

# 基于并发式检测时序的几何级冲突检测策略研究\*

尚建忠,唐力,孟凡磊,罗自荣

(国防科技大学机电工程与自动化学院,湖南长沙 410073)

**摘要:**以三维CAD实时协同设计为背景,深入研究了实时协同设计中的数据冲突检测问题,提出了三维实时协同设计中的数据冲突本质上就是实体特征冲突的思想。在此基础上,探讨了基于特征的冲突检测方法,并针对其不足之处,提出了一种可行性较高的几何级冲突检测策略及其相应的检测时序方案,研究了其冲突检测数据结构、冲突检测规则。此冲突检测思想在PTC公司的Pro/Engineer平台上进行了算法验证,取得了较好的冲突检测效果。

**关键词:**协同设计;特征;冲突检测;CAD

**中图分类号:**TH122 **文献标识码:**A

## Research on the Strategy of Geometry Level Conflict Detection Based on the Concurrent Timing Sequence

SHANG Jian-zhong, TANG Li, MENG Fan-lei, LUO Zi-rong

(College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** With the background of collaborative 3D-CAD design, the paper probes into the detection of the conflict in the real-time collaborative design, and presents an idea that data confliction in real-time collaborative 3D design is entity feature confliction. According to this idea, the paper discusses the conflict detection methods based on feature. By analyzing the shortcomings of the methods, the paper provides a geometry level conflict detection strategy with higher feasibility as well as its timing sequence scheme. The conflict detection data structure and conflict detection rules are also studied. This conflict detection idea has been validated in the Pro/ENGINEER platform of PTC Corporation and a better conflict detection result is achieved.

**Key words:** collaborative design; feature; conflict detection; CAD

一个复杂产品的协同设计过程中,由于各设计小组或领域专家在设计目标、领域知识和评价标准上的差异,同时也由于不同设计对象之间或设计对象的不同属性之间存在着各种相互依赖的关系,在设计过程中难免会发生冲突。如何进行冲突的检测和协调,维护设计的一致性,是协同设计的一个关键问题<sup>[1]</sup>。对于三维CAD平台上的协同设计,冲突产生的情形更为复杂,检测难度更大。

冲突按类型可分为3类:计划冲突、知识冲突和数据冲突。由于协同设计中冲突的情形纷繁复杂,不同种类的冲突间差别很大,同种类的冲突其存在形式也各异,而且某些隐式冲突需要大量的推理计算或仿真才能及时发现<sup>[1]</sup>,目前对协同设计中冲突检测的各种方法还无法解决所有形式冲突的检测问题。

### 1 基于三维设计模型的特征级冲突检测策略

Pro/Engineer是基于特征的参数化设计平台,特征是它所构建的模型的基本要素<sup>[2]</sup>。零件由多个单独的特征组成,无论其尺寸如何变化,特征描述了设定的几何形状表示方式。此外,实体造型也是一个渐增的过程,某些特征必须先于其他特征之前创建,这就确定了后续特征必须基于前面特征的尺寸和几何外形,这便形成了后续特征和前面特征的父子关系<sup>[2]</sup>。参数化造型是用来描述记录所发生的设计操作以及后续的修改和编辑,也就是说它形成了特征间特定的约束关系(例如曲面2平行于曲面1,如果曲面1移动,则曲面2将沿曲面1移动),以保持特定的设计关系。

\* 收稿日期:2004-04-29

基金项目:国家部委资助项目(41318.1.1.3)

作者简介:尚建忠(1966—),男,副教授,在职博士生。

在多个设计者协同设计一个三维实体模型时,其每一步设计的最终结果可以看作是多个特征操作按照一定先后顺序的有机组合。在设计者看来,在每一步协同设计中,自己的特征操作都是直接作用于前一个协同状态时的实体模型,他事先不用考虑其它设计者的特征操作。从某种程度而言,一步协同设计的所有的特征操作是同时发生的,它们对设计模型产生作用的大小也是相同的,所以在检测它们之间所存在的冲突时可以采用组合搜索的方法,即对每两个特征操作都进行冲突检测,并获得一组检测结果。

