

古建筑火灾监测预警系统设计

龚伟, 赵泽, 胡仕杰, 肖力铭, 任秉灵, 徐倩雪, 丁洪伟, 马宏伟

云南大学信息学院, 云南 昆明

收稿日期: 2022年3月12日; 录用日期: 2022年4月13日; 发布日期: 2022年4月20日

摘要

古建筑是历史文化瑰宝, 近几年火灾频发, 对古建筑造成了极大的伤害, 针对这一问题, 笔者对古建筑火灾发生的原因和国内外古建筑火灾监测预警措施进行了分析和梳理, 并提出了一种全新的古建筑火灾监测预警系统设计。该设计将物联网传感器节点、OneNet云平台与用户端相结合, 利用多传感器联合判别的思想能够更加准确的对火情进行量化判别, 消防部门和古建筑管理人员可以通过云平台实时监测各传感器节点周围的环境信息, 当数据发现异常时, 云平台会立即发送报警信息至管理人员手机, 实现及时预警。希望本系统设计能够有效减轻火情对古建筑造成的不可挽回的损失。

关键词

古建筑防火, 火灾监测预警系统, 多传感器联合判别

Design of Fire Monitoring and Early Warning System for Ancient Buildings

Wei Gong, Ze Zhao, Shijie Hu, Liming Xiao, Bingling Ren, Qianxue Xu, Hongwei Ding, Hongwei Ma

Department of Information, Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: Mar. 12th, 2022; accepted: Apr. 13th, 2022; published: Apr. 20th, 2022

Abstract

Ancient buildings are historical and cultural treasures. In recent years, fires have occurred frequently, causing great damage to ancient buildings. In response to this problem, the author analyzes the causes of ancient building fires and the monitoring and early warning measures for ancient building fires at home and abroad. A new design of fire monitoring and early warning system for ancient buildings is proposed. This design combines IoT sensor nodes, OneNet cloud platform and user terminal. Using the idea of multi-sensor joint discrimination, the fire can be more accu-

rately quantified and discriminated. Fire departments and ancient building managers can monitor each sensor in real time through the cloud platform about the environmental information around the node. When the data is found to be abnormal, the cloud platform will immediately send alarm information to the manager's mobile phone to achieve timely early warning. It is hoped that the design of this system can effectively reduce the irreparable damage caused by fire to ancient buildings.

Keywords

Fire Protection of Ancient Buildings, Fire Monitoring and Early Warning System, Multi-Sensor Joint Discrimination

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

古建筑是全世界的文化瑰宝，它们见证了历史，传承了文化，本身具有不可估量的价值。近几年火灾的频发对古建筑资源造成了不可估量的损失。2018年2月17日，拉萨市大昭寺着火，作为距今有1300多年历史的古迹，受到火灾破坏令人惋惜[1]。2019年1月31日，福建省建瓯市全桥找不到一个螺丝钉的步月桥发生大火，整体结构基本被烧毁，令人痛惜。2019年4月16日，法国的巴黎圣母院发生大火，教堂的木质顶部被焚毁[2]。2021年2月14日，“中国最后一个原始村落”云南的翁丁村老寨起火，近百座佤族传统草木民居被烧为灰烬。一座座古建筑被毁，令世人痛心，同时，这也为我们敲响了警钟。由于人们防火意识较弱，在古建筑在建设时没有考虑到火灾的危害，导致很多火灾发生时出现了消防车无法进入起火区域等问题，大大浪费了救火黄金时间。为了更好地保护古建筑原貌，大多古建筑内部不允许架设现代消防设施，为古建筑防火带来了极大的困扰，但我们可以参考国内外的古建筑火灾案例，不断完善古建筑火灾监测预警系统，做到探火于前兆，灭火于瞬息，尽力减少火灾对古建筑造成的伤害。

2. 古建筑火灾频发的原因与国内外的防火措施

木质结构具有适应性强的特点，仅需要根据需求来改变木材的厚度等即可实现居住要求。古建筑大量使用木质结构也源于我国工艺高超的榫卯结构。可以根据个人需要随时进行修改和调整，木材本身具有足够的柔韧性，榫卯结构也让各个连接点具有足够的伸缩余地，能够保证足够的强度和抗震能力[3]。

但由于木质建筑大多年久失修，木材中的含水率下降，其表面涂漆等防护措施也在一定程度上受损，导致木材的耐火等级下降，发生火灾的危险系数直线上升。同时，古建筑架构本身具有很大的安全隐患，大多古建筑距离较近，其防火间距相对较小，火势水平蔓延较快。大多古建筑都修有台基，而且周围一般缺乏水源，起火时，很难自救，消防车也较难进入火场。旅游业的快速发展让很多古建筑都被开发为旅游景点，在古建筑中设置旅店、饭店的情况迅速增长，很容易导致火源管理不善，进而引发大火。而且为了装饰会设置一些天帐、飘带等装饰物，一旦起火，极易导致火势蔓延[4]。

针对古建筑防火问题，国内外都出台了相应的政策和措施来减轻大火对古建筑造成的无法弥补的损失。作为拥有数量庞大的历史建筑的国家，英国形成了很多极具参考价值的历史建筑保护制度和办法。由古建筑的所有者负责保护古建筑的安全，同时政府也会给予大力的支持，并制定了相应的古建筑保护政策和措施，其中，效果最显著的措施是对古建筑量身打造火灾保险。当古建筑因各种原因受到损害时，

保险公司通过直接补偿建筑维修工匠，使古建筑能够恢复到受损前的状态。韩国的河回村和良洞村为韩国现存古村落中木质结构瓦房和稻草屋保存最完整的。从 2001 年开始，两村先后发生过 7 起火灾，险些造成重大事故，政府以 2 火灾为契机，在重要文物处安装由感温和感烟装置组成的防火系统，定期检查灭火器材。引进装有火灾探测仪的无人机，每天定点巡逻，实时监控[5]。国内则充分使用物联网、云计算、大数据、移动互联网等技术，实现智能在线监管消防设备，当发现异常情况时立即采取多途径告警，确保能够尽早发现、及时报警、有效处置[6]。

3. 系统总体方案设计

国内外针对古建筑防火都做出了相关的防火措施，但仍存在值得优化的地方。除了通过无人机监测、设置完备的消防设施外，能够实现火情的及时预警也极为关键。我们设计了一种古建筑火灾监测预警系统，能够更好地对古建筑火灾进行实时监测和及时预警，争取更多宝贵的救火黄金时间。其中，最为突出的特点在于火灾的监测预警机制。我们设计的古建筑监测预警系统中各部分的连接关系如图 1 所示：

