

基于细胞元本体的标准件库资源共享研究

丁 博 孙立镛 刘宪国

(哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院 哈尔滨 150080)

摘 要 针对目前标准件库不支持异构 CAD 系统和标准件信息不完整两个主要问题,提出了一种基于细胞元本体的标准件库资源共享方法。该方法使用 Web 本体描述语言(Web Ontology Language,OWL)表示细胞元本体模型,制定语义映射规则,以细胞为转换单元,屏蔽了信息表示的异构性,使应用本体和细胞元本体成为具有语义关系的逻辑上的整体,实现了异构 CAD 系统对标准件库的共享及异构数据的实时转换。该方法应用在 Pro/E,UG 和 CATIA 3 个 CAD 平台的同步协同设计中,证明了其可行性。

关键词 标准件库,细胞元本体,异构 CAD 系统

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Standard Part Library Resource Sharing Based on Cellular Ontology

DING Bo SUN Li-juan LIU Xian-guo

(Computer Science & Technology College, Harbin Univ. Sci. Tech., Harbin 150080, China)

Abstract Aimed at the problems that the standard part library does not support heterogeneous CAD systems and the incompleteness of the data information, a standard part library resource sharing framework based on cellular ontology was proposed. The cellular ontology model used Web Ontology Language (OWL) to develop the cellular ontology model. Using semantic mapping between legacy ontology and cellular ontology built the uniform representation of product model data, exchanged data information according to the cell, shielded the heterogeneity of information format, which implemented share of standard part library and real-time exchange of product model data among heterogeneous CAD systems. The applications in the synchronized collaborative design between Pro/E, UG and CATIA were also introduced to prove the feasibility of the theories above.

Keywords Standard part library, Cellular ontology, Heterogeneous CAD systems

随着全球制造业的发展,市场竞争日益加剧,标准件库的建立和使用对整个制造业的发展影响重大。机械产品的零部件分析表明,有大约 30%~70%的零件是标准件或非标常用件^[1]。建立标准件库能够有效避免重复设计,缩短产品的生产周期,降低制造成本。同时,由于标准件的设计通常都经过了认真细致的分析,并充分考虑了专家的意见,使得标准件的可靠性和规范化程度高。可见,标准件库的建立能极大地提高 CAD 产品的设计效率及质量。

目前,标准件库的设计与特定的 CAD 平台存在相关性,以及异构 CAD 系统间底层数据结构的差异性,为异构 CAD 系统共享标准件库中的资源带来了困难。同时,对标准件信息的表达大都集中在产品的结构上,缺乏进一步对标准件功能、行为等语义信息的描述,因此不能很好满足设计者对产品不同抽象级别的需要^[2]。而本体已经被证明可以实现语义互操作^[3],它作为知识的良好载体,是一种能够有效表现概念层次结构和相互关系的模型,并且支持逻辑推理,能够从语义层面上描述信息系统的概念模型^[4]。此外,本体提供了形式化描述知识的基础,能够实现产品实例知识的共享和集成。

本文提出了一种基于细胞元本体的标准件库资源共享方法。方法通过细胞元本体对标准件库进行语义建模,采用 OWL^[5]描述细胞元本体模型,统一表示产品数据信息,实现语义层次上的数据交换,如交换特征、参数、约束和造型历史等语义信息,这些信息隐含了产品开发人员的设计意图。细胞元本体造型便于异构 CAD 系统对标准件的共享,并且由于传输的仅是高层次的语义信息,数据传输量小,能够实现实时的产品数据信息传输。

1 细胞元本体

信息源的异构是制约信息集成和共享的主要瓶颈。信息源的异构可以分为 4 个层次:系统异构、语法异构、结构异构和语义异构。其中,语义异构是最难消除的^[6]。造成语义异构的因素主要有:不同的信息源使用多种术语(词汇)表示同一概念;同一概念在不同信息源中表达不同的含义;各信息源使用不同语义结构来表示相同(相似)的信息;各信息源中概念之间存在着各种联系,但因为各信息源的分布自治性,这种隐含的联系不能体现出来。

