

2.3 GHz 天線具有圓形極化和線性極化的性能

張道治, 陳勁豪

大葉大學電機工程研究所, 台灣省彰化縣大村鄉山腳路 112 號, E-mail: dcchang@mail.dyu.edu.tw

摘要: 一般天線只具有單一個極化或雙極化(垂直和水平極化或左手和右手圓形極化)。衛星數位音頻廣播系統(SDARS)已被發展出來, 所以在設計 SDARS 接收天線時, 必須考慮到衛星信號穿過電離層由原有的左手圓形極化(LHCP)轉變成右手圓形極化(RHCP)的造成因素, 與建築物的阻擋。因此在接收不到衛星信號時, 必須使用垂直極化天線來接收地面站的放大信號。本篇論文正說明此 SDARS 接收天線的設計與模擬。

關鍵詞: 垂直極化; 水平極化; SDARS; LHCP; RHCP

1 前言

SDARS 接收天線是由 LHCP 天線與線性垂直極化兩部分天線所組成, 分別接收衛星信號與衛星信號透過地面站的放大信號(terrestrial repeater signal)^[1]。當衛星信號因建築物的阻擋或其它因素使衛星信號衰弱時, 透過天線調節, 而使用線性垂直極化天線來接收, 使其衛星信號不受地形地物的影響皆可收到良好的信號。設計接收天線頻率範圍在 2.32~2.332 GHz 其頻寬約為 12 MHz。

2 理論分析

LHCP 天線使用了 Brian Edward 在 1987 年所發表的雙極化天線設計方法^[2], 其等效電路如圖 1 所示:

$$Z_{in} = -jZ_b \cot(\theta_b) + \frac{jZ_L Z_{ab} \tan(\theta_{ab})}{Z_L + jZ_{ab} \tan(\theta_{ab})} \quad (1)$$

Z_L : 天線所形成的組抗; Z_{ab} : 負載一端接傳輸線 b 的外殼另一端接傳輸線 a 的外殼, a 、 b 外殼尾端相接形成短路, 其特性組抗 Z_{ab} ; Z_{in} : 為 Z_L 並聯一段短路傳輸線 a 、 b , 再串一段開路的傳輸線 b ; θ_{ab} : 短路傳輸線的電長度, θ_b : 開路傳輸線的電長度。

當 θ_b 、 θ_{ab} 在中心頻率的電長度皆為 90° 時(也就是 $\lambda_g/4$; λ_g 為電磁波走過介質板的波長) $\tan(\theta_{ab})$ 為無窮大, $\cot(\theta_b)$ 為 0, 此時 $Z_{in} = Z_L$, 如果令 $Z_a = Z_{in}$, 電路就可以匹配了^[3]。圖 2 為 Balun 與偶極天線合併的平板式電路的實現化。

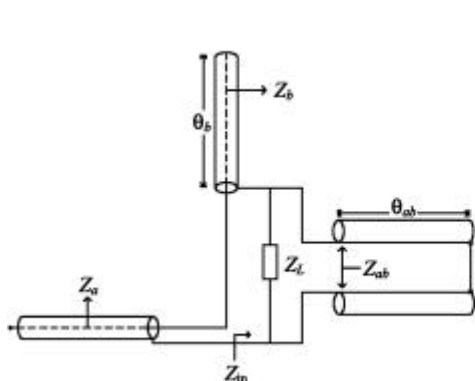


圖 1 等效電路

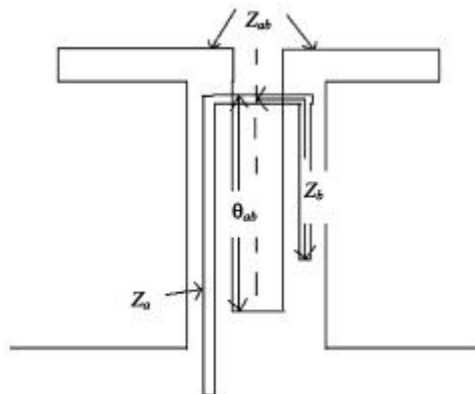


圖 2 Balun 與偶極天線合併的平板式電路實現化

使用兩個平板式偶極天線(printed dipole with balun) 十字對插，且在地板面下做相位差 90° 的傳輸線，使此天線有 LHCP 的功能。

使用螺旋單極天線^[4]來做為地面站的接收天線，此種天線是單極天線的變形。因為單極天線需要四分之一的波長長度，如果以本天線中心頻率 2.326 GHz 來設計四分之一的波長，長度要 32.2 mm，因此把單極天線繞成螺旋型式並藉此來縮小天線尺寸。

