

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2020.06.036

基于AR技术的三维交互式虚拟装配系统设计

阮莹

(武汉学院, 湖北 武汉 430212)

摘要: 针对传统虚拟装配系统交互匹配度偏低的问题,设计一个基于AR技术的三维交互式虚拟装配系统。选用数字图像融合机、环形投影屏幕等作为显示层系统硬件,中控系统、光学追踪器和体感控制器作为交互层系统硬件,图形工作站、视频切换器、磁盘作为数据层系统硬件构成虚拟装配系统操作平台。利用该平台选用SolidWorks软件,根据实体物品比例制作虚拟装配组件模型,搭建“虚拟手”模型并设置交互程序,对三维模型进行装配碰撞检测,实现基于AR技术的虚拟装配系统设计。实验结果表明,所设计的虚拟装配系统与传统虚拟装配系统相比,其交互匹配度提高了13.18%。由此可见,所设计的三维交互式虚拟装配系统装配操作能力更优越。

关键词: 虚拟装配系统; 三维交互; AR技术; 系统设计; 虚拟建模; 仿真实验

中图分类号: TN911.73-34; TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2020)06-0149-03

Design of 3D interactive virtual assembly system based on AR technology

RUAN Ying

(Wuhan College, Wuhan 430212, China)

Abstract: As the low interactive matching degree of traditional virtual assembly system, a 3D interactive virtual assembly system based on AR technology is designed. The digital image fusion machine, annular projection screen and so on are selected as the hardware of the display layer system, the central control system, optical tracker and somatosensory controller are used as the hardware of the interactive layer system, and the graphics workstation, video switcher and disk are used as the hardware of the data layer system to constitute the operating platform of the virtual assembly system. With the platform, the SolidWorks software is selected to make the virtual assembly component model on the basis of the proportion of physical objects, construct the "virtual hand" model and set up interactive programs. The assembly collision detection for the 3D model is conducted to realize the design of virtual assembly system based on AR technology. The experimental results show that the interactive matching degree of the designed virtual assembly system is 13.18% higher than that of the traditional virtual assembly system. It can be seen that the designed 3D interactive virtual assembly system has better assembly operation ability.

Keywords: virtual assembly system; 3D interaction; AR technology; system design; virtual modeling; simulation experiment

0 引言

随着社会的不断进步与发展,以敏捷的制造技术为基础的交互式虚拟装配系统得到了迅速发展,给各个行业的发展带来了新的技术支持。而随着各类产品的不断优化升级,对这些产品进行组件装配难度也随之提高,传统的虚拟装配系统的装配控制能力,已经不能对更加精细化的物品进行细致装配,不能满足企业的需求^[1]。因而在提升装配精度以及装配效率的基础上,设计一个基于AR技术的三维交互式虚拟装配系统,利用

该系统实现实时虚拟成像、人机交互以及数据分析,通过更加快速准确的虚拟装配,找到虚拟组件中存在问题的部分,加以改善;并且利用此系统能够进行装配程序设计,加强实体物品装配时的装配速度和准确度,提高企业生产效率,促进社会经济发展^[2]。

1 系统硬件设计

将三维交互作为设计核心,进行虚拟装配系统硬件设计。当前的虚拟装配系统主要利用虚拟装配平台,对物品进行三维立体投影、体感交互、实时检测、系统汇报等操作。因此针对虚拟装配系统设计虚拟装配平台硬件,该虚拟系统的硬件结构组成如图1所示。

收稿日期: 2019-06-03

修回日期: 2019-07-29

基金项目: 湖北省自然科学基金项目(ZRMS2018002020)

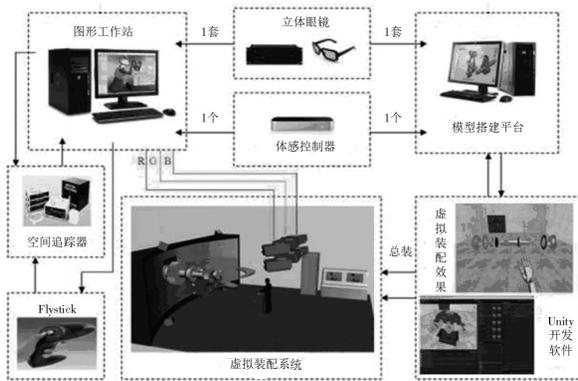


图1 虚拟装配系统硬件组成结构

此次设计的虚拟装配系统硬件主要对三层功能进行管控,分别为显示层、交互层以及数据层。显示层中的硬件主要有通道数字图像融合机、环形投影屏幕、工程投影机以及立体眼镜,该显示层的功能是显示立体的虚拟图像,操作者则利用立体眼镜对该虚拟图像进行观察,体验虚拟投影下的实验内容。交互层中的系统硬件包括中控系统、光学追踪器和体感控制器,其主要功能是实时采集操作者与虚拟物品之间的交互信息数据,例如操作者手部的点选、移动、抓取、投放等动作。而数据层中的硬件主要包括图形工作站、视频切换器、磁盘等,其功能是将交互层中采集的数据信息进行预处理,生成虚拟图像^[3]。