到稿日期:2009-04-28 返修日期:2009-07-13 本文受国家自然科学基金(60173055)资助。

丁 博(1983-),女,博士生,主要研究方向为计算机图形学与 CAD,E-mail:dingbo@hrbust.edu.cn;孙立镛(1944-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机图形学与 CAD;刘宪国(1981-),男,博士生,主要研究方向为计算机图形学与 CAD。

本文针对异构 CAD 系统对标准件信息集成和共享的需要,引入本体技术,构建了细胞元本体。通过制定语义映射机制,有效地屏蔽和消除语义异构,实现了异构 CAD 系统对标准件库的共享。

1.1 细胞元本体的定义

细胞元本体是对标准件库中存在的概念的一种详尽的特征化描述,即细胞元本体是对标准件领域内的概念、关系、属性、函数、逻辑、公理、实例等本体要素的一种描述,是实现标准件信息集成与共享的基础。细胞元本体包含 10 个元素 $Onto = \{C, A^C, R, A^R, \leq C, \leq R, \sigma, L, X, I\}$ 。其中, C 表示概念集; A^C 表示每个概念的属性集; R 表示关系集; A^R 表示每个关系的属性集; $\leq C$ 表示作用于集合 C 上的偏序关系,称为概念层次或分类法; $\leq R$ 表示作用于集合 R 上的偏序关系,称为关系层次; σ 表示函数 $R \rightarrow C^+$,称为签名; L 表示逻辑语言; X 表示公理集,是对概念的属性值和关系的属性值的约束,或是对概念对象之间关系的约束; I 表示实例集。

细胞元本体能够将处于特征层面上的标准件模型映射到功能层面上。功能模型是基于特征的产品模型的最高抽象层次^[7]。数据共享的层次越高,需要描述的信息就越抽象,所要交换的数据量就越少,设计意图也越明显。通过细胞元本体模型实现了以功能模型为交换单元,只交换高层次的语义信息,所要交换的数据量少,数据交换速度快。对于低层次的几何拓扑数据仍由 CAD 系统自己产生,不参与数据交换。

2 基于细胞元本体的标准件库资源共享框架

2.1 细胞元本体的架构

细胞元本体的架构分为 4 个层次,如图 1 所示。

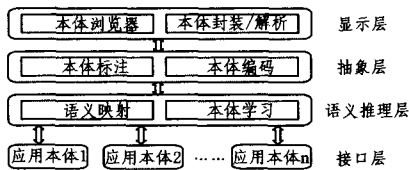


图 1 细胞元本体的结构

显示层:位于整个框架的最上层,建立了细胞元本体与用户的交互界面,是面向终端用户的,提供了符合认知特点的标准件资源表示和描述形式,便于用户理解和使用标准件库。

抽象层:抽象层是语义推理层的基础,采用 UO(Upper Ontology)^[8]思想,定义了基本的本体概念,并对概念进行了分类。

语义推理层:将 Open World Assumption(OWA)^[9]和 Closed World Assumption(CWA)^[10]原理相结合,制定语义映射机制,清楚地表示功能信息语义间的关系。通过有效的本体推理,屏蔽语义异构,实现了细胞元本体和应用本体间的信息交换。该层是本文研究的重点。

接口层:主要负责管理共享标准件库的所有异构 CAD 系统,监控 CAD 系统的工作状态,及时响应 CAD 系统提出的服务请求,并对服务请求进行抽象和封装,然后将其发布给标准件库。

2.2 本体标注和编码

2.2.1 本体标注

抽象层是实现异构产品数据共享和重用的基础。该层对本体进行了标注和编码,定义了基本的本体概念及概念间的

关系。采用 UO(Upper Ontology)思想,成功地构建了细胞元本体知识库。细胞元本体知识库具有良好的扩展性,可以对库中的概念及属性进行重定义和扩充。细胞元本体模型的类层次结构如图 2 所示。

