行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用於短距高速通訊的整合式 UWB 手機天線設計及其特性探討
研究成果報告(精簡版)

計 畫 類 別 ：個別型
計 畫 編 號 ：NSC 96-2221-E-032-002-
執 行 期 間 ：96 年 08 月 01 日至 97 年 07 月 31 日
執 行 單 位 ：淡江大學電機工程學系

計 畫 主 持 人：李慶烈

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：凌雅寬
碩士班研究生-兼任助理人員：溫俊峰
碩士班研究生-兼任助理人員：崔逢睿
碩士班研究生-兼任助理人員：涂志明
博士班研究生-兼任助理人員：黃中信

報 告 附 件 ：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處 理 方 式 ：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1 年後可公開查詢

中 華 民 國 97 年 11 月 11 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

應用於短距高速通訊的整合式 UWB 手機天線設計及其特性探討

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：96-2221-E-032-002-
執行期間：96 年 08 月 01 日至 97 年 07 月 31 日
計畫主持人：李慶烈
成果報告類型：精簡報告
執行單位：淡江大學電機工程學系

中華民國 97 年 10 月 30 日

計畫成果自評

一、與原計畫相符程度：

本研究原計畫擬對短距高速通訊的整合式 UWB 手機天線設計，計畫成果則設計出一具有頻帶凹陷(Band-Notched)特性的縮小型超寬頻(UWB)單極天線，並將 Band-Notched Miniature 天線與數種不同尺寸接地面整合，以模擬當天線與不同尺寸的手機電路板整合後所產生的效應，與原計畫內容相當符合。

二、研究成果之學術或應用價值、

本研究在 Miniature 型天線中金屬單極貼片上引進一細槽孔(slot)，使 S_{11} 參數特性在 5G~6GHz 的頻帶內產生帶拒作用，以避免干擾現有 WLAN 無線通訊系統。另外，由於天線單極貼片的寬度只有 11mm、長度則為 19.7mm，易與電路整合，整合後的頻寬涵蓋範圍從 1.9GHz~10.6GHz，相當良好且重要的特性，本研究並將 Band-Notched Miniature 天線與數種不同尺寸接地面整合，模擬結果顯示對於各種尺寸的接地面，Band-Notched Miniature 天線皆可維持原先設計的特性，因此本天線的實用價值頗高。

應用於短距高速通訊的整合式 UWB 手機天線設計及其特性探討

計畫主持人：李慶烈
執行單位：淡江大學電機工程研究所
Department of Electrical Engineering Tamkang University
Tamsui, Taipei Hsien, Taiwan 25137
E-mail:li@ee.tku.edu.tw

摘要：本研究致力於設計一具有頻帶凹陷特性的縮小型超寬頻(UWB)單極天線，採用厚 0.75mm 的 FR4 基板（相對介電係數為 4.4）為承載，使用商業電磁模擬軟體 IE3D™ 進行模擬，並將結果和實驗相驗證。本研究針對文獻[1]的 Miniature 型天線進行改良以形成一新型 Band-Notched Miniature 天線，在實際應用上，為了避免干擾現有 WLAN 無線通訊系統，本研究在 Miniature 型天線中金屬單極貼片上引進一細槽孔 (slot)，使 S_{11} 參數特性在 5G~6GHz 的頻帶內產生帶拒作用。另外，由於天線單極貼片的寬度只有 11mm、長度則為 19.7mm，易與電路整合，本研究亦探究將 Band-Notched Miniature 天線與數種不同尺寸接地面整合的情況，以模擬當天線與不同尺寸的手機電路板整合後所產生的效應。模擬結果顯示對於各種尺寸的接地面，Band-Notched Miniature 天線皆可維持原先設計的特性，因此本天線的實用價值頗高。

Keywords: meander antenna; UWB antenna; multi-layered **structure**

一、簡介

本研究的目的在探討適用於超寬頻(UWB)頻帶且具有頻帶凹陷特性的縮小型單極天線的設計。文獻上，前人探討超寬頻（UWB）天線的焦點多侷限於 S_{11} 或輻射場型上，同時考慮寬頻、縮小化及與電路板整合的探討目前並不多，目前有關縮小化的論文有利用捲筒式[2]或雙臂捲式單極[3]來達到縮小化的目的。至於過去在設計正方形單極天線時若要使 S_{11} 的頻寬變大，採取的方式有：（1）用 shorting port [4]、（2）用 trapezoidal 結構[5,6]、（3）用斜切（trimming）形成五角形[4,7]、（4）用六角形[8]、（5）用圓形 monopole[9]、（6）用橢圓[10-11]、（7）用雙饋入[12]、（8）其他形狀的疊加[11, 13]，而輻射場型方面則有：（1）用雙饋入來減少水平電流[7]、（2）用正交的 plate 來提高對稱性 [13]。以上皆屬三維結構（準 2 維）的半平面式寬頻單極（monopole），因為接地面為無窮大且與單極輻射體垂直，實際仍為三維天線結構，只是單極本身為平面而已，真正全平面二維的共平面或微帶激發的寬頻平面單極天線的研究正方興未艾[14-18]。

目前有關全平面式超寬頻（UWB）單極天線的專利並不多，有單極貼片的外圍環繞一金屬接地面的結構[19]，也有用 trapezoidal 單極結構，並在單極貼片引進一字形細槽縫來達成凹陷設計[20]，也有用非均勻間隙的設計概念，以引入隨頻率而變的電容效應，完成超寬頻單極天線的設計。

本研究針對 Miniature 型天線加以設計，Miniature 型天線設計原理是將一簡單長方形單極 UWB 天線的 Feeding gap 處之上下緣部份切割，由許多寬度為 1mm 之長方形來取代，以進行最佳化設計的結果[1]。藉由非均勻間隙的設計概念，以引入隨頻率而變的電容效應，進而達到寬頻匹配的目的。又由於 UWB 頻帶涵蓋 3.1~10.6GHz，其中 5~6GHz 的頻帶內包含了其他的無線通訊用頻。為了避免 UWB 手機實際與 PC 之間進行無線傳輸時會干擾現有的無線區域網路(WLAN)應用，例如: IEEE 802.11a 以及 HiperLAN/2，本研究乃針對 Miniature 型天線加以改良以形成 Band-Notched Miniature 型天線，在其金屬單極貼片中設計一簡單的細長槽孔，並適當控制槽孔長度，使其 S_{11} 在 WLAN 的頻帶內產生凹陷(notch)的特性，以降低 UWB 天線在 5~6GHz 頻帶的輸出訊號強度，進而降低 UWB 手機天線對 WLAN 系統的電磁干擾。

由於 Band-Notched Miniature 型天線的單極貼片寬度只有 11mm、長度則為 19.7mm，易與其他電路整合，故就天線與手機整合的部份，吾人針對 Miniature 型天線及 Band-Notched Miniature 型天線，改變其接地面的尺寸（10cm*6cm~6cm*4cm），以模擬當天線實際與各尺寸的手機整合後所產生的效應。模擬結果顯示，對於各種尺寸的接地面，兩種天線皆可維持原先設計的特性。

另外，當接地面尺寸加大時，Miniature 型天線及 Band-Notched Miniature 型天線的頻寬之低頻部份可由 3.1GHz 延伸至 1.9GHz 左右，亦即，其頻寬亦會隨之加寬，故當 Band-Notched Miniature 型天線實際與接地面尺寸為(10cm* 6cm)的手機整合時，此天線的用途將非常廣泛，實用價值頗高。

二、設計原理分析

2.1天線接地面和金屬貼片的結構參數對 S_{11} 影響的比較及分析

本研究針對如圖 1 所示的 Miniature 型天線從事進一步的分析設計，Miniature 型天線設計原理是將一簡單長方形單極 UWB 天線的 Feeding gap 處之上下緣部份切割，由許多寬度為 1mm 之長方形來取代，以進一步最佳化的設計結果[1]。藉由非均勻間隙的設計概念，以引入隨頻率而變的電容效應，進而達到寬頻匹配的目的，其 S_{11} 參數特性如圖 2 所示。本研究則進一步在 Miniature 型天線的金屬單極貼片中設計一如圖 3 所示的細槽孔，使其 S_{11} 在 WLAN 的頻帶內產生帶拒的特性，以減少

