

协同创新设计在实体造型中的应用^{*}

孙海涛, 刘希玉

(山东师范大学 计算机系, 山东 济南 250014)

摘 要: 敏捷制造是设计制造业为了应对日益加剧的市场竞争而提出的一个制造理念, 通过增强对产品的设计、制造、后期销售各个阶段的管理来增强企业的竞争力。鉴于产品的设计阶段在其整个生命周期的关键地位, 从两个方面对以往的设计模式加以改进, 从而提高设计速度。提取目标产品的关键特征, 利用进化计算对其进化, 产生多个具体模型, 为设计者提供初步的设计思路; 多个设计者同时对同一目标展开协同设计, 加快设计进度。

关键词: 实体造型; 进化计算; 协同设计; 冲突解决

中图法分类号: TP391. 7 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2004)11-0207-03

Application of Collaborative Creative Design in Solid Modeling

SUN Hai- tao, LIU Xi- yu

(Dept. of Computer, Shandong Normal University, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: AM (Agile Manufacturing) have been raised to face the progressively competing. By enhancing the management of designing, manufacturing and selling phases, AM can actually reinforce the competition of the enterprise. Considering the pivotal station of design phase in the whole life cycle, the two aspects of departed design patterns are altered, aiming to improve the design speed. In order to broaden the design ideas of designers, the key characters of the goal product are abstracted and picked up, and then several actual models are generated by using evolution computing. Secondly, multi- designers cooperatively design the same goal at the same time, which will certain to expedite design progress rate.

Key words: Solid Modeling; Evolution Computation; Cooperative Design; Conflict Solving

1 引言

随着设计制造业竞争的加剧, 企业为了提高竞争力, 提出了许多新思想、新技术。敏捷企业制造是美国 1991 年提出的一个竞争战略, CSCW 在其中扮演着重要的角色。关于 CSCW 的研究主要集中在以下两个方面:

- (1) 对产品的整个生命周期的协同工作, 从产品的调研、设计、生产到销售, 从设计人员、管理人员到最终用户的整个生产过程的协同, 通过协同来保证整个流程顺畅、迅速地执行。
- (2) 在产品的设计阶段由计算机支持的多设计者展开的并行工作。这是在产品设计阶段多设计者通过网络同时展开设计, 从而加快设计速度, 如以 NetMeeting 为代表的共享系统, 以及以 Distributed Sketchpad 为代表的 CSCD 原型系统和白板、协同图形编辑系统^[1]。

在产品设计的初期阶段, 影响设计速度的另一个关键因素是设计者个人的设计能力。在一些创造性比较强的领域, 如建筑设计、灯饰设计等, 设计者的领悟力和想象力制约着设计的速度和好坏。

本文从这两个方面出发, 提出了一种加快设计速度, 拓宽设计思路的协同创新方式, 利用进化计算的进化作用为设计者

提供多种备选方案。文献[2] 主要是对实体的外部特征加以进化, 本文通过对影响实体的多个特征同时进化, 从而产生更多的备选模型, 拓宽设计者的设计思路。在多设计者同时展开的协同设计的过程中, 我们采用对设计实体加入时间戳的方法来保证协同者之间产品的一致性与设计的可恢复性, 而对空间的锁定技术则解决了协同者之间的冲突问题。

2 利用进化技术进行创新设计

2.1 基于特征的实体造型技术

从 20 世纪 60 年代以 Sketch- pad 为代表的人机交互的二维图形设计系统出现以来, 计算机辅助设计经过了线框模型、曲面模型、实体模型几个阶段。实体模型是造型系统的高级形式, 实体模型不但能够以所有的显示类型在屏幕上显示, 而且能够表示集合体的大小、外形、色泽、内外、体积等。特征造型是实体造型方法的一个新发展, 着眼于更好地表达产品完整的功能和生产管理信息, 为建立产品的集成信息模型服务。特征是由一定拓扑关系的一组实体体素构成的特定形体, 它还包括附加在形体之上的工程信息, 能被固定的方法加工成型^[2]。

2.2 进化设计

进化设计是在设计领域中采用进化计算技术的一种方法。进化策略、进化规划和遗传算法三者一起构成了进化计算的主要框架。遗传算法在设计过程中的应用不但加快了设计速度, 而且生成了很多创意性的产品^[3]。其基本原理是: 将产品的

