

基于图像处理的自动调光系统*

楚广生

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所中国科学院航空光学成像与测量重点实验室 长春 130033)

摘要: 为了实现可见光摄像机的自动调光,建立了基于图像的自动调光系统。采用图像处理方法提取图像的边缘信息,改变 CCD 的积分时间、增益,通过爬坡算法,找到边缘信息达到最大时 CCD 的积分时间及增益值,并把此时的积分时间及增益作为最终的调光结果,完成一次自动调光。试验结果表明:系统在 1 s 内完成了自动调光过程,达到了理想的调光效果,该方法具有实时性好、适应范围广、调光准确的特点,能够满足光电设备自动调光的需要。

关键词: 自动调光;Sobel;爬坡算法

中图分类号: TB853.1 TN911.73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 420.2030

Auto exposure system based on image processing

Chu Guangsheng

(Key Laboratory of Airborne Optical Imaging and Measurement, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to realize the auto-exposure of the camera, auto-exposure system based on image processing is established. Method of image processing is used to extract the edge of image. By changing the exposure time and gain of CCD, the climbing algorithm is used to find the exposure time and gain of CCD when the edge information reaches the max value. Then, this max value is set to be the final result of one auto-exposure process. Experiment result show that the auto-exposure process is finished within 1 s, and achieve ideal effect. The system has short processing time, wide applied range and accuracy operation. It can meet the requirement of the auto-exposure in optoelectronic devices.

Keywords: auto-exposure; Sobel; climbing algorithm

1 引言

可见光摄像机是光电设备的重要载荷,其作用为获取实时图像信息,达到侦察或监视的作用。可见光摄像机犹如光电设备的眼睛,其成像质量对于任务的完成起着至关重要的作用,而调光方法的好坏直接影响着系统最终的成像效果^[1]。

调光的作用是通过调节 CCD 积分时间、增益等的调节,改变图像的输出亮度,使最终输出的图像满足观测或使用的需要。

传统的自动调光方法是根据整幅图像平均亮度信息调整 CCD 参数,直到目标的图像平均亮度值达到预设的阈值。这种方法实现简单,可以满足大部分普通场景调光的需要。但在一些特殊场景,如图像中明暗区域灰度级相差较大,需观测的目标被过亮或过暗的背景淹没时,这种

方法的调光效果并不理想^[2-5]。

本文基于图像处理的自动调光系统,依据图像的边缘信息,利用爬坡算法找到图像边缘信息的峰值位置,得到最佳调光状态。试验证明:该方法简单、易实现,具有调光快速、准确、适用范围广、能够呈现出更多的图像细节等特点^[6-7]。

2 调光工作原理

可见光摄像机系统一般是由光学镜头、CCD 探测器、控制电路等部分组成,其组成框图如图 1 所示。

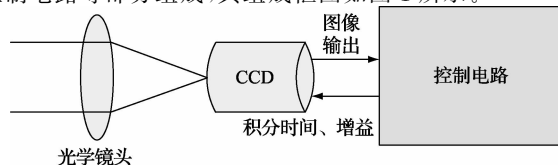


图 1 调光系统原理

收稿日期:2015-10

* 基金项目:武器装备预研基金(51460040104ZK1001)资助项目

调光系统的作用是根据 CCD 输出图像的灰度信息, 确定合适的 CCD 积分时间、增益值, 以使图像的输出效果满足测量和观察的需要。

对于传统的自动调光系统, 采用的方法为通过求取全视场图像亮度的平均值, 据此调整 CCD 参数, 直到亮度平均值进入阈值。使用这种方法, 可以简单快速的实现自动调光过程, 但对于如图 2 所示的一些特殊场景, 往往调光效果不理想。

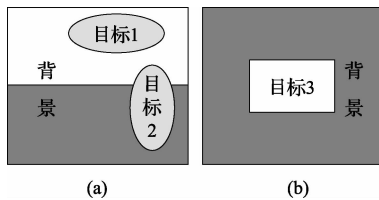


图 2 特殊场景

图 2(a) 的场景多出现在观测区域包含地平线时, 目标 1 出现在图像上部的明亮天空背景下, 目标 2 位于地平线附近; 图 2(b) 中的目标 3 为暗背景下的亮目标或亮背景下的暗目标。

