

粒子群优化算法参数对 FIR 数字滤波器影响的研究

陈晓文

(福建信息职业技术学院电子工程系, 福建福州 350003)

【摘要】基于粒子群优化算法原理,将粒子群算法应用于频率采样过渡点样本的优化设计,研究参数对滤波器性能的影响。仿真结果表明:惯性权重为自适应权重时,滤波器的最小阻带衰减更大,算法的收敛速度更快;粒子搜索范围变化对滤波器略有影响。

【关键词】粒子群优化算法;FIR 数字滤波器;频率采样法;惯性权重

【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2019.03.005】

【中图分类号】TP312;TN713

【文献标识码】A

【文章编号】2095-7661(2019)03-0020-03

Research on the influence of particle swarm optimization algorithm parameters to FIR digital filter

CHEN Xiao-wen

(Department of Electronic Engineering, Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou, Fujian, China 350003)

Abstract: Based on the theory of particle swarm optimization algorithm, particle swarm algorithm is applied to optimize the design of the sample point in the transition, and the influence of parameters on filter performance is researched. The results of simulation show as follow: When the inertia weight is the adaptive weight, the minimum stopband attenuation of the filter is greater, and the convergence speed of the algorithm is faster. The range of particle search has a slight effect on the filter.

Keywords: particle swarm optimization algorithm; FIR digital filter; frequency sampling method; inertia weight

Kenney 和 Eberhart 提出了粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO)算法^[1],作为群体智能算法的典型代表,源于对鸟类群体行为的研究^[2],他们的模型和仿真算法主要利用了生物学家 Heppner 提出的模型^[3]。Shi 和 Eberhart 对 PSO 算法引入了惯性权重 w 以提高算法的收敛性能,并通过进化过程中动态调整惯性权重来平衡全局性和收敛速度^[4]。Trelea 应用动力学系统理论分析了 PSO 算法,提供了一些控制参数选择的方法^[5]。

自 PSO 算法提出以来,它已经成功应用在较多领域。将 PSO 算法应用于 FIR 数字滤波器的设计,利用 PSO 算法对整个参数空间进行搜索以获得参数的最优化,得到了较好的效果^[6]。这里用粒子群算法来对频率采样法设计 FIR 数字滤波器的过渡带样本值进行优化,并讨论参数对算法性能的影响。

1 粒子群优化算法的数学模型

在粒子群优化算法中,粒子都由一个被优化的目标函数决定其适应度。每个粒子还有一个速度决定其飞翔方向和距离。粒子都追随当前最优粒子在解空间内进行飞行搜索。

粒子群优化算法首先初始化一群随机粒子(随机解),然后通过进化(迭代)找到最优解。每个粒子通过跟踪个体极值和全局极值来更新自己,个体极值 $pBest$ 是粒子本身找到的最优位置,全局极值 $gBest$ 是整个粒子群目前找到的最优位置^[7-9]。粒子根据(1)式和(2)式更新自己的速度和位置。

$$v_{id}^{k+1} = v_{id}^k + c_1 \cdot Rand() \cdot (pbest_i^k - x_{id}^k) + c_2 \cdot Rand() \cdot (gbest_i^k - x_{id}^k) \quad (1)$$

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^k \quad (2)$$

【收稿日期】2019-05-28

【作者简介】陈晓文(1968-),女,福建尤溪人,福建信息职业技术学院教授,学士,研究方向:电子信息。

C_1 和 C_2 被称作学习因子,也称为加速常数。 $\text{rand}()$ 表示 $[0, 1]$ 之间的随机数。粒子的飞行范围和粒子最大速率应该根据具体优化问题来设置,每一维可以设置为不同的范围。

Shi 与 Eberhart 针对粒子群优化算法的参数选择进行了讨论^[4],引入了惯性加权因子 w ,修正了粒子速度更新公式(1)。修正后(1)式变为

$$v_{id} = w * v_{id} + c_1 * \text{rand}() * (p_{id} - x_{id}) + c_2 * \text{Rand}() * (p_{gd} - x_{id}) \quad (3)$$

