

應用於人體皮膚表面之超高頻標籤天線阻抗研究

STUDY of the UHF RFID TAG ANTENNA'S IMPEDANCE onto HUMAN BODY

楊弘吉¹ 簡聰富¹ 尹安賢¹ 江峻榮¹ 鄭建民²

Hung-Chi Yang, Tsung-Fu Chien, An-Hsien Yin, Jyun-Rong Jiang, Chien-Min Cheng

¹南台科技大學電機工程系

Electrical Engineering, Southern Taiwan University

²南台科技大學電子工程系

Electronic Engineering, Southern Taiwan University

一、中文摘要

無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification ; RFID)是利用無線電波傳送資料，可用於身份辨識的一種技術，由於人體的介電常數(Relative Permittivity)等參數與空氣不同，故一般使用空氣中的標籤(Tag)若貼於人體皮膚表面其特性會受影響，本研究針對人體上臂的皮膚組織參數做出一人體皮膚組織模型，方便電磁模擬軟體作阻抗變化模擬。使用頻段為 UHF 的 915MHz，符合美國 FCC 所認可的 ISM 頻段規定，並提出一標籤天線(Tag antenna)結構，探討結構變化對阻抗的影響，且成功的從結構上找到阻抗變化的趨勢。

關鍵詞：無線射頻辨識系統、相對介質常數、標籤、標籤天線

Abstract

Radio Frequency Identification (RFID) which is a technology of data transfer by radio can be used as identification. Designing RFID tag onto human skin is more difficult for onto other materials due to high relative permittivity from human skin. In this paper, first of all, a tissue model in accordance with the impedance of human skin for simulation is proposed. After that we design a tag antenna which conforms to the band (UHF, 915 MHz) provided by FCC and find out the trends of impedance of the tag antenna when the structure of the one is varied.

Keywords: RFID, Relative Permittivity, UHF, Tag, Tag antenna

二、緣由與目的

無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification ; RFID)是利用無線電波傳送資料，達到身份辨識的一項技術[1]，由於無需接觸，故屬於自動資料收集(Automated Data Collection ;

ADC)技術的一種，RFID 的主要有讀取器(Reader)、標籤(Tag)和天線(Antenna)三部份組成的非接觸自動辨識技術[2]。工作原理是將一顆具有儲存記憶體的 IC 置入標籤上，利用射頻技術將 IC 上的資料傳送到讀取器，達到辨識目的。目前市面上的相關應用相當的廣泛，例如捷運系統的悠遊卡、門禁管理卡、動物辨識晶片、商店使用的防盜標籤等等，未來更可結合生理感測器(Bio-sensor)，在醫學及人體生理訊號檢測方面有廣泛的應用。無線射頻辨識系統依使用頻段可分成 LF (125 KHz, 134 KHz, 250 KHz)、HF (3 MHz ~ 30 MHz)、UHF (300 MHz ~ 3 GHz)、ISM (860 MHz ~ 960 MHz)以及 Microwave (2.45 GHz, 5.8 GHz)。本研究應用於人體皮膚表面之射頻標籤天線設計，故選擇符合美國聯邦通訊委員會(US Federal Communication Commission ; FCC)所認可的工業科學醫療頻帶(Industrial-Scientific-Medical Band ; ISM) 915 MHz，並探討標籤天線置於皮膚表面時的阻抗變化，以利於標籤天線與 IC 的阻抗匹配。

三、材料方法

天線會因為基板材料介電常數(Relative Permittivity)的大小而改變其特性，其關係式如下：

$$v = f\lambda$$

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

表 3.1 人體皮膚參數(915 MHz)

組織	厚度 h (mm)	介電常數	導電率(S/m)
Skin	2	46.06	0.85
Fat	10	5.46	0.05
Muscle	33	54.99	0.94

其中 v 為電磁波在材料中的速率， c 為光速， ϵ_r 為材料之介電常數， f 為頻率， λ 為波長。故當材料之介電常數越大時，其波長就會越短，本研究的標籤天線必須置於人體皮膚表面，而人體皮膚組

