

文章编号:1671-251X(2014)01-0016-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.005
马秀萍,刘伟,张申,等.煤矿井下可见光通信系统设计[J].工矿自动化,2014,40(1):16-19.

煤矿井下可见光通信系统设计

马秀萍, 刘伟, 张申, 翟彦蓉, 黄欢

(中国矿业大学 物联网(感知矿山)研究中心, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对井下现有通信网络存在有线网络易损坏、无线网络通信质量较差等问题,设计了一种井下LED可见光通信系统。该系统利用煤矿井下现有的照明电力线作为传输介质,通过改造LED照明系统,建立可见光通信基站,并配合矿灯移动节点,构成了覆盖巷道和工作面的通信网络,实现了照明和通信双重功能。与井下现有的通信系统相比,该系统无自然光的干扰,且不受电磁波干扰,在安全性、可靠性和稳定性等方面具有明显优势,同时成本相对较低,在井下具有较高的实用价值。

关键词:煤矿井下; 可见光通信; 电力线载波通信; 照明; 光发射机; 接收机

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:2013-12-31 08:59

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.005.html>

Design of visible light communication system used in underground coal mine

MA Xiuping, LIU Wei, ZHANG Shen, ZHAI Yanrong, HUANG Huan
(IoT (Perception Mine) Research Center, China University of Mining and Technology,
Xuzhou 221008, China)

Abstract: In order to solve problems that wired network is easy to be destroyed and wireless network has bad communication quality existed in current communication network in underground coal mine, a LED visible light communication system was designed. The system uses existing lighting power line as transmission medium, establishes communication network covering roadway and working face through transforming the LED lighting system, and establishing a visible light communication base station, combining with the miner's mobile nodes, so as to realize dual functions of illumination and communication. Compared with existing communication system, the visible light communication system has not natural light interference and electromagnetic interference, so it has obvious advantages over security, reliability and stability. Furthermore, for its low cost, the system has high practical value in underground coal mine.

Key words: underground coal mine; visible light communication; power line carrier communication; lighting; optical transmitter; receiver

0 引言

目前,用于煤矿井下的通信网络主要可分为有线通信网络、无线通信网络及有线与无线混合的通信网络。有线通信网络主要通过铺设通信电缆或光纤等构成通信线路,由于巷道纵横交错,工作面具有

移动多变性,线路敷设复杂且易遭到损坏,使得有线通信网络在井下应用具有很大的局限性。现有的无线通信网络主要是利用无线射频技术实现通信,如 WiFi、蓝牙、ZigBee、超宽带、红外等。但是,煤矿井下环境恶劣,电磁波的传输极易受到特殊的通信环境的干扰,形成严重的多径效应,因此,很大程度上

收稿日期:2013-07-23;修回日期:2013-10-22。

基金项目:国家自然科学基金项目(60972059);江苏省科技支撑计划项目(BE2011501)。

作者简介:马秀萍(1988—),女,山西代县人,硕士研究生,主要研究方向为矿山通信,E-mail:mxp_forever@163.com。

降低了通信质量和传输距离,而且全网节点的铺设成本较高、安装不易。混合有线和无线通信网络主要是在指一些大巷、泵房等采用有线敷设,而在一些特殊环境(如工作面)利用无线进行通信,虽然通信效果有所提升,但由于无线通信技术本身易受外界环境影响,在井下受限的通信环境根本无法根除多径效应,而且同样存在铺设安装困难,成本较高等缺点。因此,为了解决以上井下通信网络的缺陷,研究设计了一种煤矿井下 LED 可见光通信系统。该系统通过电力线载波通信和光载波通信的结合,实现了矿井工作面等井下场所与地面的通信;与其他传统的井下通信系统相比,由于是通过改造的井下电力照明系统构成,铺设安装简单,成本低廉且安全可靠。同时,LED 可见光在井下通信环境中应用具有明显的优势,无自然光的干扰,可覆盖整个井下区域,发射功率高,可实现照明和通信双重功能,能在实现正常照明的同时满足通信需求。

1 系统总体设计

1.1 系统架构

煤矿井下可见光通信系统主要包括 2 个部分:照明灯基站与移动台(即矿灯)之间的光无线通信,照明灯基站之间以及照明灯基站与地面之间的电力线载波通信,如图 1 所示。

