

· 光学设计 ·

一种采用光电技术的头盔显示系统模拟器设计

黄 威, 杨 成

(空军工程大学 航空机务士官学校, 河南 信阳 464000)

摘 要: 为了实现头盔显示系统的功能,在模拟器开发中,采用体积小、质量轻的彩色微型有机发光显示器做图像源,具有较高的亮度和分辨率;通过构建双凸透镜和半透明平面镜组成的光学系统,实现透视型、视准式显示,满足了头盔显示的要求;采用双摄像机和双红外辐射器图形的测量装置,通过软件采集处理解算头盔位置,使得位置测量范围大,而且头盔附加质量小。应用结果表明,模拟器通用性好,功能和各项性能达到设计要求。该设计方案可为车载、舰载和机载头盔显示系统模拟器的研制提供借鉴。

关键词: 头盔显示;有机发光显示器;光学系统;测量装置;位置测量

中图分类号: TN209

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2018)-05-0010-05

Design of Helmet Display System Simulator Based on Electro-optical Technology

HUANG Wei, YANG Cheng

(Air Force Engineering University Aviation Maintenance NCO Academy, Xinyang 464000, China)

Abstract: In order to implement the function of a helmet display system, a small size and light weight color micro organic light emitting display (OLED) is used as image source in the simulator, which has higher brightness and resolution. The optical system is composed by double convex lens and translucent plane mirror, in which can satisfy the needs of helmet display by perspective and collimation display. The measuring equipment contains double cameras and double infrared radiators, meanwhile the helmet position is obtained by software collecting and processing, which can gain big position measurement range and small helmet added weight. The application results show that the simulator has good versatility and the functions and technical indexes reach the design requirements. The design can provide references for vehicle-mounted, ship-based and airborne helmet display system simulators.

Key words: helmet display; organic light emitting display (OLED); optical system; measuring device; position measuring

头盔显示系统是将显示器安装在头盔上,能使显示器随使用者的头部转动,从而在观察景物的同时能实时显示所需的字符和图像信息,并能测量出目标相对于观察者的角位置^[1]。它可安装在车辆、舰船、飞机等各种平台上,实现对外界景物的实时观察和目标快速定位。已从军用领域扩展到工业、医疗、教育、游戏等民用领域,具有广泛的应用前景^[2]。为实现对多种类头盔显示系统的模拟,基于

微型有机发光显示器应用摄像法设计了一种头盔显示系统模拟器。

1 系统设计方案

实现头盔显示系统的两大技术难点一是透视显示;二是能进行头部位置测量。透视显示是在观察景物的同时还能够显示字符和图像;头部位置测

量则是为了实现对目标进行快速定位。现代光电技术的发展为实现头盔显示提供了有力的支撑^[3],设计采用微型固态显示器加视准式光学系统实现头盔显示,采用摄像法由小型 CCD 固体摄像机和图像处理算法实现头盔位置的精确测量。系统总体组成包括硬件和软件两大部分。

1.1 硬件组成

根据头盔显示系统的功能要求,设计模拟器的硬件组成包括显示组件、头部位置测量装置、控制系统和电源等,如图1所示。

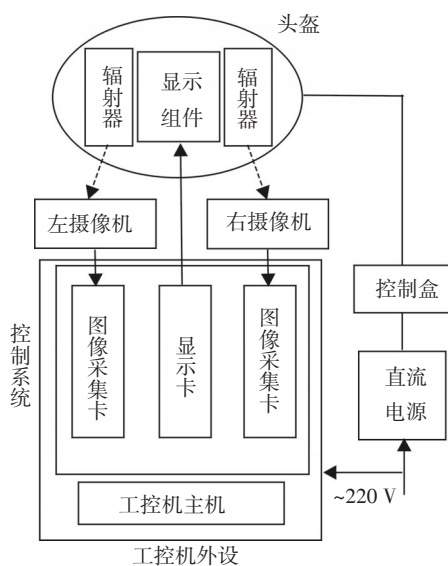


图1 系统硬件组成

显示组件安装在头盔上,用于产生显示信息并投射给使用者。显示组件由微型显示器模组、光学系统和安装支架(镜筒)组成。微型显示器模组是模拟器的图像源,包括一块微型有机发光显示器(OLED)和一块复合视频驱动板。光学系统用于显示成像,包括一组透镜和一块半透明平面镜。镜筒作为安装支撑将显示器模组和光学镜片结合成整体,便于在头盔上装、拆和位置调整。

