



Taiwan Electromagnetic
Industry-Academia Consortium Newsletter

臺灣電磁產學聯盟通訊



聯盟業界成員



合揚科技股份有限公司
MICROELECTRONICS TECHNOLOGY INC.



Quanta Computer



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute



國家中山科學研究院
NCSIST NATIONAL CHUNG-SHAN INSTITUTE
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



先豐通訊股份有限公司
BoardTek Electronics Corp

Unimicron
欣興電子



仁寶電腦

2	主編的話
	活動報導 — 邀請演講
3	SI/PI/EMC Design Practices for Display Chips/Systems 奇景光電 李瑞倪經理
	活動報導 — 研討會
5	毫米波產業技術論壇
9	IoT 電源解決方案研討會
	活動報導 — 國際研討會連線報導
14	2019 年 IEEE 國際射頻整合技術會議
18	2019 國際進階電磁應用研討會 暨國際電機電子工程師協會天線與無線通訊傳播研討會
23	2019 無線射頻識別技術與應用之國際研討會 (IEEE RFID-TA 2019)
27	2019 國際電機電子工程師協會電子構裝與系統電氣特性研討會 (2019 EPEPS)
	專題報導
34	2019 台灣電磁產學聯盟半年報 — 5G 行動寬頻關鍵技術與應用
	人物專訪
39	專訪科技會報執行秘書 蔡志宏先生：協助國家新科技政策的推手
	企業徵才
44	耀登集團
45	欣興電子
46	國家中山科學研究院 資訊通信研究所
47	GARMIN
48	仁寶電腦
49	奇景光電
50	先豐通訊
51	聯發科技
	動態報導
52	最新活動 & 消息、儀器設備及實驗室借用優惠方案、聯盟會員專區



主編的話

為促進科技發展與創新，我們推出由學級會員針對企級會員服務的傑出講座（Distinguished Lectures）系列，並特推選台灣大學周錫增教授、中正大學湯敬文教授、中山大學黃立廷教授等三位聯盟教授榮任 2019 年度傑出講座。傑出講座主講人彙整其寶貴研究經驗為專題演講，提供至聯盟企業面對面諮詢交流之機會，共同提升國內產業競爭力！

為持續推動產學之交流，本季特邀奇景光電的李瑞倪經理蒞臨台大演講，與學生介紹最新研發趨勢並分享業界成功經驗，亦獲得廣大師生熱烈的迴響。

2019 台灣電磁產學聯盟半年報於 10 月 4 號在台灣大學博理館舉行，此次半年報主辦單位為教育部 5G 天線與射頻技術聯盟中心、台灣電磁產學聯盟、台灣大學高速射頻與毫米波技術中心以及台灣大學國際產學聯盟，協辦單位為元智大學電機系、台灣大學電機系、台灣大學電信研究所，報名與會人數包括產、學各界先進與同學共計百餘人，反應熱烈。

本次半年報會議安排為五個場次，分別由台灣大學毛紹綱教授講述 5G 技術與無人機的應用機會、工業技術研究院資訊與通訊研究所曾蕙如副經理介紹 5G 技術在車聯網與自駕車應用的發展；接著是由元智大學楊正任教授介紹 5G 在智慧物聯網之應用與產業趨勢；以及由工研院資通所紀鈞翔資深工程師分享 5G 毫米波技術的機會以及挑戰；最後由川升股份有限公司邱宗文總經理介紹 Massive MIMO 天線的通訊指標設計與量測。活動中並有聯盟主辦，由國家中山科學研究院資訊通信研究所、台揚科技、欣興電子、耀登科技聯合協辦之徵才活動。

2019 年堪稱 5G 元年，各國都在積極推動 5G 網路的佈建，無非是希望能在 5G、人工智慧（AI）、物聯網（IoT）領域搶佔一席之地。近兩年，台灣第五代行動通訊（5G）的發展進程備受關注。2019 年 6 月，國家通訊傳播委員會（NCC）通過「行動寬頻業務管理規則」修正草案，5G 頻譜可望在今年（2019）底開放競標，台灣將加速邁入 5G 時代。2019 年 8 月電磁聯盟有幸採訪科技會報執行秘書蔡志宏博士，與我們分享台灣通訊發展與願景。

動態報導除了介紹聯盟近期相關活動外，為提供更有效益的徵才媒合方式，聯盟於每次季報中，開放企業會員免費擺設徵才攤位及徵才說明會，以服務各企業會員，無徵才需求之會員也得以儀器產品展示設攤。另外，聯盟新增企業會員徵才單元，將提供會員將最新徵才訊息免費刊登於每期季刊廣告頁上，歡迎企業會員多多利用。

台灣電磁產學聯盟通訊為提供聯盟伙伴們一個訊息傳播及意見分享的園地，惠請不吝賜稿。也盼望讀者繼續給予支持，並將本刊分享給相關領域的舊雨新知。

以上精彩活動內容，敬請鎖定本期季刊！

毛紹綱





邀請演講

SI/PI/EMC Design Practices for Display Chips/Systems

奇景光電 李瑞倪經理

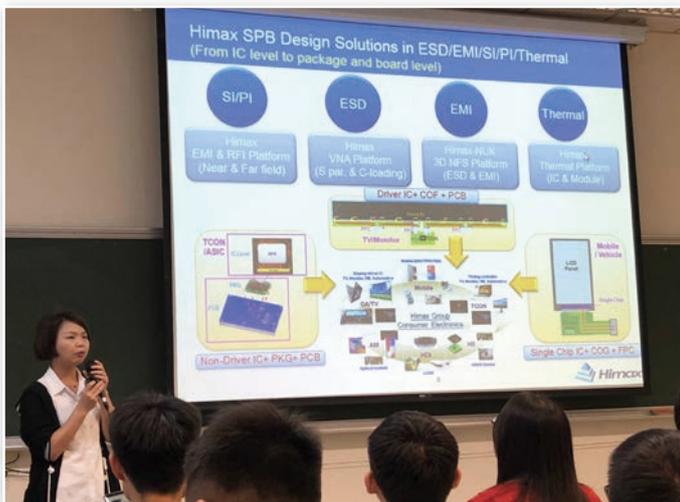
聯盟特約記者／劉旭偉

隨著時代的演進，各種電子設備的尺寸越做越小且資料傳輸速率也越來越高，這使得在電路與系統設計上，要維持訊號完整性與電源完整性都將面臨更大的挑戰，且隨著各類不同的無線通訊系統越來越普及，包括 WiFi、LTE 與 5G 通訊網路等，都會輻射出電磁波，並且對其它電子產品與電路本身造成電磁干擾（Electromagnetic Interference, EMI），進而衍伸出電子產品的電磁相容（Electromagnetic Compatibility, EMC）問題，另外，額外的電磁波輻射也會對於人體安全產生疑慮，如人體特定吸收率（Specific Absorption Rating, SAR）的惡化，故如何確保晶片在設計時、晶片封裝時、甚至於晶片模組使用到系統上時，能確保訊號品質並且有較小的電磁輻射就是這次演講的重點。

本次聯盟邀請到的講者為奇景光電的李瑞倪經理，李經理將介紹顯示器晶片與系統在訊號及電源完整性上的設計分析方法與流程；接著，對

於電磁干擾與電磁相容於實際設計上遇到的挑戰與解決的方法做經驗分享。

如何確保晶片設計能具有較好的訊號與電源完整性，將有賴於從頭到尾正確且完整之設計流程，當晶片於設計初期，就該從晶片出 PIN 之位置與晶片 PAD 大小就開始考量對訊號與電源完整性之影響；例如，當我們使用 LQFP（Low profile Quad Flat Package）封裝時，就該考量到其打線的電感性將如何影響訊號品質與電源阻抗，故此時如何適當的分配 PIN 腳位置與數量就會影響訊號的失真程度，亦或是使電源阻抗高於目標阻抗。而後，晶片於封裝基板上與印刷電路板（Printed Circuit Board, PCB）上的堆疊架構，所使用的層數分配也將會大大的影響設計之品質，而這些問題很多都必需仰賴於以往設計經驗與模擬結果所整理出的設計指南與檢驗清單，利用累積的知識快速地避免設計上可能會出現的明顯錯誤，以完成晶片前期的初步布局與走線規劃。接



著，將設計好的電路利用 ANSYS 的模擬軟體對 TX/RX、IO 做 SI/PI 的電路混合模擬，確認實際操作使用上，相互產生之影響，若有問題才根據模擬結果對電路設計、走線層數分配、晶片布局與 PIN 腳位置等，做進一步的修正。最後，則是將晶片的緩衝器資訊規格 (I/O Buffer Information Specification, IBIS) 萃取出來，以供往後系統設計上對於訊號失真的模擬。

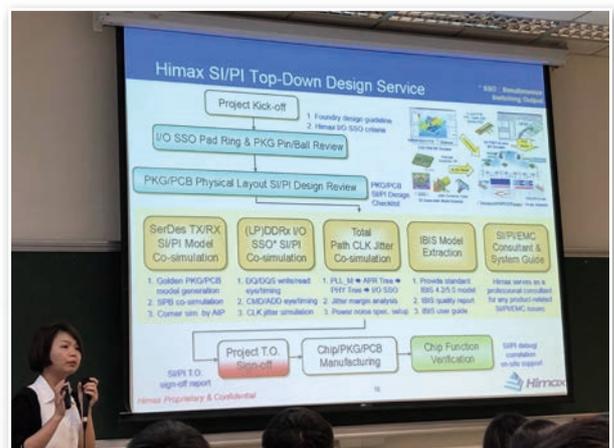
此外，李經理也提到了另外一種模擬方式以降低模擬所需的時間；為了降低成本，系統設計上往往需要減少封裝上的 PIN 腳數量或減少解耦電容之使用，這就會成為訊號與電源完整度惡化之隱憂，但每改變一次參數就要對系統做重新模擬耗時費工，故此，可先模擬封裝與 PCB 所造成的雜訊，再來將模擬出的雜訊倒灌回晶片上，觀察對晶片做動之影響，藉由將封裝與晶片分別做模擬，即可大幅降低模擬的複雜度，節省模擬時間。

除了模擬之外，當要利用眼圖 (Eye Diagram) 確認模擬與實作品片的性能一致性時，就需小心設計量測點的位置與使用設計良好的開發板 (Evaluation Board, EVB) 進行量測，當在沒有妥善設計的 PCB 板上做晶片特性之量測時，就會因後級電路之不匹配，故而產生額外的反射訊號產生，使量測出的訊號品質不如模擬，這時需要解決的問題就不在晶片本身，而是正確的量測環境之建立。

除了訊號與電源完整度外，電磁相容也會是高速操作之 LCM 模組所關心的議題，電磁相容的法規包含近場的接收靈敏度惡化測試與遠場的 CISPR22、CISPR25 等規範；電磁相容包含了三大部分，分別是電磁干擾、電磁耐受與靜電防護，也就是如何避免成為干擾源，並且也需具有抗干擾之能力，以避免干擾導致訊號解調錯誤率上升，最後，當雜訊過強時，如靜電所產生之高壓，電擊所導致的大電流，要避免導致晶片損壞的保護電路設計。

由於輻射的周遭環境難以用簡單的電路模型進行模擬，使電磁相容不易模擬之外，也降低了模擬結果之準確度，故僅能用以作為趨勢之判斷，往往在解決電磁相容問題時，就需要用實驗的方式來實際的找出雜訊源、耦合路徑與受干擾者。李經理分享了一個實際的案例，以顯示電磁干擾之產生將不侷限於晶片、封裝與 PCB 板上；在大尺寸面板上，發現了低頻至 2 MHz 以下之電磁輻射，使產品無法通過法規，實際使用近場量測設備對面板輻射雜訊進行量測，就能觀察出整塊面板實際上都參與了共振機制，再經由進一步的分析發現，共振的激發源是由電源產生，故能將往後的設計分析目標著重在改善電源所產生之 SSN (Simultaneous Switching Noise)，最終能成功抑制電磁干擾。

從上述介紹可以了解到訊號與電源完整度與電磁相容分析無論在晶片設計、封裝中與 PCB 上乃至整個系統都扮演了非常重要的腳色，故期許未來同學都能積極學習相關之理論觀念，在往後設計電路時，即能有效避免實作電路出現訊號品質惡化嚴重與雜訊輻射過大之情形，使得原先良好的電路設計無法發揮其理想特性，換句話說，電路設計與訊號電源完整度設計，在未來應當相輔相成，才能進一步的實現與提升系統之綜效。■





活動 報導

聯盟特約記者／李穎松

由中華民國微波學會與電磁產學聯盟主辦之毫米波產業技術論壇，於 108 年 9/3 在台灣大學博理館舉辦，內容包括毫米波技術、次毫米波技術、行動通訊與 5G 的應用、天文觀測技術、毫米波相關政策與頻譜分配、全球展望，可說是涵蓋整個毫米波通訊產業的一次論壇，講者來自於學術界與產業界，而此次論壇的參與者更是來自全台各地的相關產業公司與研究單位。

議程規劃

本次論壇架構上，大致分成了上半場與下半場，其中上半場的 4 場講者來自於學術研究單位，分享其自身的研究經驗與相關研究成果；而下半場的 6 場講者來自於相關產業界，著重於毫米波產業未來展望與相關因應政策，最後更有 panel discussion 的部分與講者一同探討台灣 5G 的未來展望。

毫米波台灣現今發展概況

隨者通訊產業的興起，從 1980 年代的 1G 開始，通訊產業大概以 10 年為一個世代，作一

研討會

毫米波產業技術論壇

個發展的指標，而如今 2019 年正好處於要邁向另一個世代的時期，在此波浪潮之下，台灣也正準備邁入 5G 的世代，台灣該如何從中國與美國的貿易戰中發展出一套自己的亮點，甚至是開始佈局未來的 6G 都是學術界與產業界需要共同面對的課題，而如今正好藉由此次論壇，連結了學術界與產業界，共同討論該如何面對。

毫米波電路設計

毫米波其中一個應用就是 5G 行動通訊，而 5G 使用的頻段又分為 mmW (millimeter wavw, 頻率在 30G ~ 300G) 與 sub-6G (6G 以下)，而本次論壇又聚焦在毫米波，因此高頻元件的設計為上半場學術研究論壇的一大亮點，如台灣大學林坤佑教授，首先談到了 5G 在毫米波下所會面對的問題：包括空氣損耗 (path loss) 較 sub-6G 嚴重、散射 (scattering) 能力差等，為了解決上述問題，目前全球的作法是利用相位陣列天線 (phase array)，因應相對的損耗問題，因此接下來幾位講者不外乎都是探討以相位陣列天線的前提下，去設計毫米波系統的子元件 (component)。





要設計一個表現好的子元件，首先要挑選一個適合的製程，製程的不同也決定出這個電路能夠作出什麼樣的表現。本次論壇的上半場講者都有介紹到自己的毫米波雷達系統與各自子元件的表現，而其中使用的製程不盡相同，如林坤佑教授比較了 GaAs、InP、GaN、Cmos 的差別，其中 GaAs、InP、GaN 又稱為 35 族製程，由於 35 族所製作的電晶體飽和速度較 Cmos 快、寄生電容小，因此整體表現使得電晶體更適合操作在高頻且損耗小，以 PA (power amplifier)、LNA (low noise amplifier) 為例，PA 如果要做到輸出功率高、P1dB 大於 25dB 特性，選擇 35 族製程是較好的選擇；而如果 LNA 要做到 noise figure 小於 3dB，35 族製程也是相對好的選擇，因此林教授選擇了 GaAs 的 D-mode 作為一個雷達系統的製程，並且展示了 PA、LNA 的特性，令人驚豔，但 GaAs 也有其缺點，由於林教授所執行的計畫中還需要設計出一個 switch，因為 GaAs D-mode 的製程限制，導致線性度不好，而使得他們設計的 switch 特性不好。

對於相位陣列天線而言，高的輸出功率對於相位陣列天線的訊號傳輸就沒有那麼嚴苛，比較需要在意的是 PAE (Power Added Efficiency)，因此台灣師範大學的蔡政翰教授選擇了 Cmos 作為他們雷達系統的製程，最後 PA 的 PAE 高達 40%，也成功達成他們的期望。

除此之外，林坤佑教授、蔡政翰教授也講到了他們設計子元件的技巧，如 bypass、source degeneration、Neutralization 等應用；在高頻的毫米波雷達系統中，該如何設計出一個表現良好的子元件並不是個艱難的課題，困難在於把子元件組成一個系統，而這其中就添加了更多考慮的因素，如整體相位是否有偏差、整體封裝到天線端的損耗，因此相對於子系統而言，毫米波雷達系統的設計門檻是較高的。

毫米波與次毫米波接收系統

由於毫米波探討的內容不外乎是高頻損耗、陣列天線，而這也跟天文觀測息息相關，雖說天文觀測所使用的頻段幾乎都是 300GHz 以上的頻段（又稱次毫米波），但也許這方面的技術可用來套用在毫米波技術上，因此本次論壇也邀請到中央研究院天文所的章朝盛博士，延續今年 4 月世界第一張黑洞 (block hole) 照片的熱潮，講解到中研院是如何與美加、歐盟、東亞各國合作，進而拍出這張照片。一般而言，觀測天文大概分為三種方式：低頻無線電波 (radio)、毫米波及次毫米波、可見光以上的高頻射線 (X-ray)，其中 radio 用來觀測暗冷的宇宙成分，可見光以上的用來觀測具有高溫、能量的宇宙物質，而黑洞就是介於兩者之間，因此只能用次毫米波望遠鏡觀測到，與毫米波雷達系統不同的是次毫米波望遠鏡強調的是絕對的低雜訊 (noise)、對於遠處的物體要有非常高的解析度，因此子元件需要操作在低溫環境，以利於降低熱雜訊 (Thermal noise)，而陣列雷達的規模 (scale) 是散佈於全球各地的，藉由 phase array 的原理達到高解析度的需求。

中研院在「阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列 (ALMA)」的計畫中獨立設計出了 SIS mixer、HEB mixer、wideband semiconductor amplifier、down converter，其中需要的製程主要是一個能夠適用於低溫環境的製程，且設計出的元件不但要寬頻、低雜訊，更要注意鏡像訊號 (image signal) 的問題，而裡面的調頻、接收技術更是依賴於超導體技術 (superconductor)，藉由對於溫度的敏感性，改變超導體的電阻性、電感性，進而作到訊號偵測的目的。

在天文觀測這方面的技術，主要透過世界各國的合作來合力完成這項計畫，而由於 5G 行動通訊方面的興起，在天文觀測所使用的頻率，會



與 5G 網路所使用的頻段相重疊，導致訊號干擾甚至提早使觀測元件的輸入功率達到飽和，因此在通訊發展下該如何與天文觀測中間作出一個適當的頻率分配，使得生活與相關的天文研究能夠共存，將是人類未來所必須面對的問題。

Terahertz

除了 5G 行動通訊以外，Terahertz 也是一個很大的研究議題，所謂 Terahertz 通常是指毫米波到紅外光之間的電波，坊間更有 Terahertz 是 6G 的基礎一說，而台灣在 Terahertz 的發展也漸漸興起，不論是為了將來 6G 的佈局，還是為了生活上的應用，都是個熱門的研究方向。

Terahertz 普遍操作頻率在 300GHz 以上，由於頻率高有一定的穿透能力，因此用於生醫方面或是監控上面是很適合的，但面對的問題幾乎與次毫米波望遠鏡相同，如：高頻訊號產生不易、大氣衰減更顯得嚴重。而與次毫米波望遠鏡不同的是，Terahertz 不用操作於低溫環境，且主要是使用 Cmos 或 35 族製程，本次論壇中，交通大學的郭建男教授提到了他們設計的困境主要來自製程上 model 的不確定性、電晶體速度沒辦法操作在那麼高頻。以 PA 來說，通常使用市面上的製程只要大於 300G，其 Power 會小於 0dB，此外高頻訊號產生是藉由 Harmonic Oscillator 來產生，不過 Harmonic Oscillator 也是會面臨到輸出功率不夠大的問題。

至於系統整合的部分，是用於高頻的封裝技術、天線的整合技術也是一個問題，至於天線設計是利用 SoP 製程技術來實現 portable、low cost、high performance，但在測量上都會有微的頻飄狀況發生。

