

文章编号: 1001-893X(2010)10-0078-04

新型树状分形天线多频特性分析^{*}

曾宪峰^{1,3}, 张晨新¹, 谢 聪², 安和平¹, 梁建刚¹

(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;

3. 解放军 93786 部队, 河北 张家口 075000)

摘 要:提出了一种新型树状分形天线结构。通过对叶脉进行模拟, 天线具有良好的多频特性, 二阶分形天线可以在 3 个频带内良好工作。给出了天线回波损耗、方向图结果。对各阶分形天线进行了加工与测试, 仿真结果与测试结果基本吻合, 为多频天线的设计提供了新的思路。

关键词:分形天线; 树状分形; 分形阶数; 多频特性; 小型化

中图分类号: TN82 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.1001-893x.2010.10.015

Multi-band Characteristic Analysis of a Novel Tree-shaped Fractal Structure Antenna

ZENG Xian-feng^{1,3}, ZHANG Chen-xin¹, XIE Cong², AN He-ping¹, LIANG Jian-gang¹

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

2. College of Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

3. Unit 93786 of PLA, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: A novel tree-shaped fractal monopole antenna is proposed. Simulation of the nervation shows the antenna has good multi-band characteristics, and the two-iterative fractal antenna can be working in three frequency bands. The return loss and radiation patterns of the antenna are provided and the antennas are fabricated and measured. The measured results are in good agreement with the simulated results. This antenna can be widely used in multi-frequency structure antenna design.

Key words: fractal antenna; tree-shaped fractal; fractal dimension; multi-band characteristic; miniaturization

1 引 言

无论是从军事还是从发展国民经济的角度来说, 设计出体积小、工作频带宽、多频带、造价低的微波天线都是非常有意义的^[1]。比如, 近年来, 美国洛克希德马丁公司致力于研究具有多频带通信能力的新一代全球定位系统^[2], 美国海军也为其航母战斗群研制多频段通信卫星^[3]。美国苹果公司最新推出的 iPhone 手机体积及造价都和平常手机差不多, 但

是其功能强大, 能同时工作于 UMTS/HSDPA (850, 1 900, 2 100 MHz)、GSM/EDGE (850, 900, 1 800, 1 900 MHz)、Wi-Fi (802.11b/g)、Bluetooth 2.0 + EDR 以及 GPS (1 575 MHz)。

由于分形几何结构的空间填充特性和自相似特性^[4], 分形几何结构被广泛应用于微波天线的工程设计之中, 从而实现天线的小型化与多频带^[5], 而且不需要特殊的材料等, 造价便宜。分形具有某种自相似的形式, 可以是严格的自相似, 也可以是近似的

^{*} 收稿日期: 2010-06-17; 修回日期: 2010-08-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60971118); 空军工程大学研究生创新基金资助项目 (DY10202)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (No. 60971118); The Graduate Student Innovated Foundation of AFEU (DY10202)

或统计意义上的自相似,自然界中的大部分分形都是后一类。近似的或统计意义上的自相似可以命名为类分形结构,这种结构不具有分形维数,但随着分形的进行,它们的面积和周长都趋于定值^[6],在研究时可以统一称为分形结构。

作为自然界中分形结构的典型代表^[7],本文提出的叶脉状结构就是一种类分形结构,将叶脉状结构应用于天线设计是一个新课题。本文首先对叶脉状分形天线的生成作了几何描述,通过仿真与测试,结果表明,新型树状分形天线具有良好的多频带特性。二阶新型分形天线可以在 3 个频段内工作,对于多频天线的设计具有积极的指导意义。

2 天线的几何描述及设计

2.1 天线的几何描述

本文提出的新型树状分形天线的结构如图 1 所示,其迭代过程为:将单极子天线(零阶)三等分,在每一等分点处向左右分别加载长度为 1/3 的分支线,分支线与天线臂的夹角为 β ,即得到一阶新型分形树天线;对一阶分形树天线的每一直线段再进行一次三等分加载分支线,分支线与被加载线段之间的长度之比为 $a/3(0 < a < 1)$,就得到二阶分形树天线结构,由于分支线长度与被加载线段不统一,为准分形结构。文中统一称为分形结构。以此类推,可以得到 n 阶分形。由于二阶以上分形结构复杂,不易加工和实际应用,因此文中分形阶数取为二阶。

