

文章编号: 1001-893X(2010)05-0076-04

新型平面树状分形偶极子贴片天线的设计*

曾宪峰¹, 张晨新¹, 王亚伟¹, 谢 聪²

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 西安交通大学 理学院, 西安 710049)

摘 要:提出了一种采用弧形分支的新型树状分形偶极子天线, 简要介绍了树状分形天线的研究进展, 设计了一种新型树状分形天线, 并采用一种简单的巴伦馈电结构。二阶分形天线与 0 阶相比, 工作频率下降了 37.5%。对二阶分形天线进行了实物加工与测量, 实验结果与仿真结果吻合较好。

关键词:射频识别; 树状分形天线; 分形阶数; 偶极子贴片; 巴伦馈电

中图分类号: TN82 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.1001-893x.2010.05.017

A Novel Planar Tree-shaped Fractal Dipole Patch Antenna

ZENG Xian-feng¹, ZHANG Chen-xin¹, WANG Ya-wei¹, XIE Cong²

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China;

2. Science Institute, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: A novel planar tree-shaped fractal dipole patch antenna using arc branch is proposed. The advances in development of tree-shaped fractal antennas are outlined, and a novel tree-shaped fractal antenna fed by a simple balun is designed. A two-iterative fractal antenna is fabricated and measured. The resonant frequency of the two-iterative fractal antenna is 37.5% lower than that of the zero-iterative fractal one, and the measured results are in good agreement with the simulated results.

Key words: RFID; tree-shaped fractal antenna; fractal dimension; dipole patch; balun fed

1 引 言

自法国数学家 B. Mandelbrot 于 1975 年提出“分形”这一概念以来, 分形电动力学就作为一门新的学科而得到了广泛的发展。分形天线正是分形电动力学的具体应用之一。分形天线主要分为分形线天线、分形面天线、分形体天线和分形天线阵列四部分^[1]。

近年来, 树状分形天线主要分为分形面天线和分形体天线。作为体天线, C. Puente 提出的分形树天线由于其尽量模拟树的形状而不易推广^[2]; J. P. Gianvittorio 和 D. H. Werner 等提出了一种更简单的树形天线, 做到了增加带宽和缩减尺寸^[3-5]; 文献[6]研究了树状分形天线的多频特性。作为面天线, 文献[7, 8]研究了 Fibonacci 分形树天线的尺寸缩减

特性; 文献[9]研究了树状分形天线的超宽带特性; 文献[10]通过对树状天线进行顶端加载实现了小型化; 文献[11]研究了单极子树状分形天线的多频与尺寸缩减特性。

本文提出了一种新型平面树状分形偶极子贴片天线, 并采用锥形接地巴伦馈电结构^[12], 分析了其谐振频率、反射系数和方向图随分形阶数 n 的变化关系。新型树状分形贴片天线的结构简单, 二阶分形天线与 0 阶分形天线相比, 工作频点下降了 37.5%。对二阶分形天线进行了实物加工与测量, 实验结果与仿真结果吻合较好。

2 天线的结构与设计

首次采用弧形分支进行天线的设计, 如图 1 所

* 收稿日期: 2009-12-10; 修回日期: 2010-03-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60971118)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China(No. 60971118)

示。在长为 l 、宽为 w 的平面偶极子顶端加一半径为 r 的半圆弧,圆弧宽为 b ,得到 0 阶分形天线,如图 1(a);分别在半圆弧顶端加上半径为 $r/2$ 的半圆弧,圆弧宽为 b ,为 1 阶分形天线,如图 1(b);再分别在半圆弧的顶端加上半径为 $r/4$ 的半圆弧,圆弧宽为 b ,为 2 阶分形天线,如图 1(c)。以此类推,即可得到 n 阶树状分形天线。

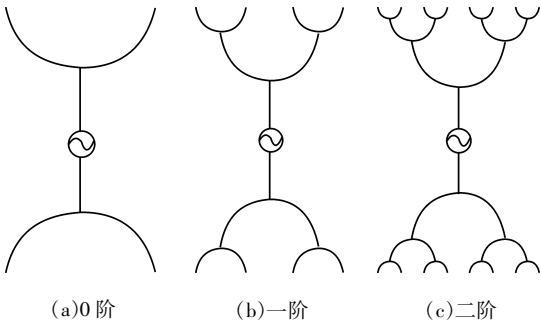


图 1 树状分形偶极子天线示意图

Fig.1 Geometries of the tree-shaped fractal dipole patch antenna

本文提出了一种新的巴伦馈电方式。天线两臂分别位于介质板的正反两面上,巴伦采用简单的锥形接地面方式。对巴伦的尺寸进行优化,通过缩短巴伦的长度,可以在所需工作频带内消除其所产生的馈线谐振。此种馈电方式结构简单,需要进行调整的参数较少,可以大大减少设计所需的时间,因此实现更为便捷。

