面向窄带通信的高速调制解调器设计

赵 星，张 楠，赵明渊

（凯迈（洛阳）电子有限公司，河南 洛阳 471003）

摘要：面向230 MHz窄带无线通信应用领域，提出了一种以GMSK作为基带调制方式的无线调制解调器设计方案，该方案以AT89S52单片机为控制核心，采用CMX909B实现调制、解调、纠错编码、交织、扰码等基带信号处理功能。经实验验证，基于该方案设计的调制解调器与传统模拟电台连接可以实现可靠的高速数据传输，在25 kHz信道上速率可达9 600 bps。目前，该调制解调器已经成功应用于电力负荷管理系统中。

关键词：GMSK；CMX909B；基带调制解调器；无线数据传输；窄带

High speed MODEM design for narrow band communication

ZHAO Xing, ZHANG Nan, ZHAO Ming-yuan
(CAMA Electronics Co.Ltd, Luoyang 471003, China)

Abstract: A design scheme about wireless MODEM using GMSK baseband modulation is mentioned for 230MHz narrow band wireless communication application, which uses AT89S52 as main controller and CMX909B for baseband signal processing such as modulation, demodulation, error correction coding, interleaving and scrambling. It has been proven that reliable higher rate data transmission can be achieved by use of analog radio connecting with MODEM designed according to that scheme. The data rate is up to 9600bps on 25 kHz channel. Nowadays, the MODEM has been used in power load management systems successfully.

Key words: GMSK; CMX909B; baseband MODEM; wireless data transmission; narrow band

中图分类号：TN76 文献标识码：A 文章编号：1674-3415(2009)15-0104-03

0 引言

我国无线电管理委员会明确规定将223.025～235.000 MHz作为遥测、遥控、数据传输等业务使用的频段(以下简称230 MHz频段)，其中228.025～230.000 MHz为单频组网频段，信道间隔为25 kHz；223.025～228.000 MHz和230.025～235.000 MHz为双频组网频段，信道间隔为25 kHz，收发频率间隔为7 MHz[1]。目前，电力负荷管理系统是230 MHz频段最主要的应用者，它使用了其中的15组双工频点和10个单工频点。根据我公司在电力负荷管理系统方面的市场经验得知，为了降低成本，230 MHz频段数据传输基本上都是采用传统语音电台加调制解调器的模式，而以往的调制解调器常用的速率为1 200 bps、2 400 bps和4 800 bps，调制方式主要有FSK、PSK、QPSK和MSK等。在电力负荷管理系统发展的早期，由于数据终端数量较少，使用较低的速率能够满足系统对数据传输容量的需求，但随着经济的发展和电力信息平台建设的深入，数据终端数量及单台终端的数据量都大幅增加，通信速率逐渐成为系统的瓶颈。虽然通过对无线组网方式的优化可以有效解决系统速率的问题，但是实现起来相对复杂，需要进行较为长期的工作，而提高信道速率则是解决问题的根本途径。本文正是在这样的背景下实现了一种信道速率为9 600 bps的调制解调器。

1 设计原理

在利用传统模拟电台进行数据传输时，通常采用AFSK音频移频键控（Audio Frequency Shift Keying）调制方式，将原始数字序列中的“0”和“1”转换为语音频带内的两个副载波，形成音频信号，然后连接至电台的语音调制输入端，调制至射频输出。在数据速率为9 600 bps时，若采用AFSK调制方式，则无法满足射频带宽要求，同时也超出了语音电台的带宽限制。因此，本文采用预调制滤波技术，将二进制非归零码表示的原始比特流经过滤波器成形后，由电台直接进行调频，理想情况下，发送9 600 bps二进制数据时模拟基带信号的最高频率分量为4 800 Hz，考虑到语音电台的设计裕量，利用该方法可以实现9 600 bps传输。在实际应用中，基带信号中往往含有大量的高频谐波，从而直

接用于调制射频载波时将使射频信号占用相当大的带宽，超出无线信道带宽的限制，因此必须采用特性较好的预调制滤波器以减小无线数据传输所占用的带宽。这里采用高斯脉冲成形滤波器进行预调制滤波，亦即使用了高斯最小移频键控 GMSK（Gaussian Minimum Shift Keying）基带调制方式。

GMSK 调制的原理如图 1 所示，它是由 MSK 演变而来的一种简单的二进制调制方式。在 GMSK 中，将非归零(NRZ)数据通过预调制高斯脉冲成形滤波器，使其频谱上的旁瓣水平得到进一步降低，由于高斯脉冲成形技术平滑了 MSK 信号的相位曲线，因此稳定了信号的瞬时频率变化，从而提高了频谱效率[2]。高斯滤波器的输出脉冲经 MSK 调制即得到 GMSK 信号，其中 MSK 通过控制调制指数为 0.5 的直接调频实现。

