

一种新型视频调焦方法的研究

李清军

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 介绍了一种新型的自动调焦的方法,它利用电视跟踪系统视频信号的峰值变化控制调焦镜组,来调整由于目标距离、温度等变化引起的成像焦面变化,得到清晰图像,完成电视自动调焦。

关键词 频视调焦 焦平面 峰值保持 离焦

1 引言

自动调焦技术是自70年代以后发展起来的最为活跃的现代照相技术领域之一,特别是微电子学工艺突破性的技术发展,为自动调焦技术的发展创造了极为有利的条件。几十年来,人们在改进光学机械的基础上创造发明了许多调焦的方法,包括对比度调焦、相位调焦、加装测距机距离调焦等。按照有无探测源可分为两种方式,即:有源调焦、无源调焦。有源方式是用发射探测源来测定距离;而无源方式则是利用摄像机信号的高频分量来调整焦点的方法,这种方法因无探测源而得名。

在光测系统中,自动调焦问题越来越受到人们的普遍重视,它直接影响光测设备的测量结果。特别是光测设备在对空中飞行目标进行拍摄过程中,目标与光测设备的距离不断发生变化,因而引起像面位置也随之变化,造成目标像点离焦,导致能量扩散,成像不清晰,影响成像质量。因此需要不断地调整光学系统的焦距,从而调整目标像点的位置,使其始终位于焦平面上,以获得清晰的图像,这就是光学系统所谓的调焦。

现有的靶场光测设备的调焦或依靠人眼观察手动调焦,或根据距离信息来实现距离调焦。具体的说,需要通过激光测距机测量或理论弹道引导而得到的距离信息,然后根据牛顿公式来补偿离焦量。

现由 $x \cdot x' = f \cdot f'$, 可以得到 $x' = f \cdot f' / x$ 。

其中, x 、 x' 分别为像距、物距, f 、 f' 分别为像方、物方焦距。

这种传统有源方式具有精度不高、光学系统还需设定参数来补偿由于温度变化引起的焦距变化等缺点。

由于电视测量与跟踪技术的高速发展,使视频调焦有先进的理论基础和广阔的应用前景。因此,为了提高测量系统的测量精度,在不需另加探测源的前提下,利用 CCD 输出的视频信号来实现电视自动调焦,来代替距离调焦和温度调焦的工作。

为此,我们根据视频信号在聚焦和散焦两种状态下的不同频率特性,对场间视频信号的高频分量进行检测、加工、处理,由微型计算机来实现光学镜头聚焦的自动控制,以实现良好的动态跟踪聚焦状态。

MCS-96 单片机是当今世界上具有最高性能的单片微型计算机,该 CPU 抛弃习惯的累加器结构,改用寄存器结构,其内部集成了模拟采集模块,包括模拟多路开关、采样保持电路、10 位的模数转换器。A/D 转换器采用逐次比较方式来完成,转换器硬件由 256 个梯形电阻网络、一个比较器、耦合电容以及 10 位的逐次比较寄存器(SAR)组成。8098 单片机还能输出宽度调制脉冲(PWM),而且周期和占空比可改变,分辨力为 $1/65535$ (16 位),这种信号经平滑滤波后可变为模拟信号

本文所论述的电视视频调焦的最大特点是:使用微型单片机做主控芯片,可以满足一些智能控制及复杂的模糊逻辑控制要求,不仅可以在没有距离信息的情况下实现自动调焦,而且还可以弥补由于计算、温度等影响产生的离焦量,保持图像清晰。利用单片机与光测设备各系统的数据通讯,再根据经验公式及电视原理编辑控制策略,可以自动排除调光、变倍等对调焦的影响。

2 调焦系统按机械结构分类

光测设备大多是望远系统,望远系统对无限远的物体成像在其焦平面上。但当物体位于有限距离,通过物镜所成的像不在物镜的焦平面 F 处。为了看清物体,目镜或物镜必须沿光轴移动,使像成在目镜的焦平面 F 处。移动某些光学器件使不同距离处的物体的像变得清晰,称为调焦。按其机械结构,分为:

1) 外调焦望远系统。对于不同距离物体,调整目镜或物镜,使被观察的像变得清晰,称为外调焦望远系统。它在调焦时镜筒长度发生变化,故它的外形尺寸较大,密封性较差。

2) 内调焦望远系统。它与摄远物镜相同,由正负透镜组组成,中间有较大得空气间隔。对于不同距离的物体成像时,调整负透镜组的位置,使重新调回到物镜焦点 F 处,这种装置称为内调焦系统。内调焦系统结构紧凑、密封性好,在大地测量仪器中被广泛应用。

在工程上,由于接受器的不完善,即使像面沿光轴有些位移,仍感觉图像是清晰的。保持接受器感觉为清晰图像而使像面可沿光轴移动的范围,称为几何焦深。几何焦深有别于物理焦深,物理焦深是离焦引起的相差变化为 $\lambda/4$ 时对应的离焦量;而几何焦深决定于接受器对物点成像为弥散斑的判断能力。设该弥散斑直径小于 Z 时,接受器感觉为点像,则几何焦深 $2\Delta = 2ZF(1 - \beta)$ (β 是垂轴放大倍率),所以只要调焦在使成像面在像方焦点的几何焦深范围内即可。