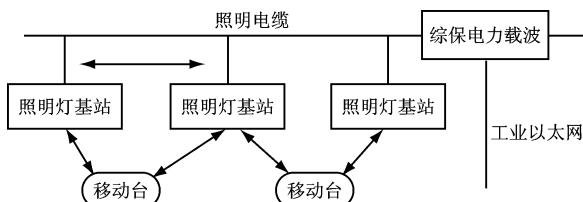


图 1 煤矿井下可见光通信系统整体架构

井下可见光通信网络在原有电力线的基础上,通过改造井下现有的电力照明系统,重新规划照明网络,以 LED 可见光通信链路和电力线通信链路为基础,并将一些必要的主服务器、光检测基站、移动控制台等设备添加到系统中,其网络结构如图 2 所示。在井上监控室安装主控制监控服务器装置,通过相耦合的方式连接到井下电力线^[1]。在井下各个巷道内,通过电力线系统将许多照明灯基站连接成可见光下行链路通信网络,再对井下采煤工作面和交错的巷道进行分区,建立各个小型可见光通信局域网,并在每个局域网内设定一个光基站控制台,同样通过相耦合方式连接到电力线系统,作为一个小型的局域网服务器,它不但具有路由转发功能,而且能够对照明灯基站进行控制和调整。

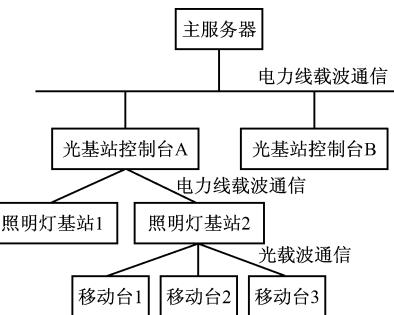


图 2 可见光通信网络结构

1.2 系统设备组成及功能

(1) 主服务器。对整个可见光通信网络进行监控,具有与外界通信的以太网接口,并安装各种监控、定位软件等,它不但能够对各个光基站控制台和基站进行直接或间接控制,而且也可用于移动台和基站的通信和定位。

(2) 光基站控制台。只对本区域内的基站网络进行监控,同时具有计算机网络中的路由功能,它主要包含本局域网内的各个照明灯基站全部信息和其他的局域网的光基站控制台信息。具体功能包括:① 它可把电力线载波数据帧进行分组并组装成数据包格式,为上层服务层提供完整的信息;② 可将接收到的数据帧进行同层的路由转发,同时也可向下一层转发;③ 对数据信息进行处理、识别,可用于对本局域网内的基站和移动台进行控制等。

(3) 照明灯基站。主要由光信息发射器和接收器构成,其具体结构如图 3 所示。其中光信息发射器由 LED 光调制编码电路、LED 驱动电路和 LED 光源等构成,用于信息的发送;光信息接收器由光信号检测器、信号调理模块、信号处理器、均衡器、解调判决器和电力线调制编码模块等构成,用于信号的接收,同时也可作为光通信的交换机使用。

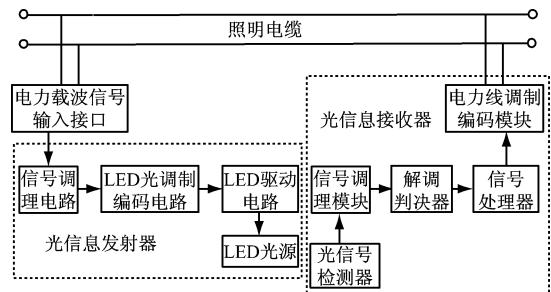


图 3 照明灯基站结构

(4) 移动台。即智能矿灯,是一个可以提供照明的小型智能终端,主要结构如图 4 所示,包括光信息发射器和接收器,此外,还含有电源、控制器、显示器等硬件设备,主要用于信息的发送、显示等。

