

基于物联网的智慧消防监控设备集成方案

潘卫

浙江海康威名科技有限公司 浙江宁波 315000

【摘要】随着城市化进程的加速,高层建筑和地下空间等复杂建筑结构不断涌现,消防安全问题日益凸显。传统消防监控系统存在信息孤岛、响应延迟等局限性,难以满足现代消防安全需求。物联网技术的发展为智慧消防监控提供了新的解决方案。本文深入探讨了基于物联网的智慧消防监控设备集成方案,从研究背景与意义、关键技术架构、典型应用场景以及实证分析等方面进行了详细阐述。通过多模态传感器集成、混合组网方案、边缘计算节点部署等关键技术,实现了消防监控的实时性、联动性和可扩展性。实证分析表明,该方案在降低成本、提高报警响应时间等方面具有显著优势,为现代消防安全提供了有力保障。

【关键词】物联网;智慧消防;监控设备集成;多模态传感器;边缘计算

Integrated solution of intelligent fire monitoring equipment based on Internet of Things

Pan Wei

Zhejiang Hikong Ming Technology Co., LTD.Ningbo, Zhejiang 315000

【Abstract】As urbanization accelerates, the emergence of complex building structures, such as high-rise buildings and underground spaces, has led to increasingly prominent fire safety issues. Traditional fire monitoring systems suffer from limitations like information silos and delayed responses, making it difficult to meet modern fire safety requirements. The development of IoT technology offers new solutions for smart fire monitoring. This article delves into an integrated solution for smart fire monitoring devices based on IoT, covering aspects such as research background and significance, key technical architecture, typical application scenarios, and empirical analysis. By integrating multimodal sensors, adopting hybrid networking solutions, and deploying edge computing nodes, the solution achieves real-time monitoring, interconnectivity, and scalability. Empirical analysis shows that this solution offers significant advantages in reducing costs and improving alarm response times, providing robust support for modern fire safety.

【Key words】Internet of Things; intelligent fire protection; monitoring equipment integration; multimodal sensor; edge computing

一、研究背景与意义

(一)高层建筑火灾事故案例分析——以2023年长沙电信大厦火灾为例

2023年长沙电信大厦发生了一起严重的火灾事故,造成了巨大的财产损失和一定的社会影响。该大厦为高层建筑,内部结构复杂,人员密集。火灾发生时,由于传统消防监控系统的局限性,未能及时有效地发现和报警,导致火势迅速蔓延。

从火灾事故的救援过程来看,传统消防监控系统存在以下问题:一是信息获取不及时,无法实时掌握火灾现场的具体情况,如火势大小、蔓延方向等;二是联动性差,消防设备之间缺乏有效的协同工作机制,无法根据火灾情况自动调整救援策略;三是可扩展性不足,难以适应高层建筑复杂的消防监控需求,无法及时增加新的监控设备和功能。

此次火灾事故再次凸显了高层建筑消防安全的重要性,也暴露了传统消防监控系统的诸多弊端,迫切需要一种更加先进、高效的智慧消防监控解决方案。

(二)传统消防监控系统局限性

信息孤岛

传统消防监控系统通常由多个独立的子系统组成,如火灾自动报警系统、消防水系统、防排烟系统等。这些子系统之间缺乏有效的信息交互和共享,形成了信息孤岛。在火灾发生时,各个子系统无法协同工作,导致救援效率低下。例如,火灾自动报警系统发现火情后,无法及时将信息传递给消防水系统和防排烟系统,使得这些系统不能及时启动,延

误了救援时机。

响应延迟

传统消防监控系统的报警响应时间较长。一方面,传感器采集到的数据需要经过长距离的传输才能到达监控中心,在传输过程中可能会出现信号衰减、干扰等问题,导致数据传输延迟;另一方面,监控中心在接收到数据后,需要进行复杂的分析和处理,才能确定是否发生火灾,这也增加了响应时间。在火灾发生的初期,每一秒都至关重要,较长的响应时间可能会导致火势扩大,造成更大的损失。

二、关键技术架构

(一)感知层

多模态传感器集成

感知层是智慧消防监控系统的基础,主要负责采集火灾现场的各种信息。为了实现全面、准确的火灾监测,需要集成多种类型的传感器,包括烟雾传感器、温度传感器、CO₂传感器和視頻火焰识别传感器等。

烟雾传感器:采用光电式或离子式烟雾传感器,能够快速检测到烟雾颗粒的存在,并及时发出报警信号。光电式烟雾传感器对微小烟雾颗粒敏感,适用于早期火灾的检测;离子式烟雾传感器则对较大的烟雾颗粒响应较快,能够准确判断火灾的发生。

温度传感器:使用热电偶、热电阻等温度传感器,实时监测火灾现场的温度变化。当温度超过设定的阈值时,传感器会发出报警信号,提醒监控人员注意火灾风险。

CO₂传感器：CO₂是火灾燃烧的产物之一，其浓度的变化可以反映火灾的发展情况。通过安装CO₂传感器，可以及时发现火灾产生的CO₂气体，为火灾预警提供辅助信息。

视频火焰识别传感器：利用高清摄像头和图像识别算法，对火灾现场进行实时监控和火焰识别。视频火焰识别传感器可以直观地观察到火灾的发生和发展过程，为救援人员提供准确的火灾位置和范围信息。

低功耗设计

为了延长感知层设备的使用寿命，降低维护成本，需要进行低功耗设计。采用NB-IoT（窄带物联网）模组作为传感器与网络层之间的通信模块，其待机电流小于5μA。NB-IoT模组具有低功耗、广覆盖、大连接等优点，非常适合用于消防监控设备的无线通信。同时，传感器本身也采用低功耗的电路设计和节能模式，在非工作状态下自动进入休眠状态，减少能量消耗。

（二）网络层

混合组网方案

网络层负责将感知层采集到的数据传输到平台层。为了确保数据传输的可靠性和稳定性，采用LoRaWAN（远距离无线电）与5G冗余传输的混合组网方案。

LoRaWAN：LoRaWAN具有低功耗、远距离、低成本等优点，适用于在建筑物内部进行数据传输。在建筑物内部布置LoRaWAN网关，传感器节点通过LoRaWAN协议将数据传输到网关，再由网关将数据转发到平台层。LoRaWAN可以有效解决建筑物内部信号遮挡和干扰问题，确保数据的可靠传输。

5G：5G具有高速率、低延迟、大容量等特点，适用于对实时性要求较高的数据传输。在建筑物外部或重要区域，使用5G网络作为备用传输通道。当LoRaWAN网络出现故障或数据量较大时，传感器节点可以通过5G网络将数据直接传输到平台层，确保数据的及时传输。

（三）平台层

边缘计算节点部署

平台层是智慧消防监控系统的核心，负责对采集到的数据进行处理。为了提高系统的响应速度和可靠性，在建筑物内部部署边缘计算节点。边缘计算节点可以对火灾算法进行本地化处理，在数据产生的源头进行实时分析和判断。例如，当传感器采集到烟雾浓度数据后，边缘计算节点可以立即进行分析，如果判断为火灾风险，则直接在本地触发报警信号，并将报警信息上传到平台层。这样可以减少数据传输的延迟，提高系统的响应速度。

多系统对接

平台层需要与建筑内的其他系统进行对接，实现信息的共享和协同工作。例如，与BIM（建筑信息模型）系统进行API（应用程序编程接口）交互，获取建筑的结构信息、设备布局等数据，为火灾救援提供更准确的定位和导航信息。同时，与应急照明系统进行对接，当发生火灾时，自动控制应急照明系统的开启，为人员疏散提供照明保障。

三、典型应用场景

（一）超高层建筑

竖向分区组网

超高层建筑高度较高，结构复杂，消防监控难度大。为了确保消防监控系统的可靠性和稳定性，采用竖向分区组网

的方式。每20层设置一个边缘计算网关，负责该区域内的传感器数据采集和处理。边缘计算网关之间通过有线或无线网络进行连接，形成一个整体的消防监控网络。通过竖向分区组网，可以减少数据传输的距离和干扰，提高系统的响应速度和可靠性。

电梯迫降与喷淋联动策略

在超高层建筑中，电梯是人员疏散的重要通道。当发生火灾时，需要及时将电梯迫降到首层，并关闭电梯电源，防止人员误入电梯。同时，启动喷淋系统进行灭火。基于物联网的智慧消防监控系统可以实现电梯迫降与喷淋的联动控制。当火灾自动报警系统发出报警信号后，平台层立即向电梯控制系统和喷淋系统发送指令，实现电梯迫降和喷淋系统的自动启动。

（二）地下空间

抗干扰设计

地下空间环境复杂，存在较多的电磁干扰源，如地铁、地下停车场等。为了保证消防监控设备的正常运行，需要进行抗干扰设计。在传感器和通信模块的选择上，优先采用抗干扰能力强的设备。同时，在频率选择上，避让2.4GHz频段，因为该频段是Wi-Fi、蓝牙等设备常用的频段，容易受到干扰。可以选择其他频段，如433MHz、868MHz等，减少干扰对数据传输的影响。

惯性导航辅助定位

地下空间通常没有GPS信号，人员疏散和救援定位困难。基于物联网的智慧消防监控系统可以集成惯性导航技术，为人员疏散和救援提供辅助定位信息。当人员进入地下空间时，携带具有惯性导航功能的设备，该设备可以实时记录人员的运动轨迹和位置信息。当发生火灾时，通过与消防监控系统的通信，将人员的位置信息传输到平台层，为救援人员提供准确的定位支持。

四、实证分析

（一）宁波某商业综合体实施案例

宁波某商业综合体是一座集购物、餐饮、娱乐等多种功能于一体的大型建筑，建筑面积较大，人员密集。为了提高消防安全水平，该商业综合体采用了基于物联网的智慧消防监控设备集成方案。

成本对比

在实施该方案之前，该商业综合体采用的是传统消防监控系统。传统消防监控系统需要大量的布线工作，布线费用较高。而基于物联网的智慧消防监控设备集成方案采用了无线通信技术，大大减少了布线工作量。经过成本对比，该方案较传统系统降低了23%的布线费用。同时，由于采用了低功耗设计和模块化设计，设备的维护成本也得到了有效降低。

效能数据

在实施该方案后，对消防监控系统的报警响应时间进行了测试。传统消防监控系统的报警响应时间平均为120s，而基于物联网的智慧消防监控设备集成方案的报警响应时间缩短至18s。较短的报警响应时间使得救援人员能够更快地到达火灾现场，采取有效的救援措施，减少了火灾造成的损失。

（二）其他应用效果

除了成本降低和报警响应时间缩短外，基于物联网的智慧消防监控设备集成方案还带来了其他方面的应用效果。

提高消防安全管理水平

该方案实现了消防监控的智能化和信息化,管理人员可以通过手机 APP 或电脑端实时查看消防设备的运行状态和火灾报警信息。同时,系统还可以生成消防安全报告,为管理人员提供决策支持,提高了消防安全管理水平。

增强人员疏散安全性

通过与应急照明系统、广播系统等的联动控制,在发生火灾时,能够及时为人员疏散提供照明和指引信息,增强了人员疏散的安全性。同时,惯性导航辅助定位技术也为救援人员快速找到被困人员提供了帮助。

五、基于物联网的智慧消防监控设备集成方案的优势与挑战

(一) 优势

提升消防安全保障能力

通过多模态传感器集成和实时数据传输,能够及时发现火灾隐患,提高火灾预警的准确性和及时性。同时,联动控制功能可以实现消防设备的快速响应和协同工作,有效控制火势蔓延,减少人员伤亡和财产损失。

