

ST2094–40 HDR 10 plus

Jiayun Zou

Contents

1	Overview	3
2	Metadata Set	3
2.1	ApplicationVersion	3
2.2	WindowNumber	4
2.3	Distribution MaxRGB	4
2.4	Actual Peak Luminance	4
2.5	FractionBrightPixel	4
2.6	ColorSaturationWeight	4
3	Scene-based Color Volume Mapping Method	4
3.1	Source Normalized Actual Peak Luminance	4
3.2	Target Normalized Actual Peak Luminance	5
3.3	Color Components Normalization	5
3.4	Scene Adaptive Tone Mapping	5
3.5	Scene-based Color Saturation Mapping	5
3.6	Processing Window With Elliptical Pixel Selector	6

1 Overview

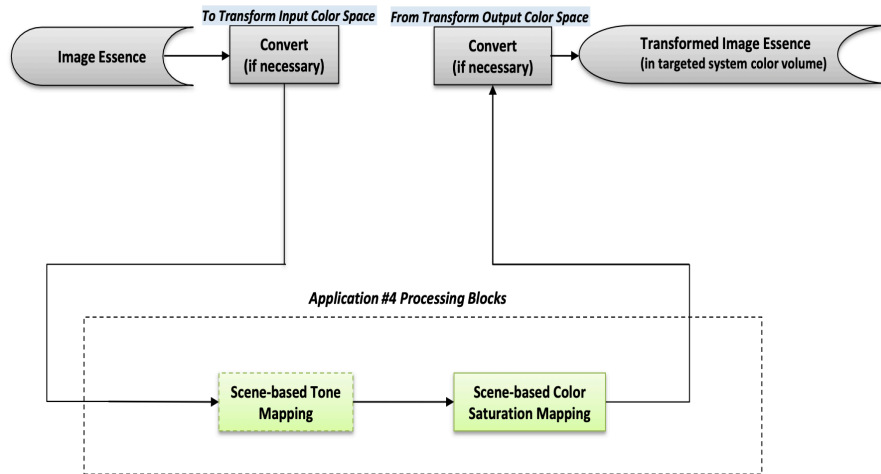


Figure A.1 – Processing blocks used by Application #4

Overview [1]

2 Metadata Set

Metadata Item		Conformance	
ApplicationIdentifier		shall	4
ApplicationVersion		shall	0 or 1
TimeInterval	TimeIntervalStart TimeIntervalDuration	shall one	
ProcessingWindow	UpperLeftCorner LowerRightCorner WindowNumber	shall one	window 0 shall be always present and shall cover all pixels shall be a maximum of 3
	CenterOfEllipse RotationAngle SemiMajorAxisInternalEllipse SemiMinorAxisExternalEllipse SemiMajorAxisExternalEllipse OverlapProcessOption	shall zero or one	shall be extended with an elliptical pixel selector if Window 1 and 2 is present
TargetedSystemDisplay	TargetSystemDisplayMaximumLuminance TargetedSystemDisplayActualPeakLuminance	shall one shall zero or one	shall/should not include
ColorVolumeTransform	MaxSCL AverageMaxRGB DistributionMaxRGB FractionBrightPixels	shall one	
	MasteringDisplayActualPeakLuminance	shall zero or one	should/shall not include
	KneePoint BezierCurveAnchors	shall zero or one shall if KneePoint is present	
	ColorSaturationWeight	shall zero or one	should/shall not include

2.1 ApplicationVersion

ApplicationVersion = 0 aims to maintain compatibility with the 2016 edition

- 对 OverlapProcessOption 方法的规范性描述
- MaxSCL=(0,0,0) 不参与计算
- 在 DistributionMaxRGB.percentages 中，在 99 处使用 99.98 对应的百分比
- FractionBrightPixels 建议值为 0，代表不参与计算
- Bezier 曲线增加了 Ks=0 和 Ks=1 的计算情况
- **不建议**使用某些可选项，**不建议**WindowNumber>0

ApplicationVersion = 1 addresses new constraints or requirements

- DistributionMaxRGB 有 9 个位置的累积分布曲线，在 99 处使用 99.98 对应的百分比
- BezierCurveAnchors 有 10 个值（不包括 0 和 1），10 阶 Bezier 曲线
- **禁止**一些可选项，以及 WindowsNumber>0 的情况
- FractionBrightPixels 有新的计算方法

2.2 WindowNumber

在一帧图像中，最多支持 3 个 Processing Window，其中，Processing Window 0 是必须的，覆盖整个图像，Window 1 和 2 只能够使用椭圆扩展

