

## 【Exynos 說分明】③ 深入探索電信服務三要素：數據機、連結性 與安全性

人們想必皆曾讚嘆，每年新推出的智慧型手機、平板和個人電腦，  
一代比一代更為強大。

從第一支智慧型手機問世以來，技術不斷推陳出新，  
過去產品和現在機種已無法相提並論。  
如今，我們手中的智慧裝置，表現足以媲美多數個人電腦。

決定智慧裝置效能高低的關鍵在於行動處理器，  
即掌管多媒體運算與運作的系統半導體。  
目前新機種多數採用系統單晶片（SoC）的形式。  
此微小的晶片整合了眾多半導體技術，由中央處理器（CPU）、  
繪圖處理單元（GPU）和數據機等功能區塊組成。  
簡單而言，SoC 集結所有驅動手機和平板的關鍵零組件。

三星新聞中心深入探索「智慧型手機的大腦」- Exynos 行動處理器，  
並介紹七項 IP 的研發負責人。  
IP 決定智慧型手機的競爭力，在三篇特輯報導中，  
三星新聞中心將介紹每項 IP 的功能與特性，以及未來的研發方向。

All About Exynos

① 專訪 GPU 與 ISP 研發團隊負責人

All About Exynos

② CPU 及 NPU 於智慧型手機扮演的重要角色

All About Exynos

③ 深入探索數據機、連結性與安全性

結合 AI 的超高效能數據機：實現無所不在的高速順暢通訊



數據機 (Modem) 一詞涵蓋各式種類，從 1990 年代個人電腦上網使用的撥接數據機，到數位用戶線路 (Digital Subscriber Line, DSL)、纜線等有線通訊數據機，乃至蜂巢式網路和無線網路所使用的無線數據機。然而，現今在行動通訊產業所談論的數據機，通常指支援 LTE 和 5G 無線通訊的蜂巢式數據機。

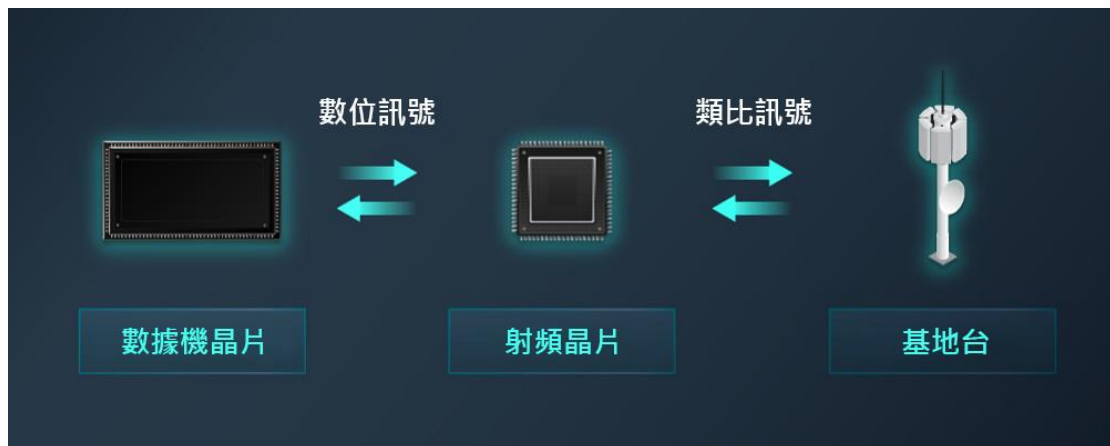
智慧型手機中，終端數據機負責透過與基地台交換訊號，完成接聽電話、傳輸與接收資料的任務。我們能夠隨時隨地撥打電話、觀看影片，皆歸功於高效能的蜂巢式數據機。如今，新一代的蜂巢式數據機可全面支援 2G 至 5G。

蜂巢式數據機首先應用於 1G 類比通訊，僅可撥接電話。2G 時代開始採用數位訊號<sup>(註一)</sup>，出現 SMS 簡訊等附加服務。3G 為手機上網的開端，奠定行動寬頻網路<sup>(註二)</sup>的發展基礎。4G 則真正開啟手機寬頻時代，可順暢觀看 HD 影片。而韓國於 2019 年率先商用化的 5G 網路，目前速度已達 10Gbps，並具備低延遲與超連結的特性，除行動通訊，亦廣泛應用於各個領域。

	1G	2G	3G	4G	5G
傳輸速度	10kbps	~64kbps	~14.4Mbps	~1Gbps	~20Gbps
頻段	~900MHz	~2GHz	~3GHz	~3GHz	Sub-6GHz:~6GHz mmWave: 28GHz/39GHz
主要服務	通話	通話、簡訊	通話、上網	高速上網、 觀看 HD 影片	超高速寬頻資料傳輸、 VR / AR、自駕車、 智慧工廠
HD 影片 下載時間	-	70 小時	19 分鐘	16 秒	1 秒內

