

基于全局人工鱼群算法的盲均衡

史学军,方金鑫,于舒娟

(南京邮电大学 电子科学与工程学院,江苏 南京 210003)

摘要:针对当前盲均衡技术中主要采用的梯度搜索法存在的收敛到局部极小值点问题,提出了一种基于全局人工鱼群算法的盲均衡新算法。基于全局人工鱼群算法的寻优精度高、收敛速度快以及克服局部极值能力强的优点,文中将人工鱼群算法应用于盲均衡算法中,以文献中改进恒模算法的代价函数作为适应值,将均衡器系数作为人工鱼的位置向量,通过算法搜索寻优获得最佳的均衡器系数。通过 Matlab7.0 实验仿真,结果表明文中提出的算法相对文献中算法具有收敛速度快、码间干扰少的优点。

关键词:盲均衡;人工鱼群算法;恒模算法;代价函数;适应值

中图分类号:TN911

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0075-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.019

Blind Equalization Based on Global Artificial Fish Swarm Algorithm

SHI Xue-jun, FANG Jin-xin, YU Shu-juan

(College of Electronic Science & Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: A new blind equalization algorithm based on global artificial fish swarm algorithm (AFSA) is proposed to solve the problem of convergence to local minima in gradient searching method in current blind equalization technologies. Based on some advantages of AFSA, like high precision of positioning advantage, fast convergence speed and strong capability of overcome local extremum, applies AFSA into blind equalization algorithm and tries to find the optimal equalizer coefficient by searching the optimal in the algorithm using the cost function of modified constant modulus algorithm as fitness value and using coefficient of equalizer as position vector of artificial fish. The experiment results simulated with Matlab 7.0 shows that this algorithm is an efficient blind equalization algorithm which can increase the convergence speed, reduce inter-symbol interference.

Key words: blind equalization; artificial fish swarm algorithm; constant modulus algorithm; cost function; fitness value

0 引言

在无线通信及高速数据通信系统中,由于实际信道的多径效应和带限特性,数据通过信道时将不可避免地产生码间干扰(ISI)。这成为影响通信质量的一个重要因素^[1]。为了消除码间干扰,提高通信系统的性能,在接收端需采用均衡技术。盲均衡是一种不需要训练序列,仅利用接收信号的统计特性就能对信道特性进行补偿、消除码间干扰的自适应均衡技术。在现有的盲均衡算法中,由 Godard 和 Triechler 提出的恒模算法(CMA)具有计算量小、易于实时实现等优点,得到了广泛的应用。但由于 CMA 算法的代价函数只与均衡器的输出信号幅度有关,因此它只能纠正均衡

器输出信号在幅度上的偏差,而无法消除相位旋转^[2-5]。文献[2,4,5]讨论了一种改进常数模算法(Modified Constant Modulus Algorithm, MCMA),能够同时完成信道均衡和相位恢复;文献[6,7]提出了多模算法,该算法对 QAM 信号进行区域划分,不同区域取不同的特征参数,使得代价函数不仅包括幅度信息,也包括相位信息,达到消除相位偏移的目的。智能算法是近年来一个重要的研究方向,它们在寻优问题的求解中有着突出的表现,因此一些学者对智能算法在盲均衡的应用进行了不同程度的研究与改进^[8,9]。人工鱼群算法^[10]是一种基于模拟鱼群行为的并行搜索算法。它具有鲁棒性强、全局收敛性好以及对初值要求低等优点,但也存在后期收敛速度慢、寻优精度不高的缺陷^[11-13]。为了克服基本人工鱼算法的上述缺点,相关文献对基本人工鱼群算法进行了改进并给出了全局人工鱼算法。文中将全局人工鱼算法与改进常模算法进行有机结合,提出了一种基于全局人工鱼算法的

收稿日期:2012-08-16;修回日期:2012-11-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60772060)

