



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：其他)

赴美國洛杉磯市參加
IEEE 2011 EMC 電磁相容研討會心得報告

服務機關：經濟部標準檢驗局
出國人 職稱姓名：組長 謝翰璋
出國地點：美國洛杉磯市
出國期間：中華民國 100 年 08 月 14 日至 08 月 20 日
報告日期：中華民國 100 年 10 月 31 日

| |
|------------------------------|
| 行政院研考會 / 省 (市) 研考會 編號欄 |
| |
| |
| |

壹、前言

- 油價高漲（自由行居多、旅行團減少）

暑假正值旅遊旺季，但面臨全球經濟不景氣因素干擾，加上日本適逢 311 震災後遺症—核災善後，往年容易看見全家出遊之勝景，今年不復見，桃園國際機場並未如往昔，旅客擁擠，人聲鼎沸，似乎應驗國際全球性不景氣已悄悄來襲之訊號。

- 洛杉磯機場入境等待時間冗長

在 9·11 事件發生後十年間，洛杉磯國際機場（LAX）安全措施持續升級，機場仍在不斷更新安全設施，以加快安檢速度。但在洛杉磯入境通關時遇到擁擠及排長隊等情況，反觀另一邊（美國公民）則是通關迅速，真是讓人心情五味雜陳，為何兩邊差異如此大，經過一段耐心等候，並留下指紋及拍照，完成入境程序，拿行李又是另一個等待，更離譜的是海關檢查，竟然是”一望無盡”的隊伍，只好無奈尋找隊伍的最末端，開始隨大家排隊等待通關，不過也有值得嘉許之處，

美國海關及移民局針對身障人士會給於優先處理，經過一段不算短之時間，終於如願進入美國，綜上，美國機場之效率還有很大進步空間，如何讓國際旅行者便捷通關，甚至讓國際旅行者在 5 分鐘之內完成通關手續，真是值得大家一起探討之議題。

- 美國經濟低檔徘徊

美國作為世界上最大的經濟實體國家，今年第二季度的年度經濟增長率僅為 1.3%，這個數字遠遠低於經濟學家的預測。受到全球經濟低迷的影響，全美就業市場仍無起色，將持續拖累整體經濟增長，意味著成長步伐仍將持續緩慢。洛杉磯地區則是加州最大的經濟中心，占加州勞動力市場的 30%，產值為加州的三分之一。換言之，洛杉磯已儼然成為加州經濟指標，目前洛杉磯市失業率超過了 12%，洛杉磯政府正積極推動人民回到就業崗位計畫，雖然政府運用大量公務預算，刺激就業市場，但是成效卻僅有五成左右，不如原有之預期。現又重新啟動新一波促進就業的新法案，成效如何？值得持續追蹤。

- 電磁相容研討會

本次研討會選擇洛杉磯市長灘區舉行，大概是希望能提昇底洛杉磯之經濟活動，由於近年來亞洲地區類似之研討會有如”雨後春筍”般，一一冒出，相對瓜分參加人數，雖本次研討會中發表論文數量與去年相近（相關論文數據統計詳如附表 1），但參加人數卻日益下降，十年前之榮景已不復見，IEEE EMC 分會已開始注意此一情勢之發展，並研擬因應方案，要求作者必須事先註冊外，IEEE EMC 指導委員會（Board committee）嚴謹『審查』贊助海外地區研討會之標準，以維持論文之品質。

依據表 1 統計資料顯示，今年台灣 EMC 技術論文發表量共計有 7 篇，雖不如美國（67 篇），但與新進國家相較表現並不遜色，本年台灣發表之 EMC 技術論文，只有台大電波團隊及本局 EMC 研究團隊，國內其他團隊似乎有必要以此研討會為主攻之對象，畢竟電機領域還是以 IEEE 為牛耳。

表 1. 2011 年國際電磁相容研討會論文統計

| | POSTER | WORKSHOP/ TUTORIAL | TECHNICAL PAPER | 合計 |
|-----|--------|-----------------------|--------------------|-----|
| 美國 | 5 | 83 | 67 | 155 |
| 台灣 | 1 | 0 | 7 | 8 |
| 中國 | 3 | 0 | 6 | 9 |
| 加拿大 | | 0 | 4 | 4 |
| 波蘭 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 義大利 | 3 | 0 | 8 | 11 |
| 西班牙 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 新加坡 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 韓國 | 1 | 0 | 7 | 8 |
| 日本 | 1 | 1 | 21 | 23 |
| 香港 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 德國 | 0 | 0 | 10 | 10 |
| 英國 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| 法國 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 瑞典 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 比利時 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 其他 | 0 | 0 | 27 | 27 |
| 合計 | 17 | 90 | 165 | 272 |

貳、參加專業論壇

本次國際研討會主辦單位總共籌辦 17 場專業論壇，分別於排定於會議開始即結束時段（8/15 及 8/19）二天，其目的就是以專業論壇之新穎性及發表作者為吸引參加人氣，專業論壇共分五場次同步進行，由於受限於本局參加人數，故僅能優先選擇與本局業務有關之論壇參加，其餘部分只能割捨。以下僅將相關專業論

