

基于克隆选择算法的天线方向图综合算法

孙立朝, 王布宏, 段艳丽

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

【摘要】基于克隆选择算法的唯相位天线方向图综合算法在应用中需要加权值的模值是已知的,而实际中会有需要解决方向图的加权值模值并不已知的问题。为了提高基于克隆选择算法的唯相位天线方向图综合算法的应用自由度,研究了将天线各阵元所接收信号加权值的模值与相位同时进行编码的算法。算法仿真结果表明,加入模值编码的算法能够应用于任意形状的方向图综合问题,为算法在实际中的应用提出了一定的理论基础。

【关键词】克隆选择; 方向图综合; 模值编码

【中图分类号】TP18

【文献标识码】A

【文章编号】1002-0802(2009)06-0036-03

An Array Pattern Synthesis Algorithm Using Clonal Selection Algorithm

SUN Li-chao, WANG Bu-hong, DUAN Yan-li

(Telecommunication Engineering Institute, AFEU, Xi'an Shaanxi 710077, China)

【Abstract】The amplitudes of all weights must be known in array pattern synthesis algorithm by phase-only control using clonal selection algorithm, while in fact some problems that the amplitudes are unknown need to be solved. To expand the application of this algorithm, an algorithm by controlling both phase and amplitude is studied. Simulation indicates that the modified algorithm is suitable for solving the problem of discretionary array pattern synthesis.

【Key words】clonal selection; pattern synthesis; amplitude coding

0 引言

1958年Brunet首次提出了克隆选择学说,之后de Castro, Kim 等基于抗体克隆选择机理相继提出了克隆选择算法^[1],免疫克隆选择算法是模拟自然免疫系统功能的一种新的智能方法,具有学习记忆功能,为信息处理提供了新的方法。它在传统进化算法的基础上,引入了亲合度成熟、克隆和记忆机理,并利用相应的算子保证了该算法能快速地收敛到全局最优解。目前克隆选择算法已经在智能优化、模式识别、信息安全、故障诊断等诸多领域得到了广泛的应用^[2-4]。

将克隆选择算法应用到天线方向图综合中是近几年才有的,2007年K.Guney等人提出了用于解决天线方向图综合的克隆选择算法^[5],算法中仅通过控制天线各阵元加权值的相位,实现了一个或多个方向上的零陷,实现简便、效果明显,但由于算法需要已知加权值的模值,使它的应用受到了

局限。

本文在文献[5]中算法的基础上,为了提高算法的应用自由度,研究了将加权值的模值与相位同时进行优化的算法,研究结果表明该算法可以用于天线阵可以得到的任意样式的方向图综合问题,为克隆选择算法应用到天线方向图综合领域提供了一定的理论基础。

1 算法原理

1.1 克隆选择算法

克隆选择算法的整个过程如图1所示。具体步骤如下:

Step 1 设置初始抗体数目 N_{pop} 、变异概率 p_m 、需要克隆的父代的数量 n 、算法终止条件等参数,随机产生 N_{pop} 个抗体;

Step 2 计算本代的所有抗体的亲和度,并从中选出 n 个

收稿日期: 2008-10-06。

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 60601016)。

作者简介: 孙立朝(1984-),男,硕士,主要研究方向为信号与信息处理;王布宏(1975-),男,副教授,博士,主要研究方向为阵列信号处理;段艳丽(1963-),女,副教授,硕士,主要研究方向为信号与信息处理。

亲和度较高的抗体;

Step 3 对 step2 中选出的父代抗体进行克隆, 亲和度越大的抗体, 克隆的数量越多;

Step 4 对克隆产生的子代抗体进行变异操作;

Step 5 计算变异产生的所有抗体的亲和度, 从父代和变异抗体组成的集合中选出 $n1$ 个亲和度较高的抗体, 与随机产生的 $Npop - n1$ 个新抗体组成下一代;

Step 6 判断是否达到终止条件, 即最优抗体的亲和度是否达到设定的门限, 如果达到门限, 则算法终止, 进行最后的操作, 若果没有达到, 转到 Step 2。

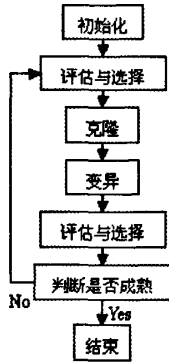


图 1 克隆选择算法流程

1.2 基于克隆选择算法的唯相位方向图综合算法^[1]

文献[5]中提出的将克隆选择算法应用于阵列天线方向图的算法分为以下几个步骤:

Step 1 选取目标方向图 $p_d(\theta)$;

Step 2 对各个阵元加权值的相位进行编码, 模值采用切比雪夫算法得到的一组固定值;

Step 3 采用代价函数 $C = \sum_{\theta=-90}^{90} W(\theta) |p_o(\theta) - p_d(\theta)|$ 代替亲和度, 其中, $p_o(\theta)$ 为待评价的加权值计算出的方向图函数, $W(\theta)$ 为各个方向对代价函数贡献的权值, 需要某个方向上更加逼近目标函数时, 只需加大这个方向上的权值, 由于代价函数越大, 亲和度越小, 所以优化的目标是减小代价函数;

