

基于平均和峰值灰度加权的自动调光系统*

苏宏武¹ 杨小君^{2,3} 李 哲^{2,3} 郝 伟^{2,3} 刘 刚^{2,3}

(1 广东北电通信设备有限公司, 广州 510275)

(2 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

(3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要 介绍了在 CCD 高速电视测量仪系统中, 利用电子快门和可变光阑有机结合, 在运动控制卡控制下实现自动调光, 扩大了调光的动态范围. 采用了平均灰度和峰值灰度加权的办法来获取反馈信号, 有效的解决不同背景下自调光系统的适应性. 提出了基于二次函数的调光反馈量计算方法, 提高了调光过程中的收敛速度, 同时也保证了系统有较小的超调量.

关键词 平均灰度; 峰值灰度; 自动调光; 二次函数; 收敛速度

中图分类号 TP317.4 **文献标识码** A

0 引言

在现代靶场测试设备中, 需要对高速飞行目标的飞行轨迹、速度及每一时间段的飞行状况进行观察、记录、测量、分析. 为了提高跟踪测量电视的作用距离, 现代高速电视普遍采用高灵敏度的 CCD 摄像系统, 在目标亮度和背景变化比较大的环境下使用, 图象特别容易饱和, 因此没有好的调光系统是不能保证跟踪测量电视系统工作正常的. 对跟踪测量电视的调光系统, 不仅要求调光范围宽, 而且要求调光速度快, 适应性强. 对于传统的调光方式一般采用不断获取平均灰度值与所设定的灰度值进行比较, 一旦出现差值超过一定范围则启动电机向减少灰度差值的方向运动进行实时修正. 由于只采用平均灰度作为反馈使得调光系统适应性差, 无法满足在各种背景情况下都能获得很好的效果. 另外只采用简单的修正, 一旦电机速度太快的话很容易产生超调, 为了减少超调必须得降低响应速度. 基于以上情况的考虑, 在新研制的高速电视测量仪系统上

采用了平均灰度和峰值灰度加权的办法来获取反馈信号解决不同背景下自调光系统的适应性问题, 同时用二次函数的办法来计算反馈量, 提高调光的响应速度^[1~5].

1 调光原理

从 CCD 摄像机输出的全视频信号幅值的大小与 CCD 靶面照度有关, 如照度太强则输出饱和电平信号, 相反, 照度太弱会输出一分辨率极低的近似直流的电平, 显然这些都是所不希望的, 而调光就是为了输出理想的全视频信号.

而对于一定的景物亮度, 改变通光口径和曝光时间一样也能改变 CCD 的曝光量. 在本系统中, 主要是通过电子快门和可变光阑的相互配合, 以步进电机带动的可变光阑调光为主, 电子快门调整为辅, 当可变光阑调到极限时还未能获得满意的对比度时, 才调整电子快门以获得合适的 CCD 合适的曝光^[2,6,7].

如图 1, 系统主要由镜头系统、CCD 相机、视频

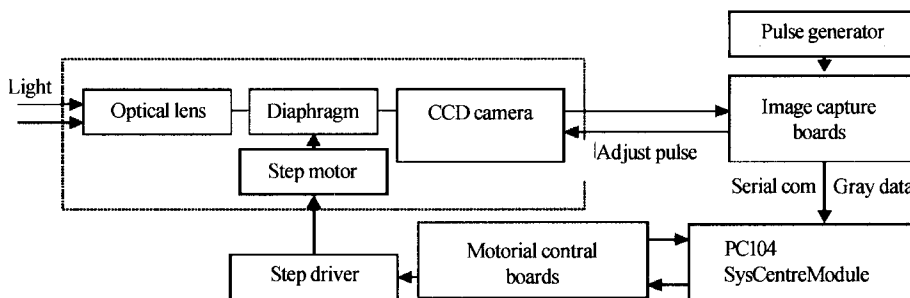


图 1 调光系统方框图
Fig. 1 Block diagram of the light adjusting system

采集卡、脉冲发生器、PC104、运动控制卡以及步进电机及驱动器组成. 视频采集卡采样 CCD 摄像机

的模拟视频信号获得数字的灰度信息. PC104 通过串口通讯获得 8 位的灰度信息来决定电机的运动方向带动可变光阑的增大减少, 从而实现加减光圈的效果. 如果调整可变光阑未能获得满意的效果, 则

还需通过改变电子快门来获得合适的曝光^[4].

2 问题的提出

在调光系统中视频采集卡对 CCD 输出的模拟视频信号进行采样,获得每一帧的图像,实际上也就是一个灰度矩阵,为了调光通常采用取平均灰度的办法,设取平均灰度结果为 U ,当 U 与参考平均灰度 U_0 相等时,表明当前的 CCD 摄像机接收的光照度合适,否则将驱动电机旋转,使光圈改变,逼近 U_0 . U_0 是根据实践经验确定的. 由于是对全视场取平均灰度的结果, U_0 是一个固定值,对一些特殊情况,由 U 和 U_0 比较所确定的照度,无法能使观察的目标在 CCD 摄像机上照度值适中,因而达不到最佳的观察效果,如图 2 中的三种情况.

