

# 適用於配戴式行動通訊裝置之微帶天線

林淑芸<sup>a</sup>、林原誌<sup>b</sup>、陳建華<sup>a</sup>  
 正修科技大學電子工程研究所<sup>a</sup>  
 金屬工業研究發展中心<sup>b</sup>

**摘要** —近幾年來配戴式行動通訊裝置日漸受到矚目，天線是此種行動通訊電路系統當中的重要終端元件，通常操作於 ISM 2.4GHz 頻帶。目前所看到的配戴式裝置，以放置在頭部、胸口和手部最為常見。人體等效於一有損耗的導電性介質體，因此在配帶時，裝置中的天線容易受到人體的影響，更甚者，人體不同的部位對天線的影響也有所不一。本文將針對偶極、單極、平面式倒 F 形與平板四種天線，分別放置在人體的頭部、胸口及手臂，藉以探討不同結構之天線配帶在人體不同部位時，對天線效能的影響。實驗結果顯示 PIFA 天線和 Monopole 天線最容易受人體的影響，而配戴式行動通訊裝置放置於胸口或手臂上，天線的效能則比較不容易受人體的影響。

## 一、簡介

目前配戴式行動通訊裝置(簡稱配戴式裝置)大多是以短距離的傳輸方式為主軸，常見的通訊系統包括藍芽、Wi-Fi、Zigbee 等，都有一個共同使用的無線通訊頻段就是 ISM2.4GHz(2400~2485MHz)。配戴式裝置以放置在頭部、胸口和手部最為常見，由於是放置在人體身上，所以多以平面式縮小化的結構為主，除此之外，人體的影響也是需要考慮的主因之一。因為人體等效於一有損耗的導體，在配帶時，裝置中的天線容易受到人體的影響，更甚者，天線靠近人體不同的部位時所影響的結果也有所不一。

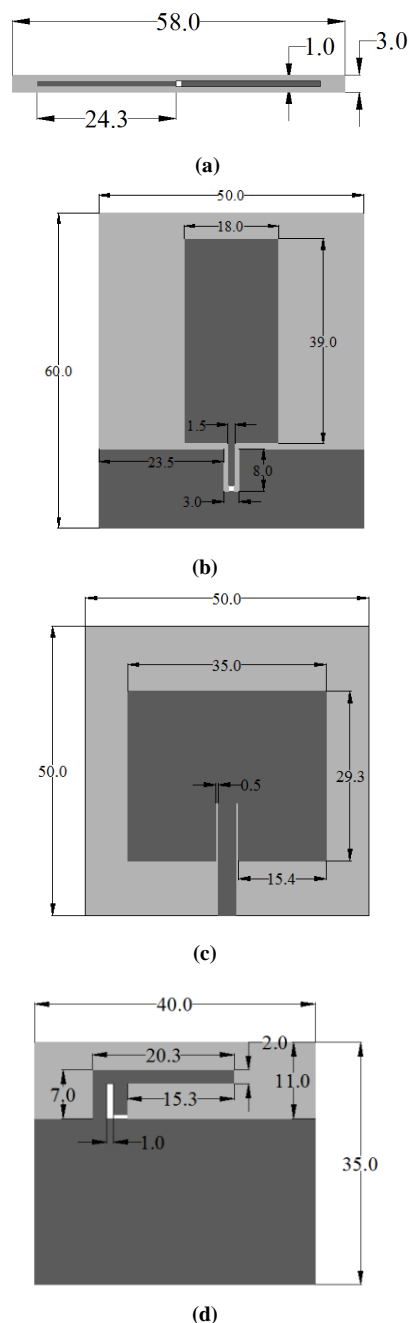
本文以商用的微波軟體進行理論性的研究，探討四種不同結構之天線:偶極、單極、平面式倒 F 形與平板(Dipole、Monopole、PIFA、Patch)天線[1-4]，放置在模擬人體的頭部、胸口及手臂(Head、Chest、Arm)等部位時，對天線效能的影響。在研究進行中，每個部位細分為(皮膚、脂肪、肌肉、骨頭、大腦)等多層架構的組織來進行實驗，藉由比較每種天線在自由空間以及配戴在人體不同部位時，天線的共振頻段、輻射效率、及場型的差異，從而探討不同結構之天線配帶在人體不同部位時，對天線的影響，並且歸納特定結構的天線適合配戴在人體的部位。

