

# 基于多智能体的虚拟企业的构建及运行研究

李莉 李伟平 薛劲松 朱云龙



李莉 博士研究生

**摘要:** 目前,多智能体技术被认为是研究分布式智能系统的最重要的方法,在分析多智能体技术在虚拟企业中应用的可行性与有效性的基础上,提出采用多智能体构建虚拟企业参考体系结构,给出了对虚拟企业的各自治成员企业进行 Agent 封装的 Agent 通用框架和使用多智能体支持虚拟企业全生命周期的方法,并探讨了虚拟企业的运行机制。

**关键词:** 多智能体; 虚拟企业; Agent 通用框架; 虚拟企业全生命周期

**中图分类号:** TH166; TP391

**文献标识码:** A

虚拟企业(Virtual Enterprise)是企业间的一种动态联盟,各成员企业有一定的自主权。这种结盟是动态的,当市场机会出现时,各加盟企业组织在一起,共同开发新产品,并生产销售,一旦发现该产品无利可图时,虚拟企业便自动解散。由于结盟时自由组织,因此可以快速地集中最强的设计力量和最强的加工力量及最强的销售力量,从而实现对市场的快速反应。目前,虽然计算机网络及

通讯的发展为虚拟企业的发展提供了使能技术,但是在支持虚拟企业的研究中还存在着许多尚未解决的技术问题,如虚拟企业的参考体系结构、不同类型信息的交换标准、互操作与集成问题、协调策略的研究以及企业的重组方案与原有系统的集成问题等。

由于虚拟企业自身固有特点(如分布性、动态性、异构性等),用传统的方法已不能全面地描述虚拟企业与有效支持虚拟企业的全生命周期。笔者提出了用多智能体(Multi-Agent)构建虚拟企

收稿日期: 2000—07—03

基金项目: 国家自然科学基金资助重大项目(59990470)

与前面的理论计算的结果比较接近。

## 5 结论

将圆形膜片柔性结构应用于执行器的微位移传递机构,可有效地提高其性能指标。所研制的基于圆形膜片柔性结构的超磁致伸缩微位移执行器结构紧凑,调整方便,分辨率高(不低于 0.02 μm),输出位移大(可达 40 μm),自振频率较高(约为 200 Hz)且无摩擦和爬行现象,配以自行研制的内置单片机的超磁致伸缩微位移执行器驱动电源和位移测量反馈部分,可自动地实现大范围的高精度定位。

### 参考文献:

[1] Clark A E. Magnetostrictive Rare Earth - Fe<sub>2</sub> Compounds. In: Wohlfarth E P Voll. Ferromagnetic Materials. Amsterdam: North - Holland Publishing Company, 1980: 531~538

[2] 龙毅. 新功能材料及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1996: 189~205

[3] Claeysen F, Lhermet N, Letty R Le et al. Actuators, Transducers and Motors Based on Giant Magnetostrictive Materials. Journal of Alloys and Compounds, 1997, 258(8): 61~73

[4] Clark A E, Teter J P, McMasters O D. Magnetostriction Jumps in Twined Tb<sub>0.3</sub>Dy<sub>0.7</sub>Fe<sub>1.9</sub>. Journal of Apply Physics. 1988, 63(8): 3910~3912

[5] 杨兴, 贾振元, 武丹等. 基于单片机的超磁致伸缩精密驱动系统的设计. 制造自动化现代技术研究学术会议. 鞍山, 1999

[6] 武丹. 超磁致伸缩执行器及其控制技术研究: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2000.

[7] 徐芝纶. 弹性力学. 北京: 高等教育出版社, 1982: 34~39

(编辑 苏卫国)

**作者简介:** 杨兴,男,1974年生。大连理工大学(辽宁省大连市116024)机械工程学院博士。研究方向为纳米技术、超精密加工及机电一体化。发表论文5篇。贾振元,男,1963年生。大连理工大学机械工程学院副院长、教授、博士研究生导师。郭东明,男,1959年生。大连理工大学机械工程学院院长、教授、博士研究生导师。王晓明,男,1965年生。大连理工大学机械工程学院副教授。

