

# E-learning 系统中的虚拟装配设计

孙艺萌<sup>1</sup>, 刘东峰<sup>1,2</sup>

(1. 广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006;

2. 洛哈特别技术大学 计算机科学与电子系, 洛哈 005937)

**摘要:** E-learning 系统作为传统实验教学的有力补充, 提供了一条有效的途径来解决实验教学软硬件的制约问题, 不仅可以逼真地展现实验, 而且可以提高实验教学的效率。虚拟装配(Virtual Assembly, VA)技术, 是主要应用在工业制造领域中的数字化技术, 在工业产品的设计、生产、评估阶段, 能够有效提高制造效率和质量, 节约成本, 缩短产品制造周期。但在不同阶段, 虚拟装配技术可以有不同的特点。将虚拟装配技术集成到 E-learning 系统中, 可以帮助学生学习和理解科学实验中仪器的功能和操作。针对 E-learning 系统要求的特点, 可以改进工业中使用的虚拟装配过程。在系统中的虚拟装配, 有两个特点: 不需要精确的三维模型的约束条件; 几乎可以接受所有类型的三维模型。因此, 该虚拟装配对于各种领域 E-learning 的发展和扩展是非常有用的。

**关键词:** 虚拟装配; 虚拟实验仪器; E-learning; 实验仿真

**中图分类号:** TP391.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2015)11-0182-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.11.036

## Design of Virtual Assembly in E-learning System

SUN Yi-meng<sup>1</sup>, LIU Dong-feng<sup>1,2</sup>

(1. School of Information Engineering, Guangdong University of Technology,

Guangzhou 510006, China;

2. Department of Computer Science and Electronics, Universidad Técnica Particular de Loja,

Loja 005937, Ecuador)

**Abstract:** E-learning system as a powerful complement to traditional experimental teaching, provide an effective way to solve the constraints in experimental teaching software and hardware. The system can simulate the experiments realistically and improve the efficiency of experimental teaching. Virtual Assembly (VA) technology, a digital technology which is mainly used in industrial manufacturing field, can promote efficiency and quality and save cost, shortening the manufacturing cycle in the design, production and assessment phase in commercial manufacture. But at different stages, virtual assembly technology can have different characteristics. The virtual assembly technology into E-learning system can help students learn and understand the function and operation of scientific experiments instrument. Improve the virtual assembly process in industry according to the features of E-learning system. The virtual assembly used in the system has two features, which does not need the precise constraint relationships of 3D models, and can accept almost all the 3D model formats. Therefore, this virtual assembly is very useful for fast development and easy to be extended to various science E-learning areas.

**Key words:** virtual assembly; virtual science instrument; E-learning; experiment simulation

## 0 引言

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术在数学模拟、工业设计和决策等领域, 已经发展到一个新的水平, 改变了科学家和设计师的工作方法和思维方式。虚拟装

配, 作为一个工业领域中重要的计算机虚拟现实仿真技术, 常用来收集产品信息进而改善设计完善产品<sup>[1]</sup>。同时, 虚拟装配也应用于培训领域, 让用户更直观高效地知道产品的结构和操作<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2015-03-11

修回日期: 2015-06-12

网络出版时间: 2015-11-04

**基金项目:** 国际合作项目; 美国国家秘书处普罗米修斯科技技术与创新项目; Proyecto Prometeo de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnologia e Innovación(SENESCYT)。

**作者简介:** 孙艺萌(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向为三维虚拟仿真及虚拟教学; 刘东峰, 教授, 参与多项国际合作项目研究, 研究方向为计算几何、三维信息处理、三维应用、半导体光电器件的数值化设计等。

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151104.0954.102.html>

同样的,科学实验 E-learning 是教育的培训平台,提供了一个展现科学实验的新方法,是传统课堂教育的有力补充<sup>[3]</sup>。但是许多 E-learning 系统仅仅是实验现象的展现<sup>[4]</sup>,缺少对实验仪器的学习,而在实验教学中,理解实验仪器的结构并学会操作实验仪器是非常重要的。

