

應用於 LTE 多頻之單平面倒 F 型平板電腦天線

李哲宇^{*1}、韓端勇²、沈昭元¹

逢甲大學電機工程學系¹

國立臺東專科學校電機工程科²

摘要 — 本篇論文提出一操作於長期演進技術 LTE 700/2300/2500 MHz 頻帶之小型化單平面倒 F 型天線設計。此雙頻帶操作天線是利用多個蜿蜒式結構來激發三個諧振模態，低頻模態 (f_1) 可涵蓋低頻 LTE 700 之操作頻帶，藉由合併兩個高頻諧振模態 (f_2 及 f_3) 可滿足高頻 LTE 2300/2500 操作頻帶之要求。為了使提出天線能易與平板電腦做結合，因此選擇天線之基板為厚度 0.063 mm 的軟式板材。提出天線之饋入方法則使用 50 Ω 小型同軸電纜線。天線整體尺寸為 69 \times 11 \times 0.063 mm³，因此適合應用於平板電腦螢幕邊緣的有限空間。

關鍵字：LTE、平板電腦、PIFA

一、前言

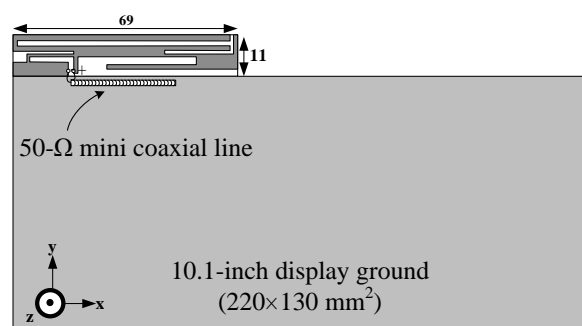
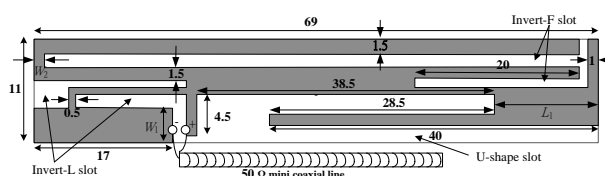
近年來，隨著無線通訊產業的快速發展，也帶動了行動通訊技術的進步，而 LTE (Long Term Evolution) 長期演進技術就是目前最新的行動無線寬頻技術，其操作頻段分別為 LTE 700 (698- 787 MHz)、LTE 2300 (2300- 2400 MHz)、LTE 2500 (2500- 2690 MHz)。相對於 WWAN (Wireless Wide Area Network) 無線廣域網路來說，LTE 可以提供更高的資料上傳 50 Mb/s 以及下載 100 Mb/s 速率。因此近年來，有許多作者提出操作在 LTE 頻帶的天線設計，例如文獻 [1] 與 [2] 分別利用蜿蜒結構以及雙饋入方法來使頻率個別操作在 LTE 700 以及 LTE 2500，然而此兩篇文獻只能操作於 LTE 的單一頻帶。因此，有作者提出利用碎形結構 [3]、從蜿蜒結構延伸出殘支 [4]、多殘支結構 [5] 以及從接地面延伸出一寄生殘支 [6] 之技術，使得天線可產生雙頻帶並操作於 LTE 700 及 LTE 2500。然而，文獻 [3-6] 還是無法滿足 LTE 700/2300/2500 全頻帶之操作。

因此，本篇提出一可涵蓋 LTE 700/2300/2500 全頻帶之雙頻天線。提出天線整體尺寸為 69 \times 11 \times 0.063 mm³，系統接地面尺寸為 220 \times 130 mm² (10.1 吋)。由於天線整體設計易於製作、低成本與小型化，且使用 50 Ω 小型同軸電纜線饋入機制，所以可應用於平板電腦。

二、天線設計

本論文所提出的 LTE 多頻之單平面倒 F 型平板天線結構圖及尺寸如圖一所示。此天線板材使用厚度為 0.063 mm 的 FPCB 軟板 (相對介電係數為 3.5，損耗正切為 0.003)，由於軟性材料有更薄的厚度且相較於硬性材料放置於裝置內時能有更多的自由度，印刷於軟式基板的設計已經逐漸受到關注 [7]，所以本篇選擇印刷在軟式基板上來達到體積減少的效果。如圖一

