

世界超高清视频产业联盟标准

T/UWA 028.1—2024

高动态范围（HDR）静态图像 第1部分：双 层格式

High dynamic range (HDR) still images Part 1: Dual-layer format

(V1.0)

2024-06-04 发布

2024-06-04 实施

世界超高清视频产业联盟 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 符号与运算	3
6 HDR 静态图像的双层分发格式端到端系统	9
7 元数据	9
7.1 HDR 图像元数据	9
7.2 双层分发格式元数据	11
7.2.3 静态元数据语义 (StaticMetadata)	14
7.2.4 动态元数据语义 (DynamicMetadata)	14
8 双层分发格式元数据封装	14
8.1 动态范围扩展标识	14
8.2 动态范围扩展处理	14
8.2.1 动态范围扩展处理元数据主要部分	14
9 双层分发格式文件格式	18
9.1 概述	18
9.2 JPEG 双层分发格式	18
9.3 HEIF 双层分发格式	23
10 获取 HDR 图像	27
10.1 从基本图像数据获取显示所需的 HDR 图像的过程	27
10.2 从双层分发格式获取 HDR 图像的过程	28
11 获取 SDR 图像	33
11.1 从 HDR 图像获取 SDR 图像的过程	33
11.2 从双层分发格式的基本图像获取 SDR 图像的过程	33
附 录 A (资料性) DRE-AIG 的生成过程	35
附 录 B (资料性) ICC_profile 建议	37
附 录 C (资料性) 元数据封装、文件格式、处理的补充说明	38
参考文献	43

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由世界超高清视频产业联盟提出并归口。

本文件主要起草单位：中国电子技术标准化研究院、华为技术有限公司、荣耀终端有限公司、维沃移动通信有限公司、深圳市腾讯计算机系统有限公司、行吟信息科技(上海)有限公司、微梦创科网络科技(中国)有限公司、杭州微帧信息科技有限公司、北京百度网讯科技有限公司(百度智能云)、北京数码视讯软件技术发展有限公司、深圳创维-RGB电子有限公司、北京数字电视国家工程实验室有限公司、广东图盛超高清创新中心有限公司、北京小米电子产品有限公司、上海数字电视国家工程研究中心有限公司、北京牡丹电子集团有限责任公司、咪咕文化科技有限公司、OPPO广东移动通信有限公司、北京奕斯伟计算技术股份有限公司。

本文件主要起草人：李婧欣、赵晓莺、徐巍炜、丁岳、赵志杰、潘榕、余全合、王弋川、尤泓杰、郭浩龙、何志江、侯方超、周燎、张秀峰、陈靖、陈秋伯、刘鸿达、魏巍、马程钟、刘进、汪立民、邢怀飞、周骋、佟欣、徐遥令、沈思宽、毛珂、李思远、于路、李维、于磊、林川、谢立允、陈国乔、殷惠清、徐晖、郭佩佩、李康敬、许海滨、胡伟、杨周、茆文艺、付剑。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到7、8、9、10、附录B.2中如下7项与编解码技术相关的专利的使用。专利名称如下：

CN202111082879.5，一种视频编码、解码方法及装置；CN202311294767.5，编码方法、信号处理方法和相关设备；CN202410139746.4，一种数据处理方法及装置、系统；CN202410064774.4，多媒体的元数据编解码方法，PCT/CN2024/072644，数据封装方法及电子设备；CN202311485508.0，编码方法、信号处理方法和相关设备；CN202210033857.8，图像处理方法及电子设备；

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证，其愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案，相关信息可以通过以下联系方式获得：

联 系 人：高艳炫

通讯地址：北京市东城区安定门东大街1号 中国电子技术标准化研究院

邮政编码：100007

电 话：13683269839/01064102619

传 真：01084029217

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

高动态范围（HDR）静态图像 第1部分：双层格式

1 范围

本文件规定了高动态范围静态图像双层分发格式的元数据定义、文件格式、以及适配应用处理的过程。

本文件适用于网络通信、数字摄像、数字存储、数字显示等领域的高动态范围静态图像应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IEC 61966-2-1:1999 多媒体系统和装置-颜色测量和管理-第2-1部分：颜色管理-默认红绿蓝颜色空间-sRGB（Multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 2-1: Colour management - Default RGB colour space – sRGB）

ISO 15076-2 图像技术色彩管理 结构，文件格式与数据格式 第1部分：基于标准ICC.1:2022（Image technology colour management Architecture, profile format and data structure Part 2: Based on ICC.1:2022）

ISO 21496-1 数字图像 图像转换的增益图元数据 第1部分：动态范围转换（Digital photography — Gain map metadata for image conversion — Part 1: Dynamic range conversion）

ISO/IEC 14496-12 信息技术—视听对象编码第12部分：ISO基本媒体文件格式（Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 12: ISO base media file format）

ISO/IEC 23008-12 信息技术—异构环境中的高效编码和媒体传送—第12部分：图像文件格式（Information technology — High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments — Part 12: Image File Format）

ISO/IEC 60559:2020 信息技术 微处理器系统 浮点算法（Information technology Microprocessor Systems Floating-Point arithmetic）

ITU-R BT.2020-1(2000) 数字环境下的客观质量评价技术（Objective quality assessment technology in a digital environment）

ITU-R BT.2100-2 (07/2018) 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值（Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange）

ITU-T H.273 | ISO/IEC 23091-2 用于视频信号类型识别的独立编码点（Coding-independent code points for video signal type identification）

T/UWA 005.1-2024 高动态范围（HDR）视频技术 第1部分：元数据及适配（High Dynamic Range Video Technology Part 1: Metadata and Processing）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

元数据 metadata

描述图像属性和特征，以及图像处理过程中需要的关键信息的数据。

3.2

动态范围扩展的关联图像 dynamic range extending associated image group

描述多图像的数据结构，包含相关联的多个图像，其中包含基本图像（3.3）及增强图像（3.4）。可对相关联的多个图像进行处理，并获取所需动态范围的图像（3.5）。

3.3

基本图像 base image

描述独立的图像数据结构，包含像素和图像相关的元数据。

注：部分国际标准也称为 baseline image。

3.4

增强图像 enhancement image

描述增强的图像数据结构，包含像素和图像相关的元数据。

注：部分国际标准也称为 gain map。

3.5

提取的可选择图像 derived alternate image

描述从本文件规定格式处理后获取的用于显示或后续处理的图像数据结构，包含像素和图像相关的元数据。

3.6

适配 processing

一种将一组色彩映射到另一组色彩，以在动态范围有限的介质中近似呈现高动态范围图像的处理。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APP：应用标记段（Application Marker Segments）

CICP：独立编码点（Coding-independent Code Points）

CIE 1931：CIE 1931 XYZ色彩空间（CIE 1931 XYZ Color Space）

Display-P3：显示协议3（Display Protocol 3）

DCI-P3：数字电影倡议协议3（Digital Cinema Initiatives Protocol 3）

DRE-AIG：动态范围扩展的关联图像（Dynamic Range Extending Associated Image Group）

EOTF：电光转换函数（Electro-Optical Transfer Function）

EXIF：可交换图片文件格式（Exchangeable Image File format）

HDR：高动态范围（High Dynamic Range）

HEIF：高效图像文件格式（High Efficiency Image File Format）

HEVC：高效视频编码（High Efficiency Video Coding）

HLG：混合对数伽马（Hybrid Log-Gamma）

ICC：国际色彩联盟（International Color Consortium）

ICC_profile：色彩特性文件（International Colour Consortium profile）

JPEG：联合图像专家组（Joint Photographic Experts Group）

MPF：多图像格式（Multi-Picture Format）

MSB：最高有效位（Most Significant Bit）

OETF：光电转换函数（Optical-Electro Transfer Function）

PQ: 感知量化 (Perceptual Quantizer)

P3-D65: 采用D65 (6500K) 白点的数字电影倡议协议3 (Display Protocol 3 – D65)

RGB: 红绿蓝 (Red Green Blue)

SDR: 标准动态范围 (Standard Dynamic Range)

sRGB: 标准红绿蓝 (standard Red Green Blue)

VVC: 多样性视频编码 (Versatile Video Coding)

5 符号与运算

5.1 总体要求

本文件中使用的数学运算符和优先级参照 C 语言。但对整型除法和算术移位操作进行了特定定义。除特别说明外, 约定编号和计数从 0 开始。

5.2 算术运算符

算术运算符定义见表 1。

表 1 算术运算符定义

算术运算符	定义
+	加法运算
-	减法运算 (二元运算符) 或取反 (一元前缀运算符)
×	乘法运算
a^b	幂运算, 表示 a 的 b 次幂。也可表示上标
/	整除运算, 沿向 0 的取值方向截断。例如, $7/4$ 和 $-7/-4$ 截断至 1, $-7/4$ 和 $7/-4$ 截断至 -1
÷	除法运算, 不做截断或四舍五入
$\frac{a}{b}$	除法运算, 不做截断或四舍五入
$\sum_{i=a}^b f(i)$	自变量 i 取由 a 到 b (含 b) 的所有整数值时, 函数 $f(i)$ 的累加和
$a \% b$	模运算, a 除以 b 的余数, 其中 a 与 b 都是正整数
[.]	下取整

5.3 逻辑运算符

逻辑运算符定义见表 2。

表 2 逻辑运算符定义

逻辑运算符	定义
$a \ \&\& \ b$	a 和 b 之间的与逻辑运算
$a \ \ b$	a 和 b 之间的或逻辑运算
!	逻辑非运算

5.4 关系运算符

关系运算符定义见表 3。

表 3 关系运算符定义

关系运算符	定义
>	大于
>=	大于或等于
<	小于
<=	小于或等于
==	等于
!=	不等于

5.5 位运算符

位运算符定义见表 4。

表 4 位运算符定义

位运算符	定义
&	与运算
	或运算
~	取反运算
$a \gg b$	将 a 以 2 的补码整数表示的形式向右移 b 位。仅当 b 取正数时定义此运算
$a \ll b$	将 a 以 2 的补码整数表示的形式向左移 b 位。仅当 b 取正数时定义此运算

5.6 赋值

赋值运算定义见表 5。

表 5 赋值运算定义

赋值运算	定义
=	赋值运算符
++	递增， $x++$ 相当于 $x = x + 1$ 。当用于数组下标时，在自加运算前先求变量值
--	递减， $x--$ 相当于 $x = x - 1$ 。当用于数组下标时，在自减运算前先求变量值
+=	自加指定值，例如 $x += 3$ 相当于 $x = x + 3$ ， $x += (-3)$ 相当于 $x = x + (-3)$
-=	自减指定值，例如 $x -= 3$ 相当于 $x = x - 3$ ， $x -= (-3)$ 相当于 $x = x - (-3)$

5.7 数学函数

数学函数定义见公式（1）至公式（10）。

$$\text{Abs}(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ -x, & x < 0 \end{cases} \tag{1}$$

式中：
 x ——自变量。

$$\text{Floor}(x) = [x] \tag{2}$$

式中：
 x ——自变量。

$$\text{Clip3}(i, j, x) = \begin{cases} i, & x < i \\ j, & x > j \\ x, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中:

x ——自变量;

i ——下界;

j ——上界。

$$\text{Median}(x, y, z) = x + y + z - \text{Min}(x, \text{Min}(y, z)) - \text{Max}(x, \text{Max}(y, z)) \quad (4)$$

式中:

x ——自变量;

y ——自变量;

z ——自变量。

$$\text{Min}(x, y) = \begin{cases} x, & x \leq y \\ y, & x > y \end{cases} \quad (5)$$

式中:

x ——自变量;

y ——自变量。

$$\text{Max}(x, y) = \begin{cases} x, & x \geq y \\ y, & x < y \end{cases} \quad (6)$$

式中:

x ——自变量;

y ——自变量。

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (7)$$

式中:

x ——自变量。

$$\text{Log}(x) = \log_2 x \quad (8)$$

式中:

x ——自变量。

$$\text{Ln}(x) = \log_e x \quad (9)$$

式中:

x ——自变量;

e ——自然对数的底, 其值为 2.718281828...

