

基于虚拟现实技术的电力安监仿真培训系统^①

徐良军¹ 章建² 蒋毅² 姚建刚¹ 汪会财¹ 杨胜杰¹

(1.湖南大学电气与信息工程学院 湖南长沙 410082; 2.湖南省电力公司 湖南长沙 410002)

摘要: 电力安监培训是提高操作人员素质, 保证电力系统安全、有效运行的重要手段之一, 将虚拟现实技术引入其中, 不但能节省教师人力资源和硬件设备资源而且增强了培训效果。本文介绍了基于虚拟现实技术开发的电力安监仿真培训系统中的三维建模、碰撞检测和交互行为控制等关键技术, 并详细叙述了系统的架构和各模块的功能。系统的开发应用为电力作业人员的培训带来方便, 有效提高了电力安全作业水平。

关键词: 虚拟现实; 电力安监; 仿真培训; 3D引擎; 碰撞检测

Simulation Training System for Supervision of Power Work Safety Based on Virtual Reality

XU Liang-Jun¹, ZHANG Jian², JIANG Yi², YAO Jian-Gang¹, WANG Hui-Cai¹, YANG Sheng-Jie¹

(1.College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China; 2.Hunan Electric Power Company, Changsha 410002, China)

Abstract: Simulation training for supervision of power work safety is important for ensuring high-quality and uninterrupted power service. The introduction of virtual reality technology, not only can save teachers resources and hardware resources, but also enhances the effect of training. This paper discusses the key technologies of simulation training system for supervision of power work safety based on Virtual Reality, including 3D modeling, collision detection, interactive behavior control and so on, and elaborates the framework of system and function of each module. The development and application of system bring convenience for staff training and effective to improve the levels of power safe operation.

Keywords: virtual reality; supervision of power work; simulation training; 3D engine; collision detection

1 引言

电力安全生产是涉及职工生命安全的大事, 也是影响电力系统安全、稳定运行和电力企业生存发展的关键。为此电力企业投入了大量的人力、物力、财力, 来提高电力职工队伍的素质和安全生产意识, 主要从两个方面着手: 一是提高安全生产的硬件保证水平, 靠新技术、新装备, 提高安全保证程度; 二是加强职工的安全培训, 电力公司每年都下达详尽的培训计划及有关考核办法, 从制度与管理上确保电力的安全生产。现阶段, 对电力现场操作人员的培训仍停留在理

论讲述培训、手册培训等比较落后的阶段, 这些方式培训周期长、资金投入大、学员现场感差。现场培训虽然效果良好, 但由于很多设备是带电运行, 存在危险性和不确定性, 很多操作演示, 并且这种培训方式也不适合多人同时进行。因此, 急需一种理论与实践结合、寓教于乐, 并能够使学员身临其境的培训系统, 对学员进行高效培训, 并进行操作及理论考核。基于虚拟现实技术(virtual reality, VR)的培训方式具有信息容量大、多向演示、模拟生动、身临其境等显著特征, 这是有限空间、有限时间的其它传统培训方式无

^① 收稿时间:2010-03-04;收到修改稿时间:2010-04-02

法比拟的。而基于虚拟现实技术的电力安监仿真培训系统可以真实模拟电力现场作业环境, 参训人员能在没有任何危险的情况下, 高效地完成各种作业流程的培训, 避免了危险事故的发生, 大大缩短培训时间, 节省培训费用。

2 开发工具介绍

三维图形引擎是实现虚拟场景的基础。由英国的 TKS 公司开发的 OGRE 引擎是一个开放源码的、跨平台的、高效的三维图形游戏引擎, 它是提供基于 OpenGL 面向对象的框架, 并提供了很多附加的功能模块来加速图形的应用开发。OGRE 作为开放源码的自由软件, 完全基于标准 C++ 和 OpenGL, 拥有一个标准组件的、可扩展的 3D 渲染系统, 并提供了可扩展接口库。在综合比较了多种三维图形引擎后, 本系统最终选择以 3D 游戏开发引擎 OGRE 作为基础平台进行二次开发, 作为虚拟场景图形引擎。在三维建模方面, 本系统采用实时三维建模软件 MultiGen Creator 和 3ds max 相结合的模型构建方法来完成对场景中三维模型的创建。MultiGen Creator 是一套高逼真度、最佳优化的实时三维建模工具, 拥有强大的多边形建模、矢量建模、大面积地形精确生成功能以及多种专业选项和插件, 能高效、优化地生成实时三维数据库, 在视景仿真、模拟训练、城市仿真、交互式游戏及工程应用、科学可视化等实时仿真领域有着广泛地应用^[1]。