所示，提出天線平面尺寸為 69 \times 11 mm²，其多個蜿蜒結構是藉由於天線上方埋入一長短不一的倒 F 型槽縫，並於天線左下方埋入二個大小不一的倒 L 型槽縫，以及在天線右下方埋入一倒 U 型槽縫所產生。值得注意的是，位於提出天線左下方的接地面大小為 17 \times 4 (W_1) mm，此接地面的目的是結合並延伸系統接地面來達到阻抗匹配。除此之外，藉由調整天線右下方以及左上方彎折的厚度 (L_1 與 W_2) 可分別調整 f_2 以及 f_3 之頻率。



(a)



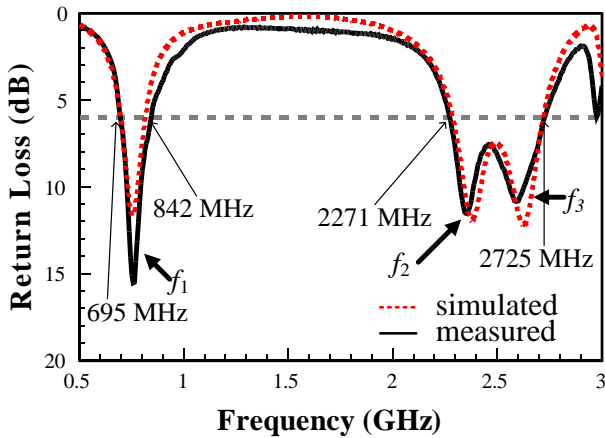
(b)

圖一：本文提出天線(a)結構圖(b)實體圖 (單位：mm)

三、結果與討論

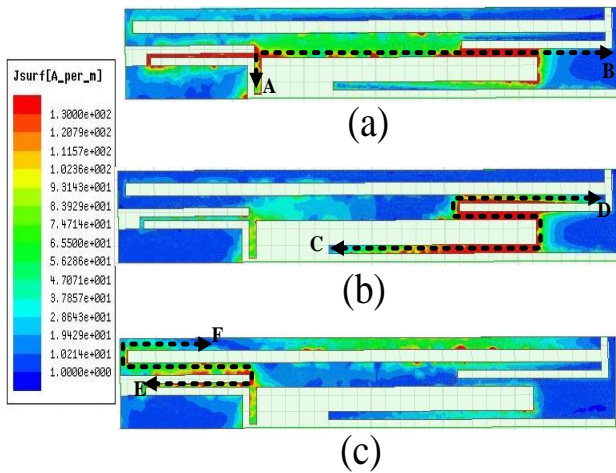
本論文所提出之天線模擬與實測反射損失如圖二所示，由圖中可得知模擬結果涵蓋本論文所提出的 LTE 700/2300/2500 MHz 所有操作頻帶，且量測結果顯示，低頻 (f_1) 的操作頻寬為 147 MHz (695- 842 MHz) 頻寬百分比為 19.1%，而高頻 (結合 f_2 與

f_3 的操作頻寬為 454 MHz (2271- 2725 MHz) 頻寬百分比為 18.1%，模擬與量測結果有良好的一致性。



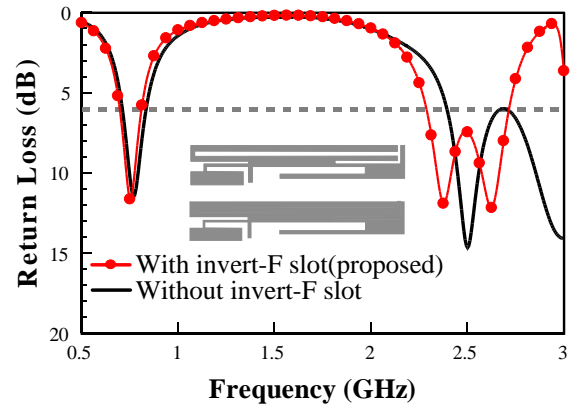
圖二：提出天線之模擬與量測反射損失圖

從圖三的模擬電流分布圖可觀察出 f_1 (0.75 GHz) 的電流路徑是經由天線饋入端 A 點流至天線最右端 B 點，路徑約為 $0.23 \lambda_g$ (91 mm)。至於 f_2 (2.37 GHz) 的電流路徑是經由天線右邊蜿蜒輻射面 C 點流至 D 點，路徑約為 $0.5 \lambda_g$ (62 mm)。最後 f_3 (2.63 GHz) 的電流路徑是從天線左邊蜿蜒輻射面 E 點流至 F 點，電流路徑約為 $0.27 \lambda_g$ (31mm)。