头部位置测量装置用于测量观察者头部转动的角度,由安装在头盔上的红外辐射器和安装在头盔前方安装支架上的两个 CCD 固体摄像机组成。

控制系统由1台工业控制计算机、2块图像采集卡(1394接口卡)、1块显示卡组成。工控机主机是系统的基础硬件平台。2块图像采集卡完成 CCD 摄像机图像信号的采集、转换,将摄像机摄取的红

外辐射器图像转换成视频格式信号,以便计算机处理计算。显示卡用于头盔显示器的显示驱动。

控制盒用于系统中头盔显示器及辐射器的上电控制和头盔显示器的亮度、对比度调整。

直流电源为显示器和红外辐射器提供工作所需的直流电压。

1.2 软件组成

在头盔显示系统中,软件用于完成界面显示和工作状态控制、硬件管理和摄像机设置、实时图像数据采集和处理、位置坐标计算等。软件由主程序、显示控制子程序和位置测量子程序组成,软件总体结构如图2所示。

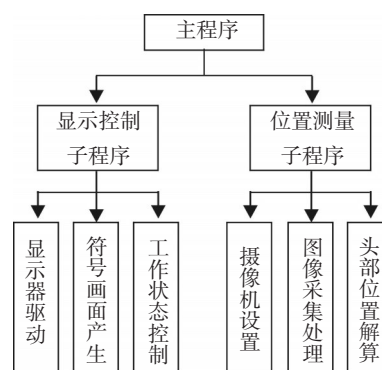


图2 软件总体结构

主程序用于系统总体控制,完成系统初始化,生成用于调试和结果输出的主显示界面。

显示控制子程序用于头盔显示的工作控制,完成微型显示器的驱动,产生头盔显示符号画面,控制头盔显示器的工作状态转换。

位置测量子程序用于控制头部位置测量装置工作,完成摄像机设置,进行图像采集和处理^[4],计算头部位置坐标。

2 头盔显示组件设计

头盔显示系统将显示的信息呈现在使用者眼前,使得在观察外界景物的同时还能看到显示信息。同时要求显示的信息呈现在光学无穷远处,使观察者既能看清外界景物,又能看清显示信息,既要求透视型、视准式显示。实现上述要求需要复杂的光学系统和高亮度的显示器图像源,而且要求体积小、质量轻,适合于在头盔上安装。

为此,系统中选用OLED微型显示器模组作图像源,配合双透镜(物镜)和平面型半透明光学镜片(目镜)组成的光学系统,构成头盔显示组件。其原理如图3所示。

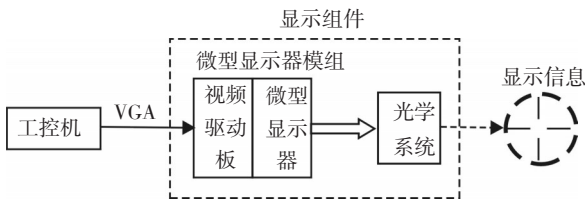


图3 头盔显示组件原理框图

目前,有机发光显示器已经具有分辨率高、响应速度快、超轻薄、色彩丰富优异性能^[5],完全满足头盔显示符号、图像的需求。OLED通过安装在其背面的复合视频驱动板与工控机中显示卡连接,驱动板即完成视频信号转换又完成接口通信,实现OLED亮度、对比度、色饱和度等图像调节。