3 模擬分析

為了降低製造成本，所以本文使用低廉的 FR4 印刷電路板作為製造的材料，此介電係數為 4.4、厚度為 0.8 mm、loss -tangent 為 0.022，作為未來製作天線的材料，並利用這些條件來設定成模擬之參數。由於 IE3D 僅適用於二維空間的模擬軟體，所以一開始即使用 IE3D 分別來模擬單一螺旋單極天線尺寸如圖 3 所示。模擬單一平板式偶極天線尺寸如圖 4 所示。

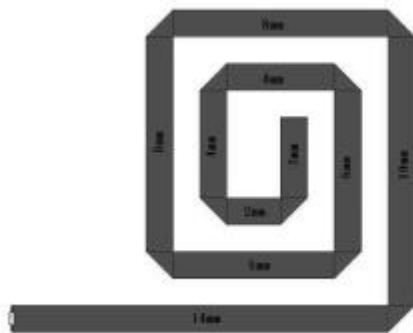


圖 3 IE3D 模擬螺旋單極天線的尺寸

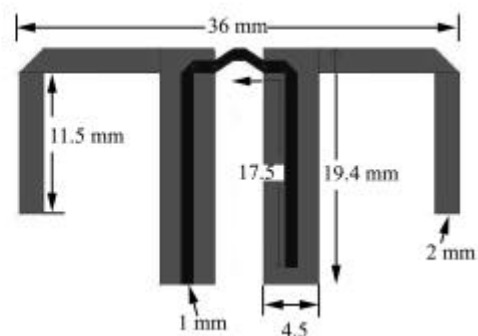


圖 4 IE3D 模擬平板式偶極天線尺寸

由於所要設計的天線是用每個天線單元組合而成，此種天線較不適合用 IE3D 模擬，所以接下來使用 HFSS 來模擬組合後的 LHCP 天線，它是由兩個平板式偶極天線對插所組成，和線性垂直極化天線它是由四個無方向性的螺旋單極天線所組成，如圖 5 所示。

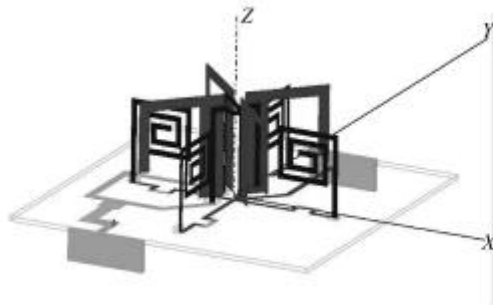


圖 5 HFSS 模擬 LHCP 天線與線性垂直極化天線的組合

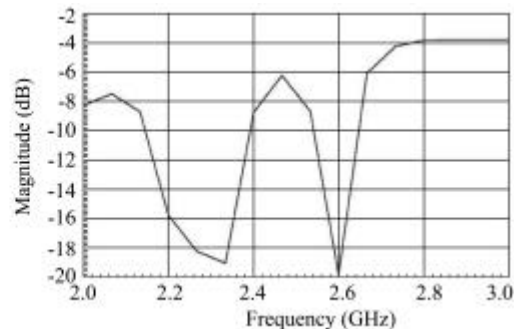


圖 6 LHCP 天線的 S_{11}

經由 HFSS 模擬出的結果如下：

(1) LHCP 天線模擬出的 S_{11} 如圖 6 所示，圖 7 為極化場形(polar pattern)、圖 8 為矩形場形(rectangular pattern)、圖 9 為軸比(axial ratio; AR)、圖 10 為 LHCP 天線 3D 場形。模擬結果數據如表 1 所示。

