

基于 Zigbee 矿井监控系统设计

王 勇

(西安航空职业技术学院 西安 710089)

摘 要:针对井下复杂的特殊环境以及对外网络的封闭性,基于 Zigbee 技术及 Ethernet 技术设计了矿井控制监控系统。通过 GIS 方式利用 AutoCad 对虚拟地图的转换,实现了对井下虚拟地图信息实时显示与连接操作。最后该系统通过网页虚拟地图方式能在 PC 上加以显示而且能够实现地图的连接操作,从而实现远程的监控功能。

关键词: 矿井; Zigbee; GIS; 监控

中图分类号: TN605 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

Design of mine monitoring system based on Zigbee

Wang Yong

(Xi'an Aeronautical Polytechnic Institute, Xi'an 710089, China)

Abstract: Aiming at the complex special underground environment and the seal of the external network, based on the Zigbee wireless communication technology and industrial Ethernet technology a comprehensive and normalized coal mine monitoring system was built. By way of GIS using AutoCad to transform virtual map, the real-time display and join operations of down hole virtual map information were realized. Finally the system through a web virtual map could be displayed on a PC computer and carried on join operations on the map, so as to realize the remote monitoring function.

Keywords: mine; Zigbee; GIS; monitoring

1 引 言

煤炭企业的安全生产向来都受到人们的密切关注,它不仅关系我国煤炭产业稳定持续发展,而且是保证经济快速健康发展的基础。近年来国家对安全生产越发重视,但煤矿事故仍然偶有发生。加之我国传统煤炭控制监控系统在实时性、稳定性、智能性等方面存在着诸多问题。基于上述种种原因,在进行深入的分析与研究的基础上,设计了功能齐全、可靠性高、时效性强、智能化程度高的煤矿监控系统。

2 基于 RSSI 的三边定位算法

由于系统收到的测量功率值总是大于实际真实值,导致计算得到的测量距离总是大于实际距离,如图 1 所示。设 3 条弦的交点为 N_1 ,该点坐标为 (x'_N, y'_N) ,并且以 M_1 、 M_2 、 M_3 这 3 点为圆心的圆的实际半径依次为 d'_1 、 d'_2 、 d'_3 ,则可以得到式(1)。

$$\sqrt{(x'_N - x_1)^2 + (y'_N - y_1)^2} = d'_1$$

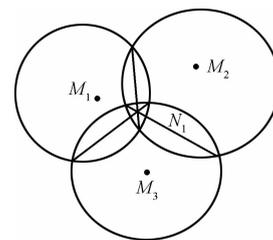


图 1 RSSI 实测距离

$$\begin{aligned} \sqrt{(x'_N - x_2)^2 + (y'_N - y_2)^2} &= d'_2 \\ \sqrt{(x'_N - x_3)^2 + (y'_N - y_3)^2} &= d'_3 \end{aligned} \quad (1)$$

接下来对 d'_1 、 d'_2 、 d'_3 的值加以修正。设 M_1 、 M_2 、 M_3 距点 N_1 的距离分别为 l_1 、 l_2 、 l_3 ,则总修正系数 α 为:

$$\alpha = 1 - \sqrt{\frac{l_1^n + l_2^n + l_3^n}{d_1^n + d_2^n + d_3^n}} \quad (2)$$

由此可得到 d'_1 的修正系数 α_1 为:

$$\alpha_1 = \alpha \times \frac{3d'_1}{d'_1 + d'_2 + d'_3} \quad (3)$$

收稿日期:2017-04

同理可获得 d'_2 的修正系数分别为 α_2 以及 d'_3 的修正系数 α_3 ,修正后的距离 d''_1, d''_2, d''_3 的计算公式为:

$$\begin{aligned} d''_1 &= d'_1 \times (1 - \alpha_1) \\ d''_2 &= d'_2 \times (1 - \alpha_2) \\ d''_3 &= d'_3 \times (1 - \alpha_3) \end{aligned} \quad (4)$$

