

DOI:10.11992/tis.201506008
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20160315.1051.004.html>

基于多 Agent 的面向订单的 离散制造系统建模与仿真研究

郭红康¹, 赵军²

(1. 宁夏大学 数学计算机学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 经济管理学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:针对离散制造企业复杂性和对制造系统的特殊要求, 构建了基于多 Agent 的面向订单的离散制造系统结构模型, 采用统一的个体 Agent 结构, 简化了基于 Agent 的制造系统设计和开发。并对生产过程的复杂性导致的生产任务分配困难的问题提出了以 Agent 负载、能力和信任度为指标进行综合考虑和评价, 并结合合同网机制有效提高 Agent 任务分配和协作效率, 简化任务分配过程。最后以控制阀生产企业 A 为例采用 Swarm 仿真工具进行仿真实验, 对所提出结构模型及任务分配策略的合理性和有效性进行验证, 结果证明提出的 Agent 结构模型和分配策略能够有效提高企业生产效率。

关键词:离散制造; Agent 结构; 多 Agent; 任务分配; 建模; 仿真

中图分类号: TP18; TH128 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2016)02-0233-08

中文引用格式: 郭红康, 赵军. 基于多 Agent 的面向订单的离散制造系统建模与仿真研究[J]. 智能系统学报, 2016, 11(2): 233-240.

英文引用格式: GUO Hongkang, ZHAO Jun. Modeling and simulation of order-oriented discrete manufacturing system based on multi-Agent[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2016, 11(2): 233-240.

Modeling and simulation of order-oriented discrete manufacturing system based on multi-Agent

GUO Hongkang¹, ZHAO Jun²

(1. College of Mathematics and Computer Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. College of Economics and Management, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: For the complexity of discrete manufacturing enterprises and special requirements of a manufacturing system, an order-oriented discrete manufacturing system model based on Multi-Agent was constructed. This model adopts a unified individual Agent structure, which simplifies the design and development of the manufacturing system based on Agent. The indexes of Agent loads, ability, and confidence were considered and evaluated comprehensively to solve the complexity of production that causes difficulties in task assignments. The CNP mechanism was combined to effectively improve Agent assignment and collaboration efficiency, as well as simplify the task process. Finally, with the control valve manufacturer A as an example, the simulation tool Swarm was used to validate the rationality and effectiveness of the structure model and the task assignment strategy. Results showed that the proposed Agent structure model and allocation strategy could effectively improve the production efficiency of enterprises.

Keywords: discrete manufacturing; Agent structure; multi-Agent; modeling; simulation

收稿日期: 2015-06-04. 网络出版日期: 2016-03-15.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71461025); 国家科技支撑项目(2013BAF02B05).

通信作者: 赵军. E-mail: wwwzhaojun@163.com.

随着市场环境的复杂多变和竞争的日益加剧, 产品多样化给制造与管理带来一系列问题, 导致零件种类和装配工作复杂性的迅速增加, 使得传统的

大批量生产模式已不能满足顾客对产品品种、交货期、价格和质量的要求,为解决这一问题,多品种、小批量、按订单生产的生产组织方式出现,能够适应市场复杂多变和难以预测的问题,按需求、按订单,保质、适量、准时地生产,是以缩短交货期、降低库存为目的生产体制。为提高多品种小批量生产效率唯有减少零件变化、提高生产系统的柔性和企业竞争力,离散制造执行系统(MES)为这一问题的解决提供了方法。但是目前大多数生产制造企业信息化程度不高,如计划的下达、调度任务的安排等都还依赖于人工分配,这就造成了生产管理层与生产控制层的脱节,使得企业在完成企业资源管理的同时无法对企业生产过程进行有效控制,这就需要一个合理的制造执行系统并能够容易地与企业资源计划、车间控制系统及其他制造系统相集成来建起企业生产活动与企业管理活动信息化之间的桥梁。

分布式制造是制造系统的关键技术之一,离散制造企业与传统流程企业相比,产品种类多样化且结构复杂、物料多样化、生产过程控制复杂多变、小批量、工艺结构复杂、加工环境复杂多变,使得制造工艺、流程和生产调度十分复杂。这无疑给离散制造业 MES 结构模型提出了挑战。面对制造系统外部环境的异构性、不稳定性、变化性和不可预测性,要求制造系统快速适应环境变化并对其自身做出适时调整,从而实现对市场环境的灵活应变、新产品的快速开发及经营过程的动态重组^[1-2],而传统的面向对象、Petri 网等技术已无法满足离散制造系统对其自适应性、动态性、集成性、分布性等的要求。多 Agent 技术最适用于具有模块化、分散的、变化的、分布性、结构信息不完整以及复杂等特征的领域,能够为离散制造系统建模提供一个有效途径。因此,离散制造业 EMS 应该是分布式的自治系统,通过采用模块化的分布式、可集成、可扩展的多 Agent 协作协同模式^[2-3],能够为离散制造系统提供一个合理的模型结构。

