

文章编号:1007-2780(2009)03-0434-04

多用户自由立体显示技术

汪 洋,王元庆*

(南京大学 电子科学与工程系,江苏 南京 210093)

摘 要:介绍了一种新型的多用户自由立体显示器的结构原理和背光实现方案。采用液晶显示屏,利用菲涅尔透镜的光学成像原理形成可视区域,背光板采用 LED 阵列分立控制,每一列都可以单独点亮,通过与人眼跟踪程序相互配合,对处在不同区域的观察者分别提供光源,使观察者在屏幕前的任何区域都可以观察到立体效果。实验采用 930 mm 焦距的菲涅尔透镜,光源距离屏幕 839 mm,可以在显示屏前 490~550 mm 的位置处得到 $\pm 30^\circ$ 的可以自由移动的立体视域,利用单片机控制系统,反应时间小于 30 ms。

关 键 词:自由立体;多用户;LCD;LED;菲涅尔透镜
中图分类号:TN 873 **文献标识码:**A

1 引 言

人们用两只眼睛观察世界,由于左右眼看到的景物略有差异,所以看到的客观世界是立体的^[1,2]。自从显示设备诞生以来,为了可以真实地再现客观世界,人们从未间断对于立体显示技术的研究。立体显示技术可以应用于娱乐、教育、军事、医疗等众多方面,日益受到世界各国的重视,日本、美国和欧洲等国家都投入了大量的力量进行这方面的研究,取得了很大的成果。其中基于视差的立体图像显示技术以实现方便和技术成熟的优点而被广泛应用^[3]。

传统的视差立体显示技术分为辅助式和无辅助式两种类型。辅助式立体显示利用分时、分光、分色等技术将对应的具有视差的两幅图片分别送入人的左右眼,可以形成很好的立体显示效果,但其缺点是需要观察者佩戴相应的眼镜,对于同时处理其它事物的使用者而言不是很方便,还存在闪烁、视觉疲劳等现象;无辅助立体显示采用光栅遮挡或者柱面光栅的技术在 LCD 屏幕上实现光路的分割,使对应的眼睛看到只属于自己的图像,也可以在头脑中融合出立体效果^[4-8],但观察者只有在屏幕前确定的位置才能观看到立体效果,虽然产生立体效果的视域有多个,却不是连续变化

的^[5]。针对以上情况,在视差无辅助立体技术的基础上,提出了一种利用菲涅尔透镜和 LED 照明阵列实现观察区域的多用户自由立体显示器^[9,10],通过与人眼跟踪随动装置相结合,可以给在观察区域内任意位置处的观察者提供有效的观察窗口,同时多用户之间没有相互影响。

2 系统结构组成

对于视差立体显示,关键技术是要将对应的图像送入对应的眼睛,使人的左右眼睛看到的是两幅具有一定差异的图像,经过大脑融合后就可以形成立体效果。实验中采用的实现方法是在液晶显示屏上分奇偶行分别显示不同的两幅图像,利用菲涅尔透镜的光学成像原理来实现这一光路的分割,具体结构见图 1。利用两个菲涅尔透镜控制光路的走向,同时采用水平扩展装置以增大水平视角,采用垂直分光装置使光线分别照亮奇偶行的对应像素,从而形成可视观察区域。

为了形成视域,先从单个的菲涅尔透镜对光线的控制入手^[9],如图 2 所示。以显示屏的中心为坐标原点建立坐标系,显示屏所在平面为 xy 平面,当显示器由两个在 x 方向上有一定距离的点光源照明时,在观察区域就会形成两个存在一定距离的光点,如果这两个点光源同时在 y 方向

