

虚实融合的机械制图实验教学系统设计与实现

张天宇, 张俊*, 韦江帆

浙大城市学院工程学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年1月4日; 录用日期: 2022年2月15日; 发布日期: 2022年2月22日

摘要

增强现实技术凭借其交互性、沉浸性将人与虚拟环境无缝融合, 在高校各专业的实践教学环节中应用越来越广泛。利用增强现实开发引擎Vuforia和虚拟技术开发平台Unity3D, 以工程图学典型图例为基础开发了一套应用于工程图学的实践教学辅助系统。使用者通过智能手机扫描二维图样, 在屏幕上实时呈现三维模型并进行结构分析和交互式操作, 辅助教师完成学生读图能力的强化, 促进虚拟技术与工程图学教学的深度融合, 激发学生学习兴趣, 提高课程质量和教学的生动性。

关键词

Unity3D, 教学辅助系统, 增强现实, 机械制图

Design and Realization of the Experimental Teaching System of Mechanical Graphics Based on Combining Virtual and Reality

Tianyu Zhang, Jun Zhang*, Jiangfan Wei

School of Engineering, Zhejiang University City College, Hangzhou Zhejiang

Received: Jan. 4th, 2022; accepted: Feb. 15th, 2022; published: Feb. 22nd, 2022

Abstract

Augmented reality technology, by virtue of its interaction and immersion, seamlessly integrates human and virtual environment, and has been applied more and more widely in practical teaching of various majors in colleges and universities. Using Vuforia, an augmented reality development engine, and Unity3D, a virtual technology development platform, a set of practical teaching assistant system applied to engineering graphics was developed based on typical illustrations of engi-

*通讯作者。

neering graphics. Users can scan 2D patterns to present 3D models in real time on the mobile phone screen, and complete structural analysis and interactive operations. This system can assist teachers to strengthen students' ability about reading graphic, accelerate the fusion about virtual technology and engineering graphics teaching, stimulate interest in learning and develop the quality and vitality of education.

Keywords

Unity3D, Teaching Aid System, Augmented Reality, Mechanical Graphics

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

增强现实(Augmented Reality), 简称 AR, 是一种借助三维显示技术、交互技术、多种传感技术、计算机视觉技术以及多媒体技术把计算机生成的二维或三维的虚拟信息融合到用户所要体验的真实环境的一种新技术。与虚拟现实相反, 增强现实是对真实世界的加强, 将合成的感觉信息融合进用户对真实世界的感知中, 实现人与虚拟环境的无缝融合[1]。

国内外将增强现实技术运用于教育教学等方面已经做了一定程度的研究。马莉等构建了虚实结合的增强现实外语教学环境, 提出了增强现实在外语教学中的具体实践方法。陈泽婵等基于 Unity3D, 利用自主研发的增强现实跟踪注册程序搭建了移动增强现实光学实验平台, 为本系统增强现实功能的实现提供了一种方法参考[2]。赵阳等基于增强现实开发了虚实结合的汽车发动机仿真装配系统[3]。王雨等基于 Unity3D, 利用增强现实引擎的标志物识别功能, 开发了参数化的曲柄滑块运动机构, 为本系统开发模式提供了方案借鉴[4]。NAFISAT 等将增强现实应用于地理课堂, 得出了增强现实有助于提高学生学习成绩的结论[5]。OH 等提出基于增强现实的船舶设计图纸可视化系统, 通过识别二维船舶图纸展现三维船舶模型, 帮助人们进行设计沟通, 大大提高了设计效率[6]。

随着计算机技术和信息技术的发展, 采用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等新技术应用于教学, 逐渐成为高校教学改革的一个重要方向。工程图学是工科学生必修的专业基础课, 旨在培养学生绘图读图能力。在传统的教学实践中, 主要以实体零件展示、三维软件建模和多媒体视频播放的形式加强学生的读图能力。本文基于 AR 技术, 利用增强现实引擎 Vuforia 和系统开发平台 Unity, 开发了一种工程图学教学辅助系统。该系统可以让学生在课堂上借助智能手机便捷地查看三视图的立体模型, 提高了教学效率、课程质量和教学生动性, 促进虚拟技术与工程图学教育深度融合, 同时锻炼了学生的自学能力和实践能力。

