

6-1-2020

## Key Technology of Fully Immersive Virtual Experience Cabin

Baojiang Du

*1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; ;*

Zha Liang

*2. Shanghai Fire Research Institute of Public Security Ministry, Shanghai 200032, China;*

Lin Ling

*2. Shanghai Fire Research Institute of Public Security Ministry, Shanghai 200032, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## Key Technology of Fully Immersive Virtual Experience Cabin

### Abstract

**Abstract:** The structure of *simulated experience cabin* for fire safety education was introduced and the design and implementation methods of a *virtual fire escape system* for fire safety education were proposed, and specifically the specific implementation and optimization of virtual fire scenario, the conjunction method of *double virtual interactive platforms* and the simplification of model and the method of *communication between the virtual scenes and the PLC control hardware devices* were discusses. Fire safety education oriented virtual fire escape skills training system was achieved, which was applied in the teaching and experience room for fire safety training. Application results show that: the simulation carried out in the virtual fire escape scene has played a prominent role in improving the escape skills for the experiencing persons in the fire scene and in the reduction of their chicken panic degree.

### Keywords

Virtual reality, Fire escape, Virtual simulation, Fire safety

### Recommended Citation

Du Baojiang, Zha Liang, Lin Ling. Key Technology of Fully Immersive Virtual Experience Cabin[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(2): 453-461.

# 消防安全教育虚拟火灾逃生体验舱系统的设计

杜宝江<sup>1</sup>, 查亮<sup>1</sup>, 林灵<sup>2</sup>

(1. 上海理工大学机械工程学院, 上海 200093; 2. 公安部上海消防研究所, 上海 200032)

**摘要:** 介绍消防安全教育仿真体验舱的结构, 提出一种面向消防安全教育的虚拟火灾逃生系统设计与实现方法, 具体讨论了虚拟火灾场景的实现与优化、双虚拟互动平台的契合方法、模型的简化及虚拟场景与 PLC 控制硬件设备实时通信的方法。实现了面向消防安全教育的虚拟火灾逃生技能训练系统, 并应用于消防安全教学体验训练室。应用效果表明: 在该虚拟火灾场景中进行逃生模拟, 对于提高体验者火灾现场的逃生技能, 降低临阵慌乱状况有较为显著的作用。

**关键词:** 虚拟现实; 火灾逃生; 虚拟仿真; 消防安全

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2017) 02-0453-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201702030

## Key Technology of Fully Immersive Virtual Experience Cabin

Du Baojiang<sup>1</sup>, Zha Liang<sup>2</sup>, Lin Ling<sup>2</sup>

1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. Shanghai Fire Research Institute of Public Security Ministry, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** The structure of *simulated experience cabin* for fire safety education was introduced and the design and implementation methods of a *virtual fire escape system* for fire safety education were proposed, and specifically the specific implementation and optimization of virtual fire scenario, the conjunction method of *double virtual interactive platforms* and the simplification of model and the method of *communication between the virtual scenes and the PLC control hardware devices* were discusses. Fire safety education oriented virtual fire escape skills training system was achieved, which was applied in the teaching and experience room for fire safety training. Application results show that: the simulation carried out in the virtual fire escape scene has played a prominent role in improving the escape skills for the experiencing persons in the fire scene and in the reduction of their chicken panic degree.

**Keywords:** Virtual reality; Fire escape; Virtual simulation; Fire safety

## 引言

消防科普教育要促成公众消防安全素质的提高, 消防安全知识技能的获取是重点, 除了使用常用的宣传手段让公众获得相关知识和技能的介绍,



收稿日期: 2015-05-04 修回日期: 2015-07-08;  
基金项目: 公安部创新应用计划(2013YYCXSHXF113);  
作者简介: 杜宝江(1962-), 男, 山东, 硕士, 副教授, 研究方向为虚拟制造技术、计算机辅助设计及机电一体化; 查亮(1990-), 女, 江苏, 硕士, 研究方向为虚拟制造技术、计算机辅助设计; 林灵(1989-), 男, 浙江, 硕士, 研究方向为机电一体化。

最主要的还是培训与体验, 使相关知识和技能入脑入心, 才能在实际运用中得心应手。采用虚拟培训的方式具有不受时间空间限制, 避免真实环境潜在的危险等优点<sup>[1]</sup>。然而通过传统虚拟培训的人机交互界面(鼠标、键盘等)受训者输入要求或指令, 将受训者与计算机分为了两个个体, 给受训者带来的体验沉浸性并不好, 训练的模块单一, 培训也往往达不到预期效果<sup>[2]</sup>。

