

激光显示中的色度学研究

The Colorimetry in Laser Display

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室;

2.中国科学院 研究生院)

田志辉^{1,2} 刘伟奇¹ 魏忠伦¹ 柳 华^{1,2} 李 霞^{1,2}

TIAN ZHIHUI LIU WEIQI WEI ZHONGLUN LIU HUA LI XIA

摘要:以国内普遍采用的 PAL 电视制式为例,建立了以目前所选用的红(671nm)、绿(532nm)、蓝(473nm)三色激光为三基色的颜色系统模型与电视三基色系统的转换关系。解决了所用三色激光器的功率匹配问题。并通过颜色虚拟的扩展,将 PAL 电视制式中无法显示的颜色扩展到激光色域内,使再现色彩更丰富,颜色更饱和。为下一步在 PAL 制式下电路实现激光显示色域校正建立了理论基础。该方法亦可推广到其它制式下,同时对如液晶显示、LED 显示等需要颜色矫正的领域,也有积极的借鉴意义。

关键词:激光显示;功率匹配;色域转换;颜色扩展

中图分类号:TP751.2

文献标识码:A

Abstract:By researching the color model of PAL color television system, we extend the model to laser display. The three laser-colors used here were red(671nm), green(532nm), blue(473nm). The problem on power matching of the three color laser device was resolved. And by suppositional color expansion, the color having no way to demonstrate in PAL TV system style was expanded to the laser color gamut. So, the color being reproduced is richer and more saturated than which in PAL TV system style. This is the basic Principle of circuit realization by which realizing the adjustment of laser color gamut under PAL color television system. The method used here can be used in other TV color systems. It also has actively meaning to color correcting in the fields which also need color adjustment, such as liquid crystal display, LED display etc.

Key words:laser display, power matching, color gamut conversion, color expansion

技术创新

1 引言

激光显示技术作为新一代的显示技术,因其具有可实现大色域显示、颜色饱和度高、显示画面尺寸灵活可变、无有害电磁射线辐射等优点而引起了人们广泛的兴趣。图1为激光显示色域与传统CRT色域的比较。近年来,随着体积小巧、功率不断提高的红、绿、蓝三色固体激光器的发展,激光显示技术更是受到了越来越多的重视。全固态激光视频显示技术采用红、绿、蓝固体激光器(DPL)作为彩色显示的三基色,通过视频信号对三色激光的调制,达到在屏幕上显示视频图像的目的。彩色电视信号按照采用的制式不同,其编码方式、三基色的色度点均不相同。不论选用哪种制式,经过解码后,都可产生红、绿、蓝三种颜色的强度调制信号。然而,它们的三基色均与激光三基色的色度点不同,复现的颜色范围也不同。若用上述三基色调制的颜色控制信号去对激光三基色进行调制,定会出现颜色偏差和颜色混乱的现象。因此,要想实现与现有的彩色视频信号兼容,就必须进行色度变换,建立由现有制式三基色向激光三基色的色度转换关系,使激光三基色能够准确再现彩色图像。另外,由于激光三基色是光谱色,其复现颜色的色域要远大于目前电视制式中所采用的荧光粉三基色所能复现的色域。如果将激光三基色完全再现荧光粉的色彩,则会失去激光大色域的优势。因此,为发挥激光显示的色彩优势,在接收传统电视信号(荧光粉彩色信号)的情况下,一方面要能兼容,在荧光粉小色域内完全再现其

