

應用於超高頻 RFID 系統之主動式標籤天線

劉子豪*、陸瑞漢

國立高雄海洋科技大學電訊工程系

摘要 — 本論文提出一款超高頻 RFID 系統用主動式標籤天線，操作頻寬可涵蓋臺灣使用頻帶範圍(922 ~ 928 MHz)。此款標籤天線之優點為結構簡單、尺寸小、讀取距離遠、低成本及製程容易，並且擁有良好之天線增益與效率表現，此款天線具有線性極化特性。進行主動量測時，最遠讀取距離可達 300 公尺，具有良好之等向性讀取距離場型。

關鍵字： 超高頻、RFID、主動式標籤天線。

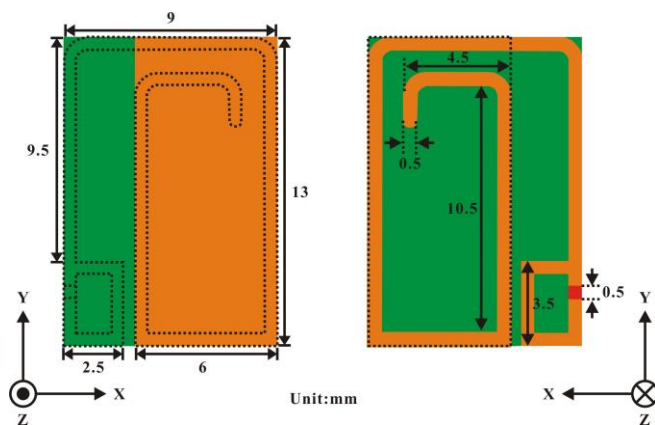
一、 介紹

近年來，超高頻 RFID 系統常應用於物流管理、供應鏈與追蹤管理，因為它可以提供更長的讀取距離、讀取速度快及儲存信息量大的功能。標籤天線於超高頻 RFID 系統在接收與發送訊息是一個舉足輕重的角色。而讀取的範圍、距離與準確性是直接取決於 Reader 天線與 Tag 的性能。在超高頻 RFID 系統上，大部分超高頻 RFID 標籤天線擁有較大之天線尺寸，且大部分之標籤天線則是使用晶片電阻進行饋入與阻抗調整[1-8]，其中某些標籤天線採用匹配模態[4-6]，或採用陶瓷天線[7-8]，因較大之匹配損耗導致天線增益與效率特性變差，因此本論文提出一款具有簡單結構、天線尺寸縮小、讀取距離遠、製程容易及成本低，並且擁有良好的天線增益與效率表現之超高頻主動式標籤天線。此款天線利用簡易之單路徑螺旋結構有效縮小天線尺寸。並且加入立體結構來提高天線之收發效能，於饋入右方使用迴路(Loop)調整天線輸入阻抗值[9-10]，可有效達到最佳共軛匹配，此款超高頻主動式標籤天線操作於臺灣使用頻段範圍(922 ~ 928 MHz)。此天線進行動態量測時，其最遠讀取距離可達 300 公尺，具有良好的等向性讀取距離場型。