业参考体系结构,给出了对虚拟企业的各自治成员企业进行 Agent 封装的 Agent 通用框架,并在此基础上探讨了虚拟企业的运行机制。

## 1 多智能体在虚拟企业中应用的可行性与有效性

目前,有关 Agent 的各项研究在国内外异常活跃,然而其概念仍没有统一而明确的定义,不同领域的研究人员赋予 Agent 不同的结构、内容和功能,相应地,一个 Agent 可以指一台机器人,一个专家系统,一个过程、模块或一个求解单元等等。多智能体是由多个自治 Agent 组成的集合,具有问题解决能力,能相互交互达到全局目标。应该指出的是多智能体体现了一种协同作用、优化作用,而不是其组成 Agent 的功能的简单相加<sup>[1]</sup>。

目前,在大多数文献中多智能体都是应用在某一特定生产应用中,例如用于柔性制造系统、车间自动化系统、机器人装配系统,或将其用于单个企业或供应链系统,用智能体代表工人、制造单元、机器、工具、夹具、自动导引小车以及产品、部件、操作器与特殊的服务等,而将多智能体应用于虚拟企业代表各自治成员企业的并不多见。但是,我们注意到多智能体应用的根本原则是,在追求全局目标的同时,实现自治 Agent 的最大自治性。而在虚拟企业中,由于每个成员企业都是自治的企业实体,用 Agent 表示虚拟企业的每个成员企业,与代表制造车间或制造单元相比有更大的自治能力,更容易发挥多智能体的特长。因此,将多智能体用于虚拟企业比将其应用于制造单元或制造车间具有更强的合理性。目前,有关将多智能体用于虚拟企业的研究正在逐渐展开,例如美国的 SMART 计划<sup>[2]</sup>、欧盟的 MYSSIVE 计划<sup>[3]</sup>等。研究表明,由于虚拟企业环境多为分布式、异构的制造环境,传统的企业信息管理系统已经不适合其中出现的新的需求,而多智能体恰好能满足虚拟企业的这些特殊需求,特别是在以下方面:<sup>1</sup> 自治性及自主性;<sup>0</sup> 用于协调的新的通讯方式及信息表达模式;<sup>»</sup> 基于协商、合作的新的规划方法学;<sup>¼</sup> 将智能与管理应用相集成。

另外,由一组相互之间能进行通讯和合作的智能 Agent 组成的多智能体系统,能有效地支持虚拟企业的全生命周期,特别是在以下方面:<sup>1</sup> 支持虚拟企业的创建(以静态或动态的方式);<sup>0</sup> 支持虚拟企业中信息的传递;<sup>»</sup> 支持虚拟企业中各自治企业之间进行协商以得到全局生产规划;<sup>¼</sup> 支持分布式控制及在虚拟企业中对订单进行监

控、管理与跟踪等。

## 2 基于多智能体的虚拟企业参考体系结构

### 2.1 虚拟企业参考体系结构

笔者使用多智能体构建虚拟企业参考体系结构时,主要考虑了 2 种类型的 Agent,即通讯 Agent 与功能 Agent。

(1) 功能 Agent 功能 Agent 将虚拟企业的各自治成员企业封装起来,实现一定的生产功能。我们主要考虑了 3 种类型的功能 Agent:<sup>1</sup> 管理 Agent。管理 Agent 负责协调整个虚拟企业的生产经营活动。管理 Agent 代表这类企业,该企业接受客户方的订单,并负责将产品提交给客户,它同时也可能承担一定的生产任务与后勤任务。它是虚拟企业的发起者,自始至终管理着虚拟企业中各种各样的活动。<sup>0</sup> 生产 Agent。生产 Agent 代表虚拟企业中各类的生产企业,它通过与管理 Agent 的协商,接受生产任务,并通过与其它 Agent 之间的合作,完成虚拟企业所需的最终产品。<sup>»</sup> 后勤 Agent。后勤 Agent 代表提供各种后勤活动及操作(如运输)的企业。它负责各生产企业之间原材料、半成品及成品的传送,每个后勤 Agent 都对应于给定的后勤服务。

