

文章编号:1671-251X(2017)06-0083-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.06.020

胡亮.无线低功耗液压支架压力监测系统设计[J].工矿自动化,2017,43(6):83-86.

无线低功耗液压支架压力监测系统设计

胡亮

(中煤科工集团重庆研究院有限公司,重庆 400039)

摘要:针对目前液压支架监测系统可靠性、实用性差的问题,设计了一种基于 SmartMesh IP 网络的低功耗液压支架压力监测系统。该系统基于链状网络设计,压力采集传感器具备全网休眠、信号中继、超低功耗的特点,电池备用时间可达 1 a 以上;系统无需专门的中继器,实现了真正意义上的无线监测。

关键词:液压支架;压力监测;SmartMesh IP;无线传感网络;低功耗

中图分类号:TD355.4 文献标志码:A 网络出版时间:2017-05-26 10:09

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170526.1009.020.html>

Design of wireless pressure monitoring system of hydraulic support with low power consumption

HU Liang

(CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: In view of low reliability and poor practicality of current hydraulic support pressure monitoring system, a pressure monitoring system of hydraulic support with low power consumption based on SmartMesh IP network was designed. The system was designed based on chain network, the pressure acquisition sensor has characteristics of whole network sleep, signal relay, and ultra-low power consumption, battery backup time can be up to one year and the system does not require repeaters, which achieves wireless monitoring in the true sense.

Key words: hydraulic support; pressure monitoring; SmartMesh IP; wireless sensor network; low power consumption

0 引言

在煤矿综采工作面生产过程中,液压支架容易出现自动降架、死架、倒架等故障,因此,大多数煤矿已经安装有液压支架压力监测系统^[1]。现阶段无线监测系统大多采用 ZigBee 和 WaveMesh 这 2 种通信网络,ZigBee 需要路由节点进行中继且不能休眠,导致综采工作面需要本安电源给路由节点供电,增加了系统故障率;WaveMesh 网络节点休眠和工作电流大,传感器的电池备用时间短,增加了系统维护工作量^[2-4]。

SmartMesh IP 是基于 6LoWPAN 和 IEEE 802.15.4e 标准实现的低功耗无线自组网协议^[5],

其与 ZigBee 相比,具有功耗低、可靠性高的特点。Smart Mesh IP 采用时间同步网络调度技术,可最大限度地降低网络节点功耗;采用 16 通道 FHSS (跳频扩频)技术使带宽增加 16 倍^[6],增加了系统网络抗干扰性,使网络传输的可靠性达到 99.9% 以上。

SmartMesh IP 网络由 Manager 和 Mote 模块组成,网络拓扑如图 1 所示。Manager 负责网络组建、管理、监视及接收 Mote 数据;Mote 同时具有 ZigBee 网络中终端的数据采集和中继器的网络中继功能,且内部具有自休眠机制。在选择中继路径时,Mote 会选择网络中可通信范围内的 3 个最优链路的上游 Mote 作为父节点,并每隔一段时间根据

收稿日期:2016-12-27;修回日期:2017-04-18;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0801405)。

作者简介:胡亮(1982—),男,山东泰安人,助理研究员,硕士,现主要从事煤矿安全监控系统研发工作,E-mail:skdkhu@163.com。

网络状态动态优化一次,选取最优路径进行数据传输。因此,网络中少量 Mote 故障时,仍能保证其稳定性,增加了数据传输的可靠性。Mote 的发射功率为 8 dB·m,最高发射电流为 4.5 mA,通信距离可达

100 m,休眠电流为 1.2 μ A,具有超低功耗特点。基于 SmartMesh IP 网络的特点,笔者将其应用到液压支架压力监测中,设计了一种基于 SmartMesh IP 网络的低功耗液压支架压力监测系统。

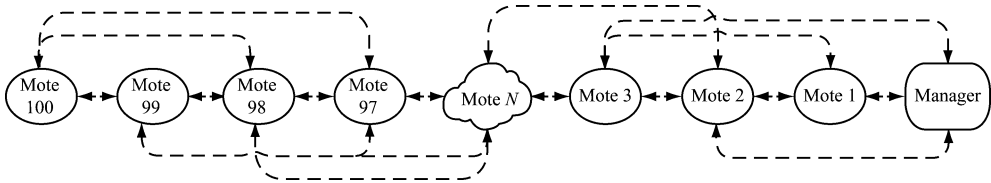


图 1 SmartMesh IP 网络拓扑

1 系统总体结构

基于 SmartMesh IP 网络的低功耗液压支架压力监测系统由压力采集传感器、无线传输分站、网络交换机和监控主机组成,如图 2 所示。压力采集传感器包含 Mote 模块,直接安装在液压支架的液压控制阀上面,对液压支架的压力进行采集,并通过 Mote 模块发送到无线网络中。无线传输分站包含 Manager 模块,安装在工作面端头或设备列车处,用于组建无线网络,并对工作面内的所有传感器数据进行采集、处理,通过 RS485 总线上传到网络交换机,再发送到以太网上。监控主机通过串口服务器虚拟出的串口读取数据包中的数据,解析得出各点的压力数据,并且绘制成实时曲线图。

