

体视显示中的一种新技术

程 鸿^{1,2}, 章权兵¹, 韦 穗¹

(1. 安徽大学 电子科学与技术学院, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽省现代成像与显示技术重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要: 体视显示是一种重要的 3D 显示技术, 由于在技术实现上比较简单, 因此在广告宣传、教育、娱乐、机械设计、建筑设计、医疗等领域具有广阔的应用前景。体视显示需要满足双眼特性的图像对, 但是通常拍摄的图像一般不符合双眼特性, 为此, 研究了一种新的视图合成方法。该方法的核心思想是根据两幅源图像的张量和给定的摄像机位置来计算新的三焦点张量, 再利用新张量 and 对应点得到满足双眼特性的图像对。实验证明该算法简单, 容易实现。

关键词: 体视显示; 三焦点张量; 视图合成

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)05-0231-03

A New Technique in Stereo Display

CHENG Hong^{1,2}, ZHANG Quan-bing¹, WEI Sui¹

(1. School of Electronic Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. Key Laboratory of Modern Imaging and Displaying Technology of Anhui Province, Hefei 230039, China)

Abstract: Stereo display is an important technique of 3D display techniques and it has been widely used in many fields, such as advertisement, education, entertainment, machine design, architecture design, medical treatment and so on. Stereo display needs images satisfying characteristic of two eyes, however, general images can not satisfy this condition. So must make these images satisfying the characteristic of two eyes. In this paper, propose a new view-synthesis method. The core of this method is that a new trilinear tensor is computed according to the tensor of two views and desired virtual camera positions (translation and orientation) and then the desired virtual views which satisfy characteristic of eyes can be acquired by the new trilinear tensor and matching points between two images. This algorithm had proved simply by the experiments.

Key words: stereo display; trilinear tensor; view-synthesis

0 引 言

人的双眼之间有 4~6cm 的距离, 所以实际上看物体时两只眼睛中的图像是有差别的。体视显示通过特定的软件和硬件构造使人的左、右眼得到不同的图像, 这种双眼的视差经过大脑的融合使人们感知到具有景深的图像。它是一种重要的 3D 显示技术, 由于在技术实现上比较简单, 因此在广告宣传、教育、娱乐、机械设计、建筑设计、医疗等领域具有广阔的应用前景。

体视显示需要满足双眼特性的图像对, 但是通常拍摄的图像一般不符合双眼特性, 因此需要对其进行处理, 使之满足体视要求。为了从已知的前两幅图像的图像特征中估计出第三幅图像的特征, 已经有人从

不同角度作过研究^[1-4], 其中文献[5]提出了视图插补的方法: 首先矫正两幅源图像, 使矫正后的图像对极线平行; 然后沿着对极线寻找密集匹配点并进行插补, 最后通过逆矫正得到真实图像。这种方法最大的缺点是: 仅仅沿连接两幅模式视图的直线上才能合成新视图, 因此使用者不能在 3D 空间自由移动^[1]。为了克服这个缺点, 文中借助于计算机视觉中的多视图几何原理, 研究了一种新的视图合成方法。该方法的核心思想是根据两幅源图像的张量和给定的摄像机位置来计算新的三焦点张量, 再利用新张量 and 对应点得到满足双眼特性的图像对。

1 三焦点张量的基本原理

图像上的点和直线分别用齐次的列和行 3 维矢量表示, 即 $x = (x^1, x^2, x^3)^T$ 和 $l = (l_1, l_2, l_3)$, 矩阵 A 的 (i, j) 元记为 a_{ij}^i , 其中指标 i 是逆变(行)指标, j 是协变(列)指标。在逆变和协变位置上重复出现的指标表

收稿日期: 2007-08-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60603083)