表 1 LHCP天線模擬出的數據

頻率(GHz)	指向性(dBi)	增益(dBi)	3 dB 波束寬(度)	軸比(dB)
2.320	5.16	3.46	97	8.0
2.326	5.08	3.36	98	8.5
2.332	5.01	3.26	98	8.9

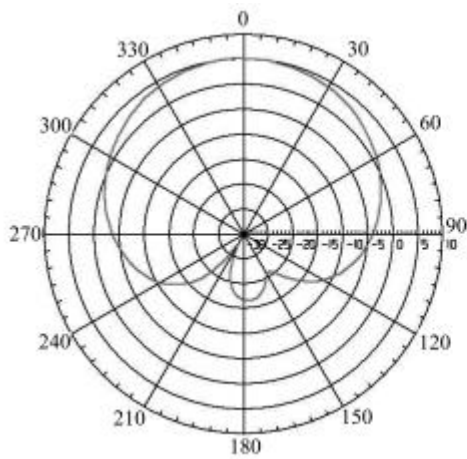


圖 7 LHCP 天線的極化場形

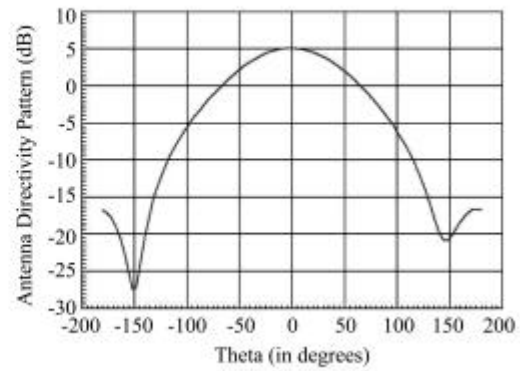


圖 8 LHCP 天線的矩形場形

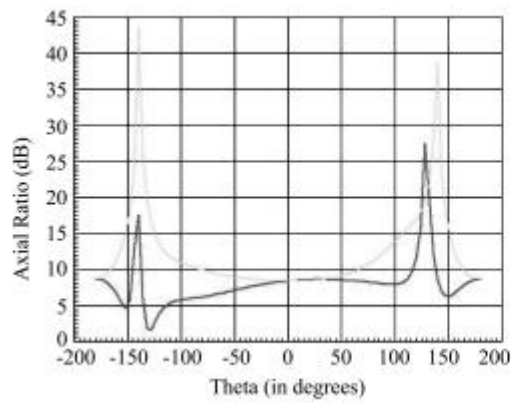


圖 9 LHCP 天線的軸比

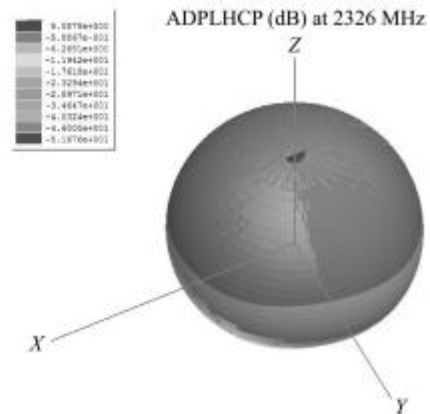


圖 10 LHCP 天線的 3D 場形

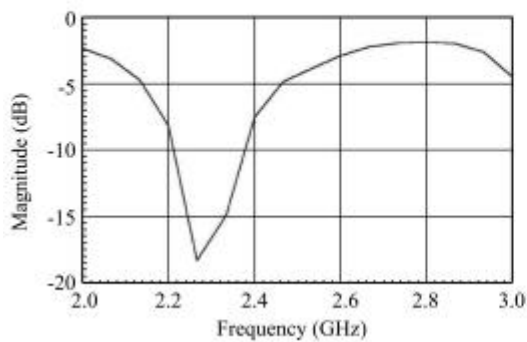


圖 11 線性垂直極化天線的 S_{11}

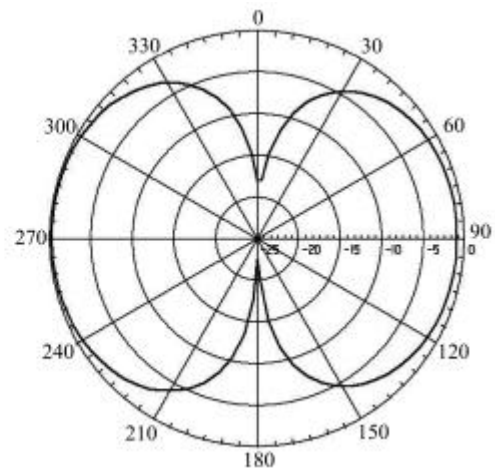


圖 12 線性垂直極化天線的極化場形

(2) 線性垂直極化天線模擬出的 S_{11} 如圖 11 所示、圖 12 為極化場形、圖 13 為矩形場形、圖 14 為線性垂直極化天線的 3D 場形。模擬結果數據如表 2 所示。

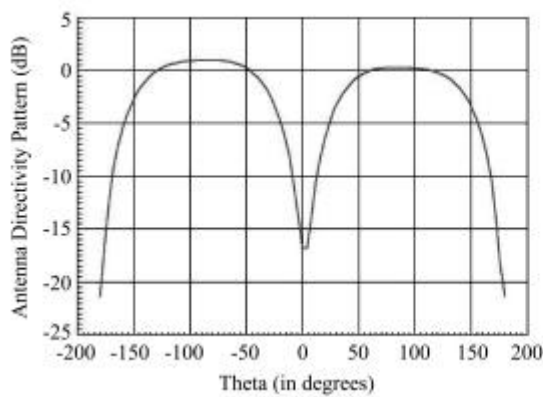


圖 13 線性垂直極化天線的矩形場形

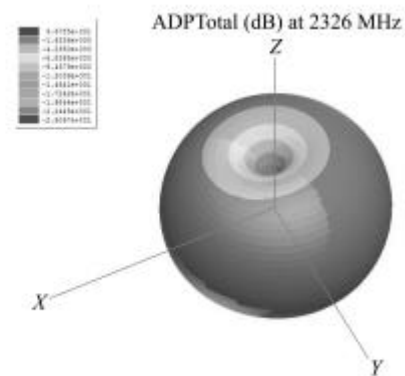


圖 14 線性垂直極化天線的 3D 場形

表 2 線性垂直極化天線模擬出的數據

