

基于 ICC 标准的色彩管理研究^{*}

徐丹¹ 董耀生² 石教英¹

¹(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 杭州 310027)

²(香港中文大学计算机科学与工程系 香港)

摘要 色彩管理已成为操作系统的一个重要组成部分,它为各种设备和平台提供一致的、高质量的色彩再生机制。当前,ICC 标准已被很多软、硬件厂商所接受,并成为事实上的色彩管理工业标准。实现基于 ICC 标准的色彩管理系统虽然可采用不同的技术和方法,但是,这些技术和方法不能对所有应用提供一个完美的解决,因而给系统集成带来很大困难。该文综述了基于 ICC 标准的色彩管理技术,内容涉及色彩管理的基本概念、色彩管理系统的不同实现策略、存在的问题以及今后的研究方向。

关键词 色彩管理, CMS(color management system), ICC, profile, 色彩空间。

中图法分类号 TP391

通常,管理色彩是一项费时且开销很大的处理,这是因为来自不同制造厂商的彩色 I/O 设备具有不同的色彩特性,例如,色彩空间(Color Space)、色彩域(Gamut)、 γ 曲线(Gamma Curve)、白点(White Point)以及观察条件等。因而,在一个集成的环境中,色彩数据的控制和通讯是一项艰巨的技术挑战,这就是所说的色彩管理(Color Management)问题,如图 1 所示。

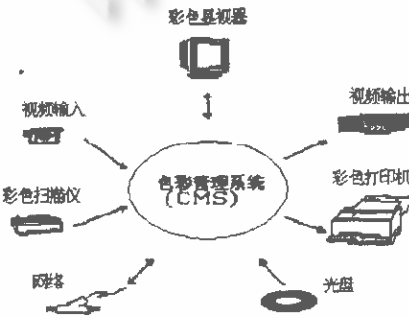


图 1 色彩管理的问题

色彩管理在过去一直是针对不同系统及平台专用的,这一状况得以改变要归功于 1993 年成立的国际色彩联盟 ICC(International Color Consortium)。^[1] ICC 组织不仅为多设备环境中色彩管理信息的共享提供了一个标准的数据格式(称之为 ICC 标准,或简称 ICC),而且还规范了色彩管理的基本概念。

今天,ICC 标准已为大多数计算机制造商和其他色彩相关的工业所接受。但是,不同的厂商在实现支持 ICC 标准的色彩管理系统时,往往采用不同的技术手段和策略;另外,随着诸如 Internet 在线分类购物、印刷、出版以及多媒体等色彩密集应用的增加,这些都要求进一步开发独立于设备的色彩管理技术。

本文试图对计算机色彩管理技术进行综述。我们首先介绍一些有关颜色的基本知识和计算机环境中色彩管理面临的问题。然后,着重讨论 ICC 标准和基于 ICC 标准的色彩管理技术,并对目前存在的工业解决策略进行比较。另外,我们还涉及到 Web 应用中的色彩管理的困难性及其解决方法。最后,总结色彩管理问题,分析 ICC 标准的局限性,并讨论今后的发展方向。

1 计算机中的色彩及色彩管理

色彩的产生有 3 个因素,光线、物体和人眼。照在物体表面的有色光是由特定波长的可见光谱组成的,物体之所以具有某种颜色是因为其表面吸收了入射光中的某些光谱成分,同时将其其他光谱成分反射到人眼。人眼含有 3 种感知可见光谱的锥形接受器(分别为红、绿、蓝),人眼看到的物体颜色决定于反射到人眼中的红、绿、蓝光谱所占的比例。

* 本文研究得到国家自然科学基金资助。作者徐丹,女,1968 年生,讲师,主要研究领域为计算机图形学,虚拟现实,多媒体技术。董耀生,1949 年生,博士,高级讲师,博导,主要研究领域为多媒体系统,电子商业系统,资讯教育。石教英,1937 年生,教授,博导,主要研究领域为科学计算可视化,多媒体计算技术,虚拟环境技术。

