

基于传感数据融合与 SIFT 特征匹配的 楼宇安防智能监控方法

姜业栋

(霍尼韦尔(天津)有限公司北京分公司, 北京 100015)

摘要: 为提高安防监控结果的可靠性,实现对楼宇的智能监控,基于传感数据融合与尺度不变特征变换(SIFT)特征匹配,开展楼宇安防智能监控方法的设计研究。安装摄像头、红外探测器、震动等传感器,采集楼宇安防数据,引入加权平均法,对预处理后的数据进行融合与点云数据压缩;将彩色图像转换为灰度图像,提取关键点(特征点)和对应的描述符,设计基于 SIFT 特征匹配的楼宇安防监控图像自动拼接;在拼接后的视频帧中,使用帧间差分法识别运动目标,设定阈值以区分前景(运动目标)和背景,实现视频运动目标的跟踪与智能监控。对比实验结果表明,设计的方法实际应用效果良好,可以精准识别到监控界面中出现的所有人物,满足楼宇安防智能监控需求。

关键词: 传感数据融合; 点云数据压缩; 智能监控; 安防; 楼宇; 尺度不变特征变换(SIFT)特征匹配

中图分类号: TN949.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)07-0026-05

随着城市化进程的加速,楼宇安防已成为维护公共安全与秩序的关键环节。现有的楼宇安防系统多依赖于单一传感器和有线传输技术,存在监控范围有限、数据冗余度高、误报率及漏报率较高等问题。

朱海涛^[1]通过建筑信息模型(building information modeling, BIM)逆向建模,构建了医院建筑的数字化模型,并成功搭建了消防与安防系统的一体化管理平台。该方法实现了消防与安防系统的三维可视化、信息互联互通、实时联动及融合共享,显著提升了医院的整体安全管理水平和智能化程度。但 BIM 逆向建模过程复杂且耗时,对技术人员的要求较高,增加了实施难度和成本。其次,系统集成过程中可能面临数据兼容性和接口标准化问题,影响系统的稳定性和可靠性。谢润荣^[2]通过集成先进的视频处理技术和人工智能(artificial intelligence, AI)算法,实现了安防监控系统的智能化、可视化运维管理。该方法不仅提升了监控系统的实时性和准确性,还通过数据分析与预警功能,增强了安全防范能力。但数据安全和隐私保护成为亟待解决的问题,如何确保监控数据不被非法获取或滥用,是系统应用中必须面临的挑战。

国内企业在楼宇安防技术的生产研究方面,积

极探索并应用了 BIM 技术、视频处理与 AI 算法集成等先进技术。通过 BIM 逆向建模,企业成功构建了医院建筑的数字化模型,并实现了消防与安防系统的一体化管理,显著提升了楼宇的安全管理水平和智能化程度,但是数据兼容性和接口标准化的问题仍待解决。国外企业在楼宇安防技术的研发方面关注传统安防技术的升级和改进,还积极探索新的安防技术和应用。利用物联网、大数据、云计算等先进技术,实现楼宇安防系统的智能化和自动化。但是技术迭代快、产品生命周期短,客户需要不断投入资金来更新和升级安防系统,以适应新的安全需求^[3]。

为解决上述问题,本文基于传感数据融合与尺度不变特征变换(scale invariant feature transform, SIFT)特征匹配,开展楼宇安防智能监控方法的设计研究。SIFT 特征的尺度不变性和旋转不变性,确保了在不同视角和尺度下仍能稳定匹配,为楼宇安防监控系统提供了强大的图像分析支持。