主要特征按照一定的规则编码, 形成染色体, 然后经过选择、交叉、变异生成新的产品。

(1) 种群的初始化

此处我们选择在建筑设计中起主要作用的特征: 基色、外形曲线、内部曲线、颜色搭配, 并以矩阵 $A = (c1, ow1, iw1, cm1)$ 来表示一个染色体。系统中设计者可以根据所设计产品的特点自己确定染色体的组成特征。在进行初始化时, 可以随机地生成初始种群, 也可以从可行集中选择内点^[4]。我们在对种群的初始化时, 根据建筑的特点并参考了以往产品的反馈信息, 这样做的优点是增加了针对性, 减少了盲目性。

(2) 种群的进化

染色体只有在达到一定的规模时, 出现优良的染色体的可能性才会更大, 而设计者选择的余地也就更多, 所以先对初始种群进行进化计算。种群的进化主要有两种方式: 交叉和变异。在交叉时, 假设生成新的染色体为 N , 则 N 的每一个特征可以按如下算法生成: 生成随机数 K , 让 N 的第 I 个特征等于染色体 K 的第 I 个特征, 如此循环, 直到产生所有的特征。变异操作的目的是挖掘种群中个体的多样性, 克服有可能限于局部最优解的弊病, 具体操作时我们利用随机算法对选定的染色体的一个或多个特征用新值代替, 从而产生新的染色体。根据上述步骤产生的染色体称为后代。为了保证选择的多样性, 要对初始种群的染色体经过多次交叉和变异, 形成种群规模, 然后利用目标函数进行选择。

(3) 选择过程

按照以上步骤生成的后代并不都进入下一个进化过程。经过选择, 只有那些适应度高的才被保留下来。目前常用的选择函数有比例选择、最优保存策略等, 它们各有优缺点, 通常根据不同的设计目标, 确定不同的选择函数。

2.3 选择策略

此处我们将最优选择和偏差选择结合起来共同作用进行选择。选择过程主要分以下几步:

(1) 设矩阵 $B = (c2, ow2, iw2, cm2)$, 每一元表示一个特征在整体中所占的比重;

矩阵 $C = (c3, ow3, iw3, cm3)$, 每一元表示用户预期满意度。

(2) 令 $Y = B \cdot C^T$, 求得最优值 Y 。在选择的时候优先选择 Y 值大的染色体, 这样做主要是为了使整体最优的染色体保留下来。

(3) 去除奇异点。为了防止出现奇异点, 如实体 a 的特征 $ow2$ (外形曲线比重) 与 $ow3$ (用户与其满意度) 的乘值较大, 导致 Y 的结果比较大, 但是通过进化生成的颜色特征的预期满意度值很少, 这样的染色体应该在选择过程中被去除。我们对此算法进行了改进以去除奇异点。设变量 $D(N)$ 表示偏差 (类似于概率统计中的方差), 令 $D(N) = \sum (X_i - \bar{X})^2$, 得到该染色体的整体偏差。偏差小, 则表示该染色体的整体一致性较好。

(4) 求得整体最优。再令 $Z = w1 \cdot Y + w2 \cdot D$, $w1, w2$ 为 Y 和 D 的权值, $w1, w2$ 的值既可以由设计者手动调整, 也可以利用人工神经网络对其进行训练, 得到最优解。最后根据 Z 的值按照整体最优的原则选择染色体。

经过几次进化之后, 种群就达到一定的规模, 将生成的染色体信息保存到产品模型库中, 供设计者展开进一步的设计使用。以下以建筑设计中塔的造型为例说明进化计算的应用。

初始化染色体。此处我们以两个染色体 $FA1, FA2$ 为例:

$$FA1 = (default, (\exp(1 / (0.01 \cdot x + 0.3))), (\min(10, \text{fabs}(\tan(0.01 \cdot x)))), default);$$

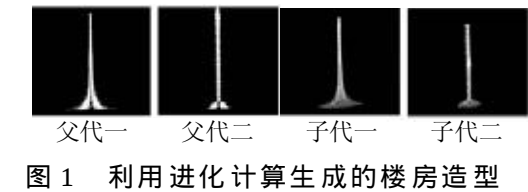
$$FA2 = (default, (4 \cdot \text{sqrt}(\max(0, 10 - x)) + 4 \cdot 0.06 (end - x)), (\min(10, \text{fabs}(\tan(0.02 \cdot x)))), default);$$

经过进化生成并选择后保留的子染色体 $SU1, SU2$ 如下:

$$SU1 = (default, (4 \cdot \text{sqrt}(\max(0, 10 - x)) + 4 \cdot 0.06 (end - x)), (\min(10, \text{fabs}(\tan(0.01 \cdot x)))), default);$$

$$SU2 = (default, (\exp(1 / (0.01 \cdot x + 0.3))), (\min(10, \text{fabs}(\tan(0.02 \cdot x)))), default);$$

