

Analysis of a circular antenna array with a centered conducting cylinder

張閔翔、許崇宜

E-mail: 9121503@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The characteristics of a ring array antenna in the presence of a centered conducting cylinder are studied in this thesis. This conducting cylinder is assumed to be infinitely long. The radiating elements in the array are dipoles constructed using thin wires. In the analysis, these thin wires are approximated by conducting strips that are conformal to circularly cylindrical surfaces. An electric field integral equation is then formulated using a spectral dyadic Green's function that relates the electric fields tangential to the conducting strips to the surface currents on the strips. This integral equation is subsequently solved numerically using the method of moments, in which known sub-domain basis functions are used. Effects of the centered conductor on the input admittance of an isolated linear dipole and the mutual coupling characteristics between two linear dipoles are computed. Finally, a ring array antenna consisting of 18 folded and Yagi dipoles with a finite-length centered conductor is built. The radiation pattern of this ring array with only one element excited and the rest seventeen elements terminated by 50-loads is measured. This measured pattern is very close to that computed using a commercial software developed from FDTD (finite-difference time-domain) algorithm. From the measured far-field data, beam patterns with only three, five, seven, or nine elements excited can be formed. It is found that equal-amplitude excitation results in smaller beam widths than tapered-amplitude excitation does.

Keywords : folded ; Yagi ; radiation patterns ; method of moments ; Green's function

Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書	iii 中文摘要
iv 英文摘要	v 誌謝
vi 目錄	vii 圖目錄
ix 表目錄	xiv 第一章 序論
1 第二章 理論推導	4 2.1 系統格林函數推導
4 2.2 求解表面電流密度	6 2.3 推導天線之間的導納
9 第三章 模擬	13 第四章 環形陣列天線量測與模擬
31 4.2 環形陣列天線量測	31 4.1 環形陣列
32 第五章 結論	32 4.3 波束成型之探討
44 附錄A Maxwell's equation之推導	43 參考文獻
49 附錄C 微帶片上電流產生之遠場	46 附錄B 譜域併矢格林函數
55 圖目錄 圖2.1 細小的導體天線可被沒有厚度的微帶天線取代，導體天線直徑為微帶天線寬度的一	52 附錄D 線性陣列與圓形陣列之陣列因素
半($W=4a$)[11]	11 圖2.2 (a)18支線性偶極子組成環形陣列之截面圖，(b)線性偶極子之側面圖
11 圖2.3 線性偶極微帶線電流之基底函數	12 圖2.4 微帶天線饋入端之等效電路
17 圖3.1 柱面上的微帶天線以中心饋入，針對微帶片天線不同位置比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ；黑點和打叉是模擬細導線天線之結果，長 $L=37.1\text{cm}$ ，直徑 $2a=0.5\text{cm}$	16 圖3.2 用NEC軟體和Fortran程式模擬耦極天線的電流分佈之比較，NEC軟體模擬之細導線天線結構，長 $L=37.1\text{cm}$ ，直徑 $2a=0.5\text{cm}$ ；Fortran程式模擬之微帶片天線結構，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$
18 圖3.4 柱面上的微帶天線以中心饋入，針對微帶天線長度不同比較隨中心金屬圓柱半徑變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納， $L/W=37.1$ ， $rd=0.5$?	17 圖3.3 柱面上的微帶天線以中心饋入， rc 為金屬圓柱半徑， rd 為圓形陣列天線半徑，針對不同 rc 比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$
19 圖3.5 柱面上兩條半波長的微帶天線，針對金屬圓柱半徑不同比較隨隔離角度變化的(a) R_{11} 、(b) X_{11} ，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$	20 圖3.6 柱面上兩條半波長的微帶天線，針對金屬圓柱半徑不同比較隨隔離角度變化的(a) R_{21} 、(b) X_{21} ，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$
21 圖3.7 柱面上的微帶天線以中心饋入， rc 為金屬圓柱半徑， rd 為圓形陣列天線半徑，針對不同 rc 與 rd 比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$	22 圖3.8 柱面上的微帶天線以離中心 $L/8$ 饋入， rc 為金屬圓柱半徑， rd 為圓形陣列天線半徑，針對不同 rc 與 rd 比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$
23 圖3.9 柱面上的微帶天線以離中心 $L/4$ 饋入， rc 為金屬圓柱半徑， rd 為圓形陣列天線半徑，針對不同 rc 與 rd 比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納，長 $L=37.1\text{cm}$ ，寬 $W=1\text{cm}$ ， $rd=40\text{cm}$	