## ▲ 各代行動通訊技術特點比較。

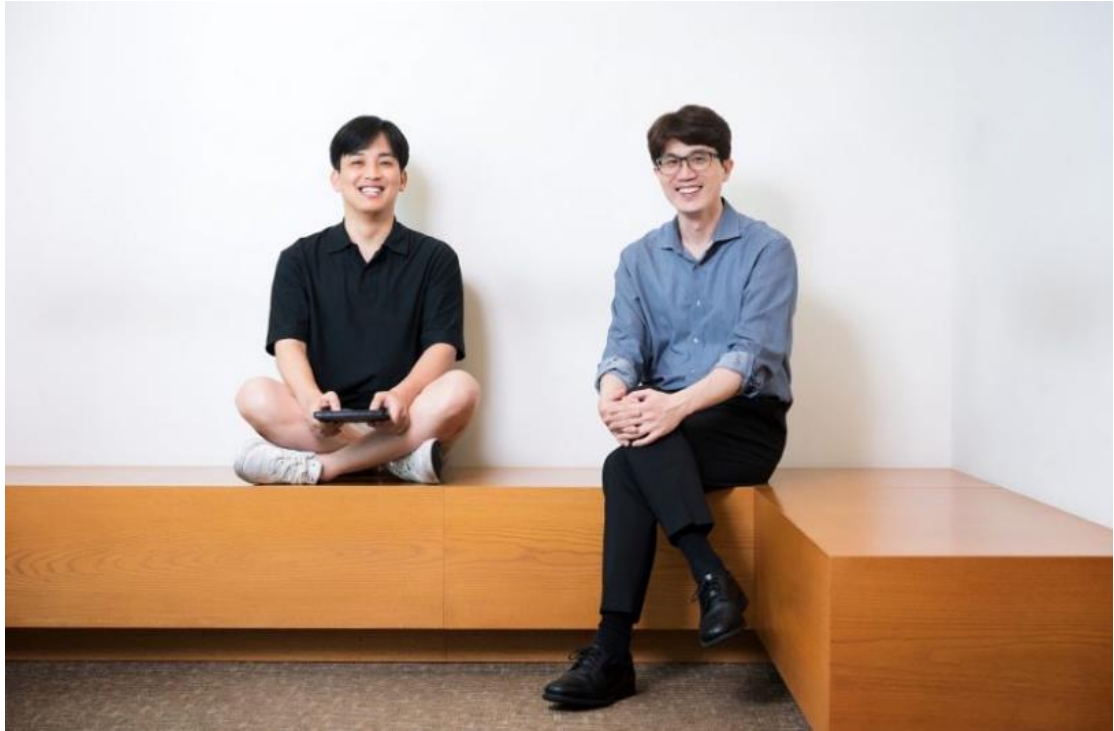
進入 LTE 時代後，資料傳輸大幅加速，使手機功能足以媲美電腦。三星電子早在 2000 年代前便已嘗試自主研發數據機，並於 2007 年正式投入 LTE 數據機晶片研發，在充分掌握 2G 與 3G 技術後，2009 年領先全球推出 LTE 商用數據機。



## ▲ 數據機與基地台之間的通訊運作流程。

2012 年，首款搭載三星自研 LTE 數據機的 Galaxy S 系列手機問世。2019 年整合式 5G SoC Exynos 登場，為業界首創整合 5G 通訊數據機與行動應用處理器的晶片。Exynos 將兩種不同功能的晶片合而為一，既提升能源效率亦減少佔用空間，簡化手機設計。目前，Exynos 的 5G<sup>(註三)</sup> 數據機不僅支援 sub-6GHz，也支援 28GHz 與 39GHz 毫米波等極高頻段 (Extremely High Frequency)；其優勢在於 sub-6GHz 擴大了服務覆蓋範圍，毫米波則提供靠近基地台的超高速通訊。

如今，三星已躍升全球前三大 5G 數據機設計品牌。「一般而言，數據機必須同時支援 5G 等新技術，以及 3G、LTE 等商用化技術，研發挑戰很高，同時也需投入龐大資金，因此全球僅少數廠商有能力生產數據機晶片。」三星電子副總裁 Jungwon Lee 表示，他為訊號處理專家，現率領系統半導體事業部數據機研發團隊，並曾任職於美國三星電子裝置解決方案事業群和美國三星研究院隊。「而且從演算法，到晶片設計、軟體開發再到實地測試，研發時間軸十分長。」



▲三星數據機研發團隊副總裁 Jungwon Lee（右）和專案負責人 Huiwon Je（左）致力提升蜂巢式數據機研發效能。

三星正於全球各地進行實地測試，盡可能擴展服務覆蓋範圍，並多管齊下提升基頻訊號處理表現，包括借助 AI 技術以加快傳輸速度。因此，去年三星成功打造結合 AI 演算法的數據機，並朝商用化目標邁進。Lee 表示：「數據機有了 AI 處理器加持，可大幅降低訊號干擾、顯著優化能源效率，進而推升整體效能。」

