

基于虚拟现实技术的车床仿真系统^①

蔡宝, 石坤举, 朱文华

(上海第二工业大学 工程训练中心, 上海 201209)

通讯作者: 蔡宝, E-mail: caibao@sspu.edu.cn

摘要: 基于开发 CA6132 型车床虚拟教学软件的目的, 采用了虚拟仿真的方法, 开发了带有虚拟现实特征的车床教学系统软件. 提出了虚拟车床开发的一般流程, 阐述了矫正图像的立面分割技术, 开发了基于 Unity3D 引擎软件的虚拟车床仿真系统, 解释了虚拟现实的基本原理, 建立了 CA6132 型车床的三维模型, 提出了在 Unity3D 下车床加工的仿真方法, 开发了基于虚拟现实设备 zSpace 虚拟现实车床仿真系统, 提出了虚拟现实的场景交互方式, 降低了实际车床操作的危险.

关键词: CA6132 车床; 立面分割; 虚拟仿真; 虚拟现实; Unity3D; zSpace

引用格式: 蔡宝, 石坤举, 朱文华. 基于虚拟现实技术的车床仿真系统. 计算机系统应用, 2018, 27(5): 86-90. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6342.html>

Lathe Simulation System Based on Virtual Reality Technology

CAI Bao, SHI Kun-Ju, ZHU Wen-Hua

(Engineering Training Center, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: For the purpose of developing virtual CA6132 lathe teaching software, adopted the virtual simulation method, a lathe teaching system software with virtual reality features is developed. The general process of virtual lathe development is put forward, the facade segmentation technique for correcting images is described, the virtual Lathe Simulation System based on Unity3D engine software is developed, the basic principles of virtual reality are explained, the three-dimensional model of CA6132 lathe is established, the lathe cutting simulation method is put forward under Unity3D engine software, the virtual reality Lathe Simulation System based on virtual reality equipment zSpace has been developed, and a more natural way of scene interaction in virtual reality is proposed. The simulation results show that the virtual reality teaching system of lathe has sound teaching effect, and reduced risk of actual lathe operation.

Key words: CA6132 lathe; facade segmentation; virtual simulation; virtual reality; Unity3D; zSpace

普通车床是主要用车刀对旋转的工件进行车削加工的机床. 主要由工人手工操作, 生产效率低, 适用于单件、小批生产和修配车间. 目前国内绝大多数高校将普通车床实训课程作为必修课程.

普通机床操作学习相比于数控机床具有一定的危险性^[1], 尤其在高校教学过程中, 受到实训场地、实训设备和授课教师等诸多方面的限制, 不能做到在保证每一位学生安全的同时又很好的掌握机床操作知识.

随着计算机技术和信息技术的高速发展, 采用更为新颖的教学方式, 已成为克服上述机床教学技术困难的一大重要手段, 而虚拟现实技术 (virtual reality) 的出现能有效解决传统教学存在的诸多问题^[2,3].

何福本^[4]虚拟仿真技术应用于普通车床加工工艺实训教学环节, 程松^[5]结合 Quest3D 技术开发了虚拟车床教学系统, 库祥臣^[6]在 Visual Studio 2012 环境下, 以三维开放图形库 Open GL 为工具, 研究开发了异形螺

① 基金项目: 上海第二工业大学科技发展基金 (EGD17XQD41); 上海第二工业大学重点学科建设-材料加工工程 (A20NH1609B20-13)

收稿时间: 2017-09-04; 修改时间: 2017-09-20; 采用时间: 2017-09-25; csa 在线出版时间: 2018-04-23

杆车削动态仿真系统, 杨洋^[7]开发了车床主轴箱虚拟拆装系统, 唐亚平^[8]通过 3D 虚拟技术与先进电子电路对机床设备进行虚拟仿真, 丁科^[9]阐述了仿真机床建立的过程和方法, 王倩^[10]利用 Pro/E 软件及内嵌 eDrawings 技术可视化展现了车床中主要部件的结构. 目前国内外大部分学者对车床的研究都是从性能角度考虑, 鲜有从安全性能角度出发进行研究, 事实上普通车床安全操作至关重要, 而虚拟现实技术是实现车床安全操作的有效技术手段.