業界技術發表與相關政策因應

本次論壇中，下午場的講者為邀請業界的企

業家來講述各自發展的概況與未來展望，與上午場不同的是，下午場更著重於毫米波的市場應用以及將來企業走向，而業界所使用的資源更是學術界所難以比擬的。

下半場演講中，日月光洪志斌副總發表了一種新的封裝技術：Fat-Out，與過去的 Organic 相比，Fat-Out 比 Organic 所使用的多層板板材厚度更薄，更有利於訊號完整性，在之後大規模的 5G 世代中，更是個非常實用的技術；而創未來科技王毓駒董事長更展示了一系列毫米波陣列雷達的收發系統，他展示了一種電路設計方式：Orthogonal Linear Digital AESA，拋棄以往的類比電路，王董事長嘗試以數位電路作成高頻雷達系統，他同時也談到了要如何同時 cost down 又不失訊號的完整性，最後成功達成了以交錯的收發雷達，取代以往耗費高的相位陣列雷達，並且展示其雷達特性。

除了技術發表外，目前業界還是著重在 5G 應用上，目前 5G 主要是用於 3 大環境：(1) eMBB (mobile broadband Access) 以人為出發點的使用情境，讓用戶得以有效連結到多媒體內容、服務和數據；(2) mMTC (Massive Machine Communication) 其主要訴求是滿足大量連結的終端，而這些終端對於數據傳輸量的需求非常小，且終端必須是低成本且電池壽命長；(3) URLLC (Mission-critical Machine Communication) 指的是不同個案對於網路有不同的需求，主要的需求指標與傳輸速率、延遲性、可靠度相關，相關應用包括工業生產和生產製程的無線控制、運輸安全、遠端醫療手術、智慧電網等。其中台灣在 eMBB 技術最為成熟，也就是當前熱門的 5G 行動通訊。

在與會演講的業界講者中，目前除了發展 5G 行動通訊產品外，更投入大量的心力在物聯網 (IOT)、結合 AI 技術上，正如高通副總裁劉

思泰所說：「5G、AI 密不可分，5G 不只是行動通訊，是一個全新的生活方式，而 2020 正是台灣邁入 5G 時代的重點元年。」除了 5G 所追求的行動寬頻（大容量、速度快）外，垂直應用也是個重點（大數據連結、低耗能、低延遲），而這部分更能創造出更多 5G 世代的新產品，如：ADAS（advanced driver assistance system）、室內物聯網的發展、小型基地台、5G 的終端商品（穿戴式裝備），甚至是建築材質對於訊號的穿透能力。

而在國際上，2018 年日、韓就已經開始進行 5G 行動通訊的測試，到 2019 年正式推出 5G 相關產品（開始商轉），2020 東京奧運甚至以 5G 技術為主軸來作為一大亮點，而為了因應這項如火如荼的 5G 熱潮，行政院也研擬了一份「台灣 5G 行動計畫（2019 ~ 2022）」，目的在於推動台灣產業的 5G 垂直應用場域、創新與應用、發展 5G 核心技術與資安防護、參考外國並釋出 5G 頻譜以利外銷，而其中資安項目更是其他國家中未曾出現的。

在本次論壇最後的專題討論時間，談到台灣毫米波產業在國際上是否還有亮點？各業界人士均表示出台灣機會還有很多，主要是台灣需要橫向串聯，不應只做出好的元件供他國使用，此外更表示台灣的產業界該競爭時就應該要競爭，該

合作時就要合作，與學術界結合，方能因應此股熱潮。

與會感想與期許

這場論壇雖然參與的人數不過 200 人，但與會人士可說是主導台灣通訊產業發展的重要人物，且這次論壇的時間又正好處於 4G 與 5G 行動通訊交界的時間點，今天所談的一切，更可能左右未來台灣 5G 產業的發展方向。

由前述的各研究介紹可以發現，毫米波的應用層面非常廣，未來世界的通訊將建立在毫米波之上，而毫米波的發展更將牽動全球的經濟鏈，本次論壇除了聆聽他人的研究外，認識相關產業界與其各自的發展方向，抑是自我職場發展上相當重要的一環。這場論壇內有許多講者特別提到了台灣與世界在毫米波方面的接軌，尤其毫米波的產業鏈已經串聯了世界各國，意味著將來的發展想必是需要各國互相協調，對於未來的發展充滿期待！

雖然台灣似乎在 5G 的發展下已經落後部分國家，不過一方面也慶幸自己處於一個這樣的資訊世代，有各種機會正等著我們這些年輕世代，期許自己有天能夠在這舞台上代表台灣發光發熱，就像日月光副總在演講最後所說的：

「Imagination, Together for future」





研討會

IoT 電源解決方案研討會

工業技術研究院、區域與兩岸工作小組／鄭尊仁副主任、李勝隆經理、薛家涵研究員報導

IoT 時代來臨，有效的電源解決方案備受重視

由於採用無線充電技術的手機數量快速成長，市調機構 IHS Markit 統計資料指出，2018 年全球無線充電接收器達 4.3 億個，未來隨著 IoT 產品應用的普及化，推估至 2022 年全球無線充電接收器將達 61 億個，隨著 5G 網路的快速發展，國際上主要的電信設備大廠如華為、Ericsson、Nokia、中興等，皆已陸續推出 5G 基地台及網路設備解決方案，並積極與各國電信商合作架設 5G 試驗網路或預留商用網路，正式啟動 5G 設備競賽，智慧手機將帶動無線充電攀向高峰（圖 1）。隨著無線充電技術的成熟與產業的發展，未來無線充電應用將朝智慧手機、穿戴設備、筆記型電腦、物聯網應用、機器人、CPE 設備、電動車（EV）應用、生物醫學植入物等漸次發展，如何提供有效的電源解決方案備受重視。

11 位來自海內外的講師，吸引海內外產學業者與會研討

為探討 IoT 電源解決方案，探討無空間限制的無線充電技術產業標準與商機，工業技術研究院區域與兩岸工小組在經濟部技術處的支

持下，結合國立中興大學電資學院及台灣電磁產學聯盟等單位，共同於 9/6（五）於台灣大學電機系博理館演講廳辦理「IoT 電源解決方案：無空間限制的無線充電技術（IoT Power Supply Solution：Space Freedom of Wireless Power Transfer Technology）」，研討會邀請技術處翁燕芬科長、台灣電磁產學聯盟吳瑞北召集人、中興大學電機工程系許恒銘教授及工研院區域與兩岸工小組鄭尊仁副主任出席致詞，會議在 AirFuel Alliance 聯盟主席 Sanjay Gupta 博士、AFA 董事李政昊（元太科技總經理）等進行專家演講與商機探討後展開序幕，並由 11 名來自海內外的講師包括 AFA 董事 Michael de Rooij 及 Energous SVP Neeraj Sahejpal、EPC VP Michael、GaN system Manager Tiefeng Shi、SWR CEO Shengming Shan、Avnet Asia Manager Andy Yang、富達通科技詹其哲經理、興澄科技方明亮董事長、台灣電子檢驗中心林昀緯組長等展開研討，會議吸引海內外產學業者共約 90 人與會，產業界佔 85%，商品展部分則包括 300 W 無線充電模組、大面積無線充電板及以無線充電提供穿牆電源強化 5G 服務體驗的中高功率無線充電模組等計 8 個展位超過 50 項展品。

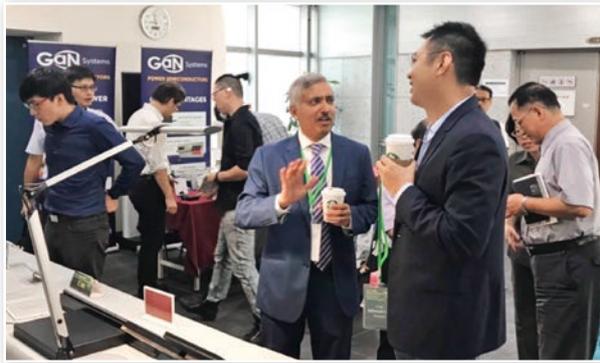


圖 1 全球 5G 手機出貨量預測
資料來源：資策會 MIC，2018 年 12 月

研討會活動摘要內容

專家演講

Sanjay Gupta 主席指出無線充電正面對的三大挑戰包括安全性、外物干擾、過熱防止等，而這些挑戰最根本的原因是物理限制，回顧最初的無線充電原理，關鍵的設計因子是：操作頻率與兩端線圈之間的通訊方法，從線圈品質因子（Q



AFA Sanjay Gupta 主席與元太科技李政昊總經理會場交流



技術處翁燕芬科長、中興大學許恒銘教授及工研院鄭尊仁副主任會場交流

值)與效率關係可以得出結論:高 Q 值帶來高效率,但同時成本也高;而 Q 值又與系統頻率成反比,提高頻率可減少所需 Q 值,所以 AFA 選擇了 6.78 MHz 以達到高效率, KHz 只能點對點傳能; MHz 可以平面方向傳能;如果要往任意方向傳能,就要選擇 GHz 等級的頻率,此外高頻率也有一些附加的好處如空間自由度、輕薄等,而且用於穿透金屬薄層進行能源傳輸也較不會受到影響而變熱,因此也更具安全性。目前 AFA 已制定的標準包括搭載磁共振無線充電的筆電、可以自己充電的機器人等,由於 5G 應用也需要搭配無線充電,因為高頻訊號無法穿牆,因此未來運用無線充電技術提供穿牆電源將可以使 5G 服務體驗更美好。AFA 有來自全球不同領域的成員們,致力於開發前端無線充電技術標準及加速其研究,相信我們可以共同建立一個沒有電線的世界。

元太科技李政昊總經理則指出元太科技 (EInk) 為全球電子紙顯示技術的領導開發商與供應商,要開發顯示器跟傳統 LCD 顯示器最大的不同是,我們不需要電力。所謂不須電力其實是一個概念,元太電子紙的原理非常簡單,其運作原理為施加不同的電壓,使不同顏色的粒子移動至上層,讓使用者能看見不同的顏色,這種方法成本極低又有效。元太的電子紙顯示技術是零售商的最佳選擇,它解決了零售商的兩大難題:即時更新價格的能力以及用最快的速度將產品送到客戶家中。電子紙還有更多優點,例如超低功耗、用起來就像一般紙、還可以用顏色顯示促銷訊息。但是待解決的問題是電池,如果店內所有

的電子標籤,在五年後都同時需要換電池,那成本將非常可觀,而獵能技術將是非常好的解決方法。元太今年開發了全球第一張無電池的行李標籤,這會是一個很大的市場,搭載無電池電子標籤的物流車及可提升醫務人員工作效率的電子紙及優惠券、QR code、車票等其他標籤搭配電子紙技術將為電子紙的應用帶來無限可能。

無線充電產業及標準最新進展

A. 2019 無線充電產業及聯盟最新進展:無線充電產業正蓬勃發展,但無線充電仍有一些缺點,包括高成本、低效率、對位問題、無法應用在金屬環境中、電磁干擾等。WPC (Wireless Power Consortium) 三年前成員數量只有約 200 個,2017 年 iPhone X 發表後,成員數量達到 600 多個,而今年略減為 500 多個,但為了讓市場平穩成長,未來將減少一些在中國的成員,所以明年(2020)預計會減少到 400 個。回顧 WPC 的發展史,WPC 成立於 2008 年並於 2010 制定了第一個規格標準,現在的規格版本為 V1.2.4,今年九月底將會發表 V1.3 版本的規格標準,明年則是 V1.4,每次更新我們都加入更多的安全與通訊機制。WPC 也把約 120 W 左右的功率區分到中功率的規格,近日也發表了廚房級的規格:Ki,其功率約為 2.2 kW。目前 WPC 也提供測試服務,測試費用會依照不同功率及裝置有不同訂價,不過台灣目前還沒建立測試工作站。如今市場上的 RX 裝置,從小功率的穿戴裝置,如:手錶、耳機、平板、筆電等都隨處可見。中功率的無線充電

應用如：電動車、無人機、掃地機器人等，還有廚房級的高功率（Ki）應用如：電熱水壺、電鍋、電磁爐等也都會在將來見到。未來半年內，更多的高功率及長距離無線充電應用將愈來愈多，而專利權將發展成一大爭奪戰。

B. Energous 市場部副總經理 Neeraj Sahejpal 指出，如今無線充電正面臨兩大挑戰：對位與過熱造成的安全問題，要解決過熱問題，半導體製程例如碳化矽、氮化鎵等電晶體，因為其高耐壓與高耐流特性，在無線充電系統中都扮演非常重要的角色。接收端裝置如入耳式裝置是無法一直保持對位充電的，而射頻技術則提供了解決方案，這也是 WattUp 與 Qi 最大的不同點。WattUp 採用了射頻技術，裝置能在一定的距離與 90 度的範圍內保持充電，甚至還能支援多裝置同時充電；另外，WattUp 也可支援軟性天線與曲面充電，使產品設計更具彈性。WattUp 的產品分為距離 5mm 的近場，3 呎左右的中場，到 15 呎以上的遠場傳能，Energous 的目標是在無關距離、位置、功率、外物干擾等情況下，都能讓裝置順利保持充電。WattUp 近場傳能的特點包括可支援單一或複數裝置同時充電、不受外物干擾、90 度方向內不須對位，最重要的是成本低廉。Wattup 中場傳能特點包括充電距離達 3 呎、可以加入近場傳能功能，甚至還可以在穿戴裝置使用中同時充電。WattUp 的第一個產品無線充電耳機 OASIS-RC，目前已經可以在 Amazon 上進行訂購！

IoT 電源解決方案

A. EPC 應用工程副總裁 Michael de Rooij 指出，隨著高功率無線充電的需求愈來愈高，無人機需要 300W 且輕量的無線充電功能、大面積的筆電需要 65W ~ 240W、機器人更是高達 500W、5G 應用上則需要 65W 且要能穿透牆壁。線圈的設計為共振式無線充電的關鍵，其大大地影響輸出功率與系統效率，而使用 GaN 電晶體可以更有效地改善系統的整體效率。共

振線圈的設計有無限多種可能，而它的好壞關鍵在於它的品質因子（Q 值）。線圈的 Q 值與效率和功率有很大的關連，高 Q 值帶來高效率，而高 k 值（耦合係數）則可以輸出高功率，若要使用大面積的線圈，則會生成過多的磁場而影響效率，因此 EPC 使用小線圈陣列的方式組合成大面積以調整磁場，而且這種陣列更容易設計。接收端（RX）的設計關鍵在於整流二極體，它是整個 RX 電路中損耗最大的元件，而且在高頻設計時還有最大跨壓限制。傳統架構採用電壓 / 電流模式的 class D 或是差動模式的 class E 整流器，由於用到 2 ~ 4 個二極體而產生過大的損耗，採用 eGaN 電晶體取代了二極體，其優點在於它有更低的導通損耗及更高的耐壓。採用 EPC 的高功率 RX 其效率在 91% 且功率大於 18 W，整體系統的效率可以達到 80% ~ 87%，輸出功率 5 W ~ 70 W。

B. 中興許恒銘教授指出，現今市場上有兩大聯盟，多種不同規格的產品，各應用在不同的頻率。如果我有 6.78 MHz 及 13.56 MHz 兩個不同頻率的 RX 裝置，但卻只有一個 TX 裝置時怎麼辦？本篇論文就利用了雙頻技術來達到只使用一個 TX 卻能為兩種不同頻率的 RX 裝置充電。本系統架構包含共振線圈及 TX 端的驅動 IC、震盪器、class E 逆變器、RX 端的整流器和直流負載。首先，必須先設計出只讓 6.78 MHz 及 13.56 MHz 兩種不同頻率通過的共振線圈，由於兩個不同頻率分別對應不同電容值，我們使用一個 LC 共振腔串聯一個電容，使之在不同頻率下有不同的等效電容值，最後觀察 S 參數判斷線圈是否在 6.78 MHz 與 13.56 MHz 下共振。接著，使用 Class D 的全橋整流器作為 RX 架構。利用公式計算出此線圈在兩個頻率下的最佳負載點 ZA 與 ZB，我們便可以分別設計出兩個不同的 RX 匹配電路，然後將 RX 負載點分別匹配到 ZA 與 ZB。最後，參考 1975 年的 class E 逆變器相關論文，我們可以針對

6.78 MHz 及 13.56 MHz 兩種不同的頻率重新設計出兩個不同的 TX，這兩個 TX 有不同的元件參數，而關鍵的元件參數為電晶體旁的並聯電容 CP。我們先決定 13.56 MHz 下的並聯電容 CPA，然後利用 LC 共振腔與另一個電容串聯，使 6.78 MHz 下能產生不同的等效電容值 CPB。研究提出了一套雙頻無線充電系統的設計方法，其包含單一個 TX 能為兩個不同頻率的 RX 充電，且具有高效率與寬負載等特性。另外，此套設計方法還可以依照不同的頻率需求來設計出不同電路。GaN System 的 Tiefeng Shi 經理指出，體積小、低成本、高功率是我們 GaN System 的特色，無線充電的需求與日俱增，隨著功率需求愈來愈大，快充功能已是必備項目，而快充的解決方案不外乎高頻率、高電流或高電壓，因此能承受如此高電壓電流的 GaN 電晶體成為關鍵。目前 GaN 產品已被應用於 5G 穿牆、無人機、電動摩托車、機器人、100W 充電板等。基於無線充電的線圈在 ISM 頻段中的 6.78 MHz 表現最好，GaN System 的電晶體也從幾百 kHz 往 MHz 等級發展，而 GaN 電晶體應用於穿牆的無線充電案例中，其傳輸距離 200 mm，輸出功率 60W，而效率更是高達 80%。

- C. 富達通科技詹其哲經理指出，富達通算是台灣最早期進入無線充電產業的公司，目前技術最大可做到 500W 的無線充電模組，主要分為三個電壓層級，分別為 12V、24V、36V。富達通的模組採用 CLC 架構，可以提供比一般 LC 結構更強的驅動力，整體效率在 5 mm ~ 25 mm 的距離下高達 85% ~ 92%。公司主要發展磁感應式無線充電技術，會在線圈背後放置導磁性材料，使線圈能量集中在一側，另一個好處是可使線圈上的電感電容增加。線圈有兩種繞法，一種是外進外出的 Alpha 繞法，另一種是外進內出的順向繞法，順向型繞法的感應距離雖然較遠，但也較容易發生過感應的現象。由於線圈能量會集中在靠近驅動器的地方，所以順向型繞法能夠承受較大的水平偏移。富達通對順向型繞法做了一些改良，採用跳線的方式可以使能量平均於線圈

上，另一個好處是當 TX 與 RX 完全對齊時也不會發生過感應現象。富達通發展之金屬異物偵測 (FOD) 技術其核心為軟體，所以成本極低。透過量測線圈諧振電壓，於正常情況下，諧振電壓將震盪非常久，但若有金屬異物存在，那麼諧振電壓將衰退非常快。所以我們定義一個時間點，如果諧振電壓在所定義時間內衰退，那系統便會判斷有金屬異物存在並關掉驅動電壓以確保裝置的安全。

- D. 興澄科技方明亮董事長指出，無線充電系統大致分三個區塊，TX 放大器、RX 整流器、線圈。廠商給定需求後，興澄科技會先使用演算法設計線圈，並使用電磁模擬軟體 HFSS 確認線圈磁場特性。接著，將所設計好的線圈參數套入 RX 整流器進行設計，並決定是否需要加入穩壓器或保護機制；RX 架構上興澄科技使用 class E 整流器與傳統全橋架構不同，可以透過演算法有效地抑制諧波影響。最後，TX 架構包含電源結構與放大器的設計，經由觀察線圈所映射出來的阻抗變化，加入濾波器可有效地將阻抗壓縮在 TX 所工作的最佳效率點。興澄科技的產品包括煤礦安全帽所搭配的礦燈、效率可達 80% 之 65W 筆電等無線充電產品。
- E. SWR 的 CEO Shengming Shan 指出，隨著 AIoT 裝置爆炸性成長，產品之間的通訊有更多的資料需要處理，而越多資料要處理耗電量就越大，因此電力解決方案也是必要的。但如果每個裝置都要裝電池，那成本將非常可觀，而且幾年後一定也會造成環境問題，我們認為解決的方法就是 SWR 的智慧無線充電技術。SWR 的智慧無線充電距離比一般手機無線充電遠 100 倍，充電速度更是 10 倍之上，而且既安全又好生產。人們對無線充電的需求是甚麼？遠距離、安全、可調整功率、易安裝好使用，甚至是雲端控制。我們傳輸的電力可以穿透所有的低輻射玻璃，功率最高可達 150W，距離從幾釐米遠至 10 呎，重點是充電時還可以在一定角度內自由移動而不受影響，另外我們不只是單純地做資料管理，我們還能利用資料的管理來調節功率。於

