

# 基于图像的绘制技术研究与发展<sup>\*</sup>

Research and Development of Image Based Rendering

周天 鲁东明 潘云鹤

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

**Abstract** Image Based Rendering—IBR, which makes the expression and embellishment independent to the complexity of a scene, is the main research field of simplifying them and implementing real-time painting. This paper analyses the ideas and implementation methods of several representative IBR techniques at present, and concludes their advantages and disadvantages. Finally it points out the future development direction.

**Keywords** IBR, Morphing, Light field rendering, Panorama, Plenoptic

## 1 引言

目前,虚拟环境技术研究和应用越来越受到广泛的关注,其涉及的领域从娱乐、军事、医疗到建筑、工业、远程教育、艺术等方方面面。无论什么应用,其中一个最关键的问题就是场景的表达和实时绘制。传统的场景模型表达的方法是基于3D几何建模;实时绘制则主要是通过实时消隐、简化场景结构和基于图像的场景绘制技术(IBR)。实时消隐与结构简化都是基于三维实体的结构,对于复杂的场景的建模往往需要大量的工作和数据,而且对于许多细节也很难用结构来描述完善,从而IBR技术发展起来了。

IBR技术利用二维的图像信息来表达、绘制场景,以达到比较好的真实感和实时性。由于它脱离了对象的3D结构,所以绘制时与场景的复杂度是无关的。目前美国和欧洲都有大批的研究者从事这一领域的探索,如Apple公司的Quicktime VR<sup>[1]</sup>, Wisconsin大学计算机系的Dyer等人的View Morphing<sup>[2]</sup>, UNC的Gary Bishop和Leonard McMillan等人的IBR System (based on Plenoptic function)<sup>[3]</sup>, Stanford大学的Marc Levoy和Pat Hanrahan的“Light Field Rendering”<sup>[4]</sup>等等。这些技术方法都是围绕如何利用图片信息来生动地再现场景。本文下面的各部分,将分别介绍典型的IBR技术和关键问题。

## 2 典型的IBR技术及其特点

IBR技术是近年来计算机图形学的一个新的发展

方向,也是一种纹理映射技术在表现三维环境应用中的拓展。在实际应用中,单纯地依赖实体造型技术来表现三维环境往往是不现实的:(1)复杂的场景使得模型的表达十分复杂,这将带来绘制的低效率;(2)构造逼真的复杂模型本身也是一项非常艰巨的工作;(3)此外对于微观细节变化丰富细腻的场景,单纯的实体模型也很难达到真实的视觉效果。IBR技术的产生和发展就是为了弥补这些不足。

根据图形学的理论,景物表面的微观属性最终反映在景物表面各点处的双向反射率上<sup>[5]</sup>。传统真实感图形绘制技术利用纹理图像来描述景物表面各点处的反射属性,从而模拟了景物表面的丰富的纹理细节。IBR技术以此为理论基础,其技术核心是利用相关对象或环境的一组图像(特定的视点位置),来绘制出任意视点位置的场景。它通过这些纹理图像来表达环境中的景物表面的微观信息。早期的相关技术的应用是体现在电影和军事上,研究人员采用摄像机依据一定的路线进行拍摄,然后使用者可以沿此路线漫游<sup>[1]</sup>。后来,人们又以固定视点为中心,把环境场景在球面或柱表上进行映射,进而实现该视点的全角度观察,80年代美国的飞行模拟器的实现就采用了这种技术;Apple公司的Quick Time VR系统是对这一技术的拓展<sup>[1]</sup>,它把一系列这样的视点连接起来,用户可在这样的环境中,在视点间自由漫游。随着软、硬件技术的发展,IBR技术的研究也进入了一个新的阶段。

根据对图像的要求和处理方式的不同,我们把IBR技术的研究大致分为以下四类:基于全景视图

<sup>\*</sup> 本文由国家自然科学基金项目资助,项目号:69733030,周天 硕士生,主攻基于图像的绘制和建模。鲁东明 副教授,主要从事人工智能,计算机网络,多媒体数据库的研究。潘云鹤 工程院院士,主要从事人工智能,形象思维模拟的研究。

