

文章编号: 1005-8451 (2009) 02-0006-04

基于 GSM-R 的可控列尾数据通信单元的设计和实现

吴景普

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 大秦线和潘号机车牵引采用结合 GSM-R 网络通信平台传输指令的 1+1+ 可控列尾组合方式, 可控列尾装置在铁路机车运行管理系统安全监控中起到重要作用, 研发为列尾主机和控制盒之间提供实时、高速和可靠的数据通信传输通道的通信单元 TCU (Trial Communication Unit) 是提高设备可靠性的关键。本项目主要完成了可控列尾装置 GSM-R 数据处理模块 (TCU) 的设计和实现。

关键词: 双机备份; GSM-R; 数据同步; 设计

中图分类号: TN925.1

文献标识码: A

Design and implementation of TCU based on GSM-R

WU Jing-pu

(Institute of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The 1+1+Controlled train tail device is used in Daqin line. This device is based on GSM-R Network communication Platform for delivery of instruction. It plays an important role in monitoring of CRH safety Management Systems. The Set TCU, which provides real-time, high-speed, reliable data-transmission between the main unit and the controlling box is designed and implemented in this paper.

Key words: dual-drive back-up; GSM-R; Data synchronization; design

大秦铁路是我国第一条专用的重载铁路, 开通以来为我国国民经济发展做出了重大贡献。为了满足需要, 大秦线的运量也在逐年大幅增长。

提高铁路运量, 主要通过两个方法, (1) 增加每天运行的列车对数; (2) 增加列车的牵引重量。而增加列车对数受到的制约因素较多。因此, 提高运量最有效的途径就是增加列车的牵引重量, 即发展重载列车, 这是世界上重载运输铁路提高运能、运量的一条有效途径。

大秦线确定采用 LOCOTROL 机车同步操控技术, 实现重载运输的“1+1+ 可控列尾”方式的重载组合列车编组模式, 引入了可控列尾技术。因此, 研究和开发重载可控列尾装备, 有效解决重载运输运行过程中的实时监控, 异常情况预警和处理等问题是必要的, 这样才能确保重载列车的运行安全, 进一步提高重载铁路运输效率和效益。

1 可控列尾工作原理

可控列尾系统由5大部分组成: (1) 机车部分;

(2) 网络部分 (GSM-R 网络及 AN 结点控制器); (3) 可控列尾主机; (4) 监测系统; (5) 检测系统。其工作过程如图 1。

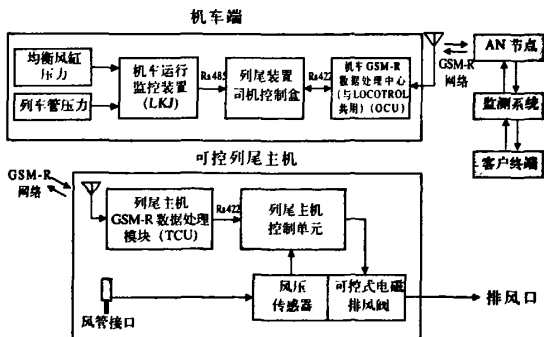


图 1 大秦线可控列尾原理示意图

当司机需要制动时, 操纵机车制动机减压, 这时均衡风缸压力及主管压力通过机车运行监控装置(LKJ)的 RS485 接口送到列尾司机控制盒中, 经过判断后, 司机控制盒将减压的信息, 通过 RS422 接口送到机车 GSM-R 数据处理中心 (OCU), OCU 通过 GSM-R 网络及 AN 交换节点与挂在列车尾部的可控列尾主机中的 GSM-R 数据处理模块 (TCU) 进行数据交换, TCU 将相关数据通

收稿日期: 2008-10-28

作者简介: 吴景普, 在读硕士研究生。

过 RS422 接口送到列尾主机的控制单元里, 控制单元根据机车传输来的减压信息通过可控电磁阀进行排风、减压。这样, 就完成了机车与可控列尾装置同步减压, 以达到列车头尾同时开始制动的目的。

