

基于 ZigBee 的混凝土箱梁温度监测系统设计

刘宁宁， 陈立松， 仇利辉

(石家庄铁道大学 电气与工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:针对高速铁路 32 m 双线箱梁养护过程中传统温度监控系统的传感器布线繁琐、线缆影响其他设备操作等问题,提出了基于 ZigBee 的混凝土箱梁温度监测系统方案。该系统以主从式模式工作,采用 ZigBee 无线网络技术,实现了对箱梁温度的无线测量。系统结构简单,施工便利,安全可靠,电池使用寿命长,保证了箱梁养护过程的质量。

关键词:混凝土;箱梁;ZigBee;睡眠

中图分类号:TP29 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2014)02-0037-04

箱梁是目前高速铁路建设中的重要环节,其跨度长(32 m)、宽度大(双线 13.5 m),对养护过程中的要求高,温度检测截面多,温度监测点多(一般为 16 点)。当前,对混凝土箱梁温度监控均采用类似的结构,即将混凝土箱梁各截面的表层温度、芯内温度及养护温度用传感器引线至养护棚外部,并以有线或无线方式将温度传送到中央记录计算机^[1]。

生产一榀箱梁在台座上的时间不大于 72 h,频繁的传感器布线、拆线造成了传感器的损害,也增加了劳动强度,同时线缆影响门吊、应力张拉等设备的操作,因此,在箱梁养护过程中采用新的温度测量方法是非常迫切的。

本文介绍了以 ZigBee 技术为核心的混凝土箱梁温控系统,其以终端设备为温度测量部件,以 DS18B20 数字传感器为测温元件,以协调器为转换核心,构成了自组网、自备电源、低功耗的温度监控系统,解决了施工繁琐等问题。

1 混凝土箱梁监测系统方案

基于 ZigBee 网络的混凝土温度监测系统结构如图 1 所示。测温时,选取 32 m 箱梁的端部截面和跨中截面等共 8 个截面做为测温点的布置截面,每个截面放置一个测温终端,分别测量所选定断面的表层温度、芯内温度、养护温度、内模温度或环境温度。每个测温终端采集 2 路温度信号,设计上采用 TI 公司的 CC2530 为核心,扩展 DS18B20 数字温度传感器,以 6 V 蓄电池为电源,利用嵌在外壳上的磁铁吸附在箱梁该截面的模板上,以无线方式与模板外部的协调器进行数据通信,并由协调器将温度数据通过串行口用数传电台上传至中央记录计算机。无线的传输方式免去了布线的繁琐和线缆对其他设备操作的影响^[2-3]。

混凝土箱梁温度监测系统采用主从式工作模式,中央计算机通过串行口每 15 min 发送一次温度采集命令,协调器接收到温度采集命令后,以广播方式向各个终端设备发布温度采集命令,终端设备接收到采集命令以后,完成温度测量和发送,然后进入睡眠状态,并在 14 min 时由本终端的定时器唤醒,并一直等待主机发送的下一个温度测量指令。这就最大限度的延长了终端电池的使用寿命。

2 系统环节设计

2.1 温度测量终端设计

DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.2014.02.08

收稿日期:2013-05-08

作者简介:刘宁宁 女 1977 年出生 讲师

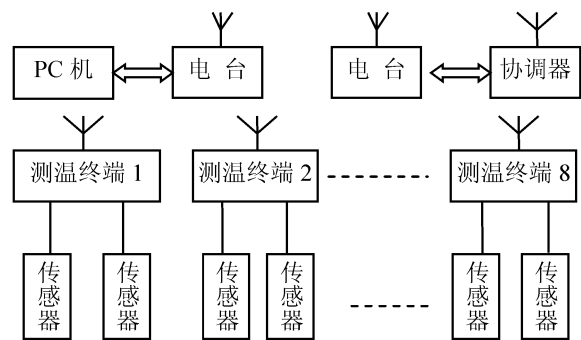


图 1 单协调器系统结构示意图

温度测量终端包括片上系统 CC2530、电平转换芯片 NLSX4373、DS18B20 数字温度传感器和供电系统等,构成独立的双通道温度采集电路,其硬件结构如图 2 所示。

