

面向网络制造的协同 CAPP 系统研究与实现

朱海平, 张耀, 黄欣

(华中科技大学机械学院, 武汉 430074)

摘要: 在分析了支持网络制造的协同工艺设计新需求的基础上, 构建了由用户层、应用程序服务器层和数据库服务器层构成的系统总体框架, 探讨了工艺信息建模、基于 XML 和 CORBA 的工艺信息集成以及工艺设计过程协同等关键技术, 并展示了所开发的原型系统 NM-COCAPP。

关键词: 网络制造; 计算机辅助工艺规划; 协同工艺设计; 公共对象请求代理机制; 可扩展标记语言

Research and Implementation of Collaborative CAPP System Oriented Network-based Manufacture

ZHU Haiping, ZHANG Yao, HUANG Xin

(School of Mechanical Sci. & Eng., Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074)

【Abstract】 Based on the analysis of the new requirements to the collaborative process planning supporting network-based manufacturing, the system architecture consisting of user layer, application server layer and database server layer is constructed, and then some key technologies such as modeling of process information, integration technology based on XML and COBRA and collaborative technology of process planning are discussed. Finally, a prototype of NM-COCAPP is shown.

【Key words】 Network-based manufacture; CAPP; Collaborative process planning; CORBA; XML

计算机辅助工艺规划(CAPP)是连接产品设计与生产制造的中间环节。在网络制造模式下, 企业级CAPP的应用环境面临下面一些新的需求^[1-3]: (1)资源广义性, 制造资源不仅局限于本企业内部, 而是通过网络得到扩展和延伸, 充分利用一切可利用的动态资源是实现企业优势互补, 提高响应敏捷性的基础; (2)并行协同, 企业间的合作大大增加, 面向并行工程的协同工艺设计是CAPP的基本工作方式; (3)信息分布性, 组成动态联盟的多个伙伴企业在地理上分布于不同地域甚至是跨国界的, 要求CAPP实现产品工艺信息集成与共享; (4)合作动态性, CAPP系统应能支持企业的多次联盟组建和实施运作过程, 能根据不同的工艺设计任务进行配置和规模调整, 以适应动态变化要求。

1 系统体系结构

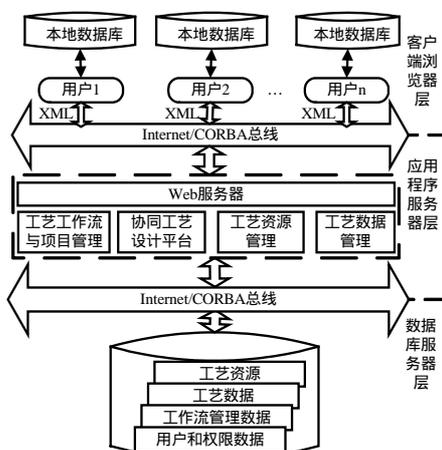


图1 CAPP系统体系结构

图1描述了支持网络制造的CAPP的基本体系结构, 包括客户端浏览器层、应用程序服务器层和数据库服务器层。

1.1 客户端浏览器层

负责与用户的交互, 通过 HTTP 协议从 Web 服务器下载各种 JSP/HTML 页面, 页面中包括各种交互组件, 其中的 Java Applet 组件通过 XML 和 CORBA 总线实现对应用服务器远程对象的访问。

1.2 应用程序服务器层

包括 Web 服务器和应用程序 2 部分。其中, Web 服务器处理用户发出的 HTTP 请求并解释应用程序返回的处理结果; 应用程序由许多以分布式对象方式封装的独立功能模块组成, 主要包括:

(1) 工艺流程及项目管理

1) 任务分配与过程定义。由盟主企业将产品及零件进行任务划分, 确定任务编号、任务内容、完成时间等管理信息, 然后定义任务间的时序关系并将任务分配到动态联盟中的伙伴企业, 形成各伙伴企业的工艺编制任务清单, 从而完成工艺设计项目的过程定义。之后各任务的负责企业根据工艺编制任务清单进行企业内的二级定制。

2) 工艺设计流程管理。监控工艺设计过程的执行情况, 使正确的任务在正确的时间发送到正确的企业用户, 确保整个设计过程顺利按时完成。另外, 实现对工艺设计任务状态的查询、统计。

基金项目: 国家“973”计划基金资助项目(2005CB724100)

作者简介: 朱海平(1975-), 男, 讲师、工学博士, 主研方向: CAPP, 决策理论; 张耀, 硕士生; 黄欣, 硕士

收稿日期: 2006-05-10 E-mail: haipzhu@263.net

3)用户与权限管理。管理协同工艺设计团队、工作组、用户、各种角色和访问权限。描述过程中的人员组织情况、规定人员组织模式,并提供灵活的方法来实现对工艺设计与管理活动中的人员的有效管理,以实现团队协同工作。

(2)协同工艺设计平台

该平台提供包括多媒体通信访问、用户行为协调、系统管理、系统状态维护等功能。平台实现了同步及异步协同功能,提供了一系列面向协作的基本服务,系统其他部分可在其上自由扩充,使系统更具开放性和灵活性。在该平台基础上还可创建多媒体协同应用,每个协同应用处理特定的协作任务,并以特定的协作模式支持小组共同完成任务。协同应用的共享粒度可控制,如面向对象、面向文档或面向应用等。

在异步协同工艺设计方式中,工艺文档以独占方式编制,包括文档结构的编辑控制、文档内容的编辑控制、协同作者的信息发布与浏览控制等;其交互工具主要有电子邮件、电子布告栏和文件共享等。在同步协同工艺设计方式中,主要提供多用户接口,控制同步工艺文档的编制,并发控制,工艺文档各个版本合并,提供多媒体服务功能,如视频、音频、文字交流方式等,交互工具主要有电子白板、电子聊天室与电子会议等。

(3)工艺资源管理

CAPP 系统中用到的资源主要包括制造资源和工艺设计知识。资源管理的目的是对制造资源和工艺设计知识进行组织、管理、维护、控制,向用户提供使用资源的手段和方法,为工艺设计提供资源支持,并构建起企业资源管理平台及资源访问门户。所管理的资源包括大量的工艺专家经验、决策和推理规则,制造资源和制造环境数据及其他与工艺设计相关的数据。

资源管理完成如下功能:

- 1)资源表示功能,为用户提供一种或多种资源表示方法;
- 2)对资源进行系统的组织和管理;
- 3)提供对资源的检索、查询功能;
- 4)资源的安全控制;
- 5)资源的共享与访问机制。

(4)工艺数据管理

对工艺设计过程中产生的工艺数据、工艺文件等进行版本管理和有效性控制,且可完成各类用户自定义的统计汇总功能,主要功能包括:

- 1)工艺信息集成接口;
- 2)工艺信息和工艺文件的层次化、模糊查询;
- 3)工艺信息和文件的版本管理及有效性控制;
- 4)不同版本的工艺文件的更改与归档管理等;
- 5)工装设备、材料、工艺关键件、外协外制件、工时定额、材料定额、辅助用料、关键工序等各类统计汇总和自动生成汇总表功能。

1.3 数据库服务器层

数据库服务器层主要包括工艺资源库、工艺数据库、 workflow 管理数据库、用户和权限管理库等数据库。为平衡负载,存储方式可采用分布式数据库存储,以提高系统运行效率。

2 关键技术

2.1 工艺信息描述

工艺计划即非线性的工艺路线是工艺设计过程中产生的基本信息。如图 2 所示,工艺计划的表达分为工艺计划、工艺路线、工序、工步 4 个层次。其中工艺计划层针对一批零件,因为生产管理部门通常每次要安排一批零件的生产,并

考虑相应的生产均衡问题。工艺路线层是针对单个零件而言的,每个零件可以包含各自的可选工艺路线。工艺路线由一系列工序组成(包含机加工、热处理及检验等),而工序一般又分为多个工步,这样体现出工艺计划的层次性。工序和工步都是任务的一种,它们具备任务的基本属性如任务号、任务名称、内容、任务执行者。任务的时序关系反映了任务之间的与、或关系,表现为并行工艺和可选工艺等。

