

文章编号:1007-2780(2013)03-0413-04

基于图像处理的串扰消除方法

李清蓉, 夏 军*

(东南大学 电子科学与工程学院 东飞显示技术研究中心, 江苏 南京 210096, E-mail: qingrong0@163.com)

摘 要: 提出一种基于图像处理的消除串扰方法, 该方法在不对器件本身作任何改动的前提下, 通过对显示图像内容进行预处理来消除三维图像中的串扰。通过 matlab 测试和生成不同串扰等级的图片, 运用该方法对这些具有不同串扰等级的图片进行算法的仿真和验证。同时采用主观实验, 对具有不同等级的串扰图片和相应的串扰消除图片进行比较与评估, 验证了消除串扰方法的有效性。

关 键 词: 串扰消除; 主观实验; 图片质量

中图分类号: TN873

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132803.0413

Method for Eliminating Crosstalk Based on Image Processing

LI Qing-rong, XIA Jun*

(Dongfei Display R&D Center, Electronic Science and Engineering College,
Southeast University, Nanjing 210096, China, E-mail: qingrong0@163.com)

Abstract: A method was proposed to eliminate the crosstalk based on image processing. Without changing the device itself, this method can eliminate crosstalk in the 3D image by processing image. With the help of matlab and different crosstalk level of picture, some pictures with different crosstalk levels were simulated and verified. The relationship between crosstalk picture and crosstalk elimination picture based on the perception experiment was analyzed. The experiment results verified the effectiveness of the proposed method.

Key words: crosstalk elimination; perception experiment; quality of image

1 引 言

虽然 3D 显示技术在最近一段时间得到了迅速发展, 但由于技术和工艺的限制, 目前的 3D 显示器中还存在较多的图像质量问题。其中串扰现象是视差图像式 3D 显示技术遇到的重要问题, 它被认为是 3D 显示图像质量最主要的缺陷之一^[1]。串扰不仅影响图像质量, 还能很轻易地引起视觉疲劳。如何有效地减少 3D 显示中的串扰是当前 3D 显示技术研究中十分重要的课题。立

体显示的串扰是由于系统本身的光电特性造成的, 是立体显示中存在的一个比较主要的问题。到目前为止, 已有不少办法来降低串扰, 如降低视差栅栏型立体显示器开口率、在透镜型立体显示器上增加像素膜、对开关眼镜型立体显示采用闪烁背光等^[2]。这些方法需要对器件本身进行改进, 成本和功耗都会有所增加。本文提出一种基于图像处理的降低串扰的方法, 该方法在不对器件本身作任何改动的前提下, 仍能降低显示图像中的串扰程度。

收稿日期: 2012-10-31; 修订日期: 2012-11-02

基金项目: 国家“863”资助项目(No. 2012AA03A302)

作者简介: 李清蓉(1987—), 女, 福建龙岩人, 硕士研究生, 主要从事三维显示技术串扰研究。

* 通信联系人, E-mail: xiajun@seu.edu.cn

2 理论方法

考虑左、右眼图像中对应位置相同的点 (x, y) , L, R 为两图在该位置的对应亮度^[3]。 α 表示图像亮度进入到正确的眼睛的比例, β 表示图像亮度进入到错误的眼睛的比例。因此, 对左眼来说, 在考虑了串扰的影响后, 所观察到的左眼亮度 L' 可表示为: $L' = L \times \alpha + R \times \beta$ 。其中 β/α 表示显示器件由光学结构引入的系统串扰且 $\alpha + \beta = 1$ 。由此可见, 人眼所观察到的串扰是由显示的图像和系统串扰共同作用形成的。其中图像左右眼的对比度很容易得到, 而系统串扰则需要通过光学测量和计算得到。

本文提出一种基于图像处理的降低串扰的方法^[4], 假设原本显示屏所显示的左右时差图像亮度分别为 L, R , 由于串扰的存在, 左、右眼图像包含串扰的亮度分别为 L', R' , 两者之间的关系如式(1):

$$\begin{aligned} L' &= L \times \alpha + R \times \beta \\ R' &= R \times \alpha + L \times \beta \end{aligned} \quad (1)$$

