

文章编号: 1007-2780(2011)06-0853-05

采用自适应有限灰度级子场编码方法提高 等离子体显示器的显示质量

郑晓庆, 张小宁*, 梁志虎, 刘纯亮

(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, E-mail: zhengxiaoqing007@163.com)

摘要: 为了改善等离子体显示器的动态显示质量, 在减轻动态假轮廓的同时提高灰度显示质量, 提出了基于直方图均衡化的自适应有限灰度级子场编码方法。该方法首先对输入图像进行直方图均衡化, 在灰度“均匀分布”的新直方图上, 按子场的数目平均划分灰度区间, 选取每个区间中间的灰度级作为预采样灰度级; 然后将预采样灰度级按照直方图均衡化的反函数进行映射, 得到采样灰度级和子场编码。为了达到更好的灰度显示效果, 在累积式灰度编码中, 依次限定单个子场编码为零, 从而得到更多的显示灰度级。仿真实验结果表明, 该方法能在动态假轮廓改善和灰度级表现能力之间取得平衡, 在减轻动态假轮廓的同时弥补了“累积式”发光显示灰度级不足的问题, 得到了较好的显示效果。

关键词: 等离子体显示器; 直方图均衡化; 有限灰度级子场编码

中图分类号: TN873

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112606.0853

Improvement of PDP Image Quality by Using Adaptive Limited Grays Subfield Coding Method

ZHENG Xiao-qing, ZHANG Xiao-ning*, LIANG Zhi-hu, LIU Chun-liang

(Key Laboratory of Physical Electronics and Devices of Ministry of Education,

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China, E-mail: zhengxiaoqing007@163.com)

Abstract: To improve the dynamic and static image quality, a new adaptive limited grays subfield coding method based on histogram equalization was proposed. In this method, a new probability density distribution was obtained by image histogram equalization. The gray scales were divided uniformly according to the number of subfield, and the grays in middle of each sub-section as the pre-sample grays were selected. The sample grays and subfield coding were obtained through the inverse transformation of histogram equalization. A subfield was set to zero for one gray coding to get the better image quality. Simulation results show that the proposed method has the advantages of simple-accumulation and combination lighting modes. It can improve the dynamic false contrast and gray scales expression simultaneously.

Key words: plasma display panel; histogram equalization; limited grays subfield coding

1 引言

等离子体显示器(PDP)一般采用寻址显示分

离(ADS)的驱动方法^[1], 可分为两种发光模式: 组合式发光和累积式发光。组合式发光模式指的是通过子场发光组合实现灰度级显示, 优点是可以

收稿日期: 2011-05-24; 修订日期: 2011-07-14

作者简介: 郑晓庆(1987—), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 主要从事等离子体显示驱动方法的研究。

* 通讯联系人, E-mail: znn@mail.jxtu.edu.cn

实现的灰度级多,静止图像的灰度表现能力好,但是显示运动图像时,会出现动态假轮廓(DFC)现象^[2]。MPD(Motion Picture Distortion)偏差方法^[3]、子场编码优化选择^[4]、三维散射^[5]和优化子场排列顺序^[6]等方法均可减轻 DFC,但无法从根本上消除动态假轮廓,难以使运动图像的显示质量得到显著提高^[7]。累积式发光模式指的是通过子场发光的累积来实现灰度级显示,如 CLEAR 驱动方法^[8]、自适应子场编码(ASC)^[9]和自适应扩展编码^[10]等。累积式发光模式从原理上消除了 DFC 现象,但会造成灰度损失,虽然可以通过误差扩散和抖动来补偿,但在显示静止图像或运动图像中的静止区域时,灰度再现能力(GSR)很差,且会产生蠕虫效应。

组合式发光模式的每个子场都可独立控制点亮或是熄灭,组合起来实现灰度级显示。累积式发光模式的灰度级编码为连续子场显示方式,即相邻的发光子场中间不允许非发光子场的出现。以擦除寻址方式为例,某子场熄灭的像素点,在后面的子场显示时不会再点亮。因此,组合式发光灰度表现能力较好,但是在显示运动图像时有明显的 DFC 现象。累积式发光虽然完全消除了 DFC,但是其有限的灰度级带来了 GSR 较差的缺陷,这两种发光模式在改善运动图像 DFC 和保证静止图像灰度表现力中只能选择其一,无法兼顾。

