

2004年上海大学博士学位论文 55

制造网格系统可靠性管理研究

作者：李 睿

专业：机械设计及理论

导师：方明伦

俞 涛



上海大学出版社

· 上海 ·

2004 年上海大学博士学位论文

制造网格系统可靠性管理研究

作 者： 李 睿
专 业： 机械设计理论
导 师： 方明伦
 俞 涛

上海大学出版社

· 上 海 ·

Shanghai University Doctoral Dissertation (2004)

Research on System Reliability Management for Manufacturing Grid

Candidate: Li Rui

Major: Machinery Design and Theory

Supervisors: Prof. Fang Ming-lun

Prof. Yu Tao

Shanghai University Press

• Shanghai •

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 | 200093 |
| 委员： | 顾宁 | 教授，复旦大学计算机系 | 200433 |
| | 王坚 | 教授，同济大学 | 200092 |
| | 姚振强 | 教授，上海交通大学 | 200030 |
| | 郑衍衡 | 教授，上海大学计算机系 | 200072 |
| 导师： | 方明伦 | 教授，上海大学 | 200072 |
| | 俞涛 | 教授，上海大学 | 200072 |

评阅人名单:

| | | |
|------------|--------------|--------|
| 顾 宁 | 教授, 复旦大学计算机系 | 200433 |
| 李启炎 | 教授, 同济大学 | 200092 |
| 张 浩 | 教授, 上海电力学院 | 200090 |

评议人名单:

| | | |
|------------|-----------------|--------|
| 林财兴 | 教授, 上海大学机械工程学院 | 200072 |
| 陈 云 | 教授, 上海财经大学 | 200433 |
| 叶洪根 | 教授级高工, 上海电器集团公司 | 200063 |
| 汤天浩 | 教授, 上海海事大学 | 200135 |
| 马登哲 | 教授, 上海交通大学 | 200030 |
| 杨建国 | 教授, 东华大学 | 200051 |

答辩委员会对论文的评语

制造网格是信息技术和制造技术结合的产物,制造网格系统是分布式异构平台,是网格技术在制造业的具体应用,在应用推广制造网格过程中的主要问题体现在资源异构性和多样性以及活动的复杂性。李睿同学的博士学位论文《制造网格系统可靠性管理研究》为解决这一问题提供了良好途径,论文从系统可靠性分析、评价及管理等各方面进行了深入研究,提出了制造网格系统可靠性评价体系,以及相关的管理策略;针对系统可靠性管理的集成化、智能化的需求,在数据采集和分析中分别引入代理技术和数据挖掘技术,并对其应用过程中的相关技术进行了深入研究。论文具有理论意义和实用价值。

李睿同学博士学位论文的创新研究成果如下:

(1) 论文通过制造网格系统的功能和运行模式的分析,提出了制造网格系统可靠性的概念,定义了多态可靠性指标层次和可靠性评价层次模型,进而构建了制造网格系统可靠性评价体系,为进行制造网格系统可靠性管理提供了理论基础;

(2) 论文通过数据挖掘过程模型中的关键环节,使其适用于制造网格可靠性管理系统中的数据分析,构建了由制造网格数据仓库、数据挖掘工具集、成功案例库及方法库构成的协同数据分析系统,并提出了相应的系统分析流程。

论文工作反映了李睿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,李睿同学叙述清晰,回答问题正确。

答辩委员会表决结果

经答辩委员会表决,全票同意通过李睿同学的博士学位论文答辩,建议授予工学博士学位。

答辩委员会主席: **周勤之**

2004年7月28日

摘 要

随着计算机技术、网络(Grid)技术的发展,制造业信息化的深入,制造网格(Manufacturing Grid, MG)作为信息技术和制造技术结合的产物应运而生,为网络化制造提供了一个通用的协作平台。制造网格系统是分布式异构平台,是网格技术在制造业的具体应用,其复杂性主要体现在资源的异构性和多样性以及活动的复杂性。在网格的应用过程中,网格系统的可靠性问题更多地关注于网络的连通性,而缺乏对系统内资源的工作状态的监控和管理。随着网格应用在各个领域内的扩展,这个问题越来越举足轻重。为保障系统内的各种异质资源,乃至整个系统能够稳定地、持续地、高效地提供服务,本文提出对制造网格系统可靠性进行集成化管理,并对相关技术和理论进行了论述。