惯性加权因子 w 的作用是,控制粒子以前的速度对当前速度的影响,进一步协调粒子在飞行过程中的全局搜索能力和局部搜索能力。为调整粒子在当前区域内的精细搜索能力,可采用较小的惯性加权因子;为增强算法的全局搜索能力,让粒子搜索新的区域,可采用较大的惯性加权因子。论文[4]中结论:为使算法的平均性能较好,可将惯性加权因子 w 取值设置为 $[0.9, 1.2]$,在一定的算法运行次数内找到全局最优解的概率相对较大。

2 参数对滤波器性能的影响

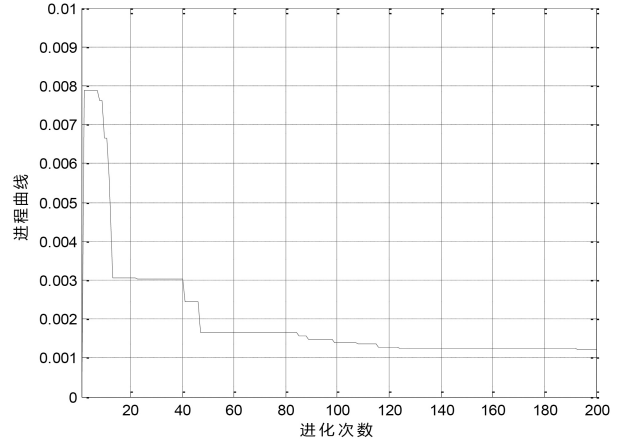
2.1 惯性权重 w 的选择对算法性能的影响

仿真实例。用频率采样法设计满足下列条件的 FIR 低通滤波器:通带截止频率 $\omega_p=0.2\pi$,阻带截止频率 $\omega_s=0.3\pi$,最大通带波动 $A_p=0.4\text{dB}$,最小阻带衰减 $A_s=60\text{dB}$ 。

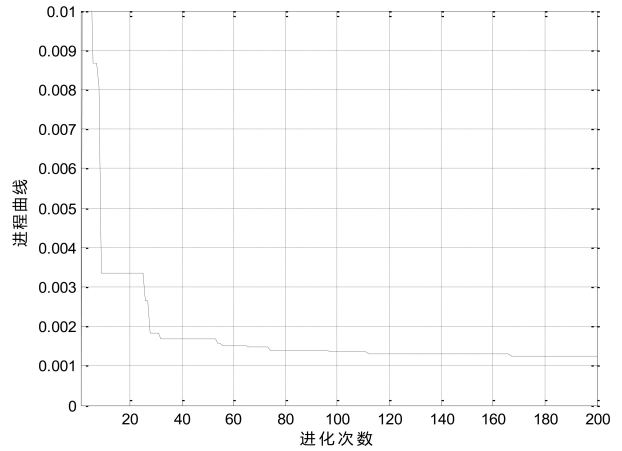
仿真实验条件:对 ω 在 $[0.2\pi]$ 范围内取样,共取 $N=60$ 个样点,即 $\omega_i = \frac{2\pi}{N}i, i=0,1,2,\dots,N-1$ 。由于低通滤波器的取样点在区间 $[0, \pi]$ 和 $[\pi, 2\pi]$ 是对称的,在这里采用函数 $\text{fliplr}()$ 实现过渡带点的对称,因此低通滤波器幅频取样点为: $H_d(i) = [(\text{ones}(1,7),x(i,:),\text{zeros}(1,43),\text{fliplr}(x(i,:)),\text{ones}(1,6))]$ 。后面仿真实验条件均与此条件相同。

粒子群优化算法的基本参数设置为:群体大小 $\text{popsize}=30$,参数维数 $\text{dimsize}=2, c_1=c_2=2$,粒子群中所有粒子位置的范围都限制 $X=[t_1 \ t_2], t_1 \in [0.5, 1], t_2 \in [0, 0.5]$,速度 $v \in [-0.5, 0.5]$,最大速度 $v_{\max}=0.5$,最大迭代次数 $\text{Max}=200$ 。

