



中國工程師學會會刊

中華民國111年6月 Vol.95 No.2

<http://www.cie.org.tw>

ISSN:1015-0773

工程

- ▶ 科技界推動性別友善職場策略規劃會議
- ▶ 本學會與中華水資源管理學會簽訂合作協議
- ▶ 出席WFEO 2022活動
- ▶ 探究 5G 資訊安全
- ▶ 自由視角影視服務系統研發與應用
- ▶ 5G 結合 AloMT 之隱形缺氧防疫應用
- ▶ 以 5G MEC 技術實現低延遲 V2X 事件廣播應用



5G技術趨勢與創新應用

節能・創能・儲能

南亞光電為台塑企業轉投資之子公司，
主要產品為LED照明產品，包含防爆燈、
工業用燈、商業家庭用燈等，
也跨足LED照明設計及照明工程。

近年亦積極擴展太陽能系統建置（EPC）、
安防監控系統建置與安裝與UVC LED產品。

1 | 樹林生產廠

地址：新北市樹林區味王街55號
電話：(02)2680-6311 #5560

2 | 台北辦事處

地址：台北市松山區敦化北路201號後棟11F
電話：(02)2712-2211 #5908

更多
資訊

Youtube頻道



官方網站



危險區域照明 & 工業照明

Hazardous Location Lights Series

Industrial Lights Series

G3耐壓防爆燈

電壓 AC100-277V
瓦數 50/65/85/100W
色溫 3000K, 5000K



G4高效路燈

電壓 AC100-240V
瓦數 80/100/120W
色溫 3000K, 5000K



G4投光天井燈

電壓 AC100-240V/277V
瓦數 50/65/85/100W
色溫 3000K, 5000K



S3耐壓防爆燈

電壓 AC220V
瓦數 60/80/105/120W
色溫 3000K, 5000K

-產品與服務-



工業照明



危險區域照明



商辦照明



UVC LED產品



太陽能系統建置

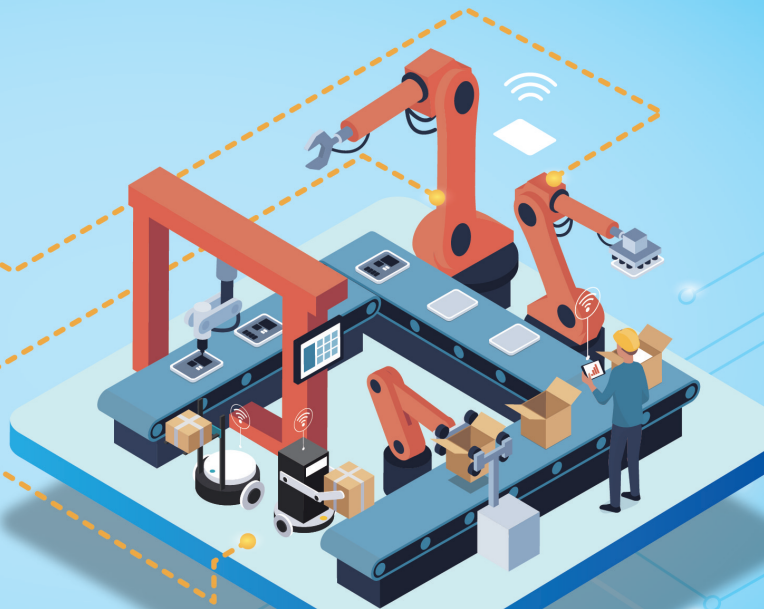


安防監控安裝



5G企業專網

產業創新大躍進



中華電信5G企業專網，透過5G高速率、低延遲、大連結之特性，於製造業、科技業等產業應用上，提供安全高品質的專屬網路服務，資料於企業內網傳遞進行，不出公網，確保資料安全、避免機敏資訊外流，提升企業管理效能與競爭力！



立即了解

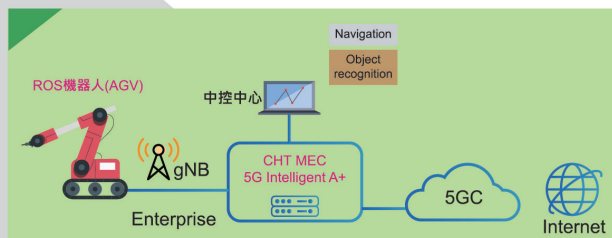
應用情境



【提高產能及作業效率】

利用5G企業專網，可幫助智慧工廠，透過5G專用網路，可快速調整生產線，移動不中斷，專用網路不壅塞，提高工廠產能與作業效率。

服務優勢



中華電信自主研发MEC-5G智慧管+，具備世界領先的多項功能，包含多元化本地卸載條件，可依據門號、IP位址、網址等條件決定資料是否可進入企業內網，並可依據人、時間與位置調整頻寬、資料存取權與使用服務。

服務專線：0800-080-365

www.cht.com.tw



中華電信
Chungwa Telecom

企業專網



5G 技術趨勢與創新應用

因應新冠疫情對社會、經濟及生活形態的衝擊，全球企業莫不積極進行數位轉型，致力朝智慧化、敏捷化、韌性化發展，其中5G行動網路將扮演致能者角色；5G高速率、低延遲、大連結的特性，再結合人工智慧、大數據、物聯網、邊緣雲等技術，將可為各領域產業帶來各種創新應用。行政院為全力發展5G加值應用服務，規劃自2021年起5年投入490億元，鼓勵業者把握5G發展契機，建立產業生態系。值國內5G商轉近滿兩年之際，本專輯很榮幸邀集了5篇專業文章，包括5G O-RAN開源軟體、5G資安技術趨勢與5G在串流影音、科技防疫、車聯網的應用實例，期讓大家對5G的發展能有進一步的認識。

活動報導

- 03 科技界推動性別友善職場策略規劃會議
- 05 本學會與中華水資源管理學會簽訂合作協議
- 07 中國工程師學會暨各專門工程學會111年聯合餐會
- 10 出席WFEO 2022活動

回顧與展望

- 15 淨零藍湖 - 企業善用工業工程 推動永續發展與循環經濟的策略
- 21 國家綠道 - 水圳綠道之誕生與未來
- 32 疫情之下的回顧與展望 - 台灣氣膠研究學會
- 34 國內化工短訊 2021 精華篇
- 37 110 年台灣鑛冶工業之進展
- 41 回顧與展望專欄 環境工程學會
- 49 與國際接軌之大型專業表演設施
- 54 台電公司110年度電力重要建設
- 88 疫情衝擊下的機械產業轉機
- 91 臺灣的守護者 - 中華民國防蝕工程學會

5G 技術趨勢與創新應用

客座主編：陳榮貴 / 中華電信研究院 副院長

- 99 開放式無線接取網路聯盟(O-RAN Alliance)與開源軟體社群(OSC) 簡介 / 林至偉、黃致翔、Wilfrid Azariah、Ferlinda Ferliana、鄭瑞光
- 123 探究 5G 資訊安全 / 施宇澤、范俊逸
- 133 自由視角影視服務系統研發與應用 / 賴宇葳、李睿彬、黃紹華、白 莊、高曉雯、朱國華
- 146 5G 結合 AIoMT 之隱形缺氧防疫應用 / 黃國恩、王彥傑、蔡明學、李彥良、楊智傑
- 157 以 5G MEC 技術實現低延遲 V2X 事件廣播應用 / 洪祥軒、莊茹茵、卓彥汝、呂柏文

理 事 長：施義芳

常務理事：李世光 胡湘麟 許鈺漳 楊偉甫

理 事：王宇睿 王錫欽 伍勝園 江秀丹

余信遠 宋裕祺 李順欽 杜 俊

林聰利 俞克維 張武訓 莫仁維

陳仲賢 陳哲生 陳國隆 楊正宏

楊宗興 廖學瑞 歐善惠 鄭文隆

鄭光遠 賴建信

常務監事：廖慶榮

監 事：邱琳濱 高宗正 陳宗德

秘 書 長：李元唐

副秘書長：李瑋玲

發 行 所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：黃炳勳

委 員：王宇睿 李元唐 吳天寶 林建華

林根勝 孫幸宜 莫仁維 陳哲生

陳榮貴 楊正宏 廖學瑞 蘇程裕

總 編 輯：張鈺輝

客座主編：陳榮貴

編 輯：李宥萱 李綺馨 林秀琴 袁雅玲

梁愛倫 許舜舜 蔣雪芬

聯絡地址：114710 臺北市內湖區陽光街323號

電 話：(02) 8797-3567轉8200、8225、8234

傳 真：(02) 8797-4585

會 址：100026 臺北市仁愛路二段1號3樓

電 話：(02) 2392-5128

傳 真：(02) 2397-3003

網 址：<http://www.cie.org.tw>

郵政劃撥：00059892

戶 名：社團法人中國工程師學會

編 印：英杰企業有限公司

地 址：106411 臺北市大安區復興南路二段293-3號10樓之1

電 話：(02) 2732-1234

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號

中華郵政臺北誌字第721號執照登記為雜誌交寄
入會申請手續請上本會網站查詢

科技界推動性別友善職場策略規劃會議

本學會女性工程師委員會與台灣女科技人學會共同發起「科技界推動性別友善職場策略規劃會議」，於111年3月19日邀請產官學研各界女性菁英閉門會商，討論如何提供具體政策建言予政府相關單位、創造誘因以改善科技人的發展環境、兼顧工作與生活，進一步吸引更多女性持續投入。

施義芳理事長致詞時表示，本學會於108年進行第1次量化調查，顯示雖然越來越多

女性進入工程與科技領域，且開始擔任工程界的主管，是很正面的發展，但女性工程師在職場流失仍很嚴重，從33%降到13%。此外，回應聯合國永續發展目標是本學會未來10年重要的推動方向，包括支持女性在工程教育和職場的全面參與。未來會持續和學術界以及產業界合作，提供「多元與包容」和工程相關的培訓、推動更友善的工作和學習環境，讓更多有志成為工程師與科技人的女性加入我們的行列。



▲ 薛文珍主委報告



女性工程師委員會曾委託淡江大學范素玲博士「創造多元包容工程環境行動方案調查研究計畫」，特以此發現為討論基礎，邀請台灣女董事協會理事長蔡玉玲律師演講「Women Leadership in Business」並參與討論，國泰金控程淑芬投資長、台灣惠普政府事務暨公共政策蔡文宜總監、台灣世曦蘇玫心協理、思納捷科技馮明惠副總經理（資策會前智慧網通系統研究所所長）、微功商行負責人暨國際女科技人聯絡網INWES宋順蓮副會長、台灣女科技人學會理事長林滿玉教授、中國工業工程學會女性IE委員會召集人張永佳教授、高師大性別教育所蔡麗玲教授、北一女中化學科周芳妃老師、台灣人工智慧協會林筱玫執行長、台灣性別平等教育協會韓宜臻秘書長等20人與會共同研商。



▲ 施義芳理事長致詞

此結果將成為對公、私部門的具體提案與建議，並且持續推動直到付諸實現。



▲ 淡江大學范素玲博士報告

本學會與中華水資源管理學會 簽訂合作協議

本學會於111年3月30日假本學會會議室與中華水資源管理學會簽訂合作協議，這是繼去年12月與台灣軌道工程學會簽約後，第28個與本學會簽署合作協議的專門工程學會。

簽約儀式由本學會會員委員會王宇睿主任委員主持，施義芳理事長與中華水資源管理學會賴建信理事長分別代表兩會簽署合作協議，同意共同推展我國工程技術，以促進國家建設現代化，並且加強會務推動交流。

施理事長於致詞時表示，水資源管理是一項默默付出的工作，不缺水時，大家不會感覺到水資源管理者的努力，但發生枯旱的

時候，才會發現水資源管理的重要性。水資源管理不但需要考量人民和國家發展所需水源的穩定供應，同時要籌謀未來發展所需各項水源，提供充足用水。特別是在全球氣候變遷影響下，各地區存在著水文特性變化、複合型災害風險提高等衝擊，水資源管理的



▲ 施義芳理事長致詞



▲ 王宇睿主任委員致詞



▲ 賴建信理事長致詞



▲ 兩會交換簽署合作協議



▲ 出席貴賓合影

重要性與日俱增。

施理事長續表示，賴理事長同時擔任本學會的理事，也是得獎人聯誼委員會的主任委員，對於本學會會務活動非常的熱心支持，並時常給予許多寶貴且中肯的意見。我們相信水資源管理學會在賴理事長的領導之下，透過今天這個合作協議的簽署，對於強化彼此的會務推動經驗會有莫大的助益，並可擴大我們工程界進一步攜手合作，讓水資源管理專業有更快速的發展。

本學會會員委員會王宇睿主任委員、李元唐秘書長、李瑋聆副秘書長均在場觀禮見證，水資源管理學會出席的則包括王藝峰常務理事、胡南澤常務理事、何明光理事、張廣智監事、吳明昆秘書長及施茂誠會務人員。

兩會理事長最後期許未來可進一步擴大有關服務領域及層面，為更多的工程人員提供更好的服務，並結合各專門工程學會之專業與資源，共同提昇國內的工程專業水準。

中國工程師學會暨各專門工程學會 111年聯合餐會

本學會於111年3月24日晚間假鉅星匯國際宴會廳舉辦「中國工程師學會暨各專門工程學會111年聯合餐會」，計約250位貴賓出席活動，場面歡欣熱鬧。

本次聯合餐會獲得專門工程學會熱烈的迴響，參與情形為歷年來最為踴躍，包括中國土木水利工程學會、台灣化學工程學會、台灣建築學會、中國造船暨輪機工程師學會、中國機械工程學會、中國鑛冶工程學會、中國測量工程學會、中華民國工業工程

學會、中華民國環境工程學會、中華民國結構工程學會、中華民國生物醫學工程學會、



▲ 各學會代表上台合唱



▲ 施義芳理事長致詞



▲ 施義芳理事長偕本學會理監事合唱

中華鋪面工程學會、中華民國大地工程學會、中國材料科學學會、台灣海洋學會、台灣混凝土學會、台灣氣膠研究學會、中華民國防蝕工程學會、中華價值管理學會等，以及近期與本學會完成簽署合作協議的台灣軌道工程學會及中華水資源管理學會，包含本學會共計22個專門工程學會參加，成功的展現了團結的氣勢，全場氣氛相當熱烈。

餐會開始由施理事長致詞，施理事長感謝各專門工程學會的熱心支持，希望各學會成員可利用這難得的機會做進一步的交流，推動更多工程學術資源的整合。同時報告「中國工程師學會民國120年發展策略白皮書」已完成修訂，其中有一個相當重要的挑

戰及期許，就是「加強擴大跨領域交流及培養多元優秀工程人才」，這是我們工程界共同肩負的重大責任，攸關我國未來發展的關鍵核心，希望我們可以加倍團結一起努力推動。同時，中工會也將設置「永續發展小組」推動達成聯合國永續發展相關目標，以及推動組成「工程國家隊」協助業界爭取更多海外商機，使臺灣在快速變遷的環境中，有更堅強的實力和競爭力因應各項挑戰。

施理事長續表示，今年中工會與各專門工程學會111年聯合年會已訂於11月在台中舉辦，本次委請亞新工程公司莫仁維董事長擔任籌備會主任委員負責籌畫，大會主題為「川流時代 工程初心」，屆時歡迎各學會邀



▲ 聯合餐會現場

請會員朋友踴躍出席與會。

中工會目前與28個專門工程學會簽有合作協議，除固定每年辦理聯合年會，為工程界一大盛事，平時則透過秘書長座談會、學術活動資訊分享維持互動關係。為了提昇與各結盟學會間之交流合作，本學會自民國100年起發起辦理春季聯合餐會活動，獲得各專門工程學會熱烈支持及迴響，成功擴大各專門工程學會成員間之往來與溝通，因此持續辦理聯合餐會，維繫台灣工程師界菁英交流平台，並凝聚工程界的向心力，以共同為各專門領域之工程師提供更好的服務品質。

出席WFEO 2022活動

世界工程組織聯盟（World Federation of Engineering Organizations, WFEO）於2022年3月9-10日於哥斯大黎加首都聖荷西召開2022 WFEO General Assembly大會，主辦單位為哥斯大黎加建築師與工程師協會（CFIA），因全球COVID-19疫情影響，本次大會從2021年10月延至2022年3月舉辦，會議舉辦期間同步開放視訊會議，以利無法親自出席與會的會員參與，本屆大會各會員國代表約30位出席，線上參與成員約30位。

因COVID-19防疫考量，大會預先以線上方式完成選舉投票，以減少現場進行的時間，本次參訪團因疫情關係也進行相對應的調整，邀請中鼎工程股份有限公司派駐美國的黃國強工程師就近代表本學會前往與會，並由對外關係委員會王子安主委、女性工程師委員會薛文珍主委、青年工程師聯盟委員會莫仁維主委、李元唐秘書長、對外關係委員會吳錫賢執行秘書及秘書處梁愛倫秘書等人，共同組成大會小組，透過線上聯絡的方式協助參與WFEO大會事宜。

除此之外，本屆主辦方CFIA更舉辦一系列活動，如3月4日的WED世界工程日慶祝活



▲ 本學會代表黃國強工程師

動，以及3月7日的WES世界工程高峰會，相關活動紀要如下。

一、WFEO 大會

世界工程組織聯盟為UNESCO外圍組織，關心工程與科技如何應用於人類之永續發展，是國際工程界交流與發言的平台，聯合國的17項永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）是現今焦點。WFEO於1968年成立時，我國即由中工會代表成為創始會員，

至今仍維持正式會籍。目前有95國家會員、12國際會員，在聯合國教科文組織UNESCO代表全球6,000餘萬工程師。

本次出席投票之合格會員總數為52個，大會選出新任預選會長為奈及利亞籍的Mustafa Shehu（2023-2025），大陸籍龔克會長（2019-2021）卸任，由葡萄牙籍José Pereira Vieira（2021-2023）接任。

執行副會長由印度籍Ashok Basa當選4年任期以及新加坡籍Seng Chuan Tan當選2年任期，執委會國家會員代表補選由巴西、哥斯大黎加、剛果民主共和國、伊拉克、日本、瑞士、英國當選。



▲ 奈及利亞籍 Mustafa Shehu（右）獲選為預選會長（2023-2025）



▲ 龔克會長（左）卸任，由葡萄牙籍 Jose Pereira Vieira（右）接任

龔克會長於會中報告在任2年的成果，推進WFEO到不同於以往的層次，活躍於國際數個組織間，他的付出及努力得到多數會員國的肯定與推崇。重點包括：

1. 大幅增加會員國與國際會員數量。
2. 大幅增加贊助商數量。
3. 全球 COVID-19 疫情下，WFEO 以及工程師們的努力。
4. 國際工程設計競賽 Hackathon，永續目標的挑戰 Challenges of SDGs。
5. WED 世界工程師節，24 小時線上直播慶祝活動 24-hour Live video event, <https://worldengineeringday.net/>

二、WES 2022

World Engineering Summit（WES）世界



工程高峰會，由哥斯大黎加建築師與工程師協會（CFIA）於哥斯大黎加國際會議中心舉辦。因COVID-19疫情，本次大會會展規模及參訪人數較以往大會略有減少，但仍有約1,000人註冊參加（WES官網：<https://www.wes2022.cr/>）。

本次大會主題：「Innovation」+「Technology」+「Sustainability」= Engineering 2050，並共邀請各領域的專家學者分享以下主題演講。

1. 「The Future of Engineering in 2050」

主題演講者：Dr. Franklin Chang-Díaz（Costa Rica），現職為Astra公司執行長，並曾擔任NASA太空員，展示Astra公司正在進行的太空計畫模擬影片，其中包括火箭運輸到地球外太空，並模擬運輸艙與太空船銜接後，前往火星並登陸的模擬畫面，展現出未來人類在地球與火星之間往返並在火星上登陸生活。

2. 「Challenges and Opportunities for Humanity towards 2050」

主題演講者：Master Allyson Reneau（USA），現職為國際勵志演講家，演講內容為個人經歷勵志演講，闡述一般家庭主婦不僅育有11位子女，且投入訓練年輕的奧林匹克體操選手，而後更到哈佛進修的精采人生故事，也鼓勵女性工程師勇敢追求夢想。

3. 「The challenge of adapting to climate change through innovation, savings and eco-design」

主題演講者：Dr. Xavier Gabarrell（Spain），現職為巴塞隆納自治大學化學、生物和環境工程教授，演講內容為農業生態建築概念，在同一建築內實現種植、採收、消費的循環，可減少因運輸而產生的二氧化碳，從而減輕對氣候的衝擊，改變傳統模式農場、運輸分裝、零售、消費者的產業鏈。

4. 「Space Under World」

主題演講者：Ing. Sandra Cauffman（Costa Rica），演講者現職為NASA天體物理學副主任，介紹NASA發送探測衛星的任務說明。

5. 「Mitigation and Adaptation to Climate Change in the Construction Sector」

主題演講者：Dr. HE Jing（China），演講者現職為中國建築標準設計研究院副總建築師，展示各式建築設計以因應氣候變遷如：竹建築、木建築以及防洪建築，並提到在全球對抗疫情的當下，其實氣候變遷帶來的影響更甚之，期望各國更重視氣候變遷帶來的影響。

6. 「Green Economy: A Great Opportunity for Business Competitiveness and Building a Better and More Equitable World」

主題演講者：Master Juan Verde

(Spain)，演講者現職為國際戰略家，演講提到國際對於綠色經濟的重視逐年提高，並且預估在2030年相關投資金額將達到29.4兆美金。

7. 「The Future of Connectivity」

主題演講者：Eng. Joaquín Saldaña (Mexico)，演講者現職為華為銷售營運總監，演講提到大數據、電腦運算、人工智慧將會改變未來人類的生活。

8. 「Climate Change Policies to 2050」

主題演講者：Daniele Violetti，演講者現職為聯合國計畫協調高級主任，演講提到聯合國氣候變遷政策未來的方向。

議定為世界工程日，經聯合國教科文組織（UNESCO）第40屆大會通過決議，於2019年11月會中宣布每年3月4日訂為「促進永續發展世界工程日」，期望透過全球慶祝活動，彰顯工程師和工程對當今世界的貢獻，並提升公眾對於工程技術改善人類生活及推動永續發展的認知。

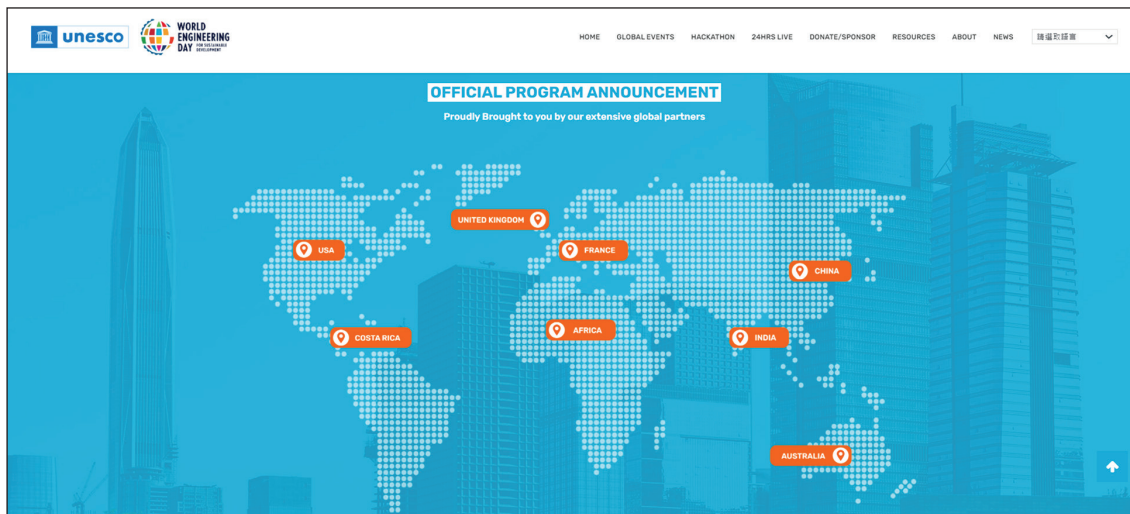
為慶祝世界工程日，本年特別舉辦24小時LIVE直播慶祝活動，分別在8個國家/地區，其中包括中國大陸、澳大利亞、印度、非洲、法國、英國、美國與哥斯大黎加，並於哥斯大黎加大學舉辦世界工程日慶祝活動與主體演講。

Themes：「European Global Navigation Satellite System and key applications」

三、WED 2022

WFEO成立於1968年3月4日，因此提

主題演講者：Eng. María Mota (Spain)





▲ 各國出席代表合影

現職為伽利略資訊中心協調員，介紹「伽利略」為歐洲全球導航衛星系統，有26顆軌道衛星，並提供4項主要業務如開放服務、搜救服務、高精度服務、公共監管服務，其中開放服務為可提供免費全球定位和時區服務，搜救服務顧名思義為人道救援服務，高

精度服務為可提供誤差範圍控制在20公分以內的實時定位，以及政府單位專屬的公共監管服務。應用與受益的領域含括航空、緊急應變、海上、農業、畜牧業、礦業、測量繪圖、公路、鐵路、城市交通等等，與人們的生活密切相關，無處不在。



淨零藍湖 - 企業善用工業工程 推動永續發展與循環經濟的策略

中國工業工程學會永續工程師證照委員會 / 郭財吉
中國工業工程學會永續工程師證照委員會 / 徐昕煒

關鍵字：工業工程、淨零轉型、跨域整合、永續發展、價值再創

摘要

淨零轉型已是全球與台灣的趨勢，是政府與企業迫切需要面對的課題。工業工程學科以跨域專長，重塑淨零價值。財團法人中國工業工程學會以加入「永續發展目標聯盟」並推動「永續工程師」證照具體展現對永續發展的重視。以工業工程的角度，本文由政府、企業管理、工程技術與教育面向提出淨零轉型策略，以善用並培育人才、強化現有技術應用與智慧整合、政策設計、循環經濟、綠色供應鏈與產品設計等策略面向，帶出工業工程在淨零發展上所扮演的關鍵角色。

一、前言

隨著全球人口與經濟的成長，依賴過往

「線性經濟」(Linear Economic) 模式將使得企業發展與「地球競爭」，並加速環境、社會與分配正義等多重議題。因而，隨著全球對於氣候變遷的重視及企業社會責任的訴求，強調回復與再生的「循環經濟」(Circular Economic) 模式成為企業所追求的目標。而由國際競合的角度來看，全球目前已有超過136個國家宣布淨零排碳目標，其GDP總和已超過全球的70% (IEA, 2021)，我國亦於2021年世界地球日由總統宣示2050年以達到淨零排放為目標。此淨零排放的趨勢，促使永續觀點由企業延伸到人類的永續。伴隨著歐盟即將於2023年實施的碳邊境調整機制 (Carbon Border Adjustment Mechanism; CBAM)，將對全球的產業與經濟帶來新一波的轉型。



中國工業工程學會（Chinese Institute of Industrial Engineers；CIIE）成立於1962年，強調以人為本的全面資源管理，提升生產產業「效率」（efficiency）和「生產力」（productivity），隨著台灣產業蓬勃發展一起成長。此做法與用來衡量國家或是企業執行永續發展政策的重要指標-能源密集度（energy intensity）或碳密集度（carbon intensity）無異。換言之，工業工程與管理長期所解決的問題，也是永續發展、循環經濟與綠色生產等關鍵議題。「淨零」已並非是單純的環境議題，促使產業價值再創，並與資源使用脫鉤（decoupling），此為國家與企業發展的風險問題，企業應善用工業工程與管理以推動永續發展與循環經濟的策略。

世界訴求重回製造業的現在，第四次工

業革命亦不再是單一的技術突破，而著重於價值的重新分配，諸如智慧化、機器人與潔淨能源技術，如何透過資通訊與新興技術的混和策略協助企業轉型，藉由工業工程「跨域整合」的特色重新定位台灣永續發展下的「淨零藍湖」，重塑價值溪流。有鑑於此，社團法人中國工業工程學會是第一個簽約加入「永續發展目標聯盟」（Alliance for Sustainable Development Goals，簡稱A・SDGs）的學術團體，簡又新大使與簡禎富理事長簽署約定書，結合跨校跨領域的研發能量和教育資源一起推動台灣企業維新與永續轉型，如圖1所示。中國工業工程學會積極推動「永續工程師」證照，結合跨域專家學者，針對企業關注的關鍵永續課題，培養企業推動永續轉型亟需的跨領域整合、專案管理與創新的工程師和管理人才。



圖1 中國工業工程學會加入永續發展目標聯盟（A・SDGs）



二、政府的淨零藍湖

台灣淨零路徑的發展面對著比國際更為嚴峻的挑戰，除孤島電網之外，低電價與世界數一數二昂貴的土地成本，都造成在發展上需要更多的投入與政策規劃。此外，全球各品牌大廠宣示2050年減碳與100%再生能源目標，亦為台灣相關供應鏈體系與企業帶來迫切的轉型壓力。台灣的半導體代工享譽全球，台積電亦在2020年承諾加入RE100（全球再生能源倡議組織），並在2021年宣布2050年淨零排碳的目標。然而，根據環保署資料統計，能源部門排放約占我國溫室氣體排放的九成，同時台積電亦有62%的碳排來自於用電。因此，政府的淨零策略首要是發展去碳化的能源系統。然而，台灣地小人稠，資源有限而需求者眾，政府需提前佈局，著眼於前。故以工業工程的角度與思維提出以下幾點：

1. 善用跨域人才，規劃轉型路徑：台灣不同於歐美國家，擁有豐富的水與風資源，並有廣闊的土地使用。寸土寸金的台灣更需要思量再生能源的發展時程，思考企業各階段所需，配合技術進程做出妥善規劃。淨零轉型是一個逐步性的轉變過程，需要跨域合作努力。而國際上轉型路徑規劃多採用混整數線性規劃（Mixed Integer Linear Programming；MILP）模型，亦多由工業工程與管理領域的專家從事轉型路徑的技術選擇與時程規劃。
2. 智慧化系統整合，建立電力系統彈性：淨零的首要任務在於使用零碳的再生能源。根據全球能源總署（IEA）2050淨零排碳路徑分析，達成淨零目標下，88%的電力將需來自再生能源，其中68%的電力將來自於變動性較高的太陽光電與風力發電。然而，再生能源所面臨的挑戰在於系統整合的高度困難，因而以智慧電網為基礎的即時決策系統格外關鍵，並結合機器學習的即時預測量能，於供、需端透過物聯網技術，自動化調節與控制將成為再生能源能否成功的關鍵。在成本的計算上需以均化彈性成本（Levelized Cost of Flexibility; LCOF）做為投資的考量，意即估計每增加1MWh變動性再生能源電力調度彈性所需額外增加之成本。
3. 引入機率模型，重建電力系統可靠度：電力系統的可靠關係國家與企業發展，隨著變動性再生能源高度發展，系統可靠度的評估已較過去困難。一旦電力供應不穩定，除對經濟造成衝擊，亦將嚴重影響淨零排碳轉型的推動。而工業工程與管理在可靠度領域務實解決多重產業問題，可引入機率模型，採用缺電期望值（Loss of Load Expectation; LOLE）協助評估電力系統的穩定。
4. 建立需量反應與電力市場耦合機制：需量反應是一種透過需求端整合，於電力不足時透過需求端減量以維持電力穩定的方



式。然而，其有經濟規模的效益問題，同時對於配合的用戶其亦需有政府誘因、啟動成本和單位利潤的權衡考量，此問題與工業工程於生產管理端探討獲益的概念原則上一致。而電力市場的耦合是一種供需定價機制，更是被高度運用於最佳化的經典問題。

5. 蘿蔔與棍子，獎懲併行：淨零的轉型需要資源的正確投入，舉凡再生能源躉購費率、節能設備補助及新技術導入，都需要政府創造誘因。而另一方面，「碳稅」的實施對於淨零轉型具有關鍵性作用，然其稅後的資金使用成為一個最關鍵的課題。同時，碳稅延伸的課題是能源貧窮問題，而研究指出若能適當的將稅收用於強化有孩童的低收入戶補助與工作年齡福利金提升，亦有可為轉型過程中所帶來的能源貧窮議題產生紓解效果（ESRI, 2020）。而邊際減排成本估計方法亦可有效為政府提供碳定價的適當發展時程。

三、管理的淨零藍湖

產業永續與低碳轉型首重科學管理，產業的升級需以「碳中和」為目標。除了國際間的碳關稅政策外，國際大廠在整體供應鏈淨零的訴求都迫使台灣必須在淨零的轉型過程中，以創新思維重塑價值。

1. 智慧決策輔助，低碳能效管理：企業的低

碳轉型首重效率的提升，亦即提升產業附加價值。而這亦是工業工程與管理不斷追求，凡是總有更好的方法。除效率提升外，節能設備的更換涉及的經濟效應與可行性，應結合工程經濟所學，並以長期規劃的方式做綜整評估。同時，智慧化能源管理系統，透過即時監控與自動反應，將可有效降低不必要的浪費。而決策輔助更應以低碳做為決策的目標，以綠色製造出發，智慧節能。

2. 價值再造，循環經濟：企業永續應是進一步為資源創造更多的價值，也就是循環經濟。循環經濟對供應鏈管理來說是價值鏈的延續，是逆向物流與再創，對於由企業內部價值鏈整合供應鏈管理的新思維具有相當關鍵的指標意義。
3. 淨零部落與綠色物流、供應鏈：而後疫情下的物流業發展，過往透過經濟規模運輸的模式需要改變。台灣在淨零轉型趨勢下，當碳成為決策因子，碳足跡會改變選址與運輸模式。除運具電動化外，在地生產將成為另一種選擇趨勢。企業間應以合作代替競爭，強化廠商間的鏈結。供應鏈的體系改變，短距生產與低碳策略整合，低碳產業鏈的部落形成，將有利於台灣開創新的產業商機。另外，疫情亦帶動冷鏈物流，而冷鏈物流同時是一個能源依存度高的運輸業，此問題也為物流決策帶來全新的挑戰。



4. 永續金融與氣候相關財務揭露：永續金融意指企業的每一塊錢，都必須對環境與社會產生正向的永續效益。而氣候相關財務揭露（Task Force on Climate-related Financial Disclosures；TCFD）則具體呈現了企業永續轉型時所需考量的各種氣候風險，對於企業永續經營與全球佈局格外重要，企業之策略需全盤納入考量。
5. 知己知彼，實踐碳盤查：儘管上述議題皆為實現淨零的重要方針，然而企業減碳首要工作在於瞭解碳在哪裡？以及目前有多少的排碳。因此，需針對碳盤查有全盤性的瞭解。

四、工程的淨零藍湖

工業工程與管理領域，除科學管理手法外，亦可以工程技術協助淨零轉型。舉凡產品的製造、生產到銷售皆有工業工程的相關技術內涵，以低碳思維重新佈局，是基於永續的新商機。

1. 綠色產品、永續供應鏈與流程設計：基於國際永續政策與綠色產品相關法規，應就產品源頭做整體改善，使產品易於拆解與辨認，並納入人因工程思維，促使模組化設計、易拆解設計與循環設計於綠色產品的成功應用。同時，企業永續轉型的過程中，亦需要導入流程再造機制，使永續能在決策過程中深耕。
2. 存貨工程技術與儲能 / 綠氫：儲能已是再生能源發展下系統整合不可或缺的角色。然而，蓋儲能就如同工廠蓋倉庫一般，需要多大的倉庫？每次的儲能量要多少？什麼時候是最適的儲能點？以往看似理所當然的問題，在再生能源高占比下，提升了系統複雜度，但這卻是工業工程長久來研究的存貨管理模型。而綠氫更是淨零排碳轉型下企業不可或缺的關鍵技術，與過剩再生能源電解技術（Power to Gas；P2G）結合，視同儲能，並可在鋼鐵、船舶與化工等重要工業中使用。
3. 虛擬電廠（Virtual power plants；VPP）：虛擬電廠透過設備的連結與使用者的聚合，強化調度能量，亦為淨零轉型的重要技術。
4. 碳捕捉與封存技術：在企業的生產中，要完全無碳的難度相當的高，因而捕捉與封存技術成為被考慮的重要關鍵。而捕捉一般需透過選址技術找合適廠址做封存或為「碳」找產業應用新出口。此碳的產業新模式，則可視為淨零下的新利基。
5. 負碳技術：一般包含碳捕捉與封存技術、直接空氣碳捕捉與碳匯。是淨零排碳的最後一道手段。而在森林碳匯中，其對國產木材的供應鏈管理與價值再創具有重要著墨，亦是工業工程可努力的地方。



五、教育的淨零藍湖

淨零轉型不單是跨域的產業工作，其亦是全民的工作，同時也是未來就業的新藍湖。淨零應由教育做起，國內已有許多單位努力從事社會文化永續意識之建構，然尚缺乏與企業接軌的工程與管理人才。有鑑於此，財團法人中國工業工程學會基於為產業育才，未雨綢繆並治病於先，結合上述所提及的政府政策、管理與工程面向，並由國際淨零趨勢、企業社會責任（CSR）、ESG與永續發展目標（SDG）出發，推定全面性的人才培育工作，積極規劃「永續工程師」證照，並期許未來的工程人不單單是台灣淨零轉型重要的資財，為政府與企業在淨零趨勢下創造新的可能。

六、結論與建議

淨零是不可逆的趨勢，世界各國都在努力尋找最有效的達成方式。工業工程與管理可秉持學科的優勢，整合跨域資源站在產業最前沿，知「勢」、順「勢」，一同為企業永續創造新能量。而其轉變，非一蹴可及，整合智慧系統，人、機與環境互動，應用新興科技及大數據分析加速異業整合協同技術，及創新的商業收益模式提升供應鏈透明度，發揮科學管理所長，是工業工程與管理學科未來的重要核心。中國工業工程學會加入「永續發展目標聯盟」與推動「永續工程師」證照，以跨域培育，多元整合為努力方

向，期許結合台灣既有優勢，在未來永續的道路上走的更平順。同時，更可進一步輸出台灣企業永續轉型經驗和解決方案，擴大台灣企業的國際影響力。

參考文獻

1. International Energy Agency (IEA), 2021. Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector, Paris. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
2. 行政院環境保護署，110 年。2021 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告。 https://unfccc.saveoursky.org.tw/nir/2021nir/uploads/00_nir_full.pdf
3. Economic and Social Research Institute (ESRI), 2020. Carbon taxes, poverty and compensation options-ESRI Survey and Statistical Report Series. Accessed September 30, 2021. https://www.esri.ie/system/files/publications/SUSTAT98_0.pdf

國家綠道 - 水圳綠道之誕生與未來

行政院農業委員會農田水利署正工程司 / 楊凱鈞

行政院農業委員會農田水利署科長 / 劉邦崇

行政院農業委員會農田水利署組長 / 孫維廷

關鍵字：國家綠道、水圳綠道、嘉南大圳

一、前言

「綠道」(Greenway)為聯結已開發地區與戶外遊憩地區之未開發帶狀走廊，連結人與自然線型空間，主要提供民眾步行或騎乘自行車通行。整體觀念之發展起源於1970年代歐美國家，將綠帶(Greenbelt)與景觀道路(Parkway)兩種景觀規劃設計之觀念組合而來。

綠道的建置不僅可創造當地經濟效益，提升觀光遊憩產值，並可拉近山、河及海等天然環境與民眾之距離，近年來隨著國人運動風氣隨之盛行，各地廣設休閒步道及自行車道，不僅帶動運動風潮，亦提升當地休閒

遊憩與經濟活動。然而，考量整體規劃、生態衝擊、維護管理及使用需求等不同面向，仍缺乏系統性整合。爰此，行政院自106年起陸續推動「建構綠道網絡之策略規劃」計畫及「建構國家級綠道網絡綱要計畫(草案)」，配合國土整體發展方向，透過藍帶、綠帶及生態廊道保存復育，有效連結國土保護重點區域與落實生物多樣性保護之目標，結合地方長期倡議及政府研提之方案，提出七個國家級綠道主題軸線：淡蘭百年山徑、浪漫台三線樟之細路、臺灣山海圳綠道、糖鐵綠道、水圳綠道、原民古道、脊梁山脈保育綠道等七條綠道主軸線構想。考量連續性、整體性、代表性、豐富性與可及性，並結合地方共識凝聚意識，加強在地認同感。



其中，行政院農業委員會農田水利署配合推動水圳綠道之整體規劃與建置，沿著百年嘉南大圳設置自行車專用道，並作為臺灣自行車環島路線之替代路線，以完善整體自行車路網，本文主要在說明水圳綠道整體規劃原則、建構及後續推動策略。

二、建置國家級專用自行車道

（一）自然環境特性與行政區域

水圳綠道以嘉南大圳為主體，包含濁幹線（40公里）及北幹線（48公里）共計約88公里，橫跨雲林縣、嘉義縣及臺南市等三縣市，由北至南之沿線鄉鎮市區分別為雲林縣林內鄉、莿桐鄉、虎尾鎮、土庫鎮及元長

鄉；嘉義縣新港鄉、太保市及水上鄉；臺南市後壁區、白河區、東山區、柳營區、六甲區及官田區等鄉鎮市區。

水圳綠道沿著嘉南大圳穿越嘉南平原，南起臺南市官田區烏山頭水庫（如圖1），由南至北跨越龜重溪、急水溪、八掌溪、朴子溪及北港溪等河川，北至雲林縣林內鄉濁水溪畔八卦池分水工（如圖2），整體地勢平坦、東側較高，斗六、嘉義等地區地面坡度約八百分之一至千分之一，臺南附近約二百五十分之一至三百五十分之一。

（二）歷史與人文

一百年前嘉南平原為一個面積廣大，但



圖1 水圳綠道起點烏山頭水庫



圖 2 水圳綠道終點八卦池分水工

缺乏水源、含鹽量高之土地，不利耕種。日治時期因應糧食需求增加，總督府擬定「官佃溪埤圳計畫」，計畫在曾文溪上游官佃溪築壩，灌溉嘉南平原約10萬甲的土地；後再擬定「濁水溪直接引水計畫」，引用濁水溪水源灌溉雲林平原約5萬甲土地，兩個計畫建構嘉南大圳主體，引用曾文溪與濁水溪之溪水灌溉農田，合計灌溉約15萬甲土地。1919年「公共埤圳官佃溪埤圳組合」成立，由八田與一技師負責設計及工程事宜。1920年嘉南大圳開始興建，至1930年完工通水，迄今已有百年歷史，大圳通水啟用後，嘉南平原從此逐步發展成為沃野千里之糧倉，對臺灣農業發展貢獻極大。

水圳綠道沿線經過3個縣市，31個鄉鎮市

區、375個村里、332個農村聚落，亦經過345所學校（包含大學、高中、國中小學等）及380個宗教文化信仰點，沿線串聯地景地貌、人文風采及產業歷史，形成富含文化底蘊之水圳意象，沿線概況詳如圖3。

（三）水圳綠道整體規劃及設計原則

嘉南大圳自烏山頭水庫往北行，沿線跨越多條河川、區域排水，交界處多為渡槽或倒虹吸工等水利構造物，經統計包含龜重溪渡槽、急水溪渡槽、八掌溪渡槽、南靖倒虹吸工、朴子溪渡槽、埤子頭排水倒虹吸工及北港溪倒虹吸工等7處容易形成路線斷點，經多方評估與協調，並考量構造物結構安全後，龜重溪渡槽、埤子頭排水倒虹吸工、南



水圳綠道主體工程依據「國家綠道管理規範-自行車道篇」及交通部運輸研究所「自行車道系統規劃設計參考手冊」設計，訂定車道路型分類、車道設計及鋪面、指標系統

24 JUN 2022 工程·95 卷 02 期



表 1 水圳綠道系統告示牌及標誌規劃表

項目	說明	設置位置	尺寸	顏色	材質
管理辦法告示牌	說明開放時間、禁止進入時間及相關安全規定	既有道路與自行車道銜接處	長 120cm 寬 75cm	紅底白字，紅色採用臺灣區塗料油漆同業公會色樣第 25 號	鋁板 (3.2mm) 陽極處理，面貼工程級反光耐候 PVC
指示標誌	指示自行車之路線資訊、休憩點、牽引道等方向及其距離	自行車道各銜接路口及必要說明處	長 40cm 寬 160cm	棕底白字，棕色採用臺灣區塗料油漆同業公會色樣第 51 號	鋁板 (3.2mm) 陽極處理，面貼工程級反光耐候 PVC
附掛式文字型警告牌	說明水利設施請勿靠近及禁止跨越	附掛於水利構造物、欄杆適當處	長 40cm 寬 20cm	紅底白字，紅色採用臺灣區塗料油漆同業公會色樣第 25 號	鋁板 (3.2mm) 陽極處理，面貼工程級反光耐候 PVC
穿越路口告示牌 (用於幹道)	說明水圳綠道與相關幹線、路口交叉時須注意之號誌	用於幹道及水圳綠道銜接處，主要設置於幹道上	長 90cm (三角號誌)	紅框白底黑色圖示	鋁板 (3.2mm) 陽極處理，面貼工程級反光耐候 PVC
牽引道告示牌	說明牽引道僅提供牽引，禁止騎乘	牽引道處	長 30cm 寬 100cm	紅底白字，紅色採用第 25 號	鋁板 (3.2mm) 陽極處理，面貼工程級反光耐候 PVC
自行車路線指示線及里程線	說明自行車道之標線，並提供名稱、里程等相關標示	間隔一點五公尺，劃設應緊靠路面邊緣、路面邊緣或距離車輛停放線應有 75 公分寬之處	長 20cm 寬 100cm	藍框白底藍字，藍色採用第 47 號	熱處理聚酯成形標線
自行車路線指示輔助線	本標線視需要配合劃設自行車路線指示輔助線	實線，線寬為 10 公分，於自行車路線指示線上游 10 公尺開始劃設並延伸至停止線，過交岔路口自路段起點劃設 30 公尺。	寬 10cm	藍底，藍色採用第 45 號	熱處理聚酯標線

備註：

1. 標誌色彩之採用原則依據交通部道路交通標誌標線號誌設置規則第 9 條、第 11 條
2. 標誌體形之採用原則依據交通部道路交通標誌標線號誌設置規則第 12 條
3. 標誌材質之採用原則依據行政院農業委會 - 農田水利施工規範 -02891 標誌
4. 標誌內容參考公共工程委員會工程告示牌及竣工銘牌設置要點第 7 點、道路交通標誌標線號誌設置規則 30、46、87-3 及自行車道系統規劃設計參考手冊

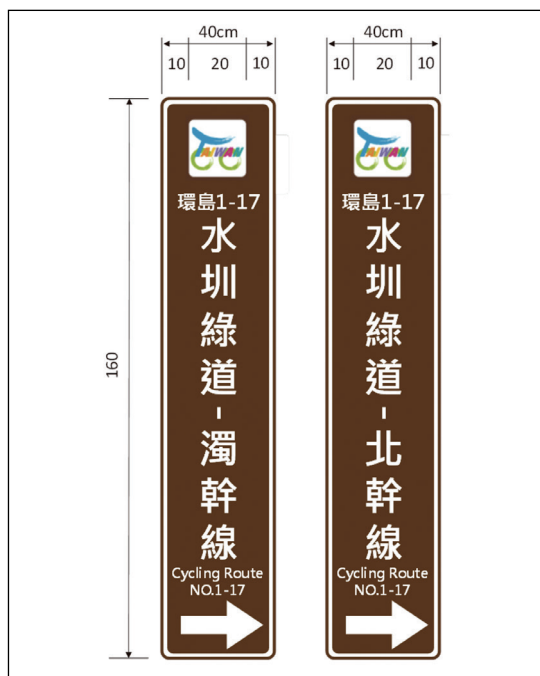


圖 4 指示標誌示意圖



圖 5 管理辦法告示牌示意圖

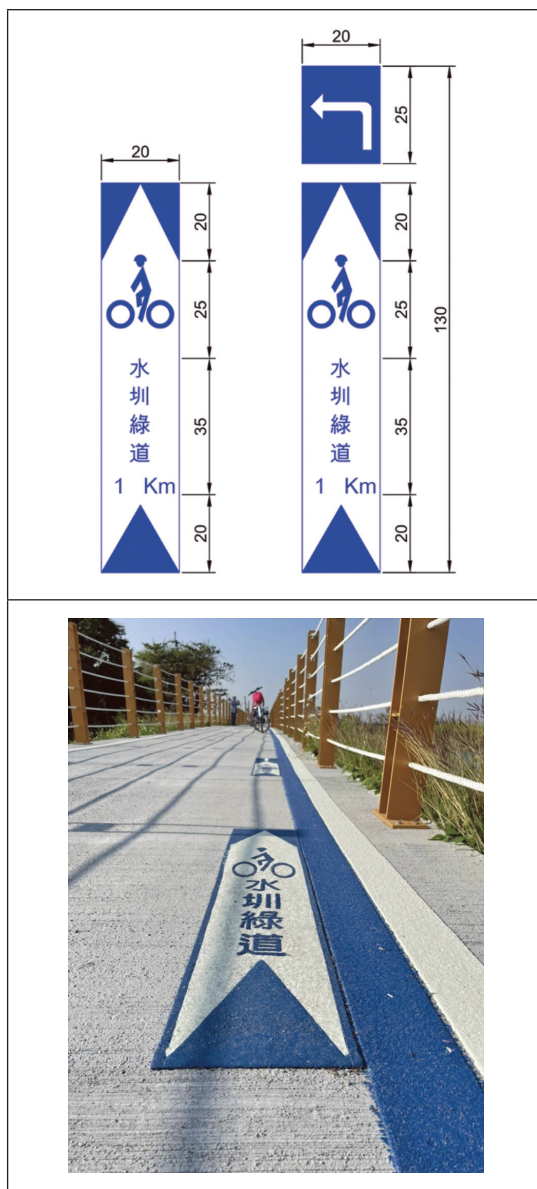


圖 6 自行車路線里程線及指示線示意圖

使用者需求，水圳綠道沿線設置了18處主要休憩區，22處一般休憩站，結合在地居民活動空間並考量耐用性及易於維護管理原則進

行優化，設置簡潔、堅固之休憩座椅，詳如圖8。

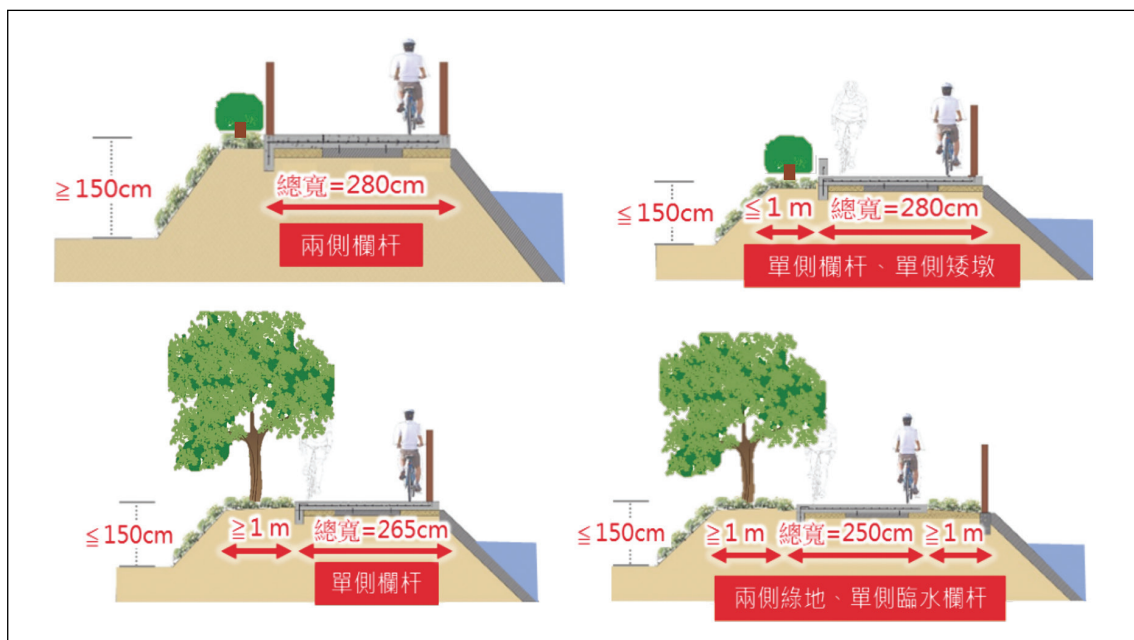


圖 7 水圳綠道設計型式



圖 8 水圳綠道休憩點改善前後

(四) 公私協力參與，分段同步施工

在推動的過程中，因全線路線長達88公里、渠道斷面型式多元、腹地用地權屬及跨

越河川、公路斷點眾多等問題，原規劃主體工程需2年期程完工，109年10月農田水利會升格為公務機關，行政效率大幅提升，主體工程於110年6月完成設計發包工作，農田水



利署全體同仁動員，透過「分段同步」施工方式，將工期縮短為半年，於同年底完成工程。在工程規劃及施工期間，與在地居民、圳旁社區及團體進行充分的溝通及協調，召開多場次路線協調會、設計說明會及現勘討論，公私協力加速催生這條國家級「水圳綠道」。

三、啟動全線植生綠化，種植臺灣原生樹種

水圳綠道主體工程完工後立即啟動沿線植生綠化，評估利用圳路旁既有隙地辦理綠化植樹，營造生物可棲息空間與環境，沿線考量樹種環境適應性，擇定樹形優美、易管

理維護及根系不易破壞堤岸之臺灣原生樹種，以一縣市一主要一次要樹種為原則，也藉由樹種生長特性變化，營造不同區段四季景致變換。沿線植生樹種規劃詳如圖9。

雲林縣考量區域常有強風，故擇定枝葉濃密、樹形優雅、耐風抗鹽的瓊崖海棠為主要樹種；其次，在圳旁腹地較大，土壤深厚處選擇樹形挺拔高壯、葉色隨季節變化的楓香為次要樹種。

