

3D 虚拟摄像机视角调节的研究

陈旭亮

(江苏科技大学 电气与信息工程学院, 江苏 张家港 215600)

摘要:3D 应用已经成为趋势,各种 3D 技术得到广泛的应用,许多 3D 应用都用到了 3D 虚拟摄像机。文中主要对 3D 虚拟摄像机进行了研究,通过调节 3D 摄像机来调节 3D 场景的渲染视角,这里主要研究的是通过 3D 摄像机的平移和旋转来调节渲染视角。由于对于不同的场景,场景的大小不同,场景中 3D 摄像机的位置和状态也不同,所以需要一种方法,能够对于用户的同一操作,根据不同场景,计算出相应的变换参数来操作 3D 摄像机。文中找到了一种调节 3D 摄像机的方法,该方法主要利用变换矩阵和几何关系来计算相应的变换参数,能够根据用户的操作自动计算相应参数来改变 3D 场景中虚拟摄像机的位置和状态,对 3D 摄像机进行调节,从而改变渲染视角,使交互更加方便。

关键词:变换矩阵;虚拟摄像机;世界坐标系;局部坐标系

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)06-0243-04

Research on Regulation of Perspective of 3D Virtual Camera

CHEN Xu-liang

(College of Electricity and Information Engineering, Jiangsu University of Science
and Technology, Zhangjiagang 215600, China)

Abstract:3D applications have become the trend. A variety of 3D technology is widely used. And the 3D virtual camera are used in many 3D applications. It focuses on the research of 3D camera. Regulate the rendering perspective by regulating 3D camera and here are mainly through the 3D camera translation and rotation to regulate the rendering perspective. For different scenes, the sizes of scene are different, the position and status of 3D camera are also different. So need a method which can calculate the corresponding transformation parameters to operate 3D camera for different scenes. Find a method which uses the transformation matrix and geometry to calculate the corresponding transformation parameters to regulate the 3D camera. By this method, can calculate the 3D camera parameters automatically based on the user's operating. And then regulate the rendering perspective and make the interaction more convenient.

Key words:transformation matrix;virtual camera;world coordinate;local coordinate

0 引言

目前,各种 3D 技术得到广泛的应用,各种专业的 3D 软件,如 3DMax, Maya 等越来越成熟。而这些 3D 软件要将 3D 场景呈现给用户,其内部其实是通过 3D 虚拟摄像机来实现的。用户是通过 3D 软件提供的界面来操作其内部的 3D 虚拟摄像机的,达到从不同视角观察 3D 场景的目的。所以,对 3D 虚拟摄像机的研究,对于制作具有良好用户交互的 3D 应用,是非常重要的。文中主要对 3D 虚拟摄像机平移和旋转进行研究。

1 3D 场景中的摄像机

1.1 3D 场景中的坐标系

对于不同的 3D 建模软件,场景中的坐标系会

有些不同,但是原理都是一样的,这里以 3DMax 为例^[1],介绍一下对于研究非常重要的两个坐标系:世界坐标系和局部坐标系。

世界坐标系:用来定位场景中物体的坐标系,该坐标系永远不会变化。

局部坐标系:物体本身的坐标系,由其轴点决定,在 3DMax 中可以通过改变轴点来改变。

1.2 3D 场景中的世界坐标系与局部坐标系的关系

这里 3D 场景的表示用 .mi 文件格式,在该格式的表示下,场景中的任一物体的位置和状态是用一个 4×4 的变换矩阵来表示的。

该变换矩阵是物体世界坐标系到局部坐标系的变换矩阵,设场景中一物体中任意一点在其局部坐标系中的坐标为 (x_0, y_0, z_0) ,其规范化的齐次坐标为 $(x_0, y_0, z_0, 1)$,在世界坐标系中坐标为 (x, y, z) ,其相应的规范化的齐次坐标为 $(x, y, z, 1)$ 。