織的介電常數在不同頻率下各有所不同，故在設計標籤天線時必須考慮人體皮膚組織的介電常數 [3]，表 3.1 是以人體上臂皮膚組織作為參考數據，並導出各個組織在 915 MHz 時的介電常數及導電率(Bulk Conductivity)。

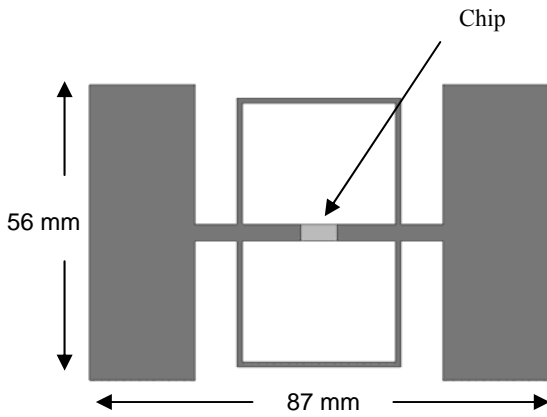


圖 3.1 標籤天線結構

圖 3.1 為標籤天線結構，以左右兩大片區域接受 RF 能量，中間放置 Chip，為一種 dipole 結構，並由上下 Loop 結構控制標籤天線的阻抗變化 [4]。模擬方面採用電磁模擬軟體進行阻抗變化模擬，此標籤天線尚未放至於人體皮膚時在 915 MHz 的阻抗為 $108 + j56 \Omega$ ，然而在加入皮膚、脂肪及肌肉組織後，因為皮膚等組織的介電常數與空氣($\epsilon_r=1$)相差甚大的關係，標籤天線的阻抗值會有所變化。

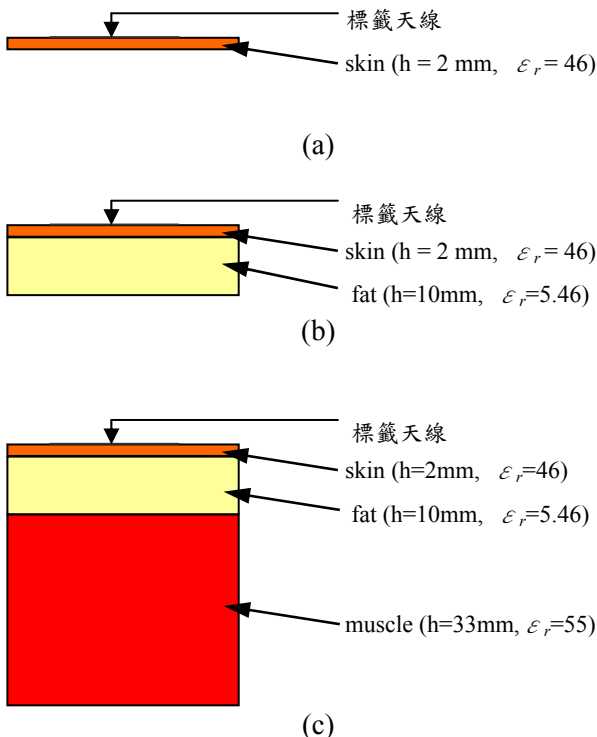


圖 3.2 標籤天線+人體皮膚組織的剖面圖(a)標籤天線+skin(b)標籤天線+skin+fat(c) 標籤天線+skin+fat+muscle。

標籤天線放置在人體皮膚組織的阻抗值如表 3.2 所示，(a)為加入皮膚(skin)組織，(b)為加入皮膚(skin)與脂肪(fat)組織，(c)為皮膚(skin)、脂肪(fat)和肌肉(muscle)組織，從表 3.2 可知，標籤天線在無人體皮膚組織與有人體皮膚組織時的阻抗大大不同，虛部阻抗從電感性變成了電容性，這對標籤天線與 Chip 的阻抗匹配有很大的影響，所以在設計置於人體皮膚表面的標籤天線時必須將皮膚組織的參數加入作為考慮，以便與匹配 Chip 的阻抗。

