



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105723711 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201480061845. X

代理人 宿小猛

(22) 申请日 2014. 11. 10

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/903, 189 2013. 11. 12 US

H04N 19/30(2006. 01)

H04N 19/146(2006. 01)

H04N 19/117(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 05. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/064845 2014. 11. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/073373 EN 2015. 05. 21

(71) 申请人 杜比实验室特许公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 苏冠铭 陈倩 李逢善 S·戴勒

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

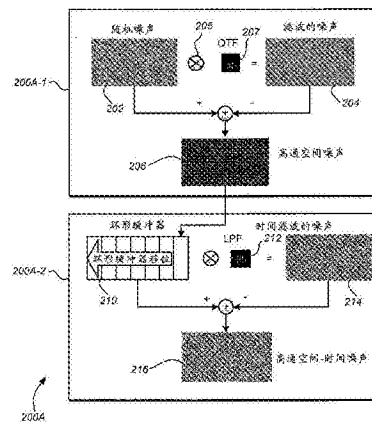
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

高动态范围视频编码中的预抖动

(57) 摘要

编码器接收输入增强动态范围 (EDR) 图像以及将被以给定目标速率编码的对应的较低动态范围 (LDR) 图像。在编码之前, 预抖动处理被应用于输入的 LDR 图像以产生第二位深的抖动 LDR 图像, 第二位深低于其原始位深。预抖动处理包括: 产生均匀分布的噪声, 将空间滤波器应用于该噪声以产生经低通或高通滤波的噪声, 将时间高通或低通滤波器应用于经空间滤波的噪声以产生输出噪声, 将输出噪声添加到输入 LDR 图像以产生噪声增强的 LDR 图像, 并且对噪声增强的图像进行量化以产生抖动的 LDR 图像。基于输入的 LDR 图像中的像素的目标位率和亮度特性两者选择抖动滤波器的特性。



1. 一种用于对将被编码器编码的图像进行预抖动的方法,所述方法包括:
  - 接收第一位深的输入低动态范围(LDR)图像,所述输入低动态范围(LDR)图像将被编码器以目标位率编码;
  - 产生随机噪声图像;
  - 用空间滤波器对所述随机噪声图像进行滤波以产生经空间滤波的噪声图像;
  - 将所述经空间滤波的噪声图像存储在环形缓冲器中;
  - 将时间滤波器应用于所述环形缓冲器中的图像以产生经时间滤波的噪声图像;
  - 将所述经时间滤波的噪声图像添加到输入LDR图像以产生噪声增强LDR图像;和
  - 将噪声增强图像量化为第二位深以产生输出抖动LDR图像,其中,所述第二位深低于所述第一位深。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,产生随机噪声图像包括:
  - 产生0和1之间的均匀分布的随机噪声值;
  - 将产生的噪声值乘以常数以产生缩放的噪声值;和
  - 使用缩放的噪声值来形成所述随机噪声图像。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,乘法常数基于第一位深和第二位深之间的差而确定。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述空间滤波器为低通滤波器或高通滤波器。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述空间滤波器基于人类视觉系统的光学传递函数(OTF)。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,产生经空间滤波的噪声图像包括:
  - 用基于OTF的低通滤波器对所述随机噪声图像进行滤波以产生经低通滤波的噪声图像;和
  - 从所述随机噪声图像减去所述经低通滤波的噪声图像以产生经高通空间滤波的噪声图像。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,将经空间滤波的噪声图像存储在环形缓冲器中进一步包括:
  - 将所述环形缓冲器中的图像移位一个位置;和
  - 将所述经空间滤波的噪声图像存储在所述环形缓冲器的末尾位置。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述时间滤波器是低通滤波器或高通滤波器。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,产生经时间滤波的噪声图像包括:
  - 用时间低通滤波器对所述环形缓冲器中的图像进行滤波以产生经低通时间滤波的噪声图像;和
  - 从所述环形缓冲器中存储的图像中的一个图像减去所述经低通时间滤波的噪声图像以产生经高通时间滤波的噪声图像。
10. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
  - 确定目标位率是低位率还是高位率;和
  - 对于空间滤波步骤和时间滤波步骤:
    - 如果确定目标位率为低位率,则选择低通空间滤波器和低通时间滤波器,否则选择高通空间滤波器和高通时间滤波器。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中,在将经时间滤波的噪声图像添加到输入LDR图像之前,按缩放因子对所述经时间滤波的噪声进行缩放。

12. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

将输入LDR图像的亮度像素值与阈值进行比较;并且,对于空间滤波步骤:

如果所述亮度像素值等于或高于所述阈值,则选择第一空间滤波器,如果所述亮度像素值低于所述阈值,则选择第二空间滤波器。

13. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

产生输入LDR图像的像素区域的基于区域的亮度像素值;

将基于区域的亮度像素与阈值进行比较;并且,

对于空间滤波步骤:

如果所述基于区域的亮度像素值等于或高于所述阈值,则选择第一空间滤波器,如果所述基于区域的亮度像素值低于所述阈值,则选择第二空间滤波器。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述第一空间滤波器和第二空间滤波器是基于OTF的滤波器。

15. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述第一空间滤波器的通带比所述第二空间滤波器窄。

16. 根据权利要求1所述的方法,还包括以所述目标位率对输出抖动图像进行编码。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中,输入LDR基于EDR图像而产生,并且所述EDR图像和输出抖动LDR被一起编码。

18. 一种包括处理器并且被配置为执行根据权利要求1-17中任一项所述的方法的设备。

19. 一种非暂时性计算机可读存储介质,其上存储有计算机可读指令,所述计算机可读指令用于用计算机根据权利要求1-17中的任何一个执行方法。

## 高动态范围视频编码中的预抖动

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年11月12日提交的序号为61/903,189的美国临时专利申请的优先权,该申请的全部内容特此通过引用并入。

### 技术领域

[0003] 本发明总体上涉及视频图像。更特别地,本发明的实施例涉及视频信号在被编码之前的上游抖动(dithering)或预抖动。

### 背景技术

[0004] 如本文中所使用的,术语“动态范围”(DR)可与人类心理视觉系统(HVS)感知图像中的例如从最黑暗的暗(黑)到最明亮的亮(白)的强度(例如,亮度、luma)范围的能力有关。从这个意义上来说,DR与“场景相关”强度有关。DR还可以与显示装置充分地或逼真地呈现特定广度的强度范围的能力有关。从这个意义上来说,DR与“显示器相关”强度有关。除非在本文的描述中的任何地点将特定的意义明确地指定为具有特别的重要性,否则应推断该术语可以以任一意义使用,例如,可交换地使用。

