

# 應用於無線區域網路之雙頻 S 型槽孔式印刷天線設計

劉文忠<sup>1</sup> 陳洧萱<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立虎尾科技大學飛機工程系 教授

<sup>2</sup>國立虎尾科技大學飛機工程系 大學生

## 摘 要

本研究提出一種可應用在無線區域網路的雙頻微帶饋入槽孔藕合式天線設計。此項設計以 FR4 微波板為基材，在基材一面以細微帶線作為信號饋入，另一面則作為接地使用，利用在接地面上蝕刻一相連之雙 S 型槽孔來增長有效電流路徑，並以一方形槽孔包圍此雙 S 型槽孔，藉此兩槽孔與由微帶饋入線之電磁耦合效應使天線產生雙模諧振效果。最後，得到之最佳天線設計其有效操作頻帶位於 2.38 GHz~2.49 GHz 和 5.13 GHz~5.59 GHz，頻帶所對應的最佳諧振點分別為 2.43 GHz 和 5.42 GHz，而在低、高頻帶內的天線增益皆約在 3.2~3.6dBi 及 3.3~4.5dBi。本文中除詳述設計概念、步驟和方法外，並製作天線實體進行量測，以分析比較模擬設計與實驗之結果，這些結果包括回歸損耗比、輻射場型及天線增益等。

**關鍵字：**無線區域網路、雙頻、槽孔、印刷天線

## 壹、前言

隨著全世界資訊科技腳步的加速前進，世界各國對於無線區域網路(Wireless Local Area Network: WLAN)的使用也越來越重視。只要透過簡單的安裝，即利用無線網路卡，並且結合橋接器進行區域網路連結，透過無線訊號傳送到訊號發射台，即能建置一個應用於無線網路技術的網路環境。因此，使用者在各種環境下，都能輕鬆且不受拘束的連線擷取資訊，並且漫遊於網路世界中，共用網路資源。將我們的日常生活中帶來一個更便利、穩定以及一個更高品質的網路環境。為了制訂一套適合應用無線區域網路環境下的通訊協定，美國電子電機學會(IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers)開始對無線網路做出定義，並且延伸出兩種規格：802.11a 和 802.11b。802.11b 的頻率範圍和 802.11 相同，都使用 2.4 GHz 的 ISM (Industrial-Scientific-Medical: 工業、科學及醫學)頻帶。其中 802.11 是最早被提出的一個無線區域網路標準，它使用的頻率一樣是為 2.4 GHz，但是傳輸速率只能達到 2Mbps，主要目的是在於資料的存取。而無線區域網路標準中的 802.11a 規範，則是使用 5 GHz U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure)頻帶。

然而，在無線區域網路中，無線電波的接收和發射都是仰賴著一支可以同時處理接收和發射頻段分散訊號的天線來完成的，在上述當中，「天線」是在無線通訊系統中用來傳送與接收電磁波能量的視窗，它的電氣特性良好與否足以影響通訊的品質和能否接收的關鍵因素，換句話說，就是收發訊強度好壞的指標。而無線區域網路所使用之天線的種類很多，目前以立體結構式天線[1-4]和平面印刷式天線[5-10]最為常見。然以設計一個天線而言，最重要的因素在於天線結構、可操作頻段及頻寬、天線輻射場型(radiation pattern)與天線增益(antenna gain)。因此，大部分的無線通訊系統已漸漸地選擇使用平面印刷式天線，除了因為印刷天線具有平面、低姿態的幾何優點外，其在雙頻帶、多頻帶操作或是大操作頻寬、理想輻射場型及高天線增益等電磁輻射特性上的獲得，都較其他的天線結構要為容易。