$$\text{pow}(x, y) = x^y \quad (10)$$

式中:

x ——自变量;

y ——自变量。

5.8 转换函数

转换函数定义见式 (11) ~ 式 (14)。

$$PQ_{EOTF}^{-1}(L) = \left(\frac{c_1 + c_2 L^{m_1}}{1 + c_3 L^{m_1}} \right)^{m_2} \quad (11)$$

$$PQ_EOTF(L) = \left(\frac{\max\left[\left(L^{1/m_2} - c_1\right), 0\right]}{c_2 - c_3 L^{1/m_2}} \right)^{1/m_1} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

L ——自变量 L 。

$$m_1 = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125$$

$$m_2 = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875$$

$$HLG_{OETF}(L) = \begin{cases} \sqrt{3 \times L} & 0 < L \leq 1.0/12 \\ a * \ln(12 \times L - b) + c & 1.0/12 < L \leq 1 \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

$$HLG_{OETF}^{-1}(L) = \begin{cases} \frac{L^2}{3} & 0 \leq L \leq 0.5 \\ \frac{\left(\exp\left(\frac{(L-c)}{a}\right) + b\right)}{12} & 0.5 < L \leq 1 \end{cases} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

L ——自变量。

$a = 0.17883277$

$b = 1 - 4 \times a$

$c = 0.5 - a \times \ln(4 \times a)$

5.9 结构关系符

结构关系符定义见表 6。

表 6 结构关系符

结构关系符	定义
->	例如: $a \rightarrow b$ 表示 a 是一个结构, b 是 a 的一个成员变量

5.10 位流语法的描述方法

位流语法描述方法参考 C 语言。位流的语法元素使用粗体字表示, 每个语法元素通过名字 (用下划线分割的英文字母组, 所有字母都是小写)、语法和语义来描述。语法表和正文中语法元素的值用常规字体表示。

某些情况下, 可在语法表中应用从语法元素导出的其他变量值, 这样的变量在语法表或正文中用带下划线的小写字母命名, 或者用小写字母和大写字母混合命名。大写字母开头的变量用于解码当前以及

相关的语法结构，也可用于解码后续的语法结构。小写字母开头的变量只在它们所在的小节内使用。

语法元素值的助记符和变量值的助记符与它们的值之间的关系在正文中说明。在某些情况下，二者等同使用。

位串的长度是 4 的整数倍时，可使用十六进制符号表示。十六进制的前缀是“0x”，例如“0x1a”表示位串“0001 1010”。

条件语句中 0 表示 FALSE，非 0 表示 TRUE。

语法表描述了所有符合本文件的位流语法的超集，附加的语法限制在相关条中说明。

表 7 给出了描述语法的伪代码例子。当语法元素出现时，表示从位流中读一个数据单元。

表 7 语法描述的伪代码

伪代码	描述符
/*语句是一个语法元素的描述符，或者说明语法元素的存在、类型和数值，下面给出两个例子。*/	
syntax_element	
conditioning statement	
/*花括号括起来的语句组是复合语句，在功能上视作单个语句。*/	
{	
statement	
...	
}	
/*“while”语句测试condition是否为TRUE，如果为TRUE，则重复执行循环体，直到condition不为TRUE。*/	
while (condition)	
statement	
/*“do ... while”语句先执行循环体一次，然后测试condition是否为TRUE，如果为TRUE，则重复执行循环体，直到condition不为TRUE。*/	
do	
statement	
while (condition)	
/*“if ... else”语句首先测试condition，如果为TRUE，则执行primary语句，否则执行alternative语句。如果alternative语句不需要执行，结构的“else”部分和相关的alternative语句可忽略。*/	
if (condition)	
primary statement	
else	
alternative statement	
/*“for”语句首先执行initial语句，然后测试condition，如果conditon为TRUE，则重复执行primary语句和subsequent语句直到condition不为TRUE。*/	
for (initial statement; condition; subsequent statement)	
primary statement	

解析过程和解码过程用文字和参考 C 语言的伪代码描述。

5.11 函数

5.11.1 byte_aligned()

如果位流的当前位置是字节对齐的，返回 TRUE，否则返回 FALSE。

5.11.2 next_start_code()

在位流中寻找下一个起始码，将位流指针指向起始码前缀的第一个二进制位。函数定义应符合表 8 的规定。

表 8 next_start_code 函数的定义

函数定义	描述符
next_start_code() {	
stuffing_bit	'1'
while (!byte_aligned())	
stuffing_bit	'0'
while (next_bits(24) != '0000 0000 0000 0000 0000 0001')	
stuffing_byte	'00000000'
}	

stuffing_byte 应出现图像头之后和第一个片起始码之前。

5.11.3 read_bits(n)

返回位流的随后 n 个二进制位，MSB 在前，同时位流指针前移 n 个二进制位。如果 n 等于 0，则返回 0，位流指针不前移。

函数也用于解析过程和解码过程的描述。

5.12 描述符

描述符表示不同语法元素的解析过程，见表 9。

表 9 描述符

描述符	说明
b(8)	一个任意取值的字节。解析过程由函数read_bits(8)的返回值规定
f(n)	取特定值的连续n个二进制位。解析过程由函数read_bits(n)的返回值规定
r(n)	连续n个‘0’。解析过程由函数read_bits(n)的返回值规定
u(n)	n位无符号整数。在语法表中，如果n是“v”，其位数由其他语法元素值确定。解析过程由函数read_bits(n)的返回值规定，该返回值用高位在前的二进制表示
i(n)	n位有符号整数
st(n)	n个UTF-8格式字符，符合ISO/IEC 10646的规定。
fp(n)	n位浮点数，符合ISO/IEC 60559:2020（即IEEE 754）的规定，n可以是16或者32。
ur(64)	使用两个32位无符号数val1和val2，变量的值为val1/val2
ir(64)	使用一个32位有符号数val1和一个32位无符号数val2，变量的值为val1/val2

5.13 保留、禁止和标记位

本文件定义的位流语法中，某些语法元素的值被标注为“保留”（reserved）或“禁止”（forbidden）。

“保留”定义了一些特定语法元素值用于将来对本文件的扩展。这些值不应出现在符合本文件的位流中。

“禁止”定义了一些特定语法元素值，这些值不应出现在符合本文件的位流中。

“标记位”（marker_bit）指该位的值应为‘1’。

位流中的“保留位”（reserved_bits）表明保留了一些语法单元用于将来对本文件的扩展，解码处理应忽略这些位。

6 HDR 静态图像的双层分发格式端到端系统

本章包含 HDR 静态图像的双层分发格式的端到端系统，HDR 静态图像的双层分发端到端系统见图 1，分为生成端系统和接收端系统，本系统符合 ISO 21496-1 的规定。本文件的双层分发格式采用 DRE-AIG 的格式。

在生成端，通过附录 A 的 DRE-AIG 的生成过程，从基本图像数据以及提取的可选择图像数据，获取 DRE-AIG 数据（包含基本图像和增强图像以及元数据）；接着，编码生成基本图像码流、增强图像码流以及元数据码流；然后，根据 9 章图像分发格式文件封装，封装图像和元数据码流，生成最终的 HDR 静态图像双层分发格式文件。

在接收端，接收到 HDR 静态图像双层分发格式文件后，根据第 9 章图像文件格式封装，提取基本图像码流、增强图像码流以及元数据码流；接着，对于基本图像码流和增强图像码流分别进行解码，获取 DRE-AIG 数据、增强图像数据以及元数据；然后，调用第 10 章或者第 11 章获取提取的可选择图像，并进行显示适配处理，再进行显示。

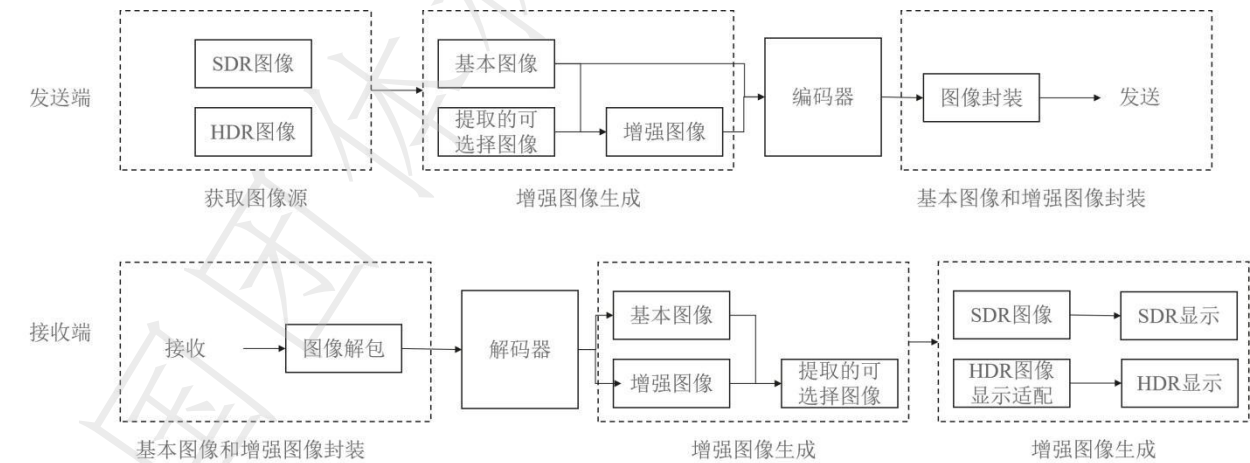


图 1 HDR 静态图像双层分发系统框图

7 元数据

7.1 HDR 图像元数据

7.1.1 HDR 图像属性（PicInfo）

7.1.1.1 色彩信息

a) 色域信息 (ColourPrimaries)

表示内容的色域信息。ColourPrimaries 的取值应符合 ITU-T H.273 中的规定，典型取值为 9（代表 ITU-R BT.2020），见表 10。

表 10 色域信息

取值	色域信息	备注	
9	primary x y green 0.170 0.797 blue 0.131 0.046 red 0.708 0.292 white D65 0.3127 0.3290	符合ITU-R BT.2020-2 符合ITU-R BT.2100-2	

b) 传递函数信息 (TransferCharacteristics)

表示内容的 OETF 或者 EOTF 信息。TransferCharacteristics 的取值应符合 ITU-T H.273 中的规定，典型取值为 16（代表 PQ）、18（代表 HLG），见表 11。

表 11 传递函数信息

取值	传递函数信息	备注
16	$V = ((c1 + c2 \times Lo^n) \div (1 + c3 \times Lo^n))^m$ $c1 = c3 - c2 + 1 = 107 \div 128 = 0.8359375$ $c2 = 2413 \div 128 = 18.8515625$ $c3 = 2392 \div 128 = 18.6875$ $m = 2523 \div 32 = 78.84375$ $n = 0.25 \times 2610 \div 4096 = 0.1593017578125$ for all values of Lo for which Lo equal to 1 for peak white is ordinarily intended to correspond to a reference output luminance level of 10 000 candelas per square metre	符合SMPTE ST 2084 (2014) for 10-, 12-, 14- and 16-bit systems 符合ITU-R BT.2100-2 perceptual quantization (PQ) system
18	$V = a \times \ln(12 \times Lc - b) + c,$ for $1 \geq Lc > 1 \div 12$ $V = \text{Sqrt}(3) \times Lc^{0.5},$ for $1 \div 12 \geq Lc \geq 0$ $a = 0.17883277 \quad b = 0.28466892 \quad c = 0.55991073$	符合ARIB STD-B67 (2015) 符合ITU-R BT.2100-2 hybrid log-gamma (HLG) system

c) 转换矩阵信息 (MatrixCoefficients)

表示内容的转换矩阵信息。MatrixCoefficients 的取值应符合 ITU-T H.273 中的规定，典型取值为 9（代表 BT.2020 方式），见表 12。