目前对离散制造系统的研究主要集中在生产能力与自组织模型、生产控制过程中死锁、冲突问题的解决及系统框架的研究,对系统整体模型结构及系统内部成员间的协作协同的研究较少或停留在语义分析、理论研究及本体建模方面,其次每一功能模块的设计相互分离^[4-8],这无疑增加了建模的复杂性,并且缺乏对系统的约束,往往假设系统环境不变、资源、设备产能等无限,这是不符合实际生产需要的^[9],文中针对存在的问题,构建了基于多 Agent 的

面向订单的离散制造系统结构模型,采用统一的个体 Agent 结构,并提出了以 Agent 负载、能力和信任度为指标进行综合考虑,结合合同网机制来有效提高 Agent 任务分配和协作效率,减少生产过程中存在的冲突问题。

1 Agent 与多 Agent

Agent 技术来源于分布式人工智能 DAI 领域,它的概念由 Minsky 在其 1986 年出版的《思维的社会》一书中提出,Minsky 认为社会中的某些个体经过协商之后才可求得问题的解。Agent 是一种在分布式系统或协作系统中能持续自主地发挥作用的计算实体^[2-3],所研究系统的某种抽象,它能够在一定的环境中为了满足其设定的目标而采取一定的自主行为,能够感知环境并且适应环境变化。Agent 具有 4 个特征^[10]:1) Agent 是一个具有明确边界和界面的问题求解实体;2)具有智能性,通过感知器来感知所处环境,并通过效应器及时地对环境刺激做出反应,以适应环境变化;3)具有自治性,Agent 的行为应是主动的、自发的,有自己的目标和意图;4)具有社会性,通过某种 Agent 交互语言与其他 Agent 进行交互,能有效与其他 Agent 协作。除了上述特征外,Agent 还具有推理能力、规划能力、学习和适应能力,适合于解决模块化、分散化、可变性、复杂性问题。

MAS(多 Agent 系统)是一个松散耦合的 Agent 求解网络^[11],研究在逻辑上或物理上分离的多个 Agent 通过交互、协作、自主协调其智能行为(知识、目标、意图及规划等),进行问题求解^[12]。多 Agent 子系统即相互独立,又相互协同交互。

2 系统的结构模型

2.1 个体 Agent 结构

主体是 DAI 和 CAS 中最重要的模型构建,强调主体自治性和协作协商能力。因此,设计一个具有一定自适应能力、自治能力、交互协商能力、规划能力和计算能力的主体模型,对离散制造系统的构建至关重要。

MAS 研究重点在于个体 Agent 个体结构的设计和多 Agent 交互,即 Agent 心智状态的描述和内部实现框架的构建方面。个体 Agent 的设计是整个系统设计的关键,文中结合多功能型 Agent 定义,在文献^[13-14]基础上给出了离散制造系统个体 Agent 的结构,如图 1 所示。

各功能模块的解释:1)身份信息,名称(Agent 在

模型中的唯一标示),职责(Agent 所承担的业务),状态(Agent 当前所处的工作状态);2)通信管理模块,由传感器(Agent 感知外界环境变化的部件,根据预先设定好的规则工作)、信箱(存储消息序列)和消息发送器(向其他成员 Agent 发送消息)组成;3)协商管理模块,负责 Agent 之间的协调活动,与智能模块交互,进行招标、投标决策和标书评估,与通信模块交互,进行招标、投标处理和协商结果发送;4)智能模块,Agent 的核心,直接或间接指挥其他模块的活动,根据主体接收的环境信息,结合 Norm 库中的规范,指导主体做出适应性反应;5)Norm 库,存储 Agent 的行为规范,表现为 Agent 所具有的知识,完成 Agent 行为匹配;6)执行模块,模拟业务处理,管理 Agent 行为,并实现对相关资源的调用。