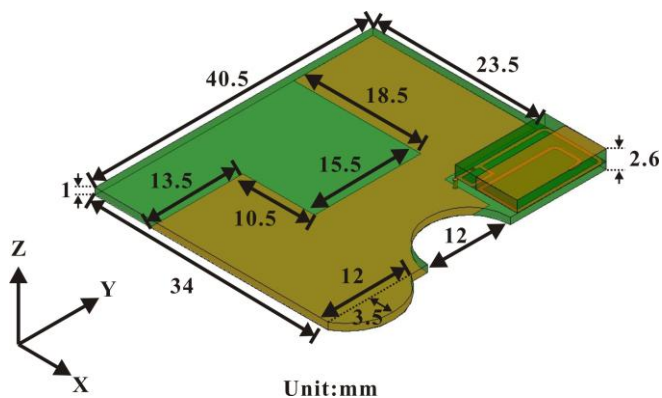
二、 天線設計

此款超高頻 RFID 系統用主動式標籤天線之幾何結構如圖一所示。尺寸為 $13 \times 9 \times 1.6 \text{ mm}^3$ ，板材為 FR4，本研究是利用 50Ω 饋入方式及共振頻率於 923 MHz 之單極天線去進行設計，主動式標籤天線包含一簡易之順時針螺旋路徑、饋入端右方之 Loop 及倒 L 型立體路徑。此款天線將天線下層螺旋路徑 90 度彎折處進行直角去除，以弧型取代，目的是為了減少天線於彎折處之損失，達到更佳匹配。藉由加入等寬之 L 型立體路徑，可有效增加天線之接收面積，成功提高其天線增益與效率，如圖三。由於天線設計採用單極天線設計，所以其波長只需激發模態之四分之一波長即可。而使用順時針

螺旋結構可縮小天線整體尺寸。接著，藉由天線饋入端右方採用 Loop 進行阻抗調整，可使標籤天線之匹配達到更佳的效果。此標籤天線的工作頻率範圍為臺灣使用之頻段(922 ~ 928 MHz)。由其讀取距離場型圖可以得知此款標籤天線具有等向性讀取場型之特性。



