

智能垃圾分类督导系统

一、引言

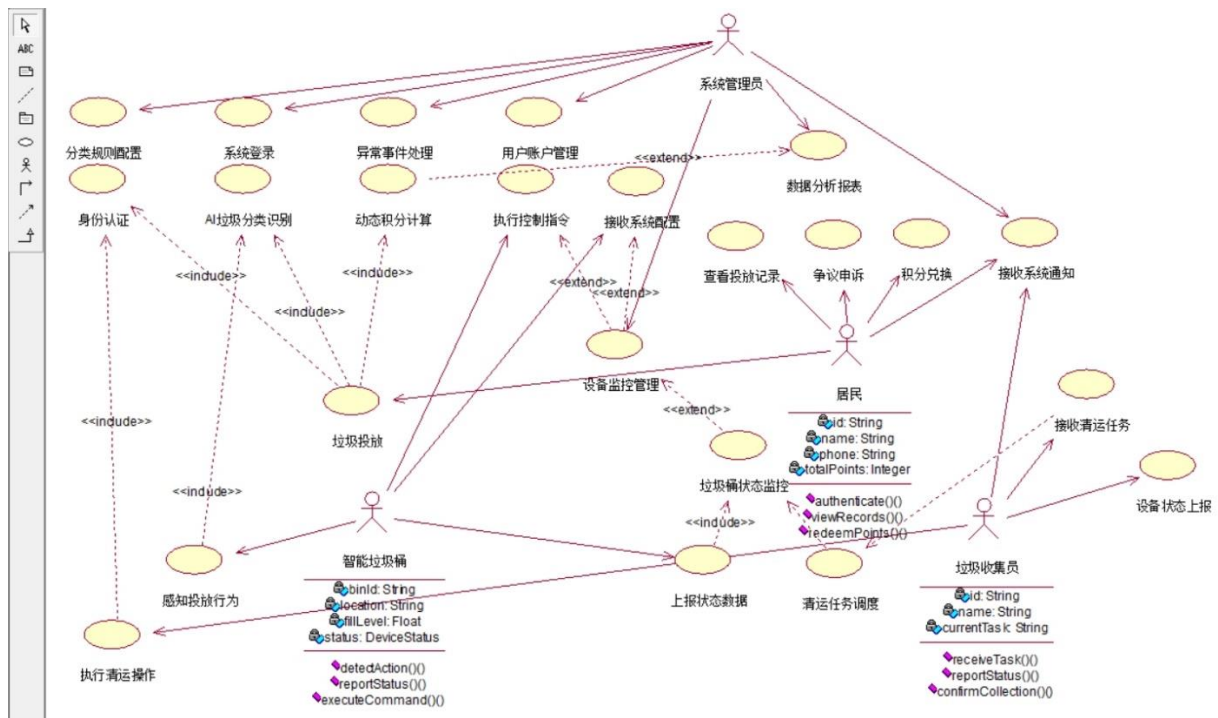
在环保理念深入人心的时代背景下，传统垃圾分类模式因分类准确率低、监管效率差、激励机制匮乏等弊端，已难以适应可持续发展需求。智能垃圾分类督导系统借助 UML 全栈建模技术，深度融合 AI 图像识别、边缘计算以及多端协同技术，构建起覆盖垃圾投放、精准识别、高效管理、及时清运全流程的智能化生态体系。系统以自动化、透明化管理为核心，旨在推动垃圾分类工作高效开展，为环境保护事业筑牢技术根基。

二、用例图

1. 参与者

1. **居民：**进行垃圾投放、实时积分查询等操作，享受智能化垃圾分类服务。
2. **收集员：**负责垃圾清运任务。
3. **管理员：**统筹系统管理工作，涵盖设备实时监控、用户信息管理、确保系统稳定。
4. **智能垃圾桶：**集成 AI 识别功能，实现垃圾类型精准识别与数据高效采集。

2. 用例图



三、状态图

1. 预识别阶段

流程起始于预识别（precheck），支持 NFC、RFID、人脸识别三种身份验证方式。若为游客模式，可临时投放但无积分，身份验证失败则进入异常处理流程。

2. 垃圾识别环节

完成预识别后，将垃圾放置到识别区，先由边缘 AI（edge_ai）识别。依据识别置信度有不同走向：

置信度 $\geq 70\%$ ，直接进入动态验证（dynamic_verify）；

$50\% \leq \text{置信度} < 70\%$ ，启动云端协同识别（cloud_ai），边缘用 TensorRT 优化模型，云端调用 ResNet - 152 深度模型，传输采用 AES - 256 加密图像，要求端到端响应时延 $< 1.5\text{s}$ ；

