

基于虚拟现实的室内仿真操作系统研究与应用

刘贤梅,石 杨,赵 娅,林 琳

(东北石油大学 计算机与信息技术学院,黑龙江 大庆 163318)

摘 要:随着人们对于居住环境要求的提高、家居设计行业的需求加大,传统的设计图纸不能让用户直观地感受到装修效果,装修效果往往不能够让用户满意。基于虚拟现实技术对室内家居仿真操作系统进行研究,设计并制作了三维家居模型,研究并制作了虚拟角色骨骼动画。系统设计过程中充分集成网格建模、Biped 骨骼关键帧技术、自动寻路检测算法、角色管理器调用、碰撞体检测技术、射线检测技术,并运用 Oracle 数据库和 SQLite 数据库对用户操作信息及模型信息进行存储。最终实现三维场景的实时漫游、背景音乐的切换、室内光影效果展示、模型的删减、模型贴图的动态更换、场景截图等功能。该系统实现了友好的模拟操作接口和人机交互界面,增加了用户的沉浸感,更大程度地满足了用户的需求。

关键词:虚拟现实;室内家居;仿真操作;射线检测;自动寻路;角色管理器

中图分类号:TP37

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)01-0149-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.01.027

Research and Application of Indoor Simulation Operating System Based on Virtual Reality

LIU Xian-mei, SHI Yang, ZHAO Ya, LIN Lin

(School of Computer & Information Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: With the increasing demand for living environment and home design industry, traditional design drawings cannot let users feel the decoration effect intuitively which often cannot make users satisfied. Based on virtual reality technology, the simulation operating system of indoor home is studied, the 3d home model is designed and produced, and the skeleton animation of virtual character is studied and produced. In the process of system design, grid modeling, Biped skeleton key frame technology, automatic path-finding detection algorithm, role manager call, collision detection technology and ray detection technology are fully integrated, and the Oracle database and SQLite database are used to store user operation information and model information. Finally, it can realize real-time walkthrough of three-dimensional scene, background music switching, indoor lighting effect display, model deletion, model mapping dynamic replacement, scene screenshots. The system realizes friendly simulation operation interface and human-computer interaction interface, increases user's immersion and meets customer's needs to a greater extent.

Key words: virtual reality; home furnishing; simulation operation; X-ray detection; automatic path finding; role manager

0 引言

虚拟现实技术能够利用计算机生成较为真实的模拟环境,使用户沉浸在虚拟环境中,并通过人机接口,实现用户与虚拟环境的交互^[1]。由于目前家居设计行业的主要展示方式为二维效果图,客户只能通过静态的方式观看家居的格局与风格,装修效果往往不能使用户满意。

基于虚拟现实的室内家居仿真操作系统能为室内装修提供一种新的思路。用户可以直观地看到三维仿真装修效果^[2],并且可以通过模拟真实人物行走的方

式进行场景漫游,按照喜好修改房屋的风格,查看家具的价格、材质等信息。在设计功能时会涉及到 Biped 骨骼关键帧技术、自动寻路检测算法、角色管理器调用、碰撞体检测、射线检测等技术手段。这一系统的实现能更大程度地实现用户需求,同时也可以为房地产公司节省很多人力、物力资源。

1 系统体系结构设计

1.1 UNITY 客户端编程 MVC 逻辑框架

Unity3D 是由 Unity Technologies 开发的一个能轻

收稿日期:2019-02-13

修回日期:2019-06-19

网络出版时间:2019-09-25

基金项目:国家自然科学基金(61502094);黑龙江省自然科学基金(F2016002);东北石油大学研究生创新科研项目(YJSCX2015-033NEPU)

作者简介:刘贤梅(1968-),女,硕士,教授,研究方向为虚拟现实;石 杨(1995-),女,硕士研究生,研究方向为虚拟现实。

网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20190925.1521.034.html

松创建诸如三维视频游戏、建筑可视化、实时三维动画等类型互动内容的多平台综合型游戏开发工具,是一个全面整合的专业游戏引擎^[3]。它功能异常强大,提供了各种 API 让游戏开发者通过给游戏对象添加组件以及编写脚本的方式实现各种游戏功能,如角色动画、碰撞检测、播放音乐音效等。