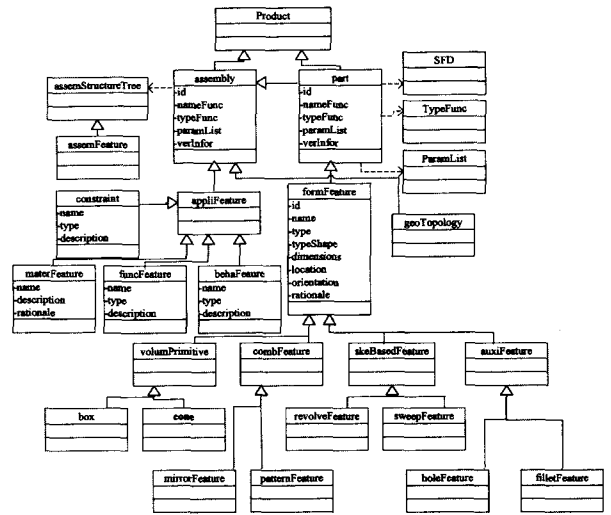


图 2 细胞元本体模型的类层次结构

(1) product 类是所有类的父类。product 类由零件 part 和装配体 assembly 组成。

(2) id 用以唯一标识细胞元本体的语义互操作功能,其类型是 SFD 类。SFD 类中包含申请操作的 CAD 系统的名称和此细胞元被创建时间等信息。

(3) nameFunc 表示语义互操作的名称。

(4) typeFunc 表示此次语义互操作创建的是一个特征、一个零件还是一个装配体,其类型是 TypeFunc 类。

(5) paramList 表示语义互操作的参数化信息,其类型是 ParamList 类。对于任何一个语义互操作类中的参数化信息不尽相同。

(6) verInfo 表示每条语义互操作的校验信息。采用本地系统建模操作后,产品模型的物理属性作为语义互操作对象的校验信息。

2.2.2 基于 OWL 的本体编码

OWL 是 W3C 推荐的语义互联网中的本体描述语言。它可被用来明确表示词汇表中术语的含义及术语间的关系。能够形式化地定义特征领域的知识,如概念、公理、判断、规则等,支持细粒度的产品语义信息描述,支持语义层面的信息共享。product 类是所有类的父类。下面以 product 类为例,OWL 语言描述如下:

```

<owl:Class rdf:ID="Product">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction> <owl:allValuesForm rdf:resource="# Assembly/">
    <owl:onProperty> <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasAssembly"/>
  </owl:onProperty>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="Product-id">
    <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd:NonNegateInteger">1
  
```

```

</owl:cardinality>
</owl:Restriction>
(owl:Restriction)
(owl:onProperty rdf:resource="Product-name")
<owl:cardinality rdf:datatype="&-xsd;NonNegaveInteger">1
</owl:cardinality>
</owl:Restriction>
.....
</owl:Class>

```

2.3 语义映射

每个 CAD 系统都是一个独立运行的主体,都拥有自己的应用本体,这使得异构 CAD 系统在底层数据存在很大的差异性,但在高层次却存在很大的一致性。其高层次的趋同性主要表现在:一是基本形状特征建立方法的相似性及特征定义的一致性;二是零件基于特征的拼装方式亦越来越趋于一致。本文充分利用了异构 CAD 系统高层次上的趋同性,并通过制定语义映射规则,成功屏蔽和消除了应用本体间的语义异构,实现了异构 CAD 系统对标准件库的共享。

语义映射是语义推理层研究的重点,它是基于 Open World Assumption (OWA) 和 Closed World Assumption (CWA) 原理,并将二者相结合开发出来的。CWA 的映射方法是指仅当目标本体完全满足映射关系时,我们才说目标本体是源本体的一个解,CWA 的映射方法表示一对一的映射关系。由于异构 CAD 系统高层次的趋同性,大部分语义信息是满足一对一的映射关系的。因此,在中性信息到本地可识别的应用信息的转换过程中,先采用 CWA 方法。若该方法没有匹配到相应的语义信息,再采用 OWA 方法。在基于 OWA 的映射方法中,目标本体与源本体并不是直接对应的,需要通过一定的假设和对目标本体所含有的不确定属性进行推理,从而产生一组可能的结果。基于 OWA 的映射方法中源本体和目标本体表示的是一对多的映射关系。语义映射规则目前无法完全自动化,在人工干预的形式下,是通过人为分析领域和约束等相关知识,逐步充实、建立起来的。在 OWA 和 CWA 相结合的指引下,本文成功地将中性信息中的语法和术语转换成本地系统可识别的语法和术语。

