

文章编号 1005-0388(2008)03-0434-04

基于遗传算法的单层宽频带 微带天线优化设计*

欧阳骏[☆] 杨 峰 聂在平 赵志钦

(电子科技大学电子工程学院, 四川 成都 610054)

摘 要 宽带微带天线,尤其是单层宽带天线的设计较为困难。然而U型和E型微带天线提示我们,通过适当去除传统微带天线表面一些特殊位置的金属部分,可以展宽天线带宽。本文阐述了该类天线的工作原理,并详细描述通过采用遗传算法作为优化工具,以及在程序中直接调用IE3D的求解器(MOM)进行计算、提取相关参数进行GA优化的全过程。通过对普通方形贴片微带天线的仿真和实验,我们得到的天线带宽是优化前天线带宽的3倍多,证明了方法的可靠性和高效性。

关键词 遗传算法;宽频带;微带天线

中图分类号 TP301

文献标志码 A

Designs of single layer broadband microstrip antennas using genetic algorithm

OU Yang-jun YANG Feng NIE Zai-ping ZHAO Zhi-qin

(School of Electronic Engineering, University of Electronic
Science and Technology of China, Sichuan Chengdu 610054, China)

Abstract It is difficult to design broadband microstrip antenna especially on single layer. However, U and E-shape microstrip antennas tell us that the operating band of an antenna can be broaden by properly taking out some parts of metal surface on the traditional microstrip antenna plane. The principle of this antenna is presented in this paper. We also describe an optimization procession in which genetic algorithm (GA) is used as an optimization tool by calling the IE3D MOM solution for calculation and parameters extraction. The reliability and efficiency of this algorithm is proved by optimizing and measuring a traditional square microstrip antenna. The optimized microstrip antenna achieves more than three times improvement in impedance bandwidth.

Key words genetic algorithm; broadband; microstrip antenna

1 引 言

微带天线由于其体积小,重量轻,增益高等优点而被广泛使用。但是由于其带宽窄,在很多领域无法直接利用,所以针对微带天线的宽带化研究者们进行了很多深入的研究,比如文献[1]利用馈电端的宽带匹配技术得到了一种展宽微带天线带宽的方法,但是

匹配网络往往会带来一些不必要的能量损失。文献[2]则利用多谐振点的多层结构设计出一款宽带微带天线,但是天线结构复杂,加工调试都比较困难。文献[3]利用在贴片上开U型槽的方式展宽了微带天线的带宽,其结构紧凑,且天线带宽较宽,易加工调试。文献[4]采用复杂的馈电结构以展宽天线带宽。文献[5]采用的是L型馈电来展宽频带,但馈电形式

* 收稿日期:2007-02-08.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 10476005, 60771042)

[☆]E-mail: antenna_ou@163.com

较前几种都复杂。文献[6]描述了一种E型宽带微带天线,具有同U型槽微带天线类似的辐射机理,单层,加工调试都比较方便。文献[3]和文献[5]所提及的展宽天线带宽的原理大致相同,即在较厚的介质衬底材料上设计微带天线,厚的介质衬底材料可以展宽微带天线带宽,但带来的负面影响是天线端口阻抗表现为强感性,为了消除较大感性的影响,文献中都采用了开槽的方式引入一个较大的容性以抵消由于厚介质的强感性。

结合上述分析,可以利用在较厚介质板上的普通方型微带天线上打孔的方式展宽天线的阻抗带宽。原理同文献[3]和文献[6]类似,为了得到打孔的位置以及数量,拟采用遗传算法作优化的工具,每种打孔方式对应一个个体形式,个体适应度则可以表示为该种打孔方式下,天线驻波图中达到预设值的点数,点数越多,表示该个体的适应度越强,遗传到下一代的概率也就越大。每次计算个体适应度时都需要求解一次MOM矩阵,而IE3D是国际公认的能够准确计算微带天线的商业软件,所以在程序中直接调用IE3D的求解器(MOM)计算并提取相关参数进行优化。

2 方法简介

2.1 优化算法

一般地,优化技术可以分为两种:局部寻优技术和全局寻优技术。局部寻优技术与全局优化技术的主要区别就在于其结果高度依赖于设定的初值,而全局优化技术则不然;此外,局部优化技术与搜索空间密切相关,这种相关性使其能够很好地利用解空间的特性并迅速收敛于某一局部最优解,然而这种对解空间性质的依赖也限制了它的搜索能力。当解空间不可微,甚至不连续时,实际操作起来就很难甚至无法寻得最优解。全局寻优技术对解空间没有特殊限制,解空间表现出良好的鲁棒性。但是全局寻优技术在搜索过程中不能很好地利用解空间的性质(例如梯度等),结果使其在收敛速度与局部寻优技术相比会比较低。

