

基于 II 三维重建的 facet-braiding 现象分析

王红霞

(北京青年政治学院计算机系 北京 100102)

摘要 三维全景图像技术(Integral Imaging, 简称 II)是一种能够记录和显示全真三维场景的图像技术。该技术采用微透镜阵列记录空间场景,空间任意一点的深度信息只需通过一次成像即可直接获得。Facet-braiding 是三维全景图像中一种很重要的视觉现象,该现象造成图像失真,影响了图像的观看效果。Ref. 6 中 Martinez-Cuenca 从单个元素图像的角度对该现象进行了分析,现从三维重建的角度对该现象的出现与否进行对比验证。先用光学软件模拟深度优先、参考平面在无穷远处的传统 II 成像系统,然后在模拟系统中进行对比实验,结果并未出现 Ref. 6 中提到的 facet-braiding 现象。该结果对 II 的视角分析、物体的精确三维重建及空间分辨率分析具有重要意义。

关键词 三维全景图像, facet-braiding 现象, 元素图像, 三维重建

Analysis of Facet-braiding Based on 3D Reconstruction of Integral Imaging

WANG Hong-xia

(School of Computer, Beijing Youth Politics College, Beijing 100102, China)

Abstract Integral Imaging(II) is a technique capable of displaying three-dimensional images with continuous parallax in full natural color. Since micro-lens sheet is used in recording, only one recording is necessary in containing three-dimensional information. Facet-braiding effect is an important visual phenomenon, which induces distortions and impoverishes the integral image quality. In Ref. 6 the facet-braiding phenomenon was analyzed in view of single elemental image by Martinez-Cuenca. In contrast, in this paper the phenomenon was verified from the 3D reconstruction. First the traditional II system was modeled with optical software. Then the contrast experiment was drawn in the depth priority regime where the distance between the reference image plane and the reconstructed image is infinite. The facet-braiding effect was not presented in our modeled optical system. The result will play an important role in viewing angle analysis, precise 3D reconstruction and spatial resolution analysis.

Keywords Integral imaging, Facet-braiding, Elemental image, 3D reconstruction

1 引言

三维全景图像(Integral Imaging, II)是一种通过微透镜阵列来记录和显示全真三维场景的三维图像技术^[1-3]。近年来,随着理论研究、光学系统的技术革新和微透镜制造工艺的进展,该技术正成为目前最有希望实现下一代三维电视的方法^[2],吸引着国际上三维技术领域的众多关注^[3]。当前,限制 II 技术在三维电视发展的因素主要集中在 CCD 摄像机和 LCD 显示器的分辨率、记录场景有限的景深和视角范围以及数据的传输等问题之上。围绕着这几个问题,十分活跃的理论研究和技术革新正在国际上进行着^[4]。

除以上提到的经典问题,II 中还存在一种最基本的视觉问题——facet-braiding。Facet-braiding 现象通常指对于不在参考平面上的物体,观看者通过每个小微透镜看到的部分重建图像段在参考平面上出现的“视段”交错现象(“视段”的定义沿用了“元素 FOVS”结构的定义^[5])。该现象造成图像失真,影响了不在参考平面上的图像的观看效果。近年来,随着 II 技术的发展以及人们视觉要求的日益提高,该现象对 II 成

像效果的影响越来越突出,因此引起了部分学者的关注并对此现象进行了相关理论的分析研究^[5,6]。

下面将以物体处于参考平面前的情况作为典型,先对 Ref. 6 中 facet-braiding 现象的形成过程进行详细分析;然后在计算机模拟的深度优先、参考平面在无穷远处的传统 II 成像系统中,从三维重建的角度进行对比实验;最后,给出实验结果及结论。

2 facet-braiding 现象分析

下面对 Ref. 6 文献中 facet-braiding 现象的形成过程进行分析。

当物体处于参考平面之前时,重建图像仍处于与原物体相同的位置,且大小也一样。但每个元素图像通过相应小微透镜生成的图像显现在与记录平面共轭的参考平面上,当观看者在微透镜阵列前观看时,他/她通过每个小微透镜只能看见与该微透镜所对应的部分图像。如图 1 所示,假设观看者与微透镜阵列的距离为 D ,且正对其中心,物体在距离参考平面为 z 的地方。观看者通过第一个微透镜看到的是图 1 中在

