

# 通訊先進國積極發布 6G 願景，開啟次世代通訊前哨戰

## Communication Advanced Countries Issue 6G Visions Aggressively to Open the War of the Next Generation Communication

February 17, 2022



**IEK** Consulting

陳俊儒 Lawrence Chen



工業技術研究院  
Industrial Technology  
Research Institute

# 通訊先進國積極發布 6G 願景， 開啟次世代通訊化之前哨戰

## Communication Advanced Countries Issue 6G Visions Aggressively to Open the War of the Next Generation Communication Standardization

陳俊儒 Lawrence Chen



雖然目前 5G 的商轉尚未完全普及，3GPP 也尚未啟動 6G 的規格研制工作，然而通訊發展先進國，包含美國、歐盟、中國、日本、韓國等國，其 6G 發展相關的產官學研等單位，近年來紛紛發表 6G 願景，開啟次世代通訊標準化的前哨戰。根據各國 6G 願景的描述，可以預期未來 6G 發展將涉及超高速(Extreme High Data Rate)、超覆蓋(Extreme Coverage)、超節能(Extreme Low Energy)、超低延遲(Extreme Low Latency)、超信賴(Extreme High Reliability)、超連結(Extreme Massive Connectivity)等未來需求。各國根據願景下之未來需求，提出 6G 相關的潛在關鍵技術，主要可分為新頻譜通訊技術、通訊共通性技術、新型特定通訊技術、融合應用技術等四大類。

## 一、通訊發展先進國近年來紛紛發布 6G 願景

從 1980 年到 2010 年，觀察 1G 到 4G 發展的 30 年間，行動通訊技術偏重在「人與人的溝通」，讓民眾可恣意地通話、發布照片與上傳視訊內容，形塑一個超國度的全球大型社群網路。然而從 5G 時代開始，行動通訊技術的發展重點轉向「人與物的溝通」，偏重在垂直行業的商業應用，如智慧工廠、遠距醫療、自動駕駛等實現模擬人類真實反應的關鍵任務，藉由 5G 帶動產業應用升級。第六代行動通訊系統(The 6th Generation Wireless Systems)，簡稱 6G，為現今 5G 的延伸，預期 6G 技術會有很大的程度優化並改善 5G 技術，按照過往行動通訊技術約每十年的演進歷程，預估 2030 年 6G 將可實現商用化。

跨國電信標準組織 3GPP(第三代合作夥伴計畫)，預計於 2023 年開啟對於 6G 的相關規格研制工作，最快將於 2025 年開始起草 6G 技術標準化草案，預計 2028 年後推動 6G 技術商品化。雖然目前 5G 的商轉尚未完全普及，3GPP 也尚未啟動 6G 的研究工作，然而通訊發展先進國，包含美國、歐盟、中國、日本、韓國等國，其 6G 發展相關的產官學研等單位，近年來紛紛發表布 6G 發展願景。

### (一) 美國

#### ● Next G 聯盟

美國電信產業標準聯盟(Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS)於 2020 年 10 月，集結北美主要電信業者、國際系統設備大廠成立 Next G 聯盟。其成立之目的，是在 6G 發展過程中，確保北美在塑造下一代無線通訊技術研發與標準化、網路架構、系統設備及其最終部署等，重取全球領導地位。Next G 聯盟匯集了來自北美產業界、學術界和政府等重要利益相關者，共同製定 6G 願景和藍圖，提到以下基本目標：提高未來網絡信任、安全性和彈性，得到民眾、企業和政府的完全信任；改善網絡架構各個方面的成本效率；由多感官體驗組成的增強型數位世界(Enhanced Digital World)創造新的經濟價值；人工智慧原生(AI-native)未來網路因應更多樣化的流量類型、超密集部署拓撲和更具挑戰性的頻譜情況；分散式雲和通訊系統為混合實境(Mixed Reality, MR)等應用帶來更高的靈活性、性能和彈性；通訊的能源效率和環境保護應用需達到 IMT 2040 年碳中和目標。

#### ● 美國 5G 產業聯盟

美國 5G 產業聯盟(5G America)於 2020 年 12 月發布《Mobile Communications beyond 2020: The Evolution of 5G towards the NEXT G》，提及 6G 是虛實世界的融合，並衍生多元的創新應用服務，如全息影像通訊(Holographic Communications)、觸覺通訊(Tactile/Haptic Communications)、無所不在的服務(Ubiquitous Services)等。

