

文章编号:1671-251X(2018)03-0012-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17264

全 矿 井 融 合 通 信 系 统 研 究

张立亚^{1,2,3}

(1.煤炭科学技术研究院有限公司,北京 100013; 2.煤矿应急避险技术装备工程研究中心,北京 100013; 3.北京市煤矿安全工程技术研究中心,北京 100013)

摘要:针对煤矿井下各系统独立运行、基站数量多且无线数据传输带宽不足等问题,采用LTE技术设计了一种全矿井融合通信系统。该系统通过综合基站对井下无线通信、人车精确定位、IP电话、语音广播等多业务进行统一接入、承载和管理,并可与现有业务平台对接。测试结果表明,该系统的综合基站覆盖半径为400 m,信号接收强度不低于-105 dB,基站间无线通信切换时间为21.67 ms,无线通话质量较好。

关键词:煤矿通信;多系统融合;融合通信;无线通信;LTE;综合基站

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:2018-02-05 13:32

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180202.1622.002.html>

Research on mine integrated communication system

ZHANG Liya^{1,2,3}

(1.China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 2.Coal Mine Emergency Rescue Technology Equipment Research Center, Beijing 100013, China; 3.Beijing Mine Safety Engineering Technology Research Center, Beijing 100013, China)

Abstract: For problems of independent operation of each system in coal mine underground and too many base stations with shortage of wireless data transmission bandwidth, a mine integrated communication system was designed by use of LTE technology. The system can realize unified accessing, loading and management of multi businesses through integrated base stations such as wireless communication, precise personnel and locomotive positioning, IP telephony, voice broadcast and so on, and connection to existing business interfaces. The test result shows that the integrated base station in the system has covering radius of 400 m with received signal strength of no less than -105 dB, switching time of wireless communication among the base stations is 21.67 ms, and the system has higher wireless communication quality.

Key words: coal mine communication; multi system fusion; fusion communication; wireless communication; LTE; integrated base station

0 引言

随着煤矿开采规模不断扩大及煤矿安全生产要求不断提高,煤矿井下环境监控、视频监控、人员管

理、设备管理、通信、自动化、信息化等各类系统越来越多^[1],井下接入的业务种类随之增多,业务量越来越大,这就要求井下主传输网络能够提供丰富的接口、足够的带宽和稳定的性能,满足各系统接入需

收稿日期:2017-10-21;修回日期:2018-01-23;责任编辑:李明。

基金项目:北京市科委计划项目(Z171100002317020);煤炭科学技术研究院技术创新基金资助项目(2016CX04)。

作者简介:张立亚(1985—),男,河北定州人,助理研究员,硕士,现主要从事煤矿安全监测与通信等方面的研究工作,E-mail:zhangliya@ccrise.cn。

引用格式:张立亚.全矿井融合通信系统研究[J].工矿自动化,2018,44(3):12-16.

ZHANG Liya. Research on integrated mine communication system[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(3): 12-16.

求。但目前井下通信基站设备箱体多、无线数据传输带宽不足等问题仍然存在。针对上述问题,本文采用 LTE(Long Term Evolution,长期演进)技术,设计了一种全矿井融合通信系统,采用综合基站实现了各系统数据统一接入、统一共网回传功能。

1 LTE 技术在煤矿的应用

LTE 是 4G 技术的典型代表,其基于 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access,正交频分多址)技术,包括采用成对频谱的 FDD (Frequency Division Duplex,频分双工)和非成对频谱的 TDD(Time Division Duplex,时分双工) 2 种模式。LTE 技术下行峰值速率为 100 Mbit/s、上行峰值速率为 50 Mbit/s,采用专业切换算法,移动性好,具有专有频段,井下抗干扰性强,可用于实时传输工作面、井下机车较密集区域等工作场所的语音、视频和数据,数据传输质量较好,能够避免丢包、延迟等问题,有效简化井下无线网络部署数量,改善目前煤矿井下各子系统独立布设的现状,解决信息孤岛问题^[2]。