当然,每个企业在各个虚拟企业中的角色并不是固定的,企业在某一虚拟企业中承担管理 Agent 的角色,在另一个虚拟企业中可能承担的是生产 Agent 或后勤 Agent 的角色。

(2) 通讯 Agent 通讯 Agent 是一种特殊类型的 Agent,用来向功能 Agent 提供服务。通讯 Agent 为有参加虚拟企业愿望的企业 Agent 进行注册/注销服务,建立具有合作及交互愿望的 Agent 网络,供建立虚拟企业使用;且所有愿意参加虚拟企业的 Agent 将自己希望被其它 Agent 了解的信息传递给该通讯 Agent,通过它,可以很容易地找到具有给定类型或相应能力的 Agent 所处位置。通常,通讯 Agent 按地域划分,在同一地域内有一个通讯 Agent,不同地域的通讯 Agent 相互联系,使本地域 Agent 不仅能了解本地其它 Agent 的信息,也可以了解外地 Agent 的信息。另外,通讯 Agent 还能够跟踪生产 Agent 及后勤 Agent 的活动,并将生产 Agent 及后勤 Agent 的信息提供给其它虚拟企业的管理 Agent。但是,通讯 Agent 并不执行虚拟企业中实际的产品生产活动<sup>[4]</sup>。通讯 Agent 采用建立网络资源库的形式实现。由以上 Agent 构成的虚拟企业参考

体系结构见图 1。

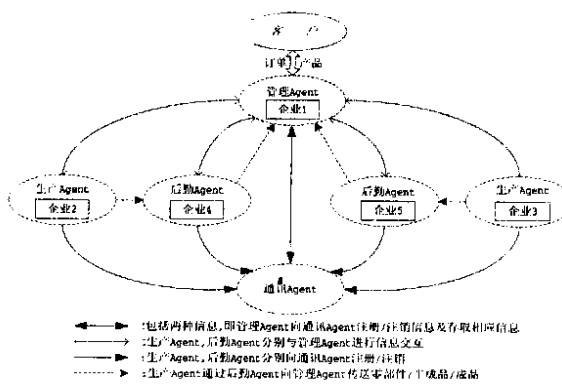


图 1 基于多智能体的虚拟企业的体系结构

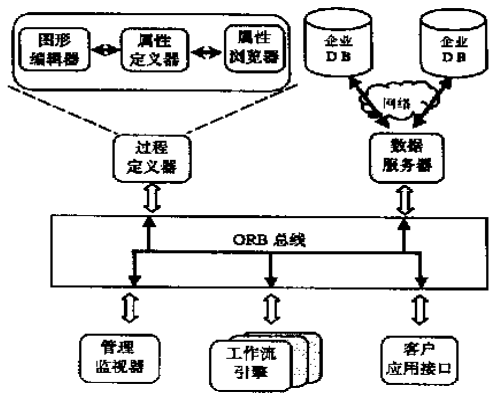


图 3 Inworks 系统结构图

## 2.2 Agent 通用框架

使用多智能体实现虚拟企业参考体系结构,首先要对组成虚拟企业的各自治成员企业进行 Agent 封装<sup>[5]</sup>。为了提高 Agent 的通用性,我们给出了 Agent 通用框架,它是一个三元组的形式:  
< Agent 内核, 接口, Agent 外壳 > (见图 2)。

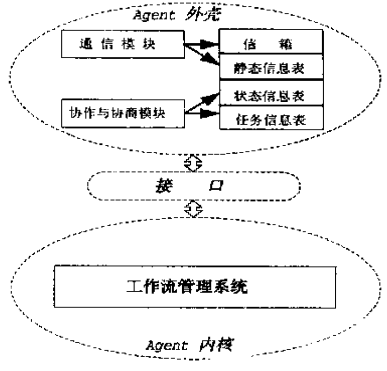


图 2 Agent 通用框架

其中, Agent 内核是代表整个企业的实际情况,由描述该企业的工作流管理系统软件来实现。我们使用自编的工作流管理系统软件 Inworks,全面描述企业的生产过程、组织结构并对企业进行性能评价,其系统结构见图 3。