24 圖3.10 柱面上的微帶天線以離中心 $3L/8$ 饋入, r_c 為金屬圓柱半徑, r_d 為圓形陣列天線半徑, 針對不同 r_c 與 r_d 比較隨頻率變化的(a)輸入電導、(b)輸入電納, 長 $L=37.1\text{cm}$, 寬 $W=1\text{cm}$, $r_d=40\text{cm}$ 25 圖3.11 十八根輻射單元的圓形陣列移去(18-N)根輻射單元之(a)輸入電導、(b)輸入電納, 以中間輻射單元的中間激發, $r_d=L$, $r_c=0.9r_d$, $L/2a=2L/W=74.2$ 26 圖3.12 十八根輻射單元的圓形陣列移去(18-N)根輻射單元之(a)輸入電導、(b)輸入電納, 以中間輻射單元的中間激發, $r_d=L$, $r_c=0.7r_d$, $L/2a=2L/W=74.2$ 27 圖3.13 環形陣列中八根線性偶極子相互之間阻抗的(a)振幅、(b)相位, N 為模擬線性偶極子上電流基底函數的個數, 虛線為文獻上的結果[13] 28 圖3.14 $f=937\text{MHz}$, 一根微帶天線輻射場型之H-plane, 中心金屬圓柱半徑 r_c 分別為10、20、30、40cm, 圓形陣列天線半徑 $r_d=r_c+10\text{cm}$, 天線長 $L=16\text{cm}$, 寬 $W=0.5\text{cm}$, $L=0.5\lambda$ 29 圖3.15 $f=937\text{MHz}$, 三根微帶天線輻射場型之H-plane, 中心金屬圓柱半徑 r_c 分別為10、20、30、40cm, 圓形陣列天線半徑 $r_d=r_c+10\text{cm}$, 天線長 $L=16\text{cm}$, 寬 $W=0.5\text{cm}$, $L=0.5\lambda$ 29 圖3.16 $f=937\text{MHz}$, 十八根微帶天線輻射場型之H-plane, 中心金屬圓柱半徑 r_c 分別為10、20、30、40cm, 圓形陣列天線半徑 $r_d=r_c+10\text{cm}$, 天線長 $L=16\text{cm}$, 寬 $W=0.5\text{cm}$, $L=0.5\lambda$ 30 圖4.1 (a)1.8GHz之環形陣列天線實際結構, (b)環形陣列天線之輻射單元為摺疊偶極子(folded dipole), (c)環形陣列天線之輻射單元為八木天線(yagi) 34 圖4.2 (a)中心金屬圓柱之結構圖, (b)八木天線結構之側視圖, 斜線部分為電木材質, 去除電木與電木上兩根金屬導線之後所剩者為摺疊偶極子, (c)摺疊偶極子之正視圖 35 圖4.3 環形陣列中十八根摺合偶極子與八木天線隨頻率變化之Return Loss量測, 激發其中一根, 其餘輻射單元皆以50歐姆匹配 36 圖4.4 環形陣列中十八根摺合偶極子與八木天線隨頻率變化之Gain量測, 激發其中一根, 其餘輻射單元皆以50歐姆匹配 36 圖4.5 $f=1.8\text{GHz}$ 時, 十八根輻射單元的H-plane輻射場型之之模擬與量測, 激發其中一根, 其餘輻射單元皆以50歐姆匹配 37 圖4.6 $f=1.8\text{GHz}$ 時, N 根(a)摺合偶極子、(b)八木天線使用eq.(4.1)($p=0$)做波束成型的H-plane, 主波束校正在中心輻射單元的方向, 其餘(18-N)根輻射單元以50歐姆匹配 38 圖4.7 $f=1.8\text{GHz}$ 時, N 根(a)摺合偶極子、(b)八木天線使用eq.(4.1)($p=1$)做波束成型的H-plane, 主波束校正在中心輻射單元的方向, 其餘(18-N)根輻射單元以50歐姆匹配 39 圖4.8 $f=1.8\text{GHz}$ 時, N 根(a)摺合偶極子、(b)八木天線使用eq.(4.1)($p=2$)做波束成型的H-plane, 主波束校正在中心輻射單元的方向, 其餘(18-N)根輻射單元以50歐姆匹配 40 圖4.9 $f=1.8\text{GHz}$ 時, N 根(a)摺合偶極子、(b)八木天線使用eq.(4.1)($p=3$)做波束成型的H-plane, 主波束校正在中心輻射單元的方向, 其餘(18-N)根輻射單元以50歐姆匹配 41 圖D.1 能簡易產生扇形場型的結構 55 圖D.2 十八根輻射單元組成線性陣列之H-plane陣列因素, 其中輻射單元相距($1/4$)? 56 圖D.3 十八根輻射單元組成線性陣列之H-plane陣列因素, 其中輻射單元相距($1/2$)? 56 圖D.4 十八根輻射單元組成圓形陣列之H-plane陣列因素, 其中圓周 $ka=5$ 57 圖D.5 十八根輻射單元組成圓形陣列之H-plane陣列因素, 其中圓周 $ka=25$ 57 表目錄 表4.1 以eq.(4.1)激發3、5、7與9根摺合偶極子所合成的波束成型結果 42 表4.2 以eq.(4.1)激發3、5、7與9根八木天線所合成的波束成型結果 42

