

计算机支持的多用户协同图案设计系统模型

施敏 鲁东明 潘云鹤

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

摘要 随着大型图案设计任务的复杂化、设计人员的专业化、设计地理位置的分散化以及计算机网络计算集成化,开发计算机支持的协同图案设计系统成为必要和可能。为了使人们对计算机协同设计系统有所了解,首先阐述了图案设计系统的基本过程,进而分析了计算机支持的多用户协同图案设计的基本要求;然后描述了时间、空间上分散,而在任务上又相互依赖的多个设计者之间的交互方式及协作机制;定义了协同图案设计系统的要素,并在此基础上,构造了多用户协同图案设计系统的逻辑模型;研究了协同编著系统中多用户图案的管理、操作和并发控制模型,同步图案设计的管理模型,控制模型以及消息的管理策略;最后设计了图案设计系统的结构模型。

关键词 协同图案创作 协同设计 协同模型 计算机支持的协同工作

中图法分类号: TP391.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2001)08-0739-07

Computer Supported Multi-User Cooperative Pattern Design Model

SHI Min, LU Dong-ming, PAN Yun-he

(AI Institute of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract With the complication of great pattern design, the speciality of designer, the dispersal of design location and the integration of computer networking computing, it is necessary and possible to develop computer-supported pattern design system. This paper applies CSCW technology in the field of computer art and construct cooperative pattern design model. It focuses on the cooperative pattern design and analyze modes of the cooperative design, the structure, the relative management and control. Firstly, it presents the basic process of pattern design system, analyzes the basic requirement of computer-supported multi-user pattern design, describes the interactive mode and cooperative mechanism of multi-designer, whose tasks are dispersed in temporal and space, and are dependent on each other. It defines the elements in a cooperative pattern design system and builds up a logical model of pattern design system. It studies not only the pattern management model and concurrent control of multi-designers, but also presents design conference management model, the synchronous conference model, message management policies model in a pattern design system. Finally, it gives the structure model of pattern design system.

Keywords Cooperative pattern design, Cooperative design, Cooperative model, Computer-supported cooperative work

0 引言

作为计算机辅助设计的一个分支,计算机图案设计越来越多地被应用于壁画、地毯设计、纺织业等方面。目前,随着图案设计者工作范围的扩大,其

工作复杂程度也越来越高,分工更加精密,但由于个人的知识和能力有限,一些复杂图案由单个人完成已不大可能,一般都需要多个人来合作完成。另外由于许多公司和组织的分散化和国际化,其设计人员在地理上也往往是分散的,因此支持多用户的协同图案设计已经成为迫切的需要。计算机支持的多用

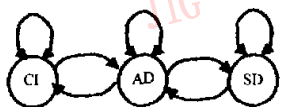
基金项目:国家自然科学基金项目资助(69733030)

收稿日期:2000-04-25;改回日期:2000-11-13

户协同图案设计系统就是 CSCW 技术在图案设计领域中的一个典型应用^[1~5]。

1 协同图案设计系统的要求分析

一般而言,多用户图案设计可以分为3个阶段:第1阶段,当主设计者接到一项设计任务后,召集设计者进行公共讨论,并根据参与设计的人员的特长分配设计任务。第2阶段是异步图案设计阶段,设计人员根据各自负责的部分进行本地设计,彼此之间可以通过诸如电子邮件等工具进行交流,设计完成后把草图提交给主设计者。第3阶段是设计定稿阶段,主设计者在收到所有设计者的稿件后,召集有关设计者一起讨论和修改,形成最终设计样图。如果某作者的设计图不合要求,则需要大量修改,甚至可能返工,这样设计人员就又返回到本地的图案设计过程。整个阶段的状态转换关系如图1所示。



CI 为图案设计初始阶段;AD 为异步设计阶段;
SD 为同步设计阶段

图1 协同设计阶段的状态转换图

根据对协同图案设计的分析,由计算机支持的多用户图案设计系统应该满足以下要求:

①支持协同图案设计过程协同模式的多样性

因为协同图案设计是分阶段进行的,所以它在不同阶段应该能够支持不同的设计模式,其主要有同步设计模式和异步设计模式两种。

②支持协作角色与存取控制机制

在协同设计系统中,不同的设计者承担着不同的设计任务和扮演不同的设计角色,如:主设计者负责整个设计的全过程,每个设计人员均可以控制其他设计人员对其设计图纸的存取与修改。

③支持设计图案的分布管理和集中控制

在协同图案设计的异步模式下,系统应该支持对本地设计图案的分布式管理,保证每个参与者能够方便地对图案进行设计和修改;而在同步模式下,系统应该能够支持协同的设计和修改,并且能使每一个设计者拥有一致的设计信息,这样就要求对设计图案进行分布管理和集中控制。

④支持协同应用的多样性

为便于协同设计者之间进行信息交流,协同图案设计系统应提供多种交流工具,如在同步协同工具中,应包括共享图案编辑器、共享电子白板等;而异步协同工具则应包括本地图案编辑器、电子邮件、注释评论工具等。因此一个灵活的会议系统应当包括社会协议、冲突解决、以及故障恢复、用户协议的定制、支持协作工具的 plug in 功能。

⑤支持多用户信息的感知

在同步协同的设计过程中,系统应具有很强的交互性,以体现用户之间面对面的感觉,从而使用户真正能够感知到其他用户的存在。

⑥支持信息共享

在协同系统中,信息共享是关键的一部分,主要体现在用户之间共享视图、共享数据、共享执行结果、共享资源等。

2 协同图案设计系统的要素及其逻辑模型

根据上述的要求和分析,将一个协同系统的要素划分为静态要素和动态要素两大类,其中,静态要素反映了协同图案设计系统各个独立实体的集合,它们是构成协同图案设计系统的基础;而动态要素主要是反映在协同图案设计过程中静态要素之间的一种动态组合关系,它体现了设计图案在不同设计阶段的动态变化过程。

2.1 协同图案设计系统的静态要素

(1) 图案

图案是多个协同设计者共同操作的信息对象,由图案结构及其操作组成。在协同图案设计过程中,图案版本保留各个时间段内用户的设计情况。

有效地组织和管理图案是协同图案设计系统的一个关键部分。本文在图案的结构上采用了类 HTML 组织方式,而在文档的结构上,则按图案、层次、实体的形式来进行管理^[6]。

图案: = <图案属性><层次>+

层次: = <层次属性><实体>+

<实体>: = <实体属性>(<元素>|

<元素><实体>|<实体><元素>)

范式中的“+”表示可以有一个以上的层次或实体。

图2为协同图案设计的层次结构图。

从图2可见,著作文档是一些结点的集合。不同

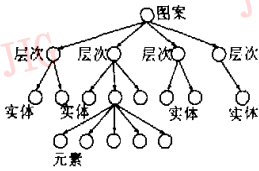


图 2 协同图案设计的层次结构

的结点有不同的属性. 但一个父结点可以包含多个子结点. 每个结点由与其相应的数据内容(C)、属性(A)和操作(Op)组成, 这样编著文档可以用一个三元组来表示:

$$\text{图案} = \langle C, A, Op \rangle.$$

图案的属性描述见表 1.

表 1 图案属性描述

属性	描述
名称	图案的名称, 即图案标题
设计者	设计者的姓名
设计时间	图案设计的时间
修改时间	图案的最近修改时间
层次集合	所有层次的引用
评注集合	协同设计者对图案的评注

图 3 是一个图案层次结构实例, 其图案由 3 个层次组成; 层次由实体组成; 实体由元素组成.

