

出國報告（出國類別：訪問）

隨同「下世代通訊系統關鍵技術研發專案計畫」研究團隊赴歐洲科研機構進行 6G 技術交流與參訪案

服務機關：國科會

姓名職稱：李志鵬處長

派赴國家/地區：芬蘭、德國

出國期間：112 月 6 月 9 日至 112 年 6 月 18 日

報告日期：112 月 7 月 25 日

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫執行出國參訪及考察

心得報告

日期：112 年 06 月 30 日

計畫名稱	下世代通訊系統關鍵技術研發專案計畫		
出國人員 姓名	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吳宗霖 2. 李志鵬 3. 楊谷章 4. 洪樂文 5. 魏宏宇 6. 林光勛 7. 張盛富 8. 林士程 9. 黃婉甄 10. 劉恩成 11. 陳健 12. 王蒞君 	服務機構 及職稱	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國立臺灣大學特聘教授暨副院長 2. 國科會工程處處長 3. 國立中興大學講座教授暨院長 4. 國立清華大學教授 5. 國立臺灣大學教授 6. 國立臺灣大學博士後研究員 7. 國立中正大學教授 8. 國立中正大學教授 9. 國立中山大學副教授兼所長 10. 國立陽明交通大學專案助理研究員 11. 國立陽明交通大學副教授 12. 國立陽明交通大學講座教授暨院長
出國時間	112 年 6 月 9 日 至 112 年 6 月 18 日	出國地點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 芬蘭 奧盧 2. 德國 德勒斯登 3. 德國 柏林

一、參訪及考察過程

1. 6/9-6/11，出發前往目的地(台灣至芬蘭)

2. 6/12：6G Flagship

本日參訪芬蘭奧盧大學的 6G Flagship 計畫，8 點集合搭乘接駁車往奧盧大學。到達奧盧大學的會議室後，在會議開始前與會人員交換名片互相認識，並就研究範疇進行初步討論。

首先由該計畫的 Director (Matti Latva-aho 教授)對 6G Flagship 組織進行介紹，他提到該組織底下主要有四個研究隊伍，分別為 1. Wireless connectivity, 2. Devices and Circuit Technology, 3. Distributed Intelligence, 4. Human-centric Wireless Services，而組織之下延伸出了 400 多個研究計畫。接著由國科會李志鵬處長發言，提到了臺灣的強項為晶片製造(如 TSMC)及晶片設計(如 MTK)，且目前臺灣有兩大專案著重於下世代通訊，因此顯然兩方是能以互補方式合作。接著是來自 Business Finland，擔任 6G Bridge Program 的 Pekka Rantala 對於芬蘭 6G 發展目標的介紹，其中先針對為何 5GA 及 6G 科技混合針對人、地球及生產力的重要性，而針對生產力中強調了實體世界對應的數位孿生概念；而之中致能技術及建構方塊則包含 ACCESS、

Time	Schedule
08:30	Welcome, Coffee
09:00	Session: Introduction <i>Nurul Huda Mahmood</i> Personal introduction Short introduction presentation from 6G Flagship <i>Prof. Matti Latva-aho</i> Business Finland presentation <i>Mr. Pekka Rantala</i> Introduction to Taiwan's 6G program <i>Prof. Yao-Win Peter Hong</i>
09:40	Session: 6G network architecture <i>Tuomo Hänninen</i> Recent Research and Development Status of free5GC (~10 minutes) <i>Prof. Chien Chen</i> 6G open architecture, O-RAN RIC and usecases (~10 minutes) <i>Dr. En-Cheng Liou</i> Sustainable Dual Powered Green Cellular Networks (~10 minutes) <i>Prof. Li-Chun Wang</i> Presentation on related activities at 6G Flagship (~10 minutes) <i>Prof. Tarik Talib</i> Towards Truly Sustainable IoT systems (~10 minutes) <i>Prof. Marcos Katz</i> Open discussions and potential action items (~10 minutes)
10:40	Coffee break
11:00	Session: Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) <i>Jack Soh</i> Design of 6G Reconfigurable Intelligent Surface Platform—RIS Circuitry and RIS-ORAN Integration (~15 minutes) <i>Prof. Shih-Cheng Lin, Prof. Sheng-Fuh Chang</i> Presentation on RIS related activities at 6G Flagship (~20 minutes) <i>Prof. Markku Junni, Prof. Jack Soh</i> Open discussions and potential action items (~10 minutes)
11:45	Session: Higher order MIMO <i>Prof. Antti Tölli</i> 6G Upper-midband Higher-order MIMO Mobile Communication System (~10 minutes) <i>Prof. Wan-Jen Huang</i> Presentation on MIMO related activities at 6G Flagship (~10 minutes) <i>Prof. Antti Tölli</i> Open discussions and potential action items (~10 minutes)
12:15	Wrap up
12:30	Lunch
14:00	Lab tours <i>Tuomo Hänninen</i> VLC Lab tour <i>Prof. Marcos Katz</i> 5G Test Network tour <i>Tuomo Hänninen</i> RF lab tour <i>Dr. Marko Leinonen</i>
15:30	Coffee at TS138
16:00	