(Panoramic View)的方法、基于 Morphing 的方法、基于图像深度信息的方法和基于光场(Light Field)信息的方法,下面将分别就这几类方法做一个介绍和比较。

### 2.1 基于全景视图的方法

其基本思想是首先获得在某个视点的全景视图,然后把这个视图投影到柱形体的内表面或球体的内表面,最后根据视点的方向获取相应的场景图像。

全景视图是指在固定的视点,在垂直方向 180 度和水平方向 360 度的图像视图。简化的形式可以是固定视平面上的 360 度视图。通常有两种方法来获得全景图:直接的方式(全景拍摄)和通过图像拼接来构造全景的画面(如图 1 所示)。前一种方式可以容易地进行,但它需要使用特殊的器材(而且这种器材往往十分昂贵),因此后一种方法的研究便十分活跃了。显然,这种方法的关键在于讨论如何拼接那些可以构成全景的图片。拼接是将两幅取自相同视点但不同视角方向的图像连接起来,它要求两幅图像保证一定比例的区域重合。首先必须了解拍摄自同一平面的图片拼接的问题,更一般的情况是:考虑同一个平面对象的任意视图。这时,两幅图像间的变换是 2D 投影的变换,可以用一个  $3 \times 3$  的矩阵来表示。

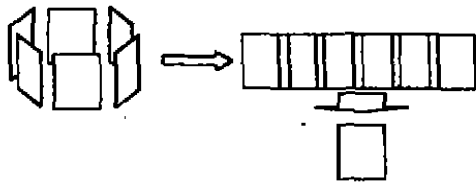


图 1 全景视图的生成

用户可取不同的位置和角度来观察这些景物,在不同视点和视线方向下,景物表面的绘制过程实际上是纹理图像在取景变换后的简单景物几何上的重投影变形的过程。类似地,采用图像投影变形技术亦可将给定图像重投影变形到新的图像平面上来生成新的画面。常用的计算投影变换矩阵的方法有两种:手工设置不少于 4 个的对应点<sup>[4]</sup>和基于像素点亮度之差的平方和的最小值求解问题的自动计算。后者即:

$$E = \sum_i [I'(x_i', y_i') - I(x_i, y_i)]^2 = \sum_i e_i^2$$

其中:  $X_i' = \frac{m_0 x_i + m_1 y_i + m_2}{m_3 x_i + m_4 y_i + 1}$ ,  $Y_i' = \frac{m_5 x_i + m_6 y_i + m_7}{m_3 x_i + m_4 y_i + 1}$ ,  $M_i$  是 2D 投影矩阵的参数。

由两两间的投影矩阵很容易计算出任意两个视图间的变换矩阵,从而得到一个视点的全景视图。然后把这个视图投影到柱形体的内表面或球体的内表面,最后根据视点的方向获取相应的场景图像。

这种方法最大的特点和优点是易于实现、效率高、

漫游速度快,也可以在普通的计算机上实现漫游。全景视图是预先处理生成好的,漫游所要做的是根据视点重投影。但它也存在很大的局限性,即视点在空间的水平移动不灵活,每一个视点都需要该点的全景视图。此外这种方法也只适用于视点在场景(对象)内部的漫游,而不适用于在空间对于景物的全方位的观察,这是因为对于后者是无法生成全景视图来表达对象的。

Apple 公司提出用 Quicktime Movie<sup>[3]</sup>来实现对对象的全方位观察,其思想是先得到该对象的各个角度的投影视图(以对象为中心,摄像机围绕它转动等距拍摄),以一定的存储格式形成连贯的 Quicktime Movie 文件。漫游时也可以实现对这个对象的随意操作。Apple 公司的 Quicktime VR<sup>[3]</sup>就是一个成功的应用,它通过设定浏览路线和节点上的全景视图,来实现固定路线上的随意漫游。Livepicture 公司的 PhotoVista<sup>[12]</sup>也是这种技术的应用,它已成为目前应用最为成功的 IBR 算法之一。

