

数字表演仿真系统^①

刘 堃, 黄心渊

(北京林业大学 信息学院, 北京 100083)

摘要: 为了解决大型团体表演中创意预期与创意效果呈现不一致的问题, 采用大规模人群仿真技术实现了表演过程中演员行为的仿真, 采用层次细节绘制、基于图像绘制、预渲染光影以及几何体实例化等方法实现了表演场面的高效绘制。实现了一个以虚拟现实平台 Virtools 为载体的数字表演仿真系统, 该系统对大型团体表演的整个过程进行了仿真, 使编创人员在创意初期就能对创意的呈现结果有直观认识。实验结果表明, 该系统为大型团体表演编创人员进行创意编排、创意效果预览提供方便, 为艺术创意完美展现于大型团体表演中提供了可能。

关键词: 虚拟现实; 数字表演; 大型团体表演; 人群仿真

Digital Performance Simulation System

LIU Kun, HUANG Xin-Yuan

(School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To solve the problem that the present of large group performance is usually inconsistent with the expected, we used large-scale crowd simulation technology to simulate performances of actors, and used level of detail rendering, image-based rendering, pre-rendering lighting, and geometry instancing to make an efficient rendering of the performance. As an application we implemented a digital performance simulation system which was developed based on Virtools. The system simulated the whole process large group performance, and the results of creativity could be intuitive understood by creative designer in the initial time. Experimental results show that the digital performance simulation system could provide convenience for creative designer to make creativity scheduling and preview, effects of creativity, and it makes the arts creativity be showed perfectly in large group performance possible.

Key words: virtual reality; digital performance; large group performances; crowd simulation

1 引言

数字表演这个名词最早由英国人提出, 它是一个发展中的全新交叉学科, 是计算机科学技术、光学工程等工程科学和艺术学、心理学、社会学等人文学科的交汇点。随着现代数字技术的快速发展, 传统的表演要素、表演方式、表演规律等剧变, 多种表演艺术门类和多种工程技术要求实现完美融合, 从而促成数字表演技术的诞生^[1]; 而仿真技术为这种跨领域、跨平台的协作提供了理论基础和技术支撑。数字表演仿真是按照文艺表演的生产流程, 将数字化表演与现代

仿真技术相结合, 从而全面提升文艺演出创意、编排、演出等能力。

大型团体表演是一种体育和艺术高度结合的群众性表演项目。这种表演由几十以至成千上万的青少年在大型体育场馆中通过以体操形式为主体的各式表演, 配以音乐、灯光、服装和道具, 变换各种队形, 组成多样的图案, 以反映一定的主题思想。大型团体表演的创意设计和排练是一件异常烦琐的工作, 创意人员到排练的后期才能对创意的实现效果有直观认识。此时的创意已经涉及人员配置、服装道具安排、

① 基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(1210742)

收稿时间: 2011-03-30; 收到修改稿时间 2011-05-07

场地搭建等大量工作，这个阶段对创意进行任何修改都会导致庞大的工作量，在时间和经济上都会造成巨大损失。

北京理工大学为 2008 北京奥运会开幕式设计的“智能仿真编排”系统，包含二维智能编排系统和三维表演仿真工具^[2]。纪庆革等人实现的团体操虚拟编排与演练原型系统，由团体操队形及图案设计子系统和团体操虚拟编排子系统构成。第一个系统能进行快速队形编排，第二个系统能将队形变换过程实时展现出来。与这两个系统相比，本编排系统通过三维编排模块提供的图形元素使编创人员能更加方便的将艺术元素加入到表演队列中，创造出丰富的表演队形并将其即时展现出来，避免创意队形成型后再对创意进行修改带来的麻烦，提高了表演队形的艺术性同时也节约了大量的时间和经济成本。

本文将数字表演仿真技术应用于大型团体表演排练过程中。采用人群仿真模型实现了表演过程中演员表演行为的仿真，采用层次细节绘制、基于图像绘制、预渲染光影以及几何体实例化方法实现了表演场面的高质量绘制，使采用传统团体表演排练方法，排练后期才能得到的创意呈现效果，在排练开始前就能被创意人员掌握，并及时进行修改。

