

(一) 天線(Antennas)

無線通訊系統中，天線做為收發機與傳播環境的中介點，具有轉換電壓電流與電磁場訊號，以及改變電磁波在空間中分佈的功能。因此隨著各式新穎的無線通訊規格及設備開發，天線元件的功能益發顯得重要。天線為了滿足各種系統的需求，不僅形式漸趨多變，其效能要求亦屢屢逼近理論分析的物理極限。因應未來無線通訊應用更多樣化與嚴苛的天線需求，在天線領域需要有深入且廣泛研究投入，以產出創新的學理與技術研發成果。

國內無線通訊產業中，具有大量的消費行動無線通訊產品開發需求，其裝置與天線有需要整合多種無線系統的趨勢。由於裝置有便於攜帶、美觀及小體積的需求，天線因此必須在有限空間內實現多頻、超寬頻或是多天線架構的設計，並且需更進一步整合其他電路，以達到高效能或多功能的規格。由於行動裝置天線深具產業價值，目前在學術界或產業界都有許多相關的研發工作進行中。

除此之外，無線通訊領域中也有更多新式的應用出現，例如：無線傳能系統利用射頻傳遞能量，高畫質影音系統利用無線通訊傳輸大頻寬的數位影音資訊，醫療設備使用射頻訊號實現與體內植入式裝置傳輸感測資訊與指令等不同應用。針對多樣化的系統與電波傳播空間特性，其天線設計應有不同的考量，甚至天線可能為系統的設計主體。針對日趨多樣化的無線設備，設計可對應其需求的天線勢必是重要的研究議題，必須深入研究，並且能有所創新，方能紮實的提昇國際競爭力。建議的研究項目如下：

1. 人工材料應用於天線設計

超穎材料(Metamaterial) 是一種人工的結構，廣泛的應用於波傳導的設計，其獨特的性質一直都受到相當的研究，特別是左手材料(left-handed materials, LHMs)與電磁能隙結構(EBG) …等等引起了許多研究人員的注意。許多研究成果顯示，電磁能隙結構對於天線於低側高(low profile)的應用時，有幫助輻射的效果，相當具實用性[1.1,1.2]。因此人工材料的設計及改良，以及在天線設計上的運用為一新開發且具實用價值的研發課題。目前超穎材料在天線應用上，主要是用來達成以下幾種效能：

- (1) 天線之縮小化：傳統諧振天線尺寸必須與波長相當，但由於超穎材料可得到高感抗，因此小天線可結合超穎材料達成較低頻的諧振。不過在尺寸縮小後，如何維持其他天線特性，如頻寬、指向性與輻射效率，取得各種效能間的平衡，是值得特討的課題。
- (2) 提高天線增益：用近於零折射係數之超穎材料，可將點波源轉換成平行波，因而增加天線增益。此種超穎材料，可設計成薄形天線罩，在不更換原天線下，增長電磁波的涵蓋距離。

(3) 多操作頻段：以超穎材料為基板，或作為寄生負載，可利用超穎材料不同頻段特性，得到多頻天線。

2. 天線與射頻電路及晶片整合(On-Chip Antenna, OCA)

現今積體電路設計已經走向高度整合，多數系統已為單晶片整合系統的架構。在高度積體化的架構之下天線亦為整合在晶片內部的目標之一。因此天線除本身所必須具備的輻射能力之外，亦應考量與相關電路或封裝的整合設計[1.3-1.6]，除進一步縮小整體電路體積，並增加天線功能，達到高積體化及多功能之成效。未來射頻電路在產業應用中的操作頻率進一步提升到毫米波頻段時，由於波長與晶片尺寸相近，晶片整合式天線的開發將成為不可避免的趨勢。

相關研究課題包含：將主動元件和天線整合成主動式天線，使之具放大，混波或作為信號源的能力，優化天線的頻率響應、或整合其他被動電路使之具備濾波或平衡轉非平衡的功能、天線與系統封裝整合設計時因應基材的電磁特性與封裝程序所需的設計調整...等等。

3. 應用於無線傳能的天線系統

利用射頻訊號來傳送電力是當前的熱門研究趨勢之一，除具有實用價值外，亦符合綠能科技的潮流。無線傳能設備的主體設計係屬天線的範疇。在電力接收端，目前多採用整流天線為主要設計，重點在於提高射頻到直流的轉換效率[1.7]。在電力發射端，由於微波訊號功率密度隨傳播距離增加而稀釋的特性，若無線傳能的操作範圍已達天線輻射區，具高增益且高效率的天線便是主要的設計目標的；惟若考量其應用環境是如無線感測器網路，則發射天線可採用波束掃描天線型式以增加涵蓋範圍。於此類應用，更佳的天線設計是一個發展重點，才可能設計出更新穎的無線傳能解決方案。

