

文章编号:1671-251X(2013)03-0114-03 DOI:

谢家兴,吴泽涛,谢镇和,等.基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备设计[J].工矿自动化,2013,39(3):114-116.

基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备设计

谢家兴, 吴泽涛, 谢镇和, 施剑铸, 巫冠辉, 罗嘉伟

(华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:针对目前煤矿安全监测系统大多采用固定的有线传感器组成的网络而存在监测盲区的现状,提出了一种基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备的设计方案,详细介绍了低功耗无线自组网络的设计。该设备以 ATmega16L 单片机作为主控芯片,通过射频收发芯片 NRF24L01 实现无线收发功能,采用平面式网络拓扑结构及按需路由方式,实现了对矿井环境数据的采集及预警,减小了监测盲区,且具有较高的安全性和可靠性。

关键词:矿井;数据采集;无线自组网络;平面网络;按需路由

中图分类号:TD655.3 文献标志码:B 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of mine environmental data acquisition equipment based on wireless ad hoc networks

XIE Jia-xing, WU Ze-tao, XIE Zhen-he, SHI Jian-zhu, WU Guan-hui, LUO Jia-wei
(College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:For status that most coal mine safety monitoring and control systems adopt fixed and wired sensor network which has blind spots, the paper proposed a design scheme of mine environmental data acquisition equipment based on wireless ad hoc networks, and introduced design of low-power wireless ad hoc networks in details. The equipment takes ATmega16L single-chip microcomputer as master chip, achieves wireless transceiver by RF transceiver chip NRF24L01, and uses planar network topology and on-demand routing mode. It realizes collection of mine environmental data and early warning, reduces monitoring blind spots, and has higher security and reliability.

Key words:mine; data acquisition; wireless ad hoc networks; planar network; on-demand routing

0 引言

瓦斯体积分数是矿井监测系统的主要参数,如果未检测瓦斯体积分数或检测结果不准确,将对矿井的生产造成极大的安全隐患。因此,及时有效地监控矿井瓦斯体积分数的分布情况,准确研究分析矿井瓦斯体积分数变化,发生预警或事故时迅速采取相应的措施,对于矿井的安全生产是非常重要的而且必要的^[1]。目前煤矿安全监测系统大多采用固

定和有线传感器组成的网络,随着采掘工作面的推进,系统存在监测盲区,本文从这一点切入,提出了基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备的设计方案。

1 数据采集设备结构

基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备由多个传感器节点和1个远程控制节点构成,如图1所示。传感器节点与远程控制节点均以

收稿日期:2012-12-19。

基金项目:华南农业大学2011年度大学生创新实验计划项目(L11015)。

作者简介:谢家兴(1979—),男,福建连城人,讲师,博士研究生,研究方向为无线传感器网络技术,E-mail:xjx1998@scau.edu.cn。

ATmega16L 单片机作为主控芯片。传感器节点由瓦斯体积分数采集模块、温度采集模块、人体感应模块、LCD 显示模块、无线收发模块等组成,具有终端和路由器的双重功能,即可实现对瓦斯体积分数、温度等环境信息的采集和处理,同时还能实现自组网与数据转发功能。远程控制节点由无线收发模块、TFTLCD 显示模块、人机交换模块、预警模块等组成,负责接收和处理传感器节点发送的数据、启动预警系统并采取相应保护措施。