2 系统设计与实现

本文中数字表演编排系统的设计目的是，在计算机中将编创人员的创意快速模拟展示出来，使编创人员在实地排练之前就能了解、掌握队形创意实现的视觉效果，并对创意队形及时做出调整，避免大型表演排练过程中由于事先对队形实现效果不了解而在实地排演时造成浪费。

2.1 系统实施技术路线

系统采用视景开发工具 3ds Max 对虚拟表演环境以及虚拟演员建模。采用动作捕捉设备采集真实演员的表演动作数据，将其导入 3ds Max 中，经优化后作为个体动作数据驱动虚拟演员进行表演。采用虚拟开发平台 Virtools 搭建系统框架，并用其提供的功能模块实现用户界面控制和系统各部分间的流程控制。在 Virtools 框架基础上，采用 C++ 编程语言编写数据存取、虚拟演员行为控制和渲染控制等自定义模块。

2.2 开发工具

3ds Max 是一款在三维动画和游戏行业应用十分

广泛的三维视景开发工具，采用 3ds Max 可以实现虚拟环境和人物角色的快速建模，除此之外 3ds Max 还能读取动作捕捉设备采集的动作数据，并将其应用于驱动人物角色动作。能帮助开发人员快速建立写实逼真的虚拟环境增加使用者的虚拟“沉浸性”。

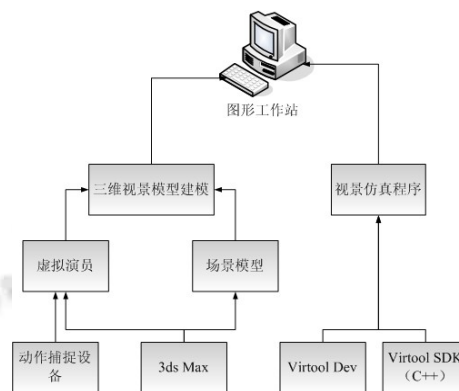


图 1 系统实施技术路线

Virtools 作为一款虚拟现实开发平台，有可视化的脚本编写流程，丰富的默认功能模块，还支持自定义原型开发，能读取 3ds Max 模型数据。利用 Virtools 将 3ds Max 建立的虚拟环境和虚拟演员模型读入框架中，再利用脚本进行系统流程功能开发和自定义仿真模块编写，完成数字表演编排系统的框架搭建、交互功能开发和仿真功能实现^[3]。

2.3 系统组成

该数字表演仿真系统由三维编排模块与三维展示模块组成。

2.3.1 三维编排模块

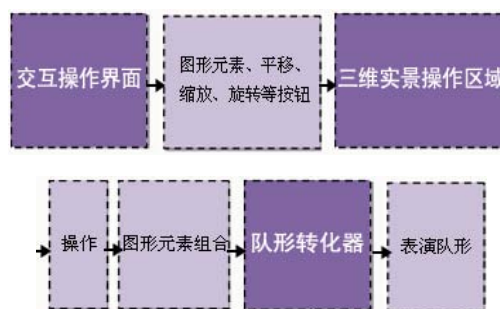


图 2 三维编排流程

三维编排模块的主要功能是通过添加立体元素在三维虚拟环境中模拟出队形效果，并生成由虚拟演员排成的实际队形。编创人员根据三维虚拟环境中的队

形表现效果，可以进一步对表演队形进行编辑、修改，将立体构成元素加入到表演队形中。

三维编排模块实现的技术路线是，在系统框架中添加一个三维实景操作区域、一个交互操作界面和一个队形转化器。由这几个组件共同完成编排功能。如图 2 所示。

2.3.2 三维展示模块

通过对简化的几何形体的重组排列确定参与演出的演员位置，在 Virtools 三维虚拟场景显示窗口中，实时的在主席台前方出现目前新排列的队列组成形式。这样，导演就能够在创意雏形阶段，通过使用二维界面中立体构成编排工具而对表演方阵有了一个整体而便捷的认识。如图 3 所示。



