



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118451447 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 06

(21) 申请号 202280075223.7

(22) 申请日 2022.10.11

(30) 优先权数据

21306502.2 2021.10.27 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/078245 2022.10.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/072582 EN 2023.05.04

(71) 申请人 交互数字CE专利控股有限公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 D·图兹 L·考文 P·洛佩兹

R·勒纳尔 J-L·祖姆佩茨

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283

专利代理师 肖冰滨

(51) Int.Cl.

G06T 5/90 (2024.01)

H04N 21/6547 (2011.01)

H04N 21/84 (2011.01)

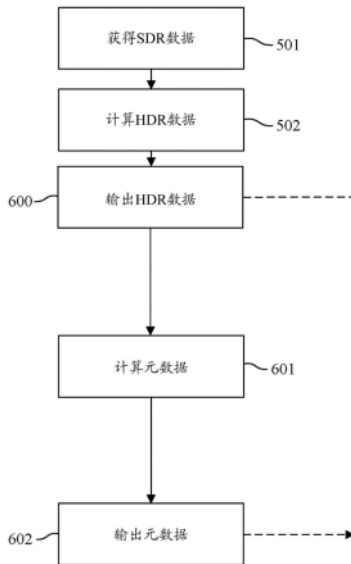
权利要求书3页 说明书18页 附图11页

(54) 发明名称

耦合的逆色调映射和色调映射

(57) 摘要

一种方法,包括:获得标准动态范围数据;获得 (601) 表示适于从该标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息,并且将该信息插入到元数据中;连同该元数据 (602) 提供表示该标准动态范围数据 (600) 的视频数据。



1. 一种方法, 包括:
获得 (501) 标准动态范围数据;
获得 (601, 1001) 表示适于从所述标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息, 并且将所述信息插入到元数据中;
连同所述元数据 (602, 1002) 提供表示所述标准动态范围数据 (600, 1000) 的视频数据。
2. 根据权利要求1所述的方法, 其中表示所述标准动态范围数据的所述视频数据包括所述标准动态范围数据或通过应用所述逆色调映射过程来从所述标准动态范围数据获得的所述高动态范围数据。
3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中所述信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。
4. 根据权利要求3所述的方法, 包括: 当所述信息表示色调映射曲线时, 计算用于定义所述逆色调映射过程的逆色调映射曲线的逆转项。
5. 根据权利要求4所述的方法, 包括: 根据所述逆色调映射曲线的所述逆转项计算 (6012) 第一查找表和第二查找表, 所述第一查找表适用于色调映射高动态范围数据的亮度分量并且所述第二查找表适用于校正所述高动态范围数据的颜色分量; 以及根据所述第一查找表和所述第二查找表估计表示色调映射函数的第一变量和表示颜色校正函数的第二变量, 所述第一变量和所述第二变量是插入到所述元数据中的表示所述逆色调映射过程的所述信息。
6. 根据任一前述权利要求所述的方法, 其中所述方法应用于所述标准动态范围数据的每个图片或所述标准动态范围数据的图片的组。
7. 一种方法, 包括:
获得表示标准动态范围数据的视频数据 (401);
确定 (610) 是否已连同所述视频数据获得包括表示适于从所述标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的第一信息的元数据; 以及,
响应于获得所述元数据而基于所述第一信息来将第一色调映射过程应用于从所述视频数据获得的高动态范围数据;
否则, 根据表示所述标准动态范围数据的所述视频数据计算表示第二色调映射过程的第二信息, 并且基于所述信息来将所述第二色调映射过程应用于从所述视频数据获得的高动态范围数据。
8. 根据权利要求7所述的方法, 其中所述视频数据包括所述标准动态范围数据或通过应用所述逆色调映射过程来从所述标准动态范围数据获得的所述高动态范围数据。
9. 根据权利要求7或8所述的方法, 其中所述信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。
10. 根据权利要求9所述的方法, 其中所述方法包括: 当所述信息表示逆色调映射曲线时, 逆转所述逆色调映射曲线。
11. 根据权利要求7至10中任一前述权利要求所述的方法, 其中所述方法应用于所述标准动态范围数据的每个图片或所述标准动态范围数据的图片的组。
12. 一种设备, 包括: 电子电路, 所述电子电路被配置用于:
获得 (501) 标准动态范围数据;

获得 (601,1001) 表示适于从所述标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息,并且将所述信息插入到元数据中;

连同所述元数据 (602,1002) 提供表示所述标准动态范围数据 (600,1000) 的视频数据。

13. 根据权利要求12所述的设备,其中表示所述标准动态范围数据的所述视频数据包括所述标准动态范围数据或通过应用所述逆色调映射过程来从所述标准动态范围数据获得的所述高动态范围数据。

14. 根据权利要求12或13所述的设备,其中所述信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

15. 根据权利要求14所述的设备,其中当所述信息表示色调映射曲线时,所述电子电路进一步被配置用于计算用于定义所述逆色调映射过程的逆色调映射曲线的逆转项。

16. 根据权利要求15所述的设备,其中所述电子电路进一步被配置用于:根据所述逆色调映射曲线的所述逆转项计算 (6012) 第一查找表和第二查找表,所述第一查找表适用于色调映射高动态范围数据的亮度分量并且所述第二查找表适用于校正所述高动态范围数据的颜色分量;以及根据所述第一查找表和所述第二查找表估计 (6013) 表示色调映射函数的第一变量和表示颜色校正函数的第二变量,所述第一变量和所述第二变量是插入到所述元数据中的表示所述逆色调映射过程的所述信息。

17. 根据权利要求12至16中任一前述权利要求所述的设备,其中所述电子电路被配置用于:

针对所述标准动态范围数据的每个图片或所述标准动态范围数据的图片的组

获得 (501) 标准动态范围数据;

获得 (601,1001) 表示适于从所述标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息,并且将所述信息插入到元数据中;以及,

连同所述元数据 (602,1002) 提供表示所述标准动态范围数据 (600,1000) 的视频数据。

18. 一种设备,包括:电子电路,所述电子电路被配置用于:

获得表示所述标准动态范围数据的视频数据 (401);

确定 (610) 是否已连同所述视频数据获得包括表示适于从所述标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的第一信息的元数据;以及,

响应于所述元数据的接收而基于所述第一信息来将第一色调映射过程应用于从所述视频数据获得的高动态范围数据;

否则,根据表示所述标准动态范围数据的所述视频数据计算表示第二色调映射过程的第二信息,并且基于所述信息来将所述第二色调映射过程应用于从所述视频数据获得的高动态范围数据。

19. 根据权利要求18所述的设备,其中所述视频数据包括所述标准动态范围数据或通过应用所述逆色调映射过程来从所述标准动态范围数据获得的所述高动态范围数据。

20. 根据权利要求18或19所述的设备,其中所述信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

21. 根据权利要求20所述的设备,其中当所述信息表示逆色调映射曲线时,所述电子电路进一步被配置用于逆转所述逆色调映射曲线。

22. 根据权利要求18至21中任一前述权利要求所述的设备,其中所述电子电路被配置

用于:

针对所述标准动态范围数据的每个图片或所述标准动态范围数据的图片的组
获得表示所述标准动态范围数据的视频数据(401);

确定(610)是否已连同所述视频数据获得包括表示适于从所述标准动态范围数据生成
高动态范围数据的逆色调映射过程的第一信息的元数据;以及,

响应于所述元数据的接收而基于所述第一信息来将第一色调映射过程应用于从所述
视频数据获得的高动态范围数据;以及,

否则,根据表示所述标准动态范围数据的所述视频数据计算表示第二色调映射过程的
第二信息,并且基于所述信息来将所述第二色调映射过程应用于从所述视频数据获得的高
动态范围数据。

23.一种信号,使用根据权利要求1至6中任一前述权利要求所述的方法或通过使用根
据权利要求12至17中任一前述权利要求所述的设备生成。

24.一种计算机程序,包括:用于实现根据权利要求1至11中任一前述权利要求所述的
方法的程序代码指令。

25.一种非暂态信息存储介质,存储用于实现根据权利要求1至11中任一前述权利要求
所述的方法的程序代码指令。

耦合的逆色调映射和色调映射

1. 技术领域

[0001] 本发明实施方案中的至少一个实施方案整体涉及高动态范围 (HDR) 视频的制作领域,并且更具体地涉及用于在逆色调映射和色调映射之后再生尽可能接近原始SDR数据的SDR数据的方法、设备和装备。

2. 背景技术

[0002] 显示技术的最新进展开始允许要显示的图像中颜色、亮度和对比度的扩展的动态范围。术语图像这里是指例如可以是视频或静态图片或图像的图像内容。

[0003] 高动态范围视频 (HDR视频) 描述了动态范围大于标准动态范围视频 (SDR视频) 的动态范围的视频。HDR视频涉及捕获、制作、内容/编码和显示。HDR捕获和显示设备能够呈现更亮的白色和更深的黑色。为了适应这一点,HDR编码标准允许更高的最大亮度,并且使用至少10位动态范围(与非专业视频的8位和专业SDR视频的10位相比),以便在此扩展范围内维持精度。

[0004] HDR制作是新域,并且将存在过渡阶段,在该过渡阶段期间HDR内容和SDR内容两者将共存。在此共存阶段期间,将在HDR和SDR版本中同时制作相同的实况内容。然后,用户可根据其偏好或能力来显示内容的HDR或SDR版本。

[0005] 内容制作行业的当前趋势是:

[0006] • 首先,制作HDR内容,并且随后使用自动工具来从HDR内容自动导出SDR内容;以及,

[0007] • 第二,将受控且安全的方法应用于HDR制作,以避免将不良的HDR内容递送给用户,否则可能对HDR技术是适得其反的。

[0008] 在这方面,ITU-R文档“Report ITU-R BT.2408-3,Guidance for operational practices in HDR television production,07/2019”已经引入一些建议,在下文中仅称为BT.2408-3报告。在BT.2408-3报告中引入的一个重要建议是将HDR漫射白光设置为等于“203”尼特(nit)的固定值的约束。该约束允许使用固定3D-LUT(查找表)来实现SDR至HDR转换(即,逆色调映射(ITM))和HDR至SDR转换(色调映射(TM))。

[0009] 实况HDR内容通常是主HDR视频内容与其他类型的内容(诸如用于徽标和评分的广告或图形)的混合内容。这些所添加内容可以是SDR,并且因此需要在与主HDR视频内容混合之前以HDR进行转换。由于所得混合HDR内容可能以SDR进行转换,因此出现新约束:从这些所添加内容的所谓SDR-HDR-SDR往返转换(即,ITM转换之后是TM转换(用于SDR递送))得到的SDR内容必须与原始SDR内容相同。当内容制作者从原始SDR内容生成HDR内容但出于任何原因希望从该HDR内容生成的SDR内容与原始SDR内容相同时,存在相同的SDR-HDR-SDR往返约束。

[0010] BT.2408-3报告的约束提供了遵守SDR-HDR-SDR往返约束的解决方案。然而,应用于HDR内容的约束使得这些HDR内容暗淡并且不吸引人。此外,由于这些约束,HDR相机没有被利用到其最大能力,并且摄影的HDR摄影师/导演在其选择/艺术意图方面非常受限制。

[0011] 期望克服以上缺点。

[0012] 特别期望提出一种允许HDR创建中的更多灵活性、更多艺术自由并且因此允许获得更吸引人的HDR内容的系统，

3. 发明内容

[0013] 在第一方面，本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种方法，该方法包括：获得标准动态范围数据；获得表示适于从该标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息，并且将该信息插入到元数据中；连同该元数据提供表示该标准动态范围数据的视频数据。

[0014] 在实施方案中，表示该标准动态范围数据的该视频数据包括该标准动态范围数据或通过应用该逆色调映射过程来从该标准动态范围数据获得的该高动态范围数据。

[0015] 在实施方案中，该信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

[0016] 在实施方案中，当该信息表示色调映射曲线时，计算用于定义该逆色调映射过程的逆色调映射曲线的逆转项。

[0017] 在实施方案中，该方法包括：根据该逆色调映射曲线的该逆转项计算第一查找表和第二查找表，该第一查找表适用于色调映射高动态范围数据的亮度分量并且该第二查找表适用于校正该高动态范围数据的颜色分量；以及根据该第一查找表和该第二查找表估计表示色调映射函数的第一变量和表示颜色校正函数的第二变量，该第一变量和该第二变量是插入到该元数据中的表示该逆色调映射过程的该信息。

[0018] 在第二方面，本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种方法，该方法包括：获得表示标准动态范围数据的视频数据；确定是否已连同该视频数据获得包括表示适于从该标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的第一信息的元数据；并且响应于获得该元数据而基于该第一信息来将第一色调映射过程应用于从该视频数据获得的高动态范围数据；否则，根据表示该标准动态范围数据的该视频数据计算表示第二色调映射过程的第二信息，并且基于该信息来将该第二色调映射过程应用于从该视频数据获得的高动态范围数据。