色彩,另一方面要将其小色域扩展到激光的大色域,又不改变人们头脑中的“经验色”和“记忆色”,使人们看到更多、更丰富的高饱和色,进而实现颜色的虚拟扩展。

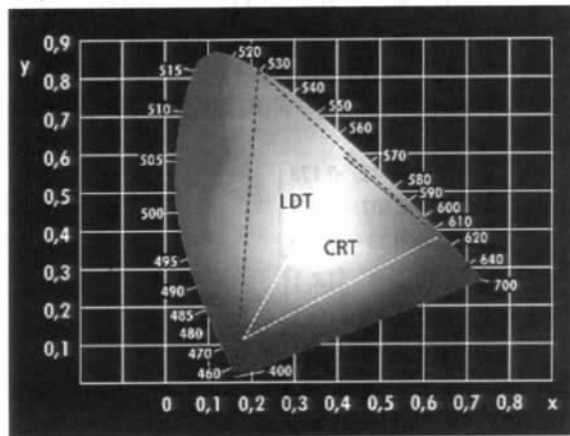


图1 激光显示色域与传统CRT色域比较

Fig.1 The LDT colour space is remarkable greater than that of the CRT

制式	NTSC 制式 (第一组)				PAL 制式 (第二组)			
	[R _{e1}]	[G _{e1}]	[B _{e1}]	C ₀	[R _{e2}]	[G _{e2}]	[B _{e2}]	D ₆₅
色坐标	x	0.67	0.21	0.14	0.310	0.64	0.29	0.15
	y	0.33	0.71	0.08	0.316	0.33	0.60	0.06
	u	0.477	0.076	0.152	0.201	0.451	0.121	0.175
	v	0.352	0.384	0.130	0.307	0.348	0.374	0.105

表1 电视显像基色的色度坐标

Table1 The chromaticity coordinates of standard television

田志辉: 博士研究生

基金项目:国家“863”计划资助项目(Na2002AA311130);中科院知识创新项目(NaC02E05Z);吉林省科技厅资助项目(Na20030302)

2 三色激光器的功率匹配

表1表示的是普通电视两种制式的三基色坐标及白点坐标。

对于PAL制式,应选用PAL制显象三基色和标准白D65色度坐标。本实验采用激光红、绿、蓝三基色波长分别为671nm,532nm,473nm,假定激光三基色各有一个单位能配成一个单位的标准白光。

$$I[R_L] + I[G_L] + I[B_L] = I[C_{D65}] \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_{D65} = X_{R_L} + X_{G_L} + X_{B_L} = \frac{x_{R_L}}{y_{R_L}} L_{R_L} + \frac{x_{G_L}}{y_{G_L}} L_{G_L} + \frac{x_{B_L}}{y_{B_L}} L_{B_L} \\ Y_{D65} = Y_{R_L} + Y_{G_L} + Y_{B_L} = L_{R_L} + L_{G_L} + L_{B_L} \\ Z_{D65} = Z_{R_L} + Z_{G_L} + Z_{B_L} = \frac{1-x_{R_L}-y_{R_L}}{y_{R_L}} L_{R_L} + \frac{1-x_{G_L}-y_{G_L}}{y_{G_L}} L_{G_L} + \frac{1-x_{B_L}-y_{B_L}}{y_{B_L}} L_{B_L} \end{cases} \quad (2)$$

其中:L表示亮度,(x,y,z)称为色坐标,由于 $x+y+z=1$,因此通常用(x,y)表示色坐标。标准白的色坐标为(0.313,0.329),红色激光的色坐标为(0.73215,0.26785),绿色激光的色坐标为(0.17024,0.79652),蓝色激光的色坐标(0.11581,0.07358)。

将上述数据带入(2)式,可得功率之比:

$$P_{R_L} : P_{G_L} : P_{B_L} = \frac{L_{R_L}}{v(671nm)} : \frac{L_{G_L}}{v(532nm)} : \frac{L_{B_L}}{v(473nm)} \approx 9.81767 : 1 : 1.25597$$

$v(\lambda)$ 为明视条件下的视见函数。

3 色域转换

显像三基色单位是[R],[G],[B],三基色各有一个单位能配成一个单位的标准白光:

$$\begin{cases} I[R] = m_{R_R} x_R [X] + m_{R_Y} y_R [Y] + m_{R_Z} z_R [Z] \\ I[G] = m_{G_R} x_G [X] + m_{G_Y} y_G [Y] + m_{G_Z} z_G [Z] \\ I[B] = m_{B_R} x_B [X] + m_{B_Y} y_B [Y] + m_{B_Z} z_B [Z] \end{cases} \quad (3)$$

$$(m_{R_R} x_R + m_{R_Y} y_R + m_{R_Z} z_R) [X] + (m_{G_R} x_G + m_{G_Y} y_G + m_{G_Z} z_G) [Y] + (m_{B_R} x_B + m_{B_Y} y_B + m_{B_Z} z_B) [Z] = I[C_{D65}] \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} [R] \\ [G] \\ [B] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{R_R} x_R & m_{R_Y} y_R & m_{R_Z} z_R \\ m_{G_R} x_G & m_{G_Y} y_G & m_{G_Z} z_G \\ m_{B_R} x_B & m_{B_Y} y_B & m_{B_Z} z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [X] \\ [Y] \\ [Z] \end{bmatrix} = [A]^{-1} \begin{bmatrix} [X] \\ [Y] \\ [Z] \end{bmatrix} \quad (5)$$