参考平面上绿色那一小部分图像;而通过第零个微透镜,即中心那个,看到的是图 2 中在参考平面上绿色的梯形部分图像;依此类推便可以得到如图 3 所示视段交错的图像,从对应的局部放大图像可以看出对应视段发生了反向收缩,此即当物体在参考平面前时出现的 facet-braiding 现象。

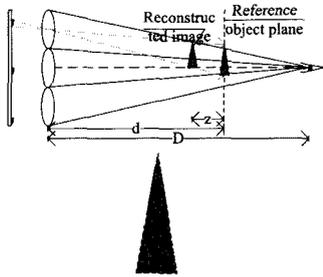


图 1 从第一个微透镜看到的参考平面上的部分图像及对应放大图

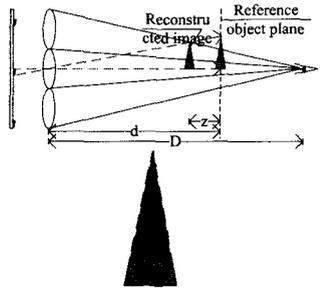


图 2 从中间微透镜看到的参考平面上的部分图像及对应放大图

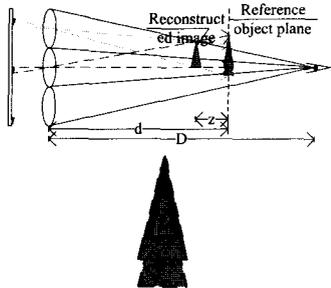


图 3 物体在参考平面前的 facet-braiding 现象——视段反向收缩

对于物体处于参考平面之后的情况可以做类似分析,最后得到的结果如图 4 所示。从对应的局部放大图像可以看出各视段发生了正向拉伸,此即当物体在参考平面后出现的 facet-braiding 现象。

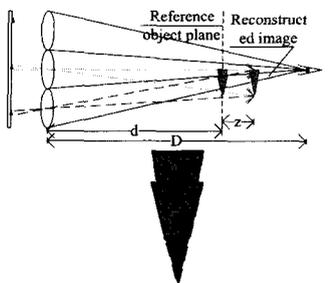


图 4 物体在参考平面后的 facet-braiding 现象——视段正向拉伸

从以上分析可以看出,Ref. 6 中对 facet-braiding 现象的分析主要受到了传统的 2D 图像分析思路的影响。由于 II 图像是由对应于微透镜下许许多多的“元素图像”组成,目前大部分关于 II 成像效果的分析,如视角分析、空间分辨率分析

及此处 facet-braiding 现象的分析等,都假定 II 图像呈现最佳视觉效果的前提是每一幅元素图像皆有最佳效果^[7-10]。因此文献对 facet-braiding 现象的分析也主要是从单个元素图像和对应的小微透镜的角度来进行“视段”划分与排列。但实际上,观看者看到的是多个元素图像经过微透镜阵列作用后再再现的 3D 光学模型,而并不是与每个小微透镜对应的一个个分立的部分图像段,因此可以说“视段”或“元素 FOVs”的定义只是在理论意义上存在。另外,一般说来,物体在何处则重建图像就在何处,而非非要成像到与记录平面共轭的参考平面上观看者才能看到清晰的像。因此,从三维重建的角度来看是否会出现视段交错的 facet-braiding 现象还有待验证。

3 实验

若按照上文所述 facet-braiding 现象的形成条件进行推理,在传统的深度优先的 II 成像系统中,记录平面位于微透镜阵列的焦平面上(意即与记录平面共轭的参考平面在无穷远处),那么物体总是处于参考平面之前,此时视段反向收缩交错的 facet-braiding 现象将非常严重。实际情况是否如此,下面将通过 3D 重建的对比实验对此进行验证。

