

A Novel SNR Estimator in DSSS Receivers

Ye Gan-hua, Li Yong-Chao, Ma Jin-Ling

Nanjing Telecommunication Technology Institute, Nanjing, P. R. China
yeganhua2006@yahoo.com.cn

Abstract: In a QPSK modulated DSSS receiver, a novel SNR estimator is introduced along with its implementation in FPGA devices. To improve the estimator's precision, an algorithm based on curve fitting is applied. The estimated amplitude and amplitude offset is treated as independent variable and dependent variable respectively, and a curve fitting tool is used to get the modification of SNR estimation. The precision of SNR estimation is improved remarkably by modifying the original SNR estimation according to the modification. Finally the performance is tested and analyzed.

Keywords: SNR; Curve Fitting; FPGA

扩频接收机中一种新的信噪比估计方法

叶淦华 李永超 马金岭

南京电讯技术研究所, 南京, 中国, 210007
yeganhua2006@yahoo.com.cn

【摘要】本文介绍了 QPSK 调制的 DSSS 接收机中, 基于矩估计的信噪比估计算法, 以及在 FPGA 上实现该算法的关键技术。由于实现误差超出期望, 运用了基于曲线拟合的校正方案。以估计幅度值和幅度差值作为自变量和因变量, 运用曲线拟合工具获得信噪比估计值应有的修正误差。依据该修正值调整测试值, 可使信噪比估计性能大幅提升。最后通过实测证明了校正算法的性能。

【关键词】论文集信噪比; 曲线拟合; FPGA

1 引言

信噪比是通信信号的关键参数, 它是通信质量的衡量指标之一。在无线通信的许多场合, 如调制信号的识别、Turbo Code 的迭代译码, 移动通信中的功率控制、自适应调制切换、自适应越区切换等, 以及卫星通信中上下行链路的系统功率控制功能都需要知道信噪比的数值, 以获得最佳的性能。因此通信信号信噪比的估计是无线通信系统的一个重要的研究课题。

目前对信号信噪比的估计已经有了一些方法。Pauluzzi 在文[1]中对 AWGN 信道中的信噪比估计算法作了比较, 其中基于最大似然估计的方法利用训练序列或判决反馈序列来构造似然函数, 而基于矩的方法则是利用信号和噪声的 2、4 阶矩之间的关系来估计信噪比。这两种方法都要求系统已经取得时钟同步和载波同步。Turkboylari 等在文[2]中用信号空间投影的方法对时分多址(TDMA)系统中的信干比进行估计, 但是它需要利用训练序列来构造接收信号的相关矩阵。Andersin 等在

文[3]中用特征值分解和子空间分割的方法同样对 TDMA 系统中的信干比进行估计, 它首先构造接收信号的相关矩阵, 然后利用文[4]中的最小描述长度原理(MDL)来确定接收数据中的信号子空间的维数, 从而分离出信号子空间和噪声子空间。

另外, Matzner 等在文[5]中使用信号的 4 阶矩对恒包络信号的信噪比进行估计; 文[6]中使用频谱分析的方法对非恒包络信号(MPSK, MQAM)进行估计。Beaulieu 在文[7]中提出并比较了 4 种适用于 QPSK 的信噪比估计方法, 本文将采用其中性能最佳的一种, 并在实际实现时采用曲线拟合的方式校正实现误差。

2 信噪比估计算法

本模板仅针对采用 A4 纸型的会议论文集。请务必确保您的论文采用 A4 幅面 (21 厘米×29.7 厘米) 进行排版。

在 DSSS 接收机完成解扩和解调同步之后, 以 R_x , R_{y_i} , n_{x_i} , n_{y_i} , $i = 1, 2, \dots, L$, 分别表示 L 个符号的

同相信号分量、正交信号分量、同相噪声分量和正交噪声分量。噪声分量 n_{x_i} , n_{y_i} 为独立、零均值高斯随机变量，其方差为 $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma^2$ 。信号分量为离散、独立和同分布的随机变量，其取值范围为 $\{-a, a\}$ 。以 $X_i = R_{x_i} + n_{x_i}$, $Y_i = R_{y_i} + n_{y_i}$ 分别表示第 i 个解调符号的正交样值。

定义信噪比为：

$$\frac{R_x^2 + R_y^2}{E(n_x^2 + n_y^2)} = \frac{a^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