2.3.1 相关命题

细胞元本体模型以细胞为基本的转换单位,细胞是一种复杂的实体,可以通过改变其内部的结构,产生一系列新的子细胞。

命题 1(父细胞元) 通过改变其细胞内部的结构,能够产生一系列新细胞的源实体。

命题 2(同态异构细胞元) 是指由同一父细胞元经改变其内部结构而演变来的一系列子细胞,该系列子细胞具有相同或相似的功能,但每个细胞元具有异构的数据结构。

同态异构细胞元属于某一特定的 CAD 系统。它由两部分组成,分别是 constants 和 nulls。constants 来源于父细胞元,nulls 是同态异构细胞元具有的新特征。假设两个有限的域 Const 和 Null 没有任何关联。父细胞元通过用域 Const 进行实例化,同态异构细胞元通过 Const ∪ Null 进行实例化。

命题 3(细胞元本体) 是同态异构细胞元的共性,是实现语义互操作功能和中间数据交换的接口规范。

命题 4 Command 表示任意特定 CAD 系统中的局部应用本体模型提供的命令,Data 表示数据信息,则特定系统 t

的局部本体 $LOnt(t)$ 可以表示为:

$$LOnt(t) = \sum_{i=0}^n Command(t)_i + \sum_{j=0}^n Data(t)_j$$

命题 5 细胞元本体 $SOnt$ 可以表示为

$$SOnt = LOnt(t_1) \cup LOnt(t_2) \cup LOnt(t_3) \dots$$

$$Command_{(SOnt)} = \sum_{i=0}^n Command(t_1)_i + \sum_{i=0}^n Command(t_2)_i$$

$$Data_{(SOnt)} = \sum_{i=0}^n Data(t_1)_i + \sum_{i=0}^n Data(t_2)_i \dots$$

2.3.2 基于 OWA 和 CWA 的混合映射求解

本文提出了一种 OWA 和 CWA 相结合的方法,建立源细胞元本体与目标细胞元本体间的映射关系。 σ 表示源细胞元本体, τ 表示目标细胞元本体。 M 是一个映射集合,表示 σ 和 τ 应该满足的映射关系。在数据交换过程中,映射被表示成一个映射清单 source-to-target dependencies (STDs) 的集合。可以得出:

$$\psi_t(\bar{x}, \bar{z}) : -\varphi_t(\bar{x}, \bar{y})$$

φ_t 采用 first-order (FO) 规则,构建词汇集 σ 。 ψ_t 为原子集 τ 的一个连接规则。 σ 和 τ 的映射关系通过 (σ, τ, Σ) 实现, Σ 是 STDs 中的一个映射。如果 S 是一个源细胞元实例, T 是一个目标细胞元实例,且满足 $\Sigma if(S, T) \models \Sigma$,则 T 是 S 映射后的一个解。也就是说, T 和 S 在语义上是相对应的。对一个操作 O 来说,当 T 和 S 分别作为这个操作的输入时,其运行结果 $O(S)$ 和 $O(T)$ 在某种程度上是相似的。对于 ψ 中的每一个变量都要通过集合 $\{op, cl\}$ 进行标注。具体地说, ψ 中的任一变量要么是 open 型的,要么是 close 型的。例如,一个元组 (a, b) ,经过 cl 和 op 标注后就变为 (a^d, b^p) 。