传统的虚拟装配系统交互层中设有鼠标键盘等设备,但随着技术的革新,所设计的虚拟装配系统硬件则选用体感交互设备图像工作站^[4]。

2 系统软件设计

2.1 制作虚拟装配组件模型

设计虚拟装配系统软件,首先进行虚拟物品组件制作,对于虚拟物品组件的制作选用SolidWorks软件进行物品三维建模;而进行虚拟物品建模时,则需要考虑实体物品的实际尺寸来设计模型的比例。因此虚拟物品模型的比例计算公式为:

$$\lambda = \lambda' \cdot \frac{\text{Det}(\mathbf{M}) - k\text{Tr}(\mathbf{M})}{\sigma} \quad (1)$$

式中: λ 表示虚拟物品的三维成像比例尺; λ' 表示被虚拟实体物品的实际比例尺; σ 表示推荐常数; \mathbf{M} 表示针对实体物品建立的矩阵; $\text{Det}(\mathbf{M})$ 表示实体物品在矩阵 \mathbf{M} 中的行列式; $\text{Tr}(\mathbf{M})$ 表示实体物品矩阵 \mathbf{M} 中的运动痕迹; k 表示响应参数。根据该成像比例尺利用SolidWorks软件进行虚拟设计,得到如图2所示的设计模型图^[5]。

从图2可以看出,根据计算得到的比例尺,对实体物品的截面进行设计得到图A,对长宽高进行计算得到

图B图C,最终生成图D中的虚拟物品模型。利用SolidWorks软件将所设计的虚拟物品模型以STL的文件格式导入到3ds MAX软件中。该软件将其转换为FBX格式再导入Unity3d软件中。Unity3d软件自动生成一个文件夹,保存3ds MAX软件编辑好的模型数据信息。用3ds MAX软件打开Unity3d软件中储存的各个虚拟部件模型,利用其渲染优化技术进行模型贴图,得到整体实物模型框架后进行模型细节优化处理,实现对虚拟装配组件的制作^[6-7]。

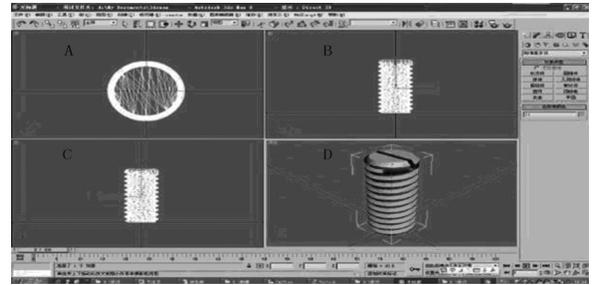


图2 设计的虚拟物品模型图

2.2 装配检测

此操作中利用虚拟手对上述制造的虚拟组件模型进行操作。设计一个基于AR技术的三维交互程序,该程序的第一步是对虚拟手进行建模,需要从几何建模和动态建模两方面入手,进行人体手部组织结构和运动特点分析,再利用三维建模软件以面向对象的方法构建虚拟手几何模型。人手实际骨骼和建立的手部模型如图3所示^[8]。

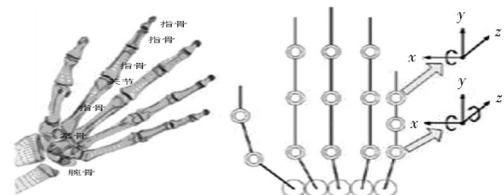


图3 依据人手构建的骨骼模型

根据控制虚拟手的运动自由度,计算模型手的运动轨迹为:

$$d = P(a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n) \quad (2)$$

式中: d 表示手模型的运动轨迹; t 表示手模型的运动位姿参数; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ 表示手模型的运动路径位移参数^[9]。

