

一种基于人员定位的矿井综合通信系统

王 坤¹, 林明星²

(1. 山东大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250100; 2. 山东大学 机械工程学院, 山东 济南 250014)

摘 要: 针对目前矿井井下通信系统功能不完善, 技术与实现复杂的现状, 提出了一种基于井下人员定位的综合通信监控系统。详细介绍了定位原理与具体实现过程, 给出了系统中关键设备基站(BS) 与人载通信器的结构原理图, 并对综合通信与监控功能的实现进行了分析, 最后给出了 CMC 管理软件的系统功能框图。

关键词: 人员定位; 基站; 人载通信器; 通信系统

中图法分类号: TN915 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005) 08-0217-03

An Integrated Communication System Based on Personnel Orientation in Mine

WANG Kun¹, LIN Ming-xing²

(1. School of Information Science & Engineering, Shandong University, Jinan Shandong 250100, China; 2. School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: With the Problems of incomplete communication function and complicated techniques and realization in mine, an integrated communication system based on personnel orientation is developed. Make an introduction about the principle and realization of personnel orientation in details firstly. Then, the graph of construction principle of base station and communicator are proposed. We also analyze the function of duplex communication and monitoring instrument and provide the system function graph of management software of CMC at last.

Key words: Personnel Orientation; Base Station(BS) ; Communicator; Communication System

1 矿井井下通信系统组网现状

井下通信系统在矿山工程中有着重要的作用。它可以完成地面控制中心与井下员工的实时通信, 或者对井下的一些重要设备进行实时监控。目前, 常见的井下通信系统主要有有线传输调度电话系统、架线电机车载波电话系统、感应通信系统及近几年发展起来的漏泄通信系统^[1,2]。由于井下恶劣的通信环境, 特别是严重的噪声干扰和电波衰落, 严重影响了通信系统的实际应用。目前井下通信系统^[3~5]的功能比较单一, 可扩展性较差, 不利于大规模矿山应用。井下多功能综合通信系统特别是无线移动通信系统对矿山工程的生产与管理意义重大, 但目前没有较成熟的产品, 因而其发展空间广阔。

2 一种基于井下人员定位的综合通信系统组网方案

2.1 系统设计功能与要求

本方案的主要目的是对井下人员进行定位, 并通过基站实现地面控制管理中心与井下员工的实时通信。除此以外, 该方案还具有实时监测井下重要仪器设备的功能。分析表明, 该综合通信系统具有设备与施工简单, 成本造价较低, 实用功能较强等特点。系统采用无线与有线相结合的方式, 具有良好的可扩展性, 可应用于大中型煤矿井下人员的定位管理与设备检测管理。

(1) 任务与要求: 对矿井下的员工进行定位, 并进行相关信息统计。能够实时地监控井下员工的具体位置(误差范围内); 能够进行员工下井考勤与相应时间、地点的统计(包括何时下井, 何时离井, 具体位置等)。可对某些井下重要仪器设备或重要区域进行实时监控。不需要工作人员实地看管, 可将设备运行状态的实时数据及时反馈至控制中心, 以便进行提前故障预测与检修。实现地面控制中心与井下员工的简单双向通信(数据或语音)。主要用于通告员工对仪器设备的实时维护与紧急情况下互相通信。

(2) 主要设计参数如下: 网络规模大小约为 10km; 基站 BS 总数量约为 1 000 个; 无线通信距离为 30m ~50m; 基站 BS 间距为 50m ~80m; 通信器移动速度为 0 ~5m/s。

(3) 设计注意事项: 井下信号的衰减较大, 要合理地设置基站的发射功率与基站间的距离。信号传感源密集区(仪器设备密集区) 要设置相应基站, 便于铺设传感线路。基站设置要重点考虑可能的员工密集区和信号衰减严重区域(如十字路口处)。

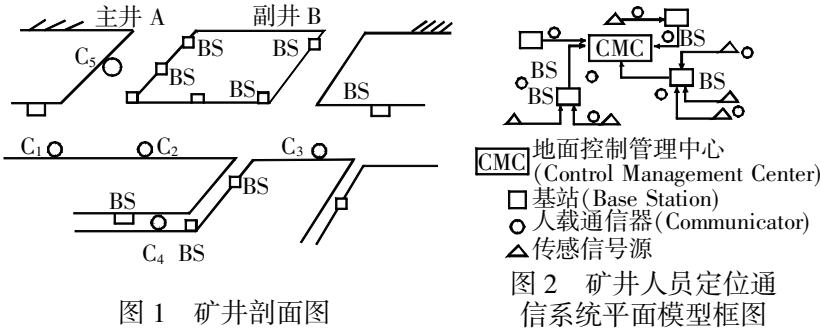
2.2 系统整体设计方案

通信定位系统主要由地面控制中心 CMC(Control Management Center)、井下基站(Base Station) 以及人载通信器(Communicator) 组成。CMC 负责整个通信定位系统的管理与控制, 通过地面管理中心可以对井下人员以及相应设备进行实时的监控。CMC 任务可由一台多功能计算机并配有相应数据库管理软件完成。BS 为整个通信定位系统的关键部分, 负责多项功能。主要有: 人载通信器周期性信号的检测(用于人员定

