

物联网技术在煤矿安全生产中的应用*

高同辉 王 健

(平顶山工业职业技术学院 平顶山 467001)

摘要: 针对现有煤矿安全监控系统扩展性差,响应时间长及移动物体的监控能力相对较弱的问题,提出利用物联网技术,开发用于煤矿安全生产的监控平台,该平台主要由 ZigBee 无线传感器网络、物联网接入服务器和上位机可视化软件系统构成,对各种监测传感器采集的信息进行采集、处理、传输、显示与反馈。通过矿井仿真平台测试及煤矿井下现场测试表明,设计能够实现煤矿井下环境参数测控及人员的精准定位,能为煤矿安全生产监控提供有价值的参考。

关键词: 物联网;智能终端;ZigBee;人员定位

中图分类号: TD65 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

The application of internet of things in coal mine safety production

Gao Tonghui Wang Jian

(Pingdingshan Industrial College of Technology, Pingdingshan 467001, China)

Abstract: Aiming at the limitation of existing coal mine safety monitoring system, such as poor expansibility, long-time response and the relatively poor ability of monitoring moving objects, the article proposes a monitor platform which is developed by technology of IOT(Internet of things) to apply in the coal mine safety production. The platform is mainly composed of ZigBee wireless sensor networks, networking access server and PC visualization software system. It can be used to process, transmit, display and feedback information collected by various monitoring sensors. Through the test of mine simulation platform and undermine field test, it shows that the design enables the measuring and controlling of environmental parameters in coal mine and precise personnel positioning, it can be used to a valuable reference to the design of coal mine production safety monitoring.

Keywords: Internet of Things; intelligent terminal; ZigBee; personnel positioning

1 引言

目前我国主要能源来源仍然为煤炭,但由于煤炭储存条件复杂,煤矿安全监测能力不足,安全形势不容乐观。目前传统的煤矿监测监控系统主要有 KJ90、KJ95 等或是基于工业以太网的 KJ82 和 KJ122 等矿井综合监控系统^[1],它们属于集中控制系统,而且该系统由现场测控分站和控制中心主站构成,其主要存在兼容性、实时性差,网络结构不合理等不足。主要表现在:1)仍属有线监控,存在着覆盖率、扩展性和灵活性等方面的不足。2)传统传感器只具有检测和数据传输功能,并不具备智能角色功能,导致响应时间过长。3)传统监控监测系统只是对固定位置的设备或环境的监测监控,对移动物体的监控能力相对较弱。

针对目前煤矿综合自动化煤矿存在的诸多问题,若把新型传感器、无线传感网络、RFID、分布式信息处理等技术的物联网体系应用到煤矿监测监控系统中,它具有统一的标准,可以克服现有系统存在的不足,为煤矿安全生产与预

警救援提供新的思路和方法。近来,中国矿业大学成立了感知煤炭研究所;中国移动通信集团公司运用物联网技术与移动通信技术,针对煤矿安全生产研发的物联网应用项目“E 矿山综合管理系统”。建立的煤矿物联网应用平台能够实现人员管理定位、出煤量查询、视频监控、报表发送、人员定位、安全信息报警、信息管理等功能。

2 系统总体设计方案

煤矿物联网应用模型的结构体系^[2]如图 1 所示。

1)感知层:主要完成井下信息的感知和采集。通过智能传感器、RFID 标签读写器、条形码读写器、视频摄像头、本安型智能终端等设备,完成数据采集和设备控制。

2)传输层:主要完成数据接入和网络传输。其功能主要由传感网来承担。数据接入是将传感网的末梢节点信息进行组网控制和信息汇集,然后采用不同的通信网络与物联网配合形成承载网络,完成物联网层与层之间的信息