这两种情况用传统方法都无法达到理想的调光效果。图 2(a) 会出现取平均亮度后, 目标 1 因曝光过度或目标 2 因曝光不足而无法显示。图 2(b) 中由于目标在计算亮度平均值时所占比重大, 而导致调光结果为目标 3 曝光过度或曝光不足。因此, 需要引入一种新的调光算法, 以满足特殊场景自动调光的需要^[8-9]。

3 调光系统算法实现

3.1 图像灰度值的提取

本系统选用的 CCD 为标准 CameraLink 输出的数字 CCD, 经专用解码芯片转换后, 变为 8 bit, RGB 格式的数字图像数据, 调光算法用到的是图像的灰度值, 这就需要从 RGB 格式的图像信号中提取出图像的灰度信息。

经式(1)转换后, YUV 格式信号中的 Y 分量即为图像的灰度值。

$$\begin{cases} Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U = -0.147R - 0.289G + 0.436B \\ V = 0.615R - 0.515G - 0.1B \end{cases} \quad (1)$$

本系统采用 FPGA 作为图像的处理单元, 为使式(1)更适合 FPGA 硬件实现, 其中的 Y 分量表达式经过变换, 如式(2)所示:

$$Y = (306R + 601G + 117B) / 1024 \quad (2)$$

这样, 式(1)中的小数运算均转换为了整数运算, 同时其中的除法运算可以通过硬件的移位运算快速实现。

3.2 图像信息提取算法

调光函数选用的是自动调焦系统中用到的评价函数, 综合考虑评价函数的单峰性及其硬件实现, 选用 Sobel 算法提取图像信息^[6-10]。

Sobel 算法依据图像的灰度值在其边缘会产生突变的原理, 分别用 X 方向和 Y 方向的 3×3 的邻域对整幅图像中的每一个像素进行计算, 如图 3 所示。

$$\begin{array}{cccccccc} P_{00} & P_{01} & P_{02} & -1 & 0 & 1 & -1 & -2 & -1 \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & -2 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & -1 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 \end{array}$$

(a) 图像窗口 (b) X 方向邻域 (c) Y 方向邻域

图 3 Sobel 算子邻域窗口

对于像素 P_{11} , 其 X 方向的 Sobel 值为:

$$P_x = |(P_{02} + 2P_{12} + P_{22}) - (P_{00} + 2P_{10} + P_{20})| \quad (3)$$

其 Y 方向的 Sobel 值为:

$$P_y = |(P_{20} + 2P_{21} + P_{22}) - (P_{00} + 2P_{01} + P_{02})| \quad (4)$$

则对于整幅图像 X 方向的 Sobel 值为:

$$P_x = \sum_{i=1}^{L-1} P_x(i) \quad (5)$$

Y 方向的 Sobel 值为:

$$P_y = \sum_{i=1}^{L-1} P_y(i) \quad (6)$$

取 X、Y 两个方向 Sobel 值的最大值作为整幅图像的最终评价价值:

$$P = \text{MAX}(P_x, P_y) \quad (7)$$

Sobel 值反映的是一幅图像信息量的相对极值。对于不同 CCD 参数设置时采集的同一场景图像, 计算得到的 Sobel 值越大, 图像中能够呈现的相对信息量越多。

Sobel 算子在 FPGA 中的实现只需要调用 FPGA 的内置 RAM 缓存一帧图像中的连续 4 行数据, 然后运用 X、Y 方向邻域模板计算 Sobel 值, 同时, 逐行更新缓存的图像数据, 直到整幅图像计算完成。

3.3 调光策略

依据 Sobel 算法得到的图像评价价值, 运用爬坡策略寻找图像评价价值 P 的峰值, 具体步骤如下:

改变 CCD 的参数设置(包括积分时间和增益), 并采集 CCD 参数改变后的图像, 计算此时图像的 Sobel 值 P_1 , 在得到下一帧图像的 Sobel 值 P_2 后, 比较 P_1 、 P_2 , 此时的较大值记为 P_{\max} , 并记录下此时的 CCD 参数设置, 以后每帧图像的 Sobel 值 P_i 均与 P_{\max} 比较, 把较大值赋予 P_{\max} 并记录下其 CCD 参数设置。直到寻峰过程结束, 得到的 P_{\max} 对应的 CCD 参数设置值即为调光最佳位置。

若把 CCD 参数设置的起始调整方向设为亮度增大的方向, 则寻峰的过程有如图 4 所示的两种情况^[10]。

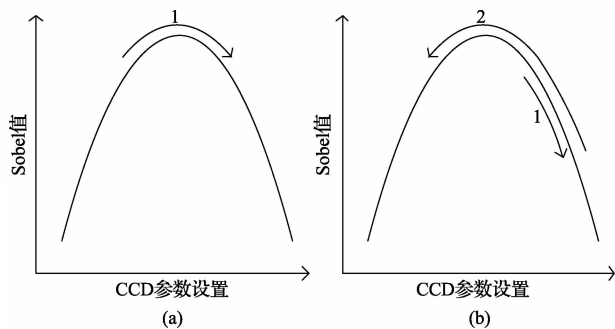


图4 自动调光寻峰示意

若随着 CCD 参数的变化, 图像的 P_i 值先增大后减小, 如图 4(a) 所示, 则此次寻峰过程结束, 找到峰值位置。

相反, 若随着 CCD 参数的变化, 图像的 P_i 值一直减小, 说明初始方向错误, 需反向寻峰, 如图 4(b) 所示。直到寻找到 P_i 的峰值, 结束寻峰过程。

执行爬坡策略的程序流程如图 5 所示。

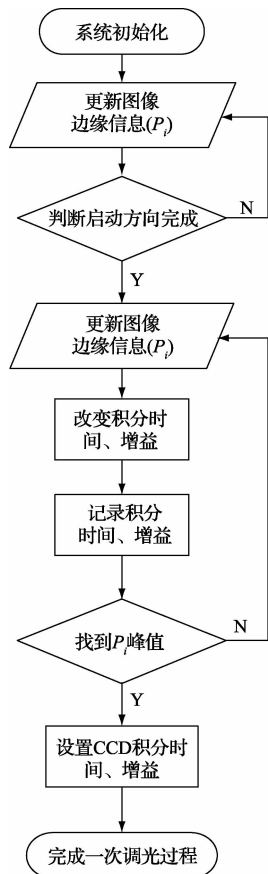


图5 算法程序流程

4 试验与结果

根据以上调光算法, 在设计的硬件平台上得到了实现。对同一目标改变 CCD 的参数设置, 得到了 29 幅图像, 其中的 15 幅图像如图 6 所示, 每幅图像的 P 值经归一

