

# 电视显微立体成像系统中的闪烁问题及解决方法探讨

于波 王立鼎 刘立新

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

**摘要** 电视显微立体成像系统是微操作系统的立体视觉传感器。系统的不足是看到的图像存在着闪烁现象,容易使眼睛疲劳,影响立体效果。本文分析了闪烁产生的根源,探讨了几种改进的方法,并提出了切实可行的解决方案。

**关键词** 微操作 立体成像系统 闪烁

## 1 引言

微操作系统完成微米尺度下的三维操作,要求视觉传感器提供立体感较强的图像以提高微操作的准确性。为此,作者研制出了一套电视显微立体成像系统<sup>[1]</sup>,作为微操作系统的立体视觉传感器。

电视显微立体成像系统由一台体视显微镜、两台 CCD 摄像机、一台监视器、液晶眼镜和一套视频控制器组成,如图 1 所示。两台 CCD 摄像机分别与体视显微

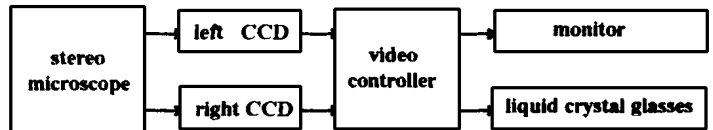


Fig. 1 Diagram of TV micro stereoscopic imaging system

镜的物镜对接,从左右不同视角同时摄取微操作过程的图像。视频控制器将左图像的奇数场与右图像的偶数场合为一个视频图像帧。显示时,屏幕上每一帧时间内交替出现奇偶两场的图像。视频控制器产生场同步信号,驱动液晶眼镜,使左镜片只在奇数场透光,右镜片只在偶数场透光。这样,戴上液晶眼镜的观察者的左眼只能看到左图像,右眼只能看到右图像。左右图像依次交替地进入大脑中的视觉探测与处理部分,融合成有深度感的立体图像。

该系统原理清晰,结构简单,造价低廉。系统装调后,以硬币为对象进行了实验,通过液晶眼镜观察屏幕上显示的硬币上五角星、齿轮、麦穗等,有较强的立体感,证明该系统是适用于微观操作和观测的实用的立体视觉传感器。

系统的一个较大的不足是观看到的图像存在着闪烁现象,容易使眼睛感到疲劳,影响立体效果。本文从引起闪烁的根源出发,对闪烁现象做了分析与研究,最终提出了切实可行的解决方案。

## 2 人眼的闪烁感觉

人眼受周期性光脉冲照射,当重复频率不够高时,会产生一明一暗的闪烁感觉。这是由于有光和无光时在亮度感觉上有可分辨的差别所致。若将重复频率提高到某一定值以上,人眼就觉察不到是脉冲光源,而形成均匀的不闪烁光源的感觉。不引起闪烁感觉的最低重复频率,称为临界闪烁频率。

临界闪烁频率 $f_c$ 与很多因素有关,其中最主要的是光脉冲亮度 $B_m$ 。它们的关系可由以下经验公式近似表示<sup>[2]</sup>

$$f_c = a \lg B_m + b \quad (1)$$

式中, $a$ 、 $b$ 为常数。对于电视屏幕来讲,若 $B_m$ 以尼特为单位,则 $a$ 约为9.6, $b$ 约为26.6。当 $B_m = 100$ 尼特时, $f_c$ 约为45.8Hz。

临界闪烁频率还与亮度变化幅度有关,亮度变化幅度越大,临界闪烁频率越高。

对于重复频率在临界闪烁频率以上的光脉冲,人眼不再感觉到闪烁。根据 Talbot-plateau 定律<sup>[2]</sup>,此时主观感觉的亮度等于光脉冲亮度的平均值,即

$$S = \frac{1}{T} \int_0^T B(t) dt \quad (2)$$

式中, $B(t)$ 为光脉冲亮度的时间函数, $T$ 为重复周期。

由此可见,人眼的闪烁感觉与光脉冲的重复频率有关。当重复频率高于临界闪烁频率 $f_c$ 时,人眼就感觉不到闪烁。而 $f_c$ 与光脉冲亮度和亮度变化幅度有关,亮度越高,亮度变化幅度越大, $f_c$ 就越高。这些结论是分析和解决电视显微立体成像系统中闪烁问题的基础。

