

协作企业制造过程多 Agent 调度建模技术

杨沁¹, 卫道柱¹, 赵福民²

YANG Qin¹, WEI Dao-zhu¹, ZHAO Fu-min²

1. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 合肥 230009

2. 上海贝尔阿尔卡特股份有限公司, 上海 201206

1. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

2. Shanghai Alcatel-Lucent Co., Ltd., Shanghai 201206, China

YANG Qin, WEI Dao-zhu, ZHAO Fu-min. Multi-agent scheduling modeling technology in collaboration enterprise manufacture process. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(29): 214-216.

Abstract: The order faced and WWW based model of collaboration enterprise manufacture process is constructed. Through the collaboration flow of multi-Agent in shop scheduling, the UML description mode of multi-Agent entity in shop scheduling is set up. Adopting contract net protocol and taking the time of delivery, the cost of production, and the equipment capacity factor etc. as performance indexes during multi-Agent bidding, the dynamic processing model of distributed product scheduling is formed. Finally it uses an example to validate the feasibility of multi-Agent scheduling modeling technology.

Key words: dynamic scheduling; multi-Agent; contract net protocol; Unified Modeling Language(UML) modeling

摘要: 构建了面向订单的基于 WWW 协作企业制造过程模型。通过车间调度的多 Agent 协作流程, 建立车间调度多 Agent 实体的 UML 描述方式。采用合同网协议, 把交货时间、生产成本和设备利用率等作为多 Agent 投标时的性能指标, 形成分布式产品调度动态处理模型。最后通过一个实例来验证多 Agent 调度建模技术的可行性。

关键词: 动态调度; 多 Agent; 合同网协议; UML 建模

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.29.064 **文章编号:** 1002-8331(2009)29-0214-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

在制造过程中, 调度是对一组可用的机床集在时间上进行加工任务集的分配, 以满足一个性能指标集。基于 WWW 企业是面向客户及市场需求, 以缩短产品开发周期, 降低成本, 改进产品质量为目的^[1]。其主要生产模式是面向订单的客户化生产, 调度属于协作式作业类型, 具有分布性(由不同地域的多个协作企业合作完成)、多目标(如加工时间最短、利润最大、生产成本最低等)、动态性(如机床故障、任务提前完成、突发任务到达等)等特点。

传统的调度算法(如控制论方法、模拟退火算法、遗传算法等)对于网络化的生产调度要求一直没有取得理想的效果^[2], 运用多 Agent 技术对网络化协作企业建模, 能够自然准确地反映系统的静态结构和动态运行过程^[3], 将复杂问题分散化处理, 简化系统计算的复杂性, 具有优良的可移植性和可扩展性^[4], 能提高调度的可行性, 来克服传统的调度方法存在的缺陷。

1 面向订单的 WWW 制造过程

企业按照客户订单组织生产: 接收订单、设计产品、安排加工工艺路线、调度加工过程, 直至生产出合格的零件, 并最终把产品交给客户。运用 CIMS 开放体系结构技术对面向订单的产

品设计和制造过程建模。如图 1 所示。

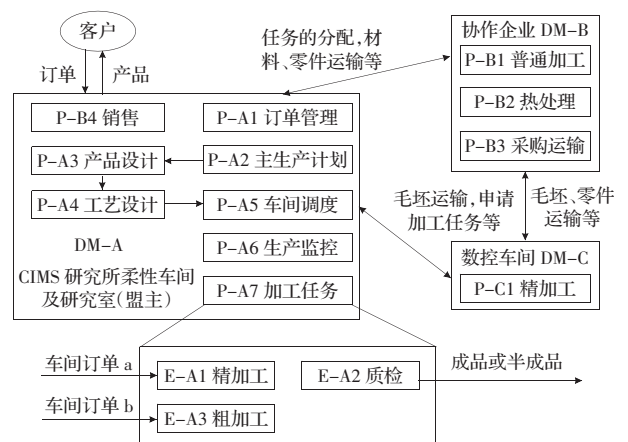


图1 面向订单的 WWW 制造过程模型

在该模型中, CIMS 研究所柔性车间是盟主, 负责接收和管理订单。它与部分企业等盟友合作完成订单产品的生产。当柔性车间接收到订单时, 经过对客户的鉴别和订单的分析, 确认自己接受此订单能够为企业带来效益, 就与客户签订合同。面