工作时,由显示子程序产生显示信息,通过主机显示卡VGA接口送到微型显示器模组,在OLED屏幕上产生出显示画面,再经光学系统放大、放远后投射到观察者眼中。

为了实现透视型、视准式显示要求,设计了由双凸透镜和一块平面目镜组成的光学系统,如图4所示。

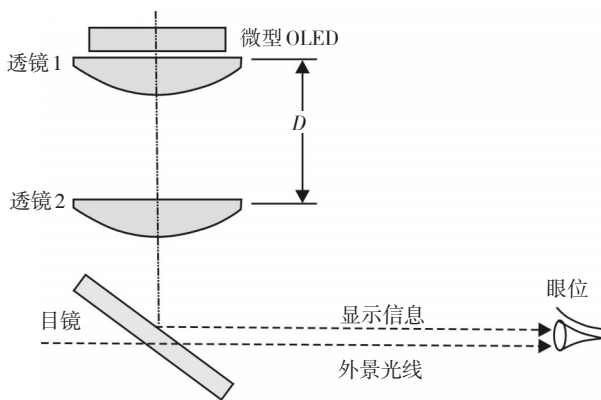


图4 光学系统组成

图4中,双凸透镜作为物镜组件,用于放大放远图像,实现准直显示。实现准直显示是将图像成像到接近光学无穷远处。根据凸透镜成像原理,只需将景物放置于凸透镜焦平面以内接近焦距处,即可在接近无穷远处形成正立的图像——即准直^[6]。因

此,首先计算出物镜的焦距,双凸透镜总焦距与两个透镜之间的距离 D 有关,原理计算公式为

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{D}{f_1 \times f_2} \quad (1)$$

式中, f 为透镜组(物镜)的焦距; f_1 为透镜1焦距; f_2 为透镜2焦距, D 为两个透镜之间的距离。根据公式计算出 f 。再将透镜1、透镜2之间的距离制成 f ,即可以实现视准式显示。

图4中,采用一块半透明、半反射的光学镜片作为目镜。目镜通过一根连接杆安装于镜筒外侧,连接杆长度可调节,以适应不同人的眼位。图像源光线通过物镜聚焦后,经目镜反射进入观察者眼中;外界景物光线经目镜透射也同时进入观察者眼中。于是观察者通过目镜既能看到显示符号,又能看到外界景物。从而实现了透视型、视准式头盔显示功能。

在模拟器研制中,选用一块0.6 inch的OLED作为图像源,其显示颜色为全彩色,显示亮度可达 400 cd/m^2 ,分辨率为 800×600 ,驱动电源为 5.0 V ;为覆盖显示器的视场,采用两块直径为 22 mm 的凸透镜,透镜焦距为 50 mm ;目镜采用透光率为 60% 、反光率为 40% 的镜片。依式(1)可知,当两个透镜焦距都为 50 mm 时,设计透镜1、透镜2之间的距离为 50 mm ,算出物镜的焦距恰好也为 50 mm 。实际系统设计中两个透镜安装于一个镜筒中,间距略小于 50 mm 并可调节,将微型显示器安装于镜筒一端紧贴透镜1处,OLED显示画面就将被放大并成像在接近无穷远处,由此形成视准式显示。由于系统中采用亮度达 400 cd/m^2 的高亮度OLED作为图像源,因此,经光学系统反射后最后眼睛能观察到的亮度仍可达 160 cd/m^2 ,足够满足室内环境使用要求。由于实现了视准式显示,显示画面呈现在光学无穷远处,使用者无论观察多远距离的外界景物,屏幕显示信息都是清晰的,使用者的眼睛不用来回调焦,便于观察。OLED显示画面经透镜放大后,达到足够的视场,约相当于 3 m 远处 42 inch 的画面,有足够的分辨率并能显示彩色画面。

3 头部位置测量装置设计

系统中采用摄像法实现头盔位置的测量。由CCD固体摄像机摄取头盔上红外辐射器发光组成

的几何图形,产生的图像信号经软件处理后解算出头部的位罝。具有结构简单,实现容易,探测范围大等优点。

3.1 测量装置组成

测量装置由安装在头盔上的两组辐射器和安装在头盔前方安装支架上的两部摄像机组成。

辐射器应采用波长大于 750 nm 的红外发光二极管,以消除可见光干扰^[7]。每组辐射器采用 4 个红外发光二极管,由外边的 3 个二极管组成一个等边三角形(边长根据头盔尺寸适当确定),作为探测用的几何图形,正中央的 1 个二极管用于计算矩心。两部摄像机用于采集头盔上红外发光二极管的光线。