为了使实际观看到的左右眼视差图像亮度等于原本所需要显示的亮度 L, R , 则显示在显示屏上的视差图像亮度应该调整为 L'', R'' , 并满足如下关系:

$$\begin{aligned} L &= L'' \times \alpha + R'' \times \beta \\ R &= L'' \times \beta + R'' \times \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

则该 3D 显示器的视差图像间的串扰就消除了, 由式(2)可以求得:

$$\begin{aligned} L'' &= \frac{a \times L - \beta \times R}{a^2 - \beta^2} \\ R'' &= \frac{a \times R - \beta \times L}{a^2 - \beta^2} \end{aligned} \quad (3)$$

该方法通过调整视差图像在显示屏上的亮度值达到了减小串扰的目标。

3 实验验证及讨论

3.1 实验图片的获取

为了验证串扰消除方法的有效性, 在接下来的实验中运用 matlab^[5] 生成两组串扰等级较高的图片(设 β_0 为 10% 和 15%), 通过串扰消除方法生成相对应的串扰消除的图片。

我们通过人为加串扰的方法获取串扰等级较高的图片。由此可知: 模拟串扰是由人为刺激产

生的串扰和显示器自身所带串扰共同作用所产生的。因此很容易得出以下公式:

模拟串扰:

$$L' = L_0 \times \alpha_0 + R_0 \times \beta_0 \quad (4)$$

人为串扰:

$$\begin{cases} L = L_0 \times a' + R_0 \times \beta' \\ R = L_0 \times \beta' + R_0 \times a' \end{cases} \quad (5)$$

固有串扰:

$$L' = L \times \alpha + R \times \beta \quad (6)$$

模拟串扰是 $L' = L_0 \times \alpha_0 + R_0 \times \beta_0$, 其中 α_0, β_0 为模拟三维显示的串扰比例系数(β_0 为期待预设值 10% 或 15%); L_0, R_0 为原始图片所对应的亮度。人为串扰是 $L = L_0 \times a' + R_0 \times \beta'$, 其中 a' 与 β' 为串扰图片的串扰比例系数; L, R 为人为加串扰后所对应的图片亮度。固有串扰是 $L' = L \times \alpha + R \times \beta$, 其中 L, R 为实验图片亮度(人为加串扰后所对应的图片亮度); α 与 β 是显示器自身的串扰比例系数。通过连接式子(4)(5)(6), 可得:

$$\begin{aligned} L' &= (L_0 \times a' + R_0 \times \beta') \times \alpha + \\ &\quad (L_0 \times \beta' + R_0 \times a') \times \beta = \\ &\quad L_0 \times (a \times a' + \beta \times \beta') + R_0 \times (\beta' \times a + a' \times \beta) \\ L' &= L_0 \times \alpha_0 + R_0 \times \beta_0 \end{aligned}$$

从而得出:

$$\begin{aligned} \beta' &= \frac{a \times \beta_0 - \alpha_0 \times \beta}{a^2 - \beta^2} \\ a' &= \frac{a \times \alpha_0 - \beta \times \beta_0}{a^2 - \beta^2} \end{aligned} \quad (7)$$

然后将式(7)带回式(5)中:

$$\begin{aligned} L &= L_0 \times \frac{a \times \alpha_0 - \beta \times \beta_0}{a^2 - \beta^2} + R_0 \times \frac{a \times \beta_0 - \alpha_0 \times \beta}{a^2 - \beta^2} \\ R &= L_0 \times \frac{a \times \beta_0 - \alpha_0 \times \beta}{a^2 - \beta^2} + R_0 \times \frac{a \times \alpha_0 - \beta \times \beta_0}{a^2 - \beta^2} \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)就是我们合成具有高串扰模拟图片的方法。可以改变 α_0, β_0 的大小, 生成具有不同等级的串扰图片。

