

文章编号:1007-2780(2010)03-0407-05

LED 大屏幕显示屏灰度等级检测技术研究

岳明晶¹, 陈 宇^{1,2}, 郑喜凤^{1,2}, 王瑞光^{1,2}

(1. 长春希达电子技术有限公司, 吉林 长春 130103, E-mail: kitt99ymj@yahoo.com.cn;
2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 在当今以数字化为主要特征的 LED 显示领域, 显示灰度控制技术已经日臻成熟, 沿用的亮度和灰度等级鉴别方法已经相对落后。文章通过分析 LED 显示器的显示特性和灰度复现过程中图像数据和灰度级之间函数关系, 提出了一种显示屏灰度等级的检测方法, 利用采集到的灰度差增量幅度的统计结果, 得出 LED 大屏幕显示产品灰度级控制的能力。实验结果表明本文方法具有很好的实用性。

关 键 词: 平板显示器; 灰度级; 检测
中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Scale Measurement Technique of LED Display Panel

YUE Ming-jing¹, CHEN Yu^{1,2}, ZHENG Xi-feng^{1,2}, WANG Rui-guang^{1,2}

(1. Changchun Xida Electronic Technology Co. Ltd., Changchun 130103, China, E-mail: kitt99ymj@yahoo.com.cn;
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The technology on scale control is becoming more maturing in LED display which has been mostly digitization these days. The original method of luminance and scale test has become an obsolete stock and the new measurement means must be developed. The paper analyzed the relation function between image data and grayscale which can indicated and gives the method for the scale measurement technic in LED display. Experimental result indicates that the method which obtained the relation function from the scale control level based on the statistics of incremental rate of gray difference can achieve the desired effect.

Key words: FPD; grayscale; measurement

1 引 言

科技、经济等方面的不断发展, 为 LED 显示屏的应用提供了广阔的市场。作为一种媒介载体, LED 显示屏已成为影视表演、大型歌舞、综艺晚会等不可缺少的组成部分, 同时也是公共媒体、户外广告、亮化工程等城市建设的宠儿^[1]。作为当前多媒体显示终端的主流, 人们对平板显示器的显示质量要求越来越高。灰度级控制

能力作为评定平板显示器的显示质量的重要参数之一, 长期以来备受关关注。灰度级控制能力由灰度级数量来表示, 所谓灰度级数量就是指可以进行控制的灰度级等级的多少, 现行市场 LED 大屏幕显示产品灰度级数量一般在 12 bit 以上, 但是现有的灰度测试技术标准还停留在 8 bit 灰度测试基础上, 这种测试远远不能满足技术和市场高速发展的双重要求, 因此, 需要一种可以检测 8 bit 以上灰度级控制的能力的方法和手段。

收稿日期: 2010-03-30; 修订日期: 2010-04-16
基金项目: 吉林省重大科技成果转化项目(No. 09ZDZH006)
作者简介: 岳明晶(1980—), 女, 吉林四平人, 工程师, 主要从事平板显示系统控制和检测等方面研究工作。

本文通过对采集到的灰度差增量畸变情况进行分析,利用畸变幅度的统计结果计算出 LED 大屏幕显示产品灰度级控制的能力。实验结果表明本文方法具有很好的实用性。

2 目前 LED 显示屏灰度级检测方法

根据“SJ/T11281-2007 LED 显示屏测试方法”,灰度等级检查方法如下:环境照度变化率小于 $\pm 10\%$,整个测试过程仪器采集范围不变;启动软件,逐级增加灰度级,显示的亮度应随着灰度级的上升呈现单调上升。其中最高标准为 $128 < G \leq 256$,即显示屏具有 8 bit 灰度技术^[2]。

可以看到,目前使用的 LED 显示屏测试方法为线性检测方法。如果 LED 显示屏线性灰度级显示数量 n 超过 8 bit,就需要准备额外的数据输入设备和软件,十分不便。实际上,LED 显示屏测试方法测量的是显示屏最小线性灰度等级分辨率,而不是真正意义上的显示屏有效灰度级。从理论上讲,显示屏的最小线性灰度等级分辨率越精细,则灰度校正深度越高,同时抽值式校正的准确程度越好,使有效灰度级显示的能力得到提高。

