

四臂分支天线自动设计的编码方案研究

A Study of Encoding Mode in Automated Four-arm Branching Antenna Design

(1.武汉中国地质大学;2.武汉中国地质大学 空间科学技术研究中心)许江东^{1,2} 曾三友^{1,2} 王平^{1,2} 鄢靖丰^{1,2}

XU JIANG DONG ZENG SANYOU WANG PING YAN JINGFENG

摘要:利用优化算法和天线数值计算方法实现对天线结构的自动设计是现代天线研究的一个重要趋势。本文简单介绍了基于矩量法的NEC和遗传算法的内容,并将两者结合起来设计实现了四臂分支天线自动设计的编码方案。数值结果表明该方案是行之有效的。

关键字:四臂分支天线;NEC;遗传算法;编码方案

中图分类号:TN82 文献标识码:A

Abstract:Automated antenna design based on optimization engines and antenna modeling programs has already become the latest trend of antenna design. The content of NEC which is based on method of moment (mom) and the genetic algorithm are briefly introduced in this paper. An encoding mode with the combination of the GA and method of moment is introduced for auto designing four-arm branching antenna. The numerical result shows its validity.

Key words:Four-arm Branching Antenna, NEC, Genetic Algorithm, Encoding Mode

1 绪论

传统天线设计通常是根据对简化或理想化的天线结构模型的分析,或者依据一些工程经验公式进行天线结构设计。设计非常依赖设计者的知识和经验,也难以做到最优设计。近年来,天线自动设计得到了重视和研究,它采用天线数值计算方法对天线性能进行仿真计算,利用遗传算法和神经网格等现代优化算法实现对天线结构的计算机辅助设计。已有研究表明,天线自动设计不但节省设计者大量的时间和精力,同时扩宽天线设计范围,提高设计精度,成为现代天线研究的一个新热点。

本文研究采用NEC天线数值计算软件和遗传算法设计解决四臂分支天线的自动设计中的编码问题,为后期实现天线的自动设计做准备。

2 NEC 和遗传算法简介

NEC是一类著名的天线数值计算软件,它由美国Lawrence Livermore实验室在美国海军和空军的资助下,于20世纪80年代初期编写。它以细线分段的方式模拟实际天线的结构,用矩量法计算天线辐射性能。问世以来得到了广泛应用,编码方案设计其准确性和可靠性已为众多使用者和研究文献所证实。

遗传算法是美国密执根大学Holland教授模拟生物进化方式而提出的一种优化算法,具有搜索效率高、能够全局寻优和通用性强等特点。它仿效生物的进化与遗传,根据“生存竞争”和“优胜劣汰”的原则,借助复制、交换、突变等操作,使所要解决的问题从初始解一步步地逼近最优解。由于遗传算法的搜索不依赖于梯度信息和能全局寻优,非常适用于天线设计这类复杂和非线性问题。

遗传算法能否求解问题的前提是对求解问题的合理编码。编码是遗传算法要解决的首要问题。Holland的编码方法是二进制编码,但对于许多遗传算法的应用,特别是在工业工程中的应用,这种简单的编码方法很难直接描述问题的性质。

树结构编码是图的一种特殊形式,常见的有二叉树和多叉树。问题结构编码常用多叉树来表示。下面定义树距离的概念和对树进行的一种操作。

树T1和T2的距离定义如式(1)

$$d(T1, T2) = \min\{#(M)|M \in \{\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2\}^* \wedge M(T1) = T2\} \quad (1)$$

式中 #(M)表示系列M的长度。M(T)表示由M的算子对T进行变换所得到的树。d(T1, T2)是把树T1变换为T2的最小系列的长度。满足距离公理,即 $d(T, T) = 0$, $d(T1, T2) = d(T2, T1)$, $d(T1, T2) + d(T2, T3) \geq d(T1, T3)$ 。此距离的计算复杂度是树节点数n的函数,即 $O(n^3)$ 。

树和树之间的操作有4种, α_1 、 α_2 、 β_1 和 β_2 。 α_1 是父子分割操作; β_1 是父子合并操作; α_2 是兄弟分割操作; β_2 是兄弟合并操作。

树编码是非定长编码模式。在搜索过程中树可自由地生长,但不便形成更具有结构化和层次性的问题解,实际应用中往往加以限制。把遗传算法的基本理论扩展到树编码的尝试还处于初期阶段。

本文根据四臂分支天线的结构特点,设计一种树结构编码方案。下面主要介绍该编码方案的设计过程和使用方法,并举例说明。

3 编码方案设计

本文讨论的四臂分支天线是一种分布于XYZ空间的线天线,其在XYZ正轴方向的布局举例如图1所示。四臂分支天线以Z轴为中心,在XYZ空间呈对称状态,因此,本文探讨的四臂分支天线自动设计的编码方案以XYZ正轴方向空间为目标问题描述对象。最后再将以该编码方案生成的天线模型做对称

许江东: 硕士研究生

基金项目:国家“863”基金资助项目(2004AA735105);

