

文章编号:1007-2780(2014)01-0101-05

基于平均值法的 LED 背光源动态 调光二次修正算法

杨 雷¹, 李纯怀², 陈宥焯², 李 浩², 何振伟², 朱立伟², 屠震涛¹, 张小宁^{1*}

(1. 西安交通大学 电子物理与器件教育部重点实验室, 陕西 西安 710049;

2. 深圳市华星光电技术有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要:为降低 LED 背光源的功耗, 提高 LCD 的图像显示质量, 提出了一种 LED 背光源动态调光二次修正算法。采用平均值法得到分区的初始背光灰度值; 为了解决灰度截断问题, 根据分区灰度最大值与平均值的差值进行第一次修正; 为了抑制调光带来的光晕效应, 采用空间滤波法进行第二次修正。采用侧入式 LED 背光源的 116.8 cm(46 in) LCD 实验结果表明, 采用该算法后, LED 背光源平均功耗降低至 73.02%, 灰度截断率为 0.49%, 平均 PSNR 值为 67.21 dB; 典型图像对比度最大达到 28 600 : 1, 显示图像的光晕效应有了明显的改善。二次修正算法能够有效降低背光功耗, 增强图像显示质量。

关 键 词:液晶显示器; LED 背光源; 动态调光; 灰度截断; 光晕效应

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/JYXSS20142901.0101

Dynamic dimming algorithm with twice-correction of LED backlit based on average

YANG Lei¹, LI Chun-huai², CHEN Yu-ye², LI Hao², HE Zhen-wei²,
CHU Li-wei², TU Zhen-tao¹, ZHANG Xiao-ning^{1*}

(1. Key Laboratory of Physical Electronics and Devices of Ministry of Education,
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Shenzhen China Star Optoelectronics Technology Co., Ltd, Shenzhen 518000, China)

Abstract: In order to reduce power consumption of LED backlit and improve image quality of LCD, the dynamic dimming algorithm with twice-correction is proposed. Firstly, the values of initial back-light of all LED blocks are calculated with averaging method. Then the first correction values are calculated to resolve grayscale clipping according to the difference between the maximum and average grayscale values in each LED block. Lastly, the second correction values are calculated with spatial filtering method to suppress halo effect caused by dimming. The experiment results on a 116.8 cm (46 in) edge-type LED backlit show that the mean power consumption can be reduced to 73.02% and

收稿日期: 2013-08-20; 修订日期: 2013-09-05.

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 61372018)

* 通信联系人, E-mail: znn@mail.xjtu.edu.cn

the grayscale clipping is only 0.49% for the typical pictures. Also the mean PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) is 67.21 dB, the maximum contrast ratio can reach to 28 600 : 1, and halo effect can be suppressed obviously. The dynamic dimming algorithm with twice-correction can improve image quality significantly with a significant reduction in power consumption.

Key words: LCD; LED backlit; dynamic dimming; grayscale clipping; halo effect

1 引言

液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)是时下最流行的平板显示器件,LED背光源因其卓越的性能,逐渐成为LCD的主流背光源^[1-4]。对于传统显示方法,LED背光源的亮度保持不变,通过控制液晶透过率来实现灰度级,不仅会导致背光功耗过大,而且由于液晶存在天生的漏光,低灰度像素无法正常显示,尤其是黑色,从而导致对比度降低。动态调光则是根据画面动态地改变背光亮度,可以在降低背光功耗的同时,提高画面对比度。但是,动态调光也会带来一些问题,如灰度截断^[5]和光晕效应^[6]。灰度截断是由于背光被降低之后,灰度值高于背光灰度值的像素无法正常显示,从而产生截断现象;光晕效应则是因为液晶在显示低灰度像素时,由于存在漏光,动态调光后,不同区域的背光不同,漏光也不同,从而产生光晕效应,如鼠标指针在黑色背景上移动时,就会产生光晕效应。

动态调光的关键算法在于如何确定每个LED分区的背光值,目前,已经提出的算法有平均值法(Avg)、均方根法(Sqrt)、最大值法(Max)等^[7-11]。其中,平均值法是以每个分区的平均灰度值作为对应分区背光,均方根法则是以每个分区的灰度平均值为基础,归一化后取均方根作为对应分区背光,两种算法可以实现较高的对比度和较低的功耗,但由于背光过低,图像的灰度截断比较严重;最大值法则是以分区内灰度最大值作为对应分区的背光值,可以解决图像灰度截断的问题,但同时会造成背光功耗过大。对于因背光不均匀和液晶漏光导致的光晕效应,上述算法并未解决。