[0005] 如本文中所使用的,术语高动态范围(HDR)与跨越人类视觉系统(HVS)的14-15个数量级的DR广度有关。例如,具有(例如,从统计、生物计量或眼科意义中的一个或多个上来说)基本上正常的视觉的适应性良好的人具有跨越大约15个数量级的强度范围。适应的人可以感知至少仅少数光子的昏暗光源。然而,这些同样的人可以在沙漠、海洋或雪地中感知正午的太阳的近乎痛苦的耀眼的强度(或者甚至瞥向太阳,但是是短暂地,以防止伤害)。不过,该跨度可适用于“适应的”人(例如,其HVS具有进行重置和调整的时间段的那些人)。

[0006] 相反,与HDR相比较,DR可能是有所截断的,人可在DR上同时感知强度范围中的宽的广度。如本文中所使用的,术语增强动态范围(EDR)或视觉动态范围(VDR)可以单独地或可交换地与可通过HVS短期适应而感知的DR有关。如本文中所使用的,EDR可以与跨越5至6个数量级的DR相关。因此,虽然与真实场景相关HDR相比较可能有点窄,但是EDR却表示宽的DR广度。

[0007] 在实践中,图像包括一个或多个颜色分量(例如,亮度Y以及色度Cb和Cr),其中,每个颜色分量用每像素n位的精度表示(例如,n=8)。通过使用线性亮度编码,其中 $n \leq 8$ 的图像(例如,彩色24位JPEG图像)被认为是标准动态范围的图像,而其中 $n > 8$ 的图像可以被认为是增强动态范围的图像。EDR和HDR图像也可以使用低位深、非线性亮度编码(例如,10位对数亮度编码)、或高精度(例如,16位)浮点格式(诸如由Industrial Light and Magic开发的OpenEXR文件格式)来进行存储和发布。

[0008] 大多数消费者台式显示器支持200至300cd/m<sup>2</sup>或尼特的亮度。大多数消费者HDTV的范围为从300至1000cd/m<sup>2</sup>。与HDR或EDR相比较,这样的常规的显示器因此代表低动态范围(LDR),LDR也被称为标准动态范围(SDR)。随着EDR内容的可用性由于捕捉设备(例如,照相机)和EDR显示器(例如,Dolby Laboratories的PRM-4200专业参考监视器)两者的发展而

增长,EDR内容可以被颜色分级,并且被显示在支持更高动态范围(例如,从1,000尼特至5,000尼特或更大)的EDR显示器上。

[0009] 为了支持与老式回放装置以及新式HDR或超高清(UHD)显示技术的向后兼容性,多个位流层可以用于将UHD和HDR(或EDR)视频数据从上游装置递送到下游装置。给定这样的多层流,老式解码器可以使用一组层来重构具有较低动态范围(LDR)或标准动态范围(SDR)的内容的HD版本。高级解码器可以使用第二组层来重构内容的HD或UHD EDR版本以在能力更强的显示器上渲染它。在2013年9月26日提交的序号为61/882,773、标题为“Backward-compatible coding for ultra-high definition signals with enhanced dynamic range”的美国临时专利申请中描述了这样的系统的例子,该申请也于2013年12月4日作为序号为PCT/US2013/073085的PCT申请提交,该申请的全部内容通过引用并入本文。

[0010] 在这样的系统中,LDR路径的位深通常只有8位,这可能在解码和显示处理期间导致伪像,诸如条带和假轮廓。如本文所使用的,对于具有多个颜色分量(例如,RGB或YCbCr)的图像,术语n位图像(例如,12位或8位图像)表示其中其颜色分量的像素用n位像素表示的图像。例如,在8位RGB图像中,每个像素由三个颜色分量构成,每个颜色分量(例如,R、G或B)可以用8位表示,每个颜色像素总共24位。

[0011] 这些伪像中的一些在解码器中可以被移除;然而,老式解码器可能不具有直接解决该问题的处理能力或计算能力。如这里发明人所意识到的,改进的用于多格式EDR视频的编码和发布的预抖动技术是令人期望的。在图像和视频处理中,抖动技术通常应用于下游,在解码器中,靠近显示器。如本文所使用的,术语“预抖动”或“上游抖动”表示在视频信号被编码以被发送到下游之前应用于该视频信号的抖动技术。

[0012] 在本部分中描述的方法是可从事的方法,但未必是以前已经构想或从事的方法。因此,除非另外指出,否则,不应仅凭借包含于本部分中而认为在本部分中描述的方法中的任一种为现有技术。类似地,除非另外指出,否则,关于一种或更多种方法识别的问题不应基于本部分而认为在任何现有技术中已被识别。

## 附图说明

[0013] 本发明的实施例在附图中以举例的方式、而非限制的方式被例示,在附图中,相似的标号指的是类似的元件,其中:

[0014] 图1A和图1B描绘了根据本发明的实施例的用于对EDR和LDR图像进行编码的示例系统;

[0015] 图2A和图2B描绘了根据本发明的实施例的用于产生用于对EDR图像进行编码的抖动噪声的示例数据流;

[0016] 图3描绘了根据本发明的实施例的用于对EDR图像进行预抖动的例子;和

[0017] 图4描绘了根据本发明的实施例的用于在噪声抖动产生处理期间自适应地选择基于OTF的滤波器的示例处理。

## 具体实施方式

[0018] 本文描述了被应用于对EDR和LDR视频信号进行编码的预抖动方法和系统。在以下描述中,出于解释的目的,阐述了大量具体的细节以便提供本发明的透彻理解。然而,很明

显本发明可在不具有这些具体细节的情况下被实现。在其它实例中,众所周知的结构和设备未被详尽地描述,以避免不必要地掩盖、遮盖或混淆本公开。

#### [0019] 概述

[0020] 本文描述的示例实施例涉及具有高或增强动态范围的视频图像的预抖动。视频编码器接收输入的增强动态范围(EDR)图像以及将被以给定目标率编码的对应的较低动态范围(LDR)图像。在编码之前,预抖动处理被应用于输入的LDR图像以产生具有低于原始位深的第二位深的抖动的LDR图像。预抖动处理包括:产生均匀分布的噪声,将空间滤波器应用于该噪声以产生经空间滤波的噪声,将时间滤波器应用于经空间滤波的噪声以产生输出噪声,将输出噪声添加到输入的LDR图像以产生噪声增强的LDR图像,并且对噪声增强的图像进行量化以产生抖动的LDR图像。

[0021] 在实施例中,空间滤波器和时间滤波器是低通滤波器,并且空间滤波器基于人类视觉系统(HSV)的光学传递函数(OTF)。

[0022] 在实施例中,空间滤波器和时间滤波器是高通滤波器,并且空间滤波器基于人类视觉系统(HSV)的光学传递函数(OTF)。

[0023] 在实施例中,选择应用低通滤波器还是高通滤波器是基于视频编码器的输出处的目标位率的。

[0024] 在实施例中,空间滤波器的通带基于输入的LDR图像的亮度。

#### [0025] 多格式EDR信号的编码

#### [0026] 分层编码

[0027] 现有的显示器和回放装置(诸如HDTV、机顶盒或蓝光播放器)通常支持高达1080p HD分辨率的信号(例如,每秒60帧 $1920 \times 1080$ 个像素)。对于消费者应用,现在通常使用每个颜色分量每个像素8位的位深压缩这样的信号。由于8位位深和对应的低动态范围,这样的信号通常被称为具有标准动态范围(SDR)的信号。

