

对图像处理实现硬件调节

赖耀霖 厦门大学 张新楼 兰州大学

徐中佑 厦门大学 张砚臣 厦门联创微电子股份有限公司

摘要 文中对图像亮度、对比度、色度和色相调节的几种软件实现的方法进行研究及计算机的仿真分析,提出在用集成电路来实现时所采用的一些方法。

关键词 亮度 对比度 色度 色相 象素 HSV模型

The Study in Realization of the Adjustment of Brightness, Contrast, Saturation and Hue of Images

Lai Yaolin Zhang Xinlou Xu Zhongyou Zhang Yanchen

Abstract In this paper we study some methods to adjust brightness, contrast, saturation and hue of the images. We also present some methods of realizing them by integrated circuit. Better performance is obtained in the computer simulations.

Keywords Brightness Contrast Saturation Hue pixel HSV model

图像处理是当今的一个重要的科学领域,在视频领域,如电视机、VCD、DVD、数码相机等,图像质量的好坏直接影响了产品的性能。为改善图像的视觉效果,提高图像成分的清晰度和逼真度,经常要对图像进行图像亮度、对比度、色饱和度的调节及图像缩放、图像边缘增强、图像锐化、降噪等方面的处理。本文主要针对图像处理时对亮度、对比度、色饱和度和色相的调节的实现方法进行研究及计算机的仿真分析,提出用集成电路来实现时所采用的一些方法。

1 调节原理

亮度调节 根据色度学原理^[1]可知,配色方程的数学表达式为:

$$F_c(c) = F_R(R) + F_G(G) + F_B(B) \quad (1)$$

其中F为任意一个彩色光,R、G、B表示三基色。根据国际照明委员会(CIE)规定的色度系统CIE1931标准色度系统,将RGB系统转换为XYZ系统。用Y表示亮度,XZ两原色只代表色度,没有亮度。XYZ和RGB之间的转换关系为:

$$\begin{cases} X = 2.7689R + 1.7517G + 1.1302B \\ Y = 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B \\ Z = 0 + 0.0565G + 5.5943B \end{cases} \quad (2)$$

当基色荧光粉及参考白色选定后,应用公式(2),按NTSC制显像三基色配制光通量为1光瓦的标准 $C_{白}$ 光就得到^[2]:

$$Y = 0.30R_c + 0.59G_c + 0.11B_c \quad (3)$$

亮度的调节是使调节后的图像比原图像变得更

暗或者更亮,实质上就是减少或者增加每个象素点的灰度值。对于真彩色图像来说,象素灰度值的减少或增加与象素RGB分量值同等减少或增加得到的结果是相同的。一般的情况下,RGB分量值的取值范围为0~255,如果调节后的值小于0时,则最终的RGB值取0,如果调节后的值大于255,则最终的RGB值取255。

对(3)式右边的RGB分量均乘以常数因子K,则可得:

$$Y_1 = Y \times K \quad (4)$$

当 $K > 1$ 时, $Y_1 = Y \times K > Y$,相当于亮度增强;同理,当 $0 < K < 1$ 时,亮度则减弱;当 $K = 1$ 时,亮度值不变。因此,可以通过改变K的值达到改变图像亮度的目的。

将(3)式右边的RGB分量分别加上一个常数K,则可得:

$$Y_2 = Y + K \quad (5)$$

当 $K > 0$ 时,亮度增强; $K < 0$ 时,亮度减弱; $K = 0$ 时,亮度不变。因此,可以通过改变K的值达到改变图像亮度的目的。

经计算机仿真验证,用公式(5)来实现改变图像的亮度可以达到比公式(4)更令人满意的结果。而且,在用集成电路来实现时,加法器比乘法器在实现起来更容易,所以,用集成电路来实现时,采用公式(5)来实现。