作者简介:史学军(1967-),女,讲师,研究方向为下一代移动通信中的关键技术、盲均衡算法、人工智能算法。

盲均衡 (AFMCMA), 并对所提出的算法性能进行了仿真, 仿真结果表明该算法具有较好的均衡性能。

1 盲均衡算法代价函数

盲均衡技术是一种不借助于训练序列, 仅利用接收序列本身的先验信息来均衡信道特性, 使其输出序列尽量逼近发送序列的新兴自适应均衡技术。它能有效地补偿信道的非理想特性, 克服码间干扰, 减小误码率, 提高通信质量。盲均衡的原理框图如图 1 所示。

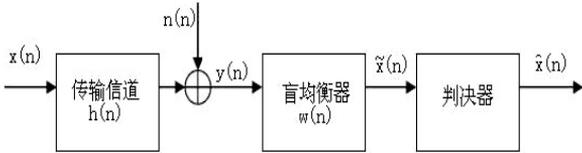


图 1 盲均衡原理框图

图中 $x(n)$ 为系统的发送序列; $h(n)$ 为离散时间传输信道 (包括发射滤波器、传输媒介和接收滤波器等) 的冲激响应, 其长度为 M ; $n(n)$ 为加性高斯噪声; $y(n)$ 为经过信道传输后的接收序列, 同时也是均衡器的输入序列; $\tilde{x}(n)$ 为盲均衡器的输出序列, 均衡器的抽头系数为 $w(n)$, $\hat{x}(n)$ 为判决器的输出序列。

改进型 CMA 算法 (MCMA) 对传统 CMA 算法代价函数进行了修正, 其代价函数为^[5]:

$$J_{\text{MCMA}} = E \{ (|\tilde{x}_I(n)|^2 - R_I^2)^2 + (|\tilde{x}_Q(n)|^2 - R_Q^2)^2 \} \quad (1)$$

$$\text{其中, } \tilde{x}_I(n), \tilde{x}_Q(n), R_I^2 = \frac{E \{ |x_I(n)|^4 \}}{E \{ |x_I(n)|^2 \}}, R_Q^2 =$$

$\frac{E \{ |x_Q(n)|^4 \}}{E \{ |x_Q(n)|^2 \}}$ 分别表示均衡器输出的同相分量和正交分量以及同相分量和正交分量对应的模值。由 (1) 式可知 MCMA 同时包含了均衡器输出信号的幅度和相位信息, 因此在对幅度进行均衡的同时也消除了相位模糊性, 从而提高算法稳态收敛性能。

2 基于全局人工鱼群算法的盲均衡

人工鱼群算法 (Artificial Fish Swarm Algorithm, AFSA) 是近年来兴起的一种基于模拟鱼群行为的寻优算法。鱼群算法主要是利用了鱼的觅食、聚群、追尾及随机行为, 从构造单条鱼的底层行为做起, 通过鱼群中各个体的局部寻优, 从而达到全局寻优的目的。文献 [10~13] 详细介绍了人工鱼群算法的原理, 并提出了对鱼群算法的改进。文献 [11] 为了提高算法收敛速度及精度提出了全局人工鱼群算法。文中为了进一步有效地克服局部极值, 提高收敛速度与精度, 在人工鱼的觅食行为中采用式 (2) 所示的大小视野, 而在聚

群及追尾行为中采用式 (3) 所示的自适应变视野, 步长采用随机变步长。

$$\begin{cases} \text{visual}_1 = | | \mathbf{X}_i - \mathbf{X}_{\text{Best}} | | * 0.5 \\ \text{visual}_2 = \text{visual} * \text{rand} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{visual} = \text{visual} * (1 - \text{gen}/\text{MAXGEN}) \quad (3)$$

式中 \mathbf{X}_i 为第 i 条人工鱼个体状态向量, \mathbf{X}_{Best} 为全局最优人工鱼状态向量, Visual 为人工鱼的视野, MAXGEN 为最大迭代次数。