图 1(a)、(b)分别给出了取自适应惯性权重 $w = w_{\max} - j \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{Max}}$ 及固定惯性权重 $w=0.8$ 条件下的设计 FIR 低通数字滤波器的参数优化进程曲线,表 1 为以上两种情况下所设计滤波器的性能仿真结果。由表 1 可以看出 w 取自适应权重与 $w=0.8$ 固定权重时所设计的 FIR 数字滤波器性能均达到设计要求,但是由图 1 的(a)、(b)结合表 1 可以看出 w 为自适应权重时,滤波器的最小阻带衰减更大,算法的收敛速度更快,即搜索能力更好。



(a) w 为自适应权重时的优化进程曲线



(b) w 为固定权重时的优化进程曲线

图 1 惯性权重 w 的选择对算法性能的影响示意图

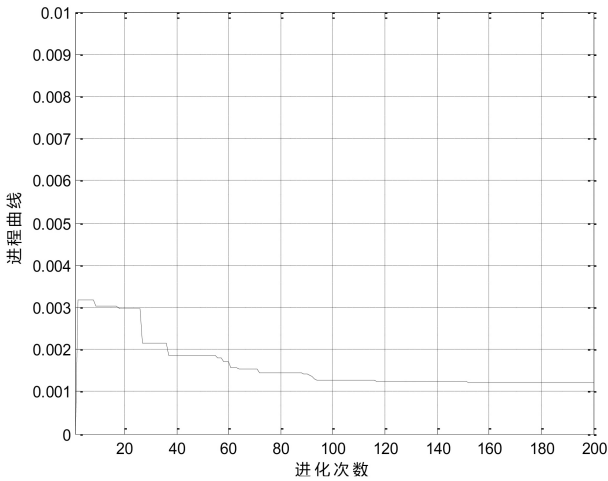
表 1 惯性权重的不同选择下 FIR 滤波器性能仿真结果表

PSO算法中 w 的情况	插值 t_1	插值 t_2	最大通带波动 A_p	最小阻带衰减 A_s
w 为自适应权重	0.5944	0.1094	0.30098	67.0671
w 为固定权重	0.5951	0.1099	0.29974	66.8681

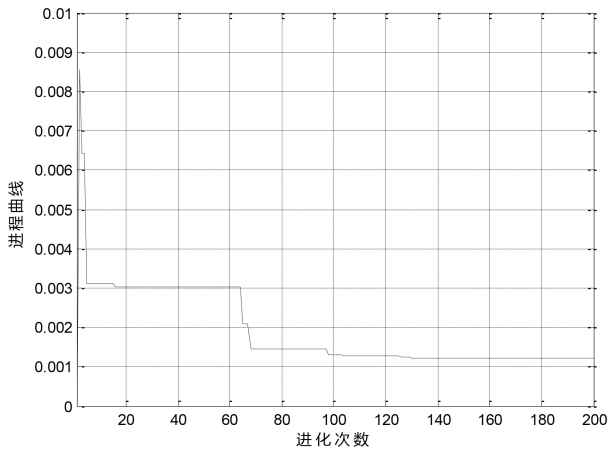
2.2 粒子搜索范围变化对算法性能的影响

粒子群优化算法的基本参数设置为:群体大小 $\text{popsize}=30$,参数维数 $\text{dimsize}=2, c_1=c_2=2$,权重系数 $w(j) = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{Max}_{\max}} \times j, w_{\max} = 0.9, w_{\min} = 0.4$,速度 $v \in [-1, 1]$,最大速度 $v_{\max} = 1$,最大迭代次数 $\text{Max}=200$ 。

图 2(a)、(b)分别为过渡带样本值 $t_1 \in [0.5, 1], t_2 \in [0, 0.5], t_1, t_2 \in [0, 1]$ 时设计 FIR 低通数字滤波器的参数优化进程曲线,表 2 为以上两种情况下所设计滤波器的性能仿真结果。由图 2(a)、(b)及表 2 知,两种情况下所设计的 FIR 数字滤波器性能均达到设计要求,但过渡带样本值 $t_1 \in [0.5, 1], t_2 \in [0, 0.5]$ 时的设计参数优化进程曲线收敛稍快一些,但不是十分明显。



