

智慧建筑用多传感器信息系统集成设计与应用

王家聪

上海芯物科技有限公司，上海

收稿日期：2025年8月13日；录用日期：2025年9月9日；发布日期：2025年9月16日

摘要

本文章围绕目前智慧建筑用物联网多传感器信息系统集成所存在的各类问题，提出了创新的解决方案，引入多传感器融合技术与分层式系统集成思维，将智能多传感器融合模组、无线传输平台、人工智能技术与数据可视化展示管理有机地结合，实现安全管控、能源节约、效率提高、成本降低，实现大型建筑群整体价值的提升。

关键词

智慧建筑，多传感器融合，信息系统集成

Integrated Design and Application of Multi-Sensor Information System for Smart Buildings

Jiacong Wang

Siwave, Inc., Shanghai

Received: Aug. 13th, 2025; accepted: Sep. 9th, 2025; published: Sep. 16th, 2025

Abstract

This paper focuses on various issues existing in the integration of IoT-based multi-sensor information systems for smart buildings, and proposes innovative solutions. It introduces multi-sensor fusion technology and hierarchical system integration thinking, and organically combines intelligent multi-sensor fusion modules, wireless transmission platforms, artificial intelligence technologies, and data visualization display and management. This integration achieves safety control, energy conservation, efficiency improvement, and cost reduction, thereby enhancing the overall value of large building complexes.

Keywords

Smart Building, Multi-Sensor Fusion, Information System Integration

Copyright © 2025 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

在物联网市场日益火爆的大背景下，针对大规模建筑楼宇群安全、健康、舒适、绿色、便捷的运营和管理目标[1]，围绕目标精准、感知精准、控制精准、执行精准，从运行模式、设计方法、体系架构、关键技术、核心装备、管控模型与运营平台出发，研发具有高精度的智能多传感器融合模组、高可靠和高安全性的无线传输、无中心的全分布式架构、灵活的智能节点空间关联软件定义、精准的大数据建模和数字孪生平台，利用相关信息系统技术有机融合，实现安全管控、能源节约、效率提高、成本降低，实现大型建筑群整体价值的提升[2]。

本文将围绕智慧建筑中多传感器信息系统集成的系统集成方案的难点与解决方案、应用创新展开探讨，从上海某智慧建筑项目实施经验出发，阐释多传感器协同工作如何构建更节能、更可靠、更环保的未来建筑生态。

2. 问题与挑战

现代智慧楼宇系统集成了粉尘、光照、CO₂、甲醛及温湿度等多种传感器，实现环境数据的综合监测[3]。为了获取楼宇内人流数据，通常会采用 MEMS 红外阵列传感器与毫米波雷达传感器来实现楼宇中人流数据的获取[4]。通过多传感器数据融合，综合不同传感器的测量结果，减少误差和偏差，得到更准确的环境参数，用于本地智能控制或上传至管理平台辅助决策[5]。

多传感器系统集成面临的主要技术挑战包括：

- 1) 针对智慧建筑用的多传感器集成模组，在市面上并无大量使用的通用产品，大多数产品存在功能缺失，例如很多通用的模组没有相关系统阈值过滤功能会带来误报或者产品没有考虑到安装环境受限无法使用有线连接[6]。
- 2) 目前市场上各类传感器种类繁多，不同的品牌的传感器有着不同的数据格式，精度，可靠性造成了数据流的混乱，同一多传感器模组上可能集成了多个可以测量相同物理环境量的传感器，在这种情况下没有做相关算法过滤，无法准确地反应相对客观的环境量[7]。
- 3) 针对智慧楼宇用多传感器集成信息系统缺乏数据化可视化平台，无法直观地展现各模组获得的环境数据。同时缺乏通过结合信息系统与多传感器模组获得的数据对楼宇进行相关自动化管理[8]。

3. 面向智能建筑的多源传感数据融合系统集成方案

针对目前楼宇用多传感器信息系统中存在的问题，本文提出并使用了分层式架构信息系统集成方案来解决相关痛点，在该智慧建筑用多传感器信息系统集成项目中引入了分层式架构技术取代传统的单层数据架构，系统由环境感知模块、数据传输网络 and 智能应用平台三部分组成，数据从传感终端采集，经通信网络传输，最终在应用平台处理分析。如图 1 所示。