大多数工业虚拟装配系统中的模型是使用商业 CAD 软件制作,或者依据装配系统的装配顺序特殊设计的<sup>[5]</sup>。使用 CAD 模型需要转换成系统可使用的图形文件,转换过程会丢失模型参数数据,这就需要其他类型文件保存参数<sup>[6]</sup>或者依赖商业 CAD 包<sup>[7]</sup>。而依照系统装配顺序设计的模型具有特殊的层次结构,降低了可移植性。

由于使用目的的不同,E-learning 中的虚拟装配与工业中的技术要求也不一样。文中介绍了为 E-learning 系统设计的虚拟装配。

### 1 装配建模

在装配过程之前,需要准备仪器的组装部分。与工业的虚拟装配使用的模型不同,在 E-learning 系统中的三维模型是游戏静态模型<sup>[8]</sup>,即这些模型没有约束信息。装配约束是虚拟装配中的重要信息<sup>[9]</sup>,是识别其他部分并能按需装配的关键。所以将约束集成到虚拟环境中,对添加进系统的任意类型的模型设置约束。

#### 1.1 约束条件

由于教学仪器构造简单、装配零件少等特点,可以利用数学矩阵来表示约束<sup>[10]</sup>,表示零件间的关系及零件的位置。为了规划装配顺序,设置约束邻接矩阵 (Constraint Adjacency Matrix, CAM)<sup>[11-12]</sup>作为辅助判断,矩阵如下所示:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -1 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$
$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & m_i \text{ 与 } m_j \text{ 可装配,且 } m_i \text{ 应在 } m_j \text{ 之前装配} \\ 0 & m_i \text{ 与 } m_j \text{ 不可装配} \\ -1 & m_i \text{ 与 } m_j \text{ 可装配,且 } m_i \text{ 应在 } m_j \text{ 之后装配} \end{cases}$$

通常学生从一个基础的部分开始,按照一个装配序列装配其他零件。在装配过程中,学生可能会选择不同的当前装配零件。当选择一个零件时,通过一个迭代过程,判断是否是当前应装配的零件,如图 1 所示。

仪器以零件状态导入到系统中,手动装配并保存装配完成时各零件的位置状态矩阵 (Position-Attitude

Matrix, PAM)。此时零件间的位置状态矩阵作为另一个装配约束,控制零件的组装。然后系统自动分散零件,并设置初始状态。当学生操作零件时,通过图形引擎利用矩阵变换实现模型的移动或旋转,并检测当前的 PAM 和最终的 PAM 的偏差<sup>[11]</sup>,当偏差小于给定阈值,系统将两个零件自动装配。

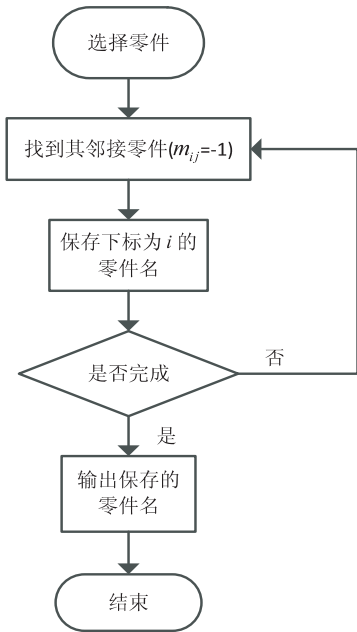


图 1 确定当前装配零件

#### 1.2 装配顺序规划

装配顺序规划是对产品的信息进行提取分析,生成可行的装配顺序,对于大型机械,其装配规划是系统效率的关键<sup>[13]</sup>。而在该系统中,装配顺序规划的算法嵌入到手动装配过程中,见图 2。

