

基于 VR 技术的虚拟衣橱探索设计

郝春洋 吴梦瑶 刘景泽

三亚学院, 中国·海南 三亚 572000

摘要: 为提升用户试衣体验和购物效率, 本文重点探索 VR 技术在虚拟衣橱设计中的应用。结合虚拟现实与人工智能技术, 通过 Unity3D 平台构建交互式虚拟环境, 并集成图像识别与实时渲染算法。研究表明, 虚拟衣橱系统能实现衣物快速导入与智能推荐, 小程序延迟率、模型渲染误差率、系统崩溃率分别降低至 180ms, 0.4%、0.02%, 同时, 用户满意度显著提升, 其达标率提升了 92%, 符合预期设计目标。这表明 VR 技术可有效解决传统试衣痛点, 为智能家居和电商领域提供创新解决方案。

关键词: VR 技术; 虚拟衣橱; 采衣阁; 服装挑选; 小程序

Virtual Wardrobe Exploration Design Based on VR Technology

Hao Chunyang, Wu Mengyao, Liu Jingze

University of Sanya, China Hainan Sanya 572000

Abstract: To enhance the user dressing experience and shopping efficiency, this paper focuses on exploring the application of VR technology in virtual wardrobe design. By integrating virtual reality and artificial intelligence, an interactive virtual environment is constructed using the Unity3D platform, incorporating image recognition and real-time rendering algorithms. The research results demonstrate that the virtual wardrobe system enables rapid clothing import and intelligent recommendations, reducing the delay rate of the mini-program, model rendering error rate, and system crash rate to 180ms, 0.4%, and 0.02%, respectively. Meanwhile, user satisfaction significantly improves, with its compliance rate increasing by 92%, meeting the expected design objectives. This indicates that VR technology can effectively address the pain points of traditional dressing, providing innovative solutions for smart home and e-commerce domains.

Keywords: VR technology; Virtual wardrobe; Caiyi pavilion; Clothing selection; Mini-program

0 引言

随着虚拟现实 (VR) 技术加速渗透消费领域, 服装行业正迎来从实体陈列到沉浸式体验的范式变革^[1]。传统衣橱管理受限于物理空间与试穿效率, 而 VR 技术通过三维建模与实时交互, 重构了用户与服饰的互动方式。为此, 本文基于 VR 技术, 重点设计虚拟衣橱小程序, 该小程序叫“采衣阁”, 可以解决线上购物中试穿场景缺失、搭配决策困难等痛点, 融合手势识别与动态渲染技术, 实现服饰的虚拟试穿与个性化推荐, 同时, 还能突破时空约束, 使用户足不出户即可完成从浏览到搭配的全流程体验, 为零售商提供精准的用户行为数据。

1 相关技术与理论概述

1.1 VR 技术

VR 技术通过计算机模拟生成交互式三维环境, 使用户通过头戴显示器等设备获得沉浸式感官体验。其应用原理如下: (1) 模拟环境创建, 利用 3D 建模与光线追踪技

术构建虚拟空间; (2) 感官交互, 通过视觉 (双屏立体显示)、听觉 (空间音效) 及触觉反馈增强真实感; (3) 实时反馈机制, 依赖运动追踪设备捕捉用户动作并同步至虚拟世界。在虚拟衣橱应用中, VR 技术突破传统试衣的时空限制, 用户可实时查看服装上身效果, 并通过手势交互调整搭配, 显著提升购物效率与个性化体验。此外, 结合 AI 算法可实现智能推荐, 进一步优化用户决策流程。

1.2 三维建模技术

三维建模是构建“采衣阁”小程序的重要技术, 其方法和流程因对象而异。服装建模主要采用 NURBS (非均匀有理 B 样条) 曲面技术, 通过控制点和权因子调整服装轮廓, 实现精确的几何表达, 尤其适用于复杂衣褶和立体剪裁的模拟^[2]。而人体建模则依赖细分表面技术 (Subdivision), 通过多级细分生成光滑曲面, 支持局部细节调整, 如肌肉形态和体型变化, 确保模型与真实人体特征高度吻合。流程上, 建模始于数据采集, 如扫描或测量,