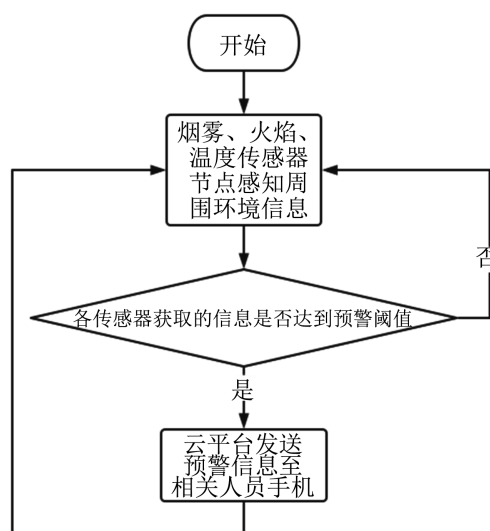


Figure 1. Connection relationship between each part
图 1. 各部分的连接关系

为了能够更加全面系统地实现火情监测，我们选择火焰传感器、温度传感器和烟雾传感器三合一的多传感器联合判别方式。在烟雾传感器的选择上，我们选取型号为 MQ-2 烟雾传感器，该传感器能够有效探测酒精、液化气、烟雾等多种气体，具有响应快、灵敏度高、寿命长、稳定性好、驱动简单等优势，检测范围为 100~10,000 ppm (1 ppm = 1 立方厘米/1 立方米)。在火焰传感器的选择上，我们使用远红外火焰传感器，该传感器可以捕获波长范围在 700 nm 到 1000 nm 之间的红外线，当传感器探头获取到指定范围的红外光时，将其强度转化为电流，将模拟量数字化。显示的具体数值范围为 0~255，当数值为 255 时为未发现火情，当发现火苗产生的红外光时，数值减小。在温度传感器的选择上，我们选择了 DS18B20 数字温度传感器，该数字温度传感器能够直接输出数字信号，同时具有精度高、抗干扰等优良性能。在开发板的选择上，我们选择了市面上相对火爆的树莓派 4B，作为一种微型电脑，树莓派具有较强的计算能力，同时搭载了 Python 作为编程语言，大大简化传统 STM32 等开发板的编程难度。同时，树莓派具有丰富的 GPIO 接口，能够充分满足拓展需求。将烟雾、火焰、温度传感器安装在树莓派的 GPIO 口上，就形成了传感器节点的基本架构。

为了能够实现云端实时监测传感器节点获取到的环境信息，我们选择了 OneNET-中国移动物联网开

放平台。可以实现设备的快速接入，实时进行数据上传和监测，同时，该具有丰富的应用开发功能，可以根据需要进行自主设计，实现更清晰的数据可视化效果。

为了能够更加便捷、快速实现预警信息的发布，我们使用 Server 酱平台来实现微信消息的推送。作为一款通信软件，一次配置，终身受用。作为多通道信息推送软件，可以实现微信、手机客户端、钉钉、邮件、短信、微信服务号等多渠道的信息推送服务，我们只需要将需要推送的用户添加在推送列表中，即可实现一键推送服务。利用多渠道推送能够有效确保信息推送的准确性和实效性，做到有效实现监测预警功能。

在本设计中，传感器节点通过三个传感器实时获取周围环境中的烟雾、火焰和温度的信息，并及时上报云平台，云平台会实时监测上报的各项数据，当发现数据异常时，立即通过服务器发送预警信息，并安排专人前去排查，争取在火灾发生及时处理，减少火灾发生的可能。

4. 系统测试效果

为了能够定性和定量对火灾进行预警，我们制定了如下判别标准：

1) 温度传感器在一分钟之内读取到环境温度上升 1℃以上时或环境温度超过 40℃时进行预警(此条件前提为日常环境温度不超过 40℃的区域)。

2) 火焰传感器读取到环境中红外光强度使其读数低于 200 时进行预警。

3) 烟雾传感器读取到环境中存在危险气体或其读数超过 200 时进行预警。

根据上述判别标准，根据各传感器预警情况进行综合判别，当有任意一个传感器预警时，进入三级预警状态；当有任意两个传感器预警时，进入二级预警状态；当传感器节点上的三个传感器同时进行预警时，进入一级预警状态。无论进入任意一个预警状态，都会通过平台各渠道向相关人员下发预警信息，此时需要专人前往预警区域进行排查，早发现，早处置。

为了测试系统的性能，我们在安全场地对整个系统进行了大量的测试，部分测试结果如下所示，实验中，我们用蜡烛来替代疑似火情。在实验场地中可探测范围内的随机位置放置一根点燃的蜡烛，通过云平台获取到的环境信息如图 2 所示：

