

文章编号:1007-2780(2015)06-1040-05

结合图像内容的立体显示灰阶串扰量化方法研究

夏振平^{1*}, 李晓华²
(1. 苏州科技学院 电子与信息工程学院, 江苏 苏州 215009;
2. 东南大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 为了更直接地评价和比较立体显示中的串扰现象, 结合图像内容对灰阶串扰进行了单一数值量化。提出的平均灰阶转换概念, 选取了多幅具有代表性的立体图像, 并对立体显示图像中每一灰阶转换组合出现的概率进行了统计, 得到的平均灰阶转换也是以矩阵的形式出现。灰阶串扰单一数值量化就是利用平均灰阶转换矩阵对灰阶串扰矩阵进行加权平均, 加权平均后的串扰矩阵中所有值相加得到单一的串扰评价价值。提出的灰阶串扰单一数值量化方法充分考虑了图像内容的影响, 得到的灰阶串扰单一数值评价结果更加客观、准确。同时, 研究结果对串扰现象的优化以及视觉舒适度的提高具有指导和推动作用。

关键词: 立体显示; 灰阶串扰; 单一数值量化; 平均灰阶转换

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20153006.1040

Evaluation of gray-to-gray crosstalk in stereoscopic displays combined with image content

XIA Zhen-ping^{1*}, LI Xiao-hua²

(1. College of Electronic and Information Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China;
2. School of Electronic Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: To evaluate and compare the crosstalk phenomenon more directly in stereoscopic displays, single value evaluation method which combined with image content is applied to gray-to-gray crosstalk. The proposed average gray level transitions concept chooses a group of representative three dimensional (3D) images and applies statistic analysis to derive probability of each gray level transition which also exist in matrix form. The single value evaluation of gray-to-gray crosstalk is using average gray level transitions matrix to weight gray-to-gray crosstalk matrix and the values of weighted averaged gray-to-gray crosstalk matrix are added as the final single value for crosstalk evaluation. The proposed single value evaluation method of gray-to-gray crosstalk fully considers the effect of 3D image content on crosstalk, and the derived single value crosstalk evaluation is more objective and precise. The investigation result helps with the optimization of crosstalk and the improvement of visual comfort.

Key words: 3D display; gray-to-gray crosstalk; single value evaluation; average gray level transitions

收稿日期:2015-01-15; 修订日期:2015-03-26.

基金项目: 国家 973 计划 (No. 2013CB328803); 国家 863 计划 (No. 2013AA011004); 江苏省自然科学基金 (No. BK2012166); 苏州科技学院科研基金 (No. XKQ201421)

Supported by National Program on Key Basic Research Project of China (No. 2013CB328803); National High-tech R&D Program of China (No. 2013AA011004); Nature Foundation of Jiangsu Province under Grant (BK2012166); Science Research Foundation of Suzhou University of Science and Technology (No. XKQ201421)

* 通信联系人, E-mail: xzp@mail.usts.edu.cn

1 引 言

目前立体显示主要是通过给人的双眼分别提供具有视差的左右图像,让观看者感受到立体深度。立体显示中所用的左右视图分别从人的双眼位置拍摄或者通过模拟计算的方法得到。左右视图应该分别投射到观看者的左右眼,然而由于种种原因,具有视差的左右视图并不能完全被分离,观看者左右眼会分别看到本不该看到的另一只眼的图像,即产生所谓的“鬼影”(Ghosting)。根据 Seigel^[1]的解释,“鬼影”是由“串扰”(Crosstalk)产生的特殊图像感知模式,“串扰”是左右眼视图的电或光信号的混合。过高的串扰会使立体图像无法融合从而导致立体图像失真。Meesters 等^[2]的研究表明,串扰现象是影响立体显示图像质量和视觉舒适度的主要视觉因素之一。因此,建立符合人眼感知的串扰客观评价方法显得尤为重要。符合人因的串扰客观评价方法对串扰的降低和消除^[3-4]都起着积极的推动作用。