[0028] 随着新的电视标准(诸如超高清(UHD))正被开发,可能希望的是,对具有增强分辨率和/或增强动态范围的信号进行编码,同时允许老式解码器仍能够接收并解码同一信号的具有较低动态范围(例如,SDR)的版本。图1A描绘了支持具有增强动态范围(EDR)和较低动态范围(LDR)的信号的编码的向后兼容系统的示例实现的实施例。

[0029] 暂时忽略预抖动模块(120),如图1A中所描绘的,给定EDR输入(102),LDR信号(114)可以通过使用内容映射处理(110)而产生。如本文所使用的,“输入EDR图像或信号”是指可以用于推导输入图像的EDR版本的增强或高动态范围图像数据(例如,高端图像获取装置等捕捉的原始图像数据)。内容映射处理(110)可以组合本领域中已知的各种技术来将原始的或颜色分级的EDR内容映射到LDR内容,诸如先进行全局或局部色调映射、再接着针对目标显示器进行颜色分级。在G-M. Su等人于2012年11月1日提交的序号为PCT/US2012/062932、标题为“Layer decomposition in hierarchical VDR coding”的PCT申请(’932申请)以及R. Atkins等人于2013年4月9日提交的序号为61/810,104、标题为“Display management for high dynamic range video”的美国临时专利申请(其也在2014年2月13日作为序号为PCT/US2014/016304的PCT申请提交)中描述了内容映射处理的其他例子,这两篇申请的全部内容通过引用并入本文。

[0030] 例如在美国临时专利申请61/882,773中描述的EDR/LDR编码器(130)通常包括基

本层(BL)编码器和增强层(EL)编码器,BL编码器产生编码的基本层(BL)流(136),EL编码器产生编码的EL流(132)。在一些实施例中,还可以产生辅助参考处理单元(RPU)流(134)。RPU流通常携带可以帮助解码器更好地访问适当的解码处理所需的参数的辅助数据(也常被称为元数据)。如本文所定义的,术语“元数据”或“辅助数据”可以与被作为编码的位流的一部分发送并且辅助解码器渲染解码的图像的任何辅助信息相关。这样的元数据可以包括但不限于诸如以下的信息:颜色空间或色域信息、动态范围信息、色调映射信息或其他编码器相关的算子。

[0031] 在实施例中,编码的BL流(136)可以包括向后兼容的编码的LDR流,而编码的EL流(132)可以包括残余流,该残余流可以与解码的BL信号一起被高级解码器用于重新产生EDR信号(102)。

[0032] 输入的EDR信号(102)可以在支持高动态范围色域的任何颜色空间中。尽管具有比EDR信号(102)低的动态范围,但是LDR信号(114)可以被以相同的位深或者比EDR信号(102)的位深低的位深表示。在实施例中,输入的EDR可以在16位RGB空间中,对应的LDR信号可以在16位或12位RGB空间中。如图1B中所描绘的,编码系统(100B)可以包括附加的颜色变换和颜色二次采样单元来适应EDR/LDR编码器(130)中的位深或颜色格式约束。

[0033] 每个像素可以可选地和/或可替代地包括用于颜色空间中的通道中的一个或多个的上采样或下采样的像素值。应指出,在一些实施例中,除了诸如红色、绿色和蓝色的三个原色之外,不同的原色还可以在如本文描述的颜色空间中同时使用以例如支持宽的色域;在那些实施例中,如本文描述的图像数据包括用于那些不同原色的附加像素值,并且可以被如本文描述的技术同时处理。

[0034] 如图1B中所描绘的,在实施例中,内容映射(110)将16-b RGB EDR输入(102-R)转换为16-b RGB LDR(114-R)。EDR信号(102-R)和LDR信号(114-R)都被进行颜色变换和颜色二次采样以产生YCbCr 4:2:0颜色格式(编码器(130)中的优选的编码压缩格式)的对应信号(102-Y)和(114-Y)。传统上,在简单地截断到8位之后,LDR信号114-Y被传递到编码器130进行编码,并且产生BL流(136);然而,如本发明所提出的,通过将预抖动处理(120)应用于LDR信号(114-Y),假轮廓以及可能的假颜色伪像可以大幅减少或者被消除。

[0035] 在产生分层的EDR流的所有部分之后,编码的EL流(132)、编码的BL流(136)和相关的元数据(134)被复用并且被打包,以使得它们可以被存储在存储介质中和/或被发送到解码器。

[0036] 抖动技术

[0037] 在图形和显示相关处理中,传统的抖动技术包括以下步骤:a)产生噪声或抖动图案;b)将产生的噪声添加到将显示的信号;以及c)将输出量化到期望位深。在编码理论中,很少推荐在对信号进行压缩之前添加噪声,因为噪声使信号的熵增大,因此降低了编码效率;因此,步骤(120)中的任何噪声添加还必须考虑各种矛盾的目标,诸如:

[0038] ●在解码器处减少假轮廓和其他伪像;

[0039] ●保持压缩效率,尤其是在位率低时(例如,对于1080p,5.2Mbps/s,对于720p,3.75Mbps/s);以及

[0040] ●保持输入的最初视频质量。

[0041] A1.使用经高通滤波的噪声的抖动

[0042] 给定将被向下量化为P位图像的N位输入图像(例如,N=16位)的序列,其中,P<N位,在数字抖动期间,在低位被丢弃或者被量化之前,噪声被添加到这些图像。基本工程权衡是添加尽可能多的噪声以使得通过位深降低处理和图像压缩或编码处理能够保持同样有效的感知位,但是使噪声本身在解码器处不可见。不可见性主要取决于显示和观看距离参数。在实施例中,图像抖动中使用的噪声源的噪声特性基于人类视觉系统(HVS)的光学传递函数(OTF)的模型以及EDR/LDR编码器(130)的输出处的目标位率要求而被确定。

[0043] HVS的OTF(从现在起被简单地表示为OTF)是严格低通函数,因此与HVS的对比灵敏度函数(CSF)相比更好地代表平均化处理。在Deeley、Robin J.、Neville Drasdo和W.Neil Charman在Ophthalmic and Physiological Optics 11.1(1991):91-93上的“A simple parametric model of the human ocular modulation transfer function”中描述了常见的OTF表示,该文献的全部内容通过引用并入本文。

[0044] 图2A描绘了根据本发明的实施例的产生高通抖动噪声的示例方法(200A)。该方法可以单独地应用于输入的LDR图像的颜色分量中的一个或多个。通过两个步骤产生噪声:a)对均匀随机噪声进行空间滤波以产生高通噪声(200A-1);以及b)将时间滤波应用于产生的高通噪声以产生高通空间-时间噪声(200A-2)。