作者简介: 程 鸿(1981-), 女, 硕士, 研究方向为信号与信息处理。

示对该指标在范围 $(1, \dots, 3)$ 内求和^[6]。

根据上述原则,三焦点张量 T 实际上是一个阶为 3 的张量 T_i^k , 有两个逆变和一个协变指标。它用一个齐次的 $3 \times 3 \times 3$ 阵列(即 27 个元素)来表示,其自由度为 18。三焦点张量可以由摄像机矩阵 A 和 B 的双线性函数描述为:

$$T_i^k = V^j b_i^k - V'^k a_i^j \quad (1)$$

这里: a_i^j 和 b_i^k 分别是单应矩阵 A 和 B 的元素, V 和 V' 分别为第一幅图像在第二和第三幅图像上的对极点。如果将基本矩阵写成 $F = [V']_x ([V]_x)$ 是反对称矩阵, 定义了叉乘运算), 那么可将基本矩阵表示成 3 阶张量的形式:

$$F_i^k = V^j a_i^k - V'^k a_i^j = \varepsilon^{ijk} F_{li} \quad (2)$$

这里 F_{li} 是基本矩阵 F 的元素, ε^{ijk} 是叉乘张量。

2 重投影的三焦点张量

设 P 为一个 3D 射影空间中的点, 它在 3 个视图上的像分别为 p, p', p'' , 其中每幅视图都是一个 2D 射影空间。记 $p = (x, y, 1)^T, p' = (x', y', 1)^T, p'' = (x'', y'', 1)^T$, 设 s_j 是任意一个过点 p' 的直线, 满足 $s_j p^j = 0$, r_k 是过点 p'' 的直线, 满足 $r_k p''^k = 0$, 那么, 张量与三个一组的匹配点 (p, p', p'') 满足下面的等式:

$$p^i s_j^r r_k^l T_i^k = 0 \quad (3)$$

这里, s_j^r 表示任意两条 $(s_j^1$ 和 $s_j^2)$ 交点为 p' 的直线, r_k^l 为任意两条 $(r_k^1$ 和 $r_k^2)$ 交点为 p'' 的直线。自由指标为 μ 和 ρ , 取值范围为 1, 2 (如图 1 所示)。

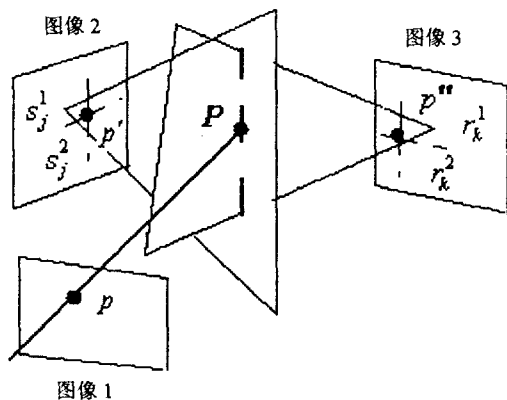


图 1 三幅图像上的点和直线的对应关系

利用图像上的匹配点可以恢复三焦点张量。由于张量可以用来恢复重投影, 那么给定两幅源图像和一个新张量, 第三幅图像能唯一地被确定。

设 p, p' 给定, 由于所有经过点 p'' 的直线都经过点 $p^i s_j^r T_i^k$, 那么

$$p^i s_j^r T_i^k = p''^k \quad (4)$$

这个过程称为重投影。利用张量进行重投影的方

法不需要考虑摄像机位置的奇异性, 因此这是个理想的选择。

3 算法总结

首先从两幅源图像中计算出源张量, 根据虚拟摄像机的位置参数 D 和 t 去修正源张量(设从一台摄像机到另一台摄像机的运动参数由 3×3 单应矩阵 D 和平移参数 t 描述), 然后利用被修正的张量和两视图之间的密集对应重投影出新视图, 最后找到满足双眼特性的图像对实现体视显示。

