

文章编号:1671-251X(2017)10-0034-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.10.006

LoRa 技术在矿井无线通信中的应用分析

霍振龙^{1,2}

(1. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015;

2. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)

摘要:针对现有矿井无线通信系统在上隅角等环境恶劣、数据传输速率要求不高的区域应用效果不理想的状况,通过分析 LoRa 技术特点,提出了将 LoRa 技术应用于矿井无线通信的方案,分析了其应用架构,并讨论了 LoRa 技术在煤矿井下的适用场景:工作面设备运行状态数据和环境参数无线传输,矿压监测系统多种传感器数据、工作面上隅角瓦斯监测传感器数据、采空区测温传感器数据等的无线传输,矿井机电设备监测数据无线传输。

关键词:矿井无线通信; 传感器数据传输; LoRa 技术; 矿压监测; 上隅角瓦斯监测; 采空区温度监测; 机电设备监测

中图分类号:TD655

文献标志码:A

网络出版时间:2017-09-27 14:06

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170927.1406.006.html>

Application analysis of LoRa technology in mine wireless communication

HUO Zhenlong^{1,2}

(1. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China;

2. Tiandi(Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract: For status that existing mine wireless communication systems had poor application effect in areas with severe environment and low-speed requirement of data transmission such as top corner, a scheme of applying LoRa technology in mine wireless communication was proposed through analyzing its technical characteristics. Application architecture of LoRa technology in coal mine was analyzed, and application situations were discussed. LoRa technology can wirelessly transmit equipment operation status data and environmental parameters in working face, multi-sensor data in mine pressure monitoring system, gas sensor data in top corner of working face, temperature sensor data in goaf, monitoring data of mine-used electromechanical equipment, etc.

Key words: mine wireless communication; sensor data transmission; LoRa technology; mine pressure monitoring; gas monitoring in top corner; temperature monitoring in goaf; electromechanical equipment monitoring

收稿日期:2017-07-05;修回日期:2017-08-22;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801405)。

作者简介:霍振龙(1965—),男,江苏常熟人,研究员,硕士,主要从事煤矿通信、矿井人员定位等技术的研发工作,E-mail:hzl@cari.com.cn。

引用格式:霍振龙. LoRa 技术在矿井无线通信中的应用分析[J]. 工矿自动化,2017,43(10):34-37.

HUO Zhenlong. Application analysis of LoRa technology in mine wireless communication[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(10):34-37.

0 引言

现有的矿井无线通信技术主要包括漏泄通信、中频、小灵通、CDMA2000、WiFi、TD-SCDMA、WCDMA 等。基于上述技术的矿井无线通信系统和产品已应用于矿井语音调度、斜井绞车视频监控、机车运输调度、巡检员等流动作业人员之间及其与调度员之间的信号联络、移动设备数据采集等,无线性能和覆盖范围相对稳定,系统整体可靠性高,但存在安装要求相对复杂、设备功耗大等问题。现有矿井无线通信系统的应用基本满足了矿井安全生产的无线通信需求,实现了矿井巷道等大多数区域的网络覆盖^[1-3]。但受通信距离、功耗、接入点数量等因素影响,在上隅角等环境相对恶劣、数据传输速率要求不高的区域,现有矿井无线通信技术应用效果不理想。

LoRa(Long Range,超长距低功耗数据传输技术)是 LPWA(Low Power Wide Area,低功耗广域)技术的代表,为物联网的低速率、低功耗、远距离、多连接应用而设计,在地面已成功应用于远程抄表、资产跟踪、智能停车、智慧社区、智慧农业等领域^[4]。本文分析了 LoRa 技术特点,提出了与 LoRa 技术相吻合的矿井无线通信应用场合和系统(设备),以期为矿井无线应用提供新的选择。

1 LoRa 技术特点

(1) 覆盖广,功耗低。LoRa 技术使用线性调频扩频调制技术,既保持了类似频移键控调制方式的低功耗特性,又明显提高了通信距离;链路预算高达 157 dB,通信距离达 15 km(与环境有关);支持睡眠、待机、发送、接收等低功耗模式,接收电流仅为 10 mA,睡眠电流为 200 nA^[4]。

