NO.28 Jan. 2018

TEMIAC®

Taiwan Electromagnetic
Industry-Academia Consortium Newsletter

臺灣電磁產學聯盟通訊

聯盟業界成員

ASUS

auden

GARMIN

Himax

MEDIATEK

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

Quanta Computer

REALTEK

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

Contents 目 錄

2 主編的話

活動報導 — 邀請演講

3 從天線設計與系統應用觀點談無線通訊

5 Practice of Mobile and Wearable Antenna Design

7 新的科技時代，台灣可以再創高峰

活動報導 — 研討會

9 2017 夏季電磁引領研討會

14 台灣電磁產學聯盟 2017 年第二次研發半年報　大型陣列天線之實務運用

活動報導 — 國際研討會連線報導

18 2017 國際電磁相容暨信號與電源完整度研討會
2017 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal and Power Integrity, ISEMC

專題報導

24 2017 全國大專創意實作競賽

27 經濟部工業局智慧電子學院台大短期在職訓練班成果報導

企業參訪

31 經緯航太公司參訪活動

人物專訪

34 專訪啟碁科技總經理 高健榮先生 — 與啟碁走過務實二十年

企業徵才

38 耀登集團

39 國家中山科學研究院　資訊通信研究所

40 先豐通訊

41 奇景光電

42 聯發科技

動態報導

43 最新活動 & 消息、儀器設備及實驗室借用優惠方案

44 聯盟會員專區、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，並特推選中央大學邱煥凱教授、交通大學郭建男教授、台灣科技大學馬自莊教授等三位聯盟教授榮任 2017 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，本季特邀聯發科康庭維副理、廣達洪崇庭副處長及奇景吳炳昌執行長蒞臨台大演講，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。

大型陣列天線起初使用在軍事用途（如雷達 Radar 等），而今應用到 MIMO（Multiple Input Multiple Output）Antenna、Massive MIMO 等。然而第五代行動通訊（5th generation mobile networks）來勢洶洶，大型陣列天線勢必扮演重要的角色。電磁產學聯盟 2017 年第二次研發半年報於十月二日於國立台灣大學博理館 101 演講廳舉行。本次議程邀請相關產業界具有代表性的專家及義大利知名大學教授來分享職場上和研究上的經驗，一方面能讓學生更加了解大型陣列天線發展現況、技術及未來的發展性，另一方面能利用業界的技術及知識來補足學校教育的缺失，雙管齊下，進而能讓學生建立職涯發展的起始點，對本領域的發展將會有相當大的助益。

2017 年 6 月在上海舉辦的第三屆亞洲電子消費展（CES Asia）吸引了不少知名車廠參展，展現最新自動駕駛技術與車聯網應用。美國交通運輸部也在 2017 年年底推出一系列草案，要求車輛提高防撞能力，四年後美國新車都須強制配備有危險情境前預警的車聯網防撞裝置，希望能減少近八成的非駕駛責任交通事故。車聯網蔚為潮流，不僅讓各大車廠紛紛研發新款車種，也帶動車用電子零組件廠商的蓬勃發展，電磁聯盟有幸於 2017 年中前往新竹科學園區，採訪近年跨足車聯網事業的啟碁科技總經理高健榮分享其創業及車聯網應用之前景。

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

活動報導

邀請演講

從天線設計與系統應用觀點談無線通訊

康庭維技術副理

聯盟特約記者／林庭毅

由於無線通訊系統的發展，現今人與人間可以較少的負擔搭建起溝通的橋樑，抑或隨時隨地就能得到不同於以往的影視娛樂，人們因此過著快速而方便的生活，例如一卡在手，哪裡都能去的悠遊卡、隨手上網就能隨時分享生活的手機社交，或是筆記型電腦及平板所創造的行動辦公室。而如此繽紛的裝置裡共同建置的元件就是所謂的天線，早期搭載於裝置上的天線大多是獨立於機身之外，如收音機以及所謂的黑金鋼手機，但在 1990 年代左右，除了功能性之外，許多公司都將產品的設計方向朝行動化發展，而這樣的趨勢在 2000 年以後更是如火如荼的持續進行。過去的手提音響變成了隨身聽，筆電成了平板，甚至現在一支手機能做的事情，可能是當初一台電腦所不能及的。而今人們善用這樣的工具在彼此間進行資訊的交換，並將資訊的應用透過網路進行整合並且有效的配送給有需求的裝置，而天線在裝置中即扮演著不可或缺的接收與發射之重要角色。為了瞭解目前產業界對於天線設計的期待，台大電波組於本學期的專題討論時間，邀請到了目前任職於聯發科技天線部門的康庭維博士，來為大家說明在台灣 IC 設計的大廠裡正在準備什麼樣的方向以因應即將來臨的全新通訊世代。

首先，短時間內可以預見的是，手機或是平板將繼續沿用部分 6GHz 以下的頻段作為傳輸的頻段，這樣的需求聽來似乎不是什麼新世代的標準，但在技術上卻一直是業界中困難的部分，原因在於單一的天線很難支持包含 6GHz 以下的所有頻段，更何況在如手機大小的面積中，要同時

放入晶片模組、鏡頭、電池等各種元件，且每個元件都被要求維持在一定程度以上的效能，傳統的天線匹配手法都不見得有空間發揮，遑論現今存在於學界上花招百出的匹配技術，在這樣的限制之下這些匹配技術似乎都是徒然。於是在業界上常用的做法，其實是在一支手機當中架設不同頻段或具有調頻能力的天線，透過數位的開關切換不同的天線運作，或是透過可變電容改變天線共振的頻率，來達到支援多頻帶的效果。而同學們較常有的誤解是，在手機的螢幕越來越大的趨勢下，其實在背板所能設計天線的面積並沒有隨之增大，甚至能夠使用的面積可能是縮小的，造成這個現象的主因其實不難理解，由於天線所在的位置，其背板必須浮空，也就是必須是沒有金屬的狀態以免影響幅射場型，在螢幕增大的狀況下，為了支撐螢幕玻片及其他邊框金屬所施加的應力，背板鏤空的面積比例太大將造成強度不夠的情形，因此平面化於背板的天線在某些狀況下並不是最好的選擇，所以各個廠商會盡力的避免這樣的情形，於是一些獨立於背板的立體天線便應運而生，但手機的本身通常沒有能夠支撐獨立天線的架構，因此設計天線的團隊就必須再設計具有支撐能力的支架，那樣的支架由於耐用度的要求，通常只能使用金屬，但這卻可能破壞天線本身的響應。在聯發科的天線部門，針對這樣的困境所提出的解決之道便是整合支撐架構進行天線的設計，意即在設計時便把支撐的金屬架構視作天線的一部分，如此一來便可同時滿足場型的需求又不失物理的強度，可謂在面積的亂世之戰當中覓得了一塊淨土。

在業界當中，另一個重要的環節是與客戶的互動，在晶片設計方面，與客戶確認使用的環境是初期最重要的一環，IC 設計廠不同於系統廠的部分在於對專案的目的，系統廠的專案目的通常是做出某支特定的手機，因此對於手機的性能可以綜觀的評測資料作為改進的標準，且只需要對該手機的結果負責。而 IC 設計廠的部分，在一個月中必須接下不同廠商針對不同手機開出的規格設計晶片，若是只在天線的部分針對每個分割細密的頻帶各自進行最佳化的調整，儼然是個非常不切實際的想法，因此常見的作法還是回到了調頻的手段，將可重構的微波元件架構建置於晶片當中，透過 switch 切換，便可以規格化的整合電路盡力滿足所有的需求，這樣的做法不但能夠省去耗時的調整，也能作為產品設計的一個立足點，畢竟在一張有限大小的白紙上作畫，要比起在一張無邊無盡紙上找到一個好的下筆點簡單。

而最後針對 5G 世代的天線系統，康博士也表達了一些看法，任何行動裝置的興起都必須先建立起良好的訊號中繼站，在高頻的無線傳輸上最具挑戰的問題無疑是來自空氣中的損耗，因此訊號基台的天線設計必須盡可能地將波束集中，透過集中能量的方式抵銷由於過大的損耗所帶來的後果，但這樣設計天線的代價便是犧牲了天線的全向性，意即在一個天線波束範圍以外的裝置可能會短暫的失去信號，目前只能透過掃頻的手法避免長時間的斷訊。至於在波束成型的部分，目前還是以 MIMO 的天線作為主要設計，目前的 4G 採用 4DL。在系統端的應用上，必須要考量的還有熱雜訊議題，但目前業界對於熱的問題還沒有很好的解決之道，主流的做法大概有兩種，其一為當熱雜訊干擾到高頻的信號操作時，就降頻以避免干擾。其二為在硬體上加裝導熱的裝置，將熱量快速散逸以免干擾系統操作，但後者必須增加額外的成本，並不是個討喜的做法。

最後康博士說明，目前業界對於天線人才的需求隨著時間的腳步也是日益增長，且具有高頻電路設計的相關經驗將會是很大的優勢，同學們不妨在相關的領域上尋找題目的靈感，對於將來的發展會是一個不錯的方向。

活動報導

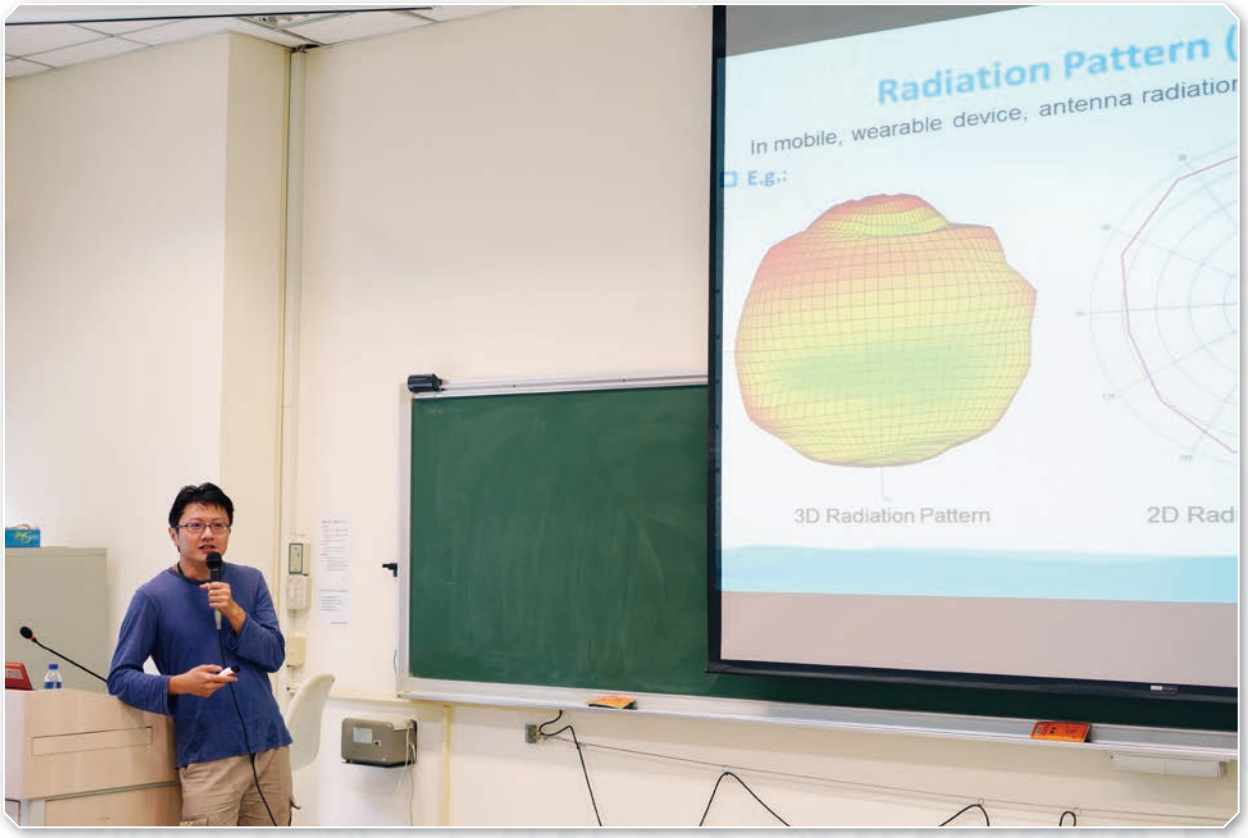
邀請演講

Practice of Mobile and Wearable Antenna Design

洪崇庭副處長

聯盟特約記者／林庭毅

無線電波構築了現代通訊系統的基礎，過去二十餘年，通訊世代的演變從 1G 演進到了現在的 4G+LTE 世代，行動裝置在人們手上的演進，也從單純的電話通訊到文字圖像傳訊。時至今日，行動裝置已經與從前大不相同，其多樣化的功能不勝枚舉，而天線在這其中就扮演著最重要的關鍵，猶如一座專屬於電波的燈塔，將人們要求的資訊引導到正確的方向。而行動裝置的成功，也帶動人們往更便利且實用的方向尋求突破，於是穿戴式的裝置應用油然而生，2013 年 google 所推出的 google glass 吹起新市場來臨的號角，即便不是主流的商品，卻也帶起了其他公司往這個方向投入的風向，目前較成功且持續以破竹之勢發展的商品當屬智慧型手錶，如三星在 2013 年發表的 galaxy gear、小米於 2014 年所發表的小米手環以及蘋果公司於 2015 年推出的 apple watch 都是相當成功的例子，且各自都基於之前的產品推出更多功能的續作，或是針對不同客群開發功能面較窄但性能更優異的專項產品，足見穿戴式裝置的領域尚有許多值得投入的



產品。而在這其中，天線所面臨的挑戰，除了因為裝置較小所限縮的空間外，尚有依據使用情境所需調整的天線類型，或是考慮溫度及濕度之下所導致的功能衰退等，都顯示出天線的領域發展雖久，但隨著人們需求的改變，還是需要一直不斷的推陳出新，如何掌握目前發展的趨勢，並展望下一個未來，對於學界或是業界都是一個重要的問題，因此在 10 月 25 日電波組專題討論的時間，特別邀請到任職於廣達的洪崇庭副處長，來向各位同學介紹目前天線設計上的挑戰以及產品所關心的指標，還有未來可能的走向。

