

基于VR船舶消防模拟系统设计研究

左润龙 贾树文 冯雅宁

三亚学院 盛宝金融科技商学院 海南 三亚 572022

摘要: 船舶火灾是一种严重的安全威胁,对船舶和船员造成了巨大的损失。为了提高船舶火灾应对能力和提供有效的培训手段,本研究基于虚拟现实(VR)技术,探讨了船舶消防模拟系统设计需要的相关技术,进而希望通过虚拟场景建模、消防装备模拟以及培训和评估功能,为用户提供真实、交互性强的消防培训体验。

关键词: 虚拟现实; 船舶消防; 火灾模拟; 烟雾效果

船舶是人类探索海洋,开展水上运输和海洋科学研究的重要工具。然而,船舶在运行过程中可能发生各种安全问题,其中最常见就是火灾。船舶火灾不仅威胁到船员和乘客的生命安全,还可能造成重大经济损失,甚至引发环境污染。因此,船舶消防是船舶安全管理的重要组成部分。

VR船舶消防模拟系统能够提供逼真的火灾场景和火灾处理过程,使船员能够在安全的虚拟环境中进行消防培训,提高其应对火灾的能力。因此,设计一个科学、实用的基于VR的船舶消防模拟系统,意义重大。本论文就基于VR的船舶消防模拟系统的设计进行探讨,旨在提出一种系统设计方案,并验证其可行性和有效性,以期作为VR船舶消防培训提供一种新的理论依据和实践参考。

1 基于VR船舶消防模拟系统设计

基于VR的船舶消防模拟系统设计需要考虑系统的功能需求、用户体验和技术实现等方面。

1.1 功能需求

火灾模拟: 模拟不同类型和规模的船舶火灾场景,并考虑火势扩散、烟雾和热量传播等。

消防装备模拟: 实现各种消防装备的模拟和操作,如灭火器、消防栓、气体灭火装置等。

逃生模拟: 模拟船舶火灾情况下的船员逃生过程和策略,包括寻找安全出口、佩戴救生装备等。

培训和评估: 提供培训环境和评估机制,帮助船员学习正确的行动和应对策略,并评估其表现和反应。

1.2 船舶场景建模

创建真实船舶的虚拟模型,包括船舱、走廊、船舶设备和逃生出口等关键区域。

考虑船舶不同部位的细节,如配电室、机房、客舱等,确保场景逼真度和真实性。

物理仿真:

使用物理引擎进行火灾、烟雾和热量的仿真,确保火灾场景的真实性和物理反应的准确性。

考虑火势的扩散规律、烟雾的流动模拟以及热量的传导和辐射等。

1.3 用户交互

使用VR头显、手柄等交互设备,让用户在虚拟环境中进行实时交互和操作。

实现手部姿势识别和手势操作,例如拿取物体、按下按钮等。

提供触觉反馈,让用户能够感受到虚拟环境中物体的质感和力量。

用户培训和评估:

提供逃生计划和引导,让用户了解正确的逃生路径和操作步骤。

提供参与式培训,通过交互和仿真体验培养用户的火灾应对能力。

评估用户的反应、行动路径等,提供针对性的培训和改进建议。

可视化和声音效果:

利用虚拟现实技术创造逼真的视觉效果和船舶环境氛围。

使用3D音效技术,使用户能够感受到清晰的环境音、报警声等。

数据分析和改进:

收集用户的行动数据和反应时间等信息,进行系统的性能评估和用户行为分析。

根据数据分析结果,提供针对性的改进措施和培训优化建议。

基金项目: 本文受到国家级大学生创业创新训练项目《基于VR船舶消防模拟系统设计与开发》资助(编号:202313892027)

2 基于 VR 船舶消防模拟系统中的虚拟场景建模

虚拟场景建模是指将真实的船舶环境转化为虚拟场景，供用户在VR系统中进行体验和训练。常用的虚拟场景建模方法为^[1]：

三维建模：使用计算机软件，根据船舶的实际尺寸、结构和材质等信息，进行三维建模。可以使用专业的建模软件如3ds Max、Blender等，或者使用技术如激光扫描和摄影测量等获取真实的船舶数据。