[0019] 在实施方案中，该视频数据包括该标准动态范围数据或通过应用该逆色调映射过程来从该标准动态范围数据获得的该高动态范围数据。

[0020] 在实施方案中，该信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

[0021] 在实施方案中，该方法包括：当该信息表示逆色调映射曲线时，逆转该逆色调映射曲线。

[0022] 在第三方面，本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种设备，该设备包括电子电路，该电子电路被配置为用于：获得标准动态范围数据；获得表示适于从该标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的信息，并且将该信息插入到元数据中；连同该元数据提供表示该标准动态范围数据的视频数据。

[0023] 在实施方案中，表示该标准动态范围数据的该视频数据包括该标准动态范围数据或通过应用该逆色调映射过程来从该标准动态范围数据获得的该高动态范围数据。

[0024] 在实施方案中，该信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

[0025] 在实施方案中，当该信息表示色调映射曲线时，该电子电路进一步被配置用于计

算用于定义该逆色调映射过程的逆色调映射曲线的逆转项。

[0026] 在实施方案中,该电子电路进一步被配置用于:根据该逆色调映射曲线的该逆转项计算(6012)第一查找表和第二查找表,该第一查找表适用于色调映射高动态范围数据的亮度分量并且该第二查找表适用于校正所述高动态范围数据的颜色分量;以及根据该第一查找表和该第二查找表估计(6013)表示色调映射函数的第一变量和表示颜色校正函数的第二变量,该第一变量和该第二变量是插入到该元数据中的表示该逆色调映射过程的该信息。

[0027] 在第四方面,本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种设备,该设备包括电子电路,该电子电路被配置为用于:获得表示该标准动态范围数据的视频数据;确定是否已连同该视频数据获得包括表示适于从该标准动态范围数据生成高动态范围数据的逆色调映射过程的第一信息的元数据;并且响应于该元数据的接收而基于该第一信息来将第一色调映射过程应用于从该视频数据获得的高动态范围数据;否则,根据表示该标准动态范围数据的该视频数据计算表示第二色调映射过程的第二信息,并且基于该信息来将该第二色调映射过程应用于从该视频数据获得的高动态范围数据。

[0028] 在实施方案中,该视频数据包括该标准动态范围数据或通过应用该逆色调映射过程来从该标准动态范围数据获得的该高动态范围数据。

[0029] 在实施方案中,该信息表示逆色调映射曲线或色调映射曲线。

[0030] 在实施方案中,当该信息表示逆色调映射曲线时,该电子电路进一步被配置用于逆转该逆色调映射曲线。

[0031] 在第五方面,本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种信号,该信号使用第一方面的方法或通过使用第三方面的设备生成。

[0032] 在第六方面,本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种计算机程序,该计算机程序包括用于实现根据第一方面或第二方面所述的方法的程序代码指令。

[0033] 在第七方面,本发明实施方案中的一个或多个实施方案提供了一种非暂态信息存储介质,该非暂态信息存储介质存储用于实现根据第一方面或第二方面所述的方法的程序代码指令。

4. 附图说明

[0034] 图1A示出了其中出现漫射白光的亮度值的标度;

[0035] 图1B示出了当漫射白光被固定为“203”尼特时亮度值的标度的分隔;

[0036] 图1C示意性地示出了各种实施方案的上下文;

[0037] 图2示出了当前单流HDR/SDR工作流;

[0038] 图3示出了根据实施方案的单流HDR/SDR工作流;

[0039] 图4示出了已知的SL-HDR预处理器;

[0040] 图5示出了已知的逆色调映射过程;

[0041] 图6A示意性地示出了根据实施方案的ITM过程的示例;

[0042] 图6B示意性地示出了根据实施方案的TM过程的示例;

[0043] 图6C详细描述了在SL-HDR1的上下文中根据实施方案的TM过程的示例的步骤;

[0044] 图7A示出了ITM曲线的第一示例;

- [0045] 图7B示出了ITM曲线的第二示例；
- [0046] 图8示出了用于确定亮度映射变量的过程的示例；
- [0047] 图9示出了用于确定颜色校正调整变量的过程的示例；
- [0048] 图10A示意性地示出了根据一个变型实施方案的过程的示例；
- [0049] 图10B示出了在SL-HDR1的上下文中根据一个变型实施方案的过程的示例的步骤的细节；
- [0050] 图11A示意性地示出了能够实现各个方面和实施方案的处理模块的硬件架构的示例；
- [0051] 图11B示出了在其中实现各个方面和实施方案的第一系统的示例的框图；
- [0052] 图11C示出了在其中实现各个方面和实施方案的第二系统的示例的框图；

5. 具体实施方式

[0053] 如前所述,BT.2408-3报告提出了一些建议,且特别是漫射白光的约束。漫射白光在BT.2408-3报告中被定义为“通过使镜面高光最小化以及使光谱功率吸收率最小化而由近似于完美反射漫射器的卡提供的白光,其在光谱上是灰色而不仅仅在量热学上为灰色”。“完美反射漫射器”被定义为“在每个感兴趣的波长处具有等于一的光谱辐射因子的理想各向同性、非荧光漫射器”。

[0054] 换句话说,漫射白光是分隔如下内容的视频信号的亮度级:

[0055] • 具有所有细节的场景,对应于低于漫射白光的亮度级;

[0056] • 镜面:非常亮的像素,通常接近白光并且具有非常少的细节,对应于高于漫射白光电平的亮度级。

[0057] 图1A示出了其中出现漫射白光的亮度值的标度。如可见,漫射白光将所有可能的亮度值的集合分成两部分。

[0058] 漫射白光概念对于HDR信号和SDR信号是有效的。

[0059] BT.2408-3报告规定HDR漫射白光等于203尼特。

[0060] 然而,“203”尼特约束仅是一个建议,并且许多内容制作者不认同此建议。

[0061] 实际上,该规范带来了主要缺点:HDR内容受到约束,即,对于典型的1000尼特的HDR内容,仅少量的HDR亮度范围[0尼特至203尼特]专用于场景的细节,而HDR亮度范围的大部分[203尼特至1000尼特]被保留用于不带来细节的镜面。

[0062] 图1B示出了当漫射白光被固定为“203”尼特时亮度值的标度的分隔。

[0063] 这种限制的原因之一是需要受控且“非常安全”的实况HDR内容制作。此外,这种限制具有以下优点:

[0064] • 从HDR到SDR(即色调映射(TM))的转换的具体实施更简单,因为定义在“203”尼特的HDR漫射白光需要被映射到通常定义在90%至100%的SDR之间(即在90尼特至100尼特之间)的SDR漫射白光。因此,可使用非常基本的静态3D-LUT来实现色调映射。

[0065] • 由于相同原因,从SDR到HDR(即,逆色调映射(ITM))的转换的具体实施也更简单,并且逆色调映射也可利用非常基本的静态3D-LUT来实现。

[0066] 然而,分配给场景细节的亮度值与分配给由“203”尼特处的漫射白光引起的镜面的亮度值之间的这种比率使得所得HDR图像非常暗淡并且不吸引人。

[0067] 以下实施方案允许通过提出一种系统来克服这些缺点,该系统:

[0068] • 通过使用针对HDR至SDR(色调映射)和SDR至HDR(逆色调映射)两者的动态转换来允许HDR创建中的更多灵活性和更多艺术自由并且因此允许获得更吸引人的HDR内容

[0069] • 允许耦合ITM和TM处理(TM处理应用ITM处理的逆转项)以用于完美的SDR-HDR-SDR往返。

[0070] 实际上,当前HDR制作环境的一个特性是ITM工具和TM工具独立地工作。因此,在ITM工具中应用的算法和在TM工具中应用的算法之间不存在相关性,并且在这些工具之间不存在规定在TM(相应地ITM)转换之前应用的ITM(相应地TM)转换的特性的通信。

[0071] 图1C示出了在其中实现各个实施方案的示例上下文。

[0072] 在图1C中,实况制作系统20与主中央控制系统21通信。实况制作系统20同时提供相同实况内容的HDR版本和SDR版本。然后,主中央控制系统21对这些SDR版本和这些HDR版本的相同或丰富版本进行编码,并将这些所编码版本提供给设备22A和22B。在实施方案中,主控制系统21使用AVC((ISO/CEI 14496-10/ITU-T H.264)编码器、HEVC(ISO/IEC 23008-2-MPEG-H Part 2、高效视频译码/ITU-T H.265))编码器、VVC(ISO/IEC 23090-3-MPEG-I、多功能视频译码/ITU-T H.266)编码器或任何其他编码器来对HDR版本和SDR版本进行编码。

[0073] 设备22A和22B是显示设备诸如PC、TV、智能电话、平板电脑或头戴式显示器,是连接到显示设备诸如机顶盒的设备。具有HDR能力的设备22A接收所编码HDR版本。仅具有SDR能力的设备22B接收所编码SDR版本。

[0074] 图2示出了当前单流HDR/SDR工作流。图2提供了关于实况制作系统20和主中央控制系统21的细节。

[0075] 实况制作系统20包括两个源:HDR源200和SDR源201。每个源包括相机、回放系统或生成图形的系统中的至少一者。SDR源201连接到多个ITM工具:

[0076] • 用于SDR相机输出上转换到HDR的一个ITM工具202A(ITM1);

[0077] • 用于SDR回放内容上转换到HDR的一个ITM工具202B(ITM2);以及,

[0078] • 用于SDR图形(例如,分数插入)内容上转换到HDR的一个ITM工具202C(ITM3)。

[0079] HDR内容路由和交换系统摄取来自HDR源200或来自SDR源201的多个HDR输入,并且然后生成多个HDR输出。

[0080] 根据这些HDR输出,使用多个TM工具:

[0081] • 用于生成预测性SDR输出的TM工具204B(TM1),该预测性SDR输出由评估被发送到主中央控制系统21的所生成SDR内容的质量的着色器操作者使用。

[0082] • 用于生成提供给主中央控制系统21的SDR的TM工具204A(TM2)。

[0083] 主控制系统21包括HDR主控制系统212和SDR主控制系统213。HDR主控制系统和SDR主控制系统负责分发SDR/HDR内容。在图2的示例中,主控制系统21包括以SDR生成广告的源210和将广告从SDR转换到HDR的ITM工具。HDR主控制系统212接收以HDR进行转换的这些广告,并且将这些广告与其接收的HDR内容混合。HDR(相应地,SDR)主控制系统212(相应地,213)对其接收的HDR(相应地,SDR数据)或者由其接收的HDR(相应地,SDR)数据与其他数据的混合数据产生的HDR(相应地,SDR数据)进行编码。例如,SDR数据和HDR数据由AVC((ISO/CEI 14496-10/ITU-T H.264)编码器、HEVC(ISO/IEC 23008-2-MPEG-H Part 2、高效视频译

码/ITU-T H.265)) 编码器、VVC (ISO/IEC 23090-3-MPEG-I、多功能视频译码/ITU-T H.266) 编码器或任何其他编码器进行编码。

[0084] 如可见,在图2的HDR制作环境中,ITM工具和TM工具独立运行,这些工具之间没有任何通信。

[0085] 在已知的具体实施中,图2的HDR制作环境的每个TM工具(例如TM工具204A(TM2)和TM工具204B(TM1))在例如符合标准SL-HDR1(ETSI TS103 433v1.4.1)的预处理器(在下文中称为SL-HDR预处理器)中实现。

[0086] 图4示出了由已知的SL-HDR预处理器应用的过程。

[0087] 图4的过程例如由稍后关于图11A进一步详细描述的处理模块来实现。

[0088] 在步骤401中,处理模块获得HDR输入数据。一般来讲,HDR输入数据为YUV格式。

[0089] 在步骤402中,处理模块实现输入内容格式化过程。输入内容格式化过程包括将HDR输入数据格式化成内部表示。

[0090] 在步骤403中,处理模块分析格式化的HDR输入数据以计算SL-HDR元数据。分析通常包括计算格式化的HDR输入数据的柱状图。SL-HDR元数据包括(或表示):

[0091] • 在SL-HDR1规范(ETSI TS103 433v1.4.1)的章节6.2.5中定义的亮度映射变量

[0092] • 在SL-HDR1规范(ETSI TS103 433v1.4.1)的章节6.2.6中定义的颜色校正调整变量。

[0093] 在步骤404中,处理模块遵循标准SMPTE ST 2108-1将SL-HDR元数据插入到SDI(串行数字接口)接口的垂直辅助信道中,SL-HDR元数据是在该文档的章节5.3.5中定义的动态元数据类型5。这通常是在集成SL-HDR预处理器的装备和视频编码器(诸如AVC((ISO/CEI 14496-10/ITU-T H.264) 编码器、HEVC(ISO/IEC 23008-2-MPEG-H Part 2、高效视频译码/ITU-T H.265)) 编码器、VVC(ISO/IEC 23090-3-MPEG-I、多功能视频译码/ITU-T H.266) 编码器或任何其他编码器)之间携带SL-HDR元数据的常用方式。

[0094] 在步骤405中,处理模块计算:查找表(LUT),称为L-LUT,该L-LUT表示由在步骤403中计算的亮度映射变量描述的色调映射(TM)函数;和LUT,称为B-LUT,该B-LUT表示由在步骤403中计算的颜色校正调整变量描述的颜色校正函数。L-LUT是适用于色调映射高动态范围数据的亮度分量的第一查找表,并且B-LUT是适用于校正高动态范围数据的颜色分量的第二查找表。