(a) $t_1 \in [0.5, 1], t_2 \in [0, 0.5]$ 时的优化进程曲线



(b) $t_1, t_2 \in [0, 1]$ 时的优化进程曲线

图 2 过渡带样本值约束条件变化对算法性能影响示意图

表 2 过渡带样本值约束条件变化对算法性能影响情况表

过渡带样本值的约束条件	插值 t_1	插值 t_2	最大通带波动 A_p	最小阻带衰减 A_s	进化次数
$t_1 \in [0.5, 1], t_2 \in [0, 0.5]$	0.5946	0.1096	0.30007	67.1095	187
$t_1, t_2 \in [0, 1]$	0.5945	0.1093	0.30068	67.1074	200

2.3 迭代次数对 FIR 滤波器性能的影响

粒子群优化算法的参数设置同 2.1。由表 3 可以看到,在迭代次数小于 200 次之前,系统优化结果已达到设计要求,即在实验仿真过程中,只需令 Max=200 即可,以节省程序运行时间。

表 3 PSO 算法迭代次数对 FIR 滤波器性能影响比较表

进化代数	插值 t_1	插值 t_2	最大通带波动 A_p	最小阻带衰减 A_s
100	0.5920	0.1076	0.30405	66.7797
200	0.5944	0.1094	0.30098	67.0671
1000	0.5945	0.1096	0.3007	67.1102

3 运用 PSO 算法优化后 FIR 滤波器性能

粒子群优化算法的参数设置同 2.1。图 3 为运用

PSO 算法优化设计的 FIR 滤波器,表 4 为运用 PSO 算法优化后与未优化时 FIR 滤波器性能的比较,PSO 算法优化后结果明显改善较多,通带波动明显减少,最小阻带衰减明显变大,即系统性能得到了优化。

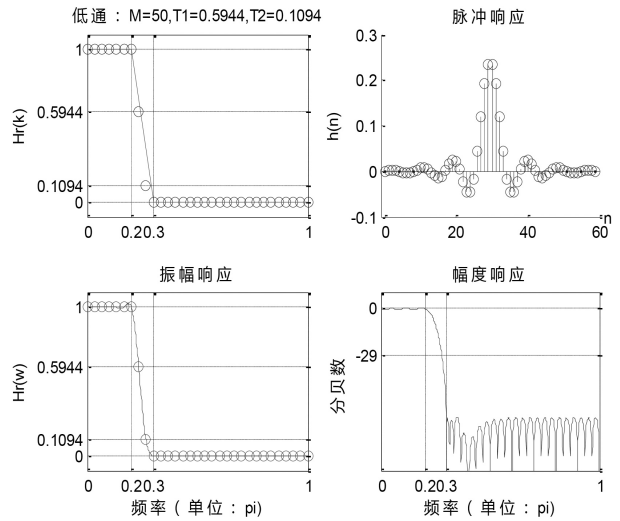


图 3 PSO 算法优化后 FIR 滤波器性能图

表 4 运用 PSO 算法优化后与未优化时 FIR 滤波器性能的比较情况表

方法	插值 t_1	插值 t_2	最大通带波动 A_p	最小阻带衰减 A_s
运用 PSO 算法	0.5944	0.1094	0.30098	67.0671
未优化	1	0	1.6242	22.2673

4 结束语

利用粒子群算法优化设计的 FIR 滤波器与未进行优化的滤波器相比,具有更大的阻带衰减和更小的通带波动。惯性加权因子 w 为自适应权重时,滤波器的最小阻带衰减更大,算法的收敛速度更快,即搜索能力更好。粒子搜索范围变化对算法性能略有影响。选择合适的迭代次数,可满足滤波器设计要求,同时节省程序运行时间。

【参考文献】

[1] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization[C]. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Perth, 1995:1942-1948.
 [2] Reynolds C W. Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model[J]. Computer Graphics, 1987(4):25-34.
 [3] Heppner F, Grenander U. A stochastic Nonlinear Model for Coordinated Bird Flocks[MLAAAS Publications, 1990.
 [4] Shi Y H, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer [C]. IEEE International Conference of Evolutionary Computation, Anchorage, Alaska, 1998:69-73.
 [5] Trelea C. The Particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and Parameter selection[J]. Information processing Letters, 2003(6):317-325.