### 2.2 基于 Morphing 的方法

其基本思想是在漫游时根据视点的位置,以及预先得到的采样视图及其特征描述,进行图像变换和投影变换,从而得到相应的视图。该方法不需要被观察物的几何信息。

Morphing,一种图像变形技术,是使一个数字图像到另一个图像的流畅的变化。平滑的变形是利用对两幅图像色彩插值来实现的,通常是先对图像进行 warping,提供图像中特征的几何形状转换以保证图像的几何特征的对应关系,然后再对色彩进行插值。如图 2,若给定两幅图像,它们之间的对应关系是通过点对或线段对而建立的。每个点对或线段对代表一个特征或界标(landmark),这些特征的对应关系将用来计算变形。即插值产生变形过程中间状态的特征的位置。一旦源图像和目的图像的对应特征变形的中间态确定以后,常规的色彩插值(如交融技术或简单的色彩复制)就用来生成中间图像。因为色彩插值的过程比较明了、简单,因而图像 Morphing 技术的重点就在于如何寻找特征对应关系来完成变形。

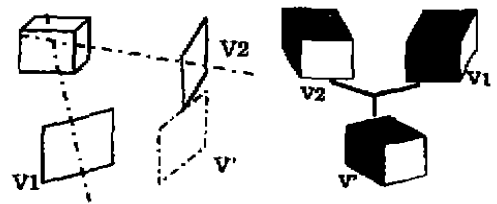


图 2 View Morphing

我们把这种对应的方式总结为三类:基于网格的、基于特征点的和基于特征线段的(Field Morphing)。

此外还有一些以此为基础的改进算法,如:基于区域特征的对应,结合网格和特征线段的方法,在整体上采用网格化的方法而在每个网格中采用特征线段的方法。(1)在基于网格的技术中,如 mesh warping 和 Nishita 方法,非均匀化的网格用来描述特征。根据网格点的对应关系,用样条插值或 Bezier 剪裁来计算网格的变形的过程。虽然基于网格的方法快速、直观,但它在描述特征时有缺陷。虽然图像中的特征可能是任意的结构,所以常常需要可控制的网格。(2)基于特征线段的方法使用一系列线段来有效地描述图像的特征。两个图像上的一对线段决定了变形的规则。通常是通过简单的线性变换来完成这些特征的变换。这种方法在特征的表达上比较清楚,实现也比较容易。(3)若图像中的特征由一系列点来描述,则变形图像中的各点坐标(x,y)可以通过对这些离散的点的插值来构造。

在图像 Morphing 中另一个引人注目的问题是变换控制,就是说当应用特征完成图像的描述后,如何完成其他像素点的变化。在基于网格的方法中,是通过为每一个网格点定义一个变化曲线来控制它的变化过程。当用复杂的网格来描述特征时,为每个点寻找一个合适的变化曲线是十分困难的。Nishita 曾提出用 Bezier 函数来控制变化过程。一种有效的变化控制方法在文[5]中提出,这组图像的变化率通过先构造一个光滑的曲面,再得到变化曲线,这个曲面表示的是变化率的增值,是由用户在图像上分散的位置定义的,对于基于线段的方法,往往是根据各个特征线对与点对的贡献(或影响力,通过距离或其变换评判)来确定目标点的位置。Morphing 中最大的难题是特征的提取,计算机视觉在这方面也只是发挥次要的作用。Seung-Yong Lee 等提出采用 snake 算法来减少特征描述的复杂度,这是计算机视觉中流行的提取图像轮廓的方法。

