

Research of Mine Plank Pressure Monitoring System Based on ZigBee Technique

LI Guo-min¹, LI Jian-ting²

Department of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology,
Xi'an 710054, P. R. China

1. liguomin@xust.edu.cn 2. lijianting625@163.com,,

Abstract: To support the demand of mine plank pressure monitoring system, a new kind of mine plank pressure monitoring plan is proposed based on ZigBee technique. It is composed of sensor nodes, routing nodes, central node and the host computer monitoring the platform. With sensor nodes located in the plank, the network is used to gather pressure variables; routing nodes are responsible for transmitting data, the nodes can increase the distance of wireless transmission; the central node receives all data sent by sensor node, then software on the host computer will carry on data analysis, alarm, storage and so on. In addition, the network topology and networking strategy is analyzed.

Keywords: plank pressure; wireless sensor networks; zigbee technology

基于 ZigBee 技术的矿井顶板压力监测系统的研究

李国民¹, 李建婷²

西安科技大学, 西安, 中国, 710054

1. liguomin@xust.edu.cn, 2. lijianting625@163.com

【摘要】本针对矿井顶板压力监测的需求,提出了一种基于 ZigBee 技术的矿井顶板压力监测系统方案。系统由终端设备、路由器、协调器和上位机监测平台组成。通过布设在监测区域中的各个压力传感器节点实时采集顶板上各点处的压力值;路由器负责转发数据,增加该节点可扩展无线传输距离;协调器接收各个传感器节点发送的数据,并送到上位机完成分析、显示、报警等功能。另外,分析了网络的拓扑结构及组网策略。

【关键词】顶板压力;无线传感器网络; ZigBee 技术

1 引言

在煤矿开采过程中,因工作面顶板失控而引起的伤亡事故经常发生。随着煤矿综合机械化开采的普及、各矿区开采深度的日益增加,矿压显现及其对矿井安全生产带来的危害越来越大,矿压安全隐患越来越突出^[1]。为了预防事故的发生,就必须掌握矿井顶板的来压规律。通过监测顶板压力的变化,研究矿井顶板压力显现规律,从而制定预防措施,可以有效的防止事故的发生,实现安全生产。

目前现有的煤矿顶板压力监测系统大多基于有线方式进行监测,有线监测方式存在两方面缺陷^[2]:

(1) 覆盖面小、扩展性差,随着工作面的推进布线困难,维护工作量大;

(2) 对线路的依赖性较大,若某些结点出现故障,

就会导致监测区域内局部地方失去监测功能。

基于无线传感器网络的煤矿顶板压力监测系统能够很好地解决上述问题,但在实际应用中还必须结合矿井的特殊情况,采用合适的无线通信协议。

目前,短距离无线通信技术主要有 IrDA 技术、蓝牙技术、Wi-Fi 技术(无线高保真)、ZigBee 技术等。在这些技术中 IrDA 由于它是一种视距传输,传输数据时两个设备之间不能有阻挡物,必须对准且只限于两台通讯设备,无法灵活构成网络,难以适应井下无线组网的需要。而蓝牙和 Wi-Fi 也由于其高成本和比较高的功耗,不适合井下设备大量采用。

ZigBee 是一种新兴的短距离、低功率、低速率无线接入技术,采用 ZigBee 组建一个庞大的无线传感器网络应用到煤矿顶板压力监测系统中,通过各个无线传感器节点实时采集顶板上各点处的压力信息,通过自组织

无线网络将信息传输到井外的监控中心进行分析处理,能够弥补有线设备的缺陷,具有廉价、便捷、可靠性高、易于校正等优点。

本文即研究基于 ZigBee 技术矿井顶板压力监测系统。

2 ZigBee 技术简介

ZigBee 是一种新的短距离、低速率无线网络技术,是介于无线标记技术和蓝牙之间的技术提案^[3]。

ZigBee 协议比蓝牙、高速率个人区域网(PAN)或 802.11x 无线局域网更简单实用^[4]。

ZigBee 技术的主要特点是:

数据传输速率低,只有 10 kbps~250 kbps,专注于低速传输应用。

功耗低,在低功耗待机模式下,两节普通 5 号干电池可使用 6 个月以上。

成本低,因为 ZigBee 数据传输速率低,协议简单,所以大大降低了成本。模块价格低廉,且 ZigBee 协议是免专利费的。

网络容量大,每个 ZigBee 网络最多可支持 255 个设备,可以采用星形、网状、串状结构组网,而且可以通过任一节点连接组成更大的网络结构。

频段免授权,使用 2.4 GHz 的工作频段。

安全,ZigBee 提供数据完整性检查和鉴权功能^[5]。

3 总体方案设计

3.1 网络结构选择

无线网络设计首先要确定拓扑结构^[7]。网状拓扑其开销大,造成节点的功耗也比较高,所以是不合适的。星型拓扑结构只存在一个 FFD 节点,各个 RFD 节点共享信道,一定时间能由一个 RFD 节点和 FFD 节点通信,所以其可连接的最大节点数有限,另外由于网络中 RFD 节点的功能简单,各个节点没有路由功能,因此其覆盖范围也十分有限,实际部署在矿井中的更多的节点很难访问到,因此星型拓扑不是一种理想的选择。

树型拓扑兼得了星型和网状拓扑的优点,其可连接节点数目大,其 RFD 节点采用睡眠一唤醒的低功耗工作机制,网络的稳定性好,是顶板压力监控系统

通信子系统近距离无线网络最合适的选择^[8]。

3.2 监测系统各部分功能概述

根据矿井顶板压力监测系统的功能需求和体系结构,结合基于 ZigBee 无线通信协议的无线传感器网络的系统构成,把系统按照不同的功能需要划分为终端设备、路由器、协调器和监控中心。

监控网络由 ZigBee 网络和监控主机组成,如图 1 所示。

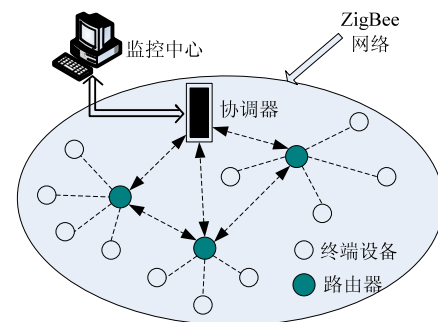


Figure 1. Monitoring system network overall figure

图 1. 监测网络系统总体图

监控中心为一台计算机,计算机上的监控软件记录和存储各终端节点监测的压力数据,并对数据进行分析处理,将数据处理的结果以及数据的变化趋势显示出来,并且在压力数据出现异常的情况下发出报警信号。

ZigBee 网络负责生产线上数据的采集、监控,它由协调器、路由器和终端节点组成。

协调器,负责发起网络并对其进行管理和维护,包括对新加入的设备分配网络地址,节点的加入和离开,网络的安全密钥的分发更新等,并且将采集的数据上传给监控主机或者将监控主机的命令在网络中发送出去。协调器与监控主机通过串口直接连接,进行数据通信。

路由器主要有两个功能:一是通过将终端节点上传的信息整合处理,将数据发送给 ZigBee 协调器;另一个功能是完成网络中与其它路由器、终端节点、协调器之间的数据路由。

终端设备是信息采集节点,即体系结构中的监测节点,实际是由嵌入式传感器构成的信息采集和发送系统。节点完成对矿井顶板所处压力信息的感测采集,

并将获取的信息通过 ZigBee 无线通信协议发送给无线传感器网络的协调器。

3.3 系统工作流程

整个系统的工作流程如下：首先协调器启动，建立无线 ZigBee 网络并建立与 PC 机的连接。其次，终端节点启动，搜索到无线 ZigBee 网络并加入网络，与协调器建立链路。然后，节点按照程序设定采集信息并将信息通过 ZigBee 网络发送给协调器，协调器接收到信息后通过串口转发给 PC 机，PC 按照特定的显示方式将信息显示给工作人员。节点周期性采集信息并发送给协调器，形成循环。当有节点请求加入网络或有节点请求离开网络时，协调器接收加入网络或者离开网络的请求，并作出处理，实时管理网络。