## (二) 歐盟

- **芬蘭奧盧大學**

芬蘭奧盧大學(University of Oulu)創辦 6G Flagship，並於 2019 年 9 月發布《Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence》，強調 6G 的發展將會比 5G 更全盤的考量到環境永續性，並由各個社群的參與共同形塑出將來 6G 發展的需求。未來 6G 的用途將以數據應用傳輸為核心，藉由更廣泛的物聯網與人工智慧技術，創造出新的智慧服務與應用。

- **Hexa-X**

歐盟於 2021 年 1 月正式啟動 6G 旗艦計畫 Hexa-X，以 Nokia 擔任計畫主持者，Ericsson 負責技術經理，與歐盟境內多家電信領域相關大廠合作發展 6G 技術。Hexa-X 所提出的願景，是通過 6G 關鍵推動因素，包含智慧連接(Connecting Intelligence)、網路中的網路(Network of Networks)、可持續性(Sustainability)、全球服務覆蓋(Global Service Coverage)、極致體驗(Extreme Experience)以及資料可信度(Trustworthiness)，將人類世界(Human World)、實體世界(Physical World)和數位世界(Digital World)連接起來。

## (三) 中國

- **中國移動研究院**

中國移動研究院於 2019 年 11 月發表《2030+願景與需求報告》，強調 6G 應在 5G 基礎上全面支持整個世界的數位化，並結合人工智慧等技術的發展，實現智慧的泛在可取、全面賦能萬事萬物。透過數位雙生(Digital Twin)精確地反應和預測實體世界的真實狀態，提升社會生產和治理的效率，實現『數創世界新，智通萬物靈』的美好願景。

- **賽迪智庫無線電管理研究所**

賽迪智庫無線電管理研究所於 2020 年 3 月發表《6G 概念及願景白皮書》，認為 6G 總體願景是基於 5G 願景的進一步擴展和升級，6G 的服務對象將從實體世界的人、機、物拓展至虛擬世界的『境』，通過實體世界和虛擬世界的連接，實現『人－機－物－境』的協作，滿足人類精神和物質的全方位需求。

- **IMT-2030(6G)推進組**

IMT-2030(6G)推進組於 2021 年 6 月發表《6G 總體願景與潛在關鍵技術白皮書》，論及面向 2030 年及未來，人類社會將進入智慧化時代，社會服務均衡化、高端化，社會治理科學化、精準化，社會發展綠色化、節能化將成為未來社會的發展

趨勢。6G 將實現實體世界人與人、人與物、物與物的高效智慧互聯，打造泛在精細、即時可信、有機整合的數位世界，即時精確地反應和預測實體世界的真實狀態，助力人類走進人機物智慧互聯、虛擬與現實深度融合的全新時代，最終實現『萬物智聯、數位孿生』的美好願景。

#### (四) 日本

- **NTT DoCoMo**

NTT DoCoMo 於 2020 年 1 月發表《White Paper 5G Evolution and 6G》，總體目標是持續提升 5G 的傳輸容量、高速傳輸、低延遲與多連接特性，同時發展更高頻的傳輸技術。NTT DoCoMo 所勾勒的 6G 願景，包含：能夠提供高達 100Gbps 以上的傳輸速度，且延遲低於 1 毫秒，以及達到更大規模的裝置連接能力。

- **日本總務省**

日本總務省於 2020 年 6 月發表《Beyond 5G 推進戰略：邁向 6G 的藍圖》，期望透過虛擬空間實體系統(Cyber-Physical-System, CPS)實現具備包容、永續、高可靠性的 Society 5.0。

#### (五) 韓國

- **Samsung**

Samsung 於 2020 年 7 月發布《The Vision of 6G》，對 6G 抱持的未來願景，是將下一個超連結體驗帶入生活的每個角落。Samsung 預估 6G 網路最快將於 2028 年完成標準制定與商業化，並於 2030 年起實現大規模商轉，屆時人類和機器都將成為 6G 的主要使用者，進而實現一系列的領先服務，例如延展實境(Extended Reality, XR)、高度逼真的行動全像投影(Hologram)以及數位複製(Digital Replica)等。

