

虚拟标准显色设备))) 跨网络色彩重现的新方案

卫保国, 沈兰荪, 蔡轶珩

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

摘 要: 随着网络的普及和多媒体应用的增长, 彩色的传输和真实重现日益受到重视. 虽然基于 ICC 的色彩管理提供了色彩复制与传递机制, 但是这些技术仍存在增加系统开销、设备特性信息传递困难、不同色彩管理系统难以混合等问题. 本文提出了/ 虚拟标准显色设备0的概念, 较好地解决了跨网络、跨平台的色彩重现问题. 实验结果证明了这种方法的有效性.

关键词: 色彩重现; 色彩管理; 虚拟标准显色设备

中图分类号: TP391. 4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 12-1828-04

Virtual Standard Color Device: A New Solution to Cross2network Color Reproduction

WEI Bao2guo, SHEN Lan2sun, CAI Y2zheng

(Signal & Information Processing Lab., Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: With the pervasiveness of networks and multimedia applications, color communication and reproduction have drawn much more attentions. Although the ICC-based color management techniques can provide the color reproducing and transmitting mechanism, limitations still exist: prone to increase the system overhead, inconvenient to deliver the color devices characteristic and difficult to combine different color management systems. In this paper, we propose the/ Virtual Standard Color Device0to solve the cross2platform and cross2network color reproduction problem. Experimental results prove the effectiveness of this solution.

Key words: color reproduction; color management; Virtual Standard Color Device

1 引言

在多媒体通信、医学成像以及视频处理等领域, 颜色复制与传递受到广泛的重视^[1]. 如在视频系统中, 由于显示器的特性不同, 视频图像的色彩很难再现; 在网上购物中, 色彩失真会影响商品的选购; 在有些医学诊断中, 颜色失真会影响医生的诊断结果. 在电子出版领域, 也存在类似的问题.

来自不同厂商的彩色设备具有不同的色彩特性, 例如, 色彩空间(Color Space)、色域(Gamut)、C 曲线(Gamma Curve)、白点(White Point) 以及观察条件等. 在大多数情况下, 由于设备和介质不同, 同一图像数据在不同的显色设备上的色彩表达效果不同, 甚至在同一类显色设备上的表现结果也有差异. 因此, 在一个集成的环境中, 必须认真解决色彩的控制和传输问题.

1993 年成立的国际色彩协会 ICC(International Color Consortium) 为多设备环境中色彩管理信息的共享定义了标准数据格式, 提供了贯穿整个色彩重现过程的可靠机制, 并规范了色彩管理的基本概念^[2]. 当前, ICC 标准已成为事实上的色彩

管理工业标准.

基于 ICC 的开放的色彩管理技术, 能够解决图像数据在各种色彩空间上的转换问题, 使图像的色彩在整个制作过程中失真最小, 使得支持这一机制的各种设备, 在彩色信息的传递方面相互匹配, 达到/ 所见即所得0 (What You See Is What You Get)^[3].

然而, 基于 ICC 的色彩管理仍存在增加系统开销、设备特性信息传递困难、不同色彩管理系统难以混合等问题^[4], 在跨网络的应用上更是如此. 为此, 本文提出了/ 虚拟标准显色设备0的概念, 并以一个基于虚拟标准显色设备的跨网络色彩重现方案为例, 较好地解决了这些问题.

2 色彩管理

色彩管理的基本思路是: 选择一个与设备无关(device independent) 的参考色彩空间(例如, 基于 CIE 的色彩空间); 然后对系统中的各个设备进行特征化描述; 最后在各个设备的色空间与参考色空间建立确定的对应关系. 根据这个对应关系, 色彩数据先从源设备色彩空间转换到参考色彩空间, 进而

再转换到目标设备的色彩空间,如图 1 所示.图中,Profile 文件用于描述设备的显色特性,通过它可以得到设备色彩空间到参考色彩空间的转换关系.

