

# 虚拟博物馆系统构建中的关键技术研究<sup>\*</sup>

卢 威 曾定浩 陈继明 潘金贵

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室, 南京大学计算机科学与技术系 南京 210093)

**摘 要** 虚拟博物馆对有效保护和利用馆藏资源有着重要作用, 同时可使得博物馆资源通过 Internet 在更广泛范围内得以共享。本文描述了虚拟博物馆系统的设计方法、体系结构和实现技术, 主要讨论了这个系统的设计方法和一些关键技术的实现, 包括创建工具、场景描述语言和展馆发布及浏览模块。

**关键词** 虚拟博物馆, 创作工具, XML, XVM, 设计模式

## Research on Key Techniques in Construction of Virtual Museum System

LU Wei ZENG Ding-Hao CHEN Ji-Ming, PAN Jin-Gui

(State Key Lab for Novel Software Technology, Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract** Virtual museum is an effective method of protecting and making use of resources stored there, and share them around a wider area. This paper describes the design method, architecture and implementation technique of a virtual museum system, mainly focuses on the system design policy and realization of some key techniques, including authoring tool, description language for virtual museum and museum-releasing and browsing module.

**Keywords** Virtual museum, Authoring tool, XML, XVM, Design patterns

博物馆记录着人类在各个领域前进的脚印, 并且展示于世人共赏。各类博物馆对于科研、教学、科普都具有重要的意义, 但由于资金和场地的限制, 现有博物馆的价值无法充分发挥。因此, 对其进行数字化和网络化的改造, 对于实现进一步的资源共享和藏品保护具有重要意义。数字博物馆利用多媒体技术, 以文字、声音、图片、视频及 3D 模型等形式充分展现了藏品所承载的知识<sup>[1]</sup>, 更借助网络手段加快了这些知识的传播、交流和共享<sup>[2]</sup>。

虚拟现实技术的不断成熟和发展, 使得对博物馆的环境及藏品进行全方位立体感的展示成为可能。另一方面, 计算机网络技术的普及也使得藏品的数字信息更易于传播和交流。文中所说的虚拟博物馆特指这种利用虚拟现实技术构建三维场景, 以提供给用户通过计算机网络进行下载并展示三维展品, 同时提供虚拟漫游服务的系统。这种虚拟现实系统具有三个特征: 沉浸感 (Immersion)、交互性 (Interaction) 和构想性 (Imagination)<sup>[3]</sup>, 弥补了传统的基于页面的数字博物馆在用户真实效果和体验感上的缺陷。因此, 许多数字博物馆都将虚拟博物馆作为一个重要的组成部分<sup>[4]</sup>。

针对此类虚拟博物馆的特点和要求, 本文着重讨论以下几个关键问题, 一是虚拟博物馆创作工具, 包括构建和布展工具; 二是基于 XML 的专门用于描述虚拟博物馆场景的语言 XVM (XML-based Scene Description Language for Virtual Museum) 及其特点; 三是展馆发布和场景浏览模块。

## 1 系统结构和功能

### 1.1 系统结构

与传统的多媒体数字博物馆和虚拟现实系统相比, 虚拟

博物馆的特殊之处在于: 着重于藏品的展现, 面向公众, 用于教育和科普目的; 同时, 由于远程虚拟展示通常在 Internet 上进行, 这就要求: 一是数据量小, 对网络带宽的占用少, 二是实时漫游, 无需等待整个虚拟博物馆下载完成; 其中的藏品已被数字化, 其包含的各种数字信息 (包括 3D 模型) 以藏品为单位、以数据库为索引, 统一储存; 许多非藏品模型如展台、指示牌等可能重复出现, 但是会有细微差别; 场景表示简单, 解析快速, 要求场景构建工具和编辑工具的支持。

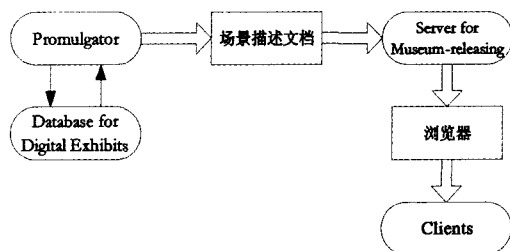


图 1 系统结构

基于以上特点, 我们设计实现了一套虚拟博物馆系统, 如图 1 所示, 总体分为四个执行实体: 发布者 (Promulgator)、藏品数据库 (Database for Digital Exhibits)、展厅发布服务器 (Server for Museum-releasing)、用户 (Clients)。发布者构建虚拟博物馆框架, 在藏品数据库寻得需要展览的藏品模型, 布置于馆中, 也可在馆中加入一些非藏品模型并进行适当的修改; 服务器将场景描述文档发布到 Internet 上; 用户下载这些文档之后在本地生成博物馆, 并在其中进行浏览和漫游。在此过程中, 场景展示和藏品模型是分离的, 这样不仅有利于实

