

文章编号:1000-582X(2009)05-0499-06

# 一种网络化制造平台集群模式的构建

宋豫川, 陈学海, 雷琦, 刘飞

(重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆 400030)

**摘要:**为解决网络化制造平台之间的协作和快速集成问题, 形成一个集成、协同的资源环境以快速响应用户多变的需求, 提出一种网络化制造平台的集群模式, 构建网络化制造平台集群的总体结构, 建立网络化制造平台集群的集成框架, 研究集成框架涉及的信息转换和资源二次封装等主要集成技术。最后结合建筑行业门窗幕墙制造企业的板材和条材网络化协同优化平台集群的案例对该网络化制造平台集群模式的实用性和可行性进行了验证。

**关键词:**网络化制造系统; 集群; 集成技术; 信息转换; 二次封装

**中图分类号:** TH166

**文献标志码:** A

## A type of cluster mode of networked manufacturing platforms

SONG Yu-chuan, CHEN Xue-hai, LEI Qi, LIU Fei

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

**Abstract:** A type of cluster mode of networked platforms is advanced to integrate distributed networked platforms so as to optimize the distributed resources used. The cluster architecture is established. The integration framework and main supporting technology concerning the integration framework, such as the information conversion mechanism and resource secondary encapsulation technology, are studied deeply. The proposed studies are applied to a cluster of Internet-based cutting-stock optimization platforms for the curtain wall manufacturing industry with satisfactory results.

**Key words:** networked system; cluster; integration technology; information conversion; secondary encapsulation

网络化制造平台是网络化制造实施的重要技术支持工具之一, 它具有特定领域的资源优势, 并且凭借自身的既定资源向用户提供专业服务<sup>[1-2]</sup>。随着网络化制造技术的发展, 从应用范围角度, 网络化制造平台必须能有效支持越来越多的用户, 而这些用户存在着不同的资源需求、应用需求和不同的服务质量要求; 从应用深度角度, 用户不再满足于个别的资源共享和业务服务, 而需要能够支持产品全生命周期管理和动态联盟的网络化制造系统<sup>[3-5]</sup>。

目前, 网络化制造平台个体更加注重自身的核

心竞争力, 其服务不断向专业化方向发展, 难以形成适应竞争环境变化的、系统的、完备的网络化制造资源体系, 因此需要对网络化制造平台之间的优势资源进行协同, 才能快速响应市场机遇<sup>[6-7]</sup>; 同时, 资源的分散使得大量网络化制造平台的优势资源未被充分利用。因此, 通过网络化制造平台的集成, 整合网络化制造中的闲散资源和优势资源, 从而快速响应复杂多变的网络化制造应用需求, 是网络化制造发展中急需思考和解决的问题之一<sup>[8-10]</sup>。

将各种模式的网络化制造平台在空间或时间上

收稿日期: 2009-01-07

基金项目: 国家 863 主题资助项目(2007AA04Z152); 重庆市科技攻关项目(CSTC2008AC2104, CSTC2008AB2042)

作者简介: 宋豫川(1973-), 男, 重庆大学副教授, 博士, 主要从事网络化制造、制造业信息化等方面的研究,

(E-mail)syc@cqu.edu.cn。

进行联合,实现相互之间的协作,除了可以保证网络化制造平台个体的资源优势 and 用户群,还能联合其它网络化制造平台的资源优势来增强自身的市场竞争力,更好地为用户服务。

鉴于此,建立一种网络化制造平台的集群模式,包括网络化制造平台集群的总体结构、集成框架和集成框架涉及的主要集成技术,旨在通过整合多个网络化制造平台的优势资源,形成网络化制造平台的集群,实现更大程度的资源共享,适应网络化制造不断发展的需要。

### 1 网络化制造平台的一种集群模式

#### 1.1 网络化制造平台集群模式的提出

集群是在空间经济学、区位经济学、地理经济学中应用得比较多的概念。不同的学者对集群有着不同的定义和理解,如 Rosenfeld 认为“集群通常代表企业的集中,这种‘集中’能产生协同。”Porter 认为一组在地理上靠近的相互联系的公司和关联机构,他们同处在一个特定的产业领域,由于具有共性或者互补性而联系在一起。

