

文章编号: 1672-2892 (2006)06-0454-03

## 天线自动设计和“天基”系统

梁宇宏, 陈 星

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

**摘 要:** 采用遗传算法(Genetic Algorithm, GA)进行天线结构优化, 利用矩量法(Method of Moments, MoM)完成天线数值仿真计算, 结合并行计算技术提高计算效率, 构建了“天基”天线自动设计并行软件系统。该软件系统通过对多类复杂结构天线进行计算机辅助自动设计, 显示出比传统天线设计方法更大的灵活性和更强的设计能力。将“天基”天线自动设计并行软件系统移植到银河巨型机上, 测试结果表明, 该系统具备高效使用 128 个 CPU 进行并行天线自动设计的能力。

**关键词:** 天线; 自动设计; 遗传算法; 并行计算; 银河巨型机

**中图分类号:** TN830.1

**文献标识码:** A

## Automated Antenna Design and “Tian Ji” System

LIANG Yu-hong, CHEN Xing

(School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

**Abstract:** With the utilization of the Genetic Algorithm (GA) for optimizing structures of antennas, the Method of Moment (MoM) for numerical simulation of antennas, and the parallel computation for improving the efficiency of the computation, an automated antenna design system, namely “Tian Ji”, is established. This system has been used to design many antennas with complicate structures. Furthermore, this system has been migrated to a “Yin He” super-computer in order to achieve more powerful antenna design capacity. Results of tests on the “Yin He” super-computer indicate that the “Tian Ji” system has the capacity of efficiently employing as many as 128 CPUs to design antennas using parallel computation.

**Key words:** antenna; automated design; Genetic Algorithm; parallel computation; “Yin He” super-computer

### 1 引言

传统的天线设计方法, 或者基于对理想或简化天线模型的理论分析, 或者依据已有的工程经验公式进行参数设计, 而设计本身非常依赖于设计者的知识和经验, 很难做到最优设计, 难以满足现代社会对高性能天线的要求。

天线自动设计是现代天线发展的重要趋势之一。天线自动设计采用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络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<sup>[1-6]</sup>表明, 天线自动设计不但节省设计者大量的时间和精力, 而且能够拓宽天线设计范围, 提高设计精度, 已成为现代天线研究的新方向。

### 2 “天基”天线自动设计并行软件系统

四川大学应用电磁研究所在天线自动设计领域已开展了多年的研究工作, “天基”天线自动设计并行软件系统<sup>[1-3]</sup>是该所从 1998 年以来, 长期努力开发的一套天线自动设计软件系统。它采用基于矩量法(MoM)的天线数值仿真软件 NEC(Numerical Electromagnetics Codes)<sup>[7]</sup>对天线结构进行数值模拟, 利用遗传算法(GA)<sup>[8]</sup>对天线结构进行优化, 结合并行计算, 缩短计算时间和提高自动设计效率。该系统自问世以来, 已成功对多类复杂和新型天线实现自动设计, 一些设计任务是传统天线设计手段难以完成的。该天线自动设计软件系统运行在该所自己构建的一套由 16 台微机组成的 Beowulf 型并行系统(见图 1)上。

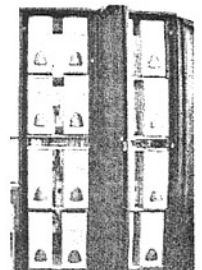


图 1 Beowulf 并行机系统  
Fig.1 The Beowulf parallel computing system

收稿日期: 2006-10-30; 修回日期: 2006-11-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(60471045)

天线自动设计的基本原理是将天线设计转化为遗传算法的搜索寻优过程<sup>[4]</sup>，即将对天线设计要求转化为一个适应度函数，用适应度函数值的大小来定量天线性能的优劣，并引导遗传算法的优化方向。图 2 为结合并行计算后的天线自动设计流程。可以看出，在自动设计过程中，天线结构的优化依靠数值模拟和遗传算法完成。与传统天线设计方式相比，对设计者的经验依赖小，具有更大灵活性和适用范围。

“天基”天线自动设计并行软件系统包括图 3 所示的功能模块。

### 3 “天基”系统移植到银河巨型机

Beowulf 型并行系统仅由 16 台微机组成，对复杂结构的天线自动设计能力不足。从 2005 年起，为了更大程度增强天线自动设计能力和提高设计效率，四川大学应用电磁研究所和北京应用物理与计算数学所紧密合作，成功地将“天基”天线自动设计并行软件系统移植到银河巨型机上。

2006 年 3 月，在银河巨型机上对“天基”天线自动设计软件系统进行了实际天线自动设计测试。测试内容首先是考察该系统的天线自动设计能力，具体对一类树状分形天线(见图 4)进行了超宽带自动设计。自动设计得到的  $VSWR \leq 2$ ，即天线电压驻波比(Voltage Standing Wave Ratio)，工作频带范围为 0.81920 ~ 4.97GHz，超过了 6 个倍频程。分别采用 128 和 64 个 CPU 进行相同的天线自动设计，在进行相同的优化过程和获得同样的设计结果条件下，测试“天基”软件系统在银河机上的运算时间，以此评价其并行效率。经过实际测试，采用 64 个 CPU 测试得到计算耗时为 7033.8 s，而采用 128 个 CPU 测试得到计算耗时为 4108.6s，后者约为前者的 58%。这表明“天基”天线自动设计软件系统具备高效使用 128 个 CPU 的并行计算能力。

