

# 一种快速宽范围的自动曝光算法及其应用

王朋, 张起贵, 程永强

太原理工大学信息工程学院, 太原 (030024)

E-mail: [wp4139958@126.com](mailto:wp4139958@126.com)

**摘 要:** 本文提出了一种新的快速自动曝光控制算法, 该算法采用光圈控制和自动增益补偿相结合的控制方式实现宽范围自动曝光调节, 采用模糊逻辑系统实现图像区域亮度的权值动态分配获得更加精确的图像亮度均值, 同时利用 PWM 值与图形亮度值间的对应关系建立查找表以快速调整光圈至合适位置, 最后辅以自动增益补偿控制, 从而精确实现快速宽范围的自动曝光控制。实验结果表明该算法对各种光线环境下均能进行精确快速的自动曝光控制。

**关键词:** 自动曝光控制; 模糊逻辑; 摄像机

**中图分类号:** TN911.73

## 1. 引言

曝光是用来描述从景物到达数码成像系统光通量大小的物理量。曝光是否正常直接影响图像的效果。曝光过度, 图像看起来就太亮; 曝光不足, 图像看起来就太暗。因此。自动曝光是数码成像系统中对图像信号的一项重要处理功能<sup>[1]</sup>。

传统的自动曝光系统将整幅图像的亮度均值与预先设定的参考值比较来进行曝光控制。它的控制方法相对比较简单, 控制功能也比较强大, 目前仍占据市场主流位置。其他的基本算法包括基于图像直方图、分辨率或对比度最大化的算法<sup>[2]</sup>以及人工神经网络的算法<sup>[3]</sup>。这几类算法与传统的自动曝光控制方法比较都有各自的优点, 但是实际应用起来复杂度较高, 相应成本也较高, 而且处理速度相对也比较慢。本文提出了一种新的摄像机自动曝光控制方法。

## 2. 算法基本原理

在本文中提出的自动曝光控制算法其基本原理是根据模糊规则对图像的区域亮度均值进行动态加权并计算出当前图像的亮度均值, 并结合当前给光圈直流电机发送的 PWM 脉冲值判定当前光强环境, 然后通过查表得该光强环境下达到基准亮度所要发送的 PWM 脉冲, 从而使光圈快速移动到合适位置。考虑到建表的不精确性, 本算法采用自动增益调节进行辅助调节, 在光圈快速移动的同时, 根据当前光强环境对自动增益的范围进行设定, 从而实现摄像机的自动曝光的精确控制。算法的核心是图像区域权值的动态分配和 PWM 与当前图像亮度值查找表的建立。

## 3. 权值动态分配及当前亮度值的计算

自动曝光不仅需要适用于各种不同的光线环境, 而且需要适用于各种不同类型的图像。因此本算法将整个图像分成区域 0、区域 1、区域 2、区域 3、区域 4 五个部分如图 1 所示。不同类型的图像不同的光线条件所需要的曝光重点不一样, 因此自动曝光算法给需要重点曝光的区域更高的权值<sup>[4-5]</sup>。

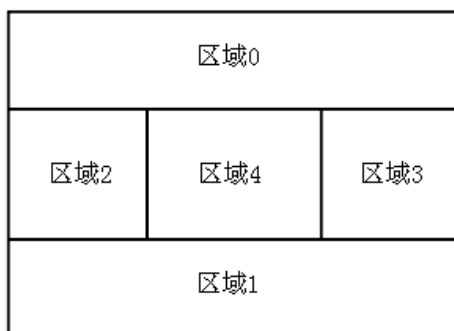


图 1 图像的划分

### 3.1 权值动态分配

本算法根据图像区域权值动态分配的需要设计了一个模糊逻辑系统,考虑到单片机处理能力,又将这个大系统划分为两个子系统,每个子系统包括两个输入量,一条模糊规则及一个输出量。

本算法模糊子系统的划分由模糊规则来决定,根据专家经验及日常曝光的判定方法,得到如下两条逻辑规则<sup>[6]</sup>:

1)、当区域 0 或区域 1 平均亮度较大,而区域 2、区域 3、区域 4 中其中一个平均亮度值偏小时,区域 2、3、4 将被赋予较大的权重。

2)、当 5 个区域的总平均亮度偏小,而其最亮区域的亮度偏大时,较暗的区域将被赋予较大权重。

规则 1)构成子系统 1,在拍摄过程中,最为常见的曝光异常是背光,这种情况通常会造成背景过于明亮而主体偏暗的曝光异常。因此要适当增加亮度较低区域的权重。

规则 2)构成子系统 2,描述了人眼的感光特点,往往更注意暗部细节的损失。当 5 个区域的总平均亮度偏小,画面的整体亮度也较低,但最亮区域的亮度偏大,则说明画面对比度较大,此时暗部细节显得更加重要,类似于背光的情况,应当增加亮度较低区域的权重。