借鉴传统集群的概念,提出网络化制造平台的集群模式,它是通过跨越时间和空间的分布式网络化制造平台之间的协作和资源共享,实现更大程度的网络化制造的一种现代化制造模式。在该模式下,各类网络化制造平台联合形成的一个松散耦合的虚拟组织,通过平台间的联合与协作对大量分布的资源进行整合,形成一个集成化的资源环境以协同响应用户多变的需求,利用集群将互补的各个网络化制造平台的优势资源进行集成形成有效的生产制造链,为分布式产业积聚的发展提供帮助。

与传统的集群模式相比,网络化制造平台集群中同时包含异质平台和同质平台,因此,为满足用户多样化的网络化制造需求,在集群内部,网络化制造平台个体仅发展其优势资源,保留其最具竞争优势的功能,弱化其它功能,并借助集群模式的力量实现资源的整合互补,形成整体竞争优势。

#### 1.2 网络化制造平台集群的总体结构

网络化制造平台集群的总体结构如图 1 所示,整个结构分为 5 个层次。

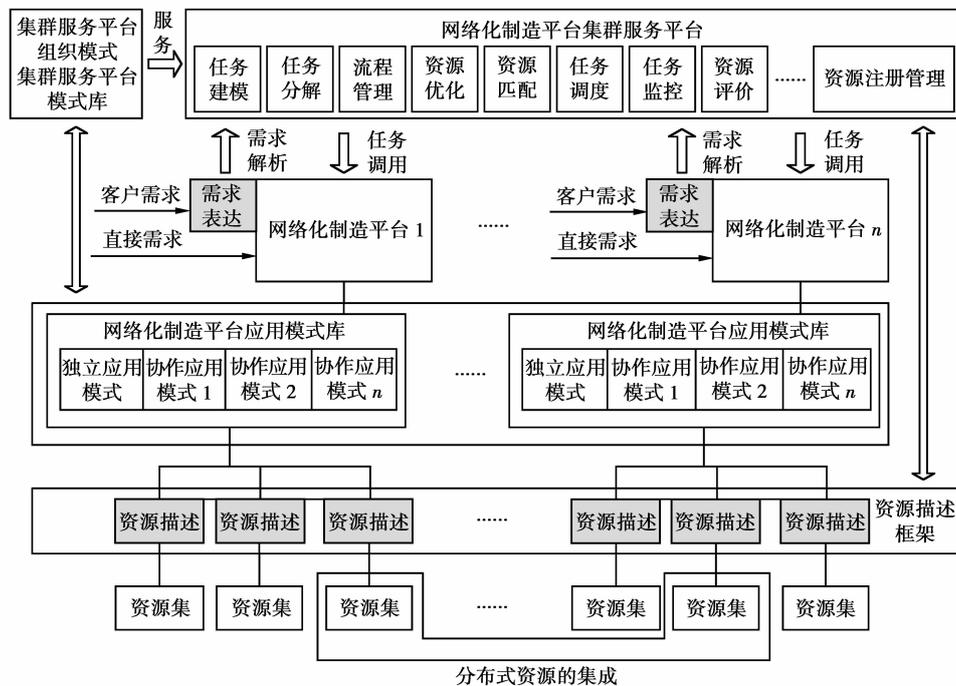


图 1 网络化制造平台集群总体结构

1) 网络化制造平台集群服务平台。它是在各个分布的网络化制造平台之上建立的一个统一服务平台,它整合和管理了不同网络化制造平台以及独立的服务资源。它接受用户的需求进行解析,对用户的任务进行建模和项目分解,形成相关的工作流程;在工作流程的各个节点对同质平台提供的资源进行

评价,选择更好满足企业需求的资源进行服务;并且对各个节点中需求的互补性资源进行匹配和调度,使资源之间协同工作和进行进度监控,最后对资源的工作情况进行评价。随着用户需求的不断满足,服务平台可以逐步形成网络化制造的模式库,建立各种服务资源之间比较稳定的联盟,从而快速响应

未来相似的用户需求。

2)分布式的网络化制造平台。由于网络化制造平台是分布的,而且专业化程度越来越高,其优势资源可以独立的为用户服务,也可以为集群服务平台提供服务。

3)网络化制造平台业务模型库。由于网络化制造平台提供专业、优质的资源和服务,所以其具有特定领域的服务优势,将其优势服务形成模型库,包括独立的服务资源和资源集合,从而集成成员平台的已有网络化制造模式和业务模型,在提高业务模式可重用性的同时实现集群任务的快速建模和资源匹配及组合。