嘉義縣則選擇樹型開闊、喜日照、在嘉義沿海地區常可發現之臺灣魚木為主要樹種；另考量臺灣魚木冬季落葉，為調節季節景色，在圳旁腹地較大區位，則選擇易栽



圖 9 水圳綠道沿線植生樹種規劃



培、樹型穩重、常綠的茄冬為次要樹種。

臺南市選擇生長快速、常為邊坡、堤岸的先驅樹種棟樹，依季節時序開紫花、結金果、樹型淡雅的「棟」樹，符合臺南「戀戀」古都形象。次要樹種擇定臺南市全臺首學孔廟前的楷樹，即黃連木，自古為孔廟孔林的代表樹種，且其耐貧瘠，秋冬季葉變色能表現四季風情。

除此之外，水圳綠道於全線臨水圳側或腹地較小之線段，亦種植灌木營造綠籬，主要種植月橘、燈稱花、山黃梔、石斑木及桃金娘等臺灣原生樹種，兼具維護用路人安全、沿線景觀營造及生態環境提升之綜效。

四、百年大圳，風華再現

水圳綠道以農業命脈－水圳為主體，沿著百年嘉南大圳而生，一百年前，八田與一技師與眾多工程人員興建嘉南大圳，把15萬公頃的看天田蛻變成豐饒良田，澈底翻轉雲嘉南平原的農業生產環境，成為臺灣重要穀倉。一百年後，傳承守護大圳灌溉生產功能，並在大圳沿線闢建自行車專用道-水圳綠道，自烏山頭水庫至濁水溪畔，橫跨雲林縣、嘉義縣及臺南市，優化水圳旁水防道路及堤岸成為綠道。沿線景致如圖10。

水圳綠道沿線經過朴子溪、八掌溪、急水溪及龜重溪等4座渡槽；北港溪、埤子頭

及南靖等3座倒虹吸工以及上百座水利構造物，再現百年大圳農田水利文物設施，也打開了百年大圳的神秘面紗，原來圳旁堤頂人跡罕至的路線，成為在地居民生活與緊緊農村文化之路，進而更加認識本土珍貴文化活資產，讓這條全國最長的自行車專用道成為當地居民及國人生活的一部分。行經廣大的雲嘉南平原，欣賞農業四季變化景致及多元生態環境，期能帶動全民參與、形成社會風氣，使國人可以深度瞭解與連結臺灣豐富的自然及人文地景。

五、水圳綠道持續優化

國家綠道-水圳綠道建置初期以主體工程完善為目標，斷點採用繞行既有道路方式，並設置標示路牌及安全設施，結合既有觀光魅力點，以提升民眾使用率。111年起，進行全線標誌標線優化工程，並設置農田水利文物資產解說牌。

有關識別標示牌、重要里程標示牌、方向指示牌及里程牌等設計，初期依據設計原則設置。水圳綠道啟用後，持續蒐集用路人經驗進行滾動檢討，辦理標誌、標線優化完善作業，以提升整體路線騎乘滿意度。

水圳綠道往北銜接既有自行車道，沿二水鄉自行車道、彰化八卦山自行車道至臺中綠空廊道；向南則銜接山海圳及茄苳自行車道，可進行騎乘路線整理串接，並納入交通



圖 10 水圳綠道沿線路段、水利構造物及休憩區

部全國自行車單一總路口網。農村旅遊路線部分，蒐集交通部觀光局、臺灣自行車旅遊網及臺南市政府農業局等相關網站，以嘉南大圳鄰近區域並具代表性之農村特色景點進

行路線串聯，包含宗教寺廟、主題街道、農田水利文物、生態導覽、特色文化等，將相關資訊建置於水圳綠道網頁（連結位於農田水利署首頁<https://www.ia.gov.tw/>），透過



工程影音紀錄及路線導覽，提供初步旅遊資訊。

六、結語

水圳綠道啟用，再現大圳風華，透過優化水圳旁水防道路及堤岸成為綠道，巧妙的配置植生綠化，串聯藍帶、綠帶及廣闊的農業生態景觀，透過沿途農村地景並遍植臺灣原生樹種的生態綠道騎乘，除了緬懷百年農田水利文物資產，欣賞沿途農村四季變化景致，更希望以此厚植全民愛鄉護水、環境永續之意識，讓來往旅人及居民看見農田水利先民拓荒及奉獻精神，從古圳看見自己，也看見臺灣。



疫情之下的回顧與展望－ 台灣氣膠研究學會

台灣氣膠研究學會榮譽會長 / 林能暉教授
AAQR 國際期刊出版執行編輯 / 楊禮豪教授
台灣氣膠研究學會秘書長 / 陳培詩教授

關鍵字：COVID、氣膠

台灣氣膠研究學會（Taiwan Association for Aerosol Research, TAAR；<http://www.taar.org.tw>）是一個成立於1992年、非營利之專業社會團體。根據設立宗旨，本學會設置16個委員會，每年舉辦年會暨國際氣膠科技研討會（International Conference on Aerosol Science and Technology, ICAST），並於2001年開始發行Aerosol and Air Quality Research（AAQR）國際SCI學術期刊（<https://aaqr.org>），以推廣本學會會務及服務會員與社會。2020年當全球各地受到COVID-19疫情嚴重影響時，AAQR基於人道與學術研究服務回饋社會之價值觀，設立COVID-19特刊，提供免費投稿與全文下載並加快審查速度，使COVID-19相關科學研究成果得以迅速回饋社會需求，在防疫上扮演著集思廣益之角

色。此特刊獲得國際間熱烈的回響，有來自50多個國家，共計340餘篇文章的投稿。此外，有鑑於疫情爆發初期社會大眾對病毒傳播方式有疑慮而產生恐慌，本學會社會責任委員會於2020年特別發出中英文新聞稿「病毒如何透過飛沫與空氣傳播？」，並籌劃與發表致編輯函（Letter to Editor）「COVID-19: An aerosol's point of view from expiration to transmission to viral-mechanism」於AAQR，從氣膠科學觀點釐清飛沫與空氣傳播之差異、口罩在防疫上之效益與完整風險評估之重要性等。本學會數位會員亦獲國內外媒體採訪有關COVID-19防疫措施與政策問題，透過媒體發聲與建言，提供社會大眾與政府相關單位防疫之參考。如本學會榮譽理事長現任職台灣大學公共衛生學院環境與職業健



康科學研究所陳志傑教授於《健康遠見》提醒國內民眾，打噴嚏、咳嗽、講話及呼吸等都會產生含有病毒的懸浮微粒，且從氣膠學看防疫，隔板效果不如預期，5微米微粒可在空氣懸浮至少20分鐘，防疫應講究環境衛生管理，三面向加強防疫效率與力度，三面向包含最有效率的是「源頭管控」、其次為「傳播途徑攔截」、以及最後手段的「個人防護」等。面對人類從未經歷過的COVID-19全球疫情，本學會秉持著設立宗旨及應有之社會責任，透過氣膠專業社團團結力與國際學術影響力，同時鼓勵與促進更多不同專業領域之交流與團結合作，共同為增進人類福祉盡一份心力。



國內化工短訊 2021 精華篇

國立勤益科技大學化工與材料工程系 / 倪聖中

關鍵字：綠色化學應用及創新、鋰電池、高性能工程塑膠、永續發展

一、全球百大科技研發獎 經部法人奪 7 獎亞洲第一

經濟部日前舉辦「創新匯流領航全球 2021 R&D 100 Awards」獲獎記者會，經濟部所轄四大法人單位今年在全球百大科技研發獎中，以六項科專成果共囊括七項大獎，獲獎數居全球第二、亞洲第一。今年獲獎技術包括工研院之「促進組織整合仿生3D列印技術」、「等溫高效率水氣分離技術」及「軟體定義增強型機器人關節模組」，金屬中心之「連續式微型元件熱處理系統設備」及紡織所之「RFID Yarn®：克服五項主要耐久性測試」。資策會的「AI鑑識技術與台灣不實訊息聯防體系」則獲得特別獎CSR類銅獎。經濟部長期以科技專案支持法人研發創新技術，屢獲國際大獎肯定。

二、國家發明及產業創新獎 87 人贏得殊榮

經濟部日前舉辦110年產業創新成果聯

合頒獎典禮，共表揚44件國家產業創新獎與43位國家發明創作獎得主，副總統賴清德親自出席頒獎。第七屆「經濟部國家產業創新獎」共選出16家產學研組織單位、13個團隊及15位個人類獎項得主，獲獎單位含蓋多元產業領域，如先進半導體科技的台積電與工研院電光系統所，創新智慧製造的大銀微系統公司、達佛羅公司等，還有配合政府政策快速籌組口罩國家隊與工具機國家隊的成員，如紡織所、敏成公司及哈伯公司等。國家發明創作獎共選出發明獎6件金牌、20件銀牌及創作獎5件金牌、12件銀牌。

三、聯華電子 獲綠色化學應用及創新獎

聯華電子日前榮獲行政院環保署第二屆綠色化學應用及創新獎，在綠色化學教育、綠色安全替代、化學物質管理及災害防救整備等面向皆表現優異，為連續二屆同時獲得團體組與個人組獎項的企業。此獎項環保署每兩年舉辦一次頒獎，聯電自2019年首次參



與即獲團體獎及個人獎的殊榮，今年又再度獲獎顯示聯電多年來在實踐化學品低污染、低毒性替代品研發、減少毒化物使用、落實危害預防管理及協助提升公司內、外部災害防救能力上，均受到外界肯定。此次聯電消防隊副處長更獲頒個人組終身成就獎，表彰其長達37年來對於國內災害防救訓練與應變能力提升的貢獻。

四、台泥集團投資高雄 小港鋰電池廠動土

台灣水泥集團旗下所屬三元能源科技投資120億元，在高雄小港興建年產1.8 GWh的鋰電池廠，日前舉行開工動土典禮，包括行政院副院長、經濟部工業局長、高雄市長、高雄市經發局長等近百位貴賓出席，見證台灣鋰電池發展的重要時刻。台灣水泥為完成2030年減碳30%、2050年預拌混凝土零碳的目標，除積極減碳外，更致力投入綠電、儲能、電池、碳捕獲及碳匯造林等發展，以發展綠電、儲能，去抵消水泥生產的碳排放。三元能源科技鋰電池工廠預計2023年啟用，產能1.8 GWh，一年可以生產約24,000台電動汽車所需長程電池量。

五、複合材料公會主辦 應用研討會登場

台灣區複合材料公會主辦「高性能工程塑膠／硬化劑／各類聚合之特性與應用研討會」，於日前舉行，研討會特邀請國內外專家學者針對高分子有機材料，包括熱固及熱塑

等在複材領域的高端應用及性能提升進行探討。研討會特別邀請金源誥總經理介紹複材永續經營發展-ESG客製化方案、台灣贏創董事長說明環保永續策略與綠色創新科技之最佳解決方案、台灣贏創經理（上海連線）解析環氧樹脂硬化劑應用技術及台灣贏創經理（德國連線）解析樹脂在複材的應用等。

六、2021 化學產業高峰論壇暨數位展會 線上登場

「2021台灣化學產業高峰論壇暨數位展會」於日前隆重線上登場，大會主題為「永續發展領趨勢，化學材料創新機」，內容聚焦於綠色永續、生醫及半導體領域之應用。台灣化學產業協會即使今年受疫情影響也依然不間斷連續第18年舉辦論壇，並首度嘗試以數位科技突破人數與空間限制。主題演講分別邀請美國普渡大學教授分享生物正交化學在組織工程及重建醫學上之應用、日月光集團資深副總介紹科技產業綠色製造使命及國際化學企業默克先進材料博士解析數位轉型到綠色轉型等。首日經濟部工業局長於線上致詞揭開序幕，台灣化學產業協會理事長感謝大家熱烈參與首次的線上活動，產業菁英獎頒獎典禮則以事先預錄並精心製作的影片播放。

七、科技部科學園區審議會通過 6 投資案

科技部科學園區審議會日前通過6件投資案，投資總額新台幣18.42億元。其中投資額



最大的是李長榮化工中科創新材料分公司，投資12億元進駐中部科學園區虎尾園區，研發電子級異丙醇及工業級異丙醇。另一指標案件為凱豐工業股份有限公司，主要研發汽車電池組立機械、電池塑膠外殼與護蓋射出件及精密模具等，將投資4.3億元進駐中科二林園區。科技部所通過的6個案件，另有包括精密機械產業的鐳羅機械公司中科分公司、雷應科技、生物技術產業的艾爾清科技及光電產業的安珂數位應材公司等。

八、2021 愛迪生獎 台灣獲 1 金 1 銀 3 銅

2021愛迪生獎日前公布獲獎名單，台灣有5項技術獲1金1銀3銅，表現僅次於美國，在全球排名第二，顯見台灣在創新發展已達國際水準。愛迪生獎（Edison Awards）素有「創新界奧斯卡獎」之稱，今年共有400多項技術/產品角逐，台灣2家研究機構、2家廠商脫穎而出獲1金1銀3銅，其中有四項技術都來自於經濟部科技專案成果。經濟部技術處日前亦舉辦2021愛迪生獎獲獎記者會，邀請獲獎法人、廠商出席並發表心得。特別的是，此次台灣所獲獎的5項技術中，有2項是AI軟體技術，也是台灣達到的一項成就。

九、創新界奧斯卡 工研院奪 1 金牌 1 銀牌

愛迪生獎設立於1987年，在美國有「創新界奧斯卡獎」美譽，每年表彰全球創新產品與企業領袖，紀念愛迪生追求創意與卓越

的精神，工研院獲得金牌獎的是「AI立體式智慧倉儲系統」，最高可到14層貨架，搭配穿梭式自動倉儲，就可增加逾二倍儲運空間，已與Yahoo奇摩、新竹物流與漢錫科技合作，並導入Yahoo奇摩在台首座AI立體自動化物流中心。工研院獲銀牌獎的是「微生物染料開發與纖維應用」，以常用的安全微生物進行改造，利用醱酵與分離純化製程，生產數種可供棉與尼龍用的天然染料，由於環保意識興起，染整的綠色製程深具潛力。

十、塑膠創新論壇登場 解析高值永續趨勢

財團法人塑膠技術發展中心日前舉辦「塑膠產業創新論壇」，邀請產學研界學者專家分享循環經濟及永續材料等議題。塑膠中心每年舉辦「塑膠產業創新論壇」，今年活動規劃主題論壇、創新研討會、技術展覽等3大主題，探討疫情過後塑膠產業創新、高值、永續、智慧導入的方向。其中，主題論壇由長興材料董事長主講「以人為本：老牌化工廠的快篩之路」，宏全國際董事長主講「安全距離：彈性供應鏈」，李長榮化工總經理主講「與自然共存：永續材料的開發」。創新技術研討會安排輕量複合材料、循環經濟及永續材料、高分子醫療器材以及產業數位製造等議題。



110 年台灣鑛冶工業之進展

中國鑛冶工程學會理事長 / 鄭際昭

關鍵字：油氣、礦物、鋼鐵、非鐵金屬、粉末冶金、地質

前言

根據報告顯示110年台灣經濟成長率為6.28%，創下11年新高紀錄，明顯遽漲，主因為是國際情勢樂觀，外需旺盛加上台灣自身產業優勢。依據經濟部礦務局資料顯示，110年自產礦產產值275億9,875萬元，較民國109年增加1.07%。另依據經濟部國際貿易局資料指出，進口之礦產品價值共達新台幣1兆2,983億3,032萬元，較109年增加62.44%；進口量為1億7,307萬4,071公噸，較民國109年增加8.91%，原因係金屬礦物增加所致。台灣地區110年礦產品出口總量為140萬3,001公噸、出口總值為新台幣508億2,943萬元，較民國109年出口總量增加4.10%、出口總值增加67.75%，原因係金屬礦物及工業原料礦物增加所致。

以下茲就110年我國油氣礦業、鋼鐵工

業、非鐵金屬工業、粉末冶金工業及地質調查與研究之進展重點摘錄說明。

一、油氣礦業

110年賡續在國內陸上、海域及國外探採石油及天然氣，茲分述如下：

- (一) 陸上油氣資源與地熱產能探勘：配合國家能源政策積極參與綠能產業，規劃在宜蘭土場地區進行土場16、17號及18號地熱井之鑽探，並籌備地熱發電設備建置工作，以進一步實現地熱發電效益。
- (二) 海域國際合作及自力探採：106年5月3日與道達爾勘探與生產（中國）有限責任公司及中國海洋石油總公司簽署「南海台陽契約區石油契約」，由道達爾公司擔任經營人；為提高國內自有能



源占比及新增油氣資源量，選定以台西盆地及台南盆地進行增值潛能研究。

- (三) 國外探採：在全球 8 個國家共有 10 處合作探採計畫，共分得原油 548.24 萬桶、天然氣 5.07 億立方公尺、液化石油氣 11.45 萬桶，主要來自厄瓜多、尼日、澳大利亞及查德等國的生產礦區。

二、鋼鐵工業

(一) 國內市場供需

1. 粗鋼、鋼材產量：110 年粗鋼產量 2,323.7 萬公噸，較 109 年 2,095.9 萬公噸增加 10.9%。其中高爐廠產量 1,406.2 萬公噸，增加 10.7%，電爐廠產量 917.5 萬公噸，增加 11.1%。鋼材產量 2,693.6 萬公噸，較 109 年 2,522.5 萬公噸增加 6.8%。
2. 鋼材、半成品進出口量：110 年鋼材進口量 481.6 萬公噸，增加 25.1%；出口量 1,060.1 萬公噸，增加 3.1%。半成品（扁鋼胚 + 小鋼胚）方面，110 年進口量 417.3 萬公噸，增加 30.7%；出口量 0.01 萬公噸，大幅減少 99.0%。
3. 鋼材表面消費量：110 年鋼材表面消費量 2,115.18 萬公噸，成長 12.6%。
4. 主要鋼品表面消費量：110 年我國主要鋼

品表面消費量有明顯變化者為棒鋼（+50.3%）、線材（+26.6%）、冷軋（+51.5%）、電鍍鋅（+26.6%）、電磁鋼片（+60.2%）、熱浸鍍鋅（-15.1%）及不銹鋼熱軋（+27.3%），其餘各鋼品變化範圍小於 $\pm 15.0\%$ 以下。

(二) 鋼鐵產業發展

110 上半年世界主要國家受惠疫苗大規模接種，減緩疫情衝擊，經濟活動逐步恢復，加以持續推動貨幣寬鬆、經濟紓困計劃與振興方案，提升整體投資及消費信心，多國亦相繼投入大型基礎建設計畫，引領用鋼產業需求強勁復甦；下半年中國大陸嚴格實施能耗雙控及環保限產，歐美亞因變種病毒使疫情反覆趨嚴，生產、零組件供應及運輸物流受阻，需求量能趨緩，抑制部分經濟成長動能。

台灣鋼鐵產業部分，國內屬淺碟型市場，多以加工外銷出口為主，110 年內銷受惠政府推動前瞻基礎建設，台商回流、民間企業擴/建廠投資與衍生周遭不動產工程，以及疫情催生國產車需求提升等，帶動國內鋼市量價上行；外銷受惠全球各國經濟強勁復甦，訂單量能釋出，基本金屬及其製品全年出口 368.2 億美元，年比大幅成長 44.5%。

(三) 新技術、新產品開發與製程改善成果及與鋼鐵業者合作情形：

1. 電磁鋼片產品開發：透過關鍵技術的建立，



已開發出更低鐵損、更高磁通、更高強度電動車驅動馬達用薄尺寸電磁鋼片，成功引領電動車大廠的使用，使中鋼成為重要的電磁鋼片供應商。

2. 冰水機群組負載調節：建立冰水機溫度與負載關係模型，並搭配利用製程資訊預估的低壓蒸汽可用量及各機效能，開發冰水機較適負載設定技術，已落實於現場冰水機系統。
3. 熱風爐燃控技術開發：熱風爐採低廢氣溫度操作可提升效率，但若操作不當會造成送風溫度不足，影響高爐生產。因此開發智能燃控技術，使效率提升1.2%以上並避免落入不穩定區，兼顧節能與穩定性。
4. 智能鋼種轉用系統：運用人工智慧從大數據建立模型，針對成份超標的煉鋼爐次自動建議多項因子完全符合或相近的鋼種轉用，目前已陸續應用於條線、鋼板、熱冷軋產品，不僅可取代人力提升鋼種轉用效率，甚至能提出更好的轉用建議，有效減少鋼胚轉為次級品生產或廢棄品的損失。
5. 與高雄科技大學合作成立扣件 ERC 研究計畫服務扣件業者：為鞏固扣件業用鋼市場，提升客戶服務與協助技術升級，與高科大合作成立「扣件 ERC」，針對扣件產業服務、材料、設計、製程與檢測等五大課題展開相關研究。「扣件 ERC 研究計畫」

以四大策略展開六項研究工作主軸，分三年逐步建立扣件產業所需的技術、服務與數位化/智能化模組，並持續富化「扣件雲」的技術服務內容。

三、非鐵金屬工業

- (一) 鋁產業市場應用與概況：近年全球鋁產業因碳中和議題，各鋁廠皆朝向減碳技術發展，其中再生鋁減碳效率高達95%，使得提高再生鋁比例成為各鋁廠之首要減碳方針，加上歐盟於2021年7月宣佈，將自2023年起對鋼鐵、鋁、水泥、化肥和電力等五大類產品實施「碳邊境調整機制」，並要求2026年進口商須購買相關碳權，形成非關稅的另類貿易障礙，使得國際上許多標竿大廠紛紛投入再生鋁產業計畫，範圍涵蓋運輸、建築、包裝與電子等應用市場產業。
- (二) 鋅產業市場應用與概況：鋅及鋅合金具有優良的大氣抗蝕性能，在常溫下易與金屬材料表面生成一層保護膜，擁有防銹、美觀等功效。鋅最大的用途在於鍍鋅工業，即鋼材和鋼結構件的表面鍍層，廣泛應用於汽車、建築、船舶等行業。因應循環經濟發展與碳中和趨勢，中鋼鋁業應用鋼廠鍍鋅線使用後之回收鋅陽極板，經重新熔化精煉後生產各規格之鋅合金錠，其品質具有良好的流動性、優異的機械性能（抗拉強度、硬度



等)與耐磨耗等特性,並可達節能減碳之環保需求。

(三)鈦產業市場應用與概況:2021年臺灣鈦金屬需求量每年約7,000公噸,其中以球頭用鈦鑄錠、石化工業用鈦板與民生用鈦薄板占比最大,主要與近年國內球頭產業與鈦餐具業蓬勃發展有關;國內高端鈦材領域尚有生醫用、航太用與半導體用等需求,近年國內多家上游材料業者陸續投入高端鈦材領域鈦產品,有助於國內鈦合金材料自主化,並往高值產品領域發展。

四、粉末冶金工業

這是歷年來相當精彩且值得回顧的一年,即使持續受到疫情的衝擊,但情況有別於2020的封城、停工造成需求降低的情況,在經歷2020疫情對訂單衰退的影響之後,汽車、電動工具、民生工業等市場反彈,出現超過三到五成以上的需求,突然湧現的需求卻也造成了產能負荷、及供應鏈對應不及,整個供應鏈和製造因而大亂的現象。即使因為需求大增,但疫情嚴重影響到塞港,使得海運運輸嚴重延遲,進而也影響陸上運輸的調度,從原物料供應到成品運送,因為延遲而出現大亂的窘境,造成不可預測的空運,以及海運成本大增,這大概是2021年營運上最巨大的影響。其次是汽車IC晶片的短缺,造成車廠停產,對於汽車零件供應鏈也產生

影響,晶片短缺時,在庫數量快速上升,晶片恢復供應時,需求又變得相當孔急,加上運輸的不確定性,整個2021年,粉末冶金業就在這樣的情境下,度過相當艱鉅的一年。

五、地質調查與研究

110年度對於礦產資源方面之相關調查研究,主要包括地熱資源、海域礦產資源,以及地下水資源調查等三面向,調查成果及施政成效概述如下:

(一)地熱資源調查:配合國家推動綠能政策及各項建設,在地熱能發展部分,地調所除延續前年度辦理之「地熱地質探查技術與資訊整合計畫」科技計畫外,並基於前瞻綠能基礎建設科技項下,推動執行「加速全面性地熱資源探查及資訊供應」計畫,並選定花蓮及臺東之溫泉暨地熱潛藏區進行擴大區域型探勘,建立地熱概念模型,並利用探勘井驗證調查資料、地溫條件及地熱發電之可行性。

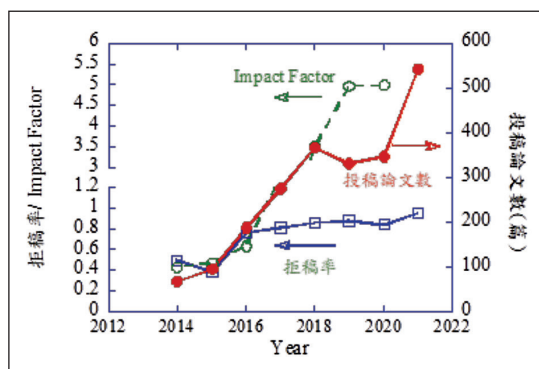
(二)臺灣東北海域礦產資源地質調查:主要工作在於探明區域地質構造,判釋斷層、火山及隱伏火成岩體的分布、瞭解淺部地層的沉積與構造特性及彙整精密水深資料、分析海床近表層沉積物及礦化岩樣熱水換質特性與礦石種類,以及評估金屬礦床的類型及蘊藏潛能等。

回顧與展望專欄 環境工程學會

中華民國環境工程學會理事長 / 林正芳
中華民國環境工程學會常務理事 / 黃靖修
中華民國環境工程學會理事 / 孫世勤

關鍵字：環境工程、再生水、自來水現代化、廢棄物與資源循環、土壤地下水污染整治、智慧水、AIoT、ESG

環境工程學會創立於民國78年，設有學術委員會包括：永續政策、環安衛、土壤及地下水、水環境工程、環境財務工程、廢棄物與再生資源工程、環境資訊與AIoT、環境規劃與管理、空氣環境工程與氣候變遷等。茲將過去一年來各學術專業領域具代表性重要工作或建設說明如後。



一、環境工程學刊

本學會於1991年創辦中國環境工程學刊 (Journal of Chinese Institute of Environmental Engineering)，在創刊期間，蒙曾四恭、駱尚廉、林正芳與李慧梅等四位教授擔任總編輯的帶領下，廣獲國內環境工程教授及專家的肯定，並自1997年開始，改成英文發表，為本刊奠定深厚學術基礎，也成功建立學會

旗艦期刊的品牌。2001年，張慶源教授接任總編輯後，任內（2001~2010）大力推動各項創新措施、積極吸引稿件，2006年更名為環境工程與管理學刊 (Journal of Environmental Engineering and Management)，並陸續被國際重要資料庫如DOAJ、EBSCO、ProQuest、INSPEC、CAS等收錄；為強調環境永續發



展之急迫性，2010年再次更名為永續環境研究（Sustainable Environment Research，SER），為本學會期刊立下進軍國際及結合國際趨勢的發展方向。2011年起，王鴻博教授接任總編輯（2011-14），致力提升投稿系統、發展國際化編輯委員會，任內成功使SER收錄於國際三大學術資料庫之一的Scopus，提升SER的國際知名度。2015年林財富教授接任總編輯後，為進一步增加SER的國際學術能見度，在環工學會沈世宏、高志明、蔡俊鴻、張添晉、林正芳等理事長及學會的鼎力支持下，陸續與國際權威出版社Elsevier（2016~2018）與Springer Nature（2019~迄今）合作出版；尤其在環工學會、歷任編輯群、作者、及各方積極努力之下，SER期刊於2020年下半年成功進入EI/Compendex與SCIE資料庫中，並於2021年首次獲取影響因子（4.980），於SCIE環境領域期刊跳升至前30%，而Scopus 資料庫的Cite Score也逐年上升，由2018年3.1上升至2021年10.0，在環境相關領域期刊名列前茅。

二、水環境工程

（一）臺南市永康水資源回收中心放流水回收再利用推動計畫案

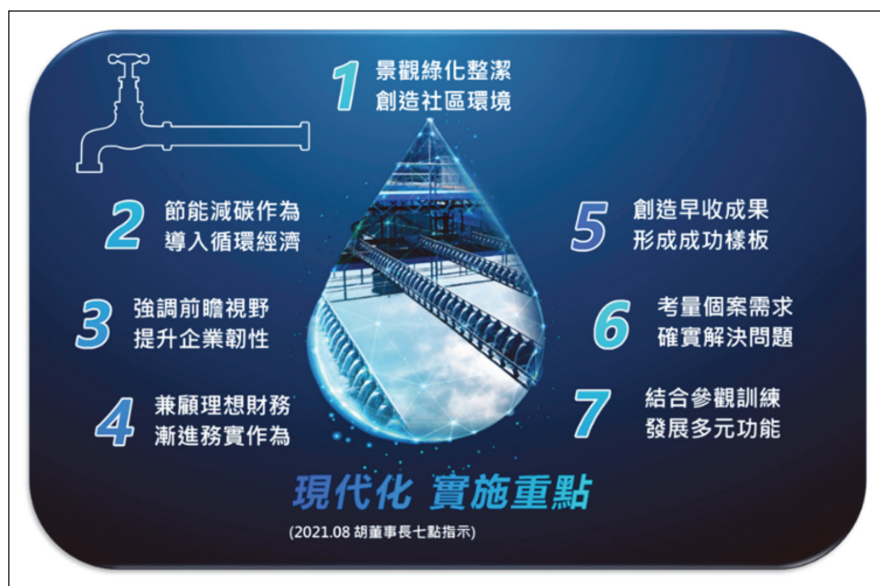
因應極端氣候及南部水資源缺乏之狀況，內政部營建署推動永康水資源回收中心及再生水設施興建，將水資中心放流水再利用，並以供應南部科學園區臺南園區高科技



產業用水為主要目的。再生水廠供水量第一階段8,000 CMD，第二階段-全期15,500 CMD之供水規模；輸水管線佈設預計經9.51公里之管線送至南科臺南園區配水池。

此工程計畫於108年01月19日與統包簽訂契約，108年03月27日隨之開工動土。水資中心及再生水廠於110年7月30日完成功能試車並於110年9月27日取得使用執照正是起動產水。

放流水再生在於高科技產業用水，除出水穩定度是基本要求外，如何確保水質甚為關鍵要素，該廠係以薄膜系統（MBR，取代傳統砂濾+UF系統）。由於MBR反應池內生物濃度可達8,000 mg/L以上，反應效率高，對於有機物與營養鹽之去除有更顯著的效果。高科技產業用水之關鍵水質參數-尿素分子結構小、不具大電性且與RO膜材質間有化學親合力作用之特性，使其去除困難，然溴化物化學加藥處理法係利用添加水溶性溴化物鹽和氧化劑進行尿素氧化處理。本廠於再生水廠RO處理水後添加次氯酸鈉（NaOCl）



以及溴化鈉（NaBr）至反應槽內，經化學反應式去除尿素。

（二）淨水廠現代化工程

台灣自來水股份有限公司自民國63年成立以來，至今已擁有140個供水系統，各型淨水場共476座，將源於河川、水庫、地下水、鹽化水及海水等不同的水源經淨水場各式處理流程及設備轉化為乾淨的自來水。隨著時間推移，因場內設備與土建自然老化、人口遷移與成長、產業發展與轉型所產生的各項營運挑戰外，受到全球氣候變遷、溫室效應影響而導致水文不確定性提高、豐枯期水量變化加劇等問題，以及天災、人禍、法規趨勢變化等其他因素，都為淨水場帶來各種潛在或亟需解決的問題。

「景觀綠化整潔，創造社區環境」、「節能減碳作為，導入循環經濟」、「強調前瞻視野，提升企業韌性」、「兼顧理想財務，漸進務實作為」、「創造早收成果，形成成功樣板」、「考量個案需求，確實解決問題」及「結合參觀訓練，發展多元功能」等七點為淨水場現代化的實施重點，台水公司目前正進行現代化前期規劃工作，由淨水場基本資料收集及水質資料分析為始，以統計及研析成果為基礎探討水質法規修改趨勢及其潛在衝擊，並同步比較國內外淨水處理及成功現代化案例，其後於對各國現代化精神具充分了解的前提下，擬定淨水場現代化的願景、目標及期程。中後期工程面工作將以前期規劃成果為依據，並以淨水場整體改善規劃及本公司實務經驗為基礎，向上建構自111年起為期10年近遠期等兩階段期程，



以積極且循序漸進方式完成遠期10至15座現代化重點場站建設，近期則依照前期規劃內容，辦理後續工程計畫，以完成3至5座稱為「Showcase」的示範場站，做為現代化計畫的範本。

三、土壤及地下水

近10年台灣環境工程在土壤及地下水領域，啟動規模最大、挑戰最高的整治工作，為高雄市政府工務局與台灣中油股份有限公司簽訂「針對高雄煉油廠場區土壤及地下水污染場址改善工作行政契約書」，由工務局依據中油公司提送高雄市政府環保局並經核定的「高雄煉油廠工廠區土壤及地下水污染控制場址控制計畫暨2處土壤污染整治場址整治計畫」，辦理「加速高雄煉油廠工廠區（不含第三區）污染改善工作委託總顧問技術服務」，以利中油高雄廠工廠區土地順利於113年間解除列管。

中油高雄煉廠污染整治範圍約176公頃，陸續被公告為土壤污染控制場址、土壤污染整治場址、地下水污染控制場址等，主

要污染物為苯、甲苯、乙苯、二甲苯、總石油碳氫化合物等輕質非水相液態污染物（LNAPL）。由於土壤及地下水均遭受污染且污染範圍大與污染深度亦較深，加以土壤質地呈現不連續分布、地下水位豐枯水期變化大，由總顧問進行整體且妥適的規劃，分階段依序啟動整治工作，初步預估經費約為268億元，並依後續實際發包金額調整。

前述整體整治規劃架構分為土壤整治、地下水整治、污染團攔截等三個面向，考量後續將有多家整治廠商承攬整治工作，各家廠商有其競爭技術，故整治計畫僅針對整治架構進行原則性規劃，篩選對於中油高雄煉廠污染物具有一定實績的整治工法列入架構規劃，例如熱脫附、土壤清洗、離地生物復育，以及現地化學氧化、加強式生物復育、界面活性劑沖排、雙相抽除、透水性反應牆或其他可行之新穎工法，不但保留後續執行整治的彈性，並提升整治效能與國內環境工程技術。此外，為有效防堵污染團向外遷移，中油高雄廠執行中的SVE/AS及注氣幕簾（Air Curtain）污染物攔截系統，將在不影響後續整治工作前提下持續操作，防止污染團擴散。

四、廢棄物、再生資源工程與空氣環境工程

（一）臺灣地區大型垃圾焚化廠整建計畫

臺灣地區垃圾處理早期以掩埋為主，其





後隨著經濟發展垃圾量快速增加，加上地狹人稠新闢掩埋場不易，故改推動焚化為主掩埋為輔政策，自81年至97年陸續完成興建營運21座公有焚化廠及3座民有焚化廠。惟廠內設備隨著使用年限漸不堪負荷，效能下降造成運轉率與處理量降低、發電量減少等問題，必須進行全面體檢，再依據各廠狀況及各地方政府廢棄物未來處理需求，執行整改或重建計畫，並概分為營運中廠整改、原址建新汰舊、他址增建新廠3種模式。

目前已完成發包之計畫包括11座營運中廠整改（木柵/北投/新店/樹林/溪州/鹿草/仁武/岡山/崁頂/新竹市/八里）、2座增建新廠（桃園環科、新竹縣）、1座停用廠整改（台

東），另正（擬）招標中的尚有2座營運中廠整改（文山/后里）、2座建新汰舊（城西、高市南區）。無論是整改或重建，均將朝向提升運轉率/處理量/發電量、污染減排、灰渣減量再利用、減碳節能之方向發展，全新廠更將符合我國能源局所訂經前處理以提升熱值、降低汙染及高效發電之廢棄物再生能源發電設施規定。

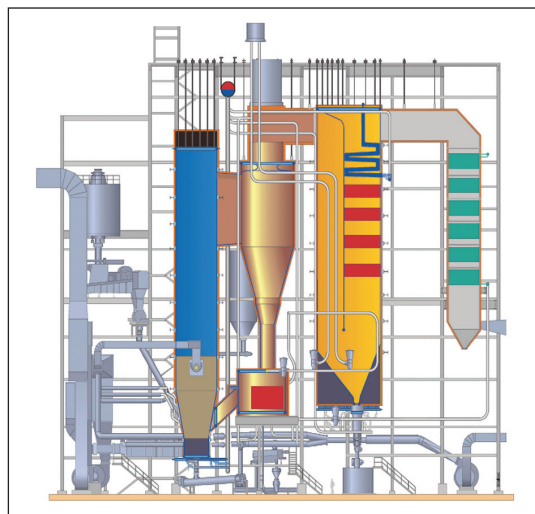
採行的具體作為如水管牆高鉻合金堆焊、增加蒸發管、爆燃清灰、高效空冷凝結器、汽輪機轉定子整修/更換、乾式底渣排渣、鈉系鹼劑除酸、多效觸媒濾袋、飛灰水洗、轉動設備變頻、吸收式空調、屋頂太陽能板、傾卸平台簡易破碎/分選/檢查/轉運設備等；此外，亦陸續導入更多數位化與智慧化應用，如車牌辨識、儲坑垃圾及爐溫影像辨識、先進自動燃燒控制、多元監測回饋維穩蒸汽量、震動頻譜分析、人員安全定位、設備光達掃描、3D-BIM建模、調度戰情中心、遠端診斷協作等。另在碳捕捉利用（CCU）方面，亦將引進國外焚化廠具實績之技術，以有機醇胺吸收廢氣中之 CO_2 ，經濃縮後做為自行產製鈉系除酸鹼劑之成分，固碳並降低鹼劑用量。可預期焚化廠陸續完成整改或重建後，我國將迎接嶄新的垃圾焚化處理時代，在轉廢為能為循環經濟框架中，不僅將無法回收再利用的廢棄物妥善處理，亦達成減排、減量、減碳及再生能源之永續目標。



（二）廢棄物與再生資源 -SRF 轉廢為能

近年來我國廢棄物管理已由早期的線性思維（原料/製造/使用/丟棄）逐漸進展為循環經濟模式，優先從預防及生命周期角度檢視物質減量及使用，再尋求後續能資源鏈結整合契機，也就是藉推動6R政策（Reduction / Reuse / Recycling / Energy Recovery / Land Reclamation / Redesign），逐步邁向永續發展目標。能源回收更是其中不可或缺之重要一環。

國內一年近200萬噸之可燃事業廢棄物過去一直依賴24座大型垃圾焚化廠協同處理，惟隨著設備老化處理效能降低，復因事業廢棄物熱值偏高、組成份複雜易損傷爐體，故宜將高熱值事業廢棄物分流導向燃料化，一方面增加去化管道、減少焚化負荷，另一方面亦得取代燃煤，並藉更高效率之轉廢為能創造再生能源。



高熱值事業廢棄物將先進行破碎、分選等前處理，回收有價資源物（如金屬）、去除不適燃雜質（如土砂、高含氯物），再製成較均質之固體再生燃料（SRF, Solid Recovered Fuel），熱值得達褐煤等級，並分為散料及粒料（pellet）2類。SRF可供既有工業燃煤流化

床鍋爐、水泥窯爐等混燒，因SRF購入價格為燃煤的20~75%，其內之生質成分亦得降低CO₂排放量，故具減煤、減碳及財務之多重效果。此外，若設置專燒SRF之汽電共生廠或發電廠，更因採高規格熱工參數而提升整體能源回收效益，以SRF專燒發電廠為例，發電效率可達25%~30%以上，超過營運中焚化廠之平均19%。目前我國SRF年使用許可量約20萬噸，預估於114年將超過100萬噸，屆時SRF製造廠約18家、SRF再生能源發電廠約5家、SRF工業鍋爐/汽電共生廠等11家以上，對落實「轉廢為能」之產業發展及實踐「循環經濟」均具顯著功效。

（三）桃園市生質能中心興建、營運及移轉（BOT）案

桃園市為全台第一工業科技大市，五百大製造業有超過三分之一在此設廠，工業產值連續九年居全台之冠，積極推動資源循環示範園區，選定於桃園科技工業園區依促參法興建、營運及移轉BOT方式引進民間資金



及技術興建營運桃園生質能中心。

桃園市生質能中心為具有三合一單元之複合式廢棄物處理設施，包含熱處理單元、厭氧消化單元及固化掩埋單元。自107年10月22日與民間機構簽約投資契約，厭氧消化單元已於110年12月1日開始投料試運轉；熱處理單元已於111年1月24日開始收受垃圾，111年3月底投料試運轉，預計111年5月執行整廠功能測試作業，並於111年7月進入營運階段。

A.熱處理單元設置容量為660公噸/日，採兩爐式配置；B.厭氧消化：49,275公噸/年；C.掩埋場：25,000立方公尺以上。考量中心進料性質及國內一般廢棄物熱值持續升高，設計熱值為3,000 kcal/kg，因廢棄物設計熱值高，故焚化設施之機械爐床，中間燃燒段採新式之水冷設計。廢熱回收鍋爐，過熱器出口之過熱蒸汽，設計溫度及壓力為430°C及53 kg/cm²，可提高中心發電效率達25%以上提升能源效率。引進歐洲最先進的聲波溫度偵測系統可偵測整個焚化爐斷面的廢氣溫度分佈，依據脫硝最佳廢氣反應溫度範圍（約950°C）決定不同高程的SNCR尿素噴嘴啟閉及噴入量，焚化爐氮氧化物控制技術，將鍋爐出口氮氧化物排放濃度操作在80 ppm以下，再藉由後端廢氣處理設施進一步去除氮氧化物。另戴奧辛最佳可控制技術於鍋爐出口可控制在2~3 ng-TEQ/Nm³以下，較傳統焚化爐降低約50%，再藉由後端廢氣處理設



施進一步去除戴奧辛。

五、環境資訊與 AIoT- 連江自來水智慧型水網執行工程

馬祖地區為四鄉五島，特殊的地理環境與氣候條件使傳統水資源不易蓄留，大幅依靠高取得成本之海水淡化技術，讓水資源不論從經濟或民生層面皆顯得更為珍貴；此外觀光為馬祖地區重要產業之一，旅遊熱度逐年提高帶來供需平衡課題，淡、旺季旅客數差異則產生供水調度韌性挑戰，因此在經濟部水利署前瞻計畫補助下，逐步實現全島供水管網智慧化的構想。

第一階段-基礎建設與自動化分析（2018~2020年）：「連江自來水智慧型水網執行工程」自2018年10月至2020年10月為止，完成水庫水量水質監測系統、淨水場操作監控系統、自來水供水管網管理系統及用戶自動讀表佈建等工作。從原水端至用水端監測系統逐步建立智慧型水網之厚實基礎，同時開發自動化分析，可有效即時控管供配

水調度、了解用戶端用水狀況、提升連江水廠售水率及降低管網漏水率，亦有節省水資源及減少連江水廠人員工作負擔之正面效益，2020年也在水利署見證下，達成推動全台首座智慧水務島之階段里程碑。

第二階段-用戶服務與智慧化分析（2021~2025年）：「連江自來水智慧型水網執行工程-第二期」自2021年10月至2024年3月為止，供水端透過開發「智慧型水網決策營運管理系統」，將動態運算分析整合監控系統，達成水源智慧調控、水場智慧操控及水網智慧運行目標，使連江水廠在決策及營運管理上更具效率；用戶端導入「智慧水網民眾互動式服務平台」，實現用戶自我監看用水動態並主動告知用水異常，同時結合Line通訊軟體官方帳號，主動推播停水等重要訊息，提升用戶服務之即時性與便利性。

六、結語

環境工程為國民生活與產業發展之固本基石，國家經濟要發達國民生活品質要提升，皆要有科技化的環境工程建設與技術支援，現今國際產業趨勢對環境保護的認知與要求日漸嚴謹，國際社會均倡議企業生產鏈社會責任之ESG揭露報告，其中環境範疇是稽核要項，此ESG的之務實品質影響我國產業的競爭優勢，環境工程學會將持續投入領導台灣企業ESG的永續發展，引領國際。

與國際接軌之大型專業表演設施

臺灣建築學會理事長、國立臺灣科技大學建築系教授 / 江維華
協助撰文 / 林良穎、李語程、權紀瑜

關鍵字：國際接軌、表演設施

1971年十大建設開始，台灣進入經濟躍進期，隔年台北國父紀念館與台中中興堂開幕，才有較為正式的大型演藝廳。80年代起各縣市逐步完成建築和設備規格相對完善的文化中心，具音樂、戲劇科系的大專院校也啟動教學用表演廳堂之建設，協助政府文化局共同建構完善之設施分布網絡。台北國家兩廳院則於1987年開幕，成為台灣集合多種專用廳堂和跨國深度合作的首例。

21世紀我國國家級表演中心之建設再次啟動，台中與高雄各自有了多場館的國家歌劇院與衛武營藝術中心，台北市也建設了隸屬台北市政府的台北藝術中心，規模與規格都不亞於國家級設施。前期完成之縣市文化中心和專院校之場館，也在歷經數十年使用後全面逐一更新，此時期新建者，另有高雄鳳山的大東藝術中心、屏東演藝廳、台灣

戲曲中心、中央大學大禮堂等專業場館。另外，台灣流行音樂以唱片為主體的產業鏈轉型後，台北與高雄則啟動了流行音樂中心的建設。

此一波專業表演設施的建設中在過去一年完成者，包含：由荷蘭建築師主導的台北藝術中心、由西班牙建築師主導的高雄流行音樂中心、及國內獨立完成的中央大學多功能大禮堂。

台北藝術中心

位於台北市士林區的台北藝術中心緊鄰劍潭捷運站，基地面積2.4公頃，容納共3,100席的三個劇場，建築師為荷蘭大都會建築師事務所（OMA）與台北大元聯合建築師事務所，營造廠接續為理成營造和安倉營造，總



工程費用66.7億元，樓地板面積近6萬平方公尺，目前已經開放試營運。

建築物採用了有別於傳統配置的立體化構想，將1500席大劇場及800席藍盒子多功能劇場的舞台抬高至第4層樓，另一個800席之球型中劇場再往上至第7層樓，舞台各自由南、北以及東三個方向嵌入寬、高都達50米巨積立方體之中，劇場觀眾席則在簡潔的鋼構支撐下，大膽的懸挑於空中，體現了士林夜市鴛鴦麻辣鍋『一鍋三味』概念，大劇場及多功能劇場的舞台可做不同的組合運用，兩者相連之後，更可成為自兩方向觀看之超級劇場。立方體之外牆系統由S玻璃組成，三個劇場的外牆則是使用弧形鋁板與平面鋁板組成。本中心有極高規格的劇場設備，大劇場和球形中劇場都配備有標準的品字型附屬舞台、舞台飛塔和下部舞台，以及對應的布景道具輸送設施。

劇場舞台之下成為開放的公眾大廳，觀眾可從各個劇場的側下方進出懸挑於空中的觀眾席和休息區，眺望各個方向的都市景觀。劇場上方有行政部門的辦公室與排練場，公眾則可穿越劇場後場空間，達到北向多功能屋頂層上方的挑高餐廳，再往上到屋頂天台。

創造自主性的空間和活動導覽，則是本工程在設計上的另一個賣點，其場域由前台、後台更深入到表演團隊所屬空間，表演及後台空間除了前述交錯置入的三個劇場的

觀眾席和舞台，還有演職員休息室以及數間大排練室。建築師特別為民眾規劃了可穿梭於觀眾場域和表演者場域之間的公共迴廊（public loop），可通達前述的餐廳與天台，更可深入大劇場與實驗劇場間的後舞台，以及球型中劇場觀眾席上方的設備層，但對內部活動不會造成光影和聲音的影響。此外，實驗劇場上方的挑高餐廳分為兩層，底層和夾層各自供前台和後台使用，共享挑高落地玻璃外的屋頂花園和陽明山景觀；民眾搭乘電扶梯往上至天台時，可穿越夾層的後台用餐區，並途經排練室群的中庭，再一次產生前后台的生活交會。

藝術中心的整體造型簡潔，外露的大劇場、中劇場、實驗劇場的觀眾席部分，各自具有高識別性之梯形、球體、長方體外觀，而前兩者的內裝和座椅形式各自反應出劇場之幾何形式，大劇場的椅子為稜角分明的梯形，收起時可緊貼椅背，形成塊體，中劇場的椅框與椅墊都做出圓角與弧線。



圖1 台北藝術中心向心式主量體外觀（照片來源：江維華）



圖 2 台北藝術中心公共可及空間實景：大劇院後舞台（上左）、後舞台公共迴圈內樓梯（上右）、實驗劇場上方挑高餐廳（下左）、天台（下右）（照片來源：江維華）



圖 3 台北藝術中心大劇院及與內裝匹配之獨特造型座椅（照片來源：江維華）

中央大學多功能大禮堂

中央大學教學研究綜合大樓暨大禮堂坐

落於校園中軸線上林木蔥鬱的松樹林間，兩座分離的建築物量體分三大類使用，包含一千五百席的大禮堂、研究中心與多功能教室，總樓地板面積24,626平方米。設計團隊由潘冀聯合建築師事務所領銜，台灣科技大學建築系和群力視聽工程負責聲學的設計，在有限的9.45億元造價下，完成媲美國際規格的专业教學與表演設施。

整棟建築物以孕育智慧種子「松之果」之涵義為發想，來呼應中央大學校樹松之「四季長青與屹立挺拔」的精神，大禮堂橢圓玻璃帷幕形體也形似從研究教學棟之挑空中庭孕育而出。建築物使用大量的挑空設計，創造出許多半戶外空間廣場，加上獨特的建築風格、多功能使用之教室，除了成為



校園內使用率極高的空間外，亦成為中央大學指標性的建築。

大禮堂有標準的主舞台和飛塔，可供演講、會議、劇場、晚會等多功能使用，搭配舞台上的反射罩，則可提供多達百人的大型樂團演出。除了室內的表演場域，更可以調整與開啟背側之牆壁，成為大型的戶外表演舞台，以後方的草地為觀眾席。舞台配備對應劇場所需的標準燈光音響及布幕、吊具設備，並特別強化建築體隔音，抑制空調及機械噪音，具體作為如在觀眾席天花板上設置圍閉之追蹤燈室以隔絕風扇噪音。此外，禮堂的容積和空間幾何也經精準的控制以提供多功能使用所需，包括將觀眾席兩側牆面之前半段內縮，使其平均寬度縮減至20米左右，提供音樂演出的緻密反射，而觀眾席的牆和天花板之內裝也延續松果的多角型體和質感，提供具尺度變化之聲音擴散效果。

設計團隊在有限的預算內，仍貫徹設計



圖4 中央大學大禮堂內部實景（照片來源：江維華）



圖5 中央大學大禮堂外部實景（照片來源：潘冀聯合建築事務所）

理念與美學，大禮堂更是達到符合國際水準之聲場表現，而能榮獲IDA國際設計獎之銀獎（Sliver Award, International Design Awards）。大禮堂不僅作為校內教學與藝術活動使用，亦提供國際性的展演活動，更透過聯外之藝文平台，成為整個桃園都會區共享之文教設施典範。

高雄流行音樂中心

高雄流行音樂中心位於愛河河口，以海豚步道連接河口東西的兩個基地，真愛碼頭西基地的主場館可直接連通輕軌真愛碼頭站，與駁二碼頭文創及觀光活動之串聯已可成形；光榮碼頭東基地則可利用步道銜接東側的商圈，另有輕軌光榮碼頭站，附近空地有限，但音樂中心此區的複合性功能較主場館更有跨日夜間的連續性使用，有機會活絡河口周邊的商業行為和文創活動，並且帶動老舊區域的風貌改造。音樂中心基地面積約



圖 6 位於愛河河口真愛碼頭西基地之高雄流行音樂中心主場館：往西子灣方向（左）和往都會中心方向（右）（照片來源：呂文弘）

12公頃，也能扮演區域性公園的角色。

流行音樂中心總樓地板面積逾7萬平方公尺，建築師為Manuel Monteserín+翁祖模建築師事務所，營造廠為互助營造。建築物全區有兩個主要表演場，具體內容包括：

1. 兩個主要表演場－海音館和海風廣場－位於真愛碼頭西基地，室內的海音館可容納3,500到5,500人，觀眾席包含中央平面席位區與周邊之固定席位區，前者可成為站席；海風廣場為戶外表演場地，以建築物為表演舞台背景，讓觀眾在河邊戶外欣賞表演，可容納最多至10,000人。
2. 連結東西基地的海豚步道邊設置5棟形似海豚的房屋，提供店家入住，讓步道具備加值之功能。光榮碼頭東基地之珊瑚礁群為2層樓的複合式商業空間，共5,400平方公尺的場域可讓企業品牌拓展新通路；

3. 往東的鯨魚堤岸則有6棟量體分離的小型場館，提供獨立式的展演空間，場館位於岸邊面海第一排，二樓有綠化景觀台，讓民眾可欣賞高雄港的日落美景，鄰近輕軌站也設有汽車停車位，交通便利。

整個建築物有著海浪般高低起伏、珊瑚礁仿生造型之有機型態外觀，充分呼應高雄“海港”城市的意象。



台電公司 110 年度電力重要建設

台灣電力股份有限公司

一、核火工處 - 協和電廠更新改建計畫

本計畫為配合國家能源轉型政策及協和電廠既有4部燃油機組於民國108年起陸續除役，為因應北部地區用電需求，將採先拆後建、分期改建方式，設置2部單機容量約100~130萬瓩級之複循環機組，總裝置容量約200~260萬瓩，預計於民國116年6月及117年6月商轉發電，藉此可降低二氧化碳、減輕空氣污染排放、增加能源效率、穩定電力供應，達到對環境永續的目標。