设单极子长 $l = 13\text{ mm}$,宽 $w = 0.8\text{ mm}$,圆弧宽 $b = 0.8\text{ mm}$,采用介电常数 $\epsilon_r = 4.6$ 、厚度 $h = 0.8\text{ mm}$ 、介质损耗角正切 $\tan\delta = 0.035$ 的环氧玻璃布板作为介质板材料,优化后的二阶分形天线的尺寸参数如图 2 所示,图中单位为 mm 。

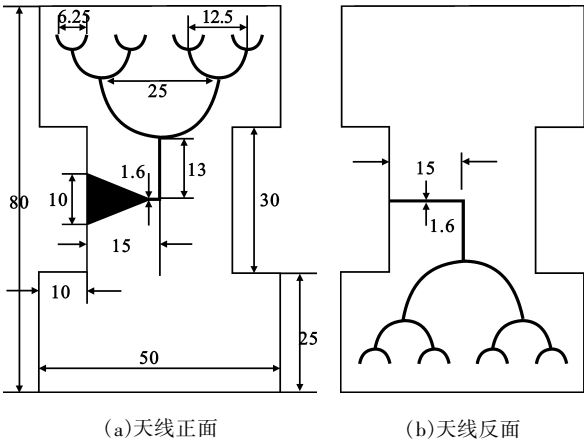


图 2 二阶分形天线结构示意图

Fig.2 Structure of the two-iterative fractal antenna

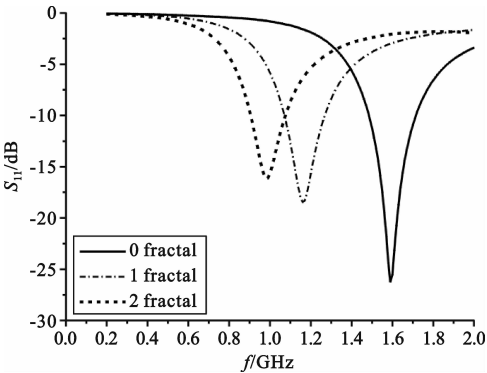


图 3 树状分型天线反射系数 S_{11} 随分形阶数变化曲线

Fig.3 S_{11} of the three antenna structures

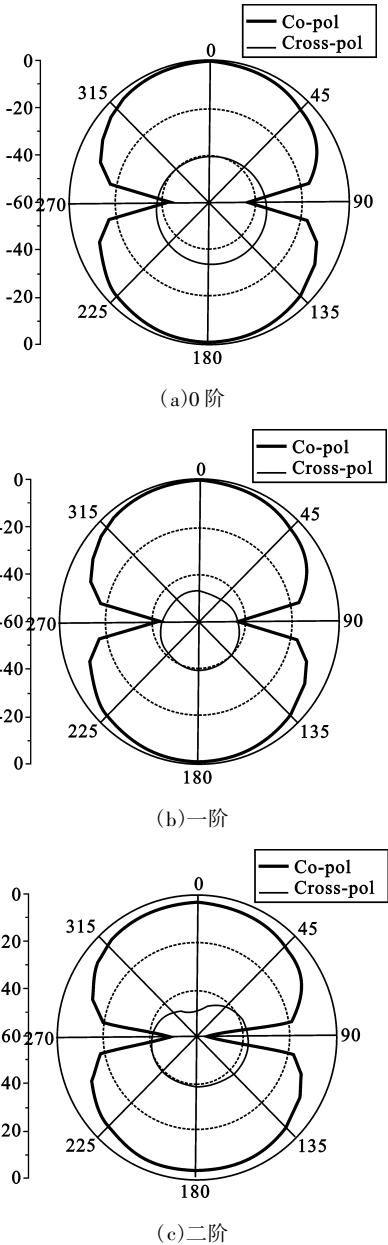


图 4 $\phi = 0^\circ$ 时 0~2 阶天线方向图

Fig.4 Radiation patterns when $\phi = 0^\circ$

采用 Ansoft 公司的 HFSS 软件对上述天线进行仿真,图 3 给出了 0~2 阶树状分形偶极子天线的反射系数 S_{11} 仿真曲线图。从图 3 可以看出,随着分形阶数的增加,天线的谐振点不断降低,与 0 阶天线相比,天线的工作频点下移了 600 MHz,约为 37.5%,具有较好的尺寸缩减性。

0~2 阶分形天线的仿真方向图如图 4 和图 5 所示。由图可知,各阶分形天线的方向图基本相同,且与普通半波偶极子天线基本一致,这说明此分形结构对天线的方向图不会产生较大影响。

