

# 基于 *Agent* 的无人机无人车机器狗协同配送

## 系统仿真与

崔迪生, 黄皓凌, 岑岱, 李梓琳, 李家龙

cuidsh@mail2.sysu.edu.cn

中山大学  
系统科学与工程学院  
指导老师: 李雄

2025.4.24





1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模
5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 研究背景与动机

## 研究背景

- 城市物流配送需求快速增长
- 传统单一载具配送效率有限
- 复杂地形环境需要异构智能体协作
- 分布式决策提高系统鲁棒性

## 系统目标

- 构建多智能体协作配送仿真平台
- 实现智能任务分配与路径规划
- 设计高效的中转站协作机制
- 开发实时可视化监控系统



# 系统架构设计

## 核心模块组成

系统主要由 9 个核心模块构成

- `main.py` - 系统启动入口与任务加载
- `multi_agent_coordination.py` - 多智能体协调核心
- `agent.py` - 三种异构智能体实现
- `path_planning.py` - A\* 路径规划算法
- `map_system.py` - 动态地图环境系统

## 技术特色

- 模块化设计，松耦合架构
- 支持直达与中转两种配送策略
- 基于优先队列的任务调度机制
- 实时可视化与日志记录系统

# 目录



1. 系统概述
- 2. 异构智能体设计**
3. 多智能体协调
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 三种智能体类型

## 智能体能力对比

智能体	速度	载重	地形适应	特殊能力
无人机 (Drone)	15.0	10kg	全地形	飞行、跨水域
无人车 (Car)	5.0	50kg	仅道路	大载重运输
机器狗 (RobotDog)	7.0	30kg	陆地全地形	爬坡、攀爬

## 核心能力

- 自主路径跟踪与移动
- 有限视野环境探索 (半径 = 5)
- 状态管理: idledeliveringreturning
- 实时位置与任务状态上报

## 协作机制

- 共享环境知识发现
- 动态任务分配与重分配
- 中转站协作配送
- 智能返回路径选择



# 智能体实现架构

## Agent 基类设计

- **update()**: 主更新循环, 处理移动和探索
- **follow\_path()**: 路径跟踪与状态转换
- **explore\_surroundings()**: 周围环境探索发现
- **assign\_task()**: 任务分配与载具初始化

## DroneAgent 特性

- 速度: 15.0 (最快)
- 载重: 10kg (轻载)
- 地形: `can_cross_water=True`
- 优势: 快速跨越复杂地形

## CarAgent 特性

- 速度: 5.0 (中等)
- 载重: 50kg (重载)
- 地形: `road_only=True`
- 优势: 大载重道路运输





# A\* 路径规划算法

## 路径规划特性（参见

- 基于共享知识地图的启发式搜索
- 支持不同智能体的地形适应性约束
- 处理未知区域的探索惩罚机制
- 8 方向搜索优化路径长度

## 地形通行规则

- **无人机**: 所有地形通行, 未知区域 +10 惩罚
- **无人车**: 仅道路通行, 自动寻找最近道路
- **机器狗**: 陆地通行, 山地 +2 惩罚, 陡峭 +5 惩罚
- **水域约束**: 只有无人机可以跨越

## 算法优化

- 启发式函数结合地形成本
- 动态权重调整
- 路径平滑处理
- 最终距离阈值检查

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
- 3. 多智能体协调**
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 协调系统架构

## MultiAgentCoordinationSystem 核心功能

- 任务队列管理: 基于优先队列的紧急度排序
- 智能体状态监控: 实时追踪所有智能体状态
- 路径规划服务: 为智能体提供最优路径计算
- 中转站协调: 管理两阶段协作配送流程

## 协调循环 (50FPS)

- 智能体状态更新
- 中转任务分配
- 主队列任务处理
- 系统性能监控

## 日志记录

- 任务分配记录
- 路径执行轨迹
- 完成时间统计
- JSON 格式输出



# 中转站协作机制

## 两阶段协作流程

1. **第一阶段**: 最优智能体将货物运送到中转站
2. **处理延迟**: 中转站处理时间 (2.0 秒) 模拟货物中转
3. **第二阶段**: 重新分配最适合的智能体完成最后配送

## 协作优势

- 发挥各智能体专长
- 突破单体能力限制
- 提高整体配送效率
- 增强系统容错能力

## 智能决策

- 动态成本计算
- 载重能力匹配
- 地形适应性考虑
- 紧急度权重调整

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 地图系统设计

## Map 类功能（参见

- **程序化地形生成**: 使用 Perlin 噪声创建真实地形
- **多层次地形**: 道路、水域、山地、建筑、植被 6 种类型
- **动态天气系统**: 晴天、雨天、雪天影响智能体性能
- **战争迷雾机制**: 智能体有限视野逐步探索

## SharedKnowledgeMap

- 共享环境知识库
- 实时更新机制
- 未知区域标记
- 批量信息更新

## 探索机制

- 探索半径: 5 单位
- 即时信息共享
- 未知区域惩罚
- 渐进式地图构建

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 实时可视化系统

## DeliveryVisualizer 功能（参见

- **高性能动画**: Matplotlib 动画, blit=True 优化
- **多层渲染**: 地形、智能体、路径、任务分层显示
- **状态监控**: 实时显示任务进度和智能体状态
- **交互控制**: 支持暂停、继续、速度调整

## 视觉元素

- 智能体颜色标识
- 任务路径实时高亮
- 地形类型色彩编码
- 动态信息面板

## 日志系统

- LogEntry 结构化记录
- 任务生命周期追踪
- JSON 格式导出
- 性能分析支持



# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模
5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录

# 技术创新点



## 算法创新

- 双策略智能决策机制
- 紧急度权重动态调整
- 地形适应性路径规划
- 战争迷雾探索机制

## 工程创新

- 模块化松耦合架构
- 高频协调循环 (50FPS)
- 实时可视化渲染
- 完整日志记录系统

## 系统优势

- **异构协作:** 三种智能体发挥各自优势，互补协作
- **智能决策:** 基于成本分析的策略选择，适应复杂场景
- **实时响应:** 高频更新循环，支持动态环境变化
- **可扩展性:** 模块化设计，易于功能扩展和性能优化

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模
5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录



# 项目总结

## 主要成果

- 完整仿真平台: 构建了功能完备的多智能体配送仿真系统
- 核心算法实现: 双策略决策、A\* 路径规划、协作机制
- 工程化实现: 9 个核心模块, 清晰的架构设计
- 可视化系统: 实时动画渲染和完整的日志记录

## 技术亮点

- 异构智能体协同工作
- 智能任务分配策略
- 中转站协作机制
- 战争迷雾探索系统

## 应用价值

- 城市物流配送优化
- 应急救援物资投送
- 多机器人协作研究
- 智能交通系统设计

# 目录



1. 系统概述
2. 异构智能体设计
3. 多智能体协调
4. 环境建模

5. 可视化与日志
6. 系统特色与创新
7. 总结与展望
8. 附录