通信。

3)应用层:即物联网管理平台,主要功能是实现数据信

息的汇聚、转换、分析。本层由各种应用服务器和上位机软件组成,并实现对末梢节点的反向控制。

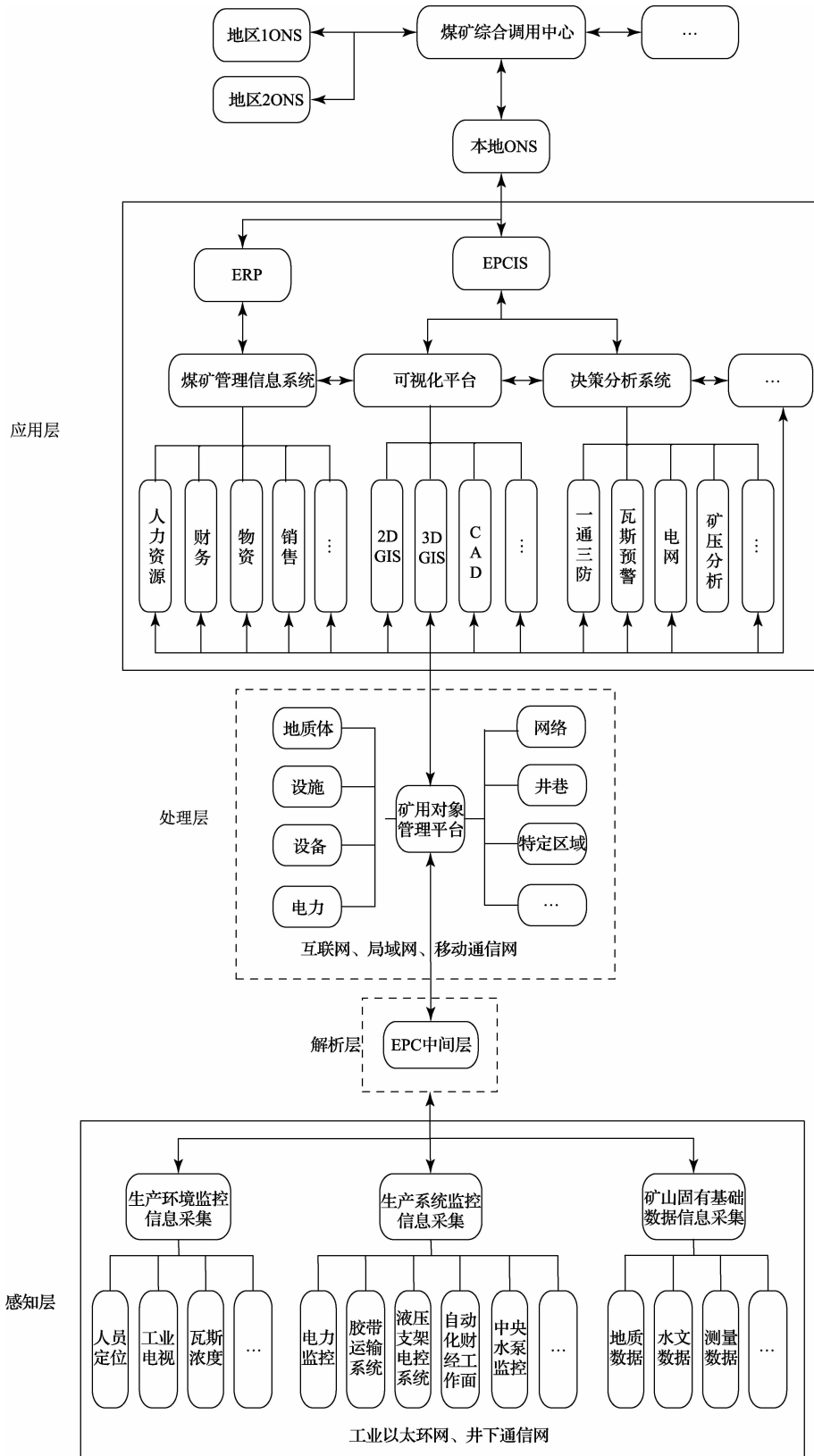


图 1 煤矿物联网应用模型的结构体系

3 煤矿物联网综合信息管理平台建立

综合信息管理平台是依托云计算技术将煤矿各个独立的系统整合为有机统一的综合监控平台^[3]。实现煤矿各系统的数据集成、功能集成和互联互动,充分发挥各系统的综合效应,并通过对各系统数据的挖掘、优化和延伸,实现综合监控系统、视频监控、定位监测系统、紧急避险系统、压风自救系统、供水施救系统、产量监测系统、安全设施管理、开采区域管理、设备物流管理、应急指挥、危险物品物流管理、报表系统等功能。

4 智能终端设计

将传统的传感器加入嵌入式微处理器,实现对传感器采集到的数据进行简单的逻辑运算和判断形成新型智能物理网终端。该智能终端结构如图2所示。选用ARM11内核的S3C6410微处理器,选用RFM22作为射频识别模块^[2]。

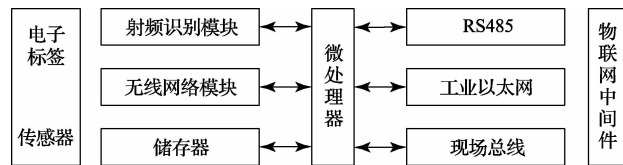


图2 智能终端结构

1) 微处理器 S3C6410

S3C6410的CPU采用基于ARM1176JZF-S核^[4]设计,内部集成了强大的多媒体处理单元,主频为667MHz;具有SDRAM内存;以太网RJ45 100M接口,通过CS8900网络芯片连接以太网;同时具有现场总线功能。

