

3D 火灾逃生模拟系统设计与实践

陶 亮

(沈阳市消防局 通信科, 沈阳 110013)

摘要: 3D 火灾逃生模拟系统是基于 3D 虚拟技术的互动式教育游戏系统, 给使用者提供了一个模拟火灾发生后进行逃生自救行为的数字化平台。在火灾中有很多人因为对火灾环境不熟悉、恐慌等原因没有选择正确的逃生自救方法而受伤甚至丧生。因此需要一种安全、真实、有效的火灾逃生自救训练方法来解决这些问题。本系统利用虚拟现实技术, 通过参数控制, 建置完整的火灾环境, 以 3D 互动方式仿真火灾发生和发展的过程, 采用游戏导向的学习方法, 对系统的使用者在虚拟的火灾灾场的反应、行为进行系统的评价和指导。不仅提供了安全、真实、有效的火灾逃生自救训练平台, 同时宣传消防知识、推广消防经验, 对社会以及人民的生活产生积极影响。

关键词: 3D 火灾逃生模拟系统; 3D 虚拟技术; 火灾; 火灾逃生训练; 虚拟现实技术; 3D 互动方式; 消防

中图分类号: TP391.9 文献标志码: A 文章编号: 1008- 9713(2007) 05- 0779- 04

随着城市建设的迅速发展, 大型的建筑物日趋增多, 火灾的发生和发展越来越复杂, 特别是大型建筑的人员快速疏散, 给灭火救援工作带来巨大的困难。如果能提高民众在火灾中逃生自救的能力, 将为保证人民生命财产安全和开展消防工作带来积极作用。现今我国信息科技的发达以及网际网络的普及, 促成了 3D 虚拟技术的蓬勃发展。以工程而言较着重于互动仿真的应用, 而对于时下的年轻人而言, 3D 虚拟游戏已成为日常生活中相当重要的休闲娱乐及信息传播的媒体; 采用 3D 虚拟技术的互动式教育游戏已成为一种教学科技, 具有挑战性及探索性, 其应用于工程领域将产生更巨大的社会和商业价值。因此, 现实迫切需要一种针对我国消防工作的实际状况和信息科技的发达程度的数字化火灾逃生自救训练平台, 3D 火灾逃生模拟系统应运而生。

一、3D 火灾逃生模拟系统的特点

由于系统采用了 3D 虚拟技术, 所以其用户视觉和火灾场景上的仿真性可以得到保证; 另外, 由于系统采用了与用户互动的交互通信方法, 所以其用户动作和环境信息的交互具有较高的实时性和仿真性。除此之外, 本系统还具有真实性、时限性、探索性、思考性、反馈性、选择性等特点。第一, 真实性。游戏环境是按照真实世界来建造的, 救灾的方法是按照实际的操作方法来制作的。第二, 时限性。游戏任务中不会给使用者无限的时间, 所以使用者必须积极面对及处理问题, 才能在有限的时间内完成任务。第三, 探索性。游戏不会提供帮助完成任务的提示, 使用者要靠常识和机智来完成任务。而灭火常识可以通过智力测验的方式学习。第四, 思考性。游戏达成任务的方式并无规则可言, 使用者必须对游戏内发生的所有问题做出思考, 在当下做出适当的判断。第五, 反馈性。游戏任务进行是有可能失败的, 面对每一次的失败, 系统会提出出错的关键点。第六, 选择性。任务进行是需要抉择的, 使用者会在面临进退两难的情况下做出选择。

二、3D 火灾逃生模拟系统的设计

虚拟现实是计算机技术的综合应用, 其几乎集成了计算机的所有技术^[1]。虚拟现实技术是利用计算机的图形环境和电子技术外设产生逼真的视、听、触、力等伪物质三维感觉环境^[2]。运用虚拟现实技术可以通过使用计算机生成逼真的建筑三维视图, 生动地再现了建筑的整体概貌和一些基本的数据, 也就是说生成了数字化建筑, 可以生动的展示建筑的面貌。系统着重于探讨 3D 火灾逃生模拟系统中的虚拟现实三维场景的动态控制、与用户进行复杂的交互, 以及三维模型的快速生成等问题。3D 火灾逃生模拟系统中, 场景的真实感是最为

