

文章编号:1004-4213(2010)01-0116-3

立体显示中的垂轴放大率*

黄涛,朱秋东,王涌天,郝群

(北京理工大学 信息科学技术学院,北京 100081)

摘要:为消除立体影像的畸变需研究拍摄再现立体影像的垂轴放大率,重新推导了立体影像拍摄再现的总垂轴放大率公式,在该公式中增加了一个观看再现放大率系数,立体影像的观看再现垂轴放大率为像距与观看距离之比.实验结果验证了理论的正确性,该公式对于进一步研究再现立体影像的消畸变具有重要作用.

关键词:显示技术;立体显示;视差;垂轴放大率

中图分类号:TN873

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103901.0116

0 引言

与平面显示技术相比,立体显示技术能够提供更直观、更自然的交流模式,更能满足人们的观察需要^[1-2].基于双目视差原理的自由立体显示技术相对简单,也较为成熟,近年来受到了国内外的广泛关注^[3-7],目前已有大量的商业应用.

视差型立体显示所使用的图像一般是计算机合成或者采用两台或多台摄像机从不同的视角拍摄同一景物获得,经编码后由自由立体显示器再现.人眼观看到的立体影像通常具有畸变,但在遥感遥测、机器人视觉、手术导航和立体观测等应用领域都需要观看者看到的立体影像与真实场景一样,即由立体显示器看到的立体影像没有畸变.以往的文献在对立体显示系统中的畸变进行研究和分析时,提出了畸变产生的根源是垂轴放大率和轴向放大率不一致^[8-9],但在推导垂轴放大率公式时没有考虑人眼到屏幕之间的距离和像距^[9-10].而我们在研究自由立体显示器时发现观看距离和像距对垂轴放大率的影响很大.本文就垂轴放大率与拍摄、显示系统参量的关系进行研究,提出了观看再现垂轴放大率的新概念,并重新推导了总垂轴放大率公式,对于进一步进行消畸变研究具有重要意义.

1 垂轴放大率

自由立体影像可分成视差图像拍摄、视差图编码显示和人眼观看三个过程,每一个过程中图像大小通常都有变化,即都有一个垂轴放大率.人眼感受

到的最终立体影像大小应为三步垂轴放大率的乘积.如图 1,视差图拍摄时的垂轴放大率(在物距较远时) $\beta_1 = f/L$, f 为相机焦距, L 为物距.

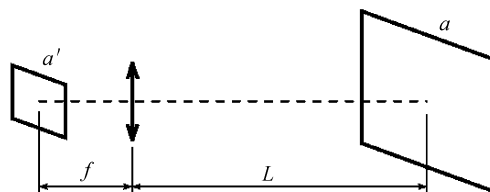


图 1 视差图拍摄时的垂轴放大率

Fig. 1 Paraxial magnification of stereoscopic camera

视差图显示时的垂轴放大率(或转换系数) $\beta_2 = D/d$, D 为平板显示器尺寸, d 为视差图像面尺寸,若用 CCD 相机拍摄,则为 CCD 靶面尺寸.

观看时的立体影像垂轴放大率推导为:

假设边长为 a 的正方形平面物,在拍摄相机像面处的尺寸 a'

$$a' = \beta_1 a \quad (1)$$

在显示器上的正方形图像左右视差图四个角分别为 $A_1 B_1 C_1 D_1$ 和 $A_r B_r C_r D_r$,边长 a''

$$a'' = \beta_1 \beta_2 a \quad (2)$$

在显示器上的左右视差图的视差为 S ,再现立体影像在 L' 处,再现影像的四个角为 A', B', C', D' ,边长 a''' .

立体影像的再现过程如图 2,图中 E 为两眼瞳距, F 为人眼到显示器的距离.立体影像点为左右视差图中对应点与左右眼连线的交点,如图中 LB_1 与 RB_r 的交点 B' .由图中几何关系得出像距 L' 为

$$L' = FE / (E - S) \quad (3)$$

改变视差 S 可改变像距 L' , S 为零(两正方形重合),则像在显示器上;左视差图在左侧、右视差图在右侧时, S 为正, L' 大于 F ,像在显示器后方;左视差图在右侧、右视差图在左时, S 为负, L' 小于 F ,像

