

大型虚拟博览会场景的优化方法研究

杜宝江¹, 吴恩启¹, 王立平², 李祥¹

(1. 上海理工大学 虚拟制造技术研究院, 上海 200093;

2. 上海世博会事务协调局新闻宣传部, 上海 200125)

摘要:随着人们对信息需求的不断攀升,大型展览会都开始同期设立网上展馆。为了解决不断扩大的场景规模和访问者对场景的高精度要求之间的矛盾,采用了合理的建模方法,如优化模型、LOD技术和预渲染方法,简化的碰撞检测模型和天气仿真模型等对大型虚拟博览会场景进行了有效优化。在不影响场景质量的前提下,有效地减少了系统硬件设备运算量,降低网上博览会的运营成本,同时增强了系统的互动性,使大型虚拟博览会的体验更加真实和生动。

关键词:大型场景;模型简化;场景优化

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)05-0207-04

Research on Optimization Methods of Large-scale Virtual Exhibition Scenes

DU Bao-jiang¹, WU En-qi¹, WANG Li-ping², LI Xiang¹

(1. Virtual Manufacturing Institute, University of Shanghai for Science and Technology,
Shanghai 200093, China;

2. Bureau of Shanghai World Expo Coordination, Shanghai 200125, China)

Abstract: Large-scale exhibitions begin to set virtual exhibitions online to meet the information requirement of people all over the world. Virtual scenes are becoming bigger and bigger, but the demand for finesse has not decreased. Reasonable modeling methods such as optimization models, LOD technology and pre-rendering methods, simplification models for collision detection and weather simulation are adopted to reduce the calculation mounts under the condition of maintaining quality in order to reduce the operating costs. Meanwhile, it can set up effective interaction ways to make virtual exhibition more interesting and alive.

Key words: large-scale scenes; simplification of models; optimization of scenes

0 引言

随着虚拟现实技术和数字博物馆等技术的快速发展,大型展览会逐渐尝试采取建立网上博览会的方式来扩大自身在国际范围内的影响,突破时空的界限,在更大范围内展示展览内容,传播理念,弥补世界各地更多访问者不能到现场参观的遗憾。网上博览会不但是将现实展览会的展馆、园区设施、人物、展品都“复制”在虚拟园区中,同时是实体博览会的导引、延伸和补充,三维虚拟场景的规模巨大,同时对其精美度和交互性也都提出了较高要求。采取传统的三维建模方法虽然精美度较高,但数据量很大,给系统的硬件设备带来了繁重的运算压力,必将极大增加设备的投资成本。

因此,必须研究有效的大型虚拟场景的优化和简化建模方法,在不影响场景效果的前提下缩减数据量,减少硬件投入。

1 需求分析

1.1 场景的规模

以2010年中国上海网上世博会(Expo Shanghai online)项目为研究背景,分析在构建网上世博会这一大型场景过程中的场景优化问题。

上海世博会的展览场地位于上海市南浦大桥和卢浦大桥之间,沿黄浦江两岸布局,总建筑面积达120万平方米,总展馆建筑面积超过80万平方米。

而虚拟展馆的面积会在此基础上有所增加,因为实体展会的面积是有限的,有些参展方在实体展会上无法展出的展品或是展馆会在网上博览会上体现,因此,三维虚拟场景的规模巨大,由虚拟空间、虚拟展品、

收稿日期:2009-09-01 修回日期:2009-12-14

基金项目:上海市世博科技专项(08dz0580209)

作者简介:杜宝江(1962-),男,山东沂水人,硕士,副教授,研究方向为虚拟制造、计算机辅助设计。

园区通道、虚拟人物、辅助设施和服务设施等组成。

1.2 场景要求

网上博览会的大型虚拟场景,要求画面质量精美,静态模型仿真度较高,动态模型在保证良好物理属性的同时能够流畅地执行触发动作。虚拟园区的设施和虚拟人物可以与用户化身进行简单的交互,特定展馆内的特定展区内有互动展项,实现用户与展品的互动功能。用户化身在园区内浏览时,与其他虚拟要素有碰撞检测的过程,同时,由于有些大型展览会持续时间较长,跨越多个季节,因此在网上展馆中要体现特定的天气特效和光照效果。