- **韓國科學技術情報通信部**

韓國科學技術情報通信部(The Ministry of Science and ICT, MSIT)於 2020 年 8 月發布《引領 6G 時代的未來行動通訊 R&D 推動策略》，以『帶領想像實現的 6G 時代』為願景，針對 6G 技術發展重點領域，包含超性能、超寬頻、超精密、超空間、超智慧和超可信賴，提出掌握 6G 核心技術、主導 6G 全球市場奠定基礎、實現世界最早 6G 商用化等策略目標。

## 二、6G 願景下之未來需求

根據通訊發展先進國 6G 相關的產官學研等單位所發表的 6G 願景，可以預期未來 6G 關鍵技術發展將涉及超高速(Extreme High Data Rate)、超覆蓋(Extreme Coverage)、超節能(Extreme Low Energy)、超低延遲(Extreme Low Latency)、超信賴(Extreme High Reliability)、超連結(Extreme Massive Connectivity)等未來需求。

- **超高速(Extreme High Data Rate)**

在未來新的感知服務(Sensory Service)，例如全息投影(Hologram)，6G 將具備超過 100 Gbps 的通訊速度，預期可以使用戶感受到身臨其境的極致沉浸感體驗。

- **超覆蓋(Extreme Coverage)**

以目前的行動通訊網絡覆蓋範圍，約有 80%以上的陸地區域、95%以上的海洋區域、地表 10 公里以上的高度尚無訊號，在基地台所未覆蓋的沙漠、無人區、海洋等區域內仍是通訊盲區。6G 將實現全覆蓋，為偏遠地區、飛機、無人機、汽車、輪船等提供寬頻接入服務。

- **超節能(Extreme Low Energy)**

資通訊產業目前約消耗全球電力 5-9%，隨著數位化的快速增長，全球對於裝置連接和高速資料傳輸的需求，預期物聯網裝置於 2030 年將超過 1250 億個，資通訊產業在全球電力的消耗可能會上升至 20%。從 6G 商業和環境的角度，網路和終端設備在低功耗的要求將更加重要。

- **超低延遲(Extreme Low Latency)**

6G 能將端對端時延縮減至毫秒級(<1ms)，對於智慧工廠而言，從而能夠逐步取代之工廠內機器間的有線傳輸，以實現製造業更高層級的無線化和彈性化。

- **超信賴(Extreme High Reliability)**

無線通訊高度可靠的控制資訊是遠程控制和工廠自動化等許多工業應用案例的重要要求，6G 有望實現比 5G 更高級別的可靠性和安全性。隨著機器人和無人機的普及，以及無線電覆蓋範圍向天空的擴大，將來不僅需要在工廠等有限特定的區域，而在更廣泛的區域中，進行高度可靠和安全的通訊。

- **超連結(Extreme Massive Connectivity)**

隨著感測器技術和物聯網應用的發展，物聯網裝置預計 6G 時代將達到每平方公里 1 千萬個，必須仰 6G 發揮網絡超連結的性能。6G 也有可能發展感知現實世界的功能，例如利用無線電波進行定位和物體檢測。

### 三、6G 潛在關鍵技術

美國、歐盟、中國、日本、韓國等通訊發展先進國在發布 6G 願景的同時，根據願景下之未來需求，提出 6G 相關的潛在關鍵技術，主要可分為新頻譜通訊技術、通訊共通性技術、新型特定通訊技術、融合應用技術此四大類。

#### (一) 新頻譜通訊技術

- **毫米波(mmWave)**

目前 5G 已規劃使用低於 50 GHz 的毫米波(mmWave)，與中低頻段相比，毫米波可用頻寬要大的多，對於 6G 來說是非常寶貴的頻譜資源，故預計 6G 將會需要更多的毫米波頻段(例如高於 100 GHz)。因為毫米波技術為回傳(Backhaul)、前傳(Fronthaul)和接入網路提供解決方案，可支持高速資料傳輸，適用於自動駕駛、智慧工廠等場景。