手機對於通訊的性能取決於其輻射的特性，測量輻射特性的作法可以分為無源與有源的測試，前者為量測手機所輻射的能量資訊，後者則針對手機接收已知輻射源的情形。其指標的參數大致有幾項，如總輻射功率（Total radiation power, TRP）反映了手機整體的功率輻射狀況、總全向靈敏度（Total isotropic sensitivity, TIS）則顯示手機的接受靈敏度、天線增益（Gain）則反應天線的能量集中情形、輻射效益（Efficiency）指出天線將多少饋入的能量發射至環境中、等效全向輻射功率（Equivalent isotropic radiated power, EIRP）反應的是天線在各個方向上功率輻射的大小，由於像廣達這樣規模的公司，按月計件的話，要處理的天線案例可能多達數百數千件，為了快速處理已經規格化的產品，量測其等效全向輻射功率可以有較高的信心保證天線的品質。上述的參數主要都表現了天線的遠場特性，而對於天線的近場，國際間也給出了明確的規範，其名稱為能量比吸收率（Specific Absorptive rate, SAR），能量比吸收率就是手機輻射對於人體健康的影響程度，其值與手機本身的總輻射功率基本上呈正比的關係，在訊號傳遞與人體健康之間，其二者必須做出一個權衡的關係。

在天線設計的實務方面，無論是在手機或是其他的穿戴式裝置中，天線除了本身有限的設計空間之外，產品外觀的材料選擇也增加了天線設計的難度，最早的智慧型手機大多以塑料為外殼的優先選擇，當時對於天線尚沒有太多的影響，但後來為了在外觀上追求質感，開始有廠商使用了金屬的材質製作背板，此時天線的響應開始受到影響，因此往後的天線設計，都必須考慮其覆蓋的金屬材料大小及形狀一起進行模擬，方能修正設計以達到較理想的場型。而實際上能夠影響天線的因素相當的多，除了背板的材料，在行動裝置整合的元件越來越多時，天線的表現也會受到影響，舉例而言，用以接受聲音訊號的麥克風就會造成訊號大小的損失，大約在 1.5 ~ 2dB 的幅度，而將聲音訊號轉換為電訊號的 vibrator 也將造成額外 1 ~ 4dB 的損耗，其損耗的大小主要是依據連接線的形式決定，因此連接線會盡可能的希望走在表面線，一方面能夠有較大的寬度，另一方面也減少一些介質損耗。而針對穿戴式裝置，採用軟板來設計電路是較為直觀且常見的作法，但軟板的製作可能遇到的困難是其打件的困難度較高，因此成本也會比較高，但眼下這樣的製作方式仍能維持較好的產品水準與良率。此外就是利用雷射直接成形的技術將天線直接雕刻於裝置的外殼上，如此一來便可達到不失產品質感，又兼具理想的輻射效果，且能釋放內部電路面積以供其他元件進行更完善的設計，是目前另一種主流的作法。

最後洪副處長提到，其實穿戴式裝置量測與實際應用的情形差異很大，雖然各個部門會盡量模擬任何可能的情形並實際量測，但很難有一個設計能夠在全部的情境中都過關，因此穿戴式裝置的天線設計尚有他需要精進且能夠開發的部分，這部分有賴於心血的注入以及更多學界上領先的技術誕生。

活動報導

邀請演講

新的科技時代，台灣可以再創高峰

吳炳昌執行長

聯盟特約記者／林庭毅

人們對於科技發展的追求始終沒有停下腳步，許多不同的工具不斷出現在人們的生活裡，各式各樣的需求帶動了形形色色的產業發展，過去人們將自己對於未來的想像寄情於文字裡，希望眼前的美好都能透過栩栩如生的字句被記錄下來。而後畫筆與顏料的出現造就了偉大的畫家，人類能夠以更直覺的方式記錄眼下的美景，或是更具象的描繪出自己對於未來世界的幻想，於是幾個世紀之後，人們又寄情於光影，利用底片記錄每個當下最真實的畫面，並進一步將連續的畫面串接成一部部的電影，透過聲音與畫面，將更清晰的訊息帶到閱聽者的眼前。時至今日，數位電子產品的便利使得任何概念的表現都變得可能，難以取材的聲音能夠透過電子合音替代，而無法實際存在的生物也能以特效的方式呈現，這些都是過去做不到，但被寄託於各式各樣文物中的珍貴想法。在現代生活中，一支手機就能夠提供過去需要一台電腦才能做的服務與功能，因此造就了幾乎人手一機的消費環境，這樣的市場也帶動了過去實體店家所提供的服務，漸漸的能以更短的時間、更便利的方式去取得商品。過去我們將這樣的現象稱為服務電子化或是數位化，但

近年來，此現象已經被更大的概念包含在其中，即所謂的物聯網（Internet of Things, IoT），希望受到關注的不只是消費性電子，而是以生活中隨處可見的電子產品出發，進而建立起與人類生活連動性更好的運作模式。儘管人們對於資訊應用的發展有無限的想像，但來自業界的分享始終較能反映一個新世紀的開端，因此在 11 月 15 日電波組的專題討論時間，請到了奇景光電的吳炳昌執行長來為我們分享他眼裡的新科技時代。

演講之初，吳執行長以經典的電影「魔鬼終結者」當中提到的天網概念來引出物聯網的主題，顯示人們對於未來的想像早已與四通八達的網路脈絡脫不了關係，在人手一機的現代，機器人的發展也蓬勃的進行中，像是台灣人熟悉的 Pepper 機器人，能夠蒐集與人類對話的資訊來發展自己回答的模式，足見人工智慧的發展正在逐年往我們在電影裡看見的模樣前進，更甚者，美國機器人公司 Hanson Robotics 所發明的「蘇菲亞」，在日前不但得到了沙烏地阿拉伯授與公民的身分，甚至在頒獎的典禮上與主持人打趣的對談，可見機器人的進步也許比你我想像的都還要快速，且已經悄悄的進入我們的生活中。另一方面，也能夠從手機的演進來觀察，過去智慧型手機起飛之際，業界主要的方針是如何將手機的效能提高，但不斷堆高的核心數以及擴增的內存記憶體空間已經漸漸達到飽和，甚至是效能過剩，因此近年來各廠的旗艦機種，不再強調硬體設備的改進，而是在手機裡增加一些以前做不到的功能，像是智慧助理的誕生、語音辨識的輸入、指紋以及臉部辨識的解鎖方式都顯示出行動裝置的市場不同於以往的硬體規格戰，而是如何讓手上的裝置更快速且便利的滿足消費者的需求。因此過往的攜帶式裝置也誕生出不同的功能，像是 google 公司之前推出的 google glass，雖然很可惜的並未成為市場上熱銷的商品，但卻也變相的宣告了穿戴式裝置與人類生活的連結。而這些裝置的發展透過其中內建的軟體採集使用者的資料與習慣，又能夠為進一步的服務提供基礎的資訊，如此兩者相輔相成的運作成長。

吳執行長認為，在這樣的洪流之中，台灣能夠立於其上的優勢在於業界長期發展所培植的電路設計能力，能夠提供 5G 世代以及物聯網起步之初所需的網路佈建。因此在硬體的設備完善後，便能較快速的往應用端的服務前進，此時需要的不只是硬體的電路設計，還集結了創意設計與軟體工程的實踐，屆時各個部門必須齊心協力，以銳利的眼光抓住市場的需求，再以新穎的想法做出服務的雛形，交由軟體部門將服務放進物聯網的架構當中，最後再由硬體設備支援理念的實踐，因此未來每個人都將是那根不可或缺的螺絲釘，在即將迎來的新世代上共同面對挑戰。

活動報導

研討會

2017 夏季電磁引領研討會

聯盟特約記者／何柏諺、謝宗樺、高堅庭、孫紹博、葉志恩、周弘基、林子謙、謝宗樺、黃浩儒、葉庭劭

2017 夏季電磁教育引領研討會於 2017 年 8 月 21 日至 8 月 25 日在元智大學七館 70304 演講廳舉行，展開為期五天的課程。今年於元智大學舉辦第十屆夏季電磁教育引領研討會，由中華民國微波學會、元智大學通訊工程學系、台灣電磁產學聯盟、IEEE EMC Taipei Chapter 主辦，教育部行動通訊電路設計聯盟中心、台灣大學高速射頻與毫米波技術中心、中正大學電機工程學系、電磁教學推廣中心共同協辦。本次研討會共安排了十門課程，吸引了全國大專院校共 15 校的研究生參與，亦有業界人士前來共襄盛舉，期許能透由此教育研討會提升國內電機系所及相關領域人才的基礎電磁教育，並為台灣之科技與發展培養出更多前瞻性傑出人才。

課程介紹

課程名稱：Keynote Speech-Development of Electromagnetic Science and Technologies: An Overview

主講人：台灣大學電機工程學系 吳瑞北教授

第一天的課程由吳瑞北教授開始。吳教授首先介紹電與磁的歷史，從希臘發現靜電到中國《論衡》中的磁發明「司南」，接下來介紹西方各個有名的科學家利用科學方式證明電與磁之間的關係，例如：庫倫定律、安培和厄斯特發現電

生磁、法拉第發現磁生電並發明發電機，造就未來生活所需，最後由馬克士威（James Clerk Maxwell）統整前人們的實驗結果歸納出數學式，提出馬克士威爾方程式，時變電場也能產生磁。之後教授簡單介紹幾個常見的方程式以及實驗，庫倫定律、法拉第理論、冷次實驗以及電磁理論裡最重要的方程式 — 馬克士威爾方程式，用簡單的方式讓學員認識這些方程式以及理論背後的意義。吳教授也說明為何未來的一些科技較偏向運用無線，因為有線會造成一些不必要的資源浪費以及汙染，科技進步的同時，也要維護環境。接下來介紹了電磁領域未來應用的大方向，分別是 5G、IoT（物聯網）以及各種應用的智慧化，這是未來科技的趨勢，然後應用在各行各業中，進而提升社會生活品質，節省不必要的資源浪費。再來介紹了電磁聯盟所建立的學習平台、線上教學與實驗模組，還有電磁基礎能力認證測驗與電磁數位學習網以及電磁產學聯盟的一些相關資源，為電磁領域初學者做了詳盡的介紹。

課程名稱：老雷達的新生命

主講人：中正大學電機工程學系 張盛富教授

RADAR，RADIO DETECTION AND RANGING。雷達，最早發明於 1904 年，在 1940 年定義雷達一詞。

雷達為一種偵測訊號的系統，包含了各式射頻元件，從天線到被動元、主動元件等皆須在雷達硬體中。因此對一個初入門的射頻工程師來說，藉由雷達可了解整個射頻收發系統架構及各射頻元件，為往後的射頻研究生涯做一開端。雷達亦可作為一很好的專提升題材，讓大學部學生組成小組並挑選各部分題目、完成後整合成一雷達系統，藉由實做、量測進而讓學生提升自信並對工程領域產生濃厚的興趣。

早期雷達系統多應用於軍事方面，做海上船隻軍艦、空軍敵機偵測等。近年雷達系統已轉型應用於各民生方面，如救災時生命偵測、工業自動化用途、綠能及定位系統等方面，用途及範圍相當廣泛。

除上述幾個方向之外，現今的應用在於汽車防撞雷達、汽車自動駕駛為一重點，歐洲車已列為基本規格配備。另一重點應用於海關偵測危險物品的方面，利用電磁波入射反射能量不同的原理探勘出入境過客是否攜帶危險物品。而用於醫療上可偵測呼吸心跳、身理反應及居家照顧可偵測家中親人是否有意外亦是一大重點。

課程名稱：Retrospect of Smith Chart and Transmission – Line Theory

主講人：交通大學電機工程學系　張志揚教授

第二天上午的課程由交通大學張志揚教授主講。張教授一開始先定義傳輸線，以設計將電磁波從一點傳遞到另一點，接著從歷史角度出發讓學生能夠快速擁有傳輸線的基本概念。然後從以前電路學的 KVL、KCL 原理推導電報方程式，運用簡單的數學式，將電路帶進波的概念。從電壓波與電流波中，我們了解特徵阻抗、傳播常數等定義及反射係數與駐波比之間的關係。上半節的最後，介紹了平面式電路的發展路程，怎麼從同軸電纜發展到現今的平面式電路，其中以微帶線和 CPW 為常用電路。接著下半場以 Smith 圖來帶入，只要做微波的人都要會 Smith 圖，以一個圓來概括整個被動電路上的阻抗變化，Smith 分為實部與虛部的阻抗，在傳輸線某一點的阻抗代表 Smith 上的一點，然後透過此圖做阻抗匹配，以快速的講解串並聯使電路能夠達到匹配，最後放大器也可以應用 Smith 圖完成前後端的共扼匹配。張教授以整個電路的發展為開場，讓學生能夠進入狀態，了解傳輸線的結構與分析，尤其是 Smith 圖，透過前面傳輸線的介紹後，讓學生能快速的了解用 Smith 圖做匹配的方法，過程中以完整的分析與精闢的講解，讓學生了解整個傳輸線的流程，令人收穫良多。

課程名稱：Basic Microwave Measurement

主講人：中央大學電機工程學系　邱煥凱教授

演講的主軸圍繞在微波電路系統的量測理論及技巧和需要用到那些設備，講述的設備範圍很廣，從最基本的被動 RLC lumped 電路所需要的量測設備一直到複雜度最高的 RF IC，因為量測主動電路不僅要像被動電路一樣量 s 參數，還需要量測雜訊指數及增益，以量測出符合通訊系統的量測規格。而演講的最一開始就先秀出整個通

訊系統的發送架構，從發送端低通濾波器、mixer 一直到天線端以及接收端：LNA、mixer、中頻放大器、低通濾波，很清楚的 review 一遍，然後在一一的解說每一個元件所需要用到的量測設備。而其解說不僅只是介紹量測設備和操作原理，更是將量測設備的原理透過理論知識，用淺顯易懂的方式說明，因此在往後的研究需要實際量測時就能夠更得心應手。除了量測技巧還有方法之外，邱教授也分享了關於以往犯錯的量測經驗還有實際 model、數據資料以及如何更正這些錯誤，讓我們在將來量測或測試研究 model 的時候能夠更快發現以及掌握出錯誤的地方，故本場演講不論是對做主動的研究人員或是被動的研究人員都能夠受益良多。

課程名稱：Introduction to MMIC and Related Applications

主講人：台灣大學電機工程學系　林坤佑教授

第三天上午的課程由台灣大學林坤佑教授主講，主題是微波與毫米波積體電路的設計與應用。首先以頻譜的定義介紹微波與毫米波之間的差異，微波頻率較低（0.3GHz~30GHz）而毫米波頻率則遠高於微波（30GHz~300GHz），並且解釋毫米波相較於微波的優勢，例如：更小的元件與天線尺寸、較高的解析度以及更廣的頻寬。

