

一种基于会聚双目立体视觉的用户化身模型¹

李自力 朱光喜 朱耀庭

(华中科技大学电子与信息工程系 图像信息处理与智能控制教育部开放研究实验室 武汉 430074)

摘 要 在简单会聚式双目立体视觉模型的基础上,提出了具有 9 自由度的用户化身视觉模型用于虚拟场景的成像变换,导出了用虚拟场景点的世界坐标和用户化身视觉模型的 9 自由度变量表示的左、右双目虚拟摄像机的成像公式,求出了 9 自由度用户化身视觉模型的左、右双目成像的视差与场景点深度信息的关系及相应的计算公式。仿真实验结果表明了该模型的可行性和计算方法的可靠性,同时表明该模型比简单会聚式双目立体视觉模型更接近人的视觉习惯,因此更具有实用性。

关键词 虚拟现实,虚拟场景,用户化身,立体视觉,视差,深度信息

中图分类号 TP391.4

1 前 言

在虚拟现实研究中,用户化身 (user avatar) 这个特殊虚拟对象是一个中心问题,它起着把用户从现实世界带入虚拟世界的桥梁作用,用户借助于传感设备 (包括跟踪器、数据手套、气敏与味敏传感器、热敏传感器等) 将自身的姿态、方位和动作和现实世界的环境信息传递给用户化身,用户化身与虚拟场景产生数据交换,变换后的虚拟场景再通过用户化身借助于各种输出及传感设备 (包括头盔显示器、数据手套、立体声耳机、嗅觉与味觉传感器等) 将虚拟场景的视觉、听觉、触觉、温觉、嗅觉与味觉等多方面的人体感官信息反馈给用户。因此,虚拟现实技术的 3 个基本特征,即 3I 描述——临场感 (Immersion, 也称浸入感)、交互性 (Interaction)、想象力 (Imagination) 都与用户化身息息相关,关于用户化身模型的研究对虚拟现实系统的实现就显得非常重要^[1,2]。

虚拟场景的视觉真实感是临场感的前提条件,不仅指虚拟场景在光照效果、纹理、阴影等亮度和色度信息分布方面对现实世界的逼近,而且指符合人类观察现实世界习惯的立体视觉的产生,即虚拟场景的图形对象应当以一定的深度信息“浮现”在一个三维空间中,而不是像一幅照片那样把视域中的图形对象压缩到一个平面之内。双目成像及视差信息是人类凭借双眼观察世界产生立体视觉的生理基础,因此虚拟现实研究中多以双目视觉模型去研究用户化身模型的成像问题^[3],但现有的双目视觉成像模型中大都未考虑用户眼球运动的跟踪,事实上眼球运动的跟踪与反馈问题无论在虚拟现实还是在增强现实 (Enhancement reality) 的研究中都是关系到系统是否“适人化”的重要方面,本文将研究涉及眼球运动的跟踪与反馈的用户化身视觉模型。

2 双目成像与立体视觉

视野场景中物体上某个点 $P(X, Y, Z)$ 在左、右摄像机投影分别得到左、右像点 $p_L(x_{iL}, y_{iL})$, $p_R(x_{iR}, y_{iR})$, 则点 P 的视差定义为

