

文章编号:1000-582X(2007)02-0058-03

# 一种适合突发通信的信号检测改进算法<sup>\*</sup>

冯文江,王红霞,侯剑辉,李国权

(重庆大学通信工程学院,重庆 400030)

**摘要:**突发信号检测是突发通信接收时所需完成的第1个同步算法.在双滑动窗口算法实现突发通信信号检测的基础上,利用前导码的特征对该算法进行改进.并针对几种典型的无线信道条件,对改进算法进行了理论分析、计算机仿真及FPGA实现.结果表明,改进后的算法开销小,只需6个符号左右就可以检测到突发信号,明显提高了检测算法的性能.

**关键词:**突发通信;信号检测;双滑动窗口算法

**中图分类号:** TN929.532

**文献标识码:** A

无线信道环境恶劣,在通信过程中信道参数往往随时间呈现出相对剧烈的变化,信号解调通常采用突发模式<sup>[1]</sup>,即认为在短时间内,信道参数是恒定的,为此需要在发送数据信息之前加上用于估计信道参数的前导码.在所有的参数估计算法中,接收端的首要任务是对接收数据的起点进行检测,即突发信号检测.突发信号检测可以描述为一个二元假设检测问题,即通过判断判决变量是否超出预定阈值来检测突发信号是否来临.

基于接收信号能量的突发信号检测算法中最常采用的是滑动窗口法<sup>[2]</sup>.该算法虽然实现简单,但是阈值选取与接收信号的信道增益有关.因为实际系统中当接收机进行突发信号检测时,如果突发信号还没有到来,接收信号中只有噪声,而噪声的功率值一般是不可知的,并且当接收机调整射频放大器设置或者在所需系统内出现同频干扰的波动时,都会使判决变量发生很大的变化.为了解决这一问题,人们又提出了双滑动窗口法<sup>[3]</sup>.通过设置2个连续滑动窗口并分别计算窗口的接收能量,用能量比作为判决变量.分析表明,双滑动窗口法判决变量的取值只与信噪比有关,与信道增益无关,较好地解决了突发信号检测算法门限设置问题.

笔者在双滑动窗口算法实现突发通信信号检测的基础上,利用前导码的特征对算法进行改进.通过增大判决

变量幅度,进一步提高信号检测的分辨率和灵敏度.

## 1 双滑动窗口改进算法

### 1.1 双滑动窗口法

双滑动窗口法的原理框图如图1所示,取判决变量 $m_n$ 为窗口A、B中的能量比.窗口A和B在向右滑动的过程中是相对静止的,当2个窗口都只包含噪声时,得到的响应是平坦的,因为理想情况下噪声能量是相等的.当有效数据边沿到达窗口A时,A中的能量一直增加,直至有效数据的开始部分都包含在窗口A中,这一点 $m_n$ 就是三角形波形的峰值,图中该位置对应取样时刻.该点过后窗口B开始包含有效信号能量,随着有效数据进入窗口B, $m_n$ 逐渐下降,最后又恢复平坦. $m_n$ 可以看成是微分器,当输入信号能量变化剧烈时,取值会比较大,当 $m_n$ 超过门限 $T_h$ 时即可做出判断.图2是具体实现框图,窗口信号能量和判决变量

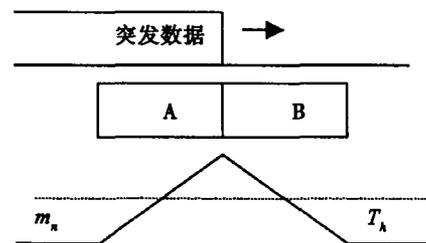


图1 双滑动窗口法的响应

• 收稿日期:2006-10-16

基金项目:重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2005BB2193);移动通信技术重庆市信息产业部重点实验室开放基金资助项目

作者简介:冯文江(1963-),男,重庆大学教授,博士,主要从事通信与测控技术及宽带无线接入技术等方面的研究,

电话(Tel.):023-65106498;E-mail:fwj@ccee.cqu.edu.cn.