[0045] 步骤1:空间滤波

[0046] 设 $\tilde{N}_f$ 表示从具有0和1之间的值的均匀随机噪声源产生的W(宽度)×H(高度)(以像素计)图像。设 $\tilde{N}_f$ 的每个像素元素(x,y)被表示为 $\tilde{n}_f(x,y)$ ,其中 $\tilde{n}_f(x,y) \in [0,1]$ 。

[0047] 将原始EDR信号位深表示为 $B_{EDR}$ ,将基本层位深表示为 $B_{BL}$ 。将从 $B_{EDR}$ 位表示到 $B_{BL}$ 位表示要移除的码字的数量被表示为 $C = 2^{B_{EDR} - B_{BL}}$ 。在实施例中,缩放的随机图像 $N_f$ (例如,202)可以通过将 $\tilde{N}_f$ 与C或C的函数相乘而获得,例如:

$$[0048] \quad N_f = C \cdot \tilde{N}_f.$$

[0049] 例如,对于 $B_{EDR} = 16$ 并且 $B_{BL} = 8$ , $C = 2^8 = 256$ 。如图2A中所描绘的,缩放的随机图像 $N_f$ (例如,202)可以用表示Deeley的OTF模型的2D低通滤波器 $F_s$ 进行滤波(205)。设:

$$[0050] \quad D_f^L = N_f \otimes F_s,$$

[0051] 以及

$$[0052] \quad D_f^H = N_f - (N_f \otimes F_s),$$

[0053] 表示经低通滤波的噪声信号(204)和经高通滤波的噪声信号(206),其中,符号 $\otimes$ (205)表示卷积。将 $D_f^L$ (204)和 $D_f^H$ (206)中的像素元素表示为 $d_f^L(x,y)$ 和 $d_f^H(x,y)$ 。

[0054] 步骤2:时间滤波(200A-2)

[0055] 考虑容纳多达P个高通噪声图片(206)(其被表示为 $D_0^H, D_1^H, \dots, D_{P-1}^H$ )的环形缓冲器(210)(例如,具有分开的起始指针和结束指针的缓冲器)。随着时间前进,缓冲器中的最旧的图片(例如, $D_{P-1}^H$ )被在步骤1中产生的新的噪声图片取代。

[0056] 现在考虑要对存储在环形滤波器(210)中的图像的被共同安置在同一位置的像素



进行滤波的低通滤波器(LPF)滤波器 $F_T(212)$ 。将LPF(212)的滤波器系数表示为 $F_T(0), F_T(1), \dots, F_T(P-1)$ 。将输出的经时间滤波的图像(214)表示为 $T^L$ ,  $T^L$ 中的元素被表示为 $t^L(x, y)$ 。然后,通过首先应用低通滤波器(212)、然后将其输出从 $(P-1)/2$ 抖动图片 $d_{\frac{P-1}{2}}^H(x, y)$ 中的对应像素减去来获得具有元素 $t^H(x, y)$ 的高通噪声图像(216):

$$[0057] \quad t^L(x, y) = \sum_{f=0}^{P-1} F_T(f) d_f^H(x, y) \quad (\text{低通信号})$$

$$[0058] \quad t^H(x, y) = [d_{\frac{P-1}{2}}^H(x, y) - t^L(x, y)] k \quad (\text{高通信号})$$

[0059] 其中, $k$ 是可选的缩放因子。在实施例中, $k$ 可以根据对其产生抖动噪声的颜色分量而变化(例如,对于 $Y, k=4$ ,对于 $Cb, k=3$ ,对于 $Cr, k=2$ )。对所有的 $W \times H$ 个像素重复该处理以产生将用在抖动处理中的输出噪声图像(216)。

[0060] 当新的噪声图像(206)被产生时,可以如下更新环形缓冲器(210)。一旦新的高通空间-时间抖动图片(216)被产生,环形缓冲器中的图片就可以移位一个位置。然后,将从步骤1最近产生的抖动图片插入末尾缓冲器位置中的一个(例如,第 $P-1$ 图像槽(假定缓冲器位置从0开始编号))处。例如,对于使用左移位的环形缓冲器,环形缓冲器操作可以被表达为:

$$[0061] \quad (a) D_f^H = D_{f+1}^H \text{ 对于 } f=0, 1, \dots, P-2$$

$$[0062] \quad (b) D_{P-1}^H = \text{来自步骤1的新的 } D_f^H \text{ (206)}$$

[0063] 步骤3:执行预抖动

[0064] 给定LDR输入 $I(x, y)$ (114),抖动图案 $t^H(x, y)$ 被乘以缩放因子 $s(x, y)$ 然后被添加到LDR输入:

$$[0065] \quad I_N(x, y) = I(x, y) + s(x, y) \cdot t^H(x, y). \quad (1)$$

[0066] 缩放因子可以是全局的,即,对于整个图片是相同的(例如,对于 $x$ 和 $y$ 的所有值,以及对于LDR图像的所有颜色分量, $s(x, y)=8$ ),或者它可以根据局部内容特性被自适应地调整。最后,量化的LDR'信号(122)可以如下地产生:

$$[0067] \quad I_{BL}(x, y) = I_N(x, y) \gg (B_{EDR} - B_{BL}), \quad (2)$$

[0068] 其中, $a \gg n$ 表示将 $a$ 向右移 $n$ 位(或者将 $a$ 除以 $2^n$ )。

[0069] 在一些实施例中,OTF(207)和LPF(212)滤波器可以利用已经归一化的滤波器系数(即,所有滤波器系数的和加起来为1),在这种情况下,可以跳过归一化步骤。

[0070] A2. 使用经低通滤波的噪声的抖动

[0071] 实验结果证明,添加高频抖动噪声在中间位率或高位率提供令人满意的结果;然而,在低位率,由于高量化,其他编码伪像可能出现。因此,可能有益的是,如图2B中所描绘的,添加低频抖动噪声。

[0072] 图2B中的处理流程非常类似于图2A中的流程,除了a)在步骤1(200B-1)中,只有经低通滤波的噪声(204)保留,并且步骤2(200B-2)应用低通时间滤波器,而不是高通时间滤波器。

[0073] 使用与前面相同的标记,给定均匀噪声源 $N_f(202)$ 以及具有滤波器系数 $F_s$ 的基于OTF的低通滤波器(207),在该处理(200B)的步骤1(200B-1)中,产生的经滤波的噪声(204)

可以被表达为:

$$[0074] \quad D_f^L = N_f \otimes F_s,$$

[0075] 设 $\hat{d}_f^L(x, y)$ 表示 $D_f^L$ (204)中的元素,并且设:

$$[0076] \quad \bar{d}_f^L = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \hat{d}_f^L(x, y)$$