3 关键技术

3.1 三维建模

三维建模是整个虚拟培训系统建立的基础, 主要包括几何建模和物理建模。也就是说, 不仅要求模型的几何形状要符合实际, 而且要包含实际物体的物理特性和运动特征, 使模型能够“以假乱真”, 到设计目的。建模过程充分运用现代技术, 在现有的技术条件下, 可将三维物体的几何实际尺寸、纹理视拍照片等作为原始数据, 用 MultiGen Creator 实时三维建模软件建立模型, 构建模型数据库。在这个过程中要充分考虑到系统的具体要求及其对细节等级的需要, 这样才能尽可能高效率地构造三维模型, 提高系统的实时性^[2]。电力安监仿真系统变电站三维模型场景如图 1 所示。



图 1 仿真培训系统模型场景

3.2 碰撞检测

碰撞检测是虚拟现实系统中不可缺少的一个重要部分, 简单地讲, 碰撞检测就是检测虚拟场景中的不同对象之间是否发生了碰撞。如果没有碰撞检测, 当一个对象碰到另一个对象时, 往往会“穿墙而过”, 而不会产生碰撞效果, 这在现实世界中是不可能的。因此, 构造虚拟系统时, 必须能够实时地判断虚拟场景中物体之间是否发生碰撞以及碰撞后的响应。

一个虚拟场景包含若干个静止或运动着的物体, 每一个物体都由很多的基本几何元素组成, 虚拟场景的几何复杂度使得碰撞检测的计算复杂度大大提高。精确的碰撞检测对提高虚拟场景的真实性有着相当重要的作用, 但又与人们对系统的实时要求发生冲突。解决此问题的一种比较有效的方法是采用层次包围盒方法^[3], 该方法的核心思想是用体积略大而几何特性简单的包围盒来近似地描述复杂的几何对象, 并通过构造树状层次结构来逼近物体的几何模型, 从而在对包围盒树进行遍历的过程中, 通过包围盒间的快速相交测试来尽可能减少明显不可能相交的基本几何对象的数目, 而只对包围盒重叠的部分元素进行进一步的相交测试, 以提高碰撞检测的速度。

本文根据虚拟仿真培训系统的实用性要求和虚拟人物在场景中操作的特点, 通过修改引擎源码, 采用 AABB 轴向包围盒算法来处理虚拟人物与场景中其他物体间的碰撞检测, 具有计算量较小、易于编程实现的特点。

3.3 交互行为控制

虚拟培训系统的构建, 除了建立三维场景模型外,

还要有一个和谐的人机界面来实现人机交互，达到良好的培训效果。本系统在界面设计过程中采用可视化的人机界面交互方式，在界面中已经告知用户可以对三维场景模型进行的操作：平移物体、旋转物体、对物体进行拉伸、在场景中进行浏览、电力系统元件工作原理演示、将系统元件与其相联系的工作元件联合演示、出现故障如何进行抢修等。这样，用户不需要有过深的计算机知识就能很容易的对培训系统中的场景模型进行操纵，实现培训所要达到的目的。

三维场景建立后，能够给受训人员直观的印象，为了使受训人员对于工作原理有所理解和掌握，并能熟练操作，还应将三维动画与交互性虚拟场景相结合，这样受训人员不仅能从中获得必要的知识，还可以介入其中进行操作，可以收到很好的教学效果。因此，本系统利用 OpenGL 的三维程序接口来对三维场景及三维动画进行控制。为了简便，学员与虚拟环境进行交互可以使用外部设备，也可利用鼠标、键盘进行交互。通过 OpenGL 程序控制，完成了移动、旋转和缩放过程中物体的三维几何坐标的平移、放大和缩小、坐标旋转[4]。根据计算机图形学关于物体和坐标系统变换公式，计算物体被操纵后的目标坐标值，从而完成操纵过程。