各模块间相互配合,能够实现 Agent 自适应、自协作,并结合规范来约束 Agent 行为,能够有效提高离散制造系统中主体自治性和协商协商能力。

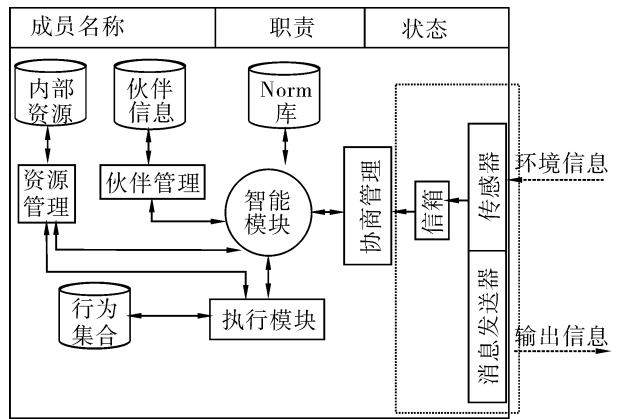


图 1 离散制造系统个体 Agent 的结构

Fig.1 Structure of single-Agent in discrete manufacturing system

2.2 离散制造业 Agent 类型

根据离散制造业的生产特点和管理特殊要求,将 MES 中的 Agent 类型按功能层次划分^[2-3],见表 1。

2.3 基于多 Agent 的面向订单的离散制造系统结构模型

在制造系统中,不同的 Agent 可能具有不同的结构,针对不同的需要可能需要采用不同的 Agent 结构,各 Agent 通过协商、合作来解决复杂制造问题,这些 Agent 类型千差万别,实际设计过程十分繁杂,文中采用统一的个体 Agent 结构,简化了基于 Agent 的制造系统设计和开发,包括通信管理模块、智能模块、执行模块、协商管理模块和规范库模块。

表 1 离散制造业 MES 中 Agent 分类		
Table 1 Classification of Agent in discrete manufacturing MES		
层次	类型	功能
管理层	管理 Agent	在系统中起到总管的作用,承担协作管理、任务管理、资源管理三项职能
	订单 Agent	对客户订单、客户需求进行管理
计划层	库存 Agent	对客户订单、客户需求进行管理和下达订单计划
	调度 Agent	确定物料信息和库存储备
调度决策层	调度 Agent	根据任务要求和状态确定任务计划(零部件数目),并与策略 Agent 共同确定调度目标将任务
	零部件 Agent	将订单任务细化到工序级,并向任务 Agent 提供实际生产的信息
	任务 Agent	将生产任务下达到设备并执行
执行层	设备 Agent	负责车间计划资源能力评估,为任务 Agent 决策提供依据,提供加工类型、当前状态等信息,并执行任务
	工人 Agent	提供工人基本信息,包括姓名、操作机床类型、成本和当前状态
策略层	策略 Agent	提供相应调度算法和调度规则,与其他 Agent 交互,对生产过程进行协调,处理生产过程中插单、急单、短交期订单等,实现动态实时调度

基于 Agent 的制造系统结构的信息交互和协商协作是系统的关键,服务于系统决策和执行全过程。根据划分 Agent 类型,文中提出一种面向功能层次的多 Agent 离散制造系统结构模型,如图 2 所示。