本文以普通车床 (CA6132) 为研究对象, 把虚拟现实技术与传统的车床操作学习相结合, 利用 SolidWorks 软件建立模型、3DMAX 软件贴纹理和添加动画、Unity3D 引擎开发系统开发车床结构观察、典型表面加工以及零件加工工序操作演示等模块, 采用国外虚拟现实设备 zSpace 和 zView 开发出具有交互性和沉浸性等特点的立体显示系统.

1 总体研究思路

首先研究车床学习内容和虚拟仿真系统开发方法, 根据车床出厂 CAD 图纸进行三维建模, 采用 3DVIA 数据转换技术更改模型格式, 运用 3DMAX 软件进行模型贴图或者渲染, 将处理好的模型导入 Unity3D 开发引擎中进行虚拟车床学系场景设计, 最后应用虚拟现实设备 zSpace 实现带有 VR 功能的车床教学系统, 具体开发流程如图 1 所示.

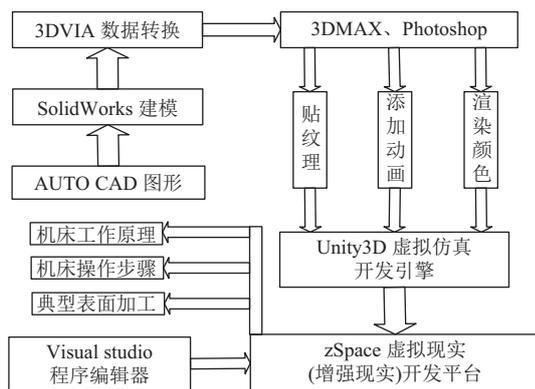


图 1 开发流程

2 基于 Unity3D 的虚拟车床开发

2.1 图像立面分割技术

在对车床模型进行贴纹理时, 一般采集用于贴纹理的图像都需要矫正, 图像矫正通常使用立面分割技

术^[11,12], 它是通过水平和垂直分割, 逐步分割出最小单位的图像元素, 水平和垂直分割线确定函数为:

$$\begin{aligned} hor(x,y) &= \max\{(\frac{\partial I}{\partial y})^2 - \alpha|\nabla I|^2, 0\} \\ &= \max\{(1-\alpha)(\frac{\partial I}{\partial y})^2 - \alpha(\frac{\partial I}{\partial x})^2, 0\} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} ver(x,y) &= \max\{(\frac{\partial I}{\partial x})^2 - \alpha|\nabla I|^2, 0\} \\ &= \max\{(1-\alpha)(\frac{\partial I}{\partial x})^2 - \alpha(\frac{\partial I}{\partial y})^2, 0\} \end{aligned} \quad (2)$$

式中 I 代表图像强度 intensity, $\frac{\partial I}{\partial}$ 是偏微分算子, 是梯度算子, 通常 $\alpha=0.9$, 在位置 y 作水平分割线或在位置 x 作垂直分割线取决于如下两个兴趣函数值:

$$ver(y) = (\sum_x ver(x,y)) * g_\sigma(y) - \beta (\sum_x hor(x,y)) * g_\sigma(y) \quad (3)$$

$$hor(x) = (\sum_y hor(x,y)) * g_\sigma(x) - \beta (\sum_y ver(x,y)) * g_\sigma(x) \quad (4)$$