本文通讯联系人:石教英,杭州 310027,浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室

本文 1997-04-22 收到原稿,1997-08-12 收到修改稿

1.1 色彩空间

色彩空间是以数值方式表达色彩亮度的模型。一个色彩空间通常定义一维、二维、三维甚至多维来表达色彩信息,其中每一维,也称一个色彩分量或者色彩通道,代表一个色彩亮度值。^[2]例如,RGB 空间就是一个三维的色彩空间。我们使用的色彩空间有的是依赖于设备的,有的是独立于设备的,可粗略地分为 3 类:基于 RGB 的空间、基于 CMY 的空间和基于 CIE 的空间。表 1 给出了它们之间的一个比较,本文主要介绍一些基本的色彩空间,更详细的内容可参见文献[1~6]。

表 1 典型色彩空间的比较

	RGB	CMYK	CIE XYZ
设备独立性	无	无	有
色彩感知	无	无	有
应用	显示器,扫描仪	彩色打印机	所有类型
色彩空间的互换	困难	困难	容易
加/减空间	加	减	加
色彩范围	小于可感知色彩	小于可感知色彩	所有可感知色彩
色彩校正	较容易	容易	困难
物理特性	磷粉,适配器类型	打印介质、墨水	无关

(1) 基于 RGB 的色彩空间

RGB 色彩空间是计算机图形学中最通用的色彩空间,并且被大多数的彩色监视器和扫描仪所支持,它由红(R)、绿(G)、蓝(B)3 个色彩分量组成,并由这些分量合成各种颜色。RGB 色彩空间是依赖于设备的加(Additive)空间,可以表示成如图 2 所示的立方体,其中 3 个坐标轴分别表示 R、G、B 三基色,它们相应的补色分别位于对角上。

HSV 和 HLS 是两个从 RGB 空间导出的色彩空间,分别表示成单圆锥体和双圆锥体。其中 H(Hue)是圆锥角度,S(Saturation)表述了对应于角度和亮度的色彩强度,称饱和度;HSV 中的 V(Value)和 HLS 中的 L(Lightness)均描述了亮度值,对应于圆锥体的高。

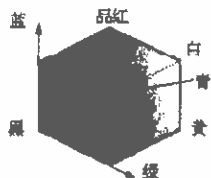


图 2 RGB 色彩空间

(2) 基于 CMY 的色彩空间

CMY 和 CMYK 色彩空间典型地被使用在彩色印刷系统中,它们是依赖于设备的减(Subjective)空间。

- CMY:代表青(Cyan)、品红(Magenta)和黄(Yellow)三种墨水,只适用于低档的打印机。
- CMYK:通用各种打印机,它描述了在打印时如何使用墨水和颜料,理论上,黑色(B)是不需要的,但是,当青、品红和黄被等量地混合到纸上时,往往只产生一个暗褐色的区域,而不是真正的黑色,因此,为了产生较好的打印效果,通常使用黑墨水加印在该暗褐色区域上。

相似地,可用图 2 所示的立方体来表示基于 CMY 的色彩空间,此时,青、品红、黄分别代表 3 种主色,其补色红、绿、蓝为三辅色,理论上,如果将立方体规范化为 1,则 RGB 和 CMY 值在 CMY 空间中的关系可简单地表述为

$$\begin{cases} \text{Cyan} = 1.0 - \text{red} \\ \text{Magenta} = 1.0 - \text{green} \\ \text{Yellow} = 1.0 - \text{blue} \end{cases}$$

但在实际应用中,从 RGB 空间转换到 CMYK 空间是非常复杂的,因为加入到暗褐色区域的黑墨水量及减少的其他墨水量的计算,涉及到特定设备、特定墨水,甚至特定纸张的性质。

(3) 基于 CIE 的色彩空间

CIE(Commision Internationale d'Eclairage)组织于 1993 年推荐的色彩空间是不依赖于设备的空间,通常被称为基于 CIE 的色彩空间。CIE 组织致力于从人眼感官的角度建立一组不依赖于设备特性的新的色彩表达模式。基于 CIE 的色彩空间包括:

- XYZ 空间 是模拟人眼视网膜对 3 类刺激的反应而得到的一个 XYZ 三刺激元的假想集合。X、Y、Z 值的范围被表示成百分比形式。
- Y_{xy} 空间 是以两维色彩坐标 x 和 y 来表示 XYZ 值,并模拟空间中的色度和饱和度。
- L*u*v* 和 L*a*b* 空间。上述的 XYZ 空间和 Y_{xy} 空间都是感官非线性的,即它们不能根据相对位置来预测颜色。为此,L*u*v* 和 L*a*b* 空间通过参考白点来表达颜色,参考白点通常是由给定设备所能产生的最白光在 XYZ

空间中的值来决定.