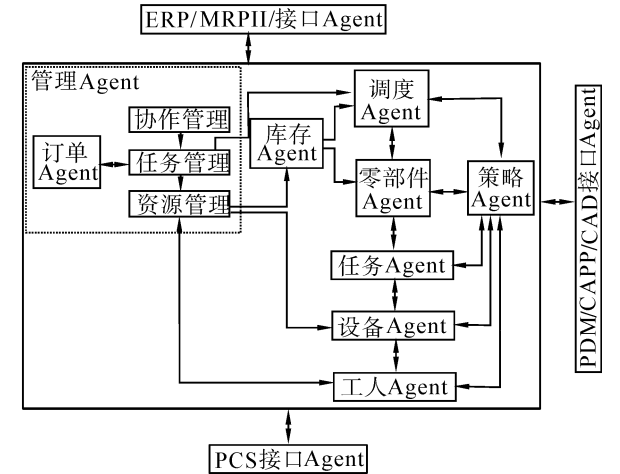


图 2 基于多 Agent 的离散制造系统结构模型

Fig.2 Structure model of discrete manufacturing system based on Multi-Agent

系统从 ERP 获得生产任务和订单信息传递给管理 Agent,管理 Agent 记录订单信息并向调度 Agent 发送消息,调度 Agent 对生产任务进行分解,生成零部件 Agent,与库存 Agent 交互确定物料信息和库存储备,并通过接口 Agent 获取产品设计图纸、工艺路线等信息,根据工艺路线信息细化生产任务为工序级,产生各个任务 Agent,任务 Agent 根据生产要求,采用招标—投标—中标机制^[13]选择完成该任务的设备 Agent,设备 Agent 需要与工人 Agent 交互确定相应的操作工人信息,然后与任务 Agent 签订合同,完成任务生产。在生产的每个环节,若出现订单变更、插单、急单、设备故障、设备冲突和人员冲突等情况时,各个 Agent 则反馈至策略 Agent,策略 Agent 为之提供解决方案,协调生产任务的进行。

为了减少 Agent 设计过程中的重复劳动,文中设计了基类 Agent,不同类型 Agent 可以继承 Agent 来生成,并且根据各自所具有的功能构建自身功能模块,从而形成具体类型的 Agent。基类 Agent 的具体设计如下:

```
public class BasicAgent{
    public static string AgentID; //Agent 名称。
    protected static List attributes_list; //Agent 相关属性(职责、知识列表、工作状态、任务列表等)。
    public class CommunicationManageBlock
    { ..... }
    public class sourceManageBlock
    { ..... }
    public class normLib
    { ..... }
    public class intelligenceContrBlock
    { ..... }
    public class excuteBlock
    { ..... }
    protected static List rules_list; //条件—动作规则集合。

    Protected void Exchange_ Function ( message,
    otherAgent); //交互协商函数接收、存储和读取与该 Agent 相关消息,负责向其他 Agent 发送消息,接收其他 Agent 发送过来的消息,并将其转化为自身所能理解的消息形式。
    { ..... }

    Protected void Execute_Function(attributes,
    rules,message); //决策机构函数根据 Agent 自身属性、交互协商函数和动作规则得到 Agent 能理解的消息并执行相应决策动作。
```

```
Protected void Update (result); //更新函数根据决策函数执行的结果更新本 Agent 的属性和规则。
{ ..... }
.....
}
```

2.4 基于合同网的任务分配模型

生产运作环境的多变性和系统成员能力的变化都会给任务分配带来困难,合理的任务分配能够有效提高系统运行效率。合同网技术是多 Agent 系统中解决任务分配问题的经典策略,其基本原理是 Agent 之间通过“招标—投标—中标”这一市场竞争机制进行任务分配,使系统能以较低的代价、较高的质量完成任务分配的合同关系^[14-15]。在制造执行系统中,任务分配需要考虑任务特性、系统成员负载情况及生产能力,合理的任务分配策略是解决任务分配问题的关键。因此,在基于合同网的任务分配模型中,管理者 Agent 应根据任务本身的约束和 Agent 相关属性(如 Agent 的能力、Agent 当前状态、Agent 的承诺和成员 Agent 负载等)进行综合评价来选择合适的 Agent 来完成任务。文中从 Agent 负载、Agent 能力和 Agent 信任度这几个方面来构建任务分配模型^[16-17]。形式化表达为: $\langle A, T, L, CA, CO \rangle$, A 为完成生产任务的 Agent 序列, T 代表待分配的任务序列, L 为投标 Agent 的当前负载, CA 为 Agent 完成任务 T_j 的能力, CO 为 Agent 对任务 T 的信任度。

2.4.1 Agent 负载评价

实际生产中影响 Agent 负载的因素很多,文中以完成某项任务的平均时间来衡量某项任务的工作负载。Agent A_i 的总负载 ZLA_{ij} 为待完成任务负载 L_{Ai} 任务 T_j 时间 V_{ij} 的总和,则有:

$$ZLA_{ij} = L_{Ai} + V_{ij} = \sum_{K=1}^i t_{ik} + V_{ij}$$

式中 t_{ik} 对应任务 T_{ik} 完成时间。

2.4.2 Agent 能力评价

Agent 能力的大小决定着 Agent 分配到任务的大小,文中用 Agent 完成任务的时间来刻画 Agent 的能力。若投标 Agent A_i 完成任务 T_j 的时间为 TA_{ij} ,所有投标 Agent 完成任务 T_j 的最大时间为 $Max TA_j$,最小时间为 $Min TA_j$,则投标 Agent A_i 完成任务 T_j 的能力 $Ca_{A_{ij}}$ 为

$$Ca_{A_{ij}} = \frac{TA_{ij} - Min TA_j}{Max TA_j - Min TA_j}$$

2.4.3 Agent 信任度评价

信任度也是决定 Agent 分配任务的重要影响

因素之一。假设投标 Agent A_i 完成任务 T_j 的总数为 CT_{ij} , 其中成功完成任务的次数为 ST_{ij} , 完成 T_j 的质量评价值为 $T_{Qua_{ij}}$, 则完成 T_j 的信任度 $Trust_{A_{ij}}$ 为

$$Trust_{A_{ij}} = \theta \times T_{Qua_{ij}} + (1 - \theta) \times \frac{ST_{ij}}{CT_{ij}}$$