根据手指运动自由度进行模型搭建,以每一关节点作为运动中心,设置 x 为横轴进行伸屈运动设计, y 为纵轴进行收放运动设计, z 为垂轴进行旋转运动设计。令每一个小骨骼模型以关节点为原点,沿着上述3个数轴进行运动设计得到虚拟手模型。利用3ds MAX软件多变形建模构建比例为1:1的虚拟手模型,模仿真实人手

在装配过程中的运动轨迹^[10]。对环形投影屏幕上的基于AR技术的三维虚拟图形进行碰撞检测,如图4所示。

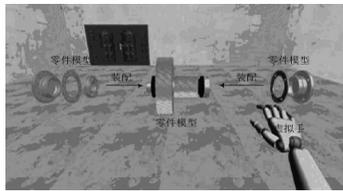


图4 虚拟装配系统三维交互式装配检测

3 仿真实验

为了检验所设计的虚拟装配系统的可视化过程仿真、三维结构动态装配演示以及交互匹配能力,利用三维仿真软件Virtools进行仿真实验。将所设计的虚拟装配系统与传统的虚拟装配系统进行对比,得出实验结果并进行数据分析。

3.1 实验准备

将进行数据对比的零部件信息储存在Virtools数据库中,形成直观的数据储存结构,对该结构中的数据进行获取、储存、删改以及匹配,以此作为虚拟装配系统仿真实验的基础。设置仿真实验平台中的Virtools软件参数,如表1所示。

表1 Virtools软件参数设置

关键组件	功能设置
图形化用户界面	可视化编辑
VSL脚本语言	Debug 调试监测脚本断点、变量、数值
行为引擎	运行内置/自定义脚本
渲染引擎	显示图形图像可编程定点像素着色 支持三维模型对象和动作
软件开发工具	创建应用程序
网络服务器	数据库整合、多人联机、数据串流
物理属性模块	制作三维演示场景
人工智能模块	设定属性
沉浸式平台	虚拟现实体验、提供方案

在上述参数设置完毕基础上,建立信息匹配模型,该模型的各项属性如表2所示。实验平台设置完毕后,将两种虚拟装配系统安装到实验平台中,开始进行实验。将所设计的装配系统操作作为实验组,将传统系统测试作为参照组,对测试结果进行分析。

3.2 结果分析

利用设计的实验平台,分别运行两种虚拟装配系统,对实体物品进行模型搭建、虚拟装配,得到如图5、图6所示的操作页面。

表2 装配信息及其属性

装配信息	属性
组件	组件ID、组件名称、组件数量、组件位姿、 组材质、组件性能
配合关系	配合ID、配合名称、配合对应关系
装配序列	装配序列ID、装配序列描述
装配路径	装配路径ID、路径数据参数

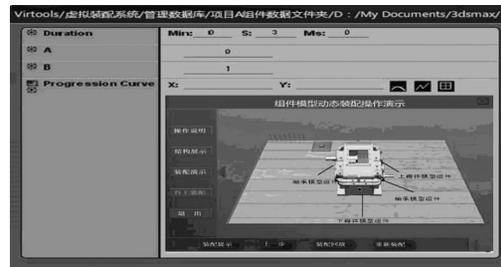


图5 实验组虚拟装配系统操作示意图



图6 对照组虚拟装配系统操作示意图

根据操作示意图可知,该组件模型共包含64个单独的零件模型。将这些单个零件模型进行组件装配,实验组的虚拟装配系统操作顺利,装配程序连贯,可看出其可视化过程仿真、三维结构动态装配演示以及交互匹配能力较强;而传统系统操作下的对照组操作中,由于三维减速器组件搭建不合理,导致组件模型之间发生干扰,零件装配不到位导致装配失败。为了更直观地得到分析结果,对两种系统操作的交互匹配能力进行统计,如表3所示。

表3 交互匹配能力实验结果

实验系统	交互匹配能力 /%
所设计的虚拟匹配系统	99.5
传统虚拟匹配系统	86.32

根据计算,在64个单独零件模型装配过程中,所设计的装配系统将64个零件模型装配完成,建立了完整的物品虚拟模型;而传统的虚拟装配系统在装配第51个零件模型时发生模型不匹配。经计算,所设计的系统交互匹配度比传统系统高出13.18%。