## 3 电视显微立体成像系统中闪烁问题的分析

电视显微立体成像中选用的 CCD 摄像机和监视器都是符合 CCIR 标准的产品,行频 15625Hz,场频 50Hz,以隔行扫描体制工作。

工作于普通方式下时,对每只眼睛来说,光脉冲的重复频率为 50Hz,高于临界闪烁频率(通常 $f_c = 48$ Hz)。因此,眼睛感觉不到闪烁,看到的是亮度均匀的图像。

电视显微立体成像系统工作在双目分时显示方式,即当一只眼睛看到图像时,另一只眼睛受液晶光阀遮挡,看不到图像,只看到一块较暗的区域。由此可见,这种显示方式有两个显著的特点:第一,对每只眼睛来说,光脉冲的重复频率为 25Hz,比普通观看方式降低一倍,低于临界闪烁频率;第二,每只眼睛总有一半时间看不到有用图像,只能看到一块暗区,因而光脉冲亮度

的变化幅度较大,使临界闪烁频率增高,这两点是造成本系统中人眼感到闪烁现象的主要原因。

## 4 有助于减轻闪烁感觉的方法

根据对人眼的闪烁感觉以及电视显微立体成像系统中闪烁现象的分析,可以有两种减轻闪烁感觉的途径:

- (1) 提高光脉冲的重复频率,使之高于临界闪烁频率。
  - (2) 降低光脉冲亮度的变化幅度,即降低眼睛所看到的相邻两场间的亮度对比度。
- 为此,可相应地采用两种减轻闪烁感觉的实施方案:

### 4.1 选用高场频监视器和摄像机

将场频提高一倍到 100Hz,这样对每只眼睛来说,光脉冲的重复频率为 50Hz,高于临界闪烁频率。只要选用场频高于 100Hz 的摄像机和监视器,人眼就感觉不到闪烁。日本 NHK 的研究人员采用场频 120Hz 的摄像机和监视器,研制了场顺序制的立体电视系统<sup>[3]</sup>,获得了无闪烁的效果。

这种方案要求采用非标准体制的摄像机和监视器,给推广使用带来了困难。同时,高场频电视系统,相应的行频和视频带宽都需要成倍提高,摄像机灵敏度相应下降,经济、技术性能均受到限制。

### 4.2 采用空间多路复用成像技术

用该技术取代原来的时间分离多路成像技术,使每只眼睛都能看到连续的图像,而无上述的有暗区插入连续图像序列之间的缺场现象,缓解由于暗场插入而导致的两场亮度对比太大造成的闪烁现象。

空间多路复用成像有两种形式:

#### (1) 基于微偏振片阵列的空间多路复用成像技术

左右图像的像元在空间上交替地分布在同一幅图像中,形成空间多路复用图像。其上覆盖一层微偏振片阵列,该阵列上交替分布着与像元一一对应的正交偏振态为  $P_1$  和  $P_2$  的两种微偏振元(如:  $P_1$  对应左像元,  $P_2$  对应右像元)。戴上偏光眼镜(左镜片  $P_1$ , 右镜片  $P_2$ ),观察者的左右眼就分别能看到连续的左右图像,而没有缺场或缺帧现象发生。美国 Reveo 公司已经研制出了基于微偏振片阵列的立体笔记本电脑<sup>[4]</sup>。

这种方案需采用覆盖微偏振片阵列的特制监视器,影响了它的推广应用。

#### (2) 基于偏振分束镜的空间多路复用成像技术

用两台监视器分别显示来自同一台摄像机的奇偶场(对应于左右眼观看的)图像,并用偏振分束镜将两幅图像合成到一条光路中。为减轻因奇偶场图像序列中空缺一场(等效于插入一场暗图像)产生的闪烁,用数字存贮的方法补进一场重复的图像信号。