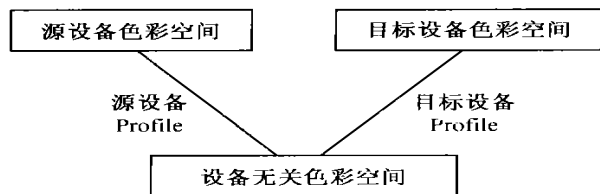


图 1 色彩管理的基本思想

色彩管理通常需要三个步骤(图 2). 首先,对系统中的每一设备用标准参照物进行设备校准(Calibration);其次,分别建立表征其显色特性的概貌文件(Profile),即确立特性(characterization),一般采用采用专门的测量仪器;然后在色彩传输时以色彩描述文件进行色彩空间转换(Conversion),实现色彩匹配.

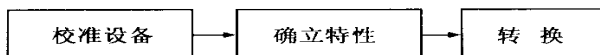


图 2 色彩管理的三个步骤

显然,基于 ICC 的开放的色彩管理是目前最为理想的方法.然而,它仍存在着一定的问题.主要表现在^[4,5]:

(1) 将 ICC profile 嵌入到图像文件中将增大文件的尺寸,从而导致系统的额外开销.这只适合于高级用户,大多数用户并不需要这个层次上的灵活性;

(2) 有许多应用实际上并不鼓励用户在文件中添加数据,尤其是在 Web 应用中.如果 Web 站点的每个图像都来自不同的地方,用户不得不每次都为每个图像下载指定设备的 profile.这对用户来说是非常痛苦和费时的;

(3) 如果因特网上的两个站点支持不同的色彩管理系统,由于色彩测试工具、ICC profile 生成工具、参考色以及所支持的 profile 子类型等的差异,它们之间的 ICC profile 不会完全兼容.因此,这两个色彩管理系统难以混合;

(4) 大多数现有的文件格式不支持色彩 profile 的嵌入;

(5) 测定和生成 profile 所花费的时间对许多应用来说是难以忍受的.

可以看出,基于 ICC 的色彩管理的问题主要在于 ICC profile 生成、存储和传送.如果将 ICC profile 嵌入到图像文件中,则将增大文件的尺寸(增加几千字节到数十千字节);并且大多数现有文件格式不支持这种嵌入.而如果将 ICC profile 保存为独立的文件,则用户不得不每次都为每个图像下载指定设备的 profile,会造成用户的操作负担,且不利于管理.因此,ICC profile 的存储和传送方法在可操作性方面欠缺考虑.

3 虚拟标准显色设备的引入

如图 1 所示,色彩管理的关键是源显色设备与目标显色设备之间通过一个与设备无关的中间色彩空间进行转换.如果设备之间传输(包括跨网络的传输)的是基于中间色彩空间(如 CIE Lab)的图像数据,那么,目标显色设备只须将这些数据转换到自身的色彩空间,即可实现彩色重现.不幸的是,这

种良好的想法没有实现的条件.首先,大多数图像文件格式都是基于 RGB 色彩空间的;其次,如果显色设备不支持色彩管理,那么采用 Lab 空间传输图像数据或者无法显示,或者增加数据转换的开销.

但是,如果我们引入一个虚拟标准显色设备(VSCD, Virtual Standard Color Device),并以 VSCD 为中间设备,其他显色设备只与它进行色彩转换,那么就可以克服色彩管理的局限性,比较圆满的解决 ICC profile 存储和传送问题,同时保证设备间的色彩重现.

这样的显色设备,其显色特性应该公开、恒定、全面、互通、宽广.

公开指该虚拟设备的显色特性参数公开,可以为每个色彩管理系统所使用;

恒定指该设备的显色特性一旦确定将永不改变(但可增加),避免造成版本混乱.

全面指它包含所有 profile 子类型、所有主流显色设备的特性参数,即它可以代表所有的显色设备,既是显示器、又是数码相机、扫描仪,还可以是打印机.这种特点有利于不同色彩管理系统之间的互相转化.

互通指在虚拟设备所代表不同类型的显色设备之间,同一图像数据的颜色可以真实再现而无须转换.

宽广是就该设备的色域而言,任何显色设备的数据都可以和它的色彩空间实现一一对应的映射,而无需色域匹配,保证多次转换不发生失真.

由于 VSCD 的显色特性参数公开,因此它的 ICC profile 无需传送.图像数据在这样的设备上能够达到虚拟的色彩重现.