5G 固定無線接點方面，5G 訊號由於其頻率之高無法穿透牆壁，如果架設電纜線連接室內與室外將產生巨額花費，而最好的辦法就是架設 5G 的中繼站，以無線傳輸的方式接訊號傳到家中。SWR 正好以中距離無線傳能自豪，而我們也正與無線數據的廠商密切合作，已準備好為 5G 提供電力與電源的解決方案。

F. 台灣電子檢驗中心林的緯組長指出，電子檢驗中心 ETC 成立於 1983，那時經濟部 and 台灣電子電器製造商協會集體推動建立 ETC 這項工作，基於質量方針原則，ETC 提供各種產品測試和認證服務。我們的總部建立於桃園，每年有超過 4 萬件產品需要檢測，而且我們的軟體測試服務也經過 NCC 與 TAF 認可。TAICS—台灣資通產業標準協會，宗旨在於針對未來資通技術的發展，選定台灣適合領域，制定產業標準並推進至國際標準，以提升國內產業競爭力。在技術管理委員會之下有七個工作委員會，包含關注 5G 的前瞻行動通訊工作委員會，管理網路通訊的網路通訊工作委員會，以及車聯網與自動駕駛工作委員會等，而智慧無線充電小組就是隸屬於裝置聯網工作委員會下的其中一個小組，TAICS 也因此分別與兩個國際無線充電產業標準協會：AFA 及 WPC 簽署合作備忘錄，一起為推廣無線充電而努力。在此也邀請任何對無線充電標準或通訊標準有興趣的朋友來參與 TAICS 標準的平台。

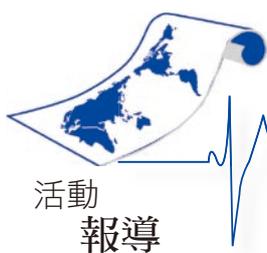
結語

由於採用無線充電技術的手機數量快速成長及 IoT 產品應用的普及化，推估至 2022 年全球無線充電接收器將達 61 億個，復以 5G 網路的普及、不須電力的電子紙新應用等將為無線充電產品與技術帶來無限商機。本次在台大辦理之「IoT 電源解決方案研討會」邀請了 AirFuel Alliance 聯盟主席 Sanjay Gupta 博士及 AFA 董事李政昊等 11 名來自海內外的講師進行無線充電技術、產品與產業標準的專題分享並進行了約 50 項展品的展示，吸引海內外產學業共約 90 人與會研討，研討會的辦理更深化與國外無線充電產業標準組織的鏈結，強化台灣無線充電產業的國際能見度，更有利於產業標準的推動及提升台灣無線電能傳輸產業的國際競爭力。

本次研討期間與會者不約而同的皆指出當前無線充電正面臨的三大挑戰包括安全性、外物干擾、過熱防止等，而這些挑戰最根本的原因是物理限制，與會者也多對此三大挑戰提出解決方案，展望未來無線充電應用將朝智慧手機、穿戴設備、筆記型電腦、物聯網應用、機器人、CPE 設備、電動車（EV）應用、生物醫學植入物等漸次發展，相關的電源解決方案及標準的制訂備受重視，期許透過研討進行交流並凝聚共識共同為無線充電產共創造價值。■



研討會講師嘉賓合影



國際研討會連線報導

2019 年 IEEE 國際射頻整合技術會議

聯盟特約記者／姜智尹

2019 年 IEEE 國際射頻整合技術會議（2019 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology, RFIT2019）於 8 月 28 日至 8 月 30 日在中國南京的上秦淮假日酒店舉辦。RFIT 會議隸屬於 IEEE 微波理論與技術協會（IEEE Microwave Theory and Techniques Society, MTT-S），於每年八月底或九月初舉行。本次會議多達 68 篇論文發表與 3 場主題演講。RFIT 為積體電路和整合技術提供了一個平台，展示積體電路設計的技術和系統整合的最新發展，重點是第五代（5G）行動通訊系統開發和無線傳輸技術的新興應用，如生物學和醫療保健，以及新興的太赫茲（Tera Hertz, THz）整合技術等。

議程規劃

本次會議的議程架構主要是由專業人士參與的主題演講與口頭論文報告（oral presentation）以及海報報告論文（poster presentation）組成，議程中討論了在射頻技術中的各種領域。下面將討論主題演講及各個領域中較具代表性的著作。

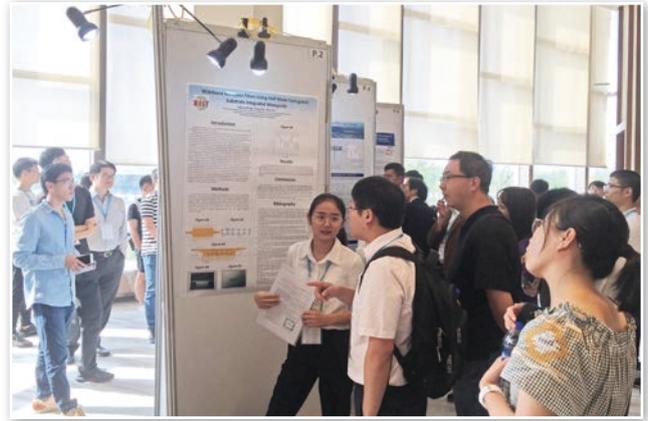
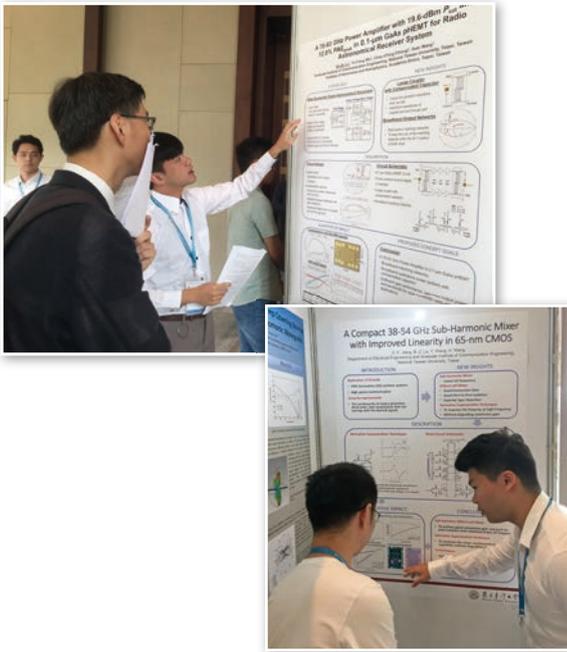
為期三天的研討會，每天都由一場業界或學界專業人士的主題演講揭開序幕。第一場由德克薩斯州大學達拉斯分校（The University of Texas at Dallas）的 Kenneth K.O. 教授分享，主題為太赫茲（Tera Hertz, THz）在互補式金屬氧化物半導體（CMOS）的前景，說明互補式金屬氧化物半導體（CMOS）積體電路（IC）技術的出現使其成為實現 300 GHz 及更高頻率的功能強大且價格合理的系統，這使得日常應用中將可以使用這部分的頻譜。在 65-nm 和 32-nm 製程中，N 型金氧半場效電晶體（NMOS）的最大可用增益頻



率（ f_{max} ）已達到 320 GHz，信號生成技術最高可達 1.3 THz，相干檢測最高可達 1.2 THz，非相干檢測最高可達 10 THz。此外，CMOS 中已經演示了高度整合的旋轉光譜收發機，其工作頻率將近 300 GHz，成像陣列工作在 820 GHz，通訊中的高數據速率發射機和接收機可達 300 GHz。

第二場由韓國大學（Korea University）的 Jae-Sung Rieh 教授分享，主題是毫米波和太赫茲信號的產生，毫米波段現在已被許多商業應用所採用，包括 5G 行動通信和太赫茲頻段，可以推動電子工程領域的下一波創新。在此演講中，提供針對毫米波和太赫茲頻段開發的各種信號生成技術的概述。在這些高頻段中用於信號生成的方法可以在很大程度上分為真空裝置和固態裝置，而後者可以進一步細分為二極體和電晶體的技術。根據基本原理和發展趨勢討論這三組信號生成技術中的每一組。另外，說明如何在頻率增強和輸出功率增強技術方面改善毫米波和太赫茲信號產生器的性能。

第三場由東南大學（Southeast University）的 Zhi-Gong Wang 教授分享，主題是基於通信原理的微電子神經橋（MENB）和肌電橋（EMGB）對癱瘓肢體運動功能的重建。MENB



主要用於治療由脊髓損傷（SCI）引起的癱瘓並將其植入體內，而 EMGB 則用於促進各種類型癱瘓肢體的無創運動功能康復。在無線信號傳輸系統中，已經使用了包括 3G/4G，藍牙和 ZigBee 的不同 RF 傳輸技術。已經設計了 MENB 和 EMGB 的原型。前者已用於動物實驗，後者已用於產品註冊檢查，並在南京、北京和香港的幾家醫院進行臨床試驗。已經使用 EMGB 儀器治療了 100 多名偏癱患者的癱瘓肢體和手指，並且使用現有的功能性電刺激（FES）裝置作為對照訓練了另外 100 名偏癱患者。在開始訓練 2 週和 4 週後，已經定量地顯示 EMGB 裝置具有比現有 FES 明顯更好的康復效果。

射頻感知器 and 高速數據收發機

無線通信系統是當今社會的基本結構。與有線系統不同，無線信號傳輸容易受到干擾，特別是當 RF 頻譜變得越來越擁擠時。不需要的干擾信號功率可以使 RF 接收機前端不敏感甚至飽和。儘管可以使用窄帶濾波器來減輕干擾，但是它們在消除頻帶內干擾方面並無效。然而，傳統的擴展頻寬是在數位基頻上實現的，使得 RF 前端仍然容易受到高功率頻帶內干擾信號的影響。這次提出了一種新的 RF 直接序列擴

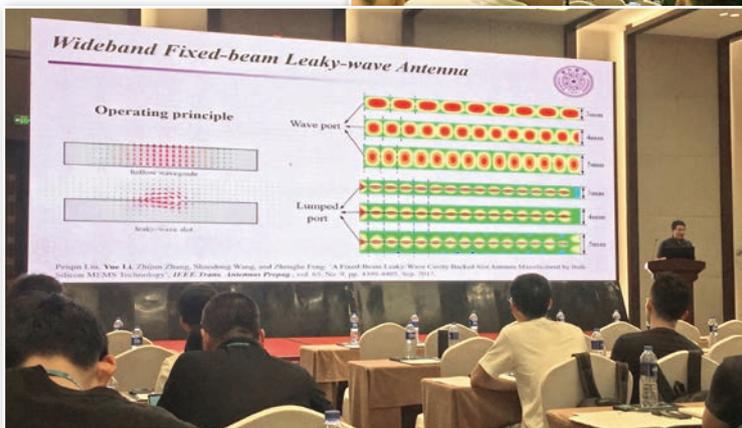
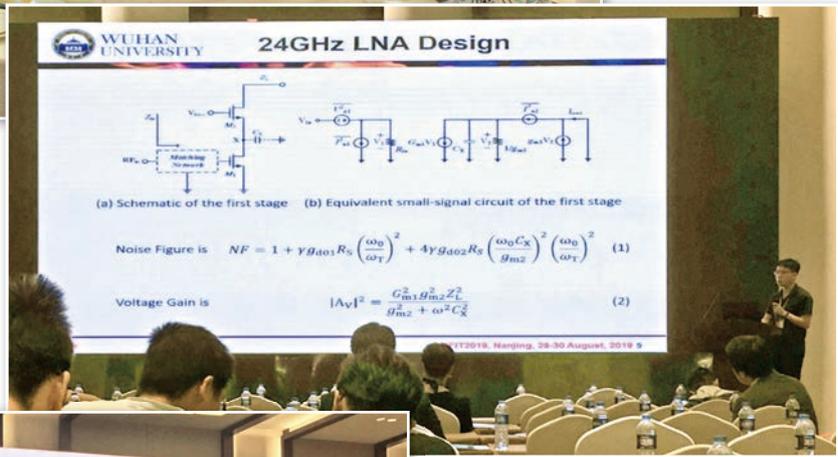
頻設計，可以在不修改傳統基頻收發機的情況下降低頻帶內干擾。並期望製造以全雙工模式操作的無線系統。全雙工系統面臨的挑戰是 TX 到 RX 的自干擾可能相當高，並且限制了操作範圍。這次的設計可用於全雙工或半雙工系統中增加自干擾抑制。

被動電路和天線

低損耗基板材料是在開發毫米波和太赫茲頻段元件時的關鍵問題，因為這些頻率的信號可以被氧氣、水和其他氣體強烈衰減。因此，有必要找到一種在毫米波和太赫茲頻段具有低損耗的合適基板材料。對於像 Rogers 系列的傳統微波基板，介電損耗在毫米波和太赫茲頻段會有一定程度的增加，這會嚴重影響元件性能。近年來，越來越多的新材料被開發並應用於這些頻率。如 SU-8 因具有較小的介電損耗和高分辨率結構的能力，而在 30 GHz 和 1000 GHz 時，所測得的介電損耗達到約 0.02 和 0.05。在本文中，將介紹另一種新的基板材料：環烯烴共聚物（COC），它在毫米波和太赫茲頻段具有比 SU-8 更先進的介電性能。

建模及電腦輔助設計

由於毫米波（mmWave）應用中的場效晶體管（FET）通常在大信號下工作，例如在功率放大器（PA）中，它們的非線性效果非常顯著。因此，FET 精準的大信號建模在毫米波頻段的電路設計中非常重要。然而，代工廠所提供的工藝設



計套件 (PDK) 模型主要針對數位和模擬應用，這嚴重限制了毫米波電路的發展。此外，設計人員有時需要使用與 PDK 不同的優化電晶體佈局，這也需要相應的自行開發模型。

與物理模型相比，經驗模型在電路設計中更為可取，因為它們與測量結果更吻合，並且與電腦輔助設計 (CAD) 工具更兼容。在過去幾年提出的許多經驗大信號模型中，Curtice 模型、Angelov 模型和 EEHEMT1 模型是三種最常用

的模型，也是三種典型大信號模型的代表，並從中開發了一系列改進模型。儘管它們各自具有優點，但這些模型還尚未在工業中廣泛採用，因為它們太複雜且相對太多的參數難以取得。

總而言之，在毫米波電路的設計流程中，迫切需要可以直接從實際測量中取得精確、簡單且靈活的大信號 FET 模型。作為這種類型的一個例子，這次提出了一個改進的 Angelov 大信號 FET 模型及其相應的參數取得方式。該模型通過混合

測量進行全面評估，包括 DC-IV 關係，RF 多偏置 S 參數和 RF 功率性能。結果表明，該模型適用於高達 67 GHz 的寬頻率範圍，這保證了在毫米波 PA 設計中使用該模型的有效性。此外，該模型可以根據電晶體尺寸進行擴展，也可以擴展到更高的頻率。

功率放大器、頻率產生積體電路和類比積體電路

為了滿足不斷增加的用戶對更快數據速率的需求，現代無線通信系統必須快速發展以支持數量急劇增加的用戶。這種趨勢促進了多輸入多輸出 (MIMO) 系統的廣泛應用。在最近針對第五代 (5G) 系統的提議中，大規模 MIMO RF 前端中單獨射頻 (RF) 鏈的要求可以多達 256 個鏈，每個 RF 鏈頻寬高達 800 MHz。為了應對數據流量的爆炸性增長，預計即將推出的 5G 系統將顯著地增加頻寬。目前的頻譜分配已經非常擁擠，運營商正在尋求新的無線電頻譜資源。由於其廣泛的覆蓋範圍，低頻頻段對於維持 5G 網絡的廣泛覆蓋仍然至關重要。因此，3.3 ~ 4.2 GHz 範圍作為 5G 的頻率範圍受到極大關注，可為每個運營商提供大量頻寬。在毫米波 (mmWave) 頻率下進行的初步研究和原型設計工作已經證明 mmWave 頻帶也有望實現 5G 的要求。因此，這引起了對 6 GHz 以上頻帶的極大興趣，這些頻帶將是未來 5G 移動通信的候選頻譜。

前端射頻積體電路

低雜訊放大器 (LNA) 是相控陣系統接收鏈中最關鍵的元件之一。它必須滿足幾個嚴格的要求，例如精確的輸入匹配以達到最小化的反射損耗，低噪聲設計以增強接收器靈敏度，良好的線性度和足夠的增益以抑制寬頻帶操作中的噪聲。近年來，隨著 CMOS 製程的縮小，平常用於微波前端應用的砷化鎵 (GaAs) 製程有可能被 CMOS 取代。

微波和太赫茲積體電路

未來使用 300 GHz 頻段的太赫茲通信引起了大家的關注，期望可以獲得超過 275 GHz 的未分配頻段。在超高頻的太赫茲頻帶通信中，具有優異高頻性能的化合物半導體已經在先前的研究中使用過。然而，對使用半導體積體電路，特別是 CMOS 積體電路的無線收發機的研究也越來越多。

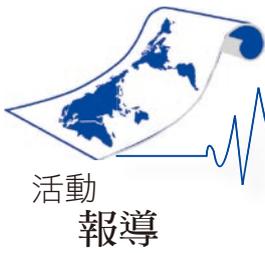
通信數據速率逐年呈指數成長。與有線通信相比，無線通信的數據速率提高非常快。如果數據傳輸速率繼續以這種速率提高，那麼在 2020 年，無線通信可以實現每秒 100 gigabits 的速度 (目前僅能以光通信實現)。最近發布了這種無線收發器的超高速無線通信領域，其數據速率超過每秒 100 gigabits。無線數據速率可能在 2030 年趕上有線數據速率。當然，仍然存在許多技術挑戰，以防止無線數據速率趕上有線數據速率，並且不能簡單地實現等效性。然而，無線通信中低數據速率的時代很快就會結束。

太赫茲被動整合技術

天線封裝 (AiP) 的概念巧妙地實現了 IC 封裝上的天線，且不會導致額外的系統複雜性。它已成為毫米波 (mmWave) 和太赫茲 (THz) 頻譜中的通用天線解決方法。AiP 採用 3D 堆疊佈局，需要多層工藝製造，通常被視為低溫共燒陶瓷 (LTCC) 和液晶聚合物 (LCP)。這次則說明用於 AiP 天線原型的網格陣列天線 (GAA) 的分析、合成和設計的細節。

總結與展望

本次為期三天的 RFIT 研討會，讓射頻、毫米波和太赫茲相關領域的學者在中國南京相聚，分享個領域最新的研究成果與預測未來技術發展趨勢，並且增進彼此的情誼。這次的研討會在熱鬧且盛大的學術交流下圓滿結束。明年 (2020 年) RFIT 將在日本廣島舉行。■



國際研討會連線報導

2019 國際進階電磁應用研討會 暨國際電機電子工程師協會天線與無線通訊傳播研討會

聯盟特約記者／李柏叡

引言

2019 國際進階電磁應用研討會暨國際電機電子工程師協會天線與無線通訊傳播研討會（2019 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications and IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications）合併舉行，於 09/09 ~ 09/13 在西班牙安達魯西亞省格拉納達市的「皇宮議會」（Placio de Congresso）舉行，議程為期五天。由於此會議為兩大會議合併舉辦，規模更甚以往。此研討會在電磁學、電磁特性、電磁應用、天線設計、陣列天線與通訊系統建置等議題上具有極度重要的地位，為國際上電磁領域的年度重要會議。筆者所投稿的論文屬於國際進階電磁應用研討會部分，為我國參與此會議唯二的論文之一。國際進階電磁應用研討會至今已經邁入第十九屆，持續擔任電磁應用方面的領頭羊，本屆選擇在西班牙南部城市格拉納達舉辦，融合了新穎的科技與古老的伊斯蘭宮殿阿爾罕布拉宮，新舊混搭，著實是一場學術與文化交融的知性之旅。