模糊系统共有四个输入量:

$$X1=V0;$$

$$X2=\min(V2,V3,V4);$$

$$X3=(V0+V1+V2+V3+V4)/5;$$

$$X4=\max(V0,V1,V2,V3,V4);$$

式中  $V_i$  为图中  $i$  区的平均亮度,  $X1$  与  $X2$  属于模糊规则 1)所在的子系统 1,  $X3$  与  $X4$  属于模糊规则 2)所在的子系统 2。

四个输入量  $X1$ 、 $X2$  和  $X3$ 、 $X4$  都是一区域的平均亮度值,它们具有相同的隶属函数。将两个系统分别划出三个模糊集合,  $A1$ 、 $A2$  和  $A3$ , 其隶属函数如图 2 所示:

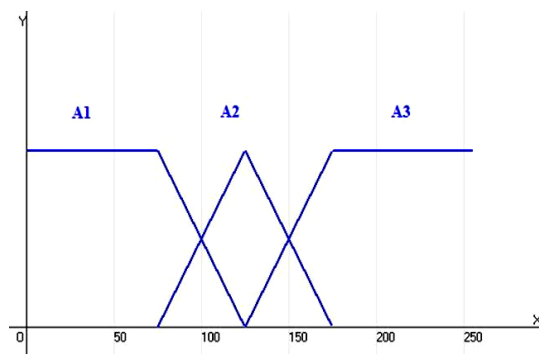


图 2 输入量 X1-X4 的隶属函数

根据各输入量所隶属的模糊集合以及模糊规则 1)和 2), 为两个子系统各自定义了一组模糊逻辑规则。由于两个子系统原理上相同, 以子系统 1 为例:

If X1 is A1 and X2 is A1, output1(s) is W(1,1).

If X1 is A1 and X2 is A2, output1(s) is W(1,2).

If X1 is A1 and X2 is A3, output1(s) is W(1,3).

If X1 is A2 and X2 is A1, output1(s) is W(2,1).

If X1 is A2 and X2 is A2, output1(s) is W(2,2).

If X1 is A2 and X2 is A3, output1(s) is W(2,3).

If X1 is A3 and X2 is A1, output1(s) is W(3,1).

If X1 is A3 and X2 is A2, output1(s) is W(3,2).

If X1 is A3 and X2 is A3, output1(s) is W(3,3).

其中 W 均代表一组权值。表 1 列出了对应于所有规则产生的权值, 这些权值均由实验测定。

表 1 子系统 i 的权值选取

X1 \ X2			
	A1	A2	A3
A1	W(1,1)	W(1,2)	W(1,3)
A2	W(2,1)	W(2,2)	W(2,3)
A3	W(3,1)	W(3,2)	W(3,3)

### 3.2 当前图像亮度值计算

权值动态分配系统后, 图像各区域得到一组权值 W, 根据公式(1)即可计算出当前图像亮度值:

$$Aver = (V0*W_0 + V1*W_1 + V2*W_2 + V3*W_3 + V4*W_4) / (W_0 + W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \quad (1)$$

其中 Aver 即为所求的当前图像亮度值。

## 4. 查找表的建立及使用

### 4.1 查找表的建立

在一定光照条件下, 光圈开合的大小同图像亮度存在一定的关系, 而 PWM 脉冲又是控制光圈开合的控制量(本算法的实现是使用基于音圈直流电机控制光圈的三可变镜头, 其使

用 PWM 脉冲来控制光圈的开合)。因此, PWM 值与图像亮度值之间必然存在着一定的对应关系。我们通过大量试验选取一些具有代表性的光强环境,进而在这些光强环境下进行实验建立图像亮度值和 PWM 值的对应关系表。图 3 即为 PWM 值与图像亮度值对应关系示意图,图中每条曲线均代表一定光强下光圈开合大小与当前亮度值的对应关系。

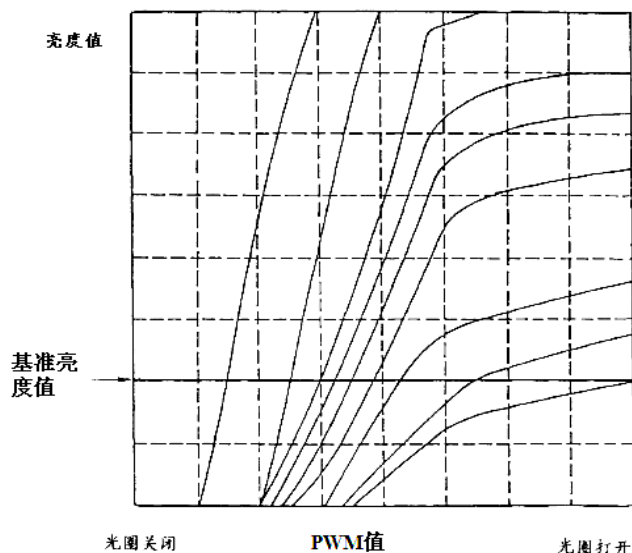


图 3 PWM 值与亮度值对应关系示意图

此外,在查找表建立过程中,我们根据试验状况对光圈开合的最大和最小口径进行限定,从而可以有效的保证了在光圈自动控制过程中图像的景深以及清晰度。

## 4.2 查找表的使用

本算法根据计算所得当前图像亮度均值以及 PWM 值,依据模糊至最大值原则判定当前外界的光照环境,选择一条合适的光照曲线,进而根据基准亮度值查表得到目标 PWM 值(如图 4 所示)。然后单片机根据目标 PWM 值发送合适的 PWM 脉冲使光圈快速移动到指定位置。