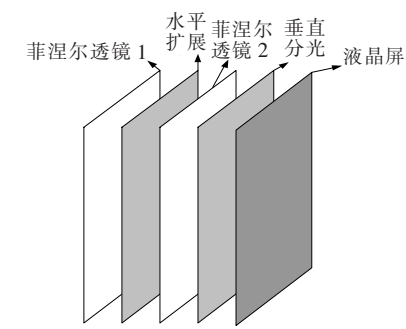


图 1 光学系统的组成
Fig. 1 Optical system

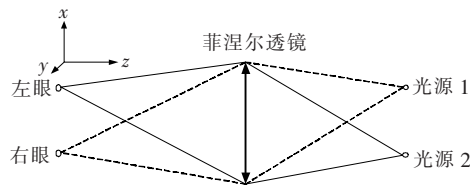


图 2 菲涅尔透镜成像原理
Fig. 2 Imaging principle of Fresnel lens

上也存在一定的距离,经过菲涅尔透镜汇聚后再通过垂直分光装置就可以使这两个点光源分别只能照亮 LCD 屏幕的奇数行和偶数行,形成两个分别只能看到奇数行或者偶数行的可视区域。利用简单的成像公式:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

其中: v 为像距, u 为物距, f 为焦距。使像距等于人两眼间的距离(约 65 mm),就可以计算出两个照明光源在 x 方向上应该具有的距离,从而形成正确的视域。图 1 所示的结构也同样利用了这个原理。至此得到了分别对应于左右眼睛的有效观察区域,但是这个区域是固定的,也就是说观察者只能站在显示器前的特定位置才能看到立体效果。为了实现观察者在屏幕前可以自由移动而同时始终能够提供正确的可视区域,就需要点亮的光源能够一直随观察者的移动而移动,及时将可视区域送到观察者所处的位置。

3 采用 LED 阵列光源实现自由立体显示

为使可视区域可以跟随观察者的移动,将单一的背光源模块分割成两个 LED 阵列模块,见图 3,图中用灰色表示点亮的区域。LED 阵列可以

单列控制,分区域点亮,利用人眼探测跟踪装置得到观察者人数和眼睛的位置等信息,同时用 LED 驱动芯片控制 LED 在相应的位置处点亮,以提供给观察者对应的光源,这一控制过程如图 4 所示。单片机通过串口与上位机通信,获得人数和人眼位置等相关信息,同时转换成 LED 阵列中需要点亮位置的绝对值,利用 P_1 脚按照一定的时序传送给驱动芯片。考虑到 LED 亮度的恒定要求,驱动芯片采用恒流源,以串入并出的方式,每一个输出引脚控制一列 LED 的点亮与否,根据得到的数据就可以点亮在对应位置处的 LED,实现可视区域的自由移动。

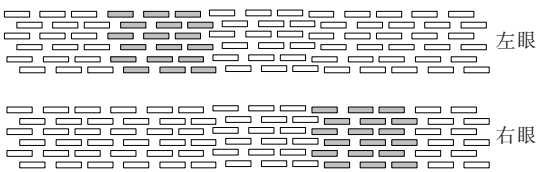


图 3 LED 阵列示意图
Fig. 3 Sketch map of the LED array

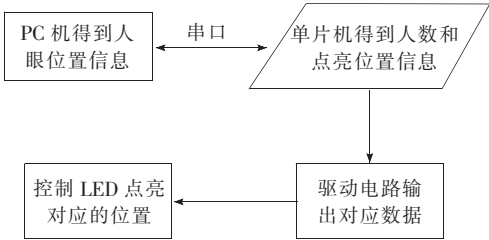


图 4 硬件控制流程
Fig. 4 Hardware control flow chart

如图 5 所示,假设观察者处于 A 位置,通过摄像头对于观察者位置的探测,转换成 LED 阵列中需要点亮的位置,如图中光源处 A 所示,点亮水平和垂直方向都有一定距离的两个模块,则可以给处在 A 位置的观察者提供具有良好立体效果的可视区域;当观察者从 A 点移动到 B 点时,通过摄像头检测到这一动作,重新得到观察者在 B 处的坐标位置,控制 LED 光源 A 处熄灭,在 B 处点亮,于是这一个立体的可视区域就从 A 处移动到了 B 处。也就是说,不论观察者如何移动,通过人眼位置检测和 LED 的驱动控制,这一个立体可视区域始终跟随观察者,使观察者不论在屏幕前的哪一个位置都能看到立体效果。同时,如果 A 和 B 是两个处在不同位置的观察者,则可以

