

doi: 10.7690/bgzd.2019.09.005

基于 unity3D AR 体感游戏的设计与实现

王 涛

(西安航空学院网络信息中心, 西安 710077)

摘要: 针对传统游戏方式存在影响人身健康的弊端, 设计基于 kinect2.0 体感设备和 unity3D 2017.4.3 开发 AR 体感游戏。介绍游戏总体设计, 给出开发流程图, 详细阐述游戏开发过程中的关键技术、方法和插件, 程序首次大胆地将人物体感过程中的自拍照片按照 Sisley 油画风格和多尺度弧形笔刷风格进行处理。实验结果表明: 该游戏运行流畅, 功能和创新达到设计要求, 能让玩家在娱乐中保留美好油画回忆。

关键词: 体感设备; kinect 2.0; unity3d; AR 体感游戏; Sisley 油画风格; 多尺度弧形笔刷

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

Design and Implementation Based on unity3D AR Somatosensory Game

Wang Tao

(Network Information Center, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China)

Abstract: In view of the disadvantage of traditional game play that affect physical and mental health, the design is based on kinect2.0 somatosensory device and unity3D 2017.4.3 to develop AR somatosensory games. Introduce the overall design of the game, give the development flow chart, elaborates the key technologies, methods and plug-ins in the game development process. For the first time, the program deals with the self-portrait photos in the process of human object by Sisley oil painting style and multi-scale curved brush style. The experimental results show that the game runs smoothly, and the functions and innovations meet the design requirements, allowing players to keep good oil painting memories in entertainment.

Keywords: somatosensory devices; kinect 2.0; unity3d; AR somatosensory game; Sisley oil painting style; multi-scale curved brush

0 引言

传统游戏中, 人们都通过键盘、鼠标、触摸屏以及手柄游历于游戏世界, 弊端是人和游戏交流的肢体仅限于手, 长此以往, 对人们身心健康无益, 特别是对青少年, 微软体感设备 kinect 让人们全身动了起来。随着手游时代的到来, 现在主流游戏引擎被 unity3d 和虚幻打败, unity3d 是由 Unity Technologies 开发的一个让用户轻松创建 3 维视频游戏、建筑可视化、实时 3 维动画等类型互动内容的多平台综合型游戏开发工具, 是一个全面整合的专业游戏引擎, 支持 Windows、Mac 和 Android 等多平台。Unity3d 开发游戏的优点有: 1) 相对于传统游戏引擎而言, 它的功能强大, 支持跨平台运行; 2) Unity3d 拥有非常丰富的插件, 如 NGUI、Easy Touch、GIF 播放工具、UMotion Pro 动画制作、地图插件等, 能很方便地制作 2D 和 3D 游戏; 3) 支持多个平台, 其编辑器运行在 Windows 和 Mac OS X 下, 可发布游戏至 Windows、Mac、Wii、iPhone、WebGL(需要 HTML5)、Windows phone 8 和 Android

平台, 也可以利用 Unity web player 插件发布网页游戏, 支持 Mac 和 Windows 的网页浏览^[1]; 4) 支持第三者写的各种功能的插件可以快速发布, 方便他人快速开发和复用; 5) 该引擎是 3D 游戏引擎, 渲染游戏效果逼真, 可使用 3Dmax 和 maya 制作 3D 人物和游戏模型, 只要转换为 FBX 格式即可使用; 6) 可以快捷地在 AssetStore 中购买所需的素材和相关功能插件; 7) unity3d 发展至今已成为做手游和中小 3D 游戏中最方便、最流行的游戏引擎。体感设备品种繁多, 而微软开发的 KINECT 是最成熟的设备, 特别是 Kinect2.0 问世以来, 可同时识别 6 个人, 识别范围为 0.8 m×4 m, 识别的彩色图像为 1 920×1 080×bbp 且 30 fps。以往体感游戏的开发都是以微软 C++或 C#框架为基础, 逻辑复杂、开发周期长、3D 效果差, 而将 kinect 与 unity3d 相结合, 使人们能快速地开发出理想的体感 3D 游戏。

1 AR 体感游戏总体设计

1.1 游戏的原理

运用投影仪将 3D 游戏模型、玩家的彩色图像

收稿日期: 2019-05-14; 修回日期: 2019-06-27

基金项目: 陕西省科技厅 2019 年重点研发项目(2019GY-049)

