始時間	（預計）完成時間
C1	CT aspects of CIoT	2015.12.07	2016.06.15
C1	CT1 aspects of CIoT	2015.12.07	2016.03.11
C3	CT3 aspects of CIoT	2015.12.07	2016.06.15
C4	CT4 aspects of CIoT	2015.12.07	2016.06.15
C6	CT6 aspects of CIoT	2015.12.07	2016.06.15
R1	RAN aspects of CIoT aka Narrowband Internet of Things （IOT）	2015.09.29	2016.12.15
R1	Core part: Narrowband Internet of Things （IOT）	2015.09.29	2016.06.15
R4	Perf. part: Narrowband Internet of Things （IOT）	2016.01.01	2016.12.15
R5	UE Conformance Test Aspects - Narrowband Internet of Things （NB-IOT）	2016.03.22	2016.12.15
S2	Stage 2 of CIoT	2015.12.07	2015.10.05
S3	Security Aspects of CIoT （aka NB-IoT）	2015.12.07	2016.06.10
S5	Charging Aspects of CIoT	2016.06.13	2016.06.13
S5	Management for NB-IoT	2016.06.13	2016.06.15

資料來源：3GPP，MIC 整理，2016 年 10 月

3GPP 預期將 NB-IoT 聚焦應用於低階大量 MTC 終端應用場景，目標滿足模組成本低於 5 美元、延伸覆蓋最大至 164dB、電池壽命超過 10 年、每個 Cell 接取超過 55,000 個裝置及上行傳輸延遲低於 10 秒等要求。

根據 TR 36.802 文件[4-90]，NB-IoT 標準包含頻段與傳輸通道、系統、基地台要求、終端要求、其他要求及測試標準等部分。頻段與傳輸通道部分，NB-IoT 可利用既有 LTE 無線接取系統（Evolved Universal Terrestrial Radio Access，E-UTRA）使用之頻段進行傳輸，3GPP 初步定義數個頻段

供 NB-IoT 使用，但不表示未來 NB-IoT 將僅限於使用這些頻段。

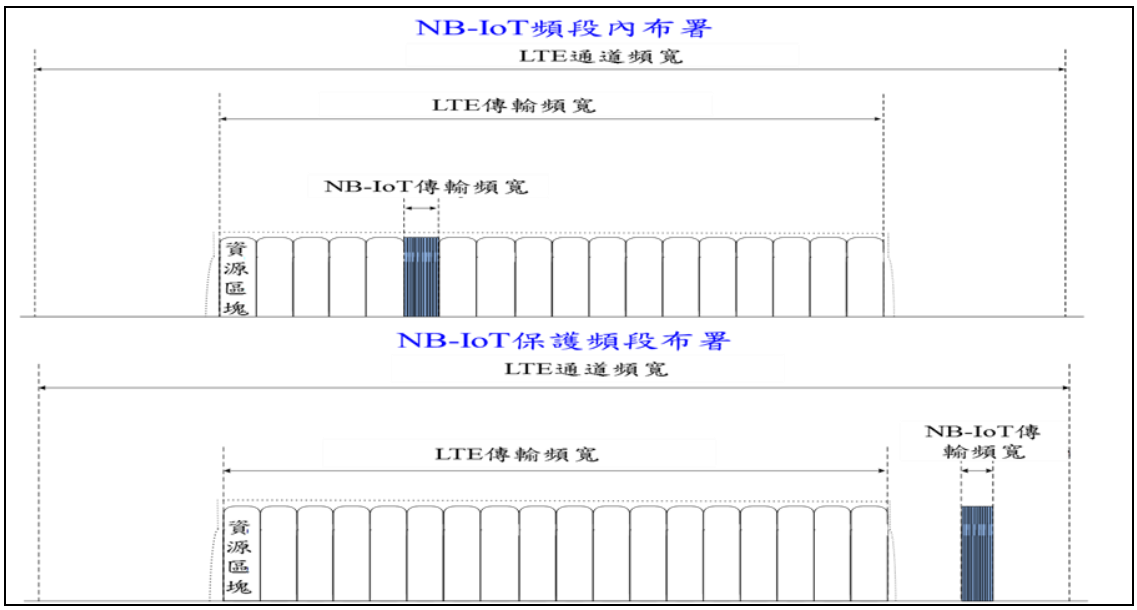
表 33　NB-IoT 頻段

NB～IoT Band	Uplink 操作頻段	Downlink 操作頻段	雙工模式
1	1920～1980MHz	2110～2170MHz	HD～FDD
3	1710～1785MHz	1805～1880MHz	HD～FDD
5	824～849MHz	869～894MHz	HD～FDD
8	880～915MHz	925～960MHz	HD～FDD
12	699～716MHz	729～746MHz	HD～FDD
13	777～787MHz	746～756MHz	HD～FDD
17	704～716MHz	734～746MHz	HD～FDD
19	830～845MHz	875～890MHz	HD～FDD
20	832～862MHz	791～821MHz	HD～FDD
26	814～849MHz	859～894MHz	HD～FDD
28	703～748MHz	758～803MHz	HD～FDD

註：HD-FDD：Half Dulex Frequency Division Duplex，半雙工頻分雙工，上下行訊號在不同頻段內，傳輸與接收訊號不可同時

資料來源：3GPP，MIC 整理，2016 年 6 月

NB-IoT 允許三種布署方式包含獨立（Stand-Alone）布署、LTE 頻段內（In-Band）布署及保護頻段（Guard Band）布署，獨立布署模式的通道頻寬為 200kHz，頻段內與保護頻段布署於 2 個連進的頻段間，通道頻寬為 180kHz。獨立布署的優勢在於布建方式單純、干擾較小，但需要獨自的頻段;頻段內布署與保護頻段布署可利用既有的頻譜資源，但需考慮干擾問題。



資料來源：3GPP，MIC 整理，2016 年 6 月

圖 62　NB-IoT 頻段內與保護頻段布署方式

實體層部分，NB-IoT 採用與 LTE 相同的多重存取技術，下行傳輸使用正交分頻多重存取（Frequency-Division Multiple Access，FDMA），子載波頻寬為 15kHz；上行傳輸使用單載波分頻多重存取（Single Carrier Frequency Division Multiple Access，SC-FDMA），並支援單頻（Single Tone）與多頻（Multi Tone）傳輸，子載波頻寬有兩種分別為 15kHz 及 3.75kHz。調變方式在下行採用正交相位位移鍵控（Quadrature Phase Shift Keying，QPSK），上行單頻傳輸為降低峰值對均值功率比（Peak-to-Average Power Ratio，PAPR）以減少類比與數位轉換的複雜度與成本，使用 π/2-BPSK（Binary Phase Shift Keying）或 π/4-QPSK，雙頻傳輸則使用 QPSK。

在 NB-IoT 的通道頻寬限制下，180kHz 頻寬相當於 1 個實體資源區塊（Physical Resources Block，PRB），既有的 LTE 系統中用來同步基地台與終端的訊框架構，包含主同步訊號（Primary Synchronization Signal，PSS）、次同步訊號（Secondary Synchronization Signal，SSS）可能會占用 6 個 PRB，因此不適用於 NB-IoT，取而代之 3GPP 以新的

規範窄頻主同步訊號/次同步訊號（NB-PSS/SSS）及窄頻主同步通道（Narrowband Physical Broadcast Channel，NB-PBCH）來進行同步[4-91]。

為降低設計上的複雜度與支援窄頻通訊，NB-IoT 系統將 3GPP Release 13 中多個功能移除，如連線移動（Conneted Mode Mobility），即當 UE 在連線狀態下移動到另一個 Cell 覆蓋範圍時，要求換手（Handover）將連線在 Cell 之間轉換，而 NB-IoT 基本設定為低移動應用場景，在此情形下，刪除連線移動管理功能。並且，NB-IoT 不提供語音服務，因此亦不支援電路交換回退（Circuit Switch Fall Back，CSFB）機制。除上述功能外，其他如提升傳輸頻寬與頻譜使用率的載波聚合（Carrier Aggregaction，CA）技術、改善細胞邊緣或通訊死角收訊狀況的中繼站（Relay Node, RN）、解決異質網路互相干擾的自我組態與自我優化（Self-Configuration and Self-Optimisation）功能、緊急通訊等即時服務（Real Time Services）及增加網路資源有效利用的多媒體廣播多播服務（Multimedia Broadcast Multicast Service，MBMS）等 NB-IoT 皆不支援。

NB-IoT 在建立連線方面，使用無線電資源控制（Radio Resource Control，RRC）控管 UE 與基地台間的無線資源，得知處於連線或閒置狀態，RRC 連線是透過 E-UTRAN 啟動，至少成功建立 1DRB 時，就會執行連線中斷，此時 UE 會儲存 AS 內容與連線回復辨識（Resume Identity），然後進入至 RRC 閒置狀態（RRC_IDLE）。NB-IoT 系統中，新增 Suspend-Resume 的可用來減少用戶暫停/回復連結時所需的訊號[4-92]。

在系統資訊的設計上，UE 透過監聽系統資訊得知基地台的無限資源管理方式，該基地台範圍內的 UE 都必須遵守系統資訊的設定，系統資訊一般分為主要訊息區塊和數個

系統資訊區塊，Release 13 規劃 NB-IoT 專用的系統資訊分別為 Master Information Block-NB（MIB-NB）及 System Information Block TypeX-NB，其中，SIB 採取較簡化但功能類似的設計，SIB 與 SI 訊息最大長度為 680 bits，SIB 內容包含七種類型分別為存取有關資訊與其他系統訊息區塊排程（SIB1-NB）、無線資源配置資訊（SIB2-NB）、Cell Re-selection 資訊（SIB3-NB）、Intra-frequncy 的鄰近 Cell 相關資訊（SIB4-NB）、Inter-frequncy 的鄰近 Cell 相關資訊（SIB5-NB）、存取禁止（SIB14-NB）、GPS 時間/世界標準時間資訊（SIB16-NB）[4-93]。

在傳輸功率方面，NB-IoT UE 功率等級設定為 Class 3 或 Class 5，最大傳輸功率為 20 或 23dBm，下行傳輸時基地台可使用較高的傳輸功率，最高限制為 46dBm。使用先進非連續接收技術（Enhanced Discontinuous Reception，eDRX）節省裝置功耗。

2. NB-IoT 產品與應用發展

N B-IoT 受到全球許多電信營運商、設備商與晶片商的推動與支持，並參與 3GPP 相關會議標準制定。為促進 NB-IoT 的產品與服務研發，截至 2016 年 9 月，全球已經有 5 個針對 NB-IoT 創新服務研發、互通性測試及產品規格測試與認證的實驗室，由中國第一大營運商中國移動、阿聯酋電信（Etisalat）、韓國營運商 LG Uplus、上海中國聯通（Shanghai Unicom）、義大利電信與 Vodafone 所推動，其中 Vodafone 與華為於 2016 年 2 月於英國的 Vodafone 總部開設全球第一個 NB-IoT Open Lab，該實驗室提供應用服務開發人員及裝置、模組、晶片製造廠商測試環境。

在通訊晶片的研發方面，華為子公司 Nuel 於 2015 年推出全球第一個 NB-IoT 晶片 Iceni，並與多家營運商進行測試，預計 2016 年將推出第二代晶片 Boudica[4-94]。Qualcomm 已

宣布將針對物聯網市場推出 MDM9206 的 LTE 數據晶片，提供穩定、快速的連網能力以及低功耗的能力，MDM9206 數據晶片針對 NB-IoT 的設備所設計，透過窄頻以較有效率的方式連接低數據傳輸速率聯網設備，滿足更低功耗的運作需求，目前 MDM9206 數據晶片將在 NB-IoT 的 3GPP R13 標準制定完成後推出[4-95]。其他晶片商發展方面，Intel 在 2016 年 MWC 中發表 XMM 7115Modem 將支援 NB-IoT 標準，XMM 7315 SoC 整合 LTE Modem 與應用處理器，並同時支援 LTE M 與 NB-IoT 標準[4-96]；歐洲晶片商 Sequans 也於 2016 年 1 月宣布公司已經投入支援 3GPP R13 標準規範之 NB-IoT 晶片研發[4-97]。

系統建置方面，2016 年 1 月 Ericsson 宣布推出網路軟體 17A，能夠讓每個基站連結百萬個物聯網裝置，支援全方面的物聯網應用。該軟體將 NB-IoT 導入營運商既有的 LTE 網路中，提供營運商快速布建物聯網網路，目前已經與 AT&T 在美國 CES 中展示相關解決方案，Verizon 也表示將採用該網路軟體技術進行物聯網相關應用測試，Ericsson 預計 17A 將於 2016 年 Q4 商用[4-98]。2016 年 MWC 中 Nokia 與 Intel、Vodafone 合作展示其解決方案，Nokia 提供支援 NB-IoT 之網路設備，Intel 提供裝置運行在 Vodafone 網路上[4-99]。

營運商 NB-IoT 相關網路布建計畫，根據 GSMA 統計，Vodafone 首先於 2016 年 9 月在完成全球第一個 NB-IoT 商用網路連線測試，使用 800MHz 執照頻段，同時，Vodafone 宣布 2017 年第一季將於德國、愛爾蘭、荷蘭與西班牙推出 NB-IoT 商用網路，預計 2020 年 Vodafone 在全球據點都將支援 NB-IoT[4-100]。韓國電信（Korea Telecom，KT）在 NB-IoT 布建計畫中，預計 2016 年第三季完成示範網的布建，涵蓋範圍包含韓國世宗市與京畿道創新經濟中心，2016 年底完

成韓國 85 個都市涵蓋，2017 年第二季目標建置完成全國網路[4-101]。德國電信（Deutsche Telekom，DT）於 2016 年 10 月完成 NB-IoT 在 LTE 商用網路上運作的相關效能表現測試[4-102]。

NB-IoT 終端及應用案例部分，2015 年 11 月華為、Vodafone 以及瑞士模組廠商 u-blox 共同在西班牙蒙卡達完成 NB-IoT 前標準（Pre-Standard）商用測試，以 U-blox 模組搭配華為子公司 Neul 所開發之 NB-IoT 晶片嵌入智慧水表中，使水表能夠接入行動網路，透過窄頻通訊達成遠端自動抄表作業[4-103]。2016 年 9 月 Vodafone 進一步利用 800MHz 頻段的商用 LTE 網路，在西班牙馬德里的 Vodafone Plaza 進行智慧停車應用服務測試，透過停車感測器偵測停車格狀態。華為積極推動 NB-IoT 發展，在中國大陸也與多家業者合作 NB-IoT 應用服務開發，如：在深圳，華為結合中國電信與深圳水務集團，進行中國大陸第一個 NB-IoT 智慧水表測試，並預計於 2017 年實現大規模商用；同時，華為在山東聯合中為光電子進行以 NB-IoT 為通訊方式的智慧路燈測試，與中國聯通在上海測試 NB-IoT 的智慧停車服務，車主可遠端查詢與預訂車位，提高車位利用率[4-104]。華為與 Vodafone 目前已與多家廠商展開合作，預計第一個標準化 NB-IoT 裝置將於 2016 年底或 2017 年初推出。

韓國電信（Korea Telecom, KT）與 Nokia、Intel 及韓國運動機能服飾品牌 Kolon Sports 合作，開發一款利用 NB-IoT 通訊技術的 IoT 救生外套，外套中安裝由 Intel 提供 NB-IoT 模組，並搭配 LED 燈與聲波感測器，利用 KT 的 LTE 網路及 IoT 平台，自動傳送位置與狀態資訊給搜救團隊，加速救援活動。同時，KT 也推出透過內建感測器，當火源接近帳篷時可以自動發送警示訊息的 IoT 智慧帳篷[4-105]。

資料來源：KT，MIC 整理，2016 年 9 月

圖 63　KT NB-IoT 救生外套

NB-IoT 為 3GPP 因應物聯網應用趨勢而發展的技術標準之一，從 2015 年 9 月展開相關研究到 2016 年 6 月核心標準規範完成僅歷經 10 個月左右的時間，標準內容大幅刪除及簡化 Release 13 中相關規範，以滿足頻譜使用效率、低功耗、低成本等要求，並且透過降低在布建上對既有網路的衝擊，達成快速布建與商用之目標，縮短與其他 LPWA 技術商用起步時間的落差。

(二)Sub-GHz LPWA 技術、應用發展及各主要國家管理現況

1. Sub-GHz LPWA 技術與應用發展

相對 3GPP 的 NB-IoT，免執照 LPWA 技術發展較早，其中又以利用低頻傳輸特性的 Sub-GHz LPWA 技術受到關注，目前主要技術包含：HaLow、LoRaWAN、Sigfox、Weightless 等，除 HaLow 因為標準推動較晚導致相關生態體系上用發展外，其餘技術都已進入測試或商用階段，在世界各國已經有許多應用案例。

表 34　Sub-GHz 免執照 LPWA 技術比較

技術協定	主要推動者	成立	目前布建國家	基站連接數目	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度
SIGFOX	SIGFOX Company	2009	17	100萬個	ISM Band Sub-1 GHz	市區 10km 郊區 50km	100bps
HaLow	IEEE	2010	NA	≦1萬個	ISM Band Sub-1 GHz	1km	>100kbps
Weightless	Huawei、ARM	2012	3	100萬個	ISM Band Sub-1 GHz	5km+（-N）2km+(-P)	30~100kbps（-N）100kbps（-P）
LoRaWAN	IBM、Cisco	2015	12	25萬個	ISM Band Sub-1 GHz	市區 3~5km 郊區 15km	300bps~50kbps

資料來源：各聯盟，MIC 整理，2016 年 8 月

以發展時程而言，Sigfox 發展最早，於 2009 年由法國同名物聯網新創公司所推動，在技術規格方面，傳輸速率約在 100bps 左右，傳輸距離在市區約 10 公里，在郊區則可達 50 公里，以上行通訊為主，但也支援下行通訊，採用超窄頻(Ultra-Narrow Band，UNB)技術，使用頻寬僅需 100kHz。為降低功耗，Sigfox 裝置通常處於閒置狀態，裝置要求網路完成傳輸後就會再次回到閒置狀態。Sigfox 的操作頻段採用免授權的 ISM 頻段，如：美國的 902～928 以及歐洲的 836～868MHz[4-106]。

表 35　Sigfox 操作頻段

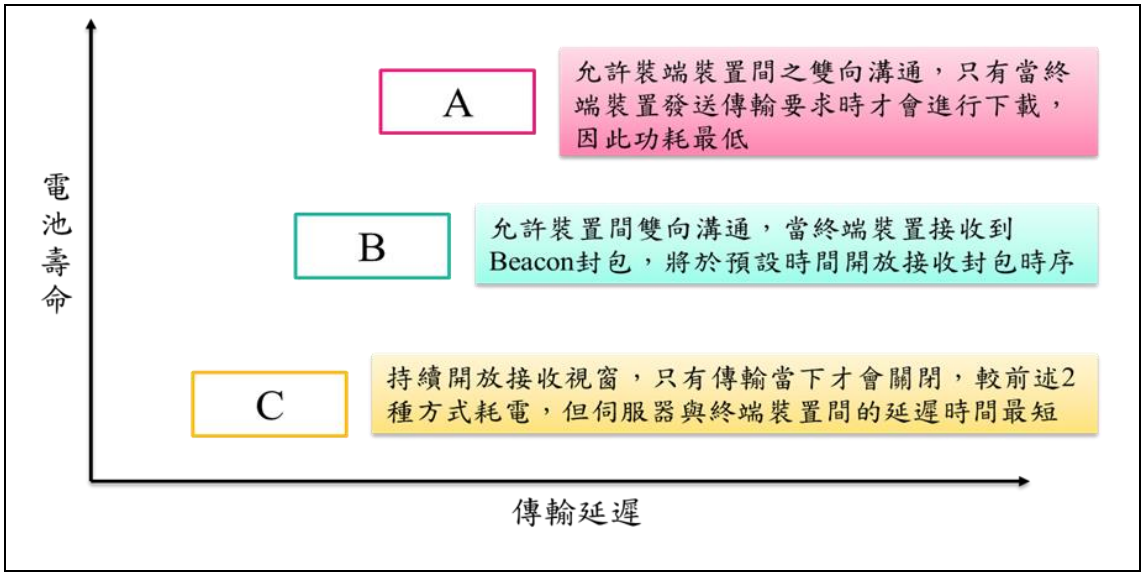
Sigfox 區域	頻段	適用規範
歐洲、中東：Radio Zone 1	868MHz	ETSI 300～220
北美：Radio Zone 2	902MHz	FCC Part 15
南美、澳洲、紐西蘭：Radio Zone 4	920MHz	ANATEL 506 AS/NZS 4268

資料來源：Sigfox，MIC 整理，2016 年 8 月

2010 年由 IEEE 開始發展的 HaLow，其成立背景是因為 Wi-Fi 技術雖在無線資料傳輸領域獲致相當大的成功，然當前 Wi-Fi 主流標準 802.11n 及 802.11ac 在功耗及傳輸距離的表現，尚未符合低功耗、長距離與數據流量少的物聯網應用場景要求，尤其在物聯網傳輸環境中大量裝置的連結維護以及資訊回傳處理，使既有 Wi-Fi 技術面臨挑戰。因此，IEEE 在 Wi-Fi 技術發展藍圖上規劃 802.11ah 標準，採用 1GHz 以下低頻頻段，用來實現低功耗、長距離無線網路連結，802.11ah Draft 9.0 已於 2016 年 9 月完成，預計於 2016 年 12 月完成標準委員會核定（IEEE-SA Standards Board APProval）程序[4-107]。此外，Wi-Fi Alliance 已於 2016 年 1 月在美國舉辦的 CES 展會上將 802.11ah 標準正式命名為「HaLow」，根據 IEEE 規範，HaLow 使用 1GHz 以下的不包含 TVWS 的免執照頻段，頻道頻寬可分為 1MHz、2MHz、4MHz、8MHz 及 16MHz，傳輸速率至少為 1Mbps，傳輸距離為最長可達 1km[4-108]。

LoRaWAN 由包括 IBM、Cisco、Actility 等大廠在內的 LoRa Alliance 成員所共同推動的通訊協定。在技術規格方面，傳輸速率約在 30bps～50kbps 之間，傳輸距離在市區約 2～5 公里，郊區最長可達 15 公里，依據 2015 年 6 月所公布的 LoRaWAN 1.0 版技術文件，LoRaWAN 同樣採用 Sub-GHz 免授權 ISM 頻段，支援雙向傳輸，傳輸方式依據延遲要求與功耗大小可分為 Baseline （Class A）、Beacon

（Class B）以及 Continuous（Class C）三種等級，其中 Class A 方式只有當終端裝置發送要求時才會進行傳輸，功耗最低；Class B 可排定時程進行傳輸，終端可於預設時間開啟接受封包傳輸；Class C 為持續傳輸數據，功耗最大，但傳輸延遲時間最短[4-109]。



資料來源：LoRa Alliance，MIC 整理，2015 年 11 月

圖 64　LoRa 傳輸模式

Weightless 是由 ARM 及華為子公司 Neul 所推動的 Sub-GHz LPWA 通訊協定，自 2012 年開始發展以來，Weightless 共釋出 3 個版本協定包含 Weightless-W、Weightless-N 及 Weightless-P。

Weightless-W 為最早發展的版本，主要使用 TVWS 頻段傳輸數據，但因各國 TVWS 釋出發展進程存在顯著差異，導致發展受限。Weightless-N 版本改採 Sub-GHz 免執照頻段，傳輸速率為 30～100kbps，傳輸距離約為 5 公里，Weightless-W 及 Weightless-N 僅支援單向傳輸，但在最新 Weightless-P 版本開始支援雙向通訊，傳輸速率約在 100kbps 左右，傳輸距離最長為 2 公里[4-110]。

表 36　Weighless 協定比較

	Weightless-N	Weightless-P	Weightless-W
操作頻段	Sub-GHz ISM Band	Sub-GHz ISM Band	TV White Space
通訊方向	單向	雙向	雙向
功能設置	Simple	Full	Extensive
傳輸範圍	5km	2km	5km
電池壽命	10 年	3～8 年	3～5 年
終端成本	非常低	低	低～中
網路成本	非常低	中	中

資料來源：Weightless SIG，MIC 整理，2015 年 11 月

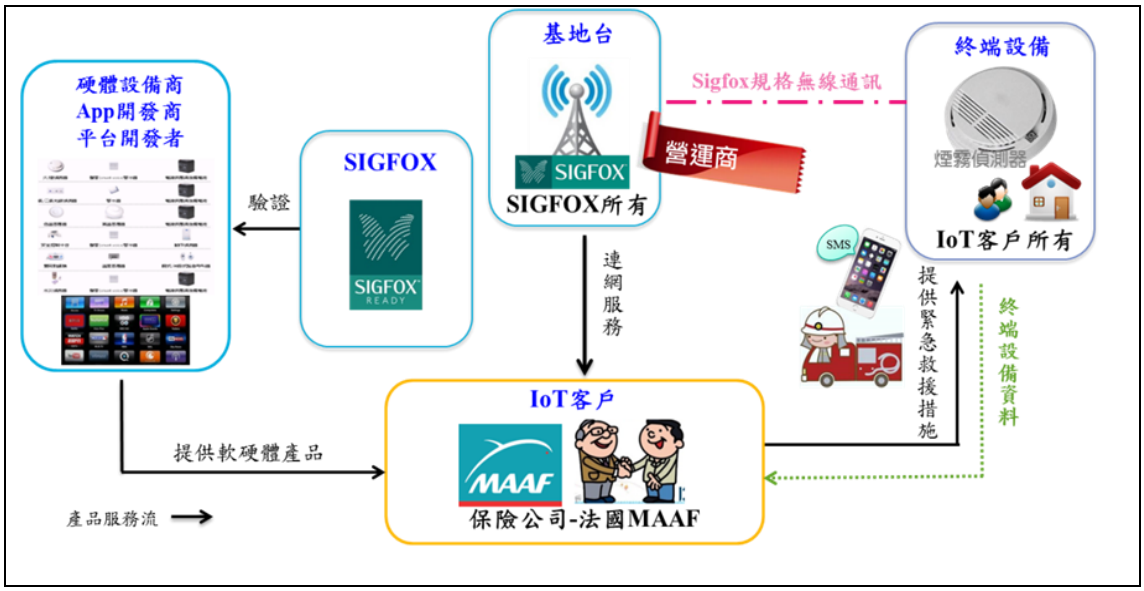
免執照 LPWAN 應用發展部分，HaLow 由於目前相關協定制定尚未完成，預計 2018 年才會啟動產品認證程序；因此，產品與服務還未成形，Weightless 目前在歐洲如英國及丹麥進行布建，其中在英國由物聯網新創公司 Nwave 與英國數位經濟技術與創新中心（Connected Digital Economy Catapult）合作，以 Weightless-N 技術為基礎在倫敦布建智慧城市網路，提供如：門窗侵入警示、空汙偵測等服務[4-111]。

Sigfox 應用發展部分，根據 Sigfox 公布的資料指出，目前全球已經有 24 個區域展開 Sigfox 網路布建，包含：荷蘭、西班牙、法國、俄羅斯、英國與美國等國城市，預計於 2019 年拓展至全球 60 國。相關應用案例如：Sigfox 與法國保險公司 MAAF 在保戶家中安裝煙霧感測器，當火災發生時，透過 Sigfox M2M 網路傳送警示訊息至保戶手機；在法國里昂採用 Sigfox 技術監測城市空氣品質，並與法國電力與天然氣供應商 ENGIE 子公司 ENGIE M2M 布建 Sigfox Smart Meter 於建築物中，協助用戶能源使用管理[4-112]。此外，Sigfox 也展開公益計畫如贊助比利時之南極洲伊莉莎白公主研究站利用搭載 GPS 與 Sigfox 技術之裝置即時追蹤人員移動與裝備位置[4-113]。

觀察 LoRaWAN 布建情形，根據 LoRa Alliance 報告顯示 2016 年有 17 個國家公開宣布建網計劃，120 多個城市地

區有正在運行的 LoRa 網絡，其中韓國 SKT、印度 TaTa、荷蘭 KPN 等已完成或正在進行全國網路的布建。相關應用案例如在美國 Senet 與 Semtech、Mueller System 合作以 LoRa 技術為基礎，提供追蹤 Fox Canyon 的地下水抽取狀況服務[4-114]；在比利時阿爾斯霍特市政府於停車位上布建 LoRa Sensor，駕駛人可透過 Smart Parking APP 搜尋距離最近的停車場與車位，以及於布魯塞爾機場的飛機貨運車上設置 LoRa Sensor，遠距監控並維持貨車運作效率[4-115]。

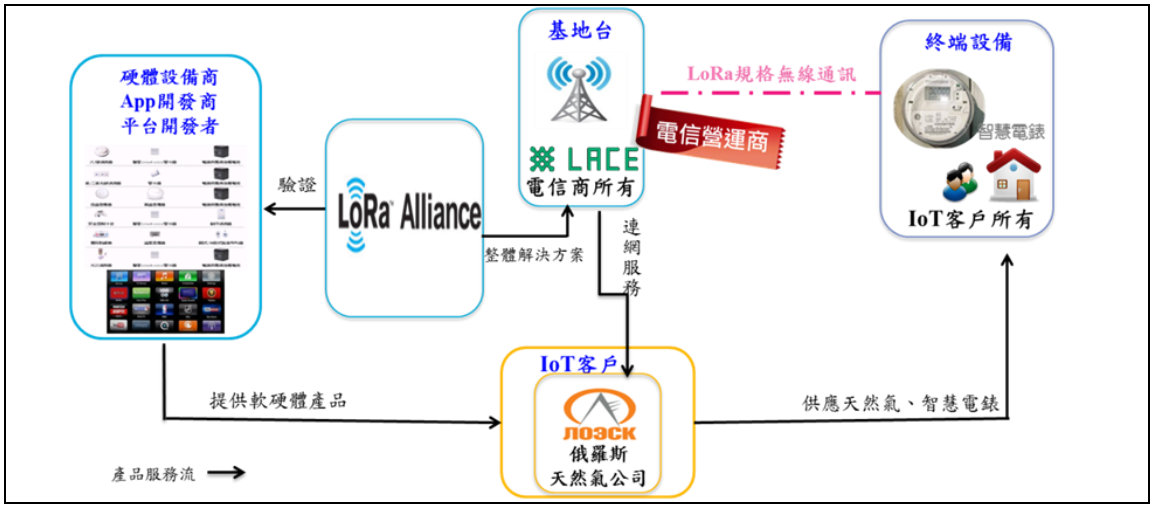
就目前利用免執照 LPWA 技術提供物聯網服務的業者之營運模式與收費方式而言，Sigfox 目標在於建立一個全球統一的物聯網網路，類似營運商 eSIM 的概念，基本上用戶可在全球範圍下使用 Sigfox 服務而不需考量漫遊問題，Sigfox 目前在法國及美國自行布建網路，其他國家透過授權獨家網路經營權的方式，選擇當地的 Sigfox 網路營運商（Sigfox Network Operator，SNO），如：在台灣及新加坡透過優納比（Unabiz），負責進行 Sigfox 的網路布建及維護。在收費方面，Sigfox 提供範圍從 1 美元/月到 1 美元/年的資費方案，依照用戶連結的裝置數量進行個案調整[4-116]。



資料來源：MIC，2016 年 10 月

圖 65　Sigfox 服務營運模式

LoRAWAN 目前在各國營運方式大致上分為 2 種類型，第一，與當地營運商合作，由 LoRa Alliance 提供技術與產品認證。第二，由製造商自行架設基地台，提供應用服務，如正文在台北市建設 12 個 LoRa 基地台，提供業者進行相關應用服務開發[4-117]。



資料來源：MIC，2016 年 10 月

圖 66　電信營運商提供 LoRa 服務營運模式

LoRa 的收費方式，在營運商提供連線服務的模式之下，2016 年 7 月由韓國電信營運商 SKT 率先提供 LoRa 網路專用的資費方案，除基本資費外，依據用戶簽約期間提供最多 20%的折扣，同時依據連線裝置數量也提供資費折扣，如：100～500 個裝置折扣 2%，10,000 個以上裝置折扣 10%[4-118]。

表 37　SKT LoRa 資費方案

費率名稱	數據流量	基本費用（稅後，韓元）	流量超過費率
Band IoT38	100KB	385	每 0.5KB 加收 0.011 韓元
Band IoT55	500KB	550	
Band IoT77	3MB	770	
Band IoT110	10MB	1,100	
Band IoT165	50MB	1,650	
Band IoT220	100MB	2,200	

資料來源：SKT，MIC 整理，2016 年 7 月

2. 主要國家對 Sub-GHz LPWA 技術管理規範現況

綜上而論，在物聯網時代，業者透過非執照頻段的 LPWA 技術提供物聯網服務，預想未來隨物聯網聯網裝置持續增加及服務更加多元，頻段可能會變得壅擠，導致個別服務有干擾問題之疑慮，對用戶權益將造成影響，但若限制過多可能會對創新服務發展產生不利影響，以下就各主要國家針對 LPWA 頻段規範現況進行探討。

以美國而言，目前 LPWA 技術使用 902～928MHz 頻段，該頻段屬於 ITU 劃分 Region 2 的免執照頻段，在此頻段上運作之裝置須符合 FCC Part 15 之相關規定。根據 FCC Part 15[4-119]，在 902～928MHz 運作的裝置電場強度（Field Strength of Fundamental）最大 500 毫伏特/公尺（Millivolts/Meter，mV/m），諧波電場強度（Field Strength of Harmonics）不得超過 500 微伏特/公尺（Microvolts/Meter，uV/m）。15.247 規範 902～928MHz 使用跳頻（Frequency Hopping）及數位調變之事項。跳頻系統之頻道頻寬、數量、頻率占用時間與峰值輸出功率規範如下表：

表 38　902～928MHz 跳頻系統規範

	跳頻頻道數量	頻率占用平均時間	峰值輸出功率（瓦特）
跳頻頻道 20dB 頻寬＜250kHz	至少 50 個	每 20 秒週期不超過 0.4 秒	0.25
跳頻頻道 20dB 頻寬≧250kHz（最大不超過 500kHz）	至少 25 個	每 10 秒週期不超過 0.4 秒	1

資料來源：FCC，MIC 整理，2016 年 10 月

採用跳頻以外之數位調變技術，6dB 頻寬最少須 500kHz，峰值輸出功率不得超過 1 瓦特。數位調變系統的功率密度，在頻率範圍 3kHz 頻寬內，由發射機傳導至天線的峰值發射功率密度不得大於 8dBm。前述跳頻及其他數位調變系統之峰值輸出功率是以天線方向性增益不超過 6dBi

計算。同時採用跳頻與其他數位調變的混和系統，其頻率占用時間與跳頻系統的規定相同。跳頻展頻（Frequency Hopping Spread Spectrum）系統採用的短傳輸脈衝（Short Transmission Bursts）須符合跳頻系統定義，且傳輸需分散於跳頻系統規定之最少頻道數。此外，FCC 提到根據 902～928MHz 上的展頻系統對在該頻對上政府使用之裝置的干擾調查，未來可能會降低展頻系統的功率限制。

在歐盟，LPWA 技術使用 863-868 MHz 的 SRD 頻段，屬於免執照頻段，根據歐盟 ERC Recommendation 70-03 規定[4-120]，863～865MHz 分配給無線電麥克風應用，包含：助聽裝置、無線語音及多媒體串流系統如無線擴音器、無線耳機等。865～868 MHz 分配給 RFID 應用，如：資產追蹤、警報系統、距離感測器與手持裝置資料傳輸等使用，相關技術規範如下表：

表 39　歐盟 863～868MHz 頻段技術規範

頻段		電場強度	頻譜接取與緩衝要求	調變/最大占用頻率
863～865MHz		10mW erp	無	無
865～868MHz（僅在必要時執行預定活動）		2W erp		≦200kHz
	865～865.6MHz	100mW erp	無	≦200kHz
	865.6～867.6MHz	2W erp	無	≦200kHz
	867.6～868MHz	500mW erp	無	≦200kHz

資料來源：ECC，MIC 整理，2016 年 10 月

在英國方面，針對 LPWA 使用頻段除 2014 年 6 月 Ofcom 宣布原 SRD 頻段規範可適用 IoT、M2M 應用外，2016 年 3 月針對新增在 3 段，包含：55～68MHz、70.5～71.7MHz、80～81.5MHz 共 10MHz 頻寬的 VHF 頻段提供 IoT 應用，將比照既有的商業無線電（Business Radio，BR）執照方式釋出[4-121]，須向 Ofcom 申請繳費後才可使用。BR 執照分為技術指派執照（Technically Assigned）與區域認定執照（Area

Defined）兩種類型，技術指派執照提供申請人在指定範圍內使用，收費方式以 25kHz 為單位，每單位收費 75 英鎊；區域認定執照提供申請人在 50 平方公里範圍內獨家使用該頻段，收費方式依使用頻寬、範圍個案計算。為提出更符合 IoT 應用的相關管理制度，Ofcom 預計近一步於 2016 年底公布新的 BR 執照規範，做為未來 IoT 頻譜之管理依據。

(三)LPWA 發展綜整及我國管理方向建議

多元的物聯網應用促進不同無線傳輸技術發展，在布建範圍廣、低功耗與低流量的傳輸場景下，近幾年 LPWA 技術應用範圍逐漸跨大，使用執照頻段的 NB-IoT，由 3GPP 制定相關標準，透過簡化實體層設計、傳輸程序等，提升頻譜使用效率同時增加電池壽命，目前全球多家營運商、晶片商與設備商已投入 NB-IoT 產品開發及測試，預計 2017 年將能夠正式商用。Sub-GHz 免執照 LPWA 技術發展較早，主要技術包含：Sigfox、LoRa、HaLow 與 Weightless 等，其中 SigFox 與 LoRa 在世界各國已有實際應用案例，而 Weightless 目前停留在測試間段，HaLow 則因為 IEEE 的規格制定完成時程訂於 2016 年底，相關產品及應用都尚未成形。

綜合各主要國家對於 LPWA 頻段取得、使用限制之規範，基本上採取免執照頻段，且沿用既有技術管理規則，在符合基本發射功率要求、頻率占用時間等規定範圍內的裝置，經過形式審驗就可以使用。建議我國應可依循國際主要做法，以低度管理促進相關產業發展與良性競爭。英國除基本的管理規則外，導入申請程序較簡化的 BR 執照，認為可有效管理 IoT 裝置，同時也不會過於抑制創新應用發展，是在管理新興 IoT 應用時的另一種思考方向。

四、主要國家物聯網暨實驗頻譜管理機制、架構及管理層級之探討

由於物聯網仍為是一發展中之的新興領域，且牽涉領域極為廣泛，已非侷限以往單一通訊規管機關的管轄範疇。因此目前各國政府仍密切觀察未來 IoT 可能的趨勢應用，相關的法規上尚未有明確的機制架構，但不同國家已分別針對物聯網中可能牽涉的規管議題進行討論及

規劃，例如：資安、隱私權保護與提供服務者之身份定義等。以下論述分別以各國目前對物聯網暨實驗頻譜等規管議題的討論進行不同面向之探討與研析。

(一)主要國家物聯網管理之機制、架構及管理層級

1. 美國

美國在物聯網（IoT）的管制議題上，目前尚未有針對物聯網制訂特定的管制法規，相關的討論依據議題性質分散於數個主管機關之中。其中，FCC 技術諮詢委員會（Technological Advisory Council）下之物聯網工作組（IoT Working Group）於 2014 年 12 月發布分類（Taxonomy）資訊[4-116]，根據物聯網應用之不同領域，區分不同的管制角色。如通訊、媒體之消費者終端、零售業的終端裝置（如：POS 機）、工業電腦等，歸屬於 FCC 管制，目前主要與免執照低功率設備相關；其他如醫療穿戴裝置、能源系統、運輸、軍事用途，則分別歸屬於食品藥物管理局（FDA）、能源署（DOE）、運輸部（DOT）與國防部（DOD）。

而在個別議題部分，目前則聚焦於頻譜、資訊安全及隱私個資議題。FCC 針對頻譜部分，則認為物聯網所需之頻譜，主要依據物聯網設備的生命週期而有不同建議，對於短中期（3 年以下或 3～8 年），建議應使用需執照頻譜；對於長期（8 年以上）則建議使用免執照頻譜。此外，在物聯網應用的安全性與隱私的議題上，則歸屬聯邦貿易委員會（FTC）權限，尤其當涉及終端消費者之資訊安全以及個人隱私之議題上，FTC 扮演非常重要之角色；因此針對物聯網，FTC 也公布了 Internet of Things－Privacy＆Security in a Connected World，針對物聯網之安全性、資料最小化、通知與選擇等 4 項議題進行探討[4-122]，最後則針對物聯網立法需求進行介紹。

在安全性的維護上，首先，物聯網設備商或服務商應該在產品設計或布建之初，即將安全納入考量，而不是事後再加以修補。做為將安全性加入產品設計流程的一部分，業者應該考慮：（1）進行隱私或安全風險評估;（2）盡量減少收集和儲存用戶的資料;（3）推出產品前，應完整測試安全性；第二，在組織與人才上重視安全性的需求，培養適當的人才，並確保安全性問題在組織內的權責；第三，業者應能監督服務商或合作商的安全性。第四，確認自身風險所在，實施相關措施；第五，針對設備及服務設置合理的權限管理，避免消費者的設備、資料或網路遭受侵害或竊取；最後，監測物聯網產品的整個生命週期，在可行的範圍內，修補已知的漏洞，並提供更新。

資料最小化則肇因於物聯網的特性之一為蒐集大量資訊，因此業者更應在進行資料蒐集時考量與應用服務間之關聯性，盡量避開不必要的資料蒐集。雖然有意見表示過度的規範可能會扼殺大數據領域的創新應用，但 FTC 認為企業仍應在合理的限制下進行資料蒐集及保存，以減少企業成為駭客的目標及影響用戶的隱私權益。對於未來萬物聯網的時代，FTC 提供企業數個選項，例如完全不蒐集任何資料、只在必要的領域或裝置上蒐集資料、蒐集較不敏感的資訊、將資料去識別化（De-Identify）等。

在通知與選擇上，則是討論消費者是否同意將資訊交付業者做使用。但由於未來資訊量將甚為龐雜，若每項資料蒐集都需取得用戶同意，不僅企業成本提升，用戶恐怕也不勝其擾。依據 2012 年的隱私權報告（Privacy Report），若收集及使用消費者數據的前提是用在從事前後一致的用途或正常公司與消費者的關係上，則企業不應被迫在資料收集前提供消費者選擇權。此決定基於消費者對於這些資料會被如何利用，在資料被收集初始即有合理預期，而此

邏輯也應適用於物聯網。雖然在實際情形中，要在每個裝置或應用上提供消費者行使選擇權的平台有一定的困難度，但若企業將對蒐集到的資料有超出一般與消費者互動範圍的額外使用，則仍需提供清晰、明顯的選項給用戶決定是否同意將其資料予與企業使用，而非隱匿在冗長的文件條款中。此外，若企業一收集到消費者數據後便立即進行有效率的去識別化程序，則並不需向消費者提供是否同意資料蒐集的選擇。

為進一步保護消費者隱私，FTC 原本有設想基於判斷「使用用途是否有害」以限制某些取得個人資料的方法。例如：在公平信用報告法案中，於企業的某些用途中透過限制取得消費者的信用報告，以保護消費者隱私。但此方式的問題在於針對未來物聯網的蓬勃發展，法條中並無法全面且廣泛的闡述所有相關的應用限制，況且由誰來判斷何種用途是有益或有害也有立場上的問題。FTC 認為，若於未來建立一個容納多方利益相關者的法律框架，將可容許不同立場的意見方在框架之下討論及規定所謂「允許」或「禁止」的用途，但當此類框架尚未出現時，讓消費者有權得知並選擇自身的資料將如何被使用，仍是在可預見的未來中最可行的方法。

至於在立法討論上，是否針對物聯網訂定相關規範仍尚有爭論。由於物聯網為一新興領域，目前的立法時機可能尚未成熟,過度的規範也許將扼殺某些創新應用的崛起。但為特定產業制定自我監管計畫將有助於保護某些隱私、敏感的資料。由於資安的威脅日益加劇，而未來的物聯網可能擴大資料被入侵或外流等的風險，FTC 建議國會頒布一個強而有力、靈活且具技術中立的聯邦法案，並加強現有的資安執法行動，在任何安全漏洞發生時立即向消費者提出通知。在立法時也須避免由未授權的管道取得個人訊

息及改變設備本身的配置。例如：當心博調整器被駭客入侵時，不只是個人健康資料外洩，嚴重者甚至會危及人身安全。FTC 目前雖然有權對某些 IoT 相關的規範採取行動，但由於其應用範圍不涉及明顯的欺騙或不公平，FTC 仍無法強制規定基本的隱私保護權，例如隱私資料揭露或消費者對資料使用的選擇權等；因此，FTC 期望國會可以盡早制定一項廣泛性（不須特別針對物聯網）的隱私立法，為企業提供可明確遵循的原則，例如如何向消費者提供數據蒐集及使用的選擇。

2. 歐盟

歐盟針對物聯網之發展，通訊管制機關（Body of European Regulators for Electronic Communication，BEREC）發布 Enabling the Internet of Things，初步針對物聯網涉及歐盟電信管制架構的適用性、漫遊、身份辨識（號碼資源）、網路安全、技術標準等提出相關意見[4-123]。

歐盟依據物聯網的服務層級架構，將服務區分為：連網服務提供商（Connectivity Service Provider，CSP）、物聯網服務提供商（IoT Service Provider）、物聯網用戶（IoT User）以及終端用戶（End User）。其中，連網服務係指提供通訊服務的業者，負責傳送資訊；物聯網服務商則是指提供物聯網解決方案、物聯網平台的業者；物聯網用戶則是指將物聯網裝置整合在自身的產品或服務中，例如整合車載系統的汽車製造商、整合智慧電錶的電力業者等。上述角色不一定是完全分開的，有時可能依據服務性質或商業垂直整合而有所不同，可參見下表：

表 40　物聯網價值鏈各端產業舉例

產業別	連網服務提供商（CSP）	物聯網服務提供商（IoT Service Provider）	物聯網用戶（IoT User）	終端用戶（End User）
運輸業	連網服務提供商（CSP）	物聯網服務提供商（IoT Service Provider）	例：車子製造商	車子/車隊管理者
智慧醫療			例：醫療儀器製造商	病患
電力			例：電力公司	使用電力之用戶
農業			例：農耕設備製造商	農夫

資料來源：BEREC，MIC，2016 年 2 月

若從現今的歐盟通訊架構（EU Telecommunications Framework）下進行對物聯網服務（IoT Service）的探討，則可從數個角度進行切入，例如該服務是否符合電子通訊服務（Electronic Communication Service，ECS）、在漫遊規範（Roaming Regulation，RR）下的義務及更換連網提供者的權利等。報告中鼓勵各國的規管機關可以在消除法規上的不確定性，以及降低可能的法規障礙上進行努力。

在物聯網服務的定義探討中，對於是否應受歐盟電信管制架構的規範，主要討論焦點在於物聯網服務是否屬於歐盟指令中的電子通訊服務（ECS）。符合 ECS 的基本要素有三：首先，該服務為係取得商業利益。其次，該服務完全或主要部分在於提供資訊傳送的功能。第三，該服務為內容之傳輸（而非內容生產）。而 ECS 的定義與適用的監管框架將會是歐盟電信規範架構中的重要審查重點之一。肇因於這些議題不光是針對廣義的IoT服務，許多議題，如：M2M 和 Over-the-Top（OTT）服務也將受此規範的討論結果影響。此外，當一項服務被視為 ECS 時，較完整的監管規範也隨即適用於此服務，如通知義務，及較偏向電信產業的管理規則，如消費者權益保障、數據保護及網路資安

的議題等。因此在評估一項 IoT 服務是否屬於 ECS 的範圍，將會是連結現在與未來之物聯網管理架構的一大重點。

在現今的監管架構下，通過公共網絡提供連網能力以進行獲利的連網服務提供商（CSP），通常也是 IoT 價值鏈中 ECS 的提供商，而其必須負責遵守各國監管機關的義務。但相較之下，物聯網用戶（例如：汽車製造商、能源產業、智能電錶）通常不提供 ECS。因此根據現行的規範框架下，物聯網用戶並不會受到歐盟監管架構下的規範約束。然而在未來多元的應用模式中，當物聯網用戶將其部分或全部的連網能力轉售予終端使用者時，此過程中便可能有 ECS 的產生。但總體而言，由於目前搭載連網能力的物聯網商業模式仍有極大的發展空間，各國的規管機關必須仔細的評估一物聯網使用者是否符合 ECS 之定義。此外，隨著滾動式審查及歐盟數位單一市場（Digital Single Market，DSM）的計畫演進，目前主要適用於語音通訊的管理法則，在何種程度上於未來可繼續適用於 M2M 通訊；及如何預估可能的監管成本；市場上的競爭者數量與終端用戶的權益平衡，均需再進行後續討論。

至於在漫遊規範架構下的討論，由於物聯網應用於未來將偏向一具備跨國市場服務的特性，而大部分使用的設備須有支援全球移動的通訊能力，因此如何在法規上取得不僅是臨時的漫遊行動許可，永久性的通訊漫遊能力將成為應用發展中的一大關鍵元素。BEREC 認為現今漫遊規範是否適用於 IoT 的領域中，主要取決於兩大元素；週期性的在歐盟中移動及行動裝置。若是某種 IoT 的連線裝置具有永久性的漫遊連網能力，但實體上並無移動至別區域的行為產生，則此類裝置不應被規管於現今漫遊規範的管制框架下。此外，應根據裝置進行的漫遊目的，及相應物聯網服務的具體技術細節和其他考量參數，進行逐案評估

（Case-by-Case）及法條解釋。但基於逐案評估的執行上將帶有不確定性；因此，在漫遊規範及通訊委員會的後續法規討論中，可考量進一步澄清 IoT 中所謂的永久性漫遊之詳細定義及使用情境。

當消費者意圖更換連網服務提供者時，由於在現今技術下仍會牽涉實體上的更換 SIM 卡，而其中的更換成本可能會限制消費者的意願，進而產生所謂的鎖定（Lock-In）效應。BEREC 發現若是採用針對 IoT 用戶的行動網路編碼（Mobile Network Code，MNC）分配及透過空中介面（Over-the-Air，OTA）進行 SIM 卡配置均可降低必須調度技術人員升級 IoT 設備的成本，進而減緩鎖定效應的產生。雖然分配 MNC 給物聯網用戶可能是對監管單位的一大管理挑戰，此外也需面臨 MNC 的稀缺性問題；OTA 相對較適用於一個開放、透明及非歧視的環境中，以避免競爭問題及確保相關的安全性考量。這兩種方法各有其優缺點，但其實也可進行共存，特別在類似 IoT 領域中，多元的應用發展及市場參與者，更需要具備彈性的框架進行管制。

3. 中國大陸

中國大陸為了在資通訊領域隨著國際發展而與時俱進，國務院在 2011 年發布，中華人民共和國國民經濟和社會發展第十二個五年（2011～2015 年）規劃綱要，簡稱十二五，將物聯網列為技術發展的核心項目。為了加速物聯網的發展，國務院在 2013 年陸續推動，國務院關於推進物聯網有序健康發展的指導意見[4-124]與國家重大科技基礎設施中長期規劃[4-125]，進一步完善物聯網發展環境，其面向有物聯網法規與標準、安全測評、風險評估與安全防範，以增加中小企業投入物聯網產業之意願，藉此打造成熟的產業鏈。目前，接續十二五的中華人民共和國國民經濟和社會發展第十三個五年規劃綱要，簡稱十三五，於今（2016）年 3

月於全國人民代表大會審議，從中可窺見中國大陸對物聯網的規劃已從過往技術標準之建制，重心逐步朝向服務商轉，國務院如順利推行將可催生新型態之服務與產業。

至於各相關部門為了落實國務院之目標，亦從 2011 年起即推動一連串的政策，期以符合國家的重要政策。中國大陸財政部在 2011 年即推動，物聯網發展專項資金管理暫行辦法，期以透過財政預算的安排，帶動企業研發物聯網相的技術與創新應用服務。工業和信息化部（簡稱工信部）於 2011、2012 年則陸續發布工業和信息化部，2011 年標準化重點工作與十二五物聯網發展規劃，開發物聯網的技術標準與技術。國家發展和政改委員會在 2013 年公布，物聯網發展專項行動計畫（2013～2015 年），藉由統籌工信部與科技部、教育部等部會推動十大專項行動計畫[4-126]，解決物聯網可能遭遇的問題。

在法律法規保障專項行動計畫裡，國家發展和政改委員會以保障物聯網技術、產業與應用發展的需求出發，規劃梳理和完善現有立法、研究制定物聯網個人信息保護法、組織發展物聯網相關數據安全保護法律法規研究、研究修改物聯網相關資源和路權保護法律法規，以及研究制定物聯網知識產權工作措施，五大專項行動項目，解決物聯網發展所缺乏的管制架構，例如：個人資料保護、資訊安全，或是頻率、標識與號碼等資源之利用，營造物聯網完善的法律環境，增加產業發展的契機。

依據工業信息化部在 2014 年發布的，工業和信息化部 2014 年物聯網工作要點，工信部已將研擬個人信息保護法、智慧產權相關機制，列為推動物聯網法規調和之主要工作項目。至於涉及物聯網相關資源和路權保護之法規，基於中國大陸電信法仍在立法階段，需待全國人民代表大會審議通過後，方得了解電信法在物聯網的規範程度。

表 41　重點任務分工與進度表

專項行動	負責部門	時間進度
梳理和完善現有立法	工業和信息化部、法制協會同相關部門	2014 年底完成物聯網相關立法梳理工作，2015 年底提出修改建議
研究制定物聯網個人信息保護法	工業和信息化部、公安部、發展改革委會同相關部門	2013 年提出草案，2014 年出台
組織發展物聯網相關數據安全保護法律法規研究	工業和信息化部、公安部、發展改革委會、法制協會同相關部門	2013 年提出立法建議草案，進入立法程序
研究修改物聯網相關資源和路權保護法律法規	工業和信息化部、法制協會同相關部門	2015 年提出修改建議
研究制定物聯網知識產權工作措施	知識產權局、工業和信息化部、法制協會同相關部門	2013～2015 年每年發布

資料來源：國家發展和政改委員會，MIC 整理，2014 年

4. 新加坡

新加坡為了提升國家的競爭力，始於 1980 年即推動一系列國家型通訊傳播政策，深化資通訊技術之實力。時序進入 2006 年，新加坡啟動 iN2015（Intelligent Nation 2015）計畫，透過建立高速的下世代網路、以及完備雲端、網格（Grid Computing)運算等技術，升級醫療保健與生物醫學、製造與運籌，以及觀光與零售等七大關鍵部門，讓新加坡於 2015 年具備智慧化。新加坡資訊通信發展管理局（Infocomm Development Authority of Singapore，iDA）於 2012 年公布資通訊科技發展藍圖（Infocomm Technology Roadmap，ITR）[4-127]，對外宣示物聯網與其他 8 項技術是未來重點推動項目。為了讓民間願意共同投入，該份報告重點側重上述 8 項技術產生的市場趨勢、商轉模式與必須

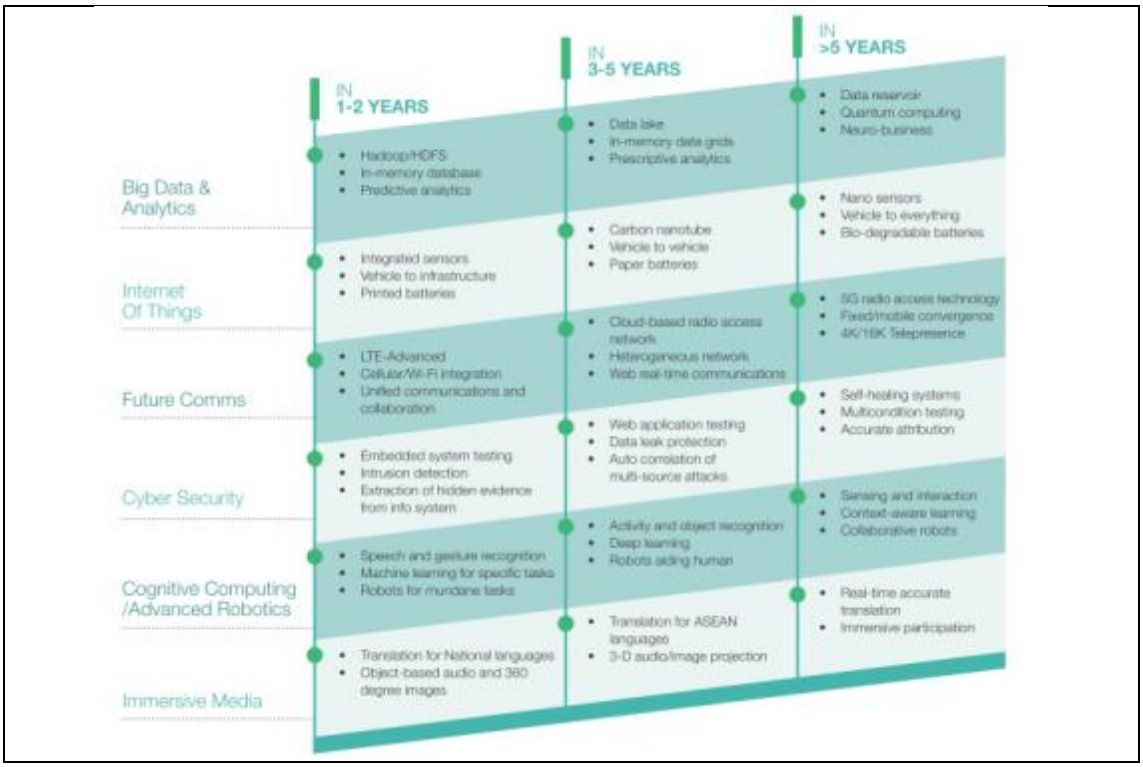
共同伴隨成長的其他技術，例如物聯網需與 RFID、IPV6、即時分析（Real-Time Analytics）、雲端技術與資訊安全等技術共同發展，方會完備。

新加坡通訊及新聞部（Ministry of Communication and Information，MCI）基於加速國家資通訊媒體（Infocomm Media，ICM）產業，可讓產業升級與解決社會變遷衍生的問題，例如：人口老化、環境汙染。因此，MCI 以 iN2015 的成果為基礎，與其他公、私等部門共同擘劃資通訊媒體產業 2025 計畫（Infocomm Media 2025）[4-128]。該份計畫以短（1～2 年）、中（3～5 年）、長期（5 年以後）做為發展藍圖，致力推動大數據分析、物聯網、下世代通訊等 6 項技術，注重以數據分享與廣泛運用資訊技術，奠基智慧醫療、智慧物流、智慧金流等創新應用服務之發展環境，力促新加坡於 2025 年成為智慧國家（Smart Nation）。

目前新加坡在物聯網的推動上，主要是 iDA 轄下 ITSC（Information Technology Standard Committee）制訂 IoT 相關標準，包括感測器、物聯網基礎標準（IoT Foundational Standards）與特定領域標準（Domain-Specific Standards），例如：Technical Reference for Sensor Networks for Smart Nation（Homes）即是技術準則之一。另一方面，iDA 選定廊湖區（Jurong Lake）做為智慧國家的示範場域（Smart & Connected Jurong Lake District），進行 IoT 試驗應用。廊湖區現行已有 15 個實驗區、超過 20 家公司進行交通流量、空氣品質與雨量統計等試驗計畫，可望成為智慧國家之基石。

新加坡透過物聯網與大數據衍生的創新應用服務，已從概念逐步進入商轉，惟其藉由蒐集、處理與利用個人資料之分析，如未有妥善的機制，恐有資訊安全與隱私侵犯之虞。即使新加坡在 2012 年公布個人資料保護法（Singapore Personal Data Protection Act 2012，PDPA）[4-129]，相關數據

的處置亦有配套措施，例如必須編寫安全碼、數據匿名性等，但是否足以保護民眾，仍待進一步觀察。

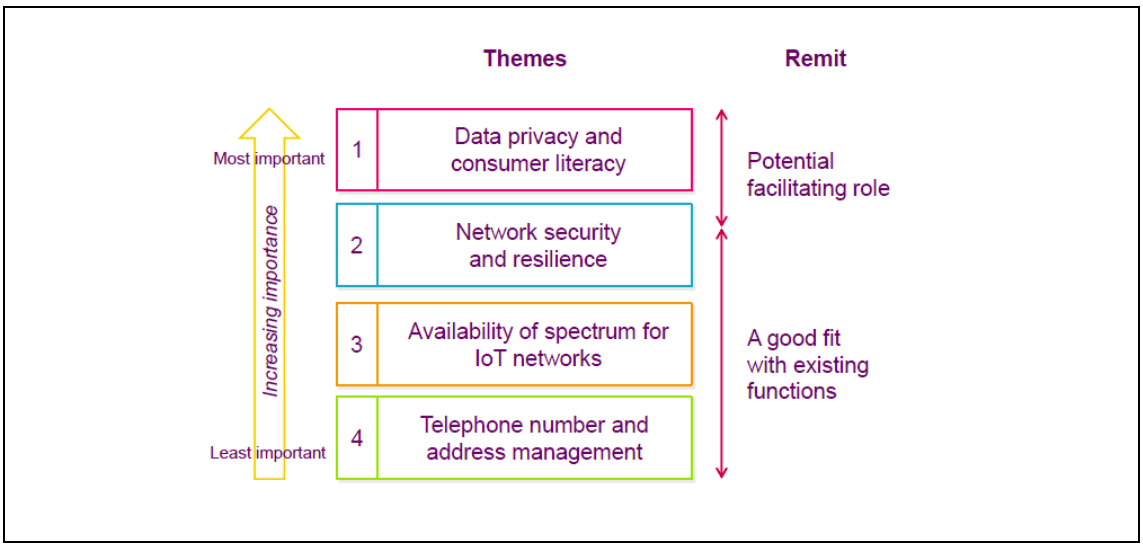


資料來源：iDA，2015 年 8 月

圖 67　資通訊媒體產業 2025 計畫技術發展藍圖

5.　英國

在物聯網發展下，英國之管制依涉及之範圍不同由不同機關管制；舉凡涉及頻譜、網路位置（包括：通訊基礎設施）及網路安全與防護係由 Ofcom 管制。Ofcom 於 2015 年提出促進物聯網投資與創新：諮詢回應與後續規劃（Promoting Investment and Innovation in the Internet of Things：Summary of Responses and Next Steps）[4-130]，說明了除由 Ofcom 管制上述範圍外，其他因物聯網所產生之管制議題，包括：對提供物聯網服務之業者與提供網路服務之業者的管制將分別進行。Ofcom 於 2015 年提出之報告中，說明業者目前認為最須管制之領域以資料保護為主，越接近物聯網之所需之資源與設備則所需管制程度越低，如下圖所示：



資料來源：Ofcom，2015 年 1 月

圖 68　業者對物聯網所設管制議題之優先排序

在物聯網設備的內部路由碼(Internal Routing Codes)、SIM 或設施辨識與 IP 位置可使用之電話號碼，將由 Ofcom 持續監管，包括網路服務業者自 IPv4 轉換至 IPv6。當涉及物聯網巨量資料，資料儲存與分析以及資料共享可能影響到個人或商業上之敏感性資料，將由 Ofcom 與英國資訊專員辦公室（Information Commissioner's Office，ICO）共同著手進行評估現行資料保護管制是否完全適用於物聯網，並規劃制定物聯網之資料共享原則。再者，關於網路安全與防護，現行英國 2003 年通訊法（The Communication Act 2003）已就公共網路與服務課與特定安全與防護義務；然而若以布建智慧電網設施為例,設備將會布建至私人網路，則不必然符合現行規定。因此，Ofcom 將會再檢視現行相關安全與防護之規定是否須就物聯網發展進行修正。

在頻譜規劃部分，Ofcom 已於 2014 年 4 月提出，870～876MHz 與 915～921MHz 短距設備（Statement on Short Range Devices in 870 to 876MHz and 915 to 921MHz）報告[4-126],針對 M2M 設施開放適用於短距設備的 870～876MHz 與 915～921MHz 頻段，並以免執照（License Exempt）方式釋出，但須遵守該份報告內所訂之相關規格。Ofcom 於

2014 年 6 月提出正式報告並修訂了無線電報法，已於 2014 年 7 月 27 日開始實行。

此外，在考量物聯網在郊區與鄉村地區之傳輸範圍，Ofcom 於 2015 年 9 月 10 日提出諮詢，規劃釋出 VHF 頻段做物聯網使用，包括 55.75625～60MHz、62.75625～64.8MHz、64.8875～66.2MHz、70.5～71.5MHz 與 80.0～81.5MHz，並於 2016 年 3 月發布通過[4-131]。但因 VHF 頻段目前用於英國商業無線電（Business Radio，BR）執照上，且執照之性質多適用於語音，就理論上對物聯網的使用仍有釐清的空間。就此項爭點，Ofcom 認為該執照仍可適用如：物聯網之資料傳輸，事實上也有業者已在 VHF 頻段進行類似 M2M 的應用，例如：在電力網路（Power Network）上監控電錶及改變用電需量。而 Ofcom 也表示會在之後推出一更新執照，將針對 IoT 及 M2M 之應用進行更詳細的規則說明。而於此同時，有需要方可申請現有的 BR 執照做 IoT 使用。

