

基于 Web 的机械零部件 CAx 在线集成系统^①

骆正茂, 吴建平

(浙江东方职业技术学院, 温州 325011)

摘要:针对中小企业信息化程度低的困境,提出了针对零部件的 CAx 系统在线集成新思路,并借鉴“特征建模”和“面向对象”思想开发了基于 Web 的系统原型。首先,对特征模型信息集成及其 XML 数据表达进行了阐述,采用树状结构组织零部件数据,通过 VRML 进行零部件的在线显示及动态交互。最后,开发了系统雏型,通过实际试用发现该系统功能丰富、集成性好,能基本满足中小企业对信息化的要求。

关键词: SaaS; CAx 集成; 特征; 动态交互

CAx Integrated System for Mechanical Parts Based on Web

LUO Zheng-Mao, WU Jian-Ping

(Zhejiang Dongfang Vocational and Technical College, Wenzhou 325011, China)

Abstract: Thinking of low information level in SMEs put forward a new idea to integrate CAx system online. Taking “feature modeling” and “object-oriented” thinking developed a Web-based prototype system. First, it describes the integration of Model information and XML data model, using tree structure to organize CAx data, via VRML to display parts online and implement interaction dynamic. Finally, it develops a prototype system. Through test, it finds that the function of platform and the system is powerful and integration is good. The platform can basically meet the requirements of SMEs in information.

Key words: SaaS; integrated CAx; feature; dynamic interact

1 引言

中小企业是国民经济的组成部分之一,其健康、快速的发展对于维护社会稳定有重要意义。随着市场竞争的加剧、企业分工的细化等因素的影响,中小企业由于规模小、技术落后,面临的压力更大。信息化是提高中小企业技术水平的有效途径。我国在推进企业信息化方面做过大量工作,如:网络化制造^[1-5]、应用服务提供商^[6-8]等。但是,目前还没有针对机械零部件的在线 CAx 集成系统。

鉴于此,本文提出了基于 Web 的机械零部件 CAx 集成系统的新思路,并开发了原型系统。中小企业通过租用服务的方式来使用系统,而不必购买价格昂贵的工程软件;也不需花大量的时间、资金去实现这些服务,可以在很大程度上降低企业信息化的门槛。此

系统对于提高中小企业技术水平会很有帮助,也是对 CAx 系统集成的一种新尝试。

2 系统定位及功能

系统的服务对象是制造业范围内的中小企业,为其提供工程软件服务,包括机械零部件的设计(CAD)、分析(CAE),以及 CAD 和 CAE 之间的集成,系统功能如图 1 所示。

3 CAx 系统集成实现方式

系统提供基于 Web 的 CAD、CAE 集成服务,系统使用流程如图 2 所示。系统采用“特征建模”和“面向对象”思想,将各个特征视为对象,包含尺寸等属性;对特征进行封装,提供接口供外部调用;通过修改特

^① 基金项目:浙江省教育厅 2012 年度科研项目(Y201122646)