## 二、天線設計與人體組織架構

### 2.1 天線設計

本文研討的四款天線結構如圖一所示，皆以平面印刷的技術印製於玻璃纖維(FR4，介電係數  $\epsilon_r = 4.4$ ) 微波基板上，操作頻帶為 ISM 2.4GHz。圖一(a)是偶極(Dipole)天線，整體尺寸為 58mm×3mm×0.8 mm，操作於半波長共振模態；圖一(b)是單極(Monopole)天線，整體尺寸為 50mm×40mm×0.8 mm，操作於四分之一波長共振模態；

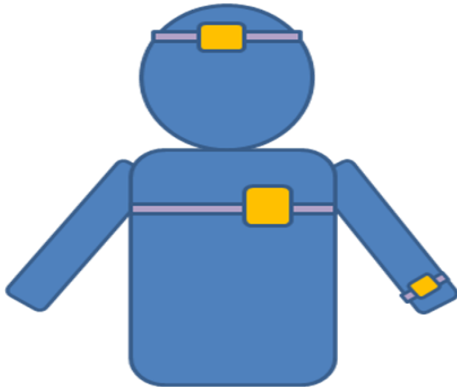
圖一(c)是平板(Patch)天線，整體尺寸為 50mm×50mm×1.6mm，操作於半波長共振模態；圖一(d)是平面式倒 F 型(PIFA)天線，整體尺寸為 40mm×35mm×0.8mm，操作於四分之一波長共振模態。



圖一:(a)Dipole天線 (b)Monopole天線 (c)Patch天線 (d)PIFA天線

### 2.2 人體組織架構

如圖二所示，行通訊裝置在人體上常見的配戴位置：是頭部、胸口和手臂，從早期的研究[5]當中發現，分別以單一架構與多層架構的人體組織，理論性的分析人體對天線效能的影響，二者的結果差異是相當大的。為了能夠更真實呈現人體對配戴式天線的影響，我們選擇使用多層架構的組織，包括皮膚、脂肪、肌肉、骨頭、與大腦，來等效模擬人體的頭部、手臂與胸口等三個部位。表一是本研究採用的三個部位各組織厚度。針對於四種天線 2.4GHz 的操作頻段，各部位人體組織的構成參數如表二[6-12]。



圖二:人體配戴位置圖

表一:人體組織大小與厚度 單位:mm

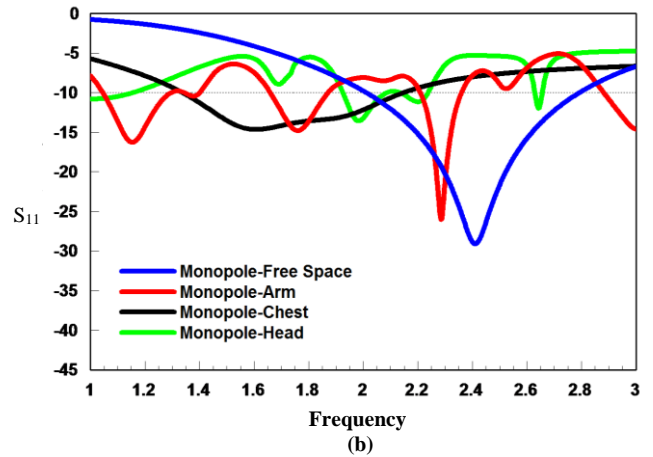
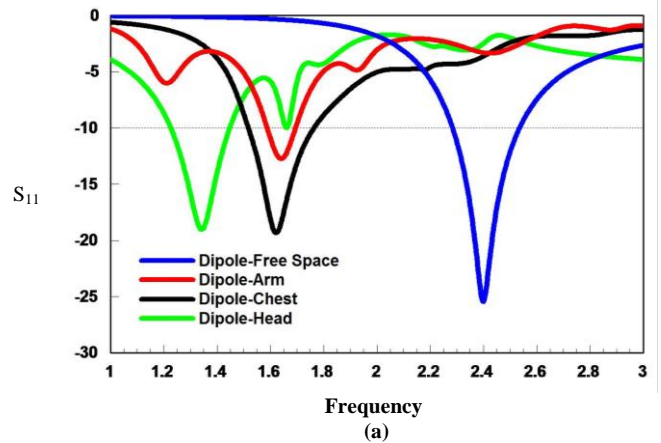
部位	頭部		胸口		手臂	
	組織面積		組織面積		組織面積	
	100×100		160×160		60×60	
組織厚度	皮膚	1	皮膚	1	皮膚	1.5
	肌肉	10	脂肪	5	胸部	12
	頭骨	12	肌肉	21	肌肉	10
	大腦	60	骨頭	17	骨頭	3.3