4)资源描述。网络化制造平台的资源一般是异构的,为了满足用户的需求和集群服务平台对资源的匹配和评价,必须按照统一的资源描述框架对构成网络化制造平台服务的资源进行描述。

5)资源集。为网络化制造平台或者网络化制造

平台集群提供服务的具体资源和资源的集合。

网络化制造平台集群总体结构所包含的资源是分布的,它们由集群各个成员平台共享的网络化制造资源组成,各个成员平台在组织上相对独立,因此各成员平台的资源和应用系统具有异构性;每个成员平台对自身的资源控制享有自治权;在集群总体结构内部,各个成员平台既是合作的伙伴,又可能是潜在的竞争对手,从集群总体结构整体来看,其资源具有竞争性和协作性。因此,网络化制造平台集群总体结构资源的特点可概括为分布性、异构性、自治性、竞争性和协作性。网络化制造平台集群的集成运行过程如图 2 所示。包含 3 个层面的内容:客户需求层面、集群服务平台和其它网络化制造平台资源层面,客户一旦提出需求,则网络化制造平台集群的服务平台对任务进行分解,并且在整个集群中选择、匹配和调度各个专业的网络化制造平台的优势资源为客户服务。

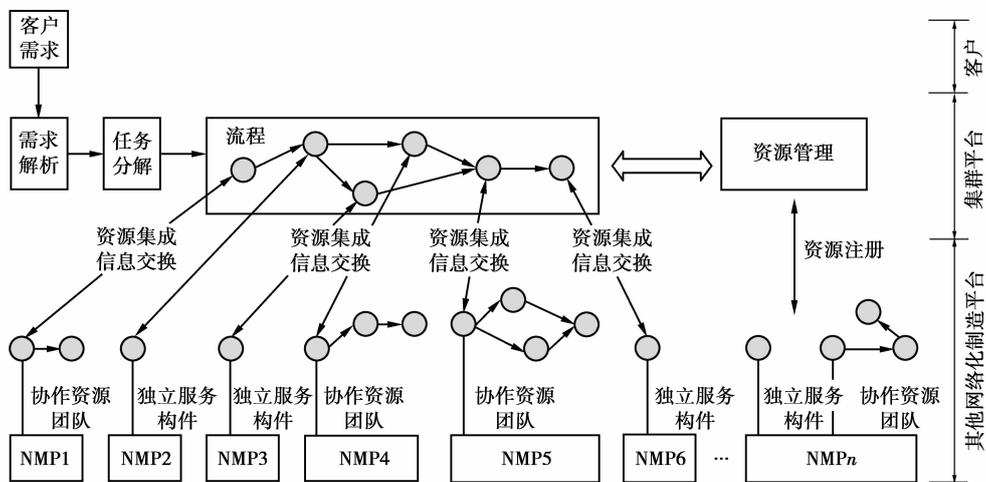


图 2 网络化制造平台集群的集成运行过程

## 2 网络化制造平台集群的集成框架及其支撑技术

### 2.1 网络化制造平台集群的集成框架

网络化制造平台集群是对已有的网络化制造平台和资源的整合,“集成”是其面临的核心问题之一。根据集群的特点,其集成需求主要体现在如何满足分布式的、异构的、已有的资源以及服务之间的集成要求;如何正确理解客户的需求;如何解决在各种网络化制造平台服务以及资源之间协作过程中的信息转换问题以及如何合理地描述服务和资源,使集群中能够对资源和服务进行正确的评价和调度。

