

YUV (YCbCr) 格式简介

(此文为转载, 仅用于知识传播, 不做商业用途。)

一、YUV 和 YCbCr 的关系

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。

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。

1.1 YUV

YUV, 是一种颜色编码方法。常使用在各个视频处理组件中。YUV 在对照片或视频编码时, 考虑到人类的感知能力, 允许降低色度的带宽。

YUV 是编译 true-color 颜色空间 (color space) 的种类, Y'UV, YUV, YCbCr, YPbPr 等专有名词都可以称为 YUV, 彼此有重叠。“Y”表示明亮度 (Luminance 或 Luma), 也就是灰阶值, “U”和“V”表示的则是色度 (Chrominance 或 Chroma), 作用是描述影像色彩及饱和度, 用于指定像素的颜色。

Y'UV, YUV, YCbCr, YPbPr 所指涉的范围, 常有混淆或重叠的情况。从历史的演变来说, 其中 YUV 和 Y'UV 通常用来编码电视的模拟信号, 而 YCbCr 则是用来描述数字的视频信号, 适合视频与图片压缩以及传输, 例如 MPEG、JPEG。但在现今, YUV 通常已经在电脑系统上广泛使用。

1.2 YCbCr

YCbCr 其中 Y 是指亮度分量, Cb 指蓝色色度分量, 而 Cr 指红色色度分量。人的肉眼对视频的 Y 分量更敏感, 因此在通过对色度分量进行子采样来减少色度分量后, 肉眼将察觉不到的图像质量的变化。主要的子采样格式有 YCbCr 4:2:0、YCbCr 4:2:2 和 YCbCr 4:4:4。

4:2:0 表示每 4 个像素有 4 个亮度分量、2 个色度分量 (YYYYCbCr), 仅采样奇数扫描线, 是便携式视频设备 (MPEG-4) 以及电视会议 (H.263) 最常用格式; 4:2:2 表示每 4 个像素有 4 个亮度分量、4 个色度分量 (YYYYCbCrCbCr), 是 DVD、数字电视、HDTV 以及其它消费类视频设备的最常用格式; 4:4:4 表示全像素点阵 (YYYYCbCrCbCrCbCrCbCr), 用于高质量视频应用、演播室以及专业视频产品。

二、主要采样格式

主要的采样格式有 YCbCr 4:2:0、YCbCr 4:2:2、YCbCr 4:1:1 和 YCbCr 4:4:4。其中

YCbCr 4:1:1 比较常用，其含义为：每个点保存一个 8bit 的亮度值(也就是 Y 值)，每 2x2 个点保存一个 Cr 和 Cb 值，图像在肉眼中的感觉不会起太大的变化。所以，原来用 RGB(R,G,B 都是 8bit unsigned) 模型，每个点需要 $8 \times 3 = 24\text{bits}$ ，而仅需要 $8 + (8/4) + (8/4) = 12\text{bits}$ ，平均每个点占 12bits，这样就把图像的数据压缩了一半。

上边仅给出了理论上的示例，在实际数据存储中是有可能不同的，下面给出几种具体的存储形式：

1、YUV 4:4:4

YUV 三个信道的抽样率相同，因此在生成的图像里，每个像素的三个分量信息完整(每个分量通常 8 比特)，经过 8 比特量化之后，未经压缩的每个像素占用 3 个字节。

下面的四个像素为：[Y0 U0 V0] [Y1 U1 V1] [Y2 U2 V2] [Y3 U3 V3]

存放的码流为：Y0 U0 V0 Y1 U1 V1 Y2 U2 V2 Y3 U3 V3

2、YUV 4:2:2

每个色差信道的抽样率是亮度信道的一半，所以水平方向的色度抽样率只是 4:4:4 的一半。对非压缩的 8 比特量化的图像来说，每个由两个水平方向相邻的像素组成的宏像素需要占用 4 字节内存。

下面的四个像素为：[Y0 U0 V0] [Y1 U1 V1] [Y2 U2 V2] [Y3 U3 V3]

存放的码流为：Y0 U0 Y1 V1 Y2 U2 Y3 V3

映射出像素点为：[Y0 U0 V1] [Y1 U0 V1] [Y2 U2 V3] [Y3 U2 V3]

3、YUV 4:1:1

4:1:1 的色度抽样，是在水平方向上对色度进行 4:1 抽样。对于低端用户和消费类产品这仍然是可以接受的。对非压缩的 8 比特量化的视频来说，每个由 4 个水平方向相邻的像素组成的宏像素需要占用 6 字节内存。

下面的四个像素为：[Y0 U0 V0] [Y1 U1 V1] [Y2 U2 V2] [Y3 U3 V3]

存放的码流为：Y0 U0 Y1 Y2 V2 Y3

映射出像素点为：[Y0 U0 V2] [Y1 U0 V2] [Y2 U0 V2] [Y3 U0 V2]

4、YUV 4:2:0

4:2:0 并不意味着只有 Y、Cb 而没有 Cr 分量。它指得是对每行扫描线来说，只有一种色度分量以 2:1 的抽样率存储。相邻的扫描行存储不同的色度分量，也就是说，如果一行是 4:2:0 的话，下一行就是 4:0:2，再下一行是 4:2:0... 以此类推。对每个色度分量来说，水平方向和垂直方向的抽样率都是 2:1，所以可以说色度的抽样率是 4:1。对非压缩的 8 比特量化的视频来说，每个由 2x2 个 2 行 2 列相邻的像素组成的宏像素需要占用 6 字节内存。

下面八个像素为：[Y0 U0 V0] [Y1 U1 V1] [Y2 U2 V2] [Y3 U3 V3]
[Y5 U5 V5] [Y6 U6 V6] [Y7 U7 V7] [Y8 U8 V8]

存放的码流为：Y0 U0 Y1 Y2 U2 Y3

Y5 V5 Y6 Y7 V7 Y8

映射出的像素点为：[Y0 U0 V5] [Y1 U0 V5] [Y2 U2 V7] [Y3 U2 V7]
[Y5 U0 V5] [Y6 U0 V5] [Y7 U2 V7] [Y8 U2 V7]