

多人VR山海经交互体验系统研究

王泽宁

吉林动画学院, 吉林 长春 130000

摘要: 针对中华传统典籍《山海经》文化传播展示形式单一、互动性薄弱、体验缺乏社交属性等现实问题,本研究基于Unity引擎与虚拟现实技术,研发一款多人VR山海经交互体验系统。系统采用硬件层、网络层、软件层三层分层架构设计,整合高精度3D建模、多人实时网络同步、场景渲染优化关键技术,实现神兽可视化、场景沉浸式呈现、多人协同交互核心功能。本研究为中华传统文化数字化传承、创新传播提供了可行的技术方案,同时推动了VR技术在文化遗产保护领域深度融合应用。

关键词: 多人VR; 山海经; 交互体验; Unity引擎

DOI: 10.64649/yh.shfzykjc.issn3078-8994.202605007

0 引言

中华优秀传统文化是中华民族的精神根基与文化瑰宝,《山海经》是中国古代神话的璀璨明珠,承载着深厚的历史文化^[1],它记录了中国古代社会的自然观、宗教信仰、神话传说、地理知识等丰富内容,具有很高的历史价值^[2]。当前《山海经》文化传播仍存在诸多局限:传统展示以书籍、静态展板、平面数字资源为主,呈现形式枯燥、互动性不足,难以吸引年轻群体;现有数字化项目多为单人沉浸式体验,缺乏多人实时协同交互功能,无法满足用户协作式的体验需求。

多人VR^[3]技术能够突破单人体验的空间与交互局限,实现多用户在同一虚拟空间内的互动、探索、交流,为《山海经》文化的传承提供了全新解决方案。本研究立足传统文化传承需求,结合Unity引擎的实时3D渲染、网络开发能力与PICO 4硬件的沉浸式体验优势,研发多人VR山海经交互体验系统,将《山海经》文化要素转化为可感知、可交互、可共享的虚拟体验内容,既提升文化传播的趣味性与沉浸感,又实现VR技术与文化遗产保护的跨界融合,兼具文化价值、技术价值、教育价值与应用价值。

1 系统设计

1.1 系统总体设计

本系统设计遵循多人协同性、沉浸交互性、性能稳定性、教育科普性的核心原则。根据多人协同虚拟环境的特点,采用虚拟人物来表示体验者,实现了基于局域网的多用户操作的虚拟环境。依托VR硬件实现双目立体渲染与多模态交互,营造身临其境的感官体验;通过算法优化保障场景渲染流畅、网络传输稳定,避免卡顿、内存溢出等问题;通过故事化叙事、场景再现方式,将用户置于富有文化内涵的情境中,实现文化价值的传递与情感共鸣的形成^[4]。

在整体设计思路上,系统以《山海经》文化数字化为基础,以多人VR实时交互为核心,以沉浸式体验与教育科普为延伸,采用分层架构实现功能解耦与高效协同,通过关键技术突破解决大规模场景渲染、多人网络同步、多模态交互等技术难点,最终打造集文化展示、多人交互、沉浸体验、科普教育于一体的综合性VR交互系统。

1.2 系统架构设计

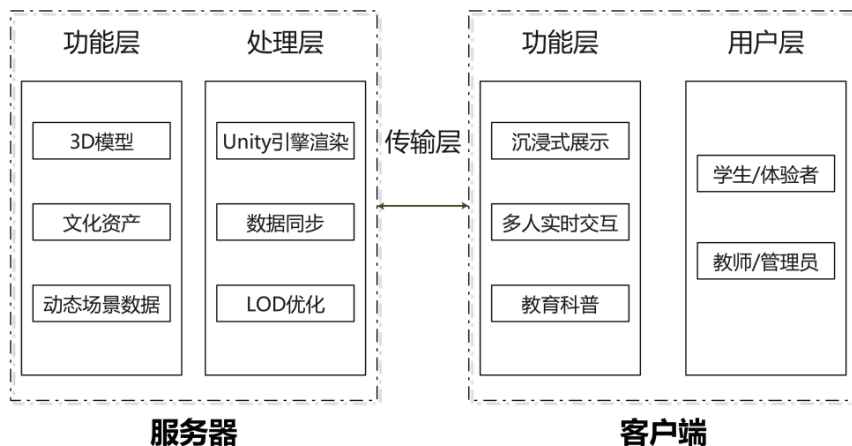


图1 系统框架图

本系统采用分层架构设计,各层级独立分工且协同联动,保障系统功能稳定实现,系统框架结构如下:硬件层作为系统物理支撑底层,包含PICO 4头显、6DoF交互手柄、高性能PC等设备,所有设备适配Unity XR开发标准,为沉浸式体验与精准交互提供硬件保障;网络层以Mirror为核心网络框架,采用C/S架构,负责多终端数据传输、用户位姿同步、交互指令广播与房间管理,解决多人在线场景下的网络延迟、数据冲突、同步失真问题;软件层基于Unity引擎的软件平台构建系统^[5],包含文化数字资产库、多人交互逻辑、渲染优化、数据管理四大核心模块,是系统功能实现的核心载体,负责虚拟场景渲染、交互逻辑运算、文化内容调用与性能调控。