该系统采用 MVC(model-view-controller)分层设计的思想,系统从下到上依次为数据层、控制层、业务层、显示层,以 B/S 结构为基础,PC 端用户使用 Oracle 数据库,移动端用户使用 SQLite 数据库对信息进行存储。控制层包括业务数据接口、逻辑控制层和数据网络服务^[4]。业务层包括前期准备、场景功能以及交互功能。前期准备包括模型设计、角色设计、家具及场景模型制作、角色模型及动画制作四个方面。场景功能包括实时漫游、场景截图、场景切换、音乐切换、人物选择和数据存储功能六个方面。系统交互功能包括:家具删除、更换家具风格和家具信息展示三个方面。显示层为 PC 端用户和移动端用户,具体效果如图 1 所示。

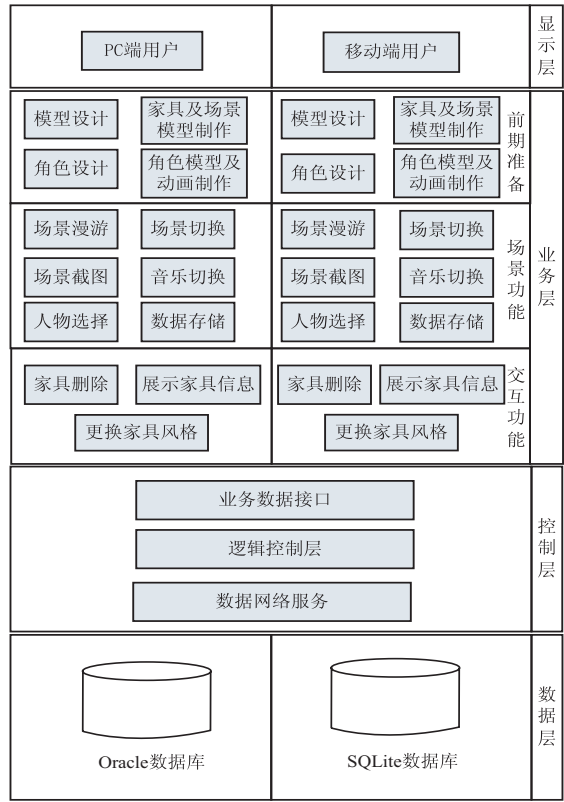


图 1 系统架构

1.2 数据存储方式

PC 端用户使用 Oracle 数据库存储信息。移动端用户使用 SQLite 数据库存储信息。场景信息的存储包括以下八个方面:场景名称、家具名称、家具价格、家具贴图、是否浏览、是否删除、退出时相机的位置以及旋转角信息等。图片信息的存储是将图片保存在项目

的路径下,在数据库中存储图片的相对路径,对于图片的调用则直接将 Oracle 数据转换成相应的图片路径。场景截图和材质更换的图片分别存放在 ScreenShots 文件夹和 Tencent 文件夹下,以实现数据的存储和读取。音乐信息的存储是将音乐以二进制流的形式存入数据库中,然后存到 Oracle 的 Blob 的字段里^[5]。

2 系统仿真模型及动画设计

建立一个虚拟现实系统的关键问题是对系统的建模与仿真。首先利用 AutoCAD 工具对场景和角色进行平面设计,然后按照设计草图利用 3D Max 软件中的布尔运算以及网格建模实现家居模型以及虚拟角色模型的建造。具体如图 2 所示。

