

# LED 显示屏灯点逐点校正系统

唐德荣<sup>1,2</sup>, 杨红雨<sup>1,2</sup>

(1. 四川大学 视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室, 四川 成都 610064;  
2. 四川大学 计算机学院, 四川 成都 610064)

**摘要:**随着 LED 显示屏的大规模投入使用,对于 LED 显示屏显示的质量要求越来越高。显示的校正早已在 LCD 液晶显示器中普遍使用,而 LED 显示还处于初级发展阶段,LED 显示屏的校正也还处在初级阶段,LED 显示屏是由一个一个 LED 灯管组成,由于每个 LED 灯管出厂时显示特性几乎都不一样,而且相差很大,就显示亮度而言差异可以达到 30%;所以 LED 的校正会明显提升 LED 显示屏的显示效果。文中提出了一种基于纹理的 LED 灯点定位算法,并提出了一整套的校正系数处理办法,以提高校正精度。最后对整个算法进行了实验分析、论证。文中对亮度非均匀性约为 15% 的 LED 屏进行了校正,校正后显示屏的亮度非均匀性降低到了 4.1%,显示效果提升很明显。

**关键词:**纹理检测;LED 灯点;校正系数;点定位

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2015)12-0138-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.12.031

## LED Point-to-point Correction System for All Lambs

TANG De-rong<sup>1,2</sup>, YANG Hong-yu<sup>1,2</sup>

(1. National Key Laboratory of Fundamental Science on Synthetic Vision, Sichuan University,  
Chengdu 610064, China;  
2. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Along with the large-scale use of LED, the demand of LED display high quality is increasing. The display rectification has commonly used in the LCD display, the LED is still in the primary stage of rectification system, the LED screen is composed of many RGB tube, since the display characteristics of each LED screen RGB tube is almost different, and varies greatly, the tube's brightness of display differences can reach 30%. So LED rectification system is very important, it can improve LED display quality obviously. Present a LED lamp location algorithm based on texture in this paper, and put forward a rectification coefficient approach set to improve the accuracy of rectifying. Finally the whole algorithm is analyzed and demonstrated. The brightness differency of approximately 15% LED screen is corrected, the differency has been reduced to 4.1% after the brightness rectification system, the display effect is increased obviously.

**Key words:** texture detection; LED tube; rectification coefficient; lamb positioning

## 0 引言

LED 显示屏是由成千上万颗 LED 发光二极管组成,LED 显示屏的一个像素点就由 RGB 三色二极管组成,来显示文字、图片、图形图像、视频动画等;LED 相较于以前的显示技术的优势是,LED 显示屏完全不受尺寸的影响,可以做到几十上百米的尺寸。LED 显示屏广泛用于城市中心的广场和一些会议室,LED 显示能达到的亮度是 LCD 液晶显示等远远不及的。

LED 显示屏巨额的灯点,造成了 LED 显示效果的

一致性非常差。按照 LED 制造商的工业分级标准,同一批次的 LED 出厂的 LED 灯的亮度误差能达到 20%~40%,色度误差是 5 nm,而人眼可以忍受的亮度差异在 5% 以下,色度差异在 1~2 nm 范围内。所以没有进行校正的显示屏的显示效果是很差的,远远低于人眼的要求,而且随着 LED 显示屏的长期使用,LED 灯管的外部硅脂层会氧化,从而让 LED 的整体亮度下降,色彩偏黄,显示效果继续恶化,出现花屏、马赛克等现象。

收稿日期:2015-03-14

修回日期:2015-06-17

网络出版时间:2015-11-19

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2013AA013902)

作者简介:唐德荣(1991-),男,硕士研究生,CCF 会员,研究方向为图形图像处理;杨红雨,教授,博士研究生导师,研究方向为图形图像处理、实时软件工程。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151119.1109.022.html>

随着 LED 显示屏的普遍使用,对于一些用于高规格场合的 LED 显示屏(比如会议室等),为了提高显示效果,LED 显示校正技术是迫切需要的。LED 显示校正就是通过一系列算法,找出每个灯点,计算每个灯点的信息,然后统计出它们的差异,生成一个校正系数表,以此来控制 LED 显示屏每个灯的显示状态,让每个灯的显示趋于一致。

## 1 LED 发光与 PWM 调制

### 1.1 LED 发光特性

LED(Light Emitted Diode)是在半导体 P-N 结或其类似的结构通以正向电流时以高效率发可见光或近红外光的器件。发光二极管的核心部件为 P 型半导体和 N 型半导体组成的晶片,在 P 型半导体和 N 型半导体之间有一个过渡层,称为 P-N 结。