1 基于传感数据融合的安防数据采集与点云数据压缩

为满足楼宇安防智能监控需求,安装摄像头、红外探测器、震动等传感器^[4]。对于视频类监控摄像头,通常安装在关键出入口、走廊转角、仓库内部

收稿日期: 2024-09-14

作者简介: 姜业栋(1982—),男,黑龙江绥化人,工程师,研究方向为智能建筑数据传输与多传感器数据融合技术。

及外部周界等区域,以确保无死角覆盖,并能清晰捕捉人员活动及异常情况。红外传感器则常被部署在门窗、围墙等易入侵位置,利用人体散发的红外辐射进行探测,一旦有非法入侵立即触发警报。环境监测传感器,如温湿度传感器和烟雾探测器,则安装在机房、仓库、办公室等需要严格控制环境条件的区域,以实时监测并调整室内环境,预防火灾等安全隐患^[5]。震动传感器则适用于贵重物品或设备的保护,安装在保险柜、服务器机架等位置,一旦检测到异常震动立即报警。此外,声音传感器(如麦克风)可用于监听特定区域的声音,安装在会议室、走廊或室外敏感区域,以捕捉异常声响或对话内容^[6]。设 D_i 为第 i 个传感器在特定时间的数据,则整个数据集可以表示为 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_n\}$, 其中 n 为传感器的数量^[7]。完成安防数据采集后,使用卡尔曼滤波技术,进行采样数据的预处理,此过程计算公式为

$$\mathbf{H} = D_i \mathbf{x}(k) + \mathbf{K}(k-1) \quad (1)$$

式中: \mathbf{H} 为采样数据的卡尔曼滤波处理; \mathbf{x} 为卡尔曼增益值; k 为观测值; \mathbf{K} 为观测矩阵。为获得更准确、全面的信息,将来自不同传感器的数据进行综合处理^[8]。在此过程中,引入加权平均法,对预处理后的数据进行融合,计算公式为

$$F = \sum_{i>1}^n H(i) D(n) \quad (2)$$

式中: F 为数据融合。考虑到融合后的点云数据集冗余程度较高,且规模较大,点云数据通常由大量的三维点组成,每个点包含大量坐标信息、颜色、强度属性等信息^[9]。因此,可以根据点云数据集构成,对其进行数据压缩处理,减少数据量和存储成本,同时尽可能保持数据的原始信息。此过程计算公式为

$$E = \sum_{i>1}^n P |F - M|^2 \quad (3)$$

式中: E 为点云数据压缩; P 为节点在压缩维度上的尺寸; M 为节点数据规模。按照上述方式,完成基于传感数据融合的安防数据采集与点云数据压缩^[10]。

2 基于 SIFT 特征匹配的楼宇安防监控图像自动拼接

利用完成压缩的点云数据,引入 SIFT 特征匹配技术,进行楼宇安防监控图像自动拼接^[11]。拼接前,将彩色图像转换为灰度图像,因为 SIFT 特征主要在灰度图像上提取,对每幅图像应用 SIFT 算法,提取关键点(特征点)和对应的描述符^[12]。此过程计算公式为

$$d = g(X, Y, \sigma) - I(X, Y) \gamma^2 E \quad (4)$$

式中: d 为关键点对应的描述符; $g(X, Y, \sigma)$ 为差分尺度空间函数; $I(X, Y)$ 为高斯核函数; γ 为相邻尺度空间的倍数因子。在此基础上,使用特征描述符之间的欧氏距离算法,找到不同图像之间的匹配点对^[13]。基于欧氏距离的特征匹配过程计算公式为

$$T = S(A - B)^2 \frac{1}{d} \quad (5)$$

式中: T 为特征匹配; S 为描述符的维度; A 、 B 为两个 SIFT 描述符。为实现对不同图像的拼接与融合,使用变换矩阵将一幅图像变换到另一幅图像的坐标系中,应用 SIFT 特征匹配中的图像融合技术,消除拼接缝,使拼接后的图像看起来更加自然^[14]。其中泊松方程(用于图像融合中的无缝过渡)计算公式为

$$M = f + \frac{g^2 |\sqrt{\chi^2} - 1|}{T} \quad (6)$$

式中: M 为泊松方程; f 为梯度场; χ 为边界上的已知图像值。输出无缝拼接后的图像,完成基于 SIFT 特征匹配的楼宇安防监控图像自动拼接。

3 视频运动目标跟踪与智能监控

完成上述设计后,在拼接后的视频帧中,使用帧间差分法识别运动目标,设定阈值以区分前景(运动目标)和背景。此过程计算公式为

$$L = \beta(M) - J(u^2) \quad (7)$$

式中: L 为前景(运动目标)和背景的设定阈值; β 为像素值; J 为像素覆盖位置是否为运动区域; u 为视频帧数。在此基础上,使用卡尔曼滤波器预测更新算法,跟踪检测到的目标,维护每个目标的状态(如位置、速度、加速度等),并根据新的观测值更新状态数据。此过程计算公式为