表 3.2 在各種環境下的標籤天線阻抗值

環境	阻抗值
無人體組織	$108 + j56 \Omega$
(a)	$200.87 - j14.04 \Omega$
(b)	$159.22 - j36.86 \Omega$
(c)	$147 - j45 \Omega$

(一) 標籤天線與 Chip 的共軛匹配

標籤天線的阻抗必須與置入 Chip 的阻抗達到共軛匹配，方可有最大的 τ 值 [5]

$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2}$$

τ 為功率傳輸係數， $0 \leq \tau \leq 1$ ，其中 $Z_c = R_c + jX_c$ 為 Chip 的阻抗值， $Z_a = R_a + jX_a$ 為標籤天線的阻抗值。共軛匹配即為 $Z_a = Z_c^*$ ，也就是 $R_c = R_a$ ， $X_c = -X_a$ 。假如標籤天線與 Chip 的阻抗達到共軛匹配，就有最大功率轉移，意即標籤天線從 Reader 接收到的 RF 能量可以完全傳輸到 Chip 上，讓 Chip 充電達到啟動電壓，將資料解碼後回傳給 Reader。若標籤天線與 Chip 達到共軛匹配，則

$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2} = \frac{4R_c R_a}{|(R_c + jX_c) + (R_a + jX_a)|^2}$$

若 $R_c = R_a$ ， $X_c = -X_a$

$$\text{則 } \tau = \frac{4R_a R_a}{|(R_a - jX_a) + (R_a + jX_a)|^2} = \frac{4R_a^2}{|2R_a|^2} = 1$$