测定 LED 显示屏的最小线性灰度等级分辨率的方法虽然可以从某方面反映显示屏的有效灰度级水平,但是不能直观评估显示屏的显示灰度特性。另外,目前大多数 LED 显示屏灰度参数都在 12 bit 以上,同时在光电转换过程中,由于某些细微的情况发生,产生一些对应关系失衡,所以仅仅知道 LED 显示屏的最小线性灰度等级分辨率并不完全代表其灰度级控制的准确性。

3 图像数据和灰度级之间函数关系

由于历史原因,当前的标准视频图像数据如果直接用于平板显示器就会造成灰度级畸变问题^[1]。灰度级指的就是显示器的亮度等级。在起初的显示系统中,显示终端为 CRT 设备,由于 CRT 设备并不是线性发光器件,在复现灰度级时存在严重失真。这种失真是由光电信号之间的相互转换和传输使整个图像信息传输系统具有非线性引起的。这种非线性主要是由 3 方面引入的:(1)摄像设备的输出亮度信号数值和实际亮度 L_i 之间的非线性;(2)亮度信号数值之间的非线性;(3)显示设备复现亮度 L_o 和传输过来的亮度信号数值之间的非线性^[2-4]。

其复现亮度 L_o 和实际亮度 L_i 之间的关系可以表示为:

$$L_o = cL_i^{\gamma_1\gamma_2\gamma_3} \quad (1)$$

式中, c 为比例系数; γ_1 、 γ_2 、 γ_3 分别为第(1)、第(2)、第(3)部分非线性校正系数。为了保证灰度级的正确复现,必须在传输以前对图像数据进行 γ 校正。令 $\gamma_1\gamma_2 = \gamma$, $\gamma_3 = \gamma_{\text{CRT}}$ 则式(1)可以变化为:

$$L_{\text{CRT}} = c(L_i^{\gamma})^{\gamma_{\text{CRT}}} = c(S_i)^{\gamma_{\text{CRT}}} = cL_i \quad (2)$$

其中 L_{CRT} 为 CRT 复现亮度, L_i 为实际亮度, γ 为原始传输的预先校正系数, γ_{CRT} 为 CRT 显示特性系数, S_i 为原始图像数据。由式(2)可知,现在采用的标准图像数据是经过 γ 校正后的原始显示图像数据,直接量化以后形成的数字化数据同样包含有 γ 校正的信息,这些数字化的图像数据如果由同 CRT 显示特性完全相同的显示设备完成最终的图像显示时,可以正确复现原始的灰度级。前面提到 CRT 的显示特性为:

$$L_{\text{CRT}} = c(L_i^{\gamma})^{\gamma_{\text{CRT}}} \quad (\gamma_{\text{CRT}} \text{ 一般为 } 2.2) \quad (3)$$

而 LED 显示屏的显示特性为:

$$L_{\text{PANEL}} = c'(S_i) \quad (4)$$

其中 c 和 c' 为比例系数。以表现 256 灰度显示数据为例,CRT 的显示特性和平板显示器的显示特性分别如图 1(a)和图 1(b)所示。

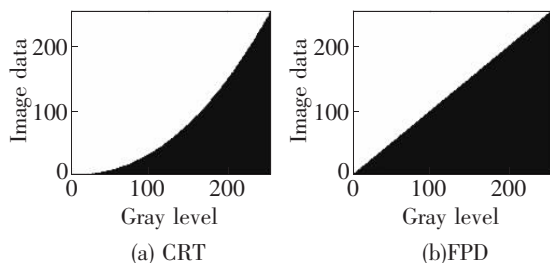


图 1 CRT 和 FPD 的显示特性

Fig. 1 Display character of CRT and FPD

如果在进行图像显示时对图像数据不能正确处理,就会导致灰度级的畸变,大幅降低图像的显示质量。如图 2 所示,图 2(a)是经过 γ 校正后的原始图像数据,由于 LED 显示器的显示特性,实际显示结果同预期的现实结果存在很大的误差;图 2(b)给出了在各个灰度级上实际图像数据和理想的图像数据的偏差^[3-5]。

γ 校正最初只是为了消除整个显示系统的非线性误差而引入的,由于在此前相当长一段时

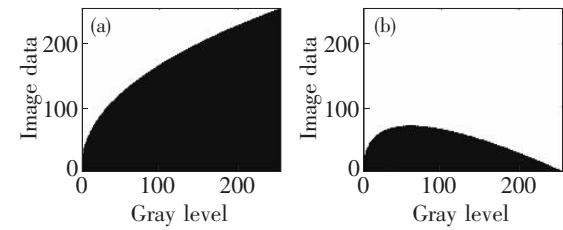


图 2 LED 上实际的和理想的图像数据的偏差. (a) 原始图像数据; (b) 图像数据的偏差
Fig. 2 Deviation between real and perfect image data. (a) original data; (b) data deviation.