本文提出的LED背光源动态调光二次修正算法能够降低背光功耗,同时增强画质。该方法在平均值法的基础上,根据分区灰度最大值与平均值的差值进行第一次修正,可以显著改善灰度截断问题;采用空间滤波法进行第二次修正,可以

改善光晕效应。实验表明,采用本算法后,背光功耗降低至73.02%,灰度截断率0.49%,平均PSNR值高达67.21 dB,典型图像对比度最大达到28 600 : 1,显示图像的光晕效应有了明显的改善。

2 二次修正算法

本文提出的二次修正算法是根据输入图像求出动态调光后的背光亮度,动态调光流程如图1所示。首先,从输入图像中提取出特征参数,分区灰度最大值和平均值;第二,利用特征参数,以平均值法为基础进行第一次修正;第三,采用空间滤波法进行第二次修正,得到最终LED亮度;第四,按照调光后背光进行液晶补偿;最后,将LED亮度发送至LED驱动模块,同时,将补偿后的像素值发送至液晶面板。

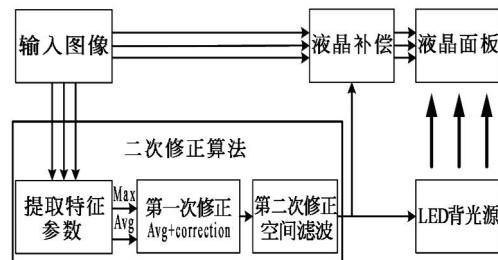


图1 二次修正算法流程图

Fig. 1 Process of the twice-correction algorithm

2.1 第一次修正

以平均值法为基础,利用分区灰度最大值与平均值对各分区背光进行第一次修正,如式(1),(2),(3)所示。

$$B_1(m, n) = \text{Avg}(m, n) + C(m, n), \quad (1)$$

$$C(m, n) = K \cdot d(m, n) + (1 - K) \cdot \frac{d(m, n)^2}{256}, \quad (2)$$

$$d(m, n) = \text{Max}(m, n) - \text{Avg}(m, n), \quad (3)$$

其中: $B_1(m, n)$ 表示分区 (m, n) 的第一次修正灰度值, $\text{Avg}(m, n)$ 、 $\text{Max}(m, n)$ 表示分区 (m, n) 的

灰度平均值和最大值, K 为待定常数, 且 $0 \leq K \leq 1$, 当 $K = 1$ 时, $B_1(m, n) = \text{Max}(m, n)$, 即最大值法。如图 2 所示, 当 K 的值从 0 变化到 1 时, 算法逐渐趋近最大值法。第一次修正式中包含的参数 K 值可根据功耗、截断点数目和 PSNR 的要求确定。

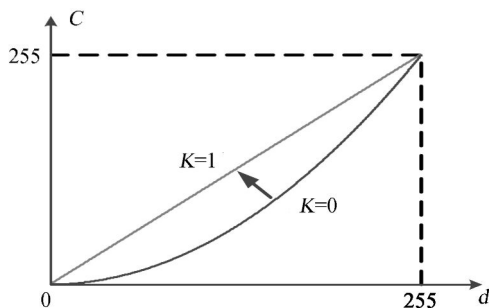


图 2 第一次修正曲线

Fig. 2 The first correction curves

2.2 第二次修正

经过第一次修正的分区背光, 并未考虑到周围分区的背光, 容易导致相邻分区背光变化过大, 以致产生光晕效应。采用空间滤波的方法, 可以让背光更加平缓, 解决动态调光所致的光晕效应。本算法原理图如图 3 所述, 要求将高亮度背光分区周围的分区背光升高, 同时, 升高后的背光不能小于原先背光。滤波后的背光亮度如式(4), (5)所示。

$$B_2(m, n) = \max(B_1(m, n), B_f), \quad (4)$$

$$B_f = \max\left[0, \frac{T \cdot 255}{(255 - th)}(B_1^s(m, n) - th)\right], \quad (5)$$

其中: $B_2(m, n)$ 表示分区 (m, n) 的第二次修正灰度值, B_f 为滤波背光, $B_1^s(m, n)$ 为 (m, n) 分区周围分区的第一次修正灰度值, 滤波后的背光要在原背光 $B_1(m, n)$ 和滤波背光 B_f 之间取最大值, T 和 th 为待定参数。