<sup>\*</sup> 本课题受分布式虚拟环境中可扩展主动兴趣管理研究 (60473571) 和远程沉浸式虚拟奥运博物馆关键技术 (60533080) 国家自然科学基金资助。卢 威 硕士生, 研究方向为分布式虚拟环境; 曾定浩 硕士生, 研究方向为计算机图形学、分布式虚拟环境; 陈继明 博士生, 研究方向为分布式虚拟环境; 潘金贵 教授, 博导, 研究方向为多媒体信息处理技术、计算机图形学、远程网络教育。

时渲染,用户不必等待所有藏品下载完就可以漫游虚拟博物馆;同时还有效地利用了已有的藏品数据库,实现了与网页形式的博物馆的数字资源共享。

## 1.2 系统实现的主要功能

本系统中有两个能动者,分别是发布者和用户,相应功能也分为两部分:

一是面向发布者:设计展厅及布置展品,包括三维场景的渲染,即数据的逻辑组织结构,使其尽可能贴近现实,同时也便于实现;从藏品数据库中提取藏品,即与数据库进行交互;对藏品性质及非藏品模型进行修改,例如添加光源或改变光源的视角,改变展厅墙面或展品的材质和纹理;集成多种媒体形态于藏品之上,即通过为藏品添加链接获得各式各样的媒体信息,实现统一管理机制;生成 XVM 文档并通过 XVM 服务器发布到互联网上,供用户下载浏览。

二是面向用户:包括冲突检测,即利用帧之间的连续性快速检测藏品与藏品、藏品与环境发生的冲突;重力感模拟;改变化身视点,以模拟地形的高低变化。

## 2 系统关键实现技术

### 2.1 创建虚拟博物馆

发布者利用虚拟博物馆创作工具(Authoring Tool for Virtual Museum)构建虚拟博物馆框架。首先在二维俯视图上搭建博物馆的主墙体及各个展厅的隔断墙体,之后自动生成三维模式的展厅,便可在其中添加合适的展台,并对墙面的性质做适当修改,使其更能体现藏品的风貌。然后,设计人员与藏品数据库进行交互,提取需要展览的藏品,将其放置在展台之上或挂在墙壁上。同时,为了丰富博物馆的内容,提高真实感,设计人员还可在馆中添加一些非藏品模型如吊灯、指示牌、门窗桌椅等,并对其进行适当修改。设计人员也为藏品增加说明,当用户点击某一藏品时,相关说明便会自动显示。最后,创作工具将根据已有的虚拟博物馆场景生成文档,提供给展馆发布服务器。

### 2.2 基于 XML 的虚拟博物馆场景描述语言

针对虚拟博物馆的特点,我们设计了一种专用于虚拟环境场景描述的语言 XVM,它具有规模小、结构清晰明了、便于实现和修改等优点,明显加快了布展和显示速度。我们也同步开发了 XVM 服务器(XVM Server)和 XVM 浏览器(XVM Viewer)。XVM 的语法基础是 XML 标记语言,这是因为:1)大多数浏览器均支持 XML 格式,有良好的通用性;2)XML 具有严格的树型结构,利用关键字进行查找,便于解析<sup>[5]</sup>。

#### 2.2.1 场景的组织结构

场景的主体结构是由藏品和非藏品模型构成的,其中藏品是核心部分。综合考虑渲染效率、碰撞检测<sup>[6]</sup>以及编辑的方便性等因素,我们采用一种树状结构来组织场景中的模型,图 2 即为一棵场景树。

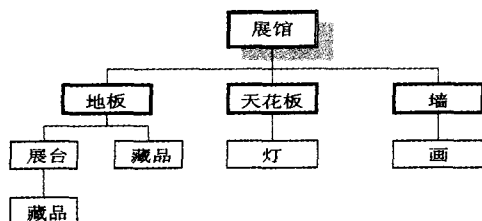


图 2 一棵场景树

展馆以天花板、墙体和地板为基准实体,所有添加的物品都作为它们的子实体。基准实体具有材质和纹理等属性,可以通过修改这些属性改变颜色或添加贴图。藏品通常都直接放置在地板上或展台上,画展则挂置在墙上。所有基准实体上添加的物品都称之为它们的子实体,它们具有与基准实体完全一致的内部结构(三维藏品需记录 wrl 文件的存储路径)。因此,添加实体的操作只需在原实体结构中加入 children 元素,来记录这些实体的信息。对于相同的物体重复出现需要重复记录,便于修改与删除。