1.3 功能模块设计

系统功能模块包含沉浸式展示、多人交互、教育科普三大模块。沉浸式体验模块依托VR头显实现360°全景双目立体渲染,搭配专属光影特效与环境音效强化感官沉浸,通过VR手柄实现射线选取、物体抓取、剧情触发等交互操作,还原真实物理交互逻辑,让用户身临其境地感受《山海经》的奇幻世界。多人实时交互模块是系统的核心功能支撑,支持10人同时在线接入,实现用户虚拟形象全位姿同步、手势交互、实时语音交流、组队探索、协同解谜等功能,在虚拟空间内完成社交互动与协作操作,突破单人体验的社交局限。教育科普模块采用故事线驱动与自由探索双模式设计,故事线模式以经典神话为脉络,通过互动任务完成文化知识学习,自由探索模式集成智能语音导览,用户点击虚拟元素即可获取文化解读,实现沉浸式碎片化学习。

2 系统实现

2.1 开发环境搭建

基于PICO 4头盔的硬件平台和Unity引擎的软件平台构建系统。首先,在软件平台导入PICO Unity Integration SDK和Mirror网络框架并进行配置,包括VR项目的设置和VR摄像机的调优。然后,进行技术开发和内容创作。最后,将开发完成的VR程序打包成APK格式,将其导入PICO 4设备,实现了高效的交互功能和即时的信息反馈。建模与美术制作采用Blender 3.5与Photoshop 2023,完成3D模型制作、材质渲染、动画设计与2D概念设计。

2.2 模块功能实现

沉浸式展示功能聚焦实时画面渲染与VR手柄交互。作者先通过提取《山海经》中神兽、山川、神话核心文化要素,再使用Blender完成九尾狐、凤凰、烛龙等神兽模型,昆仑墟、归墟、不周山等场景建模,同时基于PBR物理渲染技术制作赤铜、瑾瑜玉、神兽皮毛等特色材质,

还原奇幻生物的皮肤质感与神秘场景的光影氛围。为提升运行流畅性,采用自适应动态LOD算法,根据用户视角距离自动调整模型精度,结合GPU实例化技术减少渲染压力。VR手柄交互基于Unity Interaction Toolkit开发,实现射线选取、物体抓取、按钮触发等基础功能,优化手柄震动反馈机制,让用户在交互时获得触觉反馈,提升操作手感。用户点击虚拟神兽或场景元素时,系统自动播放对应的文化知识讲解音频。

多人交互系统的实现以Mirror框架为核心,首先完成服务器的配置与部署,搭建C/S网络架构,设置多人房间机制,支持最多10人同时进入同一虚拟房间,实现房间创建、成员管理、在线状态监测基础功能,服务器负责统一接收、处理、广播所有客户端的交互数据,保障多终端数据传输的一致性。在用户位姿同步环节,实时采集用户头显与手柄的位置、旋转数据,将躯干、头部、手部的姿态信息通过服务器广播至所有客户端,实现虚拟形象的全身姿态同步。

教育科普模块采用故事线驱动模式设计,实现沉浸式文化学习。故事线探索模式以精卫填海、夸父逐日等《山海经》经典神话为剧情主线,设置10个关键剧情节点,用户通过完成文化问答、文物修复、神兽识别等互动任务推进剧情,在任务过程中自然学习神话故事、文化内涵与历史背景,满足了用户对完整剧情的体验需求,真正实现沉浸式学习。