隨著全世界的通訊技術發展日新月異，電路操作頻率與傳輸速度正爆發式的成長，過去的速度再也無法滿足現今電子產品的需求。電路速度的提升，也伴隨產生了非常多的議題，原本使用的電磁學理論或是模擬套件，在高頻下常常需要進行修正，尤其是對我國極其重要的 5G 系統建置，更是集各種電磁學應用技術於一身，設計上

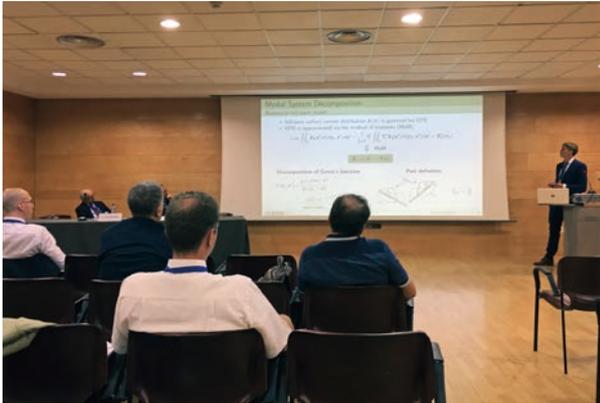


的挑戰永遠會越來越艱鉅，於是更需要有新的研究技術來應對。由於製程進步，電路面積的縮小也讓天線設計面臨了前所未有的挑戰，要如何將尺寸受波長影響的天線放入更小的空間但仍要保持其特性，都有待學界、業界的研究者們解決。因此，除了 ICEAA 與 IEEE-APS 外，仍有許多國際研討會皆致力於討論這類議題，這些研討會每年在歐洲、美國與亞洲各國舉行，希望能夠讓各國團隊的先進技術能夠互相交流，使全世界的電磁學技術可以更上層樓。

議程規劃

本次議程架構上，第一天上午安排幾位知名教授的導論型專題演講，下午即開始進行口頭論文發表（Oral Session）。由於論文極多，後四天全部都是各類議題的口頭論文發表，與其他會議不同的是，此會並沒有海報議程（Poster Sessions）。

本次研討會的內容涵蓋甚廣，投稿論文眾多，共有六個會議室同時進行報告，從上午八點一直安排到傍晚六點，十分扎實。研討會題目從



天線訊號處理、天線陣列設計、基礎電磁理論、數值電磁學、電磁超材料設計與應用、微波探測器、場論、電磁建模乃至於電磁相容與訊號完整度技術皆有所探討，由於六個會議室實在太多，筆者分身乏術，僅能就自身有參與的議程摘要數個進行報導。

開場演講

本會議第一天的開場演講有兩場，兩場題目皆與「超材料 (Metamaterials)」相關，第一場是來自美國紐約 CUNY 進階科學研究中心的 Andrea Alu 研究員，題目為「Breaking Lorentz reciprocity using metamaterials」，第二場由新加坡大學的 Zhi-Ning Chen 教授主講，題目為「Microwave metamaterials: Wave control using metamaterials metasurfaces and materials」。兩場演講都著眼於如何使用超材料 (metamaterial) 來改變現在電磁設計或天線設計所受到的自然條件限制。超材料顧名思義是一種超越自然材料特性的人工合成材料，通常能在一定的頻段內等效成某種不存在或是特性極特殊的材料，例如負的介電系數或是導磁係數。這樣的設計可能可以在特定頻段使原本的天線設計有更好的改善，其中新加坡大學的陳教授更是舉了數個例子來說明這樣的特性，例如在一個原本在印刷電路板上的平板天線 (patch antenna) 中，加上一片等效上具有高介電系數的超材料，置於天線與地面之間，即可大幅縮減印刷電路板的高

度，可以在具有類似天線特性的情況下，縮小此天線的尺寸。同樣的，在許多電磁設計中，也可以利用這樣的超材料電磁特性受益。兩場演講皆向我們展示了超材料應用的重要，呼籲大家可以嘗試用這樣的方法來改善原有的技術。

天線訊號處理與天線設計

此類論文共有十餘篇，其中有澳洲大學提出的載具追蹤技術，藉由處理天線所收的訊號來追蹤各式載具，如車輛、飛行器等。來自義大利杜林大學的研究者提出可以適用於 5G 通訊的圓柱型陣列，可以利用其特殊方法改變天線陣列的指向，以期在 5G 系統中能加以實用。此議程中關於 5G 的論文還不少，另外有法國 Rennes 大學提出的 KA-band 應用之多指向性傳播陣列天線，可以操作在相當高頻的波段。此會議也有數篇論文討論反射陣列天線 (Reflectarray)，如澳洲 Adelaide 大學提出可用於太赫茲 (Terahertz) 波段的反射陣列天線，其設計可以確保天線具有一定的頻寬，在太赫茲頻段具有較高的實用性。另一篇由英國 Heriot Watt 大學所提出的論文則是探討交叉極化之反射陣列天線的最佳化設計。

電磁理論與消息理論

首先由美國紐約 Syracuse 大學的 Sarkar 先生開場後，來自西班牙馬德里的團隊報告了散射理論 (Dispersion principle) 在系統設計中的重要性，接著 Laguans 先生介紹通訊子系統置中的消息理論。關於電磁理論，本會中也有數篇嶄新的研究，由美國電機電子工程師學會的 Knisely 提出在 Parabolic 方程中的數值散射縮減理論，另有祕魯 Inictel 大學的 Aquino 提出一種用傳輸線分析理論量測導磁係數的新方法。最後又由 Sarkar 做收尾，講述消息理論與電磁學之間的連結與關連性。本節報告較具有導論性質，相當適合想了解電磁理論與消息理論的人參與。

數值電磁學

本會中探討數值電磁學的學者教授非常多，



其中來自西班牙馬德里的 **Salazar-Palma** 提出可以用於天線場型量測中強化精準度與效率的計算技術，加拿大皇家軍事大學的 **Antar** 教授團隊提出一個結合 **FDTD**、**IDM** 和 **CGF** 的方法，用以研究天線系統中的相關性 (**correlation**) 和交互耦合 (**mutual coupling**) 現象，而來自土耳其的中東科技大學團隊則提出一種快速且有效率的三維結構分析方法；來自西班牙的 **Tabota** 先生報告了關於 **nanoscale** 的馬克士威方程式快速計算方式。此會議中的數值方法研究族繁不及備載，這類方法能夠幫助我們快速的獲取電磁模擬的結果，而不必真的進行量測，也能夠避免許多量測上必然的誤差和困難，這類方法對我們研究電磁問題時非常有幫助。

電磁相容與訊號完整度議題

本會為電磁應用會議，對於電磁造成的干擾也有所涉獵。隨著高速訊號傳輸技術的發展，電磁相容和電磁干擾問題越來越不可避免。電磁干擾有三種阻絕方式，一是針對干擾源 (**Source**)，例如減少不理想的佈線；二是針對干擾路徑 (**Path**)，例如使用金屬屏蔽；三則是針對受干擾對象 (**Victim**)；例如將天線遠離雜訊輻射場強的區域。若要測試受干擾的程度，就需

要有射頻干擾測試 (**RFI testing**)。來自南非的 **Koech** 發表了一個 **hyperband** 的天線，可以用於射頻干擾測試，美國的 **New Mexico** 大學提出了一種 **Flip-flop** 邏輯閘的電磁干擾 (**EMI**) 簡化模型，同時該團隊亦提出一個微控制器之射頻輻射的建模方式，可用於預測該電路在高頻所造成的輻射干擾。另外訊號完整度議題也常常與電磁相容問題一同討論，這次會議中也有數篇論文關於此類研究。其中義大利杜林大學的 **Canavero** 教授團隊利用機器學習方法分析分散系統中的高速訊號之訊號完整度，筆者曾有此想法但尚未實作，於此看到有人已經將此概念發表，讓筆者既欽佩又遺憾。而來自比利時 **Ghent** 大學的 **Huynen** 則是建立了一種用於差動訊號介面的模型，利用表面導納使此模型具有更好的效果。

電磁超材料設計與應用

本研討會關於超材料設計的論文相當豐富，可能就如開場的陳教授所言，超材料設計用以改善無線通訊系統，正成為趨勢。關於超材料的文章有三十餘篇，其中有法國 **LAPLACE** 團隊提出的最佳化寬頻超材料設計，以及以色列科技大學團隊所提出的，用印刷電路板所製造的超材料做異常折射的探測，他們真的有將其製造出來，



並且提供了可靠的量測數據來證明其實用性。另外，日本 Ryukoku 大學的團隊研發了一種可以大幅強化平板天線增益的超材料，等效上就是可以降低天線本體所佔的體積，藉此能夠在設計上具有更多的自由度。由於傳統上擁有固定介電系數與導磁係數的板材已經被研究得相當透徹，大部分建立於其上的設計都已經被最佳化，要在百尺竿頭更進一步往往相當困難，所以利用超材料改變特性，改變電波領域的遊戲規則，或能創造更多火花。此類超材料的其中一支，演變為周期性結構以及頻率選擇表面（FSS）的設計並將其獨立成一個 session，將於下面探討。

週期性結構與頻率選擇表面

頻率選擇表面的設計大多是希望可以藉由設計某種週期結構，在某個特定頻率造成帶通或帶止的濾波效果，某種程度上可視為超材料的一種。由於會議上此類設計眾多，故大會將其獨立成一節特別討論。中國南京教育大學的團隊提出了一種用多個同軸波導組成的三維雙頻頻率選擇表面，可以具有相當不錯的頻率選擇效果。另

外，中國南方科技大學的 Rashid 設計了一種用於太赫茲頻段的高 Q 值頻率選擇表面，已經將應用放眼 5G 以後的新世界，甚至有可能到了第六代行動通訊都可以使用到這類的技術。頻率選擇表面的測試往往是最困難的部分，因為此類設計通常需要兩個以上的天線互相收發，才能將頻率選擇表面的特性呈現出來，但是真實的輻射往往難以控制，所以用以衡量這些頻率選擇表面的散射參數往往難以和模擬完全相符。周期性結構還有一支名為電磁能隙週期結構（EBG），也是利用重複的電路圖形在表面製造出帶通或帶止的效果，但與頻率選擇表面最大的不同在於，頻率選擇表面是由正向入射到材料中產生效果，而電磁能隙週期結構則是在橫向傳播的波導上造成效果。會議中也有數篇討論電磁能隙週期結構的論文，屬於 IEEE-APS 部分，多用於放在天線周圍改善天線的輻射場型和特性。

元件與電路的電磁建模

不論是全波模擬、數值方法或是實際量測，在電磁領域皆十分曠日廢時，如果能將電路和元件造

成的電磁場效應有效的建成模型，就能以電路計算的方式處理電磁問題，通常都能大幅縮小計算時間和資源。本節有許多論文，其中南非 Pretoria 大學提出用類神經網路（ANN）的方式去訓練模型，用以預測 UWB CPW-fed 式的開槽天線場型，所得到的模型的確能有效的做出預測；德國的 Lange 與 Leone 提出一種可以用於描述傳輸線與電流探針耦合的寬頻模型，可以快速的找出這兩者之間的電磁場關係，而美國伊利諾大學芝加哥分校的團隊則是提出了低損耗帶線耦合器的模型，利用該模型能夠有效率的設計這種耦合器並達到很好的工作表現。此節中，我國台灣大學的團隊亦有貢獻，他們提出了一個新穎的電路模型，用以建立同軸線轉接微帶線這種不連續面的輻射能量模型，由於同軸線轉接微帶線在電路應用上十分常見，各種電子產品中，只要有電纜線連接，幾乎都會面臨這個問題，恰巧台灣又是電子製造大國，這樣的應用更加常見。這類的轉接往往會造成意想不到的輻射現象，而過去的文獻中卻很少人對於此輻射的大小作出討論。或許因為這類的量測極其困難，研究者大多針對外導體電流作探討，因為一般認為外導體電流與輻射最相關。該論文表示在 1 GHz 以下的輻射可以大致被其模型捕捉預測，且大致與頻率的六次方成正比。

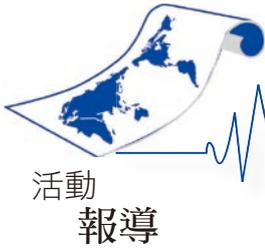
近場特性探討

近場的建模與量測往往是非常難以駕馭的，失去了遠場近似的條件，許多好用的特性在近場都難以使用。來自俄國的 Baev 在此節發表了兩篇論文，探討如何用近場的探測結果還原輻射體本身的樣貌，藉此推廣到遠場。該研究使用電流探針探測近場的輻射情形，利用他們提出的算法，用以還原輻射源原本的訊號形式，藉此，可以推算此輻射源在遠場的輻射情況。筆者認為這是一個相當新潮的想法，除了我們只要有近場資訊就能讀取輻射源的訊號之外，能夠在沒有遠場量測工具的情況下預測遠場的情形，也是十分的有趣的應用。

感想與期許

這次的「國際進階電磁應用研討會」和過去有很大的不同，與另外一個重要會議：「國際電機電子工程師協會天線與無線通訊傳播研討會」合併舉辦，使得電磁應用領域與天線領域之間的交流更為熱絡，邀請發表的議題五花八門，筆者在會場也是看得眼花撩亂，從如此眾多的論文中，更可以看出學界與業界各有所長，從數值方法、電路模型、程式、製程到實驗量測，各種方面的精彩呈現真的族繁不及備載。這裡萬花筒般的研究報告開拓了各方人馬視野，讓與會者能互相站在彼此的肩膀上，一同鑽研電波領域相關的各種有趣議題，五天回憶滿滿的知識饗宴，讓人們沉浸在各種豐富的研究之中。

筆者這次會議認識了幾個來自不同國家的好友，其中有美國密西根大學專精於超材料與超材料表面設計的友人，也有來自巴西專精於數值計算和電磁探測技術的朋友，更認識了以色列、俄國及台灣的朋友，眾人在晚宴上一齊把酒言歡非常愉快。筆者在會議中也看到了不少曾在其他研討會出席的熟面孔。他們對於研究的熱情和對知識的渴望依然十分熱烈。這裡提供了一個跨越國界和文化的場合，人們在此單純只為追求學術並結識志同道合的夥伴。這五天聽著別人的報告，看到了許多自己進步的空間，也想起了自己過去報告的模樣及四年來的成長。筆者在這裡看到了許多他人精湛的報告技巧、縝密的數學推演和扎實的量測結果，更值得一提的是，許多看似不怎麼樣的點子，經過研究者們的一番努力，總是能夠峰迴路轉，給出令人驚豔的成果，也許不少創新的開端也是發跡於這些微不足道的點子吧。傍晚的晚宴，我們在阿爾罕布拉宮的半山腰上，共飲香檳，大談電波領域的未來發展。由此看著格拉納達市全景，夕陽西下，景色極度優美令人十分動容。接下來大家要各自回到自己的崗位繼續奮鬥，希望有朝一日能在這樣的盛會上與友人們再度會面。■



國際研討會連線報導

2019 無線射頻識別技術與應用之國際研討會 (IEEE RFID-TA 2019)

聯盟特約記者／顏志達

2019 無線射頻識別技術與應用國際研討會 (2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications, IEEE RFID-TA 2019)，於義大利比薩 (Pisa, Italy) 舉行，此國際研討會的會期為三天 (9/25 ~ 9/27)，在歐美地區具有相當的權威性，本研討會旨在加強業界、研究機構與學術界之間的關係，並為與會者提供一個獨特的機會，以分享、討論和見證 RFID 技術及其應用各個領域的研究結果。本次由比薩大學訊息工程學系 (The Department of Information Engineering (DII) of the University of Pisa) 主辦。

研討會除了一般口頭報告 (Oral Talk) 及海報展示 (Poster) 之外，還有許多其他活動行程，例如：開幕式 (Opening Ceremony)、世界各國公司在 RFID 領域成果演講 (Workshop)、主題演講 (Keynote Speech)、晚宴 (Social Dinner)、最佳學生論文競賽 (Best Student Paper Award Content)、歡送會 (Farewell Party)。

在此次國際研討會中，主題皆環繞在 RFID 領域上，主辦單位將主題細分為十二種類別：(1) 無線電力傳輸實現物聯網 (Wireless Power Transfer Enabling the IoT)、(2) 無晶片和常規 RFID (Chipless and Conventional RFIDs)、(3) 超寬頻及高頻 RFID (Ultra-Wideband and High-Frequency RFID)、(4) 女工程師的最新科學和工業發展 (RFID Ladies: spotlight on recent scientific and industrial advances of Women Engineers)、(5) RFID 天線設計、理論與測量 (RFID Antenna Design, Theory and Measurement)、(6) 適用於以身體為中心網路的 RFID：可穿戴、表皮、植入式系統 (RFID for Body-centric Networks: Wearable, Epidermal, and Implantable Systems)、(7) 利用 RFID 系統進行定位、追蹤及導航 (Positioning,

Tracking and Navigation with RFID Systems)、(8) 智能和感應 RFID 標籤 (Smart and Sensing RFID tags)、(9) RFID 應用中的新型天線 (Novel Antennas for RFID Applications)、(10) RFID 在物聯網應用中的進展 (Advances in RFID for IoT Applications)、(11) RFID 在普遍應用中的解決方案、挑戰和期望 (Solutions, Challenges and Expectations for Ubiquitous Applications)、(12) 新興的 RFID 技術和應用 (Emerging RFID Technologies and Applications)。

議程規劃與會議規模

首日早上由七位來自世界各地公司的電磁專家：VOYANTIC (芬蘭)、CAEN RFID (義大利)、SENSOR ID (義大利)、SOFIDEL (義大利)、ANSYS (美國)、TENENGA (義大利)、CISC SEMICONDUCTOR (奧地利) 講述現今產業在 RFID 領域上的發展及應用，以及目前所面臨的挑戰和待克服的問題，並且提出解決辦法。同日下午舉行開幕典禮，正式宣布會議開始。第二日早上至議期最後一天則是約一百篇口頭論文發表、十篇論文海報。會場外面則設置將近十家廠商攤位參展。第二日下午頒發最佳學生論文獎，同日晚上，主辦單位籌辦一場盛大宴會，人數爆滿，座無虛席。接下來筆者將針對幾個主題做簡單的介紹。

帶有寄生的偏心環形槽縫 UHF RFID 讀取器應用程序之元素

RFID 技術是迄今為止最有效、最成熟的無線追蹤技術，可以很容易地在各領域中被設置和應用。RFID 技術已被廣泛應用，例如物流與供應鏈、資產與庫存追蹤以及機場行李追蹤。RFID 系統主要由可設計為主動或被動類型的標籤，或稱為嵌入晶片的標籤 (Tags) 天線和連接到主機的詢

問器 (通常稱為讀取器 Reader) 組成。RFID 系統也可以分為近場類型 (Near-Field Type) 和遠場類型 (Far-Field Type)。對於遠場 RFID 系統, 通常首選為帶有圓形極化 (Circular Polarization, CP) 輻射的 UHF RFID 讀取器天線, 因為它可以減少由環境引起的多徑效應 (Multipath Effect), 然而行業使用的標籤天線通常為線性極化 (Linear Polarization, LP)。最近已經研究了許多 UHF RFID (超高频 RFID, Ultra High Frequency RFID) 讀取器天線設計。在這些研究中, 已經有研究人員將 slit 和 slot 應用於輻射貼片以實現較寬圓形極化頻寬的技術。然而為了縮小天線大小 (天線的高度大約為 10 mm), 還應用了將耦合饋電技術 (Coupling Feeding Technique) 應用於環形開槽天線 (Ring Slotted Antenna) 上, 但是該天線的圓形極化頻寬只能涵蓋基本的 UHF RFID 頻寬 (922 MHz ~ 928 MHz)。其中為了實現頻率捷變 (Frequency Agility), 台灣逢甲大學的研究生及教授曾提出了幾種新穎的方法, 為了在增強圓形極化頻寬的情況下實現最佳阻抗匹配, 將輻射貼片加載到 L 形接地層。從實驗結果來看, 所提出的天線可以在 650 MHz 至 1125 MHz 之間產生阻抗帶寬 (10 dB 回波損耗, Return Loss), 同時還可以在 901 MHz 至 930 MHz 範圍內獲得良好的極化頻寬 (3 dB 軸比, 3 dB Axial Ratio, AR)。此外, 測得的增益水平和效率分別超過 7.8 dBic 和 90%。將兩個縫隙應用到偏心環形縫隙天線中的技術, 通過簡單地增加或去除兩個縫隙 (縫隙 1 和縫隙 2) 之一, 此圓形極化讀取器天線可以在 UHF RFID 中國大陸頻段 (840 ~ 846 MHz)、歐洲頻段 (865-868 MHz) 和北美洲頻段 (902 ~ 928 MHz)。