表 12 转换矩阵信息

取值	转换矩阵信息	备注
9	KR = 0.2627; KB = 0.0593	符合BT.2020-2 (non-constant luminance) 符合ITU-R BT.2100-2 Y'CbCr
10	KR = 0.2627; KB = 0.0593	符合ITU-R BT.2020-2 (constant luminance)

d) 量化范围信息 FullRangeFlag

表示内容的定点数范围信息。FullRangeFlag 的取值包含 full、limited，符合 ITU-T H.273 的规定。

注：色彩信息以CICP、ICC形式传递。

7.1.1.2 色度格式 (ChromaFormat)

表示内容的色度信息。ChromaFormat 的取值主要包含 444、422、420 等，以及色度相对亮度的相位信息。

7.1.1.3 位宽 (BitDepth)

表示内容的位宽信息。BitDepth 的取值主要包含 10、12、16 等。

7.1.2 静态元数据 (StaticMetadata)

图像元数据包含的静态元数据，符合 T/UWA 005.1-2024。

7.1.3 动态元数据 (DynamicMetadata)

图像元数据包含的动态元数据，符合 T/UWA 005.1-2024。

7.2 双层分发格式元数据

7.2.1 动态范围扩展标识元数据 (DynamicExtensionFlagInfo)

7.2.1.1 图像数量 ImageNumber

表示当前文件中包含的总的图像数目。取值主要包含 2。

7.2.1.2 图像类型 (ImageType)

表示当前文件的图像类型。取值主要包含基本图像、增强图像等等。

7.2.1.3 图像偏移 (Imageoffset)

表示图像文件的偏移量。

7.2.2 动态范围扩展处理元数据

7.2.2.1 增强图像的色彩通道数量信息 (Number of components)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

7.2.2.2 增强图像的变化信息

7.2.2.2.1 增强图像的最小值 (per-component min gain map values)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

7.2.2.2.2 增强图像的最大值 (Per-component max gain map values)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

7.2.2.2.3 伽马参数 (Per-component gamma values)

符合 ISO 21496-1 中的定义，本标准建议使用 1.0。

7.2.2.3 动态范围扩展的映射参数

7.2.2.3.1 基本图像偏移量常数 (Per Component Baseline Offset)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

注：基本图像的偏移量常数。该常数是为了避免计算和应用增强图像时出现异常数值计算问题。

7.2.2.3.2 提取的可选择图像偏移量常数 (Per Component Alternate Offset)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

注：提取的可选择图像的偏移量常数。该常数是为了避免计算和应用增强图像时出现异常数值计算问题。

7.2.2.4 基本图像的属性信息

7.2.2.4.1 概述

若基本图像是 HDR 图像，需符合 7.1 的元数据和参数定义。

7.2.2.4.2 基本图像的色彩信息 (Baseline image colorimetry metadata)

符合 ISO 21496-1 中定义。

7.2.2.5 增强图像的属性信息 (EnhanceDataInfo)

包含增强图像本身的属性信息，通过 CICP 信息或者是 ICC 信息获得。具体有：增强图像的色域空间 EnhanceDataColorPrimary，不出现或者默认无色域变换操作；增强图像的传递函数 EnhanceDataTransFunction，不出现或者默认无格式则不进行非线性转线性操作；增强图像的色彩模型 EnhanceDataColorModel，取值主要包含不同格式的 YUV、RGB，不出现本元数据则默认 sRGB；可包含增强图像的色度格式 EnhanceDataChromaFormat，取值主要包含 444、420 以及色度相对亮度的偏移 0 像素、半像素，不出现本元数据则从码流的 CICP 中或者编码标准的信息中获取；包含增强图像的位宽信息 BitDepth。

7.2.2.6 提取的可选择图像的属性信息

7.2.2.6.1 概述

若提取的可选择图像是 HDR 图像，需符合 7.1 的元数据和参数定义。

7.2.2.6.2 提取的可选择图像的色彩信息 (Alternate image colorimetry metadata)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

7.2.2.7 动态范围扩展的色彩信息

7.2.2.7.1 概述

基本图像和增强图像如何进行动态范围扩展色彩相关的信息，具体有：动态范围扩展的色彩空间信息 CombineColorMode，取值主要包含 RGB、YUV 等，符合 ISO 21496-1 应选择 RGB。动态范围扩展的色域空间信息 CombineColorPrimary，取值主要包含 BT.2020、DCI-P3 等。动态范围扩展的传递函数信息 CombineTransFunction，取值主要包含 PQ、HLG、线性等，符合 ISO 21496-1 应选择线性。

7.2.2.7.2 增强图像应用的色彩信息 (Gain map application space metadata)

符合 ISO 21496-1 中的定义。

7.2.2.8 动态范围扩展的色彩通道扩展信息

包含进行动态范围扩展时的色彩通道如何扩展的信息，取值主要包含 1to3、3to3 等。在基本数据 3 个颜色通道同时增强图像 1 个时应使用 1to3、以及 3 个通道时应使用 3to3，符合 ISO 21496-1。

7.2.2.9 基本图像的变换信息 (BaseMappingInfo)

7.2.2.9.1 概述

基本图像的变换信息，7.2.2.4 的信息结合 3×3 色域变换矩阵及查找表以更好的进行色域映射等基本图像变换操作。

注：基本图像的变换可使用结合7.2.2.4和7.2.2.9中的变换信息的方式（CICP加额外变化信息的方式），也可使用符合ICC标准的方式，但是这两种方式的变换信息应一致。

7.2.2.9.2 基本图像的变换/映射标识 (BaseMappingFlag)

包含基本图像的变换/映射信息是否存在的标识信息。

7.2.2.9.3 基本图像的变换/映射参数 (BaseMapping)

包含基本图像的变换/映射参数信息，以查找表形式传递。

7.2.2.9.4 基本图像数据的变换/映射矩阵 (BaseMappingMatrix)

包含基本图像的变换/映射矩阵参数信息。若不出现，则默认使用 3×3 色域映射变换矩阵。

7.2.2.10 提取的可选择图像的变换信息 (CombinedMappingInfo)

7.2.2.10.1 概述

提取的可选择图像的变换/映射信息，7.2.2.6 的信息结合 3×3 色域变换矩阵及查找表以更好的进行色域映射等基本图像变换操作。

注：提取的可选择图像的变换可使用结合7.2.2.9和7.2.2.10中的变换信息的方式（CICP加额外变化信息的方式），也可使用符合ICC标准的方式，但是这两种方式的变换信息应一致。

7.2.2.10.2 提取的可选择图像的变换/映射标识 (CombinedMappingFlag)

包含提取的可选择图像的变换/映射信息是否存在的标识信息。

7.2.2.10.3 提取的可选择图像的变换/映射参数 (CombinedMapping)

包含提取的可选择图像的变换/映射参数信息，以查找表形式传递。

7.2.2.10.4 提取的可选择图像的变换/映射矩阵 (CombinedMappingMatrix)

包含提取的可选择图像的变换/映射矩阵参数信息。若不出现，则默认使用 3×3 色域映射变换矩阵。

7.2.2.11 增强图像的上下采样参数

包含增强图像进行上下采样时的相位和上下采样方法。

上下采样时的相位符合 ISO 21496-1，应保证基本图像数据/增强图像数据的上下采样和增强图像数据的相位关系为共位（co-sited），即增强图像数据和增强图像数据的上下采样图像的左上角像素等预设位置像素的位置信息相同。上下采样方法默认使用双线性插值方法。

7.2.3 静态元数据语义 (StaticMetadata)

关联图像元数据包含的静态元数据语义，见 7.1.2。

7.2.4 动态元数据语义 (DynamicMetadata)

关联图像元数据包含的动态元数据语义，见 7.1.3。

8 双层分发格式元数据封装

8.1 动态范围扩展标识

动态范围扩展标识元数据信息在不同文件格式中：

extended_type: 32 位无符号数，表示 ImageType。在 MPF 中，储存在 MP Type 中，总体为 32 位。

extended_frame_number: 32 位无符号数，表示 ImageNumber。在 MPF 中，储存在 Number of Images 中，为 32 位无符号数。

extended_offset: 8、16、24 或 32 位无符号数，表示图像偏移。在 MPF 中，储存在 Individual image Size 以及 Individual image data offset 中，为 32 位无符号数。

8.2 动态范围扩展处理

8.2.1 动态范围扩展处理元数据主要部分

Extend_info_part1 包含动态范围扩展处理元数据的主要部分，见表 13，使用大端方式。

表 13 动态范围扩展处理元数据的主要部分

属性定义	描述符
extend_info_Part1	
reserved	u(6)
flag	u(1)
number of components_flag	u(1)
base_headroom	ur(64)
alternate_headroom	ur(64)
for(i=0; i < number_of_components-1; i++){	
extend_info_main	
}	
}	

其中，

number of components_flag: 1 位无符号数，表示元数据 $\text{number of components} = 2 \times \text{number of components_flag} + 1$;

flag: 1 位无符号数，标识 Gain map application space metadata 的色域信息 ColourPrimaries 是否与 Baseline image colorimetry metadata 的色域信息 ColourPrimaries 相同。当不同时 Gain map application space metadata 的色域信息 ColourPrimaries 与 Alternate image colorimetry metadata 的色域信息 ColourPrimaries 相同;

extend_info_main: 表示各色彩通道动态范围扩展处理信息，包含增强图像的变化信息元数据、动态范围扩展的映射参数元数据，见表 14;

base_headroom: 符合 ISO 21496-1;
 alternate_headroom: 符合 ISO 21496-1。

表 14 各色彩通道动态范围扩展处理

属性定义	描述符
extend_info_main{	
per_component_min_gain_map	ir(64)
per_component_max_gain_map	ir(64)
Per-component gamma values	ur(64)
baseline_image_offset	ir(64)
alternate_HDR_image_offset	ir(64)
}	

其中,

per_component_min_gain_map: 64 位除数与被除数, 表示元数据 Per-component min gain map values;
 per_component_max_gain_map: 64 位除数与被除数, 表示元数据 Per-component max gain map values;
 Per-component gamma values: 64 位除数与被除数, 表示元数据 Per-component gamma values;
 baseline_image_offset: 64 位除数与被除数, 表示元数据 Baseline SDR image offset;
 alternate_HDR_image_offset: 64 位除数与被除数, 表示元数据 Alternate HDR image offset。

8.2.2 动态范围扩展处理元数据扩展部分

扩展信息 extend_info_extention 包含基本图像数据的变换信息 BaseMappingInfo、提取的可选择图像的变换信息 CombinedMappingInfo, 见表 15, 使用大端方式。

表 15 动态范围扩展处理元数据的扩展部分

属性定义	描述符
extend_info_extention{	
base_transform_info_size	u(16)
base_transform_info	
combined_mapping_info_size	u(16)
combined_mapping_info	
}	

其中,

base_transform_info_size: 16 位无符号数, 表示 base_transform_info 的长度;
 base_transform_info: 表示基本图像数据的变换信息元数据 BaseTransformInfo
 combined_mapping_info_size: 16 位无符号数, 表示 combined_mapping_info 的长度;
 combined_mapping_info: 表示提取的可选择图像的变换信息元数据 CombinedMappingInfo。

a) 基本图像的变换信息 base_mapping_info

表示基本图像的变换信息元数据 BaseMappingInfo, 见表 16。

表 16 基本图像的额外变换信息

属性定义	描述符
base_mapping_info{	
base_mapping_flag	u(8)
base_mapping_matrix[3][3]	fp(M)×9
base_mapping	fp(M)×N×N×N
}	

其中,

base_mapping_flag: 8 位无符号数, 表示 BaseMappingFlag 元数据, 不为 0 时, 识传送基本图像的变换信息, 同时传送 base_mapping_matrix 和 base_mapping 的类型和位数, 取值 16、32, 标识 16 位 ISO/IEC 60559:2020 浮点格式、或 32 位 ISO/IEC 60559:2020 浮点格式;

base_mapping_matrix: 浮点数 3×3 矩阵, 表示 BaseMappingMatrix 元数据;

base_mapping: 浮点数三维查找表, 表示 BaseMapping 元数据。

b) 提取的可选择图像的变换信息 combined_mapping_info

表示提取的可选择图像的变换信息元数据 CombinedMappingInfo, 见表 17。

表 17 提取的可选择图像的变换信息

属性定义	描述符
combined_mapping_info{	
combined_mapping_flag	u(8)
combined_mapping_matrix[3][3]	fp(M)×9
combined_mapping	fp(M)×N×N×N
}	

