

YUV 与 RGB 之间的转换

邵 丹, 韩家伟

(长春大学 计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130022)

摘 要: 首先对色彩空间作了简要的介绍, 分别介绍了各种色彩空间的原理、YUV 格式以及 YUV 与 RGB 的关系, 并且给出了换算公式, 将 YUV 的色彩空间与 RGB 的色彩空间的大小进行了比较。最后介绍了 YUV 的部分取样原理, 并分别将 YUV444、YUV422、YUV411 和 YUV420 这四种取样方式进行了比较。

关键词: 色彩空间; YUV; RGB; YUV 格式; 部分取样

中图分类号: TP317.4 **文献标识码:** B

0 引 言

颜色是人的视觉系统对光谱中可见区域的感知效果。它仅存在于人的眼睛和大脑中。为了准确地描述颜色, 必须引入色彩空间的概念。正如几何上用坐标空间来描述坐标集合, 色彩空间用数学方式来描述颜色集合。常见的 3 个基本色彩模型是 RGB, CMYK 和 YUV。

RGB (Red, Green, Blue) 是计算机中最常见的色彩空间。它通过红、绿、蓝 3 基色的相加来产生其他的颜色。由于其设备的独立性, 它被广泛应用于计算机图形、成像系统和彩色电视之中。而 CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) 色彩空间, 则是通过颜色相减来产生其他的颜色, 实现方便, 它被广泛应用于印刷工业。而 YUV 或 YIQ 或 YCbCr 色彩空间则描述灰度和色差的概念, 由于易于实现压缩, 方便传输和处理, 它被广泛应用于广播和电视系统。正是由于这一点, 它也被广泛应用于计算机视频和图像处理之中, 如 JPEG 图像和 MPEG 均使用 YUV 作为存储像素的格式。在获得显示硬件支持的情况下, 使用 YUV 还可以减少和消除色彩变换处理, 极大地加快图像的显示速度。

1 色彩空间概述

1.1 彩色图像的 BMP 文件格式

BMP 图像文件格式, 是微软公司为其 WINDOWS 环境设置的标准图像格式, 并且内含了一套图像处理的 API 函数。随着 WINDOWS 在世界范围内的普及, BMP 文件格式越来越多地被各种应用软件所支持。BMP 图像文件是位图文件, 位图表示的是将一幅图像分割成栅格, 栅格的每一点称为像素, 每一个像素具有自己的 RGB 值, 即一幅图像是由一系列像素点构成的点阵。

1.2 YUV 色彩空间

YUV 是一种基本色彩空间, 被欧洲的电视系统所采用。它被 PAL (Phase Alternation Line), NTSC (National Television System Committee) 和 SECAM (Sequentiel Couleur Avec Memoire or Sequential Color with Memory) 用作复合色彩视频标准。其中 Y 指颜色的明视度 (Luminance), 即亮度 (Brightness), 其实 Y 就是图像的灰度值 (Gray value), 而 U 和 V 则是指色调 (Chrominance), 即描述图像色彩及饱和度的属性。黑白系统只使用 Y 信息, 因为 U 和 V 是附加上去的, 所以黑白系统仍能正常显示。

1.3 YIQ 色彩空间

YIQ 色彩空间是从 YUV 色彩空间衍生出来的,

收稿日期: 2004-05-08

作者简介: 邵 丹 (1976-), 女, 吉林省长春市人, 长春大学计算机科学与技术学院助教, 硕士生, 主要从事图像处理方面研究。

被北美电视系统所采用，被 NTSC 选作为符合色彩视频标准。Y 也是指颜色的透明度，即灰度。而 I 代表 In-Phase（同相），Q 代表 Quadrature（积分），它们表示了一种传输色彩信息的调制方法，实际上也指色调，只是与 YUV 略有不同。