令式(4)和式(5)对应相等,并将 $[R_2]$ 、 $[G_2]$ 、 $[B_2]$ 的色坐标分别代入(4)式和(5)式:

$$[A_{e2}] = \begin{bmatrix} 0.43 & 0.342 & 0.178 \\ 0.222 & 0.707 & 0.071 \\ 0.02 & 0.13 & 0.939 \end{bmatrix}$$

$$\text{同理可得: } \begin{bmatrix} [X] \\ [Y] \\ [Z] \end{bmatrix} = [A_L] \begin{bmatrix} [R_L] \\ [G_L] \\ [B_L] \end{bmatrix}$$

$$[A_L] = \begin{bmatrix} 0.6582 & 0.1417 & 0.1515 \\ 0.2408 & 0.663 & 0.09626 \\ 0 & 0.02767 & 1.06 \end{bmatrix}$$

$$\text{所以: } \begin{bmatrix} [R_L] \\ [G_L] \\ [B_L] \end{bmatrix} = [A_L] [A_{e2}]^{-1} \begin{bmatrix} [R_2] \\ [G_2] \\ [B_2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.531 & 0.4143 & 0.8512 \\ 1.085 & 0.9377 & 1.356 \\ 0 & 0.2128 & 1.129 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [R_2] \\ [G_2] \\ [B_2] \end{bmatrix}$$

以上即为激光三基色与现有电视RGB制式中的PAL制式间的转换关系。

4 虚拟颜色扩展

这种映射关系建立以后,从电视信号里传输的电信号能相应的转换成激光的电信号,从而实现色彩的正确重现。然而,这种映射虽然能够保证两者的彩色显示一致,但却不能展示激光

显示大色域、高饱和色的优势,因此,我们还要实现由荧光粉三基色的小色域向激光显示的大色域的“虚拟颜色扩展”。具体方法如下:对接收过来的PAL制式信号进行判断,如果颜色信号在色域三角形的边缘上,连接该点与D65并延长至激光色域边缘,得到一个新的色度点,将原来的色度点用这个新色度点代替。颜色点外沿至激光三基色色域三角形的边缘,颜色的饱和度会提高很多。图2是激光显示颜色虚拟扩展的示意图。图中绿色的颜色三角形是激光的色域三角形,粉色的是普通电视的PAL的色域三角形。中间的蓝色连线与电视色域三角形的交点,是电视显示当中将彩色电视对PAL色域三角形以外的颜色的处理,将其色域三角形以外的颜色压缩到三角形的边线上。而激光显示在保持颜色原色调的基础上将其延伸到电视色域三角形以外的位置,即蓝色线方向上绿线上的位置。由图中可见颜色饱和度提高了很多。