置信度 $< 50\%$ ，云端识别失败，流程进入异常分支（图中未详述后续）。

3. 动态验证与结果处理

动态验证（dynamic_verify）依据重量变化（ Δweight ）和图像比对判定：

$\Delta \text{weight} \geq 0.5\text{kg}$ ，直接通过验证；

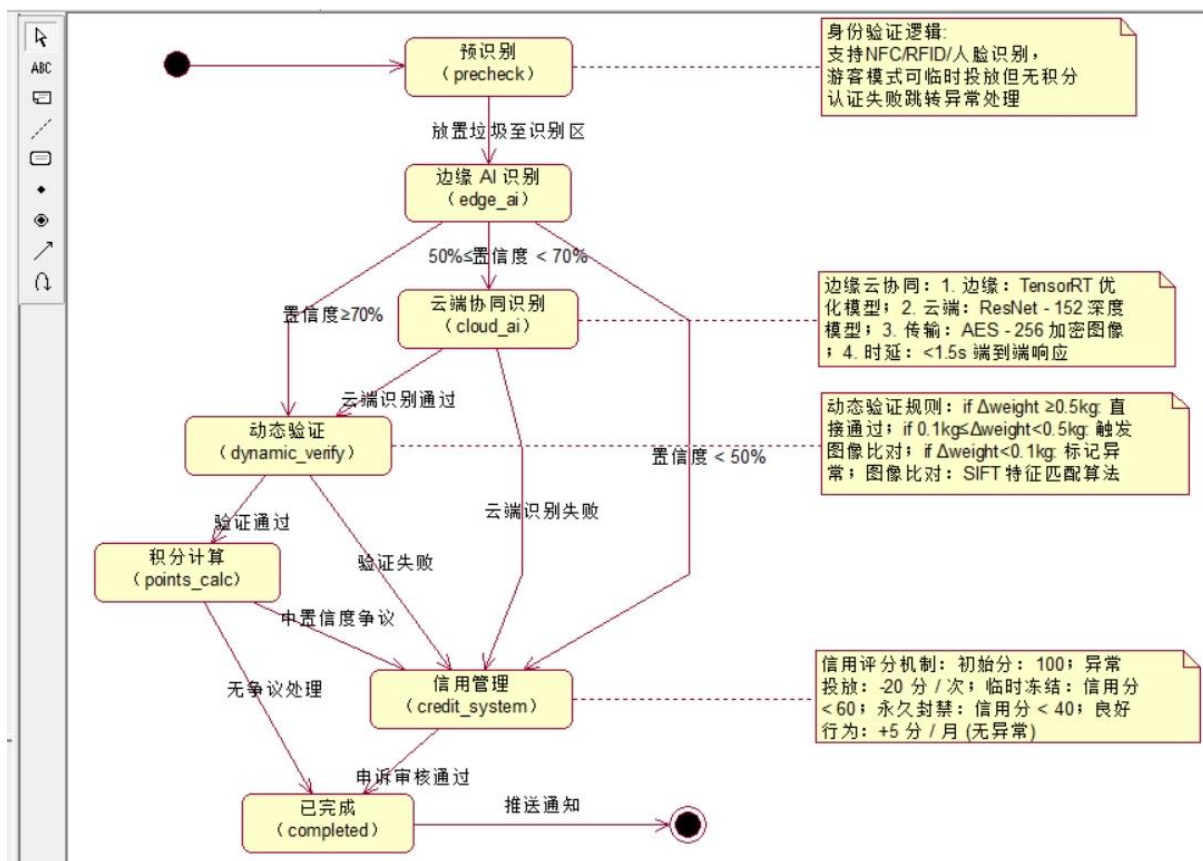
$0.1\text{kg} \leq \Delta \text{weight} < 0.5\text{kg}$ ，触发图像比对，采用 SIFT 特征匹配算法；

$\Delta \text{weight} < 0.1\text{kg}$ ，标记异常投放。验证通过进入积分计算（points_calc）；验证失败或中置信度争议，进入信用管理（credit_system）。

4. 信用与积分管理

积分计算（points_calc）：验证通过后，按规则给用户积分（图中未明确具体积分值）。

信用管理（credit_system）：初始信用分 100，异常投放一次扣 20 分；信用分 ≤ 60 分临时冻结投放权限， ≤ 40 分永久封禁；无异常的良好行为，每月 + 5 分。有异议可申诉，审核通过则流程到已完成（completed）并推送通知，无异议则按信用奖惩处理，最终流程在“已完成（completed）”结束。



四、组件图

用户交互侧：连接前端应用与系统

- **用户交互系统：**是居民手机 APP、收集员终端 APP、管理员控制台的统一交互入口，负责接收前端操作请求、展示系统反馈，让不同角色（居民、收集员、管理员）能便捷使用系统功能。