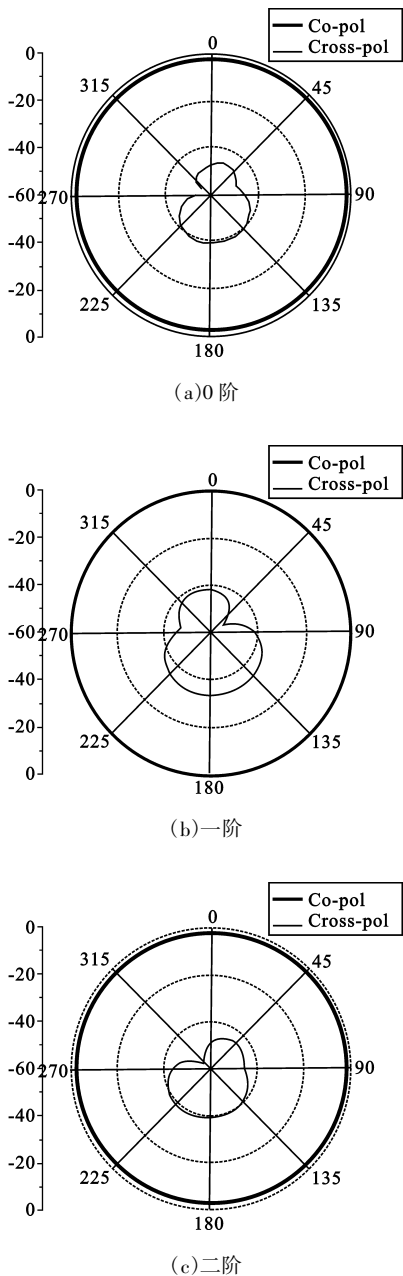


图 5 $\phi = 90^\circ$ 时 0~2 阶天线方向图
Fig.5 Radiation patterns when $\phi = 90^\circ$

3 二阶分形天线的制作与测试

对所仿真的二阶分形天线进行加工和测试,天线实物图如图 6 所示,反射系数 S_{11} 的测试结果与仿真结果比较如图 7 所示,方向图测试结果如图 8 所示。

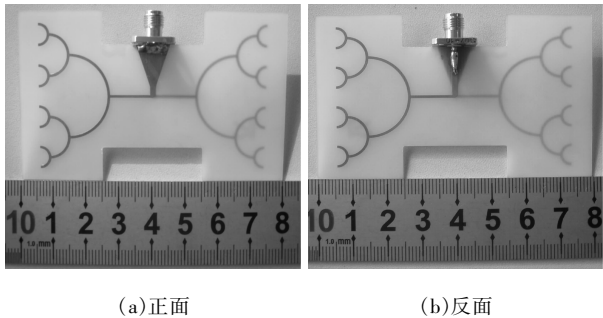


图 6 天线实物图
Fig.6 Photographs of the antenna

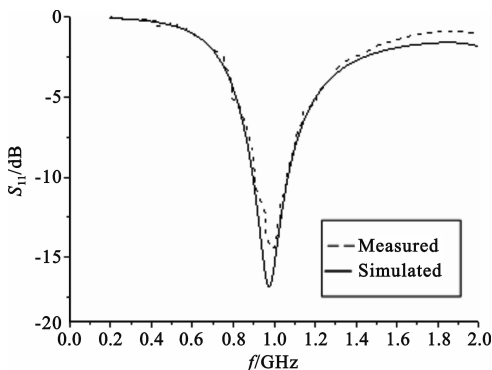


图 7 二阶分形天线反射系数 S_{11} 仿真结果与测试结果比较
Fig.7 Measured result and simulation result of S_{11}

由图 7 可知,天线的仿真结果与测试结果基本吻合,只是测试结果的工作频点向高端有大约 20 MHz 的偏移,但仍在频带范围内,应是加工的不精确和测试误差造成的。由图 8 可知,天线的方向图与传统的半波振子一致,证明了该天线具有良好的应用空间。