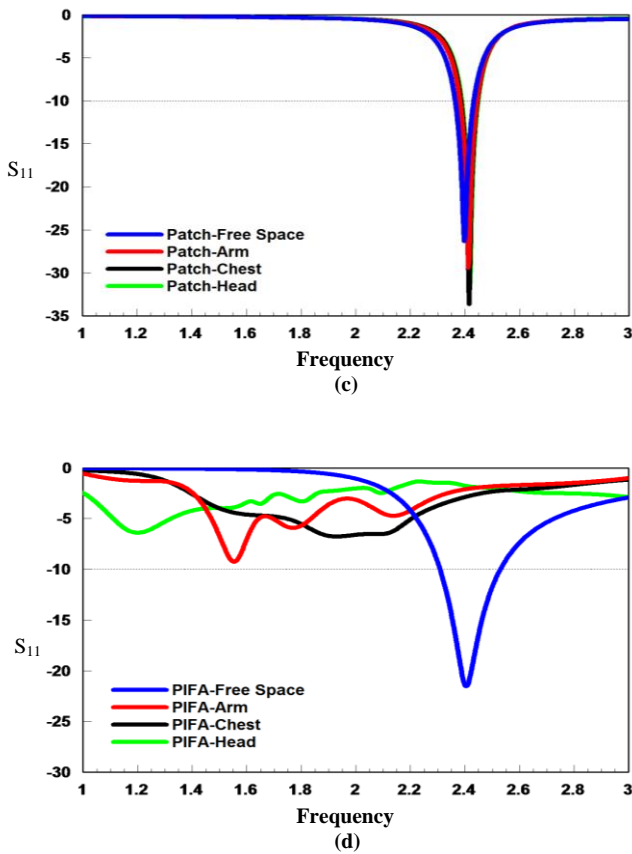
表二:人體構成參數

人體材料系數				
部位	組織	$\epsilon_r$	$\sigma$ [S/m]	Loss Tangent
頭部	皮膚	43.42	0.77	0.138
	肌肉	53.63	1.77	0.258
	頭骨	15.00	0.58	0.304
	大腦	42.60	4.48	0.271
胸口	皮膚	38.00	1.46	0.300
	脂肪	05.15	0.14	0.212
	肌肉	52.70	1.74	0.257
	骨頭	11.40	0.39	0.267
手臂	皮膚	38.06	1.44	0.295
	脂肪	05.28	0.10	0.150
	肌肉	53.63	1.70	0.248
	骨頭	15.00	0.58	0.305