- **身份认证相关：**身份认证服务提供身份校验能力，通过身份认证接口，衔接用户交互系统与核心服务系统，保障用户身份真实可信，是系统安全访问的基础。

核心服务侧：业务与数据的中枢

- **核心服务系统：**整合身份认证服务、积分计算引擎、任务调度中心，是业务逻辑的核心载体。比如处理身份校验结果、计算用户积分、调度任务流程，支撑系统主要业务运转。

- **数据存储系统：**包含用户数据库（存用户信息、信用积分等）、任务数据库（记录任务流程、投放记录等）、设备状态库（监控硬件设备运行情况），为系统提供数据存储与查询支撑，是业务数据的“仓库”。

边缘处理侧：贴近硬件的智能识别

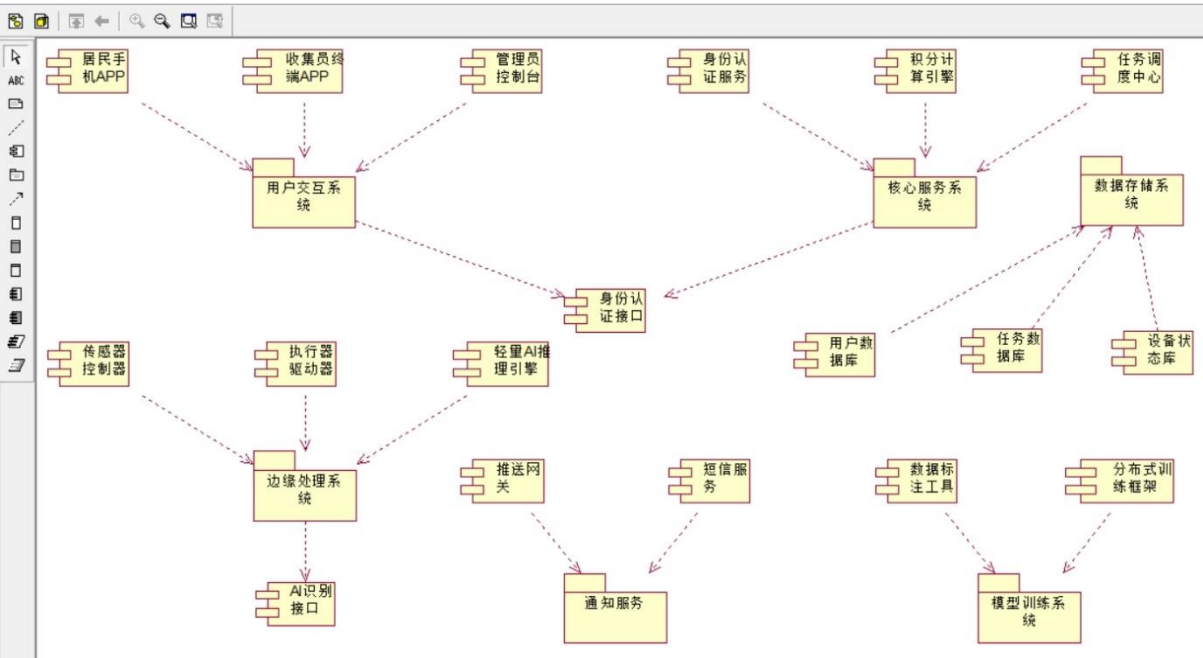
• **边缘处理系统：**对接传感器控制器（采集垃圾重量、设备状态等数据）、执行器驱动器（控制硬件执行动作，如识别区开启、投放口开闭）、轻重 AI 推理引擎，在边缘端完成数据初步处理与 AI 识别的衔接，减轻云端压力，提升响应速度。