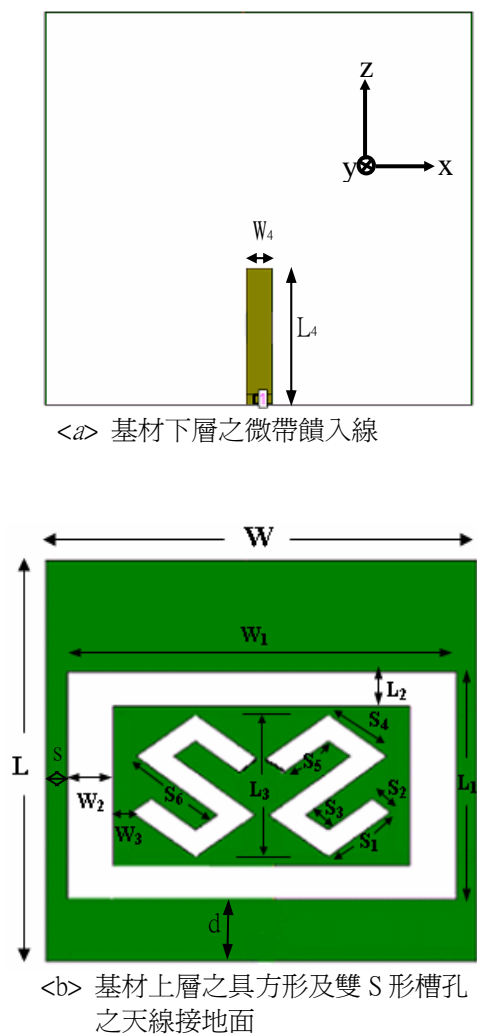
因此，本論文將提出一個與目前常使用之立體式天線結構[2,3]不一樣，而較應用於無線區域網

路 2.4/5.2 GHz(2.4~2.484 GHz/5.15~5.35 GHz)雙頻帶操作之槽孔式印刷天線設計。除了天線的信號饋入採用微帶線饋入的方式饋入信號，使天線易與系統電路連結外，本設計利用槽孔作電磁耦合的結果亦可有效增加阻抗頻寬及天線增益。有關本天線設計之理論分析及實驗量測結果都將呈現在下面各節並作詳細探討。

## 貳、天線設計與結果

本天線之設計程序與一般之天線設計流程相似，以天線理論為基礎、參考相關文獻後，藉由電磁分析軟體針對所設計出之天線雛型進行特性分析，待產生一具有理想特性之天線後，再製作此天線之實際成品並進行實驗量測，以驗證理論分析之正確性，並藉此修正天線之幾何結構以設計出此一可應用於 2.4/5.2 GHz 雙頻無線區域網路之平面槽孔耦合微帶饋入式印刷天線。設計過程中所使用之天線理論分析程式為 IE3D™ 高頻電磁模擬軟體 [11]，實驗量測設備為 Agilent E5071A 網路分析儀及電磁無響室(anechoic chamber)。

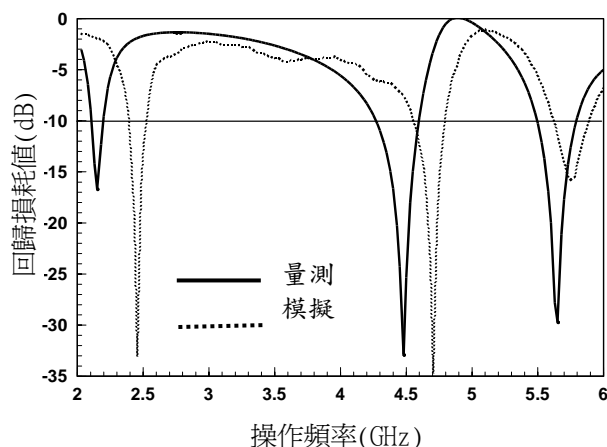
圖一為本研究所提出之天線 A 之幾何結構圖。本設計天線經過反覆修正天線的幾何結構參數及模擬分析各不同天線結構參數所對應之天線電磁輻射特性，最後得到一組具理想輻射特性之天線結構參數，其詳述如下：此天線主體印製在介電係數( $\epsilon_r$ )為 4.4，介質厚板( $h$ )為 0.8mm 之 FR4 玻璃纖維微基材上；天線基材外型尺寸選擇 28 mm(L) $\times$ 30 mm(W)，此一長、寬尺寸約為本設計之低頻段目標頻率 2.45 GHz 波長的 0.23~0.25 倍；基材下方靠近中間底部的位置印製一大小為寬度( $W_1$ )=1.78 mm 長度( $L_1$ )=16 mm 的微帶線，作為天線之信號饋入用；而基材上方則作為天線之接地面，並在此接地面上鑿有一個方形槽孔及位於此方形槽孔內的兩個尺寸及外形完全一樣之 S 形狀槽孔，每一 S 形狀槽孔的尺寸選擇為： $S_1=5.362$  mm、 $S_2=1.58$  mm、 $S_3=1.89$  mm、 $S_4=5.056$  mm、 $S_5=3.78$  mm、 $S_6=6.95$  mm、 $L_2=10.25$  mm、 $W_2=1.845$  mm。且 S 形狀槽孔最長的邊與水平成 35.69° 向上傾斜；而包圍兩 S 形槽孔之方形槽孔與接地面之邊緣距離分別為  $s=1$  mm， $d=4$  mm，方形槽孔的尺寸則為： $L_1=13.9$ mm； $L_2=1.8$ mm； $W_1=28$ mm； $W_2=2$ mm。