在某些半导体材料的 P-N 结中,在正向电压下,注入的少数载流子与多数载流子复合时会把多余的能量以光的形式释放出来,从而把电能直接转换为光能。P-N 结加反向电压,少数载流子难以注入,故不发光;当 P-N 结处于正向电压下时,半导体晶片就可以发出从紫外到红外不同颜色的光,光的强弱与电流有关。

### 1.2 PWM 调制

改变 LED 的电流可改变 LED 的亮度。但是由于 RGB 三色灯管的电流特性不同,直接调节电流会导致 RGB 三色的比例改变,导致调节亮度的同时会改变色度,故不采取调节电流的方法来控制 LED 灯的亮度,此处采用 PWM 调制来控制 LED 灯管亮度。

脉宽调制(PWM)在控制 LED 的亮度方面是一种广泛应用的技术,其原理是基于塔尔波特定律。PWM 不同于改变电流来调整 LED 灯的亮度,它是通过控制 LED 灯的明灭来控制 LED 灯的亮度,此时的电流是不会改变的,色度也不会发生偏差。如图 1 所示<sup>[1]</sup>,通过 LED 灯的高速闪动,人眼无法察觉到灯的闪动,只会感觉灯是变亮了或变暗了;比如,控制 10 s 中 LED 灯使用其中 1/10 的时间进行点亮,当然这是一个高速变化的过程,10 s 的过程会产生上千次脉冲,让人眼最舒适,此时得到 LED 灯的亮度即是 10 s 中一直点亮时亮度的 1/10。

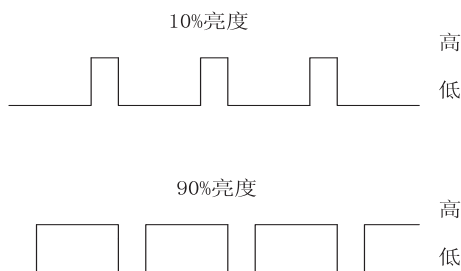


图 1 PWM 脉宽调制

这种方式优势很明显,不用改变电流,因为使用电流调节会改变 LED 色度,使用 PWM 调制就可以保证色度不变的情况下调节 LED 亮度。

## 2 校正流程及步骤

有了对 LED 灯的这些了解,需要设计一套针对 LED 屏幕的校正流程:

- (1)相机选型参数配置<sup>[2]</sup>;
- (2)RGB 图像采集;
- (3)图像处理 LED 点定位;
- (4)数据分析生成校正系数;
- (5)上传系数控制 LED 屏。

对 LED 信息的采集需要用到相机,需要选定能拍摄出对于人眼最真实效果的相机和镜头,此处需要对相机进行参数配置和调节;得到相机后需要用它对 LED 屏进行一系列的数据采集,针对图像的 RGB 三色图像都要进行采集,而且每一次采集需要获取多张照片以防止误差;相机采集到相片后,要将相片通过笔者设计的软件系统进行图像处理,对相片中的灯点进行定位,得到每个灯点在图像中的位置,以便进行下一步;得到灯点位置后,通过这个位置信息获取每一个灯点的像素值,然后进行数据统计,选定目标值,计算每个灯点 RGB 三色灯的校正系数组成一个  $3 \times 3$  矩阵<sup>[1]</sup>,最后将得到的系数矩阵上传给 LED 屏幕控制器,通过这个控制器来控制 LED 屏幕的显示。通过反馈机制多次调整系数,以求达到最好的校正效果。

### 2.1 RGB 图像的采集

当调整好相机的参数后就可以开始进行下一步,开始对 LED 屏幕进行拍照采集<sup>[3-4]</sup>。因为 LED 屏幕一个像素点是由三种颜色的 RGB 灯管组成,需要对每一个灯管都进行亮度校正,所以需要拍摄 3 种图像,分别是 R 管、G 管、B 管单独亮起时的颜色,即红色、绿色、蓝色,利用三色图像来进行每个灯管的校正,然后将它们产生的系数组成一个  $3 \times 3$  矩阵上传给 LED 控制器<sup>[5]</sup>;为了减少误差,会对同一种颜色的图像进行多次拍摄,对它们产生的系数求平均来达到最真实反映 RGB 灯管特性的校正系数,从而得到较好的校正效果。采集到的图像如图 2 所示。