位);仪器设备或其他传感信号的采集与初步处理;地面控制中心与井下人员的双工通信。人载通信器用于完成井下员工与地面的通信,并通过发射周期性 Hello 报文来确定井下人员位置。

矿井剖面图如图 1 所示。BS(Base Station, 基站)采用悬挂式装置置于井下通道壁上,BS 位置固定,通过有线电视与地面控制中心 CMC 相连接。BS 分布于整个矿井中,负责对井下人员的身份、位置、时间进行鉴别定位。 C_i 为人载通信器,即井下人员的具体位置。 C_i 可处于静止或运动状态,移动速度一般小于 $3\text{m/s} \sim 5\text{m/s}$ 。

通信系统平面模型图如图 2 所示,整个系统采用集中式控制,便于生产管理与整体调度。BS 与 CMC 可采用井下已有的通信电缆进行连接,不需额外铺设架线。传感器可将采集到的传感信号通过短距离有线媒体接入 BS。由于井下传感源数量有限,而且布置 BS 时已考虑传感信号源的分布,所以传感器接入线路距离较短。传感信号带宽需求较小,普通有线传输媒体即可满足需求,使得整个传感接入线路代价较小,可根据需要临时铺设。



煤矿矿井可以看作线型通道,BS 采用悬挂式结构安装在通道墙壁。人载通信器 C_i 的最大发射功率与基站 BS 相同,保证井下任何位置由人载通信器所发出的信号都可以被附近至少一个基站 BS 接收到。通过图 1 可以看出,合理的设置 BS 间距离可以使得基站信号既能覆盖整个矿井通道,又不会造成太大的信号重叠;既节省了发射功率,又降低了无线信号间的同频干扰,增加了无线带宽利用率。对于人载通信器 C_i ,最多只有两个 BS 同时检测到某个 C_i 发出的周期性 Hello 报文,既节省了发射功率,又方便于井下定位的计算。整个系统的设计兼顾了实用性、经济性和技术可行性要求。

2.3 井下人员定位原理

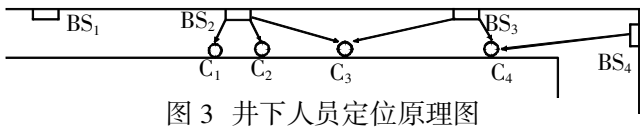
我们采用信号强度检测法对井下员工进行位置定位。基站 BS 实时的检测周期性人载通信器发出的 Hello 报文,并将检测到的报文信号强度和报文信息传给地面控制中心 CMC, CMC 根据收到的信息来进行井下人员的位置定位。

定位原理:

CMC 为每个 BS 设置具体的位置序列号,该序列号对应矿井下具体的地理位置。每个人载通信器 C_i 设有不同的身份认证序列号,分别对应不同的员工信息。 C_i 周期性的发送 Hello 数据包,该数据包为一种握手信息,只包含 C_i 的身份认证信息。BS 实时的接收来自 C_i 的 Hello 报文,对收到的信息包进行电平大小和身份认证信息检测,并将结果实时地传给地面控制中心 CMC。CMC 通过不同的 BS 序列号值和 Hello 信号强度(电平值)可确定出信号的具体位置来源,通过对信号中认证

信息的分析可确定发出该信号的人员信息,从而可以实时地检测每个员工井下的具体位置。多个相邻 BS 接收到含有同一身份认证信息的 Hello 报文时,CMC 通过比较不同 BS 接收的 Hello 报文信号强度来确定该报文发出的具体位置。

设井下某段通道信号衰落成均匀分布(在某段通道内可以近似),则可使该段内任意两相邻 BS 间距离相等,如图 3 所示。BS 为基站, BS_1 与 BS_2 , BS_2 与 BS_3 皆距离相等。 C_i ($i = 1, 2, 3, 4$) 表示人载通信器,即井下人员的具体位置。我们通过测定此段通道内 C_i 无线信号的最大传输距离来设置两 BS 间距的大小,使 C_i 信号的最大传输距离略大于 BS 间距的一半(如 0.6 倍 BS 间距)。

