

“5G+北斗”协同创新在 工业互联网中的应用与前景

Application and Prospects of “5G + BeiDou” Collaborative Innovation in Industrial Internet

王维治¹, 魏强², 曲嘉旭² (1. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中国联通智能城市研究院, 北京 100048)
Wang Weizhi¹, Wei Qiang², Qu Jiayu² (1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Uni-
com Smart City Research Institute, Beijing 100048, China)

摘要:

随着工业互联网的迅速发展,定位技术在工业领域的重要性日益凸显,5G与北斗导航系统的结合正在引领一场技术革新。首先介绍了工业互联网的概念、发展状况以及定位技术在其中的应用现状。重点探讨了“5G+北斗”协同创新技术在工业互联网中的应用,包括室外和室内高精度定位、短报文通信和遥感等能力。这些技术在推动工业互联网的智能化和无人化转型中发挥了关键作用。通过综合分析真实应用案例,分析了“5G的高速率+北斗的高精度”协同创新的巨大潜力。

Abstract:

With the rapid development of the industrial Internet, the importance of positioning technology in the industrial sector has become increasingly prominent. The integration of 5G and the BeiDou Navigation Satellite System is spearheading a technological revolution. It first introduces the concept and current development status of the industrial Internet, as well as the application status of positioning technology within it. It focuses on the application of “5G + BeiDou” collaborative innovation technology in the industrial Internet, including capabilities such as outdoor and indoor high-precision positioning, short message communication, and remote sensing. These technologies play a crucial role in advancing the intelligent and unmanned transformation of the industrial Internet. Through a comprehensive analysis of real-world application cases, it demonstrates the tremendous potential of “5G's high speed + BeiDou's high precision” collaborative innovation.

Keywords:

5G; BeiDou; Industrial internet; High-precision positioning; Digital transformation

引用格式: 王维治, 魏强, 曲嘉旭. “5G+北斗”协同创新在工业互联网中的应用与前景[J]. 邮电设计技术, 2024(11): 43-49.

1 概述

1.1 工业互联网概念与当前发展概况

工业互联网(Industrial Internet)是指将先进的通信技术、传感器技术和数据分析技术与传统工业系统相结合,实现传统工业领域的智能化、数字化和互联化。它是第4次工业革命(工业4.0)的核心组成部分,旨在通过网络化的机器和设备之间的智能通信,提升

生产效率,降低运营成本,推动新的商业模式。

工业互联网通过人、机、物的全面互联,实现全要素、全产业链、全价值链的全面连接,对各类数据进行采集、传输、存储、分析,并形成智能反馈。这一过程推动了全新的生产制造和服务体系的形成,优化了资源要素配置效率,提高了企业生产效率,并创造了差异化的产品与服务。工业互联网主要包括网络、平台、安全三大体系,其中网络是基础,平台是核心,安全是保障。

自2015年我国政府工作报告中首次提出“工业互

收稿日期: 2024-10-13

联网”以来,国务院及工信部等部门相继发布了多项政策文件,明确了工业互联网的战略地位和发展路径。例如,《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》等文件提出了多项重点行动和工程,旨在解决工业互联网发展中的难点问题,推动产业数字化和数字产业化。2022年中国工业互联网平台企业侧市场规模达到28.6亿美元(约合人民币192亿元),同比增长22.3%。2024年,中国工业互联网产业增加值总体规模将达到4.95万亿元,在GDP的占比继续提升。

1.2 工业互联网中的定位技术综述

随着工业互联网的快速发展,定位技术在工业领域的应用变得越来越重要。定位技术通过提供设备、人员和资产的实时位置信息,帮助企业优化运营,提高生产效率,确保安全。当前,工业互联网中使用的定位技术种类繁多,包括全球定位系统(GPS)、射频识别(RFID)、蓝牙低功耗(BLE)、Wi-Fi定位、超宽带(UWB)定位技术等。这些技术各有优劣,适用于不同的应用场景。例如,GPS具有全球覆盖和高精度的优点,但在室内环境中表现较差;而RFID和BLE适合短距离和室内环境,成本低,易于部署。随着技术的进步,特别是5G网络和北斗卫星导航系统的发展,使高精度定位技术在工业互联网中的应用逐渐成为可能。5G网络的高速度、低延迟特性,使得实时位置数据的传输更加流畅,支持更精确的定位服务。北斗系统作为中国自主研发的全球卫星导航系统,通过增强定位精度和可靠性,扩大了在工业应用中的使用范围。这些高精度定位技术为工业自动化、智能化提供了坚实的基础。

2 “5G+北斗”技术创新在工业互联网中的应用

2.1 应用范围与行业分析

随着工业互联网的快速发展,5G与北斗系统融合应用的市场前景广阔。根据市场研究机构数据,到2025年,全球工业互联网市场规模将达到数万亿美元,其中,5G与北斗系统的融合应用将占据重要份额。

根据《2024—2029年中国卫星导航行业发展趋势及投资风险预测报告》,2023年我国卫星导航与位置服务产业总体产值达到5362亿元,同比增长7.09%(见图1)^[1]。国内室内定位直接市场总量已突破3000亿元(见表1)^[2]。相关产业研究院分析,2024年我国卫星导航与位置服务行业总产值有望超6000亿元。

2.2 5G和北斗系统的核心特性

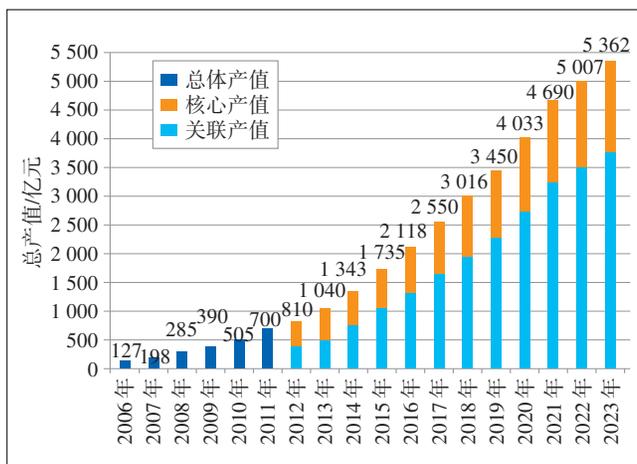


图1 2006—2023年我国卫星导航与位置服务产业总体产值

表1 国内室内定位市场总量

场所	数量	单价/万元	市场总计/亿元
规模以上石油及化工厂	30 000	80	240
规模以上工厂	250 000	50	1 250
隧道公里数	5 022	50	100.44
地铁站	2 200	50	11
电厂	1 300	400	52
养老院	80 000	50	400
三级医院	2 000	300	60
看守所	7 000	40	28
监狱	680	500	34
博物馆	5 200	30	15.6
其他(如停车场、会展、商场、机场、游乐园、指挥大楼、桥梁、码头、地下管廊、船舶等)	……	……	1 300+
合计(首次项目建设)	-	-	3 000+

5G网络在工业互联网中的应用优势显著,包括高速度、低延时、大连接,以及支持高度可靠和低时延通信等特性,正在革新工业生产和运营模式^[3-9]。

5G网络的高速度使得大规模数据传输成为可能,尤其是在需要实时数据分析和处理的场景中;其次,5G的低延时(通常在毫秒级)特性使工业自动化控制系统能够实现近乎实时的响应和决策,这在需要精确控制和快速响应的工业机器人、远程操作和自动驾驶车辆等领域尤为关键;此外,5G的大连接能力支持海量设备接入网络,适合物联网设备密集的工业环境,推动了设备之间的互联互通和智能协作;通过结合边缘计算技术,5G网络进一步提高了数据处理的效率和反应速度,能够在本地处理和分析数据,减少对中央数据中心的依赖。

北斗导航系统是中国自主研发的全球卫星导航

系统,在工业互联网中的应用优势体现在多个方面,包括高精度定位、全球覆盖、短报文通信、高可靠性和稳定性、时间同步功能、自主可控性以及支持多种应用场景等^[10-11]。

北斗导航系统能够提供高精度的定位服务,这是工业互联网应用中最为核心的优势之一。在许多工业场景中,精确的位置信息至关重要;其次,北斗短报文通信功能是一个显著的优势。在没有移动通信网络的环境中,短报文功能允许设备和人员进行基本的信息发送和接收;时间同步功能是北斗系统的另一大优势。工业互联网应用对时间同步有着严格的要求,北斗的高精度时间同步能力能确保系统的协调和高效运行;自主可控性是北斗导航系统的一个战略性优势。作为中国自主研发的全球导航卫星系统,北斗减少了对其他导航系统的依赖,提高了在关键行业应用中的安全性和自主性。这对于国家安全和关键基础设施的运行具有重要意义。

通过5G网络的高速率、低延时和大连接能力,以及北斗系统的高精度定位和时间同步功能的融合,实现了工业操作的全面优化^[12-14]。这种融合提供了实时、高精度的定位与数据传输,使自动化设备和无人系统能够在复杂环境中高效运作,提高了生产线的精度和效率。凭借5G的可靠通信和北斗的短报文功能,工业企业能够在紧急情况下快速响应,确保信息的及

时传递和资源的迅速调度。此外,这种技术组合支持广泛的工业应用场景,从智能制造到智慧物流,为设备的远程监控、精准调度和智能协作提供了基础。

3 “5G+北斗”协同创新技术

基于北斗卫星、5G通信网和室内外融合定位网能够提供室外高精度定位、室内融合定位、北斗短报文和遥感解译等能力(见图2),这些能力在工业互联网应用场景可以实现更智能化的管理和控制,进而提升整体运营效率和市场竞争力,推动行业的数字化转型和智能化升级。

3.1 室内外高精度定位

“5G+北斗”融合技术在室内外高精度定位方面发挥了重要作用。在室外环境中,基于北斗RTK可实现动态厘米级、静态毫米级定位精度,使得人、车、物定位应用变得更加精准可靠;而室内环境中,结合5G网络可在具体应用场景中提供定位管理、考勤统计、生产管理、安全管理等功能,实现多种应用场景的精细化管理。室内定位可以根据不同精度要求选择不同技术(UWB、蓝牙、Wi-Fi、蜂窝、地磁等)(见图3)。

图4所示为“5G+北斗”定位技术在工业互联网应用的系统架构。“5G+北斗”定位技术在工业互联网中的应用主要体现在以下几个方面。

a) 实时监测与追踪。在工业互联网环境中,定位



图2 “5G+北斗”平台业务架构

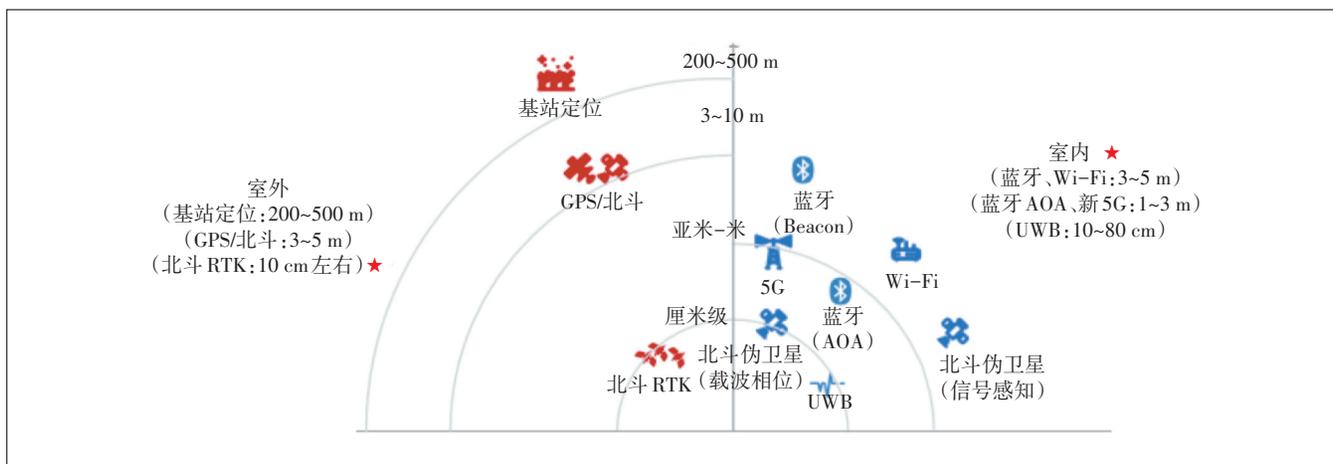


图3 不同技术达到的定位精度

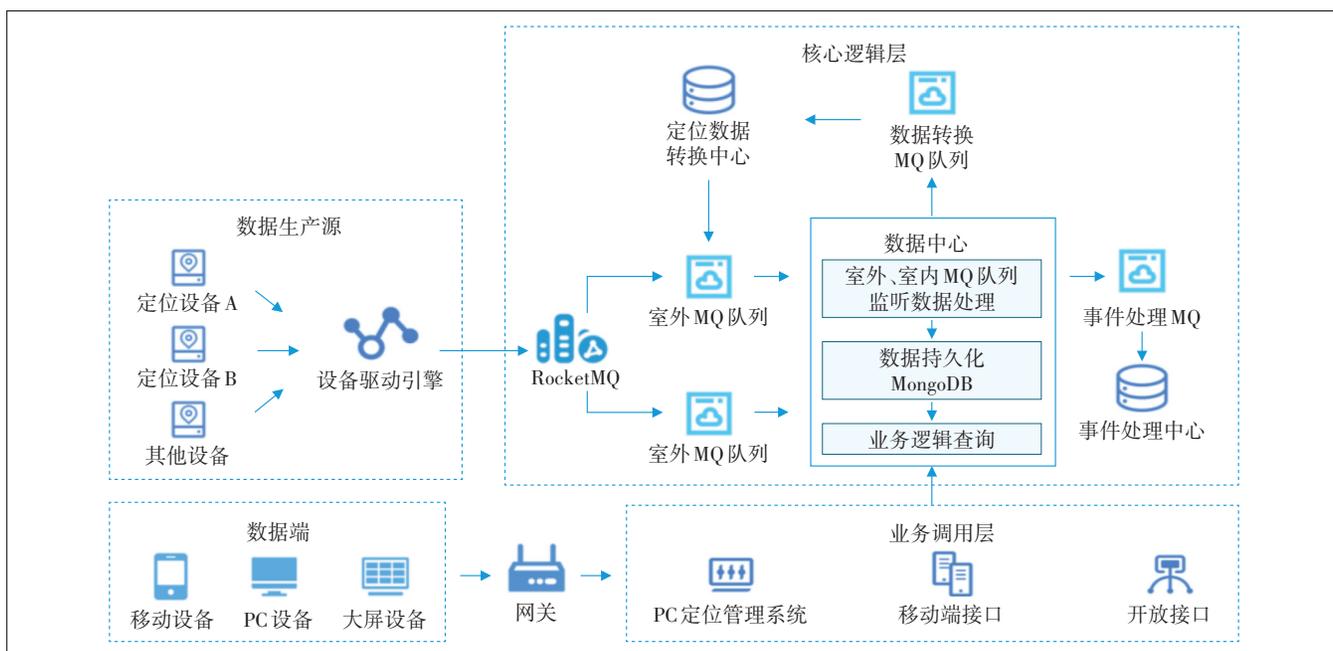


图4 “5G+北斗”定位技术在工业互联网应用的系统架构

技术通过部署各种传感器和基站,能够实时监测设备的运行状态和生产环境的数据。例如,在智能制造车间中,通过对生产设备、物资和员工进行定位,可以实时掌握他们的分布状态和移动轨迹。这不仅有助于企业实现更高效的调度管理、仓储统计和安全监护,还能在紧急事件发生时迅速了解人员及重要物资的分布位置,及时采取相应的干预措施,提高应对处理效率。

b) 优化生产流程。定位技术能够为企业提供更精准的位置数据,经过分析和挖掘这些数据,可以发现生产过程中的瓶颈和问题。例如,通过分析员工在生产线上的移动轨迹和停留时间,可以发现生产流程中

的不合理之处,进而进行有针对性的优化和改进。此外,定位技术还可以帮助企业实现远程监控和维护,提高设备的可靠性和使用寿命,降低运营成本。

c) 提升安全管理水平。在现代工厂向智慧工厂转型的过程中,安全管理的智能化转型尤为重要。定位技术通过提供实时、准确的位置信息,为企业的安全管理提供了有力的支持。例如,在高危环境中,通过实时定位来保障作业人员的安全;在仓储物流及日常管理中,通过给设备、物资进行定位,可以实现对设备的快速查找、资产清查盘点和出入库统计,有效防止资产丢失和被盗。

d) 推动数据共享与协同。工业互联网的核心价

值在于对数据的采集、传输、存储和分析。定位技术通过提供精准的位置数据,为数据的共享和协同提供了基础。例如,在工业互联网平台上,通过对接位置数据,可以实现不同系统之间的数据传递与共享,解决信息孤岛难题。这不仅有助于企业实现更高效的资源配置和协同生产,还能为企业的数字化转型和智能化升级提供有力的支持。

3.2 北斗短报文通信

短报文通信是北斗系统的一大特色,基于4G/5G/北斗短报文多网络制式的北斗短报文应用平台实现了智能化作业(见图5),该平台具有信息总览、事件跟踪、分析研判、指挥调度等功能,同时提供高精度的位置服务,当遇到突发事件,基于北斗短报文,及时发送包含位置信息的求救短信等^[15]。

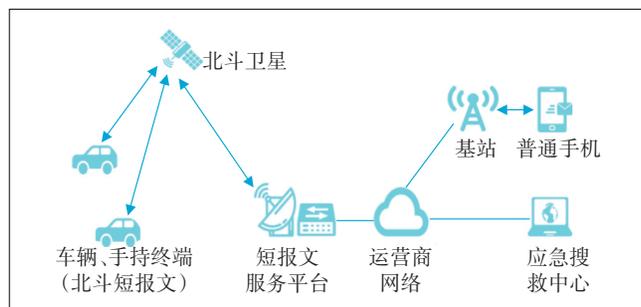


图5 5G+北斗短报文融合通信

a) 设备远程监控与维护。在工业互联网中,大量设备需要被远程监控和维护。北斗短报文通信可以实时传输设备的运行状态、故障信息等数据,使运维人员能够及时了解设备状况,进行远程故障诊断和维修。这大大提高了设备的可靠性和稳定性,降低了运维成本。

b) 物流追踪与调度。北斗短报文通信可以实时追踪货物的位置和状态,为物流企业提供精准的物流信息。同时,它还可以根据货物的实时位置和运输需求,进行智能调度和优化路径规划,提高物流效率和服务质量。

c) 智能制造与自动化控制。在智能制造领域,北斗短报文通信可以实现对生产设备的精准定位和远程控制。通过实时传输设备的位置和状态信息,系统可以自动调整生产流程,优化资源配置,提高生产效率。此外,北斗短报文通信还可用于自动化控制系统的备份通信,确保在地面网络故障时仍能维持系统的正常运行。

d) 应急响应与安全管理。北斗短报文通信可以

在紧急情况下提供可靠的通信手段,确保相关人员能够及时获取和传递信息。例如,在自然灾害或突发事件发生时,北斗短报文通信可以迅速传递救援信息和指令,为救援行动提供有力支持。

3.3 遥感技术

图6所示为遥感技术在工业互联网应用的系统架构。遥感技术在工业互联网中具有广泛的应用,通过与“5G+北斗”融合,可以实现如下应用。

a) 在工业互联网中,遥感技术的应用首先体现在对地理时空数据的采集和分析上。工业互联网需要处理大量地理相关信息,而遥感技术正是获取这些信息的重要手段。

b) 遥感技术在工业互联网中的应用还体现在环境监测和灾害预警方面。随着工业活动的不断增加,环境污染和自然灾害的风险也在逐渐上升。遥感技术可以实时监测环境的变化,如空气质量、水质、植被覆盖等,为环保部门提供及时、准确的数据支持。在灾害预警方面,遥感技术可以通过对地表形态、气象条件等信息的监测和分析,提前预测和评估灾害的发生概率和影响范围,为应急管理部门提供决策依据,减少灾害带来的损失。

c) 在农业领域,遥感技术的应用同样具有重要意义。工业互联网不仅涉及城市和工业领域,也包括农村和农业。遥感技术可以实时监测农作物的生长状况、土壤湿度、病虫害情况等,为农民提供精准的农业信息,帮助他们更好地管理农田,提高农作物的产量和质量。同时,遥感技术还可以为金融机构提供农户的信用评估依据,降低农村信贷的风险。

除了上述应用外,遥感技术在工业互联网中还有着其他广泛的应用。例如,在矿产资源勘探中,遥感技术通过对地表和地下的地质信息的监测和分析,可以帮助勘探人员发现潜在的矿产资源。在林业管理中,遥感技术可以实时监测森林的覆盖情况和病虫害情况,为林业部门提供及时、准确的数据支持。在交通领域,遥感技术可以用于交通流量监测、道路状况评估等,为交通管理部门提供重要的决策依据。

4 应用案例分析

4.1 某港“5G+北斗”技术在自动化装船中的应用

该系统集成了“5G+北斗”技术、高精度位姿测量仪和激光雷达,并结合时空服务平台,实现了对装船过程的全面自动化管理。在技术创新方面,针对复杂

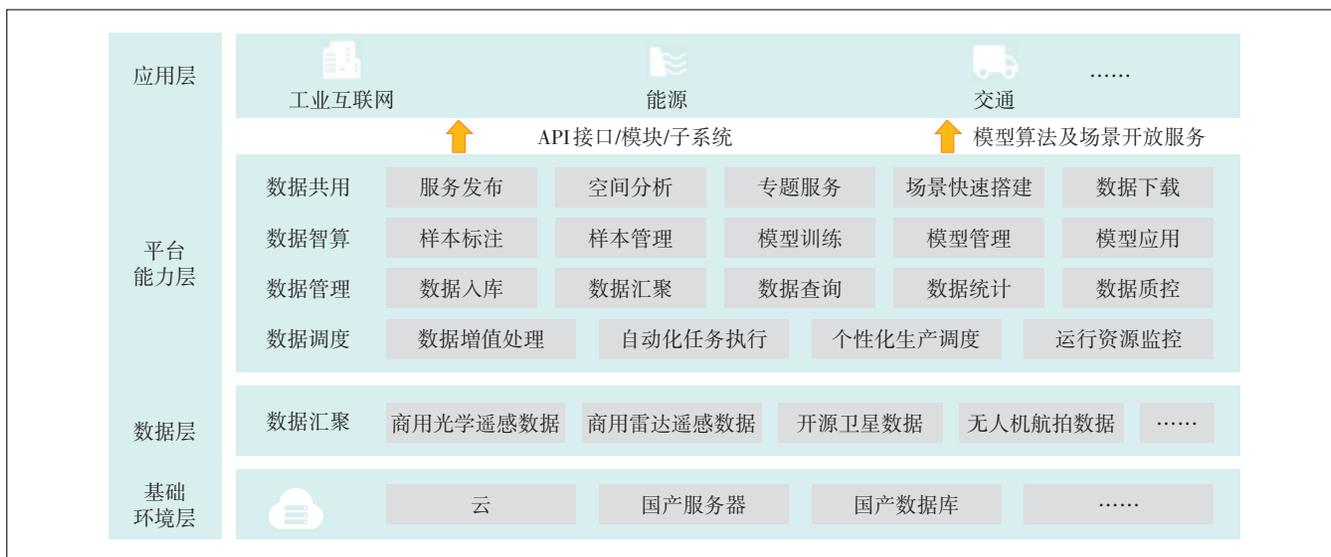


图6 遥感技术在工业互联网应用的系统架构

海况条件下卫星多径信号造成的飞点问题,系统创新性地采用了北斗与惯性导航系统融合定位技术,通过基线激光校准,达到了厘米级的定位精度和优于0.1°的姿态测量稳定性。此外,时空服务平台的本地坐标系转换和PLC协议兼容能力使“5G+北斗”模组能够适应多种工业环境,成功实现了高效的“船岸协同”自动化煤料装载。

在应用效果与运营成果方面,该系统已在国家能源集团某港成功交付并安装了20余套硬件设备,稳定运行了22个月。在此期间,系统完成了1亿t煤炭的装船任务,自动化处理了2500余艘船舶的业务,实现了装船无人化、取料智能化以及避碰智能化等多项散货港口典型业务。这一系统的成功部署不仅提升了港口的运营效率和安全性,还使该港成为全国唯一的全流程全自动无人码头,通过引入中国联通5G专网,显著提升了港区的通信效率和自动化水平。

4.2 “5G+北斗”赋能某电气工厂工业自动化

在某电气工厂内,工业自动化的新时代正悄然开启。在车间中,一台台自动导引运输车(AGV)在不同生产环节之间高效穿梭,这一切都离不开闭路电视监控系统(CCTV)的实时监测。通过中国联通的5G技术,AGV小车的行动轨迹数据被迅速传送到后台,整个过程仅需20ms。这个系统不仅实现了机械臂与自动化产线的协同工作,还有“AI质检员”的智能检测,贯穿了生产的各个流程,形成了5G+智慧物流和5G+智能制造的全新业态。

在智能物料配送区域,车间顶部悬挂的18台监控

设备,通过具有高速传输和低时延特性的5G网络,实时监控数十台AGV小车的运行状态,无需人工干预,就可以实现精准的导航和定位,大大提升了工厂的自动化程度。借助5G技术,某电气公司不仅实现了装备的数字化和工厂的无线化,还加速了平台的虚拟化,工业自动化程度高达75%,为制造与信息化的深度融合提供了全新的动能。

此外,在质检区域,中国联通助力该电气工厂打造了一条“5G与工业蜂窝网+集中化PLC”的自动模拟检测线。通过将可编程逻辑控制器(PLC)集中安装在IT机房,并通过5G网络进行连接,单台PLC便能够同时控制多台设备,实现了工业质检的远程控制和无线通信。这不仅提升了质检效率,还为工厂的智能化运营提供了坚实的技术基础,标志着工业物联网时代下制造业的又一次飞跃。

“5G+北斗”在工业互联网中的应用具有显著的优势,这些优势不仅提升了工业生产的效率与安全,还推动相关行业的数字化转型。同时,它还提升了生产安全性,尤其在危险化学品、石油、冶炼、钢铁、电力等重大工业生产领域,工人作业时容易出现监控盲区,存在人员误入危险区的风险。通过“5G+北斗”技术,可实现作业区内精准无缝定位、危险区透明监控,实时连续岗位监控,规范巡查,从而有效预防安全事故。

5 “5G+北斗”在工业互联网中的前景与挑战

未来,“5G+北斗”技术在工业互联网领域的应用前景广阔,这也预示着制造业和其他工业领域将进入

一个高度互联和智能化的新时代。随着工业4.0的推进,企业对高效、精准和智能的生产流程需求日益增长,“5G+北斗”技术的结合提供了理想的解决方案。5G网络以其超高速率、低时延和大连接的特点,为工业互联网提供了可靠的数据传输和设备互联能力,而北斗系统则通过高精度的定位和授时服务,为设备和流程的精确协调提供了保障。这种技术整合不仅使得工厂能够实现更高水平的自动化和智能化,还能够支持大规模的机器间通信(M2M),从而提高生产效率,降低运营成本。

在未来,“5G+北斗”将进一步推动工业互联网向更深层次发展。一方面,这种技术能够促进制造业向智能制造转型,实现生产设备的实时监控和远程操控,从而提升生产的灵活性和响应速度。通过5G网络,工厂中的各种设备可以实时交换数据,结合北斗的精确定位,实现生产流程的全面优化和智能化调度。这不仅包括制造业,还包括物流、交通、农业等众多行业的智能化升级。另一方面,“5G+北斗”还有助于实现全产业链的数字化转型和资源的最优配置。在供应链管理中,北斗提供的精确定位和5G的快速通信能够实时跟踪货物的状态和位置,提升供应链的透明度和效率。此外,这2项技术的结合可以支持工业领域的创新应用,如无人驾驶、智能物流和远程医疗等,推动整个社会生产力的提升,促进经济的可持续发展。未来,随着技术的进一步发展和应用成本的降低,“5G+北斗”将在更广泛的工业场景中得到应用,真正实现万物互联的智能社会愿景。

尽管“5G+北斗”融合技术在工业互联网中具有广阔的应用前景,但在实际应用中还面临如下挑战。

a) 技术标准。在全球范围内,5G与北斗系统的技术标准尚未完全统一。不同国家和地区的技术标准差异可能导致设备和系统的兼容性问题,影响技术的推广和应用。

b) 数据安全。在工业互联网中,数据安全非常重要。如何确保通过5G网络和北斗系统传输的数据不被窃取和篡改,是需要重点解决的问题。

c) 成本与收益。在“5G+北斗”技术的实际应用中,初期建设和运营成本较高。需要通过不断优化技术和降低成本,提升技术的性价比和市场竞争能力。

6 结束语

“5G+北斗”协同创新技术在工业互联网中的应

用,展现了其在高精度定位、短报文通信和遥感技术中的巨大潜力。5G和北斗的融合将有力推动工业互联网的智能化和无人化转型。尽管面临一些技术挑战,但随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,“5G+北斗”时空服务将在工业互联网中发挥越来越重要的作用,助力行业数字化转型。

参考文献:

- [1] 中国卫星导航定位协会. 2024中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书[R/OL]. [2024-08-18]. <https://file.spacechina.com/n25/n2014789/n2014804/c4130838/content.html>.
- [2] 中国移动. 室内定位白皮书(2020年)[R/OL]. [2024-08-18]. <https://13115299.s21i.faiusr.com/61/1/ABUIABA9GAAGmeOFjgYosKXSnwY.pdf>.
- [3] 应芳芳. 工业互联网发展态势思考[J]. 邮电设计技术, 2021(7): 10-12.
- [4] 裴郁杉, 王友祥, 黄蓉, 等. 5G/5G-A确定性技术体系赋能工业互联网[J]. 邮电设计技术, 2023(5): 25-32.
- [5] 邓爱林, 冯钢, 刘梦婕. 5G+工业互联网的关键技术与发展趋势[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2022, 34(6): 967-975.
- [6] 中国联通. 中国联通5G行业专网白皮书[R/OL]. [2024-08-18]. <https://segmentfault.com/a/1190000023889903>.
- [7] 陆平, 李建华, 赵维铎. 5G在垂直行业中的应用[J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(1): 67-74.
- [8] 徐健. 5G环境下的工业互联网应用探讨[J]. 数字通信世界, 2019(3): 28.
- [9] 程景浩, 王燕伟, 徐滨阳. 5G+工业互联网在大型石化项目中的应用实践[J]. 邮电设计技术, 2021(7): 40-44.
- [10] 赵留峰. 北斗卫星导航定位系统在大地测量工程中的应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(35): 189-192.
- [11] 王晶金, 李成智. 北斗卫星导航系统发展与创新[J]. 自然科学史研究, 2023, 42(3): 365-376.
- [12] 殷平, 庄涛, 韦广林, 等. “5G+北斗”在文旅行业中的应用[J]. 邮电设计技术, 2024(3): 82-87.
- [13] 张千坤, 陈任翔, 曾炜, 等. 基于信道图谱的5G+北斗融合定位方法[J]. 邮电设计技术, 2023(11): 33-39.
- [14] 张祺媛, 李良, 叶海纳, 等. 基于5G和北斗技术的城市基础设施安全监测系统建设探讨[J]. 邮电设计技术, 2022(5): 28-32.
- [15] 金耀, 张贺, 王泽林, 等. 北斗短报文发展与应用[J]. 邮电设计技术, 2024(3): 53-57.

作者简介:

王维治, 硕士, 中国联合网络通信集团有限公司政企客户事业群工业互联网行业专家, 主要从事5G工厂、建材行业创新应用研究工作; 魏强, 毕业于辽宁工程技术大学, 工程师, 硕士, 主要从事室内外高精度定位等技术研究工作; 曲嘉旭, 工程师, 硕士, 主要从事智慧城市、工业互联网领域时空服务研究工作。