

一种自适应门限控制方案的研究

赵清涛

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:描述了一种对于包获取的自适应门限控制方案,该方案根据噪声电平的最大似然估计自适应的设置判决门限,并对其性能进行了分析。通过和别的包获取的门限控制方案的对比,说明了该方案的优越性。

关键词:自适应信号检测;数据获取;最大似然估计;信号检测

中图分类号:TMS71.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)03-44-46

数据通信中一般以打包的形式传输,而在包的传输中,包一般以报头开始。对包的获取过程既包括检测包的判决门限又包括对于获取时间的适当处理。文献[1]叙述了对于直接序列扩频的自动门限控制方案,但是这些方案没有考虑噪声和干扰的时间波动。本文提出了一种新的控制方案,该方案根据器材噪声电平的最大似然估计自适应地设置门限。

1 获取系统模型

获取系统如图1所示。考虑单路径的加性高斯白噪声并且假设包分别到达接收机。因为假设频率错误相对较小,所以首先考虑时间获取,忽略频率错误是合理的(特别是在足够大的符号速率的情况下)。报头包括连续的 L 个复值符号 $S_1 \cdots S_{L-1}$

接收到的信号通过符号匹配滤波器,其输出在 $t = kt$ 时抽样形成抽样值 y_k 然后抽样值 y_k 通过报头匹配滤波器,其输出抽样值可表示为:

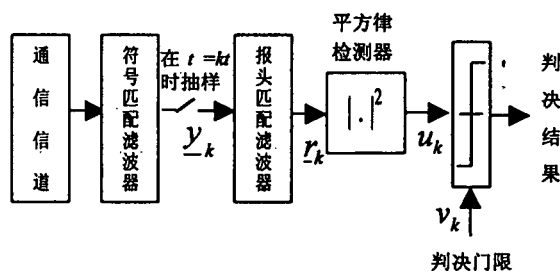


图1 获取系统框图

$$r_k = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} Y_{k-i} S_{L-1-i}^* \quad (1)$$

最后,抽样值 r_k 的幅度的平方 u_k 和门限 v_k 的比较。

抽样值 r_k 是一个复信号抽样 x_k 和一个复噪声抽样 n_k 的和。 n_k 的同相和正交分量都被假设为零均值,方差或噪声功率为 σ^2 的加性高斯白噪声。另外我们假设噪声抽样是不相关的,并且噪声功率在接收机观察区间是常数。在下面的分析中,第一个信号抽样 r_k 将被写作 r_0 ,在我们的分析中假设包括了符号间干扰和完美的符号同步。

2 自适应门限控制方案的描述

在只有噪声的情况下,为了达到一个特定的虚警概率 P_{FA} ,通过应用 Neyman - Pearson 准则,通常选择固

定门限 $V_k = 2\sigma^2 \ln(1/P_{FA_n})^2$ 。在实际中,噪声功率可能在时间上变化得非常慢。这就暗示我们可以按对噪声功率的估值的比例调节门限。

$$\sigma_{ML}^2(k) = \frac{1}{2N} \sum_{k=1}^N u_{k-1} \quad (2)$$

这里 N 是估值所需噪声抽样的数量。这样一个过程这里被认为是自适应的(AD)。为了保持 P_{FA_n} 是常数,门限现在选为 $v_k = \partial \sigma_{ML}^2(k) = 2N(P_{FA_n}^{-1/N} - 1)\sigma_{ML}^2(k)$, 这里 $\partial = 2N(P_{FA_n}^{-1/N} - 1)^{[2]}$ 。如果在一个旁瓣检测到包,那么这个旁瓣可被误认为主报头相关峰,并导致一个错误的获取。这个问题可以通过在紧跟旁瓣检测抽样后存储连续 L 个抽样值,并选择最大抽样值作为主相关峰来解决(见图2)。这种方法在这里被称为“比较”(COM)。