* 中国高技术研究发展计划(2006AA02Z4E5)资助

Tel:010-60877265

Email:htbit@126.com

收稿日期:2009-01-15

修回日期:2009-04-02

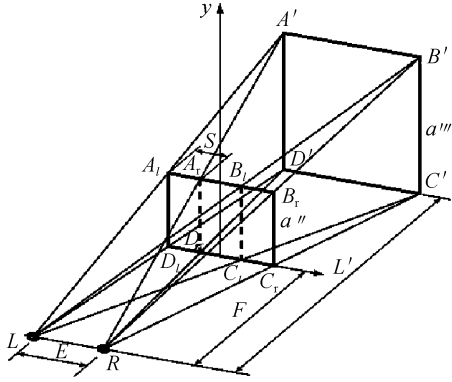


图2 立体影像的观看与再现过程
Fig. 2 Course of observation and reproduction for stereo image

在显示器前方, 立体影像 x 方向的放大率 β_{3x} 为

$$A'B'/A_rB_r = RB'/RB_r = L'/F \quad (4)$$

立体影像 y 方向上的放大率 β_{3y} 为

$$B'C'/B_rC_r = RB'/RB_r = L'/F \quad (5)$$

由式(4)和(5)得出

$$\beta_{3x} = \beta_{3y} = \beta_3 = L'/F \quad (6)$$

式(6)说明 x 方向和 y 方向的放大率相同, 即再现立体影像仍然是一个正方形, 其边长 a''' , 则有

$$a''' = \beta_3 a'' = \beta_1 \beta_2 \beta_3 a = \frac{f}{L} \times \frac{D}{d} \beta_3 a = \frac{fDL'}{LdF} a \quad (7)$$

由式(7), 当再现立体像在屏幕上时, $L' = F$, $\beta_3 = 1$, 则 $a''' = \frac{fD}{Ld} a = a''$; 像在屏幕里时, 则 $\beta_3 > 1$, $a''' > a''$; 在屏幕外时, $\beta_3 < 1$, $a''' < a''$. 当观看距离一定时, 放大率与像距的变化呈线性关系, 像的尺寸与像距的关系为近小远大. 上述分析表明观看过程的垂轴放大率 β_3 通常不等于 1, 对再现立体影像的垂轴放大率影响很大, 与文献[9-10]中的放大率公式完全不同.

2 实验验证

针对上述垂轴放大率公式, 我们在自行研制的自由立体显示器上进行了实验验证. 实验所用 LCD 显示器尺寸 $19'$, 观看距离 2 m . 左、右视差图来自同一幅屏幕图像, 将这两幅相同的图像相对平移产生视差, 如图 3. 由于视差型立体显示中立体感的产生是基于双目视差原理, 两幅有视差的图像需要经过人脑合成才能形成一幅立体图, 采用一台照相机在一个角度拍摄由于无法获得有视差的两幅图, 拍不到立体图, 同时在缺乏分光元件(例如柱面栅)的平面上无法将左右眼的图像分离, 无法显示立体图. 因此, 本文中只能用图 4 来表示实验现象. 平移量为零时, 像在屏幕上. 将左眼视差图向左移时, 像在屏幕以里, 再现像为一平面影像, 像尺寸大于屏幕上的图

像. 逐渐向左移动, 像远离观看者, 最远可到无限远, 尺寸逐渐变大. 反之, 左视差图向右移动, 则像在屏幕之外, 且尺寸小于屏幕上的图像, 增大向右移动距离, 像向观看者移动, 最近可凸出屏幕 1 m , 尺寸逐

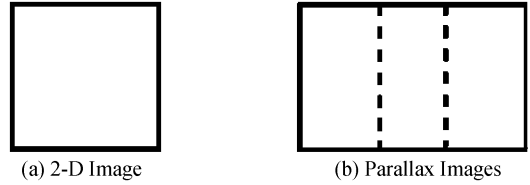


图3 两幅相同的图像相对平移后形成的视差图
Fig. 3 Parallax images created by shifting two identical images relatively