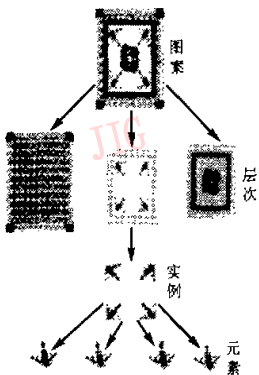


图 3 图案层次结构实例

(2) 协同设计者

在协同图案设计系统中, 协同设计者是整个系统服务的主体. 每个设计者的属性构成可以用一个八元组来表示:

$$\text{Designer} = \langle \text{DesignerID}, \text{DesignerName}, \text{Passwd}, \text{DesignRole}, \text{EmailAddr}, \text{PhoneNumber}, \text{FaxNumber}, \text{Description} \rangle$$

其中, DesignerID 是全局变量; DesignerName 是参与者的姓名; Passwd 是参与者(他/她)的密码;

DesignRole 是参与者在设计系统中所扮演的角色; MailAddr 是电子信箱地址; PhoneNumber 和 FaxNumber 就像他们的姓名特征一样; Description 用来描述设计者的其他信息.

(3) 协同图案设计的角色机制

在系统中, 每个设计者应该扮演一定的角色, 不同的角色应具有不同的权利和义务, 这均由协同图案设计系统的角色机制来分配. 根据协同图案设计的不同阶段, 可以将这些角色分为异步角色 AsyRole 和同步角色 SynRole. 这样, 图案设计的角色可以表示为:

$$\text{Role} = \text{AsyRole} \cup \text{SynRole}$$

对于异步角色来说, 又可以是主设计者 Cd、设计者 D、评论者 Ob 3 类的集合, 即可表示为

$$\text{AsyRole} = \{Cd, D, Ob\}$$

SynRole 规定了文档定稿阶段多个作者共同设计图案时的任务, 它是会议主席 Ch 和一般与会者 At 的集合, 即 $\text{SynRole} = \{Ch, At\}$.

(4) 协同图案设计系统的应用(App)

协同应用应支持多种应用工具, 以便有效地完成图案的共同设计. 支持图案设计的工具主要有本地图案编辑器(Le)、共享图案编辑器(Se); 支持交流的工具主要有电子白板(Wb)、聊天室(Cr)、电子邮件(Em)、评论注释工具(Ct). 这样整个协同图案设计系统的应用可以表示为:

$$\text{APP} = \{Le, Se, Wb, Cr, Em, Ct\}$$

2.2 协同图案设计系统的动态要素

协同图案设计系统的动态要素, 有协同设计工程、异步设计环境、协同设计会议.

(1) 协同设计工程(CoPrj)

协同设计工程是描述多个协同设计者所需共同完成的图案设计任务. 在逻辑上, 协同设计工程可由一个五元组来描述:

$$\text{CoPrj} = \langle \text{Pattern}, \text{Layer}, \text{Designer}, \text{Asy-Role}, \text{SynRole}, \text{OpWord} \rangle$$

其中, Pattern、Layer 是该协同设计工程所负责设计的图案部分; Designer 是协同设计者; AsyRole 和 SynRole 为异步设计角色和同步设计角色, SynRole 指定了在同步设计过程中, 一个设计者所扮演的角色. OpWord 为设计者对图案的操作字. 这个五元组体现了协同工程中设计图案、设计者和设计角色之间的一种分工关系. 在不同设计阶段, 设计者扮演不同的角色, 而角色是由主设计者来指定, 因

为主设计者是协同工程的创始人.具体地说,主设计者具有所有角色的操作权限,对于图案中具体的某一层,只有一个设计者负责编辑,其他的用户只能对其进行观看.

(2) 异步设计环境(AsyEnv)

在异步设计工程中,协同设计者主要采用本地图案编辑器来对协同设计工程中分配的任务进行设计,他可以根据协同设计工程中所拥有的权限,浏览其他设计者正在设计的图案的一部分,并对别人的设计进行注释评论.此外,协同设计者也可以和其他设计者用电子邮件交流信息.一个异步协同设计工程可以用一个三元组来表示

$$\text{AsyEnv} = \langle \text{Designer}, \text{CoPrj}, \text{AsyApp} \rangle$$

其中,Designer为协同设计者;CoPrj为协同设计工程;AsyApp= $\langle \text{Le}, \text{Ct}, \text{Em} \rangle$.

