

文章编号 :1000-582X(2007)11-0125-04

全视差点阵合成全息图

彭婉娟,王 丁

(重庆大学 数理学院,重庆 400030)

摘 要 :将合成全息记录和计算机数字处理技术相结合,利用计算机准确、有效地收集三维物体的全视差光强分布信息,对其编码,并用单色激光器将物上可见的不同面元的全视差编码信息依次记录在同一张全息片的不同点区域。结果表明,得到的全息片用普通灯光照明时,双眼可分别接收到两个视角的原物的光强信息,观察到一个立体再现像,眼睛在视区内横向或纵向移动时,能看见物体的全视差再现像。

关键词 :合成全息术;全视差全息图;点阵合成术
中图分类号 :O438.1

文献标志码 :A

客观事物在人眼中之所以是立体的、有层次感的,是因为人的视觉窗口——左眼和右眼从不同角度观察,获取不同侧面信息,再由视觉神经在大脑中合成三维物体的真实影像。当今许多领域中,立体像的显示倍受关注,即对图像的观察能模拟人眼对真实物体的观察,具有视差效应,能直接从图像获取物体的三维信息。人们想出不少方法来实现这个目标,仅全息信息处理这一领域,就有许多相关的研究成果,如借助获取物体的体视对信息^[1-2],使人眼能同时看见2个不同侧面的再现像,获得观察三维物体的感受;利用计算全息,制作具有视差的全息图^[3],等等。其中的视差是指一维横向视差,即水平视差,解决了人们观察物体的横向视差问题。事实上,一个三维物体空间立体感不仅表现在横向上,纵向上也有,其具备横向、纵向(垂直方向)二维视差,若从图像能获得二维全视差信息,就能对物体有更全面的认识。

基于上述分析,在合成全息的基础上,提出了一种制作具有纵、横二维视差全息图的新方法:全视差点阵合成全息术。该方法借助计算机的强大数据处理能力,对收集的各个视角的平面视图进行计算、编码,输出编码片,并采用简单光路,以点阵方式全息记录编码片上的视差信息,最后获得全视差全息图。该方法已

得到实验验证,在一定程度上给人们增添了新的视觉感受。

1 制造原理

一个有限大小的物体可以看成由若干小面元组成,对这个物体的观察可以近似理解为人眼接收来自这些面元的光强信息,综合在一起形成对物体的总体认识。对不同观察视角,面元发出的信息不同,表现为不同的观察平面图像(平面视图);同时,对一个平面视图而言,各面元发出的光强信息也不同,否则这个物体看起来就是模糊一片。对此,采取以下方式获取全视差像。

1.1 多角度平面视图的获取

采用模拟法,借助计算机的图像仿真及处理能力,根据图形学原理^[4],在模拟的“真实”场景中运用光线跟踪法,生成一个具有真实视觉效果的三维虚拟物体,把它设定为观察对象。也可直接用相机拍摄的实物作为对象。

在如图1所示的二维视窗上收集对象的多个视角的平面视图,视角 θ_{ij} 的连续变化不仅是横向的,还是纵向的,即在同一高度、不同水平观察位置对应不同的平面视图,它们反映物体的横向视差;在同一水平位

收稿日期 2007-06-12

作者简介 彭婉娟(1980-),女,重庆大学硕士研究生,主要从事光图像及信息处理等研究。

王 丁(联系人),男,教授(Tel)023-65104830 (E-mail) wangding@hotmail.com.

置、不同高度观察,视图也有差别,它们反映物体的纵向视差。收集物体全部的视差平面信息图像,就完成了多角度平面视图的获取。

$\theta_{1,1}$	...	...	...	$\theta_{1,s}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\theta_{i,1}$	...	$\theta_{i,j}$	...	$\theta_{i,s}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\theta_{r,1}$	...	...	...	$\theta_{r,s}$

图 1 观察视窗示意图

1.2 信息编码

对应视角 θ_{ij} 获取的一个平面视图记录了三维物体的各个面元在该视角方向发出的光强信息,可表示为

$$I_{i,j,1,1} \quad I_{i,j,1,2} \quad \dots \quad I_{i,j,p,q} \quad \dots \quad I_{i,j,t,\mu} \quad (1)$$

其中 $I_{i,j,p,q}$ 表示物体上第 (p,q) 个面元发出的光强信息,它已对该面元发出的光强分布作了明或暗的等强度近似。对于物体的灰度边界区域的面元,则该光强信息由许多等强度的明或暗点分布组成。 $(p,q) = (1,1) (1,2) \dots (t,\mu)$,也是该平面视图的点阵序列码,表示视图上的点编号 t,μ 由视图大小决定。这样,依据视窗阵元 θ_{ij} 对应的 $I_{i,j,p,q}$ 进行信息编码。若物体的灰度表示成 N 级,则需要把一点分为 N 点进行编码,同时计算量和曝光次数增加 N 倍,原理上仍是可行的。