1.2 外设的色彩特性

计算机系统能够包括一些对数值色彩数据进行输入、输出或在其他用户可视级上处理色彩数据的外设,每一设备都以其独特方式再现颜色,即使是同一类型的设备,这主要取决于不同设备的以下色彩特性.^[7,8]

- 色彩空间(Color Space),例如,大多数监视器和扫描仪所采用的 RGB 空间和大多数打印机所采用的 CMYK 空间.

- 色彩域(Gamut Range):设备所能显示或打印的色彩范围称为该设备的色彩域.

- γ 曲线(Gamma Curve):表示显示亮度相对于显示电压的曲线.一般而言,显示光的强度是驱动电压的幂函数.在工程上这一关系需要线性化.

- 白点(White Point),白点是由给定设备所能产生的最白光在 XYZ 空间中的值决定的.

在大多数情况下,由于设备和介质的限制,上述特性的差异是不可避免的,尤其是在需要混合不同厂商的设备或频繁重构系统的情况下更是如此.

1.3 色彩密集应用中的色彩管理问题

色彩以数值方式出现已很久了,例如,在计算机屏幕上显示色彩信息、通过扫描仪扫描一幅彩色图象以及在打印机上输出色彩效果.另外,在计算机科学的许多领域,诸如计算机图形学、CAD、科学计算可视化以及医学成像等,色彩管理是一个重要的绘制因素.

(1) 出版业

出版业中颜色的使用由来已久.传统上,色彩的控制是一种主要凭经验的技艺,有经验的印刷技工能很好地把握色彩输出的效果.今天,桌面印刷系统和专业印刷企业要求高质量和高精度的色彩再现,这意味着色彩控制更为复杂,仅凭经验已难以胜任.因此,管理颜色的新技术必须集成到计算机的色彩控制功能中,以确保从输入到输出的一致色彩再现.这些技术的一个主要目的就是要将那些经验知识封装在一个对用户透明的黑箱中.

(2) 计算机图形学

人们经常看到,在自己窗口中选择的颜色与在其他系统所选的同一颜色略有不同.为什么个人计算机为文档处理提供的所谓“所见即所得(WYSIWYG)”功能并未包括文档的色彩部分呢?当人们希望打印输出的时候,上述问题更为突出.这是因为监视器的色彩空间通常是基于 RGB 的加空间,而打印机的色彩空间通常是基于 CMYK 的减空间,并且即使是同类监视器,也有不同的色彩特性.进一步地,在屏幕上绘制一个诸如 3D 真实感的图形可能花上几个小时,如果用户还想打印他在屏幕上看到的图形,则实现从监视器的色彩空间到目标打印机的色彩空间的首次匹配是一个更为复杂的色彩管理问题.

(3) 视频处理

今天,在计算机监视器上显示视频图象的应用日益增多,例如,多媒体文档中的视频图象或者视频技术和计算机技术结合的视频会议系统.虽然电视和计算机监视器都采用基于 RGB 的色彩空间,并通过 CRT 显示输出图象,但是,他们的显示特性在细节上是不同的,如 γ 值、白点和磷粉等,因此,这些应用都要求色彩管理系统能够真实地在计算机监视器上再现视频图象的色彩.

除了上述应用之外,其他许多色彩密集的应用都必须解决色彩管理的问题,下文将作详细讨论.

2 色彩管理

色彩管理是一种将对象从当前所基于的颜色空间转换到输出设备所支持的色彩空间的技术.这种技术最本质的目标是提供跨外设和跨操作系统平台的一致的色彩再现机制.^[2,3]它所蕴涵的一些基本概念如下.

设备特性(Device Characterization)规定了确定设备的色彩特性,诸如所支持的色彩空间、色彩域、 γ 值和白点等.

色彩转换(Color Conversion)是从一个色彩空间到另一个色彩空间的转换过程.

色彩匹配(Color Matching)是对转换后的颜色进行调整和匹配,以满足从一种色彩空间色域转换到另一种色彩空间色域的最大相似性的处理过程.色彩匹配总是包含色彩转换,而色彩转换并不一定需要色彩匹配.