如果存在一个源细胞元实例 S 和一个被标注的映射 (σ, τ, Σ_t) ,满足 $\psi_t(\bar{x}, \bar{z}) : -\varphi_t(\bar{x}, \bar{y})$,对于任意元组 \bar{a}, \bar{b} ,且 $\varphi(\bar{a}, \bar{b})$ 在 S 中,创建一个新的元组,存在 nulls, nulls 可以用 \perp 表示,满足 $\psi(\bar{a}, \perp)$ 。如果 S 中的空集合可用 φ 表示,根据 a 对目标集合进行标注,把空元组加到 ψ 的每一个原子中,则被标注的规则解可用 $CS_{\alpha_A}(s)$ 表示。例如,存在一个映射 $R(x^p, z^d) \wedge R(x^d, z^p) : -E(x, y)$,且在源实例中存在一个元组 (a, c) ,则 $CS_{\alpha_A}(s) = \{(a^p, \perp^d), (a^d, \perp^p)\}$ 。

同态异构细胞元含有父细胞元中不包含的属性 Null,通过对不同 CAD 系统的数据信息的表示方法进行分析,建立一种局部的映射关系 $v: Null \rightarrow Const$ 。假设给定了一个同态异构细胞元实例 T , T 中包含 nulls,通过 v 定义所有的 nulls,则 $v(T)$ 就是建立在域 Const 上的实例。此时, T 的语义可采用 Rep 来表示:

$$Rep(T) = \{v(T) \mid v \text{ is a valuation}\}$$

在 OWA 和 CWA 相结合的混合映射过程中,如果 T 是一组被标注过的关系集合,含有 nulls,则可采用 $Rep_A(T)$ 来表示。其中的任意元组 (\dots, a^p, \dots) 在 $v(T)$ 中,则都能被 (\dots, b, \dots) 替代,且 $b \in Const$ 。 $Rep_A\{(a^d, \perp^p)\}$ 包含 R 中所有的关系,经局部映射后, $Rep_A\{(a^d, \perp^d)\}$ 包含所有的一元组关系 $\{a, b\}$,并且 $b \in Const$ 。

如果 Σ 是 STDs 中未经标记的一组集合, Σ_{op} 表示用 op 标注 STDs 中所有的变量, Σ_{cl} 表示用 cl 标记 STDs 中所有的变量,下面分别用这两种极端的方式来捕获未经标注过的规范解中所需的语义。

引理 1 $[|S|]_{\text{CWA}}^{\Sigma} = \text{Rep}_A(\text{CS}_{\alpha, A}^{\Sigma, \text{op}}(s))$

$[|S|]_{\text{CWA}}^{\Sigma} = \text{Rep}_A(\text{CS}_{\alpha, A}^{\Sigma, \text{cl}}(s))$

CWA 表示的是一对一的映射关系。只有当目标本体完全满足映射关系时,才表明目标本体是源本体的一个解。我们希望能够进一步扩大规范解的范围,对于任意细胞元都有可能含有同态异构细胞元,对于相应的同态异构细胞元也应该属于规范解的范畴。

命题 6 当且仅当 $\text{CS}_{\alpha, A}(s)$ 被扩展,且 T 是源本体的一个同态本体,则被标注的实例 T 是一个规范解。

如果 α 和 α' 分别是 STDs 中经过标注后的一组集合。 α 和 α' 可能都是由 cl 标注的, α' 也有可能是经过 op 标注的。 α' 从 cl 型转换到 op 型后,包含了更多的语义信息。显然, $\alpha \leq \alpha'$ 。对于每一个被标注后的映射, $[|S|]_{\Sigma}^{\alpha}$ 被作为经标注后的规范解。

定理 1 如果 Σ 是 STDs 的一组映射集合, S 为一个父细胞元实例, 则

- 1) $[|S|]_{\Sigma}^{\alpha'} = [|S|]_{\Sigma}^{\alpha}$;
- 2) $[|S|]_{\Sigma}^{\text{op}} = [|S|]_{\Sigma}^{\text{CWA}}$;
- 3) 如果 $\alpha \leq \alpha'$, 那么 $[|S|]_{\Sigma}^{\alpha} \subseteq [|S|]_{\Sigma}^{\alpha'}$;
- 4) $[|S|]_{\Sigma}^{\alpha} = \text{Rep}_A(\text{CS}_{\alpha, A}^{\Sigma, \alpha}(S))$ 。