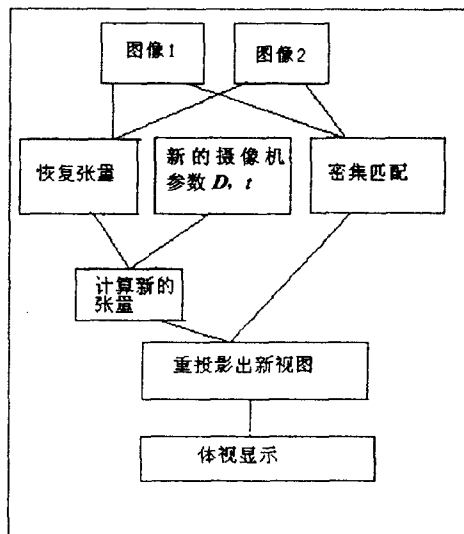


图 2 算法图示

下面将详细叙述这几个过程。

3.1 源张量的计算

利用 8 点算法计算基本矩阵 F 。记 $p = (x, y, 1)^T$ 和 $p' = (x', y', 1)^T$ 是两幅图像上的一组匹配点, 从而获得

$$(x'x, x'y, x'y', x'y, y'y, x, y, 1)f = 0 \quad (5)$$

其中矢量 f 表示由 F 的元素组成并按行优先顺序排列的 9 维矢量, f_{ij} 表示 F 的第 i 行第 j 列的元素:

$$f = (f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_{21}, f_{22}, f_{31}, f_{32}, f_{33})^T$$

从 n 组匹配点的集合可得到如下线性方程组:

$$Af =$$

$$\begin{bmatrix} x'_1 x_1 & x'_1 y_1 & x'_1 & y'_1 x_1 & y'_1 y_1 & y'_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_n x_n & x'_n y_n & x'_n & y'_n x_n & y'_n y_n & y'_n & x_n & y_n & 1 \end{bmatrix} \cdot f = 0 \quad (6)$$

如果 A 的秩为 8, 则该方程组存在唯一解(只差常数因子), 可以用线性算法求解; 如果因点的坐标有噪声而导致数据不准确, A 的秩不为 8, 可利用矩阵的奇异值分解求其最小二乘解。最后将获得的基本矩阵转化为张量的形式。

3.2 新张量的确定

在假定主点在图像的中心和焦距等于图像宽度的情况下,利用下式进行计算:

$$\begin{aligned}\Omega_X &= \det \begin{pmatrix} T_2^3 \\ T_2^3 + T_3^2 \\ T_3^3 - T_2^2 \end{pmatrix} K \\ \Omega_Y &= \det \begin{pmatrix} -T_1^3 \\ T_2^3 + T_3^2 \\ T_3^3 - T_2^2 \end{pmatrix} K \\ \Omega_Z &= \det \begin{pmatrix} T_1^2 \\ T_2^3 + T_3^2 \\ T_3^3 - T_2^2 \end{pmatrix} K \\ K &= \det \begin{pmatrix} T_2^2 \\ T_2^3 + T_3^2 \\ T_3^3 - T_2^2 \end{pmatrix} \quad (7)\end{aligned}$$

这里 T_2^2 代表 $(T_2^{12}, T_2^{22}, T_2^{32})$, 向量 $\Omega = (\Omega_X, \Omega_Y, \Omega_Z)$ 是旋转轴, 并且向量的大小就是绕这个轴旋转的大小。根据(7)式可以直接从张量恢复出两幅源图像之间小角度的旋转矩阵。然后再根据给定的虚拟摄像机的位置参数 D 和 t 修正源张量, 获得新的张量值。

3.3 重投影

对于每一个像素, 使用(8)式估计它的运动 (u, v) , 即:

$$\begin{pmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -I_x I_t \\ -I_y I_t \end{pmatrix} \quad (8)$$

这里 I_x, I_y 和 I_t 分别是在以像素为中心的 5×5 窗内 x, y 和时间 t 方向的导数和。构建一个 Laplacian 锥体并恢复每个水平下的运动参数, 使用前一个水平下的估计作为初始估计。在每一个水平下多次迭代去改进估计(迭代是通过使第一幅视图朝着第二幅形变完成的, 使用被恢复的运动参数然后重复运动参数估计过程^[1])。在重复多次之后获得了两幅源图像的密集匹配点, 然后再利用密集匹配点和由 3.2 节获得的新张量, 用(4)式得到新视图中点的坐标, 从而重投影出新视图。