$$b = x_{iR} - x_{iL} \quad (1)$$

显然,视差的大小与双目立体视觉的模型有关,常用的双目立体视觉模型有平行双目成像模型和会聚双目成像模型两种,如图 1 所示^[4]。

¹ 2001-10-18 收到, 2002-07-10 改回

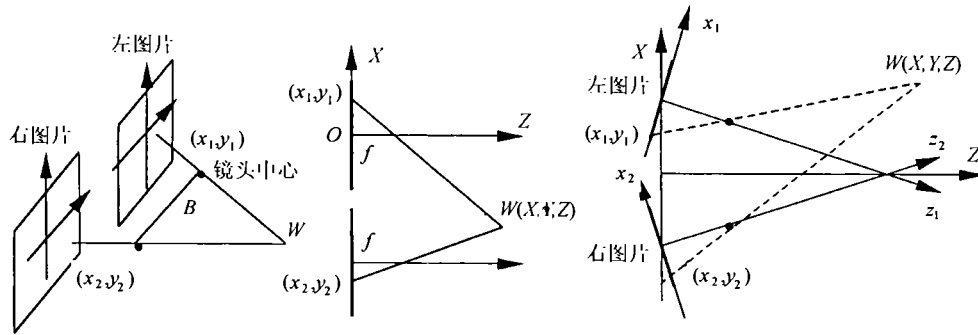


图 1 双目立体视觉模型示意图

这两种双目成像模型都是将两个单目摄像机模型简单地捆绑在一起以计算场景点在左、右摄像机像平面的视差,从而得到场景中每一点的深度信息的分布,此即三维场景的获得和浮现。很显然,会聚双目成像模型更接近和符合人眼的视觉习惯。但这两种双目立体视觉模型用于虚拟现实技术中的用户化身模型的视觉部分时还过于简单了一些,特别是对需要对眼球运动进行跟踪的情况。文中将在会聚双目成像模型的基础上进行改进,使双目会聚的视觉中心(即视场的中心物点)可以是大小为 2π 立体角的视野空间中的任意点,视觉中心与中央眼(cyclopean eye)的连线与双目视轴的幅合不再受对称限制,如图 2 所示。

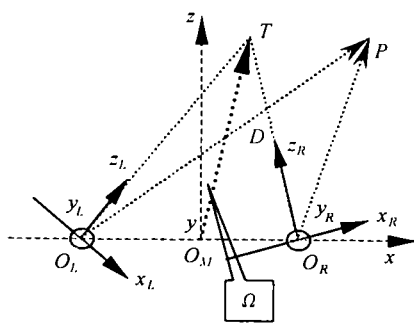


图 2 改进的会聚双目立体视觉模型

图 2 中 O_L, O_R 分别为左、右虚拟摄像机的中心,其连线 $O_L O_R$ 为基线, $O_L - x_L y_L z_L$ 为左目成像坐标系, $O_R - x_R y_R z_R$ 为右目成像坐标系, O_M 为基线的中点即中央眼的位置, T 为视觉中心目标点,它将分别在左、右眼球的中央凹成像, D 为中央眼 O_M 至视觉中心目标点 T 的距离。由 O_M 至 T 的投影光线称为中央视线,由 O_L 至 T 的投影光线称为左中央视线,由 O_R 至 T 的投影光线称为右中央视线。坐标系 $O_M - xyz$ 为用户坐标系,用以表示

用户头部模型几何体的方向,其原点为中央眼位置, x 轴为基线方向, y 轴指向头顶上方, z 轴为用户双眼自然平视前方的方向。中央视线 $\overrightarrow{O_M T}$ 与用户坐标系 z 轴的夹角 Ω 称为光心偏角,中央视线 $\overrightarrow{O_M T}$ 在用户坐标系的 xy 平面内的投影与 x 轴(即基线)的夹角 ψ 称为光心极角。因此,使用坐标系 $O_M - xyz, O_L - x_L y_L z_L, O_R - x_R y_R z_R$, 基线距离 B , 双目的焦距 f , 视觉中心目标点 T 就可以描述这个模拟人类视觉的双目会聚立体视觉模型。在此模型中,除了视觉中心目标点 T 之外,场景中任意一点 P 在左、右双目摄像机的成像面上的像点都将产生视差,借助于这个视差,用户就可以获得 P 点的深度信息,而深度信息的获取是感知三维空间的必要和先决条件,文中将导出此双目会聚立体视觉模型的深度信息计算公式。