壇相關摘要整理分敘如後：

- 一、 新能源效率裝置、電動車及智慧電網彼此間電力品質與低頻電磁干擾之探討” Low Frequency EMC including Power Quality in Relation to Renewables, Energy Efficient Devices, Electrical Vehicles and Smart Grid” ，係由瑞典 Mr. Magnus Olofsson 負責主持，主要探討有關電機電子系統其所衍生之低頻電磁干擾問題，範圍包含數百 KHz 頻率範圍之傳導干擾，尤以大量使用新能源電機電子裝置，例如太陽能（PV）、風能，其照明裝置之能源效率、電動車及智慧電網等系統，其衍生之低頻電磁干擾以日益受到高度重視。

Power system made up of equipment

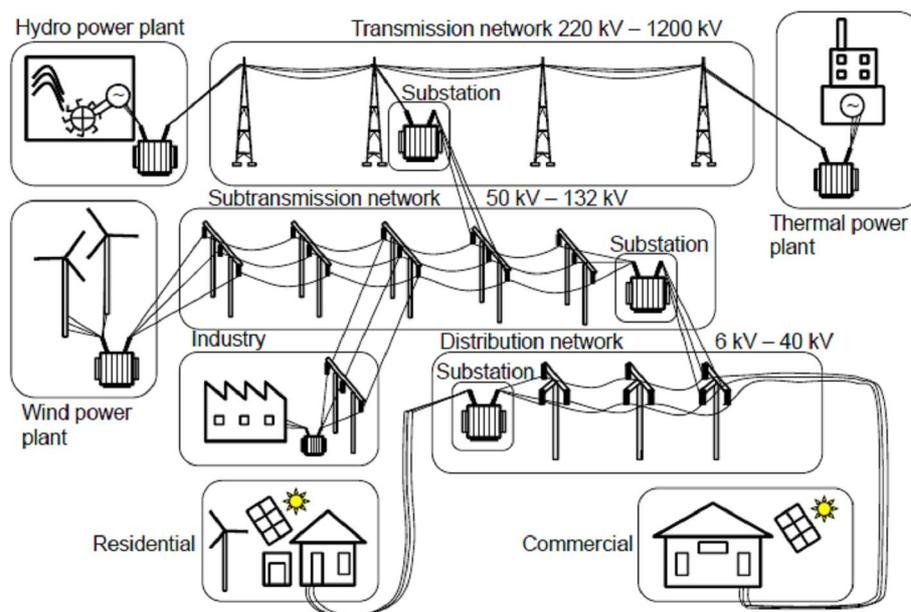


圖 1. 電力網路系統

- 低頻電磁干擾及電力品質－標準發展之整合 “Low Frequency EMC and Power Quality - Development of Standards Towards Convergence” ，係由瑞典 Mr. Magnus Olofsson 負責講演，主要內容包含照明裝置之能源效率、電動車及智慧電網等系統，其衍生之低頻電磁干擾。

- 電力系統中頻路介於 2- 150 KHz 之電磁輻射及信號傳播問題 “Assessment of Emission and Signal Propagation in Electrical Power Systems in the 2 - 150 Kilohertz Range” ，係由瑞典 *Luleå* 大學 Anders Larsson 教授負責主講，主要探討電力系統中頻路介於 2- 150 KHz 之電磁輻射及信號傳播問題，目前大部分介於該頻率範圍之電磁雜訊可以藉定為窄頻 (Narrow Band) 雜訊、寬頻 (Broad Band) 雜訊及週期性 (Recurrent) 之震盪信號居多，在此頻率範圍中各種信號之傳輸似乎難與傳統諧波雜訊相比較，當諧波雜訊成份係由各雜訊所累積及傳輸至變壓器時，單一裝置之運作頻率如同停留在整體系統中之頻率。

- 就智慧電網及低頻電磁干擾問題，還有那些工作必須展開

“Smart Grid and Low Frequency EMC - What is Needed to Make it Work?”，係由加州電力標準試驗室 Mr. Alex McEachern 負責主講，主要內容是智慧電網之規劃，主要是探討提升分散式電源系統之效率及信賴性，但相對伴隨而來的是電力品質下降及低頻電磁干擾產生。

二、 智慧電網之電磁干擾議題 “EMC Aspects of Smart

Grid”，由 NIST 顧問專家 Don Heirman 博士主持，共邀請五位專家發表有關智慧電網相關電磁干擾問題，並以現有電磁干擾相關標準為主體，探討因應智慧電網新電力系統之產生，那些 EMC 標準必須提出重新研訂，其影響之層面如何？必須成立多少工作小組？從事相關標準之討論等事宜，相關議題一一提出與與會者共同探討。

NIST Smart Grid Conceptual Model

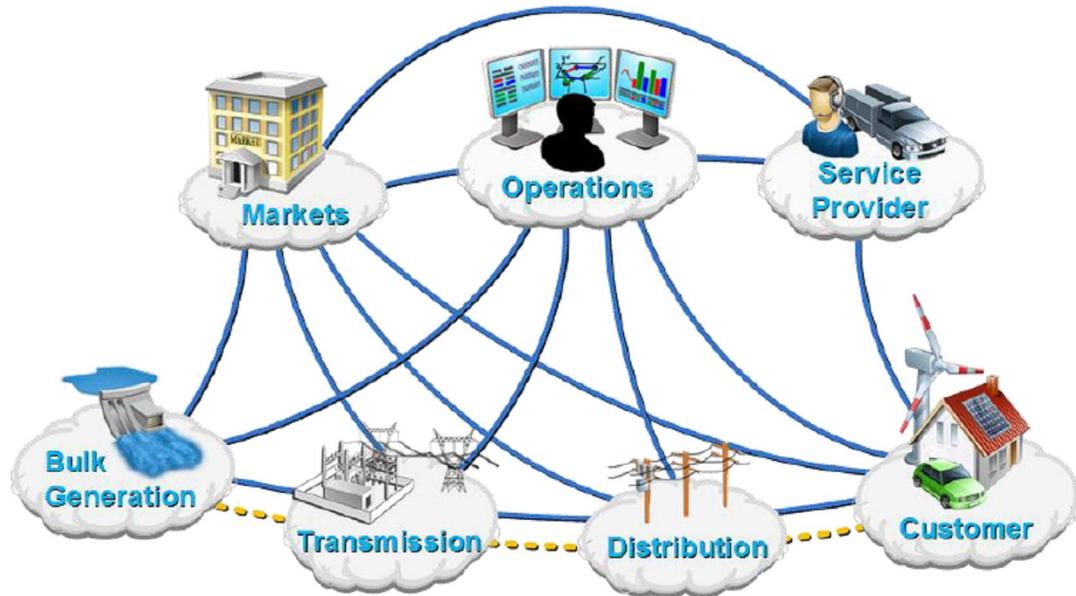


圖 2. 智慧電網架構

- 智慧電網之電磁相容效應 “Smart Grid EMC Efforts” ，
係由 Don Heirman 博士主講，其內容包含國際電工標準組織
(IEC)、IEEE 組織、NIST 組織及歐盟標準組織 (CENELEC)
就智慧電網議題現有相關何動之報導，令最重要且顯眼議題
是在 IEEE EMC 分項組織已成立智慧電網特別委員會
(SmartGrid_SC1)，主導相關電磁相容研討主題之運作。

- 智慧電網－發電供電端電磁相容議題 “EMC Aspects - The Utility Side of the Smart Grid” ，由 John T. Tengdin 博士負責主講，說明 IEEE 1613 標準演進之過程，未來將會與智慧電網相關規定整合。
- NIST 針對智慧電網提出整體架構及電磁干擾工作組織技術分工 “NIST Smart Grid Framework and the SGIP EMII Working Group” ，由 NIST Galen Koepke 博士、David Wollman 博士及 George Arnold 博士共同主講，講授現行 NIST 針對智慧電網相關標準立法進度，該計畫架構中與電磁干擾相關之工作小組及活動。
- 智慧電網與重電之電磁效應 “High Power Electro-Magnetics (HPEM) and Smart Grid” ，由 William Radasky 博士主講，講授目前重電及智慧電網面臨三大電磁效應之威脅，其中包含高電磁脈衝、內部電磁相互干擾及末端地磁風暴，會中討論智慧電網系統亦受上述三大效應所影響之層面，會中並特別提出未來智慧電網規劃之重要考量因素。

三、 交通載具之電磁相容 “Transportation System EMC” ，

由任職 General Motors 公司及任教於 Michigan 大學 Mark Steffka 教授所主持，講授車輛電子裝備如何整合於整體車輛之設計考量，包含電磁干擾、車輛安全及車輛效能三者間如何取捨。並指出現車輛電子裝置中所使用之馬達驅動裝置，其電磁相容法規將其列屬為低壓系統，與未來高壓大電流馬達驅動裝置應如何調和法規，會中並提出新型有效率解析模擬方法及新測試方案。

- 運輸系統電磁干擾問題之數值模型 “Modeling EMC Problems in Transportation Systems” ，由 David P. Johns 博士所主講，主要提出有關交通工具中大型複雜物體之電磁干擾新數值模型，此模型亦可適用於元件及次系統之數值分析，此方法可以有系統即有效率分析完整車輛系統。
- 鐵道運輸之電磁相容性：方法及挑戰 “EMC for Rail Transportation: Methods and Challenges” ，由 David Turner 博士所主講，其內容為都會型、中運量及高運量電車

系統，其電磁干擾議題如何解決，尤其是大容量 DC-to-AC 及 AC-to-AC 變流整流器，如何與微小射頻控制信號相互共存，會中並提出相關標準及測試方法之修正意見。

- 設計航空器必須考量之電磁干擾 “EMC Considerations in Aircraft Design”，由 Thomas Jerse 博士主講，其內容為現代化商用客機所必須面臨之安全議題，包括控制系統如何防護電磁干擾，會中並詳述商用航空器設計時主要引用及必需考量之電磁相容標準。
- 油電混合車之電池測試系統 “Automotive EMC Testing - The Challenges of Testing Battery Systems for Electric and Hybrid Vehicles”，由 James Muccioli 博士、Dale Sanders 博士及 Steve English 博士所主講，內容包含電動車及油電混合車之儲能系統電磁干擾測試，及相關測試計劃之規劃範圍，其一重點為針對儲能管理系統中各模組次系統之其功能定義及檢測方法，均有詳細介紹；另一重點是測試

試驗室之規劃，如何有效率彈性使用各量測系統，使達到試驗設備均能發揮最大能效。

- 車輛零組件電磁干擾量測方法 “Automotive Component EMC Testing: CISPR 25, ISO 11452-2 and Equivalent Standards” ，由 Vince Rodriguez 博士主講，內容包含解說最新 CISPR 25 及 ISO 11452 標準中電波暗室相關規格。

四、 無線射頻裝置之電磁干擾 ” EMC and Wireless

Devices” 由 Dan Hoolihan 博士主持，邀請研究學者講授有關智慧手機及無線通訊裝置整體電磁干擾解決方案，及平台雜訊 (Platform Noise) 評估方法之介紹。

- 封裝結構之射頻干擾 “Package RF Interference” 由 INTEL 公司 Kevin Slattery 博士主講，主要討論封裝結構與矽晶圓間之設頻電磁干擾問題，並提出最新數值模型以評估該問題。

- 內部系統之電磁干擾特性與數值模型 “Intra-System EMI: Characterization and Modeling” 由 *Missouri* 理工大學 Jun Fan 教授所主講，其內容包含電路內部系統之電磁干擾問題，電路雜訊源特性及使用重建近似法則，並以此推演出 IC 元件之電磁雜訊量測方案。

參、 論文發表

本局持續與台大電波研究團隊合作共同發表，利用最新多重分析平台嵌入電磁場耦合方程式，同步計算「RF 主動放大器在數位調變模式下電磁耐受性分析 (A Fast Analysis of Electromagnetic Immunity Responses of RF Amplifier Circuit under CW/Digital-Modulation Schemes)」，該篇技術論文針對 RF 主動電路首次提出電磁耐受性快速分析法則 (如圖 5)，且針對 RF 放大器用作於數位調變信號模式下，對外電磁場之頻率響應，提出一快速分析方法，此乃電磁相容應用技術上出一大突破，文中除提出整體構想外，並且針對一真實電路為研究案例，詳細介紹其數值模擬結果 (如圖 6)，並將此電路實作，運用本局現有電磁相容量測系統實際量測，二者之間相驗證，並嘗試提出差異性說明。

目前針對 RF 射頻放大器電路仍無法有效率分析電路上每一節點之電壓及電流受到外部電磁場之變化，雖有少許論文提出結合電磁圈波分析及電路坪擬平台相結合之分析方法，但是其非常耗時往往需要耗去非常久之 CPU 計算時間，因此，並不受到工業界之青睞，直至本文提出電路平台結合電磁評估方程式後，方才大大改善 CPU 計算時間，運用此新分析方法平均每一電路僅需要短暫幾秒鐘，即可計算出整體電路之電磁效應，此法則一經發表，應能受到工業界之歡迎。



圖 3. 論文發表演場



圖 4. 論文發表演場

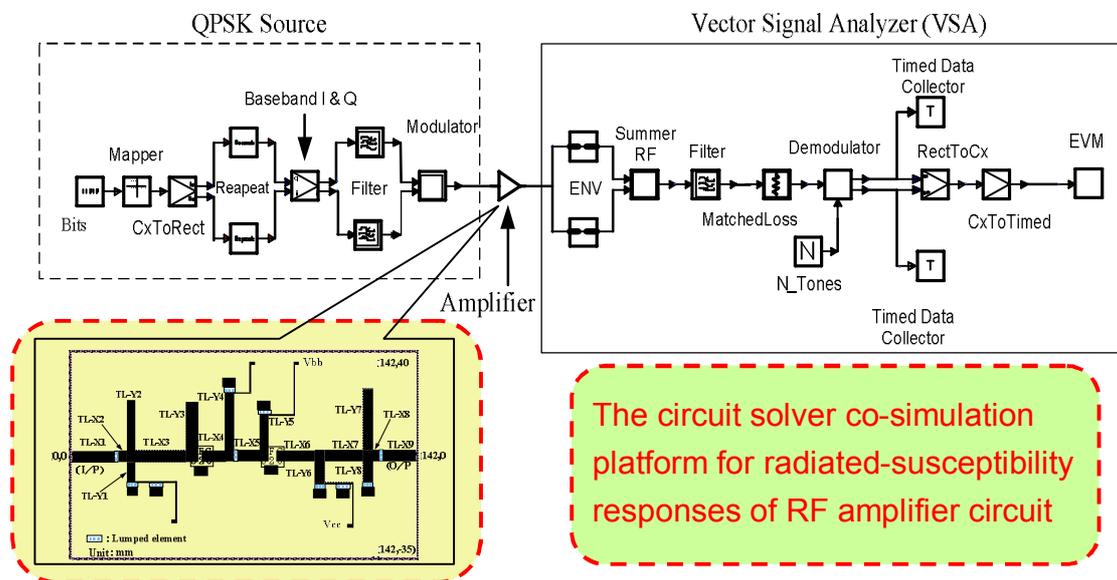


圖 5. ADS 數值模擬方法

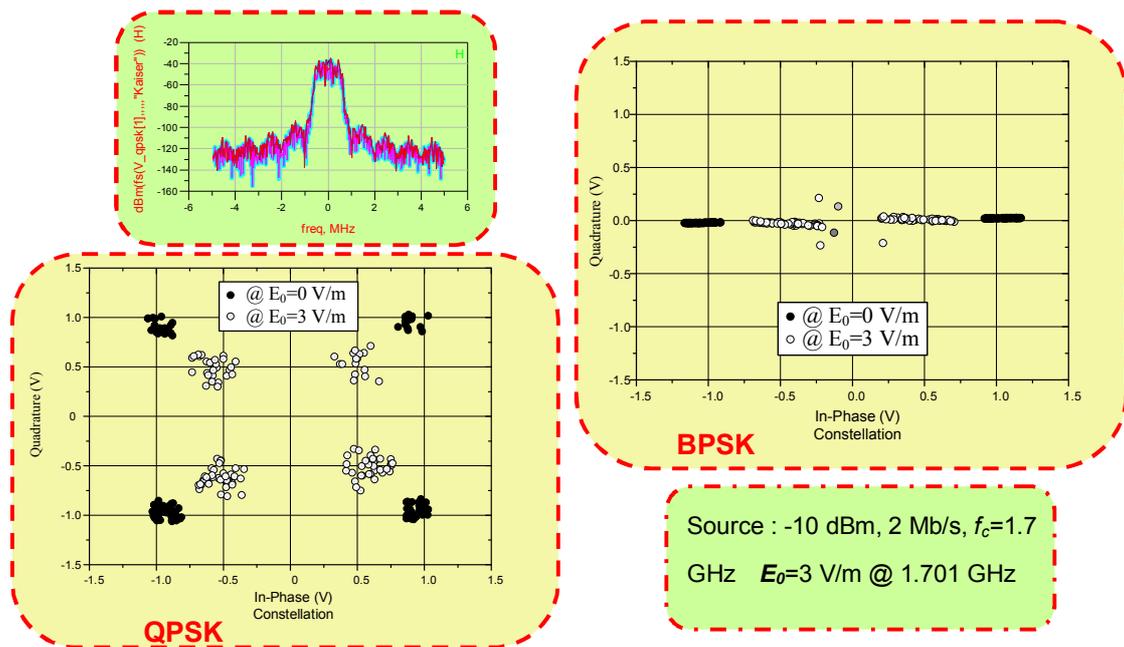


圖 6. 數值模擬結果

肆、參加專業技術論文發表

本次研討會技術論文分 29 小組約共有 165 篇論文，僅將參與之分組論文分敘如後：

一、電子能階技術與積體電路 (EBG Technologies and IC)

本專業技術論文由 Clemson 大學 Todd Hubing 教授負責主持，本分項計有四篇論文。

- 10Gbit/s 光纖傳輸裝置上運用 EBG 結構以降低電磁干擾

“EMI Suppression of 10Gbit/s Optical Transceiver by

using EBG Structure” ，係由日本 Daisuke Kawase、Hiroyasu Oomori、Manabu Shiozaki 及 Hiromi Kurashima 博士共同發表，文中針對高速光新裝置提出電磁雜訊抑制新方法，為解決電磁干擾問題運用電子能階技術（Electro-magnetic Band Gap；EBG），提出在高速光新裝置估計電磁干擾之方法，並且提出如何對策電磁相容等議題，並且運用 FEM/FDTD 數值方法設一簡單高速光新裝置雛形。

- 探討電子能階結構之電磁場洩漏現象 “Mitigation of Electromagnetic Field Leakage from Apertures and Enclosures using Electromagnetic Bandgap (EBG) structures” ，係由加拿大 Waterloo 大學 Mohammed M. Bait-Suwailam 博士及 Omar M. Ramahi 教授共同發表，主要探討電子能階結構之電磁場洩漏現象，文中提出該結構中利用孔隙效應，抑制使其表面電流，已達到降低電磁干擾之效果。文中並將此結構運用全波數值分析方法模擬其結構之有效性，其效能約能降低 20 dB 之電磁干擾量。

- 運用控制 RF 介質耦合技術改善智慧電力管理系統之電磁耐受力 “Improving the Immunity of Smart Power Integrated Circuits by Controlling RF Substrate Coupling” ，係由德國 Philipp Schröter、Stefan Jahn 及 Frank Klotz 三位博士共同發表，主要討論智慧電源整合積體電路中 RF 介質耦合量，並且提出晶圓上電路之數值分析及量測數據，利用 BCD 技術之整合，使得此積體電路得使用於車輛平台上，文中並提出控制 RF 介質之耦合技術，確能將電路之電磁耐受力提高。

- 運用屏蔽技術減緩 SiP 系統模組中內部電磁耦合雜訊 “Mold-Based Compartment Shielding to Mitigate the Intra-System Coupled Noise on SiP Modules” ，係由台大 Chih-Ying Hsiao 博士及 Tzong-Lin Wu 教授所發表，主要探討一種新式屏蔽技術，以隔離系統內部數位電路及 RF 類比電路間電磁雜訊之耦合，並且運用 tooth-shaped metal frame 技術分開不同性質之電路，此屏蔽技術除可提供非常優異之效能，其成本非常低廉，且可直接使用於現今一般傳統積體

電路製程，其屏蔽之範圍為 0.1 GHz to 10 GHz，效能約有 30 dB，因此可運用於目前行動通訊裝置。

二、印刷電路板與射頻濾波器 (PCB and Filters)

本專業技術論文由 Kermit Phipps 教授及 John Rohrbaugh 教授共同主持，本分項計有六篇論文。

- 細帶線結構連接導線所產生之電磁輻射 “Electromagnetic Radiation Resulting from Strip Line Structure Driven by a Feed Cable”，係由日本秋田大學 Yoshiki Kayano 博士及 Hiroshi Inoue 博士共同發表，主要探討印刷電路板連接一導線所產生之電磁輻射場強，當導線傳輸信號時可等效成一電磁輻射源，針對電路使用頻寬內有效估計及抑制電磁干擾是一項必須注意之工作，文中聚焦於印刷電路板連接一導線所產生之電磁輻射場強，使用數值模擬計算並與實際量測相比較，以驗證此模型之正確性，此文已成功設計出一簡化數值模型，用以估計印刷電路板連接一導線所產生之電磁輻射場強。

- 改變信號與接地貫孔之距離，以減少電路板間之電磁雜訊輻射量 “EMI Noise Reduction between Planes due to a Signal via with a Ground via at Various Distances” ，係由美國 IBM 公司 Alma Jaze 博士及 Bruce Archambeault 博士共同發表，主要探討藉由改變信號與接地貫孔之距離，在雙層電路板間電磁雜訊降低情形，發表一新式演算法則，依據傳輸信號諧波最高頻率，計算出信號與接地貫孔最大距離，以減少電磁雜訊之輻射量，此方法未來可提供電路板設計工程師重要之參考。
- PCB 電路中電源層置放於最底層設計方法，以減少電磁輻射場強 “Method for Direct Interconnection of PCB Power Layer to Chassis to Minimize Radiated Emissions” ，係由美國 Alcatel-Lucent 公司 Dheena Moongilan 博士所發表，主要探討 PCB 電路板電源層與接地層間，去耦合電容器及分散式介電質提供高頻雜訊電流一迴流路徑，此路徑並不提供一下陷方法，而是以 daisy-chain 方式將雜訊電流導流

至接地層，將電路板電源層雜訊電流導引至最底層是一有效抑制雜訊輻射方法，本文中提出一簡化之電流模型，以一低感抗路徑降低電磁輻射量。

- 去耦合電容器位置最佳化以減少有效電感抗 “Optimizing Decoupling Capacitor Placement to Reduce Effective Inductance”，係由 IBM 公司 Bruce Archambeault 博士所發表，主要探討藉由去耦合電容器位置最佳化，以減少有效電感抗，進而降低電磁輻射場強。
- 設計可提供電擊保護之無使用 Choke 電源濾波器
“Chokeless Power-Line Filters with Integral Surge Protection”，係由美國電力研究院 Philip F. Keebler 博士所發表，主要探討電路次系統中保護電擊之方法，一般選擇電源濾波器，濾波器必須能禁得起電力網路中電力的干擾，目前均是使用濾波器加上電擊保護裝置，在此文中提出一新式濾波器設計法則，其整合電擊保護之機制，因此可降低現有電力網路保護機制之成本。

- 低通濾波器運用共模電感之調查 “Common Mode Choke Investigation for Low Pass Filter Application”，係由美國 Hamilton Sundstrand 公司 Jamal Shafii 博士、Harry Chai 博士及 Ron Gadow 博士共同發表，文中主要探討低通濾波器使用抑制 EMI 電感器將會使傳導電磁雜訊更為惡化，運用 P-Spice 模型分析 EMI 濾波器電路，理由是 EMI 濾波器之阻抗提供傳導電磁雜訊傳輸重要路徑。

三、 特殊技術論壇：航空器之電磁干擾 (Special Session: EMC in Space)

本專業技術論文由 Jet Propulsion 試驗室 Ray Perez 博士及 Lockheed Martin 公司 James Lukash 博士共同主持，本分項計有三篇論文。

- 太空船大功率通訊系統之電磁干擾測試方法及設計準則
“Design Approach and Spacecraft EMI Test Methodology for High Power Communication Spacecraft”，係由美國

Lockheed Martin Space Systems 公司 Alexander Bogorad 博士所發表，文中主要探討太空船大功率通訊系統之電磁干擾相關問題，由於具有多種通訊頻道在相同平台上，因此通信系統中將會發生彼此干擾之情事，所以太空船在設計時必須要能符合軍用電磁干擾相關標準之規定，文中必提出抑制電磁干擾一簡要設計準則及測試方法，此法則已成功運用於衛星發展計畫中。

- 電磁相容性、靜電放電設計方法運用於 Falcon 9 登月小艇
“EMI/EMC, Lightning, and ESD Design Approach for the Falcon 9 Launch Vehicle”，係由美國 Space Exploration Technologies 公司 W. Elkman 博士、J. Trinh 博士、P. McCaughey 博士及 W. Chen 博士共同發表，文中主要探討如何運用電磁干擾 MIL-STD-461 標準，設計評估自電路板到整體系統之電磁相容性，並以 Falcon 9 登月小艇為研究主體，文中並詳述相關電磁干擾規格及要求，另詳細解說 Falcon 9 登月小艇設計之效能及測試方法。

- 介紹強力地磁風暴對高壓電力傳輸網路之衝擊 “Overview of the Impact of Intense Geomagnetic Storms on the U. S. High Voltage Power Grid” ，係由美國 Metatech 公司 W. A. Radasky 博士所發表，文中主要介紹太陽活動產生強力地磁風暴對高壓電力傳輸網路之衝擊，並解說強力地磁風暴之時域與空間變化，提出一簡化模型以替代高壓電力傳輸網路之準確性，此法則亦可運用於高壓電力系統所產生地磁風暴，並可依據此方法設計高壓傳輸網路之保護機制。

四、 運用電子能階技術設計微波濾波器 (Electromagnetic Band Gap Filters)

本專業技術論文由台灣大學吳宗霖教授及義大利 L'Aquila 大學 Francesco De Paulis 教授共同主持，本分項計有四篇論文。

- 共模濾波器縮小化平面 EBG 結構及串音分析 “Compact Configuration of a Planar EBG based CM Filter and Crosstalk Analysis” ，係由義大利 L' Aquila 大學 F. de

Paulis 教授、L. Raimondo 教授及美國 IBM 公司 B.

Archambeault 博士共同發表，文中主要介紹共模濾波器縮小化平面 EBG 結構，以減少電路板之佔用面積，共模濾波器之效能分別於時域及頻域中加以探討分析，共模信號電磁耦合至電源平面能量將會引起串音效應，運用進端及遠端電磁耦合計算調查串音基本耦合機制。

- 運用多層電路板分割方法及共振模態以隔離 EBG 電源束雜訊之模型 “Noise Isolation Modeling of Partial EBG Power Bus using Segmentation Method and Cavity Model in Multi-Layer PCBs”，係由韓國 KAIST 研究院 Myunghoi Kim 博士及 Joungho Kim 教授共同發表，文中提出一新數值模型，評估多層電路板分割方法以隔離 EBG 電源束雜訊之效能，當 EBG 結構置入電源平面中，其截止頻率及雜訊隔離效能與無限 EBG 結構並不相同，在此提出之數值模型，可以評估 EBG 電源束雜訊耦合量，藉由數值計算結果與量測驗證結果相比較，可以看出此模型之有效性。

- 一 60 GHz RF SiP 系統運用帶通 EBG 結構抑制電源雜訊
“Bandwidth-Enhanced EBG Structure for Power Noise Suppression in 60 GHz RF SiP” ，係由台大 Chuen-De Wang 博士及吳宗霖教授共同發表，文中主要提出一優異 EBG 結構，以減緩 RF SiP 系統之電源分布網路中電源雜訊，文中提出設計概念，並經由數值計算與量測結果之比較，驗證此法則確能減緩 RF SiP 系統之電源分布網路中電源雜訊。
- 一個優良且具有省成本設計方法，以差模線槽抑制 GHz 共模電磁輻射 “A Novel and Cost-Effective Method to Suppress GHz Common-Mode Radiation for Slot-Crossing Differential Lines” ，係由台大 Hao-Hsiang Chuang 及吳宗霖教授共同發表，文中主要探討在差模線槽中置放一對非對稱開路共振器，電路工作在特定頻率時，共模雜訊所產生之電磁輻射場強將降低，依據此等效電路模型，接地共振器將針對共模迴流電流提供一較短路徑，因此降低電磁雜訊之輻射量，將此概念運用於電路板設計中，尤其在 2.34 GHz to 3.55 GHz 頻率範圍內，抑制共模電磁雜訊輻射量之效果非常

明顯。

五、信號完整性 (Signal Integrity)

本專業技術論文由義大利 L'Aquila 大學 Giulio Antonini 教授及密蘇里大學 Al Ruehli 教授共同主持，本分項計有八篇論文。

- 3D 積體電路系統使用 TSV 貫孔技術之電磁耦合分析
“Coupling Analysis of Through-Silicon via (TSV) Arrays in Silicon Interposers for 3D Systems”，美國喬治亞理工學院 Biancun Xie 博士及 Madhavan Swaminathan 教授所發表，文中主要探討大型 TSV 陣列結構中電磁耦合效應，並提出一電磁耦合分析方法，運用此方法可分析矽材料之低阻介電質，並可同時分析時域與頻域之效應。
- 3D 積體電路中低雜訊放大器之 DC-DC 變流器電磁雜訊耦合分析 “Measurement and Analysis of Vertical Noise

Coupling on Low Noise Amplifier from On-Chip Switching-Mode DC-DC Converter in 3D-IC” ，係由韓國 KAIST 研究院 Kyoungchoul Koo 博士及 Joungho Kim 教授所發表，文中主要探討 3D IC 中混頻次系統之電磁雜訊耦合效應，該雜訊嚴重時將造成系統失效，文中以一 900MHz 低雜訊放大器使用 200MHz DC-DC 變流裝置為研究主體，將其裝置於車輛系統中，低雜訊放大器將以堆疊方式設計，因此車輛中電磁雜訊耦合量，可於放大器輸出端以時域信號方式量得，依據量測數據得知，電磁雜訊耦合量遠大於 RF 信號強度，因此針對矽材料增加其介電質厚度其效果並不明顯，由於 DC-DC 變流器電磁雜訊耦合是主要雜訊來源，因此，電容性電磁耦合在車輛雜訊中必須被注意的部份，因為 DC-DC 變流器中電感器之尺寸較大。

- FPGA 晶核其電源分散網路 (PDN) 設計最佳化 “FPGA Core PDN Design Optimization” ，係由美國 Altera 公司 Zhuyuan Liu 博士、Shishuang Sun 博士及 Peter Boyle 博士共同發表，文中主要討論封裝結構中電源與接地球與去耦合電容器數

量，對 PDN 效能之影響，發展 PDN 網路時域與頻域響應之量測技術，至於其 PDN 效能係由以下三種因素所引響；其一 PDN 電磁雜訊；其二晶片電路之運作頻率；及系統同步信號之抖動量。

- 單端緩衝器電源變動轉移方程式之可析解 “Analytical Expressions for Transfer Function of Supply Voltage Fluctuation to Jitter at a Single-Ended Buffer”，係由密蘇里大學 Jinguok Kim 博士及 James L. Drewniak 教授所發表，文中主要探討單端緩衝器電源變動轉移方程式之解析方程式，此抖動轉移方程式已與 HSPICE 模擬結果相比較，並且運用於一實際案例，確能精確估計。
- 具有背平面裝置之高速連接器 “High-Speed Backplane Connectors”，係由美國 Signal Consulting 公司 Howard W. Johnson 博士所發表，文中主要探討印刷電路板背平面與連接器提供大型通信系統及高速電腦計算架構較佳基礎，文中並提出具有背平面裝置之高速連接器之使用限制。

- 運用平行電力傳輸線之 Pseudo-Balanced 信號
“Pseudo-Balanced Signaling using Power Transmission Lines for Parallel Links”，係由美國喬治亞理工學院 Suzanne Huh 博士、Madhavan Swaminathan 博士及 David Keezer 博士共同發表，文中主要探討電力完整性對信號完整性之重要性，同步切換雜訊 (SSN) 在電力傳送網路中一重要影響因素，電力傳輸線技術是一 PDN 網路中被推薦設計方法，文中聚焦於使用電力傳送網路之新式信號模式。
- 多重導體之單位長度中阻抗矩陣被動解析解 “A Passive Analytical Per-Unit-Length Internal Impedance Matrix Model for Multiconductor Interconnections”，係由法國 Frédéric Broydé 博士及 Evelyne Clavelier 博士共同發表，依據多重傳輸線理論，發展一高頻電流簡單計算方法，該方法運用單位長度中阻抗矩陣，即可得到解析解。
- 運用一新穎共模電感技術於 5 Gbps USB 3.0 電路 “A Novel Common Mode Choke and Its Application for 5 Gbps USB

3.0” ，係由台大 Chung-Hao Tsai 博士、Jing-Zuei Hsu 博士、Iat-In Ao Jeong 博士及 Tzong-Lin Wu 教授共同發表，文中主要討論運用一新穎共模電感技術於 5 Gbps USB 3.0 電路，並無使用亞鐵鹽材料，此新穎共模電感技術製作於 1.2 mm 2.0 mm 之 LTCC 製程，此技術在 1.4 GHz ~ 3.7 GHz 頻率範圍內能提供 10 dB 共模抑制能力，至於在差模信號模態下信號傳輸頻率可達到 8 GHz。

伍、結論與心得

- 嶄新議題——『智慧電網』相關之研究

智慧電網 (Smart Grid) 是近幾年最熱門的話題，許多國家在美國政府宣佈振興經濟方案中納入推動智慧電網規劃後，紛紛提出智慧電網構想。然因各國電力系統不同，推動智慧電網之原因亦不盡相同，各國電網均需因應自身之需求而量身訂作。我國為推動未來智慧電網建置，有必要優先對現有電力傳輸基礎設施盤點，發布下世代「智慧型電網基礎建設」相關計畫。礙因我國電力網路屬孤島系統，不若歐美國大陸有鄰近國家電力網可以互相支援，故系統規劃準則以安

全穩定供應為首要目標。

- 信號完整性 (Signal Integrity) 之省思

最近幾年，訊號完整性 (SI) 普遍受到大家的關注，尤其是在每個高速數位電路設計技術上都可以看到它的身影。如何將這些知識整合進入整個 PCB 設計，將是首要之務。至於另一重要議題即是電源完整性 (PI)，電源完整性與訊號完整性有密切的關係。穩定而無雜訊電源供應是良好訊號品質的基礎。因此，針對訊號完整性 (SI) 及電源完整性 (PI) 議題，應集合產學研界集中火力，優先鼓勵發展一簡單成本低廉之設計法則，使得電路設計能更上一層樓。

- 我國在 IC EMC 領域未來發展方向

韓國高等科技學院 (KAIST) 近年來該校在 IC EMC 領域之研究不遺餘力，不論是 IEEE 研討會或是其他電磁相容專業論壇上，均能發現該單位發表之研究論文，其研究之面向，包含晶核、封裝、電路載板等有關製程技術之電磁干擾研究，其素質與歐美知名大學已能旗鼓相當，平起平坐。

反思，我國不論是工研院、教育部或是國科會，均應集

中火力，師法韓國KAIST學院，積極提出一套因應措施，否則
可預見不久的將來，IC EMC領域將是歐洲、美國與韓國共同
瓜分近九成市場。

附 錄：