求出修正距离之后再带回式(1),便可求解出 N_1 点的修正后的坐标(N''_x, N''_y)^[1-2]。

3 基于 ZigBee 的矿井信息的获取

3.1 信息获取方法

要完成对矿井工作人员的准确定位,需要凭借 ZigBee 网络同时获得井下工人的位置及矿井环境两种数据信息,如图 2 所示。人员位置信息获取:上位机利用协调器发送命令给佩戴终端的矿工,收到命令后终端将周围邻近的基站的自身功率利用协调器发送给上位机,最后由上位机分析计算得到工人的精确位置^[3-4]。温湿度信息获取:首先是温湿度传感器接收上位机经由协调器发送的命令,接下来传感器再通过协调器把环境数据信息上传给上位机,最后由上位机计算得到具体的环境信息。

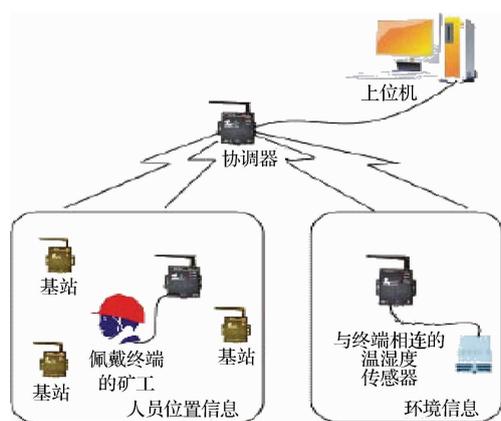


图 2 信息获取总体框架

3.2 硬件模块的配置

XBee-PRO ZigBee/802.15.4 RS-232 RF 调制解调器不但具有 ZigBee 标准的优势,而且在性能上超越传统 ZigBee 解决方案的 3 倍距离之多,具体 ZigBee 的参数如表 1 所示^[5]。

3.3 API 命令

1) API 中涉及的命令

API 命令如表 2 所示。

2) API 命令的发送与回复

API 命令发送与回复的具体流程为:双击调试软件 X-CTU→单击 Terminal→点击 Assemble Packet 按钮→在 Send Packet 窗口选中 HEX→输入要发送的 API 命令→最后点击 Send Data,完成发送^[6-7]。如图 3 所示。

3) 获取节点的功率值

详细介绍 4 号节点获取功率值的的具体步骤,其他节

表 1 ZigBee 产品参数

性能	值
输出功能	60 mW(10 dBm), 100 mW EIRP*
室内/城市范围	高达 100 m
室外/RF 可视距离	高达 1 mi(1.6 km)
RF 数据传输率	250,000 bps
工作频率	2.4 GHz
数据接口传输率	1 200~115 200 bps
接收器灵敏度	-100 dBm
网络	
扩展频谱类型	DSSS(直接序列扩频)
网络拓扑结构	对等网络结构,点到点协议,点对多
出错处理	可恢复 & 确认
过滤选项	PANID,通道和地址
通道能力	12 个直接序列通道
寻址能力	每个通道具备 65 000 个网络地址
加密	128 位 AES(开发中)
功能	
电源供电	5~14 V 直流电或 USB 总线供电
发送电流	300 mA
接收电流	80 mA
关电源睡眠电流	小于 6 μ A
通用	
频率波段	2.4000~2.4835 GHz
数据连接	DB-9(孔)或 USB 公头
特理特性	
尺寸大小	11.4 cm×7.0 cm×2.9 cm
重量	5.25 oz(150 g)
天线选项	RPSMA
工作温度	-40~85°C(工业级)
认证	
美国(FCC)	OUR-XBEEPRO
加拿大(IC)	4214A-XBEEPRO
欧洲(CE)	ETSI
澳大利亚	已检验
2 级 1 区	已检验(联系 MaxStream 公司获取)

表 2 API 命令

API 帧的名称	值
调制解调器状态	0x8A
AT 命令	0x8A
AT 命令—队列参数值	0x09
AT 命令响应	0x88
远程命令请求	0x17
远程命令响应	0x97
ZigBee 发送请求	0x10
明确寻址 ZigBee 命令帧	0x11
ZigBee 发送状态	0x8B
ZigBee 数据接收包(AO=0)	0x90
ZigBee 明确的 Rx 指示器(AO=1)	0x91
ZigBee IO 数据采集 Rx 指示器	0x92
XBee 传感器读指示器(AO=0)	0x94
节点标识指示器(AO=0)	0x95