鉴于此,有必要建立一个独立于各种网络化制造平台的集成框架来满足网络化制造平台集群模式

的要求。为此,建立了如图 3 所示的网络化制造平台集群的集成框架。

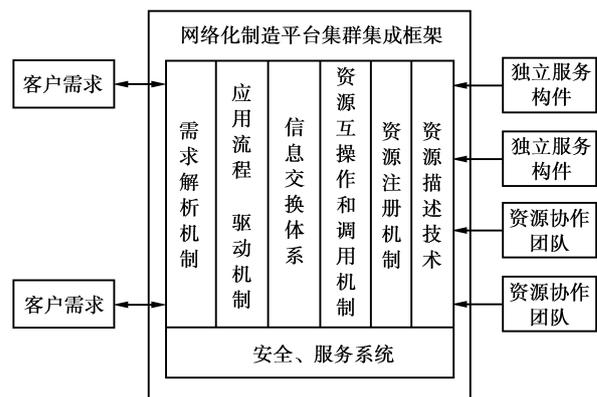


图 3 网络化制造平台集群的集成框架

1)需求解析机制。用于对客户提供的需求进行解析和映射,使网络化制造平台集群能够正确理解客户的需求,并且能够进行信息的正确交互。

2)应用流程驱动机制。应用流程的驱动机制用于驱动任务按照流程进行商务活动。动态地组织分布在各网络化制造平台上的资源,按照任务的分配进行合理地驱动。

3)信息交换体系。由于集成框架独立于各种资源,所以必须建立独立于各种资源的信息交换标准体系,通过信息交换体系,按照各种标准协议进行各种网络化制造平台及其上面的资源在框架下进行信息交换和集成。

4)资源互操作和调用机制。由于集群中各个网络化制造平台上的资源分布是异构的,所以必须通过资源间的互操作和调用,在信息交换体系的基础上实现资源之间的协同。

5)资源注册机制。该机制将位于异地的各种网络化制造平台和资源进行逻辑上的统一的管理和应用。

6)资源描述技术。将网络化制造平台上的独立服务构件和资源协同团队等资源按照资源描述框架进行描述,使集群中的网络化制造平台和集群的服务平台能够选择、评价和调用相关资源进行协同。

7)安全服务系统。防止集群中信息传输和资源调用过程中发生的信息泄漏,信息被恶意破坏,没有授权的进入,拒绝服务或者欺骗服务等。

## 2.2 网络化制造平台集群的集成框架涉及的主要支撑技术

在集成框架的现有研究中,针对资源描述和注册技术的研究较多,多以资源描述框架(resource description framework, RDF)技术<sup>[11-13]</sup>;应用流程和驱动机制多以 BPEL 等技术进行研究<sup>[1,14-15]</sup>,笔者主要从需求解析、信息交换和资源调用 3 个方面对集群集成框架的主要支撑技术进行研究。

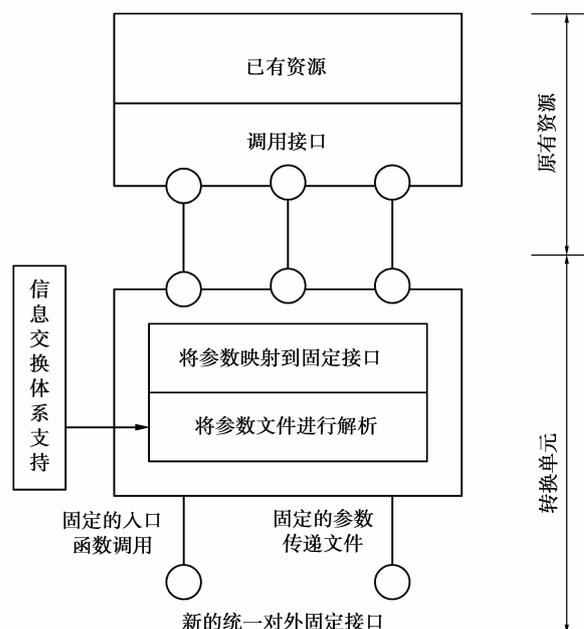
1)需求解析机制和信息交换体系。从本质上看,需求解析和信息交换有一个共同需要解决的问题,那就是语义的问题。对客户需求的正确理解基于共同的语义,资源之间的信息交换也需要基于共同的语义。因此标准转换协议是其中的主要内容。在标准转换协议中主要包括 2 个协议的研究:通用信息标签协议和信息的映射协议。通用信息标签协议用于规范网络化制造中各种交换信息的统一表达格式,从而解决不同数据格式之间转换的问题;信息的映射协议则根据通用的信息标签协议进行中性的标准格式信息与具体资源之间的对应转换,用于解