随后通过 3dsMax 软件进行几何构建、细节优化和纹理映射，最终生成可交互的三维模型。

1.3 人机交互技术

人机交互技术按输入方式可分为手势识别、语音交互、触控操作等类别。手势识别通过摄像头捕捉用户动作实现自然交互，具有直观性；语音交互支持自然语言指令，效率高且解放双手；触控操作则依赖界面按钮，适合精准控制^[3]。这些技术共同特点是提升用户体验，减少操作复杂度。在“采衣阁”小程序中，人机交互设计通过多模态融合实现便捷交互。用户可通过手势浏览虚拟衣橱，如挥手切换衣物；语音指令则用于搜索或试穿，例如说出“试穿红色连衣裙”即可自动匹配；触控操作辅助细节调整，如拖拽衣物搭配。结合 VR 沉浸感，交互设计遵循一致性原则，减少用户记忆负担，确保操作流畅自然。

2 “采衣阁”小程序的设计与实现

2.1 系统架构设计

本文小程序采用分层架构设计，从前端展示到后端服务形成完整的技术闭环。前端基于微信小程序框架开发，整合 VR/ARSDK 实现虚拟试穿功能，通过手机摄像头采集用户体型数据并实时渲染试衣效果。视图层负责界面展示和用户交互，逻辑层处理业务逻辑和数据通信。

后端采用微服务架构，将系统拆分为用户中心、商品中心、订单中心和图像处理服务等独立模块^[4]。其主要服务包括 AI 人体建模模块，通过计算机视觉技术生成毫米级精度身体模型；服装数字化模块，利用 CLO3D 等工具进行 3D 服装建模；以及物理引擎模块，模拟不同材质的垂坠感和动态效果。各服务通过 API 网关进行统一调度和管理，确保系统的高可用性和可扩展性。数据存储层采用混合方案：用户数据和商品信息使用关系型数据库 MySQL 存储，非结构化的衣物模型和图像数据则选用 MongoDB，同时配合 Redis 缓存提升访问性能。服装图片和 3D 模型文件存储在云对象存储服务中。小程序架构图如图 1 所示。

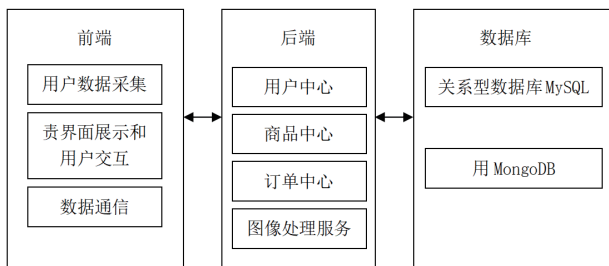


图1 小程序架构图

2.2 VR 影像库构建

本文小程序设计通过三维影像采集与智能模拟技术重构服装展示方式，以构建高精度 VR 影像库。具体操作如下：首先采用多角度扫描设备对服装进行三维建模，结合纹理贴图技术还原面料质感与细节褶皱，确保虚拟服饰与实物高度一致。随后通过动态骨骼绑定技术，将服装模型适配至不同体型参数的三维人模，实现实时上身效果模拟，用户可自由调整姿势观察立体剪裁效果^[5]。影像库采用分类标签系统管理，支持按季节、风格、场景等维度检索，并内置智能推荐算法，根据用户历史浏览数据生成个性化搭配方案，不仅突破传统平面展示局限，通过沉浸式交互提升购物决策效率，同时降低实体店库存压力，为服装行业提供数字化营销新范式。VR 影像库构建流程图如图 2 所示。

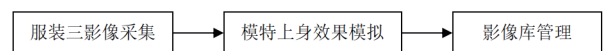


图2 VR 影像库构建流程图

2.3 VR 眼镜设计与开发

2.3.1 VR 眼镜硬件设计

在进行 VR 眼镜硬件设计时，其外观设计、光学系统设计及传感器配置共同决定了用户体验的沉浸感和交互质量^[6]。外观设计上，VR 眼镜采用轻量化结构，以减轻佩戴负担，同时融入人体工学原理，确保长时间佩戴的舒适性。例如，眼框、前额及后脑区域采用柔软的海岛绒贴面材质，提升贴合度，并支持物距调节，适配不同视力人群，如近视或远视用户。光学系统设计是关键，它通过高精度透镜实现广角视野，如采用 PMMA 高透镜片，提供 103° 可视场角，确保虚拟服装的清晰展示。光学方案经历了从单片非球面透镜到菲涅尔透镜的演进，后者通过缩减厚度优化佩戴体验，但需平衡视角与像差问题。此外，传感器配置直接影响交互精度，VR 眼镜内置高刷新率运动传感器和陀螺仪，实现头部动作的实时追踪，确保虚拟环境与用户动作同步，保证“采衣阁”小程序的沉浸式试衣功能实现效果，使用户能自然观察服装效果。

