

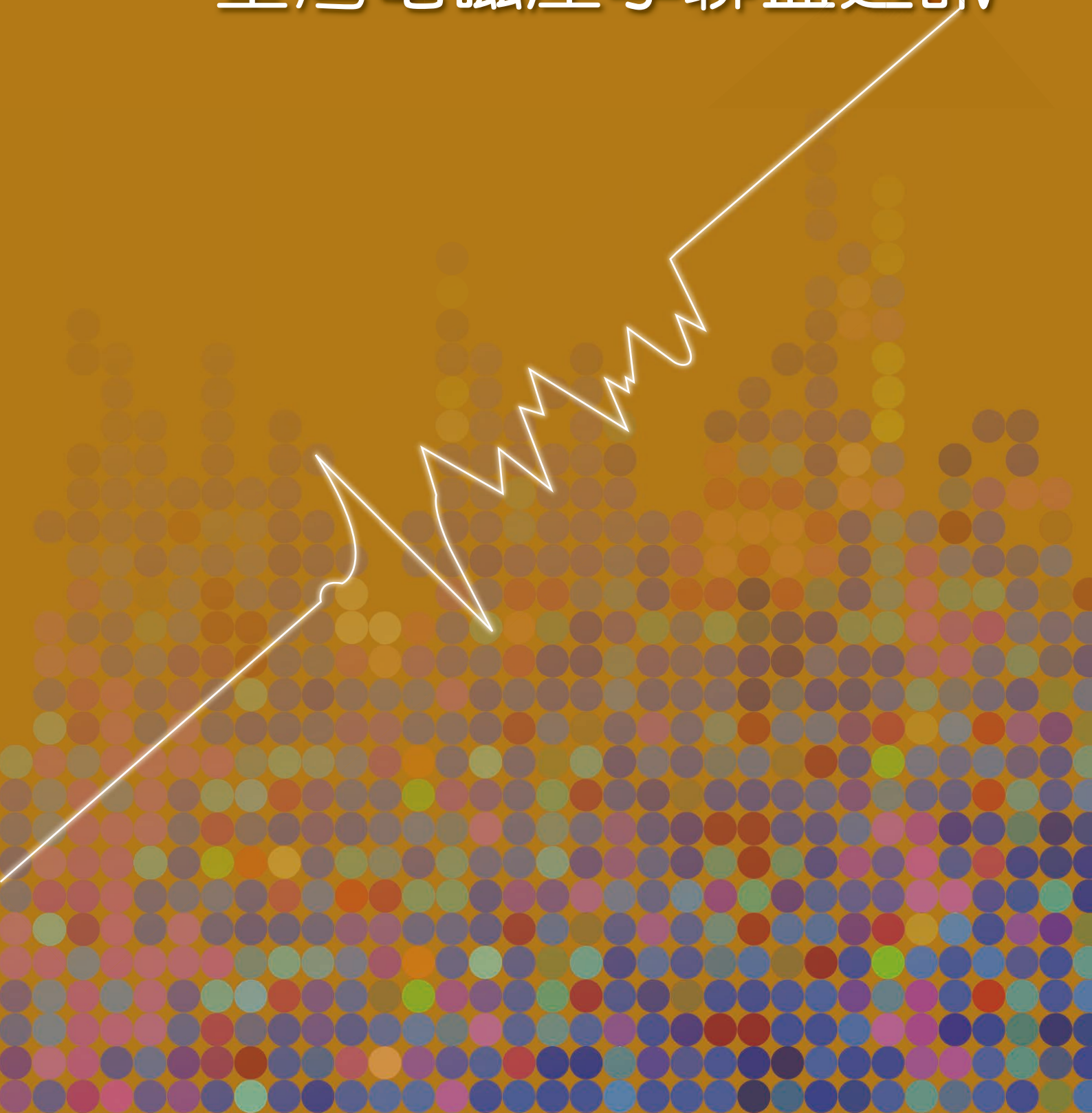


NO.30 Jul. 2018



Taiwan Electromagnetic  
Industry-Academia Consortium Newsletter

# 臺灣電磁產學聯盟通訊



聯盟業界成員



台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



財團法人資訊工業策進會  
INSTITUTE FOR INFORMATION INDUSTRY



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

2	<b>主編的話</b>
	<b>活動報導 — 邀請演講</b>
3	Advanced Topics on Signal Integrity and Power Integrity
5	5G 相位陣列概論
	<b>活動報導 — 傑出講座</b>
7	無線充電技術應用與設計探究
	<b>活動報導 — 研討會</b>
9	5G & Beyond 技術成果發表會
15	2018 冬季電磁能力認證測驗
	<b>活動報導 — 國際研討會連線報導</b>
18	2018 第十二屆歐洲天線暨傳播研討會 The 12 <sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP
22	2018 聯合國際電機電子工程師協會及亞洲太平洋電磁相容研討會 2018 IEEE EMC & APEMC
27	2018 國際訊號與電源完整度會議 2018 IEEE Workshop on Signal and Power Integrity, SPI2018
	<b>人物專訪</b>
33	專訪國立中山大學電機工程學系電波組 翁金輅教授 — 關起門不能談創新
	<b>企業徵才</b>
38	耀登集團
39	先豐通訊
40	聯發科技
41	國家中山科學研究院 資訊通信研究所
	<b>動態報導</b>
42	最新活動 & 消息
43	儀器設備及實驗室借用優惠方案、聯盟會員專區
44	2018 傑出講座



## 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，並特推選台灣大學鄭士康教授、交通大學唐震寰教授、成功大學楊慶隆教授等三位聯盟教授榮任 2018 年度傑出講座。傑出講座主講人彙整其實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！

在新世代通訊系統發展的驅使下，國際電信聯盟於 2015 年發布了 5G 通訊系統的時間表，並規劃於 2020 年正式訂定 5G 通訊規範 IMT-2020。第三代合作夥伴計畫（3GPP）自 2017 年以來陸續發表 5G 通訊的相關定義與規格，並在 2017 年底發表 Release 15 規範，將 5G 通訊使用的頻段正式定義在 Sub-6 GHz（450 MHz ~ 6 GHz）和毫米波（24.25 GHz ~ 52.6 GHz）等兩個頻段，美國聯邦通信委員會（FCC）已確定將於 2018 年 11 月開始進行 28 GHz 頻段的營運執照競標。在定義 5G 通訊的使用頻段後，也正式宣告 5G 通訊的時代即將來臨。台大電信所於 5 月 10 日假博理館 201 會議室舉行「5G & Beyond 技術成果發表會」，邀請華碩執行長沈振來先生、科技部工程司徐碩鴻司長、經濟部技術處新世代通訊技術推進辦公室張麗鳳技術長、電機資訊學院陳銘憲院長及台灣電磁產學聯盟召集人吳瑞北教授等貴賓出席，並由電信所吳宗霖所長介紹台大電信所在 5G 的深耕技術及人才培育成果，現場並有實體研究展示及 5G 通訊研究的學術演講，最後由吳宗霖所長主持座談和與會者密切互動。本次活動受到各界的熱情迴響，共有近 200 位來自產學各界的來賓參與，未來將持續加強產學聯結，結合現有研究成果投入 5G 通訊前瞻技術研發，強化技術專利布局，突破技術瓶頸，以提升台灣電信產業的國際競爭力。

而本期人物專訪特地來到中山大學採訪縱橫學界 30 餘年、從不懈怠於研究，亦始終用心育才，以推動產學交流為己任的翁金銘教授。在國際間以「中山天線實驗室」名滿天下，而兩岸三地眾人皆云，天線研究找「中山幫」就對了！而電磁聯盟有幸於 2018 年初前往依山傍海的西子灣校園，專訪台灣行動天線設計專家翁金銘教授，分享其不輕言放棄、專注求新、求知的研究生涯以及推動產學交流、走向國際舞台的心路歷程。

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季季刊廣告頁上，歡迎企業會員多多利用。

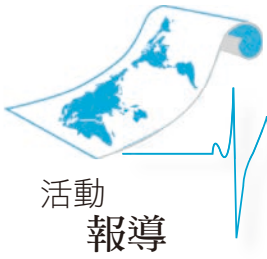
台灣電磁產學聯盟通訊為提供聯盟伙伴們一個訊息傳播及意見分享的園地，惠請不吝賜稿。也盼望讀者繼續給予支持，並將本刊分享給相關領域的舊雨新知。

以上精彩活動內容，敬請鎖定本期季刊！

毛紹綱







## 邀請演講

### Advanced Topics on Signal Integrity and Power Integrity

聯盟特約記者／周求致

信號與電源完整度 (Signal Integrity and power integrity, SI/PI)，為當前系統設計之重要領域。台大電信所本次特邀 Google 硬體部門楊博士 (Zhiping Yang)，針對 SI/PI 議題作一介紹。楊博士畢業於密蘇里大學，先後在 Cisco, Apple, Google 等公司工作，於 SI/PI 上的設計經驗豐富。其在 Cisco 服務時提出的 IBIS 改良版，更成為新一代 IBIS 標準架構，亦見其學養與貢獻。

本演講主題有二，一者 IBIS 簡介，二為 DC-block capacitor pad 設計。IBIS 全名 input/output buffer information specification，為針對 IO buffer 行為描述的模式。有別於 SPICE 電路模型，IBIS 中的電路元件極少，取而代之的是各種電壓電流 table。EDA 軟體拿到 IBIS model，便根據這些

table 來模擬 IO buffer 的行為。之所以不用完整電路模型，主要是為了 IP protection：IO buffer 設計者不希望將電路模型公開，但又須讓客戶可以進行模擬，IBIS 模型便因此而誕生。

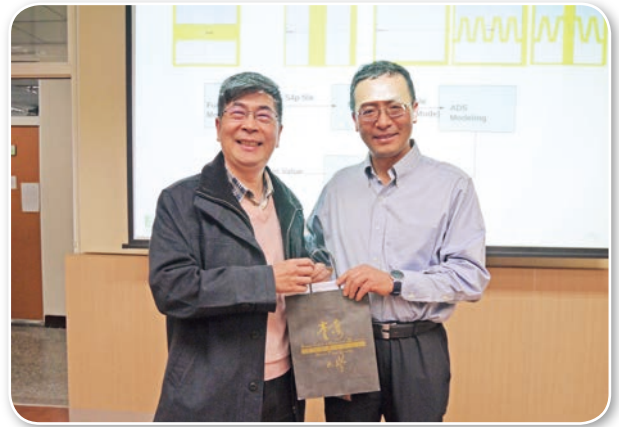
第一代 IBIS，架構簡單，只有一階，對早期的電路還適用。隨著速度提升，電源的不理想特性愈發明顯，電源雜訊對 IO buffer 特性的影響也越來越大，此稱為同步切換雜訊 (simultaneous switching noise, SSN)，然而這部分在第一代 IBIS 中無法模擬。而另一問題為 IO buffer 經常有兩階或多階的設計，前級 driver 的輸出雖然看不到，但其運作時抽取大量電流，對電源層影響甚鉅。第一代 IBIS 由於只有一級，完全無法模擬到 pre-drive 對電源的影響，因而 PI 的模擬欠



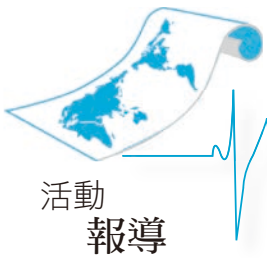
準。楊博士當時在 Cisco，深諳此問題。歷經多年努力，提出了 BIRD95 以改進原有 IBIS。此法架構於原 IBIS model 上，額外增加數個電壓 / 電流 table 用以描述 pre-drive 的行為，並引進 on-die decoupling capacitor 於模型中，以精準描述電源層行為。經過驗證，不論是信號或電源，用此法模擬所得結果，均與 SPICE 電路模型更為貼近，更為準確，故後來成為 IBIS 的標準之一。

演講的另一主題為電容 pad design。高速通道中為了 dc blocking，經常會放串接電容。電容 pad 面積雖小，由於信號速度快，pad 寄生效應足已對信號產生顯著影響。楊博士因而對 pad 下方的接地層（ground）提出了數種不同的設計，透過 ground pattern 的改良，可以有效中和掉 pad 的寄生電容，進而改善信號品質。

本次演講有多位教授前來聆聽交流，並有華碩等多位業界人士亦特別撥空前來參加。演講結束後，大家討論熱烈。朋友彼此講習，如同兩個水澤，互相滋潤。與會聽眾，皆帶著豐富的收穫而離去。■■■







## 邀請演講

### 5G 相位陣列概論

聯盟特約記者／張哲睿

隨著科技的進步，人們對於資料傳輸的需求與日俱增，例如：機器人、人工智慧、物聯網等，都會產生巨量的資料，而第五代 5G 行動通訊將能有效提升資料的傳輸速率，滿足這些應用的需求。因此，台大電信所電波組與電磁產學聯盟特於專題演講邀請到工業技術研究院的李威聰博士，為大家講解 5G 第五代行動通訊的產業概論以及目前發展狀況。

第五代行動通訊產業需要具備高度精密技術整合與製造的能力，5G 使用相較於以往 3G、4G 更高的頻段，因為頻率的提高、波長變短，電路的尺寸也因此縮小；加上電路需要增加額外的裝置來達到高頻操作，在有限的空間內要實現 5G 的要求，對於電子電路學、熱學、材料化學、天線設計、電磁感擾、校正技術等條件變得更加嚴苛。此外，由於不同國家對於頻率的規範不同，5G 需要滿足極高客製化的需求。由於頻率關係，5G 通常需要高度整合，故能從基頻整合到高頻的產品將會受到青睞，而目前高速基頻晶片只有少數公司有研發能力，因此世界級的大企業具有相當大的優勢。

由於科技的發展，資料傳輸的需求將快速增加，根據統計，2015 年全世界行動裝置每月傳輸的資料量為每個月 3.7 exabytes，2016 年為 6.2 exabytes，預估在 2020 年將會達到 30.6 exabytes，將會有接近 10 倍的成長。相對於資料傳輸量的成長，通訊元件的需求成長將不再這麼快速。以智慧型手機為例，預估從 2015 年到 2020 年的資料傳輸量的成長為 54.3%，而裝置需求將成長只有 13.2%。由於目前行動通訊新增用戶速度最



快的國家是印度和中國，並且這兩個國家也是目前行動通訊新增用戶非常多的國家，因此目前產業研發將很有可能以這兩國的規範為標準。根據講者提供的資料，預計在 2020 年到 2025 年 5G 網路的覆蓋率和用戶數都會快速的成長。

目前影響全球科技發展的三大主軸為物聯網、人工智慧、機器人。物聯網所佈建的大量感測器會產生前所未見的巨量資料，以自動駕駛車為例，Intel 預估一台自動駕駛車每天需要 4,000 GB 的資料，而這些資料能夠促成 AI 的發展，藉由巨量資料讓 AI 進行分析與判斷以加速機器人的發展，AI 的價值將會不斷地被機器人彰顯出來。不論是物聯網、人工智慧或機器人，都需要大量、低時間延遲以及不失真的高速傳輸需求，這將有賴 5G 傳輸系統。

美日韓中目前均快速的發展 5G 技術，而台灣在 5G 產業的角色包括台積電布局的 3 奈米製程，以及其他台灣廠商在 5G 供應鏈中生產的高 CP 值硬體，例如：微波骨幹網路、PA 功率放大器、高頻微波通訊基板、印刷電路板、Small Cell（小型基地台）等。