降低建设和维护成本

采用无线通信技术和低功耗设计,减少了布线工作量和设备能耗,降低了建设和维护成本。模块化设计也使得设备的安装和更换更加方便,进一步降低了维护成本。

提高管理效率

实现了消防监控的智能化和信息化,管理人员可以随时随地掌握消防设备的运行状态和火灾报警信息,及时做出决策。同时,系统生成的消防安全报告也为消防安全评估和决策提供了科学依据。

(二) 挑战

数据安全问题

物联网技术的应用使得大量的消防数据在网络中传输和存储,数据安全面临着严峻的挑战。黑客可能会攻击消防监控系统,篡改或窃取数据,导致系统误判或瘫痪。因此,需要加强数据安全防护,采用加密技术、访问控制等手段,确保数据的安全性和完整性。

标准统一问题

目前,物联网技术在消防领域的应用还缺乏统一的标准和规范。不同厂家生产的消防设备可能采用不同的通信协议和数据格式,导致设备之间的兼容性和互操作性较差。为了实现智慧消防监控系统的规模化应用,需要加快制定统一的标准和规范。

人员培训问题

基于物联网的智慧消防监控设备集成方案采用了先进的技术和设备,对管理人员和维护人员的技术水平要求较高。需要加强对相关人员的培训,提高他们的技术水平和操作能力,确保系统的正常运行和维护。

参考文献

- [1]基于 MongoDB 存储和分析辅助决策系统中的海量日志[J].宋瑜辉.科技创新与应用, 2019 (33)
- [2]基于物联网技术的智慧消防建设[J].赵平.智能城市, 2019 (18)
- [3]“智慧消防”建设与发展研究[J].史志新.科技视界, 2019 (18)

六、应对挑战的策略与建议

(一) 数据安全策略

加密技术应用

采用对称加密和非对称加密相结合的方式,对消防数据进行加密处理。在数据传输过程中,使用 SSL/TLS 等安全协议,确保数据在传输过程中的安全性。同时,对存储在服务器和本地设备中的数据进行加密存储,防止数据被非法获取。

访问控制管理

建立严格的访问控制机制,对不同级别的用户设置不同的访问权限。只有经过授权的用户才能访问和操作消防监控系统。同时,采用身份认证技术,如用户名/密码、数字证书等,确保用户的身份合法性。

(二) 标准统一建议

行业协会推动

消防行业协会应发挥积极作用,组织相关企业和专家制定统一的物联网消防标准和规范。明确消防设备的通信协议、数据格式、接口标准等,促进不同厂家设备之间的兼容性和互操作性。

政府监管引导

政府部门应加强对物联网消防市场的监管,制定相关的政策和法规,鼓励企业采用统一的标准和规范。对不符合标准的产品和服务进行限制和处罚,推动物联网消防市场的健康发展。

(三) 人员培训措施

专业培训课程

消防设备生产厂家和相关培训机构应开设专业的培训课程,针对基于物联网的智慧消防监控设备集成方案进行系统培训。培训内容包括设备原理、操作方法、维护技巧等方面,提高管理人员和维护人员的技术水平。

实践操作演练

在培训过程中,增加实践操作演练环节,让学员亲身体验设备的安装、调试和维护过程。通过实践操作,加深学员对设备的理解和掌握,提高他们的实际操作能力。

七、结论

基于物联网的智慧消防监控设备集成方案通过多模态传感器集成、混合组网方案、边缘计算节点部署等关键技术,实现了消防监控的实时性、联动性和可扩展性。实证分析表明,该方案在降低成本、提高报警响应时间等方面具有显著优势,能够有效提升消防安全保障能力,降低建设和维护成本,提高管理效率。然而,该方案也面临着数据安全、标准统一和人员培训等挑战,需要采取相应的策略和建议加以应对。