对比度调节 对比度调节就是用来调节图像的视觉感觉。如图像亮和暗部分的差别增大则对比度增强,缩小则对比度减小,其实质就是扩大或者减

小图像的灰度级。

设 Y 为归一化后的图像的灰度值，对 Y 进行 k 次幂运算得：

$$Y = X^k \quad (6)$$

通过改变 k 值就可以得到改变后的归一化灰度值，然后反归一化便可以得到实际的灰度值。在这种情况下，当要使图像的对比度减小时，可以取 k 值的范围为 $0 < k < 1$ ；当要使图像的对比度变大时，可以使 k 值的范围为 $1 < k$ ；如果 $k = 1$ 时，对比度将不变。用这种方法原理很简单，而且用软件来实现也比较容易，但用集成电路实现起来很电路复杂。

为了能够比较容易地用集成电路来实现，一种改进的方法就是将图像的灰度分为几段，用线段来拟合曲线的方法，但在改变对比度时，要保证灰度曲线的连续性。可得：

$$\begin{cases} Y = K_1 \times X & (0 < X < T_1) \\ Y = K_2 \times X + a & (T_1 < X < T_2) \\ Y = K_3 \times X + b & (T_2 < X < 255) \end{cases} \quad (7)$$

由于用这种方法实现时，所用的都是系数值，而不象公式(6)所示的那样，采用的是指数值，硬件实现起来比较容易。

由于用公式(7)所示的改变对比度的方法中，不仅要改变 3 个系数值 K_1 、 K_2 、 K_3 ，而且为了保证曲线的连续性，还要计算常数 a、b 的值。这用集成电路实现起来同样比较复杂，这里采用一种更为简便而可行的方法。由于人眼对图像中等亮度更为敏感，可以适当增强图像中等亮度区域。

对于对比度增强，可以让灰度值小于一个设定的常数 K (K 可以根据个人对图像的感觉自行设定) 时的灰度值都取 0，而在灰度值大于 $(255 - K)$ 时的灰度值都取 255，连接 $(K, 0)$ 和 $(255 - K, 255)$ 两点的直线所成的曲线即为整个对比度调节曲线。经计算所得的公式如下：

$$\begin{cases} Y = 0, & X \leq K \\ Y = \frac{255}{255 - 2K}(X - K), & K < X < 255 - K \\ Y = 255, & X \geq 255 - K \end{cases} \quad (8)$$

其中：X 为输入像素值，Y 为输出像素值。

同理，对比度减弱的公式如下：

$$Y = X + K - \frac{2KX}{255} \quad (9)$$

其中：X 为输入像素值，Y 为输出像素值。

由公式(8)和(9)所实现的对比度调节只要改变一个 K 值就可以达到目的，而且算法简单，因此用集成电路实现起来比较容易。

饱和度调节 通常图像的显示采用的数据是 RGB 颜色模型的格式，但这种格式在表现图像的色彩、饱和度上不够直观，分别对 R、G、B 分量进行调节，很难达到所需的色彩和饱和度。而采用

HSV (Hue, Saturation, Value) 模型，能很容易地分别对色相、色饱和度、灰度单独进行处理。事实上单独对灰度处理并不需要将 RGB 转换成 HSV 模型，然后处理 V 值。我们已经在前面的亮度处理通过加法很简单的完成了。所以在这里我们只关心 H 和 S 的处理。这里，提出一个对普通 HSV 模型^[3]的改进模型 (如图 1)。

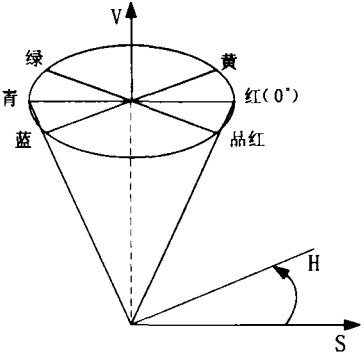


图 1 HSV 模型

在不同灰度级的平面上，色相为 H 和 S 之间的夹角可以是 $0 \sim 360$ 度中的任意值。某点的饱和度为该平面圆心到该点的距离 (如图 1)，在调节色相和饱和度时，须将 RGB 模型转换为 HSV 模型，调节后再转换回 RGB 模型。只要输入 RGB 值就可以得出在 HSV 模型下的 HSV 值。