UWB 天線在 5~6GHz 頻帶所輸出的訊號，進而降低對於 WLAN 無線傳輸的電磁干擾。吾人並探討細槽孔的 S_f 參數大小對於反射係數 S_{11} 的影響，其結果如圖 4 所示，其中包括細槽孔的 S_f 參數為 2.5mm,3mm 及 3.5mm 的情況，以及無細槽孔的 miniature 型天線例。

由圖 4，吾人可明顯看出 miniature 型天線的 S_{11} 特性，在加了細槽孔之後有明顯的差別，有加細槽孔的結構可在特定頻帶內可產生帶拒的特性，而其帶拒的頻率點是由槽孔的總長度所決定。另外，由圖 4 可看出當 S_f 值越大，也就是槽孔的總長度越長時，其帶拒的頻率點會往低頻移動。透過這樣的設計技巧，吾人可輕易調整帶拒處的頻率點，將其控制在 5~6GHz 的頻帶之間，以降低 UWB 手機天線對 WLAN 系統的電磁干擾。

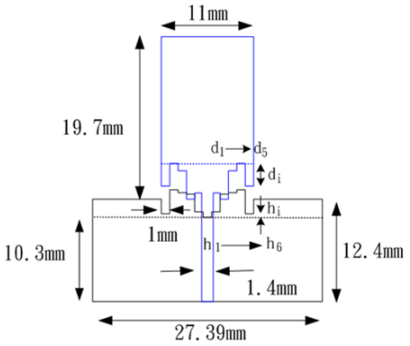


圖 1、Miniature 型天線的結構

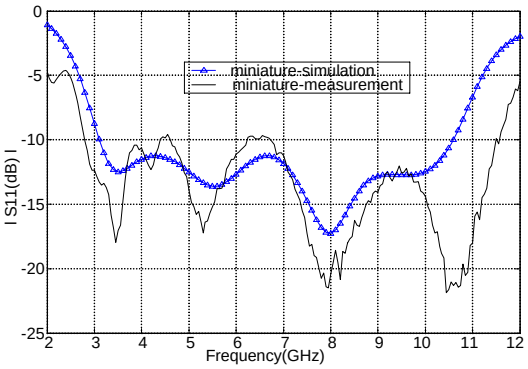


圖 2、Miniature 型天線的模擬$|S_{11}|$及實測的比較圖

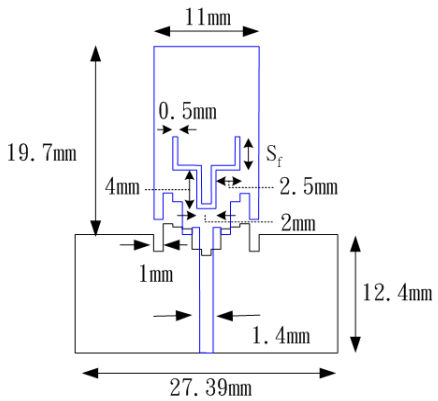


圖 3、Band-Notched Miniature 型天線的結構圖

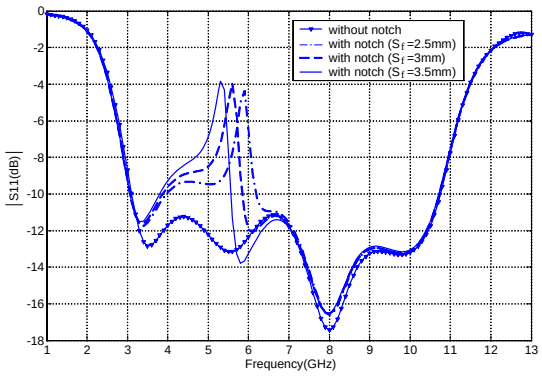


圖 4、 Miniature 型天線的$|S_{11}|$模擬值及 Band-Notched Miniature 型天線的$|S_{11}|$模擬值之比較 （改變 S_f 參數大小）

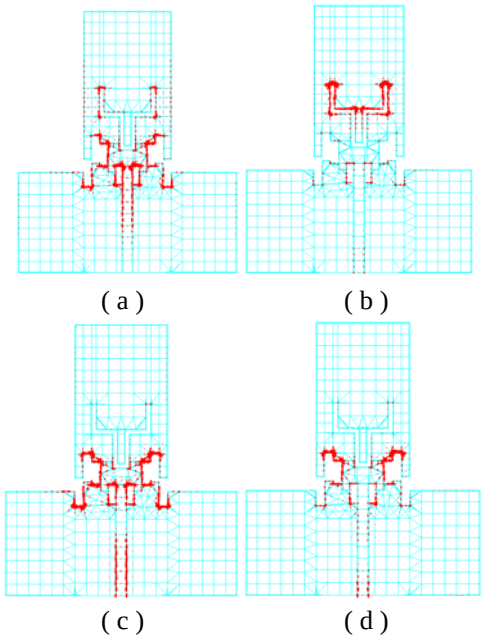


圖 5、Band-Notched Miniature 型天線的電流分佈：(a)3GHz (b)5.5GHz (c)7GHz (d)10GHz.

為了進一步說明細槽孔在 Miniature 型 UWB 天線結構中所扮演的角色，吾人模擬了 Band-Notched Miniature 型天線在各頻率的電流分佈，如圖 5 所示。由圖 5 的比較得知：Band-Notched Miniature 型天線在頻率 5.5GHz 時，電流分佈幾乎集中於槽孔的結構中，因此該長度的槽孔結構所對應的共振頻率大約在 5.5GHz 左右，此顯示細槽孔結構在 UWB 天線中扮演了類似帶拒（5~6GHz）濾波器 (Band Rejection Filter-BRF)的角色。

以上的設計過程只探討 UWB 天線元件本身的頻寬匹配、縮小化及頻帶凹陷的設計，尚未考量 UWB 天線與實際手機整合後的效應，底下，吾人將針對 Miniature 型天線及 Band-Notched Miniature 型天線，適當改變其接地面的尺寸，以探討當天線與各尺寸的手機實際整合後所產生的效應。

吾人針對 Miniature 型天線以及 S_f 值為 3.5mm 的 Band-Notched Miniature 型天線，將其接地面尺寸改成長度為 10cm 且寬度為 6cm，以模擬該天線

與一個 PDA 或手機大小的電路板整合時對 UWB 天線所產生的效應，其結構分別如圖 6 及圖 8 所示，其模擬及實測的 S_{11} 特性則如圖 7 及圖 9 所示，在 UWB 的頻帶內 S_{11} 皆遠小於-10dB

