

改善等离子体显示器动态假轮廓的 显示灰度级调整方法

王志国, 刘纯亮, 梁志虎

(西安交通大学电子物理与器件教育部重点实验室, 710049, 西安)

摘要: 为了改善交流等离子体显示器 (AC PDP) 动态假轮廓现象, 提出了一种显示灰度级调整方法. 首先利用 AC PDP 实际采用的子场编码, 通过运动图像畸变距离方法对动态假轮廓进行量化, 然后选取不易产生动态假轮廓的灰度级作为输出显示灰度级. 同时, 采用数字半色调技术增强输出图像质量. 一方面, 采用就近阈值化的误差扩散方法有效地减小了量化误差较大时的误差扩散噪声; 另一方面, 利用有序抖动方法处理低灰度级像素, 从而使得运动图像既不易被察觉出动态假轮廓现象, 又能在整个灰度级范围内产生较好的显示效果. 将提出的方法应用于 81 cm AC PDP 中, 实验结果表明, 在不影响 AC PDP 显示画质的前提下, 有效地缩减了动态假轮廓现象.

关键词: 交流等离子体显示器; 动态假轮廓; 数字半色调; 误差扩散; 有序抖动

中图分类号: TN873. 94; TN911. 73 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2009)10-0089-05

A Method of Modifying Display Gray Levels for Reducing the Dynamic False Contour in Alternating Current Plasma Display Panel

Wang Zhiguo, Liu Chunliang, Liang Zhihu

(Key Laboratory of Physical Electronics and Devices of the Ministry of Education, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: A method of modifying display gray levels is proposed to reduce the dynamic false contour (DFC) in alternating current plasma display panel (AC PDP). The sub-field coding adopted in AC PDP is utilized to give a quantitative measure of the DFC by the motion picture distortion (MPD) distance method. Then, the gray levels in which the DFC is not observed are displayed. At the same time, the quality of the output image is enhanced by the digital halftoning technology. The noises generated by bigger quantified errors can be reduced effectively by the error diffusion method with accepting the nearest threshold. On the other hand, the pixels with the lower grayscale are processed by the ordered dithering method. Consequently, the DFC in the moving images can not be observed and the images are represented better in the whole grayscale scope. The proposed method is applied to an 81 cm AC PDP and experimental results show that the DFC in the moving images is reduced effectively under the premise that the image quality in AC PDP is not affected.

Keywords: alternating current plasma display panel; dynamic false contour; digital halftoning; error diffusion; ordered dithering

彩色交流等离子体显示器 (AC PDP) 采用脉冲数调制技术实现灰度显示, 能够较好地显示静态图

像, 但在显示运动图像时会出现动态假轮廓 (DFC) 现象^[1], 严重影响运动图像显示质量. 人们提出了各

种不同的方法来减小动态假轮廓,其中包括优化子场编码方法^[2]、增加补偿脉冲方法^[3]、三维散射方法^[4]等.单独依靠优化子场编码方法并不能有效地改善动态假轮廓,还需要采用其他技术进一步缩减动态假轮廓.补偿脉冲方法中运动矢量的获得需要复杂的计算,不利于硬件实现.在三维散射方法中,当运动和方格图案同步时,这类方法会引起噪声和边沿图案效应.

本文提出了一种改善 AC PDP 动态假轮廓的显示灰度级调整方法.利用 AC PDP 的子场编码,通过运动图像畸变(MPD)距离方法对动态假轮廓进行量化,选取不易产生动态假轮廓的灰度级作为输出显示灰度级.同时,采用数字半色调技术增强输出图像质量.一方面,采用就近取整的误差扩散方法有效地减小量化误差较大时的误差扩散噪声,另一方面,利用有序抖动方法处理低灰度级像素,从而使得运动图像既不易被察觉出动态假轮廓现象,又能在整个灰度级范围内都产生较好的表现效果.

1 显示灰度级调整方法

AC PDP 在发光时间上的非线性和人眼平滑跟踪运动目标的自然倾向导致了动态假轮廓的产生^[1].人们对 AC PDP 中的动态假轮廓提出了各种量化评测方法,如运动图像畸变(MPD)距离法^[5]、动态积分法^[6]等.本文采用 MPD 距离法对动态假轮廓进行量化.该方法根据任意两灰度级之间 MPD 的定义和无 MPD 灰度级^[2],确定每一灰度级的 MPD 值.图 1 给出了任意两灰度级的 MPD 偏差计算原理.