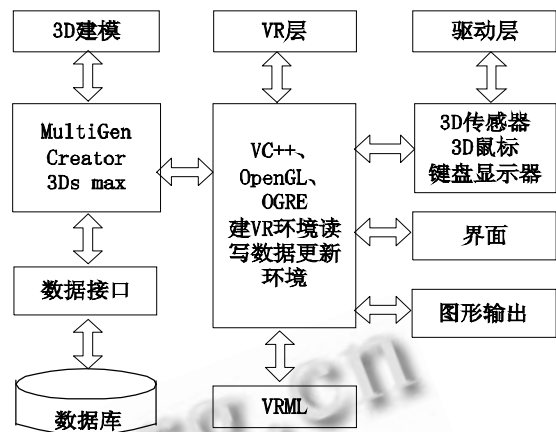


图2 仿真培训系统的结构

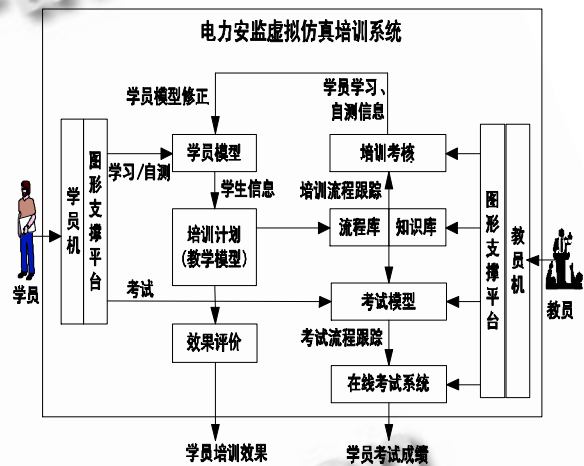


图3 仿真培训系统的培训流程

4 电力安监仿真培训系统研究

4.1 系统简介

电力安监仿真培训系统应用目前的计算机技术、信息及网络技术，采用虚拟现实的方法，为电力企业提供了一个 3D 互动电力安全教育培训平台。系统开发语言采用 VC++，数据库采用 Oracle 10g，以 3D 游戏开发引擎 OGRE 作为基础平台进行二次开发。系统基于虚拟现实技术，综合运用图形、3D 动画和声音等多种媒体模拟电力现场作业的实际情形，将电力标准化作业流程和安全规程以一种交互的方式体现出来，涵盖各种典型违章事故案例。同时，系统引入 110kV、220kV 变电站仿真系统，供变电运行人员进行巡视、操作、异常及事故处理的仿真模拟训练及考核，集成电力安规考试模块，可供电力企业的各级管理人员和生产技术人员进行安全生产规程考核培训使用。仿真培训系统的结构和培训流程分别如图 2、图 3 所示。

4.2 系统主要功能

为了给电力设备运行、维护、检修人员提供全方位的仿真培训，系统采用虚拟现实结合多媒体的仿真模式，为受训人员提供一个与实际现场基本一致的培训环境。通过在各种运行方式下进行操作和控制的全面培训，使受训人员更快更好地掌握对电力设备的操作、维护和检修等基本技能。特别是对变电站日常运行过程中并非每个员工都会遇到的故障和事故，可以通过仿真培训系统的预设场景，使受训人员在虚拟事故中得到“真实”锻炼，了解变电站容易发生的故障和事故，并熟悉其基本处理过程，一旦真实的事故发生，得到“真实”锻炼的人员就可镇定自若地正确应对，把事故影响减至最小范围。

仿真培训系统具备正常操作控制、仿真故障/事故

处理、事故演习等功能,可针对变电站及线路进行运行操作和维护检修培训、安全工器具操作、典型案例仿真处理等多项培训^[5,6]。可实现的主要培训功能如下:

(1) 现场漫游:通过该漫游,可以从几个角度概要地了解工作现场的环境,包括变电站及线路的结构、组成、各种设备运行情况、接线方式等。

(2) 电路图培训:对照实际操作来读电路图,既直观,又易于理解。该部分通过在变电站实际的设备上操作,同时将操作的结果显示在电路图上的方法介绍电路图,模拟电流的流向、各种设备的动作、报警的声音等,清晰、明了,使得电路很容易读懂。

(3) 安全工器具规范化操作指导:对电力生产人员来说,了解各种安全工器具的性能和用途,正确掌握它们的使用和保管方法,是非常重要的。本系统根据电力安全生产的特点,依照《电力安全工器具预防性试验规程》,采用动漫、视频、图片等综合手段,生动形象地展示常见安全工器具的检查、使用、存放及试验等方面的要求和注意事项。

(4) 运行操作培训:为变电、线路运行人员提供系统结构、变电站设备、运行原理、运行规程、生产流程等的培训。尽可能地提供与实际工况相一致的软、硬件环境,使受训人员有身临其境的感受,掌握变电、线路运行操作控制的基本技能。

(5) 维护检修培训:通过构建一个虚拟仿真培训系统平台,进一步提升检修人员和老员工的业务水平,也为新员工提供对专业设备的感性认识,并具备一定的操作技能。通过虚拟培训系统在一定程度上解决了电力安全培训中不可视、不可摸、不可入危险性场所的难题。