(a) 標籤天線尺寸



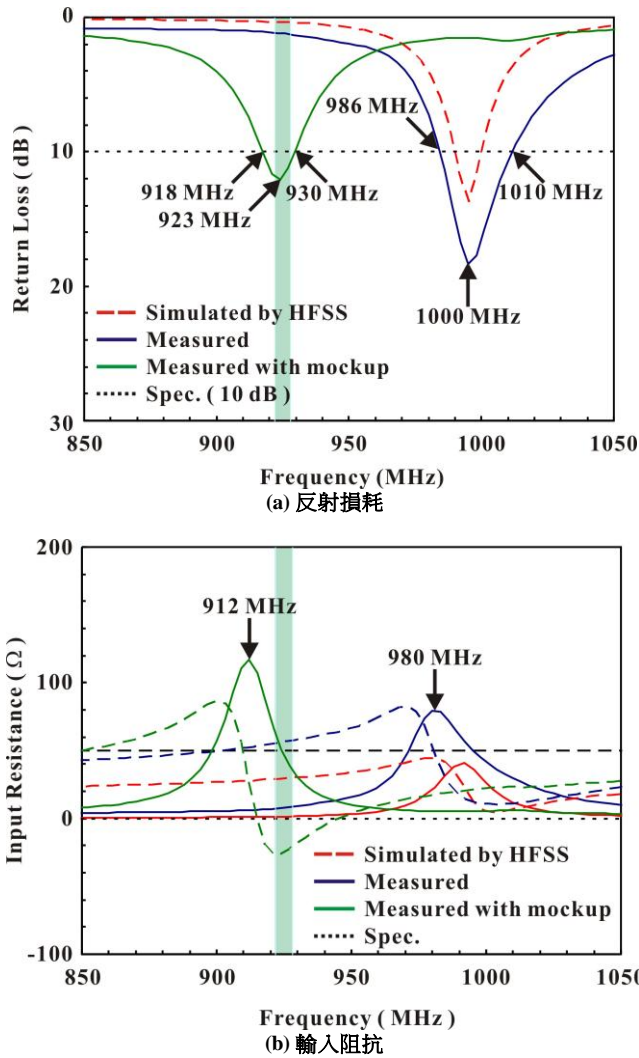
(b) 標籤天線基板尺寸

圖一：應用於超高頻 RFID 系統之主動式標籤天線幾何結構圖。

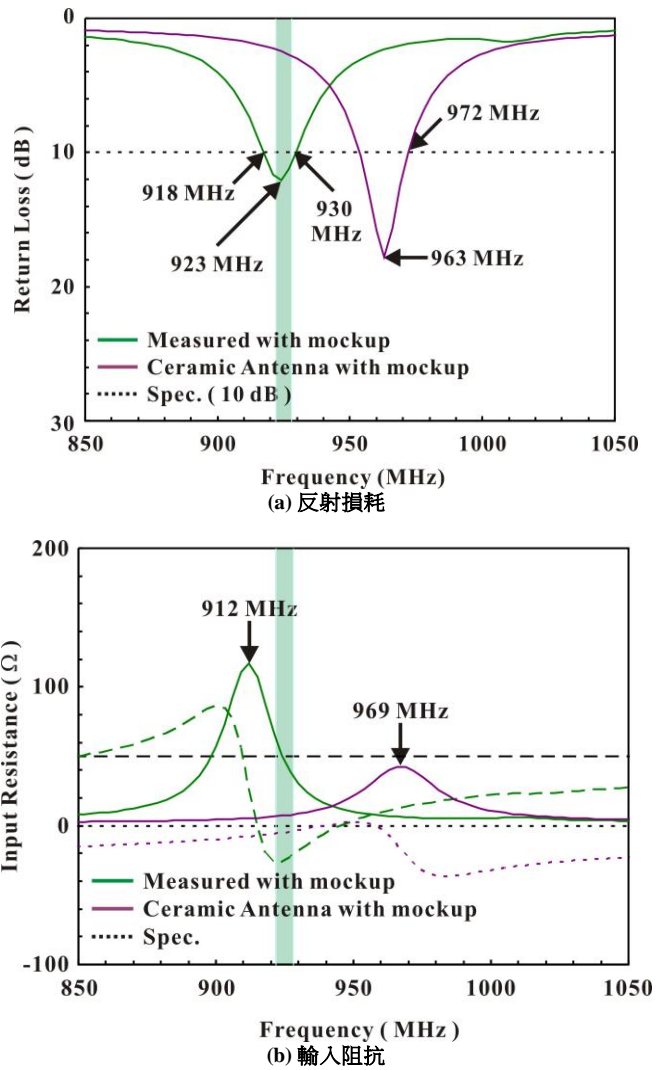
三、 實驗結果與探討

本研究首先利用電磁模擬軟體 Ansoft HFSS[11]模擬天線結構之相關尺寸並得到其反射損耗(Return Loss)、輸入阻抗(Input Impedance)等數值；再根據模擬結果利用其參數製作出天線實體，並使用本實驗室網路分析儀(HP E5071C)實際測量以求得最佳阻抗匹配的激發模態。模擬值與實際量測值的數據無法完全相同，乃因模擬於理想狀態下進行，並非像實際量測時有人為、量測環境、天氣情況(溫度、溼度等)的誤差，但基本上實際量測與模擬所獲得的結果仍是非常相似的。

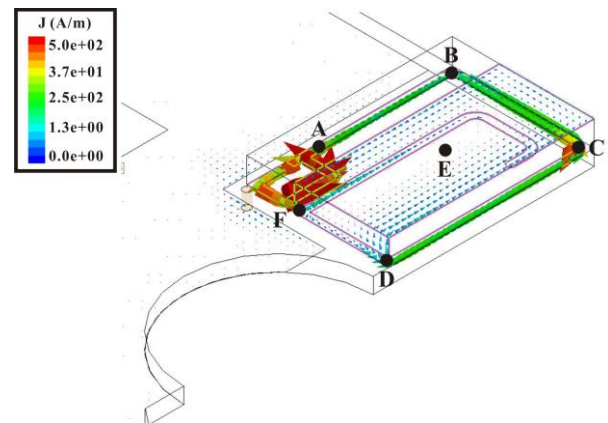
圖二(a)所示為此次提出超高主動式標籤天線有無外殼之模擬與實測反射損失 (Return Loss) 比較圖。圖二(b)為模擬和實測之阻抗圖。可從輸入電阻(Input Resistance)圖看出其模擬與實測是相當接近的；在輸入電抗(Input Reactance)圖中模擬與實測亦是相當接近的，皆具共振特性。



