

基于对象的分布式产品设计系统构建

黄双喜* 范玉顺

(清华大学自动化系 北京 100084)

摘要 分布式产品设计是 21 世纪制造业的必然需求。本文提出了一个分布式设计的过程算法,在此基础上,通过对象技术,将异地分布的产品对象、需求和约束、评价方案融合起来,实现分布式设计的过程协同,为实际系统的构建提供了基本的思路和模型框架。

关键词 产品设计 分布式设计 对象 特征算法

1. 前言

制造的全球化、信息化以及需求的个性化都要求企业能在最短时间内推出用户最满意的产品快速占领市场。而采用分布式网络化组织方式,通过组建多功能工作小组实现分工协作进行产品开发是实现这一目标的基本手段。

以往对分布式设计系统的研究主要集中在信息集成方面,以产品模型、产品数据表示、工程数据库技术等信息技术研究为主。而随着计算机网络的高速发展,Internet、Intranet、Extranet 的相继出现,制造业也由信息集成向过程集成发展。

本文首先提出了一个分布式设计的过程算法,在此基础上,通过对象技术,将异地分布的产品对象、需求和约束、评价方案融合起来,实现分布式设计的过程集成。为实际系统的构建提供了基本的思路和模型框架。

2. 分布式产品设计过程算法

分布式产品设计由地域上分散的多领域工作小组共同参与,他们有着不同的设计准则、设计对象和设计目标,但其中又存在着功能的交互和过程的重叠。如果没有一个统一的管理和协调,整个设计过程将是混乱、无序的。因此,各设计小组需要遵循一定的法则,以有序的方式进行协作和设计。在计算机领域,这些法则和过程需要以算法形式来实现^[1]。

在阐述算法之前,我们有必要先阐述两个术语——需求和约束。需求用来表示产品设计应满足的设计规范。约束表明产品特征在一定环境下合乎存在的条件,包括几何或非几何信息。一个产品的设计过程实质上就是对需求和约束的满足过程在分布式设计环境下,需求和约束都可能是来自于不同位置的。

在基于特征的产品设计过程中,算法分四步将设计需求和约束逐步地转变为产品特征模型,每一步又包含了多个子步骤。

➤ 步骤 1(抽取)

抽取原始设计规范成一相应功能需求集 $\{R_i\}$,其中每一功能需求 R_i 将能映射为一特征集。这抽取的过程将产生一等同的功能需求集。这一步骤相当于原始设计或者概念设计初期。

➤ 步骤 2(设计初始化)

$$\begin{aligned} \{R_i\}_u &= \{R_i\} \\ \{R_i\}_s &= \text{空} \\ P &= P_i \end{aligned}$$

开始非满意功能需求集 $\{R_i\}_u$ 等于当前抽取功能需求集 $\{R_i\}$,而满意功能需求集 $\{R_i\}_s$ 等于空集,当前产品模型 P 为初始模型 P_i ,完成设计初始化后,随着设计的展开, $\{R_i\}_u$ 中需求逐步得到满足转而进入 $\{R_i\}_s$,如此循环直到 $\{R_i\}_u$ 为空集。

* 清华大学博士后

➤ 步骤 3(功能到形状的转换)

在这一步中, 每一功能需求映射为一特征集, 其中每一特征将通过特征操作运算加入特征模型。

● 选择映射

3—1 若 $\{R_i\}_u$ 为空, 转步骤 4; 否则, 从 $\{R_i\}_u$ 中选一 R_i 。

3—2 从设计特征分类中抽取与所选的功能需求 R_i 匹配的 f_i 映射集, 这里的匹配指能将需求映射为一系列相关设计特征, 运用评价机制在 f_i 映射集中将 f_i 分级, 按满足程度高低排序, 满足程度高的列于前, 记为 $\{f_i\}$ 。

3—3 自 $\{f_i\}$ 中选择最前的 f_i , 若 $\{f_i\}$ 为空则设计不可行需重新定义需求或重新选择 f_i 。

在这一步中主要找出与功能需求相应的映射 f_i , 为下面的特征运算作准备, 但由于需求定义或选择映射 f_i 不够准等原因, 有可能造成设计不能进行下去, 需变换功能需求或映射 f_i 。

● 特征分解

功能需求所映射的特征可能为一简单的单元特征, 也可能是简单单元特征的复合, 在我们的算法中对特征的操作运算基于单元特征, 在目前大多数参数化实体造型系统中特征操作运算就其实质是基于单元特征类实例化的特征运算, 虽然有时可直接将一个复合的特征引入, 但此复合特征亦是由单元特征经若干特征操作运算得到的。

