

# 基于图形对象的并发冲突与视图聚合

窦万峰<sup>1</sup>, 刘菁华<sup>2</sup>

(1. 南京师范大学数学与计算机科学学院, 210097, 南京)

(2. 南京师范大学附属医院, 210097, 南京)

**[摘要]** 分析了基于图形对象的并发操作冲突与一致性管理的特点, 提出了一个协同设计的并发操作冲突推理和一致性管理模型, 它在并发操作发生冲突时自动进行冲突检测和产生分支, 并根据冲突类型进行自动或半自动分支聚合. 依据图形对象的操作语义, 给出对象关联度概念以及基于此的聚合算法.

**[关键词]** 一致性管理, 并发操作冲突推理, 分离聚合模型, 对象关联度

**[中图分类号]** TP391, TP302, **[文献标识码]** B, **[文章编号]** 1672-1929(2002)04-0039-06

## 0 引言

协同产品设计模式允许不同地域的异构环境下的设计人员通过网络同步或异步进行产品设计、讨论和资源共享, 可大大提高设计效率和产品质量<sup>[1]</sup>. Stanford 大学从 1983 年组建 CDR (Center of Design Research) 中心, 开展协同 CAD 中的知识共享、产品表示模型以及设计过程管理等方面的研究, 并开发了一系列原型系统, 如 SHARE<sup>[2]</sup>等.

早期的方法, 如锁机制、发言权控制等方法, 试图定义一个单一的、全局或局部数据活动流. 在分布环境下, 协同用户不太愿意使用这些控制机制而约束他们的行为. 协同系统的协作者的操作和相关的数是一个多路、并发的活动流, 系统可自动检测和处理操作冲突, 从而保证数据一致, 即强调一致性管理.

操作转换是为了解决并发操作的因果执行的一致性问题而被提出来的<sup>[3]</sup>, 它有效地解决了基于字符串的编辑系统的冲突问题. 文[4]扩展了该方法到多种数据类型, 如集合、链表等, 并没有涉及图形对象语义. 文[5]使用版本模型提出了一个半自动化和交互的对象合成框架, 利用合成矩阵实现对象属性的合成, 并用在 CoVer 系统中. 该方法对多个用户按照分工在不同的地点对同一个对象生成各自的版本, 进行自动或手工合成得到一个一致的版本, 适合于多同步操作. 但该方法没有涉及操作对象的位置、属性的判别, 因而仅用于特定的约定的操作.

本文分析了基于图形对象的产品协同设计, 提出基于知识的分离/聚合模型, 为系统的实现提供了一个通用的框架.

## 1 一致性管理模型

一致性管理模型如图 1 所示, 由冲突、分离、聚合和一致四个过程组成. 冲突过程由冲突推断器 (Conflict Infer) 完成, 其根据领域知识对并发操作的操作对象、父对象、命令类型和辅助对象进行推理分析. 若发生冲突, 则将冲突信息通知给分离过程进行处理. 分离 (Flit) 过程根据系统类型和冲突信息产生分支, 并使协同者在两个分支上进行各自的工作. 这个期间的工作也可称为多同步方式. 多同步方式工

收稿日期: 2001-08-03.

基金项目: 国家“八六三”高技术计划资助项目 (863-306-ZT02-03-1).

作者简介: 窦万峰, 1968-, 南京师范大学数学与计算机科学学院副教授, 主要从事 CSCW、协同计算、CAD 等的研究.

作的时间( $T$ )大小由用户设定.当协同双方需要合并他们的工作时,聚合(Aggregation)过程启动自动或半自动方式将两个分支合成为一个一致的视图,一致过程进行聚合后的系统状态的处理.

在系统协同工作过程中,冲突—分离—聚合—一致的过程反复地发生,直到完成全部的协同任务.值得注意的是,产生的分支将具有分层结构,比如在分支的一方又可能出现新的分支.

