

文章编号:1007-2780(2010)04-0601-04

# 基于视场拼接的体视三维显示

李 帅,李海峰\*,彭祎帆,刘 旭  
(浙江大学 现代光学仪器国家重点实验室,浙江 杭州 310027)

**摘 要:**提出了一种基于视场拼接的体视三维显示方法及系统,该系统由一个微投影机阵列和一个纵向散射屏构成。为了验证所提出的新型三维显示方法,利用 58.4 cm(23 in)的 LCD 和 49 个焦距为 100 mm 的非涅耳透镜作为微投影机阵列开发出了一台实验样机,该装置可以显示具有 49 个横向视点的 3D 图像,且相邻视点的角间距为 0.51°,通过对图像生成和重组算法的优化,使得显示效果得到了极大改善。

**关 键 词:** 3D 显示;自体视显示;拼接视场;视点

**中图分类号:** TN27      **文献标识码:** A

## Novel 3D Display Based on Spliced View-Field

LI Shuai, LI Hai-feng\*, PENG Yi-fan, LIU Xu  
(State Key Lab of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** A novel 3D display approach and system based on spliced view-field is proposed, which consists of an array of mini-projectors and a vertical diffuser. A prototype apparatus is made to demonstrate this method using a 58.4 cm(23 in) LCD and 49 Fresnel lenses of focal length 100 mm, which can display a 3D image with 49 horizontal viewpoints and a small angle pitch of 0.51°. The performance of this system is improved by optimize the image producing algorithm.

**Key words:** 3D display; autostereoscopic display; spliced view-field; viewpoint

## 1 引 言

三维显示从诞生到现在,所开发出来的样机已经形成了一个庞大的家族,依据不同的显示原理大致可分为全息三维显示、体视三维显示和体三维显示<sup>[1-3]</sup>。在 2007 年的 SIGGRAPH 会议上,南加州大学展示了他们研发的一台三维显示设备,其主要部件是一台高速投影机和一个高速旋转的纵向散射屏,能够显示可 360°环绕观看的 3D 图像,然而这项工作中包含高速旋转的部件却成为它的不足<sup>[4]</sup>。Hiroshi Nakanuma 等在 2005

年给出了一种可以显示 128 个方向图像的非常自然逼真的三维显示设备<sup>[5]</sup>。所说的方向图像,是以近乎平行的光线成像,所以该设备成像镜头的光阑处于镜头后焦面上且孔径非常小。

本文提出了一种新型的基于视场拼接的三维显示方法及装置,无转动装置并且具有更大的孔径光阑,所以可以显示更加明亮的三维图像。

## 2 拼接视场体视三维显示方法

所提出的系统可以显示包含超多视点并且视点间隔极小的三维图像。如图 1 所示,该系统包

收稿日期: 2010-03-18; 修订日期: 2010-05-03

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(No. 2009CB320803)

作者简介: 李帅(1985—),男,陕西西安人,硕士,主要从事显示及照明技术研究。

\* 通讯联系人, E-mail: lihaifeng@zju.edu.cn

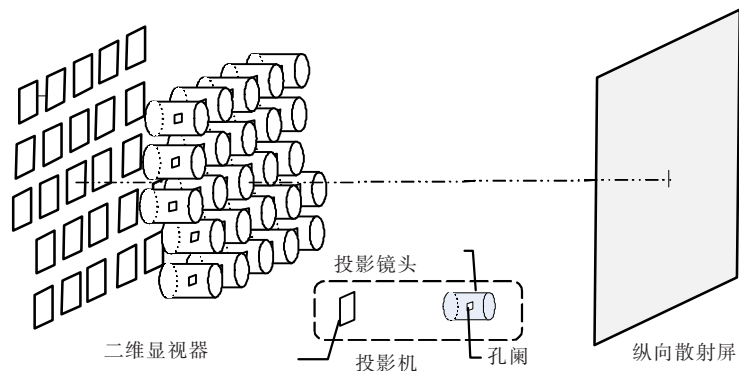


图 1 基于视场拼接的体视三维显示系统

Fig. 1 Novel 3D display system based on spliced view-field

括一个微投影机阵列和一个纵向散射屏。每个投影机由一个二维显示器和一个投影镜头构成，投影镜头包含一个矩形孔径光阑。每台投影机都各自投影一个拼接而成的图像到纵向散射屏上。