5G 傳輸技術採用 MMW（毫米波）Phased-Array，由毫米波基地站與毫米波小型基地組成，基地站與基地站之間採用光纖骨幹網路單極化 Phased-Array，基地站與小型基地之間則採用雙極化 Phased-Array，由於 5G 毫米波基地站採用陣列天線，新增的小型基地站數量將倍增，天線與濾波器的使用將增加達 20 到 30 倍。

巨量天線為達成高系統容量的關鍵，以滿足 5G 系統的五大需求，包括：美區域下肢行動資料量大於 1000 倍、連接裝置數目大於 10 ~ 100 倍、使用者資料量大於 10 ~ 1000 倍、低功耗且具量機器通訊下電池壽命可達 10 倍以及點對點延遲可減少 5 倍。

頻段的選用也會影響天線的配置，為避免使

用者間的干擾，天線之間要有一定的空間，選用越低的頻率，能擺放的天線數越少；在 6 GHz 以下的頻段，由於頻譜資源稀少，透過基地台裝設大量的天線，能在同一頻段同時服務不同位置的多個使用者，以增加頻譜使用率；利用波束賦形（Beamforming）將電磁能量集中在特定方向，增加訊號發射強度，可以有效降低訊號再 6 GHz 以上之頻段傳輸損耗過大的影響（可讓訊號傳得更遠）。

由於 5G 產業對系統整合的需求，世界級的大企業具有相當大的優勢，在美日韓中快速發展 5G 技術的當中，台積電的 3 奈米製程以及台灣廠商在 5G 供應鏈中生產高 CP 值的硬體將是台灣產業的下一個機會。▮▮▮







活動  
報導

## 傑出講座

### 無線充電技術應用與設計探究

聯盟特約記者／劉乃禎

由於下世代行動通訊對高資料傳輸速率與車用雷達系統對高解析度的需求，近年來，許多研究的焦點鎖定在毫米波頻段系統，相較以往無線通訊系統所使用的頻段，毫米波頻段具有較寬的連續頻段，使 1 Gbps 以上的高資料傳輸速率成為可能；毫米波的波長較短，空間解析度較高，易實現高解析度雷達系統。然而毫米波頻段的電波具較高的路徑損耗與易受阻擋的特性，使天線陣列技術與波束成型技術在毫米波天線陣列系統扮演相當重要的角色。電磁聯盟旨在促進學界研究與業界技術之結合與發展，特於 5 月 16 日邀請到國立交通大學唐震寰教授至台揚科技公司演講，與業界優秀的工程師們分享交大研究團隊於毫米波天線陣列系統設計與整合的經驗，並探討毫米波天線陣列系統未來可能的發展趨勢。

微波頻段與毫米波頻段的無線通道傳播特性有很大的差異，微波的反射效益較毫米波強，直接波與多次反射波的能量相當，且有較好的穿透特性，

信號有效覆蓋率高，但也易造成多重路徑干擾；而毫米波的反射損耗大，主要以直接波及一次反射波為傳播路徑，多重路徑的干擾少，但天線有效接收面積較小，且易受阻擋產生通訊死角。為克服毫米波無線電波傳播特性帶來的挑戰，天線陣列具有較大的等效接收面積以及波束方向可控的能力，被視為是一種相當可行的解決方案。對天線陣列系統而言，如何將接收端各個天線收到的信號有效相加（Combine），使天線陣列能有效收集來自特定方向的信號能量；如何控制信號抵達各個發射天線的相位，將信號能量往特地方向傳送以及電路上如何實現、如何同步、如何校準相位，都是開發天線陣列系統的關鍵議題與挑戰。

不同信號延遲控制機制與電路配置，分別構成被動、主動、數位三種天線陣列系統。被動式天線



陣列系統的相位調整電路位於天線輸入端，系統複雜度較低，就發射信號而言，功率放大器輸出的信號會先經過相移器（Phase shifter），再由天線輻射，然而當前毫米波頻段相移器的損耗大，使得毫米波天線陣列系統的傳輸距離與品質受限於相移器的效能；主動式天線陣列系統的天線與功率放大器直接相接，可有效降低功率放大器輸出端至天線間的損耗，增加天線陣列系統的傳輸距離，且具有多路射頻信號鏈（RF Chain），較能抵抗製程變易與元件退化等問題。然而，該系統結構具有多路射頻信號鏈，如何精準同步與調整各路的相位，是決定天線陣列系統效能優劣的重要因素；數位式天線陣列系統應用數位化調整各路相位，具較高的波束角度解析度及同時多波束通訊的功能，此外數位端可以得知各路射頻信號鏈的資訊，易於校準各路的相位，並可隨著不同的應用情境與需求調整，靈活度高。因此，如何在天線單元相距半波長時，毫米波天線陣列構成的狹小面積中，有效布局信號線、整合大量的元件，成為實現數位式天線陣列系統重要挑戰。

大型天線陣列不論在第五代行動通訊或是車用、軍用雷達系統，都是重要的開發項目，如何有效且靈活的增加天線陣列單元數量、實現短小輕薄的大型毫米波天線陣列系統，並解決系統散熱問題，都是關鍵議題，因此在系統設計之初，天線、元件、晶片、散熱與封裝結構等就必須一併考量並明確規劃，方能有效整合。為構成大型天線陣列，主要有兩種整合結構：磚塊式與瓷磚式。磚塊式由多片一維天線陣列模組，以堆疊的方式構成二維天線陣列，具有較大的散熱表面積，然而其耗費較多的高頻板材與連接線，成本往往較高。相對於磚塊式結構，磁磚式結構採用 Broadside 天線，將射頻信號鏈所需的元件、IC 等電路，緊密整合在天線的下方，構成一個微小化的立方體模組，大型天線陣列系統可由大量的微小化立方體模組組成；然而磁磚式結構緊密，散熱表面積較小，如何在毫米波半波長平方的狹

小空間中，完成系統整合並同時有效散熱，相當具有挑戰性。

唐教授提及，交大研究團隊已開發出毫米波薄型高增益天線與毫米波多頻微小化天線，不僅易於整合，且適合應用於 5G 多頻段之行動裝置中。另一方面，饋入電路是整合天線陣列的重要結構，交大研究團隊成功研製許多毫米波饋入電路，如 Rotman Lens 與 Butler Matrix 等，Rotman Lens 輸入與輸出端口數量較具彈性，頻寬較寬，Butler Matrix 的尺寸較小、損耗較低。此外，如何有效整合高功率元件晶片（如高功率放大器）與 PCB 電路更是一大難題，若板材與晶片間的互連（Interconnection）長度過長時，除損耗大外，亦會造成過大的寄生效應，影響晶片與 PCB 整合後的特性。覆晶技術具有較低的損耗與寄生效應，在毫米波等高频系統整合相當受到青睞，然而覆晶技術將大幅減少有效散熱路徑，影響散熱效能。因此，交大研究團隊採用 PCB 之精準定深技術，於 PCB 板中精準刻出特定深度之凹槽，將高功率元件嵌入其中，有效縮短打線接合金屬線的長度，減少損耗並降低寄生效應，並於凹槽下方填滿散熱銅柱，有效提升散熱效率。另一方面，為因應毫米波無線電波通道易受阻擋及變化劇烈之特性，交大研究團隊成員之一李大嵩教授應用通道模擬與量測資訊，輔助設計波束成型演算法，以 codebook-based 波束選擇方法及 AI 技術訓練演算法萃取空間特徵，降低波束選擇所需時間，所開發之演算法經 IEEE 802.11 ad 標準場景通道模型模擬驗證，可大幅減少通訊波束選擇之次數，降低通訊延遲。

唐教授以交大研究團隊在毫米波天線陣列系統開發的經驗，深入淺出的分析目前毫米波天線陣列系統的發展、面臨的挑戰與技術趨勢，未來的毫米波天線陣列將具備全數位化信號處理與相位調整、高整合度的系統晶片與模組化的天線陣列單元，實現功能強大且適合各種應用情境的大型毫米波天線陣列系統。■





## 研討會

### 5G & Beyond 技術成果發表會

聯盟特約記者／顏立心

台大電信工程學研究所於 5 月 10 日上午假台大博理館 201 會議室舉行「5G & Beyond 技術成果發表會」，邀請華碩執行長沈振來先生、科技部工程司徐碩鴻司長、經濟部新世代通訊技術推進辦公室張麗鳳技術長、電機資訊學院陳銘憲院長以及台灣電磁產學聯盟召集人吳瑞北教授等貴賓出席，並由電信所吳宗霖所長介紹台大電信所在 5G 的深耕技術及人才培育成果，後續由周錫增教授、毛紹綱教授、林坤佑教授及張時中教授發表台大各研究團隊在 5G 通訊領域的豐碩研究成果。下午於博理館 101 演講廳舉行學術講座，邀請電機系王暉教授、張時中教授、周錫增教授、蘇炫榮教授及毛紹綱教授分享 5G 通訊最新的研究成果與發展並由吳宗霖所長主持座談和與會者密切互動。

未來台大將持續加強產學聯結，結合現有研究成果投入 5G 通訊前瞻技術研發，強化技術專利布局，突破技術瓶頸，以提升台灣電信產業的國際競爭力。

#### 發表會緣起

近年來無線與寬頻通訊技術發展日新月異，各式通訊產品與服務已融入生活與工作中。自

2008 年國際電信聯盟無線電通訊部門 (ITU-R) 發表 IMT-Advanced 規範定義 4G 通訊標準以來已屆 10 年，在現今日趨龐大的使用者需求下，4G 通訊標準已逐漸不敷使用。在新世代通訊系統發展的驅使下，國際電信聯盟於 2015 年發布了 5G 通訊系統的時間表，並規劃於 2020 年正式訂定 5G 通訊規範 IMT-2020。第三代合作夥伴計畫 (3GPP) 自 2017 年以來陸續發表 5G 通訊的相關定義與規格，並在 2017 年底發表 Release 15 規範，將 5G 通訊使用的頻段正式定義在 Sub-6 GHz (450 MHz ~ 6 GHz) 和毫米波 (24.25 GHz ~ 52.6 GHz) 兩個頻段，美國聯邦通信委員會 (FCC) 已確定於



華碩電腦沈振來執行長致詞



科技部工程司徐碩鴻司長致詞



經濟部新世代通訊技術推進辦公室張麗鳳技術長致詞



電資學院陳銘憲院長致詞



電信所吳宗霖所長介紹 5G 的深耕技術及人才培育成果



台大電信所吳瑞北教授致詞

2018 年 11 月開始進行 28 GHz 頻段的營運執照競標。在定義 5G 通訊的使用頻段後，也正式宣告 5G 通訊時代即將來臨。

除了標準規範的訂定，世界各大電信業者與通訊設備龍頭廠商也在近幾年內發表許多嶄新的 5G 通訊研發成果。美國電信業巨擘 Verizon 即與三星合作開發 5G 小基站系統，並在今年於美國加州進行第一階段的商業試營運。日本的兩大電信業者 KDDI 及 NTT DoCoMo 也分別投入 5G 通訊應用技術的開發，前者和三星合作的開發計畫已成功進行 4K 高畫質影像直播試驗，並使用在球場中的即時轉播。後者則致力於基地台的開發，且於 2017 年 5 月在日本東京完成測試，並在測試中成功進行 10 公里遠的高畫質影片傳播。

在 5G 通訊時代拉開序幕的同時，台灣必定不能缺席，身為台灣最頂尖的大學，台大在 5G 通訊的研究上也傾注了巨大的研究能量。在過去幾年中，台大進行的「科技部深耕工業基礎技術計畫」以及「科技部前瞻通訊網路技術開發與應

用計畫」皆在 5G 通訊領域的研究與技術開發上投注了大量的資源，並取得相當優異的研究成果。同時，台大在頂尖技術人才的培育上也有長遠的計畫，除了透過與教育部合作的「產學合作培育博士級研發人才計畫」以及「行動寬頻尖端技術人才培育計畫」培養博士級的高端研究人員，近年來更成功推動「台大電信所卓越菁英培育專案」，鼓勵優秀學生攻讀博士，替人才培育注入新的能量。

在此 5G 通訊發展的關鍵期，台大非常幸運的在各個研究計畫都有豐碩的成果，「5G & Beyond 技術成果發表會」也應運而生。在此次成果發表會中，台大發表了多個研究計畫的成果，包括由吳宗霖所長主持的「5G/B5G 38 GHz 毫米波射頻收發系統」、周錫增教授主持的「5G/B5G Sub-6 GHz 頻段 Massive MIMO 驗證實驗平台」、毛紹綱教授主持的「5G/B5G Sub-6 GHz RF Front End」、林坤佑教授主持的「5G/B5G 60 GHz 波束成型射頻前端系統」以及張時中教授主持的「VISSA：新世代頻譜分享接取概念展示平台」皆進行實體展示，提供與會來賓對 5G 通訊技術最直接的體驗。在下午則舉行一系列的學術講座，由台大資深教授分享 5G 通訊的最新研究發展，包含王暉教授主講：「台大電波組射頻積體電路技術發展之回顧與前瞻」、張時中教授主講：「5G 與物聯網世代之頻譜與無線網路分享接取」、周錫增教授主講：「應用於 5G/B5G 毫米波通訊系統之天線



技術」、蘇炫榮教授主講：「毫米波大規模多用戶多天線系統之混和波束成型及射頻鏈路分配」及毛紹綱教授主講：「智慧電波在無線通訊系統之應用」等多場精采豐富的學術演講。希望透過本次技術成果發表及學術分享，以達到深化台灣產官學各界的多方合作關係，並且為未來 5G 通訊世代的研究發展注入一股新能量。

## 技術成果發表

### 一、5G/B5G 38 GHz 毫米波射頻收發系統

在無線通訊的發展中，基站技術總是不可或缺的一環。透過毫米波頻段的使用，5G 世代的基站將可達到 20 Gbps 的數據傳輸速率，相當於 4G 世代的 100 倍。但是毫米波頻段的缺點必須被克服，例如比起 Sub-6 GHz 頻段高出相當多的空氣損耗與較差的繞射能力。因此從 4G LTE 世代開始發展的小基站技術在 5G 通訊世代將扮演更重要的角色，小基站可作為大基站與用戶端之間的中繼橋梁，並配合陣列天線與波束成型技術，可以有效地彌補毫米波頻段較大的損耗。

本次台大發表之毫米波射頻收發系統即以小基站為目標進行設計，此系統的操作頻率為 38 GHz，目前系統具備 4 路電路結構，最大頻寬可達 800 MHz，可於使用 64-QAM 調變訊號的情況下達到 2.8 Gbps 的數據傳輸速率及 70 公尺的訊號傳輸距離，並且透過基頻設備的整合，可進行高畫質影片的傳輸，以模擬用戶端進行高畫質影像通訊或直播的情境。未來透過擴大系統規模、開發波束追蹤技術以及晶片化整合系統架構，在未來三年內台大的目標是將此系統的功能提升到符合小基站使用情境的 20 Gbps 數據傳輸速率和 1 公里傳輸距離，以達成商業使用的標準。

### 二、5G/B5G Sub-6 GHz 頻段 Massive MIMO 驗證實驗平台

量測以及驗證技術在未來 5G 通訊發展中將會相當重要，Massive MIMO 等空間多工技術將會有蓬勃的應用，此方面的技術將會是達成超高

數據傳輸速率的關鍵。但同時此方面的驗證技術以及驗證平台設計目前仍相對貧乏，且國內的產學研各單位的技術研發亦需要驗證平台進行實驗驗證技術，並使其技術研發區塊化。因此台大在此研究計畫中即是以開發毫米波 Massive MIMO 驗證實驗平台做為目標，並透過整合 MIMO 與智慧型天線組成技術區塊，同時與產業技術發展達成同步。