如何弥补现有虚拟培训的缺点, 调动受训者的

训练积极性,提高培训的效率。通过建造一个全封闭的沉浸式虚拟体验舱,利用虚拟仿真技术搭建虚拟火灾逃生虚拟环境,虚拟眼镜、运动探测等虚拟交互设备给予受训者沉浸于虚拟环境,能够自由运动,与虚拟环境交互的可能,加之环境仿真设备的辅助,实时改变舱内温度、光线的环境。生成一种集视、听、说、触、动,这五感于一体的逼真的虚拟火场环境,使体验者完全沉浸其中,并与环境发生互动,受到环境影响,从而达到虚拟体验火场逃生的效果。

## 1 虚拟火场逃生体验舱平台

### 1.1 体验舱平台的主体结构

本系统依照消防安全教育理论中的现场仿真体验要求建造了一个全封闭的虚拟火场逃生体验环境。为建造这一环境,虚拟舱一般需一个直径约 5 m 或长宽约 5 m×5 m 的密闭环境作为舱体。围绕虚拟舱内部墙面,构建 120°~360°高度 2.2~3.0 m 高增益金属支架环幕来营造虚拟火场环境,根据环幕的大小,每 40°~60°配置一台投影机,采用专用 15 多视频拼接融合服务器将投影的画面融合。同时配合环境温度仿真设备及无害烟雾生成设备,根据虚拟互动的实时状况,改变体验环境温度及烟雾浓度,逼真仿真还原火场真实场景,达到虚拟仿真的沉浸性要求。环幕及温控设备图如图 1。



图 1 环幕及温控设备图

Fig. 1 Annulus and temperature control equipment

受训者分为第一人称主动受训者和第三人称

被动受训者,主动受训者佩戴 Oculus rift 虚拟头盔<sup>[3]</sup>和 Joystick 手部<sup>[4-6]</sup>运动探测记录设备。利用设备的视差位置校正,陀螺仪空间位置校正装置,将体验者的自然身体反应通过模数转换,输入到计算机系统中。利用面向对象程序设计方法,对所有数据进行判断分类,将会影响到 3Dmax 软件构建的虚拟场景变化的动作行为分离出来,根据其交互算法,改变虚拟环境中的相应元素,使受训者可在虚拟火场环境中进行无脚本的自由运动,并与环境发生互动,受到环境影响,达到虚拟体验火场逃生的效果<sup>[7]</sup>。消防安全教育虚拟火场逃生体验舱体验者体验,如图 2。被动受训者通过观看实时传输到环幕的主动受训者视角画面,跟随主动受训者体验逃生过程,达到培训目的。



图 2 体验舱体验图

Fig. 2 Experience in virtual experience cabin

### 1.2 虚拟体验舱的系统构架

根据属性与实现功能的不同,整个虚拟舱的系统构架可分为显示终端层与交互控制层两部分。显示终端层有两部分显示屏,一个是控制显示屏,用于显示体验者所处虚拟环境位置的小地图界面及体验者实时心率监控界面。另一个为仿真显示屏,即环幕,显示体验者与虚拟环境的交互。交互控制层通过基于 Unity3d 虚拟交互平台对环境仿真、体验者交互控制、实时场景渲染系统进行整合和处理,将场景交互输出给显示终端<sup>[8-9]</sup>。虚拟舱的系统构架图,如图 3。

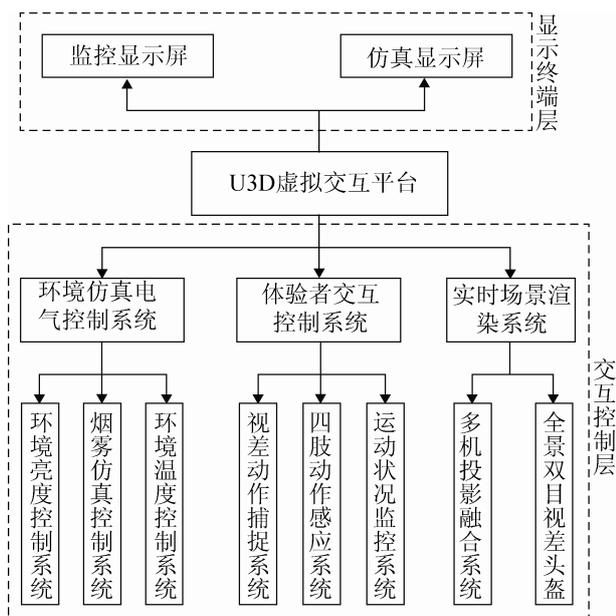


图 3 虚拟舱的系统构架图

Fig. 3 The System architecture of virtual experience cabin

### 1.3 虚拟体验舱系统设计

#### 1.3.1 总体流程设计

虚拟火场逃生体验舱平台的实时场景渲染系统对构成火灾场景的各要素进行仿真，包括建筑、道路、气象环境、消防安全设备(安全口指示牌、火警铃、烟雾感应装置、灭火器、报警装置)等静态对象和火焰、烟雾、水流、旁人等动态对象。在虚拟环境中，受训者所操控的第一人称人物可以与静态或动态对象进行实时交互。