决信息在不同的资源之间的转换问题,它是建立在资源本地的。通过上述 2 个协议的配合,可实现信息在不同数据格式和不同资源之间的转换和集成。

2)资源互操作和调用机制。资源之间在集成过程中首先面临互相的操作和调用问题,其实资源之间互操作技术的发展比较成熟,例如从 COM/DCOM、CORBA 到现在的 Web Service 技术,他们的存在使资源之间的互操作几乎没有问题,但是这种技术下,当资源之间进行互相调用时,被调用资源的接口必须稳定,而且接口参数的数量和类型都必须对调用者公开,这样就在某种程度上造成资源之间集成的紧耦合。在网络化平台集群模式下,由于整合大量分布式资源,所以获得资源调用层面接口的信息比较困难,迫切需要一种调用机制来满足这种模式。

因此,建立了一种资源调用机制,在互操作技术的支持下,将被调用资源的接口本地化,而暴露给其他调用资源一个统一的访问接口。

如图 4 所示,通过在原有资源上增加一层转换单元,对资源进行二次的封装。封装完成的资源具有一个统一的对外固定的接口,接口包含一个固定的入口函数,另外一个传递的参数文件,该参数是以一个 XML 格式的形态,可以保存不确定的参数数目和类型。从而使对该资源的调用具有固定不变的接口,发生变化只是参数文件的内容。



在转换单元中具有参数文件的解析模块,该模块在信息交换体系的支持下,通过信息的映射对参

数文件中的参数进行提取和解析,将其转换为原资源接口能够识别的参数。再通过转换后的参数通过资源的接口调用原资源的功能,从而获得服务。

通过统一参数传递方式,使参数的传递和资源的实现得到了较好的分离,使调用资源和被调用资源之间变得透明,从而为网络化制造平台集群模式下的资源之间的集成提供了一定的基础。

3)基于业务规则的资源封装。为了较好地实现集群模式下资源之间的集成,信息交换是需要解决的问题之一,上面采用了信息交换体系和映射资源接口的技术来解决参数透明传输的问题,但是考虑到目前已有的网络化制造平台以及资源都已经存在固定的客户群体,这样会造成固定的客户群体与集群模式之间的资源调用冲突,即固定的客户能够正确理解资源的接口,不再需要这样的转换单元,而集群模式中为了保证资源集成之间的透明性,又需要建立转换单元。

鉴于此,通过引入业务规则进行资源的封装来解决上述冲突。业务规则是一组 IF Then 组合,通过规则的约定来控制业务过程。首先将转换单元单独提取出来形成转换单元集合,然后通过业务规则来控制转换单元的运行。

由于转换单元与资源松耦合,所以已有的各类资源可以方便地通过转换单元进行配置,形成转换

单元集合,使已有资源能够快速方便地纳入网络化制造平台集群模式的体系中。

### 3 应用案例

建筑行业中的门窗幕墙制造企业对板材和条材的使用量非常大,因此如何对板材和条材进行优化,提高材料的利用率是该行业降低成本的有效途径。目前在网络化制造中出现了许多有关板材和条材的优化系统和平台。然而优化下料问题是一个 NP 复杂性问题,计算复杂度极高,每一种优化下料系统都是利用启发式算法和一些近似处理来得到比较优化的结果,都可能遇到自身难以处理的个别特殊数据结构。由于优化性能不稳定,单一的优化下料系统或平台不能保证对任何一组优化原始数据都得到最理想的优化结果,所以利用多个不同的优化下料系统或平台来协同优化取最优结果是必要的。

应用本文的研究结果,建立了网络化优化下料平台集群,对企业的材料优化需求在优化下料平台集群中进行解析和服务匹配,寻找出企业对指定材料需求利用的最佳方案,可以使企业提高材料利用率,降低资源消耗,减少环境污染。