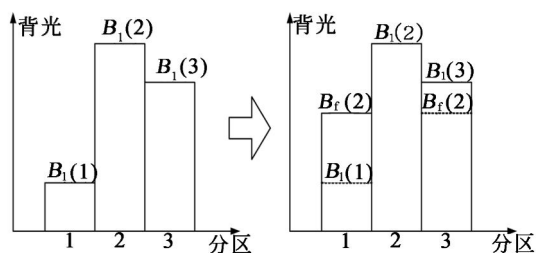


图 3 空间滤波原理图

Fig. 3 Schematic diagram of spatial filtration

3 实验结果与讨论

本文提出的算法通过 Matlab 进行了仿真验证, 并在采用 LED 背光源的 116.8 cm(46 in) FHD 分辨率的液晶电视上进行了实验验证。使用侧入式白光 LED 背光源, 左右各 8 组 LED, 液晶面板被划分成 8×16 个分区。算法中提到的各参数值如表 1 所示。

表 1 参数值列表

Tab. 1 List of parameter values

参数	K	th	T
数值	0.35	25	0.65

将一次修正、二次修正后的结果与 Avg 法、Sqrt 法和 Max 法进行比较。采用图 4 所示的 4 幅典型图片, 实验结果为原图与处理后的图片的差值, 并放大 10 倍, 若结果越小, 说明灰度截断越小, 图像质量越高。可以看出, Max 法和本文提出的一次修正、二次修正算法效果较好。

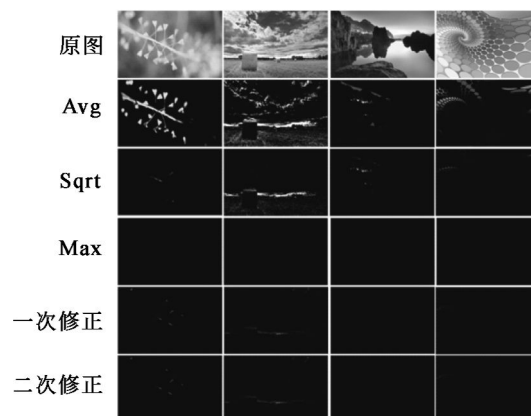


图 4 Avg、Sqrt、及 Max 方法与本文算法的误差图像

Fig. 4 Error pictures processed by Avg, Sqrt, Max method and the proposed method

表 2 为采用图 4 所示的 4 幅典型图片, 经过 Avg 法、Sqrt 法、Max 法及本文提出的一次修正和二次修正处理后的功耗、灰度截断和峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)的平均结果。可以看出, Avg 法和 Sqrt 法的功耗小, 但截断比大, PSNR 小; Max 法的截断比为 0, 但功耗达到 86.21%; 经过本文提出的一次修正算法处理之后, 功耗为 72.66%, 同时, 截断比为 0.495%, PSNR 达到 66.03 dB; 经过二次修正之

后,功耗只增加 0.36%,同时,截断比降低 0.006%,PSNR 升高 1.18 dB。

表 2 功耗、截断比和 PSNR 实验结果

Tab. 2 Experiment results of power consumption, grayscale clipping, and PSNR

算法	功耗/%	灰度截断比/%	PSNR/dB
Avg	56.28	9.198	33.03
Sqrt	70.27	1.276	48.47
Max	86.21	0	无噪声
一次修正	72.66	0.495	66.03
二次修正	73.02	0.489	67.21

本文提出的二次修正的目的是抑制光晕效应,如图 5 所示,黑色背景上一个鼠标指针,经过一次修正后,背光变化不够平缓,导致比较严重的光晕效应,经过二次修正后,背光变化平缓,光晕效应得到抑制。采用如图 6 所示的 4 种典型对比

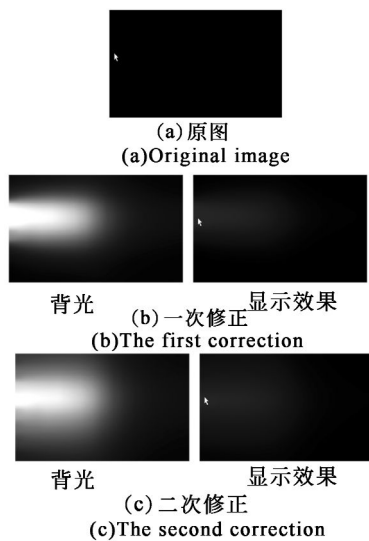


图 5 空间滤波抑制光晕效应前后比较

Fig. 5 Halo effect before and after spatial filtration

参 考 文 献:

- [1] 张兴,郑成武,李宁,等. 液晶材料与 3D 显示[J]. 液晶与显示,2012,27(4):448-455.
Zhang X, Zheng C W, Li N, et al. Liquid crystal materials and 3D display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(4): 448-455. (in Chinese)
- [2] 周羲君,冯仕猛. 均匀照明 LED 背光板设计[J]. 液晶与显示,2012,27(6):774-779.
Zhou X J, Feng S M. Design of high uniformity LED backlight [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(6): 774-779. (in Chinese)
- [3] 于洪春,邓意成,郑喜凤. 面积约束下的最优阈值法分割 LED 像素点阵[J]. 液晶与显示,2012,27(5):653-657.

