

沉浸式虚拟海底仿真系统构建及关键技术研究

李婷婷,唐媛,付力娅

(大连东软信息学院 数字艺术与设计学院,辽宁 大连 116023)

摘要:近年来,随着计算机技术的不断发展,与之相关的人机交互技术、虚拟现实技术以及场景建模技术迅速发展。人类生存的地球上海洋面积占比巨大,对地球海洋世界的模拟和探索一直都备受关注。沉浸式虚拟现实技术以其良好的沉浸感、交互体验感为人类认识海洋,学习海洋知识提供了便利条件。该文利用虚拟场景建模、虚拟场景交互等数字化技术设计实现沉浸式海底世界交互系统,并通过 Oculus Rift DK2 设备进行验证。实验结果表明,基于沉浸式虚拟现实技术能构建出高度真实的海洋交互环境,增强体验者对真实环境的感知能力和交互效果。相较于传统的海洋世界探索,该系统能帮助体验者更好地获得学习体验和交互方式,为海洋知识的传播提供更多的渠道选择和更为立体的展示空间。

关键词:沉浸式;虚拟现实;场景交互;场景建模;海底世界

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2023)06-0075-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2023.06.012

Construction of Immersive Virtual Seabed Simulation System and Research on Key Technologies

LI Ting-ting, TANG Yuan, FU Li-ya

(School of Digital Art and Design, Dalian Neusoft University of Information, Dalian 116023, China)

Abstract: In recent years, with the continuous development of computer technology, the related human-computer interaction technology, virtual reality technology and scene modeling technology have developed rapidly. The ocean area of the earth where human beings live accounts for a large proportion, and the simulation and exploration of the earth's ocean world have always attracted much attention. Immersive virtual reality technology, with its good sense of immersion and interaction, provides convenient conditions for human beings to understand the ocean and learn marine knowledge. In this paper, an immersive underwater world interaction system is designed and implemented by using digital technologies such as virtual scene modeling and virtual scene interaction, and verified by Oculus Rift DK2 equipment. The experimental results show that the highly real marine interactive environment can be constructed based on immersive virtual reality technology, and the perception ability and interaction effect of the real environment can be enhanced. Compared with the traditional exploration of the ocean world, the system can help experiencers better obtain learning experience and interaction methods, which provide more channel choices and more three-dimensional display space for the dissemination of marine knowledge.

Key words: immersive; virtual reality; scene interaction; scene modeling; underwater world

0 引言

近年来,随着科技的不断发展,以计算机技术、虚拟网络为特征的信息社会正在越来越多地改变着信息的传播方式^[1-2]。沉浸式虚拟现实(Immersive Virtual Reality, IVR)是虚拟现实技术的一种,沉浸式虚拟现实强调利用计算机生成一种模拟环境,使用户沉浸到该环境中,与虚拟世界中的物体进行自然的交互,通过视觉、听觉和触觉等获得对虚拟世界的感知^[3-4]。从20世纪80年代开始,国内外学者们尝试采用先进的

虚拟现实技术构建“数字海洋”并为体验者提供逼真的感受。例如:Miandji等基于GPU技术模拟海洋水面细节特征^[5];Li等通过shader编程实现大范围海面光照效果^[6];潘牧野和刘笃仁基于Direct3D构建了3D场景中的水面效果^[7];王平侠和胡琼杰利用VC编程实现了海洋世界中的水泡效果,为虚拟海洋模拟提供参考^[8]。上述海洋水体生成方法大都从海洋平面的构建及渲染出发,对于如何真正发挥数字技术对海洋生物环境展示及动态交互需要进行深入的分析 and 细致的

收稿日期:2022-08-28

修回日期:2022-12-29

基金项目:辽宁省社会科学规划基金项目(L21BKG001)

作者简介:李婷婷(1985-),女,副教授,硕士,通信作者,研究方向为虚拟现实技术、人机交互技术;唐媛(1994-),女,助教,硕士,研究方向为计算机图形图像处理。

研究。由此,该文基于虚拟现实技术开发沉浸式海底世界交互系统,采用 3D 立体模型建构虚拟海底世界,为海底生物运动设定轨迹路线并实现语音交互功能,使得海洋生物能够更加形象、立体、直观地呈现在广大观众面前,为海洋知识的传播提供更多的渠道选择和更为立体的展示空间。