### 2.2 图像处理与 LED 点定位

得到图像后,需要对图像进行一系列的图像预处理、坏点剔除<sup>[6]</sup>、原始值减暗场<sup>[7]</sup>等。

坏点剔除方法:将采集到的一幅图像中所有的灯点信息做统计,求出等点亮度的平均值,然后将某些亮度小于平均亮度的 30% (经过实际测试,得出的经验值)的灯点看作 LED 坏点<sup>[7]</sup>,不会对这些位置的点进行校正。



图 2 采集到的绿色灯点图像

减暗场的方法是使用 RGB 三种颜色每个 LED 像素点时减去相同位置显示 K(LED 不显示时拍摄的图像)时的像素点值。例:某个 LED 相机采集到的 R 像素值为(255 13 6),K 像素值为(10 2 3),则减去暗场后的 R 像素值应为(245 11 3)。

LED 点定位:对于采集到的图像,通过观察得知,拍摄的图像很有特点,一个个灯点排列得很整齐,而且分布很均匀,边缘很明显,此时用到了边缘检测,来确定一个灯点的位置信息。使用著名的 Canny 算子进行边缘检测,然后会用一个最小的方框来框住检测到的边缘,这个方框内代表了相机拍摄的一个灯点的所有像素点的像素信息,可以根据这个方框的位置坐标来定位并且统计一个(RGB)灯点的所有像素点信息。图 3 所示为一个绿灯点的像素信息和位置信息。

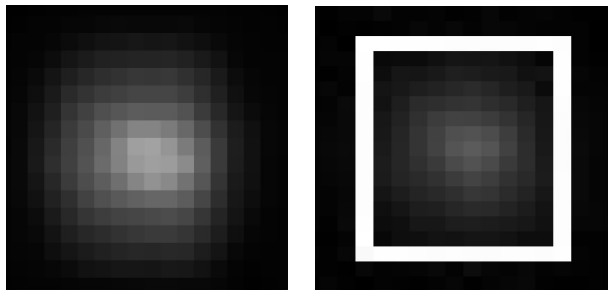


图 3 LED 点定位

接下来需要做的是确定每一个方框的顺序和灯点的顺序是一样的,这里需要去统计方框的信息,如果对所有的方框进行排序的话就会发现这个工程的效率是非常低的,因为一个 LED 屏幕的灯点数量是十万到百万级的,这个排序工作量是非常大的。所以需要将整个屏幕分成多个校正模块,将整个屏幕分离开来,对每一小块先进行一次预处理的校正,这样能大大减少工作量。因为照相机的视角大小是确定的,而且照相机拍的灯点数量越多,精细程度就越低,影响采集数据的准确性。此次系统设计过程中,选取的模块大小是一个  $128 * 96$  像素的灯点模块,需将整个 LED 显示屏分成这样大小的  $N$  个模块,然后对每一个模块进行校正,这样大大减小了数据量,提高了校正效率;而且在

对一个  $128 * 96$  的模块进行数据采集的过程中,由于灯点数量的减少,也使得检测到的灯点位置信息更加准确;检测到这些信息后下一步的工作是对这些信息进行排序,使得方框的顺序和灯点的顺序一样。这是因为利用 Canny 算子<sup>[8-9]</sup>进行边缘检测时,它是从整张图像的最左上角的第一个像素点开始进行检测的,并不是从第一个灯点进行检测,所以图像的拉伸和灯点在图像中进行倾斜会造成检测的不准确;需要对图像进行旋转以确保灯点的不倾斜,此时通过以一个最小的框框住所有的灯点,然后检测这个矩形的角度来得到整幅图像的倾斜角,然后旋转图像以确保图像的正确,接下来就可以排序了。对一个  $128 * 96$  的数据块进行排序工作量很大,同时发现等点的数据是非常规则的,它的位置信息都是有规律变化的,不需要对全部 8 192 个灯点进行排序,只需对灯点进行一排排的排序即可,即在 128 个点中排序就可达到效果。因为任意两排中的距离差是比较大的,位置信息的顺序基本上是在同排之间有错乱,为了提高算法的效率,只需在同一排中对灯点的位置进行排序就能达到很好的效果,让灯点和位置方框进行一一对应。