適用於近場毫米波傳感應用之波導透射陣列天線

近幾年, 毫米波 (Millimeter Wave) 識別和傳感 (Sensing) 的應用, 由於其在醫學、工業、健康、安全等各個領域的潛能而引起許多研究人員的研究及探討。然而在這些應用中, 傳感或讀取器天線在確定結果的準確性及有效性方面有至關重要的作用。由於是操作於毫米波頻段, 故能縮小讀取器

天線尺寸。另外還可以設計出更窄波束、增益更高的較小陣列天線。在這類應用中, 近場聚焦天線比遠場天線更為出色, 因為它們能夠將更多的電磁能量聚焦在更靠近天線孔徑 (Aperture) 的特定焦點上。它們還減少了來自附近結構散射信號的干擾。因此, 需要具有多波束能力的毫米波近場 (Near Field) 感測天線。在這項工作中, 作者提出了使用金屬波導透射陣列天線的想法。金屬透射陣列天線設計具有以下優點: 聚焦點處的電場強度更高, 損耗更低, 設計簡單且便宜。若透過採用多個饋入點在空間上等距離排列, 不僅能達到多波束輻射, 還能消除複雜的波束形成電路 (如: 利用金屬微帶線)。傳輸層中波導陣列的作用類似於透鏡。然而, 在透鏡天線中, 元件的整個佈置被視為單個實體, 並且透鏡參數對於每個元件保持恆定。這限制了陣列結構的能力。通過允許每個陣列元件的參數因不同的約束而變化, 由於它既具有透鏡原理又具有陣列理論的優點, 因此可以大大改善整個天線的性能。因此, 作者選擇透射陣列設計, 以根據需要改變每個波導元件的參數, 使得在天線之近場區有最大的電場強度。

用於無芯片 RFID 傳感器之彎曲曲折線諧振器

如今, 無損耗檢測方法的需求不斷增長, 尤其是在輕質混凝土、木材和標本等建築材料中。射頻識別 (RFID) 基於無線電無線通信技術, 是用於發送和接收信號之非破壞性方法, 或者稱為非接觸數據傳輸技術。RFID 系統由傳感器 (讀取器, Reader) 和標籤 (Tags) 組成, 其中標籤可以分為含晶片 (Chipped) 和無晶片 (chipless)。澳洲蒙納士大學博士生 Stevan Preradovic 曾經提出了一種基於多諧振盪器的無晶片之 RFID 系統來追蹤物品, 其中微帶螺旋多諧振器以及交叉極化 (Cross Polarization) 的發射和接收微帶超寬頻圓盤加載單極天線 (Monopole Antenna) 被當作無晶片 RFID 標籤。然而作者提出了一種基於彎曲曲折線諧振器的印刷圓形貼片當作無晶片 RFID 傳感器, RFID 傳感器上的諧振器利用數據位元 (Data Bit) 以進行識別。RFID 傳感器上的發射和接收天

線經過適當設計，可以感應被測材料的介電性能。從作者量測結果來看，它可以在 1.8 ~ 2.5 GHz 的頻率下工作。在 2.28 GHz 的共振頻率下，增益為 2.14 dBi。因此，作者所提出的天線設計可以作為具有非破壞性測試技術的 RFID 傳感器候選者。

用於太空應用的超寬帶無電池定位系統

近年來，我們對在室內環境中定位配備低成本和無電池標籤的物體和人員的興趣日益濃厚，以實現物流、零售、安全等不同領域的多種應用。UHF Gen.2 射頻識別標準技術是目前最流行的物品識別解決方案。但它的設計只考慮了識別性卻沒有定位性，因此商業讀者只能獲得大致的位置訊息。而目前有許多研究人員已經陸續提出了一些方法來提高定位精度，但是它們通常在惡劣的傳播環境中是不可行的，或者在讀取器方面需要昂貴的硬體（如大型陣列天線）。同時，出現了一些新的即時定位系統（Real-Time Locating Systems, RTLS），它們採用 UWB（Ultra-Wideband, 超寬頻）信號並利用其精細的時間分辨能力來提供高精度的定位。但是，當前基於 UWB 定位系統使用的有源標籤電流消耗大於 50 mA，這與利用能量收集或無線電力傳輸技術並不兼容，因此不可避免地需要電池或極低的佔空比進行操作。

最近，遵循與標準 Gen.2 RFID 系統相同的反向散射原理（Back Scattering Theory），已經提出了一些解決方案，以實現與 UWB 反向散射信號一起使用的無電池標籤，從而在定位精度（約 5 ~ 15 公分）方面獲得了有趣的結果。儘管在低複雜度和低功耗方面具有令人鼓舞的特性，但基於後向散射的架構仍遭受強大的連線預算表（Link Budget）影響（由於反射信號而導致的 2 路連線）。此外，該架構還非常保守地限制了發射功率。UWB 頻段僅將其應用限制在非常短的範圍內（覆蓋範圍 < 10 米）。

作者提出帶有無電池標籤的即時遠程定位系統，該標籤可通過使用節能的 UWB 脈衝產生器將範圍擴大超過 10 米，並嵌入於 3 ~ 5 GHz 超寬帶頻段中。該系統是在歐洲航天局（European Space Agency, ESA）資助的 LOST（Localization

of Objects in Space through RF Tags, 通過射頻標籤對空間物體進行定位）項目中開發的。LOST 的目的是研究合適的技術，以對部署在或漂浮在國際太空站或未來太空站內的物體進行定位。這種「室內」太空應用旨在追蹤環境中存在的每個帶標籤物體，以避免潛在的危險情況，並使宇航員不要在尋找丟失的工具時浪費其極其寶貴的時間。該系統已安裝在 ESA Mars Rover 原型機上，以演示其功能和性能。從作者的實驗結果，在大於 10 米的距離上實現公分級定位精度的可行性，並且能夠使用 UHF RFID 頻帶中的 2W-ERP（2W-Effective Radiated Power）電源確定多個標籤的位置。

與會感想與期許

本次由義大利比薩大學主辦的 IEEE RFID-TA 2019 國際研討會相當成功，許多來自世界各國的資深學者及業界工程師分享自己的研究以及對未來 RFID 的發展提供寶貴的想法。透過此研討會，大家能夠互相交流各自的研究，且能找尋各自未來的研究方向，使 RFID 的發展更上一層樓。此研討會有十幾場的主題，共有上百場口頭論文報告，能夠選擇自己感興趣的內容，不僅能增進自己相關研究之想法，還能拓展自己不熟的研究領域。三天研討會下來，除了發表筆者自己的研究，聆聽了數場口頭演講及海報發表，也認識到許多來自不同國家的學生及教授，互相交流各自的研究成果和經驗，分享自己國家的生活文化，這些寶貴經驗都對筆者自己未來的研究及職涯發展有莫大的幫助。

與會照片



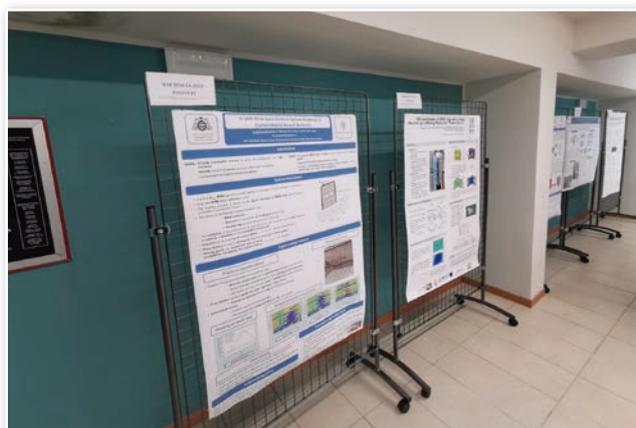
報到區



國立台灣大學顏志達同學報告



國立台灣大學周錫增教授報告



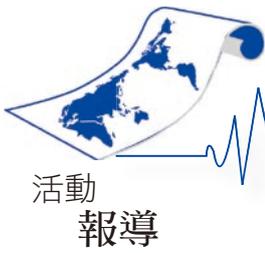
論文海報展示區



最佳學生論文頒獎

本次研討會的會場位於比薩大學附近的修道院 (Residence Le Benedettine)，修道院鄰近著名景點如比薩斜塔 (義大利語：Torre di Pisa)、聖母升天主教座堂 (義大利語：Duomo di Santa

Maria Assunta)、奇蹟廣場 (義大利語：Piazza dei Miracoli) 等。走在充滿古老的街道中，每幾步就有美麗又充滿歷史的建築物，處處都值得拍照打卡。■ ■ ■



活動
報導

國際研討會連線報導

聯盟特約記者／翁培洋

2019 國際電機電子工程師協會電子構裝與系統電氣特性研討會 (2019 EPEPS)

第 28 屆 2019 國際電機電子工程師協會電子構裝與系統電氣特性研討會 (2019 IEEE 28th Conference on Electrical Performance of Electronic Packaging and Systems, EPEPS)，於 10/6 ~ 10/9 在加拿大蒙特婁 (Montreal, Canada) 的麥吉爾大學 (McGill University) 校園內展開，議程為期四天。相較於亞太地區舉辦的先進封裝系統設計研討會 (EDAPS)，本研討會為北美地區在晶片、封裝到系統層級電氣設計的旗艦型會議，內容囊括系統級信號暨電源完整度之分析模擬，考慮製作變異之電氣特性分析、電子系統建模等議題。議程則完整包含口頭與海報論文發表、教學專題研討 (Tutorial Sessions) 以及熱門議題演講 (Keynote Speech)。由於封裝議題對現今的電子產品至關重要，學界的知名研究團隊與業界各大公司皆共襄盛舉，分享彼此研究技術的進展以及目前實際的挑戰，內容相當精實。

先進封裝設計的重要性

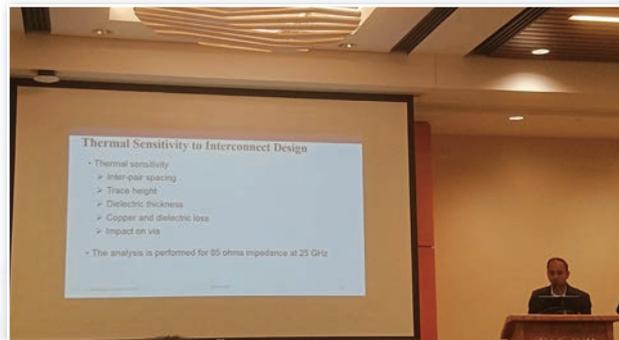
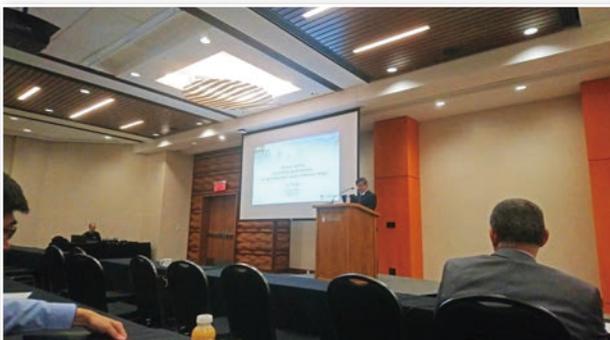
隨著封裝技術的演進，例如：多個封裝晶片的封裝 (Package on Package, PoP)、晶圓等級封裝 (Wafer-Level Packaging, WLP)，以及分析理論的多樣發展，例如：類神經網路 (Artificial Neural Network, ANN)，貝氏最佳化 (Bayesian optimization)，使封裝領域有如一片流著奶與蜜

的應許之地。因為這些新的封裝技術，資料速率 (data rate) 的提升和封裝尺寸的微縮便不再是遙遠的夢想。另一方面，基於這些新興理論，未來能夠處理的問題複雜度便可以增加，考慮的面向也隨之增廣。不過，各式各樣的挑戰也隨之而來。首先，隨著資料速率不停地增加，通道損耗 (channel loss) 也跟著上升，造成系統鏈結 (system link) 的參數最佳化日趨複雜。另外，隨著封裝尺寸下降，散熱問題還有熱電效應分析的問題也逐漸受到重視。除此之外，雖然機器學習理論能幫助我們處理複雜問題，但是其所需要的模擬時間有時不是讓人可接受的，因此未來如何設計分析模擬處理的問題，讓解決問題的時間縮短亦是關鍵。

因此，國際間許多研討會都在探討相關的議題，例如：先進封裝系統設計研討會 (EDAPS)、國際電磁相容研討會 (International Symposium on Electromagnetic Compatibility, ISEMC) 等。這些研討會讓各國團隊的研究得以在理論、模擬至量測、應用等，獲得更直接的交流，以期更有效率地解決關鍵的封裝問題。

議程規劃

本次議程架構上，首日主要是由來自學界、業界的教學專題研討與後三日的口頭論文發表





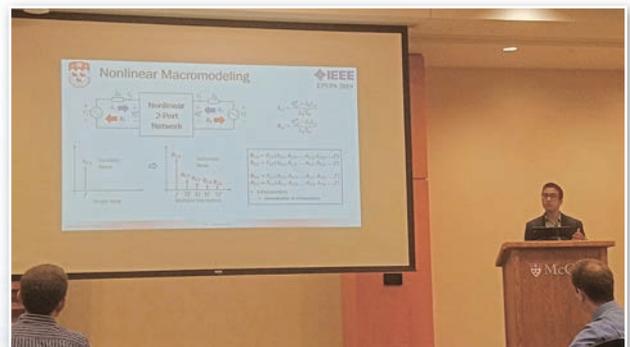
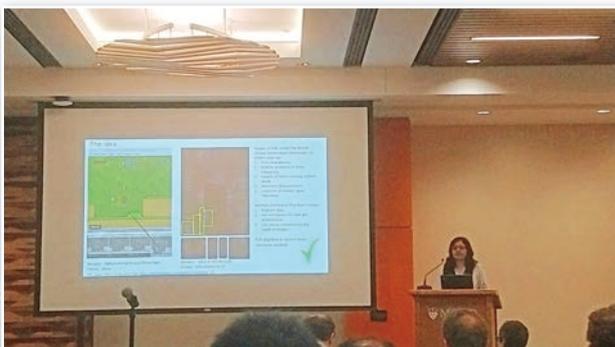
(Oral Sessions)，以及會期第二天最後的海報論文發表 (Poster Session) 所組成。議程主要針對應用機器學習的系統設計分析、電源與信號完整性模擬分析、先進封裝與系統建模、數值電磁的創新發展進行探討。以下將針對這些主題，摘要數個重要的發表。

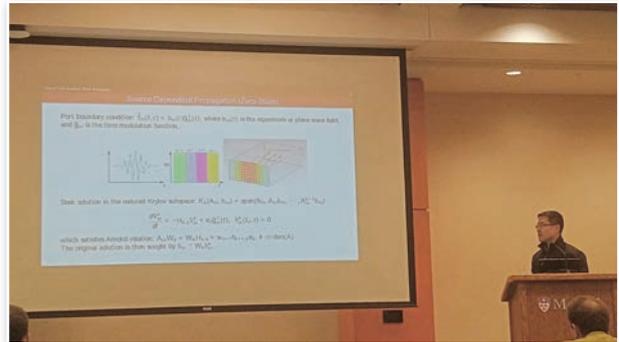
應用機器學習的系統設計分析

機器學習可算是近年來最受歡迎的領域之一。在各行各業中，創造了各種新穎的應用。不免俗地，在封裝領域，無論是學界或業界，近年都前仆後繼地踏入此領域，希望藉由機器學習的理論對於系統分析及封裝設計有所助益。今年的熱門議題演講便由來自 Carleton University 的 Prof. Q. J. Zhang 帶來一系列其過去利用類神經網路設計，以波導管 (waveguide) 或印刷電路 (Printed-Circuit Board, PCB) 為主的微波濾波器並做到物理參數最佳化。在教學專題研討的第一天，來自 McGill University 的 Prof. Warren Gross and Brett Meyer 也探討了未來類神經網路為符合物聯網 (Internet of Things, IoT) 的需求

如何達到低功耗、低記憶體需求且低延遲的硬體架構設計以及如何最佳化一個類神經網路。而在第二天，來自 Georgia Institute of Technology 的 Prof. Madhavan Swaminathan 也討論了許多機器學習如何處理系統設計或封裝設計的相關問題及取代傳統模擬方法的可能性。如利用循環神經網路 (Recurrent Neural Network, RNN) 以期達到類似輸入輸出緩衝器信息標準 (I/O Buffer Information Specification, IBIS) 模型的效果；利用卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN) 分析散射參數 (scattering parameters) 或眼圖 (eye diagram) 特徵；或利用貝氏最佳化設計時脈分布網路 (clock distribution) 等。

通常在分析電源分布網路 (Power Distribution Network, PDN) 的量測資料時，有時需要外插獲得更完整的響應，但通常一個電源分布網路很難被簡單的電路描述，而來自 Prof. Swaminathan 團隊的 Osama Waqar Bhatti 巧妙地將電源分布網路的頻率響應等效成一序列資料並利用循環類神經網路得到一等效模型，準確預測電源網路的響應^[1]。另外，來自同一團隊的 Hakki Torun 則





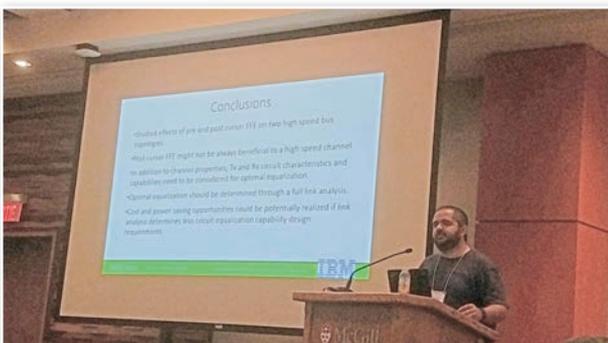
是討論利用卷積神經網路代表一寬頻散射參數的同時，如何確保此模型的因果性（causality）和無源性（passivity）。其採取的方法如下，在一個輸入為 13 個物理參數，輸出為散射參數的類神經網路下，加入因果性和無源性增強層（enforcement layer）。在善用 Kramer-Kronig 關係（KK relation）以及散射參數矩陣之上界（upper bound）公式下，所提出的類神經網路可以確保頻率範圍到一千億赫茲（100 GHz），類神經網路所輸出的散射參數依然保有因果性及無源性以利時域模擬的正確性^[2]。

在今日伺服器的印刷電路中，層數及信號線的數目造成使用全波（full-wave）模擬軟體輔助分析系統的信號完整性非常耗時。來自 Intel 的 Nikita Ambasana 提出利用圖形分析的理論對印刷電路圖進行切割，分成有乾淨參考平面的信號線（通常是直線）與其他信號線（通常是蛇線或有轉折）兩部分。有乾淨參考平面的信號線只需利用二維電磁分析即可，而其他信號線再利用三維電磁分析，如此一來，整體的分析時間便可大幅的下降^[3]。

電源與信號完整度的模擬分析

對於未來 56 Gbps 或 112 Gbps 的四振幅調變（PAM4）訊號來說，僅依賴等化器（equalizer）優化信號品質以達到理想的誤碼率（Bit Error Rate, BER），如誤碼率小於 10 的 -15 次方是不夠的。因此，預先加入錯誤更正碼（forward error correction, FEC）是當今主要的解決方案。來自 Xilinx 的 Hong Ahn 針對有無加入錯誤更正碼的 56Gbps 的 PAM4 信號傳輸最佳化其系統參數設定，如有限脈衝響應（Finite-Impulse Response, FIR）、振幅大小等。首先，回顧過去針對 25 Gbps 的非歸零（Non-Return-Zero, NRZ）信號分析發現單對未加入錯誤更正碼的信號傳輸進行最佳化並不能保證該系統設定也是對加入錯誤更正碼的最佳信號傳輸。接著再利用大量的模擬分析，發現此結論亦適用於 PAM4 信號^[4]。