$$\mathbf{Q} = L(\mathbf{R}\boldsymbol{\eta}^{-1}) \quad (8)$$

式中: \mathbf{Q} 为观测值更新; \mathbf{R} 为状态转移矩阵; $\boldsymbol{\eta}$ 为控制矩阵。为确保跟踪结果的准确性,满足智能监控的实时性需求,需要在跟踪过程中,考虑卡尔曼增益,进行更新状态数据的实时调整,以此实现对楼宇安防监控的智能监控。此过程计算公式为

$$\omega = \mathbf{Q}^{-1} + \lambda \left(\frac{1}{\psi^2} + 1 \right) \quad (9)$$

式中: ω 为更新状态数据的实时调整; λ 为预测误差协方差; ψ 为观测噪声协方差。基于跟踪结果,进行行为分析、异常检测等智能处理,可以设定规则或训练机器学习模型来识别特定行为模式或异常情况。如识别到监控图像中存在异常,触发警报或采

取其他响应措施^[15]。此外,当检测到未经授权的目标进入敏感区域时,立即触发警报。通过上述步骤,实现视频运动目标跟踪与智能监控。

4 对比实验

4.1 实验准备

以某市中心商务区的“智慧大厦”作为研究试点,该楼宇安防单位在规模与智能化方面均处于行业前列。该大厦占地面积约 5 万 m²,建筑高度超过 200 m,共 50 层,是集办公、商业、会议等多功能于一体的高端商务楼宇。其安防系统全面覆盖了视频监控、入侵报警、门禁控制等多个子系统,共有高清摄像头 800 余个,实现了楼宇内外无死角监控。此外,该安防单位还引入了智能分析平台,结合人脸识别、行为分析等先进技术,极大提升了安全防控能力和应急响应速度。收集楼宇安防智能监控数据作为本次实验的样本数据,见表 1。

楼宇安防智能监控数据展示了楼宇内多个关键区域的监控情况,包括人物数量、异常情况处理、报警响应时间以及安全防范措施等。在某次事件中,商务楼宇的智能监控方法在午夜时段未能及时发现并阻止一起非法入侵事件。监控摄像头虽遍布楼宇,但部分区域存在监控盲区,入侵者利用这一漏洞,从侧门潜入,触发了门禁系统的异常报警,但终端响应时间长达 120 s,加之监控中心值班人员未能即时响应,导致入侵者成功进入并实施了盗窃。此次事件暴露了智能监控系统在监控盲区、报警响应速度及人员配置上的不足。据统计,该楼宇事后检查发现,类似监控盲区多达 5 处,而平均报警响应时间远超行业标准的 30 s 以内,直接经济损失高达数十万元。

4.2 实验步骤

完成上述设计后,按照各监控系统的安装指南,在选定的实验场景内安装并配置好所有设备,布置实验环境(图 1)。

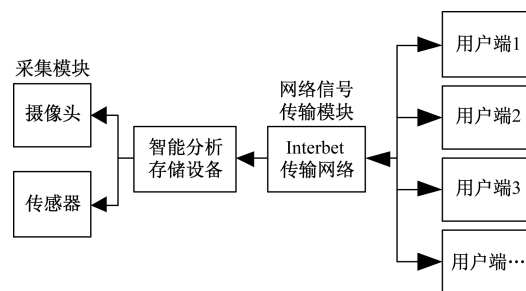


图 1 楼宇安防智能监控对比实验环境部署

实验环境部署中包括用户端、采集模块、传输模块、智能分析模块等多个组成部分。这些模块之间通过传输网络进行连接,实现了数据的实时传输和分析。为排除实验中相关因素的影响,按照表 2 的内容,进行测试环境中技术参数的设计。

技术参数设计充分考虑了楼宇安防智能监控系统的性能和需求,确保了监控系统的清晰度、流畅性、覆盖面、经济性和便捷性。在此基础上,引进文献[1]提出的基于 BIM 逆向建模的安防监控、文献[2]提出的基于可视化运维管理平台的安防监控,将其作为对照。同时应用 3 种方法,对楼宇进行安防智能监控。