当使用 CWA 方法无法得到解时,就使用 OWA 方法获取所需解。但通过 OWA 方法得到的是一组解的集合,因此应加入语义推理机制 $Q(T)$ 确定唯一解。 Q 是一个正关系代数查询推理表达式, T 表示目标细胞元中的一个解, T 中包含不确定的元素 nulls。也就是说,通过映射集合 Σ ,它与源细胞元不存在直接对应的关系。采用 $Q(T)$ 对目标细胞元中的被标注为 $open$ 的每一个解进行判断,选出与源细胞元最相似的解,最终确定唯一解 $\text{certain}_M(Q, S)$ 。其中, Σ_{α} 为已经标注过的 STDs 中的映射关系, S 为一个父细胞元, Q 为询问约束机制,则定义如下:

$$\text{certain}_{\Sigma_{\alpha}}(Q, S) = \bigcap_{T \text{ is a } \Sigma_{\alpha}\text{-solution}} \bigcap_{R \in \text{Rep}(T)} Q(R)$$

命题 7 (σ, τ, Σ) 是一个映射, Σ_{α} 是 Σ 中任意一个被标注的映射, Q 是一个正关系代数查询表达式, 则

$$\text{certain}_{\Sigma_{\alpha}}(Q, S) = \square Q(\text{CS}_{\alpha, A}^{\Sigma}(s))$$

从局部本体 A 到细胞元本体 S 之间语义等价关系的确定最终产生一个语义等价矩阵 SEM_{AS} :

$$\text{SEM}_{AS} \{(\sigma, \theta) : \sigma \in A, \theta \in S, \sigma^S \equiv \theta\}$$

假设本体 A 中的概念 σ 在细胞元本体中是 θ , 即 $(\sigma, \theta) \in \text{SEM}_{AS}$, 因此 $A\sigma \Leftrightarrow S\theta$, σ 和 θ 互为语义相等。也就是说, A 中 σ 的任何个体都是细胞元本体中 θ 的有效个体,从而实现了细胞元本体和应用本体间的语义转换。

3 系统实现

本文提出的基于细胞元本体的标准件库,已经成功应用在 Pro/E, UG 和 CATIA 系统的同步协同设计中。该协同设计系统以细胞元本体为中转站,将由 OWL 描述的本体文件中提取所需的参数信息填充到相应的应用文件中,并对其进行压缩,传输给相应的客户端。

协同设计系统在广域网的 4 台机器上分别配置主服务器端、Pro/E 站点、UG 站点和 CATIA 站点。使用 Pro/E 的用户向标准件库申请构建一个深沟球轴承。同时,通过白板将

这一消息传递给使用 UG 和 CATIA 的用户。使用 UG 和 CATIA 的用户接收到这一消息后,向标准件库提出同样的申请。标准件库依次响应了这两个申请。图 3 为标准件库调用界面。图 4、图 5 和图 6 为 Pro/E, UG 和 CATIA 协同设计一个深沟球轴承的界面。

