

文章编号 1004-924X(2014)02-0426-08

基于现场可编程门阵列的 CCD 相机自动调光

黄 辉^{1,2*}, 周 进¹

(1. 中国科学院 光电技术研究所, 四川 成都 610209; 2. 中国科学院大学, 北京 100149)

摘要:针对 CCD 相机在一些特殊场合成像时遇到的前后两帧图像场景不一致、应用环境多样性等问题,提出了一种基于图像直方图统计和分块均值的自动调光算法。该算法首先分析一帧图像的亮度分布,并计算出下一帧图像的最佳均值。然后根据该均值调整下一帧图像的曝光量,使其合理曝光。实验结果表明,利用此方法可以获得整体亮度合适的图像。在统计直方图后,计算最佳均值只需利用到直方图和几个均值,与图像本身的大小没有关系,所以计算量非常小;在像素时钟为 60 MHz 时,每次计算时间为 6 μ s。另外,此方法具备较好的场景适应能力,满足场景时刻变化时 CCD 相机自动调光以及实时性的要求。

关键词:CCD 相机;自动调光;直方图;曝光量;现场可编程门阵列

中图分类号:V447.3 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20142202.0426

Auto-exposure for CCD camera based on FPGA

HUANG Hui^{1,2*}, ZHOU Jin¹

(1. *Institute of Optics and Electronics, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China;*

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100149, China)*

* *Corresponding author, E-mail: huanghui_8816@163.com*

Abstract: As CCD camera may image in different scenes and changed scenes in some special applications, an effective automatic exposure algorithm is proposed based on image histogram statistics and image mean blocking. Firstly, it analyzes the luminance distribution of image one and calculates the optimal mean of the next image. Then, it adjusts the exposure value of the next image based on the optimal mean to gain the image with rational exposure. The experimental results show that the method can obtain an image with appropriate brightness. After accounting the histogram, the algorithm has less calculation, which is dependent on the histogram and some means and nothing on the image sizes. When the pixel clock is 60 MHz, the calculating time just needs 6 μ s. Moreover, it not only has a good capability to different scenes, but also can meet the requirements of the CCD camera for automatic exposure in real time at changed scenes.

Key words: CCD camera; automatic exposure; histogram; exposure value; Field Programming Gate Array(FPGA)

1 引言

自20世纪70年代以来,电子技术、成像技术和计算技术的日趋成熟以及CCD感光芯片在灵敏度、分辨率和噪声控制等方面的优势使得CCD相机技术得到了迅速发展,并广泛应用于民用相机、医学装置、军事侦察、遥感遥测等领域。自动调光技术是CCD相机研制过程中的关键技术之一,是保证成像质量的重要部分。基于数字图像的自动调光方法具有结构简单、智能程度高等优点,是CCD相机自动调光的重要方法。

针对特殊光照(背光,强正面光),学者们提出了许多曝光方法^[1-9],例如Suji Shimizu在文献[2]引入了一个新的参数HIST,将其定义为亮度高于某一阈值的像素数与图像总像素数之间的比值。HIST曲线平坦部分的高度反映了主体和背景部分的面积比,该部分的斜率反映了主体和背景之间的亮度对比度,斜率越大表示两部分的对比越强烈。根据HIST曲线设计了5条模糊逻辑规则,最终得到了针对曝光时间的补偿值。也有许多算法在拍摄人物时以“人脸”为测光目标进行调光^[6]。一些针对固定背景下的特定目标的调光算法目标明确,首要任务就是使目标曝光合适^[7]。

在一些特殊应用场合,CCD相机中所拍摄的场景是一直变化的,所以只能根据前几帧图像的亮度信息来预测下一帧最合适的曝光量。对于这种应用场合,一般是根据经验设定一个固定的最佳均值,以此来调节曝光量,但是此类方法的场景适应能力很差,特别是遇到特殊光照(局部亮、局部暗)的场景时会失效,甚至会引起光晕现象。针对这一问题,本文提出了一种基于图像直方图统计和分块控制的自动曝光算法。