等化器對於一序列傳輸介面（SerDes）扮演相當重要的角色，其改善信號品質的功能在現今高速系統已是不可或缺。然而，等化器的過度補





償 (over compensation) 有時候可能反而造成信號品質衰退。來自 IBM 的 Pavel Roy Paladhi 分析了前饋等化 (Feed-Forward Equalization, FFE) 對過去資料所造成的符元干擾 (post-cursor Inter-Symbol Interference, post-cursor ISI) 的補償, 以及在不同通道損耗下, 其對信號品質的影響。結果發現, 對低損耗通道來說, 不加 post-cursor ISI 的補償比有補償的好; 另一方面, 對高損耗通道來說, 補償的程度也要斟酌, 否則也會發生過度補償的情形^[6]。

記憶體系統的資料速率隨著世代演進而不斷地上升, 但仍使用單端 (single-ended) 信號傳輸的緣故, 結果造成電源完整度在此系統的重要性節節攀升。筆者提出利用轉移阻抗 (transfer impedance) 量化電源雜訊對信號端的影響程度。使用混和二維 / 三維電磁模擬軟體 (hybrid 2D/3D EM simulator) 以及電路模擬軟體評估對不同電源層疊構並考慮在信號端已放上特定阻抗的情況下, 電源雜訊對信號品質的影響程度, 最後以眼圖模擬佐證理論的正確性, 而且與量測結果相當吻合^[6]。另外, 來自 Intel 的 Benjamin Silva 則提出結合 PDA (Peak Distortion Analysis) 和最差情況的同步切換雜訊 (Simultaneous Switching Noise, SSN) 進行記憶體系統的信號與電源完整度共同分析 (co-SI/PI analysis) 的模擬流程, 結果與量測展現很好的一致性^[7]。

隨著系統越來越複雜, 電源網路也變得越來越難分析。即使今日有電磁模擬軟體的輔助,

工程師們仍希望有一個簡易快速的方法能夠在設計初期快速地設計電源網路。來自 Intel 的 Benjamin Silva 利用傳統的部分電感 (partial inductance) 估算法, 搭配適當的切割結構, 得出與電磁模擬軟體近似的結果, 其提出的方法告訴我們雖然工程師的經驗只能給出好的答案, 而電磁模擬軟體會給一個完美的答案, 但今天的好答案總是比明天的完美答案好^[8]。

在現今晶片上, 多全整合式電源整流器 (Fully-Integrated Voltage Regulator, FIVR) 的架構供應晶片系統上需要不同供應電壓的子系統已屬常見架構。但通常該架構會共享同一個電源輸入網路, 造成電源雜訊共享的問題。來自 Indian Institute of Science 的 Srinivasan Govindan, 相較於之前所提的集總模型 (lumped model), 提出了一分散式模型 (distributed model) 分析此電源雜訊共享的問題。該模型僅需利用電路模擬, 即可預測各整流器所耦合之電源雜訊大小, 是一個相當有效率的解法^[9]。

先進封裝與系統建模

利用憶阻交錯陣列 (memristor crossbar array) 的非揮發性電阻式記憶體 (non-volatile resistive memory), 其結合計算及儲存的特性以及低功耗, 是將來可望取代處理器 - 記憶體 (CPU-Memory) 架構的另一種應用於人工智慧的創新架構。但是在晶片尺度下, 密集的連接所導致的寄生效應對於一雜訊敏感且低讀取電壓的電路來說, 實在是一大挑戰。來自 KAIST 的 Taein Shin 提出一可適用於大型陣列的等效電路模型, 其利用簡單的單元 (unit-cell) 分析方法, 將每個小單元等效成 RLC 電路以及相鄰單元之間的互感及互容也包含於等效電路模型中。得益於此電路模型, 分析憶阻交錯陣列的信號完整度變得相當容易。最後針對電壓降 (IR drop)、串音干擾 (crosstalk) 還有電壓抖動 (ripple) 進行不同多重振幅 (Multi-level) 信號的眼圖分析,

發現電壓降的影響最大，大約正比於金屬走線的電阻值，反比於憶阻的電阻值。因此，未來該架構的效能瓶頸會被連接設計所限制^[10]。

近年來，3D 列印技術因為其小規模生產或產品原型打造上的成本比傳統平面式生產低，因此受到許多小公司或學界的注意。來自 Institute of Microwaves and Photonics 的 G. Gold 提出了利用氣溶膠噴塗技術的列印系統 (aerosol-based printing system)，其可印刷尺寸小 (最小可到 20 微米) 的特性，成功地製作一領結濾波器 (bowtie filter)。雖然因為機械系統反應較慢，導致在印刷過程中不能任意改變印刷參數，但其團隊提出並排印刷的方法，也就是將一定寬度的結構分解成多條細線並排而成，因此只要定位系統的精度足以應付所需即可，該方法即便細線寬度與所需寬度不是整數關係也無妨，只要調整重疊比例即可。經由實作量測發現，該濾波器特性與使用傳統印刷電路板製程製作的濾波器差異甚小。總結來說，結合氣溶膠噴塗技術的列印系統和並排印刷的方法對於初期設計並驗證微波濾波器有相當大的幫助。該論文亦獲得今年的最佳海報論文獎 (Best Poster Paper Award)^[11]。

在現今多種高速傳輸介面下，每一種界面所需的系統阻抗皆不盡相同。為了因應阻抗的可調性，來自 IBM 的 Yanyan Zhang 提出了在介面卡連接處 (edge card connector) 的下方插入一薄導體做為參考地面 (reference ground)，藉由調整此導體與信號線的距離動態調整阻抗，以符合各傳輸介面之要求。除此之外，得益於此參考地面，信號線的插入損耗 (insertion loss) 也有所改善，還有信號線之間的串音干擾也下降了，故可操作頻寬也因而增加^[12]。

巨集模型 (macromodel) 一直以來因為其將複雜的電磁結構轉化成簡單的等效電路或行為模型的特性，不管學界或業界，都投入相當大的心力研究。但隨著模型維度 (dimensionality) 增

加，模型的複雜度也隨之增加。來自 Politecnico di Torino 的 Prof. Stefano Grivet-Talocia 團隊提出利用徑向基底函數 (Radial Basis Function, RBF) 參數化巨集模型，採用此方法可將模型維度和所需參數數目分離，如此一來，計算複雜度便不會隨著模型維度增加而上升。除此之外，採用正定 (positive-definite) 的基底函數進一步改善穩定度 (stability) 問題。在未來，該方法會針對如何處理有雜訊或有誤差的資料，做進一步的探討^[13]。

在電路變異度分析方面，一般常使用的蒙地卡羅 (Monte-Carlo) 方法有著收斂速度緩慢的缺點。而多項式混沌展開是一種近年來新興的替代方案，不幸的是，此方法的計算複雜度隨著所需變數變多而急速增加。來自 McGill University 的 Karanvir S. Sidhu 提出引入導數 (derivative) 資訊，使得所需的取樣點數是原來的一半即可，因此在不犧牲準確度的前提下，作者所提出的方法大幅地降低計算複雜度^[14]。

在多晶片堆疊 (Multi-die stacking) 方面，InFO 和矽穿孔 (Through-Silicon Via, TSV) 是相當熱門的技術。而來自 Intel 的 Biancun Xie 則提出嵌入式多晶片連接橋式封裝架構 (Embedded Multi-die Interconnect Bridge, EMIB) 也可達到高輸入輸出密度的效果，同時其成本與矽穿孔相比低，與傳統封裝相比又可以達到較小的封裝尺寸，可說是一經濟實惠的技術。不過，如何分析設計相對應的電源網路仍是個等待探討的議題。在本篇論文中，作者探討了晶片端和基板端放置去耦合電容 (decoupling capacitor) 的效果，並且提出可以在連結橋上加入指叉式電容 (interdigital MIM capacitor)，大幅度改善電源雜訊^[15]。

向量匹配法 (vector fitting) 是在建立巨集模型時常用的方法，但因為計算過程中牽涉到特徵值的計算，因此對於一多埠 (multi-port)、多頻率

點(寬頻)的散射參數資料來說,此方法在計算上顯得不可行。不過,過去 Politecnico di Torino 的 Prof. Stefano Grivet-Talocia 團隊曾提出一平行化處理的改良辦法,使得向量匹配法仍可以用於多埠、寬頻的散射參數。來自 Carleton University 的 Naveen Kumar Elumalai 則利用圖形處理器 (Graphical Processing Unit, GPU) 實作了該方法並比較不同演算法的效率,同時也跟單純用中央處理器 (Central Processing Unit, CPU) 比較。結果發現使用圖形處理器搭配特定演算法,模擬時間最多可以達到十倍左右的改善^[16]。

數值電磁的創新發展

近年來,數值電磁針對封裝結構也發展了一些創新的方法。來自 University of Texas at Austin 的 Chang Liu 即提出了對於多條平行信號線的結構可分解成信號線以及背景環境的層狀結構,包括空氣層、介電質層、導體層(參考地)進行分析。對於背景環境的層狀結構,層狀介質積分方程 (layered-medium integral equation, LMIE) 提供了一準確快速的解法。在傳統的層狀介質積分方程中,電源或參考地層上的電場以及表面電流都會被視為待解的未知數,並造成欲解之矩陣的特徵值 (eigenvalue) 接近零,導致計算困難。而作者聰明地將電源和參考地層納入背景環境中,減少待解的未知數並改善矩陣特徵值接近零的問題。表面粗糙度 (surface roughness) 對電源和參考地層的影響只要修正其表面電阻 (surface impedance) 即可。所以,作者提出的方法針對密集信號線的封裝來說,不只計算複雜度遠低於傳統的方法,而且其方法亦將層狀結構的有限厚度、有限導電度、表面粗糙度皆考慮在問題中。本論文亦藉此創新巧思獲得今年最佳學生論文獎 (Best Student Paper Award)^[17]。

隨著製程不停微縮,走線寬度不斷變細,走線的直流 (DC) 電阻值對於信號或電源完整度

來說變得越來越重要。來自 Mentor Graphics 的 Surbhi Mittal 提出將金屬的表面粗糙度利用簡單的金字塔模型分析得到一等效電阻值。其結果顯示金屬的表面粗糙度,對於日益下降的金屬厚度來說,影響程度逐漸增加。舉例來說,考慮表面粗糙度後,直流電阻值會比原來增加約百分之二十。作者提出的方法相當簡單有效,與量測結果也相當吻合^[18]。

針對局部週期性結構 (locally periodic structure) 的時域模擬,來自 University of Illinois at Urbana-Champaign 的 Prof. Zhen Peng 提出了一新穎架構,善用線性系統的疊加原理 (superposition principle) 和波動力學 (wave physics) 的時空因果性 (space-time causality),透過適當的對時間域(一維)和空間域(三維)做切割,得到許多四維時空建構方塊 (building block)。在每一個單位時間內,其時域解可以獨立完成,增加平行處理的效率,使得長觀察時間長度的時域模擬所需的時間大幅縮短。而不同空間單位則透過反覆使用建構方塊傳播子 (building block propagator) 以表示電磁波的傳播延遲效應。其結果顯示在不犧牲準確度下,該方法節省了許多計算資源,並且可以做到同時在時間域和空間域做平行處理。此創新方法亦獲得今年最佳論文獎 (Best Paper Award)^[19]。

與會感想與期許

由以上多樣的研究介紹可以發現,雖然電子構裝與系統電氣特性研討會規模不算太大,但因為主題著重於封裝設計、信號與電源完整度分析、系統建模等議題,內容可說是相當精實。加上研討會採單一會場方式,省去了轉換不同討論室的時間,也不會出現想聽的主題落在同一時間的窘況。

本次研討會,除了來自各國的知名學者外,國際知名的電子公司,如 Intel、IBM、Keysight、ANSYS、Mentor Graphics 等,也都積極地投稿參與發表。同時也是筆者首次參加研

討會，能夠第一時間與各國研究團隊交流彼此的研究成果，對於未來研究思考的面向有相當大的幫助。另外，在會議地三天舉辦的晚宴，與共同來參加會議的與會者交流彼此的生活、文化與研究，更是難能可貴的經驗。

十月初的蒙特婁氣溫大約 10 度左右，與會期間步行來回會場與旅館時，感受涼爽的天氣，看著美麗的街景，初次參加會議的緊繃情緒似乎也跟著放鬆下來。此外，研討會中所獲得的新知亦刺激對未來研究的想像。雖然是一個規模不大的會議，但與會者莫不對彼此的研究積極地討論未來的展望以及預期的瓶頸。可以看出各國團隊對於封裝的未來仍抱有高度的熱情，依然認為未來有大片的發展空間解決當前所遇到的信號與電源完整度還有電磁輻射問題，以期達到下世代高速傳輸的美夢。

參考文獻 (皆為 2019 EPEPS 的論文)

1. Osama Waqar Bhatti and Madhavan Swaminathan, "Impedance Response Extrapolation of Power Delivery Networks using Recurrent Neural Networks."
2. Hakki Torun, Ahmet Durgun, Kemal Aygun and Madhavan Swaminathan, "Enforcing Causality and Passivity of Neural Network Models of Broadband S-Parameters."
3. Nikita Amabasana, Manoranjan Sahoo, Eesha D, Dipanjan Gope and Arun Chandrasekhar, "Hybrid 2D-3D Fast Electromagnetic Analysis Aided by Pattern Recognition for Signal Integrity Analysis."
4. Hong Ahn, Amanda Dong, Alan Wong, Sai Lalith Chaitanya Ambatipudi, Xi Luo and Geoff Zhang, "56Gbps PAM4 SerDes Link Parameter Optimization for Improved Post-FEC BER."
5. Pavel Roy Paladhi, Prasanna Jayaraman, Nam Pham, Jose Hejase, Yanyan Zhang, Junyan Tang, Joshua Myers, Sungjun Chun, Wiren D. Becker and Daniel Dreps, "Effect and Sensitivity of Postcursor FFE in a 25 Gbps High Speed Bus Channel."
6. Pei-Yang Weng, Chi-Hsuan Cheng, Tzong-Lin Wu, Carol Chen, James Chen, Evelyn Kuo, Chun-Lin Liao and Bhyrav Mutnury, "Improvement of Power and Signal Integrity through Layer Assignment in High-Speed Memory Systems."
7. Benjamin Silva, Mohamed Eldessouki and Yan Fen Shen, "LPDDR4 SIPI Co-Simulation and Measurement Correlation for IOT Computer Vision Application."
8. Benjamin Silva and Yan Fen Shen, "Intuitive PI: Simulator-less Analysis Methodology."
9. Srinivasan Govindan, Krishna Bharath, Dipanjan Gope, Srikrishnan Venkataraman and Nikita Amabasana, "A method to model Vccinfeedthrough Noise in Microprocessors with Fully Integrated Voltage Regulators-Distributed Formulation."
10. Taein Shin, Kyungjune Son, Seongguk Kim, Kyungjun Cho, Shinyoung Park, Subin Kim, Gapyeol Park, Boogyo Sim and Joungho Kim, "Impact of On-Chip Interconnection in a Large-Scale Memristor Crossbar Array for Neural Network Accelerator and Neuromorphic Chip."
11. M. Sippel, K. Lomakin, M. Ankenbrand, M. Petersen, J. Franke, K. Helmreich, M. Vossiek and G. Gold, "3D-Printed Bowtie Filter Created by High Precision NanoJet System Combined with Novel Printing Strategy."
12. Yanyan Zhang, Jose A. Hejase, Mahesh Bohra, Pavel R. Paladhi, Lei Shan, Sungjun Chun, Jean J. Audet, Wiren D. Becker and Daniel M. Dreps, "An Approach For Tuning Signal Integrity Properties Of Edge Card Connectors With Conductive Fixture In High-Speed Link Channels."
13. Alessandro Zanco and Stefano Grivet-Talocia, "High-dimensional Parameterized Macromodeling with Guaranteed Stability."
14. Karanvir S. Sidhu, Marco T. Kassis and Roni Khazaka, "Efficient Regression-Based Polynomial Chaos Using Adjoint Sensitivity."
15. Biancun Xie and Jianyong Xie, "Power Delivery Decoupling Scheme for EMIB Packages."
16. Naveen Kumar Elumalai, Srinidhi Ganeshan and Ramachandra Achar, "GVF: GPU based Vector Fitting."
17. Chang Liu and Ali Yilmaz, "A Reduced-Domain Layered-Medium Integral-Equation Method for Electronic Packages."
18. Surbhi Mittal and Swagato Chakraborty, "Modeling Surface Roughness at DC."
19. Shu Wang and Zhen Peng, "A Novel Space-Time Building Block Methodology for Transient Electromagnetic Analysis." ■■



2019 台灣電磁產學聯盟半年報

5G 行動寬頻關鍵技術與應用

聯盟特約記者／程冠潛



2019 台灣電磁產學聯盟半年報於 10 月 4 號在台灣大學博理館舉行，此次半年報主辦單位為教育部 5G 天線與射頻技術聯盟中心、台灣電磁產學聯盟、台灣大學高速射頻與毫米波技術中心以及台灣大學國際產學聯盟，協辦單位為元智大學電機系、台灣大學電機系、台灣大學電信研究所，報名與會人數包括產、學各界先進與同學共計百餘人，反應熱烈。

本次半年報會議安排為五個場次，首先由台灣大學毛紹綱教授講述 5G 技術與無人機的應用機會；再來是由工業技術研究院資訊與通訊研究所（以下簡稱工研院資通所）曾蕙如副經理介紹 5G 技術在車聯網與自駕車應用的發展；接著是由元智大學楊正任教授介紹 5G 在智慧物聯網之應用與產業趨勢；以及由工研院資通所紀鈞翔資深工程師分享 5G 毫米波技術的機會以及挑

戰；最後由川升股份有限公司邱宗文總經理介紹 Massive MIMO 天線的通訊指標設計與量測。場次間上午與下午各有一場茶敘交流並且有國家中山科學研究院資訊通信研究所、台揚科技、欣興電子、耀登科技所舉辦之徵才活動。

Opening — 台灣大學吳瑞北教授



本次活動由教育部 5G 天線與射頻技術聯盟中心與台灣電磁產學聯盟等共同主辦，由國內專家學者在會議中發表最新的學術發展以及目前的產業動態。吳瑞北教授提到台灣電磁產學聯盟所舉辦的研討會於今年中包含此次已是第四場，包括功率放大器、生物電磁等，內容豐富。每個場次均有眾多參加者，顯現出此類主題之熱門程度。即將到來的 5G 對於未來人們的生活形態將帶來重大的改變，除了傳輸速度上的提升，以及眾多物聯網服務與技術，如何增加民眾生活的方便性、使民眾覺得想用而且好用，將會是 5G 最

大的課題。吳瑞北教授指出：為解決 5G 的課題應從使用者的角度、下一代的社會需求以及社會形態，由需求端去思考。

此次活動主題包含 5G 於自動化的應用，如無人機、自動駕駛、智慧物聯網以及毫米波技術，例如天線陣列等。以上議程分別由台灣大學毛紹綱教授、工研院資通所曾蕙如副經理、元智大學楊正任教授、工研院資通所紀鈞翔資深工程師以及川升股份有限公司邱宗文總經理擔任上半場議程與下半場議程的講者。

專題演講 — 台灣大學毛紹綱教授： 5G 技術與無人機的應用機會



毛紹綱教授畢業於台灣大學電機工程學系，曾經於大葉大學與台北科技大學擔任教授。曾擔任 IEEE 台北支會執行秘書、負責 IEEE 台北分會電子通訊職務。執行台灣多年期科研計畫與積體電路設計公司之計畫主持人與首席科學家。毛教授也擔任許多 IEEE 國際期刊的審查委員與研討會承辦人員。他自 2006 年起即為 IEEE 高級會員。現任教於台灣大學電機工程學系與電信工程研究所。研究領域為天線、射頻前端主被動電路。

