

文章编号 1005-0388(2008)02-0373-03

基于遗传算法优化设计 18:1 宽带单极天线

朱金鹏[☆] 金元松 马 宁 邓冀云 李 虎

(中国电波传播研究所青岛分所, 山东 青岛 266071)

摘要 基于矩量法理论, 采用遗传算法对宽带集中加载单极天线进行了优化设计。根据优化的结果设计了一付天线, 在 30~540 MHz 频率内 $VSWR < 3.5$, 阻抗带宽达到 18:1, 天线高度为 1.6 m, 适用于移动的载体多频段通信系统。实验结果表明, 该方法是有效的和可行的。

关键词 遗传算法; 宽带天线; 矩量法; 加载天线

中图分类号 TN821^{+.3} **文献标志码** A

Design of wire monopole with 18:1 bandwidth by GA algorithms

ZHU Jin-peng JIN Yuan-song MA Ning DENG Ji-yun LI Hu

(Qingdao Branch, China Research Institute of Radiowave Propagation,
Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract Based on method of moments (MOM), a broadband loaded wire monopole is designed, and the loads of parallel inductor/resistor circuits are optimized by means of genetic algorithms (GA). As a designed result, a antenna used for mobile and muti-frequency bands communication system is fabricated. The tested results show that the antenna is of bandwidth ratios of 18:1 with measured VSWR less than 3.5 and a height of 1.6 meter.

Key words genetic algorithms; broadband antenna; method of moment; loaded antennas

1 引言

随着电子技术的发展, 特别是跳频技术的应用及移动通信的使用, 对天线的宽频带和小型化提出越来越高的要求。近年来, 单极子天线以其重量轻、体积小、结构简单、全向特性好、成本低廉得到应用。但是, 传统的单极子天线高度约为工作频率波长的 1/4, 当频率较低时, 天线过高, 不利于在移动通信载体上使用。一些文献^[1~3]对展宽单极子带宽进行了研究, 分析表明采用加载方式, 可以较好地展宽天线的带宽。运用遗传算法^[4,5]优化天线的电特性参数, 使之在设计要求的 30~540 MHz 频率内, 满足 $VSWR < 3.5$, 天线高度小于 1.6 m 的电气特性和

结构尺寸要求。

2 设计思想

未加载的振子天线可看作一段终端开路的传输线, 沿线电流呈驻波分布, 其输入阻抗会随频率剧烈变化, 在天线适当位置加载, 可以改善天线的电流分布, 使之尽可能接近行波状态, 从而展宽天线带宽。文献[2]指出若采用对数周期间隔来配置加载阻抗, 可以获得优良的宽频带特性。加载阻抗采用电阻和电感并联, 并联电感的作用是在频率较低时为电流提供一条通路, 使得天线有足够的高度, 而在频率较高时“截断”天线。在天线中采用四段加载, 结构和网络示意图见图 1、2 所示。

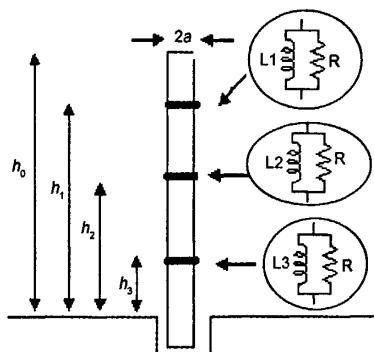


图1 加载天线结构示意图

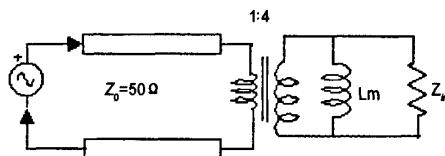


图2 天线匹配网络示意图

由于天线的电气性能指标和设计参数之间关系是非线性的,传统的优化方法在天线设计中难以奏效。遗传算法是一种借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的搜索算法,其主要特点是群体搜索和群体中个体之间的信息交换,搜索只需要利用目标函数的取值信息,尤其适用于处理传统搜索方法难以解决的复杂、非线性问题。近年来,遗传算法^[6~9]已在一些天线设计问题中得到应用。对加载天线进行优化设计的目标函数定义为:

$$F = \sum_{i=1}^{N_f} u(VSWP(f_i), VSWR^D(f_i)) - \sum_{i=1}^{N_f} u(G_{sys}^D(f_i), G_{sys}(f_i))$$

其中: $u(x, y) = \begin{cases} |x - y|^2, & x > y \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$

对整个频段分成 N_f 个采样点, $VSWP$ 为天线的计算值, $VSWR^D$ 为 2.5。整个系统的增益可以定义为:

$$G_{sys} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{(1 - |\Gamma|^2)}{M_{eff} G_A (\theta = 90^\circ)} \right\} dBi$$

Γ 是天线到匹配网络的反射系数, M_{eff} 是匹配网络效率, G_A 是天线的增益, 为简化起见, 假设

$M_{eff} = 1$ 。对于线状天线, 可用矩量法^[10,11]对其进行精确分析。在处理集中加载时, 可采用 δ 函数逼近加载的场。采用部分重叠分段加略金方法求出天线上的电流分布, 由此可求出天线的其它参数。

3 仿真计算和实测结果

在程序中, 对 30~540 MHz, 对低频取的采样间隔较小。天线单元半径为 6 mm, 种群规模取 50, 指定进化世代数为 50, 加载元件值限制 $0 < R < 600 \Omega$, $0 < L < 20 \mu H$, $0.4 < Tao < 0.95$, 对以上各变量进行搜索, 求目标函数的最小值。优化结果如表 1 所示:

表1 1.6m高天线优化加载参数

Tao	电阻 $R(\Omega)$	电感 $L_1(\mu H)$
0.768	150	2.5

根据结构的对数周期规律, 取:

$$L_{n+1} = Tao * L_n \quad n=1,2,3$$

因此可得到: $L_2 = 1.91 \mu H$, $L_3 = 1.47 \mu H$; 同样得到 $h_1 = 1.2288$ m, $h_2 = 0.9437$ m, $h_3 = 0.7247$ m。图 3 是天线输入阻抗的理论值与实验值, 从图中知道, 理论值和实验值随频率变化的趋势是一致的; 由于在实验中采用 16 根 1.6 m 的地网, 是造成其高端差别的主要原因。图 4 是阻抗变换器后的驻波比, 其优化后的驻波比在频率 30~540 MHz 范围内小于 2.5, 其实验值在整个频段稍大一些(<3.5)。图 5、图 6 分别是优化后天线的系统增益和天线效率。

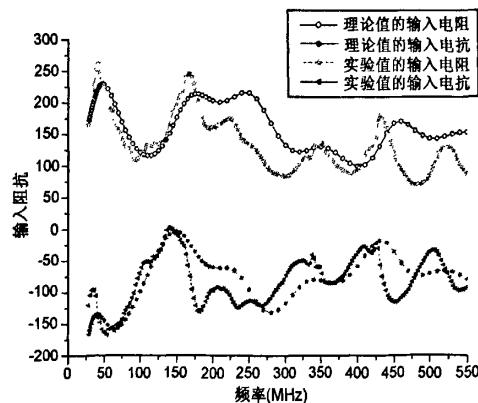


图3 优化后的输入阻抗

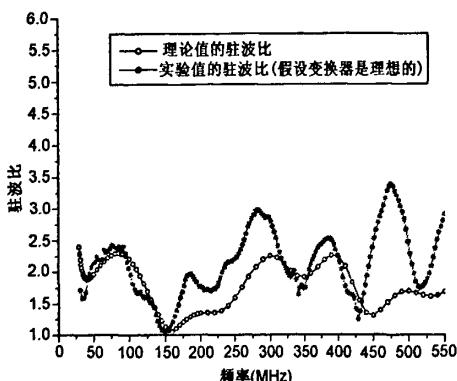


图4 优化后的驻波比

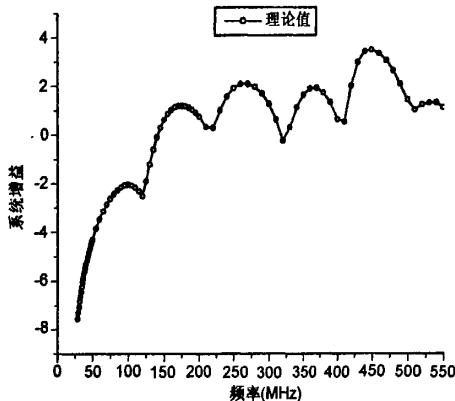


图5 优化后天线的系统增益

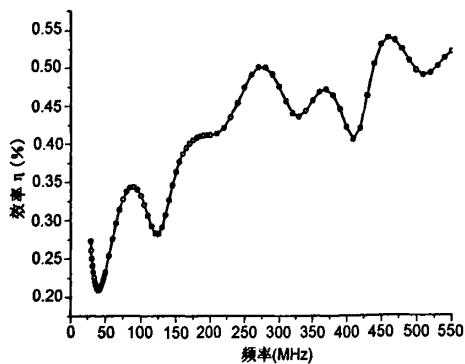


图6 天线的效率(计算值)

4 结论

运用遗传算法优化了天线的电特性,设计出一种18:1的宽带电小全向天线。在30~540 MHz频带内 $VSWR < 3.5$,天线高度为1.6 m,较好地解决了移动载体宽频段天线尺寸过大的问题。本文最后

对其理论值和实测结果进行了比较,验证了此方法的可行性。在实际制作中,采用4:1不平衡——不平衡的变换器,可在30~360 MHz内可以做到驻波小于3.0。没有对匹配网络进行优化,因此有待进一步研究。

参考文献

- [1] Popovic B D著,杨渊译.导线天线的分析与综合[M].人民邮电出版社,1987.
- [2] 王元坤,李玉权.线天线的宽频带技术[M].西安:西安电子科技大学出版社.
- [3] 谢处方,王石安.加载与媒质中天线[M].电子科技出版社,1990.
- [4] 陈国良等,遗传算法及其应用[M].人民邮电出版社,2001.
- [5] 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.
- [6] A Boag, E Michielssen, and R MITTRA. Design of electrically loaded wire antenna using genetic algorithms [J]. IEEE Trans. Antennas Propagat., May. 1996, (44):687-695.
- [7] Z Altman, R MITTRA, and A Boag. New designs of electrically loaded wire antennas using genetic algorithms[J]. IEEE Trans. Antennas Propagat. Oct. 1997, (45):1494-1501.
- [8] E H Neman. Generation of wide-band-data from the method of moments by interpolating the impedance matrix [J]. IEEE Trans. Antennas Propagat. Dec. 1988, (36):1820-1824.
- [9] S D Rogers, C M Butler. Realization of a genetic-algorithm-optimized wire antenna with 5:1 bandwidth [J]. Radio Sci., Dec. 2001, (36):1315-1325.
- [10] R 米特拉著,金元松译.计算机技术在电磁学中的应用[M].人民邮电出版社,1983.
- [11] R F Harlington, 王尔杰等译.计算电磁场的矩量法[M].国防工业出版社,1981.6.



朱金鹏 (1976—),男,安徽人,工程师,主要研究方向为电磁场数值计算与天线设计等。

金元松 (1941—),男(朝鲜族),吉林人,中国电波传播研究所研究员,中国电子学会高级会员,主要从事电磁场理论与天线设计等。

马 宁 (1978—),男,河南人,工程师,主要研究方向为天线等可靠性设计。

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>