2 优化处理的层次

对于大型虚拟场景的优化,要从建模、贴图、复杂效果的简化以及渲染输出四个阶段出发,建立完整的从场景的建立到最终输出的全方位优化方法。

文中共提出 5 种场景的优化方法,其中模型的简化处理是对模型本身的优化,预渲染方法是对模型贴图和输出的双重优化,LOD 是对单一模型在复杂场景下调用方法的优化,天气仿真和碰撞检测模型的简化是对复杂效果或动作生成方式的优化。

3 优化的方法

3.1 模型的简化处理

任何模型都由基本的点线面构成,这些基本元素的数量决定了 CPU 需计算其变化的量,因此通过降低模型点线面的数量可直接优化场景的运行效率。例如一个正方体,对其的基本描述就是四个顶点的位置以及连接顶点的十二条线,但若不注意划分,模型中间可以添加任意多个截面信息,如果模型属于规则形,那么这些信息就是多余的,只要多一个截面就将增加 CPU 对四个节点的计算。

3.2 预渲染方法

采用预渲染的方式将有效降低 CPU 实时渲染花费的资源,应当尽量减少当视点变化时生成真实感场景所需的计算量。因此,可将与视点无关部分的场景作预渲染处理。即完成所有模型构建和灯光材质设定后,逐个将模型的贴图独立渲染,并重新贴回原模型,最后将所有的灯光及粒子去除。此时的场景由于贴图已经静态渲染,因此灯光、阴影效果已具备,采用这种方法将直接降低 CPU 对于光效方面的计算,并可有效地提高动态显示的速度,如图 1 所示。

3.3 LOD 技术

细节层次模型 LOD(Level of Detail),同一模型生成具有不同层次细节(多边形数)的多个版本,在图形

绘制中依据视点选择合适的层次细节模型进行绘制。模型远离视点则选择较粗糙的 LOD,模型离视点较近则选择高分辨率的 LOD。即对一个较复杂的目标元素,建立 3-4 种复杂程度不同的实体模型,在距离很远时,选用最粗糙的模型,距离较远时,选用较粗糙的模型,在距离较近时,选用半精细的模型,在距离很近时,选用较精细的模型,然后根据设定好的感知距离自动替换成相应模型。如图 2 所示,一个物体的三个不同精细程度的模型,在 VRML 中其调用程序实现如下:

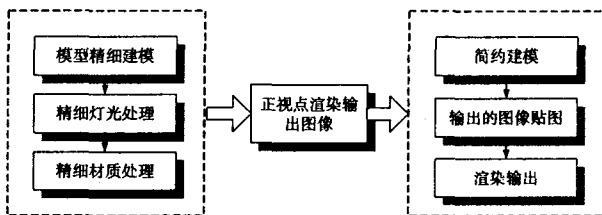


图 1 预渲染的方法

LOD {

center 10 78 43 #指定 LOD 节点中心坐标,模型显示阈值以此坐标为计算基准

range [10 50 100] #指定 LOD 模型显示阈值,即 [0,10],(10-50),(50-100),(100,+∞)四个区间

level Inline { #调用各层次模型文件,顺序为高细节至低细节

url “近景实体.wrl,
中景实体.wrl,
远景实体.wrl”}



图 2 不同感知距离范围的 LOD 模型

3.4 碰撞检测的简化模型

3.4.1 碰撞检测的原理

虚拟展览会中的碰撞检测主要解决用户化身与静态物体和动态物体的碰撞问题。目前较常见的是以层次包围盒方法,通过建立对象的包围盒层次来逼近目标的几何模型,用体积大但形状简单的包围盒代替复杂的几何对象参加碰撞检测,通过包围盒间的相交测试快速地排除不相交的基本几何元素对。常见的包围盒主要有:包围球、沿坐标轴的包围盒 AABB、方向包围盒 OBB、离散方向多面体检测算法和固定方向的凸包检测算法等。