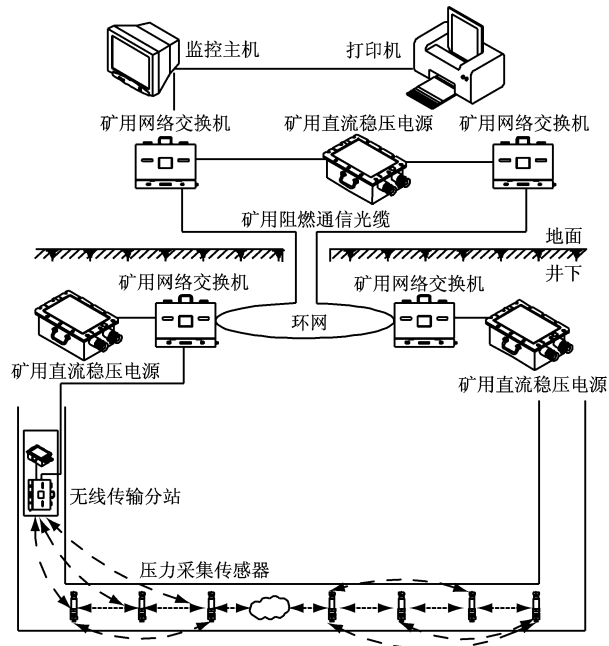


图 2 基于 SmartMesh IP 网络的低功耗液压支架压力监测系统结构

2 系统设计

2.1 压力采集传感器设计

压力采集传感器一般采用内部电池供电,需要进行低功耗设计^[7]。传感器硬件设计框图如图 3 所示。电池直接给 MCU 供电,MCU 通过 MOS 管开关和自身工作模式切换进行功耗管理。压力变送器集成 CPR10 系列硅压阻式芯体和 ADR622 高精度仪表放大器,将液压支架的 0~60 MPa 液压物理量转换为电压信号。MCU 将采集的电压值通过拉格朗日插值算法转换为压力值,并根据存储的设置信息进行报警、显示和上传等操作。光感电路由光敏电阻和三极管组成,当矿灯照射传感器显示窗时,光敏电阻内阻变化触发三极管导通,传感器显示配置信息和实时采集压力值。

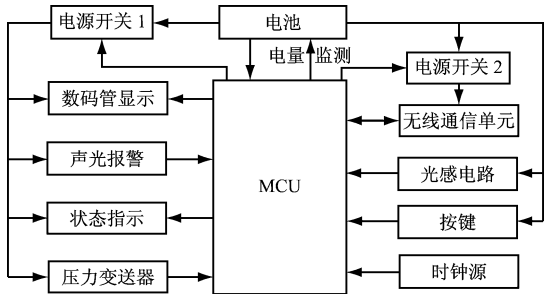


图 3 压力采集传感器硬件设计框图

2.2 低功耗设计

传感器低功耗设计通过硬件和软件两方面实现^[8]。硬件方面,按照模块化电路采用分区、分时供电技术来降低功耗,传感器在压力采集、传输和数据显示模式时,电源开关 1 处于导通状态,功耗为 10 mA 左右;其余状态下,MCU 控制电源开关 1 关闭传感器并进入休眠。休眠状态下,只有 MCU、无线模块、光感电路持续供电,功耗只有 30 μ A。

软件设计是整个系统低功耗设计重中之重,实现系统整体功耗的控制、外围电路模块的使用、调

度和切换等。传感器设定为每隔 30 s 采集 1 次液压支架的工作阻力,并将当前值与前一次的值进行对比,差值超过设定值时再进行存储。每 5 min 发送 1 次数据,5 min 内系统处于工作状态的时间约为 5 s。这样既能保证及时捕捉到支架正常工作及移架阶段压力变化的关键点,又为进行支护分析提供了准确、合理、有效的数据,同时能降低设备的平均功耗^[9]。

传感器平均功耗为

$$\frac{(10\text{ mA} \times 5\text{ s} + 0.03\text{ mA} \times 295\text{ s})}{300\text{ s}} = 0.20\text{ mA} \tag{1}$$

传感器工作 1 a 所需电量为

$$0.20\text{ mA} \times 24\text{ h} \times 365 = 1.75\text{ A} \cdot \text{h} \tag{2}$$