圖 6、接地面尺寸為(10cm* 6cm)的 Miniature 型天線的實體圖

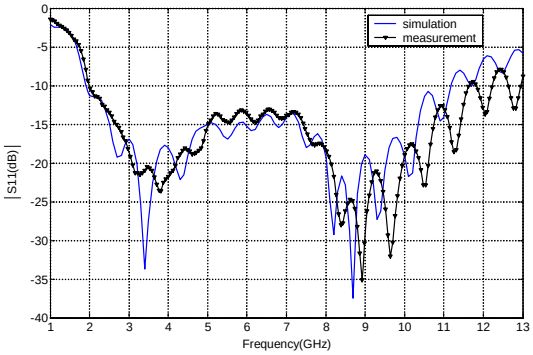


圖 7、接地面尺寸為(10cm* 6cm)的 Miniature 型天線的$|S_{11}|$模擬及實測之比較圖

圖 8、接地面尺寸為(10cm* 6cm)的 Band-Notched Miniature 型的天線結構及實體圖

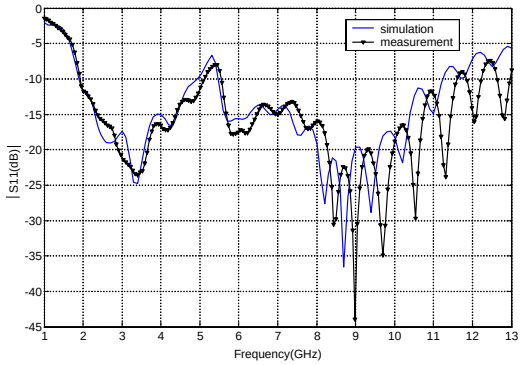


圖 9、接地面尺寸為(10cm* 6cm)的 Band-Notched Miniature 型天線的$|S_{11}|$模擬

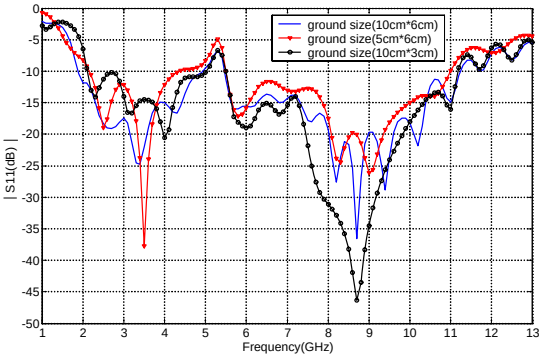


圖 10、Band-Notched Miniature 型天線的$|S_{11}|$模擬比較圖：接地面尺寸為(10cm* 6cm)、(5cm*6cm)及(10cm* 3cm)

圖 7 及圖 9 顯示模擬與實測的結果相當具有一致性。再由圖 2 與圖 7 及圖 4 與圖 9 的比較後得知：當接地面尺寸加大時，其頻寬亦會隨之加寬，尤其 Band-Notched Miniature 型天線，其頻寬的低頻部份可延伸至 1.9GHz 左右，故當 Band-Notched Miniature 型天線實際使用在接地面尺寸為 10cm* 6cm 的手機時，不僅可將其應用於短距離的無線傳輸技術上（例如：藍芽（Bluetooth）的 2.45GHz 頻段以及超寬頻（UWB）的 3.1GHz ~ 10.6GHz 頻段），亦可應用在長距離的無線傳輸技術上，例如：數位式低功率無線電話（PHS）的 1.9GHz 頻段以及第三代（3G）行動通信的 2.1GHz 頻段上。故當 Band-Notched Miniature 型天線實際與接地面尺寸為（10cm* 6cm）的手機整合時，其天線用途將非常廣泛，實用價值頗高。另外，圖 7 及圖 9 亦顯示：無論是模擬或實測的結果，在較高頻的 S_{11} 皆呈現多次的振盪現象，相較之前的圖 2 及圖 4，較小接地面結構的 S_{11} 在高頻則沒有產生振盪現象。

為了進一步探討圖 7 及圖 9 中的振盪現象之成因，吾人將 Band-Notched Miniature 型天線（接地面尺寸原為 10cm* 6cm）的接地面長度及寬度各裁去一半以進行模擬分析，其結果如圖 10 所示。由圖 10 可看出，當天線接地面長度縮減一半時，在高頻的振盪次數會減少，振盪效應也較趨近緩和，由此得知當天線接地面的長度增長時，會產生較多的振盪效應。簡單的結論是：當接地面尺寸加大

時，其頻寬亦會隨之增加，但在高頻的地方產生振盪現象，但天線依舊保有原先 UWB 及 Band-Notched 的特性。

三、天線輻射場型之模擬及量測

圖 11 及圖 12 所示為 Band-Notched Miniature 型(接地面尺寸為(10cm* 6cm)) 天線的 E-plane（x-z 平面）及 H-plane 輻射場型實測結果，其中 E-plane 為 x-z 平面（broadside）及 y-z 平面，H-plane 為 x-y 平面。由圖 12 可知，其 H-plane 輻射場型在 4~7 GHz 中為全方向性，在 3GHz 及 8GHz 也趨近於全向性，在 9~10GHz 則因高階模態的產生致使輻射場型有明顯的變化。由本研究及文獻[1]中的 Miniature 型天線之輻射場型相互比較得知：將天線接地面尺寸加大對於天線的輻射場型影響不大，引進細槽孔對於天線的輻射場型影響亦不大。由圖 11 可知，其 E-plane 輻射場型在 3~7 GHz 和簡單偶極（dipole）天線的輻射場型類似，在 8~10GHz 則因高階模態的產生致使輻射場型有明顯的變化。

圖 13 為此 Band-Notched Miniature 型天線在 H-plane 的最高增益（peak gain）隨頻率變化圖，由圖 13 可看出在 5.2GHz 帶拒處的最大增益值明顯減小，再次證明透過在金屬單極貼片中設計一細槽孔，並適當控制槽孔長度，可將 UWB 天線在 WLAN 的頻帶內產生凹陷特性，以減少 UWB 天線在此頻帶的輸出的訊號強度，進而降低對於 WLAN 系統的電磁干擾。另外，由圖 11 的 E-plane 輻射場型可知，在 E-plane 的最高增益（peak gain）將會比 H-plane 要大，表 1 為實測最高增益及平均增益值隨頻率變化的列表，其最高增益值可達 7.2dBi 左右（at 8GHz），惟若考量平均增益值，其最高數值則為-1.802dBi（at 3GHz）。

四、 結論

本研究探討具有頻帶凹陷特性的縮小型超寬頻(UWB)單極天線的設計，採用厚 0.75mm 的 FR4 基板（相對介電係數為 4.4）為承載，使用商業電磁模擬軟體 IE3D^{TM} 進行模擬，並將結果和實驗相驗證。本研究針對文獻[1]的 Miniature 型天線進行改良，以形成 Band-Notched Miniature 型天線，藉由在金屬單極貼片中設計一簡單的細槽孔結構，並且適當控制槽孔長度，即可改良一 Miniature 型的 UWB 天線，使其 S_{11} 在 WLAN 無線通訊系統的頻帶內（5~6GHz）產生帶拒特性，以減少此一新型 Band-Notched Miniature 天線在此頻帶的輸出訊號強度，以達到降低對 WLAN 系統電磁干擾的目的。由於天線單極面的寬度只有 11mm、長度則為 19.7mm，易與其他電路整合，本研究亦進行 UWB 天線與手機整合後的效應探討，探討改變天線接地面尺寸的各種情況，得知：Band-Notched Miniature 型天線可適用於各種尺寸的手機，且可保有原先設計的 S_{11} 特性。加上輻射場型的量測顯示：其 H-plane 輻射場型在 4~7 GHz 中為全方向性，在 3GHz 及 8GHz 也趨近於全向性，因此相當具有實用性。未來的研究可增加對於天線饋入方式的探討，使本研究在探討與其他電路整合的部份更加完善。

參考文獻

[1] 賴辰衡，超寬頻平面單極天線的縮小化設計，碩士論文，淡江大學電機工程學系，2005 年 6 月

[2] Zhi Ning Chen, “Novel Bi-Arm Rolled Monopole for UWB Applications” IEEE Transactions on antennas and propagation, vol.53 , no.2 February2005

[3] Zhi Ning Chen, “Broadband roll monopole” IEEE Transactions on antennas and propagation, vol.51 , no.11, Novermber 2003

[4] M.J. Ammann, “The pentagonal planar monopole for digital mobile terminal; bandwidth considerations and modeling”, Antennas and Propagation, 2001, 11th International Conference on(IEE Conf. Publ. No. 480), Volume: 1, 17-20 April 2001 Page(s): 82-85. vol.1

[5] J.A. Evans, M.J. Ammann, “Planar trapezoidal and pentagonal monopoles with impedance bandwidths in excess of 10:1”, Antennas and Propagation Society, 1999. IEEE International Symposium 1999, Volume: 3, 11-16 July 1999 Page(s): 1558-1561

[6] Z.N. Chen, “Impedance Characteristics of Trapezoidal Planar Monopole Antennas”, Microwave and Optical Technology Letters, 2000, 27, (2), 120-122

[7] M.J. ammann, Zhi Ning Chen, “Wideband monopole antennas for multi-band wireless systems”, Antennas and Propagation Magazine, IEEE, Volume: 45 Issue: 2, April 2003 Page(s): 146-150

[8] G. Kumar, K. P. Ray, Broadband Microstrip Antennas, Artech House, Boston, 2003

[9] M. Hammoud, P. Poey, F. Colombel, “Matching the input impedance of a broadband disc monopole“, Electronics Letters, Volume: 29 Issue: 4, 18 Feb. 1993 Page(s): 406-407.