本實驗平台在開發時依產業應用實務情境採模組化方式建構，並且透過整合智慧型天線系統與 MIMO 平台實現 Massive MIMO 運作機制。目前本實驗平台具備 16 埠，每一埠分別具備一組八天線單元組成之智慧型天線系統，透過此天線系統可進行波束切換、重置及掃描等操作，並可透過將此 16 組陣列天線進行動態分配形成多元的 MIMO 應用。另外，智慧型天線操作係由雲端運算完成，並可整合網路管理的核心軟體操作。目前實驗平台的操作頻段設計在 LTE 高頻的頻段，即包含於 5G 通訊的 Sub-6 GHz 頻段中，系統可使用從 QPSK 至最高 64-QAM 之調變訊號，最高可達到 164 Mbps 的數據傳輸速率。台大的下階段將以擴展此系統規模至 1024 埠、提升操作頻段至毫米波頻段及開發相關演算法為主要目標。

### 三、5G/B5G Sub-6 GHz RF Front End

通訊系統的技術中，晶片的研究與設計絕對是最重要且最具價值的一環，在射頻電路設計中，功率放大器則是不可或缺的重要元件，尤其在進入 5G 通訊時代之後，為了彌補更高的空氣損耗以及傳輸線損耗，功率放大器不論在質或者量都會有所增加，以本次發表的「5G/B5G 38 GHz 毫米波射頻收發系統」為例，此系統的 4 路電路結構中就含有 10 個功率放大器，如何將數量龐大的功率放大器進行有效的整合將成為 5G 時代射頻電路晶片設計的關鍵技術。

本計畫發表的成果可由下到上分成三大階段：「射頻功率電晶體之非線性模型」、「具高效率封包追蹤電路之多頻多模 BiCMOS 功率放大

器」以及「適用於載波聚合之寬頻高線性度封包追蹤射頻前端電路」。多頻多模 BiCMOS 功率放大器即是根據非線性模型設計，在經過實驗驗證此放大器效能後，整合了包含 Dual-Power-Mode PA、SPDT Switch (Single Pole Double Throw Switch) 及 ETBS (Envelope Tracking Biasing Supply) 等其他電路元件完成射頻前端電路。此電路系統在設計之 1.95 GHz 頻段可具備 80 MHz 頻寬，最高可使用 64-QAM 調變訊號，並且配合基頻儀器可進行高速訊號傳輸與高畫質影片傳輸。

#### 四、5G/B5G 60 GHz 波束成型射頻前端系統

在未來毫米波頻段的使用上，除了常見的 28 GHz 頻段和本次發表之 38 GHz 頻段，60 GHz 以上的頻段也相當有發展潛力。60 GHz 頻段目前主要應用在點對點高速傳輸方面，但由於可乘載更高的頻寬，配合天線陣列以及波束成型等技術，未來在短距離超高速訊號傳輸的應用上也相當適合。

本次台大發表之射頻前端電路系統即以上述情境設計在 60 GHz 頻段，系統包含 CMOS 波束成型晶片以及寬邊 / 端射兩組天線陣列，並以高頻電路板封裝技術整合。寬邊天線陣列由 2 乘 2 貼片天線組成，涵蓋範圍是電路板上及下方各 60 度至 90 度；端射天線則是由 1 乘 4 偶極天線組成，涵蓋範圍是電路板側邊的正負 60 度，兩組天線分別透過巴特勒矩陣由波束成型晶片控制，波束成型晶片使用的則是台積電 40 奈米 CMOS 製程。此系統具有低面積、低成本、低功耗的優點且可支援雙向操作。目前的實驗驗證結果顯示，天線的波束成型功能已相當完備，且最高可使用至 64-QAM 調變訊號，未來目標將著重於加長傳輸距離，並進一步開發波束追蹤等功能。

#### 五、VISSA：新世代頻譜分享接取概念展示平台

在未來 5G 時代裡，高速率和低功耗將是兩大設計目標，若能提升頻譜資源的使用效率將有助於達成此兩大目標，頻譜的分享接取概念則可作為相當有效的途徑。

本研究計畫的合作單位有財團法人電信技

術中心及工業技術研究院，並由台大與中山大學的研究團隊分別負責兩大使用情境下的技術開發。情境一由中山大學團隊開發，其目的為呈現 Incumbent 通知 LSA 資料庫收回頻段使用權，LSA 資料庫同步 MNO 2 之 LSA 控制器，並由 EPC 執行清空共享頻段同時切換重啟至其他空間共享頻段。情境二則是由台大與工研院團隊合作，分別呈現由感測器感知 Incumbent 使用並通知 LSA 資料庫收回頻段使用權，LSA 資料庫同步 MNO 1 之 LSA 控制器，並由 EPC 執行清空共享頻段同時切換重啟至其他空間共享頻段，以及透過 Athena SON 管理頻譜共享接取展示 MNO 1 清空共享頻段。

### 學術講座

#### 一、台大電波組射頻積體電路技術發展之回顧與前瞻

台大電波組在射頻積體電路的研究有相當悠久的歷史，本次講座王暉教授分享了不同材料之積體電路特性以及設計上的重點，包括 GaAs-Based MMW MMICs、Si-Based MMW SiGe (BiCMOS) RFICs 以及 Si-Based MMW CMOS RFICs 等。

王教授由應用面的角度出發，透過分析不同毫米波頻段下最適合的應用情境，說明各種電路設計上的考量重點以及關鍵技術，本次介紹的積體電路設計皆使用低溫陶瓷共燒製程 (LTCC) 製作，涵蓋的頻段從 28 GHz 到 100 GHz 以上，在未來 5G 通訊的應用上具有相當高的價值。未來在 5G 通訊的應用上，Phased Array 天線將會是不可缺少的部分，由於縮小化以及降低傳輸線損耗等原因，將 Phased Array 與積體電路晶片進行系統整合以及共設計將會是關鍵技術，因此將整個射頻積體電路系統包含晶片以及天線等元件以 SoC 或 SiP 等技術進行整合將會是台大電波組未來著重的研究方向。

#### 二、5G 與物聯網世代之頻譜與無線網路分享接取

本場講座由張時中教授主講在 5G 通訊時代頻譜使用上的發展趨勢以及台大研究團隊目前在

頻譜分享上的研究成果。張教授以數位匯流垂直整合應用的角度出發，針對數位匯流下的無線接取需求討論頻譜的使用機制。

長久以來全世界的頻譜平均使用率都呈現偏低的狀況，以 UHF 頻帶為例，僅有約 20% 的頻譜是被頻繁使用的，更有 55% 無人使用。若能以動態的模式進行頻譜接取，將可大幅提升頻譜的使用效率。美國的 FCC 已提出三層式頻譜分享接取授權架構，並討論未來可能使用 SAS 架構的頻段以及 CBSD 和 SAS 的互動關係。目前技術發展重點聚焦於頻譜分享接取的架構建設以及在異質網路上的頻譜分享授權演算法開法，台大研究團隊則透過架設實驗平台驗證使用情境，並將目標放在提升運算效率等挑戰上。

### 三、應用於 5G/B5G 毫米波通訊系統之天線技術

天線是無線通訊中最重要也不可缺少的元件，在未來 5G 通訊的時代，天線設計及量測驗證都將會是重要的課題。在本場講座中，周錫增教授由毫米波的應用技術挑戰切入主題，配合系統面的技術應用情境，帶出天線設計的研究現況與未來在 5G 時代的發展趨勢。

在無線通訊領域中，基站與終端設備在規模及各種限制條件皆不盡相同，但彼此收發的關係卻也有如針與線般緊密，因此兩者在天線設計上雖有不同的方向，但也需要彼此配合。基站端天線相當注重涵蓋率的問題，因此 Dynamic Beam-Switching Approach、Multi-Beam Approach 以及 Non-Regular Multi-Beam Approach 等波束掃描技術為重要關鍵。基站端由於規模龐大，常使用如反射陣列天線等多波束天線系統，如此複雜且龐

大的天線系統除了設計上的技術需要克服，校正演算法、量測技術及量測驗證平台也相當重要。周教授開發之 Compact Range 量測環境與本次發表之 Massive MIMO 實驗驗證平台在未來 5G 天線的開發上可提供相當寶貴的助益。

### 四、毫米波大規模多用戶多天線系統之混和波束成型及射頻鏈路分配

IMT 針對未來 5G 通訊世代的應用情境做過分類，其中 Enhanced Mobile Broadband (eMBB) 即是與基站或用戶端設備相關的一種，其目標為大幅提升數據傳輸速率至 20 Gbps 的水平。為了達成此目標並克服毫米波頻段較大的空氣損耗，Massive MIMO 架構及波束成型技術將會被廣泛的應用。蘇炫榮教授在本場講座中分享了應用於多天線系統之波束成型以及鏈路分配的架構。

在類比 Precoder 的設計中加入降低干擾的架構有利於提升系統的整體表現，且以軟體的角度彌補硬體上造成的負面影響也有其必要。設計上的重點則是在複雜度與效能上達成平衡，並維持射頻鏈路數目上的使用彈性讓設計者可以加入額外的射頻鏈路改善系統效能。本次發表之 Precoder 設計即具有以上優點，透過去除遞迴架構將複雜度降低，並且對干擾以及硬體變異有相當好的穩定性，同時也能透過加入 Quantized Phase Shifter 等額外射頻鏈路改善系統效能。

### 五、智慧電波在無線通訊系統之應用

智慧電波應用在 5G 通訊時代裡可結合物聯網架構產生相當多的新穎技術，在 IMT 提出的 Massive Machine Type Communication



5G 綜合座談



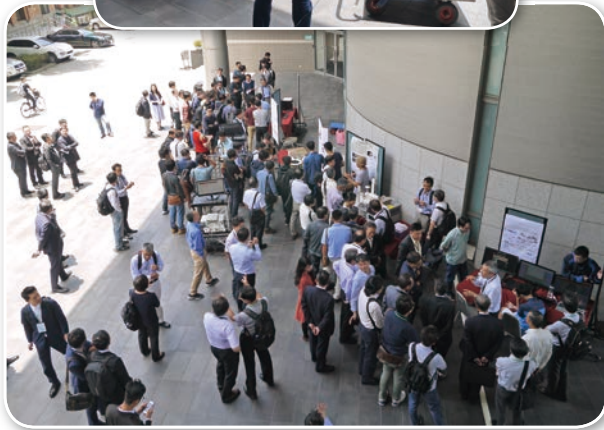
(mMTC) 應用情境下，未來在每平方公里的範圍內將有 100 萬個連上網路的設備，智慧電波技術與相關的應用設計將會有極大的發展空間。

本次講座中，毛紹綱教授分享了多種關於智慧電波、物聯網及車聯網的應用設計，例如自動駕駛載具，可應用於購物中心進行自動結帳等功能，配合 RFID 天線追蹤選取之商品及價格，利用藍芽與消費者的手機連線檢查購買清單，並使用

Wifi 與雲端運算中心連線進行庫存管理以及消費模式分析，在未來物聯網的應用上，此類的設計將會是相當重要的指標性應用。

### 結語

本次的成果發表會及學術講座最後在熱烈的綜合討論中畫下完美的句點。本次活動受到各界的熱情迴響，上午的成果發表會總計有 130 位來賓，下午的學術講座更有近 200 位來自產學各界的來賓參與，也代表台灣在 5G 世代的無線通訊技術發展絕對會佔有重要的一席之地，這次的成果發表會將扮演拋磚引玉的角色，期待未來每年都能看到台灣在無線通訊技術的發展上百尺竿頭、更進一步。||||



技術成果展示



與會貴賓合照



與會來賓大合照





## 研討會

### 2018 冬季電磁能力認證測驗

台灣電磁產學聯盟報導

為協助學生升學或就業時，教師與企業能一致性評估學生能力，教育部網路通訊人才培育先導型計畫電磁教育聯盟中心團隊教師建立一項全國性普遍認同之基本電磁能力認證機制，有效驗證學生學習成效，提供客觀能力佐證資料，期盼提升電磁教育的關注度，以達成電磁教育改善之使命。103年1月14日第一屆「電磁能力認證測驗」由此發起與規劃，爾後由台大高速射頻與毫米波技術中心及台灣電磁產學聯盟持續舉辦，其參與人員與實際成效超乎預期。

本測驗繼續延用電磁教學聯盟中心教材模組題庫中的八項電磁學基礎課程模組作為命題範圍：向量分析、靜電學、靜磁學、馬克斯威爾方程式、平面波、頻域傳輸線、時域傳輸線、史密斯圖，皆為電磁學基礎課程。學生透過此測驗，可加強養成電磁基本能力，從而檢視自己是否達成從事電磁相關技術實作之核心基礎要求；同時，透過舉辦「電磁能力認證測驗」，可加強電機電子領域對電磁能力培育的重視。連辦數年的測驗在去年夏季有了重大改革，因應全國各校系所電磁學授課進度不同，首次將測驗分為初級及中高級兩種類別，供學生自行選擇合適的級別應試。測驗題目難度中等偏易，中高級維持以往測驗方式，從八項課程模組中出題 96 題，再隨機選擇 24 題供考生作答；而初級則從四項課程模組（向量分析、靜電學、靜磁學、馬克斯威爾方程式）中挑選 48 題，再隨機選擇 12 題供考生作答。電磁教學推動聯盟中心再依照所有考生成績做等級，中高級測驗分為：頂尖（PR 值 96 以上）、特優（PR 值 85 以上）、優等（PR 值 70 以上）、良好（PR 值 50 以上）等四級，而初級

測驗則分為優等（分數 81.25 分以上）及通過（分數 50 分以上）。成績公布後，亦會寄發電子成績證明書給與以上成績等級之考生，其餘則提供考生參加證明書，積極鼓勵電磁研究潛力之人才投入。

2018 冬季電磁能力認證測驗於 107 年 1 月 6 日星期六上午假全台 17 間考場舉行線上同步測驗，考場分部於全台北區、中區和南區以利考生應試（圖 1）。

本次報名人數共計 432 人來自 26 間大專院校，其中初級報名人數為 267 人，中高級為 165

區域	地點
基隆	國立台灣海洋大學通訊與導航工程學系（延平技術大樓 702 室）
台北	國立台灣大學電機系電腦教室（電機二館 130 室）
台北	國立台灣大學電機系電腦教室（電機二館 132 室）
台北	國立台灣大學計算機中心 212 電腦教室
台北	國立台灣科技大學計算機中心國際大樓 IB-712
台北	國立台灣科技大學電機系電腦教室（第二教學大樓 510 室（T2-510）
桃園	元智大學 元智七館 R70802
桃園	國立中央大學電機館（工程二館）電腦教室（E1-219）
新竹	國立交通大學工程四館 713 電腦輔助教學教室
台中	逢甲大學通訊系電腦教室（401 室）
台中	東海大學 人文暨科技館 002 教室
彰化	國立彰化師範大學工學大樓 EB211
嘉義	國立中正大學創新大樓 504 室
嘉義	國立嘉義大學電機系電腦教室
高雄	國立高雄海洋科技大學立誠樓 4505 室（天線及微波實驗室）
高雄	國立中山大學國研 2008
澎湖	澎湖科技大學 B403 通訊實驗室