图 3 对生成的图形元素编排后得到的图形组合



图 4 队形展示效果

安排好表演方阵的演出形态之后，回到 Virtools 营造的虚拟系统中，对角色与虚拟场景中能够持续或

者延迟产生动作的物体设置触发状态下的不同动作，接着通过系统播放状态下的操作界面自动显示行进中表演方阵的计算速度与时间、时间段变化、摄像机位置角度变化的实时观赏。

本文的数字表演系统对场景及表演人群进行实时渲染，并基于 Virtools 软件赋予了技术含量较高的人机交互功能，使方阵整体的表演更加真实，控制表演的过程更加便捷。如图 4 所示。

3 关键技术

3.1 虚拟场景中的图形元素生成及控制

图形元素生成功能。它是三维编排模块的关键功能之一，是编辑、生成队形的基础。其实现思路如下：

用阵列存储按钮信息并建立其与图形元素的映射关系，在二维界面上选择不同的图形元素按钮触发响应消息，侦听器根据不同的按钮消息选择在实体场景中生成不同的图形元素，图形元素的创建是对图形元素原型进行复制实现。如图 5 所示。

Add Column		Add Row	
	0 : New Column	1 : New Column	2 : New Column
0	小球-1	SphereSmall	0
1	直线-1	StraightLine	0
2	平面1	SquarePlane	0
3	圆面-1	CycloPlane	0
4	小方-1	CubeSmall	0

图 5 存储按钮信息和映射关系的阵列

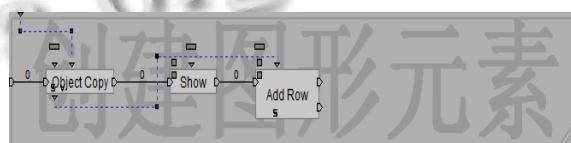


图 6 创建图形元素的脚本

图形元素控制功能。主要包括图形元素的平移、缩放、旋转和删除。根据用户选择不同的操作按钮，程序会进入不同的操作循环，如图 7 所示。不同的按钮对应不同按钮序号，利用 Switch On Parameter 模块判断用户当前选择的操作按钮，根据按钮序号进入相应操作循环。另外，操作循环是否被激活还取决于鼠标左键是否按下，这一状态则是由 Mous Waiter 模块监视得到。操作循环的操作对象，是由 2D Picking 模块获取得到并借由参数传给操作循环。

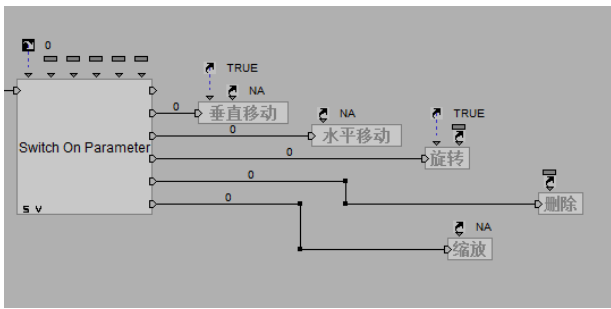


图 7 根据用户选择进入相应操作循环

3.2 队形保存与读取

编创人员在使用二维编排模块进行队形编创时，以点、线、面为基础元素对平面队形进行设计，形成平面创意。完成二维编排后需将队形转化为数据文件进行保存。在进行三维编排时，根据保存的二维队形数据生成三维虚拟环境中的队形分布，在此基础上再加入立体构成编创和材质元素。

保存二维队形的思路是，首先，将点、线、面转化为点阵集合；然后，将得到的存储点阵集合进行位置信息存储，外部存储文件为文本文件。队形文件结构如下所示：

```
<File> ::= {<Formation entry>}
<Formation entry> ::= <Filename> <Instances>
<Instances> ::= <unsigned int> {<Placement>}
<Filename> ::= {<char>}
<Placement> ::= <float> <float> <float> <float> //
```

x, y, z, rotation

队形读取过程与存储过程相反，根据读取队形文件得到的坐标数据得到队形的点阵集合的位置数据，根据各点阵集合的位置数据在三维虚拟场景中摆放演员人物模型。由于没有分配队形的材质属性，此时的模型还不具备材质信息。