3.4 终端设备结构设计

终端节点完成对矿井下顶板压力信息的感测采集，并将获取的信息通过 ZigBee 无线通信协议发送给协调器。所以，终端节点包含感测信息的传感系统、传送信息的无线通信系统和实现传感控制及通信协议的微控制系统^[9]。图 2 描述的就是终端设备的功能结构。

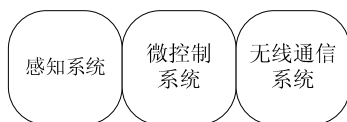


Figure 2. The structure of node

图 2 节点结构

3.5 协调器结构设计

协调器建立无线传感器网络并管理节点加入或离开网络，同时接收所有网络中的节点发送来的信息并将接收到的信息通过串口通信传送给监控中心。所以，协调器包含实现 ZigBee 通信协议和串口通信协议的微控制系统、实现信息传输的无线通信系统和实现与监控中心通信的串口通信接口。图 3 描述了协调器的功能结构。

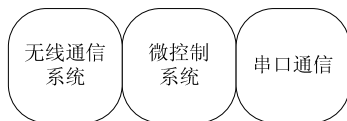


Figure 3. The structure of coordinate

图 3 协调器结构

4 软件设计

本系统的软件框架主要是基于 IAR Embedded Workbench(简称 EW)的 C/C++交叉编译器和调试器来实现系统功能，它是目前最完整、最容易使用的专业嵌入式应用开发工具。EW 对不同的微处理器提供相同的直观用户界面。EW 目前可以支持 35 种以上的 8 位/16 位/32 位 ARM 的微处理器结构。

本系统的软件采用模块化设计，将系统分为若干个模块，分别实现各项功能，这样在系统软件的调试过程中，各个模块的独立调试有助于问题的发现和解决。而由于单片机软件设计的特性，子程序与模块之间存在一些互容性。

4.1 终端设备的软件设计

终端设备主要用来采集压力数据，并向上发送至其父节点，最终发送到协调器。终端设备的主程序流程图如图 8 所示，节点打开电源上电后先进行软件和硬件的初始化，然后寻找是否有已经存在的可加入的网络。它加入网络时，加入到哪个节点下面也就是说成为谁的子节点是不能指定的，是由协议栈中路由成本最小的原则来选择加入的^[10]。传感器节点软件流程图如图 5 所示。

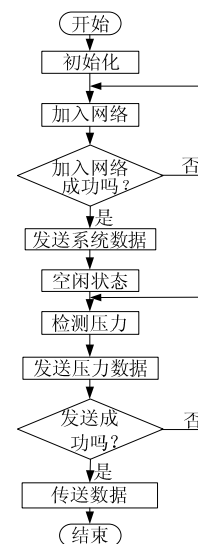


Figure 4. Program flowchart of terminal equipment

图 4. 终端设备程序流程图

4.2 协调器的软件设计

协调器节点主要完成以下两个功能：(1)接收来自传感器节点和路由节点的压力数据；(2)通过串口实现与计算机之间的通信。中心节点不只负责处理当前接收到的数据，还具有数据保存功能。接收到数据并处理后，若上位机下发发送指令中心节点将通过串口将处理过的数据包送到上位机软件完成分析，显示，报警等功能。程序流程图如图 6 所示。

