

基于物联网技术的消防火灾报警系统优化研究

李 斌¹ 汪正金² 周振庭³ 赵 晴³

1. 杭浙江普天消防安全技术有限公司 浙江 杭州 310000

2. 龙湖物业服务集团有限公司杭州分公司 浙江 杭州 310000

3. 杭州知管家信息科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在城市化和信息技术飞速发展的当下, 各类建筑大量涌现, 消防安全至关重要。然而, 传统消防火灾报警系统弊端明显。它依赖有线传输和简单信号处理, 布线复杂, 安装、维护成本高, 在老旧建筑中改造、扩展困难。而且, 其对火灾信号感知、处理能力有限, 误报率高, 无法及时精准探测隐患, 难以满足复杂火灾场景下快速响应和有效处置的需求。基于此, 本文深入分析基于物联网技术的消防火灾报警系统优化。剖析物联网在数据采集、传输、处理方面的优势, 探究其与报警系统融合的可行性和实现路径。旨在借助物联网技术优化系统架构与功能, 提高火灾探测准确性和及时性, 降低误报率, 实现设备智能联动与高效协同, 提升应急响应能力, 为消防安全提供可靠技术支持, 推动消防行业智能化发展。

关键词: 物联网技术; 消防火灾报警系统; 系统优化; 智能消防

1 引言

在经济快速发展与城市建设日新月异的当下, 建筑规模和功能不断拓展, 从高耸入云的摩天大楼到复杂多样的商业综合体, 消防安全的重要性愈发凸显。火灾一旦发生, 往往造成惨重的人员伤亡和巨大的财产损失, 给社会带来沉重打击。传统消防火灾报警系统虽在过往发挥重要作用, 但面对现代建筑的复杂环境, 其短板逐渐暴露。系统布线繁琐, 不仅耗费大量人力物力, 后期线路老化维护难度大; 探测技术落后, 对初期火灾微弱信号捕捉能力差, 易出现漏报; 信号传输易受干扰, 误报频发, 严重影响消防资源合理调配, 延误灭火救援最佳时机。物联网技术的兴起为消防火灾报警系统的革新带来曙光。其强大的感知、传输与智能处理能力, 有望突破传统系统瓶颈。因此, 研究基于物联网技术的消防火灾报警系统优化, 对提升消防安全水平、守护生命财产安全意义重大。

2 物联网与消防火灾报警系统理论基石

2.1 物联网技术核心架构解析

物联网技术架构涵盖感知层、网络层和应用层。感知层布满各类传感器, 像温湿度、烟雾、火焰传感器, 它们像系统的“触角”, 基于物理或化学原理, 把火灾相关物理量转化为电信号, 敏锐捕捉火灾初期温度、烟雾的变化。网络层负责数据传输, 运用4G、5G以及LoRa等低功耗广域网技术, 通过有线或无线方式, 将感知层采集的数据稳定快速地传送到应用层。应用层如同系统的“大脑”, 对接收到的数据进行分析处理, 实现火灾报警、设备联动控制等功能, 还开发手机APP、网页端,

给用户提供更便捷交互界面, 方便远程监控管理^[1]。

2.2 传统消防火灾报警系统工作机制

传统消防火灾报警系统依靠点式探测器。当探测器检测到环境参数, 如烟雾浓度超过预设阈值, 就会触发报警信号。该信号通过有线线路传输到报警控制器, 控制器依据预设逻辑判断是否为火灾报警。如果判定是火灾, 便马上启动声光报警器, 通知人员疏散, 并显示报警位置。控制中心值班人员根据报警信息采取消防措施。但此系统探测原理单一, 容易受烹饪油烟、灰尘等环境因素干扰而误报; 而且布线固定, 在扩展和维护方面存在不便, 难以契合复杂建筑环境和消防安全需求。

2.3 物联网与消防火灾报警系统融合理论逻辑

传统报警系统在精准感知、信息交互和系统联动上存在短板, 物联网技术恰好能补足这些不足, 多源感知可融合多传感器数据, 增强火灾判断准确性, 强大传输功能还能打破信息孤岛, 实现设备互联互通, 这是两者融合的必要性。从可行性来看, 物联网技术成熟、硬件成本降低、通信技术升级, 提供了技术保障, 加上消防领域数字化转型需求迫切, 为融合注入内在动力。二者融合能推动消防火灾报警系统智能化升级, 构建智慧消防体系, 实时监测隐患、高效应对火灾, 大幅提升消防安全管理水平。

3 基于物联网的消防火灾报警系统优化关键要素

3.1 多源数据采集与高效传输策略

为全面感知火灾隐患, 要部署多种传感器, 除烟雾、温度传感器外, 添加一氧化碳、可燃气体传感器,

监测各类致灾因素。利用MEMS技术缩小传感器体积、提高灵敏度，方便在建筑各处安装。数据传输采用多网融合策略，5G网络用于高清视频监控回传，保障高速实时传输；LoRa、NB-IoT等低功耗广域网负责传感器小数据量、长距离传输，确保稳定。运用数据压缩算法减少传输量、降低网络负载，设置缓存机制，网络故障时暂存数据，待恢复补发，保证数据完整高效传输，为精准判断火灾提供充足信息。

3.2 智能感知与精准识别技术提升

研发复合传感器，融合多种探测原理，如光电与离子感应结合用于烟雾探测，提高对不同烟雾敏感度。优化火灾特征识别算法，采用深度学习的卷积神经网络（CNN），通过学习海量火灾样本，自动提取复杂火灾特征，精准区分火灾与干扰，降低误报率^[2]。引入自适应阈值技术，根据环境调整报警阈值。高粉尘工业环境提高烟雾报警阈值防误报，人员密集场所降低阈值确保早期预警，提升系统感知和识别的精准度。如图1所示：

3.3 系统联动与应急响应机制完善

设计消防设备联动逻辑，以火灾报警为触发点，让自动喷水灭火、气体灭火、防排烟等系统协同工作。报警触发后，喷水系统立即喷水，防排烟系统排烟，保障疏散通道安全。建立一体化应急指挥平台，整合消防、医疗、公安等部门信息，实现共享和统一调度。指挥人员通过平台实时掌握现场，合理调配救援力量。加强与其他应急系统协同，与城市应急管理系统对接，重大火

灾时迅速启动城市应急预案，提升整体应急响应能力，高效应对火灾事故。

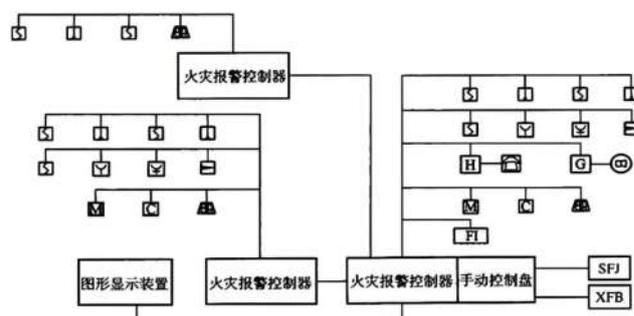
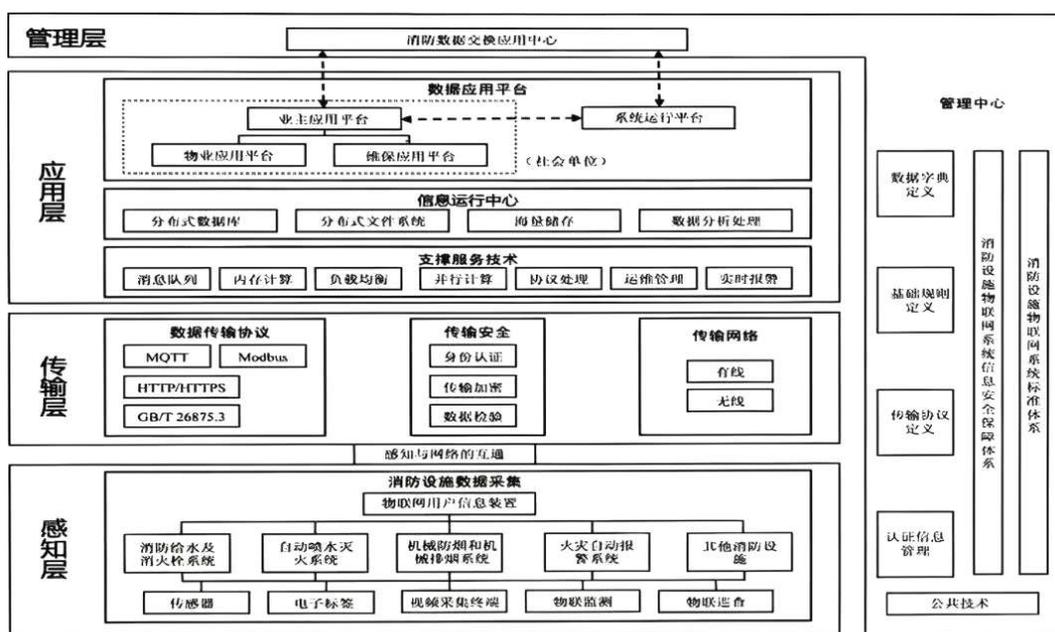


图1 复合传感器与深度学习火灾识别原理图

4 基于物联网技术的消防火灾报警系统优化设计

4.1 系统架构的创新性重构

采用分层分布式架构，感知层部署大量智能传感器，广泛分布于建筑各个区域，负责采集火灾相关数据，利用微机电技术让传感器更加灵敏、小巧。网络层搭建融合5G、Wi-Fi、LoRa等多种通信技术的混合网络，5G用于高清视频及大量数据快速传输，Wi-Fi方便室内局域通信，LoRa则满足低功耗、远距离的传感器数据传输需求，确保数据稳定传输^[3]。应用层基于云平台构建，利用云计算强大的存储和计算能力，实现数据存储、分析以及远程监控功能。同时，在边缘节点部署小型计算设备，对采集的数据进行初步处理和分析，减轻云平台压力，提高系统响应速度，形成高效协同的系统架构。如图2所示：



消防物联网系统的体系架构

图2 基于物联网的消防火灾报警系统分层分布式架构图

4.2 功能模块的智能化升级

报警功能方面，不再局限于简单的阈值报警，而是结合大数据分析和人工智能技术，对采集的多源数据进行综合分析，实现智能预判式报警。例如，通过分析一段时间内温度、烟雾浓度的变化趋势，提前预测火灾发生可能性并发出预警。故障诊断与自修复功能设计上，系统实时监测设备运行状态，利用故障树分析法等技

术，快速定位设备故障点^[4]。一旦发现故障，自动尝试通过软件复位、重启等方式进行修复；若无法解决，及时向运维人员发送故障信息，附带详细故障报告，方便维修。用户交互界面优化为简洁直观的图形化界面，在电脑端和移动端均可便捷操作，支持实时查看报警信息、设备状态以及历史数据，还能实现远程控制消防设备。如表1所示：

表1 火灾误报率优化对比实验数据

场景类型	传统系统误报次数(次/月)	优化后系统误报次数(次/月)	降幅
商业综合体厨房区	28	4	85.7%
工业厂房粉尘区	41	6	85.4%
办公楼层吸烟区	19	2	89.5%
平均值	29.3	4.0	86.3%