3.2 队形变换

大型团体表演中的队形变换是大规模人群行为仿真中的一种，与一般的人群行为仿真不同，队形变换具有预先可控、沿路线运动的特点，要求各虚拟演员按照事先规定的路线沿路线有序行进，不涉及复杂的虚拟人情感判断等仿真^[4]。队形变换主要涉及虚拟演员的位置变化，位置变化规定虚拟演员的移动方式，包括按照规定路线行进、跟随等。在队形变换的过程中，需要对虚拟演员规定一些必要的约束，如避免碰

撞、规定时间内到达等^[5]。本系统中虚拟演员的动作皆由动作捕捉系统完成。

三维虚拟演示模块中的队形变换分为两步：

1) 计算两个相邻队形中各对应点的位置差异，根据差异计算出各点的变化路线；

2) 控制虚拟演员按照规定路线行进至新位置，虚拟演员在按照规定路线行进过程中进行碰撞检测，防止发生几何体穿透现象。

队形变换过程中虚拟演员间的碰撞检测由 Virtools 的角色碰撞检测模块 Object Slider 完成。虚拟演员的运动由 Move To 模块实现，行进阵列队形到表演队形需要的基点以参考对象的形式指定到场景中，利用阵列读取模块 Get Keyrow 模块将基点坐标提取出来指定给 Move To 模块以此控制单个虚拟演员的运动从而实现队形的整体变换。如图 9 所示。

	0: ref	1: New Column	2: New Column	3: New Column
0	ref05	man	.4759,0.0199974,-40.68	0.321,0.0199974,-53.42
1	ref06	man	.4755,0.0199974,-40.68	.3768,0.0199955,-57.85
2	ref15	man	.47803,0.0199974,-40.68	.39885,0.019998,-39.08
3	ref07	man	.47834,0.0199974,-40.68	.91112,0.0199944,-54.22
4	ref04	man	.4755,0.0199974,-34.68	.7875,0.0199994,-44.22
5	ref14	man	.4753,0.0199974,-34.68	.3837,0.0199986,-47.10
6	ref16	man	.47583,0.0199974,-34.68	.1988,0.0199976,-21.93
7	ref08	man	.4761,0.0199974,-34.68	.2243,0.0199943,-44.48
8	ref03	man	.2.478,0.0199974,-28.68	.5853,0.0200012,-29.81
9	ref18	man	.4755,0.0199974,-28.68	.268,0.0199986,-25.22
10	ref19	man	.47609,0.0199974,-28.68	.3508,0.0199978,-36.36
11	ref09	man	.47617,0.0199974,-28.68	.9034,0.0199953,-29.98
12	ref02	man	.4758,0.0199974,-22.68	.4888,0.0200022,-15.49
13	ref13	man	.5.4752,0.0199974,-22.68	.5982,0.019999,-38.92
14	ref17	man	.47538,0.0199974,-22.68	.1152,0.0200019,-13.88
15	ref10	man	.47601,0.0199974,-22.68	.5808,0.019997,-15.90
16	ref01	man	.4764,0.0199974,-16.68	.2474,0.020002,-6.943
17	ref12	man	.4761,0.0199974,-16.68	.4179,0.0200007,-21.88
18	ref00	man	.4765,0.0199974,-16.68	.9823,0.0200043,-2.148
19	ref11	man	.47728,0.0199974,-16.68	.60326,0.0199986,-6.001

图 8 存储运动路径的阵列结构

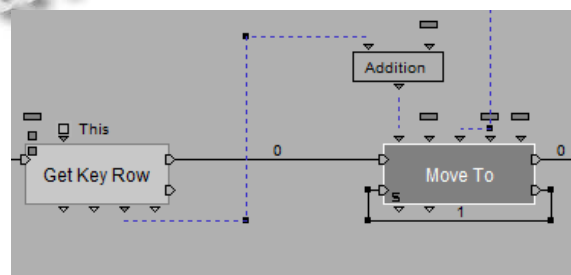


图 9 提取路径坐标传给运动控制模块

3.3 大规模人群渲染

绘制由大规模人群组成的三维场景对 CPU 的处理能力有极高要求，海量几何面极大的影响系统运行效率。本系统在三维虚拟队形演示模块中采用层次细节绘制、基于图像绘制、预渲染光影以及几何体实例