其中 $g_\sigma(\cdot) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{I^2}{2\sigma^2}}$ 是高斯核, * 是卷积操作, β 是一个常量取值为 0.1, ver 或 hor 比较高的值就会积累垂直 (水平) 边缘. 基于这个兴趣函数, 可以在局部极小值处提取一些潜在的位置 $\{y_i\}$ 或 $\{x_i\}$ 的集合, 在这些集合处生成分割线, 如果生成水平分割线, 在位置 y 处, $ver(y)$ 达到局部最小, 垂直分割线的存在就会减少, 最后借助图像高度 (0.3 m~0.5 m) 的先验条件, 穷举搜索这些潜在位置 $\{Y_i\}$ $\{y_i\}$ 的最优集合:

$$\{Y_i\} = \arg \min_{\{\widehat{y}_i\}} \frac{\sum_i ver(\widehat{y}_i)}{\|\{\widehat{y}_i\}\|}, 0.3 < \nabla \widehat{y}_i < 0.5, \{\widehat{y}_i\} \subset \{y_i\} \quad (5)$$

其中, $\|\cdot\|$ 表示集合中的元素个数, $\nabla \widehat{y}_i = \widehat{y}_{i+1} - \widehat{y}_i$, 相同的, 垂直分割线满足以下最优集合:

$$\{X_i\} = \arg \min_{\{\widehat{x}_i\}} \frac{\sum_i ver(\widehat{x}_i)}{\|\{\widehat{x}_i\}\|}, 0.3 < \nabla \widehat{x}_i < 0.5, \{\widehat{x}_i\} \subset \{x_i\} \quad (6)$$

根据以上的函数, 可以确定最优水平垂直分割线的位置, 机床操作面板的立面分割效果如图 2.

2.2 虚拟车床主要功能实现过程

(1) 虚拟车床学习系统的人机界面设计是通过 OnGUI 函数实现, 包括车床的主轴的旋转按钮、溜板的运动按钮等均通过 OnGUI 函数实现.

(2) 虚拟车床的旋转缩放功能通过调用射线函数和 Lerp 函数实现, 函数调用语句如下:

```
ray = Camera.main.ScreenPointToRay (Input.
```

```
mousePosition); transform.rotation = Quaternion.Lerp(
(transform.rotation, mRotation, Time.deltaTime *
Damping).
```



图2 立面分割

(3) 虚拟车床零部件的移动和旋转通过 Unity3D 的 iTween 函数实现, 车床溜板沿导轨的移动程序如下:

```
iTween.MoveBy(gameObject, iTween.Hash("y", 5,
"easeType", "easeInOutExpo", "loopType", "none",
"delay", .5)).
```

(4) 虚拟车床刀具切削工件通过碰撞函数 OnTriggerEnter 实现, 当刀具碰到工件时进行碰撞检测, 改变工件的标签属性, 当刀具检测到工件的标签名称, 则认为工件与刀具发生碰撞, 此时该时刻工件的切削状态将会被隐藏, 工件表现为下一时刻的切削状态, 具体函数调用如下:

```
void OnTriggerEnter(Collider other){
if (other.gameObject.CompareTag("part1"))
{
other.gameObject.SetActive(false);
}
}
```

3 基于 zSpace 的虚拟车床开发

3.1 虚拟现实基本原理

虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统, 它利用计算机生成一种模拟环境, 是一种多源信息融合的、交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真使用户沉浸到该环境中。

图 3^[13]描述了 zSpace 立体显示 (图 4) 的基本原理, 假设眼睛自上而下视角的固定点 F, 通过固定点的双目 (Panum 的融合区), 存在对象 X 和对象 Y, 当点 F 固定时, F 图像刺激两个眼睛对应的视网膜点并产生融

合, 对象 X 位于双眼单视前产生交叉视差, 对象 X 刺激视网膜差异点在双眼融合, 因为 X 落 Panum 的融合区内, 对象 Y 处于前面的两眼视界, 还带有一个交叉视差, 图像从对象 Y 刺激两只眼睛的视网膜差异点被视为双, 因为 Y 处在 Panum 融合区外. 因为 Y 有两个视网膜图像且处在非常不同的视网膜区域, 左眼的 Y 图像可能刺激与右眼视野中的一个区域对应的视网膜区域, 该图像来自视野中不同物体的 Z 图像, 从而导致双眼竞争, 形成立体显示效果。