[10] N. P. Agrawall, G. Kumar, K. P. Ray, “Wide-band planar monopole antennas”, Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, Volume: 46 Issue: 2, Feb 1998 Page(s): 294-295

[11] L. Desclos, M. Madihian, J. M. Floch, T. Ohsawa, “1.6-6 GHz optimized antennas for indoor wireless LAN applications”, Wireless Applications Digest, 1997, IEEE MTT-S Symposium on Technologies for, 23-26 Feb. 1997 Page(s): 39-42

[12] E. Antonino-Daviu, M. Cabedo-Fabres, M. Ferrando-Bataller, A. Valero-Nogueira, “Wideband double-fed planar monopole antennas”, Electronics Letters, Volume: 39 Issue: 23, 13 Nov. 2003 Page(s): 1635-1636

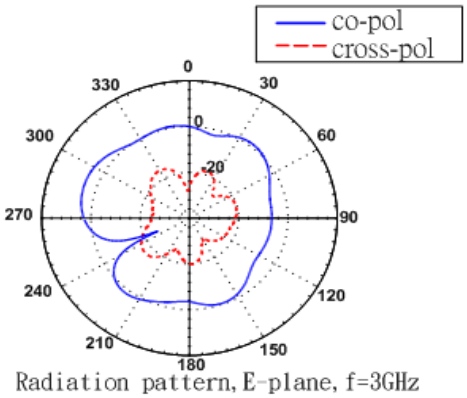
[13] P. V. Anob, K. P. Ray, G. Kumar, “Wideband orthogonal square monopole antennas with semi-circular base”, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2001 IEEE, Volume: 3, 8-13 July 2001 Page(s): 294-297 vol.3

[14] Kin-Lu Wong, Yi-Fang Lin, “Stripline-fed printed triangular monopole”, Electronics Letters, Volume: 33 Issue: 17, 14 Aug. 1997 Page(s): 1428-1429

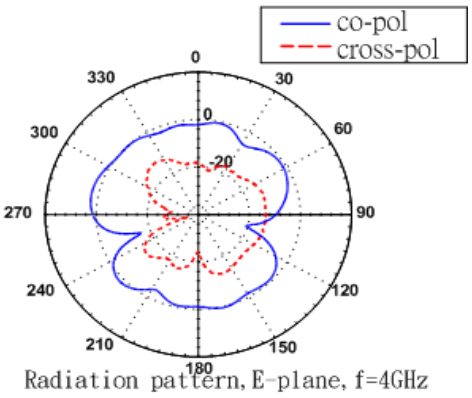
[15] J. M. Johnson, Y. Rahmat-Samii, “The tab monopole”, Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, Volume: 45 Issue: 1, Jan. 1997 Page(s): 187-188

[16] J. M. Johnson, Y. Rahmat-Samii, “Wideband tab monopole antenna array for wireless adaptive and mobile information systems application”, Antennas

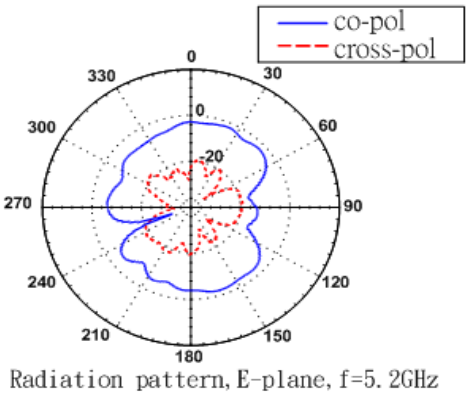
and Propagation Society International Symposium, 1996. AP-S. Digest, Volume: 1, 21-26 July 1996 Page(s): 718-721 Vol. 1
[17] 林鼎富，印刷式超寬頻天線，碩士論文, 國立交通大學電信工程學系，2003 年 6 月
[18] 施廷諺，超寬頻單極微帶天線，專題報告, 淡江大學電機工程學系，2003 年 11 月
[19] John W. McCorkle, "Electrically small planar UWB antenna apparatus and related system", U.S. Patent No. 6,914,573, Issued 5 July 2005
[20] Jong-Kweon Park et al., "Trapezoid ultra wide band patch antenna," U.S. Patent No. 7,042,401, Issued 9 May 2006.
[21] Ching-Lieh Li et al., “A Novel Miniature Planar Ultra Wide Band Monopole Antenna”, (U.S. Patent pending)
[22] 黃中信，應用TRL校正概念於FR4印刷電路基板材料的寬頻電性量測，台灣電路板協會95年度「PCB優秀論文獎」參賽論文，淡江大學電機工程學系，2006年7月
[23] IE3D 7.0, Zeland Software, Inc., Fremont, CA, 2000
[24] D. K. Cheng, Field and Wave Electromagnetics, Second Edition, Addison Wesley, 1989
[25] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka, Antennas For All Applications, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 2002
[26] T. Taniguchi and T. Kobayashi, “An Omnidirectional and Low-VSWR Antenna for the FCC-Approved UWB Frequency Band”, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2003. IEEE, Volume: 3,June 22-27, 2003, pp.460-463