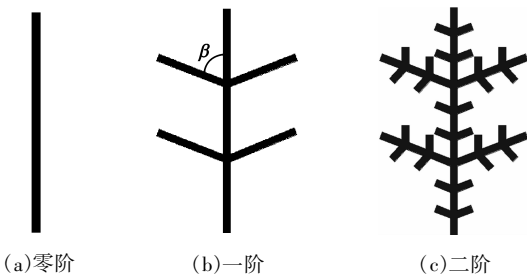


图 1 新型天线示意图
Fig.1 Structure of the antennas

2.2 天线的设计

天线长为 60 mm,宽为 1.9 mm, $a = 0.75$,即 $a/3 = 1/4$,印制在介电常数 $\epsilon_r = 4.3$ 、厚度 $m = 1$ mm、介质损耗角正切 $\tan\delta = 0.035$ 的环氧玻璃布板上,介质板长 $L = 100$ mm,宽 $w = 50$ mm,采用微带线馈电;微带线长为 20 mm,宽为 1.9 mm,与天线之间采用长为 h 的导带连接,如图 2 所示。对天线进行优化设计,取 $h = 10$ mm, $\beta = 69^\circ$ 。采用此种接地方式结构

简单,且对方向图、增益等影响较小,有利于天线的集成与加工制作。

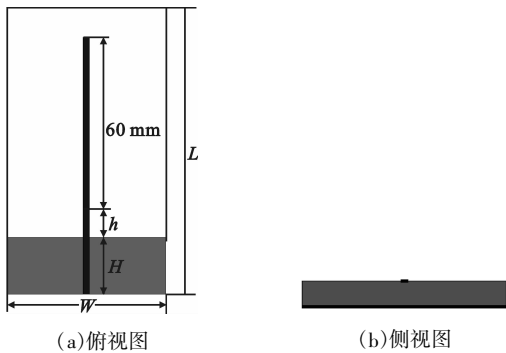


图 2 零阶天线及馈电方式图
Fig.2 The fed mode of the antenna

3 新型分形天线的仿真研究

利用 Ansoft HFSS 软件对天线 ($\beta = 69^\circ, a = 0.75$)进行仿真,考虑天线结构和高次谐波对天线的影 响,不同分形阶数天线研究频段不同。新型天线 S_{11} 仿真结果比较如图 3 所示。

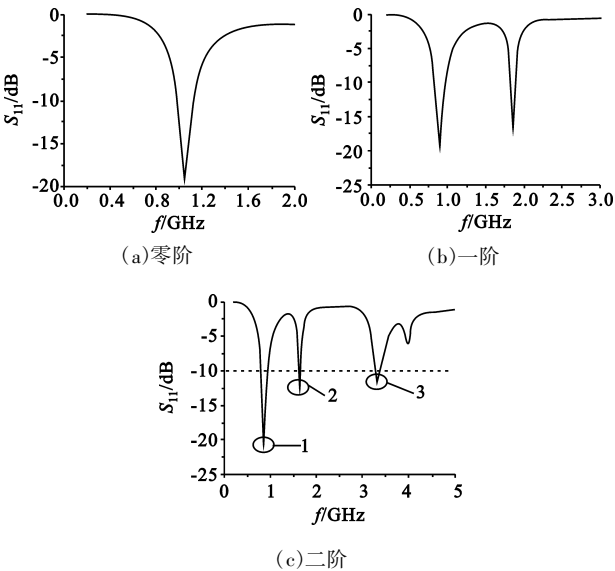


图 3 各阶天线 S_{11} 仿真结果
Fig.3 S_{11} of the antennas

由图 3 可知,其有用频带随着分形阶数提高而增多,每提高一个阶数,天线增加一个工作频带,即可得:与传统 Manderlbort 树状分形天线相似,谐振点的个数与分形结构的层次之间存在某一对应关系,每深入一个层次,天线将增加一个谐振点。由于分支线长度与被加载线段不统一,其相邻谐振点之间的比值并不固定,这就可以使天线的设计更为灵活。原有工作频带谐振频率随着分形阶数提高有所下