收稿日期: 2007- 6- 20

作者简介: 陶 亮 (1975-), 男, 沈阳消防局工程师, 从事计算机辅助灭火指挥系统研究。

关键的一个因素。这里在一定软硬件的基础之上,创建尽可能真实的场景。由于实时三维渲染的要求及硬件显示能力的限制,场景的复杂程度不能太高。同时,由于实时仿真技术的限制,一些比较费时的渲染选项,如动态阴影等实现起来还有一定困难,这些都会直接影响场景的真实感。所以,要创建真实场景还是在于充分利用各种已存在的软件工具。

(一) 系统结构

3D 火灾逃生模拟系统的结构设计主要有三部分:分别是服务器设计、控制机设计、触摸一体机和视景机设计。因为程序是视景仿真设计,所以每一种结构都是一个帧循环,设置每秒钟处理 30 帧,并且采用了多线程技术,使得后台线程和控制线程互不干扰,协同处理;在每一种结构中都有网络处理,共享数据,并且采用了数据同步技术,使得生成的图形系统没有滞后。服务器设计的主要功能是网络传输和数据共享;控制机设计的主要功能是控制命令处理,触摸一体机和视景机的主要功能为用户互动和视景仿真。

3D 火灾逃生模拟系统采用客户端/服务器结构。在服务器端,包括应用程序服务器和数据库服务器,其中应用程序主要包括数据计算模块;在控制机端,包括简化的三维世界和应用程序,其中应用程序包括诸如用户控制模块、路径设置模块、二维图形显示管理模块等;触摸一体机和视景机端,包括三维虚拟世界和应用程序。这样的结构可以各负其责,减少系统的开销,使程序顺畅的运行。用户的控制记录能通过网络传到服务器,服务器通过数据计算,把计算后的结果传给触摸一体机和视景机,通过触摸一体机和视景机的视景仿真程序在屏幕上显示三维图像。系统结构见图 1,服务器、控制机和触摸一体机及视景机上的数据流见图 2。

(二) 三维对象建模

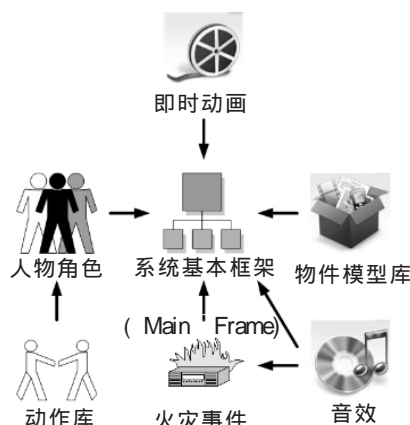


图 1 系统结构

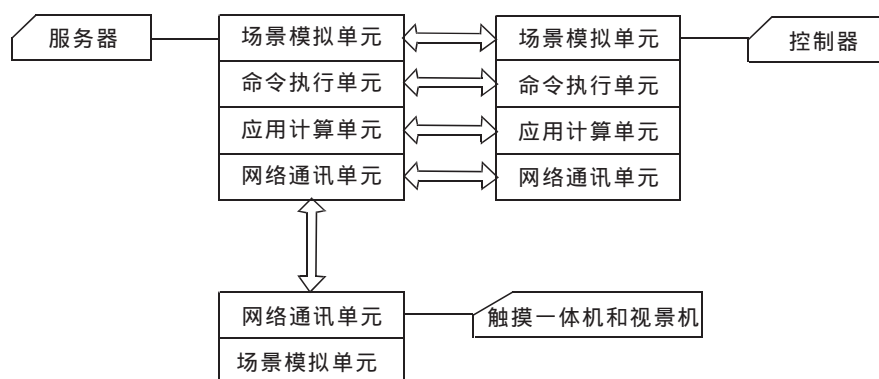


图 2 系统数据流

实景空间是以实景图像为素材构造出的具有三维操纵能力的虚拟空间,增强现实技术可以把计算机产生的虚拟物体或其他信息合成到用户看到的真实场景中^[3]。在 3D 火灾逃生模拟系统中,建筑的三维几何空间数据是构建系统的基础,并且其大数据量(如大量的三角形数和贴图)是三维图形处理的瓶颈。所以,三维建模是 3D 火灾逃生模拟系统建立的一个关键部分。三维交互建模工具是 Windows 平台下进行场景创建、浏览和编辑的工具^[4]。这里采用 Multigen-Paradigm 公司推出的 MultiGen 进行三维建模。