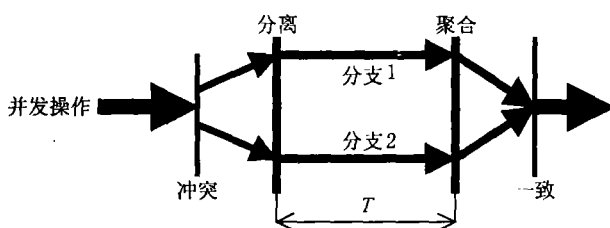


图1 分离/聚合模型

### 1.1 分离机制

分离(Flit)是指当并发操作发生冲突时,系统产生暂时分支状态的过程.当系统处于分离状态时,它将根据分离机制进行分支处理,协作者可在不同的分支上工作.这里定义的分离状态是广义的概念.一方面,它包括完全分开的两个分支(如版本),冲突双方及其它协同者可以在两个版本上进行工作;另一方面,它是语义上的分离,比如二维图形系统的视图标记处理,冲突双方还是在同一个视图或文档上进行工作,但系统对冲突进行标记,以便以后的聚合处理.如此定义分离的内涵是由于不同的系统所采取不同的一致性机制.如协同二维图形系统一般采用作标记的方法来取得数据的一致性保证,但这种标记方法对三维图形系统却不合适,原因是三维图形难以进行标记.以下给出分离算法:

Algorithm1 Fliter

Input st:systemType, syn:synType

Output flit:FlitType

```
{
  if syn is synchronous type then
    case st of
      Editor: {return Mark; break;}
      Graphic2D: {return ViewMark; break;}
      Graphic3D: {return Version; break;}
    end
  else
    return sub-Version;
  }
}
```

Fliter 根据系统类型(SystemType)和协同类型(SynType)确定使用标记(Mark)、视图(Viewmark)、版本(Version)和子版本(sub-version)分支类型.标记适合于文本编辑系统,视图标记适合二维图形系统,版本模型或子版本模型比较适合于异步系统和三维图形系统.一旦产生两个版本,系统要求用户选择希望加入的版本,并设定状态信息和消息转发,以及生成新的组信息管理.而对广义的版本类型,不需要用户参与,系统会自动处理.比如,图2(a)中有1个圆和1条直线,用户1借助圆和直线绘制1个圆,而用户2则想删除这条直线(图2(b)).显然两个操作发生冲突,使用标记分支则为图2(c)所示.

### 1.2 聚合机制

聚合(Aggregation)指对分离状态进行合并处理的过程,是暂时不同数据视图(标记、视图标记)或版本聚合成一个视图或版本,保证用户数据一致.聚合是在下面几种情况下进行的:(1)某一个视图标记或版本用户认为设计失败(进行下去会导致错误的结果);(2)系统在产生视图标记或版本分支时间到达设定时间要求视图标记或版本聚合;(3)一方用户强制要求视图标记或版本聚合.

聚合机制依据不同的分离模型也有相应的聚合方法.聚合方法由聚合策略确定.

对于标记分支聚合,我们提出对象关联度聚合方法.

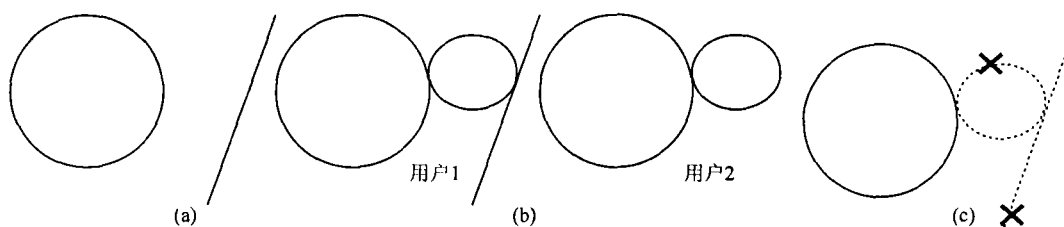


图2 一个冲突示例

**定义1 对象关联关系** 对象关联关系指某个对象与其它对象以某种方式建立的依赖规则,当与之参考的对象发生位置、大小等属性变化时,该关联对象也要随之变化.对于图形系统,对象关联关系有辅助绘图关系(用A表示)、参考关系(用R表示)、裁剪关系(用T表示)和连接关系(用L表示).