自动曝光的目的就是使成像系统能对拍摄出来的图像信息进行分析,然后调整曝光参数使得下一帧图像具有理想亮度。在一些算法中,例如直接设置法、逐次逼近法等认为亮度均值是一个固定的均值,例如108或者128,这在一些正常光照情况下取得了很好的效果。但是这些方法不能够处理“强正面光”和“背光”以及场景复杂的情况(存在“局部亮”或“局部暗”)。因此,学者们在这个基础上提出了许多先进的自动曝光算法,它们都将合理的图像亮度均值视为一个动态值,在

对图像亮度分析后,给出参数调整方法。本文的设计方法中,同样将下一帧图像最合理的亮度均值视为一个动态值,动态的取值为 $[I_{low}, I_{high}]$,并设定一个初始最佳值INIT_OPT,这个值被认为是在正常光照情况下的图像最合理的亮度均值。

2 相机的曝光函数

CCD图像传感器所得到的图像亮度与拍摄场景的照度、曝光时间、光圈值和增益成线性关系^[9]。假设从光源射出的光照度是由许多独立的照度分量组成的,由于图像传感器是由像素阵列组成的,则像素点 (m, n) 单位时间内接收的光能量为:

$$P_{mn} = E_{emn} \cdot \pi r^2 = E_{emn} \cdot \pi \cdot f^2 / (4F^2), \quad (1)$$

其中: E_{emn} 是像素点 (m, n) 所接收的光照度; f 为焦距; F 为光圈值。

受激发的光电流为:

$$I_{mm} = P_{mm} \cdot \eta(\lambda) \cdot e / (hc), \quad (2)$$

其中: $\eta(\lambda)$ 是传感器的光谱反应系数; λ 是入射光的波长; c 是光的传播速度。根据式(1)、(2)可知,转换后的电压值为:

$$V_{mm} = G \cdot Q_{mm} / C_{pmn} = G \cdot I_{mm} \cdot T / C_{pmn} = \frac{E_{emn} \cdot \pi \cdot f^2 \cdot \lambda \cdot \eta(\lambda) \cdot e \cdot G \cdot T}{4h \cdot c \cdot C_{pmn} F^2} = k \cdot E_{emn} \cdot G \cdot T / F^2, \quad (3)$$

其中: C_{pmn} 是该像素的寄生电容; G 为放大增益, T 为曝光时间。即可得图像的亮度平均值为:

$$Y_{mean} = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N V_{mm} = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E_{emn} \cdot (k \cdot G \cdot T / F^2) = k \cdot E_e \cdot G \cdot T / F^2, \quad (4)$$

其中: Y_{mean} 为图像均值, E_e 是场景照度均值。

$$E_e = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E_{emn}. \quad (5)$$

从式(3)可以看出,图像每个像素的大小与它对应的场景照度、相机曝光时间、光圈大小以及相机增益成线性关系,而从式(4)可知整幅图像的图像均值也是与上述4个变量成线性关系。对式(4)的两边取对数可得:

$$\log_2 Y = \log_2 k + \log_2 E_e + \log_2 g + \log_2 (T / F^2), \quad (6)$$

其中:曝光量 EV 为相机的一个调光参数为:

$$EV = \log_2(F^2/T). \quad (7)$$

根据式(6)可得当前图像的情况:

$$\log_2 Y_n = \log_2 k + \log_2 E_n + \log_2 G_n - EV_n. \quad (8)$$

假设下一帧图像的最佳均值为 $next_opt$, 下一帧图像对应的场景照度均值为 E_next , 需要的曝光量为 EV_{opt} , 增益为 G_{opt} , 即有:

$$\log_2 next_opt = \log_2 k + \log_2 E_next + \log_2 G_{opt} - EV_{opt}. \quad (9)$$

根据式(8)、式(9)可得:

$$EV_{opt} - \log_2 G_{opt} = EV_n - \log_2 G_n + \log_2 Y_n - \log_2 E_n + \log_2 next_opt - \log_2 E_next. \quad (10)$$

如果当前图像和下一帧图像的拍摄场景相同或者相近时,前后两帧图像对应的场景光照情况类似,则有 $E_next = E_n$, 此时,式(10)简化为:

$$EV_{opt} - \log_2 G_{opt} = EV_n - \log_2 G_n + \log_2 Y_n - \log_2 next_opt. \quad (11)$$