[0095] 在步骤406中,处理模块通过基于L-LUT和B-LUT应用TM过程来从格式化的HDR输入数据生成SDR输出数据。

[0096] 图5示出了已知的逆色调映射(ITM)过程。图5的ITM过程通常由图2的HDR制作环境的每个ITM工具(ITM1 202A、ITM2 202B和ITM3202C)应用。图5的过程例如由稍后关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0097] 在步骤501中,处理模块获得SDR输入数据。一般来讲,SDR输入数据为YUV格式。

[0098] 在步骤502中,处理模块分析SDR输入数据,使用分析结果来计算最适当的逆色调映射(ITM)曲线,并且使用该ITM曲线来输出HDR数据。ITM曲线用于定义应用于SDR数据以获得所输出HDR数据的ITM过程。

[0099] 如可见,在步骤502中应用的ITM过程和步骤406中应用的TM过程之间没有关联。无法确保图4和图5的过程遵守了SDR-HDR-SDR往返约束。

[0100] 在实施方案中,提出通过以下方式在HDR制作系统中耦合ITM工具和TM工具:

[0101] • 在ITM工具和TM工具之间创建通信通道,从而允许ITM工具和TM工具通信:

[0102] o定义HDR至SDR的转换,该转换允许TM工具生成与ITM工具的SDR输入匹配的SDR输出,以获得完美的SDR-HDR-SDR往返;

[0103] o或者定义由ITM工具应用的SDR至HDR的转换,使得TM工具可计算逆HDR至SDR的转换,从而允许再次获得完美的SDR-HDR-SDR往返。

[0104] 图3示出了符合该实施方案的单流HDR/SDR工作流。

[0105] 图1C和图2的系统、设备和模块在图3中相同地出现。在图3的HDR制作环境中,ITM工具ITM1 202A、ITM2 202B和ITM3 202C现在连同描述以下项中的任一项的元数据生成HDR内容:

[0106] • HDR至SDR的转换,该转换允许TM工具(其理解这些元数据)生成与ITM工具的SDR输入匹配的SDR输出;

[0107] • SDR至HDR的转换,该转换由ITM工具应用,使得TM工具(其理解这些元数据)可计算逆转换。

[0108] 此外,两个TM工具(TM1 204B和TM2 204A)接收以下项中的任一项:

[0109] • 当路由和交换工具203从SDR源201中的一个SDR源输出内容时,HDR内容与元数据。在该情况下,TM工具解释元数据,并且直接应用在元数据中描述的HDR至SDR的转换,或者使用描述由ITM工具应用的SDR至HDR转换的元数据来计算对应于ITM的逆转项的TM。在这两种情况下,获得完美的SDR-HDR-SDR往返;

[0110] • 当路由和交换工具203从HDR源200中的一个HDR源输出内容时,无元数据情况下的HDR内容。

[0111] 在下文中进一步详细描述图3的实施方案。具体地,关于图6A、图6B和图6C详细描述了ITM过程和TM过程的耦合的示例。

[0112] 图6A示意性地示出了根据实施方案的ITM过程的示例。图6A的ITM过程通常由负责从SDR数据生成HDR数据的模块来实现。图6A的ITM过程例如由稍后关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0113] 图6A的ITM过程从已经关于图5解释的步骤501和502开始。

[0114] 在步骤600中,处理模块通过遵守SDR-HDR-SDR往返约束来向负责从HDR数据生成SDR数据的模块提供(即,输出或发射)所计算HDR数据。

[0115] 在步骤601中,处理模块计算表示在步骤502中应用的适于从SDR数据生成HDR数据的ITM过程的信息。在步骤601的实施方案中,表示ITM过程的信息包括表示在步骤502中计算的ITM曲线的信息。在步骤601的变型中,表示ITM过程的信息包括表示从在步骤502中计算的ITM曲线推导的TM曲线的信息。在步骤601中,处理模块将信息插入到元数据中。

[0116] 在步骤602中,处理模块向负责从HDR数据生成SDR数据的模块提供(即,输出或发射)元数据。

[0117] 图6B示意性地示出了根据实施方案的TM过程的示例。图6B的TM过程通常通过遵守SDR-HDR-SDR往返约束来由负责从HDR数据生成SDR数据的模块应用。图6B的过程例如由稍后关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0118] 图4的步骤401和402保留在图6B的过程中。移除了步骤403和404。步骤405由步骤

610代替。步骤406由步骤611和612代替。可注意到,在步骤401中,处理模块接收在步骤502中生成的HDR数据。

[0119] 在步骤610中,处理模块确定其是否已经连同HDR数据接收到元数据。

[0120] 如果未连同HDR数据接收到元数据,则处理模块应用步骤611。在步骤611中,处理模块分析格式化的HDR数据,并且使用分析结果来计算最适当的色调映射(TM)曲线。步骤611之后是步骤612。

[0121] 当已连同HDR数据接收到元数据时,步骤610之后直接是步骤612。

[0122] 在步骤612中,处理模块通过基于表示代表在步骤502中应用的ITM过程或者由在步骤611中计算的TM曲线定义的TM过程的信息的元数据应用TM过程来从格式化的HDR输入数据生成SDR输出数据。当表示ITM过程的信息表示ITM曲线时,处理模块通过逆转ITM曲线来根据ITM曲线计算TM曲线,并且使用所计算TM曲线来将色调映射应用于HDR数据。实际上,表示ITM曲线信息也表示可从ITM曲线推导的TM曲线。当表示ITM过程的信息表示TM曲线时,处理模块直接使用TM曲线来计算SDR数据。

[0123] 在下文中,在关于图6C的SL-HDR1的上下文中详细描述图6A和图6B的过程。在该上下文中,图6A的ITM过程通常由图3的HDR制作环境的每个ITM工具(ITM1 202A、ITM2 202B和ITM3 202C)的处理模块执行。图6B的TM过程通常由图3的HDR制作环境的每个TM工具(TM1204B和TM2 204A)的处理模块或由如图4中的SL-HDR预处理器的处理模块执行。

[0124] 图6C详细描述了步骤601。步骤601分为3个步骤6011、6012和6013。

[0125] 在步骤6011中,处理模块计算在步骤502中计算的逆色调映射曲线的逆转项。在下文中解释用于计算逆色调映射曲线的逆转项的过程的示例。

[0126] 在步骤6012中,处理模块根据逆转的逆色调映射曲线计算L-LUT和B-LUT。L-LUT和B-LUT以适于由SL-HDR预处理器使用的格式计算。

[0127] 在步骤6013中,处理模块根据L-LUT估计在SL-HDR1规范的章节6.2.5中定义的亮度映射变量,以及根据B-LUT估计在SL-HDR1规范的章节6.2.6中定义的颜色校正调整变量。

[0128] 在步骤602中,当在SL-HDR1的上下文中应用时,如在步骤404中那样,处理模块将包括或表示亮度映射变量和颜色校正调整变量的SL-HDR元数据插入到SDI接口的垂直辅助信道中,并且通过遵守SDR-HDR-SDR往返约束来向负责从HDR数据生成SDR数据的模块提供这些元数据。在实施方案中,在ST2108容器中提供SL-HDR元数据。

[0129] 如可见,在步骤600和602中,处理模块连同SL-HDR元数据提供表示所计算HDR数据的流,元数据规定要应用于HDR数据的色调映射过程。可注意到,由于HDR数据是从SDR数据获得的(在步骤502中),因此HDR数据与元数据表示SDR数据。

[0130] 当在SL-HDR的上下文中应用步骤612时,负责生成SDR数据的模块的处理模块(例如SL-HDR预处理器)根据在ST2108容器中接收的SL-HDR元数据中表示的亮度映射变量和颜色校正调整变量计算L-LUT和B-LUT。

[0131] 然后,处理模块通过基于L-LUT和B-LUT应用TM过程来从格式化的HDR输入数据生成SDR输出数据。换句话说,处理模块向HDR数据应用由SL-HDR元数据规定的色调映射过程。

[0132] 可注意到,在图6A和图6B的耦合的ITM/TM过程中,当在SL-HDR1的上下文中应用时,SL-HDR元数据不再由负责TM过程的模块(例如SL-HDR预处理器)生成,而是由负责ITM过程的模块(例如ITM工具)生成。

[0133] 在称为第一动态实施方案的实施方案中,图6A和图6B的耦合的ITM/TM过程应用于在步骤501中获得的SDR数据中包含的每个图像。因此,负责TM过程的模块(例如图3的SL-HDR预处理器或TM工具)接收HDR数据中包含的每个图像的新元数据。

[0134] 在称为第二动态实施方案的另一实施方案中,图6A和图6B的耦合的ITM/TM过程应用于在步骤501中获得的SDR数据中包含的多组多个图像。因此,负责TM过程的模块(例如图3的SL-HDR预处理器或TM工具)接收包含在HDR数据中的每组多个图像的新元数据。

[0135] 在称为固定实施方案的另一实施方案中,在步骤502中,不是动态地计算ITM曲线,而是针对SDR数据固定ITM曲线。因此,负责TM过程的模块(例如,图3的SL-HDR预处理器或TM工具)例如在HDR/SDR内容制作开始时一次接收HDR数据的固定元数据。然而,即使利用这种固定ITM曲线,也遵守SDR-HDR-SDR往返约束。

[0136] 在下文中,我们提供了关于计算逆色调映射曲线的逆转项的步骤601的进一步细节。

[0137] 文档ITU-R BT.2446-1在章节4.2中描述了一种用于通过使用以下扩展函数来将SDR内容转换为HDR内容的方法:

$$[0138] \quad Y'_{\text{exp}}(P) = Y''(P)^{E(Y''(P))}$$

[0139] 其中

[0140] • Y' 在 $[0 \cdots 1]$ 范围内

[0141] • $Y'' = 255.0 \times Y'$

[0142] • 当 $Y'' \leq T$ 时, $E = a_1 Y''^2 + b_1 Y'' + c_1$

[0143] • 当 $Y'' > T$ 时, $E = a_2 Y''^2 + b_2 Y'' + c_2$

[0144] • $T = 70$

[0145] • $a_1 = 1.8712e-5, b_1 = -2.7334e-3, c_1 = 1.3141$

[0146] • $a_2 = 2.8305e-6, b_2 = -7.4622e-4, c_2 = 1.2528$

[0147] 如可见,扩展函数基于幂函数,其指数取决于当前像素的亮度值。这被称为全局扩展,这意味着在输入(SDR输入)处具有相同亮度的所有输入像素将在输出(HDR输出)处具有相同亮度。

[0148] 存在称为局部扩展的另一种方法,其可以以下方式表达:

$$[0149] \quad Y_{\text{exp}} = Y_F^{G(Y_F)} Y_{\text{enhance}}(Y'', Y_{Si})$$

[0150] 其中 Y_F 是 Y'' 的滤波版本, $G()$ 是 Y_F 的增益函数,并且 Y_{enhance} 是 Y'' 及其周围像素 Y_{Si} 的函数。如可见,在文档ITU-R BT.2446-1中描述的方法是局部扩展的特定情况,其中 $Y_F = Y''$ 并且 $Y_{\text{enhance}}(Y'', Y_{Si}) = 1$ 。

[0151] 在两种情况(全局或局部扩展)下,扩展输出是单调的,以便与输入SDR图像一致,并且当输入处的 Y 为零时,输出处的 Y_{exp} 也为零。

[0152] 必须理解,如果用于ITM的扩展方法是局部的,则该方法不是双射的,即SL-HDR预处理器不能够检索SDR数据。仅当扩展方法是全局的(并且如上所述是单调的)并且因此是双射的时,检索SDR数据是可能的。然而,使用ITM的局部扩展可通过局部添加细节来改善所检索的SDR数据的视觉质量。

[0153] 同一文档ITU-R BT.2446-1描述了一种用于通过使用色度缩放系数 S_c 来扩展输入SDR数据的色度部分(即 UV_{SDR})的方法:

[0154] $UV_{HDR} = S_c \cdot UV_{SDR}$

[0155] 其中:若 $Y_{SDR} > 0$ $S_c = 1.075 \cdot \frac{Y_{HDR}}{Y_{SDR}}$, 若 $Y_{SDR} = 0$ $S_c = 1$

[0156] Y_{HDR} 在范围 $[0 \cdots L_{max}]$ 内, 其中 $L_{max} = 1000 \text{ cd/m}^2$ 并且 Y_{SDR} 在范围 $[0 \cdots 255]$ 内。更一般地, 输入 SDR 的色度部分可使用以下公式来扩展:

[0157] $UV_{HDR} = S_c \cdot UV_{SDR}$

[0158] 其中:若 $Y_{SDR} > 0$ $S_c = \text{sat}(Y_{SDR}) \cdot \frac{Y_{HDR}}{Y_{SDR}}$, 若 $Y_{SDR} = 0$ $S_c = 1$

[0159] 其中 Y_{SDR} 可以是 SDR 亮度、或滤波的 SDR 亮度、或两者的混合项并且 $\text{sat}()$ 饱和函数取决于 Y_{SDR} 值。然而, 如上所述, 如果我们试图实现完美的 SDR-HDR-SDR 往返, 则 S_c 必须是 SDR 亮度 (而不是其滤波部分) 的函数。