实现色彩管理有不同的方法.一般地,根据实现策略可以分成两类:实现于应用层或者操作系统层.前者是一种专用的、依赖于设备的方法,而后者是较通用的、独立于设备的方法.

2.1 传统的色彩管理

传统的色彩管理实现应用层上,这意味着每个应用必须有特定的模块来处理从一个颜色空间到另一个空间的

色彩匹配。如果一个应用支持多个设备,则不得不包含多个色彩匹配模块。在这种方式下,颜色值的指定直接与它们在特定设备上的表示相关。这种实现方法很简单,一旦色彩匹配模块被建立,色彩转换的处理将是很快的。而另一方面,系统中相关变量和条件的任何改变都将导致应用中所有色彩匹配模块的修改。显然,这一工作费时且开销大。基于这种方法的一个例子是 Agfa 的 FotoFlow。^[10]

2.2 开放的色彩管理

随着出版业、CAD 和视频技术的发展,人们注意到,传统的方法越来越不可靠。^[9]首先,开放系统的出现和用户需要集成来自不同销售商的设备,以及频繁地重构系统的要求,这一切相应地也需要一个开放的色彩管理系统。另外,在分布式系统中,文档的建立和重构可能发生在不同的节点上,因而要求建立系统间可靠的色彩通讯。

解决上述问题,需要定义一个广泛接受的中间色彩机制,例如,基于 CIE 的色彩空间。通过这个中间的设备独立的色彩空间,就能够实现一致的色彩数据流的控制,即色彩数据先从一个依赖于设备的色彩空间转换到这个中间的色彩空间,进而再转换到输出设备的色彩空间。

因此,1993 年,Adobe,Agfa,Apple,Kodak,Microsoft,Silicon Graphics,Sun Microsystem 以及 Taligent 几家公司开始共同研究一种通用的色彩管理方法,他们的工作导致了一个被称为 ICC 的标准的产生。ICC 规定了一个标准的文件描述格式(Profile Format),从而提供了一个贯穿整个色彩重现过程的可靠机制。目前,ICC 标准已被许多操作系统接受,并将对计算机工业界产生进一步的影响。下面,我们将集中讨论 ICC 的 profile 格式以及基于 ICC 的色彩管理技术。

2.2.1 ICC Profile

Profile 在 CIE 空间中描述那些依赖于设备的色彩特性。ICC 以统一的格式定义了几种文件架构类型,这一格式为跨设备和跨操作系统的色彩数据转换提供了单一的跨平台标准。

ICC Profile 格式(Format)的完整描述请参阅文献[1]。这里只简单介绍它的基本结构,如图 3 所示。profile 格式是基于标记的格式,它包括 3 部分:文件头、标记表和标记元素。文件头占 128 字节,描述各种一般信息,并为接收系统查找和分类 ICC profile 提供必要的信息。标记表为每个 profile 提供一张标记信息表,描述各个标记的位置及大小等。标记元素提供了 3 个层次的信息元素:需求数据(Required Data)、选择数据(Optional Data)和私有数据(Private Data),它们能被系统开发者随机地、单独地访问。需求标记为色彩转换提供了完整的信息集合;选择标记用于扩展的色彩转换,例如,对 PostScript Level 2 的支持、校正支持等;私有标记允许开发者往他们的 profile 中附加一些专用值。

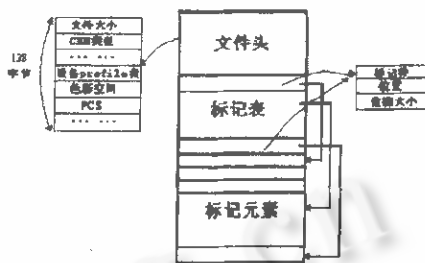


图 3 ICC 描述文件格式

Profile 类型(Type)支持不同类型的 profile 描述,包括 3 种基本的设备 profile 类(输入设备、显示设备和输出设备)和 4 种附加的色彩处理 profile(色彩空间 profile、抽象 profile、设备链 profile 和命名 profile)。