系列编码片中的一张($B_{p,q}$)对应物体上第 (p,q) 个面元向各个视角发出的光强信息,其中一个视角 θ_{ij} 的光强信息对应编码片的一个独立单元 $B_{i,j,p,q}$,即

$$B_{i,j,p,q} = I_{i,j,p,q} \quad (2)$$

按照视窗阵列,相应收集该单元的各视角光强信息,如图 2 所示,组成这张编码片 $B_{p,q}$ 。

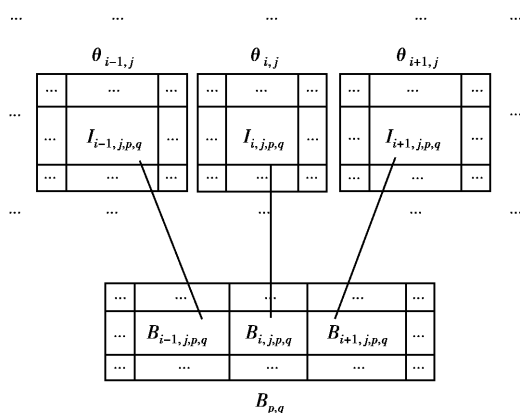


图 2 编码示意图

按上述方式收集物上每个面元的全视差信息,得到一系列编码片 $B_{1,1}, \dots, B_{t,\mu}$ 。不同编码片上各个 (i,j) 相同的独立元对应着相同的视角 θ_{ij} ,即 $B_{i,j,p,q}$ 和 $B_{i,j,p+1,q}$ 都对应 θ_{ij} ,这样编码的优势在后面的全息记录、再现中得以充分体现。如此,对整个物体的全视差信息编码完成。

1.3 全息记录

不同于常见的合成全息法^[5],这里采用的记录光路更为简单,它以点阵的方式把编码片 $B_{p,q}$ 的全视差光强信息记录在全息干板上,光路如图 3 所示。

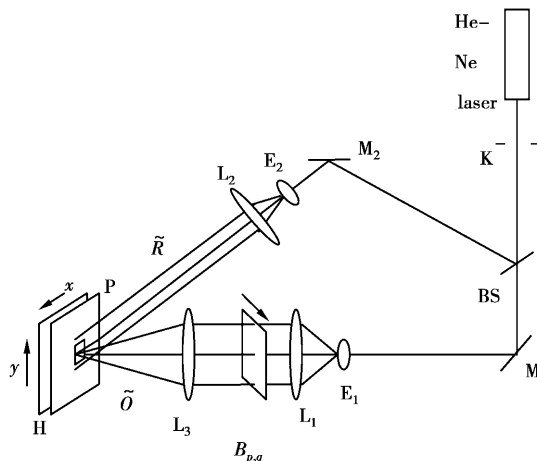


图 3 全息记录光路

其中 K 为快门, BS 为分束镜, M_1, M_2 为反射镜, E_1, E_2 均是扩束镜, L_1, L_2 是准直镜, L_3 是凸透镜, $B_{p,q}$ 即为编码片, P 是一带小孔的挡屏, H 是全息片, \tilde{O}, \tilde{R} 分别表示待记录的物光、参考光。

为换片方便,单张编码片 $B_{p,q}$ 放在一个可沿 x 方向平动的移位装置上, H 固定在一个二维 $(x-y)$ 平移装置上。当平行光照在 $B_{p,q}$ 上时,携带全视差光强分布信息 $B_{p,q}$ 的物光经 L_3 在焦平面上会聚成一点,调整 P 使该点能经由小孔落在 H 上,并用一束相干平行光 \tilde{R} 把它记录下来。一次记录一张编码片 $B_{p,q}$ 的信息,即物体某一面元发出的全视差光强信息,之后,更换编码片,同时移动 H 到另一个位置,曝光记录,如此下去依次记录,把所有编码片所含的信息以点阵的方式记录在一张全息片上,则该全息片记下了原物体的全部视差信息。

1.4 再现观察

在编码时指出,不同编码片 $B_{p,q}$ 上的独立元 $B_{i,j,p,q}, B_{i,j,p+1,q}$ 等记录的信息都对应视角 θ_{ij} 。由全息学原理,当以共轭参考光 \tilde{R}^* 照明全息片时,经过一个曝光点衍射出多个角度的光,这些角度与之前所设取的视窗阵列中的视角 θ_{ij} 对应,各角度的光强信息反映的是从这些角度对物上一个面元的观察结果。与此同时,从其