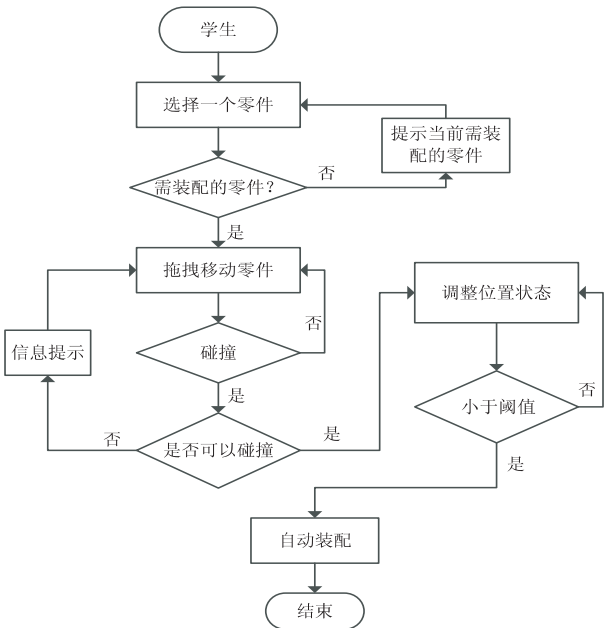


图 2 手动装配

当学生组装仪器时,用鼠标拖拽移动当前零件,与另一个零件发生碰撞,检测两者是否在装配组对中,若

不是可装配的零件组,将弹出一个警告信息提示两个零件不能组装在一起。若两个零件是可装配的,将引导学生拖拽零件调整位置及状态,如果相对偏差小于阈值,突出待装配零件并自动调整其位置状态,完成该零件的装配过程。

### 1.3 装配方法

自底向上 (Bottom-Up) 方法,是一个合乎逻辑并常用的方法<sup>[14]</sup>。独立创建各个零件部分,导入到装配系统中,按照设计要求,依据装配约束确定零件位置并调整方向,这个方法易于实现并符合思维理解。用户需依据零件之间的相互约束条件,按照一个正确的顺序对零件进行组装,装配从基础零件开始,这个基础零件通常是固定的。每个零件装配时,根据基础零件或已装配的部分调整位置和方向。

### 1.4 装配路径

装配路径是零件在虚拟装配环境中的运动轨迹。在虚拟的三维环境中,装配路径是指从初始 PAM 到最终 PAM 的变化过程。手动组装过程中,学生拖拽零件,通过碰撞检测调整位置和状态。当装配过程完成,装配路径自动生成。

将该装配路径存储在动画文件中,用来重现仪器装配操作过程,这对于学习过程及评价模块是非常重要的。学生可以通过观看自动装配动画来了解实验仪器的基本知识和组装步骤。

## 2 系统设计及实现

以一个实验天平为例,来讨论实现上文介绍的装配建模。天平在中学物理实验教学中是个相对复杂的实验仪器,若操作不当极易损坏。该系统由 Delta3D 游戏引擎创建并控制,模型可由三维软件创建并导出为引擎可用的 ive 格式,见图 3。

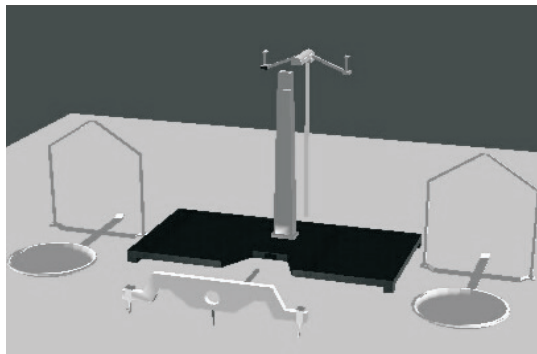


图 3 天平装配前的零件

在大多数装配系统中,碰撞检测不向用户提供关于如何改变位置和状态的反馈<sup>[15]</sup>,而基于游戏消息机制的 Delta3D 引擎,更容易处理碰撞信息及响应。根据实验教学特点,E-learning 系统包含装配模块、重现装配模块及实验仿真模块。在系统中为导入的三维模