4. 人體植入式或可穿戴天線

目前，無線通訊設備在醫療儀器與系統的應用範圍正迅速擴大，幾乎有關患者健康的每個部位，都能透過在體內植入醫療設備，以無線傳輸來進行監控或調節。例如：無線膠囊內，病患只需吞下人體植入式天線膠囊，便能藉著連續的接收天線膠囊所發出來的畫面訊號，清楚了解病患是否有胃潰瘍或其他體內不良疾病。然而，應用於醫療設備的天線設計，必須考量諸多因素，如：人體介電係數、電磁波滲透深度、免授權頻段(ISM Band)的選擇、電磁波傳送損耗、電磁波應用於人體之安全規範、天線輻射理論及實際應用架構設計等。由於不同醫療設備中天線所需的效能有所不同[1.8, 1.9]，研究天線在人體內部或表面的效能差異、研製符合實際需求之天線，才可能在臨床使用上達到最佳實用性與最佳可靠度的要求。

5. 頻率或場型可調式(reconfigurable)天線設計

傳統天線設計上，其操作頻率與輻射場型多半為固定形式，僅操作於單頻、多頻或寬頻，而輻射場型大多也是固定。然而在實際應用上，為搭配不同的後端電路模組或是收發機僅需在某個方向性提供訊號傳輸功能，例如空間分集應用或是實現多輸入多輸出技術時，有可能需要有限的天線數量便能滿足多樣性的頻率與場型要求，因此產生可調式天線設計之需求。可能的研究課題包含：不同反射面的設計達成場型可調式天線、使用被動與主動元件於天線中達成頻率可調之天線、平面式頻率或場型可調式天線設計…等等[1.10, 1.11]。

6. 微型化多頻及超寬頻天線設計

隨著行動通訊產品日益普及與通訊頻帶整合需求的發展趨勢，其頻帶包含各種行動通訊系統(GSM、DCS、PCS、UMTS、LTE)、全球衛星定位系統(GPS)、無線區域網路(WLAN)、都會區域網路(WiMAX)、個人無線區域網路(WPAN)、以及數位電視與廣播(DVB、DAB)等，因此微型化的多頻或寬頻天線已成為必然的設計主題。惟追求天線微型化、低姿態等造型特性的同時，亦應考量天線輻射效率的維持、天線平台尺寸、形狀以及人體對於天線的耦合效應，提供學理分析，才能符合產業利用的實際需求[1.12, 1.13]。

7. 陣列天線設計

在雷達、衛星通訊、微波鏈路與無線通訊基地台等應用之天線，往往需要較高的天線指向性，以達到增加通訊距離的目的，因此常採用天線陣列的設計來實現。然而陣列天線饋入網路會隨著元件天線數目增加而提升複雜度及其耗損，因此如何減少饋入網路的耗損、提出新穎的饋入架構或是設計新的元件天線型式都是重要的研究方向。相關的研究課題包含：高增益陣列天線設計、陣列天線面積效益提升、陣列天線旁波束抑制、陣列天線之饋入網路設計、頻率掃描陣列天線、圓極化或多極化的陣列天線設計、可波束切換或掃描的陣列天線設計…等等。

8. 偽裝式天線(camouflaged antenna)外殼材料的研究

一般大尺寸的天線，例如廣播天線、碟形天線與基地台天線，由於並非平面型式，傳統上多採外露的方式佈建，惟考量與週邊環境的景觀融合以及長時間下減少氣候條件對於戶外天線效能的衰減，該類天線具有外殼包覆的實際需求。如果搭配各式各樣像外牆的偽裝防水貼飾，將可增加美觀性或者甚至能讓外露式天線隱身於建物中，尤其是基地台外觀美化是目前實際應用上常有的考量。然而包覆材料的電磁特性可能對天線效能與場型特性產生影響，因此，天線外殼材料的選擇甚至利用天線外殼改善天線特性亦為值得研究的主题。

9. 開發天線材料或新型電磁屏障材料的引進

目前天線材料上，主要採用銅片、馬口鐵、鋁或電路板進行製作，然而是否有能以其他材料施做天線，進而改變天線的輻射特性，是除了天線設計之外，另

一個可研究的方向。另外，藉由屏障材料與高熱介值材料進行結合，可以滿足系統在散熱與訊號屏障的雙重要求，因此新型電磁屏障材料也是另一個可研究之課題。相關研究重點包含：高介電係數材料之開發與其製程穩定性及可靠度、新材料對天線本體特性改善之助益程度、新材料取得之便利性以及其成本高低[1.14,1.15]。

