

场分立体显示系统的硬件实现*

洪琨彬 李惠超 韦 穗 周敏彤

(中国科学院合肥智能机械研究所, 合肥市科学路 10 号, 230031)

摘 要 根据双摄像机的几何模型, 提出了一套双眼立体显示系统的设计方案——场分立体视觉系统。硬件采用流行的 PCI 总线与计算机相连, 能够实时获取 2 个摄像机图像, 并能按双眼成像要求的频率工作, 产生一个增强的三维世界。

关键词 虚拟现实; 临场感; 场分立体显示; 液晶光阀

分类号 TP15; TP34

视觉临场感是指观察者身在异地而能感受到现场的立体感场景, 从而获得身临其境的体验。视觉临场感取决于两方面:

1) 现场情况在基地端三维再现, 供观察者在基地端观看。

2) 观察景物时的视线跟踪, 使观察者随观察视线的改变而能看到相应变化的现场三维情况。

满足以上两点, 就可使人感受到很强的视觉临场感。图 1 表示视觉临场感系统结构的原理框图。

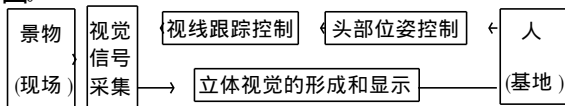


图 1 视觉临场感系统

Fig. 1 Telepresence System (Vision Part)

构成视觉临场感系统的硬件很多, 本文主要论述场分立体显示的硬件系统及其工作原理。

1 基本原理

立体视觉的形成亦即三维环境的重构, 通常都是利用双眼特性让左、右眼看到两幅具有立体视差的图像, 大脑将两幅有视差的图像合成一幅立体图像。

场分显示的原理是将左、右摄像机图像分时交替显示在同一显示设备上, 人戴上高速眼镜开关(即液晶光阀)观看, 显示左摄像机图像时, 左眼镜片开启, 右眼镜片关闭, 使左眼看到左摄像机图像; 反之, 右眼看到右摄像机图像, 通过人脑的合成, 形成立体感。相对其它立体视觉形成的方法,

场分立体显示具有立体感强、彩色失真小、硬件设备简单和便于随动控制等优点。

在场分立体显示系统中, 关键问题是闪烁给观察者带来的不适。闪烁的原因是单眼观察频率比较低, 所以, 提高场频从而提高单眼观察频率, 使单眼观察频率接近甚至超过临界闪烁频率 43 Hz, 成为解决闪烁问题的根本方法。

国外的大部分分时立体显示系统都用提高场频的办法来解决闪烁。美国 Tectronix 公司研制的一个立体视觉系统将场频提高到 120 Hz, 即单眼观看图像的频率达到 60 Hz。它之所以能够达到如此高的场频, 是因为使用了专用摄像机, 其视频信号场频可达 120 Hz。但具有如此高场频的专用摄像机造价昂贵。

为提高显示频率, 首先, 必须采用专用的显示设备, 使之能达到快速显示的效果。这里我们采用了计算机的监视器, 它的带宽通常可达 80 MHz, 场频可达 90 Hz, 行频可达 56 kHz。

多媒体视频技术能实现视频信号到 RGB 信号的转换, 并且按 VGA 扫描时序形成体视信号送计算机终端显示, 利用“慢存快放”的原理提高场频, 削弱闪烁的影响, 增强体视效果。图 2 为原理图。



图 2 多媒体视频技术原理图

Fig. 2 The Principle of Multimedia Video Technique

图 2 表示把摄像机、录像机等产生的 Video 信号转换成可送计算机 CRT 显示的 RGB 信号。

的过程 在这个过程中,首先需要将 Video 信号数字化,然后解码成数字化的 YUV 信号,再转换成数字 RGB 信号,存储在帧存储器中,然后在 VGA 扫描时序的控制下读取数字 RGB,经过 D/A 转换,到 CRT 显示. 图中,对 Video 信号实时采样以较低频率存入显示帧存储器中,当计算机监视器的工作在高分辨率、高场频方式时,从显示存储器中读取数字 RGB 的频率相对较高. 所以,可通过显示存储器的缓冲作用,实现“慢存快放”,从而提高显示场频