化处理后对应的 CCD 参数设置值如表 1 所示。据此描绘出的 P 值曲线如图 7 所示。

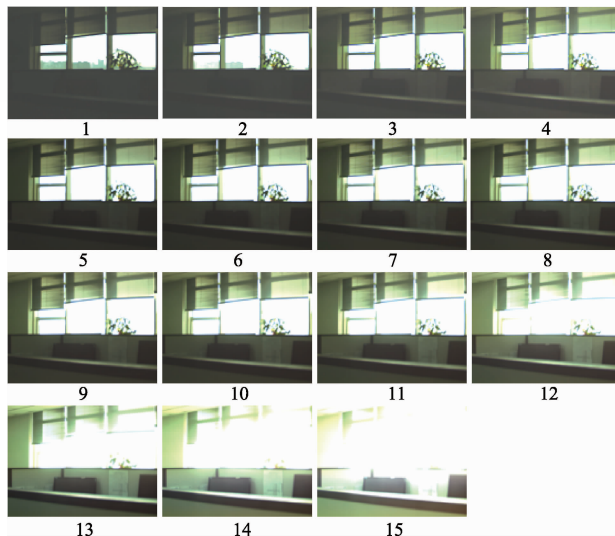


图6 试验图像

表1 P 值与 CCD 参数对应关系

图像编号	CCD 参数设置		归一化 P 值
	积分时间/ μ s	增益/dB	
1	1 320	0	0.805
2	2 850	0	1.052
3	5 445	0	1.413
4	8 085	0	1.985
5	10 725	0	2.727
6	13 650	0	3.518
7	16 005	0	4.597
8	18 645	0	5.688
9	21 285	0	6.921
10	23 925	0	8.303
11	23 925	2	9.502
12	23 925	6	9.433
13	23 925	10	7.634
14	23 925	14	4.436
15	23 925	18	0.997

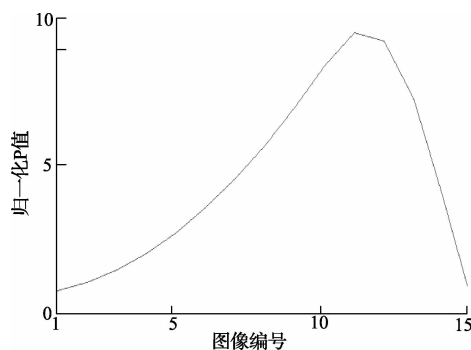


图7 P 值曲线

从图6中可以看出,随着 CCD 设置参数的变化,图像总体亮度逐渐增加,而从表1中数据可以看出,在 CCD 动态范围一定的条件下,第11幅图像呈现出了相对较多的图像信息,并同时兼顾了亮、暗区域的成像,达到了理想的调光效果。

图7中的 P 值曲线反映了15幅图像 P 值的变化过程,该曲线在整个的调光过程中具有良好的单峰性,不会因在寻峰过程中出现局部峰值而发生误判,能够保证自动调光的正确性。

本系统采用的探测器为帧频 30 f/s 的数字 CCD,试验中整个寻峰过程共采集了 29 帧图像,自动调光过程用时 1 s。

5 结 论

针对数字 CCD 的使用特点,提出了基于图像处理的自动调光系统。试验结果证明,系统在 1 s 时间内完成整个自动调光过程,调光评价函数具有良好的单峰性,自动调光后图像细节呈现良好,达到了理想的调光效果。该自动调光方法硬件实现简单、调光准确,有较好的实时性,能够满足光电设备自动调光的需要。

参 考 文 献

- [1] 李海星,惠守文,丁亚林. 国外航空光学测绘装备发展及关键技术[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(5):469-477.
- [2] 黄辉,周进. 基于现场可编程门阵列的 CCD 相机自动调光[J]. 光学精密工程, 2014, 22(2):426-433.

- [3] 李娜,丁亚林,周九飞,等. 基于 TMS320F2812 控制器的自动调光系统设计[J]. 中国光学与应用光学, 2009, 2(4):340-345.
- [4] 张宇,赵贵军,李国宁,等. 用于目标跟踪的大视场 CCD 相机自动调光方法及实现[J]. 液晶与显示, 2009(6): 928-933.
- [5] 许兆林,赵育良,苏媛媛. 一种宽范围自动曝光控制系统的设计[J]. 电光与控制, 2008, 15(2):74-77.
- [6] 李利涛,杨明,王国著,等. 全景扫描仪自动聚焦系统研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(11): 1034-1039.
- [7] 张玉良. 基于嵌入式 DSP 的光电平台自动调焦控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(7):64-66.
- [8] 王勇,王宇庆,赵晓晖. 图像质量客观评价的复数矩阵结构相似度方法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(5): 1118-1129.
- [9] 徐磊,崔雪楠. 基于 FPGA 的遥感高速图像数传系统设计[J]. 电子测量技术, 2015, 38(3):72-76.
- [10] 王代华,周锋,吴朝明,等. 基于阈值的调焦方向判断方法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(8):1813-1818.

作 者 简 介

楚广生,1980 年出生,硕士,副研究员。主要研究方向为数字图像处理、可见光像机控制等。
E-mail:chugs1982@163.com