利用进化计算生成的实体造型如图 1 所示。



3 协同设计

基于进化计算的创新设计为个体设计者的设计提供了设计思路, 缩短了个体设计时间。但是在建筑设计中, 由于设计规模较大, 复杂度增加, 在工期短的情况下, 必须依靠多设计者同时工作才能应对激烈的竞争, 发展计算机支持的协同设计 (CSCD) 工具和系统成为一种必然的需求。计算机支持的协同设计 (CSCD) 是 CSCW 的概念和技术在产品开发过程中的有效应用^[4]。

3.1 改进的分布式模型

在文献[5]中提出了一种 C/S 结构的协同实体造型系统。考虑到协同创新机制的特点, 我们采用了一种改进的分布式模型, 即将 C/S 结构和分布式结构的优点结合起来, 既发挥了服务器的管理协调职能, 又保证了分布式结构中个体设计者的独立性和创新性。整个系统的框架结构如图 2 所示。

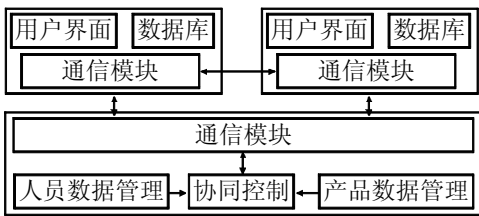


图 2 系统框架结构

系统中保留了服务器的角色, 服务器主要有以下两个作用: 对设计人员的管理, 包括设计人员任务的分配, 权限的管理等。在设计人员登录协同平台后, 系统根据人员的角色分配相应的任务和权限, 如总设计师可以获得对人员的管理, 任务的分配权, 且对目前的设计有权进行修改; 普通设计人员则是根据分配的任务对产品的某一部分进行设计和修改。对设计数据的管理, 对设计实体按照组成和修改时间进行存储以及多设计者协同过程中的数据转发。

3.2 协同创新设计过程

3.2.1 加入协作组, 获得工作任务

设计者首先按照要求登录服务器, 获得工作任务。我们在设计时根据设计者的身份不同给他们分配不同的账号, 服务器根据账号给设计者分配不同的任务。例如账号 0112 的含义

为: 0 是普通设计者, 只对当前任务具有操作权; 1 是第一设计组; 1 是任务一; 2 是第二个设计者。服务器根据这个账号将第一组任务一的当前工作进度(以实体最后修改的时间戳为准)以及人员在线状态传递给设计者。

3.2.2 利用进化算法进行创新设计

设计者根据系统的提示, 进行相应的设计。如果尚未开始实体造型的设计, 则需要利用进化计算对实体的特征进行启发, 以加快设计速度。如果设计已经进行了一定规模, 则继续展开设计。

3.2.3 网上协同设计的开展

多设计者进行的协同设计的模式主要有以下几种模式:

(1) 异步的协同模式。多设计者在同一协同平台展开工作, 但工作时间不同。这种协同模式虽然使设计者在时间上有较大的自由性, 但发生冲突时不利于随时解决。

(2) 同步的协同模式。多设计者同时展开工作。

我们着重于多设计者同时开展的协同设计。设计者根据任务首先进行个体设计, 设计过程中随时将自己的设计进度上传到服务器, 进而传送到其他设计者的设计平台上。在数据的传递方面, 我们仅对最近被修改过的特征进行上传。仅传递被修改过的特征而不是整个实体是因为在设计过程中, 随着设计进度的进行, 实体的规模会越来越大, 而在同步的协同设计过程中, 又需要随时将设计结果传递到其他设计者的设计界面上, 传递整个实体势必会加重网络负担, 增加出错率; 传递特征虽然处理复杂, 但是减少了传递的数据量, 加快了刷新速度。

3.3 冲突的解决

在多设计者展开的协同设计过程中, 不可避免地会有冲突的发生。对于解决冲突, 我们主要采用以下几种方式:

(1) 任务说明

在设计者登录服务器时, 服务器除了验证设计者身份, 分配任务外, 还将设计的总体框架传递给设计者。以房间内部设计为例, 总设计师预先规划好房间的风格与大致布局, 个体设计者根据这一说明, 在进行桌、椅、柜、台的设计时就对方位和比例有了一个大致的认识, 在一定程度上减少了冲突的发生。

