

LMS算法和RLS算法在水声信道通信系统中应用的比较

陈海兰^{1,2},胡晓毅¹,许茹¹,刘慧¹,蔡彦³

(1.厦门大学信息科学与技术学院 福建 厦门 361005;2.集美大学理学院 福建 厦门 361021;

3.集美大学机械工程学院 福建 厦门 361021)

摘要:为了减小水声通信系统中存在的由于多径传播效应引起的符号间干扰,可在系统中使用线性均衡器。首先介绍了LMS算法和RLS算法基本原理,利用Matlab仿真软件,给出了两种算法在水声信道通信系统中的自适应均衡的仿真系统,并对这两种算法对于均衡器的影响进行了比较,最后对比较的结果进行了分析。

关键词:线性均衡器;符号间干扰(ISI);LMS;RLS

中图分类号:TN914.3

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2007)03-018-02

Comparison of LMS Algorithm and RLS Algorithm Using in the Underwater Acoustic Communication System

CHEN Hailan^{1,2},HU Xiaoyi¹,XU Ru¹,LIU Hui¹,CAI Yan³

(1. Information Science & Technology College, Xiamen University, Xiamen, 361005, China; 2. Science College Jimei University, Xiamen, 361021, China;

3. School of Mechanical Engineering Jimei University, Xiamen, 361021, China)

Abstract: To induce inter symbol interference which is due to multipath transmit effect in the water acoustic communication system, linear equalization can be adopted in the system. This article introduces the basic principle of LMS algorithm and RLS algorithm, and makes use of Matlab simulation software to provide the adaptive equalization system in the water acoustic system based on these two algorithms, compares the performance of these two algorithms, and analyzes the result of comparison at last.

Keywords: linear equalization; ISI; LMS; RLS

在海洋信道进行无线数字通信中,多径传播效应和频率选择性衰落会导致传输信号失真。失真主要表现为码间干扰(Inter Symbol Interference, ISI), ISI是降低数字通信系统性能的一个主要因素。信道均衡是减小码间干扰的重要手段。本文主要将LMS算法和RLS算法自适应均衡器应用在水声信道中,以减小码间干扰,并对两者的性能进行了比较。

1 算法原理

1.1 LMS算法

基本的通信系统如图1所示。

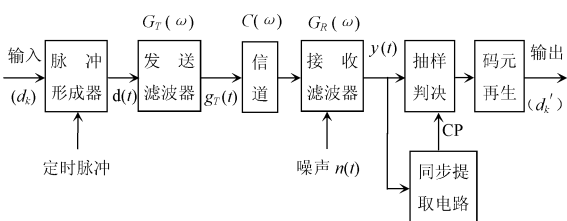


图1 基本的通信系统

加入均衡器的通信系统如图2所示。

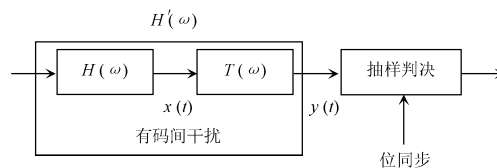


图2 加入均衡器的通信系统

图中 $H(\omega)$ 不满足无码间串扰条件的系统响应条件,所以输出存在码间干扰,现在加入一个可调滤波器 $T(\omega)$:

$$T(\omega)H(\omega) = H(\omega)$$

使得 $H(\omega)$ 满足无串扰的系统响应,即:

$$T(\omega) = \begin{cases} H\left(\omega + \frac{2\pi j}{T_s}\right) = T_s, & |j| \leq \frac{1}{T_s} \\ 0, & |j| > \frac{1}{T_s} \end{cases}$$

最终可求得均衡器的单位冲激响应为:

$$h_T(t) = \mathcal{F}^{-1}[T(\omega)] = \sum_{j=-\infty}^{\infty} c_n(t - nT_s)$$

假定均衡器使用 $2K+1$ 抽头系数,在最小均方误差准则里,这一均衡器的抽头系数 $\{c_{-k}, \dots, c_k\}$ 是通过使估计误差 e_k 的均方值:

$$J(k) = E\{|e_k|^2\} = E\{|d_k - y_k|^2\} = E\left\{\left|I_k - \sum_{j=-k}^k c_j x_{k-j}\right|^2\right\}$$

收稿日期:2006-06-16

基金项目:国家自然科学基金(60572106)