3—4 若功能需求映射为一个或若干个复合特征, 将此复合特征分解成一功能需求集插入 $\{R_i\}_u$ 中, 转 3—1, 否则转步骤 3—5。

● 模型转变

3—5 选择适当的特征操作运算符, 将所选特征通过操作运算施加于特征模型 P , 产生新的模型 P_{new} 。

由于新特征 f_i 的加入, 可能给原来特征模型 P 带来一些影响, 产生了新模型 P_{new} 的有效性, 或者原来 P 满足的 R_i 现在不再满足了。前者将在 3—6 讨论, 后者在 3—8 中阐述。

● 模型有效性

3—6 经过 3—5, 若 P_{new} 有效, 则下一步, 否则, 取消 3—5, 从 $\langle f_i \rangle$ 中删去当前 f_i , 重新 3—3。

● 相关约束检查

3—7 选择相关约束 $\{C_i\}$ 若模型不满足约束, 撤消 3—5, 从 $\{f_i\}$ 中删去当前 f_i , 重新 3—3。

由于增加新特征给原有模型带来了影响, 原来模型满足的 x 级有效水平可能产生变化, 或者产生了新的约束不满足等情况, 使新特征 P_{new} 不能生成, 这在实际造型系统中亦有类似的反映, 表现为零件(特征)不能生成, 在草图及信息窗口中以高亮图形和文字信息来表示。

● 功能有效性检验

3—8 经过 3—5 在 $\{R_i\}_s$ 中每个 R_i 对新模型 P_{new} 是否仍满足, 若不, 则从 $\{R_i\}_s$ 中去除, 转而进入 $\{R_i\}_u$ 中。

在 P_{new} 中找出与新近加入的特征有关系的特征集 $\{f_i\}$, $\{R_i\}_s$ 中的 R_i 与 $\{f_i\}$ 中的特征有映射关系, 检查此 R_i 仍否满足于 P_{new}

● 更新需求集

3—9 去除 $\{R_i\}_u$ 中已满足 P_{new} 的 R_i , 插入到 $\{R_i\}_s$ 中, 继续 3—1

➤ 步骤 4(详细设计)

实例化特征属性, 生成新的产品模型。经过以上步骤的特征模型将满足产品级需求。

3. 基于对象的分布式设计过程建模

对象技术不仅可以用在产品模型表示上,还可以用在产品设计过程建模中^[2]。基于对象的建模与设计是一种围绕真实世界来组织模型的全新思考与解决问题的方式。其基本构造是对象,对象将数据结构和行为都合并到单一的实体中。面向对象的模型能帮助人们对问题的理解,有助于领域专家之间的通讯交流。

在基于对象的设计方法中,对象(object)和消息传递(message passing)分别表示事物及事物间相互联系的概念。类(class)和继承(inheritance)是适应人们一般思维方式的描述范式。方法(method)是允许作用于该类对象上的各种操作。这种对象、类、消息和方法的设计思想其基本点在于对象的封装性(encapsulation)和继承性。通过封装能将对象的定义和对象的实现分开,通过继承体制能体现类之间的相互关系。

通过对特征算法的描述,在基于对象的分布式设计系统中包含有五类对象:设计模型(design models:S)、设计对象(design objects:O)、设计算法(design algorithms:A)、需求和约束(requirements and constraints:R&C)、评价方案(evaluation schema:E)。

定义如下对象算子:

Inheritance (ξ): 表示从设计对象 A 中创建一个实例 B, B 可继承 A 中的数据和方法,也可以包含自己的数据。

Import (ψ): 它使设计对象 B 可以从 A 中引入方法。使得 B 可以象 A 一样使用这些方法。

Message passing (ω): 该算子允许数据和方法从设计对象 B 传递到设计对象 A,统一了系统的数据流和控制流。

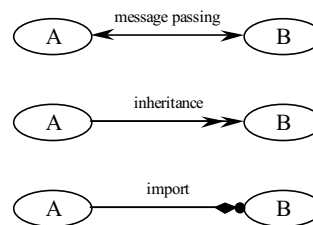


图1 对象算子

可用图1所示图法来表示对象之间的算子关系:

利用特征算子可将分布式设计系统中所包含的对象之间的关系表示如下:

- Relation 1: 设计模型的实例 $S_l \xi$ 设计模型 S
- Relation 2: 设计算法 $A \psi$ 评价方案 E
- Relation 3: 设计特征实例 $F_i(z) \xi$ 设计对象 O
- Relation 4: 设计模型 $S_l \omega$ 设计对象 $O_i(z)$
- Relation 5: 需求和约束 $R\&C \omega$ 设计算法 A
- Relation 6: 设计算法 $A \omega$ 设计模型 S_l

