

用遗传算法实现平板裂缝天线功分网络布线设计*

曹俊, 陈敏, 宋志国

(南京电子技术研究所, 江苏南京 210013)

摘要:针对波导功分网络布线的设计问题,用遗传算法对布线长度进行优化研究,使其满足特定的要求。通过计算看出,与传统优化方法不同,遗传算法不需要特定的初始条件就可以快速得到结果,表明了遗传算法在波导功分网络布线设计中可以作为一种有效的设计手段,所完成的优化程序具有一定的工程应用价值。

关键词:遗传算法;优化;布线设计

中图分类号:O224;TN819.1 文献标识码:A 文章编号:1008-5300(2006)01-0033-03

The Optimized Design of the Wiring of Power Dividing Network of Plate Slotted Array Antenna Using Genetic Algorithms

CAO Jun, CHEN Min, SONG Zhi-guo

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: In this paper, the wiring design of power dividing network of plate slotted array antenna is presented. In order to satisfy the specific requirements, an optimization method using Genetic Algorithms (GA) of wiring design is studied. Unlike the traditional methods, GA can converge without given initial-conditions. At last, an given is given and the result shows that the method is effective for optimized design of the wiring of power dividing network of plate slotted array antenna.

Key words:genetic algorithm; optimization; wiring design

0 引言

波导功分网络的布线设计是平板裂缝天线结构设计中非常重要的部分,布线设计的好坏直接影响整个天线的性能。由于需要满足电讯设计的特殊要求,因此在布线设计中要受到很多条件限制,并且随着功率分配点的增加,布线设计的难度也随之迅速增大。在传统的布线设计中,设计人员大多采用经验设计和试算相结合的方法,通过不断调整各个布线长度来“凑出”满足条件的布线形式。由于各段走线的长度相互影响,当需要调整的“变量”较多时,就需要较长的时间才能得到结果,有时甚至无法得到满意的结果,文中通过引入遗传算法来对布线设计进行优化分析,从而提高布线设计的效率。

1 问题描述

按照电讯设计所提出的要求,已知各个激励点A、

B、C、D、E之间的相对位置,要求确定功分器的总输入点O的位置和各段走线的长度,使得O点至各个激励点的电长度相等。经过初步设计的走线如图1所示。

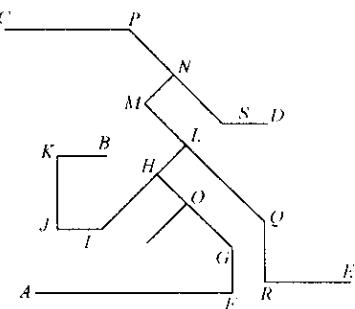


图1 初步设计示意图

将图中A点作为坐标系原点(0,0),由于已知B、C、D和E各点的相对位置,则B、C、D和E坐标已知。如果使用坐标(x_i, y_i)($i=1, 2, \dots, 14$)来分别表示点F~S各点的坐标,那么各段走线的长度都可以

用两点之间的距离表示,且有:

$$\left. \begin{array}{l} L_1 = L_{OG} + L_{GF} + L_{AF} \\ L_2 = L_{OH} + L_{HI} + L_{IJ} + L_{JK} + L_{KB} \\ L_3 = L_{OH} + L_{HL} + L_{LM} + L_{MN} + L_{NP} + L_{PC} \\ L_4 = L_{OH} + L_{HL} + L_{LM} + L_{MN} + L_{PS} + L_{SD} \\ L_5 = L_{OH} + L_{HL} + L_{LQ} + L_{QR} + L_{RE} \end{array} \right\} \quad (1)$$