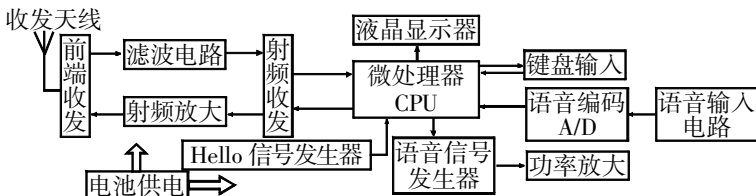
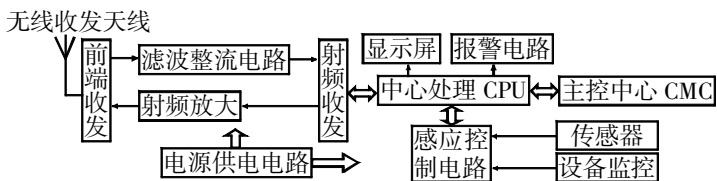


对 C_1, C_2 两个节点, BS_2 可以检测到它们的周期性 Hello 信息包,其他 BS 由于距离这两个节点较远,则无法检测到 C_1 与 C_2 发出的周期性信息。CMC 可以接收到 t_0 时刻由 BS_2 传来的信息(包含电平值大小和 C_i 的身份认证信息),据此可以判定出在 t_0 时刻 C_1 与 C_2 皆在 BS_2 附近。 BS_2 在井下的位置固定, C_1, C_2 对应不同的井下人员,所以 CMC 可以知道 t_0 时刻这两名井下员工的具体位置。对 C_3 节点,由于处于 BS_2 与 BS_3 的中间位置,CMC 可以同时收到来自这两个基站接入点的信号,从而判定出该节点位于 BS_2 与 BS_3 基站之间(此时信号电平值较小)。 C_4 发出的周期性信息也同时被 BS_3 与 BS_4 检测到,但是 CMC 通过比较两者的电平大小可以确定 C_4 位于靠近基站 BS_3 的地方。

这里需要注意的是该方法确定的是 C_i 的大体位置,存在一定的误差。但是通过比较信号强度,可以使该误差远小于二分之一倍 BS 间距。该方案中 BS 间距约为 $50\text{m} \sim 100\text{m}$,故误差在几米范围内,这对一个数十公里的大型矿井井下员工位置的定位是有意义的。

2.4 结构原理框图

以上从整体结构讨论了该系统的构成与定位原理。图 4、图 5 给出系统中的基站 BS 和人载通信器的结构原理框图。为保证一般性,我们对具体芯片型号与参数不作要求,具体应用中可以根据实际情况选用不同的通信器件与芯片。



2.5 设备监控与传感信号采集

该通信系统除了完成井下人员定位功能之外,还具有对井

下重要设备进行监控和对感应信号源进行信号采集的功能。

设备监控功能可实现地面控制中心对井下一些重要设备的运行状态进行实时监控,及时地预测设备可能出现的故障,便于井下人员的维护。该功能的实现需要辅以设备检测装置,BS 可以通过数据线路时接收来自设备检测仪器的信号,并将数据传给地面控制中心 CMC 进行数据分析处理,完成实时监控的目的。

通过传感器可以对井下某些特殊区域进行传感信号的收集。不同的传感信号可以通过不同的传感器进行收集,如温度、压强、甲烷含量等传感信号。传感器可将获得的信号传送至附近基站,然后进一步传至地面控制中心进行处理。通过得到的传感数据可实时对井下特殊地理区域进行检测。

此外,对检测到可能出现的事故或设备故障可以通过基站的报警装置和显示屏(图 4),进行实时实地的预报,以满足矿井安全生产需要。

2.6 CMC 与井下员工的双工通信

系统所实现的另一个功能就是通过人载通信器与基站 BS 实现地面控制管理中心与井下员工的实时通信。井下双工通信在安全生产,井下人员管理等方面都有重要作用。目前已有许多专门的井下通信系统用于实现地面控制中心与井下人员的实时通信,由于井下无线环境恶劣,特别是通道拐角处信号衰减很大,使得无线通信效果较差。专门铺设通信电缆代价较大,而且有线通信对员工的移动性也提出了限制,因此也不利于井下通信。

通过在人载通信器中设置语音输入电路和语音信号发生器(图 5),可以方便地完成地面控制中心 CMC 与井下员工的实时语音通信。信号通过基站 BS 进行传输,由于无线传输距离短,因此大大降低了信号衰减对通信的影响。此外,还可以通过键盘输入和液晶显示屏完成与地面的数据通信功能。