通过这一步的处理,得到了所有灯点的像素信息;接下来需要对这些信息进行统计,并计算出每一个灯点的校正矩阵。

一幅定位后的灯点图像如图 4 所示。

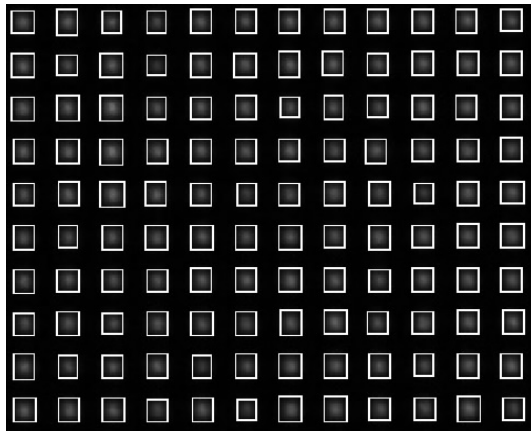


图 4 一幅定位后的灯点图像

### 2.3 数据统计和校正系数的生成

文中系统统计一个灯点的  $(R, G, B)$  值时使用的是加权平均法,即统计一个灯点的方框内所有像素点值求和然后除以点数求平均得到的一个  $(R, G, B)$  值,作为这个灯点的像素值。

分别对  $R, G, B$  三种灯管的图像进行以上的数据统计,得到同一个灯点上红色灯管的值  $(R_R, G_R, B_R)$ ,绿色灯管的值  $(R_G, G_G, B_G)$ ,蓝色灯管的值  $(R_B, G_B, B_B)$ ,然后将 RGB 三种颜色的像素值转换为 XYZ 空间值<sup>[10]</sup>,令

$$\text{sRGB} = \begin{bmatrix} 0.412 & 0.453 & 0.357 & 0.58 & 0.180 & 0.423 \\ 0.212 & 0.671 & 0.715 & 0.159 & 0.072 & 0.169 \\ 0.019 & 0.334 & 0.119 & 0.194 & 0.950 & 0.227 \end{bmatrix}$$

则

$$\begin{bmatrix} X_R \\ Y_R \\ Z_R \end{bmatrix} = \text{sRGB} \cdot \begin{bmatrix} R_R \\ G_R \\ B_R \end{bmatrix}$$

同理可得:

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = \text{sRGB} \cdot \begin{bmatrix} R_G \\ G_G \\ B_G \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \text{sRGB} \cdot \begin{bmatrix} R_B \\ G_B \\ B_B \end{bmatrix}$$

然后是求出三色灯管的目标值,目标值的作用就是让所有的灯点通过一个变换矩阵变为这个目标值,以达到提高一致性的目的。所以目标值的选取很重要,最常用的方法是选取最低点作为目标值,但是这种方法有很严重的缺陷,当你选取最低亮度的灯点作为目标值时,会让校正后的屏幕亮度降低得很厉害,使人眼看到的效果不好。为了达到校正和人眼舒适度的目标,制定了一套效果比较好的目标值选取方法。例:求取红色 LED 灯的目标值,  $X_{R\text{目标}}$ ,  $Y_{R\text{目标}}$ ,  $Z_{R\text{目标}}$ , 用  $X_{R\text{目标}}^{[11]}$  进行说明:

(1) 计算模组剔除坏点后的 LED 红色(R)的  $X_R$  的平均值:

$$\overline{X_R} = \frac{\sum_{i=1}^N X_{R_i}}{N} \quad (1)$$

(2) 设目标值  $X_{R\text{目标}} = k \cdot \overline{X_R}$ , 其中  $k = 1$ 。

当  $X_{R_i} \geq X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R\text{目标}}$ ;

当  $X_{R_i} < X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R_i}$ 。

计算剔除坏点后模组 LED  $X_R$  的均方差及均方差  $\sigma_{X_R}$  与平均值的比例  $P_{X_R}$ :

$$\sigma_{X_R} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{R_i} - \overline{X_R})^2}{N}} \quad (2)$$

$$P_{X_R} = \frac{\sigma_{X_R}}{\overline{X_R}} \cdot 100\% \quad (3)$$

如果  $P_{X_R} \leq 3\%$ , 则  $X_{R\text{目标}} = \overline{X_R}$ , 否则进行如下操作:

(1) 设目标值  $X_{R\text{目标}} = k \cdot \overline{X_R}$ , 其中  $k = 0.95$ 。

当  $X_{R_i} \geq X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R\text{目标}}$ ;

当  $X_{R_i} < X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R_i}$ 。

(2) 将模组中重新设置过的所有的 LED 红色(R)的  $X_{R_i}$  代入公式(2)、(3), 并判断  $P_{X_R} \leq 3\%$  (经过实际测试, 得出经验值) 是否成立, 如果成立,  $X_{R\text{目标}} = 0.95 \cdot \overline{X_R}$ , LED 红色(R)的  $X_{R_i}$  维持(1)中的设置值。