4 引入虚拟标准显色设备的色彩管理

引入虚拟标准显色设备后,色彩管理就变成:定义一个广泛接受的中间标准设备,色彩数据先从源设备的色彩空间,通过设备无关的参考色彩空间,转换到虚拟显色设备的色彩空间,然后进行传送.再将数据从虚拟设备色彩空间,通过参考色彩空间转换到目标设备的色彩空间,实现色彩重现.图 3 从数据传输和转换的角度说明了引入 VSCD 前后的色彩管理不同之处.

引入 VSCD 的色彩管理省去了源设备 profile 的传输,但需在源设备方多进行一次数据转换(源设备色彩空间 \rightarrow 虚拟设备色彩空间).由于虚拟设备的特性已知且恒定,因此可以采用一些快速算法进行转换.而在目标设备方,转换的次数并没

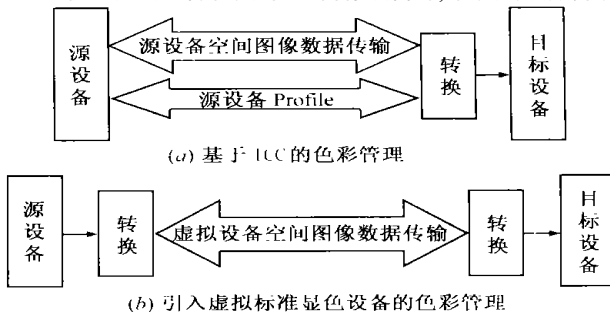


图 3 引入虚拟标准显色设备前后的色彩管理

有增加。

引入 VSCD 的色彩管理有以下优点:

(1) 解决了 profile 的存储、传送问题. 由于 VSCD 的 profile 公开, 因此无须传送、也无须嵌入在文件中. 可以将 profile 保存在各个显色设备中, 也可以将 profile 隐含在数据转换模块中. 因此不会增加图像文件的尺寸, 也避免了图像文件不支持 profile 嵌入的问题. 不同 Web 站点的用户也无须每次都为每个图像下载指定设备的 profile;

(2) 由于 VSCD 的特性已知且恒定, 因此可以采用一些快速算法(如预先训练好的神经网络等)或编制专门转换软件, 在虚拟设备色彩空间与中间色彩空间进行数据转换;

(3) VSCD 的显色特性全面, 兼容各种色彩管理系统的 ICC profile, 因此不同的色彩管理系统可以通过虚拟标准显色设备方便的混合.

5 虚拟标准显色设备的建立

虚拟标准显色设备的显色特性, 其显色特性可以通过统计得到(以便不支持色彩管理的显色设备也可以获得近似的彩色重现), 然后由国际色彩协会商议决定. HP 和 Microsoft 等已尝试提出一种标准的、经过校正的色彩空间 sRGB, 能够较好地适应监视器和其他色彩工业界的标准^[5]. 可以考虑以此标准为基础, 建立 VSCD. 如作为显示器的 VSCD 的主要特性可以是:

- 亮度级别: 80cd/ m²
- 观察条件: CIE D65 标准光源
- 色 温: 6505k
- C 曲 线: R、G、B 的 C 值均为 2. 2
- RGB 的相对三刺激值(relative tristimulus value):
- redColorant: 0. 4124, 0. 3576, 0. 1805
- greenColorant: 0. 2126, 0. 7151, 0. 0721
- blueColorant: 0. 0193, 0. 1192, 0. 9505

6 跨网络色彩重现的一个实例

多台计算机通过网络连接, 其中一台计算机的显示器为源显示器, 其他为目标显示器. 我们要在目标显示器上得到与源显示器上一致的色彩. 现有的色彩管理需要向多个目标显示器传送源显示器的特性描述文件, 采用虚拟标准显色设备

后, 减少了数据传输, 同时得到了较好色彩重现效果. 其实现过程如下:

首先对显示器进行校准, 以获得最佳的显示效果. 其中包括亮度、对比度和色温的调节.

其次, 获取显示器的特性描述参数. 我们采用 Xrite 公司的色度计 DTP92Q 测得显示器的参数. 源显示器和其中一台目标显示器的主要参数如表 1 所示.

色彩转换以 CIE XYZ 为连接空间. 先从源显示器的色彩空间通过 CIE XYZ 色彩空间转换到 VSCD 的色彩空间, 将得到的数据通过网络传送到各个目标显示器. 再以 CIE XYZ 色彩空间为中介转换到目标显示器的色彩空间. 其转换方法见文[2, 3].