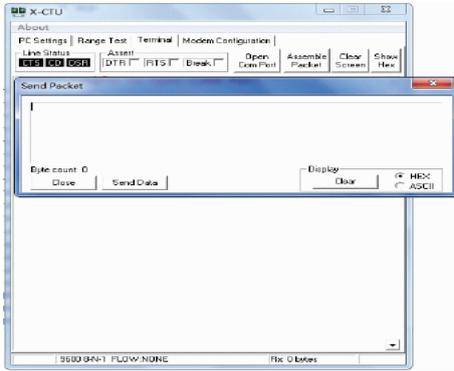


图3 API命令的发送与回复

点与此类似,不再详细介绍。4号节点的地址为:0013A200402C7012,上位机发送给该节点的指令为7E000F17010013A200402C7012FFFE024442BF,其中:

- 0F 帧长
- 17 远程命令 API 帧类型
- 01 为帧 ID(设置一个不为零的值)
- 00 13 A2 00 40 2C 70 12 64 位目的地址
- FFFE 16 位目的地址
- 02 应用变更
- 44 42 为 AT 命令 DB
- BF 校验和

$$BF = FF - \left[\begin{array}{l} 17 + 01 + 00 + 13 + A2 + 00 + \\ 40 + 2C + 70 + 12 + FF + \\ FE + 02 + 44 + 42 \end{array} \right]$$

当4号节点收到命令后^[8-9],返回给协调器的16进制的API指令为:

7E001097010013A200402C70126EA34442001F0E

如图4所示。

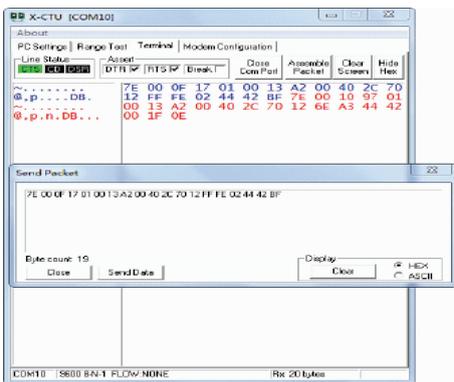


图4 获得4号节点的功率值

4 软件设计

系统软件设计主要包含数据库的设计连接、基于GIS的井下电子地图绘制与加载、得出矿工坐标界面的设计、温湿度界面设计及人员定位及轨迹回放。在这里主要对后3种设计进行介绍。

4.1 得出矿工坐标的设计

要实现对矿工的精确定位关键是计算出终端的具体位置坐标,这里采用极大似然法来完成。如图5所示。

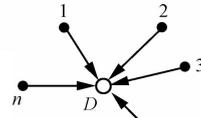


图5 极大似然法

设n个基准信标节点位置是 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ ^[10],它们与待定位节点D之间距离分别为:

$$\begin{cases} \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} = d_1 \\ \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} = d_2 \\ \vdots \\ \sqrt{(x-x_n)^2 + (y-y_n)^2} = d_n \end{cases}$$

接下来利用1~n-1式分别减去n式,便可获得线性方程 $AX + BY = c$ 。

最后使用标准最小均方差法获得终端的具体坐标。

4.2 MAX地图的绘制

系统首先利用AutoCad软件对矿区绘图,接下来进行格式变换,转换为MAX能够辨识的格式.gst。具体的格式变换步骤如下。

首先,将所绘制AutoCad地图另存为R12/13的.dxf格式文件;

接着,确定两个定位方便的基准点并获得取它们的坐标值,通过MapInfo软件中import功能对图进行定位转换;

