

虚拟现实技术在校园灾害教育中的应用

The Application of Virtual Reality Technology in School's Hazard Education

王子楷¹ 艾文斯¹ 宋子麟¹ 冯嘉懿¹

指导老师：施一宁 杨盟

(1. 中国人民大学附属中学，北京市海淀区中关村大街 37 号，100080)

摘要：现今建筑火灾频发，但学校逃生安全教育普及效率低，而且效果较差。本文介绍了一种基于虚拟现实技术的校园火灾逃生教育系统的开发和应用过程，经前期对火灾和逃生安全教育的调研，背景知识调查，实景建模、装饰、编程、火场模拟和在 Steam VR 和 HTC Vive 平台组成一套完整系统，该项目可实现全真模拟的逃生演练，灭火器使用练习和逃生安全教育，并可用于各个中小学校推广。

关键词：灾害教育；环境模拟；虚拟现实

Abstract: With a high level of frequency in building fire hazards and lack of simulation, effect and popularization in hazard safety education, this article aims to recommend the development process of an on-campus fire hazard escaping & safety training system based on Virtual Reality(VR). Due to former research on hazard safety education and background information, live 3D model building, refurbishing, programming, fire simulating and compiling on Steam VR & HTC Vive, this complete system can have access to real simulation on fire escaping, fire extinguisher using and hazard safety education. Moreover, the whole project could be easy to be promoted in primary schools & middle schools nationwide.

Key Words: ESCAPING EDUCATION; ENVIRONMENT SIMULATING; VIRTUAL REALITY

引言

目前火灾事件发生的频率日益频繁，而校园火灾的事件也时有发生，因此开展有关火灾逃生的教育课程十分必要。VR 技术由于其成本低，仿真度高和重复性高的优势是火灾教育的一个很好的选择。

虚拟现实技术（Virtual Reality, VR）可以生成与真实环境相似的视觉，听觉，触感的数字环境^[1]。采用物理引擎、建模平台搭建虚拟现实平台，并利用其沉浸性（Immersion），交互性（Interaction），构想性（Imagination）的 3I 特性，将其应用于公共教育和安全领域^[1]。VR 技术在仿真训练，工业设计，交互体验等领域解决了一些重大或普遍性需求^[2]。

对于安全教育方面，目前学校在急救课程中过于重视理论知识，忽视了逃生实践技能的培养。安全事故发生时，人们普遍惊慌错乱，安全感降低，导致本该避免的灾难发生^[3]。

一 项目背景

由于消防方面虚拟现实技术应用于特殊灾害模拟，具有逼真，安全，成本低廉，便于重复的特点，解决了训练中普遍存在的非专业化，真实性差的问题^[4]。同时由于 VR 基于数字技术，具有很大的可扩展性和可塑性，易

于应用于多种训练场景，或是基于网络进行联合、远程训练和系统升级^[5]。1993 年英国 COLV 公司开发出了基于 Dimension International 虚拟环境开发和 3D 动画演示火灾时人员疏散的场景，达到了沉浸感。而国内方面中国科学技术大学与中国矿业大学合作开发出基于大空间建筑火灾场景的 VR 灭火器操作练习系统^[6]。

虚拟现实结合建模技术和编程语言可以模拟大部分可视的场景。成都勘察测绘研究院就已经实现了对整个成都天府新区 VR 漫游系统的建立^[1]。新疆农业学院等各中高校也开发出了基于 UNITY 3D，借助 CAD 和 3D MAX 以及 C#语言建模、编程构建的校园漫游系统，让用户拥有沉浸感地处于模拟的真实场景中^[7]。

然而目前为止可面向于广大受教育群体，可商业化，便携化，成本低廉的 VR 灾害逃生系统仍然欠缺。针对这些问题，应在前人的基础上改进 VR 技术在火灾场景中的应用并完整的模拟真实的火灾场景，并在此基础上加强在校园里推广火灾教育的力度。由此团队提出了《CatchingFire》项目——一款基于 VR 的校园实景火灾模拟逃生教育系统。

二 前期调研

在项目正式开始前，团队对中国人民大学附属中学（以下简称“人大附中”）学校相关领导进行了采访，领导反复强调了火灾逃生的重要性。同时本团队向对来自不同学校的高中生发放问卷调查，调查所在学校组织逃生演习的频率，满意度及其原因，以及对 VR 逃生系统的参与意愿等。本次调查有效样本近 500 份。

问卷调查的统计结果表明大部分学生对于学校的火灾逃生教育并不满意（仅 18.2%受访者给出了 9 或 10 分），且仅 6%受访者表示其所在学校一年举行 2 次以上逃生演习。受访者对学校逃生演习的不满意方面在组织混乱、逃生路线不明确、宣传不好、同学不重视等方面中均有体现。由此可见现有灾害逃生教育和演习模式存在较大问题。

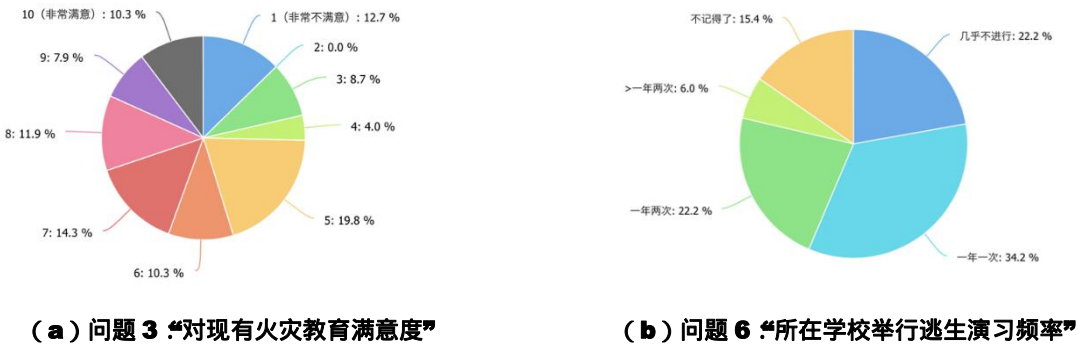


图 2-1 问卷结果

但与此同时，近九成受访者表示了对 VR 逃生系统的兴趣，认为其形式新颖，愿意参与；近七成受访者表示 VR 逃生系统会比现有逃生模式更有成效。

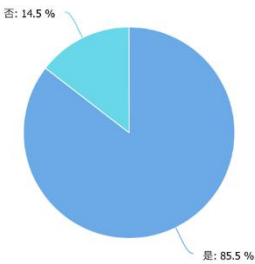


图 2-2 问卷结果—问题 7 “是否愿意尝试 VR 逃生教育”

因此，团队决定在前人研究和前期调研的基础上将 VR 与火灾教育真正有机结合起来。解决方案如下：

以游戏为载体，游戏分为火灾逃生场景和消防器材操作场景，在仿真教学楼模型内发生火灾后，玩家需要分别按照正确路线逃离火灾现场和正确操控灭火器扑灭燃烧木块的火焰。使用者戴上设备后通过操纵游戏手柄、按下不同的按键触发不同的操作推动游戏进行，同时通过用户交互界面接受灾害安全教育的相关知识。获得沉浸的真实的逃生体验，并做到真实火场（逃生演习无法实现）的模拟。

该解决方案创新之处主要在于：

- a) 寓教于乐：创新性地以游戏为媒介，让同学们通过主动学习更好地吸收知识；
- b) 高仿真度：通过搭建真实模型、使用粒子系统和网络导航系统模拟火焰，将虚拟环境与现实场景有机结合，产生更为真实的融合体验；
- c) 全面教学：更高效地进行知识教学。

三 项目制作

团队利用多种软件 and 平台，分别对项目进行了建模、主程序编程、火灾模拟、火焰效果制作、逃生模块搭建和在 Steam VR 和 HTC Vive 上进行组装。

1 3D 建模技术

(1) 使用 SketchUp 进行的教学楼模型搭建

SketchUp 软件是一款建立 3D 模型的软件，通过使用简单、内容详尽的颜色、线条和文本提示指导系统，让人们不必键入坐标，就能帮助其跟踪位置和完成相关建模操作。