• **AI 识别接口：**是边缘处理系统与 AI 识别能力的连接点，让边缘侧能调用 AI 模型完成垃圾识别等功能，是智能化识别的关键环节。

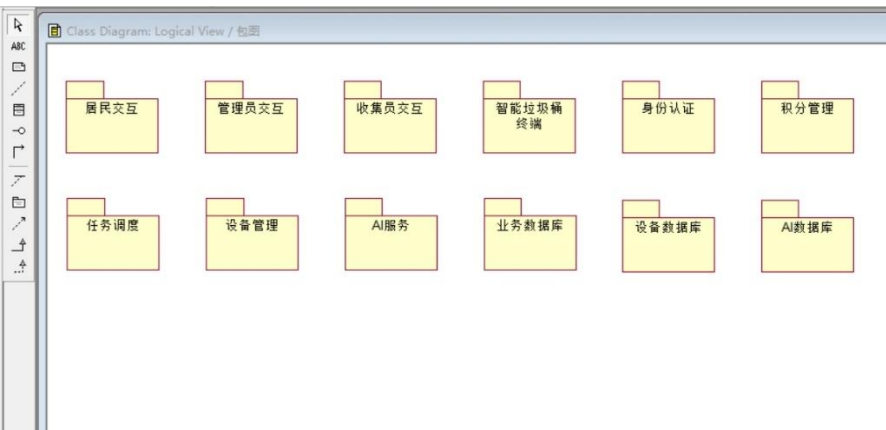
辅助服务与训练侧：功能补充与迭代

• **通知服务：**通过推送网关（如 APP 消息推送）、短信服务，将系统通知（投放结果、信用变更、任务提醒等）触达用户，保障信息传递。

• **模型训练系统：**依托数据标注工具（给识别数据打标签，用于模型训练）、分布式训练框架（高效训练 AI 模型），持续优化 AI 识别模型，让系统的智能识别能力不断迭代升级，适配更多垃圾识别场景。