3.4.2 网上博览会系统对碰撞检测的要求

碰撞检测是虚拟系统中重要的实现交互性的工作,但在网上博览会系统中关心的碰撞检测问题又有

其特殊性,它只关心用户化身与虚拟场景中的其他物体之间的碰撞问题,可以说,它对碰撞检测的深度要求一般。但对实时性要求较高,因为浏览过程中不可能花费很多的时间去等待一个碰撞检测结果。因此,为了满足实时性的要求,必须对碰撞检测进行简化和优化处理。

3.4.3 碰撞检测的简化模型

在此,假设一个用户化身。用户化身可以是一个点,比如人的眼睛,可以一个虚拟人,可以是一辆虚拟的游览车辆,在此讨论较复杂的用户化身情况,即讨论车辆和场景的碰撞问题。

将车辆简化为长方形,将杆状物简化为一点,将体状物简化为多边形。这样,所有的碰撞检测转化为长方形与点或多边形的求交问题^[1]。碰撞分为用户化身与静态模型的碰撞和动态模型的碰撞,静态物体的碰撞中取其在世界坐标系中的坐标值,与动态模型的碰撞除了要知道其起始位置外,还应得到它的运动参数信息^[2]。表 1 所示为简化后的虚拟场景要素的形状和碰撞检测模型的简化结果。

表 1 简化后的碰撞检测模型

序号	名称	简化后的模型	与车辆碰撞检测
1	道路	四边形	点与四边形的位置关系
2	车辆	四边形、三维点	四边形与四边形的位置关系
3	建筑物	多边形	四边形与多边形的位置关系
4	树木	点	点与四边形的位置关系
5	河流	曲线	点与曲线的位置关系
6	护栏	线段	点与线段的位置关系

因此,碰撞问题变为判断点或多边形与多边形之间的关系。点与多边形的位置关系易于理解,点落在多边形之外,无碰撞;落在多边形之上,临界状态;落在多边形之内,有碰撞。下面以车辆与建筑物的碰撞判断分析多边形与多边形的碰撞检测问题,如图 3 所示,假设车辆为四边形,建筑物为六边形。

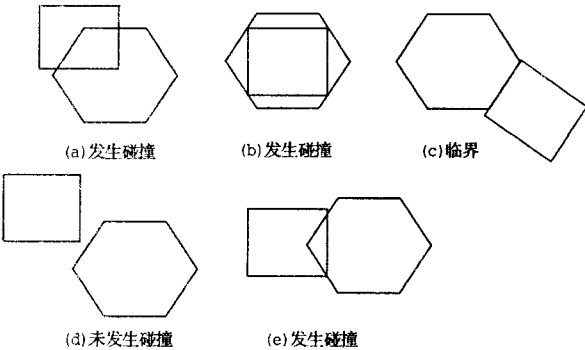


图 3 简化后的车辆与建筑物碰撞模型

由图 3 可知,车辆与建筑物发生碰撞的条件是四边形的点落在六边形之内,因此,无论是点还是多边形与车辆发生碰撞的判定条件都可以概括为,点 P 是否落在多边形内部^[3],数学模型如图 4 所示。

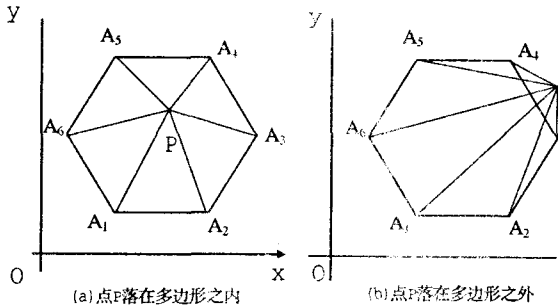


图 4 判断点 P 是否落在多边形之内

当点 P 落在六边形 $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6$ 之内时,由多边形内角和定理可得:

$$\angle A_1 P A_2 + \angle A_2 P A_3 + \angle A_3 P A_4 + \angle A_4 P A_5 + \angle A_5 P A_6 + \angle A_6 P A_1 = 360^\circ \tag{1}$$

当点 P 落在六边形 $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6$ 之外时,由图 4 可知:

$$\angle A_1 P A_2 + \angle A_2 P A_3 + \angle A_3 P A_4 + \angle A_4 P A_5 + \angle A_5 P A_6 + \angle A_6 P A_1 = 2\angle A_3 P A_4 \tag{2}$$