基金项目: 安徽省高校青年教师科研资助计划项目(No.2006jql018)。

作者简介: 杨沁(1971-), 副教授, 博士, 研究方向为智能制造系统, 多 Agent 系统; 卫道柱, 讲师, 研究方向为数控技术; 赵福民, 博士, 系统分析员, 研究方向为企业信息化。

收稿日期: 2008-06-03 修回日期: 2008-07-31

向订单产品的生产包括订单管理、主生间计划、产品设计、工艺制定、调度、普通加工、精加工、热处理及采购运输等过程。订单管理、主生间计划、产品设计、工艺制定、车间调度、半精加工和精加工由 CIMS 研究所的柔性车间完成;粗加工、热处理和采购运输等由底层企业完成;部分精加工由数控车间完成。

2 基于多 Agent 的车间调度

运用多 Agent 技术对制造过程中车间执行实体进行建模,如图 2 所示,参与车间调度的 Agent 主要有如下几种:

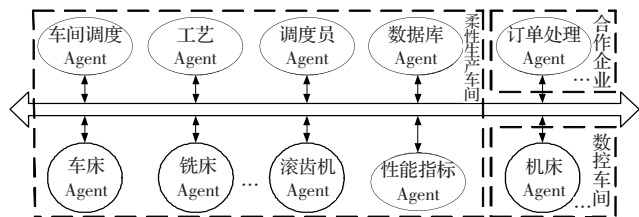


图 2 参与网络化车间调度的 Agent

(1)车间调度 Agent:负责从主计划 Agent 处接收车间作业任务,如果需要,它会把接收到的任务分解,分配作业,并通过合同网协议把任务下发给各机床 Agent,把分配结果提交给调度人员 Agent。

(2)性能指标 Agent:动态调整调度指标的计算方法,根据机床 Agent 的投标参数计算综合指标,包括加工时间,加工成本,设备利用率等。

(3)工艺 Agent:工艺 Agent 负责制定零件的加工工艺路线,并把结果交给车间调度 Agent。

(4)数据库 Agent:根据 Agent 的投标参数计算综合指标。参数的权系数可由调度员人工设定。维护车间内的调度信息,如:当前的任务分配表,新任务表等。

(5)调度员 Agent:调度人员利用其评价、确认、调整或取消车间调度 Agent 的预调度结果。

(6)订单处理 Agent:订单处理 Agent 负责接收和确认订单、订单的优先级确定以及把订单提交给车间计划 Agent。

(7)机床 Agent:用于描述机床,包括车床 Agent、铣床 Agent、滚齿机 Agent 等。它们通过合同网协议从车间调度 Agent 处获取加工任务。机床 Agent 利用本地数据库保存机床的有关参数、加工任务的历史记录等信息。

用统一建模语言 UML 的合作图来描述车间内各 Agent 完成一次加工任务的协作过程,如图 3 所示。

客户向柔性车间发出订单,经过柔性车间的订单处理、主生产计划、产品设计、工艺设计到达车间调度 Agent。车间调度 Agent 把任务分解,并与协作企业车间调度 Agent 谈判,向其分配部分任务,自己保留部分任务。然后,把自身保留的任务按招标的形式,下发给各台机床。部分投标的机床 Agent 发送投标参数给车间调度 Agent,车间调度 Agent 把这些参数交给性能指标 Agent,性能指标 Agent 计算出各投标 Agent 的综合指标后返回给车间调度 Agent。车间调度 Agent 预选出一个最优值,再把全部结果交给调度员 Agent。调度员通过调度员 Agent 分析评价预调度的结果;若可行,则确认执行;否则,重新安排工艺,进入下一轮循环,直到调度员确认最后结果。最后,车间调