CC2530 工作电压为 3.3 V,DS18B20 的供电范围为 3 ~ 5.5 V,但是当采用 3.3 V 工作电压时,其连接线路不超过 5 m,当把 DS18B20 插入到混凝土箱梁内部,且距离较远时,容易出现较大的误差和干扰,难于保证温度测量值的稳定性和准确度,因此,DS18B20 采用了 5 V 独立供电模式,并用电平转换芯片 NLSX4373 为接口,完成了 CC2530 和 DS18B20 间的电平转换。供电则由线性稳压器 ASM1117-3.3 和 ASM1117-5.0 将蓄电池的 6 V 电压分别稳定在 3.3 V 和 5 V。

该终端在接收到协调器发送的温度采集指令后,完成一次 2 通道的温度采集及数据回传过程。

2.2 协调器设计

协调器是一台 ZigBee 全功能设备(FFD),硬件电路如图 3 所示。CC2530F256 扩展 MAX3232 而成的 RS232 异步通信接口,是具有 ZigBee 无线通讯功能和异步通讯功能的 SINK 节点。从而通过异步串行口构成了中央计算机和 2.4G 无线温度测量终端的通信链路。

协调器除了建立网络外,还通过串行口接收或发送远程计算机的数据或指令。当其接收到中央计算机发送的温度采集指令后,以广播方式向测量终端发送温度采集启动指令,并在接收到全部测量终端返回的温度测量值后,转发给中央计算机。

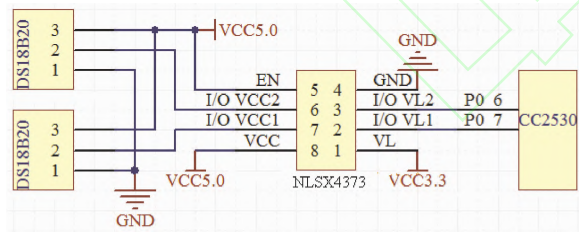


图 2 温度测量终端接线示意图

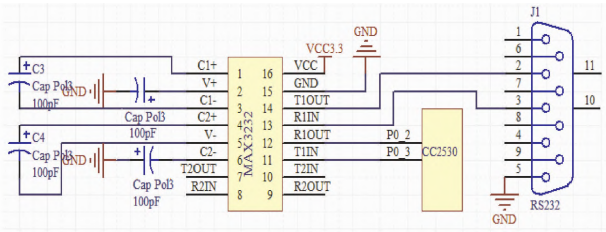


图 3 协调器接线示意图

2.3 温度测量终端/协调器软件设计

CC2530 的应用程序开发使用 TI 公司的 IAR Embedded Workbench(简称 Ew)。Ew 的 C/C++ 编译器是当今世界最专业和最容易使用的嵌入式开发工具,使用 IAR 编译器能产生最优化最紧凑的代码,节省硬件资源,最大程度减低成本,提高竞争力^[4]。

软件设计为主从工作模式,中央计算机与协调器之间通信协议如表 1 所示。中央计算机通过串口主动给协调器发送 3 字节的温度采集命令帧,其中第 0 个字节是协调器的 ID;第 1 个字节是温度采集启动指令 0xAA;第 2 个字节是校验码。协调器回传给中央计算机的数据为应答帧 1,其数据帧包涵协调器的 ID 号、16 通道 32 字节的温度数据及 CRC 校验码。

协调器与终端之间数据通信格式如表 2 所示。其中,协调器发至终端的为广播帧,终端回传至协调器的数据为应答帧 2。当上位机所发的命令帧中 0 字节数据与协调器本身 ID 相同时,协调器将接收到 0xAA 并以广播帧转发,8 个终端设备接收到 0xAA 命令后,开始启动温度测量,并将 4 字节的温度数据附加本终端的 ID(共 5 字节)回传至协调器。协调器接受到端点数据并排列后,按应答帧 1 的结构打包以