文中将全局人工鱼群算法应用于盲均衡算法中, 并将 (1) 式所示的改进型 CMA 代价函数作为人工鱼群算法寻优的适应度函数, 构造式 (4) 所示的算法代价函数。

$$f_{\text{MCMA}}(\mathbf{W}_i) = J_{\text{MCMA}}(\mathbf{W}_i) = E \{ (|y_I(n)|^2 - R_I^2)^2 + (|y_Q(n)|^2 - R_Q^2)^2 \}, i = 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

式中 \mathbf{W}_i 为人工鱼群算法中人工鱼的位置向量也即需要优化的均衡器系数。

基于全局人工鱼群算法的盲均衡实现步骤为:

第一步: 初始化最大迭代次数 MAXGEN, 人工鱼群体规模 fishnum, 步长 step, 视野 visual, 拥挤度因子 δ , 尝试次数 Try_number 和公告板的 best x, best y 等参数;

第二步: 初始化鱼群中每条人工鱼的初始状态 \mathbf{X}_i , 即初始化盲均衡器抽头系数;

第三步: 根据式 (4) 计算每条人工鱼的适应度值;

第四步: 按式 (5) ~ (7) 分别对每条人工鱼模拟执行聚群、觅食和追尾行为, 并对以上行为进行评价选择, 选择最优行为作为实际执行行为;

$$\begin{cases} \mathbf{X}_{\text{inextk}} = \mathbf{X}_i + \text{Random}() \cdot \text{Step} \bullet \\ \frac{(\mathbf{X}_j - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)}{\|(\mathbf{X}_j - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)\|} & Y_i > Y_j \\ \mathbf{X}_{\text{inextk}} = \mathbf{X}_i + \text{Random}() \cdot \text{Step} & Y_i < Y_j \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \mathbf{X}_{\text{inextk}} = \mathbf{X}_i + \text{Random}() \cdot \text{Step} \bullet \\ \frac{(\mathbf{X}_c - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)}{\|(\mathbf{X}_c - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)\|} \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \mathbf{X}_{\text{inextk}} = \mathbf{X}_i + \text{Random}() \cdot \text{Step} \bullet \\ \frac{(\mathbf{X}_{\text{min}} - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)}{\|(\mathbf{X}_{\text{min}} - \mathbf{X}_i) + (\mathbf{X}_{\text{Best}} - \mathbf{X}_i)\|} \end{cases} \quad (7)$$

式中 \mathbf{X}_c 为第 i 条人工鱼当前邻域的中心位置, \mathbf{X}_{min} 为第 i 条人工鱼当前视野范围内适应值最优的人工鱼状态。

第五步: 比较并确定当前最优人工鱼状态信息, 将该信息与公告板记录 (即全局最优人工鱼信息) 加以比较, 若优则更新公告板记录 (全局最优人工鱼状态);

第六步: 判断迭代次数 gen 是否达到最大迭代次数 MAXGEN, 若已达到则终止迭代, 输出公告板记录,

即为最优均衡器抽头系数,否则转至第三步。

3 仿真分析

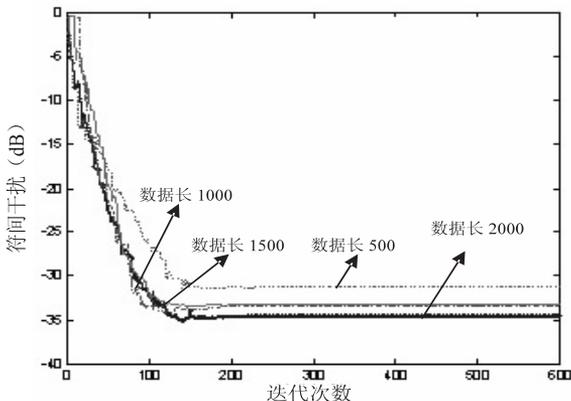
为了验证所提算法的有效性,文中对所提出的算法在 MATLAB 环境下进行仿真,信源采用 16QAM 信号。仿真信道为典型电话信道 $h = [0.005 \ 0.009 \ -0.024 \ 0.854 \ -0.218 \ 0.049 \ -0.016]$;输入信噪比为 30dB,均衡器抽头个数 $K = 11$ 。本算法参数设置如下:人工鱼群数 $N = 50$;最大迭代次数 $MAXGEN = 600$;最大试探次数 $try_number = 5$;最大视野 $visual = 2.0$;拥挤度因子 $\delta = 10$;步长 $step = 0.5$ 。