将光源处的 A 和 B 同时点亮,这样就可以提供两个立体视域,由于两个观察者的窗口是由两组独立的光源提供的,所以它们相互之间不会产生影响。如果再新加入观察者或者已有的观察者离开,只需要同步点亮或熄灭对应位置处的光源即可。这样就实现了多人的自由立体显示。

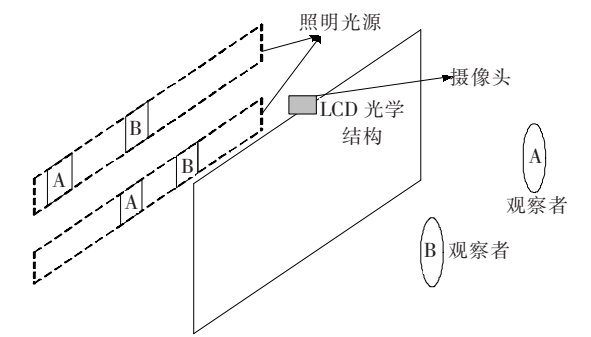


图 5 可视区域跟踪示意图

Fig. 5 Sketch map of the available watching space tracking

4 实 验

实验中采用 43.2cm(17 in) 液晶显示屏,分

辨率为 1 280×1 024。两块菲涅尔透镜采用相同的 930 mm 焦距,水平视角扩展装置可以实现视角的 6.4 倍扩展。照明光源采用华鼎电子有限公司生产的 L-C192WDT 型号的贴片 LED,外观尺寸为 0.8 mm×1.6 mm×0.4 mm,是一种小尺寸大功率的白光 LED,在 200 mm×17.3 mm 的空间中以 124 列为一组,利用单片机的 P1 脚串行输出数据,利用串并转换恒流源实现每一列的单独控制,两组光源在 y 轴的距离约为 110 mm,基于以上原理刚好分别照射到奇偶像素行上(注意此时光源在 y 轴方向的长度要小于 25 mm 才不会有串行的现象发生)。以双眼距离为 65 mm 计算,分别在 x 轴方向上对应的位置点亮 15 mm 宽的光源,可以在显示屏前 490~550 mm 的位置处得到一组立体视域,配合角度扩展装置,水平移动角度可以达到±30°,具体数据见表 1。

当观察者在移动时,通过人眼探测装置检测位置的变化得到相应的数据,控制 LED 阵列的熄灭与点亮,可以使观察者在屏幕前任意位置都能看到较好的立体效果。但是为了追求定位精确,同时立体视域窗口可以实时跟踪观察者的位置变

表 1 立体显示效果数据
Table 1 Data of the auto- stereoscopic display

照明光源所在位置 (mm)	光源在 x 方向与 屏幕中心点距离(mm)	最佳观察距离 (mm)	观察点在 x 方向与屏 幕中心点的距离(mm)	可以看到立体效果 的区域(mm)
818	0	530	0	490~550
820	9	515	48	480~530
822	19	495	103	465~517
826	28	457	145	433~481
831	41	435	179	400~456
838	50	410	231	393~429

化而不会出现跳跃感,就需要 LED 阵列可以实现无级变化,同时对于跟踪速度的要求也比较高。现有的系统 LED 阵列间距为 1.6 mm,也就是说,LED 每变化一列,所形成的窗口会沿着 x 轴的方向变化约 10 mm,同时配合现有的人眼位置检测装置,系统的总体反应速度约为 20 ms。实际观察时,由于点亮窗口的亮度分布不均匀(中间较亮,边缘亮度有所下降)等问题,会有轻微的闪烁现象,所以需要更高的反应速度以及更加密集的 LED 阵列,以达到更好的立体显示效果。与此