其中,

combined_mapping_flag: 8 位无符号数, 表示 CombinedMappingFlag 元数据, 不为 0 时, 标识传送提取的可选择图像的变换信息, 同时标识 combined_mapping_matrix 和 combined_mapping 的类型和位数, 取值 16、32, 标识 16 位 ISO/IEC 60559:2020 浮点格式、或 32 位 ISO/IEC 60559:2020 浮点格式;

combined_mapping_matrix: 浮点数 3×3 矩阵, 表示 CombinedMappingMatrix 元数据;

combined_mapping: 浮点数三维查找表, 表示 CombinedMapping 元数据。

8.2.3 静态元数据

静态元数据, 见表 18。

表 18 静态元数据

目标设备显示和内容元数据扩展定义	描述符
static_metadata() {	
for (c=0; c<3; c++) {	
display primaries_x[c]	u(16)
display primaries_y[c]	u(16)
}	
white_point_x	u(16)

表 18 （续）

目标设备显示和内容元数据扩展定义	描述符
white_point_y	u(16)
max_display_mastering_luminance	u(32)
min_display_mastering_luminance	u(32)
max_content_light_level	u(16)
max_frame_average_light_level	u(16)
}	

8.2.4 动态元数据

动态元数据，见表 19。

表 19 动态元数据

动态元数据扩展定义	描述符
dynamic_metadata() {	
system_start_code	u(8)
if(system_start_code==0x01){	
num_windows=1	
for(w = 0; w < num_windows; w++) {	
minimum_maxrgb_pq[w]	u(12)
average_maxrgb_pq[w]	u(12)
variance_maxrgb_pq[w]	u(12)
maximum_maxrgb_pq[w]	u(12)
}	
for(w = 0; w < num_windows; w++) {	
tone_mapping_enable_mode_flag[w]	u(1)
if(tone_mapping_enable_mode_flag[w]==1){	
tone_mapping_param_enable_num[w]	u(1)
tone_mapping_param_enable_num[w]++	
for(i=0; i< tone_mapping_param_enable_num[w]; i++){	
targeted_system_display_maximum_luminance_pq[i][w]	u(12)
base_enable_flag[i][w]	u(1)
if(base_enable_flag[i][w]){	
base_param_m_p[i][w]	u(14)
base_param_m_m[i][w]	u(6)
base_param_m_a[i][w]	u(10)
base_param_m_b[i][w]	u(10)
base_param_m_n[i][w]	u(6)
base_param_K1[i][w]	u(2)
base_param_K2[i][w]	u(2)
base_param_K3[i][w]	u(4)

表 19 （续）

动态元数据扩展定义	描述符
base_param_Delta_enable_mode[i][w]	u(3)
base_param_enable_Delta[i][w]	u(7)
}	
3Spline_enable_flag[i][w]	u(1)
if(3Spline_enable_flag[i][w]){	
3Spline_enable_num[i][w]	u(1)
3Spline_enable_num[i][w]++;	
for(j = 0; j < 3Spline_enable_num[i][w]; j++) {	
3Spline_TH_enable_mode[j][i][w]	u(2)
if((3Spline_TH_mode[j][i][w]==0) (3Spline_TH_mode[j][i][w]==2)){	
3Spline_TH_enable_MB[j][i][w]	f(8)
}	
3Spline_TH_enable[j][i][w]	f(12)
3Spline_TH_enable_Delta1[j][i][w]	f(10)
3Spline_TH_enable_Delta2[j][i][w]	f(10)
3Spline_enable_Strength[j][i][w]	f(8)
}	
}	
}	
}	
}	
color_saturation_mapping_enable_flag[w]	u(1)
if(color_saturation_mapping_enable_flag[w]) {	
color_saturation_enable_num[w]	u(3)
for(i = 0; i < color_saturation_enable_num[w]; i++) {	
color_saturation_enable_gain[i][w]	u(8)
}	
}	
}	

符合 T/UWA 005.1-2024。

9 双层分发格式文件格式

9.1 概述

本章描述了基于不同文件格式封装 HDR 静态图像元数据和图像数据的方法：

- a) JPEG 双层分发格式；
- b) HEIF 双层分发格式；

9.2 JPEG 双层分发格式

9.2.1 概述

基本图像和增强图像均采用独立的 JFIF 封装格式，在每个 JFIF 中携带相关的 APP 段，封装为基本图像子格式文件数据和增强图像子格式文件数据，并存放在同一文件中。整体结构见图 2。



图 2 HDR 静态图像双层分发系统框图

9.2.2 基本图像子格式

基本图像子格式数据部分包含 APP 元数据部分以及其余的图像码流部分，其中：
其余的图像码流部分包含完整的 JFIF JPEG 文件结构，为可独立解码的 JPEG 文件；
APP 元数据部分应包含 UWA Info APP8，还应包含 EXIF APP1、MPF APP2、ISOMetadata APP2、

ICC_profile APP2。EXIF、MPF、ISOMetadata 和 ICC 这些 APP 的使用方式应符合 ISO 21496-1 的要求。

a) 基本图像子格式中的UWA Info APP8

包含基本图像需要的元数据部分，见表 20，使用大端方式。

表 20 基本图像中的 UWA Info APP8

定义	描述符
UWA Info APP8() {	
app_start_code	f(16)
app_length	u(16)
itut35_tag	st(6)
itu_t_t35_country_code	f(8)
terminal_provide_code	f(16)
terminal_provide_oriented_code	f(16)
extended_frame_number	u(8)
extended_type	f(32)
if(File_type==1){	
for(i=0; i < ImageNumber-1; i++){	
extended_offset1[i]	u(32)
extended_offset2[i]	u(32)
}	
}	

其中，app_start_code：16 位无符号数，APP 标记，取值等于 0xFFE8；

app_length：16 位无符号数，APP 长度；

itut35_tag：6 个 UTF-8 字符，APP 标记，取值等于‘ITUT35’；

itu_t_t35_country_code：8 位无符号数，it35 标准相关，取值等于 0x26；

terminal_provide_code：16 位无符号数，it35 标准相关，取值等于 0x04；

terminal_provide_oriented_code：16 位无符号数，it35 标准相关，取值等于 0x07；

extended_frame_number：8 位无符号数，表示总的图像数目 ImageNumber；

extended_type：32 位无符号数，表示当前文件的图像类型 ImageType，取值等于 0x01000000。File_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 24) \& 0xFF)$ ，为 1 标识当前为基本图像；meta_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 16) \& 0xFF)$ ，为 0 标识不包含动态和静态元数据；Enhance_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 8) \& 0xFF)$ ，为 0 标识不包含元数据扩展部分；

extended_offset1：32 位无符号数，表示增强图像从当前 APP 开始的偏移量；

extended_offset2：32 位无符号数，表示增强图像从当前 APP 开始的不包含除 JFIF APP 以外 APP 的偏移量。

b) 基本图像子格式中的 EXIF APP1 和 MPF APP2

MPF 的 MP type、Number of Images、Individual Image Size/Data offset 来分别封装 ImageType、ImageNumber、Imageoffset，MP type、Number of Images、Individual Image Size/Data offset 的具体取值符合 ISO 21496-1。MPF 包含 DynamicExtensionFlagInfo 的部分语法元素：ImageNumber、Imageoffset 等，该信息需要与 9.2.3 的 a) 中相关元数据值一致。

EXIF APP1 可包含 ColorSpace tag，若 ColorSpace tag 为 Uncalibrated，可同时包含 TransferFunction tag、PrimaryChromaticities tag、YCbCrCoefficients tag。包含基本图像的色彩信息元数据 Baseline image

colorimetry Info 的语法元素。

c) 基本图像子格式中的ISOMetadata APP2

该 APP 符合 ISO 21496-1 的要求，见表 21。

表 21 基本图像中的 ISOMetadata APP2

定义	描述符
ISOMetadata APP{	
app_start_code	f(16)
app_length	u(16)
iso_gainmap_tag	st(28)
payload	f(32)
}	

d) 基本图像子格式中的ICC APP2

包含基本图像的色彩信息元数据 Baseline image colorimetry Info 的语法元素，包含 ColorPrimary 等。ICC 包含的 CIECP 信息中包含了这些信息，ICC APP2 的使用符合 ISO 21496-1 的要求，对于 HDR 的基本图像在 ICC_profile 中应添加 CIECP tag 信息。该信息应与 9.2.3 的 a) 中相关元数据值一致。

e) 基本图像码流格式

包含基本图像使用 JPEG 1 编码，编码参数推荐使用 YUV 三通道配置。

9.2.3 增强图像子格式

增强图像子格式数据部分包含 APP 元数据部分以及其余的图像数据部分，其中：

其余的图像数据部分包含完整的 JFIF JPEG 文件结构，为可独立解码的 JPEG 文件；

APP 元数据部分应包含 UWA Info APP8，还应包含 EXIF APP1、MPF APP2、ISOMetadata APP2、ICC_profile APP2。EXIF APP1、MPF APP2、ISOMetadata 和 ICC_profile APP 组合符合 ISO 21496-1 的要求。

a) 增强图像子格式中的UWA Info APP8

包含增强图像需要的元数据部分，见表 22，使用大端方式。

表 22 增强图像中的 UWA Info APP8

定义	描述符
UWA Info APP8() {	
app_start_code	f(16)
app_length	u(16)
itut35_tag	st(6)
itu_t_t35_country_code	f(8)
terminal_provide_code	f(16)
terminal_provide_oriented_code	f(16)
extended_frame_number	f(8)
extended_type	f(32)
if(meta_type==1){	
metedata_size	u(16)
static_metedata_size	u(16)

表 22 (续)

定义	描述符
static_metadata	$u(8) \times N$
dynamic_metadata_size	$u(16)$
dynamic_metadata	$u(8) \times N$
}	
if(enhance_type==1){	
extend_info_size	$u(16)$
extend_info_extention	$u(8) \times N$
}	
}	

其中, app_start_code: 16 位无符号数, APP 标记, 取值等于 0xFFE8;

app_length: 16 位无符号数, APP 长度;

itut35_tag: 6 个 UTF-8 字符, APP 标记, 取值等于 'ITUT35' ;

itu_t_t35_country_code: 8 位无符号数, it35 标准相关, 取值等于 0x26;

terminal_provide_code: 16 位无符号数, it35 标准相关, 取值等于 0x04;

terminal_provide_oriented_code: 16 位无符号数, it35 标准相关, 取值等于 0x07;

extended_frame_number: 8 位无符号数, 表示总的图像数目 ImageNumber;

extended_type: 32 位无符号数, 表示当前文件的图像类型 ImageType, 取值等于 0x02010100 或 0x02010000。 file_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 24) \& 0xFF)$, 为 2 标识当前为增强图像; meta_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 16) \& 0xFF)$, 为 1 标识包含动态和静态元数据; enhance_type 等于 $((\text{extended_type} \gg 8) \& 0xFF)$, 为 1 标识包含元数据扩展部分;

metadata_size: 16 位无符号数, 表示动态和静态元数据总长度;

static_metadata_size: 16 位无符号数, 表示静态元数据长度;

static_metadata: 表示静态元数据 StaticMetadata;

dynamic_metadata_size: 16 位无符号数, 表示动态元数据长度;

dynamic_metadata: 表示动态元数据 DynamicMetadata;

extend_info_size: 16 位无符号数, 表示动态范围扩展处理元数据长度;

extend_info_extention: 8 位无符号数队列, 表示动态范围扩展处理元数据扩展部分。

b) 增强图像子格式中的 ISO APP2

包含增强图像的元数据 ExtendInfo 等, 符合 ISO 21496-1 中相关定义, 总体 APP 结构见表 23。

表 23 增强图像中的 ISO APP2

定义	描述符
app_start_code	$f(16)$
app_length	$u(16)$
iso_gainmap_tag	$st(28)$
version	$u(32)$
if(minimum_version==0){	
flag	$u(8)$
base_headroom_numerator	$u(32)$