变换矩阵为^[2-4]:

$$T = \begin{pmatrix} xx & xy & xz & xw \\ yx & yy & yz & yw \\ zx & zy & zz & zw \\ wx & wy & wz & ww \end{pmatrix} \quad (1)$$

则:

$$(x_0, y_0, z_0, 1) = (x, y, z, 1) T \quad (2)$$

1.3 3D 场景中的摄像机及其主要参数

3D 场景中的摄像机与实际摄像机是有区别的, 3D 场景中的摄像机一般称为虚拟摄像机, 其主要参数为 aperture(光圈大小), focal(焦距), aspect(长宽像素比)。图 1 为虚拟摄像机的 2D 原理示意图^[5], 对于 3D 虚拟摄像机, 其 aperture 被定义为宽度方向的 aperture (width_aperture) 和高度方向的 aperture (height_aperture), 且

$$\text{height_aperture} = \text{width_aperture} / \text{aspect} \quad (3)$$

从 .mi 文件中得到的是 width_aperture。

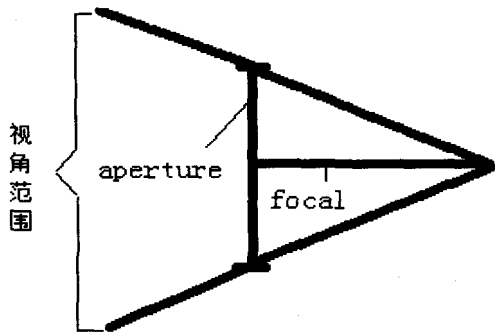


图 1 虚拟摄像机的 2D 原理示意图

2 3D 场景中的摄像机

2.1 3D 场景中的摄像机的平移

对于水平方向, 设虚拟摄像机到场景的距离为 D , 摄像机所看到的场景的部分在水平方向上的宽度为 W , 用户界面显示部分的大小为: 宽度 display_width, 高度为 display_height, 示意图见图 2:

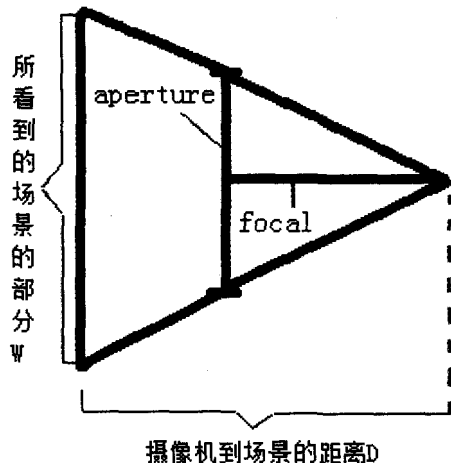


图 2 虚拟摄像机的 2D 拍摄示意图

设在用户界面显示部分选择平移功能并在显示部分按下鼠标移动了 dx 的长度, 则要求虚拟摄像机应该相应移动 DX 的距离, 由用户界面显示部分与摄像机成像部分 (aperture) 比例关系及摄像机成像部分 (aperture) 与摄像机所看到的场景的部分在水平方向上的宽度 W 的比例关系得:

$$DX = dx \times (\text{width_aperture} / \text{display_width}) \times (W / \text{width_aperture}) \quad (4)$$

由图 2 可知:

$$W / \text{width_aperture} = D / \text{focal} \quad (5)$$

所以:

$$DX = dx \times (\text{width_aperture} / \text{display_width}) \times (D / \text{focal}) \quad (6)$$