分别为:

$$a_n = \sum_{m=0}^{L-1} r_{n-m} r_{n-m}^* = \sum_{m=0}^{L-1} |r_{n-m}|^2,$$

$$b_n = \sum_{i=0}^L r_{n+1+i} r_{n+1+i}^* = \sum_{i=0}^L |r_{n+1+i}|^2, m_n = \frac{a_n}{b_n}. \quad (1)$$

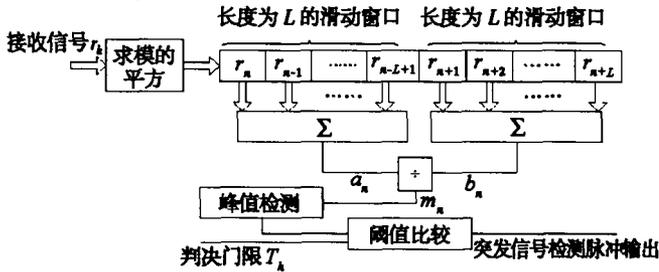


图 2 双滑动窗口法实现框图

双滑动窗口法的另一个特点是在  $m_n$  峰值点,  $a_n$  的值为信号能量和噪声能量之和,  $b_n$  的值等于噪声能量, 因而峰值点的  $m_n$  值为

$$m_{peak} = \frac{a_{peak}}{b_{peak}} = \frac{S + N}{N} = \frac{S}{N} + 1 = SNR + 1. \quad (2)$$

由此可知双滑动窗口法的判决变量  $m_n$  的取值只与信噪比有关系, 与信道增益无关, 所以可以很好地解决突发信号检测算法门限设置问题。

### 1.2 改进后的双滑动窗口法

为了有效利用前导码字的特征, 对双滑动窗口法进行改进. 改进后的双滑动窗口法实现框图如图 3 所示. 其算法表述为:

$$a_n = \sum_{m=0}^{L-1} z_{n-m} z_{n-m}^* = \sum_{m=0}^{L-1} |z_{n-m}|^2,$$

$$b_n = \sum_{i=0}^{L-1} z_{n+1+i} z_{n+1+i}^* = \sum_{i=0}^{L-1} |z_{n+1+i}|^2, m_n = \frac{a_n}{b_n}, \quad (3)$$

其中,  $z_n = r_n + r_{n+2M}, n = 0, 1, \dots, M$  为过采样倍数.

选择前导序列为“...11011101...”序列, 所以对于信号分量来说相当于信号幅度增加了 2 倍, 对于噪声分量, 其方差增加了 2 倍. 故可以得出

$$m_{pear} = \frac{a_{pear}}{b_{pear}} = \frac{4S + 2N}{2N} = \frac{2S}{N} + 1 = 2SNR + 1. \quad (4)$$

由此可以看出当信噪比较高时, 改进的双滑动窗口法的判决变量值大约是传统双滑动窗口法的 2 倍, 有利于提高检测分辨率和灵敏度.

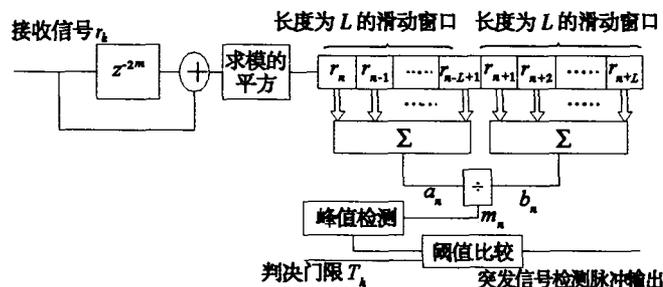


图 3 改进双滑动窗口法实现框图

## 2 改进算法的仿真

为了验证突发信号检测算法的性能, 对该算法进行了计算机仿真. 仿真条件和参数主要有: 前导序列“...11011101...”, 加性高斯白噪声信道, OQPSK 调制方式, 发送、接收成型滤波器采用滚降系数为 0.3 的平方根滚降滤波器, 过采样倍数  $M = 8$ , 接收端相位偏移为  $60^\circ$ . 图 4 为在信噪比分别为 3 dB 与 10 dB, 无频偏的情况下, 对改进前后的双滑动窗口算法进行仿真得到的结果. 由图可以看出, 改进后的双滑动窗口算法的判决变量的峰值较传统双滑动窗口算法有很大提高. 在信噪比为 3 dB 及以上情况下, 阈值只要设置为 3 就可以准确地检测到突发数据的到来, 而不像传统的双滑动窗口, 在 3 dB 左右无法设置固定阈值.