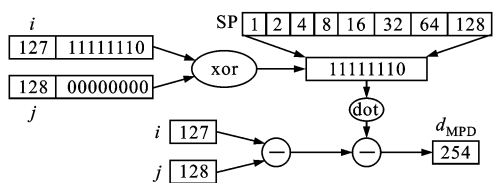


图 1 任意两灰度级 MPD 偏差计算示意图

通常,针对某种编码,仅有 $N+1$ 个无 MPD 灰度级 (N 为子场数).显然,如果只取 $N+1$ 个灰度级显示图像,尽管可以消除动态假轮廓,但由于灰度表现力严重不足,会产生静态假轮廓.为此,本文提出了一种在动态假轮廓缩减和灰度级表现力上的折中方法.该方法主要是根据采用的子场编码,利用上述动态假轮廓量化模型计算出每一灰度级的 MPD 偏

差,选取 MPD 偏差小于某一阈值 T_{MPD} 的灰度级作为输出显示灰度级,其余灰度级通过本文提出的改进型误差扩散方法获得.在选取实际显示的灰度级时需要考虑两方面因素:①选取的灰度级要能在 DFC 和灰度表现力之间产生较好的平衡;②选取的任意两个灰度级之间间隔不能太大,否则在误差扩散处理时又会产生明显的误差扩散噪声.

2 增强输出图像的数字半色调技术

实际中,与误差扩散相比,有序抖动更适用于对暗区灰度级像素的处理^[7].同时,由于动态假轮廓在较高灰度级上更易被察觉,误差扩散方法又更为适宜.因此,本文同时采用这两种数字半色调技术,在减小动态假轮廓使之不易被察觉的同时,又能使暗区灰度级表现力达到令人满意的效果.

2.1 本文的有序抖动方法

有序抖动是用一个确定的周期性的阈值矩阵不断地与原始图像进行比较,若像素值大于阈值则得到 1,否则得到 0.其中,阈值矩阵中各数值大小与排列顺序将影响图像的输出效果,是有序抖动的关键.通常,Bayer 阈值矩阵是最好的选择^[8].

实际中,直接使用 4×4 或者 8×8 Bayer 矩阵进行抖动处理后的图像均存在各种不同问题.因此,本文采用了一种改进型的 8×8 抖动矩阵.首先,以 4×4 Bayer 矩阵为基本矩阵,对该矩阵进行多次旋转变换得到 3 个 4×4 Bayer 矩阵的变形矩阵.然后,由这 3 个变形矩阵以及原始 4×4 Bayer 矩阵的不同组合可构造出若干个新的 8×8 矩阵.为了增加抖动矩阵中元素数值分布的均匀性,本文采用其中 4 个 8×8 矩阵的顺次连接作为最终阈值抖动矩阵.

对于低灰度级像素,经过有序抖动处理后,不经过下级误差扩散处理直接输出.有序抖动的误差来源是反 gamma 变换后的浮点数部分.

2.2 本文的误差扩散方法

应用于 AC PDP 的常规误差扩散方法为 Floyd-Steinberg 误差扩散方法^[9].该方法处理过程如下

$$u_{x,y} = g_{x,y} + \sum_{k,l \in R} w_{k,l} e_{x-k,y-l} \quad (1)$$

$$b_{x,y} = Q(u_{x,y}) \quad (2)$$

$$e_{x,y} = u_{x,y} - b_{x,y} \quad (3)$$

式中: R 表示位置 (x,y) 处像素的邻居像素集; $w_{k,l}$ 表示相应的误差扩散系数; $e_{x-k,y-l}$ 为各邻居像素的灰度级误差; $g_{x,y}$ 为当前像素的输入灰度值; $u_{x,y}$ 为

当前像素的累加灰度值; Q 表示按量化阈值进行的阈值化操作,本文中的量化阈值为第1节中获得的输出显示灰度级; $b_{x,y}$ 为当前像素的输出灰度值; $e_{x,y}$ 为当前像素的舍去误差。

为了硬件实现上的方便,在以往文献里,应用于AC PDP误差扩散方法中的 Q 一般采用向下阈值化处理。当量化误差较小时,这种处理方法是可行的,且不会出现明显的误差扩散噪声,但当量化误差较大时,传统的处理方法在某些图像上就会显现出能够令人察觉的误差扩散噪声,主要表现为条纹状噪声和彩色噪声两种。