他各个曝光点均能衍射出多角度 θ_{ij} 的光, 不同点发出的衍射光不会相互干扰的, 因此, 当眼睛沿某一角度接收所有的衍射光时, 这些反映物上各面元对应一个角度发出的光强信息综合在一起, 形成了该角度下整个物体的观察图像。由于记录是在 E_1 、 L_1 、 L_3 透镜系统的焦平面(实际也是平行物光的像平面)上完成, 根据像面全息的特点^[5], 再现像就在全息片表面, 而且可以采用白光再现。

再现像的观察如图 4 所示。

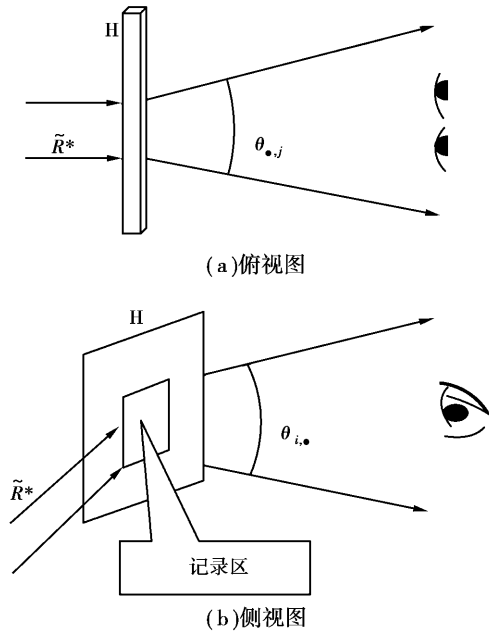


图 4 再现观察示意图

图中 θ_{oi} 表示眼睛在同一水平位置不同高度上移动的纵向角幅度, θ_{oj} 表示眼睛在同一高度不同水平位置间移动的横向角幅度。如图 4(a)所示, 眼睛横向移动时, 接收 θ_{1j} 、 θ_{2j} 等具有连续横向视差的再现像; 眼睛纵向移动时, 接收具有纵向视差的再现像。这样通过改变视角, 获取了物体的全视差信息。由于视角的连续变化以及视觉的暂留效应, 眼睛还能感受到再现像的连贯运动的动感效应。值得一提的是, 当双眼同时观察时, 左右两眼同时接收来自 2 个方向 θ_{ij} 、 θ_{ij} 的衍射光形成的再现像, 经过视觉神经的作用, 感受到的是一个三维物体的呈现, 双眼横向或纵向移动, 同样可以获得三维物体的全视差动感再现像。

2 实验工作

工作程序为: 选定对象 → 计算编码 → 全息记录 → 再现观察。

选取的实验对象是用计算机设计, 在模拟真实环境下生成的虚拟立方体, 如图 5 所示, 并获得该物体多张横、纵向上连续不同视角的平面视图, 即收集了物体

发出的多角度光强分布信息, 横向视角总跨度为 50° , 纵向跨度为 30° 。利用 MATLAB 图像处理工具箱^[6-7], 按前述的信息编码原理对平面视图进行编码, 各面元按等大小依次叠加排列, 得到系列编码片 $B_{p,q}$ ($p=1, 2, \dots, 12$; $q=1, 2, \dots, 12$), 经过约 15 min 数字计算, 然后转为图像格式, 用一般打印机输出在 3M 胶片上, 其中一张编码片如图 6 所示。