文中以收敛后均衡器输出星座图及剩余 ISI 作为对算法性能进行评估的依据。

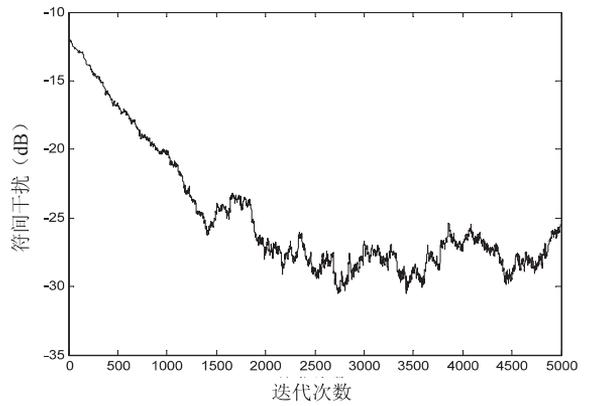
剩余 ISI 随迭代次数变化的关系曲线图如图 2 所示。

图 2(a) 给出了不同信号数据长度下基于全局人工鱼群算法的改进恒模盲均衡 (AFMCMA) 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线。图 2(b) 给出了信号数据长度为 5000 时改进恒模盲均衡算法 (MCMA) 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线,图 2(c) 给出了信号数据长度为 2000 时基于粒子群算法的改进恒模盲均衡 (PSOMCMA) 及基于全局人工鱼群算法的改进恒模盲均衡 (AFMCMA) 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线。由图 2(a) 可以看出信号数据长短对 AFMCMA 算法的收敛速度及盲均衡性能影响不明显,而由图 2(b) 可以看出对于 MCMA 算法,只有当信号数据足够长时才能达到较为满意的均衡效果;由图 2(c) 可以看出 AFMCMA 算法的收敛速度比 PSOMCMA 快大约 300 步,且收敛后 AFMCMA 的剩余 ISI 比 PSOMCMA 的小大约 3dB。

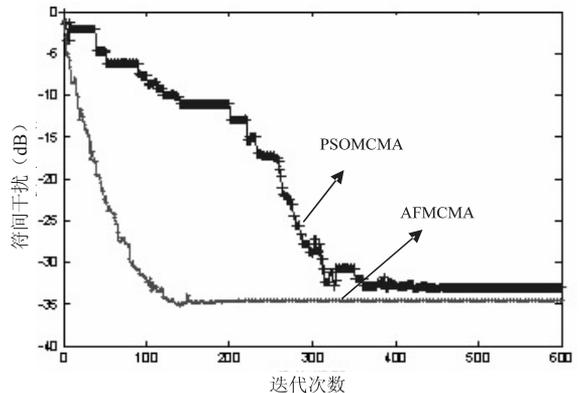
图 3 给出了 MCMA、PSOMCMA、AFMCMA 算法的星座图。由图 3 可以看出 PSOMCMA、AFMCMA 算法的星座图较 MCMA 更加集中、清晰,即对应系统应有更低误码率。