2.7 CMC 的软件讨论

由于管理软件设计的灵活性与多样性,本文不对软件的具体设计进行深入讨论,但作为整体通信管理系统的一部分,软件的设计具有重要地位。不失一般性,图 6 给出地面管理控制中心的软件管理系统的参考结构框图。

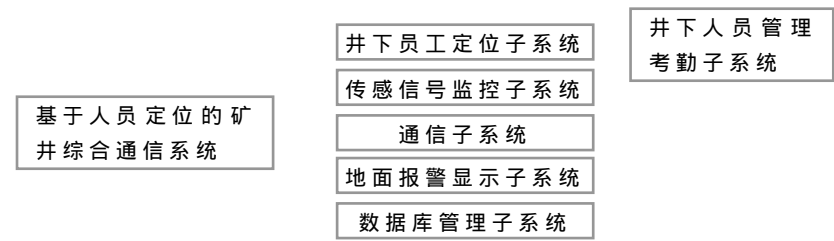


图 6 CMC 管理软件系统结构

3 结束语

矿井井下通信系统对矿业安全生产与管理意义重大。矿井井下地形复杂,无线信号衰减严重,有线电视铺设困难而且造价高,使得目前大多井下通信系统不仅功能简单,而且技术复杂,造价较高,不能较好地应用于实际生产过程中。基于人员定位的矿井井下综合通信系统通过有线与无线结合的方式,采用信号强度检测的方法,可以实现地面控制中心对井下人员的实时通信与位置监测。通过传感设备还可以实现对井下重要仪器设备进行实时监控和故障预报。整个通信系统各功能实现独立,方便实际应用与功能扩展,具有广泛的推广应用价值。

参考文献:

[1] 林向红. 矿山企业通信系统设计的探讨[J]. 有色矿山, 2003, 32(3) : 32-34.

[2] 刘联会. 煤矿井下移动通信方案的探讨[J]. 煤矿机电, 2002, (3) : 36-38.

[3] 李世银,刘富强,钱建生,等. 基于光纤传输和计算机网络的煤矿综合调度通信系统[J]. 光通信技术, 2002, (6):22-24.

[4] 孙继平,田子建,梁亮,等. 一种新型的井下无线通信组网模式[J]. 工矿自动化, 2003, (2):1-4.

[5] 郑淑丽,黄玉岭,孔德冒,等. 多级煤矿通信系统的设计与实现[J]. 中国矿业, 2003, 12(6) :48-50.

[6] 段锦,齐红,宋璐. 实时数据远程通信系统的设计[J]. 计算机工程, 2002, 28(4):263-265.

[7] 侯方勇,戴葵. 计算机射频通信系统的设计与实现[J]. 计算机应用研究, 2002, 19(12) :105-107.

[8] Jim Geier.无线局域网[M]. 王群,李馥娟,叶清扬. 北京:人民邮电出版社,2001.

作者简介:

王坤(1981-),男,山东莒南人,硕士研究生,主要研究方向为无线通信、数据与计算机通信;林明星(1966-),男,山东栖霞人,教授,博士生导师,博士,主要研究领域为机电智能控制和信号分析。

(上接第 216 页)

表 2 发送命令中不同 STAT 代表的不同含义

可选值	含 义
0	获取已收到但未读过的消息 (默认)
1	获取已收到并且已读过的消息
2	获取贮存的未被发送的消息
3	获取贮存的已被发送的消息
4	获取所有消息

3 结束语

随着手机的普及,SMS 业务也必将呈现出更为广阔的前景。目前有很多类似于售后服务部的公司或部门,员工大部分的时间游离在公司之外,他们主要通过电话与公司取得联系,而电话的成本要比短消息高得多,但是短消息编写速度慢,本系统则很好地将计算机书写和管理短消息的方便性与手机短

消息的实用性结合了起来,使手机短消息这种通信形式很好地满足了他们的需求。

参考文献:

[1] icrosoft MSDN Library[EB/OL]. <http://www.microsoft.com/china/msdn>.

[2] 林勇,应新洋. Delphi 下用 Mscomm32 实现串行通信[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(8) :158-160.

[3] GSM_GPRS/GT47-48/GT48 GR48 AT Commands Manual R1B. pdf [EB/OL]. http://www.novotech.ca/dev_se.htm

作者简介:

管恩花(1979-),女,山东诸城人,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络、传感器网络;尚传进(1980-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络、自组织网络;张晓峰(1980-),男,山西榆次人,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络。