4.3 实验结果与分析

随机选择两个监控界面,分析 3 种方法在楼宇安防智能监控中的人物识别情况,如图 2 所示。

表 2 测试环境技术参数

项目	参数
图像传感器	1/3 英寸彩色 CMOS 传感器
分辨率	1 920×1 080(全高清 FHD)
帧率(FPS)	30
镜头焦距	2.8~12 mm
视角	广角镜头可达 120°
视频压缩格式	H. 265
网络接口	以太网 RJ45 接口
无线支持	IEEE 802. 11n/ac

表 1 楼宇安防智能监控数据(部分)

时间	监控区域	监控经过的人物数	异常情况记录	报警响应时间/s
08:00	大堂入口	23	无	—
09:15	电梯厅 A	5	无	—
10:30	会议室楼层	12(会议参与者)	无	—
11:45	地下停车场	18(车辆进出)	无	—
12:30	员工餐厅	150+	轻微拥挤预警	5(疏导开始)
01:30	办公区走廊	30(巡逻保安)	无	—
03:15	货物装卸区	4(装卸工人)	盲区监控加强提醒	10(调整摄像头)
04:45	紧急出口	0	无	—
06:00	大堂出口	65	轻微拥堵,有序疏散	3(加强引导)
07:30	夜间巡逻路线	2(夜间保安)	发现一扇窗未关	2(立即关闭)

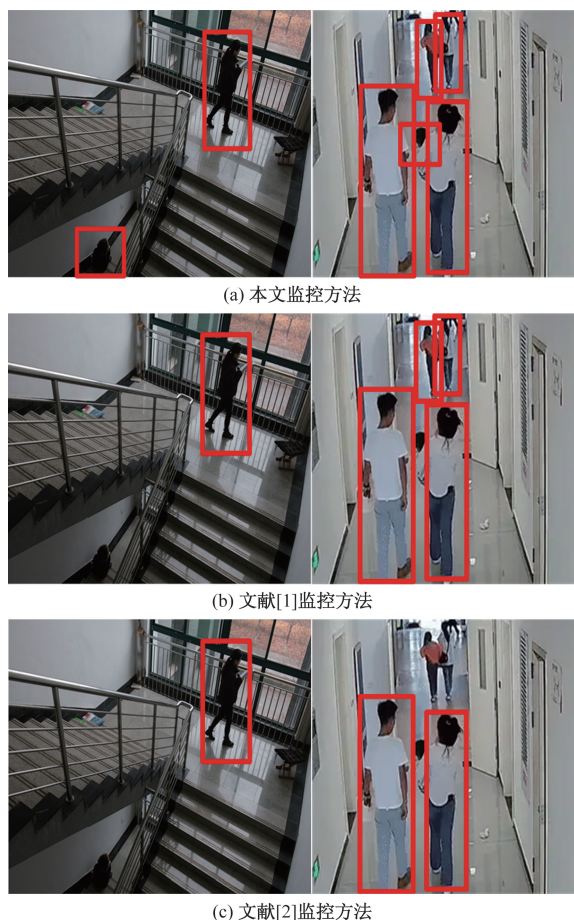


图 2 不同监控方法的识别结果

由图 2 可知,在以某市中心商务区的“智慧大厦”作为研究试点的实际应用中,采用本文设计的楼宇安防智能监控方法,成功精准识别到监控界面中出现的所有人物,即在左图中准确识别出 2 个人物,右图中则识别出 5 个人物。相比之下,应用文献[1-2]中提到的方法,在同样的监控场景下,无法实现对所有人物的精准识别,存在明显的遗漏情况。这一实践结果表明,本文设计的方法在实际应用中效果显著,特别是在“智慧大厦”这样规模与智能化均处于行业前列的楼宇安防环境中,该方法展现出了强大的识别能力和准确性,充分满足了楼宇安防智能监控的需求。

5 结论

传感数据融合技术通过集成多种类型的传感器(如温度传感器、烟雾传感器、红外传感器等),实现信息的互补与综合,能够显著提高监控系统的准确性和可靠性。将传感器收集的数据进行预处理、融合与分析,从而实现对楼宇环境的全面感知与异常检测。与此同时,SIFT 特征匹配技术作为一种有效的图像处理方法,在复杂环境中具有良好的适应性。通过提取视频帧中的 SIFT 特征点,能够准确描述背景与前景