本文提出了一种自适应有限灰度级子场编码方法,该方法具有“累积式”发光和“组合式”发光的优点,能够在 DFC 和灰度表现能力之间取得平衡。该算法通过对输入图像直方图进行均衡化,得到“均匀分布”的新的直方图。然后,根据子场数目 k 平均划分灰度区间,选取每个灰度区间中间位置的灰度级作为预采样灰度级 G' ,再将其按照均衡化反函数进行映射,得到采样灰度级,并将采样灰度级的级差作为子场编码矢量 SP。为了进一步改善灰度级表现力,在累积式灰度编码中,依次限定单个子场编码为零,从而得到更多的显示灰度级。实验结果表明,该方法改善了图像灰度显示能力,同时也减轻了组合式发光所产生的 DFC 现象。

2 自适应有限灰度级子场编码方法

在进行灰度级采样并计算子场权值时,如果输入图像的灰度直方图是均匀的,对于累积式发光模式而言,当各个子场的权值相等时,GSR 误

差最小。对于不是均匀分布的直方图,如果能在像素点多的灰度级区域采样的灰度级密集,则 GSR 误差也会相应减少。绝大部分输入图像直方图都是不均匀的,所以利用直方图均衡化将原始直方图转换成均匀分布的直方图,再将均匀采样灰度级按照直方图均衡化反函数进行映射,即可达到在原始图像像素点分布多的区域选取较多的灰度级,像素点分布少的区域选取相对较少的灰度级的目的。这样可以提高采样灰度级显示效率,并且 GSR 误差较小。

2.1 灰度级预采样

直方图均衡化可使图像的灰度从比较集中的灰度区间变成在全部灰度范围内的均匀分布,也就是对图像进行非线性拉伸,重新分配图像像素值,使一定灰度范围内的像素数量大致相同。

图 1 所示为某一幅输入图像的原始直方图和均衡化后的直方图。可以看到,在原始直方图中,灰度级 50 和 100 附近有两个明显的高峰,其他区域密度很小。经过均衡化处理后,像素点在整个灰度级范围内均匀分布,所有灰度级概率密度的差距缩小,如图中虚线所示。

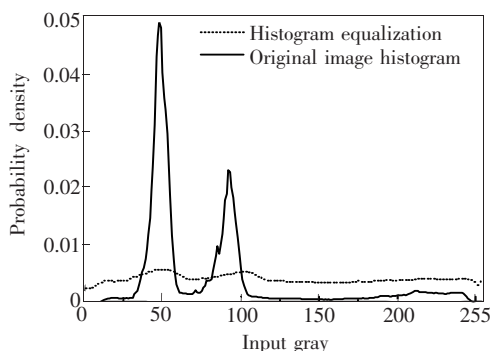


图 1 原始图像及均衡化后直方图

Fig. 1 Original image and equalization histogram

在图 1 的均衡化直方图中,按照子场个数 k 在整个灰度级范围平均划分子灰度区间,选取各子区间中间的灰度级作为预采样灰度级 G'_n :

$$G'_n = \left[\frac{255}{k} \times n + \frac{255}{k} \times (n-1) \right] / 2$$

$$n = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

因为 PDP 显示最低灰度级为 0,所以选取 $G'_0 = 0$ 。

2.2 预采样灰度级逆变换

预采样灰度级是在均衡化变换后的直方图上均匀采样得到,灰度间隔是均匀的。将预采样灰度

级按照均衡化反函数进行映射,式(1)就可变换为:

$$G_n = H^{-1}(G'_n) \quad n = 0, 1, 2, \cdots k \quad (2)$$

其中 H^{-1} 为直方图均衡化反函数, G_n 是逆变换后得到的显示灰度级。

图 2 所示圆点为式(2)中的预采样灰度级经过均衡化反函数变换后得到的采样灰度级。可以看出,采样集中在直方图两个像素点最多的高峰处。为了避免采样灰度级过于密集,在计算采样灰度级之前首先对灰度直方图进行预处理,文中对直方图数据进行开方处理,经过处理后灰度级概率密度整体压缩,高低差距明显缩小,这样选取的灰度级如图 3 所示。然后根据子场编码计算公式得到各个子场的权值。

$$SF_n = G_n - G_{n-1} \quad (3)$$

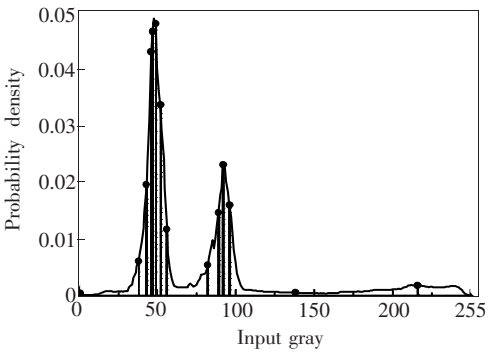


图 2 均衡化反函数变换后得到的采样灰度级
Fig. 2 Sampled grays after inverse transformation of histogram equalization