图 2(a)说明了投影机的排列方式。一台投影机投影到纵向散射屏上，在屏的前方仅能看到一窄带图像；然而有很多的投影机以一个微小差异从横向不同方向投影图像到纵向散射屏，这样便可以看到一个由很多窄带拼接成的连续宽图像，这正是视场拼接的含义所在。因为投影机的尺寸远大于孔阑，为了保证所有投影机的孔阑能在横向上一个接一个无间隙地拼接起来，所以将投影机错位排列成一个矩阵。图 2(b)展示了一个视点的拼接图像，由于投影机纵向位置不同所以每一条都纵向错开。

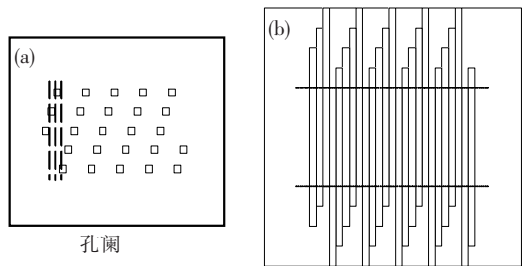


图 2 (a)微投影机的排列方式；(b)一个视点的拼接图像。

Fig. 2 (a)Arrangement of the projectors;(b) A spliced image of a viewpoint.

通过这套系统，观察者在纵向散射屏前的不同位置能观察到三维物体对应视角的视图。图 3 说明了在视点 1 处看到的视图包含来自投影机 A 的一窄带图像  $A_2$  和来自投影机 C 的一窄带图像

$C_2$ ，而在视点 2 处看到的视图包含来自投影机 A 的一窄带图像  $A_1$  和来自投影机 C 的一窄带图像  $C_1$ 。当视点足够多并且足够细密，两只眼睛总能横跨不同视点观察到对应的体视对，得到真切的三维感知。

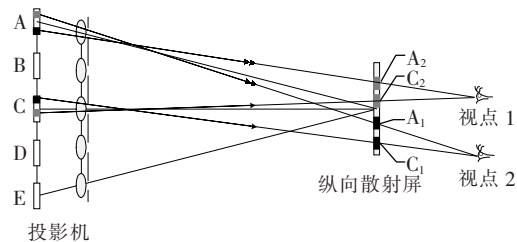


图 3 基于视场拼接的体视三维显示方法

Fig. 3 Novel 3D display approach based on splice

下面以生成包含 3 个视点的三维图像为例，介绍视场拼接的具体方式，也就是生成及重组要

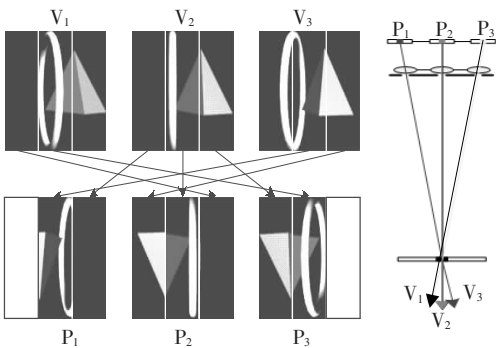


图 4 分割及重组图像： $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  分别是三维物体不同视角的图像， $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  是重组后送入对应微投影机的图像。

Fig. 4 Split and recombination images.  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  are images of a 3D object observed at different horizontal viewpoints, and  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  are images prepared for projectors.