圖一、天線 A 之幾何結構圖

此天線之模擬所得和實體量測所得之回歸損耗值對頻率之響應曲線分析結果如圖二所示。從模擬結果可以看到天線在頻率為 2.45 GHz、4.69 GHz 及 5.75 GHz 皆產生回歸損耗值低於 -10 dB 之阻抗諧振頻段，而各頻段所對應之頻率分佈範圍則分別為：2.39~2.52 GHz、4.56~4.79 GHz 及 5.62~5.88 GHz，為一具三頻操作特性之天線設計。而由天線實體實驗量測結果意顯現本設計具三頻諧振特性，諧振頻率位於 2.15 GHz、4.48 GHz 及 5.65 GHz，所對應之 -10 dB 阻抗諧振頻率範圍則分別為 2.11~2.19 GHz、4.27~4.59 GHz 及 5.49~5.75 GHz。而由模擬與量測結果可看出，在最佳諧振頻率落點上，約有 12% 以下的誤差。除此，由天線 A 的實驗過程中可以發現，天線諧振頻率之大小與 S 型槽孔之長度有相當程度之關係，增加 S 型槽孔

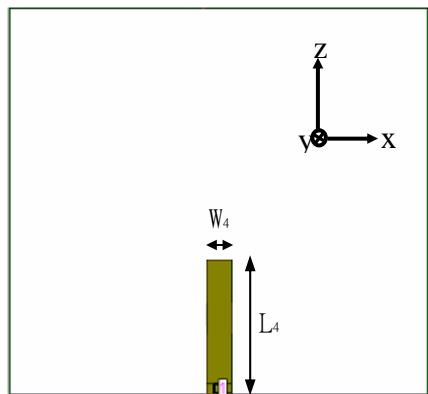
之長度，將使天線的表面電流路徑增長，進而使諧振頻率往低頻移動，因此，適當調整 S 型耦合槽孔的長度和寬度，電磁能量便能夠從微帶線耦合到天線槽孔式接地面上，並且經由微調槽孔位置，就可以獲得良好的天線阻抗匹配。據此，因本研究的設計目標為以可應用於 2.4/5.2 GHz 無線區域網路之雙頻天線為主，而以目前所得之天線 A 而言，由圖二可明顯的看出，其提供之第一及第三頻段並無法涵蓋無線區域網路 2.4/5.2 GHz 系統應用所需之頻率範圍，且其在 4.69 GHz 亦存在一可操作頻段，然此頻段並不在規劃目標或 IEEE 規範適合使用之頻段中。因此，此天線之結構尚須加以改良以求設計出一具雙頻操作，且頻段適用於無線區域網路 2.4/5.2 GHz 系統之天線。