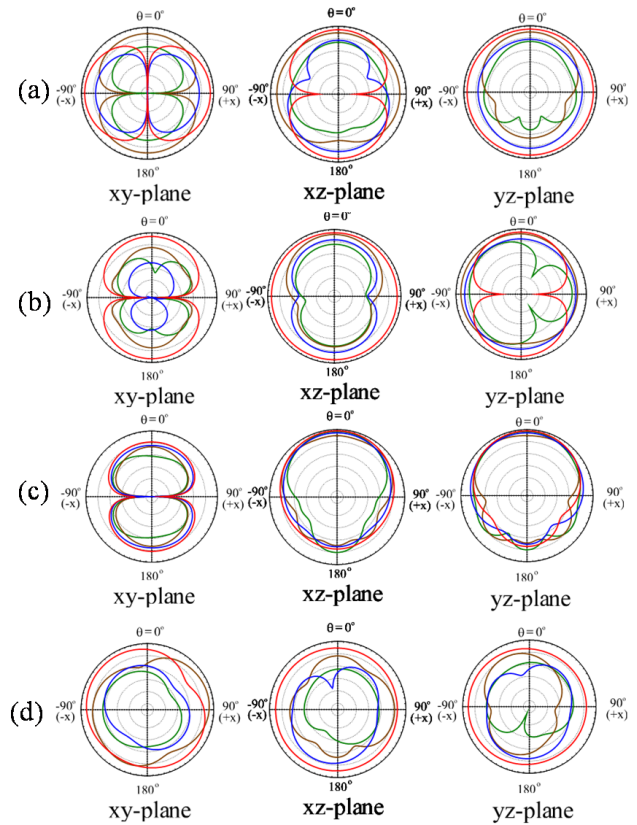
### 三、實驗結果與討論

圖三為不同結構的天線放置在人體不同組織的反射係數  $S_{11}$  頻率響應曲線。如圖(a)所示，Dipole 天線放置在人體的頭部、手臂、胸口等部位，由於高介電係數的人體組織整合於天線的結構，使得天線的共振頻段由 2.4GHz 往低頻移動，但仍維持天線的半波長共振模態，再者，當 Dipole 天線放置在手臂位置時，匹配會比其他部位較差。圖(b)呈現 Monopole 天線放置在人體的頭部、手臂、胸口的實驗結果，人體高介電係數介質不僅使得天線的共振頻段由 2.4GHz 往低頻移動，同時造成天線與 50Ω 的輸入信號不匹配。圖(c)是 Patch 天線的實驗結果，由於背向的大接地面、微波基板與輻射金屬片構成一獨立於人體的共振腔，使得天線的共振模態不容易受到人體的影響。圖(d)是 PIFA 的實驗結果，人體造成天線的共振頻段往低頻移動的現象，清晰可見，同時天線的共振模態因為受到人體的影響，使得天線無法維持良好的共振。





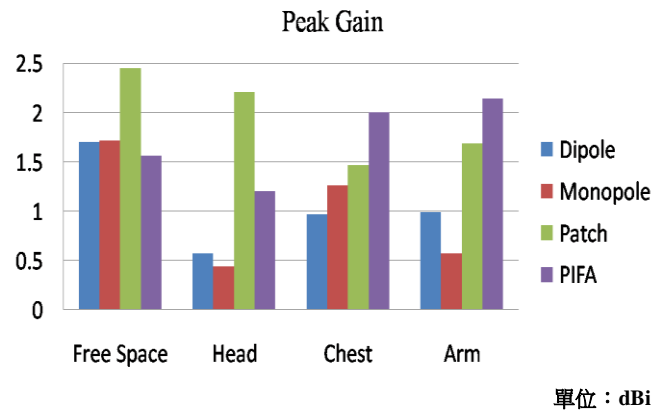
圖三:不同結構天線放置在人體不同部位的  $S_{11}$  頻率響應曲線(a)Dipole 天線；(b)Monopole 天線；(c)PIFA 天線；(d)Patch 天線



圖四:放置在人體不同部位-天線場型圖(a)Dipole 天線(b)Monopole 天線(c)Patch 天線(d)PIFA 天線

圖四為各天線放置在人體不同部位的輻射場型圖。當天線貼附在人體時，天線背向的輻射容易被人體吸收及反射，而造成整體輻射場型的變異。如圖所示，比較 Dipole 天線與 Monopole 天線貼附於三個人體不同部位的場型，貼附於頭部時的場型結構容易受到影響而有較大的變異，接地面的特性容易影響 PIFA 天線，因此場型容易受到人體的影響；Patch 則是因為有背向接地面的關係，使得背向輻射場型不容易被人體吸收或反射，場型幾乎不受影響。

接下來在維持原有天線結構的前提下，探討放置人體各部位時天線的最大增益以及輻射效率的變化。受測天線均操作於基本模態，圖五與圖六分別顯示各天線的增益與輻射效率。實驗結果顯示當天線貼附在人體上時，Dipole 天線、Monopole 天線、與 PIFA 天線的增益與效率都很明顯受到人體的吸收而降低，尤其當天線是放置在頭部時，天線的增益及效率明顯比其部位低；再者，天線放置在較大部位的胸口時，其增益都能維持在 1.0dBi 以上，效率也能夠在 40% 以上。Patch 天線因為背向接地面的關係，放置在人體上時不管是增益還是效率，都不容易受到人體的損耗。