收稿时间:2011-08-04;收到修改稿时间:2011-11-29

征属性值来实现对特征各尺寸的控制。

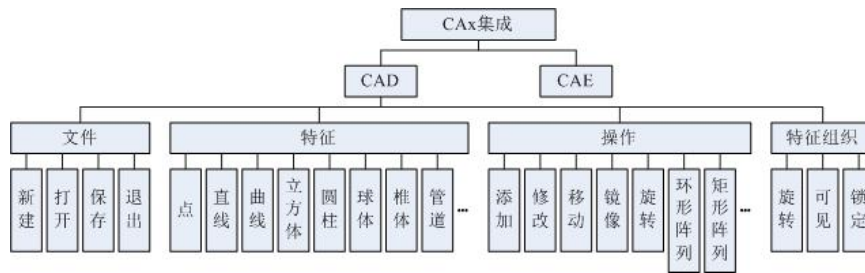


图 1 系统功能

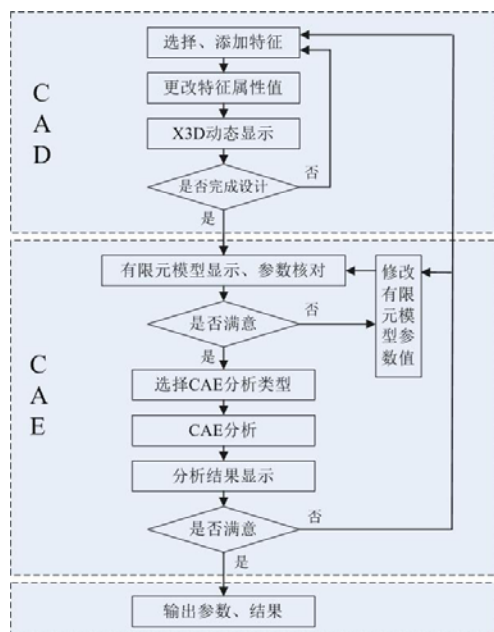


图 2 系统使用流程

零部是由各种特征组成的，如：钣金、螺纹、键槽等，将每个特征视为一个特征对象，将各个特征对象制作成特征控件，并将特征对象的各种属性（如：尺寸、方向、位置等）封装在特征控件中。

特征控件预先封装零部件设计、分析、工艺、制造等信息，使用 XML (eXtensible Markup Language, 可扩展标记语言) 语言描述特征，系统结构如图 3 所示。预先对特征控件进行有限元网格划分、提取、整理、优化，将特征离散成各种几何元素，包括点、线、面、体等，这些几何元素也封装在使用 XML 语言描述的特征控件中。系统中 CAD、CAE 部分实现方式如下：

(1) CAD: 用户使用浏览器通过特征控件组合、特征控件属性值修改、布尔运算选择等步骤进行在线设计。系统采用 VRML 在网页中显示特征及零部件的三

维模型。VRML 的动态交互功能使用户可以动态、直观查看零部件的设计。在进行零部件三维模型在线显示前，需将标记特征及零部件的 XML 语言转换成 VRML 语言。

(2) CAE: 在制作特征控件时对特征进行有限元划分，将特征离散成点、线、面、体等。使用 XML 语言标记的各种几何元素，可以直接转换成有限元模型，进行 CAE 分析。

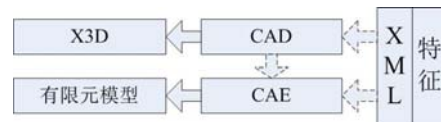


图 3 系统结构

4 系统集成关键技术

4.1 特征模型

对特征控件相关的设计、制造、工艺信息进行整理、分析，建立特征模型。

4.1.1 特征模型信息集成

将系统集成所需信息进行分类，建立如图 4 所示的特征信息模型。根据系统的构成，将特征信息模型分为 CAD、CAE 两个子模型，外加特征属性子模型。该特征信息模型共分为五级，如：特征>CAD>形状特征>规则形状>立方体>长（宽、高等属性）。各子模型是在进行各 CAX 计算时应用的，特征属性子模型是为 CAD 和 CAE 服务的。

在进行数据传输时，只需将该零部件包含的特征信息传递给用户，而不必发送所有模型信息，这样可以显著减少数据传输量。

4.1.2 特征模型 XML 数据表达

将 Express-G 描述的特征信息模型映射为 XML 数据模型，下面以圆柱特征为例来说明特征的 XML 数据模型。



图 4 特征模型 Express-G 图

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<cylinder featureID=" 值 "><!-- 圆柱特征 -->
--><!--featureID 为该特征对象的 ID-->
<description><!--圆柱的属性值-->
<ID><!--特征实例的 ID 值-->
<value>值</value>
</ID>
<name>
<value>值</value>
</name>
<explain><!--该特征的作用-->
<value>值</value>
</explain>
</description>
<property><!--圆柱特征对象属性-->
<position><!--圆柱特征定位点-->
<value>值</value>
</position>
<direction>
<value>值</value><!--特征方向向量-->
</direction>
</property>
<compose><!--圆柱的构成及值-->
<startface><!--圆柱顶圆-->
<centerpoint><!--顶圆中心点-->
<value>值</value>
</centerpoint>
<radius><!--顶圆半径-->
<value>值</value>
</radius>
<direction><!--与顶圆垂直的方向向量-->
<value>值</value>
</direction>
</startface>
<endface><!--圆柱底圆-->
<centerpoint><!--底圆中心点-->
<value>值</value>
</centerpoint>
<radius><!--底圆半径-->
<value>值</value>
</radius>
<direction><!--与底圆垂直的方向向量-->
<value>值</value>
</direction>
</endface>
<middleface><!--中间圆柱面-->
<height><!--圆柱面高度-->
<value>值</value>
    
