

# AIS 系统中 NRZI 编码及 GMSK 的调制与解调的仿真

The Modulation and Demodulation Emulsion of GMSK and NRZI Code of AIS System

郑忠国,来飞(中国人民解放军 68310 部队司令部,陕西 西安 710600)

Zheng Zhong-guo,Lai Fei(68310Troops.PLA,Shanxi Xi'an 710600)

**摘 要** :该文介绍了 AIS 系统中的 NRZI 编码及 GMSK 的调制解调原理和特点,在详细分析了 NRZI 编码过程和 GMSK 调制解调算法的基础上,在 Matlab 平台上对 AIS 信号进行 NRZI 编码,并根据正交调制和 1bit 差分检测算法进行了 GMSK 的仿真实现。程序运行结果表明,程序设计方案能正确实现 NRZI 编码和 GMSK 的调制,较好地完成了预期目标。

**关键词** :AIS 信号;NRZI 编码;GMSK 调制与解调

中图分类号:TP394 文献标识码:A 文章编号:1003-0107(2011)10-0038-04

**Abstract**: This paper introduces the NRZI coding and the principle and advantages of GMSK modulation and demodulation in AIS system. On the basis of analyzing in detail the producing process of NRZI coding and the algorithm of GMSK modulation and demodulation, the paper makes NRZI coding and GMSK quadrature modulation and 1bit difference demodulation on Matlab. Program results show that the procedure can achieve NRZI coding and GMSK modulation and demodulation correctly and completion of a good target.

**Key words**: AIS signal; NRZI coding; GMSK Modulation and Demodulation

CLC number: TP394

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2011)10-0038-04

## 0 引言

船舶自动识别系统 (AIS, Automatic identification System) 是一种适用于水上船舶信息交换的新型助航系统,可用于海上船只与船只之间、船只与海上交通管理中心之间的相互识别。船载 AIS 使用 VHF 波段,工作在 161.975MHz 和 162.025MHz,带宽为 25kHz。它采用 GMSK 调制模式,数据编码方式为 NRZI 码,传输速率为 9 600bps,通信规程则是 HDLC 通信链路控制规程。由于 GMSK 具有优良的功率谱特性(功率谱旁瓣快衰减特性),在对信号频带严格限制的各种数字通信领域尤其是 VHF(甚高频)和 UHF(超高频)频段的移动通信系统中得到广泛的应用。目前, GMSK 信号已经成为地面蜂窝移动通信系统的一种标准。

## 1 NRZI 编码及 GMSK 原理

### 1.1 NRZI 编码

AIS 工作在 VHF(甚高频)海上移动频段,数据传输信道属于无线信道,数据编码要求用 NRZI (Non-Return-to-Zero-Invert-on-ones)。在 NRZI 编码方式中,当信号码元为 "1" 时不反转,为 "0" 时再作反转,如图 1 所示。

根据统计,连续 "1" 出现的几率比连续 "0" 出现的几率大。因此,对 "1" 的连续串进行同步就在保持整体消息同步上前进了一大步。一串连续的 "0" 仍会造成麻烦,但由于连续 "0" 出现得不频繁,对于解码来说其妨碍就小了很多。

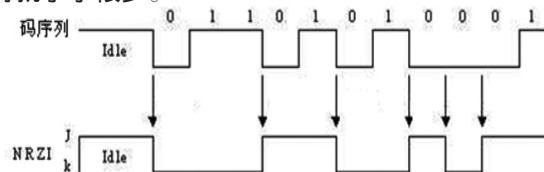


图 1 NRZI 编码

从数据基带信号码型的选择原则来看, NRZI 码型具备如下优点: NRZI 是双极性码,其频谱不含直流分量,低频分量也很少,适宜用在 VHF 甚高频无线信道中; NRZI 是不归零码,传输时需要较少的频带,提高了频带利用率;可以提供一种同步机制;与信源的统计特性无关,能适应于信源的变化;编码和解码设备都很简单。但这样的编码方式会遇到一个很严重的问题,就是若连续相同的 "1" 信号进入时,码元就会造成长时间无法翻转,逐渐累积,而导致 "塞车" 的现象,这使得读取的时序会发生严重的错误。因此,在发送端发送码元之前,需要先进行位填充以及 NRZI 编码