**定义2 对象关联度** 对象关联度就是对象与其它对象的具有关联关系的对象的数目,记为 $d$ .

当发生冲突时,在建立视图分支的同时分别记录冲突对象在以后操作中所获得的关联度.在视图标记分支的对象的合成过程中,根据冲突的对象与新生成的对象计算所得到的关联度大小来决定它们的取舍.例如,图2中的标记模型在进行了一段时间的编辑后(图3(a)),需要进行聚合.由于借助直线line1绘制了与之相连的2条直线和平行的3条直线,因而line1的关联度为5(连接关系 $L=2$ ,参考关系 $R=3$ ),即 $line1.d=5$ ,而圆circle2的关联度为0,即 $circle2.d=0$ .因此,聚合时保留line1及其相关联的对象,删除circle2(图3(b)).

对于版本分支聚合,则有以下几种情况:(1)选择其中一个版本作为最新版本;(2)两个版本的自动或半自动合并;(3)撤消两个版本,回到冲突前的状态.其中(1)、(3)通过协商可以很容易地自动完成,这个过程一般是在一方放弃设计时而进行的;(2)处理起来比较复杂,可使用文[5]的聚合矩阵(AggMatrix)来建立聚合策略.

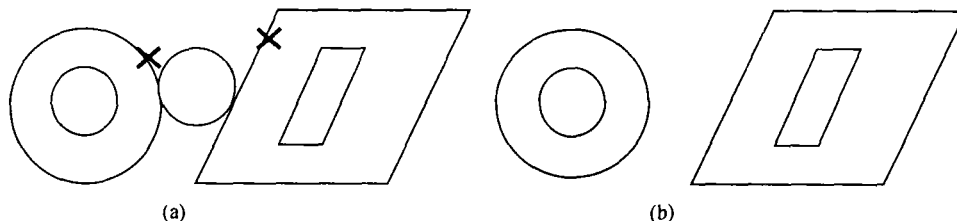


图3 一个聚合的例子

子版本聚合是异步工作模式下的对象聚合.一般,在开始工作之前需要进行分工,这种分工使不同协作者之间可以相互独立,各个零件的设计在外形尺寸确定以后基本上与其它设计无关.子版本聚合分为两种类型:插入聚合和命令聚合.插入聚合使用块插入方法完成;命令聚合是执行视图命令日志,即系统逐个执行用户的每一个操作.

## 2 并发操作的冲突推理

并发操作冲突判别模型是基于对象和知识的方法来推理并发操作是否发生冲突.

### 2.1 操作命令一般性描述

协同中的操作命令一般以操作对象为核心.

**定义3 操作对象** 操作对象是指操作命令所选择或指定的要进行操作的对象,记作 $OpO$ .二维操作对象可以是直线、圆、标注文本等,也可以是用户定义的图块.三维操作对象可以是各种线段和三维体素及其上的各种表面等.

**定义4 父对象** 父对象指操作对象之上的对象,记作 $UpO$ .比如绘图区域和存在的三维实体等.

定义父对象的目的是为了提高冲突操作判别的效率,尤其是对三维造型系统显得极为重要.

**定义5 辅助对象** 辅助对象是用于辅助绘制或修改图形的对象,记作  $AiO$ . 在使用辅助对象进行绘图或修改时,如果其它操作对辅助对象进行修改操作,则会影响绘图和修改的效果,甚至发生冲突. 因而并发操作中一个操作的辅助对象,与另一个操作的操作对象也要进行共享性判别.