[0077] 表示其平均值,那么经低通滤波的空间噪声(220)被计算为:

$$[0078] \quad D_f^L = D_f^L - \bar{d}_f^L,$$

$$[0079] \quad \text{其中, } d_f^L(x, y) = \hat{d}_f^L(x, y) - \bar{d}_f^L.$$

[0080] 如处理(200A)中那样,在第一阶段产生的噪声图像被拷贝到环形缓冲器(210)中以用于使用时间低通滤波器(212)进行时间滤波。设时间滤波器(212)的输出被表示为:

$$[0081] \quad \hat{t}^L(x, y) = \sum_{f=0}^{P-1} F_T(f) d_f^L(x, y),$$

[0082] 其均值被表示为:

$$[0083] \quad \bar{t}^L = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \hat{t}^L(x, y).$$

[0084] 那么,最终的经低通滤波的抖动噪声 $t^L$ (240)的像素元素可以被表达为:

$$[0085] \quad t^L(x, y) = \hat{t}^L(x, y) - \bar{t}^L.$$

[0086] 给定 $t^L$ (240),抖动处理的其余部分类似于前面,也就是说,给定LDR输入 $I(x, y)$ (114),抖动图案 $t^L(x, y)$ 被乘以缩放因子 $s(x, y)$ ,然后被添加到LDR输入:

$$[0087] \quad I_N(x, y) = I(x, y) + s(x, y) \cdot t^L(x, y). \quad (3)$$

[0088] 缩放因子可以是全局的,即,对于整个图片是相同的,或者它可以根据局部内容特性被自适应地调整。最后,量化的LDR信号(122)可以按照以下式产生:

$$[0089] \quad I_{BL}(x, y) = I_N(x, y) \gg (BEDR - BBL). \quad (4)$$

[0090] 在实施例中,可以组合低通(200B)和高通(200A)滤波的噪声处理。图3中描绘了这样的组合处理的例子。对于每个输入的LDR帧,在步骤(312)中,产生经OTF滤波的图像(例如,图像(204))。然后,根据EDR/LDR编码器(130)的输出处的目标位率,产生归一化的经低通滤波的噪声图像(220)或经高通滤波的噪声图像(206),并且更新环形缓冲器(210)的 $D_{P-1}$ 位置。

[0091] 在步骤(322)中,将低通时间滤波器应用于环形缓冲器(210)中的图像以产生经时间滤波的低通噪声图像(214)。然后,根据位率,产生归一化的低通图像(240)或经高通滤波的噪声图像(216)以添加到源LDR图像。最后,在步骤(330)中,按缩放因子(305)对噪声图像进行缩放,并且将该噪声图像添加到源LDR图像(参见式(1)或(3))。产生最终的位截断的LDR'图像(122)(参见式(2)和(4)),并且将该图像传递到编码器(130)以进行进一步处理。

[0092] A3. 自适应OTF通带选择

[0093] 在式(1)和(3)中,缩放因子 $s(x,y)$ 可以用于调整施加的噪声的强度;然而,这些缩放因子对噪声的“平滑度”没有影响,噪声的平滑度实际上控制加性噪声可以如何影响潜在的假轮廓或其他伪像。控制噪声的平滑度的一种方式是通过调整OTF滤波器的通带,在实施例中,OTF滤波器的通带由OTF滤波器(207)的内核大小确定。例如,7×7OTF滤波器可以具有远宽于57×57OTF滤波器的通带。因此,在一些实施例中,可能有利的是根据LDR输入(114)的局部亮度调整OTF滤波器的通带。

[0094] 考虑例如,如图2B中描绘的处理(200B)的级1(200B-1)。不是使用单个OTF滤波器 $F_s$ ,在示例实施例中,而是考虑应用两个不同的OTF滤波器 $F_s^W$ 和 $F_s^N$ ,其中, $F_s^W$ 具有比 $F_s^N$ 宽广的通带。如第A2节中所描述的,给定噪声图像 $N_f$ ,可以对OTF滤波器中的每个产生两个不同的经低通滤波的噪声信号:

$$[0095] \quad \hat{D}_f^{L,W} = N_f \otimes F_s^W,$$

[0096] 以及

$$[0097] \quad \hat{D}_f^{L,N} = N_f \otimes F_s^N.$$

[0098] 如果需要,可以计算它们的均值

$$[0099] \quad \bar{d}_f^{L,W} = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \hat{d}_f^{L,W}(x,y),$$

[0100] 以及

$$[0101] \quad \bar{d}_f^{L,N} = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \hat{d}_f^{L,N}(x,y),$$

[0102] 以产生归一化的经低通滤波的信号:

$$[0103] \quad D_f^{L,W} = \hat{D}_f^{L,W} - \bar{d}_f^{L,W},$$

[0104] 以及

$$[0105] \quad D_f^{L,N} = \hat{D}_f^{L,N} - \bar{d}_f^{L,N}.$$

[0106] 将LDR输入(114-Y)的亮度表示为 $Y_{BL}(x,y)$ ,那么,在示例实施例中,可以如下计算级1(200B-1)的输出 $D^L(220)$ :

[0107] 如果( $Y_{BL}(x,y) \geq \text{thr}$ )

$$[0108] \quad d_f^L(x,y) = d_f^{L,N}(x,y) \quad (5)$$

[0109] 否则

$$[0110] \quad d_f^L(x,y) = d_f^{L,W}(x,y),$$

[0111] 其中,thr是预定阈值(例如, $\text{thr} = 2^{B_{EDR}-1}$ )。

[0112] 在一些实施例中,不是在 $d_f^{L,W}$ 和 $d_f^{L,N}$ 值之间进行选择,而是可以应用这两个值的线性或非线性混合。在实施例中,在式(5)中,不是将单个像素与阈值thr进行比较,而是可

以将相邻像素的函数与阈值(例如,围绕 $Y_{BL}(x, y)$ 像素的区域的平均值、中间值、标准差等)进行比较。如本领域技术人员将意识到的,该方法也可以扩展到使用多于两个的OTF滤波器或者可以不基于OTF的低通或高通滤波器。

[0113] 类似的自适应OTF滤波方法也可以用于在处理(200A)的步骤(200A-1)中产生高通空间噪声(206)。图4描绘了根据实施例的用于自适应地选择低通或高通经空间滤波的噪声的通带的示例处理流程。给定均匀分布的噪声(202),在步骤(405)中,应用两个或更多个基于OTF的滤波器来产生OTF滤波的噪声(407)和(412)。如前所述,根据目标位率,这些噪声信号中的每个可以表示输入噪声(202)的经低通滤波的输出(例如,220)或经高通滤波的输出(例如,206)。此外,给定LDR输入(114-Y)的特性(例如,亮度像素值),基于两个或更多个滤波的信号(407和412)来产生最终的输出的经空间滤波的噪声信号(425)。

[0114] 因为抖动处理(300)的级2(320)中的时间滤波(212)以及环形缓冲器(210),针对帧f产生的噪声图像(220)和(206)也可以影响针对未来的帧产生的噪声图像。因此,在实施例中,关于哪个OTF滤波器应用于针对帧f产生的噪声的决策也可以取决于未来的帧(比如说,f+1、f+2和f+3)中的对应像素值处的亮度值。