在對於毫米波與微波有基礎認知後，林教授切入正題，介紹並對比 MIC（HMIC）及 MMIC 的主要特性，簡單來說，在體積方面 MMIC 相對於 HMIC 小很多，而在製造方面 HMIC 在製造時的速度較快，但若需要大量生產，則 MMIC 在成本上較有優勢。為了更清楚說明 MMIC 的優點，林教授首先舉近年來十分重要的環境議題—蜜蜂衰竭症候群（CCD）為例，要讓蜜蜂承載諧波雷達以追蹤蜜蜂的動向，但蜜蜂的負重是有限的，要確保不影響蜜蜂採蜜的情況下又能放置雷達，就必須以 MMIC 完成雷達的積體電路。

除此之外，林教授以更多常見的雷達以及系統來闡述 MMIC 的應用及優勢，如：在 77GHz 車用防撞雷達中增加反應時間、38GHz 無線收發系統中更長的距離及更高的靈敏度。最後簡單的介紹量測儀器，講述在設計電路布局上的限制與注意事項，讓將來投入研究的同學們對微波與毫米波電路有更實際的體會與了解。

課程名稱：Microwave Passive Circuits

主講人：中正大學通訊工程學系　湯敬文教授

湯教授一開場就介紹了 RF 系統包含的各種電路，再延續到微波濾波器及功率分配器做為本次演講的主題內容。微波濾波器中包含了低通、高通、帶通、帶拒濾波器，由 Insertion Loss Method

中各種不同的濾波器頻率響應（Butterworth、Chebyshev）可以推導出濾波器所需要的階數及相對應的低通濾波器原形阻抗值，各個頻率響應皆有其特色依使用者的需求來決定濾波器的頻率響應，在經過頻率和阻抗的縮放進一步設計出所需要的濾波器。功率分配器則是以常見的威爾金森功率分配器來介紹，從基偶模分析來推導出功率分配器中所需要的阻抗值，再配合 S 參數來實現所需功率分配器的響應。耦合器由理論分析其所需要參考的各個 S 參數物理意義再搭配 ABCD 矩陣來介紹耦合器的基偶模電路。最後介紹了國內外知名學者所發表的論文，經由電路架構來分析本次演講所對應的理論基礎。

課程名稱：Introduction to Modern Antenna Design

主講人：中央大學電機工程學系　涂文化教授

來自中央大學涂文化教授所演講的題目是介紹現代天線設計及有關天線的基本常識，特別是介紹了現在天線的種類，還有他們的優缺點是什麼。一開始跟我們解釋何為天線，簡單來講就是一個結構體介於可用空間和引導裝置負責傳遞電磁波，從馬克斯威爾方程式可以推出波的方程式，天線中可以得出很多其他的數據，像是極化、指向性增益、效率增益和阻抗，其中輻射圖又分為 5 種，可以從需要的數據去選擇。Feeding technology 也發展成 5 種類型，而天線的類型也有分為好幾種，每一種的天線跑出的輻射圖所代表的意義也相距甚遠，像是 Gain 就是一個很重要的參考指標，其中拋物面反射天線是最特別的，其 Gain 是最高的且可以偵測到的範圍也是最廣的，因此作為觀測外太空所用的天線類型。而任何無線應用都是需要天線的，到現在尚未研發出適合任何一種情況的天線，所以選擇正確的天線應付正確的情況才是解決之道。

課程名稱：Noise and Low Noise Amplifier

主講人：交通大學電機工程學系　孟慶宗教授

雜訊在這個世界上處處皆有，雜訊的種類又有 flicker noise、shot noise、white noise 等。在通訊之中雜訊的多寡又會影響到使用者通訊的品質，低雜訊放大器的功能為降低、抑制接收訊號的雜訊並且提供增益給訊號。Noise figure 稱為雜訊指數，代表元件本身提供的雜訊量，在通訊 link budget 降低 noise figure 可得到更好的靈敏度以接收訊號，透過 Friis equation 可得知整體接收機的 noise figure 可由第一級的低雜訊放大器，而低雜訊放大器提供良好的 noise figure 及夠大的增益可達優良的通訊品質，因此低雜訊放大器在射頻前端架構之中為一射頻關鍵元件。

本次研討會之中，孟慶宗教授講授由 T.H. Lee 及 R.A. Pucel 分別提出並聯及等效雜訊電路模型，經由孟教授的講授推導可得知兩者提出的等校模型為同一件事情。而最後孟教授提出與學

生一同研究出的另一種等校雜訊模型，經由矩陣運算的推導，可簡化掉許多繁雜的數學亦可得出等效的雜訊模型。

課程名稱：大型天線的潛力應用與發展基礎

主講人：台灣大學電機工程學系 周錫增教授

本次課程從實務面開始介紹所謂的高增益天線，包含天線的種類、特點與其應用等，其中從應用面差異分為手持式天線、衛星天線、軍用、警用與消防用等以上數種，而高增益天線為未來的趨勢，在 4G 通訊的蓬勃發展下，通訊系統勢必要往下一個世代 5G 發展，而 5G 天線可能的頻段在 28GHz 或 38GHz 毫米波頻帶，故此頻段下天線輻射在介質中的強烈損耗是必然的，這也說明接下來的主題高增益天線其重要性。

手持式天線在數年前相當熱門，不少公司都專門研發此類天線，而現今的手持式天線則已經被包含在設備廠並與 IC 整合在系統裡，故單天線的製作已逐漸變少。其他民生用途的高增益天線還有汽車的防撞雷達，汽車防撞雷達應用也是相當高頻，故利用陣列的方式增加其增益，其增益越高可以偵測的距離也會相對增加。

課程中也有提到衛星天線，而碟型的反射天線就是衛星天線的一種，由於衛星天線在於遠距離傳輸，所以也是需要使用高增益天線，而碟型天線其中一種方式是使用拋物面，並在其焦點放置一個激發源，例如號角天線，而激發源輻射的場型打到拋物面其反射的波就會變成平面波，形成一個高指向性且高增益的場型，這類天線也有用於量測系統中，例如 compact range。

課程名稱：雲端通訊與物聯網之產業發展趨勢

主講人：元智大學通訊工程學系 楊正任教授

本次研討會最後一個課程，由楊正任教授演講。楊教授有豐富的產業經歷，他先探討時下最流行的大數據分析，其資料量龐大，能夠針對個人的搜尋紀錄給予其需求的廣告，造成廣大的商機。再來探討第五代行動通訊，其不同的頻寬對應市面上各大廠商。而第五代行動通訊因為其頻段高，傳輸距離較短，因此微小基地台的發展被大幅推廣，將來預計將於各處架設微小基地台，讓大型基地台的訊號傳播給微小基地台，微小基地台再發送訊號給各個使用者以做更深刻的聯繫。楊教授也提出台灣現在產業的趨勢，台灣在手機產業方面並沒有卡到好的位置，因此我們必須在未來的物聯網做更多的努力，楊教授認為台灣在系統方面與其他國家拚搏並不會佔到優勢，我們具有優勢的方面仍然在 IC 元件上面。

最後，楊教授介紹關於 4G、5G 通訊、802.11ad、802.11ac，因應將來資料流量越來越大，楊教授特別提到功率放大器的線性度，將是一個非常重要的指標，並期勉大家提升自己的實力，對通訊產業盡一己之力。

研討會

台灣電磁產學聯盟 2017 年第二次研發半年報 大型陣列天線之實務運用

聯盟特約記者／顏志達

前言

台灣電磁產學聯盟（Taiwan Electromagnetic Industry-Academic Consortium）2017 年第二次研發半年報於十月二日於國立台灣大學博理館 101 演講廳舉行。此次會議由行動通訊電路設計聯盟中心、台灣電磁產學聯盟及台大高速射頻與毫米波技術中心主辦，協辦單位有科技部前瞻通訊網路技術開發與應用、台大電信所、亞東技術學院通訊系、資策會智通所、工研院資通所、IEEE EMC Taipei Chapter。本次議程則由國立台灣科技大學林丁丙教授及國立台灣大學周錫增教授共同規劃。參與本次會議的對象包括大學部大三以上的學生、碩士班、博士班研究生以及產業界人員等，本次與會人數達上百人，座無虛席，反應相當踴躍。

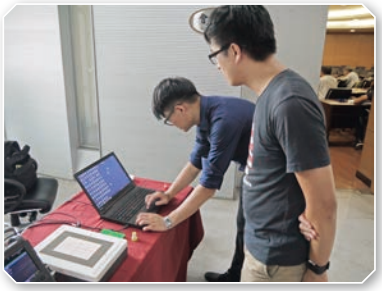
會議起源

大型陣列天線起初使用在軍事用途（如雷達 Radar 等），而今應用到 MIMO（Multiple Input Multiple Output）Antenna、Massive MIMO 等。然而第五代行動通訊（5th generation mobile networks）來勢洶洶，大型陣列天線勢必扮演重要的角色。本次課程邀請相關產業界具有代表性的專家及義大利知名大學教授來分享職場上和研究上的經驗，一方面能讓學生更加了解大型陣列天線發展現況、技術及未來的發展性，另一方面能利用業界的技術及知識來補足學校教育的缺失，雙管齊下，進而能讓學生建立職涯發展的起始點，對本領域的發展將會有相當大的助益。

會議介紹

本次研討會議程主要分成五個專題演講和一個前瞻計畫論壇，並由台灣電磁產學聯盟召集人吳瑞北教授開幕致詞與國立台灣科技大學林丁丙教授主持上午的演講場次。首先由碩訊科技公司蔡遙明董事長分享公司創業歷程以及產業轉型；再來是義大利比薩大學（University of Pisa, Pisa, Italy）Professor Paolo Nepa 介紹義大利的風光美景及和分享他在研究上的成就及心得；接著是交通大學王毓駒教授分享他在電子掃描陣列系統的成果及突破。下午的場次則由國立台灣大學周錫增教授所主持，首先是由譁裕實業郭李瑞博士介紹其公司在大型陣列天線的發展以及研究成果；其次是國家儀器陳建佳工程師分享其公司已開發 Massive MIMO 相關研究，未來將應用在第五代行動通訊上。

最後安排一小時天線應用前瞻技術論壇（Panel Discussion），請所有講者與吳宗霖教授



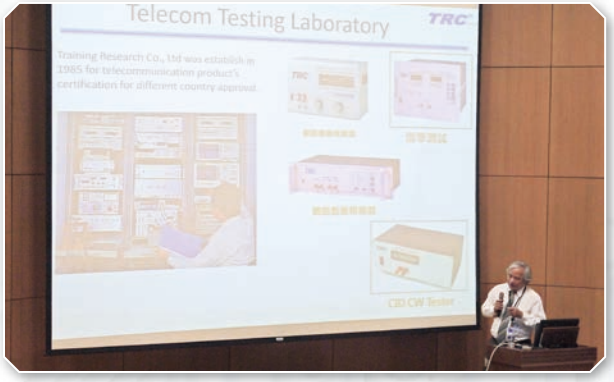
一同座談，並由周錫增教授主持來引導發言，論壇開放給台下聽眾作相互的交流，在討論的過程中，可以了解在這領域需要進步的地方，掌握未來各世代的關鍵技術。

無線通訊裝置的天線與雜訊（Antenna and Noise in RF Device）

蔡遙明董事長於西元 1985 年成立碩訊科技（Training Research Co., LTD, TRC），並於同年得到美國聯邦通信委員會 FCC Part 68（電信終端設備）的認可成為測試實驗室，主要服務的產品為電話機、答錄機、數據機（MODEM）等 FCC Part 68 測試及註冊，同時對於產品適受廣播音頻干擾及 Humming Noise 也提供修改對策。

自從 1989 年，市民頻道各項應用的產品開始萌芽，大家開始接觸無線電。1992 年成立電磁相容量測實驗室。另外，幫助許多客戶各項無線效能傳輸，載台雜訊除錯，天線等測試及設備，也包含各國安規認證服務。

蔡遙明董事長接下來介紹無線通訊裝置上的天線無線效能與雜訊對裝置的干擾等議題及企業在開發生產無線通訊裝置時會碰到的問題，並介紹公司各項量測的數據，頻率從 100KHz 至 140GHz，例如 Over-The-Air（OTA）Lab、3D AP Beam-forming Testing、MIMO、Multi Antennas Auto Testing System、RF Conductive Testing、802.11ax、Compact Range Lab、5G 車用雷達等。



Radio Frequency Identification: A Key Enabling Technology for Internet-of-Things Applications

物聯網（Internet of Things, IoT）是指每樣東西，不論是人、物品、動植物等都配有電子裝置，讓所有能行使獨立功能的普通物體實現互聯互通的網路。未來將藉由機器與機器間的互動來完成以往做不到的工作。

然而射頻識別（Radio Frequency IDentification, RFID）在物聯網應用上扮演相當重要的角色。RFID 技術的優勢在於提高效率、降低成本、使用壽命長、高安全性、增加自動化流程數量和減少錯誤等。

首先 Nepa 教授介紹許多 RFID 的應用，包括鐵路運輸追蹤系統、汽車晶片防盜鎖、大眾運輸智慧票證等。接下來他舉了許多種關於標籤（Tag）研究的例子：Inductive LF tags, Inductive HF tags（13.56MHz）, UHF tags（865-960GHz）等。Nepa 教授提到一個 UHF-RFID 智能貨架的應用。它是一個配有 UHF-RFID 讀取器的架子，可以監控現有物品及其位置，有效率的排列資料以減少不必要的時間。

最後，Nepa 教授提到先進的天線是必要的，例如可洗滌天線。然而天線將被隱藏在家具或牆壁中，不讓用戶者發現。

電子掃描陣列系統（Active Electronically Scanned Array System）

交通大學王毓駒教授首先將介紹雷達（Radar）架構的發展，並解釋電子掃描系統對於雷達發展的重要性以及電子掃描系統設計的主要困難點。接著介紹一些其他實驗室近年來相關研究，例如 2011 年 SiBeam's 60GHz AESA、2013 年 Bell Lab's 70-100GHz AESA、2014 年 Broadcom's 60GHz AESA、2015 年 NTU's 87-99GHz AESA、2017 年 Berkeley's 94GHz AESA 等以及探討幾種不同電子掃描系統的技術架構，包括射頻相移（RF Phase-Shifting Architecture）、數位相移（Digital Phase-Shifting Architecture）、本地相移（Local-Oscillator（LO）Phase-Shifting Architecture）和混合架構（Hybrid Architecture），每種架構皆有其優勢與劣勢。接著講者討論其所設計的 Ka-Band 主動電子掃描系統（Ka-Band AESA），從系統晶片架構、電路設計、硬體系統設計到軟體系統設計皆完整介紹量測步驟與方法以及幾個困難點的解決方法與量測結果。最後以最近的重大更新及其對產業發展的影響性作為結尾。