除了完善 5G，三星的 6G 研發亦正如火如荼展開。Lee 接續說道：「現階段將著重打造全球頂尖的 5G 數據機與 5G-Advanced 數據機，同時與美國三星電子裝置解決方案事業群和三星研究院合作，為即將來臨的 6G 時代，進行 6G 數據機研發準備。」Jungwon Lee 於數據機訊號處理技術領域貢獻卓著，獲選美國電機電子工程師學會（IEEE<sup>（註四）</sup>）會士。

「6G 數據機的傳輸速度有望達到 1Tbps 等級，支援衛星通訊等不同類型網路，應用範圍從智慧型手機擴展至汽車、物聯網和 AR、VR 等多樣化場景。為順利接軌 6G，必須有豐富頻段作為後盾，包括太赫茲（THz）在內，還需要至少上百組的多天線架構，以及先進的 AI 技術與通訊網路的高效訊號處理技術。」

於此同時，在 Lee 的帶領下，三星致力打造業界最佳 Android 手機數據機。Lee 表示：「短期將以擴展 5G 業務為重，中長期目標為搶先佈局 6G，站穩領導地位。」三星計畫大幅擴編數據機研發團隊，以實現上述目標並拓展相關商機。



「團隊目標打造『業界最佳 Android 手機數據機』。  
短期將以擴展 5G 業務為重，  
中長期目標為搶先佈局 6G，站穩領導地位。」

當被問及熱衷數據機研發的原因，Lee 回答：「能夠於全球數據機領導品牌服務，並實際參與研發，我非常自豪。就我個人而言，看見所學的理论知識一一套用於實際產品當中，是很特別的體驗；隨時隨地順暢通話與高速上網為現代人的日常，而數據機正是便利生活的關鍵推手，三星數據機研發團隊將秉持熱忱，持續致力於研發工作。」

強化速度與穩定表現，連結無遠弗屆

**連結性 (Connectivity)**

基於 IEEE 802.11 標準的  
無線資料傳輸系統

**Joonsuk Kim**  
執行副總裁  
三星系統半導體事業部  
連結性研發團隊

蜂巢式網路與連結性為行動無線通訊領域的兩大技術標準。蜂巢式網路由 3GPP( 第三代合作夥伴計畫<sup>(註五)</sup>) 主導，涵蓋 CDMA、LTE 和 5G 等標準。此類網路由多個基地台基礎架構組成，將特定頻段中的不同頻寬授權於電信業者使用。連結性則以 IEEE 802.11( Wi-Fi )/ 802.15 ( 藍牙、ZigBee、UWB<sup>(註六)</sup>) 標準為代表，採用公用 ISM 頻段，並依據各地電信標準，提供公共的室內網路服務。



「蜂巢式網路」為一種行動通訊架構，主要由覆蓋廣泛的既有網路組成。另一方面，「連結性」可使短距離內的裝置無線存取，無須透過業者的網路架構，即能創造無線、可攜式的便利體驗。其中，Wi-Fi 於室內長距離連線的表現突出，傳輸速度較蜂巢式網路快又穩定，所以手機或筆電上網時，多數選擇連接 Wi-Fi。與點對點 (peer-to-peer, P2P) 網路相同，Wi-Fi 較適合選擇性且密集型的通訊，必要時可支援高速傳輸，更符合擴增實境 (AR) 與虛擬實境 (VR) 等新世代物聯網裝置的需求。

現今已難以想像沒有 Wi-Fi 的生活，但不要忘了，20 年前無人預料到 Wi-Fi 將成為最普及的無線通訊技術。然而，隨著智慧型手機將以技術作為研發重點，市場逐漸意識到，於資料量爆炸的時代，Wi-Fi 為最佳解方；且相較於蜂巢式網路，Wi-Fi 建置與營運成本低，所以仍然呈倍數成長。