团队利用 SketchUp2018 Make 版本搭建了人大附中逸夫楼的等比例模型，并着重注意细节上的处理，达到最佳还原效果。

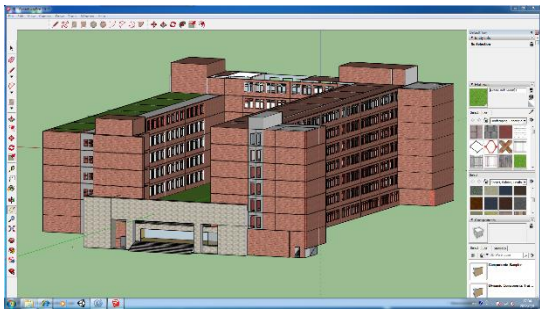


图 3-1 利用 SketchUp 建立的人大附中逸夫楼模型

(2) 使用 3ds Max 进行的灭火器模型搭建

3ds Max 软件是一款基于 PC 系统的三维动画渲染和制作软件。可利用绘图，编程，动画时间轴等工具全面精确地制作模型及动画素材。本团队实用 3ds Max 2016 软件，利用其绘图、曲线，制作曲面，布尔运算，编辑多边形等功能，并设置参数，制作了把手可活动拆卸的灭火器模型。

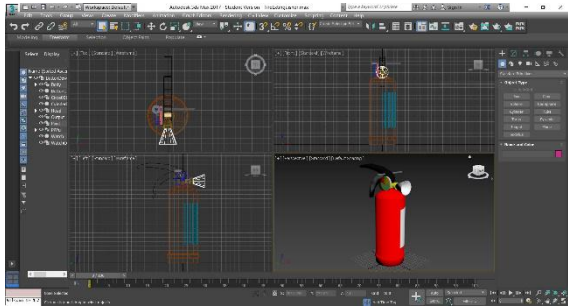


图 3-2 利用 3ds Max 建立的灭火器模型

2 火灾模拟

(1) PyroSim 软件简介及使用流程

PyroSim 软件是一款适用于 FDS 和 SMV 的图形用户界面。它通过纳维尔-斯托克斯方程（粘性流体方程）来对于低速、热驱动流动进行定量计算，并采用大涡模拟（Large Eddy Simulation, LES）和混合分数燃烧模型（Mixture Fraction Combustion Method）来进行大空间建筑结构内烟气流动的研究。

在项目中，团队利用 PyroSim 编辑几何图形，建立了学校一间教室的模型（如下图），

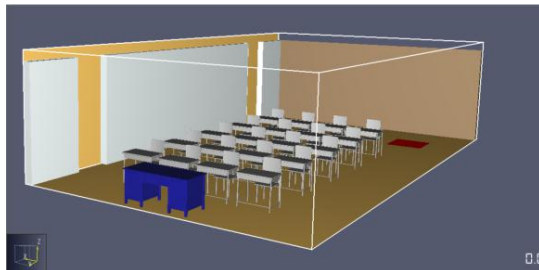
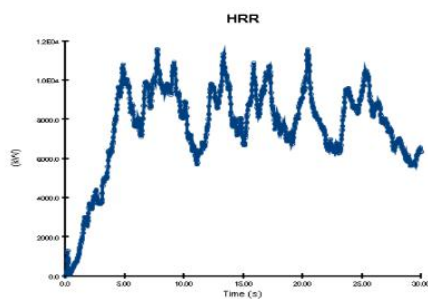
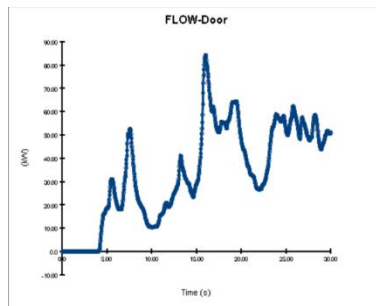


图 3-3 学校教室模型

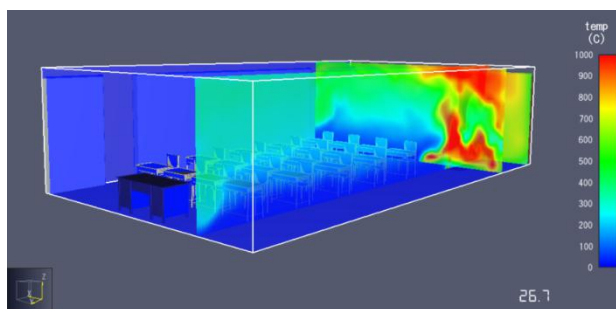
然后定义了燃烧参数，并将结果显示在 SMV（SmokeView，一款可视化软件）中得到以下结果：



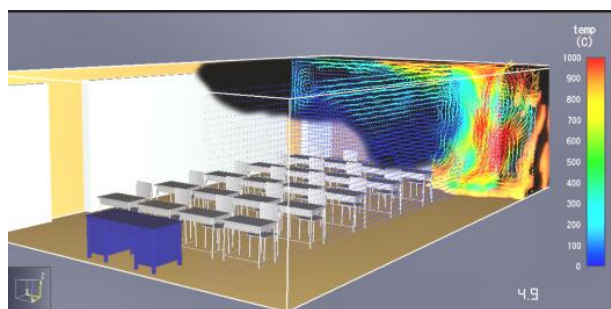
(a) 热量释放速率（HRR）图



(b) 流速图



(c) 温度分布图



(d) 火灾蔓延动态效果

图 3-4 可视化软件中相关结果

在对以上模型和数据进行分析后发现，教室后方起火后，烟雾的传播速度最快，沿空气上层不到 10 秒即可贯穿整个教室。而且教师门窗的对流方向的平均温度比前后方向的明显高出 50% 左右，结合流速图，团队推测其原因可能是高温烟气和空气的热对流更快。

(2) 火焰基本模型的制作

团队首先基于 Unity3D 的粒子系统（Particle System）来制作基本火焰的模型。在制作火焰模型时团队通过使用多个粒子系统制作出不同的火焰、烟雾、灰尘，并将它们集于一体。同时，通过调节粒子系统的参数，团队制作出了多种火焰以应对不同的模拟需要。部分模型的参数如下表：

表 3-1 “Fire”模型相关参数

名称	Particles	Speed	Speed Range	Angle/Radius	Duration
Fire	20	1	0.6-2.0	R=0.96	5
Smoke	30	1	2.0-2.5	A=45	10
Glow	10	1	0.1-1.7	A=15	5
Embers	85	1	0.2-2.5	R=0.01	3

表 3-2 “Fire Flat”模型相关参数

名称	Particles	Speed	Speed Range	Angle/Radius	Duration
Fire	30	1	0.2-1.4	R=0.5	5
Flat	75	1	0	R=0.7	5
Smoke	30	1	0.8-1.4	A=10	8
Embers	50	1	0.8-2.7	R=0.7	3

（3）火灾蔓延效果的实现

团队在实现火灾蔓延效果时，利用了 Unity3D 的导航寻路组件（NavMeshAgent）。其核心思想为让火焰自由地随玩家蔓延，以达到紧迫感的效果。

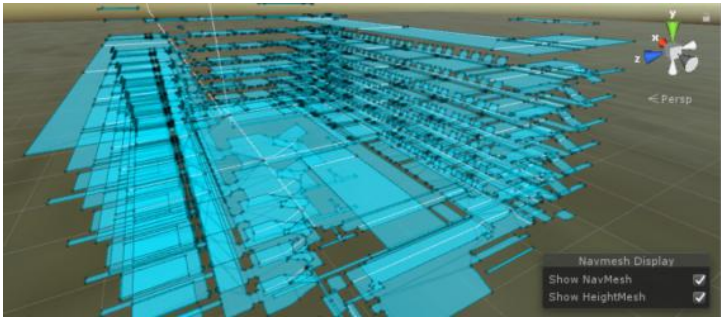


图 3-5 Unity3D 中的导航寻路组件

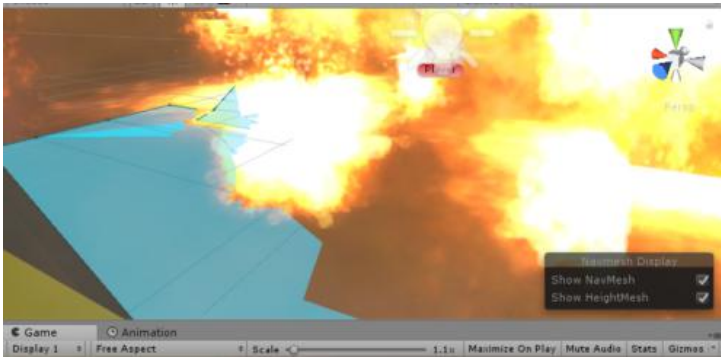


图 3-6 利用导航寻路组件实现蔓延的火焰

团队将一个不可见的球放入场景中作为火焰发射源，并将其设置为要导航的模型。然后设置导航网络的参数，烘焙静态地面，得到了发射源可以移动的平面。接下来再将导航的目标设为玩家，然后设置它的参数。这样，在游戏开始后，发射源便会自动追踪玩家的实时位置，并在运行的过程中发射火焰。