[0115] 示例计算机系统实现

[0116] 本发明的实施例可以用以下来实现:计算机系统、在电子电路系统和组件中配置的系统、集成电路(IC)器件(诸如微控制器)、现场可编程门阵列(FPGA)、或另一个可配置的或可编程的逻辑器件(PLD)、分立时间或数字信号处理器(DSP)、专用IC(ASIC)、和/或包括这样的系统、器件或组件中的一个或多个的设备。计算机和/或IC可以执行、控制、或运行与具有增强动态范围的图像的预抖动(诸如本文中所描述的那些)相关的指令。计算机和/或IC可以计算与本文中所描述的预抖动处理相关的各种参数或值中的任何一个。图像和视频实施例可以用硬件、软件、固件和它们的各种组合来实现。

[0117] 本发明的某些实现包括运行使处理器执行本发明的方法的软件指令的计算机处理器。例如,显示器、编码器、机顶盒、代码转换器中的一个或多个处理器可以通过运行处理器可访问的程序存储器中的软件指令来实现如上所述的与预抖动EDR图像相关的方法。还可以以程序产品的形式来提供本发明。程序产品可以包括承载计算机可读信号集的任何介质,该计算机可读信号集包括当被数据处理器运行时使数据处理器执行本发明的方法的指令。根据本发明的程序产品可以为多种多样的形式中的任何一种。程序产品可以包括例如物理介质,诸如磁性数据存储介质(包括软盘、硬盘驱动器)、光学数据存储介质(包括CD ROM、DVD)、电子数据存储介质(包括ROM、闪速RAM)等。程序产品上的计算机可读信号可选地可以被压缩或加密。

[0118] 在组件(例如,软件模块、处理器、组装件、器件、电路等)在上面被提到的情况下,除非另有指示,否则对该组件的论述(包括对“装置”的论述)应被解释为包括作为该组件的等同物的、执行所描述的组件的功能的(例如,在功能上等同的)任何组件,包括在结构上不等同于所公开的结构、执行本发明的例示说明的示例实施例中的功能的组件。

[0119] 等同、扩展、替代和其他

[0120] 如此描述了与EDR图像的高效预抖动相关的示例实施例。在前面的说明书中,已经参照在不同实现之间可以有所变化的许多特定细节描述了本发明的实施例。因此,本发明是什么、申请人意图本发明是什么的唯一的且排他的指示是本申请的特定形式的权利要求

书,这样的权利要求以该特定形式要求保护,包括任何后续修正。在本文中对于这样的权利要求中所包含的术语明确阐述的任何定义应掌控在权利要求中所使用的这样的术语的含义。因此,在权利要求中没有明确记载的限制、元素、性质、特征、优点或属性均不得以任何方式限制这样的权利要求的范围。说明书和附图因此要从例示性、而不是限制性的意义上来看待。