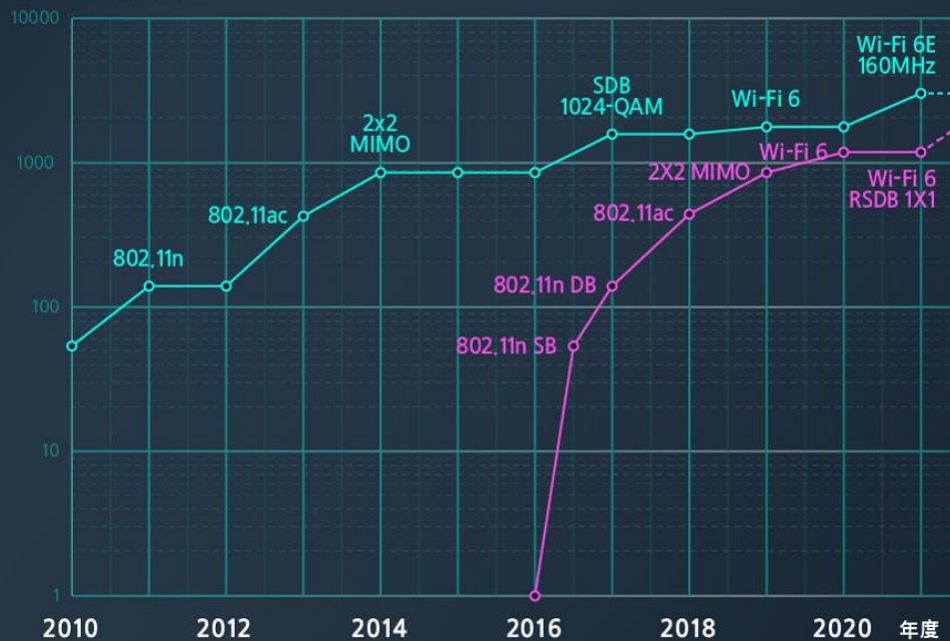
與採用基礎架構網路的蜂巢式系統不同，Wi-Fi 的資料鏈路範圍最多不過幾百公尺，為標準的區域型網路。此外，其使用不須授權的頻寬，容易受其他電信系統干擾，恐怕無法達到進階服務品質 (Quality of Service, QoS<sup>(註七)</sup>)。然而，受惠於蜂巢式網路與 Wi-Fi 匯流技術的日益進步，Wi-Fi 便利性只增不減，提供不中斷的上網體驗；而全球早已將 Wi-Fi 視為公共基礎架構，非僅為一種網路技術。

「2016 年，三星成立專門團隊，研發與 Exynos 處理器整合的 Wi-Fi 技術。」三星連結性研發團隊執行副總裁 Joonsuk Kim 表示，2016 年加入三星的他，旋即擔任此新團隊的負責人。

「不過四、五年的時間，我們從傳統通訊協定一路進展至第六代 Wi-Fi ( Wi-Fi 6 )，確保技術穩定且完備。儘管當時團隊沒有足夠資金與人才，我們的技術仍很快迎頭趕上。」他回憶道。

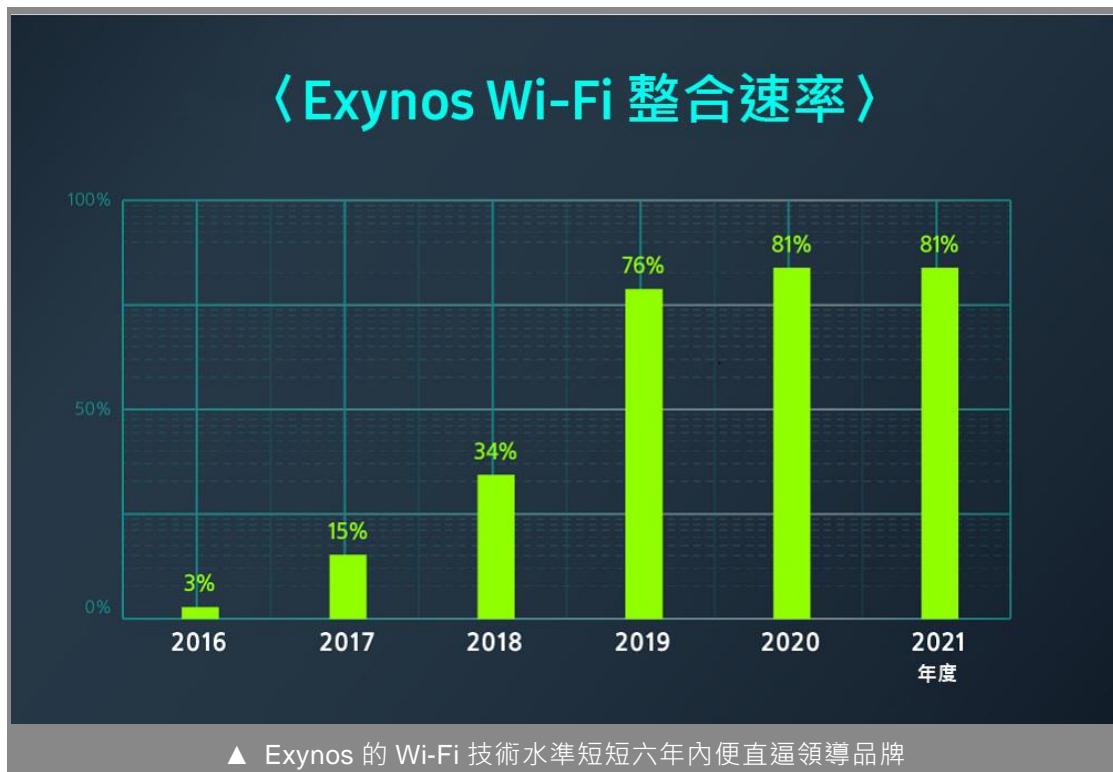
## 〈Wi-Fi 吞吐量 ( 領導品牌 vs 三星電子 )〉

單位：吞吐量 ( Mbps )