(二)主要國家實驗頻譜管理機制、負責單位之探討

關於各國實驗頻譜之辦法，目前的研究範疇並未發現有特別針對物聯網所設計。因此以下將介紹美國、英國及日本的通用之實驗頻譜申請辦法以供參考。

1. 美國

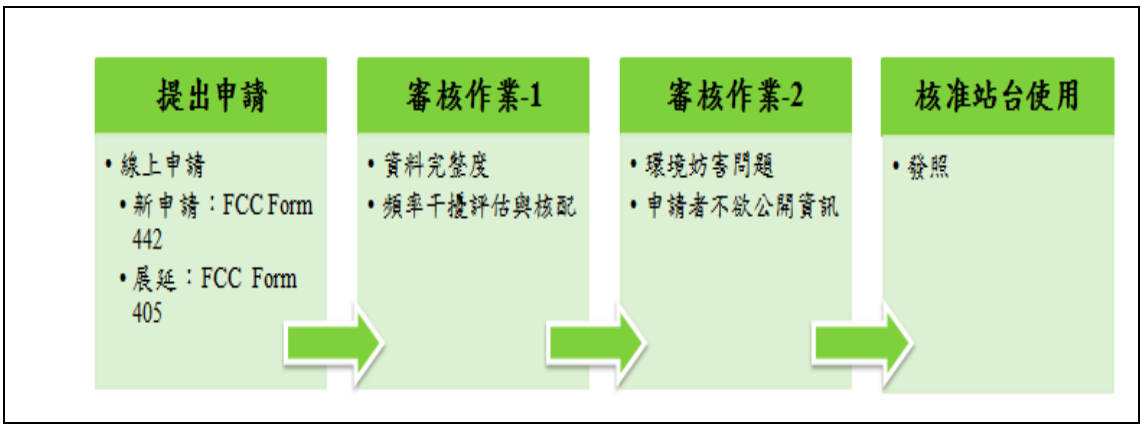
美國關於實驗頻譜的主管機關為 FCC（Federal Communication Commission），而實驗頻譜的法源[4-133]來自於 47 CFR Part 5 中的實驗廣播服務(Experimental Radio Service）。美國尚未針對物聯網設有專門之實驗規範，但在 C.F.R §5.602 的市場試驗（Market Trials）規範中，申請者可向 FCC 申請在特定場域內進行。而市場試驗之規範對於設備之出售設有限制，製造商可將設備出售給服務

商，但對於終端消費者則只能以租賃的方式提供，並未針對服務之收費設有限制。

關於實驗頻譜執照，其用途具有一般（Conventional）、廣播（Broadcast）、計劃（Program）、醫學（Medical）及一致性（Compliance）測試。在一般類別中包含研究、實驗、產品測試、市場測試，而多項測試可在同一計畫中申請即可；此外若是 6 個月內的短期測試，可另申請短期測試許可（Special Temporary Authorization，STA）。廣播類別則為測試廣播技術專用，僅有接收站台可進行申請。計劃、醫學及一致性測試則為 2013 年後增設的新類別，而其中的計劃（Program）類別指的是學術或研發用途，企業研發亦可申請，但須注意的是計劃執照僅限於單項測試。

至於在實驗執照上的通用規則有數點如下，個別站台的使用授權需獲 FCC 許可；測試區域則為 FCC 限制實驗執照可用的地理區域；設備要求則須具備穩定的運作頻段、遵守限制功率、固定的發送模式、被授權的使用；干擾方面，除了不可干擾頻譜上既有使用者在規劃內合法運作的站台，若是剛好在公共安全頻道上的測試則必須與其他相關使用者進行協調。此外，所有站台須隨時可讓 FCC 進行測試檢驗；若測試執照屆期前，設備或服務即已永久失效者而欲提前終止測試，申請者需要通知 FCC，未通知者可被 FCC 處以罰款。

申請實驗頻譜執照的流程可參見下圖。



資料來源：FCC，MIC，2016 年 10 月

圖 69　美國申請實驗頻譜之流程圖

關於不同類別的實驗執照表較可參見下表。

表 42　美國 3 驗頻譜執照比較表

申請類別	一般	一般：短期測試許可（STA）	研究測試計畫（Program）
申請內容	一般通訊實驗	一般通訊實驗（短期）	特定領域通訊實驗或通訊產品實驗
法源	47 CFR Part 5		
申請表式	FCC Form 442（新申請）、405（展延測試期程）、702（授權他人使用基地台）、310（同時加蓋測試站）		
實驗期程限制	2 年（特例可達 5 年，但須提供需求佐證）	6 個月	5 年
實驗期程展延	5 年	不可展延	5 年
申請等待時間	30～60 天（先到先審）	30～60 天（先到先審）	10 天
申請費用	USD 65（申請、修改、展延、轉移同價）		
可使用頻段	按 47 C.F.R. § 2.106 頻道表使用規範		38.6GHz 以下頻段參照§15.205（a），38.6GHz 以上頻段參照§2.106
不可傳送商業或贊助訊息	不可傳送商業或贊助訊息		
其他	因國安等特殊原因未能提早	必須根據 Section 5.61 提供額外資	實驗進行前 10 網站上揭露相關資訊；

申請類別	一般	一般： 短期測試許可（STA）	研究測試計畫（Program）
	30～60 天送審、或需要事後送審者，必須按照 Section 5.61 規則提供充足佐證（仍須通過標準送審程序）	料；FCC 有權要求申請者繳交現況報告	實驗結束後 30 天內提出實驗結果聲明，包含干擾問題及解決方案

資料來源：FCC，MIC，2016 年 10 月

2. 英國

過去英國 Ofcom 曾頒布新服務試驗指導原則（Guidelines For Trials Of New Services），針對新技術與服務的試驗性服務訂定應遵守之規範[4-134]，亦規定設置試驗服務之目的不包含商業目的，但此原則已不再適用。隨物聯網之發展，英國政府成立數個研究機構進行物聯網試驗，而英國商業與學術機構，如欲提出創新產品或服務，須遵守英國創新部門（Innovate UK）所提出之創新：取得支援與建議指導原則（Innovation：Get Support and Advice Guidance）。然，此原則[4-135]僅提供有進行創新產品與服務之單位可與英國政府成立之相關研究部門合作等事項做說明，並未就其他面向進行規範。

此外關於在是否有專屬只配給實驗網路頻段的討論中，目前其實沒有特定的頻段被指派為實驗用途，換言之任何頻段皆可接受實驗網申請。但 Ofcom 必須負責在實驗網申請者與既有使用者之間協調，確保實驗網執照使用者不對既有使用者產生干擾，且實驗網使用者也不享有被特別保護的待遇；因此，在可被交易的頻譜（Tradable）上也可申請實驗網的用途。Ofcom 認為持有頻譜使用執照並不代表享受獨有（Exclusive）使用權，因此若由 Ofcom 進行集中

式管理，在以不干擾現有使用者的前提下核發實驗網執照，可更有效率提升頻譜使用效率

關於既有使用者是否有權拒絕實驗網試驗進入，及未來有意取得頻譜執照者擔心是否仍有實驗執照持有者在該頻段上，Ofcom 均傾向藉由風險評估及溝通協調解決多方歧異。

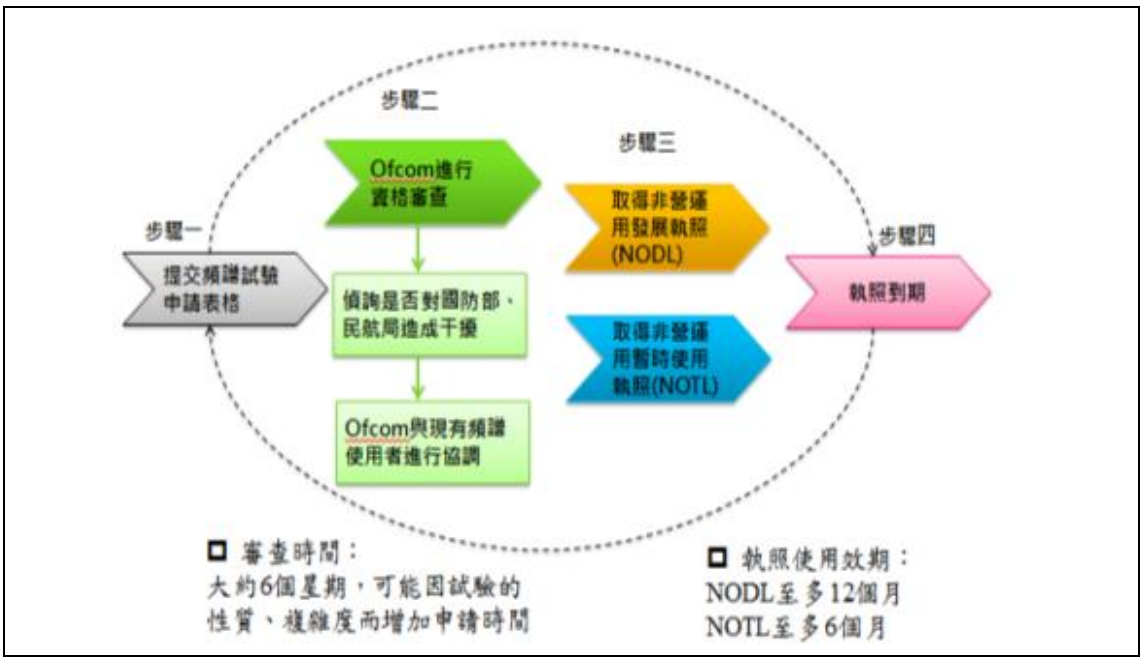
若以一般實驗頻譜執照為區分，可分為非營運用發展執照（Non Operational Development License，NODL）及非營運用暫時使用執照（Non Operational Temporary Use License，NOTL）[4-132]。兩種執照皆規定商業性質的試驗服務不可向使用者收費，詳細比較可參見下表。

表 43　英國 NODL 及 NOTL 實驗頻譜執照比較表

執照種類	非營運用發展執照（Non Operational Development Licence，NODL）	非營運用暫時使用執照（Non Operational Temporary Use Licence，NOTL）
使用範疇	多為研究（Research）用途	多為試驗（Trial）用途
使用目的	興建創新的頻譜儀器或設備，進行學術或科學的研究	試驗或新型態的無線電波系統及概念展示
使用期限	至多 12 個月	至多 6 個月
執照費用	£50.00（每站點 or 每地區的設備/年）	£50.00（每站點/月）
執照更新	兩種實驗性的執照皆設定為不可更新（Cannot be renewed）執照持有者若想延續使用期間必須重新申請，但不保證重新申請的執照必會通過審核	
執照限制	1. 不可提供商業服務 2. 商業性質的試驗服務不可向使用者收費 3. 非營利的試驗也不可以補償其設備建置的費用向使用者收費	

資料來源：Ofcom，MIC，2016 年 10 月

此外關於申請實驗頻譜的流程，可參見下圖。



資料來源：Ofcom，MIC，2016 年 10 月

圖 70　英國實驗頻譜執照申請流程圖

3.　日本

總務省接受 2002 年無線電有效使用政策研究會第一次報告書的建議，於 2004 年 3 月創設特定實驗電台制度，透過事先公告頻段等縮減執照處理程序；2008 年擴大實驗電台的定義範圍，增加科學與技術發展的實驗，將無線電使用效率相關之試驗、調查電波使用需求等目的之實驗試驗電台，改稱特定實驗試驗電台制度[4-137]。此制度之目的在於預期能夠讓大學或廠商的研究機構快速地設置實驗試驗電台，進而迅速進行技術開發與商品化等，推動產業發展。

主掌實驗網之主管機關為總務省、各地方通訊局（實際申請向地方通訊局申請），而法源則是依據無線電法施行規則、無線電台設置基準（總務省命令）。此外在實驗頻段上，總務省會依照地方需求，選定將來可能作為其他用途但短期內尚未被使用之頻段，或特定區域可以使用之頻段，再每年公告可使用之實驗頻段。使用期限上則是有最多 5 年的限制。執照到期後，使用者可重新申請執照，但以該頻段與該地區繼續提供實驗用途者為限。

而關於申請實驗頻譜的條件限制上，包含以下數點：特定實驗試驗無線電台執照申請者必須具備實施該實驗、試驗或調查之能力；實驗、試驗或調查之目的及內容不能違法且危害公共利益；實驗、試驗或調查之目的或內容必須合理預見有助電波科學的發達、技術進步、科學知識的普及、電波使用效率地確認或電波使用需求的掌握；該電台的設置不能對既有無線電台之使用或無線電監管造成阻礙；需與既有的實驗試驗無線電台協調使用，避免彼此干擾。

而在實驗頻譜的收費上，依據日本無線電法相關手續費總務省命令規範，日本的實驗頻譜收費分為一次性繳交的申請費及每年皆須繳交的頻率使用費。申請架設實驗用無線電台時的申請費費率如下表。

表 44　日本實驗用無線電台之申請費費率

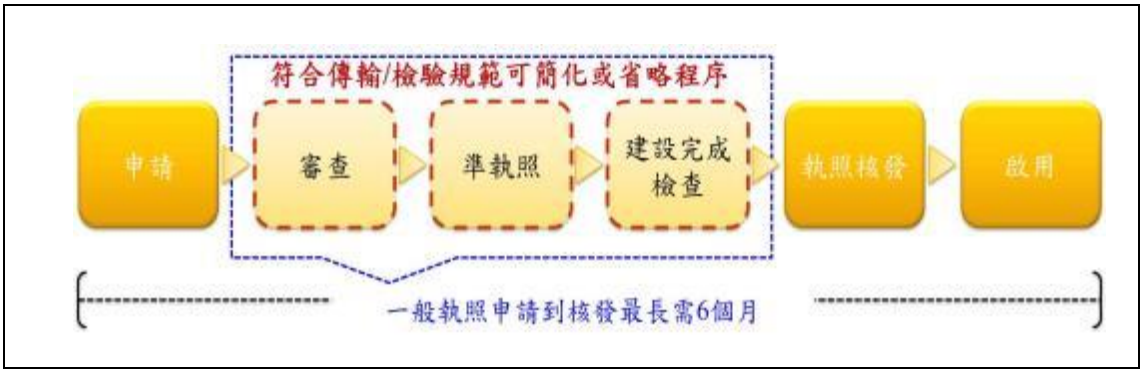
50 瓦特以下	6,700 日圓/台
50～500 瓦特以下	12,400 日圓/台
超過 500 瓦特	25,000 日圓/台
申請延期	4,750 日圓/台

資料來源：總務省，MIC 整理，2016 年 10 月

至於頻率使用費的算法，根據無線電法規定，實驗用無線電台需繳交 300 日圓/台。

在申請流程上，實驗試驗電台的執照核發程序通常需經執照申請、審查、準執照（類似台灣的建設許可）、設置完成檢查（類似台灣的技術審驗）、執照核發等程序。但是特定實驗室驗電台在一定的條件下，可將上述程序簡化，條件如頻段、空中傳輸功率及可使用地區，限制在公告所示之範圍內；執照期間不超過特定實驗試驗電台公告規定的範圍，最長為 5 年；必須透過合格檢驗業者事前檢驗無線設備。除申請等事前手續簡化外，省略無線業務日誌等行政程序，及無線設備設置場所變更後之檢查等事後程序也可簡化。

若特定實驗試驗電台也可簡化審查手續、省略準執照、建設完成檢查等程序，一般執照申請期間最長需 6 個月，特定實驗試驗電台之執照核發期間可縮短至 1～2 週。



資料來源：總務省，MIC 整理，2016 年 10 月

圖 71　日本實驗頻譜執照申請流程圖

4.　對於我國實驗頻譜之建議

於國內實驗頻譜的申請與規劃，業界與研究單位均表示國內現行程序仍有改善空間，例如簡化申請手續及規範、完善實驗頻譜的規劃及設立專用實驗園區等議題。

在簡化申請手續上，主要可分為簡化申請時所需接洽眾多跨部會、跨機關的時間成本，及降低檢視電台架設許可的頻率。有專家意見表示，目前實驗頻譜的申請流程約耗時六個月，其中尤以跨部會的協調最為耗時。若以向台灣通傳會申請實驗頻譜為例，相較新加坡政府須多加兩個月的時間成本於申請「電台架設許可」，對於有測試時程壓力的申請者莫不為一大負擔。因此是否可加強跨部會間的公文傳達以簡化重複的文件送審、建立清楚的問責管道幫助實驗申請者找到明確負責人均為在優化申請手續上較明確的建議。

在完善實驗頻譜的規劃上，主要問題在於規範中過於頻繁的電台審驗頻率及政府是否有將實驗頻譜視為一重要政策，進而設立清楚明確的查詢系統，協助申請單位檢索可做實驗的頻段及提高實驗頻譜的執照使用年限。以過於頻繁的檢測頻率為例，指的是在實驗頻譜的規範中，電台

執照最高有效期限為六個月。有業界聲音表示每半年便須重新審驗一次執照不僅增加成本，也不利於 IoT 創新發展速度。至於在實驗頻譜的規畫上，有專家表示希望政府清楚標示出可用的實驗頻段，不僅可釐清目前是否缺少實驗用的頻譜資源，在中長期頻譜規劃上，也方便相關單位進行申請及計畫研發之用。此外，目前實驗頻譜申請過後的有效期限為一年，但因技術潮流演進之快，若政府可清楚的定義出一段實驗頻段，並給予三到五年的穩定性供實驗申請，實可降低業者在規劃實驗上的不確定性。此外因 IoT 不只包括設備，相關應用服務也須一定的測試空間，若有一較穩定的測試頻段，也可鼓勵奠基於設備測試完後的服務進行跟進與發展。

在設立專用實驗園區的議題上，有業界專家建議政府可提供作應用測試的區域性實驗頻段，及具有更明確政策意義的頻譜實驗園區，以促進產業整體發展。以區域性實驗頻段而言，此提議肇因於某些應用需要實際測試，如工業控制，若缺少實際測試對於未來產品可能會出現問題。此外，有專家表示若可設立一個具特殊用途的測試科學園區，在一個特定的年限之中鼓勵進行 IoT 或相關之實驗。這種在目的上有較明確定義的政策，可促進跨部會一同推動產業成長，打造出科學園區內較完善的政府協助，例如加速審驗文件、鼓勵投資及放寬檢驗標準等措施。

(三)我國物聯網服務管理機制發展建議

不僅是台灣，其實各國監管機關都需面對的問題在於現階段的法規對新創業者及應用模式並無法直接套入以往的規範框架，造成不論是業界在申請營運許可、或政府想以保護消費者權益擬訂規範時，均遭遇一定程度的困難。

以通訊器材的規範為例，由於目前 NCC 在「低功率射頻電機技術規範」中未納入物聯網之相關通訊器材，造成我國現行使用

LoRa 標準的營運商或正進行試驗之設備廠商，在程序申請上目前僅能取得 RFID 器材的形式認證，對相關業者仍造成些許不便。

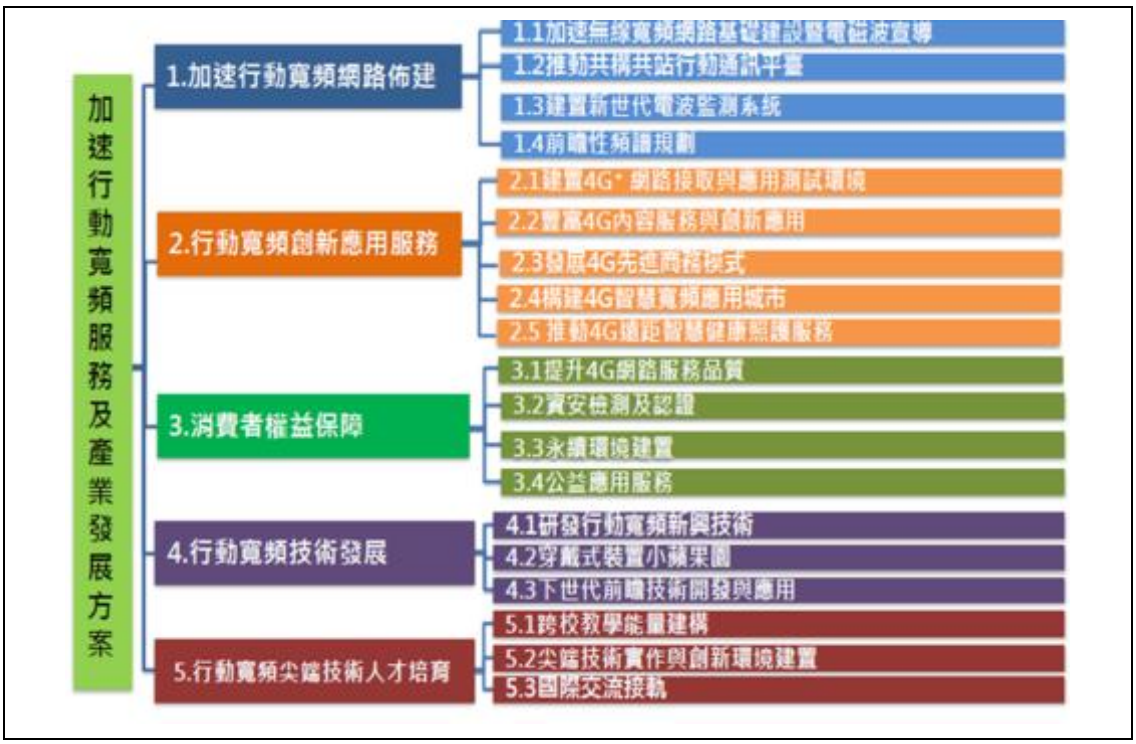
業界多表示由於物聯網為一發展中之新興產業，希望政府可使用輕度管制（Light-Touched）的方式做為未來物聯網管理機制研擬的基礎，避免太多疊床架屋的規範反而扼住新生產業的發展。此外，政府對於消費者權益及資料隱私防護上的規範設定，或許可藉由沙盒（Sand Box）試驗的機制，讓試行的服務進行實際場域測驗，並藉由定期檢討及觀察報告，藉此得知新服務在推展時可能會遇到的法規議題，並藉沙盒試驗作為擬訂相關規範之基準。此外，透過跨部會合作了解物聯網可能涵蓋之範圍；獲取多方意見並協調後再進行規範制定，以建立具備彈性及一般通則的法規框架將為未來物聯網的政策目標。

五、我國智慧城市、物聯網發展動態與規劃

本節將從 4G 智慧寬頻應用城市補助計畫、生產力 4.0 發展方案暨智慧機械產業推動方案、智慧電網總體規劃方案、數位國家、創新經濟方案與亞洲・矽谷推動方案等，探討我國智慧城市及物聯網發展動態。

(一)4G 智慧寬頻應用城市補助計畫

我國經濟部工業局配合行政院加速行動寬頻服務及產業發展方案，分項二：行動寬頻創新應用服務之 2.4 項目[4-138]，構建 4G 智慧寬頻應用城市運用計畫補助，鼓勵業者結合地方政府推動 4G 行動寬頻應用服務，藉應用服務帶動城市與產業連結，實現有感便民政策，並將成功經驗複製擴散到全台 6 都 16 縣市，以 4G 寬頻應用驅動我國智慧城市產業發展。



資料來源：經濟部工業局，2014 年 12 月

圖 72　加速行動寬頻服務及產業發展方案架構

1. 計畫執行重點

4G 智慧寬頻應用城市補助計畫，計畫經費來自行政院國家科學技術發展基金分年度經費（103～106 年），全程總共 49.139 億元；透過中央政府補助，促使電信業者與各縣市政府合作以 4G 改善城市機能，以迎合智慧城市發展目標。

該計畫應用主軸規劃包括：友善治理、便捷移動與創新經濟為發展主軸。友善治理方面，業者以南北雙都做為與地方政府深度合作發展的示範城市。打造台灣智慧城市營運中心，橫向整合跨局處交通、警政、防災、民政等即時資訊，讓市民享有開放政府資訊；便捷移動方面，透過將智慧化服務高度滲透至自用車、計程車、公車、遊覽車、大眾捷運及行業用車等多元車種，打造全台 4G 公、私車聯網資訊整合平台；創新經濟方面，將推動全台過半縣市 30 個以上知名商圈升級為智慧商圈，以 3D 觀光地圖導引、商圈導購平台、行動皮夾與支付等服務，驅動在地觀光消費。

該計劃補助對象分為3類:悠遊城市類、應用領航類、地方創新類。悠遊城市類,由取得行動寬頻業務執照者(4G業者)主導申請,以加速4G行動寬頻服務普及為重點[4-139]。應用領航類，由具備系統開發與整合4G行動寬頻應用服務能力之業者主導申請，以推動4G行動寬頻應用服務商業化為重點，並帶動智慧城市產業化及國際輸出。地方創新類，基於地方治理、區域創新的精神進行智慧城市創新模式試煉,以地方重點需求或特色為基礎,加強區域企業、大學與研發機構投入參與，發展地方創新聚落。

表45　4G智慧寬頻應用城市補助計畫重點

項目	內容
計畫經費	103～106年，全程總共49.139億元
應用主軸	● 友善治理 ● 便捷移動 ● 創新經濟
補助對象	● 悠遊城市類 ● 應用領航類 ● 地方創新類

資料來源：經濟部工業局，MIC整理，2016年10月

2. 計畫執行現況

悠遊城市類、應用領航類提案申請已於2014年12月公告並受理廠商申請，並分別於2015年2月26及2016年6月30日停止申請。

類別項目	第1類－悠遊城市類	第2類－應用領航類
申請方式	批次受理	隨到隨審
公告受理申請時間	自103年12月19日起至104年2月26日（後續批次視需求，另擇時間公告）	自103年12月19日起至105年6月30日
申請對象	提案主導公司須取得行動寬頻業務執照(由4G業者主導提案)	提案主導公司為能運用自有技術與產品及具備系統開發與整合4G行動寬頻應用服務能力之業者，惟取得行動寬頻業務執照業者不得主導提案。(由非4G業者主導提案)
提案訴求及提案場域	1. 以加速4G行動寬頻服務普遍為重點推升4G服務實際營收用戶 2. 需提出整體計畫藍圖與規劃，經構想審查通過後，再提出細部規劃，並逐年依年度計畫進行審查 3. 提案應於全國各縣市(含離島)或自由經濟示範區，提供跨縣市4G寬頻應用服務 4. 計畫如取得地方政府推動上之支持，列為加分項目	1. 提案方向以4G行動寬頻應用服務商業化為重點，並帶動智慧城市產業化及國際輸出為目標 2. 提案應於全國各縣市(含離島)或自由經濟示範區，選定場域推動4G寬頻應用服務，並須取得場域經營者支持計畫相關證明文件

資料來源：經濟部工業局，2014 年 12 月

圖 73　悠遊城市類、應用領航類補助申請須知

地方創新類提案申請作業，經濟部工業局於 2016 年 7 月開始舉辦說明會，分兩階段申請機制，階段 1 由地方政府提出需求規格，經審查委員審查後公告獲准推薦之計畫，並徵求業者提案，始進入第 2 階段，並預計 2016 年 11～12 月完成業者提案申請。

3. 悠遊城市類提案審查結果及執行現況

共計 19 項提案服務通過推薦，4 家主導電信商聯合超過 50 家國內上中下游合作業者，已規劃於全台建置智慧城市應用服務試煉場域，應用範疇以影音、金流、運輸、城市治理為主，未來預計可帶動新興產業的創新與促進在地發展。受補助業者包含：中華電信、遠傳電信、台灣大哥大與亞太/國碁[4-140]。

表 46　悠遊城市服務商及補助計畫

電信業者	應用範疇	補助計畫
FAR EASTONE 遠傳	■ 智慧交通 ■ 智慧安全 ■ 智慧育樂 ■ 智慧金流 ■ 智慧城市治理	■ 台南市文化首都4G智慧城市 ■ 4G 行動影音商務 ■ 新世代 4G 智慧巡檢系統 ■ 遠傳 4G 車聯網

電信業者	應用範疇	補助計畫
	■ 智慧社會公益	
亞太電信 Asia Pacific Telecom	■ 智慧交通 ■ 智慧安全 ■ 智慧育樂 ■ 智慧金流	■ 智慧交通好行服務 ■ 智慧聯網車輛應用服務 ■ 城市商圈 3D 導覽 ■ 高品質智慧化音樂服務
Taiwan Mobile 台灣大哥大	■ 智慧育樂 ■ 智慧金流	■ 智慧影音服務 ■ 智慧微商務服務
中華電信 Chunghwa Telecom	■ 智慧交通 ■ 智慧安全 ■ 智慧育樂 ■ 智慧金流 ■ 智慧城市治理 ■ 智慧社會公益	■ 動態交通控制管理服務 ■ 車輛智慧運輸安全管理及監控服務 ■ TOD 智慧運輸應用 ■ 智慧生活 ■ 文創觀光 ■ 智慧商圈 ■ 影視無所不在 ■ 智慧無障礙應用 ■ 智慧政府治理

資料來源：經濟部工業局，MIC 整理，2016 年 10 月

- 遠傳電信

遠傳電信審查通過 4 項計畫：台南市文化首都 4G 智慧城市、4G 行動影音商務、新世代 4G 智慧巡檢系統與遠傳 4G 車聯網等，應用範疇涵蓋智慧交通、安全、育樂、金流、城市治理與社會公益等。

台南市文化首都 4G 智慧城市，總投資金額超過 10 億，與台南市 7 大局處合作，量身規畫涵蓋智慧城市營運中心（研考會）、智慧交通（交通局）、水利防災（水利局）、行動教育（教育局）、健康社區（衛生局）及旅居觀光（觀旅局/經發局）等 6 大領域應用，兼具深度與廣度的全方位智慧城市計畫。更創造包括：結合穿戴式裝置提供 4G 即時影像傳輸、將全市抽水站 100%建置 4G 行動式資訊收集與防災監控平台等在內共 6 項全台第 1，將打造台南市成為全球智慧城市新典範。

4G 行動影音商務，打造隨時生火『滑』商機的青創影音社群生態圈。影音內容在全球各網路平台越來越盛行，比起傳統的照片以及文字，影音內容更能有效的提升消費者吸引力與轉換率。遠傳看準台灣消費者 1 年有將近 3,600 億分鐘零碎時間可利用，引進社群大數據 SER（Social Event Radar）技術，結合影音部落客 Vlogger 與社群平台的擴散行銷效益，將打造全新的 Video Commerce 影音商務生態系統，並建立合理的分潤機制與平台，在創造營收之外，更要鼓勵青年創業與利潤共享，實現完整的營收社群內容影音與供應鏈整合商務計畫。

新世代 4G 智慧巡檢系統，建構零時差的 4G 智慧巡檢現代防護網。遠東集團橫跨電信、百貨、銀行、賣場與學校等保全巡檢高需求的產業；因此，一直致力發展行動保全及影像辨識等科技保全應用。本計畫以智慧安全巡檢為出發點，運用穿戴式巡檢設備，透過 4G 即時大量影像的傳輸、多點定位、人員與車輛隨時移動的產業特性，打造無縫接軌的即時安全防護網。

未來將可適用於：住宅社區巡檢、人潮眾多的公共場所即時行動視訊巡檢、公共運輸的移動安全巡檢（如：捷運、台鐵、高鐵）、以及緊急救災時的協同調度指揮等，不僅維護日常治安與通勤安全，也有助提升重大事件發生時的緊急救災應變效率、降低社會衝擊，並帶動保全、物業管理等產業創造新服務價值。

遠傳 4G 車聯網實現尖端 4G 高科技智慧旅運資訊。遠傳長期專注經營交通雲端平台的領域，車隊管理由 2.5G 時期開始就一直是遠傳服務發展的重點，也獲得 GSM 服務大獎的肯定，目前國內最大的計程車隊也就是由遠傳提供相關整合式服務。

本計畫透過 4G 高速寬頻的特點，結合政府積極推動的 Open Data、Big Data、Crowd Sourcing 三大科技發展方向，提供民眾有感的 4G 行動旅運資訊與商務服務，包含:行車事件影像即時上傳雲端、整合式即時路況資訊、旅運時間規劃、隨車管家等，並採用國際 TPEG 標準，以利於服務推廣及與國際接軌，更將帶動車廠、車載導航、保修與保險產業等相關產業效益。

- 台灣大哥大

台灣大哥大審查通過 2 項計畫：智慧影音服務、智慧微商務服務；著重在青年創業輔導、新農人輔導、在地文創輔導與創新性直播互動應用，協助合作地方政府，創造全民新生活，應用範疇涵蓋智慧金流、娛樂等。

智慧影音服務是建構智慧影音平台，提供政府、民間團體合作發展創新應用，讓消費者以智慧行動裝置享受 4G 影音及 Live 直播，協助政府機關建立與民眾更直接、即時的互動管道。服務特色包括：

- 隨時隨地提供高品質影片音樂服務或直播表演，讓用戶不再趕回家去等候電視/電台的播出時段。
- 提供用戶參與即時民調，或以行動裝置發表意見，還能將互動狀況分享至社群網站。從單向訊息溝通，提升為雙向互動。
- 提供縣市政府主辦的大型活動直播服務，讓政府與民眾的互動更直接、即時。
- 打造推薦專區，推廣與獎勵最在地的內容產製。
- 擴大推廣銷售層面，降低影音作品發行成本，讓小品及新人作品銷量得以增加、提高營收分潤智慧影音，是建立智慧影音平台供政府與民間團體利用，例如：即時線上民調、活動直播、地方上農特產品的推銷等。

智慧微商務服務以台灣大哥大在行動購物與行動廣告的基礎，開發微定位所帶動的廣告、行銷、消費、支付等完整應用功能，並與地方政府攜手合作，打造創新、在地的行動智慧商圈，使小型商家也可以快速跨入行動商務，帶動地方繁榮。服務特色包括：

- 依據用戶個人行為及所在商圈，以智慧型裝置傳送即時且符合用戶需求的資訊、商品、商家、與服務，讓資訊價值全面升級。
- 提供用戶結合商品、商家、促銷、地圖、錢包與紅利等所有購物所需的訊息，讓購物更聰明。
- 大數據分析用戶行為、習慣，啟動廣告、行銷、比較推薦、交易、支付及紅利管理等功能，提高商家經營效益，帶動地方商圈繁榮。
- 幫助在地商圈、伴手禮、農漁特產、旅宿餐飲等商家，全面掌握行動商機。

台灣大哥大已經與高雄市、屏東縣、台南市、新北市與台北市等縣市政府簽署合作備忘錄，共同打造智慧影音與智慧微商務服務平台。

- 亞太電信

亞太電信審查通過 4 項計畫：智慧交通好行服務、智慧聯網車輛應用服務、城市商圈 3D 導覽與高品質智慧化音樂服務，應用範疇涵蓋智慧交通、安全、育樂及金流等[4-141]。

智慧交通好行服務服務上線初期，先以台北市各大交通轉運站與松山機場為示範場域，除提供雙北市公車路線查詢與即時到站資訊外，還可在地圖上直接查詢公車站、捷運站、Ubike、停車場等大眾運輸資訊。另外更在台北 204 路智慧公車上提供 4G Wi-Fi 免費上網，只要下載 APPGt 樂悠遊就可獨享高速飆網。還將結合 204 路沿線

多個商圈店家，定期推出折扣優惠，讓消費者快樂行走，悠遊於城市中。

2016 年於台北、台中和高雄 3 大都會城市推動共同推動 4G 智慧交通好行應用雲端服務。服務初期先在台北市推出，並將結合路廊商圈，提供店家優惠。明年將擴大推廣至台中與高雄都會區。

智慧聯網車輛應用服務跨界整合車聯網資訊，KARDI NAVI 智慧導航直觀友善的介面設計，用路人在地圖上直覺點選興趣點後，可立即行車導航。另外還有回報即時路況、最佳路徑規劃、停車場空位查詢、週邊景點推薦等豐富內容。近期更將推出透過 OBD2（車況診斷系統）裝置，可即時讀取車況資訊的加值服務，讓駕駛更省油、節能，並提高行車安全。

城市商圈 3D 導覽擁有全國首創的 3D 地圖服務，提供自商圈、商場到單店之全尺度 3D 實境導覽，並整合即時停車位、Ubike、路口監視器、易竊盜區域等生活地圖，在逛街同時也能輕易掌握周邊資訊。嬉街趣以彙集當地商圈及店家訊息，搭配大區域的 LBS 與小範圍的 Beacon 自動推播功能，消費者可輕鬆享有逛街地圖並自雲端取得店家優惠訊息。初期部分服務功能範圍為台北市、新北市，將持續擴大服務範圍。

高品質智慧化音樂服務，主打懶人和上班族的數位串流音樂聽歌神器。自動化情境預測化身最懂你心的個人專屬音樂 DJ，依照氣候、時段、地點提供你各種歌曲推薦。在地生活音樂懶人包，不論是上班族靠北、家庭親子趣、暗戀酸楚到分手無奈都有心音樂的陪伴，讓您不懂音樂也能輕鬆享受。

表 47　亞太電信 4G 智慧寬頻應用城市補助計畫

補助計畫	智慧交通好行服務	智慧聯網車輛應用服務	城市商圈3D 導覽	高品質智慧化音樂服務
APP	Gt 樂悠遊	KARDI NAVI 智慧導航	嬉街趣	心音樂
服務月租牌價	50 元/月	29 元/月	19 元/月	149 元/月

資料來源：亞太電信，MIC 整理，2016 年 10 月

- 中華電信

中華電信審查通過 9 項計畫：動態交通控制管理服務、車輛智慧運輸安全管理及監控服務、TOD 智慧運輸應用、智慧生活、文創觀光、智慧商圈、影視無所不在、智慧無障礙應用與智慧政府治理，應用範疇涵蓋智慧交通、安全、育樂、金流、社會公益及政府治理等。

中華電信以便捷城市、樂活城市及友善城市 3 個子計畫為整體藍圖，導入 9 項計畫，並將各服務串連及融合於城市中的交通、文創、觀光、娛樂及便民措施等活動，建造情感科技、質感生活的智慧城市環境。

中華電信 4G 智慧城市計畫已獲得 15 個縣市（基隆市、台北市、新北市、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、台中市、嘉義縣、嘉義市、高雄市、台東縣、宜蘭縣、澎湖縣與金門縣）及 2 個特定場域（桃園機場、桃園捷運）支持。

友善城市應用案例，桃園市在 2015 年 9 月推出桃園市市民卡實體卡，陸續整合了交通電子票證、借書證、繳納規費、小額消費、健康活動獎勵積點等多卡合一應用。透過智慧城市補助計畫，桃園市政府於 2015 年 12 月進

一步與中華電信合作試辦桃園市行動市民卡，將實體市民卡虛擬化，安裝到 4G 智慧手機 SIM 卡中，市民卡的各項服務即可延伸到 4G 智慧型手機上，讓市民體驗一機在手，便利帶著走的 4G 寬頻智慧生活。

中華電信運用 TSM 平台、智慧型手機 NFC 感應功能、電子票證、及數位皮夾 APP 等科技，整合桃園市政府之市民卡發卡管理系統，推出行動市民卡，透過 4G NFC 智慧型行動電話，即可使用受桃園市政府各種智慧生活措施，未來透過手機 APP 的互動特性，將可進一步發展更具創意的智慧生活應用服務。

便捷城市、樂活城市應用案例，以基隆市為例，中華電信規劃應用於基隆市場域共計有便捷城市－動態交通控制管理服務、便捷城市－車輛智慧運輸安全管理及監控服務、樂活城市－文創觀光、樂活城市－智慧商圈以及台灣全區性服務之樂活城市－影視無所不在，共 5 項計畫，預計投入基隆市之整體計畫經費約 1.45 億元。

便捷城市智慧交通方面，將以可動態布署的 4G 路況偵測器，連結後端雲端平台，融合 eTag、車輛 GPS、影像車流分析、基隆市 VD 資料進行大數據分析，以提供基隆市政府交控中心、警察交管人員及用路人所需的智慧交通服務。

樂活城市智慧商圈方面，將於基隆市熱門觀光景點規劃電子旅遊套票服務與互動感知看板廣告，結合環港商圈美食、基隆廟口與當地特色伴手禮或農特產之觀光資源，並透過行動定位推播服務，以提供基隆港到港旅客一站式購買服務。

2 個特定場域（桃園機場、桃園捷運）方面，將協助北北桃地區 iTaiwan 無線網路服務，讓國內外旅客未來從桃園機場、機場捷運到雙北市都可以順暢使用 iTaiwan 免費上網。

4. 應用領航類提案審查結果及執行現況

統計迄 2016 年 6 月 30 日止，核定通過 8 家業者所申請之計畫，應用範疇包含提供全台的影音服務；另於在地化應用服務部份，則涵蓋新北、嘉義市、台東縣與屏東縣等縣市。

推動應用領域涵蓋物流、環保、健康、能源等，以提升 4G 應用服務普及。受補助業者包括：大豐環保、屏東客運、聯合國際、凱擘、遠流、宅妝、耀勝電子及巨匠電腦等家。

表 48　應用領航類業者及補助計畫

業者	應用範疇	補助計畫
大豐環保	物流、運輸	廢棄物暨資源回收 4G 行動智慧平台
屏東客運	運輸、物流、觀光	墾丁好行－恆春半島 4G 智慧旅遊創新服務
聯合國際	金流、育樂、安全、健康	4G 在手暢遊新北智慧新生活計畫
凱擘	金流、育樂、安全、健康	全方位 4G 智慧城市家庭應用服務
遠流	金流、育樂	台灣雲端書庫@台灣
宅妝	金流、育樂	數位宅妝超適居
耀勝電子	金流、觀光、物流	智能旅遊購物免攜平台
巨匠電腦	育樂、觀光	打造台中市成為友善的英語觀光城

資料來源：經濟部工業局，MIC 整理，2016 年 10 月

- 大豐環保

大豐環保運用 4G 行動寬頻讓資源回收行為成為綠色生活的實踐，可以透過該資源回收服務 APP 服務平台，知道離您最近的回收管道為何？可以知道資源回收車路徑、何時經過我家。除此之外資源回收行為都可以轉換成環境貨幣的點數，讓資源回收愛地球行為累積成為可進行綠色商店交易的環境貨幣，資源回收點點綠，累積多點換好物。

環保回收物流銷貨媒合管理服務平台、環保回收運輸 ReBer，統合產業車輛及外部閒置車輛及回頭車輛，讓物流效益發揮極大化，創造回收商及處理廠雙方的實質效益[4-142]。事業廢棄物資訊服務整合平台，讓企業主及政府可以全面納管及追蹤事業廢棄物是否有被妥善處理，以及銷貨流向。

資料來源：大豐環保，2016 年 1 月

圖 74　大豐環保之廢棄物暨資源回收 4G 行動智慧平台

- 屏東客運

屏東客運近年積極鏈結南部產官學研在地能量，打造墾丁好行 4G 智慧觀光巴士及觀光平台，除了讓乘客可在車上使用 4G WiFi 無線上網服務外，免費下載瘋趣台灣－墾丁好行 APP，就能智慧化暢遊屏東半島，提升消費者服務體驗與滿意度。旅客未來可在車上完成屏東在地農特產品的購買，再選擇到轉運站進行取貨，對於屏東在地商家、屏東小農來說，增加了產品的曝光率及銷售管道。此計畫也透過國立中山大學南區促進產業發展中心輔導，獲經濟部工業局 4G 智慧寬頻應用城市補助計畫，加速國境之南創新旅遊服務上線，打造屏東半島無縫智慧旅遊生活圈。

- 聯合國際行動支付股份有限公司

  本計畫以行動支付系統/智慧金流平台為核心，與新北市政府合作，結合行動支付及物聯網解決方案，陸續建置智慧治理、智慧健康、智慧生活、智慧旅遊與智慧商圈等 5 大平台及服務，串接各局處資訊服務，進而強化行動應用服務之推動，提供一站式零距離的便民服務，以行動身分認證概念為主軸，結合行動化查詢、申辦、智慧健康服務與支付繳費，為民眾創造智慧化生活新體驗。

  民眾下載新北市政府 NewTaipay 生活通應用程式後，藉由雲端身分認證即可使用相關服務，第 1 階段率先推動智慧治理，整合市府相關規費繳納與各項市政業務申辦與資訊布達。智慧健康的部分，幫助偏鄉民眾解決基本衛教與提供專家遠距協同判讀；及遠距行動諮詢服務，解決偏鄉診所的資源資訊不足的問題。第 2 階段，聯合國際將與合作夥伴進行商務合作廣泛開啟更多元行動支付繳納應用。

- 凱擘

  全方位 4G 智慧城市家庭應用服務，包含 3 個方向[4-143]，一為創建「台灣數位媒體發展中心」，建立台灣影音內容上架的產業鏈，形塑水平專業分工，擴大廣告市場；二與智慧安全服務設備商（如：監視器）合作，發展智慧安全加值服務，推出 HomeSecurity 居家防護服務，結合多螢監看、簡易模式、異常告警與遠端控制等特色，提供完善的影像監控與智慧防護，；三與健康量測設備業者、第 3 方醫療健檢機構業者合作發展智慧照護加值服務。

資料來源：凱擘大寬頻，2015 年 12 月

圖 75　凱擘大寬頻－全方位 4G 智慧城市家庭應用服務

- 遠流出版

台灣雲端書庫@台灣，「台灣雲端書庫」已打造 12 個城市雲端圖書館（基隆、台北、新北、桃園、新竹縣、苗栗、嘉義市、嘉義縣、台南、高雄、屏東與澎湖），提供最便利的電子書借閱服務，讀者只要辦理該縣市公共圖書館借閱證，萬本電子書可以 WEB 線上借閱，安裝 APP 可下載電子書檔後離線閱讀。

延伸台灣雲端書庫的雲端服務優勢，2016 年推出台灣雲端書庫 Touch!，可置於機場、高鐵、捷運車站等公共區域，提供讀者進行觸控互動選書，再以手機或平板電腦掃描 QRcode，進一步導引讀者至台灣雲端書庫各平台進行借閱電子書。

資料來源：MIC，2016 年 10 月

圖 76　遠流出版－台灣雲端書庫 Touch!

- 宅妝股份有限公司

  透過手機平板虛擬看屋看家具，經由數位宅妝 APP 觀看空屋的實際體驗中，提升顧客看屋清晰度與滿意度，完整實現科技服務結合房仲服務的加乘效果。宅妝公司的虛擬看屋服務在國內已有遠雄、國揚、甲山林等大型建商合作建立基礎，國際上更有建商看中虛擬看屋的市場，合作推出銷售日本、馬來西亞與柬埔寨等地的房產物件。

- 耀勝電子

  智慧旅遊購物免攜平台－iCarry 系統[4-144]，提供快速的結帳系統，對接支付寶、信用卡等第 3 方支付工具進行結帳，解決所有旅客換錢找錢甚至換匯的麻煩，讓所有旅客購物不再需要大、小包提貨，全部提供免費機場提貨、跨境物流；另外旅客也可以透分布全國的 Kiosk 導覽機（台灣閃店）進行購物；夥伴店家成為跨境電商。

資料來源：耀勝電子，2016 年 1 月

圖 77　耀勝電子－智能旅遊購物免攜平台

- 巨匠電腦

打造台中市成為友善的英語觀光城，台中市政府與巨匠集團合作，開發 3 款英語學習 APP，結合真人線上對談與擴增實境（AR），提供台中 60 處景點及 1200 家商家即時翻譯服務，讓觀光客遊台中、學英文。3 款英語學習 APP 包含：遊台中學英文、English Town 與英語觀光城，其中遊台中學英文結合擴增實境（AR），民眾只要帶著 4G 載具到 60 個觀光景點掃描 LOGO，就可以播放學習影片、觀看中英文對照簡介與模擬對話。English Town、英語觀光城，則分別針對外國觀光客與民眾提供真人線上英語服務，在遇上語言問題時可以請求英語老師視訊支援。

資料來源：巨匠電腦，2016 年 10 月

圖 78　線上真人即時諮詢與翻譯行動創新服務

(二)生產力 4.0 發展方案暨智慧機械產業推動方案

我國工業 4.0 的推動於 2015 年 9 月 17 日，由行政院核定生產力 4.0 發展方案展開，該方案整合商業自動化、農業科技化發展進程，進而提出生產力 4.0 發展規劃，期能開發智慧機械、物聯網、巨量資料與雲端運算等技術來引領，製造業、商業服務業與農業產品與服務附加價值提升[4-145]。

本方案 3 大核心理念：（一）核心目標、加速產業鏈垂直、水平數位化及智慧化；（二）核心技術、導入網實融合與人機協同關鍵自主技術，（三）關鍵做法、借力使力及群策群力加速培育產業網實系統軟硬實力。

資料來源：行政院科技會報辦公室，2015 年 9 月

圖 79　行政院生產力 4.0 發展方案核心理念

然而生產力 4.0 發展方案於 2016 年 7 月終止執行，改由智慧機械產業推動方案替代，將生產力 4.0 發展方案包含的 3 個產業製造業、商業服務業與農業產品與服務，轉為聚焦智慧機械。智慧機械是政府五大創新產業計畫之一（亞洲矽谷、生技醫療、綠能科技、智慧機械及國防航太），目的是希望讓我國成為全球智慧機械及高階設備關鍵零組件的研發製造中心。

為加速我國智慧機械產業發展，經濟部所規劃智慧機械產業推動方案，於 2016 年 6 月由國家發展委員會通過，以過去精密機械推動成果及我國資通訊科技能量為基礎，導入相關智慧技術，建構台灣智慧機械產業新生態體系[4-146]。

資料來源：經濟部工業局，2016 年 7 月

圖 80　智慧機械產業生態體系

智慧機械產業推動策略將以連結在地、連結未來與連結國際等 3 項策略來推動，建立智慧化系統解決方案，促成智慧機械產業化及所有產業智慧化。

連結在地方面，利用台中地區機械產業群聚優勢，以台中市為核心，串連彰化、雲林、嘉義等地區，透過整合中央與地方資源，建構關鍵智慧機械產業平台，有效結合台灣都市發展規劃，提供產業發展腹地與示範場域。將智慧機械納入國際合作與併購關鍵項目，並整合產學研三方能量，以訓練當地找、研發全國找的方式，強化產學研合作與培訓專業人才。同時運用國際展覽等方式拓銷全球市場，打造中台灣成為全球智慧機械之都。

連結未來方面，將聚焦資源於長與新的關鍵領域，即長產品生命週期與新數位經濟商業模式。未來將打造工業物聯科技，逐步推動人機物、供需的資訊流智慧化。並以推動航太及先進半導體為主，另以智慧運輸、綠色車輛、能源、機械設備、電子資訊、金屬運具、食品及紡織等產業為輔，建立廠與廠之間的整體解決方案。在核心技術面，將持續建立機械自主關鍵技術及相關應用服務，促成半導體利基型設備、智慧車輛及智慧機器人進口替代。在提供試煉場域部分，將強化跨域合作開發航太用工具機，並整合產業分工體系建構聚落，透過應用端場域試煉驗證其可操作性，再系統整合輸出國際。

連結國際方面，主要分為國際合作及拓展外銷兩部分。在國際合作方面，將強化台歐、台美及台日智慧機械產業交流，引進國外技術及與國際大廠合作。在拓展外銷方面，將以系統整合輸出、推動工具機於海外市場整體銷售方案及強化航太產業的智慧機械行銷，並將更進一步整合部會資源，協助產業拓展國際市場。

資料來源：經濟部工業局，2016 年 7 月

圖 81　智慧機械產業推動方案計畫架構

(三)智慧電網總體規劃方案

行政院於 2012 年核定將智慧電網列入，國家節能減碳總計畫標竿計畫，籌組跨部會智慧電網推動小組全力推動智慧電網。在政策規劃方面，由經濟部能源局協助進行智慧電網總體規劃（Smart Grid Master Plan）。系統技術開發、先導測試計畫、推廣建置、制度研究、系統測試平台工作由能源國家型科技計畫智慧電網主軸專案計畫推動規劃進行。

智慧電網總體規劃方案推動策略具體作法，依電網之電能傳遞及供需關係特性，分成發電與調度、輸電、配電、用戶等 4 種類型代表電網實質建設之需求，並搭配建設需求可帶動產業發展、環境面之研究及革新，形成 6 個發展構面落實推動[4-147]。

資料來源：經濟部能源局，2012 年 9 月

圖 82　智慧電網總體規劃方案總體架構

推動策略具體作法－智慧用戶部分，主要配合推動目標確保穩定供電項下，智慧電錶基礎建設之達成，朝向用戶/終端資訊建設、前瞻用戶服務規劃，2 個推動方向進行。本方案預計 20 年內投入新台幣 1,399 億元，其中主要投入項目為智慧型電錶基礎建設（AMI），投入金額為新台幣 958 億元，占總投入資源 68.5%。依目前總體規劃方案，將於 2015 年完成 100 萬戶低壓 AMI、2020 年完成 600 萬戶低壓 AMI、2030 年完成具效益之低壓 AMI 布建。

資料來源：經濟部能源局，2012 年 9 月

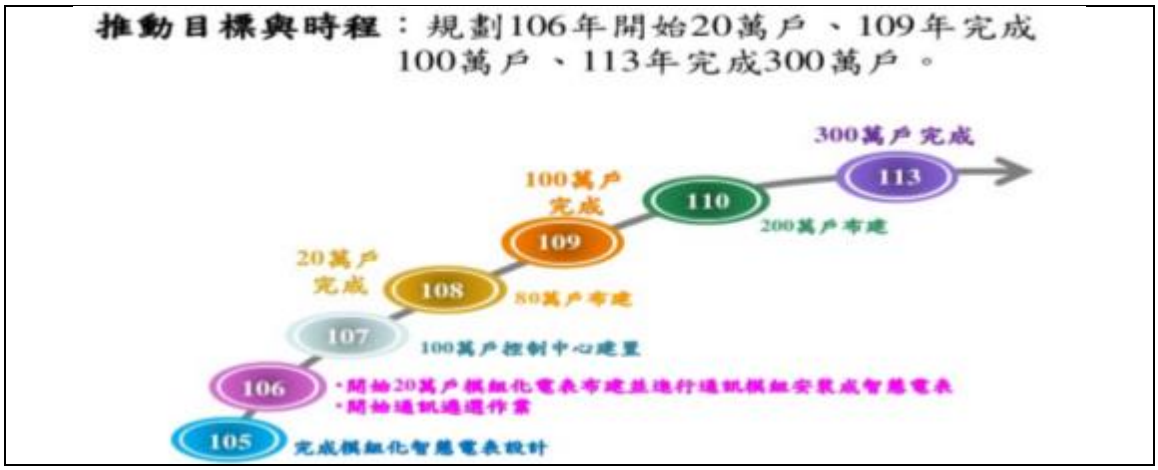
圖 83　智慧電網總體規劃之推動策略具體作法－智慧用戶

經濟部原規劃 2015 年應完成百萬戶智慧電錶建置，但因經費、技術等問題計畫一直延宕，高壓 AMI 布建方面，現已完成所有高壓用戶（24,624 戶）建置；但低壓 AMI 布建，總電錶數約 1,300 萬，目前僅完成 10,392 戶智慧型電錶安裝。新任行政院長林全上任之後要求台電加速換裝智慧電錶，並在行政院協助下，解決技術、頻譜等問題。

電錶研發部份，智慧電錶是指具通訊功能的電子式電錶，可以分段記錄累積用電度數、再透過無線傳輸將資料回傳給台電。然由於一般民生用電錶多裝在地下室，智慧電錶試驗時使用免費免執照的 2.4GHz 頻段，但該頻段雜訊多干擾大，靠無線傳輸資料的智慧電錶訊號受阻，因此最後評估改換 800～900MHz 頻段，並委託工研院專案協助研發智慧電錶標準與產品。

頻寬方面，台電向交通部以公用建設基礎建設專用頻段，申請 865MHz 頻率、頻寬 5MHz，因為低頻繞射能力強、訊號衰減較小，適合台灣傳輸環境。但因 865MHz 頻率已規劃供警、消寬頻網路（PPDR）建置實驗之用，交通部規劃將 839～851MHz 頻譜劃歸公用事業使用，解決安裝在地下室電錶收不到網路訊號的障礙。

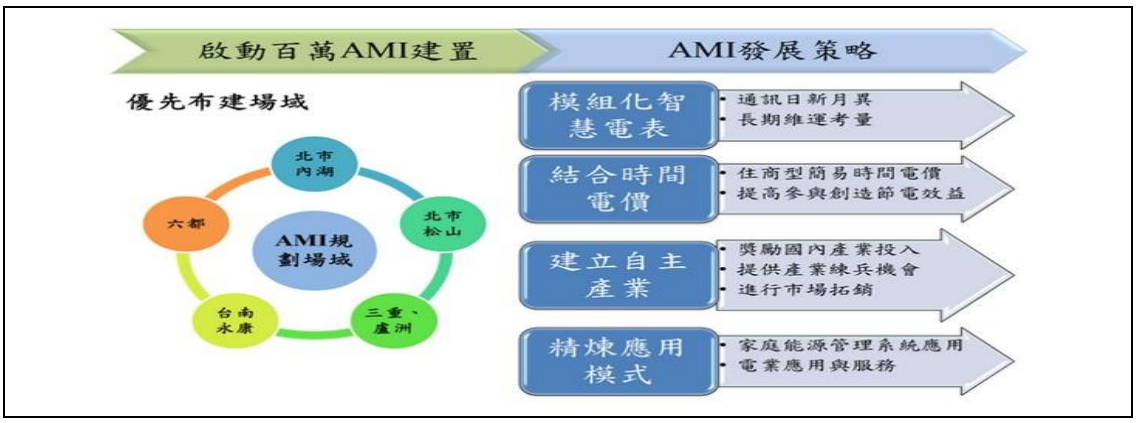
在技術、頻譜問題解決之後，行政院會於 2016 年 9 月通過低壓智慧型電錶推動規劃，從民國 106 年起規劃 20 萬戶安裝、109 年完成 100 萬戶、113 年完成 300 萬戶，完成後將有助於推動時間電價、創造節電效益，還可以帶動相關產業發展[4-148]。



資料來源：經濟部，2016 年 9 月

圖 84　低壓智慧型電錶推動規劃

根據政府統計，2015 年夏季電力備載容量不足時，尖峰時間低壓用電量占比例達 51%（註：低壓用電非工業用電，如一般小商家或住宅），因有有必要加速推動低壓智慧電錶換裝，增進用電效率。低壓智慧型電錶建置原則，以節電潛力用戶為目標，預計以六都及供電瓶頸地區為優先，供電瓶頸地區包括：北市內湖區和松山區、新北市三重區和蘆洲區、台南市永康區等。

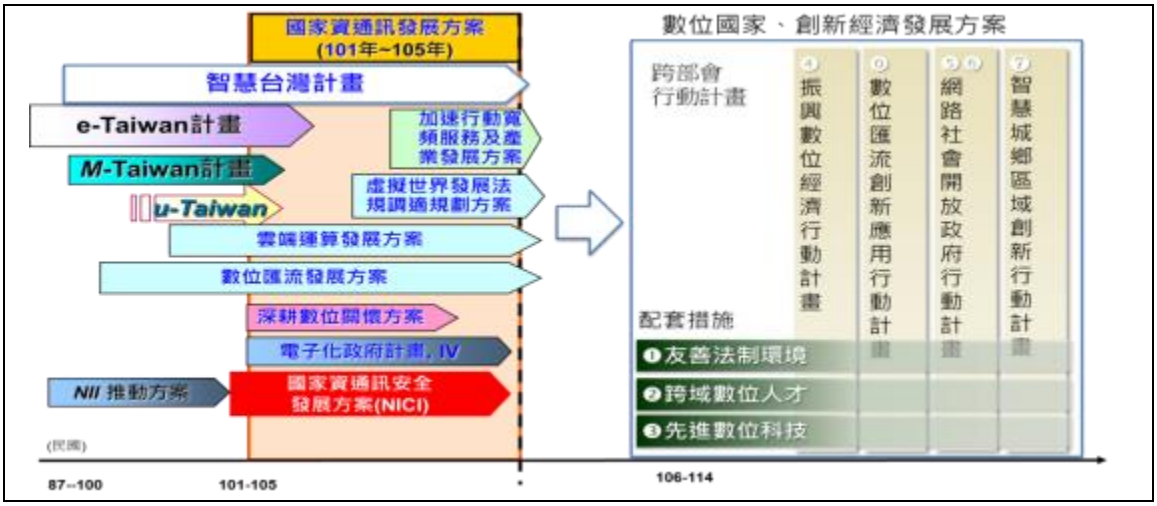


資料來源：經濟部，2016 年 9 月

圖 85　AMI 發展策略及布建場域

(四)數位國家、創新經濟方案

行政院於 105 年 5 月 20 日起跨產學研、跨部會與地方政府進行研擬數位國家創新經濟發展方案（2017～2025 年）草案，目標希望可以打好政策基礎，讓所有產業走向數位化，並做為鞏固五加二產業的大基盤，五加二產業是指，亞洲矽谷、生技醫療、綠能科技、智慧機械及國防航太等五大創新產業，再加上新農業、循環經濟，同時接替 2016 年底到期的國家資通訊發展方案（NICI）[4-149] 。

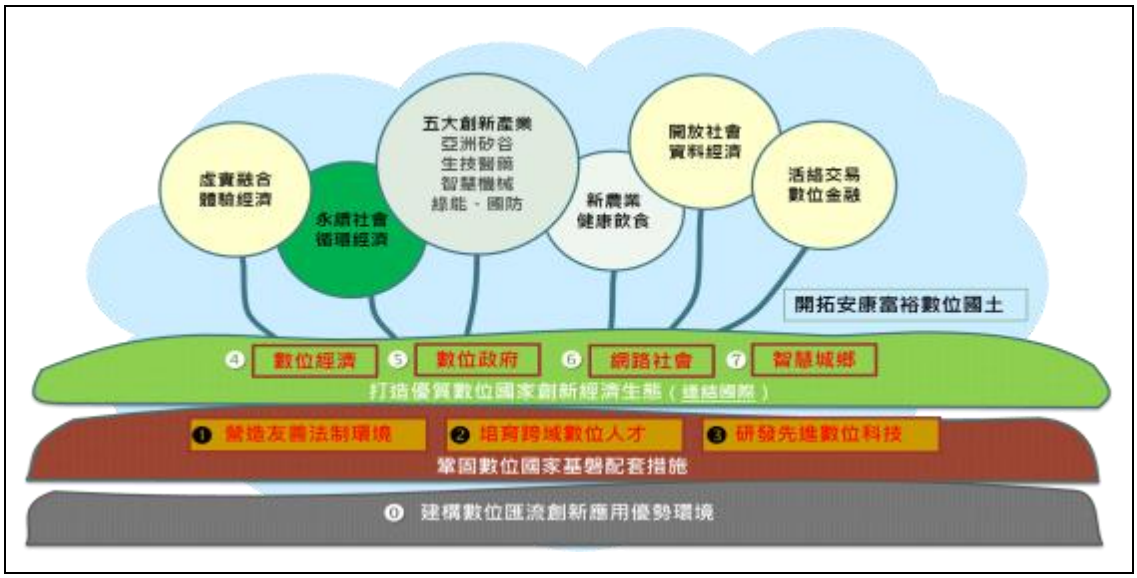


資料來源：科技會報辦公室，2016 年 9 月

圖 86　我國資通訊資通訊政策發展

數位國家、創新經濟發展方案（2017～2025 年），為綱要性推動方案，由上而下規劃，以數位科技作為國家發展基磐，建構數位匯流創新應用基礎環境，並透過營造友善法制環境、研發先進數位科技、培育跨域數位人才等，配套措施鞏固數位國家基磐；

並經由4項重點措施打造優質數位國家創新經濟生態:數位經濟、數位政府、網路社會與智慧城鄉，以支持五大產業－亞洲矽谷、生技醫療、綠能科技、智慧機械及國防航太等五大創新產業及新農業、循環經濟的實現。



資料來源：科技會報辦公室，2016 年 9 月

圖 87　數位國家創新經濟方案發展架構

數位經濟方面，包括：推動創新應用、拓展電子商務、支持創新創業等。例如：加強跨業合作，促進五加二創新產業數位應用與數位經營模式發展、加速推動政府創新採購，成為數位經濟成長的推手或推動監理沙盒機制（Regulatory Sandbox），加速破壞式創新服務實證等。

數位政府方面，打造數位政府、推動開放治理。例如：強化相關部會及地方政府數位治理體制與職能，完備資通安全管理、資料治理、資訊基本法等相關法制等。

網路社會方面，發展平等、活躍網路社會。例如：完備數位人權之法制基礎，所有國民之公平數位發展機會、推動保障社會弱勢享有寬頻近用機會之相關配套措施等。

智慧城鄉方面，建設永續、智慧城鄉。運用智慧聯網科技，建構國民優質生活空間、加強連結學研機構與在地中小企業合作，強化區域創新生態體系等。

(五)亞洲・矽谷推動方案

亞洲矽谷推動方案，以推動物聯網產業創新研發與強化創新創業生態系等兩大主軸，推動一個物聯網創新生態系，建構一個以研發為本的創新創業生態系。

亞洲矽谷推動方案期程橫跨 2016～2023 共 8 年，未來亞洲矽谷計畫將由國發會將成立專案辦公室，推動方式由各部會依推動措施，研擬具體推動作法，並由行政院指派行政院政務委員督導推動、負責管考工作，全力負責各部門、跨部會的協調執行，按季掌握執行進度並適時滚動調整[4-150]。

資料來源：國家發展委員會，2016 年 9 月

圖 88　亞洲・矽谷推動方案願景

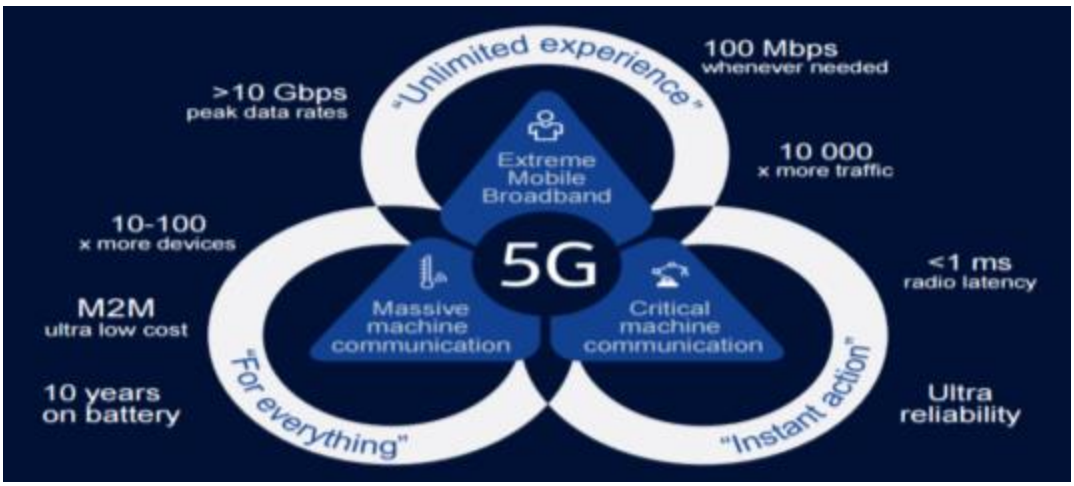
六、下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢

智慧城市、物聯網應用仰賴一個無所不在的網路連結所有裝置，從而要求更大的資料傳輸量，以及更好的通訊覆蓋率；而物聯網應用服務有各式各樣，有些可依靠低速和低容量聯接運行，但有些應用則要求固定寬頻基礎設施、更大的國際網際網路頻寬，以及更高的骨幹網路（Backbone Network）容量時大容量寬頻的連結；本節將就應用發展、頻譜需求、技術發展等面向討論 下 世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢。

(一)應用發展趨勢

雖然下世代行動寬頻技術的細節仍待提案、審議，但應用方向已確定，可分成三方面，一是持續強化過往以來的行動寬頻，稱為 Extreme Mobile Broadband；二是發展公眾物聯網，且為大量布建的，稱為 Massive Machine Communication；三是關鍵任務服務，為 Critical Machine Communication，本質上也是物聯網[4-151]。

第 1 個部分應用重點在於頻寬與高傳輸速率，希望在不管任何條件下都能達到至少 100Mbit/s 的速率，而峰值資料傳輸率（Peak Data Rate）可以達到 10Gbit/s 以上；第 2 部分應用重點強調電池可供 10 年使用之低耗電、低成本、多節點的物聯網應用特性；第 3 部分部分應用重點為小於 1ms 的低延遲（Low Latency）與高信賴度，比較偏專用網路，如：車聯網、遠距醫療、災害防治、社會安全等應用。



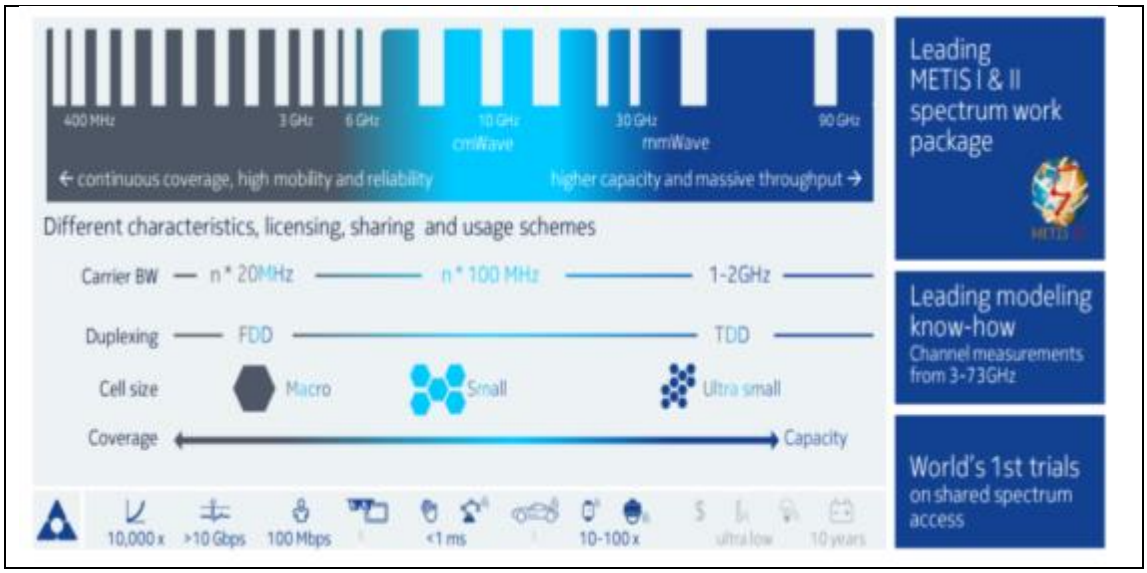
資料來源：Nokia，2016 年 3 月

圖 89　5G 應用服務 3 大方向

(二)頻譜需求趨勢

目前 4G LTE 應用的頻段以 6GHz 以下為主，從技術發展的角度來看，這些頻段目前已經非常擁擠。因為 5G 與過去的 4G、3G 與 2G 技術有本質上的不同，並非 5G 取代 4G，而是在不同的應用領域與應用需求上與 4G 互補，所以不同世代的通訊技術將會共存很長時間。加上未來的傳輸速度上限要求達到 10Gbit/s 以上，

6GHz 以下的頻段很難實現，所以因應高傳輸速率的需求，必須透過 30GHz 以上的毫米波（mmWave）頻段來達成。



資料來源：Nokia，2016 年 3 月

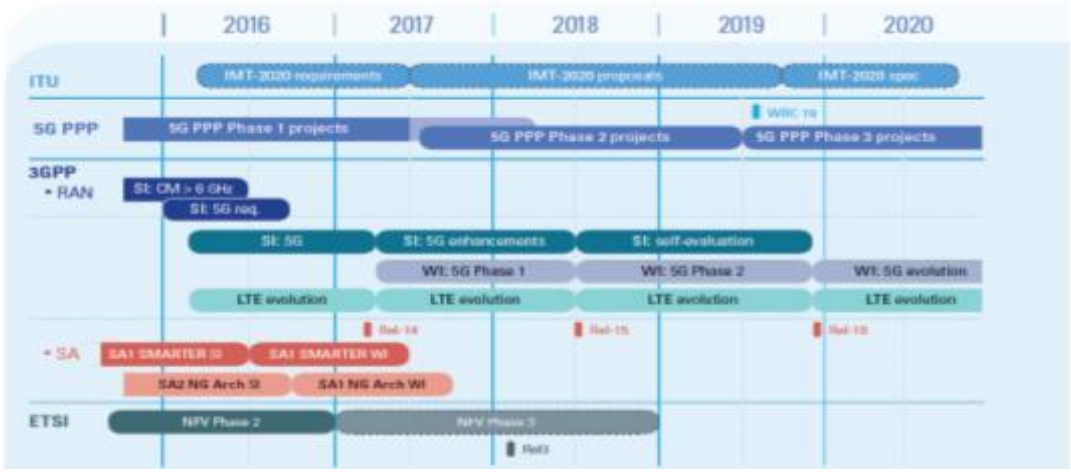
圖 90　5G 頻譜需求及應用特性

未來利用頻段提升無線傳輸速率的方法，主要會以 6GHz 為界線，6GHz 以下就是現有 LTE 技術的增補與改善方案，像是 LTE-Advanced Pro 也就是俗稱 4.5G、4.75G 或 4.9G 的技術內容，包括採用更多的載波聚合，目前已經有 6CA 的技術投入市場，未來可能有多達 32CA 的方案，傳輸的理論值可以超過 4Gbit/s。

相關技術方案已經在 3GPP 的 Release 13 被納入，下一版的 Release 14 也會有所增補，所以在 LTE 時代廠商利用 6GHz 以下的頻段確定可以提供超過 1Gbit/s 的傳輸速率。

不過現有 6GHz 以下應用已非常擁擠，也容易產生干擾，再者調變技術也出現瓶頸，要再將傳輸速率往上提升已很困難，所以另一個部分的研究就朝 6GHz 以上的頻段利用發展。高頻段過去都用在軍事或航太等領域，相關頻段應用較少，可以清理出大的頻寬供 5G 訊號使用。目前被提出的高頻段約有 28、38（37～39）、64～71GHz 等，一個頻帶可達 500MHz、2GHz，通道寬度將大幅提升。

高頻帶的利用將從 Release 14 與 Release 15 起陸續被納入，技術開發由於已經有過去 802.11ad 的經驗，面臨的挑戰將在於如何快速提升元件的整合度並降低成本[4-152]。



資料來源：5GPP，2016 年 10 月

圖 91　5G 標準時程

(三)技術發展趨勢

傳輸速率的提升在現有的技術底下已經出現瓶頸，所以 5G 時代重要技術發展面向包括天線技術、新的調變技術、與異質網路的整合等。

1. 天線技術

5G 時代的天線技術重點在於 3D 傳送波束成形（Beamforming）與大規模陣列天線多輸入多輸出技術（Massive MIMO），其特色是由上百個低成本、低功耗的天線元件所組成，利用多個天線收發器形成可能的訊號路徑，用來增加傳輸吞吐量以及傳輸效率，進而提升數據傳輸速度，並強化接取連結的可靠性。

由於 5G 毫米波的應用，高頻訊號的物理特性在傳輸的過程中容易衰減，藉由多天線的運作可將效能密集分布於空間小的區域，或利用大規模天線陣列方式集中放置，透過熱點覆蓋區域的成長進而提升傳輸節點的個數，以有效地降低傳遞資料延遲率，處理大量的資料吞吐量，顯著提升基地台傳輸通道的容量。

波束成形則可視為一種空間性濾波器（Spatial Filtering），能夠增強操作方向的訊號，消除來自四面八方的干擾，進而有效地接收想要的訊號。至於 3D Beamforming 意指同時在三維空間（水平和垂直空間）所形成傳輸訊號的分離波束，能支持多用戶複用（Multi-User Multiplexing），進而提升頻譜效率，並可有效抑制小區間的訊號干擾。

隨著演算能力提升，而 Massive MIMO 藉由結合空間特性以及編碼增益（Coding Gain），透過大量的天線打出訊號，使得每個獨立波束可指向不同的方位，讓 3D Beamforming 得以成形，進而提升空間複用（Spatial Multiplexing）效率以及系統容量。

2. 新的調變技術

由於未來 6GHz 以上頻段甚至 30GHz 以上毫米波頻段，具有超高頻、短波長、大帶寬的特性，與現有 6GHz 以下的頻段利用不一樣，所以調變技術也跟以往不一樣。以廠商的發展觀察，預計 2018～2019 年才會比較清楚，目前幾個有潛力的技術包括濾波器組多載波（Filter Bank Multicarrier，FBMC）、通用分頻多工（Generalized Frequency Division Multiplexing，GFDM）、非正交多重存取（Non-Orthogonal Multiple Access，NOMA）。

關於頻段支援與調變技術，除了學術與研究單位之外，扮演最重要的角色就是晶片業者。其中，高通憑藉 4G 專利優勢在 5G 標準仍然積極投入，該公司計畫 2018 年底至 2019 年中發表 5G 基頻晶片。

另外，聯發科 5G 研發團隊規模也不斷增加，希望 2018 年先推出第一版 5G 晶片解決方案；近期更積極與歐系設備業者、日本電信營運商 NTT DoCoMo 等進行合作，力求在 2020 年 5G 商用化之前，爭取 5G 終端市場。

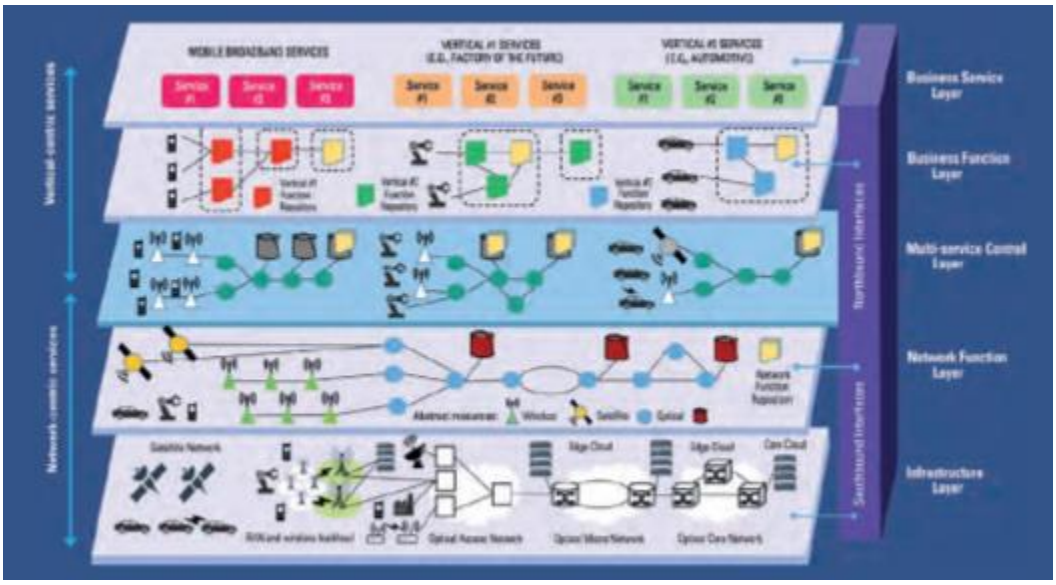
3. 異質網路的整合

未來的 5G 架構就是一個異質網路，不同性質網路的合作與溝通，會變得越來越重要，例如：5G 在高頻帶的應用須要透過小型基地台的協助維持訊號的強度，小型基地台與大型基地台的溝通即為一種異質網路的整合。

由於 5G 將大量運用 30GHz 以上頻段的毫米波（mmWave）技術，高頻訊號具有波長短、易衰減等特性，因此 5G 與過去 4G、3G 強調訊號的覆蓋率，需要透過大型基地台的建設來達成訊號的完整性不同。未來 5G 訊號可能每平方公里需要布建 1,000 個基地台，每個基地台發射功率只需要 1W，不像過去一個大基地台就涵蓋 100 公尺到 1 公里的距離，發射功率都要 200～300W。

終端頻寬的擴展亦須要骨幹網路的支援與配合，因此有線的骨幹網路也會有擴充的需求，而與終端無線訊號搭配的問題也是重點。針對被討論已久的雲端網路管理架構（Cloud RAN），可用來管理底層的異質架構問題，藉由網路節點中的嵌入式智慧功能實現高效率網路運作，並藉此建置更高價值的服務平台。

Cloud RAN 採用可高度彈性地重組計算頻段利用、多頻段無線電（Multi-Band Radios）、分布式寬頻天線以支持不同的空中介面技術，優化行動無線端的網路架構，預計 5G 時代 Cloud RAN 有機會成為主流。



資料來源：5GPP，2016 年 10 月

圖 92　整合式的 5G 架構

第五章、我國下世代行動寬頻未來產業發展方向

一、國內外主要電信營運商發展狀態與資費營運方式

(一)整體趨勢

2015 年全球行動通信產業持續成長，全球現有超過 76 億條行動網路連線帳號，GSMA 預測 2015～2020 年間全球行動網路連線帳號將以年複合成長率 3.9%的趨勢成長至 2020 年時有超過 89 億條行動網路連線帳號；2015 年全球電信業者之行動通信業務總營收超過一兆美元，預測到 2020 年時總營收將達 1.2 兆美元。從 2010～2015 年間，全球行動網路業者總投資額約為 8,800 億美元，其中行動寬頻與 4G LTE 網路扮演關鍵的驅動角色。2015 年底時，全球 4G 連線數超過 10 億條的里程碑，目前全球共有 151 個國家境內有 4G 網路，4G 網路營運數達 451 個。

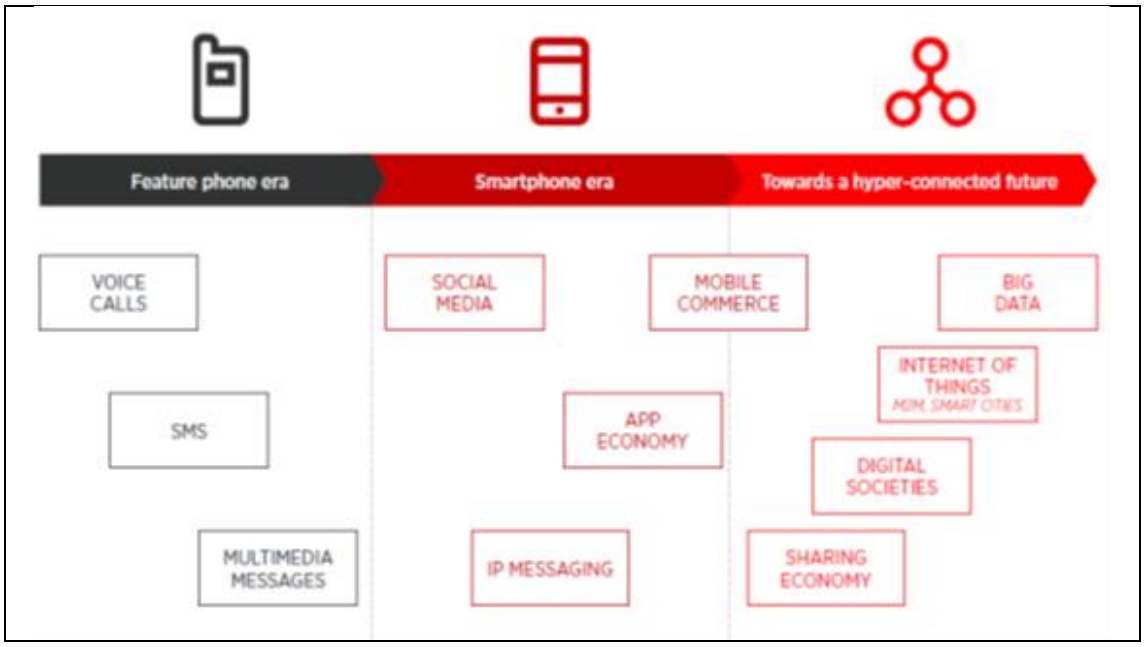
4G 網路的接收度與智慧型行動電話的接收度相輔相成，2015 年底之全球智慧型行動電話連線數達 32.58 億，全球已開發國家的智慧型行動電話滲透率達 65%、開發中國家的智慧型行動電話滲透率達 40%。智慧型行動電話與其他智慧型裝置接受度的提高，也增加了用戶使用應用服務的意願，帶動數據量之成長。GSMA 預測未來 5 年（2015～2020 年）全球數據用量將以年複合成長率 49%的趨勢快速成長，以北美洲區域為例，2015 年用戶每月平均數據量為 4.4GB，預測 2020 年用戶每月平均數據量將達到 22GB[5-1]。

雖然平均用戶每月數據量快速成長，但該類成長未必會轉化為營收，根據 GSMA 對 23 個國家消費者使用即時訊息軟體的調查指出，有 35%的歐洲國家受訪者使用即時訊息軟體多於傳統簡訊（SMS），至於在巴西與中國大陸的受訪者則分別有 59%與 67%比例的用戶較常使用即時訊息軟體，傳統簡訊的市場正逐漸消失。

當用戶對數據用量的需求逐年升高，電信業者一方面要投入大筆資金於布建更完善的 4G 網路，但另一方面，傳統上營收的部分來源卻可能遭受侵蝕。2015 年行動通信業務總營收雖然超過一兆美元，但與 2014 年相比成長幅度為 1.8%，成長力道和過去五年相

比明顯減弱。GSMA 預測到 2020 年時，每年全球行動業務營收之年成長率應均低於 2%。

以往功能行動電話時代，營收來源源自語音電話、SMS 簡訊以及多媒體訊息;隨著智慧型行動電話的普及,則著重於社群媒體、APP 經濟、IP 訊息以及行動商務，未來產業則逐步進入大數據、物聯網、共享經濟等應用之時代，整體產業演化趨勢，如下圖：



資料來源：GSMA Intelligence，2016 年 7 月

圖 93　行動產業的演化趨勢

當營收來源轉向時，全球行動網路業者都在想著如何拓展新的營收來源。提供影音和視訊串流應用服務是常見的一種營運策略，例如：歐洲的 Vodafone 和內容業者合作，Vodafone 之用戶可免費選看 Netflix 或 Spotify Premium 等影音服務業者的內容，Vodafone 則對用戶增加的數據用量收費。美國的 Veizon 則推出自有的行動影音服務提供給該公司用戶選擇，並從用戶的數據費用和販賣廣告取得營收；AT&T 則和 DIRECTV 影音內容業者合作，AT&T 用戶可透過購買加值方案的方式選看 DIRECTV 的影音內容。

除了增加用戶使用數據用量的意願外，行動網路業者也修正資費方案設計型態以符合市場需求。以美國 Verizon 為例，該公司於 2014 年 2 月宣布新的行動資費方案 More Everything 取代原有資費方案 Share Everything。新的資費方案內容包括：國內無限量

語音通話、國內無限量文字簡訊、雲端儲存以及允許多裝置共享單一數據用量。2014 年年底 Verizon 結算時發現，有 61%的零售月租用戶申辦此種新資費方案型態，顯見市場對新資費方案的接受度較原有資費方案更高[5-2]。

我國行動通信市場進入 4G 時代後，行動網路業者的資費方案設計重心亦轉向以數據為核心。過往業者資費方案設計以語音服務為重心，現今則逐漸轉向以數據服務為資費設計核心考量要素。以中華電信為例，3G 資費方案時代依照不同用戶的語音使用需求，設計月租費抵通話費的 3G 一般型方案、提供網內網外免費通話分鐘數的大家講方案、贈送網內、網外與市話通信費折抵優惠的元氣方案，以及網內網外單一費率的放心講方案等 4 種方案型態。前揭方案型態均以語音用量高低做為月租費金額的設計依據。但 4G 網路開台後，中華電信的資費設計轉以數據用量為主，依照數據用量高低調整月租費金額，同時，為增加用戶使用數據用量之意願，中華電信設計前 6 個月上網無限量的方案型態，以吸引消費者申辦該公司資費方案。

由資費方案設計思維的轉變，不難看出產業轉向以數據為核心之趨勢，已影響了國內外主要電信業者的市場營收及資費方案設計思維。因此，本研究調查國內外各主要電信營運商因應 4G 開台後，其語音、簡訊服務量變化趨勢及營收增減情形。藉由蒐集主要電信營運業者的年度財報資訊以及透過同時針對業者資費方案之設計型態進行研究，以了解業者的營收狀態以及產業發展方向，做為我國行動寬頻未來產業發展之參考。本研究調查的國內外主要電信營運商，如下表：

表 49　本計畫調查之國內外主要電信營運商

研究國家	美國	英國	日本	韓國	澳洲	新加坡	台灣
業者1	Verizon	EE	NTT DoCoMo	SK Telecom	Telstra	Singtel	中華電信
業者2	AT&T	O2 UK Vodafone	KDDI	KT	Optus	Starhub	台灣大哥大

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

(二)美國主要電信營運商資費發展簡介

1. Verizon

- 4G 營運基本資料：

  4G 開台時間：2010 年 12 月 5 日以 700MHz 開台。

  4G 使用頻段：700MHz（Band 13）、AWS 頻段，部分區域正進行 1900MHz（Band 2）頻譜重整至 LTE 的作業。Verizon 於 2010 年 12 月以 700MHz 開台，截至 2015 年 7 月時，該公司 LTE 網路布建範圍已可涵蓋全國 98%人口。2014 年 5 月，Verizon 宣布商用其以 AWS 頻段布建的 LTE 網路，品牌名稱為 XLTE。XLTE 涵蓋範圍達全美國超過 400 個城市。2014 年 7 月時，Verizon 開始進行以 3.5GHz 頻段以及 1900MHz 頻段布建 LTE 網路的測試，並於 2015 年推出 LTE-Advance 服務。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

  根據 Verizon 於 2016 年第 1 季的季報告指出，4G 終端裝置接受度的提高，增加了數據與影音內容的使用量。Verizon 的行動數據訊務量中，有超過 92%的流量是透過 LTE 網路提供。LTE 的數據訊務量較前 1 年增加了超過 50%。2016 年第 1 季，Verizon 總營收為 220 億美元，較

2015 年第 1 季之營收下降 1.5%。Verizon 表示原因在於有越來越多的用戶選擇無行動電話補貼的付款方案。

2015 年底時，Verizon 擁有 1 億 1,210 萬零售行動用戶，相較於前 1 年（2014）增加了 389.7 萬戶，年成長率達 3.6%。其中月租用戶達 1 億又 652 萬戶，相較於前 1 年增加了 444.9 萬戶，年成長率達 4.4%。2015 年 Verizon 的 4G 線路數達 8,440 萬條，相較於前 1 年多了 1,700 萬條。每一零售月租帳戶平均擁有的線路數亦逐漸上升。

Verizon 的 4G 用戶快速成長，從下表中可觀察出，4G 設備數量從 2011 年開台後，最初 4G 設備占總零售用戶比例達 0.6%，現已快速成長至 2016 年第 1 季，占總用戶的 81.1%。4G 流量占總訊務量比重同樣快速成長，於 5 年間快速成長到占總訊務量之 92%。

在 4G 開台後之營收增減情況部分，從 2010～2014 年間，Verizo 的服務營收持續上升，設備營收亦持續成長，故整體營收由 2010 年的 634 億成長到 2015 年 916 億美元。

- 現有 4G 資費方案設計

Verizon 的 4G 資費方案區分為每月線路接取費（Line Access Fee）與每月數據費兩種，每月線路接取費則依所使用終端裝置而有差異，使用智慧型手機時，每月線路接取費為$20；使用平板電腦時，每月線路接取費為$10。每月數據使用量從最低 2～100GB 皆有，依據不同數據傳輸量付費，自每月數據用量 8GB 的 L 方案開始，方案內每條連線設備帳號額外擁有 2GB 的數據用量；用戶每月支付費用為每月線路接取費與數據月費之加總。整理如下表：

表 50　美國 Verizon 4G 資費

裝置型態			接取費
智慧型手機或功能型手機			$20
平板或行動分享器裝置			$10
連網設備			$5
方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	數據費
S	2GB	無限量撥打固網/行網通話、無限量簡訊	US$35
M	4GB		US$50
L 以上	8～100GB（另附加額外 2GB）		US$70～450

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

- 營運策略分析

Verizon 的行動通信業務中，零售個人用戶端以申辦月租型方案的用戶比例為主。資費方案，包括：共享數據型方案、單一帳戶連線方案以及依據商業用戶需求所量身打造的方案。共享數據型方案中，提供國內無限量語音通話分鐘數、無限量國內簡訊與國際簡訊，且每方案最多可註冊 10 台終端裝置。每新增 1 台裝置，用戶需額外支付該裝置之每月線路接取費。

Verizon 的手機綁約資費方案中，傳統上會付出較高的費用，作為以手機補貼價格購買終端裝置的交換。在 Verizon 推出的終端裝置付款計畫中，允許 Verizon 的合格用戶能夠以未補貼之費用購買手機或平板，並運用分期付款的方式平均攤提每月購機支出。

Verizon 另外也開拓了家用電話可透過 Verizon 4G LTE 網路連線的服務型態，4G LTE 網路同時也可以作為家中寬頻上網的選擇。

同時，Verizon 也提供物聯網 IoT 所需的網路接取與加值服務，例如健康照護、教育、製造業、能源、配送及消費者產品等產業。同時，Verizon 也提供電傳服務給自駕車製造商。Verizon 預期未來 IoT 服務型態將會有居家監控、健康監控、能源管理與電力管理等類型。

2. AT&T

- 4G 開台基本資料

  4G 開台時間：2011 年 9 月 18 日以 700MHz 頻段開台。

  4G 使用頻段：700MHz（Band 17）、AWS 頻段（Band 2、4）、850MHz（Band 5），部分區域正進行 1900MHz（Band 2）頻譜重整至 LTE 的作業。

  AT&T 於 2011 年 9 月以 700MHz 開台，首先推出服務的區域包括亞特蘭大、芝加哥、達拉斯等大都會區。2015 年 7 月，AT&T 的 LTE 網路已可涵蓋全國 3.08 億人口。除透過 700MHz、AWS 頻段提供服務外，AT&T 亦進行 1900MHz 及 2.3GHz 頻段的頻譜重整與 LTE 網路布建作業。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

  AT&T 於 2011 年 9 月 4G 開台後，智慧型行動電話用戶成長快速，帶動整體無線用戶數成長，由 2011 年的 1.03 億戶，上升到 2015 年的 1.28 億戶，同時，功能型行動電話用戶則持續下降，由 2011 年的 2,993 萬戶降為 2015 年的 1,903 萬戶。同時，有越來越多的用戶申辦預付方案，用戶數於 2011～2015 年間呈現上升趨勢。

  在營收部分，AT&T 於 2011 年 9 月 4G 開台後，帶動整體服務營收快速成長，同時受益於販售終端裝置設備所得的營收逐年成長，因此總營收由 2011 年的 632 億美元成長到 2015 年的 737 億美元。

- 現有 4G 資費方案設計

  AT&T 的行動通信月租費由 2 種費率組成，分別為每月接取費與每月數據使用費。

  每月接取費係依照終端裝置的不同，而在費用上產生差異。當用戶使用之裝置為智慧型手機或功能型手機，則每月接取費為$20，若用戶使用裝置為平板電腦或其他連網設備時，每月基本接取費為$10。每多增加 1 個連線裝

置時，用戶需支付該額外裝置之每月接取費。例如：用戶透過 1 支智慧型行動裝置連線時，需支付每月接取費$20，若用戶透過一支智慧型行動裝置與一台平板電腦連線時，需支付每月接取費$20 加上$10 共$30。

每月數據使用費則依照數據用量高低區分金額，同一帳戶下之所有裝置均可共享該方案之每月數據用量。現行數據費率如下。目前申裝數據方案的用戶均可享有無限量國內語音通話分鐘數與無限量之簡訊，若用戶申辦 10GB 以上數據方案， 甚至可以獲得撥打至墨西哥與加拿大之無限量語音通話與無限量簡訊，且當位於墨西哥使用語音、簡訊與數據時，不會產生額外的漫遊費用。費用整理如下表：

表 51　美國 AT&T 4G 資費

裝置型態	每月接取費
智慧型手機或功能型手機	US$20
平板、遊戲機或其他連網裝置	US$10
穿戴式連網裝置	US$10
筆記型電腦或行動分享器	US$20
數據量	每月數據使用費
1～100GB	US$30～450

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

手機製造商目前每年推陳出新各種新款手機，為了提升用戶向 AT&T 同時購買手機與月租方案的誘因，AT&T 推出 AT&T Next 方案。此方案之精神為用戶向 AT&T 購買手機時，可將購買手機的費用平均攤提至契約期間，降低一次性支付高額手機費用的負擔。AT&T Next 方案的契約長度分為 30 個月與 24 個月，假設用戶選擇 AT&T Next 方案，表示契約長度為 30 個月，手機費用可平均攤提至 30 個月，當用戶已支付手機原價的 80%時（約等於支付契約長度 24 個月），則用戶可升級更換新機。若用戶選擇 AT&T Next Every Year 時，表示契約長度為 24

個月，當用戶支付手機原價的 50%時（約等於支付契約長度 12 個月），則用戶擁有升級新手機的資格。

行動電話製造商目前每年推陳出新各種新款行動電話，為了提升用戶向 AT&T 同時購買行動電話與月租方案的誘因，AT&T 推出 AT&T Next 方案。此方案之精神為用戶向 AT&T 購買行動電話時，可將購買行動電話的費用平均攤提至契約期間，降低一次性支付高額行動電話費用的負擔。AT&T Next 方案的契約長度分為 30 個月與 24 個月，假設用戶選擇 AT&T Next 方案，表示契約長度為 30 個月，行動電話費用可平均攤提至 30 個月，當用戶已支付行動電話原價的 80%時（約等於支付契約長度 24 個月），則用戶可升級更換新機。若用戶選擇 AT&T Next Every Year 時，表示契約長度為 24 個月，當用戶支付行動電話原價的 50%時（約等於支付契約長度 12 個月），則用戶擁有升級新行動電話的資格。

- 營運策略分析

AT&T 的行動寬頻服務持續成長，零售用戶持續升級其手機到更進階的整合型設備，包括使用以數據為核心的裝置，例如：智慧行動裝置或車聯網，另外許多裝置使用鑲嵌在設備中的計算系統或軟體，例如物連網設備等。AT&T 提供行動共享方案，允許語音、簡訊與數據在多設備中共享。

為了促進用戶升級終端裝置的意願，AT&T 提供 AT&T Next^{SM}（AT&T Next）方案，讓用戶可以透過分期付款的方式購買手機。2015 年 1 月，AT&T 開始提供可遞延式數據（Rollover Data），用戶當月份剩餘數據用量可累積至下個月繼續使用。

(三)英國主要電信營運商資費發展簡介

1. EE

- 4G 開台基本資料

  4G 開台時間：2012 年 10 月 30 日以 1800MHz 頻段開台。

  4G 使用頻段：800MHz（Band 20）、1800MHz 頻段（Band 3）及 2.6GHz FDD（Band 7）。

  英國 EE 於 2012 年 10 月以 1800MHz 商轉其 LTE 網路。2015 年底時，EE 宣布已擁有 1,400 萬以上的 LTE 用戶。2013 年 5 月，EE 於倫敦都會區測試 LTE-Advance 服務。EE 持續進行 LTE 網路的布建與投資，包括完成載波聚合等相關測試。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

  英國 EE 於 2012 年 10 月 4G 開台後，用戶數持續成長，由 2012 年的 2,820 萬，上升到 2015 年的 3,148 萬。同時，申辦月租方案的用戶比例也越來越高，從開台初未達 50%，到 2015 年時已突破 60%。語音使用分鐘數部分，月租用戶每月通話分鐘數持續下降，2011 年月租用戶平均每月通話分鐘數為 359 分鐘，下降至 2014 年的 329 分鐘。不過用戶每月平均語音通話分鐘數則持續成長，由 2011 年的 198 分鐘上升到 2014 年的 212 分鐘。EE 的 4G 用戶從 2013 年的 199 萬戶，至 2015 年已成長到 1,410 萬戶。觀察英國 EE 的營收，行動業務營收持續下降，不過，非語音類營收占總營收的比重持續上升，其中數據營收占比越來越重，由 2012 年開台時之 34%成長到 2014 年的 51%，簡訊營收占比則持續下降，由 2012 年的 16%下探到 2014 年僅餘 9%。不過，ARPU 的部分則緩步下降，主要原因在於語音 ARPU 的持續下滑，由 2012 年的 9.3 英鎊下降為 2014 年的 7.6 英鎊。

- 現有 4G 資費方案設計

  英國 EE 的 4G 資費方案主要有以下 3 大類型：

  每月行動電話月付方案（Pay monthly Phone Plan）；

每月數據月付方案（Pay monthly Data Plan）；

預付方案（Pay as you Go Packs）。

關於每月行動電話月付方案，適用對象為申辦智慧型行動電話的用戶，依照數據用量之高低，會再區分為 3 種：

- 4G EE 基本方案（4G EE Essential Plan）

  適合不需要太多語音分鐘數及簡訊的基本需求型用戶申辦，速率最高可達 20Mbps。

- 4G EE 方案（4G EE Plan）

  提供充足的語音分鐘數、簡訊與數據上網服務，速率最高可達 60Mbps。額外可獲得歐盟境內每月數據使用量 500MB 及無限量之語音撥打、簡訊服務。

- 4G EE MAX 方案（4G EE Max Plan）

  提供高額的語音分鐘數、簡訊與數據上網服務，速率最快。額外可獲得歐盟境內每月數據使用量 500MB 及無限量之語音撥打、簡訊服務。額外可接取 BT 運動 APP（BT Sport APP）的相關影音內容。

EE 從以下 3 種方式讓用戶申辦其每月手機月付方案，分別為挑選手機、挑選每月支付費率以及挑選升級方案。以下為選擇以每月支付費率所呈現之結果。

表 52　英國 EE 4G 資費

每月支付金額	數據使用量	語音通話分鐘數	簡訊數	網路速度	備註
£16.99～33.99	0.3～3GB	300 分鐘～無限量	無限量	4G	另有搭配不同手機之一次性費用、EU 境內 500MB 傳輸量、無限量通話、6～24 個月接取 BT 運動 APP、契約期滿換新手機等附加優惠。
£35.99～65.99	2～40GB	無限量	無限量	4G 高速	

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

- 營運策略分析

現行 EE 的資費方案設計以數據為核心，大部分方案都提供無限量語音通話分鐘數，所有方案均提供無限量簡訊。方案價格依照數據使用量高低區分；同時，中高階以上方案均有提供跨歐盟境內會員國之語音與數據用量，讓該公司用戶於歐盟境內旅行時，亦可繼續使用其原有手機與方案，無需另外申購漫遊服務。

部分 4G 方案則提供影音接取服務，申辦該方案之用戶可透過 APP 接取 BT 提供的運動影音內容。為提高用戶升級手機的誘因，部分方案提供契約時間達一定期限後，用戶可升級購買新手機。

2. Vodafone UK

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2013 年 8 月 29 日以 800MHz 頻段開台。

4G 使用頻段：800MHz（Band 20）及 2.6GHz（Band 7）。

英國 Vodafone 於 2013 年 8 月以 800MHz 商轉其 LTE 網路。2014 年則開始測試 LTE 載波聚合應用在倫敦、伯明罕等區域，將 800MHz （Band 20）的 10MHz 與 2.6GHz FDD（Band 7）的 20MHz 聚合後，可提供下載速率達 225Mbps 的 LTE-Advanced 服務。同時，Vodafone 也透過 2.6GHz TDD 頻段（Band 41）測試 LTE TDD 技術。該公司宣稱 2015 年底其 LTE 網路已可涵蓋全英國 68% 人口。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

英國 Vodafone 近年行動用戶數持續下滑，由 2013 年的 1,949.2 萬戶下滑到 2015 年的 1,819.7 萬戶。簡訊使用量持續下降，從 2013 年的 399.79 億則，下滑到 2015 年的 329.43 億則；數據使用量持續上升，由 2013 年的 3.4 萬

TB，成長到 2015 年的 13.46 萬 TB。Vodafone 的 4G 用戶從 2013 年的 64 萬戶，至 2015 年已成長到 700 萬戶。

表 53　英國 Vodafone 4G LTE 用戶數

單位：千戶	2011	2012	2013	2014	2015
4G 用戶數	尚未開台	尚未開台	637	3,000	7,000

資料來源：Vodafone 年報，TTC 整理，2016 年 7 月

觀察英國 Vodafone 的營收，申辦行動整合語音與數據的套裝用戶營收持續上升，有越來越多的用戶申辦此種整合型方案，進而推動總服務營收的上升。套裝用戶營收由 2013 年 24.78 億英鎊上升至 2015 年的 27.43 億英鎊。但若觀察 ARPU，無論是月租用戶 ARPU 或預付用戶 ARPU 均呈現下滑趨勢。

表 54　英國 Vodafone 營收增減狀況

	2011	2012	2013	2014	2015	2015 與 2014 年之變化（%）
服務營收（單位：百萬英鎊）						
行動套裝方案用戶營收	4,526	2,463	2,478	2,570	2,743	6.7%
行動非套裝方案用戶營收		1,416	1,295	1,244	1,064	（14.5%）
行動受話營收		518	380	357	319	（10.5%）
固網營收	45	48	1,649	1,422	1,458	1.1%
其他服務營收	425	337	293	301	285	（4.8%）

	2011	2012	2013	2014	2015	2015 與 2014 年之變化（%）
總服務營收	4,996	4,782	6,095	5,894	5,849	（0.7%）
ARPU 統計（單位：英鎊）						
行動用戶平均金額 ARPU	21.2	18.5	17.4	17.4	18.6	1.2
行動預付用戶每月平均金額（預付 ARPU）	5.8	4.7	4.0	3.4	4.1	0.7

資料來源：Vodafone 年報，TTC 整理，2016 年 7 月

- 現有 4G 資費方案設計

Vodafone 的 4G 資費方案形態區分為 4 種，分別為月租型、預付型、純 SIM 卡型以及平板暨網卡型。

針對月租型資費，依契約長度區分為 24 個月與 12 個月。依照每月數據用量高低區分，從最低 500MB 至最高 30GB。實際月租費率則因終端裝置而有差異，以下簡介終端裝置選取 iPhone7 32GB 時，用戶可搭配申辦之資費方案。

表 55　英國 Vodafone 4G 月租資費方案設計

月租費	手機一次性費用	數據用量	通話分鐘數	漫遊數據量（限定歐洲）	漫遊分鐘數與簡訊（限定歐洲）
£37	£180	500MB	500 分鐘	無	無
£42	£70	1GB	無限量	500MB	無限量
£48	£70	2GB	無限量	2GB	無限量
£47	£50	3GB	無限量	500MB	無限量
£53	£50	5GB	無限量	2GB	無限量
£52	£50	6GB	無限量	500MB	無限量
£58	£50	10GB	無限量	2GB	無限量
£57	£50	12GB	無限量	2GB	無限量

月租費	手機一次性費用	數據用量	通話分鐘數	漫遊數據量（限定歐洲）	漫遊分鐘數與簡訊（限定歐洲）
£62	£50	24GB	無限量	2GB	無限量
£68	£50	30GB	無限量	4GB	無限量

資料來源：TTC 整理，2016 年 10 月

至於純 SIM 卡方案，則依用量高低區分如下：

表 56　英國 Vodafone 4G 純 SIM 卡資費方案設計

月租費	數據用量	通話分鐘數	漫遊數據量	漫遊分鐘數與簡訊
£9.50	250MB	250 分鐘	無	無
£12	500MB	500 分鐘	無	無
£15	1GB	1000 分鐘	無	無
£17	8GB	無限量	500MB	無限量
£20	20GB	無限量	2GB	無限量
£22	4GB	無限量	無	無限量
£25	25GB	無限量	4GB	無限量
£37	20GB	無限量	4GB	無限量

資料來源：TTC 整理，2016 年 10 月

- 營運策略分析

Vodafone 的 4G 資費方案，在語音通話分鐘數部分，可觀察到目前 Vodafone 提供大多數的資費方案均設計語音通話分鐘數與簡訊無限量提供，僅有少部分方案的語音分鐘數有限制，但該類型方案的語音通話分鐘數額度亦高，例如分別提供 250 分鐘與 500 分鐘。

在數據用量部分，Vodafone 提供的用量最高至 30GB，最少則由 250MB 起算。在方案中，Vodafone 之資費均提供歐盟境內會員國之語音與數據漫遊服務，數據用量從 500MB 起算，最高至 4GB，漫遊之語音分鐘數則無限量提供。

(四)日本主要電信營運商資費發展簡介

1. NTT DoCoMo[5-3]

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2010 年 12 月 24 日以 2.1GHz 頻段開台。

4G 使用頻段：2.1GHz（Band 1）、1.5GHz（Band 21）、1800MHz（Band 3）、800MHz（Band19），2015 年開始布建 APT 700MHz（Band 28）的 LTE 網路。

日本 NTT DoCoMo 於 2010 年 12 月以 2.1GHz 頻段開台，開台之初品牌名稱訂為 Xi，最初試用範圍，包括：東京、大阪及名古屋。2013 年時則擴張使用 1800MHz 頻段（Band 3)布建 LTE，並陸續使用 1.5GHz 及 APT 700MHz 作為布建 LTE 網路之用。2015 年 3 月時，該公司宣稱 LTE 網路服務範圍已可涵蓋全國 98%人口，同時透過載波聚合技術，整合 3 個頻段（Band 3、21 及 19）後，得以商轉其 LTE-Advanced 服務，下載速率可達 225Mbps。LTE-Advanced 服務初期預計適用東京、大阪及名古屋，並預期於 2016 年將服務範圍擴張為全日本。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

日本 NTT DoCoMo 於 4G 開台後，4G 用戶數快速成長，由 2011 年的 222 萬戶成長到 2015 年的 3,867.9 萬戶。3G 用戶數逐年下降，由 2011 年的 5,790 萬戶下降為 2015 年的 3.228.5 萬戶，2015 年時 4G 用戶數已超過 3G 用戶數。4G 用戶的快速成長帶動整體行動用戶數上升。至於服務量變化，語音使用通話分鐘數持續下降，由 2011 年的每用戶每月平均通話 126 分鐘，下滑到 2015 年的 120 分鐘。

表 57　日本 NTT DoCoMo 服務量變化趨勢

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
用戶線路數（單位：千戶）						
行動總用戶數	58,010	60,129	61,536	63,105	66,595	70,964
4G LTE 用戶數	26	2,225	11,566	21,965	30,744	38,679

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3G 用戶數	56,746	57,905	49,970	41,140	35,851	32,285
3G 通訊模組服務	1,606	2,330	3,169	3,338	4,173	4,803
用戶平均每月語音通話分鐘數						
行動用戶每月平均通話分鐘數	134	126	118	109	112	120

資料來源：NTT DoCoMo，TTC 整理，2016 年 7 月

觀察 NTT DoCoMo 的營收，服務營收持續下降，不過，販售終端裝置之設備營收則呈現成長趨勢，因此讓合計營收仍向上成長。4G 開台後行動用戶平均 ARPU 一度下跌，從 2010 年的 5,320 日圓下降到 2014 年的 4,370 日圓，但 2015 年時 ARPU 反轉向上微升至 4,420 日圓。語音 ARPU 持續下降，由 2010 年的 2,530 日圓下降至 2015 年的 1,090 日圓，降幅達 57%。至於數據 ARPU 則持續上升，由 2010 年的 2,460 日圓上升至 2015 年的 2,620 日圓。如下表：

表 58　日本 NTT DoCoMo 營收增減狀況

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
服務營收（單位：百萬日圓）						
服務營收	3,361,235	3,334,036	3,176,931	2,963,980	2,747,155	2,815,507
設備營收	477,404	498,889	758,093	872,000	904,089	860,486
其他營收	385,634	407,078	535,098	625,223	732,153	851,091
總計營收	4,224,237	4,240,003	4,470,122	4,461,203	4,383,397	4,527,084
ARPU 統計（單位：日圓）						

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
行動用戶語音每月平均金額（語音ARPU）	2,530	2,200	1,760	1,410	1,180	1,090
其他費用（Smart ARPU）	330	350	420	500	590	710
行動用戶平均金額ARPU	5,320	5,140	4,900	4,610	4,370	4,420

資料來源：NTT DoCoMo，TTC 整理，2016 年 7 月

- 現有 4G 資費方案設計

NTT DoCoMo 的 4G 資費方案設計共計有家族方案與標準方案等型態，家族方案（Kake-Hodai）代表方案內的數據用量由參與方案的用戶共享，例如下圖中，一家戶的父母雙親與子女均參與家族方案，彼此可共享數據用量。方案中的費率組成，包括：基本月費、網際網路接取費、每月可用數據用量以及相關折扣。

申裝家族方案（Kake-Hodai）的用戶，每月基本費率可選擇支付日幣 2,700，可享無限量國內電話通話，若用戶對語音通話需求不高，則可申辦輕量型家族方案（Kake-Hodai Light），每月支付日幣 1,700，可享每通電話前 5 分鐘免費。

或者，用戶亦可選擇僅申辦數據方案作為每月基本費率，費率依終端裝置之不同而有差異，例如終端裝置為智慧

型手機或平板電腦時，綁約用戶之每月數據基本費為日幣 1,700，若終端裝置為數據卡或行動分享器，則每月數據基本費率為日幣 1,200。

用戶決定每月基本費率後，需支付網際網路接取費，智慧型手機之網際網路接續費為日幣 300。而後用戶更進一步選擇每月數據用量。近期家族方案更進一步更新數據包的方案內容，自 2016 年 9 月 23 日起，新增每月可用數據量達 50GB 的方案型態。新版數據包資訊如下：

表 59　日本 NTT DoCoMo 4G 資費

方案類型	每月可用數據量	月租費
家族方案	超級共享型 100GB	¥25,000
	超級共享型 50GB	¥16,000
	共享型 15GB	¥12,500
	共享型 10GB	¥9,500
	共享型 5GB	¥6,500
個人方案（或同 1 用戶名下有 2 個以上之終端設備）	超級數據 LL 型 30GB	¥8,000
	超級數據 L 型 20GB	¥6,000
	數據 M 型 5GB	¥5,000

資料來源：NTT DoCoMo，2016 年 10 月

- 營運策略分析

NTT DoCoMo 的 4G 資費方案以分享數據的思維方式提供，讓一家戶中的所有使用者均可共用一個帳戶內的數據用量，同時，隨著用戶對數據使用量的需求增加，今年 9 月起 NTT DoCoMo 提高了數據用量的上限，由原先的 30GB 提高到 100GB，數據使用量大幅提高，但價格並未顯著增加，由此可見，NTT Docomo 公司藉由資費方案之調整，滿足用戶對高額數據量之需求。

2. KDDI

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2012 年 9 月 21 日以 2.1GHz（Band 1）頻段開台。

4G 使用頻段：800MHz（Band 19）、2.1GHz（Band 1），正布建 APT 700MHz（Band 28）的 LTE 網路。

日本 KDDI 於 2012 年 9 月以 2.1GHz 頻段商轉 LTE 網路。隨後陸續導入 800MHz（Band 18）及 APT 700MHz 頻段用以布建 LTE 網路。2014 年 5 月更進一步宣布對 2.1GHz 及 800MHz 進行載波聚合，實現 LTE-Advanced 服務。KDDI 的子公司 UQ 通訊則於 2013 年 10 月商轉 LTE TDD 網路，使用 2.6GHz TDD 頻段（Band 41），最初服務範圍為東京，隨後於 2014 年 11 月推廣到全日本。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

日本 KDDI 於 2012 年 4G 服務開台後，行動總用戶數持續上升，惟 KDDI 於 2014 年相關資訊並未充分揭露，因此僅得就部份公開資訊進行說明。以行動語音通話分鐘數為例，用戶每月平均通話分鐘數由 2012 年的 149 分鐘，下降到 2014 年的 122 分鐘。至於每用戶平均裝置連線數，則由 2015 年的每用戶平均擁有 1.37 個行動裝置連線，上升至 2016 年每用戶平均有 1.41 個行動裝置連線。如下表：

表 60　日本 KDDI 服務量變化趨勢

	2012	2013	2014	2015	2016
用戶線路數（單位：千戶）					
行動總用戶數	37,374	41,794	40,522	43,478	45,909
UQ 通訊公司用戶（2013 年後不合併計算）	2,265	4,084	4,014	9,543	18,048
KDDI 用戶	35,109	37,709	40,522	43,478	45,909
KDDI 月租用戶	34,868	37,515	40,347	NA	NA
KDDI 預付用戶	241	194	175	NA	NA
3G 用戶	35,058	37,709	NA	NA	NA
2G 用戶	51	0	NA	NA	NA
客戶流失率					

	2012	2013	2014	2015	2016
行動用戶流失率	0.62%	0.63%	0.76%	0.69%	0.88%
語音使用量					
行動用戶每月平均通話分鐘數	149	138	122	NA	NA
行動裝置連線狀況					
每用戶平均行動裝置連線數	NA	NA	NA	1.37	1.41

資料來源：KDDI，TTC 整理，2016 年 7 月

日本 KDDI 用戶使用智慧型行動電話與 4G 行動電話的比重逐年上升，智慧型行動電話占比從 2013 年占總用戶比重 36.9%，上升至 2015 年總比重為 54%。4G 用戶數占總用戶比重亦逐年上升，由 2014 年的 35%，上升至 2015 年的 50%。

表 61　日本 KDDI 4G LTE 占總用戶比重

	2011	2012	2013	2014	2015
智慧型行動電話占比	NA	NA	36.9%	49.1%	54%
4G 用戶占比	尚未開台	-	-	35%	50%

資料來源：KDDI，TTC 整理，2016 年 7 月

日本 KDDI 營收自 2011 年後持續成長，2013 年間 KDDI 購併有線電視業者 J：COM，故 2014 年固網營收大幅成長。至於行動通信部門則穩定成長，從 2012 年的 1.59 兆日圓，成長到 2015 年的 1.69 兆日圓。用戶 ARPU 部分，語音 ARPU 持續下降，由 2011 年的 2,620 日圓，降至 2015 年的 1,820 日圓。數據 ARPU 持續上升，由 2011 年的 2,320 日圓，上升至 2015 年的 3,450 日圓。由於語音降幅過大，故行動用戶平均 ARPU 持續下降，自 2011 年的 4,940 日圓降至 2015 年的 4,230 日圓。

表 62　日本 KDDI 營收增減狀況

	2011	2012	2013	2014	2015
合併營收（百萬日圓）	3,434,546	3,572,098	3,662,289	4,333,628	4,270,094
個人事業別營收	NA	2,799,577	2,837,965	3,367,851	3,330,583
行動部門（au）營收	NA	1,591,188	1,568,373	1,679,109	1,691,731
固網營收	NA	327,768	365,039	696,592	695,420
設備銷售與維修營收	NA	802,339	830,074	912,957	725,415
其他	NA	NA	NA	NA	128,004
ARPU 統計（單位：日圓）					
行動用戶語音每月平均金額（語音 ARPU）	2,620	2,020	1,980	1,920	1,820
行動用戶數據每月平均金額（數據 ARPU）	2,320	2,490	2,850	3,220	3,450
每月須扣除之補貼	-	-	650	940	1,040
行動用戶平均金額 ARPU	4,940	4,510	4,430	4,200	4,230

註：2012 年 3 月後不再依行動網路、固定網路業務別區分，而修正為個人事業別、企業事業別及加值事業別等。

資料來源：KDDI，TTC 整理，2016 年 7 月

- 現有 4G 資費方案設計

  KDDI 之 4G 資費方案，其費率組成結構與 NTT DoCoMo 相似。用戶均需申裝基本使用費，該基本使用費主要為語音服務，基本使用費共有 3 種費率可以選擇，分別為：每通前 5 分鐘通話免費的輕量型(電話カケ放題プランS)，

月租費日幣 1,700 元；國內通話無限量的無限量型（電話カケ放題プラン），月租費日幣 2,700 元；及特定時段網內互打免費 LTE 型（LTE プラン），月租費日幣934 元。用戶挑選完基本費率後，需更進一步選擇數據用量，數據用量費率如下：

表 63　日本 KDDI 4G 資費方案設計

每月可用數據量	月租費	當月剩餘數具用量能否遞延至下個月
定額制 30GB	¥8,000	可
定額制 20GB	¥6,000	可
定額制 13GB	¥9,800	可
定額制 5GB	¥5,000	可
定額制 3GB	¥4,200	無
定額制 1GB	¥2,000	無

資料來源：KDDI，TTC 整理，2016 年 7 月

KDDI 用戶除每月基本費率與數據用量費率外，亦需支付網際網路接取費（LTE NET），費率為日幣 300 元。

- 營運策略分析

KDDI 的 4G 資費方案，在語音設計上分為 3 種階段，輕量型用戶為語音前 5 分鐘免費，而後則為特定時段網內互打免費與國內通話無限量之 2 種高用量型態。在數據用量上，KDDI 之費率最高上限暫時仍為 30GB，尚未跟進 NTT DoCoMo 調升到 100GB 之趨勢，後續可持續觀察。KDDI 方案中較特別之處，在於高用量型之資費，其當月數據未使用之剩餘用量，可遞延至下個月使用，此種設計讓用戶可充分運用其數據用量。

(五)韓國主要電信營運商資費發展簡介

1. SKT

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2011 年 7 月 1 日以 850MHz（Band 5）頻段開台。

4G 使用頻段：850MHz（Band 5）、1800MHz（Band 3）及 2.1GHz（Band 1）。

韓國 SKT 於 2011 年 7 月以 850MHz 頻段商轉 LTE 網路，最初服務範圍為首爾，後於 2012 年 4 月完成全國 84 個城市的服務涵蓋。2012 年 5 月 SKT 開始測試整合 850MHz 頻段與 1800MHz 頻段的 LTE-Advanced 服務，並於同年 7 月推出 LTE-Advanced 服務，最初服務範圍為首爾，其後於 2013 年陸續延伸至另外 23 個主要城市。至於 LTE-Advanced 的載波聚合服務則於 2013 年 6 月推出，SKT 宣稱該服務在整合 2 個頻段各 10MHz 的情況下，可達到下載速率 150Mbps。

SKT 在 2013 年透過競標取得 1800MHz 頻段更多頻寬資源後，更進一步推升其下載速率達 225Mbps，並於 2014 年 6 月商轉。同年間則開始進行將 2.1GHz 頻段整合為三載波聚合的網路布建作業，整合後下載速率可達 300Mbps。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

韓國 SKT 於 2011 年 4G 開台後，用戶數快速成長，由 2011 年的 63 萬戶，快速上升到 2015 年的 1,898 萬戶。3G 用戶數則逐年下降，從 2011 年的 1,903 萬，下降到 2015 年的 700 萬戶。智慧型行動電話申裝情況同樣大幅提升，2011 年時，智慧型行動電話占總用戶比重為 43%，至 2015 年時已上升至 75.4%。用戶數據使用情況受 4G 影響而大幅成長，由 2011 年每用戶每月平均使用 1.1GB，上升至 2015 年平均使用 3.9GB。

SKT 的行動業務營收則平穩維持在 10 兆韓圜至 11 兆韓圜之間，行動用戶 ARPU 自 4G 開台後逐年成長，由 2012 年的 40,128 韓圜，上升到 2015 年的 43,970 韓圜。

- 現有 4G 資費方案設計

韓國 SKT 目前 4G 資費方案主要以數據用量作為區分之標準。費率整理如下：

表 64　韓國 SKT 4G 資費方案設計

方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	月租費
T 系列 Master	35GB+2GB（每月可用數據量 35GB 用完後，每日可額外使用 2GB）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 110,000
T 系列 Classic	20GB+2GB（每月可用數據量 20GB 用完後，每日可額外使用 2GB）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 88,000
Band 數據系列完美 S 型	16GB+2GB（每月可用數據量 16GB 用完後，每日可額外使用 2GB）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 75,900
Band 數據系列完美型	11GB+2GB（每月可用數據量 11GB 用完後，每日可額外使用 2GB）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 65,890
Band 數據系列 6.5G	6.5GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 56,100
Band 數據系列 3.5G	3.5GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 51,700
Band 數據系列 2.2G	2.2GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 46,200
Band 數據系列 1.2G	1.2GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 39,600
Band 數據系列 300MB	300MB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 32,890

資料來源：SKT，TTC 整理，2016 年 7 月

- 營運策略分析

SKT 的 4G 資費方案，其宣稱之數據無限量型態，為方案中原先數據用量用罄後，用戶每日仍有額外使用 2GB 的機會，若該 2GB 數據量也用完，用戶仍可持續使用，惟使用速度可能調降。

在語音、簡訊用量上，SKT 現提供撥打固網與行網無限量通話之優惠。

2. KT

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2012 年 1 月 3 日以 1800MHz（Band 3）頻段開台。

4G 使用頻段：900MHz（Band 8）、1800MHz（Band 3）及 2.1GHz（Band 1）。

韓國 KT 於 2012 年 1 月於首爾地區商轉 LTE 網路，後於同年 4 月宣布服務範圍涵蓋達全國 84 個城市。KT 於 2013 年透過拍賣取得 1800MHz 額外頻寬，因此得以實現下載速率達 150Mbps。而後 KT 更進一步使用 900MHz 頻段（Band 8）之頻譜資源，與原有 1800MHz 頻段進行載波聚合。2015 年 1 月時，KT 商轉其三載波聚合（3CA）的 LTE-Advanced 服務，下載速率最高可達 300Mbps。聚合頻寬包括 900MHz 使用 10MHz、1800MHz 頻段使用 20MHz 及 2.1GHz 使用 10MHz。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

韓國 KT 於 2012 年 4G 開台後，4G 用戶數快速成長，由 2012 年的 390 萬戶，快速上升到 2015 年的 1,283 萬戶。3G 用戶數則逐年下降，從 2012 年的 1,260 萬，下降到 2015 年的 520 萬戶。至於用戶每月平均語音通話分鐘數則穩定上升，從 2012 年的 174 分鐘上升為 2015 年的 216 分鐘。

表 65　韓國 KT 服務量變化趨勢

	2011	2012	2013	2014	2015
用戶線路數（單位：千戶）					
行動總用戶數	17,307	17,436	17,300	18,053	18,723
4G 用戶數	未開台	3,900	7,874	10,780	12,832
3G 用戶數	16,463	12,601	8,580	6,520	5,206
LTE 占比	-	22.3%	47.8%	59.7%	71.1%
每用戶每月平均語音通話分鐘數	183	174	182	196	216

資料來源：KT，TTC 整理，2016 年 7 月

KT 的行動業務營收則平穩維持在 6～7 兆韓圜之間，行動用戶 ARPU 自 4G 開台後逐年成長，由 2012 年的 33,519 韓圜，上升到 2015 年的 36,049 韓圜。LTE 服務帶動 ARPU 成長，2013 年與 2014 年的 LTE 用戶 ARPU 分別為 44,500 韓圜與 44,000 韓圜，均高於用戶平均 ARPU。

表 66　韓國 KT 營收增減情況

	2011	2012	2013	2014	2015
營運營收（10 億韓圜）	21,979	24,644	23,146	22,613	22,700
行動業務營收	6,813	6,578	6,712	7,104	7,260
營業支出	20,003	22,964	22,911	23,392	21,623
ARPU 統計（韓圜）					
行動用戶平均金額 ARPU	34,379	33,519	35,236	35,043	36,049
LTE 用戶 ARPU	NA	NA	44,500	44,000	NA

資料來源：KT，TTC 整理，2016 年 7 月

- 現有 4G 資費方案設計

韓國 KT 之 4G 資費方案整理如下：

表 67　韓國 KT 4G 資費方案設計

方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	月租費
數據 109 型	30GB+2GB（每月可用數據量 35GB 用完後，每日	撥打固網/行網無限量通話	KRW 109,890

方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	月租費
	可額外使用 2GB，速率 5Mbps）		
數據 76.8 型	15GB+2GB（每月可用數據量 20GB 用完後，每日可額外使用 2GB，速率 3Mbps）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 76,890
數據 65.8 型	10GB+2GB（每月可用數據量 16GB 用完後，每日可額外使用 2GB）	撥打固網/行網無限量通話	KRW 65,890
數據 54.8 型	6GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 54,890
數據 49.3 型	3GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 49,390
數據 43.8 型	2GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 43,890
數據 38.3 型	1GB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 38,390
數據 32.8 型	300MB	撥打固網/行網無限量通話	KRW 32,890

資料來源：KT，TTC 整理，2016 年 10 月

- 營運策略分析

KT 的 4G 資費方案設計思維與 SKT 相近，該公司之數據無限量方案同樣為數據用量用鑿後，額外提供用戶每日仍有使用 2GB 的機會，若該 2GB 數據量也用完，用戶仍可持續使用，為網路使用速度會略為調降至 3G 網路的速度。

在語音、簡訊用量上，KT 同樣提供撥打固網與行網無限量通話之優惠。

(六)澳洲主要電信營運商資費發展簡介

1. Telstra

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2011 年 9 月 27 日以 1800MHz 頻段開台。

4G 使用頻段：APT 700MHz（Band 28）、850MHz（Band 5）、900MHz（Bnad 8）、1800MHz（Band 3）及 2.6GHz（Band 7）。

澳洲 Telstra 於 2011 年 9 月以 1800MHz 頻段商轉 LTE 網路，最初服務範圍為中央商業區域，而後拓展至 30 個區域或都會中心。2013 年 2 月 Telstra 宣布將運用 900MHz 頻段布建 LTE 網路，並規劃於 2014 年底將 2G/GSM 網路關閉。2014 年間 Telstra 完成 LTE-Advanced 載波聚合的測試與布建，透過聚合 1800MHz 頻段及 2.6GHz 頻段各 20MHz，可實現下載速率達 450Mbps。2015 年 7 月時，Telstra 商轉其 APT 700MHz 的 LTE 網路，初期應用於伯斯、格里菲斯等城市。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

澳洲 Telstra 於 2011 年底 4G 開台後，用戶數快速成長，由 2012 年的 37 萬戶，快速上升到 2015 年的 890 萬戶。受 4G 用戶上升的影響，Telstra 用戶數逐年增長。此外，Telstra 用戶的語音通話分鐘數由 2011 年的 135 億分鐘成長到 2016 年的 266 億分鐘，SMS 簡訊數由 2011 年的 99 億成長到 2015 年的 176 億。

表 68　澳洲 Telstra 4G LTE 用戶數

單位：千戶	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4G 用戶數	未開台	375	2,800	5,200	7,700	8,900

資料來源：Telstra，TTC 整理，2016 年 7 月

澳洲 Telstra 的行動業務營收自 2011 年以來逐年上升，無論是月租用戶、預付用戶或網卡用戶，營收均呈現成長趨勢，以月租用戶為例，2011 年行動月租用戶營收達 44 億澳幣，2015 年已成長為 53.8 億澳幣。Telstra 行動用戶平均 ARPU 則於 4G 開台後有所變動，例如：於 2011～2014 年間呈現下滑趨勢，由每用戶每月 48.9 澳幣下降至 2014 年的 43.2 澳幣，不過 2015 年時用戶平均 ARPU 已有所回升。網卡用戶 ARPU

則持續下降，自 2011 年的 40.2 澳幣下降到 2015 年的 28.49 澳幣。

- 現有 4G 資費方案設計

澳洲 Telstra 的 4G 資費方案依使用情境分為 4 種模式，如下圖：

表 69　澳洲 Telstra 4G 資費

方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	月租費
S	1GB	550 分鐘＋無限量則簡訊	A$55
M	3GB	無限量國內通話分鐘＋無限量則簡訊	A$75
L	10GB	無限量國內與國際（特定 10 個國家）通話分鐘＋無限量則簡訊	A$95
XL	20GB	無限量國內與國際（特定 10 個國家）通話分鐘＋無限量則簡訊	A$135
XXL	30GB	無限量國內與國際（特定 10 個國家）通話分鐘＋無限量則簡訊	A$195

資料來源：Telstra，TTC 整理，2016 年 7 月

- 營運策略分析

Telstra 的 4G 資費方案依照數據用量高低分為五種，除了基本型用量提供每月 550 語音通話分鐘外，其餘方案均提供無限量之國內通話分鐘數與無限量則簡訊。

數據用量則由 1GB 至 30GB，除此之外，高額度的數據用量資費尚會提供部份國際通話時間與簡訊，滿足用戶對於國際通話分鐘數之需求。

2. Optus

- 4G 開台基本資料

4G 開台時間：2012 年 7 月 31 日以 1800MHz 頻段開台。

4G 使用頻段：APT 700MHz（Band 28）、1800MHz（Band 3）、2.6GHz（Band 7）及 2.3GHz TDD（Band 40）。

澳洲 Optus 於 2012 年於雪梨與伯斯以 1800MHz 頻段開台 4G 網路後，2015 年 4 月 LTE 網路布建範圍已達都會區 75%人口。2013 年則藉由收購 Vivid wireless 的機會，取得 2.3GHz 頻段近 98MHz 的頻譜資源，並藉以商轉其 LTE TDD 網路。

2013 年 Optus 藉由頻譜拍賣的機會，取得 APT 700MHz 與 2.6GHz 頻譜資源，並更進一步於 2014 年 7 月分別在伯斯與達爾文等城市商轉 APT 700MHz LTE 網路。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

