

# 基于 ZigBee 语音和环境监测的矿工智能头盔设计

兰小艳

(山西工程职业学院, 太原 030000)

**摘要:**本文提出了基于 ZigBee 语音和环境监测的智能头盔、集成矿井监控系统和语音传输系统的设计。智能头盔作为 ZigBee 无线传感器网络的移动节点,能够在井下环境中实时采集温度、湿度、光照等关键参数,并在检测到异常情况时,迅速向中央管理单位发出警报。低速率 ZigBee 网络语音传输系统确保矿工在遇到紧急情况时,与地面控制中心进行有效通信,提高了矿井安全生产水平,保障了矿工的生命安全。

**关键词:** ZigBee 语音;无线传感器;环境监测

中图分类号:TP274;X924.2 文献标识码:A 文章编号:1674-5078(2025)02-0033-04 DOI:10.3969/j.issn.1674-5078.2025.02.008

## 一、引言

煤炭作为工业生产的重要能源,在国民经济中起着举足轻重的作用。煤矿事故具有不可预见性和多方面的因素,一旦发生事故,不仅造成巨大的经济损失,而且直接威胁到矿工的生命安全。<sup>[1-3]</sup>李夕兵等人探究了不同使用环境和不同材质安全帽的抗冲击性能,通过定性和定量的试验,对工业安全帽的抗冲击性能进行了深入研究。<sup>[4]</sup>梁国治等人研制井下安全帽的降温性能。<sup>[5]</sup>陈雅婷等人研制新型矿用紧急避险安全帽。<sup>[6]</sup>马舒琪等人通过测试材料对在冲击荷载作用下的工业安全帽防护性能进行研究。<sup>[7]</sup>郝宪武等人通过解析抗力和效应的各种不确定性因素对安全帽的可靠性进行分析。<sup>[8]</sup>陈习锋等人研究了井下无线光通信技术。<sup>[9]</sup>为了有效保障井下矿山作业的安全,在矿井巷道中安装环境监测设备,实时检测环境参数显得尤为关键。这些参数包括但不限于温度、湿度、瓦斯浓度、一氧化碳浓度、光照强度等,它们是判断矿井环境是否安全的重要依据。近年来,发光二极管(下文简称 LED)矿工安全帽因其轻便、低功耗的特性,在大中型煤矿得到了广泛的应用,为矿工提供了一定的安全保障。与此同时,基于短距离、低功耗的无

线通信协议(下文简称 ZigBee)的传感器网络<sup>[10-11]</sup>,凭借其远程环境监测能力,受到了业界的广泛关注和研究。这种网络能够轻松收集传感器数据,并通过无线电频率进行传输,大大提高了监控的灵活性和实时性。结合 LED 矿工安全帽的便携性和 ZigBee 无线传感器网络的先进性,我们设计了一种新型智能头盔。这种智能头盔作为 ZigBee 无线传感器网络的移动节点,能够及时、快速地采集地下环境参数,为矿井安全提供更加精确的数据支持。

此外,新型智能头盔还具备无线语音通信功能,在紧急情况下,矿工能够通过头盔与控制中心进行信息交换,从而实现实时沟通。这种设计便于矿井的集中管理,通过对环境参数的实时监控,管理人员可以迅速掌握井下情况,从而做出科学决策。更重要的是,新型智能头盔的预警功能能够在检测到潜在安全风险时,及时发出警报,提醒矿工采取相应的防护措施,从而避免安全事故的发生。

## 二、地下无线网络设计

### (一) ZigBee

ZigBee 作为一种先进的无线通信技术,已经

收稿日期:2024-11-14

基金项目:山西省教育科学“十四五”规划 2022 年度课题《高职院校人工智能专业的建设》(项目编号:GH-220096)

作者简介:兰小艳(1991—),女,山西吕梁人,讲师,硕士。主要研究方向为人工智能应用技术。

成为目前唯一得到国际标准认可的无线传感器网络协议。它以其独特的优势完美契合了低功耗、低成本、低维护的监控系统特定需求,因此在工业监控、智能家居、环境监测等领域得到了广泛的应用和讨论。ZigBee 技术采用了 2.4 GHz 的工业、科学和医疗(ISM)频段,这一频段在全球范围内都是开放的,这也使得 ZigBee 设备能够在世界范围内无缝工作。此外,为了适应不同国家和地区的频谱法规,ZigBee 协议还提供了 915 MHz 的频段供美国使用以及 868 MHz 的频段供欧洲使用。这些不同的频段都采用了直接序列扩频(DSSS)技术,这种技术能够提高信号的抗干扰能力,确保数据传输的稳定性和安全性。

### (二)无线传感网络

无线传感网络<sup>[12]</sup>是由大量的传感器节点通过无线通信技术组织形成的自组织网络系统,其目的是协作感知、收集和处理环境中的信息,并将数据传输到用户。这些网络在环境监测、军事侦察、智能交通系统、智能家居和工业自动化等领域有着广泛的应用。在设计和应用无线传感网络时,需要综合考虑节点硬件设计、网络协议、操作系统、数据处理算法等多个方面,以实现网络的高效、稳定和可靠运行。在中国,随着物联网和智能制造的快速发展,无线传感网络技术也得到了广泛的研究和应用。

在无线传感网络中,ZigBee 协议的优势尤为明显。由于其低功耗的特性,ZigBee 设备能够长时间运行在电池供电状态下,这对于需要长期部署在难以更换电池环境中的传感器节点来说至关重要。同时,ZigBee 协议的低成本使得大规模的传感器网络部署成为可能,这对于推动物联网技术的发展和应用具有重要意义。再加上 ZigBee 网络的自组织能力和低维护需求,它为用户提供了便捷的网络管理和维护体验,大大降低了系统的运营成本。