3 视频自动调焦原理

我国现有电视体制的视频信号带宽为 6MHz, 其中占有相当大的比重的是低频分量成分。它反映在图像中是亮度、色度大块的平坦区, 以及大块的缓慢变化的区域, 而图像中的高细节区, 急剧变化的边缘轮廓则对应视频信号的高频成分。

摄像机按现有的体制工作时, 相邻两场的图像存在着相关性, 高频分量幅度变化不大, 甚至无变化。根据电视原理我们知道, 摄像机在聚焦与散焦两种情况下得到的视频信号的幅值是不同的, 但同一画面在两种情况下, 低频成分变化不大; 而高频成分的幅度有明显差别。摄像机在由聚焦—散焦—聚焦变化时, 高频分量发生明显的增减。聚焦时高频分量的幅度大于散焦时高频分量的幅度, 而且调焦到理想情况时, CCD 输出信号高频分量的幅度最大。因为聚焦时视频信号近似为矩形波, 我们设这一方波脉宽为 τ 周期为 T , 应用 Fourier 变换可得其频谱特性 P :

$$P = a_0/2 + [a_n \cdot \cos(n\omega t)] = P_m\tau/T + [2P_m/n\pi \cdot \sin(n\pi\tau/T) \cdot \cos(n\omega t)] \quad (1)$$

其中: $a_0 = 2P_m\tau/T$, $a_n = a_0 \times \sin(n\pi\tau/T)/(n\pi\tau/T)$, P_m 为幅度。

可以看出矩形波的频谱含有丰富高次谐波, 高频分量大。因此, 我们可以以场间视频信号高频分量的增减为判据, 判断光学系统是聚焦还是散焦, 然后控制系统的驱动执行机构实现电视自动调焦。实践中我们选用逐渐逼近登山随动系统来实现调焦控制。

1) 逐渐逼近登山随动系统基本原理

逐渐逼近登山随动系统的工作原理可以如图 1 的曲线简要说明, 图中高频分量是把图像信息通过 BPF (带通滤波器) 滤波得到, 横轴表示聚焦透镜的移动位置, 纵轴表示经过 BPF 后提取的高频分量。由图 1 可见, 透镜由远及近的调节, 高频分量随之变化(幅度的高低), 如果高频分量达到最高点(峰值)时, 就可确认出合焦点, 其曲线形状类似于山形, 故称为登山随动系统。

图 1 中两条曲线分别是由于 BPF 频段不同而获得的, 坡度缓慢而宽度较大的是曲线 A, 它是由设计成宽频带的 BPF 滤波后得到; 而具有陡峭特性的曲线 B 是由窄频带的 BPF 滤波后得到。

具体的实现: 经过的带通滤波视频信息, 由峰值保持器保持其峰值, 输入到 8098 单片机的 A/D 端口进行数字化。首先 8098 单片机输出 PWM 控制驱动机构, 驱动聚焦透镜做某一方向的搜索, 单片机根据冒泡排序程序找出每一场的最大峰值, 然后比较两场或几场的峰值变化规律, 来控制驱动机构如何运做。若峰值增大, 表明聚焦透镜向聚焦(山顶)方向移动, 则根据经验公式确定 PWM 的占空比, 继续向这个方向移动镜组; 反之向控制驱动机构改变聚焦透镜移动方向, 重复上述过程。先沿 A 曲线粗调, 初步搜索结果确认 M_1 是合焦点, 在 M_1 处进行 BPF1 向 BPF2 切换, 再沿曲线 B 精调, 直到单片机检测出峰值最大, 确认光测设备正好聚焦在合焦点上, 完成调焦。

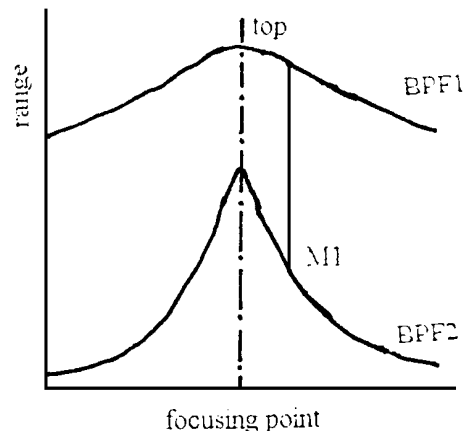


Fig. 1 Automatic focus's work principle

2) 峰值保持电路

峰值保持电路原理如图 2 它有采样保持电路和比较电路组成。由图可见, V_{os} 是比较器的输入失调电压, 只要满足 $V_i - V_{os} > V_o$, 则比较器的输出 V_2 为高电平, 使采样保持电路 LF398 处于跟随状态, 它的输出即为 V_o 近似为 V_i ; 反之比较器输出为低电平, 使 LF398 处于保持状态。图 3 为输入 V_i 、输出 V_o 关系图。

