

基于 ZigBee 和 GPRS 技术的 列车远程监测系统设计

葛玉荣, 时晓艳, 刘金涛

(中国海洋大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100)



摘 要: 基于 ZigBee 技术组网、GPRS 技术远程传输、labVIEW 软件平台编写上位机软件, 设计了城轨列车牵引电机及齿轮箱远程监测系统, 实现了列车牵引电机和齿轮箱三维加速度及温度的网络化实时采集和数据远程传输。试验测试表明, 该系统采集数据准确、数据传输实时性较好, 能够完成列车运行状态的远程连续监测。

关键词: 远程监测; ZigBee; GPRS; 无线传输; labVIEW; 牵引电机; 齿轮箱; 城轨列车

中图分类号: TP87; U298.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)02-0046-03

作者简介: 葛玉荣 (1971-) 女, 副教授, 主要从事信号检测与信息处理研究。

Design of Train Remote Monitoring System Based on ZigBee and GPRS Technology

GE Yu-rong, SHI Xiao-yan, LIU Jin-tao

(College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China)

Abstract: A metro train traction motor and gear box remote monitoring system was designed in this paper, which was based on ZigBee network, GPRS remote transmission and labVIEW-writed PC software. This system realized networked real-time data collection and data remote transmission of 3D acceleration and temperature of train traction motor and gear box. Test results showed that data collected was accurate and data transmission was real-time which proved the system could complete continuous remote monitoring of running train state.

Key words: remote monitoring; ZigBee; GPRS; wireless transmission; labVIEW; traction motor; gear box; metro

0 引言

城轨列车牵引电机和齿轮箱运行状态是否正常, 是列车行车安全的关键。对电机和齿轮箱温度和加速度的实时监测可以为列车运行状态的监控和全面评价提供关键数据, 是城轨列车监测的一个重要方面。

传统的远程监测系统大多基于 GSM 或 CDMA 进行数据的传输, 此类系统的成本随着监测点的增加而增加, 在监测点要求比较多的情况下, 仅仅使用这种技术不能满足高效率、低成本的需求。基于 ZigBee 的无线网络可以用于现场多点的实时监测, 但由于传输距离的限制, 只能实现本地监测, 满足不了远程监测的需求^[1]。如果在远程监测中将 ZigBee 与 GPRS 技术相结合, 一方面可以降低整个系统多点监测的成本, 另一方面, GPRS 可弥补 ZigBee 传输距离上的不足, 实现对监测数据的远程传输。近年来, 基于 ZigBee 与 GPRS 技术的远

程监测系统广泛应用于智能交通^[2]、环境监测^[3-4]、医疗监控、家庭监控^[5]等多个领域。

本文介绍了采用 ZigBee 技术和 GPRS 技术设计的城轨列车牵引电机及齿轮箱远程监测系统, 给出了具体的系统软、硬件设计方案。该系统用于远程监测城轨列车运行状态, 实现了对列车三维加速度、温度的实时采集与远程传输。

1 系统总体结构

本监测系统由 2 个部分构成: 地面控制中心和列车局域网。这 2 个部分之间通过无线网络进行通信。系统的结构框图如图 1 所示。

列车局域网是基于 ZigBee 技术、由局域网控制中心和智能化监测节点构成的星型无线网络。局域网控制中心在 ZigBee 局域网中充当协调器的功能, 控制各个智能化监测节点的工作流程, 接收各节点的监测数据, 并将数据缓存、打包, 通过 GPRS DTU 将数据发送到地面控制中心。

收稿日期: 2012-02-11

基金项目: 青岛市基金项目 (09-1-3-49-jch)