2. 系统框架和功能设计

基于增强现实技术, 开发具有沉浸性交互性的工程图学教学辅助系统。使用者利用智能手机的摄像头扫描二维图纸, 能够虚实结合的展示模型, 并能够以等多种方式对模型进行交互操作。具体功能模块如图 1 所示。

其中, 本系统具备的具体功能有:

- ① 快速识别图样并生成三维模型;
- ② 可以用滑动屏幕、旋转手机的方式对模型进行缩放旋转操作;
- ③ 能够展示零件剖面图;
- ④ 能够显示零件信息;
- ⑤ 登录及退出功能。

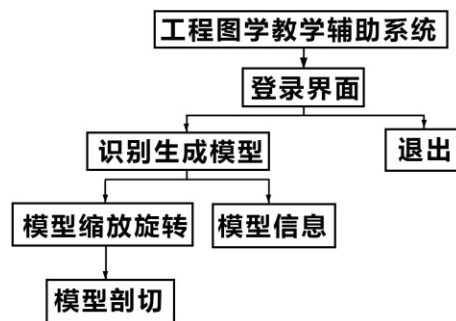


Figure 1. Framework of system function

图 1. 系统功能框架

在课前预习阶段，使用本系统可提前查看相关课程模型三维立体视图及剖视图，方便相关知识点的理解。

在课堂教学阶段，可实时查看课程重难点相关的模型信息及各视图，提高教学效率和教学质量，提升学生学习兴趣，加深学生对知识点的理解。

在课后复习阶段，将二维图样和三维模型再次联系起来，通过虚实结合复习加深记忆，提高课程复习效果。

3. 开发平台选择

系统开发平台选用专业的 AR、VR 开发软件 Unity3D，其拥有良好的跨平台性和兼容性。为将本系统应用于 Android 手机平台，选择 Android NDK 作为 Android 和 Unity3D 之间的数据通信。增强现实引擎选用 Vuforia，无缝对接 Unity3D 开发环境。三维建模软件选择 Solidworks，模型优化软件选用 3dsMAX。具体开发平台和工具及其功能如表 1 所示。

Table 1. Development platform and tools

表 1. 开发平台及工具

| 开发平台及工具 | 功能 |
|-------------|--------|
| Unity3D | 系统开发平台 |
| Vuforia | 增强现实引擎 |
| Solidworks | 建立模型 |
| 3dsMax | 优化模型 |
| C# | 脚本编写语言 |
| Android NDK | 数据通信 |

4. 系统开发和实现

4.1. 开发流程

本系统主要在 Unity3D 中进行开发。首先通过 Solidworks 建立模型，通过 3dsMAX 优化后导入 Unity3D。其次将预先采集二维图样导入增强现实引擎 Vuforia 以 package 的形式与 Unity3D 对接。最后在 Unity3D 中搭建增强现实环境并用 C#脚本完善交互功能，在 Android 平台发布系统。具体开发流程如图 2 所示。

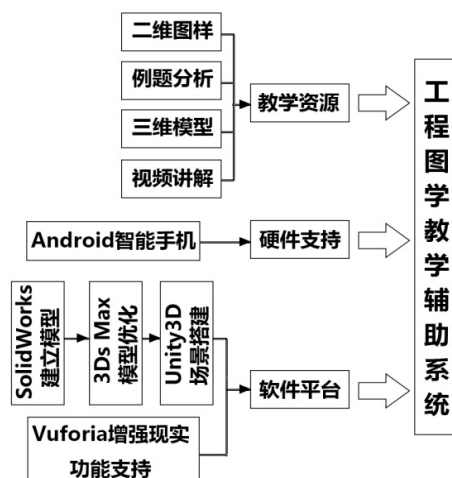


Figure 2. System development process

图 2. 系统开发流程

4.2. 增强现实功能的实现

4.2.1. 增强现实功能运行框架

增强现实运行框架如下：首先，通过摄像头获取一张照片，进行灰度化等预处理和特征点提取；其次，将图片的特征数据与数据库中的数据信息进行对比，如果判断为匹配成功，将从数据库中提取对应的三维模型；最后，计算三维模型大小和角度，虚实结合的显示在手机屏幕上。具体框架如图 3 所示。

