

文章编号: 1007-2780(2011)05-0698-04

基于局部均值和标准差的 LCD 动态背光调整

章小兵^{1,2,3}, 王 茹^{3*}, 董 戴¹, 韩江洪², 吴华夏¹

(1. 安徽华东光电技术研究所 国家特种显示工程实验室, 现代显示国家重点实验室培育基地, 安徽 芜湖 241002;

2. 合肥工业大学 计算机学院, 安徽 合肥 230009;

3. 安徽工业大学 电气信息学院, 安徽 马鞍山 243000)

摘 要: 为了在降低液晶显示器背光功耗的同时能够保持图像质量, 提出了基于局部均值和标准差的 LCD 背光调制算法。该算法能有效降低低对比度和较暗区域的背光亮度, 提高图像的对比度, 并保证高对比度和较亮区域的图像质量。对背光信号进行了保值平滑处理, 使每个区域与周围区域之间能够平滑过渡, 整幅图像视觉上更加柔和。

关 键 词: 液晶显示器; 动态背光; 局部均值; 局部对比度

中图分类号: TN27

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112605.0698

Dynamic Backlight Adaptation Based on Local Mean and Standard Deviation for LCD

ZHANG Xiao-bing^{1,2,3}, WANG Ru^{3*}, DONG Dai¹, HAN Jiang-hong², WU Hua-xia¹

(1. National Engineering Laboratory of Special Display,

Cultivation Base of National Key Laboratory of Modern Display, Wuhu 241002, China;

2. School of Computery Science, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

3. School of Electrical Engineering and Information, Anhui University of Technology, Ma Anshan 243000, China)

Abstract: In order to cut down the power consumption of LCD backlight and maintain the image quality, a modulation algorithm based on Local Mean (LM) and Local Standard Deviation (LSD) is proposed. The algorithm can dim the luminance of backlight effectively in dark and low contrast blocks and maintain the image quality in the bright and high contrast blocks. Meanwhile, backlight signals are smoothed to ensure smooth transition between each region and its surrounding regions, which makes images downy on the vision.

Key words: LCD; dynamic backlight; local mean; local contrast

1 引 言

随着 LED 技术的成熟, LED 已经作为背光源用在各种各样的液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 中。传统液晶显示器的背光源采用恒定亮度的面光源, 电能消耗很大, 占整机电能

消耗的 60% 以上; 且液晶单元的透过率难以控制为零, 即存在漏光现象, 造成图像对比度下降。为了提高液晶显示的对比度和降低功耗, 人们提出了自适应动态背光技术。

在 LCD 领域, LED 背光源以其宽色域、高亮度等优点正在逐步取代传统的 CCFL 背光源, 而动态

收稿日期: 2011-05-20; 修订日期: 2011-06-27

基金项目: 安徽省博士后基金 (No. 200902)

作者简介: 章小兵 (1972—), 男, 安徽芜湖人, 博士, 主要从事测控技术的研究。

* 通讯联系人, E-mail: wr3558@163.com

LED 背光源正是从直下式 LED 背光源基础上产生的一种新技术。LED 背光源的发展趋势是使用白光 LED 或者三色 LED 的动态 LED 背光源技术。在具有静态 LED 背光源本身优点的基础上, 动态 LED 背光源技术是根据图像的内容动态地调整 LED 的亮度, 从而在大幅度提升图像对比度的同时较大幅度地降低背光源的整体功耗。

目前国内外对于动态 LED 背光源的研究处于起步阶段。动态背光源核心问题是根据图像如何选择每个 LED 对应区域的亮度。最早用于确定背光源亮度的方法有平均值法、平方根法、最大值法和映射函数反转法 (Inverse of Mapping Function, IMF) 等^[1-3]。

