

出國報告（出國類別：開會）

出席瑞典 2019 年寬頻大未來  
-數位化社會的信賴基礎研討會  
出國報告書

服務機關： 國家通訊傳播委員會

姓名職稱： 孫雅麗 委員

蘇思漢 簡任技正

陳威呈 技正

派赴國家： 瑞典/斯德哥爾摩

出國期間： 108 年 6 月 22 日至 108 年 6 月 27 日止

報告日期： 108 年 9 月 19 日

## 出國報告摘要

推動寬頻化社會為全球各國提供國民資訊化生活與促進國家整體發展不可或缺的重要基礎，瑞典郵政及電信總局（以下簡稱 PTS）每年均舉辦相關主題會議，邀集各國主管機關與國際組織團體代表，共同討論全球新興寬頻技術、應用與服務發展趨勢、行動寬頻頻譜需求、頻譜管理與核配資源核配等重要議題，相關議題深具前瞻性，可供政府未來決策參考。

本會為加強與國外通訊傳播主管機關交流、瞭解國際寬頻服務發展趨勢，2019 年由孫委員雅麗代表出席 PTS 舉辦之 2019 年「寬頻大未來－數位化社會的信賴基礎」（Broadband for all – a trusted base for the digitalization of our societies）國際研討會。

本次研討會各國通訊傳播監理機關代表計有瑞典 PTS 局長 Dan Sjöblom、美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission, FCC）委員 Jessica Rosenworcel、國際電信聯合會（International Telecommunications Union, ITU）無線電局局長 Mario Maniewicz、法國電子通訊與郵政管理局（Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes, ARCEP）董事會成員 Emmanuel Gabla、波蘭電子通訊署（Urząd Komunikacji Elektronicznej, UKE）署長 Marcin Cichy、巴西國家電信局 Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL）局長 Leonardo Euler 參與。另外，瑞典 PTS 之無線電頻譜處處長暨無線電頻譜政策組（Radio Spectrum Policy Group, RSPG）主席 Jonas Wessel 及首席經濟學者 Bo Andersson 亦出席會議，總計有 30 國 110 餘位監理機關首長及官員，以及日本第五代行動通信推廣論壇（The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum, 5GMF）秘書長佐藤耕平博士、瑞典愛立信公司多位高階主管共同與會。

孫委員於會中與多位監理機關首長及官員，就 5G 之安全、頻譜及技術相關發展趨勢及相關管制議題交換意見，並分享我國行動寬頻發展經驗、法制架構調整規劃與現況，各國與會代表對於我國行動寬頻建設、普及率的快速成長均表示肯定。孫委員表示，因應 5G 後匯流時代，寬頻政策除了延續以往積極佈建基礎網路以確保行動寬頻普及之外，更重要的是促進寬頻服務與社會、產業、經濟的緊密結合，促進產業創新與升級，讓行動寬頻服務被廣泛使用。

此行參與研討會之時間雖僅有短短 2 日，但孫委員積極參與寬頻大未來研討

會，並與全球百餘位監理機關代表進行廣泛意見交流，以充分汲取國外通訊傳播監理機關之政策制定與監理經驗，掌握第一手監理政策與市場發展最新資訊，強化通訊傳播監理機關高階管理人員連結關係，有助於提升提高臺灣能見度及我國對通訊傳播產業相關議題之視野及思考格局，成果豐碩，建議未來仍應持續參加。

我國駐瑞典台北代表團經濟組周組長泳清及謝秘書雅樺，犧牲假期親臨機場接送並協助處理轉機事宜，協助本會順利完成任務，特此表達由衷感謝之意。

# 目 錄

壹、	前言.....	6
貳、	行程表.....	6
參、	寬頻大未來會議內容摘要.....	6
一.	行動寬頻發展趨勢.....	6
	(一) 行動寬頻用戶仍將維持強勁成長趨勢.....	6
	(二) 行動數據流量發展趨勢.....	8
	(三) 物聯網發展趨勢.....	10
二.	5G 技術發展.....	10
	(一) 無線網路.....	10
	(二) 資訊安全.....	12
三.	本會代表發言摘要.....	15
	(一) 5G Security 分組討論.....	15
	(二) 5G Security 技術發展.....	16
四.	各國寬頻政策與發展.....	17
	(一) 美國.....	17
	(二) 國際電信聯合會.....	17

(三)	印度.....	18
(四)	瑞典.....	18
(五)	法國.....	20
(六)	波蘭.....	22
(七)	巴西.....	23
(八)	日本.....	24
肆、	心得與建議.....	25
伍、	活動相片.....	28

## 附件

- 附件 1 AGENDA\_boardband for all 2019
- 附件 2 Broadband for All\_Perspective of the ITU 簡報
- 附件 3 Broadband for All\_Perspective of the TRAI 簡報
- 附件 4 PTS 簡報
- 附件 5 ARCEP 簡報
- 附件 6 UKE 簡報
- 附件 7 ANATEL 簡報
- 附件 8 5GMF 簡報
- 附件 9 Technology strategies & trends 簡報
- 附件 10 Massive MIMO 簡報
- 附件 11 Radio propagation in mmWave 簡報
- 附件 12 TDD Synchronization 簡報
- 附件 13 5G RAN security standards 簡報
- 附件 14 5G RAN security 簡報
- 附件 15 5G Security architecture 簡報
- 附件 16 PTS Spectrum Seminar 簡報

## 壹、 前言

推動寬頻化社會為全球各國提供國民資訊化生活與促進國家整體發展不可或缺的重要基礎，瑞典郵政及電信總局（以下簡稱 PTS）每年均舉辦相關主題會議，邀集各國主管機關與國際組織團體代表，共同討論全球新興寬頻技術、應用與服務發展趨勢、行動寬頻頻譜需求、頻譜管理與核配資源核配等重要議題，相關議題深具前瞻性，可供政府未來決策參考。

本次 PTS 所主辦之寬頻大未來（Broadband for All）會議主題為「寬頻大未來—數位化社會的信賴基礎」（2019 Broadband for all – a trusted base for the digitalization of our societies）計有 30 國 110 餘位監理機關代表出席，探討行動寬頻發展趨勢、各國寬頻政策、5G 技術發展趨勢、資訊安全……等重要議題，規模盛大。

## 貳、 行程表

日期	行程
6/22（六）	出發（臺灣 20:05 出發，6/23（日） 7:00 抵達瑞典斯德哥爾摩）
6/24（一）	參加瑞典 PTS 舉辦之國際會議
6/25（二）	參加 Ericsson 舉辦之科技趨勢研討會
6/26（三）	回程（瑞典斯德哥爾摩 14:30 出發，6/27（四）上午 11:50 抵達臺灣）

## 參、 寬頻大未來會議內容摘要

### 一. 行動寬頻發展趨勢

(一) 行動寬頻用戶仍將維持強勁成長趨勢

1. 2018 年第一季，全球新增 9800 萬行動用戶，總行動用戶數達 79 億

— 根據 Ericsson 於 2019 年 6 月公布之行動趨勢報告顯示，全球行動用戶數以 4% 的年成長率持續增加，截至 2018 年第一季，全球行動用戶總數為 79 億，滲透率達 104%。