输入到微投影机阵列的图像。首先需要从横向不同视点以很小的角间隔获取三维物体的透视图像,获取方式可以是计算机生成或者用照相机拍摄。接下来,并不是把获取到的 3 幅视图直接送入对应的 3 台微投影机,而是先把它们各自拆分成 3 条窄带图像,再按图 4 展示的次序重新组合成 3 幅新的视图送入对应微投影机。

### 3 系统参数及结果

采用 58.4 cm(23 in)的 LCD 和 49 个焦距 100 mm 的非涅耳透镜作为微投影机阵列开发出了一台实验样机,如图 5 所示,它能够显示具有 49 个横向视点的三维图像。表 1 列出了这台实验样机的性能参数及所使用具体器件,可以看到系统采用的是 1 cm×2 cm 的矩形孔阑,孔阑的宽度在这套系统中固定为 1 cm,而其高度还可以再加大,如此便能显示更加明亮的图像。

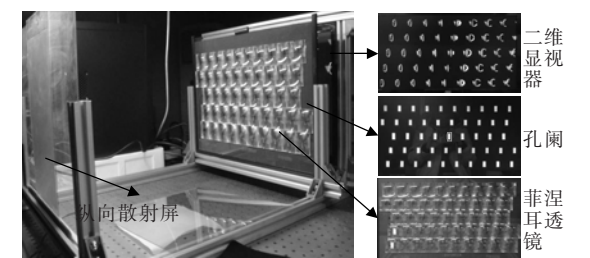


图 5 具有 49 个横向视点的实验样机  
Fig. 5 Prototype-apparatus with 49 horizontal viewpoints

| 表 1 实验样机的详细性能参数及所使用具体器件                                |                                           |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Table 1 Detailed parameters of our prototype-apparatus |                                           |
| 器件参数                                                   |                                           |
| 微投影机数量                                                 | 49                                        |
| 横向视点数量                                                 | 49                                        |
| 视角间隔                                                   | 0.51°                                     |
| 3D 图像分辨率                                               | 147×110×49                                |
| 纵向散射屏                                                  | 柱面光栅:100 线/25.4mm(1 in)                   |
| 投影镜头                                                   | 非涅耳透镜:焦距 100 mm<br>尺寸 50 mm×50 mm         |
| 孔阑                                                     | 矩形: 10 mm×20 mm                           |
| 二维显示器                                                  | LCD: 尺寸 58.4 cm(23 in)<br>分辨率 1 920×1 080 |

用 OpenGL 自带的 GLUT 库模型生成了一组三维物体(一个球和一个圆环,球在圆环的前

方),并通过 OpenGL 获取了横向 49 个视点的视图后,用 MATLAB 进行重组处理,最后送入开发的系统显示,效果如图 6 所示。

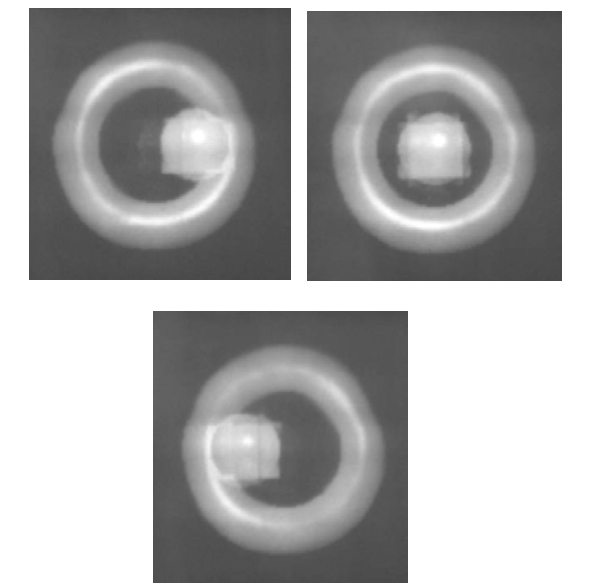


图 6 从横向不同视点拍摄的实验效果照片  
Fig. 6 Photos captured at different horizontal viewpoints.

通过对纵向散射屏和三维图像生成和重组算法的优化设计,使得显示效果较我们以前发表的更为细腻和连续,显示出来的图像没有明显的拼接痕迹,整个画面亮度均匀。

### 4 结 论

提出了一种基于视场拼接的体视三维显示方法及系统,利用 58.4 cm(23 in)的 LCD 和 49 个焦距为 100 mm 的非涅耳透镜作为微投影机阵列开发出了一台实验样机。基于视场拼接的体视三维显示方法能够显示更亮的三维画面,其细腻的视角间隔可以通过双目视差和运动视差等因素带给观察者连续无跳变的三维感知,能显著减少观察自体视三维图像时由于眼睛调节反射与辐辏反射不匹配所带来的疲惫感。该系统可扩展性强,视点数目理论上可无限增加,并且视角间隔可以做到很小,有研究称视角间隔小有助于这种多视点型自体视三维显示装置减轻观察者视觉疲劳,系统所应用的透镜阵列、纵向散射屏等可批量生产,并且成本低廉,有助于降低整套系统的成本。

参 考 文 献:

[ 1 ] Abileah A. Introduction: Special section on 3-D display technologies [J]. *J. Society for Information Display*, 2009, 17(5):397-398.