其中: Y_n 、 EV_n 和 G_n 是当前帧的信息,对于下一帧而言,这些信息是已知的。而下一帧需要的曝光量 EV_{opt} , 增益 G_{opt} 则为用于调整相机参数以便采集下一帧图像所设定的值。那么,最关键的问题是如何得到下一帧图像的最佳均值 $next_OPT$ 。下面给出一种根据上一帧图像的亮度信息计算得到下一帧图像最合理的亮度均值的方法。

3 计算下一帧图像的最佳均值

CCD 相机所拍摄的场景是时刻变化的,但是相邻的 2 帧图片会有重叠部分。在本文中,将下一帧图像与上一帧图像重叠的部分称为重叠部分,其他部分称为非重叠部分。根据相机的拍摄参数可以大致区分出重叠部分和非重叠部分。相邻 2 帧图像在拍摄时所处的环境(天气等)基本一致,因此,所拍摄背景非常接近。所以上一帧图像的亮度分布对下一帧的调光有很大的参考意义。当 CCD 相机不是针对特定目标拍摄时,即没有特定的感兴趣区域,这时,调光是对全局调光。拍摄目标既要使整体在一个合理的亮度区间,并避免出现“死白”(会引起光晕现象)和“死黑”区域。

该算法主要由两个部分组成:图像曝光信息统计和下一帧图像最佳均值计算。图像曝光信息

统计主要统计图像均值、各分块均值以及图像直方图。下一帧图像最佳均值计算包括:(1)根据图像直方图在一定范围内搜索出能够使两端点在一一定的范围内,并最靠近 $INIT_OPT$ 的值作为一个参考值 I_opt_hist ; (2)根据相机参数判断哪些是重叠部分,计算出这些分块给出的“建议”,并以此计算出下一帧最佳均值的一个参考值 I_opt_block ; (3)为了使重叠部分的分块不出现“局部亮”或“局部暗”的情况,计算下一帧最佳均值的一个取值范围;(4)最后根据 I_opt_hist 和 I_opt_block 和上述的取值范围以及人眼能够接受的范围确定下一帧最佳均值。

3.1 图像分块

为了能够将图像中“局部亮”和“局部暗”区域搜索出来,同时,尽量少占用 FPGA 资源,所以没有利用图像分割技术,而是将图像分成 4×4 小块,如图 1 所示。假设图像大小为 $width \times height$, 则每个小块的大小为 $[width/4] \times [height/4]$, 其中: $[]$ 为向下取整运算。由于 4 是 2 的整数倍,所以 $[width/4]$ 和 $[height/4]$ 只需右移即可得到。分块越细时,对图像中“局部亮”和“局部暗”区域的识别能力越强,但也会增加计算复杂度。

将重叠部分占 50% 以上的分块视为重叠分块,同时,当整幅图像的重叠率小于 25% 时,将靠近下一帧图像的 4 个小分块视为重叠分块。

| | | | | |
|----|----|----|----|--|
| 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 12 | 13 | 14 | 15 | |
| | | | | |

图 1 图像分块方式

Fig. 1 Image block mode

3.2 根据分块分析下一帧图像最佳均值

在整体上,下一帧图像是否存在“局部亮”或“局部暗”是不能事先预知的,但是当前图像与下一帧图像的重叠部分将在下一帧中再次出现,因此,本文将重叠部分作为下一帧图像的调光窗口,用以分析重叠部分的光照情况,并以此分析出下

一帧图像最佳亮度均值的一个参考值 I_{opt_block} 。

(1)根据重叠部分小块的均值和重叠信息可以计算出重叠部分的均值 lap_mean 。

(2)计算出各重叠的分块与 lap_mean 的绝对差 $diff(i)$:

$$diff(i) = |block_mean(i) - lap_mean| . \quad (12)$$

(3)在 $diff(i)$ 中搜索出最大值 $diff_max_1$ 和次最大值 $diff_max_2$ 。其中: $diff_max_1$ 、 $diff_max_2$ 分别对应 max_1 、 max_2 方块。拍摄场景判定如表 1 所示。 H 是指方块均值大于 lap_mean 的方块集合, L 指方块均值小于 lap_mean 的集合。