作者简介: 王 涛(1984—), 男, 陕西人, 硕士, 讲师, 从事图形图像处理、单片机和 U3D 游戏开发, 项目管理, 网络、数据库和大数据研究。E-mail: wangtao2633@163.com。

以及现实的周围环境投射到墙面, kinect2.0 传感器来采集玩家的骨骼、彩色图像和深度图像的数据并传送给 unity3d 程序, 程序根据这些数据来判断玩家的数量和动作, 并将玩家动作和游戏中动物模型的动作相结合, 增强现实效果, 即实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像、视频、3D 模型的技术体感交互, 整个系统的布置结构见图 1。

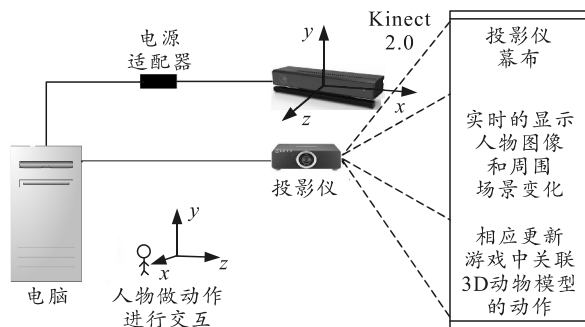


图1 系统布置结构

1.2 游戏的功能需求

启动游戏后, 将玩家和周围场景投射到游戏中, 此时玩家开始游戏: 1) 场景 1, 在玩家背后出现天使翅膀, 该翅膀有 3 种类型, 每次出现不一样, 当玩家挥动双臂时, 翅膀也相应挥动; 2) 场景 2, 游戏界面可随机出现 4 种小动物中的一种, 目前制作作为忍者神龟、功夫熊猫、霸王龙和奥特曼, 默认在屏幕随机移动, 当玩家向动物招手时, 动物会向玩家方向移动, 并发出友好的声音和玩家互动^[2]; 3) 场景 3, 游戏界面出现一个透明球, 球上的图案随机由心形、树叶、花瓣和人民币中的一个组成, 手臂张开后, 球体会增大直至爆炸, 此时图案四处纷飞; 4) 场景 4, 屏幕会显示一团火焰(或者画刷), 玩家可以隔空书写文字绽放精彩, 书写过的火焰停留 20 s 后消失; 5) 场景 5, 玩家可以晃动身体或摆动手臂形成千手观音状, 整个效果停留 20 s 后消失; 6) 场景 6, 屏幕上出现许多星星或者爱心, 玩家可以摘取, 在右上角显示玩家摘取的数量。在以上游戏过程中, 玩家都可以通过发出声音“photo”来进行照相, 留下自己在游戏中的美好记录。每个游戏场景持续 1.5 min 后随机切换。

2 AR 游戏开发的流程

本游戏启动后进入游戏主界面, 主界面上显示游戏玩法的介绍, 当有玩家出现且被 Kinect 设备识别时(游戏初始设定仅一个玩家被识别, 可更改设定 3 个同时玩), 随后随机进入游戏场景 1 至场景 6, 每个场景时间设置 1.5 min; 当被跟踪玩家做游戏中