為供應2部燃氣機組所需用氣，並確保供氣穩定，本計畫規劃於協和電廠外海以填海造地方式自行興建LNG接收站，於基隆港外港水域興建LNG運輸船進出及卸收所需港灣設施進行卸收供應，經由輸氣管線輸送至新建複循環機組；接收站面積約18.6公頃，設置2座16~18萬公秉之地上型LNG儲槽，儲槽區周邊安全距離內，除站區氣化及公共配套設施用地外，亦保留為冷能產業發展區，促使資源充分利用之效益，落實節能減碳及環

境保護。

二、核火工處 - 林口電廠更新擴建計畫

因應台灣本島北部地區之供電能力長期不足，老舊機組汰舊換新，規劃於林口電廠原有廠址設置總裝置容量3部80萬瓩超臨界壓力燃煤機組，機組效率44.93%較舊機組提升約6.93%，並採用先進的污染防制設備，使新機組實際排放之氮氧化物、硫氧化物濃度及粒狀物均遠低於環保法規規定之標準，已非常接近天然氣發電的排放值；所需燃煤由自建之卸煤碼頭以密閉式輸煤皮帶機，運至新設之10座各7萬噸之筒式煤倉儲放，使煤塵不致溢散造成空氣汙染，種種環保成效已獲各界讚許，為燃煤火力發電廠之典範。各機組完成後每部年淨發電量為5,270百萬度，3部機共15,810百萬度，可對北部地區供電平衡提供相當之正面助益。本計畫1、2、3號機分別於105年10月6日、106年3月24日以及108年10月24日完成換發電業執照，達成商轉目標。



三、核火工處 - 大潭電廠增建燃氣複循環機組發電計畫

本計畫為因應未來台灣電力系統整體需求，配合政府計畫擴大使用天然氣發電之政策，及提升大潭電廠營運績效及競爭力，規劃於大潭發電廠內增建三部（#7~#9）高效率燃氣複循環機組，總裝置容量達316萬瓩。新機組發電效率可達60.7%以上，並安裝新型低氮氧化物燃燒器（LNB）及選擇性觸媒還原系統（SCR）等污染防治設備，環評承諾值氮氧化物排放濃度為5ppm，均低於法規標準，兼具高效能及環保效益。

7號機因配合106年供電需求已先安裝單循環氣渦輪發電機組，即「大潭電廠燃氣單循環緊急發電計畫」，安裝二台氣渦輪發電機組，裝置容量合計為60萬瓩，並持續運轉至111年底，再完成擴建複循環機組及第二階段商轉。

第8、9號機組主設備及第7號機組單循環擴建複循環主設備採購帶安裝案皆已於108年決標，循環水系統工程也於107年決標，目前現場施工中，並新設大潭新~林口161kV輸電線路引接至林口電廠，分散龍潭超高壓變電所線路過度集中之風險，供應北部用電。其中8號機組預定商轉日為111年6月，9號機組預定商轉日為112年6月，7號機組預定商轉日為113年6月，於115年12月底計畫完成。

四、核火工處 - 通霄電廠更新擴建計畫

本計畫為舊機組汰舊更新，共設置三部低污染排放且高效率之燃氣複循環燃氣發電機組來取代既有除役#1~#3機。新機組效率高達為60.69%，較舊機組提升23.69%，每部機組發電量為89.26萬瓩並設置高效率污染防治設備，硫氧化物及氮氧化物排放量均低於法規標準，且新機組每度電所排放之二氧化碳排放量較舊機組低，具明顯環保效益，電廠亦就近供應北部用電，減少長距離輸送之電力損耗。本計畫三部機組已陸續於107年2月27日、108年5月30日及109年5月26日商轉，及時彌補因空污減碳機組降載之供電缺口，並提升台灣整體供電能力，以提供穩定電力。

五、核火工處 - 通霄電廠第二期更新改建計畫

本計畫因應長期電力負載成長需求，考量既有機組屆齡退休及兼顧電力發展與環保併進之條件，積極提升電廠整體營運績效及競爭力，爰於通霄電廠廠址既有4及5號機除役拆除後空地及廠內剩餘空間，規劃設置總裝置容量270~330萬瓩之一對一單軸式燃氣複循環機組，4、5號機組預計於118年6月商轉，6、7號機組預計於119年6月商轉，8號機組預計於120年6月商轉，以因應未來再生能源大量併網時，維持系統穩定度並提升調度彈性。



六、核火工處 - 台中新建燃氣機組計畫

本計畫為配合國家規劃在民國114年達到天然氣發電占比50%之能源轉型政策，將於廠區第9、10號機組南側空地，設置二部單機容量約130萬瓩級之複循環機組，總裝置容量約260萬瓩，初估面積約13.4公頃，燃氣#1機預計於民國114年商轉發電，燃氣#2機預計於民國115年商轉發電，藉此可降低單位發電量所產生之二氧化碳、減輕空氣污染排放、增加能源效率、穩定電力供應，達到對環境永續的目標。

本計畫規劃機組用天然氣將透過本公司自建LNG接收站進行卸收供應，於台中港工業專業區（II）北側之既有土地興建LNG接收站，經由輸氣管線輸送至新建複循環機組，接收站面積約53公頃，設置有5座16萬公秉之地上型LNG儲槽。

七、核火工處 - 台中電廠第 5-10 號機空污改善工程計畫

台中發電廠為我國重要基載電廠之一，為我國電源穩定供應擔負重任。因應國際環保趨勢，以及國人對於空氣品質日益重視，本公司為呼應國人期待，爰著手改善既有燃煤機組煙氣處理設備，採購國際最新設備期能大幅降低煙氣中各項污染物排放濃度。

台中電廠既有1~4號燃煤機組已於109年底完成設備改善，成效卓著。本公司自107年起接續規劃第5~10號機空氣污染防治設備改善計畫，並依臺中市政府當時研擬修訂之「臺中市電力設施空氣污染物排放標準修正草案」為目標執行，確保台中電廠 5~10號機運轉期間均能符合相關環保法規要求，達到能源、環保與經濟三贏的目標。

本公司善盡國營事業之社會責任及做為國內產業界的表率，投資145.6億元更新既有第5至10號機之空污防制設備，包含增設濕式靜電集塵器（WESP）、更新脫硝（De-NO_x）、脫硫系統元件（De-SO_x）及除汞（De-Hg）設備等。改善計畫自108年5月行政院核定，預定第1部機組於111年7月開始停機施工，於114年底前完成6部機組改善工作。預期改善後各空氣污染物排放濃度（年均值）PM₁₀ ≤ 5 mg/Nm³、SO_x ≤ 10 ppm及NO_x ≤ 20 ppm，對比現行排放濃度，改善後減排量達50% ~ 82%，對於中部地區空氣品質與社會觀感將有正面效益。

八、核火工處 - 興達電廠燃氣機組更新改建計畫

為因應既有機組除役及長期電力負載成長需求，並提升電廠整體營運績效及競爭力，降低二氧化碳與空污排放，爰推動「興達電廠燃氣機組更新改建計畫」，規劃設置

3部燃氣複循環機組，總裝置容量為390萬瓩，每年淨發電量約21,718百萬度。興達發電廠位於高雄市永安區與茄萣區交界處，廠區面積約150公頃，北臨興達漁港，東側則以濱海公路台17號為界。興達電廠目前設置有4部燃煤火力機組及5部複循環機組，總裝置容量為432.595萬瓩。本計畫利用興達電廠東南側發電設施預定地北側區域（不含永安地方級重要濕地約41.25公頃、既設太陽光電約9.45公頃及既成道路與設施約1公頃）面積約78.6公頃及既有廠區部分區域約3.59公頃，合計約82.19公頃做為本計畫範圍。本計畫採用之多軸式燃氣複循環機組由1台汽輪發電機搭配2台氣渦輪發電機組成，每1台氣渦輪發電機均配置1台熱回收鍋爐及輔助附屬設備。考量輸電線路容量上限以設置總裝置容量390萬瓩之燃氣複循環機組為目標。天然氣總使用量推估約為每小時435.3公噸，年用氣量約247.8萬噸。本計畫採用天然氣作為燃料，天然氣屬潔淨燃料，其空污排放以氮氧化物（NO_x）為主，硫氧化物（SO_x）及粒狀污染物（PM）排放皆屬微量。

本計畫主發電設備採購帶安裝案已於109年9月1日決標，冷卻循環水系統工程及天然氣管線輸送系統工程也分別於108年12月13日及109年1月21日決標，目前現場施工中。其中1號機預定商轉日期為113年2月，2號機預定商轉日期為113年6月，3號機預定商轉日期為114年2月。

九、輸工處－蘇東 D/S 新建工程

本工程係因應宜蘭蘇澳地區新增用電（蘇澳港、蘇花公路改善工程等）及蘇澳港物流倉儲區生質能發電廠併網需求，在蘇澳港區內新建一棟屋內式變電所（圖1），以提高該區域供電可靠度，並滿足當地長期負載需求。

本變電所屬冬山超高壓轄區供電範圍，由於該轄區輕載時系統電壓易偏高，為抑制過電壓之問題，於本所新增並聯電抗器，以維持系統運轉安全。

本所為北區施工處自辦變電所IEC 61850監控系統設計、採購、監造、測試之首例，另因初期僅設置161kV D.TR一具，致所內用電設備僅有單電源，考量變電所供電可靠度，故另向宜蘭區處申請11kV饋線一回供電。（圖2）



圖1 屋內式變電所

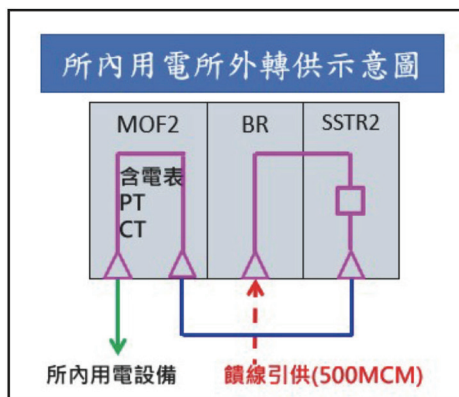


圖 2 所內用電所外轉供示意圖

本工程推動初期因蘇澳港區土地整體開發考量，原承租蘇東變電所用地規劃作為蘇澳港觀光暨轉運專區使用，用地配合於港區內重新覓地。在北區施工處積極趕趕及溝通協調下，於110年4月如期完工加入系統，其規劃、施工與相關溝通經驗皆可作為未來新建變電所之典範。

十、輸工處－彰一開閉所新建工程

為有效降低風場開發所需海纜路徑造成環境負荷，經濟部公告海纜上岸區域，採北側、南側共同廊道方式，台電就技術面規劃共同廊道細節，上岸點併網引接工程由台電施作，供業者引接。遴選及競價作業完成後，共9個離岸風場獲選（國內2場址為台電、中鋼，其餘為外商），全數併入北側廊道彰一開閉所及彰工升壓站。（圖3）

彰一開閉所隸屬「離岸風力加強電力網第一期計畫」，係配合國家綠能政策目標，提供彰化地區離岸風電併網點，該工程興建完成後，不僅可提供2.5GW併網容量，亦為國家綠能政策重要指標。另該開閉所為國內第1所161kV等級開閉所，而為達到本公司智慧電網之終極目標，彰一開閉所導入IEC

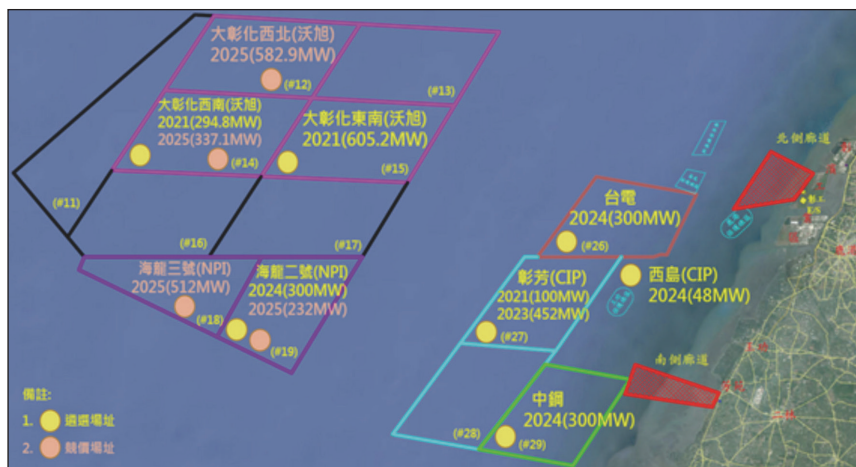


圖 3 風場分布示意圖



圖 4 彰一開閉所



圖 5 控制室（IEC 61850 系統）



圖 6 161kV 氣體絕緣開關設備

61850通訊協定，使設備間具有互操作性之優勢，並結合變電設備智慧監測，提高運轉可靠度。（圖4~圖6）

本開閉所自106年6月開始規劃設計，原

預定110年12月完成，然因風電業者有提早併網之要求，故彰一開閉所依指示，須於110年6月前完成，俾供業者併網測試。為符合該需求，中區施工處精進檢討除採建築與變電裝機部分併聯同時施工方式因應外，另彰一開



閉所雖面臨沙塵、鹽霧害及強風等惡劣條件之施工環境，亦在相關部門克服萬難，夜間及假日戮力趕辦加速工進下，終不辱使命，圓滿達成任務。

十一、公服處－彰一開閉所啟用

台電繼110年8月底完成自家離岸風電里程碑、裝置容量達109.2MW的離岸一期計畫21部風機首度全數併聯發電，配合國內風場建置規畫，更自108年起投入逾20億元打造全國首座專供離岸風電併網用的基地-彰一開閉所，提早半年上線，正式啟用。台電表示，配合離岸風電加強電力網計畫於彰濱建置彰一開閉所，協助彰化外海北側廊道離岸風電業者，將發出電力併入全國電網，彰一啟用後提供1.5GW併網量（150萬瓩），預計113年可再增加1GW併網容量，後續搭配預計114年上線的彰工升壓站、永興開閉所，可提供彰化離岸風場6.5GW併網需求。

台電於彰一開閉所舉辦「彰一開閉所啟用典禮暨彰工升壓站祈福儀式」，由台電前董事長楊偉甫主持，並有行政院院長蘇貞昌、經濟部部長王美花與彰化縣副縣長洪榮章等各界貴賓出席。台電現場特別感謝彰化縣府大力協助，並和與會貴賓共同見證國內離岸風電發展的關鍵樞紐啟用，蘇院長亦頒發幕後英雄感謝獎座。

台電說明，開閉所是離岸風電併網的關

鍵樞紐之一，如同家中分電箱，扮演電力「中繼站」角色，協助電源引接及分送用電，離岸風電傳輸上岸後，透過開關設備將電力併入全國電網供民眾使用。

台電指出，目前彰化外海共9座離岸風場，裝置容量達4.064GW，為讓海纜上岸環境影響最小化，台電配合政府規劃的「彰化離岸風電海纜上岸共同廊道範圍」，於鹿港外彰濱崙尾工業區的北側廊道及芳苑的南側廊道附近合適地點，建置彰一開閉所、彰工升壓站及永興開閉所三座併網基地，可容納前述風場及提供未來區塊開發風場多條海纜上岸，集結併入電力網，總併網量達6.5GW。

台電表示，彰一開閉所因功能所需，所在地距海僅約150公尺，最大風速實測可達24m/s（公尺/每秒），相當於9-10級陣風（等同輕度颱風），而每年9月至隔年3月間的東北季風強襲，以及既有海岸地質與嚴重鹽霧害，對台電都是嚴峻挑戰。

因此，台電預先在彰一基地下方打了200多支基樁強化，考量海邊防汛，基地參考海堤高度墊高約2.8公尺，建材為能有效抗腐蝕，金屬板材提升至不鏽鋼316等級並噴塗氟碳烤漆。外觀上，除以帆船作為設計概念呼應離岸風電併網基地，也設計導流牆及間接進氣因應強風，人員出入口則結合雙層入口減少風沙落塵。



彰一開閉所工程自108年開工，為能及早上線供離岸風電業者使用，工程期間出動大型機具約1,600車，累積動員人力超過2萬人次，最終於110年6月19日進入試運轉，供應1.5GW併網量，提早半年達標，為的就是隨時待命讓海上風電可以即時送回全國電網，預計110年底起，即陸續有沃旭、CIP業者風場的再生能源電力將透過彰一送回台灣本島電網。

台電說明，後續彰一搭配彰濱超高壓變電所設備增設，預計113年可再增加併網1GW，彰工升壓站（2GW）與用於南側廊道併網的永興開閉所（2GW）則預計114年完工，屆時將可供6.5GW離岸風電併網需求，努力送海上風電上岸。

十二、輸工處－將軍開閉所新建工程

興建將軍開閉所緣由，為台南市將軍與七股地區多家光電業者提出申請併網需求（110年12月併網），為滿足光電業者之需求及加強再生能源電網韌度，並達成政府2025年再生能源政策之目標，遂興建本開閉所。

為趕辦將軍開閉所於110年加入系統，係以再生處南鹽光太陽電廠B區用地興建（於將軍區五棟寮一帶），以減少購地時程，並且採二階段施工方式，第一階段採屋外式建置，趕辦於110年12月加入系統，以符合光電業者併網需求，第二階段再於設備上方構築鋼骨結構包覆，改建成屋內式開閉所。

另本開閉所亦採用智慧型監控模式（IEC 61850），提升變電所設備監視、量測及控制等完整系統之建立，並收集、顯示、分析各種電力運轉資料，成為智慧電網的一環，讓更多的綠能資訊透明化及能源有效利用，進而強化電網韌性。（圖7）

本開閉所自108年06月開始規劃設計、採購設備、土建施工、現場安裝、完工試驗與加入系統等工作，經南區施工處與嘉南供電區營運處的通力合作及努力之下，歷時2年餘完成原認為不可能之任務，如期如質完成加入系統。本工程於團隊的分工合作、施工管理措施及二階段施工方式下如期完成，其經驗可作為未來緊迫工程依循建置之良好典範。（圖8、圖9）

十三、配電處－台東蘭嶼電廠儲能建置

近年蘭嶼地區因應觀光產業蓬勃發展，用電負載有成長趨勢，於109年尖峰用電量高達4,679kW，依蘭嶼電廠既有6台發電機組總計6,000kW裝置容量，機組最大供電能力為4,800kW，N-1運轉容量為3,600kW，倘任一機組停即供電量不足，恐有低頻卸載及限電之風險。

鑑於蘭嶼發電機組供電能力將因負載持續成長受到影響，為紓解供電困境及提升系統可靠性，台東區處已於110年辦理蘭嶼電廠儲能500kW/1.1MWh建置案，期透過儲能削

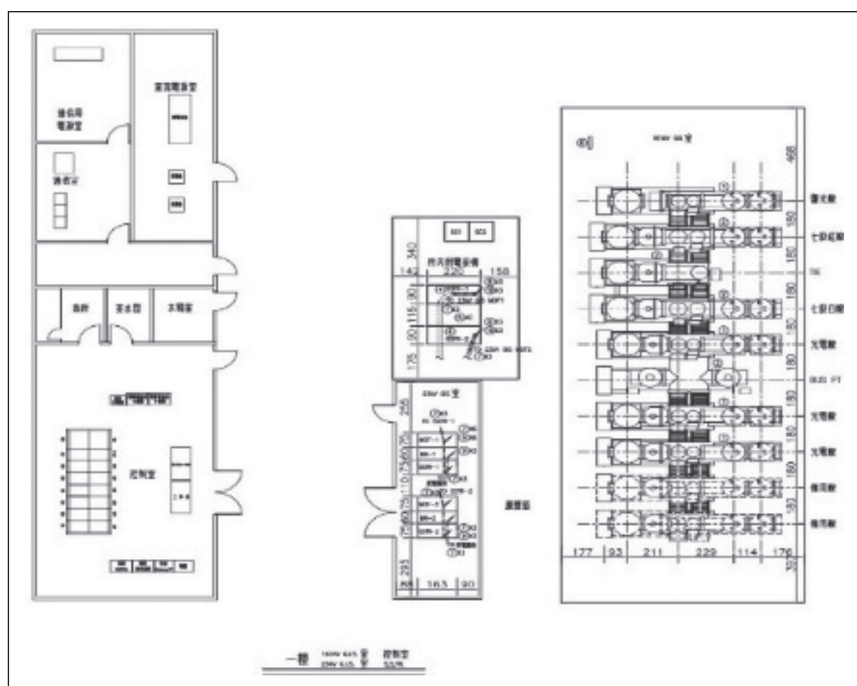


圖 7 將軍開閉所規劃圖面



圖 8 將軍開閉所第一期施工圖



圖 9 將軍開閉所完成透視圖

峰填谷、系統頻率調節與即時備轉等功能，以既有發電機組穩定並增加機組調度彈性，且可於機組故障跳脫時提供即電力供應，減少越級與低頻卸載等停電事故發生，並配合

負載變化至多提供500kW 2小時電力充放調節。（圖10）

克服離島地區交通運輸不易及冬季東北

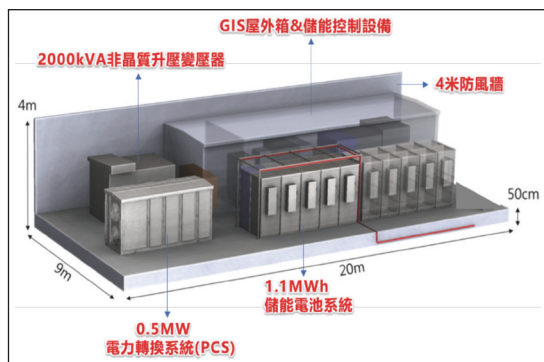


圖 10 蘭嶼電廠儲能建置示意圖



圖 11 蘭嶼電廠儲能實照

風天氣影響等因素，本案建置作業曆時5個月後最終於110年11月24日完成併網，案場實照如圖11所示；未來將透過儲能系統各項運轉控制功併聯運轉，與蘭嶼電力系統既有發電機組及負載間運轉模式，進一步評估本案儲能建置效益，及後續儲擴充之可行性，並適時推廣地方自主投入設置及業界參考辦理，以達到兼顧離島地區電力穩定與降低發電成本之功效。

十四、公服處 - 第一超高壓輸電線路（超一路）「板橋～龍潭線」

台灣用電量年年攀升，維持供電穩定成為重要課題。台電歷時18年興建的第一超高壓輸電線路（超一路）「板橋～龍潭線」更新工程，109年底竣工後歷時近三個月試營運，110年3月舉行竣工典禮，宣布正式滿載啟用，包含行政院長蘇貞昌、經濟部長王美花、行政院政務委員兼發言人羅秉成、政務委員黃致達、桃園市長鄭文燦、立法委員

吳琪銘、鄭運鵬、黃世杰、湯蕙禎等均出席啟用典禮，共同見證台灣電力建設的重要時刻。

台電表示，舊超一路「板橋～龍潭線」於民國63年竣工，數十年來為台灣的民生及經濟發展提供穩定電力，然而隨著經濟成長，舊線路的輸電容量無法滿足用電需求，台電遂自92年起規劃更新線路，在既有線路兩側新建線路以取代舊幹線。台電指出，新「板橋～龍潭線」全線長達40公里，共施設105座鐵塔，完工送電後可增加197萬瓩之融通電力，且進一步強化鐵塔結構，改採鋼筋混凝土基礎，其抗風耐震能力也有所提升，為北部地區提供更高品質、更穩定的電力。台電表示，為降低工程對沿線民眾的影響，輸電線路經過石門水庫的路段採截彎取直方式，讓線路以長距離橫跨水庫上方。其中，最長的一段架空線路跨距達960公尺，是一般架空線路3、4百公尺間距的兩倍以上，為國內首見之壯舉。



竣工典禮中，行政院長蘇貞昌頒發刻印有「縱橫山水一線牽，電力傳輸照北桃」的獎牌，感謝許多「電力英雄」日以繼夜投入工作。經濟部長王美花致詞時表示，感謝台電完成重大電力建設，為台灣的經濟及民生提供穩定電力。桃園市長鄭文燦則提到，桃園的經濟與人口正快速成長，超一路「板橋～龍潭線」竣工送電，對北部地區的供電有重要意義。台電前董事長楊偉甫強調，「穩定供電」是台電人的天職，除了感謝社會各界對該項工程的支持，更誠摯感謝辛苦投入的第一線同仁們。

台電指出，新「板橋～龍潭線」沿途經過崇山峻嶺，許多鐵塔架設在交通不便的深山中，必須靠長距離徒步及人工開挖方式施工，過程艱辛費時。現為北區施工處總領班的蔡再棟，自73年起投身台電服務已近40載，期間帶領同仁參與新「板橋～龍潭線」工程。他回憶，當時偶爾必須夜間施工、過著「逐工地而居」的遊牧生活，且為了在緊湊工期內完成工程，久久才能返鄉一次，對回家的日子總是「望穿秋水」。擔任北區施工處檢驗員的邱炫嘉，投入新「板橋～龍潭線」工程長達13年，期間共檢驗過54座鐵塔塔基。邱炫嘉表示，許多前輩們都努力參與工程至退休那一天，新「板橋～龍潭線」不只是台電新舊世代的專業傳承，更是許多無名英雄辛苦付出的成果。

在竣工典禮現場，台電也用心規劃了文

資展示牆，除了陳設平時外界不易見到的回線牌、礙子、制震器、間隔器、導線等「板龍五寶」電力文物，也展示多張空拍照片，紀錄下工程人員在數十公尺高空中作業的「蜘蛛人」英姿。台電表示，希望藉此次竣工典禮展示相關文物及影像，讓國人們對電力工程的重要性及其貢獻有更深刻的認識。

十五、公服處 - 台南光電場

台電繼108年在彰濱工業區完成當時全國最大的100MW（10萬瓩）太陽光電場，109年進一步利用台南將軍、七股區214公頃廢棄鹽灘地，用48萬片光電板再度打造全台地面最大、裝置容量達150MW（15萬瓩）的台南鹽田太陽光電場，台電110年3月舉辦啟用典禮。台電表示，本案完成後名列世界第46大，更是攜手近10家國產設備業者打造出來的「MIT綠能產業鏈」，完工後每年可發逾2億度綠電，提供超過5萬個家庭全年用電，也帶來每年11.4萬噸減碳效益，且仍保有場址既有滯洪功能。

台電說明，台南鹽田光電場利用將軍、七股區廢棄的214公頃鹽灘地，投入96.5億元，使用超過48萬片高效率太陽能板，配合在地環境同時以地面和水面光電2種模式，並打設近4萬支預鑄式混凝土基樁，將光電板架高2.1公尺，打造裝置容量達150MW的全國最大光電場，更同時保持既有鹽灘地滯洪



功能。其中，從太陽光電版、電纜與通訊纜線、支架、基樁，再到協助將發出電力併入全國電網的變流器及升壓變壓器等設備，全由台灣本土業者製造提供。

台電指出，台南鹽田光電場109年9月14日150MW正式全數併入電網，110年2月12日發出1億度電，目前每日平均可發出約61.5萬度電，截至110年3月止，累積發電度數達1.2億度，今天正式啟用後，預計可年發逾2億度電，提供約5.7萬個家庭全年用電，每年更有11.4萬噸減碳效益。

台電表示，台南鹽田光電場呼應在地環境人文，除光電版結合扇形鹽田、虱目魚及侯鳥成群飛舞圖象，場址亦主動退縮、保留綠帶空間及鳥類棲地，並設置步道及景觀平台等設施，光電場旁更規劃設置15MW儲能系統，未來可於白天儲存太陽光電，晚上有用電需求時供電，期盼讓台南鹽田光電場成為兼具發電、能源管理應用及環境生態教育的綜合多元場域。

十六、公服處 - 蘭陽電廠微水力發電測試平台

近來國內面對枯水氣候挑戰，讓人更珍惜既有資源，台電除在全國管有11座水力電廠，年發電超過60億度，平時發電也兼具民生、灌溉作用，如位於宜蘭的蘭陽電廠，除年發逾4000萬度電，發電後的尾水則流入安

農溪供下游三星、羅東、冬山等地區用水，台電108年於尾水道設置微水力發電機組，如今再增設「流速型微水力測試平台」，110年4月7日正式啟用。台電表示，測試平台讓蘭陽電廠既有發電、微水力、民生用水以外，還可再利用1次，1滴水用4次，未來可協助台電自有及民間微水力機組測試校驗、提升發電效率，一同促進台灣微水力綠能發展。

台電於蘭陽電廠舉辦流速型微水力測試平台開幕揭牌暨試營運典禮，現場由台電前董事長楊偉甫與各界貴賓共同為全國首座微水力測試平台揭幕。台電說明，水力發電利用河川、湖泊等位於高處的水源流至低處，將其落差位能轉換成水輪機動能，推動發電機產生電能。台電目前慣常水力發電裝置容量共約204.5萬瓩，包含11座水力電廠、87個機組，平均年發電量達40億度，等同提供逾100萬家戶年用電量。因台灣地理環境不易再開發大型水力電廠，台電近年積極發展可結合既有水庫、水力電廠與圳路等水利設施的「小水力」發電系統，裝置容量在2萬瓩以下，而台電進一步將100瓩以下定為「微水力」。

台電指出，目前於鯉魚潭、湖山水庫等10處設有小水力發電機組，累計裝置容量近2.6萬瓩；微水力部分，現已自主開發12處廠域，包含東部電廠、萬大電廠及日月潭大觀、明潭電廠等，另外也協助花蓮福慧農場建立示範機組。



台電表示，位於宜蘭三星的蘭陽電廠包含天埤、圓山機組，年發電量超過4000萬度，其中因天埤機組發電後的尾水道有約700公尺的直線開放渠道，特別筆直且流速穩定，最大放流量可達30立方公尺/秒（CMS），流速也有1~1.5公尺/秒，河道更寬達12公尺，台電進而規劃5瓩的微水力機組，2019年7月正式啟用。

蘭陽電廠的微水力屬於「流速型」，利用自然水流動能，轉動水車產生機械能產生電力，相較於水位落差發電的「水頭型」微水力，流速型規模較小，因初期投入成本較高，較缺乏開發誘因。因此，台電再度善加利用蘭陽電廠發電尾水，投資1500萬元於尾水道打造全國首座流速型微水力測試平台，設置2座間距10公尺的橫向跨河結構，以及2座最大移動寬度10公尺的機組放置平台，當機組放上測試平台，可利用天埤機組調整出力控制渠道水深、流速和流量等，結合河道裝設的量測儀器，用以偵測流速及發電機的電壓電流功率，檢驗機組效能，可幫助開發者針對機組裝設方式或位置、葉片數量、角度、齒輪比等參數進行調整，藉以提升機組整體效能。

宜蘭三星安農溪水源來自蘭陽電廠發電尾水，因而過去被稱作「電火溪」，發電完後還能提供下游三星、羅東、冬山、五結等地區民生、農田灌溉用水，如今台電再度利用發電尾水設置微水力發電機組及微水力測

試平台，讓1滴水可以利用4次，希望透過此平台協助民間業者一同促進台灣永續綠能發展。

十七、公服處 - 離岸風力一期

台電公司離岸一期風力發電工程共21部風機於110年8月全部完成初始併聯，接下來將持續進行試運轉及調校，完成測試後接受調度，加入供電行列。台電表示，109年新冠疫情爆發，國內外離岸風電工程施作均受影響，台電施工團隊仍排除困難，於不利施工的冬季，出動大型支援船配合特殊動態補償舷梯，克服惡劣海象，今年順利完成海纜埋設、風機吊裝，至昨日完成全部風機併聯，成為彰化外海離岸風場率先併網的指標性工程。

台電表示，離岸風電工程需配合海象，海上可施工時間約為4月至9月，可謂分秒必爭。台電離岸一期風電工程自前年開始水下結構及風機安裝，即遭遇新冠肺炎疫情影響，致工作船抵台時間延遲，有利施工的時間也相對縮短；台電仍使命必達，在東北季風影響期間，為克服登塔作業因浪高限制無法進行作業之困難，從新加坡緊急引進動態補償式舷梯（Gangway），以確保技術人員可以順利登塔作業，並在109年底順利完成2部風機併聯發電。

台電指出，離岸一期風電工程21座風機



先後在去年5月完成風機陣列海纜埋設，6月完成所有21部風機吊裝，並進行如螺栓鎖固、電纜接線、海纜連接、冷試俾、海纜加壓、熱試俾等試驗，8月全數達成初始併聯，接續進行試運轉及調校完成後，依能源局相關規定申請電業竣工查驗，後續配合能源局安排現勘查驗與審查程序，待換發電業執照後即可開始商轉。

台電說明，離岸一期風電工程開發地點位於彰化縣芳苑鄉西側海域約8公里處，面積約836公頃，相當於32座大安森林公園，是能源局離岸風場示範案之一，共設置21部風機總裝置容量為109.2 MW，一年平均可發出約3.6億度電，可供給近9萬家戶一年用電。台電也對交通部航港局、中部航務中心、彰化縣政府、彰化區漁會、地方民代的支持與協助，表示萬分感謝。

台電公司將持續配合政府能源轉型政策，積極發展潔淨再生能源，邁向低碳電力，同時確保穩定供電，為經濟發展及環境保護盡一份心力。

十八、公服處 - 首座電動機車 V2G 電池交換站

台電前年起於金門、台北設置2座V2G（Vehicle-to-Grid）電動車智慧充電示範場，搭配具放電功能的電動車可將電回輸電網，如今再聯手電動機車龍頭Gogoro，打造「世

界首座」電動機車V2G電池交換站。台電表示，未來電池交換站除滿足電動機車用電需求，更可望變身遍佈全國的分散式儲能站，在需要時扮演「虛擬電廠」角色，協助強化電網穩定，共創智慧城市。

台電110年10月26日下午於台電大樓舉辦「台電X Gogoro電池交換站V2G技術成果發表會」，由台電前董事長楊偉甫、Gogoro創辦人、董事長兼執行長陸學森等貴賓，共同見證世界首座具V2G電能回輸電網功能的電動機車電池交換站成果發表，現場除展示雙向充放電功能，也首度公開由台電自主開發的電能管理系統（Energy management system，EMS）。

因應國內電力需求持續成長，台電除發展多元電力來源，近來亦跳脫既有單純蓋電廠的供電思維，結合智慧電網、儲能系統等面向強化需求管理。隨著國內電動車大幅增長，根據交通部統計，電動汽機車已接近53萬輛（至110年9月底），台電除提供行駛所需電力，更進一步結合車輛電池儲能特性驗證V2G技術，讓電動車成為儲能電力。台電108年開啟「電動載具與充換電站可提供電網之輔助服務研究」計畫，以自身綜合研究所樹林所區做為發展基地，去年完成電動汽車電能回輸電網及自動調頻輔助服務功能驗證，並自109年至110年9月啟用2座V2G電動車智慧充電示範場。



台灣電動機車現已突破50萬輛大關，台電續與市佔率近9成的電動機車龍頭Gogoro研究驗證電動機車V2G技術。台電指出，有別於現行電池交換站的單向充電，台電與Gogoro共同打造世界首座的V2G電池交換站具電能回輸電網功能，可儲存60度電能，等一般家庭約4至5天用電量，110年10月起正式上線進行驗證示範，未來結合電能管理系統可智慧排程充電，每一座電池交換站也可成為提供分散式電源的儲能站，有需要時將電能回送電網。

台電前董事長楊偉甫表示，台電持續努力協助電動車產業發展，Gogoro為台灣電動機車指標廠商，其電池交換平台創立的商業模式獨步國際，此次與台電綜合研究所合作研究，除有助台電打造分散式儲能的虛擬電廠，也期盼共創強化電網穩定與創造電力交易新商業模式的多贏未來。

Gogoro 創辦人、董事長兼執行長陸學森說，Gogoro Network兼具大數據、AI人工智慧、機器學習等先進技術，創建新一代智慧電池交換平台，並營運全世界最穩定、最具規模的電池交換系統。目前Gogoro Network所管理的智慧電池，預計至110年底前總容量將可達1.3 GWh，透過與台電共同合作，除了能夠實現電網平衡，更讓智慧電池交換平台成為電網中不可或缺的儲能設施。

台電說明，Gogoro後續也將持續與台

電深化合作關係，規劃由需量反應聚合商（Aggregator）協助整合電池交換站設備及電力，參與台電的電力交易平台，提供電網即時備轉服務，未來當電網有需求，電池交換站可接受即時調度，將站體內智慧電池儲能電量回輸，共同強化電網穩定。

十九、公服處 - 電力交易平台正式營運

為持續滿足全國穩定用電需求，台電分秒秒都須維持電力系統發電與用電量及電網頻率的動態平衡，過去遇突發電力變化多由大型發電機組救援，台電前年7月攜手企業打造「亞洲首例」電力頻率調整儲能系統，跳脫既有蓋電廠、買機組運轉思維，去年7月電力交易平台揭牌、廣招民間「電力神隊友」，電力交易平台邁入正式營運，也是台灣電力轉型的劃時代里程碑。台電表示，電力交易平台參考美英澳等先進國家電力市場架構規劃，先導入輔助服務交易，吸引民間分散式電力資源投入電網，透過電力交易市場運作創造電力共享經濟，試營運近1個月已貢獻近8000MW-hr（百萬瓦-小時）輔助服務容量、交易金額逾400萬元，未來商機潛力上看百億元，共同協助全國電力系統穩定。

台電110年11月15日於台電大樓舉辦「電力交易平台啟用典禮」，現場由台電前董事長楊偉甫、工研院院長劉文雄與交易平台參與業者等各界貴賓，共聚電力交易平台營運總部-台電電力交易中心，仿效證券市場敲鐘



慶祝儀式，共同見證我國電力交易平台邁入正式營運，也敲響台灣電力交易新紀元。

台電說明，因應再生能源持續增加，為兼顧能源轉型及全國穩定用電，台電自2014年起即以既有發電機組進行內部電力競價試驗，並因應2017年公告的電業法，積極規劃設立電力交易平台；2019年推出「非傳統機組參與即時備轉輔助服務暫行機制」，共84.2MW民間電力資源投入，2020年則攜手民間企業打造「亞洲首例」電力頻率調整儲能系統（AFC），如同「虛擬電廠」，1秒可提供15MW電力，陸續驗證並確立分散式電力參與電力交易的可行模式。

台電指出，台灣是獨立電網，電網穩定維持須自給自足，既有供電以大型發電機組為主，隨著電力交易平台誕生，將原本即建置於民間的電力資源引入電力市場，透過交易提高其附加價值，如民間傳統發電業者、自用發電設備設置者、用戶側需量反應（可配合調整用電者），及併網型儲能設備業者等多元分散式的民間電力資源，均可參與電力交易平台，經過競價模式提供輔助服務，共同協助全國電力系統穩定，同時可藉此獲得服務收益，打造「電力共享經濟」，商機粗估上看百億規模。

台電表示，電力交易平台首先導入日前（Day-Ahead）輔助服務市場，於前一天針對隔天的電力需求量進行競價買賣，台電每

月依實際調度的電力容量及服務品質結算服務費用給參與業者。試營運至今，已有大同、台達電子、安瑟樂威與漢翔航空等4家業者完成相關能力測試，正式成為合格交易者並開始投標、競價及線上運轉，共14MW儲能設備參與調頻備轉服務市場；另有1.4MW、1.6MW分別參加即時、補充備轉服務市場，累計17MW民間電力資源參與，試行交易總交易量至今已接近8,000MW-hr，交易金額超過400萬元。

台電指出，日前輔助服務市場具即時、彈性特點，可協助每日電力供需平衡調節，除已實際參與的業者，目前還有3家業者共申請14.9MW參與量，正進行相關測試，另有數十家潛在業者積極詢問準備中。另台電預計今年啟動「備用容量市場」交易，讓備用容量供給者與義務者可透過平台自由交易或媒合，強化長期供電穩定。

二十、綜研所 - 金門智慧電網

（一）前言

能源是文化進步不可或缺的原動力，全球面臨氣候變遷，歐美各先進國家紛紛執行再生能源、能源效率、與需量反應等各項措施，加速能源議題之討論。在這樣的背景下，以太陽能、風力等再生能源發電替代化石能源發電，儼然成為各國改善電力基礎建設之重要議題。但再生能源發電具有極不穩



定的特性，而傳統電網已難以滿足蓬勃發展之再生能源併網需求，於是各先進國家紛紛進行現有電網之升級規劃，進而大力推動「智慧電網」技術之開發與建置。

推動節能減碳及提高再生能源占比是我國能源政策之重要發展項目，並以推動智慧型電表基礎建設、規劃智慧電網、及智慧電力服務為三大重點。金門智慧電網推動緣起，係依據106年10月時任行政院長賴清德視察金門時指示：有關再生能源對電力系統衝擊造成的鴨子曲線問題，須及早因應並提供可行策略，包括智慧電網、智慧電表及加強儲能…等，由台灣電力公司執行。

金門智慧電網建置共分六大構面以解決問題為導向，總計細分為19項分項計畫，包括智慧電廠、能源管理系統、再生能源預測、特殊保護系統、智慧變電站、配電自動化、再生能源管理、先進配電管理系統、資產管理、儲能系統一期、儲能系統二期、整體需求規劃、需求面管理、智慧電表佈建、電力物聯網、環島光纜、IEC 61850應用、資安管理、與資料倉儲與分析應用等。

金門地區的綠能滲透率高並持續增加中，鴨子曲線已逐漸形成；除了以快速升降載的先進發電機組取代老舊發電機組外，仍需建置儲能系統與需量反應等措施作為因應。而金門地區所面臨的大量再生能源併網衝擊，迫切需要採取必要措施。因此，上述

於金門所採取的因應措施，經技術整合與實際測試驗證後，俾做為台灣本島未來智慧電網建置之參考。

（二）金門智慧電網架構

昔日電力來源較為單純，隨著低碳趨勢與再生能源市場蓬勃發展，未來將有更多分散式電力進入電網，為確保電力供需平衡、電壓和電網供電品質的穩定性，建立一個可整合電力、資訊、通訊、監控、與保護協調，又具有先進分析與預測等技術，且能高效率調控電力之智慧電網架構已成為必然。

金門設有金沙太陽光電系統、風力發電、及塔山柴油火力發電廠，是一個完整且富含再生能源之電力系統。其再生能源發展過程需解決的問題，將來台灣本島也會同樣面臨。因此，選定金門做為智慧電網完整技術整合驗證之示範場域深具意義。金門智慧電網建置可分為六大構面，如圖12所示，包含智慧調度與發電、電網管理、儲能系統、需求面管理、通信系統、與資訊系統，總計有19項分項計畫，整體系統架構如圖13。

（三）六大構面建置目標

金門智慧電網以「智慧調度與發電」、「電網管理」、「儲能系統」、「需求面管理」、「通信系統」、「資訊系統」六大構面為主軸進行發展透過建立完整的資通信建



圖 12 金門智慧電網架構

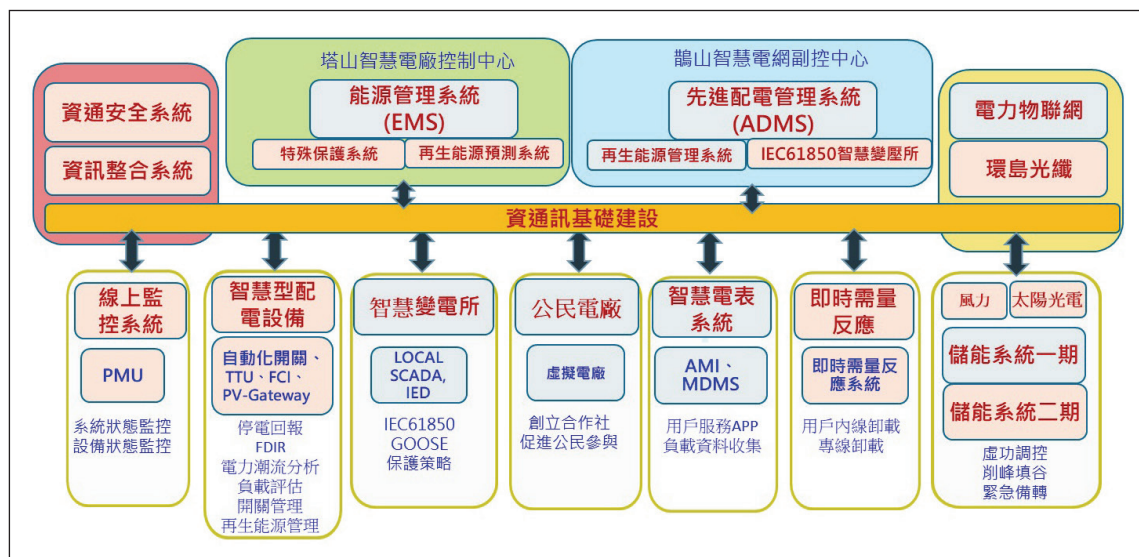


圖 13 金門智慧電網整體系統架構



設與跨系統之資通訊技術整合、先進電力設備與前瞻能源管理，將既有電網及控制中心升級，讓供電端與用戶端能夠雙向溝通，掌握每一度電的流向，讓電力的運用效率及供電穩定度最大化。

- 在智慧調度與發電方面，台電於金門地區導入能源管理系統，結合天氣預報、再生能源資訊與科學模擬、負載預測，以提升再生能源發電量的預測能力，及分析未來的用電需求，進行機組的排程分析，降低因氣候因素導致再生能源供電不穩的問題。
- 而電網管理方面，台電已於金門建立 82 具太陽光電閘道器，利用智慧變流器與導入資通信技術之國際標準，遠端控制並即時回傳再生能源發電資訊，同時建置先進配電管理系統，使用環島光纜打造全島饋線自動化，將復電效率提升 12 倍。
- 在儲能系統方面，透過建置儲能系統，儲

存再生能源提供之電能，於用電尖峰時再行供電，並解決再生能源間歇性發電的問題。台電也已於金門導入兩套大型儲能試驗系統，分別為鋰電池（如圖 14）及鈉硫電池（如圖 15），希望藉由兩種不同特性之儲能系統，了解其對電力系統穩定運轉之表現差異，以作為本島未來儲能系統規劃與建置之重要參考。

- 在需求面管理上，除了供電端的智慧化，亦規劃於金門地區全面布建智慧電表，使用戶了解自宅的電費試算、用量分析、節能建議等等。智慧電表也會將資訊回傳給電表資料管理系統，台電能藉由此了解各區的尖離峰時段，推動時間電價方案，鼓勵用戶在尖峰時段減少用電、離峰時段移轉用電時間，達到雙向溝通的效果。
- 在資通信基礎建設上，導入國際資通訊標準、建置總長 109 公里之環島光纜，以及物聯網無線通訊網路，並將大數據應用及



圖 14 鋰電池儲能系統



圖 15 鈉流電池儲能系統



弱點掃描等高規格資安策略導入金門智慧電網。

（四）結論與成果

透過智慧電網同時兼顧區域能源、經濟及環境，亦即將多元創能（太陽能、風能等再生能源）、智慧節能（需求面管理、節約能源和需量反應）、與科技儲能等進行系統性整合，以促成低碳社會、供電穩定、及永續發展的電力供需生態，並建立高品質、高效率及友善的智慧化電網。

未來，再生能源將成為金門電力供應的重要來源之一，本計劃希望能全面掌握再生能源發電資訊及用戶用電資訊。在充分瞭解供需資訊外，配合更精確有效的預測再生能源發電，如此不僅可降低機組熱機備轉所需的燃料成本，發電變動不確定性，亦可提供調度單位在機組排程及規劃系統備轉容量時作為參考，以優化調度與確保供電穩定。基於系統性的出力預測與能源有效調度管理，將使電網減少備用與備轉容量，讓綠色電力具有更高的品質和價值，落實金門成為「綠色低碳示範島」。

本計劃也希望藉由金門地區智慧電網的推動、執行及技術經驗，將驗證可行之成果及經驗移植至更複雜的台灣本島電網，俾利於台灣智慧電網建置之推動，以及有助於國家能源轉型的順利成功。

二十一、環境保護處 - 電力與環境

台電相信穩定供電的意義與價值，除了掌握國家經濟脈動與民生必要的用電需求、適時開拓多元能源外，各項鼓勵民眾的節電措施以臻減碳成效，也是我們念茲在茲的重點規劃作為。回顧過去一年，在國際一片綠能永續的趨勢浪潮下，持續各項潔淨能源的開發及電力智慧化推動早已成為台電奮鬥努力的目標，而不斷致力各項友善環境的作為，則是我們接軌國際、善盡企業社會責任及符合民眾期待的最大體現。綜整過去這一年來，台電於電力事業經營的同時，其相關環境關懷的具體行動闡述如下：

- （一）基於節能減碳之重要性，台電除持續輔導推動各火力電廠引進能源管理系統外，並輔導各單位持續更新新版環境管理系統，秉此原則，台電除能挹注所轄現場單位符合國際標準的要求外，更可藉此持續推升電力環境品質保護意識的抬頭。
- （二）環境優化一直是民心所向，因之，為美化電力設施周邊環境，台電積極回應地方民眾訴求，除於台中營業處所及台北民生變電所，規劃老舊圍牆更新美化外，並完成協和電廠更新改建計畫景觀規劃工作，以綠岸電廠為意象，讓電廠成為自然景觀的一部分。



(三) 為實質展現台電綠色環保企業之形象，除了一貫的努力作為外，110 年我們積極參與國內各項環保獎項角逐及辦理生態共融計畫成果發表會：

1. 以「從電力業價值鏈開創循環創新機會」為題，獲得亞洲企業商會舉辦之「2021 亞洲企業社會責任獎-循環經濟領袖獎」之殊榮。
2. 辦理環境月循環經濟「迴家」特展，與 5% Design Action 公司及澄也公司合作策展，以創新形式跨足百貨商圈，異業合作推出循環經濟展覽，展現台電在資源循環再利用的成果與策略藍圖的規劃，獲得 Buying Power「公務創新」特別獎及採購參獎之殊榮。
3. 協助尖山發電廠參加第8屆國家環境教育獎「機關（構）組」，該廠已通過當地初選，全國預計有17個機關參與複審。
4. 為讓民眾更加了解台電對環境保育的用心，110年選定台灣唯一以蝙蝠為主題的黃金蝙蝠生態館辦理「台電營造生態共融計畫」成果發表會，並邀請社會大眾共同見證電力設施與生態共存共融的成果。藉由生態紀錄片「風的季節」播映、蝙蝠屋介紹與製作，使參與者更加認識電力設施與蝙蝠生態共存的保育觀念與做法，並以在地親子為活動對象，讓環保觀念往下

扎根。

(四) 為加強國際交流合作及引進電力及環保等相關知識技術，積極對外參與相關研討會，諸如「後疫情時代土壤及地下水整治技術發展 - 含氯有機物整治技術研發應用研討會」、「2021 年揮發性有機物之排放係數建立、監測和控制技術提升研討會」、「2021 年空污論壇 - 交通、能源與空污」、「氫能技術發展及應用研討會」、「我國 HAPs 的排放監測與控制研討會」、「第 30 屆潔淨煤國際研討會」、「第 28 屆國際氣膠科技研討會暨 2021 細懸浮微粒 (PM2.5) 管制及空氣品質與 COVID-19 議題研討會」、「環保法規跨域平台研討會」、「環工學會第 33 屆 (2021) 年會暨各專門學術研討會」等。

(五) 在環境關懷方面，每年中秋前夕各沿海電廠主動發起淨灘活動，同步連結國際淨灘行動機制 (ICC) 記錄海洋垃圾分類結果，提供國際組織分析海洋生態，以海洋垃圾公斤數計算，同時基於回饋地方、增裕海洋資源及保護海洋生態環境，持續於電力設施附近海域進行魚苗放流，積極參與臺灣沿海漁業資源的復育工作，足證明本公司逐步邁向全方位綠色企業，實踐環境永續之綠色價值的努力與決心。



(六) 為落實推廣環境教育，本公司培育能源暨環境教育推廣種子，招募至少 60 位教師與相關工作者，辦理 2 梯次推廣種子工作坊產出教材，並介紹本公司近年來研發的水力與火力桌遊及參訪發電廠，促進國民瞭解「電力能源與生活環境」相互依存的關係，也讓公司朝永續發展及綠色企業的方向邁進。

(七) 為達成公司使命「以友善環境及合理成本的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力」，本公司於 103 年成立「綠色企業創意平台」，結合相關單位提案、規劃並執行綠色行動計畫及環境友善措施，如鐵馬休憩站建置及辦理能源小博士環境教育推廣營等相關活動。

(八) 為揭露公司環境保護資訊，本公司於 104 年架設「台電綠網」，該網站以「綠色生活」、「人文采風」、「低碳永續」、「生態保育」、「循環經濟」為 5 大主軸，紀錄公司各單位環境友善作為，並期望透過綠色行動事蹟的分享，普及環保知識，共創永續未來。

(九) 此外，台電亦積極推動綠色環保工地制度，針對更新改建之發電廠、輸電及配電等相關設施之工程單位，透過辦理工地輔導、評鑑以及營建工程相關環保法規與環保措施之宣導，強化工程環保管理及友善環境措施，除能達到符合法規

外，更積極朝向推展低污染工法、生態保育、敦親睦鄰、節能減碳以及工地綠美化等友善環境作為，為提升工地環境品質持續努力精進。

(十) 依政府能源政策，未來電力發展將啟動能源轉型，為擴大潔淨能源天然氣使用，本公司推動「通霄電廠第二期更新改建計畫」、「大林發電廠燃氣機組更新改建計畫」，另為因應間歇性再生能源對電力系統供電造成影響，本公司亦推動「大甲溪光明抽蓄水力發電計畫」、「石門後池抽蓄水力發電計畫」以提升電力系統之穩定性及安全性，各計畫均辦理環境影響評估工作，詳實分析對環境面之影響，擬定環境保護對策及環境監測計畫，並提出多項環境友善措施，各計畫之環評書件經行政院環境保護署審查通過後，將遵照環評審查結論，執行相關環境保護承諾及對策，以維護環境品質。