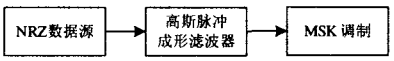

图 1 GMSK 调制原理

Fig.1 GMSK modulate principle

值得注意的是，因为高斯脉冲成形滤波器不满足消除 ISI（符号间干扰）的奈奎斯特准则，所以减小占用频谱而造成 ISI 增加，从而导致误码率性能下降[3]。这样，当使用高斯滤波进行脉冲成形时，在希望得到的射频带宽和由于 ISI 造成的比特差错之间存在着矛盾。为此我们采用了 FEC（前向纠错）编码技术，在保证频谱效率的前提下，通过牺牲一定的传输效率来提高系统的误码率性能，同时采用交织技术以提高抗突发干扰的能力。

此外，当数字序列中包含较长的连“0”码或连“1”码时，经波形成形后的基带信号中将含有接近于直流的低频分量，而通常模拟电台的调频发射机对低频信号的响应特性比较差，因此需要采用伪随机序列将原始比特流扰乱后输出，这也有利于信号接收端位同步信号的提取[4]。

2　硬件设计

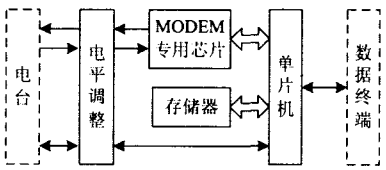

图 2　系统结构

Fig.2 System architecture

如图2所示，调制解调器主要由单片机、存储器、调制解调专用芯片和电平调整电路组成。其中，单片机作为调制解调器的控制核心，它主要完成串口数据收发、数据缓冲处理、控制和访问MODEM专用芯片等功能，设计中我们选用的是ATMEL公司的AT89S52，它可以实现在系统编程。由于引入了前向纠错编码等冗余数据，导致串口数据速率与空中有效数据速率不一致，为了解决这个问题，使用一个容量为8 k字节的SRAM芯片作为数据缓冲区。电平调整电路用于实现模拟基带信号的滤波放大以及控制线的电平转换，以使调制解调器与电台的接口相匹配。

为了简化设计，采用了CML公司专用芯片CMX909B实现基带处理功能，它是一款半双工GMSK基带调制解调芯片，片上具有调制解调、前向纠错编码、交织、扰码、以及数据包处理等功能，可以将单片机从一些常规的处理任务中解放出来。CMX909B的外围电路设计非常简单，可根据其数据手册的推荐电路进行设计[5]，这里不再赘述。

3　软件设计

软件主要包括串口操作、数据缓冲处理和基带信号处理三个部分，前两个部分都是程序设计中经常见到的基本功能模块，限于篇幅，这里只重点介绍后者。

基带信号处理可以简单看作原始用户数据与空中信号之间的相互转换过程，分别对应于调制解调器的收、发状态。由于无线信道的衰落特性，空中信号格式的选择在一定程度上会影响通信质量。而基带处理芯片CMX909B内部完全兼容了Mobitex帧格式，同时也允许用户进行自定义，由于Mobitex是国际上应用最广泛的无线数字网络之一，因此在设计上沿用了这一格式，它的构成如图3所示。

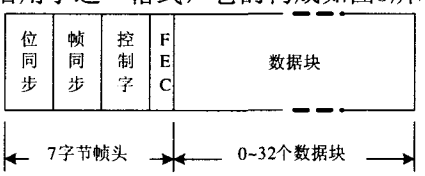

图 3 Mobitex 空中帧格式

Fig.3 Mobitex over-air frame structure

其中，位同步字节的选取参考 Mobitex 推荐的序列，即基站采用十六进制字符 CC，移动站采用十六进制字符 33；帧同步字节的选取应避免数字序列经波形成形后产生频率较高的信号，也应避免较长的连 0 或连 1 码，否则会使帧同步信号波形变差，影响同步性能，我们在设计中选用十六进制字符 B433 用于帧同步；控制字可用于用户的变量定义；数据块部分是经过 CRC 校验、FEC 编码、交织以及扰码之后的数据，每个数据块长度为 30 字节，其中包括 18 个字节的用户数据，也就是说系统采用的是数据分组传输，当用户数据不满 18 字节时，需要进行填充。

CMX909B 对于设计者可见的就是五个寄存器和

一个数据缓冲区，数据缓冲区容量为 18 字节，在外部映射为同一个地址，单片机通过对该地址的连续读或写操作对数据缓冲区进行访问。单片机根据串口的 RTS（请求发送）信号和电台的 CD（载波检测）信号状态选择 CMX909B 的工作模式，当 RTS 有效时表明数据终端有数据等待发送，此时设置 CMX909B 为发送模式，进入数据发送流程；当 CD 有效时表明空中存在有效载波信号，此时设置 CMX909B 为接收模式，并启动位同步、帧同步等接收过程。程序流程见图 4。具体的发送和接收过程通过命令的方式控制 CMX909B 完成。