利用传统误差扩散方法对图2所示的原始图像进行处理,处理结果见图3。



图2 原始图像



(a)条纹状噪声



(b)彩色噪声

图3 传统误差扩散处理局部放大效果图

由图3a可以看出,背景上有较密集的竖条纹出现,另外图3b中衣服上出现了较多彩色噪点。这是因为在以往对误差扩散方法的应用中,反gamma校

正产生的浮点数误差、AC PDP低子场权值的舍去误差等所产生的量化误差均比较小,而本文应用中所产生的量化误差相对大得多,但为了缩减运动图像的动态假轮廓,大的量化误差又是不可避免的,因此会产生图3中的误差扩散噪声。

为此,本文提出一种改进型误差扩散方法。该误差扩散方法中量化误差的大小一方面受阈值 T_{MPD} 的影响,另一方面也受阈值化处理方式的影响。本文在进行阈值化处理时,没有采用以往的向下阈值化处理方法,而是采用就近阈值化处理方法,即取与 $u_{x,y}$ 差值较小的量化阈值。这种方法的好处是直接减小了量化误差,但同时也增加了电路实现的复杂度。由于采用的是就近阈值化处理方法,因此,误差项 $e_{x,y}$ 必然出现有正有负的情况。如果按照以往利用无符号数计算的方法,在误差扩散处理中必须要根据误差项的正负标志分别采用加减法电路进行处理,这样不但要增加减法电路模块,还要增加额外的正负标志判断逻辑,从而使得整个误差扩散电路变得相对复杂化。为了简化电路实现,本文采用有符号数计算方法,并且对量化误差 $e_{x,y}$ 采用补码形式进行存储。如此处理后,使得误差扩散电路不用增加额外的正负标志判断逻辑和减法电路模块,简化了硬件实现的复杂度。另外,采用非归一化的误差扩散系数也可以进一步减弱彩色噪点^[10]。本文采用的扩散系数为 $1/20, 3/20, 5/20$ 及 $7/20$ 。

利用改进型误差扩散方法对图2所示原始图像进行仿真,结果如图4所示。对比图3和图4可以看出,图3a中的条纹在图4a中已经消失,另外图3b中的彩色噪点在图4b中也被大大减弱。由于采用了就近阈值化处理方法,使得改进型误差扩散处理后的像素色彩信息更接近原始图像,而传统误差扩散处理的结果则导致了更多的彩色噪点出现。

3 仿真结果

对于动态假轮廓的改善,量化阈值显得尤为重要,而量化阈值的产生直接由阈值 T_{MPD} 所决定。因此,阈值 T_{MPD} 的选取要根据多次实验进行确定。实际中,如果阈值 T_{MPD} 选取得过大,就会出现容易产生动态假轮廓的灰度级,对动态假轮廓也就达不到较好的抑制效果;反之,若阈值 T_{MPD} 选取得过小,虽然察觉不到动态假轮廓了,但是由于某些被选取的显示灰度级之间间隔过大,经过误差扩散处理后会产生产明显的“麻点”状误差扩散噪声,影响图像的显示质量。可见,阈值 T_{MPD} 的选取实际上是在缩减动

态假轮廓和增强灰度级表现力之间的折中.



(a)消除条纹状噪声



(b)减小彩色噪声

图 4 改进型误差扩散处理局部放大效果图

利用文献[6]中的方法对图 2 所示的原始图像进行动态假轮廓仿真,结果如图 5、图 6 所示. 仿真时,使原始图像以 120 像素/s 的速度从左到右运动. 图 5 和图 6 分别为未采用和采用本文方法的仿真结果图. 图 6 中,动态假轮廓被大大缩减,尤其在 AC PDP 上已经基本感觉不到动态假轮廓的存在. 而且,处理后的图像质量并没有因为缺少灰度级而受到损失.



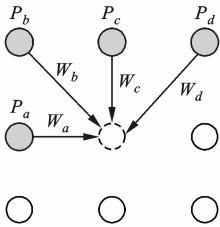
图 5 未采用本文方法的仿真效果图

4 硬件实现电路

本文在 Altera 公司 CYCLONEIII 系列中的 EP3C16F484 芯片上实现了改善动态假轮廓电路,并将其应用于 81 cm AC PDP 上. 其中,有序抖动电路实现非常简单,这里不给出具体步骤,只对本文误