圖二：超高頻主動式標籤天線有無外殼之模擬與實測反射損耗 (Return Loss) 與輸入阻抗(Input impedance)



圖三：超高頻主動式標籤天線與陶瓷天線皆含外殼之實測反射損耗 (Return Loss) 與輸入阻抗(Input impedance)

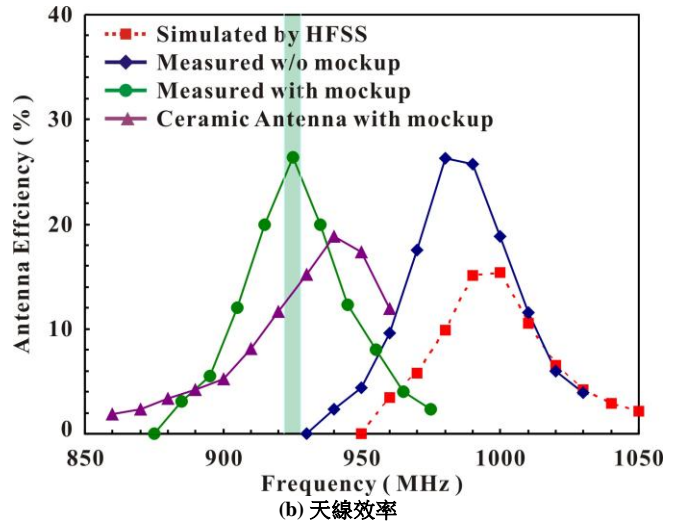


圖四：超高頻主動式標籤天線(未含外殼)於最佳匹配頻率(1000 MHz)之表面電流模擬分佈圖。

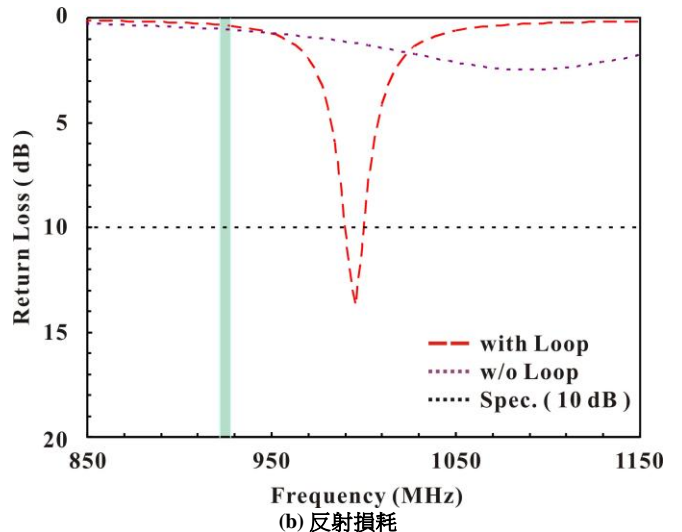
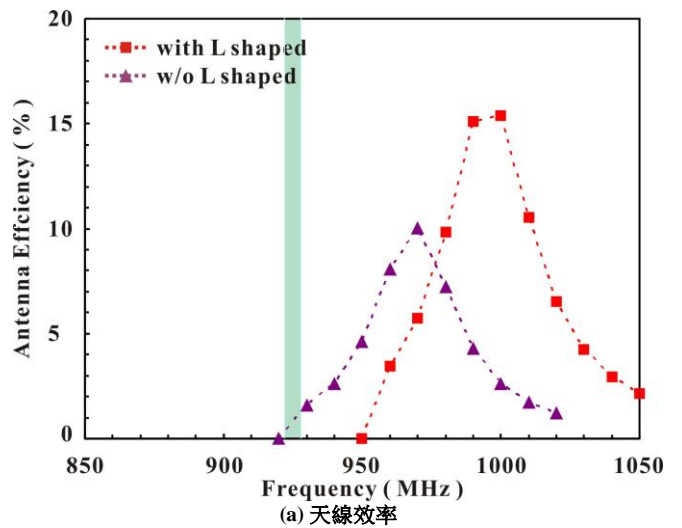
圖三(a)所示為此次提出超高頻主動式標籤天線與原先陶瓷天線皆含外殼之反射損失實測比較圖。以反射損失值 ≥ 10 dB 為標準，得知其操作頻率範圍涵蓋臺灣超高頻頻段(922~928 MHz)。圖三(b)為其實測輸入阻抗

