

基于多 Agent 的产品 CAD 建模

张荣国 刘 静 张继福 (太原重型机械学院计算机科学与工程系 030024)



摘要: 产品 CAD 是一个多组织、多人员、多任务的协同工作过程,为缩短产品开发周期,满足产品的分布式协同设计要求,本文引入多 Agent 的概念,分析了产品 CAD 的多 Agent 特性,在此基础上建立了 CAD 协同设计模型,描述了产品 CAD 的协同工作过程,并通过实例展示了该建模方法的具体应用。

关键词: 产品 CAD 协同工作 多 Agent

1 引言

由于 Agent 具有协作、控制、管理、通信等功能 [1, 2, 3], 因而利用它的这些功能, 可以提高产品设计质量, 缩短产品开发周期, 满足产品的分布式协同设计要求, 促进开发人员之间的协同工作, 实现产品 CAD 的快速重组、重用和较高的适应能力。本文引入多 Agent 的概念, 建立了产品 CAD 协同设计模型, 描述了产品 CAD 的协同工作过程, 并通过实例展示了该建模方法的具体应用。

2 产品 CAD 的多 Agent 特性

Agent 是一个处理中心、控制中心, 它具有层次性, 即 Agent 内部可以包含子 Agent 或对象, Agent 之间具有并发性, 它们通过事件或活动进行通信协调和信息处理。产品 CAD 过程是由多个部门组织的、多个人参加的多层次多任务的复杂系统。一产品 CAD 主要包括总体设计、方案设计、布局设计、结构设计、参数设计、图形设计等多个任务模型, 不同的任务由不同的开发部门负责, 每一任务又可分解为不同的子任务, 由部门中的各开发小组来完成, 每一子任务又可分解为不同的设计对象, 由具体的开发人员来实现。总体设计是对产品的综合信息进行分析、分解, 从宏观上予以指导和控制; 方案设计是根据用户需求和主要实现的功能求解任务的初始模型; 布局设计用于确定产品的总体结构布局、内部组件数量、各组件位置关系等; 结构设计是对各组件的轮廓、外形等结构形状进行确定; 参数设计是根据产品的功能要求、结构布局等前期任务对各组件的具体尺寸进行详尽的设

计; 图形设计是对产品 CAD 中各组件的零件图、装配图、整体外观图等进行设计。这些任务和子任务在 CAD 过程中表现为一系列设计任务的串行、并发和交叉耦合, 在同一时刻, 可能存在一个设计项目的多个任务, 甚至可能存在不同设计项目的多个任务, 这些任务要实现协同工作、信息共享, 还要进行数据通信、协调冲突。因此, 基于多 Agent 产品 CAD 过程要对设计任务按照一定的规则和约束进行分解, 使得合适的任务在规定的时间内合理地分配给合适的设计人员, 从而实现多任务群体的协同工作, 达到产品 CAD 过程的快速重组, 其多 Agent 结构模型如图 1 所示。

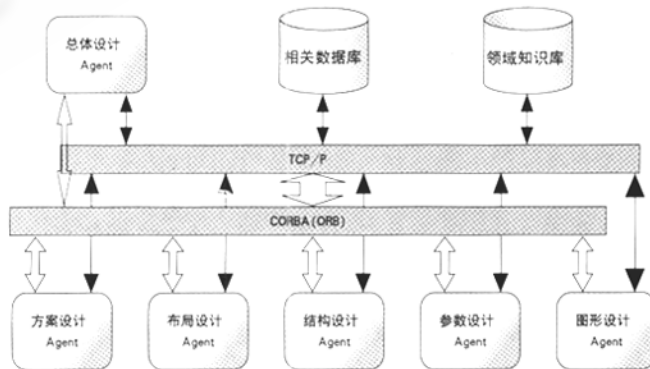


图 1 多 Agent 产品 CAD 协同设计结构模型

3 基于多 Agent 的产品 CAD 建模

在多 Agent 产品协同 CAD 中把参与领域设计的专家、具体开发人员、以及他们所要完成的项目中的任务描述为一个实体, 这些实体具有主动的行为能力, 我们

把它抽象为一个 Agent。产品 CAD 过程实际上可映射为多个 Agent 的协同工作过程。一个 Agent 对应为产品 CAD 中的一任务，而任务又可分解为多个子任务，各子任务最终通过设计目标的实现来完成，产品中具体的设计目标又可通过对象及其相关属性加以描述，基于多 Agent 的产品 CAD 实质上是个层次树状结构，Agent 对应树中结点，它包含有其他 Agent（中间结点），也可能包含设计对象（叶子结点）。一般来说，产品 CAD 中各 Agent 应具备以下条件：