2) 射频识别模块 RFM22

RFM22是一种低成本、高能量的ISM频段射频收发模块^[5],高灵敏度(-121dBm)以及高功率输出(20dBm),频率范围:240~930MHz;最大输出功率:20dBm;低功耗:185mA(接收);85mA+20dBm(发射)。数据传输率:0123~256kbpsFSK;数字接收信号强度指示(RSSI)定时唤醒功能;自动频率控制(AFC);前同步信号检测;64B收发数据寄存器;温度感应和8位模数转换器。

3) 无线网络 ZigBee 模块 CC2530

采用TI公司的CC2530组成无线传感网^[6],配合智能传感器实现物联网数据采集后的无线通信。同时根据接收信号强度与已知参考节点位置准确计算出被测者的位置坐标,实现人员定位功能。CC2530内部集成增强型8051和RF收发模块,其外围只需要很少元器件的配合就能完成数据的收发。

5 感知层信息采集算法设计

感知层采用RFID系统和无线传感网融合而成的EPC

传感网络,不但能获取煤矿井下的环境信息,而且能对静止或移动的物体实现精确识别,同时RFID识别范围还能够不断扩展。

在实际应用中,可能存在感知阴影或盲点^[7],需要对节点不合理分布造成的监测影响进行优化处理。一般先建立节点分布的感知数学模型和应用环境的地域数学模型,然后依据模型建构目标函数,并在约束条件下选择适当的算法进行优化处理。目前常用的感知模型分为两种:二元感知模型和指数感知模型。

1) 二元感知模型

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & d(i,j) < r \\ 0, & d(i,j) \geq r \end{cases} \quad (1)$$

2) 指数感知模型

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{[1 + \alpha d(i,j)]^\beta}, & d(i,j) \leq r \\ 0, & d(i,j) > r \end{cases} \quad (2)$$

式中: P_{ij} 是感知概率,其功能是确定网络节点所在的感应区域内的目标, $d(i,j)$ 是感知半径,其功能是确定节点与目标之间的空间距离^[8]。式(2)中 α 和 β 是反映智能传感器本身具有的物理参数特性。

两种感知模型中的节点*i*在没有相近节点存在时,节点*i*对感应区域内目标*j*的感知概率。但在某一节点旁肯定会存在相邻节点,从而导致相邻节点及节点本身的感应区域互相交叉的现象,这样会出现感知概率互相影响。

假设节点*i*存在*N*个相邻节点,则重叠区域^[9]为: $M = R(i) \cap R(n_1) \cap R(n_2) \cap \dots \cap R(n_N)$,其中 n_1, n_2, \dots, n_N 为节点*i*存在的*N*个相邻节点。 $R(n_1), R(n_2), \dots, R(n_N)$ 是节点*i*及邻近节点的感应区域。

若每个感知目标互相独立,则*M*个节点中任一点的感知概率用式(3)计算:

$$G_j = 1 - (1 - P_{ij}) \prod_{k=1}^N (1 - P_{mj}) \quad (3)$$

但实际工作中,若将式(3)作为优化的目标函数,需要将目标区域抽象成二维的平面结构进行优化处理,同时需要配合约束条件有:

- 1) 所有智能节点网络地位平等且不自由移动,各个相关节点具有相同的初始能量及通信能力;
- 2) 目标区域全部覆盖;
- 3) 随机分配智能节点,使用该算法前,全部节点休眠。

6 通信网络组成

通信网络由ZigBee无线传感网络和以太网Ethernet有线网络^[10]两个主要部分组成。井上部分是煤矿井下救援可视化系统及其相关设备和网络,井下部分是无线传感器网络及其相关设备和网络。井下网络将整个巷道全覆盖,前端的ZigBee无线网络负责数据的采集和传输,后端Ethernet网络负责将数据传输至骨干网。