[0160] 考虑 HDR 数据的“1000”尼特的峰值尼特, 必须理解, ITM 曲线必须保持低于峰值尼特值, 以便是可逆的。在图 7A 中给予遵循该建议的 ITM 曲线的示例。实际上, 每个输入值与唯一的输出值相关联。

[0161] 图 7B 示出了不完全可逆的 ITM 曲线的另一示例, 即, Y_{SDR} 的高于“235”的所有值被扩展为“1000”, 这意味着当转换回 SDR 时, 它们将被截尾为“235”。

[0162] 如果 ITM 曲线本身是明显的, 则反转 ITM 曲线是相当容易的。在以下公式中给予明显的 ITM 曲线的示例:

[0163] $Y_{exp}(Y) = Y^{1.25} * 1023 / 255^{1.25}$

[0164] 其中 Y 在范围 $[0 \cdots 255]$ 内的扩展值被映射在范围 $[0 \cdots 1023]$ 中。反转曲线可如下表达:

[0165] $Y = (10^{(\log Y_{exp} - A)})^{1/1.25}$ 其中 $A = \log(1023 / 255^{1.25}) = 1.7 \cdot 10^{-3}$

[0166] 例如, 若 $Y = 157$, 则 $Y_{exp} = 557.92$ 。使用反转公式:

[0167] $Y = (10^{(\log Y_{exp} - A)})^{1/1.25} = (10^{(2.7466 - 0.0017)})^{1/1.25} = (555.78)^{1/1.25} = 157$

[0168] 然后, 对于 Y_{exp} 的介于“0”至“1023”之间的每个值, 可使用该公式来填充具有“1024”个条目的 LUT。

[0169] 然而, ITM 曲线很少如此明显 (例如当使用随 Y 变化的增益函数进行扩展时: $Y_{exp} = Y^G(Y)$), 并且如果 ITM 是动态的, 即如果增益函数取决于从当前图像提取的标准, 则难度增加。然后使用查找表来即时评估 ITM 曲线 (一个曲线用于一个图像), 并且逆转的 ITM 曲线遵循相同的行为。

[0170] 作为示例, 考虑以下项:

[0171] • ITM 查找表 ITMlut 具有“1025”个输入和浮点输出, 并且 Y 在范围 $[0 \cdots 255]$ 内;

[0172] • 逆或反转 ITM 查找表 RITMlut, 具有“1025”个输入和浮点输出, 并且 Y_{exp} 在范围 $[0 \cdots 1000]$ 内。

[0173] 然后:

[0174] • ITMlut[0] 包含 $Y = 0$ 的扩展值, 并且 ITMlut[1024] 包含 $Y = 255$ 的扩展值。然后 ITMlut 的每个条目 i 存储 $Y = i * 255 / 1024$ 的扩展值。将该扩展值从范围 $[0 \cdots 1000]$ 重新缩放到范围 $[0 \cdots 1024]$ 。

[0175] • RITMlut[0] 包含值 Y , 其产生等于“0”的扩展值, 因此 $RITMlut[0] = 0$, 并且 RITMlut[1024] 包含值 Y , 其产生等于“1024”的扩展值 (在上文所提及的重新缩放之后), 因

此RITMlut[1024]=255。

[0176] 然后,建立逆ITM查找表RITMlut包括对于RITMlut的每个条目j(对于j的介于“0”至“1024”之间的每个值)找到ITM查找表ITMlut中的伪条目,即位于ITM查找表ITMlut的两个连续实际条目之间的条目,其产生准确的整数值j。这是使用插值完成的。给定j,搜索其值ITMlut[i]正好高于j的第一整数值i。然后计算值 Δ :

[0177] $\Delta = \text{ITMlut}[i] - \text{ITMlut}[i-1]$

[0178] 并且然后:

[0179] $\text{RITMlut}[j] = (i-1) + (j - \text{ITMlut}[i-1]) / \Delta$

[0180] 作为数值示例,可考虑以下项:

[0181] $\text{ITMlut}[500] = 200.3$ 并且 $\text{ITMlut}[501] = 202.4$, 则 $\Delta = 202.4 - 200.3 = 2.1$ 。

[0182] $j = 201$ 和 $j = 202$ 的逆ITM查找表RITMlut的值在下文中:

[0183] $\text{RITMlut}[201] = (500 + (201 - 200.3) / 2.1) * 255 / 1024 = 124.59$

[0184] $\text{RITMlut}[202] = (500 + (202 - 200.3) / 2.1) * 255 / 1024 = 124.71$

[0185] 而“500”和“501”在重新缩放到255时会变成“124.51”和“124.76”。

[0186] 必须注意,如果扩展函数没有上升到峰值尼特,则不能找到逆ITM查找表RITMlut的最高输入值。然后这些最高值可被设置为“255”。

[0187] 如果逆ITM查找表RITMlut要在整数上下文中使用,例如如果它必须被加载到其输出是“16”位整数的L-LUT中,则逆ITM查找表RITMlut的浮点数被缩放为“65535”并且四舍五入为整数值,这意味着“65535”与最大SDR输入值即“255”匹配。

[0188] 关于色度分量,已经看到一般的HDR变换可表达为:

[0189] $UV_{\text{HDR}} = \text{sat}(Y) * (Y_{\text{HDR}} / Y) * UV$

[0190] 在SL-HDR侧,B-LUT通过L-LUT的输出寻址(即,B-LUT的输入/条目是L-LUT的输出(即,包含在L-LUT中的数据))(然后是Y),并且B-LUT的输出乘以 UV_{HDR} 以检索UV值。然后上述公式可以以下方式写出:

[0191] $UV_{\text{HDR}} = \text{sat}(Y) * (Y^{G(Y)} / Y) * UV = \text{sat}(Y) * (Y^{G(Y)-1}) * UV$

[0192] 并且然后

[0193] $UV = UV_{\text{HDR}} * (Y^{1-G(Y)} / \text{sat}(Y))$

[0194] 并且最后,B-LUT是Y的函数:

[0195] $B\text{-LUT}[Y] = Y^{1-G(Y)} / \text{sat}(Y)$

[0196] $G(Y)$ 是在扩展中使用的增益函数: $Y_{\text{HDR}} = Y^{G(Y)}$ 。

[0197] 在下文中,我们提供关于根据L-LUT和B-LUT估计元数据的步骤601的进一步细节。

[0198] 亮度映射变量的估计

[0199] 如SL-HDR1规范的§6.2.5中所述,亮度映射变量由两组参数定义:

[0200] • 包含用于定义亮度映射曲线的六个参数的第一组参数:
tmInputSignalBlackLevelOffset、tmInputSignalWhiteLevelOffset、shadowGain、highlightGain、midToneWidthAdjFactor、tmOutputFineTuningNumVal。

[0201] • 包含在色调映射输出微调函数中使用的有限数量的对的第二组参数
(tmOutputFineTuningX[i], tmOutputFineTuningY[i])。这些对限定了枢转点的坐标,第一坐标tmOutputFineTuningX[i]对应于枢转点的位置,并且第二坐标tmOutputFineTuningY

[i]对应于枢转点的值。

[0202] 图8示出了用于确定亮度映射变量的过程的示例。图8的过程通常由图3的HDR制作环境的每个ITM工具(ITM1 202A、ITM2 202B和ITM3 202C)应用。图8的过程例如由稍后关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0203] 在两个连续步骤中估计这两组参数。

[0204] 在步骤801中,作为HDR峰值亮度值的函数,处理模块默认地确定第一组参数,无论L-LUT和B-LUT值为何。换句话说,取决于HDR峰值亮度值,第一组参数的参数被给予默认值。

[0205] 在步骤801的变型中,如果一旦转换到感知均匀域,L-LUT外观距离从默认组参数导出的亮度映射曲线非常远,则实现附加过程。例如,如果在L-LUT曲线和从默认组参数导出的亮度映射曲线的原点处的斜率高度不同,则修改如在SL-HDR1规范中定义参数shadowGain以便在低亮度级处更好地匹配。

[0206] 在步骤802和803中,处理模块通过优化枢转点的位置(tmOutputFineTuningX)和值(tmOutputFineTuningY)来递归地确定第二组参数。在步骤802的实施方案中,枢转点的数量(由值tmOutputFineTuningNumVal给予)被固定为“10”,根据SL-HDR1规范的最大可能值。然而,tmOutputFineTuningNumVal也可低于“10”。

[0207] 在步骤802期间,处理模块将初始化过程应用于枢转点。在该初始化过程中,定义初始组枢轴点。初始组中的枢轴点的数量可被设置为不同的值,从“10”到L-LUT中的点的数量。作为示例,枢转点的数量被设置为“65”。在初始化过程期间,针对 $[0 \dots \text{tmOutputFineTuningNumVal} - 1]$ 中的i,每个枢转点被给予初始值(tmOutputFineTuningX[i],tmOutputFineTuningY[i])。

[0208] • tmOutputFineTuningX[i]:包括在“0”至HDR峰值亮度之间并且以尼特表达的给定 $x_{\text{HDR_nit}}[i]$ HDR输入亮度被转换成HDR感知均匀域 $x_{\text{PU_HDR}}[i]$ 。从在步骤801中确定的第一组参数导出的亮度映射曲线针对输入 $x_{\text{PU_HDR}}[i]$ 输出tmOutputFineTuningX[i]。

[0209] • tmOutputFineTuningY[i]:先前 $x_{\text{HDR_nit}}[i]$ 对应于L-LUT的输入处的索引k[i]。有利地,选择 $x_{\text{HDR_nit}}[i]$,使得k[i]是整数。tmOutputFineTuningY[i]是输出L-LUT[k[i]]到SDR感知均匀域的转变。

[0210] 在步骤803中,处理模块递归地删除枢转点,以便在步骤803结束时保持该组中的枢转点的数量tmOutputFineTuningNumVal。基于成本函数的标准被应用于确定哪个枢转点可被删除。可使用若干成本函数:

[0211] • 对应于L-LUT和基于估计的参数所重构的L-LUT之间的误差函数的成本函数;

[0212] • 对应于具有“65”个初始枢转点的色调映射输出微调函数的上采样版本和具有剩余枢转点的色调映射输出微调函数的上采样版本之间的误差函数的成本函数。

[0213] 颜色校正调整变量的估计

[0214] 如SLHDR1规范的§6.2.6中所述,颜色校正调整变量包括在饱和度增益函数中使用的有限数量的对(saturationGainX[i],saturationGainY[i])。这些对限定了枢转点的坐标,第一坐标saturationGainX[i]对应于枢转点的位置,并且第二坐标saturationGainY[i]对应于枢转点的值。

[0215] 图9示出了用于确定颜色校正调整变量的过程的示例。图9的过程通常由图3的HDR制作环境的每个ITM工具(ITM1 202A、ITM2 202B和ITM3 202C)应用。图9的过程例如由稍后

关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0216] 在步骤901中,处理模块计算作为以下项的函数的初始LUT SqrtL_over_BetaP :

[0217] • HDR峰值亮度值;

[0218] • 以上在图8的过程中估计的亮度映射变量。

[0219] 在步骤902和903中递归地计算枢转点的位置 ($\text{saturationGainX}[i]$) 和值 ($\text{saturationGainY}[i]$)。

[0220] 在步骤902中,处理模块应用初始化过程。递归过程通过初始化过程再次开始。在该初始化过程中,计算初始组枢轴点。初始组中的枢轴点的数量可被设置为不同的值,从“10”到L-LUT中的点的数量。作为示例,枢转点的数量被设置为“65”。在初始化过程期间,每个枢转点被给予定义为初始LUT SqrtL_over_BetaP 和B-LUT之间的比率的初始值 saturationGainY 。

[0221] 步骤903中,处理模块递归地删除枢转点,以便在步骤903结束时保持该组中的枢转点的数量 $\text{tmOutputFineTuningNumVal}$ 。基于成本函数的标准被应用于确定哪个枢转点可被删除。例如,使用对应于B-LUT和基于估计参数 (即亮度映射变量和颜色校正调整变量两者) 所重构的B-LUT之间的误差函数的成本函数。

[0222] 在一些情况下,内容制作者可能想要分发SDR内容,这些SDR内容保证完美的SDR-HDR-SDR往返,并且允许HDR重构,其中连同所分发SDR内容添加元数据,而不需要在制作侧重复使用HDR内容。

[0223] 在这种情况下,关于图6A和图6B描述的耦合的过程可被简化并且由图10A中描述的用于分发解决方案的统一SDR往返变型来代替。

[0224] 图10A示意性地示出了根据变型实施方案的过程的示例。图10A的过程通常由负责提供原始SDR数据的模块应用,该原始SDR数据随后可由其他模块操纵以用于生成HDR并随后从原始SDR数据再次生成SDR。图10A的过程例如由稍后关于图11A详细描述的处理模块来实现。