的工作。接收端接收码元之前,就必须先进行 NRZI 解码,然后再作位反填充(unBit- Stuffing)的工作。如图 2 所示。

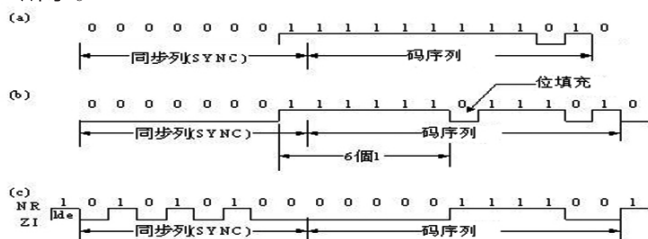


图 2 位填充及 NRZI 解码的过程

经过 NRZI 编码及位填充的码序列将进入已经产生好所需规格的高斯滤波器  $g(t)$  来滤掉高频部分。

## 1.2 GMSK 调制解调原理及方法

AIS 要求的数据调制方式是 GMSK(Gaussian filtered MSK),它是高斯最小频移键控的简称,是在 MSK 调制信号的基础上发展起来的。GMSK 信号就是预调制滤波器为高斯低通滤波器的 MSK 信号,基本原理是让基带信号先经过高斯低通滤波器滤波,使基带信号形成高斯脉冲,之后进行 MSK 调制。GMSK 是 MSK 的改进,GMSK 频谱在主瓣以外比 MSK 衰减得更快,降低带外辐射,且邻路干扰小。如图 3 所示。

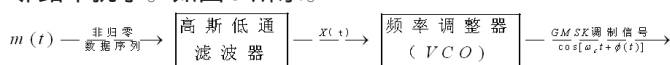


图 3 GMSK 调制原理图

GMSK 信号的调制,关键是要有一个性能良好的高斯低通滤波器。它必须具有如下特性:

- (1)有良好的窄带和尖锐的截止特性,以滤除基带信号中多余的高频成分。
- (2)脉冲的响应过冲量应尽量小,防止已调波瞬时频偏过大。
- (3)输出脉冲响应曲线的面积应对应于  $\pi/2$  的相移量,使调制指数为 1/2。

高斯低通滤波器  $g(t)$  可表示如下:

$$g(t) = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{erf}\left(-\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B(t-T)\right) + \operatorname{erf}\left(-\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B(t+T)\right) \right]$$

其波形图如图 4 所示。

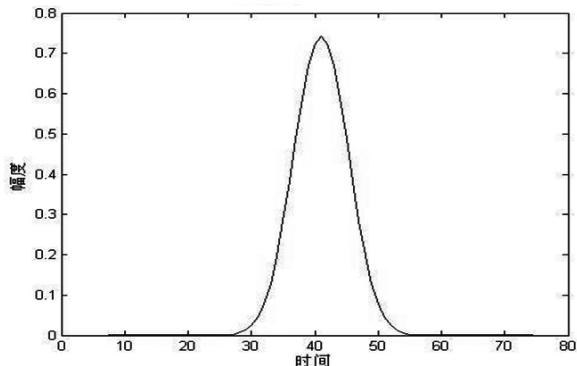


图 4  $g(t)$  波形图

高斯低通滤波器的脉冲响应  $h(t)$  可以表示为:

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma T} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2 T^2}\right)$$

其中  $\sigma = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\pi BT}$ ,  $B$  是滤波器的 3dB 带宽。

GMSK 信号的表达式为:

$$x(t) = \left\{ \cos(\omega_c t) + \frac{\pi}{2T_b} \int_{-\infty}^t \left[ \sum a_i g(\tau - iT_b - \frac{T_b}{2}) \right] d\tau \right\}$$