设定的 7 种动作时, 将和场景中动物或动画进行交互。整个游戏的详细流程、人物动作和对应效果见图 2。

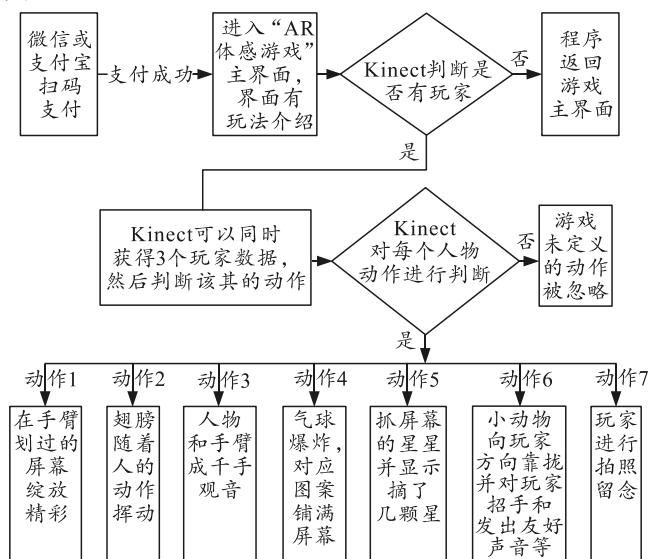


图2 游戏流程

3 游戏涉及的关键技术、方法和插件

游戏开发用到 Kinect v2 Examples with MS-SDK and NuiTrack SDK、微信支付接口调用, unity3d 中动画状态基技术, Kinect 捕捉的运动与 Mecanim 动画结合、体感动作识别, 场景切换实例单一化等。

1) Kinect 和 unity3d 的插件包。

目前该插件支持 unity 版本为 Unity 2017.1.0, 该插件是 unity3d 为使用 Kinect v2 而封装 microsoft kinect 相关的 SDK^[3], 在工程中导入该插件即可, 其主要功能的管理组件在 KinectScripts 文件夹中, 可在项目中使用它们, 具体取决于所需要的功能。KinectManager 是最常用的组件, 其与传感器进行交互, 并从中获取基本数据, 如颜色、深度流以及 Kinect 空间中主体和关节的位置(单位: m)。AvatarController 的目的是将检测到的关节位置和方向转换为一个操纵的骨架。CubemanController 功能类似, 但它可与变换和线条一起工作来表示关节和骨骼, 以便更轻松地定位跟踪问题。FacetrackingManager 处理脸部点和头部/颈部方向。它由 KinectManager 内部使用来获取头部和颈部的精确位置和方向。InteractionManager 用于控制手形光标并检测手柄, 释放和点击, 最后 SpeechManager 用于语音命令识别。

2) 微信扫码支付功能。

本次开发基于微信支付 SDK3.1.1, 安装 SDK

后需要 3 种资源：微信支付的 APPID、微信支付依赖包 libmmsdk.jar 和 1 个 Activity 类 WXPayEntryActivity.java。这里的 Activity 类直接从之前下载的规范代码拷贝到工程中直接使用。图 3 是在调起微信支付完成支付(或取消或失败)后，再回到本程序的 APP 时会调用的一个页面。图 4 是微信支付时携带的相关参数。整个流程为：提交商品 ID 和商品数量到服务器；服务器进行处理，并返回一个订单号给 APP；通过订单号向服务器发送支付请求；服务器返回给微信支付所需要的参数。

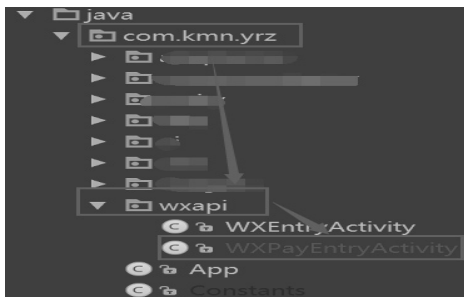


图 3 微信支付中间页面

字段名	变量名	类型	必填	示例值	描述
应用ID	appid	String(32)	是	we8888888888888888	微信开放平台审核通过的APPID
商户号	partnerid	String(32)	是	190000109	微信支付分配的商户号
微信支付交易会话ID	prepayid	String(32)	是	WX1217752501201407033233368016	微信返回的支付交易会话ID
扩展字段	package	String(128)	是	Sign=WXPay	新增与微信支付Sign=WXPay
随机字符串	noncestr	String(32)	是	5f8264LTKCH16CQ250258ZNBVTM67V5	随机字符串，不长度于32位。推荐用乱数生成算法
时间戳	timestamp	String(10)	是	1412000000	时间戳，请见接口规则-参数规定
签名	sign	String(32)	是	C3808EC28FD7274A86845133519F3AD6	签名，详见签名生成算法