如图 2 所示截取了 HSV 模型的一个截面，假设原先某一像素转化成 HSV 后的具体位置在点 A (S_1, V_1) (这时它的色相已经定了，因为 H 和 S 之间的夹角已经确定)，如果仅仅增加饱和度 S，即令 $S_2 = S_1 + K$ 将发现，处理完的图像色彩确实是丰富了，但是却给人一种死气沉沉的感觉。而且图像上还会出现很多色彩偏色的现象。其实这些色彩偏色本来就是图像本身的杂色，只不过通过增加饱和度把它凸现出来了。如果采用沿着斜率方向增加饱和度，这样增加饱和度的同时也增加图像的亮度，如图点 B (S_2, V_2)。这样处理后图像不会出现任何失真而且给人一种很鲜活的感觉。

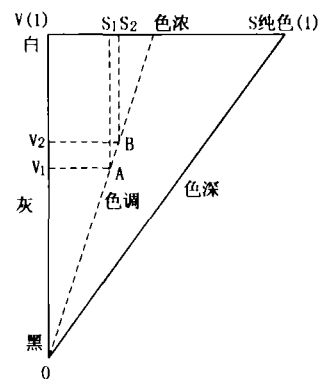


图 2 饱和度增加的 HSV 模型

如果在饱和度降低的情况下仍然采用斜率不变法，在饱和度降低的过程中图像的亮度必然要降低，假设图像是纯黑白的时候，图像的亮度降为 0，图像为不可见。因此，在饱和度降低的时候，亮度基本不变，即灰度不变法。

色相调节 色相是彩色彼此相互区分的特性，即红、黄、绿、蓝、紫等。相对而言色相是一个相对比较独立的变量，处理的时候直接加减一个任意值都可以，它的取值一般在 $0 \sim 360$ (下转第 50 页)

假设两个计数器计数差值 (#1 - #2) 为 Δn , 则波浪上升时, Δn 增加, 波浪下降时, Δn 下降, 设 Δn 在波谷处出现极小值 n_1 , 在波峰处出现极大值 n_2 。如图 4, 在箭头所示波谷时, #1 计数器计数值为 n_{11} , #2 计数器计数值为 n_{21} ; 在箭头所示波峰时, #1 计数器计数值为 n_{12} , #2 计数器计数值为 n_{22} 。则有

$$n_1 = n_{11} - n_{21} \quad (3)$$

$$n_2 = n_{12} - n_{22} \quad (4)$$

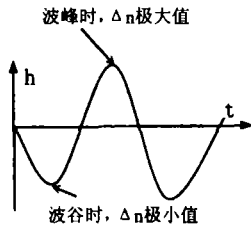


图 4 差值法原理

差值法可描述为, 不断读取两个过零脉冲计数器的计数值, 并求其差值, 在某一采集点, 取得差值的一个极小(大)值, 再取得与此点相邻的(时间上靠后的)差值的极大(小)值点。用这两个极值点的差来作为波浪上升(下降)的脉冲计数, 并由此计算波高值。

3 差值法的算法思想

设一段时间内, 采集得到一组差值数据 (#1 和 #2 计数器的即时差值) d_i ($i=1, 2, \dots, n$), 这样的一组差值数据还不能用来滤除毛浪和计算波高, 需要进行处理, 可将它转换为新的一组二维数据 $c_j = (d_k, s_j)$, $j=1, 2, \dots, m$ 。其中 d_k 为 d_i ($i=1, 2, \dots, n$) 中的一个, 而 s_j 取 +1 或 -1。 c_j 按如下方法计算得到:

① $c_1 = (d_1, s_1)$ 。若 $d_1 \geq 0$, 则 $s_1 = +1$; 若 $d_1 < 0$, 则 $s_1 = -1$ 。

② $c_j = (d_j, s_j)$, ($j > 1$ 时)。若 $d_j > d_{j-1}$ (波浪上升), 则 $s_j = +1$; 若 $d_j < d_{j-1}$ (波浪下降), 则 $s_j = -1$; 若 $d_j = d_{j-1}$ (计数器差值无变化), 则 $s_j = s_{j-1}$ 。

③ 将 c_j 进行分组。分组规则是从 c_1 开始的连续 m_j 个符号相同 (s_j 相同, 都为 +1 或都为 -1) 的作为一组, 且任何相邻的两组符号不相同。这样得到 k 个分组。

④ 分别取每一组的最后一个 (下标最大) 得

(上接第 48 页)

之间, 任意一个值对应一种色调。即 $H_2 = H_1 + K$ 。由前面所论述的, 采用 HSV 模型可以很方便地对色相进行调节。这在集成电路中能够很容易实现。

综上, 通过对图像的亮度、对比度、色度和色相的处理采用不同的方法反复进行计算机的仿真实验, 并对比各种方法实现的结果, 我们得到了令人满意的果图像质量, 并且在实验中我们发现文中对图像的亮度、对比度、色度和色相的调节方法在不仅效果好, 而且在采用集成电路来实现图像的处理

到一个新的序列 c_k 。这样的 c_k 序列除两端点外, 就是差值法采集得到的极值序列。且极大值和极小值间隔排列。

⑤ 定义两个常数: 滤波比例 p 和控制深度 n 。其中 p 在 $(0, 1)$ 中取值, n 为正整数。实际的海浪中, 毛浪的高度不会超过其所附海浪高度的一定比例。这个比例我们用 p 来表征, 在差值法算法中, p 是一个经验值。如 p 取 0.2, 则在计算中, 若某两个连续极值点的差小于上一个浪的 20%, 则把其当作毛浪滤掉。

⑥ n 的含义是取连续多少个极值点来进行判别。

4 差值法采集的问题分析

从上述的处理过程来看, 差值法采集主要存在以下几个问题: 一是波浪上升和波浪下降的波高数据都采集进来, 数据重复; 二是波高结果显示会有延时现象, 即当前波浪的波高值要滞后显示; 此外在采集结束时会有 1-2 个波高数据丢失。

考虑到连续采集时, 通常数据采集量比较大, 并且可以认为控制采集时间大于实际需要时间来正交数据采集量, 因此最后有 1-2 个数据丢失是不重要的。如需要某 30 分钟时间段的数据, 则完全可以在采集满 30 分钟后, 让系统继续工作 1 分钟左右, 则丢失的数据为附加的 1 分钟内的数据, 对需要的采集结果则不会有直接的影响。

参考文献

- 1 郑正奇, 蒋传纪等. Ku 波段海表波高/潮位探测系统的研究 [J]. 微波学报. Vol. 16, No. 3, 2000, pp214-219
- 2 永田丰, 彦板繁雄, 宫崎正卫. 物理海洋学 [M], 科学出版社, 1985.
- 3 A Shipborn Type Waveheight Meter for Ocean Going Vessels, using Microwave Doppler Radar [J], IEEE J. Oceanic Eng., Vol. QE-10, No. 2 1985, pp. 138-143
- 4 蒋传纪, 郑正奇等. Ku 波段高和潮位探测系统多信道数据处理 [J]. 华东师范大学学报 (自然科学版), No. 4, 2000. 12 pp50-55

时, 电路简单可行。

参考文献

- 1 汤顺青主编. 色度学. 北京理工大学出版社. 1990 年 6 月第 1 版, 34-55
- 2 张银生, 杨怀祥, 杨琳. 彩色电视机原理 (修订版). 东南大学出版社. 1999 年 5 月第 2 版, 1-11
- 3 孙家广, 杨长贵编著. 计算机图形学 (新版). 清华大学出版社. 1995 年 5 月第 2 版, 486-495