7 实验测试

利用校内矿井仿真平台进行测试,如图3所示。

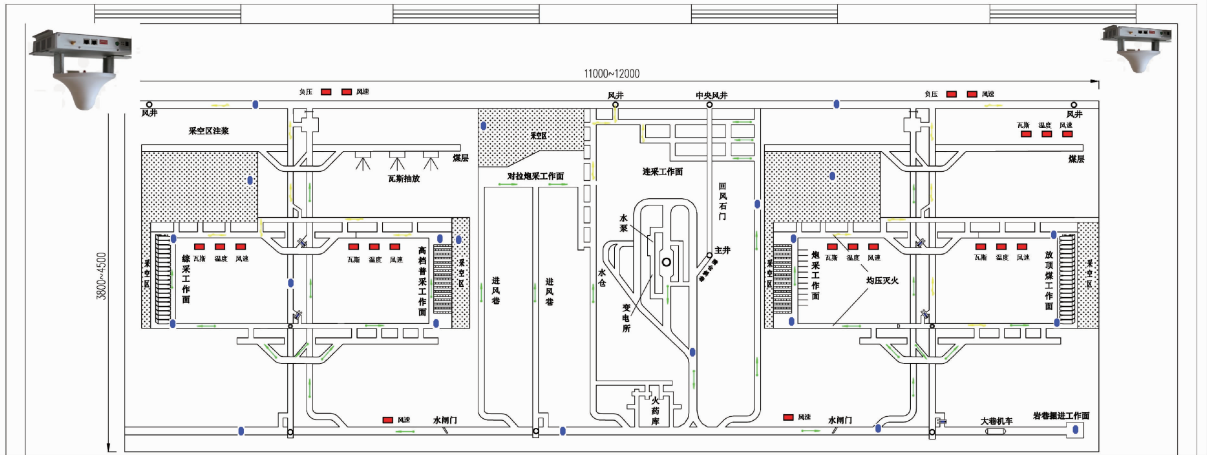


图3 矿井仿真平台示意

搭建测试系统进行测试,新型智能终端测量环境参数的误差如表1所示,人员定位识别响应时间 $<30\text{ s}$,准确率 $>80\%$ 。实践证明采用UWB无线矿井定位系统,实现实时、快速、精准的定位矿井工作人员的位置。

表1 测量误差

测量范围/ m^2	误差率
0.00~1.00	温度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,湿度 $\pm 1\%$,风量 $\pm 0.2\text{ m/s}$,震动量 \pm ,甲烷 $\pm 0.10\% \text{CH}_4$
1.00~3.00	$\pm 10\%$
3.00~4.00	$\pm 12\%$

将整个系统应用到平煤集团二矿西翼己庚二采区工作面检测系统的各项性能指标,采区安装12个ZigBee子节点设备,4个路由节点,分布于采区工作面及邻近巷道的不同位置,8个工人每人携带一个ZigBee发射模块走过巷道的不同位置。通过实验证明,监控系统能够搜索到各个移动节点设备,定位最大误差 $2\sim 3\text{ m}$,定位分辨率为 0.24 ,测量指标符合矿井人员定位的要求,同时网络也能准确的传输控制指令和传感器采集的信息。

8 结论

利用物联网技术构建煤矿安全监控系统,能够充分发挥无线通信传感网的优势,该系统组网快捷,使用灵活、方便,并能够实现视频、音频、告警信息、路线追踪定位等多种功能,为工作人员提供了优良的安全保障,有较高的应用价值。

参考文献

[1] 陈鸿杰. 物联网在煤矿安全生产应用中监测与控制技

术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2014.

- [2] 谈宇奇,王雪,刘长. 物联网室内运动目标协作信息融合跟踪方法[J]. 仪器仪表学报,2013,34(2):352-358.
- [3] 王昕,周廷振,赵端. 基于物联网的井下人员实时定位系统研究与实现[J]. 煤矿机械,2011,32(12):65-68.
- [4] 张帆. 无线传感器网络前台监控软件的设计与实现[D]. 天津:天津大学,2012,5.
- [5] 许金. 基于物联网的煤矿安全监控系统体系架构研究[J]. 工矿自动化,2013,39(12):97-99.
- [6] 钱志鸿,王义君. 面向物联网的无线传感器网络综述[J]. 电子与信息学报,2013,35(1):215-227.
- [7] 焦尚彬,宋丹,张青,等. 基于ZigBee无线传感器网络的煤矿监测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(5):436-442.
- [8] 张登宏. 煤矿安全检测系统的物联网技术研究[J]. 煤炭技术,2011,30(12):95-97.
- [9] 王志凌,王丽,张燕,等. 基于无线通信技术的煤矿安全系统设计[J]. 国外电子测量技术,2014,33(8):69-71.
- [10] 孙彦景,钱建生,李世银,等. 煤矿五连网络系统理论与关键技术[J]. 煤炭科学技术,2011,39(2):69-72.

作者简介

高同辉,1975年出生,副教授。主要研究方向为嵌入式技术。

E-mail:gaothaaa@163.com