(十一) 台電秉承公司「友善環境」的使命，打造企業經營在環境面向的發展策略與目標，展現台電邁向世界級電力事業集團的企圖，以及成為全方位綠色企業的決心。因此，台電於 108 年以「環境領航 永續承諾」為題揭示「台電環境白皮書」；109 年以「交流・電」為題擴大內外議合的觸角；110 年再以「電・循環共生」為題展開循



環經濟策略願景；111 年也將以「電・零碳未來」為題朝向電力淨零新生活邁進。台電每年舉辦環境月系列活動，規模由點線面逐漸擴大環境作為的聲量，表達台電公司以穩定供電兼顧環境為使命，在經濟發展與民生樂利的基礎下積極守護電力與環境的品質，惟電源開發有限及能源仰賴進口的客觀情勢下，復以國家能源政策在諸多課題仍有待克服之際，台電如臨深淵如履薄冰，謹慎拿捏每一個步伐的平衡，持續以環境政策六大策略面向（「因應氣候變遷」、「守護環境品質」、「聚焦循環創新」、「精進管理系統」、「營造生態共融」、「擴大內外議合」）的行動框架，為這片土地的下一世代全力耕耘永續未來。

展望未來，在氣候變遷的環境壓力下，各國通力合作期望達成全球減碳的目標，喊出2050淨零碳排的口號，然而氣候變遷不僅是科學議題，還是政治與國家安全議題，未來去碳化將改變全球地緣政治版圖，中東與產油國地緣優勢不再，在能源轉型大趨勢下，再生能源新增裝置容量已超越傳統能源，而碳定價議題是否會發展成綠色關稅，仍需持續關注，氣候風險評估與財務揭露也將成為衡量一家企業是否具有永續體質的參考指標。台電是台灣電力的守護者，在風起雲湧的時代浪潮下，面臨最壞的時刻，也是

最好的時刻，那是一個危機與轉機同時存在的時代，也是轉型的契機，期待蛻變後的台電能再度與國人共創一個更潔淨、永續的美好家園。

二十二、台北供電區營運處 - 板橋一次變電所改建之 161、69kV 線路改接工程

（一）緣由

為配合板橋P/S改建，變電所內所有輸電線路均須改接至新的板橋變電所，經檢視有69kV線路計6回線，161kV線路計5回線（原線路配置如圖16）須配合改接。

（二）施工規劃

因改接線路眾多需分階段進行施工：

第1階段：配合捷運萬大線辦理161kV板橋～社后線、板橋～青年線、板橋～南海線之板橋P/S～M6電纜遷移工程（改接如圖17），其施工要徑為三孔涵洞前段完工時間及捷運工程局代辦管路工程進度，於107年底完成，各線路停電改接時程如下：

1. 161kV板橋～青年線：108年1月10日～2月12日
2. 161kV板橋～南海線：108年2月13日～3月21日
3. 161kV板橋～社后線：108年3月22日～4月23日



圖 16 板橋 P/S 161、69kV 線路原配置



圖 17 第 1 階段板橋 P/S~M6 電纜遷移工程

第 2 階段：配合板橋 P/S 改建工程辦理 69kV 板橋~介壽線、板橋~土城線之新板橋 P/S~#6 下地工程（改接如圖 18）各線路停電改接時程如下：

1. 69kV 板橋~土城線：108 年 8 月 15 日～9 月 25 日
2. 69kV 板橋~介壽線：108 年 9 月 6 日～10 月 13 日

（三）預先備妥遭遇民眾抗爭之方案

考量輸變電工程處北區施工處於施作 161kV 板橋~頂埔二路#2~#3 架空線路改接工程曾發生線下地主異議阻擾施工情形，本處亦備妥 69 板橋~介壽線#6~#7 架空線路改接工程遭地主異議阻擾無法施工而影響整個新板橋 P/S 周邊線路改接時程之備案。

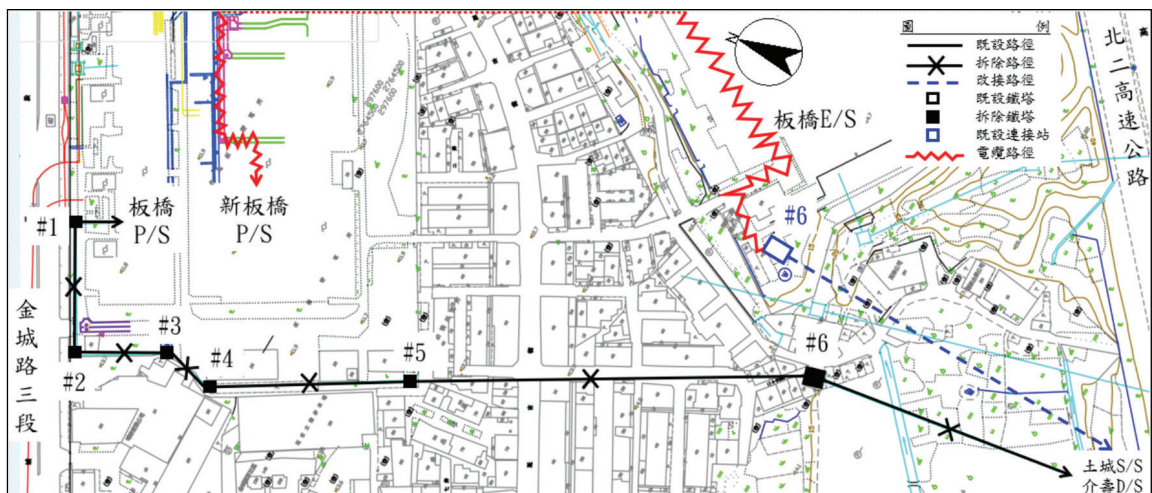


圖 18 第 2 階段新板橋 P/S~#6 下地工程

第 3 階段：配合板橋 P/S 改建工程辦理 69kV 板橋~中和紅白線、板橋~埔墘線、板橋~萬華線新板橋 P/S~#4 下地工程（改接如圖 19）各線路停電改接時程如下：

1. 69kV 板橋~萬華線：108 年 10 月 4 日~11 月 11 日
2. 69kV 板橋~埔墘線：108 年 11 月 12 日~12 月 8 日
3. 69kV 板橋~中和白線：108 年 11 月 29 日~109 年 1 月 5 日
4. 69kV 板橋~中和紅線：108 年 12 月 27 日~109 年 2 月 2 日

（四）施工介面溝通協調

考量土城區都市（和城路二段附近街道景觀）發展及板橋~中和紅白線#4~#5跨越民

宅等問題（避免民眾異議而要求辦理線路二次施工），於施工前函送施工計畫書予交通部公路總局辦理審查，並通知吳琪銘立委辦公室主任邀集交通部公路總局及本處召開下地工程用地取得協調會議，雖因交通部公路總局對本處管線及連接站施工恐影響公訓所訓練駕訓課程而有所疑慮，本處仍因同仁積極溝通協調，終獲同意本處進場施工。

第 4 階段：配合板橋 P/S 改建工程辦理 161 kV 板橋~社后線、板橋~青年線、板橋~南海線之新板橋 P/S~M1 電纜改接工程（改接如圖 20）各線路停電改接時程如下：

1. 161kV 板橋~青年線：109 年 3 月 15 日~4 月 18 日
2. 161kV 板橋~南海線：109 年 4 月 19 日~5 月 21 日

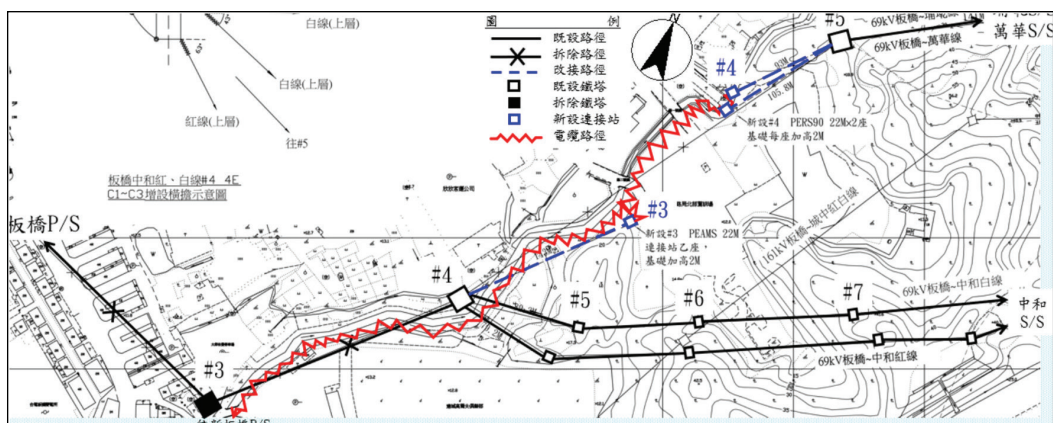


圖 19 第 3 階段新板橋 P/S~#4 下地工程

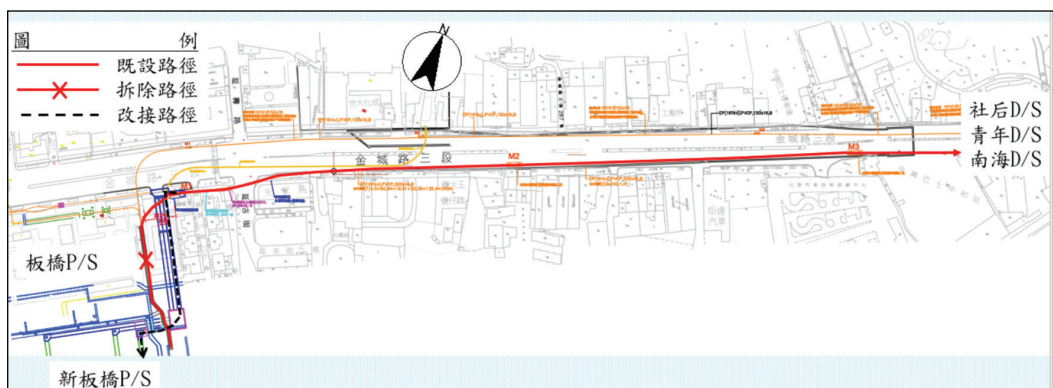


圖 20 第 4 階段新板橋 P/S~M1 電纜改接工程

3. 161kV 板橋~社后線：109 年 7 月 07 日 ~ 11 月 7 日
8 月 30 日

(五) 整體工程關鍵點：2 處 L 型涵洞

第 5 階段：配合板橋 P/S 改建工程辦理 161 kV 板橋~景星紅白線之新板橋 P/S~M2 電纜改接工程（改接如圖 21）各線路停電改接時程如下：

1. 161kV 板橋~景星紅線：109 年 9 月 1 日 ~10 月 3 日
2. 161kV 板橋~景星白線：109 年 10 月 4 日

1. 既設景星紅、白線須在板橋 P/S 既設大口前金城路上，於 M1~M2 間既設地下管路新建 L 型涵洞。（如圖 22）
2. 板橋~社后、青年、南海線須於既設 M1 人孔前（金城路與延吉街路口）施設 L 型涵洞，並於規劃中的電力設施專用地新建

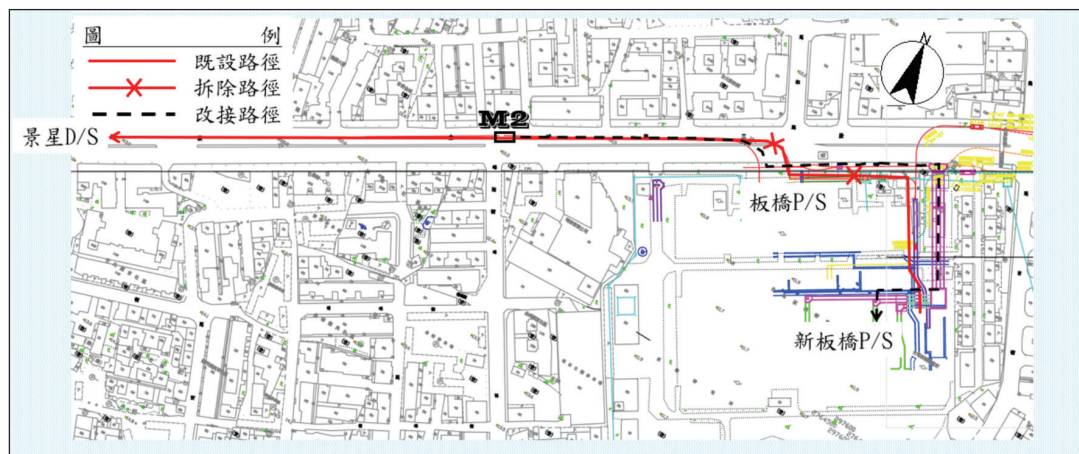


圖 21 第 5 階段新板橋 P/S~M2 電纜改接工程

電纜涵洞。

兩處L型涵洞道路開挖面積大，且必須採人工開挖及場鑄方式施工，工期至少3個月以上，因金城路交通流量非常大，預期路證取得非常困難，且管線複雜，若L型涵洞埋設時遇到須遷移其它管線，將拉長工期及增加施工變數。



圖 22 板橋~景星紅白線 L 型涵洞

二十三、新桃供電區營運處 - 智慧電網的先發投手 - 智慧變電所運轉策略模擬中心

為因應政府能源轉型推動之目標，電網系統必須變得更智慧、更強韌，智慧電網發展將是關鍵因素，而智慧變電所是智慧電網建置下的基石。為使智慧電網運轉策略得以順利執行，成立本模擬中心作前線的測試場地，以鞏固IEC 61850核心技術，達成本公

司建置智慧化變電所的目標。

「智慧變電所運轉策略模擬中心」利用 IEC 61850的導入，設計更具效率的運轉策略以提升供電系統的運維績效，相關運轉策略的設計、測試及反復驗證為本模擬中心成立的重要目標。

(一)「智慧變電所運轉策略模擬中心」成立起源

智慧變電所運轉策略模擬中心前身起初僅有3盤輸電級保護電驛盤(圖23)供同仁自辦教育訓練及驗證保護電驛功能使用。108年初受供電處委託建置IEC 61850相關試驗訓練所後,同仁於軟、硬體方面花了很大的功夫去學習,並依時程開始進行IEC 61850系統建置發包作業、電驛及資通訊試驗等相關工作(圖24),同時與專業設計公司合作實驗室及教育訓練室之裝潢整建、蒐集歷年電驛相片(圖25)、設計電驛實物展示作品(圖26)及採購裝設相關影音設備使環境更臻完善。

而後從電驛試驗訓練所擴增為「智慧變電所運轉策略模擬中心」(圖27)。目前模擬中心內現有設備:輸電級保護電驛共8盤、配電級保護電驛共1盤及1套SCADA系統(圖28)。



圖 23 電驛試驗訓練所初期保護電驛盤

心關心進度,並給予同仁們指導方向及策略。模擬中心有了各級長官的支持與關懷、與各個電驛及資通訊設備廠家工程師們的腦力激盪與幫忙,及諸多同仁共同努力下,歷經了兩年多的時間,本模擬中心終於在110年如期啟用。

(二)變電所智慧化是全世界發展的趨勢

此外,各級長官於開幕前即蒞臨模擬中

智慧電網時代已經來臨,智慧化變電所

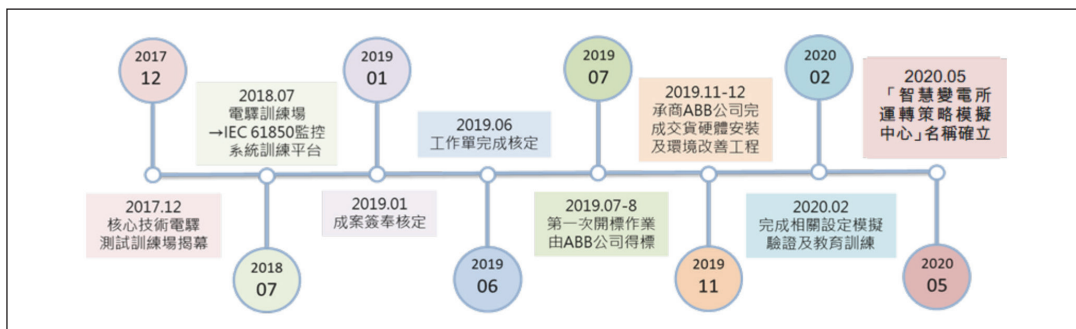


圖 24 「智慧變電所運轉策略模擬中心」成立之時程表



圖 25 因應模擬中心成立展示之歷年電驛演變相片

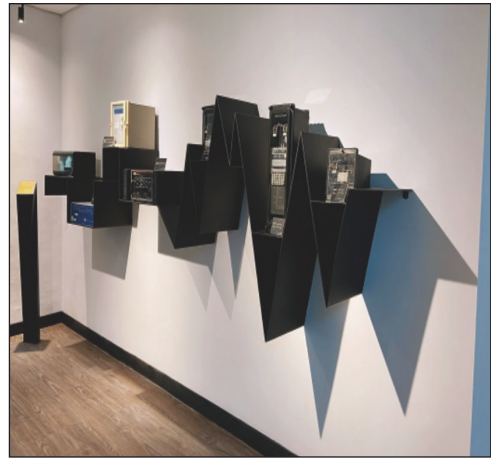


圖 26 因應模擬中心成立之歷年電驛演變展示



圖 27 「智慧變電所運轉策略模擬中心」實驗室



圖 28 智慧變電所運轉策略模擬中心內現有設備

為全世界積極發展的趨勢，台電積極導入以IEC 61850資通訊協定的自動化SCADA系統，以達到智慧變電所的目標。對台電而言，如何充分運用智慧電網的技術以有效提升營運績效、並配合國家節能減碳需求、以及電業自由化後經營方針的轉變等議題皆是未來電業經營將會遭遇的挑戰。

（三）運轉策略運用於系統前的功能驗證、人才的培育及事故發生後的驗證

本模擬中心的系統架構係依「台灣電力股份有限公司IEC 61850變電所/開關場設備規範」建置。本模擬中心的架構符合本公司一次配電變電所系統建置，提供符合IEC

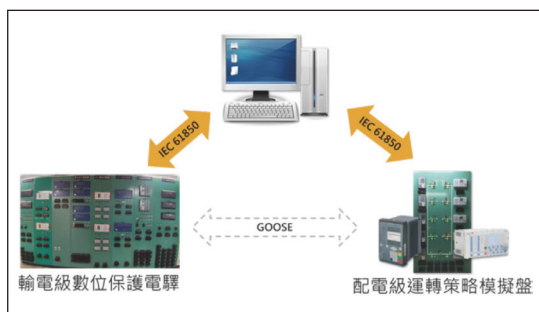


圖 29 「智慧變電所運轉策略模擬中心」系統架構

61850資通訊的自動化器材及保護設備，所以可作為策略上線運轉前之測試場地並透過實際模擬滾動式檢討策略之可行性及穩定性。及提供本事業部相關運維人員專業訓練的場所及設備。（圖29）

模擬中心也提供一個場所，在事故發生後將故障波型匯入電驛可模擬事故當下情況，預想可能發生事故的原因進而改善，在未來能避免類似事件再次發生，使供電網絡更完善可靠。

（四）成果及訓練

「智慧變電所運轉策略模擬中心」現今完成兩饋線同時故障引起越區跳脫主斷路器改善的模擬，其邏輯及設定，已實際應用於目前智慧化變電所改建工程之相關變電所。本項功能運用可有效的縮短故障持續時間及縮小故障的停電範圍。

本模擬中心目前亦將相關輸電級保護電

驛引入IEC 61850自動化系統中，並完成了多項監控功能的模擬和測試，未來可將此成果皆應用於IEC 61850智慧化變電所建置參考。

成立智慧變電所運轉策略模擬中心是為提升運轉維護技能及鞏固IEC 61850核心技術而設置，這可讓未來建置智慧變電所推動更加順利，也期盼本模擬中心能在將來系統一旦發生事故後能有效發揮它的附加價值，將相關事故資料進行模擬重建以分析事故的真正肇因並協助未來事故防範機制之建立。

此外，為利經驗傳承，本處於110年3月8~10日及11月15~17日辦理2梯次智慧變電所IEC61850 Goose應用實務班，邀集各供電區營運處電驛核心技術人員共襄盛舉，課程內容不但包含IEC 61850 Goose邏輯解說，也對事故回放進行演練，深受與會者肯定及好評。

二十四、嘉南供電區營運處 - 自動同步合聯系統之開發建置

經十數年規劃興建的台灣澎湖間之海纜，經過施工團隊克服各種困難，終於在110年10月30日凌晨4時加入運轉，將台灣與澎湖兩端電網連結起來，象徵「台澎電網」成形，澎湖電網從「網外變網內」，更是台灣電網發展的歷史新頁。澎湖發展風、光綠能，未來澎湖的綠能效益，可以透過台澎海



纜，與台灣本島共享。澎湖也能透過電纜，與台灣電網相互融通，減少使用燃油發電，今後澎湖供電網路將與本島串聯雙向輸送電力。

「台灣~澎湖161仟伏特電纜線路工程」從94年起開始規劃，連接澎湖縣湖西鄉尖山發電廠內之澎湖變電所，並銜接雲林縣境內既有的161仟伏特北港~四湖線。北港~澎湖、四湖二路線路工程，經各單位之共同努力下，自110年10月22日18:00開始進行168小時系統加壓，10月29日18:00順利完成。當日晚上尖山電廠續以10號機和#4號機併接該廠69仟伏特線路，20:14完成台灣-澎湖系統合聯盤模擬操作、21:25取載試驗完成。10月30日凌晨04:00進行台灣系統和澎湖系統正式合聯，併入系統正式運轉，完成台灣本島與澎湖兩地總長度67.9公里海陸電纜（58.8公里海底電纜及9.1公里陸地電纜）之電力系統合聯運轉的里程碑。北港~澎湖、四湖一路，亦

於110年11月2日進行168小時系統加壓測試，110年11月9日順利加入系統併聯運轉。（圖30、31）

（一）緣起

當電力系統發生分裂或全停電，將面臨兩系統差頻（異頻）同步合聯之挑戰，此項任務將由中央調度中心（CDCC）調度員全盤掌控，並依現場（通常於變電所）回報同步儀之狀態，指令發電廠機組出力調節兩系統之電壓及頻率，最後指揮現場合聯操作員，於適當時點投入斷路器（通常為線路）完成系統合聯。在兩系統合聯的操作上，斷路器投入的時機是否完美，包括同步儀指針旋轉之方向及快慢，將關係到合聯的成敗及對系統之衝擊影響。

近20年來除88年729和921兩次天災（豪雨和地震）引起之大停電事故，變電所

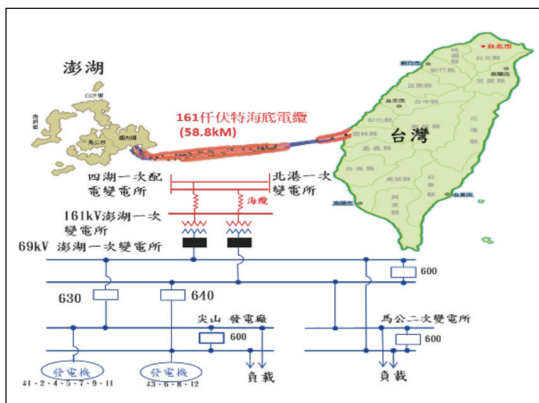


圖 30 台澎電力系統圖

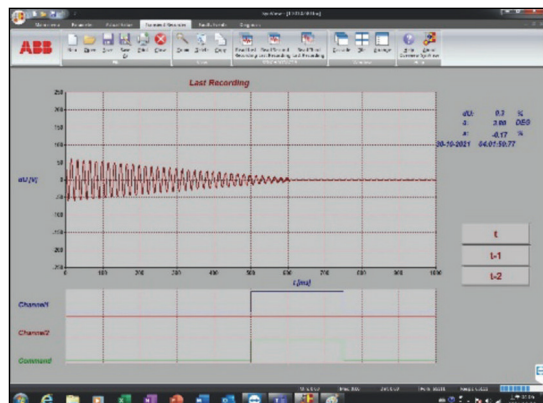


圖 31 合聯波形圖

值班員大多未曾有過電網異頻合聯操作實務經驗，對於值班人員之合聯操作之壓力相當大。若依傳統模式須由中央調度中心（CDCC）指令尖山發電廠機組調節澎湖系統之電壓及頻率，由澎湖一次變電所值班員檢視判斷同步儀（傳統併聯盤）之方式手動操作合聯，恐因指令溝通或人為操作誤失，造成設備損傷、機組跳脫甚或停電事故。因此採用發電廠發電機之單機併網加入系統時之概念；設計一套完整合聯系統是有其必要性，包含（1）新營區域調度中心（ADCC）值班主任遙控合聯指令或澎湖一次變電所值班員，經雙套電驛校核手自動合聯檢核電驛。（2）任一套合聯檢核電驛故障之應變配套措施。（3）萬一需要人工合聯時之基本防呆校核機制。（4）人員之訓練機制及設備。

（二）自動同步合聯系統規劃建置

本（嘉南供電區營運）處應用先進的合聯控制器，以創新電力技術思維，首創於澎湖一次變電所規劃之合聯點建置「台澎系統併網自動同步合聯系統」（圖32）。自動同步合聯系統規劃了自動、手動同步合聯檢核電驛，具備3種操作運轉模式，優先採用模式①本模式自動同步檢測電驛校核，並依斷路器投入閉合時間及頻差計算前置時間，再經手動同步檢測電驛雙重檢核，同時滿足合聯條件時輸出斷路器投入命令，以確保自動合聯操作正確可靠。此外經由個人電腦（PC）連線至自動或手動同步合聯電驛，可讀取及

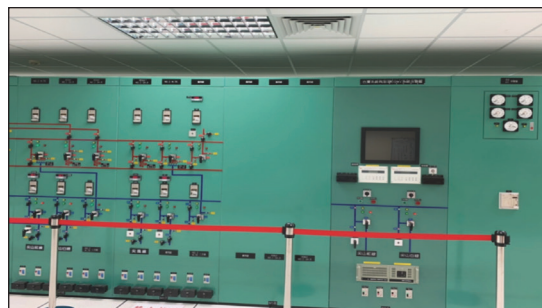


圖 32 澎湖一次變電所自動同步合聯設備實體配置（右二盤面）及傳統併聯盤（最右盤面）

記錄電驛連線軟體合聯兩端之相關數據，經由軟體（ABB SYN VIEW）模擬傳統同步併聯盤之各項數據及同步儀轉動情形，並透過通訊線路連線至遠端尖山發電廠及新營區域調度中心（ADCC）[亦可規劃連線至中央調度中心（CDCC）]，尖山發電廠值班主任則透過個人電腦（PC）及通訊網路連線，同步顯示澎湖合聯設備之模擬同步儀動態畫面，可不經中央調度中心（CDCC）指令進行即時調頻調壓，以快速滿足併網合聯條件，縮短合聯時程。（如圖33、34）

（三）自動同步合聯系統特色

1. 0°角補償功能（斷路器閉合時間補償）

依合聯兩系統頻率差及斷路器閉合時間計算前置量角度提前發出斷路器投入命令，使其在完美之12點鐘位置執行合聯。

2. 參數調整設定更精確

合聯電驛參數設定範圍及級距相較傳統

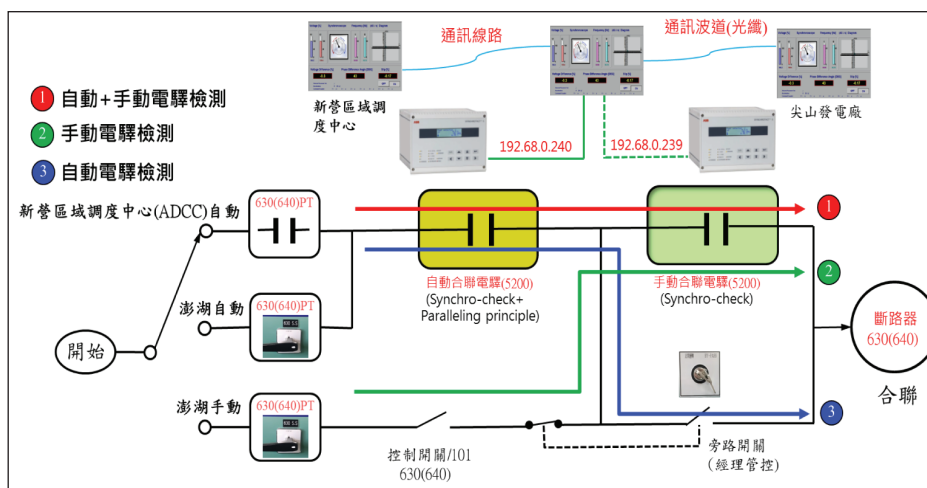


圖 33 澎湖一次變電所自動同步合聯設備操作運轉模式

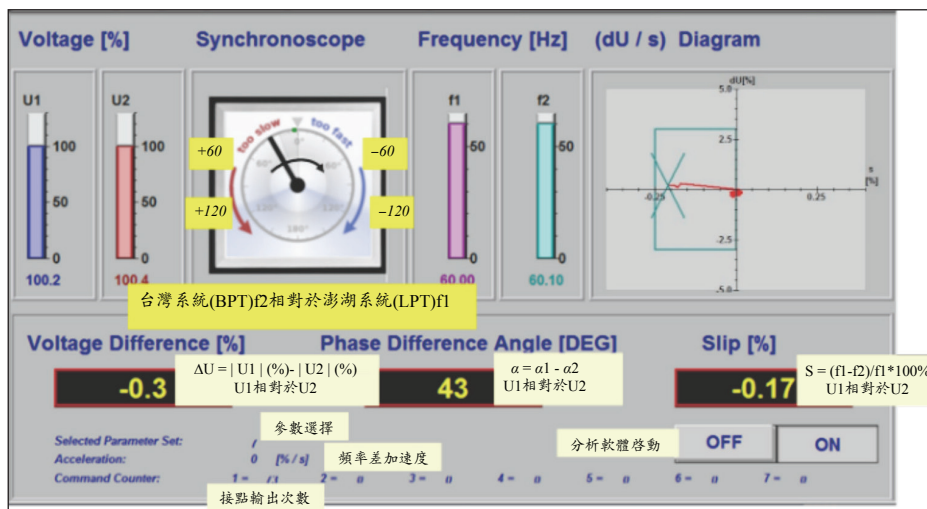


圖 34 ABB SYN5200 模擬軟體畫面

25 同步檢定電驛更精細，範圍更大。

4. 防呆功能

可設定台灣系統頻率略大於澎湖系統頻率時才可執行合聯指令投入斷路器。

3. 採用雙重同步檢核電驛

2 具自動、手動同步檢核電驛雙重檢核，增加合聯操作安全性。

5. 網路連線提供尖山電廠合聯資訊



透過通訊線路連線至遠端尖山發電廠同步顯示澎湖合聯設備之模擬同步儀動態畫面，即時調頻調壓以快速滿足併網合聯條件。

6. 互相支援功能

自動、手動同步檢核電驛均為相同廠牌及型式，遇故障可互相支援執行功能。

7. 遠端自動合聯操作

新營區域調度中心（ADCC）值班人員可依網路連線之模擬同步儀畫面，下達合聯指令經由資訊末端設備（RTU）自動合聯操作。

如遇新營區域調度中心（ADCC）與資訊末端設備（RTU）通訊故障亦可指令澎湖一次變電所值班人員於區域型監控系統（Local Scada）下達自動合聯操作。

8. 獨立設置

不影響傳統控制迴路及停電保養時之傳統操作觀念及安全。

（四）效益與影響

台澎海纜將開啟我國長距離海底電纜輸電系統之新紀元，除了滿足澎湖地區未來用電需求外，同時肩負澎湖再生能源大量開發後餘電回送台灣之任務，乃政府推動「設置澎湖低碳島專案計畫」之重要關鍵基礎建

設，亦是再生能源納入系統試運行之雛型，具有象徵性意義，台澎合聯之成功順遂對公司聲譽及國家形象均有極大之效益。在本系統的成功建置後，各級長官更要求積極推廣，初期各供電區在發生分裂機率較高或有小區域合聯需求之地區建置自動合聯設備，如冬山超高壓變電所、鳳林超高壓變電所、中壢一次變電所、埔里一次變電所、台北一次變電所、楓港一次變電所等地點，以提升區域供電可靠；未來則規劃裝設於系統發生全停電（全黑）之復電路徑，以加速復電程序，縮短停電時間。



疫情衝擊下的機械產業轉機

中國機械工程學會秘書長 / 陳亮光

近兩年由於疫情的蔓延，對當前全球整體的產業與市場結構產生了重大的影響，除了許多員工因染疫而無法工作以外，也受到政府有關單位針對疫情所採取的各項管制措施而影響產業的運作。尤其是當前產業供應鏈高度的全球化，物流與航運對產業的正常運作佔有重要的地位，也因此世界上任何角落的某個產業受疫情影響其運作後，都可能對我們自身的產業產生衝擊，所有產業都無法置身事外，各行各業都因而必須積極調整其商業模式來因應各種困難。但如同愛因斯坦所說，在每個危機中都藏有大好的機會，而當前的產業如何在眾多危機中發現各自的轉機，就成為企業永續生存的重要關鍵。

此次全球性的疫情所產生的影響是全方面性的，除了因人員染病而影響工作以外，各種防護措施以及限制，都對環環相扣的製造業生態鏈造成衝擊。當前的製造產業早已面臨多重的挑戰，近年來透過工業4.0的推行，產業界開始導入更智慧的自動化設備、

數位化的生產系統等來改善其製程。也藉此逐步地擺脫傳統低技術水準的勞力密集、成本導向的經營模式，轉型為更技術導向的專業製造產業。台灣的產業一直以來都擁有強大的適應性與彈性、因而能在高度競爭的全球環境中生存，對於新技術的導入一向得心應手且能得到立竿見影的效果。舉例而言，透過智慧自動化設備的導入、搭配數位化的生產管理系統，許多製造業都致力於降低產線上的勞動力需求，逐步朝向無人工廠的遠景邁進。然而完全的無人化對許多產業是不實際的，許多專業複雜度較高的生產程序仍需要人的介入方能達成，也就是透過新的生產模式導入，員工的任務轉到更高層次的技術水準，最終結果是產業界對具備更高專業度的人力資源需求大幅增加。

此次全球性的疫情蔓延，台灣之前透過嚴格的邊境控管而防止了疫情的快速擴散，也讓許多產業能持續運作而避免大規模的停工歇業。以這兩年受疫情影響下的機械產業

大環境來看，產業界普遍的現象是不缺單、不缺產能，但缺工缺料。缺料的問題可以透過更資訊化、數位化的供應鏈管理與生產管理系統來改善，但人力資源的短缺則必須從根本來解決，且非一蹴可及。產業界對進階專業的人力資源缺乏是一個存在已久的問題，但這兩年由於產業結構的快速改變以及疫情影響而變得更為嚴重。機械工程學會在協助國內機械產業與學術界的連結一直扮演著重要的角色，針對此問題持續的積極推動多項業務來改善。首先，透過機械專業人力認證制度的推廣，將產業所需的專業能力，分層級的結合至認證考試中，除了讓產業在徵選人才時有一個更明確的標準與依據以外，更可做為學校教育方針調整的依據，讓學校的畢業生有更完整的即戰力。此外，為了讓產業的需求更廣泛的讓年青學子認知，

機械學會持續辦理各項榮譽獎項之選拔，讓產學間的交流更密切。例如配合上銀科技舉行「上銀機械碩士論文獎」，多年來已鼓勵許多優秀的碩士學生投入機械領域的專業研究並發表。「中技社機械學術獎」則是頒給能於機械領域提供重大革新的人士的榮譽獎章，以鼓勵並提升機械人才榮譽感與貢獻



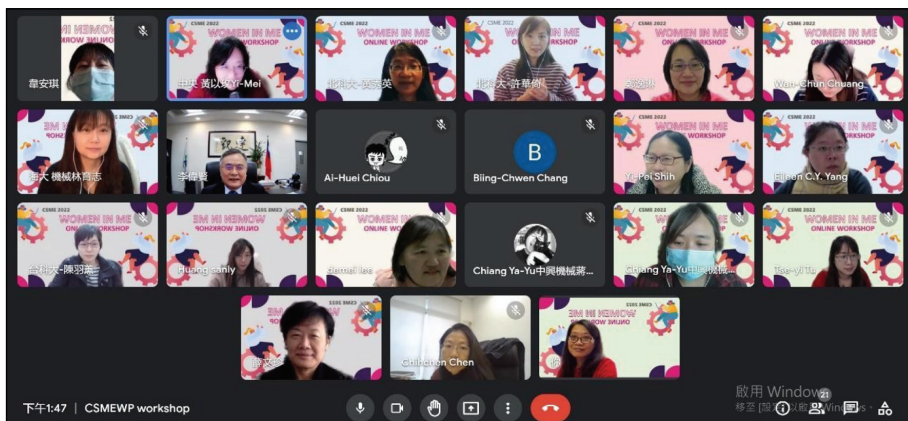
中國機械工程學會 110 年傑出工程師頒獎典禮合照



第 18 屆上銀機械碩士論文獎得獎師生大合照。(上銀科技提供)



中國機械工程學會 110 年年會暨第 38 屆全國學術研討會



中國機械工程學會女子發展委員會視訊會議

度。學會同時亦舉辦工程獎章、傑出學者、與傑出工程師等多種榮譽選拔，藉以表揚在產業界、學術界能對機械技術提供卓越貢獻的人士。有鑑於機械產業一直以來男多於女的現象，為了促進兩性平權，機械學會更成立「女子發展委員會」，為機械領域注入多元創新的力量。在推動產學合作方面，機械學會除了在每年的年會與學術研討會中，固

定邀請產業參與座談並合作設展以外，去年並設置「榮譽顧問辦法」，邀請產官學界有經驗的人士擔任，藉以強化機械領域的產學合作與交流。透過這些多管齊下的業務推動，機械學會期能有效串接產業與學界，協助國內機械產業在受到疫情衝擊下仍能化險為夷、持續轉型以因應下一世代的全球市場。



臺灣的守護者 - 中華民國防蝕工程學會

中華民國防蝕工程學會

關鍵字：大氣腐蝕、防蝕塗裝、陰極保護

腐蝕是材料與環境發生電化學反應的劣化行為，也是降低能量的自然行為。腐蝕的發生，輕者造成材料外觀上的斑駁；嚴重者造成重大的公共、工安事故。各類腐蝕問題皆有相對應的防蝕方法，但是過度的防蝕，也會是一種資源浪費。因此如何在有限資源以及防蝕保固目的間達成平衡，就是防蝕工程學會的任務：結合國內從事防蝕工程及防蝕研究的人士，推廣我國防蝕工程技術應用、發展防蝕工程事業及國內材料腐蝕、防蝕知識之宣導及教育。

為達成永續環境的保固首先要了解材料應用環境的腐蝕強度，藉此規劃妥善的防蝕系統。防蝕方法非常的多元，最經濟實惠的做法就是施作塗裝，而在富含電解質的環境，陰極防蝕則經常作為防蝕工法的首選或塗裝損傷後的第二道的防線。腐蝕的發生，隨著不同環境有各種樣態與機制，藉由破損

分析可以找出腐蝕機制並提出工程面、制度面上的改善。本文以下就針對防蝕工程學會在大氣腐蝕性調查、防蝕塗裝、陰極防蝕、三大領域目前的現況，以及對於臺灣的貢獻做個介紹。

臺灣環境腐蝕調查資料

大氣腐蝕是最常見的腐蝕類型，例如暴露於大氣中的公共建設、廠房建築皆可觀察到此等腐蝕問題。ISO 9223 (CNS 13401) 針對大氣腐蝕建立了一系列的調查、試驗與等級評估之標準。經由環境等級的分類評估，再以ISO 12944為指引，即可規劃出適用於該環境的防蝕系統。

臺灣地處亞熱帶，屬高溫、高濕、高鹽的海島型氣候，依據ISO及CNS的大氣腐蝕環境分類準則，分為C1到CX等級。臺灣沿岸區



域幾乎全為嚴重腐蝕等級C5，部分地區甚至達到最高的CX等級。有鑑於腐蝕環境影響甚巨，自2007年起，交通部運輸研究所籌劃建立全國腐蝕環境觀測網，著手進行大氣腐蝕因子現地試驗調查研究，於臺灣各地共佈放232個試驗站（如圖1），調查項目包括金屬曝露試驗（碳鋼、鋅、銅、鋁）與腐蝕劣化因子（二氧化硫及氯鹽沉積速率收集）。

此外，因應港灣建設與離岸風機防蝕保固之需求，交通部運輸研究所轄下的港灣技術研中心自2015年起於臺灣各商港進行水下

金屬材料腐蝕暴露試驗（如圖1）。分別於臺中港、金門水頭港、料羅港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、澎湖龍門尖山港等國內商港安裝水下試驗架（飛沫帶、潮間帶、水中帶），共佈放14個試驗站，期能藉此了解海生物附著與海水水質對金屬材料腐蝕之長期暴露試驗。結合大氣與水下調查資料與分析成果，建置於臺灣腐蝕環境分類資訊系統（如圖2），並每年發行大氣腐蝕資料年報，提供交通部、公路總局、高速公路局、港務公司及顧問公司等選用金屬材料之依據。以達到符



圖1 大氣及水下腐蝕調查試驗站



圖 2 臺灣腐蝕環境分類資訊系統 (交通部運輸研究所港灣技術研究中心)

合各地區腐蝕環境防蝕需求，確保各公共工程如橋梁、碼頭等構造物，達到或超過設計使用年限，避免或減少發生工安事件，降低社會成本及提高經濟效益。

臺灣環境腐蝕資料是規劃防蝕系統最基礎的數據，可以用關鍵字「臺灣環境腐蝕資料庫」檢索進入系統，或以「交通部港研中心 > 中心出版品」下載調查報告，皆為免付費。

塗裝

天氣冷，多加件衣服；下雨天出門，穿雨衣。在腐蝕環境裡，就做個塗裝隔絕材料與環境的接觸。塗裝包含了塗料的開發與塗

裝施工兩大技術。

人類使用漆料已有數千年歷史，直至18世紀，隨著化學原料開發，塗料工業才迅速發展！發展至今，各種功能性及裝飾用塗料（俗稱油漆）已陸續被開發應用。塗料依其功能性，可分為防蝕塗料、防火塗料、防水塗料、抗菌防霉、防污塗料等，依產業別，則有建築塗料、汽車塗料、船舶塗料、工業塗料等。隨著現代科技的突發猛進及腐蝕防制專家的努力，各種形態防蝕技術發明及材料的開發也讓腐蝕防制更為多元化。其中防蝕塗裝，因其具備色彩多樣化、防蝕效果佳、成本較低及施工便利等優點，成為使用最經常的防蝕措施之一。塗料產業規模目前仍以建築塗料為大宗，但隨著工業發展，工



業防蝕塗料產量卻一直呈現成長狀態，尤其臺灣屬工業發展國家且四面環海，腐蝕環境則更為嚴苛，對於防蝕塗料需求成長及性能要求更為強烈。

塗料為半成品，須經塗裝施工後方能成為塗膜成品，達到其功能性。從塗料選用，經塗裝過程施工成膜至乾燥為塗膜受後續所處環境侵蝕，其過程品質控制攸關其防蝕效果耐久性是否能達到預期設計。不良的施工品質，可能連塗裝預期壽命的十分之一都無法達到。為確保塗料系統選擇能抵抗腐蝕環境侵蝕，與塗裝過程中能依設定施工條件執行並確認最後塗膜狀態符合設計要求，本學會特開設「鋼結構塗裝檢查員訓練班」，讓一切過程能在具備檢查資格的專業人員執行下確保塗裝作業過程品質。達到防蝕塗裝目的，提升塗裝工程品質，改善以往國內塗裝檢查不被重視且缺乏專業及資格人員執行狀況。目前「鋼結構塗裝檢查員訓練班」開辦近5年來，已有超過400位學員受過訓練，對國內塗裝品質的把關有非常大的幫助。

陰極保護

在一個電解質豐沛的環境，塗裝可能無法承受，但陰極保護反而是一個非常有效率的防蝕方式。陰極保護迄今已有200年的歷史，源起於1824年Humphry Davy利用鐵和鋅來保護木製船體的銅質外殼。1940年代初期開始應用於保護土壤中的天然氣管線，

1950年代建立了船舶陰極保護的規範，而鋼筋混凝土結構中的鋼筋腐蝕防護也於1959年開始試驗研究。發展至今，陰極保護技術已廣泛的應用在地下管線、離岸風機水下基礎、船舶與鋼筋混凝土結構中鋼筋的防蝕保護。

陰極保護的方法有兩種，一為犧牲陽極法，一為外加電流法。犧牲陽極法主要是利用導線將介質（如土壤、水、混凝土.....等）中電位較負的金屬（陽極）與被保護結構物（陰極）相連接，形成一電化學電池。由於異類金屬相接觸，較活潑之金屬（陽極）會在反應中被消耗，而鈍性的結構物（陰極）會因此而被保護。外加電流式陰極保護系統主要是利用一外部電源來提供陽極與陰極之間的電位差，陽極接於電源之正端，而被保護結構物則接於電源之負端，電流從陽極經過介質（如土壤、水、混凝土.....等）到達結構物表面，然後沿著結構物經導線回至電源，如此結構物便受到保護。

臺灣為一海島，處於高腐蝕的氣候環境，鋼構及鋼筋混凝土結構物均必須面對腐蝕嚴重的考驗。目前臺灣公共工程中地下輸送管線與儲槽、港灣設施碼頭的鋼版管樁、公路鋼筋混凝土橋梁與離岸風機水下基礎部分均是採用陰極保護工法進行防蝕保護。為確保設計與施工品質，2014年高雄氣爆後本學會已於2017年協助標準局完成CNS 15993-1:2017「石油、石化及天然氣業－地下管線陰極保護系統－第1部：陸上地下管線」中華



民國國家標準。冀望日後再接再厲，推動其他陰極保護相關規範的建立，以完善公共工程陰極保護應用的設計與施工品質。

展望

除了防蝕技術的持續精進開發，防蝕工程學會也針對多次工安事件進行分析檢討，並喚起政府和產業對設備完整性的重視。隨著產業經濟的發展提升，工業安全和環境保護逐漸獲得重視，然而近年來仍舊發生多起工廠火災爆炸和環境汙染事件，造成鉅額經濟損失，更是嚴重影響事業單位聲譽和導致社區關係緊張。以2014年發生了震驚國際的高雄氣爆事件為例，不僅造成了嚴重傷亡和驚人經濟損失，更是震醒了國內各界人士，注意到地下管線相關領域多年來欠缺了完整的法規制度和良善管理。產官學研各界包含防蝕學會在內，分析氣爆管線失效原因，蒐集國際法規和訂定國家標準（例如CNS 15993-1等），吸納國外維護經驗和管理技術，多面向檢視國內管理制度缺失，辦理各種技術研討會和教育訓練課程，逐步輔導業界建置起地下管線管理系統，期能達到有效維護管理和永續安全操作的目標。

防蝕學會多年來持續關注防蝕技術和腐蝕管理的重要進展，除了重大傷亡的高雄氣爆事件之外，多家煉油石化工廠不時發生重大的設備破損和火災爆炸事故，所幸多未造成人員傷亡，但是必須汰換受損設備和工廠

停車無法生產。以2018年中油桃園煉油廠二柴工廠火災、2019年台化ARO3廠火災、2019年台塑化RDS2廠火災等重大事故為例，這些火損事故皆造成了事業單位高達新台幣百億元營收損失。防蝕學會會員皆協助業主找出設備失效原因，執行對症下藥的維護對策，並且及早回復正常生產作業。多年前臺灣石化工業界和管制單位對於適用性評估法規和可達成效益都相當陌生，因此對於發生損傷或維修過的壓力設備的操作安全性和法規符合性多有質疑，或者採取極度嚴苛的審查標準，形成營運和管制雙方面認知差距過大。所幸多年來經由引進API 579適用性評估法規和評估技術，進行火損設備適用性評估整合型技術服務，證明維修改善措施的合理性和有效性，成果優異且效益良好，獲得主管機關（勞動部職安署）和業主的共同肯定，現已成為類似事故後設備安全評估的重要管制機制之一。

人能夠生活的環境中腐蝕自然且必然發生，防蝕學會以臺灣的守護者自許，結合了產官學研專業人士提供各界所需要的防蝕知識與服務，為精準保固與永續環境而努力。



5G 技術趨勢與創新應用 - 專題序言

中華電信研究院副院長 / 陳榮貴

因應新冠疫情對社會、經濟及生活形態的衝擊，全球企業莫不積極進行數位轉型，致力將生產、供應與服務作業朝智慧化、敏捷化、韌性化發展，其中5G行動網路扮演致能者角色。相較2G/3G/4G演進改變了消費者的生活型態，5G時代的來臨預計將促成各產業革命性的轉變。

5G與4G的差異主要是依據ITU所定的條件，5G必須滿足三種應用情境，即增強行動寬頻（Enhanced Mobile Broadband，eMBB）、高可靠低遲延通訊（Ultra-reliable and Low Latency Communications，uRLLC）及巨量物聯通訊（Massive Machine Type Communications，mMTC），以提供高速率、低延遲、大連結的行動通訊服務；這些特性，再結合人工智慧、大數據、物聯網、邊緣雲等技術，將可為各領域產業帶來各種創新應用。

2019年4月美國及南韓率先啟動5G商

轉，正式宣告5G時代的來臨；隨後，2020年歐盟、英國、日本及中國等陸續推出5G服務，我們臺灣也在2020年6月正式提供5G商用服務。隨著疫情發展，全球施行振興措施，各地都加快5G網路建設；依GSMA報告，截至2021年底全球已有72個市場、183家業者提供5G服務，連線達6.36億，更預估今（2022）年底連線數可達10億。

在國內，行政院於2019年即核定「臺灣5G行動計畫」，編列204億元分4年來建立臺灣5G應用基礎環境，以5G來驅動產業創新、提升數位競爭力；在去（2021）年11月，行政院蘇院長表示臺灣2021年網路通信產業鏈產值將超過1.2兆元，為全力發展5G加值應用服務，透過前瞻基礎建設計畫預算，規劃自2021年起至2025年投入490億元，以加速推動5G普及；並配合相關修法，提供投資抵減租稅優惠，鼓勵業者把握5G發展契機，建立完整產業生態系，切入國際市場。



中華電信在2018年即邀請產官學界加入組成5G領航隊，當時5G尚未在全球商轉，技術亦未完全抵定，但團隊成員都有旺盛的企圖心，齊心合力投入此領域發展。之後在執行「亞洲·矽谷-5G開放網路整合驗證暨推廣計畫」所打造的5G開放網路測試環境中，更看到了國內業界充滿活力的研發能量，逐步落實關鍵技術國產化能力。此值國內5G商轉近滿兩年之際，很高興在這個時點，能偕同學界先進與大家分享目前5G技術發展趨勢與應用實例。

在5G逐步導入商用後，5G開放架構管理的重要性已經普遍獲得產業認同，尤其「全軟體化」已是普遍被接受的概念；第一篇專題即由臺灣科技大學鄭瑞光教授團隊，為大家介紹5G開放網路開源軟體的發展。鄭教授在此領域研究成果斐然，深入淺出的為大家說明O-RAN開放式無線存取網路聯盟與O-RAN開源軟體社群的功能與重要成果。O-RAN聯盟的成立無疑解決了單一廠商研發需要耗費大量人力及成本的難題，O-RAN軟體社群負責開發 O-RAN功能所需要的開源軟體模組，且管理所有與無線存取網路的軟體開發、程式碼、工具與整合測試工作；此篇論文對於有興趣投入者深具參考價值。

第二篇是由中山大學工學院范俊逸院長團隊分享的5G資訊安全，在5G打造萬物互聯

應用的同時，隨著聯網設備部署數量大幅增加，亦增加了許多被非法攻擊的風險；再則5G技術是以軟體為核心進行發展，長久以來軟體的漏洞一直是駭客攻擊的目標，可見5G資安的重要性不言可喻。中山大學資訊安全實驗室在此領域擁有豐碩的研究成果，此次范院長團隊用較淺白易讀的角度進行闡述，希望提供大家對5G資安有廣泛的認識，以便能夠安全且放心地享受5G所提供的服務。

現階段5G在消費性應用最廣泛的應屬串流影音服務，提供眾所期盼的超高畫質與沉浸式的影視享受。第三篇由陽明交通大學黃紹華教授團隊介紹自由視角影視系統研發與應用。簡單來說，自由視角就是讓用戶自行決定想觀賞的視角，當圍繞被拍攝物架設的攝影機夠密集，還能達到時間凍結的效果，此應用需要充分利用5G高頻寬、低延遲的特性。本篇對其所需要的各項技術及可行性和困難點都有深入的探討，感謝黃教授無私的分享實做經驗；身為消費大眾，當我們有機會愉悅地觀賞一場自由視角的賽事或音樂會時，同時也理解到其背後存在著相當多的技術須要被實現，相當具啟發性。

最後二篇，是有關5G在不同產業別的創新應用，國內5G在醫療、交通、農業、製造業等已陸續有不少成果。在中華電信學院有各類應用的展示，歡迎各機關與企業參訪；



在此先由中華電信研究院的研發團隊拋磚引玉，分享兩個案例，提供諸產業先進指教。

5G在智慧醫療的應用相當多，第4篇是5G協助國內科技防疫的實際案例。在疫情初期，約有2~4成的感染者發生隱形缺氧，最危險的是病患較不會有呼吸困難的感覺，以致可能發生耽擱治療，甚至猝死的狀況。本專題即以5G開放網路通訊設備串聯遠端醫療資源，並結合大數據與人工智慧技術，協助醫護人員透過雲端平台即時遠端監控病患生理狀態，以降低醫護人員工作負擔並減少感染風險；此成果已實際臨床應用，有效防範猝死等憾事發生。此案例印證了在5G網路架構上，結合領域專家與大數據、AI等技術，可快速因應需要打造對應的智慧服務。