在整个系统中, 采用现有的机车同步操控系统 (LOCOTROL) 的传输方式。以 GSM-R 网络为基础, 采用 AN 控制节点技术, 将可控列尾数据传输部分整合到 LOCOTROL 系统中。由于可控列尾的主要工作是辅助机车制动系统, 实时准确地完成机车制动工作, 因此列尾主机通信链路建立和通信数据完整等可靠性是非常重要的。因此, 为保证系统通信数据的可靠性, 列尾主机 GSM-R 数据处理模块 (TCU) 采用控制系统备份, 为保证列尾主机网络注册的可靠性, 设计双通道切换拨号注册方式, 采用相互容错的主备系统完成所需功能。

2 数据通信单元的硬件系统

2.1 系统设计目标

TCU 主要完成功能是列尾主机开机后可以迅速网络注册, 一旦注册成功, 机车头部列尾控制盒将列尾的风压信息传送到网络上的 AN 节点上, 并由 AN 节点转发至机车 OCU 设备, 然后再由控制盒显示出来。司机对列尾主机的排风压制制动操作同样由控制盒通过 OCU 发出, 经过 GSM-R 网络的 AN 节点转发到 TCU, 最后通过有线接口进入列尾主机, 完成排风压制制动操作。

TCU 主要包括两套独立主机, 其中每套主机又包括数据通信和数据处理部分。其系统框图如图 2。

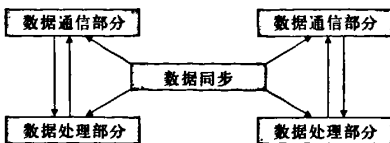


图2 TCU 的系统框图

2.1.1 数据通信部分

数据主要包括列尾设备与监测设备间的有线数据和监测设备和列尾控制盒间的无线数据, 有线数据采用 RS422 接口数据的采集, 无线数据通过无线 GSM 网络以 CSD 方式进行数据通信。

2.1.2 数据分析和处理部分

数据分析和处理部分的核心是 PHILIPS 高性能、低功耗的 ARM 微处理器 LPC2220, 它提供了充分的外围接口和高速的运算能力, 保证 TCU 稳定有效地实现系统要求的指令查询、数据记录和下载功能。

2.2 硬件结构设计

保证列尾主机通信链路建立和通信数据完整等可靠性是整个系统的关键所在, 因此通信单元采用相互容错的主备系统完成所需功能。双机热备份系统是 2 个系统之间总线连接, 关键数据在 2 个系统之间呈镜像存在。在正常运行时, 控制权在主用系统上, 数据实时地镜像到备用系统上。

选择嵌入式工控模块 MiniARM 作为主控制模块, 完成所需功能。主备机 A 和 B 的 MiniARM 与对应的 GPRS 模块都有物理连接。主机 A 的 ARM 与主机 B 的 GPRS 模块、主机 B 的 MiniARM 与主机 A 的 GPRS 模块通过 SPI 总线连接, 形成双机的备份。通信单元 TCU 的系统组成如图 3。

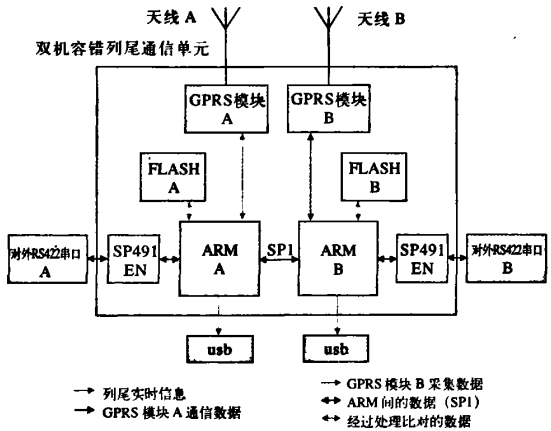


图3 TCU 系统组成图

3 通信单元软件系统结构实现与关键技术

3.1 软件系统结构

通信单元的核心控制采用 ARM + uC/OS-II 的系统构架, 可完成实时数据记录、分析、处理、同步存储, 以及网络下载的功能。

软件设计的原则是整个软件在实时操作系统的支撑下, 自顶向下分为任务层、中间层和硬件驱

动层。其中,任务层是用户自行定义的业务模块;中间层是连通任务层和硬件驱动层的桥梁,这样编程者可以不必了解硬件是如何工作的,仅通过调用中间层就完成业务工作;硬件驱动层提供和硬件相关的条件配置、相关函数、硬件相关协议控制和最终供其它层调用的API函数。