3 用户化身的视觉模型

用户化身承担着用户及其传感器与虚拟场景之间交换数据的关键作用,用户化身模型的优

劣对虚拟现实系统的性能起决定性作用, 而视觉信息交换是用户与系统之间最重要的交互方式。借助于方位跟踪设备, 用户以用户化身方式进入虚拟空间时, 至少应当有九个自由度。这 9 个自由度是: 标定三维空间世界坐标位置 (X, Y, Z) 的 3 个平动自由度, 标定用户头部方向的方位角 ϕ , 倾角 γ , 自转角 κ (亦即 3 个欧拉角) 的 3 个转动自由度, 标定用户视线方向的光心偏角 Ω 、光心极角 ψ 和中央目标点 T 的深度 D 。以下将以这 9 个自由度为参数来构造用户化身双目成像的计算公式和算法。

3.1 用户化身对世界坐标系的变换

如上所述, 原点位于中央眼处的用户坐标系 O_M-xyz 可以用来表示用户头部的方向和位置, 用户坐标系 O_M-xyz 的坐标原点与头盔显示器 (Head Mounted Display, HMD) 上的跟踪器接收器 (Tracer Receiver, TR) 之间只相差一个位移常量, 因此可用修正的跟踪器接收器的坐标和方位值直接表示用户坐标系的坐标和方位。跟踪器接收器的坐标和方位角度值是经主机对跟踪器采样而得到的。设 $(X_{O_M}, Y_{O_M}, Z_{O_M})$ 是经过修正的跟踪器接收器的坐标值, 也就是用户坐标系的原点相对于世界坐标原点的平移矢量, 则对于场景空间中任意一点 P , 其世界坐标值 (X, Y, Z) 与用户坐标值 (x, y, z) 之间的变换关系可以用齐次坐标表达如下

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其变换矩阵 T 是旋转变换矩阵 $R_{\phi\gamma\kappa}$ 与平移变换矩阵 T_{O_M} 的乘积, 即 $T = R_{\phi\gamma\kappa} T_{O_M}$, 表示如下 [5]:

$$\left. \begin{aligned} T_{O_M} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X_{O_M} \\ 0 & 1 & 0 & -Y_{O_M} \\ 0 & 0 & 1 & -Z_{O_M} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ R_{\phi\gamma\kappa} &= \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \kappa - \sin \phi \cos \gamma \sin \kappa & \sin \phi \cos \kappa + \cos \phi \cos \gamma \sin \kappa & \sin \gamma \sin \kappa & 0 \\ -\cos \phi \sin \kappa - \sin \phi \cos \gamma \cos \kappa & -\sin \phi \sin \kappa + \cos \phi \cos \gamma \cos \kappa & \sin \gamma \cos \kappa & 0 \\ -\sin \phi \sin \gamma & \cos \phi \sin \gamma & -\cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(2) 式中, $(x_{O_M}, y_{O_M}, z_{O_M})$ 是用户坐标系中经过修正的跟踪器接收器坐标采样值的表达式, 用户头部相对于世界坐标系的方位角、倾角、自转角 (ϕ, γ, κ) 分别是跟踪器接收器的 3 个欧拉角的采样值, 用户化身对象的这六个自由度的属性值直接由主机赋值。另外两个自由度的属性值即光心偏角 Ω 和光心极角 ψ 表明用户视线的方向, 由双目的运动决定, 其取值范围为 $\Omega \in [0, \pi/2]$, $\psi \in [-\pi, \pi]$ 。光心偏角 Ω 和光心极角 ψ 的获取可有两种方式, 一是传感器获取, 一是通过计算获取。

3.2 双目坐标系的变换及成像

如图 3 所示, 随着用户身体方位的变换, 表示用户化身的用户坐标系 O_M-xyz 将相对于世界坐标系发生平移和旋转, 与其具有约束连接的左、右双目成像坐标系也跟着发生平移和旋转; 随着用户目光的变换, 双目成像坐标系 $O_L-x_Ly_Lz_L$, $O_R-x_Ry_Rz_R$ 的中央视线 (即 z_L, z_R 轴) 将随着中心目标点 T 的变换而变换, 坐标系将绕着各自的原点产生一定约束下的旋转, 场景点在它们各自的像平面上的像点也跟随着发生改变。在用户坐标系 O_M-xyz 中, 中央视线的方向可用方向余弦 ξ 表示如下:

$$\xi = [\sin \Omega \cos \psi \quad \sin \Omega \sin \psi \quad \cos \Omega] \quad (4)$$