(6) 倒闸操作票:能否正确进行倒闸操作将直接影响着系统的安全运行。因此本部分的功能是模拟以下四种类别的倒闸实施及操作过程:①事故处理;②由于运行设备发生缺陷,严重威胁人身、设备安全,必须紧急停止运行者;③为防止系统性事故而紧急操作着(包括拉闸限电);④设备计划检修。

(7) 典型案例仿真处理:典型案例可以是人工随机设置故障或事故,也可以是仿真正常运行时因误操作而造成的事故,以及因错误判断和故障处理不当引起事故扩大化等场景。受训人员可通过在仿真系统中实际练习,熟悉变电站容易发生的故障和事故的基本

处理过程,从而吸取经验教训、增强实际工作时类似事故的处理能力。

(8) 教员—学员互动平台:教员负责管理培训仿真过程,可以通过自建、恢复等多种方式,建立或者恢复全部或部分的培训工况,各个工况可以按预存工况的形式保存。可以通过随机触发、定时触发、事件触发等方式,产生事件(动作)和灵活的场景变化。教员可通过任务管理来启动、暂停、停止培训仿真过程,以及允许、中止某一学员的培训过程。可记录、重现学员的操作过程,便于教员评判及学员自学。

(9) 学员—学员互动平台:在仿真培训系统中,几个学员可以扮演不同的角色组成一个工作班组。比如,学员甲扮演工作票签发人、学员乙扮演工作票负责人、学员丙和丁扮演工作班小组成员,他们通过局域网在同一个虚拟场景中协同完成下达的某项工作任务,形成学员之间的互动平台,使整个工作班组的成员得到全面系统的培训。

(10) 安全工作规程和事故调查规程查询:是为方便电力职工学习、记忆、查询对照而设立的,主要包括安全操作的要求和事故的调查分析和统计方法等内容。

(11) 考核与评价:提供客观反映、评价学员实际操作能力和分析判断能力的学员评价系统,学员可通过该系统进行自我评价。

(12) 集成安规网络考试平台:安规的培训和考试是一个长期的不间断的任务。传统的考试不能克服在命题、监考和阅卷等在考试效率,客观性和公正性等方面因素的影响。本系统中集成的安规网络考试平台可实现网上答题、自动组卷、手动组卷、在线监控、自动评卷、成绩统计分析等功能,大大提高了考试效率,减轻了考试组织者的工作负担。

4.3 系统的应用

本系统利用虚拟现实技术,设计出一个人机交互的虚拟仿真培训平台,已成功的应用于湖南省电力公司及其各下属单位。在此系统中,受训者处于一个虚拟的现场作业环境视听空间内,一方面,使受训者能感觉到身临其境的培训过程,增加了培训的趣味性,提升了培训效果;另一方面,多个受训者在虚拟场景中同时进行操作,又具有节省教师人力资源和硬件设备资源的效果。

(下转第147页)

5 结语

基于虚拟现实的电力安监仿真培训系统是集实用性与有效性于一体的电力现场作业人员的培训方式，是虚拟现实技术的具体应用。通过程序设计的灵活性，可以满足电力现场作业人员培训的需要。程序能跟踪受训者的进程，允许在模拟培训、测验后总结经验并及时反馈信息。系统基于网络模式，使受训者可以在不同的地点进行培训，突破了以往培训时间和空间限制。该系统的开发和使用时将给电力现场作业人员的培训带来方便，对提高电力安全作业水平大有裨益。

参考文献

1 Lewis M, Jacobson J, Introduction: Game Engines in

- Scientific Research. Comm. ACM, 2002,45(21):27—31.
- 2 周科平,郭明明,杨念哥,陈庆发.地下矿山开拓运输VR仿真系统研究.计算机系统应用,2008,17(11):6—13.
 - 3 何伟,李勇,苏虎.碰撞检测中的包围盒方法.重庆工学院学报(自然科学),2007,21(12):148—151.
 - 4 姚继权,李晓豁.计算机图形学人机交互中三维拾取方法的研究.工程设计学报,2006,13(2):116—120.
 - 5 汤晓青,周林,栗秋华,孟婧,徐会亮.输配电线路施工仿真培训系统的设计与实现.中国电力,2007,40(4):74—76.
 - 6 马杰,俞宏群,朱辰,等.水电厂仿真培训系统开发及功能.水电自动化与大坝监测,2007,34(12):78—81.