遗传算法^[7~10]是模拟生物在自然环境中的遗传和进化的过程而形成的自适应全局优化搜索算法。它最早由美国的J. H. Holland教授提出,起源于60年代对自然和人工自适应系统的研究。70年代K. A. De Jon基于遗传算法的思想在计算机上进行了大量的纯数值函数优化计算试验。在一系列研究工作的基础上,80年代由D. J. Goldber归

纳总结而成。

在电磁场工程问题特别是天线设计^[11~14]中,能否得到一个好的结果要比收敛速度重要得多。在寻解过程中,最终目标是找到一个最优解而不是局部最优值,全局优化技术往往能发现局部优化技术所不能发现的解。

2.2 具体实施步骤

首先利用电磁场的商业仿真软件IE3D进行建模一方型微带单元贴片,贴片的长宽等于等效介质中波长的1/2。并大致调整馈电的位置使得S11图中出现谐振点。

然后打开IE3D的建模程序*.geo文件,可以看到IE3D的建模都是以多边形的各个点的坐标作为数据存储,所以我们可以轻易地去掉某些多边形区域以达到在微带天线上打孔的目的。其中值得注意的是靠近馈电点处的多边形是不允许去掉的,否则将导致整个计算过程错误。但是去掉哪个多边形,去掉多少个多边形呢?所以采用遗传算法抠出多边形来优化天线。

第一步(编码):采用遗传算法来优化天线第一个遇到的是编码问题,在此采用按照一定的概率(一般选取为0.1左右)产生随机数的方法得到一个'0','1'序列,'0'代表该多边形要被去掉,'1'代表该多边形保留,如图1所示。需要说明的是初始化概率不能选得过大,过大的初始化概率会导致对整个天线基本形状的破坏。同时初始化概率也不能取得过小,过小的初始化概率会导致优化速度大大降低。通过对不同算例的仿真得到选取0.1左右的初始化概率能够得到比较好的优化结果。

1	1	0	0	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	0	1	1	1
0	1	1	1	1

图1 编码示意图

第二步(生成模型):编码完成以后,将编码的数据导入并修改*.geo中的多边形坐标,得到一个抠去部分多边形的天线结构形式,如图2所示。

第三步(利用MOM求解):再利用IE3D的求解器求解,得到的*.sp的参数文件。

第四步(利用遗传算法优化):读出文件并利用适应度函数判断是否达到要求,如果没达到,则利用遗传算法中的选择、交叉、变异,得到下一代群体,并

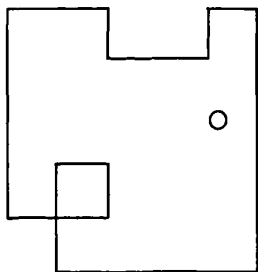


图 2 模型示意图

继续上面的步骤直到得到最优解。程序流程图如图 3。

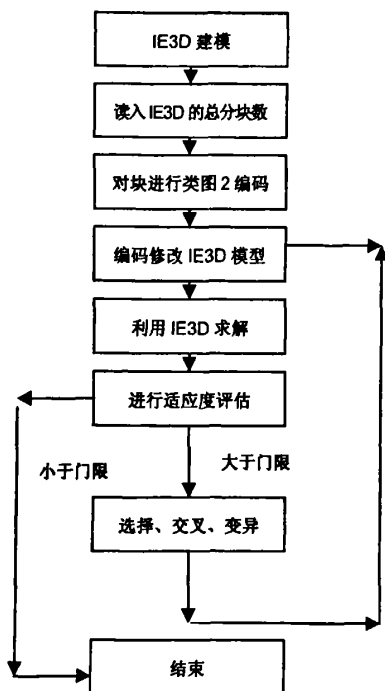


图 3 程序流程图

其中需要特别注意或设置的是:

■ 初始群体的产生:随机产生一个二进制数据串,并限定‘0’出现的概率(一般取 0.1)。

■ 初始群体个数:30

■ 优化对象(个体):天线的 S 参数

■ 交叉概率:0.8

■ 变异概率:0.1

■ 目标函数: $P(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q(i)$

$$Q(i) = \begin{cases} 10 & \text{if } S < -10 \\ 10 + S & \text{if } S \geq -10 \end{cases}$$

■ 最大进化代数:100 代。

3 仿真及测试结果分析

(1) 初始化微带天线单元的选取利用 IE3D 建一个方形贴片,长宽都为 3 cm。馈电点半径 0.5 mm,位于贴片中心偏右 5 mm。

(2) 利用 IE3D 得到初始时的 S11,如图 5(Basis)所示。可以看出未优化前天线表现为双频特性,两个谐振点分别在 8.7 GHz 和 10.0 GHz。在 9 GHz 到 9.7 GHz 内,天线 S 参数的值大于 -10 dB,此时天线无法正常工作。