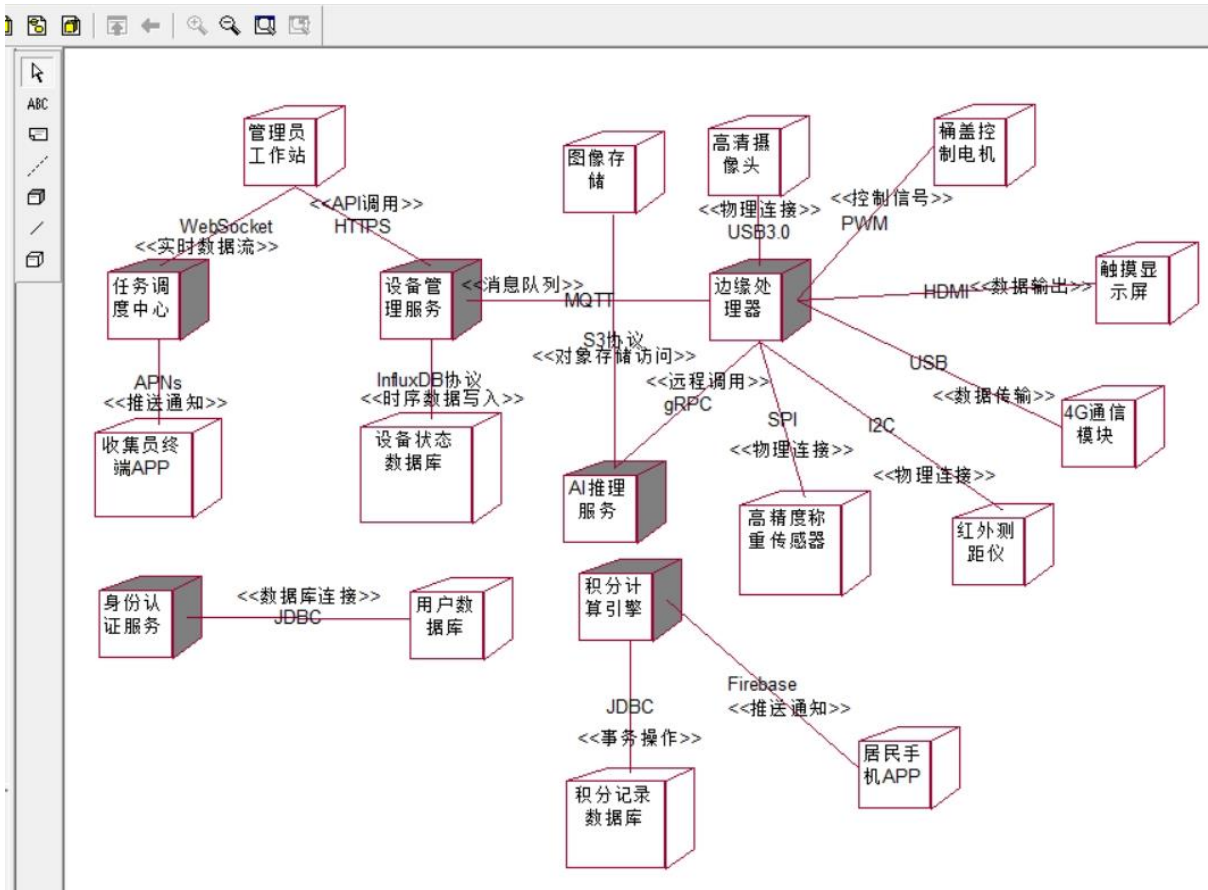
五、包图



六、部署图

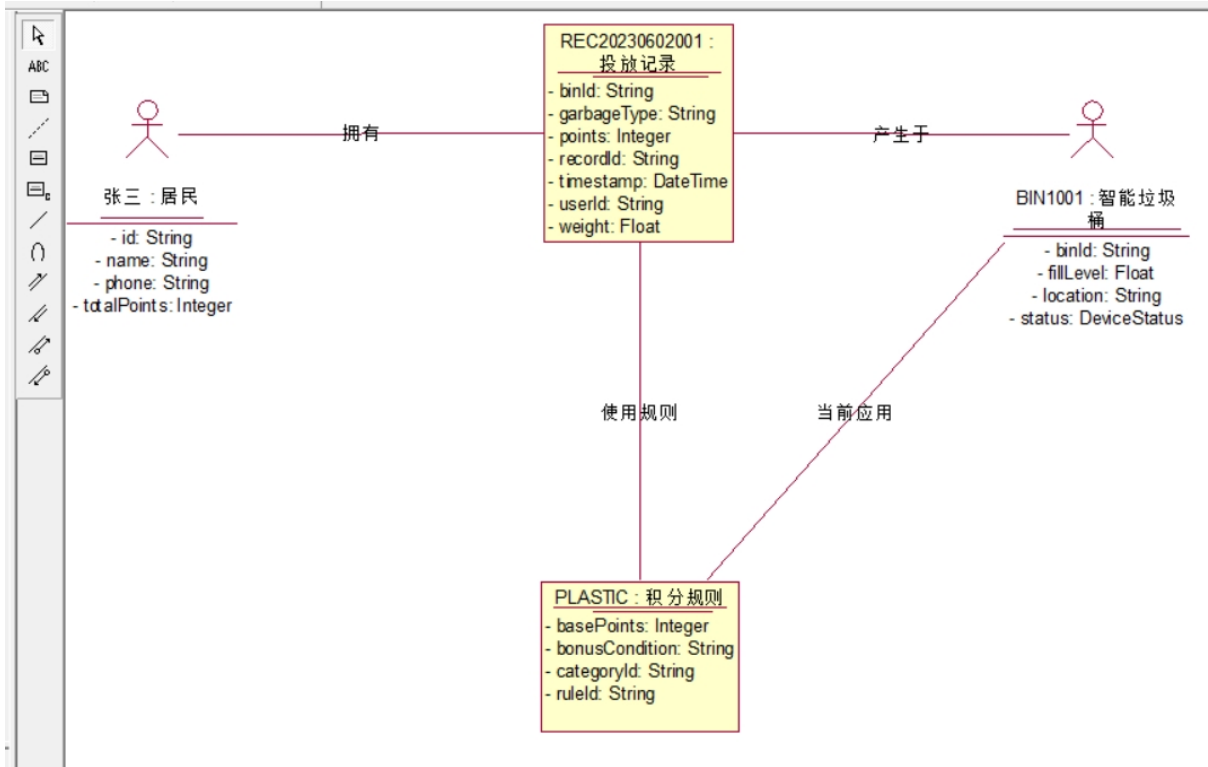
系统部署架构由居民设备、收集员设备、管理设备、边缘节点和云端服务器五部分组成，通过网络实现高效数据交互与协同工作。

1. **居民设备：**居民通过手机、平板电脑等设备安装 APP，经 443 端口与 Web 服务器建立安全连接，实现垃圾投放、积分查询等操作。
2. **收集员设备：**收集员使用专用终端设备，通过 443 端口与 Web 服务器通信，接收任务指令、上报设备状态。
3. **管理设备：**管理员通过管理控制台，经 443 端口访问 Web 服务器，进行设备监控、用户管理和数据统计等操作。
4. **边缘节点：**智能垃圾桶作为边缘节点，通过 MQTT 端口与云端应用服务器后端服务传输数据，将采集的垃圾数据上传至云端。
5. **云端服务器：**由 Web 服务器（Nginx）、应用服务器（部署后端服务）和数据库服务器（MySQL）组成。Web 服务器通过 8080 端口将用户请求转发至应用服务器，应用服务器处理业务逻辑，并通过 3306 端口与数据库服务器进行数据读写。



七、对象图

以垃圾投放记录为例，系统涉及居民、智能垃圾桶、投放记录和积分规则等对象。居民进行垃圾投放操作，与投放记录产生关联；投放记录关联具体智能垃圾桶，记录投放时间、地点等信息；同时，投放记录依据积分规则计算本次投放积分。各对象相互关联，完整呈现垃圾投放业务数据关系与逻辑。