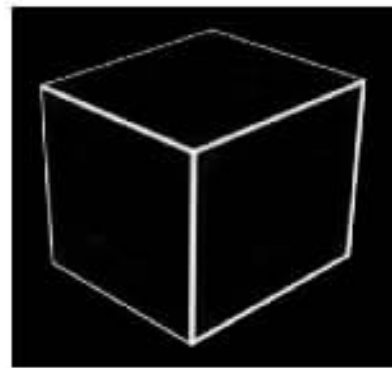


图 5 虚拟立方体

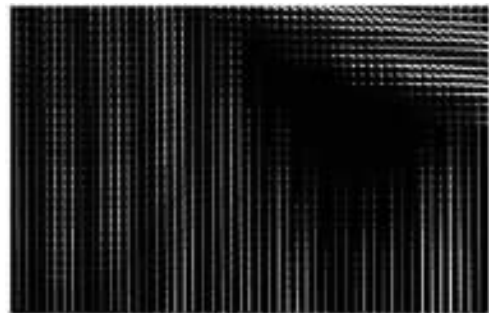


图 6 编码片 B_k

按图 3 所示布置各元件, 并把编码片依次放入光路中记录。实际用到的参考光是截面积为 1 mm^2 的细平行光束, 全息片所在的固定架可在 x 、 y 二维移动(如图 3), 二维共记录 12×12 点, 每个点曝光 3 s, 加上移位及停顿的时间, 大约需 60 min, 最后将片子冲洗并用白光再现。人眼位于如图 4 所示的观察区内即能看见完整清晰的再现像。图 7 分别给出从 6 个不同角度拍摄到的再现像, 其中 a、b、c 是在相对偏高的不同水平位置拍到的再现像, d、e、f 是在相对偏低的不同水平位置拍到的再现像。横向比较每行的 3 个像, 它们具有横向视差, 与此同时, 纵向比较每一列的像, 不难看出它们有纵向视差, 当眼睛同时观看 2 个不同视差的再现像时, 像通过视觉在人脑中产生三维立体感, 且人眼横向或纵向移动的过程中, 能看见体视像的连贯转动, 动感效果显著。

此外, 实验证明, 在观察角范围内, 眼睛处于距离全息片远或近的位置, 均能清晰观察到再现像, 而且横向或纵向不用偏离很大幅度, 均能获取物体的视差信息, 观察十分方便。

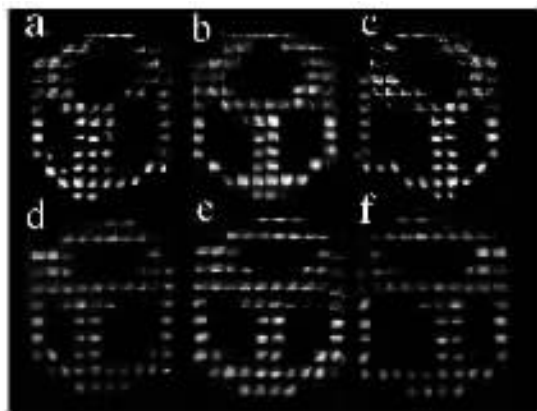


图7 不同角度拍摄到的再现像

3 结 语

笔者提出的全视差点阵合成全息术,借助计算机进行图像处理和编码技术,采用简单光路,同时记录物体的二维视差信息,获得视差显著的再现像。该方法是一种十分可行的全息显示技术,具有以下显著特点:

1)计算机进行图像编码时,通过增加物点散射光强信息读取的抽样频率,使对物体信息的记录更详细,曝光频率增加,再现像细节反映得更细致、平滑,视觉效果更好。

2)在编码过程中,采用计算机进行准确、快速地计算和编码,再利用全息准确再现的特点,再现像的观

察角与原收集的图像对应视角准确对应,因此最终能够按视窗阵列中的系列视角很好地再现眼睛对三维物体的观察图像,图像的信息可靠,观察效果逼真。

3)实验证明,全息图的观察十分方便,并且只要增大预设的视窗阵列,再现观察角幅度也增大,可更方便地观察再现像。因此用于制作激光防伪商标是大有潜力的。

参考文献:

- [1] 王丁,袁霞,黄继阳. 真彩色体视全息图[J]. 光子学报, 2006, 35(2): 248-251.
- [2] 朱伟利,张可如,白然,等. 三维动态双视彩虹全息合成技术[J]. 北京理工大学学报, 2004, 24(4): 245-249.
- [3] 柴晓冬,韦穗. 基于序列视差图像的全息立体显示方法[J]. 东南大学学报, 2003, 33(3): 289-291.
- [4] 孙立铸. 计算机图形学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2000.
- [5] 于美文. 光学全息及信息处理[M]. 北京:国防工业出版社, 1984.
- [6] 陈杨,陈荣娟,郭颖,等. MATLAB 6.X 图形编程与图像处理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2002.
- [7] 李丽,王振领. MATLAB 工程计算及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2001.

Multi-dot Synthetic Full-parallax Hologram

PENG Wan-juan, WANG Ding

(College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: The synthetic holography is combined with the digital processing technology of the computer; full-parallax intensity information of a three-dimensional object has been obtained and encoded accurately and effectively by the computer. The encoded information from different visible units of the object is recorded with single-wavelength laser successively on the different dot area of one holographic film. When the obtained film is illuminated by a common lamp, the different intensity information of two view-angles is displayed in each eye, so the stereoscopic image can be obtained. When the line of sight change horizontally or vertically in observation area, the full-parallax reconstructed image will be observed.

Key words: synthetic hologram; the full-parallax hologram; multi-dot method

(编辑 张 苹)