```

```

</height>
<direction><!--圆柱面方向-->
  <value>值</value>
</direction>
</middleface>
  </compose>
<relation><!--圆柱特征对象与其他特征的联系-->
  <father><!--圆柱特征对象的父级-->
    <objectid>父级元素的 ID 值</objectid>
  </father>
  <boolean><!--与其有布尔计算关系的特征实例-->
    <objectid>元素 1 的 ID 值</objectid>
    <objectid>元素 2 的 ID 值</objectid>
    <objectid>元素 3 的 ID 值</objectid>
  </boolean>
</relation>
</cylinder>

```

4.2 特征组合

4.2.1 特征组合方式及系统集成数据组织

用户添加特征时，系统将调用相应函数在零件的 XML 数据模型中添加新的特征实例，再将此零部件模型 XML 数据模型转化为零部件的 VRML 模型进行显示。用户添加控件特征后，通过修改特征控件属性值来更改特征的位置、形状、方向、与其它相交特征的布尔运算。用户每次对特征的操作、属性值的更改，都需要修改零部件 XML 数据模型的对应值，保持不变的值不参与运算。

组成零部件的特征是以树状结构组织的。在浏览器中加载零部件时，首先读取根结点，然后一级节点，再二级节点，依次类推。这样做的好处是：在加载复杂零部件时，首先显示零部件的大体轮廓，然后不断细化零部件细节特征，人机交互友好。

4.2.2 特征组合算法

不同于一般单机 CAx 集成系统，本文是基于 Web 方式来实现 CAx 集成，必须保证算法简单、运算速度快，以达到快速交互的目的。

在对特征进行组合时，两个特征部分单元会相交，单元的相交可以归结为组成单元的面的相交问题。以如图 5 所示的两个面相交为例进行阐述。两个面的相交会产生一条相交线，以此相交线的两个顶点为节点对两个面分别划分成三个三角形。再将这些划分后的

三角形面组合成单元，实现单元相交。

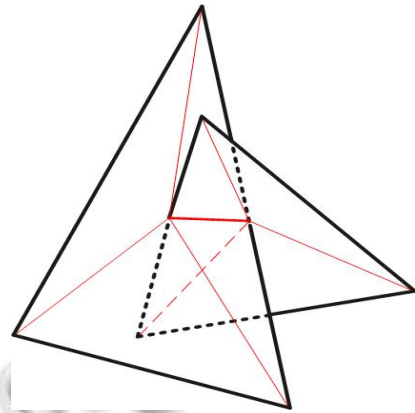


图 5 两面相交

如果单元尺寸过大，会出现零部件显示粗糙、CAE 分析精度差等问题。鉴于此，本文提出一种简单的单元细分算法。以四面体单元为例，首先分别取 6 条边的中点，将每个面分割成 4 个三角形，然后将这些点、线连接起来就构成了多个尺寸较小的单元，如图 6 所示。

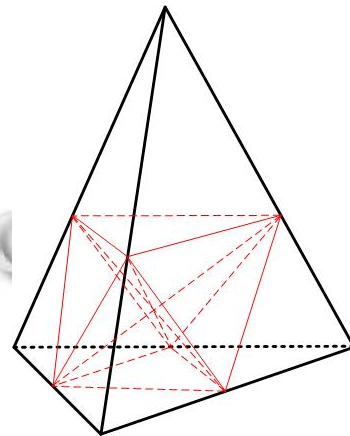


图 6 单元细分

4.3 零部件在线显示及动态交互

本文采用 VRML 在线展示零部件及特征的三维模型。VRML 是一个免费并且开放的文件格式和运行时架构^[13]，是一种面向 web、面向对象的三维造型语言，而且它是一种解释性语言。

4.3.1 XML 到 VRML 的数据转换

零部件模型是使用 XML 语言来标记的，为了在网页中显示零部件，需要将 XML 格式的零部件数据

转化为 VRML 格式的数据,这就涉及到 XML 数据到 VRML 数据转换的算法。

VRML 包含一些规则形状,如球体、立方体、圆柱等。在 VRML 中,只需要一条描述语句就可以描述这些规则形状。上文介绍了特征 XML 数据建模,其中每个特征都对应一个 ID 值,此 ID 值唯一标识一个特征。在将 XML 转化为 VRML 时,首先读取 ID 值,判断此特征是否是规则形状。如果是规则特征,则直接生成 VRML 中的对应一条语句。

在网页中显示三维模型就需要 VRML 数据量少、模型完整。一般三维软件,如 CATIA、UG 等普遍采用三维实体建模,本文 VRML 采用片体而非实体来进行模型显示,当然 XML 包含零部件所有信息(边界片体、内部单元)。采用片体的方式是基于如下考虑:

1) 数据量少:只显示模型外边界的片体,而不必显示模型内部单元信息;2) 模型显示完整:在零部件显示时,用户不会对零部件进行直接的交互,所以只需显示零部件外部的边界片体给用户直观的查看即可,而不必将多余的、无用的信息传递给用户。

4.3.2 VRML 在线显示及动态交互

VRML 自身具有很强的交互性,分为内部和外部两种方式。内部方式是指 VRML 文件各节点间数据交互,这种方式交互性有限。由于本平台用户输入的数据的不确定性,所以内部方式不适合。

外部方式是指 VRML 通过 EAI(External Authoring Interface, 外部编程接口)与外部程序进行交换。VRML 通过 API 提供给 Java 程序一个可以访问 VRML 浏览器的界面和可执行环境。Java 程序可以对 VRML 进行完全控制,如:修改 VRML 对象或场景,对事件进行处理等。EAI 定义了与 HTML 中的 Applet 通信的接口。将 JavaApplet 与 VRML 文件放在同一 HTML 页面中,在 JavaApplet 中建立 Browser 对象来获得对 VRML 节点的引用。JavaApplet 既可以控制 VRML 文件,也可以与 HTML 进行交互。

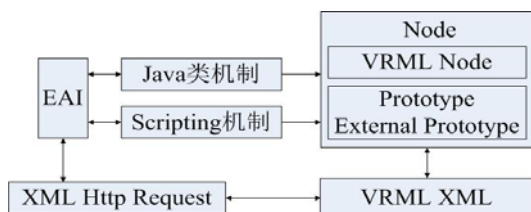


图7 EAI 动态交互过程

在客户端使用 JavaScript 接收用户输入的参数,以 EAI 方式修改 VRML 模型。同时使用 AJAX 方式将修改的数据传至服务器端,更新服务器端 VRML 文件以备用户下次查看、下载。EAI 动态交互过程如图 7 所示^[14]。

5 实例

最后开发了集成系统雏形,并进行了实际试用,对系统可用性(相应速度、计算速度、动态交互等)、有效性(算法准确性、模型不失真、CAD 与 CAE 的集成性)进行了测试。

通过实际使用发现,系统功能丰富,资源融合性好;系统操作简单、人机界面友好、动态交互性强、集成性好,能基本满足用户需求。

6 结语

针对中小企业信息化程度低的现状,提出了基于 Web 的 CAx 系统集成新思路。借鉴“特征建模”和“面向对象”思想,将特征属性封装在特征控件中,并完成了特征 XML 数据建模。最后,开发了系统原型。通过实际试用发现,该系统简单易用、集成性好,能基本中小企业信息化需要。

本文对于提高中小企业技术水平有很大帮助;同时也为 CAx 系统的集成提出了新的思路,起到抛砖引玉的作用。

参考文献

- Xu Y, Xiao TY, Liang C, et al. Federated integration of networked manufacturing service platforms. Collaborative Design and Manufacturing, 2008,22(3):317-327.
- Gu YQ, Wang ZX, Pan XH. Research on the ASP platform for networked manufacturing in textile region. Proc. of the 2nd International Technology and Innovation Conference. London, UK: IET, 2009:1118-1122.
- 刘飞,雷琦,宋豫川.网络化制造的内涵及研究发展趋势.机械工程学报,2003,39(8):1-6.
- 孙晓,张秀芝,王秀英.面向企业集团的制造资源网络化共享平台.吉林大学学报,2009,39(1):222-226.
- 尹胜,尹超,刘飞,等.网络化协同产品开发资源集成服务模式研究.计算机集成制造系统,2009,15(11):2233-2240.
- Smith AD, Rupp WT. Application service providers (ASP):

(下转第 67 页)

协议中的归一化路由开销都有所上升,此外,随着网络规模的不断扩大,协议的性能有所下降,两者的归一化路由开销的差距也趋于缩小的趋势。