(4)当场景为 A 时,给出的参考值 I_{opt_block} 为 $INIT_OPT$,屏蔽根据直方图的方法搜索出的参考值 I_{opt_hist} ,并将下一帧图像的最佳亮度均值设为 $INIT_OPT$;当场景为 B 时, I_{opt_block} 为 $INIT_OPT$,但是不屏蔽搜索模块;当场景为 C 时,若这个方块调到了 I_{high} 时,重

叠部分的图像均值为 max_{1_c} ,即有:

$$\frac{max_{1_c}}{lap_mean} = \frac{I_{high}}{\max\{block_mean(i)\}} , \quad (13)$$

即:

$$max_{1_c} = \frac{I_{high} \times lap_mean}{\max\{block_mean(i)\}} . \quad (14)$$

若 max_{1_c} 大于 I_{low} ,则 $I_{opt_block} = max_{1_c}$,否则 $I_{opt_block} = I_{low}$;当场景为 D 时,若这个方块均值调整到 I_{low} ,同理可得到此时图像均值 max_{1_c} 为:

$$min_{1_c} = \frac{I_{low} \times lap_mean}{\min\{block_mean(i)\}} , \quad (15)$$

同样,当 min_{1_c} 小于 I_{high} ,则 $I_{opt_block} = min_{1_c}$,否则 $I_{opt_block} = I_{high}$;当场景为 E 时,是一种较为复杂的情况,图像中既存在“局部暗”又存在“局部亮”的情况,根据式(14)和式(15)分别计算出 max_{1_c} 和 min_{1_c} ,再将这 2 个参数规范到动态范围 $[I_{low}, I_{high}]$ 中(当超出边界值时将等于对应边界值)。最后,将它们的均值作为参考值 I_{opt_block} 。

表 1 场景判定

Tab.1 Determination of scene of image

| 场景 | 条件 | 场景情况 |
|----|---|----------------|
| A | $diff_max_1 < lap_mean/4$ | 正常光照、简单场景 |
| B | $diff_max_1 < lap_mean/2$ | 不存在“局部亮”或“局部暗” |
| C | $max_1 \in H \cap (max_2 \in H \cup diff_max_2 < lap_mean/2)$ | 暗背景下的亮物体 |
| D | $max_1 \in L \cap (max_2 \in L \cup diff_max_2 < lap_mean/2)$ | 亮背景下的暗物体 |
| E | others | “局部亮”和“局部暗”均存在 |

3.3 根据直方图分析下一帧最佳均值

由于自然光照照度分布从 0.001 lx 的月光到 100 000 lx 的太阳光照,因此,自然场景中光照分布范围 $d_{nat} = 20\lg(100\ 000/0.001)\text{db} = 160\ \text{db}$ [10]。当相机采集数据为 n 位时,能够采集的动态范围 d_{cam} 为 $20\lg(2^n)$ 。即当 $n=8$ 时, $d_{cam} = 48\ \text{db}$; $n=12$ 时, $d_{cam} = 72\ \text{db}$; $n=16$ 时, $d_{cam} = 96\ \text{db}$ 。由此可见, $d_{cam} < d_{nat}$ 。一般情况下,相机采集到的图像存在一些被截断的点,或者一些已饱和的点。图像中被截断或者饱和的点意味着该点信息丢失。因此,根据图像直方图与图像均值搜索出能够将截断点和饱和点控制在一定范围内的并靠近最佳图像均值的初始值的点,并将这个点作为全局给出的下一帧最佳均值 I_{opt_hist} 。在整个搜

索中,采用对半搜索法。

首先,根据经验设定以下几个值:

(1)搜索范围。可以肯定的是该搜索模块得到的 I_{opt_hist} 在 $[I_{low}, I_{high}]$ 内,为了便于搜索,将搜索范围设为 $[INIT_OPT - ININ_OPT/2, INIT_OPT + ININ_OPT/2]$ 。一般参数设置时前者为后者的一个子集。