首先对制造网格进行系统可靠性分析,探讨制造网格系统可靠性内涵,确定其系统可靠性特征量,为本文的管理内容做一个界定;针对制造网格系统的多态性,提出相应的可靠性指标层次;分析制造网格体系结构及运行模式,得出其可靠性框图,定义其可靠性评价模型,为有效地实施管理提供理论指导。

在制造网格系统可靠性分析的基础上,确定制造网格系统可靠性管理策略,构建制造网格可靠性管理体系(Reliability Management for MG, MGRM),从概念模型、过程模型及功能层次模型等方面进行了详细描述,阐述其体系特征及实现的关键技术。

系统运行的状态数据是进行系统可靠性管理和评价的依据, 如何从分散在制造网格系统中的资源获得其相关的状态数据是有效实施系统可靠性管理的基础. 由此, 在被管理对象的性能数据采集和系统恢复中引入代理(Agent) 技术, 提出基于代理的数据采集和系统恢复策略; 设计代理的结构模型、通讯模型及通讯机制和编码等, 将静态代理(Static Agent, SA) 与动态代理(Mobile Agent, MA) 有机结合, 增强可靠性管理系统的可扩展性, 提高代理的重用性, 降低被管理资源的系统消耗, 探讨智能化代理实现机制.

完善的数据管理和系统可靠性分析及评价是进行制造网格系统可靠性管理的关键. 在数据管理中引入数据仓库(Data Warehouse, DW) 技术, 有效管理可靠性管理过程中产生的大量数据, 并为高效的数据检索和分析的提供支持; 为从大量的、层次结构复杂的管理数据中得出有用的知识和信息, 用于优化或确定监控与管理策略, 在数据分析中引入数据挖掘(Data Mining, DM) 技术. 在研究实时数据分析的特点的基础上, 通过改进数据挖掘的过程模型, 构建由成功案例库、数据仓库、数据挖掘工具集及方法库协同工作的数据分析子系统, 探讨如何将数据挖掘技术应用于实时系统数据分析.

最后, 以快速制造为对象, 分析具体的制造网格系统可靠性管理的目的和需求, 针对不同层次的资源, 采取相应的管理措施, 实现快速制造领域内制造网格的系统可靠性管理, 验证其理论的正确性和方法的可行性.

关键词 制造网格, 网络化制造, 系统可靠性, 可靠性评价, 多代理, 移动代理, 数据仓库, 数据挖掘

Abstract

With the development of the technology of computing and network, and the constant advance of manufacturing informationization, Manufacturing Grid emerges as the results of combining the information technology and manufacturing, to provide a general platform for Networked-Manufacturing. As a grid application in manufacturing, the MG is a distributed isomeric system, whose complexity lies in the heterogeneous and various resources and the complex actions. In the process of grid application, the system reliability of Grid is focus on the network connectivity. The runtime status of resources was ignored. The problem becomes more important as the expanding of the grid application. The integrated system reliability management for Manufacturing Grid was proposed to keep the MG system running continually and stably with high performance.

First, a scope of the reliability management was given by analysising the system reliability of MG, the connotation of the MG system reliability was probed, and the reliability characteristic variables of MG were defined. According to the polymorphism of the MG system, the layering reliability index was presented. Based on the analysis of MG reliabilty, the reliability block diagram and the reliability evaluation for MG were proposed, which provides the theoretical direction to put the reliability management into action effectively.

The reliability management strategy was determined based on the reliability analysis of MG. The architecture of MGRM was developed, which was described from its concept model, process model and function hierarchical model. And the critical technologies were discussed as well.

The reliability management and evaluation goes upon the data indicating the runtime state of system. So, it is important for the effective management of MG reliability that how to collect the data from the resources dispersed in the MG. The Data Collection and System Recovery Based on Agents was proposed by adopting the agent technology. At the same time, the structure model, communication model, communication strategy and coding scheme of MGRM-Agents were presented. The collaboration of static agents and mobile agents enhanced the scalability of MGRM, reduced the system consumption of the managed object and improved the reusability of MGRM-Agents. We studied the realization mechanism of intelligent agents as well.

