

智泊星

——停车资源可视化一张图平台

一、项目背景与研究意义

在我国城市化快速发展的背景下，停车难、找车位效率低下已成为居民日常出行的重要痛点。据交通运输部数据显示，大中城市停车位缺口普遍超过 20%，而现有停车资源又存在信息不透明、分布不均、利用率低等问题。相比之下，发达国家如新加坡、德国已普遍部署**基于 GIS 的车位动态监测系统**，借助政府开放数据和智能交通平台，实现了车位可用性信息的实时发布与空间可视化，显著提升了城市出行效率和管理智能化水平。

因此，构建一套集**实时数据接入、空间数据库建模、地图可视化交互与热力分析**于一体的智慧停车系统具有重要现实意义。该系统不仅可作为缓解城市交通压力的辅助决策工具，还可为政府、企业及公众提供智能化出行参考。未来，该项目具备良好的**推广前景与商业应用潜力**，可进一步拓展至多模式出行公平分析、城市交通大数据平台等方向。

本项目以此为基础，开发一个**基于 Web GIS 的停车资源可视化平台**，实时展示停车可用性并支持空间与时间分析，旨在为市民、开发者和城市管理者提供一套直观、实用、易拓展的分析工具。

二、研究目标及项目分工

本项目旨在实现一个完整的交通地理信息系统应用，涵盖数据抓取、存储、分析与可视化各环节，具体目标包括：

数据集成：对接 LTA Carpark Availability API，定时获取停车场剩余车位的实时数据；

空间建库：构建 PostGIS 空间数据库，管理停车场位置信息与时序数据；

可视化平台：开发基于 Leaflet 的前端地图系统，展示停车资源分布与空位热力；

历史分析：支持按时间段查看某停车场空位变化趋势；

区域统计：按区域聚合停车资源，展示高/低供给区块，辅助规划与评估；

拓展探索：尝试构建“停车紧张指数”，结合空位、容量、时间、地点进行加权评估。

项目分工

鲁易达： 数据负责人，负责项目整体架构，撰写架构设计文档及需求文档、ppt，获取 LTAapi，清洗数据集，更新并存储停车场数据到本地数据库

周新杰： 后端负责人，合作撰写设计文档，后端部分，前端部分（预约、导航、poi 点弹窗显示、热力图显示、出行建议、半径搜索、管理员功能），修改实验报告

郭澄宇： 前端负责人，撰写部分实验报告，前端部分（登录、注册、poi 点显示、明确角色）

三、数据来源与处理方法

| 数据来源 | 内容 | 获取方式 | 更新时间 |
|---|---|-------------------|---------|
| LTA DataMall | Carpark Availability（停车场 ID、空位、位置、管理机构） | REST API（需注册 Key） | 每 15 分钟 |

