

UHDTV 作为可能是人类最后一个电视标准,对色彩能否正确呈现受到了前所未有的关注,同时我们之所以这么说就是因为之前的彩电标准在色彩学上都不够完美。

传统而言,色彩的可视范围取决于系统本身的基色(primaries,或者说原色)特性,但是色彩的准确度(accuracy)却取决于编码系统。到目前为止,人们都是把某一型号或者某种类型的显示设备基色定义为系统基色。

对于 UHDTV 来说并不需要这样做,因为 40 年前完全不可能做到的复杂信号处理对现在的技术水平来说就是小菜一碟。

想象一下,如果 UHDTV 的系统级基色不是由显示设备基色定义的话,那么系统级基色就能被设计成足够宽大乃至可以包含所有可见色彩,而显示设备基色则可以随时依据不同的情况和设备类型定义出达到的范围,这些处理都可以在显示设备内透过一个 LUT(look-up table,查询表)对传递过来的信号进行转换而达成。

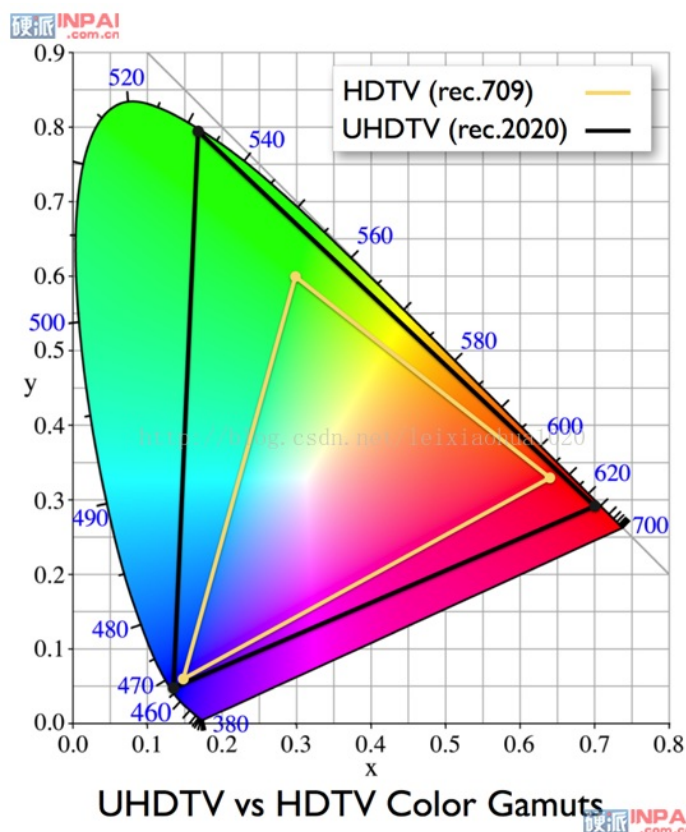
如此一来,所有的显示设备都能在本机色域里实现精确的色彩匹配,让我们看到一致的色彩,彻底抛弃受制于上世纪 70 年代制造技术的色彩标准。

那就上浮点式、含负值的 ACES (学院色彩编码系统,是由超过 50 家电影行业前沿技术专家 and 实际从业者在 2004 年订立的,即 SMPTE ST 2065-2:2012,这里的“学院”就是指发奥斯卡奖的那个学院) 或者 scRGB 色彩空间吧?

很遗憾的是,这两种色彩空间的实现成本还是太高了,而且并非是为人类视觉系统设计的,专注于电影工业制作端的 ACES 不太适合于 UHD TV 这类显示终端上应用。

在 ITU-R 的 UHDTV 规范 Rec.2020 中, UHDTV 系统级色域采用了基于 CIE 1931 XYZ 的 RGB 色彩空间,红基色波长为 630 纳米( $x = 0.708, y = 0.292$ ),绿基色波长为 532nm( $x = 0.170, y = 0.797$ ),蓝基色波长为 467nm( $x = 0.131, y = 0.046$ ),参考白场和 HDTV 的 Rec.709 (CIE D65) 一样(都是  $x = 0.3127, y = 0.3290$ )。