### 4 设计实例

“三维鱼骨天线”是一类新型天线，该天线具有不均匀的振子长度和间距，所有振子可以在三维空间中沿任意方向延伸。采用“天基”天线自动设计并行软件系统，对该天线 41 个结构参数进行了优化设计，得到了 16.67dBi 的端射增益，超过同等轴长和振子数量的八木天线增益。对实际制作的天线(见图 5)进行了测试，测试结果与仿真计算结果吻合良好。该设计结果已发表在 2005 年 IEEE Antennas Wireless Propagation Letters<sup>[3]</sup>上。

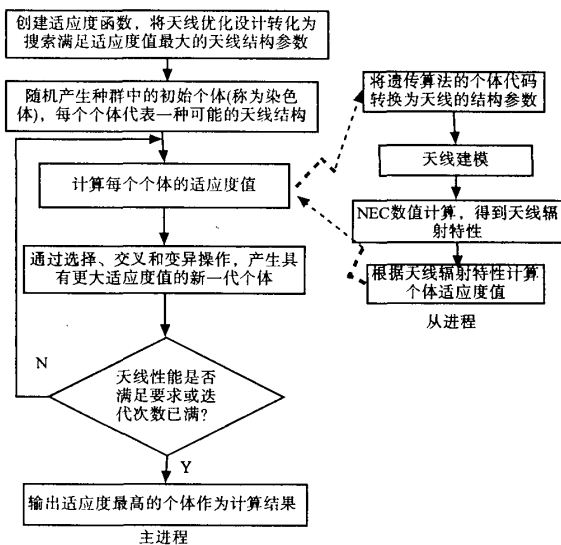


图 2 天线自动设计流程图  
Fig.2 Flow chart of the automated antenna design

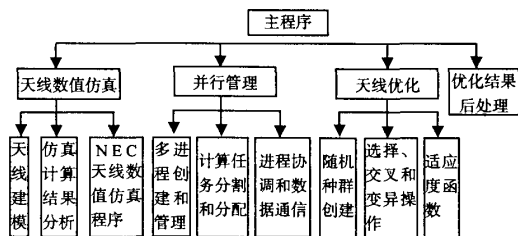


图 3 “天基”天线自动设计软件系统的功能模块  
Fig.3 Function modules of the “Tian Ji” automated antenna design software

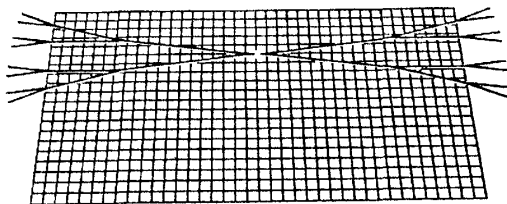


图 4 在银河巨型机上优化设计的超宽带树状分形天线结构示意图  
Fig.4 The geometry of an ultra-wideband fractal tree antenna optimized on a “Yin He” super-computer

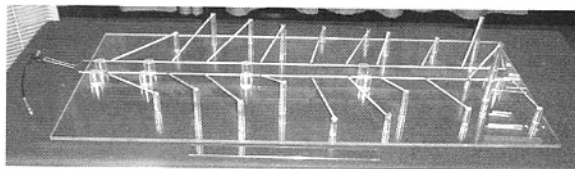


图 5 三维鱼骨天线  
Fig.5 A three-dimension fishbone antenna

## 5 结论

采用遗传算法和矩量法,结合并行计算技术建立了一套天线自动设计平台——“天基”天线自动设计软件系统。该系统自建立以来,已成功地对多类复杂结构和新型结构天线进行自动设计。利用银河巨型机的强大计算能力,天线自动设计效率得到大幅度的提高。

在天线自动设计领域,仍有许多难题需进一步研究,如遗传算法的适应度函数最佳定义,天线建模,提高优化算法的效率和智能性,以及将已有的天线设计理论和经验结合到自动设计中等。随着研究工作的深入和拓展,“天基”天线自动设计软件系统将会得到进一步完善和提高,功能也将持续增强。

### 参考文献:

- [1] 陈 星,黄卡玛.变形螺旋天线的自动设计[J].强激光与粒子束,2004,16(5):636-640.
- [2] 陈 星,黄卡玛.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,2004,21(8):1389-1392.
- [3] Chen Xing,Huang Kama.Automated design of a three-dimensional fishbone antenna using parallel genetic algorithm and NEC[J].IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.,2005,4(8):425.
- [4] Goldberg D E. Genetic Algorithms in Search,Optimization, and Machine Learning[M].New York:Addison-Wesley,1989.
- [5] Linden D S. Automated Design and Optimization of Wire Antennas using Genetic Algorithms[D].Ph.D.Thesis,MIT.1997.113-114.
- [6] Peng J,Balanis C A,Barber G C.NEC and ESP codes:Guidelines,limitations,and EMC applications[J].IEEE Trans.on Electromag. Compa.,1993,35(2):125-133.
- [7] Jason D Lohn,William F Kraus,Derek S Linden,et al.Evolutionary optimization of Yagi-Uda antennas[A].Proc.of the Fourth International Conference on Evolvable Systems[C].2001.236-243.
- [8] Lohn J D,Kraus W F,Linden D S,et al.Evolutionary Optimization of a Quadrifilar Helical Antenna[A].Proc.of the IEEE AP-S International Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting[C].2002,3:814-817.

### 作者简介:



梁宇宏(1982-),男,成都市人,2005年毕业于四川大学,在读硕士研究生,主要研究方向为并行计算.Email:wxlliangxiao@163.com.

陈 星(1970-),男,四川省通江县人,博士,副教授,研究方向:微波理论、电磁场数值计算、并行计算和天线工程.Email: xingc@263.net.

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、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](http://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>