

可調式寬頻帶內建式天線在筆記型電腦的應用

曾勇昇、王登胤、涂文化
國立中央大學電機工程學系

摘要 — 根據現代通信產品的需求，筆記本電腦至少需要有四支天線提供 Wwan (3G WCDMA/4G LTE) / WIFI/Blue-tooth / WiMAX 和 GPS 的頻段應用。最近，應用在筆記本電腦的內建式天線設計，一般都採用平面倒 F 型天線架構 (PIFA) 或倒 F 型天線架構 (IFA) 的天線設計在 Wwan 天線及 Wlan 天線，但一般的 PIFA 架構或 IFA 架構都會面臨頻寬受限的問題，而相對隔離度及高效率的要求又是另一個問題。如果我們可以使用一個天線，可覆蓋上述的頻帶，天線可以相對節省空間。建議天線採用了不同的設計架構是由一個寬頻帶單極天線和一個三支路的寄生天線組合而成，再加上一個單刀四擲的開關。使它可以覆蓋的頻率有 698 - 960MHz、1575MHz、1448MHz - 2690MHz 和 4900MHz - 6000MHz。由於其尺寸為 70mm (長) × 3mm (寬) × 12mm (高)，適合被放置筆記本電腦的頂部或側面使用。

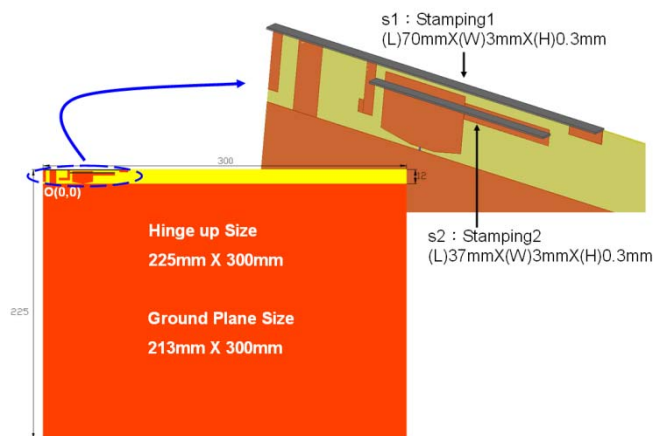
一、 INTRODUCTION

由於筆記本電腦開始使用時，功能主要應用在計算處理，而不是作為個人通信裝置，在無線通信的快速發展下，無線網絡已經成為一個基本的需求，而且是最重要的用於筆記本電腦的功能。在過去的十年中，研究人員提出了一些實際的天線應用於筆記本電腦的設計，從最初到被廣泛使用的無線區域網路 Wlan 標準，它從單頻 802.11b 的 2.4GHz 到雙頻加入 5G 為 802.11abg 的應用，在 2006 年加入了手機通信系統到筆記本電腦，允許利用在互聯網，透過蜂窩式通信系統進行網路資源的應用，從分 CDMA2000/EVDO 和 GPRS/EDGE 的系統加入 UMTS 到 WCDMA，在 2009 年為了提供更寬廣的應用及頻寬的要求分別加入 Ultra-wideband (UWB) 技術及 Worldwide interoperability for microwave access technology (WiMAX) 技術，使寬廣無線數據傳輸中多了各種不同的方式。在 2010 年這個時候的筆記型電腦上已經有二支 Wwan 天線，其中一支還要具有 AGPS 的功用、二支 WiMAX/Wlan 天線、一支 MIMO 天線及一支 UWB 的天線，一台的筆記本電腦有六支天線的需求。另外，我們可以想像及計算這些天線所需的空間及大小，在以前的筆記本電腦設計中是不包含天線的位置及空間，分配給天線設計的空間通常是相當狹小。當一個內建式天線被嵌入到 LCD 面板的頂部邊緣時，其幾何結構配置必須是薄的或矩形的，而且需要限制其長度與寬度之比，接下來 4G LTE 的天線在相對要求的空間將會更大，所以提出同時覆蓋其他通信系統的天線設計，此天線設可涵蓋的通信標準：WCDMA/LTE All

BAND (0.698-0.96GHz / 1.448-2.17GHz 及 2.5-2.69GHz)，GPS (1.575GHz)，802.11b 無線區域網路+藍牙 (2.4-2.5GHz)，WiMAX (2.3-2.4GHz 及 2.5-2.7GHz) 和 802.11a (4.90-5.85GHz)。