移,原因应为随着分形阶数提高,其空间填充特性增强,从而实现工作频带下移,即可以实现天线的小型化。二阶分形天线具有 3 个工作频带(在图 3 标出),其方向图仿真结果如图 4 所示。

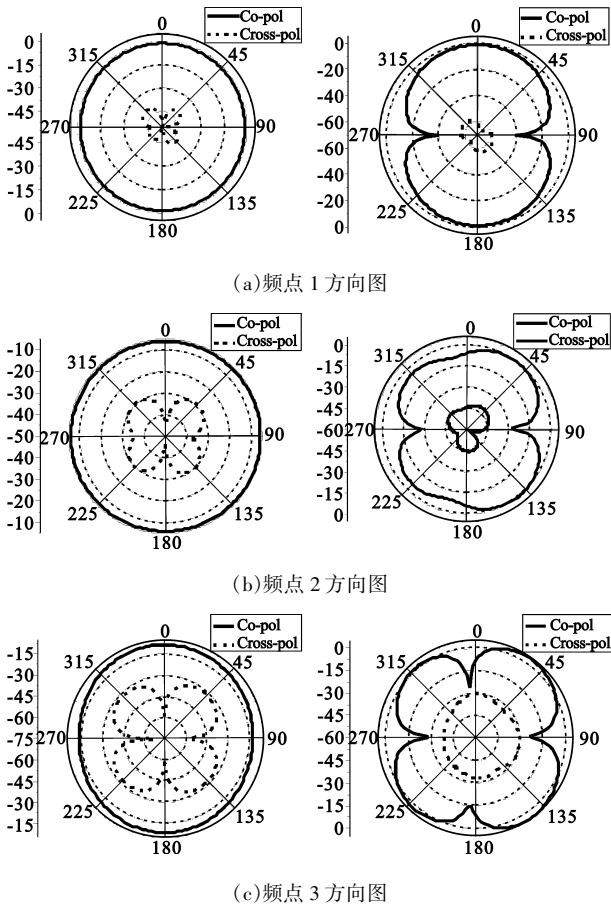


图 4 二阶天线方向图仿真结果
Fig.4 The simulated far field patterns

由图 4 可以看出,天线可以在 3 个频带正常工作。频带 1 与单极子基本相同,频带 2 和频带 3 方向图形状有所变化,原因可能为随着频率的提高,天线的高次模被激起,从而造成了方向图的形状变化。虽然交叉极化随着频率的提高有所增大,但也在可用范围内。

4 天线的加工与测试

对上述天线进行加工制作,实物图如图 5 所示,二阶分形天线反射系数 S_{11} 的测试结果与仿真结果比较如图 6 所示,方向图测试结果如图 7 所示。

由图 6 可得,天线 S_{11} 仿真结果与测试结果基本吻合,只是测试结果的部分工作频点略有偏移,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 7 可得天线的方向图与仿真结果保持一

致,证明了该天线具有良好的应用空间。

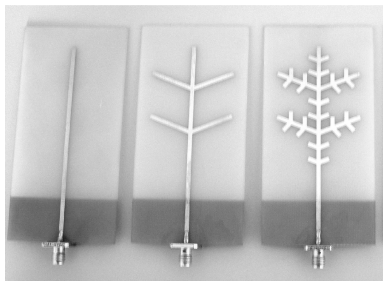


图 5 新型树状分形天线实物图
Fig.5 The photo of the antennas

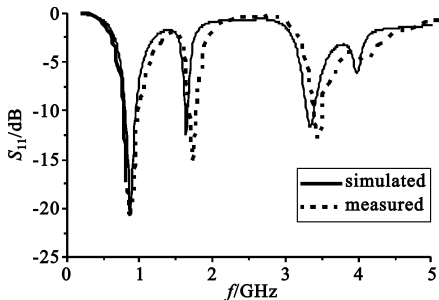


图 6 二阶天线 S_{11} 仿真结果与测试结果比较
Fig.6 Measured result and simulation result of S_{11}