八、活动图

1. 居民侧：操作触发与基础流程

感应触发：居民靠近垃圾桶，触发感应，启动投放流程。

投放核心动作：将垃圾放置到识别区，后续进入识别、验证环节；投放后可“查看积分”，操作完“离开垃圾桶”，结束交互。

2. 智能垃圾桶（边缘设备）：识别与初步校验

身份认证：感应后先做身份认证，通过“云端服务平台 - 用户校验”判断是否为注册用户；认证失败需先“注册用户”，认证成功进入垃圾识别。

垃圾识别流程：

捕获垃圾图像、获取重量，先“运行本地模型”生成识别结果；

若识别置信度 $\geq 70\%$ ：进入“多模态验证”（结合图像、重量等维度）；

若置信度 $< 70\%$ ：上传复核图像到云端，走“云端识别”补充校验。

3. 云端服务平台：校验与识别兜底

用户校验：承接边缘设备的身份认证请求，判断用户是否为注册用户，决定流程走向（认证 / 注册）。

云端识别：当边缘本地模型识别效果不足（置信度 < 70% ），接收复核图像，用云端模型二次识别，强化准确率。

4. 核心服务与数据存储：积分、信用与管控

积分计算：识别验证通过后，“计算积分” 并 “写入积分数据库”，作为用户参与分类的激励。

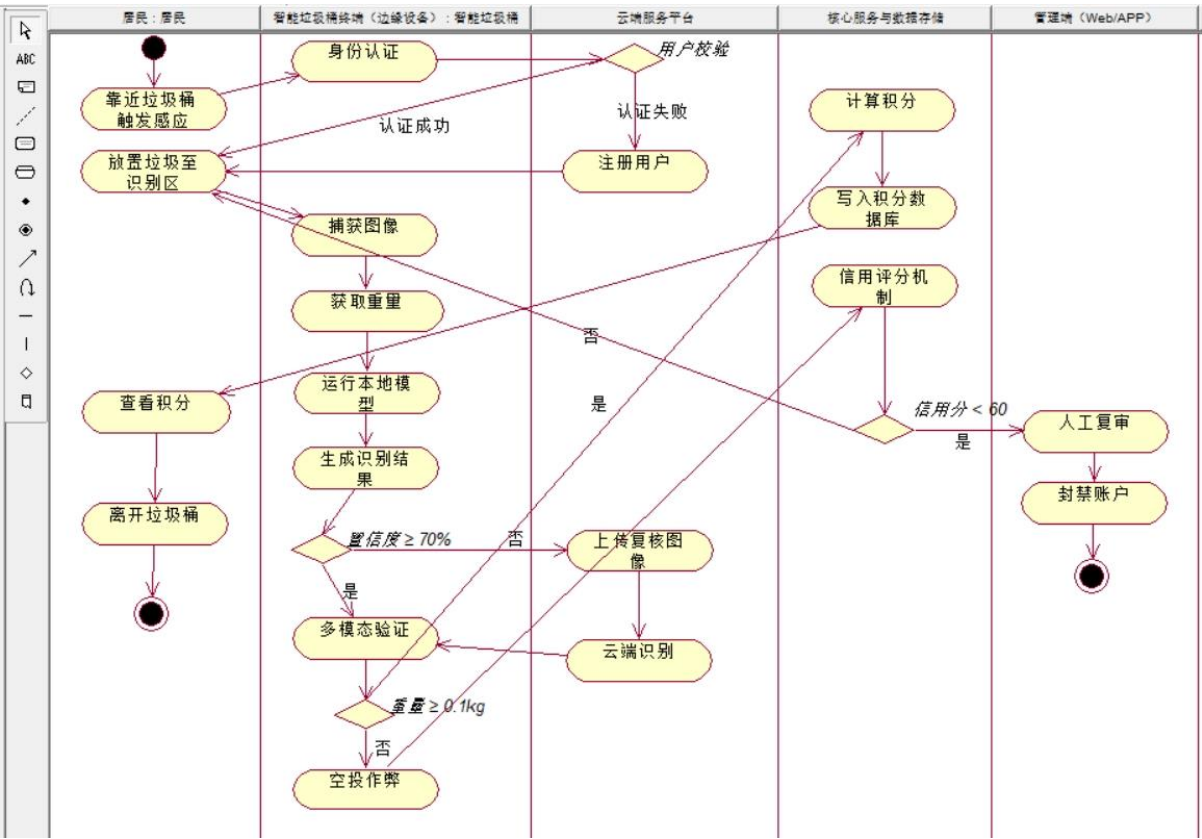
信用管理：通过 “信用评分机制” 判定用户信用；若信用分 < 60，触发 “人工复审”，复审确认则 “封禁账户”，形成违规约束。