在该实验中主要利用改进的 Pov-ray 软件模拟传统的 II 成像系统^[11]。因为人类的视觉通常对水平方向的视差信息比较敏感,所以首先在该系统中设置微透镜阵列为半圆柱状的纵向微透镜阵列,小微透镜孔径 $p=0.6\text{mm}$,焦距(即记录平面与微透镜阵列的距离) $f=2.0\text{mm}$;然后利用 Pov-ray 的 3D 建模功能,先用计算机生成一个距离微透镜阵列为 69.12mm ,长为 61.44mm ,宽为 6.08mm ,深度为 7.68mm 的盒子,同时将盒子表面沿纵向均匀地分成 4 段,即每一段的宽度为 15.36mm ,并如图 5(a)所示,对每一段附上不同图片以示区分;另外又生成了一个底面半径为 30.72mm ,高为 61.44mm 的圆锥,它距离微透镜最近的距离为 46.08mm ,同样将其沿纵向均匀地分为 4 段,并给每一段附上不同的图片,如图 6(a)所示;此外,在该系统中生成了与 Ref. 6 文献中相似的图像,其中“H”距离微透镜阵列 67.58mm ,”8”距离微透镜阵列 91.85mm ,如图 7(a)所示。接着,利用 Wu 提出的三维全景图像深度提取算法对这 3 幅计算机生成的 II 图像进行视图提取,并生成相应的深度图^[12]。最后,对其进行三维重建,三者重建结果分别如图 5(b),图 6(b),图 7(b)所示。

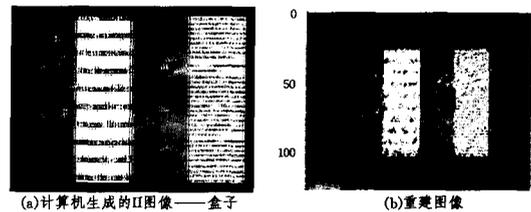


图 5

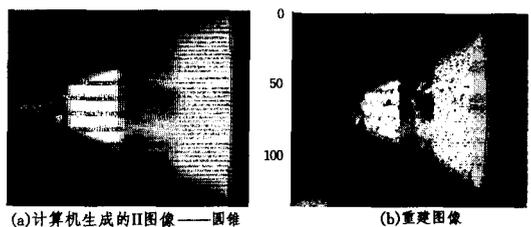


图 6

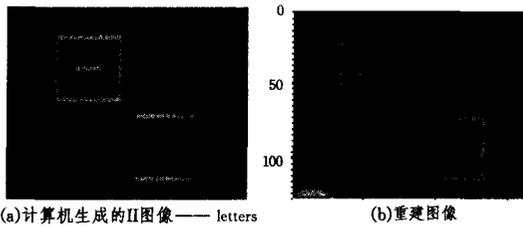


图 7

结束语 从对比实验结果可以看出,重建盒子(见图 5(b))和重建圆锥(见图 6(b))的各分段宽度仍是相等的,而且各段之间仍是明显分开的;从重建圆锥的边界还可以清楚地看出,前文分析中所见的交错穿插现象(见图 3)在此并未出现;此外,从重建的字母图像(见图 7(b))可见没有出现 Ref. 6 中的图像失真现象。由此可见,在深度优先、与记录平面共轭的参考平面在无穷远处的成像系统中并未出现 Ref. 6 中所说的反向收缩交错的 facet-braiding 现象。因此,从三维重建而非单个小微透镜的角度来考虑 facet-braiding 现象时,Ref. 6 中所述条件下会出现该现象的说法并不成立。

以后将在现有 facet-braiding 现象研究的基础上,从“真正的观看者”角度即三维重建的角度来分析在什么条件下会出现影响图像观看效果的 facet-braiding 现象,以及更进一步提出减弱或避免该现象的方法。

参考文献

[1] Okoshi T. Three dimensional imaging Techniques [M]. London: Academic Press, 1976
 [2] Okano F, et al. Real-time pickup method for a three-dimensional