操作命令一般与操作对象、父对象和辅助对象有关,可以表示如下:

$CP(Ctype, OpO, UpO, AiO)$

这里操作对象、父对象和辅助对象包含自身的参数,用于判别它们与其它命令的对应对象的关系. 图形的数据模型可以表示为链表结构,数据模型的操作有 Insert(创建图形对象), Delete(删除图形对象), Modify(修改图形对象), Refer(引用图形对象). 对图形对象  $O$  的操作  $CP$  可以定义为:  $O \oplus CP$ .

## 2.2 并发操作的冲突判别方法

在协同工作中,多个协同用户的并发操作可能要导致冲突,并要求系统迅速处理冲突,保证一致性,因此并发操作的冲突判别是系统开发的关键之一.

**定义6 操作冲突** 对于两个不同站点生成的两个操作  $CP1, CP2$ , 若在任意一个站点处当按不同的顺序依次执行它们时,如果条件  $(O \oplus CP1) \oplus CP2 \neq (O \oplus CP2) \oplus CP1$  不满足时,则  $CP1$  和  $CP2$  是冲突的. 对于图形协同系统,冲突判别与处理不同于协同字符编辑系统,它不存在对冲突操作进行位置变换问题,但与操作语义有关系.

操作命令与操作对象、父对象和辅助对象以及它们的参数有关,冲突的判别应着重从以下四个环节进行:

(1)命令类型 命令类型推理是冲突操作分析的前提,某些命令之间有可能发生冲突,而有些命令并发执行根本就不会发生冲突,例如两个绘制圆就不会发生冲突.

(2)父对象的共享性 父对象的共享性是指两个操作的父对象是否是同一个,即是否共享同一个父对象. 如果父对象相同,则并发操作有可能发生冲突,否则冲突不会发生. 例如同一区域的删除和插入操作可能会发生冲突.

(3)操作对象的共享性 操作对象的共享性是指两个操作是否使用同一个操作对象,或者操作对象相交,如果是则必然发生冲突,否则无冲突. 例如,在一个立方体的同一个表面上使用同一个圆或两个相交的圆分别进行钻孔和拉伸特征操作,则产生无意义的结果.

(4)辅助对象与操作对象的共享性 辅助对象与操作对象共享性推理是指一个操作命令中的辅助对象是否被当作另一个操作命令中的操作对象使用,因而造成冲突.

冲突算法如下:

```
Algorithm2 Conflict
input cp1, cp2: operation command
output boolean: conflict result
{
  if cp1.ct = insert and cp2.ct = insert then
  { return false; break; }
  else if cp1.upo ≠ cp2.upo or cp1.upo ∩ cp2.upo = ∅ then
  { return false; break; }
  else if cp1.opo = cp2.opo then
  { return true; break; }
  else if cp1.aio ≠ cp2.aio then return false;
  else return true;
}
```

不同类型的协同应用系统的并发操作的冲突推理都可以使用该通用方法进行推理判别,只是不同的应用系统需要各自的领域知识.

### 3 系统实现

基于上面的模型,实现了一个二维产品协同设计系统.系统结构如图4,主要分为主服务器资源管理、应用服务器、设计文档共享和设计应用模块4个部分.主服务器资源管理完成组信息维护与管理.应用服务器(Session服务器维护)包括服务器创建、删除、人员动态管理、消息转发、冲突检测和并发控制(分支管理、聚合等)等.设计文档共享管理文件的上载、下载、阅读、修改等.设计应用模块为用户设计界面管理,包括绘图命令、音视频对话和讨论.