建筑周边地理对象根据空间维上的分布特性,可分为两大类:一类是以场景为基础的对象,如地形、土壤种类分布等,这类对象在空间上连续分布,称为地形景观对象;另一类是以离散实体为特性的对象,如小建筑物、树、电话亭、路灯等,这类对象以独立的个体而存在,称为地物对象。

对于地形景观对象用 MultiGen 软件的地形地貌和道路模块进行建模。对于离散的地物对象用 MultiGen 软件的 LOD 技术分别构建小建筑物、道路、树木、路灯等地物,并且构成三维地物库。要提高模型的绘制效率,关键是在一定的误差控制下对模型进行简化,使参与绘制的三角形面片个数尽量少而又不会带来较明显的畸变。细节分层技术(Level of Detail, LOD)是当前解决这一问题的最好办法^[5]。然后,根据地物的地理位置坐标、地物实际大小、地物朝向和纹理结构等,放置到实际的地理位置上。在 3D 火灾逃生模拟系统中,离散实体地理对象

一般数目很多,所以,为了实现快速的图形计算与显示,也必须应用多层次表达法建立每一个对象的多层次空间与属性模型。对地物对象从存在角度看,有两类:一类是固定存在的地物对象;另一类是实时加入的地物,但现实中未存在的物体。这两类地物,在数据库对象管理时应区别对待。

LOD 技术指用若干不同复杂度的模型来表示同一对象的技术。此技术主要根据视点距离对象位置的变化调用不同复杂度的模型,即在较远时调用低复杂度模型,在较近时调用高复杂度模型。LOD 技术主要通过设置模型的 Switch In Switch Out 值来实现不同视点距离显示不同复杂度模型。在实际开发中注意相邻复杂度模型中低复杂度模型的多边形数目是高复杂度模型多边形数目的 75%。采用该技术不但可以增强场景的逼真度,也可以减少场景绘制的多边形的数量,既提高了可视性又节约了系统资源。

在系统开发过程中,为了解决 LOD 层次结构模型在运行时的“Popping 突弹”效应,即在 Switch 转换时视觉上的不连续性,采用增大 Switch 距离和 Morphing 两种方法。增大 Switch 距离只是将不同复杂度模型间的转换距离置远,使人眼不易觉察。Morphing 方法是一种基于可视化合并一个 LOD 到另一个 LOD 的方法,能从根本上解决 Popping 效应。为了实现 Morphing LOD,某些多边形的顶点被定义为 Morphing 顶点(一般取复杂度低的 LOD 模型上最靠近视点的那些顶点),当较高 LOD 出现时,系统首先显示 Morphing 顶点(位于较低的 LOD 上),然后逐步更新视景,直到把较高的 LOD 顶点全部显示为止。这样可以解决视觉上的突变问题。

(三) 实时仿真

建好后的三维数据库需要借助好的实时仿真软件才能达到理想的效果,这里采用国际上最流行的 Multigen-Paradigm 公司推出的 Vega 软件。Vega 有一些简单的操作功能,要想达到理想的效果,要用 Visual C++ 进行二次开发。主要开发三维建筑的浏览功能。第一,多种模式交互浏览功能。灵活的运动控制模式,提供鼠标、键盘或游戏杆控制,用户可以在三维场景中前进、后退,改变行走方向,升高、降低视点。第二,多种浏览方式。提供行走、攀爬、驾驶等浏览模式。可设定浏览路径,提供多条浏览路径,用户可以沿固定路径交互式浏览。第三,大场景的无缝浏览。采用地面优化算法、Windows 多线程技术,实现地形调度时真正的无缝连接。

另外,3D 火灾逃生模拟系统需要用 Vega 软件的粒子系统来模拟自然环境,如风云雨雪、太阳月亮和白天黑夜等。Vega 软件的粒子系统是一种允许用户自定义参数的普通粒子系统。它可以描绘用普通几何物体无法描绘的自然界本身固有的特性。粒子系统是有一个或多个可旋转的粒子,并且可以给粒子附加一些简单的物理运动(如重力或风力等)。最后,数据通信在实时仿真中,历来是“瓶颈”问题,如今在实时输入输出、高速数据通信和远距实时数据传输等方面涌现出不少成功的技术成果。它们成功的关键就在于使数据传输的软件开销减至最小,以及采用传输速度快且损耗小的光纤通信链^[9]。