上面所描述的仅仅是图像到图像的变换问题,在实际应用中,特别是漫游中,Morphing 技术还需要包括适应视图的投影变换和反变换。

2.2.1 平行视图间的 Morphing 当平行视图间 Morphing 时,通过对两个源图像的线性插值,就能创建平行的中间视图<sup>[9]</sup>。这里假设照相机由世界原点移动到(C<sub>x</sub>,C<sub>y</sub>,0)并且焦距长度由 f<sub>0</sub> 到 f<sub>1</sub>,则它们的投影矩阵分别为:

$$M_0 = \begin{bmatrix} f_0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, M_1 = \begin{bmatrix} f_1 & 0 & 0 & -f_1 C_x \\ 0 & f_1 & 0 & -f_1 C_y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

我们用这种形式的投影矩阵来表示照相机或视图作为平行的照相机或视图,分别地,P<sub>0</sub> ∈ V<sub>0</sub>;P<sub>1</sub> ∈ V<sub>1</sub> 是场景中一点 P(x,y,z,1)的投影。P<sub>0</sub> 与 P<sub>1</sub> 的线性插值产

生:

$$(1-s)P_0 + sP_1 = (1-s)\frac{1}{z}M_0P + s\frac{1}{z}M_1P = \frac{1}{z}M_sP, \text{ 且 } M_s = (1-s)M_0 + sM_1$$

这个插值所产生的图像,其投影矩阵是 M<sub>0</sub> 与 M<sub>1</sub> 的线性插值,表示一个以 C<sub>s</sub> 为投影中心,f<sub>s</sub> 为焦距的照相机:

$$C_s = (sC_x, sC_y, 0), f_s = (1-s)f_0 + sf_1 \quad (1)$$

2.2.2 非平行视图的 Morphing 须注意减少上面所面临的问题<sup>[1]</sup>。为此,设 V<sub>0</sub>,V<sub>1</sub> 两个投影视图的投影矩阵分别为 M<sub>0</sub>=[H<sub>0</sub>| -H<sub>0</sub>C<sub>0</sub>],M<sub>1</sub>=[H<sub>1</sub>| -H<sub>1</sub>C<sub>1</sub>]。为方便起见,可以选择 C<sub>0</sub>C<sub>1</sub> 所在的直线作为世界坐标系的 X 轴,如:C<sub>0</sub>=[0 0 0],C<sub>1</sub>=[C<sub>x</sub> 0 0]。其余两个坐标轴的选择是以减少图像投影中所产生的形变为前提而决定的,一种简单的选择是确定 Y 轴的正方向为两个图像平面的方向矢量的叉积,在 C<sub>0</sub>C<sub>1</sub> 线段上的投影 H<sub>0</sub><sup>-1</sup> 和 H<sub>1</sub><sup>-1</sup> 视图中间,可以选用来转化 VV 到一个平行平面上再合成。设 M<sub>s</sub>=[H<sub>s</sub>| -H<sub>s</sub>C<sub>s</sub>]是一个投影矩阵,C<sub>s</sub> 由方程(1)确定,下面的操作过程描述了如何生产一幅图像,它的视图所对应的投影矩阵是 M<sub>s</sub>。

λ **Prewarp** 用 H<sub>0</sub><sup>-1</sup> 和 H<sub>1</sub><sup>-1</sup> 产生 prewarp 的 V<sub>0</sub>' 和 V<sub>1</sub>'  
λ **Morph** 通过对 V<sub>0</sub>' 和 V<sub>1</sub>' 对应的像素的位置与颜色线性插值,形成 V<sub>s</sub>'

λ **Postwarp** H<sub>s</sub> 作用于 V<sub>s</sub>', 产生视图图像 V<sub>s</sub>。

2.2.3 非标定的视图的 Morphing 以上我们所讨论的是假定照相机是完全标定的,这意味着我们可以确定从世界坐标到投影视图坐标的 3×4 的投影矩阵。那么在非标定的情况下,当我们仅知道两个源图像以及它们的基矩阵(3×3 的矩阵,用 F 表示)

$$P_1^T F P_0 = 0$$

为了利用前面描述的算法,必须先把已知视图投影到平行的平面上,且变换后的视图的基矩阵为:

$$\hat{F} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

我们的目标是找到两个这样的矩阵 H<sub>0</sub>,H<sub>1</sub>,使它们满足:

$$H_1^T F H_0 = \hat{F} \quad H_0^{-1}V_0 \text{ 和 } H_1^{-1}V_1$$

一旦我们找到这两个矩阵,将可以得到两个平行视图,明显地,可以有一组这样的矩阵满足条件,因此,可以选择能够方便得到这样两个矩阵的平行平面作为再投影平面。

从前面的讨论,可以看到 Morphing 对于绘制固定的对象有一定的优势,与全景图的方法刚好相反,它可以实现对一个对象的全方位的浏览。另外它的数据采集的工作量也要小于全景图的方法,只需要选择几