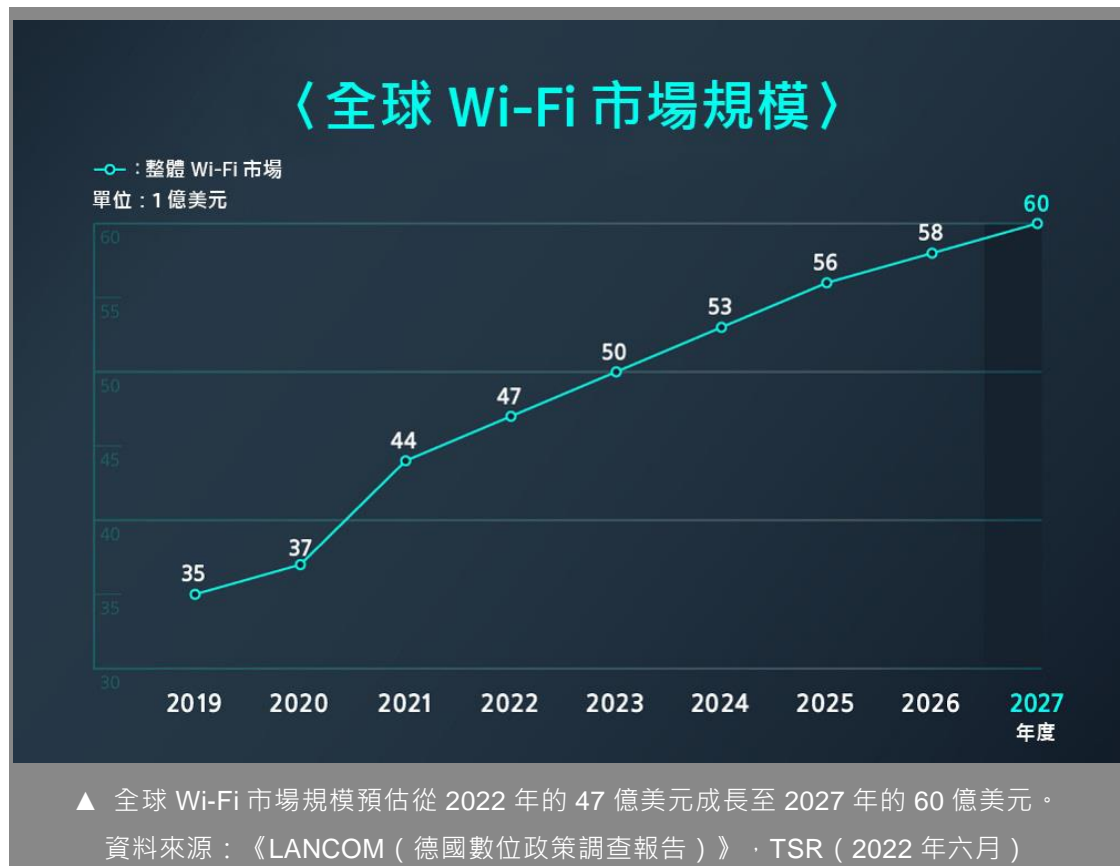
領導品牌

三星電子



繼研發 Wi-Fi 6E 與前幾代 Wi-Fi 協定，並達成商用化後，三星電子目前正著手研發 Wi-Fi 7，預計將應用於新世代旗艦級離散式數據機晶片。由於 Wi-Fi 需適用於所有可支援最新協定的行動裝置和物聯網裝置，舊版協定的效能必須提升，除了維持於一定水準，還需兼顧最新協定的效能表現。最新 Wi-Fi 7 協定預計於 2024 年問世，其特色為擁有多重連接模式 ( Multi-Link Operation，MLO<sup>(註八)</sup> )、通道頻寬擴展至 320MHz 並支援 4096QAM 調變<sup>(註九)</sup>。得益於此，其資料傳輸速度與容量雙雙升級、提升電源效率，於人潮密集處提供不中斷的無線上網體驗。





為使 Wi-Fi 速度更上層樓，處理器內部的核心結構必須更複雜，且搭載高容量記憶體。

Kim 說道：「為此，我們正專注研發多處理器結構，掌握高速傳輸必要的 IP。儘管目前 Wi-Fi 解決方案仍由外國品牌主導，但 Exynos 採用的 Wi-Fi 技術，為韓國唯一大規模的商用化解決方案。因此我有信心，三星研發的行動 SoC 嵌入式 Wi-Fi 解決方案絕對首屈一指。」

唯有最好的產品才能滿足市場需求，因此，於 Wi-Fi 競爭中，居於領先至關重要。雖多數人對 Wi-Fi 的高技術含量無實際概念，但可隨時隨地擁有快速不中斷的 Wi-Fi，無疑是廣大用戶的基本要求。