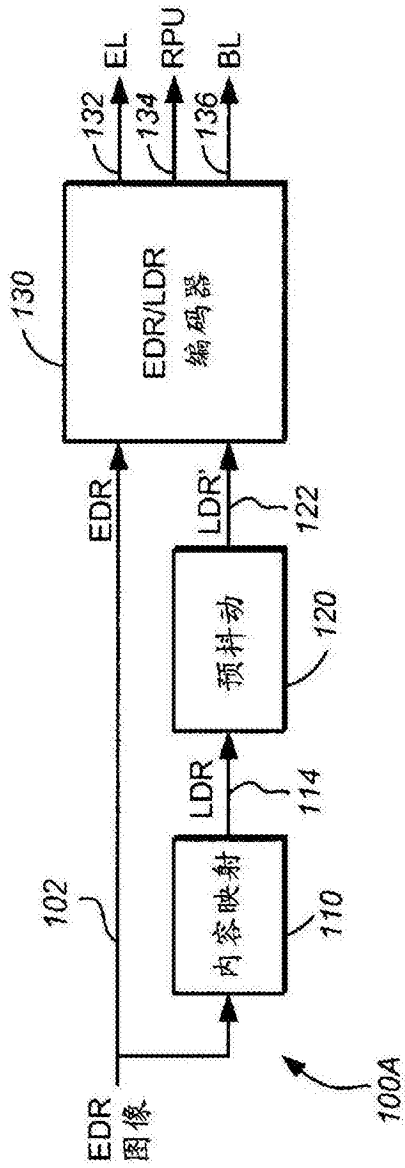


图1A

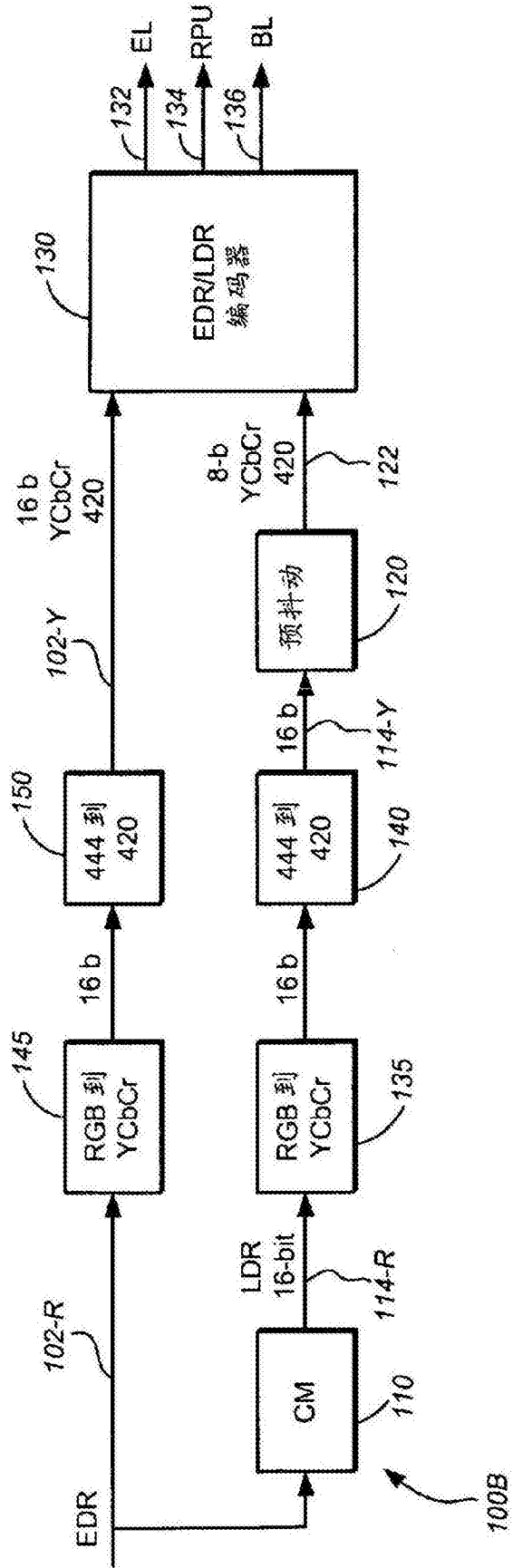


图1B

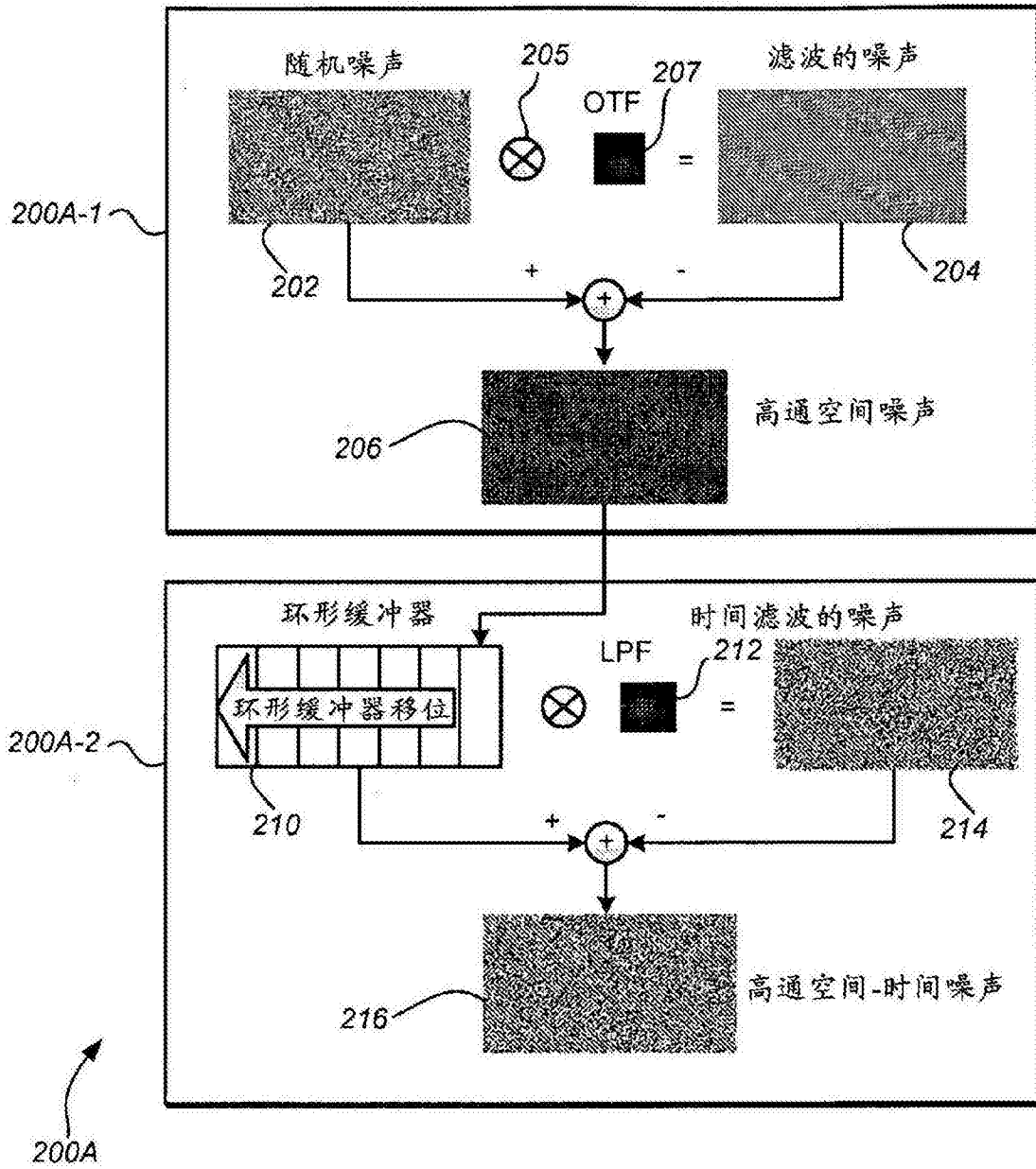


图2A