車聯網（Internet of Vehicle）是智慧交通、自駕車的基礎，也是與5G高度相關的應用，第5篇將以此為主題進行探討。車聯網泛指車輛透過無線通訊技術與其他週邊設備所建立的服務，3GPP在Rel.14（LTE）定義了名為C-V2X（Cellular-based Vehicle-to-Everything）以行動通訊技術為基礎的車聯網標準，繼而在Rel.15進行增強並導入了5G連網通訊技術；目前C-V2X標準仍在演進中，未來Rel.16技術則將向下相容並充分整合5G的高頻寬、低延遲、廣連結等特性，提供完整的車聯網通訊環境。本篇專題分享目

前較有機會實現的應用情境與示範成果，以此展望5G帶動的車聯網服務將影響未來都市、交通、運輸以及所有人的移動與生活，相當令人期待！

最後，本人誠心地感謝各撰稿人與編輯團隊鼎力協助與投入，使本專輯得以順利付梓。



開放式無線接取網路聯盟 (O-RAN Alliance) 與開源軟體社群 (OSC) 簡介

國立臺灣科技大學電子工程系博士生 / 林至偉

國立臺灣科技大學電子工程系研究生 / 黃致翔

國立臺灣科技大學電子工程系研究生 / Wilfrid Azariah

國立臺灣科技大學電子工程系研究生 / Ferlinda Ferliana

國立臺灣科技大學電子工程系特聘教授 / 鄭瑞光

關鍵字：O-RAN Alliance, open RAN, Open Source, Open Interface, OSC

摘要

本篇論文分別介紹O-RAN開放式無線接取網路聯盟、O-RAN Software Community (OSC) 開源軟體社群以及兩者關聯性。「軟體化 (softwarization of everything)」是近年來在網路、計算、通信領域已普遍接受的概念，近幾年間從軟體無線電 (software-defined radio) 的理論逐步落實在行動通訊網路中，基於「軟體化 (softwarization)」、「虛擬化 (virtualization)」以及網路功能拆解 (disaggregation of networking functionalities) 等關鍵推動技術的軟體定義行動網路 (software-defined cellular networks)，已被視為可支援 5G/6G 未來進

行快速網路優化的關鍵技術[1]。以往的4G網路是以整機黑盒 (blackbox) 方式設計，將無法負荷未來高靈活度的配置條件，許多電信商逐漸地將目光轉往對開放無線接取網路 (Open Radio Access Network, Open RAN) 的研究與實現。藉由開放性使用者介面連接不同電信供應商的硬體、軟體的網路整合與佈署而備受關注。O-RAN聯盟的成立解決了單一廠商研發需要耗費大量人力資源以及成本的難題，無疑為Open RAN的研發提供了一大助力。O-RAN軟體社群 (O-RAN Software Community, O-RAN SC)，負責開發O-RAN功能定義所需要的開源軟體模組，且管理所有與無線接取網路的軟體開發 (包括各開源軟體的技術文件、測試和整合)、程式碼儲



存、工具與開發人員整合測試工作，使軟體碼與O-RAN聯盟的開放架構和規範保持一致。

一、開放式無線接取網路（O-RAN）

（一）背景

隨著蜂巢式網路的發展，服務品質（Quality of Service, QoS）和體驗質量（Quality of Experience, QoE）是要實現的關鍵目標。電信營運商必須在持續增長的用戶數及用戶需求下保持良好的QoS以及QoE。無線接取網路（Radio Access Network, RAN）作為該問題的解決方案，元件多年來不停在發展。目前RAN存在幾個主要問題：

1. 綁定供應商，電信營運商連接和部屬多個RAN設備的選擇有限，在此情況下，優化資

源管理且充分利用有限頻譜具有挑戰性；2. 網路節點間的協調有限，影響RAN元件的整合優化與控制；3. RAN的重構彈性有限，無法微調以利支援不同部屬及不同流量配置。

1. Open RAN v.s. 3GPP

O-RAN是O-RAN聯盟標準化的Open RAN版本。如圖1、圖2所示，O-RAN是建立在3GPP的基礎之上，包含新功能和開放、互操作性的介面。如我們所知，這種新的RAN架構方法可能會帶來一些與增加供應鏈多樣性和降低部署成本相關的好處，同時增加網路整合成本和複雜性。圖1是O-RAN架構的主要變化，如果我們比較O-RAN聯盟與3GPP，可以在圖片中看到基於3GPP的架構[2]和O-RAN架構下層拆分之間的主要比較（LLS）7-2X。引入新節點：RAN智能控制器（RAN Intelligent Controller, RIC）

3GPP	O-RAN
Functions • Management and Orchestration • CU-CP/CU-UP • DU	Additional Functions • SMO • Non-Real-Time RIC • Near-Real-Time RIC
Interfaces • E1 • F1-C/F1-U	Additional Interfaces • A1 • E2 • O1 • O2 • Open Fronthaul

圖 1 3GPP, O-RAN 主要介面與比較 [3]

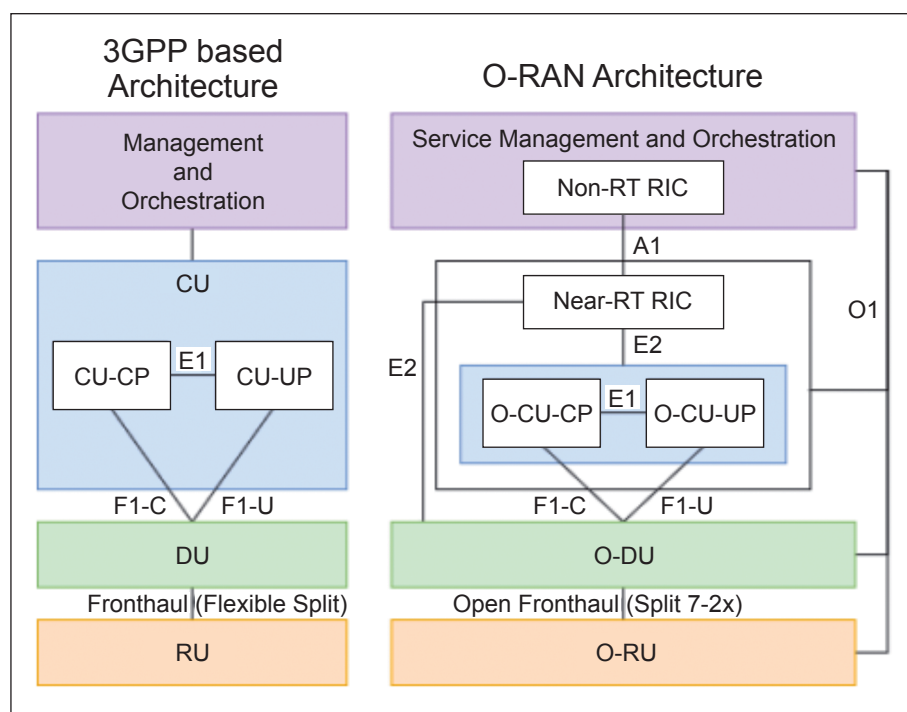


圖 2 3GPP, O-RAN 架構比較圖 [3]

和服務管理和編排（Service Management & Orchestrator, SMO）、引入前傳（Fronthaul）拆分、引入新介面。

另外，3GPP和O-RAN都共享幾個關鍵的共同技術特徵，允許自由選擇供應商特定的實現方式。

2. 功能分離（Functional Split）

功能分離（Functional Split）旨在做前傳（Fronthaul）網路的分離，圖3表示八種功能分離選項（Functional Split Options）。最左邊的option 8代表只將天線分離出來做

前傳網路，其餘的功能做中心化處理，與原始C-RAN的配置相同，可以由一個DU、CU來管理多個Radio Unit（RU）。此option能夠發揮中心化基頻處理之優勢，實現負載平衡、跨RU共用處理…等功能，也大大簡化了RU的複雜度，對於電信商來說佈署更容易。然而此方法對於前傳介面的位元速率（Bit Rate）及延遲（Latency）的要求最高，原因為天線收到訊號後需要做基頻處理，包括循環冗位檢查碼（Cyclical Redundancy Check）、混合式自動重送請求（Hybrid Automatic-Repeat-reQuest, HARQ）…等等處理對於時間及位元速率皆有一定的要求。

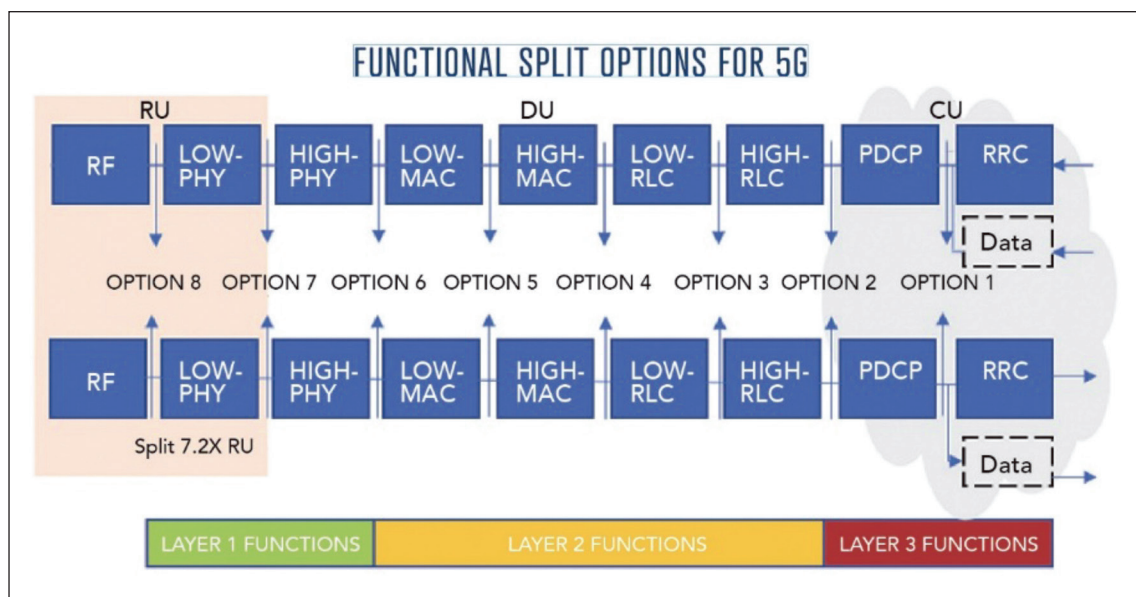


圖 3 八種功能分離選項 (Functional Split Options) [4]

而最右手邊的option 1與option 8則完全相反，將基地台所有功能都包在前傳網路內，使得前傳介面的位元速率及延遲要求相較於option 8低上許多，但也導致整個前傳網路變得複雜、對於功耗的需求較大，失去option 8能夠中心化處理多個RU、負載平衡…等優點。

經上述舉得極端例子可得知，於圖3中option越往右手邊走，對於前傳介面的位元速率及延遲的要求越低，但卻失去了中心化基頻處理的優點，電信商需要在此之中權衡利弊做出選擇。

O-RAN在這八種options中選擇option 7.2x功能分離，option 7將O-DU與O-RU之

間分離，而option 7.2x則是更細分的將物理層 (PHY Layer) 之快速傅立葉轉換/逆快速傅立葉轉換 (FFT/iFFT) 與資源單位對應 (Resource Element Mapping) 功能為界做分離，如圖4所示。O-RAN聯盟是經過RU複雜度與前端介面之位元速率與延遲需求兩者權衡後才選擇該種分離方式。

3. 演進過程

如圖5所示，我們將演進過程分為四個階段，分別為以下：

- (1) Distributed RAN (D-RAN): D-RAN 是一種傳統的部屬方式，遠端射頻模組 (Remote Radio Unit, RRU)、基頻模組 (Baseband Unit, BBU) 被建置於同一個基站內，因此每個基站具有所有功能，

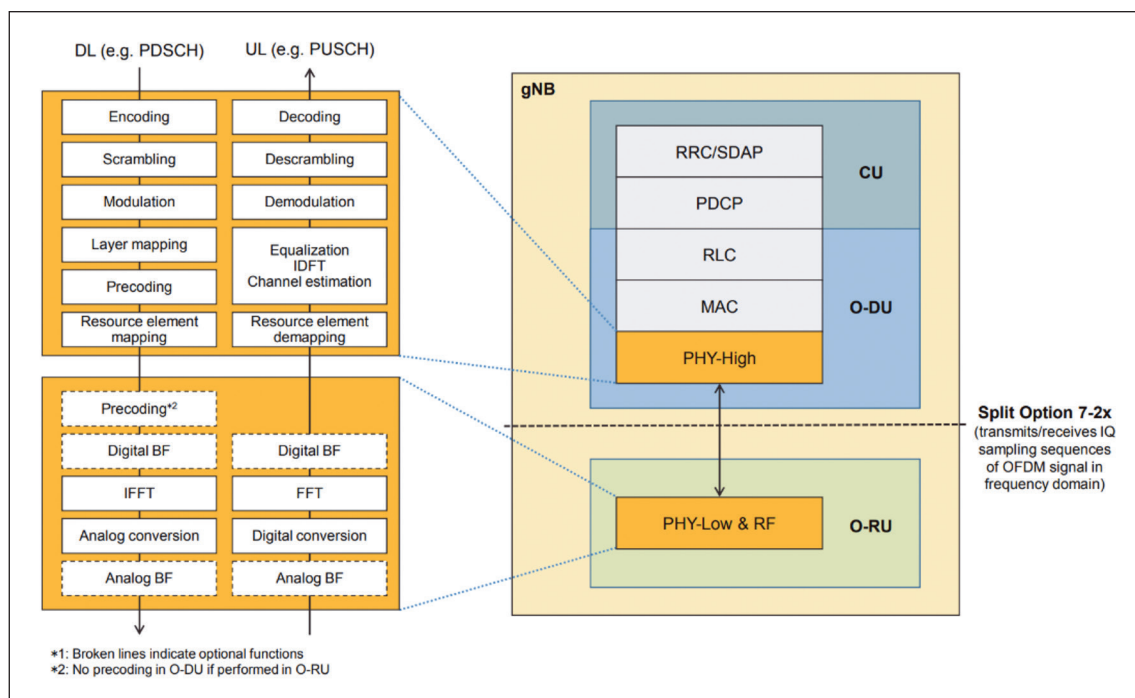


圖 4 Functional Split Option 7.2x [5]

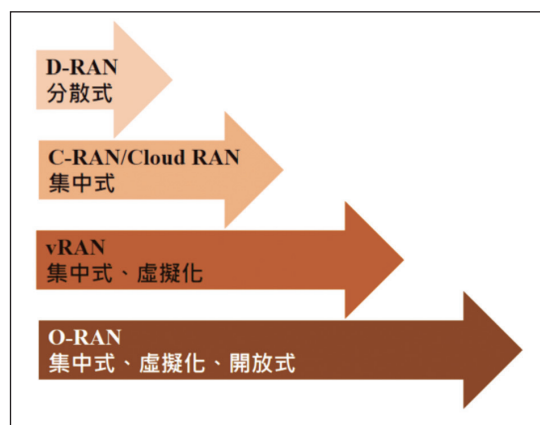


圖 5 RAN 演進圖

並透過 backhaul 連接回核心網路 (Core Network, CN)。適用場景在於低延遲的業務場景、網路初期快速部署。

(2) Cloud or Centralized RAN (C-RAN) : C 可以是「集中式」或者「雲」，這兩者看似非常相似，真正的區別在於雲系統，除此之外這兩種 RAN 技術並沒有太大區別。兩種 C-RAN 都是統一將 BBU 集中，稱之為池 (Pool)。每個 BBU 會具有自己的 RRUs，中間使用 FrontHaul 介面連接，該介面將一個 BBU 連接至多個 RRU。C-RAN 已被公認為能夠滿足 5G 無線接取技術要求的最具潛力技術之一。包含光纖通信和標準無線通信都是從 C-RAN 中衍生出來的。

(3) Virtualized RAN (vRAN) : vRAN 是 C-RAN 的網路功能虛擬化 (Network



Functions Virtualization, NFV)，是 C-RAN 概念虛擬化的真正應用。vRAN 使用虛擬機 (Virtual machines) 或者容器 (Containers) 將 BBU 部屬到伺服器中。vRAN 允許與許多 RRU 共享無線電和 BBU 資源。vRAN 還嵌入到開放媒體框架 (OMF) 和開放街道地圖 (OSM) 擴展文件的開發中。vRAN 與 C-RAN 非常相似，不同的是 C-RAN 使用專用硬體，而 vRAN 通常可以部屬到數據中心的商用現貨 (commercial off-the-shelf, COTS) 伺服器上。

(4) Open RAN (O-RAN)：O-RAN聯盟明確定義了前傳 (FrontHaul)，中傳 (MidHaul)，後傳 (BackHaul)，代表可以混合和匹配不同的供應商，並使用不同的方法而無需綁定供應商。

(二) O-RAN 聯盟

首先介紹 O-RAN 技術指導委員會 (O-RAN Technical Steering Committee, O-RAN TSC)，TSC 負責決定並提供有關 O-RAN 技術主題的指導。在 TSC 內，有 10 個工作群 (Work Groups, WGs)、4 個焦點群 (Focus Groups, FGs)、一個最小可行計劃委員會 (Minimum Viable Plan Committee, MVP-C)、和一個開源社群 (Open Source Community, OSC)。除了 OSC 會在第貳章獨立介紹外，其餘我們將從工作群開始一一介紹。

1. Work Groups (工作群)

如圖6所示，系統方塊由上到下分別為管理整體RAN的服務管理和編排 (Service Management and Orchestration, SMO)、無線接取網路智慧控制器 (RAN Intelligent Controller, RIC)、O-RAN中央單元 (Central Unit, O-CU)、網路虛擬化平台 (NFVI Platform)、O-RAN分散單元 (Distributed Unit, O-DU)、O-RAN射頻單元 (Radio Unit, O-RU) 等六大塊。工作群架構[6]、[7]則分成WG1使用情境與整體架構[8]：主要負責O-RAN確認任務在架構和使用範例 (Use Cases) 下完成，並分配任務群 (task group) 以推動任務完成；WG2非即時 RAN智慧控制與AI介面[9]：Non-RT RIC的目標是管理非即時智能無線電資源、優化更上層過程、優化RAN中的策略，並為Near-RT RIC提供AI/ML模型；WG3即時RIC與E2介面[10]：定義基於即時RAN智能控制器的架構，藉由E2介面上的細粒的 (fine-grained) 數據收集和操作，實現對RAN元素和資源的近即時控制和優化；WG4開放前傳 (FrontHaul) 介面[11]：提供開放的前傳介面，讓不同供應商的DU-RRU互操作性可以實現；WG5開放F1/W1/E1/X2/Xn介面[12]、[13]、[14]：為F1/W1/E1/X2/Xn介面提供多供應商配置文件規範 (應符合 3GPP規範)，並且在某些情況下將改善 3GPP規範；WG6雲化與協作[15]：推動RAN軟體與底層硬體平台的分離，並在生產技術和參考設計，讓商用硬體平台能夠用於RAN所有部分 (包括CU和DU)；WG7

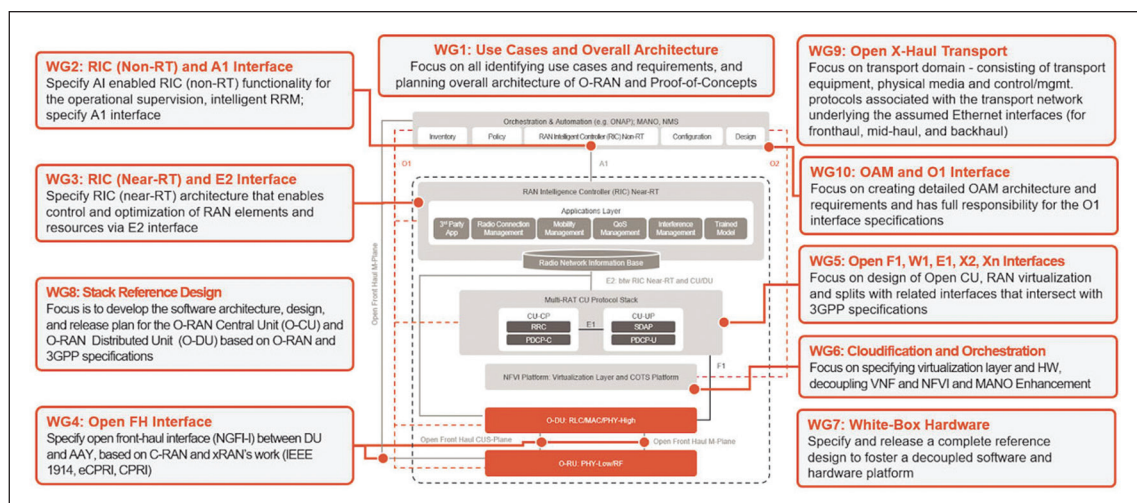


圖 6 O-RAN 聯盟工作群分工圖 [6]

白牌硬體參考設計架構[16]：目標是提出和發布一個完整的參考設計，以培育一個解耦（decoupled）的軟體和硬體平台；WG8 協定參考設計[17]：目標是基於NR協議棧的O-RAN和3GPP規範，為O-RAN中央單元（O-CU）和O-RAN分佈式單元（O-DU）開發軟體架構、設計和發布計劃；WG9開放X-Haul傳輸[18]：它側重於傳輸域，包括與傳輸網路相關的傳輸設備、物理介質、控制和管理協議；WG10運營和維護（Operations and Maintenance, OAM）與A1介面[19]：負責OAM需求、OAM架構和O1介面。所有這些活動都是早期工作組1的一部分，但現在已在其成立後移至 WG10。

2. Focus Groups (焦點群)

如前所述還有四個焦點群[7]，負責處理的是工作群的主要內容或與整個組織相關

的主題。分別為標準發展焦點群（Standard Development Focus Group, SDFG）：如圖 7，SDFG 作用為主導 O-RAN 聯盟製定標準化戰略方面，並且是與其他 O-RAN 工作相關的標準開發組織（Standards Development Organizations, SDO）的主要介面；測試與整合焦點群（Test & Integration Focus Group, TIFG）[20]：TIFG 定義了 O-RAN 的測試和整合的方法，橫跨各個 WG 協調測試規範。當中可能包括創建端到端（end-to-end）測試與整合規範；促進 O-RAN 產品化、運營化和商業化的配置文件；滿足一般要求的方法；及進行整合和解決方案驗證的流程規範。TIFG 計劃和協同組織 O-RAN 聯盟 Plugfests，為第 3 方開放測試與集成中心（OTIC）制定指導準則。2020 年 10 月，O-RAN 聯盟成功舉辦了第二次全球 Plugfest 和概念驗證，以展示基於 O-RAN 的網路設備的功能和多供應商的互

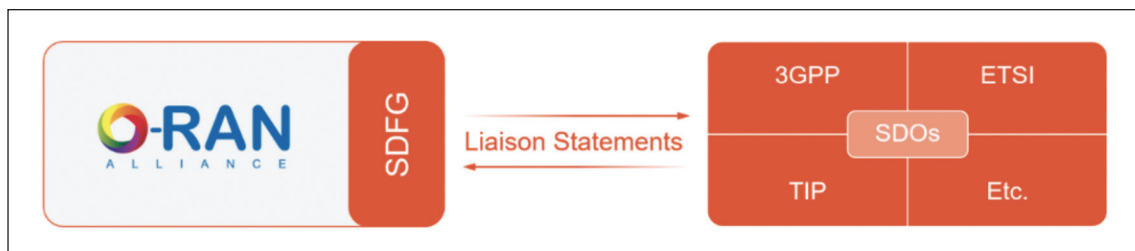


圖 7 Standard Development Focus Group (SDFG) [6]

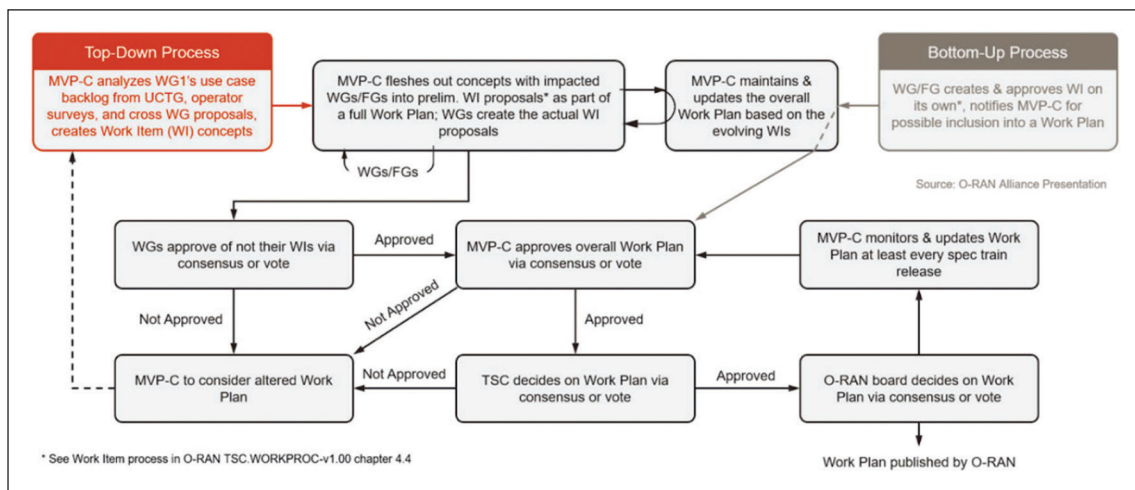


圖 8 MVP-C 組織運作圖 [6]

操作性。共有55家公司在亞洲、歐洲和北美的四個地點齊聚一堂，共同應對O-RAN生態系統的功能、互操作性和性能挑戰；開源焦點群（Open Source Focus Group, OSFG）：職責包括製定O-RAN開源社群的規劃、籌備和建立，開源相關策略，以及與其他開源社群的協作等。OSFG最大的任務就是成功發展出O-RAN軟體社群（O-RAN Software Community），幾乎的開源活動都是在OSC中進行，因此OSFG處於休眠狀態；最後則是資安焦點群（Security Focus Group, SFG）

[21]：SFG專注於開放RAN生態系統的安全方面，從所有其他WG收集安全要求和解決方案，根據需要進行協商以確保相關WG之間的統一要求和設計，從而確保標準化的安全架構，指定安全要求、架構和框架以支援其他ORAN定義的開放介面WGs。

3. 最小可行計劃委員會（MVP-C）

TSC的最後一部分為最小可行計劃委員會（MVP-C）如圖8。O-RAN規範以O-RAN基線架構為引導，從每個工作組由下而上的

推動。對比之下，最小可行計劃（MVP）提供根據操作員調查、優先使用案利、TIFG 藍圖和OSC的進度，跨工作組的優先級工作列表的由上至下協調整合。MVP-C在O-RAN TSC中實現了一個高效率、有效和可持續的完整流程。在內部，MVP使O-RAN聯盟能夠更有效地協調工作，及時啟用有價值的使用案例。在外部，MVP為生態系統提供了關於O-RAN技術藍圖和優先級的觀點，並且將允許 O-RAN生態系統參與者優先提供適用於商用網路最小可行端到端 O-RAN解決方案。

（三）O-RAN 架構

如圖9所示O-RAN聯盟的Open RAN架構由7個主要部分組成：服務管理和編排

（SMO）、Near-RT RIC、O-RAN Central Unit（O-CU）、O-RAN Distributed Unit（O-DU）、O-RAN Radio Unit（O-RU）、O-RAN eNB（O-eNB）和O-RAN Cloud（O-Cloud）。為了描述這些構建塊在O-RAN架構中如何相互連接，我們應該首先查看WG1提供的O-RAN參考架構。參考可以在圖9中看到架構旨在支援下一代RAN基礎設施。這種架構是構建開放、虛擬化和AI嵌入式RAN的基礎。製作這樣的RAN的想法早就被許多運營商所考慮。O-RAN的架構將是一個標準化的參考系統，外加一個免費的參考系統，供其他方製作的其他架構使用，例如3GPP和其他與RAN相關的組織。從圖9中可以看出我們之前提到的架構的幾個主要部分。我們將簡要詳細地討論它們中的每一個。

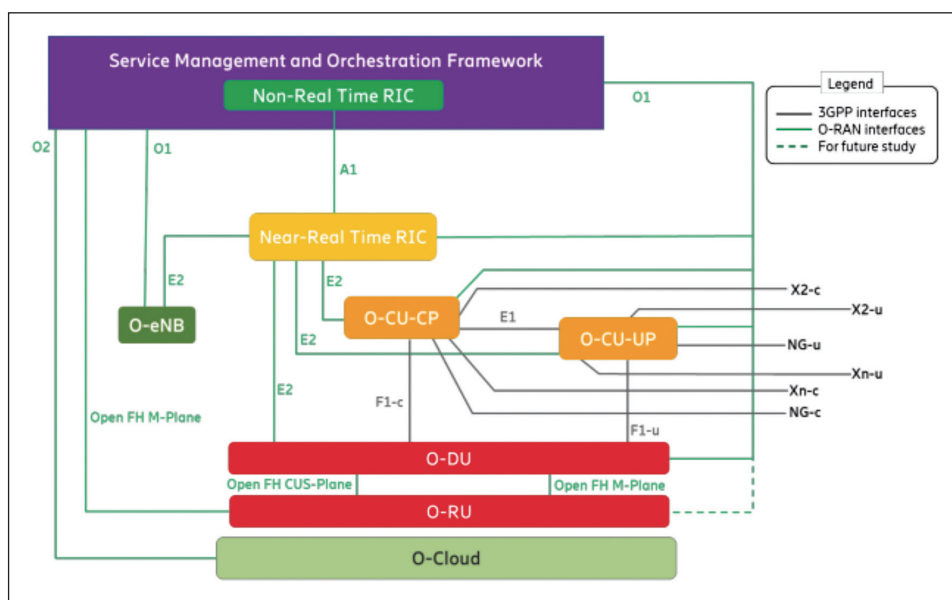


圖 9 O-RAN 系統架構圖 [8]



1. SMO

在O-RAN架構中SMO負責RAN的管理，可以有許多管理領域，例如RAN管理、核心管理、傳輸管理、端到端切片管理等。本架構文件中的SMO描述側重於支援RAN的SMO服務。SMO在FCAPS（Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security）、Non-RT RIC和O-Cloud管理、編排和 workflows 管理中提供RAN支援。SMO 框架有幾個元件和介面，例如Non-RT RIC、A1、O1和O2。之間的關係如圖10所示。在O-RAN中提供 RAN支援的SMO的關鍵能力是：

- RAN網路功能的 FCAPS介面
- 用於RAN優化的Non-RT RIC

■ Cloud管理、編排和 workflow 管理

SMO 通過與 O-RAN 元件的四個關鍵介面執行這些服務。

- SMO中的非RT RIC和用於RAN優化的Near-RT RIC之間的A1介面。
- SMO和O-RAN網路功能之間的O1介面，用於支援FCAPS。
- 在混合模型中，SMO和O-RU之間的開放式前傳M-plane介面用於FCAPS支援。
- SMO 和O-Cloud之間的O2介面，提供平台資源和工作負載管理。

(1) SMO 支援 FCAPS 到 O-RAN 網路功能

SMO透過O1介面為O-RAN網路提供

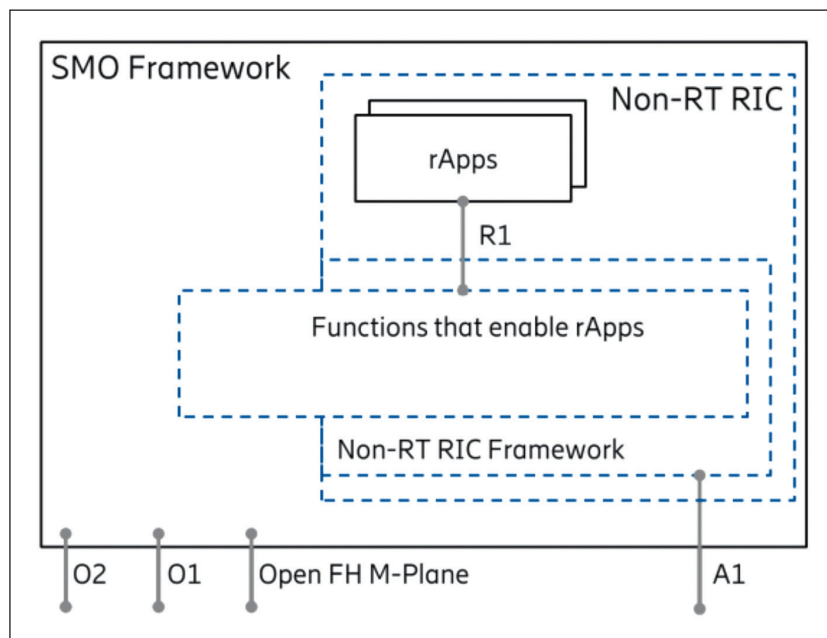


圖 10 SMO 與 Non-RT RIC 框架圖 [8]

FCAPS支援。O1介面定義在[22]中。O1介面與RAN元件管理的3GPP規範盡可能保持一致。如[23]中所述，SMO正在提供支援O-RAN網路功能的FCAP功能方面。O1規範中定義的以下FCAPS函數是跨O1介面的功能範例。完整定義列表請參見[22]。

- Performance Management (PM)：效能管理
- Configuration Management (CM)：設定配置管理
- Fault Management (FM)：故障管理
- File Management：檔案管理
- Communications Surveillance (Heartbeat)：通訊監控
- Trace Management：追蹤管理
- Physical Network Function (PNF) Discovery：實體網路功能探索
- PNF Software Management：實體網路功能軟體管理[24]中定義的以下FCAPS功能在此開放式前傳M-Plane介面支援的功能範例。
- “Start-up” installation：啟動機制安裝
- SW management：軟體管理
- Configuration management：設定配置管理
- Performance management：效能管理
- Fault Management：故障管理
- File Management：檔案管理

(2) Non-RT RIC

非即時RAN智能控制器 (Non-RT RIC)

是O-RAN架構中SMO的內部功能，可為即時RIC (Near-RT RIC) 提供A1介面。Non-RT RIC的主要作用為藉由向Near-RT RIC功能提供指導策略、ML (機器學習) 模型管理和信息來優化智能RAN，以便RAN可以在某些條件下優化，例如RRM[20]。它還可以在非即時間隔 (即大於1秒) 內執行智能無線電資源管理功能。Non-RT RIC可以使用數據分析和AI/ML訓練/推理來確定它可以利用SMO服務的RAN優化操作，例如O-RAN節點的數據收集和供應服務以及O1和O2介面。Non-RT RIC由兩個子功能組成：

- Non-RT RIC框架- SMO框架的內部功能，它在邏輯上終端A1介面並通過其R1介面向rApps公開所需的服務。
- Non-RT RIC應用程序 (rApps) -利用Non-RT RIC框架公開的功能來執行RAN優化和其他功能的模組化應用程序。通過R1介面向rApp公開的服務使rApp能夠通過A1、O1、O2和Open FH M-Plane相關服務獲取信息並觸發操作 (例如：策略、重新配置)。
- Non-RT RIC框架負責向rApp公開所有必需的功能，無論是來自Non-RT RIC框架還是SMO框架。更多信息請參閱[25]。

(3) O-Cloud 管理、編排和 workflow 管理

SMO提供管理O-Cloud的能力，並為平台和應用元件的編排和 workflow 管理提供支援。SMO利用O2與O-Cloud的介面來提供這



些功能。O2介面支援雲基礎設施的管理和分配給RAN的雲資源的使用。O2介面將由WG6在O2介面規範中完整指定[15]。

2. Near-RT RIC

Near-RT RIC是一種邏輯功能，它允許通過其介面[27]上的數據收集和操作，對RAN元件和資源進行近乎即時的控制和優化（10 ms~1s）。簡而言之，Near-RT RIC將接收並遵循來自Non-RT RIC的決策，根據給定的策略調整RAN參數。為此，Near RT RIC具有A1、O1和E2介面。數據收集和操作由Near-RT RIC通過連接到E2節點的E2介面完成。正如我們之前解釋的那樣，對E2節點的控制動作由Near-RT RIC通過A1介面從Non-RT RIC接收的策略和數據導引。此外，O1介面支援從SMO到Near-RT RIC的FCAPS。Near-

RT RIC的架構和與其他節點的關係如圖11所示。E2節點（node）是終端E2介面的邏輯節點的總稱[27]。具體而言，E2節點可以是O-CU、O-DU或O-eNB。從Near-RT RIC的角度來看，E2介面是一對多的連接[28]。在E2介面中僅完成CP協議。E2功能包括2個類別組：Near-RT RIC服務和Near-RT RIC支援功能。Near-RT RIC服務包含報告、插入、控制和策略[27]。

另一方面，Near-RT RIC支援功能包括E2管理和Near-RT RIC服務更新。在圖11中，我們可以看到Near-RT RIC有幾個組件。這些組件可以分為兩大類：RIC平台和xApps。RIC平台包括所有支援的終端和管理元件。資料庫存儲和提供來自或向xApp應用程序和來自E2節點的數據。xApps訂閱管理

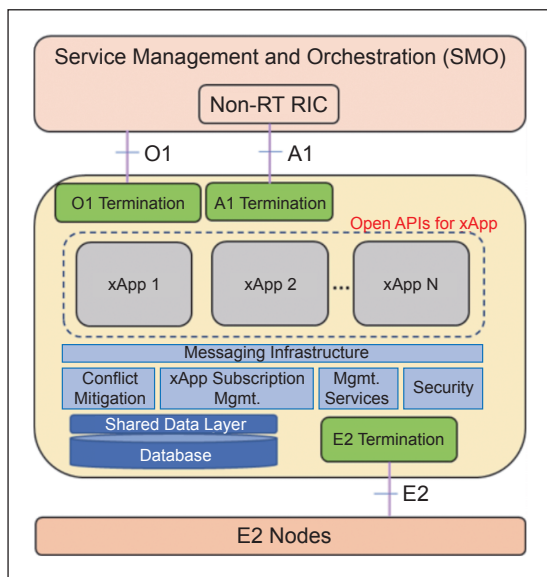


圖 11 Near-RT RIC 架構與介面關係圖 [26]

結合了所有訂閱和數據分發操作。來自不同 xApp 的衝突交互由衝突緩解功能解決。安全功能保護 Near-RT RIC 免受來自第三方 xApp 的危害。管理服務涵蓋 xApps 的 FCAPS 和生命週期管理。消息傳遞基礎設施為近即時 RIC 的不同組件提供通用消息分發系統。相反，xApps 組件是 Near-RT RIC 的主要組件。xApps 是一組應用程序，其中每個 xApp 為相應的 E2 節點提供特定的 RAN 功能。XApps 被認為是第三方應用程序，可以由多個微服務（micro service）實現[28]。xApps 元件用於增強 O-RAN 架構的 RRM 功能。xApps 還可以提供基本信息例如設定配置數據、度量和控制。

3. O-CU

O-CU 是承載基站[27]、[29]的 RRC、SDAP 和 PDCP 協議功能的邏輯節點。在 O-RAN 架構中，O-CU 又可以進一步分為 O-CU-CP（control plane）和 O-CU-UP（user plane）。O-CU-CP 由 PDCP 的 CP 部分和 RRC 組成。相反，O-CU-UP 涵蓋了 PDCP 和 SDAP 的 UP 部分。O-CU 有很多介面，包括 E1、E2、F1、NG、O1、X2、Xn 介面。F1、NG、X2 和 Xn 介面可以分別分為控制介面和用戶介面。O-CU 的架構及其介面如圖 12 所示。

E1、F1、NG、X2、Xn 都是 3GPP 定義的介面。O-RAN 聯盟重用 3GPP 定義的 E1 規

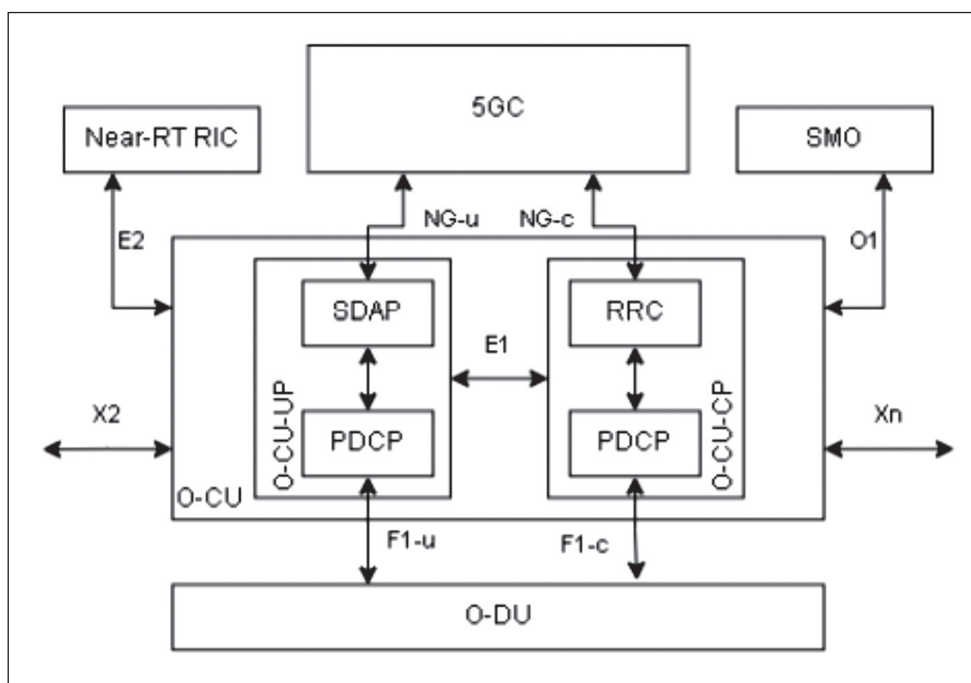


圖 12 O-CU 架構圖



範，採用E1介面橋接O-CU-CP和O-CU-UP。F1介面用於將O-CU連接到O-DU。相反，NG介面將O-CU鏈接到5G核網（core network）。X2介面將O-CU連接到EN-DC配置中的其他eNB或en-gNB。最後，Xn介面將O-CU鏈接到其他gNB或ng-eNB。X2和Xn介面均採用3GPP並添加了互操作性配置文件規範。

4. O-DU

RLC、MAC和高PHY層託管在O DU邏輯

節點[27]、[29]中。數據分段/整合、排程、多工/解多工和其他基帶處理都在O-DU中。一般來說，O-DU在水平方向上分為兩部分：O-DU High和O-DU Low。O-DU High處理第2層（L2）功能塊，即RLC和MAC層，而O-DU Low覆蓋第1層功能塊或High PHY。使用SCF指定的FAPI標準介面，使這兩個部分可以相互通訊。與O-DU相關的其他介面有E2介面、F1介面、O1介面和開放式前傳介面（O-FHI）。O-DU的架構和與其他元件的介面如圖13所示

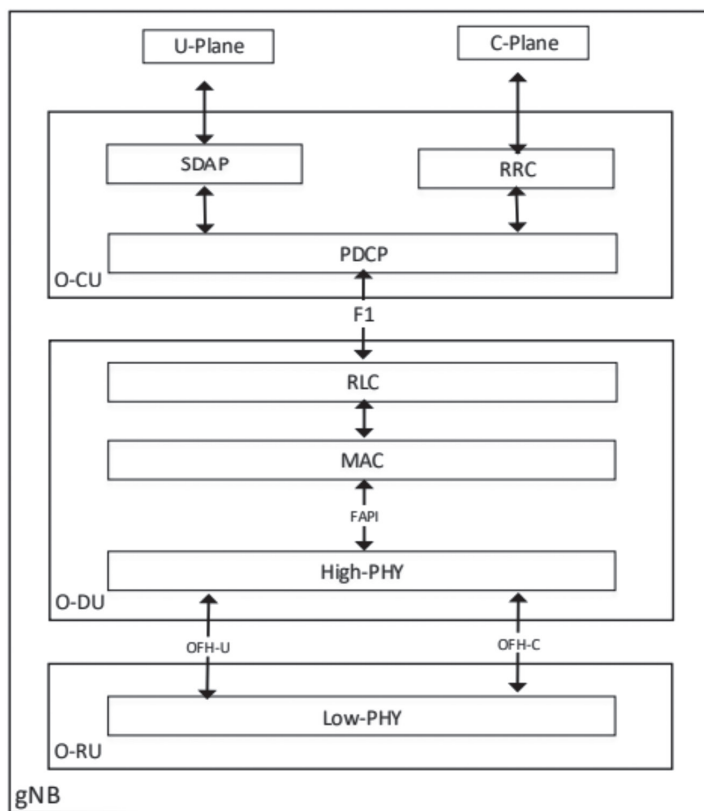


圖 13 O-CU, O-DU 和 O-RU (Control 和 User Plane) [29]

5. O-RU

O-RU主機Low-PHY層和RF處理功能[27]、[30]。O-RU的輻射結構層次如圖14所示。每個O-RU可以有1個或多個面板。每個面板將包含1個或多個TX天線陣列/RX天線陣列。TX天線陣列/RX天線陣列被定義為用於數據路由的邏輯結構，並且與O-RU結構中描述的物理天線相關。一個陣列元素將包括1個或多個輻射器，其規範寫入IEEE Std 145-1993。正如我們所提到的，O-FHI和O1介面分別將O-RU連接到O-DU和SMO。O-RU支援波束成形功能（beamforming）[30]。波束成形允許使用多個天線將無線信號專門定向到接收設備[31]。

由於RU主要是基於硬體的，O-RAN聯盟

目前專注於開發軟體標準來控制這個元件。供應商需要遵循O-RAN聯盟提供的規範來製作他們的RU，以便他們可以被視為O-RU。

6. O-eNB

O-eNB被定義為支援E2介面的eNB或ng-eNB[27]。簡而言之，O-eNB在一個集成節點中提供了O-DU和O-RU功能，同時仍然保持它們之間的O-FHI。O-eNB將具有E2、NG、O1、S1、X2和Xn介面

7. O-Cloud

O-Cloud是一個雲計算平台，將承載O-RAN功能[27]。O-Cloud可以由O-RAN架構的單個或集合的物理基礎設施節點組成，例如Near-RT RIC、O-CU或O-DU。為了正常

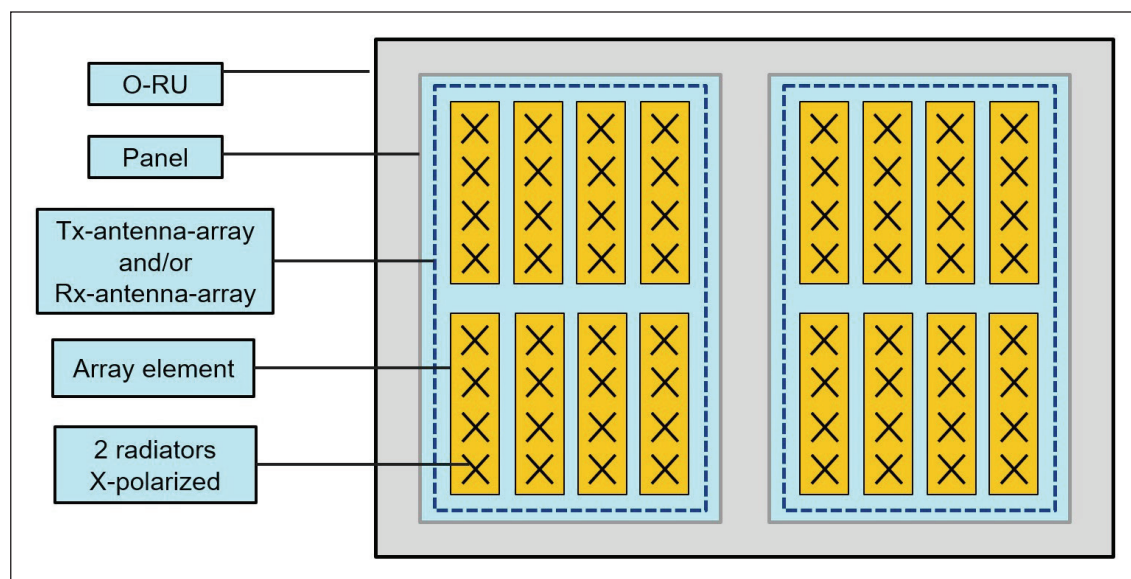


圖 14 O-RU 放射結構圖



工作，O-Cloud還應支援的軟體元件以及適當的管理和編排功能。在O-Cloud內部，計算資源，例如通用CPU和共享任務加速器，由抽象層[28]匯集和代理。如圖9所示，O2介面將O-Cloud鏈接到SMO。O-Cloud將與O2介面相關的服務分為2組：基礎設施管理服務和部署管理服務。基礎設施管理服務負責雲基礎設施的管理和部署。另一方面，部署管理服務負責虛擬化/容器化部署的生命週期。在OSC，O-Cloud的開發還處於起步階段，因此OSC還沒有O-Cloud的資料庫。

二、開源軟體社群（OSC）

（一）概觀

開源軟體社群（O-RAN Software Community，簡稱OSC）[32]與O-RAN聯盟及Linux基金會合作，旨為使所有人都能夠針對開放式無線接取網路解決方案做軟體開發。該社群根據O-RAN聯盟工作群（Work Groups）所定義的架構與規範做開發，產出一個開源軟體解決方案，以實現開放且帶有智慧功能的5G RAN。目前開源軟體社群由技術監督委員會（Technical Oversight Committee）領導，技術監督委員會由12家公司組成，主要負責開源軟體社群的技術監督。其中技術監督委員會也組成了小組委員會，稱為需求及軟體架構委員會（Requirements and Software Architecture Committee）[32]，又簡稱為RSAC。RSAC旨在擴展開源軟體社群，鼓勵開發者貢獻原

始碼，並專注於各版本功能、工作群活動、方針。

開源軟體社群現已發佈5種版本的開源程式碼[33]，由舊至新分別為Amber、Bronze、Cherry、Dawn、Emerald，也就是依字母順序來命名。第一版Amber於2019年11月發佈，接著以半年為一次週期，依序發佈接下來的版本，現今已發佈至Emerald版本，於2021年12月發佈。OSC原定有13個計劃要開發，然而有兩項計畫目前尚無貢獻者，因此目前共有11個計劃處於開發階段，分別為Near-Real-time RIC X-Apps（RICAPP）、Near-Real-time RAN Intelligent Controller Platform（RICPLT）、Non-Real-time RIC（NONRTRIC）、Operation and Maintenance（OAM）、O-DU High、O-DU Low、Simulators（SIM）、Infrastructure（INF）、Integration and Test（INT）、Documentation（DOC）、Service Management and Orchestration（SMO）。以上這些計畫皆有對應至O-RAN聯盟所定義的O-RAN架構，如圖15所示，接下來的章節會更加詳細地介紹各個計畫。

（二）開發項目

1. DU Low

O-DU Low計畫由Intel主導，專注於基頻物理層的處理，且O-DU Low目前僅支援Intel Xeon®系列的處理器，時脈頻率至少

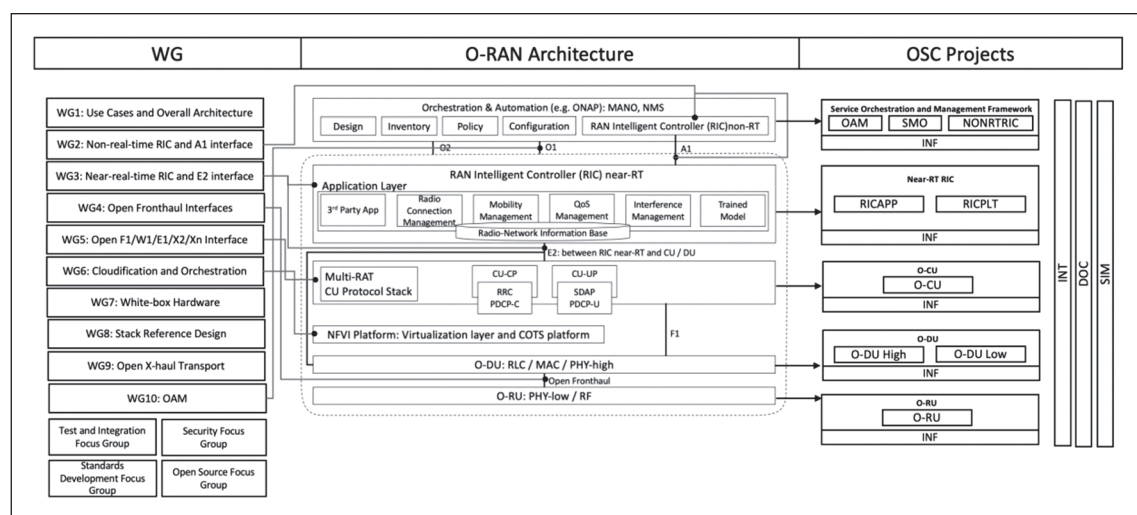


圖 15 O-RAN 架構與 OSC 計畫的對應關係

要大於2.0 GHz。該計畫的開發主要分成兩個部分，一部份為5G NR物理層功能實現的L1app，為二進制檔案（Binary File）；另一部分為L1對外部元件的介面，用來實現網路功能，共有三個：與O-RU連接的前傳介面（Front Haul Interface，簡稱FHI）、與O-DU High連接的功能應用平台介面（FAPI）、與加速器連接的介面。這些介面是根據O-RAN聯盟工作組所發佈的規範做開發，分別為WG4、WG8、WG6。

2. DU high

O-DU High計畫由Radisys主導，專注於L2功能的開發，主要實現WG8中所提到的協定疊（Protocol Stack），其中包括高階物理層（High-PHY Layer）媒體連接控制層（Medium Access Control Layer）、無線電鏈