圖 1、6G Flagship 參訪議程

WEB、CONTENT、SECURITY&TRUST；更進一步探討了 6G 在各種垂直應用所需的適應性，由於 6G Bridge Program 是政府方的組織，從 Rantala 的介紹中讓我參訪團成員能更掌握芬蘭國內對於 6G 的完整規劃。

接下來的技術會議則主要分為三個 session：(1) 6G 網路架構、(2) 可重構智慧面、(3) 高階 MIMO。陽明交通大學的陳健教授報告了全球首個開源的 5G 核網 free5GC 的最新發展，目前正在逐步向 3GPP R16 和 R17 標準邁進。該系統測試中使用了 Nokia 小基站、OAI 和 USRP 等設備，並整合了 5G 時效性網路，應用於羽球人工智慧教練。另一位劉恩程博士報告了可用於 3D 行動網路的 6G 開放架構，適用於 LEO 和 UAV 等應用，並展示了基於 ORAN RIC 平台的裝置定位案例。此外，王蒞君教授探討了綠能蜂巢網路中的雙供電問題，提出了智能可感知綠能合作覆蓋調整和負載綠能轉移的解決方案。

奧盧大學的 Tarik Talib 教授領導的 Wireless connectivity 研究隊伍參與了 6G Flagship 計畫，專注於網路架構相關活動。該團隊研究網路軟體化、邊緣-雲連續體網路和確定性安全網路。同時，Marcos

Katz 教授的研究集中在光學無線通訊，致力於實現真正可持續的物聯網系統。這些研究強調芬蘭在 6G 領域的環境永續發展。

休息時間結束後，第二個技術 session 開始，主題是可重構智慧面(RIS)。奧盧大學的 Jack Soh 教授擔任主持人，介紹了 6G Flagship 組織的研究領域之一：裝置及電路科技。接著，中正大學的張盛富教授報告了 RIS 的操作機制和應用目標，展示了團隊開發的 RIS 技術，可以重新導引電磁波並改善通訊品質。接著，奧盧大學的 Markku Juntti 教授報告了通訊系統中使用 RIS 的技術，並分享了一些開發實例。奧盧大學團隊自行開發了射線追蹤模擬軟體，展示了在 140GHz 頻段的模擬結果。Jack Soh 團隊的 Tung Phan 博士則介紹了 sub-THz 可重構智慧面的研究，使用 metagrating 技術開發了 140-GHz RIS。該團隊探討了不同設計技術的優缺點，並試驗了特殊材料的可重構性能。

下一個技術 session 是高階 MIMO，由奧盧大學的 Antti Tölli 教授主持。黃婉甄教授介紹了中山大學團隊開發的 6G 高中頻(UMB)頻段的高階 MIMO 測試平台。中山大學團隊進行了各種通訊實驗，包括室內和室外到室內的情境，實現了優質的通訊品質。Antti Tölli 教授談到了奧盧大學的 MIMO 相關研究，包括分布式 MIMO、低解析度 massive MIMO、近場 MIMO 和多天線編碼快取等主題。奧盧大學團隊探索了不同的技術應用情境，例如基於 OTA 訊令的分布式預編碼和在毫米波頻段的應用考量。

