

虚拟视景交互漫游过程中视点的运动控制方法

刘惠义

(河海大学计算机及信息工程学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 探讨虚拟视景交互漫游过程中视点运动的控制问题 ,针对自动漫游过程中折线路径在转角处视线会发生突然偏转的问题 ,提出在转角处采用圆弧平滑过渡的解决方法 ,并给出具体实现过程 .

关键词 虚拟视景 ;漫游 ;视点 ;交互 ;运动路径

中图分类号 :TP391 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2004)06-0693-03

一个虚拟视景系统应具有以下 3 个特征 :沉浸感(Immersion)、交互性(Interaction)和想像力(Imagination)^[1,2],它们分别表示虚拟视景模拟的真实程度、与虚拟视景进行交互的自然程度和用户在虚拟环境中的认知能力 .因此增强沉浸感 ,提高交互的方便性以及丰富人们的想像力是进行虚拟视景漫游所应遵循的基本原则^[3].虚拟视景要达到逼真的感觉和实时的自然交互既要依赖于硬件性能的提高 ,更要依赖于虚拟视景的构建、显示和交互等技术的不断改进 .本文将结合望虞河工程虚拟视景系统的构建 ,探讨虚拟视景实时漫游的视点运动控制问题 .

由于用户与虚拟视景之间不是孤立的 ,两者有一个交互的过程 .目前大多数用户是通过键盘、鼠标等输入设备与虚拟视景进行交互 ,以达到漫游视景的目的 .用户对视景的交互控制改变了视点的位置或视线方向 ,从而实现了用户在虚拟视景中的漫游 .常见的漫游方式有两种 :一种是人工漫游方式 ,另一种是自动漫游方式 .

1 基于视景交互的人工漫游

人工漫游就是用户通过操纵键盘、鼠标以及游戏杆等输入设备来实现在三维视景中的任意漫游 .通过人工漫游用户可以灵活、准确地对视景进行全方位观察 ,拾取其中的虚拟物体 ,查询信息 .人工漫游的过程就是一个根据交互控制命令连续不断改变视点位置或视线方向并渲染视景的过程 .用户与视景的交互控制主要有前进、后退、左移、右移、仰看、俯看、左转、右转、上升、下降 10 个基本动作^[4].

三维几何对象是在视景坐标系中建立的 ,但屏幕上所显示的画面只是在给定视点和视线方向下 ,三维景物在垂直于视线方向的二维成像平面的投影^[5].为模拟实际漫游过程 ,需在视点处建立视点坐标系 ,并将景物从世界坐标系变换到视点坐标系中进行处理 .视点坐标系可以由视点 E 、目标观察点 F 和用来确定视点朝向的点 G 确定 ,如图 1 所示 .

若设视点坐标系 x_e 轴方向的单位向量为 N , y_e 轴方向的单位向量为 M , z_e 轴方向的单位向量为 L ,则取

$$\begin{aligned} L &= \frac{FE}{|EF|} & M' &= \frac{EG}{|EG|} \\ N &= LM' & M &= NL \end{aligned} \tag{1}$$

a. 前进与后退 .前进、后退只是将视点沿视线方向移动一定距离(行进速度) ,视线方向保持不变 .设变换前的视点坐标为 $E(E_x, E_y, E_z)$,变换后的视点坐标为 $E(E'_x, E'_y, E'_z)$,则

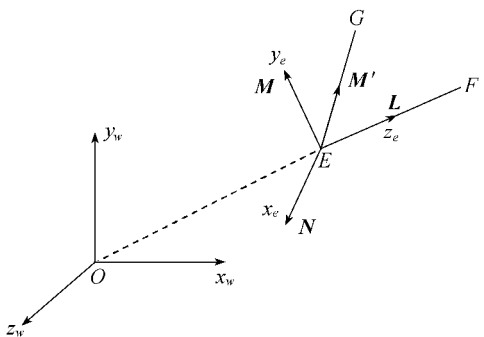


图 1 视点坐标系
Fig.1 Viewpoint coordinate system

$$E' = E + v_z L \quad W = L \quad (2)$$

式中: v_z ——行进速度; W ——新的视线单位向量。

b. 左移与右移. 左移、右移只是将视点沿视点坐标系的 x_e 轴方向进行平移, 视线方向保持不变. 即

$$E' = E + v_x N \quad W = L \quad (3)$$

式中 v_x 是平移量。

c. 俯看与仰看. 仰看、俯看是指用户仰起头与低下头看到的视景变化过程. 仰看、俯看不会改变视点的位置, 只是视线方向发生了变化, 使视线方向绕视点坐标系的 x_e 轴旋转一定的角度. 设旋转角为 θ , 则

$$E' = E \quad W = LR(\theta) \quad R(\theta) = TR_x(\alpha)R_y(\beta)R_z(\theta)R'_x(\alpha)R'_y(\beta)T' \quad (4)$$

