

# 基于多 Agent 的车辆调度系统建模与分析

刘培培<sup>1</sup>, 丛海鹏<sup>1</sup>, 代进进<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 92076 部队 北京 102202; 2. 海军航空工程学院, 山东烟台 264001)

**摘要:** 根据车辆调度的复杂性, 以及当前存在的问题, 提出了基于 Multi-Agent 技术的车辆调度系统, 采用 IDEF0 功能建模方法建立了基于管理 Agent、车场 Agent 和车辆 Agent 的系统模型, 并对系统的调度流程进行了研究与分析。

**关键字:** Multi-Agent; 管理 Agent; 车场 Agent; 车辆 Agent; 调度流程

**中图分类号:** U294.893      **文献标识码:** A

## 0 引言

车辆调度处在物资运输计划和实际物资运输的中间, 肩负着传达物资运输任务和监督运输过程的重任, 但目前在实际车辆调度过程中经常会遇到这样一些问题<sup>[1][2][3]</sup>:

(1) 在物资需求量、物资发送量、交发货时间、车辆容量限制、行驶里程限制、时间限制等情况限定下, 如何以尽量短的路程、尽量短的时间、尽量少的车辆完成物资的及时运输。

(2) 如何根据实时客流信息和道路交通状况, 随时调整调度计划, 以免延误物资运输发放。

目前, 各种调度规则与人工智能技术的结合, 已经成为目前调度问题研究的热点<sup>[4]</sup>。本文研究一种多智能体(Multi-Agent)技术, Multi-Agent 系统由多个独立的、相互协调的智能体(Agent)组成, 各 Agent 具有不同的求解方法, 按照事先约定的协议进行通信, 相互合作。这种调度方法适合于复杂调度系统, 能够实现很好的自主性和动态调度<sup>[5]</sup>。针对现代维修作业任务调度情况, 本文对以 Multi-Agent 结构为基础的车辆调度系统进行了系统建模和分析。

## 1 系统结构分析与设计

在车辆调度过程中, 按照功能将与调度系统相关的 Agent 分为以下几类:

### 1、管理 Agent 功能描述

管理 Agent 负责对接收到的运输任务进行处理, 并且根据处理结果返回必要的信息。管理 Agent 所承担的工作主要是管理型的, 用于输出各种任务计划与运输命令等, 不直接控制设备。

该 Agent 的核心功能如下:

1) 任务管理: 对接收到的运输任务进行统一管理, 记录任务的各种基本信息及执行情况。

2) 任务分类与划分: 根据任务性质的不同, 对任务进行分类, 将其转化为有明确起始点、终点和任务量的任务单。

3) 任务分配: 将已分类好的任务单分配给调度 Agent, 同时提供任务的详细信息。

4) 协调管理: 根据车场 Agent 上报的车辆训练日志和维修日志, 对其基本情况进行实时监控。协调管理各车场 Agent 之间的协作与交互。

### 2、车场 Agent 功能描述

车场 Agent 对应各车场监控室, 对本级车场车辆进行统一监控管理。

该 Agent 的核心功能如下:

1) 监控管理: 对本级车场中的车辆进行统一管理, 随时记录每台运输车辆的维修和训练情况。

2) 上报数据: 将车辆的维修和训练记录以日志的形式及时上报管理 Agent, 同时上报车辆的各种基本信息。

3) 任务下达: 根据调度 Agent 分配的调度数据, 将任务下达给各车辆 Agent, 并监控车辆 Agent 的运输情况。

### 3、车辆 Agent 功能描述

在本车辆调度体系结构中，每个车辆 Agent 代表一个实际的运输工具，它一方面随时更新每台车辆的当前状态；另一方面，它代表每个车辆实体在物流调度系统中参与竞争和协作。在该系统中同时具有多个车辆 Agent，其主要功能包括：

1) 任务执行监督：在收到了车场 Agent 指派的任务后，实时监督车辆执行任务的过程。

2) 车辆状况信息通报：定时将车辆当前的运行状况和任务执行的情况等信息反馈给车场 Agent，同时确认车辆的可用程度。

### 4、调度 Agent 功能描述

该 Agent 是系统的核心 Agent，也是系统信息交互的中心，它执行资源分配的优化过程。运输任务信息、仓库物资信息、地理信息、车场 Agent 信息、车辆 Agent 信息都通过它进行交互和计算。同时，它还要负责与车场进行信息交互以及任务发布。它的具体功能如下：

