

文章编号:1007-2780(2009)03-0443-05

基于实际响应曲线的 PDP 运动伪像模拟计算及仿真

伞光宇, 李晓华, 张宇宁

(东南大学 东飞显示研究开发中心, 江苏 南京 210096, E-mail: sanguangyu@sina.com)

摘 要: 为了提高 PDP 运动伪像仿真的准确性, 基于人眼视觉感知模型, 根据 PDP 实际亮度响应曲线的特点, 借鉴 LCD 运动伪像的模拟计算方法, 给出了简单而准确的 PDP 运动伪轮廓的计算方法, 并进行了实际运动伪像的计算仿真, 对 PDP 运动伪像的实际评估有比较重要的意义。

关 键 词: LCD; PDP; 响应曲线; 运动伪像; 运动伪轮廓
中图分类号: TN873+.94; TN911.73 **文献标识码:** A

1 引 言

平板显示技术近几年取得了飞速的发展。在种类繁多的平板显示器件中, LCD 和 PDP 是最为成熟的两种, 但这两种器件在显示快速运动的图像时都会产生一定程度的动态图像失真。近年来对 LCD 运动伪像的仿真研究已趋于成熟, 特别是利用响应曲线进行模拟分析方法的提出使仿真更为准确^[1-4]。LCD 和 PDP 在显示方式和工作机理上有所差异, 二者的响应曲线特性也有所不同, 本文利用现有准确而成熟的 LCD 运动伪像的仿真方法对 PDP 的运动伪像仿真进行了研究。

在以前发表的论文中, 精确测量显示器在每一组灰阶变化情况下的响应曲线的系统和 LCD 运动模糊的模拟已经有过精确的描述^[4-6]。在此基础上, 本文对两种不同情况子场的 PDP 的实际响应曲线进行了测量和仿真模拟。首先介绍了运动伪像形成的原因和模拟计算的基本原理, 接下来对实际测得的 LCD 和 PDP 的 R、G、B 亮度响应曲线进行了分析, 根据其特点由 LCD 运动伪像的计算方法得出 PDP 的运动伪轮廓的计算方法, 并依此方法进行了实际仿真。

2 运动伪像形成的原因及其模拟计算的基本原理

平板显示器在显示运动图像时, 总体上, 人眼

感觉图像是一直在运动, 但实际上, 在每帧期间, 图像的位置是保持不变的, 到下一帧才跳一个位置, 这与人眼感知的连续运动产生一个错位, 是模糊产生的主要因素。另外, 实际响应曲线与理想响应曲线的差异也加剧了模糊。视网膜上每一点感知的像素亮度是对不同像素在不同时间内积分的结果, 因此, 就会出现运动边沿模糊或展宽的现象, 即运动伪像。

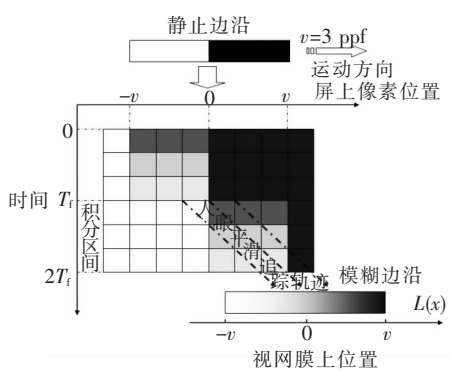


图 1 运动伪像仿真原理
Fig. 1 Principle of motion artifact

如图 1 所示, 视网膜上的坐标与屏幕像素坐标一一对应, 视网膜 x 位置在一帧内观察到的亮度 $L(x)$ 的计算公式为:

$$L(x) = \frac{1}{T_f} \sum_{m=0}^{v-1} \int_{mT_f/v}^{(m+1)T_f/v} Y(x+m, t) dt \quad (1)$$

其中: $Y(x+m, t)$ 是屏上第 $x+m$ 列的亮度, 它随

时间而变化, x 为视网膜坐标, $x+m$ 表示对应的屏上坐标, T_f 是帧周期, v 是图像运动速度 (pixel/frame), 同时也是人眼跟随速度, 还表示了人眼一帧内“扫视的距离”, m 表示人眼平滑追踪的指针, 它指示了视网膜上某坐标点 x 在一帧内“扫”过的屏上各个像素的亮度, 是由屏上 v 个像素在一帧内的不同时间“贡献”的^[7]。

