文章编号:1001 - 9081(2000) Suppl. - 0265 - 02

PCVR 实时图形生成的保守可视性策略

齐　曼[1] ,潘力均[1] ,许　滨[1] ,张　珩[2]
(1. 中国科学院 力学研究所 , 北京 100080 ;　2. 中国科学院 高技术局 , 北京 100864)

摘　要:在图形生成过程中尽早地识别场景不可见部分 ,减少绘制工作量对 PCVR 实时图形生成意义重大。同时 ,可视性判断不能过于复杂 ,以避免抵销它的作用。本文提出将三维视锥取舍和二维屏幕裁剪相结合的可视性取舍 ,并采取保守取舍策略尽量简化可视性判断 ,真正达到提高帧频的目的。实时仿真测试结果表明了保守可视性策略的高效性。

关键词:PCVR ;可视性 ;取舍
中图分类号: TP391. 9　　**文献标识码**:A

1　引言

虚拟现实(简称 VR)是一门具有广阔应用前景的技术 ,在 PC 上实现 VR ,有助于这门技术的推广和普及 ,这也正是 PCVR 实时图形生成研究的意义所在。

PCVR 实时图形生成对图形生成算法的效率提出了更高的要求。可视性判断是三维图形显示的关键 ,在 PCVR 实时图形生成系统中它已不仅是使图像具有真实感意义的一个基本方面 ,而且在实时图形生成过程中尽早地识别不可见部分 ,减少绘制工作量成为一个主要的研究方向。同时 ,可视性判断不能过于复杂 ,以避免抵销它的作用[1] 。

2　视锥取舍

视锥取舍指场景中不在视域范围内物体的舍弃。视锥具体地表现为由投影中心点(视点) ,视窗及后裁剪平面决定的棱台观察体(见图 1) ,视窗及后裁剪平面的作用分别是舍弃足够远的及视点背后的物体。视锥取舍通过测试物体对观察体六个边界面的关系对物体裁剪。

精确的视锥取舍包含大量复杂的判断 ,求交及物体分割运算 ,接受或拒绝一个物体 ,须测试其每个顶点 ,一个顶点相应于上下左右四个边界平面的测试要求 3 ×4 = 12 个浮点乘和 3 ×4 = 12 个浮点加运算(将点坐标值代入平面方程判断) 。对前后裁剪平面的测试相当于 2 个浮点加运算。对与边界面相交的物体还要求交并按边界面分割物体为视锥内及视锥外部分 ,因此视锥取舍计算量不仅与顶点数成线性关系 ,也与边界物体数量相关 ,计算量很大[2 - 3] ,达不到提高帧频的目的 ,反而因为精确视锥取舍计算的时间代价超过了节约的绘制时间而在实际上起到了减缓帧频的反作用。在实时系统中精确视锥取舍很少应用。实际中往往跨过物体级可视性判断 ,而是对所有面元进行投影变换后直接对面元采用相对简单的二维屏幕裁剪[1] 。

这里采取保守取舍策略简化视锥取舍计算 ,进而加速物体级可视性判断。具体策略为:扩大观察体范围 ,保守地舍弃物体。具体做法是观察体不采用由视点 ,视窗及后裁剪平面组成的棱台 ,而采用简单的后裁剪平面到观察平面的长方体作为观察体近似(如图 2 所示) 。