三、3D 火灾逃生模拟系统的应用和发展

现阶段,3D 火灾逃生模拟系统采用了世界上比较先进、流行的信息技术,利用分布式虚拟现实技术,实现了虚拟现实的网络化。系统把控制命令、仿真数据计算、用户控制与视景显示分别放置在不同的计算机中,然后通过网络把三者有机的结合,这样设计解决了虚拟现实系统对机器的要求高的问题,同时增加控制机的数量就可以实现多人共同使用,为系统的扩展创立基础。系统利用三维建模技术把建筑塑造成实物的三维模型,能使它更接近于真实和自然,能让参观者多角度多视点的观察物体,有身临其境的感觉,并能为用户提供一个模拟火灾发生过程和模拟火灾中求生自救的平台。

3D 火灾逃生模拟系统可以选择在建筑物内设置触摸一体机和视景机的种应用模式,可以应用于写字楼、大型商场、地铁站、医院等及其它公共场所等。既可将客户终端放置于建筑物内,将针对该建筑物的模拟场景供民众使用,也可以建立逃生自救训练的专门场所,提供大型的场景库供用户自主或随机选择使用、练习。

发展防救火灾仿真并做适当的教育训练及应用,除可提升防救火灾能力外,更可减少生命和财产的损失;利用数字虚拟现实技术仿真火警现场真实的环境,不需要实体教育和训练的配合及人力和物力的配合,便可提供防火教育宣传及应变训练;加入紧凑的剧情,吸引使用者学习与训练的兴趣,以达到大型建筑的火警应变最佳准备效果。

由此可见,3D火灾逃生模拟系统具备技术可行性,具有应用广泛、便捷等优点,可以对保证人民的生命和财产安全及开展消防工作起到积极的作用,其必然可以在市场占据稳定地位。

参考文献

- [1] 郝 谦.虚拟现实[J].南昌职业技术师范学院学报,2001,(3): 55- 57.
- [2] 高 宇,宋汉辰,吴玲达.实景空间中虚拟对象嵌入技术研究[J].计算机工程与应用,2003,39(30): 47- 50.
- [3] 黄元芳,王代涵,王一哲.虚拟现实技术与 VRML[J].武汉冶金管理干部学院学报,2003,13(2): 71- 73.
- [4] 曾 颖,汪青节.虚拟现实技术在消防中的应用[J].消防科学与技术,2006,25(增刊): 66- 67.
- [5] 陈 刚.虚拟地形环境的层次描述与实时渲染技术的研究[D].郑州:解放军信息工程大学测绘学院,2000: 1.
- [6] 徐庚保.数据通信与实时仿真[J].航天控制,1998,(1): 61- 64.

A 3D Escape-from- Fire System

TAO Liang

(Section Office of Communication, Shenyang Fire Bureau, Shenyang 110013, China)

Abstract: The 3D escape-from-fire simulation system is an interactive educational play system based on 3D virtual technology. The system provides user with a digital platform for escape from fire. Usually, when fire breaks out, many people get injured and even dead because they don't choose the right ways of escape for the reason of unfamiliarity with environment and panic and so on. So they need a safe, real and effective training way of escape from fire to solve the problem. Using virtual reality technology, and parameter control, this system can upbuild unabridged fire environment. Using 3D interactive manner to simulate generant and evolutive course of fire and adopting direction of play method, the system can evaluate and supervise the users' reaction and behavior in the simulative fire. The system not only provides a safe, real and effective training way of escape from fire but also propagandizes fire knowledge, popularizes experience of fire protection, produces active influence on the society and the living of people. Starting with the actual significance and the characteristic of this system, the project course of three aspects is expounded and gave the new horizon of the system's application is prospected.

Key words: 3D escape-from-fire simulation system; 3D virtual technology; fire; training for escape from fire; virtual reality technology; 3D interactive manner; fire fighting

[责任编辑 于洪飞]