2 场分立体视觉系统的实现

场分立体显示系统的框图如图 3

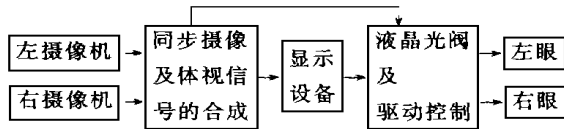


图 3 场分立体显示原理

Fig. 3 Principle of Field-sequential Stereoscopic Display

图中,同步摄像及体视信号合成的功能是生成体视信号;显示设备负责显示体视信号(即分时交替合成的左、右摄像机图像);液晶光阀及驱动控制控制左、右液晶光阀的分时、交替开启和关闭,以保证左眼观看左摄像机图像,右眼观看右摄像机图像,从而通过人的大脑合成,使观看的图像显现出立体感. 图 4 是左右眼显示的时序.

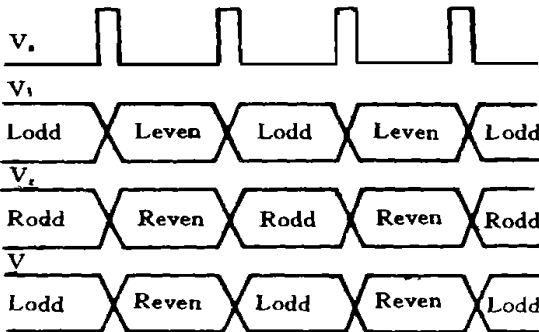


图 4 液晶光阀左右眼时序

Fig. 4 Timing of Liquid Crystal Shutter Control

分时立体显示系统核心就是利用多媒体视频技术将 Video 信号转换成 RGB 信号,再将两路 RGB 信号合成为体视信号送到计算机终端显示,利用 RGB 信号的高场频、高分辨率来减弱闪烁,增强体视效果. 具体系统原理见图 5

2.1 系统的工作过程

1)以右摄像机为从摄像机,将左摄像机的视频信号作为外同步信号给右摄像机,以实现两摄

像机的工作同步.

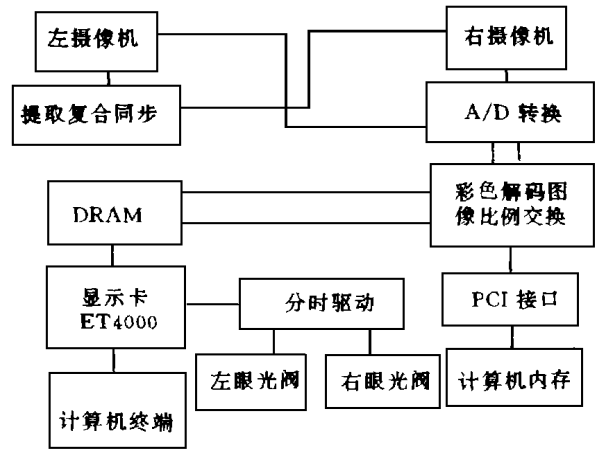


图 5 场分立体显示系统的原理框图

Fig. 5 Diagram of the Field-sequential Stereoscopic Display System

2)两路 A/D (TDA8708)及彩色解码芯片 (SAA7196)将 Video 信号 V_k V_r 转换成 $(RGB)_l$ 和 $(RGB)_r$.

3)利用前面芯片 SAA7196 中所分解出来的行、场同步信号 H_s V_s 和门限信号 HGT VGT 等产生一组控制信号,控制两路 RGB 在 DRAM 中的存贮与读出.

4)由彩色解码芯片 (SAA7196)得到的 RGB 信号通过专用接口芯片 (SAA7116)传输到计算机的 PCI 总线上,并存放在计算机内存中,通过编程可转存至硬盘,作为视频获取的结果,以便对图像做其它处理.

5)将从 DRAM 中读出的数据与 ET4000 卡的 IMA 口相连,通过对 IMA 口的操作来实现 $(RGB)_l$ 与 $(RGB)_r$ 在计算机终端的交替显示.

6)以场同步信号为原始信号,经过 D 解法器得到一方波信号,控制左、右光阀驱动电路的前端控制信号,保证终端出现左摄像机图像时左眼光阀开启,右眼光阀关闭;终端出现右摄像机图像时左闭右开. 下面分 3 部分来介绍这一设计方案.

