

高感知度无线通信技术 实现井下人员准确定位考勤^{*}

邵军¹,张作伟¹,张作礼¹,邵辉²

(1. 山东亨达煤业有限公司, 山东 泰安 271405; 2. 济南正创电子科技有限公司, 山东 济南 250012)

摘要:山东亨达煤业茅庄矿开采30多年来,形成了多个层平巷同时作业的情况。在对各层井下作业人员进行安全保障和考勤管理时,准确的定位是关键。通过采用新的符合《AQ 6210-2007》标准要求的高感知度无线通信技术,亨达矿业实现了各作业层的人员准确定位和考勤。

关键词:煤矿感知度;无线技术;井下定位;考勤;山东泰安

中图分类号:TP393.02

文献标识码:B

1 研究区概况

山东亨达煤业公司茅庄矿位于山东省泰安市,是一个开采了30多年的煤矿,现有-37,-100,-200,-270和-350等5个平巷和工作面,下井作业人员在各个平巷都有分布。巷道高2.3~2.6 m,宽2.5~3 m,主巷道沿岩层开拓,巷道壁做了喷浆处理。各主要平巷都有架线机车轨道,沿巷道有水管和电缆铺设。人员下井通道是主斜井和各平巷间多级分段连接的斜井,主斜井同时兼作提升通道。平巷与各斜井连接处弯道较多,风门和分岔路口多,岔道处部分有钢梁做支护。

为了加强对井下人员安全和考勤方面的管理,有必要在井下重点位置安装人员定位通信装置,以读取人员位置信息并传送到地面数据库系统(位于地面调度监控室机房)。公司先期安装了一套以RFID技术为基础的人员管理系统,读卡分站分别安装于上述各平巷入口处,但是标识卡漏读和错读现象较为严重,远不能达到新颁布的行业标准《AQ6210-2007》规定的漏读率小于 10^{-4} 的指标^[1]。

仔细研究读卡分站的信号覆盖情况发现,原RFID系统无线信号在复杂巷道环境中的传输距离较近,直线传播大约10~15 m左右,遇有弯道、岔路

等情况,信号能量分布变得极为不均匀,当较多人员同时通过读卡器时,漏读和错读较容易发生。进一步的分析指出,RFID技术用于读卡时,其底层无线信号会发生碰撞和重叠两种现象,由于没有相应的解决机制,无线信号碰撞造成对标识卡的漏读,而信号重叠产生畸变会造成卡的错读加漏读,这些缺陷统称为感知度不足^[2,3]。

为了解决这个问题,公司重新安装了一套井下人员管理系统,安装位置仍然在各平巷入口处,由于新系统提高了感知度,在传输距离(具体指标为提高了无线灵敏度)和终端分辨能力(具体为无线信号底层碰撞解决机制的形成)方面均有明显改善,提高了准确率,使得该系统数据可以作为公司下井人员考勤的依据(图1)。