同时,从以上数据中也可以看出,当成像角度越大时,立体可视区域越靠近屏幕。为了使成像区域可以在一条水平线上(z 轴方向位置不会改变),现阶段只是简单的将光源做成阶梯状,下一步的改进可以将照明光源做成弧形,以满足成像规律。

5 结 论

立体显示技术具有非常广泛的应用前景,视差立体显示技术也已经相当成熟。本文所采用的方式只需要一对立体图片,通过与人眼位置检测

系统配合使用,即可实现无干扰的、多人同时观看 场潜力。系统在结构紧密度以及跟踪实时性方面的立体显示,观看视角达到 $\pm 30^\circ$,具有很大的市 正在进一步完善。

参 考 文 献:

[1] Siegmund Pastoor, Matthias Wopking. 3-D Displays: A review of current technologies [J]. *Displays*, 1997, 17: 100-110.

[2] Takashi Kawai. 3D displays and applications [J]. *Displays*, 2002, 23: 49-56.

[3] 王元庆. 自由立体显示器的应用与现状 [J]. *现代显示*, 2003, (1): 38-41.

[4] 王元庆. 基于 LCD 的自由立体显示技术 [J]. *液晶与显示*, 2003, 18(2): 116-201.

[5] 孙超. 几种立体显示技术的研究 [J]. *计算机仿真*, 2008, 25(4): 213-217.

[6] 王元庆. 基于狭缝光照明的 3D-LCD 光学结构分析 [J]. *现代显示*, 2004, (4): 45-48.

[7] 张晓媛, 黄红梅, 魏臻. LED 显示屏的裸眼立体影像研究 [J]. *天津理工大学学报*, 2006, 22(6): 20-22.

[8] 王琼华, 陶宇虹, 李大海, 等. 基于柱面光栅的液晶三维自由立体显示 [J]. *电子器件*, 2008, 31(1): 296-298.

[9] 宋斌, 王元庆. 立体液晶显示器的光栅位移控制系统 [J]. *液晶与显示*, 2007, 22(1): 47-50.

[10] 闵森林, 王元庆. 基于菲涅尔透镜的新型立体显示系统 [J]. *液晶与显示*, 2007, 22(3): 306-309.

Auto-Stereoscopic Display for Multi-Users

WANG Yang, WANG Yuan-qing

(Department of Electronic Science and Engineering, Nanjing University,
Nanjing 210093, China, E-mail: E-mail: yqwang@nju.edu.cn)

Abstract

Auto-stereoscopic display means that the observers can obtain 3D images only using naked eyes, without any other assistant devices. This paper introduced the system using LEDs as the illumination to implement the stereo display for multi-users. Based on the LCD display, Fresnel lens was used to control the path of the LED light which was responsible for the parallax images. Cooperated with the head tracking programme, the LED arrays can offer the exact light to different observers independently. So the observer can see the right-left images and the gain the 3D images. The system uses Fresnel lens with the focal length of 930 mm, sets the light source 839 mm back from the LCD. Then we can get free view areas at the distance about 490~550 mm before the LCD display. Based on the optic angle enlarging structure, the stereo view angle can be up to $\pm 30^\circ$, responding time of the system is less than 30 ms.

Key words: auto-stereoscopic; multi-user; Fresnel lens; LCD; LED

作者简介: 汪洋(1984—)女, 辽宁沈阳人, 硕士, 目前主要从事立体图像处理、立体显示技术以及基于单片机的立体显示背光研究;

王元庆(1964—), 男, 安徽芜湖人, 教授, 从事传感器技术等方面的教学研究工作, 主要研究方向为电子视觉与现代信息显示技术, 研究领域涉及光电子技术、液晶显示技术、立体图像技术等。