煤矿 LTE 技术要发展以数字广带为基础的网络,形成煤矿集无线局域网和基站宽带网络的混合网络,如图 1 所示,以实现井下通信系统在 3G、4G、WLAN、固定网络之间的数据漫游。

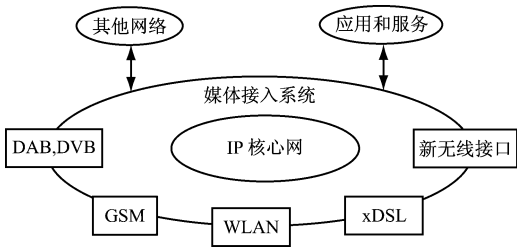


图 1 煤矿井下混合网络

Fig. 1 Hybrid network in coal mine underground

目前煤矿井下 4G 无线通信、语音广播、IP 电话、程控调度、视频监控等子系统采用不同的协议进行数据传输,并采用独立的显示平台。采用 LTE 技术建立全矿井融合通信系统,可实现井下各子系统的 SIP(Session Initiation Protocol,会话初始协议)统一接入,如图 2 所示,从而实现不同的用户定位、会话建立、会话管理等功能。

2 全矿井融合通信系统组成

基于 LTE 的全矿井融合通信系统由核心网、信令网关、综合数据服务中心平台、矿用本质安全(以下简称本安)型综合基站、矿用本安型天线、矿用本安型终端(包括矿用本安型手机、矿用本安型执法记

录仪、矿用多参数气体测定器等)及其他配套设备组成^[3-5],如图 3 所示。

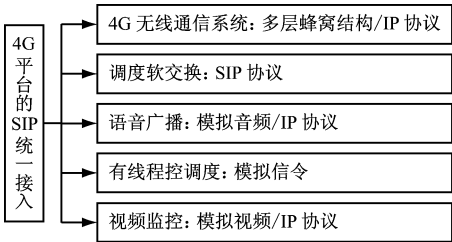


图 2 全矿井融合通信系统传输协议

Fig. 2 Transmission protocol of mine integrated communication system

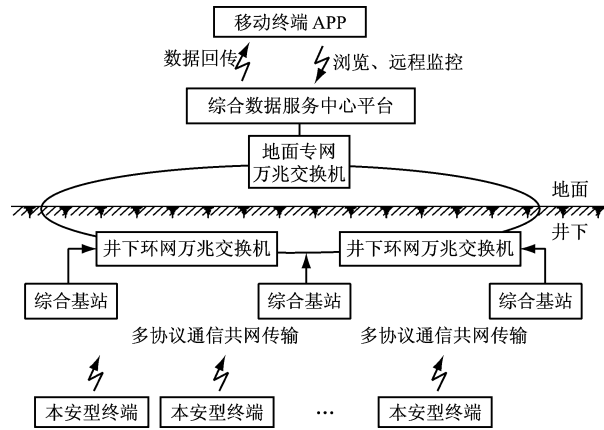


图 3 全矿井融合通信系统组成

Fig. 3 Composition of mine integrated communication system

全矿井融合通信系统可满足井下各子系统的接入和传输要求^[6-8],通过减少井下各站点站址,将数字监控、人车定位、无线通信、IP 电话、语音广播等系统的多个基站合一,共电源、共传输,大大减少井下站址和线缆,降低员工日常维护量。

3 综合基站设计

3.1 硬件设计

矿用本安型综合基站是全矿井融合通信系统的核心设备,其采用 ATN950B 万兆环网交换机,集成 FDD-LTE 无线通信、人车精确定位、广播通信、IP 电话调度通信、工业自动化接入、串口服务器接入、供电等模块,如图 4 所示,可实现煤矿多系统统一调度管理,并可根据实际需要接入安全监控系统数据。

综合基站通过内置的交换机实现自身级联,通过 4×RS485/RS232 接口和空闲 FE 端口实现综合接入功能,以减少对主干光纤环网的接入压力。供电模块采用统一的矿用隔爆型锂离子蓄电池,统一电缆、光纤、供电部署。综合基站采用模块化、可插拔设计,各模块均提供标准的 PCI (Peripheral Component Interconnect,外设部件互连标准)插槽,