个关键点就可以。主要的缺点是：

- 特征的对应关系不容易建立。Morphing 的最终效果是主要依赖于两个视图间的准确的对应关系，也就是特征的对应关系的确定的准确性。然而这种对应很难由计算机来自动实现，通常是借助人的操作来设定对应关系的，显然对于需要大量的 Morphing 工作的应用来说，不是很合适。

- 在漫游应用中效率不高。它很难达到全景图方法所提供的实时的绘制效果，因为后者是经过预处理的，Morphing 是一种 online 的绘制模式，它是根据视点的当前位置来进行计算的。

- 对于主要结构是非凸面的形体，不适用。从 Morphing 的单调性的约束条件可以知道，非凸面体导致遮挡问题，从而引起部分区域的失真。

### 2.3 基于图像深度信息的方法

其基本思想<sup>[1]</sup>是利用给定画面上可见点的深度值，局部重建场景的三维几何，并基于这些三维信息对可见点直接进行投影变换，或建立该画面与其相邻画面像素的对应关系。对于前者，由单幅画面即可生成相邻视点处新的图像；后者则需给定多幅相邻的深度图像，由于这一技术不再要求新画面的视点与原图像的视点位置重合，从而可在不同视点的图像序列之间生成连续过渡的中间画面。因而，若在预处理中已生成好场景中各采样点处的深度全景图像，则可实现对场景的连续漫游，此时，前后帧画面之间不再具有跳跃感。

Eric Chen<sup>[5]</sup>的视图插值算法是第一个在给定两帧深度图像之间实现画面自然过渡的 IBR 算法。该算法采用线性插值技术模拟了各相邻采样点间场景透视变换的变化。之后，这一算法被 McMillan<sup>[6]</sup>等进一步扩展，成为一个更具一般性的全景函数造型技术。

在 SIGGRAPH'98 上，Raskar 等提出了一种全新的深度恢复技术，并开发了一个被称之为“虚拟办公室”的虚拟环境系统。该系统利用实时计算机视觉技术，动态恢复办公室景的深度和反射信息，进而采用重投影技术生成画面。该算法的主要贡献在于他们将光源布置成一定的结构，并以不为人眼所察觉的频率改变光源的照明，由于摄像机位置是固定的，算法可快速利用场景画面光照信息的变化，动态恢复其深度值。

基于可见点深度信息投影变形技术的缺点是在所生成的中间画面上可能存在空洞。这是由于所给定的图像无法提供中间画面空洞处可见点的信息而造成的。空洞的填补是一个非常复杂、耗时的过程，填充效率将严重影响各中间画面生成的实时性和质量。尽管如此，深度图像的重投影变形技术可在一定精度值内将原给定图像上的相邻像素组合成千块图像，以一个整体进行投影变换，因而算法的计算效率非常高，能在

低档的硬件平台上实现给定图像间的实时过渡。

考察中间过渡画面上空洞的成因，可发现空洞大致分为两类，即由于可见景物在屏幕上的投影区域扩张而引起的空洞；由于场景中景物的可见性发生变化而引起的空洞。对第一类空洞，可通过插值相邻像素颜色或插值相邻像素在源图像中的相应偏移向量来近似填补空洞；精确地填补第二类空洞涉及对场景的重新采样，当然，我们亦可采用多个源图像来生成同一视点和视线方法的多幅画面，利用这些画面空洞的互补性，经合成得到最终画面。