首先,将专业用于板材和条材的优化的网络化制造平台所提供的服务和资源按照资源描述框架 RDF 进行描述,如图 5 所示。

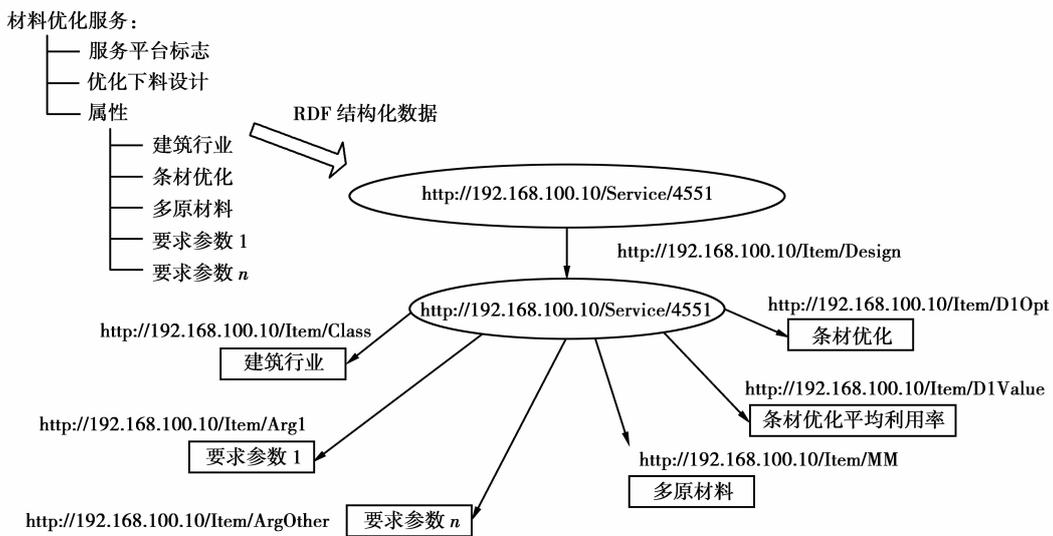


图 5 条材优化下料服务的 RDF 描述

根据 RDF 结构化数据形成下列的三元组,然后生成对应的属性表达的 XML 格式。

- {exrequirement:4551                    exItem:Service                    exDesc: 4551}
- {exdesc:4551                            exItem:Class                    “建筑行业”}
- {exdesc:4551                            exItem:D1Opt                    “条材优化”}
- {exdesc:4551                            exItem:D1Value                    “条材优化平均利用率”}

{exdesc:4551	exItem:MM	“多原材料”}
{exdesc:4551	exItem:Arg1	“参数 1 的值”}
{exdesc 4551	exItem:ArgOther	“参数 $n$ 的值”}

将描述完成的服务资源在网络化制造集群服务平台上进行资源注册,成为网络化制造平台集群的资源。

运行中,客户提出条材的优化请求,将下料的目标参数通过 XML 的形式传递给集群服务平台;集群服务平台进行客户需求的解析,以材料利用率最高为目标进行优化服务和资源的匹配和调度,找出最能满足客户要求的优化下料资源,并调用已经二次封装以后的优化下料资源;优化下料资源根据信息交换体系对客户的参数文件进行解析,转换为优化系统能够识别的参数,然后进行材料的优化计算,最后利用文件的方式将优化结果提供给客户,从而使客户通过利用网络化优化下料平台集群整合了多种优化下料资源,获得了良好的服务。

#### 4 结 语

针对网络化制造平台之间集成的需求,建立了一种网络化制造平台的集群模式,该模式主要包括网络化制造平台集群的总体结构、集成框架以及集成框架涉及的信息转换机制和资源的二次封装机制等主要支撑技术。在建立的网络化制造平台的集群模式下,各类网络化制造平台联合形成的一个松散耦合的虚拟组织,通过平台间的联合与协作,对大量分布的资源进行整合,形成一个集成化的资源环境以协同响应用户多变的需求。结合建筑行业门窗幕墙制造企业的板材和条材网络化协同优化的案例对上述集群模式的实用性和集成技术的可行性进行了验证,取得了较好的应用效果。

#### 参考文献:

- [1] 汪军,宋豫川,刘飞,等. 基于业务规则的应用系统组合机制[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2006, 29(11): 15-17.  
WANG JUN, SONG YU-CHUAN, LIU FEI, et al. Composition of application based on business rule [J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2006, 29(11): 15-17.
- [2] 梁策,肖田元,张林鎰,等. 基于联邦模式的网络化制造系统集成体系结构研究[J]. 计算机集成制造系统,

2007,13(8):1552-1558.

LIANG CE, XIAO TIAN-YUAN, ZHANG LIN-XUAN, et al. Federation integration architecture for networked manufacturing system [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(8): 1552-1558.