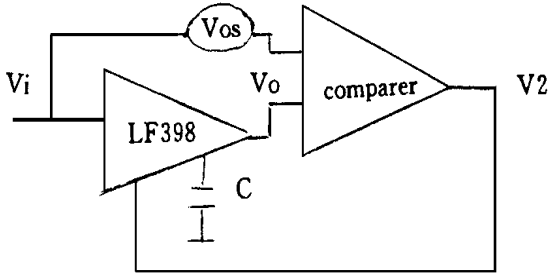


Fig. 2 Peak keep circuit

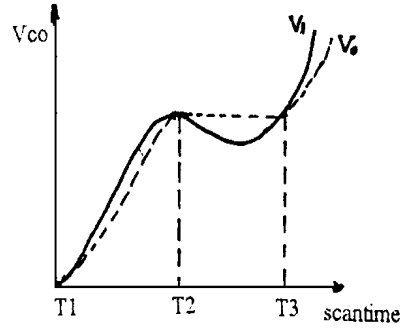


Fig. 3 Relation diagram of V_i and V_o

4 系统结构与软件实现

电控工作原理如图 4 所示, 8098 单片机一边检测峰值, 一边确定调焦镜组移动方向, 输出调宽脉冲, 来控制步进电机, 带动调焦镜组完成电视自动调焦, 形成闭环自动控制系统。图 5 是软件算法的程序框图。

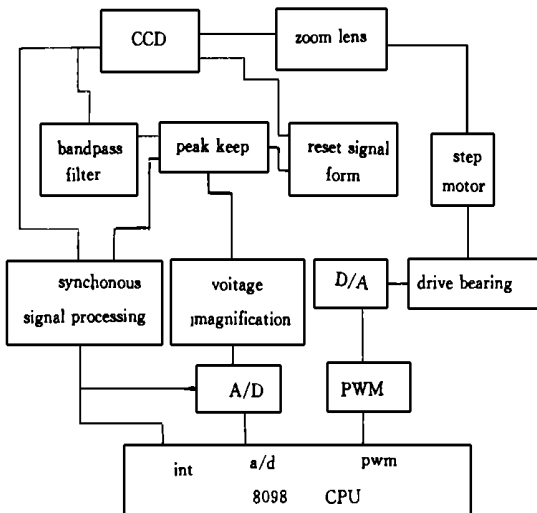


Fig. 4 Block diagram of system

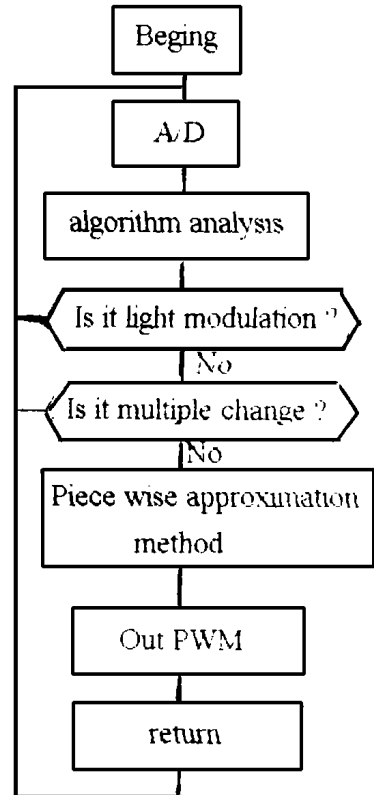


Fig. 5 Program chart

5 结 束 语

我们在实验室内做了用本文论述的调焦方法对一个变焦距镜头实现峰值自动调焦的仿真试验, 实验表明, 本文论述的自动调焦方法在光测设备上可以代替距离调焦, 还可以弥补由于温度等环境的变化产生的离焦, 原理准确、电路简单、容易实现, 是光测仪器的一种实用新颖的视频调焦方法。

参 考 文 献

- 1 [日] 原正和. ビデオム—ビ—のオートフォーカス方式とその問題点. テレビ技术, 1991, (3): 37~45
- 2 张以谟主编. 应用光学. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 3 何立民主编. 单片机应用技术选编. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993
- 4 田万成等. 电视摄像机光学镜头自动聚焦的研究. 电视技术, 1987, (4): 8~13
- 5 方建淳编著. 8098 单片机原理与应用技术. 天津: 天津科学技术出版社, 1990
- 6 孙景鳌, 蔡安妮编著. 电视摄像机与视频处理. 北京: 电子工业出版社, 1988

Studying on a New Method of Video Focusing

LI Qing-Jun

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

Abstract

The paper has introduced a new means on the automatic focus that take advantage of the video peak to change the position of the focusing lens to achieve a clear picture.

Key words: Video focusing, Focal plane, Peak keep, Out of focus

李清军 男, 1966 年 9 月出生于辽宁北票县, 1990 年毕业于吉林工业大学电子工程系, 毕业后, 一直在长春光机所从事微机应用方面的工作。