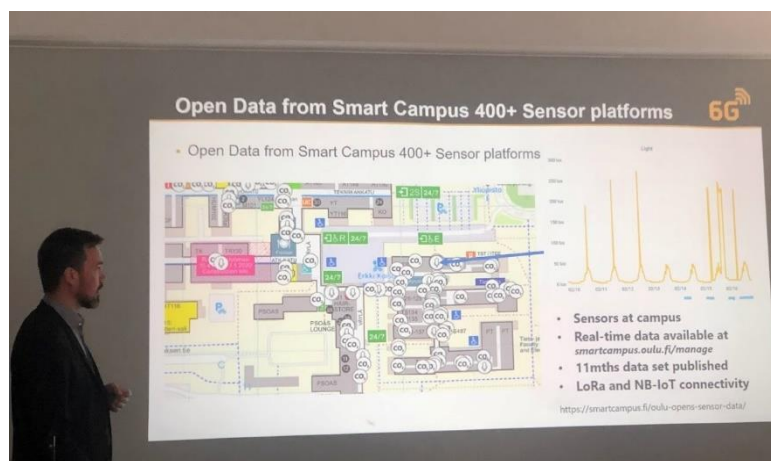


圖 2、Hänninen 博士介紹校園內建置之超過 400 個感測器平台可提供開放資料

在技術 session 完全結束後，便是午餐時間。在用餐結束後，奧盧大學安排了三個實驗室的巡禮，首先是前面有報告的 Katz 教授帶領參觀可見光通訊(VLC)實驗室，他展示了他的博士生所正在從事的利用可見光來採集能量並且同時達到通訊的低功耗 IoT 裝置，部分電路採用印刷軟板電子。再來是 Tuomo Hänninen 博士導覽建構於奧盧大學校園中 5G 測試網路，由於奧盧大學與 Nokia 合作密切，因此可發現校園中的小基站、基地台都與 Nokia 息息相關，還在校園中建置了超過 400 個感測器平台用以獲取大量資料用於雲端/網路測試(圖 2)。最後的實驗室參觀是位於地下室的無反射電波暗室，所採用的向量訊號產生器、訊號分析儀均是企業級的規格。在參訪過程中，兩方人員也在建築物的大廳中留下合影(圖 3)。



圖 3、雙方與會人員合影

3. 6/13：VTT Oulu、MediaTek Oulu

這日主要的行程是拜訪芬蘭的 VTT，上午九點之前抵達 VTT 之後，由國際合作的負責窗口 Mika Rantakokko 接待參訪團進入 VTT。在李志鵬處長致贈伴手禮後，揭開了今天的參訪序幕，首先，由魏宏宇教授介紹臺灣的 6G 計畫內容及現況，接下來，分別由臺灣的團隊進行報告，包括陳健教授說明陽明交大團隊在 free5GC 的發展近況、黃婉甄教授說明中山大學團隊在 UMB MIMO 測試平台的發展及效能以及張盛富教授展示中正大學團隊在 6G RIS 的研究及設計。

中正大學團隊報告結束後，有一小段喝咖啡休息時間，兩邊的代表團可以成員盡情交換意見，同時也進行 VTT 在 Side Channel Cryptography 方面的展示。

下半場先由 Marko Hoyhtya 教授介紹 VTT 在衛星通訊及非地面網路 (Non-Terrestrial Networks) 的發展，他提到 5G 主要是優化

水平面的地面行動網路，而未來 6G 則是要提供無縫覆蓋 (seamless coverage)，這也是發展衛星通訊和 NTN 的動機，將來預計以低軌衛星 (LEO) 與同步衛星 (GEO) 作為 NTN 骨幹，在 2027 年提供服務，此外，將來也預期啟用高軌衛星 (HEO)，提供極地區域的衛星訊號覆蓋。VTT 的研究工作主要在於通訊衛星的硬體、軟體、酬載 (payload) 以及 LEO 的星座設計，此外，VTT 也開發了衛星通訊模擬