表 23 （续）

定义	描述符
base_headroom_denominator	u(32)
alternate_headroom_numerator	u(32)
alternate_headroom_denominator	u(32)
for(i=0; i < number_of_components-1; i++){	
extend_info_main[i]	
}	
}	

Extend_Info_Main见表24。

表 24 extend_Info_Main

定义	描述符
extend_Info_Main{	
per_component_min_gain_map_numerator	i(32)
per_component_min_gain_map_denominator	u(32)
per_component_max_gain_map_numerator	i(32)
per_component_max_gain_map_denominator	u(32)
Per-component gamma values_numerator	u(32)
Per-component gamma values_denominator	u(32)
baseline_image_offset_numerator	i(32)
baseline_image_offset_denominator	u(32)
alternate_image_offset_numerator	i(32)
alternate_image_offset_denominator	u(32)
}	

c) 增强图像子格式中的ICC APP2

包含提取的可选择图像的属性信息 Alternate image colorimetry Info的部分语法元素，包含 ColorPrimary等。ICC包含的CICP信息中包含了这些信息，ICC APP2的使用符合ISO 21496-1的要求，对于HDR的增强图像在ICC profile中应添加CICP tag信息。该信息应与9.2.3的a)中相关元数据值一致。

d) 增强图像码流格式

包含基本图像使用JPEG 1编码，编码参数可使用YUV三通道编码配置。

9.3 HEIF 双层分发格式

9.3.1 概述

基于HEIF的双层分发格式包含：基本图像子格式、增强图像子格式、动态范围扩展处理元数据主要部分子格式、静态元数据子格式、动态范围扩展处理元数据扩展部分以及动态元数据子格式，符合ISO/IEC 23008-12标准、ISO/IEC 14496-12标准。见图4。

ftyp				FileTypeBox
meta				MetaBox
	hdlr	pict		HandlerBox
	pitm			PrimaryItemBox
	iinf			ItemInfoBox
		infe	hvc1	
		infe	hvc1	
		infe	tmap	
		infe	it35	
	iloc			ItemLocationBox
	lprp			ItemPropertiesBox
		lpcp		ItemPropertyContainerBox
			Ispe	
			Pixi	
			hvcC	
			colr	
			clli	
			Ispe	
			hvcC	
			colr	
			colr	
			mdcv	
			irotd	
		ipma		ItemPropertyAssociation
	iref			ItemReferenceBox
		dimg		referenceType
	idat			ItemDataBox
	grpl			GroupsListBox
		altr		EntityToGroupBox
mdat				MediaDataBox

图 4 HEIF 双层文件结构示意图

9.3.2 基本图像子格式

- 通过 ‘pitm’ 来标识项号 (item_ID) 为特定值的项为基本图像。
- 添加 ‘iinf’ 并在 ‘iinf’ 中添加基本图像对应的 infe item, 该 infe item 包含标识项号 (item_ID)、项类型 (item_type), 其中项类型 (item_type) 为 grid、或 hvc1 等其他编解码器标识。容纳 DynamicExtensionFlagInfo 的部分信息。
- 添加 ‘iloc’ 并在 ‘iloc’ 添加项 (包含 item_ID, extent_count, extent_offset, extent_length), 来指示基本图像文件存储的偏移 (extent_offset) 和长度 (extent_length), item_ID 同 b) 中。容纳 DynamicExtensionFlagInfo 的部分信息。

- d) 在‘Iprp’的‘ipco’中添加项目属性，包含的项目属性有‘ispe’、‘hvcC’、‘colr’、‘irot’，每个属性项有隐式的序号。应包含‘colr’且‘colr’有‘nclx’和‘rICC’类型，irot默认为0；按照实际情况选取合适的类型。容纳基本图像的属性信息元数据Baseline image colorimetry Info以及BaseTransformInfo部分信息。
- e) 添加‘ipma’并在‘ipma’中添加项目属性关联项，association_count存储关联的属性项数目，用property_index来列举关联的属性项的序号，应包含9.3.2的d)的三个属性，其中colr, hvcc和irot的essential值为1。
- f) 在‘mdat’中添加基本图像的码流，并按照该码流的起始位置和长度修改‘iloc’中的item_ID同b)的项的extent_offset, extent_length。

9.3.3 增强图像子格式

- a) 在‘iinf’中添加增强图像对应的infe item, 该infe item包含标识项号(item_ID)、项类型(item_type), 其中项类型(item_type)为grid、或hvc1等其他编解码器标识，应设为隐藏类型(hidden)。容纳DynamicExtensionFlagInfo的部分信息。
- b) 在‘iloc’添加项来指示增强图像文件存储的偏移(extent_offset)和长度(extent_length), item_ID同a)中。容纳DynamicExtensionFlagInfo的部分信息。
- c) 在‘Iprp’的‘ipco’中添加项目属性，包含的项目属性有‘ispe’、‘hvcC’、‘colr’、‘irot’，每个属性项有隐式的序号。应包含‘colr’且‘colr’应使用‘nclx’类型，‘irot’的值应和9.3.2中的‘irot’属性和值完全一致。容纳ExtendInfo中的EnhanceDataInfo部分信息。
- d) 添加‘ipma’并在‘ipma’中添加项目属性关联项，association_count存储关联的属性项数目，用property_index来列举关联的属性项的序号，应包含c)规定的属性项，其中colr, hvcc和irot的essential值为1。容纳ExtendInfo中的EnhanceDataInfo部分信息。
- e) 在‘mdat’中添加增强图像的码流，并按照该码流的起始位置和长度修改‘iloc’中的item_ID同a)的项的extent_offset, extent_length。

9.3.4 动态范围扩展处理元数据主要部分子格式

- a) 在‘iinf’中添加增强图像对应的infe item, 该infe item包含标识项号(item_ID)、项类型(item_type), 其中项类型(item_type)为‘tmap’。容纳动态范围扩展元数据的标识元数据。容纳DynamicExtensionFlagInfo的部分信息。
- b) 在‘iloc’添加项来指示增强图像文件存储的偏移(extent_offset)和长度(extent_length), item_ID同a)中。容纳动态范围扩展元数据的标识元数据。容纳DynamicExtensionFlagInfo的部分信息。
- c) 在‘Iprp’的‘ipco’中添加项目属性，应包含的项目属性有‘colr’和‘irot’，‘irot’的值应和9.3.2中的‘irot’属性和值完全一致。容纳7.2.2.6中规定的增强图像扩展后的属性信息元数据。容纳可选择图像的属性信息元数据Alternate image colorimetry Info以及CombinedMappingInfo部分信息。
- d) 应在‘iref’中添加项，属性为‘dimg’的SingleItemTypeReferenceBox，内容包含From_item_id（应等于9.3.4的a)对应的item_ID），reference_count（应等于2），To_item_id（第一个To_item_id应等于9.3.2的b)对应的item_ID，指示基本图像），To_item_id（第二个To_item_id应等于9.3.3的a)对应的item_ID，指示增强图像）。容纳动态范围扩展元数据的标识元数据。容纳DynamicExtensionFlagInfo的部分信息。
- e) 添加‘ipma’并在‘ipma’中添加项目属性关联项，association_count存储关联的属性项数目，用property_index来列举关联的属性项的序号，其中colr和irot的essential值为1；应包含9.3.4的c)的属性项。容纳动态范围扩展元数据的动态范围扩展的处理信息元数据。容纳动态范围扩展

的色彩信息Gain map Application color space。

- f) 添加 ‘idat’，容纳动态范围扩展处理元数据主要部分。容纳Extend_Info_Part1部分的信息，总体结构见表25。

表 25 ExtendInfoPar1

定义	描述符
versionmap	u(8)
version	u(32)
if(minimum_version==0){	
flag	u(8)
base_headroom_numerator	u(32)
base_headroom_denominator	u(32)
alternate_headroom_numerator	u(32)
alternate_headroom_denominator	u(32)
for(i=0; i < number_of_components-1; i++){	
extend_info_main[i]	
}	
}	

其中数据参考9.2.3的b)。

- g) 可添加 ‘altr’。具有唯一性id(item_id也是唯一性id)，其中entity_id的第一个写入的值应为9.3.4中tmap对应的id值。

9.3.5 静态元数据子格式

应使用‘mdcv’和‘clli’box 封装静态元数据，具体定义见 ISO/IEC 14496-12。

静态元数据也可封装在 HEVC 码流的 SEI message 中，见 ISO/IEC 23008-2 以及 T/UWA 005.1-2024。

9.3.6 动态范围扩展处理元数据扩展部分以及动态元数据子格式

- a) 在 ‘iinf’ 中添加增强图像对应的infe item, 该infe item包含标识项号(item_ID)、项类型(item_type), 其中项类型 (item_type) 为 ‘it35’。
- b) 添加 ‘idat’，容纳ExtendInfo，总体结构为见表26。

表 26 ExtendInfo

定义	描述符
UWA Info {	
itu_t_t35_country_code	f(8)
terminal_provide_code	f(16)
terminal_provide_oriented_code	f(16)
extended_frame_number	f(8)
extended_type	f(32)
if(meta_type==1){	
metedata_size	u(16)
static_metedata_size	u(16)

表 26 (续)

定义	描述符
static_metadata	$u(8) \times N$
dynamic_metadata_size	$u(16)$
dynamic_metadata	$u(8) \times N$
}	
if(enhance_type==1){	
extend_info_size	$u(16)$
extend_info_extention	$u(8) \times N$
}	
}	

其中数据参考9.2.3的a)。

10 获取 HDR 图像

10.1 从基本图像数据获取显示所需的 HDR 图像的过程

10.1.1 概述

本条描述了 HDR 图像的获取过程：

- 获取基本图像子格式部分文件包含元数据；
- 调用10.1.2节获取HDR图像数据及其元数据；
- 进行HDR范围显示适配。

10.1.2 获取 HDR 图像数据及其元数据

输入：元数据信息 metadata，图像数据 pic；

输出：HDR 图像数据 HDRPic，图像属性语义 PicInfo，静态元数据 StaticMetadata，动态元数据 DynamicMetadata；

过程如下：

a) HDR图像校验

- 若色域信息 ColourPrimaries 不是 BT.2020/BT.2100，则认定为非本标准 HDR 图像；
- 如果传递函数信息 TransferCharacteristics 不是 HLG 或者 PQ，则认定为非本标准 HDR 图像；
- 如果静态元数据未赋值，则认定为非本标准完整 HDR 图像，也可根据图像属性语义赋予默认取值：
 - 若满足 BT.2100 规格，为 HLG 传递函数时，max_display_mastering_luminance 默认赋予 1000nit，白点默认使用 D65；
 - 若满足 BT.2100 规格，为 PQ 传递函数时，max_display_mastering_luminance 默认赋予 10000nit，白点默认使用 D65；
- 如果动态元数据未赋值，则认定为非本标准完整 HDR 图像。

b) HDR图像赋值

- 图像属性语义 PicInfo = 符合 7.1 的元数据信息 metadata 中的 PicInfo；
- 静态元数据 StaticMetadata = 符合 7.1 的元数据信息 metadata 中的 StaticMetadata；

- 3) 动态元数据 DynamicMetadata = 符合 7.1 的元数据信息 metadata 中的 DynamicMetadata ;
- 4) HDR 图像数据 $\text{HDRpic} = \text{pic}$ 。

10.1.3 进行 HDR 显示适配

输入: HDR 图像数据 HDRpic , 图像属性语义 PicInfo , 静态元数据 StaticMetadata , 动态元数据 DynamicMetadata ;

输出: 用于显示的 HDR 图像数据 recHDRAfter ;

过程如下:

- a) 如果元数据信息 metadata 中存在动态元数据 DynamicMetadata , 则应根据动态元数据 DynamicMetadata 指示的过程, 应按照 T/UWA 005.1-2024 对于 HDRpic 进行 HDR 显示适配处理。
- b) 如果元数据信息 metadata 中不存在动态元数据 DynamicMetadata , 则按照 T/UWA 005.1-2024 附录 A, 先生成动态元数据, 再按照 T/UWA 005.1-2024 对于 HDRpic 进行 HDR 显示适配处理。

10.2 从双层分发格式获取 HDR 图像的过程

10.2.1 概述

从 DRE-AIG 获取 HDR 图像的过程见图 3。

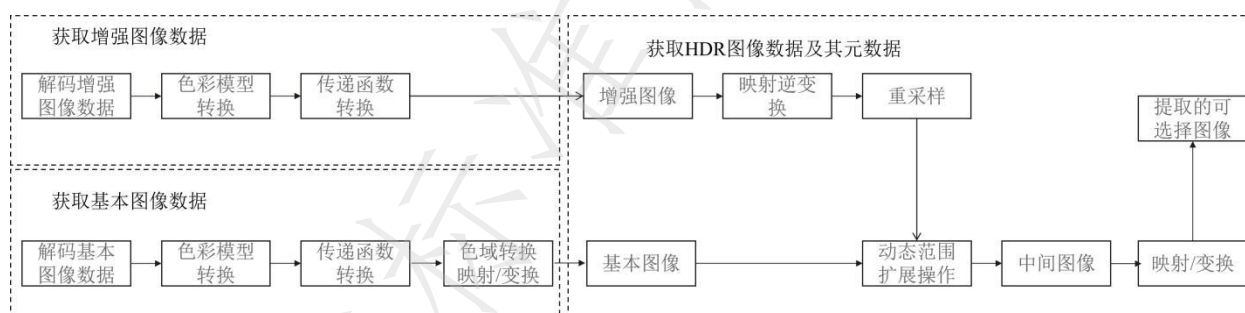


图3 DRE-AIG获取HDR图像的过程

过程如下:

- a) 调用 10.2.2 节获取元数据;
- b) 调用 10.2.3 节获取基本图像数据;
- c) 调用 10.2.4 节获取增强图像数据;
- d) 调用 10.2.5 节获取提取的可选择图像数据及其元数据;
- e) 获取显示亮度信息, 并根据 T/UWA 005.1-2024 显示适配过程进行 HDR 范围显示适配。

10.2.2 获取元数据

输入: 符合第 9 章中文件结构封装的元数据子格式;

输出: 符合第 7 章中的元数据信息 metadata ;

过程如下:

- a) 获取动态范围扩展标识元数据 $\text{DynamicExtensionFlagInfo}$, 并根据 $\text{DynamicExtensionFlagInfo}$ 的信息获取基本图像子格式部分文件和增强图像子格式部分文件等;
如果是 JPEG 文件格式, 则:
 - 1) 应使用 9.2.2 的 a) 获取 $\text{DynamicExtensionFlagInfo}$ 。
 - 2) 应使用 MPF APP, 且根据 MPF 获得 MPF 标识的扩展图像类型为 gainmap , 则指示当前是 DRE-AIG, 也可使用 9.2.2 的 b) 从 MPF 中获取 $\text{DynamicExtensionFlagInfo}$ 。

- 3) 文件起始的 JPEG 子格式为基本图像子格式部分；根据 DynamicExtensionFlagInfo 获取增强图像文件的偏移，进而获取增强图像子格式部分。

如果是 HEIF 文件格式，则：

- 1) 应获取‘it35’，如存在‘it35’且其中数据符合 9.3.6，则 DynamicExtensionFlagInfo 存在，并从‘iloc’获取 DynamicExtensionFlagInfo。
 - 2) 应使用 9.3.4 获取 tmap。如果有 tmap，则 DynamicExtensionFlagInfo 存在，并从‘iloc’中获取 DynamicExtensionFlagInfo。当文件中存在首要图像项（item）以及隐藏（hidden）类型的图像项（item），并且存在第三项（item）为 tmap，并且存在‘dimg’标识三项之间的依赖关系，则指示当前是 DRE-AIG。
 - 3) 根据 DynamicExtensionFlagInfo 的偏移信息，从‘mdat’获取基本图像子格式部分、增强图像子格式部分、动态范围扩展元数据子格式部分、静态元数据子格式部分以及动态范围扩展处理元数据子格式部分。
- b) 如果 DynamicExtensionFlagInfo 的信息存在且指示当前是 DRE-AIG，则进行后续处理，否则不进行后续处理。
- c) 获取基本图像数据的属性信息 Baseline image colorimetry Info:
- 1) 如果是 JPEG 文件格式，则：根据 9.2.2 的 d) 从基本图像子格式部分的 ICC APP 中获取。若 ICC 中有 CICC tag，则同时获取 CICC 信息。
 - 2) 如果是 HEIF 文件结构，则：根据 9.3.2 的 d) 从基本图像子格式部分的 colr 包中获取信息。若 colr 是‘nclx’类型则获取 CICC 信息，如果是其余类型则获取的是 ICC 信息。如果 ICC 中有 CICC tag，则同时获取 CICC 信息。
- d) 获取增强图像的属性信息 EnhanceDataInfo:
- 1) 如果是 JPEG 文件格式，则使用默认的属性信息，其中 EnhanceColorPrimary 为不做任何色域变换处理的格式，EnhanceTransFunction 为线性或者不做任何非线性转线性的处理的格式，EnhanceColorModel 使用 sRGB 的 YUV 格式。
 - 2) 如果是 HEIF 文件格式，则使用 9.3.3 的 c) 增强图像子格式部分的 colr 获取信息。
- e) 获取增强图像扩展后的属性信息 Alternate image colorimetry Info
- 1) 如果是 JPEG 文件，则根据 9.2.3 的 c) 从增强图像子格式部分的 ICC APP 中获取信息，如果 ICC 中有 CICC tag，则同时获取 CICC 信息。
 - 2) 如果是 HEIF 文件，则使用 9.3.4 的 c) 从动态范围扩展元数据子格式部分的‘tmap’项(item) 关联的 colr 获取信息。
- f) 获取动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space
- 1) 如果是 JPEG 文件，则根据 9.2.3 的 b) 从增强图像子格式部分的 ISO APP2 中获取信息。
 - 2) 如果是 HEIF 文件，则使用 9.3.4 的 f) 从动态范围扩展元数据子格式部分的‘tmap’项(item) 关联的‘idat’或‘mdat’中获取信息。
- g) 动态范围扩展处理元数据 ExtendInfo 中的其他信息
- 1) 如果是 JPEG 文件，则：
 - 根据 9.2.3 的 a) 从增强图像子格式部分获取。
 - 也可根据 9.2.3 的 b) 从基本图像子格式部分、以及增强图像子格式部分的 ICC APP2 中获取信息。
 - 2) 如果是 HEIF 文件，则：
 - 使用 9.3.6 从动态范围扩展处理元数据子格式部分‘it35’封装关联的‘idat’的中获取。

- 也可使用 9.3.4 的 c) 从 ‘tmap’ 项 (item) 关联的 ‘idat’ 或 ‘mdat’ 以及基本图像子格式部分、以及动态范围扩展元数据子格式部分的 colr 中获取信息。

10.2.3 获取基本图像数据

输入：从基本图像子格式部分获得的解码基本图像数据 PicBaseDecoder，基本图像数据的属性信息元数据 Baseline image colorimetry Info，动态范围扩展处理元数据 ExtendInfo；

输出：基本图像数据 picBaseAfter；

主要包含的处理过程如下：

- a) 若基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 和动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 均为 CIE 类型的信息：

- 1) 色彩模型转换

若基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 和动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的色彩模型 ColorModel 不同，则需转换色彩模型。

根据 BaseInfo 的 MatrixCoefficients 的指示，先转换 PicBaseDecoder 至 RGB 空间。

- 2) 传递函数转换

若基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 和动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的传递函数 TransFunction 信息不同，则需转换传递函数格式。

根据基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 的 TransFunction 的指示，先转换 PicBaseDecoder 至线性空间。

- 3) 转换/映射

包含色域以及其他转换：

若基本图像的属性信息和动态范围扩展的色彩信息 CombineColorInfo 的色域空间 ColorPrimary 信息不同，则需要转换到 CombineColorPrimary 对应的色域空间。

首先，若 BaseMappingFlag 为真，则根据 BaseMapping 以及 base_mapping_matrix 获取的映射关系 base_TMB1 对于 PicBaseDecoder 进行转换处理；

否则根据 BaseColorPrimary 和 CombineColorPrimary，先按照 BaseColorPrimary 从 RGB 转换 PicBaseDecoder 至 CIE XYZ 空间，再按照 CombineColorPrimary 从 XYZ 转换 PicBaseDecoder 至 RGB。

接着，对于获得的像素进行转换，加上 Baseline image offset。

注：同样的方式可以参照 ITU-R BT.2087 中的 3×3 矩阵。

注：符合 ISO 21496-1 的：在 Annex B colour conversion 与 Gain map application space colour primaries metadata 相关的转换流程。

- 4) 传递函数转换

如果动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的传递函数 CombineTransFunction 信息和线性域格式不同，则需转换到 CombineTransFunction 对应的传递函数格式。

注：符合 ISO 21496-1 的要求，CombineTransFunction 应指示线性，则不进行当前步骤。

- 5) 色彩模型转换

如果动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的色彩模型 ColorModel 和 RGB 色彩模型不同，则需转换到 CombineColorMode 对应的色彩模型。

注：符合 ISO 21496-1 的要求，CombineColorMode 应指示 RGB，则不进行当前步骤。

- b) 若基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 仅包含 ICC（不含 CIE）的信息：

- 1) 根据 ICC profile 信息，将基本图像数据转换到 ICC PCS (nCIE XYZ) 空间。

- 2) 根据 Gain map Application color space 的 ColorModel、TransFunction、ColorPrimary 将基本图像数据从 ICC PCS 空间转换到相应格式。
- 3) 色彩模型转换 1
从 ICC PCS (nCIE XYZ) 空间转到线性 RGB。
- 4) 传递函数转换
如果动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的传递函数 CombineTransFunction 信息和线性域格式不同, 则需转换到 CombineTransFunction 对应的传递函数格式。
注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineTransFunction应指示线性, 则不进行当前步骤。
- 5) 色彩模型转换 2
如果动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的色彩模型 ColorModel 和 RGB 色彩模型不同, 则需转换到 CombineColorMode 对应的色彩模型。
注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineColorMode应指示RGB, 则不进行当前步骤。

10.2.4 获取增强图像数据

输入: 从增强图像子格式获得的解码增强图像数据 PicEnhanceDecoder, 增强图像的属性信息 EnhanceDataInfo, 动态范围扩展处理元数据 ExtendInfo;

输出: 增强图像数据 picEnhanceAfter;

主要包含的处理过程如下:

若 ExtendInfo 中包含的 EnhanceDataInfo 信息存在, 则:

a) 色彩模型转换

如果 PicEnhanceDecoder 和动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的色彩模型 MatrixCoefficients 信息不同, 则需转换到 CombineColorMode 对应的色彩模型。

注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineColorMode应指示RGB。

注: 若PicEnhanceDecoder为灰度图Y, 则将RGB三个通道都设为Y的值。

10.2.5 获取提取的可选择图像数据及其元数据

输入: 基本图像数据 picBaseAfter, 增强图像数据 picEnhanceAfter, 动态范围扩展处理元数据 ExtendInfo;

输出: HDR 图像数据 HDRPic, 图像属性语义 PicInfo, 静态元数据 StaticMetadata, 动态元数据 DynamicMetadata;

要包含的处理过程如下:

a) 根据基本图像和增强图像获取中间图像

注: 本过程符合ISO 21496-1的Gain map application过程:

1) 增强图像的变化(逆映射/逆归一化)

根据增强图像的变化信息, 获取映射关系 TMB1, 对于 PicEnhanceDecoder 进行处理, 获取 $\text{picEnhanceAfter} = \text{TMB1}(\text{PicEnhanceDecoder})$, 符合 ISO 21496-1, 可参考附录 D.4。