2 高感知度无线技术精确定位原理

感知度指感知距离和在该距离上每次通信传输成功概率的乘积。即

$$G = d \times P(T_d)$$

其中: G 为感知度; d 为分站到标识卡的距离; $P(T_d)$ 为标识卡在距离 d 上进行定位通信传输的成功概率。

根据这个定义,如果一个系统,当它的通信传输

* 收稿日期:2010-05-25;修订日期:2010-08-03;编辑:曹丽丽

作者简介:邵军(1975—),男,山东巨野人,注册安全工程师,主要从事煤矿开采技术工作;E-mail:hengdashaojun2009@163.com。

的成功率保持在一定水平上时,其通信范围越大,信号覆盖范围越宽,则感知度越高;在一定的信号覆盖范围内,如果其定位通信的成功概率越高,则感知度

越高,当然就越可以准确地进行考勤^[4]。所以高感知度系统的关键,就在于保证在足够的范围内的通信成功概率。

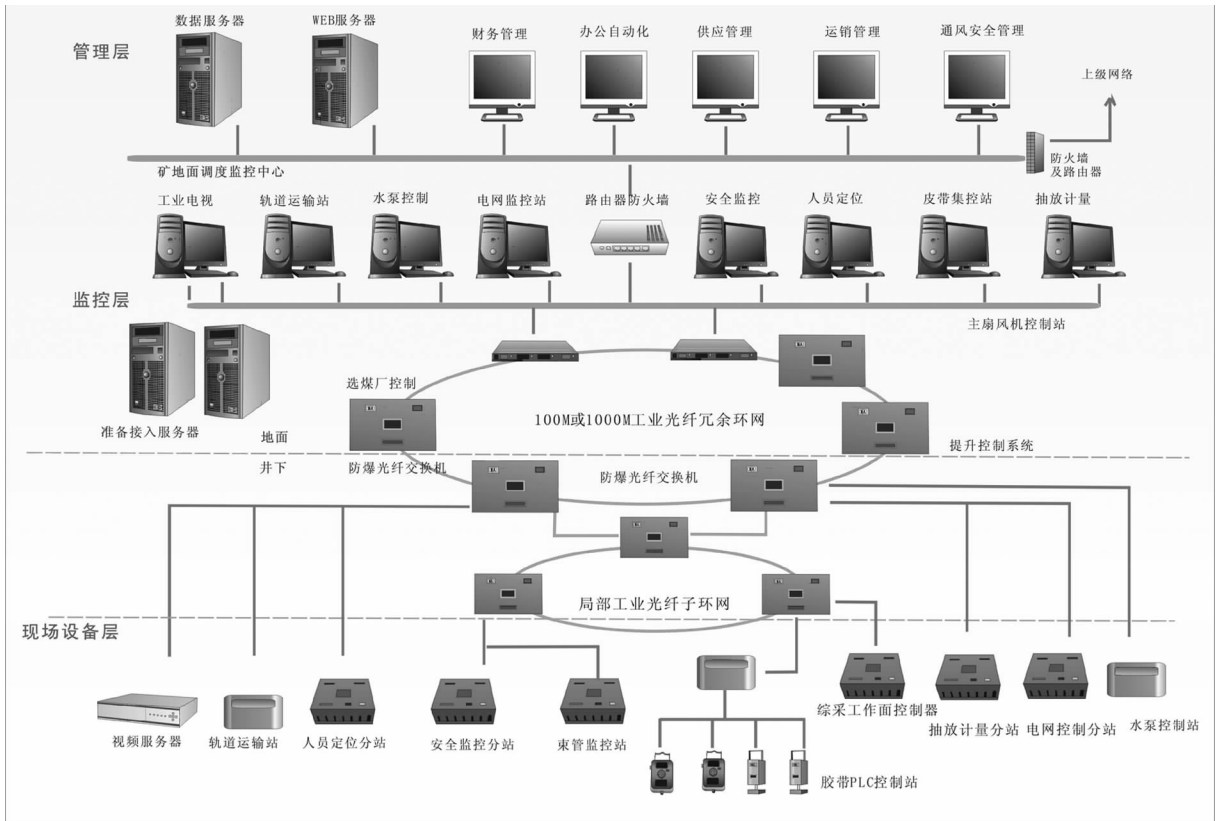


图 1 煤矿井下人员考勤定位系统网络构成示意图

对于煤矿井下巷道来说,考勤无线系统的信号覆盖范围要宽到足以保证在系统自身的轮询周期内,井下人员无论是步行还是乘车,至少要进行 1 次以上的可靠定位通信传输。为了保证这一点,在这个轮询周期里,一般人员所携带的标识卡在分站信号范围内至少会有 2 次以上的通信过程,每次通信过程可以发送多个传输,直到信息可靠送达。

所谓“可靠定位通信传输”,按照《AQ6210 - 2007》的要求,即要使得定位分站信号范围内通信的失败概率小于 10^{-4} ^[5],可以表达如下:

$$P_G = 1 - MIN[P(T_d)] \leq 10^{-4}$$

其中: P_G 是感知范围内的定位通信失败概率。

可以看到,因为无线信号传输存在的不确定性,假如分站信号覆盖范围不够宽,则携卡人员可能在经过分站信号覆盖区时未能进行有效通信,从而出现漏读。或者,无线通信机制不能保证足够的通信成功概率,则也会发生问题。