2.2 系统的视频获取

这一部分电路的原理图如图 6 所示

1)芯片介绍

TDA8708 将摄像机的视频信号经过 A/D 转换成为数字视频信号 CVBS(0~7)

SAA7196 数字解码并将数字视频 CVBS(0~7)转换为数字 RGB(8:8:8)形式,并且可以编程出图像的输出格式.

SAA7116 PCI 总线接口芯片.

2)电路的功能

SAA7116 将两片 SAA7196 输出的视频数据

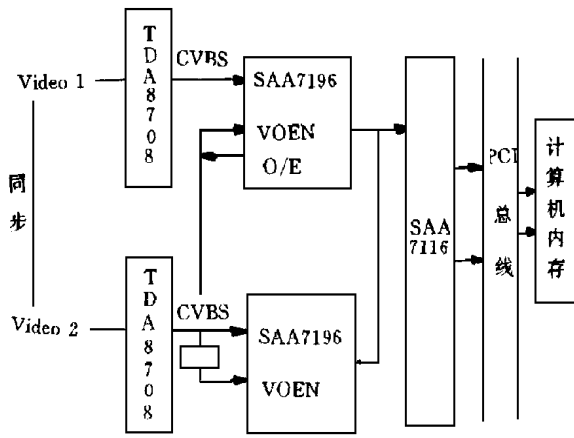


图 6 系统的视频获取

Fig. 6 Video Capture Control in the System

通过 DMA 控制分时送到计算机内存或显示缓存。SAA7196 SAA7116 均是可编程芯片。通过 I²C 总线可以对芯片进行编程,对于图像亮度、色度、对比度等的改变均可通过编程来实现。通过编程对上述因素的调节可以弥补由于摄像机光路的不完全一致所造成的误差,使左右图像信号在这些指标上接近一致,利于增强立体感和临场感。

I²C 总线是一种串行总线,它只需要两根总线:串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL),与总线连结的设备之间就可以进行信息传输。每个设备都有自己的地址,可以作为主设备或从设备。I²C 总线是一个多主总线,这就是说不只一个设备可以控制总线。尽管主设备多为微处理,但这种主从关系不是不变的。

2.3 视频数据的缓存及其控制

两片 7196 输出的数字 RGB 信号是双通道,而送往 ET4000 显示卡的图像信号是单通道,为了保留全部摄像机的活动图像显示,这就需要设计一个读出点频比写入点频高的视频图像存储 (FB1~FB4),其结构采用 DRAM。

2.3.1 DRAM 的结构

2.3.2 DRAM 的读写过程

在 W1 低电平时,将两片 SAA7196 送出的视频 RGB 图像数据分别写入帧存 FB1 FB2,同时读出 FB3 FB4 的视频数据;在 W2 低电平时,将两片 SAA7196 送出的视频 RGB 图像数据分别写入帧存 FB3 FB4,同时读出 FB1 FB2 的视频数据。读出的视频数据经寄存和并串转换,以 8 位格式送往 ET4000 显示卡 IMA 口。

2.3.3 DRAM 的控制

由于 DRAM 的行、列地址分时复用,且其数据线为双向,再加上其写入、读出信号,就构成了

一种较为复杂、繁琐的逻辑关系。如果用一系列计数器、逻辑门来组成控制部分,势必会占用过多版面且会造成延迟使控制信号不准确。我们使用了大规模逻辑阵列 CPLD 来生成这部分控制信号。