34 字节的一维数组上传给中央计算机。

表 1 上位机与协调器的通信协议

帧名称	0 号字节	1 号字节	2 号字节
命令帧	PANID	0xAA	CRC 码
应答帧 1	PANID	32 字节温度数据	CRC 码

表 2 协调器与终端的通信协议

帧名称	0 号字节	1 号字节	2 号字节	3 号字节	4 号字节
广播帧	0xAA				
应答帧 2	终端 ID	1 通道温度高字节	1 通道温度低字节	2 通道温度高字节	2 通道温度低字节

终端设备在接收到启动命令后,检测温度通道是否异常、完成温度采集并回传至协调器后,进入 14 min 的休眠状态,当时间到达时,被其内部定时器所唤醒,并一直等待协调器的下一次温度采集指令。

协调器在发出启动命令后,开始计时,在限定时间内若接收完毕 8 个终端返回的温度数据,则打包发送到中央计算机,否则将未返回的终端温度设置为特征值发送,以标示温度通道或端点通信的异常。

协调器软件编程流程图如图 4。在应用程序事件处理中,设置了 CMD_SERIAL_MSG 事件,即当串行口产生接收数据事件时,协调器首先通过校验码检测是否为正确的数据并判断是否为本机,如果本机接收到了正确的温度采集启动命令 0xAA,则协调器以广播方式转发命令,否则不做任何回应。同时还设置了 AF_INCOMING_MSG_CMD 事件,即协调器接收到终端回传数据后的数据处理。首先对返回的数据包进行解包处理,依据终端设备 ID 确定温度测量截面位置,并把返回的温度数据放置到对应单元,并判断各终端设备是否均完成回传,全部完成回传数据后,通过串行口,按通道编号上传至中央计算机。

温度测量终端的编程流程图如图 5。在应用程序事件处理中,设置了 AF_INCOMING_MSG_CMD 事件,这是温度终端接收数据的事件。如果温度终端接收到协调器广播方式发送的指令 0xAA,则开始采集温度,然后将温度数据以 5 字节方式回传给协调器,再通过调用 halSleep 函数进入 14 min 的低功耗休眠状态,以节电模式 PM2 状态工作,睡眠时间到,温度终端通过定时器方式被唤醒,继续检测协调器节点是否发出温度测量指令。

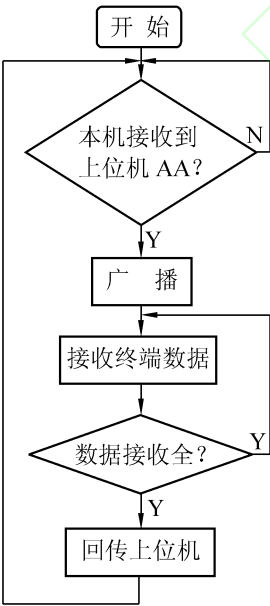


图 4 协调器流程图

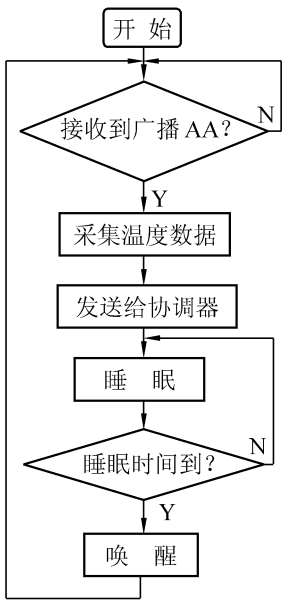


图 5 温度测量终端流程图

2.4 上位机软件设计

在上位机设计中,软件系统应用 LabVIEW 编程软件对箱梁温度进行监控。可以实现对箱梁温度的数据采集、数据管理(数据显示、数据存储);历史数据管理(历史数据的查询和打印)等^[5]。

箱梁的温度采集采用串口方式与底层的协调器构成数据交换,串行口设置如图 6 所示。使用 VISA

的属性,对串口进行参数设置。打开一个指向串口 COM1 的进程,并设置初始状态为 2 400 波特率,8 位数据位,无奇偶校验,1 位终止符。然后就将一个字符串写入该端口。该设备返回的字节数将通过另一个 VISA 属性输出。VISA 规定用停止符的 10 对应 1 位停止位。