1.4 YCbCr 色彩空间

YCbCr 则是在世界数字组织视频标准研制过程中作为 ITU-R BT. 601 建议的一部分，其实是 YUV 经过缩放和偏移的翻版。其中 Y 与 YUV 中的 Y 含义一致，Cb、Cr 同样都指色彩，只是在表示方法上不同而已。在 YUV 家族中，YCbCr 是在计算机系统中应用最多的成员，其应用领域很广泛，JPEG、MPEG 均采用此格式。一般人们所讲的 YUV 大多是指 YCbCr。YCbCr 有许多取样格式，如 4: 4: 4, 4: 2: 2, 4: 1: 1 和 4: 2: 0。

1.5 YDbDr 色彩空间

YDbDr 被用作 SECAM 复合色彩系统视频的标准。同样 Y 指颜色的透明度即灰度，而 Db、Dr 表示颜色信息。因为它主要用于模拟信号，在表示方法上与 YUV 稍有不同，所以自成一家。

1.6 CMY 色彩空间

CMY (Cyan、Magenta、Yellow) 色彩空间也是一种常用的表示颜色的方式。计算机屏幕的显示通常用 RGB 色彩空间。它是通过颜色的相加来产生其他颜色，这种方法通常称为加色合成法 (Additive Color Synthesis)。而在印刷工业上则通常用 CMY 色彩系统 (一般所称的四色印刷 CMYK 则是再加上黑色)，它是通过颜色相减来产生其他颜色的，所以我们称这种方式为减色合成法 (Subtractive Color Synthesis)。

2 YUV 与 RGB 的相互关系

2.1 YUV 与 RGB 之间的转换

RGB 在计算机领域有着举足轻重的地位，由于色彩显示器使用红、绿、蓝 3 色来产生需要的颜色，所以被广泛用于计算机图形和成像之中。

然而，在处理现实世界的图像时，RGB 并非很有效，因为它对所有色彩都用等长像素点的 R、G、B 3 色加以合成。这就使得每个像素在 R、G、B 3 个成分上拥有相同的像素深度和显示分辨率。而且，处理 RGB 色彩空间的图像也不是最有效的。由于上述和其他一些原因，本系统采用 YUV 色彩空间。可以说在计算机领域，YUV 色彩空间同样占据着重要地位。

RGB 与 YUV 之间可以相互转化^[1]，RGB 与 YUV 之间的对应关系如下：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix},$$
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0.001 & 1.402 \\ 1 & -0.3441 & -0.7141 \\ 1 & 1.772 & 0.001 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}.$$

2.2 YUV 色彩空间大小

由上式得出 YUV 的色彩空间，如表 1 所示。

表 1 YUV 与 RGB 的色彩空间

色彩空间	R G B			Y Cb Cr		
	R	G	B	Y	Cb	Cr
上限	255	255	255	235	240	240
下限	0	0	0	16	16	16

3 YUV 的部分取样

广播、视频和成像标准使用 YUV 色彩空间还有一个重要的原因，就是与人的视觉系统很有关系。人类的眼睛对低频信号比对高频信号具有更高的敏感度。事实上，人类的眼睛对明视度的改变也比对色彩的改变要敏感的多。因此对人类而言，Y 分量比 U 分量重要，根据人眼的这一特征，在不使用任何复杂算法的前提下，可以适当地抛弃 U 和 V 分量以达到压缩的目的，这就是部分取样 (subsampling)。

部分取样的常见方式有 YUV444 (无压缩)、YUV422 (33.3% 压缩)、YUV411 (50.0% 压缩)、YUV420 (50.0% 压缩) 等，其中的数字表明了 Y、U、V 3 个分量的取样比例，即各分量水平取样因子与垂直取样因子乘积的比例。以 $N \times N$ 大小的方阵为例，假设：

对 Y 取 $N \times N$ 个数据单元，即

水平取样因子 $H_y = N$ ；垂直取样因子 $V_y = N$ 。

对 U 和 V 均取 $M_1 \times M_2$ 个数据单元 ($0 \leq M_1, M_2 \leq N$)，即：

水平取样因子 $H_u = M_1, H_v = M_1$ ；垂直取样因子 $V_u = M_2, V_v = M_2$ 。则 Y、U、V 取样比为 $(N \times N) : (M_1 \times M_2) : (M_1 \times M_2)$ 。

若取 $N = 2, M_1 = 2, M_2 = 2$ ，这就是 YUV444 的一种取样方式，没有压缩；

若取 $N = 2, M_1 = 2, M_2 = 1$ ，这就是 YUV422

的一种取样方式, 压缩比 33.3%;

若取 $N = 2, M_1 = 1, M_2 = 1$, 这就是 YUV411 的一种取样方式, 压缩比 50.0%;

若取 $N = 2, M_1 = 1, M_2 = 1$, 这就是 YUV420 的一种取样方式, 压缩比 50.0%。

注意, $4:2:0$ 并非是色差信号采样为 0, 而是和 $4:1:1$ 相比, 在水平方向上提高 1 倍色差采样频率, 在垂直方向上以 C_r/C_b 间隔的方式减小一半色差采样^[1]。如图 1、图 2、图 3 所示。

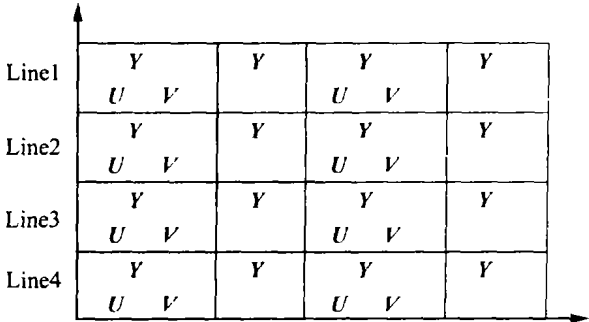


图 1 YUV422 取样格式

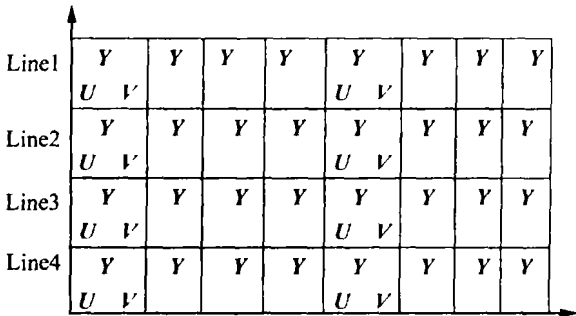


图 2 YUV411 取样格式

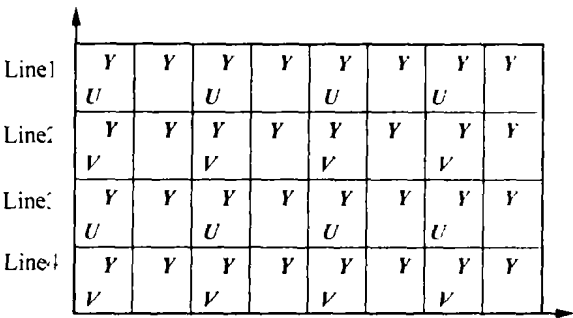


图 3 YUV420 取样格式

4 结 语

综上所述, YUV 的取样格式将直接影响到图像数据存取空间大小, 以及读取和存储图像的速率。我们在选取 YUV 取样格式时考虑到应在保证图像不失真的情况下, 存储空间越小越好, 对于 YUV411 和 YUV420 两种情况, 由于 NTSC 是 $4:1:1$, PAL 采用 $4:2:0$ ^[2], 所以我们选取了 YUV420 取样格式。

参考文献:

[1] 何斌, 马天矛, 王运坚等. Visual C++ 数字图像处理第二版 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002. 4- 8.

[2] 黎洪松. 数字视频技术及应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.

Inter-transformation between YUV and RGB

SHAO Dan, HAN Jia-wei

(Computer Science and Technology College, Changchun University, Changchun 130022, China)

Abstract: Firstly, the article makes an introduction to YUV color space and the principles of different color spaces separately. Then, it makes an introduction to YUV formats and their relationship to RGB provides the reduced formula and compares the color space of YUV with the size of the colour space of RGB. In the end, it introduces the subsampling principle of YUV and has compared these four kinds of sample ways separately.

Key words: color space; YUV; RGB; YUV format; subsampling