型添加约束和条件,进行装配。E-learning 系统框架如图 4 所示。

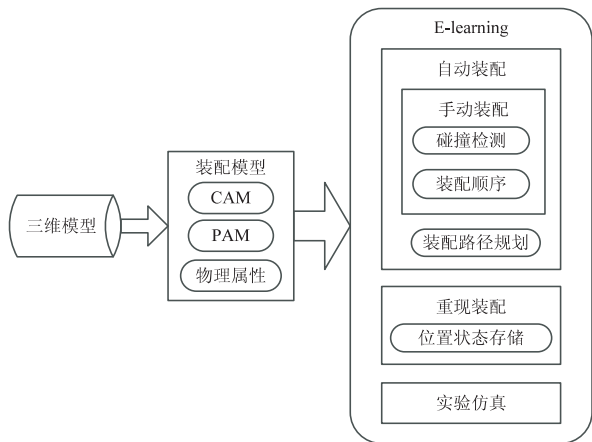


图 4 E-learning 系统框架

装配过程中,拖拽零件,并依据零件之间的约束关系,进行有限的碰撞检测和碰撞响应。碰撞检测的目的是检测碰撞对象、碰撞位置并报告碰撞信息,当发生碰撞时,设置正确的碰撞响应来实现装配。在这个虚拟装配系统中,发生碰撞后只需要停止遍历就会消除碰撞干扰。目前,碰撞检测是用于检测虚拟环境中零件是否装配到位的最常见的方法。如图 5 所示,支架装配到底座上,调整支架位置及状态,实时碰撞检测,若碰撞位置与最终 PAM 的偏差小于阈值,调整支架并自动组装。

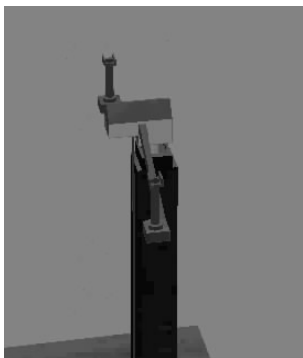


图 5 组装两个零件

每个零件可以根据自己的特点设置物理参数,并利用 Open Dynamics Engine (ODE) 进行虚拟仿真的实现和控制。当静态模型进行装配时,动力学开关打开,模型具有物理属性。在 E-learning 系统中,天平仿真的目的是学习如何称量物体的重量,重点是要天平的指针偏转及称量物体时保持平衡。根据天平的原理,在需要的零件之间设置特殊的连接方式。例如在齿轮和标尺之间设置 Joint 链接,这是在 ODE 中连接两物体的一种关系,这样两个物体间有固定的位置和相互作用,在有外力的作用时,齿轮和标尺的位置会发生偏转。称量物体时,若物体和砝码质量相同,天平将保持平衡。天平的仿真现象如图 6 所示。

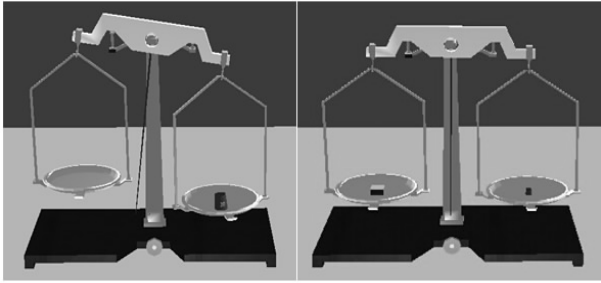


图 6 天平的仿真

3 结束语

与工业虚拟装配系统相比,文中给出的装配过程是一个轻量级,特别适合于 E-learning 系统。文中的方法是在系统中将三维模型作为独立对象添加约束并进行操作,不依赖于特定的三维模型格式及模型约束条件,克服了工业领域虚拟装配模型的依赖性和难重用性,更易于扩展到不同的虚拟环境。

未来的工作主要在于两个方面。第一是继续完善天平仿真,实现准确的物理实验过程,例如移动平衡游码得到准确的质量。第二是开发更广泛的组装方法来支持其他对象,如电缆。


参考文献:

[1] Yang R D,Fan X M,Wu D L,et al. Virtual assembly technologies based on constraint and DOF analysis[J]. Robotics & Computer-integrated Manufacturing,2007,23:447-456.  
[2] 姚丽丽. 虚拟装配培训系统的研究与实现[D]. 济南:山东大学,2010.  
[3] 吴战杰. 大数据时代 E-learning 融合式学习框架—学习的规模效益与个性化的实现途径[J]. 开放教育研究,2013,

(上接第 181 页)

[3] Zhang Yingchao, Zou Liping, Liu Jia. Simulation of snow effects in visual simulation of virtual campus based on OSG [C]//Proc of 2011 international conference on multimedia technology. [s. l. ]:[s. n. ],2011:3658-3662.  
[4] 郭明明. 地下矿山开采工程虚拟现实仿真与应用研究[D]. 长沙:中南大学,2009.  
[5] Chen Shineng,Xu Limei,Li Hui. Research on 3D modeling in scene simulation based on creator and 3dsmax [C]//Proceedings of the IEEE international conference on mechatronics & automation. Niagara Falls, Canada:IEEE,2005:1736-1740.  
[6] Al-Hussein M,Niaz A M,Yu Haito,et al. Integrating 3D visualization and simulation for tower crane operations on construction sites[J]. Automation in Construction,2006,15(5):554-562.  
[7] 许 志,唐 硕,闫晓东. 装配式实时飞行视景仿真平台研究[J]. 计算机工程与设计,2005,26(12):3298-3300.