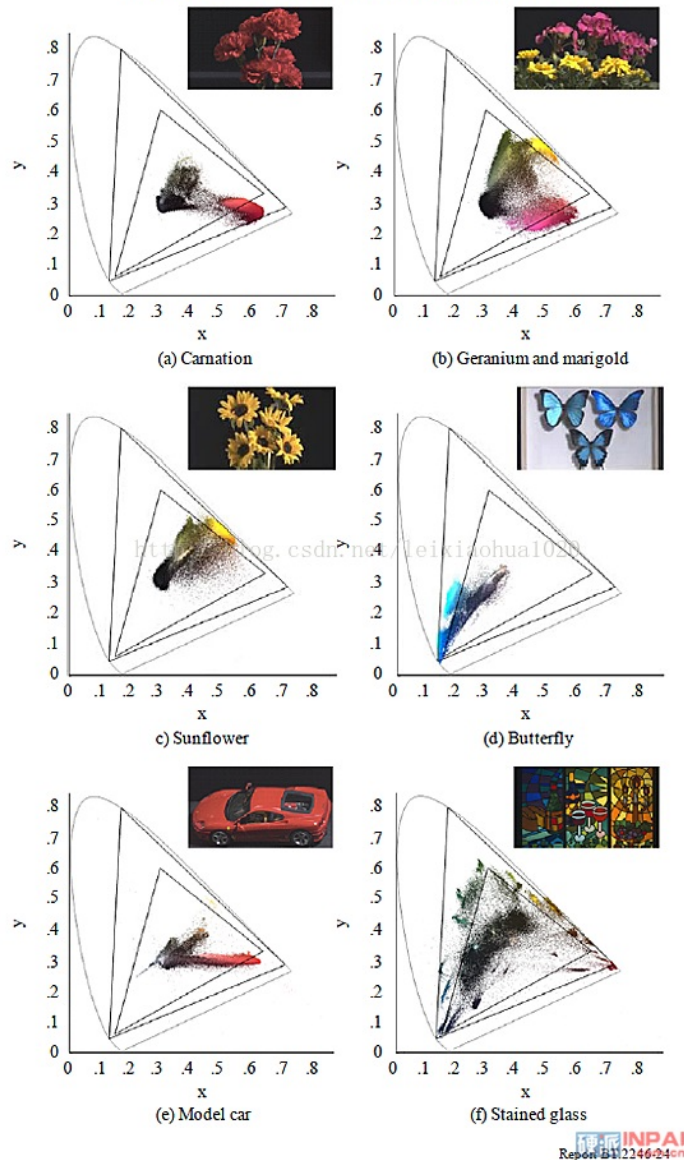
这里的一些数字和当初 UHDTV 最初的提案是有些出入的,目前这个数字是一个折中的方案,因为最初 UHDTV 的提案在这方面有两个方案,分别由日本和韩国提出,总之现在算是某种程度上兼顾了 LCD/AMOLED 和激光电视的色域。



从上图大家可以看到, UHDTV 的色彩空间要比 HDTV 大不少,许多 HDTV 无法呈现的色彩都能在 UHDTV 上呈现。以覆盖范围来看, UHDTV 是 CIE 1931 的 75.8%, 相比之下, 而 Adobe RGB 是 52.1%, 数码相机是 53.6%, HDTV 是 35.9%。

Colour distribution of objects on the x-y chromaticity coordinates

(Inner triangle: HDTV primaries, Outer triangle: UHDTV primaries)



上图是国际电联提供的 UHDTV 和 HDTV 在不同真实表面色彩上的 (xy 色度坐标) 涵盖表现对比测试结果, 大家可以更加直观地体会 UHDTV 广色域系统的优势和 HDTV 的限制。

在信号取样格式方面, UHDTV 可以是非线性的  $Y' C' B' C' R$  (目的是兼容现有的 HDTV 广播系统), 线性的  $Y' C' B' C' R$  (用于精确保留亮度信息), 或者是非线性的  $R' G' B'$  (用于呈现最佳画面品质), 其中  $Y' C' B' C' R$  和  $Y' C' B' C' R$  的色度取样模板可以是 4:2:0 (第一个数字是  $Luma$  亮度取样数; 第二个数字是水平色度取样数; 第三个数字是垂直色度取样数)、4:2:2 或者 4:4:4 (至于  $R' G' B'$  当然只有 4:4:4 了), 取决于实际的应用 (例如是素材拍摄、后期制作、最终信号的传送或存储等) 由“用家”选择。

UHDTV 的每个色彩分量的编码格式是 10-bit 或者 12-bit, 根据色深的不同, 非线性传递函数的  $\alpha$  和  $\beta$  值会略有不同, 不过差别非常小, 就是小数点后第四位的区别。

根据 ITU 的 UHDTV 参数推荐测试文件, 如果 UHDTV 采用 8-bit 色深的话, 平均色彩错误数是 0.78 个, 最大色彩错误数是 2.05 个, 远高于 HDTV 采用 8-bit 色深时候的 0.58 和 1.45。

因此 UHDTV 的色彩编码必须是 10-bit, 如果想更好的话那就要选择 12-bit, 不过即使是 12-bit 在个别情况下还是不够用的, 例如在人类视觉系统最低可察觉对比度特征测试的 Barten 模型中就会出现 12-bit 也都不够用的情况。

文章标签: 超高清 色度 取样格式

个人分类: 超高清/4K