将串扰图片放到显示屏上显示, 将会产生我们预期所设定的 β_0 为 10% 或者 15% 的串扰。为了消除模拟三维显示中的串扰(包含人为串扰和固有串扰), 我们将在模拟串扰的式子上进行串扰消除。式(9)是模拟串扰。

$$\begin{aligned} L' &= L_0 \times \alpha_0 + R_0 \times \beta_0 \\ R' &= L_0 \times \beta_0 + R_0 \times \alpha_0 \end{aligned} \quad (9)$$

为了使实际观看到的左右眼视差图像亮度等

于原本所需要显示的原始图片亮度 L_0, R_0 , 则显示在显示屏上的视差图像亮度应该调整为 L_1, R_1 , 并满足如下关系:

$$\begin{aligned} L_0 &= L_1 \times \alpha_0 + R_1 \times \beta_0 \\ R_0 &= L_1 \times \beta_0 + R_1 \times \alpha_0 \end{aligned} \tag{10}$$

由式(10)可以求得:

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{\alpha_0 \times L_0 - \beta_0 \times R_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \\ R_1 &= \frac{\alpha_0 \times R_0 - \beta_0 \times L_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \end{aligned} \tag{11}$$

模拟串扰是由人为串扰和固有串扰共同作用产生的, 为了使实际观察到的视差图像亮度等于原始图片亮度, 需满足以下关系:

$$\begin{aligned} L &= L_1 \times \alpha' + R_1 \times \beta' \\ R &= L_1 \times \beta' + R_1 \times \alpha' \end{aligned} \tag{12}$$

则可以求得:

$$\begin{aligned} L &= \frac{\alpha_0 \times L_0 - \beta_0 \times R_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \times \alpha' + \\ &\quad \frac{\alpha_0 \times R_0 - \beta_0 \times L_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \times \beta' \\ R &= \frac{\alpha_0 \times L_0 - \beta_0 \times R_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \times \beta' + \\ &\quad \frac{\alpha_0 \times R_0 - \beta_0 \times L_0}{\alpha_0^2 - \beta_0^2} \times \alpha' \end{aligned} \tag{13}$$

式(13)就是不同等级的串扰消除图片, 该方法通过调整视差图像在显示屏上的亮度值达到了减小串扰的目标。

3.2 主观实验及分析

本实验目的是评估基于图片处理的串扰改进效果。

主观实验使用的是分辨率为 $1\,920 \times 1\,080$ 的 106.68 cm(42 in) 的 Sony 3D 显示器进行模拟自由立体显示器。实验观看距离是 2.1 m, 环境亮度为 $20\text{ lx}^{[6]}$ 。我们将 9 张图片按照式(8)先进行模拟三维显示的图片处理(处理后的图片放在显示屏上 β_0 值为 10% 的图片和 β_0 为 15% 的图片)。再根据式(13)对 β_0 为 10% 的图片和 β_0 为 15% 的图片进行处理生成了 10% 串扰消除图片和 15% 串扰消除图片。将 36 张图片按照图像内容进行分组(每组包含串扰图片和消串扰图), 组与组之间顺序, 每组内图片顺序排序都是随机。

在每一部分实验中均有 20 名被试者, 其中 10 名男性, 10 名女性, 他们的年龄在 21 岁到 27

岁之间, 平均年龄为 24 岁。所有的被试者均为非色盲, (校正) 视力达到 1.0 及以上, 并且具有正常的立体视觉锐度, 达到实验要求。被试者要求对所给图片进行整体图片质量打分, 采用五分制评分标准(其中 5 分表示图片质量好, 0 分表示图片质量差)。并要求写出自己的评分依据。

在实验开始前有一个训练过程, 对被试者呈现一批实验用图以使被试者对大体图片质量能有直观认识和了解, 并使被试熟者悉实验的用户界面和过程^[7]。

为研究算法改进对图片整体质量的影响, 实验中要求 20 名被试者对 18 组图片进行打分, 使用 SPSS 统计软件对实验数据进行多因素方差分析(MANOVA)^[8-9], 将 score 作为因变量, image 和 crosstalk 作为固定因子。数据分析表明, 图片、性别、串扰中的 sig 值均小于 0.05。因此可以得出图片内容、性别、串扰对图片质量均有显著性影响。