澳洲 Optus 於 2012 年 4G 開台後，用戶數穩定成長，由 2013 年的 78 萬戶，上升到 2016 年的 467 萬戶。不過，Optus 的行動用戶數並未因 4G 服務的推出受到激勵，用戶數持續下降，從 2012 年的 948 萬戶持續降為 2016 年的 933 萬戶。用戶每月使用語音通話分鐘則有所起伏，2012 年月租用戶每月平均使用 232 分鐘，持續衰退到 2014 年的 216 分鐘，而又於 2015 年回升，2016 年月租用戶每月平均使用 249 分鐘。至於預付用戶每月使用分鐘數則穩定成長，由 2012 年的 93 分鐘成長到 2016 年的 130 分鐘。

澳洲 Optus 的行動業務營收持續衰退，由 2012 年的 50 億澳幣下降到 2016 年的 46 億。不過，數據營收占服務營收比重持續上升，由 2012 年的 46%上升到 2016 年的 69%。至於 ARPU 值則平穩無太大變動，行動用戶平均 ARPU 維持在 41 澳幣，月租用戶平均 ARPU 則落於 58 澳幣到 61 澳幣之間。

- 現有 4G 資費方案設計

澳洲 Optus 的 4G 資費方案，其中月租型方案依使用量高低區分，如下表：

表 70　澳洲 Optus 4G 資費方案

每月可用數據量	語音通話內容	月租費
1GB	無限量國內通話分鐘＋無限量則簡訊	A$40
3.5GB	無限量國內通話分鐘＋國際通話 150 分鐘＋無限量則簡訊	A$65
8GB	無限量國內通話分鐘＋國際通話 300 分鐘＋無限量則簡訊	A$85
15GB	無限量國內通話分鐘＋國際通話 400 分鐘＋無限量則簡訊	A$100
20GB	無限量國內通話分鐘＋無限量國際通話分鐘＋無限量則簡訊	A$120

資料來源：Optus，TTC 整理，2016 年 7 月

- 營運策略分析

  Optus 的 4G 資費方案設計與 Telstra 相同，除了依照數據用量高低區分外，基本型方案就提供無限量國內通話分鐘數與無限量簡訊。除此之外，更高階的資費方案內國際通話分鐘數之額度也隨之提高。

(七)新加坡主要電信營運商資費發展簡介

1. Singtel

- 4G 開台基本資料

  4G 開台時間：2011 年 12 月 22 日以 1800MHz 頻段、2.6GHz 頻段開台。

  4G 使用頻段：1800MHz（Band 3）、2.6GHz（Band 7）。正在測試應用下列頻段於 LTE 網路，包括：900MHz（Band 8）、2.6GHz TDD（Band 38）及 2.3GHz TDD（Band 40）。

  新加坡 Singtel 於 2011 年底商轉 LTE 網路後，2013 年 5 月宣布完成 LTE Cat.4 的布建，下載速率最快可達 150Mbps，服務涵蓋全國。2014 年 5 月 Singtel 透過載波聚合，整合 1800MHz 與 2.6GHz 頻段各 20MHz，實現下載速率可達 300Mbps。2015 年間 Singtel 則透過所取得的 900MHz 頻段，規劃布建三載波聚合（3CA）的 LTE-Advanced 服務，下載速率可達 450Mbps。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

  新加坡 Singtel 於 2011 年年底開台 4G 服務後，4G 用戶數穩定成長，由 2013 年的 37 萬戶，上升到 2016 年的 229 萬戶。同時，行動總用戶數亦受 4G 服務推出之激勵，由 2012 年的 358 萬戶成長到 2016 年的 410 萬戶。無論是月租用戶數或預付用戶數，大多呈現上升趨勢。對於語音通話分鐘數使用情形，自 4G 開台後持續下降。2012 年時，月租用戶每月平均語音分鐘數為 333 分鐘，至 2016 年時已降為 251 分鐘。

  新加坡 Singtel 的行動業務營收自 4G 開台後持續成長，由 2012 年的 18.8 億新幣成長到 2016 年的 21.2 億新幣。數據營收占整體服務營收比重亦逐年成長，由 2012 年的 42%到 2016 年已達 50%。不過，Singtel 的行動用戶 ARPU 自 4G 開台後略為下降，整體平均 ARPU 由 2012 年的 53 新幣下降到 2016 年的 48 新幣。月租用戶平均 ARPU 更顯著由 2012 年的 85 新幣降為 2016 年的 72 新幣。惟預付用戶 ARPU 小幅成長，由 2012 年的 15 新幣上升為 2016 年的 18 新幣。

- 現有 4G 資費方案設計

  新加坡 Singtel 的 4G 資費方案設計為整合語音與數據之整合方案，依使用量高低分為 6 種，如下圖：

	Outgoing Calls	Incoming Calls	Local SMS/MMS	Local Data	Singtel Wifi	Monthly Subscription
Combo 1	100 mins	FREE	500	100MB	NA	$27.90
Combo 2	200 mins	FREE	1000	2GB	2GB. Unlimited usage from launch until 31 March 2017.	$42.90
Combo 3	300 mins	FREE	1200	3GB	2GB. Unlimited usage from launch until 31 March 2017.	$62.90
Combo 4	400 mins	FREE	1300	4GB	2GB. Unlimited usage from launch until 31 March 2017.	$82.90
Combo 6	700 mins	FREE	1500	6GB	2GB. Unlimited usage from launch until 31 March 2017.	$102.90
Combo 12	Unlimited	FREE	Unlimited	12GB	2GB. Unlimited usage from launch until 31 March 2017.	$239.90

資料來源：Singtel，2016 年 7 月

圖 94　結合型資費方案

- 營運策略分析

  Singtel 的 4G 資費方案為整合語音與數據之整合型方案，數據從 100MB～12GB，語音分鐘數則從 100 分鐘到無限量分鐘數都有，並提供無限量簡訊。

  Singtel 的 4G 資費方案提供用戶可額外接取 Singtel Wi-Fi 的機會，原方案內容為每月提供 2GB 的 Wi-Fi 使用量，現階段則提供無限量 Wi-Fi 用量之促銷優惠。

2. Starhub

- 4G 開台基本資料

  4G 開台時間：2012 年 9 月 19 日以 1800MHz 頻段開台。

  4G 使用頻段：1800MHz（Band 3）、2.6GHz（Band 7）。

  新加坡 Starhub 於 2012 年第 3 季商轉 LTE 網路，最初於中央商業區、樟宜機場等區域提供服務。而後 Starhub 藉由 2013 年的拍賣取得 2.6GHz 頻譜資源，因而於 2014 年間 Starhub 將其 LTE 網路之部分區域升級至下載速率達 150Mbps，更進一步於 2014 年底推出 LTE-Advanced 服務，下載速率達 300Mbps，聚合 1800MHz 與 2.6GHz 頻段。目前 Starhub 正進行 LTE TDD 網路的測試與布建。

- 4G 開台後之服務量變化與營收增減情況

新加坡 Starhub 於 2012 年開台 4G 服務後，用戶數仍維持於 220～230 萬之間，不過月租用戶數有上升的趨勢，由 2012 年的 110 萬戶成長到 2015 年的 132 萬戶。

新加坡 Starhub 於 2012 年開台 4G 服務後，營收並無顯著變化，仍維持於 12 億新幣之間。月租用戶平均 ARPU 亦無過大變動，仍維持於 70 新幣上下。惟月租用戶中，非語音服務占整體 ARPU 比重逐年成長，由 2012 年的 42.1%上升至 2015 年的 58.2%。

- 現有 4G 資費方案設計

新加坡 Starhub 之 4G 資費方案，月租型方案依使用量高低區分為以下 6 種：

表 71　新加坡 Starhub 4G 資費方案

方案名稱	每月可用數據量	語音通話內容	月租費
4G 300M	300MB	100 分鐘+500 則簡訊	S$27.90
4G 3	3GB	150 分鐘+1000 則簡訊	S$42.90
4G 4	4GB	350 分鐘+1200 則簡訊	S$62.90
4G 5	5GB	450 分鐘+1300 則簡訊	S$82.90
4G 6	6GB	700 分鐘+1500 則簡訊	S$102.90
4G 12	12GB	無限量分鐘+無限量則簡訊	S$220.00

資料來源：Starhub，2016 年 7 月

- 營運策略分析

Starhub 的 4G 資費方案設計與 Singtel 相近，數據用量最低由 300MB 起算，最高則為 12GB，通話分鐘數之設計則大多略高於 Singtel 之方案內容，月租費價格則略低於 Singtel。

(八)我國主要電信營運商資費發展簡介

1. 中華電信

我國中華電信之 4G 資費方案，依方案型態區分為大 4G 新精彩 Hami 包購機方案、大 4G 新購機方案及大 4G 新單門號方案。

大4G 新精采Hami包購機方案

月繳金額		458	568	678	898	1098	1298	1498	1898	2798
資費限制（4G一般型資費適用）		4G 399型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 799型（含）以上	4G 999型（含）以上	4G 1199型（含）以上	4G 1399型（含）以上	4G 1799型（含）以上	4G 2699型（含）以上
上網用量優惠	免費行動上網量	1.5GB	前4個月上網無限用	前12個月上網無限用				上網無限用		
			3GB	5GB	8GB	15GB	25GB			
	免費CHT Wi-Fi上網	無		超過5萬個CHT Wi-Fi上網免費用						
通話用量優惠	熱線免費講	1門	1門	2門	3門	3門	行動最大網 網內免費			
	網內每通免費分鐘數	前1分鐘	前3分鐘	前5分鐘	前7分鐘	前10分鐘				
	網內免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	45分鐘	60分鐘	100分鐘				
	網外免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	30分鐘	40分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	220分鐘
	市話免費分鐘數	10分鐘	20分鐘	20分鐘	35分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	800分鐘
其他優惠	網內免費簡訊(則)	無	150	150	200	250	300	450	600	無限用
	Hami服務	精采 Hami 包多選一 中華影視-Hami電視 / Hami Pass / Hami書城 / 童書夢工廠 / KKBOX / 至尊股票機 / 中華影視VOD全館 來電答鈴超值包+Hami鈴聲館 / 來電答鈴超值包+CHT Wi-Fi上網(限月繳458/568/678資費之客戶選搭)								

資料來源：中華電信，2016 年 7 月

圖 95　新精采 Hami 包購機方案

大4G 新購機方案

月繳金額		359	469	579	799	999	1199	1399	1799	2699
資費限制（4G一般型資費適用）		4G 399型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 799型（含）以上	4G 999型（含）以上	4G 1199型（含）以上	4G 1399型（含）以上	4G 1799型（含）以上	4G 2699型（含）以上
上網用量優惠	免費行動上網量	1.5GB	前4個月上網無限用	前12個月上網無限用				上網無限用		
			3GB	5GB	8GB	15GB	25GB			
	免費CHT Wi-Fi上網	無		超過6萬個CHT Wi-Fi上網免費用						
通話用量優惠	熱線免費講	1門	1門	2門	3門	3門	行動最大網 網內免費			
	網內每通免費分鐘數	前1分鐘	前3分鐘	前5分鐘	前7分鐘	前10分鐘				
	網內免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	45分鐘	60分鐘	100分鐘				
	網外免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	30分鐘	40分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	220分鐘
	市話免費分鐘數	10分鐘	20分鐘	20分鐘	35分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	800分鐘
其他優惠	網內免費簡訊(則)	無	150	150	200	250	300	450	600	無限用

（合約期間:30個月）

資料來源：中華電信，2016 年 7 月

圖 96　新購機方案

大4G 新精彩Hami包單門號方案

月繳金額		458	568	678	898	1098	1298	1498	1898	2798
資費限制（4G一般型資費適用）		4G 399型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 599型（含）以上	4G 799型（含）以上	4G 999型（含）以上	4G 1199型（含）以上	4G 1399型（含）以上	4G 1799型（含）以上	4G 2699型（含）以上
上網用量優惠	免費行動上網量	1.5GB	3GB	前6個月上網無限用			上網無限用			
				5GB	8GB	15GB				
	免費CHT Wi-Fi上網	無			超過5萬個CHT Wi-Fi上網免費用					
通話用量優惠	熱線免費調	1門	1門	2門	3門	3門	行動最大網 網內免費			
	網內每通免費分鐘數	前1分鐘	前3分鐘	前5分鐘	前7分鐘	前10分鐘				
	網內免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	45分鐘	60分鐘	100分鐘				
	網外免費分鐘數	15分鐘	30分鐘	30分鐘	40分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	220分鐘
	市話免費分鐘數	10分鐘	20分鐘	20分鐘	35分鐘	50分鐘	65分鐘	100分鐘	200分鐘	800分鐘
其他優惠	網內免費簡訊(則)	無	150	150	200	250	300	450	600	無限用
	Hami服務	精采 Hami 包多選一 中華影視-Hami電視 / Hami Pass / Hami書城 / 童書夢工廠 / KKBOX / 至尊股票機 / 中華影視VOD全館 來電答鈴超值包+Hami鈴聲館 / 來電答鈴超值包+CHT Wi-Fi上網(限月繳458/568/678資費之客戶選搭)								

資料來源：中華電信，2016 年 10 月

圖 97　新 Hami 包單門號方案

● 營運策略分析

相較於其他國家電信業者 4G 資費之設計，我國中華電信之 4G 資費在整體上，區分為購機方案與單門號方案，購機方案又更進一步提供整合 APP 加值服務的 Hami 包方案與純購機方案，兩者間月租費價格會有些微差異。在數據用量之設計上，中華電信 4G 資費從 1.5GB 至無限量數據使用量，相較於其他國家業者提供有條件式之 4G 數據無限量方案，我國中華電信提供的無限量數據方案內容顯然更為優惠。其他國家用戶最多可選擇之數據用量約為 20～30GB 之間，少數國家則有 50GB 或 100GB 的設計（如：美國與日本），而中華電信在 15GB 以上的級距就提供無限量數據方案，顯然更為貼近消費者以數據為核心之需求。

在語音通話分鐘數設計上，中華電信則採熱線號碼免費通話的方式，同時依照月租費金額設計不同型態的語音通話分鐘數。此一設計思維則與國外業者資費略有差異，目前大多數國外業者均已提供無限量語音通話分鐘數，

即便基本型資費所提供的語音通話分鐘數，通常用量也多達 100 分鐘或 500 分鐘，中華電信則未採取此種設計型態。

在簡訊設計上，中華電信 4G 資費則採提供每月一定額度免費簡訊的設計思維。

2. 台灣大哥大

我國台灣大哥大之 4G 資費方案，依方案型態區分為 4G 上網綁約優惠方案：

4G飆速手機上網專案

	月租費	$399	$599	$799	$999	$1,199	$1,399	$1,599	$1,899	$2,599
上網優惠	原上網傳輸量	~~300MB~~	~~1GB~~	~~2GB~~	~~3GB~~	~~4GB~~	合約期間上網吃到飽(不降速)			
	優惠一	3GB	6GB	9GB	16GB	26GB				
	優惠二	約期30個月 ▶ 前3個月上網吃到飽	約期24個月 ▶ 前6個月上網吃到飽		約期24個月 ▶ 前12個月上網吃到飽					
			約期30個月 ▶ 前12個月上網吃到飽		約期30個月 ▶ 前15個月上網吃到飽					
語音優惠	網內免費	每通前3分鐘	每通前5分鐘	每通前10分鐘	每通前10分鐘	網內免費				
	網外免費	20分鐘	30分鐘	40分鐘	50分鐘	70分鐘	100分鐘	120分鐘	200分鐘	220分鐘

資料來源：台灣大哥大，2016 年 10 月

圖 98　4G 飆速手機上網專案

4G飆速平板上網專案

月租費	$299	$499	$699	$899	$999	$1,199	$1,499
新申裝傳輸量	2GB	3.5GB	20GB	30GB	合約期間上網吃到飽(不降速)		
續約優惠	2GB	3.5GB	20GB	上網吃到飽(不降速)	–		
上網優惠	–	–	前6個月上網吃到飽(不降速)				
續約/3G平板用戶升級4G $899以上資費即享合約期間上網吃到飽							

資料來源：台灣大哥大，2016 年 10 月

圖 99　4G 飆速平板上網專案

● 營運策略分析

台灣大哥大的 4G 資費設計，開始依照終端裝置的不同而設計差異化。例如提供給平板電腦的資費方案，其每月可用數據量明顯高於提供給手機的資費方案，顯見台灣大哥大已掌握平板電腦型態以數據為使用核心的資費設計思維，提供 2GB 到無限量吃到飽之資費方案。

至於在手機上網部分，台灣大哥大的基本型數據設計為3GB，相較於其他國家而言，可用數據量更高，同時提供用戶前幾個月無限量數據用量之優惠，提升用戶使用行動寬頻數據的誘因。

二、全球主要電信營運商推動 VoLTE 服務情形與資費設計

(一)整體趨勢

傳統 2G 及 3G 網路時代時，行動網路業者每天承載數以億計的語音訊務量主要透過語音迴路交換（Circuit Switched，CS）進行。自技術演進至 4G LTE 時代後，由於整體網路架構已轉變為以 IP 為基礎的網路環境，因此技術上衍生出透過 LTE 的全 IP 化網路環境提供語音服務，語音訊務視為封包的一種，於 IP 網路環境中傳輸、完成封包交換。

VoLTE 的優點包括提供高解析度的語音通話品質。同時在通話設定時間上更為縮短，傳輸速率也更佳，並且拓展了訊息服務的界線，不僅僅傳送語音，同時也可以傳送影音內容。

對業者而言，實施 VoLTE 可帶來成本和維運上的幾項優點：

- 相較於傳統語音，頻譜使用效率更佳；
- 避免為了提供語音服務而必須維持一個網路，數據卻透過另一個網路提供服務的成本；
- 使未來影像通話變得更可能；
- 與 VoIP 相比，VoLTE 可增加 40%的手持設備電池使用週期；
- 提供更清晰的通話品質；
- 提供更快速的通話設定時間等。

根據 GSMA 統計，2016 年 9 月時全球已有約 49 個國家 86 個業者提供 VoLTE 服務，包括澳洲 Telstra、日本 NTT DoCoMo 與 KDDI、韓國 SK Telecom、KT 及 LG U^+、英國 3UK 及美國 Verizon 與 AT&T 等。

現階段國外主要業者提供 VoLTE 服務之費率，多無須另外支付月租費，以韓國 LG U+為例，該公司目前提供的資費方案中，許多方案均採撥打語音、使用簡訊無限量的設計。日本 Softbank 則同樣無須另外支付月租費，用戶註冊後即可使用 VoLTE 服務，不過僅限於網內通話。中國大陸移動香港則讓 4G 月租制用戶免費使用 VoLTE，使用 VoLTE 所產生的數據訊務無須自原申辦方案中的每月可用數據用量中扣抵。我國目前則有台灣之星與台灣大哥大宣布推出 VoLTE 服務，目前兩家業者的 VoLTE 服務均只支援 iPhone 6/6S 系列行動電話，用戶向客服申辦後即可使用，且僅限於撥打網內。

本研究將調查全球主要電信營運商對 VoLTE 服務之推動情形，並探討該業者對 VoLTE 服務之資費設計思維。本研究挑選之研究業者如下表：

表 72　本計畫預計蒐研之全球主要電信營運商

研究國家	美國	英國	日本	韓國	澳洲	新加坡
業者 1	Verizon	EE	NTT DoCoMo	SK Telecom	Telstra	Singtel
業者 2	AT&T	Vodafone	KDDI	KT	Optus	Stathub

資料來源：TTC 整理，2016 年 7 月

(二)美國主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. Verizon

美國 Verizon 於 2014 年 9 月推出 VoLTE 服務。

Verizon 的用戶申辦 Verizon 行動資費方案後，若裝置支援 VoLTE 標準時，即可使用 Verizon 的 VoLTE 服務，無需額外付費。

2016 年 8 月時，Verizon 更進一步開放預付型用戶也可使用 VoLTE，VoLTE 通話費率與語音標準費率相同。

2. AT&T

美國 AT&T 於 2014 年 5 月推出 VoLTE 服務，初期於伊利諾、明尼蘇達、印第安納及威辛康辛等州推出。2015 年底時，AT&T 已經擁有 270 萬戶啟用 VoLTE，且服務範圍涵蓋達 2 億多戶的美國人口。

使用 AT&T 的 VoLTE 服務無需另外付費，只要使用者申辦 AT&T 的行動資費方案，使用終端裝置屬於 AT&T 高畫質語音終端裝置列表之一，且使用時位於 AT&T 高畫質語音服務訊號範圍內，即可使用 AT&T 的 VoLTE 服務。

目前 AT&T 與 Verizon 已於 2014 年協議達成 VoLTE 跨網互通機制，原訂於 2015 年底開始提供 VoLTE 跨網互通，而後因測試等問題，直至 2016 年年中方完成部分用戶可使用 VoLTE 跨網互通之機制。

(三)英國主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. EE

英國 EE 於 2016 年 3 月商轉 VoLTE 服務，EE 用戶只要申辦月租型方案，且使用裝置屬於 EE 支援 VoLTE 終端裝置列表之一時，無需額外成本即可使用 VoLTE 服務。使用 VoLTE 所耗費的語音通話分鐘數自用戶申辦方案內之可用通話分鐘數扣除。

2. Vodafone UK

英國 Vodafone 目前仍在建置 VoLTE 服務，原先 Vodafone 預計於 2015 年夏季時推出 VoLTE 與 Wi-Fi 通話服務，惟目前尚未正式商轉。

(四)日本主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. NTT DoCoMo

日本 NTT DoCoMo 於 2014 年 6 月底推出 VoLTE 服務，並於 2015 年宣布和韓國 KT 完成 VoLTE 漫遊之測試。同時也宣布與美國 Verizon 完成跨國漫遊之驗證機制。

NTT DoCoMo 於 2016 年宣布將更進一步提出 VoLTE HD^{+}服務，該服務具備更好的聲音品質，只要終端設備支持該標準即可使用。

NTT DoCoMo 對於 VoLTE 的收費機制，若用戶已申辦該公司的月租資費方案時，則無需另外付費；若用戶未申辦該公司的月租方案，則每 30 秒收費 20 日元。

當用戶使用 VoLTE 的影像通話服務時，數據費用自資費方案內提供之可用數據量扣除，若用戶未申辦數據方案，則以每 KB 酌收 0.6 日元費率收費。

2. KDDI

日本 KDDI 於 2014 年 12 月推出 VoLTE 服務。若用戶使用之終端裝置符合 KDDI 的 VoLTE 裝置列表時，即有機會使用 KDDI 的 VoLTE 服務。

KDDI 的 VoLTE 資費，用戶可選擇申辦「語音 Party」方案，每月月租費 300 日元，最多可同時與 30 個使用者通話，可以發話給其他行動業者與固網業者的電話。另外，申辦語音電話基本型的用戶，亦可直接使用 KDDI 的 VoLTE 服務。KDDI 語音電話基本型月租費為 400 日元。

(五)韓國主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. SKT

韓國 SKT 於 2012 年 8 月推出 VoLTE 服務，2014 年時該公司 VoLTE 用戶突破千萬戶。用戶只要申辦 SKT 的資費方案，即可使用 VoLTE，無需額外付費，透過 VoLTE 使用的通話分鐘數可直接於用戶申辦之資費方案用量中扣除，目前 SKT 絕大多數資費方案均提供無限量語音通話分鐘數。

2. KT

韓國 KT 於 2012 年 10 月推出 VoLTE 服務，用戶只要申辦KT的資費方案，即可使用 VoLTE，無需額外付費。KT 於 2015 年 2 月和日本 NTT DoCoMo 宣布成功測試 VoLTE 漫遊的服務。

韓國科學、資訊與未來規劃部（Ministry of Science, ICT and Future Planning，MSIP）於 2015 年 11 月 22 日宣布，該國 3 家行動業者已完成各自 VoLTE 業務間的互連互通，並於 23 日正式商轉。韓國為全球第 1 個完成 VoLTE 互連商轉的國家。

以往由於業者間無法達成互連費用與收費政策的共識，因此業者間 VoLTE 互連作業進度緩慢，最初 VoLTE 服務大多只能應用在同一業者的網內撥打。MSIP 於 2012 年 8 月籌組 VoLTE 互連技術諮詢專家小組，召集三大業者與電子通訊研究院（Electronics and Telecommunications Research Institute，ETRI）、韓國資訊社會發展研究院（Korea Information Society Development Institute，KISDI）及電信技術協會（Telecommunications Technology Association，TTA）共同溝通、推動 VoLTE 的互連互通作業。MSIP 整理 VoLTE 互連的重要發展如下表：

表 73　MSIP 整理 VoLTE 互連的重要發展

時間	推動內容
2012.8	MSIP 邀請三大行動業者與 ETRI、KISDI 及 TTA 參與，組成 VoLTE 互連技術諮詢專家小組
2013.8	韓國電信技術協會（TTA）確立 VoLTE 互連互通標準規格。
2013.12～2014.3	進行業者行動網路間之互連測試
2014.4～2014.9	進行設備的互連測試
2015.7	第一階段商轉：服務導入至試驗團體
2015.8～10	第二階段商轉：服務擴展到跨業者之 VoLTE 用戶

時間	推動內容
2015.11	第三階段商轉：正式商轉

資料來源：MSIP，TTC 整理，2016 年 7 月

(六)澳洲主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. Telstra

澳洲 Telstra 於 2015 年 9 月 16 日推出 VoLTE 服務，初期僅月租用戶可使用 VoLTE。申辦月租資費的用戶可直接使用 VoLTE，無需額外付費，預付用戶目前尚未開放，Telstra 預計於 2016 年下半季推出 ViLTE 服務(影音)。

2. Optus

澳洲 Optus 於 2016 年 5 月商轉 VoLTE 服務，初期先以澳洲主要大城市作為服務供應區域，例如：雪梨、墨爾本、布里斯班、柏斯及坎培拉等地。目前開放給 Optus 的個人與商業月租用戶使用 VoLTE，無需額外付費。

(七)新加坡主要電信營運商 VoLTE 服務情形

1. Singtel

新加坡 Singtel 於 2014 年 5 月 31 日推出 VoLTE 服務，服務名稱為 4G ClearVoice。另外也提供 WiFi 撥打的服務。Singtel 的月租用戶可使用 VoLTE，所使用的語音通話分鐘數，可自用戶申辦之月租方案通話分鐘數中扣除，若超過方案內提供之通話分鐘數，則以語音標準費率收費，每分鐘新幣 16.05 分。

2. Starhub

新加坡 Starhub 於 2014 年 6 月 28 日推出 VoLTE 及 HD Voice 服務，給申裝該公司智慧方案（SmartSurf HD）與 4G 行動資費方案的用戶。用戶使用 VoLTE 時無需額外付費。

(八)電信業者 VoLTE 服務發展小結

由前小節之介紹可知，現階段大多數主要業者對 VoLTE 資費設計的思維，以吸引用戶使用為主要考量。多數業者的 VoLTE

服務目前僅開放月租用戶使用，計費原則與既有語音服務同步。故倘若用戶原月租資費方案中已附加無限制通話分鐘數，則可直接使用 VoLTE 如同既有語音服務；但倘若為有限通話分鐘數，則 VoLTE 記入原有語音通話分鐘數。少部分業者開放預付卡用戶可使用 VoLTE，資費與語音服務同步。

目前費率設計之思維亦反映在服務面尚未完整之現況，多數業者使用對象多侷限於撥打網內用戶，跨網互通則多處於測試階段。目前已可跨業者別並完整提供 VoLTE 服務的案例仍屬少數。故 VoLTE 的資費設計上，短期內應難以考量額外的費率方案。

三、國際主要電信營運商創新加值服務發展動態

4G 普及化使得越來越多服務與智慧型行動電話、網路、雲端產生連結。與 3G 相比，4G 普及化的優勢在於使高流量的影音內容傳遞更加流暢，因此相關的大宗應用多落於行動影視娛樂、影像傳輸監控等。但 4G 對於電信營運商的挑戰也相繼浮現，其一在於距離 5G 的超高速傳輸仍有一段瓶頸，因此多數更創新或具突破性的應用，如需要低延遲的車間通訊所衍伸出的無人車駕駛，仍無法於 4G 的通訊網路下進行導入；其二則是提供相關影音或其他應用服務時，電信營運商可做到的不外乎是提供 OTT（Over The Top）業者傳輸網路，但這也導致營運商在以往語音、簡訊等傳統營收項目逐漸被取代。因此對營運商而言，如何撕開笨管子（Dumb Pipe）的標籤，轉由網路流量或其他衍伸出的新型商業模式創造營收，已成為近年來全球電信營運商亟需思考的議題。

以下將提及的 4G 應用案例，VoLTE、影音娛樂服務、車聯網服務，均可在某種程度上看出營運商在面對上述笨管子標籤時代表的各自策略意圖，如：VoLTE 為營運商嘗試在與眾多 OTT 通訊軟體競爭下，希望延伸營運商的傳統語音服務，進而發展出 HD 音質的差異化吸引用戶；影音方面則是希望借重 4G 網路的高速傳輸，讓行動上網進階到行動電視，吸引用戶的長時間收看，以增加數據方面流量的成長；車聯網則是希望在數據服務之外，衍伸出一塊可以運用既有 4G

網路的創新服務，讓用戶對營運商的依賴從行動電話、平板等，進而衍伸到新一類型之載具，如汽車。也因此從車聯網服務開始增加客戶黏著度，開發未來 5G 無人車、智慧城市等潛在客戶之商機。

(一)VoLTE（Voice over LTE）

如前一小節所述，VoLTE 的優勢在於用戶通話時仍可保持 LTE 連線，因此除了可以進行語音通話，還能同時傳遞視訊、文字、檔案、影音等數據，提供更多元的通訊服務，由於頻寬更大，通話的音質與接通速度也比 2G 及 3G 更佳。

VoLTE 雖較 3G 語音有諸多優勢，但目前商轉業者家數相對仍算少數。根據 GSA（Global mobile Supplier Association）於 2016 年 4 月發表的報告指出[5-4]，在全球 162 個國家有 494 家業者於提供 LTE 服務，之中有投資 VoLTE 的業者達 126 家，然而真正進行 VoLTE 商轉的僅有 34 國的 55 家電信營運商，比重約占 11.1%。

VoLTE 在推廣上尚未成熟有數個挑戰，首先 4G 的覆蓋率必須夠廣（台灣在 2016 年 2 月根據 OpenSignal 的平均覆蓋率為 79%[5-5]）才能支援此類 IP 通話，不致因用戶所在訊號較弱之處導致通訊被中斷；其次在於 VoLTE 的封閉性，若通話雙方有任一方並非使用支援 VoLTE 的行動電話，或兩人非屬於同一家電信營運商提供的 VoLTE 服務下，VoLTE 的快速接通及高音質的特色均將受限；第三，在 VoLTE 在國際漫遊技術架構未達成廣泛共識前，用戶在出國後大多無法繼續使用 VoLTE 服務。本節延續前節之研究，挑選韓、美、日、中，已進行跨電信商、跨國提供 VoLTE 服務之 4 大國家的電信營運商，其在因應 VoLTE 各種挑戰時所做出的主要進展。

以韓國為例，自 2012 年韓國首次推出 VoLTE 服務，此後花了將近三年透過未來創造科學部的支持及業界的協商，終於在 2015 年 11 月 23 日成功整合國內 3 家主要電信商，包括：SK 電信（SK Telecom）、韓國電訊（Korea Telecom）、LG U^+，成功達成全球首例的跨電信商 VoLTE 漫遊[5-6]。透過此協議的成功，高達 3,500

萬的 VoLTE 使用者得以受惠於更高品質的語音通訊，此外對於這項跨營運商的漫遊服務，用戶可依現有使用方案中的語音及數據計價，並不需支付額外的費用。

此項協議的成功奠基於多方的協商合作，除了標準制定、在不同業者的網路端及終端裝置進行介面的統一，政府部門也針對跨營運商間的 VoLTE 漫遊互通性進行最後的檢驗，確保用戶的通話品質獲得保障。至於在 VoLTE 的相關應用上，SK 電信推出智慧傳輸服務，讓用戶可以用電腦撥打及接收 VoLTE 的來電；韓國電訊則是希望在其高速網路 GiGa LTE 中將 VoLTE 置入 Olleh Pop-Up Call（指即使有來電進入時，用戶原本在智慧型行動電話內使用遊戲、上網及導航等的畫面也不會被切換）及 Who Who（提前確認來電及簡訊是否為罐頭廣告）的應用上；LG U+則將會在 Yoowa 服務中啟用 VoLTE 這項服務。

美國的營運商則在面臨整合 VoLTE 切換不同至不同營運商的網路或地線時所遇到的通話品質問題。前兩大營運商 AT&T 及 Verizon 自 2014 年底起近乎每年都會發布希望整合 2 家 VoLTE 漫遊的新聞，尤以 AT&T 較為積極。但相關的整合目標每年都以進度延後做結。直到 2016 年 7 月初才出現些許進展，雖未得到 Verizon 方面的正式評論，但 AT&T 已單方面承認目前有部分用戶可以享受兩業者之間的 VoLTE 漫遊服務[5-7]。至於另外 2 家營運商 Sprint 及 T-Mobile，以 T-Mobile 對 VoLTE 的進展最為積極。身為全美首家於 2014 年 5 月推出 VoLTE 的營運商，T-Mobile 在 2016 年 5 月時聲稱該公司有 52%的語音通訊為 VoLTE[5-8]，相較 2014 年底的 33%可見其服務之成長動能，除此之外，T-Mobile 也確認在語音強化服務（Enhanced Voice Services，EVS）上進行相關設備布建，此服務能在訊號較弱的地區減少 VoLTE 語音中斷的問題，且在通話方只有一人具 VoLTE 設備時也可強化語音品質，此外 EVS 可以在跨營運商間通用。至於 Sprint 近年來則將發展重點以 VoWi-Fi 為優先，VoLTE 相關布建必須等到 2017 年第 1 季後才將有較明顯進展。

至於日本的電信營運商雖未完成整合國內跨營運商的服務，但對於提供 VoLTE 在國際漫遊的服務則較為積極，例如 NTT DoCoMo 在 2015 年 9 月時與和記電訊香港控股下的 3 香港宣布完成雙邊國際 VoLTE 漫遊測試[5-9]、10 月時則與韓國電訊（KT）開始提供日韓兩國間的 VoLTE 服務[5-10]。KDDI 則於 2016 年 6 月時宣布與北美電信營運商 Verizon 簽訂美日 VoLTE 漫遊協定，將於 2016 年底進行商轉，屆時 2 家營運商的用戶在兩國都可享有跨國 VoLTE 的服務[5-11]。Verizon 為美國第一家提供外國旅客 VoLTE 漫遊服務廠商，同時該公司也聲稱與不同營運商正在進行更多測試。

中國大陸方面，中國大陸移動在 2014 年 6 月與韓國電訊（KT）首次完成全球首例的 VoLTE 國際漫遊示範[5-12]。於 2016 年中，中國大陸移動在 MWC 上海更新了相關的 VoLTE 推進時程，身為全球最大的 4G 營運商，浙江移動於 2015 年 8 月在杭州推出首個 VoLTE 商用，其目標為 2016 年底發展 3,000 萬的 VoLTE 用戶，並將於 2016 年 10 月 1 日起支援 VoLTE 功能的自動開通、2017 年 1 月 1 日起支持 VoLTE 視訊通話，同時陸續引入 EVS、bSRVCC、VoWi-Fi 等[5-13]；中國聯通則在 2016 年在部分城市開始試商用 VoLTE[5-14]；中國電信則預計在 2016 年展開大規模的網路建設，為 2017 年 VoLTE 商用化做準備。相較其他國家對 VoLTE 的緩慢進展，中國大陸營運商在推廣 VoLTE 上相對較為積極。

而綜觀各國 VoLTE 發展後，雖然 4G 普及化已成趨勢，但奠基在 4G 網路上的 VoLTE 應用卻未見相對的高速進展，甚者，VoLTE 對電信營運商所帶來的加值營收也非常侷限。該現象可從收支兩方進行分析，在收益方面，由於 VoLTE 提供的功能相對於現有語音通訊並不具太高差異性，消費者對於需另為此功能付費的意願並不高，因此營運商為了吸引更多用戶使用，大多不再多收額外費用，VoLTE 的語音費用及影像電話的數據流量多從用戶本身既有的月租方案內抵減；因此，VoLTE 成為名副其實的附加應用，但對營運商真正產生的加值效益並不高。此外由於市面上免費提供

語音或影像通訊的 OTT 應用選擇甚多，在使用上也不像 VoLTE 有營運商及支援終端的限制；因此，電信商在開發以 VoLTE 應用做收費的商業模式上，要如何贏過這些競爭者的免費服務仍為目前一大難題。另外在支出上，由於支援的終端需通過 VoLTE 服務中的一致性測試、電信系統業者測試項目、以及多媒體子系統（IP Multimedia Subsystem，IMS）應用程式與通話品質測試等一系列檢驗項目，因此造成電信營運商在導入VoLTE行動電話時成本較高，此外還須負擔 VoLTE 網路需新部屬 IMS 的成本投資及傳統語音營收的下滑風險。因此在缺乏有效獲利的前景、可能侵蝕本身現有營收及需大量布建新系統的成本考量下，不難看出各國電信營運商對推廣 VoLTE 應用裹足不前的原因。

(二)影音娛樂服務

4G 相對 3G 的優勢在於在影音傳輸方面的速率提升，不僅可提供用戶更低延遲、高畫質的影音內容，也相對地改變用戶的娛樂方式。以往 3G 有時因網速不足，導致線上影片多有延遲而影響觀賞品質，因此用戶多傾向將影音檔案先行下載至載具後再行播放。但在 4G 網速提升的時代，以往需先下載並易占據記憶體空間的影音觀看方式已逐漸被線上即時串流的影片取代。此外隨著消費者具備多螢幕裝置的使用習慣，行動影音成為 4G 普及化後的普遍應用之一。

電信營運商在發展行動影音為加值服務的主要挑戰在於商業模式及欠缺在影音內容上發展吸引用戶的能力。商業模式的問題在於行動影音可以提供的不外乎是在智慧型行動電話或平板上收看電視，而希望吸收跨越侷限在行動電話及平板的用戶，如美國 AT&T，將其行動影音方案（DIRECTV）適用的範圍延伸到任一與 AT&T 有聯結的裝置即可，包含穿戴式裝置或車聯網等。但基本上大部分的營運商仍將行動影音應用作為電視或電腦的延伸，推出的方案基本上大同小異，不外乎提供電視頻道或線上串流音樂的服務，再從用戶使用的數據流量進行收費，如：美國 Verizon、Sprint、英

國 Vodafone、德國 T-Mobile 等。而營運商在此應用上的競爭劣勢在於功能多僅侷限於提供網路傳輸，因此營運商能做的大部分僅是與電視內容商合作，推出針對不同受眾的頻道組合，如：運動轉播比賽或是影集頻道等；又或是將行動影音與自身的吃到飽上網方案做綑綁以吸引用戶。但由於營運商對於提供的內容較無決定權，自行製作影音內容的成本又太高，而頻道商在內容為王的前提下反而在與營運商協定內容購買的條件時較具優勢，因此營運商在此類影音應用上的獲利瓶頸也由此浮現。

除了行動電視外，也有電信營運商嘗試自行開發行動電話應用，將其與大型活動或賽事連結，並在應用中提供相關影音功能。例如：英國 EE 為英國格拉斯頓伯里（Glastonbury）當代表演藝術節與英國溫布利（Wembley）足球盃分別開發了兩個應用，在前項應用中與線上串流音樂公司 Deezer 合作，讓用戶試聽樂團的音樂片段，再行決定參加的音樂節場次；至於在足球盃的應用中，則是提供觀眾到現場前可以從應用中先查看座位附近的模擬視野影像[5-15]。但基本上此類活動型應用的服務項目大多仍屬於如導航、低流量的數據資料更新（如：運動比賽數據等），整體傳輸量並不高。

資料來源：EE，MIC 整理，2016 年 5 月

圖 100　大型活動行動電話應用示意圖

綜合整理營運商目前在影音類別應用，除了與內容商進行合作提高用戶的數據流量外，在模式上的創新案例並不多。此外，線上串流影片網站眾多，除了如運動比賽外有特約頻道進行轉播，大部分較長時間的影音內容，如：影集戲劇或綜藝節目，用戶不一定會選擇透過營運商的行動電視方案觀看，有可能是使用 Wi-Fi 或是本身吃到飽的上網流量，因此在未來 5G 的高速傳輸出現之前，4G 時代在娛樂影音的行動數據上增長仍屬有限。

(三)車聯網服務

在 4G 邁向 5G 的過程中，一重要領域即為車聯網。鑒於目前 5G 的研發仍在進行中，強調極高速、低延遲特性的車與車通訊（Vehicle to Vehicle，V2V）及自駕車等服務仍需更多測試，因此營運商希冀透過現有 4G LTE 進行多角化的異業合作，推出各式車聯網服務，如：車內 Wi-Fi 上網、緊急事故通報、傳送即時車況診斷、針對駕駛個別行車習慣計價的車險（Usage Based Insurance，UBI）等，藉以開發行動通訊與車之間連結的新商機。以下將針對數家全球主要電信營運商，透過 4G 運用在車聯網方面的實例進行介紹。

以美國 AT&T 為例，車聯網服務，包括：車內上網服務、車載資訊分析、駕駛行為紀錄之車險估算等。在車內上網的部分，AT&T 透過與特定車商，包括：Audi、BMW、General Motors、Ford Motor Co.、Nissan、Subaru、Tesla、Volvo、Jaguar 及 Land Rover North America 合作，用戶可透過安裝 ZTE 製造的 Mobley 至車內，此裝置將轉為 Wi-Fi 熱點並提供乘客的行動裝置進行上網服務[5-16]。此外基於不同車廠與車型，車內的網路服務也可進一步與車機系統整合，提供車主將目的地位置由行動電話傳入車內系統進行導航、實時分享目前位置及預計抵達時間、查詢天氣、透過與評論 APP(如：Yelp）或維基百科提供車主當地推薦的餐廳或景點、即時連線收聽網路廣播等資訊服務，將車機與行動數據做出進一步整合。

資料來源：AT&T，2015 年 3 月

圖 101　AT&T 提供的車聯網功能示意圖

至於在車載資訊分析的部分，AT&T 提供用戶安裝 Audiovox 車況診斷系統（On-Board Diagnostic System，OBD-II），此系統將可做到如傳送車況診斷至用戶行動電話及平板、設置電子藩籬偵測車子是否離開預定行駛範圍、評估駕駛的駕車習慣並提供此資料給保險公司，以進行個人車險費率計算等服務。由於車聯網服務跨及多種領域，營運商多尋找不同的策略夥伴。例如：AT&T 與通用汽車下負責車聯網的 OnStar 進行合作，提供通用車系的用戶包括緊急電話求救、道路救援、自動損毀偵測、車輛失竊協助、車輛診斷以及目的地資訊下載等服務[5-17]；此外 OnStar 也與政府部門展開合作，如一項「失竊車輛定位」的功能，設定當車輛遭竊時，OnStar 將協助警方確認車輛目前的具體位置，並可透過車聯網傳遞減速訊號或啟動內建的熄火裝置，使竊賊無法繼續駕駛。若屬通用旗下車系可選用 OnStar 提供的 3 種方案：主打撞車防護的 Protection（美金 19.99 元/月）、提供防竊的 Security（美金 24.99 元/月）、導航為主的 Guidance（美金 34.99 元/月）

資料來源：OnStar，2016 年 7 月

圖 102　OnStar 提供的 Security 方案示意圖

Most Model Year 2015, 2016 and 2017 Chevrolet, Buick, GMC and Cadillac vehicles are equipped with OnStar 4G LTE and a built-in Wi-Fi® hotspot. Add a data plan and connect to your own hotspot, from anywhere.

Monthly Data Plan Pricing[15]

Your data will refresh at the beginning of each month.

1GB	$10.00
4GB	$20.00
10GB	$40.00

Data Pass Pricing[15]

One-time data plan, available by the day or the year.

250MB/1 Day	$5.00
20GB/12 Months	$150.00

資料來源：OnStar，2016 年 7 月

圖 103　OnStar 提供的上網資費方案

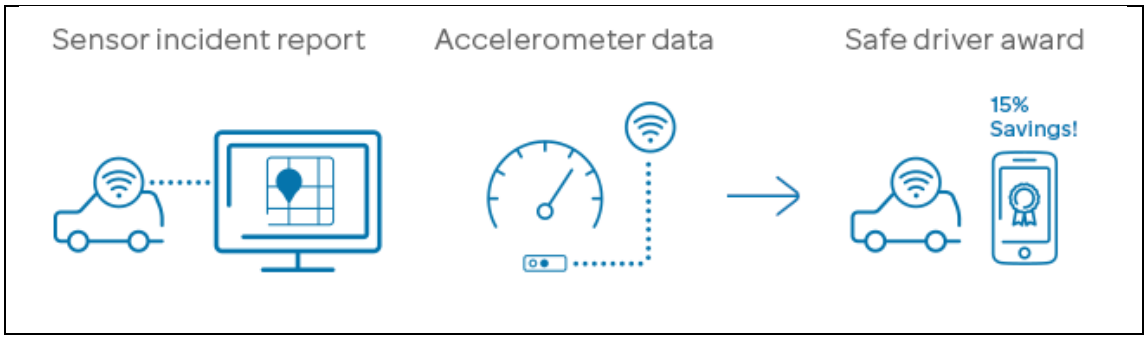
至於 Verizon 則是推出名為 Hum 的 OBD-II 服務[5-18]。其主要的智慧連網服務是道路救援和車輛診斷支援，其他附加服務包括停車位置提示、修車優惠搜尋、失竊車輛回報等，此外 Hum 透過 LTE 網路傳送車輛診斷資料，如同具備虛擬技師監測汽車狀況，當汽車出現問題時給予車主建議，若希望透過真人諮詢，也可利用技師熱線與 Verizon 的合作技師通話，由專家提供汽車安全性建議。此外由於 Hum 採用標準 OBD-II 診斷插座，可提供 1996 年後出廠的大部分車款智慧連網服務，針對許多車型稍舊但仍想使用車聯網服務的車主，Hun 對於適用車款的高相容性成為一大優勢。

資料來源：Verizon，2016 年 7 月

圖 104　Verizon 提供的車聯網服務 Hum

至於在駕駛行為紀錄之車險估算上，美國為全球最早推出 UBI 車險的國家，主要的四大保險廠商包括 Progressive、State Farm、

Berkshire Hathaway 與 Allstate。AT&T 與其中的 2 家都有合作關係，在與 Progressive 的合作中，由 Progressive 提供一種放置於 OBD II 的無線裝置（Snapshot），它可以記錄車速、行駛時間、哩程數及急煞車等數據，再由 AT&T 提供的網路傳輸回資料庫，但 Progressive 強調裝置內不含 GPS 功能，因此不會透露用戶的行動隱私，也不會將收集的數據與第 3 方分享；至於與 Allstate 的合作中，也是由 AT&T 提供網路支援，但 Allstate 安裝在車機上的 Drivewise 裝置可以記錄行車地點及時間，包含：當日駕駛趟數、車速、行駛時間、哩程數及急煞車資料等[5-19]。至於英國 Vodafone[5-20] 與美國 Verizon 均選擇與 Tower Watson 合作，並將 UBI 在車聯網項目定位於企業服務方面；因此，針對客群較有可能為車隊管理或租車公司。以 Verizon 提供的 DriveAbility 及 In-Drive 為例，除了車況資訊外，最主要的賣點還是在於建立車子使用的數據分析庫及車隊資產管理的整體解決方案。



資料來源：AT&T，2016 年 7 月

圖 105　AT&T 提供的 UBI 解決方案

上述段落將推行車聯網較成熟的各國營運商案例做出整理，以下段落將進行車聯網服務的未來發展模式進行探討，大致上可歸納車對人、車對車、車對物等 3 種情境討論，而其中又可以從車廠、用戶、電信營運商、車聯網平台服務商等不同角度進行切入。

以車對人的情境來說，首先可以考量的部分在於是否將車子加裝 SIM 卡，將其視為用戶眾多的連結裝置之一。某國際車廠目前的車聯網服務為透過與車上的 OBD II 裝置(未安裝車機 SIM 卡)以藍芽配對至車主行動電話，再使用行動電話上的應用程式及行動網路，將即時行車數據，如：總里程數、引擎轉速、機油溫度、

水溫及預估可行駛里程等,傳回車廠的雲端結合車主的資料系統。因此當車輛行進發生異常時，該系統可立即提出警示，並提供車主鄰近的服務廠資訊；在未來也可能結合 POI（Point of Interest）資料庫，如：當車輛油耗將盡時提供車主鄰近加油站的位置等資訊。以車廠角度而言，此類車聯網服務不僅可以更了解個別車主的車輛使用情況，也因為掌握用戶詳盡的資料後，可以做到客製化的客戶關係管理（Customer Relationship Management，CRM），例如：依據用戶實際駕駛里程或車況發送進廠保養的通知。在考量到此項服務主要是希望加強車主的黏著度，車廠會比較希望相關 SIM 卡還是回歸到人（車主）身上，而不是車子本身。另一原因在於車有二手買賣的交易問題，鑒於 OBD II 內載的資訊有相當程度牽涉到個人隱私，因此在車輛轉手時，便需要多一道手續去交接車主間的車聯網服務。而以車商的經驗，只要多一道手續或費用都可能大幅增加經銷商及車主的使用意願，因此在車聯網裝置、功能及安裝手續上無不希望越簡單越好、越能拉近車主與車商的距離越好。因此在車機配備 SIM 卡，不僅需要與電信營運商進行合作，還需考量車主的購買習慣，大多數人對買車還是多限於車子本身的硬體，若是搭配附加服務如車聯網，並需再繳交月費等費用，真正會付費使用的人其實不多，加上個資的轉換管理問題，若是對以經營個人用汽車為主的車商意願並不高。

相較之下，營運商看待車聯網的角度又有所不同。有別於車廠出售的是硬體及專注經營品牌的售後服務，電信營運商目前在車聯網服務方面要考量的部分又更加廣泛。因為單以 OBD II 傳回的數據流量並不高，營運商若想以網路流量計價的方式，在車聯網這塊的獲利會相當有限。因此營運商多考慮的是針對個人的月租方案或是企業的車隊管理方式，將 SIM 卡裝在車上，不僅可以創造出一個可持續性收費的模式（相對車廠提供一次性買斷的藍芽 Dongle），同時即使車主離開車後，車子也不會因為失去行動電

話連線而中斷網路傳輸能力，營運商收集到車載資料庫將會更加的完整。

關於營運商對於車聯網服務的商業模式則有以下數種，月租方案、企業解決方案或預付形式購買流量等。在個人使用的車聯網部分，由於目前車聯網服務仍為推廣時期，部分營運商希望先建立起類似月租費的形式養成消費者使用車聯網的習慣，之後等到有足夠用戶數的資料後，這些資料可以再和相關廠商合作，之後變成由這些取得資料的廠商再付費給營運商，而在車聯網服務初期有達到踴躍使用標準的客戶將因有相當的數據貢獻，後續用戶只要有繼續達到一定的使用頻率，將可免繳車聯網的月租費。這種模式主要瞄準車子的後裝市場，以台灣為例，每年將近 40 萬的新車，出廠即具備相關車機或車聯網裝置的大約占 30%，剩下 70%龐大的後裝市場商機將提供給營運商及相關車載系統業者等充分的練兵機會。市場預估到 2020 年時若有達 30%的車子都配有車聯網服務，相關收集到的數據將具有一定程度的代表性，後續即可提供給相關業界作車用行為分析的依據。

在商用的車聯網部分，營運商可以提供的較偏向解決方案的輸出，目標客戶多聚於有車隊管理需求的業者，例如：租車公司、計程車隊、物流業者及具有公務車系統的公司。基於是 B2B（Business to Business）的型態，營運商關注的焦點將從個人市場中注重單一車輛的即時通知，轉至如何將收集到的大量車輛數據進行分析，提供給客戶作未來營運的參考。例如：車隊是否在某些路段特容易發生意外或延遲，OBD II 傳回的資料或許可以解釋是由於路面狀況或交通壅塞造成的問題；租車公司也可以藉由車聯網的服務準確地做好資產管理（Asset Management），在租還車的部分做到更有彈性的調度，讓租車者可以用行動網路搜尋附近可用車輛款式，再將限時的車鑰密碼傳至租車者的行動電話上，過了租約時期限密碼便失效的方式有效管控公司車輛的目前位置及使用狀況；或是透過車機內的網路將意外發生時行車紀錄器的即時影像傳回系統及保險

公司；車內回傳的 OBD II 的資料也可幫助租車公司知道租車者的駕駛習慣，因此若駕駛習慣良好的租車者在下次租車時可享用優惠費率的 UBI 概念，也可幫助租車公司增加租車使用者的黏著度。

關於商用車聯網的收費模式目前也大致偏向專案設置或月租費，前者的收費由營運商向客戶收取專案建置、硬體 OBD II 及每月使用網路的通訊費，但營運商在建置完成後客戶需自行維持後續維運事宜；後者則是將 OBD II 收集到的資訊回傳到營運商設置的雲端平台上，由營運商去找相關的資料分析公司或產業，如保險公司可針對駕駛行為的不同建立模型參數設定車險費率等，之後營運商會在把前端建置硬體費用及後續費用平均攤於每月的月租費向客戶收費。

車聯網服務其實在 4G 之前的 3G 便已有類似服務，因車載資訊所需的數據流量並不高，但隨著 4G 普及化後，營運商可以開發的應用也相對應的增加，例如朝向更流暢的車機影像傳輸、在車上設置 4G dongle 並將之轉換為用戶可用的 Wi-Fi 網路等。

至於在車與車的通訊，由於目前大多技術尚在試驗中，未來的可能情境如監理單位可將即時交通數據（如：特定路段的限速、改道等）傳給車子，而車子在半自動駕駛便可將此類數據納入路線規劃中。

至於車對物的情境，可比擬為車聯網的最後一塊拼圖，試圖將車子在未來的意義衍伸為智慧城市的一種解決方案，而非如今日所見，車子的碳排放或造成的交通壅塞即為城市的沉重負擔。若以營運商與保險公司合作的 UBI 例子檢視，可見未來以數據為基礎的應用極有可能成為未來物聯網世代的新主流，營運商將不在侷限自身的角色於單傳的數據傳輸或語音通話，反而有機會演進為結合各種垂直應用或不同產業的中心樞紐，在下世代的網路架構下創造多樣化的解決方案及相關應用發展。

(四)無人機應用

AT&T 與 Verizon 均提出了無人機可透過 LTE 網路，達成加強資料傳輸的品質與速度的服務。例如 Verizon 目前與葡萄園的合作，透過高解析度的果園照片供果農確認是否有病蟲害的威脅，及預估可能的產出數量[5-21]。此外布建於園中的各式感測器也將透過 LTE 網路送回包括氣象、黴菌、土壤濕潤程度及其他的資訊，這些資訊將可與高解析度的照片一同比對，協助果農判斷是否增加種植面積或是特別注意某塊農地上的葡萄生長狀況。

資料來源：Verizon，2015 年 12 月

圖 106　Verizon 與 PrecisionHawk 合作的農業用無人機試驗

而 AT&T 則與 Intel 在 MWC 2016 上宣布於 LTE 網路在無人機上的測試，由 Intel 提供無人機模型 Yuneec Typhoon H，裝上符合此無人機規格的 RealSense 相機，讓這台無人機能夠偵測並閃過天空中的障礙物。由於透過 LTE 網路不僅可擴大無人機操控範圍、免於受到一般飛機的訊號影響，也可透過 LTE 傳送直播串流影片到操控者的行動電話內，讓操控者能以更安全的方式操控飛行器，藉此解決無人機可能的安全疑慮。此外 AT&T 於 2016 年 7 月中指出，未來希望將無人機轉化為飛行基地台，用於舒緩大型活動或事件時常發生的網路壅塞問題；或是當天然災害發生損害當地原

有基地台設備時，無人機也可充當一項緊急應變措施，為車輛無法駛進的災區提供無線網路[5-22]；此外無人機可對基地塔進行遠端監控，透過與 LTE 網路連線，無人機可取得特定地區的資料並回傳給遠端的 AT&T 伺服器進行分析，以此進行有實時需求的網路變更或維修。

資料來源：AT&T，2016 年 7 月

圖 107　AT&T 用於監視基地塔的無人機

以無人機的例子可看出，美國的兩大電信營運商無不積極的為行動網路發展可能的產業應用，結合無人機與 IoT 服務進行跨領域整合，如：美國 Amazon 的無人機送貨試驗等，計畫未來在物流、農業、建設、公共安全及保險產業上提供創新 B2B 服務。

四、主要電信業者之物聯網服務探討及我國電信業者發展意向

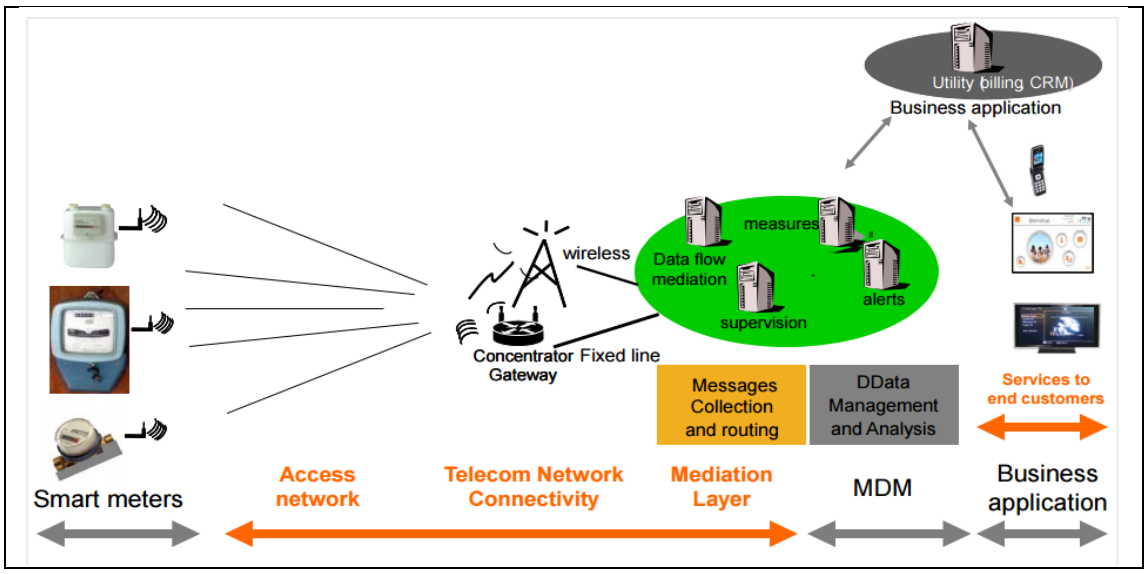
隨著物聯網需求日益提升，越來越多企業開始尋求以 M2M 的方式提升企業生產力。由於低功耗廣域網路的特性，許多以往需要耗費甚高人力或時間成本的工作，例如人工抄錶、現場監控、清點貨品等，現今已可被機器間的通訊逐漸取代；此外，肇因於物聯網傳輸資料量並不大，以往電信業者依靠通訊流量賺取利潤的方式也必須隨之改變，

各家電信營運商開始加速跨領域的業務開發，並依照不同產業間用戶所遇到的營運挑戰，提供多項應用下客製化的 M2M 解決方案。

(一)各國主要營運商於 IoT 之應用案例

1. 智慧能源

以法國電信營運商 Orange 與水力公司 Veolia 合作的智慧水錶為例，2 家公司在 2011 年共同創立 M2O City，提供用水計量的服務、優化水力配送的過程[5-23]，用戶已超過 100 萬戶數。作為一家專門提供偏遠地區環境數據及讀取水錶服務的營運商。M2O City 除了透過 868MHz 頻段將讀取錶數，傳輸回當地負責水務的市政機構，此網路還可傳輸如噪音或環境污染等指數給相關負責部門。此服務不僅可協助節省人力抄錶的成本，降低能源管理的價格，同時透過水錶定時回傳的功能，工作人員可及時找出有問題的管線，進而減少能源的浪費。由於布建成效頗佳，Orange 在 2016 年 8 月宣布在突尼西亞與當地國有能源公司（Tunisian Company of Electricity and Gas，STEG）合作[5-24]，於 9 月開始試行智慧讀錶的先期計畫，預計在半年內完成 100 戶住家安裝智慧電錶，若試行維運正常，將進行全國近 400 萬台智慧電錶的架設。



資料來源：Orange，2011 年 3 月

圖 108　Orange 智慧電錶示意圖

以 Verizon 與 Lyon-Coffey Electric Cooperative，簡稱 LCEC 的合作案例[5-25]中，可進一步了解 M2M 如何為能源業提高效率並節省成本。LCEC 為一家美國電力公司，其為位於堪薩斯（Kansas）中東部地區的 9 個郡提供電力。但由於高達 2500 哩的線路分布在廣大但人口稀疏的地區，如何降低抄錶成本成為 LCEC 在管控營運上的一個重大議題。LCEC 曾經在多年前嘗試過使用電子讀錶（Electronic Meter Reading）取代人力抄錶，但因其經過電話地線的傳輸時間，仍須超過 27 小時。但若使用 DSL（Digital Subscriber Line）或電纜（Cable），在 LCEC 的 17 個子站中只有 2～3 個站可以用；衛星雖然可以於所有站適用，但耗費太過高昂。當時看來最適切的選項是安裝一個在 900MHz 上運轉的無線電系統，將電錶及子站的資料進行回傳。但此系統也存在一定的問題，預期只能用 10 年的系統卻需耗資 12 萬 8,000～15 萬美元不等。此外由於當地時有劇烈天氣現象，如：暴雨及閃電，當配電設備線路若遭雷擊損壞，其配置的無線電系統也須跟著進行修復。而由 Verizon 提出的 M2M 方案則是在每個子站安裝 Digi 路由器，大約花費 1 萬美元，相較無線電系統至少可省下 12 萬美元。此外由於此解決方案是採月費的方式給付，Verizon 也會負責相關的維運事宜。在採取 M2M 方案後，LCEC 的員工可以在總部直接讀取電錶、測試高低電壓造成的問題、快速地找出發生問題的地方並進行維修。至於回完的資料將自動匯入用戶的帳戶，隨選（On-Demand）隨讀的功能也讓客服人員可即時調出資料與客戶討論帳務的問題。此外，不同於先前的系統，電錶上的通訊不在是單向蒐集用戶使用資料，現今 LCEC 也可向客戶端傳送訊號，因此員工可以遠距連接或切斷訊號，即時進行讀錶提高計費的準確度。而在用電的高峰期，可

遠端監控發電機的出電量,當有警報出現時便可馬上關掉。而員工也可透過行動電話或裝置接收所有的異常通知。

資料來源：Verizon，2016 年 10 月

圖 109　Verizon 與 LCEC 合作智慧能源平台

2. 智慧運輸

以德國電信 DT 與華為合作的智慧停車為例[5-26]，2015 年 10 月 DT 完成了世界第一個在商網上進行透過軟體升級達成暫行標準之 NB-IoT 布建。透過在德國波恩的測試，兩家公司得以得知在真實的商業環境測試下，NB-IoT 在智慧停車上的表現。透過在街上停車空位安裝的感測器，可以傳輸可用的停車位資料到後端，並透過如智慧手機上的應用或導航系統顯示附近的停車位，或提供如何抵達空停車位的路線。此應用可以協助減輕城市內的交通堵塞狀況，節省駕駛人的時間，並藉由即時的停車狀況更新，提高警方在取締違規停車的執法效率。

資料來源：DT，2016 年 9 月

圖 110　Verizon 與 LCEC 合作智慧能源平台

以 Telefonica 與 Cutcsa 在智慧交通上的合作項目為例[5-27]，Cutcsa 是全烏拉圭最大的運輸公司，具有 1,100 輛的公車車隊規模。而 Cutcsa 希望提供乘客簡便操作，但又可精確了解公車到站時間的加值服務(Value Added Service)；因此，Telefonica 依據其需求設計出一套具備智慧交通特性的 IoT 解決方案，其基本內容為先將每班公車上皆安裝 GPS 晶片，而當使用者透過手機上的應用程式查詢或簡訊回傳後，即可得知下一班公車的抵達時間；此外關於乘客送出的資料需求也將送回 Cutcsa 資料庫，例如：統計需求量較高的詢問站點及詢問次數、乘客使用頻率及回饋等資訊，皆可幫助公司在優化行車路線及調整發車頻率。此服務不僅提升公車乘客的使用體驗，也在 28 個月之內為 Cutcsa 帶來約 35 萬歐元（約 1246 萬元台幣）的額外收益。

資料來源：Telefonica，2016 年 3 月

圖 111　Telefonica 與 Cutcsa 合作智慧交通之手機應用圖

3. 智慧醫療

以 AT&T M2X 與新創醫療公司 KineticCare 的合作為例[5-28]，KineticCare 提供端對端的醫療監控解決方案，使病人可以減少待在醫院的時間，提高生活品質及加強年長者的獨立生活能力。透過穿戴式裝置，KineticCare 可以偵測到生理突發狀況，例如心臟病，而當偵測到病人徵狀有異時，一系列的急救措施也會被觸發，緊急醫療救護人員將會透過 AT&T Drive 收到通知，包含：病人身處位置及前往的最佳交通路線；AT&T Digital Life 將會解除家中的警報系統，打開門鎖讓緊急醫護人員可以用最短的時間幫助病人。基本上 AT&T M2X 提供的服務包括做為心電圖及其他生命徵狀（例如：血壓、心跳速率等）的儲存資料庫，蒐集到的資訊也可做模組化處理，針對不同裝置授權可取得的資訊或數據分享。KineticCare 在行動裝置上的平台可顯示重要生命徵狀、警示訊息通知、藥物紀錄及醫囑。

