

特征参数自适应盲估计方法

罗仁泽¹, 胡志恒², 伍裕江³, 王汝言⁴

(1. 电子科技大学中山学院, 广东中山 528402; 2. 成都信息工程学院通信工程系, 四川成都 610225;

3. 广东通宇通讯设备有限公司, 广东中山 528401; 4. 重庆邮电大学通信与信息工程学院, 重庆 400065)

摘要: 基于无线移动通信 OFDM 系统信道估计, 提出了三种时域自适应特征参数估计最小均方盲方法——时变步长最小均方方法(tvcplms)、时变步长软判决最小均方方法(tvcpsdlms)、时变步长理想判决最小均方方法(tvcpidlms)。这些方法通过对常规 LMS 算法步长进行自适应的科学设计以便跟踪特征参数变化, 从而解决了常规 LMS 盲方法收敛速度慢、估计性能不高等缺点。仿真证明: 对于不同的时延扩展、时间以及多普勒频移, 这些方法均表现出了比常规方法更优的估计性能。同时, 这些方法不仅可以估计无线移动通信系统信道特征参数, 而且还可用于雷达、航天等多种领域估计其他特征参数。

关键词: OFDM 系统; 信道估计; 盲方法

中图分类号: TN911.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2009)01-0195-03

The Blind Adaptive Estimation Schemes for Channel Parameters

LUO Renze¹, HU Zhiheng², WU Yujiang³, WANG Ruyan⁴

(1. Zhongshan Institute, University of Electronics Science and Technology of China (UESTC), Zhongshan, Guangdong 528402, China;

2. Communication Engineering Department, Chengdu Information Engineering Institute, Chengdu, Sichuan 610225, China;

3. Guangdong Tongyu Communication Equipment Ltd. Co., Zhongshan, Guangdong 528401, China;

4. The Division of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: Three time domain adaptive schemes including time variance convergence parameter blind LMS(TVCPBLMS), time variance convergence parameter soft decision weight blind LMS(TVCPBLMS) and time variance convergence parameter ideal decision weight blind LMS(TVCPBLMS) based on wireless mobile communication OFDM systems for channel estimation are proposed. These novel schemes could trace adaptively the channel characteristic through time variance convergence parameter and decision weight. Simulation showed that the novel schemes had better performances with high accuracy and fast converges than those of the blind LMS method, especially via different time delay spread, time and Doppler frequency. Furthermore, these schemes are not only suitable in wireless mobile communication systems to estimation channel characteristic but also suitable in radar and spaceflight to estimation the other characteristic parameters.

Key words: OFDM systems; channel estimation; blind method

1 引言

正交频分复用(OFDM)系统由于其强大的抗符号间干扰能力和高频谱效率,被广泛地应用在数字用户环路(XDSL)、数字视频/音频广播、无线局域网、第四代移动通信等多个高数据传输通信系统中。为了保证通信系统在无线信道环境中能够有良好的性能,需对多径时变的无线衰落信道进行精确估计,以恢复出原始信息;而信道估计的质量直接对系统的性能起着关键作用。

自适应信道估计方法是移动信道环境中估计信道的一种好方法。比如:频域归一化最小均方(NLMS)和递

归均方(RLS)法用于估计时变信道^[1]、二维时域和频域 RLS 自适应信道估计方法^[2]、直接判决的 RLS 方法^[3]、时域线性最小均方误差方法^[4]、时域时变步长修正软加权判决递归二乘法(tvcpsdwrsls)^[5]。

时域自适应信道估计方法与频域方法相比较而言,计算复杂度低、精度高,是一种值得研究的方法。

本文提出了三种时域指数时变步长 LMS 盲方法,分别是 tvcpblms 法、tvcpsdlms 法、tvcpidlms 法;这些方法与常规 LMS 方法和 tvcpmsdrls 法相比较,具有收敛速度快、信道估计精度高、实现简单的优点,尤其是 tvcpidwls 法性能更优,且可用于雷达、航天等领域。

2 信道估计新算法

如图 1 所示, 有:

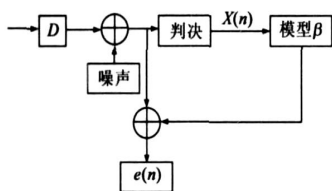


图1 信道估计模型

$$Y(n) = b_1 u_1(n) + b_2 u_2(n) + \dots + b_M u_M(n) + w(n) \quad (1)$$

$$\hat{Y}(n) = \beta_1 x_1(n) + \beta_2 x_2(n) + \dots + \beta_M x_M(n) \quad (2)$$

$$e(n) = Y(n) - \hat{Y}(n) = Y(n) - (\beta_1 x_1(n) + \beta_2 x_2(n) + \dots + \beta_M x_M(n)) \quad (3)$$