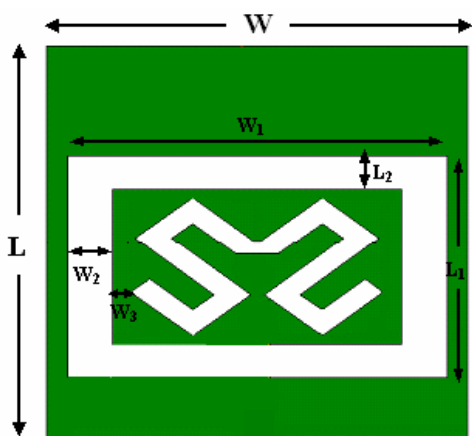
圖二、天線 A 之模擬與量測所得之回歸損耗值對頻率之響應曲線圖

圖三天線 B 為修正天線 A 後得到之具雙頻操作功能之最佳天線結構圖。此天線之結構參數在外型尺寸上亦保持為 28 mm(L)×30 mm(W)，而兩個尺寸及外形完全一樣之 S 形狀彎曲槽孔的尺寸亦保持不變，但將具 S 型槽孔之方形輻射金屬片及接地面分隔所使用之方型槽孔的尺寸修正為： $L_1=15.9$  mm、 $L_2=2.4$  mm、 $W_1=26.98$  mm 及  $W_2=3.19$  mm。除此，天線 B 與天線 A 之最大差異在於把原為分開之雙 S 型槽孔，現以尺寸為 0.49 mm× 0.92 mm 的細長槽孔將上端最接近處連接起來。此一結構修正之主要效能在於可除去原來因各自獨立之雙 S 型槽孔所產生的第二頻段(即天線 A 中之 4.69 GHz 頻段)的電流路徑，使天線 B 達到雙頻的結果，並可增長有效電流路徑，使原在天線 A 中之第一及第三頻段往

