

Unity3D 在虚拟物理实验设计中的应用

汪 昭,魏 江,徐文娟

(常熟理工学院 物理与电子工程学院,江苏 常熟 215500)

摘 要:以三线摆为例,介绍了使用 Unity3D 技术设计虚拟物理实验的主要过程和方法。总结了 Unity3D 技术优缺点以及其技术前景。

关键词:Unity3D;虚拟物理实验;三线摆

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1008-2794(2015)06-0112-04

一、引言

伴随着高等教育事业发展,大学物理实验公共平台扩大,实验种类、数量、仪器数目、参与实验的人次数均有大幅度增加。在平台发展过程中,由于条件限制,学生难以随时接触到实验仪器。在有限的实验时间中,学生也容易因不熟悉而损坏实验仪器。建立虚拟仿真物理实验室,可以较好地解决上述矛盾。国内外许多大学在很早就开始虚拟实验室的研发,以满足教学需要^[1-3]。随着计算机硬件水平的提升和软件技术的发展,三维虚拟实验室的开发难度有所降低,而仿真度和交互性则不断进步。

虚拟实验设计通常将开发过程分成建模和交互性设计两个部分。建模可以使用 3Ds Max 或者 MAYA,也可以使用 VRML 等语言直接代码编程^[4]。交互性设计平台包括 Virtools、Unity3D、虚幻引擎等 3D 引擎,也可以使用 MATLAB 等软件对模型进行控制。

我们挑选交互设计平台要满足如下要求:第一、以 3D 模型为基础,可进行多角度自由观测;第二、具备良好的人机交互性,可进行实际操作;第三、具备网络交互功能,可实现数据的上传下载;第四、较好的扩展性和虚拟仪器的复用性;第五、平台可移植性,可以方便地扩展到 IOS, Android 等平台,并适应触摸屏的操作。第六、系统运行要求低,效率高,可以在硬件能

力较差的设备上应用。

基于以上几点要求,我们选择了 Unity3D 作为开发平台。Unity3D 是一套由 Unity Technologies 公司开发的三维开发引擎。最常用在游戏的开发和虚拟社区的设计^[5],三维计算模拟系统^[6]等。除了上述优点外,Unity3D 还具有以下优点:第一、支持 javascript, C#, BOO 语言的开发扩展;第二、有很多插件,可大大提高开发效率;第三、可以很好地支持 3Ds Max 或 MAYA 等建模软件的输出格式,包括三维模型、骨骼动画等,最后,非商业用途,Unity3D 有免费版可供学习使用。

以下以三线摆为例,具体介绍使用 3Ds Max 和 Unity3D 开发过程。

二、虚拟三线摆试验仪的设计

(一)运用 3Ds Max 建模

本校实验室采用的是 DH 4601 型的转动惯量实验仪。在 3Ds Max 中,我们按照采集的实际数据,建立了三线摆模型:

如图 1, (1)为三线摆实物照片, (2)为使用 3Ds Max 建立的三线摆模型。模型没有绘制基座与圆盘间的三条连接线,该部分会在 Unity3D 中绘制。

(二)用 Unity3D 设计三线摆虚拟实验

1. 三线摆虚拟实验设计的功能设计

收稿日期:2014-09-10

基金项目:常熟理工学院教改立项项目“大学物理实验虚拟仿真技术研究”(CITJGGN201328)

作者简介:汪 昭(1982—),男,江苏常熟人,实验师,硕士,主要研究方向为计算机辅助教学,混沌理论。



(1) (2)

图1 三线摆实物图与三线摆计算机3D模型的对比

为了表述方便,以下我们将系统可操作的部分,即三线摆上部可绕中心轴转动的圆盘及其附件统称为上盘,将下部摆动主体部分称为下盘。另有一个外置附件圆环,简称圆环。

经过分析,虚拟试验仪应具有以下功能:第一、上盘转过一个角度,静止的下盘开始摆动。第二、可以用鼠标改变圆环位置,将圆环放置在桌面上或仪器下盘上。三线摆摆动时,待测圆盘不可移动。待测圆盘放置在下盘上时,三线摆转动周期变化。第三、可以改变观察视角。