表 3-3 发射火焰相关参数

规格	运行速率	发射方向	发射频率	目的地
R=0.5	3.5	XY 平面及以上随机	1.2	Player

这样做的优势是:

- 较少的工作量: 较之前人定点放置火焰, 并通过代码控制它们一一燃烧, 导航网络寻路使得发射源能够自动发射火焰。这样便省去了繁杂的建立火焰和判断机制, 节省了相应的工作量。
- 较好的扩展性: 一方面, 通过设立导航网络寻路, 团队建立起了一套稳定而且通用的火焰传播系统, 这在任何地点下模拟火焰在不同位置的传播都是可行的。另一方面, 这套系统还可以满足不同的模拟需求, 在本项目中为了达到娱乐的效果将导航目标设置为了玩家, 但同时目标和可以设为一个指定地点。
- 较高的精准度: 通过设立发射源的相关参数, 并根据不同的蔓延要求对这些参数进行调整, 便可以在短的时间内达到较好的模拟效果。

(4) 火灾模拟效果的体现

团队在建立了火焰模型和蔓延效果后, 在不同的模型中分别进行了调整和改进, 最终得到了相应的模拟结果, 如下图所示。

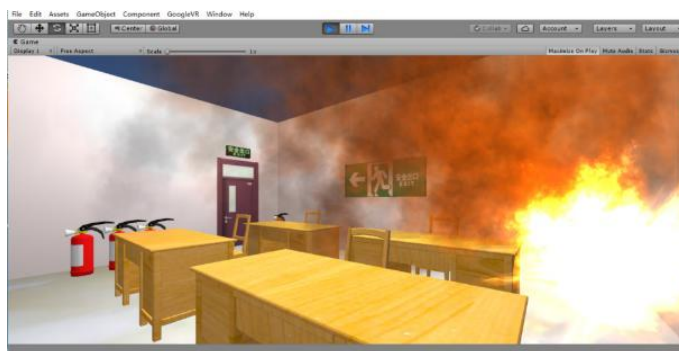
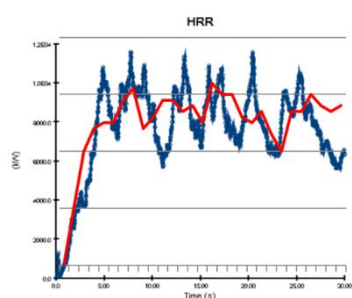


图 3-7 教室中的模拟火焰

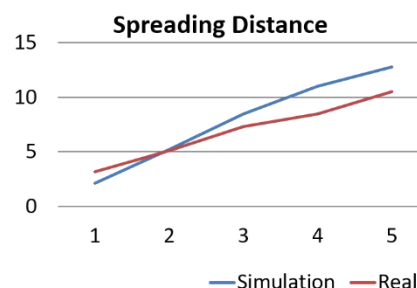


图 3-8 楼道中的模拟火焰

为了验证模拟的精度, 团队选取了具有代表性的热量释放速率和传播速度与真实火焰进行对比, 得到的结果如图所示。



(a) 热量释放速率对比



(b) 传播速度对比

图 3-9 模拟与真实火焰参数对比

可以看到，在一定时间范围内，火灾模拟与模型的拟合度较高，达到了预期的模拟效果。

3 主程序框架的搭建

(1) 玩家移动的实现

由于火灾逃生需要连续性的逃生动作，团队放弃了 HTC VIVE 中经常采用的“Teleport”远距离传输方法，而是采用了通过玩家按下手柄按键操控运动的形式。团队将玩家的运行速率设为 5m/s（人的正常奔跑速度），并在两个控制器上挂上脚本，通过获取头盔的正对方向，便可得到角色的移动方向。

接下来是获取用户输入。由于 HTC VIVE 的手柄圆盘键的输入时采用的是极坐标的形式，玩家在圆盘上按下任意键值都会获得一个角度值，通过代码对该角度进行判断，游戏中只设定前进、后退、向左、向右四个方向，这样便可通过获得用户的按键输入进行方向判断。

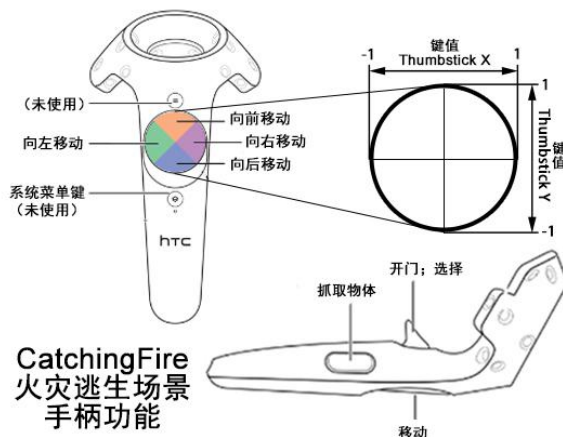


图 3-10 HTC Vive 手柄对应键值

(2) 逃生模块的建立

在游戏的进程中，火灾逃生占据主要板块。为了达到游戏的逃生效果，如何在玩家进入火堆后进行相应的减血便成为重中之重。

团队首先在每个火焰上设置了碰撞体（Collider）。当玩家的 Collider 触碰到这些火焰上的 Colliders 后，便会触发碰撞检测 onCollisionEnter 代码块，在这个代码块中访问 PlayerHealth 脚本并调用 Damage 方法，即可完成血量减少的效果。

当玩家的血量减少到零时，脚本便会将 Death 的值变为 True，从而触发事件管理器（TheEventManager）中的一系列事件，比如禁止玩家移动，显示主界面，通报逃生时间等等。反之，楼门口地面上设有碰撞检测台，当玩家踏上这块平地后，便会调用 TheEventManager 里的获胜（Win）方法，使玩家获得胜利。与之相关的脚本为 PlayerHealth.cs，脚本挂载在 Player 对象上，其部分代码如下：

```
//本函数用于_触发碰撞检测
private void OnCollisionStay(Collision other)
{
    if (other.gameObject.tag=="Fire")
        playerhealth.damaged = true;
    else if (other.gameObject.tag=="Finish")
        win = true;
}
//本函数用于_玩家血量减少
public void TakeDamage ()
```

```

{
    damaged = true;
    currentHealth -= 50f*Time.deltaTime;
    healthSlider.value = currentHealth;
    if(currentHealth <= 0 && !theEventManager.isOver)
        theEventManager.isOver = true;
}

```

(3) 玩家互动的实现

在设计菜单时，团队为了充分发挥虚拟现实技术的沉浸性和多感知性，放弃了传统菜单界面的平面化设计，转而创建了菜单场景，将菜单中的可选项实体化。

菜单场景是一间放有可交互物体的教室，在玩家的面前有三个可抓取的物体，分别对应两个游戏场景和退出键。当玩家控制手柄接触物体后，物体会高亮显示。此时玩家可以通过按下手柄两侧的抓握按钮抓取物体，并将物体拖到面前来选择并进入不同的场景。

这种菜单场景的设计可以充分体现虚拟现实技术的特点，增强游戏的娱乐性。同时将玩家初始放置于一间教室中也可以增强玩家对本项目的认知，使玩家对本项目有初步的了解与印象。

为了实现这种效果，团队借助了 Unity 3D 中 VRTK 插件的部分脚本，实现了用手柄抓取物体并显示高亮的效果。在选择判断方面，团队在玩家身上添加了碰撞体，当带有选项标签的物体与玩家碰撞时即会触发切换场景的函数。与之相关的脚本为 ControllerHighlight.cs，脚本挂载在 Controller 对象上，其部分代码如下：

```

//本函数用于_高亮手柄
public virtual void HighlightController(Color color, float fadeDuration = 0f)
{
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.ButtonOne, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.ButtonTwo, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.Body, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.GripLeft, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.GripRight, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.StartMenu, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.SystemMenu, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.Touchpad, color, fadeDuration);
    HighlightElement(SDK_BaseController.ControllerElements.Trigger, color, fadeDuration);
    //判断是否高亮
    controllerHighlighted = true;
    highlightController = color;
    lastHighlightController = color;
}