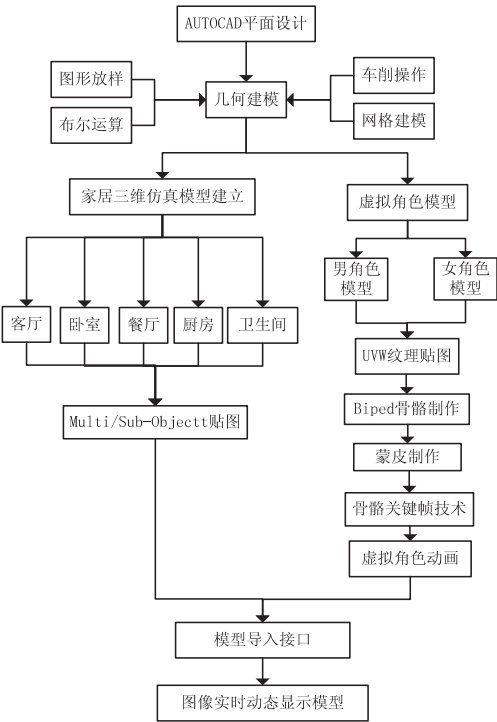


图 2 系统仿真模型结构

家居三维仿真模型的制作主要包含以下 5 类房间:客厅、卧室、餐厅、厨房、卫生间。每类房间中包含了大量家具模型,其中家具模型需要先创建基础模型,然后利用模型修改器对基础模型的形状进行改变,配合布尔运算以及二维图形的放样操作制作出家具模型,最终利用 Multi/Sub-Object(即多维/子对象材质)贴图,为不同 ID 赋予对应的材质^[6]实现总体的家居三维仿真模型的建造。

虚拟角色会增加室内浏览的真实感,此外,还可以通过自身高度和角色高度的比较,感受用户置身于房间内的视角。系统中角色的制作主要包含以下 4 方面:虚拟角色模型制作、UVW 展开贴图、Biped 骨骼匹配和基于关键帧技术的虚拟角色动画制作。首先,虚拟角色建模是利用底层三角面片建模,将面片顶点

“焊接”形成光滑的曲面,增加模型的线条、调节顶点的位置。然后利用 UVW 贴图坐标将模型的所有面按照一定的顺序分布到一张二维网格的图片上,为对应的网格赋予相应的纹理即可实现一张完整的角色材质图^[7]。接着利用基于 H-Anim 人体建模标准,采用树形结构创建角色骨骼模型^[8]。通过提取深度数据流中人体骨骼节点的坐标数据,Kinect 可以实时地获取预先定义的 20 个人体骨骼节点。为了能够实时地展示人体的运动过程,需要根据人体骨骼特征建立一个具有层次结构的铰接式虚拟角色模型,将骨骼按照人体的比例调整。利用蒙皮修改器将骨骼和模型绑定,调节角色每个骨骼关节所包含的面片数量和衰减区域即可完成模型和骨骼的匹配。最后利用关键帧技术实现场景中的角色动画,即在不同位置插入关键帧并设置骨骼形状,实现虚拟角色动画的制作。



图3 3D Max 中的角色制作效果

系统仿真模型最后利用 Unity3D 的模型导入接口,将 3D Max 文件导入到系统中,具体流程如下:首先在 3D Max 中制作并保存角色模型,常规的存储模式为 .3ds 格式,但是此模式在 Unity3D 中不能正常识别,需要先将 .3ds 格式导出为 .fbx 格式进行存储,然后在 Unity3D 工程项目中导入文件和贴图,最终实现带贴图模型文件的生成,达到图像实时动态模型的显示^[9]。

3 系统的功能设计与实现

软件设计对室内家居仿真操作系统的制作至关重要。软件设计过程中,除了要实现系统的基本功能,还要考虑系统运行的稳定性、可靠性、高效性和实时性。具体的设计流程如图 4 所示。

首先登录系统,打开默认的场景进行室内漫游,漫游方式可分为两种:第一种是以第一人称视角浏览整个房间;第二种是角色调用,选择角色后可模拟真实角色在场景中的行走状态,利用按键调用不同的角色动

画,如:行走、转身、后退、上楼梯、跳跃等。漫游场景功能包括:灯光调节、音乐切换、镜头升降、镜头旋转、镜头前进和镜头后退,在浏览的同时进行碰撞体检测,如果浏览过程中碰到家具无法前进,则会在一定时间内进行自动寻路检测,重新调整到离用户最近的、可行走的位置,提升仿真效果和漫游趣味性。在室内展示系统中,用户不只可以浏览固定的场景,还可以根据自己的喜好对模型场景进行实际操作。其中包含显示家具的价格信息、更换家具的材质、家具的选择与删除、场景截图等。用户在删除家具、更改家具风格后可以利用场景截图功能来记录效果,系统中为截图指定存储的文件夹为 ScreenShot、为图片命名为 sc_1...sc_n、规定截图的尺寸,并将图片的名称及物理路径存储到相应数据库中。最后在本场景浏览并操作完成后,用户可以选择切换到下一个场景或者完成操作并退出。