$\angle A_3 P A_4$ 为三角形的一个内角,故 $\angle A_3 P A_4 < 180^\circ$

$$\angle A_1 P A_2 + \angle A_2 P A_3 + \angle A_3 P A_4 + \angle A_4 P A_5 + \angle A_5 P A_6 + \angle A_6 P A_1 = 2\angle A_3 P A_4 < 360^\circ \tag{3}$$

因此,将点 P 落在多边形 $A_1 A_2 A_3 \cdots A_n$ 之外的数学表达式归纳为,以 $\theta(i, j)$ 表示 $\angle A_i P A_j$, $i \% j$ 表示 i 整除 j 的余数,则有:

$$\sum_{i=1}^n \theta(i, (i+1) \% n) = 2 \max_{i \leq 1, j \leq n} (\theta(i, j)) < 360^\circ \tag{4}$$

3.4.4 简化后的碰撞检测实现流程

简化后的碰撞检测实现流程为,启动虚拟浏览程序,用户化身与碰撞物体的检测随之开始。程序计算用户化身的原点在世界坐标系中的动态坐标位置值 $A(x_0, y_0)$,设场景中共有 N 个待检测物体,则程序获取第 i (i 个) 物体的原点在世界坐标系中的动态坐标值 $B(x_1, y_1)$ ^[4]。在分别获取双方的坐标值后,将分别建立二者的包围盒模型,并得到各自的碰撞检测框的半径 r_0 和 r_i 。下一步将进入碰撞检测的预处理过程,首先两碰撞物体原点之间的距离 r_{1i} 的值,并判断 r_{1i} 是否小于 $r_0 + r_i$ 的值,若否,则判断无碰撞发生^[5];若是则进行下一步,判断 r_{1i} 的值是否小于或等于以上碰撞物体最小碰撞检测半径之和,若是,则判断已碰撞,作出碰撞反映或报警;若否,进行下一步计算,获取简化后的模型图形的边界点的坐标,根据判断公式判断两个物体是否有顶点落在对方的多边形之内^[6],若是,则作出碰撞反映或报警,若否则进行下一个碰撞检测物体与车辆之间的碰撞检测过程,直至场景内的 N 个物体全部完成碰撞检测过程为止,程序流程图如图 5