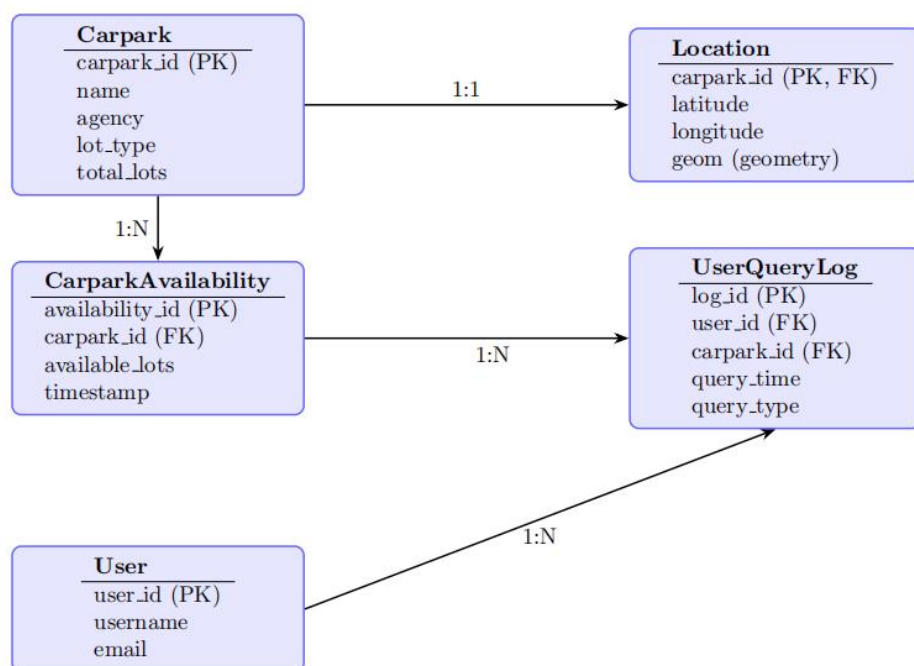
数据处理流程：

Python 脚本定时抓取：每 5 分钟调用 API，记录每个停车场当前剩余车位；

空间数据库建库：使用 PostGIS 存储停车场坐标及每次快照，含时间戳；

数据清洗与规整：格式统一、坐标标准化、字段简化、数据类型转换；

可视化接口设计：构建 GeoJSON 接口供前端调用，支持筛选与聚合。

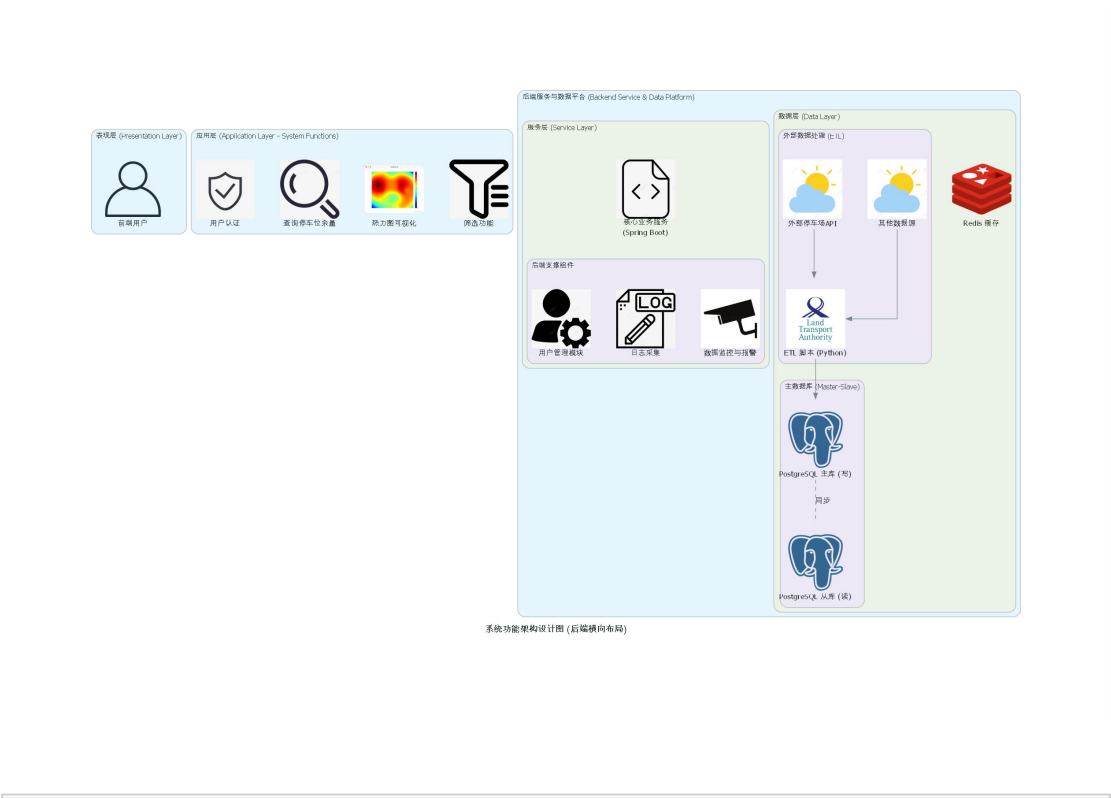


四、系统架构与技术路线

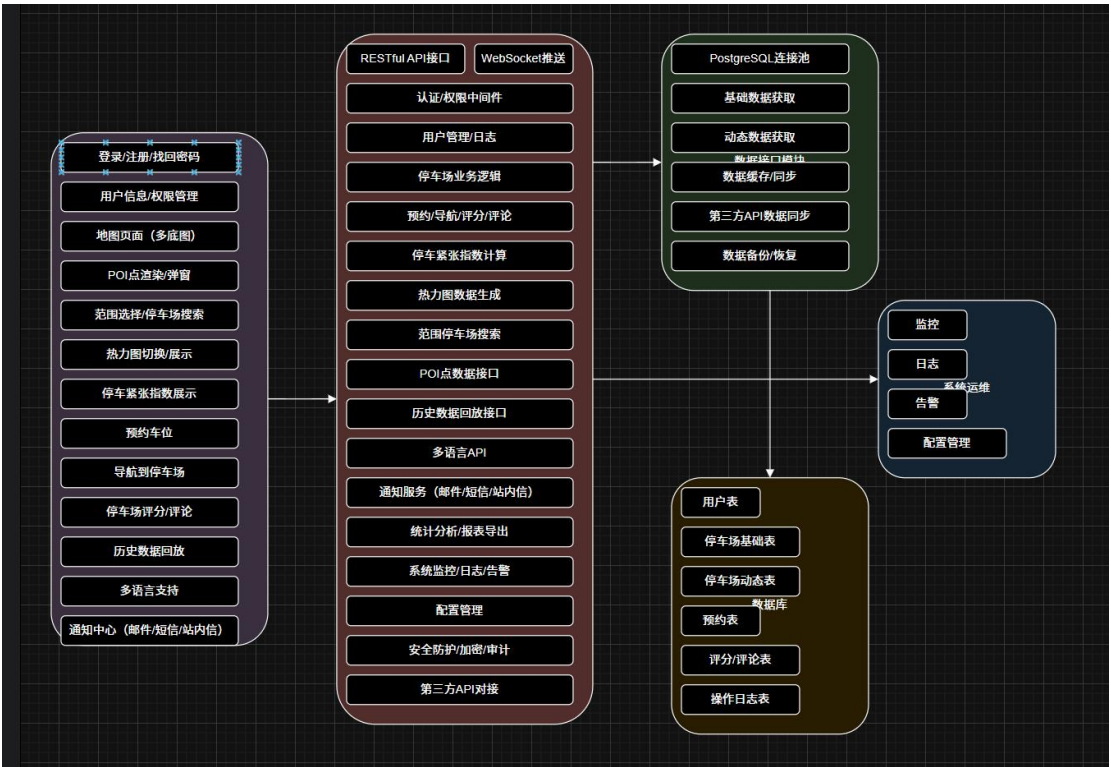
技术栈:

| 层级 | 技术组件 |
|-------|-------------------------------------|
| 数据抓取 | Python + requests + cron |
| 数据存储 | PostgreSQL + PostGIS |
| 后端服务 | Flask 提供 REST API |
| 前端可视化 | Leaflet.js + Heatmap.js + Bootstrap |
