

上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文 84



制造网格 workflow 研究与实现

- 作者：袁逸萍
- 专业：机械制造及其自动化
- 导师：方明伦 俞 涛



上海大学出版社
2006年上海大学博士学位



制造网格 workflow 研究与实现

- 作者：袁逸萍
- 专业：机械制造及其自动化
- 导师：方明伦 俞涛



Shanghai University Doctoral Dissertation (2006)

Research and Development on Manufacturing Grid Workflow

Candidate: Yuan Yiping

Major: Mechanical Engineering
and Automation

Supervisor: Fang Minglun,
Yu Tao

Shanghai University Press
• Shanghai •

图书在版编目(CIP)数据

2006 年上海大学博士学位论文. 第 2 辑/博士学位论文
编辑部编. —上海:上海大学出版社,2010.6

ISBN 978-7-81118-513-3

I. 2... II. 博... III. 博士学位论文—汇编—上海市—
2006 IV. G643.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162510 号

2006 年上海大学博士学位论文

——第 2 辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 66135110)

出版人:姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 890×1240 1/32 印张 278 字数 7 760 千

· 2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—400

ISBN 978-7-81118-513-3/G·514 定价:880.00 元(44 册)

上海大学

本论文经答辩委员会全体委员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求。

答辩委员会名单:

主任:周勤之 院士 上海机床厂

委员:姚振强 教授 上海交通大学

顾长庚 高工 上海科技生产力促进中心

叶洪根 教授 上海电器科学研究所

王 坚 教授 同济大学

导师:方明伦 俞 涛

评阅人名单:

周勤之 上海机床厂 院士

姚振强 上海交通大学 教授

李启炎 同济大学 教授

答辩委员会对论文的评语

制造网格是网络化制造领域新的研究热点,它的主要问题体现在资源异构性、多样性和过程的动态性、并行性。袁逸萍同学的博士论文《制造网格工作流研究与实现》从制造网格工作流体系结构,工作流模型、执行过程等方面进行了深入研究,提出了基于服务的制造网格工作流体系结构、柔性的多维制造网格工作流模型以及制造网格工作流执行过程中的动态匹配、任务调度和异常处理,为解决这一问题提供了良好的途径。论文具有理论意义和实用价值。

论文的创新研究成果如下:

1. 在制造业领域,将 workflow 技术与网格服务技术结合起来,提出基于服务的制造网格工作流定义和体系结构。

2. 在制造网格工作流中引入服务模型,明确了制造资源封装的属性和接口,服务模型将制造资源描述和封装为一个制造服务。

3. 在制造网格工作流建模阶段指定了活动需求,使制造网格工作流过程定义阶段考虑到资源的动态性,解决了资源动态自适应问题。

论文工作反映了袁逸萍同学在机械制造及其自动化专业领域掌握了坚实宽广的基础理论和系统深入的专业知识,具有独立从事科学研究工作的能力。论文内容丰富,结构合理,文字流畅,达到了博士学位论文水平。答辩过程中,叙述清晰,回答问题正确。

答辩委员会表决结果

通过无记名投票,答辩委员会一致同意通过袁逸萍同学的博士学位论文答辩,并建议授予工学博士学位。

答辩委员会主任: **周勤之**

2006年7月15日

摘 要

制造网格是网格技术与制造业自组织特征相结合的产物。其目的是为跨地域、跨企业分布的异构制造资源提供一种资源共享和协同工作的环境,使得用户提交的任务,能够在动态组成的虚拟组织中完成。由于产品开发过程涉及多个步骤,不但需要有大量的资源,而且任务的过程也比较复杂,包含很多时间、空间和资源方面的约束条件,为了使用户提交的任务能够在制造网格平台上有条不紊的自动或者半自动执行,需要制造网格工作流对制造网格应用进行构建、执行调度、管理监控,使得网格应用能够自动化而且效率更高。论文主要工作包括:

对制造网格和工作流的相关研究进行了综述,分析阐述了本文的研究背景,在此基础上,提出了本文的研究内容。制造网格工作流不仅仅是传统工作流技术在制造网格环境中的应用,在结构体系、模型描述和工作流执行过程都有许多问题需要探索、解决。

研究了制造网格工作流的基本原理。明确在制造网格产品开发过程中制造网格工作流与项目管理、产品数据管理三者有机集成和相互关联;分析了制造网格工作流的组织复杂性、资源复杂性和过程复杂性,制造网格工作流的复杂性使得其必须具有适应性,适应性是制造网格工作流中必须解决的问题;根据自组织理论,按照目标优化方法,给出制造网格工作流的最优目标决策模型;定义了制造网格工作流本体,使制造网格工作流能够建立在严格的理论基础之上以保证语法和语义的严格性及完整性。