(3) 调用遗传算法优化得到优化结果,其驻波分布如图 5(GA)所示。

图 4 中可以看出,优化后的天线相对优化前被取掉了四块方形区域。图 5(GA)为优化后得到的结果,从图中可以看出,优化后的结果呈现宽频带特性,最低谐振点同优化前相同,在 9 GHz 到 9.7 GHz 内,天线 S 参数的值已经小于 -12 dB,比优化前的结果改善了将近 7 dB。换句话说,天线相对带宽由原来两个频点的 5.7% 和 4%,变为现在的 21%。

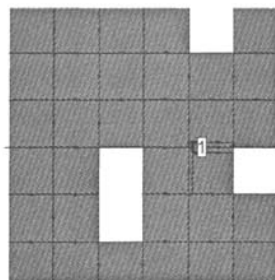


图 4 优化后微带天线单元

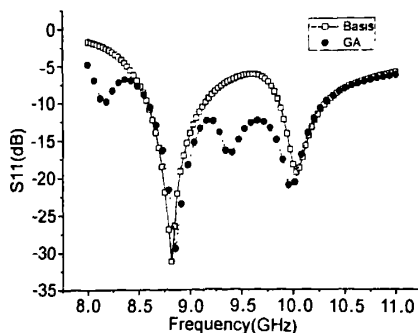


图 5 微带天线 S 参数

4 结论

采用遗传算法作优化的工具,并在程序中直接调用 IE3D 的求解器计算和提取相关参数进行优化,通过在普通方型微带天线上打孔的方式展宽了天线的带宽。此方法得到的天线形式简单易于加工,而且获得了较好的带宽特性。同时简化了微带天线设计,使得天线设计简单化、智能化。

参考文献:

- [1] H F Pues and A R Van de Capelle. An impedance-matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation, Nov. 1989,37(11): 1345-1354.
- [2] S D Targonski, R B Waterhouse and D M Pozar. Design of wideband aperture-stacked patch antennas [J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation. Sept. 1998,46(9): 1245-1251.
- [3] T Huynh and K F Lee. Single-layer single-patch wideband microstrip antenna [J]. Electron. Lett. Aug. 1995, 31(16):1310-1312.
- [4] M A Gonzalez, de Aza, J. Zapata, and J A Encinar. Broadband cavity-backed and capacitively probe-fed microstrip patch arrays[J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation. May. 2000,48(5): 784-789.
- [5] Y X Guo, C L Mak, K M Luk and K F Lee. Analysis and design of L-probe proximity fed patch antenna[J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation. Feb. 2001,49(2): 145-149.
- [6] Fan Yang, Xue-Xia Zhang, Xiaoning Ye, *et al.*. Wide-band E-shaped patch antennas for wireless communications[J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation. Jul. 2001,49(7):1094-1100.
- [7] 陈国良,王煦法,庄镇泉等. 遗传算法及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,1996, 1-200.
- [8] 周 明,孙树栋. 遗传算法原理及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999, 1-150.
- [9] 王小平,曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002, 18-21.
- [10] 孙树栋. 遗传算法研究、程序实现及其在天线研究中的应用[D]. 电子科技大学硕士学位论文,2005, 1-30.
- [11] Daniel W Boeringer, Douglas H Werner. A Simultaneous Parameter Adaptation Scheme for Genetic Algorithms with Application to Phased Array Synthesis [J]. IEEE Transactions on antennas and Propagation, 2005, 53(1): 356-371.

[12] 韩荣苍. 基于遗传算法的阵列综合方法[D]. 电子科技大学硕士学位论文,2006.

[13] 焦永昌,杨 科,陈胜兵,等. 粒子群优化算法用于阵列天线方向图综合设计[J]. 电波科学学报,2006,21(1):16-20.

Jiao Y C, Yang K, Chen S B, *et al.*. Application of particle swarm optimization in antenna array pattern synthesis [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2006,21(1):16-20.

[14] 袁 军,邱 扬,刘其中等. 基于空间映射及遗传算法的车载天线优化配置[J]. 电波科学学报,2006,21(1):26-32.

Yuan J, Qiu Y, Liu Q Z, *et al.*. Position optimal design of vehicular antennae via space mapping and genetic algorithm[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2006,21(1):26-32.



欧阳骏 (1981—),男,四川人,博士。主要感兴趣的研究方向:宽带天线,共形天线,天线阵列优化设计综合,计算电磁学等。



杨 峰 (1962—),男,重庆人,电子科技大学教授、博士生导师,主要研究方向为超宽带通信、天线技术和电磁散射与逆散射
E-mail: yangf@uestc.edu.cn



聂在平 (1946—),男,陕西人,教授,博士生导师,电子科技大学副校长,1987—1989年曾在美国伊利诺依大学电磁实验室从事研究工作。先后主持并完成20余项科研项目,先后获国家科技进步二等奖一项,省、部级一、二、三等科技进步奖共七项,在国内外发表学术论文300余篇,主要研究兴趣:计算电磁学,电磁散射与逆散射,非均匀介质中的场与波,新一代移动通信中的多天线技术等。

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),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>