

# 多代理的航班保障 定时序列调度模型

余一清 汪宏斌 (武汉大学计算机学院 430072)

王保兵 (武汉华中科技大学系统工程研究所 430079)

周洞汝 (武汉大学计算机学院 430072)

## Timed Series Process Model of the Flight Service Based on Multi-Agent

摘要: 机场航班保障过程是一个典型的离散调度过程, 本文通过对机场现行保障模式的分析, 提出了基于多代理航班保障定时序列调度模型。此模型的各代理与机场的各项保障业务紧密联系, 形成一个定时调度系统, 保障了机场生产调度服务正常运行。

关键词: 多代理 定时序列 航班保障 多代理系统

### 1 引言

机场运营调度是一个典型的离散的调度过程。生产调度意为在规定的时间内用以保障某个系列的操作规程而对可获得的生产资源进行分配。生产调度的最主要的任务就是合理分配有限资源, 解决冲突, 达到所求目标最优。一般讲, 调度问题涉及一系列需要完成的工作, 其中每项工作包括一系列必要完成的动作, 操作需求一定的资源, 并且根据一定的可行的技术工序来完成。调度过程中受到各种因素的制约如工序优先级、资源的制约, 时序要求, 成本等等的限制。一般的生产有五个基本的属性: 边缘范围 (Boundary Satges) 指一项工序必须在指定的时间完成; 多重目标 (Multiple Objectines) 指调度方案中涉及到多个目标优化满意方案, 并且目标间可能发生冲突; 随机性与失调 (Random Events and Disturbances) 指在生产调度中有许多随机发生的现象, 也可能出现资源冲突的现象; 工序规程 (Process Routings) 指在每个工序种都有自己技术规程。复杂性 (Complexity) 指生产调

度问题是在等式或不等式约束下求性能指标的优化, 在计算量上往往是完全问题, 因而使得一些常规的最优化的方法往往无能为力。

机场调度是一个比较典型的生产调度过程。机场调度有两个重要的研究目标, 一个是实现资源优化调度管理方案, 科学利用机场资源; 另一个获得及时和有效的信息流, 提供辅助决策数据, 及时调整运营方式与运营策略。

### 2 多 Agent 的智能生产调度系统

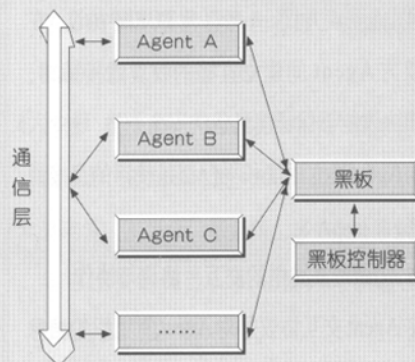
基于 Agent 的生产调度系统是由具有不同知识的 Agent 组成的一个多 Agent 系统, 每一种 Agent 所具有的优化调度知识的表示各不相同, 彼此之间通过通信网络联结在一起, 并以此为基础进行彼此之间的协商、协调、协作, 同时所有 Agent 都与系统的黑板子系统连接在一起, 通过黑板 Agent 共享彼此之间的结果, 且系统通过黑板子系统进行任务的分解、控制任务的解题方向和解题进度。多 Agent 的智能生产调度系统的结构示意图如图 1 所示。

### 2.1 智能 Agent

智能 Agent 是分布式人工智能目前的一个研究热点, 是当前人工智能和计算机科学领域发展最快的理论之一, 同时也被认为是人工智能的最初目标, 也是人工智能的最终目标。美国 Agent 研究先驱之一 Maes 认为: 自治或自主的 Agent 是指那些宿主于复杂动态环境中, 自主地感知环 Agent 境中的信息, 自主地采取行动, 并实现一系列预先设定的目标或任务的计算机系统。

一般认为, Agent 是由具有知识、信念、意向、期望等因素组成的一个实体, 自主性与交

图 1 多 Agent 的智能生产调度系统的结构示意图



互性是它的特点。多系统是由不同的单个 Agent 组成的为完成某一特定任务而组成的集合,一般地,单个 Agent 总是处在多系统的环境中:多个 Agent 构成的系统是动态、复杂和不确定的; Agent 要对熟悉的环境作出迅速的响应,同时能够处理与其他 Agent 的冲突,或者与其他 Agent 协调解决冲突,规划其行 Agent 为,并最终作出决策。Agent 通过感知来了解环境,通过执行动作实现其目标并影响环境, Agent 不仅要有知识,更要有自我的意向。