#### 2.2.2 节点的代表结构

XVM 包含两种关键节点:哑元节点(dummy)和造型节点(shape),如图 3 所示。哑元节点是为场景的管理而引入的抽象节点,是场景中具体物品的载体,负责物品的空间变换;造型节点是场景中的基本元素,代表了场景中的一个物品,负责物品自身的属性,是哑元节点的具体表现。

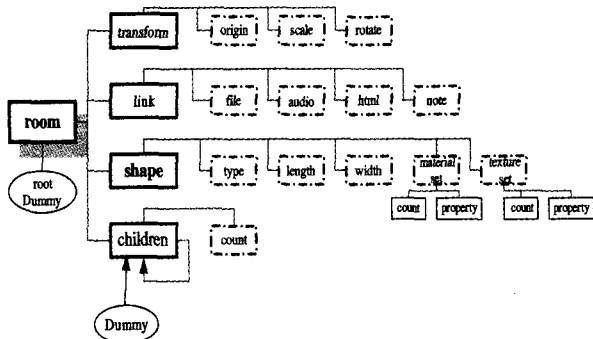


图 3 XVM 的节点结构

在哑元节点上可挂接造型节点,造型节点并不负责与其空间位置相关的行为,这些行为交由哑元节点负责。场景中的所有哑元节点利用子女节点 children 保存当前哑元节点的所有子哑元节点,并根据它们在空间中的位置建立父子关系,形成树状结构。除了挂接造型节点,哑元节点还可挂接变换节点 transform 用以记录对应的具体物品相对于其父哑元节点的坐标变换信息,包括旋转、平移、缩放;还可通过链接节点 link 关联音频、网页、其它 XVM 文档以及文字。

造型节点分为两类,一种是内置造型节点:结构简单且频繁出现的物品,其描述内置于 XVM 文档中,可降低 XVM 文档的大小。目前,基本的内置造型节点包括:直墙(line\_wall)、弧形墙(arc\_wall)、方柱(rect\_pillar)、圆柱(round\_pillar)、地板(floor)和天花板(ceiling),它们各对应于 XVM 中造型节点的一类子节点。内置造型节点可直接利用简单的形状如长方形、圆弧等来表示,其属性也只包括材质和纹理。

另一种是扩展造型节点:由建模工具生成的复杂物品,通常都是三维模型,它们由 VRML/X3D 文档表示,通过超链接或藏品 ID 与 XVM 文档建立关联。扩展造型节点由三个子节点构成:操作节点(operation)、资源节点(asset)及占位符节点(placeholder)。当同一物品在场景中多次出现时,利用操作节点记录每次出现的不同点,它支持更改纹理和材质这两种操作。扩展造型节点不仅包括藏品,还有一些起装饰效果的 3D 模型,通过资源节点来标识:藏品(collection)和装饰品(ornament)。由于展示环境和藏品模型是分离的,当用户在客户端进行虚拟漫游时一些模型可能还未到达本地。此时需要在模型本来的位置上放置一个替代品,以提高漫游的真实感,占位符节点就负责描述这样的替代品。替代品结构简单如长方形,

可内置于 XVM 文档中,且大小位置与原模型一致。

### 2.3 实现展馆发布及用户浏览

创作工具根据已完成的虚拟场景生成 XVM 文档,将其与扩展构造节点上链接的 VRML/X3D 文件以及物品上可能增加的贴图所对应的文件一起提交给 XVM 服务器,发布到 Internet 上。用户利用 XVM 浏览器漫游虚拟博物馆。在具体的实现过程中,我们遵循单一职责原则(SOP)和开放封闭原则(OCP)<sup>[7]</sup>,运用了 Proxy, State, Singleton, Mediator 等设计模式<sup>[8~10]</sup>,使得各个模块均独立地面对改变风险并进行扩展演化,有效适应多变的应用环境。