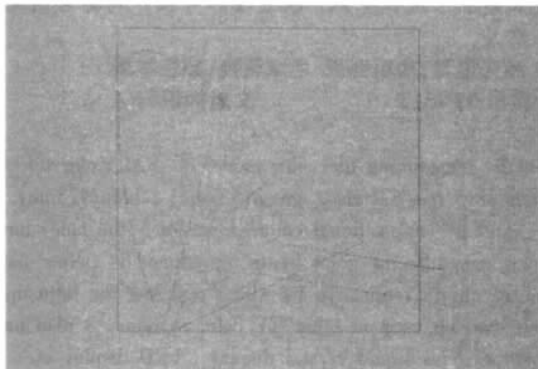


图2 颜色虚拟扩展示例

Fig.2 The example of color visual extension

5 结语

我们上述方法应用于目前正在研制的60英寸激光电视机中,取得了满意的效果。图3为该样机照片。

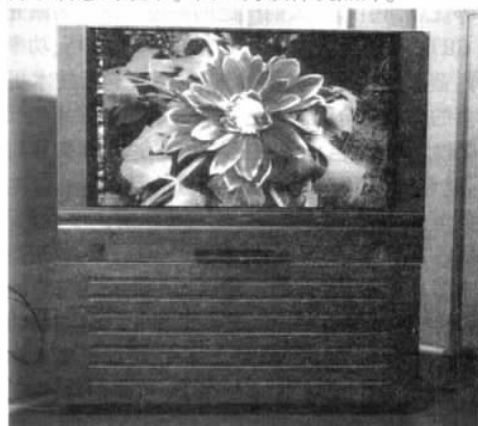


图3 激光电视样机

Fig.3 laser TV sample

本文作者创新点: 本文以PAL为例,解决了激光电视与目前现有制式的兼容性问题。并采用颜色虚拟扩展的办法,是将普通荧光粉PAL制式以外的激光色域用虚拟的方法加以扩展,从而扩大了显示的色域。将该方法应用于目前正在研制的60英寸激光电视样机中,取得了满意的效果。

参考文献

[1] G.Hrbek, J.Lekavich, W.Watson. An improved laser color TV system using acousto-optic interaction[J]. Proc. SID, 1971, 29(2): 77-85.

[2]J.B.Lowry, W.T.Welford, M.R.Humphries. Pulsed scophny laser projection system[J]. Optics and laser technology,1988,20(5):255-258.

[3]Ketabchi Mehrdad, Bering Mikael. Polygonal scanner subsystem for laser display[J]. SPIE,1997,3131:20-29.

[4]Nebel. Diode pumping sharpens large laser displays [J]. Laser Focus World, 1999,35(5):263-266.

[5]K.W.Kennedy, R.J.Martinsen, A.J.Radl, J.F.Arnsten, M. Karakawa. Laser-based SXGA Reflective Light Value Projector with E-cinema Quality Contrast and Color Space[J]. Proc. SPIE, 2000,3954:168-174.

[6]Christhard Deter, Juergen Kraenert. High Resolution Scanning Laser Projection Display with Diode Pumped Solid State Lasers[J]. Proc. SPIE,2000,3954:175-184.

[7]刘伟奇, 魏忠伦, 康玉丝等. 全固态激光彩色视频显示技术[J]. 液晶与显示,2004,19(5):325-328.

[8]康玉丝, 刘伟奇. 扫描式匀场照明技术研究[J]. 光学精密工程, 2004,12(4): 45-47.

[9]张岳, 郝丽, 柳华, 魏忠伦, 刘伟奇. 基于多元回归方法的激光显示颜色校正[J]. 微计算机信息, 2007,2-3: 185-186.

[10]荆其诚, 焦书兰, 喻柏林等. 色度学[M]. 科学出版社,1979.

[11]A.N.杜德罗夫斯基. 光学仪器理论[M]. 科学出版社,1975.

作者简介:田志辉(1981-),男,吉林省长春市人,博士研究生,主要从事激光显示方面的研究。刘伟奇(1958-),男,吉林省长春市人,博士生导师,主要从事激光显示方面的研究。

Biography:Tian Zhihui (1981-),male, Changchun city in Jinlin province, doctor,his interest is laser display.LiuWei - qi (1981-), male, Changchun city in Jinlin province, doctor mentor,his interest is laser display.

(130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室)田志辉 刘伟奇 魏忠伦 柳华 李霞

(100039 北京 中国科学院 研究生院)田志辉 柳华 李霞
(State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)Tian ZhiHui Liu WeiQi Wei ZhongLun Liu Hua Li Xia

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)Tian ZhiHui Liu Hua Li Xia

通讯地址:(130033 吉林长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室 332 室 长春经济技术开发区东南湖大路 16 号)田志辉

(收稿日期:2007.12.06)(修稿日期:2008.2.04)

(上接第 186 页)