頻率(GHz)	指向性(dBi)	增益(dBi)	3 dB 波束寬(度)
2.32	0.969	-0.27	117
2.326	0.967	-0.26	116
2.332	-0.966	-0.25	117

4 結 論

由模擬結果圖 7 可以看出， LHCP 天線在 3 dB 波束寬剛好是從 $+50^\circ \sim -50^\circ$ 寬度約為 100° ，而圖 12 看出線性垂直極化天線 3 dB 波束寬約從 $-30^\circ \sim -147^\circ$ 寬度約為 117° ，由上述可知，當 LHCP 天線信號衰弱時，恰可使用線性垂直極化天線來接收，所以在 3 dB 波束寬是符合設計需求。而增益部分雖然較低，但可藉由低雜訊放大器電路設計並結合天線來改善接收信號的品質，在本論文中不做討論。

致 謝

感謝 NSC 90-2622-E-212 支持，張文章先生的協助製作，與志銘同學的幫忙，及曾幫助我的人，使我解決許多問題，再次非常感謝大家。

參考文獻

- [1] Heinz Lindenmeier, Jochen Hopf, and Leopold Reiter, "Low Profile SDARS-Antenna with Diversity Functionality," IEEE 2002.
- [2] Brian Edward ,and Danile Ress,"A broadband Printed Dipole with Integrated Balun," MicroJurnal,. May1987.
- [3] 詹家泓 , "平面型雙極天線之研製", 2000.
- [4] 李孟倫 , "2.4GHz ISM band 平板天線之分析與設計," 2000.