

制造网格及其资源配置算法

施战备¹, 俞涛², 刘丽兰²

(1. 上海大学计算机学院, 上海 200072; 2. 上海大学CIMS与机器人中心, 上海 200072)

摘要:为实现资源共享和协同工作, 制造业对公共技术及服务平台的需求越来越强烈。以快速制造为应用背景, 将网格技术运用到制造业领域, 提出了制造网格(Manufacturing Grid, MG)的概念。同时, 在分析和研究制造网格资源管理结点的功能和特点时, 指出资源的配置是该结点的一个瓶颈点和核心, 提出以TQCS为目标准则, 以选择最佳资源结点为目标的基于AHP的网格结点选择方法, 并详细描述了该方法的实现步骤。

关键词:网格技术; 制造网格; 资源配置; AHP算法

Manufacturing Grid and Its Resource Configuration Algorithm

SHI Zhanbei¹, YU Tao², LIU Lilan²

(1. Computer Department, Shanghai University, Shanghai 200072; 2. CIMS and Robot Center, Shanghai University, Shanghai 200072)

【Abstract】 In order to make resource sharing and collaborative working into reality, the demand for common technology and service platform in manufacturing is getting more and more vehement. This paper puts forward creatively the conception of manufacturing grid (MG), with rapid manufacturing as application background. At the same time, by studying the functions and characteristics of MG management nodes, people find the configuration algorithm is very important in choosing resource nodes. So, this research brings forth AHP-based grid nodes choosing method, which takes time, quality, cost and service (TQCS) as rules, and chooses best resource node as target. Finally, it describes the implementation steps of this algorithm.

【Key words】 Grid technology, Manufacturing grid (MG); Resource configuration; AHP algorithm

近几年, 随着Internet和Web技术的成熟发展, 制造业面临着—场全新的变革: 客户需要定制自己的产品; 产品制造需要跨部门、跨企业共同协作; 企业内部以及企业之间需要临时重组与集成; 制造资源需要跨地区、跨国家协调、共享和优化利用, 因此迫切需要一个公共的技术及服务平台, 为企业的资源共享和协同工作提供环境。

与此同时, 网格技术以其能够提供资源共享、消除信息孤岛、实现应用程序的互连互通; 支持协同工作, 实现很多网格结点共同处理一个项目; 以及基于国际开放的技术标准, 并提供动态的服务等一系列特点而发展起来。

本文以快速制造为应用背景, 将网格技术运用到制造业领域, 提出了制造网格(Manufacturing Grid, MG)的概念。制造网格以通用网络为基础, 以各种快速制造资源(包括硬件资源和相应的软件资源)为网格结点, 以Globus Toolkit2.0为桥梁, 为制造业提供了一个公共的制造网格平台系统。并在此基础上, 对制造网格中的资源配置算法进行了一定的研究, 提出以TQCS(Time、Quality、Cost、Service, 即交货期、质量、成本、服务)为目标准则, 以选择最佳资源结点为目标的基于AHP(the Analytic Hierarchy Process, 层次分析法)的网格结点选择方法, 有效解决了资源管理结点中存在的瓶颈问题。

1 制造网格的描述

网格技术(包括网格计算)是继传统因特网、Web之后的第3次互联网浪潮, 被人们视为21世纪的新型网络基础架构, 用于实现互联网上所有资源, 包括计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、硬件资源、信息资源、知识资源等的全面连通、消除资源孤岛^[1,2]。每种资源作为网格的一个结点, 具有一定的属性, 实现一定的功能, 在网格平台上, 用户只需向网格提交“任务”, 网格会自动分配相应的资源来完成工作, 并将结果反馈给用户。

从制造业的角度看, 网格技术的应用需要新的思维模式来适应: (1)增强互操作性, 即国内的制造企业利用全球的生产体系, 平行开发新产品, 以适应市场的需求。(2)丰富Web服务中的交互模型。通过提供企业最需要的各种交互模型, 把Web服务扩展到更广泛的商业运用中。(3)完善产品协同服务, 企业模式走向集成的、多层次的分布系统, 实现各类服务组件跨地域、跨企业的动态实践过程。