[0225] 图10A的过程从已经关于图6A解释的步骤501开始。

[0226] 在步骤1000中,处理模块直接输出 (即,发射或提供) 在步骤501中获得的SDR数据。

[0227] 在步骤1001中,处理模块生成表示要应用于SDR数据以从这些SDR数据生成HDR数据的ITM过程的元数据。更精确地,在步骤1001中,处理模块计算表示适于从SDR数据生成HDR数据的ITM过程的信息 (例如,ITM曲线或TM曲线),并且将该信息插入到元数据中。

[0228] 在步骤1002中,处理模块连同所输出SDR数据向负责从SDR数据生成HDR数据的模块提供 (即,输出或发射) 元数据。

[0229] 图10B详细描述了在SL-HDR1的上下文中的图10A的过程的步骤1001。在SL-HDR1的上下文中,图10A和图10B的过程例如由定位在图3的SDR源201之后的模块应用。

[0230] 在步骤10011中,处理模块分析SDR输入数据并且使用分析结果来计算用于从SDR数据生成HDR数据的最适当的逆色调映射曲线。

[0231] 在步骤10011之后是已经关于图6B解释的步骤6011、6012和6013。

[0232] 步骤603之后是步骤1002。在SL-HDR1的上下文中,在步骤1002期间,将所估计SL-HDR元数据插入到SDI接口的垂直辅助信道中并且连同所输出SDR数据直接分发。

[0233] 如可见,在步骤1000和1002中,处理模块连同SL-HDR元数据提供表示SDR数据的

流,SL-HDR元数据规定要应用于HDR数据的色调映射过程,而且还间接地规定将允许获得这些HDR数据的逆色调映射过程。

[0234] 图11A示意性地示出了包括在实况制作系统20中、在包括在现场制作系统20中的系统或模块(诸如ITM工具202A、202B和202C或TM工具204B和204A)中、在主中央控制系统21中或在主中央控制系统21的系统或模块(诸如ITM工具211)中、或在设备22A和22B中的处理模块110的硬件架构的示例。作为非限制性示例,处理模块110包括由通信总线1105连接的以下项:涵盖一个或多个微处理器的处理器或CPU(中央处理单元)1100、通用计算机、专用计算机以及基于多核心架构的处理器;随机存取存储器(RAM)1101;只读存储器(ROM)1102;存储单元1103,该存储单元可包括非易失性存储器和/或易失性存储器,包括但不限于电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、只读存储器(ROM)、可编程只读存储器(PROM)、随机存取存储器(RAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、闪存、磁盘驱动器、或光盘驱动器,或者存储介质读取器,诸如SD(安全数字)卡读取器和/或硬盘驱动器(HDD)和/或可访问网络的存储设备;至少一个通信接口1104,该至少一个通信接口用于与其他模块、设备、系统或装备交换数据。通信接口1104可包括但不限于被配置为通过通信网络111发射和接收数据的收发器。通信接口1104可包括但不限于调制解调器或网卡。

[0235] 例如,通信接口1004使得例如处理模块100能够接收HDR或SDR数据并且连同SL-HDR元数据输出HDR或SDR数据。

[0236] 处理器1100能够执行从ROM 1102、从外部存储器(未示出)、从存储介质或从通信网络加载到RAM 1101中的指令。当处理模块110上电时,处理器1100能够从RAM 1101读取指令,并且执行这些指令。这些指令形成计算机程序,使得例如由处理器1100实现包括关于图4、图5、图6A、图6B、图8、图9和图10描述的过程的ITM或TM过程。

[0237] 所述过程的全部或部分算法和步骤可通过由诸如DSP(数字信号处理器)或微控制器的可编程机器执行一组指令而以软件形式实现,或者可通过诸如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)的机器或专用部件而以硬件形式实现。

[0238] 图11C示出了对应于在其中实现各个方面和实施方案的设备22A或22B的系统A的示例的框图。

[0239] 系统A可体现为包括各种部件或模块的设备,并且被配置为生成适于在适配的显示设备上显示的SDR内容或HDR内容。此类系统的示例包括但不限于各种电子系统,诸如个人计算机、膝上型计算机、智能电话、平板计算机、TV或机顶盒。系统A的部件可单独地或组合地体现在单个集成电路(IC)、多个IC和/或分立部件中。例如,在至少一个实施方案中,系统A包括实现SDR内容或HDR内容的解码的一个处理模块110。在各种实施方案中,系统A经由例如通信总线或通过专用输入和/或输出端口通信地耦接到一个或多个其他系统或其他电子设备。

[0240] 处理模块110的输入可通过如框60中所指示的各种输入模块来提供。此类输入模块包括但不限于:(i)射频(RF)模块,其接收例如由广播器通过空中传输的RF信号;(ii)分量(COMP)输入模块(或一组COMP输入模块);(iii)通用串行总线(USB)输入模块;和/或(iv)高清晰度多媒体接口(HDMI)输入模块。图11C中未示出的其他示例包括复合视频。

[0241] 在各种实施方案中,框60的输入模块具有如本领域所已知的相关联的相应输入处理元件。例如,RF模块可与适用于以下的元件相关联:(i)选择所需的频率(也称为选择信

号,或将信号频带限制到一个频带), (ii) 下变频选择的信号, (iii) 再次频带限制到更窄频带以选择(例如)在某些实施方案中可称为信道的信号频带, (iv) 解调下变频和频带限制的信号, (v) 执行纠错, 以及 (vi) 解复用以选择所需的数据包流。各种实施方案的RF模块包括用于执行这些功能的一个或多个元件, 例如频率选择器、信号选择器、频带限制器、信道选择器、滤波器、下变频器、解调器、纠错器和解复用器。RF部分可包括执行这些功能中的各种功能的调谐器, 这些功能包括例如下变频接收信号至更低频率(例如, 中频或近基带频率)或至基带。各种实施方案重新布置上面所描述的(和其他)元件的顺序, 移除这些元件中的一些元件, 和/或添加执行相似或不同功能的其他元件。添加元件可包括在现有元件之间插入元件, 例如, 插入放大器和模数变换器。在各种实施方案中, RF模块包括天线。

[0242] 另外, USB和/或HDMI模块可包括用于跨USB和/或HDMI连接将系统A连接到其他电子设备的相应接口处理器。应当理解, 输入处理(例如Reed-Solomon纠错)的各个方面可根据需要例如在单独的输入处理IC内或者在处理模块110内实现。类似地, USB或HDMI接口处理的各方面可根据需要在单独的接口IC内或在处理模块110内实现。所解调、纠错和解复用的流被提供给处理模块110。

[0243] 系统A的各种元件可设置在集成壳体内。在集成壳体内, 各种元件可使用合适的连接布置(例如, 本领域已知的内部总线, 包括IC间(I2C)总线、布线和印刷电路板)互连并且在这些元件之间传输数据。例如, 在系统A中, 处理模块110通过总线1105与所述系统A的其他元件互连。

[0244] 处理模块110的通信接口1104允许系统A在通信网络111上通信。例如, 可在有线和/或无线介质内实现通信网络111。

[0245] 在各种实施方案中, 使用诸如Wi-Fi网络, 例如IEEE 802.11 (IEEE是指电气和电子工程师协会)之类的无线网络来将数据流式发射或以其他方式提供给系统A。这些实施方案中的Wi-Fi信号通过适用于Wi-Fi通信的通信网络111和通信接口1104进行接收。这些实施方案中的通信网络111通常连接到接入点或路由器, 该接入点或路由器提供对包括互联网的外部网络的访问, 以允许流式应用和其他跨顶通信。还有其他实施方案使用输入框60的RF连接向系统A提供流式数据。如上所述, 例如, 当系统A是智能手机或平板计算机时, 各种实施方案以非流式方式提供数据。另外地, 各种实施方案使用除了Wi-Fi以外的无线网络, 例如蜂窝网络或蓝牙网络。

[0246] 系统A可使用通信网络111或总线1105向各种输出设备提供输出信号。例如, 系统A可提供所解码SDR或HDR信号。

[0247] 系统A可向各种输出设备提供输出信号, 这些各种输出设备包括显示器64(如果例如系统A是向显示设备提供所解码SDR或HDR信号的机顶盒)、扬声器65和其他外围设备66。各种实施方案的显示器64包括例如触摸屏显示器、有机发光二极管(OLED)显示器、曲面显示器和/或可折叠显示器中的一者或多者。显示器64可用于电视机、平板计算机、膝上型计算机、手机(移动电话)或其他设备。显示器64还可与其他部件集成(例如, 如在智能电话中), 或者是独立的(例如, 用于膝上型计算机的外部监视器)。显示设备64能够兼容SDR或HDR内容。在实施方案的各种示例中, 其他外围设备66包括独立数字视频光盘(或数字多功能光盘)(DVR, 用于这两个术语)、光盘播放器、立体声系统和/或照明系统中的一者或多者。各种实施方案使用一个或多个外围设备66, 其基于系统A的输出来提供功能。例如, 光盘播

放器执行播放系统A的输出的功能。

[0248] 在各种实施方案中,控制信号使用信令诸如AV.Link、消费电子产品控制(CEC)或其他通信协议在系统A和显示器64、扬声器65或其他外围设备66之间传送,这些其他通信协议使得在有或没有用户干预的情况下都能够进行设备到设备控制。输出设备可通过相应接口61、62和63经由专用连接通信地耦接到系统B。另选地,输出设备可使用通信网络111经由通信接口1104连接到系统A。显示器64和扬声器65可与电子设备(诸如例如电视机)中的系统A的其他部件集成在单个单元中。在各种实施方案中,显示器接口61包括显示驱动器,诸如例如定时控制器(T Con)芯片。

[0249] 例如,如果输入60的RF模块是单独机顶盒的一部分,则显示器64和扬声器65可另选地与其他部件中的一个或多个部件分开。在其中显示器64和扬声器65为外部部件的各种实施方案中,可经由专用输出连接(包括例如HDMI端口、USB端口或COMP输出)来提供输出信号。

[0250] 图11B示出了系统B的示例的框图,该系统适于实现实况制作系统20或实况制作系统20的模块或设备或者主中央控制系统21或实况控制系统21的模块或设备,在其中实现各个方面和实施方案。

[0251] 系统B可体现为包括以上描述的各种部件或模块的设备,并且被配置为执行本文档描述的各方面和实施方案中的一个或多个方面和实施方案。

[0252] 此类设备的示例包括但不限于各种电子设备,诸如个人计算机、膝上型计算机、相机、智能电话和服务器。系统B的元件或模块可单独地或组合地体现在单个集成电路(IC)、多个IC和/或分立部件中。例如,在至少一个实施方案中,系统B包括实现ITM工具(202A、202B、202C、211)或TM工具(204A、204B)的一个处理模块110。在各种实施方案中,系统B经由例如通信总线或通过专用输入和/或输出端口通信地耦接到一个或多个其他系统或其他电子设备。

[0253] 对处理模块110的输入可通过如关于图11C已经描述的框60中所示的各种输入模块来提供。

[0254] 系统B的各种元件可设置在集成壳体内。在集成壳体内,各种元件可使用合适的连接布置(例如,本领域已知的内部总线,包括IC间(I2C)总线、布线和印刷电路板)互连并且在这些元件之间传输数据。例如,在系统B中,处理模块110通过总线1105与所述系统B的其他元件互连。

[0255] 处理模块110的通信接口1104允许系统B在通信网络111上通信。例如,可在有线和/或无线介质内实现通信网络111。

[0256] 在各种实施方案中,使用诸如Wi-Fi网络,例如IEEE 802.11(IEEE是指电气和电子工程师协会)之类的无线网络来将数据流式发射或以其他方式提供给系统B。这些实施方案中的Wi-Fi信号通过适用于Wi-Fi通信的通信网络2和通信接口1104进行接收。这些实施方案中的通信网络111通常连接到接入点或路由器,该接入点或路由器提供对包括互联网的外部网络的访问,以允许流式应用和其他跨顶通信。还有其他实施方案使用输入框60的RF连接向系统B提供流式数据。如上所述,各种实施方案以非流式传输方式提供数据。

[0257] 当附图呈现为流程图时,应当理解,其还提供了对应装置的框图。类似地,当附图呈现为框图时,应当理解,其还提供了对应的方法/过程的流程图。

[0258] 本文所述的具体实施和方面可在例如方法或过程、装置、软件程序、数据流或信号中实现。即使仅在单个形式的具体实施的上下文中讨论(例如,仅作为方法讨论),讨论的特征的具体实施也可以其他形式(例如,装置或程序)实现。装置可在例如适当的硬件、软件和固件中实现。方法可在例如一般是指处理设备的处理器中实现,该处理设备包括例如计算机、微处理器、集成电路或可编程逻辑设备。处理器还包括通信设备,例如,计算机、手机、便携式/个人数字助理(“PDA”)、智能手机、平板电脑以及便于最终用户之间信息通信的其他设备。

[0259] 对“一个实施方案”或“实施方案”或“一个具体实施”或“具体实施”的引用以及它们的其他变型,意味着结合实施方案所描述的特定的特征、结构、特性等被包括在至少一个实施方案中。因此,短语“在一个实施方案中”或“在实施方案中”或“在一个具体实施中”或“在具体实施中”的出现以及出现在本申请通篇的各个地方的任何其他变型不一定都是指相同的实施方案。