在本文中為了達到上述涵蓋的通信標準，最大的挑戰就是要設計一個超寬頻帶的天線，於是參考一般 Monopole UWB 的天線設計[1]，在一般的 UWB 天線為了再增加頻寬，所以陸續提出雙頻 UWB、寄生元件及變型的 UWB 天線設計[2]—[4]，在 WIFI/WiMAX 天線設計也不再單純的只使用 IFA/PIFA 的架構，為了覆蓋到 WiMAX 頻寬的要求，在新的 WiMAX 天線也有變型的 PIFA 架構或 Monopole 加入 Coupled Ring 等設計[5]—[6]，寬頻帶天線設計的要求，一個的單極天線加上不同的四分之一波長長度寄生元件可達到不同頻段的需求應用，是一個相當常用的方式，參考相關 Wwan 的天線設計及寄生元件應用在 Wwan 的天線[7]—[9]，其中[9]使用 Coupled-Fed shorted Monopole 配合寄生元件可達到 LTE 的天線設計需求，而[10]—[12]和本篇所要求涵蓋不同的通信標準天線頻段要求一樣，但本篇加入 Sony CXM3569XR 單刀四擲的開關改善[12]的頻寬無法達到的 698-824MHz 的缺點，詳列於表 I。

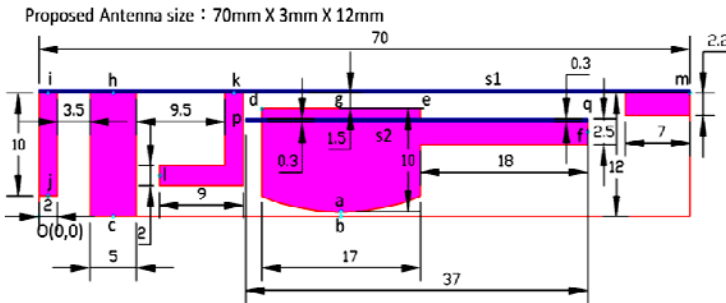
該天線設計是由一個寬頻帶單極天線及一個三支路的寄生天線鋪印在 FR4 上，焊接二個銅片組合而成。具有結構簡單，材料廉價，重量輕及尺寸小的優點，天線尺寸為 70mm (長) × 3mm (寬) × 12mm (高)。整個設計的過程詳細描述在文件中。該天線具有實作及測試的結果進行討論。



圖一：測試製具的幾何結構和建議的天線

表 I Reference paper with communication standard

Ref. Paper	Communication Standard	Frequency (GHz)	S ₁₁
[10]	WCDMA/LTE BAND1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 18, 19, 20	0.824-0.96/1.71-2.17	-6dB
	802.11abg	2.4-2.5/5.15-5.85	-6dB
[11]	WCDMA/LTE BAND1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 19, 20	0.824-0.96/1.71-2.17/2.5-2.69	-6dB
	802.11bg	2.4-2.5	-10dB
	WiMAX	2.3-2.4/2.5-2.7	-10dB
[12]	WCDMA/LTE BAND1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 19, 20	0.824-0.96/1.71-2.17/2.5-2.69	-6dB
	GPS	1.575	-6dB
	802.11abg	2.4-2.5/5.15-5.85	-10dB
	WiMAX	2.3-2.4/2.5-2.7/3.3-3.8	-10dB
本篇	WCDMA/LTE All BAND	0.698-0.96/1.44-2.17/2.5-2.69	-6dB
	GPS	1.575	-6dB
	802.11abg	2.4-2.5/5.15-5.85	-10dB
	WiMAX	2.3-2.4/2.5-2.7	-10dB