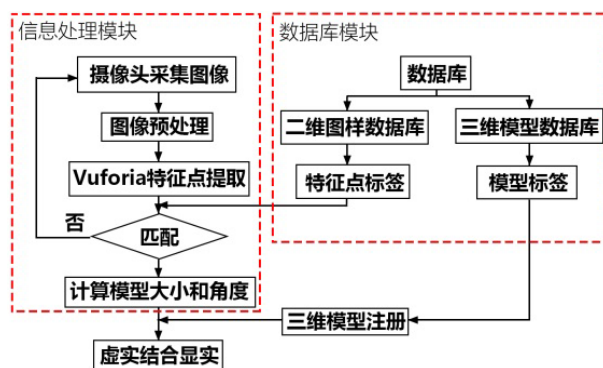


Figure 3. Framework of augmented reality operation

图 3. 增强现实运行框架

4.2.2. 三维模型构建和二维图样采集

为了实现增强现实功能，需要预先构建三维模型和采集二维图样。

三维模型使用 Solidworks 建模软件建立，并以 STEP 格式导入 3dsMAX 优化，减少构建曲面的三角面个数，最后以 .MAX 或 .FBX 格式导入 Unity3D。

二维图样采集使用手机摄像头拍摄采集。为了保证提取较多特征点，需要保证图像尺寸及分辨率合适。

4.2.3. 数据库搭建及三维注册

如图 3 所示，完成三维模型的构建及二维图样的采集后，需要建立相应二维图样数据库，而后将二维图样数据库与三维模型相关联从而完成三维模型的注册。访问 Vuforia 官网可在线建立多图样数据库，如图 4 所示。

| Target Name | Type | Rating | Status | Date Modified |
|-------------|--------------|--------|--------|--------------------|
| xgx2 | Single Image | ★★★★★ | Active | Jun 20, 2020 22:56 |
| xgx1 | Single Image | ★★★★★ | Active | Jun 20, 2020 22:54 |
| xgx3 | Single Image | ★★★★★ | Active | Jun 20, 2020 22:53 |
| XGX4 | Single Image | ★★★★★ | Active | Jun 20, 2020 22:49 |
| xgx5 | Single Image | ★★★★★ | Active | Jun 20, 2020 22:45 |

Figure 4. Two-dimensional pattern database

图 4. 二维图样数据库

三维模型注册技术是通过摄像头对实际场景中标识物的位姿进行感知，从而建立虚拟与现实环境坐标系之间的映射关系。本实例运用 Vuforia 增强现实软件开发包实现特征点的标识与提取，其通过对二维图样的识别，标记出用于识别的特征点。提取的特征点如图 5 所示。