在模拟器研制中,红外发光二极管波长为 940 nm,辐射器三角形边长为 80 mm,摄像机采用宽视场镜头的工业级 CCD 固体摄像机,其焦距为 4.7 mm,波长范围为 400~1 000 nm,可探测波长为 1 000 nm 以下的红外光^[8]。镜头前加装波长 940 nm 的单边滤光镜,滤除波长 940 nm 以下的可见光,减少可见光对摄像机成像的影响。摄像机安装架用于确保摄像机的安装精度。

3.2 测量装置的工作原理

测量装置工作时,由控制盒接通直流电源驱动红外二极管发光。CCD 摄像机摄取红外二极管的图像,输出的视频图像信号经图像采集卡采集、转换后,送主机处理器处理^[9],首先计算出各个二极管光点在显示器屏幕上成像的位置,再根据光点成像的位置与实际二极管位置之间的关系,通过算法程序计算出头部视线的方位角、俯仰角和横滚角。头盔位置的计算原理如下:

辐射器发出的红外光线在摄像机 CCD 阵列上成像。由于摄像机位置固定,各个红外二极管在 CCD 阵列上成像的光点位置可计算出来。又由于摄像机镜头的焦距已知,辐射器为边长已知的等边三角形,因此可解算出在摄像机坐标系中三角形中心处的法线向量,即向径的大小和方向。在三维坐标系中,知道了向量的向径,即可以求出向量相对于三个坐标轴的偏角。最后经坐标转换,将在摄像机坐标系中求出的偏角转换到基准(安装平台)坐标系,即可得到头部视线的方位、俯仰和横滚角。

二极管与其在 CCD 上成像光点之间的位置关系如图 5 所示。

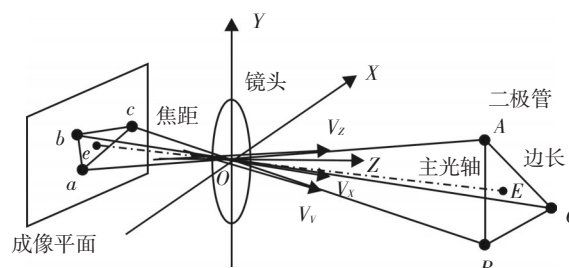


图5 二极管与 CCD 上成像光点的位置关系

图中, A 、 B 、 C 、 E 为头盔上的二极管, A 、 B 、 C 组成一个等边三角形, E 为三角形中心; a 、 b 、 c 、 e 是 A 、 B 、 C 、 E 在摄像机 CCD 成像平面上形成的光点位置, O 为摄像机镜头中心位置,也是摄像机坐标系的原点。 a 、 b 、 c 、 e 各点在成像平面坐标系中的坐标可很容易的求出:也就是 CCD 阵列上亮度为 255 的那些点的行、列位置。而成像平面坐标系与摄像机坐标系相差一个镜头焦距的距离。因此,可求出各光点在摄像机坐标系中的坐标。

求出 a 、 b 、 c 、 e 的坐标后,镜头焦距为已知,因此,可求出各成像光点与二极管之间连线的向径 V_x 、 V_y 、 V_z 的大小和方向;又由于二极管三角形边长为已知,所以,可求解出 A 、 B 、 C 各点到摄像机镜头中心 O 的距离,进而求出 A 、 B 、 C 各点在摄像机坐标系中的坐标,从而求出了三角形所在的平面。二极管安装在头盔上,随头部运动,所以三角形所在平面的位置,就是头部的位罝,其法线方向就是头部视线的方向。

测量装置的工作由软件控制,头盔位置测量流程如图 6 所示。

其中图像采集是摄像机 CCD 接收辐射器的光线,进行光电转换变为模拟电信号输出,图像采集卡接收并转换为数字视频信号,送主显示器显示。图像处理时程序对显示器屏幕进行逐行扫描,找出所有光点,并求出各光点直径和坐标。由于屏幕上显示的光点图像是由摄像机 CCD 探测的^[10],因此,根据光点在 CCD 阵列上的行、列位置就可以得出光点在成像平面坐标系中的坐标。求出所有光点的数据后,程序根据前述的算法计算出头盔的角位罝。最后将头盔位置测量结果输出,送到主显示器