1) 生成车辆调度数据：根据管理 Agent 划分的运输任务以及每项任务的起始时间、起点、终点、运送物资数量及重量、车场 Agent 状态、物资管理 Agent 状态、地理信息 Agent 等动态信息，利用其内部封装的调度算法，得出车辆调度数据，并生成任务单。

2) 任务下达：将生成的任务单同时下达给管理 Agent 和车场 Agent，以利于管理 Agent 对任务运输过程进行监控管理。

### 5、物资管理 Agent 功能描述

对仓库里的物资进行管理，特别是能够与管理 Agent 和调度 Agent 进行交互，在管理 Agent 控制方式下及时更新仓储货物的数量、类型、重量等重要信息，同时向调度 Agent 报告仓储状态。

### 6、地理信息 Agent 功能描述

负责为调度 Agent 提供行驶路线的长度、涉及地点的经纬度坐标信息，并对当前线路的路况信息进行修改，以真实反映道路的行使代价。

## 2 系统中 Agent 之间的协作

车辆调度系统中任务调度的整体功能是通过所有 Agent 相互间的合作与协调来实现的，所以必须建立一套通信机制，以保证 Agent 对调度系统信息理解的完整性、一致性，以及 Agent 之间信息交互的有效性，这样才能实现 Agent 之间消解矛盾，协调行为，相互合作。本文多代理模型中 Agent 协作如图 1 所示，结合调度数据库中的信息，Agent 之间的合作可以完成常见的浏览查询功能，也可以完成前面所述的消息请求和发送。车场一些基本活动如生成车辆维修和训练日志、车辆调度等都可以通过 Agent 协作实现。



图 1 系统整体功能模型图

### 3 系统模型的建立

本文采用 IDEF0 构造系统的功能模型。IDEF0 是 ICAM Definition method 的缩写。IDEF0 是一套对复杂系统进行建模分析和设计的系统方法。其基本概念是在 70 年代提出的结构化的分析方法的基础上发展起来的。其中，由于 IDEF0 方法采用严格的自顶向下、逐层分解的方式来构造系统的功能模型，在许多应用问题中起了很好的作用，在降低项目的开发费用、减少系统的错误、促进交流的一致性和加强管理等方面都产生了效益<sup>[6][7]</sup>。

#### 3.1 系统整体功能模型

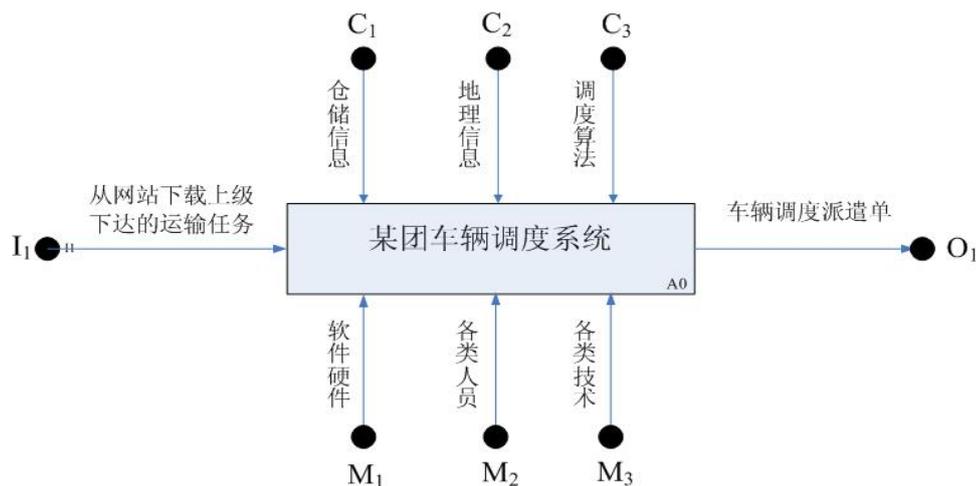


图 2 威胁评估的一般步骤

Fig 1 General Steps of Threat Assessment

#### 3.2 系统详细功能模型

根据系统的整体功能模型，对整个系统进行更详细的功能活动分解，可以得到系统的详细功能模型。以下是模型中主要功能模块的详细介绍：

##### 1) 调度计划管理

该模块主要包括车辆调度申请、车辆调度审批和调度任务管理，其中车辆调度申请单由任务申请人填写，包括申请部门、申请人、任务的起始时间、起点、终点、运送物资数量及重量等相关信息；车辆调度审批单由具有相关权限的审批人填写，包括审批人的姓名、审批时间，同时生成车辆调度派遣单；调度任务管理模块负责将接收到的运输任务进行分类管理，并实时监控任务完成情况，可完成任务的录入、查询、修改、进度监控等功能，该模块负责总体任务的规划与监控，对调度任务进行宏观调控。