(3) 协同设计会议(CoCof)

在同步设计会议中,协同设计者主要使用共享图案编辑器来对一个协同设计工程中用户的某一层进行共同设计.在设计阶段,协同设计者的行为将受到协同控制机制的限制.出席者可以通过聊天室进行交谈,还可使用共享白板画图来进行交流.所有的同步工具都包含在SynApp中.一个协同设计会议可以表示为:

$$\text{CoCof} = \langle \text{Designer}, \text{CoPrj}, \text{SynApp}, \text{Strategy} \rangle$$

其中,Designer为所有参与协同会议成员的集合;CoPrj为协同设计工程;SynApp为同步设计应用,SynApp= $\langle \text{Se}, \text{Wb}, \text{Tc} \rangle$;Strategy为并发控制策略.一般来说,负责设计某一层的设计者就是同步设计过程中会议的主席,主席也可以由主设计者指定,但一个协同设计会议只能有一个主席.该主席主要对会议进行管理,如CoCof.CoPrj.SynRole \rightarrow Designer表示会议主席负责协同设计会议的发起与结束、召集会议参与者,同时决定会议讨论结果的取舍;CoPrj.Pattern.Layer \rightarrow Designer表示多个设计者对协同设计工程中的某一层进行协同设计.对于多个设计者发言权的获得,主席可按协同控制策略进行管理和指定,一般采用4种方式:①主席决定下一个拥有发言权的人是谁;②正在执行者指定下一个拥有发言权的人是谁;③先来先服务模式;④自由模式,通过竞争获得发言权.

2.3 协同设计系统各要素之间的逻辑模型

根据上述协同设计系统各基本要素的分析和它们之间的关系,在系统中形成如下几种管理上的信

息空间:

① 协同设计者空间 Designer,它是协同设计系统中维护的所有用户信息的集合,即

$$\text{Designer} = \{ \text{Designer}_1, \text{Designer}_2, \dots, \text{Designer}_n \}$$

② 协同图案设计空间,它是协同设计系统中所维护的图案的集合,即

$$\text{Pattern} = \{ \text{Pattern}_1, \text{Pattern}_2, \dots, \text{Pattern}_n \}$$

③ 协同设计工程空间,它是协同设计系统中所维护的所有协同工程的集合,即

$$\text{CoPrj} = \{ \text{CoPrj}_1, \text{CoPrj}_2, \dots, \text{CoPrj}_n \}$$

④ 协同设计空间,它是用户通过各种协同工具进行协同工作的信息空间,在这个信息空间中又可以划分为异步设计空间 AsyEvn 和协同设计会议空间 CoCof 两个子空间,即

$$\text{AsyEnv} = \{ \text{AsyEnv}_1, \text{AsyEnv}_2, \dots, \text{AsyEnv}_n \},$$

$$\text{CoCof} = \{ \text{CoCof}_1, \text{CoCof}_2, \dots, \text{CoCof}_n \}.$$

图4是协同图案设计系统逻辑模型,从图4中可以看出,在一个协同设计系统中,可以有多个协同设计工程,每个协同工程均对应一个主题的设计图案;而在协同工作空间中,每个协同工程都有与其相应的异步交流环境和同步会议空间;在协同设计者空间中,一个设计者可以通过同时参加几个协同工程,同时使用几个协同工具,设计者和协同工程之间是一一对多的关系,而且不同的设计者在协同工程中的权限也不同,这是由协同工程中的角色机制所决定的.

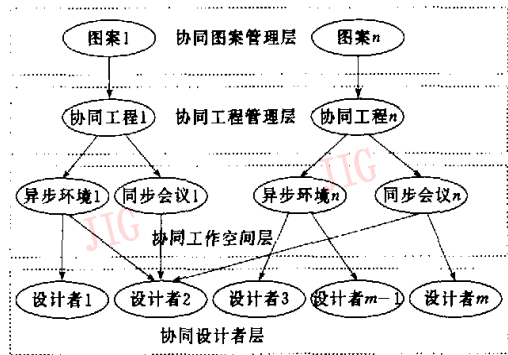


图4 协同图案设计系统逻辑模型

3 协同图案设计系统的管理和控制模型

3.1 协同图案设计的管理和操作模型

(1) 协同设计工程的管理模型

在协同图案设计系统中,为支持异步和同步两

种编辑模式,采用了本地和集中控制相结合的设计工程管理模式(图 5)。

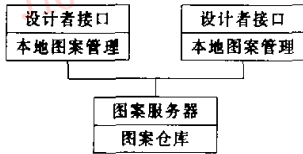


图 5 协同图案管理模型

共享设计工程是一个协同设计工作组所共同设计的任务,即在异步协同设计过程中,每个设计者仅负责其中的一部分。本地设计工程管理应该方便设计者对图案的存取。当异步设计任务结束后,将各自的设计结果提交到服务器上集中管理。这样对数据的存取与更新机制简单,且易保证一致性。