茅庄矿应用的定位技术采用了 IEEE802.15.4 协议的底层,通过对物理层进行放大处理,使信号在满足精度的条件下实现了较大范围的覆盖,这样就保证了在系统轮询周期内有较多次的通信过程,从而保证其总的通信成功概率达到要求。传输的内容,除了标识卡的 ID 信息,还包括标识卡所读到分站的信标信号 ID 及其强度。分站信标信号的 ID 唯一地标志了该分站,从而提供系统了解标识卡所在的区域。而信标信号的强度,实际上被用来做精确定位使用,在相关软件配合下,地面调度室人员可以比较精确地知道标识卡携带者与井下读卡分站的距离。

3 实际应用分析

系统在茅庄矿的 - 37, - 100, - 200, - 270 和 - 350 等 5 个平巷和工作面分别安装了 1 台综合分站,根据现场的具体巷道走势,其有效覆盖范围从

50~200 m 不等,离分站距离近的弯道有大约 30~50 m 的信号覆盖。轮询周期按照《AQ6210-2007》的要求小于 30 s,实际设置为 20 s。系统安装后分 2 个阶段进行了试验。

第 1 阶段进行小批量定点试验,重点检查漏读和错读概率。由指定人员携带大量(一般一人带 20~30 个)标识卡下井,由远而近地步行通过分站。进入考勤区域后用无线电话与地面确认位置,地面调度室人员利用软件系统自动统计标识卡数量和每个 ID 号,并与下井人员携带的清单进行比对,来确定准确程度。下井人员携卡反复从不同方向进入各考勤点,通过速度也不同。这一阶段试验进行了 1 周,使用了一百多只标识卡,分不同批次下井,平均每天 50 只卡下井共被读取 2 万次以上,累计超过 10 万次读卡。结果是,包括亏电告警的卡在内,没有发生漏读或错读现象。证明高感知度无线技术的协议栈设计是成功的,其通信传输成功概率达到了《AQ6210-2007》的要求。

第 2 阶段则将标识卡发放到每个矿工,重点统计上下井考勤情况,以确定系统是否能够满足煤矿的实际要求。期间发生工人在井下将标识卡关机而被漏读的情况,由软件系统以特定方式提示调度员注意到。2 个月来的统计结果表明,高感知度系统的人员上下井考勤是准确的,与人员登记情况基本吻合,总体上满足煤矿井下考勤的要求。

4 结论

(1)高感知度技术在煤矿应用中具有较高的可操作性,在井下巷道的特定环境中,如果使用得当,可以满足煤矿在考勤定位中的要求。

(2)煤矿井下环境中的无线电信号强度,有可能作为进行较高精度的定位通信所需的物理测量参数,从而提供更为复杂的感知度概念。如果在软件技术方面进行进一步的开发,还可能极大地提高定位的精度。

(3)由于该系统按照安装设计,则完全有可能在各种情况下使用,包括应急救援的情况下提供精确的井下人员统计信息。

参考文献:

- [1] AQ6210-2007. 煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件[S].
- [2] 季文涛. 煤矿安全通信基础设施[A]. 节能环保 和谐发展——2007 中国科协年会论文集(三). 中国科学技术协会年会论文集[C]. 2007.
- [3] 柯建华,魏学业. 基于 RFID 与 CAN 的煤矿井下人员定位系统研究[J]. 煤炭工程,2006,(11):104-106.
- [4] 李润求,施式亮,彭新. 基于 ZigBee 技术的煤矿井下人员跟踪定位系统研究[J]. 湖南科技大学能源与安全工程学院,2009,(2):9-12.
- [5] 孙继平. 煤矿监控系统手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,2007.

Accurate Personnel Management of Underground Staff Realized by High Perceivable Wireless Communications Technology

SHAO Jun¹, ZHANG Zuowei¹, ZHANG Zuoli¹, SHAO Hui²

(1. Shandong Hengda Coal Mining Limited Corporation, Shandong Tai'an 271405, China; 2. Jinan Zhengchuang Electronic Science and Technology Limited Corporation, Shandong Jinan 250012, China)

Abstract: Maozhuang mine of Shandong Hengda Coal Mining Limited Corporation has been mined for more than 30 years, and multiple levels of entries were formed. For people work in different level of entries, accurate personnel positioning is the key to gurantee their safety and management. By adopting a new high perceivable wireless communications system, which could meet the AQ6210-2007 standard, Maozhuang mine was able to realize accurate personnel tracking and attendance management.

Key words: Coal mine; high perceivable; wireless; underground tracking; attendance management; Tai'an in Shandong province