2. 三线摆悬挂线的绘制

使用LineRenderer组件绘制连接线,可以避免计

算量过大或出现刚体之间不协调。先获取上下盘的中心位置,根据线与上盘的触点至上盘中心的距离 R_1 ,下触点到下盘圆心间的距离 R_2 ,触点与圆心连线和 x 轴之间的夹角 θ ,再计算出连接线的上下端点的世界坐标,利用LineRenderer类的setPoint方

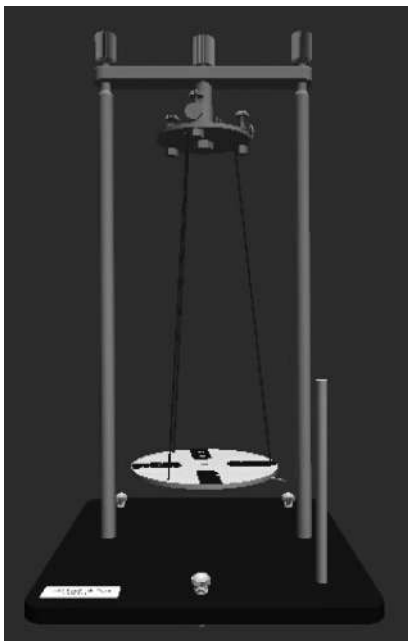


图2 使用LineRenderer组件绘制连接线

法绘制出直线。第一条直线绘制好后,应用同样的组件,改变夹角 θ 即可绘制出另外两条直线。如图2所示为添加连接线后的三线摆。

3. 三线摆交互的实现

Unity3D有大量的官方或第三方插件辅助开发。在我们的设计过程中选用了playmaker和Daikon Forge这两款插件,前者主要用于系统的控制和交互,后者用来设计了计时器。

Playmaker的特点是使用状态机控制物体动画流程,使后台程序实现可视化。不仅可以大大减少代码开发的负担,也使程序流程更加清晰易读。

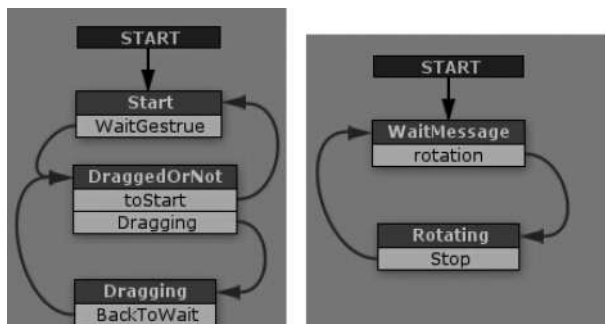
首先实现三线摆摆动的控制。这部分交互的主要功能,即通过上盘的滑动手势,触发下盘的摆动。

上盘的状态机如图3(1)所示。当有屏幕输入时,状态机检测进入DraggedOrNot状态,在这一状态中,状态机检测上盘鼠标是否在上盘中有拖拽的行为,如果没有,则回到等待状态。若存在拖拽行为,则进入Dragging状态。Dragging状态的action有两个,第一是触发上盘转过一个很小的角度,随后静止,第二是触发下盘开始摆动的状态机。此时我们需要设置下盘的状态机,如图3(2)。当上盘被拖拽,并且鼠标释放,下盘状态机就从WaitMessage过渡到Rotating状态。Rotating状态机的action由C#自定义。具体方法如下:

设下盘与平衡位置的夹角为 θ 、角速度为 ω 、角加速度为 α 。根据文献[7],当三线摆摆幅小于 45° 时,我们可以将摆的运动近似看成简谐运动。它们之间的关系可以用下面的关系式来表示:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = k\theta$$

我们采用数值解计算该微分方程。将动画中同一帧近似看成一个角速度、角加速度不变的过程。在



(1) (2)