較低頻率方向移動。



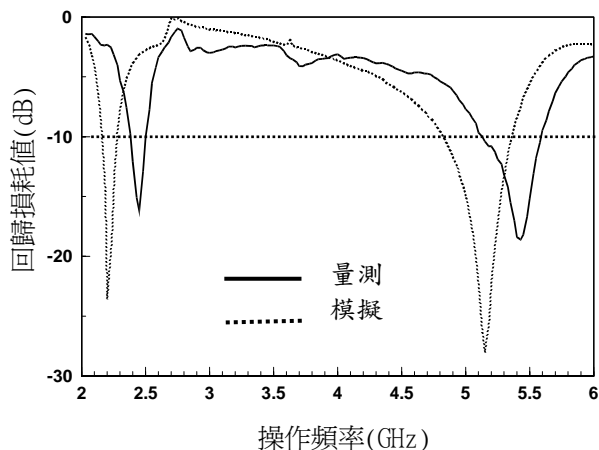
<a> 基材下層之微帶饋入



<b> 基材上層之具方形及相互連接之雙 S 形槽孔的天線接地面

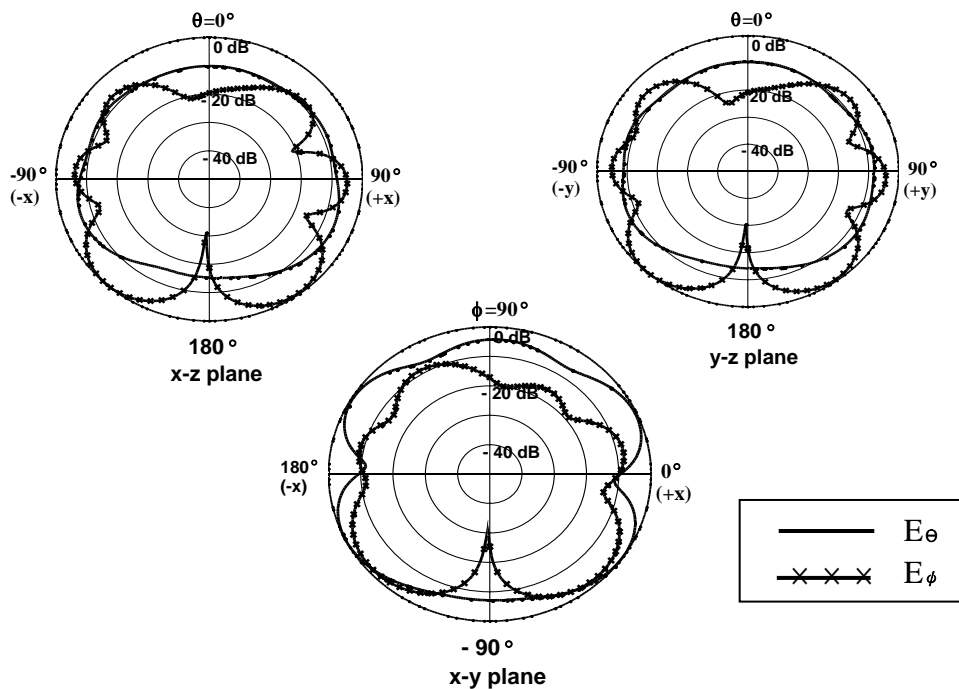
圖三、天線 B 之幾何結構圖

圖四為將天線 B 實體完成後，實際量測得到之回歸損耗比值與模擬所得數據之比較。天線 B 的實際量測結果其-10 dB 阻抗匹配有效頻帶範圍為 2.38~2.49 GHz 和 5.13~5.59 GHz，所對應的最佳諧振頻率分別為 2.43 GHz 和 5.42 GHz，而其頻寬分別為 110 MHz 和 460 MHz 或對應最佳諧振頻率為 5 % 和 8 % 之百分比頻寬。雖然量測結果與模擬分析結果在最佳諧振頻率的位置上，低頻段(模擬為 2.2 GHz，量測為 2.43 GHz)約有 9 % 的誤差；高頻段(模擬為 5.15 GHz，量測為 5.42 GHz)約有 5 % 的誤差，但實際量測結果顯示，天線 B 之兩個可使用頻帶範圍都符合 IEEE 無線區域網路 2.4/5.2 GHz 雙頻操作時所需之頻帶規範。