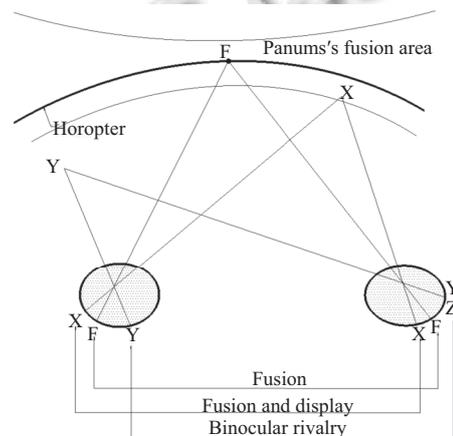


图3 立体成像原理



图4 zSpace

3.2 虚拟车床模型建立

Unity3D 软件本身并不具备建立模型功能, 所以在开发前必须根据实物建立相应的三维模型, 图 5 是教学中实际使用的车床模型。

3.3 虚拟车床学习场景开发

在 Unity3D 软件中进行虚拟学习场景的开发, 主要包括对虚拟车床结构认识和车床加工学习的场景开发, 下面对虚拟车床学习场景做简要说明。

图 6 为车床结构认识界面, 将普通机床分解为十大部件, 并可进行拆解、观测各部件结构和名称。

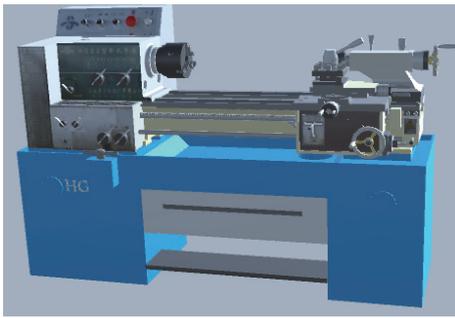


图5 车床模型

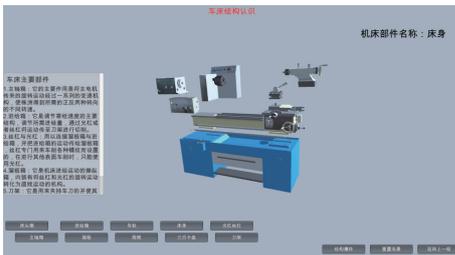


图6 车床机构认识

图7为车床加工切削界面,学习普通车床加工操作步骤,并设置多个视角观测加工过程。

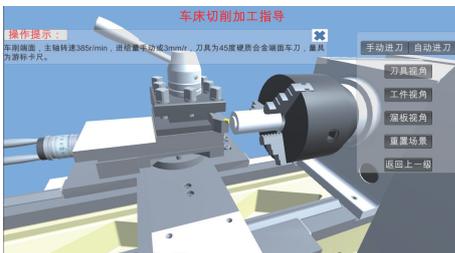


图7 车床加工切削

3.4 系统开发特点

应用 zSpace 进行虚拟现实系统开发,相对于 Unity3D 开发的系统,最重要的便是体现新系统自然的交互性、沉浸性的特点。

3.4.1 系统交互性和沉浸性开发

基于 Unity3D 的开发交互设计是通过调用 OnGUI() 函数实现,即通过鼠标点击按钮实现,这样虽然相比传统的多媒体课件略有智能感,但是无论从交互成度和沉浸程度均不能让学习者有身临其境之感,本节则尝试调用某些函数将实现物体对物体的交互方式.如图8,当工件(灰色)靠近毛坯件(白色)时测算模型间的距离,如果二者距离小于既定数值,则可实现场景间的交互功能,实现交互的关键程序为:

```
float dist1 = Vector3.Distance (lathe.position,
Room.position);
if (dist1 < 0.035)
{
Application.LoadLevel("interduction");
}
```