3 基于实际亮度响应曲线的 LCD 运动伪像仿真方法

3.1 LCD 的运动边沿伪像计算方法

由式(1)可知, 为了算出 $L(x)$, 首先要知道每个像素点亮度随时间变化的特性, 即亮度响应曲线 $R(t)$ 。对于 LCD, 在假设各像素具有相同的亮度响应特性的前提下, 首先可以由式(2)得到 $L(\tau)$, τ 为空间点 x 在亮度响应曲线上对应的时间点。这里的 $L(\tau)$ 即为运动图像响应曲线 MPRC(Moving Picture Response Curve)^[4]。

$$L(\tau) = \frac{1}{T_f} \int_{\tau}^{\tau+T_f} R_{ij}(t) dt \tag{2}$$

其中, R_{ij} 为亮度由 i 变到 j 时的亮度响应曲线值。

再由 $x = -v \cdot \tau / T_f$, 从时间向空间转换, 其中, x 是指视网膜上显示像素的位置, T_f 是帧时, 而 v 是图像的运动速度(每帧运动的像素数 ppf)。

在实际中, 对亮度响应曲线采样为离散点, 式(2)对应的离散化形式为:

$$L(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{i=k}^{k+N} R(t_i) \tag{3}$$

其中, N 为每帧的采样点数, $R(t_i)$ 为测得的由背景亮度到前景亮度随时间变化的离散的亮度值^[3,4]。

在实际模拟中, 可以根据式(3)对亮度响应曲线先以采样点的间距为步长进行移动窗口积分(或取平均值)。由于采样频率较高, 步长很小, 这样的计算结果较为精确, 再进行时间向空间转换, 得到 $L(x)$ 。

这是对于以实际测量的响应曲线来计算 LCD 运动伪像的较为简单和常用的方法。从以上计算公式中可以看出, 进行模拟计算的基础是获得屏幕像素亮度在背景亮度 GL_1 和前景亮度 GL_2 之间变化时随时间的变化曲线。

3.2 LCD 的亮度响应曲线

从实际测得的 LCD 亮度响应曲线可以看出,

LCD 的亮度响应较慢, 通常不能在一帧之内达到目的灰度, 且亮度响应曲线之间不存在线性关系, 也就是说任意两灰度级 $GL_1 \rightarrow GL_2$ 间跳变的的亮度响应曲线, 不能通过对其它灰度级亮度响应曲线进行简单的线性处理来得到, 而只能直接测量得到, 如图 2 所示。

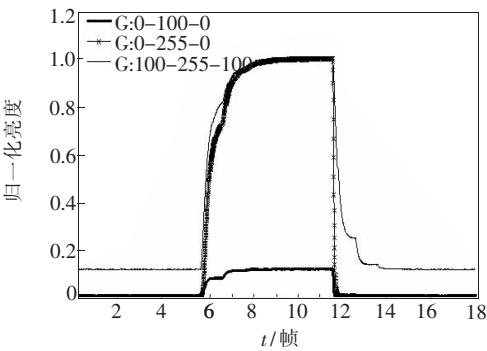


图 2 LCD 亮度响应曲线

Fig. 2 LCD luminance response curves

在通常的运动伪像模拟计算中, 为了评价运动伪像的各种特点, 可能需要对任意灰度级跳变的运动伪像进行计算, LCD 的非线性特点, 导致 256 级 RGB 灰度间相互跳变的响应曲线只能通过实际测量 $3 \times C_{256}^2 = 97\,920$ 组亮度响应曲线得到。这个测量工作量是非常巨大的, 难以实现。因此, 对于 PDP, 我们试图从中选取一些亮度响应曲线进行采集, 作为基本的亮度响应曲线, 其它曲线只需通过对它们进行简单线性处理而得到, 以求能以有限采集工作量作为计算仿真的基础。

4 基于实际亮度响应曲线的 PDP 运动伪像仿真方法

由于 LCD 和 PDP 在显示方式和工作机理上的差异, 现有成熟的 LCD 运动伪像仿真方法并不能直接适用于 PDP, 但可以借鉴 LCD 运动伪像的仿真方法, 找到一种适合于 PDP 的计算方法。

4.1 PDP 的亮度响应曲线

通过对实际测量的 PDP 亮度响应曲线进行分析发现, PDP 的亮度响应曲线主要有以下两个特点:

(1) 蓝色荧光粉接近理想响应, 而红色和绿色荧光粉的亮度响应曲线不再是理想子场, 对下一帧显示存在影响, 其原因是蓝色荧光粉的余辉短, 而红色和绿色荧光粉的余辉较长, 如图 3(a)

所示;