- **太赫茲(Terahertz)**

太赫茲(Terahertz 或稱為兆赫波)為頻率範圍 0.1 到 10 THz 的電磁波，頻段位於毫米波和紅外線之間，許多 6G 相關組織將太赫茲列為 6G 發展的關鍵頻段。雖然為太赫茲頻段早在 1974 年就被發表，已有近 50 年歷史，然而因不易透過傳統電子或光學方式產生發射源，使得為太赫茲相關應用難以普及，被稱為太赫茲缺口(Terahertz Gap)。但也正因為如此，太赫茲頻段較少被人使用，故其頻譜資源極為豐富。太赫茲可大幅提升網路容量及速度，重點滿足 Tbps 等級大容量、超高傳輸速度的系統需求。

- **光無線通訊(Optical Wireless Communication, OWC)**

光無線通訊(Optical Wireless Communication, OWC)，包含可見光與近紅外光，兼具光纖通訊和行動通訊的優勢，可實現高寬頻傳輸，且具有抗電磁干擾、無需頻率授權等優點。光無線通訊的主要缺點，就是光源一旦被遮蔽就無法通訊，但同時也造就其具備保密性的特點。光無線通訊潛在應用市場廣泛，除可做為室內無線 AP 用於居家，辦公室，機場，會議廳等室內場合，也可應用於視訊會議系統和潛水通訊等。光無線通訊如何與行動通訊網絡的進行接合，將會 6G 發展之重要課題。

#### (二) 通訊共通性技術

- **超大規模 MIMO(Ultra-Massive Multiple-Input-Multiple-Output, UM-MIMO)**

超大規模多輸入多輸出(Ultra-Massive Multiple-Input-Multiple-Output, UM-MIMO)簡稱為超大規模 MIMO。超大規模 MIMO 技術是大規模 MIMO(Massive

MIMO)技術的進一步演進升級，透過天線和晶片系統整合度的不斷提升，將推動天線陣列(Antenna Array)規模持續增大，通過應用新材料，引入人工智慧等新技術，超大規模 MIMO 具備在三維空間進行波束調整的能力，可實現更廣更靈活的網路覆蓋、更佳的頻譜與能源效率。

- **可重構智慧表面(Reconfigurable Intelligent Surface, RIS)**

6G 所採用的太赫茲因繞射性差，導致基地台訊號容易被牆壁等障礙物所阻擋。可重構智慧表面技術(Reconfigurable Intelligent Surface, RIS)是由許多波長反射元件所組成的陣列模組，每個反射元件皆可獨立控制，透過主動智慧調控，讓訊號波束在特定方向上增強並反射，甚至可以抑制或消除干擾訊號。RIS 可以應用於高頻覆蓋增強、綠色通訊(Green Communications)、輔助電磁波環境感知和高精度定位等場景。

- **電磁波軌道角動量(Orbital Angular Momentum, OAM)**

軌道角動量(Orbital Angular Momentum, OAM)是電磁波固有的物理量，作為無線通訊傳輸的一種新物理維度，利用 OAM 模態之間的正交性，能夠有效提升無線通訊系統的頻譜效率、傳輸容量和抗干擾能力。具有 OAM 的電磁波又稱為漩渦電磁波(Vortex Electromagnetic Wave, VEMW)，其相位面呈現螺旋狀，非傳統平面相位電磁波，是由天線發射經典電磁波波束，然後經由迴旋電子直接激發的電磁波量子態。OAM 可視為一種新型 MIMO 波束成形方式，在點對點直接傳輸時，與傳統 MIMO 波束相比可大幅降低波束成形和數位訊號處理複雜度。

- **高精度網絡(High-Precision Network, HPN)**

高精度網絡(High-Precision Network, HPN)整合各種支持大規模連接的無線電連接協議(Radio Link Protocol)以及其它協議，例如 IETF 確定性網絡(Deterministic Networking, DetNet)、IEEE 時間敏感網絡(Time-Sensitive Networking, TSN)等，達到最大限度地減少端對端(E2E)的延遲，降低抖動(Jitter)至微秒等級，以確保互動式服務的高體驗品質(Quality of Experience, QoE)。

### (三) 新型特定通訊技術

- **非地面網絡通訊(Non-Terrestrial Network, NTN)**

3GPP 將在 2022 年凍結的 5G 標準 Release 17 版本中，會把非地面網絡(Non-Terrestrial Network, NTN)通訊納入，對行動通訊產業跟衛星通訊產業而言，都是非常重要的發展里程碑。NTN 通訊技術亦列為 6G 的關鍵技術，提到非地面通訊與地面通訊的緊密配合，運用太赫茲、光通訊等新頻譜；智慧非地面網絡(Smart