按照上述 3 个步骤笔者分别做了模拟实验和真实实验, 如图 3、图 4 所示。

3.4 体视显示

按照上述算法获得了新视点下的图像。如果此时知道拍摄时两摄像机间的距离等参数, 就可以通过计算得到双眼位置, 从而获得满足双眼特性的图像对, 再

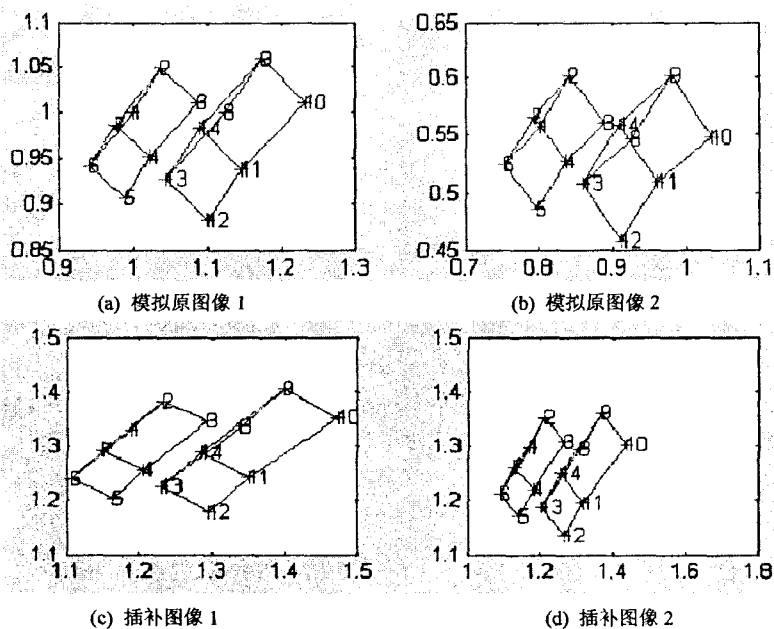


图 3 模拟实验结果

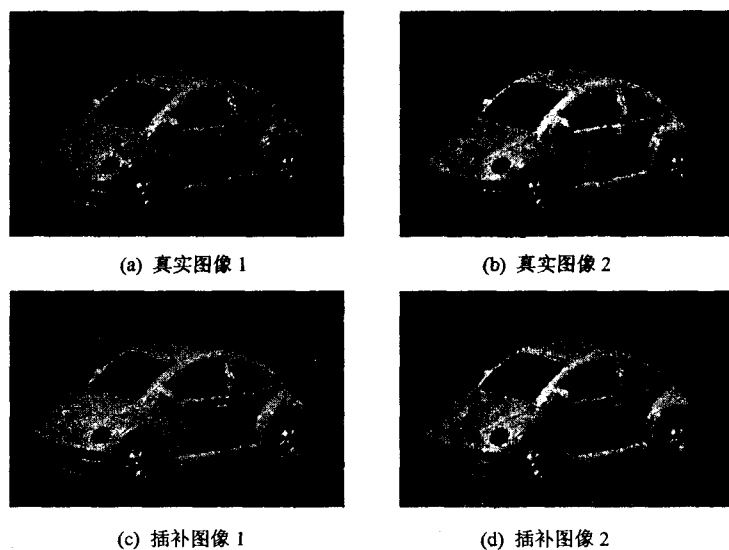


图 4 真实实验结果

通过一些软、硬件设计实现体视显示。在实际设计中, 体视显示技术根据如何把图像送入左、右眼可以分成戴眼镜的双眼显示和自动双眼显示两类。戴眼镜的双眼显示技术需要通过立体眼镜将部分光线遮挡住, 从而达到每只眼睛观察到不同图像的目的; 而第二类自动双眼显示在显示器设计中, 可以让偶数列像素显示左眼的图像, 奇数列像素显示右眼的图像, 分别控制奇偶列像素的光线方向, 使得左、右眼只能得到透过部分像素的光线, 再通过大脑融合产生立体感。虽然这两种技术把图像送入左、右眼的方法不同, 但是本质上都是为了使左、右眼观察到不同的图像。笔者也相应做了实验, 如图 5 所示, 此时, 通过立体眼镜可以观察到

(下转第 237 页)