以快速制造资源为应用背景, 制造网格的结构框架如图1所示。

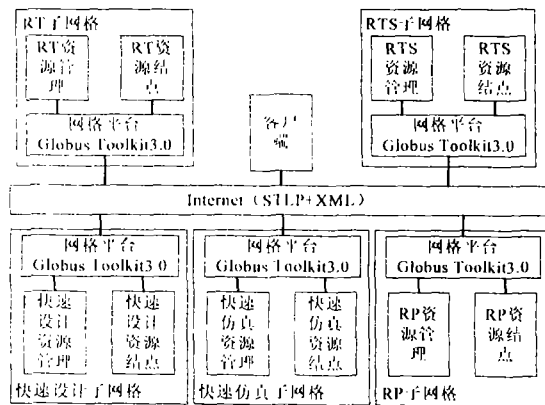


图1 制造网格的结构框架

从图1中可以看出, 快速制造中制造网格是由客户端和5大类资源结点构成。其中, 客户端面向Internet中的各种用户, 为用户提供网格资源的搜索、任务的提交、工作进程的查询以及可视化的结果返回等功能。资源结点主要包括具有

作者简介: 施战备(1976—), 男, 硕士生, 主要研究方向: 网格技术, 网格应用; 俞涛, 教授、博士; 刘丽兰, 博士

收稿日期: 2003-02-26

E-mail: zbshi@mail.shu.edu.cn

快速正向设计、快速逆向设计、快速仿真、快速原型制造(Rapid Prototyping, RP)、快速制模(Rapid Tooling, RT)、快速技术服务(Rapid Technique Service, RTS)等功能中一种或几种功能的硬件设备及其相应的软件,如CAX(CAD/CAPP/CAM/CAE)、PDM(Product Data Management)、ERP(Enterprise Resources Planning)、CRM(Customer Relationship Management)、SCM(Supply Chain Management)、制造设备数字化等技术。结点上的各种资源都具有一定的属性和参数,包括对资源本身的定义、资源加工能力的定义、资源工作状态的定义等,各个结点以网格平台Globus Toolkit3.0为桥梁与Internet相联,具有完全的开放性,并以STEP+XML为传输标准,实现彼此之间的资源共享和协同工作,共同完成整个制造任务。

2 资源配置算法的研究

从图1中可以看出,资源的管理结点处于重要的地位,用于将资源结点提交的受控资源汇集在一起,供客户端应用程序共享、调用,并为其提供资源分配、日程安排、资源代理、资源检测诊断、负荷控制、安全与可靠性管理等多种功能。管理结点的组成结构如图2所示。

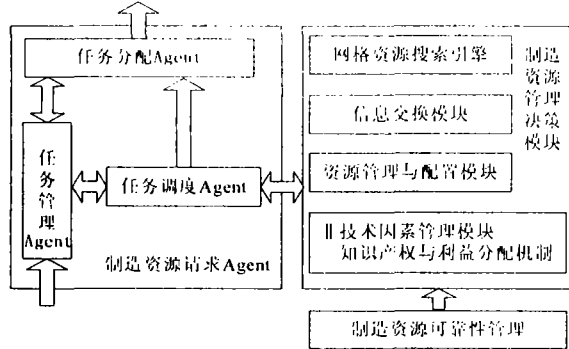


图2 制造资源管理结点的组成结构

从图2中可以看出,制造资源的管理结点由制造资源请求Agent、制造资源管理决策模块、制造资源可靠性管理模块3大模块构成。其中,制造资源管理决策模块用于将各种决策信息,包括网络结点资源提供方的信息,资源根据TQCS等优化指标的动态配置情况和报价,以及知识产权和利益分配结果等反馈给制造资源请求Agent,以进行任务调度决策。可以看出,制造资源的管理与配置是该结点的一个核心模块,负责对全局资源进行统一的管理和调度分配,以实现资源的共享和高效利用。因此,资源配置算法的合理与否对整个制造网络的正常运转起着至关重要的作用,本文提出一种以TQCS为目标准则,以选择最佳资源结点为最终目标的基于层次分析法^[3,4]的网格结点选择方法,其计算步骤如下:

(1) 建立制造网格资源结点选择的层次分析结构模型,如图3所示。

该结构分为3个层次,最高层是目标层,即资源配置算法所要达到的总目标:选择最佳网格资源结点;中间层是准则层,即为实现预定的总目标所要采取的各项准则,在此我们选用现代制造模式追求发展与应用4个要素:交货期,质量,成本和服务(TQCS)作为目标准则;最低层为方案层,即要选用的解决问题的各种方案、措施等,本模型中为各个候选网格资源结点。

