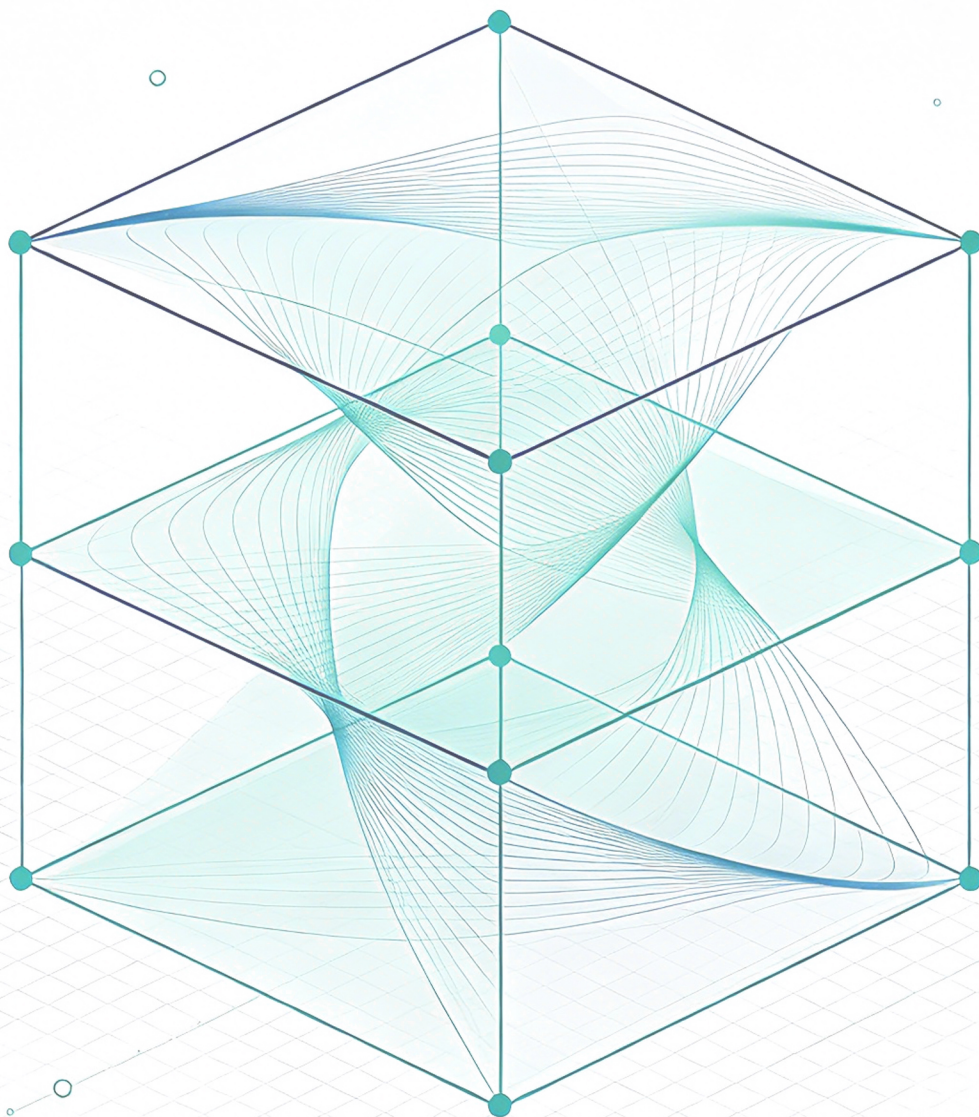


空间智能园区运营白皮书

AI Agent 驱动的智慧园区系统协同架构

Version 1.0



福建五维发展集团有限公司
技术研究院

目录

1. 摘要
 2. 行业背景与痛点分析
 3. 空间智能概念框架
 4. 三层技术架构详解
 5. 系统间对话协议设计
 6. AI Agent推理引擎
 7. 三大典型场景方案
 8. 数据安全和隐私保护
 9. 实施路径与成本分析
 10. 未来展望与路线图
- 附录A: 术语表

1. 摘要

本白皮书系统阐述空间智能在园区运营中的技术架构、应用场景与实施路径。

当前国内园区智能化面临的核心问题不是技术缺失，而是系统割裂。门禁、停车、楼宇自控、安防、能源管理等8-15个子系统各自运行，数据互通率不足30%，导致“有智能无协同”的困境。

空间智能的解法是构建三层架构：感知层（全域数字孪生）→ 认知层（AI Agent推理引擎）→ 协同层（空间事件总线），实现从“单点自动化”到“系统间对话”的范式跃迁。

本白皮书基于五维发展集团的实践经验，提出可落地的技术方案与实施路径，为园区运营方提供从0到1的参考框架。

2. 行业背景与痛点分析

2.1 市场规模与增长

据中国开发区协会统计，截至2025年底，国内各类产业园区超过2.5万个，总建筑面积超过60亿平方米。随着新建园区智慧化比例接近100%和存量园区改造需求释放，智慧园区市场规模预计在2026年突破2000亿元。