首先获得测距物体的位置信息,而后调用距离函数,如果物体间的距离小于 0.035 则可实现场景间的交互,此种切换场景的方法更为自然。

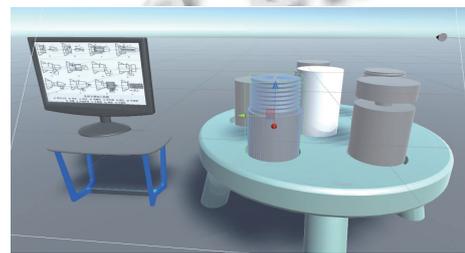


图8 模型间位置示意

3.4.2 虚拟车床立体学习场景

按照实际车床的学习要求,本文开发了基于虚拟现实设备 zSpace 的完整虚拟车床立体学习系统,包括了系统总界面、车床结构界面、车床主要加工表面和实例加工学习界面,主界面如图9所示。



图9 系统总界面

3.5 增强现实技术应用

zSpace 还具有增强现实功能,配合 zSpace 使用的 zView 设备能让学生分享虚拟技术的学习体验,zView 以高清摄像头作为硬件屏幕重叠技术作为软件,将 zSpace 画面进行重叠处理,该技术的目的是在屏幕上把虚拟世界套在现实世界并进行互动.图10为车床外部结构增强现实效果,借助 zView 能让机床虚拟模型“跑出”屏幕达到分享学习体验的目的。



图 10 增强现实效果

4 结束语

本文开发了普通车床虚拟仿真系统, 提出系统开发的一般流程, 阐述立面分割技术的一般原理, 应用虚拟现实设备 zSpace 和增强现实设备 zView 开发了带有交互性和沉浸性的虚拟车床学习系统, 改进了机床操作的教学方式, 实践证明, 虚拟教学软件与实践教学相结合能更改善教学效果, 同时也可作为虚拟仿真以及虚拟现实技术在教育教学领域的应用提供指导。

参考文献

- 1 张新庄. 基于 Unity3D 的车床虚拟仿真实训系统开发. 数字技术与应用, 2015, (1): 140.
- 2 郭建, 汪广扩, 刘莹. 基于虚拟现实技术的车床教学训练系统的研究. 激光杂志, 2013, 34(1): 59-60.

- 3 李静, 张立军, 任天猛. 交互式发动机虚拟装配系统研究. 制造业自动化, 2017, 39(2): 109-113.
- 4 何福本, 梁延德, 张红哲, 等. 增强现实技术在车削加工实训教学中的应用. 实验技术与管理, 2017, 34(3): 127-129, 150.
- 5 程松, 付宏鸽. 基于 Quest3D 的虚拟现实技术在车床实验教学中的应用. 电脑迷, 2016, (4): 143-144.
- 6 库祥臣, 曹贝贝, 张国庆. 基于 OpenGL 的异形螺杆虚拟车床加工仿真系统研究. 制造技术与机床, 2017, (5): 74-77.
- 7 杨洋, 曲晓海, 李晓春, 等. 车床主轴箱虚拟拆装系统在拆装实训教学中的应用. 装备制造技术, 2013, (7): 254-255.
- 8 唐亚平. 一种软硬件结合的仿真机床实训系统. 信息技术与信息化, 2015, (4): 174-175.
- 9 丁科, 邓奕, 宁立伟. 基于 VERICUT 的虚拟机床建模及应用. 湖南工程学院学报, 2016, 26(2): 24-28.
- 10 王倩, 叶安英, 李颖芝. Pro/E 虚拟仿真在车床拆装实训教学中的应用. 制造技术与机床, 2012, (2): 29-31.
- 11 韩福波, 汪云海, 南亮亮, 等. 数据驱动的建筑物流体重建. 计算机辅助设计与图形学学报, 2015, 27(11): 2025-2030.
- 12 Le Tran HN, Sornum K, Seah HS, *et al.* A systematic approach for rapid 3D reconstruction from photosets. Proceedings of the 11th International Conference on Control Automation Robotics & Vision. Singapore. 2010. 1167-1174.
- 13 Patterson R. Human factors of stereo displays: An update. Journal of the Society for Information Display, 2009, 17(12): 987-996. [doi: 10.1889/JSID17.12.987]