图 4 微信支付时需携带的相关参数

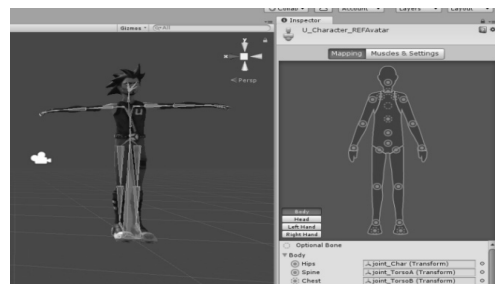
3) 场景切换实例单一化。

本游戏在 6 个游戏场景和 1 个游戏界面间相互切换，而 Kinect v2 设备的加载初始化必须在一个唯一场景中并且在场景切换时不能产生其他副本，另外整个游戏界面上显示的文字必须唯一且在游戏生命周期内不能释放。本程序使用单例模式，即整个游戏中仅有一个且可以在游戏任何地方随时访问它的所有变量，如 C 语言中的全局静态变量。具体做法为：① 在游戏界面建立一个 Gamobject，然后挂一个 singleton 脚本；② 脚本中实现 public static SingletonClass Instance=null; void Awake () { if (Instance == null) { Instance = this; DontDestroyOnLoad (transform.gameObject);} else {Destroy (transform.gameObject); } }; ③ 将整个游戏周期中唯一存在且不能重新生成或产生副本的物体都作为该空 Gamobject 的子物体。

4) untiy3d 中动画状态基技术。

untiy3d 采用新的动画系统 Mecanim。Mecanim

把游戏中的角色设计提高到一个新的层次，使用 Mecanim 可以通过 Retargeting(重定向)来提高角色动画的重用性。在处理人类角色动画时，用户可以使用动画状态机来处理动画之间的过渡及动画之间的逻辑。Mecanim 支持运动重定向(Retargeting)功能：即把动画从一个角色模型应用到另一个角色模型上的功能，这样能实现相同动作控制在不同物体上。动作控制采用 Animator 组件，负责把动画分配给 GameObject，创建动画的一个基本步骤就是建立一个从 Mecanim 系统的简化人形骨架结构到用户实际提供的骨架结构的映射，见图 5，这种映射关系称为 Avatar。本游戏的小动物建立 Animator 见图 6。



(a) 人体骨骼 (b) Avatar

图 5 Avatar 原理

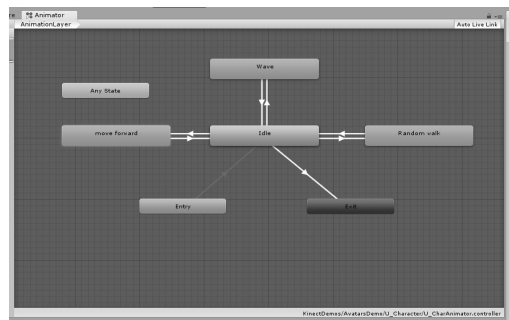


图 6 霸王龙 Animator

5) Kinect 捕捉的运动与 Mecanim 动画结合。

使用 AvatarControllerClassic 而不是 AvatarController 组件。只分配这些必须由传感器动画的关节；将 AvatarControllerClassic 的 SmoothFactor 设置为 0，将其应用于检测到的骨骼运动方向；创建一个头像身体蒙版并将其应用到 Mecanim 动画层^[4-5]。在此掩码中，禁用上述 Kinect 动画关节的 Mecanim 动画，不要禁用根联合；启用 KinectManager(示例场景中 MainCamera 的组件)的“Late Update Avatars”设置；运行场景来检查设置。当玩家被传感器识别时，他的一部分关节将由 AvatarControllerClassic 组件动画，另一部分由 Animator 组件动画。

6) 体感动作识别。

创建一个实现动作的 KinectGestures.GestureListenerInterface 的类^[6], 并将其作为组件添加到场景中的游戏对象。它有方法 UserDetected() 和 UserLost(), 可使用它作为用户事件处理程序。其他方法可以返回默认值(true)。可以参考示例中 SimpleGestureListener 或 GestureListener 类的写法。其可以处理像滑动和姿势的离散手势, 如 SwipeLeft, SwipeRight, Jump, Squat 等。所有的姿势如 RaiseLeftHand, RaiseRightHand 等可被视为离散手势。手势监听器脚本中处理这些手势相对容易。操作步骤为: ① 在脚本的 UserDetected() 函数中, 为每个需要跟踪的手势添加, manager.DetectGesture(userId, KinectGestures.Gestures.SwipeLeft), 此处以 SwipeLeft 为例; ② 在 GestureInProgress() 中添加代码来处理连续的手势, 如果(手势 = KinectGestures.Gestures.SwipeLeft) { // 检测到手势—对其进行处理(如设置标志或执行操作)}; ③ 在 GestureCancelled() 函数中, 添加代码来处理连续手势的取消: 如果(手势 = KinectGestures.Gestures.SwipeLeft) { // 手势被取消—处理它(如清除标志)}。