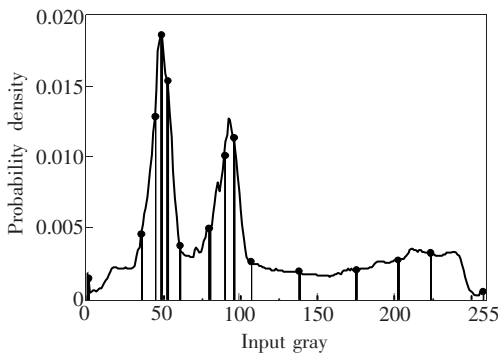


图 3 经过开方处理得到的采样灰度级
Fig. 3 Sampled grays after square root processing

2.3 自适应有限灰度级子场编码方法

由于前面的过程都是基于累积式发光模式,虽然能够完全消除动态假轮廓,但是存在显示灰度级不足的问题造成静态假轮廓现象。为解决这一问题,我们吸纳了组合式编码的优点,通过增加一定的显示灰度级来改善灰度级不足造成的静态

假轮廓现象。

具体的方法为:依次限定累积式灰度级编码的单个子场编码为 0,产生新的灰度级编码。因为 DFC 现象是由于灰度级编码时间上的非线性造成的,也就是一个子场在某个特定灰度级点亮,而在更高的灰度级熄灭;而累积式发光在时间上是线性的,完全消除了 DFC 现象。我们在此基础上限定某个子场的灰度级编码为 0,从而使相邻的显示灰度级的灰度级编码 MPD 尽可能地小。采用该方法不会引起严重的 DFC,并且增加了显示灰度级,有利于减少静态假轮廓。

以 8 子场编码 SP [1,2,4,8,16,32,64,128] 为例,根据累积式发光模式,可以显示的灰度级 G 为 [1,3,7,15,31,63,127,255],其灰度级编码如图 4(a) 所示,其中灰色为点亮的子场。自适应有限灰度级子场编码方法,依次限定 $SF_1 \sim SF_8$ 子场编码为 0,共有 8 种情况(子场数 k)。累积式发光模式编码是连续发光模式,该编码下的灰度级可以表示为

$$G_n = \sum_{i=1}^n SF_i \quad (4)$$

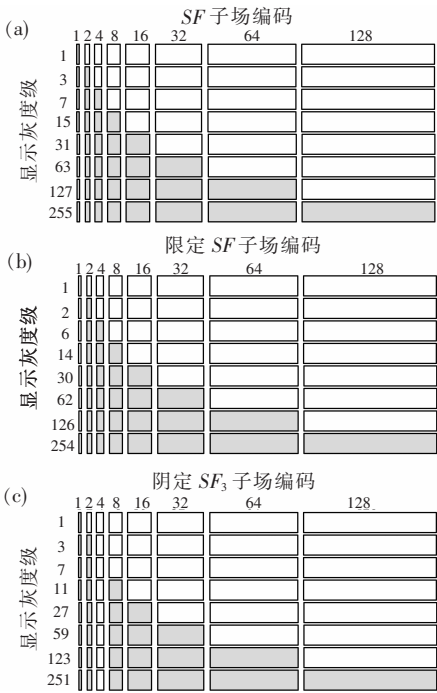


图 4 累积式发光和限定子场灰度级编码。(a) 累积式灰度级编码;(b) 限定 SF_1 灰度级编码;(c) 限定 SF_3 灰度级编码。

Fig. 4 Grays coding of the simple-accumulation and limited subfield coding. (a) Grays coding of the simple-accumulation; (b) The method to limit SF_1 grays coding; (c) The method to limit SF_3 grays coding.