圖 1 2018 冬季電磁能力認證測驗之考場

人。最後實際到考人數為 372 人，到考率約為 86.1%，其中以國立台灣大學學生到考人數 98 人居冠，國立彰化師範大學到考人數 38 人次之，其他實際參加考試的學校學生總計 24 間共計 236 人（圖 2 和圖 3）。

此次中高級測驗成績等級為頂尖（PR 值 96 以上）的學生共計有 5 人，均為國立台灣大學學生；成績等級為特優（PR 值 85 以上）的學生共計 9 人，均為國立台灣大學學生，其他成績等級依序為優等（PR 值 70 以上）21 人、良好（PR 值 50 以上）26 人，可參考圖 4。

這次是第二次舉行初級測驗，成績為優等（81.25 以上）的學生共計 11 人，成績為通過（50 以上）的學生共計 76 人，可參考圖 5。與去年夏季第一次舉辦的初級測驗比較可參考圖 6，參加人數明顯增加。

部分考生除了參加了本次 2018 冬季電磁能力認證測驗，也曾參加過先前已舉辦的電磁能力認證測驗，學生可藉多次測驗的成績比較作為檢視自我學習成效的依歸。綜合自 103 年 1 月 14 日起共計九屆「電磁能力認證測驗」，包含國際上不同學校數次的測驗結果，歷屆成果資料統計如圖 7。

為了更穩定並持續發展此電磁能力認證，電磁教學推動聯盟中心的主持人吳宗霖教授及共同主持人馬自莊教授於去年春季測驗後決定將秋季測驗移至每年 6 月夏季舉行，而 1 月測驗則更名為冬季測驗，並將測驗依考試內容分為兩等級：初級及中高級供學生選考。從接連兩次測驗的結果可看出，配合各校授課進度，分為初級

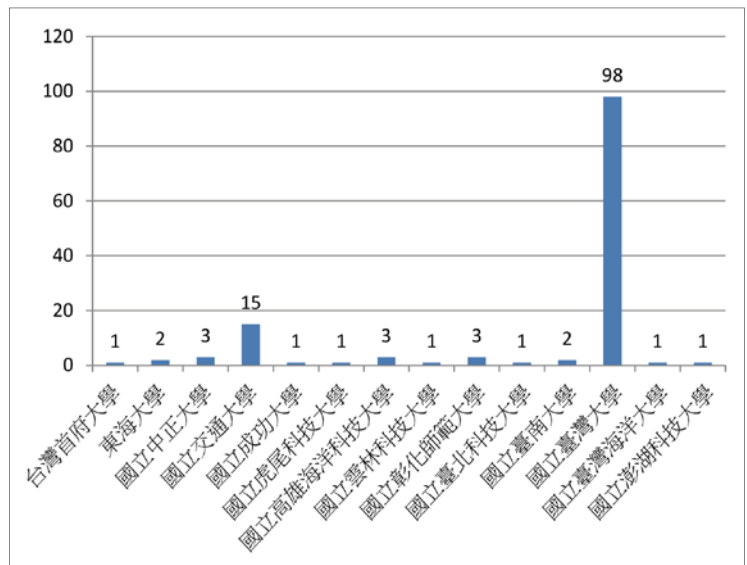


圖 2 中高級 — 各校到考人數

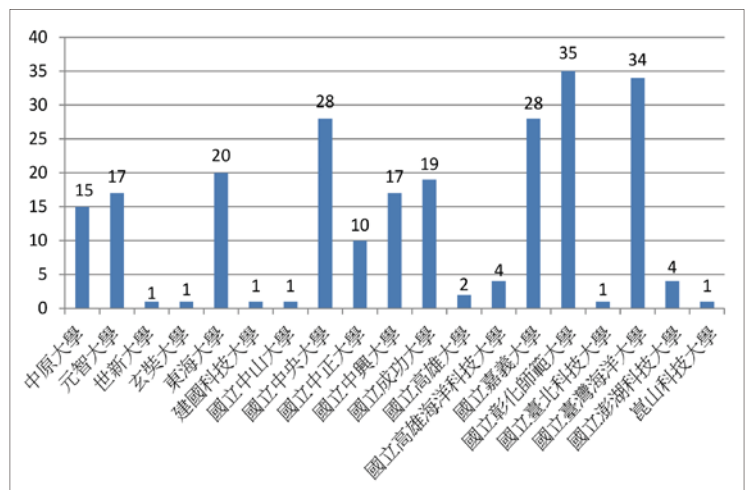


圖 3 初級 — 各校到考人數

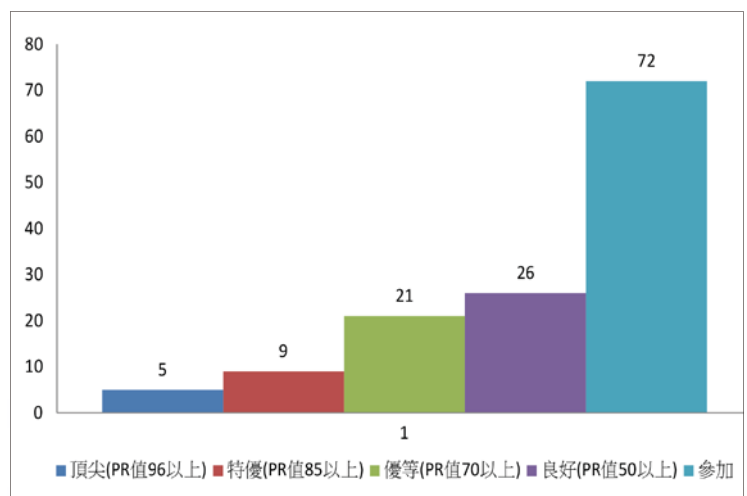


圖 4 中高級 — 考試成績分布 (人數)

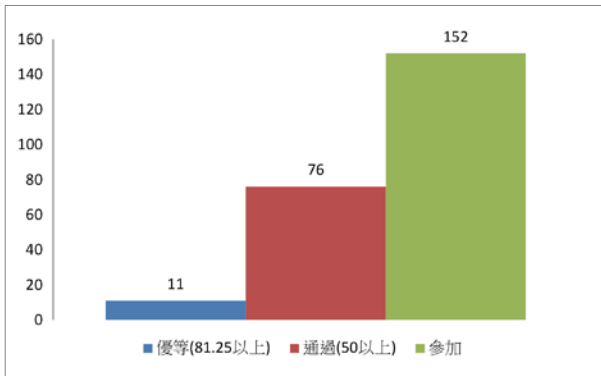


圖 5 初級考試成績分布 (人數)

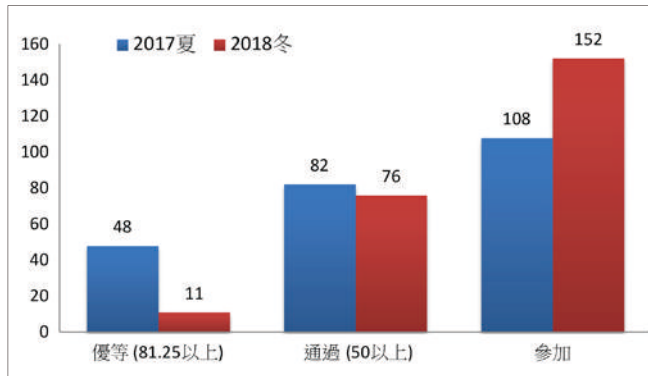


圖 6 兩次國內初級考試成績分布 (人數)

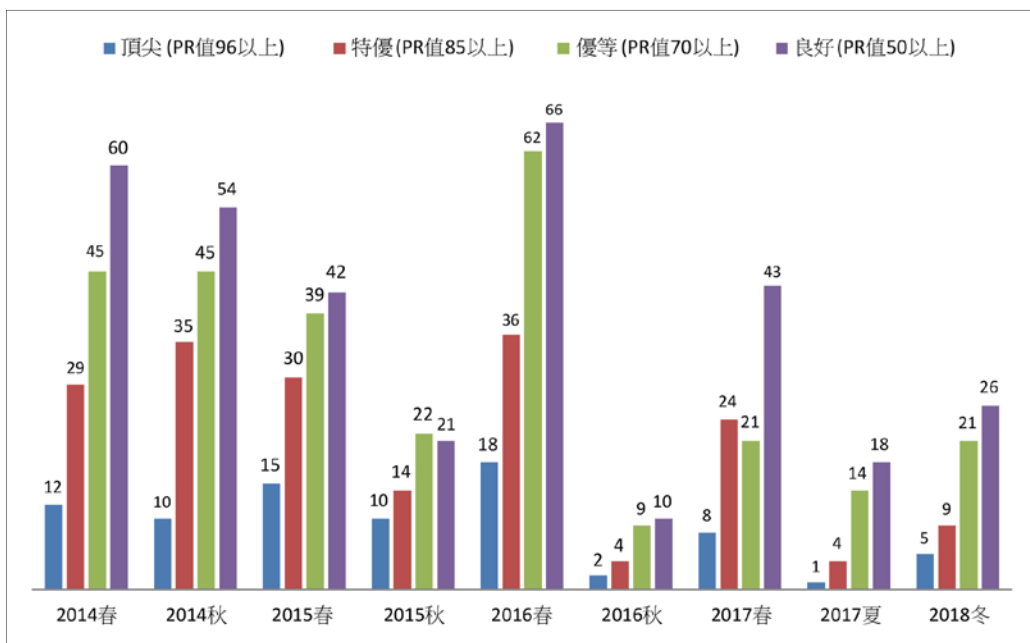
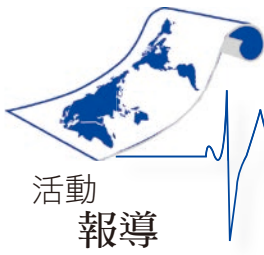


圖 7 歷年國內外中高級考試成績分布(人數)

與中高級兩等級並參考各校期末考時間安排為夏季和冬季測驗，確實達到鼓勵學生參與測驗的目的。因測驗內容及時間更符合所學的進度，更能提升學生學習的動力及參與認證的意願。且配合學期課程，學生可藉冬、夏兩季測驗驗證學習成效，並將測驗成績作為升學或就業的有利審查文件。本認證測驗最終目的為使其推廣為各大專院

校研究所招生入學，甚至公司錄取射頻人才之重要基礎能力採信機制，以彌補各校給分標準不一之缺失。若可獲得任一國家之學校組織認同，此構想或可成為一國際性之基礎能力認證測驗，對於我國爭取電磁教育之亞太區領導地位，將可有實質貢獻。■



活動  
報導

## ■ 國際研討會連線報導 ■■■

### 2018 第十二屆歐洲天線暨傳播研討會 The 12<sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)

聯盟特約記者／張晨毅

2018 第十二屆歐洲天線暨傳播研討會 (The 12<sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP) 於 4/9 ~ 4/13 在英國倫敦之倫敦展覽中心 (Exhibition Centre London, ExCeL) 展開為期五天的會議。本研討會聚焦於天線設計、電磁傳播與量測系統等相關領域，為美國以外在此領域中最大型的國際會議，每年吸引超過 1200 人共襄盛舉。議程包括口頭報告、海報論文發表、熱門議題演講 (Keynote Speech) 以及 workshop 形式的專題討論，大會並邀請學界及業界重量級人士與會演講 (Invited Talks)，分享最新研究成果與天線領域發展所面臨的挑戰。由於天線與傳播等相關領域的發展對於增進人們生活的便利性和推動生活品質的進步息息相關，例如第五代行動通訊技術 (5G) 和高級輔助駕駛系統 (ADAS) 中的汽車防撞雷達等。因此除了學界知名的研究團隊外，業界各大公司也積極參與並展示最新研究成果，此次企業聯展共有超過四十多家企業投入，個人也在展覽中深入了解到各家電磁模擬軟體的優缺點。而其中台灣致力於發展天線及微波量測系統的衛普科技也有參與此次企業聯展。由於會議涵蓋領域甚廣且內容豐富多元，筆者無法一一詳盡報導，故於此摘要數則創新技術的重要研究發表。

#### 論文發表摘要

自從智慧手機問世以來，人們日常生活與人際互動模式因而產生巨大的變化，如此的改變也間接造成整體對於行動數據流量的強烈需求，加上物聯網 (IoT) 概念的提出，現今 4G 通訊網路的規劃已日漸不敷使用，為解決此一難題包含華為、高通及三星等各家大廠無不積極籌劃與

5G 相關的通訊標準。相較於 4G 通訊網路的設計，5G 通訊系統在資料傳輸率、低延遲時間、高密度裝置連接等方面被賦予更高的期待，為滿足以上需求如巨量天線 (Massive MIMO) 等創新概念也隨之被提出。來自中國東南大學的洪偉教授便與會分享近幾年來東南大學毫米波國家重點實驗室在用於 5G Massive MIMO 中多波束天線 (Multibeam Antennas, MBAs) 的研究成果和相關經驗。洪教授談到由於目前各國頻譜劃分上在次 6 GHz 頻段的資源已相當稀少，相關研究與應用不得不朝向毫米波頻段發展，點對點通訊技術便隨之提出，以解決毫米波訊號在傳輸過程中的路徑損耗和訊號遮擋所造成的訊號與干擾雜訊比 (signal-to-interference-plus-noise ratio, SINR) 惡化等問題。然而點對點通訊由於波束過窄而導致基地台涵蓋範圍受限的缺點則需要 MBAs 加以克服。此外，由於 MBAs 波束間的高度正交特性，同一頻段能被重複使用進而提升頻譜的使用效益。洪教授接著介紹不同架構下的 MBAs 設計，其中包含被動式 MBAs、主動式數位 MBAs 以及複合式 MBAs，介紹之餘也一一講述相關設計在 5G 通訊應用上的優點與限制。面對 5G Massive MIMO 陣列天線中數以百計的單元個數，被動式 MBAs 在設計的複雜度與實現的困難度將大幅提升。此外，被動式 MBAs 的波束指向往往在設計階段就已固定，因此在面對頻繁移動的使用者上將會造成波束不斷切換的現象，而波束間的波束選擇也必須謹慎考慮；主動式 MBAs 在波束成形能力雖具有更高的彈性，但也不得不面對其佈建成本過高和高耗能等挑戰。最後，洪教授以概述波束成形技術、數位訊號處理、毫米波元件設計、通道規劃以及實際系統建



置等 5G 通訊系統發展上所會面對的五大挑戰來為此次演講劃下完美的句點。

5G 通訊系統中對於更高資料傳輸率的需求勢必仰賴更寬的頻段使用來加以實現，然而正是此一需求便考驗天線工程師與研究人員對於寬頻天線的設計能力。來自香港城市大學毫米波國家重點實驗室的陸貴文教授與其研究團隊，在過去分別發明了 L 形探針饋電微帶天線 (L-probe fed microstrip patch antenna) 和磁電偶極子天線 (magneto-electric dipole antennas) 以解決傳統微帶天線和偶極子天線頻寬過窄的問題，此次口頭報告更帶來了其團隊最近在磁電偶極子天線設計上的研究成果。磁電偶極子天線在設計上整合了兩種寬頻天線，分別為反射式平面電偶極子天線 (reflector-backed planar electric dipole) 和 L 形探針饋電四分之一波長補片天線 (L-probe fed quarter-wave patch antenna)，藉由兩種天線互補特性，不僅使得天線保有寬頻的特性，也具有低交叉極化 (cross polarization) 和不易受頻率變化而影響的天線增益和波束寬度。因應不同的天線設計需求，陸貴文教授分別講述此一磁電偶極子天線該如何設計與修改，其中包含雙極化設計、圓極化設計以及毫米波和太赫茲頻段的應用。以毫米波頻段的設計為例，陸貴文教授提到由於毫米波波長極短，天線製作需配合光學雕刻 (photolithography) 技術加以實現，而天線饋電部分則需搭配基板集成波導 (Substrate Integrated Waveguide (SIW))。報告最後，陸貴文教授總結道此種天線由於設計的靈活