- [3] SHEN W M, HAO Q, WANG S Y, et al. An agent-based service-oriented integration architecture for collaborative intelligent manufacturing [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007, 23(3): 315-325.
- [4] KAVANTZAS N, BURDETT D, RITZINGER G. Services choreography description language [EB/OL]. (2005-11-09) [2005-12-20] <http://www.w3.org/TR/ws-cdl-10/>.
- [5] CARDOSO J. Approaches to developing semantic web services [J]. International Journal of Computer Science, 2006, 1(1): 8-21.
- [6] 陆剑峰,张浩,马玉敏,等. 基于业务流程管理的企业应用集成框架及其实现[J]. 计算机集成制造系统, 2007,13(7):1344-1349.  
LU JIAN-FENG, ZHANG HAO, MA YU-MIN, et al. BPM-based enterprise applications integration framework & its realization [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007,13(7):1344-1349.
- [7] MARTIN D, BURSTEIN M, MEDERMOTT D, et al. Bringing semantics to web services with OWL-S [J]. World Wide Web, 2007,10(3):243-277.
- [8] CHRISTENSEN K, OLESEN T H, THOMSEN L L. Matching semantically described web services using ontologies [J]. Information Technology and Control, 2006, 35(3): 267-275.
- [9] 房亚东,何卫平,杜来红,等. 基于多维度分析的制造资源集成与共享[J]. 计算机集成制造系统, 2006,12(7):1047-1053.  
FANG YA-DONG, HE WEI-PING, DU LAI-HONG, et al. Manufacturing resources integration & sharing based on multidimension analysis [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12(7): 1047-1053.

(下转第 511 页)

- melanogaster [J]. PLoS Computational Biology, 2006, 2(5): 417-428.
- [11] WERHLI A V, GRZEGORCZYK M, HUSMEIER D. Comparative evaluation of reverse engineering gene regulatory networks with relevance networks, graphical gaussian models and Bayesian networks [J]. Bioinformatics, 2006, 22(20): 2523-2531.
- [12] 陈继忠,田凌. 面向协同产品商务的企业信息集成平台研究[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2005, 11(8): 1081-1087.  
CHEN JI-ZHONG, TIAN LING. Research on enterprise information integration platform for collaborative product commerce [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11(8): 1081-1087.
- [13] 战洪飞,顾新建,沈祖志. 基于 Web 的异地协同产品设计系统研究[J]. 中国机械工程, 2004, 14(15): 1306-1308.  
ZHAN HONG-FEI, GU XIN-JIAN, SHEN ZU-ZHI. Research on a web-based collaborative product design system[J]. China Mechanical Engineering, 2004, 14(15): 1306-1308.
- [14] 尹超,胡卫民,刘飞. 新产品开发过程应用服务提供平台的运行支持系统[J]. 重庆大学学报, 2008, 31(5): 505-510.  
YIN CHAO, HU WEI-MIN, LIU FEI. A running support system of application service provider platforms for new product development[J]. Journal of Chongqing University, 2008, 31(5): 505-510.
- [15] 孙林夫. 面向网络化制造的协同设计技术[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2005, 11(1): 1-6.  
SUN LIN-FU. Networked manufacturing-oriented collaborative design technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2005, 11(1): 1-6.

(编辑 张 苹)

(上接第 504 页)

- [10] 王国庆,王刚,吕民,等. 基于网格的应用服务提供商平台制造资源共享方法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(2): 350-355.  
WANG GUO-QING, WANG GANG, LV MIN, et al. Method of manufacturing resource sharing for grid-based ASP platform[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(2): 350-355.
- [11] IOANA M, MARCO B, STEFANO C, et al. Model-driven design and deployment of service-enabled web applications [J]. ACM Transactions on Internet Technology, 2005, 5(3): 439-479.
- [12] 贺文锐,何卫平. 基于 Web Services 的网络化制造资源管理的关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(11): 1382-1388.  
HE WEN-RUI, HE WEI-PING. Research on key technologies of networked manufacturing resources management based on web services [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 10(11): 1382-1388.
- [13] ABDMOULEH A, SPANDONI M. Distributed client/server architecture for CIMOSA-based enterprise components [J]. Computers in Industry, 2004, 55(3): 239-253.
- [14] NORAN O. An analysis of the Zachman framework for enterprise architecture from the GERAM perspective[J]. Annual Review in Control, 2003, 27(1): 163-183.
- [15] 汪军,宋豫川,刘飞,等. 网络化制造中企业间业务流程重用研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(2): 2027-2032.  
WANG JUN, SONG YU-CHUAN, LIU FEI, et al. Reusability of business process among enterprises in networked manufacturing [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(2): 2027-2032.

(编辑 张 苹)