— 由於 4G 服務推出後，可享受 100Mbps 的高速上網體驗，使得 LTE 用

戶數快速成長，目前已成為主導的行動通信技術，預計到 2024 年時全球將有 50 億 4G 用戶，約佔所有行動通信用戶的 56.8%。

- 預計到 2024 年全球行動通信用戶將達 88 億，其中 5G 用戶數將超過 19 億，約佔所有行動通信用戶的 21.6%。

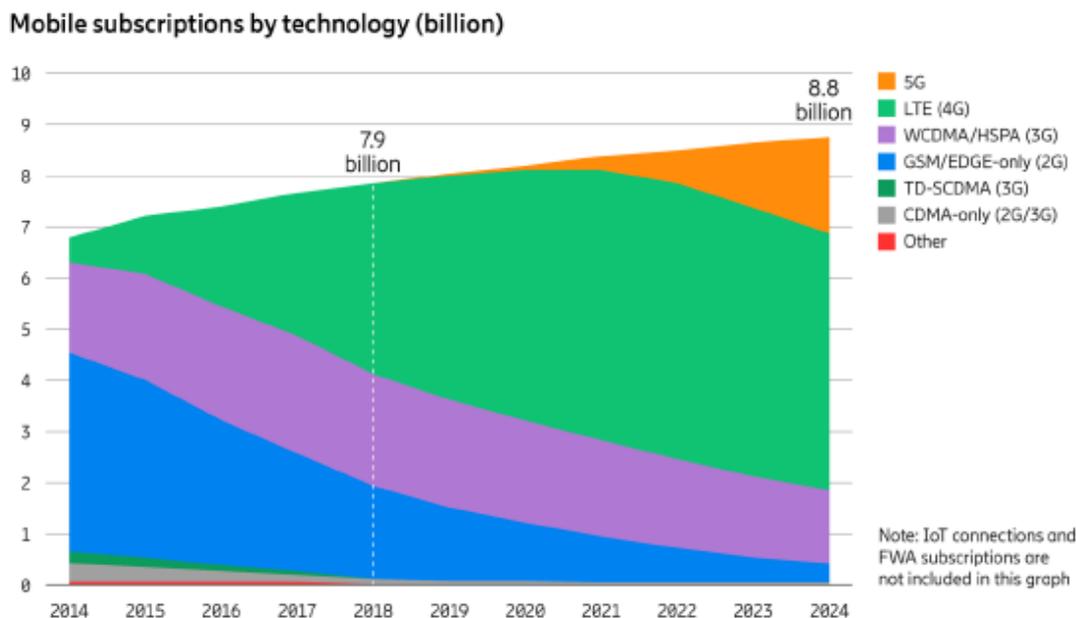


圖 1 依技術區分的行動通信用戶成長趨勢  
(資料來源：會議投影片)

## 2. 北美 5G 發展最快、東北亞及西歐緊鄰在後

5G 標準化工作在 2017 年加速推動，3GPP R15 針對非獨立組網 5G New Radio (Non Standalone NR) 的標準已於 2017 年底完成，2018 年 6 月完成獨立組網的標準 (Standalone NR)，促成各國在 2019 年初大規模展開 5G 網路的試營運與後續商業部署。

若以地區發展來看，北美地區將領導 5G 市場的成長。推估至 2024 年底，北美所有行動通信用戶中將有近 63% 的用戶數使用 5G；東北亞次之為 47%，西歐為 40%。

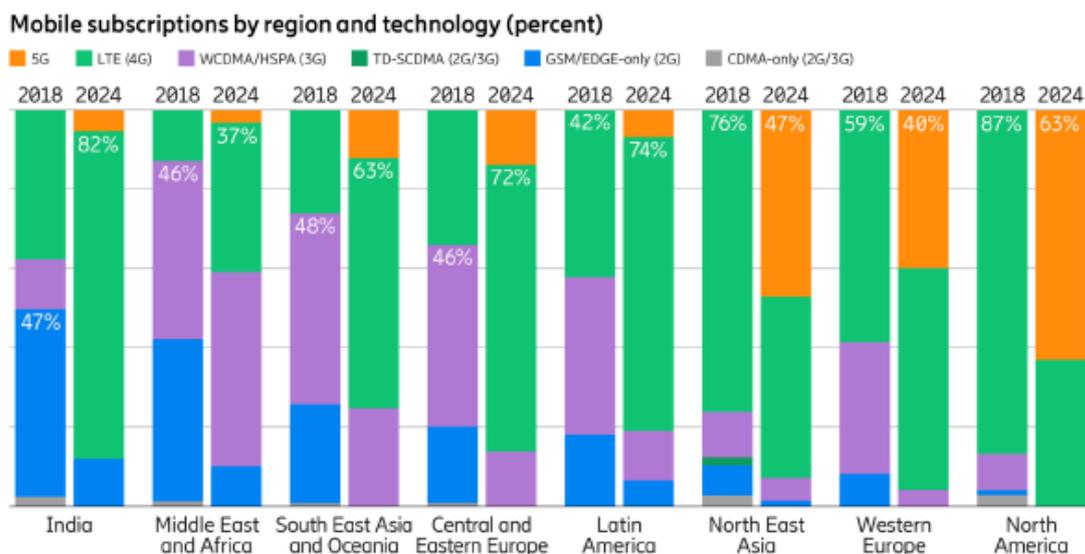


圖 2 2024 年時全球各區域行動寬頻用戶數預估  
(資料來源：會議投影片)

## (二) 行動數據流量發展趨勢

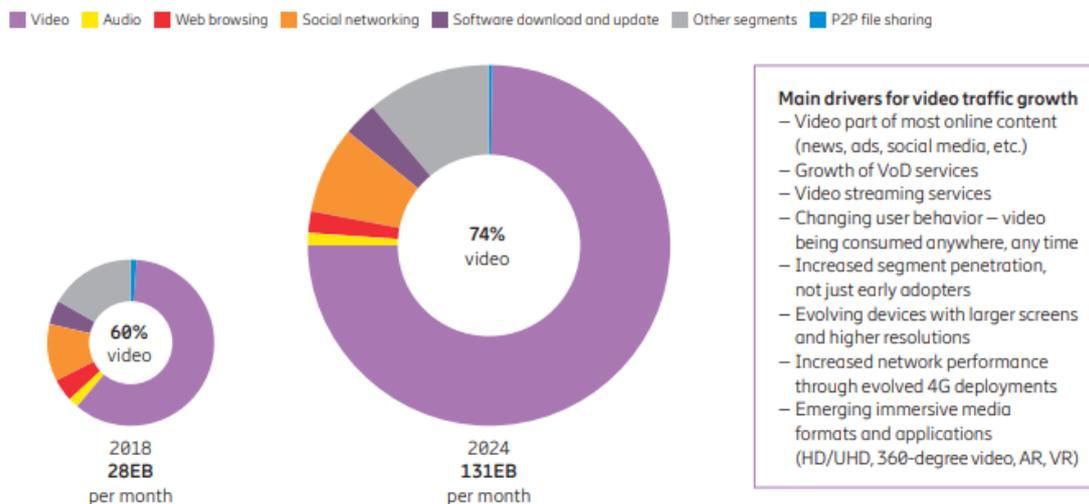
### 1. 到 2024 年，全球 20%的行動數據流量將由 5G 網路承載

由於智慧型手機用戶數成長快速，每個用戶的平均傳輸量也不斷增長，其中如 360 度影片、高解析度的視訊內容增加是主要的推動力，和 2018 年第一季度相比，在短短的一年時間內，2019 年第一季的全球行動數據流量就成長了 82%。

### 2. 行動視訊主導流量成長

依據 Ericsson 所做的研究顯示，由於行動用戶觀賞視訊的時間拉長、影像解析度的逐漸提升、Youtube 推出 360 度環景影片提供用戶沉浸式體驗等……高頻寬需求視訊類流量大幅成長，行動視訊流量將以 34%的年成長率增加，預估到 2024 年，行動視訊將佔行動數據總流量的近四分之三。

Mobile data traffic by application category per month (percent)



<sup>1</sup> Traffic from embedded video in web browsing and social media is included in the application category "Video"  
<sup>2</sup> Ericsson ConsumerLab, 5G consumer potential study (May 2019)

圖 3 行動數據流量成長預估  
 (資料來源：Ericsson Mobility Report, June 2019)