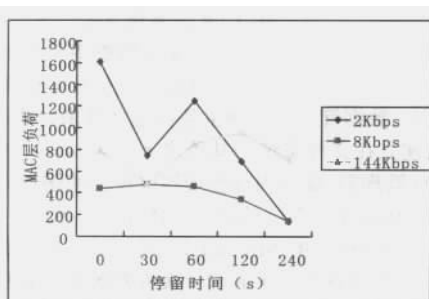


图 8 MAC 层负荷

由于 2 Kbps 支持低话音业务传输速率, 8 Kbps 支持低速分组数据交换业务传输速率, 144 Kbps 支持准多媒体业务传输速率, 因此本文分别以这 3 种发送速率为例研究不同发送速率对 TORA 路由协议性能的影响。从上面 4 个图中可以看出, 发送源节点为 20 时, 不同发送速率下所有曲线的变化趋势均为一, 即在低发送速率时各项性能指标最好, 证明仿真结果是合理可信的。如从图 5 可以看出, 发送速率为 2 Kbps 的报文转发率始终比较平稳且处于最大值, 发送速率为 144 Kbps 的报文转发率是最小的。从图 6 可以看出, 发送速率为 2 Kbps 的端到端平均时延始终比较平稳且处于最小值, 发送速率为 144 Kbps 的端到端平均时延是最大的。从图 7 和图 8 可以看出, 发送速率增大其路由负荷和 MAC 负荷就變得越来越大。

5 结论

从不同发送源节点数来看, 源节点分别为 10, 20, 30, 随着发送源节点的减少, 在其它参数相同的情况下, 表现出停留时间越短, 报文转发率越高, 端到端平均时延越低, 路由负荷越低, MAC 层负荷越低。如当发送源节点 10, 停留时间为 30 s, 发送速率为 2 Kbps 时, 其报文转发率 91.62%, 端到端平均时延 156 ms, 路由负荷为 19, MAC 层负荷为 327; 而当发送源节点 30, 停留时间为 30 s, 发送速率为 2 Kbps 时, 其报文转发率 24.80%, 端到端平均时延为 247 ms, 路由负荷为 672, MAC 层负荷为 1063。因此, TORA 协议适合在高动态, 少发送节点的环境下工作。

从不同发送速率来看, 如 2 Kbps, 8 Kbps, 144 Kbps, 随着发送速率的增加, 报文转发率越来越低, 路由负荷和 MAC 层负荷的变化都比较大, 如发送速率为 2 Kbps, 最大连接数为 20, 停留时间为 0 s 时, 其报文转发率为 76.38%, 端到端平均时延为 94 ms, 路由负荷为 616, MAC 层负荷为 1608; 其它条件不变, 当发送速率为 144 Kbps, 其报文转发率为 2.67%, 端到端平均时延为 1124 ms, 路由负荷为 311, MAC 层负荷为 794。

综上所述, 通过从报文转发率、端到端平均时延、路由负荷、MAC 层负荷四个方面对 TORA 路由协议进行仿真, 仿真结果显示 TORA 适用于高动态、少发送节点、低发送速率的环境。这将为 TORA 路由协议今后的应用提供相应的重要依据。

本文作者创新点:1、研究了节点移动性对路由协议 TORA 的性能影响;2、研究了不同发送速率下路由协议 TORA 的性能;3、得出了路由协议 TORA 的适用环境。

参考文献

[1]赵彦, 张基温, 曹建林等. 一个 Ad Hoc 网络中的组合 QoS 路由协议[J]. 微计算机信息, 2006 22(3-3):110-112

[2]V Park, S. Corson. Temporally-ordered routing algorithm (TORA) version 1 Functional specification [Z]. Internet Draft, draft-ietf-manet-tora-spec-04.txt, Julv 2004.

作者简介:朱西平(1971-),男,土家族,湖南慈利人,副教授,博士,主要从事移动 Ad Hoc 网、无线传感器网、移动因特网等研究工作。

Biography:Zhu xiping (1971-), male (minority ethnic), hunan, department of network engineering of chengdu university of information technology, associate professor, Ph.D. His research interests are in the areas of mobile ad hoc networks, wireless sensor networks and mobile internet networks.

(610225 四川成都 成都信息工程学院网络工程系)朱西平

通讯地址:(610225 四川 四川成都西南航空港经济开发区学府路一段 24 号)朱西平

(收稿日期:2007.12.06)(修稿日期:2008.2.04)