毛教授深耕無人機這項領域多年，在這個演講中與我們分享箇中的寶貴知識。無人機從過去的軍事用途，演變成最近的民生用途，有哪些技術是我們可以掌握的、有發揮的空間的，將是能夠好好討論的主題。從電波的觀點出發，有非常多的通訊系統會被整合在無人載具上。毛教授以汽車為例：有收音機、衛星導航、防碰撞系統、免鑰匙進出、用路計費系統等，如何將多項系統整合且彼此不干擾就是一項大的課題。教授首先介紹自主研發的整合型天線，能夠感應人在車輛的任何位置。另一項應用是透過電波來進行室內導航以及停車位導引，結合自動駕駛，車輛可進行自動停車以及自動出車的動作。或是與物聯網結合，搭載載具的購物車能夠進行自動跟隨以及自動結帳等功能，省去排隊的耗時與麻煩，購物車也可自動歸位。最後毛教授展示了由現行市場上所販賣之無人機能夠進行影像辨識追蹤與自家團隊發展之電波追蹤之差異性，顯示出利用電波追蹤的低變異性以及良好性能。

專題演講 — 工研院資通所曾蕙如副經理： 5G 技術在車聯網與自駕車應用的發展



2010 年畢業於國立交通大學資訊科學與工程研究所博士班，隨即加入工研院資通所服務，致力於車聯網通訊技術、自動駕駛感知次系統，與國際車聯網標準制定等研究領域，目前已發表國際與國內期刊、會議、專書論文共計 61 篇，已獲歐洲車載通訊標準 ETSI TC-ITS 接受之技術貢獻 27 件，擁有 13 件獲證與 3 件申請中專利，自 2014 年起擔任歐洲電信標準協會智慧運輸委員會 WG5 副主席，並自 2017 年起擔任經濟部標準檢驗局資訊及通信國家標準技術委員會委員及台灣

資通標準產業協會車聯網通訊技術工作組組長。

曾副經理在這次演講特別要與我們分享車聯網主題。工研院在車聯網的主題已有許多實測成果，在台北、台中以及高雄的公共運輸系統都有裝機，且使用效果顯著。車聯網主要是為了強化行車安全，能夠把車輛與人、路、雲端平台串聯在一起，讓彼此能夠溝通的機制。首先是車輛與車輛之間的通訊能夠共享道路資訊例如車流量、號誌、事故等，讓大家能夠採取最有效率的路線。其次是路與車之間的通訊，能夠把路況分享給正在路上行駛的每一台車，讓各車輛因應路況採取動作。車聯網的普及逐漸由各車輛之自用行車資訊，到後來的車輛間行車資訊共享，最終可以達成道路運輸效率最大化。曾副經理也介紹車聯網現行以及未來所使用的各種通訊協定。接下來的車聯網場域應用介紹搭載於台灣各地公共運輸的車輛行人警示系統，由實驗影片顯示出能夠有效提升行車以及行人的安全。最後曾副經理介紹工研院自家研發的自動駕駛巴士，搭載各項先進系統，實現公共運輸無人駕駛，確保周遭道路環境的安全。



專題演講 — 元智大學楊正任教授： 5G 在智慧物聯網之應用於產業趨勢



楊正任教授 1988 年取得清華電機工程研究所博士學位，1996 年任職元智大學電機系副教授，研究領域主要為微波積體電路設計，期間並積極參與和產業界之合作研究計畫並將累積之實務經驗對工業界開授訓練課程，為業界培育許多微波電路工程師。楊正任教授亦為正文科技股份有限公司之執行董事，也是正文科技主要創辦人之一，在正文科技開創期間除直接負責產品研發外更積極協助公司轉型為無線通訊之高科技公司。

楊教授更透過創辦正文科技以及在商界闖蕩多年的經驗，在這次演講中給我們帶來精闢的見解。5G 在往後的時間市場規模將不斷擴大，全球各個國家在 5G 技術領域有著強烈的競爭，但是在世界經濟局勢不穩定的情況下，5G 的發展因而有所延緩，連帶影響 5G 商轉的進程。2020 為 5G 的商轉年，毫米波以全球主要城市為據點進行營運，郊區則為 sub-6GHz 進行營運，之後逐步向鄉村、偏遠地區擴散，完成佈建，但是毫米波在行動終端仍然面臨諸多挑戰，例如傳輸距離、功率消耗、天線等。不過在固定終端方面，毫米波的應用以目前技術門檻來說是沒有太大問題的，例如點對點之間的通訊。在 5G 發展初期，毫米波會以固定終端為主，行動終端則以 sub-6GHz 為主。楊教授指出，台灣在 5G 產業內最有機會的產品就是 5G 的關鍵零組件，例如小細胞基站。毫米波因為覆蓋範圍小，需要佈建多數基站，以達成覆蓋率之完整性。另一為智慧型天線，利用波束成形技術以及多主波瓣的技術來達成最佳化通訊效率。楊教授最後放眼 5G 眾多產業，講述如何透過產業間的分工，來構建 5G 完整的框架。

專題演講 — 工研院資通所紀鈞翔資深工程師：5G 毫米波技術的機會與挑戰



現任工研院資通所新興無線電技術組資深工程師。畢業於交通大學電信工程研究所，專長為射頻系統架構設計、射頻主被動電路設計、射頻通訊模組設計、5G 陣列天線模組設計。目前負責工研院 5G 毫米波陣列天線系統的開發。

由 4G 演變至 5G 中間的變化可謂巨大。紀鈞翔工程師在這次的演講中由淺入深，帶領大家探

索 5G 的世界。5G 的標準制定在 2019 年已趨完備，2020 年預定商轉，但是大部分僅於低頻段營運，毫米波的覆蓋僅限於重點城市。毫米波的傳輸距離短、穿透性差，如欲使覆蓋率完善，必須加速小細胞基站之佈建。毫米波主要使用頻段為 24 至 28GHz，如欲使傳輸效率提高，必須經由天線陣列的方式。接著對於天線陣列的排列方式以及間隔大小與天線效能的影響來進行探討。再來是波束方向的調整，調整波束的方向可以透過調整各天線的相位來達成。調整天線的相位有很多種方式，如射頻前端相位調整、本地振盪相位調整、中頻相位調整以及數位相位調整。每個調整方式各有其優缺點，紀鈞翔工程師在投影片中列出詳細表格，清楚明瞭。接下來在設計系統上所需要面臨的種種考量，包括天線陣列形態、發射及接收功率的大小、調變方式、通道模型等。如何顧及每個環節，就像一顆螺絲對於整架飛機，要使整個系統能夠完整、良好地運作，5G 系統每個環節上都會是重要的工作。

專題演講 — 川升股份有限公司邱宗文總經理：Massive MIMO 天線的通訊指標設計與量測



邱宗文總經理為國立中山大學電機博士，曾擔任第四屆台灣天線工程師學會理事長、中國大陸山東省泰山學者海外特聘專家、大陸移動終端天線工程師協會會長，曾於成功大學以及台北大學擔任助理教授，為川升股份有限公司創辦人以及現任總經理，擁有近 200 項天線及量測相關發明專利。

在設計天線的同時會考慮增益、場型等參數，在 5G 時代往往是要考慮得更多。邱宗文總經理把業界實際的現象在這次演講給大家做一個

完整的分享。首先是天線的重要性分成兩個主要的部分，天線的大小、天線的效率以輻射場型。現今因行動終端的大小持續縮小，能夠把天線縮小，在造型的設計上也相對較容易。另外，因行動終端的材質多樣，如何因應不同材質以及抓握方式設計出效率高的天線，使傳輸的速度以及效率提升而帶來好的使用者體驗是值得深入探討的。邱宗文總經理指出：想要設計出好用的天線不一定效能要好，需考慮周遭系統等環境因素。接下來從基礎理論來分析諸多有關於系統的參數，例如通道容量、誤碼率、傳輸速度等。再來有關於 MIMO 的問題總經理使用了泡咖啡的比喻使內容更容易理解。在天線的量測上總經理也分享了業界如何在有限的成本與時間上來得到想要的結果。傳統的量測上不只成本高，精確度能不能模擬最接近真實生活中的模式還有待釐清。邱宗文總經理示範了利用實際的環境，藉由實際的量測來發現問題以及解決問題。但是為了訂定標準，不能使用情況不一致的環境來量測，又須考量成本，於是使用了折衷的方式，既可得到與標準相近的結果，也不會造成成本上太大的負擔。■ ■ ■ ■



人物
專訪

專訪科技會報

執行秘書 蔡志宏 先生

聯盟特約記者／董容慈

協助國家 **新科技政策** 的推手

2019年堪稱5G元年，各國都在積極推動5G網路的佈建，無非是希望能在5G、人工智慧（AI）、物聯網（IoT）領域搶佔一席之地。

近兩年，台灣第五代行動通訊（5G）的發展進程備受關注。2019年6月，國家通訊傳播委員會（NCC）通過「行動寬頻業務管理規則」修正草案，5G頻譜可望在今年（2019）底開放競標，台灣將加速邁入5G時代。

2019年8月電磁聯盟有幸採訪科技會報執行秘書蔡志宏博士，與我們分享台灣通訊發展與願景。蔡志宏博士畢業與台灣大學電機工程系，後遠赴美國加州大學洛杉磯分校（UCLA）取得博士學位。在美國最大的通訊服務供應商AT&T Bell Lab擔任兩年的研究員，汲取養分後回到台灣。

回台後蔡教授參與台灣電信自由化、網際網路普及化歷程，同時也推動校園學術網路革新，近年更參與5G頻譜協調與政策制定。透過蔡教授的故事，可看見台灣通訊產業如何突飛猛進，並逐步與世界接軌。



電信網路是國家的神經系統

「通訊迷人的地方在於，整個國家的神經系統是要靠電信通訊網絡來建構，沒有一個國家可以沒有神經系統，還能運作。」蔡教授用簡單一句話，證明通訊在國家發展進程中的重要角色。

蔡教授說明，電信網路某程度上像是公用事業。早期電信公司在台灣就是電信局，它的定位跟自來水公司、電力公司是一模一樣的。電信網路不只是國家的必須更是社會的必須。但電信科技相較於一般民生事業，是一個隨時必須求進步、隨時必須與其他新科技融合的領域。

但電信通訊領域也同時與其他科技保持既競爭又合作的曖昧關係。蔡教授說，電信科技最大的競爭是來自於 IT (Information Technology)，全球的資訊跟計算機科技與 IT 系統串連即是很大的全球化資訊網絡，因此 IT 網絡可以取代電信網路相當比例的既有功能。

可是全球網際網路體系 (Internet) 的骨幹又必須建構在電信公司所佈建的光纖網路或無線網路等基礎設施的上層，因此兩者是高度相依的關係。蔡教授解釋，網際網路協定沒有規範自己的底層規格，網際網路的底層就是無線電波技術與光纖傳輸系統所建構的電信網路。而這些網路都是傳統電信公司在建置維運的。「有些功能以電信網路運作沒有效率就被網際網路替代；但有些部分他們卻完全密不可分，因為網際網路根本沒有自己的實體層。」蔡教授說。

電信與網際網路密不可分，尤其網際網路需要仰賴電信網路與人類工程科學鋪設的底層網路來運作。同時，通訊領域又需要不斷求新求變順應科技變遷。這樣的特性，使蔡教授醉心通訊科技，從求學到謀職都一直在電信產業中打滾。

踏入通訊領域 從迷惘開始

蔡教授並非一開始就對通訊領域懷有極大興趣，踏入台大電機系前，他與所有初入大學的新鮮人一樣迷惘且困惑。「當初選科系是用消去法，因為對很多領域都感興趣，就把比較不擅長

的領域放到志願卡後面。」蔡教授本以為電機系與計算機、數據運算、電機資訊相關，沒想到通訊科技也是其中一環。

蔡教授說，通訊很早就是一個國家電信網路的基礎，因此他洞見電信網路的重要性，便一直留在電機領域裡耕耘。

大四那年，蔡教授意外發現自己免服兵役，但也來不及報考國內外研究所，便留在台大電機系擔任助教。擔任助教那一年，蔡教授負責管理電機系的電算中心，專門負責管理 VAX-11 迷你電腦系統。VAX 迷你電腦由美國迪吉多公司推出，在八零年代受到全球各大企業、大專院校的青睞，是支援機器語言和虛擬地址的小型計算機。

蔡教授管理 VAX 電腦近一年時間，身邊人都認為他會轉向計算機領域。但蔡教授仍舊選擇自己鍾情的通訊領域，負責美國 UCLA 深造。蔡教授在 UCLA 主修通訊，副修作業研究和計算機網路。相關領域的互相支持，讓蔡教授具備相當程度的跨領域訓練。蔡教授表示，自己對計算機的了解以及協助推動政策時能夠與計算機研究社群順暢溝通，都與這樣的修課經驗息息相關。

談到 UCLA 的求學經驗，蔡教授深感美國大學課業的扎實。他表示，幾乎每門課每個禮拜都有作業，作業題目更是極具挑戰性。蔡教授笑說，有次他看到碩士班同學一直推導不出論文所需的重要數學式。他向學生說：「在國外這是作業等級的難度，還不是碩士論文等級的挑戰。」同時他就拿出過去的作業影本，協助學生解出了卡關已久的問題。在美國所受的教育，奠定了蔡教授進階研究的基礎。

躡點美國通訊公司 培養產業經驗

取得 UCLA 博士學位後，蔡教授並沒有立刻返台。他說明，當時有許多在國外完成博士學位的同學紛紛寫信回台大母校，希望能爭取任教機會。當時台大電機系主任是前校長李嗣涇，蔡教授笑說當時許多人都得到了系主任委婉的回信：「希望你在國外累積了多一點工作經驗之後再回

來申請，那時候比較歡迎。」

蔡教授如今回想，這樣的回絕其實有其道理。他說明，一個剛完成學位的博士生，如果擔任教職，他擅長的僅是博士求學過程中所熟悉、專精的領域。但以長遠來看，若想帶研究生進到一個產業，需要的是對於整個產業的深度觀察與眼界。一個剛畢業的博士生，在這方面的廣度的確還需要加強。

蔡教授認為，如果在產業界深耕兩、三年甚至更久，回到母系教書時，能回饋的東西將會更多。選擇在美國就業，蔡教授首先領教到的是美國大型企業對人才的重視。

「你可能不知道，一次的面試，要耗費三天！」蔡教授應徵 AT&T (American Telephone & Telegraph) 時，可說是過五關斬六將。他說明，最基本的流程是先發表一個演講，接著每個部門會輪番面談。不只是面試者要介紹自己，主考官也會向應徵者介紹自己的部門，這點和台灣的文化相當不同。

蔡教授順利取得 AT&T 的工作機會，負責評估 AT&T 內部大型網路管理系統。他笑說，自己就像是救火隊，當系統設計出問題就要介入診斷、幫系統重新模擬並找出問題的癥結，接著提出改善建議。當時蔡教授一人同時要處理三個系統，一年陸陸續續負責了五個系統的評估。

儘管工作壓力龐大，但蔡教授甘之如飴。因為這樣的工作經驗，日後當蔡教授面對全新、未接觸過的系統，都能很快的找到該系統發展的瓶頸，解決效能或是系統升級上的問題。回到台灣參與政府大型系統開發時，這些經歷也適時的派上用場。

運用所學 返台回饋社會

在 AT&T 工作屆滿兩年，蔡教授動了返台的念頭，他希望能夠把國外電信公司的研發、管理模式帶回台灣。加上從事教職一直是蔡教授心之所嚮，他帶著四年的學術經驗加上兩年的產業經驗，回國協助台灣的通訊領域。

回到台灣後，蔡教授持續與台灣的研究部門互動，除了在台大電機系教課，蔡教授很快地與幾個通訊、電信相關研究單位，如工業研究院、資訊工業策進會，以及當時的中華電信研究所持續保持合作和聯繫。

其中蔡教授參與了幾項突破性的網路科技測試，像是曾經以同步軌道人造衛星傳送網際網路資訊。蔡教授說明，現階段大部分的國際電話都是用海纜光纖來傳輸，但早期光纖不夠，因此相當比例的國際電話是經衛星傳送。蔡教授發現，當時網際網路的頻寬提升速度很快，應該能夠把一部分的網際網路資料流經過衛星傳遞。除了能夠提高速率外，又可以降低成本。

為了驗證這樣的科技運用，蔡教授向美國電信公司 Sprint 在舊金山的實驗室商借了一顆衛星轉頻器。在一個月的轉頻器免費使用期間，蔡教授與中華電信研究所參與了轉頻器的各種應用實驗。當時 Sprint Lab 讓研究團隊在其中架設網站，便可以經過衛星來傳遞 WWW (World Wide Web) 的網站。團隊透過衛星從遠端擷取該網站，了解衛星延遲對於整個網站效能的影響。這項實驗，發現了衛星傳輸網際網路資料流的極限，以及相關的參數調整經驗。

對實驗的渴望 推動學術網路進步

為何會一直想挑戰開發新科技應用？蔡教授認為這是產業界經驗帶給他的精神。學術研究方面，蔡教授一樣要帶博士生寫論文、要推導理論公式、做模擬，但他同時更希望訓練學生解決工程師的問題。「既然我是產業界訓練過的人，就應該要回到實務。要把最新科技用到網路上不是紙上、電腦上模擬。真的要把實驗過的科技用進去，我們的研究成果不應該是停在 paper 上。」蔡教授說道。

因此他不斷的尋求通訊技術的突破，他曾二度將台灣學術網路的應用推向新的發展。有一段時間台灣的學術網路是用 ATM 網路這項科技在傳輸，蔡教授想將運用光纖協定避開 ATM 交換

機，直接進行傳輸。當時這樣的跨單位實驗動用了台大電算中心、教育部電算中心、中研院電算中心、交通大學電算中心、國家高速電算中心等人力。

這項實驗將台灣學術網路骨幹的速度從 150 M bps 衝到 2.5Gbps，而台灣 TAnet (Taiwan Academic Network) 的網路架構就開始從 ATM 網路轉變成非 ATM 網路。

後來蔡教授又把腦筋動到台灣校園網路 WiFi，「你在校園內連自己學校的 WiFi 不稀奇；你到別的學校，用自己學校帳戶也可以連上 WiFi。」蔡教授與團隊打開校園網路相互漫遊系統，將台灣 TaNet 更推進一步。在每一個通訊科技發展的關口，蔡教授起心動念的小嘗試，穩健推動台灣學術網路服務。

立足台灣通訊發展浪尖

蔡教授獨到的眼見與高行動力並非偶然，一切與他熟稔台灣通訊發展極有關聯。蔡教授返台之初，台灣的通訊產品能力約莫停留在交換機的組裝、企業用私人小交換機、傳真機還有數據機等，完全沒有大規模通訊產業存在。

台灣通訊產業發展的轉捩點，蔡教授都身處其中：一個是電信自由化，另一個就是網際網路普及化。

電信自由化最初打開台灣行動電話的市場，後來逐步開放固網、國際電信、海纜、衛星等各式各樣服務。網路普及化則是從各大專院校開始，當時電信總局不認為 Internet 是網路發展主流，但學校電算中心開始培養網際網路人才。隨著美國 Internet 技術起飛，台灣的 Internet 使用人口逐漸超過了校園。當時資策會開發 Seednet，中華電信發展 Hinet，校園網路就發展出 TAnet。三者互相刺激成長，逐步證明 Internet 為現今網路世界的主流科技。

其中許多應用與通訊協定 多由網際網路這個系列發展出來，而台灣校園裡有一群老師，跟著 Internet 一同成長，教授 Internet 知識帶動許多

網路人才，開展後來台灣區域網路的產品自我供給能力。

5G、AI 技術起飛 蔡教授持續搭建政府與產業橋樑

2017 年，蔡教授接下行政院科技會報執行秘書一職，負責規劃政府 5G、AI 的科技政策，協同不同的部會，幫政府擬出科技發展藍圖。蔡教授表示，AI 跟 5G 皆不是單一部會能夠處理的科技。AI 運用在科技部、經濟部，甚至用在其他領域像醫療、交通等。5G 則與頻譜相關，5G 的發展需要國家訂定頻譜政策，涉及的部會至少就包括交通部、國家通訊傳播委員會、經濟部、科技部。尤其國防部是我國頻譜使用大戶，若要騰出好用的頻譜，就必須跟國防部協商。