[0260] 另外地,本申请可涉及“确定”各种信息片段。确定信息可包括例如估计信息、计算信息、预测信息、从存储器检索信息或例如从另一设备、模块或从用户获得信息中的一者或多者。

[0261] 此外,本申请可涉及“访问”各种信息。访问信息可包括例如接收信息、检索信息(例如,从存储器)、存储信息、移动信息、复制信息、计算信息、确定信息、预测信息或估计信息中的一者或多者。

[0262] 另外地,本申请可涉及“接收”各种信息。与“访问”一样,接收旨在为广义的术语。接收信息可包括例如访问信息或检索信息(例如,从存储器)中的一者或多者。此外,在诸如例如存储信息、处理信息、传输信息、移动信息、复制信息、擦除信息、计算信息、确定信息、预测信息或估计信息的操作期间,“接收”通常以一种方式或另一种方式参与。

[0263] 应当理解,例如,在“A/B”、“A和/或B”以及“A和B中的至少一者”、“A和B中的一者或多者”的情况下,使用以下“/”、“和/或”以及“至少一种”、“一者或多者”中的任一种旨在涵盖仅选择第一列出的选项(A),或仅选择第二列出的选项(B),或选择两个选项(A和B)。作为进一步的示例,在“A、B和/或C”和“A、B和C中的至少一者”、“A、B和C中的一者或多者”的情况下,此类短语旨在涵盖仅选择第一列出的选项(A),或仅选择第二列出的选项(B),或仅选择第三列出的选项(C),或仅选择第一列出的选项和第二列出的选项(A和B),或仅选择第一列出的选项和第三列出的选项(A和C),或仅选择第二列出的选项和第三列出的选项(B和C),或选择所有三个选项(A和B和C)。如对于本领域和相关领域的普通技术人员显而易见的是,这可扩展到所列出的尽可能多的项目。

[0264] 对于本领域的普通技术人员将显而易见的是,具体实施或实施方案可产生格式化为携带例如可存储或可传输的信息的各种信号。信息可包括例如用于执行方法的指令或由所述具体实施或实施方案中的一个具体实施或实施方案产生的数据。例如,可格式化信号以携带所述实施方案的HDR或SDR图像或视频序列以及SL-HDR元数据。这样的信号可格式化为例如电磁波(例如,使用频谱的射频部分)或基带信号。格式化可包括例如使用所编码流中的SL-HDR元数据对HDR或SDR图像或视频序列进行编码以及使用所编码流调制载波。信号携带的信息可以是例如模拟或数字信息。众所周知,信号可通过各种不同的有线或无线链路传输。信号可存储在处理器可读介质上。

[0265] 以上描述了多个实施方案。这些实施方案的特征可单独地或以任何组合提供。此外,实施方案可包括以下特征、设备或方面中的一者或多者,单独地或以任何组合,跨各种权利要求类别和类型:

[0266] • 包括所描述的SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据或其变型中的一者或多者的位流或信号。

[0267] • 对包括所描述的SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据或其变型中的一者或多者的位流或信号进行创建和/或发射和/或接收和/或解码。

[0268] • 执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案的服务器、相机、TV、机顶盒、手机、平板电脑、个人计算机或其他电子设备。

[0269] • 执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案并(例如,使用监视器、屏幕或其他类型的显示器)显示所得图像的TV、机顶盒、手机、平板电脑、个人计算机或其他电子设备。

[0270] • (例如,使用调谐器)调谐信道以接收包括所编码SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据的信号并执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案的TV、机顶盒、手机、平板电脑、个人计算机或其他电子设备。

[0271] • 通过空中(例如,使用天线)接收包括SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据的信号并执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案的TV、机顶盒、手机、平板电脑或其他电子设备。

[0272] • (例如,使用调谐器)调谐信道以发射包括SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据的信号并执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案的服务器、相机、手机、平板电脑、个人计算机或其他电子设备。

[0273] • 通过空中(例如,使用天线)发射包括SDR或HDR数据和/或SL-HDR元数据的信号并执行所描述的实施方案中的至少一个实施方案的服务器、相机、手机、平板电脑、个人计算机或其他电子设备。