由于摄像机在其自己的局部坐标系中的坐标为 $(0, 0, 0)$, 其变换矩阵为世界坐标系到局部坐标系的变换矩阵, 设为 T , 可知其局部坐标系到世界坐标系的变换矩阵为 T 的逆矩阵 T^{-1} , 所以摄像机在世界坐标系中的坐标 (x, y, z) ^[6,7] 为:

$$(x, y, z, 1) = (0, 0, 0, 1) T^{-1} \quad (7)$$

由于 3D 场景中的虚拟摄像机的目标点已知, 为 (x_0, y_0, z_0) , 所以摄像机到场景的距离 D 为:

$$D = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2} \quad (8)$$

由 (6) ~ (8) 可以得到 3D 场景中虚拟摄像机的偏移量 DX , 相应的如果在垂直方向移动了鼠标, 也可以求得摄像机在垂直方向的偏移量 DY :

$$DY = dy \times (\text{height_aperture} / \text{display_height}) \times (D / \text{focal}) \quad (9)$$

从而可以通过程序控制摄像机相应移动。

由于这里 3D 摄像机的平移是按摄像机自己的局部坐标系平移的, 所以只要不改变 aperture (光圈大小), D (虚拟摄像机到场景的距离) 和 focal (焦距), DX 与 dx , DY 与 dy 的关系就不变, 摄像机的旋转是不改变以上 3 个量的, 所以旋转后平移是不用重新计算 DX 与 dx , DY 与 dy 的关系的。

2.2 3D 场景中的摄像机的旋转

3D 摄像机的旋转, 在视角上表现为可以从不同角度观察场景^[8,9], 对于这里 3D 摄像机的旋转, 是虚拟摄像机绕一点旋转, 称这一点为目标点, 这在编程上没有困难, 但是由于有平移功能, 平移之后, 虚拟摄像机目标点就应该做相应的变换, 得到新的目标点。

设用户界面显示部分鼠标在水平方向移动了 dx , 垂直方向移动了 dy , 由上面的分析, 可以求出 3D 摄像机相应的偏移量 DX, DY , 则偏移后摄像机的位置在偏移前摄像机局部坐标系中的坐标为 $(DX, DY, 0)$, 由于摄像机局部坐标系 Z 轴负方向始终是正对着目标点的, 且摄像机与目标点之间的距离是始终不变的, 为

D , 所以偏移之后目标点在偏移前摄像机局部坐标系中的坐标为 $(DX, DY, -D)$, 设偏移前摄像机的变换矩阵为 T_0 , 其局部坐标系到世界坐标系的变换矩阵为 T_0^{-1} , 则偏移之后目标点在世界坐标系中坐标 (x_i, y_i, z_i) 为^[10-12]:

$$(x_i, y_i, z_i, 1) = (DX, DY, -D, 1) T_0^{-1} \quad (10)$$

所以平移之后旋转要绕新的目标点 (x_i, y_i, z_i) 旋转。

2.3 3D 场景中的摄像机焦距的调节

3D 摄像机焦距的调节, 是可以改变摄像机所看到的范围和景深的, 焦距越大, 像机所看到的范围越小, 景深越大; 焦距越小, 像机所看到的范围越大, 景深越小。由公式(6)和(9)可知, 焦距(focal)的改变是会影响到 DX 与 dx , DY 与 dy 的关系的, 所以在实际应用中, 当改变了 3D 摄像机的 focal 值后, 要重新根据公式(6)和(9)来计算 DX 和 DY 。

2.4 3D 场景中的摄像机光圈大小的调节

3D 摄像机光圈的调节, 与实际摄像机有所不同, 它与焦距一样, 可以改变摄像机所看到的范围和景深, 但效果相反, 光圈越大, 像机所看到的范围越大, 景深越小; 光圈越小, 像机所看到的范围越小, 景深越大。由公式(6)和(9)可知, 光圈(aperture)的改变也是会影响到 DX 与 dx , DY 与 dy 的关系, 所以在实际应用中, 当改变了 3D 摄像机的 aperture 值后, 要重新根据公式(6)和(9)来计算 DX 和 DY 。