(2) 图案对象和操作的管理模型

采用面向对象的方法进行图案结构的设计。图案中的每个结点可以用对象来实现,这样图案就是一些对象的集合,它们封装了一幅图案的所有信息。从对象的管理和操作上来讲,每个对象应该在全局范围内有一个全局唯一的标识,对这些全局结点的操作即形成了系统操作的事件。一个对象可以定义为一个二元组:

$$O = \langle \text{ido}, \text{sto} \rangle.$$

这里,ido $\in I$ 是一个对象标识符,sto是对象属性的状态(如文本的字体大小、颜色等)。采用对象地址(Object Address)模式 Obj 将 ido 映射到各个对象上:OAM: I \rightarrow O。

对对象的操作可以用一个操作集 F 来表示, $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$,且不同的对象信息有其定义域 O_{F_i} ,如字体的改变只适合文本信息,而不作用于图象对象,则一个操作可以定义为一个函数 $f \in F_i$,

$$f: (\text{ido}, \text{sto}) \rightarrow (\text{ido}, \text{sto}')$$

对象的属性表中,对象属性主要包括对象的名称、对象的说明、对象的创建时间、对象的评论信息、对象的最新修改时间、对象的版本信息、对象的所有权和编著权等,而对对象的操作主要有创建、删除、以及更改对象属性。这些属性和操作需视不同对象区别对待。

(3) 版本管理模型

版本控制是协同图案设计系统中的重要问题。版本系统维护了用户操作的历史记录,而且版本需要应用到不同的粒度上(图案、层次、实体等),因此在协同图案设计系统中,应该保留多个版本的同时

存在,以反映设计图案的演变过程,这也就是说,应该将各个版本以一定的方式组织起来,以便于设计者浏览和设计。

版本的管理可以分为同步设计和异步设计两种版本管理。对于同步设计过程来说,版本管理相对简单。在每次设计会议结束后,仅产生一个单一的一致性的最终版本,各个版本的信息均由服务器集中管理;对于异步设计来说,图案的不同版本主要由本地管理,其管理可以采用 3 种方式:

① 串行化版本管理 不同版本由设计者在本地管理。当一个设计者在设计的过程中,其他设计者只能读。在图案的设计结束后,有一个一致的状态,其版本序号单调增加。

② 并行异步版本管理 有时在异步设计过程中,有几个设计者并行地对几个图案同时进行设计,这样在系统中就存在几个独立并行的版本,此时可以采用基于时间或设计者身份的方法将各个版本合并为最后一致的版本。

③ 采用集中-复制方式的版本管理 对于异步并行的设计过程来说,服务器集中控制不同版本的图案,而不同设计者均在本地保留各个版本的不同拷贝。设计者在设计时,首先进行本地版本号 and 全局版本号的比较,如果相等,则对本地的图案进行设计,否则设计者需拷贝服务器上高版本的图案进行设计。可以采用对服务器上的版本设置相应标志位的方法来对设计者进行控制,即当一个图案正在被其他设计者设计时,此设计者只能处于等待状态。对于设计完后的设计者应当对版本进行升级。

3.2 同步协同设计的管理和控制模型

(1) 协同图案设计会议管理

协同图案设计会议用来描述多个协同设计者同步进行在线设计的过程。协同图案设计会议管理模块负责协同图案设计会议的创建、修改、删除等一般性的操作,以及对所有协同图案设计会议的基本信息进行管理。会议管理模块的主要职能有:设计者的登录管理;会议的状态管理(主要管理会议中各个设计者的状态信息);会议发言权管理(主要管理系统中发言权的移交);会议过程管理(会议准备工作、发起、结束、退出)。

(2) 协同同步模型

在同步图案设计会议中,多个设计者可以通过共享编辑器来相互感知到对方的设计动作,而且可以通过共享电子白板等交流工具,使设计者在一个

会议空间中,能够体会到一种面对面的感觉,以达到你见即我见的效果.但要保证同步,系统中的所有协同设计者必须共享相同的视图,这样设计者才可以感知到其他人正在做什么,以实现自然合作设计,仿佛一群人在一张纸上工作一样.