資料來源：AT&T，2016 年 3 月

圖 112　AT&T 與 KineticCare 合作智慧醫療之平台示意圖

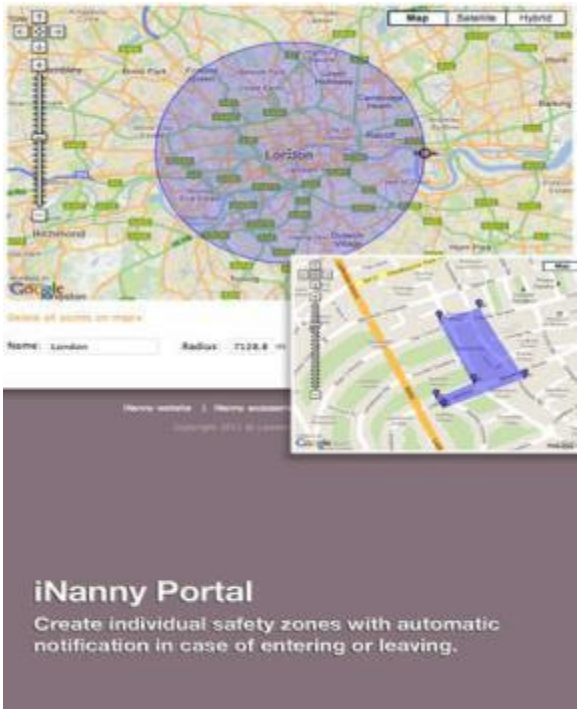
4. 智慧家庭

此處的智慧家庭將以安全監控及建築能源監控為例：

以 Vodafone 與德國公司 Leoworx 為例[5-29]，iNanny 是 Leoworx 公司研發的一種追蹤裝置，配備所在位置警報讓父母可以知道孩子的行蹤，及是否超出平常的活動範圍。Vodafone 投過其安裝於 iNanny 裝置內的 M2M SIM 卡，提供其全球的 M2M 平台。此服務提供客戶透過單一平台即可管理所有用戶的帳務紀錄，此外若有需要進行跨國通訊漫遊的需求，只要該國有提供 Vodafone 網路，如：Leoworx 此類的中小企業便可透過 Vodafone 完成原本可能耗時甚久的多方交涉與合約簽訂事宜。

近年來此類追蹤服務不再侷限於對於兒童的位置追蹤，其市場逐漸擴展至患有阿茲海默症的病患及其照護機構。根據研究顯示，阿茲海默患者若每天仍進行適度的外出，可藉由外界環境的刺激及正常的社交生活減緩失智的進程。

但因此類病徵的記憶退化症狀造成許多患者及照顧者不敢離開屋子太遠，擔心患者有走失風險。未來希望可藉由布建綿密的營運商網路及 M2M 追蹤裝置的協助，讓輕度的阿茲海默者仍可保有正常地的生活。目前 iNanny 以與德國最大的居家照護機構合作，超過 120 處機構的居民正在運用此裝置。Leoworx 創辦人指出在短期內對此類針對阿茲海默患者的市場將會比孩童的市場成長超過 2 倍。



資料來源：Vodafone，2016 年 8 月

圖 113　Vodafone 之 iNanny 追蹤裝置平台圖

以 Orange 和日本大金（Daikin）冷氣的合作為例[5-30]，大金希望藉 IoT 解決方案善用建築中的能源消耗數據，如：暖氣、通風、冷氣等，達到改善能源效率、降低費用及二氧化碳排放等效益。大金創造出 i-Net，此項 IoT 解決方案讓公司用戶可以進行遠端監控冷暖氣的運轉狀況。I-Net 讓用戶可以直接讀取各種能源的使用情形及診斷，為整棟建築的碳足跡提供更明確的紀錄；此外，用戶藉由電子郵件通知發現能源消耗中存在或潛在的問題，使相關管理人員可以再更大的問題出現前及早著手處理。但大金面對的挑

戰在於，雖然用戶了解 i-Net 可以帶來的益處，但由於擔心若有外部線路接取公司的內網，將會加重系統的負擔並且使其運轉速度變慢；此外，由於能源運轉的表現在某方面也牽涉到商業機密的問題，在此資安的考量下，許多公司仍對採用 i-Net 有所疑慮。因此大金認為其需要一個新方式來傳輸從 i-Net 蒐集到的資料，又不須登入用戶自身的網路。為了滿足大金的要求，Orange 為此開發了一個 M2M 的連結解決方案。藉由 3G 網路傳送能源數據，相關報告會被直接送至用戶端上的專用 APP，而整體布建也可在 3 個月內完成。

資料來源：Orange，2016 年 1 月

圖 114　Orange 之 i-Net 能源管控應用示意圖

5. 智慧農業

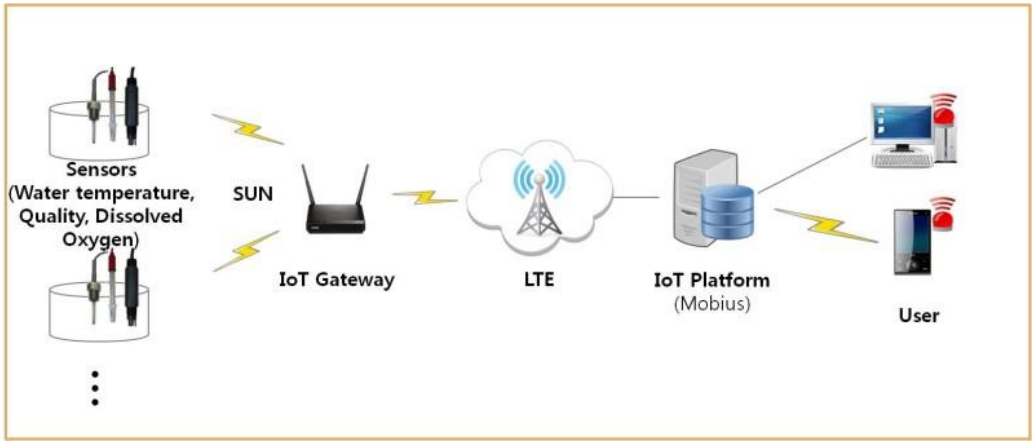
隨著都市化興起，勞動人口老化逐漸成為現今農牧業必須面對的議題之一。但隨著物聯網的崛起，布建在農場各處的感測器讓農夫即使不下田，也可以依靠手機、平板或筆電得知必要的農地資訊，並採取必要的應對措施。例如：韓國 KT 在智慧農業方面[5-31]，感測器監測到的二氧化

碳濃度讓農夫在電腦前遠距操作溫室內的通風系統，透過陰雨感測決定是否打開或關閉人工光源，並透過數據蒐集分析預估今年作物產量，避免突然的短缺或豐收導致消費者搶購或價賤傷農的狀況。

資料來源：各公司，MIC 整理，2016 年 3 月

圖 115　韓國的智慧農業示意圖

韓國 SKT 則在需要人力時時監控的鰻魚養殖管理系統進行物聯網布局[5-32]，由於鰻魚對於水溫、溶氧率、pH 值都十分敏感，突然的溫度變化、氧氣不足都可能使魚苗暴斃。因此透過魚缸內的感測器，養殖人員不再被侷限於魚缸周邊，但仍可定時接收魚缸內現況，並在第一時間藉由手機通知突發事件並進行相關處理，藉此提升鰻魚養殖的產出效率。此項目（鰻魚養殖）的實行經費部分由韓國政府資助，期望透過中小企業廳的公私合作項目（Public Private Partnership）將此提升的養殖漁業成效擴及不同魚種，並於未來出口此類物聯網解決方案。



資料來源：SK Telecom，MIC 整理，2016 年 3 月

圖 116　SKT 的 IoT 鰻魚監測系統

(二)主要營運商 IoT 應用資費設計

各國營運商在物聯網服務的收費上，除了依照不同產業及需求提供客製化諮詢，並進行後續佈建等專案式收費，營運商也推出各式 M2M 方案，基本上仍以月租費的方式收取，並以傳輸量作價格差別的依據。以下將列舉歐美亞之主要營運商：法國 Orange、奧地利 T-Mobile、美國 Verizon、韓國 SK Telecom 作為 M2M 費率說明參考。

1. 法國 Orange

根據 Orange 公布的商業 M2M 方案[5-33]，用戶可以取得使用壽命及耐用度均已經過強化的 M2M 專用 SIM 卡，依客戶自身需求選擇不同數據量或不同類型之網路的月租費，並透過 Orange 及其夥伴的協議，在超過 260 國家進行漫遊業務。商業 M2M 網路的用戶可選擇透過 GSM、GPRS、 EDGE、UMTS、3G 與 4G 等網路進行資料傳輸，也可進入專為 M2M 客戶架設的網站，之中提供 M2M 相關新聞及活動、Orange 的解決方案及技術訊息、如何加入 Orange 的 M2M 夥伴計畫等資訊。

表 74　Orange 的一般 M2M 資費方案

	手續費(歐元/未含稅)	月租費（歐元/未含稅）	
		2 年合約	3 年合約
500KB GPRS/EDGE/3G	免費	€ 4.25	€ 3.75
5 MB GPRS/EDGE/3G		€ 5.5	€ 5
50MB GPRS /EDGE/3G		€ 15	€ 14.5
250MB GPRS /EDGE/3G		€ 24	€ 23.5
1GB GPRS/EDGE/3G/4G		€ 36.5	€ 36

資料來源：Orange，2015 年 10 月

Orange 提出的應用領域包括車隊管理、辦公室器材、電梯、販賣機、技術儀器、公共設施等。

對於數據流量有較大需求的 M2M 用戶，Orange 也提出了相對應的方案 M2M Intense[5-34]。從每月最小 500KB 到最大 5GB 的流量，Orange 提供 5 個級距供用戶選擇。此外，根據不同需求，用戶也可選取只有數據、數據加語音或是簡訊服務等方式架構自己的網路。除了提供的 M2M SIM 卡，Orange 也提供統包（Turnkey）服務，讓顧客可以立即上手進行營運。

表 75　Orange 的高流量 M2M 資費方案

數據流量	0.5MB	500MB	1000MB	2000MB	5000MB
月租費（歐元/未含稅）	€ 6	€ 26	€ 36	€ 60	€ 75
超過流量限制後每 MB 之費用（歐元/未含稅）	€ 1	€ 0.10	€ 0.10	€ 0.10	€ 0.10

資料來源：Orange，2015 年 10 月

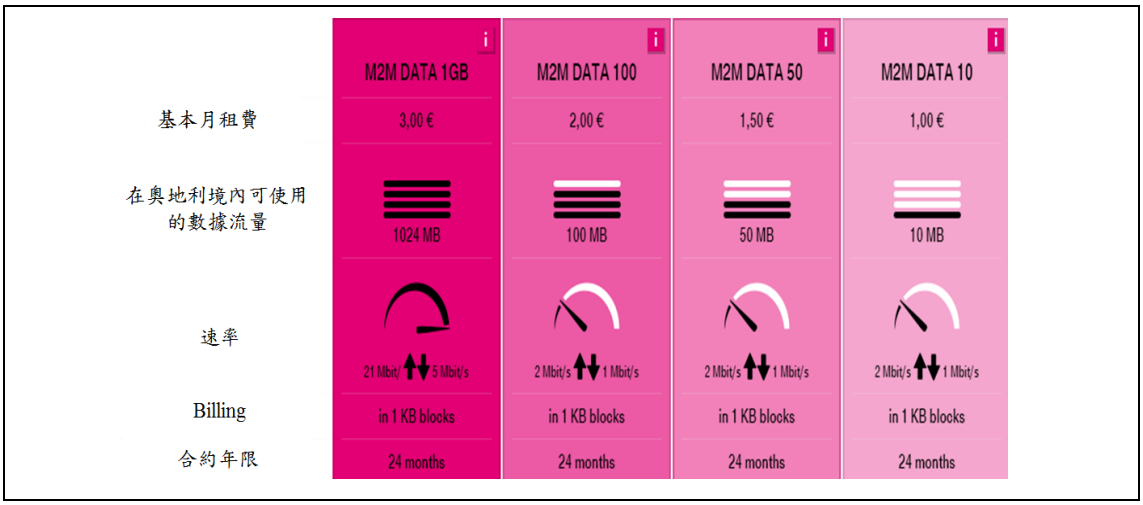
根據此類較大傳輸數據的應用場景，Orange 指出可做為區域網路（Local Area Networks，LAN）的後備使用，例如加油站、安全器材、商店結帳處等；或是在大型活動

中，可布建臨時性的行動式 M2M 網路；又或是在配備廣域網路（Wide Area Network）的工業設備上，進行相互的資訊交換；另可配置 M2M 應用於影像監視、車上支付、銷售點的廣告展示等；此外對遠距敏感器材的管控，如提款機、自助加油站、測速照相等。

2. 奧地利 T-Mobile

奧地利 T-Mobile 在 2016 年 12 月 31 日前提供給 M2M 初始使用者一張 M2M SIM 卡配與一個月 1.5 歐元的優惠費率（優惠期限過後更改為一個月 2 歐元），其方案不需啟動費用（Activation Fee），並可達到最高 2Mbit/s 的下載速度與最高 1Mbit/s 的上傳速度，但此方案須搭配為期 2 年的合約[5-35]。

此外 T-Mobile 也提出針對國內使用的 M2M 資費方案，及含括歐洲大陸地區（另：瑞士、挪威、冰島及列支敦斯登因有其獨立網路，也不包含在漫遊範圍內）的漫遊資費方案。



資料來源：T-Mobile，2015 年 5 月

圖 117　奧地利 T-Mobile 國內 M2M 資費方案

	M2M DATA ROAMING 50	M2M DATA ROAMING 30	M2M DATA ROAMING 10
基本月租費	5,00 €	4,00 €	1,50 €
可使用的數據流量	50 MB	30 MB	10 MB
Billing	in 1 KB blocks	in 1 KB blocks	in 1 KB blocks
合約年限	2 months	2 months	2 months

資料來源：T-Mobile，2015 年 5 月

圖 118　奧地利 T-Mobile M2M 漫遊資費方案

3.　美國 Verizon

美國 Verizon 的 M2M 費如下圖所示[5-36]，所謂群組數指的是和幾組使用不同費率的用戶進行數據交換。

群組數	1							2			3
數據量	1 MB	2 MB	3 MB	4 MB	5 MB	10 MB	25 MB	50 MB	250 MB	1 GB	5 GB
月租費	$8.99	$10.99	$12.99	$14.99	$16.99	$19.99	$29.99	$39.99	$49.99	$59.99	$99.99
超過數據量後每KB之計費	$0.005							$0.0003			

資料來源：Verizon，2016 年 10 月

圖 119　美國 Verizon 之 M2M 資費方案

4.　韓國 SK Telecom

韓國 SK Telecom 宣布，於 2016 年 7 月完成覆蓋全韓國境內的商用物聯網專用網路，其中包含自 3 月起和三星合作架設的 LTE-M 網路，與基於低功耗廣域網路（Low Power Wide Area Network，LPWAN）為技術基礎的 LoRaWAN。南韓的公用事業業者原本已採用 SKT 的 M2M 服務，進行遠端計量表控制與管理，但因配合 SKT 新架設的 IoT 網路，其也推出新服務，例如：進階計量表基礎架

構（Advanced Metering Infrastructure，AMI），及搭配 IoT 居家監控服務的穿戴式裝置 Safe Watch 等，協助從遠端監控孩童與年長者的居家安全。SKT 預計有 20 個新服務即將推出，包括：地下管道人孔監控、停車位分享服務等。

表 76　SKT 的 M2M 資費方案[5-37]

<table>
<tr><th>方案</th><th>每月數據量</th><th>月租費（韓圜）</th><th>應用案例</th><th>備註</th></tr>
<tr><td>Band IoT 35</td><td>100KB</td><td>350</td><td rowspan="2">智慧電表及監控服務（如：AMI、環境數據監控及漏水監控等）</td><td rowspan="6">1. 長期合約享有折扣（如：兩年合約享有 5%折扣、五年合約則有 20%的折扣）
2. 多條線路享有折扣（如使用 500 條線路享有 2%、使用 10,000 條享 10%折扣）</td></tr>
<tr><td>Band IoT 50</td><td>500KB</td><td>500</td></tr>
<tr><td>Band IoT 70</td><td>3MB</td><td>700</td><td rowspan="2">追蹤服務（如：位置追蹤、資產管理）</td></tr>
<tr><td>Band IoT 100</td><td>10MB</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>Band IoT 150</td><td>50MB</td><td>1,500</td><td rowspan="2">控制服務（如：安全管理、燈光控制、停車位共享等）</td></tr>
<tr><td>Band IoT 200</td><td>100MB</td><td>2,000</td></tr>
</table>

資料來源：SKT，2016 年 7 月

(三)國內電信業者對於物聯網服務發展意向

國內各電信營運商對於物聯網使用模式之意願及看法，可綜歸為物聯網之商業模式、技術標準選擇及現行法規機制規範等數點進行探討。

首先，物聯網作為一新興領域，而多種應用尚在發展初始，營運商多表示目前最大的問題仍在於尋求可獲利之商業模式。由於物聯網之特性使然，傳輸的資料流量並不大，其中更有一大部分僅為機器與機器間通訊所交換傳遞的數據資料，因此不若行動網路之營運模式，電信營運商業者可透過如影音等高數據流量獲利；在物聯網的時代中，電信業者若仍是依靠流量計算費率，則無法真正看到有發展性的獲利趨勢。因此電信營運商多認為目前應積極跨越以往產業界線，往不同領域、甚至是新服務本身的上下游擴展合作對象。

從透過與不同產業的廣泛接觸，了解其需透過物聯網所需解決之營運需求，並提供網路及客製化的整體解決方案諮詢，才可能在未來有更多機會開創新型服務。

此外，在技術標準的選擇上，以低功耗、廣域網路為例，營運商便須思考是否於現階段採用較具發展基礎的免執照技術作為推行物聯網服務之技術標準，如：Sigfox、LoRa 等。雖然 NB-IoT 的基本標準已由 3GPP 在 2016 年 6 月宣布底定，但相較免執照陣營已於兩三年前陸續進行布建及推展至各國的進程，電信商若想立即透過自身的執照頻譜推行物聯網應用，目前仍需克服進程相對落後及市場進入的挑戰；因此，若透過先行與免執照陣營合作，除了可觀察在市場應用上的發展趨勢，也可經由實際場域布建找出免執照技術的弱勢項目，創造之後對 NB-IoT 相對有優勢的切入點。基本上，NB-IoT 的優勢得利於電信營運商在行動網路時期已架設好的蜂巢式網路，其高度的覆蓋率及網路安全性等恰好是免執照陣營較不擅長的特點；因此，可見於物聯網多種技術中仍存在互補特質，免執照與執照頻譜陣營不見得是競爭對手，尤其是在未來，如：智慧城市的各式應用中皆需有不同之傳輸特性，如何整合各式網路及技術，運用營運及管銷資源將其整合至一廣泛性或客製化的物聯網解決方案中，仍是營運商可以思考並努力的方向。

最後，除了營運模式及技術標準外，相關的法律管制也是業者在投入物聯網應用的考量之一。以物聯網使用頻段為例，由於目前多個國家的物聯網使用頻段為免執照頻段，但礙於台灣在法規上的限制，若是在免執照頻段上提供商業服務，則服務提供業者及聯網，提供業者是否可對用戶進行收費仍是目前的爭論點之一。以營運商的立場，即使是在免執照的頻段上提供服務，仍需要一定資金成本，不論是基地台設置、網路布建或是服務籌備；因此，若無法對其提供的服務收取商業利潤，將在某個程度上限制營運商在免執照頻段上的投入與發展。有業者表示，商業利潤的管道其實也可以很多元，若無法直接向消費者收費，仍有不同的方式，如：投放廣告等，依

舊可以增加服務收入。但這種不直接向用戶收費的方式，也需有相對的法律框架支持營運商，使其在提供服務的同時也可獲取合理利潤，而非一味限制營運商的獲利空間。此外，例如：國際物聯網業者 Sigfox 之在台營運商，便因營運身分問題並不屬於傳統第 1、2 類業者的歸類，在台灣需申請執照時便遇到困難。

但此類例子在未來並不會是特例，隨著物聯網的多元應用出現，IoT 在市場服務的趨勢發展向來是快於法規的制定，而電信營運商同時面臨了在努力開發新應用或商業模式後，卻發現無法在現有法律框架下導入服務的困境。

(四)可獲利之物聯網商業模式為後續發展關鍵

電信服務在物聯網方面的應用及技術正迅速地進行多元化發展，從智慧城市到智慧家庭，可以想見未來大至社會群體，小至個人生活都將由一串數據緊緊相連。但以目前的實際商轉情形看來，多數物聯網應用其實進展有限。基本問題可大致分為兩類，其一在於如何開發消費者需求，以目前物聯網中的低功率廣域網路為例，其重要目標為取代傳統人力成本及提高企業營運效率，但因不同企業中仍存在固有運作標準程序，如何使企業以開放心態並擁抱物聯網作為解決方案之一，接受新應用導入並與現時使用情況進行接軌，遂成為目前電信營運商在開發物聯網業務時思考的方向之一。除了在消費者端的議題，對營運商本身而言，具有獲利空間的商業模式仍是目前發展物聯網時的另一大問題。肇因於物聯網的資料特性，在無法以流量作為賺取利潤的前提下，電信商的經營重點勢必得轉而以經營服務為方向之一。但以相關的大數據應用服務為例，此項被列為未來在物聯網情景下可產生高附加價值的產品，在營運商尚未達成萬物相連之目標，及法規在資安處理及隱私保護上的議題尚未解決前，較難提升整體大數據在規模經濟上的經濟及使用效益。

基本上，企業需解決的問題確實存在，但物聯網可否在效益及成本上成為企業選擇的解決方案，仍待營運商進行後續整合及市場開發；此外是否存在具彈性的規範框架，既可為物聯網業者提供嘗

試開發新服務的動力，又可兼具保護消費者的隱私資料權益，遂成為目前政府在推動物聯網產業必須加速思考的重點方向。

結論

一、我國行動通信網路業務頻率建議

(一)國際間下世代通訊技術研發重點

綜觀各國組織與大廠的 5G 技術發展動態，可歸納出：頻譜效率、網路密度、頻寬拓展為各組織與大廠積極發展的三個技術向；有關天線技術發展型態朝大規模 Massive（為了高頻傳輸）、多頻譜 Multi、主動式 Active（為了多應用場域）；此外，為提升網路系統運作效率，網路切片技術（Network Slicing）成為 NFV/SDN 技術的重要一環。

觀察各國頻譜布局，6GHz 以下之頻段以 3.5GHz 及 5GHz 為主。3.5GHz 由於其附近之頻寬累計連續可達 400MHz，因此被各國政府或大廠所重視，此外，由於 5GHz 之可用頻寬較 2.4GHz 多，而為了與 Wi-Fi 和平共處，也因此產生了 LTE-U、LAA、LWA 等聚合技術。

高頻部分如 28GHz、39GHz、73GHz 為各國規劃之重點，原因為在高於 6GHz 的頻率範圍，此三種頻段氧氣吸收率（損耗率）較低，能傳輸距離較遠。

(二)我國下世代通訊技術研發重點

我國下世代通訊產業發展，以「5G 通訊技術研發、毫米波免執照頻段通訊技術研發、智慧物聯網創新應用研發、頻譜規劃與試驗」等四大面向，推動 5G 寬頻暨智慧物聯技術發展及基礎建設。

過去在行動通訊發展上，台灣都是標準制定後才投入開發，但這次趕在標準未定前發展 5G，將有更多機會掌握標準必要專利。手機晶片、小型基地台（Small Cell）皆為台灣發展 5G 的機會，此外物聯網是 5G 延伸的新應用，故物聯網相關的基礎設備，如通訊模組、物聯網閘道器（Gateway）亦為台廠切入 5G 的著力點。

(三)短中期我國行動通信網路業務頻率建議

根據交通部 2016 年 2 月，105 年度「頻譜供應規劃與政策規範研究」委外研究估算結果，至 2020 年我國行動通訊總頻寬需求

預計達 1700MHz。我國從 2013～2015 年底已進行 2 次 4G 頻譜釋照，2 次拍賣合計已釋出 460MHz，距 2020 年 1700MHz 總頻寬仍有很大差距。

就我國下世代行動通信網路業務候選頻譜建議，可分為短、中期兩部份考量。短期方面以 3G 頻譜屆期重新釋照為主，中期方面頻譜建議則依據國際、國內 5G 技術發展動態及研發重點為建言依據。

短期頻率釋出建議，2.1GHz 頻率現為 3G 使用，依執照屆期處理，進行後續使用規劃，列為 2017 年可能釋出頻率，以及尚未釋出 1800MHz 之 C6 部份。中期頻率釋出建議（2018 年後），6GHz 以下可優先考量 1452～1492MHz、2300～2390MHz、3400～3600MHz、4800～4990MHz 等頻段，6GHz 以上除了持續觀察國際發展趨勢以外，38GHz 因為我國研發之重點頻段，故可列為優先觀察頻段。

二、國際頻譜共享機制之發展

目前國際頻譜共享機制之發展可由技術面與制度面分別觀察，在技術面的部分，有載波聚合（CA）、補充下行鏈路（SDL）技術、3GPP LTE 使用免執照頻譜（LTE-U/LAA）等技術。在制度面的部分，除早期各國發展出以免執照為基礎、共享電視頻段的閒置頻譜共享機制（TVWS）之外，近年歐盟與美國個別發展出 LSA 共享機制以及 CBRS 共享機制。

(一)SDL 技術之頻譜規劃

SDL 所使用之頻段依據 3GPP 的規劃，在 700MHz 頻段有 Band 29（717～728MHz）、Band 67（738～758MHz）；1.4GHz 頻段有 Band 32（L-Band，1452～1496MHz）、2.6GHz 頻段有 Band 69（2570～2665MHz），此類型頻段僅規劃下行鏈路頻率（Downlink Only）；另外尚有免執照頻段的 Band 252（NII-1，5150～5250MHz）及 Band 255（NII-3，5725～5850MHz）。

700MHz 頻段的 Band 29 與 Band 67 在我國已於 2013 年底 4G 首波釋照中釋出，目前已無法採 SDL 技術。

1.4GHz 頻段的 Band 32，該頻段之規劃與 Band 11、Band 21 部分重疊，我國並未採用該頻段為行動寬頻業務。目前仍有既有專用電信使用中，需評估是否能與既有電台協商移頻；其次，須估計頻譜重整之時間、成本與未來釋出獲益，因此可考量以共享機制釋出該頻段，提供行動寬頻業務補充頻段之用。

2.6GHz 頻段的 Band 69 在我國規劃為 FDD Band 7 與 TDD Band 38，並於 2015 年 11 月拍賣釋出，無須考量 SDL 之規劃。

5GHz 免執照頻段在我國既有用途同樣為 Wi-Fi 頻段，由於為免執照頻段，故無釋出之問題，只需待國家通訊傳播委員會依國際技術、標準發展進程將相關技術規範修訂完成，即可提供使用。

(二)國際已建立制度面共享機制之的頻譜規劃

針對各國已建立頻譜共享機制所納入規劃之頻段，在 TVWS 部分可歸納為 470～790MHz，歐盟 LSA 機制規劃 2.3GHz，美國 CBRS 則規劃 3.5GHz（3550～3700MHz）。

TVWS 機制的 470～790MHz，其中 700MHz（694～790MHz）部分在我國已將重整完成，採 3GPP LTE Band 28 釋出為行動寬頻業務。另一區塊 500～700MHz（470～698MHz）在我國的狀況，目前 530～608MHz 部分規劃為無線數位電視服務，部分則保留尚未釋出。由於我國無線數位電視採單頻網配置，因此保留頻段的意義與美國、英國採複頻網配置有所不同，但仍保留導入 TVWS 之可能性。

而 608～698MHz 的部分則無規劃，但仍有既設電台使用中，目前計畫在限制範圍區域內可供作實驗用途。

LSA 機制的 2.3GHz，我國與英國發展類似，已規劃將 2355～2390MHz 部分以 TDD Band 40 釋出為行動寬頻業務；而 2300～2350MHz 在我國則有專用電信使用，短期內無法如歐盟規劃以共享機制釋出，但正計畫將 2300～2350MHz 頻段提供限制區域範圍之實驗用途。

針對 3.4～3.8GHz，美、英、日、中有不同階段規劃。美國在此頻段建立 CBRS 共享機制，採取三層級式共享，在保障公部門頻譜利用不受干擾的前提下，以共享機制導入更多的使用者。

英國在 3.4GHz 部分，Ofcom 規劃釋出 3410～3480MHz 與 3500～3580MHz 共 150MHz 頻寬，執照範圍涵蓋英國全境。Ofcom 規劃以功率限制、與既有電台之距離、迴避特定地理區域等方式，解決得標者與既有使用者之間干擾問題，並於 2015 年起停止許可 PMSE 等使用狀況較不穩定之用途，並遷移可能的使用者至 3400～3410MHz 頻段。

日本方面早於 2014 年 12 月已發放支援 TDD 技術的 3.5GHz 頻段、總計 120MHz 頻寬，由日本三大運營商 NTT DoCoMo、軟銀及 KDDI 分別獲得 40MHz 頻譜，計畫於 2016 年底前正式商轉，2018 年前覆蓋全日本 50～55%人口。而現在 NTT DoCoMo 已提前在 2016 年 6 月底商轉，提供服務的地區，初期以東京都用戶較集中的山手線的六大車站部署 Small Cell，實現 370Mbps 的高速傳輸服務。

中國大陸將 3.5GHz 頻譜作為 5G 技術測試及未來商轉之重要頻段，中國大陸計畫在 2020 年實現 5G 商用，已在 2016 年 1 月 7 日全面啟動 5G 技術試驗。在頻譜試驗方面，分為三個階段，第一階段主要圍繞關鍵技術進行驗證，各廠家自己決定頻段。第二階段要有統一的頻段，目前確定是 3400～3600MHz。第三階段，在 3400～3600MHz 基礎上，考慮增加低頻頻段，同時考慮引入 6～100GHz 的高頻段。

我國將 3.4～3.6GHz 規劃為行動寬頻候選頻段，3.6～3.8GHz 則尚無規劃。3.4～3.8GHz 頻段在我國仍為專用電信使用，且以衛星通訊為主，短期內可能不易清頻與重整，故建議可調查既有專用電信之使用狀況，研析是否具有頻譜共享之機會，以決定是否可以共享釋出。其次，依據 3GPP 室內 LTE 技術（LTE-Hi）之發展傾向以及本計畫邀集專家座談會之意見，由於 3.4～3.6GHz 存在既有

使用者，即使無法移頻，亦可先行規劃做為室內用途以及限制區域之實驗頻譜之用。

(三)我國建立頻譜共享機制之法制建議

頻譜共享機制議題之興起，在於行動寬頻業務對於頻譜需求不斷提升，因此由既有用途之頻譜尋求可利用之閒置機會，提升國家整體頻譜資源的使用效率。在共享機制漸漸發展下，未來頻譜使用將以執照拍賣為主，共享機制為輔，充分利用頻譜資源供給行動寬頻及新興通訊技術。

我國如欲建立頻譜共享機制，首要問題在於電信法之授權不足，參酌我國目前匯流相關法制議題之討論，新匯流法制已注意到此一議題，故在既有之修法討論中，已納入頻譜共享機制之法規授權；然而若維持既有電信法架構，則需修訂電信法增加授權條款。

在授權條款完備之後，則必須由主管機關建立頻譜共享管理辦法，內容包含頻譜執照規劃、既有使用者保護原則、共享使用者的管理、共享機制之運作技術規範與管理原則、地理資料庫之管理與技術規範、干擾處理以及設備技術規範等。

而後，在共享機制之運作時程準備上，首先需建立頻譜/地理位置資料庫，並選任專業第三方加以管理營運；其次，共享機制之開放應分階段，初期先開放由電信業者使用，再延伸至電信技術相關產學研機構，於受管制之特定場域進行技術開發測試，最後視共享機制實務運作之成熟度，再至開放新興技術服務業者。

此外，再者，尚需建立干擾即時處理機制，以妥善保護既有使用者之權益；最後則是相關技術規範之測試與完善。在共享頻段之選擇上，主管機關亦應審慎評估該頻段之實際可用性，例如地理區域範圍、可用時間長短等，以完善保護既有使用者。

三、專用電信頻譜使用現況分析

(一)我國專用電信頻譜分配

有關我國專用電信頻譜分配初步統計，參酌 ITU 之定義、並依據頻譜區塊、我國資料量及頻譜利用可能性，畫分為 3KHz～300MHz、300MHz～1GHz、1～3GHz、3～6GHz、6～12GHz、12

～40GHz（含 40GHz 以上）等 6 段；並按我國行政分區，以 7 個區塊（北北基、桃竹苗等）彙整，規劃以圖形方式呈現，標示出既有使用者之有無、各地區使用狀態、行動台或固定台等資訊，提供主管機關掌握我國專用電信頻譜使用現況，以促使活化我國專用電信頻譜資源之利用。我國頻譜分析圖請參附件。

依據分析所得，我國於 6GHz 以下之可用閒置頻譜不多，3GHz 以下已多分配至行動寬頻服務，3～6GHz 之間存在衛星及微波固定通訊，將需移頻後方能規劃；6GHz 以上雖仍有既有使用者，但相對較少，整體而言，我國頻譜使用狀況與國際趨勢相近，未來勢必朝向更高 10GHz 或 20GHz 以上之頻段進行觀察。

(二)國際 4.8GHz（4800～4990MHz）頻段之發展

4.8GHz 頻段目前尚未成為全球協調一致的 IMT 頻段，綜合目前收集到國際發展狀況、IMT 服務與既有服務的共存性不佳等因素，該頻段僅 4940～4990MHz 在美國有作為寬頻 PPDR 之發展；英國則僅對於頻譜釋出有初步之討論，規劃尚未成形；ITU 則是建議各國在 4940～4990MHz 考量寬頻 PPDR 之發展，以在未來達成 PPDR 全球協調之規劃。

在考量本頻段短期間難以清頻，IMT 服務與既有用途共存性不佳，亦難以考量共享釋出，本研究建議保留 4800～4990MHz 釋出作為行動寬頻之討論，待國際發展狀況較為明朗後再行決定。而 4940～4990MHz 頻段，為 ITU 建議第 3 區國家作為寬頻 PPDR 發展之基礎，我國既屬於第 3 區，亦應考量該頻段發展寬頻 PPDR 之需求性及可行性。

(三)國際公共安全（PPDR）建置模式發展動態

隨著全球各國對如氣候變遷造成的自然災害、邊界安全或是反恐活動等公共安全議題日漸重視。近幾年來，除了頻譜配置外，公共安全之網路建置模式的重要性也不可小覷，因選擇不同的模式將關係到政府編配預算、修改法規、轉換系統的時間考量等。

而在觀察各國目前的案例後，對 PPDR 通訊網路有較急切的升級需求，或希望可儘早採用寬頻行動網路作為通訊輔助的使用

的單位，不外乎警察、消防、緊急醫療與救災。雖然在專用網路的鋪建上可達整合救災成效、提升國內產業自主等成效，但因鋪建專網所需的大筆資金，及過於長期的系統轉換時間造成對於第一線單位需求緩不濟急的問題，不少國家進而改採混用或商用的模式加以替代。

此外，除了成本考量上，「可互通性（interoperability）」也成為納入規劃 PPDR 網路優先考量。原因可從兩面向進行分析，首先是若有越多人員加入 PPDR 網路，遂能降低單位成本，以提升整體網路使用的規模效益；第二，若有越多資料加入 PPDR 網路，將可讓更多的公共安全單位進入取用，減少以往資料庫卡在少數單位，而無法在第一時間告知及分享的資料取得障礙。

四、下世代行動寬頻未來應用趨勢

(一)主要國家智慧城市個案分析

本研究針對美國、荷蘭、韓國、日本等國家進行智慧城市建置案例分析，觀察這四個國家的智慧城市相關發展，共通重點項目有能源及交通，顯示人口眾多的大城市如何永續經營為各國重要課題；另外，屬各別國家特性的項目則有如日韓的社會福利、或日本的防災、韓國的智慧市政等，則因地制宜所需。

美國白宮於 2015 年 9 月宣布投入超過 1.6 億美元啟動新智慧城市發展計畫（Smart City Initiative），美國舊金山市（San Francisco）自 2011 年開始積極投入智慧城市發展，於 2016 年被美國交通部選定為 Smart City Challenge 的七個城市之一，舊金山 Smart City Challenge 規劃聚焦於三大領域：交通即平台（Transport as a Platform）、交通即服務（Transport as a Service）、智慧共享與連網街道（Smart Shared＆Connected Streets）。希望在 2020 年達到零廢棄物（Zero Waste）、零溫室氣體排放（Zero Emission）與 2024 年達到零交通事故致死率（Zero Traffic）的目標。

歐洲方面以荷蘭阿姆斯特丹市為例，為解決能源消耗、氣候變遷等問題，發起阿姆斯特丹智慧城市計畫（Amsterdam Smart City，ASC），該計畫以智慧生活、智慧工作、智慧行動及智慧公共空間

等四大目標發展智慧城市。智慧生活應用範圍如翻修舊建築物以提高能源使用效率，或安裝智慧能源錶、太陽能板改善消費者能源使用行為；智慧工作協助發展永續型建築物，改善企業能源消耗；智慧行動聚焦永續型的運輸與基礎建設；智慧公共空間聚焦，能夠讓公共建築的永續使用及智慧管理，基本上發展主軸都與節能有關。

韓國智慧城市發展至目前可分為三大階段，第一階段 2006～2011 年、第二階段 2011～2015 年、第三階段 2015～2020 年。第一階段為 2006 年 2 月推動無所不在城市（Ubiquitous City，U-City），在中央政府的推動之下，2006 下半年首爾、釜山、仁川等地方政府開始推動各自的 U-City 建設計畫。

以首爾為例，首爾市政府於 2006 年 4 月公布為期 5 年的 U-Seoul 計畫（U-Seoul Master Plan），推動六大領域應用服務：社會福利（U-care）、文化（U-Fun）、環境（U-Green）、交通（U-Transport）、商業（U-Business）與行政（U-Government）。

第二階段延續 u-Seoul 計畫之推展，首爾市於 2011 年公布首爾資訊化基本計畫（Smart Seoul 2015），主要推動領域為生活福祉（Smart Life）、未來市政（Smart Government）、綠色都市（Smart Space）與創意經濟（Smart Economy）。

第三階段為因應物聯網潮流，以及配合中央政府物聯網基本計畫、下世代智慧裝置 2020 等資通訊計畫，於 2015 年公布首爾數位基本計畫 2020，提出四大目標包含打造以物聯網為基礎的數位首爾、數據運用行政、市民參與型市政及新都市基礎建設。

日本方面自 2008 年起，由各部會展開不同智慧城市示範計畫，包含內閣府的未來環境都市（Future City Initiative）、經濟產業省的下世代能源、社會系統實證 Master Plan，以及總務省的 ICT Smart Town。

其中，內閣府的未來環境都市，包含：環境未來都市及環境模範都市二大領域，前者針對環境變化與高齡少子化問題，後者以實現低碳社會為目標。

經濟產業省以節能為規劃主軸，協助各地區導入住宅用太陽能發電、民生燃料電池、建築物高效能源系統、促進新能源使用，以及研發複合儲電系統與地區型能源管理系統等。

總務省則著重於利用 ICT 技術以因應未來日本所面對的複合性問題，如東日本大地震等天然災害之防災與減災、高齡少子化社會與地區均衡發展等問題，於 2012 年 9 月推動 ICT Smart Town 計畫。選定千葉縣柏市、愛知縣豐田市、東京都三鷹市、長野縣鹽尻市與靜岡縣袋井市等 5 個城市，規劃 2015 年完成示範計畫，2020 年朝向國內外普及擴散。

(二)物聯網之通訊技術發展及相關頻譜規劃

智慧城市的實現少不了 ICT 相關技術的支持，有些直接以物聯網技術的導入來實現。物聯網在通訊技術方面，從裝置間到核心網路，依據傳輸距離、傳輸速率、功耗等要求之不同，可以使用不同無線技術，而不同垂直領域如智慧家庭、智慧能源表、智慧建築、車聯網與醫療照護等也發展特定通訊技術因應其服務。

智慧家庭、智慧建築及物流管理相關應用所使用之傳輸技術通常為短距的免執照頻段技術，如：Wi-Fi、Bluetooth、RFID 等，在國際主要國家的頻譜規劃上，多使用 2.4GHz、5GHz 與 Sub-1GHz 頻段，其中 RFID 會使用到更低頻的 HF 頻段，在相關裝置的管理上，裝置如符合發射功率、占用頻到時間等，在各國釋出的免執照範圍內基本上可以直接使用。

智慧能源被際上許多國家視為智慧城市的重要基礎建設，應用範圍包含電力、瓦斯及水資源等，重要元件如智慧能源表提供能源數據收集、網路通訊與數據分析平台等。其通訊架構主要可分為集中器到後端資料管理系統，以及智慧能源表到集中器二部分。觀察英國、日本、義大利、法國等智慧能源表服務，集中器到後端資料管理系統，通訊技術以光纖網路及行動網路作為傳輸媒介，不同之處在於電力公司可以選擇使用自建的光纖網路，或是與營運商合作，使用營運商所布建的光纖及行動網路。

智慧能源表到集中器通訊部分，有線與無線技術都有使用。有線傳輸以電力線為主；無線技術方面，可分為執照頻段與免執照頻段兩種。執照頻段部分，除使用行動通訊直接將智慧能源表的資訊傳輸至資料管理系統之外，英國 Arqiva 使用 Sensus 開發的 Flexnet 技術，利用 412～414/422～424MHz 頻段連結智慧電表與基地台。免執照頻段部分，歐洲與日本針對能源表通訊制定各自標準，歐洲採用 Wireless M-Bus 技術，支援 169MHz、433MHz 與 868MHz 頻段，日本推動的 Wireless Smart Utility Network（Wi-SUN）物理層 802.15.4g，主要使用 920MHz 頻段。智慧家庭相關頻譜規劃上，由於國際多使用 2.4GHz、5GHz 與 Sub-1GHz 的免執照頻段，建議以國際發展為主要考量，以免執照頻段作為相關應用使用。

車聯網相關頻譜規劃上建議可與國際接軌，就 DSRC 部分可考慮分配 5850～5920MHz 頻段，然而目前在中華民國頻率分配表規範下，該頻段目前主要分配作為固定、衛星固定（地球對太空）與行動通訊使用，無線電定位為次要業務，鄰近頻段 5725～5850MHz 畫分無線電定位業務使用，5925～6425MHz 提供公眾通信中繼網路使用，未來應用上除須考慮與既有服務間之干擾議題外，也應如 FCC 考慮未來鄰近頻段的免執照裝置增加，設定防止干擾準則。車用雷達與 LTE-V 相關頻譜規範由於目前相關技術尚在發展中，建議可先提供先關實證試驗，並觀察 WRC-19 決議動向。

醫療照護應用方面，其通訊架構可分為 BAN、PAN/LAN、WAN 等部分，以使用免執照的低功率無線傳輸技術，如：Zigbee、Bluetooth 等為主。另一方面，考量醫療資訊傳輸的安全性及隱密性等需求，各國在相關頻譜規劃上，劃分醫療資訊頻段提供資訊傳輸，如 401～406MHz 目前為國際和諧的 MedRadio 頻段，此外 MBNs 頻段在美國 FCC 的劃分下為 2360～2400MHz，歐洲則為 2483.5～2500MHz。

觀察我國在上述，包含：智慧家庭、智慧能源錶、智慧建築、車聯網、物流管理與醫療照護等頻譜使用現況，在智慧家庭、智慧建築及物流管理部份，我國目前於低功率射頻電機技術規範中將

2400～2483.5MHz 及 5725～5875MHz 畫分為低功率裝置使用頻段，未來計畫新增 920～928MHz 頻段。智慧能源表部分，可參考國際發展，整合目前規劃的低功率物聯網頻短使用，或是依照需求單位提供規劃專用頻段，以目前規劃之839～851MHz供公共事業使用。車聯網部分，國際上多數國家規劃 5.9GHz 頻段使用，日本考慮傳輸特性增加分配 700MHz，但以國內現況而言，目前 Sub-GHz 頻段較擁擠，且考慮國際和諧接軌，5.9 GHz 頻段較為可行，惟仍需觀察國際上討論多種技術如 DSRC、LTE-V 在該頻段上的共存與干擾議題，規劃合適頻段與釋出、管理規則。醫療照護應用部分，國內在國際接軌的原則下，目前與 FCC 及歐盟等主要國家規劃相同頻段 401～406MHz 作為醫療通訊服務使用，未來考慮醫療照護領域的多元應用發展可持續觀察國際趨勢，規劃適當頻段使用。

(三)物聯網之通訊技術發展及相關頻譜規劃

物聯網應用日益多元，不同於行動通訊持續朝向大頻寬、低延遲等傳輸功能提升發展，許多物聯網應用如監測空氣品質、電錶資料傳輸等，其特性為資料封包小、延遲容忍程度較大、要求低功耗且同時需要廣範圍布建，既有的無線通訊或行動通訊技術無法滿足，因此近年 LPWAN 技術。

LPWAN 技術主要分為由 3GPP 主導的 NB-IoT 以及產業自行開發的 Sigfox、LoRa 等技術。NB-IoT 透過簡化實體層設計、傳輸程序等，達到使用頻寬 200kHz、電池壽命 10 年以上等要求，並且透過軟體升級可以快速導入至既有的 LTE 網路中，目前全球多家營運商、晶片商與設備商已投入 NB-IoT 產品開發及測試，預計 2017 年能夠正式商用。Sub-GHz 的 LPWAN 技術主要，包含：Sigfox、LoRa、HaLow 與 Weightless 等，使用免執照頻段，其中 SigFox 與 LoRa 在世界各國已有實際應用案例，而 Weightless 目前停留在測試間段，HaLow 則因為 IEEE 的規格制定完成時程訂於 2016 年底，相關產品及應用都尚未成形。

分析各主要國家對於 LPWA 頻段取得、使用限制之規範，基本上採取免執照頻段，且沿用既有技術管理規則，在符合基本發射

功率要求、頻率占用時間等規定範圍內的裝置，經過形式審驗就可以使用，英國 Ofcom 針對 IoT 應用所使用的頻譜，預計導入申請程序較簡化的 BR 執照，提供另一種管理思維可供國內主管單位參考，但綜合各國政府在擬定物聯網頻譜時的考量，多希望透過低度管制，同時考慮對既有使用者的權益下，推動相關創新應用的發展，以促進經濟及產業的活絡。

(四)主要國家物聯網技實驗頻譜管理機制、架構及管理層級之探討

物聯網仍是一發展中的新興領域，且牽涉領域極為廣泛，已非侷限以往單一通訊規管機關的管轄範疇。因此目前各國政府仍密切觀察未來 IoT 可能的趨勢應用，相關的法規上尚未有明確的機制架構，但不同國家仍分別針對物聯網中可能牽涉的規管議題進行討論及規劃

以美國為例，雖然目前尚未有特別針對物聯網制訂特定的管制法規，但已有針對物聯網中的資料隱私、消費者如何保有選擇自身資料被使用的權益等進行討論；歐盟則對於如何定義物聯網服務提供者的身分問題，及物聯網設備未來在歐盟進行漫遊規範延伸出相關探討。

基本上從各國案例中可觀察到由於物聯網牽涉規模之廣泛，對於相關規範的權責劃分並不單純；此外因物聯網仍處一新興發展時期，過多的限制及規範可能箝制住未來可能的應用發展，或是降低營運商頭投入的意願，因此建議以輕度管制的框架鼓勵物聯網產業之發展。

(五)我國智慧城市、物聯網應用處於起步階段

從我國各項計畫探討我國智慧城市、物聯網發展現況，就已進行中的 4G 智慧寬頻應用城市補助計畫部份，歸納業者所提出的應用領域以「影音、金流、運輸、城市治理」等四個方向為主，服務主體仍以「民眾接取資訊」的服務為主，少有涉及及物與物之間的通訊，通訊技術仍以 4G 為主。

已規劃待施行的計畫，例如智慧機械產業推動方案、智慧電網總體規劃方案等，以「蒐集物體本身資料」為主要應用，通訊技術逐漸涉及物聯網標準、技術方案的討論或採用。

數位國家、創新經濟方案與亞洲•矽谷推動方案等屬於國家型上位計畫，甫於 2016 年 9 月由行政院正式公告，其未來計畫實行細節，仍待進一步規劃。

(六)下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網未來發展

本節從應用發展、頻譜需求、技術發展等面向討論下世代行動寬頻技術之智慧城市、物聯網可能發展趨勢，重點歸納如下。

智慧城市、物聯網的應用主要可歸類為三大類型，一是持續強化過往以來的行動寬頻；二是發展公眾物聯網，且為大量布建；三是關鍵任務服務，亦為物聯網應用之一。依應用的發展對頻譜產生的需求，主要以 6GHz 為界線；6GHz 以下就是現有 LTE 技術的增補與改善方案，另一個部分就是 6GHz 以上的頻段利用發展。目前被提出的高頻段約有 28、38（37～39）、64～71GHz 等，高頻帶的利用將從 Release 14 與 Release 15 起陸續被納入。

而技術發展的進展搭配，傳輸速率的提升在現有的技術底下已經出現瓶頸，所以 5G 時代著重於天線技術、新的調變技術、與異質網路的整合等技術，以支持頻譜的利用、服務的實現。

五、下世代行動寬頻未來產業發展方向

(一)4G 商轉後電信業者服務重點及營收的轉變

以往功能行動電話時代，電信業者營收源自語音、SMS 簡訊以及多媒體訊息；隨著智慧型行動電話的普及，則著重於社群媒體、APP 經濟、IP 訊息以及行動商務，未來產業則逐步進入大數據、物聯網、共享經濟等應用。

觀察國際主要電信業者在 4G 商轉後，提供影音和視訊串流應用服務是常見的一種營運策略，除了增加用戶使用數據用量的意願外，行動網路業者也修正資費方案設計型態以符合市場需求。

我國行動通信市場進入 4G 時代後，行動網路業者的資費方案設計重心亦轉向以數據為核心。過往業者資費方案設計以語音服

務為重心,現今則逐漸轉向以數據服務為資費設計核心考量要素。由資費方案設計思維的轉變，不能看出產業轉向以數據為核心之趨勢，已影響了國內外主要電信業者的市場營收及資費方案設計思維。

(二)VoLTE 服務資費原則與語音同步

現階段國際主要業者提供 VoLTE 服務之費率，原則上與既有語音服務同步，無須另外支付費用。在服務開放部分，多數業者僅開放月租用戶使用，少部分開放預付卡用戶。觀察大多數主要業者對 VoLTE 資費設計的思維,以吸引用戶使用為主要考量，且使用對象多侷限於撥打網內用戶，目前已可跨業者別提供 VoLTE 服務的案例仍屬少數。由於 VoLTE 服務之跨網互連互通與技術相容之問題仍在解決當中，短期內難以考量特定的資費策略。

(三)電信業者創新加值服務發展動態

當用戶對數據用量的需求逐年升高，電信業者一方面投入大筆資金布建更完善的 4G 網路,一方面也積極推出創新應用服務，以能增加用戶或擴大營收來源,觀察國際主要電信業者基於 4G 網路推出的應用服務主要有 VoLTE 服務、影音娛樂服務、車聯網服務、無人機應用等。

4G 相對 3G 的優勢在於在影音傳輸方面的速率提升，以往需先下載影音觀看方式已逐漸被線上即時串流觀看取代。電信營運商期望藉由行動影音的應用，創造高流量進行帶動營收成長，然而仍面臨商業模式難以突破。由於行動影音競爭核心為內容，這一部份並非電信業者所長，因此目前仍陷於供網路傳輸提供者的角色。

在 4G 邁向 5G 的過程中，車聯網為重要應用之一。鑒於目前 5G 的研發仍在進行中，因此營運商希冀透過現有 4G 進行多角化的異業合作，推出各式車聯網服務，如：車內 Wi-Fi 上網、緊急事故通報、傳送即時車況診斷、針對駕駛個別行車習慣計價的車

險（Usage Based Insurance，UBI）等，藉以開發行動通訊與車之間連結的新商機。

關於車聯網的收費模式，企業客戶方面，目前有專案設置或月租費等方式。專案設置收費模式由營運商向企業客戶收取專案建置、資料蒐集終端硬體成本及爾後每月使用網路的通訊費；系統的維運由企業客戶自行維持或外包給電信業者,另外按月收費。消費用戶方面,一般採每一應用都為獨立月租費,但為吸引用戶，亦有鼓勵當月數據流量達某一標準即可免次月月租或簽約一年享有折扣等優惠。

無人機也是眼下熱門的應用，由於透過 LTE 網路可擴大無人機操控範圍，因此應用的領域逐漸擴大。例如：將無人機轉化為飛行基地台,用於舒緩大型活動或事件時常發生的網路壅塞問題；或是當天然災害發生損害當地原有基地台設備時，無人機可作為緊急應變措施，為車輛無法駛進的災區提供無線網路等，計畫未來在物流、農業、建設、公共安全等將會有創新 B2B 的服務。

(四)主要電信業者之物聯網服務探討及我國電信業者發展意向

根據各國電信營運商之物聯網案例，其應用領域包括智慧能源、智慧運輸、智慧醫療、智慧家庭及智慧農業等，可見物聯網應用領域可擴及領域之廣。但對於真正創造出一個物物相連的物聯網社會，以目前的應用普及程度仍有一些距離。

營運商在物聯網產業的發展必須面臨跳脫以流量等於利潤的思考框架，構思如何針對各種產業的痛點，提出客製化的解決方案服務，並依據不同類別的應用及產業特性，切合用戶的特殊的布建需求、覆蓋範圍及相關收發裝置。在費率設計上，除了某些用戶清楚了解自身對於流量的需求,進而可選擇適合的費率方案；但在物聯網的初期應用上,更多的用戶因是首次導入 M2M 方案，雖然清楚自身需要解決的問題或預期目標，但對於布建技術及整體布建細節較不了解。因此電信營運商可在推展各領域之 M2M 業務時，詳細了解客戶需求後，不僅提供網路，也可配合整體諮詢

服務再進行客製化報價。因此除了收取裝置及聯網費用，電信業者也必須具備高度整合能力，以協助優化解決方案的運作流程。

六、下世代頻譜規劃及頻譜管理、機制之結論與建議

下世代行動寬頻應用朝多元化發展，例如萬物相連物聯網應用、傳統高速傳輸、高流量應用等，對頻率的需求從低頻擴大至高頻；其次為了增加頻譜來源，也引申頻譜共享技術的發展，或是百家爭鳴的 LPWAN 等技術發展。而隨著前述產業生態變化、通訊技術演進對現行的頻譜規劃、管理、法規、機制等都產生不同的衝擊，以下將本研究成果與「下世代頻譜規劃」及「頻譜管理與機制」兩項關切議題之結論與建議摘錄重點整理於下表。

(一)下世代頻譜規劃

頻率	使用現況	未來規劃	原因	釋出方式	原因
470～698MHz	530～608MHz 無線數位電視及保留頻段	維持現狀	目前為我國數位無線電視頻段	1. 共享機制 2. 實驗場域	1. 美國、英國、新加坡之主要 TVWS 運作頻段 2. 存在既有業者 3. 3GPP 尚未規劃頻段
	608～698MHz 專用電信	1. 新興服務 2. 實驗發展	1. ITU 確認第 2、3 區為 IMT，尚未全球一致 2.3GPP 尚未規劃頻段 2. 美國以誘因拍賣釋出		

頻率	使用現況	未來規劃	原因	釋出方式	原因
717～728MHz；738～758MHz（SDL頻段）	行動寬頻	無須更動	與我國已釋出之700MHz行動寬頻相鄰重疊	無	
825～840MHz；870～885MHz	第三代行動通信	執照屆期後續規劃	待PPDR方案確認後，再進行規劃	1. 專用 2. 商用 3. 混用	1. 整合救災成效、提升國內產業自主 2. 建置成本較低、導入速度較快 3. 因人口分布型態、PPDR推動進程等考量，以達策略性減少成本與提升效益
920～928MHz	922～928MHz RFID	開放提供低功率物聯網使用	1. 新興物聯網應用增加，相關裝置頻譜使用需求提升 2. 美國902～928MHz為免執照頻段	免執照	國際上低功率物聯網皆使用免執照頻段
1.4GHz	專用電信	行動寬	3GPP Band	共享機制	1. 存在既有

頻率	使用現況	未來規劃	原因	釋出方式	原因
（1452～1496MHz，SDL頻段）		頻下行補充（SDL）	32		業者 2. 僅下行補充，頻段價值較低
2.3GHz	專用電信	2300～2350MHz區域實驗用途	尚未清頻	共享機制	存在既有業者
		2355～2390MHz拍賣釋出	頻段清理完成	拍賣釋出	1. 英國採取拍賣釋出 2. 3GPP Band 40
2.6GHz（SDL頻段）	行動寬頻	無須更動	我國行動寬頻業務拍賣釋出	無	
3.5GHz	衛星通訊	行動通訊（IMT）	ITU WRC-15會議確認為國際IMT頻段	1. 共享機制 2. 室內使用	存在既有業者
		5G	中國規劃為5G頻段		
4.8GHz	微波通訊	4940～4990MHz為寬頻PPDR	1. ITU WRC-15決議建議第3區關注寬頻PPDR規劃 2. 美國目前為寬頻PPDR用途	暫不釋出	1. 存在既有業者 2. 國際趨勢尚不明朗 3. 寬頻PPDR發展尚未明確

頻率	使用現況	未來規劃	原因	釋出方式	原因
		行動通訊（IMT）	ITU WRC-15確認第2區為IMT用途		
5GHz	免執照 Wi-Fi	開放 LAA	3GPP 標準化完成	維持免執照	
5850～5925MHz	主要分配作為固定、衛星固定（地球對太空）與行動通訊使用，無線電定位為次要業務	開放ITS使用	國際和諧，美國、韓國5850~5925 MHz，歐洲5875～5925MHz	1. 專用 2. 共享	1. 目前歐盟劃分為ITS頻段，美國劃分為DSRC頻段 2. 國際上討論開放與其他免執照頻段共享

(二)頻譜管理與機制

1. 共享管理、法規

問題	結論與建議
共享者之身分限制	行動寬頻頻譜的使用規劃政策，係以拍賣機制為主、共享機制為輔。將無法清移頻之頻譜以共享機制加以利用；當完整頻塊整理完成，仍會以拍賣釋出。 參酌國際頻譜共享機制之主要目的均在保護既有使用者的前提下，以共享模式提升既有頻譜使用效率。因此電信業者所持有透過拍賣機制取得專屬權利之頻譜並不會成為共享頻譜。 此外，由於開放共享之頻譜必須保障既有使用者，因此倘若既有使用者之頻譜使用並無任何可共享之機會，則同樣不會成為共享之標的。
法規與時程	在頻譜共享模式中，免執照5GHz頻段之LAA共享技術，因不涉及電信法之修正，於低功率射頻電機技術規範完成修正後，即可開放電信業者導入LAA機制。

問題	結論與建議
	需執照頻譜之共享則因需處理既有使用者與共享使用者間之權利義務關係，故需修訂電信法及制訂管理規則，為中長期之目標。

2. 實驗頻譜管理

問題	結論與建議
簡化申請手續及規範	在優化申請手續上，主要可分為簡化申請時所需接洽眾多跨部會、跨機關之時間成本，及降低檢視電台架設許可的頻率。
完善實驗頻譜的規劃	在完善實驗頻譜的規劃上，主要問題在於規範中過於頻繁的審驗電台執照及政府是否有將實驗頻譜視為一重要政策，進而設立清楚明確的查詢系統，協助申請單位檢索可做實驗之頻段及提高實驗頻段的執照使用年限。
設立專用實驗園區	在設立專用實驗園區的議題上，有業界專家建議政府可提供作應用測試的區域性實驗頻段，及具有更明確政策意義的頻譜實驗園區，以促進產業整體發展。

3. LPWAN 管理

問題	結論與建議
LPWAN 技術管理規則	歐美皆沿用既有技術管理規範，如美國 LPWAN 須符合 part 15 之相關規定，歐盟則須依照 ERC Recommendation 70-03 規則，國內低功率射頻電機技術規範相關規定依循 FCC 之精神制定，建議中短期內可繼續沿用既有規範。
LPWAN 頻譜取得方式	依照主要國家現行規則，LPWAN 裝置在免執照頻段上運作，僅須符合技術規定即可使用，建議可比照國際作法，但長期仍需持續關注國際動態，權衡鼓勵創新及干擾控管，適度修正管理方式。

4. 我國 PPDR 的建置

問題	結論與建議
PPDR 需求單位	回顧各國案例，目前因業務性質而對導入 PPDR 有較急切需求之單位有四，分別為警察、消防、緊急醫療與緊急救災。另有國家在規劃上，預計納入更多公共安全單位，將其發展為全國性之網路。 其主因除 ITU 在 PPDR 中持續強調的可互通性（Interoperability），另可從兩點因素分析：若以單位成本考量，越多使用單位可擴增 PPDR 網路的使用規模，提升經濟效益；若以使用效益考量，消除不同單位間的通訊或資料庫進入障礙，可有效提升勤務執行的效率，並降低時間及人力成本的花費。
PPDR 布建模式選擇	各國在選擇專用、商用或混用模式上肇因於不同考量。 以專用模式而言，雖花費最高、耗時最久，但可帶來整合救災成效、提升國內產業自主等長遠效益。 以商用模式而言，多因建置成本較低、導入速度較快，對於有迫切導入需求或缺乏專用頻譜的單位有較高吸引力。 以混用模式而言，可能因人口分布型態、PPDR 推動進程等考量，以達策略性減少成本與提升效益支持果，且混用模式也可作全面布建專用網路前的實驗觀察期。

附件

壹、我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求研討會

為俾使本研究結果更加全面且完整，在交通部指導下，已於 105 年 6 月 29 日舉行「頻譜共享機制規範發展之研析」研討會，其中將針對一些新的頻譜使用型態包括技術面、法規面、管理面進行探討。

一、研討會主軸

針對頻譜共享機制規範發展之研析，以下列 4 個題綱為主軸，邀請業者及學研界代表發言。

(一)可供我國發展頻譜共享之機制之頻段

在國際頻譜共享機制所涉之頻段中，我國 470～698MHz 部分為數位無線電視及保護頻帶，部分擬規劃為行動通訊候選頻段；2.3GHz 部分擬騰空為行動通訊頻段，部分則保留專用電信使用。3.5GHz(3.4～3.6GHz)雖存在衛星或無線固定通信，但 ITU WRC-15 已規劃為行動通訊頻段，且 3GPP 亦有對應之頻段計畫；在朝向清移頻作為行動用途之前，是否同意可採共享機制加速釋出？或先行規劃開放室內情境或供作特定區域實驗用途？此外，有無其他頻段亦適合共享釋出？

(二)我國頻譜共享機制之保護措施與架構設計考量

各國針對既有使用者之保護，規劃許多保護機制，如：

1. 基本保護措施：分時（資料庫/SAS）、分地（區域釋出）、分頻（定量頻譜執照）之機制。
2. 額外保護措施：依據既有使用者特性，畫分禁制區/保護區、規劃環境感知能力（ESC）、要求系統管理業者負擔干擾通報義務等機制，以確保不造成既有服務有害干擾。

在頻譜共享機制的設計考量中，為完善既有使用者保護，我國需採用哪些措施？是否有其他重要具體問題待解決？頻譜共享機制之共享者有兩類型，第一類為執照基礎、第二類為免執照依規則使用，部分機制之使用者僅有第一類

或第二類，部分則二類分層級並存，何種適合我國？是否有其他規劃建議?