圖。可從輸入電阻(Input Resistance)圖來看出其頻率點因塑膠外殼之負載效應，激發模態可降頻至臺灣超高頻頻段(922 ~ 928 MHz)。為了充分瞭解激發模態之特性，利用 Ansoft HFSS 模擬表面電流分佈在 1000 MHz 的說明圖，如圖四所示。由圖中可得知在 1000 MHz 的表面電流激發路徑主要為下層螺旋型彎折路徑。表面電流主要分佈在饋入之 Loop 及第一個 90 度弧形彎折路徑，另由此圖亦可知在右下方之立體倒 L 型路徑上層有部分電流流動，證明加入此結構後，可以有效的增加在 Z 軸方向之電流。

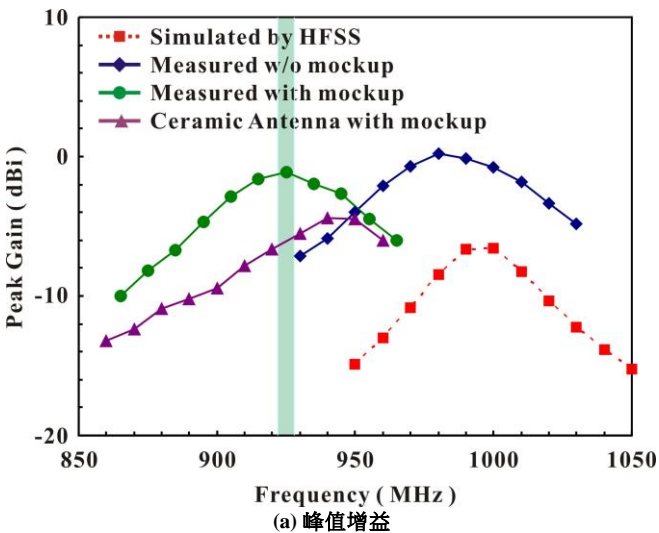
圖五為此款超高頻標籤天線有無塑膠外殼之天線增益與效率之模擬與實測特性比較，並加入原先陶瓷天線特性進行比較，由圖五(a)與(b)於實際量測結果得知天線增益表現最佳約為 -1.1 dB，天線效率最佳表現約為 27%，整體特性表現大幅優於原先陶瓷天線。圖六所示，結構右下方以立體倒 L 型結構進行設計，增加標籤天線之接收面積，提高標籤天線之增益及效率特性表現。圖六(a)去除標籤天線右下方之立體 L 型結構時，其天線之增益與效率特性變差，無法達到最佳表現。圖六(b)去除其饋入右方之 Loop 結構時，天線輸入特性呈現高阻抗使匹配變差，導致天線增益與效率亦無法達到最佳表現，圖七為無反射室(Chamber)內建置量測系統之實際量測結果，標籤天線操作於 923 MHz 在各切面之 2D 讀取距離場型，並加入原先陶瓷天線特性進行比較，發現此款超高頻主動式標籤天線於 X-Z 面與 Y-Z 面為等向性輻射，X-Y 面為橫向輻射，且皆優於原先陶瓷天線之特性。圖八所示為在最佳操作頻率 923 MHz 時進行戶外動態量測，最遠讀取距離可達約 300 公尺，具有良好的等向性讀取距離場型。圖九所示為本款超高頻主動式標籤天線進行戶外動態量測，地點為空曠場地達 300 公尺以上的高雄都會公園。