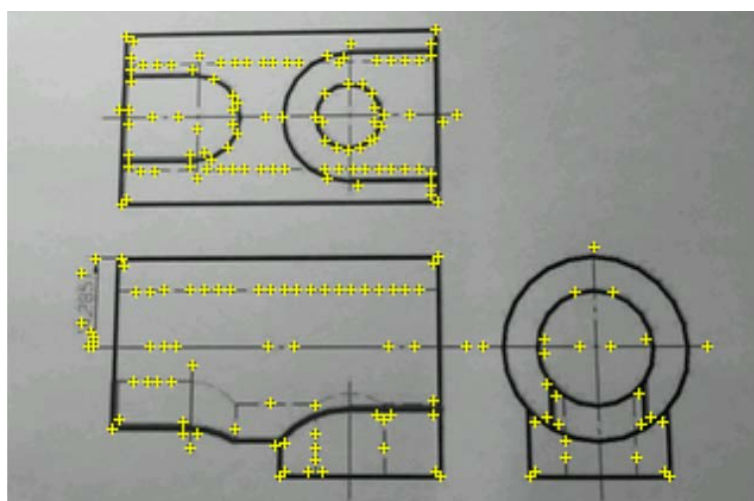


Figure 5. Feature point extraction

图 5. 特征点提取

4.2.4. 增强现实场景搭建

完成数据库的创建后，下载数据库以 package 的形式导入 Unity3D。在层级页面创建 AR Camera，并添加数据库的使用许可。最后，在层级页面创建 ImageTarget，并将对应的三维模型挂载其下，调整模型大小、坐标、角度即可实现增强现实功能。具体流程和效果图如图 6 所示。

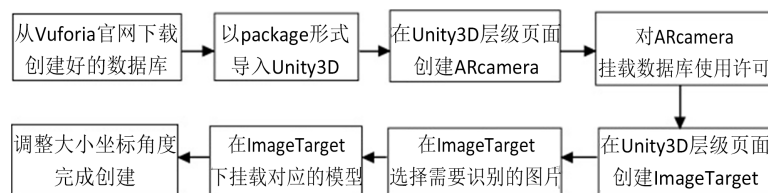


Figure 6. Process for setting up augmented reality scenarios

图 6. 增强现实场景搭建流程

4.2.5. 自动对焦功能实现

作为增强现实功能引擎，Vuforia 会自动完成信息处理模块的功能。实际测试中发现系统存在摄像头采集到的画面模糊，影响识别速度和精度。经过分析发现摄像头焦距始终固定。通过 C#语言编写了脚本

调用相关接口，将脚本挂载在 AR Camera 下实现摄像头自动对焦，解决画面模糊的问题。

4.2.6. 模型缩放旋转功能实现

在完成增强现实功能的制作后，增强现实引擎 Vuforia 会根据图纸和摄像机的相对位置自动计算模型大小和角度。使用者可以通过移动手机，或者旋转图纸来对模型进行缩放旋转，虚实结合，具有较高的沉浸体验。

除此交互方式之外，使用者还应通过滑动屏幕来控制模型，使交互方式多样化。用 C#编写脚本，并挂载到对应模型下，即可实现滑动屏幕控制模型。其基本实现流程如图 7 所示。

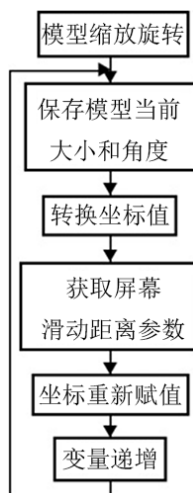


Figure 7. Model scaling rotation process
图 7. 模型缩放旋转流程

4.2.7. 零件剖面展示功能实现

Unity 具有强大的场景切换功能。配合按钮 GUI，可以实现按下按钮，切换到剖面场景，借助 Vuforia 扫描二维图样生成虚实结合的被剖切后的零件。在层级页面创建按钮，对按钮 GUI 挂载脚本即可实现。关键部分代码如下。

```

void Start () {
    this.GetComponent<Button>().onClick.AddListener(OnClick);
}
void OnClick(){
    SceneManager.LoadScene("剖面图");
}
  
```

4.2.8. 模型材质添加

3dsMAX 拥有较强的材质制作能力，但导入 Unity3D 时会出现材质丢失情况。Unity3D 本身拥有材质制作功能，且实现效果较好。通过预先准备材质图片，在资源库 Assets 中创建材质球 Material，并将图片应用于材质球的 Albedo 属性，可完成材质球的设置。将材质球挂载于各模型下，即可将模型贴上该种材质。具体流程如图 8 所示。