平均值方法通过计算每个背光区域的光强度, 然后取平均值确定为背光强度。该方法所确定的背光强度偏暗, 虽然可拥有较高的对比度和较小的功耗, 但图像失真较严重^[1]; 平方根方法通过计算每个背光区域的灰度平均值, 然后归一化取均方根值来确定背光强度, 可进一步增强平均值法的背光信号, 避免了背光过暗的问题, 但仍避免不了图像细节失真的现象^[2]; 最大值方法将对应区域所有子像素的最大值作为背光值, 虽然可保持大部分的图像细节, 但却存在功耗较高及受漏光影响所致的对比度不高的问题。IMF^[3]方法将图像的累积分布函数 (CDF) 曲线进行反转映射得到背光信号的值, 能够有效提高液晶电视的对比度和降低功耗, 但是在图像大部分为暗景时存在较明显的失真。

针对以上方法的不足, 本文提出一种自适应动态背光控制信号提取算法, 综合考虑图像的全局亮度和局部区域图像细节等因素确定背光亮度。该算法既具有平均值算法可以通过降低暗区域的亮度增加对比度的优点, 又具有最大值算法可以保持亮度并保留亮区域图像细节的优点, 同时对得到的背光信号进行了保值平滑, 使每个区域与周围区域之间实现平滑过渡。

2 背光亮度算法

2.1 基于局部均值和标准差的背光亮度提取

图像的灰度平均值可以度量图像的整体亮度, 而方差可以度量图像的对比度。本文提出动态背光亮度确定方法, 在考虑整体信息与局部信息的关系和图像细节等因素的基础上确定背光的

亮度。首先, 通过比较显示图像每个像素点的 R 、 G 、 B 3 个分量, 得到最大分量构成的灰度图像, 避免在像素补偿过程中出现削幅现象^[4]; 然后, 由公式 (1)~(3) 得到背光亮度的:

$$B(m, n) = \text{aver}(m, n) + k(m, n) \times d(m, n) \quad (1)$$

$$d(m, n) = \max(m, n) - \text{aver}(m, n) \quad (2)$$

$$k(m, n) = \begin{cases} 0, & \sigma(m, n) = 0 \\ k_0 \times \frac{\sigma(m, n)}{\text{Ave}}, & \sigma(m, n) < \text{Ave} \\ 1, & \sigma(m, n) > \text{Ave} \text{ 或 } k_0 \times \frac{\sigma(m, n)}{\text{Ave}} > 1 \end{cases} \quad (3)$$

其中 $B(m, n)$ 表示区域 (m, n) 的背光亮度, $\text{aver}(m, n)$ 、 $\max(m, n)$ 、 $\sigma(m, n)$ 分别表示区域 (m, n) 对应的图像像素亮度的平均值、最大值和标准差, $d(m, n)$ 表示在图像平均值基础上区域 (m, n) 背光亮度可以提高的范围, $k(m, n)$ 表示背光亮度增加系数, Ave 表示整幅图像的亮度平均值。公式 (3) 中 Ave 的引入考虑整体信息与局部信息的关系, 同时利用局部标准差来动态调整亮度增加系数, 针对不同的区域内容进行不同的背光亮度增加, $k(m, n)$ 值的范围控制在 $[0, 1]$ 。

由公式 (1)~(3) 看出: 各个区域的背光在每个区域图像亮度平均值和最大值之间取值。图像的方差可以度量图像的对比度。对比度低可以认为图像细节较少或者没有细节, $\sigma(m, n) \rightarrow 0$, 则 $k(m, n) \rightarrow 0$, 背光亮度是区域亮度的平均值, 降低低对比度区域的亮度; 如果图像对比度高, 则 $k(m, n)$ 近似为 1, 背光亮度是区域亮度的最大值, 可以保证图像的质量, 细节不丢失; 如果在以上两种情况之间, 根据图像的内容 $k(m, n)$ 取 $0 \sim 1$ 之间的某个值, 背光亮度值将在平均值的基础上得到不同程度的增加。该算法具有了平均值算法通过降低暗区域的亮度可以增加对比度的优点和最大值算法可以保持亮度并保留亮区域的图像细节的优点。

