

基于多 Agent 的车辆调度系统建模与分析

刘培培¹, 丛海鹏¹, 代进进²

(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^{[1][2][3]}:

(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^[4]。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^[5]。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。

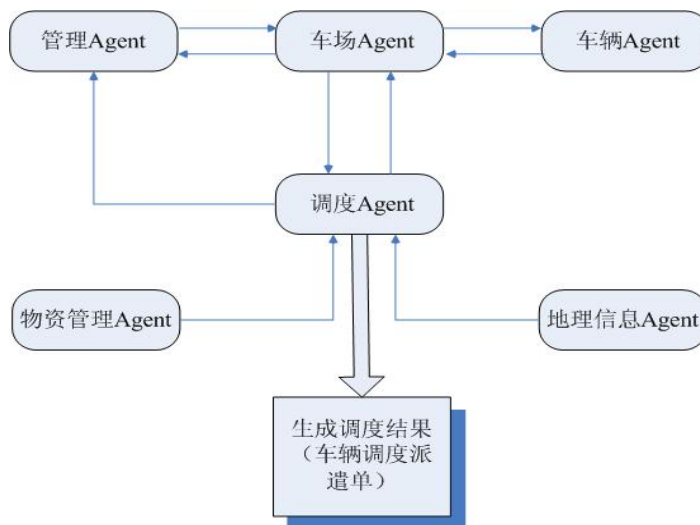


图 1 系统整体功能模型图

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^{[6][7]}。

3.1 系统整体功能模型

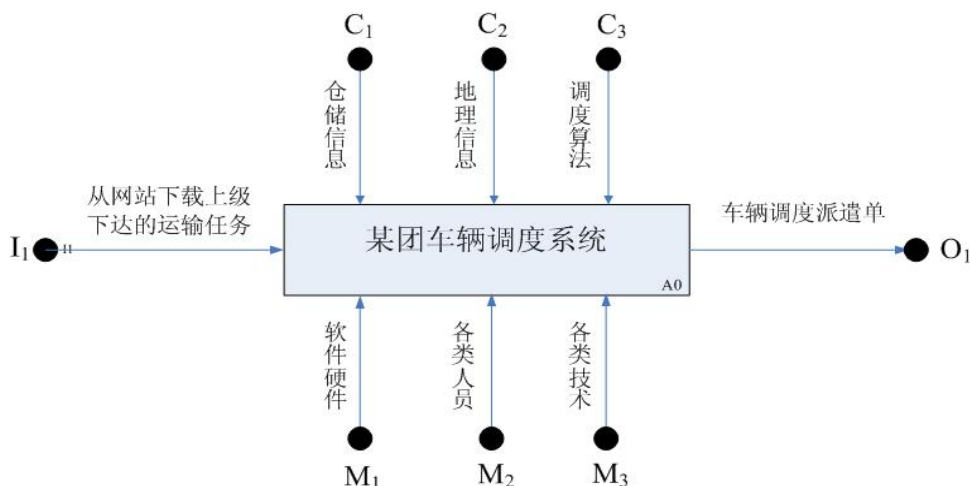


图 2 威胁评估的一般步骤

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.