2.3 Distribution MaxRGB

当 Metadata 中不存在 Bezier 曲线时，为色调映射提供替代依据

2.4 Actual Peak Luminance

在标准中**不建议**（ApplicationVersion=0）使用，或者**禁止**（ApplicationVersion=1）在 2016 版本标准中，附件 C 提供了 Actual Peak Luminance 的测量方法，但在 2020 版本中被删除，如下：

2.5 FractionBrightPixel

在 2020 版本的标准中提供了计算方法，但这应该是视频制作端使用的，并且由于标准中**不建议**或者**禁止** Actual Peak Luminance，因此 FractionBrightPixel 也是**不建议**或者**禁止**的。

2.6 ColorSaturationWeight

不建议（AppliactionVersion=0）甚至**禁止**（ApplicationVersion=1），即实际上不建议使用标准中提供的饱和度调整方案。

3 Scene-based Color Volume Mapping Method

3.1 Source Normalized Actual Peak Luminance

$$M_P = M_{RP} \times S_{MC} \times 10000 / M_{ML}$$

其中， M_{RP} 为 Mastering DisplayActual PeakLuminance，对应 2D LUT，输入为 F_{BP} 和 S_{MC} ，分别对应 Fraction Bright Pixels 和 Average MaxRGB， S_{MC} 为 $\max(MaxSCL)$ ， M_{ML} 为 ST 2086 中定义的 Maximum Display Mastering Luminance。

3.2 Target Normalized Actual Peak Luminance

$$T_P = T_{RP} \times S_{MC} \times 10000/T_{ML}$$

其中，对应系数替换成 Target System Display 参数。

3.3 Color Components Normalization

$$\begin{bmatrix} R_{norm} \\ G_{norm} \\ B_{norm} \end{bmatrix} = \begin{cases} \min\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{M_{RP}} \times \begin{bmatrix} R_{linear} \\ G_{linear} \\ B_{linear} \end{bmatrix}\right), & M_{RP} \text{ available} \\ \min\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{S_{norm}} \times \begin{bmatrix} R_{linear} \\ G_{linear} \\ B_{linear} \end{bmatrix}\right), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

3.4 Scene Adaptive Tone Mapping

$$\begin{bmatrix} R_{stm} \\ G_{stm} \\ B_{stm} \end{bmatrix} = \min\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{F_N(s)}{s} \begin{bmatrix} R_{norm} \\ G_{norm} \\ B_{norm} \end{bmatrix}\right) \quad (2)$$

3.5 Scene-based Color Saturation Mapping

饱和度调整是将图像转换到非线性域调整，但标准中设计的调整方案是 Local 的，即具体的饱和度调整与像素颜色、亮度和 Tone-mapping 曲线等参数相关，每个像素理论上都可以有不同的饱和度系数，具体的求解方法如下所示：

$$f_{scsm}(s) = 1 + \text{ColorSaturationweight} \times \max(0, \frac{\log(M_P \times M_{ML} \times s)}{\log(T_P \times T_{ML} \times F_N(s))} - 1) \quad (3)$$

如果 M_P 和 T_P 不存在，则忽略它们（这里理解当 Actual Peak Luminance 不存在时，则当作默认值 1）。同时，标准中给出了饱和度调整的上限计算方法，如下所示：

$$\begin{aligned} 0 &\leq M_{11} \times Y'_{stm} + \eta(M_{12}C'_{B,stm} + M_{13}C'_{R,stm}) \leq 1 \\ 0 &\leq M_{21} \times Y'_{stm} + \eta(M_{22}C'_{B,stm} + M_{23}C'_{R,stm}) \leq 1 \\ 0 &\leq M_{31} \times Y'_{stm} + \eta(M_{32}C'_{B,stm} + M_{33}C'_{R,stm}) \leq 1 \\ 0 &\leq \eta \leq 4 \end{aligned} \quad (4)$$

即最终的饱和度调整系数为：

$$S_{scsm} = \min(f_{scsm}, \eta) \quad (5)$$

调整饱和度是在 **非线性域**，因此还需要从线性域转换到非线性域，如下：

$$\begin{bmatrix} R_{scsm} \\ G_{scsm} \\ B_{scsm} \end{bmatrix} = EOTF_{1886} M_{2020} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & S_{scsm} & 0 \\ 0 & 0 & S_{scsm} \end{bmatrix} Q_{2020} OETF_{1886} \begin{bmatrix} R_{stm} \\ G_{stm} \\ B_{stm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

因为这里 S_{scsm} 的计算，需要用到线性域数据，而饱和度调整在非线性域，因此标准中的方案不能够完全放在非线性域计算。

3.6 Processing Window With Elliptical Pixel Selector

当椭圆选择窗口存在时，Tone Mapping 只对椭圆中的像素进行处理。

References

- [1] “Dynamic metadata for color volume transform – application #4.”