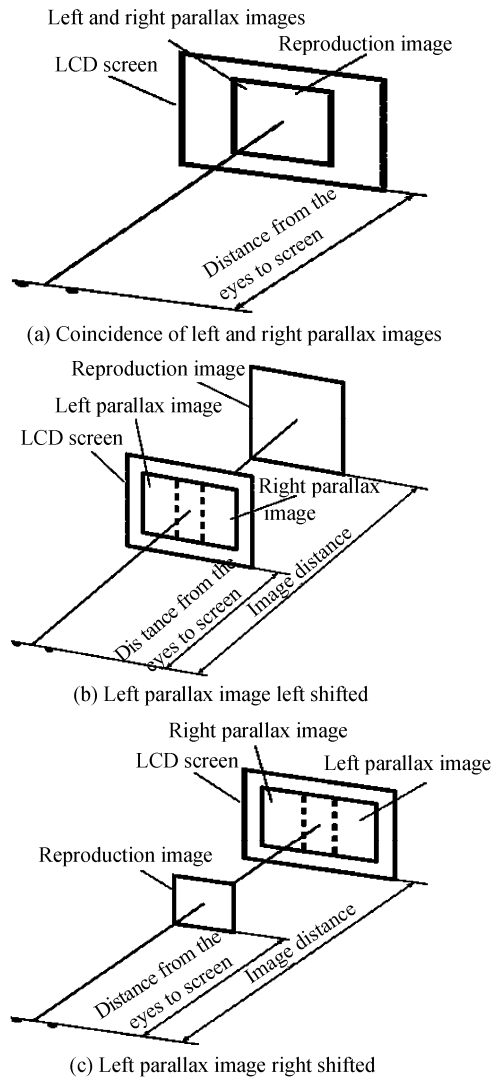


图4 三种情况实验示意图
Fig. 4 Experimental schematic diagram images in three situations

渐变小, 极限情况可缩小 $1/2$. 实验现象与式(7)得出的结论完全一致.

3 结论

重新推导出的再现立体影像垂轴放大率公式, 是在前人文献的垂轴放大率公式中增加了一个再现

放大率,影像再现的垂轴放大率为像距和观看距离之比,与试验验证结果完全一致.该公式对于进一步进行再现立体影像的消畸变研究具有重要作用.

参考文献

- [1] LIN Yuan-fang, LIU Xiang-dong, LIU Xu, *et al.* The analysis of voxel attributes in three-dimensional volumetric display system based on the rotation of a two-dimensional display panel[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(4):476-480.
林远芳,刘向东,刘旭,等.基于二维旋转屏的体三维显示系统像素属性分析[J].光子学报,2004, **33**(4):476-480.
- [2] WANG Ding, YUAN Xia, HUANG Ji-yang. True color holographic stereogram[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(2):248-251.
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.
- [3] CHANG Ling-ying, ZHAO Bao-chang, YANG Jian-feng, *et al.* Optical system design of space three-dimensional photographic [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(3):539-542.
常凌颖,赵葆常,杨建峰,等.用于航天立体摄影测量的光学系统设计[J].光子学报,2007, **36**(3):539-542.
- [4] ZHAO Ren-liang, ZHAO Wu-xiang, WANG Qiong-hua, *et al.* Research on stereo viewing zone in autostereoscopic display based on parallax barrier[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(5):960-963.
赵仁亮,赵悟翔,王琼华,等.狭缝光栅自由立体显示器立体可视区域的研究[J].光子学报,2008, **37**(5):960-963.
- [5] SAKAMOTO K. Parallax polarizer barrier stereoscopic 3D display system [C]. Proceedings of the 2005 International Conference on Active Media Technology, 2005:469-474.
- [6] WANG Yuan-qing. Bifocus imaging for monocular stereo vision [J]. *Optical Technique*, 2007, **33**(6):935-937.
王元庆.双焦距立体视觉中的光学成像模型[J].光学技术, 2007, **33**(6):935-937.
- [7] WANG Jian, WANG Yuan-qing. A monocular stereo vision algorithm based on bifocal imaging[J]. *Robot*, 2007, **29**(1):41-44.
王剑,王元庆.基于双焦成像的单眼立体视觉算法[J].机器人, 2007, **29**(1):41-44.
- [8] WOODS A. Image distortions in stereoscopic video systems [C]. *SPIE*, 1993, **1915**:36-48.
- [9] ARIYAEENIA A M. Distortions in stereoscopic display [C]. *SPIE*, 1992, **1669**:2-9.
- [10] LI Bin, ZHUANG Tian-ge. A new method for analysis and design of stereoscopic system [J]. *Journal of Data Acquisition & Processing*, 2000, **15**(4):417-421.
李斌,庄天戈.一种新的立体视觉系统的分析与设计方法[J].数据采集与处理,2000, **15**(4):417-421.

Paraxial Magnification of Stereoscopic Display

HUANG Tao, ZHU Qiu-dong, WANG Yong-tian, HAO Qun

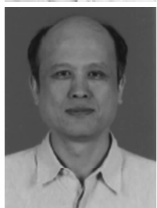
(School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: In order to eliminate distortions of stereo image, the paraxial magnification of stereoscopic camera and reproduction system need to be studied. The paraxial magnification formula was rederived and discussed. The new formula adds a coefficient to represent the paraxial magnification of observation and reproduction which is in the ratio of the image distance to the distance between the eyes and screen. The formula accords with the result of verifying experiment. It is important for further study on the distortions elimination of stereoscopic camera and display system.

Key words: Display technology; Stereoscopic display; Parallax; Paraxial magnification



HUANG Tao was born in 1978. Now he is a Ph. D. degree student of School of Information Science and Technology of Beijing Institute of Technology. His recent research interest focuses on stereoscopic display and volumetric 3D display technology.



ZHU Qiu-dong was born in 1959. Now he is an associate professor and his recent research interests focus on optical measurement, stereoscopic display and volumetric 3D display technology.