度测试图案,测试结果见表 3,经过本算法处理后,对比度有了明显提升,最大达到了 28 600 : 1。

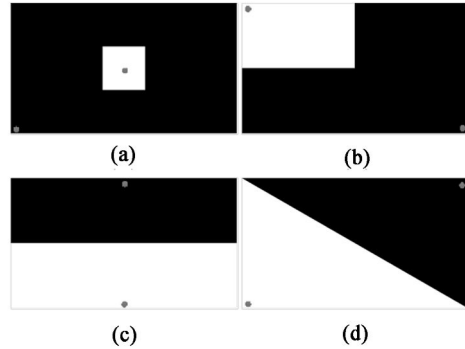


图 6 对比度测试图

Fig. 6 Testing patterns for contrast ratio

表 3 对比度测试结果

Tab. 3 Experiment results of contrast ratio

测试图	a	b	c	d
调光前	803 : 1	1 056 : 1	1 029 : 1	1 180 : 1
调光后	2 933 : 1	28 000 : 1	5 900 : 1	28 600 : 1

4 结 论

本文提出的 LED 背光源动态调光二次修正算法可以在降低背光功耗的基础上,有效增强画质。以平均值法作为基础,根据分区最大值和平均值的差值进行第一次修正,采用空间滤波法进行第二次修正,可以分别改善灰度截断问题和光晕效应。实验结果表明,采用本文提出的算法处理之后,LED 背光源平均功耗可降低至 73.02%,灰度截断率仅占显示像素总数的 0.489%,PSNR 为 67.21 dB,典型图像的对比度最大达到 28 600 : 1,同时,可以很好地改善调光带来的光晕效应。

- Yu H C, Deng Y C, Zheng X F. Segmentation of LED pixel matrix by using optimal threshold with area constraint [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(5): 653-657. (in Chinese)
- [4] 向健勇,戚勇,苟超. 分时驱动式 LED 显示屏图像串扰的解决方法[J]. *液晶与显示*, 2013, 28(3): 398-402.
- Xiang J Y, Qi Y, Ge C. Solution of image crosstalk time-sharing driver LED display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(3): 398-402. (in Chinese)
- [5] 屠震涛,郑仁涛,张小宁. 临界背光亮度法改善 LCD 动态调光中的灰度截断[J]. *液晶与显示*, 2012, 27(3): 318-323.
- Tu Z T, Zheng R T, Zhang X N. Critical backlight luminance for reducing clipping artifacts in local dimming LCDs [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(3): 318-323. (in Chinese)
- [6] Hideki I, Katsuya O, Kohji F, *et al.* Proposal of evaluation method for local-dimming backlights [J]. *SID Symposium Digest of Technical Paper*, 2010, 50(3): 750-753.
- [7] 章小兵,王茹,董戴,等. 基于局部均值和标准差的 LCD 动态背光调整[J]. *液晶与显示*, 2011, 26(5): 698-710.
- Zhang X B, Wang R, Dong D, *et al.* Dynamic backlight adaptation based on local mean and standard deviation for LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(5): 698-710. (in Chinese)
- [8] Cho H, Kwon O. A local dimming algorithm for low power LCD TVs using edge-type LED backlight [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2010, 56(4): 2054-2060.
- [9] Hulze H, Greef P. Power savings by local dimming on a LCD panel with side lit backlight [J]. *SID Symposium Digest of Technical Paper*, 2009, 40(1): 749-752.
- [10] 章小兵,刘波,王茹,等. 基于灰阶熵的 LCD 动态背光调整[J]. *液晶与显示*, 2012, 27(2): 173-176.
- Zhang X B, Liu B, Wang R, *et al.* Dynamic backlight adaptation based on gray entropy for LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(2): 173-176. (in Chinese)
- [11] Hong J, Kim S, Song W. A clipping reduction algorithm using backlight luminance compensation for local dimming liquid crystal displays [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2010, 56(1): 240-246.

作者简介:杨雷(1987—),男,江苏宿迁人,硕士,主要从事液晶 LED 背光源动态调光技术的研究。E-mail:superman@stu.xjtu.edu.cn