2.5 实验效果

2.5.1 平移效果

为了客户交互的方便, 需要的效果是鼠标点击用户界面显示部分按下鼠标并向某个方向移动一段距离, 场景就向该方向移动相应一段距离, 通过将 3D 场景中的虚拟摄像机向相反方向移动相应距离来实现, 但在实际应用中, 如果不经合理的计算, 就会出现鼠标移动很大距离, 场景只移动一点点距离, 或鼠标移动很小距离, 场景就移动了很大的现象。通过文中计算后的平移, 场景基本跟随鼠标移动。图 3, 图 4 是通过文中方法计算后的平移效果。

2.5.2 旋转效果

图 5, 图 6 是平移后计算虚拟摄像机新的目标点后旋转效果。

由于平移了虚拟摄像机, 所以虚拟摄像机的目标点也应该平移, 而且虚拟摄像机是绕目标点旋转的, 如果不做相应的变换, 虚拟摄像机会始终对准原目标点, 且虚拟摄像机会始终绕原目标点旋转, 在视觉上就是平移后再旋转, 场景会有跳跃的现象。由图 5, 图 6 可以看出, 平移后计算虚拟摄像机新的目标点后旋转, 视觉是比较连贯的。

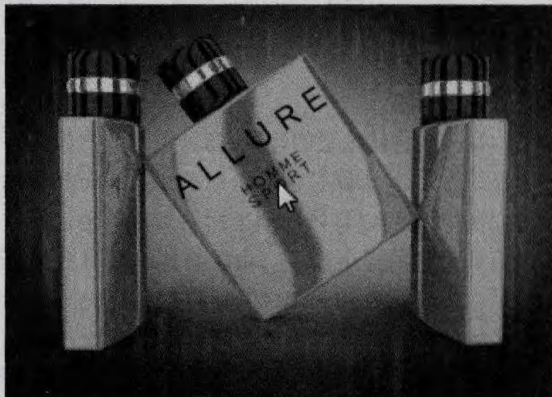


图3 移动前鼠标与场景的位置

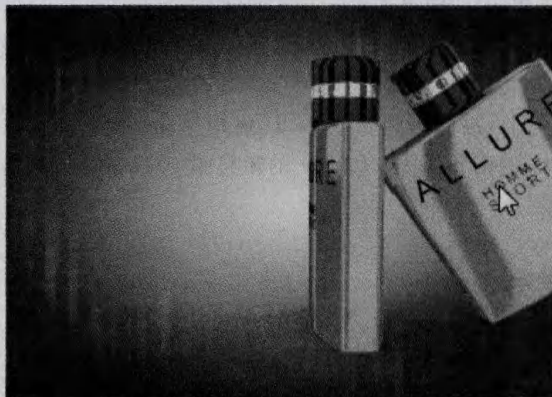


图4 移动后鼠标与场景的位置



图5 旋转前鼠标与场景的位置



图6 旋转后鼠标与场景的位置

3 结束语

文中通过对 3D 场景中摄像机的研究,主要解决了以下几个问题:

1) 场景中物体位置的计算:场景中每个物体都有一变换矩阵 T ,其实就是世界坐标系到物体局部坐标系的变换矩阵,所以物体局部坐标系到世界坐标系的变换矩阵为 T 的逆矩阵 T^{-1} ,由于物体在其自身局部坐标系中的坐标为 $(0,0,0,1)$,所以物体在世界坐标系中坐标 $(x,y,z,1) = (0,0,0,1)T^{-1}$ 。

2) 客户端网页上操纵摄像机平移的偏移量 dx, dy 与 3D 场景中摄像机偏移量 DX, DY 之间的关系由(6)式和(9)式求得。

3) 摄像机平移后旋转,其新的目标点的计算由(10)式求得。

4) 摄像机的参数 focal(焦距), aperture(光圈大小)的调节以及对 DX, DY 的影响,由(5)式和(8)式求得。

参考文献:

- [1] 李娜,李向瑞,李少勇. 3dsMax2010 完全自学手册[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] Jr F S H. 计算机图形学[M]. 胡事民,刘利刚,刘永进,等译. OpenGL 版. 北京:清华大学出版社,2010:173-206;295-334.