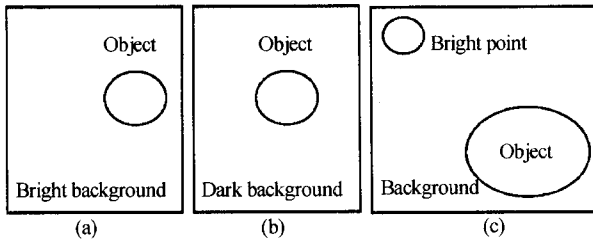


图 2 三种基本情况
Fig. 2 Three basic senses

在(a)和(b)两种情况下,背景占据了整个 CCD 靶面的绝大部分,几乎淹没了目标,无论是亮背景还是暗背景,显然取平均灰度结果 U 都将以背景为主,目标不会达到最佳的成像照度. 在(c)情况下,虽然目标面积上很大,但由于局部区域的照度很高,其对应的视频输出的信号幅值也很高,取平均灰度结果为 U 仍将受到很大的影响,当然影响到目标的成像质量. 可见,在这些特殊情况下,传统的自动光圈调光方法,不仅没能起到应有的作用,反而会降低欲观察目标的成像效果. 因此,灰度值的提取成为能否获得最佳的成像照度的关键环节^[3].

3 关于灰度值的提取

鉴于上述的一些问题采用了平均灰度和峰值灰度加权的办法来解决,所以反馈的灰度值就取平均灰度和峰值灰度共同作用的结果. 计算公式为

$$U_c = \alpha \times U_A + (1 - \alpha) \times U_T \quad (1)$$

式中 α 为加权系数(0~1), U_c 为加权后的灰度, U_A 为平均灰度, U_T 为峰值灰度. 峰值灰度是指一定区域内像素灰度的最大值,在获取峰值灰度时,通常取 10 个以上的像素灰度都处于最大时,才认为是峰值灰度. 这种办法可以有效的解决错把噪音当作峰值灰度的问题.

对于不同的背景,可以选用不同的 α 值,以获得

一个比较合适的灰度反馈值. 对于上面所提到的(a)情况,相当于白天的背景,这时候平均灰度的权值会比较大一些,即接近于 1 值. 而(b)情况则相当于晚上的背景,此时峰值灰度的权值会比较大一些,即接近于 0. 而(c)情况则需要人为选择比较合适的 α , 否则也达不到合适的灰度反馈值. 而且要和跟踪系统结合起来选择在跟踪波门内取平均,这样就避免了局部的亮点对平均灰度值的影响.

通过外场实验调试,对于不同的天气情况,电子快门的曝光时间和 α 值的关系如下表 1.

表 1 气候条件、电子快门的曝光时间和 α 值的关系

天气	背景亮度	电子快门 曝光时间	α 值的选取
晴天	10^4 nt(1 熙提)	0.16 ms	0.8
阴天	10^3 nt(0.1 熙提)	0.32 ms	0.8
沉阴天	10^2 nt(0.01 熙提)	0.6 ms	0.8
阴天落日	10 nt(0.001 熙提)	1.2 ms	0.8
阴天落日 1 刻钟到半小时	$1 \sim 0.1$ nt	1.6 ms	0.6
明亮月光	10^{-2} nt	2 ms	0.2
无月晴空	10^{-3} nt	3.5 ms	0.2
无月阴空	10^{-4} nt	5 ms	0.2

$$1 \text{ nt}(\text{cd}/\text{m}^2) = 10^{-4} \text{ 熙提}(\text{cd}/\text{cm}^2)$$

4 调光系统的算法及实现

该调光系统主要是通过调整可变光阑的大小来实现的,而电子快门只有当光阑的变化无法获得满意的对比度时才切换. 其控制流程见图 3,当反馈

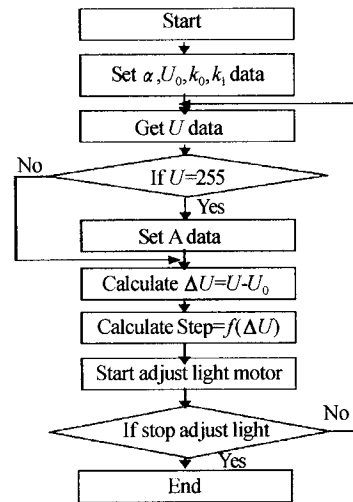


图 3 自调光程序流程

Fig. 3 Automatic lighting control flow chart

的灰度值没有落在设定的灰度范围内(即 $U \notin [U_0 - L, U_0 + L]$, L 为区间长度),取反馈的灰度值和设定的灰度的差的一个二次函数来作为步进电机调整光圈的步数,其公式为

$$\Delta U = U - U_0$$

$$STEP = f(\Delta U) = [k_0(\Delta U)^2 + k_1\Delta U + A] \frac{\Delta U}{|\Delta U|} \quad (2)$$