- 设备 profile 用来描述一个物理设备在某种特定状态下色彩空间的特性。
- 色彩空间 profile 包含色彩值转换所必需的数据,例如,CIE 到 RGB 的转换或 RGB 到 CIE 的转换以及色彩匹配所必需的数据。
- 抽象 profile 允许应用在绘制时执行一个特殊的、独立于设备的色彩效果。
- 设备链 profile 组合多个 profile,例如,一个图象的建立和编辑所涉及的各种设备 profile。
- 命名 profile 可看成是设备 profile 的变体。

上述的 profile 不但能以独立于系统的方式存储于磁盘,而且能嵌入到图形文档和图象中。嵌入式的 profile 能够使色彩信息在迁移于不同计算机、网络甚至操作系统时自动地得以解释。虽然嵌入方式增加了文档的尺寸,但它易于管理。相反地,独立于系统的方式虽没有改变文档,但它不易于管理。

2.2.2 基于 ICC 的色彩管理

基于 ICC 的色彩管理意味着基本的颜色管理功能实现在操作系统层上,因此,它是独立于应用的。另外,它必须符合 ICC 标准。^[1]

(1) 基于 ICC 的色彩管理的系统结构

基于 ICC 的色彩管理的系统结构如图 4 所示。在操作系统中,色彩管理机制(Color Management Framework)负

责操作系统最重要的色彩管理功能,这一机制提供了与各种色彩管理模块 CMM(color management modules)的接口.操作系统支持缺省的 CMM 功能,只要是合乎规定并可用的,也可添加其他 CMM 功能. CMM 是色彩管理系统实现色彩数据从一个特定设备的色彩空间到另一个空间转换的核心.色彩管理机制支持 CIEXYZ 和 CIELAB 两种标准的色彩空间.

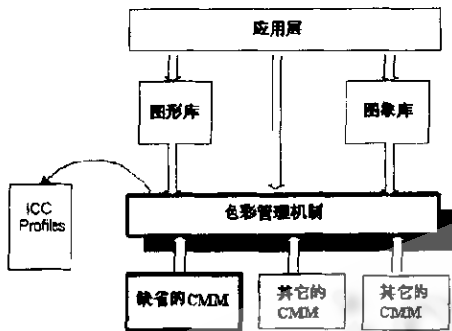


图 4 基于 ICC 色彩管理的系统结构

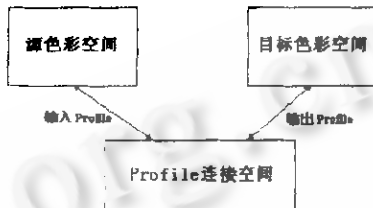


图 5 Profile 连接空间

(2) 基于 ICC 的色彩管理的工作流

基于 ICC 的色彩管理包括两个重要阶段:产生 ICC profile 和色彩匹配.

在第 1 阶段,目的是通过标记图象文件建立 ICC profile,从而将源设备的色彩空间映射到标准的中间色彩空间,或者将中间的色彩空间映射到目标设备的色彩空间.在 ICC 中,这个中间的色彩空间叫作 profile 连接空间 PCS (profile connection space). PCS 提供了一个输入、输出 profile 之间无二义性的连接接口,如图 5 所示.该阶段的重要任务是色彩检测(Color Detection)和色彩校正(Color Calibration).

profile 被用来补偿设备的色彩特性,使设备能匹配到原始图象的色彩.当今的 profile 生成工具已能提供令人满意的扫描仪检测工具和校正软件包(如 IT8 色块^[11]).一些厂商已为监视器的特征化提供了工具,如 COLORTRON.但是,打印机的色彩特征化由于信噪因素已被证明是很困难的.

在第 2 阶段,操作系统使用输入和输出设备的 profile 实现源色彩空间的数据到输出色彩空间的映射.这里隐含两个问题:什么是最好的色彩域匹配以及怎样计算色彩映射?关于第 1 个问题,ICC profile 定义了一个称为 Rendering Intent 的标记,使用户在绘制时能够选择一个最满意的途径来匹配源图象. ICC profile 支持 4 种类型的 Rendering intent:感知匹配、相对色值匹配、饱和度匹配和绝对色值匹配.^[1,2]第 2 个问题是纯数学的转换,具体的转换参见文献 [2,4,9].