5. 关键规则与异常处理

重量校验：多模态验证环节，若垃圾重量 < 0.1kg ，判定为 “空投作弊”（虚假投放 ），触发违规流程。

闭环逻辑：从身份认证→识别校验→积分 / 信用，到违规封禁，形成 “投放 - 激励 / 约束” 的完整业务闭环，保障垃圾分类的真实性与用户管理。

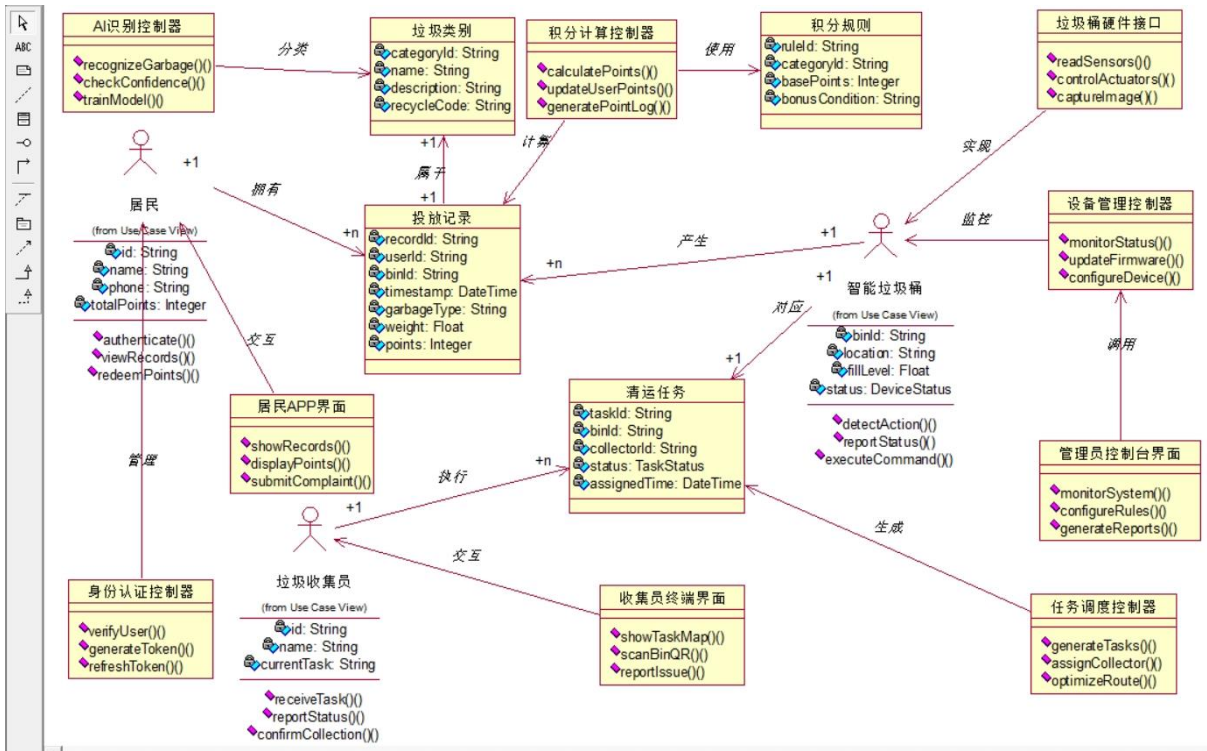
简单说，这是居民用智能垃圾桶分类投放的全流程：感应身份→识别垃圾（边缘 + 云端双校验 ）→验证重量防作弊→积分奖励 + 信用管控。



九、类图

系统设计包含居民、收集员、管理员、智能垃圾桶、垃圾、任务、用户等类，通过不同属性与操作实现业务逻辑。

1. **居民类**：存储居民姓名、联系方式、账号密码等基本信息，具备垃圾投放、积分查询与兑换等操作功能。
2. **收集员类**：记录收集员姓名、工号、联系方式等信息，实现接收任务和设备巡检操作。
3. **管理员类**：用于管理员管理，涵盖设备监控、用户管理和数据统计等功能，存储管理员权限信息。
4. **智能垃圾桶类**：包含垃圾桶编号、位置、满溢程度、运行状态等属性，实现垃圾识别和状态上报功能。
5. **垃圾类**：记录垃圾编号、类型、重量等信息，描述投放的垃圾对象。
6. **任务类**：描述任务编号、关联垃圾桶编号、开始和结束时间等内容，管理收集员工作任务。
7. **用户类**：作为居民和收集员的抽象类，存储通用用户信息和角色，为用户管理提供基础支持。