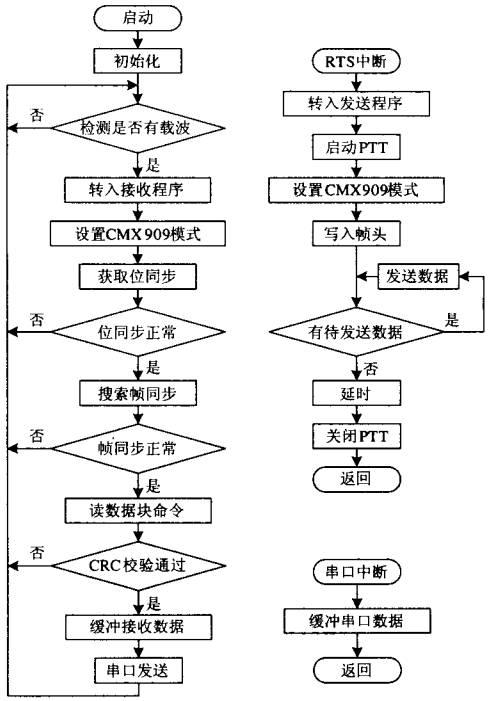

图 4 程序流程

Fig.4 Program flow

在软件设计中特别值得考虑的有以下几点：第一，半双工电台存在收发转换时间，数据接收完毕后最好不要立即启动发射机，而应等待必要的收发转换时间；第二，为了避免空中信号出现断续，应当合理安排中断任务；第三，传输效率与数据帧的长度有关，空中速率一定，则采用较长的数据帧具有更高的效率，当空中速率为 9 600 bps 时，其实际有效数据速率最高约为 5 760 bps。

4 实验结果

使用 230 MHz 频段传统模拟电台与调制解调器连接，搭建点对点实验系统，其中发射机频偏调整为 4 kHz，射频输出连接 50Ω 假负载，接收机处于常规静噪状态。利用 PC 机以 9 600 bps 速率周期性发送长度为 256 字节的测试数据组，连续发送 5000 组数据后，累计测得接收错误次数为 2 次，优于《GB/T 16611—1996 数传电台通用规范》中对常规数传性能的要求。另外，当传送大小为 18 K 字节的文件时，占用时间约 26 s，可知其实际速率约为 5 650 bps，考虑到开启及关闭电台时所需要的延时，实际结果与理论计算值 5 760 bps 基本一致。

5 结束语

根据本文阐述的方案所设计的调制解调器目前已成功应用于电力负荷管理系统中，它与传统模拟电台相配合，在完全符合相关无线通信标准的情况下，信道速率可达 9 600 bps，能够很好地缓解目前的数据传输压力。此外，该调制解调器的主要功能是基带信号的调制解调，射频部分直接利用传统的模拟电台实现，因此，只需要对电台接口电路稍作修改，这款调制解调器即可以应用于其它频段的无线数据传输，它所支持的最高速率为 38 400 bps。

参考文献

[1] 国家无线电管理委员会. 关于印发民用超短波遥测、遥控、数据传输业务频段规划的通知: 国无管[1991]5号[EB/OL].[1991-04-12]. http://www.zhejiang.gov.cn.
State Radio Regulatory Commission. The Notice on the Issuance of Ultrashort Wave Telemetry, Remote Control, Data Transmission Business Band Plan.SRRC[1991]NO.5[EB/OL]. [1991-04-12]. http://www.zhejiang.gov.cn

[2] 张辉,曹丽娜. 现代通信原理与技术[M].西安:西安电子科技大学出版社, 2003.
ZHANG Hui,CAO Li-na. Modern Communications Principles and Techniques[M].Xi'an: Xidian University Press,2003.

[3] Rappaport T S. 无线通信原理与应用(第二版)[M]. 周文安, 付秀花, 王志辉, 等译. 北京:电子工业出版社, 2008.
Rappaport T S. Wireless Communications: Principles and Practice(Second Edition)[M].ZHOU Wen-an,FU Xiu-hua,WANG Zhi-hui, et al trans.Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008.

[4] Consumer Microcircuits Limited. Practical GMSK Data Transmission[EB/OL]. [2000-08-01]. http://www.cmlmicro.com.

[5] Consumer Microcircuits Limited. CM909B GMSK Packet Data Modem[EB/OL]. [2000-08-01]. http://www.cmlmicro. com.

收稿日期：2008-09-03；　修回日期：2008-10-09

作者简介：

赵　星(1983-)，男，本科，从事电力系统通信的研究；E-mail:zhaoxing1908@yahoo.com.cn

张　楠(1983-)，女，从事电力系统通信的研究；

赵明渊(1976-)，男，硕士，从事电力系统通信的研究。