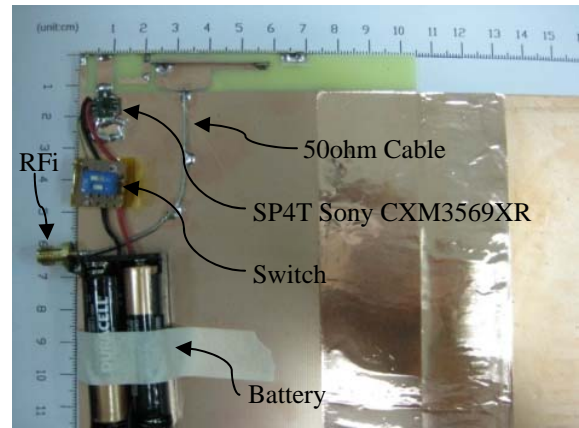


圖二：建議天線的幾何結構

二、 PROPOSED ANTENNA

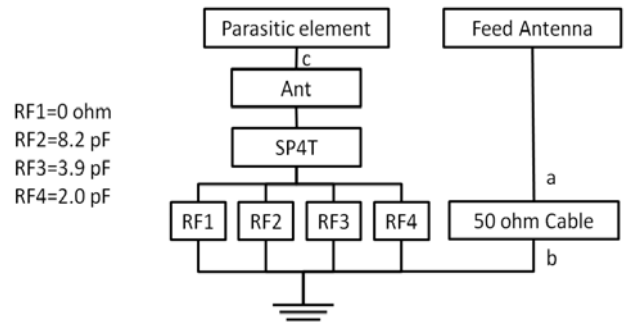
圖一 表示為一個的測試製具的幾何結構和建議的天線。測試製具定義是一個液晶面板的支承金屬框架，由於液晶面板提供了一個非常大的接地平面，該天線系統具有非常穩定的性能[12]。建議天線被安裝在一個垂直接地平面的左上角。材料為 FR4，基板厚度為 0.6mm，相對介電常數為 4.4。整體尺寸為 225mm × 300mm，接地平面尺寸為 213mm × 300mm。點 a 為單極寬頻帶天線的饋入點，而點 b 是一個 50 歐姆的硬管式同軸電線的接地點（如圖三中所示）。0.047inch 的 50ohm 硬管式同軸電線其中心導體和外接地點分別在點 a 和點 b。另外，寄生元件被短路到 PCB 點 C 的位置和 Sony CXM3569XR 單刀四擲開關的 Ant 端連接。

圖四 所示為一個 Sony CXM3569XR 單刀四擲開關及建議天線的架構圖，其 Insertion Loss 分別為 0.28dB (450MHz)、0.30dB (900MHz)、0.36dB (1900MHz)、0.38dB (2100MHz) 及 0.45dB typical (2600MHz)，封裝尺寸為 2.5mm x 2.5mm x 0.35mm，四個 RF 端分別接上不同的 0402 的元件，RF1 為串聯一個 0ohm (T00 階)，控制原始天線的性能在低頻 698MHz - 746MHz，其高頻可涵蓋的頻寬有 1575MHz、1448MHz - 2690MHz 和 4900MHz - 6000MHz；RF2 為串聯一個 8.2pF 的電容 (T01 階)，控制天線的低頻偏移至 756MHz - 798MHz；RF3 為串聯一個 3.9pF 的電容 (T10 階)，控制天線的低頻偏移至 815MHz - 849MHz