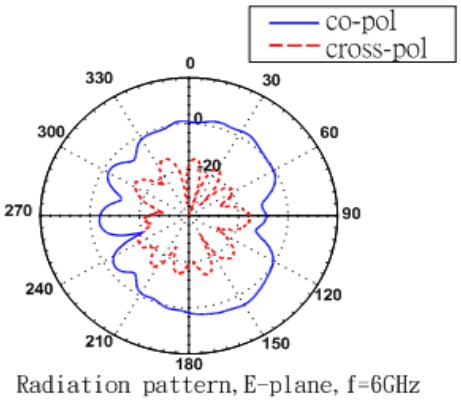
Radiation pattern, E-plane, f=3GHz



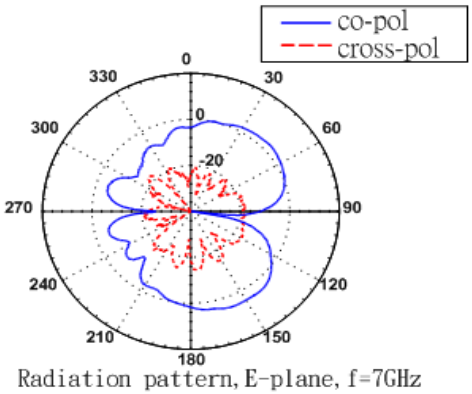
Radiation pattern, E-plane, f=4GHz



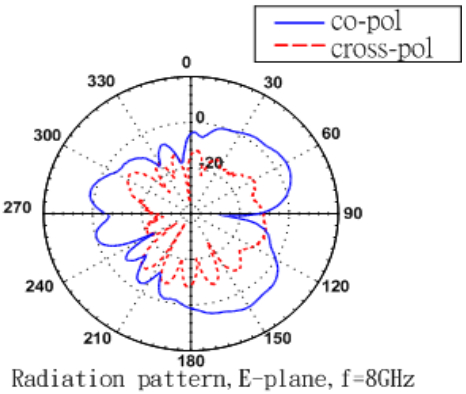
Radiation pattern, E-plane, f=5.2GHz



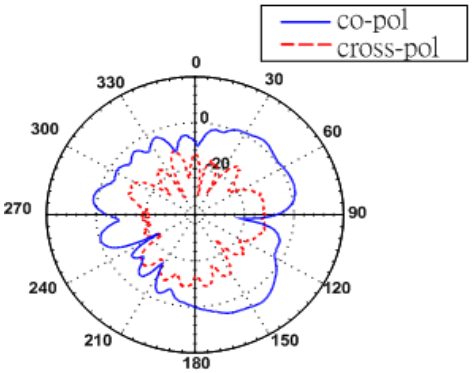
Radiation pattern, E-plane, f=6GHz



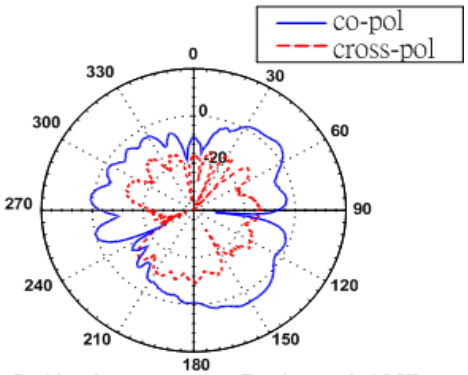
Radiation pattern, E-plane, f=7GHz



Radiation pattern, E-plane, f=8GHz

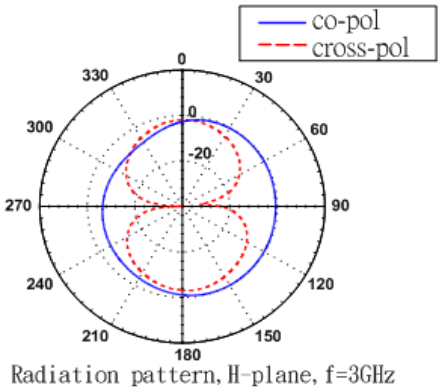


Radiation pattern, E-plane, f=9GHz

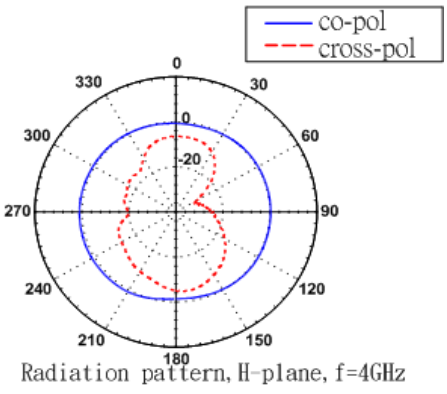


Radiation pattern, E-plane, f=10GHz

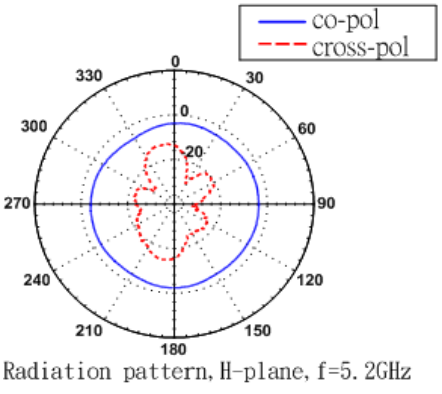
圖 11、接地面尺寸為(10cm* 6cm) 的 Band-Notched Miniature 型天線
之 E-plane（X-Z 平面）輻射場型實測
(at f=3、4、5、6、7、8、9、10GHz)



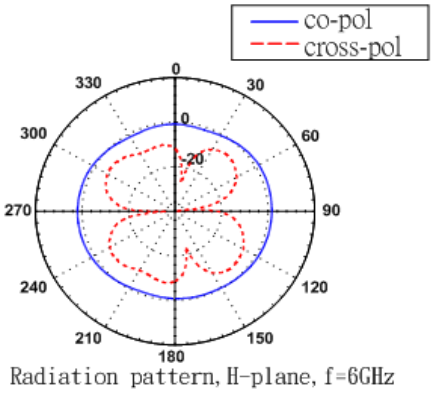
Radiation pattern, H-plane, f=3GHz



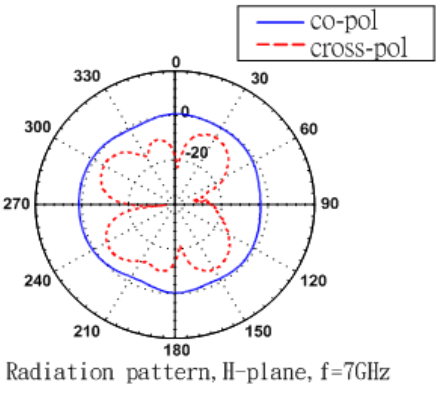
Radiation pattern, H-plane, f=4GHz



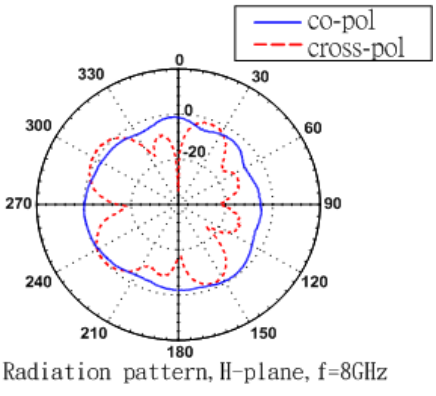
Radiation pattern, H-plane, f=5.2GHz



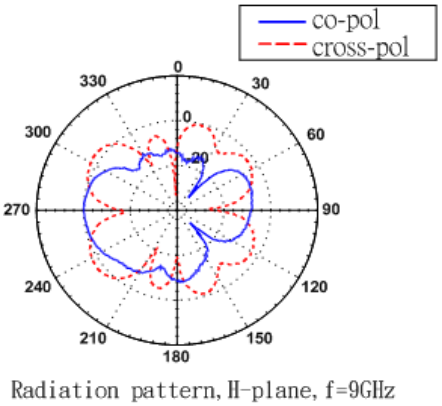
Radiation pattern, H-plane, f=6GHz



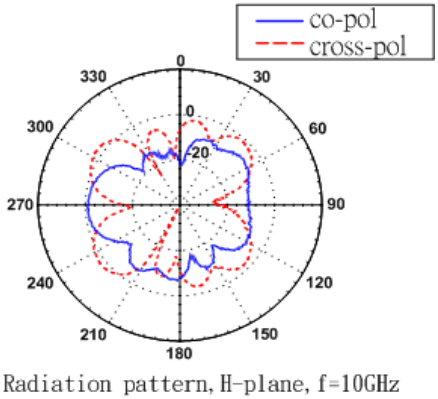
Radiation pattern, H-plane, f=7GHz



Radiation pattern, H-plane, f=8GHz



Radiation pattern, H-plane, f=9GHz



Radiation pattern, H-plane, f=10GHz

圖 12、接地面尺寸為(10cm* 6cm) 的 Band-Notched Miniature 型天線
之 H-plane 輻射場型實測
（at f=3、4、5、6、7、8、9、10GHz）