图 2 中,接口用来实现 Agent 内核与 Agent 外壳之间互相传送信息; Agent 内核通过接口将企业生产情况、生产能力、性能指标等信息传递给 Agent 外壳,并在接口处将信息转变为 Agent 外壳可理解的形式; Agent 外壳将与其它 Agent 通讯、协商、交互的结果通过接口转变为 Agent 内核可理解的形式传递给 Agent 内核,并指导 Agent 内核的行为。

Agent 外壳是封装部分,负责实现 Agent 在 MAS 系统中与其它 Agent 进行交互、通讯与合作。Agent 外壳分为工作存储器区、通信模块、协

作与协商模块几部分,均采用面向对象方法进行组件化设计,可以方便地实现功能的添加与修改。

(1) 工作存储器区 主要包括以下几部分:  
 1 信箱: 存储环境或其它 Agent 的输入信息;  
 0 静态信息表: 存储 Agent 自身的静态信息,如 IP 地址,通讯协议及本身性能等;  
 » 状态信息表: 保存 Agent 正在进行的任务和有关 Agent 与其它 Agent 合作状态下的信息(目前的能力、负载等);  
 ¼ 任务信息表: 存储有关 Agent 能直接或间接执行的任务信息,包括任务队列、合同集与协同议程表。

(2) 通信模块 使用 KQML 语言接收环境或其它 Agent 的输入信息,并发送处理后形成的输出信息。

(3) 协作与协商模块 使用协同议程表同步和协调本 Agent 与其它 Agent 之间的协作行为和相互作用;负责任务队列中领域任务的分解与分布;通过管理一个合同集以某种高层协议(如合同网),采用协商和谈判方式,在 Agent 之间进行任务承揽和任务分布;负责消解 Agent 间资源、任务结果等的冲突。

## 3 使用多智能体描述虚拟企业全生命周期

虚拟企业随着市场机会的出现而建立并随着利益的消失而解体,具有生命周期。虚拟企业不是完全固定的,而是敏捷的自组织的系统,其生命周期主要包括 4 个阶段:创建、构造、运行及解体<sup>[6]</sup>,使用多智能体描述的虚拟企业全生命周期见图 4。

(1) 虚拟企业的创建 管理 Agent 在虚拟企业的创建中起重要作用。虚拟企业创建过程如下:  
 1 管理 Agent 把握潜在的市场机遇及接受客户订单;  
 0 管理 Agent 通过通讯 Agent 寻找有合作意向的 Agent (包括生产 Agent 及后勤 Agent);  
 » 管理 Agent 对提出申请 Agent 进行评估;

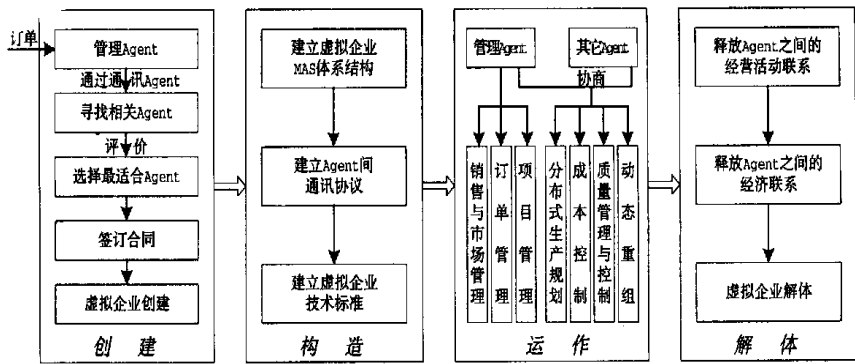


图4 使用多智能体描述虚拟企业的生命周期

1/4 管理 Agent 进行生产规划, 任务分配, 并制定利益分配及风险分担原则, 通过与其它 Agent 协商, 签订生产合同, 包括生产的产品数量、质量及交货期等。

(2) 虚拟企业的构造<sup>1</sup> 使用由通讯 Agent、管理 Agent、生产 Agent 及后勤 Agent 组成的多智能体系统建立虚拟企业的体系结构;<sup>0</sup> 建立虚拟企业之间的通讯协议;<sup>»</sup> 建立虚拟企业的技术标准, 包括数据交换、数据管理及信息系统的建立以及 Agent 之间的接口等。