式中 $0 < \theta < 1$ 。

2.4.4 Agent 综合评价

对 Agent 负载、能力、信任度进行综合评价的时, 首先对 3 个量采用线性归一化公式对其进行归一化, 以保证 3 个量处于同一量纲级别, 归一化公式为

$$y = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

任务分配过程中, 每一方面因素对任务分配决策的影响力不同, 文中定义因素影响因子 α 、 β 、 γ 分别作为 Agent 负载、能力、信任度的影响力因子, 且 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。对于任一投标 Agent A_i , 综合评价值为

$Com_{A_{ij}} = \alpha \times *ZLA_{ij} + \beta \times *Ca_{A_{ij}} + \gamma \times *Trust_{A_{ij}}$
式中: $*ZLA_{ij}$ 、 $*Ca_{A_{ij}}$ 、 $*Trust_{A_{ij}}$ 分别为 Agent 负载、能力和信任度归一化后的结果。对任务 T_j , 进行所有投标 Agent A_i 综合评价值进行计算后, 值最大的分配到该任务。

2.4.5 基于合同网的任务分配协作过程

文中在基于合同网模型^[18-20]和前文描述的基础上给出了离散制造系统任务分配协作过程, 如图 3。

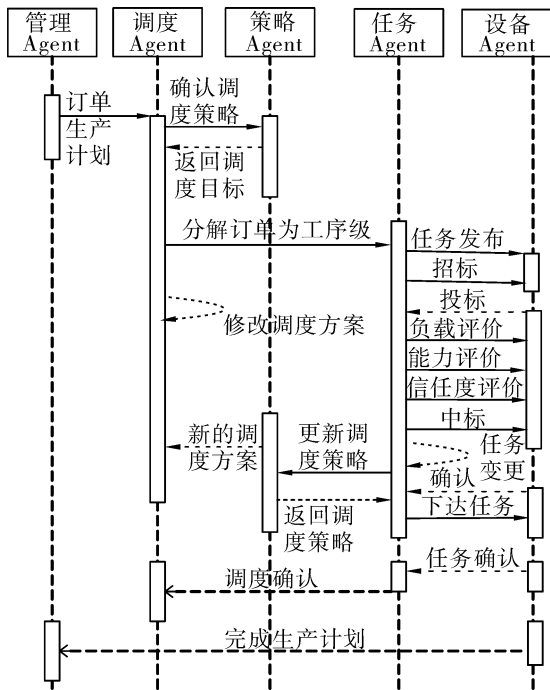


图 3 基于合同网的任务分配协作过程

Fig. 3 Task allocation and coordination process based on contract net

3 系统实例仿真

3.1 应用实例

A 企业是一家控制阀生产、研发基地, 主营业务为工业自动化仪表、调节阀、球阀、蝶阀、闸阀、特种阀及其附件、配件的设计、制造、销售及检修服务等。为应对市场竞争需求, 在生产过程中采用多品种、小批量、按订单生产的生产组织方式, 其在选型、设计、工艺流程、物料准备到生产制造的过程非常复杂, 产品的多样化也给企业的生产制造带来了困难, 不同型号的产品涉及不同工艺、不同的工序、不同工序时间、不同的加工流程, 这对对制造企业的协调性和制造系统结构的有效性及其合理性提出了更高要求。该企业关注的核心如何高效完成订单, 提高协作效率。