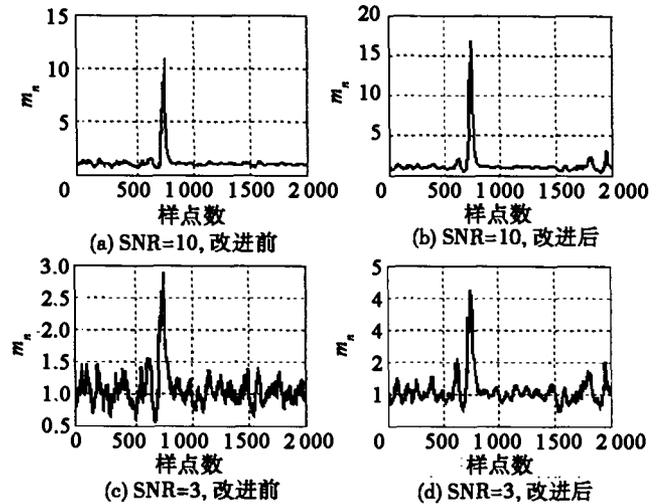


图 4 改进前后双滑动窗口法的判决变量值

图 5 为在信噪比为 3 dB 的情况下, 假设频偏为 0, 在信道增益分别为 1, 0.8, 0.6 与 0.2 的情况下, 所得到的判决变量的曲线图. 由图 5 可以看出在相同信噪比情况下, 判决变量的输出值只与信噪比有关, 而与信道增益无关. 说明改进后的双滑动窗口法可以很好地解决判决门限设置的问题.

由于突发信号检测是全数字接收机<sup>[4-5]</sup>所需完成的第 1 个同步算法, 在进行信号检测时, 载波频偏与位定时均未恢复. 由改进后的双滑动窗口算法推导过程可以看出, 该算法与位定时无关, 但是载波频偏却能对算法产生影响. 为了验证改进后的双滑动窗口算法在不同频偏情况下的性能, 对信噪比为 10 dB, 载波频偏分别为符号速率的 1/1 000, 1/100, 5/100 与 1/10 时算法的性能进行了计算机仿真. 仿真结果如图 6 所示. 由图 6 可以看出在载波频偏较小(小于符号速率的 5/100)的情况下, 算法的性能没有较大损失, 就可以利用改进后的双滑动窗口法进行突发信号检测.

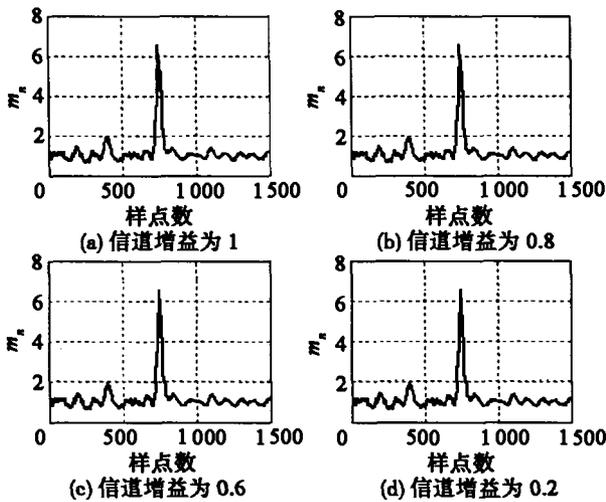


图 5 不同信道增益条件下的判决变量值

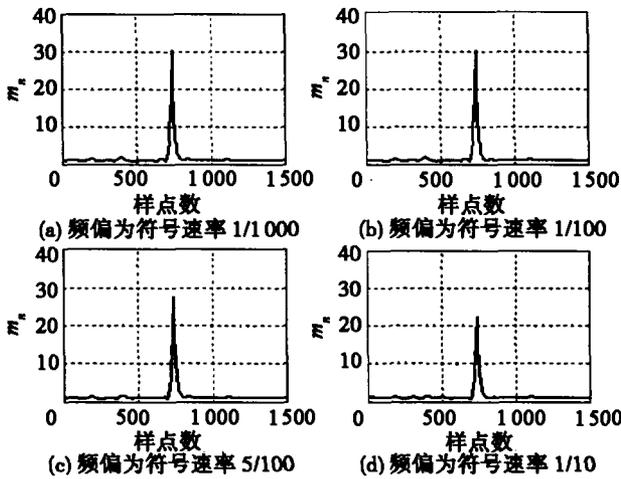


图 6 不同频偏条件下的判决变量值

### 3 改进算法的 FPGA 实现

采用改进后的双滑动窗口法进行突发信号检测的 FPGA 硬件实现框图如图 7 所示。

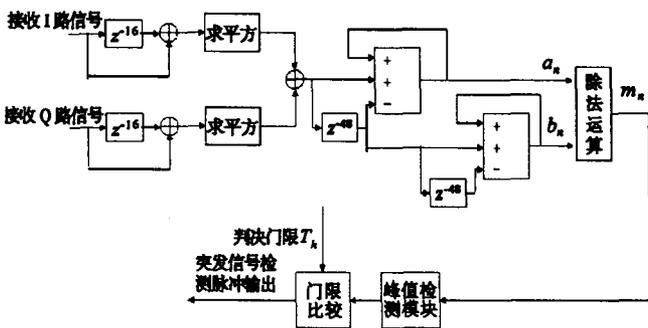


图 7 改进算法的 FPGA 硬件实现框图

根据前面的仿真结果,选择滑动窗口长度  $L$  为 48 个采样点.由图 7 可以看出该算法主要包括延时求和、求模的平方、求滑动窗口能量值、峰值检测等部分.

