

文章编号 1005-0388(2007)05-0829-03

高精度无线移动通信信道盲估计方法*

罗仁泽¹ 黎忠文² 胡进峰³ 卢晶琦¹ 朱维乐⁴

(1. 电子科技大学中山学院, lrzsmith@163.com, 广东 中山 528402;

2. 厦门大学信息科学与技术学院, 福建 厦门 361005;

3. 清华大学电机系, 北京 100084; 4. 电子科技大学电子工程学院, 四川 成都 610054)

摘 要 基于多载波 OFDM 系统, 提出了一种新的时变步长修正软加权判决递归二乘信道估计盲方法(TVCPMSDWRLS)。该法通过对常规算法步长进行自适应的科学设计以便跟踪信道特征变化, 同时利用接收机判决信息函数修正权系数, 解决了常规 RLS 盲方法收敛速度慢、信道估计性能不高的缺点。仿真证明: 对于不同的时延扩展、时间以及信噪比(SNR), 该法均表现出比常规方法更优的性能。同时, 该法亦可用于估计通信、雷达、航天等领域的其他特征参数。

关键词 OFDM 系统, 信道估计, 盲方法

中图分类号 TN911.5

文献标识码 A

The blind scheme for channel estimation with high accuracy

LUO Ren-ze¹ LI Zhong-wen² HU Jing-feng³ LU Jing-qi¹ ZHU Wei-le⁴

(1. Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China(UES TC), lrzsmith@163.com, Zhongshan Guangdong 528402, China; 2. College of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China; 3. Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 4. Electronic Engineering Institute, UES TC, Chengdu Sichuan 610054, China)

Abstract A blind channel estimation scheme, named as time-variance convergence parameter and correct soft decision weight RLS (TVCPMSDWRLS) method, based on orthogonal frequency division multiple (OFDM) systems was proposed. The novel scheme could trace adaptively the channel characteristic through special time-variance gain design. And the decision information function in receiver was also adapted to correct the gain. Simulation showed that the novel scheme had better performances with high accuracy and fast converges than that of the RLS method, especially via different time delay spread, time and SNR. Furthermore, the scheme can also suitable in the other areas such as communication, Radar, spaceflight to estimate the other characteristic parameters.

Key words OFDM, channel estimation, blind scheme

* 收稿日期: 2006-05-18. 基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(D06300640); 广东省中山市科技计划项目(2006A155); 电子科技大学中山学院青年科技基金资助项目(2005 Y12 和 2006 Y02 以及 2006 Y05); 福建省自然科学基金资助项目(A0410004); 厦门大学院士基金资助项目(0630-E23011); 厦门大学新世纪优秀人才基金资助项目(0000-X07204)

1 引言

目前最为流行的多载波技术就是 OFDM。信道估计技术是 OFDM 系统中关键技术之一,其成败直接关系到系统性能。信道盲估计方法由于不占用系统宝贵带宽资源,所以在高数据传输速率的通信系统中有一定优势。

信道盲估计技术研究始于 1975 年^[1],近年来一直是学术界研究热点^[2-4],但盲估计算法性能一直不佳,不能达到实用。

为此提出了一种新的信道估计 RLS 盲方法,与常规 RLS 盲方法相比较,该法具有收敛速度快、信道估计精度高、实现简单的优点。

2 信道估计新算法

定理 1: 假设有精确的判决误差信息,可利用该信息作为 RLS 方法判决的加权系数。该系数将使噪声和判决错误产生的影响降低。

假设 θ_i 和 ϕ_i 分别是软判决和硬判决时解调处理过程中的幅角,定义 p_i 为反映软判决和硬判决之间差异在 $[0, 1]$ 之间的归一化值,有

$$p_i = 1 - \frac{|\phi_i - \theta_i|}{S} \quad (1)$$

式中, S 是可供选择的符号数目。

假设 $u_i(n)$, $i = 1, 2, \dots, M$ 是实数的离散时间随机过程, $x_i(n)$, $i = 1, 2, \dots, M$ 是被检测的 $u_i(n)$, M 为正整数。在观察系统 N 个采样周期后,可以获得的数据用矩阵表示为

$$U = \begin{bmatrix} u_1(1) & \dots & u_M(1) \\ \dots & \dots & \dots \\ u_1(N) & \dots & u_M(N) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_M(1) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1(N) & \dots & x_M(N) \end{bmatrix} \quad (3)$$

由于信道可以表示为多个时延的抽头延时,所以有

$$U(n) = [u(n), u(n-1), \dots, u(n-M+1)]^T \quad (4)$$

$$X(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-M+1)]^T \quad (5)$$

相应地,在时刻 n 的权重需要反映过去 M 个判决的精确性。于是,该可能的权重的集合为

$$a_n = p_n p_{n-1} \dots p_{n-M+1} \quad (6)$$

定理 2: 修正的时变步长软加权判决 RLS 估计器算法由式(7)到(11)确定,其中 a_n 由式(6)确定。

$$\hat{\Lambda}_n = \hat{\Lambda}_{n-1} + \mu_n a_n H_n^{-1} X(n) e(n) \quad (7)$$

$$H_n = H_{n-1} + X(n) X^T(n) \quad (8)$$

$$e(n) = Y(n) - X(n)^T \hat{\Lambda}_{n-1} \quad (9)$$

式中

$$\mu_n = \frac{1}{C + a_n} \quad (10)$$

$$C = \frac{1}{C_1 + a_n^b} \quad (11)$$

在新方法中,采用时变步长可使算法收敛速度更快,该法中假设有精确的判决误差信息,这样可利用该信息作为 RLS 方法判决的加权系数。该系数将使噪声和判决错误产生的影响降低。