世界坐标为 (X, Y, Z) 的场景点 P 在 O_M-xyz 坐标系中的坐标值为 (x, y, z) , 在 $O_L-x_Ly_Lz_L$ 坐标系中的坐标值 (x_L, y_L, z_L) 与 (x, y, z) 的关系如下:

$$\begin{bmatrix} x_L \\ y_L \\ z_L \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_L & 0 & \sin \theta_L & (B/2) \cos \theta_L \\ \sin \theta_L \sin \omega_L & \cos \omega_L & -\cos \theta_L \sin \omega_L & (B/2) \sin \theta_L \sin \omega_L \\ -\sin \theta_L \cos \omega_L & \sin \omega_L & \cos \theta_L \cos \omega_L & -(B/2) \sin \theta_L \cos \omega_L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

同理, 场景点 P 在 O_M-xyz 坐标系中的坐标值 (x, y, z) 与 P 点在 $O_R-x_Ry_Rz_R$ 中的坐标值 (x_R, y_R, z_R) 的关系如下:

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ z_R \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_R & 0 & \sin \theta_R & -(B/2) \cos \theta_R \\ \sin \theta_R \sin \omega_R & \cos \omega_R & -\cos \theta_R \sin \omega_R & -(B/2) \sin \theta_R \sin \omega_R \\ -\sin \theta_R \cos \omega_R & \sin \omega_R & \cos \theta_R \cos \omega_R & (B/2) \sin \theta_R \cos \omega_R \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

在以上两式中 z, z_L, z_R 就是场景点 P 分别在虚拟中央眼 O_M-xyz , 虚拟左目 $O_L-x_Ly_Lz_L$, 虚拟右目 $O_R-x_Ry_Rz_R$ 中的深度值。将 (7), (8) 式代入 (2) 式, 可得到用世界坐标 (X, Y, Z) 表示的场景点 P 在 $O_L-x_Ly_Lz_L, O_R-x_Ry_Rz_R$ 坐标系中的坐标值 $(x_L, y_L, z_L), (x_R, y_R, z_R)$, 其计算表达式如下:

$$\left. \begin{aligned} x_L &= [(\cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \cos \gamma) \cos \theta_L - \sin \varphi \sin \gamma \sin \theta_L](X - X_0) \\ &\quad + [(\sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \cos \theta_L + \cos \varphi \sin \gamma \sin \theta_L](Y - Y_0) \\ &\quad + (\sin \gamma \sin \kappa \cos \theta_L - \cos \gamma \sin \theta_L)(Z - Z_0) + (B/2) \cos \theta_L \\ y_L &= [(\cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \sin \theta_L \sin \omega_L \\ &\quad - (\cos \varphi \sin \kappa + \sin \varphi \cos \gamma \cos \kappa) \cos \omega_L + \sin \varphi \sin \gamma \cos \theta_L \sin \omega_L](X - X_0) \\ &\quad + [(\sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \sin \theta_L \sin \omega_L - \cos \varphi \sin \gamma \cos \theta_L \sin \omega_L](Y - Y_0) \\ &\quad + (\sin \gamma \sin \kappa \sin \theta_L \sin \omega_L + \sin \gamma \cos \kappa \cos \omega_L + \cos \gamma \cos \theta_L \sin \omega_L)(Z - Z_0) \\ &\quad + (B/2) \sin \theta_L \sin \omega_L \\ z_L &= [(\sin \varphi \cos \gamma \sin \kappa - \cos \varphi \cos \kappa) \sin \theta_L \cos \omega_L \\ &\quad - (\sin \varphi \cos \gamma \cos \kappa + \cos \varphi \sin \kappa) \sin \omega_L - \sin \varphi \sin \gamma \cos \theta_L \cos \omega_L](X - X_0) \\ &\quad + [(\cos \varphi \cos \gamma \cos \kappa - \sin \varphi \sin \kappa) \sin \omega_L \\ &\quad - (\cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa + \sin \varphi \cos \kappa) \sin \theta_L \cos \omega_L \\ &\quad + \cos \varphi \sin \gamma \cos \theta_L \cos \omega_L](Y - Y_0) \\ &\quad + (\sin \gamma \cos \kappa \sin \omega_L - \sin \gamma \sin \kappa \sin \theta_L \cos \omega_L - \cos \gamma \cos \theta_L \cos \omega_L)(Z - Z_0) \\ &\quad - (B/2) \sin \theta_L \cos \omega_L \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 x_R &= [(\cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \cos \gamma) \cos \theta_R - \sin \varphi \sin \gamma \sin \theta_R](X - X_0) \\
 &\quad + [(\sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \cos \theta_R + \cos \varphi \sin \gamma \sin \theta_R](Y - Y_0) \\
 &\quad + (\sin \gamma \sin \kappa \cos \theta_R - \cos \gamma \sin \theta_R)(Z - Z_0) - (B/2) \cos \theta_R \\
 y_R &= [(\cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \sin \theta_R \sin \gamma_R \\
 &\quad - (\cos \varphi \sin \kappa + \sin \varphi \cos \gamma \cos \kappa) \cos \gamma_R + \sin \varphi \sin \gamma \cos \theta_R \sin \gamma_R](X - X_0) \\
 &\quad + [(\sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa) \sin \theta_R \sin \gamma_R - \cos \varphi \sin \gamma \cos \theta_R \sin \gamma_R](Y - Y_0) \\
 &\quad + (\sin \gamma \sin \kappa \sin \theta_R \sin \gamma_R + \sin \gamma \cos \kappa \cos \gamma_R + \cos \gamma \cos \theta_R \sin \gamma_R)(Z - Z_0) \\
 &\quad - (B/2) \sin \theta_L \sin \gamma_L \\
 z_R &= [(\sin \varphi \cos \gamma \sin \kappa - \cos \varphi \cos \kappa) \sin \theta_R \cos \gamma_R \\
 &\quad - (\sin \varphi \cos \gamma \cos \kappa + \cos \varphi \sin \kappa) \sin \gamma_R - \sin \varphi \sin \gamma \cos \theta_R \cos \gamma_R](X - X_0) \\
 &\quad + [(\cos \varphi \cos \gamma \cos \kappa - \sin \varphi \sin \kappa) \sin \gamma_R \\
 &\quad - (\cos \varphi \cos \gamma \sin \kappa + \sin \varphi \cos \kappa) \sin \theta_R \cos \gamma_R \\
 &\quad + \cos \varphi \sin \gamma \cos \theta_R \cos \gamma_R](Y - Y_0) \\
 &\quad + (\sin \gamma \cos \kappa \sin \gamma_R - \sin \gamma \sin \kappa \sin \theta_R \cos \gamma_R - \cos \gamma \cos \theta_R \cos \gamma_R)(Z - Z_0) \\
 &\quad + (B/2) \sin \theta_R \cos \gamma_R
 \end{aligned} \tag{10}$$

