

文章编号:0253-9993(2007)08-0884-05

基于 Zigbee 网络平台的井下人员跟踪定位系统

谢晓佳¹, 程丽君¹, 王 勇²

(1. 重庆大学 资源及环境科学学院, 重庆 400044; 2. 重庆大学 测试中心, 重庆 400044)

摘 要: 将 Zigbee 无线网络系统与有源 RFID 进行了比较, 基于两者的优劣采用先进的 Zigbee 无线网络技术初步设计了井下人员跟踪定位系统, 并介绍了此系统的构成及功能特点. 该系统便于矿领导、调度室和安监人员及时了解有关人员下井时间及分布情况.

关键词: Zigbee 网络平台; 井下人员定位系统; 数据传输; 身份识别; 读写器

中图分类号: TD676 **文献标识码:** A

The tracking and locating system of the mining personnel based on the Zigbee wireless network platform

XIE Xiao-jia¹, CHENG Li-jun¹, WANG Yong²

(1. College of Resource and Environment Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. Test Center, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: By comparing the advanced Zigbee wireless network system with active RFID, the Zigbee wireless network technology was introduced into the tracking and locating system of coal miners which was preliminarily designed. And system structure and function characteristics was also introduced. This system makes it convenient for mine administrators, control room persons and security inspectors to achieve working hours and location distribution information of mineworkers who are in coal mine.

Key words: Zigbee wirelee network platform; orientation system of the mining personnel; data transfer; identification; read-write head

在国外, 井下人员的跟踪定位一般是通过红外等无线方式经过泄漏电缆传输到地面, 地面的计算机可对收到的数据进行处理, 从而判断井下人员所在的地段. 美国、日本等国家的一些煤矿已实现了全矿下井人员的跟踪定位, 但这种方式造价非常高^[1]. 在国内目前所使用的井下人员定位技术, 实际上仅仅是一种考勤记录系统, 而非真正的人员定位跟踪系统. 煤炭科学研究总院曾研制过失踪人员寻找仪, 主要是寻找事故发生后的人员位置, 搜寻范围在十几米以内, 尚无法对下井人员的井下全方位跟踪定位.

面对国内煤矿安全生产的要求越来越高, 建立可靠实用的煤矿井下人员定位系统, 对改善煤矿的安全生产管理有着重要的现实意义. 本文设计的井下人员跟踪系统是 2.4 GHz 新一代人员定位系统, 采用国际上先进的 Zigbee 无线网络技术, 能够及时、准确地将井下各个区域人员的动态情况反映到地面计算机系统, 使管理人员能够随时掌握井下人员的分布状况和每个下井人员的入井、升井时间及运动轨迹, 以便于进行更加合理的管理. 当事故发生时, 救援人员也可根据井下人员定位系统所提供的数据、图形, 迅速了解有关人员的位置情况, 及时采取相应的救援措施, 提高应急救援工作的效率, 可以较好地解决以前存在

收稿日期: 2006-11-22 责任编辑: 高雪梅

基金项目: 教育部“春晖计划”资助项目(Z204-1-55005)

作者简介: 谢晓佳(1955-), 男, 重庆人, 副研究员, 博士. E-mail: xiejia@equ.edu.cn, chenglijun68@sina.com

的问题，具有一定的先进性和实用性。

1 Zigbee 简介及其与有源 RFID 的比较

在蓝牙技术的使用过程中，人们发现蓝牙技术尽管有许多优点，但仍存在许多缺陷。对工业、家庭自动化控制和遥测遥控领域而言，蓝牙技术显得太复杂，功耗大、距离近，组网规模太小等，而工业自动化对无线通信的需求越来越强烈。正因此，经过人们长期努力，Zigbee 协议在 2003 年中通过后，于 2004 正式问世。Zigbee 技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术，主要适合于自动控制 and 远程控制领域，可以嵌入各种设备中，同时支持地理定位功能。Zigbee 是可多达 65 000 个无线数传模块组成的一个无线数传网络平台，十分类似现有的移动通信的 CDMA 网或 GSM 网，每一个 Zigbee 网络数传模块类似移动网络的一个基站，在整个网络范围内，它们之间可以进行相互通信；每个网络节点间的距离可以从标准的 75 m，到扩展后的几百米，甚至几千米；另外整个 Zigbee 网络还可以与现有的其它的各种网络连接^[2]。

Zigbee 技术和 RFID 技术在 2004 年就被列为当今世界发展最快、市场前景最广阔的十大最新技术中的 2 个。这 2 种新技术都可以用于井下人员定位系统。由于无源的 RFID 传输距离太短，并不适用于井下人员定位，所以在这里只对有源 RFID 与 Zigbee 进行了比较，见表 1。

表 1 Zigbee 与有源远距离 RFID 的比较
Table 1 Comparison of Zigbee with active remotely RFID