式中: T ——将视点坐标系原点平移到世界坐标系原点的变换矩阵; $R_x(\alpha)$ 、 $R_y(\beta)$ ——将视点坐标系 x_e 轴绕 x_w 轴旋转 α 角到 $x_w O z_w$ 面上的变换矩阵、绕 y_w 轴旋转 β 角到 z_w 轴上的变换矩阵; $R'_x(\alpha)$ 、 $R'_y(\beta)$ 、 T' ——绕 x_w 轴、 y_w 轴作相反方向的旋转及相反方向平移的变换矩阵。

d. 左转与右转. 左转、右转是指用户左转身与右转身看到的视景变化过程. 左转、右转不会改变视点的位置, 只是视线方向发生了变化, 使视线方向绕视点坐标系的 y_e 轴旋转一定的角度. 设旋转角为 θ , 则

$$E' = E \quad W = LR(\theta) \quad (5)$$

$R(\theta)$ 的计算方法与俯看、仰看中的 $R(\theta)$ 相似, 只是将绕视点坐标系 x_e 轴旋转改为绕视点坐标系 y_e 轴旋转。

e. 上升与下降. 上升、下降只增、减视点的高度值(y 坐标), 视线方向保持不变. 即

$$E' = E + v_y M \quad W = L \quad (6)$$

式中: v_y ——视点高度变化量。

2 基于预设路径的自动漫游

自动漫游就是通过预先设置漫游路径, 使视点沿漫游路径行进, 从而达到在三维视景中漫游的目的. 漫游路径的设置可以在视景平面图通过鼠标点取控制点进行, 由用户使用鼠标在平面图上点取一系列控制点, 并指定每个控制点的高程及飞行速度, 然后通过 2D 屏幕坐标到三维视景坐标的转换得到了一个三维空间中的控制点序列. 一条漫游路径就是三维空间中的一条曲线, 这条曲线由控制点按一定的插值方式进行确定. 插值方式可以是线性插值, 也可以是参数样条插值^[6], 得到的路径曲线是折线或参数样条曲线. 参数样条曲线路径的构造不仅需要进行曲线顶点的反算, 而且还要对样条进行弧长参数化^[7,8], 计算比较复杂, 自动漫游的实时性会受到影响。

折线路径可以看作是由控制点连接起来的一条折线, 相邻两控制点之间的插值点都位于两点之间的连线上. 当前控制点和其下一个控制点之间进行等间隔线性插值, 如图 2 所示。

设每秒钟播放的帧数为 a , P_1 、 P_2 为控制点, P 为 P_1 、 P_2 之间的插值点, d 为飞行距离, t 为飞行时间, v 为飞行速度, n 为 P_1 、 P_2 之间插值点的个数. 则

$$d = \sqrt{(P_{2x} - P_{1x})^2 + (P_{2y} - P_{1y})^2 + (P_{2z} - P_{1z})^2} \quad (7)$$

$$t = d/v \quad n = ta$$

$$P_x = P_{1x} + i(P_{2x} - P_{1x})(n-1)$$

$$P_y = P_{1y} + i(P_{2y} - P_{1y})(n-1) \quad (i = 0, 1, \dots, n-1)$$

$$P_z = P_{1z} + i(P_{2z} - P_{1z})(n-1)$$

每计算出一个插值点就将该点作为新的视点, 而总是将当前直线段的第 2 个控制点作为观察点, 并渲染视景. 如此处理直到处理完所有控制点为止。

折线路径最大的问题就是当沿着路径行进时, 在转角处视线会按转角大小突然偏转, 反映到漫游动画中就是在转角处相邻的两帧很不连续, 以至观察者会感觉到画面有明显的抖动. 文献[1]提供一种消除转角处抖动的方法, 该方法的基本思想就是将转角按一定大小进行平分, 视线每转过一个平分角度就根据当前视点

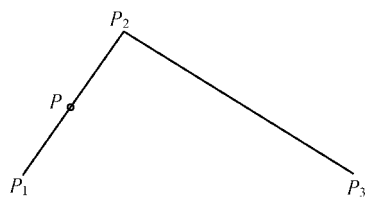


图2 线性插值

Fig.2 Linear interpolation

和视线方向插入一个动画帧.这种方法虽然在一定程度上能消除转角处画面的抖动现象,但运动中的视点在转角处会突然停下来,画面在转角处无法平滑过渡.