7) 体感中单人物识别。

为保证游戏的体验度和乐趣, 本程序仅识别 1 人, Kinect v2 可同时识别 6 人, 本算法先标识 6 人的空间 Z 坐标, 后找出离 Kinect 最近的一个人, 将其设置为 ThespecifiedIDMan。这里以人体骨骼类 Body 中的 Joints[JointType.SpineBase].Position.Z 坐标计算距离, 及以人物骨骼点 SpineBase 为基点来衡量距离, 程序运行后首先 ThespecifiedIDMan 标识离 Kinect 最近的一个, 随后一直记录此人为最近(即使该人物向后移动变成距离最远的一个, 也认为该人物是最近的), 假如该人物的骨骼和红外数据在 Kinect 检测中消失 8 s, 此时, Kinect 会重新计算用 ThespecifiedIDMan 标识当前识别人物中最近的一个。

4 AR 游戏中的创新算法原理

游戏中为了增加趣味性, AR 程序在人物体感互动过程中可自行拍照, 为了使照片具有艺术气息, 笔者创新地采用多尺度弧形笔刷绘画和 sisley 算法模型将自拍的图片处理为油画。

4.1 多尺度弧形笔刷绘画渲染算法

该算法的思想为在绘画时采用大小不同的画笔

用于描述不同层次的细节, 对于远处的景物采用粗大的画笔来描绘^[7-8], 而对于近处的景物则采用细小的画笔, 并且用一个长的、弧形的笔触来绘制连续的图像颜色区域。算法分为 4 个步骤:

1) 计算颜色参考图像与输入图像在每个像素上的颜色空间距离。

2) 逐一扫描图像中的每个像素, 对于坐标处的像素求其邻域内的平均颜色空间距离, 若该值大于给定阈值, 则以该领域内具有最大颜色空间距离的坐标点作为笔刷落点, 并将其加入笔刷落点链表中。

3) 从笔刷落点链表中随机取出落笔点在画布上沿向量参考图的梯度法线方向进行绘制, 直到该链表为空。

4) 根据用户设定的笔刷大小, 由大到小, 重复 1)–3), 在画布上进行多重绘制, 得到最终绘制图像。在绘制过程中, 设 $S(x,y)$ 为向量参考图; (x,y) 分别为该图像的行列坐标; $\partial_x S(x,y)$ 、 $\partial_y S(x,y)$ 为其方向导数; $g_x S(x,y)$ 、 $g_y S(x,y)$ 为该图的颜色梯度单位向量的 2 个分量, 则有:

$$g_x S(x,y) = \frac{\partial_x S(x,y)}{\sqrt{\partial_x S(x,y)^2 + \partial_y S(x,y)^2}}; \quad (1)$$

$$g_y S(x,y) = \frac{\partial_y S(x,y)}{\sqrt{\partial_x S(x,y)^2 + \partial_y S(x,y)^2}}。 \quad (2)$$

定义 $d_x S(x,y)$ 、 $d_y S(x,y)$ 分别是图像梯度法线向量的 2 个分量, 显然有

$$d_x S(x,y) = g_x S(x,y), \quad d_y S(x,y) = g_y S(x,y)。 \quad (3)$$

在上述算法基础上, 以式(1)–(3)获得的向量参考图颜色梯度的法线方向作为画笔方向, 对输入图像进行绘制, 效果见图 7。



图 7 多尺度弧形笔刷油画处理效果

4.2 自拍照 sisley 油画处理算法

该算法处理步骤为:

1) 交互式图像解析: 首先将要处理的图像分解为分层树, 树的节点与图像分量相对应。该过程通

过交互式图像分割、节点的分层组织以及人工标签分类来实现一个 Sisley 解析树^[9]。例如把一幅沙滩海景图可以分解成图 8，分析树是一个有向无环图 (DAG) $G = \langle v, \xi \rangle$ ，假设图像 I 的解析树有 K 个节点，为了从场景识别和对象的角度解释 I，这里给出节点类别标签的可能组合：

$$l = (\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_k) \tag{4}$$

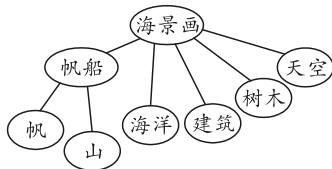


图 8 海景图分层树

2) 定制和渲染：用户可以指定所需感知的模糊程度或绘画的结果，根据这些级别，Sisley 算法会自动改变图像外观，并合成抽象的绘画图像。由于不同的图像组件具有不同的抽象层次，Sisley 会增加模拟感知路径的影响，以增加绘画的细微之处。这里采用香农熵来衡量图像 I 的抽象层次：

$$H(\ell) | I = \sum_{\ell} -p(\ell | I) \log p(\ell | I) \tag{5}$$

3) 计算和控制：Sisley 通过引用人类注释图像的大型数据集来评估结果绘画图像的场景和对象的抽象层次^[10]，在上下文中传播信息，并计算香农熵。如果计算出的抽象层次与用户期望值之间的差异过大，Sisley 将调整参数并重新绘制图像。该过程会在阈值范围内进行多次迭代或达到允许的最大迭代次数，目的是得到满意的 Sisley 风格油画。为了计算 $p(L|I)$ ，将分析树视为马尔可夫随机场 (MRF)，标签的概率可以被分解^[11]为：

$$p(\ell | I) = \frac{1}{Z} \prod_{i \in v} \phi_i(\ell_i) \prod_{((i,j) \in e)} \psi_{ij}(\ell_i, \ell_j) \tag{6}$$

其中 $\phi_i(\ell_i) = p(\ell_i | I_i)$ ， $\psi_{ij}(\ell_i, \ell_j)$ 为解析树中的节点 i 和 j 的兼容性，影响间接识别中上下文信息的传播，算法处理的效果件如图 9。



图 9 sisley 油画处理效果

5 搭建环境所需设备以及测试结果

5.1 系统主要设备配置和技术参数

系统主要的设备配置和参数如下：

- 1) 计算机：win8 or win8.1，64 位 (x64) 处理器，i7 2.5 GHz 或更快的处理器，内置 USB 3.0 总线，8 GB 内存，DX11 图形适配器，160 G 硬盘 (以上)；
- 2) 投影机：4500 流明，分辨率 1 024×768，视现场环境亮度而定；
- 3) 游戏开发软件为 Unity 2017.4.3f1 (64-bit)；
- 4) 第二代 Kinect for Windows v2 和 Kinect SDK 2.0；
- 5) 辅材，包括 USB 3.0 信号放大器等。

5.2 游戏测试的结果

游戏的测试结果见表 1，并对该游戏进行 24 h 运行测试，功能正常无宕机。

表 1 测试结果统计

测试项目	测试次数	成功数	成功率/%
动作 1	200	196	98
动作 2	200	199	100
动作 3	200	187	93
动作 4	200	172	86
动作 5	200	192	96
动作 6	200	198	99

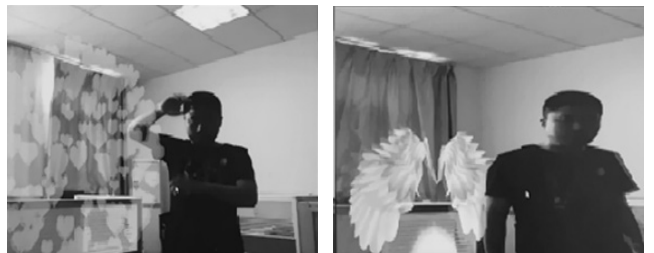
5.3 游戏的相关截图

游戏由游戏主界面和 6 个场景构成，以下截取 4 个场景合并为图 10，内容为千手观音、霸王龙交互、爱心爆炸球和挥动翅膀。玩家通过“文中规定的动作”可以和 6 个场景进行交互，同时配相关音效。