### 3. 臺灣行動用戶每月平均行動數據流量稱冠全球

由於行動裝置功能的升級、行動通信業者提供更平價的資費方案、各種如 AR/VR 需要更多數據傳輸量的技術日漸普及，全球每隻智慧手機產生的月行動數據量皆持續成長，其中印度的平均每月數據流量最高，於 2018 年底，達到每支智慧型手機 9.8GB 的月流量，預期到 2024 年底，該區每支智慧型手機的平均每月數據流量將成長至 18GB。其次為北美地區，2018 年底，該地區每部智慧型手機產生的平均每月數據流量為 7.0GB，預期到 2024 年底將達到各地區預估值最高的 39GB。東北亞為第三，2018 年底，該地區每部智慧型手機產生的平均每月數據流量為 7.1GB，預期到 2024 年底將成長到 21GB。接著為西歐，2018 年底，該地區每部智慧型手機產生的平均每月數據流量為 6.7GB，預期到 2024 年底將達到 32GB。

而臺灣在 2018 年底的每個 4G 用戶每月數據流量為 17.0GB，為同時期印度的 1.7 倍，更是北美地區的 2.4 倍。臺灣 4G 用戶傳輸量稱冠全球的因素包括業者競相推出優惠的上網吃到飽方案、行動寬頻網路的高性能，讓民眾可以隨時隨地透過手機上網追劇、聽線上音樂、玩手遊。

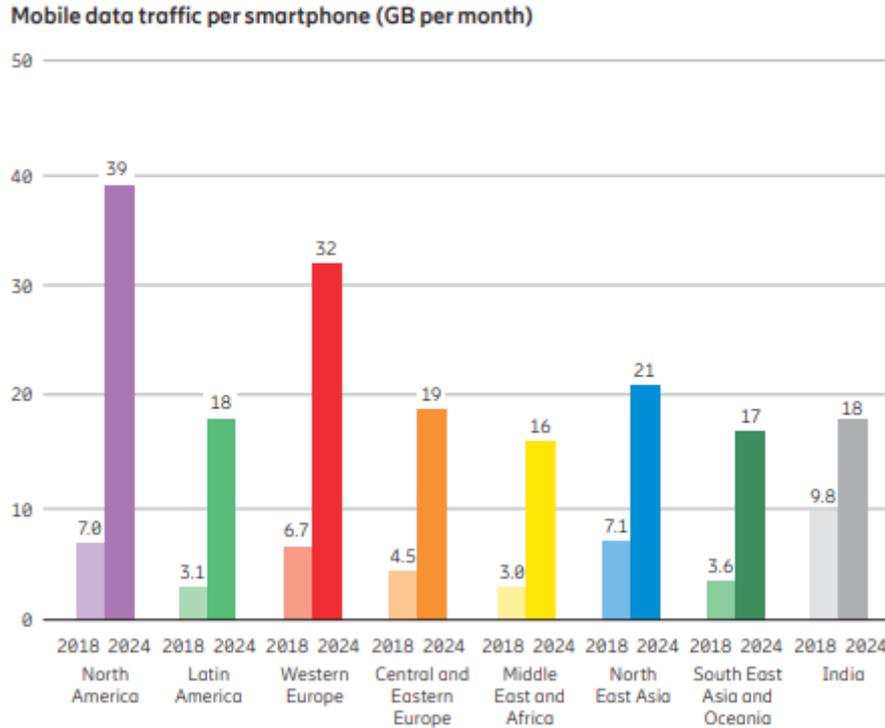


圖 4 全球各區每隻智慧手機所產生的行動數據流量 (GB/月)  
(資料來源：Ericsson Mobility Report, June 2019)

### (三) 物聯網發展趨勢

隨著應用方式與商務模式的增加，以及晶片成本不斷降低，全球互連裝置數量將持續成長，截至 2018 年底，全球聯網設備總數為 77 億。然而物聯網技術應用的產業分布目前仍然較為分散，若以涵蓋距離概略區分，2018 年底的 108 億物聯網裝置設備中，短距物聯網佔了 93 億，廣域物聯網裝置則僅有 14 億。但隨著 3GPP 於 2016 年完成物聯網相關技術標準後，NB-IoT 及 Cat-M1 等大規模蜂巢式物聯網 (cellular IoT) 正被廣泛運用，因此預計蜂巢式物聯網的成長速度最快，預估 2018 至 2024 年間，將以 27% 的年增長率成長，預計 2024 年達到 41 億，並相容於 5G NR 的頻段與技術。

## 二. 5G 技術發展

### (一) 無線網路

由於 5G 在無線網路技術方面的進展，包括各種巨量多輸入多輸出技術 (massive Multiple-Input Multiple-Output，以下簡稱 massive MIMO) 智慧型天線

技術、為了滿足大頻寬的毫米波 (mmWave) 技術及 TDD 傳輸方式的同步技術，讓 5G 系統能夠提供更大的系統容量、綿密的網路涵蓋。

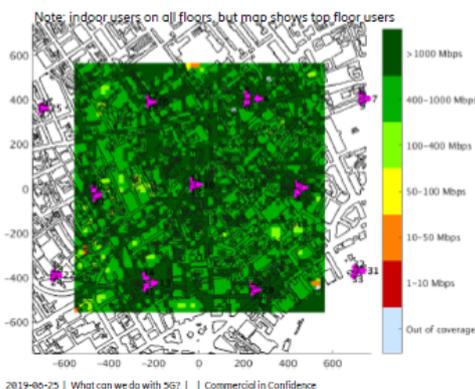
- Massive MIMO 技術<sup>1</sup>

MIMO 技術到了 5G 仍然扮演著非常重要的角色，為了支援訊號衰減快的毫米波，5G 利用在發射端及接收端聚合越來越多天線元素的大規模陣列，提高現單一頻段的容量及傳輸速率，輔以將訊號導引到最佳路徑的波束成形 (beam-forming) 來增加下行涵蓋、波束管理 (beam management)、多用戶 MIMO (MU-MIMO) 相關技術，以深度挖掘無線通訊在「空間維度 (spatial domain)」資源，避免訊號干擾，顯著提升頻譜效率及功率效率，獲得更大的系統容量及傳輸速率。

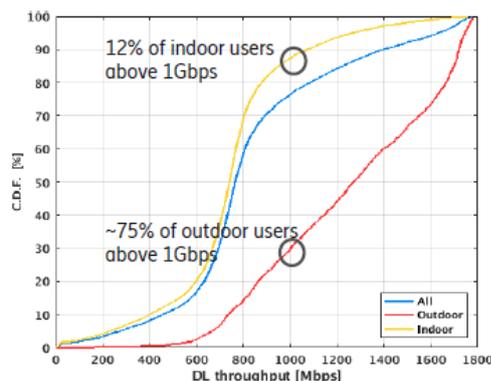
- mmWave 技術

毫米波技術主要可用於視線傳輸、Small Cell、點對點微波、室外對室外及室內對市內之傳輸情境下，並與中、低頻段涵蓋特性搭配使用來增加可用性。以 Ericsson 在倫敦所做的 5G 實驗為例，同時使用 26GHz (頻寬 200MHz)、3.5GHz (頻寬 100MHz) 的 5G NR，及 2600MHz (頻寬 40MHz)、800MHz (頻寬 10MHz) 的 4G LTE，可以達到相當好的室內涵蓋與傳輸速率，在 3.5GHz 涵蓋範圍內，75% 的室外主要街道及廣場均超過 1Gbps 的傳輸速度，在室內仍有 12% 的場域可達 1Gbps 的傳輸速度之規模。

- Interworking of 0.8 – 26GHz
- Many major streets and squares above 1Gbps



- Very good outdoor coverage
- Indoor coverage in low-loss buildings near sites



<sup>1</sup> <https://www.ericsson.com/en/white-papers/advanced-antenna-systems-for-5g-networks>