| 部署环境 | 本地或 Docker 容器（可拓展到云） |

系统总体设计架构图：



五、功能需求分析



系统的功能需求可细分为以下几点：

用户管理与认证

用户注册：新用户应能通过系统提供的界面完成账户注册。

用户登录：已注册用户应能通过凭证（如用户名密码）登录系统。

会话管理：系统需维持用户的登录状态，通过 **Token** 等机制进行安全的会话管理和后续操作的认证。

访问控制：区分普通用户和（可能的）运营管理员，对不同角色授予不同操作权限。

地图核心功能

地图展示：系统应能加载并展示城市基础地图。

停车场 POI（兴趣点）渲染：系统需从后端请求所有停车场的位置数据，并在地图上以标记（**Marker**）的形式进行渲染。

信息详情查询：用户点击地图上的停车场标记时，应能显示该停车场的详细信息（如名称、地址、总车位数、当前紧张指数等）。

停车信息分析与可视化

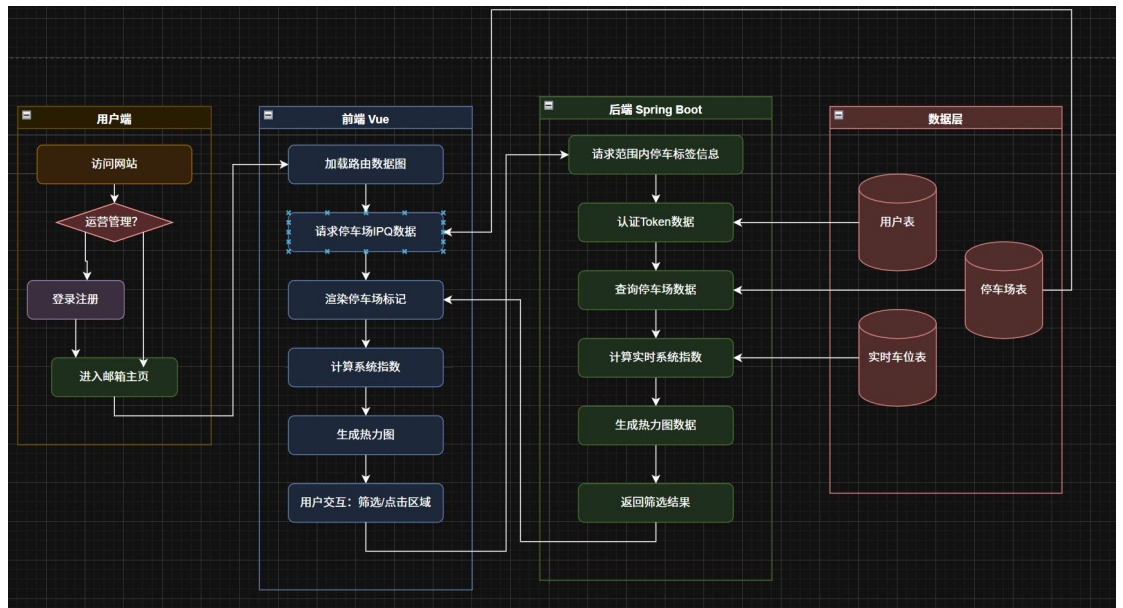
停车紧张指数计算：系统需根据实时的车位数据，通过特定算法计算出每个停车场乃至区域的“停车紧张指数”，量化停车的难易程度。