2) 变采样

如果基本图像数据的分辨率(宽度或者高度上的像素数)与增强图像数据的分辨率不同, 需要根据增强图像的上下采样参数对增强图像进行变采样操作, 符合 ISO 21496-1, 可参考附录 D.4。

注: 也可将基本图像数据的分辨率与增强图像数据的分辨率都转换至提取的可选择图像的分辨率, 但是结果会和符合ISO 21496-1略有差别。

3) 转换

如果 PicEnhanceDecoder 和 Gain map Application color space 的传递函数 CombineTransFunction 不同, 则需转换到 CombineTransFunction 对应的传递函数。

注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineTransFunction应为线性, 应

$$\text{picEnhanceAfter} = 2^{\text{picEnhanceAfter}}$$

4) 动态范围扩展操作

对于 picBaseAfter 和 picEnhanceAfter 进行处理, 获取 recHDRMid, 如下式:

$$\text{recHDRMid} = (\text{picBaseAfter}) \times \text{picEnhanceAfter}.$$

若 Number of components 为 1, 则:

$$\text{recHDRMid}[0] = (\text{picBaseAfter}[0]) \times \text{picEnhanceAfter}[0]$$

$$\text{recHDRMid}[1] = (\text{picBaseAfter}[1]) \times \text{picEnhanceAfter}[0]$$

$$\text{recHDRMid}[2] = (\text{picBaseAfter}[2]) \times \text{picEnhanceAfter}[0]$$

若 Number of components 为 3, 则:

$$\text{recHDRMid}[0] = (\text{picBaseAfter}[0]) \times \text{picEnhanceAfter}[0]$$

$$\text{recHDRMid}[1] = (\text{picBaseAfter}[1]) \times \text{picEnhanceAfter}[1]$$

$$\text{recHDRMid}[2] = (\text{picBaseAfter}[2]) \times \text{picEnhanceAfter}[2]$$

b) 根据中间图像获取提取的可选择图像

获取提取的可选择图像

$$\text{HDRPic} = \text{recHDRMid}$$

并从 ExtendInfo 获取图像属性语义 PicInfo、静态元数据 StaticMetadata、动态元数据 DynamicMetadata。

10.2.6 进行 HDR 范围显示适配

输入: HDR 图像数据 HDRPic, 图像属性语义 PicInfo, 静态元数据 StaticMetadata, 动态元数据 DynamicMetadata, 显示设备的显示信息;

输出: 用于显示的 HDR 图像数据 recHDRAfter;

a) 图像格式转换

1) 色彩模型转换

转换 HDRPic 至 RGB 空间。

注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineColorMode为RGB, 则不进行当前步骤。

2) 传递函数转换

转换 HDRPic 至线性空间。

注: 符合ISO 21496-1的要求, CombineTransFunction为线性, 则不进行当前步骤。

3) 转换

包含色域以及其他转换:

若 EnhanceColorPrimary 和 CombineColorPrimary 的色域空间 ColorPrimary 信息不同, 则需要转换到 EnhanceColorPrimary 对应的色域空间。

首先, 对于获得的像素进行转换, 减去 AlternateHDRImageOffset。

接着:

- 若 CombineMappingFlag 为真, 则根据 CombineMapping 以及 combined_mapping_matrix 获取的映射关系 recHDRmid 对于 HDRPic 进行转换处理;
- 否则根据 EnhanceColorPrimary 和 CombineColorPrimary, 先按照 CombineColorPrimary 从 RGB 转换 HDRPic 至 CIE XYZ 空间, 再按照 EnhanceColorPrimary 从 XYZ 转换 HDRPic 至 RGB。

4) 传递函数转换

若 EnhanceTransFunction 和 CombineTransFunction 不同,则应转换到 EnhanceTransFunction 对应的格式。

注:可包含从RGB到EnhanceColorMode格式的转换。

b) 根据显示设备的显示亮度信息进行显示适配

应根据 T/UWA 005.1-2024 对于 HDRPic 进行 HDR 显示适配处理:

获取目标显示信息;根据目标显示信息,获取色调映射曲线参数;再根据色调映射曲线对于获得的 HDR 范围图像进行色调映射处理,最后进行显示或者其他后续处理。

11 获取 SDR 图像

11.1 从 HDR 图像获取 SDR 图像的过程

11.1.1 概述

本章描述了按照 10.2 从双层分发格式获取 HDR 图像后,再获取 SDR 图像的过程;以及从双层分发格式的基本图像为 HDR 图像获取 SDR 图像的过程:

- a) 获取HDR图像数据及其元数据;
- b) 调用11.1.2节获取标准图像数据;

11.1.2 获取 SDR 图像数据

输入:元数据信息 metadata, 图像数据 pic;

输出:SDR 图像数据 SDRpic, 图像属性语义 PicInfo;

获得过程如下:

- a) 若可获取增强图像gainmap,则参照10.2过程获得SDR图像数据。
- b) 否则,如果元数据信息metadata中存在动态元数据DynamicMetadata,则根据动态元数据DynamicMetadata指示的过程,按照T/UWA 005.1-2024将图像数据转为SDR图像数据。
- c) 如果元数据信息metadata中不存在动态元数据DynamicMetadata,则按照T/UWA 005.1-2024附录A,先生成动态元数据,再参考T/UWA 005.1-2024将图像数据转为SDR图像数据。

11.2 从双层分发格式的基本图像获取 SDR 图像的过程

11.2.1 概述

过程如下:

- a) 获取基本图像子格式部分文件包含元数据;
- b) 调用11.2.2节获取基本图像数据;
- c) 调用11.2.3节获取提取的可选择SDR图像;

11.2.2 获取基本图像数据

输入:从基本图像文件获得的图像数据 PicBaseDecoder, 基本图像数据的属性信息 Baseline image colorimetry Info;

输出:基本图像数据 picBaseAfter;

获得过程如下:

获取 picBaseAfter

picBaseAfter = PicBaseDecoder

11.2.3 获取提取的可选择 SDR 图像

输入：基本图像数据 `picBaseAfter`，基本图像数据的属性信息 `Baseline image colorimetry Info`；

输出：提取的可选择 SDR 图像 `SDRPic`（SDR 图像数据 `recSDR`，可选图像属性语义 `PicInfo`）；
获得过程如下：

a) 获取 SDR 图像数据 `recSDR`：

若基本图像的属性信息 `Baseline image colorimetry Info` 符合 SDR 图像数据格式，则：

`recSDR=picBaseAfter`；

b) 可获取图像属性信息 `PicInfo`：

若基本图像的属性信息 `Baseline image colorimetry Info` 符合 SDR 图像数据格式，则：

`PicInfo=Baseline image colorimetry Info`。

附录 A（资料性）

DRE-AIG 的生成过程

主要流程如图 A.1 所示：

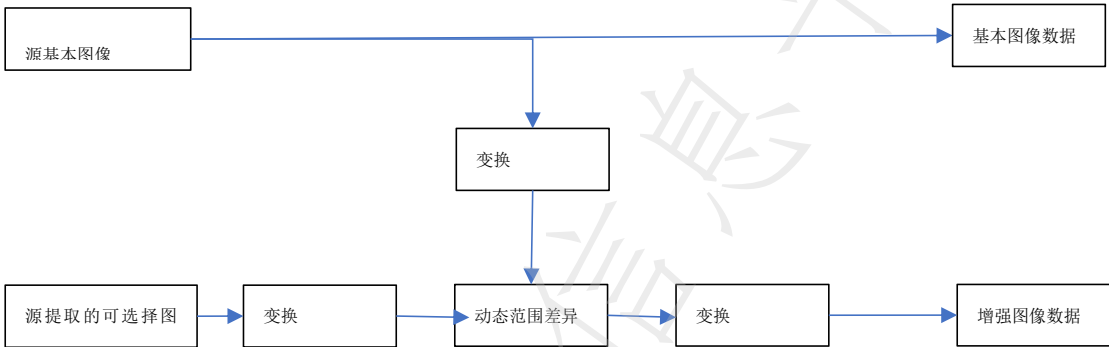


图 A.1 DRE-AIG 的生成过程

输入：HDR 图像 HDRPic，HDR 图像属性信息 HDRPicInfo，静态元数据 staticMetadata，动态元数据 dynamicMetadata，SDR 图像 SDRPic，SDR 图像属性信息 SDRPicInfo

输出：基本图像 baselineImage，增强图像 gainmapImage，动态范围扩展处理元数据 ExtendInfo

a) 动态范围扩展的映射参数的生成：

- 1) 设置基本图像偏移量常数 Per Component Baseline Offset 为 0.0001；
- 2) 设置提取的可选择图像偏移量常数 Per Component Baseline Offset 为 0.0；

b) 将可选择图像的属性信息 Alternate image colorimetry Info 设置为 HDRPicInfo；

c) 生成处理后的 HDR 图像 HDRPicAfter；

- 1) 根据按照 T/UWA 005.1-2024 附录 A，先生成动态元数据；
- 2) 转换到 RGB；
- 3) 转换到线性空间；
- 4) 将 HDRPic 转到 log2 域，并 HDRPicAfter = HDRPic

a) 将基本图像的属性信息 Baseline image colorimetry Info 设置为 SDRPicInfo；

b) 生成处理后的 SDR 图像 SDRPicAfter ；

- 1) SDRPic 为原始 8bit SDR 图像经 JPEG/HEIF 编码后解码的重建图像

注：如果使用原始 8bit SDR 图像直接作为 SDRPic，需要考虑编码失真对于端到端质量的影响。

- 2) 将 SDRPic 转换到 RGB；
- 3) 将 SDRPic 转换到线性空间；

- 4) 对于 SDRPic 进行色域变换等变换，并记录转换矩阵元数据 base_mapping_matrix（可参照使用 ITU-R BT.2087 中的 3×3 浮点矩阵）；

过程中可利用 BaseMappingInfo 对于 SDRPic 进行映射，也可不使用 BaseMappingInfo 信息，此处信息应和 ICC 一致，映射关系设为 TMN

根据 TMN 以及基本图像偏移量常数，对于 SDRPic 进行变换，获得：

$$\text{SDRPicAfter} = \text{TMN}(\text{SDRPic}) + \text{Per Component Baseline Offset}$$

之后将 SDRPicAfter 转换至 log2 域

f) 生成增强图像数据 EnhancedPic;

$$\text{EnhancedPic} = \text{HDRPicAfter} - \text{SDRPicAfter}$$

g) 根据默认的增强图像的上下采样参数对增强图像数据 EnhancedPic 进行下采样;

h) 获取增强图像数据 EnhancedPic 最大值 Per-component max gain map values;

i) 获取增强图像数据 EnhancedPic 最小值 Per-component min gain map values;

注: 可根据 EnhancedPic 的分布特征采取真正的最大值或者其他值。

j) 对于增强图像数据 EnhancedPic 进行处理:

$$\text{EnhancedPic} = \text{clip3}(\text{Per-component min gain map values}, \text{Per-component max gain map values}, \text{EnhancedPic})$$

$$\text{EnhancedPic} = (\text{EnhancedPic} - \text{Per-component min gain map values}) / (\text{Per-component max gain map values} - \text{Per-component min gain map values})$$

k) 设置 CombineColorPrimary 为与 EnhanceColorPrimary 相同;

l) 设置 Per-component gamma values 为 1.0;

注: 可根据 EnhancedPic 的分布特征采取其他值。

$$\text{EnhancedPic} = \text{EnhancedPic}^{\text{Per-component gamma values}}$$

m) 将相关的数据赋值给 ExtendInfo;

n) 进行 JPEG / HEIF 编码前, 先将 EnhancedPic 转换至 8bit 定点、全精度 (full) 数据;

o) 将 SDRPic 设为基本图像, 将 EnhancedPic 设为增强图像并进行 JPEG / HEIF 编码, 将 ExtendInfo (含动态元数据) 按照第 9 章文件格式编码进 JPEG / HEIF。