A 企业 Agent 类型为文中所分类的 3 个层次的 Agent 类型, 并以 A 企业为例对提出的制造系统结构模型有效性进行验证。

3.2 仿真评价指标

针对 A 企业对成员 Agent 协作协同和生产任务分配合理性要求, 文中通过综合评价 Agent 能力、负载和信任度, 以 Agent 对订单的执行效率、Agent 订单接受率、Agent 协作效率为指标构建仿真平台对提出的基于多 Agent 的面向订单的离散制造系统结构模型合理性及任务分配策略的有效性进行验证。

$$\text{订单执行效率} = \frac{\text{订单期望时间}}{\text{订单实际完成时间}}$$

$$\text{生产任务接受} = \frac{\text{接受任务数}}{\text{接受任务数} + \text{拒绝任务数}}$$

$$\text{多主体协作效率} = \frac{\text{多主体协作次数}}{\text{多主体协作时间}}$$

3.3 仿真结果分析

本文采用 Swarm 仿真工具对 A 企业采用企业原方法和具有代表性的文献^[2,7,21]所提供的方法分别与本文提出的制造企业结构模型及任务分配机制进行仿真对比分析。仿真结果如图 4~9, 通过对仿真结果的分析得到:

1) 采用本文所提出的 Agent 结构模型及任务分配策略, 企业订单执行效率有所提高, 如图 4 和图 5。2) 采用本文提出的企业内部协作结构模型, 通过企业内部协调协作, 生产任务接受率明显提高, 订单拒绝率下降, 说明本文提出的基于评价 Agent 负载、Agent 能力和 Agent 信任度的协作机制能够有效提高生产任务分配效率。如图 6 和图 7。3) 通过对比分析, 发现多 Agent 协作效率明显提高, 说明本文提出的企业结构模型

和内部协作机制能够有效消解系统成员协作时产生的冲突,满足离散制造系统对系统成员有效协作和任务分配的要求,如图 8、9。

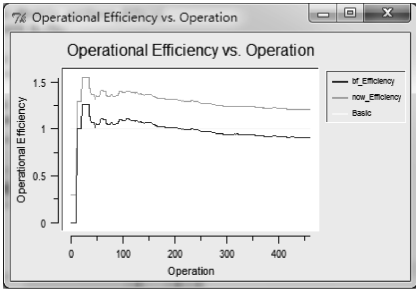


图 4 原方法与现方法订单执行效率对比
Fig.4 Contrast between the original method and the present method of order execution efficiency

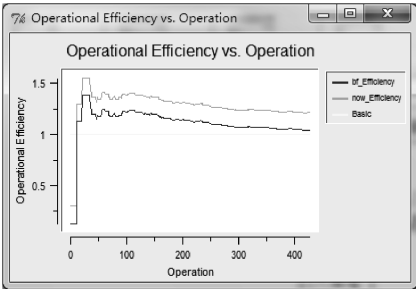


图 5 文献方法与现方法订单执行效率对比
Fig.5 Contrast between the document method and present method of order execution efficiency

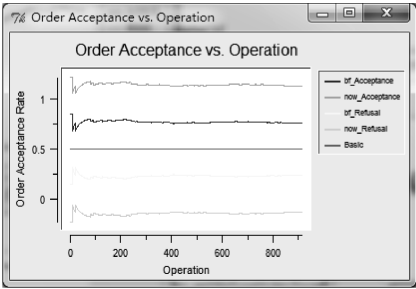


图 6 原方法与现方法企业订单接受率对比
Fig.6 Contrast between between the original method and the present method of the enterprise order acceptance rate

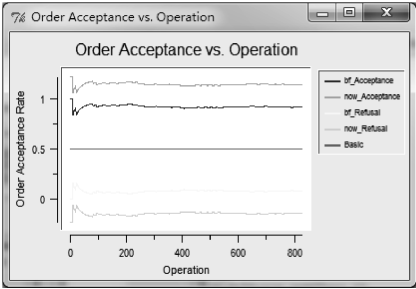


图 7 文献方法与现方法企业订单接受率对比
Fig.7 Contrast between the document method and present method of the enterprise order acceptance rate

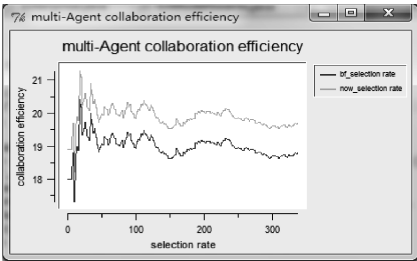


图 8 原协作模式与现协作模式 Agent 协作效率对比
Fig.8 Contrast between the original mode and the present mode of the Agent collaboration efficiency

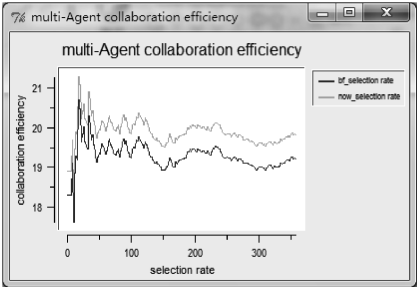


图 9 文献协作模式与现协作模式 Agent 协作效率对比
Fig.9 Contrast between the document mode and present mode of the Agent collaboration efficiency