圖 5 Ericsson 於 London 進行 5G 測試結果（資料來源：會議投影片）

- TDD synchronization 技術

根據 5G NR Band plan 所示，5G 有很高的比例採 TDD 的傳輸方式，而對於 TDD 而言，干擾管理係 TDD 使用的關鍵要素，特別是相鄰頻段間的干擾，雖然 ACLR (leakage) 及 ACS (selectivity) 可降低 TDD 通道間干擾，但仍無法實現無干擾操作，藉由同步網路即可最佳化傳輸，再搭配頻譜配置應該有效降低干擾。

## (二) 資訊安全

- 5G RAN Security standards in 3GPP (3GPP 的 5G 接取網路安全標準)

3GPP 在物聯網設置的主要範圍為端點到端點安全管理包括對「接取領域」及「網路領域」的安全管理，再往下細分成「對設備領域」、「對閘道器領域」、「對接取及網路領域」、「對應用平臺及雲端領域」及「對 IoT 用戶領域」等六項安全管理設備。

接取安全邏輯架構為無線接取網路 (RAN) 與核心網路間傳輸網路之機密性及完整性需要受到保護，接取安全終點的控制平面 (非接取層，NAS) 由手機一路到核心網路，都需要保持加密及完整性；而控制平面 (無線資源控制，RRC) 的加密及完整性，僅在手機到無線接取網路間；用戶平面則是分成手機至無線接取網路，接取網路到核心網路兩段式的實施加密及完整性。

5G 的非獨立組網 (NSA) 架構，是由 4G 無線接取網路當成錨定點，手機訊號於連接 5G 基地台 (gNB) 後，必須由 4G 基地台經過傳輸網路回傳至 4G 核心網路。另外 5G 獨立組網 (SA) 架構則是由 5G 無線接取網路，個別透過傳輸網路回傳至 5G 核心網路，並各自保持加密與完整性。

- 5G Security Architecture (5G 安全架構)

5G 帶來「不斷變化的安全威脅」、「關鍵基礎設施的考量」、「逐漸增加的監理要求 (例如 GDPR)」、「DevSecOps (設備安全運作) 的加速循環」、「數以十億計的新設備」及「分佈式的雲端」等有別於以往的安全維護挑戰，除可採「身分和接取管理」、「密鑰和證書管理」、「網路安全自動化」、「記錄日誌」、「硬體輔助和虛擬化」及「資料保護」方式加以控制外，會議中亦提出水平及垂直的整體 5G 安全概念：

- 水平：
  - 給用戶的端到端安全設備
  - 身分認證作為基礎的機密性和完整性保護
- 垂直：
  - 從芯片到服務的安全性
  - 受信任的識別符號/憑證
  - 硬體/軟體的完整性
  - 資料的完整性和機密性

Ericsson 將 5G 網路安全架構分成「設備/區域網路」、「接取網站」、「分配網站」、「全國網站」及「全球網站」五個階段，並且由下層到上層區分成「傳輸層」、「固定網路/雲端基礎設施」、「行動網路（接取、行動、網路應用）」、「管理及計費」及「應用雲端」等五個層級，用以切分考量網路的整體安全，並採以領域安全及身分管理（設備及閘道器、接取及網路、應用及雲端、用戶）、領域、軟體/硬體進行端到端的 5G 網路安全管理分散資安風險。

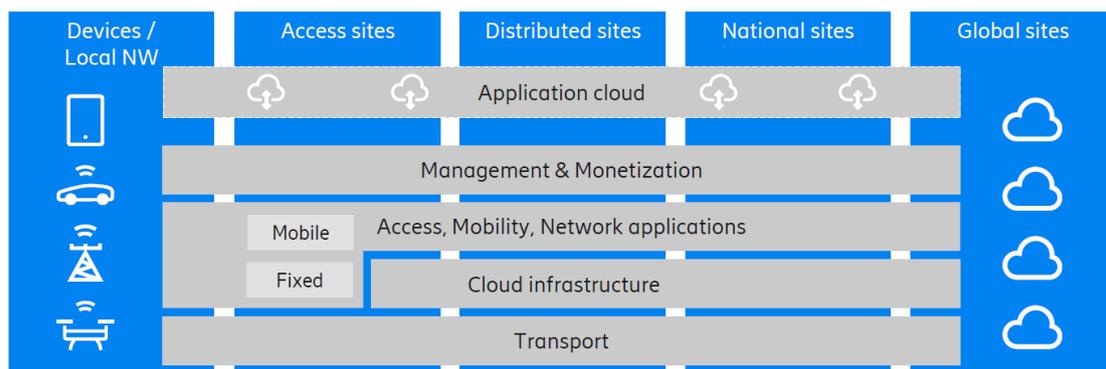


圖 6 Ericsson 之 5G 網路安全架構（資料來源：會議投影片）

● 5G RAN Security（5G 接取網路安全）

Ericsson 表示未來的社會活動主要依靠行動通信，因此行動網路是社會基礎設施的關鍵，並說明要建構「受信任的行動網路」有三個要件如下：

- 受信任的硬體/軟體：
  - 安全保證-節點/產品沒有不可接受的漏洞
  - 具有內建防禦的節點/產品
- 受信任的網路：

- 安全架構，保護傳輸的流量及提供周邊的保護
- 安全部署
- 受信任的營運
  - 適當程序實現安全的營運
  - 快速應處資安事件的能量

安全可靠模型可由「設計」達到安全，Ericsson 表示設備開發提供「安全保證」、「安全確認流程」及「產品安全事件響應小組（Product Security Incident Response Team, PSIRT）」進行前、中、後的關注資訊安全議題，才可以確保資訊安全於初始階段能有效分散風險、標準作業流程的軟體更新及資安事件發生的妥適追蹤處理。

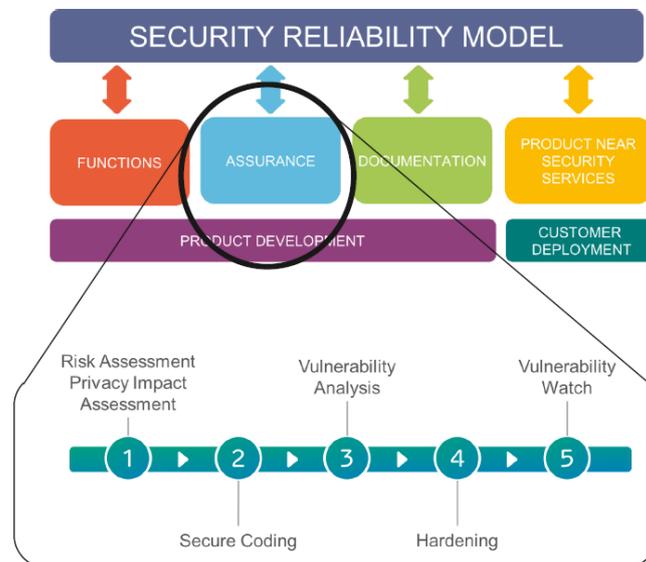


圖 7 Ericsson 之 Security Reliability Model (資料來源：會議投影片)

Ericsson 強調「少量的軟體開發軌跡才能降低軟體資訊安全風險」，說明軟體開發必須有單一開發軌跡，所有軟體開發團隊都須將各自的工作整合到主要軌跡，在不同層級完成交付工作前必須檢查模組及節點(檢查的基準認證是對傳統軟體品質的評估)，並應採取全程序自動化的方式測試所有層級，且所有測試循環均