项 目	有源远距离射频卡 (RFID) 考勤系统	Zigbee 无线网络系统
读卡距离	1 ~ 15 m (主动式) ^[3]	10 ~ 100 m
读卡原理	类似于雷达技术，采用反向散射调制系统，利用电磁波反射完成从电子标签到读写器的数据传输 ^[3]	主动式射频卡，用自身的射频能量主动地发送数据给读写器
读卡速度	< 10 m/s ^[3]	Zigbee 的响应速度较快，一般从睡眠转入工作状态只需 15 ms，节点连接进入网络只需 30 ms ^[4]
频段、抗干扰性	2.4 GHz，抗干扰能力较差	868 MHz ~ 2.4 GHz，高抗干扰的直序扩频通信方式 (DSSS)
传输速率	64 kbps ^[3]	250 kbps
成本	高 (高频读写器 ¥10 000 元左右)	低 (Zigbee 读写器几百元左右；使用免费的 2.4 GHz ISM 频段 (全球))
易用性	需使用井下通信电缆传输信号，且体积较大，安装麻烦	能自动组网，体积只有香烟盒大小，使用及安装非常简单

由表 1 可以看出，Zigbee 无线网络系统相比 RFID 系统具有低成本、安全可靠、低功耗、低数据速率等多种优势，所以在井下人员定位系统中采用了 Zigbee 无线网络系统作为通信平台。

2 系统构成

井下人员定位系统主要由人员跟踪定位、数据传输和上位计算机系统 3 个部分组成，如图 1 所示。

2.1 人员跟踪定位

主要是基于 Zigbee 无线网络平台，其中包括定位网络节点 (读写器)、无线 ID 模块、标准电缆

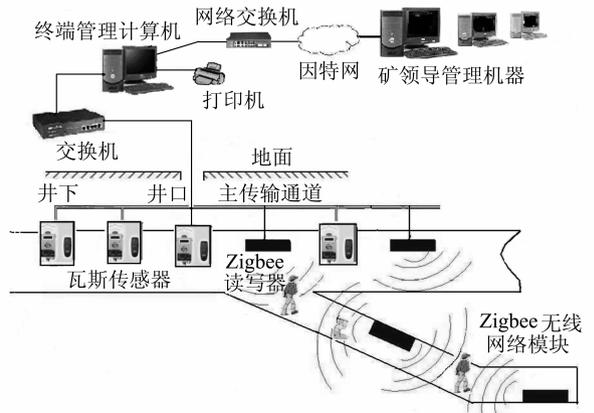


图 1 系统结构

Fig. 1 System structure

等. Zigbee 无线网络井下人员跟踪定位系统采用 Zigbee 无线网络技术, Zigbee 读写器设置在人员出入的井口及井下主要巷道的分岔口、各工作面入口等关键部位, 其数量和密度决定了人员定位的精确程度, 一般是根据现场实际需要, 沿坑道每隔 200 m 距离 (与井下电源接口位置一致), 工作面距离则可降低为 50 m 在坑道适当位置 (例如顶部)^[2]. 所安置的网络模块将自动组成一个 Zigbee 通信网络, 这个通信网络实际就是一个定位网络, 每一个网络节点就是一个定位点, 网络节点可通过自动读取移动目标的信息和信号强度, 来确定移动目标的位置信息, 网络定位节点在已有通信电缆的地方直接通过 RS-232 接口与现有的通信电缆相连接, 再通过交换机将信息上传至终端管理计算机^[4]. 井下人员跟踪定位软件系统处理, 实现人员跟踪定位系统的全部功能.

2.2 数据传输

包括分线接头、电缆接头、网络连接等. 网络节点可通过自动读取移动目标的信息和信号强度, 在 Zigbee 通信网络中各个节点之间传输, 网络节点在有通信电缆的地方直接接入已有的通信电缆, 通过交换机等再将信息上传至终端管理计算机. 井下人员跟踪定位软件系统处理, 实现人员跟踪定位系统的全部功能.

2.3 上位计算机系统

上位计算机硬件系统包括主机、电源系统、转换接口、软件保护器、打印机等; 软件系统包括: 信号采集与处理系统、通信系统、分析统计系统, 数据库, 人机界面; 报警装置等.

本设计的网络软件按照网站形式编制, 运行在矿局域网的服务器上, 连网的计算机通过浏览器便可以调阅本系统的内容. 在调度室和矿领导办公室, 可通过微机直观地查看井下人员情况. 可以查询该地点人员的情况、下井人员姓名、职务, 下井时间、上井时间、井下累计时间等详细情况.

井下人员定位系统软件采用模块化的编程方法. 系统的名称、功能特点和所使用的编程软件见表 2.