(a) 千手观音

(b) 霸王龙交互



(c) 爱心爆炸球

(d) 挥动翅膀

图 10 游戏场景合并效果

5.4 项目现场实施

对于1台装好系统的电脑如何部署“北极熊”游戏,其步骤为:1)使用Unity 2017.4.3f1 (64 bit)版本;2)安装kinect2.0的SDK;3)安装QuickTime_7.79.exe,该应用为unity3d中视频解码插件;4)安装时间延时应用startup-delayer-v3.0b363.exe,放置北极熊“theArGame.exe”到硬盘任意位置,生成快捷方式,并将其添加到startup-delayer中设置延时为30s。

6 结束语

基于鼠标键盘的传统游戏不利于人们的身心健康发展。基于kinect体感游戏把人们从“宝座”上请起来并让全身心动起来。该AR游戏将unity3D和Kinect v2完美结合,在开发游戏时效率高、3D效果好。今后将研究:1)可以和HTC vive结合开发出更加逼真的vr效果;2)可以进一步开发出操作简单的RPG关卡游戏,使整个过程更逼真。

参考文献:

- [1] 王涛. 近代园林体感互动游戏的设计与实现[J]. 西安航空学院学报, 2018(3): 68-72.
- [2] LI Y. Hand gesture recognition using Kiect[C]//Proc of the 3rd International Conference on Software Engineering & Service Science, 2012: 1997-1998.

(上接第12页)

科研管理人员参与不同科研项目研究,既可以集中技术攻关相同的难点,又可以对技术成果进行有效应用。关键的技术要点串联组成一个技术成果链,以科研单位牵头组织申报相关技术奖项,将研究成果充分应用起来。

3 结束语

该数字化资料自动储存的软件系统,在进行数字化存储的同时,能及时有效地收集技术资料,自动更新相关科研数据。同时,科研管理工作同步采用纸质材料“编码”存储,为数字化技术资料存储增加安全保证。借助自动化科研管理软件系统,可有效保证关键科研技术的传承与保留,提高关键

- [3] 胡兴中,吴彬,郭雪峰,等. Unity 4.x 从入门到精通[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013: 28-35.
- [4] SANTOSO M, GOOK L B. Arkanoid: Development of 3D Game and Handheld Augmented Reality[J]. Internation Journal of Computational Engineering Research, 2012(8): 1053-1059.
- [5] ZHU Y, YANG Z, YUAN B. Vision based hand gesture recognition[C]//ICSS 2013: Proceedings of the 2013 International Conference on Service Sciences Washington, DC: IEEE Computer Society, 2013: 260-265.
- [6] 刘佳,郑勇. 基于Kinect的手势跟踪概述[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(7): 1921-1925.
- [7] KAGAYA M, BRENDLE W, DENG Q, et al. Video painting with space-time-varying style parameters[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2011, 17(1): 74-87.
- [8] AARON H. Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes[C]//In: Proceedings of SIGGRAPH 98, Computer Graphics Proceedings. Annual Conference Series, 1998: 453-460.
- [9] AARON H. Paint by relaxation[J]. Computer Graphics International, 2001: 47-54.
- [10] BRUCE G, GREG C, PETER S. Artistic Vision: Painterly Rendering Using Computer Vision Techniques[C]//NPAR 2002: Second International Symposium on Non Photorealistic Animation and Rendering, June 2002.
- [11] PIERRE M J, EMRIC E, MARTIN G P, et al. Hatching by Example: a Statistical Approach[C]//NPAR 2002: Second International Symposium on Non Photorealistic Animation and Rendering, June 2002.

科研技术的检索利用效率。笔者提出的科研管理人员参与科研技术研究,能有效整合研究技术,集中研究力量,增加技术成果转化。

参考文献:

- [1] 黄照翠,杨朝军,吴强,等. 智慧科研项目申报评审管理一体化系统设计与实现[J]. 软件导刊, 2018(5): 102-106.
- [2] 王迪,岳建林,王雪,等. 构建一体化装备质量管理体系的思考探微[J]. 质量管理, 2016(1): 238.
- [3] 邹晔. 信息化条件下企业科研项目档案管理的创新[J]. 机电兵船档案, 2017(6): 35-37.
- [4] 杨晓红. 科研项目文档一体化管理模式研究[J]. 档案工作, 2017(11): 124-125.
- [5] 柴惠贤. 企业档案管理中存在的问题及对策[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2016(8): 16-17.