(2)边缘概率的阈值。饱和区域对应的边缘概率阈值 TP_{high} 以及被截断区域对应的边缘概率阈值 TP_{down} 。

(3)图像亮度值的截断点 CUT_T 和饱和点 SAT_T 。将像素值在 $[0, CUT_T]$ 区域内的点视为截断点,在 $[SAT_T, 255]$ 区域内的点视为饱和点。

本文目的是在新的图像中,处于截断区和饱和区的点在一定的范围之内,但是新的图像是得不到的。当将图像均值调整为 opt_all 时,现有图像中 $[0, C_T]$ 区域内的点会在新的图像的截断区,而 $[S_T, 255]$ 区域内的点会在新图像的饱和区,即将 CUT_T 和 SAT_T 映射到现有的图像中:

$$\begin{aligned} C_T &= img_mean \times CUT_T / opt_all \\ S_T &= \begin{cases} 255 & img_mean \times SAT_T / opt_all > 255 \\ img_mean \times SAT_T / opt_all & \text{others} \end{cases} \end{aligned} \quad (16)$$

计算此时对应的截断区域的概率 P_{down} 和饱和区域的概率 P_{high} 如下所示:

$$\begin{aligned} P_{down} &= \frac{\sum_{i=0}^{C_T} image_hist(i)}{image_width \times image_height} \\ P_{high} &= \frac{\sum_{i=S_T}^{255} image_hist(i)}{image_width \times image_height} \end{aligned} \quad (17)$$

在全局分析中,根据图像直方图预测出下一帧图像的最佳图像均值的参考值 I_{opt_hist} 。根据式(4)可知,要将图像亮度均值调到某个值时,只需将所有像素值乘以一个相同的系数。又由于该算法只需要边缘概率与均值,而不需要考虑像素的具体位置,所以分析时可以根据直方图和图像均值计算。这样很大程度上减少了计算量。

由于饱和点可能会引起光晕现象,所以在搜索过程中确保饱和区域优先于截断区域满足条件。由于整个搜索过程中采用对半搜索法,每次搜索步长是原来的一半,所以,只需要搜索 5 次可以确保最后的搜索步长小于等于 1 ($INIT_OPT$ 设置时会小于 128)。具体算法过程如下:

(1)首先,假设均值 opt_all 调到 $INIT_OPT$ 点,根据式(16)、(17)计算边缘概率 P_{high} 和 P_{down} 。若满足式(18),则设图像最佳均值为 $INIT_OPT$,否则,标记移动方向 $flag$ 和第一移动方向 $first_flag$,并将搜索步长 $StepLen$ 设为 $INIT_OPT/4$ 。

$$P_{high} < TP_high \cap P_{down} < TP_down. \quad (18)$$

(2)重新计算 opt_all 值:

$$opt_all = \begin{cases} opt_all & flag = "00" \text{ or } "11" \\ opt_all + StepLen & flag = "01" \\ opt_all - StepLen & flag = "10" \end{cases} \quad (19)$$

(3)根据式(16)、式(17)计算新的测试点 opt_all 边缘概率 P_{high} 和 P_{down} 。若它们满足式(18),移动方向 $flag$ 取 $first_flag$ 的反方向,使其向 $INIT_OPT$ 靠近。否则,标记 $flag$,并更新 $StepLen$;重复第 2、3 步 4 次。将最终结果作为全局给出的下一帧最佳均值参考值 I_{opt_hist} 。具体流程图如图 2 所示。