2 灰阶串扰评价方法

由于串扰在一些立体显示器(尤其是基于液晶显示的时序式立体显示器)中表现出的非线性以及不可叠加性,左右视图不同灰阶组合的串扰

不同,所以研究人员提出了灰阶串扰(Gray-to-Gray Crosstalk)的概念来评价此类立体显示器中的串扰现象。

灰阶串扰的串扰矩阵根据亮度测量矩阵计算而得。亮度矩阵透过观察通道(Observed View)测得,对于一个 8 bits 的显示器,观察通道(Observed View)和非观察通道(Unobserved View)分别从灰阶 0 到灰阶 255 有多级变化,为节省测量时间同时保证足够的数据量做分析,通常采用 9 级灰阶(0、32、64、96、128、160、192、224、255)。灰阶串扰也与之对应采用 9×9 的矩阵。灰阶串扰的计算就是将测量得到的亮度矩阵中的亮度数据进行组合计算,从而得到评价串扰的串扰矩阵,串扰的评价分左右通道分别测量亮度矩阵以及分别通过亮度矩阵计算得到串扰矩阵。提出的灰阶串扰计算方法有很多^[5-9],系统的人因实验结果表明基于韦伯定理提出的灰阶串扰评价结果(式 1)与串扰主观感知的一致性最高^[9]。根据式 1 计算的 4 台的眼镜式立体显示器的灰阶串扰如图 1 所示。4 台显示器均基于液晶显示技术,其中一台为基于偏振眼镜的偏光式立体显示器(#1),其余 3 台为基于主动快门眼镜的主动快门式立体显示器(#2~4),3 台主动快门式立体显示器分别应用了不同的技术。

$$C.T(i,k) = \left| \frac{\Delta L}{L_{average}} \right| = 2 \times \left| \frac{L_{i,k} - L_{i,i}}{L_{i,k} + L_{i,i}} \right|.$$

(1)

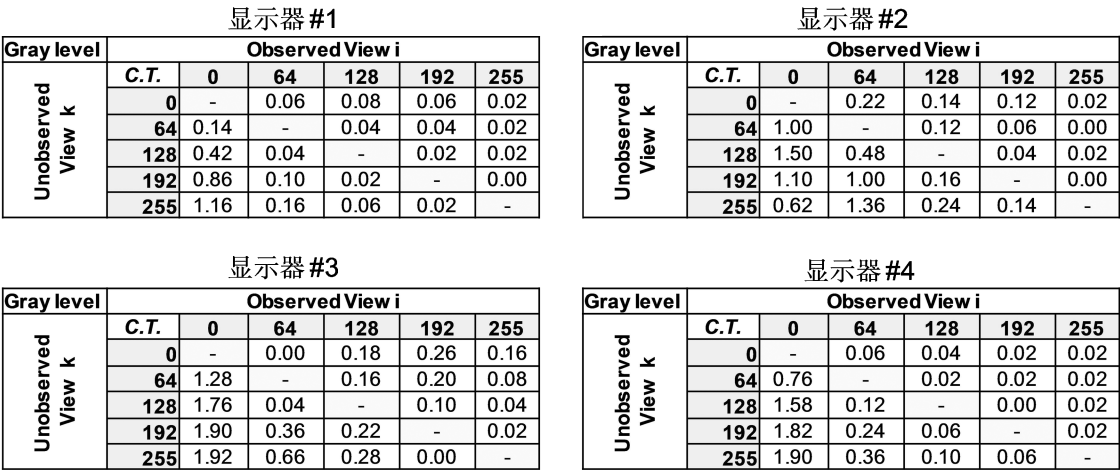


图 1 串扰评价计算式对四台立体显示器的串扰评价矩阵

Fig. 1 Crosstalk evaluation matrix of four 3D displays using crosstalk evaluation calculation formula

3 灰阶串扰单一数值化

从相关的实验结果^[9]可以看出,左右视图的灰阶组合对串扰大小具有绝对显著的影响作用,也就是灰阶串扰对图像内容的依赖性很大,而不仅仅是器件的特性,所以在单一化数值的过程中采用直接平均等简单方法就不够准确,而应该充分考虑到图像内容的影响。

3.1 平均灰阶转换统计

实际观看立体显示内容时,对于串扰的实

际感受与所显示的立体图像内容密切相关,这也和显示器功耗与图像内容的关系一样,在评价显示器功耗时引入了平均图像水平(Average Picture Level, APL)的概念,以便对显示器做出更为客观合理的功耗测量和评价^[10]。此处,对于立体显示串扰的评价,定义类似的概念,即平均灰阶转换(Average Gray Level Transitions, AGLT)的概念。在已有的灰阶串扰评价方法中加入平均灰阶转换的概念,对灰阶串扰矩阵进行加权平均,最后使灰阶串扰矩阵量化为单一数值。