## 2.2 多 Agent 的通信机制

在多 Agent 系统 (MAS) 中,各个 Agent 是通过相互间的消息发送和接收来协同工作的。通信机制使得各个 Agent 能够互相传递消息,正是基于协作机制,各个 Agent 才能根据运行过程中所传递的消息,协调彼此的行动,实现合作。多 Agent 中,通信连接方式有如下 4 种情况:黑板模式、联邦方式、广播方式、点到点方式。

(1) 黑板模式:在分布式人工智能中,黑板实际上是一个共享存储区,在分布式问题求解系统中,往往采用的是黑板模型通信方式。

(2) 联邦方式:当系统中的 Agent 的数目相当巨大时,直接通信方式的通信量和成本是相当惊人的。一各 Agent 内部均配置了一个媒介子 Agent,各个 Agent 只与本组内的媒介子直接通信,通过他来接收、转发消息。这大大减少了 Agent 之间的连接链路数目。

(3) 广播方式:在这种方式下,每个 Agent 所发出的每条消息会被所有 Agent 所接收到。这种方式下的消息分为两种类型:公共消息和定向消息。这种方式往往用于系统比较简单、消息种类和数量均较少的情况。

(4) 点到点方式:一般采用 TCP/IP 协议,在通信双方 Agent 间建立直接的物理连接链路。TCP/IP 协议能够保证信息包的安全到达,现今大部分的 Agent 建立语言和平台都是使用的直接通信方式。

## 2.3 多 Agent 系统中的交互、协调与协作

多 Agent 交互协议是对 Agent 有组织的信息

交换过程的一种抽象和规定,它直接反映了 Agent 交互目的和交互规则,与 Agent 内部的推理机制也紧密相关,是 MAS 研究的重点。多 Agent 交互协议根据交互目的可分为协调协议、协作协议和协商协议。根据交互协议的作用时间可分为长期协议、中期协议和短期协议等,也可根据不同的需要采用综合性的交互协议。多 Agent 的交互策略涉及到对待问题的分析,对相关 Agent 情况的了解,以及对相关交互协议的分析。虽然现在的应用研究大都采用 MAS 的设计阶段由设计人员预先分析解决 Agent 的交互策略,但 Agent 在运行状态下自主进行交互策略的制定即动态交互策略的制定更为重要,目前这方面的理论研究还不成熟,有待进一步拓展。

MAS 的研究重点在于如何协调在逻辑上或物理上分离的、具有不同目标的多个 Agent 的行为,使其为了联合采取行动或求解问题,协调各自的知识、希望、意图、规划、行动,以对其资源进行合理安排,最大程度地实现各自和总体目标。因此, MAS 中各 Agent 在社会层次上的知识和行为、协调与协作成为 MAS 研究的核心问题。

## 3 机场调度的多 Agent 的定时事件序列控制模型

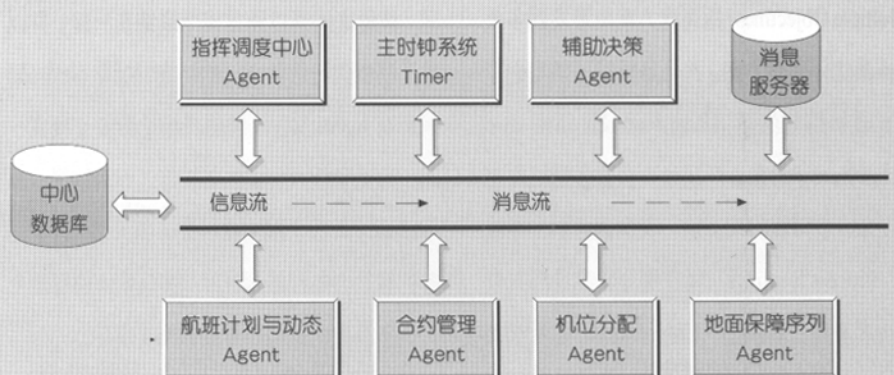
多代理 (MAS) 系统是由多个独立的相互协调的代理 (Agent) 组成的计算系统,在代理中,代理各自具有不同的问求解方法,按照协定的协商策略进行通信与协作。在机场调度系统的多 Agent 的典型应用中,存在一个指挥中心总控代

理,多个执行代理,各个代理各司其职,相互协调与合作,共同完成机场运营调度系统。采用了如图 2 所示的多 Agent 控制模型,在机场航班生产过程中,通常,机场当局生产指挥中心按照航班运行计划(即航班时刻表)和生产保障流程的约定,定时下达生产指令和资源(如值机柜台、机务检查、廊桥、机位、摆渡车等等)调配生产指令,并根据航班动态信息(航班加降、备降、延误航班、紧急救援等等),实时调度协调各生产部门的生产过程和生产保障进度。这一生产调度控制过程,由事务处理协调控制 Agent 承担,其他 Agent 赋予部门生产保障的职能,分别根据生产指令、保障进程的时序标准和生产质量指标进行具体业务保障以及相关资源管理。这一生产过程随航班飞机的起飞和降落按照航班计划和动态在定时地重复航班完整的保障序列。机场航班运输生产控制系统中的创建以下几个代理 (Agent)。