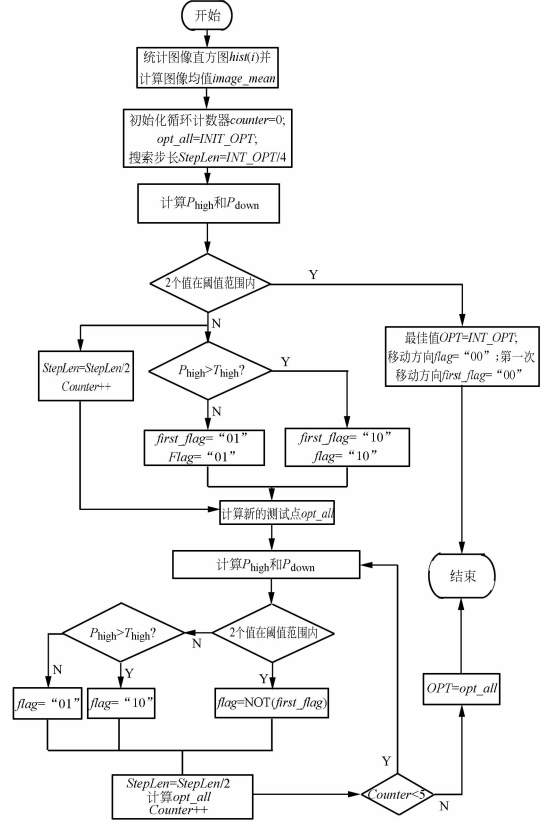


图 2 搜索最佳均值的流程图

Fig. 2 Flowchart of searching the optimal mean

3.4 下一帧图像的最佳均值

为了使得下一帧尽量不出现“局部亮”或“局部暗”的情况,该算法利用重叠的小分块对下一帧图像的最佳均值加以控制。首先,设定 2 个分块的均值阈值,图像每个分块均值的最小值 B_MEAN_MIN 和最大值 B_MEAN_MAX 。其次,搜索出重叠分块中均值最小分块 $block_min$ 和最大分块 $block_max$,要使调节之后每个重叠小分块的亮度均值都分布在最小值 B_MEAN_MIN 和最大值 B_MEAN_MAX 之间,只需使均值最小的分块 $block_min$ 调节后大于等于 B_MEAN_MIN ,并且均值最大的分块 $block_max$ 调节后小于等于 B_MEAN_MAX 即可。即有:

$$OPT_{min} = img_mean \times B_MEAN_MIN / block_min$$

$$OPT_{max} = img_mean \times B_MEAN_MAX / block_max$$
(20)

根据上面两节可以得到 2 个下一帧图像均值的参考值 I_{opt_hist} 和 I_{opt_block} 。其中: I_{opt_hist} 是对当前图像搜索出的最佳均值,而 I_{opt_block} 是重叠部分给出的最佳值,它们都对下一帧图像调光有很大的参考意义。

计算 2 个参考值 I_{opt_hist} 和 I_{opt_block} 的平均值 tmp_opt ,同时将 OPT_{min} 和 OPT_{max} 规范到 $INIT_OPT \pm INIT_OPT/4$ 内。

当 $OPT_{min} \geq OPT_{max}$ 时,说明整幅图像既存在“局部亮”的区域,又存在“局部暗”的区域。为了不出现“局部亮”区域,需要执行以下操作:如果 $tmp_opt > OPT_{max}$ 时, $OPT_NEXT_mean = OPT_{max}$;否则, $OPT_NEXT_mean = tmp_opt$ 。当 $OPT_{min} < OPT_{max}$ 时,将 tmp_opt 规范到

$[OPT_{min}, OPT_{max}]$,以得到 OPT_NEXT_mean 。

3.5 算法硬件实现

本文提出的算法是利用上一帧图像对下一帧的曝光量加以调节,从而使下一帧能有很好的曝光。而 2 帧图像的间隔很小,所以,对算法的实时性要求很高。为了满足实时性的要求。将它做成一个 IP 核,以便挂载到 FPGA 中的硬核 PowerPC 或软核 MicroBlaze 中。

分析算法可知,在 FPGA 中实现需要完成以下步骤:(1)直方图统计;(2)区域分块;(3)图像均值计算以及各分块的均值计算;(4)根据图像直方图和图像均值搜索下一帧图像均值的参考值 I_{opt_hist} ;(5)根据各分块均值和图像均值分析下一帧图像均值的参考值 I_{opt_block} ;(6)计算下一帧图像最佳均值的 OPT 模块。在 FPGA 中的实现框架图如图 3 所示。