The critical point of MGRM lies on the perfect data management and the system reliability analysis and evaluation. We adopted Data Warehouse into the data management in the MGRM to manage the sponge data generated in the process of the MG reliability management effectively and support the high efficient data retrieval. To gain more useful information and knowledge from the sparse and sophisticate data, which are helpful for optimizing or determining the monitoring and managing strategy, we adopted the Data Mining into the data analysis of MGRM. Based on the study of the features of the data analysis for real time system, we developed

the Data Analysis System by improving the process model of data mining, which collaborates the Successful Case Database (SCD), Data Warehouse (DW), Data Mining Tools (DMT) and Methods Database (MD). We researched how to apply Data Mining in the real time system.

Finally, taking the Rapid Prototyping as the application instance, the purpose and requirement of MG system reliability management was analysed. The hierarchical description of the resources in the MG system is given according to the different resource attributes of realtime concerned, and the system reliability managing strategies are defined differently in the different hierarchies. The successful demonstration of the reliability management of the MG system in the rapid manufacturing field proved the theoretical correctness and the system feasibility of MGRM.

Key words manufacturing grid, networked-manufacturing, system reliability, reliability evaluation, multi-agent, mobile agent, data warehouse, data mining

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景和意义 | 1 |
| 1.2 系统可靠性研究的研究现状 | 9 |
| 1.3 相关研究热点的发展和应用 | 17 |
| 1.4 本文主要研究内容及章节安排 | 21 |
| 1.5 本章小结 | 23 |
| 第二章 制造网格系统可靠性内涵 | 24 |
| 2.1 系统可靠性理论 | 24 |
| 2.2 制造网格系统可靠性定义 | 30 |
| 2.3 制造网格系统可靠性指标体系的建立 | 32 |
| 2.4 制造网格系统可靠性评价模型 | 37 |
| 2.5 本章小结 | 42 |
| 第三章 制造网格系统可靠性管理的方法研究 | 43 |
| 3.1 制造网格系统可靠性管理概念模型 | 43 |
| 3.2 制造网格系统可靠性管理系统体系结构 | 45 |
| 3.3 制造网格系统可靠性管理的技术基础 | 57 |
| 3.4 本章小结 | 65 |
| 第四章 制造网格系统可靠性管理数据采集与系统恢复 | 66 |
| 4.1 数据采集的基础理论和技术 | 66 |
| 4.2 制造网格可靠性数据采集方法 | 75 |
| 4.3 制造网格系统恢复策略 | 83 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 4.4 本章小结 | 89 |
| 第五章 制造网格系统可靠性数据管理和分析 | 90 |
| 5.1 支持制造网格系统可靠性数据管理及分析技术 | 90 |
| 5.2 制造网格系统可靠性数据管理策略 | 95 |
| 5.3 制造网格系统可靠性数据分析 | 108 |
| 5.4 可靠性数据挖掘工具集的构建及管理 | 114 |
| 5.5 本章小结 | 130 |
| 第六章 制造网格系统可靠性管理实施和应用案例 | 131 |
| 6.1 制造网格系统可靠性管理层次和策略 | 131 |
| 6.2 制造资源可靠性管理 | 134 |
| 6.3 制造网格系统资源可靠性管理 | 144 |
| 6.4 制造网格 Portal 可靠性管理 | 161 |
| 6.5 本章小结 | 165 |
| 第七章 结论与展望 | 166 |
| 7.1 本文研究成果 | 166 |
| 7.2 进一步研究方向 | 168 |
| 7.3 本章小结 | 169 |
| 参考文献 | 170 |
| 致 谢 | 179 |

第一章 绪 论

制造网格(Manufacturing Grid, MG)是在分析制造业行业特点的基础上,为解决制造业的实际需求提出的,是网格技术在制造业中的具体应用.从本质上讲,网格是一个计算和资源的集成环境,其中充斥着许多异质资源.同样,制造网格中的技术资源、信息资源、人力资源和服务资源等,都是高度自治的、异构的、分布式的.为使得制造网格能够持续不断地为用户提供稳定的服务,必须对这些分散在 Internet 上的资源进行有效管理.制造网格系统可靠性管理就是为解决制造网格系统中各种资源的管理问题而提出的.近年来,网格标准与 Web Service 标准的结合使得网格应用以服务形式向非科学计算领域渗透.在网格的应用过程中,网格系统的可靠性问题更多地关注网络的连通性,而缺乏对系统内资源的工作状态的监控和管理.随着网格应用在各个领域内的扩展,这个问题越来越举足轻重.我们在研究制造网格体系结构及其实现技术的同时,开展制造网格系统可靠性管理的研究,是为了给制造网格系统的持续地、稳定地、高效率地运转提供保障.