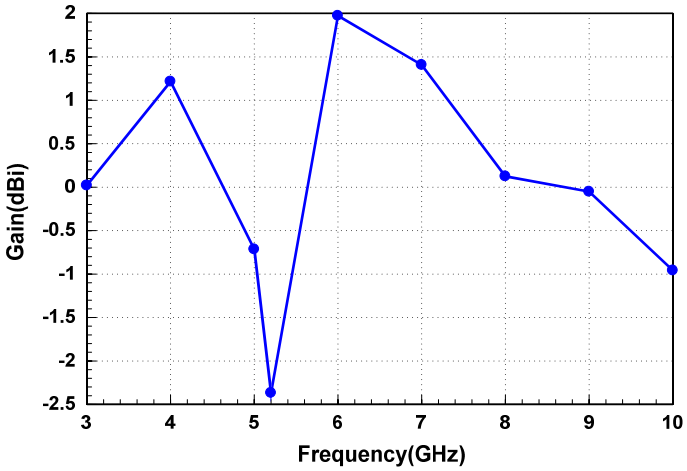


圖 13 接地面尺寸為(10cm* 6cm) 的 Band-Notched Miniature 型天線的 H-plane 實測最高增益隨頻率變化圖

表 1、接地面尺寸為（10cm* 6cm）的 Band-Notched Miniature 型天線的 E-plane 實測最高增益及平均增益值隨頻率的變化

Gain table (E-plane)

	x-z(max)	x-z
frequency (GHz)	peak gain (dBi)	average gain (dBi)
3	5.087	-1.802
4	2.698	-2.743
5	0.085	-4.253
6	4.61	-2.436
7	4.784	-4.483
8	7.196	-2.959
9	6.682	-2.707
10	4.841	-3.881

出席國際學術會議心得報告

計畫編號	96-2221-E-032-002-
計畫名稱	應用於短距高速通訊的整合式 UWB 手機天線設計及其特性探討
出國人員姓名 服務機關及職稱	李慶烈、淡江大學電機工程研究所
會議時間地點	2008 年 7 月 6 日~7 月 9 日，日本、下關
會議名稱	2008 電路/系統、電腦及通訊技術國際會議
發表論文題目	DUAL-BAND NOTCH ANTENNA FOR WLAN APPLICATIONS

壹、簡介

本屆 2008 電路/系統、電腦及通訊技術國際會議 (The 2008 International Technical Conference On Circuits/System, Computers and Communications)為第二十三次的舉辦，此會議在 1986 年由韓國的 Kyu Tae Park 教授及日本的 Hitoshi 博士所發起，為韓國及日本的相關領欲的學者舉辦了首屆會議，此會議原定由日本、韓國輪流舉辦，並於 1996 年之後擴大為亞太區的國際會議，本屆回到日本當地舉行，由山口大學舉辦；本研討會的主要議程安排在 7 月 6 日至 7 月 9 日之間，讓來自亞洲各地相關領域的學者、專家與學生聚集在一起討論其最新的研究進展。

相關的論文則需經由來自日本、韓國及泰國的 committee 委員所審核，此次有 456 篇的論文發表(500 餘篇投稿)，為數頗多，不過相較於去年的 742 篇以及大前年的 930 餘篇，本屆則稍為遜色，但仍是一個相當大的國際會議。本屆大會的專業議程(technical programs)包括傳統的分組討論(oral sessions)及論文海報展示(poster sessions) ，前者有 253 篇，後者有 203 篇，另有四個 plenary talks，包括「日本及亞洲的 VLBI（非常長基線干涉儀）的學術活動回顧」、及「韓國的隨意網路的國家級計畫 IT839 的介紹」、「IT-based 的健康照護系統探討」以及「演化式的電子電路設計」等議題，以及三個特殊議程，它們是「Elevator control systems」、「Hard-disk drive technology」及「e-learning utilization in education」。其他議程進行方式以及討論主題說明如後：

(一) 分組討論(oral sessions)

分組討論是專業議程中重要的前半部份，本屆大會共計有 56 場分組討論(oral sessions)，議程討論主題包括：

- Image Processing & Video Technology 9
- Wireless Communications 5
- Computer Systems & Applications 3
- VLSI Design & Applications 4
- Test Technology

- Graph, Petri Nets & Algorithms 2
- Signal Processing 3
- Internet Technology & System Software
- Network Management & Design
- Solid-State Circuits 2
- Linear/ Nonlinear Systems 2
- Neural Networks 2
- Multimedia Service & Technology 2
- Medical Electronics & Circuits
- Computer Networks & Communication Theory
- Elevator Control Systems
- Modeling & Simulation 2
- e-Learning Techonology & Applications 2
- Communication Systems
- Adaptive Systems & Modern Controls
- Signal Processing for Communications
- Power Electronics & Circuits 2
- EMI & EMC- RF Circuits & Components
- Hard-Disk Drive Technology
- Network Systems

議程主題後面的數字是其 sessions 的數目。

(二) 論文海報展示(poster sessions)

論文海報展示是專業議程中重要的後半部份，論文發表者透過精心製作的海報以及現場的互動討論使參觀者了解其論文的主要內容。本屆大會和前一屆對論文海報展示的安排並不一樣，此次大會濃縮成只有 2 場論文海報展示(poster sessions)，每場皆有一百篇的論文在現場讓作者進行交流，由於場地夠大看起來並不擁擠，反而顯得熱鬧，訪者也容易在這中間找到有興趣的主題與作者進行直接近身的交流，可算是本屆的特色之一。

(三) Special plenary sessions

四場大型的 plenary sessions 也是本屆大會的另一特色，其主題分別為：

- 日本及亞洲的 VLBI（非常長基線干涉儀）的學術活動回顧(VLBI activities in Japan and East Asia)
- 韓國的隨意網路的國家級計畫 IT839 的介紹(A National Project to Move on to Ubiquitous Society : IT839)
- IT-based 的健康照護系統探討(IT-based Bridge Health Monitoring)
- 演化式的電子電路設計(Evolvable Electronics)

貳、參加會議經過

此次會議之會場座落於日本下關的夢之塔國際會議中心，本人於 7 月 5 日下午搭乘華航

航空班機由桃園飛至日本福岡的國際機場，並經由日本國鐵輾轉至就住宿地點，這是一個離會場不遠相對平價的飯店(Toyoko Inn)，選擇離近會場的住宿地點以方便參與研討會之各項議程及活動。

本人於 7 月 6 日下午，前往「2008 電路/系統、電腦及通訊技術國際會議」會場報到並領取相關會議資料，之後概略研讀了會議相關資料，並與其他與會人員交換心得及了解會場環境，晚上則參加大會舉辦的歡迎晚會。

本人於7月7日早上至會場聆聽一場大型的plenary talks，它是由日國的Hideyuki KObaysahi博士所講述的日本及亞洲的VLBI（非常長基線干涉儀）的學術活動回顧(VLBI activities in Japan and East Asia) ，這一主題和本人的專長也算接近，還能enjoy其談論的內容。下午則參與兩場無線通信的議程研討session，由於本人的研究所課程與研究正為此一領域，因此特藉此機會多吸收現階段的最新研究狀況。

本人發表的論文被安排在7月8日下午的論文海報展示2組，以往本人參與海外論文發表多以分組討論正式上台發表(oral sessions)為目的，發表之後可以馬上接受與會先進的提問，可以訓練外語演講技巧及累積經驗，此行以海報展示的方式進行論文發表，可以近身面對面的方式與會場內的人員有長時間的接觸與交談，使意見的交換更容易及完整，且氣氛也更熱絡，因此，海報展示的發表方式不失為另一良好的選項。

7月7日至7月9日會議舉行期間除仔細聆聽相關會議內容外，並抽空前往各廠商展示處，詢問及了解各項最新的模擬軟體與量測設備。除此之外，還參加了7月8日大會所舉行的晚宴，由於回程時，下關與福岡機場有相當的距離，交通輾轉費時無法銜接，因此會議結束後先搭乘日本國鐵到福岡住宿，再於7月11日啟程返抵台灣。

參、與會心得

本人已多次參與本會，每年皆可深刻體會到舉辦單位的用心，要辦好一個成功的國際研討會，良好的事前規劃至為重要，這包括(1)良好的場地的選擇(飯店或學校)，以及庶務的安排，廠商展覽的聯絡等等，(2)會議進行中，聽眾席內提問人的穿插，(3)會議場地大小的選擇以避免場地過於擁擠或流於冷清等等，這些皆可在歷次研討會的參與過程中感受的到。但此次由於會議地點下關市距離附近大城皆有一段距離，交通稍嫌不便，因此若與前幾年相比，此次的與會人數銳減，這可為未來在台舉辦國際研討會的單位之借鏡。