應包含新特徵和產品層級之要求。

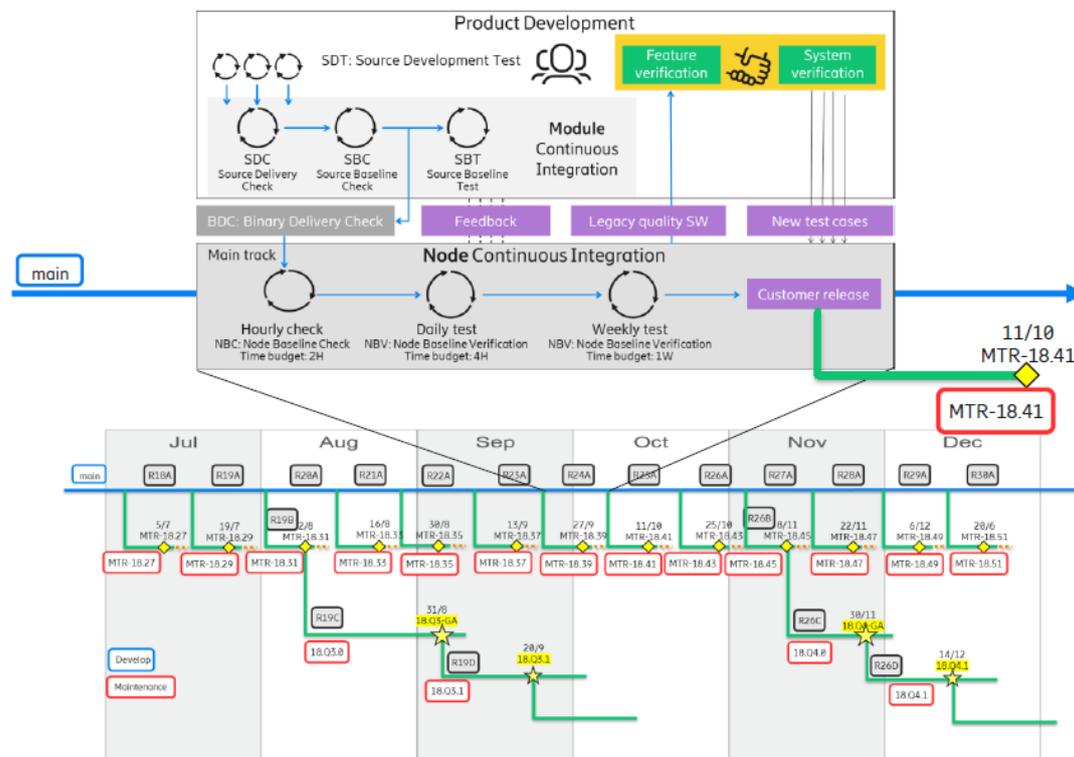


圖 8 Ericsson 之 Security Reliability Model (資料來源：會議投影片)

### 三. 本會代表發言摘要

#### (一) 5G Security 分組討論

孫委員說明在臺灣，政府已經確立了八個關鍵基礎設施，計算機的部分也在其中（即資通安全實際上就是國家安全），並提出對於 5G 來說，資訊安全性不僅僅是 IT 安全或 ICT 安全，考量電信業者將與應用業者提供的服務高度連結，資訊安全更包含運營安全之看法，具體說明在臺灣有別於 3G 及 4G，在 5G 的電信服務提供者亦應提供其網路資通安全維護計畫，用以確保其網路安全性，強調我國在 5G 釋照，要求得標者擬定繳交 5G 網路資通安全維護計畫，以確保在 5G 網路建置同時，導入資安防護安全措施。

1. 孫委員請教 5G Security 分組討論的與談人有關「加強公私協力合作的資訊安全關鍵政策為何？並詢問未來不僅是電信業者，服務提供者也是如此

嗎？」

- 加拿大及挪威代表初步回應說明於其國家，要求提供資訊安全維護計畫尚有管轄權歸屬的問題，並表示整體國家政策應協同相關部門整體規劃，而不會特別要求業者提供資通安全維護計畫。
  - 英國代表說明應用業者選擇即代表能接收電信業者之資訊安全等級，將由市場決定接受與否。
  - 西班牙代表於分組討論會議結束後交流討論，強烈表達希望能取得臺灣之「5G 網路資安維護計畫」，俾列入該國之政策訂定參考依據。
2. 孫委員就教 Ericsson 副總裁，有鑑於 5G 採用網路功能軟體化／虛擬化的做法，詢問 Ericsson 是否有軟體在中國開發？又如何確保 5G 網路設備上軟體的安全？
- Ericsson 初步回應在相關軟體開發上一定會做好嚴謹的 software quality control 來確保 5G 網路設備所安裝軟體的資訊安全。

## (二) 5G Security 技術發展

1. 孫委員就教 Ericsson 報告人，請教 Ericsson 之商品的買家電信業者們要如何建構安全的網路，不論 ERICSSON 在產品做了什麼，業者都能建構在產品的架構之上，使整體操作是安全的？並確認針對漏洞所製作的補丁將採何種方式進行發送。
- Ericsson 報告人初步回應從軟體角度來說，將會針對漏洞製作補丁，並於簽署後發送於瑞典的 gateway 供電信業者取用，並確保在傳輸的過程中不被竄改，同時並不會強迫電信業者進行升級。
2. 孫委員於技術討論中，建議由 Ericsson 提供 API 等工具來據以實現安全的操作。
- Ericsson 報告人表示目前尚未思考採用此種方式來實現安全的操作，將於會議後帶回研究可行性。

## 四. 各國寬頻政策與發展

### (一) 美國

美國聯邦通信委員會 (FCC) Jessica Rosenworcel 委員以美術設計為題導入「如何有效提高頻譜資源有效利用」之主題進行演說。

Jessica 委員開宗明義表示未來 5G 的發展係建構在足夠頻寬之頻譜的前提下才得以發揮其有別於既有 4G LTE 的技術能力，說明頻譜為有限資源，未來將面臨多數頻譜已規劃為專用、商用及免執照頻段等業務使用，在毫米波頻段之物理衰減特性的限制下，中、低頻段的分區共用、分時共用將會是提高使用頻譜效率的重點，強調頻譜共享的重要性。

Jessica 委員並補充說明目前 FCC 針對頻譜共享的實際做法，針對美國 FCC 所提出公眾寬頻無線服務 (Citizens Broadband Radio Service, CBRS) 之三層式共享的概念據以論述，並強調 CBRS 將可有效減少頻譜資源的閒置浪費，提高無線電波之有效利用性，為即將邁入的頻譜資源匱乏時代提出具體建議。

### (二) 國際電信聯合會

國際電信聯合會 (ITU) 由無線電局局長 Mario Maniewicz 進行演說，說明 5G 將會促成各項領域發展，但在發展的同時仍應思考五個面向之議題：

- 人口稠密區與偏鄉之間的平衡。
- 發展中的國家該如何權衡國人數位素養、基礎設施不足等挑戰。
- 高度發展下的數位落差。
- 高品質 Backhaul 的建立應透過各種傳輸鏈路予以組合而成。
- 各項產業之通信生態系統相容性。

Mario 處長向各位報告 World Radiocommunication Conference 2019 (WRC-19) 會議將在 2019 年 10 月 28 日至 11 月 22 日在埃及召開，屆時將會決定主要 IMT 業務的可能額外規劃的頻段，並說明目前國際上 5G 整備的頻譜中，sub-1GHz 頻段主要集中在 700MHz 的整備、1-6GHz 頻段則是集中在 3.4GHz 頻段，而 24GHz 以上頻段將在本次的 WRC 將會有更進一步的討論。

### (三) 印度

印度電信監管局 (TARI) 主席 R. S. Sharma 博士提出對於目前通訊發展趨勢的看法及國家發展目標：

- 5G 經濟將產生全新複雜程度的商業模式將為政策制定及監理帶來挑戰。
- 5G 發展不僅限於通信領域，更囊括網路安全、個人資訊、教育及數位轉換。
- 寬頻行動網路的涵蓋必須仰賴充分布建的固定網路，用以滿足 backhaul。
- 資訊安全之最低標準為「服務提供者採取適當的作為來排除安全漏洞」及「終端設備廠商亦應於設計時加入安全性規劃」。
- 數位化平臺均應確保資訊之機密性、完整性及安全性。

Sharma 主委說明印度政府甫於 2018 年 5 月提出國家數位化通訊政策，訂定了在 2022 年前吸引 1000 億美元投資的計劃，創造 400 萬個就業機會，並將數位通信產業對印度 GDP 的比重提升至 6%。提升公眾 Wi-Fi 網路的涵蓋。