分析制造网格工作流特点,将网格技术与传统工作流技术结合,给出了制造网格工作流定义,提出基于服务的工作流体系架构,基于服务的工作流系统不仅可以用来管理业务流程,而且还具备了组合

服务、进行企业间应用集成的功能。然后,介绍了制造网格工作流中间件与其他模块的关系。

研究制造网格工作流模型及其形式化定义。制造网格工作流模型是工作流执行的基础。它包括四个子模型:过程模型、组织模型、资源模型、服务模型。过程模型中增加动态活动执行类型,使工作流的过程定义中(业务逻辑)能够充分考虑动态特性,配合执行阶段(应用)的处理,可以从更基本的层次解决动态自适应性问题;组织模型描述参与产品开发过程的工作组、成员及角色的组成结构和权限;资源模型描述了制造资源的分类、制造资源的静态属性和动态属性;服务模型将制造资源描述和封装为一个制造服务,初步形成了制造资源封装标准和规范,有效屏蔽了资源的异构性、复杂性和多样性;为了有助于工作流执行过程中进行任务调度与计划,给出了工作流过程模型时间参数和关键路径的计算方法。

研究如何在制造网格工作流执行阶段增强系统的适应性,我们采用三种动态调整方法来提高工作流系统的适应性:针对资源的动态性和复杂性,在工作流执行过程中根据活动需求,采用基于语义的资源发现和基于模糊层次法的资源选择,实现活动和服务的动态结合;针对工作流任务执行过程中多任务竞争资源的情况,构造了任务—资源约束模型,并从工作流整体执行要求(任务重要程度、资源状态等)上考虑,抽象出这类问题的数学模型,提出一种综合多种策略的调度模型和启发式任务调度算法;针对工作流的可预测异常和不可预测异常,给出了相应的处理策略和处理过程。

最后,对本文研究内容进行了开发和应用验证。以上海大学制造网格试验床的一个具体任务——蜗杆组件设计流程为例进行说明,验证了理论的正确性和方法的可行性,获得了很多有价值的经验和数据,为制造网格工作流进一步完善和推广实施奠定了坚实的基础。

关键词 制造网格工作流,工作流模型,活动需求,动态绑定,任务调度,异常处理

Abstract

Manufacturing Grid (MG) emerges as the result of combining the Grid technology with self-organization manufacturing system. MG provides a platform of resource sharing and cooperative work for the distributed and heterogeneous manufacturing resources. The tasks that the user submits to MG portal are carried out in a dynamic virtual organization. The business process of task is complicated since it includes many constraints on time, space and resources. In order to finish the task automatically or semi-automatically, it is important and urgent to adopt the workflow technology to build, schedule, monitor, and manage the business processes. The business processes can be automat and executed with high efficiency under management of the Manufacturing Grid Workflow (MGFlow).

Subsequent to introducing MG and the workflow technology, and analyzing the research background of the MGFlow, the contents of the research are presented. The research of the MGFlow includes not only applying the traditional workflow technology to MG environment, but also the architecture, the model and executive processes of the MGFlow.

The fundamental principles of MGFlow are studied.

Through integrating the project management, workflow management and product data management, the process management for the product development is realized. Because of the complexity of virtual organization, resources and processes under MG environment, it is important to enhance the adaptability of MGFlow. Solving the adaptability of the MGFlow system is the emphasis of this research. The target strategy model of MGFlow is presented based on self-organization theory. In order to realize the resource matching, the MGFlow ontology is defined to build the integral and strict semantic.

The concept of Manufacturing Grid (MG) and a new MGFlow system architecture is given by analyzing the characteristics of the MGFlow, extending the traditional workflow model and combining the Grid technology. The MGFlow system based Grid service provides the functions to manage the business processes, combine services, and integrate applications among enterprises. Then, the dissertation presents the relationship between the workflow module and other MG modules.

The MGFlow model and the formalized definition of the model are presented. The MGFlow model provides the foundation to the implementation of the Manufacturing Grid workflow. The model includes process models, organization models, resource models, and service modes. We increase the dynamic execution type of activity in process model and introduce the synchronization cooperation activity definition

which makes the process model meet the dynamic characteristics of Manufacturing Grid business processes. The organization model defines the relation among the workgroup, role, actor and authority in virtual organization. The resource model defines the type, the static properties and dynamic properties of manufacturing resources. The manufacturing resource is encapsulated to the manufacturing service by the service model. The service model masks effectively the isomerism of the resources. The algorism of time parameter and critical path in the process model is given for realizing the task schedule in running the process.