度和訊號傳播的穩定性，已被廣泛使用在基地台中，亦可配合 MIMO 技術提升通訊品質或實現可重置性天線 (reconfigurable antenna) 系統，用途相當廣泛。

超穎材料 (Metamaterial) 其不存在於自然界的特殊性質驅使人們對它的好奇，也促使相關研究和應用發展的推進，自從超穎材料被提出以來就一直吸引著科研人員積極投入，相關的研究成果也每每在各大國際天線暨傳播研討會中發表和討論，此次來自新加坡國立大學的陳志寧教授便在口頭報告中發表了其團隊在超穎介面 (metasurface) 於天線設計上的最新進展。陳教授首先分享了他過去從事轉譯研究 (Translational research) 的經驗，嘗試將物理界發現的超穎材料應用於天線設計上，然而雙負 (double negative, DNG) 材料此種超穎材料是以陣列形式的共振單元組成，在實際應用上容易造成天線頻寬過窄以及高能量損耗等問題。超穎材料在應用上的挑戰促使陳教授再次思考對於材料特殊性質的定義和造成天線設計困難的具體原因，並在思考中探索對於超穎材料在天線設計上的最大可能。陳教授接著介紹平面式超穎材料的設計，例如非等向性高介電常數結構便可有效縮減偶極子天線的尺寸，使得天線尺寸為原來的八分之一個波長，並且基於此種結構的天線陣列亦可有效應用於 MIMO 系統中。其團隊在過去提出基於蕈狀結構所設計的天線陣列，藉由適當調整天線單元的設計，反射電磁波便會據有不同的相位變化，



口頭報告 (陸貴文教授)



口頭報告 (陳志寧教授)

配合口徑饋電 (aperture feeding) 技術，便可實現高增益寬頻補片天線。陳志寧教授最後談到梯度超穎材料 (gradient metamaterial) 在微波透鏡天線上的創新應用，其設計方法係透過空氣隔絕兩層極薄的印刷電路板 (PCB)，進而減少插入損耗和反射損耗以及天線重量，饋電部分則是透過基板集成波導饋電形式的堆疊補片天線加以實現，配合適當調整透鏡的焦距 / 直接比 (focal-to-diameter,  $f/D$ ) 便可優化天線增益，此種透鏡天線在實作與量測上驗證設計的可行性，工作頻率為 28 GHz 毫米波頻段並擁有  $\pm 27$  度的涵蓋範圍，可應用於需要波束成形技術的 5G 通訊系統中。

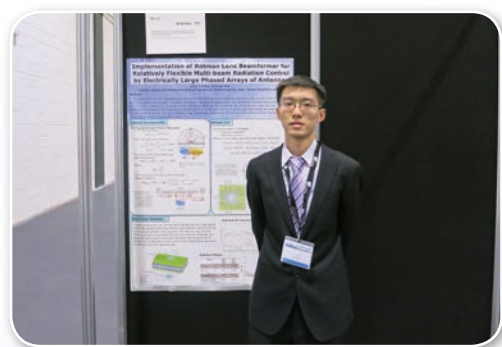
隨著先進駕駛自動輔助系統 (ADAS) 的普及和無人駕駛技術的發展，毫米波車用雷達的技術革新不斷受到重視，對比國內廠商的研發進度，歐美 Tier1 大廠於相關領域的研究一直處於領先地位，而新一代 77 GHz 毫米波車用雷達的發展更是如此，其中又以德國博世 (Bosch) 和大陸 (Continental) 兩家汽車電子系統廠商穩居前二。因此除了摘要天線於 5G 通訊系統上創新發展外，筆者於此特別報導德國博世於 77 GHz 毫米波車用雷達的研究成果。新一代車用毫米波雷達其運作頻率為 76 GHz ~ 81 GHz，相較於前代 24 GHz 車用雷達，其具有頻寬更大、探測距離更遠、精度更高等優勢。此外，天線尺寸也可進一步縮減以利設計與安裝。然而更寬的頻寬需求 (5 GHz) 增加了寬頻天線設計上的難度，另外由於頻率更高、波長更短，射頻走線和天線

饋線的要求也相對增加；銅箔厚度與線寬的容差率也將是一大考驗。來自德國博世的 Osama Khan 便於口頭發表上提出了複合式多層薄膜天線 (Hybrid Thin Film Multilayer Antenna)，相較於過去使用微帶陣列天線在阻抗頻寬的限制，此天線饋電部分採用口徑耦合堆疊補片天線型式實現，而饋電接口與陣列天線單元間的功率分配則是使用接地共平面波導 (Grounded coplanar waveguide, GCPW) 形式完成。雖然量測結果顯示有 5 GHz 頻率的偏移現象，跟據 Osama Khan 講述此一現象是出於實際基板之介電特性與電磁模擬過程中設定的偏差。不過由於其寬頻天線的設計，此一頻率偏移現象並不會造成天線運作上的嚴重問題，並可使用於中距離車用雷達系統中。

而筆者最後摘要此次遠赴英國參加研討會所報告的內容，個人報告時間為第二天下午的海報論文發表，主題為利用子陣列劃分技術之多層羅曼透鏡波束成形網路應用於大型陣列天線。於 5G 系統規劃中，寬頻天線系統的設計以及波束成形網路的規劃是不可或缺的，因此筆者採用羅曼透鏡 (Rotman Lens) 波束成形網路，憑藉其頻寬大、低能量損耗以及低相位失真等特性，以滿足 5G 通訊的需求。此外，相較於其他透鏡式天線設計，羅曼透鏡易於以 PCB 的形式實現，能進一步降低基地台佈建的成本，更利於電信業者加速 5G 系統的布局。然而受限於羅曼透鏡設計公式非線性規則的影響，隨著天線單元的個數增加，羅曼透鏡的機構大小亦大幅增加，因此限制基站陣列天線的佈局彈性。為解決上述問題，此次發表提出利用多組尺寸較小的羅曼透鏡來饋入大型天線



與陸貴文教授合影



個人海報論文發表





企業聯展

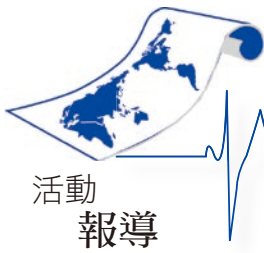
陣列，並搭配陣列天線之子陣列劃分與柵辦抑制技術加以優化天線輻射場型。如此一來，便可突破傳統羅曼透鏡在實際應用上的諸多限制，並提升羅曼透鏡於基地台上建置的使用彈性。

### 與會感想與期許

由前述的各類研究介紹可發現，天線暨傳播研討會內容多元且涵蓋甚廣，各個子領域內各有其專精之處，而筆者於此的摘要內容只不過是整個研討會的冰山一角。此外除了來自各國大師講談最新研究成果外，亦有許多國際知名公司共襄盛舉，如德國車用電子大廠博世（Bosch）、專精於衛星通訊碟形天線分析與設計的 TIRCA 以及微波量測系統的 NSI-MI 等。

筆者除了聆聽他人的研究內容與發表自己的研究成果外，會議期間也認識幾位來自各國的新朋友，更巧遇以前在香港城市大學就讀時的專題指導教授以及其團隊的成員，彼此暢談自己的研究經驗與想法，並分享異地的人文風情與生活大小事，不僅能提升自己思考的全面性，亦是學術研究或職場生涯中相當重要的一環。相對於當時倫敦戶外寒冷的天氣，展館內的討論卻是相當熱絡，這不僅反映了人們對於追求知識的渴望，也是各國企業與學術團隊對於科技進步的高度企圖心，不放過任何創新技術應用的可能，積極努力探討，促進人們生活品質的提升與改善。■





活動  
報導

## 國際研討會連線報導

### 2018 聯合國際電機電子工程師協會及 亞洲太平洋電磁相容研討會 2018 IEEE EMC & APEMC

聯盟特約記者／林怡廷

2018 聯合國際電機電子工程師協會及亞洲太平洋電磁相容研討會（2018 Joint IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC & Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, APEMC），於 5/14 ~ 5/17 在新加坡（Singapore）的新達城新加坡國際會議展覽中心（Suntec Singapore Convention and Exhibition Center）展開，期間議程為期四天，主席為 En-Xiao Liu。由於此次研討會結合第六十屆國際電機電子工程師協會電磁相容研討會以及第九屆亞洲太平洋電磁相容研討會，不僅論文的繳交數量創新紀錄，舉辦天數也較以往多了一天，議程的安排也更豐富且多元化。內容囊括數值分析、模擬與量測等，議程則完整包含口頭與海報論文發表、教學專題研討（Workshops/Tutorial Sessions）、大會演講（Plenary talks）以及主題會議（Topical meetings），可見學界的知名研究團隊與業界各大公司皆共襄盛舉此盛事，分享交流彼此研究技術的進度及目前實際的挑戰，內容相當精實。

### 電磁相容的重要性

在現今資訊科技迅速發展下，訊號傳輸速度與日俱增，也隨著半導體製程突飛猛進，驅使許多高速傳輸的界面，像是串型 ATA（Serial Advanced Technology Attachment, SATA）、高清晰度多媒體介面（High Definition Multimedia Interface, HDMI）等或晶片電路縮小化、高速化。然而，在高密度的封裝中佈線整合勢必會產生不對稱性和不連續的情況，使得元件間出現嚴重的電磁干擾（Electromagnetic Interference, EMI）與電熱耦

合（Thermal-Electrical Coupling）問題，進而破壞電源完整度（Power Integrity, PI）與訊號完整度（Signal Integrity, SI）而降低晶片本身乃至整個電路系統的可用性及可靠性。另外，無線通訊的應用也蓬勃發展，像是應用於汽車、醫學儀器，甚至看似前景無限的物聯網（Internet of Things, IoT）技術都正在研究及應用，但也因此使得各類的電子產品面臨前所未有的電磁干擾，引發各類電磁相容（Electromagnetic Compatibility, EMC）的問題。

因此，國際間許多研討會都在探討相關議題，例如國際電機電子工程師協會訊號及電源完整度研討會（IEEE Workshop on Signal and Power Integrity, SPI）、國際電磁相容研討會（International Symposium on Electromagnetic Compatibility, ISEMC）及國際電磁干擾與相容研討會（International Conference on Electromagnetic Interference & Compatibility, INCEMIC）等。這些研討會能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，也能相互激發出更創新的應用，以期更全球性、有效率地解決電磁干擾與電磁相容的問題並創造更優質的電磁應用環境。





## 議程規劃

本次議程架構上，主要是首日由來自學界、業界的教學專題演講與後三日的口頭論文發表（Oral Paper Session）夾以一日的海報論文發表（Poster Paper Sessions）組成，另有一些現場實驗及示範（Live Experiments and Demonstrations）。議程主要針對高速訊號的電源完整性及訊號完整性、計算與量測電磁學、新興的無線科技進行探討。以下將針對這些主題，摘要數個重要的發表及演講。

## 高速訊號的電源完整性及訊號完整性

今年有四場大會演講，都是不同面向的主題，其中一位講述電源及訊號完整度的主講人是來自 Google 的 Mark Hayter 博士，亦為資深工程師的處長，負責帶領團隊開發 Chrome 作業系統

的硬體。由於要讓硬體能快速啟動應用程式，並且能自動更新使得電腦維持安全狀態，加上採用現今已用在桌電、筆電及手機的通用序列匯流排 C 型（USB Type-C），能提供 100 瓦以上的電源及高速傳輸數據，而這其中存在許多電源及訊號完整度的挑戰，因此介紹了一些該團隊應用在裝置上的訊號與電源完整性相關研究。

而在論文發表部分，以下將介紹三篇入圍最佳訊號及電源完整性論文獎決賽（Best SI/PI Paper Award Finalist）的論文。

為達到公眾及產業的需求，印刷電路板（Printed Circuit Boards, PCBs）上會整合多種電子功能，因此印刷電路板上的整合密度日益增加，造成設計方法也更具挑戰性。此外，不理想的寄生效應（Parasitic Effect）及雜訊就是造成





電磁相容及訊號完整度議題的來源，再加上連接各種功能的影響，這些損害產品表現的問題也都須納入設計考量。現今廣泛應用於分析樹狀連接模型（Tree Interconnect Model）訊號完整度及電磁相容設計的方法有電阻電容（RC）和電阻電感電容（RLC）網路，連接配置上有 H-拓撲（H-topologies）等，但這些電磁計算方法在預測不同電子連接結構時相當耗時且有些限制。來自法國諾曼底大學的 B. Ravelo 及阿麗亞納集團（Ariane Group）的 O. Maurice 提出利用 Kron-Branin 方法將更複雜的單一輸入與四輸出（1:4）樹狀連接模型轉成圖（Graph）的架構，進而計算出 S 參數，此方法不僅在模擬與量測的準確度高，也能加快計算速度，對於電磁相容及訊號完整度的分析益處良多。<sup>[1]</sup>

功率分配器（Power Divider）廣泛使用於牽涉到輸出端數量功率分配、輸出的幅度、隔離與阻抗匹配的應用，但大多設計都是將功率分配器用於將輸入平行饋入介電質介質，例如微帶線饋入（Microstrip Feed）。來自新加坡南洋理工大學的 Vignesh Shanmugam Bhaskar 提出兩階段達成四路的功率分配器，第一階段為二路的功率分配器，能將垂直的軸（Coax）過渡到介質合成波導（Substrate Integrated Waveguide, SIW），第二階段則是改良威爾金森（Wilkinson）功率分配器搭配頻率選擇耦合結構（Frequency-Selective Coupling

Structures, FSCS）及短路的蜿蜒殘段（Meander Stubs），因此能將輸入垂直饋入且有不錯的部分頻寬（Fractional Bandwidth, FBW）。<sup>[2]</sup>

高速傳輸的界面，如通用串行匯流排（Universal Serial Bus, USB）、高清晰度多媒體介面，常用差動傳輸線（Differential Transmission Line）取代傳統單端（Single-Ended）傳輸線，以傳輸差模訊號（Differential Signal）來避免產生或對抗輻射干擾。然而，若差動傳輸線非處處完美對稱，則會產生共模雜訊（Common-Mode Noise），在兩差動對相位相同地傳播造成輻射，因此這些界面內皆有共模濾波器（Common Mode Filter, CMF）以降低共模雜訊的影響。在設計共模濾波器時，大多會利用全波模擬進行分析，但其缺點是在較複雜的設計上進行分析十分耗時。另外，當電子產品大量製造時就要考慮製程上的變異影響共模濾波器的程度。因此自台灣大學吳宗霖教授團隊的林怡廷同學與鄭齊軒博士，提出以類神經網路（Artificial Neural Network, ANN）進行蕈狀結構（Mushroom-like Structure）共模濾波器的訓練，所得結果與全波模擬情形十分貼近，並可用於良率預測及敏感參數分析<sup>[3]</sup>。此篇論文也獲得了今年 IEEE EMC & APEMC 最佳學生論文獎（Best Student Paper Award）及最佳訊號及電源完整度論文獎，足見目前對於良率預測議題的關切與此論文對於共模濾波器的貢獻。