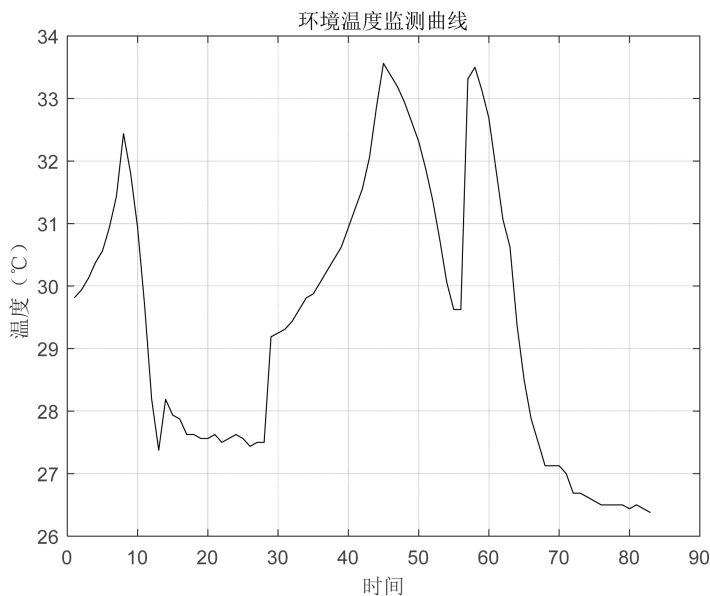


Figure 2. Cloud platform data
图 2. 云平台数据

同时，当任意一项传感器获取到满足预警条件的数据时，手机收到如图 3 消息通知：



Figure 3. Message notification received by mobile phone (over 1 degrees Celsius warning within 1 minute)

图 3. 手机收到的消息通知(在 1 分钟内温度上升超过 1 摄氏度预警)

根据实际测试结果显示，传感器的有效监测距离约为 80 cm 左右，我们可以将传感器节点放置在容易发生火情的位置，做到实时监测环境信息。由于我们采用多传感器综合评判的方式进行火情预警，其准确率可达 95%，即使未发现火情，也能够一定程度上证明其所处环境存在较大的安全隐患，需要安排专人进行迅速排查，有效降低火灾发生的可能。

我们采取多传感器联合判别的设计思想，可以从多个维度对火灾进行预警，如当发现环境温度连续升高即发布预警信息，力争在火灾发生之前就将隐患排除，防止火灾的发生。同时，我们的节点设计为便携式节点，不受到传统报警器的位置约束，可以根据需要放置在容易起火的位置而不仅仅是屋顶。

在实验中，我们在 1 时刻、28 时刻和 55 时刻分别点燃蜡烛，可以发现节点检测到温度上升迅速，虽然环境可能未达到可燃物燃点，但已经可以发出预警。同时，火焰传感器也能检测到热源发出的红外光，蜡烛燃烧产生的烟雾也被烟雾传感器监测到，本系统能够更加及时、全面、系统地对火情进行综合判别，能够有效辅助相关人员进行及时排查和灭火。

5. 结语

古建筑是古代劳动人民艺术与审美的结晶，具有极其重要的意义和价值，需要我们倾尽全力来保护。旅游业的发展加大了古建筑火灾的隐患，因此，我们需要提高人们的防火安全意识，同时，加强对易发生火情位置的监测预警，及时发现及时处理，更好地保护我们的精神食粮。在本系统中，我们充分利用了多传感器联合判别的思想，能够从多个角度对火情进行预警，同时，借助云平台可以实现 24 小时远程在线监控，利用服务器可以直接发送预警信息至所有管理人员，能够实现及时预警、及时排查、及时灭火，真正有效防止古建筑火灾的发生。希望我们的古建筑火灾监测预警系统能够为古建筑防火工作献上自己的一份力，让古建筑永远闪耀它们独特的光辉！

基金项目

云南大学大学生创新创业训练项目(项目号：202110673096)。

参考文献

- [1] 耿晓栋. 古建筑防火对策研究[J]. 今日消防, 2021, 6(1): 108-109.

- [2] 刘礼, 程希莹, 周玉佳, 冯胜阳, 鲁苏祥. 古建筑防火技术分析[J]. 安徽建筑, 2021, 28(2): 98-99.
<https://doi.org/10.16330/j.cnki.1007-7359.2021.02.048>
- [3] 万汉斌. 如何做好我国传统村落及古建筑防火[J]. 中国消防, 2021(3): 45-46.
- [4] 张子杨. 古建筑的防火策略研究[J]. 今日消防, 2021, 6(1): 104-105.
- [5] 刘筱璐, 王欣, 金德洙. 国外古村落、古建筑防火面面观[J]. 中国消防, 2021(3): 75-77.
- [6] 范一鸣, 尹学英. 亳州市北关历史文化街区智慧防火方案探讨[J]. 住宅与房地产, 2021(7): 115-116.