##### 2) 车场管理

车场管理模块主要包括车场信息管理、车辆信息管理和在外执勤车辆管理，其中车场信息管理模块能够根据实际情况建立多个车场（勤务车场、运输车场、训练车场等），并对每个车场的训练情况进行管理监督；车辆信息管理模块主要对运输车辆的基本信息进行管理，包括车辆型号、入场时间、平均及最大油耗、里程数、维修次数和原因，以及接受任务时间等相关信息；在外执勤车辆管理模块记录了近一周和 24 小时内在外执勤的车辆信息，包括车辆调度派遣单号、出车时间、归队时间、出发地、目的地、申请人、里程数等信息，并能够对正在执勤的车辆进行实时监控，监控信息以站点图的形式显示。

##### 3) 调度管理

调度管理模块负责对车辆进行调度派遣，包括任务时间规划、路线规划、车辆调度规划，能够根据车辆调度派遣单、库存信息和动态地理信息核算出任务最快和最慢完成时间，同时生成线路图，其中标示出不同线路及里程数，并记录每条路线的基本路况信息。

### 4. 系统模型的调度流程

我们用一个简单的例子来描述本文中基于 MAS 模型的调度流程。假设某部门接收到某种物资运输任务，简单的调度步骤如下所述：

Step1: 当系统接收到运输任务时，管理 Agent 被激活产生。

Step2: 管理 Agent 按照任务的运输类型进行分类。在此系统中，可分为勤务保障运输、短途运输、长途货物运输等类型。

Step3: 管理 Agent 根据不同的运输类型和相关信息生成车辆调度派遣单，并将其下发给相应的车场 Agent，若车场 Agent 无法完成任务，则返回 Step2；若能够接收任务，管理 Agent 会将派遣单发送给调度 Agent，并通知调度 Agent 准备生成调度计划。

Step4: 调度 Agent 根据车辆调度派遣单的信息，唤醒物资管理 Agent 和地理信息 Agent，根据封装好的调度算法，得出调度数据，并将其发送给车场 Agent。

Step5: 车场 Agent 接收到调度数据后，根据当前车场中车辆信息和在外执勤车辆信息，将需要变动的数据信息反馈给调度 Agent。

Step6: 收到反馈信息后，若需要进行重新计算调度数据，调度 Agent 返回 Step4；若调度数据正确，继续下一步。

Step7: 车场 Agent 根据调度数据，将任务下发给每个车辆 Agent。

整个调度过程是各 Agent 在调度数据库的基础上交互协作完成。Agent 按照前面所述的机制进行通信协作，调度过程中处理的信息保存在调度数据库中相应的表中。对于一些例外情况的处理，如任务是紧急运输且车场车辆紧缺，则手工修改车辆调度派遣单。

## 5 结论

基于多 Agent 技术的车辆调度系统综合了多个关键技术，具有很强的车辆调度能力，是车辆调度系统的发展方向。虽然在 Agent 的协调、Agent 的规范、车辆调度系统构架等方面还不是非常成熟，但必定在许多领域将得到广泛的应用。

### 参考文献:

- [1]. 王景国, 佟常青, 陈博文. 军事运输车辆调度问题的模型设计与算法研究[J]. 军事交通学院学报. 2010, 12(05): 76-79.
- [2]. 田 丰, 邢清华. 场站飞行后勤保障车辆调度仿真优化[J]. 计算机工程与设计. 2010, 31(21): 4708-4711.
- [3]. 宋维堂, 张淑梅. 车辆调度优化模型仿真研究[J]. 计算机仿真. 2011, (09): 346-349.
- [4]. 牟峰. 车辆调度问题的研究现状及发展趋势[J]. 西华大学学报(自然科学版). 2012, 31(05):37-41.
- [5]. 袁润文, 宋瑞. 基于 Multi-agent 技术的城市快捷客运车辆调度系统研究[J]. 交通标准化. 2012,(12):121-124.
- [6]. 张智慧. 基于 IEDFO 的装备维修保障系统功能模型的建立[J]. 军械工程学院学报. 2004, 16(06):15-19.
- [7]. 唐丁丁, 喻德友, 肖振广,等. IDEFO 功能建模及在通信对抗决策系统中的应用[J]. 电子对抗. 2011,(03):46-49.