In order to increase the adaptability in running the process of MGFlow system, three dynamic adjustment methods are adopted. To solve the dynamic and complexity of resources, according to the activity requirement, the resources are bound dynamically by semantic matching and selecting based on the Fuzzy Analytic Hierarchy Process in running process; to solve the scheduling problem of many tasks that are competing with each other for resources, we construct the task-resource constraint model and give the scheduling policy and heuristic scheduling algorithm. To solve the expectable exception and unexpectable exception in the running process, the exception handle strategy and method is presented.

Finally, we develop and implement the MGFlow system. Its feasibility and rationality is validated by the product development process of endless screw component, and the

experiences obtained from which are quite useful for further researches.

Key words Manufacturing Grid Workflow, Workflow Model, Activity Requirement, Dynamic Bind, Task Scheduling, Exception Handle

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 网络化制造	1
1.1.2 制造网格	3
1.1.3 workflow 技术	6
1.1.3.1 workflow 概念	6
1.1.3.2 workflow 技术发展	8
1.1.4 制造网格对 workflow 技术的需求	10
1.1.5 课题来源及其研究意义	12
1.1.5.1 课题来源	12
1.1.5.2 研究目的和意义	12
1.2 国内外研究现状和发展趋势	13
1.2.1 workflow 技术研究的现状	13
1.2.1.1 制造业中 workflow 应用现状	13
1.2.1.2 网格环境中 workflow 研究现状	14
1.2.2 workflow 技术研究的趋势	18
1.3 课题研究相关技术基础	19
1.3.1 网格技术	19
1.3.1.1 WSRF	20
1.3.1.2 Globus	22
1.3.2 本体论与语义 Web	24
1.3.2.1 本体论	24
1.3.2.2 语义 Web	24
1.4 本文的主要研究内容及论文结构	26
1.5 本章小结	29

第 2 章 制造网格 workflow 基本原理研究	30
2.1 制造网格环境下产品开发过程管理	30
2.1.1 产品开发过程管理技术集成框架	30
2.1.2 项目分解层次结构描述	32
2.1.3 项目管理与制造网格 workflow 双向关联关系	34
2.2 制造网格 workflow 的复杂性和适应性	36
2.2.1 制造网格 workflow 的复杂性	36
2.2.1.1 虚拟组织复杂性	37
2.2.1.2 制造资源复杂性	39
2.2.1.3 过程复杂性	39
2.2.2 制造网格 workflow 的适应性	40
2.3 制造网格 workflow 自组织模式	43
2.4 制造网格 workflow 本体论	45
2.5 本章小结	47
第 3 章 基于服务的制造网格 workflow 体系架构	49
3.1 制造网格 workflow 定义	49
3.2 制造网格 workflow 体系架构	52
3.2.1 workflow 定义服务	53
3.2.2 workflow 引擎服务	53
3.2.3 制造网格信息系统	54
3.3 基于服务的制造网格 workflow 中间件	56
3.3.1 服务作为 workflow 任务的实现	56
3.3.2 制造网格 workflow 系统封装	59
3.4 制造网格 workflow 模块与其他模块的关系	61
3.5 本章小结	64
第 4 章 制造网格 workflow 模型	65
4.1 workflow 建模方法	65
4.2 制造网格 workflow 模型描述	68
4.2.1 过程模型	69

4.2.1.1	ECA 规则	71
4.2.1.2	活动	72
4.2.1.3	任务	78
4.2.2	组织模型	79
4.2.3	资源模型	82
4.2.3.1	制造资源类型	83
4.2.3.2	制造资源实体	85
4.2.4	服务模型	87
4.2.4.1	制造服务定义	87
4.2.4.2	制造服务接口	88
4.2.4.3	服务质量	90
4.3	工作流过程模型时间参数确定	96
4.3.1	必要定义	96
4.3.2	时间参数确定算法	99
4.4	本章小结	101
第 5 章	制造网格 workflow 执行过程	103
5.1	制造网格 workflow 的动态绑定	103
5.1.1	制造资源动态绑定过程	103
5.1.2	基于语义的制造资源匹配	107
5.1.2.1	基本信息匹配	109
5.1.2.2	功能匹配	109
5.1.2.3	基于 QoS 参数阈值约束的匹配	111
5.1.2.4	实例分析	113
5.1.3	基于模糊层次评价的制造资源选择	116
5.2	制造网格 workflow 的任务调度	122
5.2.1	任务-资源约束模型	123
5.2.2	调度框架	124
5.2.3	调度策略	126
5.2.4	调度算法	129
5.2.4.1	假设与算法参数定义	131