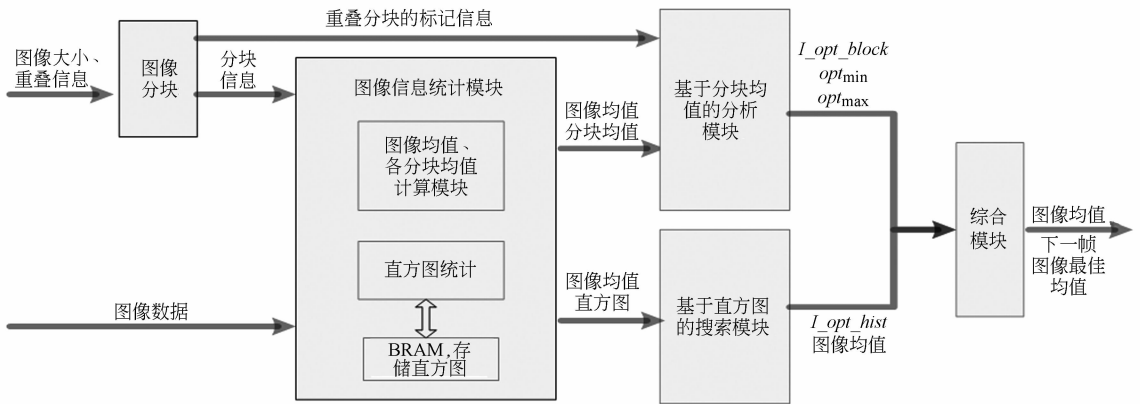


图 3 自动调光算法硬件实现框架图

Fig. 3 Block digram of hardware implementation for automatic exposure algorithm

4 测量实验与结果

为了证明方法的有效性,进行了以下三个实验。实验一与实验三为在 PC 机上的仿真实验,实验二应用于某型号相机。将上述硬件实现的 IP 核挂载在 FPGA 中 PowerPC 上。在实验中,参数分别为:最佳值 $INIT_OPT = 108$, $I_LOW = 80$, $I_HIGH = 128$, $TP_high = TP_down = 1/128$, $B_MEAN_MIN = 40$, $CUT_T = 8$, $B_$

$MEAN_MAX = 168$, $SAT_T = 224$ 。

实验(一)在 Visual Studio 2010 仿真平台上进行。利用一组包含 910 frames 图像的图像序列进行仿真实验。这组图像由同一 CCD 相机连续拍摄。重叠率为 10%,部分图像曝光不合理。经过分析当前帧图像亮度分布,计算出下一帧图像的最佳亮度均值,将下一帧图像线性调到该均值后。统计结果如表 2 所示,实验 1 中除了图像本身丢失的大量信息外,所有图像都可以得到很好的调整。

表 2 统计结果

Tab. 2 Statistical results (pixel)

| | 欠曝 | 稍微欠曝 | 正常 | 稍微过曝 | 过曝 |
|-----|----|------|-----|------|----|
| 调整前 | 53 | 165 | 453 | 187 | 52 |
| 调整后 | 6 | 14 | 870 | 12 | 8 |

实验(二)在某型号相机上(该相机的 EV 值可以调节)进行。先将 EV 设为任意值,通过 Cameralink 采集图片,再进行亮度分析,得到最合理的 EV 值,再通过串口对相机的 EV 值进行调整。每一次实验都能够使下一帧图像得到合理曝光。该相机像素时钟为 60 MHz,整个算法需要 350 个时钟,所以整个过程只需要 $6 \mu\text{s}$,对于 $4\,000 \times 4\,000$ 的图像,计算时间只是采集时间的四万分之一,完全满足实时性要求。2 帧图像调整结果图 4 所示。

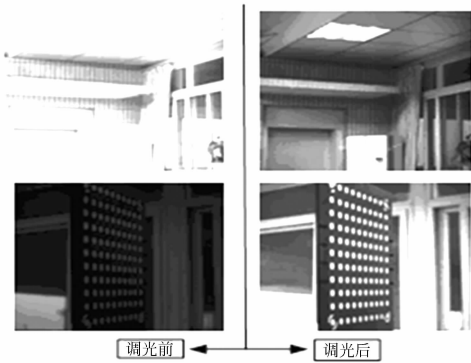


图 4 实验结果(二)

Fig. 4 Experimental results (2)

实验(三),为了验证该算法对复杂场景(有“局部亮”或“局部暗”)的处理能力,对许多复杂场景的图像进行了仿真,其中,较为典型的图片仿真结果图 5 所示,从实验结果可以看出,图像的曝光