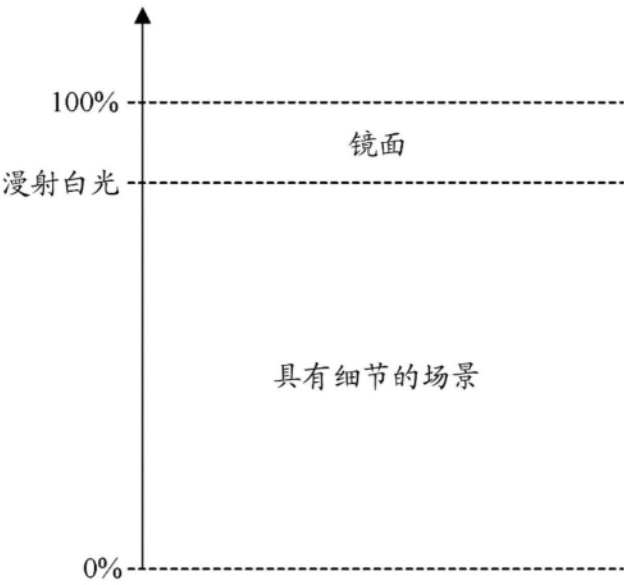


图1A

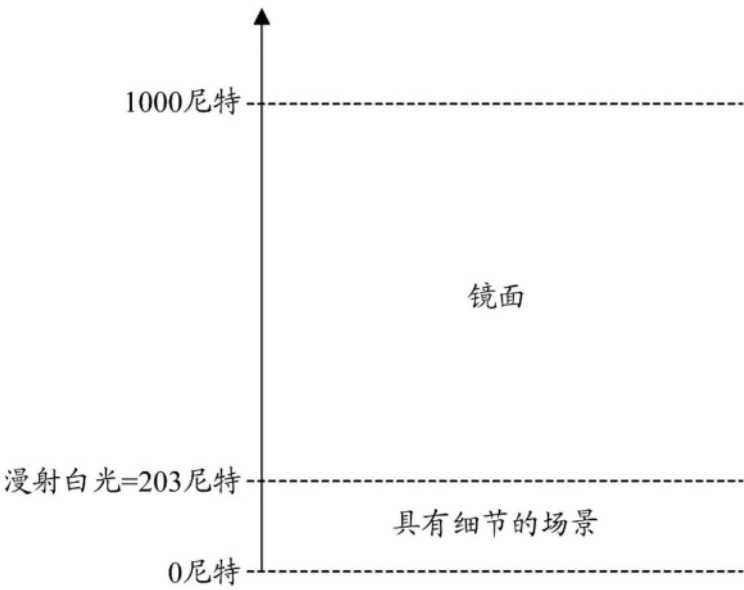


图1B

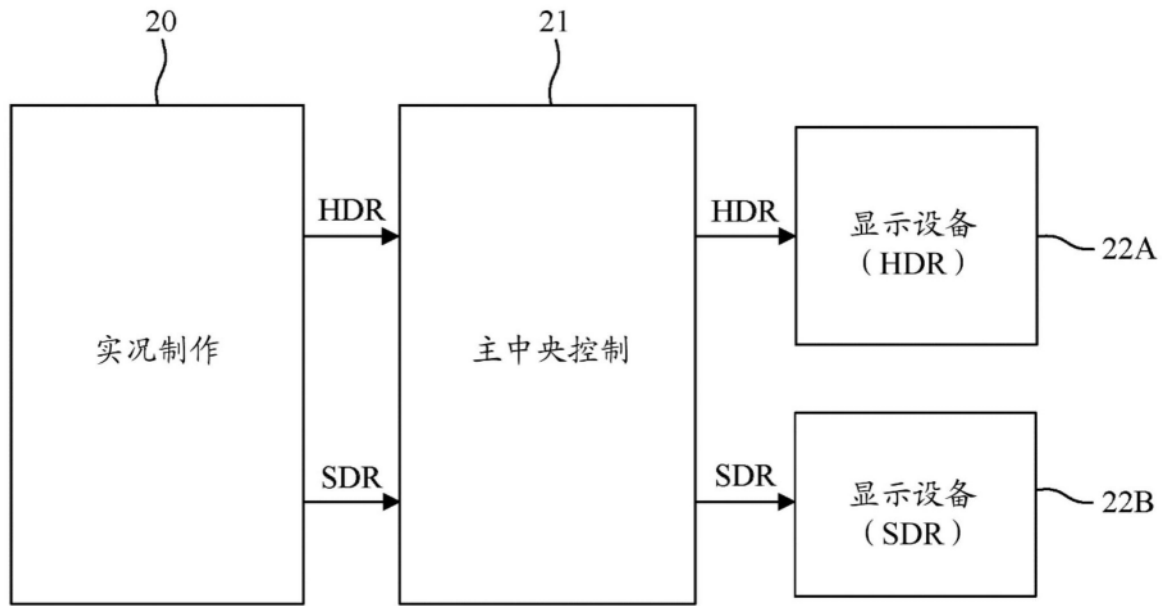


图1C

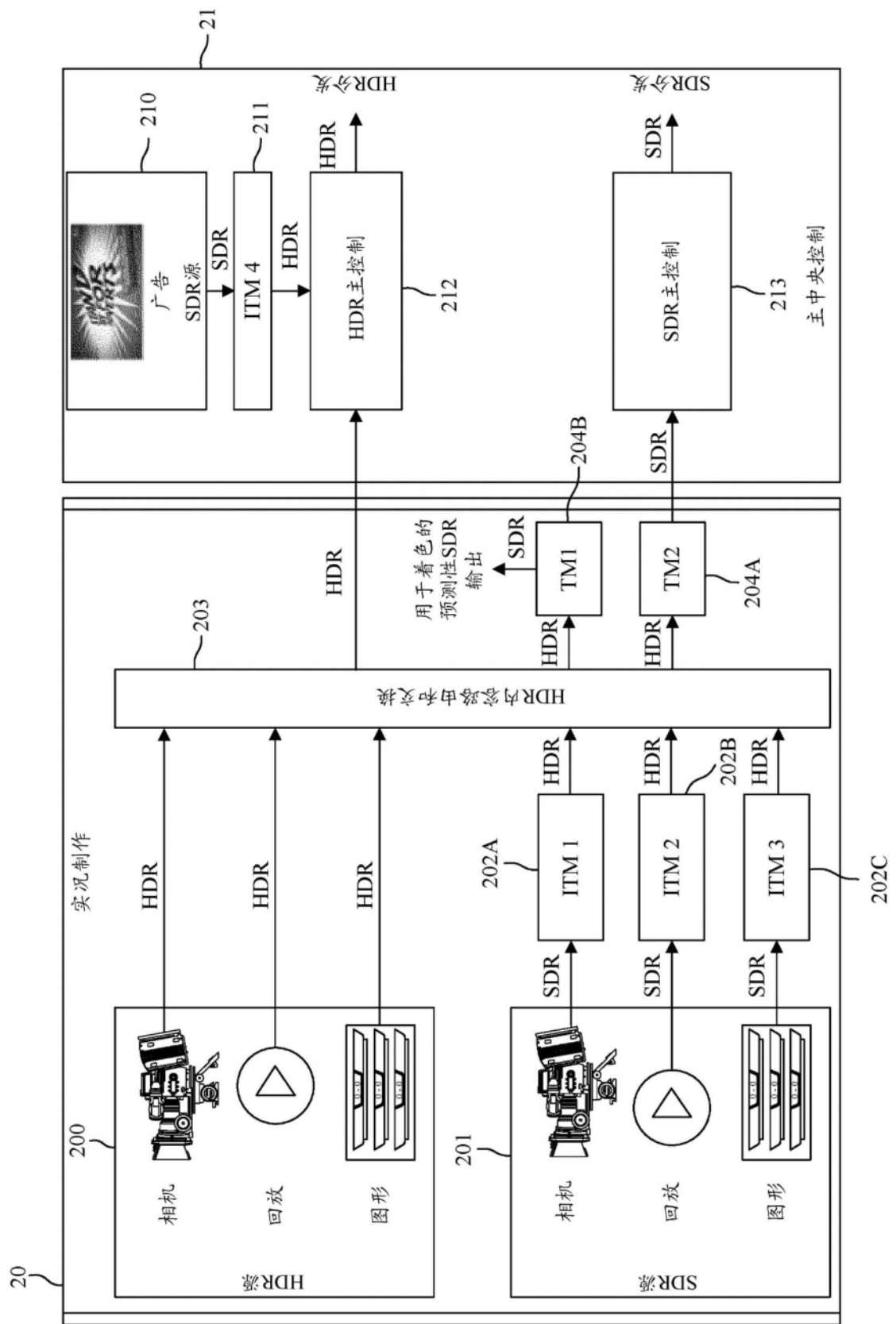


图2

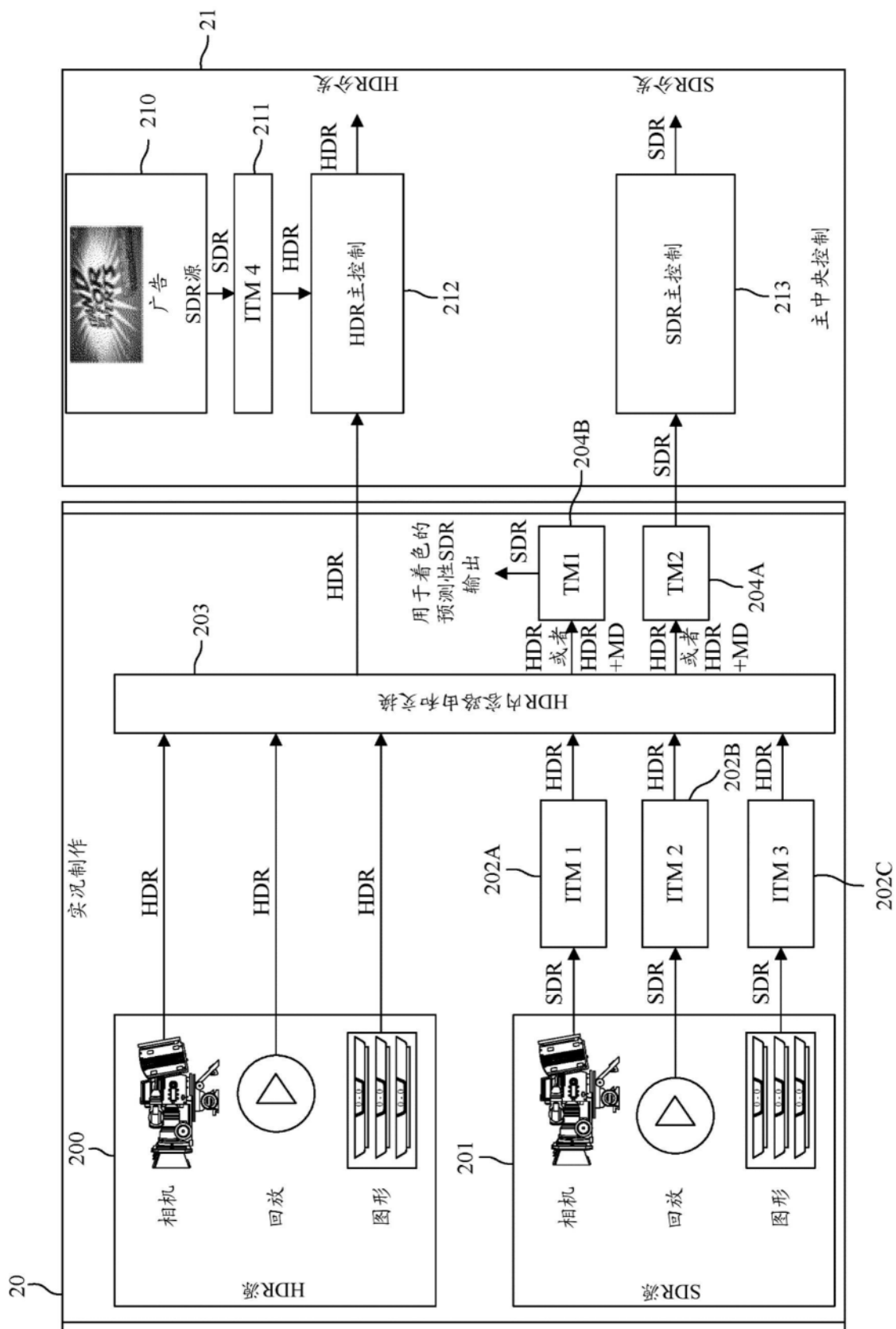


图3

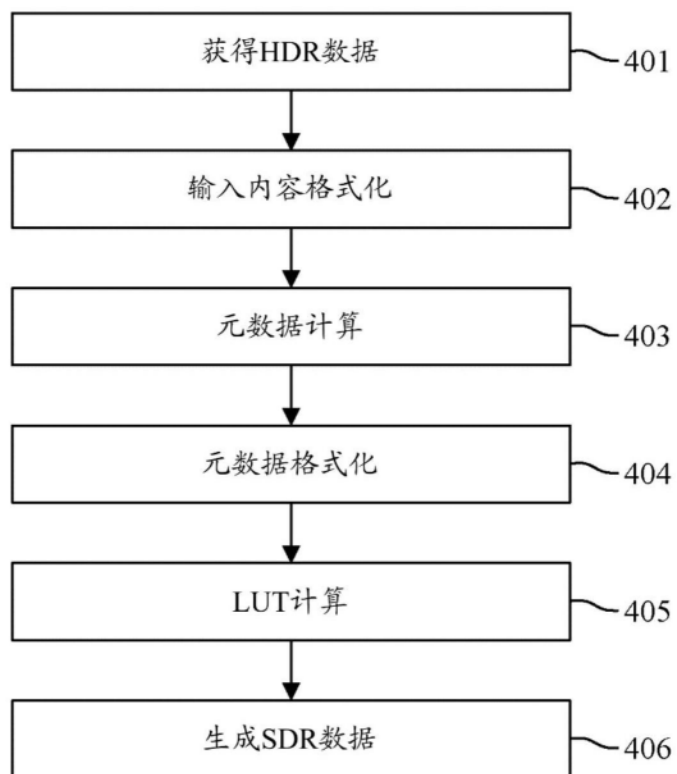


图4

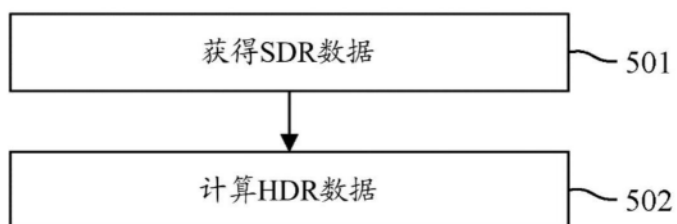
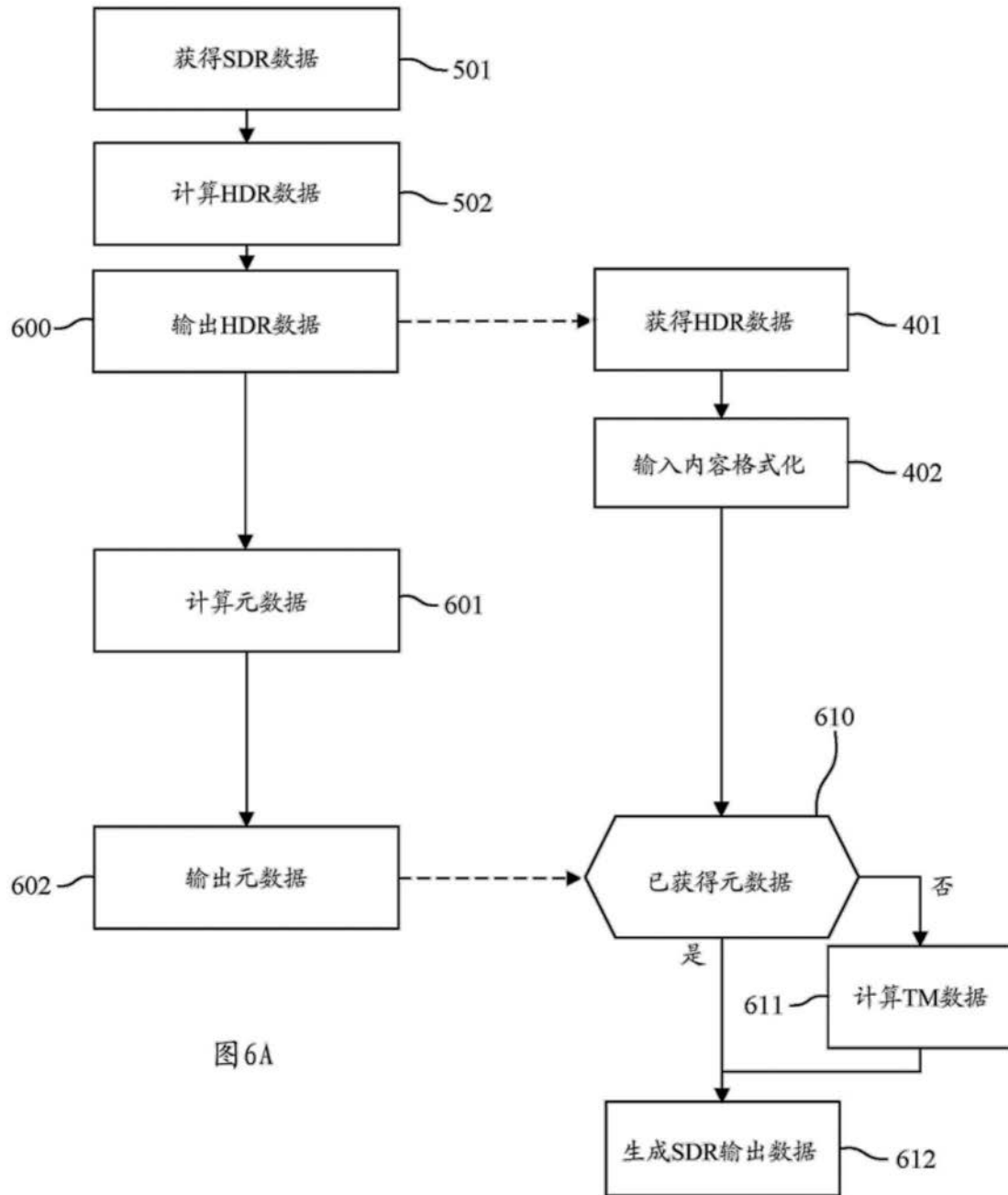