最后,点开mapx5.0 geoset utility^[10],完成从.dxf到*.gst变换过程。

5 监测系统界面

制作的监测系统界面主要包含:初始化界面、人机实时信息虚拟地图、井下人员管理界面。

1)初始化界面

登录系统后首先进入初始化界面。该界面主要包含标题区、导航区子页面显示与操作区,具体见图6所示。



图6 初始化界面

2)人机实时信息虚拟地图

单击导航区人机实时信息虚拟地图,便可进入该页面,其界面如图7所示。用以实时查看人员与机器的位置信息、矿区的预览、人员的活动轨迹、具体设备的查询、报警点的显示等。



图7 人机虚拟地图界面

3) 井下人员管理

为方便管理人员对井下工人所在的具体位置及工人的个人信息进行管理检查,而设置了井下人员管理界面,该界面的具体显示图如图8所示。



图8 井下人员管理界面

6 结论

本文采用 Zigbee 技术及 Ethernet 技术相结合,设计的矿井控制监控系统,优化了矿井监控系统的性能,消除了系统的监控盲点、维护不便等问题。通过 GIS 方式利用 AutoCad 对虚拟地图的转换,实现了对井下虚拟地图信息实时显示与连接操作。并且系统能通过网页虚拟地图方式能在 PC 上加以显示而且能够实现地图的连接操作,从而实现远程的监控功能。

参考文献

- [1] 王春,华钢,朱艾春,等. 煤矿井下人员定位系统上位机软件的设计与实现[J]. 煤矿安全, 2010, 41(8): 64-66.
- [2] 王晨哲. 煤矿井下人员定位系统的设计与实现[D]. 西安:西安石油大学, 2013.
- [3] 杜帅,秦伟,张柯,等. 基于 ZigBee 技术的绿地智能喷灌系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(3): 71-74, 79.
- [4] 国鑫,霍凯,刘玉琳. 基于 ZigBee 的无线定位系统设计[J]. 中国仪器仪表, 2011, (4): 31-34.
- [5] 陈旭,杜国平. 定向运动设备中无线通信模块的设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(1): 70-73.
- [6] 高晓玲,王艳. 基于 MapX 的组件式 GIS 在煤矿中的应用研究[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(14): 3467-3469.
- [7] 张建军,陈晓,赵意. 一种无线传感器节点动态采样策略[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(2): 249-255.
- [8] 李伟,崔建明. 基于 ZigBee 和 GIS 的井下人员定位系统的设计[J]. 工矿自动化, 2010(2): 67-69.
- [9] 鹿剑,徐立军,郭亮. 煤矿井下人员定位系统的设计[J]. 工业控制计算机, 2010, 23(9): 61-62.
- [10] 胡娟. 基于 ZigBee 的井下人员定位与通信系统设计[J]. 煤炭工程, 2010, (4): 16-17.

作者简介

王勇, 1974 年出生, 讲师, 主要研究方向为计算机应用与仿真。
E-mail: 80709047@qq.com

(上接第 54 页)

- [5] 许飞. 车辆动态称重预检系统设计及实现[D]. 西安: 西安工业大学, 2012.
- [6] 赵晓群,张洁. 巴特沃斯低通滤波器的实现方法研究[J]. 大连民族学院学报, 2013, 15(1): 72-75.
- [7] 杨晓冬,马光,刘倩,等. 一种改进的 Levenberg-Marquardt 辨识算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(8): 1263-1268.
- [8] 杨敏. 汽车动态称重系统算法研究[D]. 西安: 长安大学, 2010.
- [9] 沈裴裴. 高速动态称重信号干扰因素及模型补偿研究[D]. 杭州: 中国计量学院, 2015.
- [10] 吴光强,栾文博. 汽车传动系相关 NVH 问题的动力学研究论述[J]. 机械工程学报, 2013, 49(24): 108-116.
- [11] 周钦山. 信号分析仪中矢量信号分析设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(5): 57-61.
- [12] 叶焰杰,陈怀海,贺旭东,等. 基于 MATLAB/Simulink 多输入多输出随机振动试验模拟研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(1): 39-43.
- [13] 田垌,刘宗田. 最小二乘法分段直线拟合[J]. 计算机科学, 2012, 39(S1): 482-484.
- [14] 肖战胜. 基于模糊神经网络的门座起重机动态称重系统研究[D]. 长沙: 中南大学, 2009.
- [15] 李志民,柳强,张新权,等. 基于最小二乘法的球杆系统输入输出建模研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(1): 65-69.

作者简介

张惠芳(通讯作者), 1992 年出生, 在读硕士, 研究方向为通信与信息系统、测控技术。
E-mail: 1872304389@qq.com
张海宁, 1964 年出生, 教授, 研究方向为测控技术。