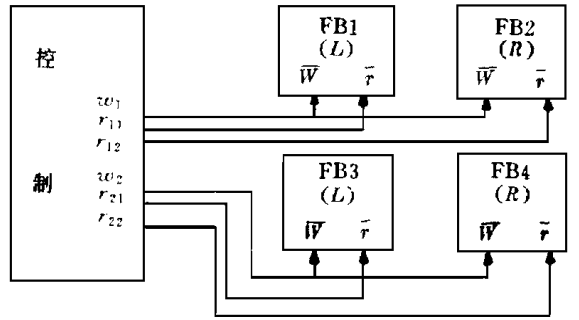


图 7 帧存储器结构

Fig. 7 Structure of Image Buffer

2.3.4 DRAM 与 ET4000 IMA 口的连接

ET4000 的 IMA 口是 8 位输入口,能够接受 CPU 或图像数据直接进入显示内存,并且能以线性地址方式传输进内存,输入扫描序列可以是隔行方式或逐行方式,一旦进入显示内存后,图像数据就可以通过显示控制 (CRTC) 或辅助显示控制器 (CRTCB) 进行显示。由于 IMA 口的数据带宽为 40MB,这就是说 IMA 口的数据传输率不得高于 40MB/s,因此,可以设定 DRAM 的读出速率必须小于 40MB。

$$\text{DRAM 的数据传输率} = \text{图像长} \times \text{图像宽} \times \text{像素字节数} \times \text{帧数}$$

根据上述公式,如果图像是真彩色,则显示帧数为 $40\text{MB}/512 \times 512 \times 3 = 50.86\text{Hz}$,这个帧频略高于 PAL 制的场频,低于 NTSC 制的 60Hz 场频,不能使两种制式的摄像机同时兼容,所以 IMA 口不能满足 $512 \times 512 \times 24\text{bit}$ 的真彩色图像数据输入要求。由于人眼对于 RGB 位数为 5:6:5 的 16 位彩色图像的显示效果与真彩色显示效果相差无几,因此,采用 $512 \times 512 \times 16\text{bit}$ 的图像数据输入。这时,对于 PAL 制有 $512 \times 512 \times 2 \times 50\text{Hz} = 26.2\text{MB}$,对于 NTSC 制有 31.5MB 的传输率,均远低于 40MB 的传输率,是完全可以满足输入要求的。

由于计算机终端的扫描频率很高,可以达到 80~90Hz,只要将 ET4000 的显示模式置好,并且图像数据进入显示内存后,主机可以按显示模式进行显示,便可以设置较高的显示场频来消除场分立体图像显示时存在的闪烁现象。

2.4 液晶光阀的左、右眼开关信号

在计算机监视器上按奇偶场分时显示着 2 个

摄像机摄入的具有一定视差的场景,因此液晶光阀的左、右眼开关控制信号来自屏幕显示的奇偶场信号。

本文提出的场分立体显示系统及其硬件系统已经实现,并且获得了良好的效果。但在虚拟现实方面,尚需更进一步的研究。

参 考 文 献

1 Grigore B, Philippe C. Virtual Reality Technology. A Wildly-Interscience Publication, John Wiley of Sons,

Inc. 1989
 2 Burton R P, etl. Advanced Concepts in Device Input for 3D Display. Three-dimensional Imaging and Remote Sensing Imaging, 1998(902): 59- 63
 3 John S, Ronald S H. Stereopsis, Spatial Ferquency and Retinal Eccency. Vision Res, 1995, (35): 2 329~ 2 377
 4 马尔 D.视觉计算理论.姚国正等译.北京:科学出版社,1988 123~ 133
 5 中国科学院合肥智能机械研究所.智能机器人传感技术实验室学术论文年报,1994(2): 156~ 178

A Hardware Implementation of Field-sequential Stereoscopic Display System

Hong Kunbin Li Huichao Wei Sui Zhou Mintong

(Hefei Institute of Intelligent Machines Academia Sinica, Hefei 10 Kexue Road, China, 230001)

Abstract In this paper, a design for field-sequential stereoscopic display system is presented. The hardware is connected to computer through PCI bus. It can capture and display image pairs which are directly from cameras in real time. Then through a liquid crystal shutter, a 3D image can be seen.

Key words virtual reality; telepresence; field-sequential stereoscopic display; liquid crystal shutter

《武汉测绘科技大学学报》第八届编辑委员会

名誉主任: 宁津生

主任: 李德仁

委员: 刘经南 王新洲 朱灼文 晁定波 张正禄

郑肇葆 龚健雅 舒宁 许云涛 张祖勋

毋河海 刘耀林 李霖 杜道生 朱元泓

詹庆明 李清泉 赵茂泰 梁荫中 柳建乔

主编: 李德仁(兼)

副主编: 柳建乔