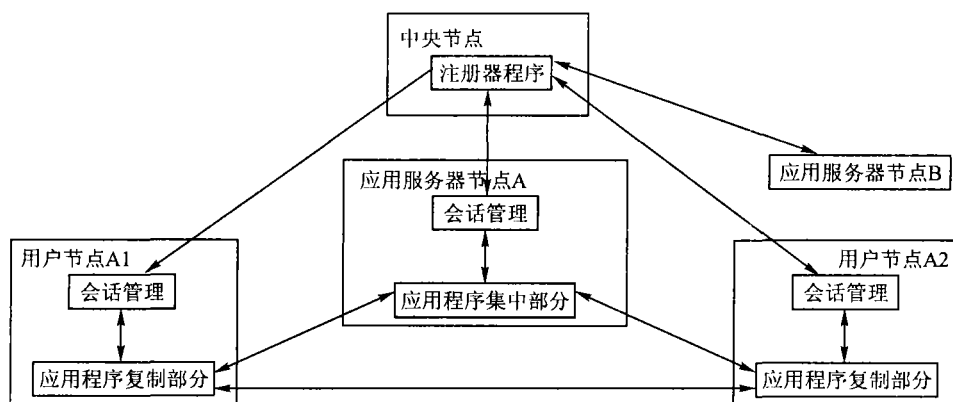


图4 半复制式体系结构

图形系统的命令分为基本绘图操作类、辅助绘图操作类和修改操作类.基本绘图操作类包括绘制使用直接参数的各种基本图形如直线、圆等,这些操作一般不会与其它操作发生冲突,可以不进行冲突检查.使用辅助对象绘图操作类由于要使用已存在的辅助对象,不允许其它操作修改该辅助对象,否则就会发生冲突.例如,使用2个圆绘制1个新圆的命令  $\text{Circle}(\text{circle1}, \text{circle2}, \text{radius})$ ,  $\text{circle1}$  和  $\text{circle2}$  其中有一个被其它操作修改,则必然发生冲突.修改操作类指对已有的图形元素进行修改,例如 Delete、Move 等操作.比如,操作  $\text{Zoom}(\text{circle1}, "", 2 * \text{radius})$  和  $\text{Delete}(\text{circle1}, "", "")$  由于使用同一个操作对象而发生冲突.

### 4 结论

并发操作冲突推理和一致性管理是协同设计工作系统的关键技术之一,早期的方法侧重于不一致性避免,而实际的协同系统工作情况应是一致性管理.研究表明:基于并发操作的冲突判别的分离与聚合一致性模型真正体现了协同工作更一般的规律:只有对冲突操作进行处理,而不是针对所有的并发操作,会大大提高系统的效率.冲突推理判别方法、分离函数、聚合函数可以依据所应用的领域知识,为各种协同应用系统的一致性控制和冲突处理提供通用方法.

致谢 本工作得到了南京大学分布式实验室的支持和李成锴等多位硕士的编程与测试工作,在此表示感谢.

#### [参考文献]

- [1] Huang G Q, Mak K L. Agent-based workflow management in collaborative product development on the internet[J]. Computer-aided Design, 2000, 32: 133~144.

- [2] Toye G, Michall P C, Stephen C Y. Share: A methodology and environment for collaborative product development[A]. Proc 2nd Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for collaborative Enterprise[C]. IEEE Computer Press, 1993. 33~47.
- [3] Ellis C A, Gibbs S J. Concurrency Control in Groupware Systems[A]. Seattle: Proceedings of ACM SIGMOD Conference on Management of data, 1989. 399~407.
- [4] 杨光信, 史美林. 全复制结构下基于对象数据模型的并发控制[J]. 计算机学报, 2000, 33(2): 113~125.
- [5] Munson J P, Dewan P. A flexible object merging framework[A]. Proceedings of CSCW'94, 1994. 231~242.

## Graphic Object Based View Aggregation and Concurrency Conflict

Dou Wanfeng<sup>1</sup>, Liu Jinghua<sup>2</sup>

(1. College of Mathematics and Computer Science, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, PRC)

(2. Hospital, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, PRC)

**Abstract:** This paper analyzes the features of graphic object - based consistency management and conflict detection of concurrency operation, and presents the flit-aggregation model for products collaborative design. A branch will be automatically produced when there is a conflict between two concurrent operations, and aggregates will be automatically or semi-automatically functioned as necessary according to rules. According to the semantics of graphic object, the object relative degree and a view aggregation method based on it are presented. On the basis of this model and method, the related algorithms are given.

**Key words:** consistency management, concurrent operation conflict detection, flit-aggregation model, object related degree

[责任编辑: 严海琳]