参与协同设计的每个设计者都是同时对同一个设计实体进行特征操作,当特征操作是在同一个特征或相关特征(不同特征但存在父子关系)上进行时,便有可能产生冲突。基于这一级别的冲突检测方法可以称作特征级冲突检测,在这个层次上进行冲突检测时,只需验证两个设计者的特征操作对象是不是同一特征或相关特征即可。这种方法简单易行,检测速度快,实时性很强,并且适合于各种三维CAD平台。它的缺点也较为明显,一方面,对同一特征的操作并不一定都会产生冲突,如在一凸台的棱边上倒角和在它的一个面上钻孔两种操作(如图1);另一方面,对相关特征的操作就更不一定会产生冲突,这里不再赘述。由此可见,特征级的冲突检测在很多时候显得比较保守,它在某种程度上夸大了冲突出现的可能性,虽然简化了冲突检测的方法,但也同时增大了检测到冲突的概率,增加了冲突检测模块的负担。因此,在特征级基础上需要更进一步的冲突检测以增强其检测效果。

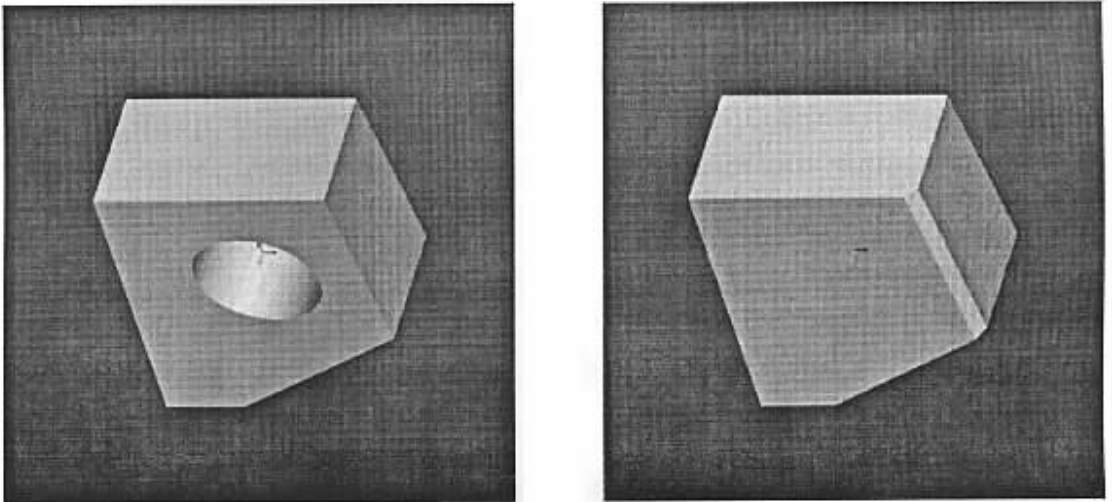


图1 特征级冲突检测判断误区示例

Fig.1 Confused example of conflict detection based on feature

## 2 基于三维设计模型的几何级冲突检测策略

特征级的冲突检测方式检测速度快,但经常会出现误判现象。几何级冲突检测方式具有较好的检测效果,在软件设计时,当特征级检测发现有冲突时,转入几何级检测,进一步进行判别。

在特征级的冲突检测基础上进一步分析冲突的来源,便会发现所有的操作冲突都可归结到特征操作的对象这一级别上。特征操作的对象具体来说就是特征的某一几何元素。所有对同一特征同一几何元素或相关特征的相关几何元素(相关特征间存在某种约束的不同的几何元素)进行特征操作极有可能产生冲突。这种方法比较复杂,它涉及到很多具体的情况,检测的速度比特征级的检测方法要慢,但其检测效率高,基本不会出现检测不全面或多余检测的情况。像图1特征级冲突检测出现的判断失误,几何级冲突检测方法会判断出两个特征操作的对象并不相同(同一凸台特征中一个平面和一条棱边是不同的两个几何对象)而得出无冲突的结论。以这种检测方法来进行冲突检测,再配合相应的并发式冲突检测时序,便可以较为有效地解决其检测速度慢所带来的实时性降低的影响。