表 1 显示器的特性描述参数

内 容 描 述	源 显 示 器	目标显示器 1
红色的相对三刺激值	0. 44, 0. 25, 0. 04	0. 35, 0. 19, 0. 03
绿色的相对三刺激值	0. 32, 0. 68, 0. 15	0. 35, 0. 73, 0. 16
蓝色的相对三刺激值	0. 19, 0. 09, 1. 09	0. 24, 0. 11, 1. 37
红色通道阶调曲线	2. 1	1. 7
绿色通道阶调曲线	2. 2	1. 7
蓝色通道阶调曲线	2. 3	1. 8

为了检验色彩重现的效果, 设计了 22 个色块进行测试. 采用 CIE Lab 色差公式评估^[6]. 结果如表 2 所示. 其中 X_s、Y_s、Z_s 值为源显示器相应色块的三刺激值, X1、Y1、Z1 值为转换前目标显示器 1 相应色块的三刺激值, X2、Y2、Z2 值为转换后目标显示器 1 相应色块的三刺激值, 均采用 DTP92Q 测量得到. \$ E_{Lab1}、\$ E_{Lab2} 为转换前后的色差. 由表中可以看出, 目标显示器 1 转换后测得的三刺激值与源显示器相应色块的三刺激值之间的色差 \$ E_{Lab2}< 5NBS, 可以认为是视觉等效. 表明这种色彩重现的方法是有效的.

我们还将这种方法应用于中医舌象的跨网络色彩重现上. 舌的颜色特性是中医舌诊的主要依据, 舌图像的色彩失真会导致中医作出不正确的判断^[7], 在跨网络、跨平台的远程医疗时更是如此. 为此, 除了需要对舌图像进行彩色校正外^[8, 9], 也要解决颜色的远程传输问题. 我们采用上述方法, 实现了舌图像远程色彩重现, 其效果得到了中医的认可.

表 2 色块值及转换前后测量的三刺激值及它们的色差

色 块 值			源显示器三刺激值			转换前目标显示器三刺激值			转换后目标显示器三刺激值			色 差	
R	G	B	X _s	Y _s	Z _s	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	\$ E _{Lab1}	\$ E _{Lab2}
12	168	196	75. 20	- 59. 86	- 61. 78	35. 90	52. 15	84. 26	77. 13	- 62. 49	- 62. 18	21. 56	2. 76
218	45	194	60. 29	45. 96	- 104. 45	52. 20	32. 94	76. 75	60. 17	41. 12	- 105. 91	22. 20	2. 72
243	225	60	93. 51	- 7. 93	84. 60	73. 27	87. 87	28. 19	94. 01	- 13. 48	85. 70	6. 14	3. 85
18	45	152	38. 02	- 19. 50	- 106. 08	14. 35	12. 88	54. 77	38. 78	- 21. 31	- 107. 06	25. 29	2. 10
12	140	44	62. 80	- 60. 53	58. 51	19. 70	37. 75	15. 46	63. 70	- 62. 48	59. 06	5. 75	1. 87

(转下页续表)

(续表)