间内显示终端的主导地位一直为 CRT 所占据^[6-8], 所以这种经过 γ 校正后的原始图像数据已经被确定为标准图像数据。短期来看, 这种图像数据的标准还不能被新的标准所取代。为了保证灰度级在平板显示器上的正确复现, 在显示过程中必须进行灰度级校正。

4 灰度级差检测分析方法的提出和实现

4.1 测试

实验中使用的测试仪器主要有柯美 CS-100A 色彩亮度计、柯美 CL-200 色彩照度计和温湿度计等。

测试条件如下:

- (1) 相对环境照度变化小于 $\pm 10\%$;
- (2) 测试距离在 3.5 ~ 5.0 m, 测试时相对测试位置不发生变化;
- (3) 测试单元最小面积不得小于 0.5 m^2 ;
- (4) 采集面积不得小于 $4 \times 4, 16$ 个像素点。

测试方法如下:

- (1) 采集仪器水平放置地面, 与待测屏幕保持同一高度, 镜头视野完全覆盖于待测屏幕内, 采集积分面最少覆盖 16 个像素点;
- (2) 黑屏状态下, 测试屏幕亮度及环境照度均值, 同时记录环境温湿度值;
- (3) 屏幕满负荷工作 30 min 后, 开始测试;
- (4) 全屏随机选取 9 点测试, 每组测试点、每级灰度连续测试 5 次, 取均值, 记录^[9,10]。

4.2 数据分析

根据 γ 校正原理, 任何 LED 显示屏的显示数据目前为 8~10 bit, 以 8 bit 显示数据为例, 设定屏幕的灰度等级能力为 8 bit, 在灰度级正确显示

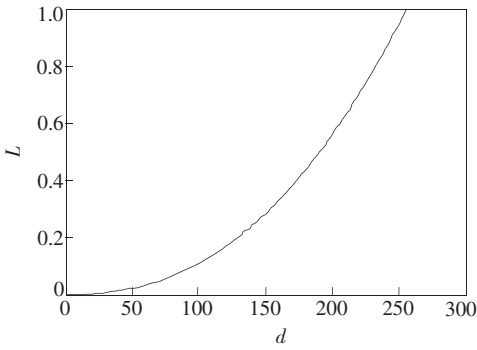


图 3 LED 显示灰度函数
Fig. 3 Function of LED scale

的前提下, 得到如下灰度函数, 如图 3 所示。

图中的横向坐标为屏幕显示的 8 bit 显示数据(d): 0~255, 纵坐标为这些显示数据对应的显示屏显示的相对亮度数值(L)。

对数据进行规格化处理后, 该函数的灰度级差分布情况如图 4 所示。

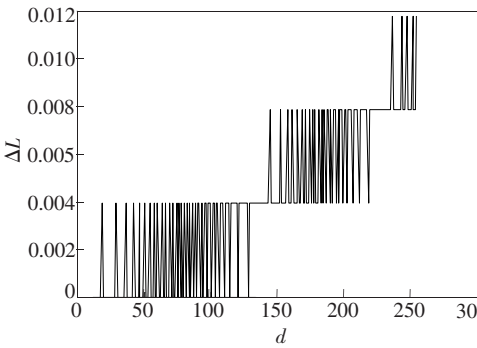


图 4 LED 显示 8 bit 灰度等级的级差分布
Fig. 4 Distribution of LED scale difference(8 bit)

图 4 中的横向坐标仍为屏幕显示的 8 bit 显示数据(d): 0~255; 纵坐标为这些显示数据对应的具有 8 bit 灰度等级显示精度的屏幕显示的相对亮度数值之间的灰度级差(ΔL)。可以看到, 由于精度的问题, 灰度差的增量有畸变之处; 同时可以看到这种量化的畸变从一定程度上反映出显示屏的灰度控制精度。