图3 上、下盘状态机

帧切换时计算下一帧的下盘的角度、角速度、角加速度。当系统转动惯量改变时,我们只需通过改变 k 即可改变周期。当计算机计算能力差时,每秒帧数较低,计算量也相对较少,即根据硬件能力调整计算量的大小。

4. 待测圆环的交互设计

待测圆环相关交互需要完成的功能可以归纳为以下几点:第一、鼠标单击待测圆环,圆环跟随鼠标。第二次鼠标单击,若点击到下盘,则将待测的鼠标圆盘放置在下盘,圆心对齐;若点击在其他位置,则将待测圆盘放置在桌面上。第二、若待测圆环在桌面上,下盘转动对待测圆盘无影响;若待测圆盘在下盘上,则下盘转动时,待测圆盘与下盘一起转动。第三、下盘转动时,待测圆盘无法获取或改变位置,鼠标点击无效。第四、待测圆盘是否放置在下盘上,系统周期不同。

这个过程相对复杂些,基本思路如下:

建立一个空物体,只用来存储圆盘控制的状态机。状态机流程见图4(1)。

当有鼠标左键单击事件且点到了圆环时,获取鼠标世界坐标位置,且以帧为单位设置圆盘的位置为此世界坐标。以此实现圆环的鼠标跟随。鼠标左键再次单击,若点击到了下盘,则设置圆环位置在下盘,改变摆动程序参数 k 值。否则设置圆环于桌面位置。

圆环本身的状态机见图4(2),用来控制当圆环在下盘上时的转动。

5. 运用 Daikon Forge 设计计时器

Daikon Forge 是一款 GUI 设计的插件。本例中计时器使用 Daikon Forge 设计。主要步骤如下:建立

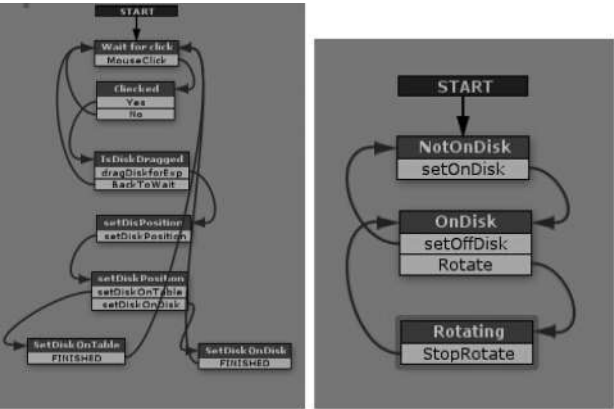


图4 圆环状态机

hour、minute、second、millisecond 的 dfLabel。初始全部设置为字符串“00”。用 C# 程序对其数值进行控制。在 fixedUpdate() 函数中设置进位规则,并且设置 fixedUpdate 更新时间间隔为 0.01s;然后设计两个方法,一个用来控制计时/暂停,另一个可用作重置。dfLabel 下的两个按钮按下后可调用上述两个方法,达成计时器的控制。在不使用的时候,计时器占用屏幕空间略大。所以我们在屏幕一侧设计了一个小按钮,用于调用和释放该计时器(见图5)。

6. 摄像机和视角的控制

摄像机控制可以有两种方法,一种是自由模式,即按住 Shift+鼠标左

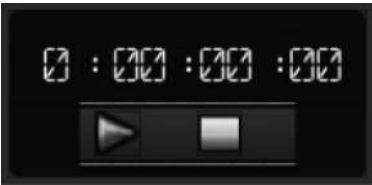


图5 用 Daikon Forge 设计计时器

键可以进行视角转动,鼠标滚轮控制视角前后移动;另外一种预设模式,可以通过屏幕按钮切换到固定观察点和观察角度。

实现第一种控制:建立一个 CameraController 的空物体,此物体只作为根物体,不存储信息或控制器,在此物体下层建立 RotateControl 空物体,存储旋转控制代码,再下层建立 ZoomControl 空物体,存储视角远近控制代码,主摄像机放置在 ZoomControl 下。