色 块 值			源显示器三刺激值			转换前目标显示器三刺激值			转换后目标显示器三刺激值			色 差	
214	58	46	55.70	93.92	28.75	41.78	30.47	13.19	55.73	92.63	29.14	8.09	0.81
176	151	144	76.06	- 6.40	- 12.69	53.63	57.48	57.05	76.06	- 7.05	- 11.51	14.20	1.04
211	206	197	90.63	- 20.36	- 22.19	73.07	81.36	86.45	90.67	- 20.02	- 19.77	16.33	1.51
176	120	96	66.98	16.40	13.99	44.87	45.29	33.56	67.10	15.99	15.12	9.77	0.99
206	184	145	84.75	- 8.90	9.53	64.32	71.51	59.28	84.73	- 8.50	10.96	10.55	0.98
242	246	225	99.46	- 25.53	- 20.10	87.72	99.39	103.05	99.42	- 24.83	- 17.72	16.90	1.43
122	120	100	63.43	- 12.26	4.85	34.71	40.23	34.61	63.53	- 12.43	6.01	10.94	0.90
166	150	153	75.51	- 10.97	- 22.38	52.02	56.47	61.46	75.48	- 10.68	- 20.58	15.51	1.14
219	153	144	79.16	11.08	- 6.12	62.30	62.23	57.16	79.06	11.38	- 4.68	13.04	0.96
234	226	181	95.13	- 19.56	4.34	79.20	89.83	78.79	95.03	- 18.86	5.97	12.41	1.08
134	155	150	74.86	- 26.99	- 19.55	46.38	54.73	60.68	74.85	- 26.72	- 18.10	13.67	0.90
193	207	203	90.26	- 27.44	- 28.15	70.27	80.49	90.21	90.17	- 26.96	- 26.26	16.99	1.12
228	241	236	98.58	- 28.71	- 31.50	85.29	96.94	108.98	98.36	- 28.01	- 29.55	18.38	1.17
255	255	255	100.29	- 28.20	- 30.18	88.82	100.34	111.93	100.12	- 27.47	- 28.25	18.01	1.15
255	0	0	53.84	155.55	36.04	53.71	155.45	36.22	44.10	24.27	3.87	0.48	4.46
0	255	0	92.38	- 95.18	107.11	92.26	- 94.26	107.09	37.92	78.84	17.48	0.82	2.35
0	0	255	41.76	- 19.52	- 163.91	19.75	9.10	110.21	41.70	- 19.51	- 162.81	16.47	1.63

7 结束语

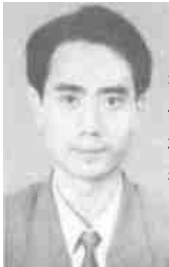
引入虚拟标准显色设备后,较好地解决了色彩管理跨网络应用中存在的关键技术难题,简便实用,效果良好.但要真正发挥作用还有待于设备制造商、软件供应商、特别是国际色彩协会的承认、支持与推广.今后需要研究支持大多数色彩管理系统的通用的 profile 生成方法,并研究如何快速精确地进行色彩转换和再现,以推广色彩管理的应用.

参考文献:

[1] E Boldrin, R Schettini. Faithful crossmedia color matching using neural networks[J]. Pattern Recognition, 1999, 32(3): 465- 476.
[2] ICC. 1: 2001- 12, Profile Format Specification Version 4.0[S].
[3] MHas, T Newman. Color Management Current Practice and The Adoption of a New Standard[DB/ (DB/ OL)]. International Color Consortium, 1998. Available at: <http://www.color.org/overview.Html>.
[4] 徐丹, 蒙耀生, 石教英. 基于 ICC 标准的色彩管理研究[J]. 软件学报. 1998, 9(10): 740- 747.
[5] Michael S, Matthew A, Srinivasan C et al. A Standard Default Color Space for the Internet- sRGB[DB/ (DB/ OL)]. Nov. 1996. Available at: <http://www.color.org/contrib/sRGB.Html>.
[6] 汤顺青. 色度学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990. 82- 102.

[7] 沈兰荪, 王爱民, 卫保国. 图象分析技术在舌诊客观化中的应用[J]. 电子学报, 2001, 29(12A): 1762- 1765.
[8] Zhao Zhongxu, Wang Aimin, Shen Lansun, et al. An automatic Tongue Analyzer of Chinese Medicine Based on Color Image Processing[A]. ICEMI. 99[C]. Harbin, China: ICEMI, 1999. 830- 834.
[9] 赵忠旭, 王爱民, 沈兰荪. 舌象分析仪中彩色校正的研究[J]. 电子测量与仪器学报, 1999, 13(3): 1- 5.

作者简介:



卫保国 男, 1970 年 9 月生于陕西乾县, 1993 年毕业于同济大学, 1999 年获西安交通大学硕士学位, 现为北京工业大学信号与信息处理研究室博士研究生, 主要研究方向图像处理和 分析、模式识别等.

沈兰荪 男, 1938 年 6 月生于江苏苏州, 教授、博士生导师, 主要研究方向为智能化信息处理, 已发表论文 200 余篇, 出版/ 图像编码与异步传输0、/ 视频编码与低速率传输0等著作,

蔡轶珩 女, 1974 年 6 月生于山东济宁, 北京工业大学信号与信息处理研究室博士研究生, 主要研究方向为图像处理、模式识别、科学仪器等.