NTN)的飛行節點(Flying Nodes)成為 6G 網絡的智慧邊緣節點(Smart Edge Nodes)，實現在空中的運算和存儲等研究方向。

- **觸覺互聯網(Tactile Internet, TI)**

觸覺互聯網(Tactile Internet, TI)是指通過對觸覺控制資訊的傳輸和回饋，來進行精密的動作控制，可與實際或虛擬的物體進行遠程即時的交互作用，包括人對機器、機器對機器的互動，以實現社會和工商業等領域即時協作系統與創新應用。觸覺互聯網作為 6G 的關鍵技術，已引起學術界和產業界的關注，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)和電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)等國際標準組織已經開始觸覺互聯網相關領域的標準制定。

- **水下無線通訊(Underwater Wireless Communication, UWC)**

海洋面積約占地球表面的 70%，而世界貿易約有 90%是由國際海運產業承運。雖然 5G 在深海養殖有創新的應用案例，但海洋機器類型通訊(Machine Type Communication, MTC)在 5G 網絡尚未得到足夠的重視，仍處於發展的早期階段。隨著水下物聯網(Internet of underwater Things, IoUT)開始受到重視，除了商業上的應用，國家安全議題亦有所討論，例如水下環境監測、海洋災害預測等，故有專家提及水下無線通訊(Underwater Wireless Communication, UWC)可能成為 6G 通訊網絡的關鍵技術之一。

#### **(四) 融合應用技術**

- **人工智慧原生(AI-Native)**

未來 6G 不只是將人工智慧視為外加的優化工具，而是在 6G 網絡設計之初就深度融合人工智慧技術。人工智慧將原生於 6G 通訊系統，稱之為人工智慧原生(AI-Native)，使 6G 網絡具備充分利用網絡節點的通訊、計算和感知能力，通過人工智慧處理虛擬化網絡功能(Virtualized Network Function)部署、服務品質(Quality of Service, QoS)、頻譜共享(Spectrum Sharing)等任務，實現自治和自動化的 6G 網絡。

- **區塊鏈無線接取網絡(Blockchain Radio Access Network, B-RAN)**

區塊鏈(Blockchain)可將歸屬權各異的分散式資料庫按照時間順序進行組織，並以密碼學算法保證數據紀錄的公開、安全、可追溯且不可篡改。而區塊鏈無線接取網絡(Blockchain Radio Access Network, B-RAN)在無任何第三方或中心代理的情況下，可建構多個網絡中及網絡間的協作信任，以進行管理網絡接取、身份驗證、授權和記帳等操作。B-RAN 作為區塊鏈即服務(Blockchain as a Service, BaaS)平