表 2 井下人员跟踪定位系统的软件模块

Table 2 The software module of tracking and locating system for mining personnel

项 目	序 号	模块名称	功能特点	编程软件
井下人员跟踪 定位	1	考勤信息获取和接口模块	通过计算机网络, 将实时考勤信息传入服务器, 自动录入数据库	
	2	人员考勤信息数据库检索模块	面向用户对象的多机制检索数据库, 有自动适应网络功能	Visual FoxPro ^[6]
	3	井下跟踪定位信息查询模块	数据库查询	
网络接口和数据 浏览相关软件	1	计算机网络接口模块	与矿现有的计算机网络系统完成无缝衔接	Windows server/ station
	2	井下人员跟踪定位信息网络服务模块	Web 超文本浏览模式	Web server website
	3	各客户机 Web 信息浏览模块	使用微软的超文本浏览工具 IE6.0 中文版	FrontPage IE6.0 中文版

3 系统功能、特点、技术性能指标

3.1 井下定位系统的主要功能、特点

(1) 考勤. 系统对井下人员的出入井时间进行记录及显示, 可用于考勤. 入井人员考勤表单见表 3.

(2) 定位. 实时查询, 计算机屏幕显示当前时刻井下总人数及井下人员分布 (按读写器) 情况.

(3) 跟踪查询: 对某一持卡人自入井开始在井下活动 (途经读卡器) 至升井全过程进行跟踪查询, 以考核该人工作; 也可以在特定情况下 (如某人该升井时未升井) 查询此人在系统中最晚出现时间地区, 以便查找, 甚至救援, 在发生紧急情况时, 可迅速检索井下人员所在位置, 以便减少伤亡损失. 井下人员定位跟踪表单如图 2 所示.

表 3 入井人员考勤表

Table 3 The attendance forms of the mining personnel

入井日期	编号	姓名	射频卡号	工种	单位	班次	入井类别	入井时间	出井时间
2006-08-01	1	李 殊	LD01	矿长	矿长办公室	早班	参加现场会	08:00	16:00
2006-08-01	2	王 勇	LD02	副矿长	副矿办公室	早班	参加现场会	08:00	16:00
2006-08-01	3	金 智	LD03	生产科科长	生产科	早班	执法检查	08:00	16:00
2006-08-01	4	严 正	LD04	安全科科长	安全科	早班	执法检查	08:00	16:00
2006-08-02	5	金 明	TF01	检测	通风队	中班	日常下井	16:00	00:00
2006-08-02	6	胡 学	TF02	仪修	通风队	中班	日常下井	16:00	00:00
2006-08-02	7	刘常青	TF03	通风副队长	通风队	中班	日常下井	16:00	00:00
2006-08-02	8	刘海青	TF04	通风安全工	通风队	晚班	日常下井	00:00	08:00
2006-08-02	9	王 军	TF05	钳工	通风队	晚班	日常下井	00:00	08:00
2006-08-02	10	李 明	TF06	打钻工	通风队	中班	日常下井	16:00	00:00
2006-08-08	11	张 炎	TF07	测试工	通风队	早班	日常下井	08:00	16:00
2006-08-08	12	王 岩	TF08	巷修工	通风队	早班	日常下井	08:00	17:00
2006-08-08	13	罗 燕	TF09	测风	通风队	中班	日常下井	16:00	00:00
2006-08-08	14	张 鑫	TF10	实习	通风队	早班	其它	08:00	16:00
2006-08-08	15	程 潜	TF11	通风队长	通风队	早班	日常下井	08:00	16:00
2006-09-09	16	李 涛	YS01	运输队长	运输队	早班	日常下井	08:00	16:00
2006-09-09	17	张 运	YS02	运输副队长	运输队	早班	日常下井	07:00	15:00
2006-09-09	18	陈 竞	YS03	运调员	运输队	中班	日常下井	15:00	00:00
2006-09-09	19	郭佳佩	YS04	挂钩工	运输队	中班	日常下井	16:00	22:00
2006-10-10	20	周小天	YS05	钳工	运输队	早班	日常下井	07:00	15:00
2006-10-10	21	陈 宇	YS06	钉道工	运输队	早班	日常下井	07:00	15:00
2006-10-10	22	黄 耀	YS07	电车工	运输队	早班	日常下井	07:00	15:00

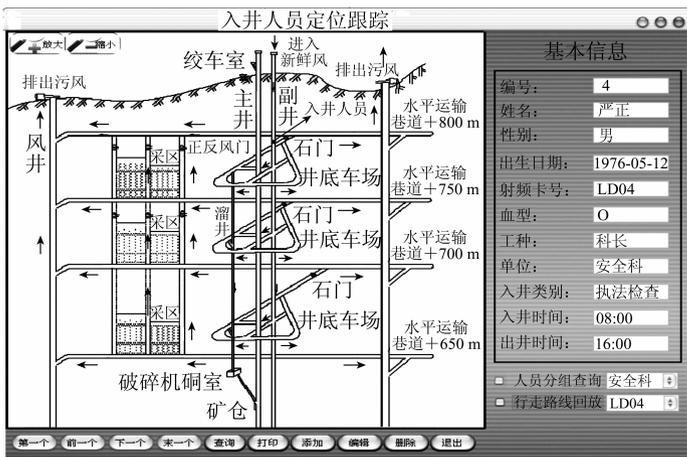


图 2 入井人员跟踪定位表

Fig. 2 The tracking and locating forms of the mining personnel

于 0.001 W^[2].