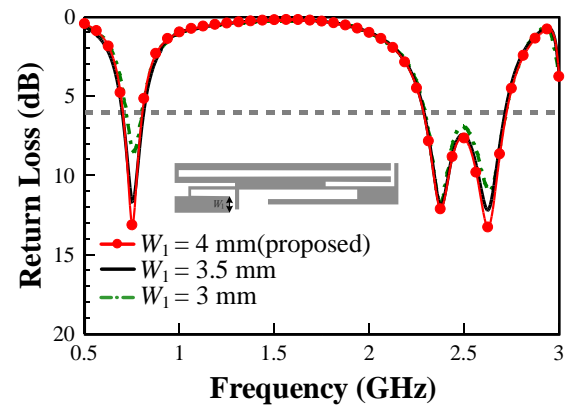


圖三：提出天線各諧振模態電流分布圖(a)0.75, (b)2.37, 和(c)2.63 GHz

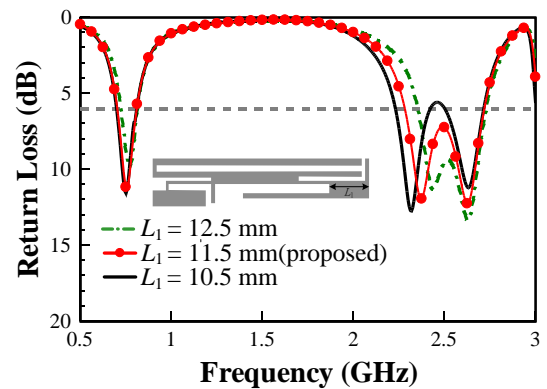
在調整提出天線的參數過程中，從圖四的模擬結果顯示，藉由挖倒 F 型槽縫可使 f_2 與 f_3 同時往低頻移動，並結合成一寬頻操作頻帶(2271- 2725 MHz)。此結果與圖三 (a) 與 (b) 的 f_2 、 f_3 之電流路徑吻合。如圖五所示，延伸天線左下方之接地面寬度 W_1 從 3 mm 增加至 4 mm 可改善 f_1 與 f_3 的阻抗匹配。從圖六可得知減少 L_1 的寬度從 12.5 mm 至 10.5 mm 能使得 f_2 有規律性的往低頻移動，且不影響 f_1 與 f_3 的頻率。最後，從圖七可觀察到調整 W_2 的寬度從 1 mm 增加至 2 mm，可以使得 f_3 有規則性的往高頻移動，且不影響 f_1 與 f_2 的頻率。



