

北京广播学院学报(自然科学版),第 9 卷,第 1 期,2002 年 3 月

Natural Science Edition

Journal of Beijing Broadcasting Institute, Vol. 9, No. 1(March. 2002)

利用基因算法确定阵列天线的激励系数

马俊成

(南京电视台,南京 210002)

摘要:为了提高天线增益和辐射效率,降低副瓣电平,特别是在许多应用中需要天线方向图形成赋形波束以达到所需的效果而采用天线阵^{[1],[3]}。对于形成辐射方向图已提出许多方法来确定阵列天线的激励系数,通常这些方法是以波束控制或旁瓣抑制为根据,采用解析逼近共轭梯度法。但是如果调整 n 个参变量或者要形成多波束的话,那么要找出最佳性能指标是困难的。并且大多数天线方向图在零点或接近零点处的斜率很大,这意味着收敛性差。为了解决这些问题,可以采用基因算法(Genetic Algorithms)来确定激励系数的最佳集合。基因算法是模拟生物进化过程的计算模型,作为一种新的全局优化搜索算法,其简单通用、鲁棒性强,适于并行处理而得到了广泛应用。

关键词:基因算法;阵列天线;赋形方向图

中图分类号:TN820.1 **文献标识码:**A

文章编号:1007-8819(2002)01-0054-05

1 分析方法

使用基因算法^{[2],[4]}求解科学的研究和工程技术中各种组合搜索和优化计算问题这一基本思想,早在 60 年代初期提出,其数学框架在 60 年代中期形成,80 年代中后期研究达到高潮,90 年代其理论已基本成熟,它是基于统计理论基础上的组合优化、搜索技术。它将生物进化原理应用于优化、搜索技术的过程中,因而是整数优化类,并且可以用于非线性问题中。基因算法的主要特点有:使用所求解问题的参数的编码形式,而不是使用问题的参数本身,且不要求目标函数的连续性;从问题的解空间中多点开始搜索问题的解,而不是从一点开始;引用目标函数的信息来评价,而不是诸如梯度之类的信息,因此函数的连续性在此无关紧要。

本文利用基因算法来确定十六单元阵列天线的激励电流,从而达到天线优化设计之目的。

把十六个各向同性的辐射单元放置在一条直线上,如图 1 所示。

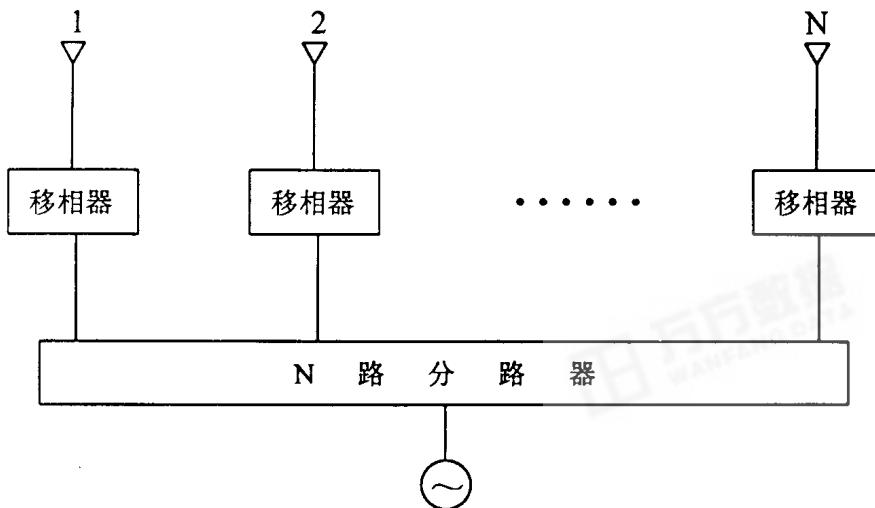


图 1 N 单元天线阵模型

通过移相器连接到 N 路分路器上, 每个单元振幅相等, 调整每个阵元的激励系数(电流)相位。使该天线的阵因子达到预期的特性指标要求。

设一线性阵列, 由十六阵元组成, 间距 $d = \frac{\lambda}{2}$, 作为目标函数的方向图为

$$F_d(\theta) = \begin{cases} \frac{1}{\cos\theta} & 0 \leq \theta < 90^\circ \\ 0 & \text{其余方向} \end{cases}$$

本目标函数为余割方向图, 当 $\theta \rightarrow 90^\circ$,

$F_d(\theta) \rightarrow \infty$, 本文优化时采用归一化值, 所以 $\theta < 80^\circ$,

$F_d(\theta)$ 归一值化很小, 趋近于 0。

设各阵元的激励电流分别为

$$I_1; I_2; I_3; \dots; I_{16};$$

因为振幅相等, 所以十六单元阵列的远区方向图可以简单的表示为

$$F(\theta) = \sum_{n=1}^{16} I_n e^{j(n\pi \cos\theta)}$$

为了使上式阵因子方向图逼近目标函数 $F_d(\theta)$, 采用基因算法把每个阵元的激励电流相位用八位二进制码表示。即相位数字化后的调整精度为 2^{-8} 。每阵元先准备 100 组随机的八位二进制码代表相位分布数据, 见图 2。

阵元	1	2	16
激励相位	* * * * * * *	* * * * * * *			* * * * * * *
100 组	:	:			:

图 2 第一代染色体

这样, 对每个阵元而言, 就有 100 个代表相位数据的八位二进制码, 每个八位二进制码称为一个“基因”(Gene)。对整个阵列而言, 每一种相位分布称为一个“染色体”(Chromosome), 每个染色体由 16 个基因组成。因此, 最初共准备有 100 个染色体, 称为第一代染色体。然后万方数据

检查这 100 个阵列的辐射方向图,并与目标函数进行比较,把最接近目标函数的 20 组染色体保留下来,在优选出最佳 20 组染色体的基础上进行群体成员的再生产或繁殖,个体成员之间的基因交换。个体成员的变异得到第二代 80 个新的染色体和 20 个变异染色体所得到的新一代染色体所代表的函数值好于前一代中代表的函数值。

本文在个体成员间的基因交换中采用的二点和多点个体基因交换技术。本文采用基因交换方式:1~20 组(7、8 位变换);21~40(5、6 位变换);41~60 组(5、6、7、8 位变换);61~80 组(3、4、5、6、7、8 位变换);81~100 组变异(随机)。这样再计算每个染色体所代表的阵列的辐射方向图,并与目标函数进行比较,把最接近目标函数的 20 组染色体保留下来,反复循环上述的最佳染色体的选择,基因交换,染色体再生产。一般在第 20 代染色体以前,就可以使阵列天线的辐射特性充分接近我们所希望达到的性能指标。

2 优化结果

本文用基因算法优化到第 20 代已得到满意的结果,十六单元阵列天线的单元激励电流相位分布见附表:

附表 十六单元阵列天线单元激励电流相位分布

阵元	1	2	3	4
激励电流相位	1.4235	1.3744	0.5400	6.1605
二进制形式	00111010	00111000	00010110	11111011
阵元	5	6	7	8
激励电流相位	1.1290	0.6627	6.1359	5.3751
二进制形式	00101110	00011011	11111010	11011011
阵元	9	10	11	12
激励电流相位	6.0377	4.9824	5.9887	4.7369
二进制形式	11110110	11001011	11110100	11000001
阵元	13	14	15	16
激励电流相位	5.4978	2.2826	5.0560	0.0736
二进制形式	11100000	01011101	11001110	00000011

θ : $0 \sim 2\pi$, 即 $0 \sim 6.28302$;

用八位二进制码表示:00000000~11111111 相位数字化后的调整精度为 $1/2^8 = 1/256$ 。

例:	八位二进制码:	θ :
	00000000	0
	00000001	$1 \times 2\pi/255$
	00000010	$2 \times 2\pi/255$
	00000011	$3 \times 2\pi/255$
	:	:
	:	:
	11111111	$255 \times 2\pi/255$

根据基因算法优化后的激励电流相位分布、振幅相同所得的十六单元天线辐射方向图如图3所示。从十六单元的综合优化结果表示,所得辐射方向图副瓣电平低,辐射方向图趋近目标方向图。

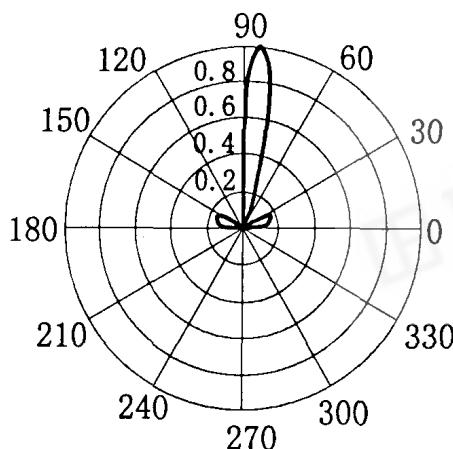


图3 十六单元综合方向图

参考文献:

- [1] 吕善伟.天线阵综合[M].北京:北京航空学院出版社,1998.
- [2] 孟庆春.基因算法及其应用[M].济南:山东大学出版社,1995.
- [3] 谢处方,邱文杰.天线原理与设计[M].西安:西北电讯工程学院出版社,1985.
- [4] SHIMIZU M. Determining the Excitation Coefficients of an Array using Genetic Algorithms[J]. IEEE AP - S, Seattle, 1994: 530 – 533.

The Decision of the Stimulation Coefficients of the Antenna Array by Genetic Algorithms

MA Jun-cheng

(Nanjing Television Station, Nanjing 21002, China)

Abstracts: In order to improve the gain of antenna, the efficiency of radiation and reduce the power level of side-lobe, the antenna array is deployed especially in many applications in order to get the wanted results to shape the oriented graphics into a wave beam with assigned form. Many methods are put forward to deciding the stimulation coefficients of the antenna array about the shaping of oriented graphics and these

methods are usually based on the wave beam control or side-lobe suppress using the analytic conjugate gradient algorithm. But it is difficult to find out the optimum targets of performance, if n parameters should be adjusted or the multi-beam be wanted. What's more, the slopes of most of the oriented graphics of antenna are large in zero point or near the zero point, which means a bad convergence. In order to solve these problems, the Genetic Algorithms can be used to make sure of the optimum collection of the stimulation coefficient. Genetic Algorithms is a computing model which simulates the development of the procedure of the creature, and as a new global optimum search method, it is widely used because of its simplicity, strong robust and ability suitable to the parallel process.

Key words: Genetic Algorithms; Antenna Array; Oriented Graphics with Assigned Form

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>