附 录 B（资料性）

ICC_profile 建议

B.1 概述

本附录描述了如何使用 ICC_profile 的推荐方法,推荐使用 ICC V4.4 以上版本。

B.2 sRGB/P3-D65 ICC_profile

可使用 sRGB_profile[1]或者 P3_profile[2], 可包含 CIEP tag, 见表 B.1。

表 B.1 CIEP type 编码

字节位	字段长度 (单位: 字节)	内容	编码
0到3	4	cicp'(636696370h) type signature	
4到7	4	Reserved, shall be set to 0	
8	1	ColourPrimaries	ulnt8Number
9	1	TransferCharacteristics	ulnt8Number
10	1	MatrixCoefficients	ulnt8Number
11	1	VideoFullRangeFlag	ulnt8Number

其中:

ColourPrimaries 取值为 1, 标识使用 sRGB/sYCC 的三基色坐标和白点;

transferCharacteristics 取值为 13, 标识使用 sRGB/sYCC;

MatrixCoefficients 取值为 5, 标识使用 sYCC 的转换矩阵。

B.3 HDR图像ICC_profile

HDR 图像应使用包含 CIEP tag 的 ICC_profile, CIEP tag 参考图 5, 其中:

ColourPrimaries 取值为 9, 标识使用 BT.2020/BT.2100 的三基色坐标和白点;

transferCharacteristics 取值为 16 或者 18, 标识使用 PQ 或者 HLG;

MatrixCoefficients 取值为 9, 标识使用 BT.2020/BT.2100 的转换矩阵。

附录 C (资料性)

元数据封装、文件格式、处理的补充说明

C.1 概述

本附录描述了关于元数据封装、文件格式、动态范围扩展处理的补充信息。

C.2 ISO 21496-1 元数据封装

本节描述了 ISO 21496-1 的元数据封装，Extend_Info 和 Extend_Info_Main 见表 C.1 和表 C.2。

表 C.1 增强图像中的 ISO Metadata APP2

定义	描述符
Extend_Info {	
flag	u(8)
base_headroom_numerator	u(32)
base_headroom_denominator	u(32)
alternate_headroom_numerator	u(32)
alternate_headroom_denominator	u(32)
for(i=0; i < number_of_components-1; i++){	
extend_info_main	
}	
}	

其中，app_start_code: 16 位无符号数，APP 标记，取值等于 0xE2FF；

app_length: 16 位无符号数，APP 长度；

iso_gainmap_tag: 28 个 UTF-8 字符，APP 标记，取值等于‘urn:iso:std:iso:ts:21496:-1’；

version: 32 位无符号数，版本号，minimum_version 等于(version&0xFF)；

flag: 8 位无符号数，标识，其中 number_of_components 等于 ((flag>>7)&0x01)×2+1，use_base_colour_space 等于 ((flag>>6)&0x01)，当 use_base_colour_space 为 1，则将动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的 CombineColorPrimary 设为等于 BaseColorPrimary，否则设为等于 EnhanceColorPrimary；

base_headroom_numerator 和 base_headroom_denominator，16 位无符号数，如果基本图像是 SDR 图像，则设为 0 和 1；

alternate_headroom_numerator 和 alternate_headroom_denominator，16 位无符号数，如果提取的可选择图像数据是 SDR 图像，则设为 0 和 1；

extend_Info_Main: 表示每个通道的增强图像的变化信息 (Per-component max gain map values、Per-component max gain map values、Per-component gamma values) 和动态范围扩展的映射参数 (BaselineSDRImageOffset、AlternateHDRImageOffset)，相应元数据可根据 7.2.7 动态范围扩展处理元数据语义 ExtendInfo 以及 7.2.7.3 动态范围扩展的变换信息 CombinedTransformInfo。

表 C.2 extend_Info_Main

定义	描述符
extend_Info_Main{	
per_component_min_gain_map_numerator	i(32)
per_component_min_gain_map_denominator	u(32)
per_component_max_gain_map_numerator	i(32)
per_component_max_gain_map_denominator	u(32)
Per-component gamma values_numerator	u(32)
Per-component gamma values_denominator	u(32)
baseline_image_offset_numerator	i(32)
baseline_image_offset_denominator	u(32)
alternate_image_offset_numerator	i(32)
alternate_image_offset_denominator	u(32)
}	

其中, per_component_min_gain_map_numerator: 32 位有符号数, per_component_min_gain_map_denominator: 32 位无符号数, 表示增强图像的变化信息中的 Per-component min gain map, 取值等于($\text{per_component_min_gain_map_numerator} \div \text{per_component_min_gain_map_denominator}$);

per_component_max_gain_map_numerator: 32 位有符号数, per_component_max_gain_map_denominator: 32 位无符号数, 表示增强图像的变化信息中的 Per-component max gain map, 取值等于($\text{per_component_max_gain_map_numerator} \div \text{per_component_max_gain_map_denominator}$);

Per-component gamma values_numerator 和 Per-component gamma values_denominator: 32 位无符号数, 表示动态范围扩展的映射参数中的 Per-component gamma values, 取值等于($\text{Per-component gamma values_numerator} \div \text{Per-component gamma values_denominator}$);

baseline_image_offset_numerator: 32 位有符号数, baseline_image_offset_denominator: 32 位无符号数, 表示动态范围扩展的映射参数中的 Baseline SDR image offset, 取值等于($\text{baseline_image_offset_numerator} \div \text{baseline_image_offset_denominator}$);

alternate_image_offset_numerator: 32 位有符号数, alternate_image_offset_denominator: 32 位无符号数, 表示动态范围扩展的映射参数中的 Alternate HDR image offset, 取值等于($\text{alternate_image_offset_numerator} \div \text{alternate_image_offset_denominator}$)。

C.3 ISO 21496-1 元数据 JPEG 格式

本节描述了 ISO 21496-1 的 JPEG 中元数据格式, 基本图像中的 ISO Metadata APP2 见表 C.3 和表 C.4。

表 C.3 基本图像中的 ISO Metadata APP2

定义	描述符
ISO Metadata APP{	
app_start_code	f(16)
app_length	u(16)
iso_gainmap_tag	st(28)
payload	f(32)
}	

其中, app_start_code: 16 位无符号数, APP 标记, 取值等于 0xE2FF;
 app_length: 16 位无符号数, APP 长度;
 iso_gainmap_tag: 28 个 UTF-8 字符, APP 标记, 取值等于‘urn:iso:std:iso:ts:21496:-1’;
 payload: 32 位无符号数, 版本号, 取值等于 0x0。

表 C.4 增强图像中的 ISOMetadata APP2

定义	描述符
ISOMetadata APP{	
app_start_code	f(16)
app_length	u(16)
iso_gainmap_tag	st(28)
version	u(32)
if(minimum_version==0){	
Extend_Info	
}	
}	

其中, app_start_code: 16 位无符号数, APP 标记, 取值等于 0xE2FF;
 app_length: 16 位无符号数, APP 长度;
 iso_gainmap_tag: 28 个 UTF-8 字符, APP 标记, 取值等于‘urn:iso:std:iso:ts:21496:-1’;
 version: 32 位无符号数, 版本号, minimum_version 等于 (version&0xFF);
 flag: 8 位无符号数, 标识, 其中 number_of_components 等于 ((flag>>7)×2+1, use_base_colour_space 等于 ((flag>>6)&0x01), 当 use_base_colour_space 为 1, 则将动态范围扩展的色彩信息 Gain map Application color space 的 CombineColorPrimary 设为等于 BaseColorPrimary, 否则设为等于 EnhanceColorPrimary;
 base_headroom_numerator 和 base_headroom_denominator, 16 位无符号数, 如果基本图像是 SDR 图像, 则设为 0 和 1;
 alternate_headroom_numerator 和 alternate_headroom_denominator, 16 位无符号数, 如果基本图像是 SDR 图像, 则设为 0 和 1;
 extend_Info_Main: 表示每个通道的增强图像的变化信息 (Per-component max gain map values、Per-component max gain map values、Per-component gamma values) 和动态范围扩展的映射参数 (BaselineSDRImageOffset、AlternateHDRImageOffset), 相应元数据可根据 7.2.7 动态范围扩展处理元数据语义 ExtendInfo 以及 7.2.7.3 动态范围扩展的变换信息 CombinedTransformInfo。

C.4 ISO 21496-1 的 Gain map application 过程信息

a) 增强图像的变化 (逆映射/逆归一化)

根据增强图像的变化信息:

$$\text{picEnhanceAfter} = (\text{Per-component max gain map values} - \text{Per-component min gain map values}) * \text{PicEnhanceDecoder}^{(1/\text{Per-component gamma values})} + \text{Per-component min gain map values}$$

b) 变采样

如果基本图像数据的分辨率 (宽度或者高度上的像素数) 与增强图像数据的分辨率不同, 需要对于增强图像进行变采样操作, 应保证基本图像数据/增强图像数据的上下采样、和增强图像数据的相位关系为共位 (co-sited), 即增强图像数据和增强图像数据的上下采样图像的左上角像素等预设位置像素的位置信息相同。

C.5 HEIF双层分发格式样例

```

FileTypeBox 'ftyp': major-brand='heic', compatible-brands='tmap, mif1, heic'
MetaBox 'meta': (container)
  HandlerBox 'hdlr': 'pict'
  PrimaryItemBox 'pitm': item_ID=1;
  ItemInfoBox 'iinf': entry_count=4
    1) 'infe': item_ID=1, item_type='hvc1';
    2) 'infe': item_ID=2(Hidden), item_type='hvc1';
    3) 'infe': item_ID=3, item_type='tmap';
    4) 'infe': item_ID=4, item_type='it35';
  ItemLocationBox 'iloc': item_count=3
    item_ID=1, extent_count=1, extent_offset=X, extent_length=Y;
    item_ID=2, extent_count=1, extent_offset=P, extent_length=Q;
    item_ID=3, extent_count=1, extent_offset=M, extent_length=N;
    item_ID=4, extent_count=1, extent_offset=K, extent_length=L;
  ItemReferenceBox 'iref':
    referenceType='dimg', from_item_ID=3, ref_count=2, to_item_ID=1, to_item_ID=2;
  ItemPropertiesBox 'iprp':
    ItemPropertyContainerBox 'ipco':
      'ispe' 1
      'pixi' 2
      'hvcC' 3
      'colr' 4
      'clli' 5
      'ispe' 6
      'hvcC' 7
      'colr' 8
      'colr' 9
      'pixi' 10
      'clli' 11
      'irotr' 12
    ItemPropertyAssociation 'ipma': entry_count=1
      1) item_ID=1, association_count=6
        essential=0, property_index=1;
        essential=0, property_index=2;
        essential=1, property_index=3;
        essential=1, property_index=4;
        essential=0, property_index=5;
        essential=1, property_index=12;
      2) item_ID=2, association_count=5
        essential=0, property_index=2;
        essential=0, property_index=6;

```

essential=1, property_index=7;
essential=1, property_index=8;
essential=1, property_index=12;

- 3) item_ID=3, association_count=5
essential=0, property_index=1;
essential=1, property_index=9;
essential=0, property_index=10;
essential=0, property_index=11;
essential=1, property_index=12;

ItemDataBox 'idat':

tmap data block (at file offset M, with length N)

GroupsListBox 'grpl':

EntityToGroupBox 'altr': group_id=5, num_entities_in_group=2

entity_id=3;

entity_id=1;

MediaDataBox 'mdat' :

HEVC Image (at file offset X, with length Y)

HEVC Image (at file offset P, with length Q)

it35 data block (at file offset K, with length L)

参考文献

- [1] sRGB_v4_ICC_preference_displayclass.icc, <https://www.color.org/srgbprofiles.xalter>
 - [2] Display P3.icc, <https://www.color.org/chardata/rgb/DisplayP3.xalter>
 - [3] ICC.1, 2022, international color consortium
 - [4] SMPTE ST 2086 Mastering Display Color Volume Metadata Supporting High Luminance and Wide Color Gamut Images
 - [5] IEEE 754 IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic
-