传感器采用 5 A·h 电池,由式(1)、式(2)可知,电池备用时间完全可达 1 a 以上。

2.3 无线传输分站设计

无线传输分站采用本安电源供电,一般放置在工作面端头或设备列车处^[10]。无线传输分站的 MCU 通过具有硬件流控制的 UART 接口控制无线 Manager 模块组建无线网络,对网络中的传感器进行初始配置、压力采集、时钟同步等操作。MCU 对接收到的数据进行实时处理、显示、超限报警和上传至环网交换机等工作,如果交换机与分站的主通信中断,则分站将解析的数据存储到内部的 FLASH 中,通信恢复后再进行上传,从而保证了数据的完整性。无线传输分站硬件设计框图如图 4 所示。

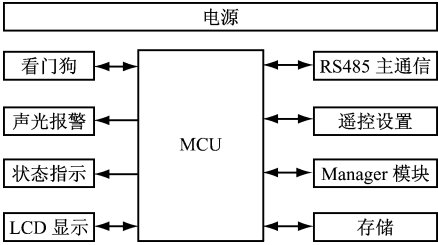


图 4 无线传输分站硬件设计框图

Manager 模块与 MCU 的数据通信控制是分站软件设计的关键。分站 MCU 与 Manager 通信软件设计流程如图 5 所示。Manager 首先要发送握手信息给 MCU,以确认通信链路是否正常;然后 MCU 发送获取 Manager 网络配置字的命令,并根据接收到的信息判断 Manager 的配置信息是否正确。如

果信息不正确则发送重新配置 Manager 的命令,然后重新启动 Manager;如果信息正确则发送设置屏蔽字的命令,设置 Manager 可以发送广播内容。设置完成之后,MCU 发送启动网络命令,Manager 开始建立无线网络,以接收来自传感器的 Mote 的信息。

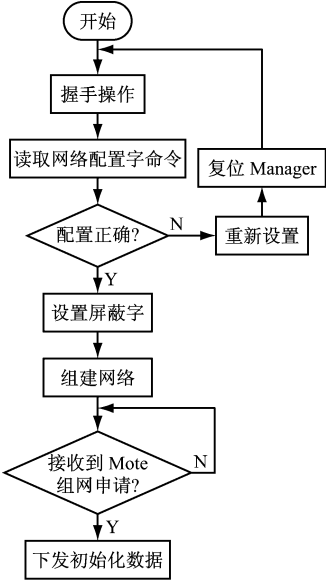


图 5 分站 MCU 与 Manager 通信软件设计流程

3 现场试验分析

为验证系统的可靠性,在某煤矿井下综采工作面进行安装试验。该工作面长约 300 m,液压支架为 176 架,每隔 5 架安装一组传感器,分别安装在液压支架的左右支架控制阀上,传感器总数为 70 个。图 6 为中心站软件的实时数据显示界面,显示了传感器采集数据的时间、支架压力值、剩余电池电量。

从图 6 可以看出,基于 SmartMesh IP 网络的液压支架压力监测系统数据采集、传输可靠性较好。

4 结语

基于 SmartMesh IP 网络的低功耗液压支架压力监测系统无需采用由本安电源供电的中继器进行信号中继,具备全网休眠、信号中继、超低功耗的特点,解决了目前液压支架监测系统可靠性、实用性差的问题。现场试验结果表明,该系统稳定可靠,实现了真正意义上的液压支架压力无线监测。



图 6 现场试验数据

参考文献:

[1] 王桃,刘晓文,乔欣,等. 基于无线传感器网络的液压支架压力监测系统 设计[J]. 工矿自动化, 2014, 40(6):7-10.

[2] 白亚腾,孙彦景,孙建光,等. 基于无线传感器网络的液压支架压力监测系统 设计[J]. 煤炭科学技术, 2014,42(12):84-88.

[3] 方刚,张雷. 基于 ZigBee 技术的电力输电线路监测系统 设计[J]. 仪表技术与传感器, 2013(3):54-57.

[4] 马乐,赵锐,姚金飞,等. 基于链状无线 Mesh 网络的货运列车监控系统[J]. 微型机与应用, 2015,34(10): 74-76.

[5] SmartMesh IP [EB/OL]. [2016-11-12]. http://www.linear.com.cn/products/smartmesh_ip.

[6] LTC5800-IPM-SmartMesh IP 无线 802. 15. 4e 片内系 统[EB/OL]. [2016-11-12]. http://www.linear.com. cn/product/LTC5800-IPM.

[7] 张晓光,景晓军,陈治国,等. 基于 ZigBee 的低功耗无 线顶板压力监测系统[J]. 煤矿安全, 2013, 44(5): 130-133.

[8] 蔡亮,王晓荣,诸葛云,等. 基于 STM32W 的液压支架 压力监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2014(6): 96-98.

[9] 李璐斌. 基于无线传感器网络的矿山压力监测系统 设计及应用[J]. 煤炭工程, 2012(12):127-128.

[10] 赵端,纵鑫. 基于 ZigBee 技术的井下液压支架压力监 测系统设计[J]. 工矿自动化, 2014, 40(1):31-34.