```

(4) 代码的编写

代码是程序框架构建的核心。团队在编写时所用的语言主要为 C#。C#是微软公司发布的一种面向对象的、运行于 .NET Framework 之上的高级程序设计语言。因为 C#是 .NET/Mono 的主流语言，相对其它语言来说较为成熟，背后由微软提供强力支持；而且具有容易上手的特点。

表 3-4 核心脚本介绍

名称	主要功能	父对象	主要方法
TheEventManager	主程序框架，控制 UI	玩家	typeText(),

			End(), start(), win(),
PlayerHealth	控制玩家血量, 碰撞检测	玩家	Damage(), Death(), OnCollisionEnter(),
PlayerMovement	控制玩家行动	右手柄	Move(),
ShootFire	控制火焰传播	火焰发射源	Hit(),
OnExtinguisher	控制灭火器, 喷出水雾, 灭火判断	灭火器	OnTrigger(), FireOff(),
SceneChanger	切换场景, 淡入淡出	UI	ChangeScene(), OnLoadScene(), SceneChanging(),
TimeManager	计时, 通报时间	左手柄	StopTime(), StartTime(), Count()

主要逻辑通过脚本实现:

- UI 语句: Switch & Coroutine

协程 (Coroutine) 的概念存在于多种编程语言。由于 Unity 是单线程的, 因此它同样实现了携程机制来实现一些类似于多线程的功能。在本项目中, 团队通过协程中的 yield 语句和 WaitForSeconds 类来达到延时输入字幕的效果。同时, 通过 Switch 语句达到了切换字幕的效果。与之相关的脚本为 UITextSwitch.cs, 脚本挂载在 LoadCanvas 对象上, 其部分代码如下:

```
//本函数用于_定义显示文本
private IEnumerator TypeText()
{
    text.text = "";
    foreach (char letter in word.ToCharArray())
    {
        text.text += letter;
        yield return new WaitForSeconds(letterPause);
    }
}
//本函数用于_显示文本
private void ShowText()
{
    StopAllCoroutines ();
    StartCoroutine(TypeText());
    return;
}
```

- 手柄 SDK 按键事件获取: SteamVR & VRTK

手柄控制器在 VIVE 系统中占据极其重要的地位, 两个手柄负责玩家几乎一切互动输入。在项目中手柄的 SDK 获取主要是基于 VRTK 和 SteamVR 的脚本进行的。VRTK (Virtual Reality ToolKit) 是一个开发插件, 里面集合了 8 个有用的相关脚本集, 包括控制、交互、事件、移动、指针、用户界面、显示、功能等。通过调动 VRTK 中的 Controller 脚本中的监听事件, 即可获得用户的相关输入。与之相关的脚本为 ControllerEvents.cs, 脚本挂载在 Controller 对象上, 其部分代码如下:

```
//本函数用于_手柄按键事件
void FixedUpdate()
{
    var deviceLeft = SteamVR_Controller.Input ((int)trackedL.index);
```

```

var deviceRight = SteamVR_Controller.Input ((int)trackedR.index);
//按下手柄任意按键
anyButtonPressed =
    deviceLeft.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger)
    || deviceLeft.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.ApplicationMenu)
    || deviceLeft.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Touchpad)
    || deviceLeft.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Grip)
    || deviceRight.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger)
    || deviceRight.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.ApplicationMenu)
    || deviceRight.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Touchpad)
    || deviceRight.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Grip);
//按下手柄任意扳机键
triggerClicked =
    deviceLeft.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger)
    || deviceRight.GetPressDown (SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger);
}

```

4 Steam 平台和 VIVE 对于项目的支持

Steam VR 是一套虚拟现实应用的软件开发平台, 包含了对软件组装和发布的全部支持。HTC Vive 是由 HTC 与 Valve 联合开发的一款 VR 虚拟现实头盔产品, 发布于 2015 年 3 月。开发套件包含了头戴式显示器、两个独立的单手控制器及双定位器 - 用来开发互动式虚拟现实体验内容所需的全部物品。团队将软件在 Unity3D 打包后, 导入 Steam VR 工具包, 运行 VR Toolkit, 再通过软件内设置和硬件连接 HTC VIVE 的定位器, 头戴显示器和手柄, 实现整个项目的封装。

四 项目成果及迭代产品

1 核心产品

团队推出的核心产品产品名为 CatchingFire, 是一款基于 HTC Vive 的校园火灾安全教育软件。



图 4-1 玩家佩戴 HTC Vive



图 4-2 核心产品图标

- 菜单场景

进入游戏后，玩家会首先进入菜单场景。菜单场景是一间放有可交互物体的教室，在玩家的面前有三个可抓取的物体，分别对应两个游戏场景和退出键。当玩家控制手柄接触物体后，物体会会有高亮显示。此时玩家可以通过按下手柄两侧的抓握按钮抓取物体，并将物体拖到面前来选择并进入不同的场景。



图 4-3 菜单场景周围环境



图 4-4 物体接触手柄后高亮显示

- 火灾逃生场景

在火灾逃生场景中，玩家初始位于一间教室中，在阅读过游戏玩法提示后即可移动。按动手柄轮盘上的上下左右键可以分别控制玩家向相对于自身的前后左右方向移动。在左手手柄上方会显示血条，右手手柄上方显示从玩家开始移动后所经历的时间。火焰会跟随玩家的行走路径移动，随着火焰与玩家之间的距离减小，玩家的血量也会减少。

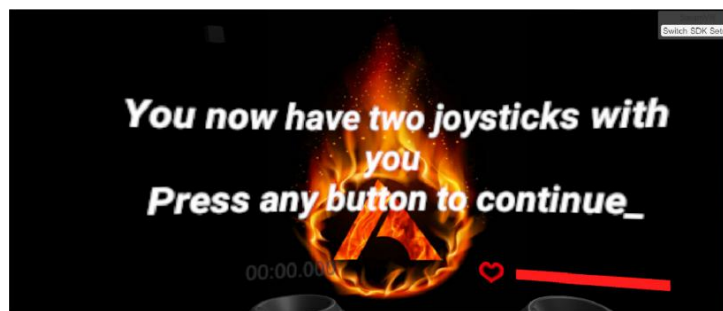


图 4-5 游戏玩法提示



图 4-6 两个手柄分别显示血量及时间

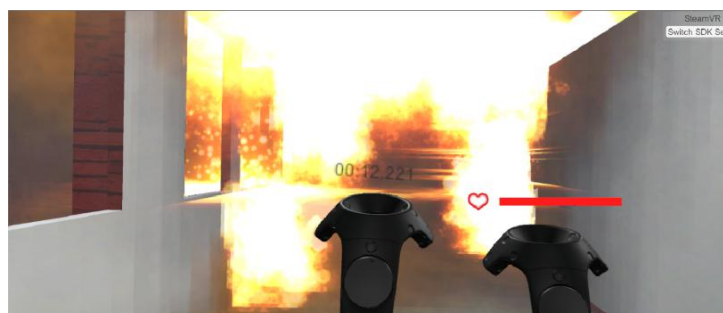


图 4-7 火焰在楼道中蔓延

可以移动后，玩家需要尽快选择好逃生路线，并用最快的速度离开教学楼。如果玩家在血量减小为零之前找到出口，成功到达楼外的场地，此次游戏胜利。如果血量在玩家成功逃出前减为零，此次游戏失败。在每次游戏结束后，玩家面前会显示此次逃生所经历的时间，以获取本次体验的反馈。