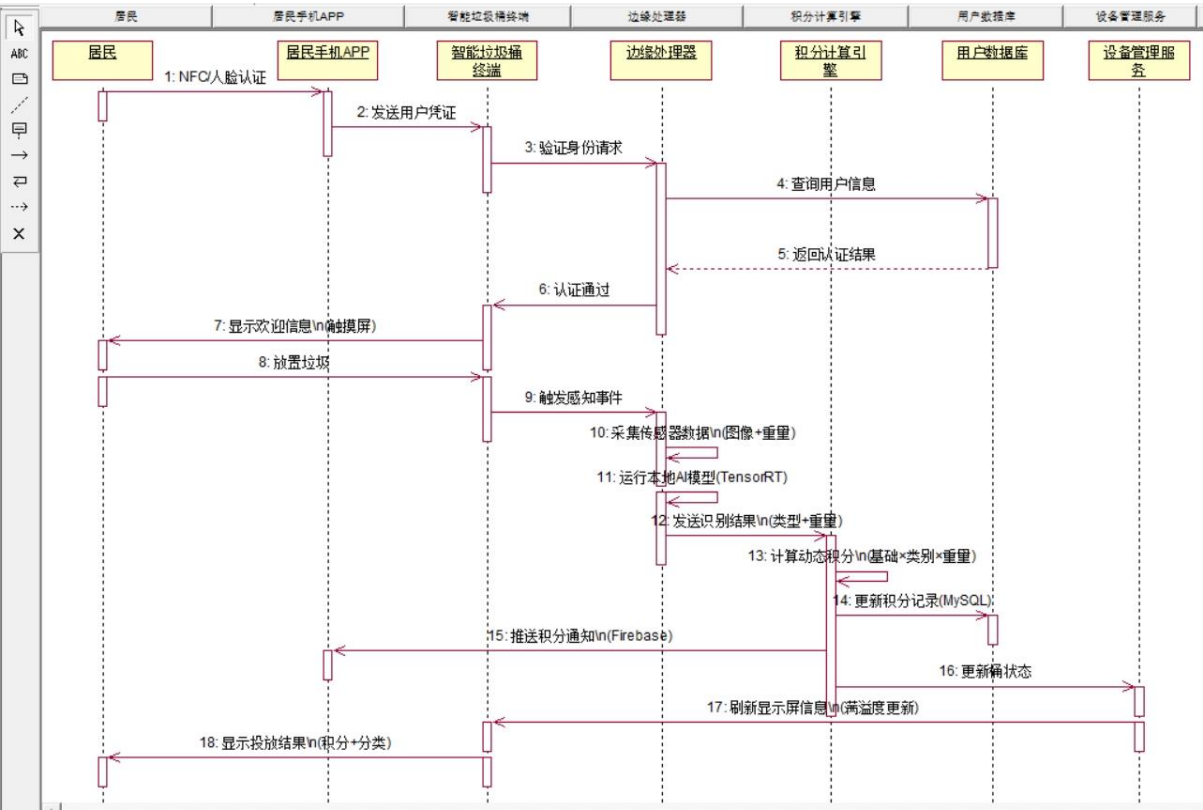
十、顺序图

1. 垃圾投放与积分计算流程

居民通过 APP 扫描智能垃圾桶二维码，APP 向智能垃圾桶发送开启请求，智能垃圾桶返回开启成功信号。居民投放垃圾后，智能垃圾桶将垃圾图像、重量等数据上传至服务器。服务器调用 AI 模型识别垃圾类型，依据积分规则计算积分，并将积分结果推送至 APP，APP 在界面展示积分。

2. 设备异常处理流程

智能垃圾桶检测到硬件损坏或软件异常等故障后，立即向服务器上报异常信息。服务器接收到信息后，将故障任务推送至收集员终端。收集员查看任务详情，携带工具前往检修。检修完成后，收集员在终端记录维修情况并提交，服务器接收到提交信息后，更新设备状态为正常。



十一、协作图

1. 垃圾投放协作流程

居民在居民手机 APP 上进行 NFC 或人脸识别身份认证，APP 将用户凭证发送至智能垃圾桶终端。智能垃圾桶终端向边缘处理器发起验证身份请求，边缘处理器从用户数据库查询信息，用户数据库返回认证结果。边缘处理器将认证通过信息反馈给智能垃圾桶终端，终端向居民显示欢迎信息。

居民向智能垃圾桶终端放置垃圾，触发终端感知，信息传递给边缘处理器。边缘处理器采集传感器数据并运行本地 AI 模型识别垃圾，若置信度 $\geq 70\%$ ，直接将识别结果发送给积分计算引擎；若 $50\% \leq \text{置信度} < 70\%$ ，则向 AI 推理服务请求云端识别，AI 推理服务返回增强结果后，再将最终结果发送给积分计算引擎。

积分计算引擎接收到识别结果后计算动态积分，向用户数据库发送请求更新积分记录，将积分通知推送给居民手机 APP，并告知设备管理服务更新垃圾桶状态。设备管理服务通知智能垃圾桶终端刷新显示屏信息，终端向居民显示投放结果。

2. 设备巡检与维修协作流程

收集员在终端设备发起设备巡检指令，指令发送至设备管理服务。设备管理服务向智能垃圾桶终端请求设备状态信息，终端将运行状态、满溢程度等数据反馈给设备管理服务。

若设备管理服务检测到异常，生成故障任务并推送至收集员终端。收集员接收任务后前往检修，在终端记录维修过程与结果并提交给设备管理服务。设备管理服务更新设备状态信息，并同步至管理控制台，以便管理员监控。