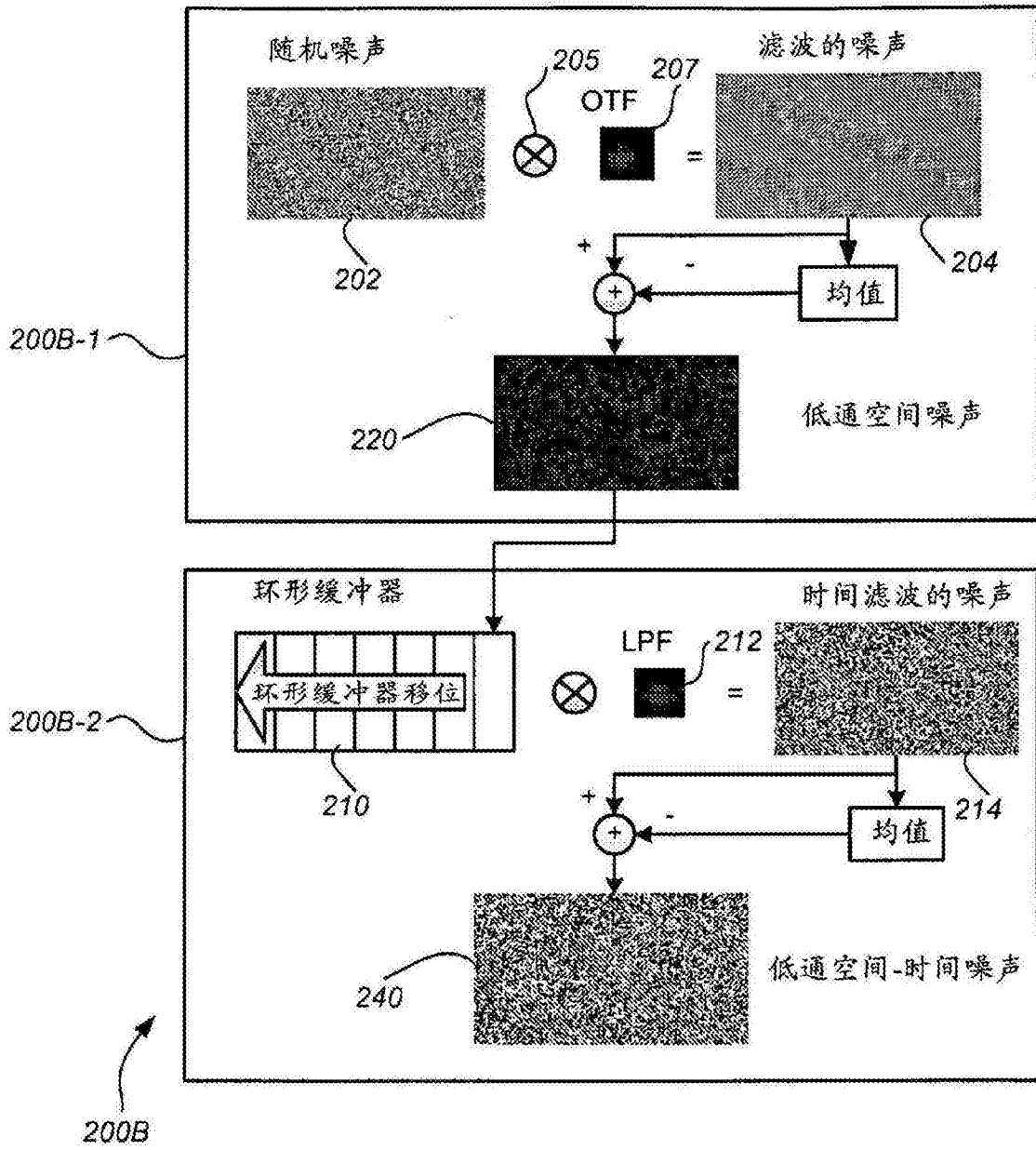


图2B



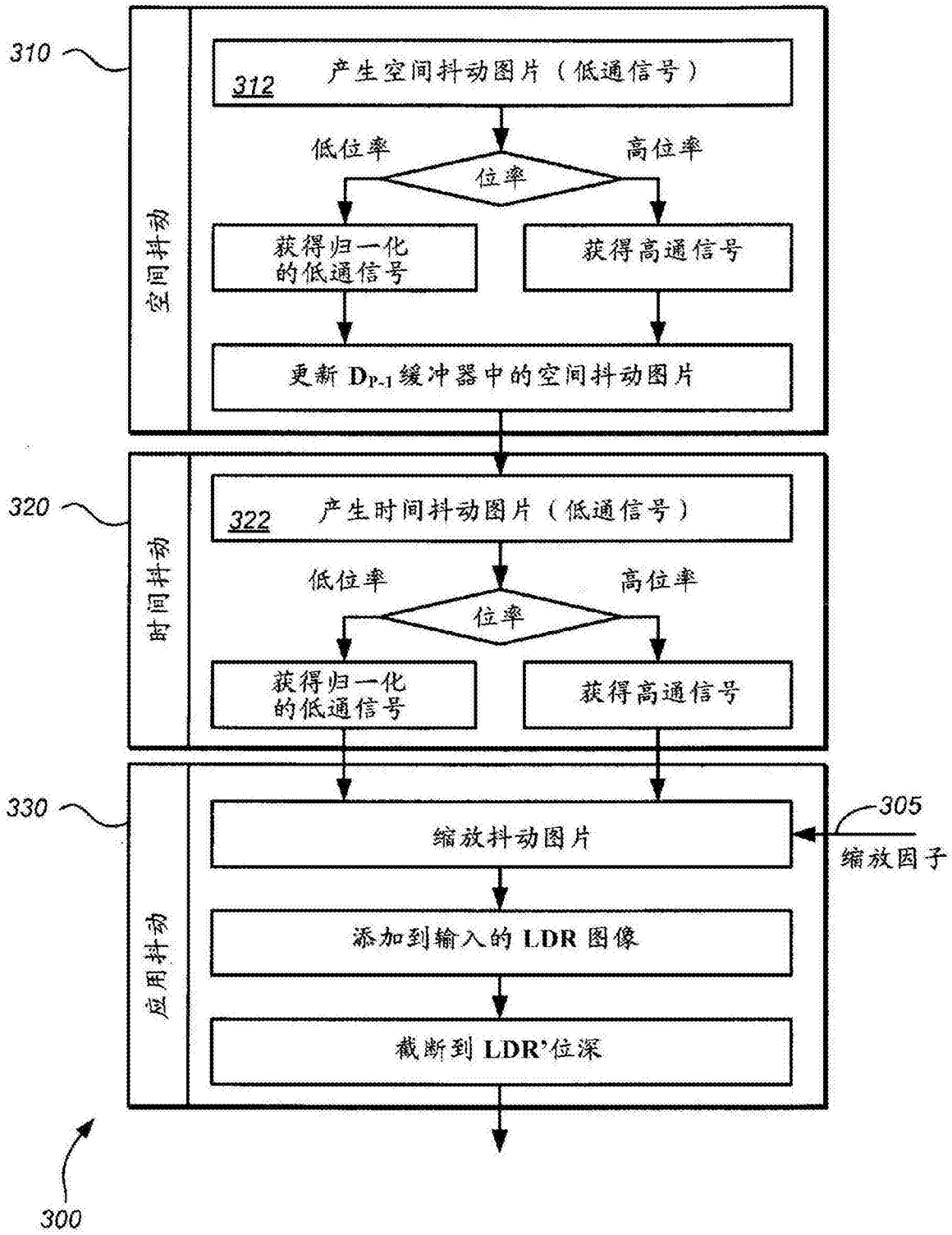


图3

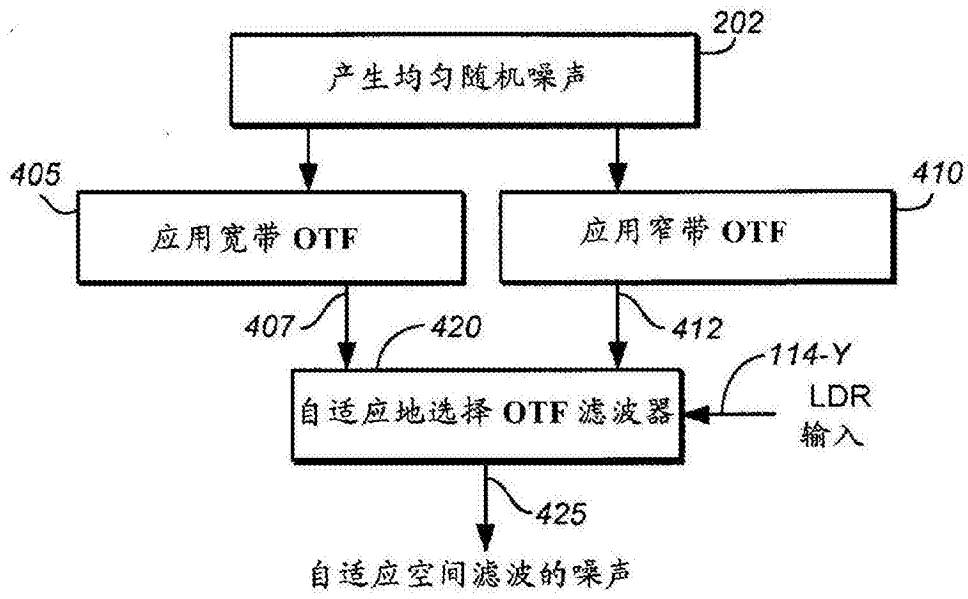


图4