图 4-8 玩家在建筑中逃生

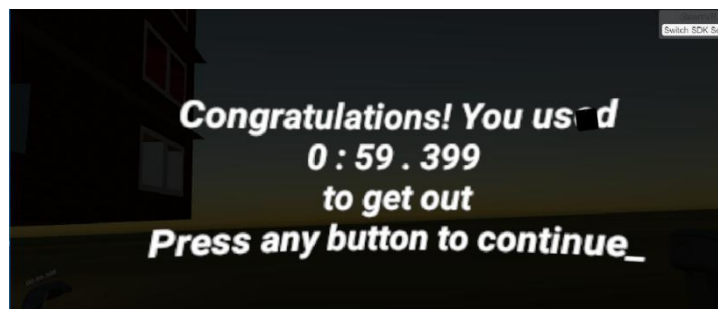


图 4-9 玩家获得胜利

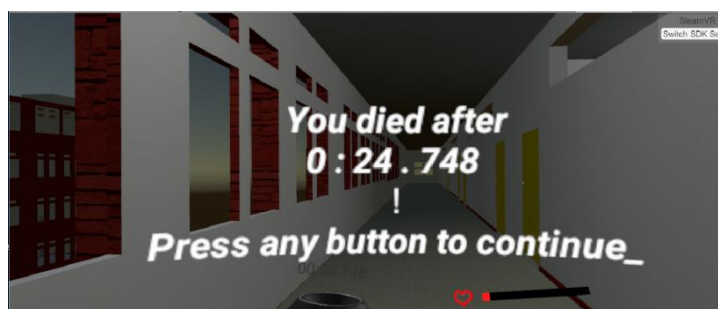


图 4-10 玩家游戏失败

● 灭火器场景

在灭火器场景中，玩家初始位于草地上，面前有着火的木块和灭火器。在阅读过灭火器使用简介后即可使用灭火器。通过捏紧手柄两侧的抓握按钮可以拿起灭火器。玩家需要用左手柄抓取灭火器瓶身，右手柄抓取灭火器喷嘴。

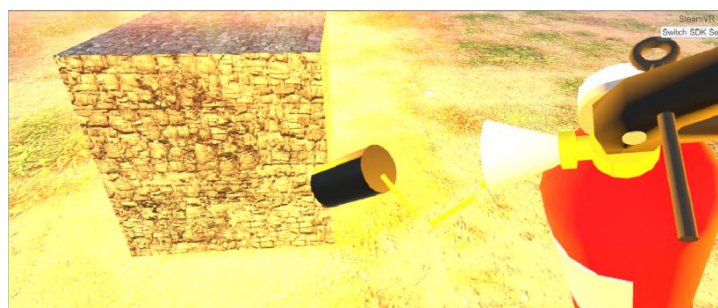


图 4-11 灭火器场景周围环境



图 4-12 游戏玩法提示

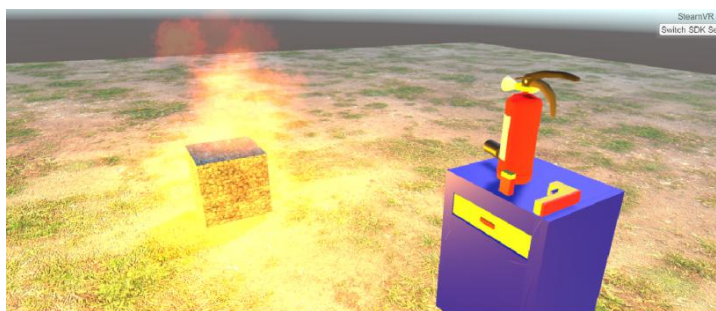


图 4-13 玩家用手柄抓取灭火器

将喷嘴对准火焰后，玩家可以通过扣动左手柄扳机来喷出灭火泡沫。泡沫接触火焰并停留一段时间后即可扑灭。当全部の木块都被扑灭后，玩家胜利。

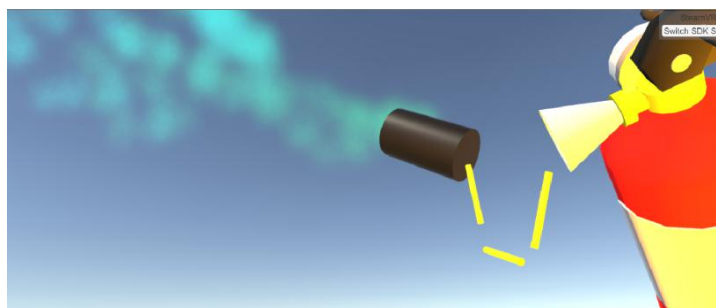


图 4-14 扣动扳机后灭火器喷出泡沫



图 4-15 玩家获得胜利

每次体验结束后玩家都会回到菜单场景。

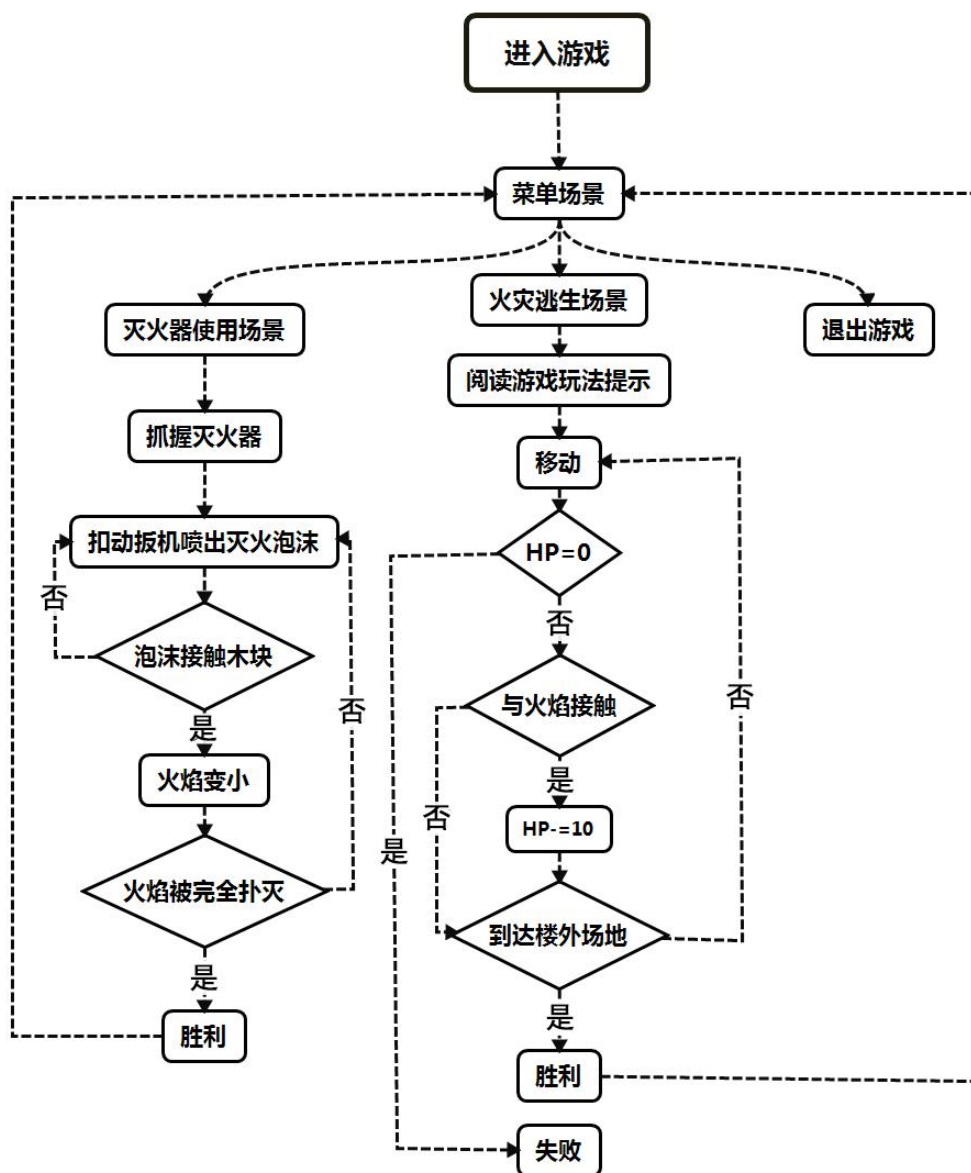


图 4-16 核心产品流程图

2 测试、推广与反馈

(1) 团队内部测试

团队内部成员在核心项目制作过程中及结束后，共进行大小测试超过 250 次，更新版本多于 20 个。主要形式为不同成员测试非自己主要负责的板块内容，目的是及时发现模型缺陷、逻辑漏洞等。