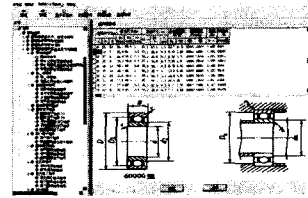


图 3 标准件库调用界面

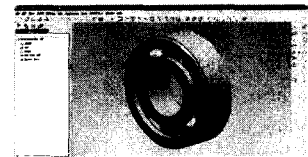


图 4 Pro/E 系统界面

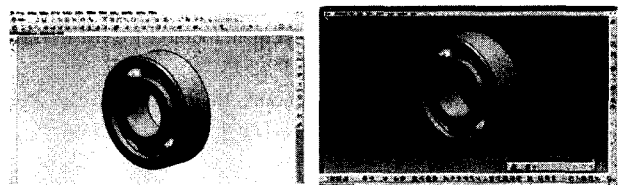


图 5 UG 系统界面

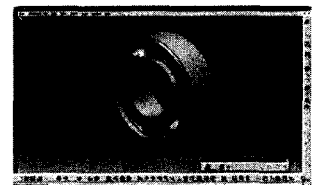


图 6 CATIA 系统界面

结束语 标准件库的建立及有效使用,能够提高产品的质量和设计效率。本文构建了一种基于细胞元本体的标准件库资源共享方法,方法有效支持了异构 CAD 系统对标准件库资源的共享和集成。将语义特征造型映射成为基于 OWL 的细胞元本体模型,细胞元本体模型能够准确描述高层次的语义信息,并将高层次的语义信息采用统一的中性格式来表示。采用 OWA 和 CWA 相结合的方法,建立源细胞元本体与目标细胞元本体间的映射关系,使标准件库与异构 CAD 系统能够完成产品数据语义层次上的数据转换,实现了标准件库与异构 CAD 系统间的无缝连接。将该标准件库应用到了异构 CAD 系统间的同步协同设计当中,初步达到了异构 CAD 系统间的集成化、智能化、网络等要求。

参考文献

- [1] 翼林, 莫蓉, 苟园捷, 等. 通用组件标准件库的研究与实现技术[J]. 制造业自动化, 2007, 29(4): 40-43
- [2] 于芳芳, 黄翔, 廖文和. 实例推理在冲模设计中的应用[J]. 机械制造与研究, 2005, 34(1): 11-17
- [3] Ciocoiu M, Nau D, Gruninger M. Ontologies for integrating engineering applications [J]. Journal of computing and information science in engineering, 2001, 1(1): 12-22
- [4] 蒋发群, 李锦涛, 苏晓丽, 等. 基于领域本体的软件资源共享研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(1): 146-152
- [5] Antoniou G, van Harmelen F. Web Ontology Language: OWL [M]. Handbook on Ontologies, 2004: 67-92
- [6] Cho Joomyun, Han Soonhung, Kim Hyun. Meta-ontology for automated information integration of parts libraries [J]. Computer-Aided Design, 2006, 38, 713-725
- [7] Chen Lei, Peng Wei, Ye Xiuzi. Heterogeneous CAD hybrid data

exchange based on feature semantics and geometry representation[C]//Proceedings of the CSCWD, Nanjing, 2006; 1-5

- [8] Guarino N, Welty C A. A formal ontology of properties[C]//Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management. 2000; 97-112
- [9] Libkin L, Fagin D R, Kolaitis P, et al. Data exchange; semantics

and query answering [J]. Theoretical Computer Science, 2005, 336(1): 89-124

- [10] Libkin L. Data exchange and incomplete information [C]//Proceedings of the Twenty-fifth ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems. Chicago, IL, USA, 2006; 60-69

(上接第 255 页)

- [4] Compton K, Hauck S. Reconfigurable computing; A survey systems and software[J]. ACM Computing Surveys, 2002, 34(2): 71-210
- [5] 汪斌强. 可重构路由器构件组研制(国家高技术研究发展计划项目课题申请书)[A]. 2007
- [6] Montz A B, Mosberger D, O'Malley S W, et al. Scout: A communications-oriented operating system [C]//Proc. of the 5th Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS-V). 1995; 58-61. http://lahtermaher.org/pub/plan/xkernel/Papers/scout_hotos.ps
- [7] Kohler E. The Click modular router [D]. Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT University, 2001
- [8] Decasper D, Dittia Z, Parulkar G, et al. Router plugins: A software architecture for next generation routers[J]. IEEE/ACM Trans. on Networking, 2000, 8(1): 2-15
- [9] Lee D C, Midkiff S F. Reconfigurable Routers; a New Paradigm for Switching Device Architecture[OL]. <http://www.ccm.ece.vt.edu/papers/>, 1998

- [10] Lee D C, Harper S J, Athanas P M, et al. A stream-based reconfigurable router prototype [A]//Proceedings of the IEEE International Conference on Communications [C]. Vancouver, B. C., Jun 1999
- [11] Albrecht C, Foag J, Koch R, et al. DynaCORE-a dynamically reconfigurable coprocessor architecture for network processors [A]//Proc. of the 14th Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP 2006) [C]. IEEE Computer Society, Montbeliard-Sochaux, France, 2006; 101-108
- [12] Houidi I, Louati W, Zeghlache D. An extensible software router data-path for dynamic low-level service deployment[C]//IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing 2006. Poland, June 2006; 161-166
- [13] Reussner R H, Becker S, Firus V. Component composition with parametric contracts[C]//Proceedings of the Net. Object Days, 2004; 155-169
- [14] Bracciali A, Brogi A, Canal C. A formal approach to component adaptation[J]. Journal of Systems and Software, 2005, 74(1): 45-54