19(4):53-59.  
[4] 杨美霞. 基于虚拟现实技术的网络虚拟实验室设计与实现[J]. 现代计算机,2011(1):129-131.  
[5] 夏平均,姚英学. 虚拟装配的研究综述与分析(II)[J]. 哈尔滨工业大学学报,2008,40(6):942-947.  
[6] 李长春. 机械产品虚拟装配信息建模的研究[D]. 苏州:苏州大学,2004.  
[7] Gupta S K,Paredis C J J,Sinha R,et al. Intelligent assembly modeling and simulation[R]. Pittsburgh:Carnegie Mellon University,2005  
[8] 王登科. 针对虚拟装配的碰撞检测技术研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2012.  
[9] 杨润党,武殿梁,范秀敏,等. 基于约束的虚拟装配技术研究[J]. 计算机集成制造系统,2006,12(3):413-419.  
[10] Zhong Y M,Ma W Y. Incorporating constraints into a virtual reality environment for intuitive and precise solid modelling [C]//Proc of 6th international conference on information visualization. [s. l. ]:[s. n. ],2002.  
[11] Zhao H, Zhang Q,Zhu C,et al. Design of virtual assembly operation evaluation system based on EON platform [C]//Proc of ACSA. [s. l. ]:[s. n. ],2012:295-301.  
[12] Deshmukh A,Banerjee A,Gupta S. Content based assembly search a step towards assembly reuse [J]. Computer-aided Design,2008,40(2):244-261.  
[13] 崔 进. 船体分段装配顺序自动生成研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2013.  
[14] 段晓坤,吴 波,赵秀林. 虚拟装配中的混合设计建模方法研究[J]. 机电工程,2012,29(9):1007-1010.  
[15] Chrysosolouris G,Mavrikios D,Fragos D,et al. A virtual reality-based experimentation environment for the verification of human-related factors in assembly processes[J]. Robotics and Computer-integrated Manufacturing,2000,16(4):267-276.  
[8] 泮斌峰,唐 硕. 可装配式飞行视景仿真系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报,2007,19(4):768-771.  
[9] 闫晓东. 基于 OSG 的飞行视景仿真平台开发[J]. 计算机仿真,2008,25(5):58-60.  
[10] 伏永明,汪云甲. 矿山三维场景漫游系统的设计与实现[J]. 现代测绘,2004,27(5):11-14.  
[11] Döllner J,Hinrichs K. A generalized scene graph [C]//Proceedings of the 2000 conference on vision modeling and visualization. Saarbrücken,Germany:[s. n. ],2000:247-254.  
[12] 罗朔锋,李雪耀,熊新平,等. 高性能面向对象场景图系统[J]. 系统仿真学报,2005,17(2):424-428.  
[13] 童恒建. 三维数字景观中场景图的组织与绘制[J]. 测绘信息与工程,2005,30(5):9-11.  
[14] Yan Guangwei, Guan Zhitao. Scene graph organization and rendering in 3D substation simulation system [C]//Proc of power and energy engineering conference. [s. l. ]:[s. n. ],2009.

作者：[孙艺萌](#)，[刘东峰](#)，[SUN Yi-meng](#)，[LIU Dong-feng](#)  
作者单位：[孙艺萌, SUN Yi-meng\(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州, 510006\)](#)，[刘东峰, LIU Dong-feng\(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州510006;洛哈特别技术大学 计算机科学与电子系, 洛哈005937\)](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2015, 25(11)

引用本文格式：[孙艺萌](#).[刘东峰](#).[SUN Yi-meng](#).[LIU Dong-feng](#) [E-learning系统中的虚拟装配设计](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(11)