资料违规上传、信息系统预埋木马查杀、通过日志清查系统内信息是否已被黑客窃取等问题。对信息系统和电脑终端做到网络安全责任制。

1)进一步梳理网络与系统,清查僵尸系统,对于不必要的系统执行关停并断网。对无需开设公网访问的系统进行互联网暴露面清理。通过部署 IPS、WAF 对信息系统进行外网检测保护,通过部署堡垒机和动态感知系统对内网进行监控审计。

2)严格杜绝出现弱口令这一“零容忍”问题。在各层面严格执行账号数量最小化。口令设置建议要包含数字、大小写字母和特殊符号四类字符,长度不小于 8 位,并且不要出现数字连续、字母连续和键盘连续,口令也要避免包含用户名、姓名、生日、手机等个人信息。

3)网络层面上,严格落实端口开放最小化,仅开放必要的服务端口,除面向互联网用户开放的端口外,其他端口一律以最小化白名单形式做好访问控制。不仅包括对互联网开放的服务与端口,同样包括对内网开放的端口。

4)特别关注 21 端口和 3389 端口的清理,通过注册表和防火墙,对 3389 端口进行修改和屏蔽。

5)操作系统、数据库与 Web 应用层面上,做好漏洞补丁升级与安全基线配置,清理多余账号,严格控制账号操作权限,坚决杜绝出现弱口令。

6)在应用系统层面,清除不必要的子域名、网站上的外链。通过多种手段严防出现 SQL 注入、远程代码执行、远程命令执行漏洞。避免 WebShell 木马控制服务器,修改网页内容或添加黑页。

7)做好网络用户的社会工程学防范教育与普及,提高全员警惕,严防社工,不要点击不明邮件附件。提高安全意识,注意防范可疑人员通过现场、邮件、电话、微信、QQ 等套取敏感信息,交付敏感信息务必核实对方身份。

8)对各类信息系统和用户电脑终端严格执行“谁主管谁负责,谁使用谁负责”的原则,责任落实到人,签订网络信息安全承诺书。

4 总结与展望

网络安全实战攻防演练对信息系统安全风险进行有效识别、分析和控制,对提升网络安全意识和网络安全处置能力都有着十分重要的意义和实践价值。在进行网络安全实战攻防演练的同时,要避免断网、封 IP 等消极演练对抗方式。在演练要求上,要分层、分类、分级制定网络安全攻防标准,避免一刀切、一把尺解决网络安全问题。要充分调动各级单位的积极性,激发单位内生动力,针对性地选择关键、高价值的系统对象,从而引导网络安全攻防演练工作的良性互动和相向而行。

网络安全实战攻防演练在演练方法上从背靠背转向面对面形式,模式上从比赛形式转向研究形式,考核方式上多样化,演练时间上常态化。对出现的网络安全问题,不能只靠曝光、张榜来解决,要刚柔相济,重点帮扶。对各单位开展个性化评估和柔性化支撑,从而促进网络信息安全产业的良性发展^[9]。

【参考文献】

- [1]王钧玉.基于攻击事件的动态网络风险评估框架研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2018(3):41-43.
- [2]刘阳.网络安全攻防演练的部署与方案设计[J].网络安全,2017(11):15-16.
- [3]杨名.高校无线数字化校园网络安全防护方案研究[J].轻工科技,2019(8):104-105.
- [4]郝叶力.网络安全攻防演练的亮点、痛点和要点[J].信息安全研究,2018(5):30-32.
- [5]王春梅.当前政务网络信息面临的安全威胁及其防护策略[J].电子世界,2014(16):12-13.

(上接第 22 页)

[6]李辉,张安,赵敏.粒子群优化算法在 FIR 数字滤波器设计中的应用[J].电子学报,2005(7):1338-1341.

[7]董龙昌,陈民铀,李哲.基于 V2G 的电动汽车有序充放电控制策略[J].重庆大学学报,2019(1):1-15.

[8]樊华羽,詹浩,程诗信.基于 α -stable 分布的多目标粒子群算法研究及应用[J].西北工业大学学报,2019(2):232-241.

[9]吴俊俊,宋刚,卢彬芳.基于粒子群优化算法的特高压输电线路覆冰不平衡张力计算[J].浙江电力,2019(3):59-64.