得到了很大的改善。实验中分别采用了“过曝”和“欠曝”的图像,实验调整得到的图像非常接近,证明了算法的稳定性。

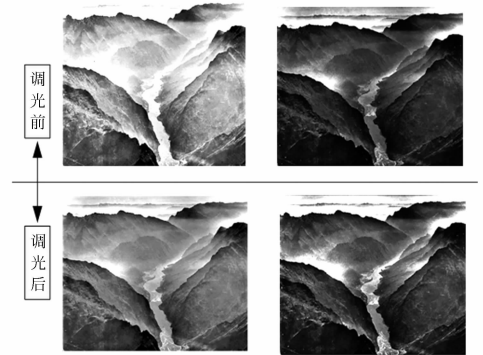


图 5 实验结果(三)

Fig. 5 Experimental results (3)

5 结 论

本文提出了一种基于图像直方图统计和分块均值的自动调光方法,利用该方法进行了仿真以及真实实验。实验表明,利用此方法可以获得整体亮度合适的图像;同时,此方法具备较好的场景适应能力,可以满足 CCD 相机在场景时刻变化时自动调光的需求。当所拍摄的场景光照正常并且场景简单时,该算法将自动退化为简单的直接设置方法。同时该方法在统计直方图后,只需利用直方图和几个均值即可计算最佳均值,与图像本身的大小没有关系,所以对于任何图像,计算量都非常小。由实验(二)可知,计算时间只需要 $6 \mu\text{s}$,这充分地证明了该算法满足实时性的要求。

参考文献:

- [1] GOSHTASBY A A. Fusion of multi-exposure images[J]. *Image and Vision Computing*, 2005, 23(6): 611-618.
- [2] SHIMIZU S, KONDO T, KOHASHI T. A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic video cameras [J]. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 1998, 38(3): 617-623.
- [3] 刘志国, 刘晶红. CCD 可见光摄像机调光方法研究 [J]. *液晶与显示*, 2011, 26(2): 250-254.

- [4] LIU ZH G, LIU J H. Automatic exposure algorithm for airborne visible light camera [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2): 250-254. (in Chinese)
- [4] ZHANG CH, YOU ZH, YU SH J. An automatic exposure algorithm based on information entropy [J]. *Sixth International Symposium on Instrumentation and Control Technology: Signal Analysis, Measurement Theory, Photo-Electric Technology, and Artificial Intelligence*, 2006, 6357: 6357-6357.
- [5] 朱宏殷. 星上成像均匀性及实时自动调光的研究 [D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理

研究所,2012.

ZHU H Y. *Research on imaging uniformity and real-time automatic exposure of remote sensing camera* [D]. Changchun: Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,2012. (in Chinese)

- [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: 上海交通大学, 2007.

ZHOU J. *Auto-exposure method based on image segmentations and fuzzy logic* [D]. Shanghai: Shanghai JiaoTong University,2007. (in Chinese)

- [7] 张雷,丁亚林,张洪文,等. 基于单帘快门的数字相机调光系统[J]. 光学精密工程,2013,21(5):1265-

1271.

ZHANG L,DING Y L,ZHANG H W,*et al.*. Adjustable exposure system for digital camera based on single curtain type shutter [J]. *Opt. Precision Eng.*,2013,21(5):1265-1271. (in Chinese)

- [8] VITEK S,HOZMAN J. Image quality influenced by selected image sensor parameters [J]. *Proceedings of SPIE on Photonics, Devices, and Systems II, Proceedings of SPIE*,2003,5036.

- [9] SIMON SCHULZ, MARCUS GRIMM. Using brightness histogram to perform optimum auto exposure [J]. *WSEAS Transactions on System and Control*, ISSN: 2007,1991-8763.

作者简介:



黄 辉(1988—),男,湖南娄底人,硕士,2011年于湖南科技大学获得学士学位,主要从事调光调焦图像处理方面的研究。E-mail: huanghui_8816@163.com

导师简介:



周 进(1975—),男,重庆人,副研究员,2007年于中国科学院光电技术研究所获得博士学位,主要从事实时图像处理、目标检测与追踪方面的研究, E-mail: goinself@163.com

(版权所有 未经许可 不得转载)