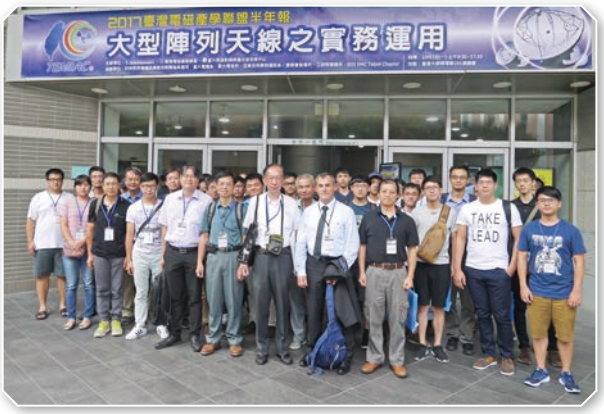
基地台天線之設計與應用（The Design and Application of Base Station Antenna）

譁裕實業郭李瑞博士首先介紹大型基地台天線發展歷史沿革：全向性天線、扇形覆蓋天線、雙極化天線、電子傾角 & 遠程控制、高低頻共構天線、MIMO、高低頻共構 & MIMO，最後是 Multi-Beam/Massive MIMO（系統整合式天線）。然而現今大型基地台天線有三大種發展現況：一、增強型行動寬頻服務，以人為出發點的使用情境，讓用戶可以有效連結到多媒體內容、服務和數據，例如：3D & Hologram。二、巨量多機器型態通訊，主要的訴求在於滿足大量連結的終端，而這些終端對於數據傳輸量的需求相當小，而終端必須是電池壽命長且低成本，例如：物聯網。三、超高可靠和超低延遲通訊，主要需求指標與數據傳輸速度、數據傳輸輛、延遲性、可靠度相關且非常嚴格，例如：遠端醫療手術、自動駕駛等。郭博士提到被動式交互調變 Passive Inter Modulation（PIM）產生的問題，PIM 是一種常見於被動元件的交互調變失真。若在傳輸路徑出現 PIM，會降低無線通訊系統的品質。然而金屬接點氧化物、測試環境、電流路徑上具有磁性材料等，都是可能產生 PIM 的原因。最後郭博士介紹多波束基地台天線應用，多波束天線（Multi-beam Antenna）是藉由切割扇型區域提供更多的容量，有效率的大幅提升 cell center 附近的 throughput 以及整體容量提升。然而在 Massive MIMO 成熟前，多波束天線是最佳的佈建方案，其中被動天線的建置、維護成本遠低於 Massive MIMO 之 Smart Antenna 架構。郭博士也舉了許多例子以及模擬量測結果圖，例如：Cylindrical Luneburg Lens、Spherical Luneburg Lens 等。

建構 5G Massive MIMO 原型驗證系統（5G Massive MIMO Testbed: From Theory to Reality）

由於以無線方式連接的裝置越來越多，因此急切需要能夠滿足更多資料與容量需求的無線技術。而物聯網（Internet of Things, IoT）就是在這波趨勢下活躍於科技界，不論是晶片商、軟體商還是創投，都可以跟物聯網扯上關係。不過物聯網裝置已對既有的無線網路造成極大負擔，而隨著影像串流與虛擬實境技術的普及，對資料傳輸率的需求也非現有速率能滿足。其中 Massive MIMO 技術將會是一大關鍵。

國家儀器（National Instruments）陳建佳工程師一開始介紹第五代行動通訊（5th generation mobile networks）的基本架構有 Massive MIMO, Millimeter Wave, Multi Radio Access Technologies（RAT）以及 Wireless Network。Massive MIMO（大規模多重輸入輸出）是一種多使用者 MIMO 形式，陳建佳工程師介紹 MIMO 原型驗證系統的概念、基本架構、軟硬體方面，是種可擴充的開放式測試台，適用於進階 MIMO 研究。然而此系統的標準配置，藉由 Real-Time 雙向通訊支援多使用者 MIMO，對於基地站天線數量可從 2 個擴充至 128 個，而對於使用者可支援最多 12 隻單一天線，當中的基地台天線數遠高於每個訊號資源的裝置數。由於與使用者裝置數量相較之下，基地台天線數量具備壓倒性的優勢；因此，這項技術不僅可得到近似直角的通道響應，還有機會大幅提升頻譜效率。如此就能在指定的基地台中，運用相同頻率與時序資源來服務更多裝置，帶來遠勝於現代 4G 系統的成效。



結語

這次活動辦得相當成功，與會的產業界及學術界人士，都帶來精彩的經驗分享與獨到的趨勢見解以及深入的理論研究。在天線應用前瞻技術論壇中，台灣電磁產學聯盟召集人吳瑞北教授提到近幾年中國大陸華為公司（HUAWEI）和韓國三星公司（Samsung）的強勢，台灣的公司在這產業已經受到極大的影響，然而台灣到底能否在通訊領域嶄露頭角且佔一席之地，這問題是值得大家思考並且需要大家同心協力解決。

天線在微波的應用中，可說是扮演最重要的一個角色，對於即將面對的第五代行動通訊時代來臨，裝置中各個部分勢必會遇到更多挑戰。透過一整天的演講，讓同學建立基本觀念、了解產業界中對於天線的需求及發展大型天線所需要建立的各項技術與能力，並且了解未來能夠努力的方向，進而對電波領域有所貢獻，登上世界上的舞台。

國際研討會連線報導

2017 國際電磁相容暨信號與電源完整度研討會
2017 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal and Power Integrity, ISEMC

聯盟特約記者／周永致

會議簡介

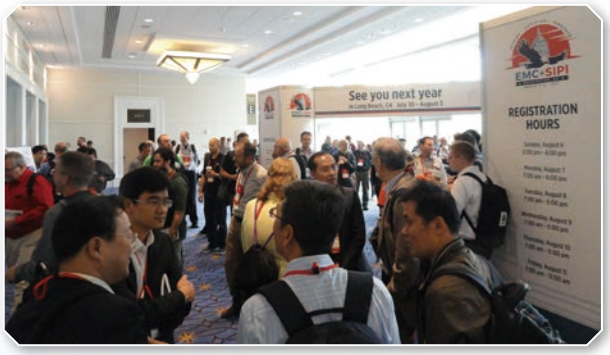
2017 國際電磁相容暨信號與電源完整度研討會（2017 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal and Power Integrity, ISEMC），於 2017 年 8 月 7-11 日於美國首都華盛頓特區南方的蓋落德會議中心（Gaylord National Resort and Convention Center）舉行，為期五天，為全世界電磁相容領域中規模最大、參與人數最多之研討會，由 IEEE 與 IEEE EMC Society 主辦。今年據大會宣布，有來自 65 個國家，超過一千人參與。與會人士中，有來自世界各地的產業界，比較知名的包括美國晶片龍頭 Intel、Qualcomm、量測儀器大廠 Keysight、通用汽車 GM、歐洲的儀器大廠羅德史瓦茲、日本的 TDK、Mitsubishi、德國的汽車大廠 BMW、中國大陸的華為等，台灣則有華碩 ASUS 參加。與會的研究機構有美國的航太中心 NASA、國防部 DoD、標準技術研究所 NIST、推進實驗室 JPL 等，台灣有晶片中心 CIC 以及同步輻射中心的研究人員參與。學術界更是不勝枚舉，如美國的密蘇里理工大學、伊利諾大學香檳分校、奧克拉荷馬州立大學、義大利的米蘭理工大學、佛羅倫斯大學、比利時的航特（Ghant）大學、德國的漢堡大學、韓國的 KAIST、日本的東北大學、中國大陸的浙江大學、北航大學、華北電力大學、香港大學等，台灣則有台大、清大、台科大等參加。會議內容非常廣泛，從電子設備的類型來分類，有商用電子、車用電子、軍用電子、太空電子、智能電網等不同主題。探討的內容，有分析（analysis）、模擬

EMC Symposium 歡迎旗幟

（simulation）、設計（design）、方法（solution）、量測（measurement）、驗證（validation）、統計分析（uncertainty quantification）等。全程有約 150 篇的學術論文發表，超過一百場的專題演講（tutorial and workshop）。由與會者的數量、多元性、內容的廣泛可見此次會議極具規模，堪稱群賢畢至、少長咸集，誠乃一時之盛會。

Day 1: Tutorial and Workshop

會議第一天安排多個 tutorial sessions，且分不同場地同時進行，包含基礎的 SI/PI/EMC 介紹、車用電子 EMC、智能電網（smart grid）EMC 等，從這當中便可看到近年來國際關注的研究議題，例如車用電子 EMC。隨著電動車逐漸發



與會人士聚集在展覽場的入口準備進去

來自 NASA 的 Dr. Scully 主講 EMC 基本觀念

與會者在廠商展區中觀看展覽

展，車內的晶片數量與電子設備與日俱增，一台車便相當於一台大型電子系統，而確保其中各設備之電磁相容性，實為非常迫切之問題。因此車載 EMC 之分析與設計，可以推斷在未來幾十年間將會日益重要。

第一天有一個 session 為 EMC fundamental，從上午到下午，分別介紹串音干擾（crosstalk）、電感與電容（inductance and capacitance）、電流回流（current return）、傳輸線與信號完整度（transmission lines and basic signal integrity）、電磁輻射（radiated emission）、屏蔽（shielding）、電磁干擾濾波器（EMI filter）、接地（grounding）。這些內容看似教科書都有，然而其中的核心重點，沒有親自接觸過實際案例的人，往往不能清楚掌握。這次大會邀請了多位專家學者，都是來自業界的資深工程師，如 IBM、GM、波音公司、Intel、NASA 等，經驗豐富又善於講演，在他們的解說下，聽眾都有醍醐灌頂、豁然開悟的感覺，將這些基本而重要的物理概念於會議第一天重新提起，以準備迎接第二天正式開始的會議，可謂溫故以知新。

Day 2: Keynote Speech

第二天一開始，是一場 Keynote speech，由美國聯邦通訊委員會（FCC）工程與技術辦公室（Office of Engineering and Technology）的主持人 Julius Knapp 主講。演講一開始，先回顧 EMC 過去的歷史，IEEE EMC Society 於 1958 年創立，到今年 2017，已經過了將近 60 年。這段時間當中，EMC 領域所關注的問題，雖同樣是頻譜管理（spectrum management）、電磁干擾（electromagnetic interference）、電磁耐受（electromagnetic susceptibility）等議題，然而隨著技術發展，關注的深度也逐漸增加。在 2000 年前，上網是撥號上網，無線通訊是 1G 與 2G。2000 年後，則從寬頻上網到無線通訊進入 3G。近十年間，光纖上網更加快速，無線通訊也進入 4G，而 5G 行動通訊的研究則正如火如荼的進行中。未來的 EMC 研究中，將可預見有兩個重點問題：(1) 不同無線通訊協定的共存在（co-existence）、(2) 電磁耐受（immunity）。演講最後，Knapp 提醒大家，未來的 EMC 設計，從產品設計的階段就開始（EMC starts in the design process）。Knapp 先生在 FCC 服務達 42 年，屬於美國政府單位，而非工業界。在這個充滿業界與學界專家的 EMC Symposium 一開始，先請 Knapp 先生來演講，可謂別具意義。畢竟所有的研究，最後要付諸實現且須有法律規範。尤其 EMC 領域與法律的關係，又比其他科學研究更為密切。因此大會邀請 Knapp 先生來主講這個 EMC Symposium 唯一的一場專題，可表示對國家法律的尊重。

Day 2~4: Technical Session

在 Keynote Speech 之後便開始多場技術論文發表，內容涵蓋電磁環境、電磁干擾控制、電磁量測、不確定性量化、新興無線技術 EMC、靜電防護、高速傳輸介面、電源完整度、電力電子 EMC、頻譜工程、低頻 EMC、計算電磁、高

功率電磁、三維積體電路、數值方法、醫療電子 EMC、核能工業 EMC、RF desense、近場量測應用、時域量測應用、被動元件、reverberation chamber、信號完整度與 EMC 共設計等，可謂所有 EMC/SI/PI 的相關議題都有觸及。聆聽一場接一場的專業論文發表，欣賞他人如何分析與處理問題，如同徜徉沐浴於 EMC 大海之中，時時有新的收穫。

在這次會議中，有一項課題，普遍受到國際專家的研究，就是連接線（cable）與連接器（connector）的電磁輻射（emission）與電磁耐受（immunity）分析。例如義大利米蘭理工大學的 Grassi 教授，發表一篇論文分析連接線上的電磁耦合模型；密蘇里理工大學的 Dr. Cao，報告一種分析連接器上輻射模態與機制的方法；德國 BMW 的工程師，也在一個 session 中討論他們如何模擬連接線在實際車身中電磁特性；另外，NASA 的 Scully 博士也在一場專題演講中，討論連接線端點連接方式（termination）對於其輻射之影響。此問題之所以重要，係由於連接線與電路交接處為不連續之轉折，特別容易產生輻射，而對於 100MHz 乃至 1GHz 以上之高頻電磁波，連接線本身又有甚大之電氣長度，因此連接線相當於是一個大型輻射體。大型輻射體無論是在分析或抑制上均不容易。其中特別難的地方是如何在系統設計階段，便進行其輻射之分析預測，而不是等到系統已實作完成後，發現其輻射過強，再事後找方法來抑制。分析的難處，在於系統過大，而其物理機制又未有普遍接受的描述。所以這次會議中，有些人從等效電路的角度來探討，有些人從電磁場論出發，有些人具

義大利米蘭理工大學的 Prof. Grassi（左）論文發表

來自 BMW 的工程師討論系統模擬

有實務經驗，直接定性描述現象，有些人則利用統計方法，來處理龐大系統的模擬。可見連接線路之 EMC 分析，在未來數年中，將會持續是一個重要的議題。

從更一般性的角度來看，如何分析系統級的 EMC 特性，是目前迫切需要解決的難題。所謂系統級，是指整個完整的電子設備，例如設計飛機，整架飛機是一個系統，當把整個飛機的各部位都考慮進來時，其中各個子系統是否會有電磁干擾？當有外來電磁干擾時，整個系統是否可以承受？當有靜電放電發生時，電荷會怎麼流？由於系統非常龐大，目前處理系統級的模擬，仍非常困難，往往是在產品做到一半出來後，發現問題再來解決，因此有時須花費許多成本重新設計。反過來，如果能在設計階段就進行模擬，事先發現可能的 EMC 問題，將可大幅降低重新設計的成本，因此這是當前各大研究機構，都積極投入的議題。