直接引用文[7]中的结论，采用 4 种方法中估计偏差和均方误差都最小，而运算量相对较小的第 2 种，其表达式为：

$$\hat{\gamma} = L \left(\sum_{i=1}^L \frac{(|X_i| - |Y_i|)^2}{X_i^2 + Y_i^2} \right)^{-1} \quad (2)$$

其性能曲线如下图所示：

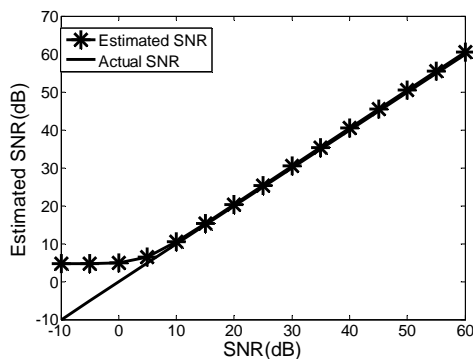


Figure 1. Mean of the Estimated SNR as Function of SNR for L=10

图 1. L=10 时信噪比估计均值

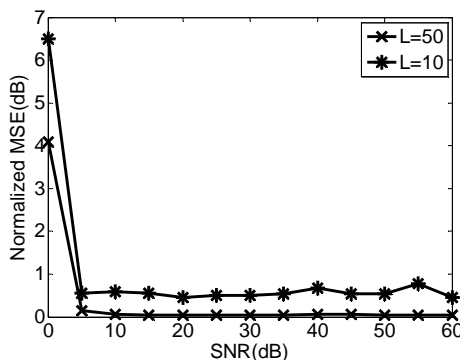


Figure 2. Normalized MSE's of the Estimator as Functions of SNR With L=10 and L=50

图 2. L=10 和 L=50 时信噪比均方误差

2 信噪比估计的 FPGA 实现

采用 FPGA 器件实现信噪比估计的原理框图如下：

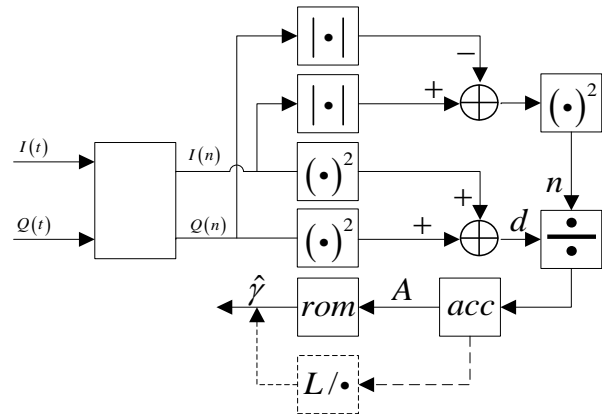


Figure 3. Block Diagram for the SNR Estimator Accomplished in FPGA

图 3 信噪比估计器的 FPGA 实现框图

零中频扩频信号进入接收机，首先完成解扩与解调操作，然后两路正交信号以符号速率送入信噪比估计单元。信噪比估计单元的构成从(2)式变换而来。其中 n 表示被除数， d 表示除数， acc 表示 L 个符号的结果累加， rom 表示查找表。在未有校正算法之前，查找表的内容是由校正后的除法结果构成的，可根据地址直接读取校正后的信噪比估计值。

在实际实现时，由于解扩和解调出现的误差，导致信噪比估计的数据虽然多次测试值之间误差不大，但与实际信噪比误差较大，图 4 给出了未校正前的信噪比测试数据(L=256)：

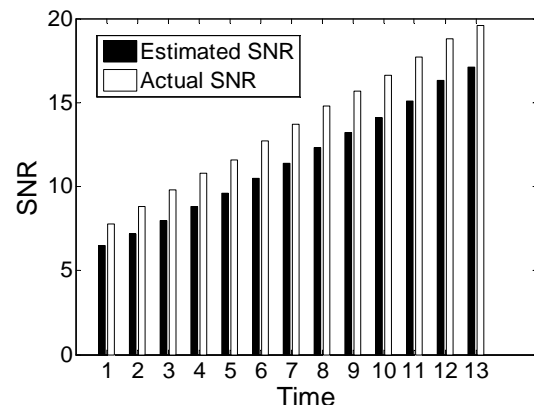


Figure 4. Comparison Between Estimated SNR and True SNR Before Revising

图 4 未校正前的信噪比测试数据

从测试数据可以看出, 信噪比估计误差随着信噪比的增加而增加, 但也并非线性增长, 因此需要采用非线性校正方法进行校正。

4 基于曲线拟合的校正方法

用于曲线拟合的数据是估计出来的 A 处的读数和实际信噪比在 A 处的值。以 \hat{A} 表示 A 处的估计值, \bar{A} 表示实际信噪比在 A 处的值。则有:

$$\hat{\gamma} = 10 \log_{10} \left(\frac{L}{\hat{A}} \right) \quad (3-a)$$

$$\bar{\gamma} = 10 \log_{10} \left(\frac{L}{\bar{A}} \right) \quad (3-b)$$

运用 MATLAB 提供的曲线拟合工具——cftool, 将 \hat{A} 和 $\bar{A} - \hat{A}$ 作为曲线拟合的 x 值和 y 值, 目的是得到其他在测试中未能涉及的信噪比估计值应有的修正误差。

根据精度和复杂度的折中考虑, 采用二次曲线拟合, 其拟合多项式为:

$$y = -0.00217x^2 + 0.5129x - 0.7137$$

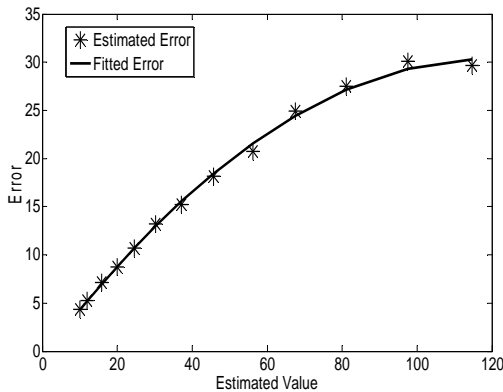


Figure 5. Comparison Between Original Data and Result of Curve Fitting

图 5 曲线拟合结果与原始数据的比较

ROM 表的内容按照如下规则产生:

$$r(i) = \left\lfloor 100 \log_{10} \left(\frac{L}{i + 0.00217i^2 - 0.5129i + 0.7137} \right) \right\rfloor$$

$i = 1, \dots, 256$, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示取整操作, 得到的 r 为信

噪比 dB 数的 10 倍, 估计读数可精确到 0.1dB。

5 性能分析与结论

校正之后的信噪比测试数据如图 6 所示:

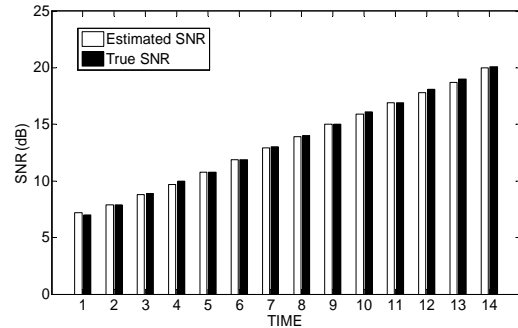


Figure 6. Comparison Between Estimated SNR and True SNR After Revising

图 6 校正后的信噪比测试数据

由于实际实现过程中各种因素引起的误差, 导致信噪比检测的误差超出预期。根据测试数据分布的平稳性, 通过采用曲线拟合的方法, 可以达到期望的信噪比估计精度, 具有很强的实用性。

References (参考文献)

- [1] Pauluzzi D R, Beaulieu N C. A comparison of SNR estimation techniques for the AWGN channel [J]. IEEE Transactions on Communications, 2000, 48(10): 1681-1691.
- [2] Turkboylari M, Stuber G L. An efficient algorithm for estimating the signal to interference ratio in TDMA cellular systems [J]. IEEE Transactions on Communications, 1998, 46(6): 728-731.
- [3] Andersin M, M andayam N B, Yates R D. Subspace based estimation of the signal to interference ratio for TDMA system [A]. Proceedings of 1996 IEEE Vehicle Technology Conference [C]. Atlanta, 1996. 1155-1159.
- [4] Wax M, Kailath T. Detection of signals by information theoretic criteria [J]. IEEE Trans ASSP, 1985, 33(2): 387-392.
- [5] Matzner R, Englberger F. An SNR estimation algorithm using fourth order moments [A]. Proceedings of the 1994 IEEE Symposium on Information Theory[C]. Trodheim, 1994. 119.
- [6] ZHAN Yafeng, CAO Zhigang, MA Zhengxin. A blind SNR estimation algorithm for MPSK signal in AWGN channel [A]. Proceedings of ICFS2002[C]. Tokyo: Waseda University, 2002. 181-183.
- [7] Norman C B, Andrew S T, and David R P. Comparison of Four SNR Estimators for QPSK Modulations [A]. IEEE communications letters, VOL. 4, NO. 2, Feb 2000 43-45.