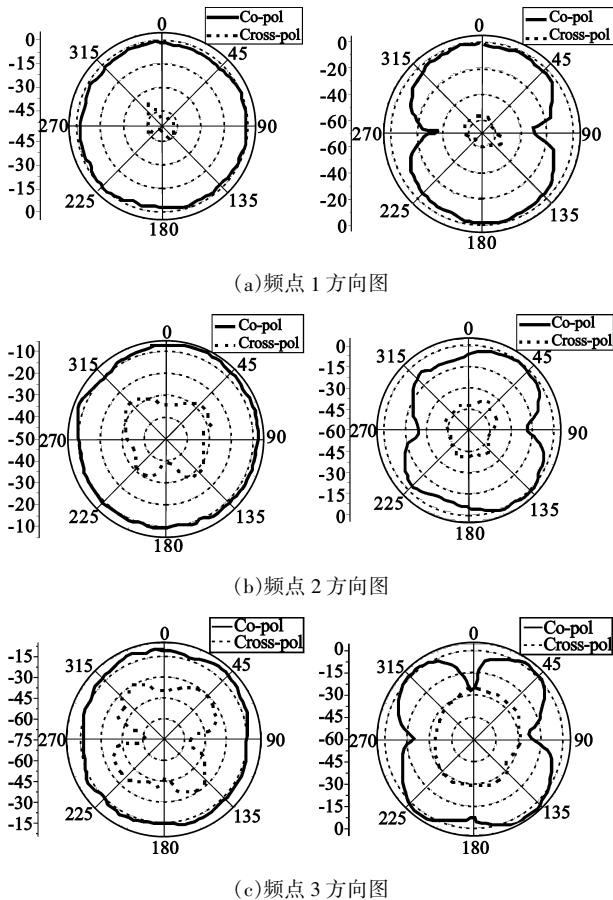


图 7 二阶天线方向图测试结果
Fig.7 Measured results of the radiation patterns

5 结 论

作为一种新型树状分形天线,文中所设计的天线对多频天线的设计具有较大的参考价值,且其空间填充性更强,即可以获得更好的小型化结果,造价更低。通过调整参数,其多频特性可以应用于 GSM900、GSM1800 等频段,具有广泛的应用潜力。在天线设备日益小型化的今天,该天线结构具有广泛的应用前景。

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] Mumford R. Awarded Contract for US Navy Commercial Broad-band Satellite[J]. Microwave Journal, 2008, 51(7):65.

[3] Mumford R. US Air Force Awards Lockheed Martin Contracts to Build GPS III[J]. Microwave Journal, 2008, 51(7):65.

[4] 耿林.一种新型分形曲线在印刷对称振子中的应用研究[D].西安:空军工程大学,2009.
GENG Lin. Investigations into the Applications of a Novel Fractal Curve in Printed Dipoles[D]. Xi'an: Air Force Engineering University, 2009. (in Chinese)

[5] 林澍.小型化分形天线的设计与分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
LIN Shu. Design and Analysis of Miniature Fractal Antennas [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2008. (in Chinese)

[6] James Gleick. CHAOS Making a New Science [M]. New

York: Viking Penguin Inc, 1988.

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 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 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.

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

安和平(1982 -),男,陕西渭南人,硕士研究生,主要研究方向为计算机科学;
AN He - ping was born in Weinan, Shaanxi Province, in 1982. He is now a graduate student. His research direction is computer science.

梁建刚(1975 -),男,安徽肥东人,硕士生导师,主要研究方向为微波、毫米波电路与工程。
LIANG Jian - gang was born in Feidong, Anhui Province, in 1975. He is now an instructor of graduate students. His research interests include microwave/millimeter wave circuit and engineering.

本刊加入“万方数据 – 数字化期刊群”
等数据库的声明

为了适应我国信息化建设的需要,扩大作者学术交流渠道,实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,本刊现已加入“万方数据 – 数字化期刊群”、“中国学术期刊(光盘版)”、“中国期刊全文数据库”、“中国学术期刊网”、“中文科技期刊数据库”、“中国期刊网”等本刊目次页上著录的数据库,本刊录用发表的论文,将由编辑部统一纳入上述数据库,进入因特网或光盘提供信息服务。本刊所付稿酬已包含著作权使用费和刊物内容上网服务报酬,不再另付。凡有不同意见者,请事先声明,本刊将作适当处理。