路控制層（Radio Link Control Layer）。於O-DU High中存在四個對外部連接的介面，分別為與O-DU Low連接的功能應用平台介面（FAPI）、與O-CU連接的F1介面、與Near-RT RIC連接的E2介面、與SMO連接的O1介面。這些介面是根據WG3、WG5及WG8的規範進行開發。O-DU High於軟體開發上被分成八個執行緒做開發，如圖16所示。

3. Near-RT RIC

除了採用3GPP的規格外，O-RAN聯盟也針對O-RAN定義了新的智慧化元件，叫做RAN智能控制器（RAN Intelligent Controller，簡稱RIC）。RIC於O-RAN中主要扮演著軟體定義網路（Software-Defined Networking）控制器的角色，也因為有上述特性，RIC又被分為兩種類型，一種為即時

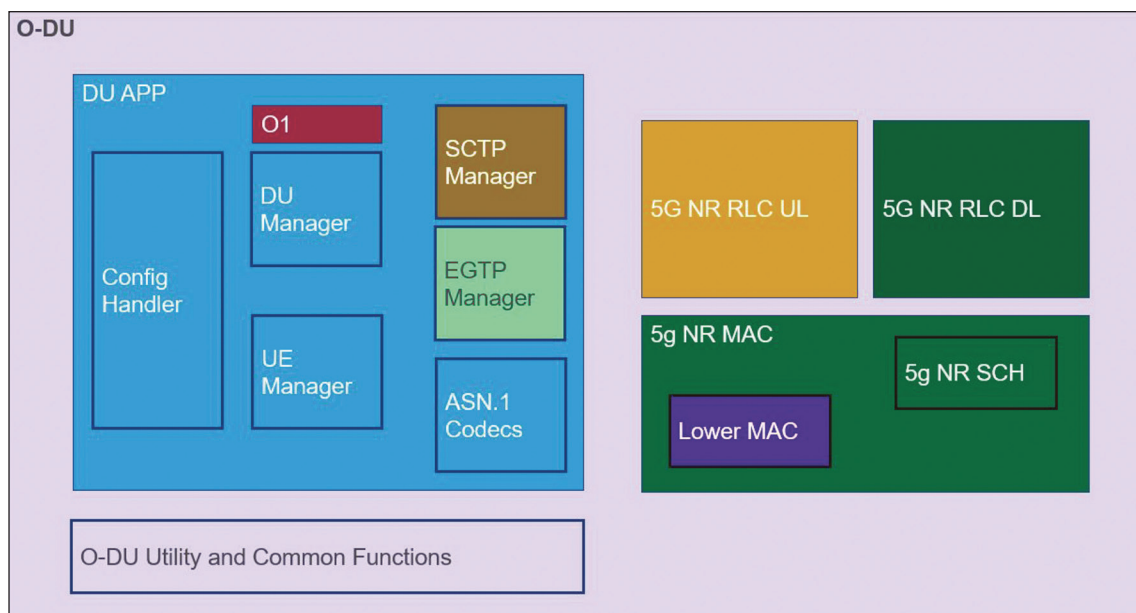


圖 16 O-DU High 軟體架構 [34]

RAN智能控制器（Near-RT RIC），另一種為非即時RAN智能控制器（Non-RT RIC）。Near-RT RIC為一種軟體平台，於該平台上執行叫做xApp的應用程式，xApp能夠控制RAN中的元件，像是O-DU與O-CU…等，也因此整個Near-RT RIC被分為兩大計畫，分別為開發Near-RT RIC平台的RICPLT及開發xApp的RICAPP。RICPLT計畫根據WG3的規範進行開發，主要針對Near-RT RIC平台的管理及介面開發，像是連接至SMO的O1介面、連接至Non-RT RIC的A1介面、連接至O-DU與O-CU的E2介面。RICAPP計畫主要負責整合、測試xApp與平台的應用程式。雖然RICPLT與RICAPP被拆分為兩個計畫，但整體的Near-RT RIC計畫還是會同步更新。

4. Non-RT RIC

非即時RAN智能控制器（Non-RT RIC）位於SMO內部，為SMO中的一個元件。Non-RT RIC計畫主要實現WG2中所定義的Non-RT RIC功能規範，其中包括服務與方針管理、RAN分析、針對要部屬至Near-RT RIC的模組訓練。該計畫的範圍包括連接至Near-RT RIC的A1介面實現、及支援rApps，也專注於ONAP使用案例的支援。

5. OAM

運營和維護（Operations and Maintenance, OAM）為SMO內部的其中一個元件，用於管理SMO與其他O-RAN元件之溝通。OAM計畫主要根據O-RAN聯盟WG10



所定義的規範進行開發。該計畫針對基於OpenDaylight的ONAP控制器「CCSDK/SDNC」進行擴展，其具有新的特性及功能，建立於通用控制器框架（Common Controller Framework），用於控制和管理O-RAN的元件及功能。

6. SMO

SMO計畫將各種不同的開源項目整合起來，創建出完整的功能性開源SMO，其支援O1介面、O1/VES介面、O2介面、A1介面及R1介面。該計畫的開發涉及到WG1、WG2、WG5和WG6所定義的規範。SMO、OAM、Non-RT RIC配合SIM計畫提供的模擬器，實現了RSAC於D版本中提出的閉迴路（Closed-Loop）使用案例。

7. INF（Infrastructure）

於WG6中定義了將O-RAN的網路功能（Network Function）部屬至雲端上的解決方案，將RAN部屬至雲端上也是O-RAN架構中的一項基本條件。而INF計畫旨在實現WG6中所定義的邊緣雲端基礎設施，能夠將O-RAN中的元件即時運行於雲端上。於E版本中該計畫已釋出O-Cloud與O2介面之軟體。

8. INT（Integration and Testing）

INT計畫負責將OSC中的所有開源軟體進行整合、對接、測試。除此之外，該計畫也正在針對測試流程定義與編排開發一套工

具，該工具稱為開放測試框架（Open Testing Framework, OTF），F Release將專注於開發此工具。測試與整合於OSC中被分為五個等級：

- (1) 單元測試（Unit Testing）：由開發人員透過執行測試案例來實現各單元測試。
- (2) 計畫階段整合測試（Project Level Integrated Testing）：以計畫為單位，將該計畫之開源軟體中的所有元件部屬至同一系統之中，進行內部測試。
- (3) 計畫成對測試（Project Pairwise Testing）：將O-RAN元件對接做測試，主要確保兩者之間是否能夠正常溝通。
- (4) 系統整合測試（System Integrated Testing）：將OSC所有開源軟體置於單一系統中一同進行整合測試，主要測試整體系統是否正常運作、計畫間的開源軟體是否兼容、整體系統的部屬流程是否正常、資源需求是否正常。
- (5) 使用案例測試（Use Case Testing）：進行完系統整合測試後，使用OTF進行使用案例測試。

9. SIM（Simulations）

OSC的某些軟體需要仰賴模擬器做測試，例如針對Non-RT RIC的A1介面功能進行功能測試時，需要仰賴A1模擬器來模擬A1介面的各種訊息，而SIM計畫就是負責開發O-RAN網路功能介面的測試軟體。該計畫為O-RAN中的各種介面開發模擬器，因此該計畫需要仰賴其他計畫提供需求來設計模擬器。



(三) 開源軟體實驗室

開源軟體實驗室（OSC Lab）對於O-RAN整體的發展扮演著重要的角色，針對上一節所提到的系統整合測試及使用案例測試需要一定的資源才有辦法進行測試，而開源軟體實驗室正是負責測試OSC各計畫中的開源軟體之整合及測試，確認各個開源軟體是否符合O-RAN聯盟中的規範。目前世界上共有三個開源軟體實驗室，分別為美國紐澤西（New Jersey）、美國矽谷（Silicon Valley）、臺灣臺北市，而各個實驗室所握有的測試及整合資源如圖17所示。以下章節將介紹各個開源軟體實驗室的測試進度及計畫。

1. OSC紐澤西實驗室

OSC紐澤西實驗室針對OSC之開源軟體進行端對端（End-to-End, E2E）的整合及測試，也是OSC各計畫的展示平台，並於2021年初可供使用於測試及整合。紐澤西實驗室對近期OSC中的各項計畫進行成對測試（Pairwise Testing）、端對端整合、閉迴路（Closed-Loop）使用案例測試。圖18為紐澤西實驗室計畫於F版本使用的網路架構圖，主要進行端對端之整合及測試。由圖18中可觀察到紐澤西實驗室將O-DU High與O-DU Low安裝於同一台伺服器上，O-RU則是使用Viavi的模擬器來代替，O-CU則是使用Radisys所提供的商用O-CU。核網（Core

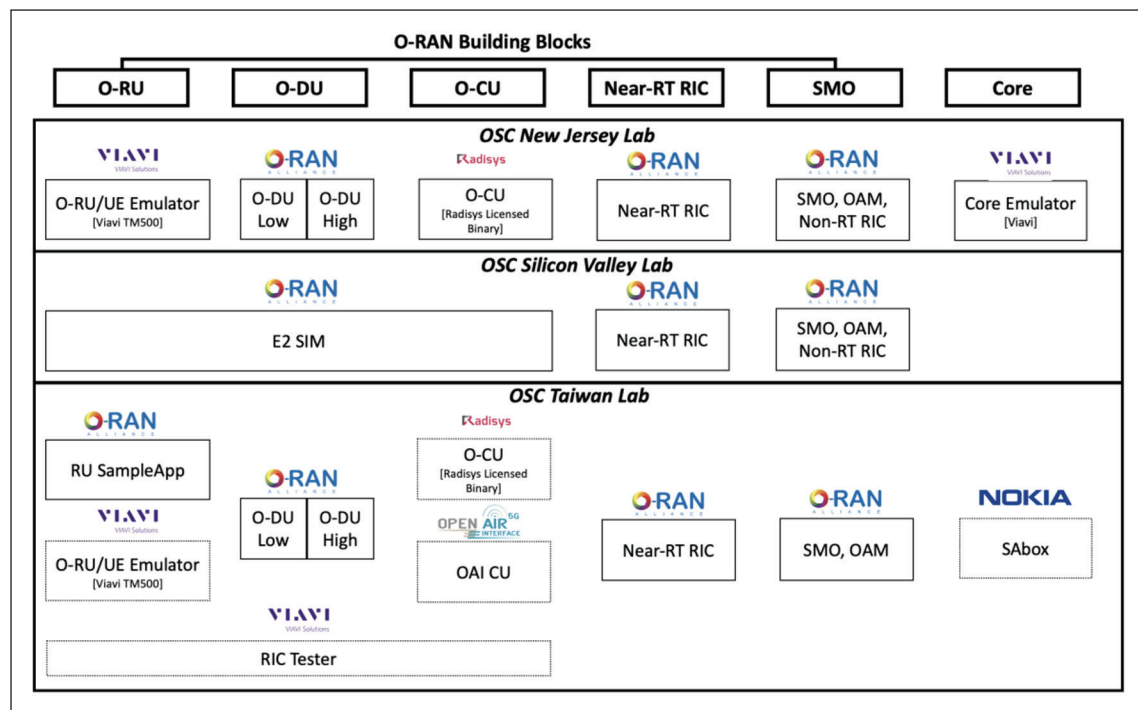


圖 17 各個開源軟體實驗室之資源

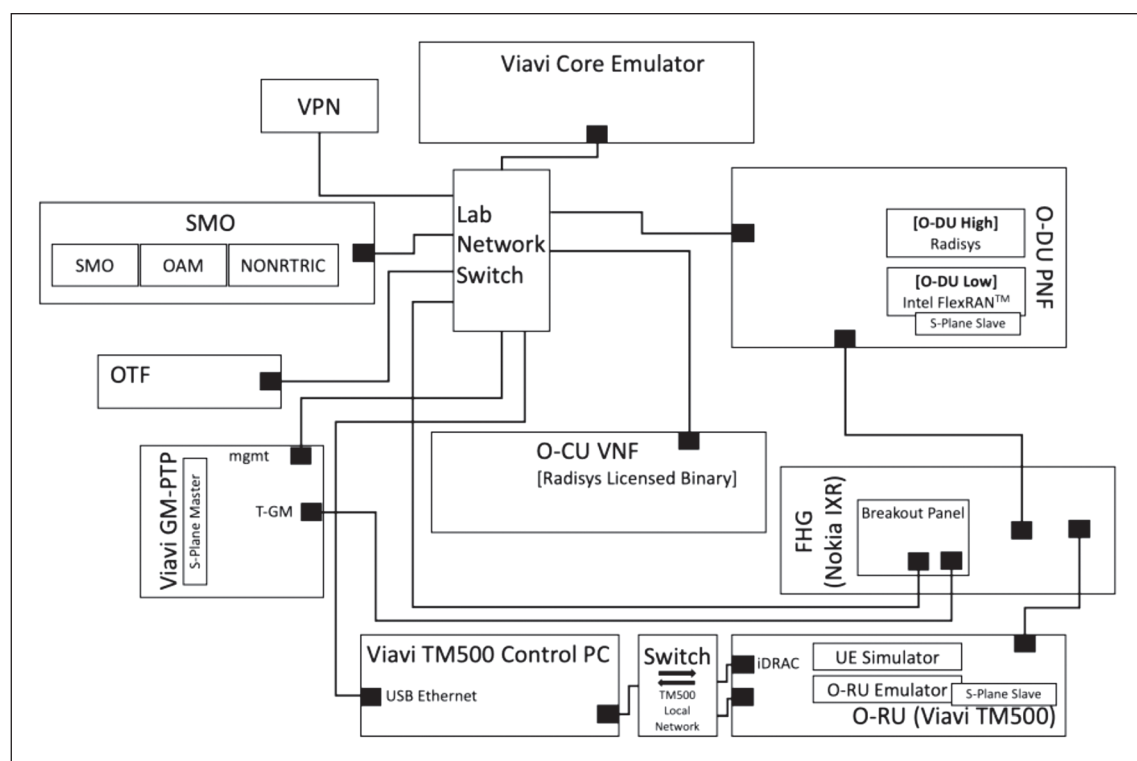


圖 18 OSC 紐澤西實驗室網路架構

Network) 也是使用Viavi所提供的核網模擬器，以進行端對端測試。SMO的部份則是由OSC提供一台伺服器，該伺服器包括SMO、OAM、Non-RT RIC的開源軟體。

2. OSC矽谷整合及測試 (INT) 實驗室

OSC矽谷INT實驗室由中國移動創立並進行維護，雖該尚在工作階段，但透過效仿紐澤西實驗室的軟體及網路環境已順利成立。目前正在對OSC RIC平台與xApps進行功能及效能測試，其中為達到針對特定使用案例的端對端測試的標準，也已經部署多種的OSC

模擬器。圖19為現今矽谷實驗室的網路架構圖。短期內該實驗室會專注在SMO、Non-RT RIC、Near-RT RIC及INT計畫的安裝及驗證，並進行手動及自動的閉迴路使用案例及整合測試。之後隨著F版本將迎來O-Cloud的重大更新，該實驗室也會支援O-Cloud的測試，並與其他O-RAN元件進行測試，例如RIC。

3. OSC台灣實驗室

OSC台灣實驗室目前坐落於臺北，由臺灣科技大學 (NTUST)、陽明交通大學

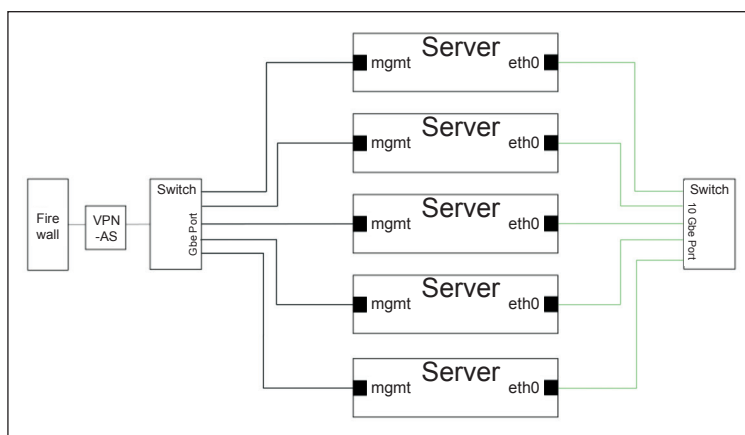


圖 19 OSC 矽谷 INT 實驗室網路架構

(NYCU) 協力建設，並獲得中華電信 (CHT) 與科技部 (MOST) 的協助。台灣實驗室致力於 OSC 軟體的開發及整合，開發重點分為五個部份，每個部份分別由不同的研究實驗室處理：物理層加速 (NYCU)、L2/L3 堆疊 (NTUST)、Non-RT RIC (NTUST)、SMO (NYCU) 及資安 (NTUST)。該實驗室仍在建設當中，目前以效仿紐澤西實驗室的环境為主，但已經對 O-DU 進行好幾種測試及整合，其中包括 TDD 測試、使用模擬器進行端對端測試 (RU SampleApp-O-DU-CU Stub)。圖 20 為台灣實驗室的網路架構，其中包括 O-DU 伺服器直接連接至另一台伺服器上的 RU SampleApp、O-DU High 透過 E2 介面連接至 Near-RT RIC。針對 Near-RT RIC 的部分，該實驗室使用 Viavi RIC 測試器成功對 RIC 平台及 xApp 進行測試。目前該實驗室也有正在進行的整合測試項目，其中包括 SMO 與 O-DU 之整合、

O-CU 安裝並整合至核網 SA box、PTP-GM 作為時間同步來源，對 O-DU 與 O-RU (RU SampleApp) 進行同步。

三、結論

我們對 Open RAN 進行了詳細介紹，首先總結了 RAN 從傳統到 Open RAN 的演進歷史，有助於了各時期 RAN 的技術差異。接著，我們介紹了 Open RAN 發展以及相關技術。O-RAN 聯盟期許改進單一供應商環境，提高靈活性、降低成本效率。已經為 Open RAN 完成了許多標準化工作。然而，在開發、佈署、整合 Open RAN 方面存在許多挑戰。另外也介紹了 O-RAN 開源軟體社群，OSC 社群目前在 O-RAN 架構中開發了幾個軟體：O-DU、RIC、OAM 和 SMO。雖然智能、編排和管理系統的處於快速開發階段，伴隨 O-CU 和 O-RU 項目停止，gNB 的開

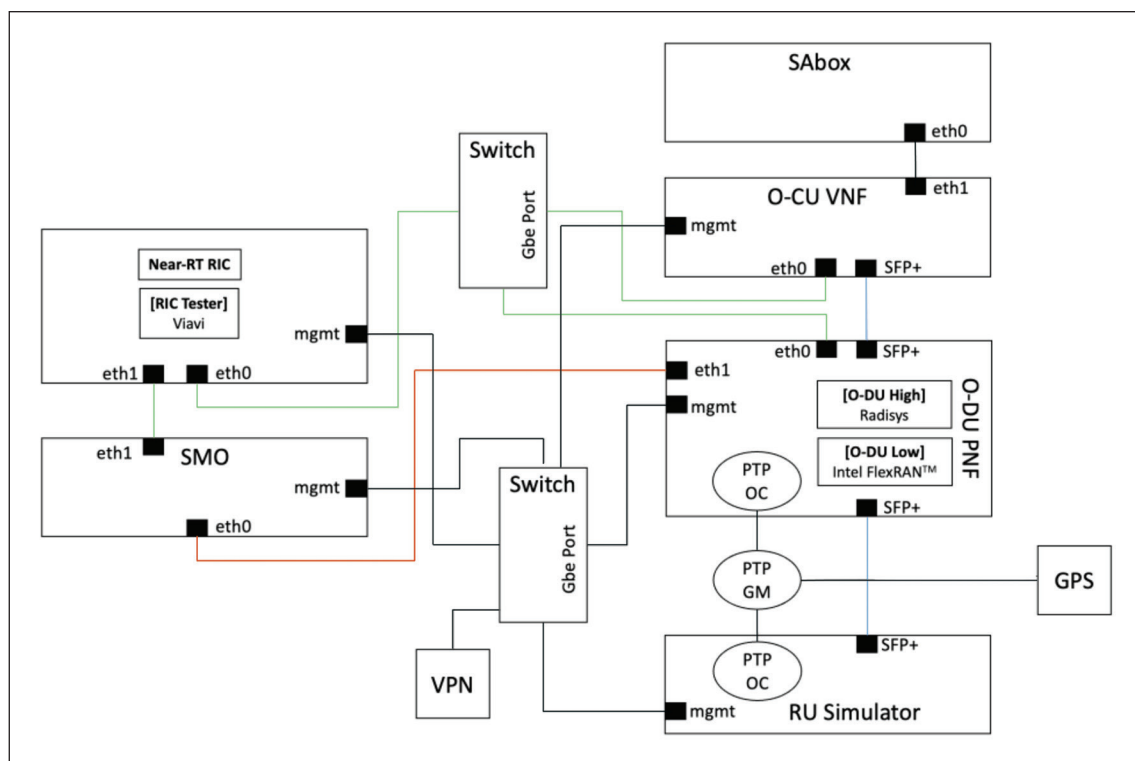


圖 20 OSC 台灣實驗室網路架構

發仍然匱乏，這是能透過開發O-RAN軟體時使用模擬器和仿真器來解決的。OSC提供了三個實驗室來共享資源（伺服器、仿真器硬體），用於支持OSC軟體的發展。三個實驗室有不同的資源和發展方向。OSC紐澤西實驗室是迄今為止引領OSC版本測試和整合最成熟的實驗室。但實驗室本身仍在改善中，以達到成熟測試、整合和展示平台，而其他兩個仍在效仿開發中。OSC矽谷實驗室專注於O-RAN（OAM、SMO、Non-RT RIC）的智能控制方面。OSC台灣實驗室專注於O-DU和資訊安全，同時也開發其他元件的資源（例

如 Viavi RIC Tester 和 OAI 軟體的可用性）。

參考文獻

1. Leonardo Bonati, Michele Polese, Salvatore D'Oro, Stefano Basagni, Tommaso Melodia, "Open, Programmable, and Virtualized 5G Networks: State-of-the-Art and the Road Ahead," <https://arxiv.org/abs/2005.10027>
2. 3GPP TR 21.915: "Release 15 Description; Summary of Rel-15 Work Items".
3. 5gworldpro. O-RAN : 3GPP Vs O-RAN Alliance. 5gworldpro.com. <https://www.5gworldpro.com/blog/2021/08/08/o-ran-3gpp-vs-o-ran-alliance/> (accessed Dec. 23, 2021) .
4. O. Andersson. Functional Splits: The Foundation of an Open 5G RAN. 5gtechnologyworld.com. <https://www.5gtechnologyworld.com/functional-splits-the-foundationof-an-open-5g-ran/> (accessed Oct. 12, 2021) .



5. A. Umesh, T. Yajima, T. Uchino, and S. Okuyama. Overview of O-RAN Fronthaul Specifications". NTT DoCoMo Technical Journal, Vol. 21, No. 1, pp. 46 - 59. July 2019. [Online]. Available: https://www.docomo.ne.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol21_1/vol21_1_007en.pdf
6. Zahid Ghadialy, Senior Director, Technology & Innovation Strategy. "O-RAN Technical Steering Committee (TSC) & Workgroups". July 28, 2021. [Online]. Available: <https://www.parallelwireless.com/blog/o-ran-technical-steering-committee-tsc-workgroups/>
7. O-RAN Alliance. About O-RAN Alliance. o-ran.org. <https://www.o-ran.org/about> (accessed Oct. 19, 2021).
8. O-RAN.WG1.O-RAN-Architecture-Description-v06.00: "O-RAN Architecture-Description 6.0".
9. O-RAN.WG2.Non-RT-RIC-ARCH-TS-v01.00: "O-RAN Non-RT RIC Architecture 1.0".
10. O-RAN.WG3.E2GAP-v02.01: "O-RAN Near-Real-time RAN Intelligent Controller Architecture & E2 General Aspects and Principles 2.01"
11. O-RAN.WG4.CUS.0-v08.00: "O-RAN Fronthaul Control, User and Synchronization Plane Specification 8.0".
12. O-RAN.WG5.C.1-v06.00: "O-RAN NR C-plane profile 6.0".
13. O-RAN.WG5.U.0-v05.00: "O-RAN NR U-plane profile 5.0".
14. O-RAN.WG5.O-CU-O1.0-v02.00: "O-RAN O1 Interface specification for O-CU-UP and O-CU-CP 2.0".
15. O-RAN.WG6.ORCH-USE-CASES-v03.00: "O-RAN Orchestration Use Cases and Requirements for O-RAN Virtualized RAN 3.0".
16. O-RAN.WG7.IPC-HRD-Opt7-2.0-v03.00: "O-RAN Hardware Reference Design Specification for Indoor Picocell (FR1) with Split Architecture Option 7-2 3.0".
17. O-RAN.WG8.AAD-v05.00: "O-RAN Base Station O-DU and O-CU Software Architecture and APIs 5.0".
18. O-RAN.WG9.XTRP-MGT.0-v03.0: "O-RAN Management Interface for Transport Network Elements 3.0".
19. O-RAN-WG10.O1-Interface-v06.00: "O-RAN Operations and Maintenance Interface Specification v06.00".
20. O-RAN.TIFG.E2ETSTFWK.0-v01.00: "O-RAN End-to-End System Testing Framework Specification 1.0".
21. O-RAN.SFG.Security-Protocols-Specifications-v03.00: "O-RAN Security Protocols Specifications 3.0".
22. O-RAN-WG10.O1-Interface-v06.00: "O-RAN Operations and Maintenance Interface Specification v06.00".
23. 3GPP TS 32.101: "Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication 34 management; Principles and high level requirements (Release 15)".
24. O-RAN-WG4.MP.0-v08.00: "O-RAN Alliance Working Group 4; Management Plane Specification v08.00".
25. O-RAN.WG2.Non-RT-RIC-ARCH-TS-v01.00: "O-RAN Working Group 2; Non-RT RIC Architecture Technical Specification v01.00".
26. O-RAN.WG3.E2GAP-v02.01: "O-RAN Near-Real-time RAN Intelligent Controller Architecture & E2 General Aspects and Principles v02.01".
27. O-RAN.WG1.O-RAN-Architecture-Description-v06.00: "O-RAN Architecture-Description 6.0".
28. A. Garcia-Saavedra and X. Costa-Perez. "O-RAN: Distrusting The Virtualized RAN Ecosystem". Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Communications Standards Magazine, pp. 1 - 8, October 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9579445>
29. O-RAN.WG8.AAD.0-v04.00: "O-RAN Working Group 8, Base Station O-DU and O-CU Software Architecture and APIs".
30. O-RAN.WG4.CUS.0-v07.00: "O-RAN Fronthaul Working Group, Control, User and Synchronization Plane Specification".
31. J. Fruhlinger. Beamforming explained: How it makes wireless communication faster. www.networkworld.com. <https://www.networkworld.com/article/3445039/beamforming-explained%20how-it-makes-wireless-communication-faster.html> (accessed Dec. 23, 2021)
32. O-RAN Software Community. [Online] Available: <https://wiki.o-ran-sc.org/display/ORAN>
33. O-RAN Software Community Source Code. [Online] Available: <https://gerrit.o-ran-sc.org/r/q/status:open+is:wip>
34. The O-RAN Software Community (SC) Documentation. [Online] Available: <https://docs.o-ran-sc.org/en/latest/>



探究 5G 資訊安全

國立中山大學資訊工程學系博士研究生 / 施宇澤

國立中山大學工學院院長 / 范俊逸

關鍵字：資訊安全、第五代行動通訊網路、5G 安全、通訊協定、認證機制

前言

隨著時代物換星移，人類的各項科技及通訊技術日新月異，人們身邊攜帶的行動裝置及使用的通訊技術和協定也不斷地改頭換面和創新改革。從西元1938年最早由美國貝爾實驗室第一部行動電話[1]（俗稱黑金剛）開始至目前的智慧型手機、功能面從僅有的接聽電話到現今能運行高畫質遊戲、處理辦公文件以及撰寫程式碼，甚至複雜的金融交易都可以完成的智慧型手機，即可一窺近年來行動裝置發展之迅速。此外，除了硬體的體積縮小以及運算效能突飛猛進外，在軟體端用於支持這些裝置之通訊、網路、視訊等技術亦蓬勃發展。遠從1979年第一代行動通訊技術問世以來[2]，直到2019年4月3日由韓國率先提供第五代行動通訊網路（5th Generation Mobile Networks, 5G）[3]的商用服務（以下將簡稱為5G通訊技術）由此可

見，行動通訊技術因為世界各國之間的科技競爭而加速改革的腳步。

於2019年全世界各地如，瑞士、英國、義大利、西班牙、德國、中國等也陸續提供5G的服務。2020年，香港及日本也緊跟著這股潮流加入5G的行列。與此同時，臺灣各家電信龍頭也搭上這波最新通訊技術的列車，六月底的中華電信、七月初的台灣大哥大及遠傳電信、以及八月的臺灣之星，最後則是十月的亞太電信。儘管部份電信業者為了顧及市場需求及市占率，將進行合併的考量。然而，這些電信業者對臺灣在5G服務的提供上創下相當重要的關鍵里程碑！

5G 的相關技術和簡介

至此，全世界正式進入第五代行動通訊網路的時代。雖然目前5G的覆蓋率及大眾普



遍的使用率尚無法達成原先規劃中對5G的規模，然而隨著5G基地台的廣佈和各項軟硬體技術的逐漸成熟後，將能真正且確切地體會到5G所帶來的便利和服務！在正式介紹5G之前，我們必須要先來探討一下4G和5G的差異。許多人可能會有疑問，為什麼比起3G升級到4G單就只是網路速度的提升，4G升級到5G卻可以替人們生活帶來全面性的提升和改變，究竟僅僅差這一代為何能夠有如此巨大的革新與變化？

面對傳統的4G，5G中有兩大最為關鍵的網路架構來促成這樣巨大的改變，而這兩項技術分別是軟體定義網路（Software Defined

Networking，SDN）以及網路功能虛擬化（Network Function Virtualization，NFV），相信對於有接觸5G新型態網路架構的讀者都有耳聞這兩個名詞，但是對於這兩者之間的分別以及對5G產生的影響可能不甚清楚。因此，以下將會針對5G中這兩大關鍵的網路架構進行介紹，將鉅細靡遺地把軟體定義網路以及網路功能虛擬化這兩者的架構、功能以及之間的差異進行詳細的說明和描述。

首先將從軟體定義網路（Software Defined Networking，SDN）開始介紹，如圖1所示，SDN為一個新型態的網路架構[4]，是利用Openflow將控制平面和資料平

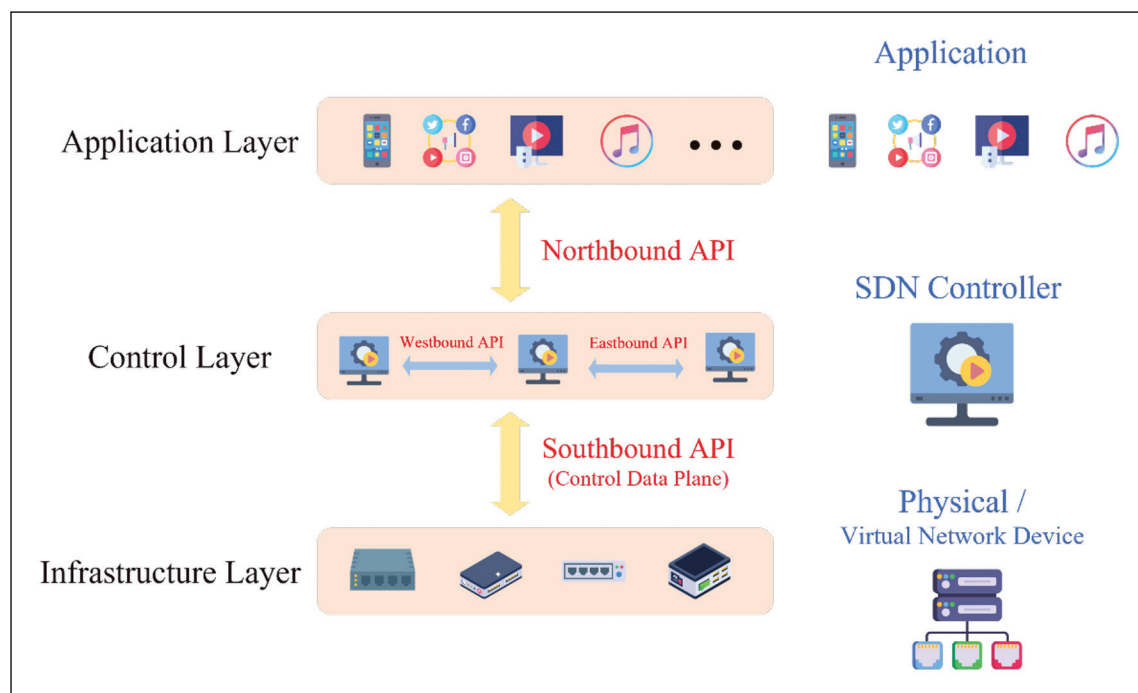


圖 1 SDN 架構圖



面分離。而對比於傳統的網路架構將各種不同的功能和服務集中在交換器也就是俗稱的Switch，SDN將原先包含各種不同服務與應用的應用服務層（Application Layer）、管理底層SDN Switch網路流量且有SDN控制器（SDN Controller）的控制層以及最下層由基礎SDN Switch所組成的基礎設施層（Infrastructure Layer），拆分成三個不同的層，從應用服務層到控制層使用北向接口（Northbound Interface）作為溝通的介面，而控制層到基礎設施層則是由南向接口（Southbound Interface）當作介接的橋樑，南向接口目前主要使用的是REST API。以較容易理解的例子說明如下 [5]，今天一名顧客在咖啡廳向服務生點餐，其中顧客代表使用者而服務生代表的是SDN網路架構，點餐的行為就像是使用者希望使用何種服務。進行點餐之後，代表服務生接收到使用者請求的服務類型，而此時服務生的大腦就像是控制層一樣，會將這個Request（請求）往下發送，並讓身體和四肢來完成，此時該名服務生的身體及四肢就像是基礎設施層接受到大腦的控制來完成顧客的這項服務。而下指令這樣的行為在SDN網路架構中就像是設定封包的轉發路徑，如同大腦的SDN控制器會指示某一個封包的路由規則，也就是該封包將轉發到何處的交換器以達成最終之目的地，並提供使用者應用服務的需求。如此一來，也可以實現對網路設備的集中式控制並大幅增加對網路資源的控管進而提升其效率。

第二部分要介紹的是軟體功能虛擬化 [6]，其實顧名思義，主要的概念為將原本實體設備的網路功能藉由軟體或程式的方式來實現，並達成虛擬化也就是軟體化的網路架構。這樣的改變和突破也顛覆了舊有許多網路功能必須由硬體設備來提供的既有觀念。經過虛擬化或稱作軟體化的網路功能和原本的硬體設備相比能更有擴展性也更能動態彈性地配置各項網路功能，也能夠提升網路部署的效率。當然虛擬化之後更可以減少硬體設備的開銷，進而減少因硬體設備提升或更新而產生的費用。以防火牆為例，不僅可以省下購置硬體設備的開銷，若是隨時需要更新，則直接將新的軟體安裝到設備中即可完成部署。

除了前面介紹的兩大網路架構軟體定義網路以及網路功能虛擬化外，要達成5G中所提及的各項場景及特性還需要一項最為關鍵的技術—網路切片（Network Slicing） [7-8]。而為了實現網路切片這樣的技術，前述所介紹的網路功能虛擬化則是其先決條件。如圖2所示，簡單來說，網路切片的核心概念就是將一個電信業者所提供的物理網路「切」分成多「片」虛擬的網路，而其中每一個虛擬網路根據其不同的服務需求以不同切片的虛擬網路來客製化提供。根據網路速度、時間延遲、安全性、可靠性等各種環境中特殊的需求來滿足每一項服務所具備的要求。而也因為前述提及到「切分虛擬網路」，因此，前面所介紹的能夠將網路中各

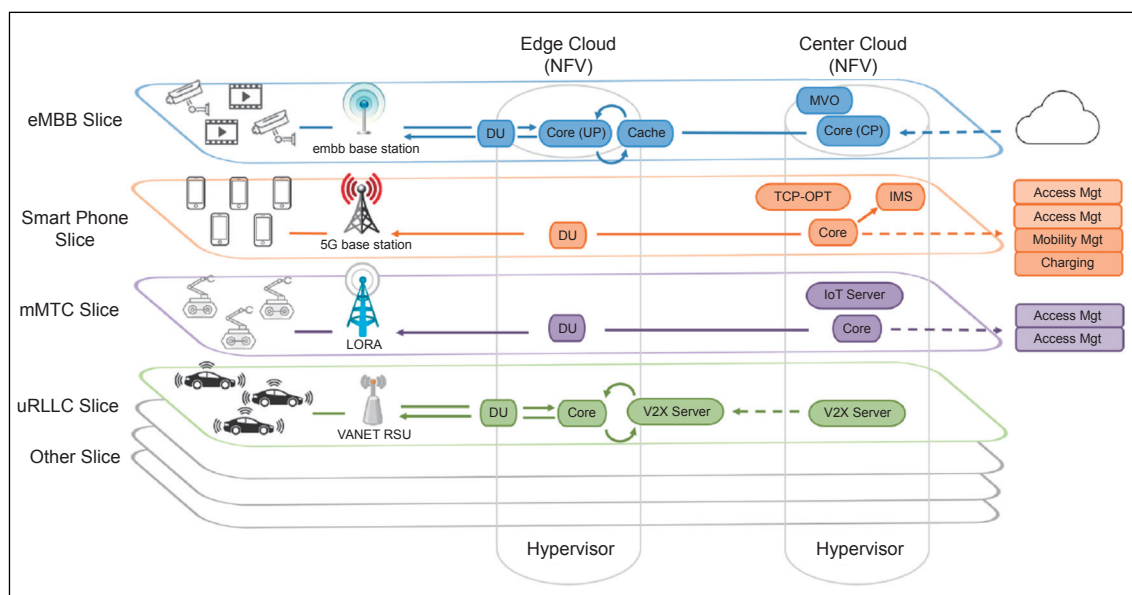


圖 2 網路切片架構

種專用設備的硬體功能，轉移到虛擬主機上之網路功能虛擬化則是實現網路切片技術不可或缺的關鍵網路架構。

介紹完第五代行動通訊網路的前置技術後，將進入5G最重要且關鍵之三大特性或稱三大場景的介紹。5G藉由SDN和NFV為基礎的網路架構並搭配Network Slicing的技術來達成其最為核心的三大特性，分別是增強型行動寬頻（Enhanced Mobile Broadband，eMBB），高可靠度和低時延通訊（Ultra-Reliable and Low-Latency Communication，uRLLC）以及大規模機器類型通訊（Massive Machine Type Communication，mMTC）。如圖3所示，5G能提供的所有服務都是以在這三大特性的不同面向和需求程度來提供。

首先提到增強型行動寬頻，相信這也是當前所有使用5G行動網路的人最有感觸的一項提升。根據國際行動網路調查權威「Opensignal」[9]於2021年2月發表的數據顯示，臺灣的5G下載網速平均為272.2 Mbps。儘管離當初最為理想的每秒10 Gbits有段落差，然而卻是目前對比4G最能感受到的差異，而其中的應用想當然就是需要超高傳輸速率的服務，如4K／8K的超高畫質影片、全像投影技術、增強現實以及虛擬實境等需求都涵蓋在其中。

第二個特性則是高可靠度和低時延通訊，顧名思義就是這類型的服務需要極高的穩定性和極低延遲的傳輸能力，最具代表性的就是自駕車的技術，當然也包括車聯網、

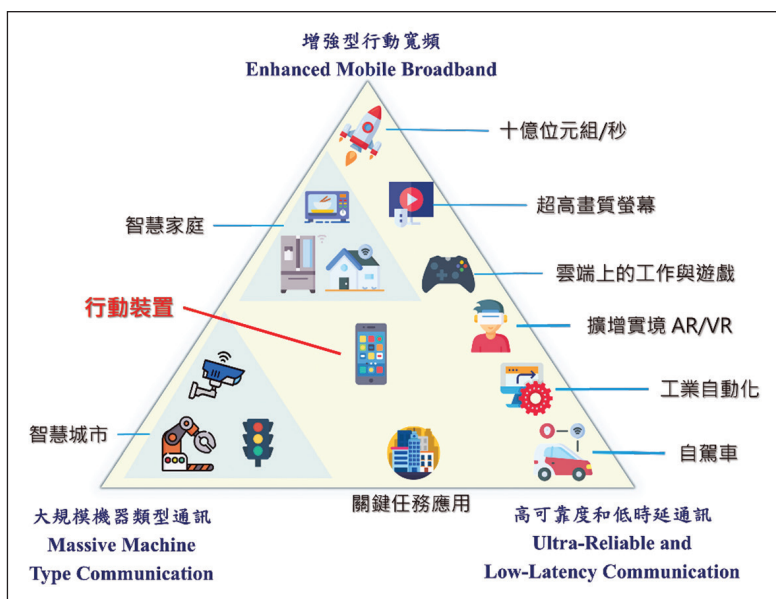


圖 3 5G 三大特性

自動工廠以及遠距醫療等服務。面對瞬息萬變的交通狀況，高可靠和極低延的通訊則變得非常關鍵，在這樣的環境下使用自動駕駛，通訊傳輸必須要具備極低的延遲來應付各種突如其來的特殊情況，進而避免意外或車禍的發生。而醫療環境也是理所當然，若是醫生以遠距方式進行開刀，任何些微不穩定的傳輸或是延遲導致開刀過程中稍有差錯或延誤，都有可能導致病患終身的遺憾甚至喪失性命。

最後第三項特性則是大規模機器類型通訊，此特性顧名思義就是，未來所有裝置都具備連上網路之能力，而這些裝置都將更加便利人們的日常生活並提供更直接適切的服務。從最平常不過的，在家中設置用於監看

環境的無線網路監控設備、影音休閒用途的智慧音箱、安全防盜且便利的智慧門鎖到環境調控的智慧冷氣或智慧型除濕機等，到結合上述所建構出的智慧家庭。離開家門後，將進入另一個由智慧交通及車聯網構築而成的智慧城市，以自動駕駛技術且連上車聯網環境的自駕車，僅僅下一個目的地的指令即可讓車輛自動將人載抵特定地點，也能夠在車上藉由資訊的傳遞知悉交通狀況和各地的道路資訊，此場景將是智慧城市結合智慧交通及車聯網所打造的環境。此外，當突然有醫療需求時，可以透過遠距診斷或遠距醫療的方式讓醫生利用全像投影技術來看診，必要或緊急時也能夠在特定場景執行遠距手術，這也是5G中結合各項特性可以達成之智慧醫療目標。最後，將這類技術應用到工廠



或關鍵基礎設施建設等環境時，更可以利用遠端下達指令，讓機器自動生產或製造任何產品，進而減少人力的需求，這也是5G中能夠達成的智慧製造和智慧工廠等應用。

正因為結合多項新型態網路架構以及新興技術，理想的5G能夠完全將人類生活智慧化，從家庭、交通、城市、醫療、工廠以及商務行為都能藉由5G的通訊技術和各式各樣的物聯網裝置來達成，進而建構出一個完整的智慧國家，並讓人們的生活更加便利。然而，隨著技術的日新月異以及人類對網路及各項科技的日漸依賴，無數的資料及各項活動也逐漸線上化及數位化。因此，5G的資訊安全也變得至關重要，任何傳輸協定間的漏洞或是機敏資料的洩漏都可能造成相當嚴重的危害，以下的章節將介紹本團隊在5G環境中針對認證所設計的安全機制及成果。

因應第五代行動通訊技術時代的全面來臨，全世界各國使用5G的用戶也逐年增加。然而，在過去屢見不鮮的案例往往是已經發生資安事件或造成嚴重損害時，人們才開始重視這些資安議題且思考相關的對策以預防下一次相同事件的危害。許多學術研究在技術尚未完全成熟或現階段正在蓬勃發展時，就開始鑽研並提早設計且部署相關的安全機制。本團隊在5G尚未問世前就已經針對通訊及認證的傳輸機制進行研究，並為其設計保護使用者隱私或減少時間延遲之安全機制，下一章節將以淺白的概念來介紹本團隊為5G

環境所設計之認證機制。

5G 安全機制成果介紹

在先前的段落中已經介紹了建構5G網路架構的核心，分別是軟體定義網路以及網路功能虛擬化，並搭配網路切片技術來提供5G環境中各式各樣且多元豐富的服務。然而，也因為前面所提及的概念，5G環境下不同類型的服務將會由不同的網路切片來提供。前述所提及的不同網路切片可以簡單理解為每一個網路切片的服務都由一個切片基地台來提供，當用戶想使用該服務的時候將會需要和對應的網路切片基地台進行認證的程序，而認證流程中會需要部分用戶的資訊，主要為該用戶SIM卡裡原先4G的國際行動用戶識別碼（International Mobile Subscriber Identity, IMSI）。在5G環境中為了解決原先存在於4G中IMSI有機會遭到竊取而造成隱私暴露之疑慮，第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）於5G中引入用戶永久識別碼（Subscriber Permanent Identifier, SUPI）並加密後變成用戶隱藏識別碼（Subscriber Concealed Identifier, SUCI）。而在原先3GPP所發布的標準中，如圖4所示，當用戶要使用不同網路切片的時候將回到核心網路，也就是回到電信業者的伺服器端重新進行認證。然而，在5G的環境中用戶將可能在短時間內有許多使用不同服務的需求，若每一次都回到伺服器端重新認證，將

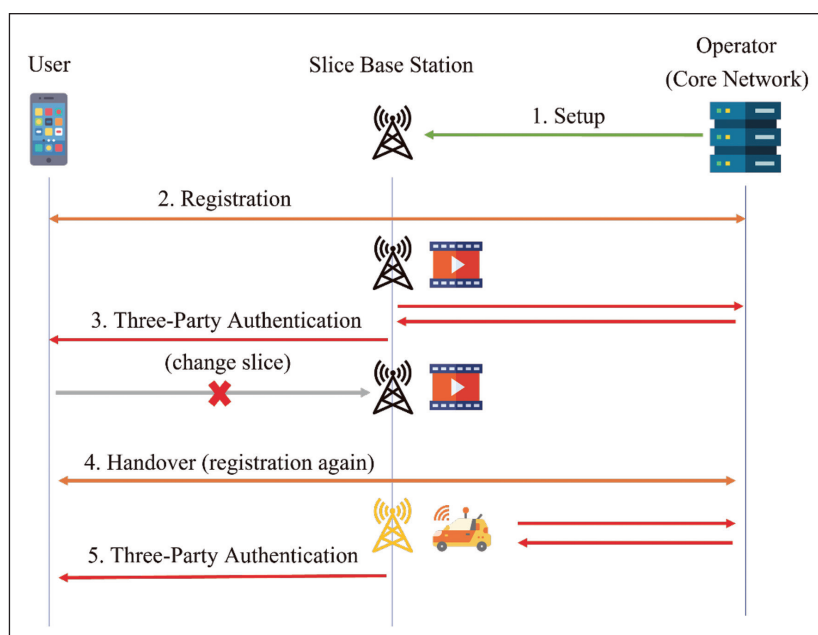


圖 4 3GPP 標準中換網路切片之架構

會產生大量時間上的延遲，且對用戶以及伺服器端也需要進行較多的運算及驗證流程。因此本團隊設計出一個用於網路切片間之切換不須回到伺服器端也可以進行認證的機制“Cross-Network-Slice Authentication Scheme for the 5th Generation Mobile Communication System”¹。其機制架構如圖5，該安全機制可以大幅地減少認證時使用者端以及網路切片端時間的延遲。當然，在此機制的運作下也能夠保護用戶資訊的隱私並抵擋許多常見的攻擊手法，如重送攻擊。

¹ Chun-I Fan, Yu-Tse Shih, Jheng-Jia Huang*, and Wan-Ru Chiu, ‘Cross-Network-Slice Authentication Scheme for the 5th Generation Mobile Communication System,’ *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 18, no. 1, pp. 701-712, March 2021.

以簡單的日常行為舉例說明，小明在一個假日裡在家中正欣賞著超高畫質8K的網路電影，突然有朋友打了視訊電話告知有緊急的事情需要到場協助，小明立即掛掉電話、關掉電視，並下達一個目的地的指令給自駕車讓車輛載送小明到朋友所說的地點，這其中光是手機通訊網路、高畫質電視網路以及連接車聯網的自駕車就需要多次的網路切片的交換，使用本團隊所設計之機制可以省下大量的時間延遲以及減少運算需求，將對未來5G服務漸臻完善且關鍵基礎設施更加多元豐富後提供重要且關鍵的技術！

本團隊所介紹的第一項研究成果是考量到跨不同切片間認證之設計，而也因為5G

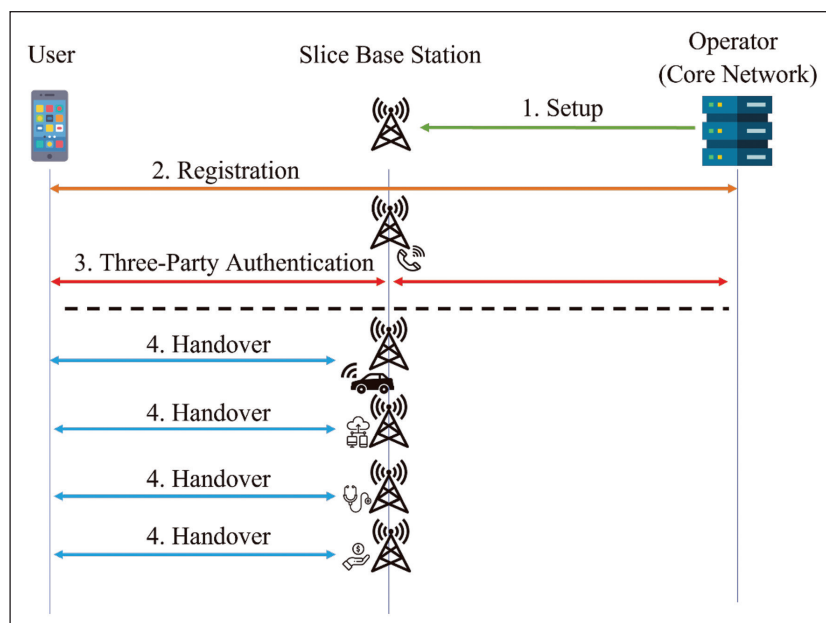


圖 5 跨切片機制之架構圖

的成熟和日漸普及，本團隊成員也持續在該認證領域中找尋符合現行環境和需求的功能進行設計及考量，也確實發現另一項全世界中許多國家都存在的情形，也就是在現行的5G環境中大多數國家都是多家電信業者共同來提供服務的現況。第一篇論文僅考量在相同電信業者間跨網路切片的問題，由於不同電信業者將各自架設其提供不同服務的基地台，且5G因毫米波 [10]的關係導致傳輸距離短且穿透力極低，不僅辦公室的隔間牆可能阻隔其訊號，即使只是窗戶或樹葉都會讓傳輸速度嚴重地降低。因此，各家電信業者都積極地廣佈5G基地台，希望可以增加覆蓋率。這也造成了可能產生原先提供服務的電信業者無5G的訊號而其他電信業者卻

可以提供5G服務的情況。以下兩篇發表的論文分別使用不同的方法來達成多電信業者跨網路切片的安全認證機制，首先為“A Fast Authentication Scheme for Cross-Network-Slicing Based on Multiple Operators in 5G Environments”²，此項研究成果使用到代理重簽章（Proxy Re-Signature）以及無憑證簽章（Certificateless Signature）的概念，此成果不僅可以滿足3GPP所定義的標準，也可以通過將計算委託給邊緣雲（Edge Cloud）

² Jheng-Jia Huang, Chun-I Fan*, Yu-Chen Hsu, and Arijit Karati, ‘A Fast Authentication Scheme for Cross-Network-Slicing Based on Multiple Operators in 5G Environments,’ *The Eighth International Symposium on Security in Computing and Communications (SSCC’20)*, India, Oct. 14-17, 2020.



來實現低時間延遲之特性。即使用戶需要在不同的電信業者中切換使用網路切片的服務，依然可以滿足低時間延遲的認證流程需求。接著下一篇論文為“An Efficient Secure Handover Scheme Supporting Cross-Network Slicing for Multi-Operator Environments”³，在該機制中使用了電信業者的簽章並加入了兩階段驗證的概念。在第一階段先驗證用戶持有的電信業者簽章，以過濾掉沒有經過認證或是使用重送攻擊等手段之非法使用者，並且在經過第一階段後先行提供服務給用戶。接著，在第二階段中，此機制會再到網路後端進行二次檢查，以排除簽章遺失或是用戶的服務權限臨時註銷等例外情形。因此，即使用戶需要在不同的電信業者中切換使用網路切片服務，依然可以滿足低時間延遲的認證流程需求。由於本文僅介紹較為概念性的資安知識，若對於機制細節或認證流程有興趣或想了解更為詳細的架構設計，可參考本團隊所發表之論文。希望藉由對本團隊所提出之安全機制進行簡單的介紹，可以讓讀者對於5G環境下資安認證機制能有初步的認識，同時也期許能因應未來5G的發展根據不同的需求持續設計並改善相關的機制及運作流程。

³ Chun-I Fan, Kai-Yuan Zheng, Yu-Tse Shih, Er-Shuo Zhuang, and Jheng-Jia Huang*, ‘An Efficient Secure Handover Scheme Supporting Cross-Network Slicing for Multi-Operator Environments,’ *The 13th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, Japan, Nov. 17-19, 2021.