在寬頻普及方面，印度電信監管機關 TRAI 透過公私合作計畫 BharaNet，規劃以三期的時程，在印度的農村貧困地區建立寬頻網路系統：

- 第一期 (2014-2017 年)：已投入 16.39 億美金的資金，提供超過 10 萬個以上的村莊寬頻服務。
- 第二期：預計將投入 62 億美金的資金，透過整合衛星、無線等方式，提供其餘 15 萬個村莊寬頻服務。
- 第三期 (2018-2023 年)：升級現有通訊網路設備，以滿足未來 5G 和物聯網時代的基礎設施需求。

### (四) 瑞典

PTS 局長 Dan Sjöblom 首先分享近代行動通信於歐盟地區及瑞典的發展史，並提出對於目前通訊發展趨勢的看法及國家發展目標：

- 適度的監管為必要的，俾以公平競爭的環境促進市場自由化發展。
- 監理機關之規範應自由化，而非放鬆管制，應由市場驅動電信發展。
- 訂定於 2020 年底前，達到 95% 的家庭及企業為 100Mbit/s 之目標。
- 訂定於 2025 年底前，達到 98% 的家庭及企業為 1Gbit/s 之目標。

### 3. 寬頻發展現況（截至 2018 年底）

- 有線寬頻：在有線寬頻服務方面，對於幅地大的瑞典而言，偏鄉寬頻普及將是一大挑戰，係以光纖為主，持續逐年成長，截至 2018 年底，家戶寬頻普及率達 82%。

表 1 瑞典有線寬頻發展（資料來源：會議投影片及本會整理）

年度	2014	2015	2016	2017	2018
家戶寬頻普及率（100Mbps 以上）	61%	67%	71%	77%	82%

- 無線寬頻：目前以 4G LTE 服務為主，同樣受限於幅地較大，backhaul 仰賴光纖的布建無法大幅度提升，規劃透過 700MHz 之 sub-1GHz 頻段之涵蓋特性進行提升 4G 服務的涵蓋率，截至 2018 年底，涵蓋率達 84%（10Mbps 以上），規劃 2020 年提升至 96%。

### 4. 5G 頻譜釋出規劃

PTS 表示基礎設施、服務及內容間界線之模糊化，另一方面垂直場域的發展逐漸受到重視、數位化、人工智慧及區塊鏈技術的蓬勃發展，各領域對於寬頻網路速度及穩定度的需求大幅提升。針對 5G 的到來，PTS 目前已進行大規模的 pre-5G 試驗，提供企業大規模商業前測試機會：

- 700 MHz：2018 年已完成釋出。
- 3.4-3.8GHz 及 26GHz：2019 年進行大規模商用前測試。
- 3.4-3.6GHz 頻段：規劃於 2020 年釋出，目前 3.72-3.8GHz 正進行協商。
- 26GHz 頻段：規劃於 2020 年釋出，其中 3250MHz 頻寬將遲於 2022 年 1 月啟用。

## (五) 法國

法國電子通訊與郵政管理局（ARCEP）董事會成員 Emmanuel Gabla 認為就 5G 當中的 Connectivity 將會促成法國數位轉換，將可有效的促進該國領土均衡的發展並確保其國家競爭力，說明將採取專業投資監理（Pro-investment regulation）方式面對各面向之挑戰，並透過產業間競爭的機制來促進網路投資建設。應該包含下列幾個面向：

- **Investments:** 提供完整的寬頻涵蓋，允許創新及超高速傳輸。
- **Innovation and QoS:** 改善用戶體驗，允許貨幣化。
- **Monetization:** 確保商業競爭，用以創造發展動力。
- **Competition:** 鼓勵電信業者進行創新應用服務改善、調整服務績效，提升對網路的投資。

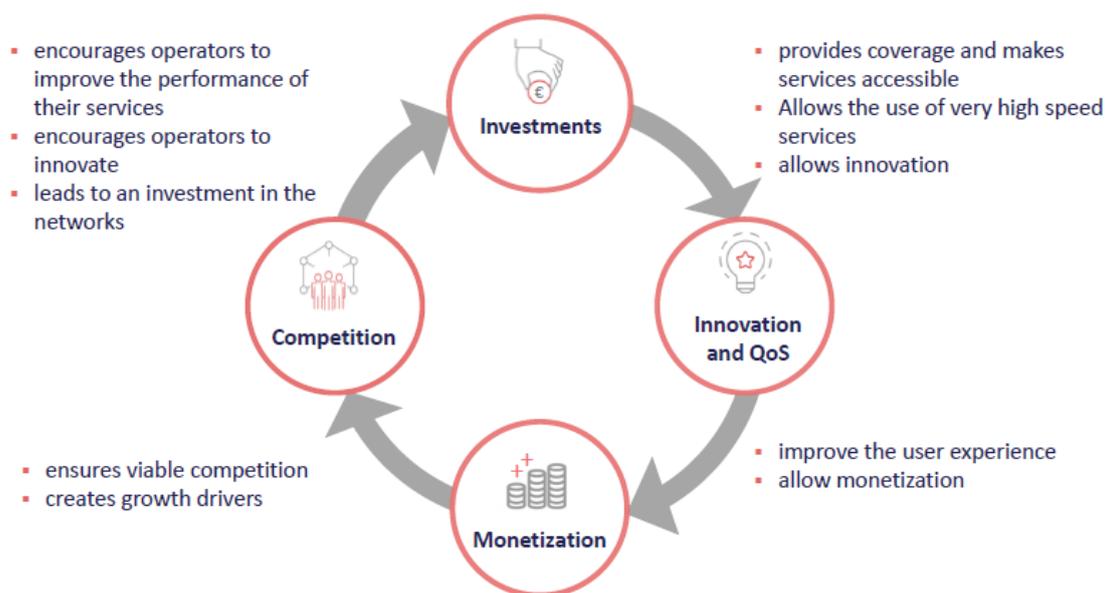


圖 8 專業投資監理之循環（資料來源：會議投影片）

### 1. 寬頻政策：提升行動通信服務地理涵蓋率

- 政策起源背景：4G 服務之地理涵蓋率顯著偏低

截至 2018 年第 4 季為止，法國的 4G 服務的人口涵蓋率雖約為 91%，但地理涵蓋率則僅 65%；再者，民眾對於行動數據的傳輸快速成長，因此提高 4G 服務之地理涵蓋率列為重要寬頻政策目標。

- 作法

由於 900MHz、1800MHz 及 2100MHz 三個頻段的執照分別即將於 2021 年、2022 年及 2024 年到期，ARCEP 將於 2108 年啟動這三個頻段的重新指配 (re-assignment) 程序。以往業者的在執照上登載的涵蓋義務多以人口涵蓋率呈現，未來 ARCEP 會取消人口涵蓋率要求，並由 ARCEP 與業者協商相關行動服務的涵蓋義務，由業者提出相關建設承諾，並將納入現有執照或續照之規範中。業者可能提出的承諾包括：

- 每個業者將新增 5000 個 4G 基地臺，其中 2000 個為共構站臺 (RAN sharing)；此外，在 ARCEP 規定的區域範圍內，Orange 及 SFR 將各自新增 500 個基地臺，以提供固定式 4G 寬頻服務 (Fixed 4G access)。
- 加速主要道路 (55000 公里)、區域鐵路的網路建設。
- 逐年增加 4G 地理涵蓋率：2020 年達到 75%，2022 年達到 100%。
- 提升整體 4G 訊號品質。

## 2. 5G 政策計劃：2020 提供 5G 商用服務

為了達到 2020 提供 5G 商用服務的政策目標，ARCEP 研擬了下列三個階段的工作重點：

- **實驗先行**：2019 年 1 月向各界呼籲使用 26GHz 進行應用驗證。
- **各界意見徵詢**：(2019 年第 1 季)
  - 與利害關係人就應用標的 (例如工業 4.0) 進行交流
  - 第二次公眾意見徵詢 (頻段劃分、招標)