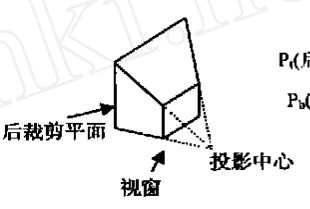

图 1　视锥取舍棱台观察体

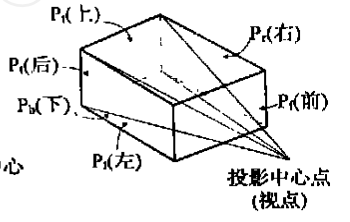

图 2　视锥取舍长方体观察体

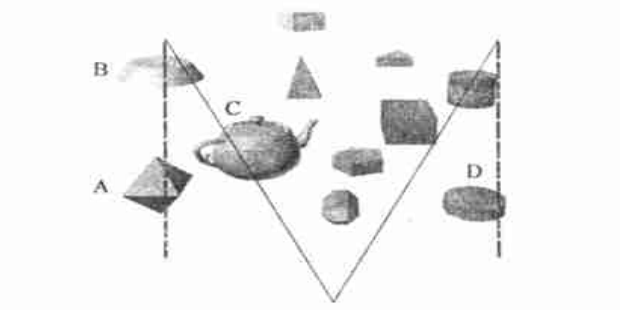

图 3　简化的视锥取舍

这样 ,每个顶点对六个边界平面的测试仅相当于 6 个浮点加运算 ,相比较精确视锥取舍大大地简化了计算。这里 ,保守取舍方法进一步简化为物体几何中心点的 X ,Y ,Z 值判断 ,省略了大量顶点的浮点计算及复杂的物体与边界面的求交及物体分割计算 ,保守地决定物体是否在视锥内。进一步简化的可行性分析如下:因为采取几何中心点代替整个物体判断 ,可能出现物体几何中心点不在观察体内 ,而物体的一部分则包括在内的情况(如图 3 中 A、B 物体) ,但长方体观察体是对实际的棱台观察体的区域延伸 ,而且越靠近视点观察范围的

作者简介:齐曼 ,博士研究生 ,主要研究方向:实时图形算法;　潘力均 ,助理研究员 ,主要研究方向:虚拟现实、遥感科学;　许滨 ,副研究员 ,主要研究方向:遥科学、机器人;　张珩 ,主要研究方向:虚拟现实 ,遥感科学.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

外延越大,即在靠近视点处,物体的几何中心点若不在观察体内,则物体本身不在棱台观察体内的可能性很大(如图 3 中 A 物体);而对于远离视点的物体,虽然几何中心点不在观察体内,但很可能物体的一部分在观察体内,此时根据判据而舍弃物体实际上不会引起视觉漏洞,因为一方面视觉本身对远距离物体的敏感程度不大,另一方面远离视点的物体很可能被靠近视点的物体遮挡(如图 3 中 B 物体被 A 物体遮挡)。

保守视锥取舍判据如下:

对任一物体几何中心点 C(X,Y,Z),只要满足

$$X_l \le X \le X_r$$

$$Y_b \le Y \le Y_t$$

$$Z_r \le Z \le Z_f$$

则认为该物体在视锥内,其中 X_l,X_r,Y_b,Y_t,Z_r,Z_f 是长方体的六平面边界值,由视窗大小,视点到视屏的距离及定义的后裁剪平面与视屏的距离很容易确定。

上述保守视锥取舍仅需每个物体几何中心点的 6 个比较(相当于浮点加)运算,省略了大量顶点求交及物体分割计算,算法简单,计算量远小于精确视锥取舍,同时舍弃了大量物体,明显地减少了后续图形绘制计算量,可见保守的视锥取舍方法是可取的。

同时,采用基于几何中心点的保守视锥取舍还使将视锥取舍放在实时绘制流水线的最前端成为可能,即在几何变换之前消除视锥外物体,避免了大量不必要的几何变换。在视锥取舍前仅仅对物体的几何中心点进行几何变换,由于物体几何中心点数目远小于顶点数,针对顶点的几何变换计算量显然比物体几何中心点的长方体判断计算量大。这样,几何变换和投影变换都只针对观察体内的物体,顶点几何变换在视锥取舍之后进行,使得几何变换的对象因视锥取舍而大大减少,显著提高了绘制速度。由于扩大了观察体范围,采取三维保守的视锥取舍,使得仍然存在大量视窗外的面元,在透视投影之后,可由二维屏幕裁剪进一步删除。