表 4-1 核心产品主版本更新

版本号	主要更新点
Version 1.x	按产品需求，实验各项功能的实现
Version 2.x	加入场景概念
Version 3.x	加入预制模型
Version 4.x	实现火焰等动态效果
Version 5.x	添加 UI 等用户引导
Version 6.x	实现场景切换，视觉美化

(2) 面向潜在用户测试、推广

借助人大附中作为推广平台，团队尽可能多的邀请了潜在用户体验试用核心产品。目标用户范围较广，包括了身边同学教师、来实验室参观的友校师生、来自美国的交换生，以及到访的前别国政要等。



(a) 团队在区级公开课上展示项目



(b) 芝加哥友好学校师生参与体验



(c) 接待斯洛文尼亚前总理 Danilo Türk 与人大附中校长一行

图 4-17 用户推广与测试

此外，团队携核心产品参加了中国大智汇创新研究挑战赛（China Think Big，CTB），前往美国哈佛大学（Harvard University）进行全球总决赛。在项目路演、深度答辩等环节中，向哈佛大学的学生、教授以及本次参赛的友队同学介绍本项目，并邀请他们进行试用、评价。



(a) 与哈佛大学教授交流



(b) 在哈佛大学科学中心展示产品与展报



(c) 路演环节中友队成员体验项目

图 4-18 团队携项目参加 CTB 全球总决赛

在推广时，团队首先介绍项目背景、进度等信息，之后邀请潜在用户进行试用。用户了解核心产品后，会与团队成员交流使用感受。团队在探讨中主要关注用户角度，如产品内部的 UI 提示能否正确向用户传达设备的使用方法与游戏规则。团队将每一次反馈的意见及建议进行及时的记录，并尽可能在后续版本进行更新优化。

(3) 测试结果与反馈

截至目前，有近 60 人次试用了项目的核心产品。根据多方测试使用后的反馈，有约 75%的用户评价项目是显著有效的，亦对项目发展十分看好。

同时，团队也在推广测试中发现了若干待改善的问题。经总结分析后，存在的问题主要集中于如何在成本与体验之间达到平衡。团队主要考虑如下因素：

表 4-2 产品衡量因素	
用户成本	用户体验
VR 设备	虚拟场景仿真度
使用空间范围	粒子系统特效效果
主机性能	可交互方式（手柄、屏幕触点等）
.....

据此，团队将产品进行了较大的更新及迭代。

3 产品更新与迭代

团队对测试后发现的问题进行了两个方向的解决：对于模型、逻辑等简单缺陷，采取更新核心产品的方式；对于硬件需求等无法用现有工程进行改善的问题，则采用了产品迭代的方式。

(1) 核心产品更新

对于测试中反馈出的各项细化问题，团队立即对工程进行修改，如：

- 用户反映在楼梯逃生时不知道自己身处第几层楼道。团队在建筑模型中楼梯处添加楼层数字标识；
- 用户使用产品前可能不了解 HTC Vive 设备的操作模式。团队在游戏开始前添加了 UI 提示，通过文字描述简单介绍移动、抓取等动作对应的按键方式；
- 用户反映灭火器及其部件不太容易触控并抓取。团队将可抓取部件设置为被手柄接触时高亮显示的方式，提示用户抓取动作的可操作性。

(2) 产品迭代

- 第二代产品《CF_APP》

该产品主要实现了将基于 HTC Vive 设备的程序移植到手机端。玩家需要使用 VR 眼镜及手柄进行操作。程序具体逻辑与核心产品类似，玩家使用手柄摇杆控制移动。

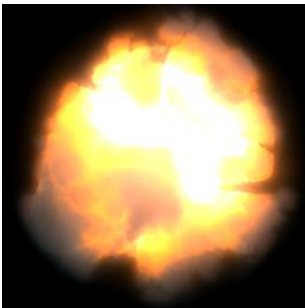


图 4-19 《CF_APP》图标



图 4-20 需使用 VR 眼镜及手柄

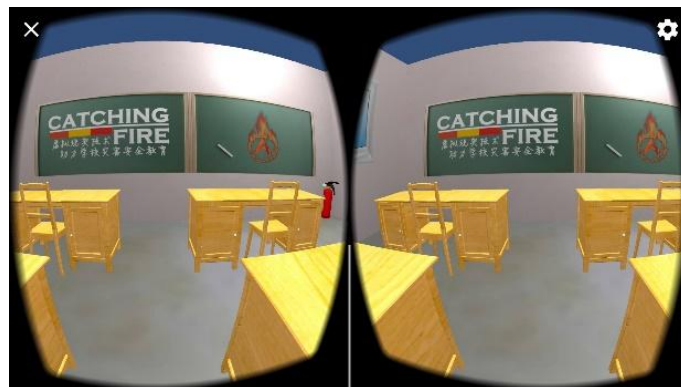


图 4-21 手机屏幕显示画面

- 第三代产品《OnFire》

该产品通过手机内置陀螺仪，实现全景效果。玩家在搭建的精简化教学楼模型中模拟逃生。玩家通过旋转手机可观察到环绕在四周的虚拟环境。产品提供了两种移动方式：第一为长按屏幕向视野前方移动，第二种是按住并拖动位于屏幕左下角的虚拟摇杆移动。



图 4-22 《OnFire》图标

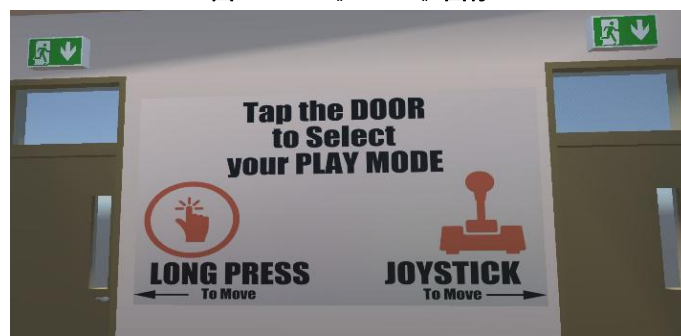


图 4-23 移动方式选择界面

该产品主要通过血量的倒计时实现计时。同时在某些一部分地方设有可触发的题目，用户行进至某一位置会

触发问题，只有回答正确才可继续移动。玩家若选择错误答案或进入火焰，血量会减少的更快。



图 4-24 火焰效果

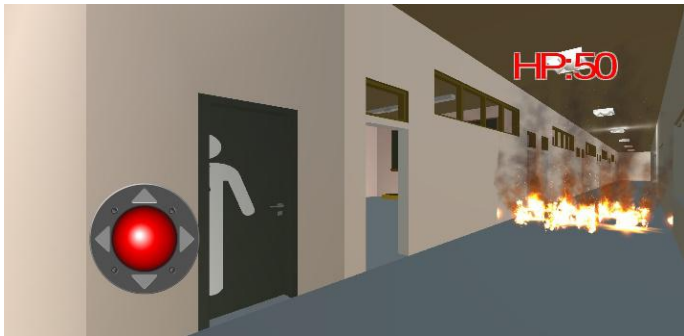


图 4-25 楼道场景

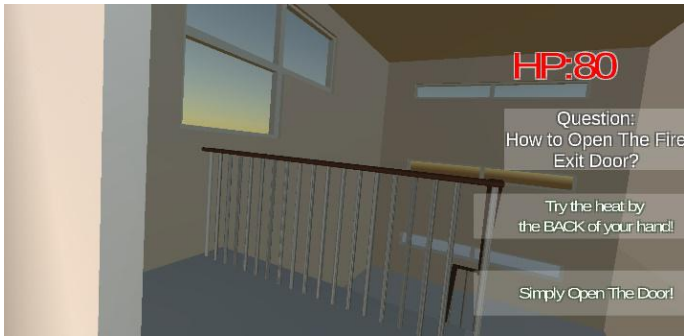


图 4-26 靠近消防门触发问题



图 4-27 游戏失败

在血量减为零前安全逃出则游戏胜利，未逃出则游戏失败。

(3) 三代产品比较

结合各项考量因素，可以对于目前的三代产品进行横向比较。

表 4-3 现有产品比较

	CatchingFire	CF_APP	OnFire
技术平台	SteamVR	GoogleVR	内置陀螺仪

硬件	HTC Vive; 主机	VR 眼镜; 手柄; 手机	手机
场地	3m*4m 空旷地面	一人站立空间	一人站立空间
移动方法	真实环境脚步移动; 手柄圆盘滑动	手柄摇杆滑动	长按屏幕; 虚拟摇杆
转向方法	身体转动	身体转动	身体转动
交互方式	手柄多个按键; 视角移动; 头盔与手柄位移	简易手柄按键; 视角移动	屏幕触控; 视角移动