(3) 如果不成立, 则以 0.05 为间隔, 分别令  $k = 0.9, 0.85, 0.8$ , 重复步骤(1)和(2), 直到  $P_{X_R} \leq 3\%$  成立。(参数可根据实际的需求再进行修改)

(4) 如果一直没有出现  $P_{X_R} \leq 3\%$ , 则令  $X_{R\text{目标}} = 0.8 \cdot \overline{X_R}$ , 且当  $X_{R_i} \geq X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R\text{目标}}$ ; 当  $X_{R_i} < X_{R\text{目标}}$  时, 令  $X_{R_i} = X_{R_i}$ ;  $Y_{R\text{目标}}$ 、 $Z_{R\text{目标}}$ 、 $X_{G\text{目标}}$ 、 $Y_{G\text{目标}}$ 、 $Z_{G\text{目标}}$ 、 $X_{B\text{目标}}$ 、 $Y_{B\text{目标}}$ 、 $Z_{B\text{目标}}$  计算方法同  $X_{R\text{目标}}$ 。

当得到了需要的目标值后, 就可以计算需要的  $3 \times 3$  系数  $K$  矩阵了, 因为要将所有的灯点变换到目标值, 所有可以得到公式  $X^R * K^R = X^R$ , 这些值可以组成一个矩阵进行变换。

$$K = \begin{bmatrix} X_{R\text{目标}} & Y_{R\text{目标}} & Z_{R\text{目标}} \\ X_{G\text{目标}} & Y_{G\text{目标}} & Z_{G\text{目标}} \\ X_{B\text{目标}} & Y_{B\text{目标}} & Z_{B\text{目标}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_R & Y_R & Z_R \\ X_G & Y_G & Z_G \\ X_B & Y_B & Z_B \end{bmatrix}^{-1}$$

## 2.4 系数上传给 LED 控制器

由上可以清晰地看到  $K$  矩阵<sup>[12]</sup>的求法, 当求得  $K$  矩阵后,  $K$  中的系数可能为负或者大于 1, 此时由于控制 LED 显示屏的控制中 FPGA 芯片是不能处理负数和小数的, 要将  $K$  矩阵进行变换才能让 FPGA<sup>[12]</sup> 芯片进行处理。当  $K$  中有系数小于 0 时, 就将  $K_{ii}$  置为 0, 当  $K_{ii}$  大于 1 时, 由于是用 PWM<sup>[13]</sup> 进行亮度调整, 所以当系数大于 1 时, LED 控制器是不能增大脉宽的, 所以需要将所有大于 1 的系数置 1; 又因为 FPGA 接受的系数只能为整数, 所以当 FPGA 接受的是 8 位的数据时, 需要将每个系数乘以一个 255 以便将其传给 FPGA 芯片。

## 3 实验结果

系统使用了 VS2008+OpenCV2.4.6 来实现图像处理方向的算法<sup>[14]</sup>, 并且对结果进行了统计。对实验前后的灯点数据进行了统计研究, 如图 5 和图 6 所示。图 5 为未进行校正时的灯点数据分布, 可以明显地看到未校正时数据很分散, 不一致性高, 统计出来的灯点非均匀性值约为 14%; 图 6 为校正过后的数据分布, 此时统计出来的非均匀性值约为 4.1%。由实验结果可知, 根据纹理特征的灯点定位法效果还是非常好的, 因为这种方法定位到的灯点位置非常准确, 从而使取到的数据也非常接近, 产生了较好的校正效果。