### 3 几何级冲突检测的数据结构描述

几何级冲突检测方法检测特征操作间可能存在的冲突时,必须有准确全面的特征操作几何对象描述作为检测依据。这种检测参数的数据结构如下定义:

```
typedef struct conflict_param
{
    //冲突检测参数定义
    operation; //特征操作种类
    operate_geomitem_id; //几何操作对象
    ref1_geomitem_id; //几何操作参考对象 1
    ref2_geomitem_id; //几何操作参考对象 2
    operate_parents_id[ MAX_PARENT_COUNT ];
    ref1_parents_id[ MAX_PARENT_COUNT ];
    ref2_parents_id[ MAX_PARENT_COUNT ];
}ConflictParam; //特征及几何相关性参数
```

不同的特征操作之间出现冲突主要与操作的种类有着紧密的联系,某种组合的操作之间出现冲突的情况因其具有自身的特征而区别于其它的组合方式。冲突检测参数的首项是特征操作种类,这样有利于冲突检测模块快速搜索到该操作可能出现冲突的情况。

冲突检测参数中的几何操作对象指明了该特征操作的实际操作对象,而几何操作参考对象是该特征操作所必需的参照对象,它也可以看作是特征操作主体的一部分,冲突检测参数的最后三个参数记录了特征操作主体的全部相关对象。

### 4 几何级冲突检测规则

几何级的冲突检测涉及到冲突出现的细节,每两种特征操作产生冲突的情况各不一样,因此,冲突检测采用了基于规则推理( Rule-Based Reasoning, RBR )的检测方法来处理复杂多样的冲突问题。

利用 RBR 方法,冲突检测针对各种相异的冲突情况制定了不同的检测规则,这种检测规则可以根据需要不断地增补或完善,其实现方法简单、有效。在 RBR 冲突消解过程中,消解规则通常表示为:

If < Condition >

Then < Resolution method >

其中,< Condition >是对冲突出现情况的高度概括,< Detection method >则是相应的冲突检测策略。

由于在三维 CAD 平台上构建三维实体模型时,其特征操作种类繁多,在协同设计中需要检测的冲突情况就更为繁杂。限于篇幅关系,本文仅以两个特征操作 A 和 B 间的特征删除操作、特征重定义操作、创建新特征操作和阵列特征操作为例,对冲突检测规则进行说明,见表 1。

定义:

A 对 B 的相关操作——特征操作 A 的操作对象是特征操作 B 的操作主体的父系对象(包含 B 的操作对象本身)中的一个。

AB 间有相关操作——A 对 B 有相关操作或 B 对 A 有相关操作。

冲突级别分类:无冲突、一般冲突、严重冲突。

表 1 冲突检测规则简表

Tab.1 Simple chart of conflict detection rule

$\begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$ 规则	空操作	特征删除操作	特征重定义操作	创建新特征操作	阵列特征操作
特征删除操作	无冲突	AB 间有相关操作,则为严重冲突	A 对 B 有相关操作或 B 对 A 有相关操作,则为严重冲突	B 对 A 有相关操作,则为严重冲突	B 对 A 有相关操作,则为严重冲突
特征重定义操作	无冲突	B 对 A 有相关操作或 A 对 B 有相关操作,则为严重冲突	A 与 B 的操作对象相同,则为一般冲突	B 对 A 有相关操作,且 B 重定义了特征草绘图,则为严重冲突	B 对 A 有相关操作,且 B 重定义了特征草绘图,则为严重冲突
创建新特征操作	无冲突	A 对 B 有相关操作,则为严重冲突	A 对 B 有相关操作,且 A 重定义了特征草绘图,则为严重冲突	A 与 B 的操作对象相同,则为一般冲突	无冲突
阵列特征操作	无冲突	A 对 B 有相关操作,则为严重冲突	A 对 B 有相关操作,且 A 重定义了特征草绘图,则为严重冲突	无冲突	A 与 B 的操作对象相同,则为一般冲突

### 5 冲突检测时序策略

冲突检测时序策略的目标就是提供一种可供分布式地交换决策信息的环境,采集有效的决策支持信息,对冲突检测的负荷进行平衡与协调,保证冲突检测的实时性。平衡的准则是使冲突检测的时间成本最低<sup>31</sup>。