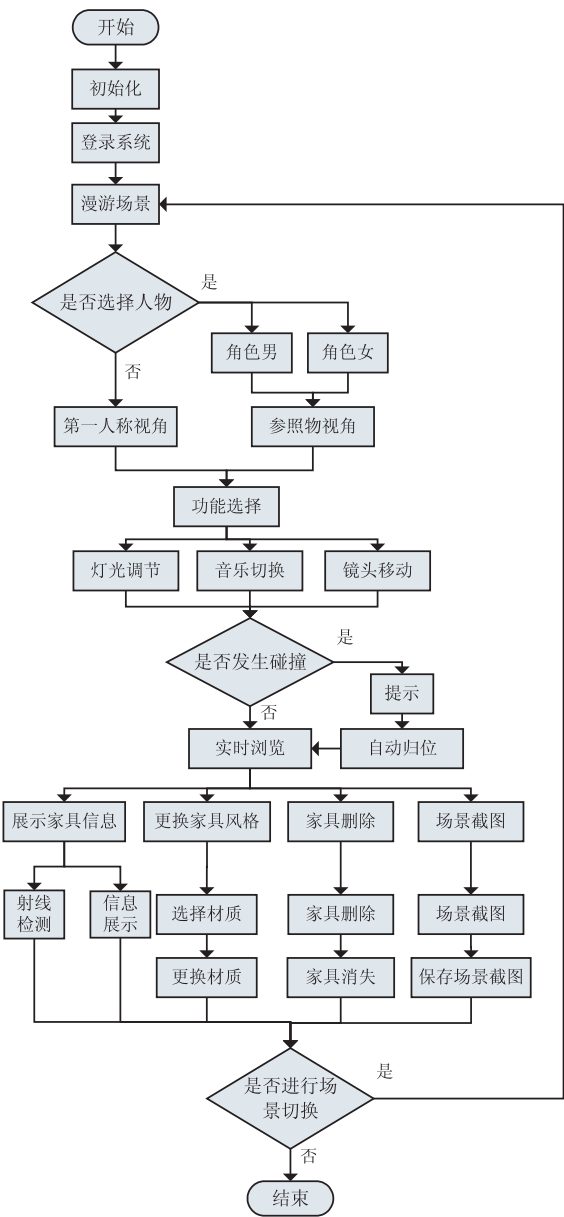


图4 系统软件设计流程

3.1 场景内光影效果对比分析

场景中设置了不同类型的光源,如:点光源、线光源和平行光源等,实现了不同灯光照射下的阴影效果^[10]。通过调节灯光的投影颜色、强度、间接照明、烘



焙阴影、阴影贴图、渲染模式等参数,对比分析真实效果下的阴影实时渲染。并对比分析了各类数据,最终选择逼真度最高的一组数据。具体对比分析效果图如图 5 所示。



图 5 灯光阴影对比效果

3.2 碰撞检测

碰撞检测是机器人、动画仿真、虚拟现实等领域中一个非常关键的问题,其基本任务是确定两个或多个物体彼此之间是否发生接触或穿透。该系统中碰撞体检测的目的是在相机或角色接触到家具时不会穿透家具,并形成碰撞效果^[11]。

Unity3D 提供了碰撞检测的 API,需要给游戏对象添加碰撞器 Collider 跟刚体 Rigid body 组件。碰撞器有各种形状,如 Box Collider、Sphere Collider、Mesh Collider 等等,该系统根据家具的形状来进行选择。其中刚体是用来描绘对象的各种物理属性,可以让家具在碰撞后严格遵照物理规则进行运动。Unity3D 内的碰撞处理的方式有两种,一种是利用碰撞器,游戏对象碰撞前后会调用碰撞函数 OnCollisionEnter/Stay/Exit,同时根据物理规则产生碰撞效果。另一种是利用触发器,即把对象身上碰撞器的 IsTrigger 属性置为 True,这种情况下仅调用碰撞函数 OnTriggerEnter/Stay/Exit,而不产生任何碰撞效果。系统开发过程中,为了保证对所有游戏对象的可控性,采用后者来处理碰撞。