授权和计价服务,阻止 Denial of Service(DoS)袭击也都是在目前的公共 WMN 中存在的问题。

5.1 802.16

在 802.16 中的安全措施提供了加密数据的封装和私有密钥的管理。在每个 WMAN 中必不可少的 BS 作为认证服务器。BS 授予或否定对 WMAN 的访问。它提供密钥并在网络中执行加密。但是在 Mesh 模式下许多 SS 是不在 BS 的范围之内,所以中间的 SS 在它们的邻居链路上需要加密传输。对每个邻居,SS 协商一个单独的加密密钥。为阻止会话超时,每个 SS 有规律地更新同它邻居的密钥。数据加密或者在 Cipher Block Chaining(CBC)或在 CBC-MAC(CCM)模式下的 CTR 模式完成。

5.2 802.16j

在 WRN 中,802.16j 依赖中心 BS 和在标准中引入的机制。对当前的安全框架的扩展必须要考虑 WMAN 中作为中继站工作的 SS 或移动站点。由于中继站需要转发其它客户的数据,所以中继数据的完整性、保密性是必需的。也就是说,中继站不能危及 WMAN 的安全。在站点的同 WMAN 的关联阶段,BS 必须要保证在通过中继站时是有效的并对中继站是隐藏的。

6 结束语

虽然 802.16 是 LMSC 中第一个引入 WMN 概念

的协议,但目前仍没有看到相关的产品。由于对该概念的描述仍很模糊,Mesh 网的概念仍不成熟。就目前来说,802.16j 是目前最有可能成为在市场中成功布置的协议。Fixed Relay Station(FRS)的概念使得廉价的增加基站的通信范围成为可能。而 Nomadic Relay Station(NRS)和 Mobile Relay Station(MRS)在市场中引入的可能性却极小。

参考文献:

- [1] Hiertz G R, Max S, Yuneng Z, et al. IEEE 802 Wireless Mesh Networks (802.0 Submission) [R/OL]. 2005 - 11. <http://www.comnets.rwth-aachen.de>.
- [2] Walke B, Mangold A, Berlemann L. IEEE 802 Wireless Systems - Protocols, Multi-Hop Mesh/Relaying [J]. Performance and Spectrum Coexistence, 2006, 19: 2081 - 2093.
- [3] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems[S]. IEEE Revision of 802.16 - 2001 IEEE Std 802.16 - 2004. 2004.
- [4] Mobile Ad-hoc Networks (MANET) Working Group. The Internet Engineering Task Force (IETF) [EB/OL]. 2006. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [5] Marks R B, Nohara M, Puthenkulam J, et al. 802.16 Mobile Multihop Relay, IEEE LMSC (LAN MAN Standards Committee) [EB/OL]. 2006 - 03. http://ieee802.org/16/sg/mmr/docs/80216mmr-06_006.zip. IEEE 802 Tutorial IEEE 802.16mmr-06/006.

(上接第 233 页)

立体图像。



图 5 立体图像

4 结 语

研究了一种新的视图合成方法,并将其应用到体视显示技术中。该方法的最大的特点是可以利用三焦点张量得到两幅源图像之间任意位置的新图像。文中给出了算法步骤,并通过模拟实验和真实实验证明算法的正确性。但是由于时间和硬件设备的限制,没有对图像是否满足双眼特性作定量的分析,给出确定的条件和范围,这个问题将作为今后研究的课题和方向。

参考文献:

- [1] Avidan, Shuahua A. Novel view synthesis by cascading trilinear tensors[J]. IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, 1998, 4(3): 11 - 12.
- [2] Faugeras O, Robert L. What can two images tell us about a third one[C]// In: Proceeding of the European Conference on Computer Vision. Stockholm, Sweden: [s. n.], 1994: 485 - 492.
- [3] 鲍炎红, 胡茂林, 韦 穗. 三幅图像中的曲率估计[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 435 - 438.
- [4] 张严辞, 吴恩华. 基于平面的 Warping 技术[J]. 软件学报, 2002, 13(7): 1242 - 1249.
- [5] Seitz S M, Dyer C R. View Morphing, Environment mapping and other applications of world projections[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1986, 6(11): 21 - 29.
- [6] Hartley R I, Zisserman A. 计算机视觉中的多视图几何[M]. 韦 穗, 杨尚骏, 章权兵, 等译. 合肥: 安徽大学出版社, 2002.