热力图生成与渲染：系统需基于停车紧张指数或实时车位数据，动态生成热力图数据，并在地图上进行渲染，直观地展示城市停车压力的分布情况。

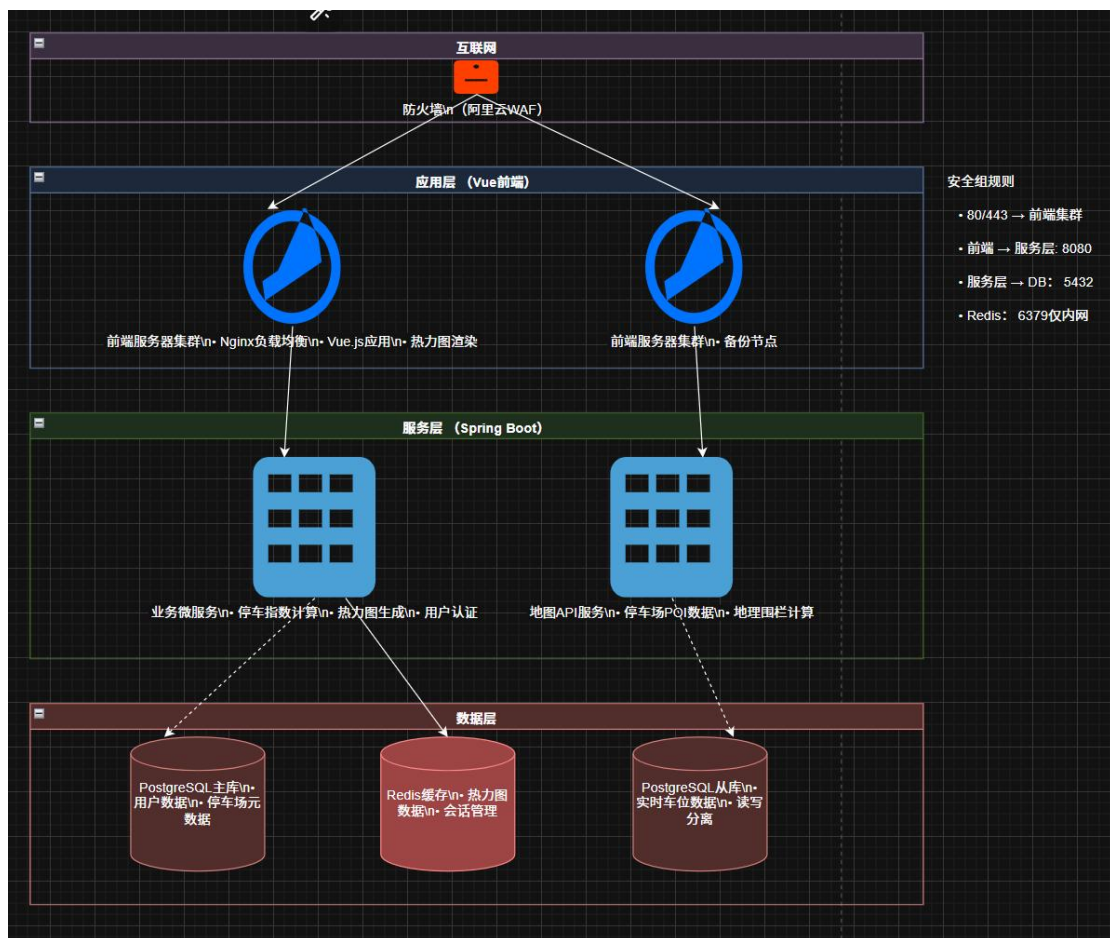
交互与查询功能

数据筛选：提供筛选功能，允许用户根据区域、价格或其他条件对停车场进行筛选和查询。

地图交互：用户可以对地图进行平移、缩放等基本操作，系统应能根据视野变化动态加载或更新数据。



六、系统部署设计



本部分基于网络结构图，阐述系统的物理（或云上）部署方案和网络安全策略。

部署架构总览

系统采用基于公有云（如阿里云）的分布式、高可用部署架构。整体分为**互联网**、**应用层**、**服务层**、**数据层**四层，各层之间逻辑清晰，物理隔离。

互联网层

- **WAF 防护**：所有公网流量的入口。首先经过**阿里云 WAF**，进行恶意流量清洗和应用层攻击防护，保障系统入口的安全性。

应用层（前端集群）

- **负载均衡**：通过 WAF 的流量被转发至 **Nginx 服务器集群**。Nginx 作为反向代理和负载均衡器，将 HTTP 请求根据策略（如轮询、IP 哈希）分发到后端的多个前端节点。
- **前端节点**：每个节点上部署编译好的 **Vue.js** 静态应用。集群化部署保证了前端服务的高可用性，单个节点故障不影响整体服务。图中“备份节点”表明系统具备快速故障切换能力。

服务层（后端集群）

- **微服务集群**：部署了 **Spring Boot** 应用的服务器集群。前端通过内网 IP 和指定端口（8080）访问该层的服务。
- **无状态服务**：后端服务设计为无状态，用户的会话信息存储在外部的 **Redis** 中，这使得服务层可以轻松地水平扩展（增加服务器数量）以应对高并发请求。

数据层

- **数据库主从集群 (PostgreSQL)**:
 - 采用一主一从的经典高可用架构。
 - **主库 (Master)**：负责所有写操作（如用户注册、车位数据更新）。
 - **从库 (Slave)**：负责所有读操作（如查询停车场列表、用户信息），并实时从主库同步数据。这种**读写分离**的设计大大提升了数据库的并发读取能力。同时，从库也是主库的热备份，主库故障时可快速切换，保证数据服务的连续性。
- **缓存服务 (Redis)**:
 - 独立部署的 **Redis** 实例，仅对服务层开放内网访问权限（端口 6379）。