取系统,在系统硬件的芯片设计中,对芯片中集成的处理器硬核与SoC组件进行连接设计,对高清晰度多媒体接口与连接器的管脚进行分配,完成了系统的硬件设计。在此基础上,在系统的软件设计中安装交叉编译工具链,将内核文件进行编译,引入Sobel算法,完成地貌影响下城镇景观空间分布特征提取系统的设计。对比实验证明,设计的地貌影响下城镇景观空间分布特征提取系统得到的空间分布特征直方图与原空间分布特征直方图的相似度为99.8%,比传统特征提取系统的相似度高出23.5%,验证了设计的地貌影响下城镇景观空间分布特征提取系统的可靠性。

参 考 文 献

- [1] 虞春隆,党纤纤.基于“塬-沟”相间地貌景观的城镇空间分布特征、形成机制和发展模式研究:以泾河流域为例[J].建筑与文化,2017,45(12):91-93.
- [2] 郭庆胜,魏智威,王勇,等.特征分类与邻近图相结合的建筑物群空间分布特征提取方法[J].测绘学报,2017,46(5):631-638.
- [3] 谭学玲,闫庆武,李晶晶,等.盘县农村居民点空间分布特征及其地形地貌影响因素分析[J].长江流域资源与环境,2017,26(12):2083-2090.
- [4] 杨光焰,刘恺希,仇静.渭北高原台塬地貌特征下乡土景观旅游规划设计策略:以三原县绿川农业园为例[J].中国园林,2018,63(1):15-18.
- [5] 王乾,王聪.基于确定学习理论和Lempel-Ziv复杂度的非线性系统动态特征提取[J].自动化学报,2018,44(10):86-97.
- [6] 陆靖滨,许丽.基于自适应特征提取的数显仪表识别系统[J].现代电子技术,2017,40(24):155-158.
- [7] 马国鑫,韩豫,陆建飞,等.基于无人机的施工扬尘污染源自动监测系统设计与实现[J].中国环境监测,2018,6(1):151-156.
- [8] 赵娟,陈斌,李永战,等.复杂背景噪声下风机叶片裂纹故障声学特征提取方法[J].北京邮电大学学报,2017,40(5):117-122.
- [9] 王兴念,张维,许光,等.基于配电自动化主站的单相接地故障定位系统设计与应用[J].电力系统保护与控制,2018,46(21):166-173.
- [10] 于嘉.基于特征提取的北方乡村景观建筑物层次化布局研究[J].科技通报,2019,35(1):147-150.

作者简介:马佳博(1983—),女,辽宁沈阳人,硕士,讲师,研究方向为计算机应用、产品设计。

(上接第151页)

4 结 语

本文设计基于AR技术的虚拟装配系统。通过该系统强化组件之间的尺寸契合度,提升实际物品的装配速度,满足市场需求的同时提高企业经济效益。当前的系统设计还不够完善,今后还要着重技术革新,进一步提升装配效率。

参 考 文 献

- [1] 文怀兴,黄正祥.基于Virtools并联机床虚拟装配系统的研究[J].制造技术与机床,2017,12(9):91-94.
- [2] 刘然,范秀敏,尹旭悦,等.AR辅助装配中基体及零件位姿组合估计方法[J].机械设计与研究,2018,34(6):127-133.
- [3] 来孝楠,杨兆建,谢嘉成,等.面向多平台的矿山机械零部件数字化设计与虚拟装配系统[J].矿业研究与开发,2018,36(2):84-88.
- [4] 张海月,司占军.MakerBot3D打印机虚拟装配系统的设计与实现[J].包装工程,2017,75(9):255-258.
- [5] 文怀兴,岳瑞芳,杜晨振.基于EON的机器人虚拟装配系统的研究[J].组合机床与自动化加工技术,2019(1):143-145.
- [6] 鲍劲松,李志强,项前,等.半实物虚拟装配的建模、演化与应用[J].机械工程学报,2018,54(11):447-449.
- [7] 万隆君,涂婉丽,徐轶群,等.基于VR技术的船舶管路装配虚拟仿真系统设计[J].中国造船,2017,58(1):186-192.
- [8] 余日季,蔡敏,蒋帅.基于移动终端和AR技术的博物馆文化教育体验系统的设计与应用研究[J].中国电化教育,2017(3):31-35.
- [9] 曾瑞,罗亚泓.基于AR技术的高校嵌入式图书馆导览系统设计[J].图书情报工作,2018,62(20):57-64.
- [10] 王聪,苑迎,彭三城,等.基于拓扑预配置的公平虚拟网络映射算法[J].计算机研究与发展,2017,54(1):212-220.

作者简介:阮莹(1984—),女,湖北人,硕士,讲师,研究方向为视觉设计、AR人工智能。