### 計算與量測電磁學

在電磁相容議題中存在許多複雜的電磁分析問題，面對日益複雜的現代科技產品，從積體電路（Integrated Circuit, IC）到整個系統，電腦輔助模擬對每個產品的發展階段都是不可或缺的。擔任大會演講主講人之一的美國普渡大學王兆考（Weng Cho Chew）教授說一位電磁相容工程師的任務就是指出導致產品表現變差的根本原因並找出解決辦法，就像醫生對全身無力的病患般。然而，電磁相容的分析方法大多相對緩慢，因此將研究致力於促進分析方法也是必要的，因此從最近專家系統（Expert System）的發展及機器學習都有些想法應用於解決電磁相容較困難的問題。



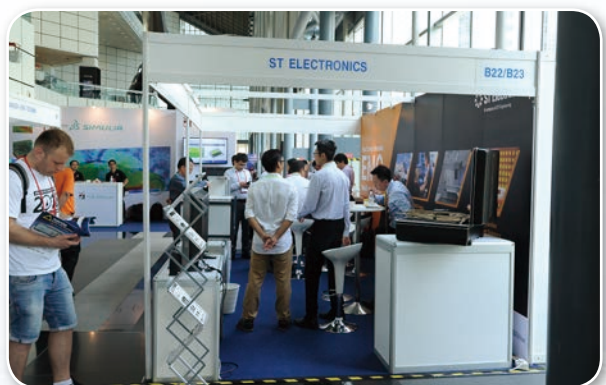


電磁熱耦合效應也是影響電磁相容的環節之一，電子產品的電源損耗會使溫度提高且造成不均勻的熱分布，進而影響整個系統表現與可靠性。以往都是以全波電磁模擬及疊代法（Iterative Method）進行有限元素分析（Finite Element Method, FEM），有些會再搭配上時域有限差分法（Finite-Difference Time-Domain, FDTD）輔助模擬穩態熱學分析，然而，較少研究在探討在馬克士威方程式中要以時域求解的暫態（Transient）電磁熱耦合模擬議題，來自上海交通大學的董依琳（Yilin Dong）同學及香港大學的李平（Ping Li）教授提出以間斷伽遼金時域法（Discontinuous Galerkin Time Domain (DGTD) Method）用於介電常數（Permittivity）隨頻率變化的勞倫次（Lorentz）介質，而且，為了避免在時域計算複雜的卷積（Convolution），採用輔助微分方程（Auxiliary Differential Equation, ADE）巧妙處理色散（Dispersive）的關係。<sup>[4]</sup>

### 新興的無線科技

最後一個我覺得比較有趣的主题就是新興的無線科技，以往較多的電子產品著重於桌電、筆電、平板電腦及手機等 3C 產品，但近來汽車及醫學產業逐漸興起，尤其這些產業的技術規模可能比消費者電子產品還廣，因此來自日本的 Hideki Tsai 教授、中國的 Dong Jiang 教授及 TÜV SÜD PSB 新加坡的副總 Junhong Deng 共同組織的工作坊主题就是分析及討論關於汽車及醫學儀器的電磁干擾<sup>[5]</sup>，也介紹了電磁相容議題於汽車的趨勢與電磁相容應用於醫學儀器的標準<sup>[6]</sup>，想必未來探討此方向的研究也會日益增加。

接著將介紹一篇入圍最佳電磁相容論文獎決賽（Best EMC Paper Award Finalist）的論文。展頻時脈（Spread-spectrum Clocking, SSC）廣泛應用於降低個人電腦或消費者電子產品的雜訊等級（Noise Level），其原理是將窄頻的時脈雜訊及其相關的諧波（Harmonics）擴展成較寬的頻率範圍以達電磁干擾的標準，但當展頻雜訊恰好落在射頻且佔用較寬的頻寬時，展頻時脈就會造成額外的射頻干擾（Radio Frequency Interference, RFI）。也有研究指出 WiFi 通訊對於寬頻的雜訊較





窄頻雜訊更敏感，此外，在比較是否應用展頻時脈的個人電腦時，也得出採用展頻時脈的個人電腦會對無線區域網路溝通的影響較明顯。因此，來自美國英特爾（Intel）公司的 Kae-An Liu 及其團隊對 WiFi 通訊在不同展頻時脈的展頻比率及調變頻率（Modulation Frequency）下的表現進行量化，這也是第一次有研究以實驗驗證並可以量化兩者的影響，根據其團隊的研究成果，射頻與系統工程師能將展頻時脈的布局最佳化，以降低展頻脈的影響並改善射頻表現與距離<sup>[7]</sup>，由此可見，對產業界來說，在訊號的議題隨著科技進步及使用者的要求不減反增的趨勢下會一直持續被研究及討論。

### 與會感想與期許

對於第一次參加國際會議的筆者來說，這次 IEEE EMC & APEMC 的會議可以說讓筆者大開眼界，除了每天幾乎每個時段都有六個平行的口頭發表或教學專題研討，有些時段還有海報的發表，內容相當豐富，都要在前幾天先看好比較有興趣的題目，才能在會議室間穿梭，但也有比較可惜的地方是會有想聽的主題落在同一時間，只能在其中做出取捨。

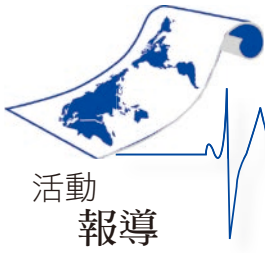
很榮幸的是能在國際會議上發表自己的研究，並有機會參加最佳學生論文獎的競賽，最終還獲獎，有個充實且美好的參與國際會議體驗。

但除了聆聽他人的研究與發表自己的論點外，認識不同團隊的朋友，亦是學術研究會職場發展上相當重要的一環，在研討會期間共舉辦過兩場大型的餐宴，歡迎晚會（Welcome Reception）以及頒獎晚宴（Banquet Dinner cum Awards Presentation），除了能品嚐新加坡的美食外，這些都是認識各國新朋友，聆聽他們的研究經驗、文化與生活，提升自己的思考面向的好機會。或許因為是亞洲太平洋電磁相容研討會，因此遇到最多且投遞論文數遠遠超過排行第二的投遞數國家就是中國了，跟他們互相交流後發現他們很積極也很有想法，也期許台灣關注這些議題的人能愈來愈多。

### 參考文獻（皆為 2018 IEEE EMC & APEMC 的論文）

1. B. Ravelo and O. Maurice, "1:4 Tree Microstrip Interconnect Kron-Branin Model."
2. Vignesh Shanmugam Bhaskar, Eng Leong Tan, King Ho Holden Li and Man Siu Tse, "4 Way Wideband Power Divider using Substrate Integrated Waveguide and Modified Wilkinson Structures."
3. Yi-Ting Lin, Chi-Hsuan Cheng, and Tzong-Lin Wu, "Fast and Accurate Yield Rate Prediction of PCB Embedded Common-Mode Filter with Artificial Neural Network."
4. Yilin Dong, Min Tang, Junfa Mao, and Ping Li, "Electromagnetic-Thermal Simulation of Lorentz Media by the DGTD Method."
5. Hideki Tsai, "Advanced SI/PI/EMI Simulation Technology for Electrical Optimization in Automotive Design: Consideration to 1-D from 3-D."
6. Junhong Deng, "EMC for Medical Equipment."
7. Kae-An Liu, Jaejin Lee, Hao-Han Hsu, Joseph Chen, "An Experimental Study of WiFi Performance Impact Due to SSC Spread-Percentage and Modulation Frequency." ■■■





## 國際研討會連線報導

### 2018 國際訊號與電源完整度會議 2018 IEEE Workshop on Signal and Power Integrity (SPI2018)

聯盟特約記者／詹皓崑

2018 年國際訊號與電源完整度會議（2018 IEEE Workshop on Signal and Power Integrity, SPI2018）於 5/22 ~ 5/25 在法國布列塔尼大區菲尼斯泰爾省的大城布雷斯（Brest, France）的 Le Quartz 會議中心舉辦。SPI 是一個關於系統層級或半導體層級中封裝問題、電磁干擾、訊號完整度及電源完整度解決方案的國際會議，與會人員包含世界一流的學校如伊利諾大學（University of

Illinois at Urbana-Champaign, UIUC）、喬治亞理工學院（Georgia Institute of Technology）的研究生、教授，還有在知名業界中如英特爾（Intel）、華為（Huawei）等公司的高階工程師或主管，是一個具有國際觀且實際應用與理論並重的會議。在四天的會議內，包含了 9 個 session 的口頭報告、海報展覽、儀器展示（Workshops）還有社交活動（Social events）與教程（Tutorials）等，近年來，訊號電源完整度（Signal Integrity/Power Integrity）與電磁干擾（Electromagnetic interference, EMI）在許多應用上是一個艱鉅的挑戰，因此在會議期間，各研究團隊與業界工程師交流頻繁，討論尤其熱烈，分享最新且最實際的例子，內容非常豐富。

#### 訊號 / 電源完整度及電磁干擾的重要性

為了滿足消費者的各式需求，電子產品的功能日趨複雜，導致積體電路的時脈不斷拉高以達到更佳效能外，整合不同功能的積體電路於同一







電子系統內，也成為現今電子產品提升附加價值的必要手段，再者半導體製程技術之演進相當快速，在晶圓廠與設計公司進入奈米時代，其所設計的電路參數變化效應也已進入到影響晶片效能的時代，複雜電路彼此耦合的效應，會使得原本乾淨的訊號傳輸產生許多雜訊，此時如何提升訊號的品質會是一個重要的問題，訊號可能與本身複雜的走線位置有關，亦或是電源供應網路造成電路的雜訊有關。此外，頻率越往高頻走所衍生的電磁干擾效應也是必須要考慮的。然而，以往解決電磁的問題往往是見樹不見林，也就是僅針對部分問題尋求抑制對策，而欠缺系統性的全面設計規畫，以至於無法有共通性的解決方案；因此解決電磁干擾的問題需要學理與經驗的結合，且需要在設計電路或系統之初即以系統觀點考慮可能的電磁干擾 / 相容問題，更要事先進行原因分析 (Root Cause Analysis, RCA) 的評估，種種的關係可以歸納出，在現今科技中，訊號、電源完整度及電磁干擾的研究課題必然成為新趨勢。

### 議程規劃

由上述介紹中已提到，本次會議的議程架構主要是由專業人士參與的工作坊與口頭論文報告 (Oral Presentation) 以及海報報告論文 (Poster

Presentation) 組成。議程討論了訊號、電源完整及電磁干擾的各個子領域，以下將分別在每個領域摘要數篇具有代表性的著作。

### 全波模擬模型

雖然現今商業模擬軟體已發達到可選擇不同的模擬形態進行全波模擬，但若沒有一個有效率的方法，仍會使得模擬時間變長甚至結果也失其正確性。因此如何建立一個完整的全波電磁模擬模型，對研究電磁相關課題的研究者來說是必須的，但如何確保正確且快速的全波模擬，是研究者所在意的。來自美國德州大學奧斯汀分校 (The University of Texas at Austin, USA) 電機工程學系的 Anton Menshov 提出對於多層板 (Multilayer) 平面的快速模擬方法，利用 EM 方程式的特性進行矩陣 (Matrix) 的分解，可以做出一個快速且正確符合 S 參數的全波模型<sup>[1]</sup>。還有比利時的根特大學 (Ghent University, Belgium) 的 Martijn Huynen 提出了針對互聯電路 (Interconnects) 中電阻與電感的 3-D 模擬方法，在 3-D 表面使用 BIE (boundary integral equation) 的方法建立模型，簡化成有限的電路模型做分解，計算出電阻值與電感值，幫助研究者能正確的分析整個內部構裝系統<sup>[2]</sup>。



## 時域模擬模型

建立電源完整度模型時，需基於頻域模型得到時域模型，又稱作巨集模型（Macromodeling），能加速模擬的時間，例如來自伊利諾大學（UIUC）電機工程學系的 José Schutt-Ainé 教授，利用電路的散射參數（S-parameter）來建立電路模型（Circuit Synthesis），提出了利用快速的捲積法（fast convolution）以及基於分割傳輸線（Segmentation of Transmission-line Circuit）來達成一個快速時域的等效電路模型（Equivalent Circuit Model）<sup>[3]</sup>。來自加拿大卡爾頓大學（Carleton University, Ottawa, Canada）電子系的 Behzad Nouri 教授，提出針對主動電路（Active Circuits）的 Sensitivity 來模型分析，是基於降模模型（Reduced-Order Model）建立分析非被動電路（Non-passive Circuits）的時域分析（Time-domain Analysis），而傳統的模型並不能保證模型的穩定性（Stability），此篇論文提出的方法可以確保模型穩定性又不失模擬的準確性<sup>[4]</sup>，可以大大減少 CPU 運算時間，提高模擬效率，而此篇論文也被選為本次會議的最佳論文（Best Paper Award）。

## 隨機分析與不確定性量化

系統中會有許多不確定的因子有待量化以便模擬，如喬治亞理工學院（Georgia Institute of Technology, USA）電機系的 M. Larbi 提出在

晶片系統封裝（System in Package, SiP）中的 Integrated Voltage Regulator（IVR）量化，IVR 在電源供應網路（Power Distribution Network, PDN）中佔有重要的角色，會影響電源的效率，論文中利用 sparse PC（Polynomial Chaos）metamodeling 來做分析，並與 Monte Carlo（MC）法做比較<sup>[5]</sup>。

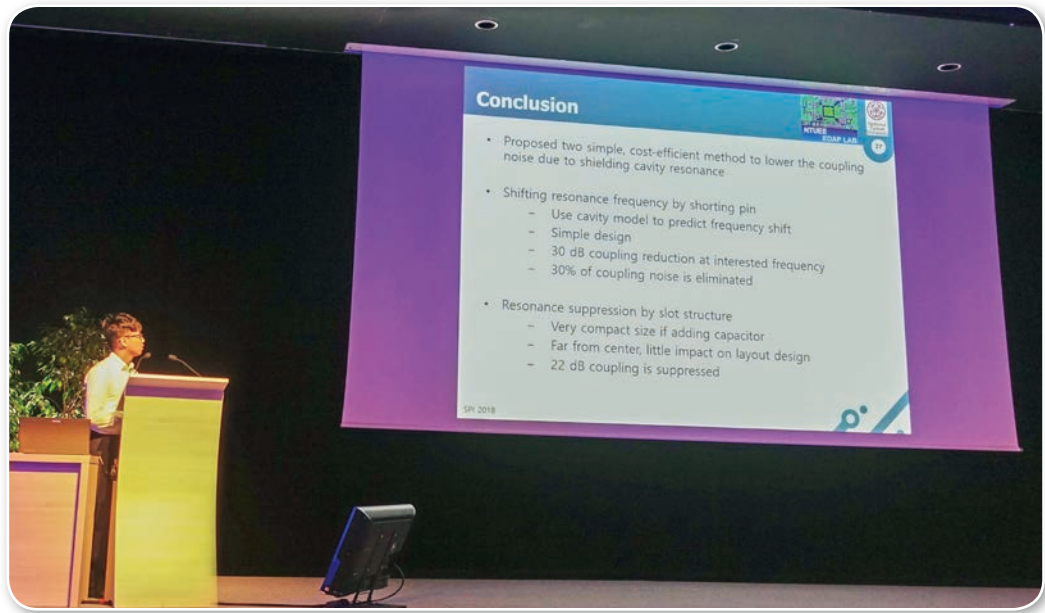
## 海報展覽

海報展覽的主題包括如何分析高速電路提速利用四階脈衝調變（4-level Pulse Amplitude Modulation）眼圖的問題<sup>[6]</sup>，也有主動電路的議題，像是低功耗鎖相迴路（Phase-Locked Loops, PLL）的設計<sup>[7]</sup>，因為鎖相迴路在高速傳輸系統中也是扮演重要的角色，還有討論封裝版上電感效應與去耦合電容配置的問題<sup>[8]</sup>。另外在海報展出期間同時也是 coffee break，可以與業界工程師交流研究想法與一些新的研究方向，他們不僅會討論海報中的問題，也會提出一些想法激盪聆聽的觀眾，海報展覽是一個給大家交流研究想法、結交新朋友、拓展人脈的好機會。