三个层面，三个层次互相独立，将整个信息系统解耦，提高了扩展性与可维护性。其中，多传感器

分层式多传感器信息系统

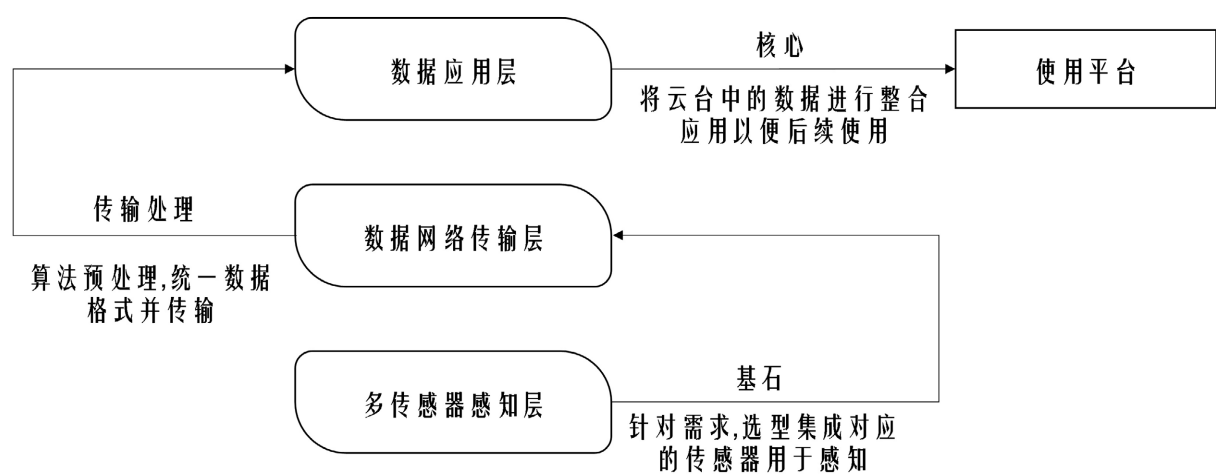


Figure 1. The structure and relationship of a new multi-sensor information system
图 1. 新型建筑用多传感器信息系统结构及关系

感知层，主要是通过前期收集需求过程获得需要监控哪些环境数据后，针对智慧建筑的实际情况进行对应的传感器选型，系统包含两大核心模块：一是多模态人体存在感知模块(集成毫米波雷达、MEMS 红外阵列、光照度及温湿度气压传感器)；二是多模态环境感知模块(包含空气质量监测、CO₂检测及温湿度光照传感)。为了解决智慧建筑中各个安装点位可能遇到的特殊环境情况，两款模组都集成了具有无线通信能力的微控制芯片，能够适应各个安装点位，通过使用自研的集成的多传感器融合模组，能够有效解决原有智慧楼宇多传感器信息系统中无法有效地获得所有需求的数据和安装点位受限的问题。

数据网络传输层，主要针对目前智慧建筑的现状，相关建筑空间内几乎不存在信号死角，故采用 wifi +4G 信号传输的模式，实现数据的无线传输。整体数据处理流程为从多传感器分别将自己的监测的环境数据，通过串口或 I2C 接口传送到数据网络传输芯片，并且该芯片内置了相关数据处理算法，可以将杂乱的数据整理为统一的数据格式，并结合加权算法将各个传感器的数据按精度与可靠性赋予权重，加权平均后尽可能的降低单一数据来源所带来的误差，将最贴近实时状态的数据传送至云平台，如图 2 所示。

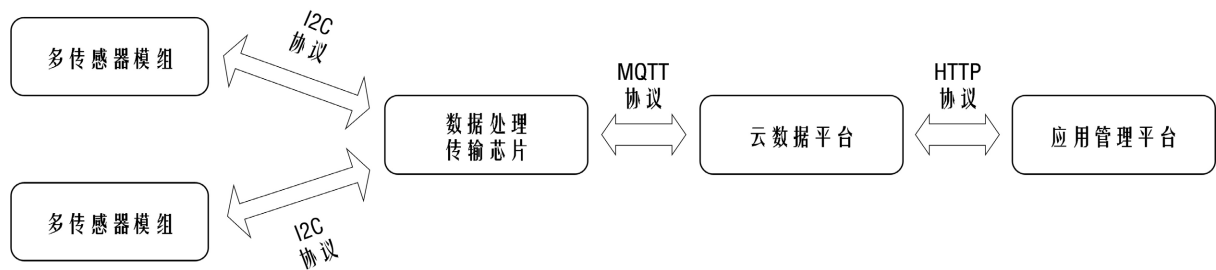


Figure 2. Composition and working principle of data network transmission layer
图 2. 数据网络传输层组成及工作原理

构建数据网络传输层的目的在于解决原先多传感器信息系统中各类传感器数据格式不统一、输出模式多样与数据权重不一致无法精确展现实际环境情况的重点问题，并将预处理后的数据上传至云端平台