- (2) 读写器感应距离（与井下人员携带的 Zigbee 模块的距离）：10 ~ 100 m（可以人为调整）。
- (3) 读卡器至终端管理计算机信号传输距离大于 10 km，加接汇接器时传输距离可达 20 km 以上。
- (4) Zigbee 读写器之间的距离：几十米 ~ 1000 m^[2]。
- (5) Zigbee 无线 ID 模块电池：6 个月 ~ 2 a。

(4) 综合报表打印. 系统可按统计期（旬、月）对矿井人员按矿领导、管理人员、区队长（分单位）、工人（分单位）综合打印下井次数，每次入、升井时间，井下工作时间等内容报表。

(5) 联网功能. 在本地局域网或因特网上自由传输和浏览. 与矿中心网络联网，可将考勤信息送上网，在该网上任何一台有相应权限的计算机上均可调出与该系统有关的数据^[1]。

3.2 煤矿井下定位系统主要技术性能指标

(1) Zigbee 无线 ID 模块：电池驱动，体积 50 mm × 40 mm × 8mm，发射功率小

(6) 适宜工作环境参数: 温度为 $0 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $\leq 95\%$ ($+25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 气压为 $80 \sim 106\text{ kPa}$.

(7) 系统对人体无任何伤害.

3.3 井下定位跟踪系统的主要特点

(1) 被测目标无负担. 井下工作人员无须增加携带装备, 无须主动进行任何操作.

(2) 通行方式无限制. 对被测人员经过检测点的通行方式没有限制, 不影响井下人员的正常通行和正常作业.

(3) 结构简单, 配置灵活. 从电源适配器到读写器联接, 从读写器到计算机终端的联接均采用标准接口, 使整个系统安装显得非常简单、快捷.

(4) 系统采用电池组单独向读卡器供电的方式, 解决了井下取电不方便的问题. 但系统设计预留了井下取电的接口, 在需要的情况下, 可在井下取电.

(5) 无线 ID 模块使用的都是抗干扰的直序扩频通信方式, 被识读灵敏度极高, 漏读率低于百万分之一^[5]; 同时设计的无线 ID 模块只能在读写器感应范围内起动工作, 使 Zigbee 无线 ID 模块超低功耗.

(6) 系统复用, 保护原有投资. 人员跟踪定位系统可以和原有的安全生产监测系统 (如瓦斯检测系统) 共网复用, 减少投资也可以在人员监测系统网络中加设环境参数, 工况等其他类型的传感器, 构成多功能的综合监测系统.

(7) 信息反馈快速准确. 对从井下传送上来的信息能够迅速的通过网络传输到服务器端, 接收到信息后, 服务程序会及时地对信息进行处理, 以备查询终端发出请求^[6].

4 结 语

本系统设计了科学实用的井下人员定位采样的前端系统, 在传统有线传输射频技术方案的基础上提出了无线局域网络通信体系, 即 Zigbee 无线网络构架体系, 该体系更加适应井下人员活动分散, 掘进工作面或采煤工作面分布区域广的特点; 设计了新的井下到地面的数据传输网络体系且复用目前井下采用的瓦斯监测有线网络通信体系来解决井下到地面的数据传输; 本系统还根据煤矿生产的实际情况构建了后端数据库体系, 提供了井下人员安全生产的各种相关信息, 以便地面的生产管理人员可以实时掌握井下人员的工作位置和运动轨迹.

参考文献:

- [1] 刘富强, 钱建生. 井下干部跟踪定位显示系统设计 [J]. 煤矿设计, 1999, 46 (5): 28 ~ 29.
- [2] 王权平, 王 莉. Zigbee 技术及其应用 [J]. 现代电信技术, 2004, 34 (1): 33 ~ 37.
- [3] 游战清, 李苏剑. 无线射频识别技术 (RFID) 理论与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] 瞿 雷. 一种新的无线网络通信技术 Zigbee [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006 (1): 12 ~ 14.
- [5] 蒋 泰, 蒋 利. 基于 ZigBee 技术的低成本无线数传系统的实现 [J]. 广西大学学报(自然科学版), 2005, 30 (4): 332 ~ 336.
- [6] 王 宇, 刘 勇. 盘江矿区煤矿井下人员定位系统设计初探 [J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 34 (2): 18 ~ 21.