其中, $u_i(n)$, $i = 1, 2, \dots, M$ 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 $u_i(n)$, $b_1, \dots, b_M, \beta_1, \dots, \beta_M \in R$, M 是正整数, 且 $w(n)$ 是均值为零的实数离散时间随机过程. 在观察系统 N 个采样周期后, 所获得的数据用矩阵表示为:

$$Y = [y(1), y(2), \dots, y(N)]^T \quad (4)$$

$$w = [w(1), w(2), \dots, w(N)]^T \quad (5)$$

$$e = [e(1), e(2), \dots, e(N)]^T \quad (6)$$

$$b = [b_1, b_2, \dots, b_M]^T \quad (7)$$

$$\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_M]^T \quad (8)$$

$$U = \begin{bmatrix} u_1(1) & \dots & u_M(1) \\ \dots & \dots & \dots \\ u_1(N) & \dots & u_M(N) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \dots & x_M(1) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1(N) & \dots & x_M(N) \end{bmatrix} \quad (10)$$

即:

$$Y = Ub + w \quad (11)$$

$$e = Y - X\beta \quad (12)$$

定义代价函数为:

$$J(\beta) = e^T R e = (Y - X\beta)^T R (Y - X\beta) \quad (13)$$

其中, R 是一个正定对称的 $N \times N$ 大小的权重系数矩阵, 主要与 X 和 U 有关. 对 R 值的确定主要根据实际的应用和估计属性而定.

定理 1(时变步长盲 LMS 估计器) 时变步长盲 LMS 估计器算法由式(14)到式(17)确定:

$$\hat{\beta}(n) = \hat{\beta}(n-1) + \mu(n)x(n)e(n) \quad (14)$$

$$e(n) = Y(n) - x(n)^T \hat{\beta}(n-1) \quad (15)$$

$$\mu_n = C \frac{1}{1 + an} \quad (16)$$

$$\mu_n = \alpha_n \times \mu_0 \quad (17)$$

定理 2(时变步长软判决盲 LMS 估计器) 时变步长软判决盲 LMS 估计器算法由式(18)到式(21)确定:

$$\hat{\beta}(n) = \hat{\beta}(n-1) + \mu(n)\rho(n)X(n)e(n) \quad (18)$$

$$e(n) = Y(n) - X(n)^T \hat{\beta}(n-1) \quad (19)$$

$$\rho(n) = \begin{cases} a(n), & \text{当 } x(n) = u(n) \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (20)$$

其中: 时变步长由式(16)和(17)确定.

定理 3(时变步长理想加权判决最小均方估计器) 时变步长理想加权判决 LMS 估计器算法由式(18)、(19)和式(21)确定, 其中, $\rho(n)$ 为权重序列, 有:

$$\rho(n) = \begin{cases} 1, & \text{当 } x(n) = u(n) \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (21)$$

变步长矢量通过式(16)和(17)获得.

3 仿真分析

通过计算机仿真, 对该信道估计算法性能进行了评估.

从图 2 到图 4 的仿真主要参数为: QPSK 调制, LMS 常数步长 $\mu_0 = 0.0002$, LMS 时变步长因子 $a = 0.01$, $b = 1.97$, $c = 5.0$. RLS 常数步长及时变步长初值 $\mu_0 = 0.5$, RLS 时变步长因子 $a = 0.01$, $b = 5$, $c = 30$, 遗忘因子 0.99, 采用无线移动瑞利信道.

3.1 算法收敛性及信道估计性能比较

图 2 是多种时变步长盲估计方法收敛性及估计性能比较图. 由该图可知, 所建议技术提高了信道估计方法的收敛速度和信道估计性能, 尤其是 tvcpdwls 方法. 虽然图 2 仅是一个仿真示例, 但是其结论具有普遍意义.

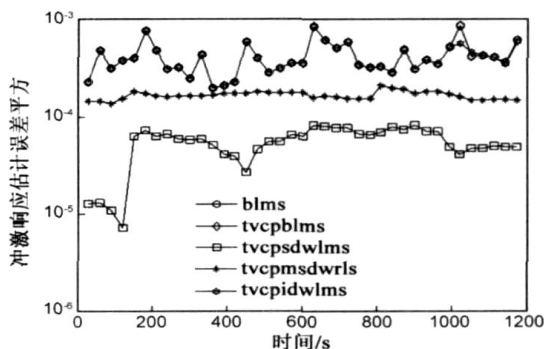


图2 算法收敛性和信道估计性能比较

3.2 不同时延信道估计性能比较

图 3 为常数步长、时变步长的 LMS 盲算法在不同延迟扩展时对应的信道估计性能. 其中, 信噪比固定为 10dB, Rummmler 信道的延迟扩展在一个间隔增量中从 1 个符号间隔到 5 个符号间隔变化. 由该图可以看出, 在不同延迟扩展时, 时变步长的 LMS 盲算法在估计信