进行存储与分析。为了解决多传感器数据融合问题，采用了加权平均法算法，以温度传感器为例，相关模组内至少包含 2 个以上的温度传感器，针对对应传感器的规格书内的漂移与长期稳定性确定对应的权重后，通过利用该算法，每时每刻对多个温度传感器的数据融合，输出融合的温度数据，对比原先单个温度传感器的数据，可以显著提升温度监测的准确性，数据网络传输层组成及工作原理如图 3 所示。

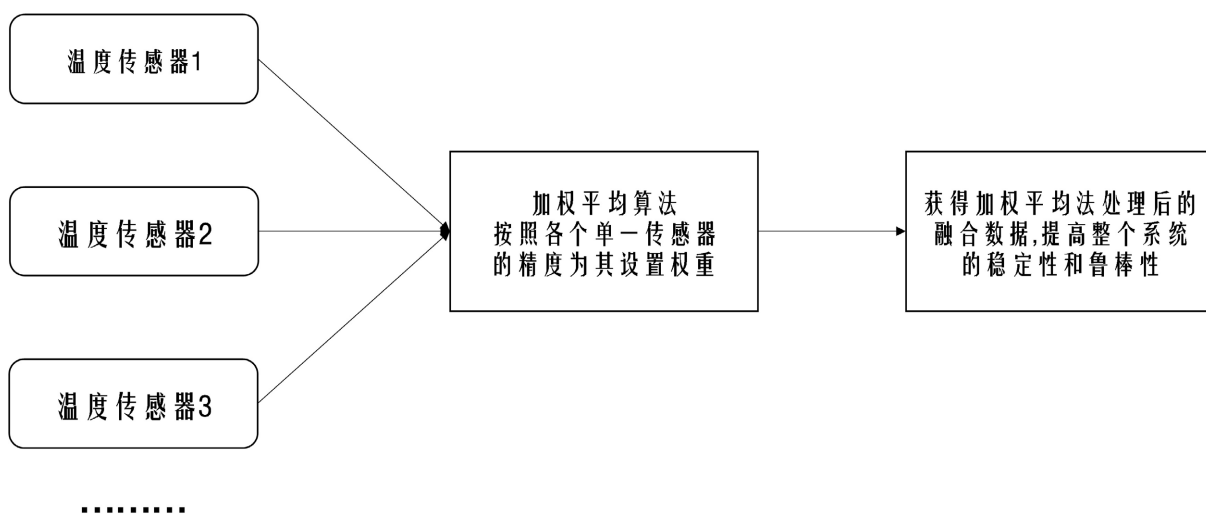


Figure 3. Composition and working principle of the data network transmission layer
图 3. 数据网络传输层组成及工作原理

数据应用层，是整个多传感器信息系统的核心，将云平台中的数据整合应用，主要由智慧建筑可视化平台与智慧建筑管理平台组成。智慧建筑可视化平台可以将所有多传感器模组监测的环境数据和人流数据直观地展现出来，为建筑使用者和运营人员提供直观的环境状态可视化呈现；智慧建筑管理平台主要聚集人工智能与大数据结合形成相关智慧楼宇管控模型，通过模型自主智能地分析云平台内的各类数据，同步优化安全管理与能源使用效率。通过数据可视化平台与管理平台，解决了相关多传感器模组获取的大量数据该如何展示与利用的问题，其展示界面如图 4 所示。



Figure 4. Data application layer client display interface
图 4. 数据应用层客户端展示界面

4. 智慧建筑用多传感器信息系统应用创新

在智慧建筑用多传感器信息系统设计与实施完毕，并正式在上海某智慧建筑项目应用，具体应用实施效果如下：

1) 在该智慧建筑用多传感器信息系统实际使用中，遇到了部分场景误报导致相关联动系统误操作的发生。通过采用建筑信息模型(BIM)软件进行数字孪生建模，在实际建成后又采用激光雷达点云逆向建模技术对部分楼层进行验证，验证 BIM 软件数字孪生建模结果与实际相符。通过数字孪生平台可以分析对应点位的传感器设置，实现更精准的智慧建筑调控，降低建筑物的能耗，提升多传感器信息系统的执行效率。通过在数字孪生平台模拟某楼梯间门突然打开，造成布置在点位的多环境传感器模组短暂上报异常温度，导致对应的暖通设置发生对应的调整，能耗增加的情况，通过该数字孪生平台结合其他同类型建筑的环境数据，可分析出异常值出现的阈值，并针对其进行调控，如图 5 所示。

多传感器阈值管理	
传感器模组	安装位置
环境模组	安全通道1
参数	
Temperature(温度):	请输入Temperature阈值
Lux(光照度):	请输入Lux阈值
Time(时间):	请输入Time阈值

Figure 5. Schematic diagram of the multi-sensor threshold management work interface
图 5. 多传感器阈值管理工作界面