image based on integral photography [J]. Applied optics, 1998, 36(7):1598-1603

[3] 王红霞,伍春洪,杨扬,等. 计算机生产三维全景图像的研究现状与发展[J]. 计算机科学, 2008, 35(6):11-14
 [4] Stern A, Javidi B. Three-dimensional image sensing, visualization, and processing using integral imaging [J]. Proceeding of IEEE, 2006, 94(3):591-607
 [5] Martinez-Corral M, Javidi B. Multifacet structure of observed reconstructed integral images [J]. Optics Society of America, 2005, 22(4):597-603
 [6] Martinez-Cuenca R, Saavedra G, Martinez-Corral M, et al. Facet braiding: a fundamental problem in integral imaging [J]. Optics Letters, 2007, 32(9):1078-1080
 [7] Burckhardt C B. Optimum parameters and resolution limitation of integral photography [J]. JOSA, 1968, 58:71-76
 [8] Okoshi T. Optimum Design and Depth Resolution of Lens-Sheet and Projection-Type Three-Dimensional Displays [J]. Applied Optics, 1971, 10(10):2284-2291
 [9] Hoshino H et al. Analysis of resolution limitation of integral photography [J]. JOSA, 1998, 15(8):2059-2065
 [10] Fushou J, Jang J. Effects of device resolution on three-dimensional integral imaging [J]. Optics Letters, 2004, 29(12):1345-1347
 [11] 伍春洪, 齐宁, 杨扬. 基于 POV-Ray 的三维全景图像的计算机生成方法 [J]. 微计算机信息, 2007, 8(1):99-101
 [12] Wu C, et al. Depth measurement from unidirectional integral images using a modified multi-baseline disparity analysis algorithm [J]. Journal of Electronic Imaging, 2005, 14(2):1-9

(上接第 247 页)

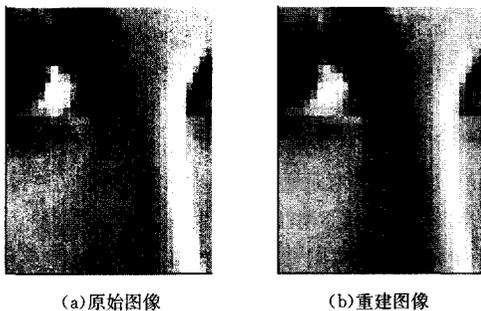


图 2 图像和利用一维 FFT-MP 算法重建的图像

结束语 本文介绍的基于 MP 和一维 FFT 的图像稀疏分解算法对提高运算速度是很有意义的。将二维图像转换成一维信号,原子库中的原子也转换成一维原子,然后实现一维信号或一维信号残差与一维原子的互相关运算。一维 FFT 技术并不会破坏图像的空间特性,因为图像和原子都是按行抽取的,仍然保持着空间的主要特征。随着图像的增大,一维 FFT 图像稀疏分解算法比现有算法提高的速度越高。而且随着过完备原子库分解原子数目的不断增多,重建图像的视觉效果也变得更好。

参考文献

[1] Mallat S, Zhang Z. Matching pursuit with time-frequency dictionaries [J]. IEEE Trans. on Signal Processing, 1993, 41(12):

3397-3415

[2] Bergeau F, Mallat S. Matching pursuit of images [A]// Proceedings of IEEE-SP[C]. Philadelphia, PA, USA, 1994:330-333
 [3] Arthur P L, Philipos C L. Voiced / unvoiced speech discrimination in noise using gabor atomic decomposition [A]// Proc. of IEEE ICASSP[C]. Hong Kong; IEEE Press, 2003, 1(4):820-828
 [4] Gribonval R, Nielsen M. Sparse decompositions in 'incoherent' dictionaries [A]// Proceedings of IEEE ICIP[C]. 2003:33-36
 [5] 尹忠科, 王建英, Vandergheynst P. 在低维空间实现的基于 MP 的图像稀疏分解 [J]. 电讯技术, 2004, 44(3):12-15
 [6] 尹忠科, 王建英, Vandergheynst P. 一种新的图像稀疏分解快速算法 [J]. 计算机应用, 2004, 24(10):92-96
 [7] 尹忠科, 王英, 张跃飞, 等. 图像稀疏分解中原子形成的快速算法 [J]. 电讯技术, 2005(6):12-16
 [8] 尹忠科, 邵君, Pierre Vandergheynst. 利用 FFT 实现基于 MP 的信号稀疏分解 [J]. 电子与信息学报, 2006(4)
 [9] 张跃飞, 姜玉亭, 王建英, 等. 基于稀疏分解的图像压缩 [J]. 系统工程与电子技术, 2006
 [10] 尹忠科. 稀疏分解及其在图像压缩中的应用研究 [J]. 学术动态, 2007(2):12-15
 [11] Vandergheynst P, Frossard P. Efficient image representation by anisotropic refinement in matching pursuit [A]// Proceedings of IEEE on ICASSP[C]. USA; Salt Lake City, 2001:1757-1760