台，具有增強安全屬性，可為未來 6G 網絡用戶提供數據交換、隱私保護、跟蹤即監管等多項資安關鍵功能。

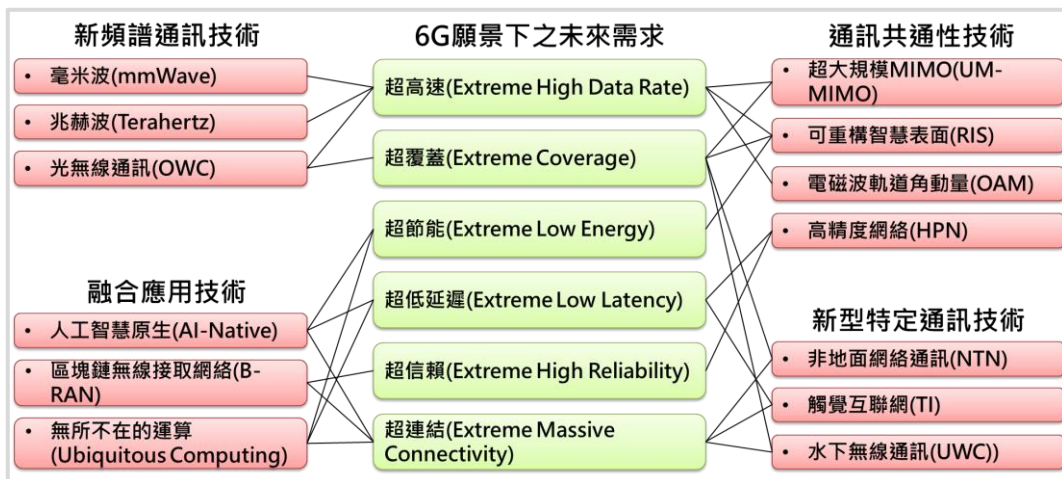
- **無所不在的運算(Ubiquitous Computing)**

5G 網路邊緣的線上設備數量迅速增加，例如智慧工廠和智慧城市的 IoT 設備，產生大量數據資料並消耗大量資料頻寬，難以單單透過中央資料中心，這種傳統的雲端運算架構來處理。邊緣運算(Edge Computing)能將計算和儲存能力帶到網路邊緣，在實體或地理位置上盡可能接近終端設備，減少網路頻寬使用和延遲，縮短回應時間，故近年來邊緣運算獲得相當大的發展動能。未來 6G 電信架構會朝向分散式微服務架構(Distributed Micro Service-Based Architecture)發展，加上超低延遲的需求，邊緣運算將會更加重要，甚至擴展至無所不在的運算(Ubiquitous Computing)。

## IEKView

目前國際通信聯盟無線通信部門(ITU-R)邀請各個 6G 相關組織提供『2030 年及以後的 IMT 願景』(The vision for IMT toward 2030 and beyond)，計畫於 2023 年年中正式推出 6G 願景，作為後續 3GPP 開始 6G 初步標準化工作的重要基礎。6G 願景的發布可視為次世代通訊標準化前哨戰的開啟，各個通訊發展先進國，例如美國、歐盟、中國、日本、韓國等，其 6G 發展相關的產官學研近年來積極發布 6G 願景，其用意在於搶占 6G 關鍵技術標準化的話語權高地，為取得後續標準制定權，以掌握 6G 核心專利，期望在未來 6G 科技競賽中搶占先機。

美國成立 Next G 聯盟，試圖創建新的通訊產業生態體系，並積極拉攏歐日韓台廠商結盟，我國聯發科和台積電亦在其正式成員之列，去中化立場明顯，預估將對未來 6G 產業版圖產生相當程度的影響。台灣業界過去長期遵循國際 3GPP 標準組織運作，除了延續參與既有 3GPP 的 6G 工作小組，更應積極鏈結潛力通訊產業聯盟，例如 Next G、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)、Open RAN 等，將有助於參與 6G 標準制定並推動產業生態發展。



資料來源：工研院產科國際所

圖 1、6G 潛在關鍵技術與願景未來需求之關聯性

如圖 1 所示，各國圍繞在 6G 願景下之未來需求，提出新頻譜通訊技術、通訊共通性技術、新型特定通訊技術、融合應用技術等四大類 6G 相關的潛在關鍵技術。其中像是毫米波(高於 100 GHz)、人工智慧原生、區塊鏈無線接取網絡、無所不在的運算(邊緣運算的演進)、超大規模 MIMO、高精度網絡等多種技術，皆是在原有 5G 技術基礎上進一步的演化。我國應持續推動 5G 技術發展，以及在垂直行業領域之應用，以作為 6G 發展的跳板，奠定 6G 發展之基礎。

除了原有 5G 技術演進相關的 6G 的技術，各國亦提出一些過去較被少關注的新興技術，例如太赫茲、光無線通訊、可重構智慧表面、軌道角動量、非地面網絡通訊、觸覺互聯網、水下無線通訊等。目前這些新興技術發展路徑以及應用場景尚不明確，我國應持續關注國際發展態勢，評估全球市場需求，並考量國內產業與技術優勢，以擬定台灣 6G 技術發展方向。

以上報告所提供之資訊，在尖端科技發展與產業變動中，無法保證資訊的時效性及完整性，使用者應自行承擔因使用本報告資料可能產生之任何損害。著作權歸工研院所有，非經書面允許，不得以任何形式進行局部或全部之重製、公開傳輸、改作、散布或其他利用本報告資料之行為。

## **IEK** Consulting

會員服務專屬：<http://www.iek.org.tw>

☎ 服務專線：03-5912340

☎ 傳真電話：03-5820302

✉ 客服信箱：[iekconsult@itri.org.tw](mailto:iekconsult@itri.org.tw)



**工業技術研究院**  
Industrial Technology  
Research Institute