2) 通过融合实时传感信息与大模型推理能力的决策系统，通过构建各类学习模型，通过建筑物各位置安装的多传感器模组实时监测到的数据与模型结合，实现各类自动判断和预警。本系统采用 deepseek-V3 作为模型基础，结合传感器原始数据和图像作为相关训练素材，针对某个功能实现进行专项训练，例如可以构建一个人体存在感知的大模型，该模型的训练过程为利用红外阵列传感器对该空间内红外热源的分布情况，训练该模型分辨该会议室是否有人。完成模型训练后，在云端部署该功能后，将通过将多模智能传感器模组获得人体存在情况数据，结合多模智能环境传感器模组获得的环境数据相结合，即通过环境温湿度传感器的数据修正红外阵列测温数据，使其更准确，并结合毫米波雷达的动态数据与红外阵列测温模块的静态温度(物体不运动，雷达无数据，温度有数据)来实现区域内的人员情况、运动情况。对比传统人体存在感知手段来说，该方法通过大量的数据训练大模型，利用大模型对红外热分布数据进行分析，做到了基于红外温度阵列传感器的室内温度分布情况判断人是否存在并通过毫米波雷达数据进行联合判断，避免了单一毫米波雷达无法判断静态人体，目前相关识别率已实现 95%以上。

3) 通过管理平台建立对应的触发器与事件处理针对性的利用相关模型实现精确判断，自动触发相关

事件。例如将室内房间的人体存在多传感器模组，其工作界面如图 6 所示，将其设置成监测到人存在后自动开灯，或是该房间人不存在十分钟后自动关闭照明与暖通系统，亦或是房间内人流过于聚集室内二氧化碳浓度升高后自动加强新风系统，实现室内照明，空调系统，通风系统的智能自动管理；同时也可以用于部分非图像式安防监控场景，可以在管理平台中设置该位置什么时间不应该不出现人员，当监测到该位置出现人，并可以根据人所在时间的长短和相关运动轨迹判断是误入还是故意闯入，并根据相应的情况上报通知相关人员检查。

新增场景联动

场景联动ID:

请输入场景联动ID

场景联动名称:

请输入场景联动名称

触发条件

触发器1

设备触发

▼

存在雷达

▼

属性

▼

人体存在

▼

等于

▼

0

执行动作

执行动作1

设备输出

▼

室内照明

▼

设备属性

▼

灯光开关

▼

关灯(0)

Figure 6. Data application layer client display interface

图 6. 人体存在多传感器模组工作状态显示界面

4) 由于相关模组为自研集成的物联网传感器模组，提前预留了相关更新迭代空间，通过对多传感器模组的迭代，添加了振动感知传感器，在该信息系统中集成了自动运维提示系统，在机房、泵房等位置放置迭代后的模组，当这些地方出现异于常理的振动后，会自动上报异常，降低了日常巡检的工作量与提高了对突发异常的速度，做到提前发现，降低损失。

5. 结语

本文通过对上海某智慧建筑项目中多传感器信息系统集成项目的规划、实施与运行迭代后，可以得出以下结论：

1) 多传感器信息系统集成通过分层技术架构，可以解决之前智能建筑用多传感器信息系统的痛点与难点。

2) 相关分层架构极大地丰富了多传感器信息系统的可扩展性，通过自研模组与相关算法可以兼容各类型的传感器。

3) 通过结合人工智能技术与数字孪生技术，将多传感器信息系统中的数据进行整合应用可以提升智慧建筑中能源和运维的效率，在保证大型建筑楼宇群运营能力的情况下降低能耗支出与运维支出。

参考文献

- [1] 汪勇. 建筑智能化下楼宇自控系统的运营与维护[J]. 企业导报, 2016(13): 182-183.
- [2] 朱奇琪. 楼宇智能化监控系统的技术与应用探究[J]. 电声技术, 2022, 46(2): 87-89.
- [3] 乔丽曼. 某智慧园区智慧管理服务平台规划设计[J]. 智能建筑, 2021(7): 29-32.
- [4] 许超超. 基于红外阵列传感器的室内人员监测系统的设计[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福州大学, 2018.
- [5] 王柱林, 唐奉章. 智慧安防系统中多传感器数据融合技术的算法分析及应用研究[J]. 互联网周刊, 2025(11): 20-22.
- [6] 匡雅鑫. 基于多传感器数据融合的智慧建筑空间占用检测技术研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2023.
- [7] 王劲松, 刘志远. 智能传感器技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2022: 25-26.
- [8] 李虎群, 吴飞龙, 徐墨, 等. 统一运营中心可视化平台的建设与应用[J]. 数字技术与应用, 2025, 43(1): 52-54.