(2)亮度响应曲线存在线性关系,当前帧的亮度可以通过叠加来得到,即如果一个像素进行灰度级由 $GL_1 \rightarrow GL_2$ 的跳变,只需将亮度响应曲线 $GL_1 \rightarrow 0$ 和 $0 \rightarrow GL_2$ 相叠加即可得到,如图 3(b)所示。

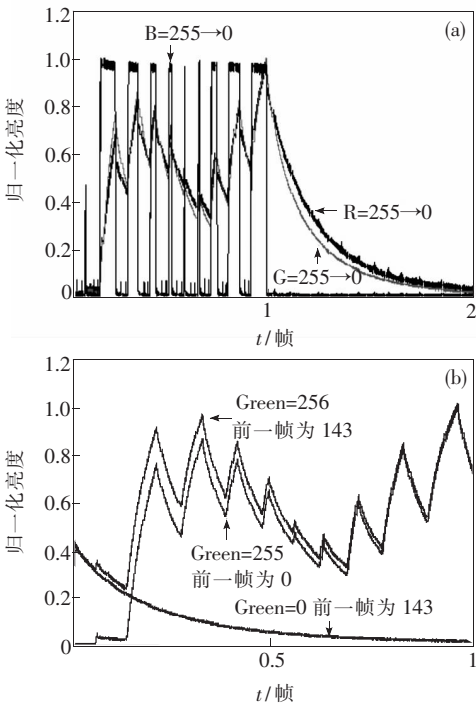


图 3 PDP 亮度响应曲线. (a)RGB 由 255 到 0 级跳变; (b)不同灰度级下绿色响应曲线.

Fig. 3 PDP luminance response curves. (a)Gray levels of RGB are changed from 255 to 0; (b)Different gray levels of green response curves.

根据以上两个特点,可选定各帧所加灰度级为 $(0-GL-0)$ ($GL=1,2\cdots 255$) 的亮度响应曲线作为基本亮度响应曲线,对于 256 级灰度的 PDP 来说,就可以对 RGB 分别测量 255 组 $(0-1-0, 0-2-0, 0-3-0, \cdots, 0-255-0)$ 响应曲线作为基本亮度响应曲线,在进行任意灰度级跳变仿真时,只需通过叠加来获得所需的亮度响应曲线即可。

4.2 PDP 的运动边沿伪像的计算

为了便于分析,以单一一种颜色方块(红色)运动为例,用运动仿真的最基本方法来推导 PDP 运动边沿伪轮廓简单的计算方法,方块的灰阶 GL_1 为 R_1 ,背景的灰阶 GL_2 为 R_2 。

如图 4 所示,由于前一帧的状态和当前帧的目的灰度不同,A,B,C 3 个区域响应曲线不同,分别记为 Y_A, Y_B, Y_C 。可以看出,当图 4(a)中人

眼平滑追踪积分线从左向右运动积分时,正好对应图 4(b)积分框内所包含的函数进行积分。

因此,将 Y_A, Y_B, Y_C 3 条曲线进行拼接后,可将上述 LCD 运动边沿伪轮廓的计算方法应用于此,依然可以对其进行窗口积分,再由 $x=v \cdot \tau/t_i$ 进行时间向空间转换来获得运动边沿的伪轮廓。

考虑到前一帧的影响和 PDP 响应曲线的线性特点,表 1 中给出了 Y_A, Y_B, Y_C 的获得方法。

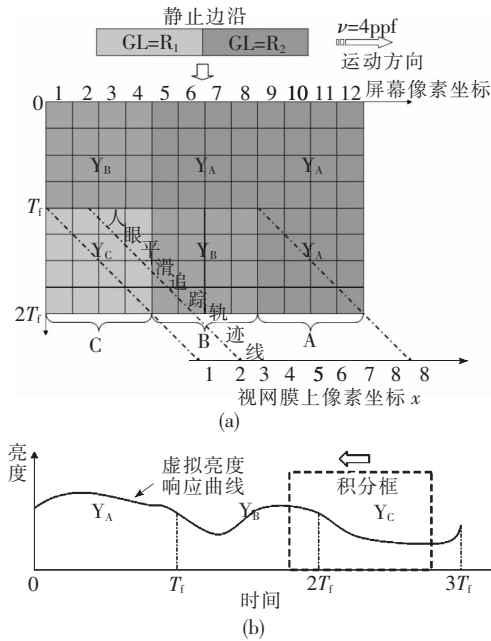


图 4 速度为 4 ppf 时方块边沿人眼平滑追踪原理. (a)人眼平滑追踪; (b)响应曲线积分.