化等方法达到实时渲染高效绘制效果。

GPU 绘制几何面的速度直接影响系统运行效率,采用层次细节绘制、基于图像绘制和预渲染光影这些手段能提高虚拟环境的绘制速度,但仍无法满足正常演示三维队形演示的绘制需求。三维队形演示的主体是虚拟演员,其几何结构复杂、数量庞大,如果采用传统绘制方法进行绘制,多次的零散提交绘制内容会造成绘制效率低下。为了解决这一矛盾,采用几何体实例化方法一次提交一组对象进行绘制,这里的几何体是指场景中的虚拟演员。

几何体实例化,是通过具有相同顶点数据的几何体,赋予不同的空间位置、颜色或纹理等特征,从而创造出不同实例对象的技术。它的好处在于,只需传递一次单个模型的顶点数据(或者说调用一个批次的绘制指令),再传递不同对象的特征数据,就能实现多个对象的绘制。同组虚拟演员的三维模型具有相同的几何结构,绘制时只要绘制一个虚拟演员就能得到其它与之相关的关联对象,大大提高了绘制效率。虚拟演员的实例结构如下所示:

```
Instance
{
  unsigned short*Chracter_ID//虚拟演员编号
  unsigned short*Instance_ID//实例体编号
  Vector position//虚拟演员位置
  Vector rotation//虚拟演员朝向
  float lod//虚拟演员的层次细节级别
  bool culled//虚拟演员的裁剪状态
}
```

4 数字表演编排实例

在本系统的交互操作界面中加入了艺术性分析,通过对立体构成的基本要素进行分析,并将立体形态分解出点线面块的基本构成要素,应用于界面中,用来协助队伍队形的设计。通过在交互操作界面中对图形元素进行基本几何形体编排,经过拾取元素,平移、缩放、旋转等在三维实景操作区域进行操作与图形组合,通过 Virtools 平台实现的队形转化器转化为模拟真实的表演队形。表演队形在系统中根据不同的表演需求被赋予不同的动作文件,做不同内容形式的表演。如图 10 与图 11 所示。



图 10 “海浪”主题编排实例



图 11 “林”字体编排实例

5 结论

本文对数字表演仿真领域已有理论进行研究,设计并实现了以虚拟现实平台 Virtools 为载体的数字表演仿真系统。系统采用大规模人群仿真技术实现了表演队形变换,对大型团体表演中的队形变换要素仿真;采用层次细节绘制、基于图像绘制、预渲染光影以及几何体实例化等方法实现实时高效绘制,对大型团体表演中的演员要素进行了仿真。大型团体表演中的各种表演元素在本系统中都得到了较好的仿真再现,为编创人员进行快速编创、实时预演、即时修改提供了可能,使艺术创意能更好的体现于大型团体表演中。系统在普通 PC 机上进行模拟排练仿真时,当场景中的每个虚拟演员由 930 面的模型构成,虚拟演员数量为 1000,三维渲染的帧速率为 12 帧/秒,满足实时仿真的需要。

参考文献

- 1 柳红波.数字虚拟艺术的当代审美维度.艺术探索,2008,2(5):129-130.
- 2 丁刚毅,李红松,黄天羽,张龙飞,高婧,彭大为.大型广场文艺表演的虚拟编排原型系统.系统仿真学报,2008,20:

136-140.

3 魏东,任远.大型机械设备三维仿真训练系统的关键技术.计算机系统应用,2010,19(3):123-137.

4 Ji Qingge, Pan Z G, Lin M. Simulation on pattern design in group calisthenics. International Conference on Virtual

Reality Continuum & Its Applications in Industry. ACM SIGGRAPH. New York: ACM Press, 2004. 159-162.

5 李延峰,潘志庚.虚拟人群仿真技术的研究.杭州电子科技大学学报.2005,25(1):64-67.