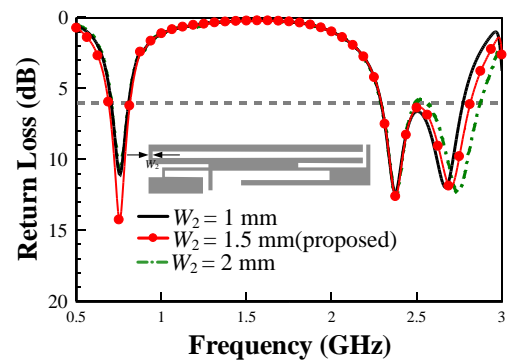
圖四：提出天線倒 F 型槽縫的模擬參數分析圖



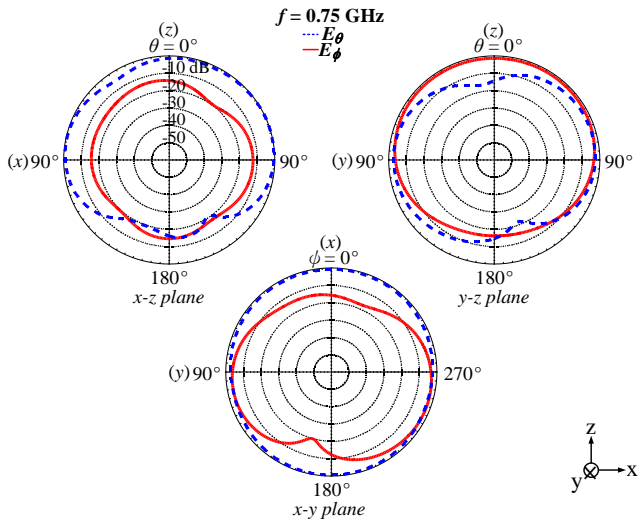
圖五：提出天線 W_1 的模擬參數分析圖



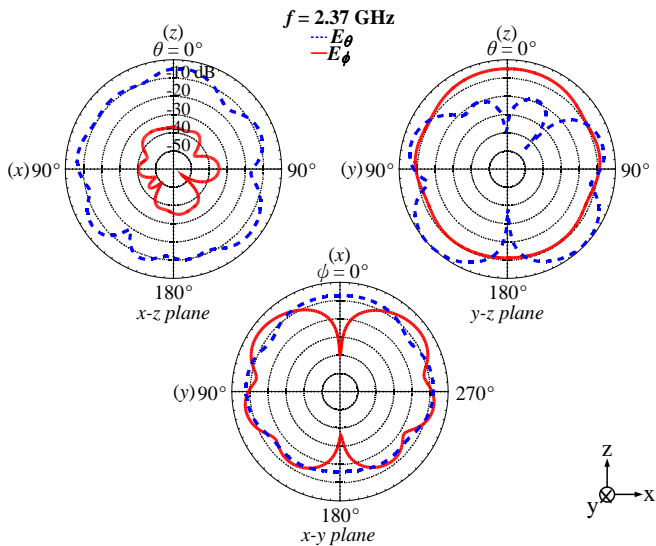
圖六：提出天線 L_1 的模擬參數分析圖



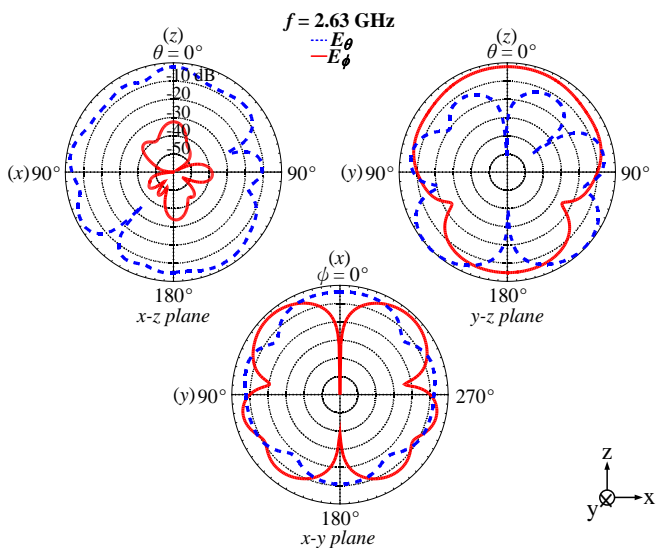
圖七：提出天線 W_2 的模擬參數分析圖



圖八：提出天線於 0.75 GHz 的場形量測圖



圖九：提出天線於 2.37 GHz 的場形量測圖

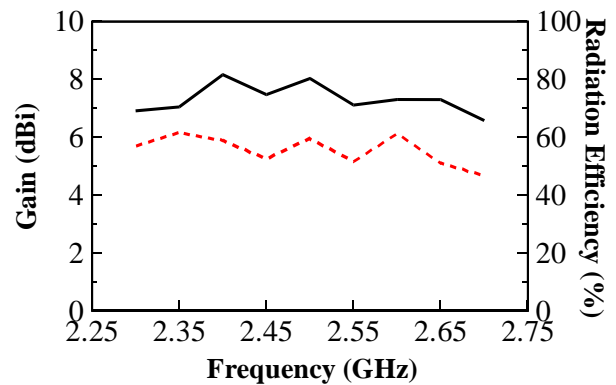
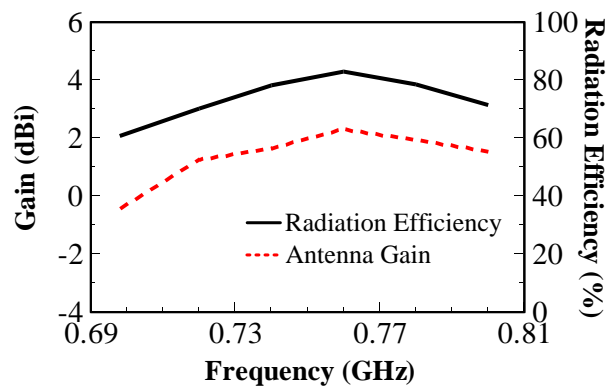


圖十：提出天線於 2.63 GHz 的場形量測圖

提出天線量測的輻射場形如圖八至圖十所示，量測頻率分別為 0.75 GHz、2.35 GHz 及 2.63 GHz。在 f_1 (0.75

GHz) 的 $x-z$ plane 及 $y-z$ plane 皆呈現正向性(broadside)輻射的效果，且 $x-y$ plane 場型呈現近似全向性的輻射場形。至於 f_2 (2.37 GHz) 的 $y-z$ plane 為正向性場形，且 $x-y$ plane 場型則呈現 conical 的輻射效果。最後在 f_3 (2.63 GHz) 的 $y-z$ plane 為正向性輻射場形，且 $x-y$ plane 場型呈現 conical 輻射場形。從量測結果得知，提出天線的三個模態皆具有良好的輻射特性。

最後，圖十一為提出天線的量測最大增益及輻射效率圖，由圖可得知在 LTE 700 MHz 的最大增益變化約從 -0.4- 2.3 dBi，輻射效率約為 60.7- 82.9 %。而 LTE 2300/2500 的最大增益變化約為 4.6- 6.1 dBi，其輻射效率約為 47.3- 81.6 %，因此本篇論文所提出之天線具有良好的增益以及輻射效率。



圖十一：提出天線量測增益與效率圖

四、結論

本論文成功提出一涵蓋 LTE 700/2300/2500 之單平面倒 F 型天線並印刷於軟性板材上。提出天線藉由多個蜿蜒式結構來產生雙頻帶操作，高頻與低頻之阻抗頻寬分別為 19.1% 和 18.1%。提出天線整體設計易於製作、低成本與小型化所以適合放置於平板電腦內部螢幕周圍的有限空間。

參考文獻

[1] A. Y. Kazi, "MIMO antenna system for LTE (4G)," *IEEE on Technology Trends in Electronics Communication and Networking (ET2ECN)*, pp. 1- 6, Dec.2012.

