

文章编号:1007-2780(2010)03-0449-05

基于图像 CDF 阈值的 LCD-TV 动态背光主亮度提取算法及其硬件实现

刘艳中¹, 郑学仁¹, 陈建宾²

(1. 华南理工大学 电子与信息学院, 广东 广州 510640, E-mail: liuyzh@scut.edu.cn;
2. 广东平板显示产业技术研究院, 广东 佛山 528200)

摘 要: 提出了一种基于累积分布函数(CDF)阈值的动态背光液晶电视背光信号提取算法,可动态控制液晶电视背光亮度以达到降低功耗、提升对比度的目的。该算法亦能通过调节 CDF 阈值有效控制显示图像失真率,可有效提升液晶电视画面质量。对提出的算法硬件电路进行了设计,进一步证明了该算法的可实现性。
关 键 词: 累积分布函数; 动态背光; 区域调光; 对比度
中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Dynamic Backlight Signal Extraction Algorithm Based on Threshold of Image CDF for LCD-TV and its Hardware Implementation

LIU Yan-zhong¹, ZHENG Xue-ren¹, CHEN Jian-bin²

(1. School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangdong 510640, China, E-mail: liuyzh@scut.edu.cn;
2. Guangdong Flat Panel Display Industry Technology Research Institute, Foshan 528200, China)

Abstract: An algorithm based on the threshold of image Cumulative Distribution Function (CDF) for dynamic backlight LCD-TVs was proposed in this paper. The backlight luminance can be dimmed to reduce the backlight power consumption and enhance the contrast. The distortion of the display image could be controlled through this method so that the image quality can be improved effectively. A circuit for this method was designed to proved that the method was feasible.
Key words: CDF; dynamic backlight; local dimming; contract

1 引 言

传统的液晶电视在工作时,由于其背光全部打开,背光亮度不根据显示图像的内容而变化,所以能耗较高。另外,液晶显示器存在漏光问题,导致在显示暗场景时液晶电视的对比度不高。为了提高液晶电视的对比度和降低功耗,自适应动态背光技术应运而生。动态背光控制技术包括 0D 全局调光、1D 分区调光和 2D 区域调光技术^[1],

其中 2D 区域调光在提高液晶电视性能上具有明显的优势。

动态调光技术即背光亮度可以实时地根据显示图像的内容变化,2D 区域调光即将背光在水平和垂直方向上分为若干个区域,每个区域的背光亮度根据相应区域的图像内容而变化。所以,确定每个区合适的背光信号成为一个重要的因素,平均值、平方根^[2]和 IMF^[3] (Inverse of Mapping Function)等是几种常用的方法。平均值方法即

计算每个区域内像素的平均灰度,该方法得到的背光信号较低,不能保持最终显示图像的亮度;平方根方法即首先计算区域内像素的平均灰度,归一化后计算平方根,该方法能够增强背光信号使显示图像保持一定的亮度。IMF 方法将图像的积累分布函数(CDF)曲线进行反转映射得到背光信号的值,该方法能够有效提高液晶电视对比度和降低功耗,但是在图像大部分为暗景时存在较明显的失真。

本文提出了一种基于 CDF 阈值的自适应动态背光主亮度提取算法,通过调整 CDF 阈值可有效地将失真控制在一定范围之内,同时达到提高对比度和降低功耗的目的。

2 CDF 阈值算法

2.1 CDF 阈值算法步骤

CDF 阈值算法可按以下 3 个步骤进行:

(1)通过比较显示图像每个像素点的 RGB 3

个分量,得到最大分量构成的灰度图像^[4]。该步骤是为了避免在像素补偿过程中出现削幅。如果是 RGB-LED 背光,则需要同时应用 RGB 3 个分量构成的灰度图像分别计算各个分量的背光信号值。

(2)计算灰度图像的灰度直方图,即概率密度分布(Probability Density Function,PDF),然后由低灰度值到高灰度值累加得到图像的 CDF 曲线。

(3)设定 CDF 阈值 k ,本文预定义 $k=0.9$,通过阈值 k 将图像的 CDF 曲线映射到图像灰度轴上得到一个灰度值,该灰度值即为背光信号的值。

2.2 图像分析

图 1 中分别对亮图像、暗图像、高对比度图像和中间亮度图像进行了分析,通过相应直方图(CDF 算法步骤 1 得到的灰度图像的直方图)和 CDF 曲线可以直观地观测到,CDF 阈值法能够有效根据图像内容提取图像亮度信息。