根据上述原则,软件的主要模块设计如图4。

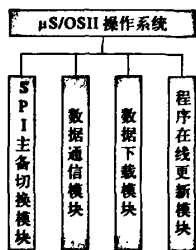


图4 系统软件功能模块

TCU软件可以稳定可靠的实现以下功能:

(1) 支持主备切换;(2) 处理有线接口和无线接口的通信协议;(3) 实时记录数据并提供下载;(4) 支持程序的在线更新(USB方式)。

3.2 TCU软件开发平台

TCU的软件工作主要是在MiniARM板上开发TCU的控制和协议分析程序,同时开发相应的测试和调试程序。软件开发平台主要包括PC机、H-JTAG、TCU、RS232—RS422转换器、并口线、串口线等。

开发时首先按图5进行设备的连接,在PC中安装ADS1.2开发环境和H-JTAG的驱动程序,打开ADS1.2开发环境,建立相应工程文件、开发源控制程序,并对程序进行编译和调试,接着通过H-JTAG将程序下载到ARM中,最后通过CSD连接方式进行TCU的网络注册。

3.3 关键技术实现

3.3.1 基于GR64的TCP/IP协议栈与AT Command

(1) 连接建立阶段:连接的建立分主动和被动连接。主动连接是指本方主动向远端发起连接请求,而被动连接指的是本方侦听一个端口,等待远端及其主动向自己发起一个连接请求并且进行回应并且最终握手建链成功。

(2) 数据收发阶段:当一条连接建立之后,可以在这条连接上进行数据收发了。使用SEND命令帧控制进行数据发送,发送时要指定连接号。对

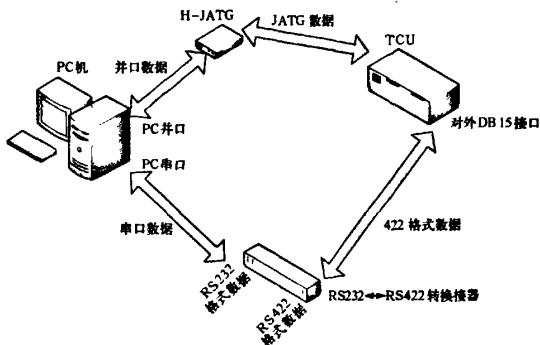


图5 TCU软件开发平台

于对方发送过来的数据,首先将其存储在数据缓冲区中,然后将数据通知给上位机,上位机读取后,及时使用RECV命令帧控制将所有数据通过串口读出,并释放原先占用的数据缓冲区空间。

(3) 挂断连接阶段:当一条连接上的所有数据都已经收发完成了,不再需要这条连接时,就可以把连接给挂断了,挂断也分为主动和被动挂断。

GR64是带有GSM/GPRS全套语音和数据功能的先进无线模块。其最简便的开发---内嵌TCP/IP协议栈,使用户可以最大程度的缩短GPRS产品的研发周期。GR64是可以配置的,使得外部输入、输出接口提供的外部控制应用更有效,其TCP/IP协议栈亦可通过AT命令或嵌入式应用进行访问。

3.3.2 TCU中主备机切换机制

可控列尾通信单元(TCU)采用双机备份的设计方案,通过CPU间的SPI总线方式实现主备机的切换功能,该方式方便可行,判断简单。

TCU通电后判断指定I/O口电平的高低,系统会自动将A模块设为主机,B模块设为备机,AB模块之间通过SPI总线连接,其中A设置成SPI主机模式,B设置成SPI从机模式。在GPRS模块找到网络的前提下,首先A模块拨号注册网络,如果注册成功则A处于工作状态,此时主机A通过SPI总线向从机B发送数据,如果A的GPRS模块在通信过程中断网,则A模块重新拨号上网,如果连续三次注册失败,则A模块停止拨号,B模块开始拨号进行网络注册,此时主机A仍向备机B发出查询指令检测B模块状态。如果B模块网络注册成功,则对A的查询指令恢复工作正常信息,如果连续3次注册失败,则对A的查询指令恢复工作

异常信息。此时系统重新恢复到初始的状态,由主机 A 重新拨号进行网络注册,从而实现主备机间的切换工作过程。

M2020-FNU20 内部含有一个 SPI 接口,可以直接用来操作外部 SPI 从器件。模板将有关 SPI 的操作全部封装起来,使用时,用户只需要调用相关的接口函数即可。