4 结束语

本文在对多 Agent 系统研究的基础上,提出基于多 Agent 的面向订单的离散制造系统结构模型,是现代先进制造系统的一种体现,并采用了统一的个体 Agent 结构,简化系统设计过程。在合同网模型的基础上,从投标 Agent 的负载、能力和信任度,这 3 个方面进行综合考虑和权衡,有效提高了任务分配和任务执行效率,使制造系统模型模型具有适应性、自治性、智能化和协作性等特点,增强了企业运作能力和竞争力。最后将所提出的结构模型在实际企业中进行了应用,仿真研究表明,文中所提出的多 Agent 结构模型和协作方法在企业订单执行效率和企业内部协作方面是有效的,但是文中对 Agent 规范的设计、系统资源约束问题和制造企业自组织研究还尚欠缺,需进一步研究和完善。

参考文献:

[1] 朱剑英. 智能制造的意义、技术与实现[J]. 机械制造与自动化, 2013, 42(3): 1-6, 10.
ZHU Jianying. The significance, technologies and implementation of intelligent manufacturing[J]. Machine building and automation, 2013, 42(3): 1-6, 10.
[2] 潘颖, 张文孝. 基于多 agent 的离散制造业制造执行系统框架研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(1): 244-246, 249.

- PAN Ying, ZHANG Wenxiao. Research on multi-agent-based MES structure of discrete manufacturing industry[J]. Application research of computers, 2009, 26(1): 244-246, 249.
- [3] 甄彩霞, 侯宇彬, 林兰, 等. 柔性制造系统的改进措施[J]. 江西建材, 2015(3): 53.
- [4] 陈学海. 基于语义网关的离散制造企业异构系统集成框架研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- CHEN Xuehai. Research on semantic gateways-based heterogeneous integration framework for intermittent manufacturing[D]. Chongqing: Chongqing University, 2009.
- [5] 马建强. 基于 Petri 网的制造系统建模仿真及调度研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2010.
- MA Jianqiang. The study of modeling, simulation and scheduling of manufacturing system based on Petri Nets[D]. Jinhua: Zhejiang Normal University, 2010.
- [6] 张于贤, 王立甫, 叶冰冰, 等. 面向对象 Petri 网在制造系统建模中的应用[J]. 科技广场, 2011(3): 91-95.
- ZHANG Yuxian, WANG Lifu, YE Bingbing, et al. Application of object-oriented Petri net in manufacturing system modeling[J]. Science mosaic, 2011(3): 91-95.
- [7] 张路亚. 敏捷制造企业的 MES 设计[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2014.
- [8] 李春玲. 基于多色图理论的离散制造企业生产物流系统建模与优化[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2014.
- LI Chunling. Discrete manufacturing industry production logistics system modeling and optimization based on the theory of polychromatic graph[D]. Shenyang: Shenyang University, 2014.
- [9] 胡俊, 姚锡凡, 颜亮, 等. 基于多 Agent 的制造执行系统架构的研究[J]. 制造技术与机床, 2008(12): 48-51.
- HU Jun, YAO Xifan, YAN Liang, et al. Research on manufacturing execution system framework based on multi-agents[J]. Manufacturing technology & machine tool, 2008(12): 48-51.
- [10] 王建彬, 马芷菁, 许金元, 等. 基于 Petri 网的多智能体制造系统建模[J]. 安徽工程大学学报, 2013, 28(4): 47-50.
- WANG Jianbin, MA Zhiqiang, XU Jinyuan, et al. The modeling of multi-agent manufacturing system based on petri net[J]. Journal of Anhui polytechnic university, 2013, 28(4): 47-50.
- [11] 廖守亿. 复杂系统基于 Agent 的建模与仿真方法研究及应用[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2005.
- LIAO Shouyi. Research on methodology of agent-based modeling and simulation for complex systems and application[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2005.
- [12] 蒋云良, 徐从富. 智能 Agent 与多 Agent 系统的研究[J]. 计算机应用研究, 2003(4): 31-34.
- JIANG Yunliang, XU Congfu. Intelligent agent and multi-agent system[J]. Application research of computers, 2003(4): 31-34.
- [13] 张少苹, 戴锋, 王成志, 等. 多 Agent 系统研究综述[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2011, 8(4): 1-8.
- ZHANG Shaoping, DAI Feng, WANG Chengzhi, et al. Summary on research of multi-agent system[J]. Complex systems and complexity science, 2011, 8(4): 1-8.
- [14] 吴菊华, 吴丽花, 甘仞初. 基于规范的多 agent 协同机制研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(5): 1778-1781.
- WU Juhua, WU Lihua, GAN Renchu. Norm-based contract net protocol for coordination in multi-Agent system[J]. Application research of computers, 2009, 26(5): 1778-1781.
- [15] 李洪磊, 甘仞初. 面向实体的企业建模及仿真系统框架设计[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(1): 108-110.
- LI Honglei, GAN Renchu. Entity-oriented business modeling & simulation system framework design[J]. Journal of system simulation, 2005, 17(1): 108-110.
- [16] 丁芝琴, 刘永, 王凯. 多 Agent 系统中基于招投标的任务分配优化[J]. 计算机应用, 2010, 30(7): 1906-1908.
- DING Zhiqin, LIU Yong, WANG Kai. Bidding-based optimization of task allocation in multi-Agent system[J]. Journal of computer applications, 2010, 30(7): 1906-1908.
- [17] LUO He, HU Xiaojian, HU Xiaoxuan. Multi agent negotiation model for distributed task allocation[C]//Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering. Chengdu, China: IEEE, 2010: 54-57.
- [18] 裴杭萍, 覃珪, 胡訥, 等. 多 Agent 系统中基于改进合同网模型的任务分配研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(6A): 279-282.
- QIU Hangping, QIN Yao, HU Rui, et al. Study on the task allocation based on improved contract net in multi-agent system[J]. Computer science, 2012, 39(6A): 279-282.
- [19] 郭锐锋, 于东, 刘明烈, 等. 基于合同网的任务分配方法的研究[J]. 小型微型计算机系统, 1999, 20(10): 740-743.
- GUO Ruifeng, YU Dong, LIU Minglie, et al. Research of task allocation based on contract net[J]. Mini-Micro Systems, 1999, 20(10): 740-743.
- [20] GU P, BALASUBRAMANIAN S, NORRIE D H. Bidding-based process planning and scheduling in a multi-agent system[J]. Computers and industrial engineering, 1997, 32(2): 477-496.
- [21] 吴昌生, 姚锡凡, 陈伟雄, 等. 基于 IPDI 原则和多 Agent 的制造系统建模研究[J]. 机电工程技术, 2009, 38(1): 70-74.
- WU Changsheng, YAO Xifan, CHEN Weixiong, et al. Research on manufacturing system modeling based on IPDI