#### 2.3.1 展馆发布模块

由于场景数据与藏品信息是分离的,因此可采用 Proxy 模式<sup>[8]</sup>来消除复杂模型延迟显示所带来的负面影响。我们在客户端创建一个虚代理(virtual proxy)<sup>[8]</sup>用以缓存代替品的信息,并执行一些简单的初始化操作。当藏品的链接文件完全下载到本地之后,虚代理创建真正的模型对象来接管模型接下来的所有操作。其 UML 图参见图 4。

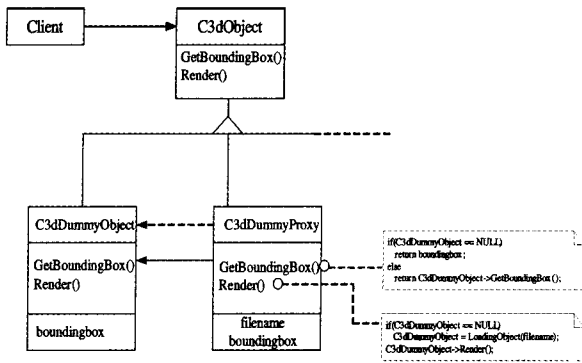


图 4 virtual proxy 的 UML 图

#### 2.3.2 用户浏览模块

XVM 浏览器分为两种模式:一是静态观察模式,也是默认模式,包括三种状态:缩放、平移、旋转。考虑到与特定状态相关行为的局部化、状态转换的显式化以及共享性,我们选择 State 模式<sup>[8]</sup>对这三种状态进行封装,并提供一致的对象访问接口;同时利用 Mediator 模式<sup>[8]</sup>管理状态的切换和增删,所有状态都存放在状态 pool 中。基于两个或两个以上的不同状态不可能同时出现的原则,我们采用 Singleton 模式<sup>[8]</sup>以保证每个状态只有一个实例和一个全局访问点,避免污染名空间。

二是动态模式即三维导航模式,它与静态观察模式的接口完全一致,包括两种漫游状态:键盘控制、鼠标拖动。图 5 展示了浏览器的整体构架。

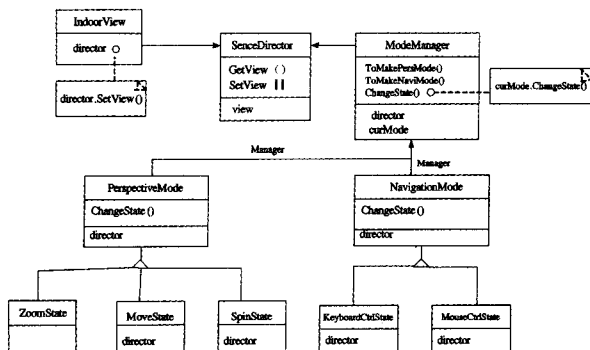


图 5 XVM 浏览器的 UML 图

### 3 应用实例

在基于上述的系统核心模型之上,我们进一步完成了整个虚拟博物馆系统,并将其应用于南京大学地球科学博物馆中,取得了良好的效果。图 6 和图 7 显示了本系统的部分运行实例。

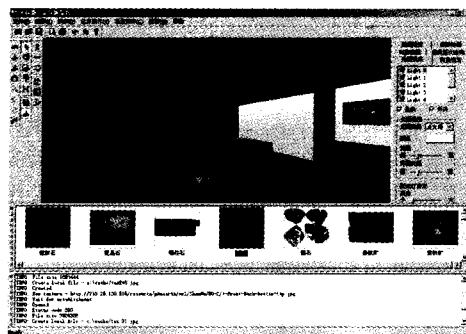


图 6 场景编辑界面

图 6 所示为三维虚拟博物馆创作工具界面。设计人员在 2D 平面规划虚拟博物馆的整体构架,然后在 3D 模式下从藏品库或本地模型库中导入各种物品,布置于博物馆的合适位置上,并根据需要对场景或模型进行适当的修饰,如改变纹理、灯光或添加贴图。系统根据场景中物品的位置构造场景树,树的结构及其上挂接的物品最后反映于 XVM 文件中。下面是 XVM 文件的一个片断,内容是此场景的一个 model\_appearance 节点。由于节点 operation 为空可知这是一个操作为空的藏品,其中文名为“菊石”,3D 模型文件为 jushi.wrl。若在用户漫游过程中,该模型还未到达本地,则用一个长方形进行代替,长宽高及中心位置的具体数据显示在 placeholder 节点中。

```

<model_appearance>
  <operations/>
  <asset>
    <collection>
      <id>98013AA00000002001-0100</id>
      <cname>菊石</cname>
      <ename/>
      <description>特征: 壳体厚饼状, 半外卷。
        住室占半旋环。
        脐中等, 脐棱圆润</description>
      <source_loc>pkuearth</source_loc>
      <medias count="1" >
        <item type="3d"
          path="wrl/Jushi/384/jushi.wrl"/>
        </medias>
      </collection>
    </asset>
    <placeholder>
      <extent width="9.07229995730"
        length="9.52189636230"
        height="3.39349937440" />
      <origin x="0.0" y="0.0" z="0.0" />
    </placeholder>
  </model_appearance>
  