無論如何，此次有 456 篇的論文發表，仍不失為一個相當大型而成功的國際會議，此行收穫豐碩，除了獲得見聞之增廣，專業知識之增進外，吾人深刻感受發表具特色的論文易引起較大的回響及討論，具擴展學術能見度的效果，其價值更是難以衡量，最後衷心感謝國科會對出席此次國際會議所需之機票、註冊會及生活費的補助，。

肆、攜回資料名稱及內容

1、The 2008 International Technical Conference On Circuits/System, Computers and Communications Proceedings 一冊與 CDROM 一片。

2、參展廠商產品資料若干。

DUAL BAND DIPOLE-LOADED NOTCH ANTENNA

Ching-Lieh Li[1]
Electrical Engineering Department, Tamkang University,
151, Ying-Chang RD, Tamsui, Taipei County, 25137, Taiwan
Chun-Feng Wen[2]
Electrical Engineering Department, Tamkang University,
151, Ying-Chang RD, Tamsui, Taipei County, 25137, Taiwan
Ya-Kuan Ling[3]
Electrical Engineering Department, Tamkang University,
151, Ying-Chang RD, Tamsui, Taipei County, 25137, Taiwan
E-mail: [1]li@ee.tku.edu.tw ; [2]funknike@yahoo.com.tw; [3]carol72527@hotmail.com

Abstract

This paper presents a dipole-loaded notch antenna designed for the operation of the dual-band WLAN application. The antenna structure starts with a quarter-wavelength slit cut on a ground plane with suitable addition of a planar wire dipole connected to the open ends of the notch. The monopole notch is designed to radiate at the low frequency band, 2.4 GHz for IEEE 802.11b/g, while the planar wire dipole is responsible for the other band, 5.2/5.8 GHz for IEEE 802.11a. It is found that the wire dipole has the side effect of reducing the slit length due to its capacitive loading effect at the low frequency band. The parametric study is performed to demonstrate the characteristics of the proposed antenna, from which the guidelines for the design of the proposed antenna are provided.

1. INTRODUCTION

For communication systems of wireless local area network (WLAN), there is a continuous need for dual-band/multi-band planar low-profile antennas because of the various services available and the limited space on the handset/mobile devices [1]. For practical applications to cover the WLAN operation, the lower band ranges from 2.4 to 2.484 GHz for IEEE 802.11b/g and the upper band covers frequency band from 5.15 to 5.825 GHz for IEEE 802.11a. Reactive loading technique by utilizing a parasitic wire element has been proved to be effective to create an additional resonant frequency for dual-band antennas [2~5].

In this paper a new dual-band notch antenna loaded with a planar wire dipole is proposed for achieving two separate large bandwidths. A slit cut at the edge of a ground plane as a radiator is inherently a quarter wavelength magnetic monopole. To extend the use of a simple slit cut on the ground plane for the purpose of dual-band operation a planar wire dipole is proposed to load the simple notch antenna. The monopole notch is designed to radiate at the lower frequency band, 2.4 GHz, while the planar wire dipole is responsible for the upper frequency band, 5.2/5.8 GHz. The planar dipole wire also helps to reduce the slot length due to its capacitive loading effect at the lower frequency band. On the other hand, the crossover of microstrip line and notch serves as a balun to equally feed the planar dipole for the upper frequency band. The proposed antenna is suitable for the hand-held/mobile devices such as PDA or notebook computer for WLAN applications.

2. ANTENNA DESIGNS

The proposed notch antenna operated at the bands of 2.4, 5.2 and 5.8 GHz is shown in Figs.1 (a)~(b). The antenna consists of a slit cut on the edge of the finite ground plane with size 32×41 mm^2 and fed by a bent 50ohm microstrip line. At the open ends of the notch a planar wire-type dipole is connected. The purpose of adding the planar wire dipole is to introduce another radiator at the upper frequency band in addition to the notch. As a given slit length is specified, the dipole length L_d, the feeding length d_f and the feeding position L_2 need to be adjusted carefully to achieve good impedance matching at 2.4 GHz and 5~6 GHz.

Fig.2 shows the effects of the dipole length upon the return loss versus frequency, for the cases of L_d=9, 10 and 11mm, respectively. As L_d increases the resonant frequency for the upper frequency band 5~6 GHz decreases as shown. It should be noted that the lower frequency band 2.4 GHz is nearly unaffected by the variation of the dipole length since the notch is the actual radiator for the 2.4 GHz band in this case. Fig. 3 shows the effects of the slot length upon the return loss versus frequency, for the cases of L_s=11.52, 12.52 and 13.52mm, respectively. As L_s increases the resonant frequency for the lower frequency band 2.4 GHz decreases. It should be noted that the upper frequency band 5~6 GHz is relatively unaffected by the variation of the slot length since the planar dipole is the actual radiator for the 5~6 GHz band in this case.

Fig.4 shows the effects of the feeding position upon the return loss versus frequency for the cases of L_2 =7.7, 8.7 and 9.7mm, respectively. The feeding position apparently affects the responses of both the lower and the upper frequency bands, which is quite reasonably. Similarly, the feeding length has strong effects on the responses of return loss for both the lower and the upper frequency bands. It should be noted that Figs.2~4, etc., provide the guidelines needed for the design of the proposed antenna. The detailed dimensions of the prototype antenna are listed in Fig.1 (b). The resulted overall slot length 12.52mm is only 56% of a simple (unloaded) monopole notch with notch length 22.35mm. The slot width W_s about 0.5~1mm and the feeding pin width W_p about 0.5~1.5mm are found well suited for this antenna structure. The effects of the ground size are also investigated. It is found that the ground length L_g has relatively small effects upon the characteristics of the bandwidth, while the reduction of the ground width W_g from 41mm to 31mm, as an example, would ruin the 2.4 GHz band but keep the 5~6 GHz unchanged.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

The antenna prototypes are designed and fabricated on a cheap FR4 board ($\varepsilon_r = 4.4$, $\tan\delta = 0.015$) with thickness h=0.8mm. The proposed antenna is designed with the aid of the EM simulation software IE3D^{TM} and verified by experiments [6]. The planar wire dipole and the slit cut is formed on the ground side of the substrate, while the 50ohm feeding line is etched on the other side. The measured and simulated return loss, S11, of the proposed notch antenna is shown in Fig. 5. The measured characteristics compare quite well with the simulated results.

Figs. 6(a) and 6(b) show the measured E-plane (YZ-plane) and H-plane (XZ-plane) radiation patterns at 5.8 GHz. The E-plane co-polarization pattern is similar to that of the ideal half-wavelength (IHW) slot antenna except that the cross polarization is higher. The H-plane co-polarization pattern is not as isotropic as the IHW slot antenna. The worsening of the omni-directional property is due to the unbalanced excitation of the planar dipole. Similar phenomena are observed for the radiation patterns at the frequency 5.2 GHz. The measured antenna gains are 3.4dBi and 4.2dBi, respectively, for the frequencies of 5.2 and 5.8 GHz. The radiation patterns at the frequency 2.4 GHz, omitted here for brevity, are quite similar to those of the IHW slot antenna except that the cross polarization is higher. The measured antenna gain at the frequency 2.4 GHz is ~0.8dBi.

4. CONCLUSIONS

A notch antenna designed for the purpose of dual-band operation is achieved. The proposed antenna is implemented by suitably adding a planar wire dipole to the open ends of the notch. The monopole notch is designed to radiate at the 2.4 GHz band, while the planar dipole is arranged to radiate at the other band, 5.2/5.8 GHz. The planar dipole has the side effect of reducing the slot length from 22.35mm to 12.52mm due to its capacitive loading effect at the lower frequency band. The crossover of microstrip line and notch serves as a balun to equally feed the planar dipole for the upper frequency band, although certain amount of unbalanced power is observed that leads to the non-isotropic H-plane radiation pattern at the upper band. Future works may include the reduction of the unbalanced feeding effect.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is funded by the National Science Council, Republic of China, under Grant 96-2221-E-032-002.