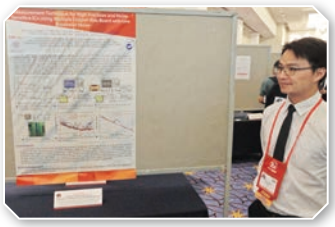
Day 2~4: Hardware Demonstration

這次研討會中，除了論文發表、專題演講及廠商展覽外，還有一個亮點，就是現場示範實驗（hardware demonstration）。位於廠商展覽區的後排，有四個小區域，從第二到第四天中，皆邀請專家進行各式各樣的示範實驗。例如來自 Silent Solution 的 Lee Hill 博士，現場示範如何利用頻譜分析儀（spectrum analyzer）的即時模式（real-time mode）來進行 EMC 分析與除錯。Real-time mode 是近年來頻譜分析儀才有的新功能，很多人對此都還不甚熟悉，Dr. Hill 現場準備

Dr. Hill 進行現場示範實驗

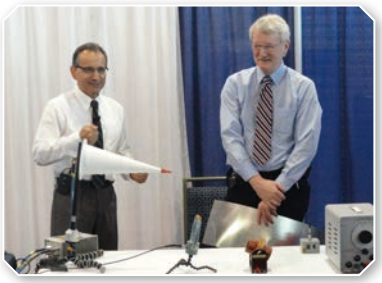
海報發表中與會者熱烈討論

台大電信所吳宗霖教授
與他的博士班學生

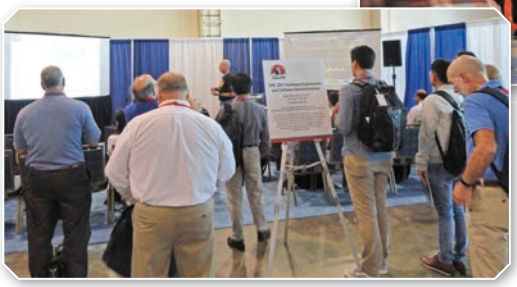


來自台灣的海報論文發表

排隊準備對報告者問問題



來自 JPL 的 Dr. Narvaez 和
Dr. Rhoads 進行示範實驗



與會者觀看示範實驗

了三個不同特徵的雜訊源，同時開啟，然後比較頻譜儀傳統的掃頻模式與最新的即時模式，兩者得到的頻譜，讓觀眾一目瞭然，明顯地看到即時模式分析雜訊特徵的優異功能。

在眾多示範實驗中，有一個觀眾反應特別熱烈，就是來自加州理工學院的 Dr. Narvaez 和 Dr. Rhoads 所進行的低頻磁場與高頻電磁場之屏蔽（shielding）實驗。Dr. Narvaez 以 NASA 的木星計畫（JUNO）太空船作為開場，闡述電磁干擾防護之重要性。JUNO 太空船上要搭配多款不同頻率的微波影像偵測器（microwave radiometer, MWR），MWR 中有一項元件叫 isolator，該元件需處於特定強度的靜磁場中才能正確運作，因此很容易受到外來磁場的干擾。而木星與地球不同，木星表面的磁場強度為地球的 20 倍，為了使 isolator 正常運作，勢必要將木星的磁場給屏蔽掉。Dr. Narvaez 用這個非常實際的例子來介紹電磁屏蔽，然後現場以各種材料來做屏蔽示範，展示各種材料對於低頻磁場與高頻電磁場屏蔽的不同功效。值得一提的是，低頻磁場不能單靠金屬來屏蔽，必須使用高導磁係數的磁性材料；而高頻電磁場則相反，必須使用金屬。這個概念雖然我們曾在教科書上學到，但是很少實際實驗過。Dr. Narvaez 先在低頻實驗中，讓大家親眼看到，使用金屬與使用磁性材料來做屏蔽，其屏蔽效應（shielding effectiveness）之明顯差距。接著再在高頻實驗中，讓大家親眼見到使用密封金屬盒的優異屏蔽效應。整個約 40 分鐘的示範中，有實際應用的例子，有現場簡易示範，也有基本物理觀念的澄清，令現場所有觀眾都印象深刻。示範結束後觀眾報以熱烈的掌聲，響徹整個展區。結束後，很多人到前面與 Dr. Narvaez 和 Dr. Rhoads 進一步請教討論。從這個示範實驗中，可以令人感受到，學習一個物理觀念，除了理論推導外，如果有好的實驗示範，再搭配真實的應用例子，可以令學習效果大為提升，亦可大大增加學習的趣味。

Day 4: Award Luncheon

第四天中午，有一個 award luncheon，邀請所有與會者參加並於午餐中進行頒獎。頒發的獎項有數十種之多，除了跟此次會議相關的最佳論文獎等外，也有 EMC Transaction 相關的年度最佳論文獎、卓越審查員（reviewer）獎以及 EMC Society 相關的服務獎、貢獻獎等。然而，在進行頒獎之前，大會主席先表彰對 EMC 領域有卓越貢獻，而在去年（2016）或今年過世的人，共有三位：Richard Ford（1941-2016）、Peter L. Richman（1928-2016）以及 Don White（1927-2017），主席介紹完他們三位的貢獻後，請現場同仁站起來，低頭默哀後才開始進行頒獎。這或許是 EMC Society 的一個傳統，儘管與會者來自世界各地，或者認識這三位，或者不認識，年紀或長或輕，而當我們讚美今人的成就時，不要忘記由於有前人的辛勞與鋪路，才有後人輝煌的成果。所以這個全體起立肅然致敬的過程，時間雖然很短，卻可說是整個午餐中最具意義、最核心的一個部分。

在午餐中起立對去年間過世的 EMC 前輩默哀

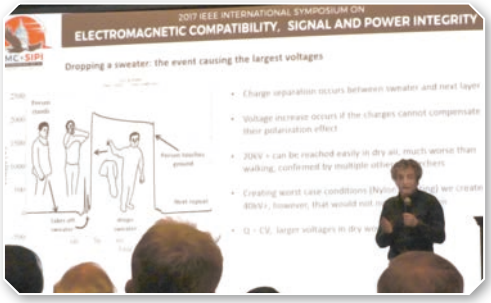
Day 5: Workshop

論文發表，在第四天就全部結束，第五天從早上到下午，都是 workshop。有來自密蘇里理工大學的 Pommerenke 教授，主講 ESD 基本概念。Pommerenke 教授演講注重物理觀念的澄清，能令即使從未接觸 ESD 領域的聽眾，都能掌握大意，並且有興趣深入了解。教授演講時還穿插科技人的美式幽默，例如他說 “I am an electrically-large body, and I’m proud of that.”，令聽眾莞爾微笑。下午有 NASA 的 Scully 博士，講解接地（grounding）設計的基本觀念，還會現場考驗聽眾的物理直覺，也是大師級的演講。雖然是最後一天，但主題和講者的安排仍然精彩，聽眾仍然很多，也很踴躍與講者討論，有始有終，為這次會議畫下圓滿的句點。

與會感想與期許

這是筆者第一次參加 EMC Symposium，第一次見到這麼多世界各地的專家學者齊聚一堂，一同探討 EMC 領域的新知，有這麼多個 technical session 和 workshop 同時進行，研討內容如此多樣，以筆者淺陋的學識、井蛙之見，實在是難以睹見當前與未來 EMC 研究的全貌。

Award luncheon 頒獎



來自密蘇里理工大學的 Prof. Pommerenke 解釋 ESD 基本物理

台灣大學林晉毅同學報告一

密蘇里理工大學 Drewniak 教授演講

台灣大學林晉毅同學報告二

然而五天下來，聆聽數場演講與示範實驗，得到一個心得：基本的東西很重要。基本的物理觀念、基本的數學推導，這些東西值得一再複習、一再思考、一再澄清。會議中的精彩演講，無一不是觀念清晰、條理分明，如 NASA 的 Dr. Scully、密蘇里理工大學的 Prof. Pommerenke。精彩的示範實驗，如 JPL 的 Dr. Narvaez，也是著重基本物理的實作。會議中又可見到一些研究人員，他們使用自行開發的模擬軟體，自己編寫分析與驗證的程式，花了多年的時間，將他人走過的路線自己全部從新走過，而不使用現成的商用套裝軟體。國際會議雖然是交換新知，而新知不離基礎。在欣賞他人耀眼的成就時，我們更應在我們尚未掌握的基礎部分，更加努力。

參考文獻（皆為本次會議的論文或 tutorial/workshop）

1. B. Scully (tutorial), “Shielding 101.”
2. T. Hubing (tutorial), “Grounding.”
3. F. Grassi, G. Spadacini, and S. A. Pignari (tutorial), “Susceptibility testing of wiring harness on board vehicles.”
4. T. Hubing (tutorial), “Essential design steps to ensure that autonomous vehicles meet EMC requirements.”
5. A. E. Ruehli (tutorial), “Introduction to the (PEEC) partial element equivalent circuit approach applied to SI/PI.”
6. J. Knapp (Keynote speech), “Achiening EMC in an everything-wireless world.”
7. L. Hill (hardware demonstration), “Using real-time spectral analysis for faster troubleshooting of radiated & conducted emission and co-located wireless systems.”
8. N. Toscani, F. Grassi, G. Spadacini, and S. A. Pignari (paper), “Evaluation of the tubular wave coupler model parameters for setups involving wires.”
9. M. Juszczyk and J. Valles (hardware demonstration), “Impact of cable shield terminations on emissions performance.”
10. M. H. Vogel (hardware demonstration), “Modeling and simulation of cable harness radiation and susceptibility for automotive and aircraft structures.”
11. P. Narvaez and C, Rhoads (hardware demonstration), “Control of electric and magnetic radiated emissions at low and high frequencies.”
12. J. Hein, J. Hippeli, and T. F. Eibert (paper), “Reduction of EMC simulation efforts using design of experiments.”
13. M. Johnson, J. Bean, and O. Ali (paper), “Comparison of in situ aircraft electromagnetic environment measurements with time domain simulations.”
14. Y. S. Cao, X. Wang, W. Mai, Y. Wang, L, Jiang, A. E. Ruehli, S. He, H. Zhao, J. Hu, J. Fan, and J. L. Drewniak (paper), “Characterizing EMI radiation physics for edge- and broad-side coupled connectors.”
15. D. Pommerenke (workshop), “EMC fundamentals: ESD.”
16. B. Scully (workshop), “Proper cable construction and shielding termination techniques.”
17. B. Scully (workshop), “Electrical grounding and bonding.”

專題報導

2017 全國大專創意實作競賽

聯盟特約記者／黃宗彬

隨著無線通訊技術的蓬勃發展，生活中隨時可接觸各種與電磁科技相關之電子通訊產品，由此可見電磁科技之重要性。本競賽源於「教育部網路通訊人才培育先導型計畫 - 電磁教學推動聯盟中心」創辦之「2013 電磁實驗交流及觀摩研討會」，該中心積極開發以電磁現象為基礎之「電工實驗」教材，利用實驗提升大專學生對於電磁學之學習意願、興趣與動機皆頗有成效，而「2013 電磁實驗交流及觀摩研討會」亦提供大專學生一個盡情揮灑實驗創意及充分交流的機會。為了提高全國大專生參與電磁創意實作的意願，配合政府推動深耕工業基礎技術之精神，後續將擴大以創意競賽方式在全國進行，在 2015 年 8 月開始，舉辦了「2015 全國大專創意電磁實作競賽」。「2017 全國大專創意電磁實作競賽」是本競賽舉辦的第三年，今年在元智大學舉辦複賽。在第三年的競賽中，特將競賽規模擴增成「創意實作組」以及「現場設計組」兩項，以鼓勵更多對電磁有興趣的大學生參賽。希望可以借由持續舉辦電磁實作來達到鼓勵更多學生投入電磁領域的目標。

而「大專創意電磁實作競賽」乃秉持政府推動深耕工業基礎技術之精神，為培育基礎技術實作人才，強調做中學、學中做的概念，以因應產業電磁及射頻通訊技術人力之大量需求，期盼藉由創意實驗之設計及實現，刺激學生提高電磁科技的學習興趣，將電磁核心及基礎知識深入扎根於實作教育中，達成大專教育鏈結產業需求之目的。

於 8/21 到 8/25 期間，2017 年夏季電磁教育引領研討會在元智大學盛大開始，會期前四天分別找了各大學電磁領域的教授來作專題演講，而全國大專創意電磁實作競賽排在 8/25 舉行，當天早上，許多現場設計組的同學陸續提早到場，讓整個比賽的氣氛快速的充滿整間實驗室，看到參賽同學拿出自己創意實作的作品，突然覺得對電磁領域的想像又更進一步；也讓學到的電磁知識走出課本，藉由實作比賽能夠提早讓大家接觸電磁實驗，也是幫助大家未來在做實驗的時候，不會覺得很陌生及束手無策。

接著，大家就開始動手實作，設計組的目的就是為了要讓同學明白高頻訊號的能量傳輸機制，透過實作來提高學生對電磁學的興趣。之後，有些同學開始連接自己的材料，當成 cable 來傳輸；也有些同學是當場重新製作全新的 cable，製作 cable 為有線傳輸的方式；有些同學則是開始調整角度，設計更好的天線，製作天線的方式則為無線傳輸，大家的目的都是為了能夠達到最佳的傳輸效果，使測量到的功率是最大的。各組此起彼落的討論聲，讓整個比賽的氣氛更加緊張刺激，每組同學都很謹慎地在完成自己的作品，到了比賽終末階段，開始有同學到 demo 區量測自己做的 cable、天線的傳輸效果，也開始試著把成品接上測量儀器，調整到最佳的長度、角度並再做修改。

隨著比賽時間過去，終於到了最後量測的時刻，各組開始把最終成品 demo，大家實作出的 cable 或者天線，每組的效果都不一樣，這也是這次創意實作組有趣的部分，利用簡單的材料來達到最理想的功率，不僅可以體會到電磁實驗的有趣，也不會給同學帶來很大的 loading，這是跟前幾年比賽最大不同的地方。結果最後量測的結果以 cable 的效果最好，也就是做出類似 cable，連