 - 用作高性能缓存，存储热点数据，是提升系统响应速度、降低数据库负载的关键组件。

网络安全策略

系统通过精细化的安全组或防火墙规则，实现了严格的网络访问控制：

- 外网 -> 应用层：仅允许 HTTP/80 和 HTTPS/443 端口的流量访问 Nginx 集群。
- 应用层 -> 服务层：仅允许前端服务器集群通过内网访问后端服务集群的 8080 端口。
- 服务层 -> 数据层：仅允许后端服务集群通过内网访问 PostgreSQL 的 5432 端口和 Redis 的 6379 端口。
- 其他所有端口：默认关闭，遵循最小权限原则，保障了系统内部各组件的通信安全。

七、预期成果

- ✓ 一个可交互的 Web GIS 系统，可实时展示停车场空位；
- ✓ 支持区域聚合、车位类型筛选（汽车、电动车等）；
- ✓ 提供某停车场的空位历史趋势图（折线图）；
- ✓ 构建简单的“停车紧张指数”分析模块；
- ✓ 一份完整的开发文档、部署说明与演示视频；
- ✓ 撰写一份项目报告，可作为课程设计或结项成果。

八、可行性分析

| 维度 | 分析结论 |
|--------|--|
| 数据可获取性 | <input checked="" type="checkbox"/> LTA 提供开放 API，稳定更新，数据格式清晰 |
| 技术可实现性 | <input checked="" type="checkbox"/> 所涉及技术为 Web GIS 标准流程，难度适中 |
| 项目创新性 | <input checked="" type="checkbox"/> 结合实时数据与空间分析，适合智慧城市研究场景 |
| 扩展性 | <input checked="" type="checkbox"/> 可拓展至停车导航推荐、动态价格预测等更复杂模型 |
| 实施周期 | <input checked="" type="checkbox"/> 核心系统开发约需 1 周，适合课程项目时长 |

九、参考文献与资料

LTA DataMall API 文档：<https://datamall.lta.gov.sg/>

PostGIS 官方文档：<https://postgis.net/documentation/>

Leaflet 官网：<https://leafletjs.com/>

SINPA Parking Dataset: <https://doi.org/10.1145/3583133.3596379>
