

异构协同设计环境中特征模型的提取与重建

蔡贤涛 何发智 李小霞 黄智勇 陈昕

(武汉大学计算机科学与技术学院, 武汉 430072)

摘要 以基于过程恢复的特征数据交换框架为背景,研究了异构特征模型的提取与重建这一关键问题,包括一阶特征信息的提取,二阶特征信息的提取以及模型的重建。实验结果验证了本方法的合理性,从而有效提高和补充了现有方法的不足,把特征数据交换技术向前推进了一步。

关键词 特征模型 数据交换 协同设计

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)12-2615-04

Heterogeneous Feature Extraction and Reconstruction in Collaborative Design

CAI Xian-tao, HE Fa-zhi, LI Xiao-xia, HUANG Zhi-yong, CHEN Xin

(School of Computer Science and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract According to the framework of procedure recovery in feature-based data exchange, this paper discusses the key issues of feature extraction and reconstruction, including the extraction of first-order feature information, extraction of second-order feature information and the reconstruction of feature model. The proposed methods have been tested in experiments. The result shows that the approach has efficiently improved the former methods.

Keywords feature model, data exchange, collaborative design

1 引言

特征数据交换是图形学相关领域公认有重大意义同时也极具挑战性的难题之一,已成为异构协同设计环境不可回避的一道鸿沟。目前,绝大研究中^[1-9],都称采用“基于过程(历史)”方法,例如标准中性过程表示(Han 教授等人所提中性宏命令方法和 Pratt 教授主持的 ISO STEP (standard for the exchange of product model data) 标准)和联合表示的中性过程表示(Rappoport 教授所提的 UPR (universal product representation) 方法)。但是,过程

表示及其交换只是其中一个问题。另一个重要的问题在于,如何获取这些过程,现有研究尚无一个有效的思路。本文提出的基于过程恢复的思路,充分考虑了过程恢复这一难题。只有完整的造型过程被恢复(提取),过程表示及其交换才是有效的,才能基于该完整过程在目标系统来重新生成 CAD 模型。本文探讨该思路框架下的一个关键技术,即特征提取与重建。就特征提取与重建问题而言,大多数研究从特征识别、特征转换的角度出发,采用间接的方法^[10]。本文从异构特征数据交换的角度出发,研究一种直接的特征提取与重建方法。

基金项目:国家自然科学基金项目(60673027);国家自然科学基金 NSFC/KOSEF 中韩基金委双边国际合作项目(60811140344);国家高技术研究发展(863)计划项目(2007AA04Z149)

收稿日期:2009-09-04;**改回日期:**2009-10-09

第一作者简介:蔡贤涛(1981 ~),男。武汉大学计算机应用技术专业博士研究生。主要研究方向为 CAD 与图形学。
E-mail: cadeg@whu.edu.cn

2 3 维特征模型的提取与重建

2.1 总体框架的特点

本文的框架包括两个部分:源系统端的特征提取和目标系统端的特征重建,整体框架如图 1 所示。

与 Han 教授等人中性宏命令方法不同,本文以存档参数化特征模型作为数据交换的依据,这些模型包含企业知识积累,非常重要。宏命令方法的最大致命不足在于用户在创建特征模型时候,所存档是参数化特征模型,企业所保存的也是参数化特征模型,而宏命令记录通常不被保存,尽管很多 CAD 系统提供了宏命令的录音机功能。