Fig. 4 Principle of the eyes smooth pursuit for the quadrate picture moving with a speed of 4 ppf. (a) Eyes smooth pursuit; (b) Integration of the response.

表 1 Y_A, Y_B, Y_C 的获得
Table 1 Calculation of Y_A, Y_B, Y_C

区域	响应曲线灰阶 (前一帧→ 当前帧)	叠加两曲线 (前一帧→ 当前帧)	叠加两曲线 对应亮度值的 变化
A	$Y_A: (R_2 \rightarrow R_2)$	$R_2 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow R_2$	$M_2 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow M_2$
B	$Y_B: (R_2 \rightarrow R_1)$	$R_2 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow R_1$	$M_2 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow M_1$
C	$Y_C: (R_1 \rightarrow R_1)$	$R_1 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow R_1$	$M_1 \rightarrow 0 \quad 0 \rightarrow M_1$

根据这一方法,分别计算出 R,G,B 3 种颜色的运动伪轮廓。对于蓝色响应曲线,无需进行叠加即可从基本亮度响应曲线中得到 Y_A, Y_B, Y_C , 且 $Y_A=Y_B$,但仍可用上述方法进行计算。

5 仿真结果

对两种不同子场情况的 PDP 基本亮度响应曲线进行了测量,按照上述方法对像素宽度为 100×100 的白色方块在黑色背景下运动的结果进行了仿真,如图 5、6 所示。

从仿真结果中可以看出:在 ADS 驱动方式下,

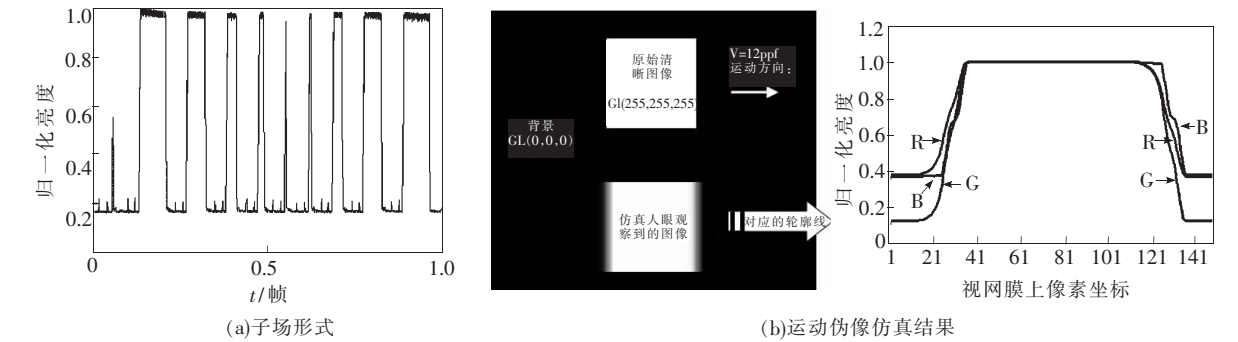


图 5 ADS 驱动方式下运动伪像的仿真
Fig. 5 Motion artifact simulation in the ADS driving model

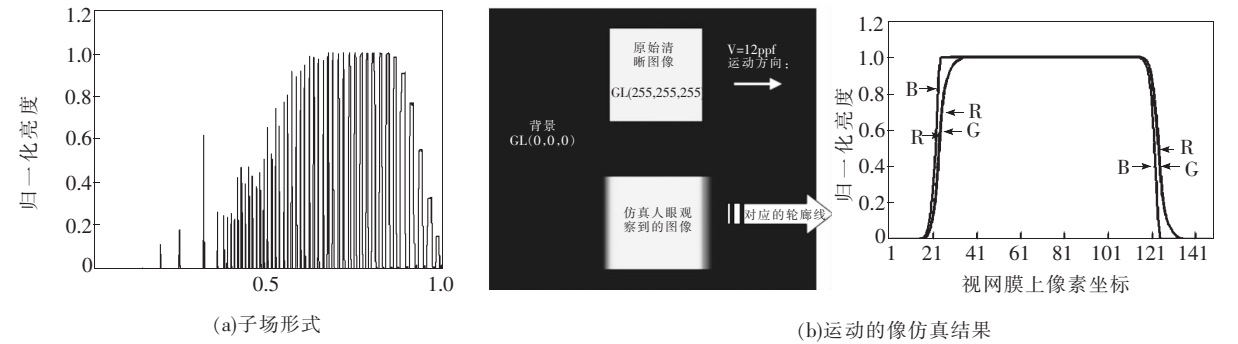


图 6 CLEAR 驱动方式下运动伪像的仿真
Fig. 6 Motion artifact simulation in the CLEAR driving model