1.1 研究背景和意义

当今计算机信息技术飞速发展,20世纪90年代以来的数字

化、网络化的信息革命再一次改变了人类的生产、工作和生活方式,使人类的制造技术在经历了手工、机械化及自动化制造三个阶段后进入了第四阶段——信息化制造阶段。

1.1.1 网络化制造

网络化制造是在网络经济条件下产生并得到广泛应用的先进制造模式,具有丰富的内容,其内涵尚处于不断发展过程中。重庆大学刘飞教授将网络化制造定义为:网络化制造是基于网络的制造企业的各种制造活动及其所涉及的制造技术和制造系统的总称^[1-3]。它是实现快速响应市场和可持续发展的生产模式,以数字化、柔性化、敏捷化为基本特征。其目标是通过信息技术和网络技术,将地理上呈分散状态的集团成员联系在一起,根据市场需求,迅速组成一个没有围墙的、超越空间约束并能够统一指挥的生产经营实体,建立动态联盟企业。

于是,网络化制造以其独特的生命力吸引了国内外大量研究人员的重视,他们纷纷提出自己的网络化制造解决方案,网络化制造方面的研究正在全球迅速兴起。如近年来出现了以下众所周知的著名研究计划:美国里海大学《美国 21 世纪制造企业战略》,美国国防部和科学基金会资助的“下一代制造”,欧洲联盟“第五框架计划”,日本“智能制造技术计划(IMS 计划)”和“网络化韩国 21 世纪计划”等均包含了大量有关网络化制造的内容。还有各方面有关网络化制造的研究也在迅速发展,如 1997 年美国国际制造企业研究所的《美国——俄罗斯虚拟企业网(Russian-American virtual enterprise network, RA-VEN)》,该项目是美国国家科学基金研究项目,目的是开发一个跨国虚拟企业网的原型,使美国制造厂商能够利用俄罗斯制造业的能力。2001 年

美国标准技术研究院通过“先进技术计划(ATP)”资助 500 万美元用以建立网络化制造的安全框架,旨在建立一个柔性防火墙,防火墙采用一种分布式体系结构,可以防护任何网络化制造体系所涉及的设备,大至一个企业的服务器,小至一个内嵌的传感器^[4]。

“虚拟企业信息交换项目(VFIIP)”是美国国家电子制造协会(NEMI)领导的工厂信息系统的一个研究项目,它涵盖原始设备制造厂商(Original Equipment Manufacturer, OEM)和电子管理系统(Electronic Management System, EMS)供货商之间从板卡生产到最终组装过程的双向信息交流,其重点是工程技术与制造数据的交流。

国内在网络化制造方面也作了大量研究工作,国家自然科学基金、国家 863 计划、国家“九五”科技攻关计划确立了不少研究课题。围绕网络化制造模式的研究,或者在与网络化制造有关的研究中,出现了一系列新概念、新观点和新思想,如敏捷制造、并行工程、虚拟制造、虚拟企业和动态联盟等,这些新概念、新观点、新思想无不体现了企业基于网络的制造理念,同时以此为基 础的网络化制造的研究和应用也在迅速发展。在网络化制造模式研究方面,比较典型的有华中科技大学杨叔子院士提出的“分布式网络化制造系统(Distributed Networked Manufacturing System, DNMS)”^[6],同济大学张曙教授和香港理工大学李荣彬教授提出了“分散网络化制造系统(Disperse Networked Manufacturing System)”^[7-10],重庆大学刘飞教授“网络化集成制造系统(Networked Integrated Manufacturing, NIM)”^[11-12]。同时,上海交通大学提出了“上海敏捷制造网络集成平台”^[13-16],建立了以上海电气集团总公司、电梯等有关企业和上海交通大学、同济大学、上海大学等高校、研究所等网络互联成一体的上