圖五：超高頻主動式標籤天線有無外殼之天線增益與效率比較圖。

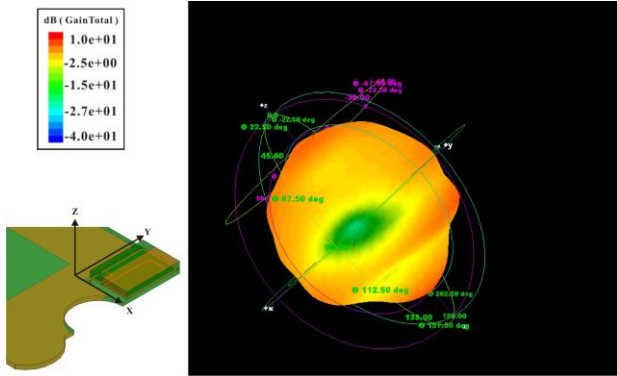


圖六：超高頻主動式標籤天線有無饋入端 Loop 與立體 L 型路徑之特性比較圖。

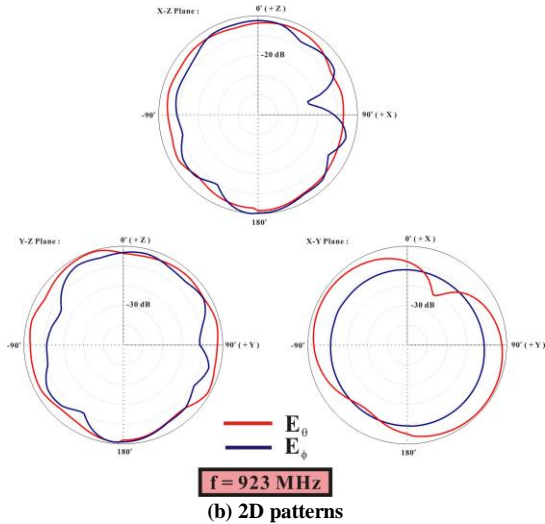


(a) 峰值增益

(b) 反射損耗

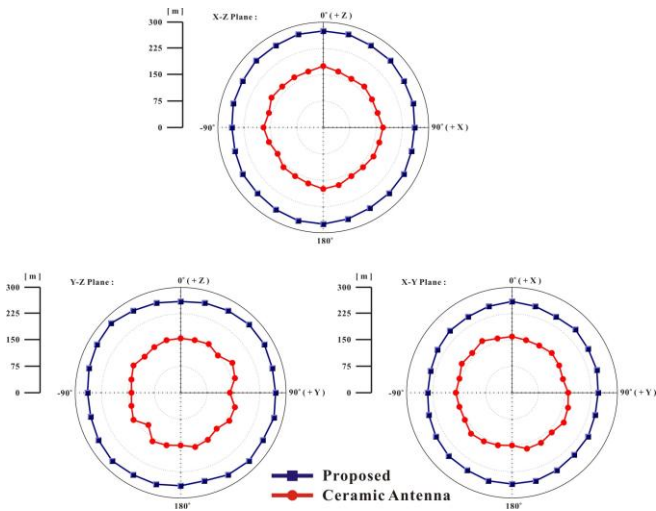


(a) 3D pattern

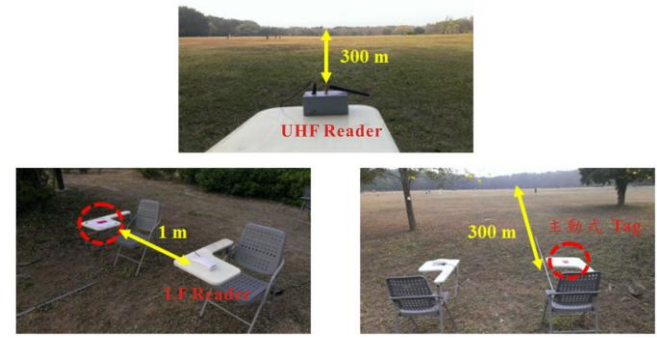
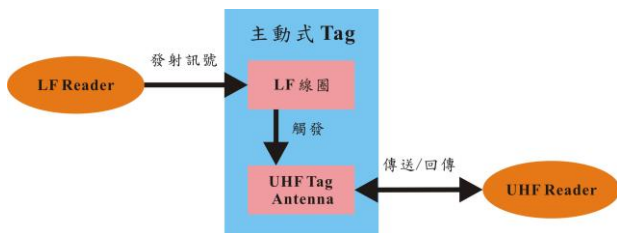


(b) 2D patterns

圖七：超高頻主動式標籤天線之量測場型圖。



圖八：超高頻主動式標籤天線(Blue line)與陶瓷天線(Red line)讀距場型之實測比較圖。



圖九：超高頻主動式標籤天線讀距場型之量測環境圖。

結論

本文提出一款應用於超高頻 RFID 系統之主動式標籤天線，其工作頻段包含 922 ~928 MHz 臺灣 RFID UHF 頻段。此款天線具有結構簡單、天線尺寸縮小、低成本與製造過程簡易等優點，並於天線增益與效率表現最佳時(操作頻率 923 MHz)之最遠讀取距離約為 300 公尺，具有良好的等向性讀取距離場型。

ACKNOWLEDGMENT

This paper was supported by the National Science Council (NSC), Taiwan, R.O.C., under Grant NSC101-2622-E-022-003-CC3.

參考文獻

- [1] A. E. Abdulhadi and R. Abhari, "Design and experimental evaluation of miniaturized monopole UHF RFID tag antennas", *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters.*, vol. 11, pp. 248-251, 2012.
- [2] J. H. Lu and G. T. Zheng, "Planar broadband tag antenna mounted on the metallic material for UHF RFID System", *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters.*, vol. 10, pp. 1405-1408, 2011.
- [3] T. W. Koo, D. Kim, J. I. Ryu, H. M. Seo, J. G. Yook and J. C. Kim, "Design of a label-typed UHF RFID tag antenna for metallic objects", *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters.*, vol. 10, pp. 1010-1014, 2011.