2.3 当前色彩管理的工业解决

色彩管理的工业解决叫作色彩管理系统 CMS(color management system).它包括以下几部分内容.^[2]

- 色彩特征集合(诸如色彩标记、精确转换和 profile 集合等);
- 色彩管理模块(CMM)完成色彩特征集合间的色彩匹配;
- 启动色彩匹配的编程接口;
- 独立于设备的色彩空间.

色彩管理系统使得用户可以完成色彩匹配;可以预先看到不能精确再现在指定设备上的颜色;可以在另一台设备上模拟指定设备的色彩范围;甚至可以用设备 profile 校正设备的色彩特性以及其他的校正应用.

到目前为止,许多厂商和公司已经在他们的计算机平台上开发了 CMS 以及基于 ICC 标准的软硬件产品.典型的产品有:苹果公司的 ColorSync^[2,12]、微软 Windows95 的 ICM^[7,8,13]、SunSoft 的 KCMS^[14,15]、SGI 的 Cosmo Color^[14,17] 等.表 2 对主要的 CMS 进行了比较.

表 2 色彩管理系统的比较

版本	ColorSync			ICM		KCMS	ComsColor
	1.0	2.0	2.1	1.0	2.0		
操作系统	Mac OS	Mac OS	Mac OS	Windows 95	Windows 95 Windows NT	Solaris	Indy Indigo2 Challenge
应用支持	ColorSync 1.0 API 用 1.0 profile	ColorSync 2.0 API 用 2.0 profile	ColorSync 2.1 API 用 2.0 profile	ICM API 在 inside the DC 级	ICM API 在 inside 或 outside the DC 级	KCMS API	用户的 Web 应用
ICC Profile 支持	Apple 设计的 profile 格式, 置于内存	支持第三方的 ICC profile, 完整的 profile 嵌入	支持第三方的 ICC profile, 嵌入 profile 标识	在用户系统中 安装所有的 profiles	可安装在 OS 中	第三方的 ICC profile 可安装在 OS 中	安装在 用户系统中
CMM 的支持	ColorSync 1.0 缺省 CMM	2.0 缺省及 第三方的 CMMs	2.1 缺省及 第三方的 CMMs	缺省 CMM	缺省及 第三方的 CMMs	缺省及 第三方的 CMMs	WebForce 支持的 CMM
Web Support	×	×	×	×	√	√	√
Color Space 的支持	RGB XYZ CMYK	RGB,CIE CMYK HiFi 通道	RGB,CIE CMYK 共 8 通道	RGB	RGB,LAB CMYK sRGB	RGB,CIE CMYK	RGB
速度	慢	慢	快	慢	快		

3 Web 上的色彩管理

我们已经知道,基于 ICC 的色彩管理系统成功地提供了跨平台和操作系统的一致的色彩管理方法。随着 WWW 对人类生活日益广泛的影响,更多的基于 Web 的应用被要求和实现。色彩管理作为一个工业界广为研究的重要问题,对基于 Web 的应用来说仍然很关键。

3.1 Web 色彩管理存在的问题

随着 Web 应用的深入,人们逐渐注意到它的一个缺点,Web 上的色彩再现在质量上还不能满足许多应用的要求,例如,网上购物,许多商品的选购直接取决于它们的颜色。其主要原因是,不能捕获 Web 用户监视器的色彩特性,使得 WWW 浏览器上色彩数据的传递不可能精确。^[16]

因为 Web 是一种松散的结构,所以,文档创建者并不知道有多少不同的系统将最终表现这一文档,也不知道有多少类型的设备将用来表现该文档,甚至都不知道文档最终表现的媒体是什么。

为了在 WWW 上增加支持文档产生和分布的色彩管理功能,需要考虑以下约束。

- 色彩管理必须以兼容的方式添加到不支持色彩管理功能的 Web 浏览器和 Web 页面中;
- 像 Netscape 浏览器这类已经存在的 Web 工具,色彩管理功能应不使其改变而完整地集成进去;
- 应该使色彩管理功能的整个设计能够适用于个人计算机。