由于按照电讯的设计要求不同倾斜角度的走线在计算电长度时要加(减)一定量的常数,则(1)式可以表示为:

$$L_j' = L_j + c_j \quad (j = 1, 2, \dots, 5) \quad (2)$$

式中, $c_j (j = 1, 2, \dots, 5)$ 为常数。

则上述问题可以进一步描述为:求出 $(x_i, y_i) (i = 1, 2, \dots, 14)$ 并满足下式:

$$L_1' = L_2' = L_3' = L_4' = L_5' \quad (3)$$

2 遗传算法的实施

遗传算法 (Genetic Algorithms) 是 J. Holland 于 1975 年提出的基于“适者生存”的一种具有高度并行性、随机和自适应优化算法,它将问题的求解表示为“染色体”的适者生存过程,通过“染色体”群的一代代不断进化,包括复制、交叉和变异等操作,最终收敛到“最适应环境”的个体,从而求得问题的最优解或者满意解。目前随着计算机技术的发展,遗传算法越来越受到人们的重视。简单遗传算法的主要步骤描述如下:

- (1) 随机形成初始化种群,并且评价每一个体的适应度值;
- (2) 判断是否满足收敛准则,如果满足则输出搜索结果,否则进行下一步;
- (3) 根据适应度值的大小按照一定的方式进行复制操作;
- (4) 按照交叉概率进行交叉操作;
- (5) 按照变异概率进行变异操作;
- (6) 返回步骤(2)。

图 2 给出了标准遗传算法的流程图。

2.1 编码

由于网络布线的长度和各个线段折弯点的坐标都不是整数,而且点(变量)的个数也较多,如果采用二进制编码会造成编码的长度很长,容易使得计算量迅速增加,给优化增加困难,因此文中采用浮点编码。

2.2 复制

复制过程是一个从当前群体中选取并且复制优秀

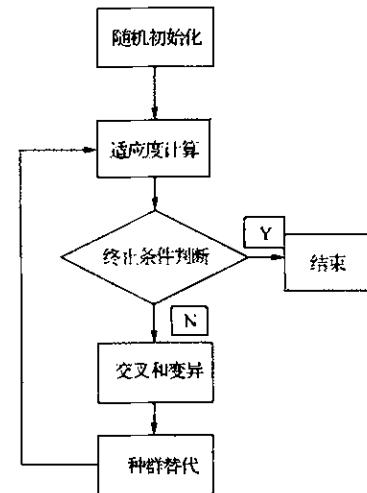


图 2 标准遗传算法流程图

成员的过程。一般说来是根据每个个体成员所反映的评价函数值或者在群体中占有的概率值(或适应度)来评价的。显然这样的操作就是借用了达尔文适者生存的进化原则,即具有较大适应度的个体进入下一代群体的机会就大,有更多的机会得到发展;反之,不良的个体则不易进入下一代的群体,就有可能死亡。

2.3 交叉

交叉过程是将个体之间的部分基因互换以产生新的个体的过程。人们根据基因串中交叉点的数目把交叉分为了一点交叉、二点交叉和多点交叉。交叉点越多就意味着原来个体的变化就越大,创造新个体和丢失旧个体就越多。文中采用的是一点交叉。

2.4 变异

变异在个体的基因串中改变一个或几个基因从而达到产生新个体的目的,变异的概率一般在 0.01 ~ 0.1 之间。对于本文来说一般只能进行满足馈线点坐标限制的随机变异。

2.5 适应度函数

根据式(1) ~ 式(2),可以认为 L_j' 是各点坐标 (x_i, y_i) 的函数,即:

$$L_j' = f(x_i, y_i) \quad (i = 1, 2, \dots, 14; \quad j = 1, 2, \dots, 5) \quad (4)$$

由于优化目标是各段的电长度相等,因此适应度函数可以变换为:

$$F(x_i, y_i) = \sum_{j=1}^5 |S - L_j'| \quad (5)$$

式中, $S = \frac{\sum_{j=1}^5 L_j' }{5}$ 表示各段电长度的平均值。经过这样

的变换之后,当各段长度趋于相等的时候,式(5)趋向于零,即问题转换为求函数 $F(x_i, y_i)$ 的极小值。

3 算例

已知 $A \sim E$ 点的坐标如表 1 所示。

表 1 $A \sim E$ 的坐标

| | A | B | C | D | E |
|-----|-----|-------|--------|--------|--------|
| X | 0 | 17.95 | 0 | 89.76 | 143.62 |
| Y | 0 | 80.18 | 169.94 | 134.03 | 17.95 |