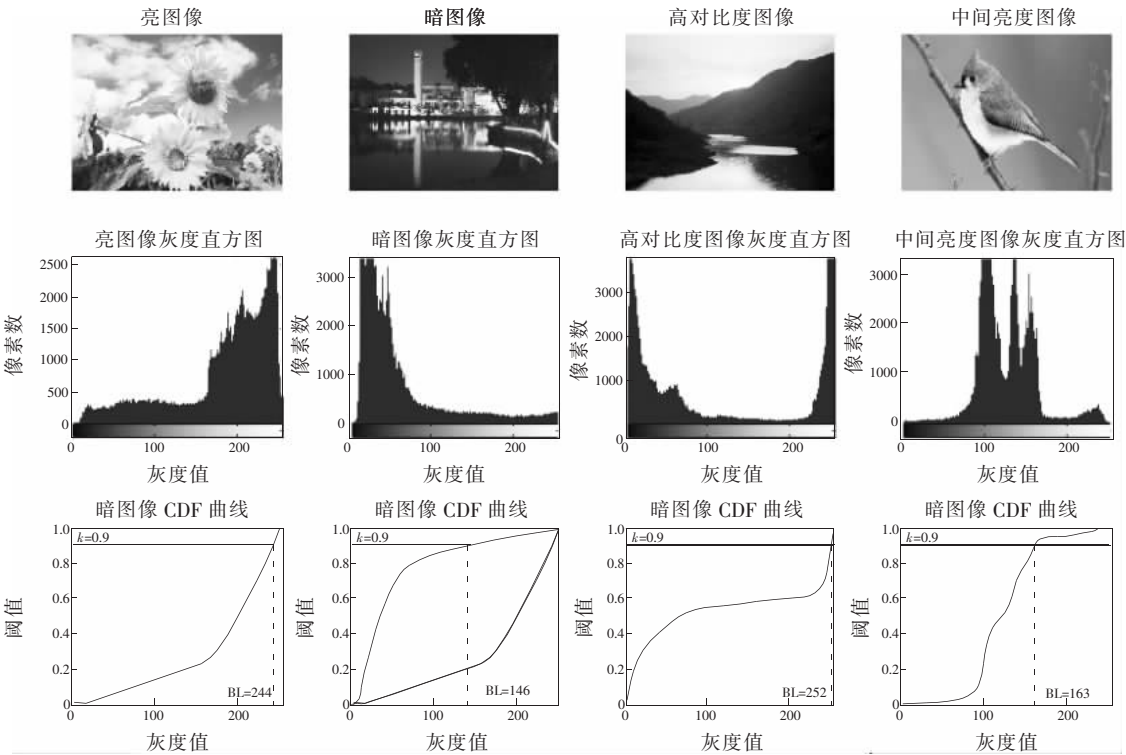


图 1 亮图像、暗图像、高对比度和中间亮度图像及其灰度直方图和 CDF 曲线。

Fig. 1 Histogram and CDF curves for bright (Sunflower), dark (Night), high CR (Mountain) and medium (Bird) gray-level images.

2.3 亮度补偿

在实际应用中,由于液晶电视背光亮度的降低为 $L_{\text{reduce}} = L_{\text{full}} \frac{L}{255}$ (L 为提取的背光亮度的值),为

保证最终显示效果与先前未降低背光亮度的保持一致,LCD 驱动信号必须予以补偿,原理如下:

$$I_{\text{full}} = L_{\text{full}} (C_{\text{full}}/255)^{\gamma} \tag{1}$$

$$I_{\text{reduce}} = L_{\text{reduce}} (C_{\text{reduce}} / 255)^\gamma \quad (2)$$
 I_{full} 为背光亮度未做调整下的人眼感觉到的亮度, I_{reduce} 为背光调整后人眼感觉到的亮度。 C_{full} 、 C_{reduce} 分别为背光未调整和调整后即将显示在液晶屏幕上的像素值。为了使入眼感觉到的亮度一致, 令:

$$I_{\text{full}} = I_{\text{reduce}} \quad (3)$$
$$L_{\text{reduce}} (C_{\text{reduce}} / 255)^\gamma = L_{\text{full}} (C_{\text{full}} / 255)^\gamma \quad (4)$$
得:
$$C_{\text{reduce}} = (L_{\text{full}} / L_{\text{reduce}})^{1/\gamma} C_{\text{full}} \quad (4)$$

为保证显示图像不产生失真, 即补偿后图像像素不产生削幅(不大于 255), 式(4)结合 $L_{\text{reduce}} = L_{\text{full}} \frac{L}{255}$, 可以推导得出: 只要 $C_{\text{full}} \leq 255 (L / 255)^{1/\gamma}$, 理论上显示图像不会产生失真。

CDF 阈值方法可将补偿后的图像失真率控制在一定范围内, 应用到 2D 区域调光技术上可以使失真分配到每个区域, 使得到的显示图像无明显失真, 背光功耗降低亦能达到要求。图 2 是对任意一幅图像通过 CDF 阈值算法提取的图像背光信号及各区域的 CDF 曲线, 为方便显示, 将背光划分为 4×4 个区域。

表 1 是分别对图 1 中 4 幅图像和 Moon 图像采用平均值、平方根、IMF 和 CDF 阈值算法进行 16×16 分区的节能率、失真率和节能失真比的 Matlab 模拟分析结果, 通过比较可以看出 CDF 阈值算法可以在较小失真损失的情况下得到较大的节能率。尽管 IMF 算法对于多数图像可以取得良好效果, 但对于图像大部分区域为暗景的

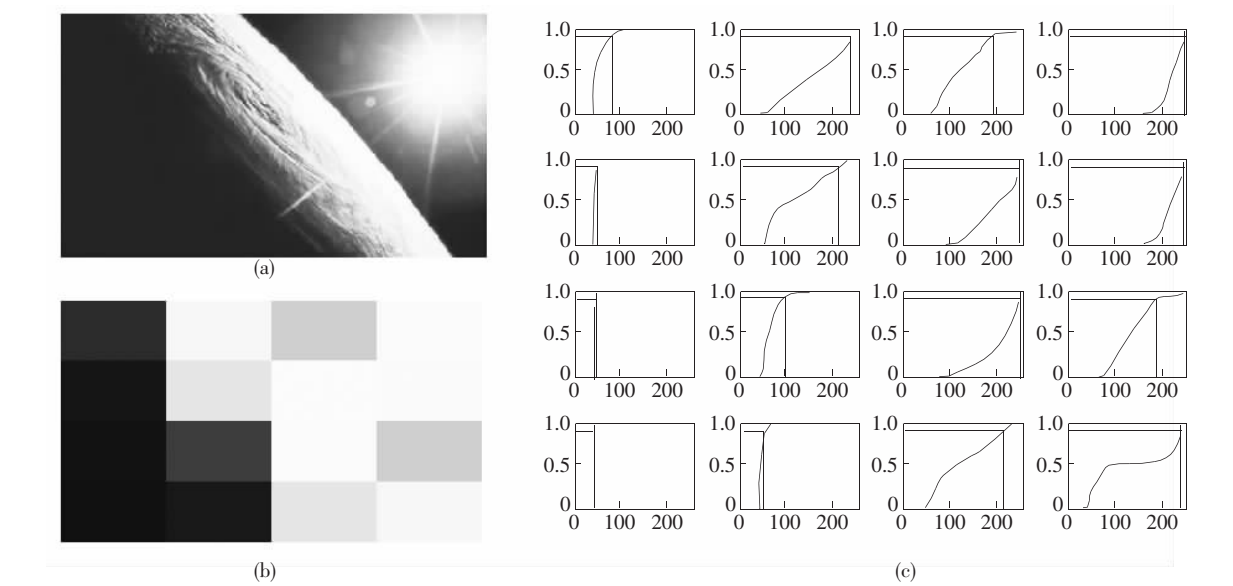


图 2 图像、图像背光信号与每个区域的 CDF 曲线. (a) 图像; (b) 背光信号; (c) CDF 曲线.
Fig. 2 (a) Image; (b) Back light signal; (c) CDF curve for every zone.

表 1 4 种不同背光亮度提取算法下的 Sunflower, Night, Mountain, Bird 和 Moon 的节能率、失真率和节能失真比值
Table 1 Power saving ratio, distortion ratio and power saving ratio/distortion ratio of Sunflower, Night, Mountain, Bird and Moon images by using four different methods

图像 \ 算法	平均值			平方根			IMF			CDF 阈值		
	节能 (%)	失真 (%)	节能失真比	节能 (%)	失真 (%)	节能失真比	节能 (%)	失真 (%)	节能失真比	节能 (%)	失真 (%)	节能失真比
Sunflower	27.34	8.00	3.42	15.81	2.96	5.34	4.52	0.21	21.52	15.88	1.07	14.84
Night	76.16	3.82	19.94	54.28	2.18	24.90	68.47	1.91	35.85	63.07	1.36	46.38
Mountain	51.94	6.12	8.49	38.96	3.75	10.39	43.46	0.56	77.61	44.41	1.81	24.54
Bird	50.19	1.86	26.98	29.85	0.36	82.92	46.42	0.88	52.75	45.11	0.20	225.55
Moon	78.90	5.49	14.37	65.25	2.10	31.07	76.67	13.07	5.87	66.14	0.71	93.15

Moon 图像,失真却达到了不可接受的程度,如图 3 所示。

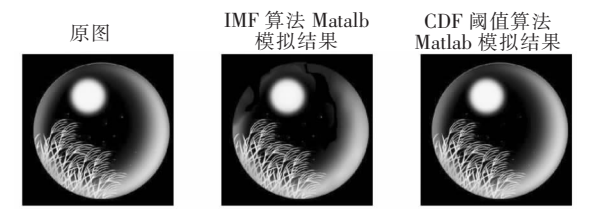


图 3 图像 Moon 的 CDF 阈值算法与 IMF 算法 Matlab 模拟结果比较

Fig. 3 Comparison of Moon by using tow methods (IMF and Threshold of CDF)

3 CDF 阈值算法硬件设计

CDF 阈值算法在硬件设计上容易实现,只需将图像的 RGB 分量的最大值作为地址读写相应区域的 RAM 即可。图 4 为 CDF 阈值算法结构示意图。控制器为各模块产生控制信号。比较器比较 RGB 分量,将最大值(以下称作 M)输出到背光计算模块。背光计算模块计算水平方向上单个区域的背光值,其中背光计算模块由双端口 RAM、地址产生器、累加比较器、二选一多路选择器和加法器组成。RAM 深度为 256,字的大小为

单个区域像素总数,初始值为零。RAM 的读出值为当前区域已统计的 M 的个数,写入值为读出值加 1。为避免在有两个或两个以上相同的 M 值连续出现导致统计值丢失,此处加入一个比较器和一个选择器来正确判断加法器的输入值,当读地址和写地址相等时加法器输入值为加法器输出值,不相等时加法器输入值为 RAM 读出值。地址产生器为 RAM 产生读写地址,在统计过程中读地址为 M ,在累加比较过程中读地址从 $0 \sim 255$ 在时钟触发下逐渐增加,写地址在任何过程中均为延时一个时钟周期的读地址。在对每个区域的最后一个数据进行统计之后,读出值依次送入累加比较器,RAM 同时清零。累加比较器对 RAM 的读出值进行累加,同时比较累加值与阈值 K 的大小,当累加值大于 K 时,此时的读地址即为当前区域的背光信号值。其中:

$$K = k \times N$$

k 为预定义的阈值,预定义 $k = 0.9$; N 为单个区域像素总数。

图 4 中的背光计算模块得到的背光信号为全局背光信号值,如将水平方向上划分为 N 个区域,则所占用硬件资源近似为单个区域的 N 倍,而与垂直方向分区个数无关。图 5 为在水平方向分区个数为 N 的背光亮度的 CDF 算法结构示意图。