实现第二种控制:首先建立若干不同位置的空物体作为摄像机的机位,在将三线摆的不同部分或新建空物体作为摄像机对焦点。在屏幕上建立一些按钮。这些按钮可触发 playmaker 里 itween 类中的 move to,当屏幕按钮被按下时,action 将计算一条从当前机位到指定摄像机机位的路径,随后在指定时间内移动到该机位。在运动过程中,保持面向对焦点。

使用 itween 动画使摄像机逐渐移动到机位,可以使视角转移更自然。若用 setPosition 控制摄像机的机位,虽然最后效果一样,但中间过程的跳跃将降低用户体验。

7. 编译与测试

运用 Unity3D 自带的编译器,程序可以编译成 windows、android 或 ISO 等操作系统可用程序。我们将虚拟三线摆编译为 windows 程序。随后在其他 PC 端上测试运行(见图6)。

通过试运行,我们在一台使用 Intel Pentium G620 及其核显,操作系统为 Windows XP 的 PC 上运行正常,平均帧速率在 20 帧每秒,基本可以达到较顺



图6 程序运行界面

畅运行的效果。更换计算机,在配置了一般独立显卡的电脑上,能达到100帧每秒的流畅运行效果,说明程序对计算机要求不高。

三、总结与展望

在本实验的开发中,我们选择 Unity3D 和 3Ds Max 协作。二者结合具备极高的扩展能力。3Ds Max 发展多年,技术成熟;Unity3D 虽然发展时间很短,可供参考的中英文书目屈指可数,但其发展迅猛,在虚拟现实研发领域里非常受欢迎。

在接下来的开发中,我们将选择 Unity3D 作为开发平台。在开发过程中,我们还需着力解决一些难题:

(1)Unity3D 的中文支持并不好,如果在后续版本

中不能得到改进,就有必要自行设计解决方案。

(2)Unity3D 对刚体物理性质模拟较好,但对液体性质仿真相对困难。如果在实验中需要模拟一些液体的具体性质,例如浮力、液体表面张力等,就需要重新思考设计的途径。

(3)Unity3D 可以处理多人线上互动演示。在很多复杂的仿真实验训练中,可以借助这种功能,完成多人协作实验的开发。

参考文献:

- [1]郭雷,霍剑青,王晓蒲. 仿真物理实验教学系统的设计与实现[J]. 中国科学技术大学学报,2002,32(3):373-380.
- [2]谭守标,霍剑青,王晓蒲. 虚拟实验软件的建模方法与实现[J]. 小型微型计算机系统,2003,24(12):2239-2243.
- [3]谭淑梅,崔海瑛. 虚拟现实技术在物理实验中的应用[J]. 大庆师范学院学报,2013,33(6):125-127.
- [4]王建中,李定国,张家昌,等. 基于 VRML 的工程热物理虚拟实验教学系统[J],实验室研究与探索,2006,25(12):1530-1532.
- [5]张典华,陈一民. 基于 Unity3D 的多平台虚拟校园设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2014,24(2):127-135.
- [6]蒋和松,吴兴权,陈倩云,等. 基于 Unity3D 的多约束三维装箱系统设计[J]. 计算机数字工程,2014,42(6):1083-1086.
- [7]吴晓. 三线摆法测定转动惯量的计算原理分析[J]. 振动与冲击,2011,30(9):155-156,201.

The Application of Unity3D in Virtual Physics Experiment Design

WANG Zhao, WEI Jiang, XU Wen-juan

(School of Physics and Electronic Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, China)

Abstract: This paper takes three-wire pendulum for example, and the main process and methods for designing virtual physics experiments with Unity3D are introduced. Besides, the advantages and disadvantages of Unity3D technology and its prospects are summarized.

Key words: Unity3D; virtual physics experiments; three-wire pendulum