接至兩台頻譜分析儀及訊號產生器的效果最好，而使用天線的方式則會因為透過空氣造成功率降低，但是在這次比賽中，仍然是個很棒的設計。評分的過程中，各組同學也會看到其他同學的成品，也能讓各組同學學到不同的設計理念，這也是讓大家切磋交流的好機會。

下午的創意實作組，有兩組同學參賽，這兩組同學分別帶了自己實作的器材到現場，跟上午的現場實作又是不同的感受，除了應用了許多課本內的知識外，還結合了許多其他領域，來完成這些驚人的結果，讓大家看到更多電磁學上的應用以及創意。第一組同學做的是應用現在 5G 行動通訊的原理，題目名稱為「應用於室內 Wifi 訊號最佳化之雲端資料庫演算控制智慧型天線」，利用手機上的 App 來接收室內的 Wifi 訊號，透過藍芽接收器把資料上傳到雲端計算後，會自動對準訊號最佳的地方，而這組同學之後的實驗目標就是可以不使用藍芽接收器，也能達到相同的效果。而第二組同學的題目為「操作於 100MHz ~ 500MHz 高準確性高動態範圍 VSWR 及功率計」，把反射係數分析儀以及用來測量 VSWR 的功率計結合在一起是個很特別的想法，極具創意，而這位同學也把這些想法實現，做出自製的功率計也是一個很加分的地方，未來的目標是要朝著更加完整的測量方式去改善。

之後教授們開始為這兩組同學進行評分，而評分指標以教育性、創新性及趣味性為評分指標：

教育性：此實作成果和電磁學的相關性為何？此實驗是否能讓參與者更明白電磁學？

趣味性：實作成果是否能吸引學習者的興趣？

創新性：實作成果是否是新穎的，作者自行發想的？

整場比賽下來，不論是上午的現場設計組，或是下午的創意實作組，透過彼此交流，還有看到其他同學 demo 的結果，相信對大家在電磁領域裡面的成長必定有相當大的幫助。

專題報導

經濟部工業局智慧電子學院 台大短期在職訓練班成果報導

台灣電磁產學聯盟報導

近幾年來，各種高速數位信號的標準紛紛被提出，如 SATA III 的 6 Gb/s、PCI-Express VI 的 16 Gb/s、USB 3.0 gen2.0 的 10Gb/s 與 10Gb/s Ethernet 等，其數位信號的傳送速度走向 20+Gbps 甚至更高，已是不可避免的趨勢，各種高頻電磁波效應，如串音雜訊（Crosstalk Noise）、彈地雜訊（Ground Bounce）、反射雜訊（Reflection Noise）與電磁干擾（EMI）對系統性能的影響將愈形顯著，而設計良好且可達 20+GHz 頻寬的高速信號走線、電源分布系統以及電磁干擾／電磁相容（EMI/EMC），都已成為業界電子產品研發的關鍵性課題；另外更值得一提的是，據 Intel 台灣分公司表示，除系統廠商需要重視相關專業問題之外，今日已發展到連「印刷電路板（PCB）製造相關廠商」也需要去了解相關專業知識，從源頭上到下都需接受專業訓練才能做好相關高速／頻相關智慧電子產品的整合設計。

由於「智慧電子」、「人工智慧（AI）相關之機器人、無人機、自動駕駛、電動車與車用安全」與「工業 4.0 的雲端、物聯網與智慧設備」涵蓋的智慧電子技術相當廣泛，但其「數位化」、「高速化／與高頻化」穩定性與「無線化」的趨勢不變。因此，智慧電子相關技術的高速數位信號傳輸技術之訊號／電源完整性（Signal Integrity, SI、Power Integrity, PI）、次世代天線設計與其彼此之間的防干擾與相容性，便是經濟部工業局智慧電子人才培訓課程鎖定培訓的關鍵技術。

隨著無線通訊的應用與日俱增以及科技日新月異，產品體積輕薄短小化且功能豐富多樣，高速數位系統設計中需附加愈來愈多的無線通訊技術；如在筆記型電腦中加入 GSM、WLAN、GPS、Bluetooth、DVB-H 等，在縮小的體積內建置更多的無線通訊模組與天線，因此天線的原理及設計亦成為數位系統設計者的必要知識，了解天線更能對 SI/PI/EMC 建立更完整的理論基礎。

台灣為全世界的 PC 與 IC 生產製造王國，高速數位電路的訊號／電源完整度設計更是能否持續發展的命脈，雖然台大二十幾年前即有進行專業知識的相關研究，但在台灣的學術界卻少有其他人從事此一領域，以致台灣電子廠商的相關工程師大多數並未具備 SI/PI 設計的專業智能。因此，台灣電磁產學聯盟與台大慶齡工業研究中心特別和相關企業合作，共同設計短期訓練課程，藉以培訓台灣相關電子廠商之工程師，以提升該相關專業的智能，達到可以設計良好高速數位相關智慧電子產品的目的。

配合前述產業發展趨勢及需求，針對智慧電子產業之產品布局開發與相關事務者（如產業分析、專利與智財分析、專案管理等）在職人才，這一系列課程將可為其提升智慧電子專業相關技術能力，配合國際發展趨勢及台灣產業需求編修訂定適當教材，以期在短時間內使學員能迅速掌握 SI/PI/EMC 與天線的基礎理論及其實務應用。

為使講授方式能契合年輕業界工程師之需要，本年度開課由計畫主持人吳瑞北教授統籌規劃，邀集中原大學薛光華教授、台灣科技大學王蒼容、廖文照教授、高雄大學吳松茂教授與逢甲大學林漢年教授，帶領相關專業之軟硬體廠商等具業界實務經驗專家參與現場教學，結合學界與業界頂尖師資，講師陣容堅強。

這一系列的短期培訓課程由「電源完整性設計與分析實務」、「系統訊號整合設計與量測實務」、「次世代無線通訊天線需求、設計與驗測實務」、「電磁相容進階實務」共四門課程組成，開課時間橫跨 4 月至 9 月。

電源完整性設計與分析實務

現今電子產品已走向高速高頻的世代，而高速數位訊號的傳送速度更是高達數十甚至是數百的Gbps，因此整個電路系統之高速數位訊號完整性就更顯得十分重要，然要有良好的訊號完整性，就需要有良好的電源完整性來支撐，而台灣相關專業的學校教師很少，也因此台灣業界的工程師對該相關專業的知識也較缺乏，而面對越來越高速與智慧安全的電子產品時代來臨，電源提供的穩定性卻是不可或缺的，因此本課程設計就是針對電源完整性業界所需相關專業的部分來設計安排規劃。

電源完整性設計與分析實務課程，課程進度分為「電源完整性概論」、「電壓調節模組原理及模擬分析」、「電源完整性實務模擬」、「熱、電源交直流與電源傳遞網路之共同模擬分析」，共計四大區塊。先介紹電源完整性的概念與重要的相關專業名詞物理意義與其設計注意事項，逐一介紹常用以解決電源問題的電容與平板共振原理；分析通道雜訊與電源雜訊的關係，介紹與實務模擬展示低頻的電壓調節模組技術；針對電源傳遞網路系統之晶片／封裝／印刷電路板的訊號與電源完整性做一共同分析之介紹；最後「熱」當然也是電源中重要的議題，也將做一介紹與分析。

系統訊號整合設計與量測實務

數位電路訊號完整度（SI）在訊號高速化及現今半導體製程進步與封測產業高度複雜微型集積化下，複雜的系統電路特性受到路徑干擾與輻射干擾而造成產生訊號完整性問題，這些無疑是系統化設計分析與驗證上需要正視及積極解決的問題，也是目前台灣乃至於全世界系統電路相關工程師亟需具備的專業智能。

系統訊號整合設計與量測實務，訓練對象鎖定智慧電子、半導體、電機、電子、通訊相關產業之研發或系統電路工程師，具有一年以上工作經驗，並具有電子電路與電磁學基礎觀念。課程內容涵蓋電路訊號完整度基礎原理、分析設計模擬與量測技術、進階實務相關議題等內容，包含：傳輸線基礎理論、混頻模態訊號（Mixed-mode Signal）、數位訊號與眼圖、電路設計架構與模擬量測實務技術、SI 模擬軟體實務（操作）、高速線路傳輸嵌入與去嵌通道原理與量測應用實務等。

課程的教材內容整合台大多年的研究成果，商請業師合作開課，其教材設計整合學術界與產業界多年的研究成果，主要分為三大部分：基礎與耦合傳輸線效應、構裝及印刷電路、模擬量測及設計前端驗證。整合學界與業界雙邊經驗，共同設計一套兼具實務與理論的高速數位電路的短期訓練課程，藉以培訓台灣相關電子廠商之工程師，以強化實務方面量測與改善損耗的技術應用。

次世代無線通訊天線需求、設計與驗測實務

有別於一般天線課程，本課程在內容編排上特別以天線設計的實務需求—尺寸、效能及成本，來論述天線相關課題。無線通訊的產品趨勢是輕薄短小，在電路高度模組化下，天線的尺寸對整體產品的影響將愈顯重要。而在有限的空間中，如何整合天線設計與產品匹配並通過效能規格，也是一大挑戰。另外，天線製作／組裝之成本考量，更是當今全球化激烈競爭下的重要因素。

本課程希望能使參與課程之人員習得各種無線系統架構與應用，並點出當今天線設計上遇到的課題與挑戰。我們會簡要地介紹天線工作的電磁原理，說明電磁場的時空變化與天線實體的相對關係，天線在無線系統中所扮演的角色，並定義天線的系統參數及其物理意義，介紹常見的天線種類、工作原理、設計考量及新近無線通訊規格的天線需求。並探討天線的實務議題，包括製作、量測、及驗證測試等。

藉由短期的理論教學與實務訓練，課程宗旨在協助學員瞭解天線如何運作，建立實用基本觀念，了解各種天線設計的方法與技巧。並介紹 B4G/5G 等次世代無線通訊規格對於天線性能的要求。本課程從原理、設計、製作到量測，兼顧成本概念、尺寸外形及效能規格，培養全方位的天線專業人才。

課程結合原理介紹、設計製作與實務應用，內容包含：遠距無線供電實驗演示、天線發射原理與重要天線參數介紹、天線效能評估項目與網路分析儀操作演示、數位電視用天線實作實測、B4G/5G通訊產品之天線設計與實務、量測場設置方法與結果分析、天線場型量測演示。

電磁相容進階實務

隨著汽車電子及無線通訊的應用與日俱增與科技的日新月異，且 IC 設計已進入到晶片系統（SoC）設計時代，而其隨著先進製程使得操作頻率漸漸提升、供給的電壓也漸漸降低，因此在產品體積輕薄短小化且功能豐富的狀況下，高速數位系統設計都需在縮小體積內操作的情況下，因應此發展趨勢，所需注意的焦點已經不單只在傳統設備與設備之間的 EMC 問題，更是演進到系統內模組與模組間的相容性設計技術；電磁相容設計與驗證已經逐漸從電子設備或系統設計的重心轉移到模組與積體電路元件（SOC）上。

電磁相容進階實務是介紹電磁干擾與靜電放電基礎原理、模擬軟體與 EMI 量測、除錯及 EMC 設計之實務相關議題。其內容包含 EMI 根因分析：EMI 雜訊分析、EMI 耦合路徑分析、元件非理想特性之效應、EMI 相關模擬軟體實務（操作）、電磁相容設計與除錯實務（EMC Design and Debug Practices）、硬體量測實務等。此外亦包含介紹 ESD 之國際規範及產業規範、產品解析除錯、ESD 設計之實務相關議題；其內容包含元件級 ESD 元件和電路設計原理分析、系統級 ESD 設計原理、問題防制機制、ESD 相關模擬方法介紹，讓學員建立元件與電路設計之 EMC 問題分析及其解決方案技術。

本課程將針對目前電腦、電子、通訊產業相關工程技術人員，配合當前科技發展與 IC 技術之演進趨勢，透過系統設計問題的根因分析（Root Cause Analysis: RCA），延續高速數位電路之 PI（電源完整性）、SI（信號完整性）課程內容，引導出 EMC 的問題與挑戰並透過系統性的雜訊類別與耦和路徑分析，以電磁軟體模擬與量測實務解說，搭配案例解說與設計原理分析，探討系統與電路之 PI/SI/EMI 設計技術之最佳化技巧，將可提供學員對 EMC 設計技術有一深入且系統性的了解，以期對高速數位電子電路及通訊系統設計之相關工程與研究人員的產品設計能力有進一步的幫助，並藉以培訓台灣相關電子廠商工程師之系統整合能力。

課程內容分為五大部分，分別是電磁干擾效應分析與設計技術、電磁干擾量測與除錯實務、靜電放電 ESD 之問題解析與設計實務、靜電放電（ESD）模擬分析、磁干擾模擬分析。

經濟部工業局智慧電子學院台大短期在職訓練班師資囊括學界及業界師資，根據過去多年來的開課經驗，顧及到學員側重實務分享的學習需求，盡量提高業界師資的授課時數，基本上每門課程的業師授課比例皆能維持在整體課程的 50% 以上。

表 1　學校教師／業界師資比例人數表

編號	課程名稱	總時數 (A)	學校教師授課時數 (B)	學校教師人數比例 (B)/(A)(%)	業界授課時數 (C)	業界師資人數比例 (C)/(A)(%)
1	電源完整性設計與分析實務	21	5	24%	16	76%
2	系統訊號整合設計與量測實務	21	7	33%	14	67%
3	次世代無線通訊天線需求、設計與驗測實務	12	6	50%	6	50%
4	電磁相容進階實務	21	7	33%	14	67%