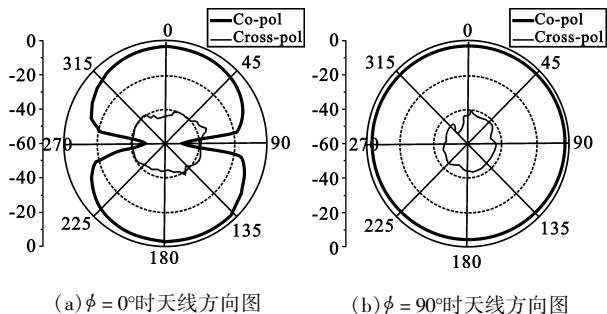


图 8 二阶分形天线方向图测试结果
Fig.8 Measured results of the radiation patterns

4 结束语

本文提出了一种新型平面树状分形偶极子贴片天线,并采用了一种新型巴伦馈电方式。经实践检验,测试结果与仿真结果吻合较好,二阶分形天线与0阶分形天线相比工作频点下降了约37.5%,其辐射方向图与传统半波振子保持一致。与普通分形树状偶极子贴片天线相比,新型天线在保持相似特性的同时,其结构更加简单,更容易实现。因此,该天线在射频识别(RFID)等领域具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 陈文灵.分形几何在微波工程中的应用研究[D].西安:空军工程大学,2008.
CHEN Wen-ling. Investigations into the applications of fractal geometry in microwave engineering [D]. Xi'an: Air Force Engineering University, 2008. (in Chinese)
- [2] Puente C, Claret J. Multiband properties of a fractal tree antenna generated by electrochemical deposition[J]. Electronics Letters, 1996, 32(25): 2298 – 2299.
- [3] Gianvittorio J P. Fractal Antennas: Design, characterization and applications [D]. Los Angeles: University of California, 2000.
- [4] Werner D H, Bretones A R, Long B R. Radiation characteristics of thin-wire ternary fractal trees [J]. Electronics Letters, 1999, 35(8): 609 – 610.
- [5] Petko J S, Werner D H. Miniature reconfigurable three-dimensional fractal tree antennas [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2004, 52(8): 1945 – 1956.
- [6] Renzo Azaro, Edoardo Zeni, Tommaso, et al. Synthesis of a three-dimensional triband ($L_1 - L_2$ GPS and Wi-Fi) prefractal tree antenna [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2007, 49(9): 2114 – 2118.
- [7] 赖晓铮,刘焕彬,张瑞娜,等.基于分形结构的纸基RFID标签天线研究[J].微波学报,2008,24(3):36 – 39.
LAI Xiao-zheng, LIU Huan-bin, ZHANG Rui-na, et al. Papery substrate RFID tag antennas based on fractal geometry [J]. Journal of Microwave, 2008, 4(3): 36 – 39. (in Chinese)
- [8] Basak Ozbokis, Alp Kustepili. The resonant behavior of the Fibonacci fractal tree antennas [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008, 50(4): 1046 – 1050.
- [9] Park Jong K, An Hee S, Lee Jung N. Design of the Tree-shaped UWB antenna using fractal concept [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008, 50(1): 144 – 150.
- [10] 阮成礼,王春.小型化准分形加载单极子天线[J].电波科学学报,2006,21(5):727 – 730.
RUAN Cheng-li, WANG Chun. A miniature quasi-fractal monopole loaded antenna [J]. Chinese Journal of radio science, 2006, 21(5): 727 – 730. (in Chinese)
- [11] XU Liang, Michael Yan Wah. Multiband characteristics of two fractal antennas [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 1999, 23(4): 242 – 245.
- [12] Lal Chand Godara. 无线电通信手册[M]. 左群声, 金林, 胡明春, 等, 译. 北京: 国防工业出版社, 2004.
Lal Chand Godara. Handbook of antennas in wireless communications [M]. Translated by ZUO Lin-sheng, JIN Lin, HU Ming-chun, et al. Beijing: National Defense Industry Press, 2004. (in Chinese)

作者简介:

曾宪峰(1985-),男,山东济宁人,硕士研究生,主要研究方向为天线、电磁兼容与电波传播等;

ZENG Xian-feng (male) was born in Jining, Shandong Province, in 1985. He is now a graduate student. His research interests include antenna, EMC, electromagnetic wave radiation, etc.

Email: zengxianfeng521@163.com

张晨新(1969-),男,河南修武人,教授、硕士生导师,主要研究方向为天线与毫米波电路、电磁兼容、电磁散射与逆散射等;

ZHANG Chen-xin (male) was born in Xiuwu, Henan Province, in 1969. He is now a professor and also the instructor of graduate students. His research interests include antenna and circuit, EMC, scatter and inverse scatter of electromagnetic wave, etc.

王亚伟(1987-),男,安徽亳州人,硕士研究生,主要研究方向为天线、电磁兼容与电波传播等;

WANG Ya-wei (male) was born in Bozhou, Anhui Province, in 1987. He is now a graduate student. His research interests include antenna, EMC, electromagnetic wave radiation, etc.

谢 聪(1986-),女,山东济宁人,硕士研究生,主要研究方向为计算数学。

XIE Cong (female) was born in Jining, Shandong Province, in 1986. She is now a graduate student. Her research direction is computational mathematics.