目标,即使在光照变化、摄像机运动等复杂条件下,也能实现高效的目标检测与跟踪。为此,本文通过基于传感数据融合的安防数据采集与点云数据压缩、基于 SIFT 特征匹配楼宇安防监控图像自动拼接、视频运动目标跟踪与智能监控,开展了楼宇安防智能监控方法的设计研究。该方法不仅能够及时发现并预警潜在的安全隐患,还能提高监控系统的智能化水平和整体效能,为楼宇安全管理提供有力保障。

参考文献

- [1] 朱海涛. 基于 BIM 逆向建模技术的医院消防与安防系统集成改造实践[J]. 中国医院建筑与装备, 2024, 25 (7): 65-72.
- [2] 谢润荣. 基于可视化运维管理平台的视频安防监控系统建设与应用[J]. 智能建筑电气技术, 2024, 18 (3): 32-34.
- [3] 赵斌. 楼宇智能化综合安防监控系统分析[J]. 电子通信与计算机科学, 2023, 5 (1): 96-98.
- [4] 韩伟. 现代建筑楼宇中的智能安防技术应用[J]. 电子技术, 2023(4): 344-345.
- [5] 钟杰, 梁琦. 全自动运行系统线路车载综合监控视频联动功能设计方案[J]. 现代信息科技, 2024, 8(3): 59-63.
- [6] 韦金宝, 韦金洪. 智能视频监控系统中的“人工智能+物联网”技术运用研究[J]. 物联网技术, 2024, 14(2): 104-107.
- [7] 孙志强, 宋丽丽. 基于无人机的安防监控系统在智慧城市中的应用前景与实现[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(3): 211-213.
- [8] 江文化, 江伟伟, 刘玉振, 等. 基于“BIM+仿真模拟”的地铁站摄像机监控盲区问题研究[J]. 铁道勘察, 2024, 50(1): 157-162, 169.
- [9] 林小华. 基于物联网技术的楼宇智能化综合安防监控系统研究[J]. 数字化用户, 2023(37): 229-230.
- [10] 李夏风, 傅小龙. 大模型在安防领域的实践应用: 以云从科技从容大模型安防领域实践应用为例[J]. 中国安防, 2023(9): 49-53.
- [11] 王海宇, 王小宁. 分布未知情形下基于 Burr 近似的 VSSI EWMA 图多目标优化设计[J]. 科技和产业, 2023, 23(12): 210-217.
- [12] 朱润泽, 王德军, 张佑, 等. 数字化转型下新能源场站智能管控平台研建[J]. 科技和产业, 2023, 23(15): 203-210.
- [13] 吴则琪, 王坤, 刘鹏鹏, 等. 基于视频图像的建筑内走道烟雾识别定位[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(22): 9681-9688.
- [14] 赵晨迪, 孙一, 杨秀锋. 基于状态监控数据的航空活塞发动机故障诊断[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(36): 15732-15738.
- [15] 童芳, 张玄弋, 乔祎, 等. 一种民航 ASTERIX 数据与远程塔台视频监控的融合[J]. 科学技术与工程, 2023, 23 (7): 2916-2921.

Intelligent Monitoring Method for Building Security Based on Sensor Data Fusion and SIFT Feature Matching

JIANG Yedong

(Honeywell (Tianjin) Co., Ltd. Beijing Branch, Beijing 100015, China)

Abstract: To improve the reliability of security monitoring results and achieve intelligent monitoring of buildings, research and design of building security intelligent monitoring methods were carried out based on sensor data fusion and scale invariant feature transform(SIFT) feature matching. Cameras, infrared detectors, vibration sensors were installed, building security data was collected, weighted average method was introduced to fuse and compress preprocessed data with point cloud data. Color images was converted into grayscale images, key points (feature points) and corresponding descriptors were extracted, and automatic stitching of building security monitoring images was designed based on SIFT feature matching. In the spliced video frames, the inter frame difference method was used to identify moving targets, and a threshold was set to distinguish between foreground(moving targets) and background, achieving tracking and intelligent monitoring of video moving targets. The comparative experimental results show that the designed method has a good effect in practical applications. This method can accurately identify all characters appearing in the monitoring interface, meeting the requirements of intelligent monitoring for building security.

Keywords: sensor data fusion; point cloud data compression; intelligent monitoring; security and protection; buildings; scale invariant feature transform (SIFT) feature matching