其中:

S: 为设计模型。代表一个待设计的产品,它可能包括多个设计对象 $O_i(z)$: $S = [O_i(z)]$ 。 z 为对象所在位置,可以是变量,表示设计对象可能是分布式的。设计对象 $O_i(z)$ 可以是物理实体也可以是非物理实体。考虑到通用性,我们在此只考虑单设计对象模型的处理。

S_l : 是一个设计的中间模型。是设计模型 S 的一个实例,最终的产品模型是由多个中间模型进化而来的, l 代表中间模型的次序。

A: 设计算法。表示系统采用的特征设计算法,基于上一节的算法产生。

E: 为评价方案。包含了各种特征、模型的评价方法。设计算法 A 将根据当前模型状态和约束条件选择恰当的评价方法来确定特征操作的有效性。

$F_i(z)$: 设计特征实例。设计对象的组成单元。

R&C: 为设计的需求和约束。它包括产品全方位的需求和约束。约束可以来自异地分布的不同位置,可表示为 $C_i(z)$ 。

一个基于 internet 的分布式产品设计系统框架可表示为图2。

在该框架中,通过对产品需求的分析,分布在异地的设计者可通过 internet 调用主服务器中的统一的用户界面协同进行产品的设计。设计算法将实时的对设计过程进行控制和评价,保持设计的有效性。约束可以是异地分布的,特征也可以是异地分布的,不同位置

的设计者可能包含有不同的设计特征。各设计者可以对一个产品的不同方面进行设计,也可以对同一个设计对象进行分析和评价。该框架是构造分布式并行设计系统的核心。

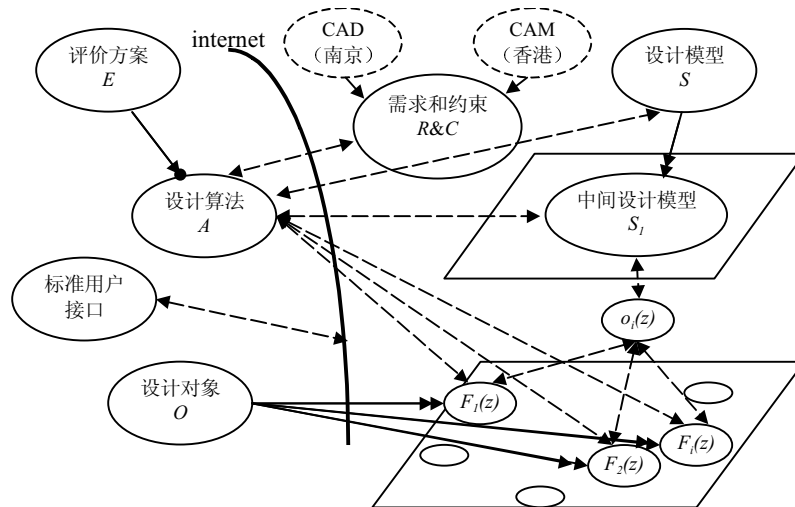


图2 面向对象特征基分布式设计

4. 结论

基于对象技术和特征算法,我们已经开发了一个分布式产品设计平台^[3]。该平台为分布式网络环境下不同应用领域的设计人员提供了一个基础的开发环境和相应的管理协调工具,使异地协同的产品设计开发成为可能。目前,该系统已基本完成实验室阶段的研制工作,下一步准备与香港和台湾的有关院校和企业合作,建立一个网上的协同产品设计环境。

参考文献

- 1]. Wen-Yau Liang, Peter O. Object-Oriented Formalism for Feature-Based Distributed Concurrent Engineering. Technical Report, University of Iowa, TR98-03:7-11
- 2]. Kusiak A, Szczerbicki E. Intelligent Design Synthesis: An Object-oriented Approach. INT. J. PROD.RES., 29(7):1291-1308
- 3]. 黄双喜. 计算机支持的分布式产品设计方法与理论研究. 南京理工大学博士学位论文. 1999

Object-oriented Approach for Distributed Product Design System Construction

Huang Shuangxi Fan Xushun

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract The 21st manufacturing enterprise need a distributed product design system. This article proposes a feature algorithm to control the distributed design process. Based on it, the design objects, design requires and constraints, the evaluation scheme will be combined together and the collaborative product design will be realized. It provides the fundamental thought and structure for constructing the distributed product design system

黄双喜 男, 1972年生, 四川射洪, 清华大学自动化系博士后, 主要研究方向为敏捷制造、协同CAD/CAM系统、CSCW、企业建模等。在国内外期刊、会议发表8篇论文。

范玉顺 教授, 博士生导师, 清华大学自动化系CIMS工程中心副主任。