(上接第 242 页)

辑相关的景点,文中则将本体和描述逻辑应用到景点查询中。通过 protégé 构建景点本体,并对具体的景点进行语义标注,生成景点知识库;利用 Jena 通过 DIG 接口连接 Racer 推理机,对景点信息知识库进行推理,生成概念包含结构;Racer 推理机则将用户查询插入到概念包含结构中,根据匹配算法获取用户满意的匹配的结果。最后通过实例证明了该方案的有效性和可行性。

文中暂时没有考虑到系统的性能问题,在以后的研究中,将通过加大景点信息量来测试系统的性能。

参考文献:

- [1] 王金环,李宝敏. 基于本体 DL 的语义推理研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(11):94-100.
- [2] 浓国海,穆斌,胡学钢. 语义 web 本体及本体库系统设计发展[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展),2004,14(7):78-81.
- [3] 石莲,孙吉贵. 描述逻辑综述[J]. 计算机科学,2006,33(1):194-197.
- [4] 袁方,王涛. 基于本体的推理机研究[J]. 计算机工程

- [3] Hearn D, Baker M P. 计算机图形学[M]. 蔡士杰,宋继强,蔡敏,译. 第3版. 北京:电子工业出版社,2011:188-234.
- [4] 张曜煌,杜俊俐. 计算机图形学[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2006:107-117.
- [5] NVIDIA ARC GmbH. Basic surface shaders[EB/OL]. 2011. http://www.metasl.org/book/basic_surface_shaders.html.
- [6] Rendon-Mancha J M. Robot positioning using camera-space manipulation with a linear camera model[J]. IEEE Transactions on Robotics,2010,26(4):726-733.
- [7] Hachet M, Declé F, Knodel S, et al. Navidget for 3D interaction: camera positioning and further uses[J]. Int. J. Human & Computer Studies,2008,67(3):225-236.
- [8] 李盛,万敏,吴向东. 基于 OpenGL 视点坐标系的三维场景旋转算法[J]. 计算机过程与应用,2006,42(16):83-85.
- [9] 富民,赵宁,张杰. 基于 OpenGL 的三维窗口裁剪、拾取算法研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2005,33(4):23-29.
- [10] 何援军. 透视和透视投影变换-论图形变换和投影的若干问题之三[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(4):734-739.
- [11] 李乃华,王金敏,初楠. 仿射坐标系的平行投影[J]. 天津大学学报,2004,37(6):493-496.
- [12] 杨卫东,刘玉树. 一种不同坐标系之间的变换矩阵的转换方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2000,12(1):53-56.

- 与应用,2006,42(9):158-160.
- [5] 李文斌,刘椿年,陈焱瑛. 对 OWL 及其逻辑基础的研究[J]. 计算机应用,2004,24:146-148.
- [6] 李信本,陈仲委. 基于 Racer 和 nRQL 的本体查询与推理[J]. 计算机系统应用,2007(5):33-36.
- [7] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge Engineering, Principles and Methods[J]. Data and Knowledge Engineering,1998,25(1):161-197.
- [8] 梅靖,林作铨. 从 ALC 到 SHOQ(D): DL 及其 Tableau 算法[J]. 计算机科学,2005,32(3):1-10.
- [9] Donni F M, Lenzerni M, Nardi D, et al. Reasoning in description logics[C]//Studies in Logic, Language and Information. [s.l.]: CLSI Publication,1996:194-238.
- [10] 刘琼,李保敏. 一种领域本体库的构建方法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(1):197-203.
- [11] Baader F, McGuinness D, Nardi D. The description logic handbook: theory, implementation and application[M]. Cambridge: Cambridge University Press,2002.
- [12] 张明宝,王涛,施秀丽,等. 描述逻辑在智能化信息检索中的应用[J]. 情报学报,2011,28(3):253-260.