道响应时比常数步长 LMS 盲算法性能更优, 尤其是 tvcpdwlms 方法比文献[5]方法更优。

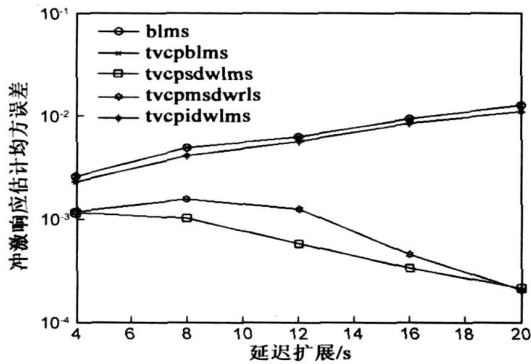


图3 算法不同延迟扩展时信道估计性能

3.3 不同移动速度下信道估计性能比较

图4为常数步长、时变步长的LMS盲算法在不同移动速度时对应的信道估计性能。在该图中，信噪比均固定为10dB，信道环境为无线移动信道；横坐标为归一化多普勒频率，即多普勒频率与采样频率的比值。对于时变信道，在不同多普勒频率时，时变步长的LMS盲算法在估计信道响应时比常数步长LMS盲算法性能更优。

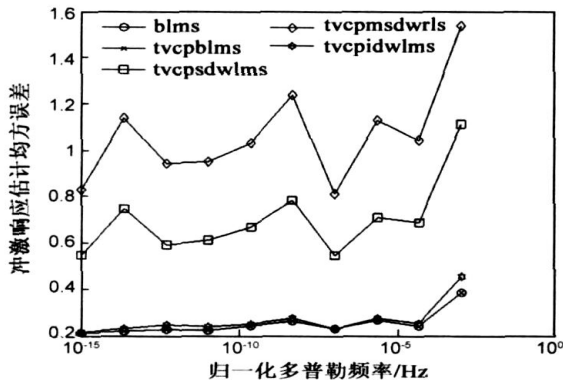


图4 不同多普勒频率时信道估计性能比较

4 结论

本文提供了三种基于无线移动通信系统的信道估计盲方法，这些时变步长最小均方信道盲估计方法与常规LMS方法相比较，能够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。这些方法不但可用于移动通信系统，而且可适用于雷达、航天等多种

领域；这些方法不仅可以用于估计信道特征，而且可用于估计其他特征参数。总之，建议方法具有很好的使用前景和很宽的用途。

参考文献:

- [1] D Schafhuber, G Matz, F Hlawatsch. Adaptive winer filter for time varying channel estimation in wireless OFDM systems [A]. IEEE Proc. Conf. On Acoustics, Speech and signal processing[C], Hongkong, April 6-10, 2003. 688- 691.
- [2] X Hou, S Li, C Yin, G Yue. Two Dimensional recursive least square adaptive channel estimation for OFDM systems [A]. IEEE 2005 international conference on wireless communications, networking and mobile computing [C], Dubai, United Arab Emirates, March 6- 8, 2005. 232- 236.
- [3] E Karami, M Shiva. Decisionr directed recursive least squares MIMO channels tracking[J]. EURASIP J. Wireless Commun. Networking, 2006, (2): 1- 10.
- [4] 罗仁泽. 叠加弱能量训练序列信道估计方法[J]. 电子学报, 2008, 36(1): 177- 179.
LUO Ren ze. Channel estimation scheme using superimposed training sequences with low power[J]. Acta Electronica Sinica, 2008, 36(1): 177- 179. (in Chinese)
- [5] 罗仁泽. 高精度无线移动通信信道盲估计方法[J]. 电波科学学报, 2007, 22(5): 829- 831.

作者简介:



罗仁泽 男, 1973年9月出生于四川省内江市, 2005年3月获电子科技大学信号与信息处理工学博士学位, 现为电子科技大学中山学院副教授, 主要从事OFDM系统同步、信道估计、降低PAPR技术研究。在国内外核心期刊以第一作者发表学术论文40篇, 其中EI、ISTP检索20篇, 出版学术著作1部。

E-mail: lzs@126.com



王汝言 男, 1968年12月出生于湖北省浠水县, 重庆邮电大学通信与信息工程学院教授, 主要从事通信网络、多媒体通信技术及相关产品的开发。