### 2.4 基于光场信息的方法

光场重建<sup>[11]</sup>技术是在全景函数 (plenoptic)<sup>[4]</sup>重建技术上发展起来的一种新的 IBR 技术，该方法通过采集大量的数据，且不需要对象的深度、特征等几何信息，就能生成任意视点的视图。

一般地，全景函数由一参数方程来描述，它定义了空间任一处，在任何时刻和任一波长范围内场景中的所有可见信息，对空间中的任一视点  $V(V_x, V_y, V_z)$ ，从该视点出发的任一条视线均可用一球面角  $\theta$  和  $\phi$  来定义。若记光波长为  $\alpha, \beta, \lambda$ ，则在  $t$  时刻视点  $V$  处的全景函数可定义为： $p = P(\theta, \phi, V_x, V_y, V_z, t)$ 。全景函数事实上刻画了一给定场景的所有可能的环境映照，因而它以图像的方式给出了场景的精确描述，为生成一帧给定视点沿特定方向的视图，我们只需将视点  $V(V_x, V_y, V_z)$  和球面角  $\theta, \phi$  及时刻  $t$  代入全景函数即可。这其实是对全景函数的采样过程，所得视图即为全景函数的一个样本。因此，基于图像的图形绘制问题可描述为：给定全景函数的高散样本集合，生成该全景函数的一个连续表示。基于这一描述，IBR 可分解为全景函数的采样、重建和重采样三个过程。

一般来说，全景函数的获取是非常困难的，因为它所包含的信息量远远超出了当前计算机的处理能力。McMillan<sup>[6]</sup>等对场景进行采样，并采用无底圆柱环境映照来描述一个采样点处的全景函数。然后采用投影变形函数来建立两相邻采样点环境映射之间的过渡。尽管在每一采样点处，全景函数降为二维函数，但从总体来看，该算法仍是五维函数。在一定条件下，我们可以将五维全景函数降为四维，这就是 Levoy<sup>[9]</sup>等的光场函数重建算法和 Gortler<sup>[10]</sup>等的 Lumigraph 方法。就目前的状况看，光场函数重建技术还不足以用来绘制一般场景，许多问题仍待解决。

plenoptic 方程是一个 7 维的包括位置、方向、波长和时间等变量的方程。我们可以考虑在某一时刻上的情况，从而可忽略时间变量，若只考虑单色光的情况，又可以减掉波长变量。这样，只是一个 5 维的方程了。若假设我们观察的世界中仅包含一个对象，且此对象是

一个凸面体,允许在对象内或对象外查看。这类问题的研究可称之为 Lumigraph(也有一些其他的称谓)方法。

**5维到4维的简化** 当我们所讨论的对象都局限于凸面体的话,plenoptic 方程可以化简成一个4维的方程。可以考虑对象的包围球表面上的 plenoptic 方程的4D子集,空间中每一个点和方向都可以由包围球上适当的点和方向来表示。我们可以把给定的点和方向转化成一条射线与球相交,由于空间中无其他对象,则给定的点与包围球上的交点的值是相同的,因此可以把 plenoptic 方程看成一个4维的问题。

**4维方程的离散化** 现在我们有了一个连续的4维方程。明显地,我们不可能解决连续空间上的每一个点的 plenoptic 方程的值,因此必须解决离散化问题。有两个参数与这个问题相关。首先是包围球(或包围盒)的网格化;其次是网格上的每一点所引出的到凸面体的射线数目。换言之,我们需要确定包围球上的网格的点数,以及从每一个点所能看到的点数。

这种方法保存了比较完善的空间对象的信息,且不需要对象的深度、特征等几何信息(如果应用几何信息,可以使绘制更加准确)所以绘制中的效果比较理想,而且效率也很高,但这种效果的代价是需要很高的数据采样率,因此造成在实际应用中的数据收集和数据的存储都成了问题。如:在斯坦福大学的 Marc Levoy 等人研究的实验中,实验对象仅为一个狮子的雕像,就需要用四组摄像机阵列来进行数据的采集(每一组为 $32 \times 16$ 的阵列)。每幅图像的分辨率虽然只是 $256 \times 256$ ,最后所采集的数据量就已经达到了402MB。所以,该方法的应用中往往需要运用效率高的数据压缩算法。