为达到消防安全教育的目标，受训对象选择为在校学生，火灾场景选择为在人流密集的教室、图书馆、食堂，受训者需逃出火场到达操场火灾报警点报火警，并向虚拟老师报到，整个体验结束，展现体验者的体验得分。

#### 1.3.2 火灾场景事件设计

受训者与火灾场景交互事件的选择依据 2 点：  
1) 实例分析，针对系统所设计的三个场所，将这三类场所常见的火灾事故总结，选取最典型的，受灾人员最易忽视的危险行为；  
2) 专家建议，利用专家的专业知识，对提出的火场危险行为给出建

议。以教学楼火场逃生为例，典型的危险行为包括跳窗逃生、不按逃生口指示撤离火场等。结合虚拟教学楼环境，在受训者逃生路线上适合布置，形成火场逃生的技能训练。

对于每一个场景事件，分为事件内容，展现形式和事件触发方式三部分。事件内容是火场危险行为纠正或建议行为主体，以对话框、或动画的形式展现，事件的触发方式有两种，一种是触发器触发，指受训者行动至某一点，触动体验脚本中设定的 Trigger 触发器，触发事件的发生；另一种是行为触发，指受训者做出某一动作或给出问题选择，触发相应事件。

#### 1.3.3 评分等级设计

在体验过程中，系统平台根据受训者的交互情况，以 100 分为满分，对错误交互行为累计扣分，当分数低于 60 分时，受训者自动重新体验。体验结束时，受训者可选择回放功能，系统自动回放录制的火场逃生画面，以便于受训者复习逃生技巧，对被纠正的逃生错误观念加深印象。图 4 为体验结束时，系统的评分界面。



图 4 虚拟舱系统评分界面

Fig. 4 The System rating interface of virtual experience cabin

## 2 虚拟体验舱火灾仿真场景实现

### 2.1 大型虚拟场景的模型优化

虚拟舱中虚拟场景的构建是在 3DSMax 中建立三维模型并进行模型的渲染，必要模型经过 Photoshop 辅助贴图后再把模型导入 3DSMax 中渲

染与优化<sup>[10]</sup>, 最终将模型导入 Unity3d 虚拟现实开发软件中, 对虚拟环境初始化, 并实时监控其状态, 同时通过构建 C#脚本对交互行为进行控制及管理。虚拟舱系统选用 3DSMax 进行虚拟环境的制作, 主要基于三个特点: 1) 基于 PC 系统的低配置要求; 2) 强大的角色动画制作能力; 3) 可堆叠的建模步骤使模型场景具有很强的扩展性, 这一特点意味着系统的虚拟场景可不断的扩展, 具有灵活的扩展性能。

由于设备的局限性及对体验者“沉浸性”性能的高要求, 作为大型场景的虚拟环境, 远近景建筑等物件很多, 需要根据物件与体验者交互的深浅进行分级处理模型精细度, 虚拟环境应满足系统功能需求的前提下, 避免卡顿现象。为达到这一效果, 系统使用的解决技术如下。

### 2.1.1 LOD 模型处理技术

目前, 3DSMax 等建模软件最常使用多边形网格的方式表达模型, 为达到逼真的效果, 模型的多边形表达方式中一般含有几百万个多边形网格, 此类复杂模型往往占用大量计算机内存来实时渲染。为能有效的渲染, 并对模型进行简化, 使用 LOD 模型处理技术。LOD 技术全称 Level of details 技术, 又叫细节层次, 其原理是在不影响视觉效果的前提下, 将一个物体分为二到四层由不同的材质渲染、也可建立不同精度的几何模型, 根据物体与视点距离来选择显示不同层次的模型, 从而加快系统的渲染速度。