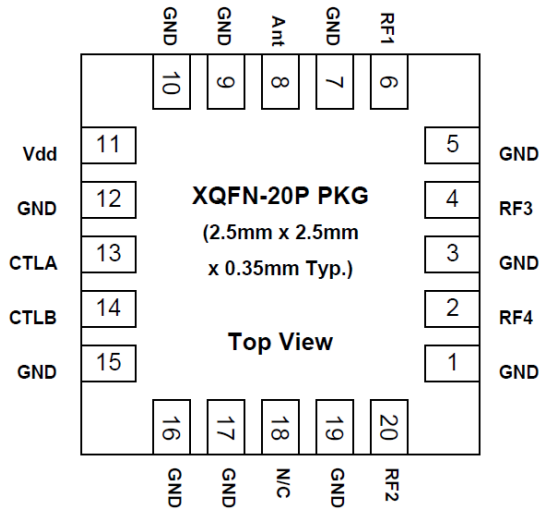


圖三：建議天線及單刀四擲開關實作

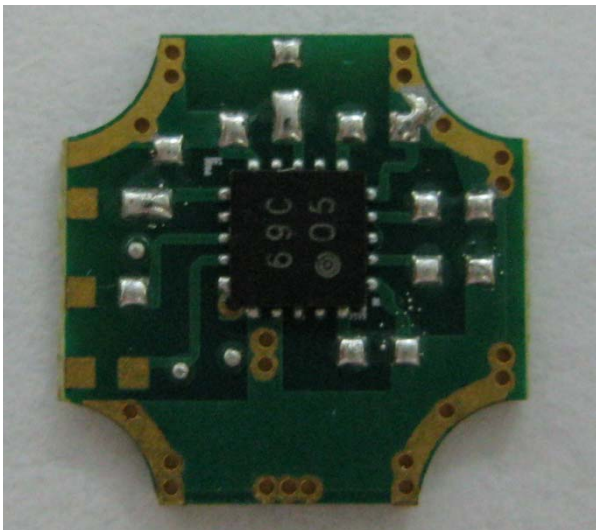
及 RF4 為串聯一個 2.0pF 的電容 (T11 階)，控制天線的低頻偏移至 869MHz - 960MHz，利用提供四階變化的開關，成功的讓天線在低頻可從 698MHz 依階段的偏移控制到 960MHz。組合上述的開關四階結構對應其工作頻段可以覆蓋的通信標準有 WCDMA/LTE All BAND (0.698-0.96GHz / 1.448-2.17GHz 及 2.5-2.69GHz)、GPS (1.575GHz)、802.11bg 無線區域網路+藍牙 (2.4-2.5GHz)、WiMAX (2.3-2.4GHz 及 2.5-2.7GHz) 和 802.11a (4.90-5.85GHz)。



圖四：建議天線和單刀四擲開關的架構



圖五：Sony CXM3569XR 單刀四擲開關的接腳圖



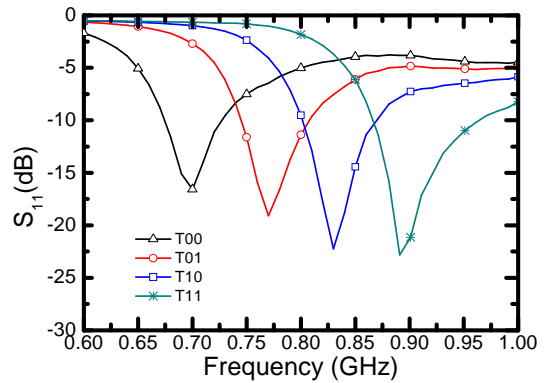
圖六：Sony CXM3569XR 單刀四擲開關的實體圖

三、 RESULTS

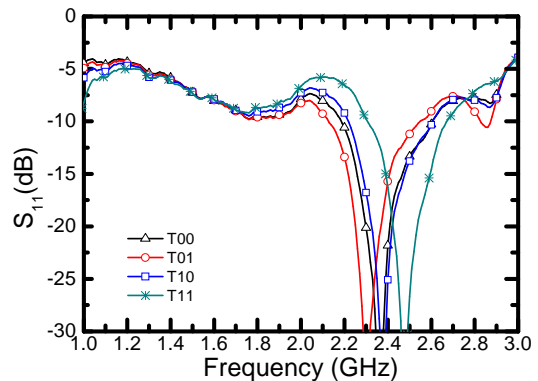
該天線設計的實做電路板是使用 0.6mm 的 FR4 板材，饋入天線的方式是採用 0.047inch 的 50ohm 硬管式同軸電線饋入的方式，如圖三所示，而寄生元件連接至開關的 Ant 端。針對該天線輻射支路的解析，饋入單極天線是使用 UWB 的天線概念，如果單純的只使用四分之一波長的架構在路徑 ade 上，只可以提供-10dB 的頻寬在 4GHz-6GHz，所以加長路徑至 adef 及 s2 銅片使其頻寬可拉至 2.0GHz-6GHz。在寄生元件上點 ihkm 加焊一個 s1 的銅片，共分三個支路，配合饋入單極天線及不同的寄生支路元件陸續分析，路徑為 chkm 設計在 0.698 GHz 的四分之一波長，它主要提供 0.698GHz 的諧振外並提供了更高模態的諧振在 1.4 GHz、2.1 GHz、2.8 GHz、4.9 GHz 和 5.6GHz。路徑為 chkl 設計在 1.7 GHz 的四分之一波長，提供 1.7GHz 的諧振外並提供更高模態的諧振在 5.1 GHz。路徑為 chij 設計在 2.5 GHz 的四分之一