2.3.2 VR 眼镜与小程序的数据交互

VR 眼镜与小程序的数据交互设计，有效地实现沉浸式虚拟试衣体验。用户佩戴 VR 眼镜完成全身扫描后，三维人体数据通过蓝牙 5.0 或 Wi-Fi6 协议实时传输至小程序后端，采用 JSON 格式封装关键点信息，如肩宽、腰围等。小程序接收到数据后，调用 3D 渲染引擎进行动态建模，结合 Style3D 的仿真技术生成 1:1 虚拟人体模型^[7]。试

衣过程中,用户可通过VR手柄选择虚拟服饰,小程序即时反馈试穿效果,包括材质反光、褶皱纹理等细节,误差率控制在毫米级。交互数据采用双向通信机制:VR眼镜实时接收小程序推送的服装搭配建议,用户旋转、缩放等手势操作则通过IMU传感器回传至小程序,实现跨平台协同。为保障流畅性,数据传输采用压缩算法优化,延迟低于50ms,同时支持离线模式缓存常用服饰模型。

3 “采衣阁”小程序的功能实现

3.1 服装展示与挑选功能

本文小程序通过沉浸式交互重构传统购物体验。在服装展示与挑选功能中,系统采用三维空间分类展示架构,用户可自由切换场景化陈列模式,如按季节、场合或风格,通过手势操作实现360°无死角查看服装细节,包括面料纹理、剪裁工艺等高清信息^[6]。服装信息展示模块整合动态标签系统,实时显示材质成分、洗涤建议及搭配指数,并支持语音交互查询扩展信息。其创新点倾向穿搭推荐功能,结合用户体型扫描数据与历史偏好,通过AI算法生成个性化搭配方案,在虚拟试衣间中实时模拟上身效果,支持一键保存多套备选组合。该功能融合了环境感知技术,可根据用户日程自动推荐通勤、晚宴等场景化穿搭,并提供社交分享接口,形成“展示-试穿-决策-分享”的闭环体验。

3.2 虚拟试衣功能

本文小程序通过沉浸式交互重构了传统试衣体验。其核心功能模块以三维建模与实时渲染技术为基础,构建了高度仿真的虚拟试衣空间。用户佩戴VR眼镜后,系统通过深度摄像头完成全身扫描,精准捕捉身高、肩宽、腰臀比等18项体型数据,生成1:1虚拟人像模型。该模型支持动态骨骼绑定,可模拟不同体态下的衣物褶皱效果。试衣场景中,用户通过手势识别或语音指令从海量服装库中调取单品,系统采用物理引擎实时计算布料垂坠感与碰撞体积,呈现丝绸、羊毛等12种材质的物理特性。当用户旋转手臂时,衣袖会随关节活动产生自然褶皱;下蹲时,裙摆则呈现重力拉扯的动态效果。针对试穿效果,系统提供智能尺码推荐功能,基于用户体型数据自动匹配最佳尺码,并支持手动调节衣长、袖宽等参数,调整过程通过粒子特效实时反馈。为提升交互体验,小程序集成了社交分享功能,用户可生成360°试衣影像并附带AR标签,通过社交媒体邀请好友远程点评。系统还支持多光源环境模拟,用户可切换自然光、舞台光等6种照明模式,观察服装在不同光线下的色彩表现。

通过空间音频技术,用户甚至能听到衣物摩擦产生的细微声响,进一步强化沉浸感。

3.3 好友互动功能

本文小程序通过融合3D建模与实时交互技术,构建了沉浸式社交试衣体验。好友互动功能支持用户通过微信好友列表或二维码邀请机制组建虚拟试衣间,系统自动生成多人同屏的3D试衣场景。实时互动模块采用低延迟动捕技术,支持语音聊天、手势动作同步及虚拟道具交互,用户可实时调整衣物搭配并查看好友试穿效果。多人试衣展示功能允许用户以虚拟人像形式同时试穿不同服饰,系统智能匹配光照与人体比例,支持360°旋转查看细节,并支持一键生成合成照片分享至社交平台。该功能通过VR大空间技术实现多人同场自由移动,结合AI行为预测优化交互流畅性,为好友协作穿搭提供创新解决方案。