场景点 P 在 $O_L\text{-}x_Ly_Lz_L$, $O_R\text{-}x_Ry_Rz_R$ 坐标系中分别向位于 $z_L = f$ 和 $z_R = f$ 的左、右像平面上进行透视投影, 得到位置分别为 (x_{iL}, y_{iL}, f) , (x_{iR}, y_{iR}, f) 的左、右像点坐标为

$$\begin{bmatrix} x_{iL} \\ y_{iL} \\ x_{iR} \\ y_{iR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (f/z_L)x_L \\ (f/z_L)y_L \\ (f/z_R)x_R \\ (f/z_R)y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \frac{(x+B/2)2D \cos \Omega + z(B+2D \sin \Omega \cos \psi)}{\sqrt{4D^2 \cos^2 \Omega + (B+2D \sin \Omega \cos \psi)^2}} \\ f \frac{-(x+B/2)(B+2D \sin \Omega \cos \psi) + 2yD \sin \Omega \cos \psi + 2zD \cos \Omega}{\sqrt{4D^2 + B^2 + 4BD \sin \Omega \cos \psi}} \\ f \frac{(x-B/2)2D \cos \Omega + z(B-2D \sin \Omega \cos \psi)}{\sqrt{4D^2 \cos^2 \Omega + (B-2D \sin \Omega \cos \psi)^2}} \\ f \frac{-(x-B/2)(B-2D \sin \Omega \cos \psi) + 2yD \sin \Omega \cos \psi + 2zD \cos \Omega}{\sqrt{4D^2 + B^2 - 4BD \sin \Omega \cos \psi}} \end{bmatrix} \tag{11}$$

因此, 将 (11) 式代入 (1) 式可得到场景点 P 在左、右像平面上的视差 b 与深度 z , 视觉中心目标点深度 D 及光心偏角 Ω 和光心极角 ψ 的关系如下:

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{f} &= \frac{(2x-B)D \cos \Omega + z(B-2D \sin \Omega \cos \psi)}{2zD \cos \Omega - B(x-B/2) + (2y-B+2x)D \sin \Omega \cos \psi} \\
 &\quad \times \frac{\sqrt{4D^2 + B^2 - 4DB \sin \Omega \cos \psi}}{\sqrt{4D^2(1 - \sin^2 \Omega \sin^2 \psi) + B^2 - 4DB \sin \Omega \cos \psi}} \\
 &\quad - \frac{(2x+B)D \cos \Omega + z(B+2D \sin \Omega \cos \psi)}{2zD \cos \Omega - B(x+B/2) + (2y-B-2x)D \sin \Omega \cos \psi} \\
 &\quad \times \frac{\sqrt{4D^2 + B^2 + 4DB \sin \Omega \cos \psi}}{\sqrt{4D^2(1 - \sin^2 \Omega \sin^2 \psi) + B^2 + 4DB \sin \Omega \cos \psi}}
 \end{aligned} \tag{12}$$

4 仿真实验结果

因为人眼视觉所观察到的图像不能提取, 所以只能以仿真实验的结果来验证文中所提的模型, 而且此模型的目的也是借助于传感器将虚拟三维空间中场景的变换与人眼的视觉习惯结合起来。在视窗平台 (Windows 9x、Windows NT 或 Windows 2000) 及 OpenGL 开发环境下, 建立相距为基线距离的左、右虚拟摄像机 Camera-L、Camera-R, 使它们共享虚拟世界坐标系中目标点 T 世界坐标值 (X_T, Y_T, Z_T) , 虚拟中央眼 $O_M(X_{O_M}, Y_{O_M}, Z_{O_M})$ 与 $T(X_T, Y_T, Z_T)$ 的连线的方向即为中央视线的方向, 用软件赋值算法对目标点 T 的世界坐标值实时赋值以模拟眼

球跟踪过程, 从而驱动左、右虚拟摄像机 Camera-L、Camera-R 对场景投影成像的实时变化。由矢量 $O_M T$ 的方向余弦可计算出光心偏角 Ω 和光心极角 ψ , 对所选景物特征点在左、右像片上的像点计算视差, 由 (12) 式计算出深度 D 值。将计算出的 D 值与对目标点 T 虚拟世界坐标值直接得到的 D 值进行比较即可验证文中所提出模型的正确性, 如图 4 所示。