```

图 7 展示的是用户利用 XVM 浏览器进行虚拟漫游的界面,图中所示为虚拟博物馆中的矿物展厅。用户在家中使普通 PC 机以键盘加鼠标的方式通过 Internet 漫游虚拟博物馆,以获得与网页形式的数字博物馆所不同的体验。图的右

上角是一个小地图,便于用户定位自己的当前位置及纵览整个博物馆。

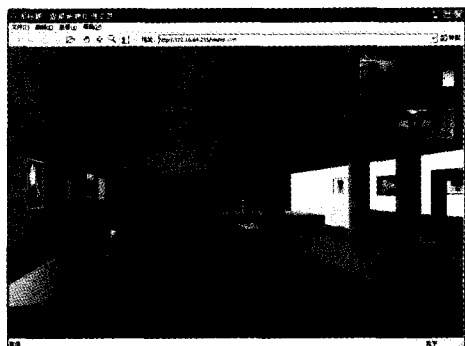


图7 虚拟漫游界面

**结论和进一步工作** 本文概述了虚拟博物馆系统的设计和实现的基本过程和关键技术。系统采用 Visual C++ 6.0 编程实现,并使用多种设计模式,大大降低了模块间的耦合程度,增强了稳定性和鲁棒性,具有良好的自适应能力。其中,一些关键技术如场景描述语言 XVM,为解决数字博物馆的虚拟展示问题提供了一条新的思路。目前,已完成的南京大学地球科学博物馆系统已经投入使用,获得了良好的效果。

下一步需要研究的课题包括:当场景中的 3D 模型较多

时,如何根据视点的位置和方向以及网络负载等因素合理安排模型下载次序,并在 XVM 文档结构中提供相应的支持;以及需要在 XVM 中增加对物体行为的描述,加强虚拟博物馆地交互能力。

## 参考文献

- 1 Addison A C. Emerging Trends in Virtual Heritage [J]. IEEE Multimedia, 2000, 7(2): 22~25
- 2 Kwon Y M, Kim I J, Ahn S C, et al. Networked 3D Virtual Museum System. [J]. Journal of System Simulation, 2003, 15(3): 301~305
- 3 Vince J. Virtual Reality System [M]. SIGGRAPH Series, ACM Press, Addison-Wesley Publishing Company, 1995
- 4 向辉,孟祥旭,杨承磊.山东大学考古数字博物馆设计与实现[J].系统仿真学报,2003,15(3):319~321
- 5 Iwazaki K, Yasuda T, Yokoi Shigeki, et al. The Museum Network and On demand Systems for School Education Based on XML. In: International Conference on Computers in Education, 2002. 941~942
- 6 Lin M C, Gottschalk S. Collision detection between geometric models: a survey [A]. In: Proceedings of IMA Conference on Mathematics of Surfaces, 37~56
- 7 Martin R C. Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices. Reading, MA: Person Education, 2003
- 8 Gamma E, Helm R, Johnson R, et al. Design Patterns, Elements of Reusable Object-Oriented Software. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995
- 9 Schmidt D C. Reactor: An Object Behavioral Pattern for Concurrent Event Demultiplexing and Handler Dispatching. In: Pattern Languages of Program Design (J. O. Coplien and D. C. Schmidt, eds.), Reading, MA: Addison-Wesley, 1995. 529~545
- 10 Jain P, Schmidt D C. Service Configurator: A Pattern for Dynamic Configuration of Services. In: Proc. of the 3rd Conference on Object Oriented Technologies and Systems, USENIX, June 1997

(上接第 218 页)

$Q_i$  (其中:  $i \neq k, j \neq k, i \neq j, k \in R, i \in R, j \in R$ ) 的坐标位置无关,故凸壳  $Q$  的任一顶点  $Q_k$  独立于其它顶点。