## 電力傳輸網絡

在電路設計過程中，PDN 的電源輸出必須經過良好設計與優化才能對每個模組提供足夠的能量。在設計過程中，由於模組與線路繁雜，大部分佈線與模組位置擺放是工程師依靠經驗進行





擺放，但由於 PDN 設計上 IC 通常以一個電流源代替以降低設計複雜度，但這方式沒考慮 IC 響應與負載電壓、負載電流甚至時脈之間的關係，造成設計上會有失真的情形。若將 Verilog 的 IC 資訊加入 model 中，不但可以準確表現出有 IC 的 PDN 響應，也比全部用 Spice 來模擬的時間快上 200 餘倍<sup>[9]</sup>。另外還有關於如何調整電壓調節器 (Voltage Regulator, VR) 間相位使得電壓調節器耗能最小<sup>[10]</sup>，以及 PDN 上去耦合電容 (Decoupling Capacitor, De-cap) 擺放位置的最佳化<sup>[11]</sup>。另外配合現代趨勢，車用電子與伺服器電路板上也有相對應的 PI 問題出現，車用電子由於工作環境較嚴苛的關係，不管是溫度、電壓、耐用度上的限制比一般手機的電路適應性必須要更好<sup>[12]</sup>，在伺服器上的雙列直插式記憶體模組 (Dual Inline Memory Module, DIMM) 也要從外接電源到直接從 VR 上獲取能量，使得電源傳輸的延遲更短並更有效率<sup>[13]</sup>。

### 奈米、光學、無線互聯電路

目前相當熱門的材料石墨烯 (Graphene) 有非常好的電氣特性，但石墨烯若應用在封裝內將會使得成本過高，若使用石墨烯化合物材料，不但可以得到良好的電氣特性，成本也可以大幅降低<sup>[14]</sup>。另外，光學模組預期可以應用在電腦系

統中以達到更高傳輸效率，因此光學的互聯電路也有相對應的需求，若要將光以波導的方式傳輸並且分割，多模干涉 (Multi-mode Interference, MMI) 基底的分割器可以將光能分配到兩個通道，使得以光為傳輸介質的訊號系統得以被實現<sup>[15]</sup>。

### 雜訊降低

利用多層的電磁能隙結構 (Electromagnetic Band Gap, EBG)，可以比原本單層的結構展現出更好的降低雜訊效果，並且抑制的頻寬更寬<sup>[16]</sup>。在 IC 封裝中常會使用金屬散射板罩住 IC 與其他模組，一方面是增加散熱效果，另一方面是避免外界電磁場的干擾，但散熱板本身的共振模態若在工作頻率反而會造成類比訊號線受到干擾，若使用一個簡單的短路金屬柱連接散熱板與金屬地，可以移動共振頻率並大幅降低共振的干擾效應<sup>[17]</sup>。

### 等化器設計

若要取得線性均衡器 (Equalizer) 的參數，通常需要花大量時間進行最佳化才能取得，但若能基於連接器與時脈，並利用一個脈衝訊號的回饋資訊，就能取得前饋均衡器 (Feed Forward Equalizer, FFE) 或連續時間線性均衡器 (Continuous Time Linear Equalizer, CTLE)





的參數而大幅減少設計時間<sup>[18]</sup>。模擬退火法（Simulated Annealing）是一種找最佳解的演算法，剛開始演算法會進行比較隨機的猜測，隨著時間演進，演算法到後期會選擇較好解法的方向前進，如同冶金時前期金屬溫度較高其形狀較能改變，而後期溫降只能進行微調。若將其應用在眼圖分析，前期可以在解域裡隨機抽取電路，找到可以讓結果較好的電路便會留下，後期則是找到比較類似電路使得最後可以取得一個好的電路組合<sup>[19]</sup>。

### 量測與特性化

在微波元件中，由於電路對於外界環境的電磁場或電壓電流突波非常敏感，許多量測上的特性以及校正措施因而被提出來以得到準確的高頻響應。例如絕緣體層的介電常數一般來說不好量測得到，將 GSG 探針以接觸方式，得到介質的特性取線，並推得出相對應的介電常數，雖然無法得知其介質損耗，但這種非破壞性的量測介電常數的方式可以大幅提升量測效率<sup>[20]</sup>。外部電路的靜電放電（Electrostatic Discharge, ESD）效應容易造成 IC 的軟錯誤（Soft Failure），如果能在 IC 內部放上許多微小的 ESD 的偵測器，當有 ESD 發生時該軟錯誤可以因此被矯正<sup>[21]</sup>。通常微波頻帶的待測物是以同軸線（Coaxial Cable）量測，

但若應用在毫米波（Millimeter Wave, mmW）頻段會因為饋入損耗（Insertion Loss）太大而不適宜用在長距離量測，若以介質波導（Dielectric Waveguides, DWG）來傳輸的話則可以避免這個缺點，而電磁波強度、相位與饋入損耗、回流損耗（Return Loss）、彎折角度、彎折半徑以及干擾電阻都有相互關係<sup>[22]</sup>。

### 高速鏈結的訊號與電源完整度建模

隨著科技演進，數位訊號的傳輸速度越來越快，現在數位鏈結裡傳輸速度最高可以達到 50 Gbps（Giga-bit per second），以功率譜密度（Power Spectral Density）來看，頻域上的分析必須要到兩倍時脈，也就是 100 GHz 才足夠，不過以一個簡化的空腔模型（Cavity Model）便可以在這個頻率達到足夠的準確度，可以省卻用全波模擬軟體耗費大量時間的困擾。PDN 上常會以多層螺旋繞線來製造所需電感，但這些電感會在電源層與接地層產生雜訊，不過經過研究分析，這些雜訊在 1 Volt 的電源層上只會產生小於 5 mV 的振幅。

### 與會感想

本次會議主題大量集中在巨集模型與其相關物理及數學的分析，且多是由歐洲學者所提

出，可以明顯看出各區域對於研究的特性：歐洲以理論分析為主流，亞洲則是以實用性高的研究為主，例如量測法、等化器等相關會用在業界的技術。

巨集模型還尚在發展階段，其應用在一般訊號與電源完整度的分析方法還尚未成熟，並無法對任意結構都能分析，一旦這種模型發展完全，且被應用在商用軟體上，不但可以使得分析的模組比現在其他軟體更多更複雜，整個模擬的時間也可以被大幅減少，將可以使得 IC 設計的效率得到很大的突破。

其他研究方面則相對多元，但大致可以看出是將訊號與電源完整度的分析推廣到各種新興技術，包括車用電子、物聯網 (Internet of Things, IoT)、高速電子、毫米波等，可見訊號與電源完整度的應用上之廣泛無窮。在各國產業競爭上，台灣若要在其中脫穎而出，個人覺得是要加強理論的建立，才能更深入的了解物理特性，避免流於平庸的技術，且應將相關應用與新興技術結合，才能提高在世界電子產業鏈上的競爭力。

## 參考文獻

1. A. Menshov and V. Okhmatovski, "Fast Direct Full-Wave Electromagnetic Analysis of Planar Circuits Embedded in Multilayered Media."
2. M. Huynen, D. De Zutter, and D. Vande Ginste, "A Fully 3-D BIE Evaluation of the Resistance and Inductance of On-Board and On-Chip Interconnects."
3. J. Schutt-Ainé, "Circuit Synthesis of Blackbox Macromodels from S-Parameter Representation."
4. B. Nouri and M. Nakhla, "Reduced-Order Model for Time-Domain Sensitivity Analysis of Active Circuits."
5. H. M. Torun, M. Swaminathan, I. S. Stievano, F. G. Canavero and P. Besnier, "Uncertainty Quantification of SiP based Integrated Voltage Regulator."
6. W.-J. Chang and R.-B. Wu, "Eye Diagram Estimation and Equalizer Design Method for PAM4."
7. J. Park, S. Chun, H. Choi and N. Kim, "CMOS Integrated 1 GHz Ring Oscillator with Injection-Locked Frequency Divider for Low Power PLL."
8. B. Goral, C. Gautier and A. Amedeo, "Evaluation and Comparison of Mounted Inductance for Decoupling Capacitor."
9. J. Chen, T. Kanamoto, H. Kando, M. Hashimoto, "An On-Chip Load Model for Off-Chip PDN Analysis Considering Interdependency Between Supply Voltage, Current Profile and Clock Latency."
10. F. Leal-Romo, J. Silva-Perales, C. López-Limón, J. Rayas-Sánchez, "Optimizing Phase Settings of High-Frequency Voltage Regulators for Power Delivery Applications."
11. A. Sanna, G. Graziosi, "Optimization of On-Package Decoupling Capacitors Considering System Variables."
12. Y. Shen, "Power Integrity Challenges of Re-designing a Mobile SoC with Fully Integrated Voltage Regulator to IoT Applications."
13. D. García-Mora, J. Kar, I. Mendez-Soriano, H. Morales-Espinosa, "A Robust Power Delivery Design Strategy For Platform on DIMM."
14. A. Maffucci, L. Ferrigno, M.D. Migliore, D. Pinchera, F. Schettino, F. Micciulla, S. Bellucci, S. Maksimenko, A. Paddubskaya, "Electrical properties of a graphene nanoplatelets composite as interposer for electronic packages."
15. J. Roth, T. Kühler, E. Griese, "A Comparison of Higher-Order Graded-Index MMI-Based Splitters in Thin Glass Sheets for PCB Integration."
16. P. Bantavis, M. Roy, "Miniaturized Wide- and Dual-Band Multilayer Electromagnetic Bandgap For Antenna Isolation and on-Package/PCB Noise Suppression."
17. H.W. Chan, R.B. Wu, "Suppression of Noise from Digital-to-Analog Coupling in Shielding Cavity."
18. T. Wendt, "Direct Prediction of Linear Equalization Coefficients Using Raised Cosine Pulse Shaping in Frequency Domain."
19. P.J. Li, T.L. Wu, "An Eye Diagram Improvement Method using Simulation Annealing Algorithm."
20. T. Lacrevez, G. Houzet, D. Auchère, P. Artillan, C. Bermond, B. Blampey, B. Flechet, "Fast and Robust RF Characterization Method of Insulators used in High Speed Interconnects Networks."
21. T. Ostermann, "Usage of ESD Detector Circuit for Analyzing Soft Failures in IC cores."
22. F. Distler, J. Schur, M. Vossiek, "In-Depth Characterization of a Dielectric Waveguide for mmW Transmission Line Applications." ■■■





人物  
專訪

## 專訪國立中山大學電機工程學系 電波組 翁金輅教授

### — 關起門不能談創新 —

聯盟特約記者／游羽棠

座落南台灣的中山大學天線實驗室，孕育出享譽國際的行動天線設計人才，發表期刊及會議論文逾 800 篇、專利逾 300 件，發表數、引用數均高居行動天線研究領域世界第一。怎麼做到？實驗室的資源、區位均非優勢，卻能創造驚人研究成果。正是靠著任教逾 30 年的中山大學電機工程學系教授翁金輅，以源源不絕的研發動能，引領行動通訊終端天線技術發展；又以嚴謹、高標準要求，培育出業界搶手的一流人才。

電磁聯盟有幸於 2018 年初前往依山傍海的西子灣校園，專訪台灣行動天線設計專家翁金輅教授，分享不輕言放棄、專注求新、求知的研究生涯，以及推動產學交流、走向國際舞台的心路歷程。



## 專注台灣產業用得到的研究

自台大電機系畢業後，翁金輅赴美國德州理工大學深造，只花三年就以「電漿核融合」研究獲得博士學位。一獲得學位，翁金輅遠赴德國 Max-Planck Institute 電漿物理研究所擔任客座研究員。但翁金輅發現，核融合研究重鎮是在美國、歐盟、日本等地的研究機構，皆需要傾一國之力投注龐大資源，而這不是台灣學界的擅場，亦非台灣產業界所需。

「如果我在台灣繼續做這些（電漿核融合研究），只能做理論分析，發表的研究、數據對台灣沒有幫助。」翁金輅直言。因此，翁金輅轉而研究天線加熱理論，由天線傳遞能量、加熱氫離子，達成核融合，逐漸把重心轉移到天線通訊研究。

返台任教逾 30 年，翁金輅的天線研究成果獲得科技部肯定，獲選為台灣 50 年來 50 項代表性重大研究之一；個人亦獲 IEEE Fellow、教育部國家講座肯定。此外，翁金輅建立國際知名的天線實驗室，不論是論文發表數量排名、被引用次數均是行動天線研究領域的世界第一。箇中關鍵正是「關起門來不能談研究、談創新」的理念。

## 關起門來不能談創新

翁金輅認為，比起業界面對每筆研發預算，都需評估商用可行性，學界是最適合孕育創新研究的沃土。「最重要的是，（學校）能讓我做自己覺得方向正確的研究，去判斷方向引導業界，獲得成果應用到業界。」

因此，除了在實驗室埋頭研究，翁金輅特別重視與業界交流：「上週剛去大陸排名第一的手機廠，明天去成都參加天線會議，下週是到排名第二的手機廠；全都是關於 5G 手機技術的演講，還有技術交流。」

近年來，翁金輅專攻手持裝置研究，特別是手機天線設計。「在天線研究方面，一般是手機搶在最前面，筆電一般會落後終端手機 1-2 年。」翁金輅解釋。因此透過密集的產業交流「帶風向」，讓實驗室的前瞻研究，逐步實踐商業運用。

翁金輅進一步指出，學界應發揮創新研究的實力，主動發掘、創造問題，而非被動等待業界

提出需求。翁金輅認為，正因為大學實驗室擁有頂尖人才、最新知識，應基於學理提出創見，引領業界的發展方向，而不是成為業界的附屬研究機構。

## 請用實驗說服我

談起翁金輅不輕言放棄、不被制約的研究態度，或可從研發「全世界第一支八天線手機」的歷程略知一二。

近年來，學界興起第五代行動通訊相關的研究熱潮，翁金輅也在 2014 年時著手研發八天線手機，意在利用更先進的硬體技術發揮 5G 通訊的高效能。然而，既有的通訊理論認為，天線需間隔半個波長才能收到有效的多通道訊號；如小於半個波長，多通道訊號無法獨立被傳送及接收。因此，當時很少人看好八天線手機能實際應用於 5G 通訊。