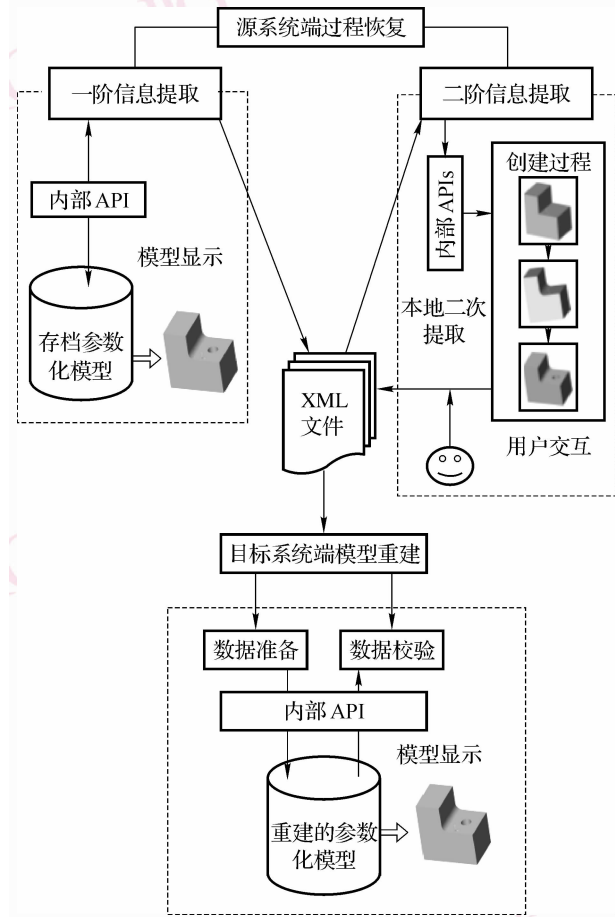


图 1 3 维特征模型的提取与重建总体框架

Fig. 1 Extraction and reconstruction of feature model

与 Rappoport 教授等人 UPR 方法不同,虽然都以存档参数化特征模型作为数据交换的依据,本文提出了两阶段的特征提取策略:一阶特征信息的提

取和二阶特征信息的提取,有效地克服 UPR 方法中“重写机制”的含糊不清。可认为 UPR 方法回溯到中间架构文件进行所谓的“重写”是不能从根本上解决问题的,因为在存档的参数化特征模型中已经丢失了许多“在创建过程中所需要的信息”。这正是 UPR 方法中多次提及重写机制(只要遇到类似问题就归结为重写)而又含糊不清重要原因。

2.2 一阶特征信息的提取和匹配

一阶特征信息是指,源系统存档参数化特征模型中能够被 API (application programming interface) 所获取并且能够在目标系统中被有效利用的造型过程相关信息。一阶特征信息包括一个特征操作序列和对应的参数、约束、几何等,这些信息构成了基于历史的参数化特征造型系统中“造型过程相关信息的骨干部分”。

基于特征的 CAD 系统都会在造型的同时对应地生成一个特征树,该特征树记录了模型的特征操作序列、特征参数、特征约束等信息。一阶信息提取的流程如图 2 所示,根据特征树逐个提取特征信息以及特征操作序列,提取的信息保存到 XML (extended markup language) 文件中。

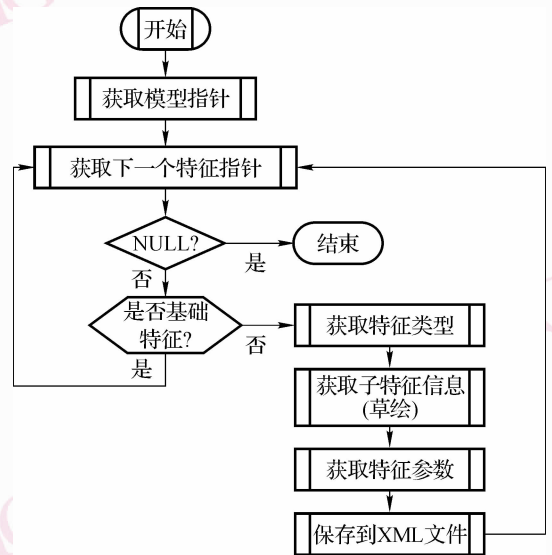


图 2 一阶信息提取流程

Fig. 2 Extraction of first-order information

通过一阶特征信息提取,得到了源系统模型中的特征操作序列。为了将该序列转换成目标系统中的对应序列,必须进行序列的匹配。由于 CAD 系统的异构性,特征操作序列匹配问题会存在 3 种情况:(1)异构系统间特征类型功能一致,这种对应为 1:1;

(2)源系统的一个特征功能对应目标系统中多个特征功能的组合,这种对应为 $1:n$; (3)对于源系统中独有的奇异特征,目标系统没有相应特征进行对应,则根据目标系统中 API 的开放程度,或者直接调用底层几何运算构造对应的新特征,或者简单地用特征几何实例进行对应。