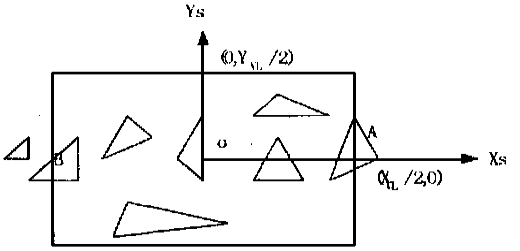

图 4 屏幕裁剪

3 屏幕裁剪

精确的屏幕裁剪是面元与视窗边界的求交,直线求交或直线与面的求交运算,对所有屏幕面元来说计算量很大,还有一个问题是对边界面元的裁剪可能产生多余的顶点,从而改变了面元的几何特性,给照明及光栅化过程带来不便。为解决这个问题,并减少计算量,在这里仍然采用保守裁剪思想。穿过裁剪边界的面元象窗口内面元一样处理(如图 4 中面元 A 及 B),直到光栅化阶段,仅仅在视窗内的象素写到帧缓存。这样,屏幕裁剪可简单地由面元顶点的最大最小 X,Y 值确定是否应保留面元。

对任一面元,只要满足:

$$X_{max} \ge -\frac{X_{VL}}{2},\ X_{min} \le \frac{X_{VL}}{2}$$

$$Y_{max} \ge -\frac{Y_{VL}}{2},\ Y_{min} \le \frac{Y_{VL}}{2}$$

则认为该多边形在视窗内,其中 X_{VL},Y_{VL} 是屏幕的长和宽。正如本文第一节的保守视锥取舍计算量与在观察体边界的物体数无关,上述保守屏幕裁剪与在观察窗口边界的面元数无关。

4 执行与结果

根据本文提出的保守可视性策略,设计了一个简单的基于 PC 的城市漫游视景仿真实例,并进行了性能测试。场景由建筑,街道,汽车等 25 个物体组成,场景包含 23,400 个三角形面元。系统运行环境为:

pentiumⅢ50;128M 内存;普通显示卡;Windows98;MSC/C C++;分辨率 1024 ×768。无图形加速硬件。

以下是综合测试获得的一些平均结果,主要是针对舍弃量和计算时间:

因为场景中物体分布不均匀,视锥取舍的物体数在每帧也不一样,平均舍弃物体数是 16。相应地,平均舍弃面元数是 17,535。视锥取舍计算量相对于整个图像生成计算量非常小,几乎可以忽略。

屏幕裁剪仍可以裁剪掉当前处理面元的 30 %,舍弃平均面元数为 1,786。因为只是面元几何中心点投影坐标简单的比较运算,正如保守视锥取舍,保守屏幕裁剪的计算量也是很小的。

仿真的平均测试结果为 16 帧/秒,3861 面元/秒,满足了实时性和一定的逼真度。从仿真过程看,没有明显的视觉漏洞,场景运动平滑效果较好。

5 结论

本文提出的 PCVR 实时图形生成的保守可视性策略将三维视锥取舍和二维屏幕裁剪结合,舍弃了场景的大量不可见部分,同时视锥取舍和屏幕裁剪都采取了保守取舍策略,避免了精确取舍的复杂计算代价,是很好的折中加速处理策略。真正达到提高帧频的目的。取得了较好的效果。证明保守取舍是 PCVR 实时图形生成的有效解决方案。

参考文献

[1] Foley J., Van Dam A., Feiner S. K., et al.. Computer Graphics: Principles and Practice [M] (Second Edition). Addison - Wesley Publishing Company, 1996.

[2] Chazelle B., Guibas L. J.. Visibility and Intersection Problems in Plane Geometry[A]. Proc. of the 1st ACM Symposium on Computational Geometry[C], 1985:135 - 146.

[3] Gert Vegter. The Visibility Diagram: a Data Structure for Visibility Problems and Motion Planning [A]. Proc. of 2nd Scandinavian Workshop on Algorithms Theory[C], 1990:97 - 110.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net