翁金輅卻認為就天線理論基礎，八天線手機確有發展空間。因此，極力邀約同校的溫朝凱教授以其通訊專長加入研究。「如果最後證實天線之間真的要半個波長才能有效進行多通道通訊，有些天線理論因此需要修改；對通訊領域來說，也是一篇經過實驗證明的好論文。但如果證明不需要半個波長，那就是通訊理論要修改了，可以開啟另一個研究方向。」談起說服的過程，翁金輅的笑意中帶著堅定。

全心投入研發八天線手機後，翁金輅遇到一大難題——有了硬體卻缺少測試用晶片驗證可行性。因此，翁金輅找上一家國際知名的儀器公司合作，加上溫朝凱的協助，終於在 2016 年 1 月成功完成終端天線多通道測試平台的建置，進入可以實際測試終端天線多通道傳輸吞吐量的階段，並於同年 3 月證實其可行性。

此外，設計手機天線需注意「手握」的影響，使用者即使雙手握住手機，八天線手機的多通道傳輸影響也很小。且在 8 通道 ~ 16 通道的測試中發現，用不同方式手握都可以照常運作，證明可行性。



## 全世界第一支八天線手機

八天線手機的可行性，不只是消費者福音，更是電信商的一大利多。以 100MHz 為例，翁金輅逐步增加測試頻寬，從初始的 8 通道、12 通道，到現在成功建置 16 通道。翁金輅解釋，把欲傳輸的數據拆成 16 等分，在基站端發射後，手機有 16 個天線同步收訊，再還原成完整訊號，等於同時有 16 個通道在進行傳遞，當然比單一天線快 16 倍。

對消費者而言，傳輸速度加快，使用相同的頻譜資源，以前要費時 8 分鐘的下載，現在只要 30 秒就完成，是很顯著的進步。對電信業者而言，就像翻桌率上升，服務完這個客戶，還有時間去服務下一個客戶。意指，若電信商以流量計費，一樣的流量會以 16 倍速度用完，意即用戶用越多，電信商收益就越大。

有了新技術，就可以更有效利用有限頻譜。頻譜有不可再生的特性，翁金輅以具有同樣特性的土地解釋：電信商標到的頻譜區段，就等於擁有一定面積的土地，但過去僅利用平面空間，新技術等於是平地起高樓，讓同一塊土地上蓋兩層樓、八層樓，甚至十六層樓，可以住更多人（傳遞更多訊息）。

過去的技術能力下，同一時間點只能以同一個頻譜傳輸，其他人要排隊；但當今的新技術，讓電信商的數據傳輸量大幅增加，同樣時間，就可以服務更多的用戶。

## 為世界舉才

「國際天線權威在中山」、「想學天線設計，到中山找翁金輅就對了！」，點開台灣最大的網路論壇 PTT，只要提到關鍵字「天線」，常能看到以上推崇。而一手開創「中山幫」威名的，正是在中山大學任教逾 30 年的翁金輅。

翁金輅除了個人研究做得出色，擁有超過 300 項專利，是國際知名的行動天線領域權威；更重要的是，指導超過 140 位碩、博士生，畢業後開枝散葉到世界各頂尖的企業，堪稱為世界舉才的典範。「博士生特別搶手，像大陸的華為、OPPO 或韓國 LG 都直接到實驗室找人才，鎖定做 5G 的前瞻研發。」翁金輅說。

不同於位在首都的台大與生產鏈近在咫尺的清交兩校，擁有區位與資源的優勢；唯一立足南台灣的中山大學天線實驗室，在翁金輅的帶領下，成為國際知名的行動天線設計人才產地，是怎麼做到的？

翁金輅提出三大要素：專注、長期耕耘「天線」領域、「不只是」一名天線工程師、提供「終身學習」。首先，翁金輅以長期擔任 IEEE 期刊編輯的經驗指出，與其在許多領域都發表論文，懂得多卻不深入；不如專注單一領域，持續做深入的研究，才能建立在專精領域的影響力。





其次，翁金輅不只要求學生做實驗，也練習「把話說清楚」，養成溝通能力。每個天線實驗室的研究室都得歷經「做、講、寫」，最基礎的「做」，指的是做實驗、研讀理論；「講」，每次研究會議都讓研究生上台報告，練習說明研究內容與進度，這才是知其所以然的表現；「寫」，要求學生把研究成果寫成專利說明書，並明確說明未來更進一步的發展可能，每一項研究成果都不會是最後成果。

翁金輅解釋，天線工程師不只得設計天線，更需要系統性的溝通能力。因為天線不像電阻、電容或是微波元件，只要設計出來就結束了。天線跟周邊元件的耦合情況非常密切，沒辦法用一種標準品打通關，而是必須隨著周邊環境變化修改設計。所以很多終端天線是跟環境結合、互相影響，必須多溝通才能做出最好的設計。

以手機天線為例，單看手機看不到隱藏在內的天線，因為天線設計必須跟邊框結合，得跟結構設計工程師溝通。對結構工程師而言，天線位置差個 1、2 釐米無妨，會以特定的外型設計為重。然而，對天線設計來說卻是差之毫釐，失之千里，傳播效率可能就會減損。

最後，翁金輅持續提供畢業學生「終身學習」。翁金輅指導的學生畢業後大都會加入「台灣天線工程師學會」，定期舉辦研討會，提供學界研究與業界技術的交流平台。例如，現在學界著墨於多天線 MIMO 相關研究，但畢業三年以上

的學生可能與最新領域發展已有脫節，因此藉由研討會的交流，讓學生得以獲取最新的資訊。

### 把人才送往世界級舞台

翁金輅認為，在世界科技卡位戰中，台灣雖然資源少、市場小，但是適合作為人才育成基地。「把人才送出去歷練，等時機成熟就能回來帶動台灣發展。多培育人才、鼓勵往大舞台發展，即使平庸的人也可能在資源充足的環境成功。」

而翁金輅協助創立的「台灣天線工程師學會」，成為學生被看見的跳板。邀約兩岸的專家學者、企業高層參與交流，鼓勵學生上台報告，讓產學兩端產生緊密連結，工程師得以展現本事，把握更上一層樓的機會。

有了台灣天線工程師學會的經驗，翁金輅認為，台灣電磁產學界若要增加國際能見度，可以集中由單一組織發聲，而目前國內產學合作最多、資訊整合最佳的「台灣電磁產學聯盟」正是不二代表。

舉例而言，2018 國際天線與傳播會議 ISAP 在韓國釜山舉辦，每個國家都有其代表組織，像日本 IEICE、韓國 KIEES、泰國 ECTI，連越南也有，台灣則有台灣天線工程師學會參與，同時組織多個特別論文發表場次，發表多篇學術論文，讓國際間更了解台灣在天線相關領域研究的貢獻。

縱橫學界 30 餘年，翁金輅從不懈怠於研



究，亦始終用心育才，以推動產學交流為己任。在國際間以「中山天線實驗室」名滿天下，而兩岸三地眾人皆云，天線研究找「中山幫」就對了！

立足台灣，放眼世界。翁金輅由專注台灣產業用得到的研究開始，培育數以百計的人才，秉持「不只是名天線工程師」的期許；帶領學生走向國際，蓄積實力，擦亮台灣人才的品牌。■ ■ ■

## 翁金輅教授 簡歷

### 現任

- 國立中山大學電機工程學系電波組教授  
(專長：無線通訊天線設計、天線工程、電磁理論)

### 學歷

- 國立台灣大學電機系 1978 ~ 1981
- 美國德州理工大學電機碩士、博士 1983 ~ 1986

### 經歷

- 德國 Max-Planck Institute 電漿物理研究所客座研究員 (1986/9 ~ 1987/7)
- 國立中山大學電機系所副教授 (1987/8 ~ 1991/1)
- 國立中山大學電機系教授 (1991/2 ~)
- 國立中山大學電機系所系主任、所長 (1994/8 ~ 1997/7)
- 美國俄亥俄州大學電磁科學實驗室訪問學者 (1998/8 ~ 1999/7)
- 學術研究處學術研究長 (2005/2 ~ 2008/9)
- 學術副校長室學術副校長 (2007/8 ~ 2012/7)
- IEEE Antennas and Propagation Society, IEEE AP-S Transactions Associate Editor (2013/8 ~ 2016/7)
- European Research Council, European Research Council PE7 (Communications and System Engineering) Advanced Grant 2015 Panel Member (2015/2 ~ 2016/1)
- IEEE Antennas and Propagation Society, IEEE Antennas and Propagation Society Elected AdCom member (2016/1-2018/12)
- IEEE Antennas and Propagation Society, IEEE AP-S Transactions Planar Antenna Track Editor (2016/8 ~ 2018/7)
- European Research Council, European Research Council PE7 (Communications and System Engineering) Advanced Grant 2017 Panel Member (2017/2 ~ 2018/1)

### 榮譽

- 教育部 — 大學院校通訊科技教材編撰優等獎 (1999)
- ISI 及國科會 — 台灣經典引文獎 (2001)
- 國科會 — 國科會傑出研究獎 (2002, 1999, 1994 三次)
- 中國電機工程學會 — 傑出電機工程教授 (2003/12)
- 中國工程師學會 — 傑出工程教授獎 (2004/6)
- 國立中山大學 — 中山講座 (2005/12 ~ 2017/1)
- 國科會 — 特約研究人員獎 (2005/8)
- IEEE — IEEE Fellow (2006/11)
- 國科會 — 國科會 50 週年 (1959 ~ 2009) 50 項重大研究 (2008/11)
- 潘文淵文教基金會 — 潘文淵研究傑出獎 (2010/6)
- 遠見雜誌 — 新台灣之光 100-學術與發明類 (2010/8)
- 教育部 — 學術獎 (2012/9)
- 國科會 — 傑出特約研究人員獎 (2013/2)
- Thomson Reuters — Thomson Reuters Highly Cited Researcher 2014 (2014/6)
- IEEE Antennas and Propagation Society — IEEE TAP Best Associate Editor (2014 ~ 2015) (2015/7)
- Thomson Reuters — Thomson Reuters Highly Cited Researcher 2015 (2015/9)
- IEEE Antennas and Propagation Society — IEEE TAP Best Associate Editor (2015 ~ 2016) (2016/7)
- Elsevier/Scopus — 2016 Elsevier Most Cited Researcher: Developed for Shanghai Ranking's Global Ranking of Academic (2016/7)
- 國立中山大學 — 傑出講座 (2017/2 ~)
- 教育部 — 教育部國家講座 (2017/2 ~ 2020/1)

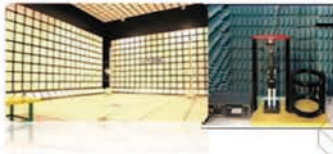
# auden 耀登集團

沒有完美的狀態，只有不斷的超越

NO PERFECT STATUS, ALWAYS SEEK FOR BETTER

## Integrated Service Modules

**Global Product  
Certification Compliance**



**Technology Research &  
Product Engineering**



**Antenna Sales &  
Manufacturing**



**Test Equipment &  
Regulatory Technology**



### ABOUT US.

耀登集團創立於1981年的知名天線大廠，集團多年來以專業的經營團隊和堅強的研發實力，紮實的RF核心能力落實於市場的各项無線應用發展，其客戶涵蓋國際知名網通通訊大廠。

耀登集團的產品服務應用範疇廣泛，可提供完整的無線通訊服務，從世界標準級的射頻量測儀器與系統設備儀器設備建置、技術開發、量測認證、專業天線設計研發、客製化量產製造到售後服務，提供全方位一站式服務的廠商。

#### 招募職缺：

1. 天線電氣/RF電路設計工程師(研發替代役)
2. 天線研發高級工程師

#### 招募對象：

電子/通訊/電機

#### 招募網址：

<http://goo.gl/wP6aaR>





# 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





## 加入聯發 絕佳時機

- 國際舞台** 全球據點橫跨14國，體驗跨國合作的最佳平台。
- 國際榮耀** 董事長蔡明介先生三度獲選哈佛商業評論「全球百大傑出執行長」。
- 頂尖團隊** 2017年十篇研究論文經「ISSCC國際固態電路會議」獲選收錄，全球排名前三強，創半導體產業歷史新高。
- 產品完整** 未來五年投資逾2000億於人工智慧與深度學習、5G通訊、物聯網、工業4.0、車聯網、軟體與網路服務、擴增實境(VR)/虛擬實境(AR)等七大領域。

## 暑期實習 6大特色

- 領先業界薪資
- 彈性實習期間
- 提前預聘機會
- 職場達人講座
- 挑戰專案工作
- 交通租屋補助

### 一般職缺

行動通訊(手機/平板電腦)、家庭娛樂(數位電視/Android電視/光學儲存/數位光碟播放器/藍光播放器)、無線6有線連線技術、物聯網等產品之數位IC設計、軟體開發、類比電路、射頻電路、演算法開發、多媒體演算法開發、驗證測試等

### 暑期實習

數位IC設計、軟體開發、射頻IC設計、類比IC設計、多媒體演算法開發、通訊演算法開發、人力資源、財務、法務等

### 招募對象

電子/電機/資工/資科/資管/電信/電控/通訊/網路/多媒體背景大學以上





國家中山科學研究院  
資訊通信研究所  
需要你

We Want You

創新 負責  
團隊  
認真 使命

- 科技人員-具理工科系碩士以上學位，從事科技研究、管理或生產製造等相關工作
- 技術員-具高中(職)以上學位，協助科技人員相關工作
- 研發替代役-理工相關科系碩士以上，可依規定轉成正式科技人員
- 延攬大學院校獎助金生-本院提供在學優秀學生獎助金，畢業可後來願服務



INFORMATION & COMMUNICATION REASERCH DIVISION

## 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，效益不侷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 140 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情約 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 140 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](mailto:weichenhsu@ntu.edu.tw)

## 聯盟會員專區

徵才媒合服務	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 轉發徵才或實習訊息</li> <li>• 開放企業會員擺設徵才攤位</li> <li>• 於季刊中刊登徵才訊息</li> <li>• 可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞</li> <li>• 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208</a></li> </ul>
會員邀請演講	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 會員自行邀請聯盟教授前往演講</li> <li>• 聯盟可提供演講部分補助（聯盟補助上限 3,000/次，每位會員一年至多申請 2 次）</li> <li>• 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203</a></li> </ul>
會員舉辦季報	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• 每次補助上限 8 萬元（補助金額由召集人決定）</li> <li>• 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。</li> <li>• 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202</a></li> </ul>



# 台灣電磁產學聯盟 2018 傑出講座

## 台灣大學電機系 鄭士康教授

講題：

1. 人工智慧機器學習在電波研究的應用
2. 射線追蹤於室內高頻電波傳播模擬的應用



## 交通大學電機系 唐振寰教授

講題：

1. 毫米波天線陣列系統與整合
2. 毫米波空-時通道模型及其應用



## 成功大學電機系 楊慶隆教授

講題：

1. 前瞻微波感測器檢測系統之設計與應用
2. 無線充電技術應用與設計探究



演講摘要及申請辦法請洽聯盟網頁 [temiac.ee.ntu.edu.tw](http://temiac.ee.ntu.edu.tw)，  
聯盟將補助傑出講座至聯盟會員演講之演講費及交通費，  
欲申請講座者，歡迎與聯盟助理沈妍伶小姐聯繫。  
Tel: 02-3366-5599、E-MAIL: [temiac02@ntu.edu.tw](mailto:temiac02@ntu.edu.tw)





## 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](mailto: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  
市話 +886-2-2322-1930  
傳真 +886-2-2322-4260  
e-mail [dnecy@gmail.com](mailto:dnecy@gmail.com)

030



# 臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter