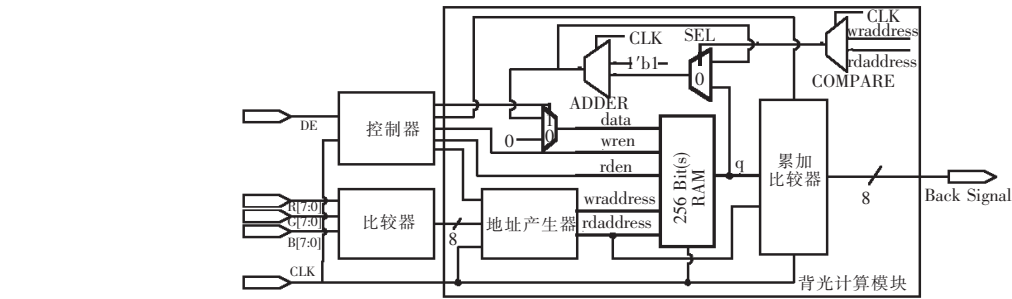


图 4 CDF 阈值算法结构示意图

Fig. 4 Diagram of CDF threshold algorithm

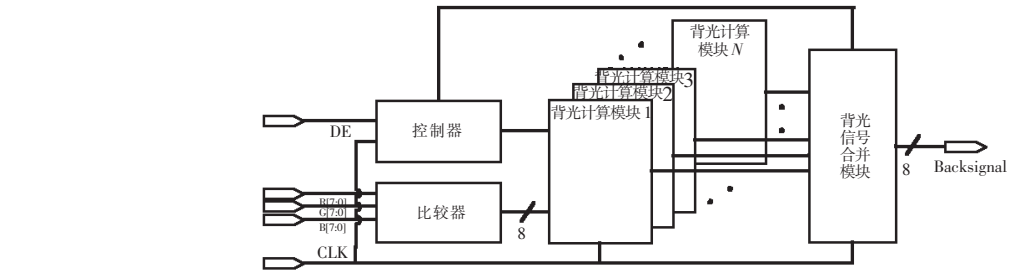


图 5 水平方向分区为 N 的结构示意图

Fig. 5 Diagram of N zones structure in horizontal direction

背光信号合并模块将 N 个背光信号合并为单路信号以供后续电路使用。

4 结 论

所提出的 CDF 阈值算法可根据图像内容提取图像背光信号以实时控制背光亮度,能够将失

真平均分配到各个区域,确保补偿后的图像失真能够控制在一定范围之内,且失真率的大小可通过阈值 k 进行调节,在达到良好显示效果的同时,达到提高对比度、降低功耗的要求。针对该算法设计的硬件电路可根据水平分区的个数进行调节,可适用于 0D、1D 和 2D 动态背光控制系统。

参 考 文 献:

- [1] De Greef Prerre, Hulze Hendriek Groot. Adaptive dimming and boosting backlight for LCD-TV systems [C]// *SID'07 Digest*, Long Beach, USA ;SID,2007:1332-1335.
- [2] Helge S, Wolfgang H, Wolfgang S, *et al.* High dynamic range display system[C]// *ACM Siggraph Conference Proceeding*, USA: ACM,2004:760-768 .
- [3] Lin Fangcheng, Huang Yipai, Liao Linyao, *et al.* Dynamic backlight gamma on high dynamic range LCD TVs [J]. *J. Display Technology*, 2008,4(2):139-146.
- [4] Chen Hanfeng, Sung Junho, Ha Taehyeun, *et al.* Locally pixel-compensated backlight dimming on LED-backlit LCD TV [J]. *J. SID*, 2007, 15(12):981-988.

激光与物质相互作用国际会议征文通知

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、激光与物质相互作用国家重点实验室将于 2010 年 8 月 15 日至 18 日在长春举办国际激光与物质相互作用学术研讨会(LIMIS 2010)。届时我们将邀请国内外从事这一研究领域的专家和学者, 共同交流、探讨激光与物质相互作用研究领域所取得的最近成果。欢迎国内从事相关研究工作的专家和学者踊跃参加, 积极投稿, 本次会议所有录用论文将在《光学精密工程》(EI 检索, 2008 年影响因子 1.654) 和《中国光学应用光学》(核心期刊) 发表。

一、征文范围:高功率激光器;激光加工;非线性光学;激光辐照效应;激光等离子体物理;激光光谱技术。

二、征文须知:本次会议的论文应是原始的、未发表的论文;论文有较高的学术水平和实际参考价值;受资助的论文,请标明项目名称和编号;文字和插图需使用 office word 格式;排版格式参见《光学 精密工程》来稿须知。2010 年 5 月 25 日之前接收论文题目及摘要;7 月 15 日之前接收论文全文。投稿请通过《光学 精密工程》投稿系统投稿,并注明“LIMIS 2010”。

三、会议时间、地点及会务费:8月15~18日;吉林省长春市;2000元/人(用于发表文章)

四、会议网址: <http://English.ciomp.cas.cn>, 点击左下角“LIMIS 2010”链接。

五、联系方式:

张来明(会务组)

电 话: 0431-86176320 传 真: 0431-86176320 电子邮箱: limis2010@ciomp.ac.cn

匡尚奇(论文)

电 话: 0431-86176855 传 真: 0431-84613409 电子邮箱: chineseoptics@ciomp.ac.cn