例如, 在距离观察者距离  $d$  分别为 5 m、20 m、50 m、100 m 时, 所看到的细节情况随着距离  $d$  的增加由详细到模糊逐渐变化, 根据这种情况定义静态模型各个距离模型  $m(i,d)$ , 即  $m(i,d)$  是一个随距离变化的连续函数, 通过使用分段模型函数来构成第  $i$  个模型集  $M(i)$ , 以有效地降低处理负担。模型在运行处理时, 按照视点的距离  $d$  的改变进行触发并替换模型。算法如式(1)。

$$M(i) = \left. \begin{array}{l} m(i,5), d \leq 5 \\ m(i,20), 5 < d \leq 20 \\ m(i,50), 20 < d \leq 50 \\ m(i,100), 50 < d \leq 100 \\ m(i, INF), d > 100 \end{array} \right\} \quad (1)$$

经过上述处理后, 5 m 内显示精细模型, 物件能看到细部结构; 当处于 5~20 m 范围内, 显示中等精度模型; 置于 20~50 m 时显示简模; 大于 50 m 时, 可使用一张图来代替模型。同时将去除 100 m 范围外所有物件模型。从而在不影响视觉效果的情况下提高了处理速度。图 5 是不同距离下 LOD 模型的效果图。

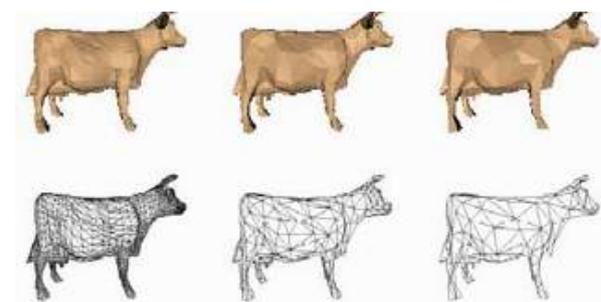


图 5 不同距离下 LOD 模型的效果图

Fig. 5 The LOD model effect maps Under different distance

### 2.1.2 IOC 模型处理技术

IOC 技术全称 Intelligent occlusion culling, 是指在摄像机范围内的物体才被渲染出来, 当一个模型被其他模型遮挡住或不在摄像机视角范围内的均不渲染, 从而减少系统实时“描绘指令”及 draw call 的量, 提高系统流畅性。使用时将需要使用 IOC 技术的模型添加碰撞器与 IOC 脚本, 使其成为 IOC 模型。在摄像机的视角范围内, 每一帧会发射很多射线, 当摄像机镜头旋转时, 与射线碰撞器发生碰撞的 IOC 模型就会被渲染出来。当镜头转向另一边时, 原来方向的 IOC 模型会自动关掉渲染<sup>[11]</sup>。需要注意的是, Unity3d 虚拟摄像机所发出的射线具有穿透效果, 这时需要组织模型的层次, 根据层次信息确定哪些模型需要被渲染。例如, 虚拟场景中有一扇

门及门后的椅子, 除非打开门, 门后的椅子是看不见的, 就不该渲染出来, 可实际上射线穿透了门, 椅子还是会被渲染出来。这种情况下, 通过设置摄像机的 layer, 并把所有可见模型, 比如门, 设置为同一层级, 这时门就相当于挡住了椅子, 椅子不会再被渲染出来。摄像机射线碰撞的代码如下:

```
RaycastHit hit;
LayerMask mask=1<<8;
void testRay(){
if(Physics.Raycast(transform.position,Vector3.right,outhit
,100,mask.value)){
Debug.DrawLine(transform.position,hit.point,Color.red,1
);}}
```

可以利用 Unity3d 平台自带 Umbra 插件进行遮挡剔除的工作, 可以节约很多开发时间。无论模型的复杂程度, Umbra 插件可从给定的 3D 模型中自动创建一个模型优化数据库, 通过控制插件中一对参数的大小, 决定想创建的模型优化数据库的大小和精确度。即使用 Umbra 最关键的部分是寻找最合适的参数值, 关系到系统效果的权衡。理想状况下尽可能快地得到最小限度的结果, 即, 如果遍历高分辨率数据, 影响剔除速度, 使得剔除遮挡比加载遮挡模型花费更多帧的时间显然是无意义的; 而如果遍历数据过快, 使得剔除遮挡模型过少, 对提高系统运行速度也是没有帮助的。根据经验, 参数值的设定一般先是比较大的值或是默认值, 开始遮挡时, 再逐渐缩小值。

### 2.1.3 大型场景的异步循环加载

当虚拟环境的场景比较大时, 模型资源较多, 加载往往费时间多, 而开始虚拟体验或跳转虚拟场景的过程中不应该让体验者等待全部场景资源加载完毕。应该根据模型资源与体验者位置的远近, 视觉效果, 优先加载离体验者近的或是视觉效果影响大的资源, 在体验过程中, 不影响体验者交互流畅性的前提下, 后台加载剩余资源, 直至所有资源加载完毕。这里使用异步循环加载的方式, 即体验