Step 4 利用算法优化得到的加权值计算所需的阵列信号方向图 $p_{opt}(\theta) = |W_{opt}^T \cdot U(\theta)|$, 其中, $U(\theta)$ 为天线阵的导向矢量。

文献[5]中将该算法用于解决单方向及多个方向零陷, 得到了很好的效果, 但是由于对加权值模值的固定, 使该算法的应用受到了限制, 它不能用于解决任意样式的方向图合成, 为了解决这各问题, 提出了如下算法。

1.3 对加权值模值相位联合编码的方向图综合算法

在文献[5]中算法的基础上, 仅作了一项改动, 即加权值模值不再固定为某一组特定的值, 而是也进行编码, 通过优化得到最佳值, 这样各个加权值就可以取到所有可能的组合值, 理论上就可以得到任意一个该天线阵可以组合成的方向图样式。

2 仿真结果

2.1 有限方向零陷仿真结果

与文献[5]相同, 也选 20 元均匀直线阵作为研究对象, 利用切比雪夫算法得到的一维 20 元均匀直线阵旁瓣衰减 30dB 的方向图作为目标方向图原型, 该方向图($p_d(\theta)$)如图 2 所示。

a. 对该方向图的 -10°处进行零陷算法, 目标方向图与各方向贡献的权值分别为:

$$p_d(\theta) = \begin{cases} 0, & \theta = -10^\circ; \\ p_d(\theta), & \theta = \text{其他值} \end{cases} \quad W(\theta) = \begin{cases} 100, & \theta = -10^\circ; \\ 1, & \theta = \text{其他值} \end{cases}$$

b. 对该方向图的 -10°和 20°方向同时零陷, 目标方向图与各方向贡献的权值分别为:

$$p_d(\theta) = \begin{cases} 0, & \theta = -10^\circ, 20^\circ; \\ p_d(\theta), & \theta = \text{其他值} \end{cases} \quad W(\theta) = \begin{cases} 100, & \theta = -10^\circ, 20^\circ; \\ 1, & \theta = \text{其他值} \end{cases}$$

c. 对该方向图的 20°到 25°区间进行衰减, 目标方向图与各方向贡献的权值分别为:

$$p_d(\theta) = \begin{cases} 0, & \theta \in [20^\circ, 25^\circ]; \\ p_d(\theta), & \theta = \text{其他值} \end{cases} \quad W(\theta) = \begin{cases} 100, & \theta \in [20^\circ, 25^\circ]; \\ 1, & \theta = \text{其他值} \end{cases}$$

可以看出, 在对加权值的模值与相位都编码参与优化时, 也可以完成文献[5]中所做的单方向、多方向零陷。由于文献[5]中运用精确的加权值模值, 而本文算法由于模值编码位数有限, 使各种情况下的方向图仿真结果和文献[5]中得到的效果有微小的差距。

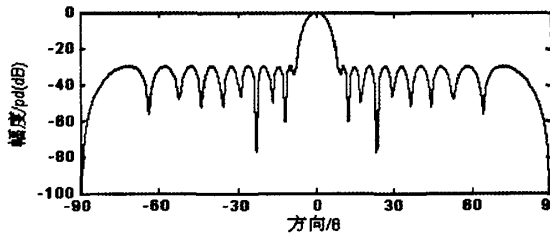
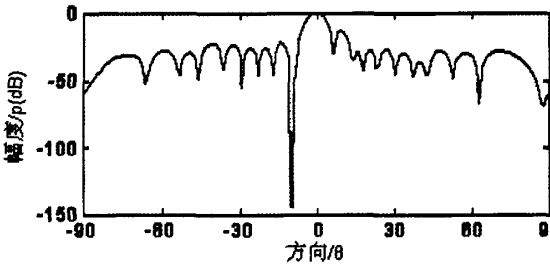
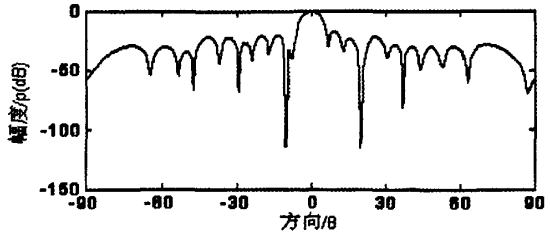