本文提出的方法是:将转角处的尖角用圆角来代替,这时视线方向在转角处不会发生突变,视点在转角处也不会突停,画面就能平滑过渡到下一点.具体处理过程如图 3 所示, P_1, P_2, P_3 表示路径上的 3 个控制点,当前视点位置在 P_2 点处,视线方向为空间向量 P_1P_2 所指方向.视线欲从当前 P_1P_2 方向转到 P_2P_3 方向,转角大小为 φ .实现步骤如下 (a)给出圆弧半径计算圆弧的圆心 $P_0(x_0, y_0, z_0)$.由圆弧的半径 r 计算圆弧的两个切点 Q_0, Q_1 ,并联立 3 个方程,求出圆弧的圆心坐标 x_0, y_0, z_0 .(b)过 P_0 点作平面的外法线 $P_0P'_0$.(c)将转角 φ 平分为 n 份,则平分后每份度数为 φ/n .(d)旋转视点和观察点:由于视线方向是由观察点来确定的,问题就归结为视点和观察点绕平面外法线 $P_0P'_0$ 旋转的问题,旋转角度依次为 $i\varphi/n (i=0, 1, \dots, n-1)$.

为了使虚拟视景漫游过程达到实时性要求,可采用预处理技术,将上述处理过程预先计算好并存储起来,绘制时调用这些信息,可实现视景的快速漫游.

3 结 语

本文对虚拟视景漫游的关键技术——交互技术进行了深入分析,给出了用键盘进行交互的人工漫游和预设路径的自动漫游的实现方法.针对自动漫游中折线路径在转角处视线会发生突然偏转的问题,提出用圆弧过渡的方法消除转角处抖动,采用预处理技术提高视景的漫游速度.实践表明,本文提出的方法漫游速度快、画面流畅,可以为其他虚拟视景漫游系统的开发提供一定的借鉴作用.

参考文献:

[1] 尚建嘎,刘修国,郑坤.三维场景交互漫游的研究与实现[J].计算机工程,2003,29(2):61—62.
[2] BURDEA G, COIFFET P. Virtual reality technology[M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1994.5—10.
[3] 李振波,孟祥旭,向辉.复杂虚拟场景构造及交互漫游实现研究[J].系统仿真学报,2002,14(9):1183—1187.
[4] 刘惠义,朱跃龙,王新光.望虞河工程虚拟视景系统的研究及实现[J].河海大学学报(自然科学版),2004,32(4):455—458.
[5] 石教英.虚拟现实基础及实用算法[M].北京:科学出版社,2002.79—80.
[6] 金小刚,鲍虎军,彭群生.计算机动画技术综述[J].软件学报,1997,8(4):241—251.
[7] GUENTER B, PARENT R. Computing the arc length of parametric curves[J]. IEEE Computer Graphics & Applications, 1990, 10(3): 72—78.
[8] WATT A, WATT M. Advanced animation and rendering techniques[M]. London: Addison-Wesley Publishing Company, 1992.65—67.

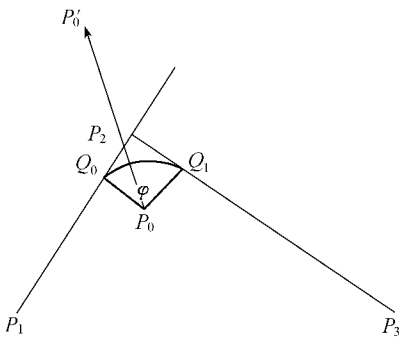


图 3 转角平滑处理

Fig.3 Smoothing treatment of corner

Method for control of viewpoint motion in interactive wandering of virtual scenes

LIU Hui-yi

(College of Computer and Information Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract Some techniques for control of viewpoint motion in interactive wandering were discussed. In consideration of the fact that the line of sight always deflects suddenly at corners of broken lines, a corner smoothing method with arcs was proposed, and the specific process for its realization was also given.

Key words virtual scene; wandering; viewpoints; interaction; motion path