者进入场景时只有默认的有限资源, 这时自动开启异步任务, 在不影响主线程的情况下, 将剩余模型 prefab 资源一个个的循环创建出来, 所使用的 C# 代码如下:

```
public class Main : MonoBehaviour{
public int count;
public GameObject prefab;
void Start (){
StartCoroutine(loaditem());}
IEnumerator loaditem(){
for(int i =0; i< 1000; i++){
Instantiate(prefab);
count = i;
yield return 0;}
yield return 0;}}
```

### 2.1.4 预渲染技术

虚拟场景中的体验者交互较少, 交互性要求低的模型, 如静止的地形和较远建筑, 不需要很好的处理动态的光源变化, 可以使用预渲染技术。不同于每一帧都不假设任何条件, 针对当时实际光源、摄像机和材质参数进行计算的实时渲染。预渲染一般是固定光源和物体的材质参数, 借助如 3DSMax 等的高效工具, 对场景进行细致的渲染, 把光源对物体的关照参数输出成纹理贴图, 在显示时不对物体进行光照处理, 只进行贴图计算, 从而在保证渲染速度的同时获得很好的渲染质量。图 6 为使用预渲染技术处理的教学楼建筑。



图 6 使用预渲染技术处理的教学楼建筑  
Fig. 6 The building using pre-rendered technology

## 2.2 基于 Unity3d 的沉浸式交互实现

考虑到虚拟舱平台对系统计算能力和实时渲染能力的高要求,对比 BS、Virtools、VRML、Unreal4、Unity3d 等主流虚拟现实设计软件的性能及优缺点,选择 Unity3d 作为开发平台。Unity3D 简称 U3D,作为一款跨平台高效率的虚拟现实环境开发平台,具有实时性好,资源占用量少等显著特点,只采用一台 32 核图形渲染机,就基本满足大型场景实时渲染的设计要求。

### 2.2.1 Unity3d 与 Oculus 虚拟眼镜的融合

Oculus 虚拟眼镜单眼分辨率为 640×800,双眼综合分辨率为 1 280×800。水平可视角度为 90°,垂直可视角度为 110°,内置九自由度的方向传感器可以以 1 100 Hz 的频率追踪头部的运动轨迹。Oculus 虚拟眼镜的使用非常简单,将 OculusVR 官网提供的 SDK 包导入工程文件,会得到以 Prefab 预制体形式提供的预设摄像机。预设摄像机包含一个角色控制器预设及摄像机控制器预设,其中,角色控制器控制体验者的视角高度,转头速度,行动速度等;摄像机控制器调节体验者的瞳距、近视面、远视面等视线参数。把预设摄像机拖入场景中,调节好初始位置、角色个体大小等即可运行使用。在 Unity3d 编辑器中 Oculus 虚拟眼镜左右眼运行画面如图 7。



图 7 Oculus 虚拟眼镜左右眼运行画面  
Fig. 7 The performance of Oculus

### 2.2.2 双虚拟互动平台的契合

要使旁观被动受训者通过观看环幕画面达到

培训目的,需要保证环幕画面与虚拟眼镜画面的一致性和同步性。为达到这一要求,将连接虚拟眼镜的主机作为服务器,连接环幕的主机作为客户端。针对服务器和客户端分别建立两个 Unity 工程文件,两个工程文件保证基本的一致,即场景设置、问题触发器、对话框的展现、计分系统的完全一致,但客户端主机应删除场景中烟雾、火焰等与外部环境控制硬件有交互的触发器,防止服务器与客户端的角色控制器预设均触发环境控制硬件触发器,对环控硬件发出重复控制信号,造成信号的紊乱。

主动受训者通过 Joystick 空间鼠标的上下左右按键控制角色控制器预设体的前进、后退、左移和右移,通过虚拟眼镜探测头部的旋转控制角色控制器摄像机的旋转,从而达到主动受训者在虚拟场景中的自由运动。被动受训者观看的环幕画面与主动受训者虚拟眼镜中画面的同步是使用 Socket 通信技术<sup>[12]</sup>通过编写 C#代码,将体验时主动受训者控制的角色控制器预设体的空间坐标位置与摄像机旋转角度等参数值数据序列化,实时传输给远程客户端,接收数据后的客户端再实时控制客户端角色控制器的空间坐标及视角。