(a) 不同信号数据长度下 AFMCMA 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线



(b) 信号数据长度为 5000 时 MCMA 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线

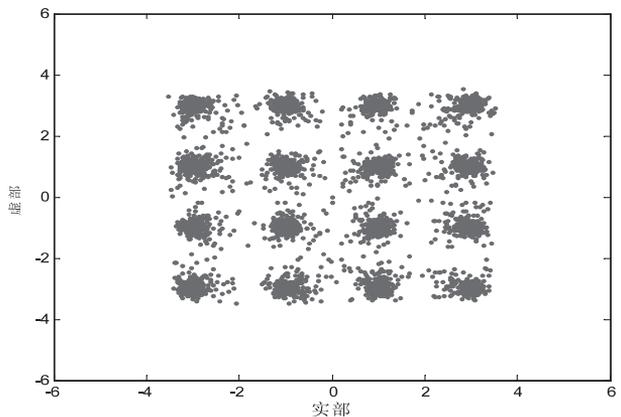


(c) 信号数据长度为 2000 时 PSOMCMA 及 AFMCMA 的剩余 ISI 随迭代次数变化的曲线

图 2 剩余 ISI 随迭代次数变化的关系曲线

4 结束语

文中将人工鱼群智能算法应用于盲均衡问题的求解,结合已有的改进盲均衡算法 (MCMA),提出了基于全局人工鱼群算法的盲均衡。计算机仿真结果表明,所提算法不仅对长的接收信号数据具有优良的盲均衡性能,对短接收信号同样具有较好的均衡效果,且与 MCMA 和 PSOMCMA 算法相比,新算法不但具有较快的收敛速度且有更小且稳定的 ISI,说明该算法应用于盲均衡是可行的。



(a) MCMA

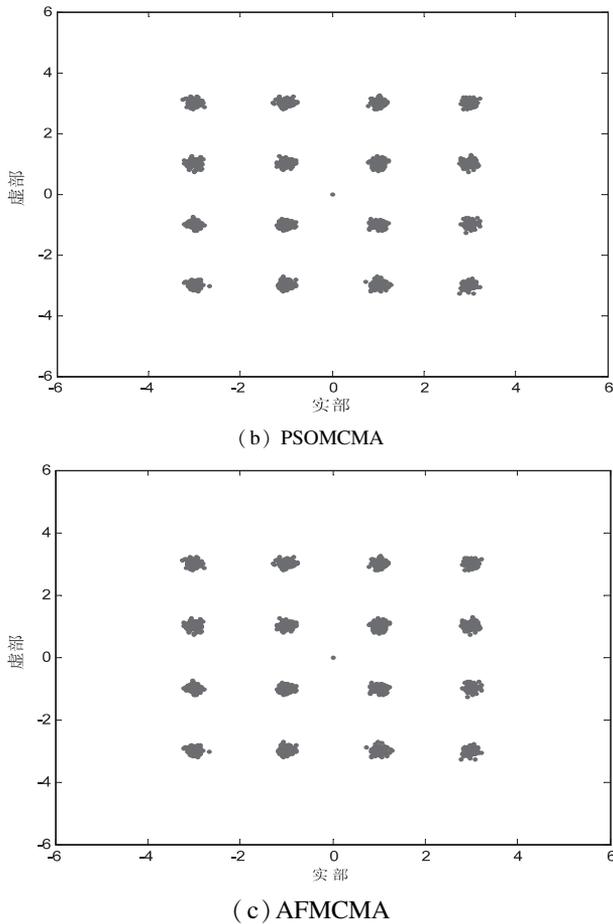


图 3 不同算法下均衡器输出信号星座图

参考文献:

[1] 冯久超. 混沌信号与信息处理[M]. 北京:清华大学出版

(上接第 74 页)

参考文献:

[1] 查尔斯霍夫曼. XBRL 在财务报告中的应用 (IFRS 和 US GAAP 版) [M]. 北京:中国财政经济出版社,2008.