- [2] Q. Rao and D.Wang, "A compact dual-port diversity antenna for long term evolution handheld devices," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 59, no. 3, pp. 1319– 1329, Mar. 2010.
- [3] L. Lizzi and A. Massa, "Dual- Band Printed Fractal Monopole Antenna for LTE applications," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 760– 763, 2011.
- [4] I. Dioum, A. Diallo, C. Luxey, and S. M. Farsi, "Dual-band monopole MIMO antennas for LTE mobile phones," in *Proceedings of the ICE Com Conference*, pp. 1– 4, 2010.
- [5] T. T. M., "Design dual band microstrip antenna for next generation mobile communication," *The 2010 International Conference on Advanced Technologies for Communication*, pp. 331– 335, Oct. 2010.
- [6] Y. C. Lu, Y. C. Chan, H. J. Li, and Y. C. Lin, "Design and System Performances of A Dual-Band 4-port MIMO Antenna for LTE applications," *IEEE on antenna and Propagation Conference*, pp. 2227– 2230, Jul. 2011.
- [7] H.R. Khaleel, H.M. Al-Rizzo, D.G. Rucker, and Y. Al-Naiemy, "Flexible printed monopole antennas for WLAN applications," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (AP-S/URSI)*, pp. 1334– 1337, 2011.