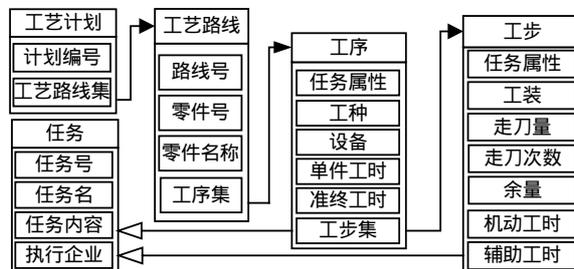


图 2 工艺信息描述模型

XML 的标签特性适合表达有序序列和层次结构,而且 XML 的纯文本格式不受应用软件的限制,很容易生成和解析。因此,通过定义的标准 XML Schema 可以将上面的工艺信息模型映射成 XML 格式的描述文档,通过这种转换,也更方便不同企业之间通过 Internet 交换工艺计划信息。

2.2 工艺信息集成

CORBA(公共对象请求代理机构)是一种分布式计算的标准,它有标准的传输协议,具有提供消息发送、远程过程调用等功能^[4]。CORBA 技术提供了通用且安全的通信机制,但它所能传递的数据信息却非常匮乏,往往只是一些字符串,很难将需要传递的信息表达清楚。XML 是一种标记语言,它主要用于对消息的结构化表示。那些底层的、复杂的网络通信细节可以由 CORBA 来完成,CORBA 将这些繁杂的通信任务封装起来,提供开发者一个平台无关、编程语言无关、协议无关的编程模型。因此,从本质上说,XML 与 CORBA 是 2 项互补的技术,CORBA 使得在不同平台上创建复杂的分布式系统成为可能,XML 则提供了一种简单的传递结构化数据的方法。CORBA 是为方法调用服务的,而 XML 完全是用于描述数据的。它们解决不同的问题,又都具有平台无关、语言无关的共同特点。同时利用 XML 和 CORBA 技术,是实现分布异构工艺信息集成的一种很好的解决方案。

图 3 是基于 CORBA 和 XML 技术的工艺信息集成框架。将联盟内企业 CAPP 系统用 CORBA 封装起来,用 IDL(接口定义语言)定义数据交互的标准接口,实现发送数据的请求,各伙伴企业作为服务请求者,而盟主企业则作为服务的提供者,实现数据接收服务。各伙伴企业产生的工艺信息均存储在盟主企业的数据库中,通过盟主企业的信息服务门户,为其他伙伴企业提供工艺信息查询功能,从而实现工艺信息的集成。当伙伴企业完成工艺设计进行数据存储时,通过 CORBA 接口向盟主企业发出请求,要求将数据存储到盟主企业的数据库中;请求得到响应后,伙伴企业通过 XML 生成/解析器将数据转换成指定格式(即工艺信息模型描述的规范)的 XML 数据,通过网络传送到盟主企业;盟主企业再通过 XML 生成/解析器将 XML 数据解析后存储到数据库中。当伙伴企业希望与其他伙伴企业交流信息时,则通过盟主企业的信息服务门户提出查询要求,盟主企业将查询要求转化成 SQL 语句,访问本地数据库获得结果返回即可。

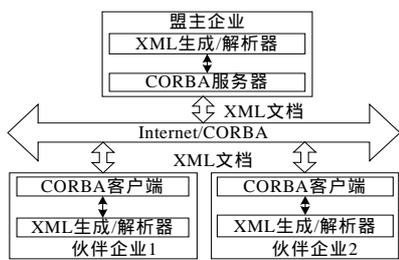


图3 工艺信息集成框架

2.3 工艺协同

支持网络制造的协同工艺设计是一个在网络环境下企业和团队以并行协同的方式来进行产品工艺设计，并对工艺设计过程数据进行管理的复杂活动过程^[2,3]。因此，首先需要建立一个具有群体性、交互性、分布性和协作性的人机交互工作环境。

网络制造中协同工艺设计模型如图4所示。对于复杂的工艺设计任务，盟主企业首先拟定工艺方案，确定粗工艺流程，结合本企业工艺设计能力和制造能力，分解工艺设计任务，然后将各任务目标及约束信息发布，在应标企业中进行评估和优选，最终成立动态联盟进行协同工艺设计。联盟成立后，将工艺设计任务在联盟内进行分配。联盟一旦成立，联盟内各企业的制造资源即为内部共享，各伙伴企业在进行各自的工艺设计任务时，可广泛考虑联盟内所有企业的制造能力，实现内部制造资源优化配置。整个过程中，涉及如下几个关键问题：