[ 2 ] Ukai K, HowarthKazuhiko P A. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: background, theories, and observations [J]. *Displays*, 2008, 29(2):106-116.

[ 3 ] Pastoor S, Wijpking M. 3-D displays: A review of current technologies [J]. *Displays*, 1997, 17(2):100-110.

[ 4 ] Jones A, McDowall I, Yamada H, *et al.* Rendering for an interactive 360° light field display [C]//*ACM Transactions on Graphics*, 2007, 26(3):40(1-10).

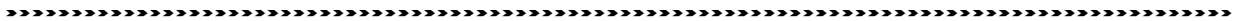
[ 5 ] Hiroshi N, Hiroyuki K, Yasuhiro T. Natural 3D display with 128 directional images used for human-engineering evaluation [J]. *Proceedings of SPIE*, 2005, 5664: 28-35.

[ 6 ] 郝敦博, 李大海, 王琼华, 等. 柱面透镜自由立体显示器的分辨率损失研究[J]. 液晶与显示, 2008, 23 (4):494-498.

[ 7 ] 焦甜甜, 王琼华, 李大海, 等. 基于 3DS MAX 的集成成像研究[J]. 液晶与显示, 2008, 23(5):620-624.

[ 8 ] 张 超, 王琼华, 李大海, 等. 从平面图生成多视点自由立体显示视差图的研究[J]. 液晶与显示, 2009, 24(2): 258-261.

[ 9 ] 汪洋, 王元庆. 多用户自由立体显示技术[J]. 液晶与显示, 2009, 24(3):434-437.



SI 单位的倍数单位

SI 单位的倍数单位是由 SI 词头与 SI 基本单位和 SI 导出单位构成。倍数单位的选取一般应量的数值处于 0.1~1 000 之间。

- SI 词头是用于构成倍数单位的因数符合, 不能单独使用。
- 词头符号与所紧接着的单位符号应作为一个整体对待, 它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位), 并具有相同的幂次。例如:  $10\text{ hm}^2=10\times(100\text{ m})^2=10^5\text{ m}^2$ ;  $1\text{ cm}^3=(10^{-2}\text{ m})^3=10^{-6}\text{ m}^3$ 。
- 词头不能重叠使用, 即不能使用由几个词头并列组成的组合词头。例如: 不能用  $\text{m}\mu\text{s}$ (毫微秒), 正确的为  $\text{ns}$ (纳秒)。
- 摄氏度、平面角和时间单位(s 除外)及 kg 等不得使用词头的倍数单位。例如: “mh”(毫小时), “hkg”(百公斤)是不规范的。

数值范围的表示法

1. 数值范围采用波浪号“~”。
2. 书写百分数范围, 每个百分数后面的“%”都要重复写出。例如“10 %~20 %”不能写成“10~20 %”。
3. 书写用万或亿表示的数值范围, 每个数值中的万或亿不得省略。例如 2 万~5 万, 不能写成 2~5 万。
4. 书写具有相同幂次的数值范围, 每个数值中的幂次都要重复写出。例如“ $3\times10^5\sim5\times10^5$ ”不能写成“ $3\sim5\times10^5$ ”, 但可以写“ $(3\sim5)\times10^5$ ”。
5. 单位相同的量值范围, 前一个量值的单位可以省略, 只需在后一个量值上写出。例如: “5 mm~8 mm”应写作“5~8 mm”。
6. 单位不完全相同的量值范围, 每个量值的单位应全部写出。例如: 2 h~2 h30 min(但最好改为“2~2.5 h”)。