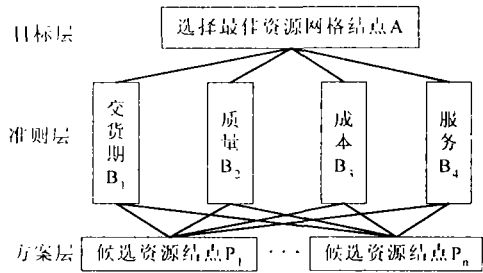


图3 网格结点选择的层次结构模型

(2) 根据图3建立的层次结构模型构造A-B的判断矩阵B。

$B=(b_{ij})_{4 \times 4}$, $i=1, 2, 3, 4, j=1, 2, 3, 4$, 其中, $b_{ij}=B_i/B_j$, 即因素i与因素j的相对重要性比较值, $B_{ii}=1/b_{ji}$ 。同时采用1~9标度方法, 作为用户对TQCS不同评比的数量标度, 如表1所示。用户在提交任务的同时, 可以指出其对TQCS各个准则的不同重要程度要求。

表1 数量标度

标度	1	3	5
定义	同样重要	稍微重要	明显重要
标度	7	9	2, 4, 6, 8
定义	重要得多	极端重要	上述相邻判断的折衷

构造准则层相对于目标层的判断矩阵B, 如表2所示。

表2 判断矩阵B

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	1	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄
B ₂	B ₂₁	1	B ₂₃	B ₂₄
B ₃	B ₃₁	B ₃₂	1	B ₃₄
B ₄	B ₄₁	B ₄₂	B ₄₃	1

(3) 将判断矩阵每一列作归一化处理, 即

$$\bar{b}_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^4 b_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4)$$

(4) 将每一列经归一化后的判断矩阵按行相加

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^4 \bar{b}_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3, 4)$$

(5) 对向量 $\bar{W} = [\bar{w}_1 \quad \bar{w}_2 \quad \bar{w}_3 \quad \bar{w}_4]^T$ 归一化处理, 得出准则层各因素的相对权重

$$w_i = \bar{w}_i / \sum_{j=1}^4 \bar{w}_j \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

即得到所求特征向量

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad w_3 \quad w_4]^T$$

(6) 计算判断矩阵最大特征根 $\lambda_{\max}$, 即

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^4 \frac{(BW)_i}{4w_i}$$

式中(BW)_i表示向量BW的第i个元素。

(7) 进行一致性检验。计算偏离一致性指标, 即

$$I_{CI} = (\lambda_{\max} - 4) / 3$$

平均随机一致性指标 I_{RI} 值可以查看相关的手册, 则随机一致性比率 $I_{CR}=I_{CI}/I_{RI}$; $I_{CR}<0.1$ 时, 认为判断矩阵具有满意的一致性。

(8) 按照同样的步骤和方法构造方案层相对于准则层的判断矩阵, 计算相对权重并进行一致性检验, 求得4个目标

准则的相对权重向量 W_1, W_2, W_3, W_4 , 并检验一致性。

(9) 确定相对于总目标的层次总排序, 如表3。

表3 层次总排序

B	W_1	W_2	W_3	W_4	方案层总排序
P_1	W_{11}	W_{21}	W_{31}	W_{41}	$\sum_{j=1}^4 w_{ij} w_{j1}$
P_2	W_{12}	W_{22}	W_{32}	W_{42}	$\sum_{j=1}^4 w_{ij} w_{j2}$
...					
P_m	W_{1m}	W_{2m}	W_{3m}	W_{4m}	$\sum_{j=1}^4 w_{ij} w_{jm}$

其中, $W = [w_1 \ w_2 \ w_3 \ w_4]^T$ 为准则层相对总目标的权重; $W_i = [w_{i1} \ w_{i2} \ \dots \ w_{im}]^T$ ($i = 1, 2, 3, 4$) 分别为方案层P相对于准则层 B_1, B_2, B_3, B_4 的权重。

(10) 根据总排序的值选择最佳的网格资源结点作为工作结点。

3 结论

制造网格是为满足当今国内制造业实际需求而提出的新概念, 是一种利用网格技术、互联网或专用网络把地理上广泛分布的各种制造资源互联在一起的技术, 通过该网格平台, 可以实现产品的异地协同设计和制造, 大大缩短产品制

(上接第103页)

表4 100个节点, 移动范围1500 m×100 m的性能

频率	算法	成功发送率	平均延迟(s)	路由开销
4帧/s	DSR	0.939 822 375	0.085 911 3	1.568 191
4帧/s	DSR+	0.962 937 86	0.074 197 415	1.990 188
帧/4s	DSR	0.497 865 14	2.121 512 585	22.710 13
帧/4s	DSR+	0.765 702 575	0.665 974 68	26.024 41
帧/32s	DSR	0.133 240 8	1.619 998 92	83.838 77
帧/32s	DSR+	0.850 479 695	1.792 468 74	118.945 2