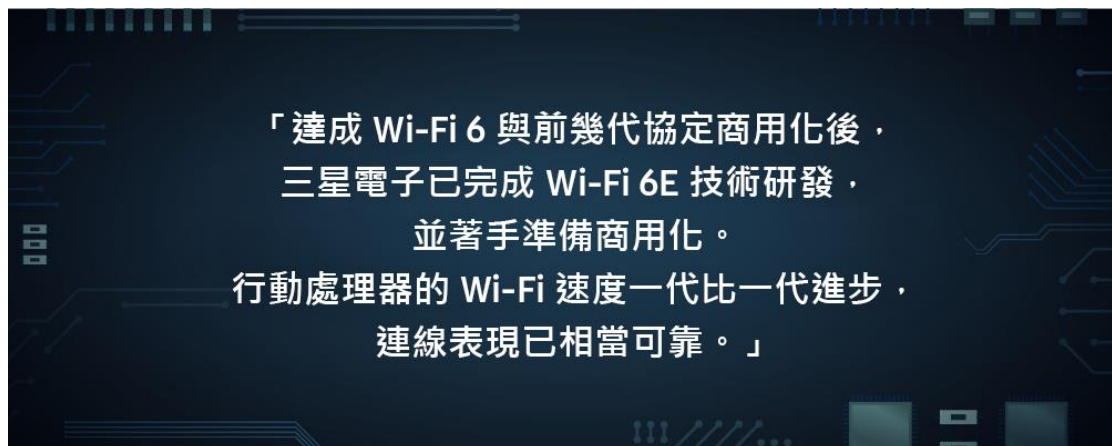
Kim 表示：「電信業者在行銷手機產品時，常大力強調其蜂巢式網路連線能力，所以消費者普遍對於 LTE、5G 等技術創新較有感。相較之下，大眾似乎沒有意識到 Wi-Fi 技術的發展有多麼快速。」



▲三星執行副總裁 Joonsuk Kim 深耕連結性領域 20 年。

儘管如此，談及 Wi-Fi 未來是否仍將扮演重要角色，Kim 給予肯定的答案。

Kim 表示：「目前透過 Wi-Fi 傳輸的資料量，占整體無線傳輸的七至八成<sup>(註十)</sup>。蜂巢式網路和連結性技術擁有各自的適用情境，且短期內不會產生較大的改變。Wi-Fi 和蜂巢式網路應攜手前進、相輔相成。IT 存在於生活的各個層面，因此致力消除室內訊號死角，確保 Wi-Fi 網路快速穩定，為技術發展的關鍵重點。」



若需完整掌握 AR、VR 和元宇宙等新應用商機，Wi-Fi 必須具備高速度與低延遲的優勢。

Kim 解釋：「Wi-Fi 使用 2.4GHz、5GHz 和 6GHz 等低頻頻段，因此繞射程度較高，資料傳輸相對快速穩定。」

隨著 6GHz 頻段將可用頻率提升至 320MHz，裝置間以超高速、低延遲的網路連結，有望比預期更早成真。Kim 特別強調 Wi-Fi 在其中扮演的關鍵角色同時，三星連結性研發團隊已透過採用 L5 衛星和感應器校正技術實現高精確定位，完成新一代藍牙 (BT5.2) 和全球導航衛星系統 (GNSS) 的研發與商用化，並應用於旗艦產品；近期更達成公分等級精準度的室內定位。Kim 進一步提到，若其能結合超寬頻 (UWB) - 專為測距而研發、正準備首次商業應用的技術，將發揮強大效能，未來有望支援高規格物聯網服務和應用。

Kim 最後提及：「為使新產品具備領先優勢、長期競爭力與發展性，同時提前確保產品具有高度穩定性與相容性，我認為採用無線存取點<sup>(註十一)</sup>和打入相關市場是關鍵。」

## 保護手機用戶隱私：強化單獨保護執行環境的安全性 (iSE)

The slide features a diagram of a smartphone's internal components arranged in a grid. The components are: GPU, ISP, CPU, NPU, 連結性 (Connectivity), DSP, 數據機 (Modem), and 安全性 (Security). The '安全性' box is highlighted in red. To the right of the diagram, the title '安全性 (Security)' is displayed in red, followed by the text '為智慧型手機建立單獨執行資料或服務所需的安全環境。' (Creating a secure environment for individual data execution or services on smartphones). Below this, a photo of Jongwoo Lee is shown with his arms crossed. His name and title are listed: 'Jongwoo Lee', '副總裁' (Vice President), '三星系統半導體事業部' (Samsung System Semiconductor Business Unit), and '設計平台研發團隊' (Design Platform R&D Team).