图5



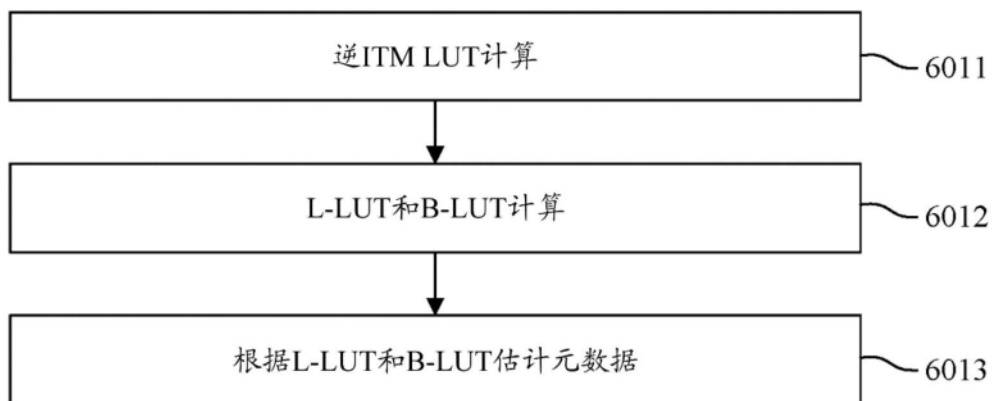


图6C

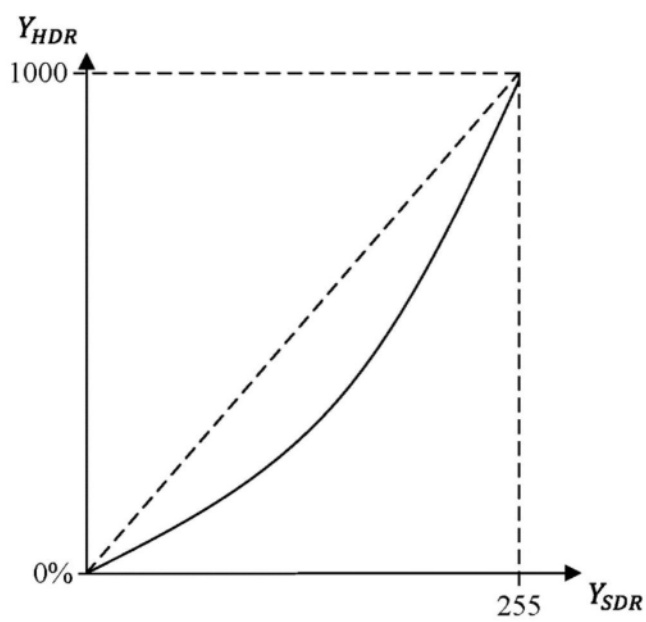


图7A

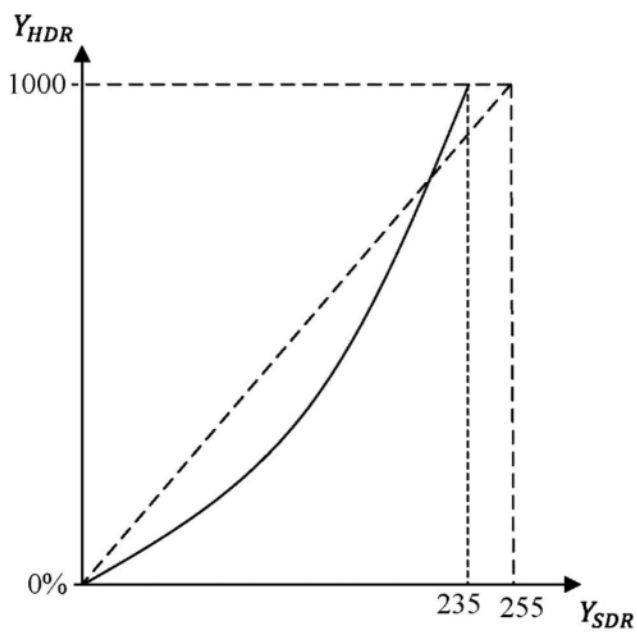


图7B

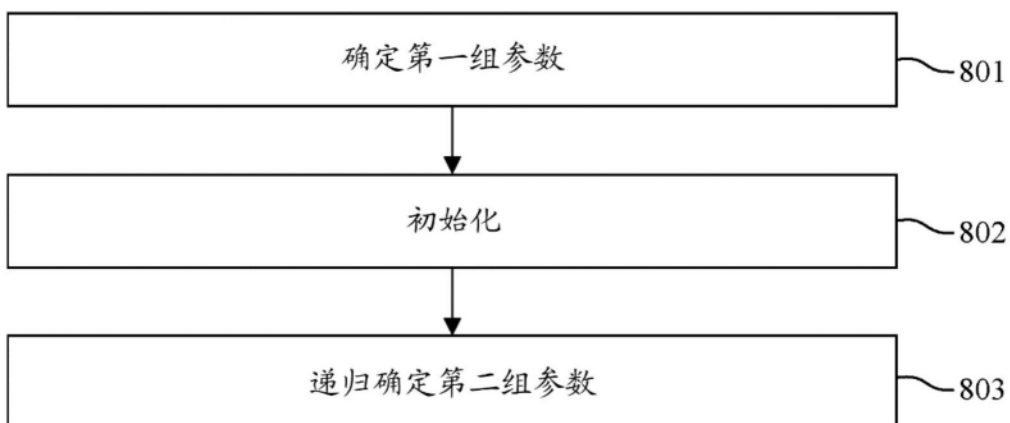


图8

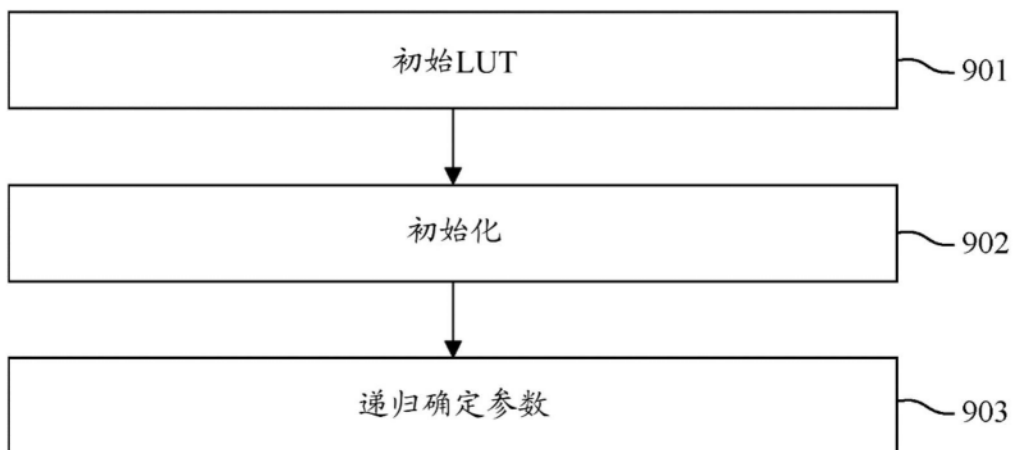


图9

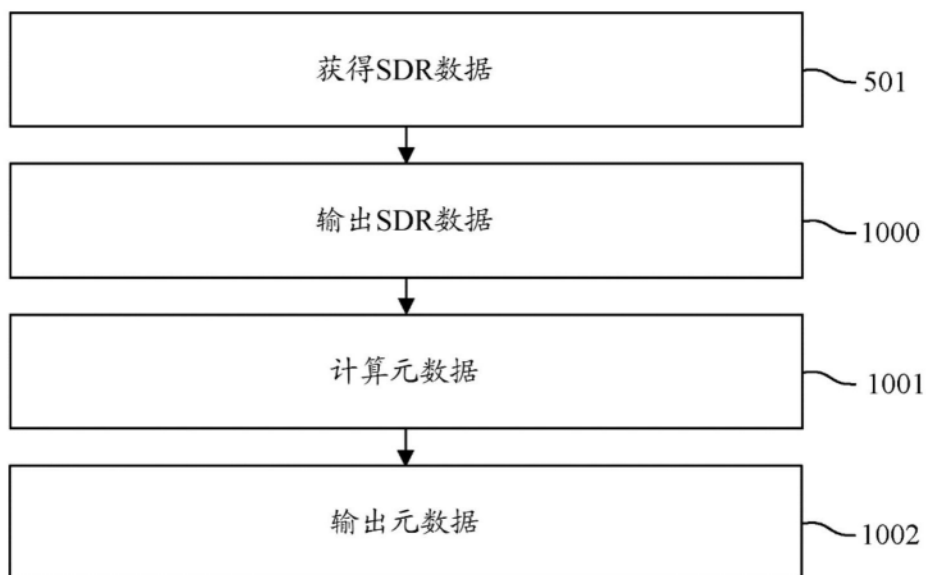


图10A

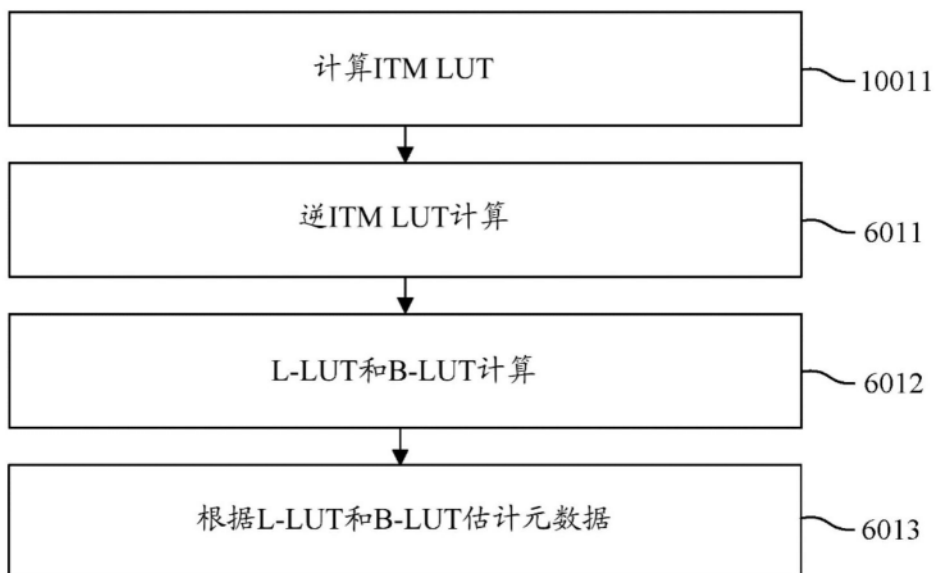


图10B

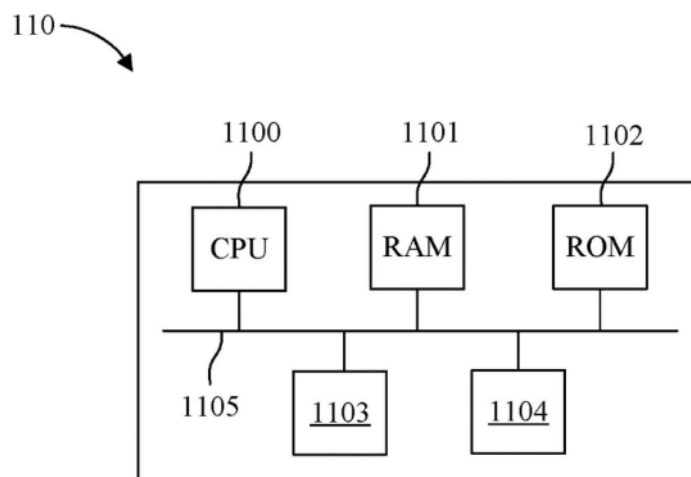


图11A

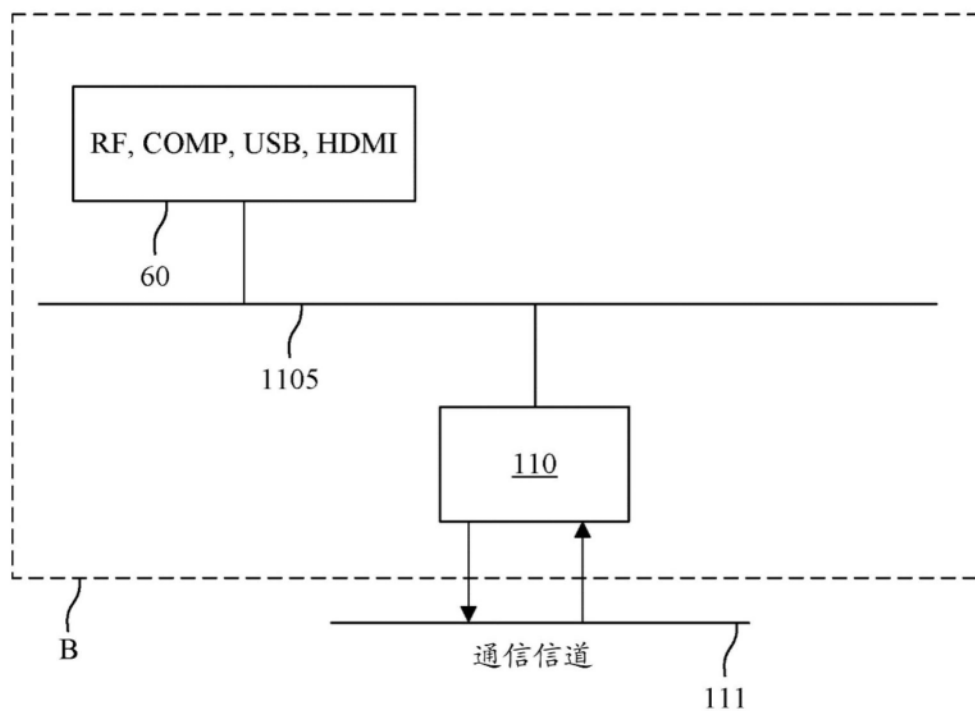


图11B

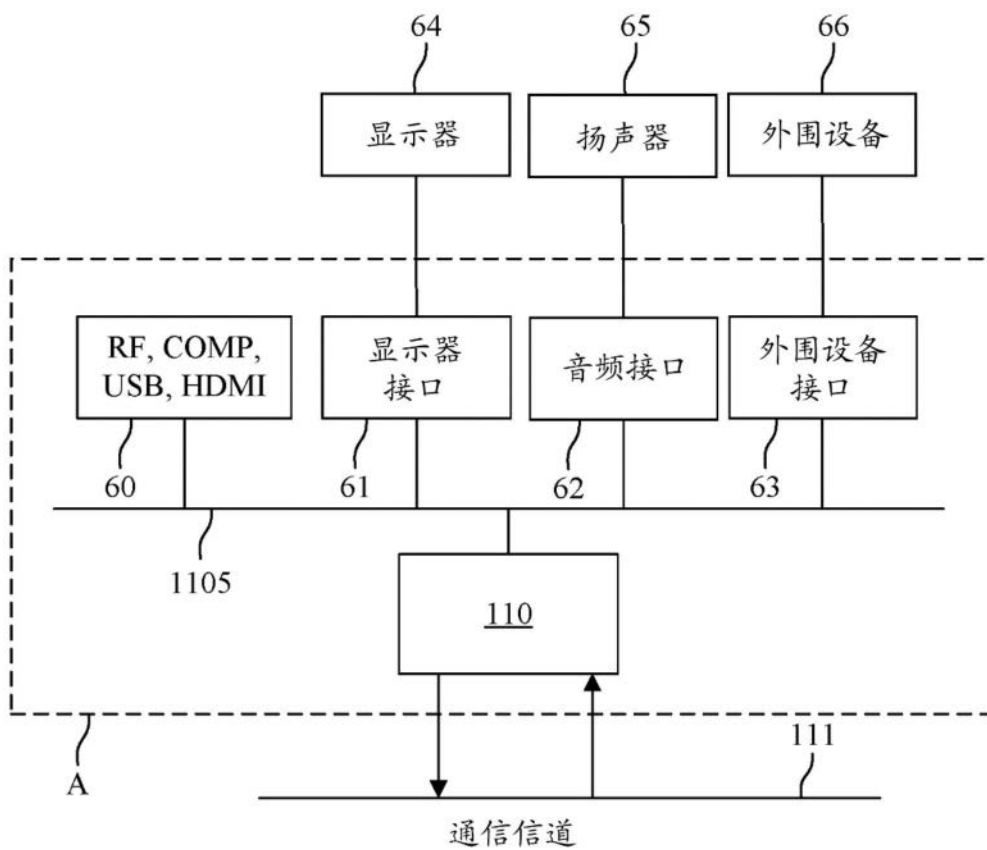


图11C