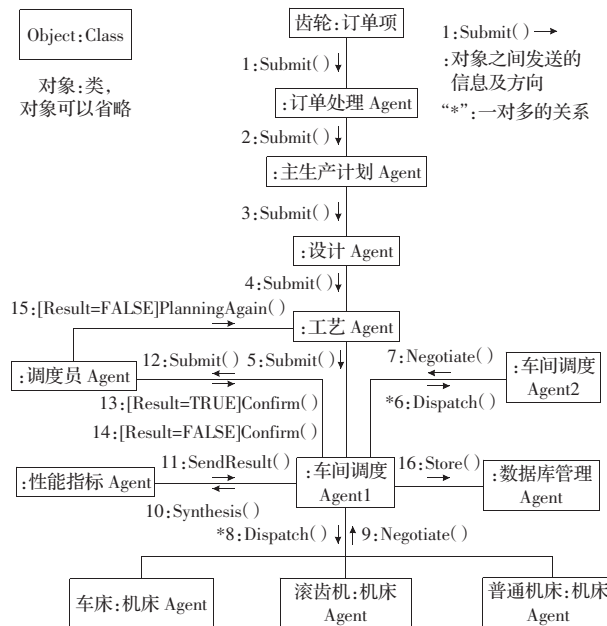


图 3 多 Agent 协作流程

度 Agent 通过与机床 Agent 签订合同,把任务分配给中标者,并把任务存贮到数据库中。

3 车间调度的 UML 描述

用 UML 描述 Agent 所具有的基本操作,如图 4 所示。

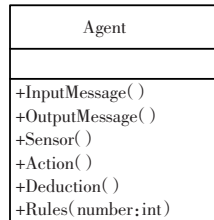


图 4 Agent 的基本函数功能

(1)函数 InputMessage()和 OutputMessage()负责 Agent 与外界的通讯,即向外界接收信息或者发出信息。

(2)函数 Sensor()是 Agent 的传感器,能够感知外界环境变化。外界环境可用参数描述,当外界环境发生变化时,相应的参数会发生变化。参数的变化激发 Sensor()运行,Sensor()也可以定时地检测相关的参数,一旦参数发生变化,就主动地从知识库中提取知识,以供推理机决策。

(3)函数 Action()负责执行 Agent 行为。Agent 行为可以作用于自身、其他 Agent、也可作用于外部环境。在实际的 Agent 中,该函数常被具体的行为函数代替。

(4)函数 Deduction()表示 Agent 的思维。它负责从 Agent 的知识库中提取相关的知识并决策。

(5)函数 Rules(number:int)描述 Agent 的知识规则,其参数为选择的规则号。当 Agent 需要推理时,会选择对应的知识规则,并产生相应的结果。