采集程序将根据设定的采样周期,通过中央计算机的串行口发送 3 个字节的命令帧给协调器,协调器返回串行口的数据为 34 字节一维数组。

利用数组检索工具,根据协调器 ID 将采集的温度数据归结到对应箱梁的温度记录中,以显示或保存。

3 测试效果

对基于 ZigBee 技术的混凝土箱梁温度监测系统进行了正常和非正常测试,图 7 异常测试结果,测试中关掉了 3#终端,去掉了 13 号传感器(7#终端)。测试结果表明,采集的温度数值与温度计显示温度一致,所提示的终端通信错误正确,显示的温度通道异常提示正确。

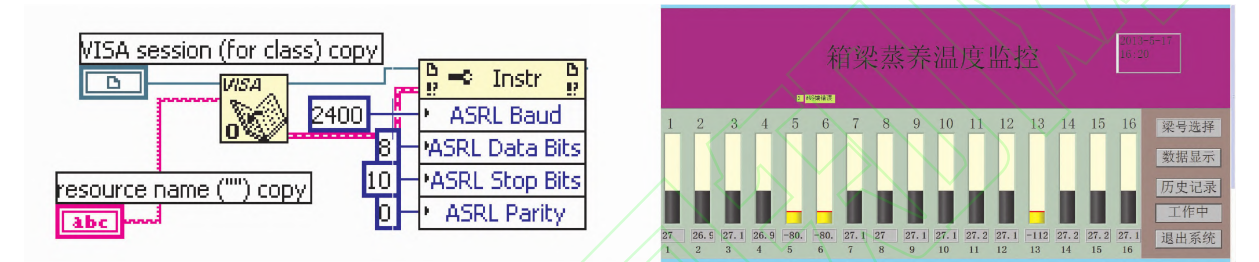


图 6 串行口设置

图 7 温度采集界面

4 结束语

阐述了一种基于 ZigBee 技术的混凝土箱梁温度监测系统的设计与实现。系统采用 CC2530 芯片作为主控芯片,选用 DS18B20 数字温度传感器进行温度采集,设置各温度终端使其工作在 PM2 的省电模式。系统灵活性强、安全可靠、电池的使用寿命长,无线的传输方式免去了布线的繁琐和种种隐患,有广泛的应用前景。

参 考 文 献

[1] 马月辉,刘建华,姚懿德,等. 基于无线网络的轨道板蒸汽养护系统设计[J]. 低压电气,2010(7):35-37.
[2] 关学忠,姜南,王一群,等. 基于 ZigBee 技术的多点温度监测系统的设计[J]. 自动化技术与应用,2011,30(10):42-44.
[3] 邓磊,王子敬,范玲俐. 基于 ZigBee 无线网络的温度采集系统设计[J]. 2010,12(2):39-41.
[4] 李文仲,段朝玉. Zigbee 2007/PRO 协议栈实验与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
[5] 马月辉,姚懿德,张洪涛. 基于虚拟仪器的箱梁蒸汽养护系统设计[J]. 石家庄铁道学院学报:自然科学版,2009,22(3):65-68.

Design of Concrete Box Girder Temperature Monitoring System Based on ZigBee

Liu Ningning, Chen Lisong, Qiu Lihui

(Department of Electrical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhang 050043, China)

Abstract: In view of the typical problems of 32m Concrete Box Girders in high-speed-railway, such as complex wires of sensors and the wires effecting other devices operation, the box girder temperature monitoring system based on the technology of ZigBee is designed in this paper. This system working in master-slave mode and adopting wireless network technology makes wireless measuring of concrete box girder temperature implemented. The system with simple configuration is convenient to construct and is safe and reliable. It also guarantees the quality of process curing of the box girder.

Key words: concrete; box girders; ZigBee; sleep

(责任编辑 车轩玉)