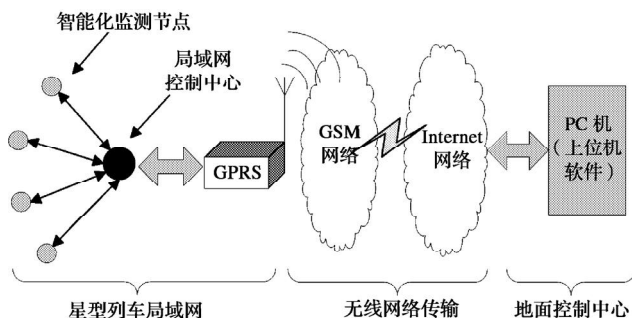


图 1 系统结构框图

地面控制中心由PC机作为整个系统的服务器,其主要功能是数据的存储和显示。不同的用户可根据对应的权限查看列车的运行参数,便于工作人员实时地掌握列车运行状态,为列车的安全运行提供依据。

2 系统硬件设计

系统硬件部分主要包括列车局域网控制中心和智能传感器节点的设计。

2.1 局域网控制中心设计

列车局域网控制中心承载整个列车局域网的建立、协调以及数据的汇总、缓存和转发,其结构框图如图2所示。无线射频收发芯片CC2520完成组网和数据无线收发;GPRS DTU完成数据的车地无线传输;主控芯片MSP430F2618负责整个局域网控制中心模块的协调与控制。MSP430F2618为16位超低功耗单片机,适合在低功耗的ZigBee网络中工作;CC2520是针对2.4 GHz ISM频带的第二代ZigBee/IEEE 802.15.4 RF收发器^[6],可以实现数据包处理、数据缓冲、突发传输、数据加密等功能。本设计中,CC2520工作在从机模式,MSP430F2618工作在主机模式,通过4线SPI接口P5.0-5.3配置CC2520寄存器参数和读写缓冲器内的数据。CC2520采用32 MHz晶振,MSP430F2618外接2个晶振:8 MHz和32 kHz。32 kHz晶振用于在低功耗模式下驱动辅助时钟,8 MHz晶振用于正常工作时钟。

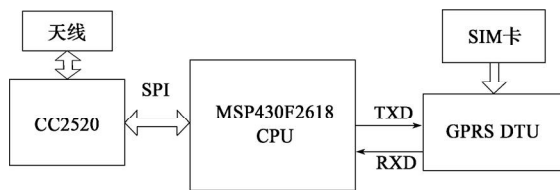


图2 局域网控制中心结构框图

GPRS DTU 与主控芯片之间通过串口通信，数据通信格式设置为：速率 38 400 bit/s，1 位起始位，8 位数据位、无校验位，1 位停止位。

2.2 智能传感器节点设计

智能传感器节点完成数据采集并将数据传送到局域网控制中心,其结构框图如图3所示。三维数字加速度传感器ADXL345和数字温度传感器DS18B20负责数据的采集;无线射频收发芯片CC2520负责和局域网控制中心无线通信,将采集数据上传;单片机MSP430F2618

负责整个节点运行的控制。

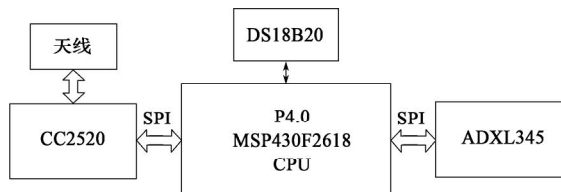


图3 智能传感器节点结构框图

对温度的采集使用单总线数字化温度传感器 DS18B20,其测量温度范围为-55~125℃,在-10~+85℃范围内测量精度为0.5℃,可以满足系统测量要求。该传感器和MSP430F2618之间通过P4.0连接。对加速度的采集采用ADI公司的ADXL345超低功耗的小型3轴±2/4/8/16g数字加速传感器。该传感器功耗低,封装小而薄(3 mm×5 mm×1 mm),可对高达±16g的加速度进行高分辨率(13位)测量。微控制器MSP430F2618通过P4.1-4.4管脚模拟SPI接口实现与ADXL345通信。

为便于传感器在牵引电机和齿轮箱上的安装,将DS18B20、ADXL345及其外围电路集成在一块独立的小PCB板上。为便于封装,尽量减小PCB板面积,将2个传感器件分别放在PCB板的正反面,使用小面积焊盘对导线进行焊接,最终PCB板大小为 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 。另外,为避免电路板自身振动对加速度传感器测量精度的影响,设计电路板时将ADXL345放置在电路板固定点附近。