3.3 角色管理器

角色对象是系统仿真中重要的组成元素,其中角色动画的调用是利用了 Animator Controller 组件,采用有限状态机对角色行为进行建模。状态机中的状态对应角色的行为,每个状态有一个与之相关的动作,并在机器处于该状态时播放,这样就使角色管理器能够定义角色动作和动画的播放顺序^[12]。对状态机添加不同状态,给每个状态添加模型动画,设置状态转换条件,点击动画与动画之间的连线可以自由切割动画状态,设置转换缓冲,利用状态之间的连线实现不同角色动画间的转换,从而实现不同的动画效果。

3.4 自动寻路算法

系统将自动寻路算法应用在角色漫游中。当用户

调用角色在场景中行走时,由于角色和家具的碰撞,导致角色可走的范围减少。为了方便用户的操作,当用户在和家具碰撞后并一定时间范围内不操作角色时,角色自动寻路,回到离该位置最近的“可操作点”。角色的自动寻路算法为 A* 算法^[13],开始节点为虚拟角色碰撞后停留的最初位置,从初始位置向四个方向进行寻路,黑色方格为障碍物,白色方格为可通行路径,最终找到一条最短的,四周都可行走的位置节点。

3.5 射线检测

系统中,当鼠标放在模型上面时,鼠标会变成图标并显示家具价格信息。此功能利用了射线检测技术。具体方法分析如下:

$$P = P_0 + T * \alpha \quad (1)$$

其中, P 表示射线上的某个点; P_0 表示射线的起点; α 表示射线的方向。 P, P_0, α 是三维矢量, $t \in [0, \infty)$, 根据上式 $t=0$ 时, P 表示起点, t 是其他数值时, P 表示射线上的其他点,由于 α 仅表示射线的方向,于是 t 就表示射线上其他点离开射线起点的距离。

假设已经定义了 3D 矢量类 Vector3D,用 C 语言描述,射线的算法为:

```
Class Ray
{
    Vector3D P; //射线的起点
    Vector3D V; //指向线的方向
};
```

设矢量 P_1 是平面上的一点,矢量 N 表示该平面的法线,这两个矢量就足够可以确定这个平面。例如给定一个点矢量 $(0,0,0)$ 和一个法矢量 $(0,1,0)$ 就唯一地定义了平面 XOZ 。任意一个平面的方程可写成:

$$N \cdot P_1 = d \quad (2)$$

其中, d 表示坐标系原点到该平面的距离。

设射线与平面相交于点 P ,则 P 必定同时满足方

程(1)和(2),解这个方程组,得:

$$t = (N \circ P - N \circ P_0) / (N \circ \alpha)$$

(3)

将式3代入式1即得到碰撞发生的位置 P_0 ,实现射线检测后提取数据库中存储的信息^[12],当鼠标放在模型上,经过射线检测后,将价格及材质信息显示出来。

3.6 音乐切换机制

在Unity3D中,播放音乐音效需要在系统场景的声源处添加 Audio Source 组件用以挂载音频源文件,在实际的游戏中往往需要在不同的时间播放不同的音效,因此需要实现一个 Audio Manager 来管理系统中的所有音乐音效的播放而非频繁得挂载音频文件。首先在 Audio Manager 中维护一个音效字典,以 Key 为标记,在管理器初始化时将所需的音频文件设置成不同的 Key 值,当需要播放音频的时候调用 Audio Manager 对应的函数同时传入所需音频的 Key。该系统中首先将10首歌曲设置成不同的Key值,然后在程序中创建一维数组 $a[i]$ ($0 \leq i \leq 9$),将音乐以数据流的方式存入数据库中,场景默认播放第一首音乐($a[0]$),判断用户是否点击按钮以及点击的是左侧按钮还是右侧按钮,如果点击左侧按钮则执行“ $i--$ ”,如果点击右侧按钮则执行“ $i++$ ”。判断 i 是否在此区间 $0 < i \leq n$ 内,如果在此区间内就更换音乐,如果不在则不做任何操作,结束循环^[14]。具体效果如图6所示。