参与车间调度的部分 Agent 的主要属性和操作用 UML 语言描述如图 5 所示。

利用多 Agent 协作的方法,通过合同网协议,使有任务的

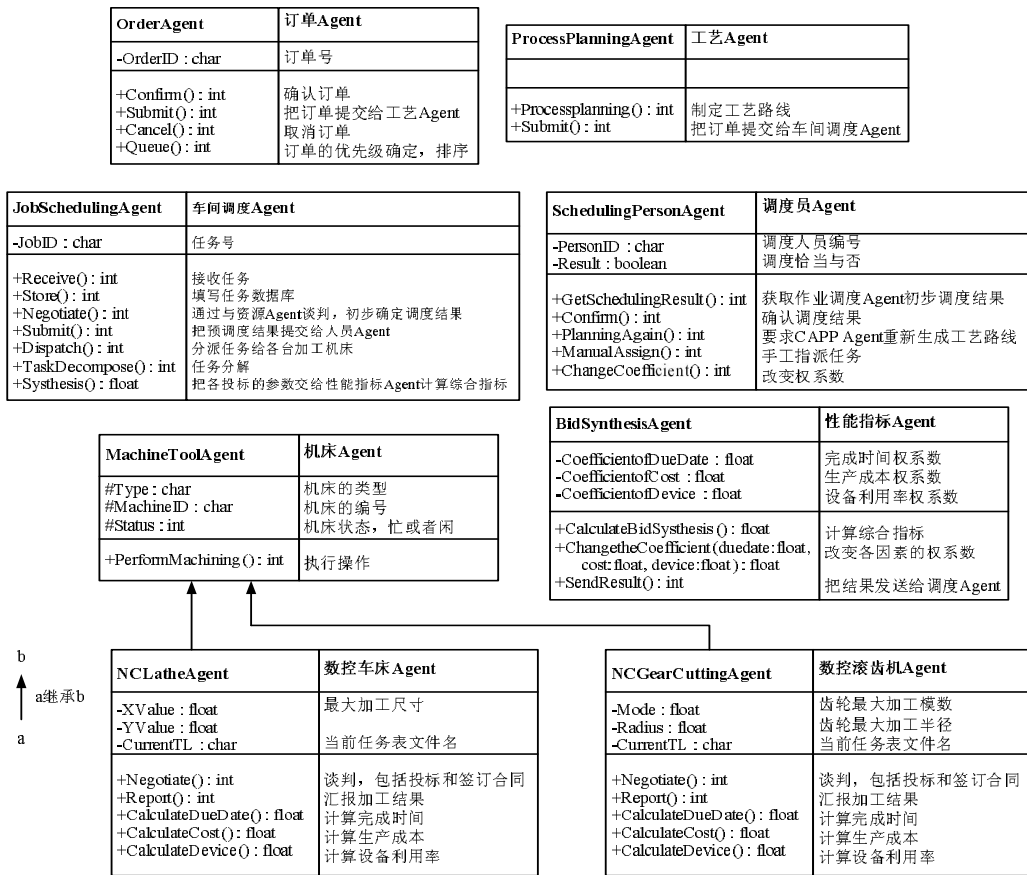


图5 各 Agent 的 UML 语言描述及接口解释

Agent 可主动分配任务,而空闲的 Agent 可主动申请任务^[7],从而在网络化车间调度系统中提高了工作效率及可靠性。根据网络化车间调度的多目标特性,把交货时间、生产成本和设备利用率作为 Agent 投标时的主要参数,其他目标作为附加参数。性能指标 Agent 根据各投标 Agent 提供的各类参数,作为多 Agent 谈判的依据,把任务分配给综合指标最高的 Agent。

4 实例

对于两级齿轮变速箱中的一个齿轮零件,其加工任务含有粗车端面和外圆(op1)、精车端面和外圆(op2)、滚齿(op3)等 3 个操作,有 4 台机床来执行这些任务,且 4 台机床目前也正处于运行状态,即有当前的任务列表。每台机床可执行一个操作,数控车床 1,2 可执行 op1 操作。

(1)按先来先服务顺序,即一旦接收到任务,就依次从第一道工序往下分配方式,以“推式”计算各工序的最早可能开始时间,如图 6 所示。

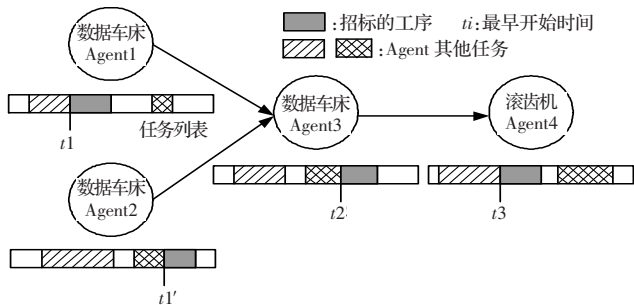


图6 各工序最早开始时间

(2)按零件的交货期限,首先从最后一道工序开始向前分配执行任务,以“拉式”计算生产时最晚必须结束时间,如图 7 所示。

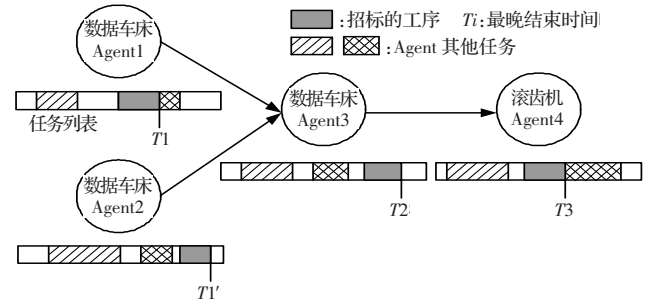


图7 各工序最晚结束时间

(3)计算各工序的松弛时间 ΔT_i ,即各道工序最晚必须加工结束时间和最早可能开始加工时间之差。计算各工序加工成本 C_i 和设备利用率 M_i 。

(4)计算各工序的综合指标 $E_i = \lambda_1 / \Delta T_i + \lambda_2 / C_i + \lambda_3 \cdot M_i$ ($\lambda_1 \sim \lambda_3$ 为权重系数)。E 为最大值的工序表示松弛时间最短、加工成本最低、设备利用率最高的关键工序。

采用计划与调度相结合的方式,首先找出关键任务,然后根据关键任务分配其他任务,制定出车间作业计划。当车间运行状态受到干扰时,根据实时状态重新分配部分任务,形成随机动态调度。

图 8 为变速箱齿轮调度实例的运行界面。

(下转 229 页)