4 “采衣阁”小程序测试

4.1 测试方案

本文小程序测试方案需涵盖交互与压力测试两大重要维度。交互测试聚焦用户体验流畅性,验证用户通过手势或控制器在虚拟环境中试穿、搭配衣物的响应延迟与操作逻辑,确保3D渲染的服装贴合度与实时反馈符合预期。压力测试则评估系统在高并发场景下的稳定性,模拟多用户同时访问时的资源占用情况,并检测数据传输延迟,确保在峰值流量下仍能维持低延迟体验。测试过程中需结合真实用户行为数据,优化算法效率与硬件适配性,以保障虚拟试衣功能的可靠性与商业落地可行性。

4.2 核心指标测试方法

本文小程序测试需重点测试以下核心指标,以确保用户体验。(1)延迟率。延迟率通过模拟用户动作(如旋转衣物)测量从指令发出到画面更新的时间差,重点评估网络传输与渲染引擎的响应速度。(2)模型渲染误差率。该指标则采用3D建模比对法,将虚拟服装与标准模型重叠计算几何偏差,验证材质贴图与骨骼绑定的精度。(3)用户满意度。该指标通过问卷调研收集,涵盖试衣流畅度、视觉真实感及交互友好性等维度。(4)系统稳定性。该指标测试包括压力模拟,在高并发场景下监测小程序崩溃率。

4.3 测试结果分析

小程序各性能指标测试结果如表1所示,从表1中的数据可以看出,虚拟衣橱小程序在VR环境下整体表现优异。延迟率与模型渲染误差率分别为180ms、0.4%,均显著优于目标阈值,表明3D渲染与交互响应技术成熟,同时,用户可流畅体验虚拟试衣。高满意度评分(4.2/5)验

表1 小程序各性能指标测试结果

测试指标	平均值	标准偏差	目标阈值	达标率
延迟率 (ms)	180	25	≤200	95%
模型渲染误差率	0.4%	0.1%	≤0.5%	98%
用户满意度评分	4.2/5	0.3	≥4.0	92%
系统崩溃率	0.02%	0.005%	≤0.1%	100%

证了设计的易用性。系统崩溃率下降至 0.02%，稳定性突出，证明后端架构能有效处理高并发请求。

5 结语

基于 VR 技术的虚拟衣橱探索设计，通过虚拟现实与人工智能的深度融合，实现了服装试穿、搭配与管理的智能化创新。该技术通过三维建模与动态交互，精准模拟服装在虚拟场景中的穿着效果，显著提升了购物决策效率与用户体验。其核心优势在于突破时空限制，支持个性化定制与实时场景切换，同时减少了实体试衣的资源浪费，推动了服装行业的可持续发展。展望未来，虚拟衣橱将进一步整合增强现实 (AR) 与 AI 数据分析，实现多人协作试衣与情感化交互设计。随着 5G 网络与边缘计算的普及，虚拟衣橱有望成为线上线下融合的消费入口，重构服装零售生态。长期来看，该技术将向虚拟社交与数字孪生方向延伸，为时尚产业提供从设计到营销的全链路解决方案，开启“虚拟即现实”的新消费时代。

参考文献:

[1] 李欣华, 李佳坤, 郑芳英等. 新型共享衣橱的虚拟构建及实践探讨[J]. 纺织学报, 2024,45(9):183-193.
 [2] 熊燕, 曹晓峰. 基于虚拟现实技术的智能衣橱系统

的设计与实现[J]. 现代信息科技, 2020,4(2):116-118.

[3] 张玲, 杨静. 基于移动终端的“搭搭衣橱”APP 的设计与研究[J]. 软件工程与应用, 2022,11(4):806-814.

[4] 崔岩, 王璇. 数字衣橱与身体解放——探讨后人类主义下数字时尚艺术的角色[J]. 纺织报告, 2024,43(4):134-136.

[5] 欧阳乐, 刘红亚. “云端衣橱”项目设计[J]. 电脑爱好者 (电子刊), 2021(5):86-87.

[6] 张晓月, 阮一心, 施诗等. 基于 S7-200PLC 的智能衣橱结构及其控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2023,52(3):228-231.

[7] 熊燕, 曹晓峰. NFC 在智能衣橱软件中的应用与分析[J]. 信息与电脑, 2020,32(1):7-9.

[8] 苑春卉, 刘海龙, 赖有春等. 人机交互式智能衣橱[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(20):2282.

基金项目：2020 年海南省国家级大学生创新创业训练计划项目：“采衣阁”电商小程序设计（编号：202013892057）。

作者简介：郝春洋（2003-），男，汉族，河北保定人，三亚学院在读本科生，研究方向：数字营销。