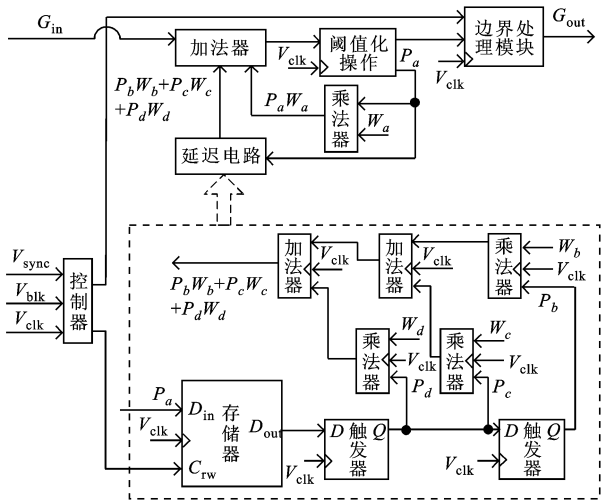
图 6 采用本文方法的仿真效果图
差扩散电路进行简要说明. 图 7 为本文误差扩散方法的原理图.



a, b, c, d 为当前像素的相邻像素; P_a, P_b, P_c, P_d 为 a, b, c, d 的舍去误差值; W_a, W_b, W_c, W_d 为各自相应的误差扩散系数

图 7 误差扩散原理图

图 8 为本文的改进型误差扩散电路结构图. 为了能够实时处理图像数据,采用流水线技术实现了误差扩散电路. 值得注意的是,电路中所有运算都是有符号运算,电路将 Q 产生的量化误差 P_a 采用补码形式存储进 RAM 中.



G_{in}, G_{out} : 输入、输出像素灰度值; V_{sync} : 同步信号; V_{blk} : 消隐信号; V_{clk} : 时钟信号; D_{in}, D_{out} : 存储器的输入、输出数据; D, Q : 触发器的输入、输出数据; C_{rw} : 读写控制信号

图 8 本文的改进型误差扩散电路

5 结 论

本文提出了一种改善 AC PDP 动态假轮廓的显示灰度级调整方法. 利用 AC PDP 实际采用的子场编码,通过 MPD 距离方法对动态假轮廓进行量化,选取不易产生动态假轮廓的灰度级作为输出显示灰度级,同时采用数字半色调技术增强输出图像质量. 本文在现场可编程门阵列(FPGA)中设计并实现了改善动态假轮廓电路,并在 81 cm AC PDP 上进行了动态假轮廓实验. 测试结果表明,本文方法在不影响 AC PDP 显示画质的前提下,有效地缩减了动态假轮廓现象.

参考文献:

- [1] YAMAGUCHI T, MASUDA T, KOHGAMI A, et al. Degradation of moving-image quality in PDPs: dynamic false contour [J]. Journal of SID, 1996, 4(4): 263-270.
- [2] ZHU D Q, LEACOCK T J. Method and apparatus for moving pixel distortion removal for a plasma display panel using minimum MPD distance code; USA, 5, 841,413 [P]. 1998-11-24.
- [3] ZHU Y W, SHIGA T, OHE T, et al. An extended equalizing pulse technique for reducing gray scale disturbances of PDPs below the minimum visual perception level [C] // Proceedings of IDRC'98. San Jose, CA, USA;SID, 1998:1075-1078.
- [4] YAMAGUCHI T, MIKOSHIBA S. An improvement of PDP picture quality by a modified-binary-coded scheme with a 3D scattering of motional artifacts [J]. IEICE Trans Electron, 1997, 80(8): 1079-1085.
- [5] KIM J W, KIM Y D, Kang S H, et al. A new measure of motion picture distortion and its applications to picture quality improvement on ac pdp [J]. IEEE Trans on Consumer Device, 2002, 48(2): 275-283.
- [6] 刘祖军, 刘纯亮, 梁志虎, 等. 一种等离子体显示运动图像动态假轮廓评测新方法[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(10): 1076-1080.
LIU Zujun, LIU Chunliang, LIANG Zhihu, et al. Novel method for evaluating dynamic false contour of motion image in alternating current plasma display panel [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004, 38(10): 1076-1080.
- [7] LUKAC R, PLATANIOTIS K N. Color image processing: methods and applications [M]. New York, USA: CRC Press, 2007: 433-436.
- [8] KNUTH D E. Digital halftones by dot diffusion [J]. ACM Trans on Graphics, 1987, 6(4): 245-273.
- [9] FLOYD R W, STEINBERG L. An adaptive algorithm for spatial greyscale [J]. Proceedings of the SID, 1976, 17(2): 75-77.
- [10] AKARUN L, YARDIMCI Y, ENIS C A. Adaptive methods for dithering color images [J]. IEEE Trans on Image Processing, 1997, 6(7): 950-955.

(编辑 刘杨)