由此也可知道,目前这种方法也不适用于整体的环境的绘制,因为那通常需要大量的数据采集工作,而结果的数据将会是个天文数字。

### 3 IBR 技术中的关键问题

以上的各种方法各有特点,但也都有这样或那样的问题和技术上的难点。

首先数据的获取就很难,比如 Morphing 需要大量的人工交互,Light Field 需要大量的图像数据等。因为仅仅靠单纯的二维信息是很难重现三维场景的,需要通过人工交互或大量的数据来间接获得三维信息。生成目标图像往往要经过大量而复杂的计算,如果要达到实时显示的效果,对机器的性能往往要求比较高,往往采用预先生成的方法,而且一般都需要大量的空间存放图像数据。

当 IBR 技术应用于三维漫游时,由于是基于现有

图像,没有实际的三维模型结构。阴影(shading)的产生就非常困难。当光源固定时,我们可以采取预生成的方法。这又分为两种情况:1)IBR 表示的物体在整个场景中由于遮挡而在其他物体上产生的投射阴影,这可以通过在相应位置放置 IBR 物体的简单模型模拟在场景中产生阴影。2)其它物体在 IBR 物体上投射阴影以及 IBR 物体的自身阴影,这就涉及到改变 IBR 图像本身的属性,需要三维投影技术与图像处理技术相结合,大大增加了算法的复杂度。当光源动态变化时,阴影也必须动态产生,难度更加大,可以通过尝试全景函数的进一步应用。

同样,图像不包含物体表面的材质、反光属性,当对 IBR 模型的场景打光时,很难得到满意的反射效果,尤其如果光源变化时,更是难以控制。

由于局限于当前计算机的处理能力,大部分在三维漫游中实用的 IBR 技术都是预生成模式(off-line),从而使其先天不足,不管预生成的数据量有多大,其提供的三维漫游总是有一定的局限。

### 4 IBR 技术的发展趋势

在计算机能够完全求解全景函数以前,我们还有大量的研究工作需要做:1)结合3D结构,整体应用三维实体,在某些结构复杂的细节处应用 IBR 技术。2)应用人工智能技术,简化 Morphing 方法中的特征提取和人机交互。3)采用分层绘制技术。4)并且可以把算法硬件化,提高图像生成速度,从而达到实时绘制。

### 参考文献

- 1 Hearn D, Baker M P. Computer Graphics (C version). Prentice Hall, 1997
- 2 Shashua A. Computer Visions, Image Based Rendering: [CIS Report]. 1996
- 3 Available at: <http://quicktime.apple.com/>
- 4 Gotsman G, Netzer A. Image Based Rendering: Mosaicing. [Technology Report]
- 5 Chen S E, Williams L. View interpolation for image synthesis. In: Proc SIGGRAPH'93, 1993. 279~288
- 6 McMillan L, Bishop G. Plenoptic Modeling: An Image-based Rendering System. SIGGRAPH'95, 1995. 39~46
- 7 Steven M, Charles S, Dyer R. Toward Image-Based Scene Representation Using View Morphing: [Technical Report # 1298]. University of Wisconsin Madison, 1996
- 8 Seitz SM, Dyer CR. View Morphing. SIGGRAPH'96, 1996. 21~30
- 9 Levoy M, Hanrahan P. Light Field Rendering. In: SIGGRAPH'96 Conf. Proc. Annual Conf. Series, 1996. 31~42
- 10 Gortler S J, Grzeszczak R, et al. The Lumigraph. In: SIGGRAPH'96 Conf. Proc. Annual Conf. Series, 1996. 43~54
- 11 鲍军虎, 彭群生. 基于图像的图形绘制技术. 计算机世界技术专题, 1998. 10~11
- 12 Available at: <http://www.photovista.com/>