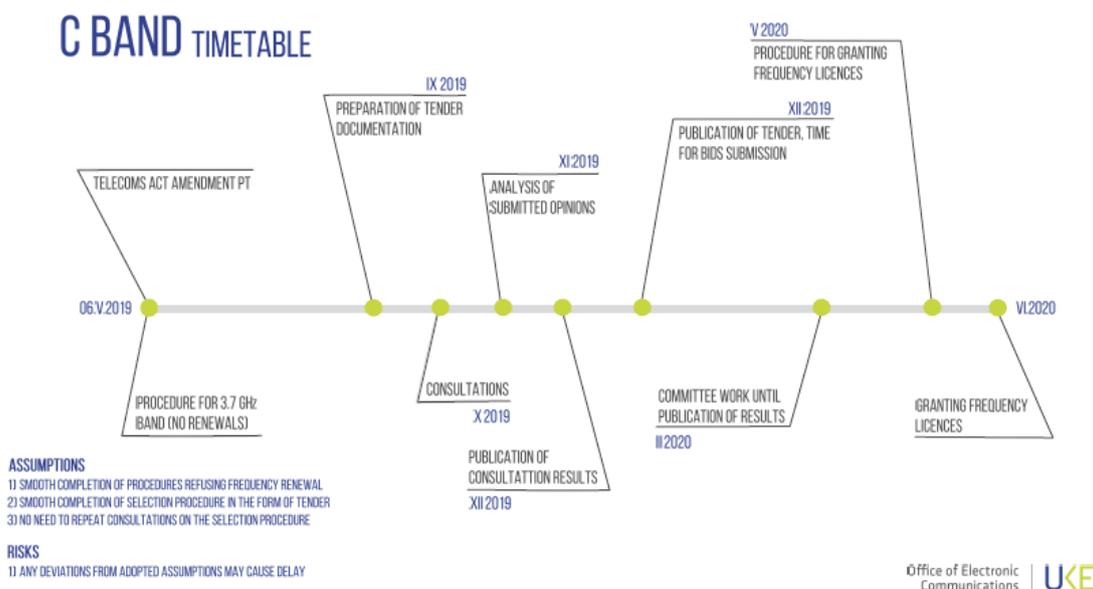
— 定義分配方式

- **頻率分配**：規劃於 2019 年中期啟動應用程序調整，並將於 2020 年初公布頻率分配的決策。

(六) 波蘭

波蘭電子通訊署 (Urząd Komunikacji Elektronicznej, UKE) 署長 Marcin Cichy 說明 5G 頻譜同樣係將採 700MHz 頻段、3.4-3.8GHz 頻段搭配 26GHz 頻段釋出的方式進行頻譜整備，各頻段目前處理現況如下：

- 700MHz 頻段：將以此頻段做為主要涵蓋頻段，目前尚存有與 TV Service 間之干擾問題，刻正處理中。
- 3.4-3.6GHz 頻段：3.4-3.6GHz 頻段將採全區執照方式釋出，另 3.6-3.8GHz



頻段將採全區執照搭配區域執照方式釋出。

圖 9 英國之 C 頻段處理時間表（資料來源：會議投影片）

- 26GHz 頻段：24.5-26.5GHz 頻段規劃為商業使用頻段，另 26.5-27.6GHz 保留規劃予軍方或政府部門使用。

UKE 亦說明英國為了提高 5G 商用發展的效率，目前已展開 5G 實地測試，

由 3 家電信業者展開擴及全國 10 處主要地區、數量達 75 座 5G 基地臺的測試規模，主要測試頻段集中於 3.4-3.6GHz 頻段。

## (七) 巴西

巴西國家通訊管理局（ANATEL）局長 Leonardo Euler de Morais 以巴西為全球第五大面積國、第六大人口數、第九大經濟體說明該地區的通訊傳播發展現況：

1. **行動通訊發展現況：**目前巴西主要以 3G 及 4G 系統提供行動通信服務（佔總體行動服務 80.1%），惟受限於光纖 backhaul 尚不足（64%地理涵蓋、83%人口涵蓋），目前 4G 涵蓋率僅 90%（地理涵蓋率 80%），即便是發展較長期的 3G 涵蓋率亦僅為 98%，主要係受限於幅地過大因素，未來會增加光纖網路的普及與布建，為 5G 的來臨預為準備。

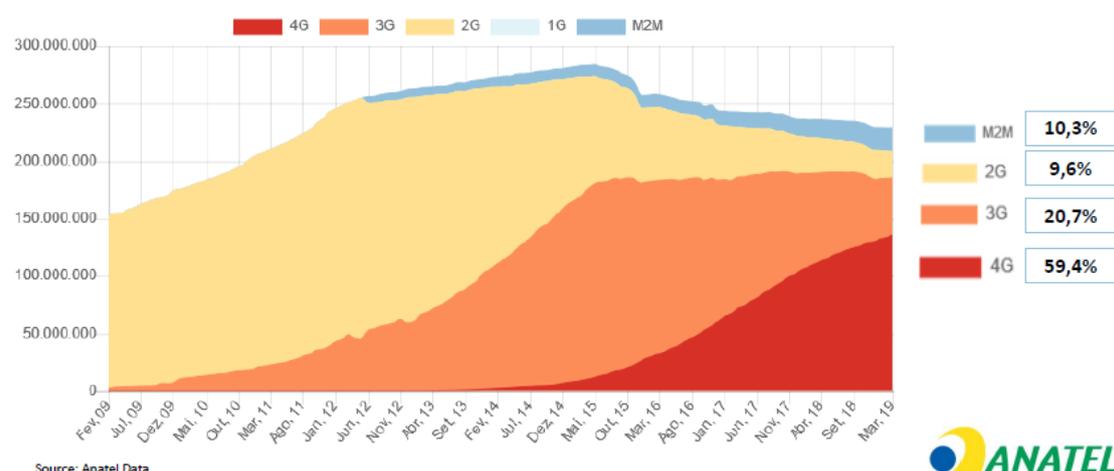


圖 10 巴西之 2019 年第 1 季行動通信市場概況（資料來源：會議投影片）

### 2. 5G 整備現況：

- 巴西規劃於 2020 年第 1 季進行首波 5G 頻譜釋出工作，釋出頻譜包括 700MHz、2.3GHz、3.5GHz 及 26GHz 等頻段。
- 採取類似 ANATEL 於 2014 年對 700MHz 頻段進行 4G-LTE 與無線電視業務間之干擾實證量測，巴西的 3.5GHz 頻段尚存 5G 與固定衛星業務（Fixed Satellite Service, FSS）間之干擾問題，ANATEL 刻正進行協商及實證量測工作，規劃將由 5G 與 FSS 協調使用。

## (八) 日本

日本第五代行動通信推廣論壇（The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum, 5GMF）秘書長佐藤耕平博士說明 5GMF 的相關運作活動及實測結果，並提供 5G 願景影片說明未來日本 5G 發展策略及活動。

佐藤博士說明，在準備 5G 方面，自 WRC-15 會議結束後，日本各界旋即展開各面向完整且長期的整體規劃<sup>1</sup>，從 2015 年底的初期 Multilateral MoU 簽訂、2016 年中期的白皮書初版擬撰，配合第三代合作夥伴計劃（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）R15 的釋出，在 2017 年初即釋出 5G 試驗小組報告，並於 2018 年展開從概念驗證、實際場測、類似資安與車聯網專案研究的大規模長期多產業類別的綜合實證量測計畫，強調在 2019 年 10 月的東京世界盃橄欖球賽（2019 Rugby WC Tokyo）即將進行收斂，並規劃於 2020 年東京夏季奧林匹克/帕拉林匹克運動會（2020 Tokyo Olympic/Paralympic）前啟用日本的 5G 商業化。