二、與會來賓發言重點摘要：

討論題綱	專家代表	問題或建議
討論一、可供我國發展頻譜共享之機制之頻段 在國際頻譜共享機制所涉之頻段中，我國 470～698MHz 部分為數位無線電視及保護頻帶，部分擬規劃為行動通訊候選頻段；2.3GHz 部分擬騰空為行動通訊頻段，部分則保留專用電信使用。3.5GHz（3.4～3.6GHz)雖存在衛星或無線固定通信，但 ITU WRC-15 已規劃為行動通訊頻段，且 3GPP 亦有對應之頻段計畫；在朝向清移頻作為行動用途之前，是否同意可採共享機制加速釋出？或先行規劃開放室內情境或供作特定區域實驗用途？此外，有無其他頻段亦適合共享釋出？	中華電信	1. 3.5GHz 衛星頻段做為頻譜共享因為干擾問題之處理不易有技術的困難。 2. 頻譜共享應是運用暫時性閒置的頻譜，3.5GHz 因為並無閒置的狀況，並不適合做為發展頻譜共享。
	台灣大哥大	1. 對於頻段的釋出，使用執照與規範將影響業者投入意願。 2. 以共享機制來提供行動寬頻需考量 3GPP 規劃的頻段，以便利用 CA 機制提升業者頻寬。由於 3.5GHz 仍有既有服務，故以室內使用為主。
	愛立信	1. 470～698MHz 頻段規劃與國際資訊分享：印度政府於 WRC-15 有提出頻段規劃，該頻段仍極具發展潛力。另外，最近印度政府對於 TV White Space 會以 Auction 的方式處理 National Resource。
	是德科技	1. 頻譜分享無論採取分時、分地或是分頻，其前提必須了解頻譜使用狀況。
	廣達電腦	1. 對於 3.5GHz 頻段，或可先行開放對室內

討論題綱	專家代表	問題或建議
		採取頻譜共享。
	新世代通訊技術推進辦公室	1. 3.5GHz 提早開放，尤其室內使用，對我國產業發展優勢將會提高。 2. 3.5GHz 對電信營運商而言是不好用的頻譜，但對產業的研發單位或學術的研究單位等等在室內可能是一個很好用的頻段。
	工研院	1. 對於發展頻譜共享機制而言，現行頻譜使用狀況的調查，相當重要。
	台灣大學	1. 討論 3.5GHz 作為共享頻帶並非那麼急迫,若有頻譜共享機制成功的案例，再把它擴展到其他頻帶上。
	鄧添來顧問	1. 如要開放 3.5GHz,建議應僅限於既有電信業者使用。 2. 以室內場景做為實驗，瞭解使用範圍與干擾後，慢慢把管理規則建構出來。
	啟基科技	1. 國外已有許多新型態的頻譜共享商業模式，很多想參與的業者都不是傳統的電信業者，如 Google，其是網路業者的代表。 2. 在 3.5GHz 的想像，目前是偏向 Indoor 的應用,如 Google 這些新興的網路業者，他

討論題綱	專家代表	問題或建議
		們的想法是共用 Small Cell，讓不同電信業者的用戶可以登入同一台 Small Cell 來使用網路服務。
	NOKIA	1. 3.5GHz 對 5G 的發展相當重要，因其有相當大的頻寬與連續的頻段。
討論二、**我國頻譜共享機制之保護措施與架構設計考量** 各國針對既有使用者之保護，規劃許多保護機制，如： （一）基本保護措施：分時（資料庫/SAS）、分地（區域釋出）、分頻（定量頻譜執照）之機制。 （二）額外保護措施：依據既有使用者特性，劃分禁制區/保護區、規劃環境感知能力（ESC）、要求系統管理業者負擔干擾通報義務等機制，以確保不造成既有服務有害干擾。 在頻譜共享機制的設計考量中，為完善既有使用者保護，我國需採用哪些措施？是否有其他重要具體問題待解決？頻譜共享機制之共享者有兩類型，第一類為執照基	中華電信	1. 相關機制均在實驗或發展中，穩定性尚待驗證。 3. 由於政府持續釋出商用頻譜，故頻譜共享機制之需求目的不明確。
	台灣大哥大	1. 在釋出頻段前，主管機關須事先作干擾量測與使用範圍規定。 2. 頻譜共享機制以分時模式做為發展模式，可行性較低，若以分頻或分地的方式進行頻譜共享會相對可行。
	愛立信	1. 共享機制可以運作更靈活，容許 Business Team 或 Operator 之間談出一個他們最好的合作模式，技術上都可以支援。
	台灣之星	1. 相較於國外，台灣頻譜整備期短，難以在頻譜整備期發展頻譜共享機制。 2. 頻譜共享機制需評估考量干擾與使用的機會，避免規劃不適合

討論題綱	專家代表	問題或建議
礎、第二類為免執照依規則使用，部分機制之使用者僅有第一類或第二類，部分則二類分層級並存，何種適合我國？是否有其他規劃建議？		的頻段。
	是德科技	1. 頻譜分享無論採取分時、分地或是分頻，其前提必須了解頻譜使用狀況。 2. 在有限的頻率範圍，只要有效的做頻率管理就可以避免干擾。目前儀器皆可以做到即時頻譜功能，用掃頻的方式做到頻譜的監控，頻率範圍甚至可以到達 Millimeter Wave。
	廣達電腦	1. 對於頻譜共享的規劃，須以整體 Ecosystem 進行思考，建議以國際的標準與規範來做頻譜共享。
	遠傳電信	1. 要建立頻譜共享機制，必須要先瞭解頻譜使用狀況。 2. 將來由誰維護共享機制資料庫？
	工研院	1. 對於發展頻譜共享機制而言，現行頻譜使用狀況的調查，相當重要。 2. 共享機制是否收費？ 3. 頻譜共享應延伸至商用頻段，設立研究開發驗證的環境讓產業來用，並能夠與國際接軌，俾利我國業者開發產品。
	台灣大學	1. 應以創新應用之需求找共享頻段。若實務

討論題綱	專家代表	問題或建議
		應用與需求沒有那麼強烈，或者是在驗證中沒辦法證明對產業是有效的，機制無法發展。應先尋求特殊應用實驗，以共享機制加以實踐，找出需求。 2. 頻譜共享應先開放做實驗，簡化申請做為實驗的手續，加速實驗申請的效率，讓電信業者或 ICT 新興產業能夠做實驗。 3. 建立動態管理頻譜實際使用狀況盤點，發展相關監督機制，確定可行性。
	啟基科技	1. 國外已有許多新型態的頻譜共享商業模式，很多想參與的業者都不是傳統的電信業者，如 Google，其是網路業者的代表。
	通傳會	1. 通傳會原則上皆會同意閒置頻譜做為實驗頻譜，並正檢討流程簡化。 2. 頻譜共享應注重如何促使商業模式的運行。 3. 既有頻譜的使用狀況與共享條件等，將來均會一步步進行。
	台灣資通產業標準協會	1. 智慧農業會、智慧城市等服務會是閒置頻譜的潛在使用者。 2. 頻譜地理資料庫將是

討論題綱	專家代表	問題或建議
		閒置頻譜發展的基礎，可以協助較完整的頻譜監控，與監管的機制結合可以動態地呈現頻譜動態的狀況。 3. 資料庫將需要保全措施，因為可能涉及敏感資訊。 4. 頻譜共享時需要有一個仲裁的機制處理糾紛，需要由政府來處理。

三、與會來賓發言詳細記錄：

(一)中華電信

1. 3.5GHz 之衛星電視頻段做為頻譜共享有技術的困難：

電視衛星在地面上是用固定式的接收站，且採用高增益的指向性天線來接收訊號，所以衛星到達地面上的訊號強度是非常微弱，其存在的干擾風險在於地面接收站的指向性方向若有一些干擾源的訊號存在，則對於微弱的衛星訊號會造成一定程度的干擾。倘若這些接收站是設置在山區山頂上基本上可以用地形來做屏蔽，但國內 3.5GHz 的衛星大部分是供衛星電視中繼與衛星頻道的接收，所以很多接收站是分布在各個縣市與都會區域裡，所以在地形的屏蔽上比較缺乏，干擾的風險性自然就提高。從 FCC 五月份剛發布的 3.5GHz Report and Order 來看，其技術規範對於固定衛星是在 150 公里範圍內的設備所聚合起來的干擾量不能超過 -129dBm/MHz。意指在 150 公里範圍內的干擾源不能被忽略，而且對於聚合起來的干擾要求是非常嚴謹的，這在美國大範圍的國家可能有些區域可以使用，但對於比較小型的國家，如新加坡，在 2005 年與今年的 WBA 與 4G 的頻率規劃都一度考慮 3.5GHz，但最終評估的結果是認為會對該頻段的衛星造成干擾。從這幾點說明來看，3.5GHz 要導入共享機制可能要做更嚴謹的評估。

2. 頻譜共享應是運用暫時性閒置的頻譜，3.5GHz 並不適合做為發展頻譜共享：

剛談頻譜的共用，其情況只有兩種，一種是暫時閒置的頻譜，暫時沒有在用的，另一種是低使用效率的頻譜，低使用效率的頻譜其實就是 Unlicensed Band，Unlicensed Band 若拿開不看的話，其實真正可以頻譜共用是共用暫時沒有在使用的頻譜，不管是 TVWS 或者是美國 3.5GHz 的 CBRS，都是那個頻譜在那個地點當時沒有人在用，才可以取得使用機率，在共享使用的時候如果原來 Primary User 要用的時候，

剛有介紹，Database 會通知共享者要退出，所以，共用不是說一個正在使用的頻率可以拿來共用，絕對不是，而是一個沒有使用的頻譜，透過共享機制讓第三者暫時來使用，所以在這樣的條件下，我們來看 3.5GHz 頻譜，第一，它不是閒置的頻譜，它也不是低使用的頻譜，它是正在使用的頻譜，剛剛所介紹的機制，沒有在共用一個正在使用的頻譜，所以 3.5GHz 在國內來講是不適合用來做頻譜共享，這是我第一個要說明的。第二個就是剛提到的 TVWS、英國的共用機制或美國 CBRS 的機制，其實它全部都是正在實驗當中，它要建一個很大的資料庫，還要一個 SAS 通知機制，然後隨時要把正在使用的共享者退出讓 Primary User 來用，或是要建置一個完整的資料庫，哪些地區有使用者哪些地區沒有使用者，這個東西都是在一個實驗的階段，到底可不可行，有沒有效率，剛才很多人質疑，萬一要你退出而使用者不退出的時候，這些爭議怎麼處理，目前通通不知道，所以，頻譜共用現在是大家一個發想，是不是可行我想還待時間的驗證，所以國內是不是馬上就要開始投入頻譜共用，我覺得這一步踏的太早，這是我第二點理解。第三點，當我們在國內談頻譜共用的時候，我的目的是什麼，是因為業者的需求，行動業者覺得頻譜不夠用，還是我們的設備商希望要有一個實驗場地來實驗它的設備，我們必須要先把目的確定清楚，就行動業者來講，明年還會再釋出一波的頻譜，所以，專用頻譜我都還沒拿完，我絕對不會去拿那個共用頻譜，機制又那麼複雜，是不是有干擾真的不知道，所以對行動業者來講，目前是沒有共用頻譜的需求，我要就拿專用頻譜，如果行動業者沒有需求的時候，剩下我們在這邊談說國內馬上要開頻譜共用這目的在哪裡可能就要先確定出來，若目的確認之後那接下來才能夠做什麼事情。綜合剛的說明給予幾點建議，第一，在談頻譜共用先看看國內要做頻譜共用的目的是什麼，不是為共用而共用，是因業者頻譜不足還是為業者實驗場域，

第二，頻譜共用一定是使用一個暫時沒有使用的頻譜，所以既有正在使用的頻譜決不是共用頻譜的標的，所以 3.5GHz 在國內是不適合的，如果國內的業者設備商真的要去試驗一個頻譜共享的機制，從剛剛談的各項國外案例裡面，可能比較適合的就 LAA 5GHz 的部分看國內有沒有機會

(二)台灣大哥大

1. 對於頻段的釋出，使用執照與規範將影響業者投入意願：

未來頻譜若是以 Licensed Band 或 Unlicensed Band 來釋出，釋出後若區分為主要使用者與次要使用者，將會影響業者投入使用之意願。

2. 在釋出頻段前，主管機關須事先作干擾量測與使用範圍規定：

假如要釋出頻譜，我們認為政府應該進行干擾量測與使用範圍的律定，因為頻譜釋出各業者都會自行評估與量測，所以對於 3.5GHz 要釋出的話，建議政府做完整的干擾量測與規定使用範圍以避免多家業者自行評估與量測而造成資源浪費。

3. 以共享機制來提供行動寬頻需考量 3GPP 規劃的頻段：

如果透過共享機制提供行動寬頻，我們認為應該以 3GPP 律定的頻段做規劃，至於 WRC 有一些討論的頻段，若確定之後，還是會歸納到 3GPP 的頻段規劃，所以針對

3.5GHz，目前是衛星電視在使用，若要做為共享應以室內使用做為考量。此外，行動寬頻會有主頻與次頻，業者一定會把穩定且授權頻段作為主頻段，如：700、900、1800 或 2600MHz 的頻段，若是共享的頻段，其品質與穩定度相對不會那麼好，所以業者一定是把共享頻段做為次要頻段。另一方面，我們現在釋出的頻段要利用 CA 的技術來提供行動寬頻，若釋出的頻段不是很穩定且是共享使用，則便不會設定為主頻段，也不會去使用。假如頻段不在 CA List 裡，終端沒有支援，架設一個網路但是不會使用這個頻段，便沒有達到提供容量的目的。所以從這幾個角度來看，釋出頻段

要在載波聚合的清單裡面，這樣行動電話才會把該頻段列入，當業者在建置時，用戶才能夠使用這些頻段。

4. 頻譜共享機制以分時模式做為發展模式，可行性較低：

我們認為分時模式比較困難，因為分時的話，整個設備的採購與訊號發射對時間的控制比較困難，若以分頻或分地的方式進行頻譜共享會相對可行。

(三)愛立信

1. 470～698MHz 頻段規劃與國際資訊分享：

前面幾位先進已提出一些看法，在此就針對個人所瞭解的 Additional Information 做一個補充，比方說剛才資料上有說明 470～698MHz 還沒有被 3GPP 規劃，但印度政府於 WRC-15 有提出頻段規劃，雖然還不是 Decision Band，該頻段仍極具發展潛力。另外，最近印度政府對於 TV White Space 有一些決定，可以給主辦單位一個參考，就是會以 Auction 的方式處理 National Resource，當然背景是每個國家不太一樣，在此提供給大家做為一個參考。

2. 頻譜共享機制可以更靈活地來運作：

頻譜共享機制這個大題目底下，我其實不太理解為何都是針對 3.5GHz 在做討論，或是這其實不是你們的意思，頻譜共享對我們來講，技術上其實有很多種提供的方式，只要在 Business Team 或 Operator 之間談出一個他們最好的合作模式，技術上都可以支援，所以，特別去訂定它一定該怎麼去分好像沒有這麼大的需要性，舉個例子來講，它是不是可以超過今天所提出的這些分法，就像是英國，他們以 Capacity 來租用方式也是某一種共享，所以，如果這個機制上可以更彈性更 Open，讓 Operator 之間更 Creative 去想如何合作，我想技術上去做是不困難的。所以從技術上來講，我們就會希望只要是政策面上確定頻段不會又太多干擾，技術上就不會有太多的問題。

(四)台灣之星

1. 相較於國外，台灣難以在頻譜整備期發展頻譜共享機制：

台灣跟其他國家在頻譜整備其實是非常不一樣的。我記得 CTIA 在去年年中有發布一份報告，內容是說美國在發展行動通訊時進行 Auction 頻譜，他們平均要花費 13 年才有辦法從開始整備到發照甚至正式使用，這表示整個過程是很冗長的，但台灣其實不然，我們的頻譜整備時間沒有那麼長，在頻譜整備過程當中如果開始使用頻譜共享的話，當共享使用的年限還沒有到而頻譜開始要被 Auction 及使用時，則這些共享使用會產生干擾風險。

2. 頻譜共享機制需考量干擾與使用的機會：

頻譜共享說實在 Operator 並不反對，我們是擔心在頻譜共享當中對 Licensed Band 所造成的干擾影響，如今天所分享的美國 CBRS，其第一階的使用者就是畫分限制區來保護，它不要共享這塊頻譜的其他人踩進這塊地區造成裡面的干擾，所以我想今天不管是在談任何在 Licensed Band 的使用，都應該以不干擾為前提，才可以繼續討論可不可以共享來使用。以美國一開始做 600MHz TVWS 他們是發現該頻段有許多沒有使用的閒置頻塊，才會開始運作共享讓大家可以用，可是如果以行動通訊來說的話，這個頻段基本上我們是 24 小時每天都在發射，在我們使用的區域是不是還適合用作頻譜共享，這是需要再進一步的思考。

(五)是德科技

1. 頻譜分享無論採取分時、分地或是分頻，其前提必須了解頻譜使用狀況：

關於頻譜部分我就不做太多說明，因為在場已有很多專家。關於剛才麥克風雜音狀況我想到一件事情，我以前在 Survey 麥克風，麥克風其實現在做到可以監控那個頻帶已經被使用，它自己就可以去調整頻帶，所以也讓我想到一件事，如果說今天是限定的一個區塊，因為剛有提到分時分地分頻，

很重要的還是看說是不是可以瞭解目前區域性的狀況，比方說剛才麥克風的狀況，在有限的頻率範圍，只要有效的做頻率管理就可以避免干擾。就儀器廠商而言，目前儀器皆可以做到即時頻譜功能，用掃頻的方式做到頻譜的監控，頻率範圍甚至可以到達 Millimeter Wave，這對未來大家的研究都會有很好的幫助。

(六)廣達電腦

1. 對於頻譜共享的規劃，須以整體 Ecosystem 進行思考：

因頻譜的部分不是我們的專長，我們代表 Device 系統設備廠商來看這件事情。頻譜共享基本上是 Ecosystem 也需要考慮的問題，所以再考量頻譜共享也要考量 Ecosystem 如何來配合，從 Device 的立場來講，建議以國際的標準與規範來做頻譜共享，以台灣現在的廠商來講，大部份的市場都是歐美，所以今天的主題在思考歐洲美國甚至日本都是很好的方向，台灣在 Ecosystem 也要扮演重要的角色，不然產業會被空洞化。

2. 對於 3.5GHz 頻段，或可先行開放對室內採取頻譜共享：

剛才先進有提到說 3.5GHz 在衛星通訊容易有干擾，其實還是可以開放，先建議是不是以室內開放為主，一方面把頻譜不足的問題先做紓解，至於說要不要用 Carrier Aggregation 以一個主頻搭配 Licensed Band 或 Unlicensed Band 我們是認為在技術上都可行。像高通這邊他們有在提另外一個標準叫 MuLTEfire，事實上並不需要兩個頻段 CA 都要在 Licensed Band，其也可以在 Unlicensed Band 上面，這也是一個可以考量的觀點，所以這部分以 Ecosystem 的眼光來跟大家分享。

(七)遠傳電信

1. 要建立頻譜共享機制，必須要先瞭解頻譜使用狀況：

今天看來是想請問的問題會比表達的意見多。所有的問題看起來核心是在於能夠有一個機制或機構去控制去知道

頻譜使用狀況，美國的系統是第三方在做，不是主管機關也不是電信業者，這系統的設計是不是可以先有個雛型出來，這是我們對共享系統組織架構的一個看法。第二，當我們在看說有沒有干擾的時候，這是大家最關心的。再來，我們的資料庫,不管是分時分地分頻,資料應該是 Available on Hand Already 或還是需要再去調查，感覺應該有但是沒有。大家都看過 NCC 公告頻譜配置圖那張彩色圖，看起來我們頻譜乾乾淨淨非常好用，我們現在關心不管 2.3 還是 3.5GHz 都很乾淨，但其實不是，是不是應該把這個 Database 的建立好好的做一次,十幾年前聽說做過一次,能不能好好的做出來，大家再來談說共享不共享什麼的東西。剛才台哥大的先進剛才也提到說干擾的問題要先討論一下，干擾的發生事實上跟你所有狀況有關係，如果這不先做出來第二題沒辦法討論，這是前面幾個基本問題。美國已把 3.5GHz 給釋出做為頻譜共享了，看起來即便是有一個共享的機制，但結果還是找乾淨的頻段放出來，好像這個做法比較實際，我們是不是可以從這個角度來看，好好的做一個頻譜使用調查，如果我們都不知道頻譜使用狀況，那還是乖乖找一個乾淨頻段就好。

(八)新世代通訊技術推進辦公室

1. 3.5GHz 提早開放，對我國產業發展優勢將會提高：

先就個人的看法，大家對於 3.5GHz 這一塊，其實對既有電信營運商而言是食之無味的頻段，第一，這個頻段在戶外很難用，第二，移到室內其實有很多解決方案可以來做，從新世代通訊技術推進辦公室的建議，我們呼應廣達與幾位產業界的看法，從國際上的趨勢來看 3.5GHz 主要會是走 TDD 的技術，那未來幾年的發展會非常快速，所以這部分我們建議應該可以先來試用頻譜共享的機制，那共享，當然第一個既有使用者目前是怎麼使用這個頻譜這個非常重要，尤其是移動性的使用的話，會讓後續共享規劃非常複雜，所以我覺得第一階段要把既有使用者在 3.5GHz 如何使用要把它

釐清，第二部份就是說，剛有提到 3.5GHz 對電信營運商而言是不好用的頻譜，但相對而言對產業的研發單位或學術的研究單位等等在室內可能是一個很好用的頻段，配合 3.5GHz TDD 的發展，如高通積極成立 MuLTEfire Small Cell 在 Unlicensed Band 使用 LTE 技術的聯盟，我覺得在台灣的產業是有機會切入取得這塊市場，如果我們在這塊頻段可以儘快開放讓大家以最低限度的規範來使用，我想是一個必較好的做法。

(九)工研院

1. 對於發展頻譜共享機制而言，現行頻譜使用狀況的調查，相當重要：

我想先問一個問題，後面再來一些建議，我的問題是，頻譜共享機制到底要不要收錢，因為收錢以後權利義務是不一樣的，整個政策怎麼來看這件事情，要不要 Implement 這件事情很重要，管理的態度與管理的機制完全不一樣，這是我的問題。再來講到共享機制，我回應前面幾位專家說的話，就是現況到的是怎麼樣，這很重要，現況不重要你來講管理那效果會有差，這是現況調查，如果現況調查很清楚，你有 Database 在管理這些，那你的共享原則到底是什麼，共享條件或有沒有干擾是不是一個前提，有干擾那要怎個共享這個要講清楚。有了這些前提條件之後，再來講管理機制，我覺得管理機制可以洋洋灑灑寫很多像 SOP 講一堆，可是到最後這仲裁者的角色，當雙方都沒有共識時這仲裁者是誰？它會是整個管理機制的核心，這個是我對機制面的建議，要清楚定義出來才能執行，不然到最後不了了之沒有成效。

2. 頻譜共享應延伸至商用頻段，俾利我國業者開發產品：

因為本身是工研院，所以必須替產業講一些話，產業界其實在發展設備的時候，它們苦於沒有一個實驗的頻段或實驗的環境來證明他們的研究開發與成果好壞，所以我希望在這邊講共享，其實可以在共享裡面找一些已經在商務使用的

頻段，在目前已發照的頻譜裡面，找到一些可以讓產業來用的頻段，不管是分時分地還是分頻，我們就可以做一個研究開發驗證的環境讓產業來用，一旦這可以做就能夠與國際接軌，因為我們現在頻譜發放都是按照國際標準再做，這樣產業研發的產品就能夠跟國際市場接軌，不需要花很多錢找國外 Testing House 做測試，假如國內有這些驗證的頻段，就可以讓產業界享受好的效果。

(十)台灣大學

1. 應以創新應用之需求找共享頻段：

我們今天看到的這些資訊，不管是網路上還是經由你們的管道，大家都拿的到，如果只是談原理原則或者是國際案例我想大家這樣一起上課也不是壞事，可是如果我們要探討真的問題,那又是另外一個層次,如同我在課堂上跟同學講，IEEE 的標準，802.3 以後有一個 802.11，這個大家都知道，那同學就會問 802.3 到 802.11 之間都到那裏去了？在市場上都死掉了，也就是說新技術很好，可是很多東西會變泡泡，共享的機制我是用這個來比方，很多共享的機制與概念都很好，可是你的實務的應用與需求沒有那麼強烈，或者是在驗證中沒辦法證明對產業是有效的，對 regulator 來講是可應用的，它也會死掉，不不是所有共享機制都會存活，所以當我們在看這件事情是想說「要」還是「不要」，我們要去思考在台灣有那種情況共享機制可以被落實或實現，簡單來講就是有很強大的應用需求，如果存在，我們大家一起熬夜絞盡腦汁也要把它弄出來，如果不存在，每個人來這裡吹吹冷氣上課就這樣子而已。我的意思是說，那些東西是業者或某些應用是急著要找頻譜而找不到，這情況下共享機制是存在的，最近我看到的物聯網的應用或無人車的測試，或者有些同仁在研究 LTE 是否有 PPDR 的應用等等，它們的特性跟我們討論的全區性的行動寬頻是不同的，而它又是新興的，原來

的頻譜規劃可能不存在，這類的需求對於頻譜共享可能比我們現在更強大。老實說我們政府部門還不熟悉頻譜共享怎麼運作，我的建議是說，先不談頻帶，先談應用，找個應用先來測試共享機制，看是物聯網的應用還是 LTE-U 或 LAA，把行動寬頻搬到室內用看看，找個特殊型的應用來試驗看看，讓大家覺得是有需求的，從這個地方開始共享，因為這個需求在，Demand 在，而且真的是大家必須坐下來看，全世界真的又 Ecosystem，那就真的好好來玩，Identify 出來，最優先的應用的頻帶，那個就是我們的共享頻帶，而不是倒過來看 3.5GHz 是不是最優先作共享頻帶。

2. 討論 3.5GHz 作為共享頻帶並非那麼急迫：

經過討論是不是有些東西在法規或機制面有些東西可以留下來，剛有提到匯流五法，很不幸被立法院退回，原本那邊有很多構想，到底裡面有沒有好東西是我們產業界真的有需求，如有果，那好的條文會被留下來，關鍵在於，有 Demand，且共享機制在某個應用面是存在的，那我們就可以認真的把機制建立出來，總要找一個 Target APPlication 的 Scenario 大家才會認真去做共享，至於說要不要找 3.5GHz 來做共享我想並不是那麼急迫，若有頻譜共享機制成功的案例，再把它擴展到其他頻帶上，那後續成功的機會就高很多。

(十一) 台灣大學

1. 頻譜共享應先開放做實驗：

我非常認同剛才台灣大學教授、工研院與遠傳的代表所提的，我們在 3 月 30 號有去拜訪蔡政委提出一個訴求，「閒置則讓試（Use it or Share it）」，到底要用怎樣的 Sharing Technology 及 Use Case 可能不適合從 top-down 的方式來做，而是要從需求來 Drive，Top-Down 可以做的事情是政策上我們現在有的頻段，像交通部在去年四月公布的頻率供應計畫裡面，一些已經準備要釋出且目前不是很常使用的頻段，如

UHF Band、2.3～2.4GHz、4～3.8GHz 甚至 5GHz 等，如同這塊地要規劃蓋大樓,但在之前可能有 2～3 年的時間閒置，這段期間可以做一些利用，所以我們推動的訴求是這些已準備釋出但時間尚未確定的頻段，能不能簡化申請做為實驗的手續，加速實驗申請的效率，讓電信業者或 ICT 新興產業能夠做實驗。當然，呼應遠傳，在做實驗就牽涉到管理，我們現在頻譜管理的 Infrastructure 是不是有適合的監看，如果發生干擾怎麼辦，個人認為先開放做實驗，不管是 PoC 或 PoS 甚至 PoB，做實驗有很多好處，大家對新技術新觀念都不完全了解，有很多疑慮，最好的辦法就是實驗，且戰且走，要當一個領先者台灣在頻譜上沒有太多的角色，但也要緊跟世界潮流，因此，透過閒置則讓試，加速實驗申請核准，簡化手續，從實驗過程來學，不管是產業界或政府，從實驗來找需求並發展適合的台灣內部服務需求或向外行銷世界的設備裝置。另一方面，建立動態管理頻譜實際使用狀況盤點，以及所需的 Sensing 的 Infrastructure,包括政府放的 Sensor，Cloud Sourcing 來瞭解頻譜使用狀況，這都要從做當中來學才有效。

(十二) 資策會

1. 如要開放 3.5GHz，建議應僅限於既有電信業者使用：

台灣因地狹人稠，能找到可用頻譜不容易，電信法第 48 條是以頻譜和諧共用為最高原則，但實務上難以實踐。剛提到 LAA 用 Unlicensed Band 來做，過去也有 3G 分流業者在使用，ISM Band 要考慮擁擠造成的干擾問題，目前 2.4GHz 已非常擁擠，新的設施都往 5GHz，若要用 LAA 要考慮未來會怎樣，加上物聯網也是以 ISM Band 發展，這些干擾問題我想 NCC 遲早會遇到，目前我國似乎僅有 3.5GHz 適合進行室內頻譜共享，但發展時必須注意是否會干擾其他服務。因此，我國如要開放 3.5GHz，建議應僅限於既有電信業者使

用，且須是頻譜使用最為擁擠的業者，以室內場景做為實驗，瞭解使用範圍與干擾後慢慢把管理規則建構出來。

(十三) 啟基科技

1. 國外已有許多新型態的頻譜共享商業模式：

我們公司是 ODM 的廠商，半年來有參與 CBRS 美規 3.4～3.6GHz 的 Small Cell 研發，就我們的經驗跟大家分享。當初美國 CBRS 是歐巴馬總統的政策，希望在 3.5GHz 開放給 Small Cell 使用，基本上這應該是 Unlicensed Band 免費的，一些美國企業如 AT&T 對於免費的頻段都非常有興趣，但在最近的討論，剛提到今年 5 月 2 號的報告指出，很多想參與的業者都不是傳統的電信業者，如 Google，其是網路業者的代表。在 3.5GHz 的想像，目前是偏向 Indoor 的應用，在購物中心或校園裡想要登入 Small Cell，可能要選擇電信業者之設備登入，因為電信業者都有自己的頻段，但如 Google 這些新興的網路業者，它們的想法是共用 Small Cell，讓不同電信業者的用戶可以登入同一台 Small Cell 來使用網路服務，我們的客戶就有一家 Operator 想利用這種方式切入美國連鎖旅館這種新興市場，但在國內我國的法規不知道是不是有規定非行動業者不能提供電信服務，以上是以我們公司出貨給客戶所提供的需求做一個分享。

(十四) NOKIA

1. 3.5GHz 對 5G 的發展相當重要：

3.5GHz 的討論非常多，給各為兩個目前應用的實例，一個是日本的電信業者，它是 LTE 有實際容量需求的部分，於今年開始商用，另一個是中國大陸的 5G 試驗，就是從 3.5GHz 開始試驗，3.5GHz 對我們來講是非常重要的頻段，因為它是目前可釋出的頻段裡連續有 400MHz 頻寬，這是全球公認，唯有這個地方會朝向未來 5G 低頻的主要頻段，也需要多花比較長時間來檢討這一塊，畢竟 5G 對我們來講還有幾年的時間可以考慮，各地使用狀況也不太一樣，

我手上有一份調查美國使用的報告，內容讓我有點意外，它講到艦用雷達在美國一共有 17 艘船在使用，大部分都在維吉尼亞、加州、華盛頓、西雅圖，陸基雷達共有三個地方在使用，地面雷達有 35 個雷達站在使用，鄰頻的部分有數千個。剛提到寬頻無線的服務有數千個地方，這個部分未來會轉為 Tier Two 跟 Tier Three 的使用。3.5GHz 對未來是非常重要的頻段，它是唯一一個頻帶 Carrier 可以做到 100MHz 甚至 400MHz，所以這部分我建議要從長考慮。

(十五) 國家通訊傳播委員會

1. 國家通訊傳播委員會原則上皆會同意閒置頻譜做為實驗頻譜：

剛張教授有提到實驗頻譜的需求，其實國家通訊傳播委員會對於閒置的頻譜原則上在雙方經協調達成協議後，我們都不會不准的，例如國家通訊傳播委員會已通過資策會在 TV White Space 進行實驗，我們不會擋實驗的案子。至於申請流程上，國家通訊傳播委員會目前已經進行內部檢討，盼能於未來可滿足各界之期望。

2. 頻譜共享應注重如何促使商業模式的運行：

在此回應蔡教授剛提到的 Demand，我想在頻譜管理上最重要的是 Demand 與 Supply，我們常在講頻率的需求到 2020 年要達到 1000MHz，看世界各國有的只有 500～600MHz 左右，台灣其實算蠻多的，有些業者覺得頻譜不夠，4G 的 Capacity 需求非常高，先前更新的數據是一個月傳輸量約 10Gbps，但也有些業者覺得目前頻譜夠用，所以以頻譜共享而言，不應是為了共享而共享，從 Requirement 與 Supply 以外，剛蔡教授有提到一點就是到底有沒有 APPlication，還有整個 Business Model 要能夠 Run 起來，不管是第三方還是 NCC 是行政委託業者管理，都要先瞭解 Business Model，如果是開放給電信業者那還找的到金流來源，但如果是像 TVWS 的 Business Model 要怎麼 Run 起來

就需要借助更多研究給予 idea。至於關於既有頻譜的盤點或是如何 Sensing，以及 Sharing 的 Criteria，我想目前 3.5GHz 的 Incumbent 民間就是中華電信的衛星，Sharing 的 Criteria 是很重要的 Issue，如同先前 Ofcom 在決定 TVWS 的規範，到底 Receiver 要能 Sense 到多低的 Interference Level 就吵很久，要 Incumbent 能接受干擾又不希望 Receiver 的 Cost 太高，又例如美國 3.5GHz，雖然國防部有 Release 出來，但當初也花了一些 effort，剛開始出來的共享規範，其限制共享的區域非常大，很多業者如 Google 一直 Complain，也是經過好幾年才有如今的成果，所以我想我們還有很大的努力的空間，Step by Step。

(十六) 台灣資通產業標準協會

1. 智慧農業、智慧城市等服務會是閒置頻譜的潛在使用者：

今天的內容很豐富，但有些地方可以多著墨，針對 5G 的發展很多關於物聯網的部分，包括不只是行動寬頻部分，有些 PPDR 的應用等等，從地域性觀之，智慧農業、智慧城市等服務將會是閒置頻譜未來的潛在使用者。因此，這些部分若納入整體頻譜共享評估的考量的話，這些不同樣態的需求也應一併考慮。

2. 頻譜地理資料庫將是閒置頻譜發展的基礎：

也回應剛許多先進提到，從比較有效掌握頻譜動態的現況來講，頻譜地理資料庫會是蠻關鍵的運作基礎，過去資通所也一直在提這件事情，關於頻譜地理資料庫的運用，一開始可能可以協助較完整的頻譜監控，與監管的機制結合可以動態地呈現頻譜動態的狀況，那它可能需要一些保全因為可能涉及一些國防祕密，這部分也關係到未來若有頻譜共享時，如果有發生糾紛的情況可能需要有一個仲裁的機制，仲裁機制需要高公信力希望還是由政府來處理，這部分若要繼續往下做有很多細節如法規上 Framework 來搭配才會成功。至於要採用比較小政府主義的做法把一些

事情交給業者來承接，然後給予適當的特許，或有較好的 Business Model 我想這還是由公部門政府來支持比較好。

(十七) 交通部

1. 交通部對於閒置頻譜已有前期規劃，並視情況進行下一步目標之推動：

今天聽到的聲音非常的多元，各種層面都有，算是蠻廣泛的，已經有了深化的跡象，這是我們覺得非常好的一件事，相信這樣整理下來，不管是凝聚共識還是對未來施政怎麼走都有幫助，在此先報告交通部準備要做的事情，第一，今年會先把頻譜上的既有使用者整理一遍，至少確定頻譜使用情形，今年會做一個初步的雛型出來，第二，台灣的無線電類別很多，各種設備忍受干擾的程度不一樣，是不是有辦法訂出一個標準，後續會在思考並徵詢各界意見，不過這個計畫目前構想中，需要部長支持主計總處支持還要立法院支持。第三就是剛各位討論的事情，共享機制我會想到 QoS 的問題，無論是哪種共享機制，都不是 Operator Grade 的 QoS，這顯然是有差異，這個差異也許對現在行動寬頻的應用是不適合，但有沒有其他的應用適合我們也不知道，所以，接下來會牽涉到一個問題，我們知道新的匯流法裡面，不會再分第一類電信事業或第二類電信事業。如果頻率可以由主管機關直接核配，那 QoS 比電信業者差，可是電信業者要標，那會不會出問題不知道，之前曾提過一個意見不過被拒絕，就是發實驗執照，做的是商業實驗，先觀察商業實驗的狀況、營運前景，再決定要不要來標使用頻譜。從 LTE 大概可以看出一個趨勢，我想 5G 會更明顯，就是 LTE 會想取代所有雙向通行的無線電技術，包括 D2D，不只是 Wi-Fi 或藍芽，甚至 PPDR，LTE 已經取代對講式中繼系統，事實上我們也聽到台北捷運局甚至台鐵高鐵都有興趣，專用電信申請的執照可不可以把 Framework 借給人家用，後面都有很多很複雜的議題，在此

提出來發想。另外關於物聯網，也不清楚怎麼樣的物聯網發達起來，甚至以哪種型式來營運，譬如說車聯網，車聯網大概不太可能用商業模式營運，用商業模式營運變成買一部車每個月要繳通信費給某個人，這是很奇怪的事情，可是如果是免執照又不太像，所以我覺得未來的執照模式到底會怎樣也是目前思考的問題。

四、海報與意見表

「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會

時間	內容	
13:30-14:00	迎賓	
14:00-14:30	議程	電信技術中心 TTC 簡報
14:30-16:30	專家討論	議題討論、意見交流
16:30-	散會	散會及自由交流

活動日期：105 年 06 月 29 日

活動地點：23F MIC Salon

指導單位：交通部郵電司

承辦單位：財團法人資訊工業策進會

財團法人電信技術中心

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	許

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	採取分時、分地、分頻之靜態管理方式，可加速3.5GHz之頻段的釋出。
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	以3.5GHz頻率共享為例（室內為主） 應開放產業研發、創新應用、電信營運、教學研究等特定用途之頻率共享 相關制度設計，如執照制應依不同特性增設
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	3.5GHz為5G、5G技術發展的重要頻段，應透過共享制度儘快釋出。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	張

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	共享機制之管理模式宜緊密接軌國際趨勢，加以因地制宜的變化，在釋出明確前，可依「閒置則讓渡」的精神，營造對實驗友善之管理環境，來活化運用，從試驗累積實務經驗，促進產業快速創新，並推動建立頻譜實際使用動態管理所需的盤點機制與基礎建設，並提供適切的資訊揭露。
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	匯流法草案中「寬頻設施與資源管理法」已提出頻率可彈性共享的法律基礎，我國宜參考、參考國外不同頻段之使用模式，佐以實驗及商業基礎建設作為規劃與釋出與調整的實應。（如 dynamic spectrum DB 及感測系統）
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	建議由 Demand/Use Case 來驅動，先從先導實驗 (pilot trial) 中來蒐集本土經驗與數據，結合國際趨勢

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	[illegible]

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	建議此類頻率共享機制之建立以需求導向方式來建立優先試行。例如以物聯網/智慧城市需求來設計頻譜可以共享方式建立垂直網及城市專用網為事例。
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	此議題因應用類別而有所不同。建議以有國際標準及國際上既存之監理模式為佳模式引入之基本條件。 區域性/智慧城市用之
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	建議以物聯網頻段為優先，再以PPDR頻段為第二優先應用。於此二類應用之共享模式建立後，再行正式規劃行動寬頻用共享頻段。 其中若LAA與LTE-U技術成熟，則再以LTE可運用之5GHz頻段為共享使用頻段。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	鄭

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	電信法48條規定，頻譜以和諧共用為最高原則，技術上如何達成，有待詳細考量如分地、分時、分頻等可引用，國外採資料庫來管理亦可採用.
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	既然是共享，應以不影響業務為原則，共享者應有適度的規範和管理
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	3.5GHz是我國目前較合適做LSA使用，釋出對象應限既有業者，且不得干擾既有的衛星通信等，可找較有經驗的業者作小規模試驗再推出.

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	王

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	①共享頻譜的方式，可以用類似 LSM 的方式為之，但需有明確的共存規範。 ②如果無法保護 Primary User，或者造成干擾，則可採用頻譜地理資料庫的方式"動態"管理。 ③政府部門需因應新型態運用，建立監測系統
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	機制的設計，須與所在的無線電傳播特性、所能提供的頻寬、應用的權益有關，①如果能免費以 LSM 的方式共享為最佳，例如：5GHz、920～928MHz ②3.5GHz 或 2.3GHz、Sub-6GHz 可以採用頻譜資料庫進行管控，至於其中免執照、免照、混用，提供有優先權勝方，或則具備彈性，思以短期授權為方向。
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	目前可考慮作為共享頻段：①3.5GHz ②2.3GHz ③530～608MHz ④第二單數網。 建議在法規相關的設計，應納入物聯網未來需求特性。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	郭

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	1. 頻譜的使用狀況調查 2. 時儀器有即時頻譜量測功能可進行更詳細的分時分頻的模擬。 3. mW
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	由真正需求驅動要使用怎樣的頻帶， 可以先開放頻帶實驗。
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	劉

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	1. 建議由國際標準組織出發主導市場(政策)推動的機制及關鍵技術以達成完整的 ECO system 發展業支持。 2. 3.5GHz 在德國或歐洲主導發展下有疑慮，可以國內為主，且與 3. 關於是否以業務的 MULTIFIRE 來運用 3.5GHz 應的是可行。
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	1. 同上 2. 建議不宜過大，以有效的頻譜回收好運用及投資，至少一5年以上。 3. 感測機制設計與管理的機制與法規執行的落實應是共享頻譜成功的關鍵
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	1. 建議 3.5GHz 仍應配合觀察北美當政策之進度，調整釋出時程。 2. 是否 ~~可以~~ 快速釋出，亦可觀察來 ECO system 之發展。 3. 另外從應用層面先來處理決定可行頻段或如何分享是可以考量的。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	芳

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	1.分時，分頻為佳 分地之區域規模尚不足夠，但分時的使用場景有很大的限制 2.管理方式 →靜態：將會限制使用時間，但干擾機率較小。 →動態：使用時機較多，但干擾機率較大 ⇒視應用可被申請
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	執照制可為執照的類型做更多的規劃設定類型
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	1.可有免執照如5GHz (LAA) 與執照的混合使用，可先行實驗以利規劃共享使用效率及風險 2.強化頻段應用如IoT，新興網路頻段包含

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」
會議名稱：	「我國開放頻率共享機制之頻段規劃及法制需求」研討會
會議日期：	105 年 6 月 29 日
與談專家：	普羅通信

討論議題	專家意見及建議
1. 我國開放頻率共享機制之頻譜管理模式 →未來我國開放頻率共享機制時，在頻譜管理上應如何規劃？例如基於分時、分地、分頻之基礎，以較靜態之方式加以管理；亦或基於頻率閒置狀況、確保不造成既有服務有害干擾、和諧共用之基礎下動態共享？	以設備供應商的角度建議，頻譜規劃要與國際規範接軌。
2. 我國開放頻率共享機制之模式 →我國開放頻率共享機制時，在制度上應如何設計？例如國際頻率共享機制之發展，因應不同環境或政策目標而有不同規劃，有採取許可執照制、免執照、有限條件共用或混合制，何種模式適合我國採納或有其他管理規劃方向？若納入執照制，採取長期或短期較為適宜？	室內共區域 公眾服務 需低度管理. 1.免執照 頻段免執照費. 2.服務供應商必需具一定的資格，如二類電信或資本額限制 3.基于系統負載容量有限，終端密度要審批.
3. 我國未來頻譜共享使用之頻段規劃 →在頻率共享使用之國際發展上，有利用衛星、PMSE 或固定通信頻段作為共享頻段，促進頻譜使用效率，如我國 3.5GHz(3.4~3.6GHz)是否可透過共享機制加速釋出？是否有其他適當頻段之規劃建議？	因應未來低資料量 長距離 物聯網的需求. 建議此部規劃 1GHz 以下的頻段.

貳、台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會

為俾使本研究結果更加全面且完整，在交通部指導下，已於 105 年 8 月 23 日舉行「台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態」研討會，主旨在檢視台灣有關專用電信各類業務頻譜使用現況，為日後活化專用電信頻譜資源預做準備；其次「國際 PPDR 應用發展動態」，乃就主要國家推動 PPDR 應用模式進行個案研究，探討 PPDR 之應用範疇、頻譜安排模式、以及網路建置模式等，以尋求適合台灣之寬頻 PPDR 商業模式。

一、研討會主軸

針對台灣專用電信頻譜使用分析與國際 PPDR 應用發展動態，以下列題綱為主軸，邀請業者及學研界代表發言。

台灣專用電信頻譜使用分析：

(一)本次分析係以業者實際布建站台數量為基礎，彙整使用頻率以及地理區域，呈現各區域頻率實際使用狀況，並由此可知可能的空閒頻率及地區，供未來規劃或提供實驗用途之參考。

1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。
2. 是否有任何更為符合業者需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？
3. 其他相關之建議。

國際 PPDR 應用發展動態：

(一)頻譜安排模式如使用 4G 頻率或配置專屬頻率？

(二)網路建置模式？如租用 4G 業者網路、建置專網（代建代維）或混合式？

(三)PPDR 應用範疇？如包含警政、消防、捷運、台鐵…

二、台灣專用電信頻譜使用分析與會來賓發言重點摘要與詳細記錄：

(一)與會來賓發言重點摘要

討論題綱	業者	問題或建議
本次分析係以業者實際布建站台數量為基礎，彙整使用頻率以及地理區域，呈現各區域頻率實際使用狀況，並由此可知可能的空閒頻率及地區，供未來規劃或提供實驗用途之參考。 1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如：地區、頻率單位、圖表區塊等。 2. 是否有任何更為符合業者需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？ 3. 其他相關之建議。	亞太電信：	1. 頻段的用途並未標明，呈現資訊不完整，例如航空、寬頻、太空等。建議能夠在一個表裡面查到相關資訊。
	中華電信	1. 可否看到發射工具、頻寬、天線高度等資訊？因從共享頻率的干擾分析而言，天線高度等資訊有其重要性。
	遠傳電信	1. 表格的使用目的？哪些使用者可以看到資訊？表格所呈現的頻譜資訊是提供給誰作為頻譜規劃的依據？ 2. 希望未來可以做成一個動態資料庫，能夠及時回應用途、使用者、使用時間等。 3. 確認頻譜共享目的，再適當規劃資料的開放。
	台灣之星	1. 建議利用通傳會的資訊，有比較及時更新。 2. 專用電信的資料庫建立，確實有助於政府未來規劃頻譜與可否移頻等事項。 3. 資料的開放度？資料可能需適當的隱碼，再公布頻率、頻點、功率等資訊，有

討論題綱	業者	問題或建議
		助於實驗頻段的規劃跟申請。
	愛立信	1. 專用電信資料很實用，可知頻段的可用性。 2. 未來這份資料有誰可以使用？可以加以解釋？有多少資料可以公布？
	太穎國際法律事務所	1. 這類業務本是政府機關應主動提供，但要注意公布的程度，避免過度揭露。 2. 期待圖表能有互動性。主動公告可提供實驗的頻率。並能標示使用之技術。 3. 資訊更新的程度、頻率？ 4. 公部門可以將頻譜實際使用的統計資料以像這樣的互動方式呈現，相信對未來的公部門與私部門的頻譜使用分配建立會是有效果的。
	台灣大學	1. 資訊的呈現能夠從即時更新、呈現的方式能夠對使用者友善，讓使用者或一般中小企業能夠在這上面做一些創新。 2. 以現況呈現後，可隨著新科技新需要新服務或者新的企業模式，納入回

討論題綱	業者	問題或建議
		饋。 3. 在資料呈現的平台不是只能夠單方向的公告,而是能夠蒐集問題和需求的行為模式來做一點巨量資料分析,能夠進一步的做革命性的處理。 4. 從現狀開始,並把使用者的需求作蒐集,再去設計資訊釋出的程度。
	新世代通訊技術推進辦公室	1. 建議:電台電波的涵蓋區域,影響因子除了公寓、高度等方向,實際上的地理位置也影響很大。那從原本的區域有幾大區可以縮小成縣市部份來做劃分單位甚至未來還可以將區域劃分更縮小。
	工研院	1. 資訊變動很快,更新的速度追不上。 2. 應從使用者可能的需求著手,例如第一個重點知道這個頻率有沒有人用，第二,知道要使用的範圍之內有沒有被涵蓋？因為干擾是它干擾別人或別人干擾它。 3. 涵蓋資訊以及量測相對重要。若能現場量測是最實際的。

討論題綱	業者	問題或建議
		4. 最基本的問題:一個是用戶為什麼需要這個資訊系統。二在這個申請的時間跟空間,到底含蓋跟干擾的問題在哪。這可以做一個非常實際的量測，這可以讓使用者放心。
	資策會智通所	1. 政府公開這些資訊是政府應該要做的，那一般比較明確的意涵在裡面，一個是有知道的權利。 2. 公家在使用服務的時候會看涵蓋率。涵蓋率高,在自己的活動範圍內會覺得是好的服務。 3. 手上有這些頻譜,頻譜的公開很重要。軍方公開很重要,雖然軍方有機密性，但可以用模糊化的方式作呈現。這樣在建置頻譜資料庫時會更完整。

(二)與會來賓發言詳細記錄

1. 亞太電信

亞太電信第一次發言。針對頻率的分析狀況，我就以使用者角度來看,剛才有一個 FCC 的表,它的內容很仔細。但返回看台灣的內容，比較仔細的是交通部的無線電我國頻率分配表,那我看備註的部分比較清楚的是行動通訊 700～900，Wi-Fi 的 2.4GHz 是怎樣使用。可是占大部分 80～90%的頻段是有寫甚麼使用，可是備註欄是沒有寫的。對使

用者查到這個表會很痛苦，明明知道怎麼使用，可是就舉例來說會寫一個甚麼航空、或是太空，可是備註欄就不曉得說到底是誰在使用？所以，對消費者、一般單位或研究實驗單位看這個表而言，其實是很痛苦的。就是你其實知道是甚麼在使用，但是要查另外的資料則是對消費者或一般閱讀者是滿不好的來看這個資訊。那另一個例子就是說可以建議說備註欄也有寫的譬如說 703～803 是金融通訊業者使用，可是裡面其實可能有 4、5 家業者在使用，你剛好查到這個資訊你還要再另外查別的資料以後到底這個是甚麼頻寬到什麼頻寬是哪家業者在使用，你不能說一次很完整就在點進去某個頻段是誰在使用。所以，當看到一個頻率的時候，你要查很多的資料你才能有完整的訊息。所以，我是建議說就一般使用者立場來看，可以一個表裡面查到你要的相關資訊。

2. 中華電信

針對第一個部分也就是專用電信頻率分配的呈現，那我是覺得我們的頻率一直展開到 2.2GHz 這個概念是非常好的。那只是有一個小問題想請教：如果這點進去可以看到站台的發射工具或頻寬或天線高度等這些地理資訊。我之所以這樣問是說之前我們在談頻譜共享這個概念的時候，基本上是整個電台的 DB 的建立上面要必需有一個完整的 DB，那在到達這一步之前，我想主辦單位在這邊能夠歸類出這些主要是有已經有這些電台清單在手。那從共享頻率干擾的分析來看，像是天線高度等這些資料是非常重要。

3. 遠傳

我想先請教一下，做這個表格使用目的？那如果按照剛才想要的平均的資料，那這樣要再另外做類似你的形式認證或是甚麼樣的人可以看哪些資料。我們也不希望所有的消費者都知道說我們家樓上有一枝 20 瓦的天線。所以使用權限跟使用目的或鄰近資料，必須先回頭問說我們要什

麼資料？如果是拿來做頻譜規劃，就要看是誰規劃？給在座的所有電信業者，大概就都不需要。那如果是製造業，那可能又會有不同的需求。所以，不太知道這個案子的使用目的跟偏向為何？

（以下 TTC 回應）

因為我覺得這個問題大家應該都很關心，所以我必須非常老實地說我們並沒有遠大的目的。所以我們沒有點進去的問題，因為這次大概就是以原來的構想是說假設我們未來會有一個 DB，那首頁就可以初步呈現出一個圖示。所以這只是 INDEX。所以不回有什麼點進去發現上面有天線的問題，這些都還非常遙遠。我們這次只是初步的可以知道說有哪些頻率在哪些地方可能有潛在的使用可能性，大概就是這樣子。那剛才幾位先進所說的都是未來的事情。

（遠傳再次回覆）

後面那個簡報的 Ofcom 互動頻波表，那個表其實就是現在因為已經無法做出像是 Range 1 可以有哪些頻段？Range 2、Range 3 各有什麼都在做甚麼，這都越來越難了。所以我們會碰到說這些頻段可能很熱門，但不知道是誰在用？而 Ofcom 作法就很清楚，它告訴你說哪一種用途甚麼時候會有人在用，那我把這個頻段交給你了，你要去用的話就有義務要在多少天之前告訴。像那個會在兩天之內會告訴他，那個時候就不能用。類似這種東西將來會越來越多。所以將來頻譜不夠用，然後我們又必須又用別的節章開出來的技術用在國內的話，這種共用的情形可能動態的 DB 會更重要，也許也比較容易做得到。但這又跟地形有關係，其實很不好做。但我覺得萬事起頭難，這是不簡單的開始。

（研究單位補充說明）

我們在做專案電信 DB 的一個盤點，有一個動機就是說有時候會有業界單位或者是法人單位需要實驗頻段然後提

出申請，然後接受申請的單位在看這個頻段可不可以被申請或是有沒有單位正在使用。那是被動的狀態，今天交通部就是希望達到主動狀態先掌握哪些的頻段是 OK 的,所以一申請就可以確定，縮短申請的時間。整理出來之後，讓大家很容易查詢到哪些頻段可以先使用等。當然剛剛提到說使用的一個規範跟權限，目前還沒有進一步討論這一塊的規定。但還是希望大家可以針對現在的版本去盡量討論它的缺點，那這個缺點不是說研究單位哪裡做不好，而是我們初步的工作先做到這裡，未來在根據大家所提到的意見，再看看怎麼達到期望然後有哪些方法可以回饋給它。

4. 台灣之星

我在開會之前看到這份簡報之後，那時候我就在想說這裏面的每一個格子所代表的意義是什麼？如果說這個格子的意義按照剛剛 TTC 的報告來說的話是站台數。站台數的話，理論來說按照法規，一個合法的站台數就會有一個合法的電台執照。所以也可以說，今天我們看到不包含軍方的電訊裡面，我們已經有大概 20,000～30,000 多個電台執照。那電台執照可以標註譬如：它發射的頻率是多少到多少、中心頂點是在哪裡、地理位置等，我想這些電台執照上面都會有。所以我覺得這個表其實或許在通傳會那邊會有比較更新的資料，來告訴大家說這個裡面到底有多少？第二個是我覺得這個表對我們來說很好的地方，是在於我們也知道在未來我們要發展到 5G 時代之後所需要的頻寬越來越高,對我們業者或政府機關來說也沒辦法即時掌握，現在在這個頻寬裡面到底有哪些電台使用者要使用。所以其實我們花了很多心力在於發現這裡有哪些使用者？要怎麼移頻？要移到哪？如果未來有一個這樣的DB建立之後，不管說使用這些專用電信的是消防、警政或是其他用途，至少對於政府機關就可以知道說未來怎麼移頻？對於業者也可以知道，如果未來政府要發這個頻段但無法移頻，那

至少可以知道在哪些地方有存在干擾的風險，也讓我們可以做一個事前的防範。我覺得這樣的話，這樣的專用電信 DB 的建立是有意義的。

（研究單位回覆）

像剛才你們說的地理區域或是站台數甚至功率或是站台的高度，這一些的要素之外，還有哪些要素是值得在增加的面向？

（台灣之星回答）

這些要素就滿夠的，只是在於開放度的問題。譬如說現在大家都可以在 NCC 頻譜 DB 查到，比方說在特定區域查到例如在敦化南路一段從頭到尾有多少站台，但是不會知道有哪幾家公司、使用哪些頻率，這些最詳細的資訊都不會出來，因為都知道這種資料一定會有抗爭的問題。我覺得如果說能夠呈現不用公布誰在用等，作適當的隱碼等一些隱私的問題，然後把這些用的頻率、頻點、功率等公布出來的話，其實對於其他實驗單位今天要去申請一個實驗的頻段也好，或是說今天有誰要使用，我覺得應該都是很夠的。

5. 愛立信

這個初步的追蹤很好的一個方式，可以讓不管是公部門或民間單位知道說未來在頻譜規劃上，就像剛才先進所說的它的狀況是什麼，不管是從干擾風險來看或是一些參照來看，譬如說未來 5G 的頻段在台灣哪些看起來被使用的可能性比較高的，這些都是一個很好的應用。那剛才業界先進有提到這些電台執照在發出時就有一些既有的資料，那看未來是誰在解釋這些資料，我想這是比較重要的；像是哪些人來使用這些資料，然後應該就可以決定說有多少現有的資料是可以公布的。在這樣的基礎下，是不是所有的資訊可以公開，是不是都可以做到到期的時間。

6. 資策會

民國 70 年當時還在動員戡亂時期。頻譜是國防部管的，80 年才由交通部管的。按照過去頻譜的分類有 37 項業務，以前的業務都是專用，沒有公用。78 年引進第一代行動電話，那時候的名稱叫做「汽車行動電話」後來才加上「公用汽車行動電話」，多出一個公用出來。當時先裝在車上，後來才可以抓在手上，然後慢慢的演進。所以我們看的出來就是說當初要讓國防部讓出 825～845 是其中有一個叫做天龍計畫，對外不宣布。以前國防部有優先使用權，而我們不知道，只要它（國防部）要用的時候，其他人都要讓它。所以到現在整個的應用，公眾的通信是越來越多。像 85 年開放了四項業務：行動、呼叫器、Radio 等，所以未來的趨勢是行動電話會越來越廣。像以前在影像城，本來之前也是自己建了系統，後來它就租用了系統，現在查帳就很簡單，拿一個專用的手機，Key 進去，所有來龍去脈它一清二楚，連輸入你的身分證進去你有沒有被通緝它一下就知道。這也是用到公眾網路裡面畫出一塊做專用的。現在 4G 開放以後，我們發現過去用專用的 Cross User Group，未來我看到一個現象，應該是 APP。你現在 4G 以後，很多事情 APP 都可以做，只是你 APP 寫的時候有沒有優先權？你像 LINE 這些不用付錢的當然用，如果將來優先權的核准結果應該要做，不能說我寫的我自己優先權就最高，這個功能是在救災防災消防甚麼樣子，依照天然災難它優先使用，有緊急狀況它用，沒緊急狀況它不用。所以最好如果能做到公眾網路提供專用通訊這整個趨勢，至於找哪一家做就他們直接談。因為台灣範圍不大，加上多站，要政府做一個專業的系統做不來，所以我想未來走向是這樣。

那剛才提到的頻譜劃分，把它做共享來顯示出來怎樣我都沒意見。未來會因為業務不斷的調整不斷增加，行動的擴增，所接的專用會越來越少。剛才提到 40GHz 以上空

格很多，當年有一個衛星行動電話，可以衛星跟衛星之間聯絡，因為那邊沒有誰在用的通訊問題，它通訊高頻率很好可以傳輸很大，所以後來衛星的傳輸沒有了。所以未來誰也想不出來還有哪些專門用途。所以這是動態的，不是用一張表永遠做下去無上限。

7. 太穎國際法律事務所

從法律顧問來講非常贊同交通部的構想，那研究單位跟大家提出具體說明了，從政府資訊公開法規定來看，像這類的業務統計本來就是政府機關主動提供，現在在於提供的方式，如何在剛才企業先進們也有提到說關於企業本身的資訊會不會被不當的過度揭露，這個例子可以相比，高雄跟台北市分別對於地底下所鋪的瓦斯、水電網路等這些資訊到底要公佈到甚麼程度才不會引起爭議。

不過在頻率的部份來說，事實上不只要看現在也要看將來。也就這個表的互動式表現是讓人期待的，但將來會建議從製造業使用者觀點，可以用來做實驗的頻率至少應該要公告出來，還有目前使用者自己使用哪些技術能夠標示會是更好。

當然，最後是在於這個資訊將來更新的程度、頻率到底是要多久一次。如果展望未來，台灣可以說在亞洲各國未來五年的頻譜規劃是很落後的，大家可以看像東南亞的緬甸，未來五年到 2020 年都已經將頻率到底要怎樣使用、分配都已經公開提出。而我們至今實際上都欠缺實際的使用資訊，對未來也無法從民間部門當中得到適當的反饋。所以，公部門可以加把勁把業務的統計資料以像這樣的互動方式呈現，相信未來的公部門與私部門的頻譜使用分配建立會是有效果的。

8. 台灣大學

根據剛才所聽到的意見，我想關於頻譜資訊的公佈，其實怎樣的公佈會引導使用者使用這些資訊的觀念，目前

我覺得可以從現行已經公告的資訊，不管是交通部、NCC 等有資訊內容，能夠從即時更新、呈現的方式能夠對使用者友善，讓使用者或一般中小企業能夠在這上面做一些創新，就可以容易的從這上面了解目前狀況是怎樣。

像我的朋友，從他們的問題，可以看出他們不太懂一些資訊。另一方面就是謝律師提到的反饋：先現況呈現，就開始可能會有因為隨著新科技、新需要、新服務或者新的企業模式，開始產生一些回饋。能夠在這個呈現的網頁不是只能夠單方向的公告，而是能夠蒐集問題和需求的行為模式來做一點巨量資料分析，能夠進一步的做革命性的處理。因為這中間有一定的敏感度，那剛才不論是我看的 FCC 做的儀表板，是用公家部門出錢委託業者來做，可是做到 2014 就不再去更新，表示這個東西原來利益甚佳，透過群眾智慧來更新，結果也經營不下去。看了 ofcom 所公布的資訊內容敘述的文字比我們多但大致上也是這樣子。我看了日本他們號稱電波法是每 3 年要去調查一次頻率實際使用狀況再來做政策的調整，但總務省理面的有關於這部分所公佈的資訊也沒有真正的把哪一段的使用率是多少這種資訊讓一般人就能看到。因此我總結來說，現在變化這麼快，也有各方面不同的考量，所以保險中又進取的做法是從現狀開始，但能夠把使用者的需求作蒐集，再去設計資訊釋出的程度。

9. 新世代通訊技術推進辦公室

關於從使用者角度來看 DB 剛才新進們已提到許多，我就做點建議，電台電波的涵蓋區域，影響因子除了公寓、高度等方向，實際上地理位置也影響很大。從原本的區域有幾大區可以縮小成縣市部份來做劃分單位，甚至未來還可以將區域劃分更縮小。這樣子在使用者看的時候可以譬如說我人在桃園，實際收到台北市的訊號。

10. 工研院

從一個頻率共享這件事，真正的用途是甚麼？它的目的是甚麼？為什麼要看這些資訊？我覺得站台資訊、高度、經緯度、站台位置等，這個其實主辦單位花很多時間，畢竟這類資源是很少的很難蒐集如此完整的資訊。但我覺得那些其實都不是重點，因為大家都知道無線電通訊受地形影響很多、或是營運商今天這裡沒站台，明天馬上建立一個站台,所以這是非常動態的。從各國公佈這種DB的經驗，就可以看出位甚麼做了一陣子就沒有再更新了。主要原因就是太動態了且速度越來越快，更新不及。

所以在這前提之下，先去看看想要知道頻譜分享的這些用戶用途有這個需求想進來的,例如說我想要做個實驗，可不可以用現有的頻率。所以第一個重點知道這個頻率有沒有人用，第二，知道要使用的範圍之內有沒有被涵蓋？因為干擾是它干擾別人或別人干擾它。所以我覺得涵蓋比這些其他資訊都重要。假如說有涵蓋，那能不能使用？因此我覺得量測這些涵蓋是專業且需要。例如今天我申請這個頻段，需要第三方單位幫它作量測或它自己作量測，我覺得量測這件事情要做的，至少可以知道這單位有沒有人在用，畢竟這牽扯到時間跟空間的問題。有些人使用是一段時間、有些人是長用這個頻段、有些人在哪些地方有使用頻段…所以時間跟空間是重要因素。所以現場量測是最實際的，第一可以確直接確定不會干擾到別人、現有使用者，現在的使用者也不會干擾到它。至於在網路上可以看到甚麼？我到是覺得有沒有人用、誰在用、用多久時間，這些基本資訊讓他了解。因為很難去劃分區域，這都有相對的難度。

所以，迴歸到最基本的問題：一個是用戶為什麼需要這個資訊系統。二在這個申請的時間跟空間，到底涵蓋跟干擾的問題在哪。這可以做一個非常實際的量測，這可以讓使用

者放心。回到最基本面要看一下無線電的特性是甚麼，甚麼樣的實際做法可以被執行。不然我擔心我們建立了一個完整的什麼資訊都有的DB到最後更新的速度跟不上。

11. 資策會智通所

這裡有三件事情報告：

一：政府公開這些資訊是政府應該要做的，那一般比較明確的意涵在裡面，一個是有知道的權利。例如你家前面有沒有瓦斯管，可能電波對健康的事情也是要做考量，所以如果從這個角度看，其實人民有權力知道這些事情，這是要透明的。

二：公家在使用服務的時候會看涵蓋率。涵蓋率高，在自己的活動範圍內會覺得是好的服務。

三：手上有這些頻譜，頻譜的公開很重要。軍方公開很重要。因為我們在測的時候才發現竟然有第三方在使用（可能是軍方）。雖然軍方有機密性，但可以用模糊化的方式作呈現。這樣在建置頻譜時會更完整。

（遠傳補充：）

資訊一定要公開。回到最早的問題，這個表假如從工研院跟經濟部最初提到的開始，有人需要額外的頻譜來做測試，這種情境去規劃頻段的話，對於現在已經滿地都是的行動通訊基地台就不會需要更好的。因為會擔心一件事：資訊公開，一定會有一方跳出來反對，例如從消費者角度會去看這個基地台該不該拆。這個不是這麼建議在這情形下會去公平公正對待每一區的資訊化。我覺得是先確認頻譜規劃的目的是要拿來作共享？那有一些資料到公部門就可以查。那如果是要跟國外廠商合作像是 Range1 可以拿來做甚麼設備設施，要的頻段是需要哪些頻段那可以去取。從這個角度 YES。不要過份去 Touch 行動通訊是用在哪一支。因為你又說這邊不公開那又有點討厭。

12. 交通部

我們當初做這張圖的目的是為了測試實驗需要，野心沒有各位想得這麼大。有時要去跟國外談合作，要先確定此頻率可不可以用。所以用這張圖可以知道說那些頻率可以用，有得時候可以換頻率，有得時候不好換，可能一下子要跳 200～300MHz，這樣顯然對原本計畫好的合作計畫會是很大的挫折。

對於大家討論的面向建議所涉及問題：

- 涵蓋率的問題，這需要地理資訊的模型去輔助，這是一個很複雜的模型。
- 頻率範圍太大（30~300Ghz）沒有一個模型能夠一次涵蓋這麼大。
- 沒有經費做出這個模型。可能要幾千萬甚至上億元的經費都不一定能夠完整建立起來。

所以先做第一步，讓大家知道有那些乾淨的環境，可以先考慮這裡看看。依照自己的需求看是要乾淨的頻率可以優先考慮，有別人使用的頻率你也需要也可以一起做考量。

至於現階段這張圖也有先進提說劃分區域可以用縣市？也有人提議說分成固定或行動站台？這方面還不是很清楚，一個縣市裡面是不是都是固定式的？有沒有那種全省到處跑的電台？因為去跟 NCC 申請頻段時它會要求你提供你的台是區域的還是全省的。那這一方面我還不是很清楚是如何規範。

另外，研究單位做出來是電信總局時期的 DB，那實際現有 DB 在 NCC 手上，我們初步做出來會在跟 NCC 討論。總之希望至少能標示出乾淨的部份。

三、國際 PPDR 應用發展動態與會來賓發言重點摘要與詳細記錄：

(一)與會來賓發言重點摘要

討論題綱	業者	問題或建議
頻譜安排模式如使用 4G 頻率或配置專屬頻率？	亞太電信	1. 基於頻譜使用效益及公共安全整體考量,需要更多專家意見加入討論
	中華電信	1. 若當緊急事故發生時，10MHz 並不足夠,若優先使用電信業者的頻譜的話，可提供更多的頻寬滿足 PPDR 的使用需求。
	遠傳電信	1. 考量到行動通訊(上窄下寬)與公共安全需(上寬下窄)在使用頻寬有顛倒的特性,是否可考慮共用頻譜的選項。
	台灣之星	1. 初步想法放在 800MHz，且認為專網為較佳選擇。但希望這是一個比較容易取得的專網,以終端設備、頻段為例。這樣建置成本會比較低。
	警政署	1. 希望交通部可以保留 PPDR 的頻段,以免當未來需要建置時卻沒有頻率可以使用。