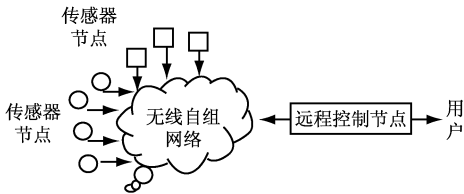


图 1 数据采集设备结构

2 数据采集设备硬件设计

2.1 无线接收模块

无线收发模块采用单片射频收发芯片 NRF24L01。该芯片工作在 2.4~2.5 GHz 通用 ISM 频段,其原理如图 2 所示。

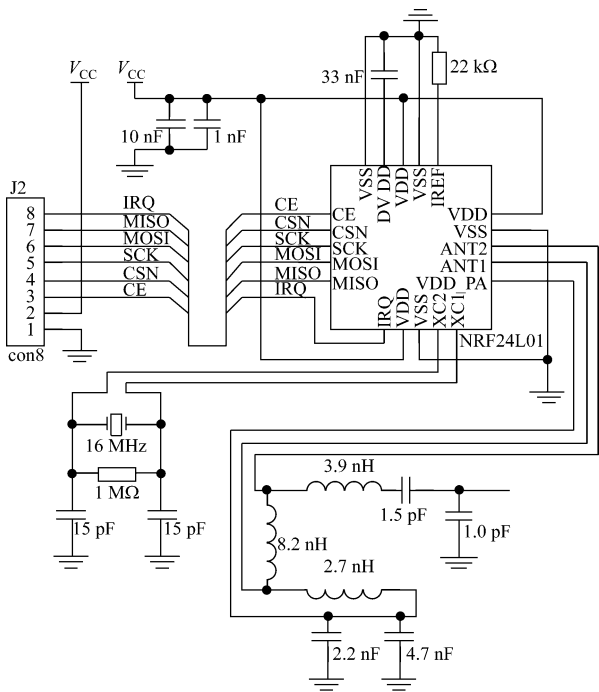


图 2 NRF24L01 原理

2.2 瓦斯体积分数采集模块

瓦斯体积分数采集模块采用 MQ-4 CH₄、天然气传感器,具有模拟量输出和 TTL 电平输出双路信号输出。TTL 电平输出的有效信号为低电平,直接连接单片机;模拟量输出端口输出 0~5 V 电压,

瓦斯体积分数越高,输出电压越高。

2.3 温度采集模块

温度采集模块主要由 DS18B20 芯片和电信号转换器组成。DS18B20 只要求 1 个端口即可实现通信,在实际应用中不需要外接任何元器件即可实现测温,测量范围为-55~+125 ℃。

2.4 人体红外感应模块

人体红外感应模块采用基于红外线技术的 DYP-ME003,其灵敏度高,可靠性强,具有较宽的工作电压范围;具有全自动感应效果,当人进入其感应范围则输出高电平,人离开感应范围则自动延时关闭高电平,输出低电平;可设置为可重复触发方式,即感应输出高电平后,如果在延时时间段内有人体在其感应范围活动,则其输出将一直保持高电平,直到人离开后才延时将高电平变为低电平(感应模块检测到人体的每次活动后会自动顺延 1 个延时时间段,并且以最后一次活动的时间为延时时间的起始点)。

3 数据采集设备软件设计

3.1 网络拓扑

拓扑控制是无线自组网络研究的核心技术之一。无线自组网络的拓扑结构按层级来分主要有平面结构、分层结构和混合结构 3 种。平面结构也称对等结构,该结构中所有节点的地位平等。在分层结构中,网络中被划分为多个簇,每个簇由 1 个簇头和多个成员组成。簇头组成高一级的网络层,在这个网络层中又可以分簇,形成更高一级的网络层,直至最高层。任意 2 个不在 1 个簇内的簇成员之间的通信都要通过各自的簇头来中转。混合结构是包含平面结构和分层结构的一种混合拓扑结构,虽然这种结构支持的功能更加强大,但是所需的硬件成本更高^[2]。

在保证网络覆盖度和连通度的前提下,根据控制网络特点组织成平面式网络拓扑结构,如图 3 所示。该网络具有动态特性,每个网络节点同时具有终端和路由器的双重功能,可以任意速度和方式在网络中移动,同时可随时加入或退出网络。

3.2 网络协议栈

参考并改进了互联网协议栈 5 层协议模型,如图 4 所示。物理层主要由节点硬件支持实现。数据链路层只定义 MAC 子层,MAC 协议决定无线信道的使用方式。网络层的路由协议用于选择网络通信链路。