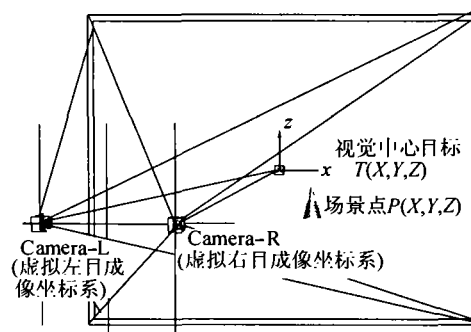


图 4 OpenGL 环境中的仿真实验模型

5 结论、展望与讨论

文中所提出的基于会聚双目立体视觉的八自由度用户化身视觉模型用于虚拟现实系统是可行的, 仿真实验结果表明了算法的有效性。

具有眼球运动跟踪能力的用户化身模型在许多情况下会很有用处, 如 VR 技术用于机器人的遥操作、在增强现实中用虚拟的三维图形对象去匹配和跟踪现实世界中的真实物体以获取该物体的更多信息等情形。在这些应用中, 用户眼球的运动及视觉方向的变换必须与虚拟世界中的观察方向实时地保持一致才能使用户感到自然和适应, 因此多自由度用户化身模型是值得深入研究的问题。

参 考 文 献

- [1] 汪成为, 灵境技术与人机和谐仿真环境, 计算机研究与发展, 1997, 34(1), 1-12.
- [2] 汪成为, 高文, 王行仁, 灵境 (虚拟现实) 技术的理论、实现及应用, 北京, 清华大学出版社, 1996.
- [3] M. S. Lew, T. S. Huang, K. Wong, Learning and feature selection in stereo matching, IEEE Trans. on PAMI, 1994, PAMI-16(9), 869-888.
- [4] 章毓晋, 图像工程下册, 图像理解与计算机视觉, 北京, 清华大学出版社, 2000, 39-47.
- [5] 李自力, 朱光喜, 朱耀庭, 张小敏, 基于真实环境图像的三维动态仿真系统研究, 中国图像图形学报, 2000, 12(5A), 1030-1033.

A USER AVATAR MODEL BASED-ON CONVERGENT BINOCULAR STEREO VISION

Li Zili Zhu Guangxi Zhu Yaoting

(Dept. of Electron. & Info. Eng., State Key Lab. for Image Processing & Intelligent Control,
Huazhong University of Sci. & Tech., Wuhan 430074, China)

Abstract A vision model of user avatar with nine freedoms based-on simple convergent binocular stereo vision is proposed and used to imaging and transformation in virtual scene. The formulas of imaging in left and right virtual camera about the virtual scene points are deduced with its world coordinate values and the nine freedoms variables of the user avatar vision model. The equations are deduced about the relationship between the parallax of the imaging points in left and right images about the scene point projected by virtual binocular camera and depth information of the scene point relative to the original points of the observation coordinate system. The results of the simulation experiment prove the feasibility of the model and the reliability of the algorithmic method in this paper. Simultaneously, it is proved that the vision model of user avatar with nine freedoms is more effective, more practical and more vicinal to human being's visual habit.

Key words Virtual reality, Virtual scene, User avatar, Stereo vision, Parallax, Depth information

- 李自力: 男, 1965 年生, 博士, 副教授, 中国通信学会会员, 主要研究方向为计算机图形、虚拟现实与仿真及科学计算可视化。
- 朱光喜: 男, 1945 年生, 教授, 博士生导师, 中国图象图形学会常务理事, 主持完成国家自然科学基金、部委基金和“九五”国家重点攻关项目十余项, 已发表学术论文 100 余篇, 专业为通信与信息系统。
- 朱耀庭: 男, 1939 年生, 教授, 博士生导师, 中国通信学会会士, 主持完成国家自然科学基金、部委基金和“九五”国家重点攻关项目十余项, 其中多项成果为国内首创并达国际先进水平, 已发表学术论文 100 余篇, 专业为通信与信息系统。