3 性能分析

只有信号加噪声的抽样 $\{u_0, u_1, \dots, u_{L-1}\}$ 能带来主相关峰的正确检测。让 $P_{W(k)}$ 表示输入抽样值 u_k 为第一个超过门限 v_k 的抽样的概率。窗口 $W(K) = \{u_k, u_{k+1}, \dots, u_{k+L-1}\}$ 以抽样 u_k 为初始值的概率可以写为:

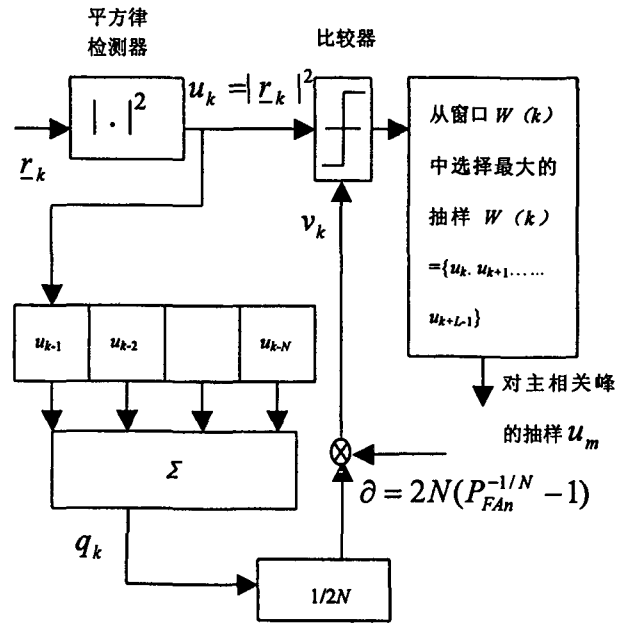


图2 自适应门限控制方案框图

$$P_{W(0)} = P_r(u_0 \geq v_0); k = 0$$

$$P_{W(k)} = \prod_{j=0}^{k-1} [1 - P_r(u_j \geq v_j)] P_r(u_k \geq v_k); k \geq 1 \quad (3)$$

这里 $P_r(u_k \geq v_k = \partial \frac{q_k}{2N}) =$

$$\int_0^{+\infty} \int_{(\partial/2N)q_k}^{+\infty} P_u(u_k) P_q(q_k) du_k dq_k \quad (4)$$

(4)式中,概率密度函数 $P_u(u_k)$ 是一个具有 2 个自由度的非中心 chi-square 分布,有非中心参数 $|x_k|$, 而概率密度函数 $p_q(q_k)$ 是一个具有 $2N$ 个自由度和非中心参数 $\lambda_k = \sum_{j=1}^N |x_{k-j}|^2$ 的非中心 chi-square 分布。通过几个处理后,我们获得:

$$P_r(u_k \geq v_k) = \sum_{j=0}^{+\infty} b(j, \frac{\rho_k^2}{2\sigma^2}) \exp(-\frac{\lambda_k}{2\sigma^2}) \sum_{r=0}^{+\infty} \frac{1}{r!} (\frac{\lambda_k}{2\sigma^2})^r \sum_{s=0}^j \frac{(s+N-1+r)!}{s! (N-1+r)! (t+1)^{s+N+r}} t^3 \quad (5)$$

这里, $t = \partial/2N$, 并且 $b(j, r) = (\gamma^r/j!) \exp(-\gamma)$ 。

如果在窗 $W(k)$ 中最大的抽样值 u_m 对应主相关峰 u_{L-1} , 意思是这种情况下所有旁瓣必须比抽样 u_{L-1} 小。因此,获取正确检测的概率为:

$$P_D = \sum_{k=0}^{L-1} P_{W(k)} \prod_{i=k, i \neq L-1}^{K+L-2} P_r(u_{L-1} > u_i) \quad (6)$$

这里 $P_{W(k)}$ 从(3)式中计算得到。在(6)式中,概率 $P_r(u_{L-1} > u_i)$ 通过 u_k 和 u_{L-1} 及 v_k 和 u_i 的相互代换,从(5)式中推导出的。我们取 $N=1, t=1, \lambda_k = \rho_k^2, \rho_k = \rho_{L-1}$ 。