5G 規劃：

- Sub-6GHz 規劃：
  - Sub-2GHz 頻段提供涵蓋
  - 3-6GHz 頻段提供高容量需求
  - 新增 3.7GHz(3.6-4.2GHz)及 4.5GHz(4.4-4.9GHz)規劃釋出
- 佐藤博士強調，鑑於 5G 創新應用發展之場域及系統需使用連續大頻寬，6GHz 以上或毫米波頻段將成為 5G 發展的關鍵頻段，日本 Above-6GHz 之三階段規劃主要係採「使用例與技術評估」、「異質系統共享或交互使用」及「國際合作」等方式推展。
- 已於 2018 年 11 月 2 日起至 2019 年 4 月 10 日釋出 3.7GHz、4.5GHz 及 28GHz 頻段共計 2200MHz 頻寬（分別為 500MHz、100MHz 及 1600MHz）予商業 5G 使用。
- 開放 4.5GHz 及 28GHz 頻段共計 1100MHz 頻寬(200MHz 及 900MHz) 供企業專用 5G 在不得聯公眾電信網路的前提下使用。

---

<sup>1</sup> <https://5gmf.jp/whitepaper/>

## 肆、心得與建議

- 5G 將是推動產業與社會的數位轉型的驅動者

5G 不僅僅是大連結、低延遲、高傳輸速率而已，將隨著行動通訊技術的日新月異，由既有 4G 行動寬頻時代進入次世代 5G 萬物聯網的世代。5G 技術將提供一種創新平臺，透過 5G 網路將包括 AR/VR、IoT、blockchain、Edge computing、deep learning、Fintech 等創新科技串聯起來，藉以形成新型態的商業模式，創造並增加產業數位化的使用情境，帶動垂直創新應用發展，包括自動駕駛汽車、智慧醫療、智慧城市及數位政府等方面之發展，使新興技術成為我們經濟與生活中不可或缺的一部分。

- 因應 5G 發展趨勢及應用創新之環境整備工作刻不容緩

5G 新技術發展態勢愈見明朗，截至 2019 年 6 月底，國際上已有 19 個國家或地區完成 5G 頻譜釋出，NCC 身為臺灣通訊傳播主管機關，在推動我國 5G 策略方面，可持續從下列幾個主要面向切入：

- 頻譜：行政院已於 108 年 7 月 2 日公告修正「第一類電信事業開放之業務項目、範圍、時程及家數一覽表」，預計釋出 1800MHz、3500MHz 及 28000MHz 等頻段共計 2790MHz 頻寬供首波商用 5G 釋出使用，NCC 已啟動 5G 頻譜整備之相關工作，並針對推動 5G 垂直應用發展予以研析相關政策方案，搭配整體頻譜規劃，俾未來提供更多可用之商用頻譜資源。未來將持續密切關注 WRC 頻譜規劃及相關國家之頻譜戰略，針對 5G 中、高頻段頻譜已進行先期盤點，供各界視產業發展情況展開技術試驗，並增加中頻段的頻率整備數量，因應未來 5G 頻譜整備。
- 基礎建設：本會已調整小細胞（small cell）基地臺設置的規定，讓電信業者能更快速佈建小細胞基地臺，以提升行動寬頻網路之涵蓋與容量需求。在即將來到之 5G 與物聯網時代，設置小細胞基地臺將包括路燈桿、交通號誌桿、分隔島土地等地方政府管轄之公共土地及設施，需要政府相關部門調整所轄法規，並協助建設之推動。
- 普及服務：智慧生活及數位經濟的一切均來自於寬頻的基礎，而行動寬頻更是加速寬頻普及重要推手，我國在電信普及服務基金、有線電視廣

播基金、前瞻基礎數位建設計畫…等政策工具的投入下，已建構良好的寬頻基礎環境。面對未來 5G 所建構的萬物相連的大平臺，應思考如何精進現有普及服務「Coverage for All」的作法，以達到「Broadband for All」、「Connectivity for All」以及「Use for All」的境界。

- 法規政策:NCC 於 106 年 4 月提出數位通訊傳播法及電信管理法草案，其中電信管理法業於 108 年 5 月 31 日經立法院審議三讀通過，並經總統於 108 年 6 月 25 日公布尚待行政院發布施行日期，該兩法係根據目前及未來通訊傳播的發展趨勢，在促進資訊自由流通、提升寬頻連結與基礎建設、強化網路及資訊安全的精神下，通盤檢視傳統管制必要性，以嶄新思維重塑監理模式，在政策及法制規範上進行調適與融合，同時也將介接各部會職掌事項進行數位化的法規調適。從過去以厚實底層電信基礎建設出發，更進一步轉為促進以網際網路為基礎的數位經濟蓬勃發展，有助於智慧城市推動各項基礎建設及創新服務發展。

- 持續參加國際交流會議並與電信設備商多接觸交流

聽取 ITU、FCC 及 ARCEP 等國際組織及各國通傳主管機關報告，並進行討論，是十分難得的機會，可藉此瞭解各國對於 5G 重要議題之看法，做為我國政策訂定之參考。另一方面，直接與具豐富經驗的電信設備商 ERICSSON 接觸，並就資訊安全議題進行討論是十分具有價值的，藉此可瞭解架構，對於本會監管國內電信業者及國家整體國家資訊安全之政策訂定大有帮助益，建議應持續參加國際交流會議並與電信設備商多接觸交流。

- 因應後匯流時代的數位經濟與網路社會發展，NCC 的重要執掌是建構以「信任」為基礎的寬頻環境

隨著寬頻服務快速發展，物聯網與智慧應用將無所不在。「數位轉型」帶來破壞式創新應用及龐大商機，但亦開始面臨新的數位挑戰。面對以創新為本質的數位網路世代，「信任」是建構數位經濟之基礎，如何透過適當的治理模式，處理包括資安、隱私及個資保護等議題，以建立網路使用者的保護與信賴，營造一個有利於數位創新經濟發展之公平、開放網路社會，為當前推動數位經濟之際不能忽視之課題。

NCC 倡議網際網路治理精神，透過引入公眾諮詢及參與機制，落實開

放政府的概念，透過公私協力、民間自律等方式共同探討後匯流時代的重要新興議題，同時推動並落實政府政策，藉由完善法制環境，將科技進步所帶來的正面效應極大化，並避免可能出現的負面影響與效應，讓資通訊及傳播產業能有更進一步創新蓬勃發展的機會；讓消費者能有更安全、更安心、更優質有能力接取的便利服務；讓社會也能隨數位落差的縮小而有更強的凝聚力；國家也能因科技技術的普遍運用更有效率與實力。

以寬頻社會驅動數位轉換迎向數位經濟典範轉移，是 NCC 的重要使命，本會後續必須投注更多的心力與能量，致力於建構資源有效且合理使用、強化市場競爭，以及建構更有使用效率與彈性的網路基礎建設，落實寬頻社會帶動數位經濟的典範轉移與穩健發展的最終目標。NCC 亦將須持續和相關部會與各方利害關係人互動交流與形成相關政策，讓超寬頻雲端數位基礎建設的環境更為完善，讓我們一起進入更智慧的連結 (Intelligence Connectivity) 的新時代。

## 伍、 活動相片



圖 11 孫雅麗委員與美國聯邦通信委員會(FCC)Jessica Rosenworcel 委員（右）進行交流。



圖 12 孫雅麗委員與加拿大通訊安全機構(CSE)合作關係與風險降低處 Michèle Mullen 處長（中）及英國國家網路安全中心（NCSC）通信部門負責人 Ben Ashworth（左）於 5G Security

分組討論後進行 5G 資訊安全議題之意見交換。



圖 13 西班牙通傳主管機關（CNMC）官員（左）於 5G Security 分組討論後與孫雅麗委員交流，並表示希望取得我方「5G 網路資安維護計畫」列入該國政策訂定之參考依據。