纹理映射：根据实际船舶环境中的纹理和颜色特征，将其映射到三维模型上。这样可以使虚拟场景更加逼真，增加用户的沉浸感。

物理仿真：对船舶中的物体和结构进行物理仿真，使其在虚拟场景中能够按照真实的物理规律运动和交互。例如，仿真火灾时，可以模拟火焰的燃烧和蔓延过程，模拟烟雾、火花等。

高精度的碰撞检测：保证虚拟场景中的物体和用户的交互能够真实准确。例如，用户在虚拟环境中移动、推动物体等操作时需要能够与虚拟场景中的物体发生碰撞，产生相应的反馈。

动态更新：虚拟场景需要支持实时更新，比如根据用户的操作或者场景进展的变化来调整虚拟场景中的物体和情景。这样能够更好地模拟真实的船舶消防场景，提供更好的训练效果。

3 基于 VR 船舶消防模拟系统设计中的物理引擎和交互

在基于VR的船舶消防模拟系统设计中，物理引擎和交互是实现真实感和用户参与度的关键要素。

物理引擎：物理引擎可以模拟现实世界中物体的运动和交互，使虚拟环境更加真实。在船舶消防模拟系统中，物理引擎可以用于模拟火灾、烟雾、水流等物理效果。例如，可以使用粒子系统模拟火焰和烟雾的运动；使用流体模拟水流的行为。物理引擎还可以处理碰撞检测，使用户能够与虚拟场景中的物体进行交互。

交互：在船舶消防模拟系统中，交互是为了让用户能够主动参与和操作。这可以通过手柄、手套、动作捕捉等设备实现。用户可以使用手柄模拟火灾扑灭器具的操作，或者使用手套模拟实际灭火动作。动作捕捉技术则可以实时跟踪用户的身体动作，使用户能够在VR环境中进行真实的消防动作。

碰撞检测和物体交互：为了增加虚拟环境的真实感，需要实现碰撞检测和物体交互。这样用户可以与虚拟场景中的物体进行互动。例如，用户可以推动、拉动

应急设备，打开门窗等。通过碰撞检测和物体交互，可以实现用户与虚拟场景的真实交互体验。

音效：除了视觉上的真实感，音效也是增加虚拟环境真实感的重要因素。例如，根据不同的环境和物体，播放对应的声音效果，如船舶引擎声、火灾爆炸声等。这样可以增强用户的沉浸感。

4 基于 VR 船舶消防模拟系统设计中的火灾模拟和烟雾效果

火灾模拟和烟雾效果可以增加虚拟环境的真实感，让用户能够在虚拟场景中亲身体验火灾和烟雾的情况，提高应对火灾的能力和反应速度。

火灾模拟：为了实现火灾的模拟，可以使用粒子系统等技术来模拟火焰的效果。粒子系统可以模拟火焰的形态、燃烧的效果以及火焰的蔓延。可以通过调整粒子的形状、大小、颜色以及添加相应的动画效果来实现逼真的火焰模拟。此外，还可以根据不同燃烧物质的特点，设置火焰的温度、颜色和光照效果，增加火灾模拟的真实感。

烟雾效果：为了模拟烟雾效果，可以使用粒子系统或者体积渲染技术。粒子系统可以模拟烟雾的形状、密度和运动特征，通过调整烟雾颗粒的数目、大小和颜色，可以实现逼真的烟雾效果。体积渲染技术可以模拟烟雾的散射现象，使烟雾在虚拟环境中呈现出具有深度和渐变的效果，增加真实感。

烟雾与火灾互动：在火灾模拟中，烟雾是不可或缺的元素。火灾一旦发生，烟雾会不断产生并蔓延。因此，在虚拟场景中，需要考虑火焰烟雾的蔓延路径、密度等。可以通过模拟火焰的燃烧过程，并结合物理引擎的支持，使火焰释放出的烟雾根据空气流动的影响而蔓延、散射和消散，以达到更加真实的效果。

视觉和声音效果：除了模拟火焰和烟雾的效果外，还可以增加一些视觉和声音效果来增强真实感。例如，通过屏幕闪烁、烟雾逐渐变浓，以及烟雾和火焰引起的破坏声音等，可以让用户更加身临其境地感受火灾的紧张和危险。

5 基于 VR 船舶消防模拟系统设计中的消防装备和器材模拟

在基于VR的船舶消防模拟系统设计中通过模拟真实的消防装备和器材，可以让用户在虚拟环境中进行对应的操作和训练，提高用户对消防装备和器材的熟悉度，增强应对火灾和紧急情况的能力。常见的消防装备和器材模拟方法^[2]：

消防水枪和喷洒器：使用物理引擎来模拟消防水枪和喷洒器的操作。用户可以使用手柄、手套等设备来模拟握持水枪或喷洒器，同时通过虚拟场景中的物理引擎来模拟水流的喷射和水压。

火焰熄灭器具：使用手柄或手套等设备来模拟消防灭火器的操作。用户可以通过真实的手势和动作来拉动保险销、按压喷射按钮等操作，同时通过虚拟场景中的物理引擎来模拟灭火剂的喷射和燃烧物质的熄灭效果。

救生设备：模拟救生艇、救生圈等救生设备的操作。用户可以通过手柄或手套等设备来模拟救生设备的使用，例如拆卸救生艇绳索、投放救生圈等。

防护装备：模拟呼吸器具、防护服等防护装备的操作。用户可以通过手柄或手套等设备来模拟穿戴防护装备的动作，并通过虚拟场景中的视觉效果和声音效果来模拟真实的防护装备使用效果。