(3) 虚拟企业的运作 虚拟企业的运作是虚拟企业能否成功的关键。在虚拟企业的运作阶段, 具体活动包括:<sup>1</sup> Agent 活动之间的交互与协调;<sup>0</sup> 虚拟企业的销售与市场管理;<sup>»</sup> 虚拟企业的订单管理;<sup>¼</sup> 虚拟企业的全局规划、生产规划及控制;<sup>½</sup> 虚拟企业的成本控制;<sup>¾</sup> 虚拟企业的全面质量管理与控制;<sup>¿</sup> 虚拟企业的项目管理;<sup>À</sup> 可能进行虚拟企业的动态重组。

(4) 虚拟企业的解体<sup>1</sup> 释放 Agent 的经营活动联系;<sup>0</sup> 释放 Agent 之间的经济联系。

值得注意的是, 在虚拟企业运行中不仅存在着技术合作的问题, 还包括虚拟企业中的数据交换、数据管理及虚拟企业的信息系统等问题。另外, 还要在各自治成员企业的生产经营活动中建立法律规范, 以保证虚拟企业的顺利实施。

#### 4 结束语

多智能体已经广泛应用于各研究领域, 尽管将其应用于虚拟企业的研究并不多, 但由于其自身的特点, 被应用于虚拟企业将是今后发展的又一重要方向。本文提出使用多智能体构建虚拟企业参考体系结构, 给出了用于企业封装的 Agent 通用框架及支持虚拟企业全生命周期的方法, 并探讨了虚拟企业的运行机制。

#### 参考文献:

- [1] Eugenio O, Klaus F, Olga S. Multi-Agent Systems: Which Research for Which Applications. Robotics and Autonomous Systems, 1999, 27(2): 91~106
- [2] Anuj K J, Manuel A I, Munindar P S. Agents for Process Coherence in Virtual Enterprises. Communications of the ACM, 1999, 42(3): 52~69
- [3] Rabelo R J, Camarinha - Matos L M, Afsarmanesh H. Multi Agent - Based Agile Scheduling. Robotics and Autonomous Systems, 1999, 27(1): 15~28
- [4] Americo L A, Jorge P S, Raul T O. A Multi-agent Framework for Order Negotiation in Distributed Manufacturing Enterprises. 1<sup>st</sup> IFAC Workshop on Multi-Agent-Systems in Production, Vienna, Austria, IHRT Vienna University of Technology, 1999: 175~180
- [5] Hua T, Rainer U. On the Hierarchical Structure of Multi-agent Systems. 1<sup>st</sup> IFAC Workshop on Multi-Agent-Systems in Production, Vienna, Austria, IHRT Vienna University of Technology, 1999: 271~276
- [6] Hua T, Rainer U. Formulating Enterprises Federation into Multi-agent Systems. 1<sup>st</sup> IFAC Workshop on Multi-Agent-Systems in Production, Vienna, Austria, IHRT Vienna University of Technology, 1999: 229~234

(编辑 苏卫国)

作者简介: 李 莉, 女, 1975年生。中国科学院沈阳自动化研究所(沈阳市 110015)博士研究生。研究方向为 CIMS、虚拟企业、多智能体技术。发表论文 2 篇。李伟平, 男, 1972 年生。中国科学院沈阳自动化研究所博士研究生。薛劲松, 男, 1935 年生。中国科学院沈阳自动化研究所研究员、博士研究生导师。朱云龙, 男, 1967 年生。中国科学院沈阳自动化研究所副研究员。

quency of harmonic oscillation

### Study on the Application of Case Reasoning in IDSS for the Scheme Designs of a Large-Scale Mechanical-electrical Product

XU Xiaozhen (Harbin Institute of Technology, Harbin, China) GAO Guoan p 471-473

**Abstract:** Aiming at the Intelligent Decision Support System (IDSS) for the scheme designs of a large-scale mechanical-electrical product, a method of building the index base and the plan base in IDSS is discussed in this paper. They are built according to the format of relational database. A retrieval strategy combining several retrieval methods is put forward. Thus similar cases can be found out accurately to give the valid decision support to the argumentation process of products design plan.