Time	Schedule
08:45	Arrival
09:00	Welcome to VTT <i>Connectivity Lead: Mika Rantakokko</i>
09:05	Introduction of participants
09:15	Presentations from Taiwan
	Introduction to Taiwan's 6G program (~15 minutes) <i>Prof. Hung-Yu Wei</i>
	Recent Research and Development Status of free5GC (~15 minutes) <i>Prof. Chien Chen</i>
	6G Upper-midband Higher-order MIMO Mobile Communication System (~15 minutes) <i>Prof. Wan-Jen Huang</i>
	Design of 6G Reconfigurable Intelligent Surface Platform—RIS Circuitry and RIS-ORAN Integration (~15 minutes) <i>Prof. Sheng-Fuh Chang, Prof. Shih-Cheng Lin</i>
10:30	Break
	Demo concerning side channel cryptography <i>Cryptographer: Anssi Lintulampi</i>
10:45	Presentation from VTT
	VTT in space: Experts in 6G and non-terrestrial networks (NTN) (~15 minutes) <i>Research Professor: Marko Höyhtyä</i>
	Post Quantum Cryptography (PQC) threats and solutions (~15 minutes) <i>Senior Scientist: Visa Vallivaara</i>
	B5G/6G Test laboratory (~30 minutes) <i>Interim Research Team Leader: Jukka Mäkelä</i>
12:00	Open discussions and potential action items
12:30	Lunch
13:30	Printocent Pilot Factory Tour <i>Research Team Leader: Markus Tuomikoski</i>
14:30	

圖 4、VTT 參訪議程

工具、手持衛星通訊裝置等，也與營運商合作利用衛星通訊擴增 6G 網路覆蓋，或是利用衛星做為雷達，同時進行通訊及感測(JSAC)等研究議題。

接下來，由 Visa Vallivaara 博士介紹 VTT 在後量子加密(PQC)的發展，VTT 在量子計算的發展相當先進，目前開發至 5Qbits，預計不久候將進展到 20QBits 或 50QBits，較廣為人知的 IBM 量子電腦進步得多。Business Finland 挹注了不少資源在此技術的發展，除了加密，將來希望能用在保護衛星之間的通訊安全。在兩場報告後，Jukka Maketa 帶領團隊參觀 VTT 工作環境，並以投影片介紹 B5G/6G 的測試場域，場域除了在奧盧，還有艾斯博及其他衛星站點，可提供學術研究及業界的測試使用。

中午在 VTT 員工餐廳享用豐盛的餐點後，下午參觀 VTT 代表帶著團隊參觀奧盧中心製作的產品，包括智慧印刷中心，可以在各類型材質上印刷電路和電子元件，包括在塑膠軟材質上印刷生醫感測電路以及無線電路，用來隨身配戴監測生理資訊，並發送感測訊號。VTT 的印刷電子電路的開發相當先進，VTT 印刷過超過三十種不同元件的電路，令人印象深刻！

結束 VTT 參訪後，參訪團順道短暫地參觀鄰近的聯發科奧盧辦公室，由奧盧辦公室經理 Ville Salmi 博士協助接待介紹，MediaTek 在奧盧辦公室的業務主要負責部份無線裝置 Modem 的開發，成立於 2014 年，目前已有超過 150 位員工；在簡短的互相介紹後，便完成了這一天充實的參訪行程。



圖 5、VTT 參訪照片



圖 6、Mediatek 參訪照片

4. 6/14 移動日(芬蘭至德國)

5. 6/15 : 6G-life

本日的考察行程至 TU-Dresden 參訪，並與 Frank H.P. Fitzek 教授團隊進行展示討論。6G-life 是一個由德國聯邦經濟和能源部贊助的國家級研究項目，其主要目標是對下一代 6G 無線通信技術進行研究和開發，特別關注垂直市場及應用場域的單位。德國工業大學、慕尼黑工業大學以及萊布尼茨大學漢諾威等眾多學術機構都有參與其中。本次參觀中專注於探討開放式網路架構，相關的應用情境以及 TU-Dresden 的平台展示。這個計劃由德國政府全力支持，投資了五百萬歐元，專門研究和開發下一代 6G 生活的可能性。其中，學術界與工業界各自得到了一半的資金，主要的目的就是為了打造一個完整的生態系統。