6 结 论

对 LCD 和 PDP 在实际亮度响应曲线的特点进行了分析,基于人眼平滑追踪原理,在已有的成熟的 LCD 运动伪像模拟计算方法的基础上,提出

运动伪像的亮度轮廓线出现了阶梯状,对于其它灰阶图像运动有可能出现运动伪轮廓;而在 CLEAR 驱动方式下,运动伪像的亮度轮廓线则很平滑。但在两种驱动方式下,RGB 的运动伪像的亮度轮廓线的特性均不一致,这就导致了运动伪像中可能出现除前景色和背景色以外的其它颜色。

了 PDP 运动伪像的简单而准确的计算方法,特别是在考虑了 PDP 荧光粉余辉影响的情况下,提出了基于实际响应曲线的 PDP 运动伪像模拟计算方法,为 PDP 运动伪像的实际仿真评估提供了一定的基础。

参 考 文 献:

[1] Hajime Nakamura. A model of image display in the optimized overdrive method for motion picture quality improvements in liquid crystal devices [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2001, 40:6435-6440.
[2] YamamotoT. Late-News Paper: Evaluation of motion picture in LCDs by using of “motion picture response time” and Subjective Evaluation [C]//*SID’03 Digest*, Baltimore, USA;SID,2003;1004-1047.
[3] Su Ting-Wei, Chang Ting-Jui, Chen Po-Lun, *et al.* LCD visual quality analysis by moving picture simulation [C]//*SID’05 Digest*, Boston, USA;SID,2005;1010-1013.

[4] 宋文,李晓华,杨晓伟. 平板显示器中运动模糊的测量分析[J]. 真空科学与技术学报,2007,27(2):105-108.
[5] 韩建,李晓华,陈福朝,等. 平板显示器响应特性的分析和测量 [J]. 电子器件,2007,30(4):1521-1524.
[6] Li Xiaohua, Yang Xiaowei, Teunissen Kees. LCD motion artifact determination using simulation methods [C]// SID'06 Digest, Boston, USA; SID, 2006: 6-9.
[7] Daigo Sasaki, Masao Imai, Hiroshi Hayama. Motion picture simulation for designing high-picture-quality-hold-type displays [C]// SID'02 Digest, Boston, USA; SID, 2002: 926-929.

Simulation of Motion Artifacts in LCDs and PDPs
Based on Temporal Response Curves

SAN Guang-yu, LI Xiao-hua, ZHANG Yu-ning

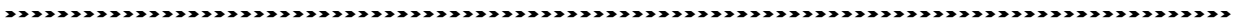
(DongFei Display R&D Center, Southeast University, Nanjing 210096, China, E-mail: sanguangyu@sina.com)

Abstract

In order to improve the veracity of the PDP motion artifacts simulation, based on human visual system and the characteristic of the PDPs real luminance response curves, a simple and precise simulation method is proposed to calculate PDP dynamic false contour directly by the measured temporal response curves. Some actual evaluation of the motion artifacts in PDPs are presented.

Key words: LCD; PDP; temporal response curve; motion artifacts; dynamic false contour

作者简介:伞光宇(1984—),女,黑龙江伊春人,硕士,研究方向为显示器中的运动伪像。



组合单位加词头的规则

- a. 通过单位相乘构成的组合单位,通常词头加在第 1 个单位前面。例如:N·s 加词头 k,应为 kN·s。但常见的法定单位中有 2 个单位例外。一个是电阻率的单位 $\Omega \cdot m$,通常写成 $k\Omega \cdot m$, $M\Omega \cdot m$,但当加词头 c 时,则要写成 $\Omega \cdot cm$;另一个是货运量单位“吨公里”写成 $t \cdot km$ 。
- b. 通过单位相除或相乘除(分数形式)构成的组合单位,词头一般加在分子的第 1 个单位前,分母一般不加词头。例如:摩尔熵单位 $J/(mol \cdot K)$ 加词头 k,应写成 $k J/(mol \cdot K)$,不能写成 $J/(mmol \cdot K)$,虽然 $kJ/(mol \cdot K) = J/(mmol \cdot K)$,但 $J/(mmol \cdot K)$ 是不规则的。
- c. 一般不在组合单位的分子分母同时加词头。
- d. 组合单位的分母为长度、面积、体积单位或分子为 1 时,分母可按习惯与方便选用某些词头。
- e. 质量单位 kg 例外。