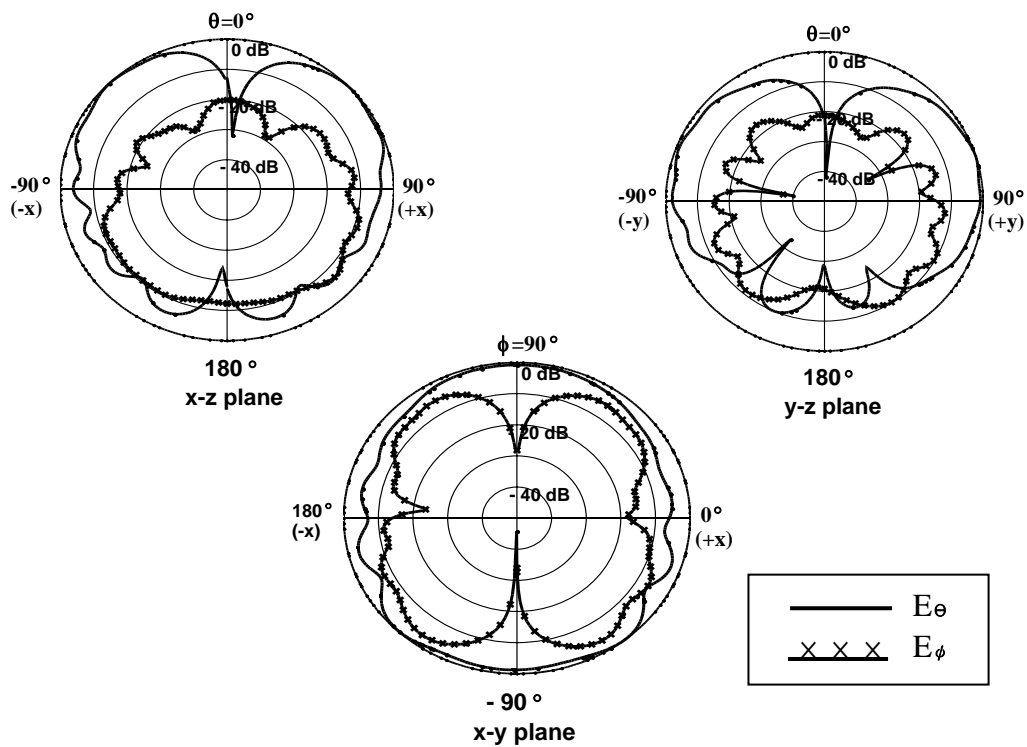


圖四、天線 B 之實際量測與模擬所得之回歸損耗值對頻率之響應曲線圖

圖五及圖六分別為天線 B 在 2.43 GHz 和 5.42 GHz 操作時所量得之電場平面(E-平面，包含 x-z 及 y-z 平面)及磁場平面(H-平面，包含 x-y 平面)的輻射場型圖。由兩圖可看出，由於天線結構之對稱性，所展現之場型亦具對稱性；而由圖六亦可看出，在低頻段(2.43 GHz)操作時 E-平面及 H-平面的主極化(co-polarization)及交叉極化(cross-polarization)大小較為接近，而 H-平面則為類似全向性的場型。而圖六則顯示，在高頻段(5.42 GHz)操作時交叉極化(cross-polarization)大小則比主極化(co-polarization)大小要小很多，而且由圖六可以看出在主要輻射方向的主極化與交叉極化的大小差值都在-10 dB 以上，呈現了較佳之線

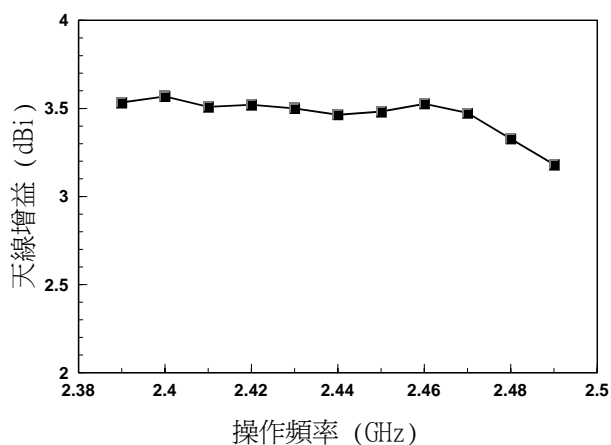


圖五、天線 B 在低頻段操作頻率  $f = 2.43\text{GHz}$  時量測得到的輻射場型

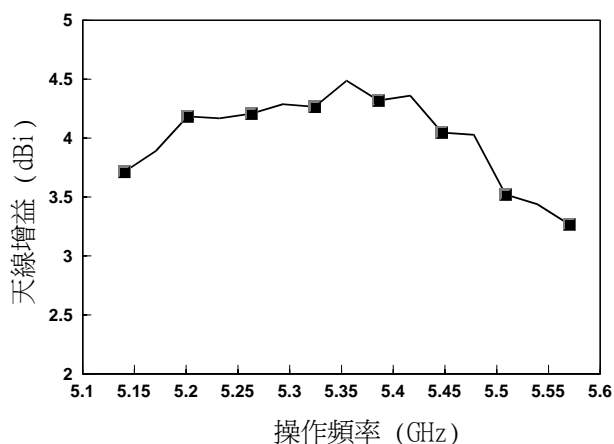


圖六、天線 B 在高頻段操作頻率  $f = 5.42\text{GHz}$  時量測得到的輻射場型

性極化特性；而 H-平面亦顯示類似全向性的輻射場型。而天線增益部份則展現於圖七、八。圖七為量測得到之天線 B 在低頻段(2.43 GHz)內對應不同操作頻率時的天線增益(antenna gain)分佈情形，頻帶內的增益範圍約在 3.2 ~ 3.6 dBi；圖八則為量測得到之天線 B 在高頻段(5.42 GHz)內對應不同操作頻率時的天線增益(antenna gain)分佈情形，頻帶內的增益範圍約在 3.3 ~ 4.5 dBi，最高可以達到 4.5 dBi，增益越高表示越可以將無線電波訊號傳的更遠。因此，可由上述各種輻射特性，可知天線可以有效地被應用在雙頻的無線區域網路上。