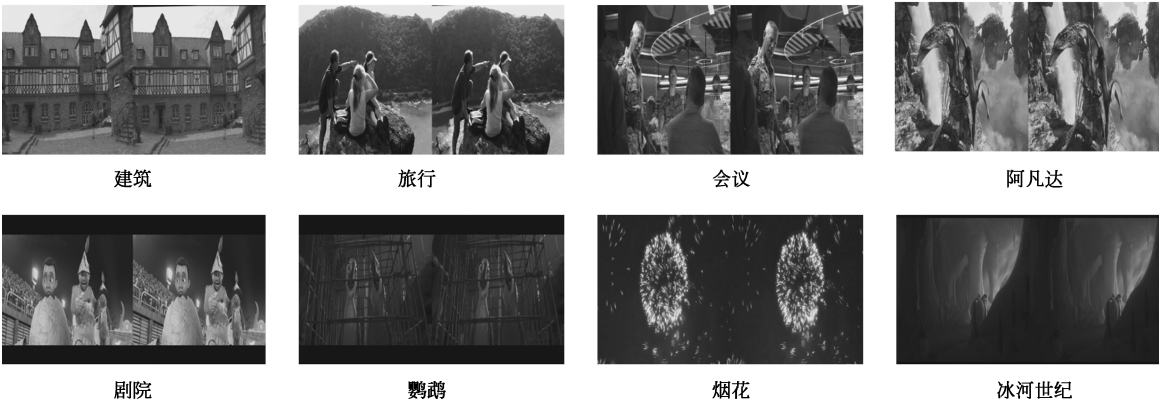


图 2 计算平均灰阶转换值所选取的图像

Fig. 2 Images used for average gray level transitions calculation

为计算平均灰阶转换值,图 2 选择了 8 幅具有代表性的全高清(1 920 pixel×1 080 pixel)立体图像,这 8 幅立体图像中包含人物、动物、建筑、风景、动画、烟花等。具体计算时将可能对存在的 256×256 种灰阶转换进行逐一像素、逐一颜色(RGB)的统计,生成灰阶转换统计矩阵。由于现在的灰阶串扰尚不考虑不同颜色,所以将生成的 3 个灰阶转换统计矩阵(R、G、B)进行平均,得到一个 256×256 的灰阶转换统计矩阵。灰阶串扰的评价中通常采用 9×9 的矩阵,此处为与之对应,灰阶转换统计矩阵从 256×256 矩阵中根据灰阶选取值(0、32、64、96、128、160、192、224、255)提取出 9×9 的矩阵。最后,9×9 的灰阶转换统计矩阵中的每个数据再除以所有矩阵数据之和,得到 9×9 的灰阶转换权重。中间灰阶(96、128、160)之间的灰阶转换权重远大于极端灰阶(0、255)之间的灰阶转换权重。

3.2 量化为单一数值

在灰阶串扰量化为单一数值的操作中,为了更为直观地表达串扰,决定采用百分数的形式,因此在实际应用时,灰阶串扰评价计算方法在原式(1)的基础上进行了改进,改进后灰阶串扰值的范围严格限制在 0~100%(如式 2 所示)。

$$C. T(i, k) = \left| \frac{\Delta L}{L_{average}} \right| / 2 = \left| \frac{L_{i, k} - L_{i, i}}{L_{i, k} + L_{i, i}} \right|. \tag{2}$$

图 3 展示了利用平均灰阶转换对灰阶串扰进行加权平均的过程,灰阶串扰矩阵与灰阶转换权重矩阵相乘(矩阵对应数据相乘)得到加权后的 9×9 串扰矩阵,最后将加权后的串扰矩阵中的所有数据相加,即得到从灰阶串扰矩阵量化的单一串扰评价价值。灰阶串扰矩阵中,白到黑的串扰远大于黑到白的串扰,串扰较大值均分布于对角线的左侧(测试通道灰阶值小于非测试通道灰阶值)。灰阶转换权重矩阵中,数值的分布基本关于对角线对称,这也

是与事实相符的,在图像内容上左右视图理论上没 有差别,而且采用的图像越多,数据分布越对称。

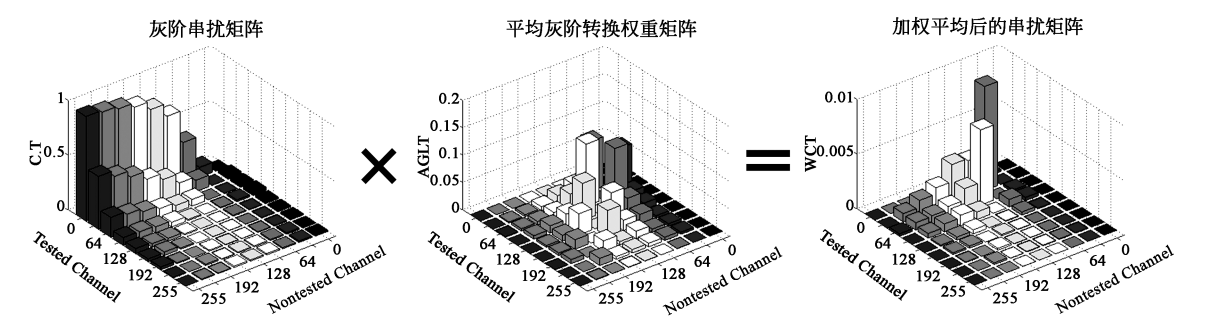


图 3 利用平均灰阶转换对灰阶串扰进行加权平均

Fig. 3 Using average gray level transitions matrix to weight gray-to-gray crosstalk matrix