時至今日，智慧型手機肩負多重任務，最重要的兩項為擔任身分證和錢包角色。以生物辨識、行動身分證 (eID) 和 Samsung Pay 為例，使用上述服務通常需要驗證用戶身分，但過程中難保不會有駭客趁虛而入。有鑑於此，手機必須於軟體外再多一層安全防護，亦即硬體、甚至是半導體。

手機裡負責安全防護的半導體稱為安全元件 (Secure Element, SE)，通常單獨嵌入於 SoC 外的元件 (eSE, embedded Secure Element)。但 Exynos 2020 則採用內嵌於 SoC 安全區塊的整合式安全元件 (iSE, integrated Secure Element)。

三星設計平台研發團隊副總裁 Jongwoo Lee 表示：「我們將 Exynos 嵌入式 iSE 研發專案命名為『STRONG』，即新世代安全防竄改 (Secure Tamper-Resistant of Next Generation)。

的縮寫。iSE 為 SoC 中單獨執行安全程式的操作環境，不僅具備 eSE 可單獨外掛的功能，還可控制 SoC 的安全性。其擁有的進階處理能力推動了高效能表現，同時可安全擴展至外部記憶體，例如 DRAM 和快閃記憶體。不只如此，其還能進一步保護主動式安全模組中的 SoC。」

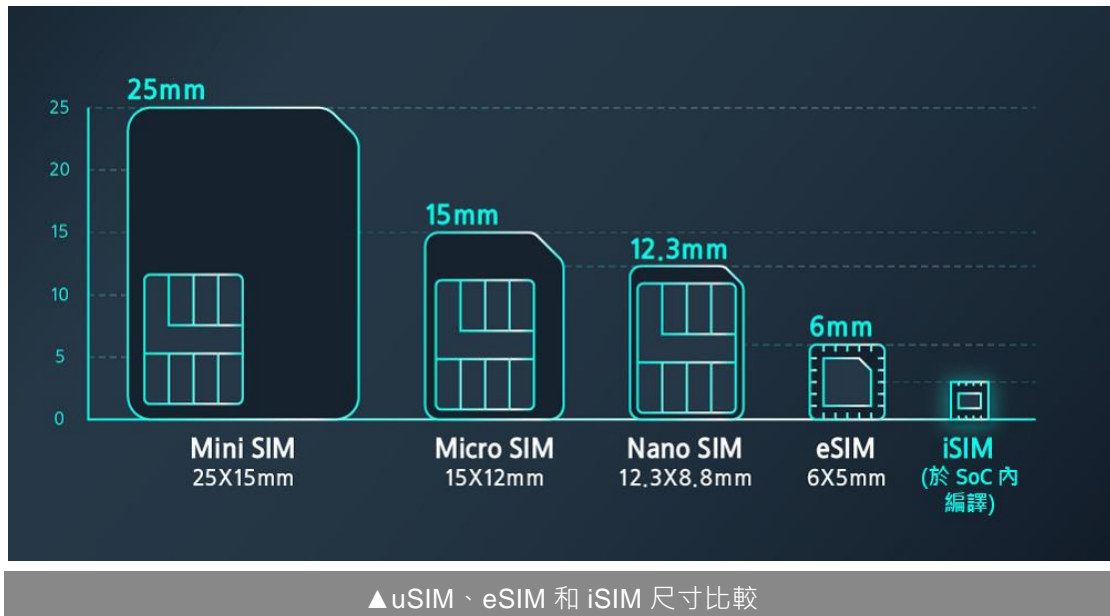


▲ ( 左起 ) AP S/W 研發團隊的 Keunyoung Park、設計平台研發團隊副總裁 Jongwoo Lee、專案負責人 Bogyong Kang 和 Sunghyun Kim 竭力為行動裝置打造最佳安全環境。

iSE 的任務為裝置安全與安全服務。裝置安全著重於提升裝置本身的安全性；安全服務則是保護儲存於裝置內的個資，如行動身分證、行動支付與汽車鑰匙。

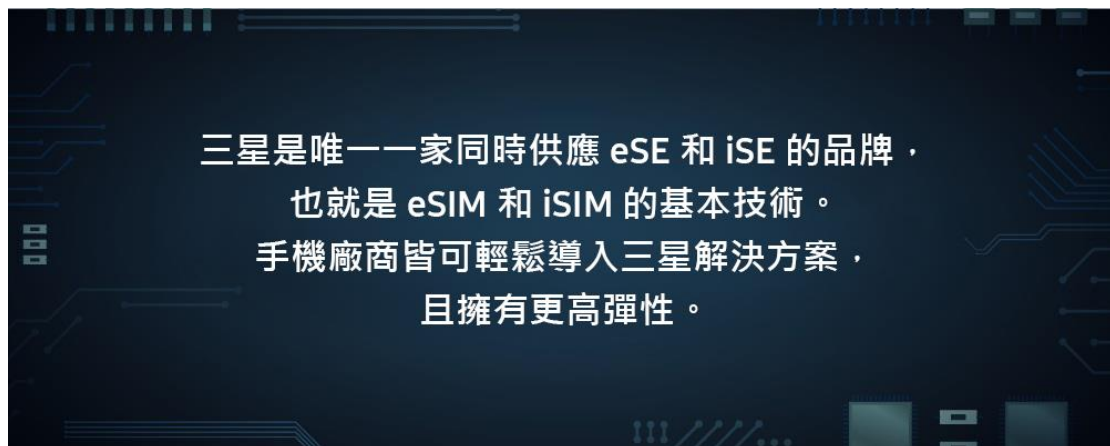
Lee 提到：「團隊於今年年初完成概念驗證 ( PoC ) 並成功研發 iSIM<sup>(註十二)</sup>，即 iSE 中可用性最高的服務。其中，三星研究院負責打造 iSE 安全作業系統 ( Camelia )，數位安全公司 Thales 負責研發 iSIM 安全應用，經雙方密切合作才得以實現。」