[2] Debreceeny R S, Chandra A, Cheh J J, et al. Financial Reporting in XBRL on the SEC's EDGAR System: A Critique and Evaluation [J]. Journal of Information Systems, 2005, 19 (2):191-210.

[3] Strader T J. XBRL Capabilities and Limitations [J]. The CPA Journal, 2007, 77 (12):68-71.

[4] 葛永琪, 吕科. 基于 .NET 的 XBRL 数据转换引擎研究与实现 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19 (2):148-150.

[5] 刘世平, 罗黎明, 董凤江. XBRL 实用案例剖析 [M]. 北京:经济科学出版社, 2010.

[6] Wand Y, Weber R. Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling—A Research Agenda [J]. Information Systems Research, 2002, 13 (4):363-376.

[7] Wand Y, Weber R. On Ontological Foundations of Conceptu-

社, 2012.

[2] 李昌斌, 徐昌庆. 修正多模算法的盲信道均衡 [J]. 信息技术, 2004, 28 (10):16-18.

[3] 刘顺兰, 王琳. 一种改进的 MCMA 盲均衡算法 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2012, 32 (1):31-34.

[4] 戴明增, 刘顺兰. 一种新的基于数据可靠性判决引导盲均衡算法 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2007, 27 (2):41-44.

[5] 贾佳. 一种改进型恒模自适应盲均衡算法 [J]. 中国高新技术企业, 2010 (10):16-17.

[6] Yuan Jenq-Tay, Tsai Kun-Da. Analysis of the Multimodulus Blind Equalization Algorithm in QAM Communication Systems [J]. IEEE Transactions on Communication, 2005, 53 (9):1427-1431.

[7] Abrar S, Zerguine A, Deriche M. Soft Constraint Satisfaction Multimodulus Blind Equalization Algorithms [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2005, 12 (9):637-640.

[8] 张洪福, 朱芳英. 基于多智能体粒子群算法的盲均衡技术研究 [J]. 电子器件, 2010, 33 (1):121-124.

[9] 张云山, 李艳琴, 张立毅, 等. 蚁群算法在盲均衡问题中的应用研究 [J]. 系统仿真学报, 2010, 22 (2):395-398.

[10] 李晓磊. 一种新型的智能优化方法—人工鱼群算法 [D]. 杭州:浙江大学, 2003.

[11] Jiang M Y, Cheng Y M, Yuan D F. Improved artificial fish swarm algorithm [C]//2009 Fifth International Conference on Natural Computation (ICNC'09). [s. l.]: [s. n.], 2009:287-291.

[12] 江铭炎, 袁东风. 人工鱼群算法及其应用 [M]. 北京:科学出版社, 2012.

[13] 张严, 楚晓丽. 一种改进的人工鱼群算法 [J]. 计算机系统应用, 2011, 20 (5):199-201.

al Modeling: A Response to Wyssusek [J]. Scandinavian Journal of Information Systems, 2006, 18 (1):127-138.

[8] 杨斌, 齐玉东, 孟凡磊, 等. 本体在概念建模中的应用研究 [J]. 计算机技术与发展, 2011, 21 (5):246-249.

[9] 莫里斯. 指号、语言和行为 [M]. 罗兰, 周易, 译. 上海:上海人民出版社, 1989.

[10] 王德春. 语言学通论 (修订本) [M]. 北京:北京大学出版社, 2006.

[11] Sperber D, Wilson D. Relevance: Communication and Cognition [M]. Oxford: Blackwell, 1996.

[12] Grice H P. Studies in the way of words [M]. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press, 2002.

[13] 国家标准化管理委员会. 国家标准公告 [S/OL]. [2010-10-19]. http://www.sac.gov.cn/gjbzgg/index_2.htm.

[14] W3C. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition) [EB/OL]. [2008-11-26]. <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>.

基于全局人工鱼群算法的盲均衡

作者: [史学军](#), [方金鑫](#), [于舒娟](#)
作者单位: [南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013 (5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201305021.aspx