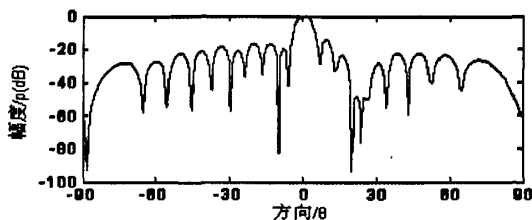
图 2 目标方向



(a) -10°方向零陷



(b) -10°和 20°两个方向零陷



(c) 20°到 25°区间衰减

图 3 仿真效果

2.2 任意方向图样式仿真结果

由于实际中我们所需要得到的方向图样式是各种各样的,很多时候我们无法得到它的模值,这个时候文献[5]中的相位单独控制算法的应用就受到了限制,这里选取用自适应算法得到的一个任意方向图作为目标方向图,如图 4 所示。该方向图 $p_d(\theta)$ 满足以下条件:

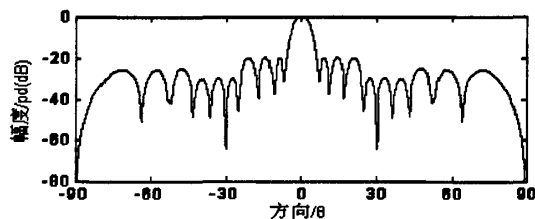


图 4 任意 20 元均匀线阵方向

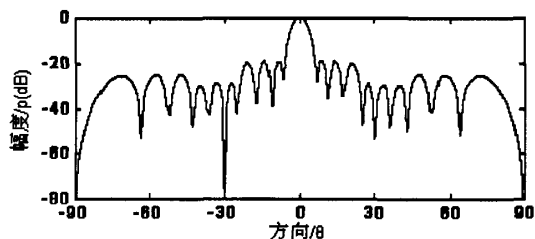


图 5 20 元均匀线阵任意方向图仿真效果

(上接第 35 页)

5 结语

本文讨论了认知无线电研究中碰到的几个的关键技术,提出了这些关键技术应着重研究的方向。无线电参数认知优化技术、宽带感知技术、宽带数据传输技术是认知无线电的关键技术。认知无线电技术是当前国际上起步不久的热门研究领域。CR 关键技术研究对于追赶国际先进水平、解决 CR 系统设计与实现的实际问题及完善 CR 的理论框架具有重要意义。

参考文献

- [1] Mitola III J, MAGUIRE G Q Jr. Cognitive radio: Making software radios more personal[J]. IEEE Personal Communications, 1999, 6 (4): 13-18.
- [2] Devroye N, Mitran P, tarokh V. Achievable rates in cognitive radio channels[J]. IEEE Tran. On Information Theory, 2006, 52(5):1813-1827.

$$p_d(\theta) \begin{cases} \leq 20 \text{ dB}, |\theta| \in [5^\circ, 25^\circ]; \\ \leq 30 \text{ dB}, |\theta| \in (25^\circ, 40^\circ]; \\ \leq 25 \text{ dB}, |\theta| \in (40^\circ, 90^\circ]; \end{cases}$$

其中 $-5^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$ 为方向图主瓣。图 5 为算法仿真图。

从图中可以看出,仿真得到的方向图与目标方向图基本一致,达到了算法预期目的。

3 结语

从克隆选择算法提出到现在,已经有越来越多的人进行关注,并将它运用到了各个领域,但是在方向图综合领域的文章还不多见,本文在 K.Guney 等人提出的仅将加权值相位进行编码的算法的基础上,研究了将相位和模值同时编码,用于解决任意样式方向图综合的算法,算法仿真结果表明,将相位与模值同时编码可以对任意方向图样式的合成。

参考文献

- [1] De Castro L N, Von Zuben F J. Learning and optimization using the clonal selection principle[J]. IEEE Trans. Evol. Comput. 6 (2002) 239-251.
- [2] 徐伟,贺占庄,黄士坦,一种新的免疫克隆选择算法在多峰寻优中的应用[J]. 武汉大学学报(工学版),2005, (05).
- [3] Nussenzweig M C. Immune receptor editing:Revise and select[J]. Cell, 1998, 95 (07): 875-878.
- [4] 李永忠,孙彦,罗军生,等,一种新的免疫克隆选择算法[J]. 江南大学学报(自然科学版) [J]. 2007, 6 (06): 774-778.
- [5] Guney K, Babayight B, Akdagli A. Interference suppression of linear antenna arrays by phase-only control using a clonal selection algorithm[J]. Franklin Inst. (2007), doi:10.1016/j.franklin.2007.09.002.

- [3] Fetto B A. Cognitive Radio[M]. San Diego: Elsevier Inc., Aug. 2006:240-242.
- [4] Roselito de A. Teixeira, Antonio de P. Braga, & et A Multi-Objective Optimization Approach for Training Artificial Neural Networks[C]. Proceedings of the VI Brazilian Symposium on Neural Networks, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA , 2000: P168-173.
- [5] Cabric D, Brodersen R W. Physical Layer Design Issues Unique to Cognitive Radio Systems[C]. IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Sept. 2005, 2: 759-763.
- [6] Shah S F A, Tewfik A H. Efficient Design of OFDMA-Based Programmable Wireless Radios [J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2008, special issue. <http://www.hindawi.com/journals/wcn/volume-2008/si.3.html>.

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>