波長，提供 2.5GHz 的諧振外並提供更高模態的諧振在 5 GHz。

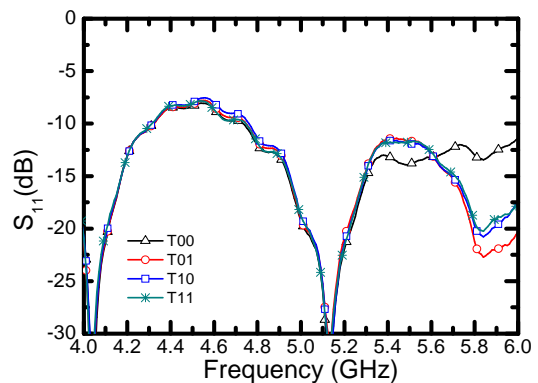
圖五為 Sony CXM3569XR 單刀四擲開關的接腳，圖六為 Sony CXM3569XR 單刀四擲開關的實體，圖七為建議天線在 0.6GHz-1.0GHz 的 S_{11} 特性曲線，從圖面可清楚得知開關進行四階的頻偏控制可涵蓋 698MHz - 960MHz，圖八和圖九分別為建議天線在 1.0GHz-3.0GHz 的 S_{11} 特性曲線及建議天線在 4.0GHz-6.0GHz 的 S_{11} 特性曲線，特別在 T11 階的 S_{11} 可涵蓋到 2.7GHz。



圖七：建議天線在 0.6GHz-1.0GHz 的 S_{11} 特性曲線



圖八：建議天線在 1.0GHz-3.0GHz 的 S_{11} 特性曲線



圖九：建議天線在 4.0GHz-6.0GHz 的 S_{11} 特性曲線

建議天線的輻射效能是使用 SATIMO StarGate64 系統進行測試，此系統為 3D 近場量測系統，隔離室尺寸 $5\text{m} \times 5\text{m} \times 5\text{m}$ ，量測頻率範圍 0.45-6GHz。表 II 為實作天線所測試的 3D 輻射效能及圖十為天線 3D 輻射場形圖。該天線的輻射特性，非常適合用於通信系統中的實際應用。

3D Antenna Efficiency				
Freq.(GHz)	T00	T01	T10	T11
0.698	48%	14%	2%	1%
0.728	51%	33%	7%	2%
0.746	49%	37%	9%	4%
0.756	43%	49%	13%	8%
0.777	39%	53%	24%	15%
0.798	37%	55%	38%	19%
0.815	34%	48%	51%	24%
0.836	36%	47%	55%	37%
0.849	31%	41%	57%	43%
0.869	30%	38%	50%	53%
0.9	39%	47%	48%	68%
0.96	38%	43%	47%	60%
1.448	61%	62%	62%	64%
1.51	64%	65%	65%	67%
1.575	67%	67%	68%	69%
1.71	69%	71%	69%	70%
1.99	62%	63%	62%	63%
2.17	58%	58%	56%	53%
2.4	60%	55%	59%	60%
2.5	59%	53%	58%	63%
2.69	53%	49%	52%	58%
4.9	79%	79%	77%	76%
5.15	79%	79%	78%	77%
5.85	66%	77%	75%	73%