3.2 Web 中色彩管理的实现

SGI, Apple 等公司已开始研究上述问题,并形成一些解决方案。其中 SGI 的 COSMO Color 是一种支持 ICC profile 的较好技术。

1996 年 2 月 SGI 公司公布的 Cosmo Color 是第 1 个在 World Wide Web 上提供色彩功能的技术。^[16-17] Cosmo Color 由特征化监视器的部件和基于服务器的部件两个部分组成。在第 1 个部件中, Cosmo Color 采用 Sonnetech 公司的 Colorific 来完成监视器的特征化, Colorific 由一个塑料卡和相应的软件组成。用户使用这种技术能快速地通过 Netscape, 或其他 Java 理解的、不考虑所用平台和监视器类型的浏览器,来建立描述其监视器色彩特性的 ICC profile。ICC profile 被存储在客户端,以便支持 Cosmo Color 的 Web 服务器访问。在第 2 个部件中, WebFORCE 服务器利用客户监视器的 ICC profile,实时地将校正和匹配后的图象从源色彩空间传递到客户监视器色彩空间。

另一种解决技术是 Macintosh 上的 PANTONE ColorWeb, 它提供的页面著作工具能确保用户在 Web 页面中使用的颜色是如其所需的, 而不必考虑什么样的计算机和浏览器来访问它. PANTONE ColorWeb 提供一个基于软件的色彩拾取器, 使用户能够从 PANTONE Internet Color System Guide 所提供的 216 种“Internet-safe”的颜色中选择所需的颜色, 并通过唯一的 PANTONE 色彩号, 在许多 Internet 设计和应用编程中方便地访问那些色彩.^[19]

总之, Cosmo Color 是一种可靠的、支持 ICC 的 Web 色彩管理的解决技术, 但它只能控制 Web 用户监视器的色彩特性. PANTONE ColorWeb 实际上只是一个折衷的方案, 它限制了所表现的色彩数目.

4 总 结

我们已经讨论了色彩管理的问题和解决策略, 可以得出这样一个结论: 基于 ICC 的开放的色彩管理是目前最可靠和最为理想的方法. 当然, 它仍存在着一定的问题和局限性.

4.1 基于 ICC 的色彩管理系统存在的问题

ICC profile 将增大文件的尺寸, 从而导致系统的额外开销. 事实上, ICC profile 格式并没有对所有情况提供一个完整的解决手段.^[20]主要表现在:

- 附加一个输入色彩空间 ICC profile 到图象文件中的方式只适合于高级用户, 然而, 大多数用户并不需要这个层次上的灵活性和控制, 他们甚至不支持色彩管理功能.
- 有许多应用实际上并不鼓励用户在他们的文件中添加任何数据, 尤其是在 Web 应用中. 一方面, 如果 Web 站点的每个图象都来自不同的地方, 用户不得不每次都为每个图象下载指定设备的 profile. 这对某些用户是非常痛苦和费时的. 另一方面, 考虑到 Web 站点不支持色彩管理, 色彩匹配必须到 Web 服务器上去完成, 这意味着 Web 服务器对每一个用户都要传递同一图象的不同匹配结果.
- 如果 Internet 上的两个站点支持不同的色彩管理系统, 他们之间的 ICC profile 不会完全兼容, 主要是因为色彩测试工具、ICC profile 生成工具、参考色以及所支持的 profile 子类型等的差异. 因此, 这两个色彩管理系统不能混合.
- 大多数存在的文件格式不能、甚至永远不支持色彩 profile 的嵌入.
- 测试色值和生成 profile 所花费的时间对许多应用来说是难以忍受的.
- 一般情况下, 输出设备在工作时会出现统计偏差.
- 缺乏校正仪器和 profile 生成工具.

4.2 新的发展方向

由于上述基于色彩的管理系统所存在的问题和局限性, 我们认为以下几个方面的问题需要迫切加以解决.

- 为色彩校正设备、精确快速地进行色彩转换和再现开发新的软硬件, 例如, 已经出现了基于现场可编程门阵列 (Field Programmable Gate Arrays) 的可重配置硬件来实现色彩空间转换算法的加速以及色彩校正、线性校正和色彩检测等处理.^[21]
- 开发支持大多数色彩管理系统的通用的 profile 生成工具.
- 进一步研究 Web 上的色彩管理. 例如, 在不同的色彩管理系统之间 ICC profile 的通讯.
- 研究在操作系统中控制颜色的新机制. HP 和 Microsoft 已尝试提出一种优化的、满足大多用户要求、没有任何额外开销的 ICC profile 的实现方法. 这种对操作系统和 Internet 新的色彩支持技术被称为 sRGB, 它是一个标准的、经过校正的 RGB 色彩空间, 能够较好地适应监视器和其他色彩工业界的标准.^[1,20]sRGB 已由 Microsoft 的 ICM2.0 来支持, 并将被置于未来 Microsoft 操作系统版本和 HP 产品中.