### (三)无线矿井监控系统

该系统是一个综合性的无线传感网络解决方案,主要由三个核心部分构成:智能头盔、无线基站和有线网络。这三个部分协同工作,共同构建了一个高效、可靠的矿井安全监测体系。(见图1)

智能头盔是这一系统的前端感知单元,它不仅仅是一种保护矿工安全的装备,更是一种高科技的移动无线传感器节点。这款智能头盔集成了

多种传感器,如温度传感器、湿度传感器、气体检测传感器、加速度传感器等,包括可充电电池、高亮 LED 灯和先进的 ZigBee 通信模块。组件的设计确保了智能头盔能够在恶劣的矿井环境下稳定工作,实时收集矿井生产过程中的关键参数,如温度、湿度、气体浓度等,并将这些数据及时传输到无线基站。通过这些传感器收集的数据,智能头盔能够及时预警潜在的安全隐患,如瓦斯超标、矿井坍塌等,极大提高了矿井作业的安全系数。

无线基站则是整个系统的中枢神经,它在系统中扮演着至关重要的角色。它作为 ZigBee 无线网络与有线网络之间的桥梁和网关,无线基站实现了两种网络之间的无缝连接和数据交换。ZigBee 技术因其低功耗、低成本、短距离传输的特点,非常适合在矿井这种复杂环境下使用。无线基站不仅负责接收智能头盔上传的监测数据,还负责将数据通过有线网络传输到地面监控中心,同时接收来自监控中心的指令,实现对矿井内环境的实时监控和远程控制。

有线网络作为系统的后端支撑,为数据的稳定传输提供了保障。控制单元通过 ZigBee 网络可以向矿工发送清晰的语音指令,这不仅提高了矿井作业的指挥效率,也在紧急情况下为矿工提供了即时的安全指导。它将无线基站收集到的数据传输到地面监控中心,确保了数据的实时性和可靠性。有线网络通常采用光纤或电缆等介质,具有较高的带宽和稳定性,能够满足大量传感器数据的传输需求,加强了矿井内部的通信联络,确保了信息的快速流通。

该系统通过智能头盔的实时监测、无线基站的数据传输和有线网络的稳定支撑,形成了一个闭环的矿井安全监测体系,不仅提高了矿井作业的安全性和效率,也为矿工的生命安全提供了坚实的技术保障。

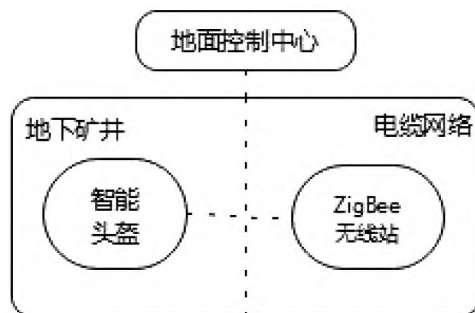


图1 无线矿井监控系统结构图





发生率,为我国煤炭产业的可持续发展贡献力量。

#### 参考文献:

- [1] 王国法,王虹,任怀伟,等.智慧煤矿 2025 情景目标和发展路径[J].煤炭学报,2018(2):295-305.
- [2] 张培森,张晓乐,董宇航,等.2008—2021 年我国煤矿事故规律分析及预测研究[J].矿业安全与环保,2023,(2):136-140,146.
- [3] 张世龙,张民波,朱仁豪,等.近 5 年我国煤矿事故特征分析及防治对策[J].煤炭与化工,2021(8):101-106,109.
- [4] 李夕兵,杜晶,洪亮.工业安全帽的抗冲击性能[J].中南大学学报(自然科学版),2011(6):1692-1697.
- [5] 梁国治,周孟颖,张奋奋.矿用降温安全帽的研制[J].煤矿现代化,2014(3):83-85.
- [6] 陈雅婷,张英华,王辉,等.新型矿用紧急避险安全

帽的研制[C].北京科技大学 金属矿山高效开采与安全教育部重点实验室,2012:4.

- [7] 马舒琪,蔡嗣经,时训先.冲击载荷作用下工业安全帽防护性能研究[J].中国安全科学学报,2014(10):133-137.
- [8] 郝宪武,王仕珏,王晓明.施工碎石对安全帽撞击的可靠度分析[J].公路工程,2013(1):106-110.
- [9] 陈习锋,丁举鹏,张心云,等.基于无线光通信智慧矿井研究现状[J].光通信研究,2020(6):70-76.
- [10] 次世青.基于 ZigBee 无线传感网络的水环境监测系统的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2020.
- [11] 牛进军.基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿监测系统[J].矿业装备,2023(12):46-47.
- [12] 杨琦,熊志金,陈永丰,等.基于无线传感器网络的地铁隧道安全监测系统[J].南方职业教育学刊,2022(2):103-109.

## Design of a Smart Helmet for Miners Based on ZigBee Voice and Environmental Monitoring

LAN Xiaoyan

(Shanxi Engineering Vocational College, Taiyuan 030000, China)

**Abstract:** This article introduces a smart helmet based on ZigBee voice and environmental monitoring, which integrates a mine monitoring system and a voice transmission system. The smart helmet, serving as a mobile sensor node in the ZigBee wireless sensor network, is capable of real-time collection of key parameters such as temperature, humidity, and illumination in the underground mining environment, and can promptly send alerts to the central management unit upon detecting abnormal conditions. The low-rate ZigBee network voice transmission system enables miners to communicate effectively with the ground control center in emergency situations. The use of this smart helmet not only enhances the level of safe production in mines but also safeguards the lives of miners.

**Key words:** ZigBee voice; wireless sensor; environmental monitoring