可以看出，三代产品各具优势，这有利于真正推广时面向不同用户群体的选择性推荐。

五 不足与展望

1 现阶段项目不足

(1) 技术方向:

- 火焰效果对主机性能要求较高，经常出现卡顿情况；
- 场景内部灯光等效果渲染尚不充分，不能完全达到与现实完全相同的虚拟效果；
- 模型内可用于交互的部件较少，互动性有待提高。

(2) 推广方向:

- 当前工程仅以人大附中逸夫楼为基本模型，真正起到充分教育作用的用户只有本学校师生。若要大范围推广，需选取具有普适性的建筑形态进行虚拟建模，或将项目改进为一套可用于各种建筑模型的系统；
- 目前技术在多人交互方面尚不成熟，很难实现逃生或其他教育中的用户交流，即无法模仿现实中与身边人类等的互动。

2 项目未来发展规划

在测试阶段，过半的用户肯定了项目的可行性与可持续性，团队由此对未来发展进行了规划。

- 技术层面，团队希望采用更多成本需求更低而效果更好的方法，如结合网络定位与 AR 技术等进行尝试。
- 内容方面，拓宽教育范围是目前的主要目标，例如同样的建筑模型稍加改动也可以用来进行地震等其他灾害的模拟。
- 同时团队也希望项目能够产品化，上架于应用商店或融入学校教育课程进行推广。

六 致谢

感谢许佩涵，谢德东，周廷昱，张健翔四位 CTB 组员对调研及推广做出的无私奉献；感谢杨盟，王思泓老师对项目的大力支持；感谢施一宁老师对项目制作的悉心指导；感谢学校对项目提供的设备支持；感谢其他对项目进程做出支持的人。

参考文献

- [1]赵沁平. 虚拟现实综述[J]. 中国科学:信息科学, 2009, 39(1):2.
- [2]周忠, 周颐, 肖江剑. 虚拟现实增强技术综述[J]. 中国科学:信息科学, 2015, 45(2):157-180.
- [3]姚浩伟, 孟牒, 韦飞祥,等. 开展安全逃生教育课程的探讨[J]. 消防科学与技术, 2016(7):1028-1030.
- [4]刘艳, 邢志祥, 刘伟. 虚拟现实技术在消防模拟训练中的应用研究进展[J]. 消防科学与技术, 2009, 28(3):214-216.
- [5]李剑锋, 张学魁. 虚拟现实技术在消防训练中的应用[J]. 武警学院学报, 2008, 24(2):80-82.
- [6]徐守祥, 梁永生, 刘晓东. 基于火灾模型的消防虚拟现实体系结构[J]. 系统仿真学报, 2009(s1):255-258.
- [7]伊力哈木江.巴图尔, 崔龙, 张红忠,等. 基于 Unity3D 的三维数字校园漫游系统[J]. 现代计算机(专业版), 2012(36):90-94.

附录

1 调查问卷

假如那一天到来

有一些事情我们可能遇到，于是便有了演习
火灾，
随时都有可能遇到
但是，
防火演习真的能起到该有的作用吗？
我们希望得到你的答案。

1.您目前的年级

- ☐ 小学
 - ☐ 一年级
 - ☐ 二年级
 - ☐ 三年级
 - ☐ 四年级
 - ☐ 五年级
 - ☐ 六年级
- ☐ 初中
 - ☐ 一年级
 - ☐ 二年级
 - ☐ 三年级
- ☐ 高中
 - ☐ 一年级
 - ☐ 二年级
 - ☐ 三年级
- ☐ 大学
 - ☐ 本科
 - ☐ 研究生
 - ☐ 硕士
 - ☐ 博士
- ☐ 学龄前

☐ 学业已结束

2.如若让你为你所在学校的火灾安全教育进行打分，你愿意打几分？（1-10,10 为满分）

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

☐ 8

☐ 9

☐ 10

3.你认为火灾安全教育重要吗？学校有必要将其作为一个必备逃生知识加强宣传吗？

☐ 重要，是生活中极有可能发生的事情

☐ 重要，但发生概率不大，不必花费太多精力

☐ 不重要，但也需要适当的安全教育

☐ 不重要，进行火灾安全教育是浪费时间

☐ 不重要，进行火灾安全教育除了好玩别无它用

4.你所在学校进行火灾逃生演习的频率？

☐ 几乎不进行

☐ 一年一次

☐ 一年两次

☐ >一年两次

☐ 不记得了

5.在你看来，每次逃生演习是否起到了应有的效果？

☐ 是

☐ 否

6.根据经历过/听说过的逃生演习，你认为是什么因素导致了演习没有效果？

☐ 组织混乱

☐ 逃生路线及要求不明确

☐ 学校宣传力度不够

☐ 同学不够重视

☐ 其他_____

7.如果利用 VR（虚拟现实技术）模拟火灾逃生，你会愿意尝试？

☐ 是

☐ 否

8.如果利用 VR（虚拟现实技术）模拟火灾逃生，比起学校组织的现场逃生会更有成效？

☐ 是

☐ 否

9.你认为会有成效/不会有作用的原因？

10.您对于我们问卷的改进建议？

问卷到此结束，感谢您的参与！

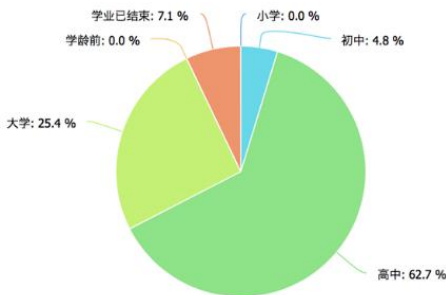
我们是来自人大附中的 CatchingFire 团队

致力于应用虚拟现实技术模拟真实火灾场景，
提高青少年对火灾危险性的认识，
加强青少年应对火灾能力
欢迎联系我们了解更多，和我们一起
MAKE A DIFFERENCE!

2 问卷结果与分析

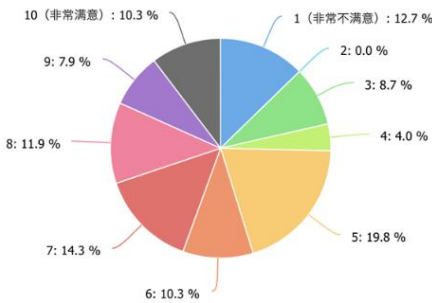
1.您目前的年级

受调查年龄段广泛，主要均为在校学生，与我们想要推广我们的成果的群体相仿。
这其中主要为高中生，而高中生这一群体，作为从家庭环境走向大学这一独立自主环境的交界点上，是防火安全教育最重要的受众。
在之后我们剔除了非学生群体的已回收问卷来使得结果能真正反映学生们的情况。



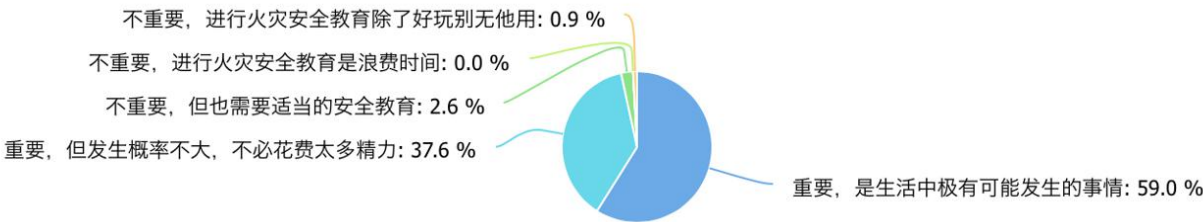
2.如若让你为你所在学校的火灾安全教育进行打分，你愿意打几分？（1-10,10 为满分）