結論與未來展望

本篇文章內容從第五代行動通訊網路介紹著手，談及架構5G環境所需要之兩大核心技術—軟體定義網路以及網路功能虛擬化，進一步說明如何以網路切片的技術提供5G三大特性—增強型行動寬頻、高可靠度和低時延通訊以及大規模機器類型通訊。接著，說明如何利用以此三大特性構築出5G中各種理想的智慧場景來便利人們的日常生活。然而，隨著新形態網路通訊技術的發明和問世，將產生對應的資安問題及隱私保護之需求。其後也簡短介紹了本團隊於5G環境中提出於多電信業者及跨網路切片之高效且安全的認證機制。

在不遠的將來，5G基地台覆蓋率的提升、通訊及傳輸技術的成熟發展並結合各場景關鍵基礎設施的建置後，世界將迎來全面的大5G時代，儘管目前各國已陸續在探討6G，然而5G終將在6G來臨前遍佈全世界人們日常周遭的一切。從每個人每天早上起床的那一刻起，無數智慧場景將挾帶著高科技裝置席捲而來，目所能及甚至是目不能及之物聯網裝置、傳輸通道乃至通訊協定都可能成為駭客攻擊的目標，人們越依賴5G所提供的服務也同等於將數位資產及自身安全的掌控託付於此，其資安問題也顯得至關重要。希望本團隊之成果可對資安領域挹注新能量，且能夠在未來讓大家在享受5G環境所帶來便利的同時也可保障隱私、生命以及財



產的安全，為臺灣及全世界的資安領域帶來貢獻！

參考文獻

1. “手機演變史,” [線上]. Available: <http://yiter1.vexp.idv.tw/~u108029037/f1.html>.
2. “維基百科,” [線上]. Available: <https://zh.wikipedia.org/wiki/1G>.
3. “維基百科,” [線上]. Available: <https://zh.wikipedia.org/wiki/5G>.
4. “軟體定義網路介紹 (SDN),” [線上]. Available: <https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10197629>.
5. “軟體定義網路 (SDN) 的定義、架構與實現方案,” [線上]. Available: <https://www.uuu.com.tw/Public/content/article/18/20180625.htm>.
6. “NFV (Network Functions Virtualization) 網路功能虛擬化,” [線上]. Available: <https://www.gigabyte.com/tw/Glossary/nfv-network-functions-virtualization>.
7. “一篇文章看懂，5G 網路切片是什麼?,” [線上]. Available: https://3smarket-info.blogspot.com/2019/05/5g_6.html.
8. “到底什麼叫 5G 網路切片?,” [線上]. Available: <https://zi.media/@twpetsearcharlinksnet/post/amyAw7>.
9. “5G 體驗報告,” [線上]. Available: <https://www.opensignal.com/zh-hant/reports/2021/12/taiwan/mobile-network-experience-5G>.
10. “關於 5G 的錯誤認知,” [線上]. Available: <https://www.cio.com.tw/error-perception-about-5g/>.
11. “Speedtest 數據揭全球 5G 網速較去年下滑與這些原因有關,” [線上]. Available: <https://udn.com/news/story/7088/5991469>.



自由視角影視服務系統研發與應用

國立陽明交通大學電信所 / 賴宇葳

國立陽明交通大學電信所 / 李睿彬

國立陽明交通大學電信所 / 黃紹華

中華電信研究院數位創新研究所 / 白 莊

中華電信研究院數位創新研究所 / 高曉雯

中華電信研究院數位創新研究所 / 朱國華

關鍵字：5G、串流影音、自由視角

摘要

隨著5G的普及，其高頻寬、低延遲及大連結的特性讓全新的應用如雨後春筍般出現，而以往因頻寬限制而發展受限的應用也得以開枝散葉，自由視角影視（Free Viewpoint Video, FVV）服務即是得力於此的串流影音服務。

以韓國為例，自由視角影視服務主要應用於體育賽事轉播，傳統的轉播僅有少數幾台攝影機拍攝不同的區域，由導播決定當下要播出哪一個視角，而自由視角則是架設多台攝影機，由用戶自行決定想觀賞的視角，甚至若圍繞同一中心（如：棒球打擊者）

架設的攝影機足夠密集，利用暫停後快速切換各個視角觀看，就能達到時間凍結（time freezing）的效果。此服務需要充分利用5G高頻寬、低延遲的特性，除此之外也有許多技術困難點需要克服與釐清。

本篇文章乃介紹自由視角影視服務所需要的各項技術，並分析其可行性與困難點，希望未來很快能夠在國內各種體育賽事上真實呈現。

自由視角影視服務所使用或需克服的技術，包含：高速相機/介面傳輸、相機間時間精準同步、相機間色彩校正、相機間角度/位置校正、高速影像壓縮與可任意切換視角之



串流協定等。本篇文章將針對小型的自由視角系統架構作介紹，內容包括：多台相機間PTP（Precision Time Protocol）同步技術、SIFT演算法調整相機間空間角度技術、影像壓縮/視訊封裝、以及串流/視角切換等技術。

一、簡介

（一）自由視角影視簡介

自由視角影視（Free Viewpoint Video, FVV）是一種能讓用戶以互動的方式控制視角的系統，透過視角控制，用戶能自行選擇從3D空間中的任何角度觀看影像，甚至若圍繞同一中心架設的攝影機足夠密集，利用暫停後快速切換各個視角，就能達到時間凍結（time freezing）的效果。若此應用漸趨成熟，未來每個人在觀看影片時，都能成為自己的導播，大大改變了傳統影視的服務型態。

（二）自由視角影視技術瓶頸

自由視角影視是一項新穎的應用，技術尚不普及也未有標準可遵循，因此各家廠商與研究團隊分別利用各自擅長的技術，打造出不同的架構，提供不同的效果。例如韓國的4DReplay[1]就是其中的佼佼者，其產品特色為可支持較高品質的自由視角播放效果，因此主要是提供精采片段的自由視角回放而非即時的直播互動；Intel True View[2]也是提供此類服務，此種做法主要是密集架設相

機拍攝場景，再利用拍攝出的影像，合成出滑動畫面時，相機與相機間的畫面。此方式雖然能生成高品質的多視角影片且完美呈現出時間凍結的效果，但犧牲了即時性，使用者不能自行控制自己想觀看的角度，減低了沉浸式體驗的交互性與樂趣。而FVV Live-GTI-UPM [3]則是使用了另一種方式，他們將少量相機所拍攝的影像，先透過影像合成處理技術製造出虛擬視角，並利用RTP傳送串流，因此延遲時間極少，不須預傳其他視角的影像就能達到real-time 的效果，因此能有很高的互動性，但觀看虛擬視角時，可以發現在物體邊緣以及色彩上會有許多瑕疵，在觀賞品質的部分大打折扣。

（三）小結

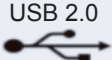
由以上介紹可以大致了解，自由視角影視服務的目標以及目前的技術瓶頸，從這些資訊可以了解到，若我們要發展自己的自由視角影視技術，首先要確定所要應用的場域，以及較重視的是品質或是互動性。除此之外也要考慮到建構系統的成本、難易度以及服務的可擴展性等議題。

二、研究方法

（一）GenICam SDK[4]

由於現今的相機功能越來越複雜，除了擷取影像以外還要即時傳輸、串流控

表 1 常見傳輸介面比較表

Interface	Cable length in m	Bandwith max. in MB/s	Multi-camera	Cable costs	"Real-time"	"Plug & Play"
	5m	40				
	4.5m	64				
	100m	100				
	8m	350				
	10m	850				

制、高精確同步等功能，因此歐洲機器視覺協會（EMVA, European Machine Vision Association）提出了一套相機通用接口標準（Generic Interface for Camera, GenICam），也就是GenICam SDK，讓所有不同之硬體設備能夠透過GenICam SDK達成隨插即用之目標，使所有程式設計師有個共通標準介面去面對不同廠牌型號的相機設備。

本研究藉由GenICam SDK研發設計相機參數管理、多相機同步攝影、多相機影像擷取等模組。

（二）GigE Vision 相機

現有高速網路介面中，包括USB 3 Vision、GigE Vision、IEEE 1394b、Camera

Link、CoaXPress 2.0和3G-SDI等，均稱得上高速網路介面，常見傳輸介面比較可見表1，表上的顏色代表支援程度，綠色為支援度最高，紅色則不支援。其中，GigE頻寬高達 100 MB/s，cable長度最長可到100公尺，且在多相機功能方面提供最廣泛的技術靈活性，另外，若結合Power over Ethernet（PoE）能使用單一cable進行影像傳輸與供電，使得多攝影機建置變得非常簡單，因此可將多台GigE Vision相機拍攝多視角影像，透過高速Switch（>10 Gbps），同時傳輸至Server進行處理。

（三）精確時間協定（Precision Time Protocol, PTP）[5][6]

精確時間協定（以下簡稱PTP）用於同



步網路上各個終端設備的內部時鐘，其準確度最高可達sub-microsecond等級。PTP原始版本為2002年發布的IEEE 1588-2002標準中，正式名稱為「Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems」，2008年發布修訂版IEEE 1588-2008，也稱為PTP version 2（簡稱PTPv2），第二版相較於原始版本提高了準確度、精度以及穩健性。

在PTP時間同步的系統中，各設備的時鐘可分為三類：普通時鐘（ordinary clock）、邊界時鐘（boundary clock）以及透明時鐘（transparent clock），普通時鐘是網路中的終端設備，只有一個port參與PTP時間同步，可作主時鐘（master clock）提供時鐘源，或是作從時鐘（slave clock）從其他的時鐘源獲取時鐘資訊，不能作中間節點把時鐘向其他節點傳遞。邊界時鐘可以存在兩個以上的port參與PTP時間同步。其中一個port從上游設備同步時間，其餘的port向下游設備發佈時間。透明時鐘作中間傳輸節點，收到PTP封包之後其內部會計算封包在本節點的駐留時間，以此來修正時間標籤再向下傳遞。不同的設備會使用不同的PTP message types，普通時鐘和邊界時鐘使用Sync、Follow_Up、Delay_Req和Delay_Resp傳遞時間訊息，透明時鐘使用Pdelay_Req、Pdelay_Resp和Pdelay_Resp_Follow_Up來測量通訊設備上的延遲，以讓系統對其進行補償。

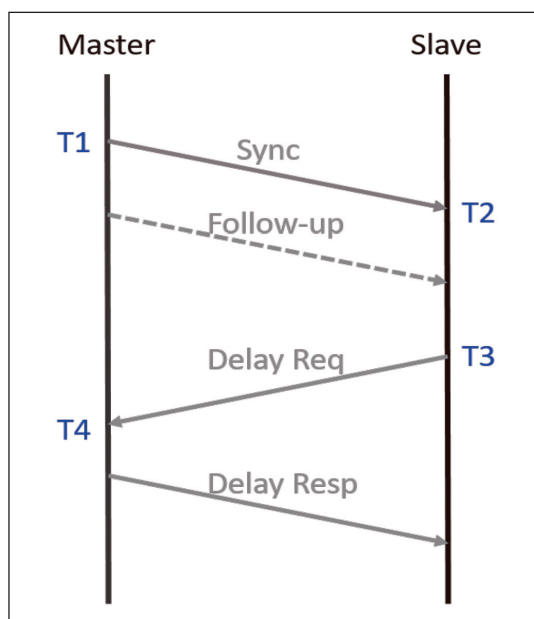


圖 1 PTP 同步作法示意圖

PTP進行同步的方式如圖1，T1為Master發送Sync封包給Slave的時間，T2為Slave收到Sync封包的時間（只由Slave紀錄），T3為Slave發送Delay Req封包的時間（只由Slave紀錄），T4為Master收到Delay Req封包的時間（由Delay_Resp）。假設傳輸對稱，slave取得這四個時間後，利用式1可算出自己與master的delay，並利用此結果將自己的時鐘向master校正。詳細作法可分為Step-1與Step-2，Step-1做法是將發送Sync封包的時間戳記timestamp T1記錄下來，而Step-2則會利用發送第二個封包（Follow-up）攜帶送出Sync封包的timestamp T1給slave。

本研究利用PTP協定，同步了所有相機

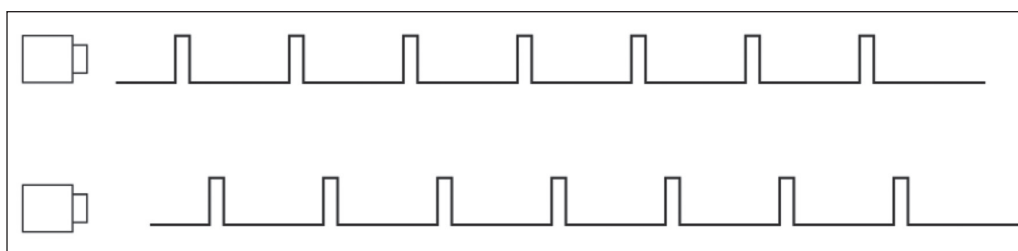


圖 2 未經 PTP 同步之相機 free run 示意圖

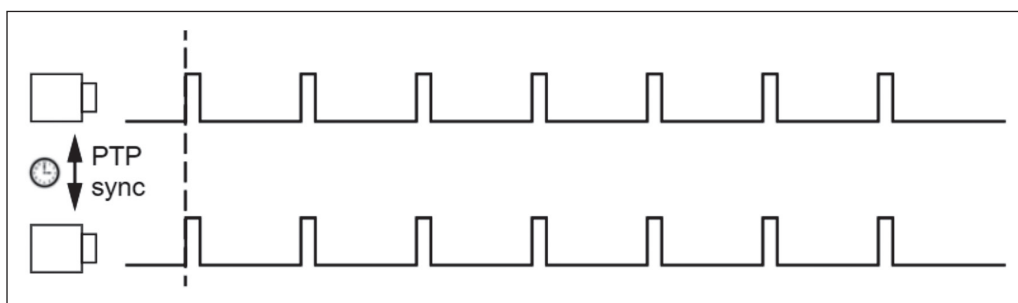


圖 3 經 PTP 同步之相機 free run 示意圖

內部時鐘，讓每台相機能精準同步拍攝，圖2與圖3為PTP同步前與同步後之相機free run狀態示意圖。

$$\text{Delay} = \frac{(T2-T1)+(T3-T4)}{2} \quad (\text{式 1})$$

(四) 尺度不變特徵轉換 (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT) [7]

尺度不變特徵轉換（以下簡稱SIFT）演算法，是一種用來偵測與描述影像中的局部性特徵的電腦視覺演算法，其取出的特徵值對於：位置（location）、尺度（scale）、旋轉（rotation）、…具有不變（invariant）的特性，對於：雜訊、光線變化以及視角些微

改變的影像也具有相當穩健（Robust）的特性。該技術之應用範圍很廣，特別是針對兩張照片中共同相似點的偵測配對（如下圖4與5所示）。其他應用領域還包括：物件檢測、影像縫合、建立3D模型、影像追蹤和動作比對等。且由於現今電腦硬體速度較以往大幅提升，SIFT的運算速度經過一定優化可接近real-time，因此像機器人視覺感知這類對時間要求較嚴格的應用也能使用此演算法。

此演算法的範例結果如圖4，此範例圖為同一拍攝主體不同角度的兩張圖片，正好符合自由視角應用的需求，由此範例可看出此演算法在此情景之下可以很好的找到對應點，故本文章後續關於相機校正的部分，會

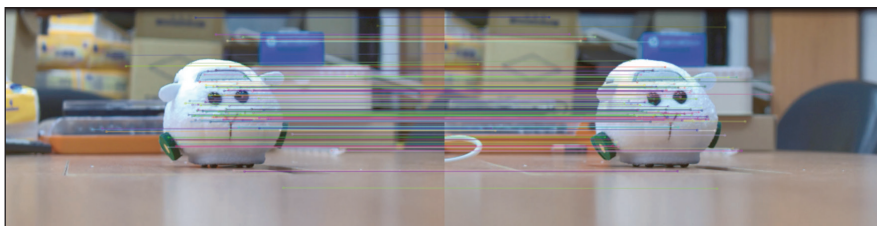


圖 4 SIFT 計算對應點範例

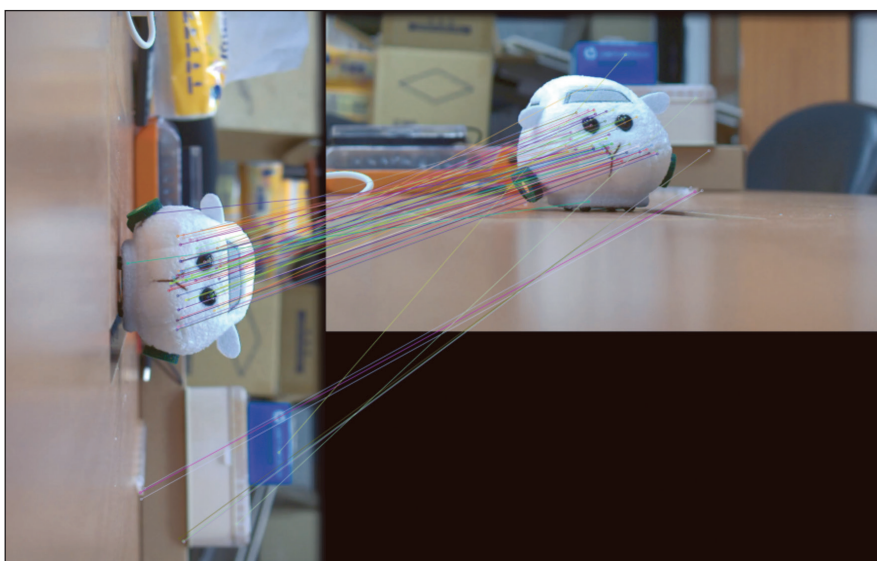


圖 5 SIFT 計算歪斜圖片的對應點範例

利用SIFT計算出對應點，並根據此相對應點之座標，計算空間參數並達到協助校正相機方位的目標。而圖5則能看出即使兩張圖片有一定角度的歪斜或旋轉，SIFT仍能正確地找到對應點。

（五）即時訊息協定（Real-Time Messaging Protocol, RTMP）[8]

即時訊息協定（以下簡稱RTMP）為

Adobe公司所開發，此協定主要用在影音串流傳輸，包括YouTube與FaceBook的直播均採用RTMP做影音傳輸。RTMP傳輸層使用TCP，此協定一開始需要經過Handshake建立連線，並可保證後續的傳輸品質。RTMP使用Port 1935，使用AMF（Action Message Format）與FLV（Flash Video）規範，支援的聲音編碼為AAC、MP3，支援的影像編碼為H.264



（六）H.264 壓縮 [9]

H.264也稱作MPEG-4 AVC (Advanced Video Codec, 高級影像編碼), 是一種視訊壓縮標準, 同時也是一種被廣泛使用的高精度影像的錄製、壓縮和發佈格式。H.264因其是藍光光碟的一種編解碼標準而著名, 所有藍光播放機都必須能解碼H.264, 成為了目前影像編碼領域的絕對霸主, 超過80%商用市場的滲透率。

H.264比其他大部分編碼標準有著更高的影像品質和更低的編碼率, 因此也被廣泛用於網路流媒體資料、各種高清晰度電視廣播, 以及衛星電視廣播等領域。而後續推出的H.265相較於H.264的編碼率更低, 且經過主觀視覺測試得出的資料顯示, 在編碼率較H.264減少51-74%的情況下, H.265編碼影像的品質能與H.264編碼影像近似甚至更好, 但目前RTMP尚未支援H.265編碼, 故實驗部分還是使用H.264編碼。

（七）HTTP 即時串流 (HTTP Live Streaming, HLS) [10]

HLS為Apple Inc.於2009年時所提出, 為基於HTTP(S)的串流媒體協定, 可支援直播與點播。與另一個常見的串流協定RTP相比, 其優勢是, 可以穿越所有允許HTTP通過的防火牆或代理伺服器, 能手動切換不同畫質的影片, 或是配合用戶頻寬自動切換到對應畫質, 且由於HLS會預載至少三個新的

影片檔案 (ts檔), 雖然播放前須要花一些等待時間, 但可避免觀賞期間卡頓, 能夠提供使用者較高的觀賞品質; 缺點則是即時性較差, 由於需要預載ts檔, 因此播放出的畫面會與實際畫面有較長的時間差, 短則3秒, 長則30秒, 不同的頻寬與ts檔長度會影響時間差的長短。

HLS 的作法如下:

1. 將檔案分割成多個 ts 檔, 一個 ts 檔通常不超過 10 秒、或不短於 1 秒。
2. 用一個 index file 記錄這些 ts 檔的順序與位址, 即 m3u 檔。常見的 m3u 檔的副檔名有 m3u8 (UTF-8) 與 m3u (Windows-1252)。
3. Client 向 Server 請求 index file。
4. Client 取得 index file 後, 會解析並按照順序逐一向 Server 請求指定路徑的 ts 檔。
5. Client 預載完一定數量的 ts 檔後, 影片會開始播放, 並持續請求下一個 ts 檔, 若該 index file 內記錄的 ts 檔下載完後, Client 會再請求下一個 index file, 繼續重複步驟 4。

三、實驗結果

（一）實驗架構

本研究之實驗架構如圖6, 將四台GigE Vision相機連接至Switch的1G port, Switch的10G port連接Server, Server會將相機擷取到



的影像分別儲存，再串流成為多視角影片。

圖7為本研究之軟體架構，分為Camera Server、監控端、Media Server與Web Browser。Camera Server負責所有跟相機有關的工作，包含管理修改相機參數、開啟PTP同步、相機校正以及推流至Media Server。監控端的工作包括：顯示有連線的相機編號、時間同步誤差、以及定時儲存Log檔，以便後續查看相機狀況，雖然監控端並非FVV服務所需的主要功能，但若未來增加相機數量到數十台甚至上百台，則一定會需要監控系統來管理多台相機的狀態。Media Server的工作很單純，就是接收Camera Server的推流與回應Web Browser拉流的請求，雖然僅有這兩

項功能但由於FVV需要切換視角的功能，如何能同時接受多用戶連線，並讓每個用戶能各自切換自己想要的視角，且不能有過長的Delay，這些都是現行標準難以實現的功能，故這部分將會是未來研究的重點。

（二）多相機 PTP 同步擷取影像

多台相機利用PTP同步後，將其內部時鐘的時間顯示同步誤差低於 $1\ \mu\text{s}$ 。為了證明此同步誤差數據，我們使用兩台相機同步拍攝轉速高達95.88 km/h的電風扇，拍攝結果如圖8，可以觀察到在這個運動速率下的確能拍攝到同步影像。

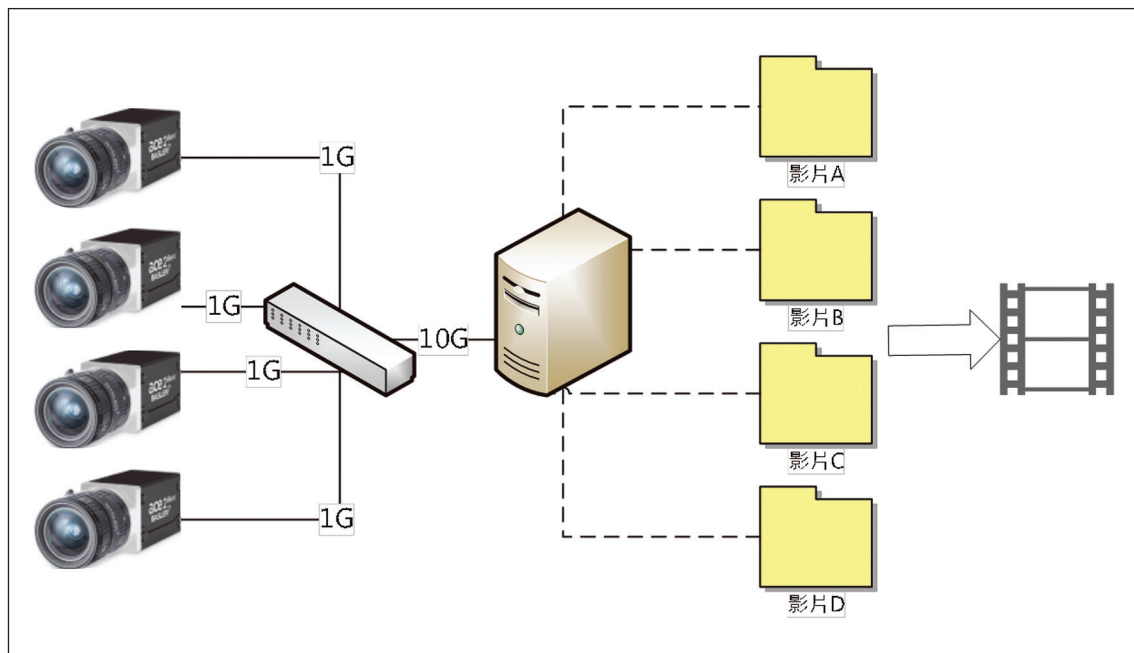


圖 6 實驗架構圖

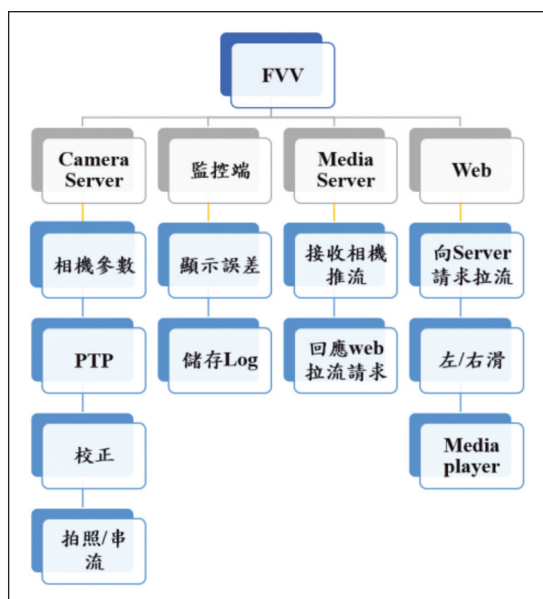


圖 7 軟體架構圖

(三) SIFT 計算圖片對應點

由於本研究需要調整不同視角畫面的色差，故實驗過程使用兩台參數設定不同的相機拍攝不同角度的照片（約相差15度），圖9為兩張圖利用SIFT找出對應點的圖片，圖上以直線兩兩相連的點即為計算出的對應點，可以觀察到所標示出的點，的確為對應點。

利用這些對應點座標進行幾何運算可以算出兩台相機畫面間的誤差以達到協助校正的目的，以圖10為例，圖片分別為不同台

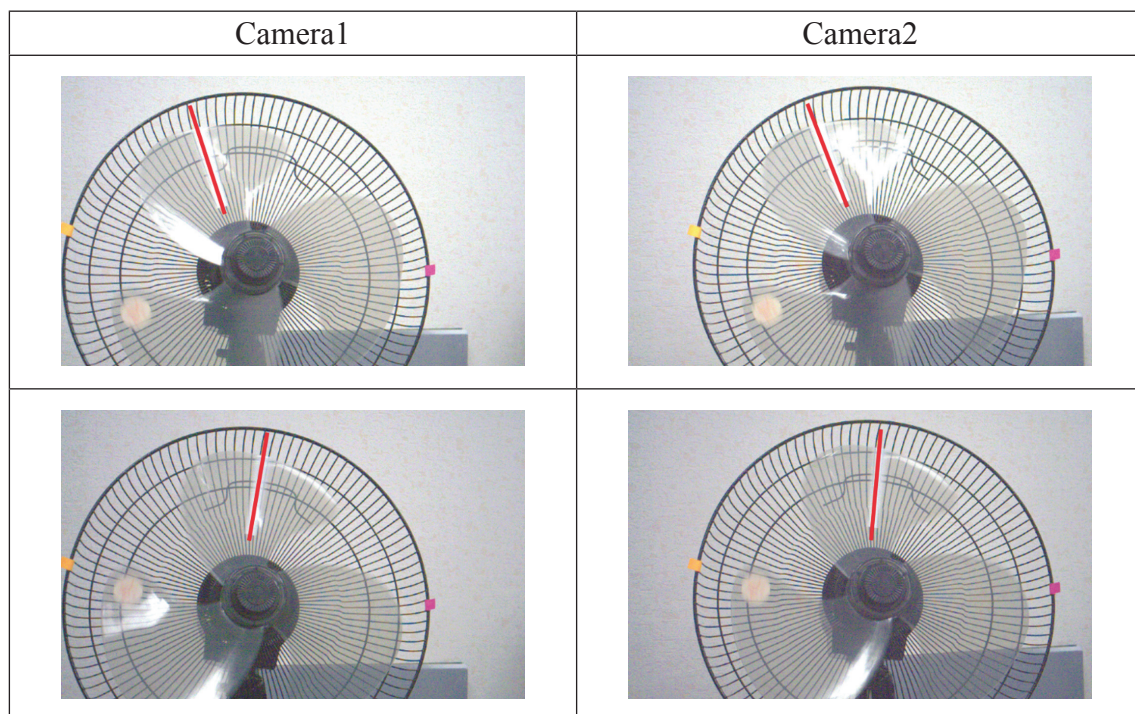


圖 8 同步拍攝結果

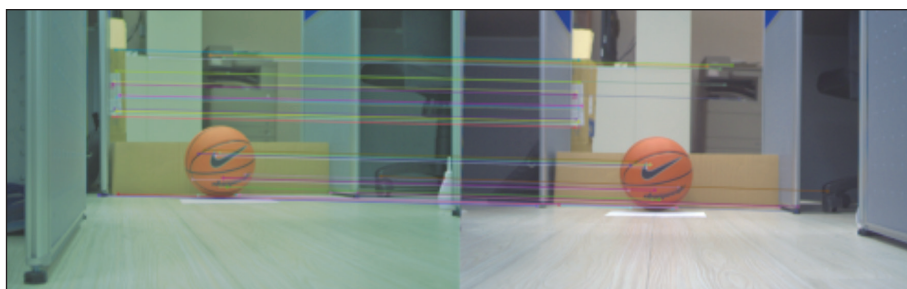


圖 9 SIFT 計算對應點結果



圖 10 旋轉圖片範例

相機拍攝，編號依序為40115493（左上）、40115495（右上）、40115498（左下）、40115506（右下），其中右上的圖片與其他圖相比有明顯的旋轉，圖11即為利用對應點計算出的旋轉角度誤差，架設相機陣列時即可利用此數值輔助調整。另外，垂直、水平、放大縮小等也可以利用對應點座標計算誤差值。

（四）Linear Regression 計算色彩校正矩陣

色彩校正的方式參考論文《Color calibration for multi-camera imaging systems》[12]的作法，用SIFT找出的對應點，其RGB值經過Linear Regression算出校正矩陣，方程式為式2，使用式2對要校正的圖片做矩陣運

相機編號	PTP status	PTP 誤差	旋轉
40115493	Master	0	
40115495	Slave	-8	32.763317
40115498	Slave	-330	0.000000
40115506	Slave	18	0.508604

圖 11 計算旋轉誤差結果

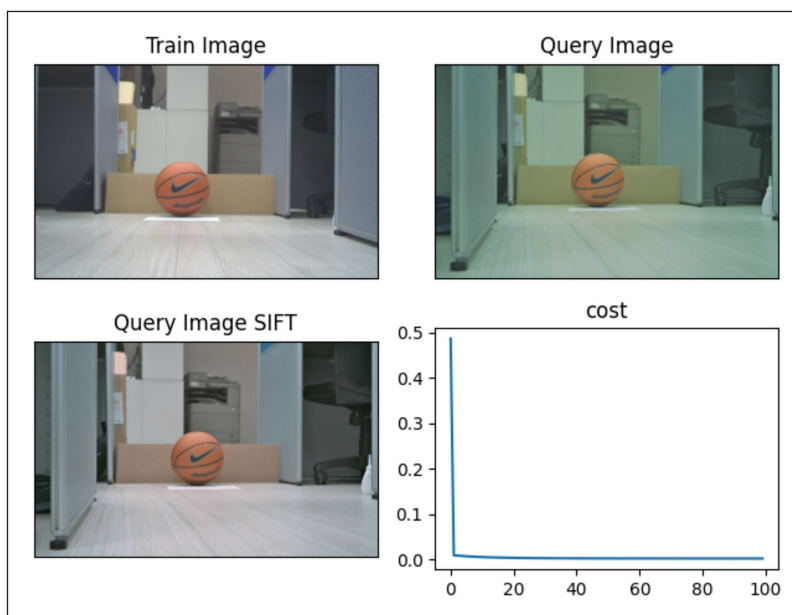


圖 12 色彩校正結果

算，其結果如圖12，Query Image為須校正的圖片，Train Image為目標圖片，這兩張圖是由不同角度拍攝的圖片，Query Image SIFT為校正結果，可以觀察到其色彩的確更接近Train Image。另外，圖中cost的部分顯示出在做Linear Regression的過程中epoch與誤差值的關係，可由此觀察大概需要做多少個epoch達到收斂。

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Gain00 & Gain01 & Gain02 \\ Gain10 & Gain11 & Gain12 \\ Gain20 & Gain21 & Gain22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (\text{式 2})$$

(五) 多視角影像串流呈現

本研究使用Web Browser呈現多視角影像。由相機拍攝的影像會經RTMP推流至Media Server，當用戶需觀看時，再利用Web Browser發出HLS請求，Media Server回應此



請求後即可觀看串流影像，此Web Browser畫面中可看到有左滑/右滑的按鍵，如圖13、圖14，按下該按鍵後會切換至左/右的相機影像，如此即為FVV影像串流的簡易呈現。

四、結論與展望

本研究初步建立了小角度的自由視角系統，能夠在較小的場域看出小角度變化的效果，但此系統要擴展到大場域（如運動賽場）且大角度拍攝，仍有許多障礙需要克服，例如：大量串流影像的頻寬限制、串流方式設計、跨Server的PTP同步等，若想要達

到高品質的視角轉換效果，大約每三度角就要設置一台相機，如何達到頻寬與影片品質的平衡尤其重要，本研究未來將著重於研究適合FVV系統的串流方式，讓FVV系統兼顧頻寬以及切換視角的即時性，達成技術自主及可商用化之目的。

誌謝：本研究於中華電信研究院計畫TL-110A307支助下完成。

參考文獻

1. 4DReplay Corp., <https://4dreplay.com/?ckattempt=1>
2. Intel Corp., <https://www.intel.com.tw/content/www/tw/zh/sports/technology/true-view.html>

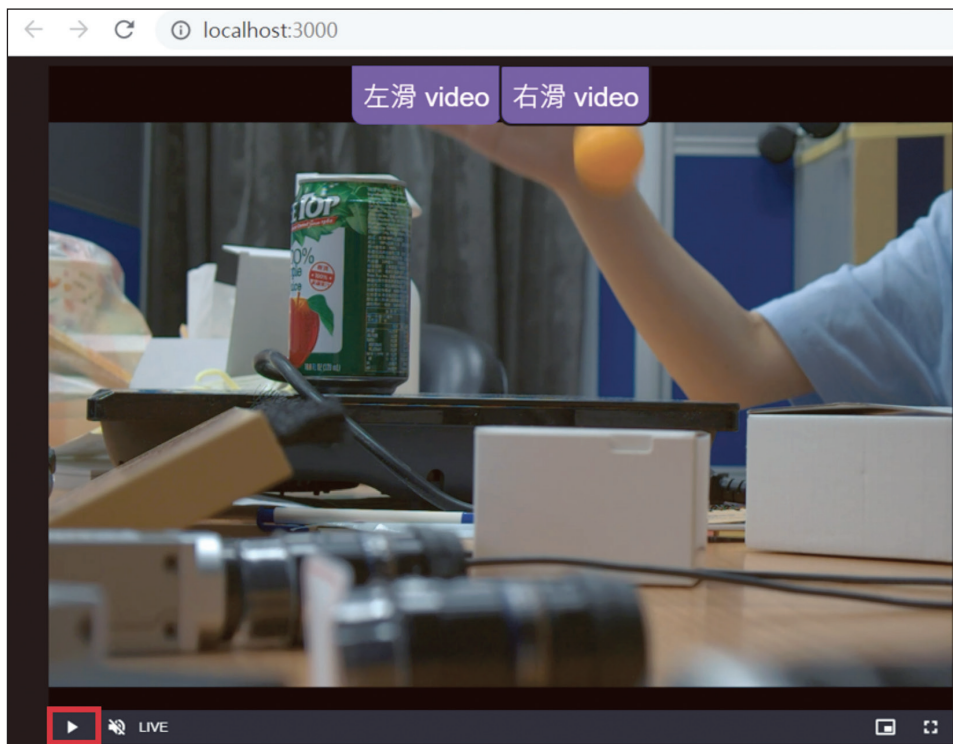


圖 13 Web Browser 呈現 FVV 影像串流 1

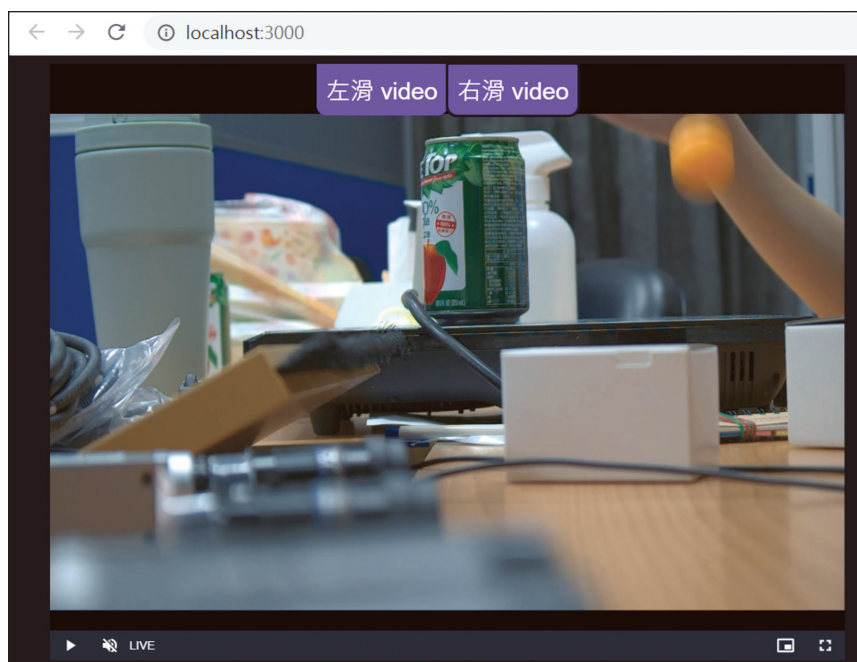


圖 14 Web Browser 呈現 FVV 影像串流 2

3. Daniel Berjón; Pablo Carballeira; Julián Cabrera; Carlos Carmona; Daniel Corregidor; César Díaz; Francisco Morán; Narciso, “FVV Live: Real-Time, Low-Cost, Free Viewpoint Video”, 2020 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW).
4. GenICam Standard, <https://www.emva.org/standards-technology/genicam/>
5. IEEE, “1588-2019 – IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems”, IEEE Std 1588-2019, 2019
6. Steve T. Watt, Shankar Achanta, Hamza Abubakari, and Eric Sagen, “Understanding and Applying Precision Time Protocol”, 14th Annual Clemson University Power Systems Conference, March 2015.
7. David G. Lowe, “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”, International Journal of Computer Vision 60(2), 91-110, 2004.
8. Adobe Corp., “RTMP: Real Time Messaging Protocol”, Adobe Flash Lite 4 Help. Adobe. Retrieved 29 December 2013.
9. T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, A. Luthra, “Overview of the H.264/AVC video coding standard”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Volume: 13, Issue: 7, July 2003.
10. R. Pantos, Ed., and W. May, “HLS: HTTP Live Streaming Specification”, RFC-8216, ITU, 2017.
11. Hideaki Kimata, Masaki Kitahara, Kazuto Kamikura, Yoshiyuki Yashima, Toshiaki Fujii, and Masayuki Tanimoto, “System Design of Free Viewpoint Video Communication”, Proceedings of the Fourth International Conference on Computer and Information Technology (CIT’04), 2004.
12. Sabri Gurbuz; Masahiro Kawakita; Hiroshi Ando, “Color calibration for multi-camera imaging systems”, 2010 4th International Universal Communication Symposium.



5G 結合 AIoMT 之隱形缺氧防疫應用

中華電信研究院資通技術整合處研究員 / 黃國恩

中華電信研究院資通技術整合處研究員 / 王彥傑

中華電信研究院資通技術整合處研究員 / 蔡明學

中華電信研究院資通技術整合處高級研究員 / 李彥良

國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療推動中心主任 / 楊智傑

關鍵字：隱形缺氧、人工智慧、醫療物聯網、自動告警

摘要

新冠肺炎（COVID-19）自疫情爆發以來，從相關報告中得知會有約2~4成的感染者發生隱形缺氧，而此症狀最危險的表現就是因肺部結構慢慢被破壞，導致病患沒有呼吸困難的感覺，進而耽擱治療，最後病患發生猝死的狀況，因此，每位新冠肺炎的患者都是不能被輕忽的。

本文以5G開放網路通訊技術設備，藉由其高頻寬與移動特性，串聯遠端醫療資源，並結合大數據與人工智慧等資通訊科技，運用AI輔助分析之技術，協助醫護人員透過雲端平台即時遠端監控病患生理狀態並結合遠距視訊功能，以降低醫護人員人工紀錄負擔

並減少接觸感染風險。此外透過雲端人工智慧的判讀並結合平台告警機制，病患生理狀況一旦發生變化能及早進行處置，大幅提升防疫效率，降低憾事發生率。

相關成果已實際應用於兩家醫院進行臨床照護，照護期間透過平台的監控及告警機制，成功防範猝死等憾事發生。

一、前言

嚴重特殊傳染性肺炎（Coronavirus Disease 2019，COVID-19）疫情期間國內多次爆發群聚感染[1]，因此有許多民眾需要進行居家檢疫，隨著檢疫人數增加，確診者在家中、旅館或檢疫所猝死案例亦明顯增加，



專家直指隱形缺氧（Happy Hypoxia）是導致猝死的首要因素，患者在不自覺中血氧降低、病情急轉直下，而不幸往生。即使在醫院和檢疫所，監測隔離患者的生理變化也相當困難，第一線醫療人員往往不容易掌握病患的病情變化，傳統的床邊生理量測也增加護理人員的接觸風險，疫情嚴重時可能導致第一線醫療量能過載，從而讓疫情更加不可收拾。為了防止醫療系統崩潰，目前主要是透過分流的方式來降低醫療的負載，把染疫患者依情況從醫院病房分配到檢疫所、防疫旅館甚至居家。

應用先進數位科技技術來輔助防疫是IT世代的潮流，科技業紛紛運用自身專業領域，針對疫情趨勢迅速客製化相關應用。為了協助第一線醫護人員能夠更有效率、更即時地照護新冠肺炎患者，以及減少隱形缺氧造成的憾事，本文結合自身健康領域與雲端整合多年經驗並偕同醫療院所的專業知識，共同開發隱形缺氧防疫應用。平台以病人為中心，透過資訊技術改善傳統生理量測模式，達成即時監測與降低醫護人員接觸風險的目標。當患者血氧濃度低於94%或出現心率異常情形，系統將發出告警，提醒醫護人員注意。更重要的是，若發現血氧濃度低於90%或是AI判斷血氧呈現惡化趨勢等，系統能即時通報醫護人員處置，結合5G網路與AIoMT技術協助分流臨床人員的作業負擔，減緩醫療機構的急診壓力。

二、研究背景

（一）隱形缺氧

自COVID-19本土疫情的爆發以來，COVID-19確診者或檢疫者在家中、防疫旅館或集中檢疫所猝死案例明顯增加。依據國內外專家學者臨床研究指出[2]，不少患者症狀不明顯或無症狀，病情卻急速加劇導致猝死，可能與新冠肺炎引發的隱形缺氧/快樂缺氧（Happy Hypoxia）有關。

隱形缺氧是本次疫情中醫護較難防範的隱形危險之一，它能让患者病情在短時間內急劇惡化卻毫無警覺，導致猝死、或延誤送醫。一般人正常血液含氧量應該在95%到100%之間，之所以感覺到缺氧，主要是因當身體在血氧濃度降低時會為了吸進更多氧氣，更用力地擴張/收縮肺部，而感覺到呼吸費力/困難。由於新冠病毒的攻擊特性是透過ACE2接受器（Angiotensin-Converting Enzyme 2）進到體內器官[3]，而肺部有較多的ACE2接受器，當病毒進到肺部後，會慢慢破壞肺部細胞、降低血管內血紅素及肺泡中新鮮氧氣的交換效率，形成低血氧。由於病毒是慢慢地破壞肺部，感染者不易察覺低血氧，加上病毒導致病患出現知覺障礙（常見如：嗅、味覺喪失）而讓有些人的身體查覺不到缺氧，導致有些患者血氧濃度甚至已經到75%至80%仍然毫無感覺，一直要到血氧濃度真的降到極低時，才開始感到喘不過



氣，而這時其肺部通常已經充滿黏液，大大增加病患風險與治療的困難。

國際上許多國家已經歷過數波變異株大流行，造成許多病患猝死的狀況，促使醫學界發現新冠肺炎隱形低血氧的可能性。在英國，公共衛生部門為了解決隱形低血氧造成的危害[4]，特別撥款採購指夾型血氧計，挨家挨戶發給有需要的民眾，並要求定期定時測量與紀錄血氧飽和度。即使不會操作電腦的民眾，也可以用紙筆紀錄並回報。透過這樣的公共衛生措施，英國確實有效的減少相關的猝死案例。

為了降低病患及急性缺氧的風險，血氧與生理監控是其中重要的一環，然而確診隔離患者卻不易進行生理監測，監測隔離患者的生理變化成為一個相當困難之問題，依照一般臨床生理量測又增加護理人員的接觸風險。因此本文結合5G與AIoMT（Artificial Intelligence of Medical Things）開發應用，使用數位化的方式打造零接觸生理監控，並有效防範因低血氧而猝死的發生率。

（二）血氧

維持人體細胞存活，氧氣是不可或缺的，人體透過口鼻呼吸進行將空氣吸入身體，經呼吸道到達肺泡進行氣體交換後，再靠心臟將帶氧血液送往全身，如果氧氣的傳供不足將可能導致組織缺氧、損傷。所以量

測血中氧氣濃度是很重要的，早期傳統臨床上是由醫療人員抽血來量測動脈的血紅素中，帶氧血紅素所占的百分比，相當直接、準確，但這樣的侵入式的行為除了過程比較麻煩外，也容易造成一些病患不適，而且無法持續量測。現行是利用帶氧血紅素和不帶氧血紅素的光吸收度不同的特性，以波長660 nm 和940 nm的近紅外光源來射過指尖的微血管，測定通過組織的光傳導強度，來計算血紅蛋白濃度及血氧飽和度。進一步利用這樣的原理，經由觀測每次心搏造成的動脈血液之光吸收率的變化，亦可得知脈搏的跳動。臨床上標準的血氧濃度計必須符合ISO 80601-2-61：2017[5]的性能規範，能夠區分70%~100%的血氧濃度。由於考量穿透性與膚色可能對光訊號的影響，一般最佳的配戴位置是指尖。

（三）傳輸方式

1. 藍牙

藍牙（Bluetooth），1994年由愛立信（Ericsson）發展出這個技術，希望為裝置間的通訊擬定統一規則，以解決使用者間互不相容的移動式設備。目前由藍牙技術聯盟（Special Interest Group，SIG）維護其技術標準，是一種短距離間資料交換的無線通訊技術標準，以形成個人區域網路（PAN），透過2.4至2.485 GHz的ISM頻段來進行通訊，主要提供手機、無線量測裝置等設備之間進行資料交換。

藍牙規格目前發展至第五代，自第四代起出現「傳統藍牙」、「高速藍牙」及「低功耗藍牙」[6]三種模式，傳統藍牙標準主要作為訊息傳遞、裝置連線，傳輸速度為1~3 Mbps；高速藍牙（Bluetooth HS）則主要作為數據交換與傳輸，速度最高可達24 Mbps，為傳統藍牙八倍；低功耗藍牙（Bluetooth Low Energy，BLE）相較於傳統藍牙，以低功耗方式快速搜尋與連接，多應用於各種常見的穿戴式裝置上，但傳輸速度較低。其中BLE的低功耗特點能更長時間的與IoT設備進行連接，此外低傳輸速率使其非常適合僅需要交換設備狀態與資料下再使用，使它成為物聯網最佳選擇之一，也和目前現有大部分手機、平板和電腦相容。

醫療領域中，越來越多的設備（如血氧計、心電圖、體溫計等）開始支援藍牙傳輸，市面上許多的無線穿戴式裝置也逐漸地融入日常生活中，並在醫療保健系統中發揮無可取代的功能。藍牙醫療裝置可以持續並精準的追蹤用戶生理狀況，並藉由智慧型手

機應用程式取得數據，提供醫生或是照護人員能夠安全地進行遠距醫療診斷、觀察、會診，達到有效防止病毒或疾病的傳播。

2. MQTT

訊息佇列遙測傳輸（Message Queuing Telemetry Transport，MQTT）[7]是ISO標準下基於發布與訂閱的訊息協定，主要用於設備處理器資源有限及低頻寬的網路中。MQTT的優點在於它是一種輕量化的協議，相較於HTTP，MQTT的標頭採用數字編碼模式，標頭長度僅占2位元組，有效降低標頭占的資源及較低的傳輸負擔。MQTT所需的網路資源、硬體資源都非常的低，因此非常適合用於低功耗和網路頻寬有限的IoT環境。

MQTT基於一種「發布/訂閱」的傳輸協定（圖1），其協議中共有三種身份，分別為發布者（Publisher）、代理人（Broker）及訂閱者（Subscriber）。其中發布者及訂閱者皆為客戶端，而代理人則為伺服器。發布者傳輸的訊息分為主題（Topic）、負



圖 1 MQTT 傳輸協定



載 (Payload)，其中主題用途為分辨訊息類別，而負載則為訊息內容。最後依照協定內容，發布者僅需將資料搭配主題傳送至代理人，代理人即可依照主題傳送給所有訂閱該主題的客戶端。

隱形低血氧平台使用中華電信智慧聯網大平台的MQTT服務，並且透過訂閱智慧聯網大平台，取得使用者在智慧型手機上量測的資料，藉此降低隱形低血氧平台在多用戶同時上傳資料的壓力。

(四) 數據加密方式

除了傳輸層安全性協定 (Transport Layer Security, TLS) 能保障網路通訊安全及資料完整性，在無線通訊過程中為了確保傳輸資料的安全性，需針對傳輸資料進行加密，避免個人資料遭到竊取使用。目前有對稱式與非對稱式加密兩種加密方法，兩種方法有各自的優缺點，因此實作上會同時使用兩種方法，相互搭配彌補雙方不足並加強整體安全性。以下介紹對稱式加密-AES及非對稱式加密-RSA[8]：

1. 對稱式加密-AES

對稱加密算法運算速度快，並且需要較少的計算資源，但主要缺點是密鑰的分發。因為在加密和解密訊息時使用相同的密鑰，所以必須將該密鑰分發給需要取得數據的人，這也伴隨較大的安全風險。

進階加密標準 (Advanced Encryption Standard, AES)，此加密方式為美國聯邦政府所採用的區塊加密標準，因原本資料加密標準 (Data Encryption Standard, DES) 產生演算法理論上的弱點，因此逐漸地被AES所取代，至今AES已成為對稱金鑰加密中最流行的演算法之一。

2. 非對稱式加密-RSA

非對稱加密使用公鑰進行加密，私鑰進行解密，來解決密鑰分發的問題。然而與對稱式加密相比，由於它們的密鑰長度非常長，因此需要更多的計算資源，因此系統運行得非常緩慢。

RSA加密演算法是目前最有影響力的公鑰加密演算法，還沒有任何可靠攻擊RSA演算法的方式。只要其密鑰的長度足夠，用RSA加密的訊息實際上是不能被破解的。

(五) 人工智慧醫療物聯網 (AIoMT)

物聯網 (Internet of Things, IoT)，是指設備之間透過某種形式的無線連接以便進行通訊與數據共享，應用範圍包括運輸和物流、工業製造、健康醫療等[9]，藉由物聯網能提高流程自動化程度、提升資源使用效率並且能藉由這些龐大資料來做出最佳的決策。

隨著互聯式醫療器材日益普及與人工智



慧技術發展，因而崛起的智慧醫療物聯網（AIoMT）為醫療照護帶來轉變，實際應用與場域驗證也逐漸增廣。其中設備包含智慧床墊、體溫貼片、聲波雷達、與藍牙生理量測裝置、單導程ECG貼片、智慧衣等等。透過檢測、連接、數據交換與雲端平台，紀錄個人健康資訊和醫療診斷，進而提升醫療品質、有效分配醫療資源，例如遠距照護、慢性病追蹤、遠距醫療、疾病防護等等皆為其應用。

隨著國內高齡化社會的來臨，智慧醫療物聯網更是在照護產業扮演著重要角色，如何整合病患、數據、流程是其關鍵之處。近期COVID-19的疫情在全球蔓延，更是凸顯遠距醫療的重要性，使用數位化的方式可有效減少疫情時人力缺乏的窘境。

三、服務開發說明

中華健康雲與陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療推動中心合作，共同開發隱形低血氧監測平台，提供病患配戴醫療級血氧設備及簡易操作的App，使醫護人員可透過平台即時遠端監控病患生理狀態，也能透過視訊進行關懷，以減少接觸感染風險。開發著重於以下特色：

1. 結合醫療級穿戴裝置，設計簡易的操作流程。
2. 提供定時點狀量測與連續監測機制，隨時

記錄個人健康狀況。

3. 運用AI分析即時預測血氧惡化趨勢
4. 監測異常數值，並即時告警通知。
5. 雙向視訊關懷，降低接觸感染風險。

（一）服務架構

本產品整合雲端平台與多方服務，中華健康雲主要負責開發血氧監控App、建置雲端平台及管理資料；陽明交通大學AI模組則是負責處理由平台傳過去的血氧資料進行分析並將預測結果即時回傳。以下（圖2）介紹本產品架構與整體服務流程：