- (1) Agent 内应有感知、建模器，通过接受到的问题描述、借助于局域库中的知识自动建模，也可由领域专家给出设计模型；
- (2) 每个 Agent 都应有执行某个任务所必须的任务求解器；
- (3) 每个 Agent 都应有一个协作决策控制器，用以解决 Agent 间的冲突，协调各 Agent 的工作；
- (4) Agent 中应含有与环境及其他 Agent 通信的通信管理器；
- (5) Agent 内应包含进行任务求解、决策控制所需的局域数据库、局域知识库；
- (6) Agent 具有层次性，其中可含有子 Agent 或对象。产品 CAD 中 Agent 的结构模型如图 2 所示。

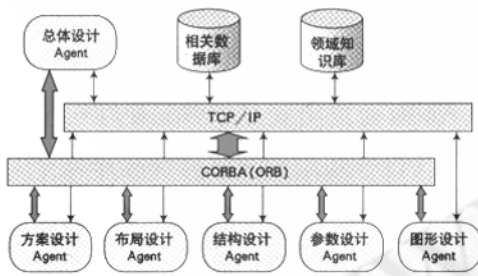


图 2 产品 CAD 中 Agent 的结构模型

基于 Agent 的产品 CAD 中，每一 Agent 都具有一定的独立性，承担着产品 CAD 过程中的某一任务或子任务的执行，同时，各 Agent 间又具有相关性，其间信息要进行通信，出现的问题和冲突要协商解决，串行、并行及交叉耦合的任务时序要合理设置，这些都需要各 Agent 内的信息有一个统一的表示和描述，以确保产品 CAD 中信息的完整性、准确性和一致性，实现多个 Agent 的协同工作。为此，各 Agent 的信息可描述如下：

Requirement: 设计需求
Design_Object: 设计对象

Constraint: 约束关系
Evaluation: 结果评价
Communication: 信息通信

其中，Requirement 表示该 Agent 内满足产品 CAD 过程中的某一设计需求，如在机械传动系统中对传动方案的拟定；Design_Object 为了满足设计需求而制定的某一设计模板，这一模板在设计中通过具体的实例来实现，如在传动方案中可选择齿轮传动模板，也可选择链轮传动模板等；Constraint 表明该 Agent 所受的时序约束、权限约束等如齿轮对的布置结构就需在确定使用齿轮传动方案后才能进行，其活动过程构成一串行关系，而机床中的传动系统、离合系统、液压系统等则可并行处理，形成并发关系；Evaluation 对该 Agent 所辖任务完成情况给予评价，如若满足要求，则将设计结果传入全局数据库，若和其他任务发生冲突，则采取适当的协商机制，在协商器中通过 Communication 和其他 Agent 进行协商，以解决冲突；Communication 和其他 Agent、知识库、数据库进行通信。传动系统 CAD 示例中方案设计 Agent 的信息描述如表 1 所示。

表 1 方案设计 Agent 中信息描述

项目	内容
Requiemant:	传动方案拟定
Design_Object:	齿轮传动 链轮传动 带轮传动
Constraint:	总体设计 → 方案设计 → 布局设计
Evaluation:	好 坏 协商
Communication:	环境 Agent 知识库 数据库

4 多 Agent 产品 CAD 协同工作过程

多 Agent 产品 CAD 系统由多个可操作的 Agent 有机地组合在一起，每个 Agent 都可以通过信息通道读取知识库、数据库中的信息资源，在系统授权范围内对领域内的知识、数据、规则等进行增加、删除、修改等操作；通过控制通道发表自己的信息请求、问题描述、设计结果；每个 Agent 可根据系统总体目标要求进行登记、注册，适时地加入到多 Agent 系统中，与其他 Agent 进行信息交换，实现设计过程的协同化。当完成某一任务后，也可从系统中注销，退出多 Agent 系统。各 Agent 在共同协商后可以形成协同机制和设计解决方案。在产品 CAD 过程中，Agent 之间出现冲突时，Agent 可在其协作协商器内进行协商，借助于共享白板发表各自的意见和建议，采