对于一个特征模型的特征操作序列,根据上述 3 种情况进行对应,就能得到目标系统中创建相应模型所需要的特征操作序列。如图 3 所示, $F(F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6)$ 是一个模型在源系统中的特征操作序列,在目标系统中 $P(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5)$ 是目标系统特征序列,而 G_1 是特征几何表示。源系统中的 F_1 对应目标系统中的 P_1, F_2 对应 P_2, F_3 对应 P_3, F_4 对应的是目标系统中的 P_4, P_5, P_6 的组合功能, F_5 对应 P_7 , 而 F_6 是奇异特征,目标特征没有特征对应, F_6 对应的是 G_1 。

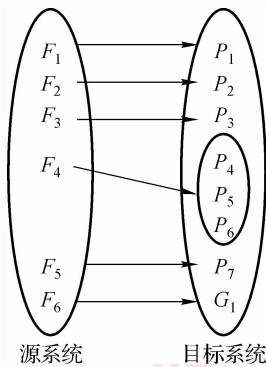


图 3 特征操作序列对应示意图

Fig. 3 Matching of features sequence

2.3 二阶特征信息的提取

一阶特征信息虽然包含“造型过程相关信息的骨干部分”,但是并不完备,还缺乏“目标系统中所需 3 类信息”,这 3 类信息被称为二阶特征信息。一阶特征信息和二阶特征信息的综合,才构成了“完整的目标系统中造型过程相关信息”。二阶特征信息提取机制正是为了获得一阶特征信息中所缺失的 3 类信息。

在所有一阶信息提取完毕,得到主要过程信息之后,马上打开 XML 文件,根据记录的主要过程信息,在源系统端对模型创建过程进行彻底恢复,如图 4 所示。每当恢复一个特征,就同步利用二阶信息提取机制进行过程相关信息的提取,重新写回 XML 文件。

(1) 临时信息。该信息是在模型创建过程中每

创建一个特征时存在的信息,当这个特征创建完毕,临时信息将会丢失或者改变。一般情况下,需要提取的临时信息包括交互选择信息、模型创建到当前特征时的物理属性、当前特征的几何信息。对于交互选择信息,在创建该特征时,提供一个交互界面,引导用户进行交互,然后将信息保存到 XML 文件中。模型当前特征下的物理属性通过系统 API 在过程恢复中进行获取。特征的几何信息则在过程恢复中通过计算得到。

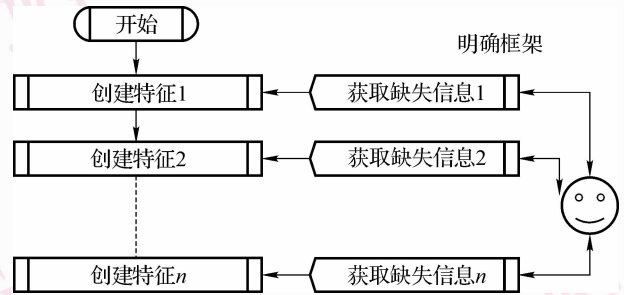


图 4 二阶信息提取流程

Fig. 4 Extraction of second-order information

(2) 丢失信息。该信息是在特征创建之后被删除或者被替代的信息,在结果模型中无法找到,例如倒角、圆角等特征中。需要模型创建过程恢复时,在该类特征创建之前对这些信息进行提取并保存。

(3) 异构系统间不一致信息。这种情况最为复杂,因为不同的系统需要的信息是不同的,所以对于每一种特征都要分析每个系统,找出它们中不一致的地方,然后根据需要补充相关信息,然后进行提取保存。

以最简单的拉伸特征为例,将一个简单拉伸体从 SolidWorks 交换到 UG、Catia 和 Pro/E 系统,4 个系统间不一致信息如表 1 所示。SolidWorks 系统中在恢复这个拉伸特征时要为 UG 和 CATIA 系统提供拉伸方向法线,为 Pro/E 提供两个参考面。所以在拉伸特征恢复时找到拉伸面,然后根据拉伸的正负方向计算出法线,同时提供一个交互界面,让用户选择两个与草绘面不平行、彼此也不平行的面,将这两个面的选择信息保存到 XML 中。将这些信息传递到 UG、CATIA 和 Pro/E 系统后,系统可以正确地重建这个拉伸体。