Time	Schedule
09:00	Personal introduction
09:15	Presentation from TU-Dresden
	Introductory Talk <i>Prof. Frank H.P. Fitzek</i>
	Demopresentation (Latency, bitteiler, Spot, Meshmerize, CampusGenius) <i>Jonas Schulz, Máté Tömösközi, Christian Vielhaus, Sebastian Itting</i>
10:15	Break
10:30	Presentation from Taiwan's 6G teams
	Introduction to Taiwan's 6G program (~15 minutes) <i>Prof. Yao-Win Peter Hong</i>
	Recent Research and Development Status of free5GC(~15 minutes) <i>Prof. Chien Chen</i>
	6G open architecture, O-RAN RIC and usecases(~15 minutes) <i>Dr. En-Cheng Liou</i>
	Design of 6G Reconfigurable Intelligent Surface Platform—RIS Circuitry and RIS-ORAN Integration(~15 minutes) <i>Prof. Sheng-Fuh Chang, Prof. Shih-Cheng Lin</i>
11:30	Open discussions and potential action items
12:00	Lunch
13:30	

圖 7、6G-life 參訪議程

打造一個 6G 生態系統國家計畫中，是一個很重要的切入點。換句話說，計劃的視野並非只局限於 6G 技術本身，而是更加重視打造一個生態系統，Frank H.P. Fitzek 教授認為只有完整的生態系統才能將 6G 的可能性發揮到極致。堅持 6G 並不只是一種通訊技術，而是一種全新的生活方式，因此希望在數位、類比、量子以及生物學等各個不同的領域裡，找到最適合的應用場域，以實現真正的 6G 生活。

在應用情境的想像與規劃中，Frank H.P. Fitzek 教授特別重視人機互動，認為在 6G 時代，人們與機器的互動會達到前所未有的親密程度。這種親密的互動，不僅能使人的生活更加便利，也將重新定義人與機器的關係，甚至改變人的生活方式。Frank H.P. Fitzek 教授進行了大量的研究，試圖找出最佳的互動方式，以提供最優質的 6G 服務。

在參觀過程中，可以注意到眾多新創公司的活躍身影。Frank H.P. Fitzek 教授在各種領域裡進行著大膽的嘗試，無論是網路編碼還是網路內運算，都需要新創公司的創新思維和大膽嘗試。這些新創公司對於 6G 的開發有著不可或缺的作用，而創新力量是推動 6G 發展的重要動力。舉例來說，Frank H.P. Fitzek 教授展示了在 UAV 模擬軟體中試驗了 18 個網路節點的實驗成果。可以看出 Frank H.P. Fitzek 教授團隊在技術上的前瞻性和驚人的實力，而這正是推動 6G 發展的重要基石。其次，Frank H.P. Fitzek 教授提出「負延遲 (Negative Latency)」的概念。通過學習和預測未來的事件，網路可以在事件發生之前就做出反應，實現負延遲。這種先進的思想方式打開了對 6G 可能性的新視野。

關於網路編碼和網路內運算，Frank H.P. Fitzek 教授也提供了許多新的見解。他指出透過使用軟件定義網路(SDN)即時部署網路功能虛擬化(NFV)，有望實現真正的網路編碼。這種方式的成功，關鍵在於能否在正確的時機將編碼器放在正確的計算節點上面。這種技術的實現，將有可能將 6G 的性能提升到一個新的水平。



圖 8、6G-life 參訪照片

6. 6/16：6G-RIC

本日，參訪團來到德國位於柏林的另一個研究機構 Fraunhofer HHI 參訪德國團隊執行的 6G-RIC 計畫成果並進行學術交流。當天早上 9 點下著小雨，但參訪團還是順利來到 HHI 在柏林的新站點進行本日的會議。Slawomir Stanczak 教授很熱情的歡迎我參訪團，而國科會工程處的李志鵬處長也給了回應並贈送伴手禮，隨後開始了今天的議程。

在本次的交流參訪當中，雙方先針對各自的研究領域做了簡單的報告。可以發現臺灣學界團隊與 HHI 的研究項目有很多相似，卻又能夠互補的地方。例如對於智慧反射面的研究是雙方都有的，但是我國的研究團隊在硬體方面的發展更為紮實，能夠互相彌補各自的短處。相同地，在 MIMO 的研究以及開放式網路的平台建置等，雙方都有許多可以經驗交流的部分。在報告之後，利用午餐的期間，參訪團員與 HHI 的與會人員也繼續進行後續國際研究合作的洽談與交流。