學員囊括各大通訊相關產業之技術人員，學員背景依照學歷、產業別、年齡分布與地區分布等，將學員組成分析如下。

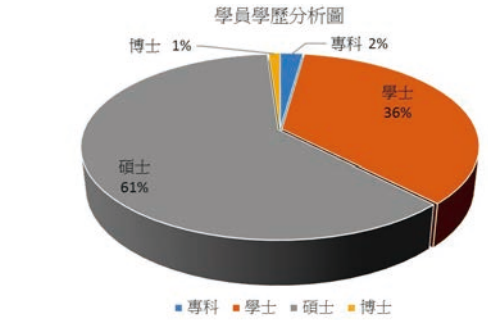


圖 1 學員學歷分析圖

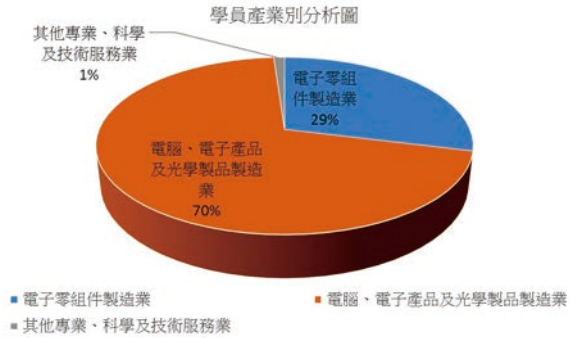


圖 2 學員產業別分析圖

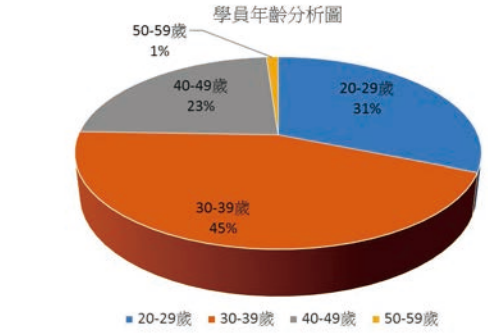


圖 3 學員年齡分析圖

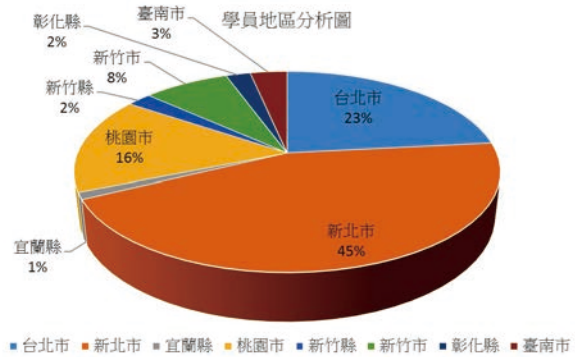


圖 4 學員地區分析圖

本課程藉由理論與實務兼具之課程內容講授，培訓智慧電子相關產品之高速電路設計技術人才；並將於課後保留些許時間與業界人士互動，亦藉此了解學員學習狀況與隨時修正、調整授課方式。為達課程學習之最大成效，課程進行時，不只記錄每位學員之修習次數，同時在課程結束之後亦實施測驗。藉由課後評量的方式，除可了解學員學習成效，亦能依照學員所反映的學習狀況，適時調整課程內容。凡參加電源完整性設計與分析實務、系統訊號整合設計與量測實務與電磁相容進階實務等三門課程當中，任兩門之綜合測驗考試成績良好者，另由本聯盟頒發 PI/SI/EMC 課程修畢優異證書（英文版）一份以資鼓勵。

為保障課程品質，於各科目結束後，進行問卷調查以了解學員反應及課程績效，並檢討全期課程執行成效作為往後培訓計畫之參考，從學員高度評價的回饋當中，亦可看出學員對聯盟辦學績效的肯定與支持。

表 2 學員意見調查表

編號	課程名稱	培訓學員人數（認列）	問卷有效份數	學員滿意度各項平均值					
				培訓課程	設備	講師	教材	綜合意見	總平均(%)
1	電源完整性設計與分析實務	21	21	4.38	4.36	4.52	4.33	4.48	88
2	系統訊號整合設計與量測實務	24	24	4.49	4.61	4.60	4.54	4.65	92
3	次世代無線通訊天線需求、設計與驗測實務	13	16	4.44	4.47	4.73	4.44	4.56	91
4	電磁相容進階實務	29	29	4.41	4.50	4.54	4.45	4.43	89
整體總平均		87	90	4.43	4.48	4.60	4.44	4.53	90

台灣電磁產學聯盟自 2012 年以來，藉由這一類型課程的開設，促使學員在高速數位電路設計的專業智能有所成長，新一年度課程預計將嵌入式軟體領域課程納入課程補助規劃，進一步深化相關產業從業人員軟體硬體課程整合的專業智能，從而將專業技術應用於台灣相關電子產業的產品，帶領產業走向更精實、寬廣的發展。

企業參訪

經緯航太公司參訪活動

台灣電磁產學聯盟報導

近年來，台灣產學合作愈趨密切，為促進學術界與產業界的交流，提升雙方研發能力，並掌握研究發展趨勢，促成未來合作契機，台灣電磁產學聯盟於 2017 年 9 月 5 日舉辦聯盟教師業界暑期參訪活動，本次參訪對象為亞洲唯一具備垂直整合研發生產、操作服務及資料分析無人機應用領域加值型服務廠商「經緯航太公司」。由陳冠宇副總等主管共同與會，並由黃勇介經理、林奕翔經理、楊啟明副理介紹經緯航太公司的發展與現況，並與來自全國各校之 13 位聯盟教師共同分享研發成果及交流。

關於經緯航太

經緯航太是亞洲唯一具備垂直整合上游（研發生產）、中游（操作服務）及下游（資料分析）無人機應用領域加值型服務廠商，提供完整解決方案。其擁有 170 名專業人士，分別具備航太、測量、都市規劃及空間資訊等專業素養，系統整合能力、航拍操作及遙測影像資料處理技術。經緯的防災緊急應變服務、治水防洪、水土保育、土地利用管制、自動化環境資源調查、快速更新電子地圖等經驗，結合海量資料分析能力，為經緯贏得 2015 年經濟部「國家產業創新獎」的肯定。

經緯主要銷售無人飛行載具系統（定翼機及旋翼機）及關鍵次系統（飛控系統、地面導控系統、資料傳輸系統及酬載設備），並且提供完整的保護服務及加值整合支援。

另外，經緯航太之服務團隊可以提供定型化或客製化的應用服務，例如航遙測製圖、空間資訊系統、防救災環境監控、都市發展規劃、土地量測調查等各類解決方案。針對所有產品及服務皆可透過技術轉移與技術授權方式，提供訓練課程服務以及提供其標準作業流程。

有鑑於行動通訊時代來臨，經緯秉持在 GPS 定位應用領域之領先技術，在硬體機電整合方面，經緯亦投入高素質之研發人力與資源，不斷研發創新，經緯公司所推出之 AVL 產品更取得 Best Choice of Car Electronics Products in COMPUTEX Taipei 2007。其 AVL 各代系列產品廣泛應用於國內智慧型運輸系統及政府勤務派遣系統。

在深化產業布局考量下，經緯除擴大在航遙測製圖產能之外，並加速發展多元遙感探測之解決方案，與投入新世代空間資訊系統加值應用，特別在提供行動通訊應用上的數位內容，以強化經緯在 LBS 位置基準服務（Location Based Severices）之技術能量。十年來，經緯為台灣國家基礎圖資與空間資訊之領導廠商，為國家核心空間圖資，包含內政部通用版電子地圖的建置與維護，並為國家授權加值應用的系統廠商，供應雲端應用與行動通訊加值之基礎圖資服務。

經緯航太科技公司榮獲台灣地理資訊學會 - 第十屆金圖獎 - 最佳應用系統獎，並以高雄市道路資訊管理系統，完成大高雄市基礎資料及交通設施之道路及交通設施進行調查工作，進行道路現況普查工作。並整合高雄市轄區已建置之道路基本資料庫，進而開發多功能網際網路道路查

詢暨管理系統及行動查報系統，其結合 GPS 衛星即時定位導航功能，輔助業務單位辦理道路查報及會勘應用，以利本市道路養護業務之工程規劃、預算編列及施政成果統計。

專利獲准 無人機失效保護更安全

有鑑於國際無人機大廠已經進入專利制裁的保護大戰，諸如國際大廠大疆 DJI 去年在美國發起對於 Intel 投資的中國 Yuneec 侵權訴訟，因此經緯航太近年來亦大幅投入智財權的專利布局。

而經緯在 2016 年也獲得兩項重要的發明專利，分別是「定位定向與觀測同步處理系統及其同步處理方法」、「定位定向資料分析之系統及其方法」，對於經緯無人機在環境知覺及感測的能力上有重要的布局，也奠定經緯無人機結合傳感器（Sensors）重要基礎，在智慧物聯網（AIoT）及各項商用應用領域都具備強大的技術保護。

經緯航太今年（2017）獲得智慧財產局核准專利證號 I590987 的發明，名為「無人飛行載具的控制系統之失效保護裝置及其方法」。有鑑於無人機日益數量激增與蓬勃成長，但是意外事故也持續增高，各國政府對於無人空載系統的航行安全性均提高法規要求，以避免或降低因無人機事故而導致的損害。

經緯航太無人機飛安技術發明的重點在於：所研發的空載系統搭載有主要飛行控制系統與備援飛行控制系統，於航行中持續動態監控飛航系統的狀態，於異常時將主要系統直接切換至備援系統，並在系統動力允許範圍中決定返航或迫降，以大幅提高無人載具本身的飛航安全以及第三者生命財產安全的保護，主動符合無人空載系統對於公眾與航空安全的嚴格規範。

實驗室及產品導覽

一、航測圖資

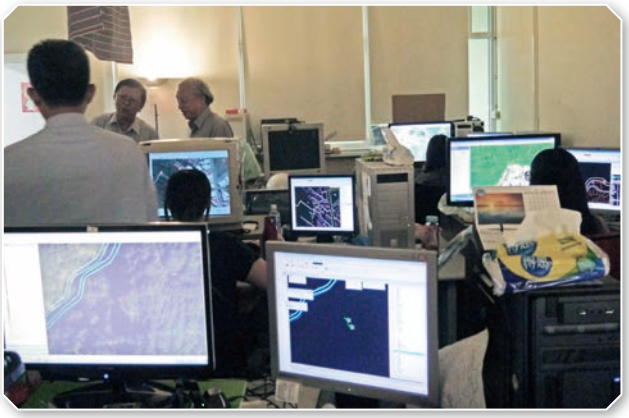
本部門為專業測繪製圖的服務廠商，為政府建置各類基礎圖資與電子地圖加值圖資，近年則投入大量人力、擴大機具設備投資進行生產、研發 UAS 無人載具系統，提供完整的空間資訊解決方案。

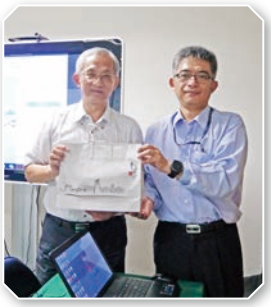
二、智慧辨識與農植無人機

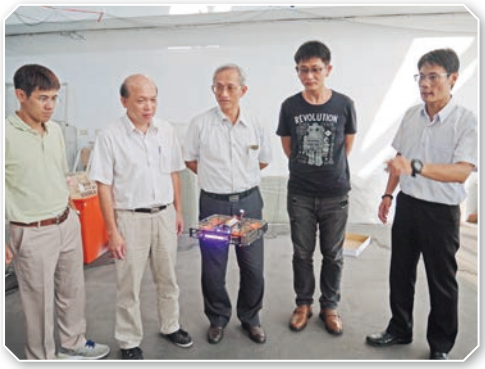
因應全球農業進入無人機時代及台灣農民高齡化問題，過去只能仰賴人力巡田，耗時又費力，但有了無人機之後，只要搭載高解析的光學攝影機，利用紅外線或熱能感應拍攝農田影像，可按農作物的健康狀況顯示為紅色或綠色，從一整片農田到每一株作物，靠一台無人機，就能輕鬆掌握。

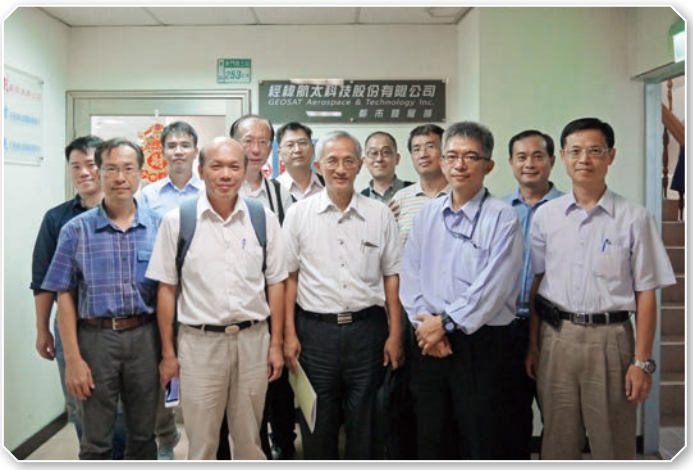
而馬來西亞吉蘭丹州的棕櫚園就是經緯航太的實驗場，透過無人機搭載紅外線攝影機及光學雷達，空拍棕櫚園的丘陵地形時，將雷射光投射至地面上，再運用反射製作地形的 3D 模型圖，並以漸層顏色來區別種植密度，讓業者能透過精算及補種來提高生產效率。

定位出密度不足的區域後，業者不僅可安排補種路線，甚至能計算補種數量，業主透過校正後的









種植計畫，將可提升四成三的棕櫚油產量。且無人機可以如身分證般定義出每棵棕櫚，運用人工智慧（AI）技術在影像地形圖上，將所有棕櫚進行分區編碼，標注每棵樹所在的坐標位置，讓每棵樹都有自己的辨識名稱以建立生長履歷資料。

業主若要移除老化而產能不足的棕櫚，在移植新株之前，可設定種植年齡為搜尋條件，那些樹、多大面積須更換，一指就能搞定。另外，無人機可以每週、每天甚至每小時進行農作物勘測，除畫質高於 Google Map，因有精確的坐標，將不同時期的影像結合時，可創造出時間序列的動畫，比對出農作物的變化做為生產管理的參考。

商用無人機發展方興未艾，將使農業生產型態開始轉變，而無人機業者發展出新興的租賃服務，更幫農民更精準使用農藥、肥料以降低對環境的破壞，消費者也能吃得更安心，達到多贏局面。

三、小型無人機

經緯航太除了展出包含定翼型、單軸旋翼型、多軸旋翼型等三款商用專業級無人機之外，也於 2016 年首度發表了微型無人機產品 VENUS，充分展現經緯航太對於不同規格產品線的完整布局。VENUS 大小約為 14 公分見方，重量更只有 250 公克，比目前市面上的個人消費型機種都更為精小，能夠輕易的讓消費者一手掌握。最特別是，VENUS 外型極具未來感，長相如同一台小型的飛碟 UFO，而更多的衍生智能功能，也都會在 VENUS 上陸續開發。