当包存在时,如果 $W(k)$ 中的最大抽样值 u_m 是一个旁瓣,就会发生错误的获取。此种错误的获取概率是:

$$P_{FA_{Sn}} = \sum_{k=0}^{L-1} P_{W(k)} [1 - P_r("w(k)中无旁瓣" > u_{L-1})] = \sum_{k=0}^{L-1} P_{W(k)} - P_D \quad (7)$$

(7)式中的第一项是报头被检测的概率(无论是否发生在旁瓣),它被称为总的检测概率。

在报头和最先的 L 个数据信息符号都是 $L=7$ 的 m 序列的情况下,对于不同的 SNR 的概率 P_D 已通过(6)式计算,其结果如图 3 所示。在图 3 中,缩写词 NAD 和 NCOM 表示非自适应(没有噪声功率估计)和非比较性(没有使用窗 $W(k)$)。

从图 3 中,可以看出 NAD 曲线在非常低的 SNR 时表现出更好的性能,但在高信噪比时却有一个严重的衰落(特别是 NAD - NCOM 曲线)。这里可被解释为,当高 SNR 时旁瓣更容易被检测并判决为主相关峰;而在大 SNR 时,AD 特别是 AD - COM 表现出优异的性能。

4 结论

本文提出并分析了一种自适应门限控制方案。通过和现有的门限控制方案比较,在大 SNR 范围内,虽然噪声功率未知,提出的方法仍有较好的性能,而原有的门限控制方案当 SNR 增加时性能会降低。鉴于 CDMA 系统的 SNR 根据信道中用户的数量随时间变化很大,所以此种方案也可被应用于 CDMA 系统中。

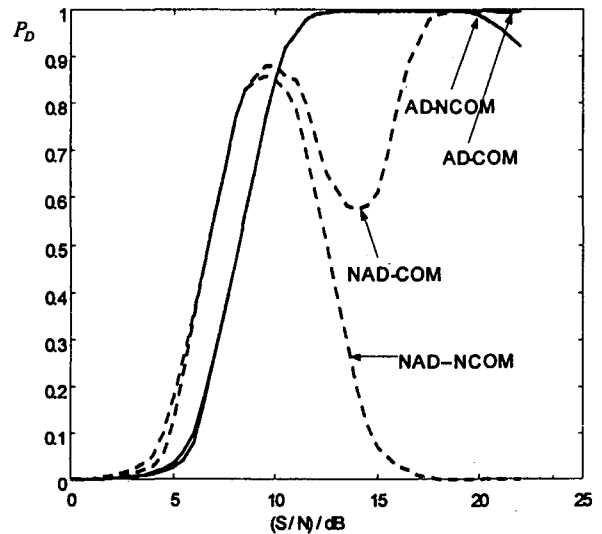


图 3 不同门限控制方案的正确检测概率曲线

参考文献:

- [1] Shi Z L, Driessen P F. Automatic threshold control for acquisition in spread spectrum packet radio communication[A]. in IEEE Int conf. on communications[C]. Geneva Switzerland, 1993. 478 - 482.
- [2] Glisic S G, automatic decision threshold level control in direct - sequence spread spectrum system based on matched filtering[J]. IEEE trans Commun, 1988, 36(3): 519 - 527.
- [3] Dillard G M. Mlevel detection of nonfluctuating signals[J]. IEEE trans Aerosp Election Sys 1974, 1(10): 795 - 799.
- [4] 维特比著. A J 李世鹤译. CDMA 扩频通信原理[M]. 北京:人民邮电出版社, 1998.

The Study on an Adaptive Threshold Control Scheme

Zhao Qin - tao

(The Telecommunication Engineering Institute of the Air force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: An adaptive threshold control scheme for packet acquisition is described. In this scheme, the decision threshold is adaptively set according to the ML estimate of the noise power and the performance of this scheme is analyzed. Through the comparison between this scheme and other threshold control scheme for packet acquisition, the advantage of this scheme is shown.

Key words: adaptive signal detection; data acquisition; maximum - likelihood estimation; signal detection