本文采用一种并发式的冲突检测时序策略,解决整个协同设计过程中几何级冲突检测负担的均匀化问题。在协同设计中,当一个设计端完成自身的特征操作后,便根据其它先完成特征操作的设计端传递过来的冲突检测信息立即进行冲突检测,并将它们传递过来的冲突检测结果和本地冲突检测结果综合,然后将本地端的检测信息和更新过的冲突检测结果再发送给其它设计端,并依此形式进行下去,直到整个系统的冲突检测完成。如图 2 所示。

通过这种冲突检测和记录的方式,协同设计系统将冲突检测的任务分担给了所有的设计端共同完成,这种并发式的冲突检测使得每个设计者在完成本地任务后都即时地获得本地端引发冲突的情况,并随着本步协同设计结束而完成所有设计者特征操作的冲突检测,并且它也便于设计者间及时进行冲突协商以尽可能提前化解冲突。

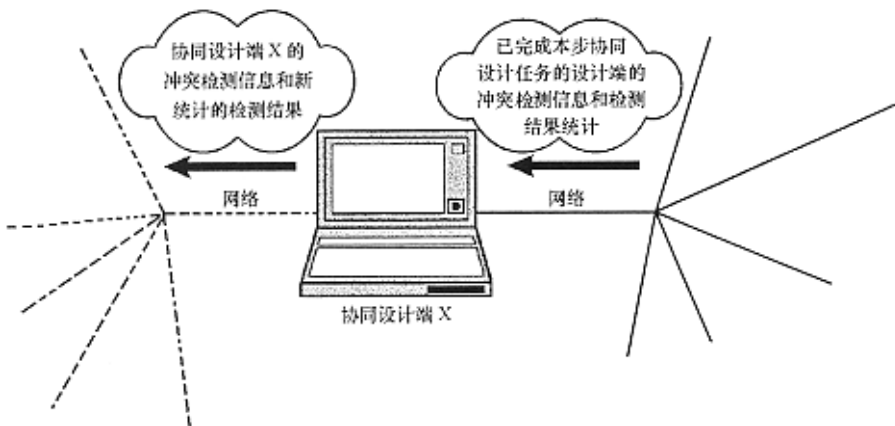


图 2 协同设计中的冲突检测过程

Fig.2 Conflict detection process in cooperative design

## 参考文献:

- [1] 尹泽勇,等.完整齿轮副的三维有限元应力分析[J].计算结构力学及其应用,1985(3)83-89.
- [2] 李润方,黄昌华,陈大良.运转中啮合齿轮的三维应力应变数值分析及实验研究[J].机械工程学报,1994,30(2)38-44.
- [3] 陈火红.MSC.Marc 接触分析培训教程[M].MSC.Software 中国,2001.
- [4] 张汝清,詹先义.非线性有限元分析理论[M].重庆:重庆大学出版社,1990.
- [5] 萨本吉.高速齿轮传动设计[M].北京:机械工业出版社,1986.

(上接第93页)

## 6 结束语

上述基于并发式检测时序的几何级的冲突检测方法在原型系统 CoopCAD(Pro/E)中已得到应用。几何级的冲突检测方法能够较好地解决绝大部分三维造型平台上进行协同设计的冲突检测问题,并发式的冲突检测时序安排能够较好地解决冲突检测的负荷平衡问题,保证系统的实时性。

以法兰的设计为例,进行了两用户的实时协同设计,设计过程包括上下两端切材料、键槽和凸台倒角、底盘沉头孔倒角、底盘沉头孔的阵列操作五步,两个设计端的操作对象是针对实体拉伸这一个特征进行,利用几何级的冲突检测方式解决实时协同设计中冲突的误判问题,有效减少冲突消解的次数,提高协同设计的效率。通过基于网络的机械产品协同 CAD 应用平台上的应用,证明基于这两种方法的三维模型协同设计冲突检测是非常有效的。

## 参考文献:

- [1] 童秉枢.现代 CAD 技术[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [2] 汪惠芬,等.基于特征的协同设计[J].计算机辅助设计与图形学学报,2001(4).
- [3] 窦万峰,等.协同 CAD 系统并发操作冲突推理[J].机械设计,2001(5).
- [4] 李健,等.基于网络的协同设计方法研究[J].清华大学学报(自然科学版),2000(9).