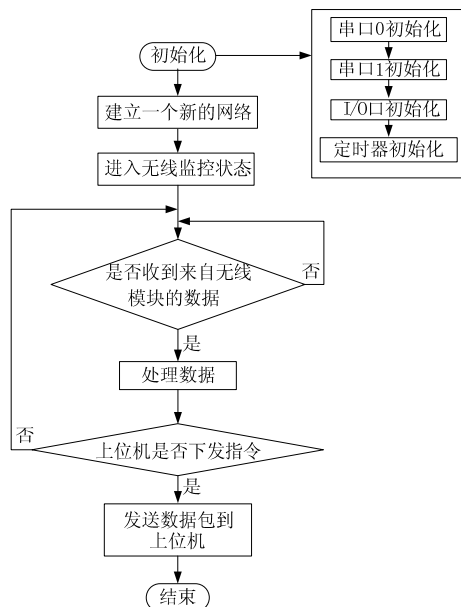


Figure 5. Program flowchart of coordinator

图 5. 协调器软件流程图

5 结束语

对于整个无线矿井顶板压力传感器网络来说，由于采用的都是低功耗设备，并采用节能措施，在矿压终端采用稍大容量的锂电池供电的情况下，可工作较长时间。电路结构简单、工作稳定可靠、检测精度高，且具有无线数据通信灵活方便等特点，适用于矿山现场环境，但由于实际的环境条件远比实验室复杂，所以要在实际的生产中使用，还需要更多次实验及现场调试，并在此基础上进行调整与改进。

致谢

首先要感谢的是我的导师李国民老师！在本论文的研究和撰写中，李老师始终给予无微不至的关心和孜孜不倦的教诲，他渊博的知识，严谨的作风和谦和的态度深深影响了我。从论文的选题、资料收集到深入研究到论文的完成，李老师都做了关键的指导。在此，向李老师致以我最深深的敬意和最真诚的感谢！

感谢我的父母，这些年来他们在生活和学习上一直无微不至的关心着我，鼓励我不断前进。他们的爱是我不断前进的动力源泉。

还要感谢各位同学，感谢他们平日里对我的关心以及对我论文工作的支持和帮助。

References (参考文献)

- [1] Hong Liurong, Embedded Monitoring System of Plank Pressure of Coal Mine[J], *Industry and Mine Automation*, 2006,1
- [2] 洪留荣, 煤矿嵌入式顶板压力监测系统[J], *工矿自动化*, 2006,1
- [3] Zhao Zhimin, Cui Jianming, The Intelligence Monitoring System of Roof Pressure[J], *Automation and Instrumentation*, 2009,2
- [4] 赵智民, 崔建明, 智能式顶板压力监测系统[J], *自动化与仪器仪表*, 2009,2
- [5] Patrick Kinney. ZigBee Technology Wireless Control that Simply Works, 2005.
- [6] Wang Quanping, Wang Li, ZigBee Technology and Its Applications, *Modern Science and Technology of telecommunications*, 2004,1
- [7] 王权平, 王莉, ZigBee 技术及其应用[J]. *现代电信科技*, 2004,01:33-36
- [8] ZigBee Alliance. Catch the buzz on ZigBee [DB/OL]. 2009, 02(02).
- [9] Yan Hongyan, A Design of Analytical Instrument Based on Data Wireless Transmission [J], *Communications Technology*, 2009, 6
- [10] 阎宏艳. 一种实现无线数据传输的设计方案[J]. *通信技术*. 2009, 6.
- [11] Ning Yonghai, Sheng Sen, Ruan Wenhui, Si Wei, Application of Wireless Data Transfer in Intelligent Monitoring and Controlling System[J], *Communications Technology*, 2010,1
- [12] 宁永海, 沈森, 阮文辉, 司威, 无线数据传输在监控系统中的应用[J], *通信技术*, 2010,1
- [13] PRADEEP K M. Application of wireless sensor Network technology for miner tracking and monitoring hazardous conditions in underground mines. A RFI Response (MSHA RIN 1219-AB44): MSHA, 2006.
- [14] 2.4GHz IEEE802.15.4 /ZigBee-ready RF Transceiver data sheet, ChiPcon
- [15] Wang Dong, Zhang Jinrong, Wei Yan, Building Wireless Sensor Networks (WSNs) by Zigbee Technology [J], *Journal of Chongqing University (Natural Science Edition)*, 2006,8
- [16] 王东, 张金荣, 魏延等. 利用 ZigBee 技术构建无线传感器网络[J]. *重庆大学学报(自然科学版)*, 2006,8