式中  $\omega_c$  为载波角频率,  $T_b$  为比特宽度,  $a_i$  为输入的不归零数据。由公式可知, GMSK 调制的关键点在于求

$$\text{得 } \Phi(t), \text{ 即 } \Phi(t) = \frac{\pi}{2T_b} \int_{-\infty}^t \left[ \sum a_i g(\tau - nT_b - \frac{T_b}{2}) \right] d\tau.$$

根据 GMSK 的调制原理可以得出 GMSK 的工作过程,这里采用的是正交相位调制。正交调制是一种间接调制的方法。首先产生输入信号,在 MATLAB 中利用函数产生 0、1 随机信号脉冲。其次产生一个高斯低通滤波器,并使信号脉冲通过该滤波器。经过高斯低通滤波后并作相位积分运算后,分成同相和正交 I、Q 两部分,分别对载波的同相和正交分量相乘,再合成 GMSK 信号。

GMSK 信号的解调采用非相干解调中的 1bit 差分检测算法。在接收端,调制后的 GMSK 信号经过数字下变频后恢复成 I、Q 两路信号后,将其中一路数据经过时延,和另一路信号相乘,解调出来的高斯波形信号再进行低通滤波后进行模  $\pi$  校正。得出的信息进行位定时取出最佳采样点的值,判决即得到解调数据。判决依据是:当值大于或等于零时,判决的数据是 "1";当值小于零时,判决的数据是 "0"。采用 1bit 差分检测算法的 GMSK 信号解调框图如图 5 所示。

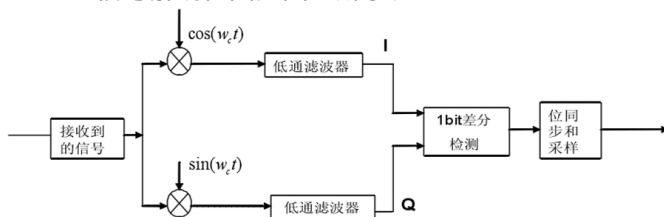


图 5 GMSK 信号解调框图

由于 1bit 差分解调一般选取零为判决门限,误判机会小一些。并且此算法原理简单,软件编程时容易实现,故本次设计在 GMSK 信号的解调中采用的是 1bit 差分检测算法。

## 2 AIS 信号 MATLAB 仿真

### 2.1 NRZI 编码及 GMSK 信号调制与解调

AIS 中的信息是通过数据包来传输的,一帧相当于一分钟,并分为 2 250 个时隙,每个时隙包含 256bit。仿真程序中严格按照 AIS 信号参数来设置程序中的变量。

首先以 16 位码元([0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1])为例来演示 NRZI 编码及 GMSK 调制解调的过程,如图 6 所示。