表5 100个节点, 移动范围2000 m×1000 m的性能

频率	算法	成功发送率	平均延迟(s)	路由开销
4帧/s	DSR	0.936 935 125	0.079 969 555	1.866 837 56
4帧/s	DSR+	0.961 319 565	0.081 277 535	2.269 021 83
帧/4s	DSR	0.480 345 1	1.256 097 32	21.666 221 68
帧/4s	DSR+	0.722 911 235	0.462 060 725	29.416 324 26
帧/32s	DSR	0.184 722 22	1.864 516 54	85.737 689 4
帧/32s	DSR+	0.825 757 56	0.779 985 37	124.549 579 1

表6 50个节点, 最大移动速度为1 m/s的性能

频率	算法	成功发送率	平均延迟(s)	路由开销
4帧/s	DSR	0.99302611	0.054591855	0.07993292
4帧/s	DSR+	0.991232425	0.042397165	0.41729256
帧/4s	DSR	0.982562005	0.148000875	1.45319586
帧/4s	DSR+	0.98064184	0.169226475	4.61000445
32帧/s	DSR	0.858733355	0.36709327	7.84643841
32帧/s	DSR+	0.959259275	1.014226945	47.88115683

造周期和节省开支, 为全国乃至全球范围内的制造业带来全新的高效运转模式。制造网格必将是“虚拟企业”、“分布式网络化制造”、“企业联盟”等的最终归宿和最终规范。

本文在研究和分析制造网格资源管理结点的功能和特点时, 指出资源的合理配置是该结点的一个瓶颈点和核心, 提出以TOCS为目标准则, 以选择最佳资源结点为目标的基于AHP的网格结点选择方法, 利用该方法进行网格结点的资源配置, 具有明显的优势: (1) 能跨企业实现资源共享, 有利于企业节约投资, 缩短建设周期; (2) 有利于节约新产品、新技术的研究开发费用, 分摊开发成本; (3) 能缩短新产品从设计到投产上市的时间, 从而为企业赢得市场竞争中的时间优势; (4) 有利于同国际大公司结成战略联盟, 实现优势互补, 参与国际经济一体化; (5) 利用该方法进行资源配置, 不仅资源配置精干、综合效率高, 而且有利于企业灵活地应变市场, 提高市场适应性。

参考文献

1 Czajkowski K, Fitzgerald S. Grid Information Services for Distributed Resource Sharing. Proc. 10th IEEE International Symposium on High-Performance Distributed Computing (HPDC-10), IEEE Press, 2001 .
2 Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid. Intl. J. Supercomputer Applications, 2001: 1-21
3 鲁红艳, 陈学广. 网络环境下虚拟企业盟友选择方法研究. 华中科技大学学报, 2002, 30(1): 9-11
4 谢承华. AHP及其应用. 兰州商学院学报, 2001, 17(2): 79-82

4 结论

上述仿真结果表明, 这种局部检测-修复方法和对路径设置时限的联合优化算法对于各种场景均有不同程度的改进效果。尤其是对于节点密度较高、网络负载较轻的情况效果明显, 对于DSR表现很差的分组间隔时间过长时的改进效果也很明显。改进算法同样适用于其他按需机制路由算法。

参考文献

1 Goff T, Abu-Ghazaleh N B, Phatak D S, et al. Preemptive Routing in Ad Hoc Networks. Rome, Italy: MobiCom01, 2001-07:43-52
2 Hu Yihechun, Johnson D B. Caching Strategies in On-demand Routing Protocols for Wireless Ad Hoc Networks. Boston, MA: Proceedings of the Sixth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000), ACM, 2000-08
3 Johnson D B, Maltz D A, Broch J. DSR:The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks. AdHoc Networking. Addison-Wesley, 2001: 139-172
4 Dube R, Rais C D, Wang K, et al. Signal Stability Based Adaptive Routing for Ad Hoc Mobile Networks. IEEE Personal Communications, 1997-02
5 The VINT Project. The Network Simulator-ns-2[EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, 2002-05
6 Nasipuri A, Bursleson R, Hughes B, et al. Performance of a Hybrid Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks. Phoenix, AZ: in Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN2001), 2001-10:296-302
7 Wu Shihlin, Ni Szyao, Tseng Yuchee, et al. Route Maintenance in a Wireless Mobile Ad Hoc Network Maui. Hawaii: 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000-01, 8:8021-8030
8 Gui Chao, Mohapatra P. A Self-healing and Optimizing Routing Technique for Ad Hoc Networks. <http://www.cs.ucdavis.edu/research/tech-reports/2002/CSE-2002-23.pdf>, 2002-12