「這個辦公室看起來不起眼，但 5G 第一波釋出的頻譜基本上就在這邊的會議敲定。」蔡教授笑道。

至於 5G 與 AI 發展理想的藍圖，蔡教授認為其中講究的是集體智慧，而非個人智慧，因此他不居功，「5G 跟 AI 如果發展的好，是國家戰略上的優勢，要維持這樣的科技戰略優勢，需要這個領域的所有專家一起來努力。」蔡教授認為，台灣產業界的進步速度非常快，一旦政府趕上國際科技腳步制定合宜的策略，產業界很快就可以跟上。其中最重要的便是凝聚共識，倘若各部會的發展腳步不一致，整個產業鏈便無法銜接。

同時，蔡教授也積極媒合國際大廠到台灣尋求夥伴。目前 Google 與微軟皆在台灣設有 AI 領域的研發中心；5G 部分高通也在台灣設立研發測試中心。

蔡教授認為，台灣通訊發展的最大利基在於資通訊產業鏈非常完備，「別的國家如果要調一個零組件，搞不好要三天；台灣可能是以小時來算」。數十年來，台灣從 PC (Personal Computer) 代工做到筆記型電腦。切入通訊領域後，台灣從一支手機都不會做到研發各式各樣的行動通訊產品，也帶動了無線通訊、光纖通訊各

個領域研發。其他的設計業、小的周邊系統零組件也都在台灣遍佈，短短幾百公里內，台灣所有產品、零組件的供應能力密度極高。

談到通訊發展，蔡教授說，台灣並不是從零開始。許多 4G 科技的資通訊產品已經有能力製造，每年產值至少都有一兆以上。AI 正在發展，但是滲透速度也非常快。他認為政府有抓到這個產業的風潮，並確保所有部會都涵蓋在 5G 跟 AI 領域裡面。「政府持續投入科技資源，讓產業界得到定心丸，至少跟著政府在這兩大方向走，不至於走偏」蔡教授說道。

建議學生跨領域涉略 產業則要著重創新

近年新科技飆速成長，蔡教授鼓勵年輕同學跨領域涉略，不要只固守在一個專業領域。「將來很多新的應用發展會融合兩個，甚至三個以上領域，才能夠把一個新的應用或是系統開發出來。」他期許年輕學子趁著學習能力還很強的時候多接觸。

他也提到無線電科技在通訊領域的比重會持續變高，因為無線帶給人類很大的便利性。人類越來越希望有無線的科技來協助生活與產業的應用，可是除了無線科技，也要學習和其他領域去整合。

「光一個無線電系統他沒辦法構成整個應用，無線電系統可能用在手機、車輛、筆電，甚至未來有無線電的應用是跟人造衛星直接互通。」蔡教授提醒學生一定要把自己的基本工做好，同時也不要忘了其他領域也有一些基本的訓練。當兩者都具備，未來在跨領域整合時，就會有更多的整合能力，也不會害怕與其他領域工程師交流。

蔡教授也強調外語能力的重要性，因為跨國的融合現在正快速發生。許多大公司的產業鏈、研究中心都在全世界做佈局，學生若想跨足非純本土的供應鏈，直接與國際核心研究圈接軌，外語能力是基本條件。

至於提供給產業界的建議，蔡教授認為個別公司要走出自己的路。他說明，5G 和 AI 的領域非常廣，台灣絕對有機會，但一定要選對研發路線與標的。蔡教授最擔心的是「一窩蜂」，他提到台灣的工程師、研究人員已經不夠，若大家一窩蜂地搶同一個熱門的題目，競爭力就會大大降低。蔡志宏呼籲產學界要儘早尋覓自己的定位，才能有效發展新技術。

今年底將進行第一波 5G 釋照，但科技會報的辦公室早已在處理下一波的頻譜。永遠走的比外面的媒體、產業想知道的東西還要再更早一步是蔡教授的職責。他說自己出身學界，剛好立足在這個位置，就努力替公部門把事情做好，協助國家政策往前，他責無旁貸。▮▮▮

蔡志宏先生 簡歷

現任

行政院科技會報 執行秘書
國立台灣大學電機系 教授

學歷

72 年 國立台灣大學電機工程 學士
74 年 加州大學洛杉磯分校 (UCLA) 電機工程 碩士
77 年 加州大學洛杉磯分校 (UCLA) 電機工程 博士

經歷

77~79 年 AT&T Bell Lab. 研究員
79~86 年 國立台灣大學電機工程學系 副教授
93~95 年 行政院科技顧問組 副執行秘書
99~103 年 台灣通訊學會 理事長
93~106 年 中華電信公司 獨立董事
105~106 年 台灣智慧生活空間發展協會 理事長
105~106 年 亞洲·矽谷計畫執行中心 人資長
106 年 政府科技計畫首席評議專家
86~今 國立台灣大學電機工程學系 教授
106 年 10 月 1 日 行政院科技會報辦公室 執行秘書

Auden Techno Corp.

徵

想要百萬年薪的你 加入耀登 捷足先登

先進5G研發團隊 技術設備領先業界



招募新血

天線研發工程師

軟韌體開發工程師



Scan To Apply

具有5GmmWave天線或系統設計經驗優先面談

持有經濟部能力鑑定(iPAS)證書者優先面談

歡迎加入我們的團隊 共同成長茁壯

不要再猶豫 快成為我們的夥伴吧



欣興電子員工福利



獎金類

分紅制度、達成獎金
專利申請獎金、績效獎金
年終獎金

補助類

生日禮金、結婚禮金
喪葬補助、急難救助
金、獎助學金

其他類

員工餐廳、專用停車場、員工宿舍
醫生駐廠問診、專業按摩師駐廠服
務、定期健康促進活動、免費定期
健檢、孕期關懷及哺集乳室

休閒類

讀書會、家庭日活動
社團活動、年終聯歡會

訓練類

內外部教育訓練
贏的團隊、海外派訓

保險類

勞工保險、健康保險、員工團保
眷屬團保、出差&海外派駐保險

職務名稱	系所	工作內容
大陸儲備幹部 製造/製程/產品/ 品保/設備工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理/工工/工管/統計/應數 ○ 光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在台完整培訓 ● 工作地在中國：黃石、昆山、蘇州、深圳
楊梅新廠 儲備工程職 研發/製程/製造/設備/廠務	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理/工工/工管 ○ 光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在總部完整培訓 ● 未來工作地在桃園市楊梅區
研發工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 材料/化學/化工 ○ 電子/電機/機械/物理/光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新產品技術開發 ● 新產品開發、試產及量產導入 ● 新材料開發專案執行 ● 以PCB前端/後端的經驗為輔與客戶接觸並建立total solution合作模式
產品工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理 ○ 光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 訂定產品製作規範、量產導入 ● 新產規格分析及審查 ● 產品工程變更管理及品質改善 ● 客戶專案開發執行
電路設計 工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 電機電子工程相關 ○ 電機電子維護相關 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高速電路載板及PCB設計 ● CAM與CAD之DFM檢查 ● Autocad及機構相關圖面繪製
製造工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 工工/材料/化學/化工 ○ 電子/電機/機械/物理/資工/工管/土木/光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造程序管理、產線問題解決、人員訓練管理 ● 品質管控 ● 生產成本管理與改善
製程工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理 ○ 光電/航太/車輛工程/生醫/奈米/高分子理工等相關科系 	<ul style="list-style-type: none"> ● 製程設定(兼顧品質與效能)、異常分析與改善 ● 良率提升 ● 新製程/新技術導入
大數據& 自動化工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 資訊工程/資訊管理相關 ○ 工業工程/電子電機工程/數學統計相關 	<ul style="list-style-type: none"> ● 評估與規劃機台自動化系統 ● 整合機台資料收集與控制 ● 自動配方比對系統規劃 ● 運用統計分析方法及機器學習提出適合演算模型 ● 自動控制與資料視覺化呈現 ● 生產製造時間序列分析系統建立
設備工程類	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 電子/電機/機械/自動化控制 ○ 光電/輸機 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工廠設備維護、機器日常保養 ● 自動化控制PLC設備規劃

招募中心聯絡資訊：電話:03-350-0386 分機26800 | 信箱:recruit@unimicron.com

各廠地址

(山鶯廠) 桃園市龜山區山鶯路177號
(合江廠) 桃園市中壢工業區合江路12號
(合二廠) 桃園市中壢工業區合圳南路2號
(中國廠) 桃園市中壢工業區中國路192-3號

(蘆二廠) 桃園市蘆竹區南山路二段470巷21號
(蘆三廠) 桃園市大園工業區民權路5號
(中興廠) 新竹縣竹東鎮中興路四段669號
(新豐廠) 新竹縣新豐鄉中崙村290號



立即行動 · 開拓您的欣夢想 · 成就精彩興未來 · 歡迎您的加入。

國家中山科學研究院 資訊通信研究所

熱烈招募 優秀研發人才

智慧國防
AI科技

物聯網
IoT

前瞻通信
技術



智能
自動化
製造

智能
資安防護

區塊鏈
技術

★具競爭力薪資

研發類工程師博士月薪7萬7起
研發類工程師碩士月薪5萬6起
技術類技術師學士月薪3萬8起
年終工作獎金

★照顧員工的健康與生活

免費員工宿舍、員工餐廳美食街
定期免費員工健康檢查
附設專屬醫院看診掛號費減免

★工作與生活平衡

豐富多元的社團活動、各項運動及文康活動
五星級健身房、附設逸光幼稚園



Garmin Careers Asia

Your Careers Navigator.
Locate Yourself!



-We are hiring-
Electronic Engineer
Software Engineer
System Integration Engineer
Automation Engineer

GARMIN.

**beat
yesterday.**
贏過昨天的自己





仁寶電腦

Connect Your Talent Change Your Future

仁寶電腦創立於1984年，以專業的經營團隊和堅強的研發實力，成為世界500強企業。產品包含筆記型電腦、智慧型行動裝置、液晶視訊產品、車用電子以及數位媒體產品。企業總部位於台北內湖科技園區，具有六千多名高素質的研發人才，並在大陸、美國、越南、巴西相繼成立服務據點，以提供客戶彈性及快速的服務，並持續以穩健步伐朝向5C (Cloud, Connecting, Computing, Communication, Consumer) 的領域發展。

其中，智慧型裝置事業群 (Smart Device Business Group，簡稱SDBG)，負責手機、平板、穿戴型裝置、液晶視訊產品及物聯網應用產品等研發製造，擁有完善技術研發團隊，提供兼具廣度與深度的整合設計與製造服務，以滿足客戶的各種需求。

未來，仁寶將以無比的信心與旺盛的行動力，與您一同共創品牌價值，實現智慧科技，帶領產業新技術發展，歡迎積極與熱情的你加入我們！

教育訓練

- ◆ 新人養成
- ◆ 基礎培育
- ◆ 專業學習
- ◆ 職能發展
- ◆ 語文訓練
- ◆ 品質管理
- ◆ 知識管理
- ◆ 管理才能

福利生活

- ◆ 分紅/年終獎金
- ◆ 慶生會/電影欣賞
- ◆ 員工餐廳
- ◆ 三節/生日禮券
- ◆ 員工旅遊/藝文補助
- ◆ 健身中心
- ◆ 生育補助/托兒服務
- ◆ 健康檢查/醫療諮詢
- ◆ 社團補助



🎓 職缺訊息歡迎至官網查詢：<https://www.compal.com/>
 📞 HR聯絡人 楊小姐 02-87516228#13207 Jenny_yang@compal.com



奇景光電股份有限公司



Drive for the better vision

職稱	工作地點	科系	工作內容
數位IC設計工程師	<input checked="" type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. Develop and implement the timing controller of TFT-LCD panel or relative functions/algorithm 2. All Digital PLL Circuit Design 3. 對MOBILE(手持裝置)驅動晶片的數位IC設計工作有興趣者
類比IC設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. SERDES CMOS Circuit Design (HDMI, DisplayPort, or USB3.0). 2. All Digital PLL Circuit Design.
類比IP設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. PLL design 2. High speed receiver design (1.5Gbps/4Gbps/5.4Gbps/8.1Gbps/12Gbps) 3. High speed transmitter design (1.5Gbps/4Gbps/5.4Gbps/8.1Gbps/12Gbps) 4. eDP receiver 5. V-by-One receiver 6. MIPI D-PHY 7. HDMI Receiver 8. HDMI Transmitter 9. LCD P2P interface Transmitter
IC系統應用工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. 面板 (Mobile, Tablet) 驅動IC之規格訂定與驗證 2. IC驗證軟體開發(C++)與IC驗證系統開發 3. 客戶端手機與面板模組Design In技術支援
系統硬體設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. LCD驅動IC驗證 2. 單晶片(8051)韌體撰寫 3. 電腦控制軟體撰寫(VB) 4. FPGA平台開發 5. 協助客戶設計導入
SI/PI/EMC工程師	<input checked="" type="checkbox"/> 台北 <input type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. "Chip+PKG+Board" co-simulation for SI/PI/EMC analysis. 2. Co-work with system engineers and circuit designers on product Design-In tasks. 3. High-speed interface co-design, such as DDR2/3, LPDDR1/2, HDMI, VBO, eDP, MIPI, mini-LVDS, etc... 4. Generate pkg/board-level design guideline or reference design. 5. Electrical-Thermal Characterization for IC, PKG, and PCB design 6. "Chip+PKG+Board" modeling & co-simulation for pre-silicon SI/PI/EMC analysis. 7. Co-work with RD/CAD/SE for chip design-in SI/PI/EMC issue support. 8. Gbps interface SI/PI co-design and validation, such as DDR2/3, LPDDR1/2, HDMI, VBO, eDP, MIPI, etc.
系統軟體設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南 <input checked="" type="checkbox"/> 深圳 <input checked="" type="checkbox"/> 上海	資訊工程/電機 /電子/通信 相關科系	1. 有電容式觸控韌體開發相關經驗 2. 有電容式觸控演算法開發相關經驗 3. 熟悉8051組合語言, C, C++, C# 4. 有Linux/Android driver開發相關經驗 5. 有MCU(8051/ARM...)相關經驗 6. 熟USB interface 7. 具相關driver開發經驗

歡迎您將履歷請寄到 resume@himax.com.tw 更多職缺內容請上104查詢 或掃描QR Code



招募

先豐通訊股份有限公司



知名觀音PCB大廠徵才

一、職務需求

需求項目	學歷/班別	大約薪資
各類技術員	高中畢科系不限 日夜排休(12小時)輪班	29650~52930 元
各類工程師	專科/大學以上 理工相關科系畢業 固定日班或中班(較少) 週休二日	依學經歷核薪計算加給



二、公司簡介及福利

1. 公司為 PCB 全球百大廠商，業績走勢穩定成長
2. 獨家專利技術具有市場優勢與諸多世界級客戶建立夥伴關係
3. 享年終、四節禮金、生日禮品、績效獎金
4. 企業文化優良照顧員工，有年度檢康檢查，享團保，
5. 培訓體系完善業界楷模，供膳宿
6. 配合政策有專案補助，最高可領 21000 元獎勵金



三、應徵方式

面試各類工程師請投遞 104 人力銀行

面試技術員請親洽或投遞 104 人力銀行

地址：桃園市觀音工業區經建一路 16 號

求才專線：03-4839611 分機 1318 人事 蘇小姐

分機 1319 人事 陳先生

最新活動

自聯盟成立以來，一直希望能提供更好的會員服務。初期曾設立產學聯盟徵才媒合網，由於操作及註冊程序較為繁瑣，效益不啻專業的人力銀行網站，因此希望能調整運作方式。我們知道各位會員很希望每年都能招募到各大專院校優秀傑出的畢業生，因此調整聯盟可協助項目如下：

轉發徵才或實習訊息：

如您需要聯盟代為轉發相關徵才或寒暑假實習訊息，惠請將訊息內容告知我們，聯盟將協助轉發相關訊息給全國 160 多位聯盟教師及 8 校學生。

開放企業會員擺設徵才攤位：

為提供更有效益的媒合方式，聯盟擬於每次的季報中，免費開放企業會員擺設徵才攤位、徵才集點活動及徵才說明會。

於季刊中刊登徵才訊息：

目前聯盟每次季刊紙本發行量約 400 份，寄送對象包括聯盟會員、教師以及電磁相關單位，電子季刊寄送對象則為聯盟企級會員、研級會員、聯盟 160 多位教師、聯盟 8 校學生（超過 600 名研究生），以及先前活動參與者（上千位），開放每位會員可於每次季刊中刊登 1 頁 A4 之徵才訊息，出刊前將詢問各位會員是否提供徵才稿件，敬請踴躍報名。

可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞：

會員在各校的徵才說明會中，如需邀請聯盟教授撥冗出席簡短致辭，歡迎不吝告知，聯盟會協助後續安排。

電磁產學聯盟儀器設備借用優惠方案 ~ 歡迎會員踴躍申請

為了確實落實跨校產學合作及資源共享的目標，聯盟彙整各校微波儀器及實驗室的借用辦法及收費標準，並特別訂定「電磁產學聯盟廠商申請使用儀器設備及實驗室優惠方案」，歡迎聯盟會員踴躍申請利用，詳情請上聯盟網站查詢（網址：<http://temiac.ee.ntu.edu.tw> → 關於聯盟 → 聯盟實驗室）。

【聯盟廠商的儀器借用優惠方案】

1. 凡電磁產學聯盟廠商申請使用台灣大學、台灣科技大學、中正大學在聯盟網頁所列示的儀器設備，一年可免費使用共計 50 小時，相關協助研究生之鼓勵經費由聯盟支出，自第 51 小時起再按各校實驗室辦法的收費標準收費。
2. 凡電磁產學聯盟廠商申請使用元智大學通訊研究中心近場天線量測實驗室、中央大學在聯盟網頁所列示的儀器設備，一年內申請使用的前 50 個小時（與上款合計），聯盟補助每小時優惠 500 元。
3. 各校微波儀器及實驗室的借用辦法及收費標準，請詳閱聯盟網站關於聯盟 → 聯盟實驗室 → 各校實驗儀器對外借用規定。
4. 相關細節歡迎進一步連繫，並隨時提供寶貴意見讓我們可以參考改進，請洽詢聯盟助理許瑋真小姐，電話：02-33663713，e-mail: weichenhsu@ntu.edu.tw

聯盟會員專區

徵才媒合服務	<ul style="list-style-type: none"> ● 轉發徵才或實習訊息 ● 開放企業會員擺設徵才攤位 ● 於季刊中刊登徵才訊息 ● 可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞 ● 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208
會員邀請演講	<ul style="list-style-type: none"> ● 會員自行邀請聯盟教授前往演講 ● 聯盟可提供演講部分補助（聯盟補助上限 3,000 元/次，每位會員一年至多申請 2 次） ● 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203
會員舉辦季報	<ul style="list-style-type: none"> ● 補助各界申請辦理季報，初期希望能以 IEEE MTT 支會、AP 支會、EMC 支會為主 ● 每次補助上限 8 萬元（補助金額由召集人決定） ● 103 年度申請案以彈性提出方式申請，104 年度請於 103 年度 9 月底之前將申請提交聯盟辦公室，俾利於年度委員會議提出審查。 ● 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202

編輯小組

發行人 吳瑞北
總編輯 毛紹綱
執行編輯 沈妍伶
發行單位 臺灣電磁產學聯盟



臺灣電磁聯盟季刊中，特別設置「電磁園地」專欄，
歡迎聯盟業界成員及聯盟師生投稿發表電磁相關文章，
以促進產學研多方交流意見。若您欲惠賜稿件，
請與臺灣電磁產學聯盟辦公室聯繫！

聯絡人 沈妍伶
電話 +886-2-3366-5599
傳真 +886-2-3366-5599
e-mail temiac02@ntu.edu.tw
地址 10617 台北市大安區羅斯福路四段一號
(國立臺灣大學電機系博理館 7 樓 BL-A 室)

美編印刷 麥田資訊股份有限公司
地址 10055 台北市中正區仁愛路二段一號四樓一六八室
電話 +886-2-2322-1930
傳真 +886-2-2396-4260
e-mail dnecy@gmail.com

0 3 6



臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter

