

煤矿物联网（IIoT）平台架构与数据融合

杨 帅

郛城县煤炭发展服务中心 山东 菏泽 274700

【摘 要】：本文旨在研究煤矿物联网（IIoT）平台架构与数据融合技术，以提升煤矿生产的智能化水平和安全性。通过对煤矿物联网的概念、应用现状及挑战进行分析，设计了包含感知层、网络层、平台层和应用层的平台架构，并探讨了数据融合的相关技术和应用场景。研究方法采用理论分析与实际案例相结合。通过对实际案例的实施效果分析，验证了平台架构和数据融合技术在煤矿生产中的有效性和实用性，为煤矿行业的数字化转型提供了参考。

【关键词】：煤矿物联网；平台架构；数据融合；智能化生产

DOI:10.12417/2705-0998.25.15.061

随着信息技术的飞速发展，物联网在各行业的应用日益广泛。在煤矿行业，物联网技术的应用为解决传统煤矿生产中存在的安全隐患、生产效率低下等问题提供了新的途径。煤矿物联网能够实现煤矿生产过程中各类设备的互联互通和数据共享，通过构建合理的平台架构和有效的数据融合技术，可提升煤矿生产的智能化管理水平。本文将深入探讨煤矿物联网平台架构设计和数据融合技术，为煤矿行业的数字化转型提供理论支持和实践指导。

1 煤矿物联网（IIoT）概述

1.1 煤矿物联网的概念与内涵

煤矿物联网是物联网技术在煤矿行业的具体应用，它将传感器、智能设备、网络通信等技术与煤矿生产过程深度融合。通过在煤矿井下和地面安装大量的传感器，实时采集煤矿生产环境参数（如瓦斯浓度、温度、湿度等）、设备运行状态（如电机转速、设备振动等）以及人员位置信息等。这些数据通过网络传输到数据中心，经过分析和处理后，为煤矿生产决策提供依据。煤矿物联网的内涵不仅包括技术层面的设备连接和数据传输，还涉及到煤矿生产管理模式的变革，实现从传统的人工管理向智能化、自动化管理的转变^[1]。

1.2 煤矿物联网在煤矿行业的应用现状与前景

目前，煤矿物联网在我国煤矿行业已经得到了一定程度的应用。一些大型煤矿企业已经建立了较为完善的煤矿安全监测系统，通过物联网技术实时监测井下瓦斯、一氧化碳等有害气体浓度，及时发现安全隐患并采取措施。同时，在设备管理方面，也开始应用物联网技术对设备进行远程监控和故障诊断，提高了设备的可靠性和维护效率。然而，整体来看，煤矿物联网的应用还处于初级阶段，存在着应用范围有限、系统集成度不高、数据利用率低等问题。

从前景来看，煤矿物联网具有巨大的发展潜力。随着煤矿行业对安全生产和智能化生产的需求不断增加，煤矿物联网将在煤矿生产的各个环节得到更广泛的应用。例如，在煤矿开采方面，通过物联网技术实现智能化开采，提高开采效率和资源

回收率；在煤矿运输方面，实现煤炭运输的自动化和智能化，降低运输成本。

1.3 煤矿物联网发展面临的挑战

煤矿物联网的发展存在诸多困境，井下环境复杂（例如高温、高湿、粉尘污染以及强电磁干扰）给传感设备及通信系统带来了很高的可靠性和稳定性要求，煤矿企业的信息化根基薄弱，这造成不同供应商之间的设备难以兼容，于是就很难有效地整合和共享数据，由于煤矿物联网牵涉很多的敏感信息，譬如生产参数和安全监测数据，这就使得数据的安全性和隐私性成了必须要解决的重大话题，现阶段煤矿行业对物联网的技术认识水平和实际运用能力有很大差别，并且专业技术人才的缺乏也成为煤矿物联网发展的关键短板。

2 煤矿物联网（IIoT）平台架构设计

2.1 平台架构设计的原则与目标

平台架构设计应遵循以下原则：一是开放性原则，平台应具备良好的开放性，能够兼容不同厂家的设备和系统，方便后续的扩展和升级；二是可靠性原则，考虑到煤矿生产的特殊性，平台应具备高可靠性，确保在恶劣环境下能够稳定运行；三是安全性原则，加强平台的数据安全和网络安全防护，保障煤矿生产数据的安全和隐私；四是可扩展性原则，平台应具备良好的可扩展性，能够适应煤矿业务的不断发展和变化。

2.2 感知层架构设计

感知层是煤矿物联网的基础，主要负责采集煤矿生产环境和设备运行状态等数据。感知层架构设计应根据煤矿生产的实际需求，合理布置各类传感器。在煤矿井下，应安装瓦斯传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、湿度传感器等环境监测传感器，实时监测井下环境参数。同时，在煤矿设备上安装振动传感器、电流传感器、转速传感器等设备状态监测传感器，及时掌握设备的运行状态。

传感器的选型应考虑其可靠性、精度、抗干扰能力等因素。为了提高传感器的可靠性，可采用冗余设计，即同一监测点安装多个相同类型的传感器，当其中一个传感器出现故障时，其

他传感器仍能正常工作。

2.3 网络层架构设计

网络层主要负责将感知层采集到的数据传输到平台层。由于煤矿井下环境复杂,网络通信面临着诸多挑战。目前,煤矿井下常用的网络通信技术包括有线通信和无线通信。有线通信具有可靠性高、传输速率快等优点,但布线困难,成本较高。无线通信具有安装方便、灵活性强等优点,但信号稳定性较差,传输距离有限。

在网络层架构设计中,应根据煤矿井下的实际情况,综合采用有线通信和无线通信技术。例如,在巷道等固定区域可采用有线通信技术,如以太网、光纤通信等;在移动设备和临时监测点可采用无线通信技术,如 ZigBee、WiFi、4G/5G 等。

2.4 平台层架构设计

平台层是煤矿物联网体系的重要组成部分,它承担着数据储存,管理,分析和处理的任 务,其架构设计要依托分布式技术框架创建,这样才能符合高性能运算以及大量数据承载的需求。在数据储存方面,最好采用混合式数据库方案,对结构化和非结构化数据执行区别化的管理策略,就设备运行参数而言,这类结构化数据适合用 MySQL 或者 Oracle 等传统的关系型数据库系统来储存,至于视频流,图像文件这些非结构化数据,利用 HBase, MongoDB 等现代的分布式储存技术便可以做到高效的储存和管理。

在数据分析和处理方面,平台层应具备数据挖掘、机器学习等功能,能够对海量的煤矿生产数据进行深度分析,挖掘数据背后的潜在价值。例如,通过对设备运行数据的分析,实现设备故障预测和预警;通过对环境监测数据的分析,实现煤矿安全风险评估。

2.5 应用层架构设计

应用层是煤矿物联网与用户的交互界面,主要负责将平台层分析处理后的数据以直观的方式呈现给用户,并提供各种应用服务。应用层架构设计应根据煤矿生产的实际需求,开发不同类型的应用系统。例如,煤矿安全监测系统、设备管理系统、生产调度系统等^[2]。

3 煤矿物联网 (IIoT) 数据融合技术

3.1 数据融合的概念与意义

数据融合是指把多源异构数据进行整合处理的一种技术方法,其根本目的是提高信息的准确性和完整性,在煤矿物联网架构当中,数据融合起着非常重要的作用,因为煤矿开采过程中会用到很多种不同的传感器以及设备,所以采集到的数据常常会出现重复、多余或者不一致的情况,采用数据融合策略之后就可以有效地去除掉那些多余的重复信息,并且修正那些数据上的偏差问题,这样就能使整体数据的质量和可信度得到

改善,还可以进一步发掘各个数据源之间隐藏着的一些潜在联系特征,进而给煤矿生产决策给予更加系统化且精准的支持依据。

3.2 煤矿物联网数据的特点与分类

煤矿物联网数据具有以下特点:一是数据量大,煤矿生产过程中涉及到大量的传感器和设备,每天产生的数据量巨大;二是数据类型复杂,包括结构化数据(如设备运行参数、环境监测数据等)和非结构化数据(如视频、图片等);三是数据实时性要求高,煤矿生产环境变化迅速,需要实时采集和处理数据,以确保煤矿生产的安全和高效。

3.3 常用的数据融合方法与技术

常用的数据融合方法和技术包括以下几种:一是基于概率论的方法,如贝叶斯估计、卡尔曼滤波等。这些方法通过对数据的概率分布进行建模,利用概率推理来实现数据融合。二是基于信息论的方法,如熵理论、互信息等。这些方法通过计算数据之间的信息熵和互信息,来评估数据之间的相关性和互补性,从而实现数据融合。三是基于人工智能的方法,如神经网络、支持向量机等。这些方法通过对大量的数据进行学习和训练,建立数据融合模型,实现数据的自动融合。

在实际应用中,应根据煤矿物联网数据的特点和融合需求,选择合适的数据融合方法和技术。例如,对于实时性要求较高的数据融合,可采用卡尔曼滤波等方法;对于复杂的非线性数据融合,可采用神经网络等人工智能方法。

3.4 数据融合在煤矿物联网中的应用场景

数据融合在煤矿物联网中有广泛的应用场景。在煤矿安全监测方面,通过融合瓦斯浓度、一氧化碳浓度、温度等环境监测数据,以及设备运行状态数据和人员位置数据,可以实现对煤矿安全风险的综合评估和预警。例如,当瓦斯浓度、温度等参数同时异常升高,且设备运行状态出现异常时,系统可以及时发出警报,提醒工作人员采取措施。

在设备管理方面,通过融合设备的振动、电流、转速等运行数据,可以实现对设备故障的准确诊断和预测。例如,当设备的振动频率出现异常变化,且电流和转速也发生波动时,系统可以判断设备可能存在故障,并提前进行维护和检修^[3]。

4 煤矿物联网 (IIoT) 平台架构与数据融合的实现案例

4.1 案例背景与目标

某煤矿企业为了提高煤矿生产的安全性和效率,决定建设煤矿物联网平台。该煤矿企业拥有多个矿井,生产规模较大,但传统的生产管理方式存在着信息不及时、不准确等问题,导致生产效率低下,安全隐患较多。因此,该企业的目标是构建一个高效、智能、安全的煤矿物联网平台,实现煤矿生产过程

的全面数字化管理。

4.2 平台架构搭建过程

在感知层,该企业根据煤矿井下的实际情况,合理布置了各类传感器。在每个矿井的巷道、工作面等关键位置安装了瓦斯传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、湿度传感器等环境监测传感器,以及电机电流传感器、设备振动传感器等设备状态监测传感器。同时,为井下作业人员配备了定位标签,实现人员位置的实时监测。

在网络层,采用了有线通信和无线通信相结合的方式。在巷道等固定区域铺设了以太网电缆,实现传感器和设备与数据采集节点的连接;在移动设备和临时监测点采用了 ZigBee 无线通信技术,实现数据的无线传输。数据采集节点将采集到的数据通过光纤网络传输到地面数据中心。

在平台层,该企业采用了分布式架构,搭建了数据存储和处理平台。采用 Hadoop 分布式文件系统(HDFS)存储海量的煤矿生产数据,采用 Spark 分布式计算框架进行数据的分析和处理。同时,开发了数据挖掘和机器学习算法,对设备故障预测、安全风险评估等问题进行建模和分析。

4.3 数据融合方案实施

在数据融合方面,该企业采用了基于多传感器数据融合的方法。首先,对不同传感器采集到的数据进行预处理,包括数据清洗、滤波、归一化等操作,以消除数据中的噪声和异常值。

然后,采用卡尔曼滤波算法对环境监测数据进行融合,提高环境参数的测量精度。同时,采用神经网络算法对设备运行数据进行融合,实现设备故障的准确诊断和预测^[4]。

4.4 案例实施效果与分析

通过实施煤矿物联网平台架构和数据融合方案,该企业取得了显著的效果。在安全方面,通过实时监测和预警,及时发现和处理了多起安全隐患,降低了煤矿事故的发生率。在生产效率方面,通过生产调度系统的优化,提高了煤炭产量和运输效率,降低了生产成本。在设备管理方面,通过设备故障预测和预警,减少了设备的故障停机时间,提高了设备的可靠性和维护效率。

5 结论与展望

本文对煤矿物联网(IIoT)平台架构与数据融合技术进行了深入研究。通过对煤矿物联网的概念、应用现状及挑战进行分析,设计了包含感知层、网络层、平台层和应用层的平台架构,该架构具有开放性、可靠性、安全性和可扩展性等特点。同时,探讨了数据融合的相关技术和应用场景,采用了基于概率论、信息论和人工智能等多种数据融合方法,提高了煤矿物联网数据的质量和可靠性。通过实际案例验证了平台架构和数据融合技术在煤矿生产中的有效性和实用性。未来的研究方向可以从进一步研究煤矿物联网平台架构的优化技术,提高平台的性能和可靠性。采用边缘计算技术,将部分数据处理任务下沉到边缘节点,减少数据传输量,提高系统的实时性。

参考文献:

- [1] 霍振龙,包建军.煤矿物联网统一通信平台的研究[J].工矿自动化,2011,37(10):1-3.
- [2] 黄馨丹.探究煤矿智能化建设中 5G 通信技术的应用[J].中国新技术新产品,2023,(07):15-17.
- [3] 赵清,杨维,张立亚,等.灾后煤矿物联网无人机辅助节能数据采集方法[J].煤炭科学技术,2023,51(08):228-238.
- [4] 王翀,陈佳林.煤矿物联网大数据平台设计与关键技术研究[J].中国煤炭,2022,48(03):42-49.