在短暫的午休過後，參訪團有幸可以參觀幾項 HHI 在 6G 方面的展示。由於此次交流會議的

地點是 HHI 新擴增的專門規畫用於成果展示的大樓，許多的展示成果還沒有來得及遷移進來，所以不能一窺研究成果的全貌，但也是有了極大的收穫。HHI 首先展示了透過旋轉接收器的方式測量 Sub-THz 通道模型的成果，參訪團成員也就接收發射端的同步問題進行了討論，可以看出 HHI 在 Sub-

Time	Schedule
09:00	Welcome & Introduction <i>Prof. Slawomir Stanczak and all</i>
09:20	Presentation of the NSTC <i>Prof. Hung-Yu Wei</i>
09:40	Presentation of the HHI <i>Prof. Slawomir Stanczak</i>
10:00	AI-Enabled Air Interface for 6G <i>Dr. Renato Cavalcante (HHI), Dr. Zoran Uikovski (HHI)</i>
10:15	Signal processing for IRS <i>Dr. Ehsan Tohidi (HHI)</i>
10:30	Coffee Break
10:45	Design of 6G Reconfigurable Intelligent Surface Platform—RIS Circuitry and RIS-ORAN Integration <i>Prof. Sheng-Fuh Chang, Prof. Shih-Cheng Lin</i>
11:00	6G Upper-midband Higher-order MIMO Mobile Communication System <i>Prof. Wan-Jen Huang</i>
11:15	Sustainable Dual Powered Green Cellular Networks <i>Prof. Li-Chun Wang</i>
11:30	6G open architecture, O-RAN RIC and usecases <i>Dr. En-Cheng Liou</i>
11:45	HHI Open Source Testbed Activities <i>Dr. Martin Kasparick</i>
12:00	Lunch Break
13:00	Testbeds/Infrastructure and Demo Tour <i>Leszek Raschkowski, Dr. Lars Thiele, Dr. Michael Peter</i>
14:00	Discussion about possibilities of cooperation
14:30	

圖 9、6G-RIC 參訪議程

THz 方面也有深入的研究。另一項令人印象深刻的展示是關於 3GPP V2X 連線的效能展示。由於市面上沒有適合的儀器，HHI 利用 Software Define Radio 自行開發 V2X 標準的裝置，並且實作展示了當有 cellular link 作為備用的時候，可以很好的補足 V2X 連線被障礙物阻擋時，訊號減弱的情況。另外，在觀摩展示的過程中也可以發現 HHI 透過仔細設計視覺化的展示介面，簡單的應用情境來顯示出所研究的 6G 前瞻技術相對於過往技術的改進之處。



圖 10、6G-RIC 參訪照片

7. 6/17-6/18 搭機返台

二、心得

在芬蘭與 6G Flagship 與 VTT 的成員及教授進行交流的過程中，可以深切地感受到芬蘭政府對於 6G 研發的雄心壯志，而芬蘭在此組織計畫中所投入的人力物力也是令人佩服，藉由政府方的經費投入，由大學和研究院做為主要的領導，結合其他所學校、企業。這樣的計畫使得奧盧大學能發表世界上第一份 6G 白皮書，而在校園中所建立的 5G 測試網路能夠讓芬蘭 6G 計畫團隊更直接地測試所開發的 5G/6G 技術，並能夠與合作夥伴共享資源。而 6G Flagship 在奧盧大學內部建立了四個策略性領域，每個領域之下都有大量的研究人力，領域跟領域之間合縱連橫達成較為全面性的 6G 技術開發。另外與當中學者交流過程中也提及，在計畫中最重要的任務是如何對於後續的研究及產業產生影響力，所以芬蘭的各類研究都很強調應用場域及使用實例。在參訪團進行演講的同時，VTT 的代表們也提供我方不少的意見回饋，在 free5GC 方面，VTT 提到在芬蘭申請專網頻段時，需要跟營運商協調，僅需兩週申請流程，即可申請到一年專網頻段的使用權，相較於目前臺灣的政策，這樣的方式提供了學術研究更多的彈性。此外，對於 6G 頻段的看法，VTT 也提到目前 Nokia 也對 7-15GHz 的中頻高頻段 MIMO 系統感到興趣，對於我國的發展方向也是個正面的肯定。