其中,指挥调度中心代理是管理 Agent (Manage Agent, MA) 负责任务分配、处理异常情况等工作,同时负责整个生产指令的制定与监控,根据航班计划与动态来实时指挥和调度资源,负责资源冲突协调与消除。

航班计划与动态 Agent,负责接收生产指挥中心输入的航班动态信息,及时向各生产部门、公众社会以及旅客发布航班信息,并根据航班信息和定时系统,触发相关的生产管理 Agent,通过事务处理协调控制 Agent,协调与该航班相关的整个生产过程。数据通信 Agent 在航班定时信息的触发下启动相应服务,对远程的服务 Agent 进行数据同步处理和生产过程协同处理。

图 2 多 Agent 控制模型



机位分配 Agent, 根据航班信息、机型、航线、VIP、可用登机门和停机位等多种信息, 为进出机场的飞机进行机位预分配和实时分配, 负责机位的冲突检测, 并对机位信息进行管理和发布。

地面保障序列 Agent 是执行 Agent (ExecuteAgent, EA), 根据航班信息, 以及机型、停机位、客货等信息, 对当班飞机进行机位引导、机务检查、加水加油、清洁、装卸行李、配餐等业务保障过程的执行。同时, 在机场新的三级调度模式下, 地面保障序列同时也兼有二级部门执行管理(Execute Manage Agent, EMA)大部分功能, 负责执行保障作业任务, 任务执行情况的显示。

合约管理 Agent, 实现保障协议条款、进程和协议保障部门之间的对应关系, 将涉及同一进程的保障协议条款归类, 定义类别编号, 条款类别与进程类别实现一对一或一对多的关系, 合约将是调度的基础, 也是机场结算的主要依据。

辅助决策 Agent, 根据调度结果和任务执行情况, 及时结算各项消耗及费用, 为收费管理、效益管理和绩效考核提供依据, 实时提供整个机场生产运营状况的数据, 使决策者可以直观地了解到机场不同机型、航线的收益和成本情况, 并能直观的反映机场服务保障质量情况, 提供多种预测、分析、计划优化的功能, 为生产指挥中心的决策起到辅助作用。

基于多 Agent 的生产调度体系结构是指系



统中 Agent 之间的信息关系和控制关系, 以及整个系统的分布式模式, 它通过全局目标及 Agent 之间的协作关系, 提供 Agent 活动和交互的框架。具体结构见图 3 所示。调度过程为首先由指挥中心代理下达保障任务信息和航班计划与动态信息, 由 MA 接收, 按保障流程与规程执行保障, 并把保障相关的信息反馈给 EMA, EMA 把这些保障信息向上一级指挥中心 MA 发布, 同时处于对 EA 任务执行的监视状态之中, 并对出现的问题进行初步协调。MA、EMA 的任务分配与分解以及各 EA 对各自任务的排序都以全局约束为依据, 主要调度策略都保存在各自的知识库中, 由 MA 指挥中心统一调度规划与下达。

由于各航班的处理流程相似, 因此系统将根据航班信息和定时信息, 为每一个航班产生相应

的 Agent 实例(Instance), 进入相应的航班生产服务与过程控制。

#### 4 总结

本文对多 Agent 系统进行了详细的分析, 并具体分析了机场的生产保障业务流程, 结合 MAS 院里提出了航班保障定时序列调度模型, 此模型的提出, 有效解决了机场繁忙的保障业务, 为提高机场保障工作的效率作出了巨大贡献。 ■

#### 参考文献

- 1 Zambonelli F, Jennings N R, Wooldridge M. Organizational Abstractions for the Design of Multi-Agent System. Wooldridge Ciancarini P. Agent-Oriented Software Engineering. Lecture Notes in AI. Berlin: Springer Verlag, 2001.
- 2 Xia Hongshan. Process-driven analysis & design of MIS. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 1999, 16-22.
- 3 宋德舜, 基于 Agent 的分布式业务过程管理系统 DBPM/AB 的设计和实现, 计算机科学, 2000, 27 (3): 35~39.
- 4 赵博, 范玉顺, MAS 技术在生产调度研究中的应用, 控制与决策, 2003, 18 (1): 1~10.
- 5 刘向军, 刘世平, 张洁等, 多 Agent 系统通讯与协作机制构造, 机械设计与制造工程, 2002, 31 (2): 40~45.

图 3 基于 MAS 的调度系统结构