討論題綱	業者	問題或建議
	皇輝科技	1. 頻譜的安排須配合 PPDR 的需求特性，覆蓋範圍夠大、室內穿透力夠強，另在建置基站時，數量少但要符合需求。
	太穎國際法律事務所	1. 如果希望能將 PPDR 快速應用的話，使用 4G 頻譜、租用業者網路大概都是最順理成章的。
	台灣大學	1. 建議各需求單位提出一些具體數字，還有各不同種任務區隔的實際狀況；加上未來 3～5 年的應用成長方向，才能叫且和實際頻譜的需求。
	新世代通訊技術推進辦公室	1. 專用的 PPDR 的網路所費不貲，考量到目前頻譜資源有限。所以建議短期之內在 4G 人口比較密集的地方可以考量用 Operator 的頻譜。
	資策會智通所	1. 建議分成窄頻跟寬頻，才能因應政策的制定、服務的需求，廠商也可相互合作搭配。
網路建置模式？如租用 4G 業者網路、建置專網（代建代維）或混合式？	亞太電信	1. 由於台灣行動寬頻業者已有六家，政府的專網若要再加入，於建站的議題上可能會有困難。
	中華電信	1. 從幾個國際案例看來，基於商轉速度、

討論題綱	業者	問題或建議
		經濟及頻譜的使用效率，中華電信認為租用電信營運商的頻率跟網路是較佳的模式。
	遠傳電信	1. 考量到各國本身的特殊案例不見得適用於台灣。台灣問題在於基地站的密度夠不夠多、涵蓋率夠不夠深入。
	台灣之星	1. 若在 800MHz，若像是代建代維且不分享給民間，那就要考慮到相關建置成本問題。所謂說要以專網還是租用，這應該會牽涉到跑在網路上的資料，會不會是有很高資安的要求？必須要有夠大的頻寬？QoS 的優先性要特別高？
	皇輝科技	1. 短期而言，4G 業者網路是目前可以最快上手的方法，但若將租用網路作為過度手法時，必須思考如何與現有眾多的專用無線電互通。長期來看建置專網可以解決最終需求，建置專網不管是專用網路或是專屬頻率基本上都可以解決問題。
	太穎國際法律事務所	1. 須注意若民間，網路是業者的、頻率也是

討論題綱	業者	問題或建議
		業者的,將來突發情景須用時可合法徵用嗎？因為現有的電信法中，沒有法源讓政府徵用業者付費取得的網路及頻率。
	台灣大學	1. 需思考商業模式上要如何徵用?由於透過徵用較符合成本考量,但對於常態性公共安全,可在專用頻段裡做分享
	工研院	1. 在近程當技術尚未成熟之前,建議還是先專網專用。技術成熟後,加上合作模式都有基礎、法律責任也有所規範、任務分工上也有需求,在遠程上就可把專用通訊需求就搬到商用網路
PPDR 應用範疇？	愛立信	1. PPDR 由於可發展的範疇太廣,在沒有看到使用者的需求與規劃下,應用內容不聚焦時就無法討論要用什麼技術、什麼方式來建置,也無法知道成本是多少？也需思考新技術是取代舊有技術還是新增成本？
	警政署	1. 警察估計有五萬用戶，或許會是 PPDR 最大用戶。應用可包含，資訊傳輸、雲端

討論題綱	業者	問題或建議
		應用等。
	皇輝科技	1. 基本上應用範疇包括警察、消防、緊急救援的一些需求單位。尤其像現在國軍主要任務也是防救災為主。
	Motorola	1. 意外真正發生時，仍以語音最為重要。指令下達還是語音，影像只是供指揮者做命令下達時的參考依據。
	資策會鄧顧問	1. 目前遇到最困難的部分就是需求不明朗。此外如救災人員編制、通訊指揮系統也都需在平時先進行整編，指揮官一下令該傳給哪些東西、影像要傳給誰都應在平時規劃時先做準備。
	太穎國際法律事務所	1. 須以消防優先。當許多第一線救災人員跟後面指揮人員脫節時，會面臨用聲音沒辦法描述現場情況，這種消防情景的救災效率有必要改善
	台灣大學	1. PPDR 的應用範疇都有潛在的需要，最好先有量化的盤點，如目前頻率跟頻寬、歷年來使用狀況，如：常態性救護車與警用，及風災水

討論題綱	業者	問題或建議
		災等。
	新世代通訊技術推進辦公室	1. PPDR 的範圍除了緊急救援之外,為避免以後專用頻譜不會有零碎的問題,還可以擴大來想,也可以用在 Smart City、空氣汙染、橋梁的監控

(二)與會來賓發言詳細記錄

1. 亞太電信

（投影片回到 p.11：網路建置及頻譜安排模式）其實這張圖做的滿好的。我參加了很多 PPDR 的會議，這份報告把所以國家的做法一次列出來，我覺得是很好的做法。那我們看這個圖的 X 軸是頻譜，可以看出大部分國家都是使用電信業者的頻譜。那當然也有人會說頻譜專用會比較好，可是從另一個角度來看會因為平時不用就不會用到，需要才會用，所以經濟效益滿低的。可是從另外一個角度來看，有人會說人命關天，出了人命一次就抵不過之前的效益問題。所以有兩方說法就是到底要用專用頻譜？還是電信者的頻譜？那專用頻譜就是說人命、國家安全等是很重要的，可是利用率非常低的。那這個議題我相信專家會再提出更多意見。那從 Y 軸來看，我們討論的是專網還是租用。從這個角度來看，專網會有一個問題要注意就是，現在台灣行動寬頻業者已經有 6 家了。在基地台建置方面就已經很困難了,也就是在建置上會變成 6 加 1 等於 7 個，也就是多一個政府建立的 PPDR 的專網。而建站是非常困難的，不是像地圖上點一點就完成了，像是要找屋主談租約問題等都是相當困難的。那大部分的都偏向電信業者跟租用的地方尤其在台灣住戶的抗議是非常嚴重的，所以在專網跟專屬上是滿困難的。

2. 中華電信

關於 PPDR 這個議題，先從英國案例的一個資訊跟大家分享。這邊歸類成專網建置，我們覺得從服務提供的快速、經濟及頻譜的使用效率來看，這幾個國際案例，從各國政府採用的形式來看，我們覺得在租用電信營運商的頻率跟網路會是一個比較好的模式。剛也有提到屬於優先權的概念，就可以確保 PPDR 的優先使用。事實上如果是用專用頻率的話，雖然有一個專屬的頻率，但從這兩個案例來看都只有配置 10MHz，但這一但有緊急事故的時候，10MHz 不是足夠的。所以如果是優先使用電信業者的網路的話,可以提供的頻寬會是更容易滿足 PPDR 的使用需求。

3. 遠傳

按照順序來看，第一個是問 PPDR 應用範疇哪些可以用。我拿一個數值給大家看，台灣的公務人員包括教師，大概 30 萬人，其中三分之一的人必須要投入大災難，也加一些軍隊投入進去的話，大概算 10～20 萬人。那台灣現在的頻段大致上可以支援 2,700 萬人，所以在台灣的情景，重點不在於頻寬多寬，是基地站的密度夠不夠多、涵蓋率夠不夠深入。所以同樣的情形跟前面國家案例是不太一樣的，不能拿前面的國家當作我們的根據。所以大概簡單用兩個數字做比較：台灣現在的平均每一人用的資料量不太可能是全球第一名，所以在容納 10～20 萬的 PPDR，應該不是太大問題。第二個問題再問頻譜在台灣要專用頻段？假如第一個問題解決掉，第二個問題就解決出來了。再來就是建置的模式，看一下前面的比較圖，其實有爭議的寫法，其實美國並不是（圖上的寫法），美國跟剛才講的很像：核心網路是 FirstNet 建的，frame 到現在還沒有招標，變得還不知道該怎麼辦？那美國這個案例解釋了為什麼公有頻段的方式會這麼複雜，他這個案子是 911 就成行了，所以十幾年了。所以 2012 年有這個法案可以建，到現在標案還

沒有出來，還在考慮到說各個州政府可不可以自己決定要不要退出，就是說你不玩了。但是允許各州可以不公開來玩。所以用這個專屬的方式建構起來似乎要回頭到不能夠用專用的方式。但要用什麼方式去做這還要去討論。

韓國其實我覺得比較特別，韓國局勢比較特別，所以拿韓國跟美國放在一起比就不太適合。那美國有一點點像當初要做國家寬頻網路一樣，所以也畫了很大的餅，然後一直縮水變成不一樣的樣子。所以美國不是一個適合的例子。

我看了一下補充資料，大家都說組織要先起來，然後來看營運模式或運作模式。我看了 2010、2013 年有德國做過研究，研究結果假設有 60～70 種甚麼樣的編組做甚麼樣的動作：傳照片、影片，用 R11 去算大概要多大的頻寬。結果，上行跟下行的比是 2～3，下行是 1。跟一般行動通訊使用是反過來的。所以當我們在看可不可以專用的時候，不要忘記平均效率。至於說 PPDR 平常用不用其實當行為改變時，從平時訓練在內就在使用，那平常就有在用。那 PPDR 為什麼在別的國家一直在檢討說是不是該由政府來做，因為太貴了。台灣其實人口涵蓋率算是很高。在這情形下，頻寬要多少跟多少基地站有關係。另外像森林火災要不要去救？如果要就要把這個就加進去。除了這個之外，PPDR 用的基站位子跟數量跟現在商用有什麼不一樣？我看不太出來。我歡迎政府一起來建。

4. 台灣之星

有關 PPDR 這個問題，我只回答頻譜安排跟建置模式這兩個問題就好。因為實際上應用的範疇我想內政部的長官說明會比較詳細。若我們看頻譜安排模式這張圖，我有另一種詮釋，如果我們來看說以美國跟韓國的例子，他們是屬於專屬的頻譜嗎？這要看對專屬頻譜的定義是什麼？因為其實美國是放在 700MHz，那韓國也是。那韓國跟美國

都放在 700MHz 的意義是因為這就是一個商用頻譜，它取得相關的設備要去做任何建置會是容易的。至於說，是不是要用特殊的頻譜，可能設備很少、建置成本高、需要專門的設置人員、專門的終端設備才可以使用 PPDR，那顯然會覺得說今天要把頻譜安排在大多數的電信營運商有的或是一個比較商業用途的頻譜，這樣會是一個比較好的安排。因為我們可以看到韓國跟美國，他們不論是用哪種規格的 700 在跑，但就是一個商用頻譜。

但是以所謂說要以專網還是租用，這應該會牽涉到跑在網路上的資料，會不會是有很高資安的要求？必須要有夠大的頻寬？QoS 的優先性要特別高？如果今天對於這樣特殊的需求的時候，會把它放在民間網路上就會舉例來說：我們初步想法要放在 800MHz，那這 800MHz 是要政府自己建一個網？還是 CHT 來幫忙建一個網？還是人家來幫我建一個網？然後只專屬供我用。那這是比較像是代建代維且不分享給民間。那就要考慮到相關建置成本。如果是要在閒暇的時間（沒有天災）分享給別人做商用，那緊急事件發生時，你需要的頻寬超過 800MHz，甚至還需要用到其他頻寬。那這樣在其他用戶的使用優先權上以及資料資安要求又要怎麼改？所以從這些角度來看，我認為還是要走在專網。但我希望這個頻譜是一個頻譜規劃是比較容易取得的（不論是終端設備、頻段），因為這樣在建置成本會比較低。

5. 愛立信

這個簡報有提供各個國家在 PPDR 應用範疇。第一個問題就有講到要包括哪些？其實大部分的國家可以看到不論是緊急醫療、緊急消防、緊急救援，都有一個主軸。那到底要做甚麼？當然也會有其他延伸的領域，像是韓國包山包海什麼都包。可看得出來韓國是很少的例子。那我想講的是說，PPDR 這個字本身可包含的可能性就太多了。因

此在應用內容不聚焦時就無法討論要用什麼技術、什麼方式來建置，也無法知道成本是多少？因為你不知道那個比較值在哪裡。大膽地做假設，我們現在是 2016 下半年在討論這個議題。所以台灣真正要開始建設可能已經是 5G 的時代，那 5G 跟 4G 可能會是混網的。假設這個技術本身不是困難，完全就是看要做甚麼？那就回到技術本身，回到 PPDR 本身到底要提供使用者甚麼樣的需求，還是要回到使用需求。例如：英國的應用規劃案例，就是警察的背心內建鏡頭可以及時回傳請求支援。這裡面也講了有 30 萬使用者規模等，也非常清楚列出用 800MHz 頻寬。這個例子非常清楚聚焦到他要幹嘛。我們假設所有 PPDR 的應用都有一個短時間內要動員多數單位，而且非常難以第一時間決定誰先誰後？再這樣情境之下，警察、消防、救護全部都是在同樣時間，而且同時要求即時的回應…那我要訂我的延遲要多少時間？我要訂有多少人同時使用？我要訂有多少裝置？然後希望整個資料量到多少？有多少單位？這些問題如果不清楚也沒辦法去算。這到底是新的需求還是取代原本的舊有技術，那舊有技術是花多少錢？那新技術是一個取代性還是新增成本？在這些資訊都沒有的況下是無法評估的。即便像韓國這樣包山包海，台灣也直接去想這裏面有很多無法做到的，因為密度就完全不同：是要以裝置為主？還是裝置加人？再什麼狀況之下要回傳什麼？所以它可能不是一個網，而是好幾個網。所以其實我們沒有看到使用者的需求與規劃，像我們是供應商，會想聽到警政署規劃需求。但是其他人的規劃也不在這裡，所以我們也很難給建議。

6. 警政署

我們警察有 5 萬大軍，如果有 PPDR 或許會是最大用戶。若 PPDR 的應用或許會是警察執勤的一項利器。包含，資訊傳輸、各項服務、雲端應用。台灣從 MRT 隨機殺人事

件開始，公共安全議題開始慢慢受到重視，也因為這樣讓 PPDR 這個議題也受到大家充分的討論。剛很多人有一疑問就是專用電信使用率這麼低，跟一般比起來它的用處。我想說的是專用電信與商用電信不同；它不是追求最大的營利，它是追求特定的目的。例如說：警用無線電，當它使用率很高時並不是一件好事。所以專用電信不是要追求高的使用率，而是要追求它可以讓我們達到目的。回到這個議題 PPDR 要怎麼做？頻率的使用以及網路的建置模式。我想這個系統的建置很龐大，攸關於國家政策的走向。因為專有網路跟專有頻段的建置是會耗費國家相當大的資源。而我們身為幕僚單位只能提供長官有疑問時解答各式問題、或是提出各種建置的比較。我們在這並無法向各位說我們採取怎樣的模式，畢竟這不是我們可以做決定。不過在此還是希望交通部可以保留 PPDR 的頻段，以免當未來需要建置時卻沒有頻率可以使用。

7. 皇輝科技

先看第一項 PPDR 的應用範疇，基本上我覺得先回到 PPDR 的定義：公共安全跟防救災的通訊。基本上雖然像韓國有很多單位使用，但我覺得基本上應用範疇包括警察、消防、緊急救援的一些需求單位。尤其像現在國軍主要任務也是防救災為主。針對頻譜安排的方面，我覺得不管是使用 4G 頻率、專屬頻率、使用租用網路、專有網路，其實要先解決公共安全防救災單位的使用基本要求。基本要求就是，在基本通訊的時候覆蓋範圍要夠大，防救災或是公共安全時,對室內的穿透力要夠強…最好自己建置基站時，數量要少但符合需求。以這格立場來說，要達到這個目的大概就要再 700～800MHz，或是說 3GPP 也在往下延伸到 400 多 MHz 也可以討論的。

可是我覺得最大的問題是到目前為止專用頻率還沒有被設定。我覺得必須要趕快設定，像其他國家當有專有頻

率設定之後還會牽扯到既有的頻率設定的問題。這都是要考量的。關於網路建置模式，4G 的業者網路是目前最急迫且馬上有效的方法，但不要忘記 3GPP 已經提到很多 PPDR 的需求，2016～2018 年可能很多 PPDR 的標準會底定，但是製造商何時做出來又是另一件事。所以在把租用臨時網路當成手段時，我們應該不要忘記現在還有很多專用無線電，所以租用的 4G 網路能怎樣與現有專用無線電互通會是一個對使用單位會是好的過度方法。

長期來看當然是建置專網作為最終需求，建置專網不管是專用網路或是專屬頻率基本上都可以解決問題。像荷蘭或英國的使用方法在防救災都有三個時期，第一是平時整備、緊急救災、災後服務。英國這個模式在平時準備時網路是可以負荷的，但是當緊急救災需求時，其實 PPDR 的最終目的就是讓使用單位有最高的使用權限。這個法律上能否規定、技術上能否做到，技術上做到，各個業者願不願意建置？這都是要考量的地方。專用跟專屬對主要使用單位是最終需求，但我認為各單位的各項應用是要分開的。我是建議短期使用電信網路，長期還是要專用，只是長期專屬的頻率要盡快定下來然後開始做一些其他頻率的需求。

8. Motorola

其實所謂 PPDR 的網路設計，如果說是對無線電業者來講，我們不 CARE 你們是專屬還租用。因為真正的使用量非常小，因為一個災害的發生的區域都是小區域性質。絕對不會是大區域性。所以還要考慮到說，我們與第一線人員的通話才是最重要的。目前台灣的第一線使用單位的無線電都不一樣，那這個就是交通部要思考的，要給出一個標準。

前我在台灣做無線電這麼久，台灣最好的就是「台灣沒標準」。任何一個無線電廠商都可以做，只要承辦人買

你的帳，就可以賣，所有單位都無法整合。舉例來說：台灣的消防就用不一樣的無線電而且不能互通。當我們在考慮 PPDR 是救災，寬頻，很簡單，只要在 4G 在任何一個廠牌都可以互通，手機等都可以互通。所以無線電是比較重要的。所以交通部是不是要思考無線電的部分在專網、租用裡。即使以後 PPDR 有寬頻時，真正有事情發生的時候，還是以語音最為重要。指令下達還是語音，影像只是供指揮者做命令下達時的參考依據。

9. 資策會

根據過去經驗，一些設備平常不用，到了緊急時候就不能用。像之前 88 水災，防災中心消防署買了很多衛星行動電話，結果因為沒有充電，電池壞了無法用。這個問題是大家的通病。所以回過頭來，在動員法規定很清楚，動員的時候國防部可以徵求所有通訊設備、船舶、車輛等都是可以徵的，以免戰爭打起來我們各個自己的東西都被徵用了，所以國防部有用民用的東西也是好事，不然都沒再維護。

我們的救災就應該是在平時跟戰爭中間再高一點的層次。所以在救災時要設定各種不同的需求。現在我們遇到的問題最困難的部分就是需求不明朗。救災的人員編制平常就要弄好，不然像八里事件發生，一堆人群龍無首不知道誰指揮誰。若平常能把名單看好，只要一 key 進去，所有的通訊就可以馬上查詢。將來救援時也該有個指揮系統，指揮官一下令該傳給哪些東西、影像要傳給誰…等等這都平時就要準備好，若沒準備好發生災難或事故時根本無從指揮。所以防災相關單位的需求與編制都要準備好。

10.太穎國際法律事務所

我接續鄧顧問所說的，我的看法是研究單位提出的這些選項並不是相互排斥的。而是要用多長的時程來考慮 PPDR，那專用頻率、專網是最理想的。不過也都知道現在

開始往下十年都不可能的。全球國家也都在做 PPDR，那我們自己的選項是什麼？我的回答是消防優先。我們看到大大小小的救災，總會發現第一線的救災人員跟後面的人都是脫節的。用聲音沒辦法描述現場情況，甚至要人進去再帶出來，在救災的時間情況下是受限的。

如果希望能夠將 PPDR 快速應用的話,顯然在頻譜上，使用 4G 頻譜、租用業者網路大概都是最順理成章的。不過也要提醒這也會帶來危機，也就是 PPDR 的需求單位譬如說消防署勢必變成一個轉機，對於自己人力資源配置，如何自己在機關內部也有頻率專家有分析資料的能力，這很重要，因為這在需用單位如果有這樣的配置就能知道能用與否。

從民間業者來看，如果大眾普遍能夠接受 PPDR 用在消防上,也許現在基地台退出社區的抗爭就不會這麼激烈。但是有一點法律上的問題，如果由民間，網路是業者的、頻率也是業者的，按照預算法跟 NCC 規定去競拍、付了執照費，那將來要用的時候能夠這樣徵用嗎？因為在現有的電信法，沒有開任何口能夠讓政府這樣徵用業者的網路跟它付錢去標來的頻率。所以在法制上，恐怕研究單位也是要有點著墨。

11.台灣大學

在大數據時代，第一件事情的呼應剛才鄧顧問的事情是說 PPDR 的應用範疇每個都有潛在的需要，可能先要有量化的盤點，到底目前的頻率跟頻寬，歷年來的使用狀況，例如像常態性的救護車跟警用，以及風災水災。在頻譜的規劃方面，能否根據一些具體的數字各個需求單位能夠提出，各個不同的任務區隔的實際狀況是怎樣。

第二是建議能夠提出未來 3～5 年的應用成長方向，這樣才有辦法來談說頻譜的需求。至於對於新釋出的頻段，個人是建議能夠讓彼此能夠互通。目前的了解各縣市警察

局跟消防單位，他們所用的無線通訊頻段縣市之間未必是可以互通的。如何透過一個新頻段的釋出，可以讓大家汰換掉舊的設備,將新設備可以移到大家可以互通的頻段區。第三個是該怎樣才可以永續。最好的辦法就是商業利益平常有再用，但有優先權的概念，需要的時候就上來用。不同的任務對於品質的要求也會不一樣。個人比較主張有一塊新的共享，來比較有效的運用頻譜。那有一段是突然的需求量比較大，這部分可能要結合資源的共享。在商業模式上要如何徵用，也是重要的，透過徵用在經濟上是比較合算的。對於常態性公共安全,可能在專用頻段裡做分享。

個人主張要付費。像廣播簡訊是對於 PPDR 利用行動通信業者的平台來傳遞訊息。但就我了解本地中華民國是由業者吸收。因此在推動這件事情上，從業者角度來看，一但要業者自己吸收（費用），一定會拖到最後才按照要求做出東西，這種經濟誘因就不強。以做 PPDR 來說，如果還是相關公用單位來做 PPDR 時，可能在經濟誘因上要有適當的付費。

12.新世代通訊技術推進辦公室

專用的 PPDR 的網路所費不貲，而且考量到目前頻譜資源有限。所以不宜在短期內建置新的網路使用。所以建議會是租用 4G 的頻譜，短期之內在 4G 人口比較密集的地方可以考量用 Operator 的頻譜。那如果在偏遠地區在用傳統的頻譜來做規劃。技術面來看，PPDR 的範圍除了緊急救援之外還可以擴大來想,也可以用在 Smart City、空氣汙染、橋梁的監控，這些會跳脫剛才說的 PPDR 用在緊急。

把 PPDR 頻段擴大是不是有辦法在其它的應用，會這樣想的原因是因為避免以後專用頻譜不會有零碎的問題：PPDR 頻譜畫一區塊、物聯網再畫一塊，以後還要再去哪找新的一塊？這些東西是可以一起考量的。這裡想跟大家分享的是中科院也有在做 LTE 的 PPDR 加 LMR 的部分，這

是希望將來可以將 LTE 的 PPDR 跟 LMR 合在一起。他們有分析警政跟消防的需求，分析完之後才丟出台灣有這些需求，除了台灣本身的警政跟消防需求之外，他們也主要是外銷。

13.工研院

看 PPDR 這件事情大概有兩個陣營，角度不同、立場不同、說法不同。從兩個方向來看：從用戶需求，現在的警政消防，目前的使用者，專網的使用上的效率，我同意剛才警政署說的；頻譜使用效率很難是用手機使用效率的公式去算。所以這種緊急通訊的要求很大。還有就是任務不同。像國外經驗，我在此建議像剛才提到的代建代維、使用大眾網等等，它的問題到底是甚麼？這些國家的推動目的是什麼？各格國家都不一樣，很難去了解在這個營運上有何問題？建議主辦單位透過管道去了解各國家有甚麼問題。去看看有沒有解決使用單位跟任務的需求。

我的建議會是在合作模式上，要去參考國外經驗了解問題，在回來看適不適合在國情內做這件事情。另外有兩個單位要合作的模式，重點是，現在專用網路的通訊跟責任都是自己要負責，但大眾網來做的時候造成很嚴重的後果,誰要負責這些責任？例如美國的緊急醫療的影像傳輸。可是有一天在實驗階段通訊不通造成患者死亡。這個責任歸咎在哪？因此合作模式跟分工責任問題很難在此討論出結果，甚至會牽扯到法律問題。因此可以參考國外經驗的問題在哪再回頭評估國內。

第二，PPDR、3GPP 所提出的功能等等，大家要知道一個緊急通訊是要 End to End 的品質跟優先等級要比較高，這跟 4G、5G 提到的 Network Slicing 是一樣的，這也是要終端到終端之間個個的優先等級要串起來。就我對目前 4G、5G 技術來看，中間的優先權在任何傳輸過程都是串不起來的。中間的傳輸層並沒有這方面的功能。目前是沒有中間

傳輸設備、無線電、核心網路有優先權傳輸的功能。所以技術上，我的建議是近程，當技術尚未成熟之前，我建議還是先專網專用。技術成熟後，加上合作模式都有基礎、法律責任也有基礎、任務分工上也有需求，在遠程上就可以把專用通訊需求就可以搬到商用網路來做。

14.資策會智通所

（重點）分成窄頻跟寬頻，才能去因應政策的制定、服務的需求，廠商才能互相應應搭配。

15.交通部

從大家討論結果來看會發現 PPDR 不是一個技術性的問題。我想有很多種可能：也許可以先試一試，畢竟沒有實測就推算資料警政署也很為難；沒有測試過也不知道該怎麼推算。剛前面 Ericsson 也提到台灣的目的是什麼？我其實個人認為以立法院的現況跟台灣民情來說，PPDR 做出來一定是包山包海。例如捷運鄭捷案，捷運要不要連線？火車爆炸案則火車要不要連？高鐵要不要連？所以最後就是包山包海等。所以這問題很複雜，但感謝大家提出很多面向，可能要委託研究單位在整理大家的面向，有一些交通部能做，有一些交通部沒辦法做的要給別人做的，或有一些是交通部可以拜託業者、設備製造商可以給我們建議的，我想問題的層次有先出來，後續再找解決方法會比較會，謝謝。

四、海報及意見表

台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會

議程	主題	講者
引言簡報	1. 台灣專用電信頻譜使用分析 2. 國際 PPDR 應用發展動態 （註：簡報將於座談會一週前寄出）	TTC MIC
討論題綱	**台灣專用電信頻譜使用分析** →專用電信頻譜圖資料呈現層次 →專用電信頻譜圖資料庫使用規範	與會專家
討論題綱	**國際 PPDR 應用發展動態** →PPDR 應用範疇：警政、消防、捷運、台鐵、… →頻譜安排模式：(1)使用 4G 頻率、(2)配置專屬頻率 →網路建置模式：(1)租用 4G 業者網路、(2)建置專網(代建代維)、(3)混合式？	與會專家

活動日期：105 年 8 月 23 日

活動地點：23F MIC Salon

指導單位：交通部郵電司

承辦單位：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所

財團法人電信技術中心

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	無
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	〃
3. PPDR 應用範疇：(警政、消防、捷運、台鐵、…)	〃
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	〃
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	〃
6. 其他相關建議	了解中科院 PPDR 研究計畫內容。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	皇輝科技.

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	
3. PPDR 應用範疇：（警政、消防、捷運、台鐵、…）	建議以警察、消防加上緊急救援需求單位為主(含軍方)，其它單位可分享.
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	上級需求之頻率一般需考量 1)覆蓋範圍要多的大 2)對室內穿透力要強 3)建置基站可較少 因此建議以 700, 800 MHz (含)以下為優 甚至向下延伸到既有使用頻率. 但需立刻預留頻寬
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	1. 短期以租用4G業者網路為先. 建議搭配 3/4G 與專用無線電能互通的解決方案 2. 長期以建置專網為最終需求, 各使用單位可共用EPC等核心網路, 以節省建置成本, 但建議各單位個別建置 APP 應用系統, 以符合個別作業需求.
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	郭

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	贊成依頻段分大張、各張七區，但因使用者的多寡彈性調整，原來收費來會逐漸被使用。
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	由於行動電話的用途愈來愈廣，也就是趨勢上，行動通信會逐漸替代專用，不易用屬性區分
3. PPDR 應用範疇：(警政、消防、捷運、台鐵、…)	公眾安全均可使用，優先次序宜由政府核定。
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	使用 4G 頻譜，依動員法，戰時可接管民用通信、車輛、船舶、航空器等。
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	租用業者網路可降低成本，但必須給予優先使用權，需求應在平時訂妥，以備急時之需。
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	謝

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	若在本規劃構想，依政府資訊公開法概念，業務統計在主動公開，現況須說明分析作也有能獲得共同適當回饋及探知需求。
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	從技術發展應用觀點來說看，有許多增加標示「業務用途」及「技術」，但是互動資訊更新頻率會是下一階段關注重點。
3. PPDR 應用範疇：（警政、消防、捷運、台鐵、…）	消防救災
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	(1)：但專業電信法48條沒有有此提供配流方案。4G業者就標售付費取得頻率使用，有何義務讓出給優先化務
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	(1)：也許災害時徵用，建議法源依據。
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	資訊公開也引導使用者就會與研究為建議可以現行已公告之資訊內容，加強即時更新及呈現友善性，積極彙集使用者需求與行為模式，強化資訊之說內容與方式。
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	依頻率、空間、時間圖文混合呈現。
3. PPDR 應用範疇：（警政、消防、捷運、台鐵、…）	建議先盤點頻率及頻寬使用狀況，(PP)常態、(PPDR)及重大任務區隔考慮，進行統計分析，其次提出未來3~5年應用成長方向，新釋出頻段宜考慮提供 Interoperability sustainability 及共享經濟模式。
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	QoS differentiability, reliability
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	技術上：Network Virtualization and Co-RAN sharing 之運用 規劃：付費。微用"高等
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	ITRI

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	重點是1. 有多數的使用者 / 以實例為主 2. 有完整規格(可供) 3. 為區域還較重要
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	
3. PPDR 應用範疇：(警政、消防、捷運、台鐵、…)	除了軍方以外皆可，更可投入至民間機關
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	在3GPP PTT技術未成熟前，合作模式成熟前，應配置專屬頻率供多間使用
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	近程：建置專網 遠程：混合式
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	張

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	可能可以考慮用類似 Google 地圖方式呈現，一般使用者可輸入地址或直接點選地圖即顯示該點 11k～60GHz 頻譜使用情況
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	可能可以考慮以使用者行為模式來分類，例如公部門等固定時段使用者歸在一起，作 ~~PPDR~~ 使用時間歸類，PPDR 則可以視其發生時間使用該時段會空閒頻段，未來頻譜自動化管理必然發生，須考慮使用者行為模規律，頻譜利用率越大
3. PPDR 應用範疇：（警政、消防、捷運、台鐵、…）	公共事務相關的都應納入，如高鐵意外時都缺乏斷電線實況，應列路資訊
4. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	(1) 應將公共事務都整進同一專屬頻率，並訂定 QoS，目前公部門仍各自獨立行事，使用專屬頻率主要的目的是促進公部門資源整合資訊互通。
5. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	(1) 未來 PPDR 的 Live Stream 需求應將來大，考慮租業者網路可能有頻寬不足的問題，可能反過來讓 4G 業者大賺同但必須在 PPDR 時主動退出
6. 其他相關建議	

專家座談會意見表

計畫名稱：	105年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際PPDR應用發展動態研討會
會議日期：	105年8月23日
與會專家：	資策會 智通所

議題討論	專家意見及建議
1. 對於本次頻譜圖表規劃之建議，例如地區、頻率單位、圖表區塊等。	1. 我國頻率分配圖表，可以參考國外的做法，以互動式的方法公開，處理以區域、發射、用途等欄位外，也可提供關鍵字等查詢。
2. 是否有任何更為符合業界需求之呈現方式建議？例如以技術分類、或以頻率使用者之屬性（公部門、學校、企業等）分類？	2. 此外，也可考慮呈現使用的情形，例如可以表示目前尚未分派、低度使用、高度使用，包含時間、空間(地理)的維度則可以列入進一步的呈現模式。(動態方式呈現)。
3. PPDR應用範疇：(警政、消防、捷運、台鐵、…)	3. 考慮依先權，由何單位進行管理，編組，保有跨網的互通性(如和鐵道互通)
4. 頻譜安排模式： (1)使用4G頻率 (2)配置專屬頻率	4. (1)考慮終端設備的取得成本方更換(新)，應採用4G頻率，或國際廣泛使用的頻率。(2)配置頻率須主要權責單位，再作進一步的建置模式規劃。
5. 網路建置模式： (1)租用4G業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	5. 這和使用的數量，高用量選擇專網。所以情況中用量使用混合式，低用量使用業者網路。
6. 其他相關建議	6. 單純的資訊也可透過適度的模糊化加以呈現。 7. 未來4G的IPv6，可由Mobile Internet的角度切入。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	台灣專用電信頻譜使用分析暨國際 PPDR 應用發展動態研討會
會議日期：	105 年 8 月 23 日
與會專家：	新世代通訊技術推進辦公室(5GO)

討論議題： 國際 PPDR 應用發展動態	專家意見及建議
1. PPDR 應用範疇：(警政、消防、捷運、台鐵、…)	(1) 除頻譜外，建議相關部會應可盡快整合提出 PPDR 需求(RFI)，讓相關產業回饋，加速凝聚 PPDR 共識。 (2) PPDR 範疇除緊急通訊需求外，可考量納入物聯網相關如 Smart Grids (水/電錶/瓦斯表等)、汙水、空污、橋梁、土石流監控等，一併考量政府各單位的公共需求來規劃，可避免專用頻譜零碎的問題，3GPP R13 MBB、MCPTT 與 NB-IoT 應該能符合各類需求。 (3) 有關鐵路專網(GSM-R, 有專屬網路與頻譜)，歐洲已在進行 FRMCS 相關規畫，MVNO、RAN sharing、core network sharing 都是可能的網路架構，相關單位可再參考。 (4) 在技術處支持下，工研院與中科院已具備移動專網 LTE MCPTT+LMR 系統整合、驗證、產品測試服務等能量，終端與小型基站/無人機等均有產品研發規劃，NFV based vEPC 也在開發中，相關產業如合勤、正文、研華、凌華等均具有相關產品研發能力，利用實際的實驗場域驗證 PPDR 國家隊，未來可打國際戰。
2. 頻譜安排模式： (1)使用 4G 頻率 (2)配置專屬頻率	(1) 考量目前 800MHz 頻譜資源有限，且不易於短期佈建全新的行動通訊網路，建議租用 4G 頻譜與專屬頻譜雙軌並行，先考量以 MVNO 模式租用兩家以上業者頻譜與基站設備(如採 RAN sharing 架構)，移動專網與偏遠地區再以專屬頻譜(如 800MHz)來規劃。
3. 網路建置模式： (1)租用 4G 業者網路 (2)建置專網(代建代維) (3)混合式？	(1) PPDR 網路建置所費不貲，考量上線的時程，如緊急，建議初期租用 4G 業者網路試驗，未來則應建置 5G 專網(運用 Slicing 特性)並結合經濟部實驗網等其他公益使用，創造多贏綜效。

討論議題： 台灣專用電信頻譜使用分析	專家意見及建議
1. 專用電信頻譜圖資料呈現層次	(1) 電台電波涵蓋區域除頻率因子外，還受功率、高度、方向及地理位置影響，建議劃分區域應將 7 大區調整成以縣市為基本單位，若可取得更精準之使用者資料，劃分區域大小建議可再縮小。
2. 專用電信頻譜圖資料庫使用規範	(1) 此案使用者資料有著時間上的差別、亦無軍用資料，致提供之頻譜使用圖，尚不能完整反應我國專用電信頻譜使用現況，以分析出可供其他使用之頻段頻率，建議待頻譜資料彙整分析完整後，再行使用規範之討論。

參、物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會

為俾使本研究結果更加全面且完整，在交通部指導下，已於 105 年 10 月 20 日舉行「物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討」研討會，乃就國際間主要國家智慧城市發展動態、物聯網相關通訊技術、對應之頻段，以及物聯網服務提供者管理法規等議題進行探討，以作為日後我國行動寬頻頻譜規劃及管理決策之參考。

一、研討會主軸

針對頻譜共享機制規範發展之研析，以下列 5 個題綱為主軸，邀請業者及學研界代表發言。

(一)討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網）

(二)討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？

(三)討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如：免執照、執照（拍賣/申請…）

(四)討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎?

(五)討論五：PPDR 及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在一頻段？

二、與會來賓發言重點摘要：

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
討論一：台灣物聯網應用短、中、長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網）	中華電信	1. 歸納起來可以發現幾乎都是公領域，但其實還有非常多屬於消費端的、私領域的部分；如果物聯網發展起來一定是個非常大的願景。但現在看不到一個有趣的 Model，相關發展可能至少也要等到 10 年以上。
	台灣之星	1. 服務的 Model 在哪裡?產值會發生在哪裡，是在硬體還是在服務上？
	亞太電信	1. 所有物聯網的應用都還在摸索與發展當中。相信都有業

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		者在進行，但中長期可能會有新發展，相關的需求是很難去預估的。模式在哪裡，只能一起找未來的合作廠商找方向。
	是德科技	1. 一般來說很多物聯網應用都是公領域的。但無論是哪種通訊的服務，要雙方互動才有用。如果只有單方面很難發展。公領域 IOT 的發展需要政府的推動力，例如：DSRC 是個很早就開發出來的通訊服務。因為其需要公領域大量的投資才有可能。目前世界各國對 IOT 的定位，公領域以智能城市較有關。
	遠傳電信	1. 服務市場很大，可以朝上下游產業去思考。
	優納比	1. 從國外案例與國內實際拜訪情形而言，認為如物聯網在環境監控的需求相當大，政府應該以開放態度給予輕度適度管制，讓各種應用多有機會發展
	資策會	1. 物聯網範圍廣，技術也不會是只有應用在個別需求上，如在醫療上偵測心跳、呼吸或追蹤病人位置的，也可能應用作為監控監獄犯。物聯網應以需求為導向，考量業者之能量及專長，多元開發各種創新服務。
	台灣大學	1. 須清楚定義物聯網，物聯網應用發展如雨後春筍，技術、裝置與服務創新多元，關鍵在於商業模式成功與否，很多必須要從實際作當

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		中檢驗學習。
	工研院	1. 物聯網無論何種應用必須要驗證的是商業模式，物聯網研發速度、產品化速度持續加快，問題在於收費模式與投資報酬，台灣可以依循國際潮流發展。
	華創	1. 華創以車廠觀點，就車聯網發展的瓶頸提出以下意見： （1） 有商業模式很重要，結合既有的商業模式如透過營運商提供服務可能是必要。 （2） 收費是一種商業模式，但是車聯網應用若是一開始只想到向使用者收費就成不了B/M。 （3） 解方之一在於串起車聯網生態系，跨大車聯網大數據的應用範疇。如同會中顧問所提，需要更多想法找出更多應用範疇。 （4） 車聯網應用的賺錢方式不再是傳統的兩造交易一手交錢一手交貨，而是靠生態系形成魚幫水水幫魚的共生體系與循環。 （5） 這就需要啟動一個良性循環，政府就是啟動循環的關鍵。這關鍵絕不是扮演『補貼、補助』角色，因為這種補貼通常只是忽略『有人不願付費』這種事實，反而讓瓶頸一直存在。 （6） 若不要把台灣 ETC 成功奇蹟且可海外技術輸出當作偶然，其中必然可以整理出政府的關鍵角色。這也如同政府為何強制要收牌照稅、燃料稅的角色一樣。

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		（7） 車（聯網）幾乎是物聯網中可生出最多樣、最大量數據的裝置，這所有數據衍生的應用可回歸給車相關使用，更可給外在、環境所用，已達智慧城市應用的層次。其中用車人既是車的消費者也是數據的生產者，這是車聯網商業模式中諸多成本究竟誰屬最微妙之處。這也就是需要串聯生態系，讓『整個系統共生而使每個成員獲取價值而願意付費，支付對象不一定是直接給你價值的那一方。 （8） 台灣內需市場規模小，製造業、服務業要有海外市場的戰略作為；政府的需求與企業的海外擴張有機會在車聯網領域內結合創造成效更高於 ETC 的第二個台灣奇蹟。
討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	中華電信	1. 物聯網有三種不同頻率。且現在商用物聯網服務封包特別小，不需特別頻率才需要使用。台灣可能會開放 922～928 這一塊上的應用非常多元，用 3G 或 4G 來看的話，台灣目前廠商已能提供大部分物聯網活動。
	亞太電信	1. 以後針對物聯網，會有不同頻譜來提供不同的服務特性。但前提必須是一個完整或連續的頻段。頻率會因為需求做不同的規劃，對之後的創新和整合都會造成一些影響。
	遠傳電信	1. 國際區使用的頻率莫衷一是，有高有低。但若未來有明確的規劃方向，目前的頻率問題都不用太擔心。

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
	資策會	1. 物聯網頻譜從應用層面而言，大頻寬高功率或是窄頻低功率等有各式需求，以管理者角度而言，可以從各種層面分析這些需求是否已經被滿足，而不是針對單一應用劃分頻譜。分別考慮距離長短、容量大小、傳送時間多寡等因素，免執照與執照均提供使用，其中 ISM band 甚受歡迎，應開放供用。
	台灣大學	1. 頻譜需求因應各種應用發展亦呈現多元。
	工研院	1. 國際上開的物聯網頻段都可以作為國內的參考，並建議可以建立一個回收機制，將閒置的頻段做有效重新規劃分配。
	華創	1. 在車聯網領域有明確的頻譜需求，以便提供未來服務。
討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如：免執照、執照（拍賣/申請）	台灣之星	1. 如果物聯網採用免執照，若不是一二類的業者，該怎麼提供服務？電信法下仍有許多問題要解決，如頻譜及頻譜使用費等。
	是德科技	1. ISM 的精神是 On License。服務的提供者是否也要收費，可參考 Wi-Fi 熱點的例子。雖然身為 ISP，但還是可以收費。
	資策會	1. 頻譜發放的管理機制分為執照與免執照兩種類型。需要執照的就是目前第一類電信業者的行動通訊，以及專用電信，許多低功率頻段就是屬於免執照。執照頻譜已有慣例，用於物聯網通常是附屬性質；免執照頻譜宜維持

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		形式審認後，公開販售使用。
	台灣大學	1. 一方面宜與國際頻譜配置和諧接軌，一方面也宜提供在地退於創新友善的彈性環境，結合包含第一，實驗新創頻段與場域，第二，頻譜分享接取，第三，既有拍賣、申請等外的登記使用機制等，來有效供給創新與穩定/永續服務等不同性質、不同階段所需。目前國內尚未有創新頻段（Innovation Band），修改法規耗時無法及時因應創新發展，建議可利用創新頻段讓各界實驗，待發展較成熟後再透過適當法規管制。
討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎?	台灣大哥大	1. 第四點免執照，目前法規上是不行，業者投入的成本非常高，頻率使用費高，會打破專屬與特許和信賴保護原則。
	亞太電信	1. 如果無法向使用者收費創造商業模式，會減弱業者使用該頻段提供服務的動機。當然未來可能會用執照頻段搭配免執照頻段，這也可能是一個很大的動機。
	遠傳電信	1. 在建設網路時，一定要有人進行維運。但前提在於其必須要有一個商業模式，而頻率提供者可以和使用者收費。 2. 國內目前的趨勢在於要鼓勵IOT 產業發展，不要在他出現前就被法令綁死。建議讓產業有自由發展的空間。最後可能走向電信服務，或是

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		資訊服務。以最低門檻進行管制，未來可能會有不一樣的發展。
	優納比	1. 新加坡稱自己是第一個發出物聯網執照的國家，建議政府也採較開放態度。以國內而言，目前物聯網產業可能有許現行法規無法管制的部分，也許可用行政命令將管制放鬆，但基本上業者相當願意配合政府
	資策會	1. 免執照是個別發揮、干擾自行解決，且要區分商用與非商用在實務上有困難，應維持免收頻譜使用費。
	台灣大學	1. 應可以收費，因為連網基礎設施及服務有成本與價值。
	工研院	1. 國際經驗可以參考，以使用者付費觀點來看，如果拿頻譜來經營做生意，就需支付使用費，應該在低度管制上，酌收頻率使用費。
討論五：PPDR 及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	亞太電信	1. PPDR 中的警政使用可能會達到八成以上比率。但也因為警政需求較特別，可不可以和物聯網或是商業的需求整合在一起。可能需要多一點時間來討論。
	資策會	1. PPDR 問題在於主管機關任務執行模式及指揮網未確定，且其預算及人力也須解決，頻譜並非重點，基本上只要頻譜能夠和諧共用就可以。
	台灣大學	1. PPDR 的服務需求多樣，特性各不相同，宜細膩分析需求的質與量，混合專屬與分享方式運用，並結合商業機

討論提綱	業者（公司名稱）	問題或建議
		制來提升可靠性、抗耐性，同時降低建置與維運成本。
	工研院	1. PPDR 只有使用頻寬的問題，與物聯網特性不同，建議最好還使切分使用。

三、與會來賓發言詳細記錄：

(一)中華電信

我覺得今天是個很好的議題。特別是題綱四的部分，大原則是在規管後會不會影響發展。第一個是我想在資策會的報告裡已提到非常多，如果歸納起來可以發現幾乎都是公領域，但其實還有非常多屬於消費端的、私領域的部分。所以你可以看到如果物聯網要發展起來一定是個非常大的願景。但現在實在看不到一個有趣的 Model，物聯網這個的發展至少也有十年以上。物聯網的商業模式還未非常明確，行動通訊發展越來越快速。轉型、提升效率，在各個產業一定會用到，很難去限制或限定服務。如果過於限定則會局限發展。

物聯網他有三種，三種頻率都不一樣。但我們現在商用的物聯網服務封包特別小，不需要特別的頻率才需要使用。台灣可能會開放 920～928 這一塊。應用非常多元，用 3G 或 4G 來看的話，台灣目前的廠商已能提供大部分的物聯網的活動。投影片 P23 頁 RFID 產值預估目前還沒發生。

（補充）PPDR 其實台灣的規劃現況是需求面的議題，技術面也問了很多國外專家，差不多都是在 25MHz 左右。他們是提供租用服務。是個非常好的 Model，政府提供一個緊急通道給予使用。我想主辦單位是不是混在一起了，如果從前面討論來看，PPDR 與物聯網頻段共用可能不是一個好的方向或主題。

我再補充一點看法，剛剛提到很多 Model，中華電信很仔細去研究過商業模式和技術，行動通訊發展的可長可久，需要很多因素。2006 年的 RFID 的假設，可以利用手機去坐捷運，在這假設的條件下，可以看看這個條件有沒有發生。物聯網的進程還沒

有到。這麼多資源去投入產業，沒有收回的話那這產業很快就會不見。我們很認真地在看待這個產業。

(二)台灣大哥大

其實完全同意中華電信的說法。對於 RFID 產值還未發生也感到非常訝異。本身以電信產業來看，也碰過很多共創啊、互利甚麼的，這些都是很大的學問。現在所進行都是可以投入的部分，法規上還有很多的限制，這些東西其實都是擺脫不掉的枷鎖。第四點免執照，目前法規上是不行，業者投入的成本非常高，頻率使用費高，會打破專屬與特許和信賴保護原則。

(三)台灣之星

以服務的層面來看，民眾需要甚麼服務，當然相關的服務最重要。只是剛剛陳博士提到一個問題，那就是服務的 Model 在哪裡。2010～2020 年有預估會有 4,200 百萬美金的產值推升，那到底他真正產值的產生在哪裡，是在硬體還是在服務上？我們在 4G 的服務下，我們收幾百元（ARPU）才有 2,200 百億台幣的產值。

物聯網需要的頻譜，你所想要發展的產業在哪裡？車聯網規畫最完整的大概是在日本，車聯網是由非常多的頻譜堆在一起的。利用比較低的頻譜，應由服務來決定頻譜。頻譜是不是有辦法供應出來，比如說你要做防碰撞，你的穿透性一定要好，要穿透建築物需要低頻的頻譜，那你剩下的頻譜在哪裡。另外就是說，現在很多業者想投入 IoT，如果我們採用免執照，那他們不是一、二類的業者，那他們該怎麼提供服務？電信法下的問題要解決。頻譜的問題、頻譜使用費的問題都要解決。法規上還有很多需要精進的。

(四)亞太電信

所有物聯網的應用都還在摸索與發展當中。我們公司之前有成立一個平台大會。大家都在摸索物聯網背後的模式。我相信都有業者在進行、在做，中長期可能會有新的發展和需求是很難去預估的。模式在哪裡，只能一起找合作廠商找未來方向。以後再針對物聯網，會適用不同的頻譜來提供服務。必須是一個完整或

連續的頻段。頻率會因為需求做不同的規劃，那對後面創新和整合都會造成一些影響。

至於免執照商業服務的部分，我相信如果提供商業服務，如果他沒辦法提供商業模式，會減弱使用頻段服務的動機。當然未來可能會用執照頻段搭配免執照頻段來提供服務，這是一個很大的動機。

PPDR 的部分，大概是以警政的部分會達到八成以上會比較高。因為警政的需求比較特別，那是不是可以和物聯網或是商業的需求整合在一起。可能需要多一點時間來討論。

(五)是德科技

我們本身系統的服務商。IoT 台灣該怎麼提供服務。我們沒有預設立場。整個世界的趨勢來看，一般來說很多都是公領域的。因為無論是哪種通訊的服務，要雙方互動才有用。如果只有單方面很難發展。公領域 IoT 的發展需要政府的推動力，DSRC 是個很早就開發出來的通訊服務。因為他需要公領域大量的投資才有可能，那 IoT 也是。要看現在世界各國 IoT 的定位，公領域可能和智能城市有關。所以我會覺得應該要往這個方向去思考，而不一定以利為主。DSRC 需要政府去推動，車商也可以獲利。

那至於第二個題目，頻段我們無法有太多的意見，如果說台灣。就是那這個東西的話也是屬於 802.11 的範疇，可是世界上有試著去可是使用率並不是那麼高。

第三個問題是說，我本身對法制不是很清楚。ISM 的精神是 unlicense。服務的提供者是不是也要收費，那 Wi-Fi 的熱點是個例子。那他是 ISM，但還是可以收費。PPDR 是對於公眾的影響力的話，要分別規劃，DSRC 理論上當初在規劃的時候類似廣播的概念。還是需要適當的規劃。

(六)遠傳電信

未來的發展、頻譜的使用和規劃、管理的發展。目前在國際的趨勢是可以去運用我相信相關的服務會很快出來。那第二個問題會和公用頻段和專屬使用頻段。這兩塊頻率 PPDR 有供應性在

這情況之下，IoT 的頻率或在一起，那誰先誰後，這部分需要謹慎的思考。使用的規畫使用的技術其實是有更多的複雜性要考慮。台灣的物聯網需要用到的頻譜，不用擔心就將本求利。國際使用的頻率莫衷一是，有高有低。明確的規劃方向，目前的頻率都不是太擔心。服務市場很大，還需要往上下游產業去思考。盡快地去明確化。法規會是一個很重要產業發展的依據。你去建設網路，一定要有人維持和建設。必須要立足於商業模式來看，必須要有一個前提是他有商業模式。頻率提供者會和使用者去收費的。當你成為電信服務，會不會同受管制、價格會不會受到管制。國內大家普世的價值是 IoT 產業要發展，不要在他出現之前就被法令綁死。先讓這產業走走看。他可能是個電信服務，也可能是個資訊服務。以最低的管制讓他走。可能會有不一樣的發展。

(七)優納比

先回答第一題。大家好像對物聯網有點悲觀。其實我們在國外和台灣拜訪的一些公司來看。可以看到很多的需求。環境的監控如空氣等等的監控是很大的一塊。就政府來看，政府是不是想要挑出幾個來然後投入。現在可能是輔導，才能發展起來。現在輕度管制、適度管制就好，但態度是需要開放的。任何產業在台灣都是用管理的角度來看。新加坡政府表示他們是第一個發出物聯網執照國家。台灣申請經驗其實，NCC 非常非常多單位。他們也不知道怎麼辦，法規管不到，行政命令稍微放寬一點。我們還是很願意配合政府啦，我們知道這個行業比較特別。

(八)資策會

針對這個討論題綱。第一點來講，物聯網範圍太廣。技術方面怎麼去做。有很多可以自己去發揮。技術問題也不是只有運用在某個需求上。比如說可以偵測出你的呼吸次數與心跳次數，或是病人有沒有在床位上，可以適用在醫療上。在其他的方面是不是也可以用，防盜是不是可以用？監獄裡的犯人也可以監控。需求的部分自己去發揮。沒有人可以告訴你說你能得到多少商機，

誰也無法預先掌握。物聯網要用的頻譜，因為你的需求太多種，所以無法去界定。

過去頻譜管理上，你的應用面可能是大頻寬，小功率，或是小功率甚麼的，各種頻譜都有。在頻譜管理上面，你看到某些需求，我無法滿足他。用甚麼方式做，但我也大略功率可以傳輸的部分可以畫個曲線，頻譜上面夠不夠，從各種方面去分析，而不是針對單一運用。

頻譜發放的管制機制，要執照的和免執照的。要執照的一類是行動通信，還有一個是專用電信。免執照的就是功率很小。免執照 ISM 低功率的發展，但因為你是大量的商品，就公開販賣、公開使用。那要執照的，行動通信業者，我當然要發揮效益。能做我當然做。這部分不是說一定可以用，但你要去觀察誰需要，我幫你解決那個問題。所以最重要的說，在商言商，你拿到訂單才有辦法生產。

收費我不太清楚，收服務費我不知道可不可以，沒有問題啊，要不要收頻譜使用費，NCC 不該收頻譜使用費，因為它是免執照的。他有收你的費用。

PPDR 現在的問題不是在技術或頻譜，而是在主管機關上的人員配置。如果你沒有足夠的經費，就沒辦法建設。你不來申請，我也很頭大。我叫警政署去租電信業者，那就 OK 啦。權責劃分不清楚，頻譜畫在那邊了都沒人要用。物聯網能不能用，我不反對，頻率能和諧共用，那就好了。

(九)台灣大學

IIC 組織辦的年會，各國的 Regulators 跟其他的有溝通的機會。Pro Active and Regultion。不管是物聯網也好，智慧城市也好，到底範圍是甚麼，幾乎都有。非常的廣。新東西出來，範圍又那麼廣。這部分有提到，透過這種 Try 能夠有適當的場域，包括在頻率上面有 Try 的機會。其實最難的不是在技術，而是在商業模式的部分。特別是在這個階段，不是每個都能起來。因此我就從學校的角度來看，如何結合實驗場域，弄個科學園區，在雲端是不

是有一些科學園區，利用實驗和交通部的 Band 可供實驗使用。能夠比較明確的提供實驗，中華民國還沒有一個 Innovation Band。已經公開徵求大家的意見，讓大家能夠創新。前面一兩個問題，可能發展的服務一堆，發展的頻譜也很多元。

應有的法規機制，又被退回重提。法規要修很耗時，發展這麼快，也不知道有沒有商機，那是不是有個 Innovation。在這段期間，是不是有個小區域的某些讓大家來做實驗，這樣子也不會投資很多。從政府來看，需要一點時間，實驗了有氣候了，2、3 年後再來管制，這可能是個解答。

我是認為該收費，因為建設實驗的成本需要收回。可以考慮收費。但這樣子能不能做到 POB，其實是大家最關心的事情。我想這是一個挑戰。PPDR 種類和性質差別也滿有區隔，需要不一樣。我回應鄧顧問，需求單位要先能辨認需求。自建或是租用，都是可以彈性來看，需求單位可能也搞不清楚。

(十)工研院

產業必須要證明物聯網是一個營業模式。物聯網的商業模式在哪裡？其實全世界都在找答案。我倒是覺得啊，台灣的產業要分成國內和國際市場。整個研發的速度也加快，產品化的速度也加快。只是還沒找到商業模式。需求你怎麼收費、投資能不能收回？我覺得國內的產業，目標在國內或國外，需要能跟著潮流走。如果國外有開一些頻段，那他就是在去推這個產業。其實可以開一個物聯網的頻段。國際市場開的頻段其實我們都可以開。有一定的回收機制。所以說相對所需要的頻譜，一個個國家的經驗我們都可以參考。

鼓勵國內去參考國外。頻譜你可以不收費，要做生意，那就不一樣了。既然做生意，就要收費。拿那個頻譜去經營，有收入，使用者付費的觀點來看，那他就需要收費。物聯網國外 CPE 端五塊錢美金，因為它的應用是不一樣的。英國也收了很低的費用，是一次性的費用還是免費我也不確定。國外的經驗我們可以參考。大家都在實驗，一個是智慧城市、車聯網和礦場，因為很多，你

很難去說你要收多少錢。那就沒有商業模式的問題。在低度管制的環境下，去酌收頻率使用費，是應該的。

最後講到 PPDR 和物聯網，日本市場沒有甚麼在喊物聯網。日本認為說，物聯網不是產業別，是個手段，你很難變成一個平台。並沒有一個 IoT 的商業模式，是各個產業去運用來達成營運的目的。沒有將 IoT 變成單獨的服務。要怎麼切割，我是覺得 PPDR 只有頻寬使用的問題。至於說用不了那麼多，有剩下來就可以給物聯網用。能不能一起用，最好還是切開。

（對華創發言後的補充）

其實福斯還有 Audi 是第一次參加。電信業者和汽車業者到最後沒有交集，各說各話。政府在這其中扮演甚麼角色。高度管制的東西。這是一個議題。他們是要做這些研究，然後給政府建議。其實世界各地都在討論同樣的問題。

(十一) 華創

華創本身並不是頻譜的專業。華創車電是發展車輛技術的公司。對車聯網的需求，我們可以保證百分之百有這需求的存在。未來車聯網有很廣大的前景。我們在思考車聯網的問題上，明確瞭解有頻譜上面的需求，以便來提供未來車子的服務。關鍵卡在，到底誰要來付頻譜的費用？特別是說，各大電信的先進都在場。有討論到車聯網應用的部分，切入點有很大的差異，你們需要取得的是用戶和流量，我們也要流量，但我們沒有理由去幫消費者買單流量。才有供需、才有掏錢的意願。這中間有很大的鴻溝，我們有需求，你們也看到市場。車聯網這個議題，發展技術的觀點來看，我們一定會往自動駕駛走。要解放駕駛的雙手。我就可以提供相當多的服務。已經完全有自動駕駛的能力，請問 DSRC 的需求高不高？未來的車聯網已經到一定程度，那 DSRC 有沒有需求？車子這當中我們需要提供他，需要有個頻寬，那誰要付這個頻寬的錢？車子是個很奇特的商品，他是所有消費商品裡面唯一受到政府管制的。政府要管制，那需求者是誰？我們有沒有可能透過政府力量，將需求端和供應端的鴻溝填補起來。政府收取

了多少稅金？那政府扮演的角色又是？不知道各位有沒有其他的意見，讓政府能更積極的作為？

(十二) 交通部

物聯網我能投甚麼東西賺錢，這是一個雞生蛋，蛋生雞的問題。物聯網是個重要產業政策，至於說要做甚麼，沒人知道。國際上也沒有國家清楚的知道。我個人看物聯網是個資訊產業進攻通訊產業的事情，我個人猜測他的商業模式會接近資訊產業。而不是靠近通訊產業，用流量來支撐的模型。資訊產業很有趣的一點是，牛跟羊買服務，最後是豬付錢。

資訊產業的商業模式非常多變。如果對物聯網的態度越開放，實際上是救了未來的電信產業。我個人滿認同張老師的說法，那我們就讓人家來試啊，不是電信業者的責任，不如開放讓大家想辦法來試。電信業者也有好處啊，只要看到好處就有可能會買下來。重點放在這個是要從資訊業的角度來看，不要從通信業的角度來看。從通信業來看物聯網是雞肋中的雞肋，CPE 對硬體製造業也是雞肋。從交通部來看也在考慮開放實驗。我們不能無限啟用下去，給他一個區域和時間。WiMAX 的例子來看是正確的，但我們實際的做法是不是有檢討的必要。最後大家都去選 LTE，如果在實驗的階段能做得好，那 WiMAX 也可以和平收場。我贊成張老師的說法，要開放一點讓大家來試試看。

至於說免執照頻段，免執照頻段和使用者收費也不是不可能的事情。最大的問題在於說，不可能收很多錢。所以就算我們禁止他在免執照頻段的收錢好了，也可以用其他的手段來收錢。那我們要不要把收費的定義限縮起來，而是純粹收在通信服務上的不行。明確定義起來也是個保障。PPDR 不光是警消，捷運、火車高鐵都在 5G 三種應用類型屬特殊型服務，從實驗的角度來看，可不可以找一個縣市來先建立一個網路，你不去做一個大的實驗，使用單位也不知道實際上的流量。

四、海報及意見表

物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討

研討會

議程	主題	講者
引言簡報	1. 物聯網應用暨技術發展動態分析 2. 主要國家物聯網管理法規探討 （註：簡報將於座談會一週前寄出）	MIC
討論題綱	討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？(例如節能、健康、車聯網...) 討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？ 討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如免執照、執照(拍賣/申請...) 討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎? 討論五：PPDR及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	與會專家

活動日期：105 年 10 月 20 日

活動地點：23F MIC Salon

指導單位：交通部郵電司

承辦單位：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會
會議日期：	105 年 10 月 20 日
與會專家：	亞太電信
議題討論	專家意見及建議
討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	交通部 105/9/13 公佈「中華民國無線電頻率分配表修正對照表」草案，然為保護 ETC 系統不受干擾，草案 920-928MHz 頻段以備註方式逕自「挖空」低功率免執照物聯網設備專用頻段，排除 922.5-923MHz 及 924-924.5MHz（共 2*0.5 MHz），與國際間物聯網頻段規畫不符。 物聯網（IoT）產業未來十年、20 年將成為非常巨大的產業，為促進我國經濟長遠發展，基於以下理由，建請支持開放 920-928MHz 連續頻段為低功率物聯網使用頻譜，且就該頻段不附加任何使用限制： 一、 強化我國智慧應用與物聯網供應鏈 二、 IoT 設備不會影響 ETC 正常營運 三、 挖空頻段將造成國家頻率使用的不效率 四、 完善物聯網資通訊基礎建設 五、 我國消費者將因挖空頻段將造成不必要成本支出 物聯網（IoT）產業為國家重點發展之項目，企盼 IoT 時代的政府能有新的格局，對於產業政策有新思維，使國家創新能量極大化，帶領我國 IoT 產業開創數位經濟、創新發展的嶄新局面。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會
會議日期：	105 年 10 月 20 日
與會專家：	賴[illegible]

議題討論	專家意見及建議
1. 討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網…）	有B/M很重要 結合現有的B/M可能很必要 收費是一種B/M，但收費就 成不了B/M。
2. 討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	所以要再超出意外。 須[illegible]試看看
3. 討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如免執照、執照(拍賣/申請…)	政府是關鍵角色，但不是補貼 或是分預算建設。
4. 討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎？	這是Data最多的 Car user是消費者，同時也是生產者， 所以可以向消費收費，但是也不可以收錢。
5. 討論五：PPDR 及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	[illegible]，經濟要走向海外， 產向海外不能再讓，台灣[illegible]打。 政府若有決心有lead，提供資源， 則產的生態系循環，則是政府 最適合的事。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會
會議日期：	105 年 10 月 20 日
與會專家：	ITRI

議題討論	專家意見及建議
1. 討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網…）	(同)Z、
2. 討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	可依國際標準擇收的物聯網運用頻譜做基本擇敗生.
3. 討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如免執照、執照(拍賣/申請…)	建議以免執照擇出. 試.
4. 討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎？	若有營運則並收費(頻譜)，高、低(收費)則可依國際市場參考價值.
5. 討論五：PPDR 及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	因任務，使用需求不一樣，建議分別規劃.

專家座談會意見表

計畫名稱：	105年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會
會議日期：	105年10月20日
與會專家：	劉

議題討論	專家意見及建議
1. 討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網…）	物聯網的範圍極廣，服務類型甚多，應以需求為導向，考量業者之能量及專長，多元開發多創新服務。
2. 討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	分別考慮距離長短、容量大小、傳送時間多寡等因素，免執照和執照頻譜均使用，ISM頻譜甚受歡迎，應開放使用
3. 討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如免執照、執照(拍賣/申請…)	執照頻譜已有慣例，用於物聯網通常是附屬性質，免執照頻譜宜維持型式審認後，公開開放使用。
4. 討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎？	免執照頻譜是個別設備，干擾自行解決且空白分高用和非高用實務上有困難，應維持免收費(頻譜使用費)
5. 討論五：PPDR及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	PPDR之問題在主管機關任務執行模式及指揮鏈未確定，且其預算及人力也需解決，頻譜應非重點。

專家座談會意見表

計畫名稱：	105年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究案
會議名稱：	物聯網應用發展及頻譜管理法規之探討研討會
會議日期：	105年10月20日
與會專家：	張

Proactive and Collaborative Regulation

議題討論	專家意見及建議
1. 討論一：台灣物聯網應用短中長期可能發展的服務？（例如：節能、健康、車聯網…）	物聯網的定義為何？ 物聯網應用發展如雨後春筍，技術、裝置與服務創新快速、新，關鍵在於商務模式能否成功，很多必須要從做當中來檢驗學習。
2. 討論二：台灣物聯網應用相對所需要的頻譜？	2. ~~物聯~~頻譜的需求因而也是多元。 3. 一方面自宜與國際頻譜配置和諧接軌，一方面也宜提供在地~~[illegible]~~對於創新友善的彈性環境，結合實驗創新頻段與場域 (2) 頻譜分享接取 (3) 既有拍賣、申請等外的登記使用機制等，來有效供給創新與穩定/永續服務等不同性質、不同階段所需。
3. 討論三：取得前述頻譜應有的法規機制？例如免執照、執照(拍賣/申請…)	
4. 討論四：若以免執照頻段提供商業服務，則服務提供業者、連網服務提供者可以收費嗎？	4. 可以，~~[illegible]~~連網基礎設施及服務有成本及價值。
5. 討論五：PPDR 及物聯網的頻段應分別規劃？或將其整合在同一頻段？	5. PPDR的服務需求多種類特性各不相同，宜細目式分析需求的質與量，混合專屬與分享方式來運用，並結合商業機制來提昇可靠性、抗耐性，同時降低建置與維運成本。

6. Innovation Bands.

參考文獻

[1-1]3GPP, “3GPP TR22.891”, 2015-04-30.