3 性能分析

通过仿真,对该新算法性能进行评估。仿真主要参数为: QPSK 调制, RLS 算法遗忘因子 $\lambda = 0.99$, RLS 常数步长 $\mu = 0.32$, RLS 时变步长初值 $\mu_0 = 0.5$, RLS 时变步长因子 $a = 0.01$, $b = 5.0$, $c = 30.0$ 。

3.1 评价算法收敛性及信道估计性能

图 1 是盲递归最小二乘(BRLS)估计方法、新算法性能比较。

为了比较性能,采用真实冲激响应与其估计值之间的差异绝对值平方的平均来描述。

由图 1 知,新方法提高了信道估计的收敛速度和性能。虽然图 1 仅是一个仿真示例,但是其结论具有普遍意义。

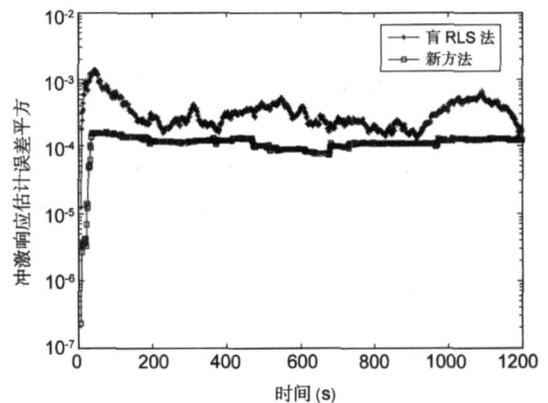


图 1 收敛性和信道估计性能比较

3.2 评价不同时延信道估计性能

图 2 为在不同延迟扩展时对应的信道估计性能比较,其中,信噪比固定为 10 dB。由该图可看出,在不同延迟扩展时,新方法性能特别优异。尤其是在时延扩展增加时,信道估计性能更优,这说明新方法对处理大时延扩展有特殊能力。这主要是由于利用了接收机判决信息函数修正权系数。

3.3 评价不同信噪比下信道估计性能

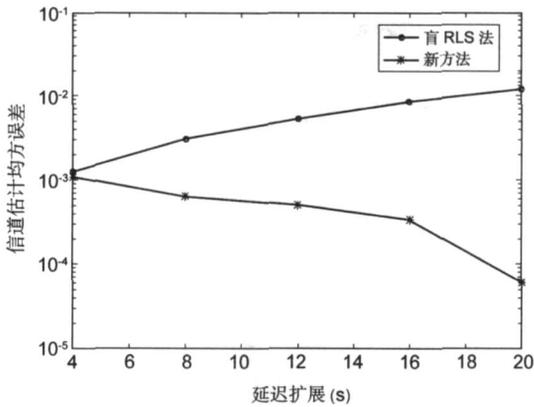


图 2 不同延迟扩展时信道估计性能比较

图 3 为在不同信噪比时对应的信道估计性能。在该图中,采用 Rummmler 信道模型,延迟扩展固定为一个符号间隔,信噪比从 0 dB 到 30 dB 之间变化。

由图可知:在相同的信噪比时,新方法有效地提高了信道估计性能。

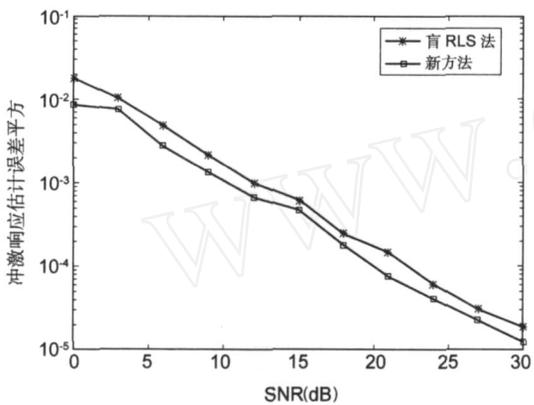


图 3 不同信噪比时信道估计性能比较

4 结论

通过对常规 RLS 方法步长和加权因子的改进,提出一种基于无线移动通信系统信道估计盲方法。该法能以更快的速度收敛到最佳滤波器系数,获得更好的信道估计性能。该法不但可以用于移动通信系统,而且亦可用于雷达、航天、石油地震勘探等多种领域进行特征参数估计。总之,该法具有较好的使用前景和较宽的用途。

参考文献

[1] Y Sato. A method of self-recovering equalization for multi-level amplitude modulation [J]. IEEE Trans. Commun., 1975, (23): 679-682.

[2] Young-Hwan You, Won-G Jeon, Jong-Ho Paik, et al.. Training sequence design and channel estimation of OFDM-CDMA broadband wireless access networks with diversity techniques [J]. IEEE Trans. on Broadcasting, 2003, 49(4): 354-362.

[3] Stefano Tomasin, Alexei Gorokhov, Haibing Yang. Iterative Interference Cancellation and Channel Estimation for Mobile OFDM [J]. IEEE Tran. on wireless communications, 2005, 4(1): 238-246.

[4] 刘军,金荣洪,范瑜等,用于自适应数字波束形成的稳健子阵异步 RLS 算法[J]. 电波科学学报, 2004, 19(6): 685-688.

Liu J, Jin R H, Fan Y, et al.. Robust sub-array asynchronous RLS algorithm for adaptive digital beamforming[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2004, 19(6): 685-688.



罗仁泽 (1973 -),男,四川人,副教授,博士,主要研究 OFDM 系统中同步、信道估计以及降低 PAPR 技术。



黎忠文 (1970 -),女,重庆人,副教授,博士后,主要从事实时通信系统技术研究。



胡进峰 (1976 -),男,湖北人,清华大学博士后,主要研究雷达和通信信号处理。