表 II：建議天線實測 3D 輻射效能

CONCLUSION

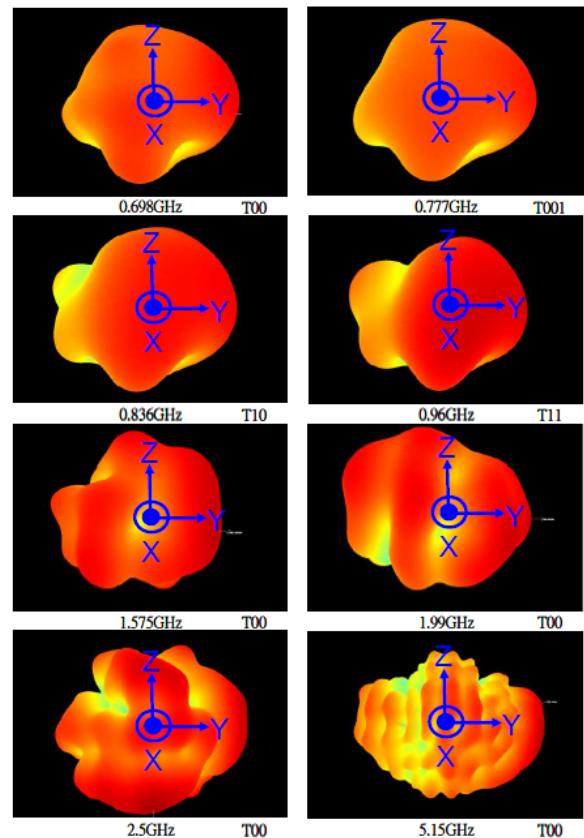
建議天線的設計架構簡單，易於製作、寬頻，配合四階開關提供更寬的低頻頻寬和高輻射效率，非常合適使用於各種通訊協定上如：GSM/ GPRS / EDGE/ CDMA2000/ HSPA/ LTE/ GPS/ BT/ Zigbee/ Wimax/ WiFi 等。

ACKNOWLEDGEMENT

This work was support in part by National Science Council, Taiwan, R.O.C., under contract no. NSC 102-2221-E-008-026.

參考文獻

- [1] A. Zhao and J. Rahola, "Compact printed patch and bent-patch monopole Ultra-wideband (UWB) antennas for mobile terminals," in *IEEE Antennas and Propag. Symp.*, pp. 5135 - 5138, Jun. 2007.
- [2] Z.-N. Chen, D. Liu and B. Gaucher, "A planar dualband antenna for 2.4 GHz and UWB Laptop Applications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 6, pp. 2652 - 2655, May 2006.
- [3] H.T. Chattha, M.K. Ishfaq, Y. Huang and S.J. Boyes, "An UWB planar inverted-F antenna for wireless applications," in 2012 *IEEE International Workshop on Antenna Technology (iWAT) Symp.*, pp. 128 - 131, Mar. 2012.



圖十：天線 3D 輻射場形圖

- [4] K.-B. Kim, H.-K. Ryu and J.-M. Woo, "Compact wideband folded monopole antenna coupled with parasitic inverted-L element for laptop computer applications," *Electronics Lett.*, vol. 47, no. 5, pp. 301 - 302, Mar. 2011.
- [5] D.K. Karmokar, M.S. Hossain and M.N. Mollah, "Low-profile impedance matched wideband double inverted-F antenna for Wimax/Wi-Fi operations in a laptop computer," in *IEEE Devices and Communications (ICDeCom) Conf.*, pp. 1 - 5, Feb. 2011.
- [6] M.-R. Hsu, L.-C. Chou, C. Wang and R. Lee, "Internal laptop antenna with a wideband coupled ring for WLAN/Wimax operation," in *IEEE Antennas and Propag. Society International Symp. (APSURSI)*, pp. 1 - 4, Jul. 2010.
- [7] C.-H. Chang and K.-L. Wong, "Internal coupled-fed shorted monopole antenna for GSM850/900/1800/1900/UMTS operation in the laptop computer," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 11, pp. 3600 - 3604, Nov. 2008.
- [8] X. Wang, W. Chen and Z. Feng, "Multiband antenna with parasitic branches for laptop applications," *Electronics Lett.*, vol. 43, no. 19, pp. 1012 - 1013, Sep. 2007.
- [9] T.-W. Kang, K.-L. Wong and L.-C. Chou, "Study of coupled-fed shorted monopole with a radiating feed structure for LTE/WWAN laptop computer applications," in *Asia-Pacific Microwave Conference*, pp. 1758 - 1788, Dec. 2010.
- [10] Y.-J. Chi, C.-W. Chiu and S.-M. Deng, "An internal multiband inverted-F antenna for laptop applications," in 2009 *IEEE International Workshop on Antenna Technology (iWAT) Symp.*, pp. 1 - 4.
- [11] C.-W. Chiu and Y.-J. Chi, "Printed loop antenna with a U-shaped tuning element for hepta-band laptop applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 11, pp. 3464 - 3470, Nov. 2011.
- [12] Y.-S. Tseng, Y.-H. Tseng and W.-H. Tu, "Wideband internal antenna for Tablet/Laptop applications," 2012 *Asia-Pacific Microwave Conference*, pp. 310-312, Dec. 2012.