目前全球商用級無人機正快速成長，市場估計在 2020 年將會超過個人自拍用的消費級市場，面對智慧巡檢、精準農業、資源探勘、通訊中繼、物流遞送等的高階商用應用，未來商用級無人機將在飛行安全上被嚴格要求，唯有具備在飛行失效保護上足夠的能力與條件，才能讓民航主管機關核准執行等長滯空、高載重、遠航程的商業應用。

人物
專訪

專訪啟碁科技總經理 高健榮先生 與啟碁走過務實二十年

聯盟特約記者／蘇思云

前言

2017 年 6 月在上海舉辦的第三屆亞洲電子消費展（CES Asia）吸引了不少知名車廠參展，展現最新自動駕駛技術與車聯網應用。美國交通運輸部也在 2017 年年底推出一系列草案，要求車輛提高防撞能力，四年後美國新車都須強制配備有危險情境前預警的車聯網防撞裝置，希望能減少近八成的非駕駛責任交通事故。車聯網蔚為潮流，不僅讓各大車廠紛紛研發新款車種，也帶動車用電子零組件廠商的蓬勃發展，電磁聯盟有幸於 2017 年中前往新竹科學園區，採訪近年跨足車聯網事業的啟碁科技總經理高健榮。

高健榮畢業於台大電機系，服完預官役後赴美攻讀俄亥俄州立大學電機工程博士，專攻衛星天線設計與電磁波量測。返台後，因緣際會，與友人共同創立啟碁科技。啟碁早期專注衛星電視天線、射頻接收器、無線通訊模組與 PHS 手機等。2000 年後，逐步跨足筆記型電腦天線、汽車衛星廣播接收器、寬頻路由器和閘道器、智慧型手機、機上盒等領域，近年亦推出車連網模組與車用防撞雷達感測器，成為車聯網產業鏈成員。

專精電磁波量測 因緣際會創啟碁

畢業於台大電機系的高健榮，當時也考上台大電機所電波組。不過，兩年兵役結束後，他仍想去國外看看，便決定攻讀美國俄亥俄州立大學電機博士，跟隨指導教授 Mr. Burnside 專注在電磁波的研究。Burnside 教授帶領研究團隊自主設計建造了一座小型天線輻射和雷達波反射量測場（compact range），用相對小型的暗室近場量測，模擬取代大型室外的遠場量測。其原理是利用拋物面體，將位於焦點的饋源球面波轉成平行波來模擬遠場。高健榮解釋道：「像是隱形戰鬥機，基本上就是讓雷達的反射訊號很弱，讓敵方雷達不易偵測。而如何量測微弱的反射信號便是很有挑戰性的研究題目，要得到遠場量測的資料，才能瞭解戰鬥機在實際遠距離狀況下的雷達反射特徵。」高健榮進一步說明：「生活中到處都有反射回響，如聲波。電磁波也是，打到牆壁、地板、天花板的反射訊號都會干擾到量測結果，我當時讀博士期間就在設計無反射暗室（Anechoic Chamber），目標是讓干擾訊號越小越好，才可以精確量到待測物的雷達反射訊號。」

由於指導教授和國際化的實驗室研究團隊在電磁波理論、實驗和量測上有豐碩的創新研發成果，讓高健榮體會到人外有人，天外有天。回首這段過去，高健榮謙虛地說：「我那時候便知道自己不適合繼續做學術研究，到產業界奮鬥比較適合我。」

返台之後，高健榮首先在怡安科技擔任高級工程師，後來，跟隨在怡安科技時的主管陳建安先生以及其他四位夥伴一同走上創業之路。高健榮回憶：「陳建安是宏碁電腦創辦人施振榮先生的大學同班同學，當時宏碁想往衛星和無線通訊領域發展，找上陳建安，我們在 1996 年底創立啟碁。當時，我是六個創辦人裡最資淺的。」

掌握技術與時機 鞏固衛星通訊市場

一開始，啟碁發展業務主要是衛星天線接收系統、低功率行動手機、無線區域網路模組等三類。但前四年的啟碁，營運並不順利，幾乎虧損掉一個資本額。高健榮苦笑說：「當時前面四年薪水的總和約當是我父母協助我投資啟碁股票的錢，像是自己付薪水給自己。」

2000 年，時任緯創與啟碁董事長的林憲銘先生調整啟碁經營團隊，找來曾帶領宏碁桌上型電腦與筆記型電腦團隊、當時擔任林憲銘的幕僚長的謝宏波先生擔任總經理。高健榮認為，「謝宏波董事長當時的加入與領導為啟碁帶來許多企業營運管理的新思維、專業和經驗，最重要的是他做生意的 sense 很強，知道我們該做哪些客戶的生意。」

除了人事調整外，讓啟碁轉虧為盈的另一項關鍵是抓住當時中國對於低功率手機的需求，在 2000 年九月成功推出第一支中文 PHS 手機，搭上當時中國電信積極發展的「小靈通」（中國對低功率手機的稱呼）市場，讓啟碁在隔年營收和利潤大翻身。

PHS 手機的成功，除了明顯改善啟碁財務體質，也奠定中距離通訊設備的快速開發能力。在時任總經理的謝宏波帶領之下，更是趁勝追擊，快速地開展長距離與短距離通訊設備的布局。就在當時負責衛星通訊部門的高健榮和大學同學詹長庚帶領研發人員共同努力下，啟碁成功解決了國內衛星通訊設備廠商一直無法將 LNB（衛星訊

號降頻器）和 Dish（衛星訊號接收碟）整合為一組衛星天線接收系統的難題，順利進入美國衛星電視產業供應鏈，至今仍是美國衛星電視服務商的主要硬體供應商。

客戶引薦 躋身車聯網供應鏈

除了衛星電視事業外，啟碁亦跨足汽車電子（Automotive Electronics）事業，提供車用衛星廣播產品，車聯網模組以及先進駕駛輔助系　統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）中的車用防撞雷達，汽車應用約佔營收比重近三成。被問到進入車聯網的契機，高健榮笑說：「約 2002 年，衛星廣播服務新創公司 Sirius，因財務狀況不佳，找不到供應商提供接收器模組，透過衛星電視天線客戶的介紹，我們做進汽車衛星廣播市場。」原來，美國由於幅員廣大，人們開車時間長，在車上自然會收聽廣播節目。美國 Sirus 公司（現已更名 Sirius XM）便發展出一套商業模式，提供衛星廣播服務，透過衛星讓美國使用者不論在西岸或是東岸，全美使用同一頻率，不需調頻即可不間斷收聽。高健榮說：「2002 年時，沒有人看好聽廣播還要付月租費的生意模式。但當時想說這和我們長期投入的衛星通訊產品相關，又是利基市場，便決定嘗試從汽車天線做起，進而做到接收器模組。」

這個大膽的嘗試，讓啟碁成為汽車產業裡的二級供應商，提供衛星廣播接收模組給一級的汽車音響供應商，他們再將模組整合於汽車音響中，供貨給各汽車大廠。2003 年，啟碁的衛星廣播接收器切入車載資通訊產品的後裝市場（aftermarket），2005 年正式進入前裝市場（OE market）。高健榮解釋：「前裝市場出貨量相對就大很多，美國一年新車大概一千八百萬輛，目前 SiriusSXM 產品的新車搭載率已經超過七成。不過，這項產品的成功有一部分也是受惠於美國消費者的開車使用習慣，在歐洲、亞洲就很難成功。」

汽車電子產業中，由於品質要求嚴格，測試驗證繁複漫長，產品設計不僅講究特性表現，也講求耐候性。高健榮也說：「要具備車廠認為很有價值的設計或產品，才有辦法進入這個市場，我們當時就是以衛星廣播產品切入，建立商務關係和出貨紀錄，改善產品開發和製造的品質系統，再擴展至車聯網和 ADAS 等汽車電子產品。」

對於車聯網的發展，高健榮認為未來的汽車如同行動辦公室，上網、影音娛樂樣樣都可以實現，未來三到五年內擁有車聯網技術的車輛比例將會大幅提升。那麼電影中自動駕駛的場景何時成真？高健榮認為：「自動駕駛在某些特定區域，五年內就可能達成；要百分百普及很有挑戰，像是冰天雪地的環境，車輛系統就需要不斷測試與修正。也因此，自動駕駛什麼時候可以普及到什麼程度和當地的法規與基礎建設都有關係。」

穩固核心能力 勇於開創新局

除了汽車電子之外，啟碁主要營收來源來自於智慧家庭聯網，包含家用與企業用的無線網路分享器、感測器與遠端控制的閘道器（Gateway）、路由器（Router）、衛星電視和家用能源管理產品等。

高健榮解釋，過去的家庭娛樂主要是看電視、聽音樂，未來，隨著寬頻技術的成熟和 5G 商用化的來臨，需要大頻寬的影音串流、人工智慧、網路遊戲、虛擬擴增實境應用也會一同蓬勃發展。高健榮也說，家庭自動化（Home automation）已經發展到包括提供影像監控的家庭安全服務以及可以利用手機應用程式控制家中電源的能源管理裝置，都讓電影中的高科技場景不再只是想像。不過，高健榮也強調：「智慧家庭目前還需要在家中裝置許多感測器，再連上閘道器與雲端平台，對一般消費者來說還是太複雜。」

那麼在什麼條件下有機會擴大這類服務呢？高健榮認為：「如果未來這些裝置的成本進一步下降，簡單友善的使用介面，同時有好的商業模式，像美國已經發展出智慧家庭的專業安裝服務，我認為是有機會的。」

已在啟碁超過二十年的高健榮，被問到經營公司最為看重的信念，他不假思索回答：「崇本務實。」高健榮說在怡安的工作經驗讓他體會到公司必須正派經營專注在自己的本業，才能走得長遠，而今他也實踐在啟碁的經營管理中。高健榮並以「扁擔與彩券」的故事為例：「我們會努力兼顧扁擔與彩券。在鞏固本業之際，也不會輕忽轉型發展的機會。天線和射頻技術是我們的核心競爭力，我們正在提升軟體和軟硬體系統整合的能力，努力開拓新的利基市場，車聯網就是一個例子。另外社群網路普及，雲端大數據驅動的人工智慧應用和 VR/AR 的運用，使寬頻、高速的網路基礎建設和終端產品需求更加殷切。」

瞭解自身優勢 創造獨特價值

對於電磁領域的在學同學，高健榮則以自身經歷為例，鼓勵同學盡可能認識自己，了解自身優缺點和興趣，才不會盲目從眾。「像我生在七個小孩的家庭，我對於跟人互動、團隊合作還蠻有信心的。認識自己真的很重要，如果不是有相關專長跟興趣，真的不要因為某領域熱門就往那個方向走，畢竟十年、二十年後，那個領域不見得熱門。」

高健榮也建議同學們，雖然基礎學科可能比較艱深、枯燥，但其實是許多延伸應用的基本核心所在，「大學期間，時間相對充裕，更該好好把握鑽研基礎學科理論的機會。」高健榮以自身出國讀博士為例：「雖然我後來就到業界工作，但如果那段期間沒有對於天線設計有更多基本的了解，我可能也沒機會在 2002 年時，成功開發接收三顆衛星信號的天線系統產品，幫客戶解決問題，普及高畫質衛星電視的服務。」

對於未來電磁領域人才應該培養什麼樣的技能，高健榮則認為，由於頻寬的物理性限制，各種通訊產品將會越趨向多頻、高頻和高速的方向發展。除了天線與射頻設計人才需求旺盛外，高健榮認為，台灣目前仍較缺乏系統整合性人才，同學除了精進自己的專業外，也要能學習整合不同領域的專業，培養系統工程的能力，才能開拓更寬廣的未來性。

高健榮總經理 簡歷

現任

- 啟碁科技總經理暨營運長

學歷

- 美國俄亥俄州立大學電機工程研究所博士（1994）
- 國立臺灣大學電機工程學系（1986）

專長

天線和雷達反射量測，無反射量測場的設計，衛星天線的設計和量產，企業管理實務。

經歷

- 啟碁科技總經理（2010-）
- 啟碁科技營運長（2008-）
- 啟碁科技衛星通訊事業單位副總（2005-2008）
- 啟碁科技衛星通訊產品中心協理（2000-2005）
- 啟碁科技衛星通訊天線研發經理（1996-2000）
- 怡安科技股份有限公司高級工程師（1995-1996）

auden

耀登集團

Auden Techno Corp.

Global Product
Certification Compliance

Technology Research
& Product Engineering

Antenna Sales &
Manufacturing

Test Equipment &
Regulatory Technology

● **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

3.生物醫療電子工程師
(研發替代役)

4.進口精密量測儀器FAE
工程師(研發替代役)

● **招募對象：**

電子/通訊/電機/生醫

● **招募網址：**

http://goo.gl/wP6aaR

沒有完美的狀態，只有不斷的超越
NO PERFECT STATUS，ALWAYS SEEK FOR BETTER

耀登科技股份有限公司
公司地址:桃園市八德區和平路772巷19號
公司網址：http://www.auden.com.tw

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

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

碩士以上
83年次以前出生
理工系所人才

奇景光電 2018
研發替代役
歡迎加入

自備***自傳***、***大學及研究所成績單***、***論文及專題摘要***，投遞至
- 104人力網站 或
- Email至 resume@himax.com.tw

聯絡方式

新竹 紀小姐(03)5163276分機38113
E-mail:claire_chi@himax.com.tw

台南 盧小姐(06)5050880分機58882
E-mail:shirley_lu@himax.com.tw

www.himax.com.tw

MEDIATEK

MediaTek's AI Ambititon Designing the Future for AI-on-Device

Latency Efficiency Availability Privacy

Incorporating algorithms and system know-how
Standardized open architecture
Leverage mobile SoC technologies

The most efficient, developer-friendly platform for AOD applications

Facial Recognition
Image Processing
Iris Recognition
3D Sensor

ADAS Drone Robot

Smart Camera Sensors

Vision Assistant

Voice Assistant

Smart Glasses AR/VR

若有興趣者可至聯發科技招募官網 https://careers.mediatek.com/eREC/申請

動態報導

最新活動&消息

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，效益不佳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 130 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 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

聯盟會員專區

徵才媒合服務	• 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	• 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 / 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	• 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　新北市中和區板南路 496-6 號 1 樓

電話　+886-2-2221-2552

傳真　+886-2-2221-8872

e-mail　nhsdneinfo@gmail.com

028

臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter

ASUS auden GARMIN Himax MEDIATEK 台灣科技股份有限公司 MICROELECTRONICS TECHNOLOGY INC. Quanta Computer

REALTEK 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 先豐通訊股份有限公司 BoardTek Electronics Corp