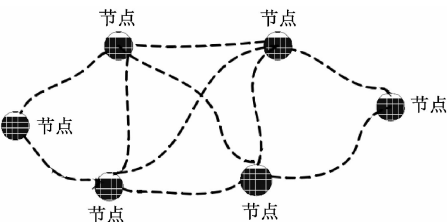


图 3 平面式网络拓扑结构

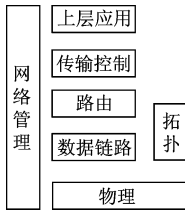


图 4 网络协议栈模型

基于 nRF24L01 无线射频模块的物理特性,MAC 协议采用基于随机竞争的信道接入方式^[3],利用载波侦听多址接入(Carrier Sense Multiple Access,CSMA)机制实现对无线信道的共享。MAC 协议的差错控制算法采用反馈重传方式(Automatic Repeat reQuest, ARQ),通过 16 位 CRC 校验方式和主动确认机制(ACK 帧)来保证定向通信的可靠性,并利用休眠调度机制保证节点能量的有效性。MAC 协议控制的无线射频模块发送/侦听状态转换如图 5 所示。

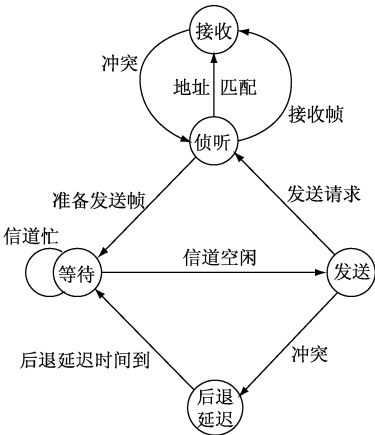


图 5 无线射频模块状态转换

3.3 路由协议设计

目前关于无线自组网络的平面路由协议主要有主动路由协议和按需路由协议 2 种^[4]。本文采用按需路由方式,网络中的节点不需要实时维护整个网络的拓扑信息^[5-6],只有当需要发送且没有到达目的节点的路由时,才发起路由发现过程。路由发现的实现使用携带技术,将路由信息整合在数据包的头

部,利用转发节点可修改数据分组的能力建立分布式路由,在数据报文传播过程中同时完成反向路由建立、正向路由建立、路由维护过程,大大减少了网络中非数据内容的路由信息,提高了网络效率^[7]。

3.4 数据帧格式

根据传输控制网络的特点,完整自定义了数据帧格式,见表 1。传输内容主要包含在 32 B 的数据区里,帧负载对上层数据报文进行封装。

表 1 自定义的数据帧格式

帧头										帧负载	帧尾		
前导 码	目标 地址	标志 位	自定义格式										
			目标节点标识符	源节点标识符	序列号	转发计数	多跳路由	服务类型	服务控制字	服务状态字	数据长度	帧数据	CRC 校验码

4 结语

基于无线自组网络的矿井环境数据采集设备实现了信息采集、自组网络无线数据收发等功能,可实时监测矿井下环境参数,以保障矿井安全。但目前笔者仅完成了该设备的研发工作,下一步将结合实际应用环境进行深入研究。

参考文献:

[1] 李红. 浅谈煤矿安全生产中存在的问题及应采取的措施[J]. 中国科技信息, 2011(24):73.

[2] 杨海粟. 基于 nRF905 的无线传感网络硬件平台的设计与实现[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2010:31-32.

[3] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社, 2005:28-62.

[4] 李春时, 王光兴. 无线自组织网络中的 IEEE 802.11MAC 协议的研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(1):26-28.

[5] 雷智翔, 黄晓燕. 基于嵌入式 Web 传感器的矿井监测系统的设计[J]. 工矿自动化, 2007, 33(1):30-33.

[6] 顾凌华, 慕春棣. 无线传感器网络中的节点数量控制策略[J]. 微计算机信息, 2007, 23(1):148-150.

[7] 李文仲, 段朝玉. 短距离无线数据通信入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006:7-8.

[8] 刘彬, 杨维. 网格型煤矿监测无线传感器网络设计与实现[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(7):44-48.