参 考 文 献

- 1 ICC Profile Format Specification Version 3.2. International Color Consortium, Nov. 1995
- 2 Apple Computer Inc. Advanced Color Imaging on the Mac OS. Addison-Wesley, Aug. 1995
- 3 James D.F. Computer Graphics: Principles and Practice. Second edition, Addison-Wesley, 1990
- 4 Thorell L.G. Smith W.J. Using Computer Color Effectively: An Illustrated Reference. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1990
- 5 Miles Southworth. Color Separation Techniques. Livonia, NY: Graphic Arts Publishing, 1989
- 6 Roy Hall. Illumination and Color in Computer Generated Imagery. New York: Springer-Verlag, 1988
- 7 Microsoft Windows. T Server Technology Brief, Color Management. 1996
- 8 Microsoft Windows. Color Management and Microsoft Windows Operating Systems. Jan. 1997. Available at: <http://www>.

- microsoft.com/hwdev/devdes/icm.html
- 9 Michael H, Todd N. Color Management: Current Practice and the Adoption of a New Standard. Available at: <http://www.color.org/overview.html>
 - 10 Agfa-Gevaert N V. FotoTune v1.11, 1993
 - 11 Monaco Systems. MonacoCOLOR. 1996. Available at: <http://www.monacosys.com/color.html>
 - 12 Apple Computer Inc. Apple Unveils ColorSync 2.1. Sep. 1996. Available at: <http://www.info.apple.com/pr/press.releases/1996/q4/960923.pr.rel.colorsyntax.html>
 - 13 Eric Bidstrup. Image Color Matching and Printer Drivers in Windows 95. Microsoft Corp., Feb. 1996. Available at: <http://www.microsoft.com/msdn/library/icmprint.html>
 - 14 Sun Microsystems. Kodak Color Management System: Introduction. 1996. Available at: <http://www.sun.com/sunsoft/solaris/graphics/kcms.intro.html>
 - 15 Sun Microsystems. KCMS Architecture. 1996. Available at: <http://www.sun.com/sunsoft/solaris/graphics/kcms.arch.html>
 - 16 Silicon Graphics. Cosmo™ Color: Web Color Management. 1996. Available at: <http://www.sgi.com/Products/cosmo/cosmo-color.html>
 - 17 Silicon Graphics. Silicon Graphics Unveils COSMO Color Technology. 1996. Available at: <http://www.sgi.com/Headlines/1996/Feb/cosmo-color.html>
 - 18 Improved Color for the World Wide Web: A Case Study in Color Management for Distributed Digital Media. Available at: <http://www.color.org/wwwcolor.html>
 - 19 Pantone Inc. ColorWeb: Color Assurance for Web Authoring. 1996
 - 20 Michael S, Matthew A, Srinivasan C *et al.* A Standard Default Color Space for the Internet-sRGB. Nov. 1996. Available at: <http://www.color.org/contrib/sRGB.html>
 - 21 Giga Operations Corp. Reconfigurable Computing Applications: An Overview. 1996. Available at: <http://www.reconfig.com/giga/rcapps.html>

ICC-Based Color Management

XU Dan¹ MENG Yao-sheng² SHI Jiao-ying¹

¹(State Key Laboratory of CAD & CG Zhejiang University Hangzhou 310027)

²(Department of Computer Science and Engineering The Chinese University of Hong Kong Hong Kong)

Abstract Color management has become an important technical support of operating system to provide consistent and quality color reproduction across various devices and platforms. This great improvement is the result of efforts of ICC group. However, there are various techniques and ways to implement ICC-based color management system, and in fact, the standard method does not provide a complete solution for all situation. Therefore, the authors try to give a survey about ICC-based color management technologies on computer. The content includes basic color knowledge, overview of different implement stratagems of color management (focusing on ICC-based), existing problems and future research directions of color management.

Key words Color management, CMS (color management system), ICC, profile, color space.