3 系统软件设计

系统软件设计包括局域网控制中心、智能传感器节点、地面监控中心3部分的软件设计。

3.1 局域网控制中心软件设计

ZigBee 协议使用 TI 公司免费提供的协议栈, 版本为 ZStack-MSP2618-2.3.0-1.4.0, 运行平台为 MSP430F2618+CC2520, 是支持最新的 ZigBee2007 (包括 ZigBee 和 ZigBee PRO) 的 ZStack 版本之一。

协调器的软件流程图如图4所示。ZigBee协调器节点上电后进行协议栈及硬件设备的初始化,开始构建一个新的网络。建立网络时,协调器节点首先对信道进行能量扫描,以递增的方式对所测量的能量值进行信道排序,选择能量达到阈值的信道并标注这些信道是可用信道。这个过程由

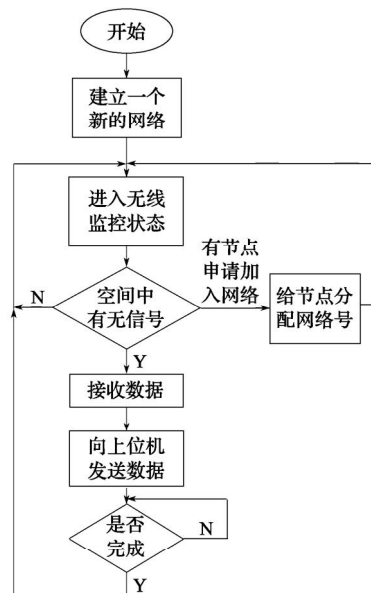


图 4 协调器的软件流程图

MAC 完成。其次由网络层在可用信道中选定信道,并随机选择一个在所选信道中唯一的16位网络标识符(PAN-ID)分配给这个新建的网络^[7]。至此,一个新的 ZigBee 网络构建成功,进入无线监控状态。监听到子节点加入网络信号,即为该设备分配1个16位网络地址,开始接收该节点的数据。待网络中每个智能传感器节点均正常采集数据后,协调器开始按照每个节点数据各1组的格式将数据打包转发至 GPRS DTU。另外,为了便于在上位机软件解析数据,均将数据转换为字符格式发送。

3.2 智能传感器节点软件设计

传感器节点软件流程图如图5所示。传感器节点上电以后进行设备初始化,然后检测周围存在的协调器信号的能量强度,向能量强度相对大的网络发出入网请求,加入网络成功之后开始执行数据采集,将采集到的数据进行预处理并无线发送至局域网控制中心。为了减少单片机的负担,所有采集到数据均在上位机进行运算,发送数据格式为“节点标识+E5+16位温度+16位X轴加速度+16位Y轴加速度+16位Z轴加速度”。其中E5为 ADXL345 的 Device ID,在此将其作为传感器正确初始化的标识。

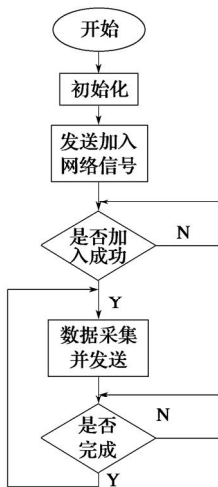


图5 传感器节点软件流程图

3.3 地面监控中心软件设计

监控中心的软件采用labVIEW 开发环境^[8]编写,其内置了便于应用 TCP/IP、Datsocket、DCO 等软件标准的库函数,可以方便地建立自己的虚拟仪器。

监控中心软件程序分为用户登录模块、数据接收模块、数据显示模块和数据库模块。用户登录模块可以限定不同权限的人员查看数据。数据接收模块负责将远端 GPRS DTU 传送过来的数据读出并进行解析以图表显示。由于 GPRS 模块分配的动态 IP 是移动内部网段 IP,这个动态 IP 地址对于公网上的其他计算机而言并不能访问,因此将网络通信中监控中心端设计为服务器端,GPRS 模块为客户端。由于服务器端有固定 IP,通过 GPRS 模块主动发起连接,便能成功连接,之后便可实现基于 GSM 的数据传输^[9]。另外,监控中心软件具有越限报警功能,并能通过 DCO 函数将 labVIEW 与 MySQL 数据库外联,将接收到的数据保存以备查看历史数据。

系统运行过程中的数据显示界面如图6所示,显示测试时其中一个监测节点的数据。测试时在①处,移动节点接近一个热源,温度值逐渐上升,3个轴的加速度产生波动;在②处,从热源附近移开,经过一段时间

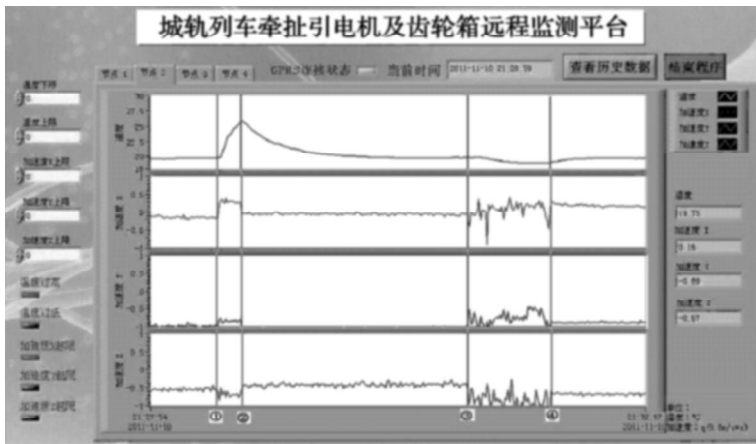


图6 上位机监测软件运行图

之后,各数据恢复原状;在③处,将传感器板靠近一个低温物体,使温度下降,3个轴的加速度产生波动;在④处,从该物体移离,各数据逐渐恢复、趋于稳定。可以看出,设计的系统可以准确地采集温度和三维加速度,并能通过 ZigBee 网络和 GPRS 模块远程传输。可以通过节点选项卡来查看不同节点的数据。

4 结语

本文阐述了一种基于 ZigBee 和 GPRS 技术的远程监测系统。该系统选择低功耗、具备休眠模式的芯片,完成了局域网控制中心和智能传感器节点的硬、软件设计以及监控中心数据处理与存储、显示软件的设计。试验证明,该系统能够实时采集、远程传输列车齿轮箱及牵引电机的三维加速度和温度数据,可实现城轨列车运行状态的实时监控的相关功能。

参考文献:

- [1] 张宏林,郭佑民,邱海波,梁书旺. 基于 ZigBee 的货运列车轴温监测系统设计与实现[J]. 铁路计算机应用,2009,18(3): 11-13.
- [2] 孙丽萍,马路周正. 基于 ZigBee 的列车运行状态无线网络实时监测系统[J]. 自动测量与控制,2007,26(3): 62-64.
- [3] 纪建伟,左仲善,邹秋滢. 基于 ZigBee 与嵌入式技术的农业远程监测系统的设计[J]. 中国农机化,2010(6): 83-86.
- [4] 李正明,侯佳佳,潘天红,廖康. 基于 ZigBee 与 GPRS 的无线水文监测系统设计与实现[J]. 排灌机械,2009,27(3): 184-189.
- [5] 赵锦萌,吴剑波,吴效明. 智能家居的医疗监测技术研究[J]. 医疗卫生装备,2010,31(10): 14-16.
- [6] Texas Instruments, Inc CC2520 Datasheet [EB/OL].http://www.ti.com/CC2520. [2012-01-28].
- [7] 王翥,郝晓强,魏德宝. 基于 WSN 和 GPRS 网络的远程水质监测系统[J]. 仪表技术与传感器,2010(1): 48.
- [8] 胡仁喜,王恒海,齐东明,等. LabVIEW 8.2.1 虚拟仪器实例指导教程[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [9] Guangyou Yang, Jingjing Zhou, Xuwu Su, Zheng Zhang. Remote Monitoring System of the Motor in GPRS Based on LabVIEW and Embedded TCP/IP[J]. Internet Technology and Applications, 2010(1).