由于采用明确方式进行特征信息提取,从理论上可以恢复和提取所有的二阶特征信息。

表 1 拉伸特征不一致信息

Tab. 1 Inconsistent information of extrusion feature

源系统	目标系统		
SolidWorks	UG	Pro/E	CATIA
不一致信息	拉伸方向 法线	草绘面需 要两个与草 绘面不平行的 参考面	拉伸方向法 线

2.4 模型重建

前面采用两阶段的特征信息提取策略,已经得到“完整的目标系统中造型过程相关信息”。目标系统可以根据这些信息,进行数据准备,调用内部 API 逐个重建特征直到模型创建完毕。

本文提出的方法已经在现有 4 大主流 CAD 系统, SolidWorks 系统、UG 系统、Pro/E 系统、CATIA 系统中得到了验证,如图 5 所示。

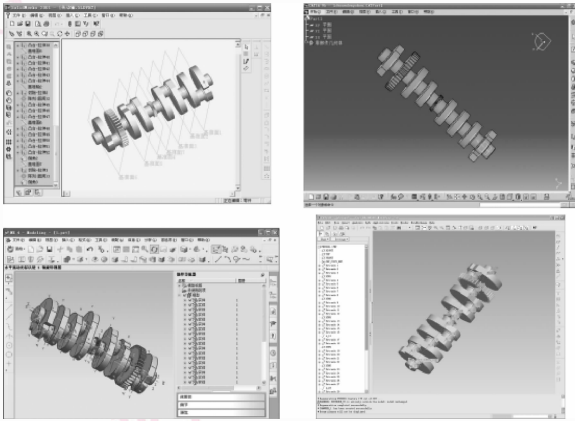


图 5 4 大主流系统特征数据交换实例

Fig. 5 Case studies among four main steam CAD systems

3 结论

文中研究了特征数据交换方法中一个关键技术,特征信息的提取与重建。试验结果表明,该方法合理,验证了所提出的基于过程恢复的特征数据

交换框架能够有效地补充、提高、突破现有 UPR 方法的局限,并克服了宏命令方法的致命不足,从而把特征数据交换方法向前推进坚实的一步。

参考文献 (References)

- Gao Shu-ming, He Fa-zhi. A survey of the integration technology of heterogeneous CAD systems [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2009, 21(5): 561-568. [高曙明, 何发智. 异构 CAD 系统集成技术综述 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009, 21(5): 561-568.]
- Rappoport A. An architecture for universal CAD data exchange [A]. In: Proceedings of 2003 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling [C], Seattle, WA, USA, 2003: 266-269.
- Spitz S, Rappoport A. Integrated feature-based and geometric CAD data exchange [A]. In: Proceedings of 2004 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling [C], Genova, 2004: 183-190.
- Rappoport A, Spitz S, Etzion M. One-dimensional selections for feature-based data exchange [A]. In: Proceedings of 2005 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling [C], Massachusetts, 2005: 125-134.
- Choi G, Mun D, Han S. Exchange of CAD part models based on the macro-parametric approach [J]. International Journal of CAD/CAM, 2002, 2(1): 13-21.
- Mun D, Han S, Kim J, et al. A set of standard modeling commands for the history-based parametric approach [J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(13): 1171-1179.
- Pratt J, Kim J. Experience in the exchange of procedural shape models using ISO 10303 (STEP) [A]. In: Proceedings of 2006 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling [C], Wales, 2006: 229-238.
- Pratt M, Anderson B, Ranger T. Towards the standardized exchange of parameterized feature-based CAD models [J]. Computer-Aided Design, 2005, 37(12): 1251-1265.
- Kim J, Pratt M, Iyerc R, et al. Standardized data exchange of CAD models with design intent [J]. Computer-Aided Design, 2008, 40(7): 760-777.
- Fu M W, Ong S K, Lu W F, et al. An approach to identify design and manufacturing features from a data exchanged part model [J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(11): 979-993.