圖七、天線 B 在 2.43 GHz 頻帶內量測得到的天線增益對頻率變化之響應圖



圖八、天線 B 在 5.42 GHz 頻帶內量測得到的天線增益對頻率變化之響應圖

## 參、結論

本專題所設計的天線結構，以 FR-4 基板為天線基材，在接地面上蝕刻一個封閉的矩形槽孔和一組雙 S 型槽孔，利用此兩槽孔與微帶線饋入之信號作電磁耦合以產生雙頻操作之目的，並藉由調整 S 型槽孔及方型槽孔的大小，來有效控制諧振頻率點的落點，最後得到一尺寸小、平面式、結構簡單及可操作頻段含蓋 2.38~2.49 GHz 和 5.13~5.59 GHz，天線增益最高可達 4.5 dBi，適合無線區域網路 2.4/5.2 GHz 雙頻通訊系統使用之天線設計。

## 肆、誌謝

本研究蒙行政院國科會工程處電信學門在合約 NSC 94-2815-C-150-036-E 下所提供之大專學生專題研究計畫經費補助，使得本研究得以順利完成，特於致謝。

## 參考文獻

1. Liu, Y. T., "Wideband stubby monopole antenna for mobile phone," *Electron. Lett.*, vol.42, No.7, pp.385-387, 2006.
2. Cho, Y. J., Shin, Y. S., and Park, S. O., "Internal PIFA for 2.4/5 GHz WLAN applications," *Electron. Lett.*, vol. 42, No.1, pp.8-10, 2006.
3. Huang C. F. and Chiu C. H., "A WLAN-used helical antenna fully integrated with the PCMCIA carrier," *IEEE Trans. Antennas Propag.* Vol.53, No.12, pp.4164 - 4168, 2005.
4. Kuo, Y. L., and Wong, K. L., "Print double-T Monopole Antenna for 2.4/ 5.2 GHz dual-Band WLAN operations," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol.51, pp.2187- 2192, 2003.
5. Sanad, M., "Microstrip antennas on very small ground planes for portable communication system," *IEEE/AP-S Int. Symp. Dig.*, pp.810-813, 1994.
6. Suh, Y. H., and Chang, K., "Low cost microstrip-fed dual frequency printed dipole antenna for wireless

- communications,” *Electron. Lett.*, vol.36, pp.1177-1179, 2000.
7. Su, C., Chen, H. T., and Wong, K. L., “Printed dual-band dipole antenna with U-slot arms for 2.4/5.2GHz WLAN operation,” *Electron. Lett.*, vol.38, pp.1308-1309, 2002.
  8. Ali, M., Okoniewski, M., Strchly, M. A., and Struchly, S. S., “A dual-frequency strip-sleeve monopole antenna for a laptop computer,” *IEEE/AP-S Int. Symp. Dig.*, pp.794-797, 1998.
  9. F. Te. Ku., and Yamahita, E., “Double-sided printed strip antenna for frequency operation,” *IEEE Int. Antennas Propag. Symp.*, vol.1, pp.50-53, 1996.
  10. Jan, J. Y., and Tseng, L. C., “Planar monopole antennas for 2.4/5.2GHz dual-band application,” *Electron. Lett.*, pp.158-161, 2003.
  11. IE3D Electromagnetic Simulation Package, Zeland Software, Inc.

# Design of Double S-shaped Slotted Antenna for Dual-band of WLAN Application

Wen-Chung Liu<sup>1</sup>      Wei-Hsuan Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Aeronautical Engineering, National Formosa University

<sup>2</sup>Department of Aeronautical Engineering, National Formosa University

## Abstract

This research presents a design of a dual-band stripline-fed slotted antenna for WLAN application. The proposed antenna is etched on an FR4 substrate with a stripline on its one side for feeding the antenna as well as a slotted ground plane, which has a rectangle and two S-shaped slots, on its another side. From the electromagnetic coupling effect between the feeding line and the slotted ground plane, different resonant modes can be excited. Finally, a designed prototype with dual-mode resonance at 2.43 and 5.42 GHz, which are ranged from 2.38 to 2.49 GHz and from 5.13 to 5.59 GHz, respectively, and peak antenna gain of about 3.2~3.6 dBi and 3.3~4.5 dBi, respectively, across the two operating bands, has been obtained. In addition to the description of design technique, the constructed prototypes are also tested and compared with the simulation results, including return loss, radiation patterns and antenna gains.

**Keywords:** WLAN 、 Dual-band 、 Slot 、 Printed antenna