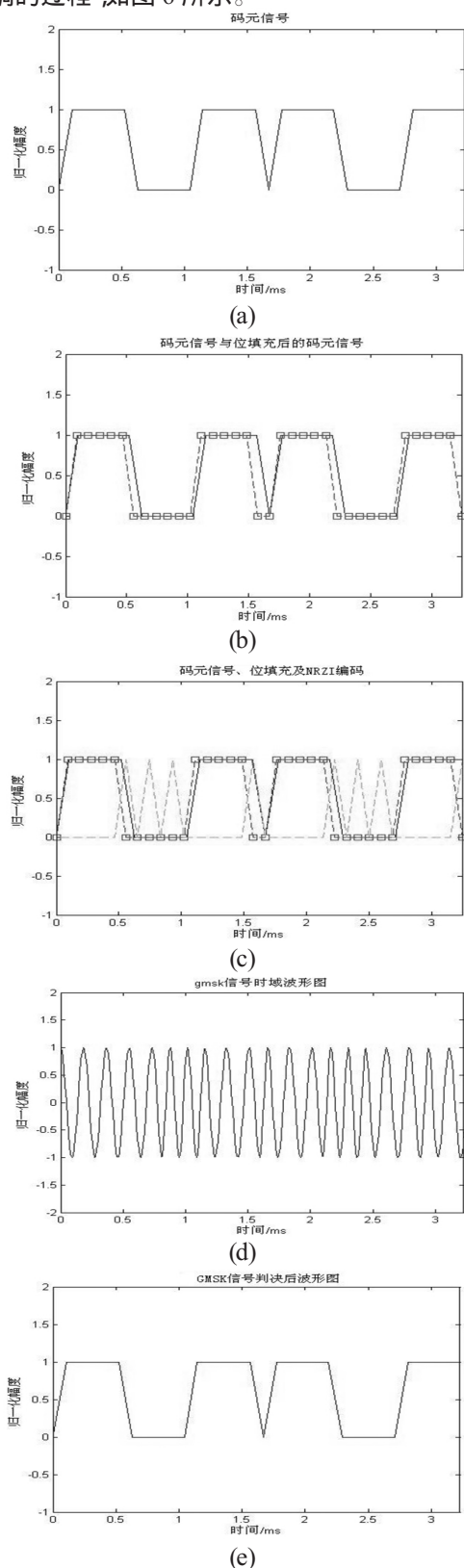


图 6 NRZI 编码及 GMSK 调制解调的过程

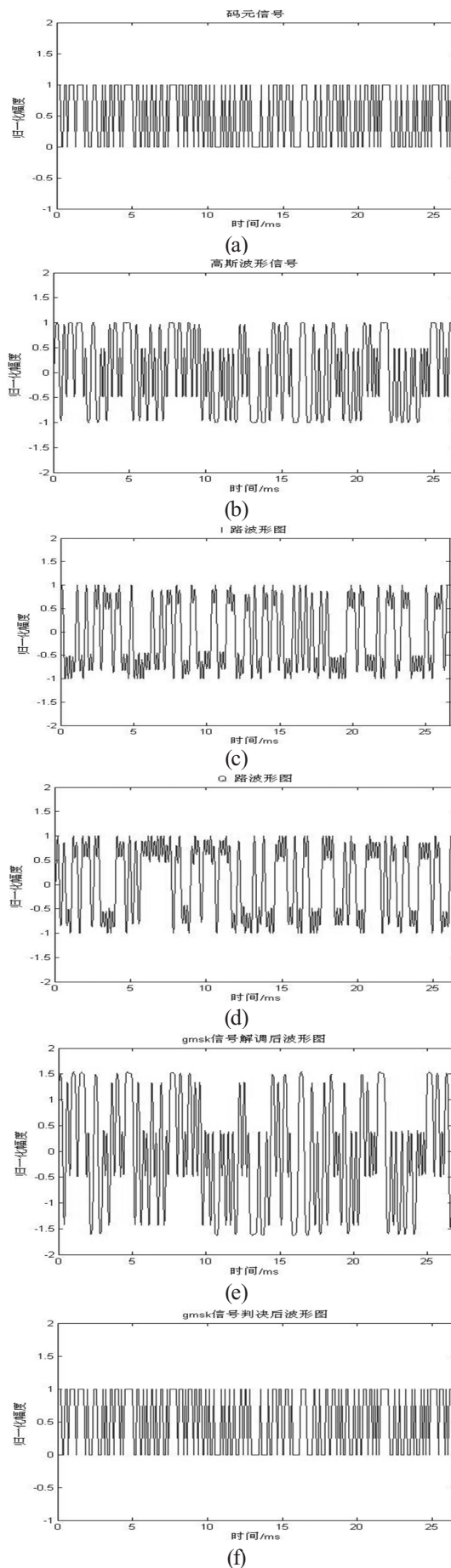


图 7 AIS 信号 MATLAB 仿真效果图

下面以 256 位码元,码速率为 9 600bps,采样频率为 0.153 6MHz(十六倍码速率采样),载频为 161.975MHz 的码元信号进行 MATLAB 仿真。仿真效果如图 7 所示。