- [4] H. W. Liu, C. F. Yang and C. H. Ku, "Novel miniature monopole tag antenna for UHF RFID applications", *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters.*, vol. 9, pp. 363-366, 2010.
- [5] Y. Choi, U. Kim, J. Kim and J. Choi, "Design of modified folded dipole antenna for UHF RFID tag", *Electronics Letters.*, vol. 45, pp. 387-389, April 2009.
- [6] H. D. Chen and F. C. Chu, "An effective impedance matching method for RFID slot tag antennas", *Microwave and Optical Technology Letters.*, vol. 53, pp. 1860-1863, Aug. 2011.
- [7] J. S. Kim, W. Choi and G. Y. Choi, "Ceramic patch antenna for UHF RFID tag embedded in metallic objects", *2009 IEEE AP-S Int. Symp. Dig.*
- [8] J. S. Kim, W. Choi, G.Y. Choi and J. S. Cha, "Ceramic patch antenna using inductive coupled feed for UHF RFID tag mountable on metallic objects", *2008 Microwave Conference.*
- [9] Q. Bai and R. Langley, "Crumpling of PIFA textile antenna", *IEEE Trans Antennas Propagat.*, vol. 60, pp. 63-70, Jan. 2012.
- [10] Y. S. Wang, M. C. Lee and S. J. Chung, "Two PIFA-Related Miniaturized Dual-Band Antennas", *IEEE Trans Antennas Propagat.*, vol. 55, pp. 805-811, March 2007.
- [11] <http://www.ansoft.com/products/hf/hfss>.