显示,同时控制微型显示器的工作状态。

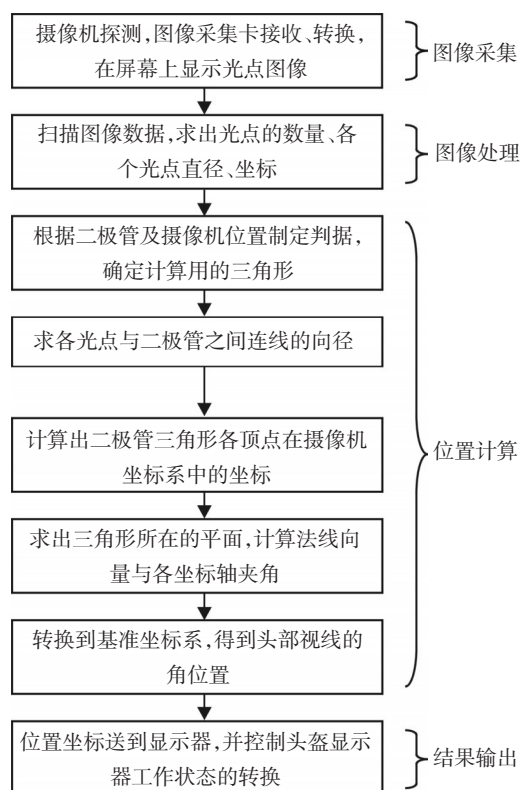


图6 位置测量流程

根据计算原理可知,一台摄像机和一组辐射器图形即可实现头盔位置测量,但探测视场较小。系统中采用双CCD摄像机、双辐射器图形的方法,可大大增加头盔位置测量范围,同时扩大了使用时头部的径向活动范围。

4 结论

在头盔显示系统模拟器的设计中,采用微型有机发光显示器OLED做图像源,具有较高的亮度和

分辨率且能显示彩色画面,满足了多种信息符号显示的需要。通过设计由双凸透镜和半透明平面镜组成的光学系统,实现了透视型、视准式显示,使得观察者既能看到显示信息,又能看清外界景物。而且整个显示组件体积小、质量轻,满足了在头盔上安装和使用的要求。采用双摄像机、双红外辐射器图形组成的测量装置进行头盔位置测量,具有结构简单,构建容易,可靠性高,头盔位置测量范围大等优点。应用本设计研制的模拟器能仿真多种头盔显示系统的工作,既能进行设备原理验证和技术研究,也可用于使用维修的模拟训练,具有较高的推广价值和应用前景。

参考文献

- [1] 王永年,祝梁生,孙隆和.头盔显示/瞄准系统[M].北京:国防工业出版社,1994.
- [2] 刘军,黄玮.反射式自由曲面头盔显示器光学系统设计[J].红外与激光工程,2016,10:1-6.
- [3] 王海晏.光电技术原理及应用[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [4] 杨成,苏波,赵鹏.基于LabVIEW的电视和红外摄像机控制软件设计[J].光电技术应用,2017,32(2):36-40.
- [5] 李荣荣.OLED显示器专利技术综述[J].电子世界,2017(10):95.
- [6] 王建瑞.基于红外图像的自动调焦技术[J].光电技术应用,2018,33(3):1-5.
- [7] 尚举邦,何大龙.强光对红外图像质量的干扰分析研究[J].光电技术应用,2017,32(4):46-52.
- [8] MV-VS030F工业相机开发说明书[M].西安:陕西维视数字图像技术有限公司,2011.
- [9] 何鹏,庞澜,何樱,等.一种直升机光电图像定位方法研究[J].光学与光电技术,2018,1:83-88.
- [10] 王庆有,孙学珠.CCD应用技术[M].天津:天津大学出版社,1993.