可以看到，在所有受访学生当中，大部分（能给到 9 或 10 分的仅仅 18.2%）对于学校火灾安全教育并不满意。



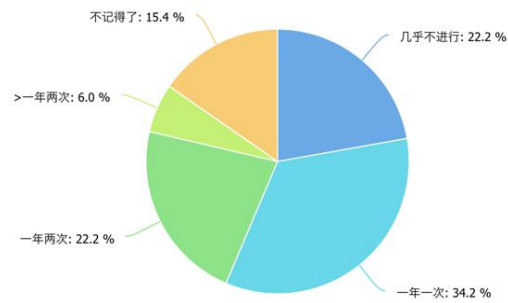
3.你认为火灾安全教育重要吗？学校有必要将其作为一个必备逃生知识加强宣传吗？

可以看到，学生群体对于火灾安全教育有着极高的关注度，对于其重要性几乎所有人都承认。
但是在认识到重要性的同时，对于火灾安全教育的必要性仍有部分受访者（37.6%）表示并不认同火灾的高发性。



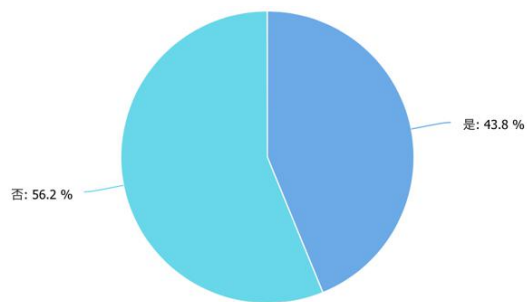
4.你所在学校进行火灾逃生演习的频率？

从这里可以看到，大部分学校的火灾逃生演习并不能真正为同学们留下深刻印象，很多受访者表示没有印象。



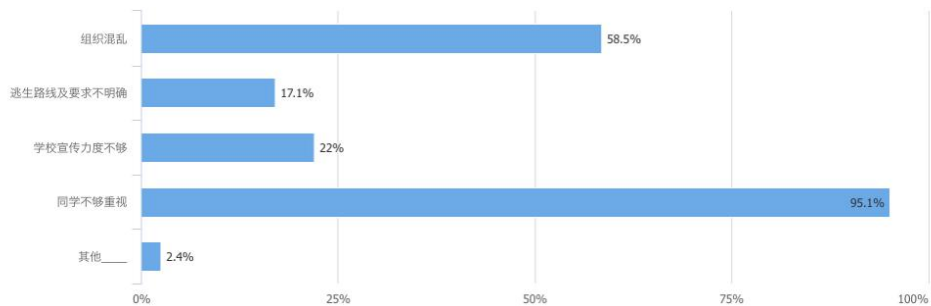
5.在你看来，每次逃生演习是否起到了应有的效果？

这里可以看到，学生们对于逃生演习的效果持悲观态度。

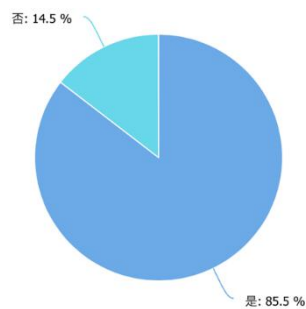


6.根据经历过/听说过的逃生演习，你认为是什么因素导致了演习没有效果？

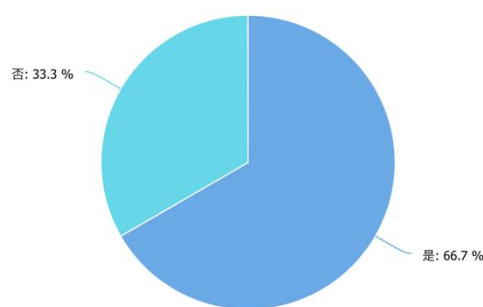
从这里可以看到，对于学生群体，对火灾危险性的认识严重不足。



7.如果利用 VR（虚拟现实技术）模拟火灾逃生，你会愿意尝试？



8.如果利用 VR（虚拟现实技术）模拟火灾逃生，比起学校组织的现场逃生会更有成效？



3 采访记录

（说明：团队在前期调研中进行了多次面对面采访，此处仅呈现其一）

采访时间：2017 年 12 月 15 日

被采访人：施一宁（人大附中教师）

视频记录：王子楷

文字记录：宋子麟

Q：您知道学校对于火灾都有哪些防护措施？

A：学校作为一个教学场所，所有楼在基建进行预审的时候，第一件事就是审这个防火，包括防火通道，还有施工的防火安全等等方面的这些内容。所以对于教学楼来讲，它的防火安全应该是非常好的。而且在教学楼的各个层和各个过道之间，都设有防火措施，比如说像消防栓或灭火器等等。所以对于咱们学校来说，防火措施应该是做的非常好的。

Q：您知道怎样使用灭火器吗？

A：我知道灭火器分为两种，一种是干粉灭火器，还有一种是……是另外一种（笑）。我只知道这个干粉灭火器的正确使用方法是把那个灭火器倒过来，然后那个……打开开关，哦不，拔掉消防栓然后再打开开关，那干粉就喷出来了，然后直接喷到火源上。

Q：您觉得火灾演习有没有达到应有的效果？

A：额……实际上是这样，学校每年都会举办这样一次到两次这样的消防演习。在进行消防演习的时候，应该说，在学校层面上做的还是不错的。毕竟呢，让学生有防火的意识和安全意识。但其实，对于部分学生来讲，他们可能从主观意识来讲，认为这个只是一个演习，所以并没有把它当回事。在演习的时候他在楼道里走的还是非常缓慢的，并且还有说说笑笑的。其实我觉得这个对于学生来讲没有达到防火方面的训练。其实我觉得后面，有可能的话，学校应该在这方面多做一些讲座啊，课程，让学生在突发情况的时候怎么做有一定的了解。

Q：针对怎样引导同学，您有什么更好的方法吗？

A：我之前看过这么一个新闻，说有学校呢，在逃生演习的时候，都会给每个学生身上带一块秒表，让他们从自己的教室逃出来的时候，去记录他们自己逃生的时间。那我觉得其实在后面进行消防演习的时候，可以采取这样的一种形式，就是用这种计时，计分这种。游戏式的模式，引导学生这个消防演习…让他们更去重视这个活动。但是在回头这个演习之后呢，要对他们进行深刻的教育，让他们去了解这不仅仅是一种游戏，而是通过游戏的方式，让学生了解火灾对人产生的这种危害，以及如何去学习这种逃生的方法。那么同样的，现在可以使用虚拟现实技术啊，增强现实技术啊，去更好地展示这种火灾的影响，让学生去了解火灾的危害。因为对于虚拟现实和增强现实，他是一种比较有意思的展示方式。在对学生进行这种灾害教育消防教育的时候，他们的这种代入感是非常强的。这对他们来说，是非常直观的一个（方式）。

Q: 从一个老师的专业角度来看, 您对 VR 教育有什么展望么?

A: 那么虚拟现实技术呢, 他其实是一个非常好的平台, 尤其是对于我们这个时代的, 尤其是学生来说, 是赶上了这样一个蓬勃发展的时间。从我接触虚拟现实技术那会, 还没有很多人了解这种技术。我应该是看着这种技术从无到有, 到越来越多的人去关注, 以及在商业方面的这种起起伏伏。其实可以看出来这种技术是在发展, 但是同时也受到了一些社会条件, 政治条件的这样一些影响。那么我客观来讲, 从技术本身而言, 它肯定是一种非常好的技术, 是一种非常好的展示技术, 他可以让人更生动的体验一种知识, 或者体验一种场景。而不是非常死板地去了解一个客观事实。那么从现在 VR 的发展来说, 很高兴能够看到各大厂商, 比如说索尼, HTC, 三星, 还有苹果, 他们都在这方面呢进行一些研究。对技术的发展来说, 设备的发展肯定是一方面, 设备发展推动了技术发展。另外一方面呢, 也要看到具体的内容。其实虚拟现实一开始发展不是特别好的原因就是因为没有内容, 只有设备, 没有这样一种具体化的应用, 让所有人或者大多数人去喜欢这项技术。所以我觉得后期对于 VR 技术来讲, 应该从这两个方面进行拓展, 就是 硬件方面和软件方面。那么从 VR 教育的这种层面来看呢, 我觉得这更是非常适合教育的一种方法。因为呢学生, 尤其是中小学生, 他们心理的特点呢, 就是容易被这种新鲜事物吸引。其实他们从平时学习之中已经厌倦了这种死读书, 读死书这种模式。那么与其这样, 不如为他们提供这样一种新的教育模式, 让他们去喜欢这种模式。