[1-2]5G PPP, “5G RAN Architecture and Functional Design”, 2016-3.

[1-3]EUROPEAN COMMISSION, 5G for Europe: An Action Plan, 2016.9

[1-4]IMT-2020（5G）推進組，“網路架構設計白皮書”，2016-05.

[1-5]FCC, FCC 16-89, 2016.7.14

[1-6]4G Americas，“Mobile Broadband Evolution Towards 5G: 3GPP Rel-12 & Rel-13 and Beyond”，2015-07.

[1-7]Ofcom, Improving consumer access to mobile services at 3.6 to 3.8 GHz, 2016.10

[1-8]交通部, 105 年度「頻譜供應規劃與政策規範研究」委託研究計畫, 2016.11

[2-1]NTIA, An Assessment of the Viability of Accommodating Wireless Broadband in the 1755-1850MHz Band, https://www.ntia.doc.gov/report/2012/assessment-viability-accommodating-wireless-broadband-1755-1850-mhz-band

[2-2]PCAST, REALIZING THE FULL POTENTIAL OF GOVERNMENT-HELD SPECTRUM TO SPUR ECONOMIC ROWTH, https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf

[2-3]Qualcomm, LTE Advanced in Unlicensed Band, https://www.qualcomm.com/invention/technologies/lte/unlicensed

[2-4]FCC, Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order, FCC 08-260 （Nov.14 2008）, http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-08-260A1.pdf （last visited Sep 22, 2014）

[2-5]Ofcom, Implementing TV White Spaces, http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/white-space-coexistence/statement

[2-6]GSA, REPORT:Status of the LTE Ecosystem, http://gsacom.com/communities/lte-user-devices/

[2-7]NTIA, An Assessment of the Near-Term Viability of Accommodating Wireless Broadband Systems in the 1675-1710MHz, 1755-1780MHz, 3500-3650MHz, and 4200-4220MHz, 4380-4400MHz Bands,

[2-8]FCC, Enabling Innovative Small Cell Use In 3.5GHz Band NPRM & Order, FCC 12-148, https://www.fcc.gov/document/enabling-innovative-small-cell-use-35-ghz-band-nprm-order

[2-9]FCC, FCC Releases Rules for Innovative Spectrum Sharing in 3.5GHz Band, FCC 15-47, https://www.fcc.gov/document/fcc-releases-rules-innovative-spectrum-sharing-35-ghz-band

[2-10]FCC, Proposes Creation of New Citizens Broadband Radio Service in 3.5GHz, FCC 14-49, https://www.fcc.gov/document/proposes-creation-new-citizens-broadband-radio-service-35-ghz

[2-11]EU, Promoting the shared use of radio spectrum resources in the internal market, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52012DC0478

[2-12]EU, Promoting the shared use of Europe's radio spectrum, https://ec.europa.eu/digital-single-market/promoting-shared-use-europes-radio-spectrum/

[2-13]RSPG, Report on collective use of spectrum and other sharing APProaches, http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/rspg11_392_report_CUS_ot

her_APProaches_final.pdf .
[2-14]RSPG, RSPG Opinion in Licensed Shared Access, https://circabc.europa.eu/d/d/workspace/SpacesStore/3958ecef-c25e-4e4f-8e3b-469d1db6bc07/RSPG13-538_RSPG-Opinion-on-LSA%20.pdf
[2-15]ECC, Licensed Shared Access, ECC Report 205, http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP205.PDF
[2-16]https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0031/79564/3.8-GHz-to-4.2-GHz-band-Opportunities-for-Innovation.pdf
[2-17]47 U.S. Code § 301, 303, 306.
[2-18]Ofcom,Managing the radio spectrum: The role of Ofcom, http://licensing.ofcom.org.uk/radiocommunication-licences/regulations-technical-reference/rules/policy-manual/radio_spectrum
[3-1]http://transition.fcc.gov/pshs/public-safety-spectrum/4-9GHz-Public-Safety-Band.html
[4-1]ISO, ISO/IEC JTC 1Smart cities Preliminary Report 2014, 2014
[4-2]FACT SHEET: Administration Announces New “Smart Cities” Initiative to Help Communities Tackle Local Challenges and Improve City Services,2015-09-14
[4-3]SFMTA, City of San Francisco, Meeting the Smart City Challenge, 2016
[4-4]SFMTA, SFpark: Putting Theory Into Practice-Post-launch implementation summary and lessons learned, 2011-08
[4-5]San Francisco Public Utilities Commission, AUTOMATED WATER METER PROGRAM RADIO FREQUENCY ASSESSMENT, 2010
[4-6]Forbes, San Francisco Now Has Its Own Cellular Network Just For The 'Internet Of Things', 2015-10-27
[4-7]Accenture, Amsterdam Smart City project, 2011-05-24
[4-8]European Parliament, MAPPing Smart City in the EU, 2014
[4-9]Amsterdam IoT Living Lab, 2015
[4-10]JUNGDO UIT, Ubiquitous 城市計畫介紹, 2012-05-04
[4-11]首爾市政府, u-Seoul master plan, 2006-05-24
[4-12]恩平區政府, 恩平 u-city 服務運作介紹,2010-05-10
[4-13]恩平區政府, 2016 年恩平區事業計畫, 2016-02-29
[4-14]恩平區政府, 2016 年恩平 new town U-city 設施維護計畫, 2015-11
[4-15]首爾市政府, Smart Seoul 2011-2015, 2011-03
[4-16]首爾市政府, 2013 年首爾市大數據活用基本計畫, 2013-04
[4-17]首爾市政府, 首爾數位基本計畫 2020 制定計畫, 2015-02
[4-18]ETRI, 摸索 ETRI 在實現永續 IoT 城市之角色, 2015-07-31
[4-19]國土交通部, 第 2 次 Ubiquitous 城市綜合計畫, 2013-09
[4-20]內閣府, 環境模範都市與環境未來都市, 2014
[4-21]經濟產業省, 下世代能源社會系統實證計畫, 2010
[4-22]總務省, ICT Smart Town 推進會議報告, 2013
[4-23]經濟產業省, 下世代能源社會系統實證計畫成果報告, 2014
[4-24]豐田市社會低碳系統推動協議會, https://iotnews.jp/archives/9707 , 2015-12
[4-25]橫濱市, 環境未來都市-橫濱智慧城市構想, 2012-03-12
[4-26]Nokia, Overview of D2D Proximity Services Standardization in 3GPP LTE, 2014-06-23
[4-27]AllSeen Alliance, https://allseenalliance.org/
[4-28]OPEN CONNECTIVITY FOUNDATION, https://openconnectivity.org/
[4-29]Thread Group, Thread Stack Fundamentals, 2015-07
[4-30]Alexander Larsson, Erik NimmermarkLund University, Comparison of IoT frameworks for the smart home, 2016-06-15

[4-31]DECC, Smart Metering Implementation Programme, 2011
[4-32]DECC, Smart Meters, Smart Data, Smart Growth, 2016
[4-33]Telefonica , Telefonica SM WAN Assurance Mesh Introduction & Desktop Demo, 2016-02-24
[4-34]DCC, Building a smart metering network for Great Britain, 2015-10
[4-35]EU, Interoperability, Standards and Functionalities APPlied in the large scale roll out of smart metering in EU Member States, 2015-10-19
[4-36]Energy@home Alliance, Energy@home Data Model, 2015-10
[4-37]經濟產業省, Smart Meter 制度檢討會報告, 2011-02
[4-38]東京電力, Smart Meter 規格基本方向, 2013-07-12
[4-39]Intelligent Energy Europe, European Smart Metering Landscape Report 2012, 2013-05
[4-40]Actility, Actility and KPN to collaborate to deploy the first nationwide LoRa network, 2015-11
[4-41]https://www.semtech.com/Press-Releases/2016/Semtech-Works-with-Korean-Gas-Supplier-SK-E-S-and-SK-Telecom-on-LoRa-Based-AMI-System-to-Automatically-Read-Gas-Meters-and-Detect-Gas-Leaks-in-South-Korea-.html
[4-42]Ofcom, Award of available spectrum: 412-414MHz paired with 422-424MHz, 2006-04-06
[4-43]Wi-SUN Alliance, Wi-SUN Alliance Interoperable Communications Solutions, 2016-02
[4-44]the definition of intelligent building, http://web.itu.edu.tr/~onaygil/ebt614e/IB_Definition.pdf
[4-45]what do we mean by intelligent buildings, http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H6Y8SG8D-15SJJFM-JTB/what%20do%20we%20mean%20by%20IB.pdf, the university of Reading
[4-46]Smart Building Technology in Commercial Real Estate, https://www.senseware.co/smart-building-commercial-real-estate/, 2015-12
[4-47]Honeywell turns stadium into smart building, http://www.rcrwireless.com/20160726/internet-of-things/smart-building-stadium-tag31-tag99, 2016-07
[4-48]Eropean Union, Business Innovation Observatory, 2015-02
[4-49]http://www.its.dot.gov/cv_basics/cv_basics_20qs.htm
[4-50]Vodafone, Telematic Service Platform, https://wwwcobratelematicscom-public.sharepoint.com/cobra/telematic-service-platform
[4-51]NHTSA, Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for APPlication, 2014-08
[4-52]ITS International, SAE International publishes standards to support connected vehicle deployment, 2016-04-08
[4-53]A testing time for Honda's autonomous cars, http://www.ctvnews.ca/autos/a-testing-time-for-honda-s-autonomous-cars-1.2931976
[4-54]Automated Vehicles Revolutionizing the Automotive Industry, http://www.areadevelopment.com/Automotive/q3-2016-auto-aero-site-guide/Automated-Vehicles-Revolutionizing-Automotive-Industry-90773.shtml
[4-55]MD IMRAN, Google Car-A Self Driving Car, 2015-06-03
[4-56]3GPP, LTE support for the connected car, 2015-03-27
[4-57]LG Electronics, 3GPP Activities on ITS, 2016-03
[4-58] German consortium runs LTE V2X trials on A9 Autobahn Test Bed, http://safecarnews.com/german-consortium-runs-lte-v2x-trials-on-a9-motorway-t

est-bed_n6104/
[4-59]THE COMMISSION SEEKS TO UPDATE AND REFRESH THE RECORD IN THE “UNLICENSED NATIONAL INFORMATION INFRASTRUCTURE (U-NII) DEVICES IN THE 5 GHz BAND” PROCEEDING, 2016-06-01
[4-60]Wi-Fi Alliance Comments on 5 GHz Refresh Public Notice, 2016-07-07
[4-61]DSA Comments_ET Docket No13-49, 2016-07-07
[4-62]Ericsson 5.9 GHz U-NII-4 Comments, 2016-07-07
[4-63]Delphi FCC DSRC 7Jul 16 Submission, 2016-07-07
[4-64]MEMA-Comments-to-FCC-re_U-NII-Devices-5GHz-Band, 2016-07-07
[4-65] COMMENTS OF THE ALLIANCE OF AUTOMOBILE MANUFACTURERS, ASSOCIATION OF GLOBAL AUTOMAKERS, INTELLIGENT TRANSPORTATION SOCIETY OF AMERICA, AND DENSO INTERNATIONAL AMERICA, INC., 2016-07-07
[4-66]FCC, FCC 15-16, NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING AND RECONSIDERATION ORDER, 2015-02-05
[4-67]CEPT, ERC Recommendation 70-03 Relating to the use of Short Range Devices（SRD）, 2015-09-30
[4-68]總務省,實現下世代 ITS, 2015-03-06
[4-69]3GPP, Consideration on V2V candidate band, 2016-04
[4-70]Amazon Robotics: IoT In The Warehouse, http://www.informationweek.com/strategic-cio/amazon-robotics-iot-in-the-warehouse/d/d-id/1322366, 2015-09-28
[4-71]TIME, Meet the Robots Shipping Your Amazon Orders, http://time.com/3605924/amazon-robots/, 2014-12-01
[4-72]NEC, http://tw.nec.com/zh_TW/case/overseas/srj02/aat01.html
[4-73]FeildLogix, http://www.fieldtechnologies.com/news/gps-tracking-systems-installed-in-ups-trucks-driver-efficiency/, 2010-07-27
[4-74]Entrepreneur, https://www.entrepreneur.com/article/237453, 2014-10-20
[4-75]CEPT, ERC Recommendation 70-03 Relating to the use of Short Range Devices（SRD）, 2016
[4-76]NXP, Healthcare Implementations of the Internet of Things, 2014-04
[4-77]Thotahewa, Kasun Maduranga Silva, Redouté, Jean-Michel, Yuce, Mehmet Rasit, Ultra Wideband Wireless Body Area Networks, 2014
[4-78]http://www.techradar.com/news/wearables/samsung-s-body-compass-covers-your-body-with-a-personal-trainer-1312744, 2016-01-08
[4-79]Mehmet R. Yuce, 易於吞咽式無線遙測,IEEE, 2012-10
[4-80]FCC, https://www.fcc.gov/general/medical-device-radiocommunications-service-medradio
[4-81]ERC Decision （01）17, 2011-12
[4-82]FCC, Rules & Regulations for Title 47
[4-83]CEPT, ERC Recommendation 70-03 Relating to the use of Short Range Devices（SRD）, 2016
[4-84]AIIB, 920MHz-BAND TELEMETER, TELECONTROL AND DATA TRANSMISSION RADIO EQUIPMENT, 2012
[4-85]交通部, 中華民國無線電頻率分配表, 2014-11
[4-86]NCC, 低功率射頻電機技術規範, 2016-08-23
[4-87]New Study Item on Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low

Throughput Internet of Things, 3GPP, 2014-05
[4-88]http://www.3gpp.org/news-events/partners-news/1758-gsma_iot
[4-89]http://www.3gpp.org/DynaReport/FeatureListFrameSet.htm
[4-90]3GPP, 3GPP TR 36.802 V13.0.0, 2016-06
[4-91]Synchronization signal design for NB-IoT, 2016-01
[4-92]Antti Ratilainen, NB-IOT, IETF, 2016
[4-93]低功耗物聯網刷新架構 NB-IoT 三大模式面面俱到，新通訊元件雜誌, 2016-08
[4-94]NB-IoT: When narrow-minded is best, http://www.huawei.com/en/publications/communicate/79/ftth-for-digital-home-en,2015
[4-95]Qaulcomm, https://www.qualcomm.com/news/releases /2015/10/26/qualcomm-announces-new-modem-solutions-designed-support-reliable-global, 2015-10-26
[4-96]Intel, https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-accelerates-path-to-5g/, 2016-2-22
[4-97]Sequans, http://www.sequans.com/press-release/sequans-and-foxconn-subsidiary-socle-form-lte-for-iot-strategic-partnership/, 2016-01-11
[4-98]Ericsson, http://www.ericsson.com/news/1976899,2016-01-06
[4-99]Intel, http://networks.nokia.com/news-events/press-room/press-releases/nokia-demonstrates-nb-iot-with-intel-and-vodafone-mwc16, 2016-02-23
[4-100]Vodafone completes the world's first trial of standardised NB-IoT on a live commercial network, https://www.vodafone.com/content/index/what/technology-blog/nbiot-commercial.html. 2016-09
[4-101]https://kknews.cc/tech/ro6454.html, 2016-09
[4-102]Deutsche Telekom and Huawei trial narrow band cellular IoT solution, http://www.wireless-mag.com/News/38413/deutsche-telekom-and-huawei-trial-narrow-band-cellular-iot-solution.aspx, 2016-10
[4-103]Huawei, http://www.huawei.com/en/news/2015/12/Vodafone%20and%20Huawei%20Complete%20First%20Successful%20Commercial%20Trial%20of%20Pre-Standard%20NB-IoT, 2015-12-21
[4-104]https://read01.com/njaPko.html, 2016-09-06
[4-105]KT demonstrated the world's first NB-IoT-based service, http://www.netmanias.com/en/post/korea_ict_news/10727/iost-iot-kt-lte-nb-iot-nokia/kt-demonstrated-the-world-s-first-nb-iot-based-service, 2016-09
[4-106]http://makers.sigfox.com/about/
[4-107]http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm
[4-108]http://www.ieee802.org/11/PARs/P802.11ah.pdf
[4-109]LoRa Alliance, LoRa Specification, 2015-01
[4-110 http://www.weightless.org/about/which-weightless-standard
[4-111]Weightless, Weightless-N Open Standard IoT network goes live across London, 2015-06
[4-112]http://www.businesswire.com/news/home/20150528005646/en/Cofely-Services-Subsidiary-ENGIE-Integrates-SIGFOX-Solution
[4-113]https://www.sigfox.com/fr/news/belgian-polar-secretariat-sigfox-and-sensolus-

project-to-enhance-safety-and-security-of-crew
[4-114]https://globenewswire.com/news-release/2015/06/09/743358/0/en/Mueller-Systems-Joins-LoRa-TM-Alliance.html
[4-115]https://www.lora-alliance.org/portals/0/documents/events/IDATE_-_DigiWorld_2015_-_LoRa_Alliance_-_v（0.2）.pdf
[4-116]https://www.sigfox.com/
[4-117]http://thinkingiot.blogspot.tw/2016/08/iot-lora-lpwan-1-lora-lorawan.html
[4-118]SKT LoRa Pricing, https://lora.sktiot.com/business/whysk/price.do
[4-119]FCC, Rules & Regulations for Title 47
[4-120]CEPT, ERC Recommendation 70-03 Relating to the use of Short Range Devices（SRD）, 2016
[4-121]Ofcom, VHF radio spectrum for the Internet of Things, 2016-03-23
[4-122]FCC, FCC-TAC IOT Working group taxonomy, 2014, at https://www.fcc.gov/oet/tac/2014
[4-123]FTC, Internet of Things－Privacy＆Security in a Connected World, 2015, at https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/federal-trade-commission-staff-report-november-2013-workshop-entitled-internet-things-privacy/150127iotrpt.pdf
[4-124]BEREC, Enabling the Internet of Things, 2016, at http://www.telecompaper.com/news/south-korea-operators-ink-volte-cross-carrier-deal-report--1113549
[4-125]中國國務院，國務院關於推進物聯網有序健康發展的指導意見, at, http://www.gov.cn/zwgk/2013-02/17/content_2333141.htm
[4-126]中國國務院，國務院關於印發國家重大科技基礎設施建設中長期規劃（2012—2030 年）的通知, at http://www.gov.cn/zwgk/2013-03/04/content_2344891.htm
[4-127]國家發展和政改委員會，物聯網發展專項行動計畫, at http://www.cie-info.org.cn/attachment/2014623/1403487716649.pdf
[4-128]iDA, Infocomm Technology Roadmap, at https://www.imda.gov.sg/industry-development/infrastructure/technology/technology-roadmap
[4-129]Personal Data Protection Commission, Personal Data Protection Act , 2016, at https://www.pdpc.gov.sg/legislation-and-guidelines/overview
[4-130]Ofcom, Promoting investment and innovation in the Internet of Things：Summary of responses and next steps, at https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/iot
[4-131]Ofcom，Licence Exempt Short Range Devices in the 870 to 876 MHz and 915 to 921 MHz Bands: Technical Proposals, at https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/short-range-devices
[4-132]Ofcom, VHF radio spectrum for the Internet of Things Statement , 2016, at https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0029/78563/vhf-iot-statement.pdf
[4-133]FCC, PART 5—EXPERIMENTAL RADIO SERVICE , at http://www.fr.com/files/Uploads/attachments/fcc/FCC_Part%205-Experimental-License-Rules.pdf
[4-134]Ofcom, GUIDELINES FOR TRIALS OF NEW SERVICES, 1997, http://static.ofcom.org.uk/static/archive/oftel/publications/1995_98/competition/tr1297.htm
[4-135]Ofcom, Innovation：Get support and advice Guidance, at https://www.gov.uk/guidance/innovation-get-support-and-advice

[4-136]Ofcom, OfW 357 Non Operational Licensing Guidance Notes, https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/53105/ofw357nonopguide.pdf

[4-137]總務省, 特定実験試験局関係, at http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/spexp/
[4-138]經濟部工業局,「4G 智慧寬頻應用城市補助計畫推廣說明會」，2014-12
[4-139]經濟部工業局,「構建 4G 智慧寬頻應用城市計畫-地方創新補助機制說明會」，2016-07
[4-140]經濟部加速行動寬頻服務及產業發展推動小組, https://www.4gsmartcity.org.tw/projects/smart-cities.html
[4-141]亞太電信「4G 智慧寬頻應用城市」補助計畫四項計畫, http://www.aptg.com.tw/vas/citylife_Bus.htm
[4-142]大豐環保，廢棄物暨資源回收 4G 行動智慧平台計畫案例分享，2016-01
[4-143]凱擘大寬頻，全方位 4G 智慧城市家庭應用服務，2015-12
[4-144]耀勝電子，智慧旅遊購物免攜平台，2016-01
[4-145]行政院科技會報辦公室，行政院生產力 4.0 發展方案，2015-09
[4-146]經濟部工業局，五大產業創新研發計畫-智慧機械產業推動方案，2016-07
[4-147]經濟部能源局，智慧電網總體規劃方案，2012-09
[4-148]經濟部，低壓智慧型電錶推動規劃，2016-09 月
[4-149]科技會報辦公室，數位國家、創新經濟發展方案（2017~2025 年）行動計畫撰擬之部會分工與時程規劃，2016-09
[4-150]國家發展委員會，亞洲·矽谷推動方案，2016-09
[4-151]Nokia, Enabling Technologies for Next Generation Wireless Systems, 2016-03
[4-152]5GPP, 5G empowering vertical industries, 2016-10
[5-1] GSMA（2016）, The mobile economy 2016.
[5-2]Verizon（2015）, 2014 Annual report.
[5-3]NTT DoCoMo, Annual Operating Data, https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/ir/finance/annual/index.html .
[5-4]GSMA, 2016, GSA Evolution to LTE report April 2016: 494 LTE networks commercially launched in 162 countries, at http://gsacom.com/paper/gsa-evolution-to-lte-report-494-lte-networks-commercially-launched-in-162-countries/
[5-5]Open Signal, The State of LTE, 2016, at http://opensignal.com/reports/2016/02/state-of-lte-q4-2015/
[5-6]Telecompaper, South Korea operators ink VoLTE cross-carrier deal, http://www.telecompaper.com/news/south-korea-operators-ink-volte-cross-carrier-deal-report--1113549
[5-7]Colin Gibbs, Verizon, AT&T offering interoperable VoLTE to some customers, at, http://www.fiercewireless.com/story/verizon-att-offering-interoperable-volte-some-customers/2016-07-05
[5-8]RCR Wireless, T-Mobile: most of our calls are on VoLTE, at http://www.rcrwireless.com/20160303/carriers/t-mobile-volte-tag4
[5-9]TeleGeography, 3 Hong Kong, NTT DoCoMo complete international VoLTE roaming trial, at https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2016/01/04/3-hong-kong-ntt-docomo-complete-international-volte-roaming-trial/
[5-10]NTT DoCoMo, 2015, DoCoMo to Offer VoLTE International Roaming in South Korea, at https://www.nttdocomo.co.jp/english/info/media_center/pr/2015/0930_00.html

[5-11]KDDI, 2016, KDDI Japan customers will use VoLTE service while traveling in the United States, at
http://news.kddi.com/kddi/corporate/english/newsrelease/2016/06/06/1843.html
[5-12]KoreaHerald, 2014, KT, China Mobile unveil world's first VoLTE roaming, at
http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20140612001198
[5-13]通信觀察，聯通 2017 年商用 VoLTE+VoWi-Fi
http://mt.sohu.com/20160705/n457918661.shtml
[5-14]通信世界周刊，中國移動調整 4G 终端政策全網通和 VoLTE 著墨多
http://www.cww.net.cn/news/html/2016/7/5/201675119105575.html
[5-15]EE，Event APPlication,
http://ee.co.uk/why-ee/tickets-events/glastonbury
http://wembley.ee.co.uk/APP
[5-16] AT&T, Connected Car, at
https://www.att.com/shop/wireless/connected-car.html
[5-17]OnStar,
https://www.onstar.com/us/en/home.html
[5-18]Verizon,Hum,
https://www.hum.com/
[5-19] AT&T, Connected Car, at
https://www.att.com/shop/wireless/connected-car.html
[5-20]Vodafone, Vodafone and Towers Watson have formed a strategic partnership, at
http://www.vodafone.com/business/m2m/telematics-usage-based-insurance
[5-21] Computer World, Verizon LTE now available for IoT devices, at
http://www.computerworld.com/article/3010494/internet-of-things/verizon-lte-now-avaiable-for-iot-devices.html
[5-22]Computer World, AT&T deploys drones for cell tower inspections, network expansion, at
http://www.computerworld.com/article/3096152/mobile-wireless/att-deploys-drones-for-cell-tower-inspections-network-expansion.html
[5-23] Orange, Veolia Water and Orange launch m2o city, a smart metering operator, 2011, at
http://www.orange-business.com/en/press/veolia-water-and-orange-launch-m2o-city-a-smart-metering-operator
[5-24] Metering & Smart Energy, Orange to launch smart meter trial in Tunisia, 2016, at
https://www.metering.com/news/orange-smart-meter-tunisia/
[5-25]Verizon, Lyon-Coffey Electric Cooperative: powering productivity with technology, 2015, at
https://solutionslab.vzw.com/wp-content/uploads/2015/12/10452555_CS_RemoteMonitoring_V1a_chi.pdf
[5-26]DT, NARROWBAND IOT （NB-IOT） FOR SMART PARKING, 2016, at,
http://m2m.telekom.com/m2m-blog/article/narrowband-iot-nb-iot-for-smart-parking/
[5-27]Telefonica, Smart Mobility Case Study on Cutcsa, at
https://iot.telefonica.com/case-studies/cutcsa
[5-28]AT&T, Showcase with Kinetic Care, at
https://m2x.att.com/explore/showcase/kineticcare
[5-29]Vodafone, Leoworx delivers parental ease of mind with iNanny tracking device, using Vodafone IoT, 2014, at
http://www.vodafone.com/business/iot/case-study/leoworx-delivers-parental-ease-of-mind-with-inanny-tracking-device-using-vodafone-iot
[5-30]Orange, Daikin: Bringing smart buildings to life with the IoT, 2016, at
http://www.orange-business.com/en/magazine/case-studies/daikin-bringing-smar

t-buildings-to-life-with-the-iot
[5-31]KT, South Korea: Greenhouse control system to ease smart farming, 2016, at http://www.hortidaily.com/article/26603/South-Korea-Greenhouse-control-system-to-ease-smart-farming
[5-32]SKT, SK Telecom Starts Pilot Operation of IoT-based Fish Farm Management System, at http://www.sktelecom.com/en/press/detail.do?idx=1082
[5-33]Orange, Business M2M, at http://www.orange-business.com/fr/produits/business-m2m
[5-34]Orange, M2M Intense, at http://www.orange-business.com/fr/produits/m2m-intense
[5-35]DT, M2M Rates, at https://business.t-mobile.at/m2m/en/our-offer/m2m-rates.php
[5-36]Verizon, Machine to Machine Plan, at https://www.verizonwireless.com/biz/plans/m2m-business-plans/
[5-37]SKT, SK Telecom Commercializes Nationwide LoRa Network for IoT, at http://www.sktelecom.com/en/press/detail.do?idx=1172

英文縮寫與全文對照表

英文縮寫	英文全文	首次出現頁數
4G	Fourth Generation	III
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	164
AMI	Advanced Metering Infrastructure	170
ASC	Amsterdam Smart City	132
AWMP Database	Automated Water Meter Program Database	131
B2B	Business to Business	302
BEMS	Building Energy Management System	143
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communication	197
BIS	Department of Business, Innovation, and Skills	160
BR	Business Radio	191
CA	Carrier Aggregation	272
CBRS	Citizen’s Broadband Radio Service	19
CCTV	Closed-Circuit Television	135
CR	Cognitive Radio	62
C-RAN	Cloud -Radio Access Network	15
CRM	Customer Relationship Management	301
CS	Circuit Switched	284
CSAT	Carrier Sense Adaptation Transmission	65
CSP	Connectivity Service Provider	196
DCC	Date and Communication Company	148
DCU	Data Collection Unit	131
DECC	Department of Energy and Climate Change	148
D-RAN	Distributed-Radio Access Network	15
DSL	Digital Subscriber Line	307
DSM	Digital Single Market	198
DSRC	Dedicated Short Range Communications	158
DTT	Digital Terrestrial Television	71
ECC	Electronic Communications Committee	78
ECS	Electronic Communication Service	197
eMBB	enhanced Mobile Broadband	13
ESC	Environmental Sensing Capability	95
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	46
EVS	Enhanced Voice Services	293
Filter-Bank	Filter Bank Orthogonal Frequency Division Multiplexing	17
FCC	Federal Communications Commission	18

英文縮寫	英文全文	首次出現頁數
FDD	Frequency Division Duplex	22
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standard	158
F-OFDM	Filtered Orthogonal Frequency Division Multiplexing	17
GAA	General Authorized Access	74
GER	General Equipment Registration	68
GPS	Global Positioning System	135
GSA	Global mobile Supplier Association	291
GSM	Global System for Mobile Communications	150
HAN	Home Area Network	150
HEMS	Home Energy Management System	142
IA	Incumbent Access	74
IDA	The Infocomm Development Authority of Singapore	67
ICN	Information Centric Networking	19
ICO	Information Commissioner's Office	204
IMS	IP Multimedia Subsystem	294
IMT	InternationalMobile Telecommunications	V
ISM	Industrial, Scientific and Medical	157
ISO	International Standard Organization	128
ITSC	Information Technology Standard Committee	202
LAA	Licensed Assisted Access	II
LAN	Local Area Networks	167
LBT	Listen Before Talk	65
LCEC	Lyon-Coffey Electric Cooperative	307
LDPC	Low Density Parity-Check Code	17
LiDAR	Light Detection and Reading	159
LSA	Licensed Shared Access	II
LTE-U	LTE in Unlicensed band	30
LWA	LTE Wi-Fi Link Aggregation	20
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration	158
MNC	Mobile Network Code	199
M-MTC	Massive Machine Type Communication	17
MTU	Meter Transmission Unit	131
MUSA	Multi-User Shared Access	17
NFV	Network Function Virtualization	15
NORMA	Novel Radio Multiservice Adaptive	14

英文縮寫	英文全文	首次出現頁數
	Network Architecture	
NTIA	National Telecommunications and Information Administration	61
OBD	On-Broad Diagnostics	157
OBD-II	On-Board Diagnostic System	297
Ofcom	Office of Communications	20
OTA	Over-the-Air	199
OTT	Over the Top	60
PAL	Priority Access Licenses	74
PAYD	Pay as You Drive	157
PCAST	President's Council of Advisors on Science and Technology	61
PDMA	Pattern Division Multiple Access	17
PDPA	Singapore Personal Data Protection Act 2012	202
PLC	Power Line Communication	150
PMSE	Programme Makers and Special Events	69
POI	Point of Interest	301
PPP	Public Private Partnership	14
RFID	Radio Frequency Identification	181
RR	Roaming Regulation	197
RSPG	Radio Spectrum Policy Group	82
SAS	Spectrum Access System	95
SCMA	Sparse Code Multiple Access	17
SDL	Supplemental Downlink	34
SDN	Software Defined Networking	15
SECAV	Shared, Electric, Connected and Automated Vehicles	129
SFPUC	The San Francisco Public Utilities Commission	131
SRD	Short Range Device	108
STA	Special Temporary Authorization	206
STEG	Tunisian Company of Electricity and Gas	306
TDD	Time Division Duplex	22
TMB	Technical Management Broad	128
TVBDs	TV Band Devices	92
TVWS	TV White Space	62
UBI	Usage Based Insurance	337
U-City	Ubiquitous City	134

英文縮寫	英文全文	首次出現頁數
UFMC	Universal Filtered Multi Carrier	17
UKCITE	UK Connected Intelligent Transport Environment	160
URLCC	Ultra-Reliable and Low Latency Communications	13
V2H	Vehicle to Home	143
V2V	Vehicle to Vehicle	158
VAS	Value Added Service	309
WAN	Wide Area Network	318
Wi-SUN	Wireless Smart Utility Network	332
WSDBs	White Spaces Databases	69
WSDs	White Space Devices	68
YSCP	Yokohama Smart City Project	142

國際組織簡介

1. 3GPP（3G Public-Private Partnership）：1988 年成立的國際標準組織，成立之初的目標是讓 2G 與 3G 技術無縫接軌，目前已發展至 4G 技術標準，並進行 5G 標準制定。成員包含歐洲 ETSI、日本 ARIB 與 TTC、中國 CCSA、韓國 TTA、北美 ATIS 及印度的電信標準開發協會。
2. 5GPPP（5G Public-Private Partnership）：為歐盟於 2013 年宣布成立來推動 5G 標準與技術的組織， 成員包含：電信業者、系統設備業者及相關研究單位，如：Ericsson、France Telecom、Nokia 與 Intel 等。
3. 歐盟電子通訊委員會（Electronic Communications Committee，ECC）:由歐盟國家電子通訊監管機構與專家組成之政策委員會，協調歐盟有效利用無線電頻譜，衛星軌道和號碼資源，制訂歐盟共同政策與法規。
4. 美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission，FCC)：依據 1934 年通訊法（Communications Act of 1934）成立，為一獨立機關，直接對國會負責。FCC 主要負責涉及州際或國際廣播電視、無線通信、固定通信、衛星以及有線電視等之事項。唯一獨立機構，並直接向國會負責，規劃美國無線頻譜之開放。
5. 全球行動設備供應商協會（Global Mobile Supplier Association，GSA）：GSA 為一旨在推廣非營利性的工業組織，代表全球的行動通訊供應商，包含：基礎建設、半導體、測試設施、裝置、應用及行動支援裝置等。此組織積極推動 3GPP 的規劃藍圖，並提供相關的通訊產業報告及市場情資。
6. 中國大陸 IMT-2020(5G)推進組(IMT-2020(5G)Promotion Group)：2013 年由中國工信部、發改會與科技部聯合成立，為中國大陸推展 5G 技術與標準之重要組織，成員包含：電信業者、製造業者、大學及研究單位等，並訂立 2020 年正式推動 5G 服務。
7. 新加坡資通訊發展局（Infocomm Development Authority of Singapore，IDA）：為新加坡電信局（Telecommunications Authority of Singapore）與全國電腦理事（National Computer Board）合併新設成立之機構，為新加坡資通訊產業之主管機關，負責電信監理、政策發展、頻譜管理等。
8. 國際標準化組織（International Standards Organization，ISO）：為非政府組織，設立於 1946 年，其任務為推動全球範圍下的標準化及相關活動，以促進國際間知識、技術、經濟活動的合作與交流，是全球最具規模之國際標準出版及研發機構之一。
9. 美國國家電信及資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration，NTIA）:隸屬於美國商務部(Department

of Commerce），負責美國國內及跨國間的電信資訊政策之擬定，並向總統提出相關建言；另統籌規劃全國頻率資源之運用，制定國家頻率分配表，並管理及核配政府用頻率。

10. 新世代行動網路聯盟（Next Generation Mobile Networks，NGMN）係國際主要電信營運商（如：德國 Deutsche Telekom AG、美國 AT&T、香港 PCCW、西班牙 Telefonica、英國 Vodafone、中國大陸 China Mobile 等 28 家）在 2006 年發起成立，著重於營運商本身發展需求，並積極主導 5G 標準之制定，每年固定舉辦 2～3 次全球會員大會。
11. 英國通訊局（Office of Communication，Ofcom）：為英國通訊產業之主管機關，依英國 2003 年通訊法（Communication Act 2003）成立，監理事項含括廣播電視、電信與無線通信等。
12. 美國總統科技顧問諮議會（President’s Council of Advisors on Science and Technology，PCAST）：設於白宮，為總統之科技政策幕僚。
13. 歐盟無線頻譜政策小組（Radio Spectrum Policy Group，RSPG）：歐盟執委會下之頻譜政策幕僚機構，負責政策諮詢、建議、規劃，並向執委會提出。

專用電信分析圖

我國專用電信使用概況

頻段	資料筆數	備註
300MHz以下	8944	
300MHz-1GHz	4274	（數位無線電視：600；行動通訊：700、800、900）
1GHz-3GHz	1209	2.7GHz以下：1123 （行動通訊：1.8、1.9、2.1、2.3、2.6；WiFi：2.4） 2.7-3GHz：86
3GHz-6GHz	3594	
6GHz-12GHz	2966	
12GHz-40GHz （含40GHz以上）	3637	12GHz-30GHz：3384 30GHz以上：253

業務範圍：包含依據電波監理業務管理辦法第4條列示之38項業務

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

頻譜表劃分規劃

圖號	頻段	資料筆數	估計格數
1	300MHz以下	8944	40
2	300MHz-1GHz	4274	28
3	1GHz-3GHz	1209	30
4	3GHz-6GHz	3594	30
5	6GHz-12GHz	2966	60
6	12GHz-40GHz	3637	28

頻段	每一格呈現單位
100KHz以下	
100KHz-2MHz	100KHz
2-10MHz	1MHz
10-300MHz	25MHz
300M-1GHz	25MHz
1-2GHz	50MHz
2-12GHz	100MHz
12GHz以上	1GHz

1.依據國際頻譜討論區塊及我國資料量，將300MHz以下劃分為第1張表。
2.依據高低頻段特性，將300MHz-1GHz劃分為第2張。
3.依據行動寬頻已釋出頻段之使用及未來趨勢，將1GHz-3GHz劃分為第3張。
4.因應短期間頻譜往高頻段使用，3GHz-6GHz將成為後續發展重點，將3GHz-6GHz劃分為第4張。
5.於6GHz-12GHz劃分為第5、6張。12GHz-40GHz及以上，劃分為第7張。
6.資料按使用者名稱進行縮減、並按我國行政分區，以7個區塊（北北基、桃竹苗等....）彙整。

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

頻譜表顏色示例

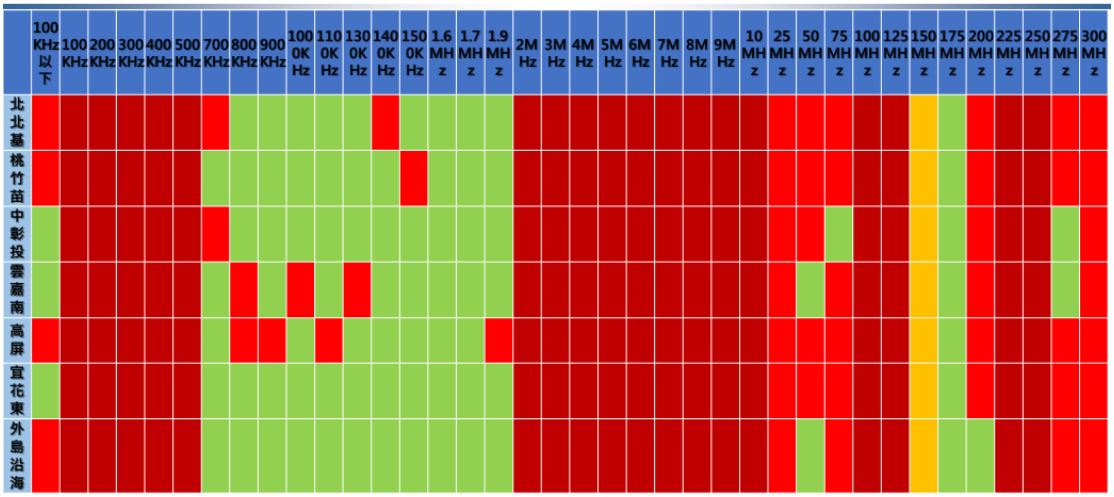
- ：表示無既有專用電信站台
- ：表示有既有專用電信站台（僅固定台）
- ：表示有既有專用電信站台（含行動台*）
- ：表示含航空行動用途
- ：無線電視及保留頻段、行動寬頻服務（3G、4G）、WiFi 頻段（2.4GHz、5GHz）

*「行動台」目前暫時限於發射訊號之基地台為行動式，故目前僅納入少部分無線電通訊、交通車載台，大部分為廣播電視業者所使用之移動式衛星車及移動式微波車。

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

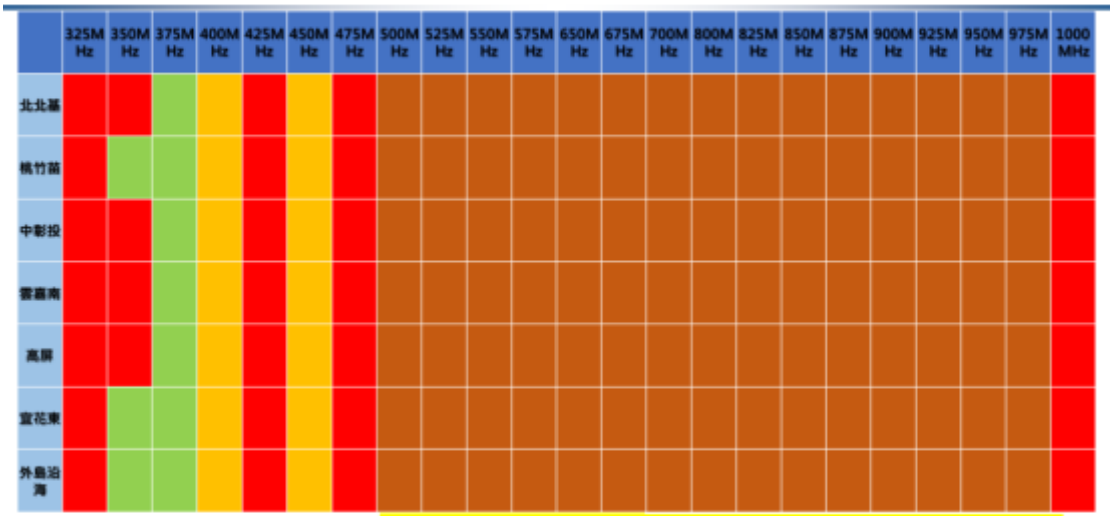
2

300MHz以下



財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

300MHz-1GHz

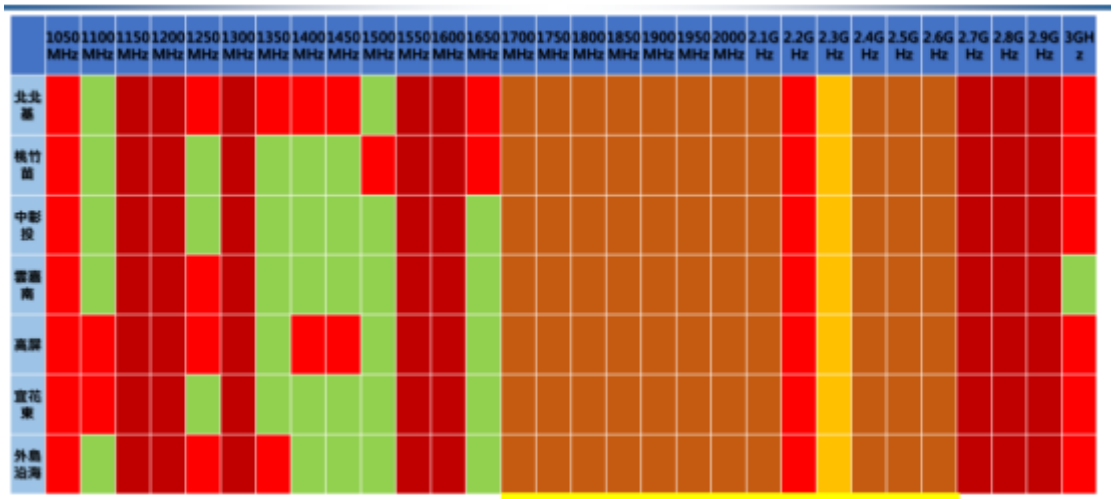


503-608MHz數位無線電視及保留頻道
608-698MHz行動寬頻候選頻段

行動寬頻700MHz、800MHz、900MHz頻段

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

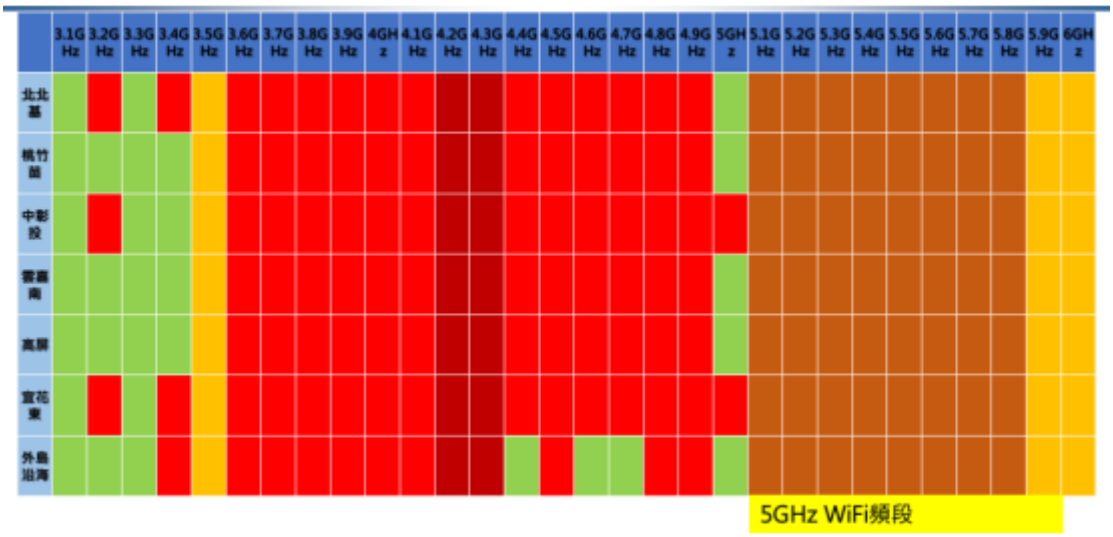
1GHz-3GHz



行動寬頻1.8GHz、1.9GHz、2.1GHz、2.6GHz
2.4GHz WiFi
2355-2390MHz行動寬頻候選頻段

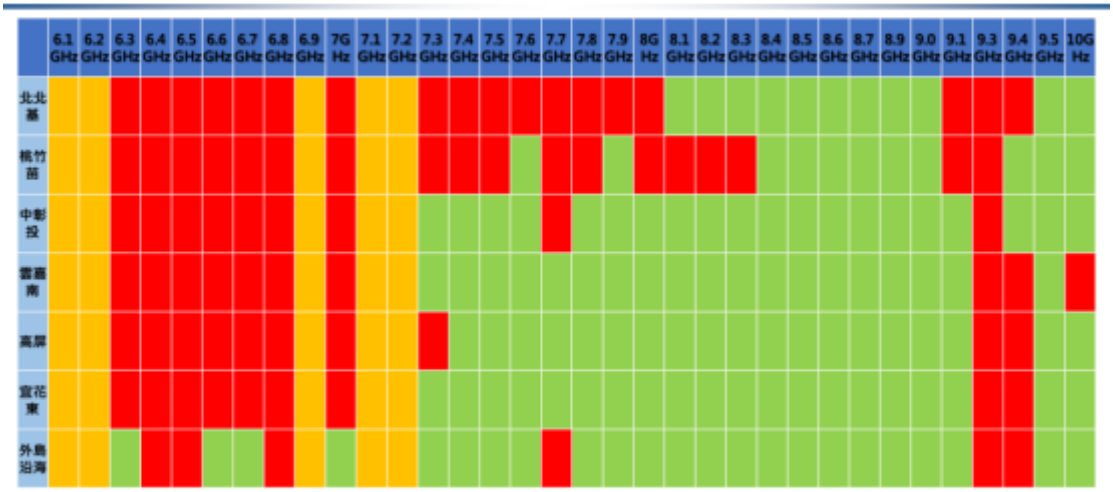
財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

3GHz-6GHz



財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

6GHz-10GHz

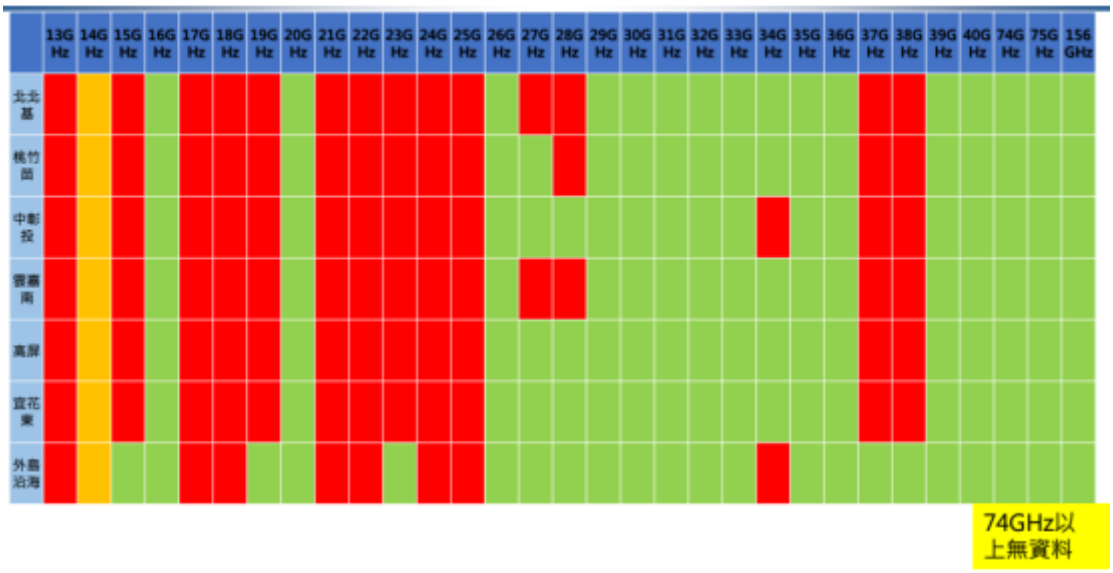


財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

10GHz-12GHz

財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

12GHz-40GHz及40GHz以上



財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計劃期中研究報告審查意見表

審查委員	審查委員意見	回應意見
李志鵬	1. 期中報告內容豐富，國際間主要動向皆已經掌握，期中報告並提供了國際間最新的發展，值得肯定。 2. 期中報告之中提到各國許多單位、組織，希望期中報告可以對這些單位與組織做適當之描述，使讀者了解該單位或組織所扮演之角色與重要性 。 3. 對我國目前頻譜使用情況，應做個整理與說明。（表 13 有初步的統計） 4. 期中報告提到了許多目前重要之技術，然而對技術之描述時常不知所云,常常令讀者掌握不到技術的關鍵。建議撰寫者須對技術有充分之了解，然後用自己的畫及文字，在期中報告之中做適當之描述與說明 。 5. 由於期中報告內容有非常多之英文縮寫，建議能夠建立英文縮寫、全文之對照表 。 6. 前言之中的表一，子題二被漏掉了 。 7. 3.4GHz～3.8GHz 我國定位為室內應用，但中國大陸把 3.4～3.6 定位為 5G，請說明。	感謝委員建議與提醒， 1. 針對第 2 及第 5 點，已增補說明，請參閱附錄。 2. 針對第 3 點，已增補說明，請參閱 P.63～67。 3. 針對第 4 點，已增補說明，請參閱 P.4、P.6、P.9。 4. 針對第 6 點疏漏之處已訂正於 P. XI、XII。 5. 針對第 7 點，已增補說明，請參閱 P.8。
	編輯、版面問題： 1. 前言的頁數編號，應採用羅馬字母。 2. 英文字大小寫之格式應統一 。 3. 許多圖表標示 2016 年 7 月，意義不曉得是甚麼 ？ 4. 許多圖表在本文之中沒有相對	感謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點已改採羅馬字母方式編號。 2. 針對第 2 點英文大小寫方式已統一。

審查委員	審查委員意見	回應意見
	應的文字說明 。 5. FB-OFDM 應為 Filter-Bank（p.21）	3. 針對第 3 點，資料來源日期修正為參考資料公佈日期。 4. 針對第 4 點已完成部分圖表的補充說明。 5. 針對第 5 點，已進行修改，請參閱 P.22。
馬正維	1. 第四章（p.105）中，討論智慧能源表之建置，包含電表、水表與瓦斯表之相關應用。其中建議未來相關建設需求開放在 Sub-1GHz 頻段上採免執照頻段之規劃。目前經濟部與交通部在研議公用事業（水、電、瓦斯）專用頻段暫定為 840～847MHz，此部分建議注意其後續之發展。 2. 第五章對於下世代行動寬頻未來產業發展，目前談及之內容為各國之案例，建議對於國內之發展應有具體之發展方向說明。	感謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點，期中報告多著墨於國外案例整理，對於國內發展方向將於期末整理後做出回應結論。 2. 針對第 2 點，將持續完備各國資訊，併同分析我國之狀況，呈現於期末報告。
周家慶	1. 建議補充說明第四章在國際智慧城市成功建置案例分析中，各案例在其應用行動數據技術與該國未來行動寬頻頻譜規劃的關連與考量 。 2. 第三章專用電信頻譜之探討在下世代行動寬頻頻譜規劃下之後續執行構想較不明確，建議加以補充說明。 3. 有關車聯網應用上， （1）建議補充說明（或釐清）歐美日中國大陸在 5.8/5.9GHz DSR 與 p.148～p.158 利用 4G 或未來 5G 商用行動數據服務。	感謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點，將於期末強化智慧城市與頻譜規劃之內容。 2. 針對第 2 點，已補充部分說明，請參閱 P.63～67。此外亦將透過研討會、並與委託單位討論後續補充及修正方向。 3. 針對第 3 點 DSRC 與 IoV 之差異將於

審查委員	審查委員意見	回應意見
	（2）有關中國大陸近期推動的 Internet of Vehicle（IoV）部分，建議補充說明 IoV 與歐美日 DSRC 技術之差異，以及補充其與歐美日在訊息層應用之差異。 （3）車聯網應用技術著重美國，日本及中國大陸。 4. 在頻譜共享機制上， （1）請補充說明在中國大陸、歐美日均採 5.8/5.9GHz 頻段共享之可能性，見 p.104 美國評估的結果。 5. 請再確認 p95 之 2014～2020 年用戶數。	期末報告補充。 4. 針對第 4 點，5.8/5.9GHz 頻段共享之可能性將於期末報告補充。 5. P.95 單位已修正。
周碩彥	1. 頻譜規劃為供給與需求的對照來協助頻譜規劃，在需求面對頻譜的需求需再加強 。 2. 各主要 Tasks 和章節對應但順序不見得要一致，章節順序似應調整，如第一章似乎已提供了結論，是否應向後務而依 Logic 陳述。 3. 第二章題目似乎是供給，而 2.1 節題目卻是需求，但閱讀內容後市說及國際議題頻股共享技術發掌。初來分析尚不具系統化，建議結案報告可更明確和系統化的談及頻譜規劃的具體分析和建議 。 4. 頻譜規劃呈現宜以圖形化方式以便分析比較。 5. 除智慧城市外尚有工業 4.0、工業互聯網等主要工業應用發展需求，宜納入討論。智慧城市的需求尚有防災，人工智慧等主要的需求，宜更進一步收集及探討其對頻譜需求之影響 。	謝謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點，將會於第一章國內現況之中說明台灣總頻寬需求與現況之落差，於期末報告撰寫 2. 針對第 2 點，章節的結構是否依邏輯調整，將和委辦單位進一步討論，若確定要修改，將於期末報告處理。 3. 針對第 3 點，第二章最終目的是要提出我國可供頻譜共享之建議頻段，期中報告已就每一頻段的可行性進行討論與分析，將於期末報告依委員意見修正該章節結論的

審查委員	審查委員意見	回應意見
		呈現方式。 4. 針對第4點，頻譜呈現方式後續將製表整理，以利閱讀。 5. 針對第5點，由於物聯網應用範疇廣，這次研究範圍以委辦單位所指定的6項應用為主，工業4.0相關應用與頻譜探討於104年度研究報告有討論過，其他應用將與委辦單位討論是否納入未來研究範疇。
洪樂文	1. 此計畫的主題是「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」。然而，以目前的內容而言，較不清楚有些子題（例如：未來應用趨勢，產業發展）與此主題的關聯為何。例如：智慧城市，能源，車聯網等發展對頻譜規劃的影響 。 2. 目前比較著重在國外案例和狀況，對國內情形的掌握較缺乏。例如，在5G測試情形，似乎獨缺台灣的廠商。此章節是以技術面去看頻譜規劃。此外，也建議主持人要了解各單位的需求，和他們跟國外規劃案例的異同，以及國外規劃對我們國的適用性 。 3. 目前多為資料收集，應轉化為具體頻譜規劃建議。 4. 研討會收集了很多很好很具體的建議。應整合到前面的子題，	謝謝委員的建議與提醒， 1. 針對第1點，因下世代通訊網絡的應用已跳脫傳統的電信服務，因此頻譜規劃需同時考量物聯網、智慧城市等不同應用領域對頻譜的需求，而這些相關的頻譜建議也可能列入我國頻譜供應表之中。 2. 針對第2點，有關國內5G技術發展狀態是規劃在期末報告撰寫，目前已陸續拜訪相關單位，例如：新世代通訊技術推進辦公室。 3. 針對第3點，將於

審查委員	審查委員意見	回應意見
	而不是僅列會議紀錄。	期末報告強化結論與建議的呈現。 4. 謝謝委員的意見，期中報告內容已有將座談會部份建議納入，惟在撰寫呈現上連結不夠，將於期末報告進行修訂。
劉佩玲	1. 目前報告以不同面向分析行動寬 頻頻譜應用，但不清楚如何整合這五個面向供未來交通部做施政之參考。 2. 未來應將「數位台灣」之規畫納入分析。 3. 期中報告宜加上適當分節及圖表以提高易讀性。	謝謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點，為創造更多可用頻譜，下世代行動寬頻使用頻譜的方式呈現多元化，所以從不同面向討論頻譜建議，將在期末報告做一個總整理，以利讀者快速掌握重點。 2. 針對第 2 點，「數位台灣」發展重點將於期末報告補充。 3. 針對第 3 點，對頻譜建議或結論將於期末報告加強以圖表方式呈現，以利閱讀。
蔡志宏	1. 期中報告之進度應忠實陳述且前後一致，目前第 9～11 頁之進度說明宜予修正 。 2. 專用電信之專章結構應再行調整，例如 3.4～3.6GHz 頻譜含非專用頻譜，專用電信頻譜亦宜分類後再予以探討。至於依技術型態分類或是依用途分類	謝謝委員建議與提醒， 1. 針對第 1 點，已於期中報告訂正。 2. 針對第 2 點，研究團對先行修訂章節結構如 P.61-63，以因應 3.4-3.6GHz 頻

審查委員	審查委員意見	回應意見
	可再探討 。 3. 有關 DSRC 之探討目前偏重 FCC 之規範，應加重歐盟 DSRC 及 5G V2X 之規範並進行比較，以利後續跟進。 4. 開放室內用頻譜（3.4～3.8GHz）宜多收集國際案例，並就實施技術規範及頻率釋出方式/收費等都可予以蒐收集。各國有關 3.5GHz 之規劃則應同時探討其 4G 應用及 5G 研發 。 5. 研討會各單位發言內容宜予精簡後整理成綜整表；行動業者營收變化之討論，ARPU，總營收及服務營收報告文字上宜選擇其重點公平比較 。 6. 智慧城市之頻率應用及技術類別宜予以分類，以利後續規劃。針對我國 5G 頻譜需求及智慧城市頻率需求則應該訪談相關單位後予以明列。	譜已經 WRC-15 規劃為 IMT 頻段之後續研析；有關專用電信頻譜之分類，亦將與委託單位進行討論，併同呈現於期末報告。 3. 針對第 3 點，期中報告以 FCC 探討 DSRC 較多，將持續觀察其他國家新動態，於期末報告中補充。 4. 針對第 4 點，研究團隊將收集 3.4～3.8GHz 有關室內使用之規劃；同時也將說明各國該頻段未來於 4G 或 5G 方向的發展，呈現於期末報告。 5. 針對第 5 點，將補充各場座談會重點整理於期末報告。另各國 LTE 服務發展策略分析等將於期末報告進一步補充。 6. 針對第 6 點，我國智慧城市頻譜需求將陸續與需求單位訪談，於期末補充。

105 年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」委託研究計劃期末研究報告審查意見表

審查委員	審查委員意見	回應意見
劉佩玲	1. 本計畫主要目標應該是對交通部提出未來頻譜規劃之建議，第一、二章是由供應端切入，第三、四、五章則是由需求端切入，最後的結論應該是整合供應、需求面向，提出綜合考量的建議，而非各子題各自作結論。	感謝委員建議與提醒，已於 p.338 增加整合式結論與建議。
周碩彥	1. 研究範圍較廣泛，計畫書撰寫宜將直接相關資料更明確的呈現，和相關輔助資料有所區隔。 2. 需求端的資料宜再加強，特別是物聯網所產生的需求宜從國際上的資料再進一步探討。智慧城市中的應用應有多個寬頻應用，並有多個小資料量多裝置的應用，可從此角度再加強，可供未來頻譜規劃時對需求面了解的參考。	感謝委員建議與提醒，第一點由結論方面著手修改，請卓參 p.338；第二點部份相關論述補充於 p.144
周宗慶	1. 請補充說明 p.218 美國對 DSRC 公開徵求意見回饋的內容。 2. 請補充說明 p.220 3GPP 提議 LTE-V/DSRC 共存的內容及執行團隊對於此內容或方向與美國（p.218）作法之看法為何? 3. 請加註 p.65 交通部 2016 年 2 月研究案之計畫名稱。 4. 請對車聯網一詞之內容加以定義，以目前利用行動通訊與交通資訊，影音服務上可歸屬為車載資通訊應用。以歐美對車聯網（Connected Vehicle 或 Co-Operaline ITS）的看法，著重於 DSRC 行動通訊，輔以	感謝委員建議與提醒， 1. DSRC 意見回饋以補充於 p.162～p.164。 2. LTE-V/DSRC 共存及 DSRC 與免執照共享的相關看法補充於 p.172～p.173。 3. 已於 p.52 新增參考資料來源，並更新最新數字。 4. 車聯網定義補充於 p.157。

審查委員	審查委員意見	回應意見
	3G/4G 行動通訊。請再報告中再加以適度釐清。 5. 對於下世代行動寬頻頻譜規劃內容，除技術面與制度面議題外，建議參考我國先前推動 4G 應用經驗，預先為在執行本案過程從應用需求面著手，同時釐清或區分國家基礎面向與產業加值發展面向，切入整體求進行歸納總整理。 6. 請再確認報告文句的完整性，例如：p.229 第 6、7 行文句似不完整，以及對先關實證試驗之可行性。	5. 於未來研究中將頻譜規劃位階提高為頻譜政策，探探我國通訊技術、產業發展對頻譜政策的對應需求。 6. 已於 p.172 修改。
蔡志宏	1. 在國際 5G 頻譜規劃動態之資料收集上，應明確增加英國（OFCOM）以及歐盟（5G for Europe）之相關頻譜規劃進展。日、韓、中國之 5G 頻譜方向則可更明確。另 FCC 5G 頻譜中的免執照頻段之前半應多加探討。 2. 有關我國下世代行動寬頻研發及試驗動態，宜清楚區分 4G 演進，5G 及物聯網三大區塊；其系統並已改以 UDN 及 URLLC 兩大頻區分，圖 16 有必要修正並請與經濟部確認。 3. 在專用電信頻譜章節中，不宜納入 3.4～3.6GHz 行動寬頻用途之討論，宜予調整。 4. 文件所涉相關公司與其品牌名稱(英文)有必要查證修正錯字。 5. 如實施頻譜共享制度，頻譜共享者之身分限制及頻段宜有更明確描述及時程建議，以避免行動業者有將全面實施之誤會。 6. 引用公開文獻之圖表及文字均應加註來源。	感謝委員建議與提醒， 1. 分別於 p.18、p.20 補充。 2. 於 p.35 補充及更新圖 16。 3. 由於專用電信第三章係針對 3.5GHz 之使用現狀（美國、英國、我國)及較近期規劃（美國 CBRS、英國拍賣釋出)進行研析，故為避免論述分散，3.5GHz 相關內容將整理至頻譜共享機制之第二章。 4. 已檢查並修正。 5. 分別修訂於第二章之結論以及本計畫之整體結論。從頻譜共享機制係輔助執照拍賣

審查委員	審查委員意見	回應意見
	7. 實驗頻譜中請簡化之設計，請提出明確之建議。 8. 行動寬頻頻譜釋出建議頻段提出之同時，應加註說明釋出之主要用途。	制度、頻段之選擇需基於可用性、既有使用者需受保護、共享使用者之開放限制以及開放前應完成相關技術準備工作等角度加以論述。 6. 已補註參考資料來源。 7. 已於第四章第四節，新增我國實驗頻譜之建議，建議內容基於簡化申請手續及規範、完善實驗頻譜規劃及設立專用實驗園區等議題進行論述。 8. 已於p.338增加綜合式結論與建議改善。

105年度「我國下世代行動寬頻頻譜規劃建議」研究報告

交通部

ISBN：978-986-05-0942-7

9789860509427 01200

GPN：1010502570

定價：1200 元