从以上三组仿真实验结果的分析来看, QoS-AOMDV 的分组投递率、端到端的时延较 MPAODV 都要小,但是路由开销相对较大。但是由于网络中节点移动速度的加快,这将增大多径路由选择的复杂度,所以两个路由协议的性能都有所下降。从总体来讲, QoS-AOMDV 协议的 QoS 性能优于 MPAODV^[7]。这进一步说明在多径路由协议中提供一定的服务质量保证是可行的。

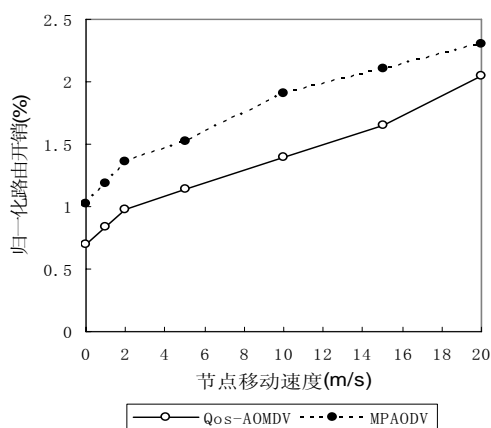


图 5 归一化路由开销仿真结果

5 结语

本文针对移动 Ad hoc 网络拓扑动态变化的特点,

提出了一种改进多径路由协议。该方法在路由建立过程中找到一条较稳定的路由,并在通信过程中实时监测链路状态变化,从而降低由于链路断裂造成通信中断的概率。仿真结果表明该协议能有效减少通信中断概率,提高分组传送成功率、减小端对端时延抖动,提高通信质量。

参考文献

- 1 王金龙,王呈贵,吴启晖. Ad Hoc 移动无线网络. 北京:北京国防工业出版社,2004.1-105.
- 2 于宏毅. 无线移动自组织网. 北京:人民邮电出版社,2005. 133-300.
- 3 郑少仁,王海涛,赵志峰,等. Ad Hoc 网络技术. 北京:人民邮电出版社,2005.
- 4 吴国凤,邵臣. Ad Hoc 网络中 AODV 路由协议的分析与改进. 计算机系统应用,2010,19(10):221-224.
- 5 Marina MK, Das SR. Ad hoc on-demand multipath distance vector routing. New York, NY, USA: ACM Press, 2001: 14-33.
- 6 Mohammed AK. A modified random way-point model equalized for the node crowding effect. Proc. of the 14th International Conference on Computer Communications and Networks 2005, ICCCN 2005. Oct 2005:49-54.
- 7 Yuan YH, Chen HM, Jia M. An optimized Ad-hoc ondemand multipath distance vector (AOMDV) routing protocol. Asia-Pacific Conference on Communications, 2005:569-573.

(上接第 36 页)

moving downstream to enhance competitive advantage. Information Management and Computer Security, 2002, 10(2):64-72.

- 7 Walsh KR. Analyzing the application ASP concept: technologies, economies, and strategies. Communications of the ACM, 2003,46(8):103-107.
- 8 张莉,殷国富,王伟,等. 网络环境下面向 ASP 的协同分析服务技术研究. 中北大学学报,2008,29(2):136-141.
- 9 陈鹏,薛恒新,等. 面向中小企业信息化的 SaaS 应用研究. 中国制造业信息化,2008,37(1).

- 10 昌中作. 基于 SaaS 模式的公共物流服务平台关键技术的研究[硕士学位论文]. 北京:北京交通大学,2007.
- 11 叶伟. 互联网时代的软件革命-SaaS 架构设计. 北京:电子工业出版社,2009.
- 12 韩燕波,王桂玲,刘晨,等. 互联网计算的原理与实践. 北京:科学出版社,2010.
- 13 黄正军,周建中. 基于 X3D 的虚拟场景动态交互技术研究. 计算机工程与科学,2007,29(7):55-57.
- 14 朱立达,梁伟立,董圣广,等. 基于 Web 的数控机床动态仿真系统的研究. 计算机集成制造系统,2009,15(5):954-958.