(2) 空间锁定

如果设计者进行的设计较为复杂, 在较短时间内难以完成, 则设计者可以估计设计实体的规模以及位置, 在协同平台上用近似的一个或多个长方体在相应位置将空间锁定, 其他设计者在长方体未去除之前无权在其位置进行设计。为了表示对长方体的拥有权, 我们以红、绿两种颜色加以区分: 绿色表示对该长方体锁定区域具有修改权; 红色表示该区域对当前设计者禁用。在不同设计者的界面上长方体的显示颜色不同, 这主要是对长方体的权限不同造成的。这种方法简单直观, 易于理解, 额外工作量少, 但要求设计者在画长方体时圈占的空间不能太大, 以免影响其他设计者进行设计。

当前设计者若想对其他设计者锁定的空间进行操作, 可以按以下操作进行: 通过实时交流工具取得锁定空间的密码; 选中要解除锁定的长方体, 在快捷菜单中选择“解除锁定”,

系统提示输入密码, 密码通过验证后, 长方体颜色变绿, 就可以对锁定空间进行操作, 但是其他设计者仍对此空间无权操作。

(3) 实时交流

以上两种方式是对冲突的预防措施, 当冲突发生时, 需要设计者进行实时交流, 以解决冲突。我们为设计者提供了一个对话工具, 设计者以聊天的形式相互交流, 协商解决冲突。

4 系统实现

我们利用协同创新系统做了多设计者进行同步设计的实验, 实验的内容是同时进行四合院的设计, 设计过程如图 3 所示。设计者甲在 t 时刻对东西偏房进行设计, 因而在甲的界面上当前区域显示绿色长方体; 因为同一时刻乙在对正房进行设计, 所以在甲的设计界面上显示为红色。

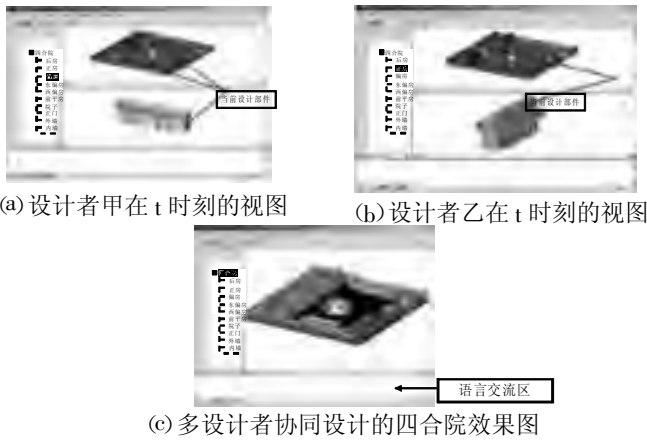


图 3 协同过程与四合院设计效果

5 总结

本文利用进化计算的进化功能将实体的多个特征加以进化, 产生多个备选实体模型。由于是对目标产品的多个特征加以进化, 因而产生的设计方案更加丰富, 开拓了设计者的设计思路, 从而加快了设计速度; 协同平台的搭建, 可以使不同的设计者同时对同一产品展开设计, 这进一步加快了设计进度, 提高了工作效率, 也争强了企业的竞争能力。

由于系统是以 VC 6.0 和 ACIS 为开发工具, 生成的实体文件为* .sat 格式, 被 Autodesk 公司的 AutoCAD 和 Inventor 所支持, 可以在这些工具软件中进行细节性的修改。

参考文献:

[1] 何发智, 高曙明, 等. 基于 CSCW 的 CAD 系统协作支持技术与工具研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(2).

[2] 文福安. 最新计算机辅助设计[M]. 北京: 北京邮电大学出版社. 104-112.

[3] 刘弘, 刘希玉, 马丽娜. 支持进化的计算机辅助设计环境[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(2): 169.

[4] 史美林, 向勇, 杨光信, 等. 计算机支持的协同工作理论与应用[M]. 北京: 电子工业出版社.

[5] 周勋, 李洁, 何发智, 等. 基于 Internet 的协同实体建模系统[R]. 杭州: 浙江大学 CAD/CG 国家重点实验室, 2002.

[6] 詹海生, 李广鑫, 马志欣. 基于 ACIS 的几何造型技术与系统开发[M]. 北京: 清华大学出版社.

作者简介:

孙海涛, 男, 硕士研究生, 主要研究方向为遗传算法、创新设计、图形学; 刘希玉, 男, 教授, 博士, 主要研究方向为非线性泛函、创新设计等。