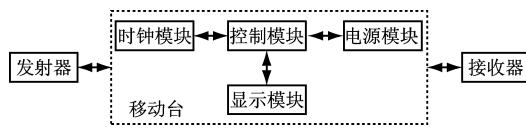


图 4 移动台结构

2 关键技术

目前煤矿井下工作面存在着严重的通信手段单一的问题,本文将可见光通信与电力线载波通信相结合,可以有效地提高井下通信的可靠性。

2.1 电力线载波通信

电力线载波通信是指将照明电线作为传输媒介,以载波的方式将信号进行高速传输的通信方式,电力线在输送电流的同时实现信息传输的功能。目前煤矿井下的电力线载波通信通常用于煤矿电力监控以及安全监测中。本系统中照明灯基站和综保电力载波系统均连接在电力电缆上,并通过综保设备接入工业以太网,实现井下与地面之间的通信。综保电力载波设备结构如图 5 所示。

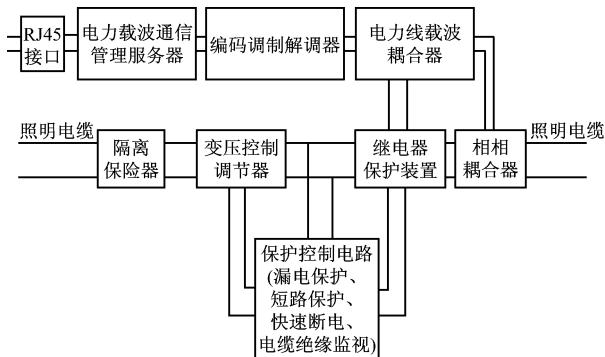


图 5 综保电力载波设备结构

2.2 可见光通信技术

可见光通信作为一种新兴的无线光通信技术,发射端通过利用 LED 器件高速亮灭的发光响应特性,发出人眼无法察觉的高速率调制的光载波信号传输信息,接收端借助光电转换器件对信号进行接收转换,从而获取信息^[2]。可见光通信的原理如图 6 所示。

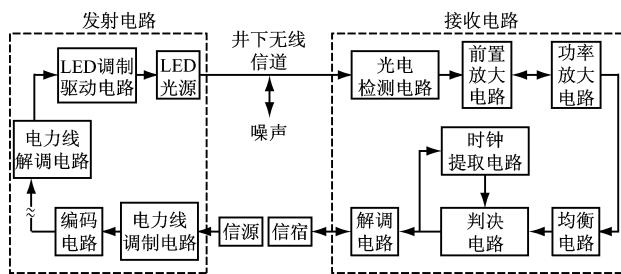


图 6 可见光通信原理

发射电路包括电力线调制电路、编码电路、电力

线解调电路和 LED 调制驱动电路。其中电力线调制电路将信号调制成适合在电力线上传输的信号后再进行传输。由于 LED 光源具有照明和通信的双重功能^[4],因此,当无信号传输时,LED 应正常照明。为避免出现长时间的“0”或者“1”,采用曼彻斯彻编码电路对信号进行编码。然后将输出信号加载到 LED 调制驱动电路,调制成随光载波信号强度变化的信号。当有信号传输时,发射电路将信号加载到 LED 上实现调制,当无信号时 LED 也应该正常发光。

接收电路包括光电检测电路、前置放大电路、功率放大电路、均衡电路、判决电路和解调电路。其中光电检测器采用 PIN 管,其响应时间快,且具有良好的光电转换特性^[5]。光电检测器先将光信号转换成电信号,但由于光电流微弱,因此,必须经过前置放大电路将电流转换成电压,并减小噪声对通信质量的影响。此时的电压值仍然较小,需进一步通过功率放大电路进行信号放大,同时保持一个相对稳定的输出功率。均衡电路对在传输过程中发生畸变的信号进行补偿,从而作出适合下一步的判决。利用时钟提取电路从信号码流中提取时钟信息以精确确定判决的时刻,并逐个对码元波形进行取样判决,从而得到原码流。最后通过解调电路得到原始信息,传送到信宿,从而实现了信号的传输。

3 系统通信模式

煤矿井下可见光通信系统通信模式主要包括广播通信和单线通信方式,其通信传播线路如图 7 所示。

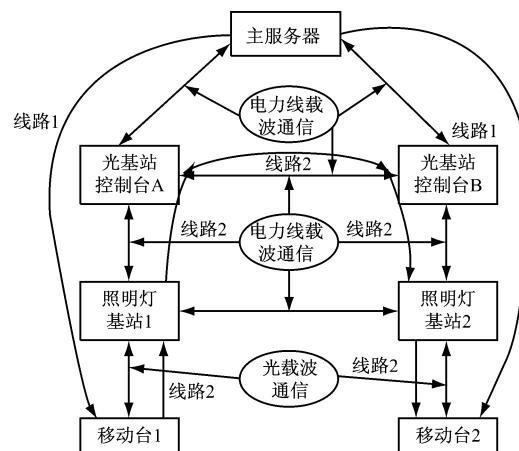


图 7 煤矿井下可见光通信系统通信传播线路

(1) 系统广播通信方式设计主要包括主服务器、光基站控制台、移动台的全网广播和它们的局部广播方式。例如主服务器的广播,由主服务器向移

文章编号:1671-251X(2014)01-0019-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.006
黄寿元, 贾安民. 矿井通风除尘试验装置及 PLC 监控系统设计[J]. 工矿自动化, 2014, 40(1):19-22.

矿井通风除尘试验装置及 PLC 监控系统设计

黄寿元^{1,2}, 贾安民^{1,2}

(1. 中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司, 安徽 马鞍山 243000;
2. 金属矿山安全与健康国家重点实验室, 安徽 马鞍山 243000)

摘要: 基于实验室通风环境,设计了一套矿井通风除尘试验装置及 PLC 监控系统。该通风除尘试验装置集通风与除尘功能于一体,能自动监测通风机与除尘器的风量、风压、阻力等性能参数; PLC 监控系统可对通风机、发尘器进行远程/就地开停及变频调速控制,实时监测通风机、发尘器运行状态、运行电流、运行频率等参数,模拟并实现了矿井通风系统的井下通风计算机远程集中监控。实际应用表明,该系统运行稳定可靠、操作简便、可扩展性强。

关键词: 矿井通风机; 除尘器; 远程监控; 变频器; PLC

中图分类号: TD724 **文献标志码:** A **网络出版时间:** 2013-12-31 09:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.006.html>

收稿日期:2013-06-17;修回日期:2013-09-30。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2012CB724207);科技部科研院所技术开发研究专项资金项目(2009EG113037)。

作者简介:黄寿元(1983—),男,湖南涟源人,工程师,硕士,主要从事矿井通风降温及监控技术研究工作,E-mail:151394116@qq.com。

动台发送信息,经过“线路 1”传播,具体实现:主服务器发送信号后,通过调制、编码成适合在电力线传播的信号,经过相相耦合装置把信号输送到电力线上,传输到各个光基站控制台,光基站控制台再通过电力线载波通信方式把信号发送到本局域网内的各个照明灯基站,照明灯基站最后把信号重新调制、编码,并以可见光为载波输送到各个移动终端节点。而其他的广播形式中没有主服务器的参与,它只是通过电力线系统把自己要发送的信息输送到其他的光基站控制台,然后再发送到各个照明灯基站,最后输送到各个局域网内的移动终端。局部广播方式利用主服务器、光基站控制台或移动台对部分局域网络进行广播通信。

(2) 单线通信方式主要包括光基站控制台、照明灯基站,移动台终端和主服务器的单线通信和它们之间的单独通信方式。例如移动台 1 和 2 的单独通信路径为移动台 1→照明灯基站 1→光基站控制台 A→光基站控制台 B→照明灯基站 2→移动台 2。

4 结语

煤矿井下可见光通信系统利用煤矿井下现有的

照明电力线作为传输介质,通过改造 LED 照明系统,建立可见光通信基站,并配合矿灯移动节点,从而构成了覆盖巷道和工作面的通信网络。通过所设计的通信结构框架和传输通信模式,实现了数据的双工通信。可见光通信网络在井下具有能耗低、成本低、传输效率高、可靠稳定等优点,因此,设计的井下可见光通信系统对井下监测监控通信系统的发展有很好的推动作用,且具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 云文岳. 室内可见光通信系统调制与解调技术[D]. 长春:长春理工大学, 2008.
- [2] 殷景峰, 朴燕, 宋正勋, 等. 基于白光 LED 照明光源的室内 VLC 系统[J]. 发光学报, 2009, 30(6):877-881.
- [3] 孙建领. LED 光源在矿井工作面照明灯中的应用[J]. 半导体技术, 2008, 33(12):1062-1065.
- [4] KOMINE T, NAKAGAWA M. Fundamental analysis for visible light communication system using LED lights[J]. IEEE Trans. on Consumer Electron, 2004, 50(1):100-107.