REFERENCES

[1] Wong, K.L., *Planar antennas for wireless communications*. New York, Wiley, 2003.

[2] Morioka, T., Araki, S., and Hirasawa, K.: 'Slot antenna with parasitic element for dual band operation', *Electron. Lett.*, 1997, 33, pp. 2093–2094.

[3] Fayyaz, N., Shin, E. and Safavi-Naeini, S.:'A novel dual-band patch antenna for GSM band', *1998 IEEE-APS Conference on Antennas and Propagation for Wireless Communications*, 1998, pp. 156-159 .

[4] Wong, K.L., Chou, L.-C. and Su C.-M.:'Dual-band flat-plate antenna with a shorted parasitic element for laptop applications', *IEEE Trans. Antennas and Propag.*, 2005, 53, (1), pp. 539-544.

[5] Huang, C.-Y. and Chiu, P.-Y.:'Dual-band monopole antenna with shorted parasitic element', *Electron. Lett.*, 2005, 41, (21), pp. 1154–1155.

[6] *IE3D, Release 10.1*, Zeland Software, Inc., 2004.

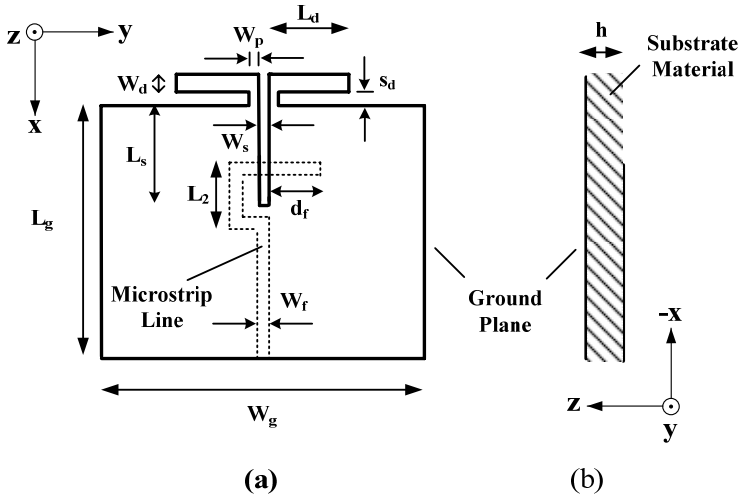


Fig. 1 (a) Top view and (b) side view of the proposed notch antenna loaded with a planar wire dipole. The dimensions (all in mm) are : W_d=1.9, W_g=41, L_g=32, W_f=1.4, W_s=1, L_s=12.52, d_f=6.8, L_d=10, W_d=1.9, s_d=1, W_p=1 and L_2=8.7

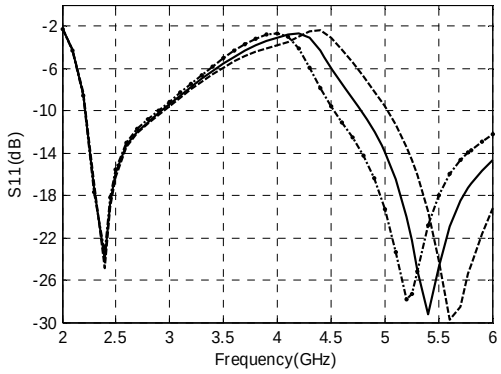


Fig. 2 The effects of the dipole length upon the return loss versus frequency for the cases of L_d=9mm (dashed line), 10mm (solid line) and 11mm (dash dot line with dots).

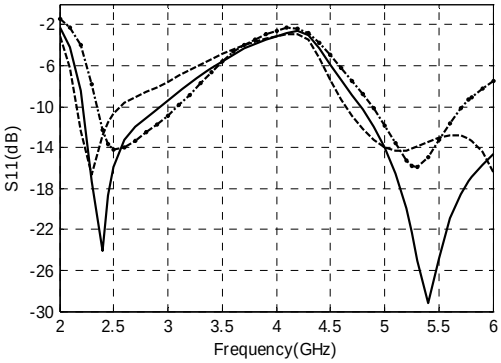


Fig. 4 The effects of the feeding position upon the return loss versus frequency for the cases of L_2=7.7mm (dashed line), 8.7mm (solid line), and 9.7mm (dash dot line with dots).

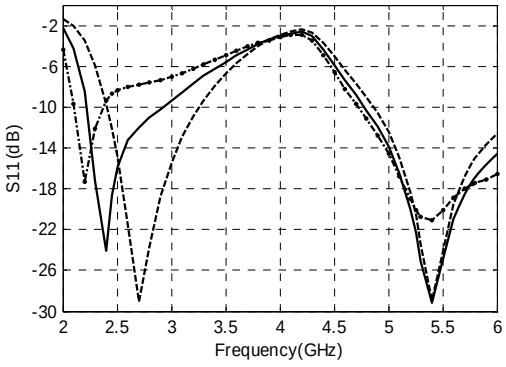


Fig. 3 The effects of the slot length upon the return loss versus frequency for the cases of L_s=11.52mm (dashed line), 12.52mm (solid line), and 13.52mm (dash dot line with dots).

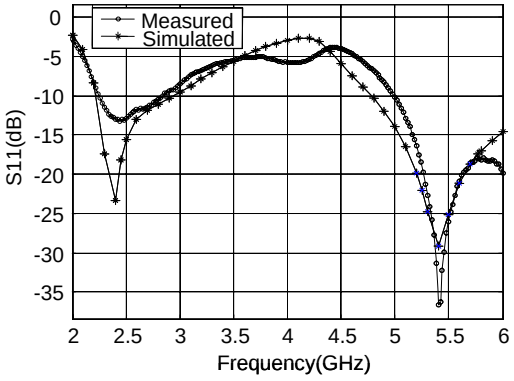


Fig. 5 The simulated and measured return loss of the proposed notch antenna in Fig. 1.

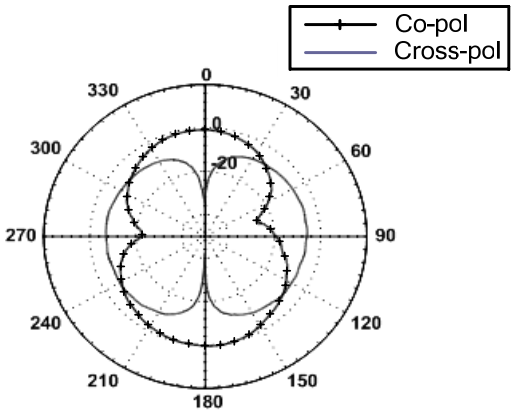


Fig. 6(a) The radiation patterns of the proposed notch antenna at 5.8 GHz : E-plane (YZ-plane)

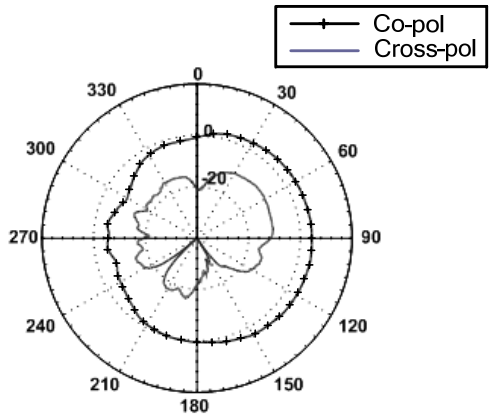


Fig. 6(b) The radiation patterns of the proposed notch antenna at 5.8 GHz : H-plane (XZ-plane)