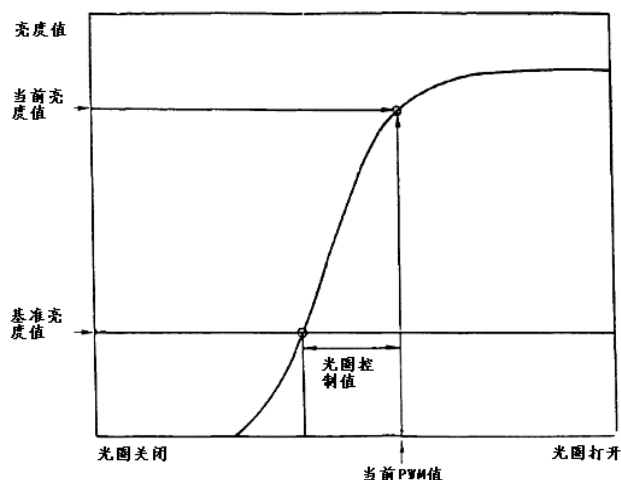


图 4 当前 PWM 值计算示意图

## 5. 算法应用

实验主要从光照条件的正确判断、算法的速度和算法的精度三个方面对算法进行判断, 采用了 30 种不同的光照环境测试, 并着重关注了光强环境突变的时候自动曝光控制的速度与精度, 结果表明本控制算法能够快速精确的控制光圈的开合, 实现图像准确曝光。

本自动曝光控制算法已在两种不同的硬件平台上得以实现: (1)单片机+ FPGA(LPC 2132 + Xilinx X3S250E)平台; (2)单片机+专用 DSP(LPC2132+SONY CXD4103/CXD3172)。感光元件均采用 SONY 公司生产 47 万像素 CCD 图像传感器 ICX229AK。其中平台(2)利用了专用 DSP 内部的亮度计算单元配合单片机低成本实现, 目前已被成功应用于一体化摄像机产品。

## 6. 结论

本文提出了一种新的用于摄像机的自动曝光控制算法, 它采用了图像动态加权平均亮度值进行自动曝光控制, 确定了加权亮度均值的计算原则, 增加了背光区域和人眼感兴趣的区域的权值, 使得图像亮度均值的计算更加精确; 利用 PWM 值与当前图像亮度均值结合判定当前光照环境, 通过查表的方式使光圈快速移动到指定位置, 减少了曝光所需的时间。同时采用光圈和自动增益补偿共同控制, 使得本算法能够实现宽范围的精确自动曝光调节。

## 参考文献

- [1] Sampat Nitin, Venkataraman Shyam, Yeh Thomas, et al. System implications of implementing auto-exposure on consumer digital cameras [J]. SPIE, 1999, 3650:100-107.
- [2] CHEN Chao-yeh, TSENG Chen-yu, HUNG Chi-hsuan, et al. Combinational AE-AF system with fuzzy climbing search servo [J]. SPIE, 2006, 6069:107-114.
- [3] Nasser Kehtarnavaz, Hyuk-Joon Oh, Shidate I, et al. New approach to auto-white-balancing and auto-exposure for digital still cameras [J]. SPIE, 2002, 4669: 268-276.
- [4] S. Shimizu et al., A New Algorithm for Exposure Control Based on Fuzzy Logic for Video Cameras, IEEE Trans.Consumer Electronics, vol. 38, no. 3, pp. 617-623, Aug. 1992.
- [5] M. Murakami, and N. Honda, An Exposure Control System of Video Cameras Based on Fuzzy Logic Using Color Information, "Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on, vol. 3, pp. 2181-2187, 1996.
- [6] 周杰; 基于多区域分割及模糊逻辑的自动曝光方法 [D]; 上海交通大学; 2007年.

# A New Fast Auto-exposure Algorithm for Video Cameras and Application

Wang Peng, Zhang Qigui, Cheng Yongqiang

Information Engineering College, Taiyuan University of Technology, Taiyuan (030024)

## Abstract

A new automatic exposure method with low-cost and fast response is proposed, it uses iris control and automatic gain compensation to realize automatic exposure control in a wide range. A more accurate average value of image luminance is obtained by a method of weight value dynamic allocation using fuzzy logic, and then diaphragm is adjusted to a proper position according to look up table based on the corresponding relation between the PWM value and image luminance value. To control the exposure more precisely, automatic gain compensation is used as a fine adjustment. Results show that the new automatic exposure algorithm gives efficient exposure control over various scene tests.

**Keywords:** automatic exposure control; fuzzy logic; video cameras

## 作者简介:

王朋(1984—),男,硕士,主要从事一体化摄像机方面的研究;张起贵(1963—),男,硕士,副教授,主要研究领域为图像处理与图像通信。

程永强(1969—),男,博士,副教授,主要研究领域为图像语音处理、嵌入式系统。