3.3.3 uC/OS-II 在 LPC2220 上的移植

通信单元 TCU 核心控制采用 ARM + uC/OS-II 的系统构架,因此选用的 MiniARM 工控机内嵌正版 μ C/OS-II 实时操作系统。uC/OS-II 是一个嵌入式操作系统内核,内核提供的基本服务就是任务切换,在 uC/OS-II 中,为每个任务分配专门的堆栈空间。

uC/OS-II 在 ARM (LPC2220) 上的移植代码共 4 个文件,IRQ.INC, OS_CPU.H, OS_CPU_A.ASM, OS_CPU_C.C, 与处理器相关的代码只有 3 个文件,OS_CPU.H, OS_CPU_C.C, OS_CPU_A.ASM, 一般移植的时候只要修改这 3 个文件就可以了。

在移植之前先要编写启动代码,启动代码是芯片复位后进入 C 语言的 main() 函数前执行的一段代码,主要是为运行 C 语言程序提供基本运行环境,如初始化外围部件、存储器系统等。

编写启动代码是移植前必须做的准备工作,因此在这里就不具体列出所有代码。由于篇幅所限,以下给出了移植时的主要步骤过程,更详细的移植说明代码可参考相关文献。

(1) 为了增强代码的可移植性,所有 C 文件添加头文件 includes.h。

(2) 用户程序添加 config.h。

(3) 添加或修改在文件 OS_CPU.H 中的代码。

(4) 添加或修改在文件 OS_CPU_C.C 中代码。

(5) 添加或修改在文件 OS_CPU_A.S 中代码。

3.3.4 USB Host 接口程序下载

采用 USB 方式的优点,只需一个 U 盘就可以下载和在线系统程序的更新。具体实现方法,预先在 U 盘中存储命令控制文件,操作时只需插入 U 盘,ARM 就自动读取命令控制文件信息判断是下载还是升级程序,然后进行相应动作。

核心板中提供的 IAP 功能主要有两个方面的应用:数据存储和在线升级。

当执行在线升级时,MiniARM 产品有 2 个用户程序区,分别称为 HIGH 和 LOW 程序区。如果用户程序运行于 HIGH 程序区,那么升级将对 LOW 程序区操作;如果用户程序运行于 LOW 程序区,那么升级将对 HIGH 程序区操作。

M2020-FNU20 的在线升级方案如图 6 所示。固件中仅仅提供了一种在底层操作 FLASH 的方法,在线升级要求数据要绝对准确,所以,用户需要在应用层使用一些协议来确保数据的准确性,只有确保数据的可靠,才能够进行升级。

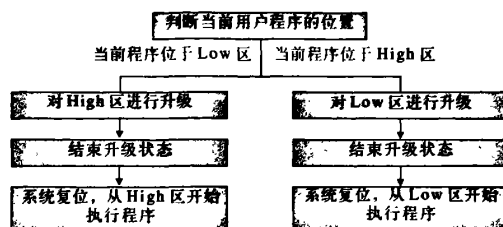


图 6 在线升级方案

使用 M2020-FNU20 模块进行 U 盘读写操作,程序运行后,如果插入 U 盘,将在 U 盘内创建目录和文件,并写入数据。操作成功后,可以在 PC 机上查看运行结果。

4 结束语

基于 GSM-R 网络开发的 TCU 可控列尾通信单元在大秦线已经投入使用,保证了在 GSM-R 网络下列尾主机和机车列尾控制盒之间无线数据高速、可靠的传输,通信单元产品反响很好。但是,由于时间的紧迫性,产品在实施的过程中还有很多地方可进一步完善。如通信单元主备机的完全独立、TCU 对接收到的数据的存储等。另外选用的 MiniARM 还有许多扩展功能有待开发,所以 TCU 的功能实现还有改善的空间。

参考文献:

- [1] 何庆泥,周怀北. GPRS 数据传输技术及实时数据采集应用. 通讯和计算机[J]. 2005, 7.
- [2] 陈 筠, 桑 楠, 熊光泽. 双机容错实时嵌入式系统设计与分析[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005, 10.
- [3] 钟章队, 李 旭, 蒋文怡. 铁路综合数字移动通信系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.