(1) 工艺设计任务的分解

产品的复杂性及激烈的市场竞争压力都要求企业在尽可能短的时间内完成产品的设计与制造任务。市场的动态多变性迫使制造企业改变策略，时间因素被提高到首要地位，尽管传统的价格与质量仍然是重要的竞争因素，但已不再是决定因素。将工艺设计任务分解，通过成立动态联盟，以协作的方式并行完成工艺设计任务，是一条缩短产品设计与制造周期的解决途径。

工艺设计任务的分解策略不仅要考虑本企业现有资源能力，还要考虑设计的预期完成时间，在满足时间要素的情况下还应考虑外协成本与质量问题等。工艺设计任务的分解其实是一个多约束的复杂问题求解过程。

(2) 协同工艺设计过程管理

分解后的任务仍存在约束，约束的主要类型有：1)时间约束：任务间存在时序关系，任务执行过程是一个有序序列，形成任务流，其中主要有顺序、并行、同步、排它选择等关系；2)设计约束：由于各子任务隶属于同一个产品的工艺设计任务，因此存在设计上的约束性，应从产品整体出发进行设计。

有效解除任务间的约束关系是协同工艺设计过程管理要解决的问题，它主要解决：1)任务管理；2)任务执行者管理；3)任务执行过程的控制。

工艺设计工作体现了一定的层次性、渐进性、并行性及反馈性，因此，对工艺设计过程中子任务之间时序关系进行管理与控制，对工艺设计全过程进行协调与规划，实现动态联盟内协同工艺设计的规范与管理，都将有利于提高产品工艺质量以及工艺设计效率。

(3) 制造资源的共享

工艺设计过程是一个对制造资源进行配置的过程，动态

联盟不仅可以共享各伙伴企业的工艺设计知识，还可共享制造资源，在协同工艺设计过程中实现联盟内部资源优化配置。

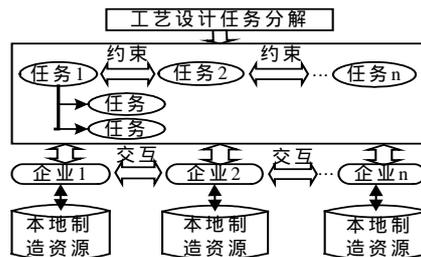


图4 协同工艺设计模型

3 系统实现

在以上理论研究的基础上，开发了面向网络制造的协同工艺设计平台——NM-COCAPP，它主要包括合作伙伴选择、远程协同工艺设计、信息与服务和技术交流平台及系统管理等功能。图5是交互式远程工艺编辑界面，工艺人员可以很方便地完成工序的修改、添加、删除、插入和移动。



图5 NM-COCAPP的交互式远程工艺编辑界面

图6是协同工艺设计的用户界面。工具条提供了基本的文件操作功能；图形编辑提供了绘制直线、编辑文字、复制、剪切和粘贴等功能，以及会话控制功能。系统通过请求和释放发言权来控制工作的秩序。在树视区提供了用户、资源、任务等信息。

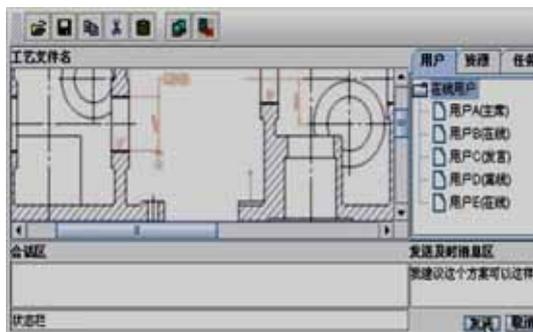


图6 协同工艺设计界面

4 总结

随着网络制造模式逐渐成为未来制造业的主流模式，研究支持网络制造的CAPP系统是CAPP近年来的重要发展方向。本文通过对若干关键技术的研究，为网络制造环境下的CAPP系统的实现提供了新的思路和实现方法。

(下转第252页)