iSIM 將 SIM 卡功能整合於 SoC，是嵌入式 SIM 卡 ( eSIM ) 的升級版。此舉大添便利性，如用戶欲更換電信業者，不需換 SIM 卡則可同時擁有兩組以上電話號碼，並於一台裝置上使用多家電信公司的服務。以手機廠商角度而言，因 iSIM 如同離散式 eSIM，不需單獨對應的半導體即可直接於 SoC 內運行，能省去 SIM 卡卡槽並減少零組件佔用空間，為一大優點。



成功研發 iSIM 對三星來說意義重大，研發團隊克服重重挑戰，以達成嵌入式 iSIM 的技術環境要求。

Lee 表示：「iSIM 須符合全球行動通訊系統協會 (GSMA) 技術要求，亦即嵌入作業系統軟體和硬體的 iSIM 皆須通過 CC EAL4+<sup>(註十三)</sup> 安全認證。而三星硬體的安全等級較標準更高一級，達到 CC EAL5+。我們更研發出可以安全嵌入大型 SIM 設定檔 (profile) 的外部記憶體。」



「三星是唯一一家同時供應 eSE 和 iSE 的品牌，也就是 eSIM 和 iSIM 的基本技術。手機廠商皆可輕鬆導入三星解決方案，且擁有更高彈性。我相信，沒有所謂『完美』的安全解決方案，但三星仍盡力於技術方面盡善盡美。團隊將持續研發高安全性的執行環境，以適應不同平台多樣的安全功能。」



註一：數位通訊：將類比訊號轉換為數位訊號，傳輸至另一方，再轉換至人類可辨識的類比訊號。相較類比通訊，可實現高品質與大容量資料傳輸。

註二：行動寬頻：支援行動裝置（如智慧型手機和平板）高速多媒體網路服務的技術。

註三：New Radio（NR）：為第五代行動通訊技術，涵蓋 sub-6 GHz 和毫米波（24-100 GHz 之間的高頻頻段）。毫米波擁有超高速、超低延遲和超連結的優點，美中不足為繞射程度低。

註四：美國電機電子工程師學會（Institute of Electrical and Electronics Engineers，IEEE），亦為全球最大規模的技術組織。

註五：第三代合作夥伴計畫（3GPP）：成立於 1998 年十二月，為全球行動通訊標準化技術合作組織，旨在制定無線通訊相關國際標準，如 GSM、WCDMA、GPRS 和 LTE。

註六：超寬頻（Ultra-Wideband，UWB）：此技術將最大發射功率限制於-41.3 dBm/MHz 以下，避免干擾其他無線訊號，但採用大頻寬（500MHz）實現高傳輸速率。

註七：服務品質（Quality of Service，QoS）：為一種確保網路通訊服務品質的機制，延遲時間或資料損失率低於一定水準；也指事先約定或定義的通訊服務等級。換言之，QoS 為多種技術的總稱，透過有效分配頻寬和優先順序，將不同應用的資料傳輸需求與可用的網路資源自動配對，以一致且穩定的速度，將資料快速傳送至目的地。

註八：多重連接模式（Multi-Link Operation，MLO）：此技術可同時連接不同頻段上的多個通道。

註九：4096 QAM（Quadrature Amplitude Modulation，正交振幅調變）：透過調變同相載波訊號與正交相位載波訊號的振幅和相位，調整資料傳輸，尤其適用於以較窄頻寬傳輸大量資料的情境；4096QAM 中每個符號承載 12 位元資料。

註十：出自〈Cisco VNI predicts bright future for Wi-Fi towards 2022〉，2019 年 2 月 22 日。

註十一：無線存取點（Wireless Access Point）：無線區域網路中作為基地台的低功耗無線設備，亦稱為 Wi-Fi 訊號延伸器、Wi-Fi 訊號放大器或無線訊號延伸器。

註十二：整合式 SIM 卡（iSIM）：一種內建的用戶身分模組，亦稱為整合嵌入式通用積體電路卡（eUICC）。

註十三：共同準則評估保證等級（Common Criteria Evaluation Assurance Level，CC EAL）：共同準則（CC）為評估 IT 產品和特定網站安全性的國際標準；評估保證等級（EAL）為界定安全評估的等級。