结合式(3)和(4)可以看出,若限定第 i 个子场的编码为 0,那么增加的显示灰度为 G 减去该子场的权值,即 $G-SF_i$,其中 G 为均衡化反函数变换所得到的所有采样灰度级。若子场数目为 k ,增加的灰度级个数为 $k(k+1)/2$,除去重复的灰度级,有效显示灰度级数目可显著增加,达到了改善灰度显示能力的效果。

图 4(b)和 4(c)为本算法的两个典型例子,其中,图 4(b)在累积式灰度级编码的基础上限定 SF_1 的灰度级编码为 0,灰色的部分为点亮的子场,粗体数字表示新增加的显示灰度级 2,6,14,30,62,126,254;图 4(c)在累积式灰度级编码的基础上限定 SF_3 的灰度级编码为 0,新增加的显示灰度级有 11,27,59,123,251,从 SF_1 到 SF_8 以此类推。本算法明显增加了灰度级数目,因此表现能力增强,有效地减少了静态假轮廓现象。

3 实验结果及分析

3.1 仿真结果

采用 MATLAB 平台仿真静止图像和运动图像的显示效果。仿真选用了 256 灰度级的彩色图像,使用 14 个子场显示。由于不是纯累积式发光,会产生 DFC 现象,所以为了全面真实地评价该算法,设计了两部分实验:一是对 4 种算法仿真后的静止图像效果进行比较,评价其灰度显示能力,包括 256 灰度组合式发光、CLEAR 驱动算法、自适应有限灰度级子场编码算法和优化子场编码算法;二是将各种方法的动态图像仿真效果进行比较,评价其动态假轮廓现象的改善效果。

图 5 为仿真结果,前两列为静止图像,后两列为运动图像。其中图 5(a)为原始输入图像的局部放大图,图 5(b)为 CLEAR 算法,图 5(c)为本文提出的自适应有限灰度级子场编码算法,图 5(d)为优化子场编码算法,每种算法都采用了相同的误差扩散处理。

首先比较各个算法的静止图像 A 和 B 的仿真效果。可以看出,图 5(d)优化子场编码采用的是组合式发光模式,所以可以显示所有灰度级,静止图像显示效果最好。图 5(b)的 CLEAR 算法仿真结果中花瓣和树叶的色彩过渡不均匀,阴影部分有较多噪点,有明显的静态假轮廓现象,与原始图像效果相差较大。这是因为 CLEAR 算法是纯累积式算法,只能显示有限(子场数 $k+1$)的灰



图 5 各种算法仿真结果。(a) 原始输入图像;(b) CLEAR 算法;(c) 自适应有限灰度级子场编码;(d) 优化子场编码。

Fig. 5 Comparison of simulation results. (a) Input image; (b) Simulated with CLEAR algorithm; (c) Simulated with the proposed algorithm; (d) Simulated with optimization subfield coding.

度级,而且是固定子场编码,包含的输入图像信息较少。本算法图 5(c)首先通过直方图信息选取和输入图像信息相关的子场编码,再经过限定灰度级编码的方法进行处理,相比累积式有更多的显示灰度级,所以静止图像的表现能力较好。

对于运动图像 A 和 B,图 5(b)为 CLEAR 累积式算法,没有 DFC 现象,动态显示效果最好。图 5(d)采用优化子场编码引起 DFC 现象,在花瓣和较暗的树叶背景中有很多突出的噪声块,颜色分布过渡不均匀,容易被人眼察觉。图 5(c)为本算法仿真效果。

从仿真结果可以看出,自适应有限灰度级子场编码算法结合了累积式发光和组合式发光的优点,在灰度表现能力和 DFC 之间取得了平衡,相对于组合式算法,DFC 现象得到了极大改善;相对于累积式算法,又有较好地灰度级表现能力,能够很好地显示静止图像和运动图像。

3.2 信噪比分析

为比较本文提出的算法和 CLEAR 方法的灰度级显示能力,选取 100 幅全高清静止图像,分别用 CLEAR 算法和本文所提算法进行处理,然后用式(5)所示的峰值信噪比方法^[11]进行评测,结果如图 6 所示。从图 6 中可以看到,本文提出的自适应有限灰度级子场编码算法的信噪比明显高于 CLEAR 算法的信噪比。

$$K_{\text{MSE}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2$$

$$L_{\text{PSNR}} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{L^2}{K_{\text{MSE}}} \right) \quad (5)$$