(二) Loop 結構尺寸與阻抗變化

在人體皮膚組織的環境下，嘗試改變 Loop 結構的各個尺寸，尋找控制標籤天線阻抗的點

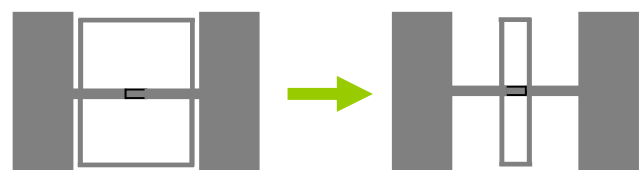


圖 3.3-1 改變 Loop 大小

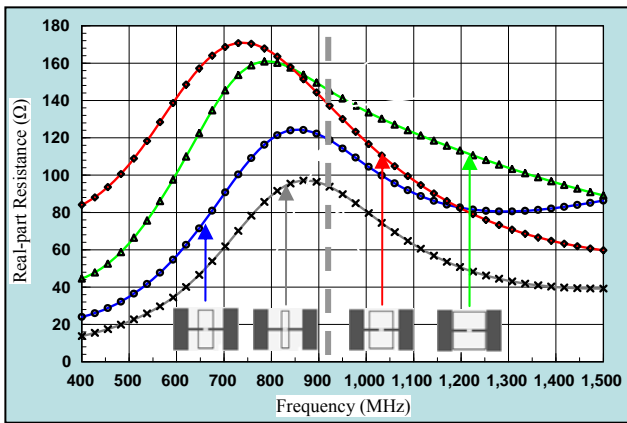


圖 3.3-2 實部阻抗變化圖

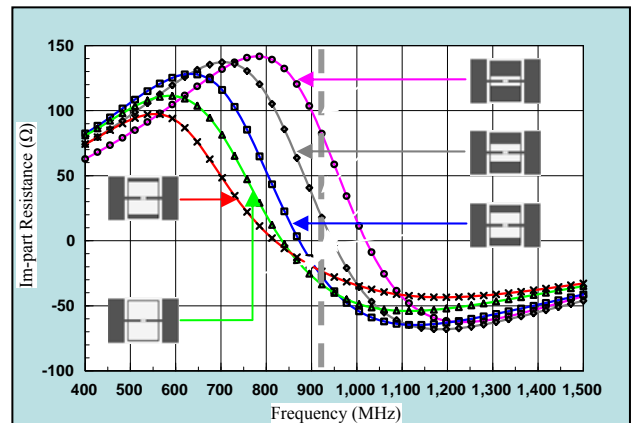


圖 3.4-3 虛部阻抗變化圖

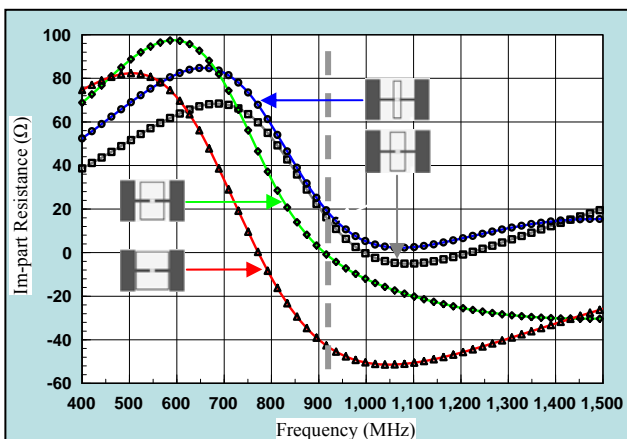


圖 3.3-3 虛部阻抗變化圖

由圖 3.3-2, 3.3-3 可知當 Loop 大小縮小時, 實部阻抗會隨之降低而虛部阻抗會有升高現象。

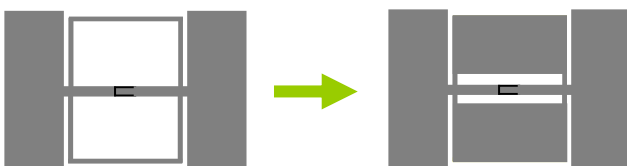


圖 3.4-1 改變 Loop 上下線徑厚度

由圖 3.4-2, 3.4-3 可知 Loop 上下的線徑厚度變粗時, 標籤天線的實部阻抗與虛部阻抗皆會有升高的現象, 代表實虛部可同時提高。

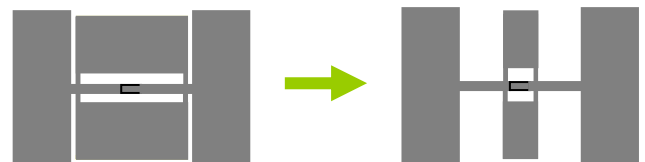


圖 3.5-1 改變 Loop 左右長度

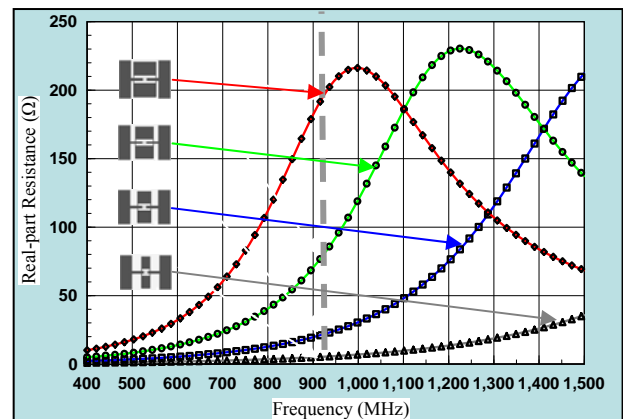


圖 3.5-2 實部阻抗變化圖

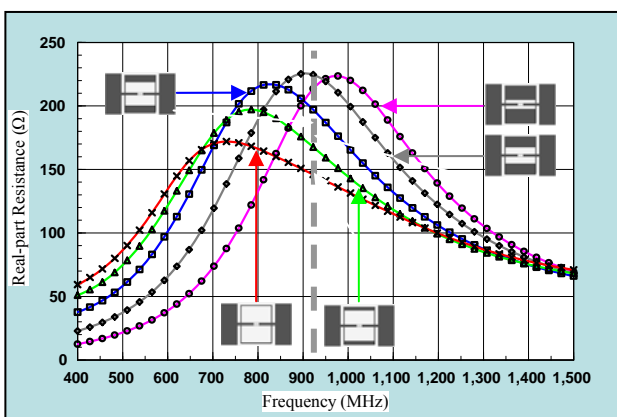


圖 3.4-2 實部阻抗變化圖

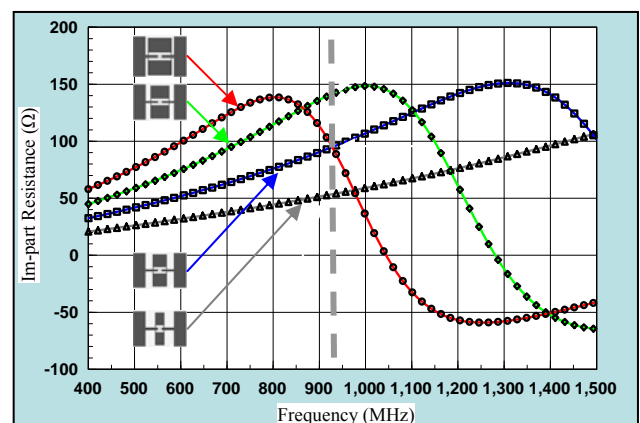


圖 3.5-2 虛部阻抗變化圖










由圖 3.5-2，3.5-3 可知當 Loop 左右長度所短時，實部與虛部阻抗皆會下降，其中以實部下降的趨勢較為劇烈。

[5] G. Marrocco (2007) *RFID antennas for the UHF remote monitoring of human subjects* IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 55, no. 6, part 2, June, pp. 1862-1870.

四、結果與討論