在一个同步图案设计会议中,视图可以定义为一个五元组, $V = \langle Ch, Ed, Ver, T_i, Data \rangle$. 其中 Ch 为会议的主席,他是唯一的; Ed 为与会成员, $Ed = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$; Ver 为每个视图的版本号,且版本号是随时间的增加而增加的; T_i 表示会议当前时间, Data 表示会议设计数据. 对于成员 m_i 和 m_j , 它们的视图分别为 $V_i = \langle c_i, e_i, v_i, t_i, d_i \rangle$, $V_j = \langle c_j, e_j, v_j, t_j, d_j \rangle$; 如果 $c_i = c_j \in Ch$; $v_i = v_j \in Ver$; $t_i = t_j \in T_i$; $d_i = d_j \in Data$, 那么, $V_i = V_j \in V$. 由于在会议进行的过程中,设计者可以随时离开和加入会议,因此对于设计者加入过程来说,新加入的设计者就要获得当前视图的一份拷贝,而离开会议的设计者只要修改视图中的成员信息即可. 另外,对于设计者对视图中各种数据的操作来说,应及时地将这些数据广播到其他设计者的视图中,以保证同步的实时性.

(3)对象并发操作控制模型

在协同设计的过程中,并发控制是对多人负责的同一部分设计图案的并发操作事件进行控制.在协同图案设计过程中,一般采用五元组来表示事件,即

$$E = \langle Op., Id., T., Sid., Rid. \rangle$$

其中, $Op.$ 表示事件的操作; $Id.$ 表示事件发送的对象标识号; $T.$ 为事件发送的时间; $Sid.$ 表示发送事件的站点号; $Rid.$ 表示接受事件的站点号. 对于多个并发事件流,由于采用的是集中控制方式,因此可以通过对设计操作的全局序列化,来使每个设计者看到一个单一、一致的事件顺序,一个时间段仅有一个事件被处理. 最简单的一种方法是设计者在编辑图案时对图案进行加锁,加锁操作可以在不同的粒度上操作,本文采用了实体锁和对象锁两种形式. 为防止一个对象长久被一个设计者锁住,本文还规定了持有对象锁的最大允许时间,如果超过这个时间,对象锁就自行释放.

(4)协同消息控制策略

在协同图案设计系统中,设计者之间要进行协作,相互之间就必须按照一定的规范来进行信息交流. 保证设计者接收到一致的消息非常重要,这需要由消息控制策略来支持,这种消息控制策略包括消

息排序、消息发布、消息接收处理、消息数量约束等.

①消息排序策略 为保证协同设计成员接收消息的一致性,必须使每个成员有相同的消息排序,其排序的方式可以有按目的地址进行排序和按源地址进行排序等.

②消息的发布策略 一个成员的消息可以发送到组中的所有成员中,也可以发送到成员的子集中,也可以发送给单个设计者.

③消息接收的处理策略 当接收到相同的消息时,只对第 1 个进行相应处理,若消息超过一定的比例,则随机选择消息进行处理.

④消息数量约束策略 在一个协同设计系统中,一个可以应用的消息数量以及设计者的数量是有限的.

4 协同图案设计系统结构模型

上述逻辑模型和管理、控制模型,为进行协同体系结构模型的设计提供了基础. 以 Internet 为网络支持环境,采用客户/服务器模式,设计了协同图案设计系统分层体系结构, (图 6).