体验舱中使用的 Socket 通信技术的关键 C#代码如下,虚拟眼镜服务端以数据流的形式向客户端传递位置、角度参数值:

```
void sendVector3ToClient(Vector3 pos,Vector3 rot){
    NetBitStream stream = new NetBitStream ();
    stream.BeginWrite
((ushort)MessageIdentifiers.ID .ID_CHAT);
    stream.WriteFloat (pos.x);
    stream.WriteFloat (pos.y);
    stream.WriteFloat (pos.z);
    stream.WriteFloat (rot.x);
    stream.WriteFloat (rot.y);
    stream.WriteFloat (rot.z);
    stream.EncodeHeader ();
    _serverMgr.sendMessage (stream );}
```

环幕客户端接收数据流并控制角色预制体实时同步方位:

```
void updateCamera(){
    Vector3 pos = Vector3.zero;
    Vector3 rot = Vector3.zero;
    pos=new Vector3(_revFloat_PX,_revFloat_PY,_revFloat_PZ);
    rot=new Vector3(_revFloat_RX,_revFloat_RY,_revFloat_RZ);
    transform.position = pos;
    Quaternion rotation = Quaternion.Euler (rot);
    transform.rotation = rotation;}
```

### 2.2.3 Unity3d 与环境仿真设备的通讯

为增强沉浸性效果, 虚拟舱采用环境仿真设备, 结合场景中的虚拟环境, 利用温控设备、烟雾设备、灯光设备等辅助设施, 改变受训者的温感、嗅觉、光感等主要人体感觉。要达到这一效果, 需要 Unity3d 交互平台与环境仿真设备的通讯, 即体验者与虚拟环境发生交互动作后, Unity3d 交互平台会产生相应信号并传送给环境仿真设备触发其相应反应。系统根据体验者与虚拟环境交互行为, 如图 8 火焰碰撞触发器图。通过围绕在角色控制器周围的两层四框形火焰触发器, 通过与环境火焰的碰撞触发。其中, 体验者正前方地面上布有烟雾机一台, 左上左下、右上右下地面布有鼓风机四台, 四框型触发器的每一边对应环境控制硬件一个方位的热风机, 双层的设置则对应热风机的高低两档。

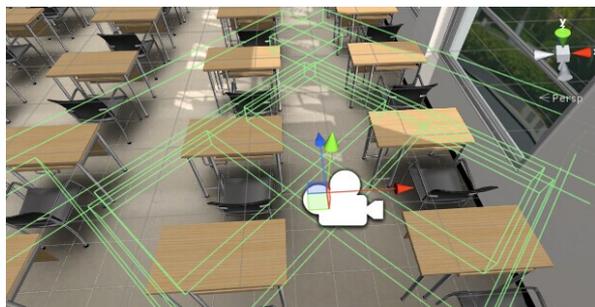


图 8 火焰碰撞触发器示意图  
Fig. 8 Flame collision trigger schematic diagram

控制热风机开闭的方法采用触发器触发实时传递 2 的 n 次幂的整型数, 各触发器对应热风机的整型数加和后置换二进制数, 最后将二进制数转化成字符串形式, 再通过 Unity 实时写出内容为这 16 位的一串 01 二进制字符串的 text 格式文档。最终, 这一 16 位的二进制字符串的每一位对应控制相应位置热风机热丝的闭合或断开, 为 1 则闭合, 为 0 则断开。具体触发器每层的每一个边对应的 2 的 n 次幂, 如图 9。2 的 15 次幂为备用检测端口, 保证环境控制硬件电源的开启, 始终存在。其他, 则触发时是相应的 2 的 n 次幂, 不触发则为 0。

	A	B	C	D	E
1		设备编号	控制方式	设备所在位置	位数(2的次方数)
2		备用端口			15
3	1	烟雾机	电脑控制	环幕正前方	14
4	2	热风机1-1	电脑控制	环幕左前方	13
5		热风机1-2			12
6	3	热风机1-1	电脑控制		11
7		热风机1-2		环幕右前方	10
8	4	热风机1-1	电脑控制		9
9		热风机1-2		环幕右后方	8
10	5	热风机1-1	电脑控制		7
11		热风机1-2		环幕左后方	6
12	6	弱光	手动		5
13	7	强光	手动		4
14	8	排风扇	手动		3
15	9	烟雾机,电源	手动		2
16	10	背景灯	电脑控制		1
17		备用端口			0

图 9 环控硬件控制口示意图  
Fig. 9 Environmental control hardware control diagram

环境仿真设备通过 C#代码实时读取这一实时变化内容的特定 text, 再通过 PLC 改变环境仿真设备的开启关闭、高低档<sup>[13-14]</sup>。

其中, Unity3d 实时改变外部 text 内容的 C#代码关键词句为:

```
string[] ary = File.ReadAllLines("D:\\1.txt");
ary[0] = "0000000000";
string str = string.Join("\r\n", ary);
File.WriteAllText("D:\\1.txt", str);
```