通过计算得出,GMSK 信号判决后的误符号率为 0。仿真结果表明,随机产生的基带信号用 1bit 差分解调,解调算法取得了较好的效果。

## 2.2 码间干扰 ISI

相邻码元之间的相互影响和高斯低通滤波器的参数有关,也就是和高斯低通滤波器的 3dB 带宽  $B$  有关。由于矩形脉冲通过高斯滤波器之后,形成的高斯脉冲在时间上延伸,每个码元脉冲将延伸到相同码元的时间间隔内,这就会造成码间干扰。 $BT$  值越小,GMSK 信号功率谱密度的高频分量衰减越快,主瓣越小。信号所占用的频带越窄,带外能量的辐射越小,但当  $BT$  值减小时,高斯滤波器响应拖尾将变大,引入的 ISI 也将增大,从而使误码率升高。不过只要 ISI 产生的误码率比信道产生的误码率小,使用 GMSK 调制就不会对总的误码率造成大的影响。本文中  $BT$  取 0.3,效果良好。

## 3 结论

调制解调在无线数据传输中有着非常重要的作用。高斯滤波最小频移键控(GMSK)的调制解调是 AIS 系统中的关键技术。GMSK 的优良特性,如连续的相位轨迹,极好的频谱特性使带外辐射较低,以及具有恒包络特性等,使其作为一种高效的数字调制方案被运用于 AIS 系统中。

上接 37 页

的波特率是 1 200,分站与主站通信时采用的波特率是 2 400,所以,主程序转换到相应的通信子程序时,要通过 T1 进行相应的波特率的设定。485 总线通信的有效距离和通信的速率是成反比例的关系的,所以为了获得较远的通信距离,采用了较低的串行通信速率。

## 4 结语

本文根据二轴应力监测传感器的特点和煤矿井下的现实情况设计出一套地应力采集系统,该系统能够在井下起到实时声光报警作用,预防矿难险情的发生,为井下煤矿的安全生产起到积极的作用。同时,该系统将监测到的地应力数值通过数据总线和传输装置传送到井上控制中心的计算机进行处理,为井下煤岩地应力情

本文利用 MATLAB 仿真软件实现了 NRZI 编码、解码和 GMSK 信号的调制与解调,采用了正交调制与 1bit 差分检测算法。从仿真结果来看,算法达到了预期的效果,为更好地认识 AIS 系统和实现 AIS 实测数据的调制解调打下了一定的基础。

## 参考文献:

- [1]李宗.基本通信原理[M].北京:北京邮电大学出版社,2009.
- [2]RAPPAPORT T S.Wireless Communications Principles and Practice[M].Boston:Prentice Hall,2006.
- [3]PROAKIS J G.Digital Communications [M].3rd version. New York:McGraw- Hill,1995.
- [4]邓华. MATLAB 通信仿真及应用实例详解[M].北京:人民邮电出版社,2003.
- [5]ZHANG G X,JIN W D,HU L ZH.Radar emitter signal recognition based on complexity features [J].Journal of Southwest Jiaotong University,2004,12(2):116- 122.
- [6]YE F,YU ZH F,LUO J Q. Analysis of Radar Emitter Signal Feature Based on Multifractal Theory [A]. Proceedings of 2007 8th International Conference on Electronic Measurement & Instruments [C].Xi'an china. 2007:14- 17.
- [7]Ioannis Moraitakis,Monique P.Fargues.Feature extraction of intra- pulse modulated signals using time- frequency analysis[J].IEEE,2000.

况的宏观分析提供一定量的相应的数据,为地应力监测技术进一步的发展提供数据依据。

## 参考文献:

- [1]李杨.浅析地应力的构成测定方法[J].硅谷,2009,(8).
- [2]周四春,吴建平,祝忠明.传感器技术与工程应用[M].北京:原子能出版社,2007.
- [3]National semiconductor.ADC0801/ ADC0802/ ADC0803/c ADC0804/ ADC0805 8- Bit uP Compatible A/D Converters [Z].1993.
- [4]Vishay Telefunken.Photo Modules for PCM Remote Control Systems [EB/OL].(2000- 03- 10)[2010- 04- 19].http://pdf.dzsc.com/20090603/200903050705374894.pdf.