最小化获得的。其中, d_k 为期望信号, y_k 为均衡器输出信号, x_k 为均衡器输入信号。

根据最小均方误差理论, 求解使 J_k 最小化时的 C 值, 最终可求得抽头权系数 $C = R^{-1}P$, 其中 $R = E[x_k x_k^T]$ 构成输入信号的自相关矩阵, $P = [d_k x_k]$ 是期望信号与输入信号诸元素之间互相关值。根据最陡下降法, 可得:

$$C_{k+1} = C_k + 2\mu e_k x_k$$

其中 μ 为步长。

1.2 RLS 算法

与 LMS 算法相比, RLS 算法采用连续估计的样本平均, 可以得到自相关矩阵中期望值的更好估计:

$$R(n) = \sum_{l=0}^n \lambda^{n-l} x(n) x(n)^H$$

其中 H 表示矩阵转置, λ 为遗忘因子, 取值为 0.95

1, $x(n)$ 为均衡器在 n 时刻输入的信号。最终可以得出如下的关系式:

$$k(n) = \frac{\lambda^{-1} R(n-1) x(n)}{1 + \lambda^{-1} x(n)^H R(n-1) x(n)}$$

$$y(n) = \hat{x}^H(n-1) x(n)$$

$$e(n) = d(n) - y(n)$$

$$\hat{x}(n) = \lambda \hat{x}(n-1) + k(n) e^*(n)$$

$$R(n) = \lambda^{-1} R(n-1) - \lambda^{-1} k(n) x(n)^H R(n-1)$$

其中, $k(n)$ 为增益矢量; $y(n)$ 为均衡器输出; $\hat{x}(n)$ 为抽头系数; $e(n)$ 为误差信号; $d(n)$ 为期望值信号。

2 仿 真

在 Matlab 平台上对 LMS 算法和 RLS 算法分别进行了性能仿真, 仿真模型如图 3、图 4 所示, 其中卷积编码的编码效率为 1/2, 约束长度为 $K=7$, 调制方式为 QPSK, 译码采用维比特硬判决算法, 水声信道采用典型的 3 条声线仿真的方法构造一个最小相位传输, 信道的传输函数为:

$$H(z) = 1 - 0.67z^{-15} + 0.55z^{-19}$$

在水声信道中仿真 LMS 和 RLS 算法的误码率性能, 得出了如图 4 所示的性能曲线。由图 5 可知, LMS 算法与 RLS 算法性能相当。



图 3 算法性能仿真模型的发送端

在仿真过程中, LMS 算法的步长取值为 0.005, RLS 算法的遗忘因子取值为 0.998, 从图 6 中可以看出, RLS 算法的收敛速度明显比 LMS 算法的收敛速度快, 但 RLS

作者简介 陈海兰 厦门大学信息科学与技术学院无线电物理专业 04 级硕士研究生, 集美大学理学院助教。

胡晓毅 厦门大学信息科学与技术学院副教授。

许 茹 厦门大学信息科学与技术学院教授。

刘 慧 厦门大学信息科学与技术学院助教。

蔡 彦 集美大学机械工程学院助教。

算法的复杂度远远大于 LMS 算法。

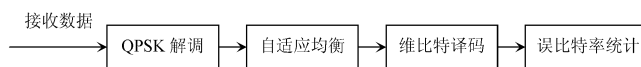


图 4 算法性能仿真模型的接收端

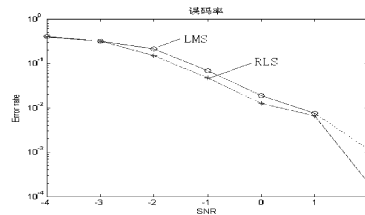


图 5 LMS 和 RLS 算法的误码率性能比较图

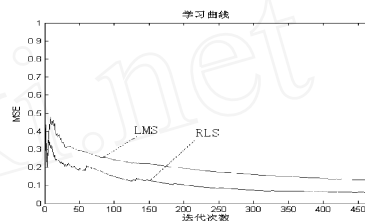


图 6 LMS 算法与 RLS 算法的学习曲线图

3 结 语

本文主要研究了 LMS 算法和 RLS 算法, 通过仿真比较了在水声信道下 LMS 与 RLS 算法的误码率性能, 并比较了 LMS 算法与 RLS 的收敛速度。

参 考 文 献

- [1] 张贤达. 现代信号处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [2] Douglas L Jones. Learning Characteristics of Transpose Form LMS Adaptive Filters. IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 1990.
- [3] 徐明远, 邵玉斌. Matlab 仿真在通信与电子工程中的应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
- [4] LOK-LEE Ting. LMS Coefficient Filtering for Time-varying Chirped Signals. IEEE Transactions on Signal Processing, 2004.
- [5] 陈亚勇. Matlab 信号处理详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [6] 陆光华. 随机信号处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [7] [美] Vinay K Ingle, John G Proakis. 数字信号处理及其 Matlab 实现[M]. 陈怀琛, 译. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [8] 王立宁, 乐光新, 詹菲. Matlab 与通信仿真[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.