4.2.9. 模型信息讲解功能的实现

模型讲解功能是整合了例题分析，视频讲解的重要功能模块。Unity3D 的 2D 功能主要通过调整摄像

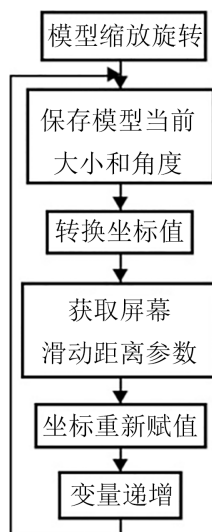


Figure 8. Model material adding process
图 8. 模型材质添加流程

头视角，展示三维模型的一个面来实现。通过点击按钮控件，将场景切换到对应模型的模型信息讲解场景，即可实现相应功能。

4.3. 登录界面制作及系统发布

登录界面应包含账号密码输入文本框，以及登录按钮。当按下按钮时，将账号和密码上传到服务器进行比对。如果匹配成功，将进入本系统。

当系统制作完毕后，可以在 Android 平台上发布。在 Unity3D 中设置好 NDK, SDK, JDK 开发工具包的启动路径，调试好开发环境。完成调试后，可通过单击 Build 的方式生成 apk 安装包，完成系统的发布。

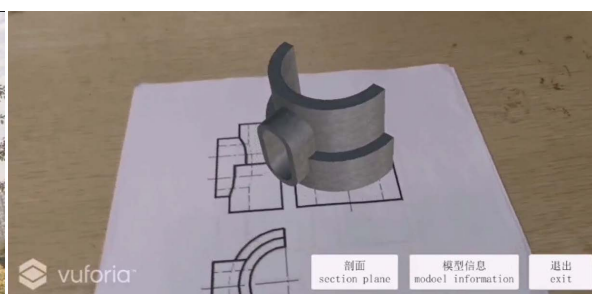
5. 系统功能测试及使用反馈

整个系统功能测试流程如下：将发布后的 apk 安装至 Android 系统；点击打开程序进入登录界面(图 9(a))；利用摄像头采集并捕捉二维图样特征，在屏幕中生成相对应的三维零件模型并实时追踪和更新(图 9(b))，转动手机或二维图样，或将手机拉近拉远，三维零件都会随之实时更新其位置、角度和大小，虚实融合，充分体现了虚拟技术的沉浸性；通过手指组合滑动屏幕的方式可完成模型缩放等交互功能(图 9(c))；点击剖切按钮可以直接查看模型的剖面图(图 9(d))；单击模型信息功能按钮可以查看该模型相应的所有教学资料(图 9(e))。

最后，通过调查问卷的形式对课程学生进行随机抽样调查。结果显示，93%的学生认为本系统对提高课堂教学质量有帮助，还可以增加学习积极性，能显著提高工程图学的学习效果。