其他可考慮的天線研究項目包括透鏡天線、反射面天線的設計、小型天線之三維輻射場型量測技術、SAR(Specific absorption rate)量測及天線分析技術…等等。

參考文獻

一、重點研究

(一) 天線 (Antennas)

- [1.1] K. M. Lai, K. H. Leong, and T. Itoh, “Composite right/left-handed metamaterial antennas,” in *Proc. IEEE Int. Workshop on Antenna Technology Small Antennas and Novel Metamaterials*, pp. 404–407, Mar. 6–8, 2006.
- [1.2] L. Akhoondzadeh-Asl, D. J. Kern, P. S. Hall and D. H. Werner, “Wideband dipoles on electromagnetic bandgap ground planes,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 9, pp. 2426–2434, Sep. 2007.
- [1.3] R. Rotaru, L. Y. Ying, H. Kuruveetil, Y. Rui, A. P. Popov, and C. Chee-Parng, “Implementation of packaged integrated antenna with embedded front end for bluetooth applications,” *IEEE Trans. Advanced Packag.*, vol. 31, no. 3, pp. 558–567, Aug. 2008.
- [1.4] Y. P. Zhang and D. Liu, “Antenna-on-chip and antenna-in-package solutions to highly integrated millimeter-wave devices for wireless communications,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 10, pp. 2830–2841, Oct. 2009.
- [1.5] T. Mitomo, R. Fujimoto, N. Ono, R. Tachibana, H. Hoshino, Y. Yoshihara, Y. Tsutsumi, and I. Seto, “A 60-GHz CMOS receiver front-end with frequency synthesizer,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 43, no. 4, pp. 1030–1037, Apr. 2008.
- [1.6] S. Lee, S. Song, Y. Kim, J. Lee, C. Y. Cheon, K. S. Seo, and Y. Kwon, “A V-band beam-steering antenna on a thin-film substrate with a flip-chip interconnection,” *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 18, no. 4, pp. 287–289, Apr. 2008.
- [1.7] J. A. C. Theeuwes, H. J. Visser, M.C. van Beurden, and G. J. N. Doodeman, “Efficient, compact, wireless battery design,” in *Proc. EUMC 2007*, pp. 991–994, Oct. 2007.

- [1.8] C. M. Lee, T. C. Yo, C. H. Luo, C. H. Tu, and Y. Z. Juang, "Compact broadband stacked implantable antenna for biotelemetry with medical devices," *Electron. Lett.*, vol. 43, no. 12, pp. 660–662, June 2007.
- [1.9] T. Karacolak, A. Z. Hood, and E. Topsakal, "Design of a dual-band implantable antenna and development of skin mimicking gels for continuous glucose monitoring," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 56, no. 4, pp. 1001–1008, Apr. 2008.
- [1.10] J. A. Rodriguez, G. Franceschetti, and F. Ares, "Beam reconfiguration in antenna arrays by using parasitic elements," in *Proc. AP-S*, pp. 3141–3144, June 2007.
- [1.11] S. L. S. Yang and K. M. Luk, "Design of a wide-band L-probe patch antenna for pattern reconfiguration or diversity applications," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 54, no. 2, pp. 433–438, Feb. 2006.
- [1.12] Y. L. Shih, B. H. Wang, Y. J. Lu, J. C. Cheng, S. Y. Chen, and P. Hsu, "Capacitively-loaded loop antenna for multi-band mobile handsets," in *Proc. IEEE Int. Workshop on Antenna Technology: Small Antennas and Novel Metamaterials*, pp. 239–242, Mar. 2008.
- [1.13] J. Gu, X. Zhou, Y. Yang, and J. Fang, "A multi-band compact monopole antenna for mobile handsets," in *Microw. Millimeter Wave Technol. Int. Conf.*, vol. 3, pp. 1092–1094, Apr. 2008.
- [1.14] Y. Shirakata, N. Hidaka, M. Ishitsuka, A. Teramoto, and T. Ohmi, "High permeability and low loss Ni–Fe composite material for high-frequency applications," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 44, no. 9, pp. 2100–2106, Sept. 2008.
- [1.15] H. Morishita, "A study on compact antennas and antenna miniaturization for handsets," in *Proc. IEEE Int. Workshop on Antenna Technology: Small Antennas and Novel Metamaterials*, pp. 28–31, March 2008.