**Key words:** case reasoning intelligent decision decision support system

### Study on Giant Magnetostrictive Actuator Based on Disk-Shape Diaphragm Compliant Structure

YANG Xing (Dalian University of Technology, Dalian, Liaonin, China) JIA Zhenyuan GUO Dongming WANG Xiaoming p 474-477

**Abstract:** The working principle and characteristics of Giant Magnetostrictive Materials (GMM) are analyzed. The composition of a microdisplacement driving system based on GMM and the structures of microdisplacement actuator are introduced. On basis of these, a disk-shape diaphragm compliant structure without friction and creeping is proposed to be as the transfer mechanism of force and displacement. A simplified mechanics model is founded and its mechanics property is analyzed based on elasticity mechanics. The experimental results show that the characteristics of giant magnetostrictive microdisplacement actuator based on disk-shape diaphragm compliant structure is of compact structure, high repetition precision and large output displacement of  $40\mu\text{m}$ .

**Key words:** giant magnetostriction disk-shape diaphragm compliant structure actuator

### Research on the Construction and Running of Multi-Agent-Based Virtual Enterprise

LI Li (Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Science, Shenyang, China) LI Weiping XUE Jinsong ZHU Yunlong p 477-480

**Abstract:** Presently, multi-agent technology is considered as the most serious method for the research on distributed intelligent system. On the basis of analysis on the feasibility and effectiveness of multi-agent technology for virtual enterprises, a multi-agent-based reference architecture of virtual enterprises is put forward, an agent generic framework for wrapping the autonomous enterprises of virtual enterprise and the method to support the whole life-cycle of the virtual enterprise are presented. In addition, the running mechanism of virtual enterprise is discussed.

**Key words:** multi-agent virtual enterprise agent generic framework whole life-cycle of virtual enterprise

### The Research of the Network-based Cooperative Design Methods

GU Xinjian (Zhejiang University, Hangzhou, China) CHEN Jixi YANG Zhixiong QI Guoning p 481-483

**Abstract:** In the paper, various network-based cooperative design methods are researched. According to the different design range, different requirements for the product information and different design methods, various network-based cooperative design methods are classified and compared. The key technologies for these design methods in the network-based environment are presented.

**Key words:** network-based cooperative design design methodology network-based manufacturing classification and analysis

### Developing Middleware Environment for Mechanical Product Design

LING Weiqing (Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China) LIU Heng XIE Youbai p 484-486

**Abstract:** Based on tertiary-layer client/server model, we propose a middleware environment of integrated product design by using "middleware pattern" in this paper. The details of the integrated middleware constitute and working principle are described. In order to verify the feasibility of the technique presented, a case study is given by laying the scene in using ISAPI tertiary-layer model, embedding case-based reasoning design in middleware, employing SolidWorks as CAD application platform and hydrodynamic journal bearing design as product design example, and adopting Visual C++ as programming tool on both client and server sides.

**Key words:** modern design conceptual design middleware integrated development environment knowledge acquisition

### Research on Rapid Tooling for Sheet Metal Forming

ZHU Dongbo (Xidian University, Xi'an, China) WANG Yiqing LI Dichen LU Bingheng p 487-490

**Abstract:** Based on the combination of RP (Rapid Prototyping) technology and AMS (Arc Metal Spraying) technology, a rapid manufacturing method of sheet metal forming dies is presented. The method, some key processes of which are explained in detail, proved by practical experiments to be of low-cost and time saving. Dies fabricated by this method are good in performance. The method possesses promising use in trial-manufacture of complex stamping dies and in small serial production of sheet metal parts.

**Key words:** die manufacturing rapid prototyping arc metal spraying sheet metal forming

### Study of Open Architecture Integration of Multi-Type Robotic Systems

HU Xudong (Zhejiang Institute of Science & Technology, Hangzhou, China) Harry H. Cheng p 491-493, 508

**Abstract:** Authors had completely retrofitted the original controllers of two popular industrial robot manipulators PUMA 560 and IBM 7575. An open architecture controller PMAC was used to instead original ones. They