(上接第 281 页)

的自然分布,以实现中国水墨画的典型艺术效果。结果说明,本文算法比较真实地模拟了中国水墨画的部分典型特征,使得墨竹模拟效果比较逼真,能够较好地实现模拟要求。同时该算法还存在不完善的地方,如尚未充分分析柏林噪声函数的倍频和振幅的变化对水墨扩散效果产生的影响,这有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Lansdown J, Schofield S. Expressive rendering; A review of non-photorealistic techniques [A]//IEEE Computer Graphics and Application[C]. 1995; 29-37
- [2] 俞剑华. 中国画论类编(上卷)[M]. 北京:人民美术出版社, 1986
- [3] 齐亚峰,孙济洲,商毅. 中国水墨画的基本艺术特征及其计算机仿真实现[J]. 中国图像图形学报, 2003, 5(8): 562-5
- [4] Strassmann S. Hairy brushes [A]//Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series[C]. ACM SIGGRAPH, D-

allas, 1986; 225-232

- [5] Lee J. Difusion rendering of black ink paintings using new paper and ink models[J]. Computers and Graphics, 2001, 25(2): 295-308
- [6] Way D L, Shih Z C. The synthesis of rock textures in Chinese landscape painting [A]//Proceedings of Eurographics' 2001 [C]. Manchester, 2001; 123-131
- [7] 石永鑫,孙济洲,张海江,等. 基于粒子系统的中国水墨画仿真算法[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2003, 6(15): 667-672
- [8] 焦景山,孙济洲. 中国水墨画效果的图形仿真[A]//见辜居一,主编. 数字化艺术论坛[M]. 杭州:浙江人民美术出版社, 2002; 190-204
- [9] 谭彬. 组物外观模拟的研究与设计[D]. 杭州:浙江大学, 2004
- [10] Perlin K. An Image Syntlesizer [C]//SIGGRAPH' 85. 1985; 287-296
- [11] 杨刚. 全景图拼接算法的设计与实现[J]. 重庆工学院学报:自然科学版, 2007, 21(19): 107-110

(上接第 284 页)

- [3] Ridd M K, Liu J. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment [J]. Remote Sens. Environ., 1998, 63(2): 95-100
- [4] Byrne G F, Crapper P F, Mayo K K. Monitoring land cover change by principle component analysis of multitemporal Landsat data [J]. Remote Sens. Environ., 1980(10): 175-184
- [5] 黎夏,叶嘉安. 利用主成分分析改善土地利用变化的遥感监测精度[J]. 遥感学报, 1997, 1(4): 282-289
- [6] 张路. 基于多元统计分析的遥感影像变化检测方法研究[D]. 武汉:武汉大学, 2004
- [7] 范海生,马蔼乃,李京. 采用图像差值法提取土地利用变化信息

方法——以攀枝花仁和区为例[J]. 遥感学报, 2001, 5(1): 75-80

- [8] Wang G. An Expert System for Forest Resource Inventory and Monitoring in the Frame of Multi-Source Data [M]. Helsinki, Finland: Helsinki Univ. Press, 1996
- [9] Lillesand T M, Kiefer R W. Remote Sensing and Image Interpretation [M]. New York: Wiley, 2000
- [10] Eklundh L, Singh A. A comparative analysis of standardized and unstandardized principal components analysis in remote sensing [J]. International Journal of Remote Sensing, 1993, 14(7): 1359-1370
- [11] 盛辉,廖明生,张路. 基于典型相关分析的变化检测中变化阈值的确定[J]. 遥感学报, 2004, 8(5): 451-457
- [12] 佘袁勇. 基于遥感影像的变化检测研究 [D]. 武汉:武汉大学, 2005