

文章编号:1671-251X(2023)S1-0047-03

UWB 精准定位技术在电机车无人驾驶系统中的应用

左洋, 李伟宏

(内蒙古大雁矿业集团有限责任公司 第三煤矿, 内蒙古 呼伦贝尔 021000)

摘要:第三煤矿井下平巷运输采用 4 台防爆特殊型蓄电池电机车,建设了电机车无人驾驶系统。该系统的电机车定位功能采用超宽带(UWB)技术实现。分析指出电机车无人驾驶系统建设的关键因素是融合信集闭精确定位系统、电机车控制系统、视频监控系統,介绍了电机车无人驾驶系统设计方案,重点阐述了 UWB 精准定位技术在系统中的实现和应用效果。结果表明,UWB 的定位精度不大于 0.3 m,较传统定位方式有大幅提高,且具有较强的监控优势,满足煤矿井下辅助运输装备在无人驾驶操作应用中的高精度定位要求。

关键词:煤矿轨道运输;辅助运输;电机车;无人驾驶;UWB;精确定位

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Application of UWB precision positioning technology in motor truck unmanned system

ZUO Yang, LI Weihong

(No.3 Coal Mine, Inner Mongolia Dayan Mining Group Co., Ltd., Hulunbeier 021000, China)

0 引言

煤矿井下轨道运输的主流方式是以电机车作为牵引设备。随着煤炭行业技术不断发展和矿产资源需求不断增长,采矿规模迅速增大,对井下运输能力、效率 and 安全性提出了更高要求。而我国井下轨道运输系统大多为岗位人员现场操作,需由司机、信号工配合完成电机车行驶和车辆摘挂、配返,运输效率较低,且受井下恶劣环境影响,运输事故频发,严重影响煤矿安全生产。电机车无人驾驶技术提供了一种可靠、安全的运输方案,从经济效益、环境效益和社会效益看,其将是井下电机车运输的发展趋势。

内蒙古大雁矿业集团有限责任公司第三煤矿井下平巷运输采用 4 台防爆特殊型蓄电池智能电机车,2 台使用,2 台备用。辅助运输作业范围主要包括北翼、西翼+350 水平轨道大巷,合计约 5 000 m。该矿于 2022 年建设电机车无人驾驶系统,通过对 4 台配套电机车进行控制、行车信号联锁监控、道岔区间闭锁和联锁等,实现电机车智能化改造及沿途气动道岔的集控改造、行车信号的联锁监控等。该系统井下设备采用 ZigBee、超宽带(Ultra Wide Band,UWB)、WiFi6 等无线传输协议和千兆有线传

输模块,实现数据传输、信号转换和机车定位功能。

UWB 是一种无线载波通信技术,不采用正弦载波,而是利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据,所占频谱范围很宽,具有系统复杂度低、发射信号功率谱密度低、对信道衰落不敏感、截获能力低、定位精度高等优点。第三煤矿电机车无人驾驶系统采用 UWB 技术实现精准定位。本文介绍电机车无人驾驶系统建设关键因素和结构,分析 UWB 精确定位技术与系统的融合和应用效果。

1 电机车无人驾驶系统建设关键因素

电机车无人驾驶系统集信集闭、无线视频、计算机、控制等技术为一体。系统建设目标是实现在地面调度室遥控电机车驾驶,满足日常运输要求,在安全的前提下减轻操作人员的劳动强度。若电机车运行只依托于人工遥控控制,仍无法保证运输的高效性与安全性,因此,电机车无人驾驶的关键是具备智能控制功能,实现电机车在大多数情况下按照生产要求自动运行,在个别环节如装卸作业或车辆摘挂、配返等,由现场人工遥控干预操作。这样能够减轻操作人员的劳动强度,保证电机车在日常生产时具有较高的使用率。

收稿日期:2023-07-11;责任编辑:李明。

作者简介:左洋(1991—),男,内蒙古呼伦贝尔人,助理工程师,主要研究方向为煤矿通信与自动化,E-mail:634664237@qq.com。

根据上述思路,为实现系统建设目标,电机车无人驾驶系统需更好地融合信集闭精确定位系统、电机车控制系统、视频监控系统(固定+移动)。

信集闭系统是机车运输必备的生产调度指挥系统。经研究,电机车无人驾驶系统应具备信集闭系统精确定位、统一调度所有电机车的功能,从而实现电机车无人控制,提高运输效率。信集闭系统是电机车无人驾驶系统的基础,只有具备完善的信集闭系统功能,才能扩展出电机车无人驾驶技术。

电机车是无人驾驶系统的核心,是主要的监控对象,所以对电机车控制系统的接入也是系统设计的重要环节。由于无人员随车操作,不能根据现场情况随时调试电机车控制状态,尤其是在电机车减速和停车阶段,控制是否精确直接关系到运输系统的安全性。因此,电机车控制系统和电机车位置监测必须保证准确、可靠。

2 电机车无人驾驶系统设计

第三煤矿电机车无人驾驶系统采用基于万兆工业以太网络的通信模式,以 UWB、ZigBee、WiFi6 构造无线网络覆盖,综合业务通信网络采用有线和无线相结合的组网模式,即以万兆工业以太网技术构建有线网(也可复用现有的井下工业环网),同时通过交换机和地面工业以太网相连,形成一个包括井上和井下,能够将生产、管理各环节数据统一在一个宽带网络平台上传输的矿井高速综合数字网,实现井下车辆运输指挥调度及安全生产监测监控。

2.1 车辆定位设计

车辆定位采用 UWB 精确定位方式,对井下移动车辆的实时位置、运行轨迹、行进方向、分布情况等进行实时精确定位跟踪,并记录在各区域及各监测点的停留时间。可在划定区间内设置区间车辆违章管理,上位机软件自动将相关信息记录存档,为管理部门后期提供处罚依据。

车辆定位子系统主要由车载机、射频天线、信息采集传感器、UWB 定位模块、报警模块组成。车载机作为位移信号传感装置,配置为“一车一机”,随车随行。其主要由射频通信模块、控制模块、电源电路、报警模块等组成。当出现电机车追尾或其他危险情况时,车载机发出声光报警,提示驾驶员注意安全驾驶。射频天线为外置天线,用于将电机车标志信息、车辆监控信息、语音通信数据等发送出去。

UWB 技术可实现电机车厘米级精确定位,利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。由于在煤矿井下环境中应用,所以系统设计为二维定位,即使用 2 个基站实现车载终端的精确定位,设计定

位精度不大于 0.3 m。

2.2 无线终端无缝漫游网络构建

采用无线定位技术,ZigBee 负责无线终端实时信号传输和控制。ZigBee 为目前应用最成熟的短距离无线通信技术,具有低速、低功耗、低成本、支持大量网上节点、支持多种网上拓扑、低复杂度、快速、可靠、安全等特点。

系统中使用了大量的无线终端,如信号灯、道岔终端、报警终端、识别卡等。ZigBee 可无线自组网,在网络模块通信范围内,通过彼此自动寻找,可极快地形成一个互联互通的 ZigBee 网络,即使有 ZigBee 基站出现故障,正常通信的基站会寻找最近的正常网络进行通信,保障了网络的通畅性。

2.3 电机车自动运行功能设计

电机车具备 3 种运行模式:手动驾驶、遥控驾驶、自动驾驶。电机车自动驾驶子系统包括车载控制箱、车载避障装置、车载 UWB 精确定位、车载数字传感器、车载无线摄像机等。在设置自动驾驶模式后,设置路线中的道岔自动动作为允许路线,道岔方向中途被改变后,自动驾驶模式自动停止。操作控制中心计算机监控软件与电机车编组授权关联,电机车处于远程自动控制状态,此时控制中心与车载机传输测控指令,结合调度信号系统传来的联锁指令,自动控制电机车实现前进、后退、停车、加减速、撒砂、鸣笛、开关灯、驻车等操作,使电机车运行到指定位置,实现电机车自动驾驶。

2.4 电机车避障功能设计

车载机激光雷达具有探测角度广、精度高等特点,可实现高精度自定位和物体识别跟踪,从而实现避障防撞功能。根据现场情况,在车载机内接入人员定位卡的读卡器,读取现有人员定位系统的人员定位卡信息,作为人员检测的辅助手段。若在无人驾驶过程中检测到人员定位卡信息,将在上位机软件发出报警信号,提示操作人员注意行车安全。

2.5 系统控制器设计

系统采用的矿用信号控制装置(简称控制器)适用于有甲烷及煤尘爆炸危险的场所,用于控制电机车无人驾驶和无线通信,完成机车正常行驶调度。控制器安装在车辆驾驶室内,与变频调速控制器、各类传感器连接,将电机车位置、车号及传感数据等通过无线网络发送给基站,再由光缆传送至上位机;接收上位机下发的各类控制信号,实现电机车智能辅助驾驶;接收 UWB 定位模块信号,实现电机车精准定位;采用先连接、后断开的软切换方式,实现终端漫游无缝切换。

3 UWB 在无人驾驶中的应用效果

电机车无人驾驶系统采用 UWB 精确定位技术实现井下电机车精确定位,对电机车实时位置、运行轨迹、分布情况进行定位跟踪,并记录其在各区域及各监测点的停留时间。此外,还可实时计算电机车运行速度,并在上位机监控界面上显示。

系统根据电机车的精确定位位置,通过编制好的变换策略,实现对信号灯的控制,达到信号闭锁目的。通过信号灯自动控制,指挥车辆有序进入某一

区域或停留在车场等候,大大提高了巷道车辆通行能力。当巷道内出现某种非正常运行状态,如某车辆在巷道内发生故障而造成堵车,调度员可人工切换信号灯状态,直至系统恢复正常运行。

系统上位机监控界面可以文字、模拟图和表格等形式实时显示各电机车准确位置、车号、运行方向及信号状态、道岔位置和区段占用信息,如图 1 所示,还能以大巷缩略图的形式显示电机车动态位置、轨线设备工作状态。操作员可统观全局,了解每辆车的当前位置,便于整体控制。

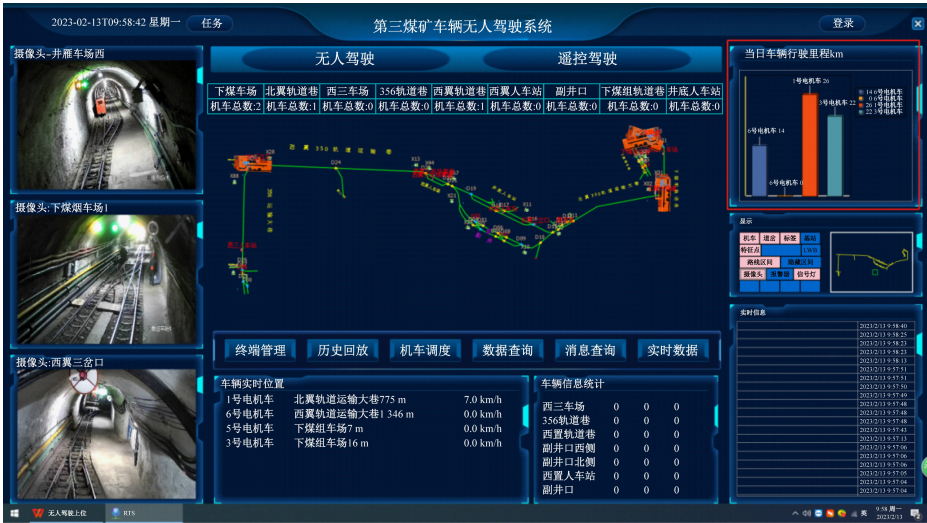


图 1 电机车无人驾驶系统上位机监控界面

基站具备 UWB 精准定位功能,可实现电机车及其他携卡移动目标的精确定位,可扩展实现井下作业人员精确定位功能,满足未来矿井各辅助系统扩展需求,遵循整体设计、易于扩展、分步实施原则。

结合第三煤矿实践经验,UWB 精确定位技术具有较好的应用效果,与传统定位方式相比,定位精度大幅提升,满足煤矿井下辅助运输装备在无人驾驶操作应用中的高精度定位要求。

参考文献:

[1] 黄丽芬. ZigBee 无线通信技术及其应用[J]. 沿海企业与科技, 2007(4):41-42,40.

[2] 卞佳兴, 朱荣, 陈玄. 基于改进双向测距-到达时间差定位算法的超宽带定位系统[J]. 计算机应用, 2017,37(9):2496-2500,2511.

[3] 熊茂华, 熊昕. 物联网技术与应用开发[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2012.

[4] 陈相蒙, 王恩标, 王刚. 煤矿电机车无人驾驶技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2020,48(增刊 2):159-164.

[5] 张毅力, 汪令辉, 黄寿元. 地下矿无人驾驶电机车运输关键技术方案研究[J]. 金属矿山, 2013(5):117-120.

[6] 蒋磊, 于雷, 王振翀, 等. 基于 WiFi 和 ZigBee 的井下人员无线跟踪与定位系统的设计[J]. 工矿自动化,

2011,37(7):1-6.

[7] 孙继平, 陈晖升. 智慧矿山与 5G 和 WiFi6[J]. 工矿自动化, 2019,45(10):1-4.

[8] 周怡颖, 凌志浩, 吴勤勤. ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J]. 自动化仪表, 2005(6):5-9.

[9] 陈晓冬, 张佳琛, 庞伟淞, 等. 智能驾驶车载激光雷达关键技术与应用算法[J]. 光电工程, 2019,46(7):34-46.

[10] 谢晓佳, 程丽君, 王勇. 基于 Zigbee 网络平台的井下人员跟踪定位系统[J]. 煤炭学报, 2007(8):884-888.

[11] 周菲鑫. 煤矿井下电机车无人驾驶测控系统研究[D]. 淮南:安徽理工大学, 2019.

[12] 胡程. WiFi 终端漫游原理及实现[J]. 信息通信, 2017(6):236-238.

[13] 王开松, 徐记顺, 靳华伟, 等. 基于 UWB 技术的矿井辅助运输装备监测[J]. 绥化学院学报, 2022,42(3):147-151.

[14] 李玉良. 矿井机车监控系统的应用与发展[J]. 煤矿机电, 2000(2):29-31,26.

[15] 陈志刚. 煤矿有轨电机车无人驾驶技术研究与应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(5):190.

[16] 郭玉龙, 李荣孝, 吴晶星. 基于精确定位的煤矿车辆智能运输管理系统研究[J]. 中国新通信, 2023,25(1):55-57.