环境控制设备读取 text 并通过 PLC 控制设备开启闭合的 C#代码关键词句为:

```
byte[] buf = new byte[8];
sp.Read(buf, 0, 8);
char[] tempArrysIn = CreateArray(buf[4]);
```

```

char[] tempArrysOut = CreateArray(buf[6]);
var doc = new XDocument(new XElement("root",
new XElement("device",new XAttribute("name", "烟
雾"), tempArrysIn[7]),
new XElement("device", new XAttribute("name", "鼓
风机 1"), tempArrysIn[5] == '0' ? '1' : '0'),
.....
new XElement("device", new XAttribute("name", "鼓
风机 6"), tempArrysIn[4]== '0'? '1': '0'),
doc.Save("status.xml");
if (tempArrysIn[0] == '1' && tempArrysOut[0] ==
'1'){try{byte[] command = new byte[8];
command[0] = 0x55;
.....
command[6] = 0x6F; } catch{
sp.Close();
return;
}

```

综上,通过捕捉体验者所处虚拟环境位置及与环境的交互行为,改变体验者体感温度,改变火焰燃烧声音的远近,播放易燃物发出的爆炸声,适时触发鼓风机鼓吹热风、烟雾机喷发无害烟雾等。对体验者产生生理上的刺激和暗示,使其在意识中产生火场危机假象。图 10 为虚拟教学楼走廊场景中火灾浓烟画面与现实温控设备的开启、烟雾设备的烟雾喷发的对比。

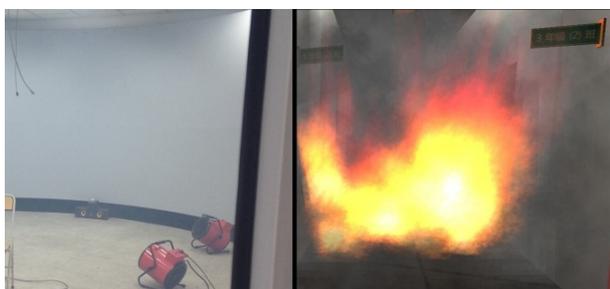


图 10 虚拟烟雾画面与现实烟雾喷发对比图

Fig. 10 Contrast figure of Virtual smoke screen and actually smoke eruption

### 3 系统测试

在公安部上海消防研究所与公安部消防局消防部队装备质量管理站的支持规划下,消防安全教育虚拟体验舱系统已完成硬件的搭建和软件开发,测试系统运行正常,并于日前进行了系统的功能性效果测试。在测试中,选择 20 名未接受过消防安全宣传教育的大学生接受测试。将测试人员分为 A、B 两组。A 组采用传统的观看 PPT 配合宣传员讲解的形式进行消防安全知识传授,B 组采用消防安全教育虚拟舱体验配合体验回放纠错的方式进行。两组均完成前期消防安全教育后在消防所专用可控模拟火场环境中进行火场逃生综合演练考核,考核中,A 组在正确避免烟雾,触发火警报警,正确报警三个环节中错误最多。在避免烟雾中未能正确使用毛巾沾水捂住口鼻,未能弯腰匍匐前进;触发火警报警时,不会触发或忽视触发;正确报警时,过于慌乱不能正确报出火灾发生地点、火势大小等关键信息。B 组则出错较少,面临火势时很少慌乱,能够有条理的迅速撤离火场。从测试结果看,体验舱受训者在面临真实火情时更能保持冷静,减少慌乱失误,熟练使用逃生技能,逃生成功率较高。测试的不足之处是,目前测试的规模较小,还需要扩大测试范围,找出系统的不足加以完善。

### 4 结论

消防安全教育虚拟体验舱应用了高清投影融合拼接、环境仿真中、虚拟全景、体感互动、运动侦测、体态传感等技术,以全封闭的形式,保证了环境温、声、光、电仿真的真实度,配合全视角的沉浸式影像环境及可更替的虚拟环境及体验脚本,以 Unity3d 交互平台为基础,在场景

和体验设置中通过多场景自由选择,自由行动辅助以心理引导,一直到受训者逃离火场危险区域,并到达操场上向虚拟老师报道,完成整个体验为止,能够让受训者完整的学习到全面的火场逃生