## 4 结束语

文中提出的基于纹理的灯点定位算法对取得灯点



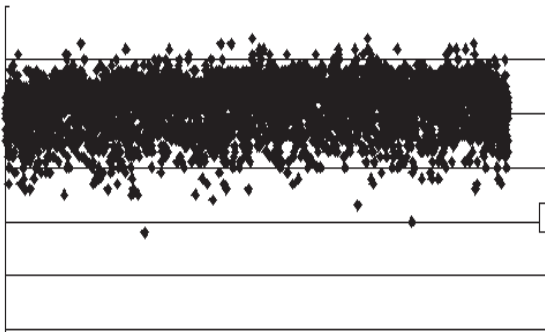


图 5 原始灯点数据分布

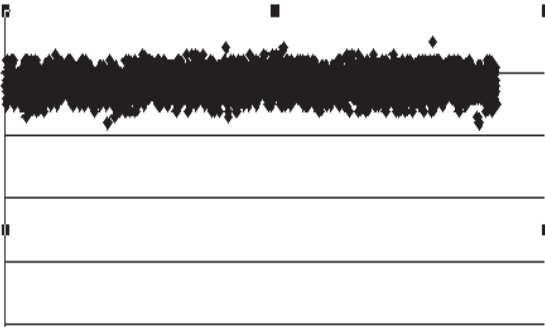


图 6 校正后灯点数据分布

数据是非常准确的,但是对于一个 LED 屏幕,它上面的灯点数量是十万数量级的<sup>[15]</sup>,所有校正一个这样的屏幕需要很长的时间,所以下一步的研究目标是提高该算法的效率。

对于该系统笔者的研究设想是,因为对于一个 LED 屏幕,照相机拍摄下来的图像<sup>[7]</sup>,每个灯点间的距离是非常接近的,或许可以基于此,不用检测每一个灯点的纹理,只需要对 LED 屏幕中少数有特殊位置的点进行纹理检测,然后基于这个相同的距离,可以直接划出其他灯点的位置,这对于十万、百万数量级灯点数量的 LED 屏幕有非常重要的意义<sup>[16]</sup>,校正该 LED 屏幕的时间会大大缩短。


#### 参考文献:

- [1] 赵星梅. LED 显示屏亮度非均匀性逐点校正技术的研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2009.
- [2] 周 勇. 基于 CCD 的 LED 显示屏亮度校正技术的应用[D]. 上海:上海交通大学,2010.
- [3] 袁胜春,杨 城,杨成沛. LED 显示屏逐点校正应用中几个重要问题的探讨[J]. 现代显示,2010(5):44-46.
- [4] 杨 城. 基于彩色相机的 LED 色度测量方法的研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.
- [5] Chung W C, Liu C H, Liu T L. LED lighting string employing rectified and filtered device; U. S. , 7501772 [P]. 2009-03-10.
- [6] Zhou K, Zhang J G, Yuvarajan S, et al. Quasi-active power factor correction circuit for HB LED driver[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2008, 23(3):1410-1415.
- [7] Zhao Z Q, Wang R G, Zheng X F, et al. Color gamut correction of LED displays[J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2013, 28(1):92-98.
- [8] Zheng X F, Chang F. LED display image correction based on computer simulation[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 182:1751-1755.
- [9] Chen N T, Chen C W. Development of the LED measurement system of chromaticity coordinates correction[J]. Measurement, 2013, 46(1):360-366.
- [10] Ruan H R, Xia G Y. Brightness correction method of LED display based on photographing[J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2012, 27(2):193-197.
- [11] Hsieh K H, Wang H C, Cheng H D. LED display device providing current correction and correction method thereof; U. S. , 8664890 [P]. 2014-03-04.
- [12] Deng H, Li Z, Guo S. Method of gray value correction in LED display screen based on LED electroluminescence response[J]. Chinese Journal of Luminescence, 2010, 31(1):145-148.
- [13] Zhao Z, Wang R. An accuracy requirement analysis for LED brightness and color correction system[C]//Proc of international conference on transportation, mechanical, and electrical engineering. [s. l. ]:IEEE, 2011:962-965.
- [14] Tobita H, Misonou T. Display unit with luminance and chromaticity correction using compressed correction matrix; U. S. , 8704858 [P]. 2014-04-22.
- [15] Kumakura K, Ohki H, Kimura Y, et al. White balance correction circuit and correction method for display apparatus that displays color image by controlling number of emissions or intensity thereof in accordance with plurality of primary color video signals; U. S. , 8405577 [P]. 2013-03-26.
- [16] Ran F, Liu Y D, Ji Y, et al. Gamma correction of fractal scanning for flat panel display[J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2012, 27(4):472-475.

# LED显示屏灯点逐点校正系统

作者：[唐德荣](#)，[杨红雨](#)，[TANG De-rong](#)，[YANG Hong-yu](#)

作者单位：[四川大学 视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室](#), [四川 成都 610064](#); [四川大学 计算机学院](#), [四川 成都 610064](#)

刊名：[计算机技术与发展](#) 

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015, 25(12)

引用本文格式：[唐德荣](#). [杨红雨](#). [TANG De-rong](#). [YANG Hong-yu](#) [LED显示屏灯点逐点校正系统](#) [期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(12)