1 系统设计

1.1 流程设计

沉浸式虚拟现实技术海底交互系统采用模块化方式,利用市面主流引擎进行开发,目前市面主流引擎包括 Unity、Unreal、Cocos2D、CryEngine 等^[9]。其中,Unity 和 Unreal 可以算得上是目前市场上最热门的引擎,也各自拥有为数众多的开发者。Unity 引擎是由 Unity Technologies 公司开发,可以轻松实现三维视频特效及虚拟漫游交互效果^[10]。因此,本项目基于 Unity 引擎实现,系统流程设计如下:

首先,进行角色设计,将海底生物以 2D 形式进行展示。然后,在 3ds Max、Maya 等三维软件构建模型和贴图,完成 3D 立体模型的制作,并将角色模型导出 fbx 格式文件作为海底世界场景素材。接下来,将制作完成的 3D 立体模型导入 Unity 引擎中进行场景搭建。最后,根据用户提出的交互指令基于 C#脚本进行交互漫游、碰撞检测、特效实现等交互功能开发,并实现渲染输出,系统流程设计如图 1 所示。

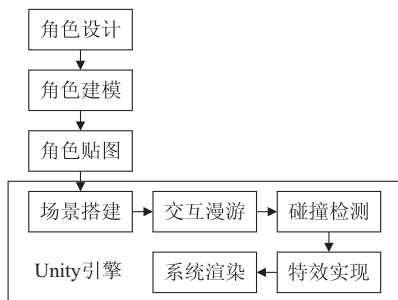


图 1 系统流程设计

1.2 交互设计

沉浸式虚拟现实技术的海底交互系统内设计实现一群海洋生物在海洋内游动,并且可以根据用户指令进行交互行为。沉浸式虚拟场景下交互有很多种方式,例如:语音交互、手势交互、触觉交互和多通道交互等^[11]。该系统交互主要分为两种方式:一种是鼠标交互,体验者通过鼠标点击海洋生态系统屏幕即可从屏幕上方随机出现一种海洋生物。另一种采用语音交互,体验者通过麦克说出海洋生物名字,系统在感知到语音输入后在屏幕上方出现对应的海洋生物形态,并伴随语音介绍。这两种交互方式可以满足不同体验者的参观需求,提升参观者的好奇心,激发人们热爱海

洋,保护海洋的环保意识。

1.3 角色设计

角色方面主要采用卡通形式,利用 PS 软件绘图功能设计了一些海洋世界生物,包括:海龟、灯笼鱼、小丑鱼、燕鱼、河豚、水母、鳐鱼、章鱼、箭鱼、海马等。在设计海洋世界生物过程中遵循生物一致性、画面整体性、比例协调性等原则,在充分考虑到用户体验及美感后设计海底生物如图 2 所示。

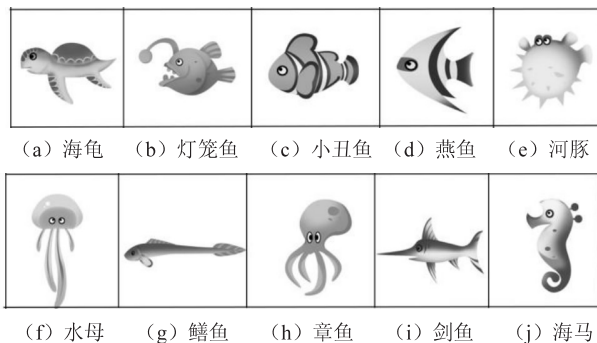


图 2 角色设计

2 系统实现

2.1 场景搭建

在三维空间中采用 3ds Max 软件或者 Maya 软件制作海底生物造型,包括藻类、珊瑚以及海底浮游生物。将制作完成的海底生物模型导入 Unity 引擎中搭建海底世界,并用在海洋生物表面加入颜色、阴影、亮度、纹理等表面属性,从而使得整个景物模型更加逼真,如图 3 所示。