取适当的推理和决策,达成某种协商机制,以解决冲突,完成设计任务的最终确定。

各 Agent 间的互操作通过 CORBA 中的 ORB 来进行。CORBA 是来自软件联盟 OMG (Object Management Group) 的一种软总线结构标准,它规定了 ORB 上的全部标准调用接口,利用这些软件接口就可把各种软件看成是挂接在软件总线上的构件,各构件之间通过请求和服务的关系组织起来,完成产品 CAD 的整体功能,并最终实现软件的即插即用。各模块间的通信采用 TCP/IP 通信协议,因为 TCP 是一种面向连接的全双工对等传送协议,保证无差错、无重复、有序的数据提交,提供完全可靠的通信服务。而交互式音频和视频等具有实时特征的数据则采用实时传送协议 RTP 为其提供端到端提交服务,通常 RTP 在 UDP 上运行。

多 Agent 的产品 CAD 协同工作结构模型如图 1 所示。现以传动系统 CAD 为例,其基于多 Agent 的协同工作过程可描述如下:

(1) 总体设计 Agent 根据传动系统对传动比、传递功率、转速、传递平稳性、材料、使用场合等要求首先进行总体设计任务的分解。根据各部门的职能和开发人员的实际能力,确定参与该任务的五个协作 Agent,并将分解后实例化的子任务分配给各协作 Agent。将合作伙伴的初始化信息放入全局数据库,通过共享白板发布这些信息于各 Agent。

```
Task_Divide(Main_Task,Task_Number,Sub_Task());
Task_Assign(Coop_Agent(),Sub_Task());
Store(Pub_Database,Init_Information);
Write(Coop_Agent(),Init_Information);
```

(2) 方案设计 Agent 根据总体设计要求,提供齿轮传动、链轮传动、带轮传动等多个方案供选择,经领域专家协商评议后选定其中之一如齿轮传动,该方案存于全局数据库,并通知其他协作 Agent。

```
Task_Execution(Requirement,Scheme_Choice);
Negotiate(Total_Database,Scheme_Database);
```

(3) 布局设计 Agent 根据方案设计所提供的齿轮传动设计结果,提出轴系的布置采用水平布置还是垂直布置,轴系的相对位置是平行、垂直还是交叉等,原语描述同上,只需将其中的 Scheme 换为 Layout 即可。

(4) 结构设计 Agent 对齿轮传动的各部件如齿轮的轮辐、轴的凸台、机箱底座加强筋等进行结构设计。

```
Task_Execution(Design_Object,Structure_Design);
```

```
Store(Structure_Database,Structure_Result);
```

(5) 参数设计 Agent 对各部件如齿轮进行参数计算,并通知图形设计 Agent 开始齿轮图的绘制;同时继续轴、键、端盖等零件的参数设计,每完成一零件设计即可向图形设计 Agent 发送设计结果及其相关信息。

```
Task_Execution(Design_Object,Parameter_Design);
Write(Shape_Agent,Parts_Solution);
```

(6) 图形设计 Agent 接受到参数设计 Agent 送来的信息即可进行具体的图形设计。

```
Task_Execution(Design_Object,Shape_Design);
```

(7) 相关设计完成后,提交总体设计 Agent,确认完整、可行、无误后,结束本任务。

5 协同设计环境 --PCDS 系统

为了实现多 Agent 的产品 CAD,我们自行研制和开发了一个基于多 Agent 的产品协同设计 PCDS (Product Cooperative Design System) 系统,它在 Internet 上以 Java 作为用户的主开发语言,采用了 Browser/Server 与多层 Client/Sever 相结合的结构。其中,服务器含 Web 服务器、CORBA 服务器和数据库服务器,利用 Java Applet 使 HTTP 客户端变成 CORBA 客户端,通过 IIOP 直接访问 CORBA 对象;客户机既是浏览站点,也是设计站点;ORB 在客户和服务器之间建立了一个中间层,负责对象间请求和响应信息的传输。该系统支持各设计 Agent 的动态加入和退出,提供了数字信息、文本信息、图形信息和交互信息等不同层次不同用户间的信息交换功能,满足分布式环境下多 Agent 的产品协同 CAD 要求。

6 结束语

基于多 Agent 的产品 CAD,既考虑了产品本身的静态信息,也考虑了产品设计中的动态信息,还加入了关键的设计人员的主观因素。本模型的建立和在 PCDS 系统中的应用,符合产品 CAD 过程的分布式特性和当前通用的网络式工作平台上多部门、多人员协同设计的要求,客观地反映了产品 CAD 的真实过程。■