中科院成都光电所将此方法用于立体 X 射线电视诊断系统中<sup>[5]</sup>,妥善解决了缺帧和对比度下降给观察带来的闪烁问题。

这种方案要求采用高速 A/D、D/A 转换器以及帧存贮器,增加了费用。

## 5 解决闪烁问题的方案

基于上述分析和对现有的解决闪烁问题的方法的比较,作者提出下列的无闪烁电视显微立体成像系统方案,其原理见图 2。

两套摄像机和监视器分别摄取和显示左右图像,两台监视器的显示屏幕正交放置,沿对角线放一块偏振分束镜,使透过偏振分束镜的来自右监视器图像和由偏振分束镜反射的来自左监视器的图像具有不同的偏振态。观察者带上左右镜

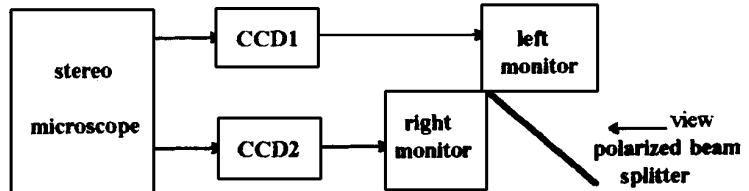


Fig. 2 Scheme of flicker-free TV micro stereoscopic imaging system

片具有不同偏振态的偏光眼镜,就可以使左右眼分别看到左右图像。经过反射的左监视器的图像与原图像左右颠倒,这可以通过在左监视器前方沿 45° 再放一块反射镜来校正,也可以简单地改变左监视器的行扫描方向。

这种方法在不改变原有摄像机和监视器的 CCIR 体制的情况下,仅增加了一台监视器,用偏振分束镜将左右图像巧妙地组合在同一条光路中,再用偏光眼镜进行分离,使每只眼睛看到的图像与在普通方式下一样,场频没有降低,无缺场现象,因而也就无闪烁感觉。

显然,本方案具有如下特点:

- 不改变电视体制,仍沿用 CCIR 标准。
- 进入左右眼的图像信号,场频均为 50Hz,无闪烁现象。
- 不用帧存贮器,节约了费用。

由于上述特点,本方案具有良好的经济、技术性能,具有广泛的推广使用价值。

## 6 结 束 语

电视显微立体成像系统的研制,向操作人员展示了有深度感的微观世界,为其进行微观三维精细操作带来了极大的方便。但闪烁问题是该系统较大的不足,它使观察者眼睛感到疲劳,影响立体效果。本文作者在研究闪烁产生的原因和比较几种改进的方法的基础上,提出了切实可行的解决方案,在经费允许的条件下付诸实施,可使闪烁问题彻底解决。

### 参 考 文 献

- 1 于波,王立鼎.一种双目分时显微立体成像系统的研制.光学精密工程,1997,5(4):49~52
- 2 天津大学电视研究室.电视原理.北京:国防工业出版社,1981
- 3 Haruo Isono, Minoru Yasuda. Flicker-free Field-sequential Stereoscopic TV System and Measurement of

Human Depth Perception. SMPTE, 1990, (2): 136 ~ 141

4 Faris Sadeg M. Novel 3-D Stereoscopic Imaging Technology. Proc SPIE, 1994, 2177: 180 ~ 195

5 王富元, 郭建湖, 罗建忠, 张金玲. 立体 X 射线电视诊断系统中的图像处理器. 光电工程, 1993, 20(6): 34 ~ 39

## Discussion on Flicker Problem and Its Solution in TV Micro Stereoscopic Imaging System

YU Bo, WANG Li-Ding, LIU Li-Xin

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

### Abstract

TV micro stereoscopic imaging system is used as the stereoscopic visual sensor of a micromanipulation system. The drawback of the system is the flicker problem which makes the eyes strain and affects stereoscopic perception. In this paper, the source of flicker is analysed, several improvement approaches are discussed, and finally a practical solution is proposed.

**Key words:** Micromanipulation, Stereoscopic imaging system, Flicker

于 波 男, 1971 年 1 月生, 1993 年 7 月毕业于吉林工业大学电子工程系; 1993 年 9 月进入中科院长春光机所攻读硕士学位; 1995 年 3 月被推荐提前攻读博士学位。主要从事微观图像的处理与显示。