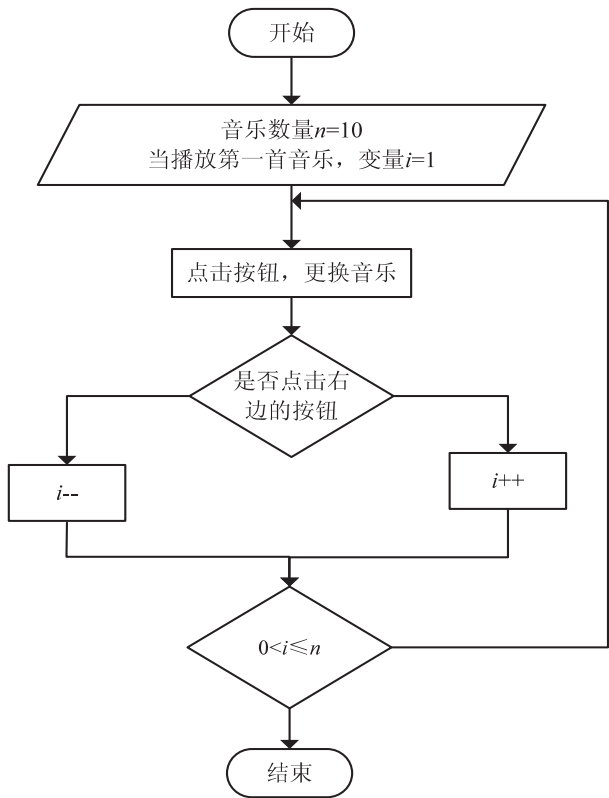


图6 背景音乐切换方法流程

3.7 性能检测

实验采取用户体验的方式,检测该系统的设计方法、使用的便捷性、用户满意度和对室内家居的感兴趣程度。100个用户对系统进行体验,并以分数的形式对系统进行打分。将打分情况按照年龄分割成10组,对10组平均分值进行汇总,结果见表1所示。

表1 用户对系统的评估情况

组号	年龄范围	直观感受	使用便捷性	感兴趣度	满意程度
1	17-18	92.21	93.49	80.26	84.98
2	19-20	93.25	90.85	83.89	84.14
3	21-22	93.34	91.04	80.44	81.76
4	23-24	95.78	92.69	85.20	86.66
5	25-26	96.38	92.26	90.75	86.45
6	27-28	93.28	90.64	94.27	84.39
7	29-30	94.29	88.09	86.95	81.53
8	31-32	93.74	91.46	83.48	76.65
9	33-34	93.12	90.25	81.03	73.80
10	35-36	92.19	86.87	78.85	71.20
均值	-	90.76	84.51	81.16	93.76

最终发现用户对此系统的直观感受较好,满意程度较高。

4 实验结果

利用上述客户端开发框架开发了一个三维室内家居仿真操作系统。通过对大量家具模型的制作、家居材质信息的调整、光影效果的实时渲染,三维仿真的效果得到了提升。系统在实验时利用碰撞检测技术实现了用户实时漫游的真实感模拟,利用角色管理器调用角色行走、转身、后退、上楼梯、跳跃等动画,利用自动寻路算法在碰撞后进行位置重置,利用射线检测技术实现了室内家居仿真操作系统中家具实时信息的加载。具体如图7所示。