principle and multi-agents [J]. Mechanical and electrical engineering technology, 2009, 38(1): 70-74.

作者简介:



郭红康,女,1990年生,硕士研究生,主要研究方向为信息系统工程,参与国家自然科学基金项目、国家科技支撑项目多项。



赵军,男,1971年生,教授,博士,主要研究方向为信息系统工程、信息管理的理论与方法,近年来主持国家自然科学基金2项,参与国家自然科学基金项目1项,主持完成宁夏科技攻关软科学课题2项,发表学术论文多篇。

2016 年国际神经影像机器学习的研讨会

International Workshop on Machine Learning Approaches
in Neuroimaging (IWMLAN)

International Workshop on Machine Learning for Understanding the Brain (MLUB) welcomes original and unpublished work on theory, systems, algorithms and applications related to Machine Learning and understanding techniques for modeling and analysis of brain in various modalities, such as, fMRI, sMRI, EEG, MEG, fNIRS, and various forms of microscopy.

The workshop focuses on but is not limited to the following topics:

- Learning and inference on neuroimaging data

Cognitive state classification

Functional Connectivity

Sparse Techniques

Multimodal Learning

Multi-Subject Learning

Efficient Algorithms for Large-Scale Data

Brain Network Embedding

Cognitive Computing

Software Simulation of the Brain

Pattern and Object Recognition

Cognitive Machine Learning

Modeling

Website: <http://mlub.ceng.metu.edu.tr/>
- Vision Models of the Brain

Memory Model of the Brain

Neural Models of the Brain

Visualization

High-Dimensional Neuroimaging Data Visualization

Brain Network Visualization

Network Summarization

Applications

Resting-State Data Analysis

Task-Based Data Analysis

Diagnosis of Diseases

Brain Computer Interface