在 QuartusII<sup>[6-7]</sup> 软件环境下,把突发信号检测模块综合适配后的程序下载到硬件开发板上,利用 Signal-

Tap 内嵌逻辑分析仪对模块进行了时序仿真,主要参数为:加性高斯白噪声信道条件,信噪比为 8 dB, QQPSK 调制方式,数据源为“...11011101...”的前导码序列,符号速率为 10 Mbit/s,发送成型滤波器采用滚降系数为 0.30 的平方根滚降滤波器,过采样倍数  $M=8$ ,接收端相位偏移为  $60^\circ$ ,频偏为 20 kHz(符号速率的 2%),判决门限设为 4.

仿真结果如图 8 所示. FPGA 工作时钟为 80 MHz,由图 8 可以看出笔者设计的突发信号检测模块在 80 MHz 的系统时钟下,开销为 6 个符号左右,就能够稳定地运行.

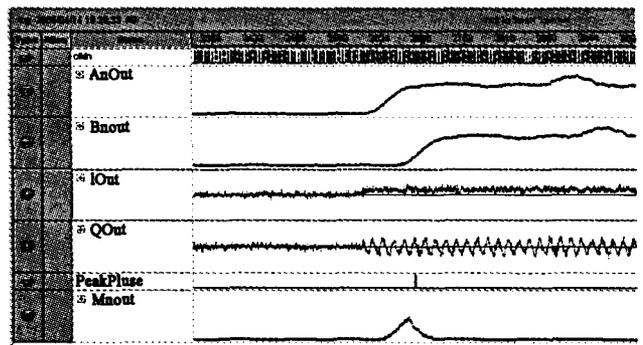


图 8 突发检测模块的时序仿真波形

图 8 中 IOut:输入的 I 路信号波形;QOut:输入的 Q 路信号波形;AnOut:滑动窗口 A 的输出值  $a_n$ ; BnOut:滑动窗口 B 的输出值  $b_n$ ; MnOut:判决函数的输出值  $m_n$ ; PeakPulse:突发信号检测脉冲输出.

### 4 结束语

笔者在传统的双滑动窗口法基础上,提出了一种改进型的双滑动窗口法,来进行突发信号的检测. Matlab 仿真和 FPGA 实现结果表明,改进检测算法开销小,可提高检测分辨率和灵敏度,适用于 TDMA 方式及其他突发方式的移动通信系统.

#### 参考文献:

- [1] 曹志刚. 现代通信原理[M]. 北京:清华大学出版社, 1992.
- [2] BASTIAANS M. On the sliding window representation in digital signal processing[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1985, 4(33): 868-873.
- [3] CHEN HSIAL-WA, SIM HAK-KEONG. Orthogonal decision-feedback detector for asynchronous multiuser CDMA systems[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2001, 8(42): 1961-1972.
- [4] 李彤,沈兰荪. 全数字接收机的结构及关键技术[J]. 电信科学, 1995, 11(2): 25-31.

## Grid Workflow Management System Research and the Realization Based on the OGSA

SUN Yue , CHEN Chun-ping, REN Jiang-hong

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Grid applications have evolved from science research to business and manufacture field, in these fields, tasks always process in workflow mode. In order to found a workflow management system in grid, the authors adopt a hybrid grid workflow engine after analyzing the characteristics of grid environment and give a referenced model of workflow management system in grid that is based on the engine. Through the examination, the authors prove the original intention is feasible.

**Key words:** grid; workflow management system; OGSA

(编辑 侯 湘)



(上接第 60 页)

- [5] 陈寅健,李荔,李国通,等. 移动卫星突发通信全数字接收机设计[J]. 应用科学学报,2001,19(1):20-23 .
- [6] 侯伯亨,顾新. VHDL 硬件描述语言与数字逻辑电路设计[M].

西安:西安电子科技大学出版社,1997 .

- [7] 王诚,薛小刚,钟信潮. FPGA/CPLD 设计工具[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

## Improved Signal Detecting Algorithm for Burst Communication

FENG Wen-jiang, WANG Hong-xia, HOU Jian-hui, LI Guo-quan

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Signal detecting is the first task for Burst communication. The paper proposes an improved double sliding window algorithm to detect burst signal based on the feature of preamble sequence. Additionally, theory analysis and computer simulation of the improved algorithm are also made in several typical channels. At last, the algorithm is realized with FPGA, and the result indicates that the improved algorithm can detect burst signal only within the time of 6 symbols, obviously improving the capability of signal detecting algorithm.

**Key words:** burst communication; signal detecting; double sliding windows algorithm

(编辑 李胜春)