2.2 背光平滑

采用区域控制是根据不同区域的内容确定背光信号, 这样某个区域的亮度信号和周围的亮度信号可能存在于一个阶梯差。这个阶梯差可能会对图像产生影响, 为了消除这种影响, 对得到的背光信号进行平滑, 使区域之间平滑地过渡。

平均平滑会使中心元素的值减小, 影响显示

图像的质量。鉴于这种情况,本文采用高斯模板,适当加大模板中心点的权值。使用高斯模板时,标准差 σ 的选择对平滑效果有重要影响。本文采用 3×3 模板, σ 取 $0.7\sim 0.9$ 。图 2 是 σ 取 0.8 时得到的高斯模板所有元素的权值系数,权值 a,b,c 分别为 $0.272\ 5,0.124\ 8$ 和 $0.057\ 1$ 。

c	b	c
b	a	b
c	b	c

图 2 3×3 高斯模板
Fig. 2 The 3×3 Gauss template

采用高斯模板进行平滑仍有可能降低所得到的背光亮度,进而影响图像质量。因此,进行了如下改进:在用高斯模板进行平滑时得到的中心元素的值 v 和未进行平滑之前的值 v_0 进行比较,如果 $v<v_0$ 则中心元素值保持 v_0 不变,否则为 v 。这样既可保持背光亮度,保证图像的质量,又实现了不同亮度区域之间平滑过渡。

2.3 液晶补偿

在液晶补偿中,背光源光强分布是液晶补偿的依据,一般是通过背光驱动信号与光扩散函数(Light Spread Function, LSF)之间卷积,模拟真实背光强度分布情况。但采用卷积方法存在计算量大,还要将 LSF 进行存贮的缺点。本文采用模

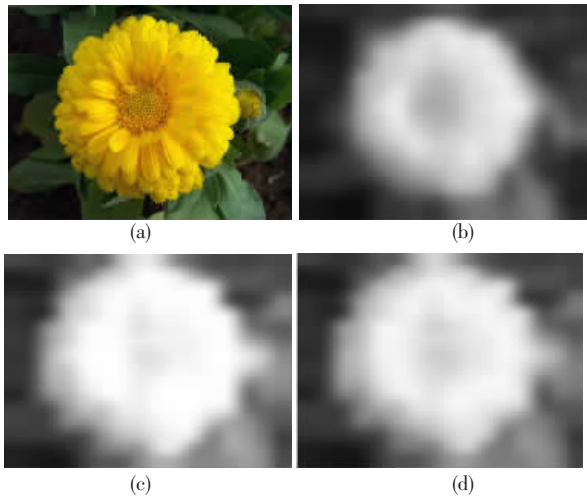


图 3 采用不同背光提取方法得到的图像. (a) 原图; (b) 平均值法; (c) 最大值法; (d) 本文提出的方法.
Fig. 3 BMA results of backlight signal determined by different method. (a) Target image; (b) average method; (c) max method; (d) proposed method.

糊-掩膜方法^[5](Blur-mask approach, BMA)来模拟局域调光控制的光强分布,如图 3 所示,采用不同的背光提取方法得到图像,并以此为依据进行液晶补偿,最终 LCD 屏幕信号由输入图像和背灯光强分布共同确定。考虑到显示器的伽马效应,液晶补偿推导公式为

$$C_{\text{HDR}} = (B_{\text{full}}/B_{\text{HDR}})^{(\frac{1}{\gamma})} \times G_{\text{T}} \tag{4}$$

式中: G_{T} 为目标图像, B_{full} 和 B_{HDR} 分别表示所有光源都亮时的强度和显示动态背光时背光的强度。根据此公式可由原本的液晶讯号 G_{T} 推得补偿后的液晶讯号 G_{HDR} 。

3 实验结果

利用本文提出的算法、平均值法和最大值法分别对 LED 背光进行调制,在 MATLAB 中实现

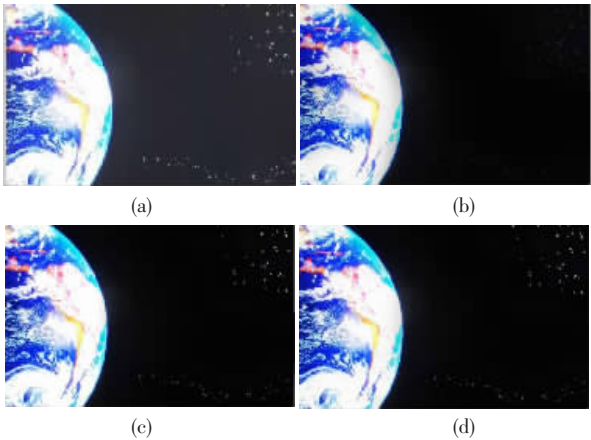


图 4 不同方法的仿真结果. (a) 原图; (b) 平均值法; (c) 最大值法; (d) 本文提出的方法.
Fig. 4 Results of different methods. (a) Target image; (b) average method; (c) max method; (d) proposed method.

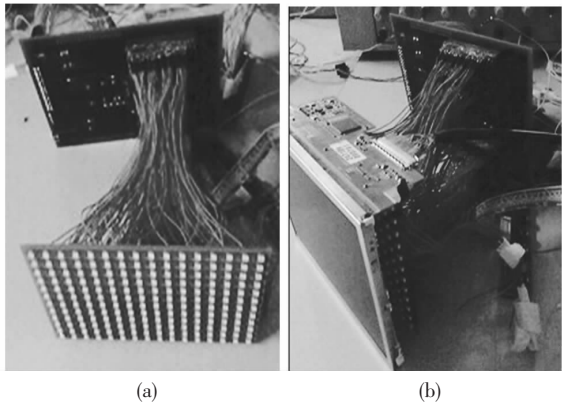


图 5 实验装置. (a) 背光板; (b) 整个系统.
Fig. 5 Experimental system. (a) Backlight board; (b) Whole system.

漏光率为 0.5%、16×12 个区域的背光系统,仿真实验结果如图 4 所示。其中图 4(a)为原始图像,图 4(b)、(c)、(d)分别为采用平均值法、最大值法和本文提出的方法进行的动态背光调制结果。该

表 1 3 种不同背光亮度提取算法下图 4 的平均功耗

Table 1 The average power consumption rates deduced from three different methods

方法	平均功耗率/%
平均值	12.78
最大值	48.82
提出算法	25.95

参 考 文 献:

[1] 李福文,金伟其,邵喜斌,等. 基于 LED 背光源区域控制的高动态范围液晶显示技进展[J]. 光学技术, 2009,35 (6):835-839.

[2] Seetzen H, Heidrich W, Stuerzlinger W, *et al.* High dynamic rRange display systems [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2004, 23(3):760-768.

[3] Lin Fangcheng, Huang Yibai,Liao Linyao, *et al.* Dynamic backlight gamma on high dynamic range LCD TVs [J]. *J. Display Technology*, 2008,4(2): 139-146.

[4] 刘艳中,郑学仁,陈建宾. 基于图像 CDF 阈值的 LCD-TV 动态背光主亮度提取算法及硬件实现[J]. 液晶与显示, 2010,25(3):449-453.

[5] Liao Linyao, Huang Yipai. Blur-mask approach for real-time calculation of light spreading function (LSF)on spatial modulated high dynamic range LCDs[J]. *J. Technology*, 2010,6(4): 121-127.

算法在 13×9.7(cm)的 LCD 显示系统(图 5)上进行测试验证。表 1 是图 4 用不同方法降低功耗的结果。

4 结 论

为了在降低液晶显示器背光功耗的同时能够保持图像质量,提出了基于局部均值和标准差的 LCD 背光调制算法。该方法不但考虑图像的平均灰度还考虑了图像细节,既解决了背光强度偏暗的问题,又减少了功耗。同时,对得到的背光信号进行了保值平滑处理,消除了不同区域的亮度信号之间存在的阶梯差,使图像视觉更加柔和。