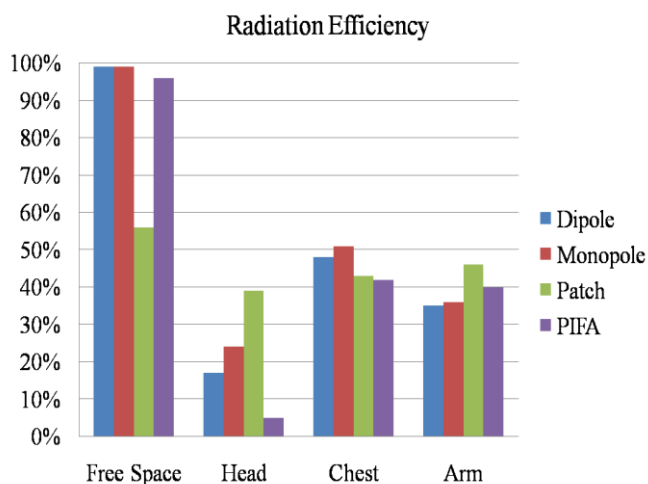


單位：dBi

	Free Space	Head	Chest	Arm
Dipole	1.703	0.57	0.97	0.99
Monopole	1.720	0.44	1.26	0.57
Patch	2.450	2.21	1.47	1.69
PIFA	1.560	0.08	1.45	0.43

圖五:天線增益

參考文獻



單位：%

	Free Space	Head	Chest	Arm
Dipole	99	17	48	35
Monopole	99	24	51	36
Patch	56	39	43	46
PIFA	96	5	42	40

圖六:天線效率

三、結論

由上述的結果了解到，當天線配戴在人體上時會因為不同部位的組織特性影響天線的頻段、增益、效率。除了 Patch 天線因為有背向接地面的關係不容易受到人體的影響之外，Dipole 天線在配戴於人體上時，雖然也受到人體的影響，但主要的共振模態還是能夠維持，而 PIFA 天線和 Monopole 天線則最容易受到人體所帶來的影響。而針對人體不同的部位影響，天線放置在頭部時，天線的增益及效率明顯降低，對輻射效能的損害最為嚴重，當天線放置在胸口時，天線的輻射效能則不容易受到影響。配戴式天線最好放置於不容易受到人體的影響如胸口或手臂上，而 Dipole 天線和 Patch 天線則是不容易受到人體的影響，比較能維持原有共振模態。

- [1] N. A. Elias, N. A. Samsuri, M. K. A. Rahim, N. Othman, and M. E. Jalil, "Effects of Human Body and Antenna Orientation on Dipole Textile Antenna Performance and SAR," IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics. , 2012, pp.132-136.
- [2] J. Y. Park, J. M. Woo, "Microstrip Line Monopole Antenna for the Wearable Applications," European Conf. on Antennas and Propagat, 2008, pp.1277-1279.
- [3] M. Wnuk, M. Bugaj, R. Przesmycki, L. Nowosielski, and K. Piwowarczyk, "Wearable Antenna Constructed in Microstrip Technology," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2003, pp. 704-707 vol.2.
- [4] Q. Bai and R. Langley, "Textile PIFA Antenna Bending", L.A.P.C, 2011, pp.1-4.
- [5] J. Gemio, J. Parron, and J. Soler, "Human Body Effects On Implantable Antennas For ISM Bands Applications: Models Comparison And Propagation Losses Study" PIER, Vol. 110, 2010, pp.437-452.
- [6] <http://transition.fcc.gov/oet/rfsafety/dielectric.html>
- [7] L. Vallozzi, H. Rogie, and C. Hertleer, "A Textile Patch Antenna with Dual Polarization for Rescue Workers' Garments" , European Conf. on Antennas and Propagat, 2009, pp.1018-1021.
- [8] T. Nakajima, M. Takahashi, K. Saito, and K. Ito, "Evaluation on characteristics of wristband type RFID antenna using a layer structural arm model" A.E.M.2.C. , 2010, pp.125- 128.
- [9] M. Koohestani, N. Pires, A. K. Skrivervik, and A. A. Moreira, "Influence of the Human Body on a New Coplanar-fed Ultra-Wideband Antenna" European Conf. on Antennas and Propagat. , 2012, pp. 316-319.
- [10] B. Loader, T. H. Loh, "Phantoms for Antenna Measurements At 2.4 GHz", European Conf. on Antennas and Propagat, 2012, pp.2285-2288.
- [11] T. S. P. See, A. Cai, and Z. N. Chen "Study on the Transmission of RF signals on the Human Body" Wideband and Multi-band Antennas and Arrays, 2005, pp.83-87.
- [12] A. Christ, A. Klingenbock, T. Samaras, "The Dependence of Electromagnetic Far-Field Absorption on Body Tissue Composition in the Frequency Range From 300 MHz to 6 GHz "IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 2006, vol. 54, pp. 2188 – 2195.