如果屏幕的灰度等级能力提高到 10 bit, 此时灰度级差分布情况如图 5 所示。

图 5 中的横向坐标仍为屏幕显示的 8 bit 显示数据(d): 0~255; 纵坐标为这些显示数据对应的具有 10 bit 灰度等级显示精度的屏幕显示的相对亮度数值之间的灰度级差(ΔL)。

通过分析得到, 具有 8 bit 灰度等级显示能力

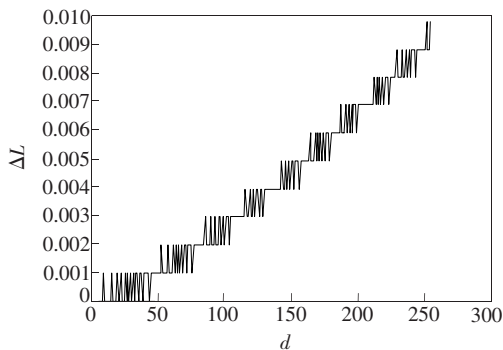


图 5 LED 显示 10 bit 灰度等级的级差分布
Fig. 5 Distribution of LED scale difference(10 bit)

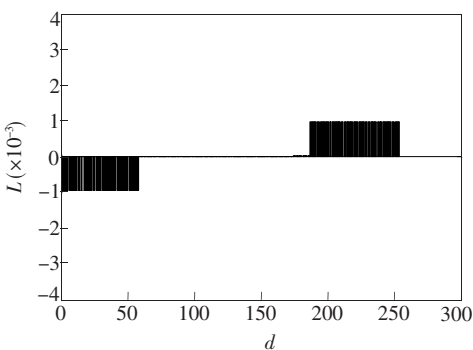


图 7 LED 显示 10 bit 灰度等级的级差统计
Fig. 7 Statistics of LED scale difference(10 bit)

的显示屏灰度增量畸变幅度约为 4‰，而 10 bit 灰度等级显示能力的显示屏灰度增量畸变幅度控制在 1‰左右，因而通过数据分析可以得到灰度等级的控制精度。

5 实验结果与讨论

如果测量仪器的精度在±0.1 cd/m²，而环境照度在 5 lx 以下，变化量参照前面的测量条件说明，通过灰度增量畸变检测的方法可以初步获得 8~15 bit 显示屏的灰度控制精度。但是在某些实际条件下，由于测量环境及仪器的误差，加之显示屏灰度控制的偏差可能影响测量的结果。

因此，在一定的条件下，采用灰度增量畸变统计分布的方式，可以更加准确地评估显示屏的灰度控制精度。对 8 bit 和 10 bit 灰度等级显示能力的显示屏增量畸变幅度进行统计，得到如图 6 所示的分布。

图 6 和图 7 所示的是灰度增量畸变幅度的统

计结果，图中横向坐标仍为屏幕显示的灰度数量 (d): 0~255; 纵坐标为灰度增量畸变幅度的排序情况 ($S\Delta L$)。其中图 6 显示的为 8 bit 灰度精度等级的显示屏统计情况，图 7 显示的为 10 bit 灰度精度等级的显示屏统计情况。

灰度增量畸变分布为前后两个区，对于 8 bit 灰度精度等级的显示屏来说，其增量畸变幅度约为±0.04；对于 10 bit 灰度精度等级的显示屏来说，其增量畸变幅度约为±0.01。对这些统计数据求倒数，经过计算得到图 6 所示的灰度级控制精度为 254~255，灰度精度为 8 bit；而图 7 为 1 020~1 022，灰度精度为 10 bit。计算结果同实际情况相符合，基本说明了方法的有效性。

6 结 论

通过分析 LED 显示器的显示特性和灰度复现过程中图像数据和灰度级之间函数关系，提出了一种显示屏灰度等级的检测方法，可以更加准确地评估显示屏的灰度控制精度。

实验结果表明，这种利用灰度差增量畸变幅度的统计计算方法可以有效得到 LED 大屏幕显示产品灰度级控制的精度，具有很好的实用性。该方法是对 LED 显示屏测试方法的有效补充，可以检测灰度控制精度更好的显示屏幕，对于提高显示屏灰度指标也是有利的。同时，所提出的方法在实际应用中还存在很多问题需要解决。如噪声的评估和消除、非正态分布的结果评估等，这些工作都将在下一步的研究中开展。