所示^[7,8]。

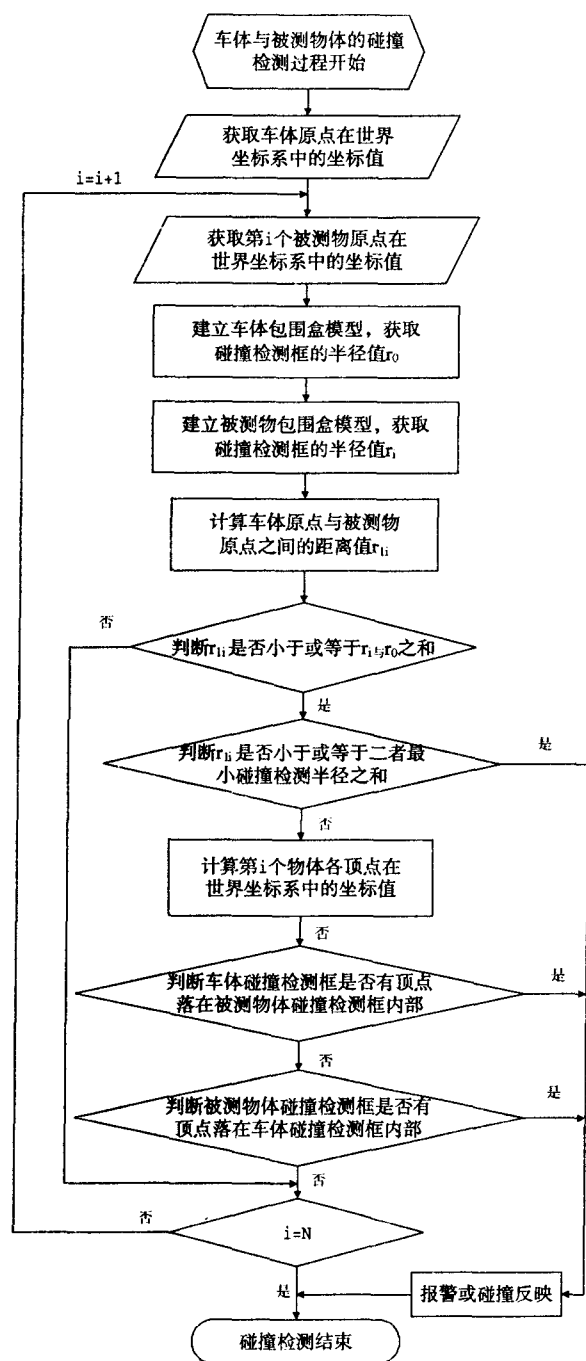


图 5 简化后的碰撞检测实现流程

3.5 天气仿真的简化模型

BS公司在VRML中提供的扩展节点提供良好的粒子系统的定义自由度。对于大型网上博览会的虚拟场景来说,天气也是影响视觉效果的重要因素。人的视野范围是有限的,只保证在人视野所及的范围内的特效仿真度,在其视野范围外的场景不予考虑,根据这个原则设计了如下的简化模型^[9,10]。

将粒子的空间定义为底面与地面平行,方向垂直

向上的长方体,该长方体恰好在虚拟博览会环境中访问者化身的正前方,在此以车辆为例。由于天气特效中粒子均自由下落,粒子从与上底面的长方形内产生并自由下落。将人的视野范围内简化为一个圆锥体,落在视野范围之内的粒子将全部计算和渲染,落在视锥之外的粒子将被忽略,同时,随着视点的变化,粒子的产生区域即长方体和视锥均会随之移动^[11,12]。

4 结束语

文中主要讨论了在构建类似大型网上博览会的三维虚拟场景过程中对模型、贴图、模型简化和渲染等几个阶段的优化方法,在不影响场景质量的前提下,有效缩减了大型虚拟场景的数据量,降低了硬件的运行成本。这些优化和简化方法可推广应用于虚拟驾驶、虚拟博物馆、虚拟城市等大型场景中。

参考文献:

- [1] 曾俊武,郭齐胜,李 斌.车辆碰撞检测的一种简化数学模型[J].计算机仿真,2000(11):13-15.
- [2] Zhang Jun, Li Fengsen, Li Hua. Multi-user shared virtual reality in the exhibition of Chinese nationalities - Virtual Museum of Chinese nationalities[C]//Proceedings of the International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. Ottawa: NRC Research Press, 2002: 83-88.
- [3] 万华森,熊 坚,易 涛.一种碰撞检测方法在虚拟驾驶环境中的应用[J].昆明理工大学学报:理工版,2004(2):136-138.
- [4] 郭齐胜,李光辉,马亚龙,等.车辆碰撞检测的仿真[J].装甲兵工程学院学报,1999(2):21-24.
- [5] Lee Woon-Sung. A Driving Simulator as a Virtual Reality Tool[M]. Belgium: IEEE Robotics and Automation Society, 1999.
- [6] 陈 茹.汽车驾驶模拟器虚拟视景中天气特效设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2007.
- [7] Jung-Hae, Yvshimichi, Soichiro. Acquisition and Modeling of Driving Skills by Using Three Dimensional Driving Simulator[J]. IEICE Trans Fundamentals, 2005, 3(2): 770-778.
- [8] 刘健鑫,崔汉国,张 晶.包围盒碰撞检测算法的优化[J].计算机工程与应用,2008(18):51-54.
- [9] 王 益,李思昆.基于视域剪裁的三维场景快速消隐算法[J].系统仿真学报,2001(11):177-180.
- [10] 文 举.虚拟场景实时漫游系统的研究与开发[D].西安:西安交通大学,2002.
- [11] 赛博科技工作室. VRML与Java编程技术[M].北京:人民邮电出版社,2002.
- [12] 雷伟杰,蔡 勇.基于分层次细节模型的场景快速绘制[J].兵工自动化,2004(5):54-55.