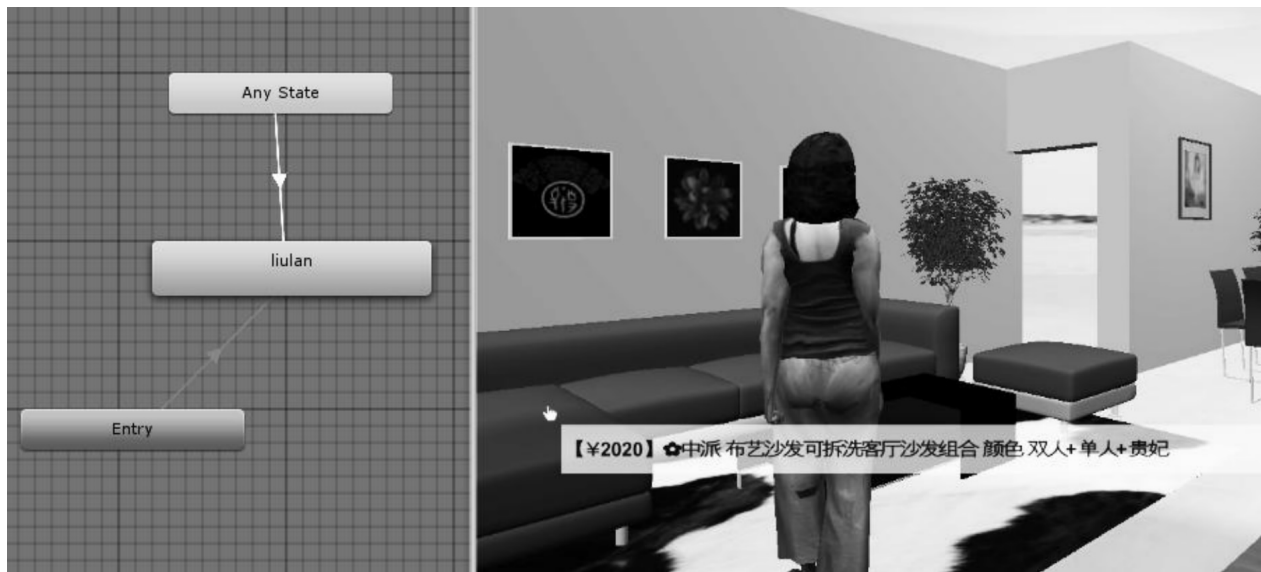


图 7 系统功能界面截图

5 结束语

室内展示系统首先利用 AutoCAD 对室内场景进行平面设计,运用 3D Max 按照相应尺寸创建家具模型,创建 Biped 骨骼模型并与骨骼进行匹配,利用关键帧技术实现虚拟角色的模型动画。其次,将模型存储为 fbx 格式导入 Unity 3D 中,通过对场景内光影效果的对比分析、音乐切换的机制研究、角色控制器的调用、碰撞检测技术、自动寻路算法的改进实现用户在高仿真度实时漫游模拟。然后,利用 Oracle 数据库和 SQLite 数据库实现对模型、贴图、音乐等信息的存储,实现虚拟信息的实时调用。接着,运用 Unity 3D 底层函数实现不同场景的切换,利用射线检测技术实时加载家居信息。最后,通过对不同年龄段用户系统体验实现系统的性能检测,最终发现用户对此系统的直观感受较好,满意程度较高。

参考文献:

- [1] 赵玉新,刘利强,李 刚. 基于虚拟现实的综合舰桥仿真系统设计[J]. 系统仿真学报,2006,18(S2):650-653.
- [2] 黄 晟. 对虚拟现实技术与室内设计专业教学的整合研究[J]. 居舍,2018(30):90.
- [3] 王树军. 三维游戏引擎中物理引擎关键技术的研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- [4] HOANG A N, KIM D. A virtual reality system using view-dependent stereoscopic rendering[C]//International conference on information science & applications. Seoul, South Ko-

rea;IEEE,2014:1-4.

- [5] FALAH J, KHAN S, ALFALAH T, et al. Virtual reality medical training system for anatomy education[C]//Science and information conference. London:IEEE,2014:752-758.
- [6] 王 波,孙 蔚. 基于 OpenGL 的新式 OBJ 文件纹理贴图方法研究[J]. 计算机与数字工程,2015,43(8):1497-1500.
- [7] 王一轩. 虚拟展馆建设中的贴图烘焙技术[J]. 信息与电脑,2015(24):13-14.
- [8] 李红波,孙舶源,李双生. 基于骨骼信息的虚拟角色控制方法[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2016,28(1):78-86.
- [9] LONGO B B, BENEVIDES A B, CASTILLO A, et al. Using brain-computer interface to control an avatar in a virtual reality environment[C]//5th ISSNIP-IEEE biosignals and biorobotics conference (2014): biosignals and robotics for better and safer living (BRC). Salvador:IEEE,2014:1-4.
- [10] 周 研. 虚拟现实技术在室内照明设计课程教学中的应用[J]. 北方建筑,2018,3(6):72-74.
- [11] 高明向,陈 昆,陈定方. 射线算法在碰撞检测中的应用[J]. 湖北工学院学报,2004,19(3):94-97.
- [12] KALEJA P, KOZLOVSKÁ M. Virtual reality as innovative approach to the interior designing[J]. Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering,2017,12(1):109-116.
- [13] 郭晓利,田俊辉. 游戏中自动寻路算法的改进研究[J]. 福建电脑,2017,33(3):143.
- [14] 李 杰,孙 奇,陈爱玲. 基于 Unity3D 的音乐交互游戏设计与实现[J]. 现代计算机,2017(19):62-65.