技能训练。为受训者提供特点场合的五感沉浸体验, 能够让受训者完整得到全面的技能训练。

### 参考文献:

- [1] 王安, 孟庆国, 孙爽. 浅析虚拟培训教学法的优势及不足 [J]. 商业文化(下半月), 2012, 6(2): 258. (Wang An, Men Qingguo, Sun Shuang. Analyses advantages and disadvantages of virtual training teaching method [J]. Commercial Culture (second half), 2012, 6(2): 258.)
- [2] 李玉忠, 杜慧军. 虚拟现实技术综述与基于 Internet 的虚拟培训系统设计 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(15): 127-129, 149. (Li Yuzhong, Du Huijun. A State-of- Art on the Virtual Reality and Design of a VR System Based on Internet [J]. Journal of Environmental Sciences, 2002, 38(15): 127-129,149.)
- [3] 郭海. Oculus: 当虚拟照进现实 [J]. 新经济, 2014, 21(30): 68-69. (Guo Hai. Oculus: When Virtual into Reality [J]. New Economy, 2014, 21(30): 68-69.)
- [4] 刘瑶, 余旭, 黄智兴. 基于 Kinect 传感器的动态手势实时识别 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 32(8): 132-137. (Liu Yao, Yu Xu, Huang Zhixing. Real-Time Dynamic Hand Gesture Recognition Based on Kinect Sensor [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2015, 32(8): 132-137.)
- [5] 王恒升, 肖鹏, 何清华. 一种数字式控制手柄及其信号仿真 [J]. 电子器件, 2005, 28(1): 16-19. (Wang Heng sheng, Xiao Peng, He Qinghua. A New Digital Joystick and its Signal Simulation [J]. Chinese Journal of Electron Devices, 2005, 28(1): 16-19.)
- [6] 王智明. 操纵杆控制范围的扩展 [J]. 建设机械技术与管理, 2005, 12(11): 40. (Wang Zhiming. Joystick Range Extended [J]. CMTM, 2005, 12(11): 40.)
- [7] 何岗, 李俊, 张锋. 基于 Unity3D 的消防 3D 情景实训系统的设计与实现 [J]. 软件产业与工程, 2014, 5(6): 43-48. (He Gang, Li Jun, Zhang Feng. Design and Implementation of Situational Fire Simulation training System Based on Unit3D [J]. Software Industry and Engineering, 2014, 5(6): 43-48.)
- [8] 邱建松. 基于 Unity3d 的实时虚拟仿真系统的研究与实现 [J]. 电子制作, 2012, 19(12): 11-12. (Qiu Jiansong. The research and implementation of real-time visual simulation system based on Unity3d [J]. Information Technology, 2012, 19(12): 11-12.)
- [9] 林德江, 秦国伟, 王国德, 等. 基于 Unity 3D 技术的某装备便携式虚拟训练系统研究 [J]. 火炮发射与控制学报, 2014, 35(4): 91-95. (Lin Dejiang, Qin Guowei, Wang Guode. Research on a Portable Virtual Training System Based on Unity 3D technology [J]. Journal of Gun Launch & control, 2014, 35(4): 91-95.)
- [10] 黄静, 张红忠. 3DSMAX 在虚拟现实中的应用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(2): 124-126. (Huang Jing, Zhang Hongzhong. Application of 3DSMAX in Virtual Reality [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2013, 36(2): 124-126.)
- [11] 李秀玲. 3dsmax 中对渲染速度问题的讨论 [J]. 电脑开发与应用, 2012, 25(4): 1-2, 5. (Li Xiuling. Discussion on Rendering Speed in 3dsmax [J]. Computer Development & Applications, 2012, 25(4): 1-2, 5.)
- [12] 孙德辉, 王科, 史运涛. 基于 SOCKET 编程实现 IP 传感器的网络通信 [J]. 电子测量技术, 2008, 31(9): 97-99, 116. (Sun Dehui, Wang Ke, Shi Yuntao. IP sensor's network communication based on SOCKET programming [J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(9): 97-99, 116.)
- [13] 闫丽华. 彩灯的 PLC 控制设计 [J]. 装备制造技术, 2011, 18(9): 83-84. (Yan Lihua. Design on the PLC Control of Colored Lantern [J]. Equipment Manufacturing Technology, 2011, 18(9): 83-84.)
- [14] 彭秀英, 陈亚, 胡园. 基于 PLC 控制的气动模拟测量系统的研究设计 [J]. 液压与气动, 2010, 34(2): 16-18. (Peng Xiuying, Chen Ya, Hu Yuan. The research and Design on Aerodynamic System of analogue Measurement Based on PLC Control [J]. Chinese Hydraulics and Pneumatics, 2010, 34(2): 16-18.)