观察图 1 我们可以看出 10% 串扰消除图片和 15% 串扰消除图片的分数远远高于 10% 串扰

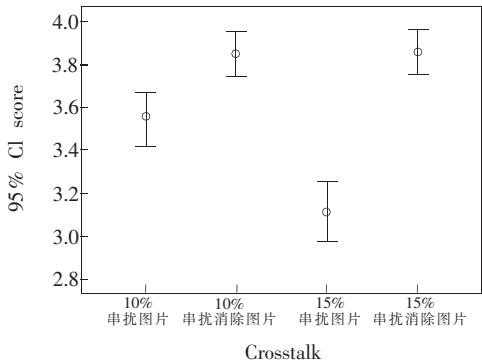


图 1 误差条形图分析

Fig. 1 Analysis of error bar

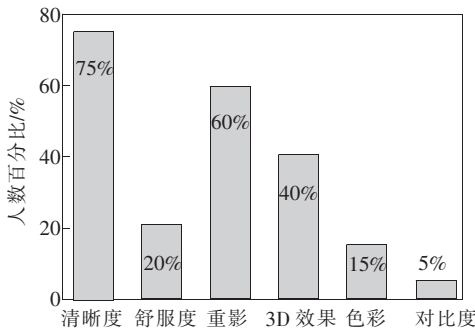


图 2 评分依据分布图

Fig. 2 Distribution of judgment basis

图片和 15% 串扰图片。从而得出经过串扰消除后,图片质量得到了明显的改善。

图 2 为被试者的评分依据,纵坐标表示的是相应评分依据的被试者百分比人数。从图 2 可知,清晰度和重影是被试者在评价一张图片整体质量时的主要依据。而串扰的表现形式是图片质量不清晰,边缘出现重影。因此我们可以得出结论:被试者评价图片质量的好坏主要依据是图片的串扰程度。

4 结 论

提出了一种基于图片处理从而消除三维图像串扰的方法。针对感知图像分析其串扰形成的原因,并推导出消除串扰的计算公式。实验证实了该方法的正确。由于该方法不需要对器件本身进行改进,成本和功耗也都不会有所增加。因此它具有有效和成本低等特点,对图片质量的提高具有一定的意义。

参 考 文 献:

- [1] 王莉莉. 影响视觉舒适度的显示系统光电特性理论研究[D]. 南京:东南大学电子科学与工程学院,2011:81-95.
- [2] 王琼华. 3D 显示技术与器件 [M]. 北京:科学出版社,2011:114-118.
- [3] 姚军财,申静,任亚杰. 周围环境对人眼对比度敏感视觉特性的影响 [J]. 液晶与显示,2010,25(3):444-448.
- [4] 郑晓庆,张小宁,梁志虎. 采用自适应有限灰阶级子场编码方法提高等离子体显示器的显示质量 [J]. 液晶与显示,2011,26(6):853-857.
- [5] 丁绪星,朱日宏,李建欣. 一种基于人眼视觉特性的图像质量评价 [J]. 中国图象图形学报,2004,9(2):191-194.
- [6] Shestak S, Kim D K, Hwang S D. Measuring the gray-to-gray crosstalk in a LCD based time-sequential stereoscopic displays [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*,2010,41(1):132-135.
- [7] Chang A J, Kim H J, Choi J W, *et al.* Ghosting reduction method for color anaglyphs [C]//*Proceedings of SPIE*, Jan Jose: Stereoscopic Displays and Applications XIX, 2008:1-10.
- [8] 王楠楠,李桂苓. 符合人眼视觉特性的视频质量评价模型 [J]. 中国图象图形学报,2001,6(6):523-527.
- [9] 曹圣群,黄普明,鞠得航. HVS 模型及其在静止图像压缩质量评价中的应用 [J]. 中国图象图形学报,2003,8(4):379-386.