REFERENCES

- [1] S.L.Preston,D.V.Thiel,T.A.Smith,S.G.O , Keefe,and J.W.Lu, " Base-station tracking in mobile communications using a switched parasitic antenna array, " IEEE Trans. Antennas Propagat.,Vol.46,pp.841-844,June 1998.
- [2] R.W.P.King, " Supergain antennas and the Yagi and circular arrays, " IEEE Trans.Antennas Propagat.,Vol. 37,pp.178-186,Feb. 1989.
- [3] K.-M.Luk,K.-F.Lee,and J.S.Dahele, " Analysis of the cylindrical-rectangular patch antenna, " IEEE Trans. Antennas Propagat.,Vol.37,pp.143-147,Feb. 1989.
- [4] C.-Y.Huang,Y.-H.Liu,and K.-L.Wong, " Input impedance calculation of cylindrical rectangular microstrip antenna using GTLM theory, " Intl.Symp.Antennas and Propagat.,pp.1792-1795,1995.
- [5] C.M.da Silva and J.C.da S.Lacava, " Mutual impedance of conformal cylindrical microstrip antenna arrays with a protection layer, " 1995 Microwave and Optoelectronics Conf.,pp.314-319,1995.
- [6] S.-Y.Ke and K.-L.Wong, " Mutual coupling between cylindrical-rectangular microstrip antennas, " Intl.Symp.Antennas and Propagat.,pp.194-197,1994.
- [7] W.Y.Tam,A.K.Y.Lai,and K.M.Luk, " Mutual coupling between cylindrical rectangular microstrip antennas, " IEEE Trans.Antennas Propagat.,Vol.43,pp.897-899,Aug. 1995.
- [8] H.Page, " Radiation resistance of ring aeriels, " Wireless Engineer,pp. 102-109,Apr. 1948.
- [9] -, " Ring-aerial systems, " Wireless Engineer,pp. 308-315, Oct. 1948.
- [10] H. Chireix, " Antennas a Rayonnement Zenithal Réduit, " L ' Onde Elec.,vol.15,pp.440-456,1936.
- [11] C.M.Butler, " The equivalent radius of a narrow conducting strip, " IEEE Trans. Antennas and Propagation,Vol.AP-30,pp.755-757,July 1982.
- [12] R.F.Harrington,Field Computation by Moment Methods., reprinted by Krieger publishing Co.,Melbourne,FL,1982.

[13] RONOLD W.P.KING " Supergain Antennas and the Yagi and Circular Arrays, " IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.37,NO.2,Feb. 1989.