式中 ΔU 是反馈的灰度值和设定的灰度的差, k_0, k_1 为二次函数的系数, A 为常量项, $\frac{\Delta U}{|\Delta U|}$ 是为了获得电机运动的方向, 若为 -1 则电机反转. 所以只要选择一个比较合适的二次函数的系数就能获得快速收敛, 但又不产生振荡, 这也是采用二次函数反馈要比一次函数反馈的优越性. 其中 A 值通常等于零, 只有当灰度为 255 的时候, 即 CCD 处于饱和状态, 为了迅速达到稳态取一个 A 值, 使得光圈快速减少 CCD 退出饱和状态.

通过外场实验, 选定 $k_0 = 0.5, k_1 = 0.1, A = 2000, L = 20$; 使得调光达到稳态速度所需时间大约 0.5s, 哪怕是极限的 CCD 饱和和全黑的情况调整到合适的范围所需时间不超过 1s. 因此采用二次反馈大大提高了系统的响应速度.

5 结论

采用可变光阑和电子快门相结合的调光方式克服了传统的滤光片和密度盘所固有的不方便性, 和调光范围不够宽的缺点, 具有灵活, 方便, 反应速度快等优点已成为目前调光的主流. 通过分析三种不同背景情况下的调光, 该方法仍然具有较强的适应性. 引入灰度加权有效地解决了在不同背景下调光灰度的获取问题, 并运用了二次函数的办法计算电

机需要调整的步数, 不仅提高了调光收敛速度, 而且还有较小的超调量, 获得了良好的动态特性.

参考文献

- 何照才. 光学测量系统. 北京: 国防工业出版社, 2002. 1
He Z C. Optical Measure Systems. Beijing: National Defence Industry Press. 2002. 1
- 黄成斋. 跟踪测量电视全自动调光系统. 光电工程, 1999, 25(3): 17~20
Huang C Z. Opto-Electronic Engineering, 1999, 25(3): 17~20
- 贾平. 电视摄像镜头自动光圈控制方法的讨论. 光学精密工程, 1997, 5(3): 54~57
Jia P. Optics and Precision Engineering, 1997, 5(3): 54~57
- 于惠珠, 王岚. 单片机智能控制摄影自动调光系统. 光学精密工程, 1995, 3(5): 98~102
Yu H Z, Wang L. Optics and Precision Engineering, 1995, 3(5): 98~102
- 胡炳梁, 马彩文. CCD 自动调光设计. 光子学报, 2002, 31(4): 504~506
Hu B L, Ma C W. Acta Photonica Sinica, 2002, 31(4): 504~506
- 杜云飞, 曹建中. 捕获电视的精确调焦. 光子学报, 2003, 32(12): 1526~1528
Du Y F, Cao J Z. Acta Photonica Sinica, 2003, 32(12): 1526~1528
- 胡炳梁, 曹建中. 变焦距镜头组的自适应调焦的实现. 光子学报, 2003, 32(8): 1004~1006
Hu B L, Cao J Z. Acta Photonica Sinica, 2003, 32(8): 1004~1006

Automatic Adjust Light Systems Based on Combined Average Gray with Peak Gray

Su Hongwu¹, Yang Xiaojun^{2,3}, Li Zhe^{2,3}, Hao Wei^{2,3}, Liu Gang^{2,3}

¹ Guangdong Nortel Telecommunications Equipment Co. Ltd, Guangzhou 510275

² Graduate College of Chinese Academy of Science, Beijing 100039

³ Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

Received date: 2004-12-07

Abstract Automatic lighting control systems which is controlled by motorial control boards and executed by harmonizing alterable diaphragm with electronic shutter in High-Speed TV Measure Instrument is introduced. In this way, it would widen system's dynamic range of adjusting light. Adopting get feedback signal combined average gray with peak gray, adaptability of automatic lighting control systems can be effectively solved in diversified background. Putting forward arithmetic base on Quadratic Function to calculate feedback quantity, Convergent Velocity during lighting can be improved and smaller overflow of the system can be insured.

Keywords Average gray; Peak gray; Automatic lighting; Quadratic function; Convergent velocity



Su Hongwu was born in 1970 and graduated from TsingHua University in 1993. Then he got his master degree from Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of Chinese Academy of Sciences in 1996. Now he is working in Research and Development Department of GuangDong Nortel Telecommunications Equipment Co. Ltd.