因此,该基本定理成立。

**结论** 基于同构化凸壳构造基本定理,作者认为凸壳生成算法改进与优化的同构化方向应当是:第一、根据凸壳内点无关性定理,应一方面使凸壳极点(实为顶点)分布域极小化,即让包含凸壳极点的判定区域尽可能小,以大大减少凸壳极点判定时的无效处理量;另一方面使极点判定对象直接化,即让所判定对象尽可能接近当前所寻极点,以大幅提高凸壳极点判定对象的直接针对性。第二、根据凸壳顶点独立性定理,一方面可从不同初始对象出发,来改进和优化串行凸壳新算法;另一方面,可对不同视角对象处理,来改造和创造并行凸壳新算法。

因此,在生成凸壳过程中,应尽力缩小极点的可能分布域——在尽可能小的分布域内,尽可能快地直接找出并只找出其各个极点(即凸壳各条边的各端点)的凸壳算法;进而,再对有潜力的优秀串行凸壳新算法施行并行化改造与创新。无疑,这必定是今后“突破目前凸壳算法研究停滞不前窘况,进

一步提高凸壳算法(包括串行、并行)效率”的主要捷径。

实际上,作者利用同构化凸壳构造基本定理和本文结论,于 2005 年已研究出诸如“基于最大基线倾角智能逼近的凸壳新算法”等凸壳新算法。

## 参考文献

- 1 张立华,徐文立.基于凸壳的透视变换下的点模式匹配方法[J].自动化学报,2002(2)
- 2 (美) Gonzalez R C, Richard E. Word. 数字图象处理[M].阮秋琦,等译.北京:电子工业出版社,2003
- 3 任群,田捷.基于前景轮廓线搜索的指纹图象分割算法[M].北京:中科院自动化所复杂科学与智能系统实验室
- 4 徐常青,等.计算机图形学[M].机械工业出版社,2004
- 5 周培德.计算几何 算法分析与设计[M].清华大学出版社,2000
- 6 陈国良.并行计算 结构·算法·编程[M].高等教育出版社,2002
- 7 陈国良.并行算法的设计与分析[M].高等教育出版社,2002
- 8 Aloupis G. A History of Linear-time Convex Hull Algorithms for Simple Polygons. <http://en.wikilib.com/wiki/Talk:Convex-hull>
- 9 Chand D, Kapur S. An algorithm for convex polytopes. J. ACM, 1970, 17: 78~86
- 10 Graham R. An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar point set. Info. Proc. Letters, 1972, 1: 132~133
- 11 Barber C, Dobkin D, Huhdanpaa H. The Quickhull algorithm for convex hulls. ACM Trans. on Mathematical Software, 1997, 22: 469~483

(上接第 243 页)

我们还进一步结合细节点提取和匹配的结果来评估增强算法的性能。实验结果表明:所提出的算法能有效减少细节点提取的错误和提高指纹识别的准确性。

## 参考文献

- 1 O'Gorman L, Nickerson V. An approach to fingerprint filter design. Pattern Recognition, 1989, 22(1): 29~38
- 2 Sherlock B G, Monro D M, Millard K. Fingerprint enhancement by directional Fourier filtering. In: IEE Proc. Vision Image Signal Process, 1994, 141(2): 87~94
- 3 Hsieh C T, Lai E, Wang Y C. An effective algorithm for fingerprint image enhancement based on wavelet transform. Pattern Recognition, 2003, 36(2): 303~312
- 4 Hong L, Wan Y, Jain A. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation. IEEE Transactions on Pattern

Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(8): 777~789

- 5 Chikkerur S, Govindaraju V, Cartwright A N. Fingerprint image enhancement using SIFT analysis. In: Proceedings of 3rd International Conference on Advances in Pattern Recognition, Bath, UK, 2005. 20~29
- 6 Field D J. Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. Journal of the Optical Society of America A, 1987, 4(12): 2379~2394
- 7 Nagaty K A. On learning to estimate the block directional image of a fingerprint using a hierarchical neural network. Neural Networks, 2003, 16(1): 133~144
- 8 Zhou J, Gu J. A model-based method for the computation of fingerprints orientation field. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(6): 821~835
- 9 Kovacs-Vajna Z M, Rovatti R, Frazzoni M. Fingerprint ridge distance computation methodologies. Pattern Recognition, 2000, 33(1): 69~80
- 10 Jea T Y, Govindaraju V. A minutia-based partial fingerprint recognition system. Pattern Recognition, 2005, 38(10): 1672~1684