此外，芬蘭及歐盟對於 6G 研究的經費挹注或資源投入，也相當不遺餘力；例如，為了發展非地面網路(NTN)，歐洲不少機構挹注大額研究經費，例如歐盟(EU)挹注 20 億歐元，歐洲航天局(European Space Agency, ESA) 挹注 10 億歐元，還有其他私人機構如空中巴士也投入此研究。VTT 的無線通訊研究主要分布於艾斯博及奧盧，除了兩個城市的測試網路，在兩個中心之間也有直接連結的光纖線路，而奧盧有 FR1 和 FR2 兩個頻帶的 SA 及 NSA 基站，以及 100-1000 個 NB-IoT 裝置提供測試，更令人印象深刻的是可以無償使用 800MHz 頻寬的測試頻帶的部分。對於通訊研究來說，免費且乾淨的測試頻譜真的是很珍貴的資源！

在後續的德國參訪中，參訪團有幸了解到由政府全力推動的四個國家級 6G 研究計畫之二的 6G-life 以及 6G-RIC。6G-life 以探索和發展下一代 6G 生活為目標的計畫，投入了驚人的五百萬歐元，並將資源均分給產學研，主要的目的是為了打造完整的生態鍊。對於國家級計畫而言，6G 不僅僅是一種通訊技術，而是一種全新的生活方式。因此，6G-life 致力於探索如何在數位、類比、量子以及生物學等各種領域找到最適合的應用場景，並將這些領域有效結合起來，以實現真正的 6G 生活。特別是在應用情境上，在即將來臨的 6G 時代，人們和機器的互動關係將達到一個前所未有的親密度。這種改變將不僅使人的生活更加便利，還將徹底重塑人與機器的關係，甚至可能顛覆生活方式。6G-life 進行了大量的研究，尋求最佳的互動方式，以便提供最優質的 6G 服務。另外，創新科技扮演一個很重要的角色，並不是為了賺錢而研究可商業化的結果，而是以可持續發展持續進行著大膽的創新和嘗試，無論是在網路編碼還是網路內運算的研究上，都展現出了大膽的創新精神和前瞻的視野，而且乍看之下在前五年或前十年，都不太確定其商業價值。這些新創公司在推動 6G 發展的過程中擔當著極其重要的角色，這樣的創新力量正是推動 6G 進步的重要動力。

而在 6G-RIC 的參訪中，與 HHI 的交流中可以很明顯地發現台德雙方有互補的合作機會：雙方皆有豐富的研究主題與成果，而且互補性合作的機會相當高，例如：德方研究之 MIMO Channel propagation and the design of RIS 與台方研究之 Design of 6G Reconfigurable Intelligent Surface Platform-RIS Circuitry and RIS-ORAN Integration，一個從 Channel Propagation 的觀點，一個從 Baseband system

的觀點，是一個很好的垂直整合的研究。其次，德方報告之 HHI Open source testbed Activities 與台方 6G open architecture O-RAN RIC and use cases，也是可以相輔相成的兩個團隊。另外，台方所提供的平台研究，例如 Free 5GC 也是德方所需要的。

參訪團也發現到訪問單位的展示相當有可看性，並且都是 B5G/6G 的核心關鍵技術，包括：Cellular and side link integration in 3GPP、D-Band sys with analog beamforming。這些展示相當容易理解，能將複雜技術，以淺顯易懂的方式呈現，是值得學習之處。其中 Cellular and side link integration in 3GPP 的展示，如下圖所示，利用 Soft Defined Radio 和一個室內 Automated Guided Vehicle，在室內建構 Line of Sight 和 Non-Line of Sight 的環境，展示 V2V Side Link 轉換到 V2I 的效能，令人印象深刻。