2.2 核心痛点

痛点一：系统孤岛。平均每个园区部署8-15个子系统，来自5-8家不同供应商，协议不统一、数据不互通。运营人员需要在多个后台之间切换，跨系统协作依赖人工传递。

痛点二：数据沉睡。系统产生了大量数据，但缺乏统一的数据治理和分析能力，70%以上的数据未被有效利用。

痛点三：被动响应。传统运维模式是“出问题→发现问题→处理问题”，缺乏预测和预判能力，导致问题处理滞后、重复发生。

痛点四：成本失控。人力成本持续上升，能耗缺乏精细化管理，设备维护以“坏了再修”为主，全生命周期成本远超预期。

3. 空间智能概念框架

3.1 定义

空间智能（Spatial Intelligence）是指建筑空间通过感知、认知、协同三层能力，实现对内部状态的自感知、对运营决策的自推理、对多个子系统的自协同，最终达到自我调节、自我优化的运行状态。

3.2 与传统智能化的区别

传统智能化强调“单系统自动化”——让每个子系统独立运行更高效。空间智能强调“系统间协同”——让所有子系统像一个整体一样运行。

传统自动化的逻辑是IF-THEN：如果温度高就开空调。空间智能的逻辑是感知-推理-决策-执行-反馈：感知温度高且人少且非工作时间，推理出节能优先策略，决策调至低功耗模式，执行空调和照明联动调节，反馈确认效果并持续优化。

3.3 五维发展的理念

五维发展提出"AI原生空间智能运营Agent"的概念——不是在传统系统上叠加AI层，而是从AI Agent的视角重新设计园区运营的每一个环节。Agent是运营的核心，系统是Agent的执行终端。

4. 三层技术架构详解

4.1 感知层：全域数字孪生

感知层是空间智能的"感官系统"，负责实时采集园区的多维数据。

核心组件：

- 视觉感知网络：AI摄像头，支持人流统计、行为识别、区域占用检测
- 环境感知网络：IoT传感器阵列，采集温度、湿度、CO2、PM2.5、噪声等
- 设备感知网络：SCADA/MQTT协议接入，监控空调、照明、电梯、消防等设备状态
- 位置感知网络：UWB+蓝牙Mesh，实现人员和资产的精确定位

数据采集频率：视觉和环境数据实时采集，设备状态10秒-1分钟上报一次，能源数据15分钟汇总一次。

4.2 认知层：AI Agent推理引擎

认知层是空间智能的"大脑"，负责理解现状、推理因果、生成决策。

推理引擎架构：

- 规则引擎：处理确定性场景（消防告警、门禁控制），响应时间<100ms
- LLM Agent：处理模糊场景（节能策略优化、访客服务个性化），响应时间2-5s
- 混合调度器：根据场景特征自动路由到合适的推理引擎

上下文管理：

Agent的推理不是孤立的，而是基于"空间上下文"——当前时间、历史数据、正在执行的任务、各系统当前状态等。上下文窗口的管理直接影响推理质量。

4.3 协同层：空间事件总线

协同层是空间智能的"神经系统"，负责系统间的信息传递和指令协调。

事件总线设计：

- 事件格式：采用CloudEvents规范，统一事件ID、时间戳、来源、类型、数据体
- 发布-订阅模式：感知层发布事件，Agent订阅感兴趣的事件类型
- 优先级队列：安全类事件（消防、安防）高优先级，运营类事件正常优先级
- 冲突消解：当多个Agent产生冲突指令时，由决策仲裁器按安全>合规>节能>舒适优先级裁决

5. 系统间对话协议设计

5.1 语义对齐

不同厂商的系统使用不同的术语和数据格式。空间智能平台需要建立统一的"空间语义模型":

- 空间概念: 楼栋→楼层→区域→房间→工位, 五级空间层级
- 设备概念: 按功能分类(空调、照明、门禁、摄像头.....), 每个设备绑定空间位置
- 事件概念: 标准化事件类型(人员进入、温度异常、设备告警、区域占用变化.....)

5.2 对话协议

系统间对话采用"事件-推理-指令"三阶段协议:

阶段1: 事件发布

感知系统将原始数据转化为标准化事件发布到事件总线。例如: {type: "zone_occupancy_changed", zone: "3F-South", occupancy: 0, timestamp: "2026-06-24T14:30:00+08:00"}

阶段2: Agent推理

Agent订阅事件, 结合上下文推理后发布决策指令。例如: {type: "energy_saving_command", zone: "3F-South", hvac: {mode: "eco", target: 26}, lighting: {level: 0}, security: {patrol_freq: "2x"}}

阶段3: 系统执行

各子系统接收指令并执行, 执行结果反馈到事件总线形成闭环。

5.3 冲突消解策略

当安全Agent要求"照明全开"(消防场景), 能耗Agent要求"照明关闭"(节能场景)时, 按优先级裁决:

- 安全 > 合规 > 节能 > 舒适
- 同优先级按时间先后
- 持续冲突上报人工决策

6. AI Agent推理引擎

6.1 规则引擎

规则引擎处理确定性场景, 特征是: 条件明确、逻辑固定、响应要求高。

典型规则:

- 消防通道占用 → 3秒内告警 → 通知责任人
- CO2浓度超标 → 自动启动新风系统
- 电梯困人 → 立即通知维保和物业

实现方式: Drools规则引擎 + 自定义规则DSL, 支持可视化规则配置。

6.2 LLM Agent

LLM Agent处理模糊场景, 特征是: 需要上下文理解、决策灵活、可接受秒级延迟。

典型任务:

- 根据天气、人流、历史数据动态调整空调策略
- 分析租户行为模式, 提供个性化服务建议
- 自然语言交互的智能客服和运营助手

6.3 混合调度

混合调度器根据场景特征自动选择推理引擎：

特征	规则引擎	LLM Agent
确定性	高 → 规则	低 → LLM
响应要求	<1s → 规则	>1s → LLM
上下文依赖	低 → 规则	高 → LLM
安全等级	高 → 规则	低 → LLM

7. 三大典型场景方案

场景1：无人区域节能联动

触发条件：视觉AI检测某区域连续15分钟无人
推理过程：综合室外温度、预计返回时间、能耗预算
执行策略：空调调至节能模式 + 照明关闭 + 安防加强
预期效果：区域能耗降低40%，人员返回3分钟内恢复

场景2：访客全流程无感通行

触发条件：访客在小程序完成预约
预执行：门禁录脸 + 车闸录牌 + 电梯预调度 + 会议室空调预热
执行过程：全流程零操作、零等待
预期效果：访客体验提升，前台接待工作量减少60%

场景3：消防通道智能守护

触发条件：视觉AI识别消防通道被占用
推理过程：风险评估 + 责任人定位 + 升级策略
执行策略：即时告警 → 3分钟未处理升级物业 → 10分钟未处理升级主管
预期效果：消防通道占用处理从"天级"缩短至"分钟级"

8. 数据安全与隐私保护

8.1 数据分级

- L1公开数据：公共区域温湿度、能耗汇总
- L2内部数据：设备运行参数、人流量统计
- L3敏感数据：个人人脸信息、定位轨迹
- L4机密数据：租户商业信息、财务数据

8.2 隐私保护措施

- 人脸数据仅在门禁终端本地比对，不上传云端

- 人流统计使用"计数不识别"模式，不存储个人图像
- 定位数据脱敏处理后用于分析，原始数据24小时自动删除
- 所有数据传输TLS加密，存储AES-256加密

8.3 合规要求

- 遵循《个人信息保护法》《数据安全法》
- 摄像头部署公示制度
- 数据跨境传输审批流程

9. 实施路径与成本分析

9.1 三阶段实施路径

阶段1（1-3个月）：感知层建设

- 部署IoT传感器网络和AI摄像头
- 建立数据采集和存储基础设施
- 完成现有系统API对接
- 预算：50-100万元（中型园区）

阶段2（4-6个月）：认知层建设

- 部署AI Agent推理引擎
- 配置核心业务规则和策略
- 建设空间事件总线
- 预算：80-150万元

阶段3（7-12个月）：协同层优化

- 打通全部子系统对话
- 上线预测性维护和智能调度
- 持续优化推理模型
- 预算：30-60万元

9.2 ROI分析

典型中型园区（10-20栋楼）年度收益：

- 能耗节省：15-25%（约30-80万元/年）
- 人力节省：3-5人（约30-50万元/年）
- 设备维护成本降低：20%（约10-30万元/年）
- 租金溢价：3-5%（约50-150万元/年）

投资回收期：12-24个月

10. 未来展望与路线图

10.1 技术演进路线

2026年：反应式智能

- 感知-推理-执行闭环
- 系统间基础对话
- 规则+LLM混合推理

2027-2028年：预测式智能

- 基于历史数据的预测性运营
- 设备寿命预测与预防性维护
- 租户行为预测与个性化服务

2029-2030年：生成式智能

- 自动生成最优运营策略
- 根据目标反向规划执行路径
- 跨园区知识迁移与协同

10.2 五维发展的愿景

五维发展集团致力于成为空间智能生态的构建者。我们的目标不是卖系统，而是让每一个园区都拥有自己的"AI运营官"——7×24小时在线、持续学习、不断进化的智能伙伴。

让城市更具价值，从每一个智慧园区开始。

附录A：术语表

术语	释义
空间智能	建筑空间通过感知、认知、协同实现自我调节的能力
数字孪生	物理空间的数字化镜像，实时同步状态
AI Agent	具有感知、推理、执行能力的智能代理
空间事件总线	连接感知层与执行层的消息中间件
冲突消解	多个Agent产生矛盾指令时的裁决机制



扫码获取更多方案



以空间智能运营 | 让城市更具价值

福建五维发展集团有限公司

Tel: 400-0039-395 Mob: 183 5018 3333 E-mail: Bs@wuvee.com Web: www.wuvee.com



官方公众号
@五维发展集团



视频号
@五维发展集团



抖音号
@五维发展集团



知乎
@五维发展集团



微博
@五维发展集团



小红书
@五维发展集团



头条
@五维发展集团