(2) 容量大。LoRa 技术基于扩频调制,不同扩频序列终端的信号彼此正交,即使采用相同的频率同时发送数据也不会相互干扰。基于 LoRa 技术的网关利用该特性,可在同一时间、相同信道上并行接收并处理多个节点的数据,大大扩展了系统容量,在 1 kbit/s 速率下可覆盖 5 000 多用户的小区。

(3) 抗扰特性强,数据传输更可靠。LoRa 技术采用前向纠错技术,在待传输数据序列中增加了冗余信息,在接收端会及时纠正数据传输进程中注入的错误码元;采用信道冲突检测机制,解决了节点数据并发丢包问题,极大提高了链路鲁棒性。

(4) 支持测距和定位。基于终端和集中器/网

关的 LoRa 无线通信系统对距离的测量基于信号的空中传输时间来完成,而定位则基于多点(网关)对一点(节点)的空中传输时间差测量来实现。

2 LoRa 技术在矿井无线通信中的应用架构

LoRa 技术在矿井无线通信中的应用架构包括终端(内置 LoRa 模块,可以是监测设备状态或环境参数的无线传感器、动目标标志卡等)、网关(或基站)、服务器、业务应用端 4 个部分,如图 1 所示。终端主要负责接收现场信息,包括环境参数、设备状态等。网关主要负责 LoRa 技术协议——LoRaWAN 与 TCP/IP 协议之间的转换,实现信号统一传输。服务器和业务应用端共同实现具体业务,如矿压监测、环境监测等^[5-8]。

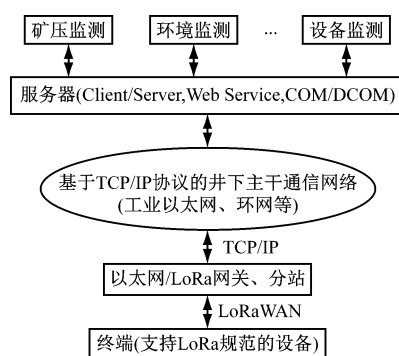


图 1 LoRa 技术在矿井无线通信中的应用架构

Fig. 1 Application architecture of LoRa technology in mine wireless communication

LoRaWAN 网络架构是典型的星形拓扑结构,其中网关是一个透明的中继,可实现与终端的 LoRa 数据通信、与服务器的 IP 数据通信,以及通信数据在 LoRaWAN 协议与 TCP/IP 协议间的相互转换。所有节点均为双向通信,网关和终端间以星形网方式组网。网关可实现多通道并行接收,同时处理多路信号。在一些特殊场合,LoRa 技术的应用相对简单,如手持终端和设备间的信息交互、监测站等设备的无线设置等,只需实现短距离双向通信即可。

网关由电源模块、MCU、LoRa 模块、以太网控制器和其他接口电路(根据实际需要可实现 3G/4G, CAN, RS485 等接口功能)组成,如图 2 所示。

3 LoRa 技术在矿井无线通信中的具体应用

(1) 工作面低速数据无线传输。LoRa 具备超强的链路预算。以基于 LoRa 技术研发的 Angel Blocks 为例,其发射功率为 100 mW(20 dB·m),接收端灵敏度为 -129 dB·m,总的链路预算为 149 dB。

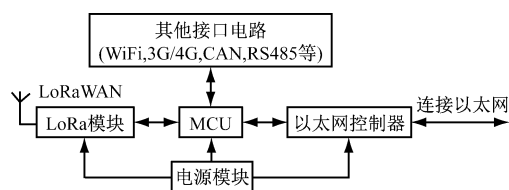


图2 网关组成

Fig. 2 Gateway constitution

相比较而言, GFSK (Gauss Frequency Shift Keying, 高斯频移键控) 无线技术的灵敏度一般为 $-110 \text{ dB} \cdot \text{m}$, 功率达到 5 W ($37 \text{ dB} \cdot \text{m}$) 时才具有与 LoRa 技术相同的链路预算。

矿井工作面空间狭小, 设备较多, 尤其是支架、采煤机等大型金属物体对无线信号的传输影响较大, 无线信号在巷道内传输 300 m 的效果与工作面内传输 30 m 时类似。与 GFSK 技术相比, 采用同样的发射功率时, LoRa 技术的传输距离可提高 $7 \sim 10$ 倍, 覆盖面积扩大 $50 \sim 100$ 倍。因此 LoRa 技术更适用于传输工作面设备运行状态数据和环境参数。

(2) 矿压监测系统中多种传感器数据无线传输。矿压监测系统主要由地面中心站监控主机、通信适配器、矿用隔爆兼本质安全型电源箱、井下监控基站、无线数据收发机、矿用本质安全型数字压力计、围岩移动传感器、锚杆(索)应力计、钻孔数字压力计等构成^[9]。该系统的监测数据大多为缓变数据, 数据量小, 采样间隔相对较长, 因此传感器可间歇工作, 加上传感器布设环境复杂, 线路铺设困难, 宜采用无线传输方式。LoRa 技术采用星形网络架构, 且具有低速率、多连接、低功耗等特点, 能够很好地满足矿压监测系统数据无线传输要求。

(3) 工作面上隅角瓦斯监测传感器数据无线传输。上隅角位于采煤工作面的回风侧, 同时靠近回风巷上帮和采空区边缘的三角地带, 通风状况较差, 温湿度较高, 容易积聚采空区和采煤工作面交汇释放的瓦斯。如何检测上隅角瓦斯浓度, 防止瓦斯浓度超限, 一直是煤矿瓦斯治理的重点和难点。由于上隅角位置的特殊性, 无法在现场铺设电缆, 所以瓦斯监测传感器只能采取电池供电和无线传输方式^[10-11]。与 GFSK 技术相比, 在配备相同容量电池的情况下, 基于 LoRa 技术的传感器连续工作时间更长、数据传输更可靠。

(4) 采空区测温传感器数据无线传输。利用 LoRa 技术低功耗、长距离和多连接的特点, 研究适合采空区使用的无线测温传感器, 实时监测采空区

温度变化, 对温度异常区域迅速作出应急反应。与现有的光纤测温方法相比, 基于 LoRa 技术的无线测温传感器测点布置更加灵活, 但其采用电池供电方式, 工作时间受限, 难以满足采空区较长的监测时间要求, 整体功耗有待进一步降低^[12]。

(5) 矿井机电设备监测数据无线传输。井下变电所、绞车房、泵房等区域的机电设备相对集中, 设备与数据监测站之间、设备与手持设备之间数据交互信息量少, 且实时性要求不高^[13]。采用 LoRa 技术对这些区域设备的监测数据进行无线传输, 可以省略设备布线, 方便用户使用。另外, LoRa 技术的测距和定位功能可对井下设备进行位置监测, 实现对设备的间接管理。

4 结语

LoRa 技术在低速数据的无线传输方面具备长距离、低功耗、多连接等优点, 在工作面等场合和矿压监测等系统中具有较好的应用前景, 但不适用于数据传输速度要求快、带宽要求高、实时性要求强的场合, 如井下音视频系统等。另外, LoRa 技术在缺乏其他技术辅助的情况下, 其定位精度较低, 在矿井精确定位中的应用没有明显优势。

参考文献 (References):

- [1] 孙继平. 矿井通信技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(12): 1-3.
SUN Jiping. Mine communication technology and system[J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(12): 1-3.
- [2] 樊荣, 宋文, 黄强. 矿井无线通信系统研究与发展[J]. 西安科技大学学报, 2010, 30(4): 471-474.
FAN Rong, SONG Wen, HUANG Qiang. Research and development of mine radio communication system[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2010, 30(4): 471-474.
- [3] 张申. 煤矿井下移动通信系统及其发展趋势[C]//第19届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨中国矿业大学(北京)百年校庆学术会议论文集, 北京, 2009: 163-169.
- [4] C114 中国通信网. 想快速全面了解 LoRa? [EB/OL]. (2016-07-25) [2017-06-10]. <http://www.c114.net/tech/32/c18232.html>.
- [5] 孙继平. 煤矿信息化与自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.
SUN Jiping. Development trend of coal mine informatization and automation[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(4): 1-5.

文章编号:1671-251X(2017)10-0037-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.10.007

潘谢外围 3 煤层顶板稳定性分析

张宇通, 刘启蒙, 蔡梦雅, 赵晋, 叶梅, 张丹丹

(安徽理工大学 地球与环境学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:针对现有顶板稳定性评价方法存在准确性较差、可操作性不强等问题,提出将可拓学理论应用于煤层顶板稳定性分析中。针对潘谢外围 3 煤层顶板稳定性问题,以断裂分维值、硬岩比例系数、直接顶强度系数、统计厚度内岩层层数为评价指标,综合四分法和数理统计分析确定各评价指标的分级标准,结合灰色关联度法和可拓学物元模型对顶板稳定性做出了评价。评价结果表明,潘谢外围稳定区占较大面积,中等稳定区零星分布,不稳定区和极不稳定区分布于外围中部、F66 断层和岩浆岩侵入区附近;南部顶板总体稳定性较好,北部和南部局部地区顶板稳定性较差,主要与岩浆侵蚀有关;自西北向东南,F66 断层对附近煤层顶板稳定性影响逐渐减小。

关键词:煤炭开采;顶板稳定性;可拓学物元理论;灰色关联度法;断裂分维值;硬岩比例系数;直接顶强度系数

中图分类号:TD322

文献标志码:A

网络出版时间:2017-09-27 14:15

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170927.1415.007.html>

收稿日期:2017-03-20;修回日期:2017-07-20;责任编辑:张强。

基金项目:国家自然科学基金项目(41472235);安徽省高等学校省级自然科学研究重大项目(KJ2014ZD11)。

作者简介:张宇通(1991—),男,山西长治人,硕士研究生,研究方向为水文地质与工程地质,E-mail:1174480142@qq.com。

引用格式:张宇通,刘启蒙,蔡梦雅,等.潘谢外围 3 煤层顶板稳定性分析[J].工矿自动化,2017,43(10):37-42.

ZHANG Yutong, LIU Qimeng, CAI Mengya, et al. Roof stability analysis in No. 3 coal seam of Panxie peripheral[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(10): 37-42.

[6] 陈鸿杰. 物联网在煤矿安全生产应用中监测与控制技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2014.

[7] 孙继平. 煤矿物联网特点与关键技术研究[J]. 煤炭学报,2011,36(1):167-171.

SUN Jiping. Research on characteristics and key technology in coal mine Internet of things[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(1): 167-171.

[8] 姚建铨,丁恩杰,张申,等. 感知矿山物联网愿景与发展趋势[J]. 工矿自动化,2016,42(9):1-5.

YAO Jianquan, DING Enjie, ZHANG Shen, et al. Prospect of perception mine Internet of things and its development trend [J]. Industry and Mine Automation, 2016, 42(9): 1-5.

[9] 刘豪. 矿压监测系统在煤矿安全管理中的应用[J]. 机电信息,2014(27):115-116.

[10] 吕品,马云歌,周心权. 上隅角瓦斯浓度动态预测模型的研究及应用[J]. 煤炭学报,2006,31(4):461-465.

LYU Pin, MA Yunge, ZHOU Xinquan. Research and application on dynamic forecasting model of gas

consistence in top corner[J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(4): 461-465.

[11] 刘见中. 上隅角瓦斯浓度预测及其处理方法的优选[J]. 煤炭科学技术,2004,32(2):7-10.

LIU Jianzhong. Optimization of top corner gas content prediction and control method[J]. Coal Science and Technology, 2004, 32(2): 7-10.

[12] 王彩萍,王伟峰,屈丽娜,等. 煤自燃火灾监测预警技术的研究现状与发展[J]. 陕西煤炭,2009(3):1-4.

WANG Caiping, WANG Weifeng, QU Lina, et al. Present situation and development on monitoring and early-warning technology of coal spontaneous combustion[J]. Shaanxi Coal, 2009(3): 1-4.

[13] 孙继平. 煤矿安全生产监控与通信技术[J]. 煤炭学报,2010,35(11):1925-1929.

SUN Jiping. Technologies of monitoring and communication in the coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(11): 1925-1929.