1. 病患透過血氧監控 App 與智慧型血氧偵測設備進行藍牙連線配對後，即可開啟自動連續量測功能，系統將定時每分鐘進行資料加密上傳。此外，除了原有自動量測功能，也提供自主檢查與回報機制。
2. 加密資料將透過中華 IoT 大平台蒐集並轉拋至隱形低血氧平台進行資料儲存，此外也會將量測數值傳送至陽明交通大學 AI 平台進行分析。
3. 陽明交通大學 AI 平台主要負責分析從隱形低血氧平台傳送的血氧量測數據，藉由兩日內的量測數據來預測是否有惡化趨勢，並即時將結果回傳。
4. 隱形低血氧平台將會呈現血氧數值與 AI 分

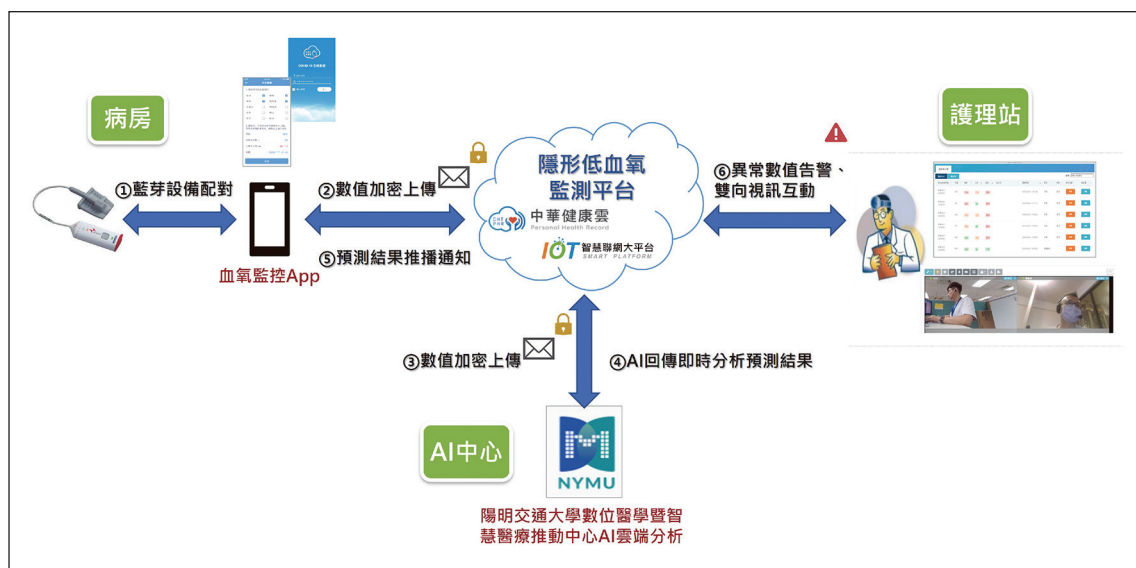


圖 2 產品架構與服務流程

析結果，提供護理站即時監測病患狀況，此外針對異常值會於平台上以不同顏色燈號呈現，並透過推播與簡訊即時通知醫療人員和病患。

- 最後，隱形低血氧平台整合視訊功能，提供醫療人員可透過雙向視訊來進行關懷，降低接觸感染風險。

(二) 服務流程及說明

本產品搭配使用的血氧計為衛福部核准的藍牙智慧型血氧偵測設備，如血氧（SpO₂）與心律（RP）量測儀器的數據為基礎，並以指套式血氧計（圖3）搭配使用，主要是因為指套式可持續監測、重量輕、易穿戴及不易脫落的特性，因此非常適合長時間



圖 3 指套式血氧計

配戴在使用者手上。

在血氧監控App的UI/UX（圖4）設計上，希望於設備配對、操作與量測皆能簡單快速，提供使用者進行帳號登入與設備配對完成後，將手指放入血氧計上即可進行連續



圖 4 應用程式畫面

血氧量測。另外，因應監控時各種臨時狀況，除了原有的連續量測，使用者也可以進行自主檢查回報，App畫面上有提供早餐、午餐、晚餐、睡前等時段提供使用者選擇，如在使用期間發覺自身狀況不佳或是有異樣時，即可使用此功能進行回報。此外，為保護使用者的隱私，在上傳數據的同時也進行AES與RSA兩層加密，此加密方式僅有平台持有的RSA私鑰與對應解密流程才可完成解密並查看原始數據，因此，可有效保護使用

者的個資與隱私。

隱形低血氧平台（圖5、圖6）則是即時呈現病患量測數據，並依據不同條件規則以不同顏色燈號呈現並進行告警通知。血氧濃度94%以上為安全綠燈區，血氧濃度90%-94%為黃燈區，會在平台網頁上呈現黃燈告警。血氧濃度90%以下為紅燈區，將進行簡訊告警以及手機端和網頁端的聲音告警，達到即時警示的功能，使低血氧病患能早期發現進行處置。另外，平台結合陽明交通大學AI分析模組，將病患當前及過往兩日內的血氧數值進行AI分析後，將依照血氧數值筆數、血氧濃度趨勢及當前血氧濃度數值來判斷病患狀態，並將結果回傳至隱形低血氧平台。藉由AI分析來輔助判斷病患的血氧趨勢是否有惡化狀況，當AI回傳結果「血氧有惡化趨勢且血氧偏低」時將透過簡訊通知相關人員，達到即時預警。最後，平台也整合視訊功能，提供醫護人員能透過視訊功能來進行每日關懷。

（三）服務比較與差異分析

目前國內市場，其他平台與本技術平台相似與相異處如表1分析，本平台設計除了規劃在醫療院所使用外，也考慮到未來延伸居家使用的便利性，因此採用了較容易的手機門號與APP連線登入，如需要與醫療院所連線，在可使用手機通訊的情況下，使用者可與醫護人員進行交流互動，而在病患照護上



量測項目數值										
血氧與心律 1		體溫 0								
匯出Excel 匯出CSV		搜尋: 請輸入關鍵字								
姓名(USER ID)	床號	血氧	心律	狀態	AI分析	量測時間	時段	附註	歷史紀錄	備註欄
██████ (259139453) (收案中)	a802-1	94%	138	異常	血氧趨勢無異常且血氧正常	2021/07/19 10:52:00	連續資料			
██████ (259139467) (收案中)	a813	96%	78	正常	血氧趨勢無異常且血氧正常	2021/07/19 06:37:00	早餐			
██████ (259139421) (收案中)	a809-1	97%	62	正常	血氧趨勢無異常且血氧正常	2021/07/16 11:36:00	中餐			
██████ (259138543) (收案中)		97%	100	正常	資料不足無法判斷	2021/06/15 21:38:00	連續資料			
██████ (259138367) (收案中)	護理站	98%	98	正常	血氧趨勢無異常且血氧正常	2021/06/24 10:24:00	連續資料			
██████ (259138375) (收案中)										

圖 5 隱形低血氧平台

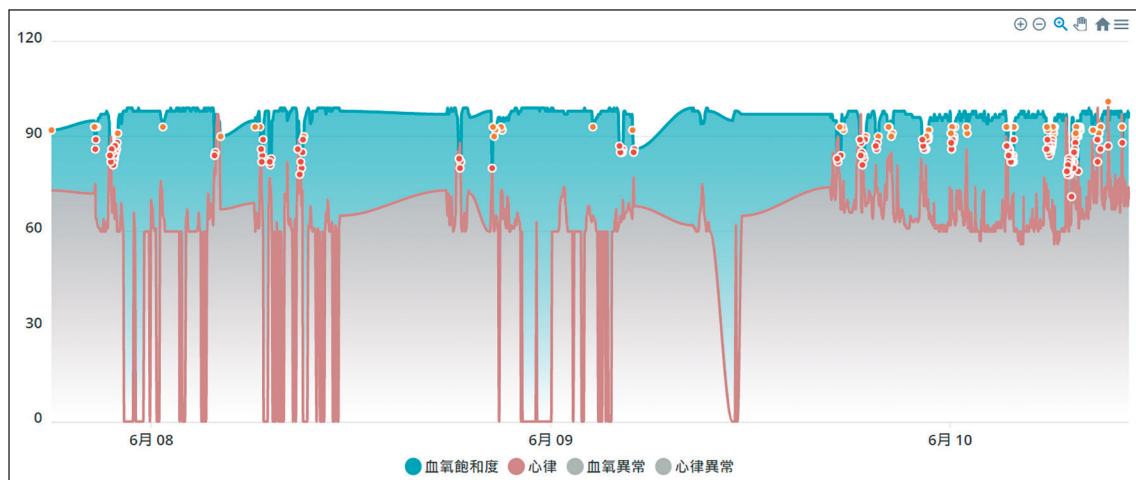


圖 6 血氧、心律記錄圖

表 1 產品比較

平台\功能比較	穿戴式裝置	自主管理性	AI 預測趨勢	延伸居家整合	AR/VR	雙向視訊溝通	即時告警
本平台	●	●	●	●	○	●	●
其他平台	●	○	○	○	●	●	○



也增加了病患自主管理。這些功能設計目的是協助平台可獲取更多病患即時生理狀態回饋資訊，真正精準進行血氧監測。此外，本平台也介接陽明交通大學AI模組進行人工智慧醫療分析功能，協助醫護人員提早掌握血氧數值趨勢，充分達到預測與告警功能，並且整合雙向視訊功能，提供醫護人員進行每日關懷。

（四）服務未來發展及效益

本雲端平台和傳統生理量測最大差異在於減少醫護人員的接觸風險並能實時監測，其使用者介面也能讓病患容易接受檢測，不需要繁複的操作步驟，落實智慧醫療科技來自於人性的價值。

在2021年8月本土疫情緩解後，我們回顧了這個平台使用的過程和紀錄。新北聯醫三重院區總共紀錄了18,199筆數據，其中有6.84%的血氧異常事件。而陽明交大附設醫院總計紀錄5,468筆數據，其中有4.92%的血氧異常事件。這些異常事件看似比例不高，但從重症患者的血氧紀錄可以看到，新冠肺炎患者的血氧飽和度的變化，可以在半小時內從正常的血氧飽和度掉至60-70非常危險的範圍，而這時病患仍沒有明顯呼吸症狀，是典型的隱形低血氧症狀。透過雲端平台的即時監控以及簡訊發送。護理師能即使掌握病患血氧變化的問題，並做即時處置，成功挽回病患的生命。

不論在新北聯醫以及陽明交大附設醫院，隱形低血氧平台的建置，都獲得醫護人員以及病患的良好回饋，並成功的防止猝死的情形，也減少重症發生的機會。這樣的設計，在當時的媒體報導引起很大的迴響，也促使後續很多國內業界的發展和應用。

中華電信與陽明交大團隊合作研發的成果榮獲2021年第十八屆國家新創獎獲獎，在本土疫情嚴重爆發時，眾志成城的完成救人的任務，並創新地將醫療物聯網落實於臨床場域，防止猝死並減少重症的發生，實是科技防疫的一個重要典範。

本雲端平台除了搭配血氧計外，未來也會持續整合國內外的穿戴式裝置，如：體溫貼片、智慧手錶、12導程ECG等等穿戴式設備，進而符合隱形缺氧以外的情境，另外在雙向視訊功能上，也會陸續開發更多功能，如視訊錄影/下載、介接USB外接設備等，期望可以提升用戶與醫療人員的使用體驗。

四、結論

隱形低血氧平台整合智慧型藍牙穿戴式裝置與血氧趨勢人工智慧技術進行雲端生理訊號監測與提供即時的低血氧分析與告警，於COVID-19疫情肆虐的環境下，傳統內科病房或隔離病房僅能由護理師進行傳統床邊生理監測，除了耗時費力以外，還有感染COVID-19的風險。



目前有在新北市立聯合醫院與陽明交大附設醫院進行平台建置與驗證，經過初步驗證，本平台確實能夠提早監測到COVID-19病患的血氧變化與即早施以治療，並在此期間也成功達到病患零猝死的目標，因此不論技術需求以及可行性皆能達到預期的效益。

於後疫情時代，隱形低血氧平台將會是建置內科病房重要的工具，主要原因是傳統的內科病房因建置成本，導致其內部生理監測設備不像加護病房一樣充足，因此往往無法即時掌握病患的生理狀況變化。因此，利用隱形低血氧平台的技術，將能夠精準掌握內科病房病患的生理狀態，減少病患輕症轉為重症的風險。

參考文獻

1. 王郁雯、楊政達“臺灣防疫的下一哩路—科技防疫與社會價值觀的省思”人文與社會科學簡訊，22卷2期，110年3月
2. Sebastiaan Dhont, Eric Derom, Eva Van Braeckel, Pieter Depuydt & Bart N. Lambrecht ” The pathophysiology of ‘happy’ hypoxemia in COVID-19” Respiratory Research volume 21, Article number: 198 (2020)
3. 鄧桂芬, “「隱形缺氧」年輕人也難逃！3徵兆自我檢測，走路6分鐘會喘就要當心”，健康 for a better life，available on web: June, 15, 2021. <https://www.commonhealth.com.tw/article/84430>
4. “COVID Oximetry @home” NHS, available on web. <https://www.england.nhs.uk/nhs-at-home/covid-oximetry-at-home/>
5. ISO 80601-2-61:2017 Medical electrical equipment — Part 2-61: Particular requirements for basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment, available on web. <https://www.iso.org/standard/67963.html>
6. Joe Decuir “Bluetooth 4.0: Low Energy” Standards Architect, gy CSR Technology Councilor, Bluetooth Architecture Review Board IEEE Region 6 Northwest Area chair.
7. Urs Hunkeler, Hong Linh Truong, Andy Stanford-Clark, “MQTT-S – A Publish/Subscribe Protocol For Wireless Sensor Networks” 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops. (COMSWARE '08)
8. G. Singh and Supriya, “A study of encryption algorithms (RSA, DES, 3DES and AES) for information security,” International Journal of Computer Applications, vol.67, pp. 33-38, April 2013.
9. Alexander S. Gillis, “What is the internet of things (IoT)?” TechTarget Network, IoTAgenda, March 2022.



以 5G MEC 技術實現低延遲 V2X 事件廣播應用

中華電信研究院研究員 / 洪祥軒
中華電信研究院高級研究員 / 莊茹茵
中華電信研究院研究員 / 卓彥汝
中華電信研究院高級研究員 / 呂柏文

關鍵字：車聯網、V2X、VRU、5G、多接取邊緣運算

摘要

本研究使用5G多接取邊緣運算（Multi-access Edge Computing，MEC）環境建構實驗場域，並以V2X事件廣播服務應用為出發點，搭配生活中常見的車輛逆向超車之危險行為，利用5G行動網路傳送SAE J2735標準車載通訊訊息實現緊急事件預警。透過5G MEC環境所提供的高穩定與低延遲特性，使手機端獲得即時性的路側端警告資訊。經實際車輛驗證，End-to-End延遲平均40.6 ms，符合3GPP發佈文件有明確的定義，對於安全相關的服務當中延遲要求100 ms內。

一、前言

運輸領域宗旨在於物件以快速、經濟、

安全、節能、舒適的方式達到目的地，近年來AI領域軟硬體成熟，促使各種智慧交通應用服務百花齊放，世界各國皆推動智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System，ITS），係利用先進之電子、通信、電腦、控制及感測等技術於各種運輸系統（尤指陸上運輸），透過即時資訊傳輸，以增進安全、效率與服務，改善交通問題[1]。根據新的市場研究報告Self-Driving Cars Market，依照零組件（雷達、光達、超音波、相機）、汽車種類、自駕等級、電車及區域，全球自動駕駛汽車市場規模預計將從從2021年的2030萬台到2030年的6240萬台，複合年增長率為13.3% [2]。

而目前國際汽車工程學會（SAE）對於自駕車作出六個不同級別的分類，如下：



- Level 0 由駕駛人全面控制載具（方向、加速、煞車）。
- Level 1 主要由駕駛人操控且有單一輔助系統（巡航定速）。
- Level 2 即 ADAS，車輛能控制方向及速度，但任何時間駕駛人仍可取得控制權限。
- Level 3 自駕車有環境感知能力，能做出及時應變，但駕駛人需做適當性的反應。
- Level 4 對於特定區域可以完全的自動化，駕駛人不一定需做適當性的反應。
- Level 5 載具完全的自動化。

自動駕駛可有效降低因人為錯誤或反應延遲等因素之事故，然而自駕車受限於感知器技術限制、道路環境等因素，自駕車事故亦經常出現於國內外新聞版面。為確認自駕車輛及週邊一般用路人安全以實現全無人載具駕駛，車聯網（Internet of Vehicle）或V2X（Vehicle to Everything）被視為不可缺少的一項關鍵技術。

車聯網泛指車輛透過無線通訊技術與其他用路人及週邊設備所建立的車載網路應用服務，而3GPP以行動通訊技術為基礎而重新定義了名為C-V2X（Cellular-based Vehicle-to-Everything）的車聯網標準，並定義了車輛間（V2V）、車輛與道路設施（V2I）、行人（V2P）及雲端（V2N）等四種概念性架構。目前C-V2X標準正在演進當中，3GPP Rel.14在4G（LTE）導入似特定短距離通訊（Dedicated Short Ranged Communication，

DSRC）技術的直接通訊（direct-link/sidelink / PC5）技術規範，並且與DSRC競爭使用5.9GHz頻段，Rel.15則對於LTE V2X技術進行增強並導入了5G（NR，New Radio）連網通訊（Uu）技術，其採用Sub-6及mm-wave兩種頻段，而Rel.16技術則制定5G（NR）PC5技術規範，以整合5G行動通訊的「高頻寬」、「低延遲」、「廣連結」等特性，並透過整合Rel.14及Rel.15規範提供完整的車聯網通訊環境與應用情境。

配合自駕車的市場浪潮，5GAA（5G Automotive Association, 5G汽車協會）也積極推動C-V2X應用與驗證規範。目前國際V2X通訊技術的支援逐漸由DSRC移轉至C-V2X。因3GPP Rel.16標準完成不久，目前市場的主流C-V2X設備以Rel.14為主，而在國內，符合此標準的C-V2X設備主要運用於輔助自駕車處理感知器盲點的安全性應用情境，例如通過號誌化路口時所需的交通號誌燈態（Signal Phase and Timing，SPaT）資訊廣播、優先號誌控制、弱勢用路人（Vulnerable Road-Users，VRU）事件偵測等應用。

本研究主要關注提供弱勢用路人危險事件告警的V2X資訊廣播服務。其中弱勢用路人主要指移動速度及車體保護性相較汽車低的行人、自行車及機車等非機動車輛或慢速機動車輛。透過藉由將範圍縮小至常發生的車輛跨越雙黃線事件，以驗證提供斑馬線穿



越行人及對向駕駛者動態性告警機制之可行性，並且考慮事件發生的緊急性與系統之資訊延遲性要求。V2X服務應用與延遲需求在3GPP發佈文件有明確的定義[7, 8]，對於安全相關的服務當中，Emergency warning指出延遲要求100 ms，如表1所示，即可驗證本團隊5G MEC V2X事件廣播應用架構為可行。

二、關鍵技術

（一）5G 通訊規範

第三代合作夥伴計劃（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）成立於1998年12月的標準化機構，是專於制定行動通訊技術（3G、4G、5G ...）規範組織之一，由參與團體集體會議討論，議定出技術規範及標準。第一代行動通訊技術，簡稱1G是為類比式電話系統，第二代依序為2G為數位通訊提供語音及簡訊服務，3G則是語音加上低速網路服務，4G的出現帶入行動網路高速寬頻，是以單一系統接取，及同軸電纜或光纖傳統點對點架構，新發展的5G提供高速寬頻網路，且低延遲、高可靠度、大連結，屬於多系統接取平台，雲化多點對多點網路架構。

開放性無線接入網路（Open Radio Access Network, O-RAN）基礎概念是以開放標準化，使得設備不受單一設備商所限制，此開放式架構可讓5G基地台緊密佈建減少成本，5G基站採巨量天線系統及極簡主

義（Ultra-Lean）並附有彈性化、可延展性設計（能支援LTE-NR共存）與4G緊密結合設計，利用大規模陣列天線提升系統頻譜涵蓋，實現距離大頻寬設計、低延遲設計、涵蓋距離。

5G設備中，核網扮演與網際網路溝通的角色，主要功能是提供連線服務管理（Control Plane）、資料交換（user Plane）、虛擬化服務。連線過程會先經過Control Plane，Control Plane會審核使用者的資料（電信資費方案、該方案所能獲得的網路頻寬、繳費情形），完成Control Plane的程序之後，電信業者會留通道給手機，此外連接端之無線網路（3G、4G、5G）資料交換則是以Data Plane的方式進行。基本上流程是，與本地基站進行連線進行無線傳輸，並與核網完成註冊連線、資料通道協定進行連線，會先從通訊網路轉換到IP網路環境，再遞送到網際網路。

關於目前5G基站彈性架構，主要分成兩種。非獨立組網架構（Non-standalone，NSA）是終端雙連接LTE和NR兩種無線接入技術，其優勢在於初期所需要投入的資源成本較低，但傳輸速率受限。獨立組網架構（Standalone，SA），是建置新的5G基地台，終端僅連接NR一種無線接入技術，核心網路使用5G架構，不再依賴4G，傳輸速率不受限制。



表 1 各種安全應用服務延遲需求

Service Type	Use Cases	Description	Latency Requirement
Safety-related services	Forward collision warning (FCW)	The FCW application is intended to warn the driver of the host vehicle (HV) in case of an impending rear-end collision with a remote vehicle (RV) ahead in traffic in the same lane and with the same direction of travel.	100 ms
	Control loss warning (CLW)	The CLW application enables an HV to broadcast a self-generated loss of control event to surrounding RVs.	100 ms
	Emergency warning	The emergency vehicle warning service enables each vehicle to acquire the location, speed and directional information of a nearby emergency vehicle.	100 ms
	Emergency stop	This use case describes how v2V communications are to be used in the case of an emergency stop in order to trigger safer behavior in other cars that are in close proximity to the stationary vehicle.	100 ms
	Queue warning	Using the V2I Service, relevant queuing information can be made available to other drivers beforehand. This minimizes the likelihood of crashes and allows drivers to take mitigation steps.	100 ms
	Road safety services	V2X messages are delivered from one UE that supports V2I Services to other UEs that also support V2I Services via a Road Side Unit (RSU), which may be installed at the road side.	100 ms
	Pre-crash sensing warning	The pre-crash sensing warning application provides warnings to vehicles in the event of an imminent and unavoidable collision by exchanging the attributes of the vehicle when a non-avoidable crash is anticipated.	20 ms
Automated driving-related services	Automated overtake	Executing safe overtaking maneuvers requires cooperation among vehicles travelling in multiple lanes in order to create the necessary gap to allow the overtaking vehicle to quickly merge into the lane corresponding to its direction of travel in time to avoid a collision with an oncoming vehicle.	10 ms
	Cooperative collision avoidance	Collisions between two or more vehicles are prevented by controlling the longitudinal velocity and displacement of each vehicle along their path without creating hazardous driving conditions for other vehicles that are not directly involved. All involved vehicles should undertake computing optimal collision avoidance actions and apply them in a cooperative manner.	100 ms
	High density platooning	High Density Platooning, i.e., the creation of closely spaced multiple-vehicle chains on a highway, has multiple benefits, such as fuel saving, accident prevention, etc.	10 ms
	See-through	For the safety of pedestrians who are crossing the road in front of an HV, the camera in the HV detects the situation and shares information regarding the pedestrian with RVs to the rear of the HV.	50 ms

根據國際電信聯盟（ITU）對5G應用場景的定義，如圖1所示（引用該篇論文FIGURE 2），可分為三大應用場景[3]，增強行動寬頻上網（Enhance Mobile Broadband，eMBB）、高可靠低延遲通訊（Ultra Reliable Low Latency Communications，uRLLC）、大量物聯網連結（Massive Machine Type Communications，mMTC）。其中eMBB提供Gbps等級速率、大容量的網路服務，常見的應用於全息通影 AR/VR。而uRLLC講求低延遲網路服務應用，如工廠自動化、公共安全、車聯網。mMTC以廣闊部件為主，特色以高連結數、低耗電、低成本、大涵蓋，如智慧城市、智慧電表、智慧路燈。

行動邊緣運算（Mobile Edge Computing，MEC）此概念由歐洲電信標準協會（ETSI）在2014年提出，主要是減少核心網路的資料處理效能壓力，在行動網路的邊緣提供雲端運算的能力。運用在5G行動網路邊緣提供運算與資料儲存能力，於靠近用戶的位置提供應用服務，對於鄰近用戶提供網路功能，實現極低延遲網路架構，並且結合虛擬化與雲端化技術，有效管理設備資源一般網路、5G基站、區域機房、4G/5G核心網路、應用服務伺服器。實際的作法是將核心User Plane與應用移至離用戶更近的位置，縮短資料傳輸路徑、有效降低端對端時延，相較於服務存取需經過Internet，資料較為可靠

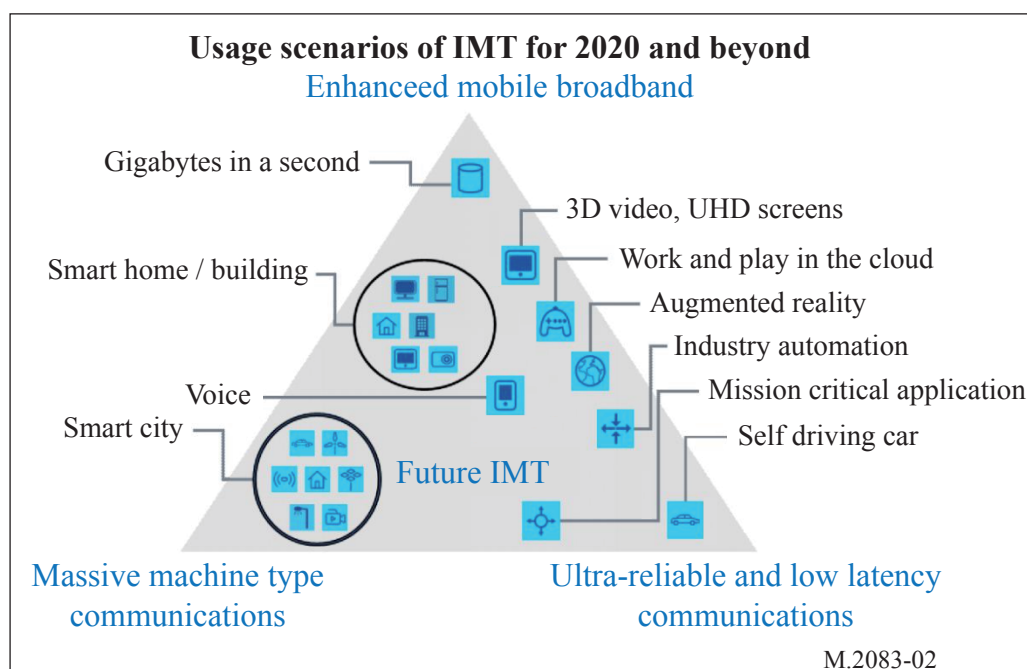


圖 1 5G 應用場景實例



及穩定，確保傳輸安全，時間延遲較低。

（二）影像辨識

近年來，AI影像辨識技術日趨成熟，賦予機器視覺能力，其借助於機器學習和深度學習算法，它們可以看到及探索世界，已廣泛用於交通、醫療、製造、營造、農業、零售等各行各業。交通運輸需求的增長，推動該技術的發展，其核心技術是計算機視覺，從自動駕駛汽車到車流檢測，智慧交通系統（ITS）已成為提高交通效率、有效性和安全性的關鍵領域。常見應用如下：

1. 自駕車應用：自動駕駛汽車不再是科幻小說，全球數以萬計的工程師已經在測試和提高自動駕駛汽車的可靠性和安全性，計算機視覺用於辨識物體（例如，路人、載具、路標或交通信號燈）、創建 3D 地圖或軌跡預測，在使實現自駕車中發揮了關鍵作用，從汽車中感測器（雷達、光達、相機）收集周圍環境的數據，對其進行解釋並做出相對應的反應。先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems，ADAS）技術就是結合了計算機視覺技術，如模式識別、特徵提取、物件追蹤和 3D 視覺，以開發輔助駕駛活動的實時算法。

2. 交通流量分析：由於計算機視覺領域發展，利用路側監視器推估交通車流追蹤和估計也具有可行性。這些演算法現在可以準確

地追蹤和統計高速公路交通或監控和分析城市地區（例如，十字路口）的交通密度，依交通流量特性調查檢討瓶頸路口路段，研析相關交通管制改善措施，幫助設計更好的交通管理系統並提高道路安全。

3. 行人檢測：行人的辨識和追蹤在行人保護系統和智慧城市設計具有潛在影響，進而成為重要的計算機視覺研究領域。室內智慧型監控與無人駕駛自動車皆使用相機自動識別和定位圖像或視頻中的行人，同時考慮與身體著裝和位置、遮擋、不同場景下的照度和背景雜訊等相關變化。

4. 車位佔用檢測：計算機視覺已廣泛用於停車導引資訊系統（Parking Guidance and Information，PGI），系統目的於通過將駕駛員引導至佔用率較低的停車場，幫助尋找空置停車位，目的是減少搜索時間，從而減少周邊道路上或其他交通擁堵。停車場利用各種技術來幫助駕車者找到空置的停車位，由於深度學習的發展，基於相機判斷停車位置實現了極高的準確度，幾乎不受照度和天氣條件變化的影響。

（三）車聯網

3GPP組織於LTE-V2X（3GPP TR 22.885）及NR-V2X（3GPP TR 22.886）中，分別定義了27種及25種應用情境，5GAA對應的LTE-V2X（R14）應用情境[4]，如圖2

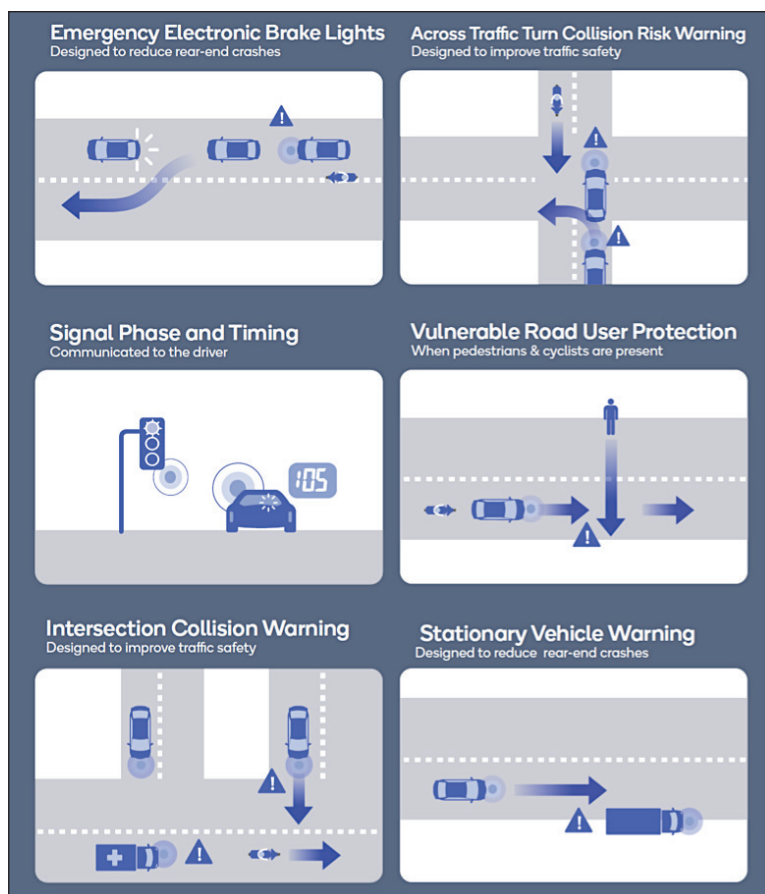


圖 2 六種 3GPP Rel.14 應用情境

所示，主要著重於基本安全，如緊急煞車告警、紅綠燈相位與時間資訊、路口直行/轉彎碰撞、行人安全、靜止車輛等，而NR-V2X則因應較低的時間延遲與大頻寬，可提供自駕車隊、感測器資訊分享（含高解析度地圖）、遠端遙控、進階駕駛系統（含軟體更新、車況監控）等應用。

V2X場景主要是以專用短程通訊（DSRC）為基礎，在安全相關V2X應用中，

主要採用SAE J2735、SAE J2945等。其中J2735標準主要的內容是定義訊息集（Message Sets）、資料訊框（Data Frames）及基本資料元素（Data Elements），並利用ASN.1編碼規則來進行資料編/解碼，以便應用程式有效藉由DSRC/WAVE或是其他通訊終端進行資料交換。J2735定義了17個訊息，訊息名稱如表2所示，架構分成多個部分（part），Part I常以訊息的基本ID、時間戳記、訊息類型、訊息內容等呈現，即Frame header。Part II及Part



表 2 J2735 各種服務訊息

項次	訊息名稱	簡易說明
1	MSG_MessageFrame (FRAME)	定義訊息標準
2	MSG_BasicSafetyMessage (BSM)	車輛基本安全
3	MSG_CommonSafetyRequest (CSR)	交換基本安全訊息
4	MSG_EmergencyVehicleAlert (EVA)	緊急車輛告警
5	MSG_IntersectionCollisionAvoidance (ICA)	路口避免碰撞
6	MSG_MapData (MAP)	地理描述訊息
7	MSG_NMEAcorrections (NMEA)	定位校正訊息
8	MSG_PersonalSafetyMessage (PSM)	路人安全訊息
9	MSG_ProbeDataManagement (PDM)	擷取數據管理
10	MSG_ProbeVehicleData (PVD)	擷取探測數據
11	MSG_RoadSideAlert (RSA)	路側警示
12	MSG_RTCMcorrections (RTCM)	定位校正
13	MSG_SignalPhaseAndTiming Message (SPAT)	號誌時相
14	MSG_SignalRequestMessage (SRM)	號誌要求
15	MSG_SignalStatusMessage (SSM)	號誌狀態
16	MSG_TravelerInformation Message (TIM)	車牌、號誌資訊
17	MSG_TestMessages	預計功能新增

III常以應用方面為主，通常是依照服務所需進行彈性擴展所需的訊息。

SAE J2540標準提供應用於智慧型運輸系統 (Intelligent Transport System, ITS) 與 (International Traveler Information Systems, ITIS)。其對於通訊片語給予一定的限制，避免標誌相同語意但不統一的

情況，並提供部分彈性提供在地所需的地理名詞，基本術語 (term) 由56種資料元素 (Data Element, DE) 所填充。

VRU的基本實例，於3GPP TR 22.885可以找到，路人端經由V2X訊息即時監控，當車輛即將穿越人行道會十字路口，此時可以應用攝影機、光達、雷達之技術，持續以

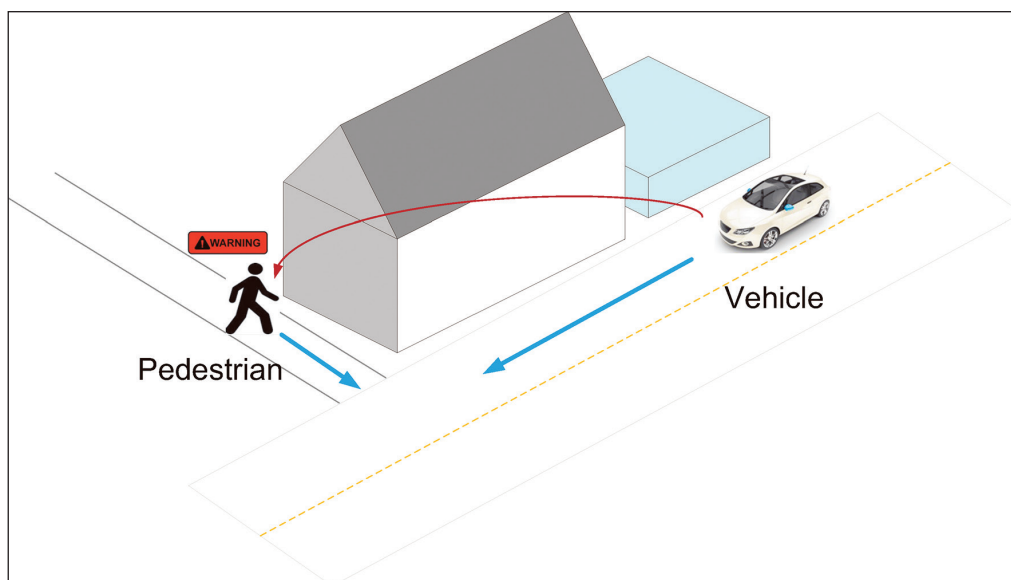


圖3 路人視線死角碰撞告警

SAE J2735訊息給予固定週期傳送給中控端，可以取得車輛動態軌跡、速度資訊，依照一定條件廣播訊號給用路人[5]。如圖3所示（引用該篇5.17.3章節之圖），路測設備持續偵測載具軌跡，出現使用非機動車輛之弱勢用路人，在特定條件下，如有預期碰撞，將觸發弱勢用路人危險事件，經由用路人手機端預期危險車輛靠近。

三、應用系統架構與開發環境

2020中華電信5G服務開台，最大頻寬、最佳頻位之國際主流3.5GHz頻譜，採用4G/5G雙連結架構技術，率先5G開台，引領台灣進入5G新時代。同時也建置5G開放實驗室，提供Ericsson及Nokia兩套5G網路設備

平臺，提供完整的實驗測試環境，因應未來物聯網、AI人工智慧、企業專網等各領域的需求。

為了促進V2X的應用場景向著更加多樣化的方向發展。例如，利用5G低延遲提供即時路況資訊，並採用高速率影像回傳車輛或路口畫面，後端伺服器無可避免的帶來極大的傳輸和處理壓力，基於此MEC可服務本地化處理，在車聯網場景中實現數據的短距離間傳輸，降低了end-to-end延遲，從而滿足車聯網的服務需求，提供道路基礎設施、車輛、行人高速且可靠的通訊。實現完整的V2X應用服務，目前中華電信打造了5G實驗網並建立了許多系統與服務。

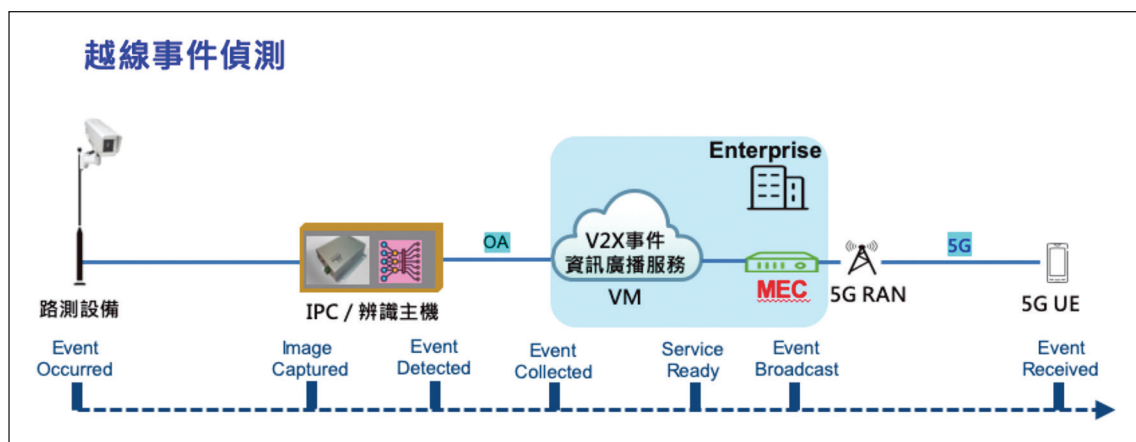


圖 4 系統架構圖

對於V2X事件廣播服務應用，本系統架構分為四個部分，路側設備、MEC環境、5G基地台、5G手機，如圖4所示。

（一）路側設備

為了預防駕駛的僥倖的心態，透過道路監視攝影機（IP cam），經由院內區域網路環境傳遞至路旁工業電腦，進行AI車輛辨識，即可取得車輛行駛路徑，可得知是否有穿越雙黃線的行為，初步產生JSON標準格式代表越線事件發生，參數主要為行車方向、車牌號碼、觸發時間，將此訊息傳接至MEC平台。

（二）MEC 邊緣運算環境

於中華電信5G實驗網，MEC主機是介於用戶端與核網之間，將網路業務與計算能

力下沉到更接近用戶的無線接入網側，從而降低核心網的負載和開銷，並降低了服務延遲。基地台與核網連線採Inline模式，串進MEC進行訊務的攔截，兩端搭配Bypass Switch與SDN Switch，當設備異常時可偵測並直接透通資料，當設備、程式異常甚至斷電時，可直接透通線路資料至核網，維持基地台正常運作。

關於MEC邊緣應用部署，主機是使用DELL的R740xd，將服務應用植入Virtual machine，並由ECoreCloud（ECC）雲平台管理MEC主機，再以平台虛擬化的方式執行，應用服務即可利用SSH來傳輸命令列介面和遠端執行命令。

（三）5G 基地台建置

關於5G實驗網行動寬頻基地臺5G NR頻段（3.5GHz），是採NSA非獨立組網架

構，以雙連結（Dual Connectivity，DC）方式串接LTE與NR，並採Option 3x標準對LTE硬體影響較小，利用原有的4G基地台，節省成本，且可支援承載分離（split bearer），資料聚合效果較佳，將資料分別從5G基地台或LTE基地台傳到手機終端。設備行動寬頻基地臺LTE跟NR，是分別使用Ericsson的Radio2219及Air6488無線射頻基站。

（四）V2X 訊息廣播

專用短程通訊中的SAE J2735訊息標準定義了許多與行車安全相關的訊息，其中旅行者資訊（Traveler Information Messages，TIM），其向旅行者或裝置發送各種警告或是提醒資訊（路標、CMS看板），跟自行定義一個半徑距離會是特定幾何區域來表示事件發生影響範圍，當中的可使用具規範的ITIS編碼系統來發送，並且保持地點命名的彈性於使用片語當中，編碼系統的用意，是在於更精準且更加標準化的表達旅行者所關心的資訊，TIM對於事件的時間狀態有嚴格的定義，準確的定義開始和持續時間，可視為一分鐘的週期廣播。

四、實驗過程與結果

於中華電信研究院大門前置路廊建立智慧路口應用服務場域，模擬於行車穿越對向車道之危險警告應用，運用本院於行人穿越道前所設置減速丘，其原目的是為了強制使行過的車



圖 5 公務車已構成越線

輛減速，以免行人發生意外，但很多駕駛會直接繞過減速丘以利完全避免顛簸，卻要承擔一定的安全風險，如圖5所示。

起初的越線參數傳送至中華電信研究院5G實驗網中的MEC平台進行邊緣運算處理，依據SAE J2735規範，其主要是傳送車輛即時的所有相關資訊，當中的TIM應用層訊息格式，提供危險事件的路側代號、GPS座標、發生的時間、車道寬度、半徑影響範圍、警告標語，其中警告標語是依照ITIS編碼及TEXT組合而成，並依照MUTCD交通標誌呈現DO NOT PASS WHEN SOLID YELLOW LINE IS IN YOUR LANE。

位於MEC中另有V2X管理平台，當中的應用服務，除了本篇TIM另有BSM、SPAT、MAP集中管理於MEC平台，為了能應付巨量數據的吞吐，資料庫架構大致分為三個部分。



（一）數據採集：

多通道持續監聽V2X訊息，例如接收於路側端產生的TIM訊息，並以維運自動化方式，開機後即可腳本自動初始服務，當有訊息傳遞交握失敗後，即有後台監控戳記錯誤時間、錯誤內容。

（二）數據管理：

將V2X訊息以格式ASN.1解析成參數，過濾不合法、錯誤參數或雜訊，確保正確資料存入資料庫，以方便爾後的日常監控管理、問題分析與異常排除。

（三）數據分析：

可將特定時間、定位、服務等多維度進行查詢，例如即可以很直觀的對於延遲數據進行巨量的統幾分析。

在V2X服務中最重要環節即是邊緣運算主機與手機端的訊息溝通，事件告警最講求以低延遲高速的應用服務品質。當車輛越過雙黃線視為危險事件，MEC平台即刻拋送TIM訊息，經由5G基地台，以火速的方式利用響聲（刺耳嗶嗶聲）廣播至手機端，並有其他應用服務同時進行（BSM、SPAT），如圖7所示，讓使用者能預先得知可能的意外，即可做出臨時應變，例如切出外車道或是減緩速度禮讓對向車輛，事後並有CMS看板立

即警示（越線違規）顯示對向來車已經越線的事實，如圖6所示。

五、研究結果

汽車產業正走向物聯網及自動駕駛的技術轉型，為了提供預防交通事故、改善交通流量甚至實現自動駕駛，這些服務皆仰賴於車輛、路邊基礎設施中的感測數據，其中道路安全在未來的自駕藍圖必發揮起關鍵的作用，到目前為止，對於具有高可靠、低延遲性的先進車輛服務並無廣泛部署，主要的原因在於缺乏完整的服務配套通訊介面，或許5G通訊有望解決這項問題。本文提出了一個通用的系統架構來實現道路安全用例，並研究5G邊緣運算的通信。通過各端點設備比較延遲end-to-end來評估生成的數據資料鍊傳輸時間，以便驗證5G對於V2X事件廣播應用之可行性分析。

根據2018期刊論文[6]，係於芬蘭的自



圖 6 CMS 看板越線違規告警



圖 7 手機 APP 響聲介面配合其他應用

駕車環境應用，該篇有三個道路安全用例。其一，當地主要幹道天氣與安全提示，經由車載相機、感測器、本地數據，傳遞給道路使用者與維護人員。其二，機器視覺與光達改善道路安全，利用車與車之間的通訊，利用車輛內置相機與光達提供控制系統與駕駛人有關前方路況如障礙物等更多訊息。其三，輔助駕駛低延遲提醒，該用例中包括車輛控制建議、路線規劃等其他建議訊息。該篇採5G/LTE的邊緣運算結構，提供本地化的道路服務，並使用CoAP專用的Web傳輸協議和MQTT發布與訂閱機制進行資料的溝通橋樑。根據該論文，第一段延遲量測，此

應用情景是將源於車輛產生的安全訊息拋至MEC主機，根據一個發送端，CoAP協定延遲為27.8 ms，MQTT協定為226.3 ms。第二段延遲量測，此應用情景是將由MEC主機收集的安全訊息拋至車載端，根據一個接收端，CoAP協定延遲為54.6 ms，MQTT協定為212.1ms。

為了V2X事件廣播應用之可行性，本團隊利用車輛危險越線告警來證明之，從路側端的機器視覺辨識取得車輛越線事實，再由本地MEC邊緣運算主機，生成SAE J2735中的TIM應用服務，於MEC平台端進行管理與訊息的儲存，經由5G基地台，將TIM訊息拋送給手機端，讓用路人及時獲得手機語音告警。MEC平台作為TIM應用服務的伺服器端，以建立TCP交握與手機溝通，根據平台端的時間戳記，共110筆平均40.6 ms，如圖8所示。

參考文獻

1. <https://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=1556>
2. <https://www.prnewswire.com/news-releases/self-driving-cars-market-worth-62-4-million-units-by-2030--exclusive-report-by-marketsandmarkets-301461896.html>
3. M.2083 : IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond
4. https://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/presentations_2018/2018_10_17_tokyo/presentations/2018_1017_3GPP%20Summit_07_5GAA_FLAMENT.pdf
5. 3GPP TR 22.885 V14.0.0 (2015-12) 5.17.3
6. Use Cases and Communications Architecture for 5G-enabled Road Safety Services
7. Latency of Cellular-Based V2X: Perspectives on TTI-Proportional Latency and TTI-Independent Latency
8. 5GAutomotiveVision,document5G-PPP,2015.

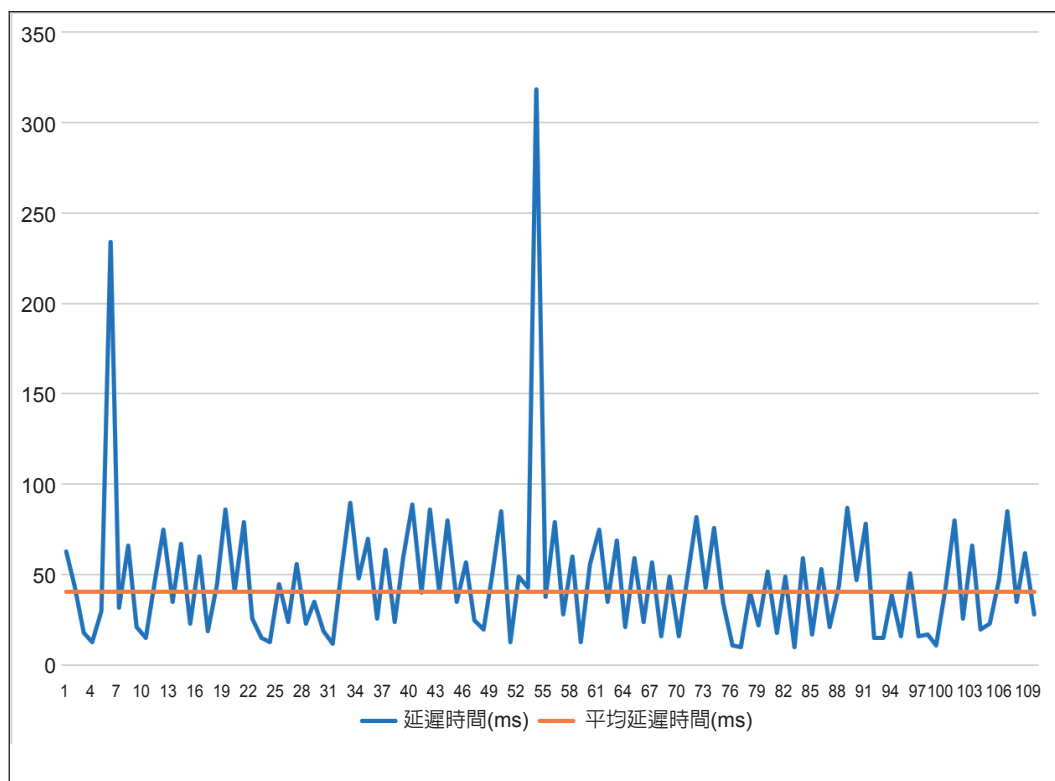


圖 8 事件廣播應用延遲時間

中宇

卓越
誠信
技術
品質

股票上市公司

ISO9001 / ISO45001

驗證通過

- 水處理及回收工程
Water Treatment & Recycling
- 汽電共生廠及發電廠工程
Co-generation Plant & Power Plant Turnkey
- 生物製劑及藥廠建廠統包工程
Turnkey Project for Biotech & Biopharmaceutical Facility
- 整廠機電及公共設施工程
Mechanical & Electrical & Utility Engineering Systems
- 廢棄物處理及空氣污染防治
Waste Treatment & Air Pollution Control
- 耐火材料工程
Refractory Engineering
- 工業級LED燈具之製作 & 銷售
Industrial-grade LED Lighting(Production & Sales)
- 工業/家用型空氣清淨機及濾材開發製作 & 銷售
Industrial/Residential Air Purifier, Filters Manufacturing & Sales



澄清湖高級淨水處理設備工程
Chenchin Lake Advanced Water Treatment Plant



生技廠工程
Biopharmaceutical Plant



工業廢水純化場
Industrial Waste Water Purification Plant



化工廠工程
Chemical Plant



空氣污染防治系統
Air Pollution Control System



中宇環保工程股份有限公司
CHINA ECOTEK CORPORATION

高雄市前鎮區成功二路88號8樓
8F., NO.88, CHENGONG 2ND ROAD, CIANJHEN DIST.,
KAOHSIUNG CITY 80661, TAIWAN, R.O.C.
TEL : 07-3336138 FAX : 07-3363030
E-mail address : guest@ecotek.com.tw
Web : http://www.ecotek.com.tw



中鈺集團

建中工程股份有限公司



仁德戰備道幻象戰機升空起飛照，圖1可以看出戰機起飛時發動機火焰直接噴射於鋪面的情況，故使用高強度複合式改質瀝青。高強度複合式改質瀝青同時也應用在需要高耐磨、抗剝脫與高抗滑的大鵬灣國際賽道(圖2)及高雄大魯閣草衙道迷你鈴鹿卡丁車賽道(圖3)



ARTC試車場工程，是建中公司與日本鋪道株式會社，組成工作團隊聯合承攬財團法人車輛研究測試中心試車場工程，引進日本土木工程技術與試車場施工經驗，完美結合並發揮土木工程技術之極限

專業 穩健 誠信 求新

瀝青混凝土
改質瀝青瀝青混凝土
彩色瀝青
GUSS瀝青混凝土
自由車場及試車場 高坡度工程



鋪築人生美好道路

10652 台北市大安區新生南路一段111號7樓
TEL:(02)2772-7711 FAX:(02)2772-1108



CIE Podcast
Season 3

中國工程師學會
Chinese Institute of Engineers
工程永續 百年彌堅

認識我們的水環境

EP01 水利署對水情之應變

經濟部水利署 賴建信署長

EP02 環境變遷與水資源

中央研究院地球研究所汪中和博士

EP03 在地滯洪與鐵漢柔情

經濟部水利署曹華平副署長

EP04 水庫知多少?(1)

中興工程顧問公司陳仲賢董事長



收聽Podcast



營業項目：

橋梁工程、道路工程、
捷運工程、隧道工程、
建築工程、機場工程、
海事工程。



淡江大橋



臺北港南碼頭 S07、S08 護岸暨
後線圍堤造地工程



C811Z 潮州枋寮段土建及一般機電工程
-南州站



地址：台北市市民大道四段 102 號 8 樓

電話：(02)2751-4188

URL: <https://www.kseco.com.tw/tc/index.aspx>

第 20 屆 公共工程

金質獎

水利工程類 優等

第 21 屆 公共工程

金質獎

軌道類 佳作

第 22 屆 交通部

金路獎

傑出工程 第三名



中鋁公司

智能製造 產業再 升級

降低成本 建立生產高效率
縮短交期 創造產品競爭力

<https://www.csc.com.tw>