6 基于 VR 船舶消防模拟系统设计中培训和评估功能

通过培训和评估功能可以提供有效的培训和评估手段，帮助用户提升消防技能和判断能力。

培训功能：通过虚拟环境中的场景和交互，系统可以提供各种消防培训模块，如火灾处理、疏散逃生、灭火器操作等。用户可以根据场景中的情况，进行消防应急响应、灭火器械的正确使用和疏散逃生等操作。系统可以提供实时反馈和指导，帮助用户了解和纠正错误行为。

评估功能：系统可以针对用户的消防技能和应对能力进行评估。通过监测用户在虚拟环境中的操作和决策，如灭火时间、逃生路径选择等，系统可以自动评估用户的表现，并提供评估结果和反馈。评估结果可以用于指导用户进一步改进和提高消防技能。

记录和回放功能：系统可以记录用户的消防训练过程，包括操作和决策的记录。这样用户可以在训练结束后回放自己的训练过程，并分析自己的表现和决策是否正确。通过记录和回放功能，用户可以进行自我反思和改进。

数据分析和统计功能：系统可以分析和统计用户的训练表现和进步情况，包括消防动作的准确性、反应时间、决策的正确性等。这样可以为用户提供个性化的培训建议和反馈，并帮助用户提高消防技能。

7 基于 VR 船舶消防模拟系统设计中的数据记录和分析

通过记录和分析用户的操作和决策数据，可以对用户的表现进行评估和改进，为用户提供个性化的培训和反馈。用户可以了解自己在不同情况下的表现，找到改

进的方向，并通过分析结果和教练的指导来提高消防技能和判断能力。在船舶消防模拟系统中常见的数据记录和分析功能如下：

操作数据记录：系统可以记录用户在虚拟环境中的所有操作，包括灭火器的使用、水枪的操作、逃生路径选择等。每个操作可以记录下来，包括操作的时间、位置、角度等信息。这些操作数据可以用于分析用户在不同情况下的操作准确性和效率。

决策数据记录：系统可以记录用户在面对不同火灾情景时的决策，如选择何种灭火器械、选择疏散路线等。记录这些决策数据可以帮助分析用户在紧急情况下的决策能力和思考方式。

评估数据记录：系统可以记录评估过程中的标准数据，如灭火时间、正确率、反应时间等指标。通过记录评估数据，可以量化用户在消防技能和判断能力方面的表现，为后续的培训和改进提供依据。

数据分析和可视化：通过对记录的数据进行分析和可视化，可以更清晰地了解用户的表现和进步情况。例如，可以分析用户在不同操作中的准确性和耗时，对比不同用户的表现。同时，利用可视化手段，如图表、统计图等，可以更直观地展示数据分析结果，方便用户和教师进行查看和理解。

8 系统测试和优化

通过系统测试和优化，可以确保基于VR的船舶消防模拟系统的稳定性、性能和用户体验。不断改进和优化系统，提高系统功能的完善性和用户满意度。常见的测试和优化方法：

功能测试：进行系统功能测试，验证各个模块和功能是否正常运行。例如，测试消防装备和器材模拟是否准确、交互是否流畅等。通过功能测试，可以发现和修复系统中的错误和问题。

性能测试：进行系统性能测试，评估系统的响应速度和负载能力。测试包括模拟多用户同时操作系统、模拟高强度消防场景等。通过性能测试，可以发现系统的瓶颈和性能问题，并进行优化和改进。

兼容性测试：测试系统在不同设备和平台上的兼容性，包括不同VR设备、操作系统和硬件配置的测试。通过兼容性测试，可以确保系统在各种环境下正常工作，并提供一致的用户体验。

用户体验测试：邀请用户参与系统测试，收集他们的反馈和意见。通过用户体验测试，可以了解用户对系统界面、交互和功能的满意度和改进建议。根据用户反

馈，进行界面优化、操作流程的改进等。

更新和维护：持续对系统进行更新、维护和修复，确保系统的稳定性和功能完善性。及时修复bug，为用户提供良好的使用体验。

结束语

基于VR的船舶消防模拟系统设计与开发需要考虑系统设计、虚拟场景建模、物理引擎和交互、火灾模拟和烟雾效果、消防装备和器材模拟、培训和评估功能、数

据记录和分析等方面。通过综合利用虚拟现实技术和相关工具，可以实现逼真的虚拟消防培训环境，提供高效且安全的船舶消防培训。

参考文献

[1]张敏, 王雷, 王燕, 张晓. 基于虚拟现实的船舶火灾演练培训[J]. 安全科学学报, 2020,133, 104991.

[2]王晓, 王波, 刘勇. 基于虚拟现实的海事火灾模拟系统开发[J]. 海洋科学与工程学刊,2021, 9(3), 348.