其中 N 是图像中像素的数量, x_i 和 y_i 分别是原始图像和处理后的图像中第 i 个像素的灰度级, L 是像素灰度值的动态范围。

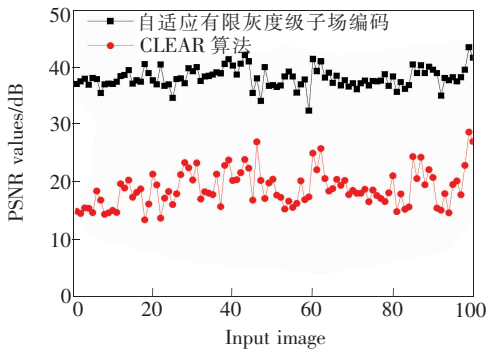


图 6 100 幅 FHD 图像采用本算法和 CLEAR 的信噪比
Fig. 6 PSNR values for 100 FHD images displayed using the CLEAR and the proposed method

对于不同的输入图像, CLEAR 算法能够显示的灰度级数目有限, 而且不同的图像信息也不

能包含在子场编码中, 在显示图像时, 有可能丧失重要的图像信息。而本文提出的算法, 根据输入图像自适应选择子场编码, 而且利用直方图均衡化的特性, 选取灰度级概率密度多的灰度级作为采样灰度级, 最后结合组合式编码的思想, 有效地增加了可以显示的灰度级, 仿真显示效果比优化子场编码更接近于原图, 显示图像信噪比也比较高。

4 结 论

提出了自适应有限灰度级子场编码的方法, 具有“累积式”发光和“组合式”发光的优点。该方法首先对输入图像的直方图进行开方处理, 然后在此基础上进行直方图均衡化, 在新的直方图中按照子场个数进行均匀分段, 选取各子区间中间的灰度级作为预采样灰度级, 将预采样灰度级均衡化逆变换得到最后实际显示的灰度级和子场权值。为了提高灰度再现能力, 依次限定每个子场灰度级编码为 0, 显著增加了显示灰度级。这种算法在 DFC 和灰度表现能力之间取得了平衡, 改善了静止图像显示质量, 同时也减轻了运动图像的 DFC 现象。

参 考 文 献:

[1] Shinoda T, Wakitani M, Yoshikawa K. High level gray scale for AC display panels using address display period separated sub-field method [J]. *IEICE Trans. Electron.*, 1998, J81-C-II (3):349-355.

[2] 沈思宽, 张小宁, 黄金福. 等离子显示技术的新进展[J]. *液晶与显示*, 2009, 24(1):38-42.

[3] Kim J W, Kim Y D, Kang S H, *et al.* A new measure of motion picture distortion and its application to picture quality improvement on AC PDP [J]. *IEEE Trans. CE.*, 2002, 48(2): 275-283.

[4] Park S H, Kim C W. An optimum selection of subfield pattern for plasma displays based on genetic algorithm [J]. *IEICE Trans. Electron.*, 2001, E84-C (11):1659-1666.

[5] Yamaguchi T, Toda K, Mikoshiba S, *et al.* Improvement in PDP picture quality by three-dimensional scattering of dynamic false contours [C]//*Proc. Society for Information Display*, San Diego CA; SID, 1996: 291-294.

[6] Xu Beilei, Zhuang Yiqi. Sub-field sequence optimization for plasma displays based on weight-modulated sub-field histogram [J]. *IEEE Trans. CE.*, 2005, 51(4):1248-1252.

[7] 张小宁, 刘纯亮. 彩色 PDP 动态假轮廓的评价方法-相对比值法 [J]. *液晶与显示*, 2006, 21(2):119-123.

[8] Tokunaga T, Nakamura H, Suzuki M, *et al.* Development of new driving method for AC-PDPs [C]// *Proc. Int. 6th Display Workshop Symp.*, Sendai, Japan; IDW, 1999:787-790.

[9] Liu Zujun, Liu Chunliang, Liang Zhihu. An adaptive subfield coding method for driving AC PDPs [J]. *IEEE Trans. Plasma Science*, 2006, 34(2): 397-402.

[10] Kang S J, Kim S C, Chien S I, *et al.* Adaptive stretched-out coding based on cumulative histogram analysis for reduction of GSR error and DFC in plasma TV [C]//*International Conference on Consumer Electronics*, Las Vegas, USA:ICCE, 2009:1-2.

[11] Park M J, Park H S, Kim Y H. Image adaptive incremental subfield coding for plasma display panels [J]. *IEICE Trans. Electron.*, 2007, E90:2100-2104.