首届全国信息安全等级保护技术研讨会 (ICSP'2012) 征文通知

基础信息网络与重要信息系统是国家关键基础设施,面临着日益严峻的威胁与挑战。信息安全等级保护制度是我国信息安全保障工作的基本制度,开展信息安全等级保护工作是保护我国信息化健康发展、维护基础信息网络与重要信息系统安全的根本保障。

信息安全等级保护制度在实施过程中涉及到许多关键技术和产品,迫切需要开展针对关键技术、产品的研究和攻关,建立起以等级保护技术为核心的信息安全技术体系,推动等级保护工作的深入开展。同时,随着信息技术的不断发展,特别是云计算、物联网、三网融合等新技术、新应用的不断涌现和产业化推广,开展等级保护工作面临着越来越多的新情况、新问题。为了深入贯彻国家信息安全等级保护制度,构建科学、完善的信息安全技术支撑体系,引导等级保护关键技术的研究发展方向,我中心会同有关部门拟组织召开全国信息安全等级保护技术研讨会,与国内主要信息安全技术领域的研究机构、企业和高等院校一起,积极开展理论和技术研究,构建等级保护关键技术体系,推动国家信息安全等级保护工作的深入开展。

首届全国信息安全等级保护技术研讨会拟于 2012 年 4 月在广西桂林召开。本次会议由公安部网络安全保卫局等部门指导,中科院信息安全共性技术国家工程研究中心主办,公安部第三研究所、中国信息安全测评中心和国家信息技术安全研究中心协办。本次会议成立了专家委员会(名单见附件),会议拟邀请信息安全领域的院士、资深专家围绕等级保护政策和技术作主题报告,以学术、技术研讨和交流的形式,为信息安全领域的专家、学者、高校教师、行业用户单位和信息安全企业专家提供一个开放的交流平台,分享等级保护理论和技术最新研究成果。会议将出版大会论文集,评审优秀论文并推荐至《中国科技大学学报》、《计算机工程》、《计算机应用》、《计算机工程与应用》、《计算机应用与软件》、《中国科学院研究生院学报》、《计算机系统应用》等期刊发表。

一、征文范围

1. **等级保护标准支撑技术:** 包括基于《信息安全等级保护基本要求》、《信息安全等级保护安全设计技术要求》等标准,研究计算环境安全、网络边界安全、通信安全和安全管理平台等技术、标准验证环境构建技术等。

2. **等级保护建设整改技术:** 包括信任体系模型与构建技术、可信计算技术、针对重要行业关键信息基础设施的专用等级保护支撑性技术和方法。

3. **等级保护测评技术:** 包括标准符合性检验技术、安全基准验证技术、无损检测技术、渗透测试技术、逆向工程剖析技术、源代码安全分析技术等。

4. **等级保护的监管技术:** 包括用于支撑安全监管需求的敏感数据保护技术、安全态势评估技术、安全事件关联分析技术、安全绩效评估技术等。

5. **新技术应用环境的等级保护技术:** 包括云计算、物联网、三网融合、新媒体等新技术新环境下的等级保护支撑性技术,等级保护技术体系在新环境下的应用方法等。

6. **其他等级保护相关的安全技术和方法。**

二、投稿要求

1. 来稿内容应属于作者的科研成果,数据真实、可靠,未公开发表过;引用他人成果应注明出处;署名无争议;论文摘要及全文不涉及保密内容。

2. 会议只接受以 Word 排版的电子稿件,稿件一般不超过 10 页,格式符合《软件学报》的要求。

3. 稿件以 Email 的方式发送到会议征稿邮箱 icisp2011@nercis.ac.cn。

4. 凡投稿文章被录用且未做特殊声明者,视为已同意授权出版。

三、重要日期

论文提交截止日期: 2012 年 2 月 10 日

录用通知发出日期: 2012 年 3 月 10 日

会议召开日期: 2012 年 4 月 7 日-8 日

四、联系方式

联系人: 陈恺, 张玲, 石雅辉

联系电话: 010-82486444, 010-82486299

Email: icisp2011@nercis.ac.cn

官方微博: <http://weibo.com/icisp>

通讯地址: 北京市海淀区中关村南四街 4 号

邮编: 100190