3 系统测试与分析

3.1 测试环境与方案

为全面验证系统的性能稳定性、交互流畅性与用户体验效果,本次测试搭建了标准化的测试环境,硬件设备采用10套PICO 4头显与对应6DoF手柄,搭配1台符合配置要求的高性能PC,网络环境为局域网500Mbps带宽,模拟多人同时在线的真实使用场景,测试场景选取昆仑墟、归墟两大核心虚拟场景,测试人员由VR开发人员、在校学生共10人组成。测试方案分为性能指标测试、交互体验测试、用户体验测试三部分,性能指标测试聚焦场景加载时间、运行帧率、网络同步延迟、内存占用等核心参数;交互体验测试针对手柄交互响应、多人同步精度进行验证;用户体验测试采用李克特5分量表,从沉浸感、交互性、文化认知、视觉效果四个维度收集用户主观反馈,通过客观数据与主观评价相结合的方式,全面评估系统的实际效果。

3.2 测试结果

性能指标测试结果显示,系统各项参数均达到设计要求,场景切换加载时间平均为1.8秒,满足 ≤ 2 秒的设计标准,无长时间等待情况;

系统运行帧率稳定在30fps以上,符合VR设备流畅体验的行业标准,无卡顿、掉帧现象;网络同步延迟平均为120ms,控制在 ≤ 150 ms的设计范围内,多用户位姿同步无明显延迟;系统运行时内存占用稳定在8G以内,无内存溢出、程序崩溃等问题,长时间运行状态稳定。各项性能数据表明,系统通过动态LOD算法、异步加载、网络优化等技术手段,有效解决了大规模虚拟场景渲染与多人同步的性能难题,能够为用户提供稳定流畅的多人VR体验。

交互测试结果显示,VR手柄交互响应延迟 ≤ 0.1 秒,物体抓取、射线选取、剧情触发等操作精准灵敏,无延迟、误触情况;多人位姿同步误差 ≤ 0.15 米,用户虚拟形象的动作、位置与现实操作高度匹配,同步效果精准;用户体验测试的李克特量表统计结果显示,沉浸感维度平均得分4.2分,交互性维度平均得分4.0分,文化认知维度平均得分3.8分,视觉效果维度平均得分4.3分,所有维度得分均处于较高水平。

3.3 测试结果分析

综合各项测试数据与用户反馈,系统在性能、交互、体验三大维度均达到预期设计目标,性能层面稳定流畅,无技术故障;交互层面精准灵敏,多人同步效果优异;体验层面沉浸感强,文化传播效果显著。系统成功解决了传统文化

展示互动性差、单人体验局限、文化挖掘不足的行业痛点,实现了多人实时VR交互、沉浸式文化体验、教育科普核心功能,文化原真性与技术实用性得到有效平衡。同时测试也反映出,文化认知维度的得分仍有提升空间,后续可通过丰富文化讲解内容、增加互动学习任务等方式进一步强化文化传播效果。

4 总结

本研究完成了多人VR《山海经》交互体验系统的设计、研发与全维度测试,成功构建了以《山海经》文化为核心、多人VR交互为载体的沉浸式文化体验系统。系统整合Unity引擎、VR硬件、多人网络同步、高精度建模关键技术,构建了三层分层架构,实现了沉浸体验、多人交互、教育科普的一体化功能,可稳定支持10人同时在线,场景渲染与网络同步性能优异,用户体验效果良好。本研究的创新点在于构建了《山海经》文化数字化体系,实现了文化要素的系统性数字化重构,设计了适配文化展示的多人VR同步架构,突破了单人体验的社交局限,同时将沉浸式体验与教育科普深度融合,打造了体验与学习的一体化文化传播模式,为中华优秀传统文化数字化活态传承提供了可复制、可推广的技术方案。

参考文献:

- [1] 刘姗,付一丁,赵胜,等.基于文化转译的《山海经》游乐体验创意设计研究[J].文化创新比较研究,2025,9(13):87-91.
- [2] 林隧,刘一凡,李鹏.《山海经》文化在现代游戏中的融合应用[J].鞋类工艺与设计,2023,3(17):106-108.
- [3] 陆春雨,丁穗娟.基于虚幻引擎的多人VR远程交互设计与实现[J].电脑编程技巧与维护,2022,(06):142-144+159.
- [4] 金准,夏亚龙.沉浸式旅游的转化机制研究——兼论对文旅融合及旅游产业创新的影响[J].价格理论与实践,2025,(03):44-49.
- [5] 李广松,巫恒聪,黄键锋.基于Unity+PICO 4的计算机VR协同组装交互设计[J].电脑编程技巧与维护,2025,(03):3-9.

作者简介:王泽宁(1990—),男,汉族,吉林长春,硕士,助教,研究方向为虚拟现实与图像处理。

项目信息:本文系吉林动画学院科学研究项目“基于Unity的多人VR《山海经》文化展示系统研究”的研究成果(KY25KZ01)。