中国地质大学(武汉)研究生科技创新基金资助项目

处理既可以得到规范的四臂分支天线。

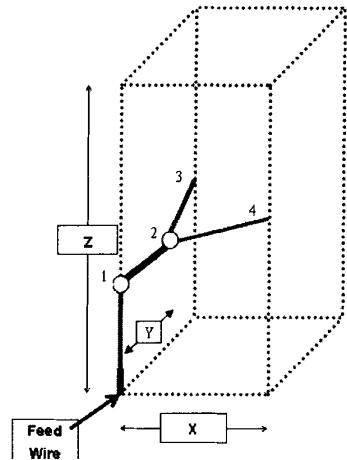


图 1 1/4 四臂分支天线

考虑到空间坐标的分布特点,即一个接点坐标有(X,Y,Z)组成,两点坐标构成一条线段。本编码方案的一个接点由 10 位信息表示,其定义方式如图 2 所示:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

图 2 接点定义表示结构

其中:位 0——与当前接点相连的后续接点的个数;位 1—3——当前接点 X 的坐标;位 4—6——当前接点 Y 的坐标;位 7—9——当前接点 Z 的坐标

以原点为固定其始点,空间四点可以唯一确定一个 1/4 四臂分支天线,因此,一个 40 位长的染色体就可以表示一个在 XYZ 正轴方向的天线接点分布情况。下面以一个实例来说明本编码方案的实际效果。

4 实例分析与结论

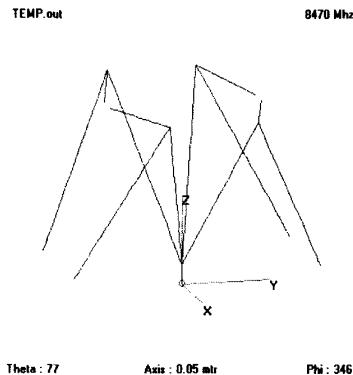


图 3 四臂分支天线的 NEC 模型

图 3 为遗传算法经过初始化,演化之后的四臂分支天线 NEC 模型。其染色体编码为

1000000011207102510400350700140006043101

根据图 2 所示将该染色体进行分解并将之解码得到以“米”为单位的空间坐标,即可得到在 XYZ 正轴空间区域中接点 1 的编码为:1000000011;接点 2 的编码为:2071025104;接点 3 的编码为:0035070014;接点 4 的编码为:0006043101。其中,接

点 1 的编码表示其坐标为(0,0,0.011),在接点 1 后面有 1 个接点与之相接(即接点 2);接点 2 的编码表示其坐标为(0.071,0.025,0.104),在接点 2 后面有 2 个接点与之连接(即接点 3 和 4);接点 3、4 的坐标分别为 (0.035,0.07,0.014)、(0.006,0.043,0.101),其后接点都为 0 个;

本文作者创新点在于设计了一套符合分支天线结构的编码方案,并将其应用在四臂分支天线结构中。该编码方案很好的描述了一个四臂分支天线在 XYZ 空间的坐标分布,为后续的天线自动化设计中优化该天线性能提供了良好的编码基础。而且本编码方案不仅适合于应用在四臂分支天线上,在多臂分支天线中应用也可以得到很好的扩展。

参考文献

- [1] 陈星,黄卡玛,赵翔. NEC 和非堵塞式主从并行遗传算法应用于天线自动设计的研究[J]. 电子学报, 2004, 32(8): 1389-1392
 - [2] Z Altman, et al. New designs of ultra-broad band antennas using genetic algorithms [A]. Proc. IEEE Antenna Propagation Soc. Int. Symp[C]. Seattle, WA, 1994: 2054-2057.
 - [3] D S Linden, E E Altshuler. Automating wire antenna design using Genetic Algorithms [J]. Microwave Journal, 1996, 39(7): 74-86.
 - [4] Richie J E, Gangl H R. III. EFIE-MFIE hybrid simulation using NEC: VSWR for the WISP experiment [J]. IEEE Trans on Electromag. Compat, 1995, 37(2): 293-296
 - [5] Peng J, Balanis C A, Barber G C. NEC and ESP codes: Guidelines, limitations, and EMC applications[J]. IEEE Trans on Electromag. Compat, 1993, 35(2): 125-133
 - [6] 李敏强,寇纪淞,林丹等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002
 - [7] 葛志远等. 基于二叉树结构编码的遗传算法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2000(10)
 - [8] 孔俊霞, 杨育红. 智能天线中的下行波束赋形[J]. 微计算机信息, 2006, 22(1-2): 196-197
- 作者简介:许江东(1982-),男,硕士研究生,研究方向演化硬件、信息安全;曾三友(1964-),男,教授,研究方向智能计算,演化硬件。发表演化计算理论和应用方面科研论文 30 余篇,其中在国际演化计算领域最权威的刊物《Evolutionary Computation》上作为唯一的中国大陆作者发表文章一篇。
- Biography:** Xu jiang-dong, (1982-), Male, the Han nationality, born in Jiangsu, Master, major in Evolving Hardware and Information Security.
- (430074 湖北武汉 中国地质大学(武汉) 计算机学院)许江东
曾三友 王平 鄢靖丰
- (430074 湖北武汉 中国地质大学(武汉) 空间科学技术研究中心)许江东 曾三友 王平 鄢靖丰
- 通讯地址:(430074 武汉 中国地质大学(武汉)1200420 班)许江东

(收稿日期:2007.5.03)(修稿日期:2007.6.05)

**《PLC 技术应用 200 例》将出版,
每册定价 110 元(含邮费), 汇至**

地址: 北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息杂志收 邮编: 100081
电话: 010-62132436 010-62192616 (T/F)



中国计算机网络 邮局订阅号: 82-946 360 元/年 - 219 -

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>