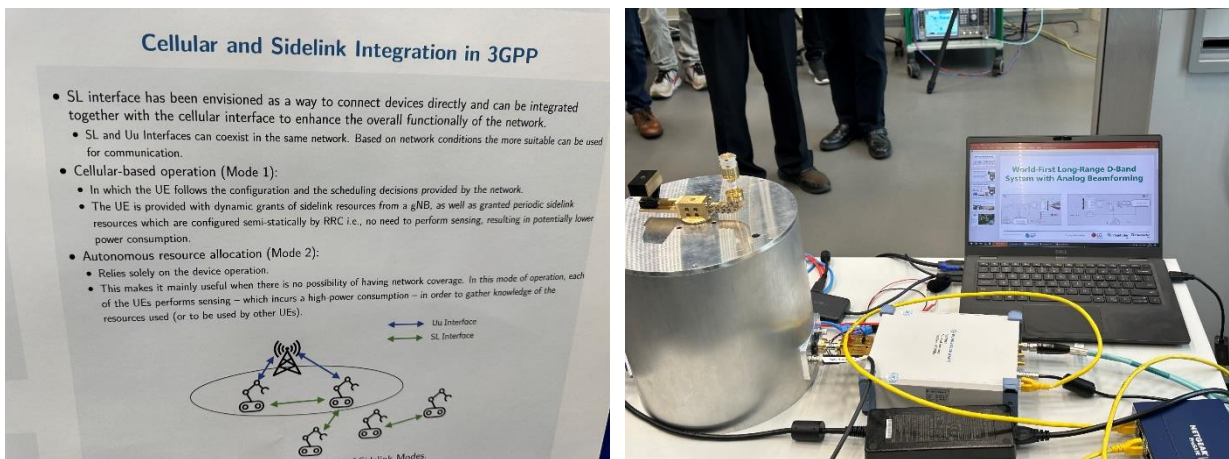


圖 11、HHI 展示照片

三、建議

在參訪芬蘭的 6G Flagship 及 VTT 後，藉由了解芬蘭業界與學術界之間的互動狀況，可發現芬蘭的組織下的各個領域有很密切的合作，建議我國現在進行的兩個大型 6G 相關計畫，可由國科會來進行各個研究單位(學校/法人/企業) 由上而下的整合，使得彼此之間的技術能交流應用，發揮所研發技術的最大價值。而國際合作方面，6G Flagship 與 VTT 對於與臺灣參訪團隊的合作也樂見其成，6G 的技術發展需要大規模的團隊合作，期許透過 6G 前瞻學研計畫，各團隊可以跟臺灣的法人及業界有更深刻的連結及合作，有效地整合經費及人力資源，共同針對特定使用情境(Use Case)開發完整的解決方案，也許更有機會能發揮對 6G 標準的影響。

另外，透過觀察德國對於 6G 關鍵計畫的模式，希望本國在規劃相關計畫時，或許也可以用建立全面的生態系統的角度切入，在大膽創新的同時，在「可展示」與「可商業化」中間取得一個良好的平衡。可展示的項目是推動技術創新一個很重要的目標，然而並非所有可展示的項目都能商業化，也並非所有模擬與學術理論都能夠展示，如何基於生態系去進行前瞻性的技術研究和實驗，並開創國際合作，是臺灣的一大挑戰。

關於德國 6G 研究平台的研究，從網站 <https://www.6g-plattform.de/berlin-6g-conference/> 可以查到

The Annual Networking Event of the German 6G Program -Organized by the 6G Platform Germany collocated with The 2nd Germany Japan Beyond 5G/6G Research Workshop Co-organized by NICT and the

6G Platform Germany, 27-29 June 2023

可見德方也與日本有進行雙邊的合作，及共同年度交流會，因此，建議可仿照此模式，建立臺灣和德國的年度研討會的模式，觸動雙方長期的合作。

執行 6G-RIC 的 Fraunhofer HHI 的幾個展示其實很簡單，如 5G SA 網路的展示只是將使用者裝置的封包的傳送而已，但是 HHI 設計比較好的使用者介面，讓參訪團參觀時可以視覺化看見封包傳送時的網路狀態變化。還有 AGV 的展示也是，臺灣的團隊技術上已經實作 ATSSS，跟本不需要預測就能在兩個不同的介面交換資料封包，技術上優於 HHI 的展示；但是因為沒有透過好的使用情境來展示成果而無法發揮國際影響力，所以這種在展示研究成果上的垂直整合能力是我國學界研究團隊需加強的。

另外，德國方面，除了這次訪問的 TU Dresden 和 Fraunhofer HHI，原先 TU Kaiserslautern 和 Landau 合併新成立的 RPTU Kaiserslautern-Landau 的 Hans Schotten 的研究團隊，其未來 6G 研究相關的發展也值得臺灣關注。<https://eit.rptu.de/en/wicon/staff/head-of-institute/hans-d-schotten>