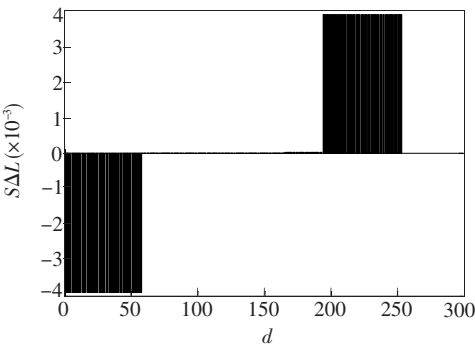


图 6 LED 显示 8 bit 灰度等级的级差统计
Fig. 6 Statistics of LED scale difference(8 bit)

参 考 文 献:

[1] 西田信夫. 大屏幕显示 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 55-56.

[2] 中华人民共和国信息产业部. LED 显示屏测试方法[S]//中华人民共和国电子行业标准 SJ/T11281, 2003.

[3] Kim J N, Choi T S. Adaptive scan algorithm based on gradient magnitude for fast full search in motion estimation [J]. *Proceedings of IEEE*, 1999, 45: 762-766.

[4] 韩磊, 黄尚廉, 张智海, 等. 基于人眼视觉特性优化的灰度算法[J]. 电视技术, 2007, 31(1): 34-37

[5] 陈宇. 基于拟合逼近理论的平板图像显示技术研究[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2004: 4-6.

[6] 严利民, 王浩, 金晨, 等. 平板显示器件的灰度显示优化结构[J]. 液晶与显示, 2008, 23(5): 567-571.

[7] 丁铁夫. LED 全色显示显像技术[D]//中国科学院长春光学精密机械与物理研究所纪念建所五十周年论文及论文摘要汇编, 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2002: 139-154.

[8] 宋新丽, 郑喜凤, 凌丽清, 等. 基于灰度直方图的 LED 显示屏亮度均匀性评估方法[J]. 液晶与显示, 2009, 24(1): 140-144.

[9] 荆工. 应用光学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1979.

[10] Graham C H. *Vision and Visual Perception* [M]. USA: Wiley, 1982.



SI 单位的倍数单位

SI 单位的倍数单位是由 SI 词头与 SI 基本单位和 SI 导出单位构成。倍数单位的选取一般应量的数值处于 0.1~1 000 之间。

- SI 词头是用于构成倍数单位的因数符合, 不能单独使用。
- 词头符号与所紧接着的单位符号应作为一个整体对待, 它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位), 并具有相同的幂次。例如: $10\text{ hm}^2 = 10 \times (100\text{ m})^2 = 10^5\text{ m}^2$; $1\text{ cm}^3 = (10^{-2}\text{ m})^3 = 10^{-6}\text{ m}^3$ 。
- 词头不能重叠使用, 即不能使用由几个词头并列组成的组合词头。例如: 不能用 $\text{m}\mu\text{s}$ (毫微秒), 正确的为 ns (纳秒)。
- 摄氏度、平面角和时间单位(s 除外)及 kg 等不得使用词头的倍数单位。例如: “mh”(毫小时), “hkg”(百公斤)是不规范的。

数值范围的表示法

1. 数值范围采用波浪号“~”。
2. 书写百分数范围, 每个百分数后面的“%”都要重复写出。例如“10 %~20 %”不能写成“10~20 %”。
3. 书写用万或亿表示的数值范围, 每个数值中的万或亿不得省略。例如 2 万~5 万, 不能写成 2~5 万。
4. 书写具有相同幂次的数值范围, 每个数值中的幂次都要重复写出。例如“ $3 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ ”不能写成“ $3 \sim 5 \times 10^5$ ”, 但可以写“ $(3 \sim 5) \times 10^5$ ”。
5. 单位相同的量值范围, 前一个量值的单位可以省略, 只需在后一个量值上写出。例如: “5 mm~8 mm”应写作“5~8 mm”。
6. 单位不完全相同的量值范围, 每个量值的单位应全部写出。例如: 2 h~2 h30 min(但最好改为“2~2.5 h”)。