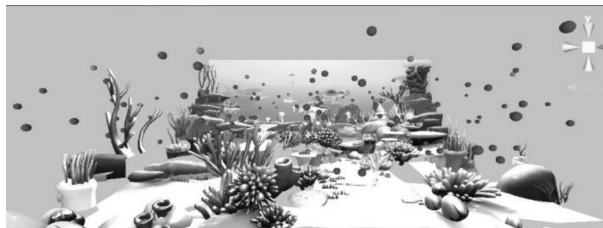


图 3 场景搭建

2.2 系统交互

在沉浸式海底世界交互系统中,为提升参观者的交互性,设计了鼠标交互和语音交互两种方式,参与者可以通过鼠标在海洋世界屏幕上点击任意地方或是通过麦克说出鱼类的名字,系统接收到指令后都会在屏幕上弹出具体鱼类信息,并实例化出气泡特效,具体实现方法如下:

```

if(检测到交互信息)
{
    GameObject GO = Instantiate( fishPrefab[ Random. Range( 0,
fishPrefab. Length )], spawnPosition. position, Quaternion.
identity) as GameObject;
    GO. GetComponent<Fish> ( ). enabled = true;
}
  
```

```
GO.GetComponent<Fish_BackGround>().enabled = false;
GO.transform.Find("Bubbles").gameObject.SetActive
(true);
}
```

2.3 碰撞检测

系统中使用射线来完成相关的算法,它的定义为:射线上的点=射线的原点+ t *射线的方向, t 用来描述它距离原点的位置,它的范围是 $[0, \text{无限远})$ 。平面被描述为:

$$X_n \cdot X = d$$

其中, X_n 是平面的法线, X 是平面上的一个点, d 是平面到原点的距离,碰撞检测部分代码如下所示:

```
Ray rayNoraml = new Ray( Vector3.zero, Vector3.up * 10 );
Debug.DrawRay( transform.position, transform.forward, Color.
red, 10 );
if ( Input.GetMouseButtonDown( 0 ) )
{
    Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay( Input.mousePosition );
    RaycastHit hit;
    if ( Physics.Raycast( ray, out hit, 1000, 1 << LayerMask.
NameToLayer( "Enemy" ) ) )
    {
        Debug.Log( hit.collider.name );
        Debug.Log( hit.point );
        if ( hit.collider.tag == "Enemy" )
        {
            undefined
        }
    }
}
```

2.4 粒子特效

粒子特效可以增加场景美观性,大多数场景特效都采用粒子系统完成。粒子系统的原理是将若干粒子组合在一起,通过改变粒子的属性来模拟海底世界自然效果^[12]。像海底世界中的气泡从形状、大小和颜色方面都是富于变化的,如果用传统的建模方法,很难比较真实地模拟它。但是,粒子系统却可以解决海底世界的气泡模拟问题^[13]。

在实际系统应用中,为了逼真地模拟虚拟世界中的海底效果,需要将气泡粒子构建成不断运动演化的粒子系统,每一个粒子都有自己的“生命”。在粒子的一生中要历经四个阶段。阶段1:“出生”。在这一过程中粒子系统会按照初始的定义属性产生一定量的粒子。阶段2:“成长”。在这一过程中,粒子系统会按照模拟的气泡运动规律进行运动。阶段3:随着时间推移,粒子的生命值在不断下降,进入“衰老”时期。阶段4:当粒子的生命值降低至0,粒子死亡,被系统清除^[14]。

具体实现时,绘制粒子气泡的步骤如下:

Step1:分析气泡物理特性,根据气泡物理特点定义粒子属性。

Step2:分析气泡在海洋中的运动规律,建立气泡粒子的动态运动规律。

Step3:根据粒子气泡属性分析结果定义系统中气泡粒子的初始化参数值。

Step4:根据气泡粒子属性变化动态改变其运动规律。

Step5:删除系统中生命值已经为0的粒子。

Step6:每隔固定时间重新绘制气泡粒子。

其中,Step3~6反复执行,模拟气泡的动态变化过程。

(1)粒子出生及成长。

粒子系统是一个统一的整体,这个系统中包含了若干个粒子,粒子的出生是根据粒子系统属性进行赋初值的过程,每个粒子在获得属性后将按照粒子系统运动规律进行动态演变,从而表现出动态效果,具体实现代码如下:

```
temp = Time.time;
if ( temp - temp2 > intervalTime ) {
    Vector3 newPosition;
    newPosition = new Vector3 ( Random.Range ( transform.
position.x - 1, transform.position.x + 1 ), Random.Range
( transform.position.y - 1, transform.position.y + 1 ), Random.
Range( transform.position.z - 1, transform.position.z + 1 ) );
    Instantiate( Bubble[ Random.Range ( 0, Bubble.Length ) ],
newPosition, Quaternion.identity );
    temp2 = Time.time;
    intervalTime = Random.Range ( minTime, maxTime );
}
(2)粒子衰老及死亡。
```

粒子的整个生命过程中是动态变化的,为了表现出粒子的动态特性,粒子在运动过程中会伴随着生命衰亡,当生命值降低至0时,系统默认粒子死亡,将停止绘制粒子,具体实现代码如下:

```
void Update () {
    if( transform.GetChild ( 0 ).localPosition.y > 40 )
    {
        Destroy ( gameObject );
    }
}
```

3 实验与分析

随着虚拟现实技术的兴起,体验者在产品体验效果上的需求不断提高,沉浸式虚拟现实头盔不断推陈出新,先后开发了多种机型,比较出名的有Oculus Rift DK1、Oculus Rift DK2、Oculus Rift CV1和HoloLens等^[15],如图4所示。

为了验证系统运行效果,该文进行了大量仿真试

验。仿真试验在配置为 Intel 酷睿 i3 9300、CPU 频率 3.7~4.3 GHz、DDR4 2 400 Mhz 8G 内存及 Intel HD Graphics 630 (128 M) 核心显卡的 PC 机上,沉浸式头盔选用 Oculus Rift DK2, 编译环境为 Visual Studio 2017,代码编写采用 C#语言,基于 Unity 平台实现,运行测试效果如图 5~图 12 所示。



图 4 沉浸式虚拟现实头盔



图 5 海底世界效果测试

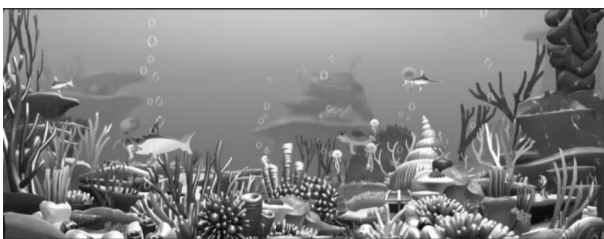


图 6 海底气泡效果测试



6mm]

图 7 灯笼鱼交互效果测试



图 8 海马交互效果测试



图 9 剑鱼交互效果测试



图 10 鲨鱼交互效果测试



图 11 水母交互效果测试



图 12 小丑鱼交互效果测试

4 结束语

虚拟现实技术为保存和传播海洋文化提供了非常好的条件。一方面,可以借助人机交互、视频及 3D 建模等先进的数字技术对海洋生物特征进行最大限度的保存。另一方面,可以最大程度地保证海底交互系统中海洋生物的真实性。未来沉浸式海底交互系统可以用于数字博物馆的构建。数字博物馆作为城市文化建设的一部分,关乎城市的对外形象,反映着城市人文和历史,是城市形象的综合体现。虚拟现实技术背景下构建的沉浸式海底世界交互系统可以突破传统艺术在表现形式上的局限性,从单一感官的信息传递演变为多感官的,交互式的展示形式,使体验者能够体验实时的形象化交互,对未来数字博物馆的发展起到推动作用。

参考文献:

- [1] CARVAJAL D A L, MORITA M M, BILMES G M. Virtual museums. Captured reality and 3D modeling[J]. Journal of Cultural Heritage, 2020, 45: 234-239.
- [2] 李婷婷, 余庆军. 虚拟交互系统开发及关键技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2017, 27(12): 124-127.
- [3] 罗 琰, 冷 伟. 沉浸式虚拟现实技术在地球科学中的应用[J]. 中国科学技术大学学报, 2021, 51(6): 431-440.
- [4] 刘崇进, 吴应良, 贺佐成, 等. 沉浸式虚拟现实的发展概况

(下转第 87 页)