3.3 方法应用

方法应用中,利用量化单一数值方法对图 1 所涉及的 4 台立体显示器进行了评价,4 台显示器的单一串扰值分别为 1.57%、12.7%、6.51% 和 3.91%(图 4)。其中,显示器#1 为偏振式立体显示(中心点垂直测量),串扰值最小。

4 结 论

串扰现象是影响立体显示图像质量和视觉舒适度的重要指标,合理的串扰评价方法对其改进有重大影响。在灰阶串扰的评价中,左右视图的灰阶组合对串扰大小具有绝对显著的影响作用,也就是灰阶串扰对图像内容的依赖性很大,而不单单是器件的特性。因此本文定义了平均灰阶转换的概念,对立体显示图像中每一灰阶组合出现的概率进行统计,再利用统计的结果对计算得到的灰阶串扰值进行加权平均,最终得到单一量化的串扰评价价值。单一数值对于评价显示器灰阶串扰确实具有很大的便利性,可以更为直观地进行比较。研究结果对串扰现象的优化以及视觉舒适度的提高具有指导和推动作用。

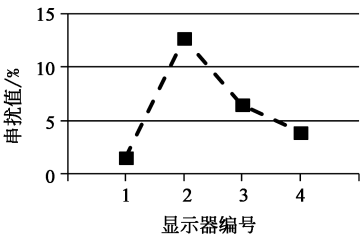


图 4 单一数值方法的串扰评价结果

Fig. 4 Crosstalk evaluation results using single value method

参 考 文 献:

[1] Siegel M. Perceptions of crosstalk and the possibility of a zoneless autostereoscopic display [C]. *Proceedings of SPIE*, San Jose, CA: SPIE, 2001, 4297: 34-41.

[2] Meesters L, IJsselstein W A, Seuntjens P J H. A survey of perceptual evaluations and requirements of three-dimensional TV [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2004, 14(3): 381-391.

[3] 李清蓉,夏军. 基于图像处理的串扰消除方法[J]. *液晶与显示*, 2013, 28(3): 413-416.

Li Q R, Xia J. Method for eliminating crosstalk based on image processing [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(3): 413-416. (in Chinese)

[4] 王嘉辉,邓玉桃,黎奕宁,等. 眼镜式 3D 显示设备综合性能测试方案的研究[J]. *液晶与显示*, 2014, 29(6): 1071-1076.

Wang J H, Deng Y T, Li Y N, et al. Measurement and evaluation of comprehensive performance in 3D Display with glasses [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 1071-1076. (in Chinese)

[5] Pan C C, Lee Y R, Huang K F, et al. Crosstalk evaluation of shutter type stereoscopic 3D display [C]. *SID Sym-*

posium Digest, 2010: 128-131.

[6] Shestak S, Kim D, Hwang S. Measuring of gray to gray crosstalk in a LCD based time sequential stereoscopic display [C]. *SID Symposium Digest*, 2010: 132-135.

[7] Jung S M, Lee Y B, Park H J, *et al.* Improvement of 3-D crosstalk with over-driving method for the active retarder 3-D displays [C]. *SID Symposium Digest*, 2010: 1264-1267.

[8] Teunissen K, Sevo A, van Dalfsen A, *et al.* Perceptually relevant characterization of stereoscopic displays [C]. *SID Symposium Digest*, 2011: 994-997.

[9] Xia Z P, Li X H, Cui Y, *et al.* A study on the perceptual relevance of crosstalk equations for stereoscopic displays [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2013, 21(6): 271-279.

[10] Joint Technical Committel TE_001. AS/NZS 62087-2004. Methods of measurement for the power consumption of audio, video and related equipment [S]. Sydney, Australia, 2004.

作者简介:夏振平(1985—),男,江苏兴化人,博士,讲师,主要从事立体显示图像质量测量、评价和优化方面的研究。
E-mail: xzp@mail.usts.edu.cn

李晓华(1961—),男,江苏南京人,教授,博士生导师,主要从事平板显示器件测量和评价标准方面的研究。
E-mail: lxh@seu.edu.cn