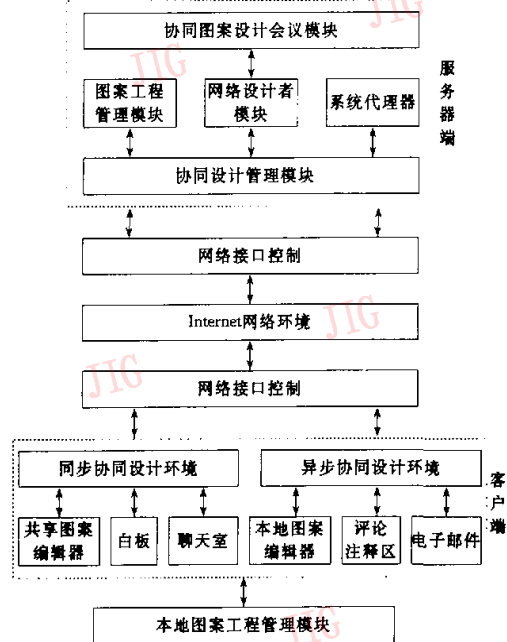


图6 协同图案设计的体系结构

在服务端,顶层是协同图案设计会议模块,它主要负责同步图案编辑,而且与图案工程管理模块、

协同设计者模块和系统代理器相互作用。当异步设计结束时,服务器端就对图案工程进行管理。图案工程管理模块负责执行图案对象的创建、删除、修改等操作,并且维护图案对象空间的一致性;系统代理器主要用于管理来自不同客户的消息,并对系统进行整体上的控制,以及对一些系统消息处理工具进行维护;协同设计者管理模块则用于维护和管理协同图案设计中设计者及其角色,另外,协同设计管理模块用于控制和管理协同设计空间,其中包括工程的创建、删除、增加、生存和分工等,它还负责存储同步设计模块中设计者的信息。网络接口控制模块把传给客户的信息进行编码,且在这一层,所有的信息都独立于特定的机器,并以同样的形式表示。最后编码信息通过网络传给客户,而服务器端在收到来自客户端的信息后,首先在网络接口控制模块进行译码;然后传送给相应的代理器;最后再传送给协同设计会议模块。

在客户端,顶层是本地图案工程管理模块,用它可和同步协同设计环境、异步协同设计环境进行信息交换。其中,同步协同设计环境由共享图案编辑器、白板和聊天室组成;异步协同设计环境由图案编辑器、评论注释区和电子邮件组成。在进行信息交流时,所有的信息被送往网络接口控制层,而这一层的所有网络协议均与服务器端完全相同。

5 结 语

计算机支持的协同工作是当今研究的热门课题,本文虽已将其应用于图案设计领域,但由于协同设计模型、体系结构和相应的管理控制等,还需要进一步进行更深入地研究,因此这个系统要达到实用化还需要进行大量的研究工作。

参 考 文 献

- 1 史美林. CSCW: 计算机支持的协同工作. 通信学报, 1995, 16(1): 55~61.
- 2 陈杰军. 基于 Internet 网络环境的多媒体协同编著系统的研究 [硕士论文]. 杭州: 浙江大学, 1998.
- 3 Palmer J D, Fields N A. Guest editor's introduction: computer supported cooperative work. Computer (Special Issue: CSCW). 1994, 27(5): 15~17.
- 4 Rodden Tom, Blair G S. Distributed systems support for computer supported cooperative work. Computer Communications. 1992, 15(8): 527~538.
- 5 Grief I, Seliger R, Wehl W. A case of CES: a distributed collaboration editing system implement in Argus. IEEE Transactions on Software Engineering. 1992, 18(9): 827~839.
- 6 潘云鹤. 智能 CAD 方法和模型, 北京: 学苑出版社, 1997.



施敏女, 1976年生, 浙江大学硕士研究生。主攻: 智能 CAD, 多媒体技术及计算机美术。



鲁东明男, 1968年生, 副教授, 研究生导师。主要从事虚拟现实、基于内容图象检索、色彩图象处理、人工智能、多媒体协同、网络管理等相关的研究开发工作。



潘云鹤男, 1946年生, 教授, 中国工程院院士, 博士生导师。主要从事人工智能、形象思维模拟的研究。