试求出按照图 1 所示的设计示意图的各个点的坐标并使之满足式(3)。

使用遗传算法进行计算,优化的过程如图 3 所示。

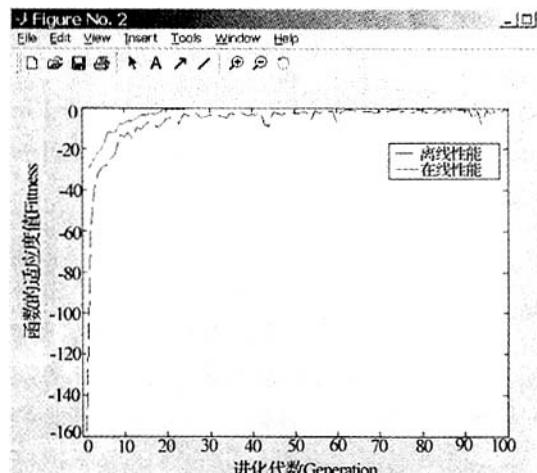


图 3 遗传算法的优化过程

从图 3 可以看出,遗传算法在前 20 代的迭代计算中向目标函数靠近的速度非常迅速,经过 60 代的迭代就已经很接近目标函数,可见遗传算法在优化前期的效率非常高,与普通的优化算法相比在搜索时具有明显的优越性。同时,由于遗传算法是种群式的集团搜索,因此可能得到多个满足条件的优化解,可以为设计人员提供多个可选方案。

遗传算法最后的优化结果如图 4 所示。

并有:

$$A = 41.55 + 29.13 + 94.55 - 6.22 = 159.01$$

$$B = 26.14 + 54.78 + 22.31 + 41.93 + 32.32 - 6.376 - 6.22 - 5.906 = 158.98$$

$$C = 26.14 + 26.15 + 54.23 + 25.6 + 25.47 + 26.92 - 6.376 \times 4 = 159.01$$

$$D = 26.14 + 26.15 + 54.23 + 25.6 + 25.31 + 26.93 - 6.376 \times 3 - 6.22 = 159.01$$

$$E = 26.14 + 26.15 + 73.1 + 25.84 + 26.75 - 6.376 \times 2 - 6.22 = 159.01$$

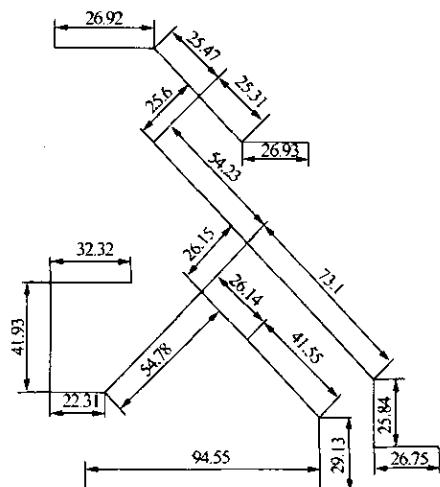


图 4 遗传算法的优化结果图

$$\text{此时, } S = 159.004, F(x_i, y_i) = 0.048.$$

由此可见,遗传算法的搜索精度也很高,完全满足设计的要求。

4 结论

通过上面的算例可以看出,遗传算法作为一种优化算法,有着传统的优化方法不具备的优点——即使在没有确切初始条件的情况下,遗传算法也能以较快的速度收敛到最优点,具有很强的鲁棒性,尤其在变量较多、优化空间较大的情况下这种优越性更加明显。同时作为工程应用的一种优化设计方法,遗传算法可以快速地给设计人员提供指导性方向,通过小范围修改遗传算法的优化结果即可以满足工程应用的设计要求,从而提高设计效率。

参考文献:

- [1] Goldberg D E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning [C]. Addison – Wesley Publishing Company. Inc. Reading, MA. 1989
- [2] 陈国良,等. 遗传算法及其应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,1996
- [3] 徐宗本, 聂赞坎, 张文修. 父代种群参与竞争遗传算法几乎必然收敛 [J]. 应用数学学报, 2002(1)

作者简介:曹俊(1976-),男,安徽蚌埠人,工程师,2003 年毕业于南京航空航天大学机电学院,从事天线微波结构设计工作。

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>