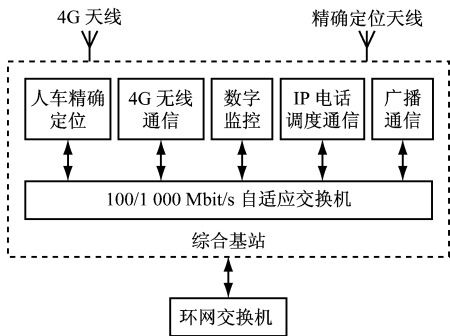


图 4 综合基站组成

Fig. 4 Composition of integrated base station

可根据实际功能需要分合,扩展性强。

3.2 受限空间内多系统间抗干扰设计

为消除多网融合而形成的干扰对综合基站的影响,以井下受限空间电磁波传输理论为基础,建立了干扰源模型^[9-11],对干扰源分析及建模、多系统近址共建共电源防护及空间布设、多网融合中各系统自身抗电磁干扰等关键技术进行了研究,提出了综合基站抗干扰机制,达到了静电、脉冲群、浪涌抗扰度国家三级判据 A 性能。

图 5 为基站脉冲群抗干扰电路。电容 C_1 接在输入线两端,用于消除差模干扰。电容 C_2, C_3 接在输入线和地线之间,用于消除共模干扰。 T_1 为共模线圈,用于消除共模干扰,其共模电感的两臂作为线路隔离电感,可对波头电压产生一定的延迟,保证瞬变电压抑制二极管 D_1, D_2 优先动作, D_3 延迟动作,从而减少回路大电流,有效保护电路中元件免受浪涌冲击而损坏。

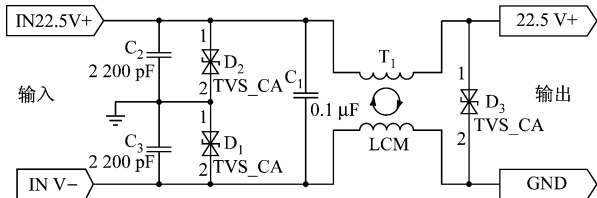


图 5 基站脉冲群抗干扰电路

Fig. 5 Anti-interface circuit of pulse group of base station

4 煤矿 4G 专网与电信运营商对接

全矿井融合通信系统中的 4G 专网用户与中国电信公网用户进行语音业务互通时,要求专网用户手机统一使用中国电信发放的 USIM (Universal Subscriber Identity Module, 全球用户识别卡),在中国电信信号覆盖范围内优先使用中国电信网络,作为公网用户;在中国电信信号无法覆盖的区域使用无线专网,作为专网用户。公网用户与专网用户之间可进行语音及短信互通。煤矿 4G 专网与电信

网络对接拓扑如图 6 所示。

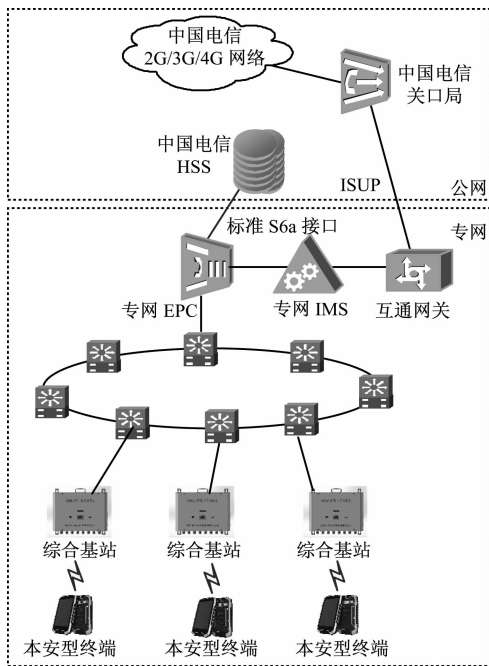


图 6 煤矿 4G 专网与电信网络对接拓扑

Fig. 6 Connection topology between coal mine 4G network and telecommunication network

煤矿 4G 专网与电信网络的对接技术包含 EPC (Evolved Packet Core, 演进的分组核心网)对接和 IMS (IP Multimedia Subsystem, IP 多媒体子系统)对接两部分。

(1) EPC 对接。中国电信对专网 EPC (4G 核心网)开放了 S6a 接口。专网 EPC 通过标准 S6a 接口——Diameter/SCTP 与电信 HSS (Home Subscriber Server, 归属用户服务器)互联,接入电信网络,获取鉴权数据。矿用本安型终端取得专网核心网的双向鉴权后,可驻留使用专网。

(2) IMS 对接。煤矿 4G 专网的 IMS 采用 TDM (Time Division Multiplex, 时分多路复用)方式与中国电信 2G/3G/4G 网络关口局对接,采用 E1 线及标准 ISUP (ISDN User Part, ISDN 用户部分)协议,实现井上下“一机一号”语音互通。

该对接技术除了 4G 专网用于鉴权的 S6a 对接通路外,专网与电信公网只有 1 条通路且为局间对接,2 个网络相对独立,耦合性小,最大限度地降低了专网对电信网络的影响。

5 全矿井融合通信系统测试

5.1 系统部署方案

全矿井融合通信系统在井下布置 56 台综合基站、250 部矿用本安型终端。综合基站通过光纤接

入井下交换机,最终与井上综合数据服务中心平台通信。交换机与各基站采用星状组网,每台交换机最多可连接24台基站。

井下综合基站采用定向天线,根据巷道不同情况分别进行布设。其中直巷的天线分别向前后2个方向覆盖,覆盖范围为600~800 m;在弯曲巷道或巷道交错区域的弯曲处或拐弯处布设1个基站,并根据巷道的走向调整天线角度进行覆盖。综合基站布设方法如图7所示。

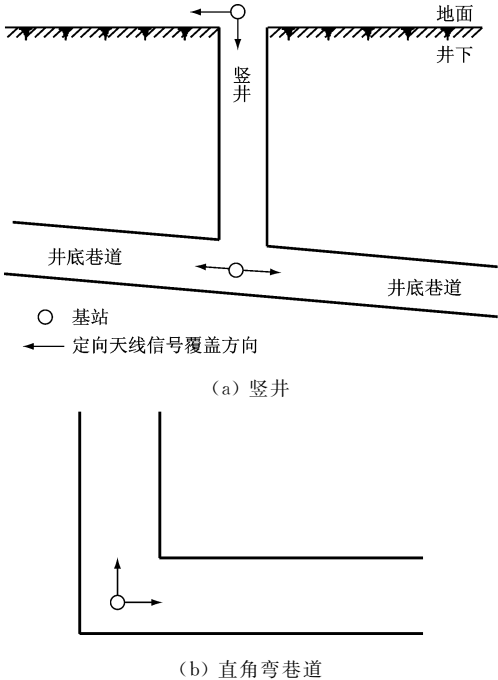


图7 综合基站布设方法

5.2 测试结果

在井下对系统进行了信号强度和通话效果测试,结果见表1。

表1 系统测试结果
Table 1 System testing result

终端与基站 距离/m	基站间 距离/m	天线增益/ dBi	信号强度	通话效果
300	800	12.5	强	清晰,信号稳定
350	800	11.7	强	清晰,信号稳定
400	800	11.0	较强	清晰,信号稳定
400	850	10.3	较弱	较清晰
450	850	9.4	较弱	较清晰
450	900	8.6	弱	有杂音,信号不稳定

测试结果表明,2个基站之间距离不超过800 m、终端与基站之间通信距离不超过400 m时,基站天线增益不低于11.0 dBi,接收灵敏度不大于-105 dB·m,基站最远处的信号强度不低于

-105 dB,通话质量较好。

采用Flywireless测试基站切换时间,结果如图8所示。经多次测试后取平均值,得到基站切换时间为21.67 ms,满足工控信息接入需求。

网络编号	功率/ MW	终端及 软件	移动类					
		网内切 换成功 率/%	网内切 换用户 面平均 时延/ ms	网内切 换控制 面平均 时延/ ms	同频切 换尝试 总次数	同频切 换成功 总次数	同频切 换失败 总次数	
2017-03-29_16-38-44	250	FlyWireless	100.00	18.33	21.67	3	3	0

图8 基站切换时间测试结果

Fig. 8 Switching time testing result of base station

6 结语

基于LTE技术的全矿井融合通信系统可在大中型煤矿井下实现数字监控、人车定位、无线通信、IP电话、语音广播等多系统的统一接入、承载、管理,实现多业务数据共享和调用,可提供通用的数据接口和平台,实现与现有业务平台的对接。测试结果表明,综合基站覆盖半径为400 m,在该范围内无线信号接收强度不低于-105 dB,通话质量较好,且基站间切换时间为21.67 ms,满足矿井实时、可靠通信要求。

参考文献(References):

[1] 孙继平. 煤矿信息化自动化新技术与发展[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 19-23.
SUN Jiping. New technology and development of mine informatization and automation[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(1): 19-23.

[2] 霍振龙, 顾义东, 李鹏. LTE通信技术在煤矿的应用研究[J]. 工矿自动化, 2016, 42(1): 10-12.
HUO Zhenlong, GU Yidong, LI Peng. Application research of LTE communication technology in coal mine[J]. Industry and Mine Automation, 2016, 42(1): 10-12.

[3] 赵晓磊, 藏朝伟, 杨建伟, 等. 基于SIP服务器的多系统融合煤矿通信系统分析[J]. 河南科技, 2016(1): 28-30.
ZHAO Xiaolei, ZANG Chaowei, YANG Jianwei, et al. Analysis of coal mine communication system based on SIP server[J]. Journal of Henan Science and Technology, 2016(1): 28-30.

[4] 王启峰. 煤矿安全监控多系统井下融合方法[J]. 工矿自动化, 2017, 43(2): 7-10.
WANG Qifeng. Underground multi-system fusion scheme of coal mine safety monitoring and control system[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(2): 7-10.

- [5] 严春. 综合一体化分站在矿井的设计和应用[J]. 科技创新与应用, 2016(25):96-97.
- [6] 李艳军. 多网融合在通信工程中的应用探讨[J]. 信息通信, 2016(9):248-249.
- [7] 徐静, 谭章禄. 智慧矿山系统工程与关键技术探讨[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(4):79-82.
XU Jing, TAN Zhanglu. Smart mine system engineering and discussion of its key technology[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4):79-82.
- [8] 张立亚, 孟庆勇, 温良. 煤矿应急救援中无线 Mesh 网络多信道分配算法[J]. 工矿自动化, 2015, 41(6):83-86.
ZHANG Liya, MENG Qingyong, WEN Liang. Multi-channel allocation algorithm for wireless mesh network in coal mine emergency rescue[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(6):83-86.
- [9] 巩建福, 路恒, 罗衍鑫. 基于矿用监控系统的电磁兼容研究[J]. 电子质量, 2016(2):70-72.
GONG Jianfu, LU Heng, LUO Yanxin. Research of electromagnetic compatibility based on mine monitoring system[J]. Electronics Quality, 2016(2):70-72.
- [10] 孙继平. 煤矿用电工电子产品电磁兼容性要求及试验方法[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(6):68-72.
SUN Jiping. Requirements and test method of electromagnetic compatibility for electric and electronic products in coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(6):68-72.
- [11] 李帆, 丁锦, 沈耿彪, 等. 基于复杂网络理论的编队电磁兼容网络优化[J]. 电子与信息学报, 2017, 39(3):724-730.
LI Fan, DING Jin, SHEN Gengbiao, et al. Optimization of electromagnetic compatibility network of formation based on complex network theory[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2017, 39(3):724-730.