备注：数据采集周期6个月，测试环境含温度-10℃~45℃、湿度20%~90%RH。

4.3 数据管理与分析系统搭建

数据存储采用分布式数据库，将数据分散存储在多个节点，提高数据安全性和读写速度，确保海量消防数据长期稳定保存。数据管理建立完善的数据备份和恢复机制，定期对数据进行备份，防止数据丢失。数据分析模型构建上，运用聚类分析、关联规则挖掘等算法，从大量历史数据中挖掘火灾发生规律、设备故障模式等信息。例如，通过聚类分析找出火灾高发区域和时段，为消防资源优化配置提供依据；利用关联规则挖掘分析火灾与建筑结构、电气设备等因素的关联，提前制定预防措施。基于数据分析结果，为消防决策提供可视化报告，辅助管理者制定科学的消防策略。

5 系统优化实施与挑战应对策略

5.1 系统优化的实施步骤与要点

先依据建筑布局和消防需求制定详细项目规划，明确设备安装位置与数量。准备阶段，采购质量可靠的物联网消防设备，确保设备性能达标。安装时严格依照规范，保证传感器安装角度、高度合适，布线整齐且牢固。调试环节，全面测试设备功能与通信连接，检查报

警准确性、数据传输稳定性。系统测试采用模拟火灾场景方式，验证各功能模块协同效果，验收时对照设计要求逐项检查，确保系统符合预期。

5.2 实施过程中的技术难题破解

信号干扰是常见问题，通过屏蔽布线、优化通信频段减少干扰。设备兼容性调试时，提前做好不同品牌设备兼容性测试，若出现问题，联系厂家获取技术支持，修改设备参数或采用中间转换协议解决。网络安全防护上，部署防火墙阻挡外部非法访问，采用加密技术对传输数据加密，防止数据泄露，保障系统安全稳定运行^[5]。

5.3 应对运维管理与成本控制挑战

创新运维管理模式，利用远程监控平台实时掌握设备状态，定期进行设备巡检维护。培训运维人员，使其熟悉物联网消防系统原理、操作及故障处理方法。成本控制方面，分析系统全生命周期成本，在保证性能前提下选择性价比高的设备；合理规划网络使用，降低通信费用；优化维护流程，减少不必要的人力、物力浪费，提升系统运维效率与经济效益。如表2所示：

表2 某高层建筑消防系统升级成本对比(单位:万元)

项目	传统系统(有线)	物联网系统(无线)	节省比例
设备采购	120	95	20.8%
安装施工	80	35	56.3%
年维护费用	18	8	55.6%
5年总成本(含维护)	290	180	37.9%

说明：案例为杭州市某28层写字楼改造项目，物联网系统采用LoRa+5G混合组网。

6 结语

本研究围绕基于物联网技术的消防火灾报警系统优化展开，成功构建了融合物联网技术的创新系统架构，

实现多源数据高效采集传输、精准智能感知以及系统联动优化。通过一系列优化设计，显著提升了火灾报警准确性、应急响应速度和消防设备协同能力。但研究也存

在局限,如部分复杂环境下传感器适应性仍待提高,系统集成度在不同场景下存在差异。未来可进一步研发适应复杂环境的传感器,提升系统兼容性与集成度。本研究成果为消防行业提供了实践参考,助力消防部门和相关企业借助物联网技术强化火灾防控能力,推动消防领域向智能化、高效化迈进,为保障社会公共安全贡献力量。

参考文献

[1]赖照良.基于物联网技术的工厂消防系统设计与优化研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024

(8):0022-0025.

[2]李骏.物联网技术下智慧消防在建筑防火检查中的应用研究[J].工程建设与设计,2025(3):53-55.

[3]张翔.基于物联网技术的火灾自动报警系统研究[J].防灾科技学院学报,2011,13(1):51-54.

[4]曹植.建筑物火灾报警监控系统的智能化技术研究[J].消防界(电子版),2024,10(18):57-59.

[5]节鹏举.基于物联网技术的综合供能服务站火灾安全监测与预警系统研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(5):0078-0081.