(a) 系统登录界面



(b) AR 虚实融合效果展示

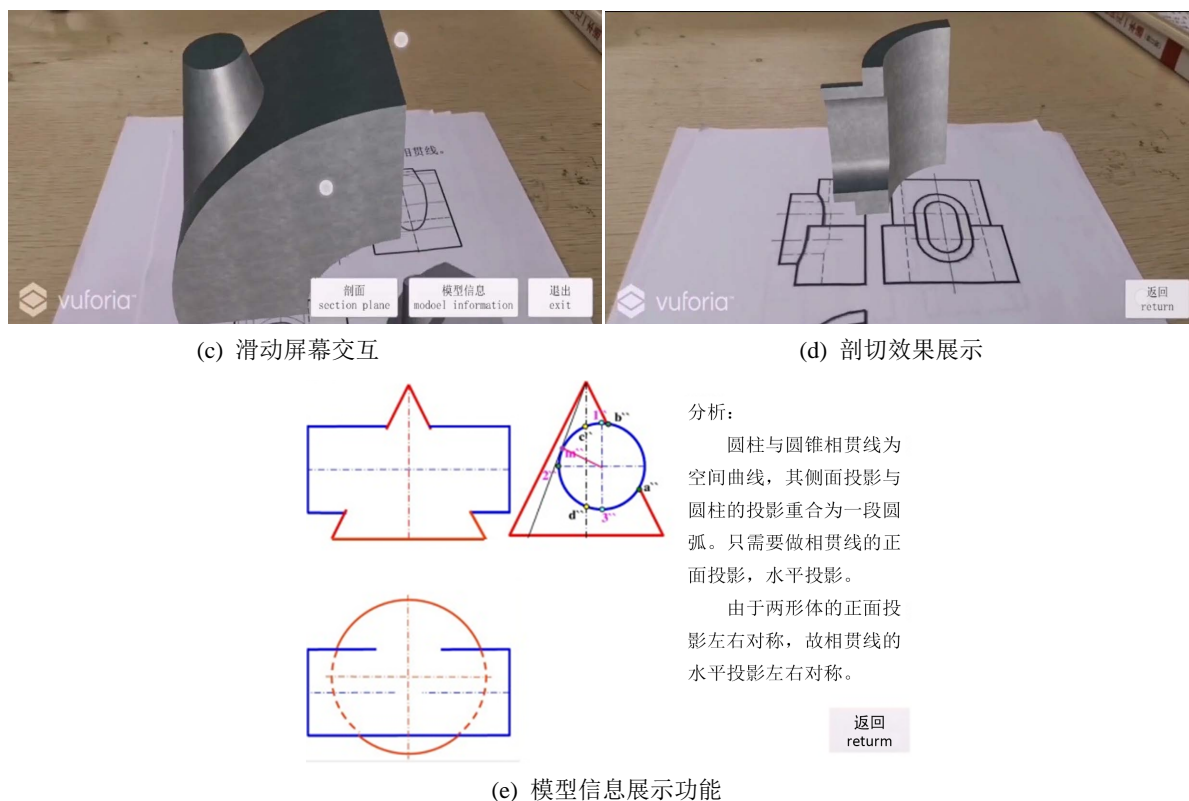


Figure 9. System function test effect

图 9. 系统功能测试效果图

6. 结语

在增强现实技术应用逐渐广泛的前提下, 基于 Unity3D 和 Vuforia 开发工程图学的教学辅助系统, 将二维图纸与三维关联, 增强现实与传统教学相融合, 在提高工程图学课程的学习效率及效果的同时, 有力推动了基于虚拟技术及互联网+的教学改革。目前系统可实现扫描二维图样自动展示三维模型、模型手动旋转缩放、剖面展示、模型信息展示等功能。下一步工作计划利用云端功能将系统与云端服务器相关联, 将二维图样和三维模型置于云端, 实现模型及更多课程的无限扩容, 完成场景虚实融合进一步优化。

基金项目

国家级创新创业训练计划项目(202113021016, 202113021021); 浙江省教育科学规划课题(2022SCG222); 浙江省高等教育学会课题(KT2021162)。

参考文献

- [1] 蔡苏, 王沛文, 杨阳, 刘恩睿. 增强现实(AR)技术的教育应用综述[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(5): 27-40.
- [2] 陈泽婵. 基于 Unity3D 的移动增强现实光学实验平台[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京理工大学, 2015.
- [3] 赵阳. 增强现实环境下汽车发动机装配训练系统研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广东工业大学, 2015.
- [4] 王雨, 王英, 王恒, 等. 基于增强现实技术的机械原理实验教学系统设计[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(11): 109-112.
- [5] Adedokun-Shittu, N.A., Ajani, A.H., Nuhu, K.M., *et al.* (2020) Augmented Reality Instructional Tool in Enhancing

Geography Learners Academic Performance and Retention in Osun State Nigeria. *Education and Information Technologies*, **25**, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10099-2>

- [6] Oh, Y.J., Park, K.W. and Kim, E.K. (2015) Efficient 3D Design Drawing Visualization Based on Mobile Augmented Reality. *17th International Conference on Advanced Communication Technology*, IEEE Press, New York, 568-573. <https://doi.org/10.1109/ICACT.2015.7224925>