標籤天線的 Loop 長度大小可調整阻抗值，然而左右兩大片區域大小影響阻抗甚小，故不特意標出。實部阻抗變化值由 0 到 200 Ω 不等，虛部阻抗變化值由 -45 到最高 140 Ω 不等，這表示此結構的標籤天線可藉由調整 Loop 的長度及厚度數值控制實部及虛部阻抗，且有趨勢變化，方便與 Chip 達到阻抗匹配。

表 4.1 標籤天線阻抗變化

結構	實部阻抗	虛部阻抗
	下降 	上升 
	上升 	上升 
	下降 	下降 

五、結論

本研究在 UHF 頻段的 915 MHz 設計出一可貼於人體皮膚表面之標籤天線，並由人體皮膚組織參數做出一人體皮膚組織模型，從模擬的結果可看出，標籤天線在貼於人體皮膚前後的阻抗值的變化甚大，故設計時須將人體皮膚組織的參數加入作為考量。使用電磁模擬軟體做標籤天線的阻抗分析，成功的在結構上找到控制實部阻抗與虛部阻抗的變化趨勢，可以依需求調整結構，達到想要的阻抗值，以利與 Chip 達到阻抗匹配，便有最佳的功率傳輸係數。

六、參考文獻

- [1] K. Finkenzeller (1999) *Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*, RFID Handbook, New York: Wiley.
- [2] K. V. S. Rao (1999) *An overview of backscattered radio frequency identification system (RFID)* in Asia-Pacific Microwave Conf., vol. 3, Nov.-Dec., pp. 746-749.
- [3] D. Mahemuty, J. Shichen, Z. Xuexue (2006) *Investigation to heat Conduction Model in Skin Tissue* Journal of xian jiaotong university, vol. 40, no. 3, Mar, pp. 370-372.
- [4] G. Marrocco (2008) *The art of UHF RFID antenna design: impedance-matching and size-reduction techniques* Antennas and Propagation Magazine, IEEE, vol. 20, Issue 1, Feb, pp. 66-79.