



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112385216 B

(45) 授权公告日 2022.07.29

(21) 申请号 201980025723.8

(22) 申请日 2019.08.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112385216 A

(43) 申请公布日 2021.02.19

(30) 优先权数据

62/729395 2018.09.10 US

16/202902 2018.11.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.10.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/047011 2019.08.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/055545 EN 2020.03.19

(73) 专利权人 腾讯美国有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州帕洛阿尔托公园大道2747号

(72) 发明人 赵亮 赵欣 李翔 刘杉

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事

务所(普通合伙) 44285

专利代理人 王兆林

(54) 发明名称

用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的方法、装置和介质

(57) 摘要

一种基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的方法和装置,包括识别与编码单元相关联的一组参考行。基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于编码单元的第一参考行,将第一类型的插值滤波器应用于第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本。基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于编码单元的第二参考行,将第二类型的插值滤波器应用于第二参考行中所包含的参

(51) Int.Cl.

H04N 19/117 (2006.01)

H04N 19/105 (2006.01)

H04N 19/159 (2006.01)

H04N 19/132 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

G06T 5/20 (2006.01)

(56) 对比文件

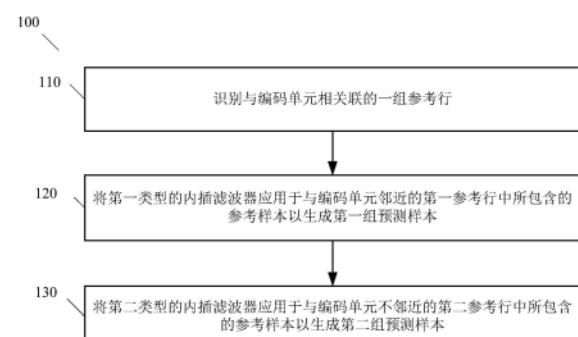
ung Won Kang等.Description of SDR video coding technology proposal by ETRI and Sejong University.《Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 10th Meeting》.2018,

Jinho Lee.CE3: Multi-line based intra prediction (Test 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3).《Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 11th Meeting》.2018,

审查员 张海燕

权利要求书2页 说明书13页 附图6页

考样本,以生成第二组预测样本。



1. 一种基于用于解码视频序列的参考行索引来选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的方法,包括:

识别与编码单元相关联的一组参考行;

基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于所述编码单元的第一参考行,将边缘平滑滤波器或边缘保留滤波器应用于所述第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本,其中所述边缘平滑滤波器是仅具有正滤波器系数或零滤波器系数的线性插值滤波器;以及

基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于所述编码单元的第二参考行,仅将边缘保留滤波器应用于所述第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其中,所述边缘保留滤波器是以下滤波器中的至少一个:具有至少一个或两个负滤波器系数的线性插值滤波器、非线性滤波器或双边滤波器。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述边缘保留滤波器是三次插值滤波器、基于离散余弦变换(DCT)的滤波器、基于多项式的插值滤波器、双边滤波器、或埃尔米特插值滤波器。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述边缘平滑滤波器是双线性滤波器或高斯滤波器。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,应用于所述第一参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是第一类型的边缘保留滤波器,并且,应用于所述第二参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是与所述第一类型的边缘保留滤波器不同的第二类型的边缘保留滤波器。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,应用于所述第一参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是第一类型的边缘保留滤波器,并且,应用于所述第二参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是与所述第一类型的边缘保留滤波器相同的第二类型的边缘保留滤波器;

所述方法还包括:

当第一类型的边缘保留滤波器应用于所述第一参考行时,相同的所述第二类型的边缘保留滤波器应用于所述第二参考行。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,应用于所述第一参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器包括M抽头边缘保留滤波器,应用于所述第二参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器包括N抽头边缘保留滤波器,并且其中,M不等于N。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,应用于所述第一参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是与第一组滤波器系数相关联的第一边缘保留滤波器,并且,应用于所述第二参考行中所包含的参考样本的所述边缘保留滤波器是与不同于所述第一组滤波器系数的第二组滤波器系数相关联的第二边缘保留滤波器。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述边缘保留滤波器包括包含固定滤波器系数的边缘保留滤波器。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,与所述第一参考行的广角模式相关联地应用所

述边缘平滑滤波器,并且,应用于所述第二参考行中所包含的参考样本的所述边缘平滑滤波器被应用于所述第二参考行的广角模式。

11.根据权利要求1~10任一项所述的方法,其中,

所述第一参考行的参考行索引为零;

所述第二参考行的参考行索引为非零。

12.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

在发送帧内预测模式之前发送参考行索引,所述帧内预测模式排除平面模式,且所述参考行索引指示哪个参考行用于帧内预测。

13.一种基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的设备,包括:

至少一个存储器,其被配置成存储程序代码;

至少一个处理器,其被配置成读取所述程序代码并且按照所述程序代码的指示执行如权利要求1~12任一项所述的方法。

14.一种存储指令的非暂态计算机可读介质,所述指令包括:一个或更多个指令,所述一个或更多个指令在由基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的设备的一个或更多个处理器执行时,使所述一个或更多个处理器执行如权利要求1~12任一项所述的方法。

15.一种基于用于解码视频序列的参考行索引来选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的装置,包括:

识别单元,用于识别与编码单元相关联的一组参考行;

第一样本生成单元,用于基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于所述编码单元的第一参考行,将边缘平滑滤波器或边缘保留滤波器应用于所述第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本,其中所述边缘平滑滤波器是仅具有正滤波器系数或零滤波器系数的线性插值滤波器;以及

第二样本生成单元,用于基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于所述编码单元的第二参考行,仅将边缘保留滤波器应用于所述第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本。

用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的方法、装置和介质

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年9月10日提交的美国临时申请第62/729,395号以及2018年11月28日在美国专利和商标局提交的美国专利申请第16/202,902号的优先权,上述两件申请的公开内容的全部通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本公开内容涉及一组高级视频编解码技术。更具体地,本公开内容提供了用于多行帧内预测的修改的帧内插值滤波器方案。

背景技术

[0004] ITU-T VCEG (Q6/16) 和 ISO/IEC MPEG (JTC 1/SC 29/WG 11) 在2013 (版本1) 中公布了H.265/HEVC (高效视频编码) 标准,并且在2014 (版本 2)、2015 (版本3) 和2016 (版本4) 中提供了更新。此后,ITU一直在研究未来视频编码技术标准化的潜在需求,其压缩能力大大超过HEVC标准 (包括其扩展) 的压缩能力。

[0005] 2017年10月,ITU发布了关于具有超越HEVC的能力的视频压缩的联合建议书 (CfP)。到2018年2月15日,分别提交了关于标准动态范围 (SDR) 的总共22个CfP响应、关于高动态范围 (HDR) 的12个CfP响应以及关于 360个视频类别的12个CfP响应。

[0006] 2018年4月,在122MPEG/10th JVET (联合视频探索组-联合视频专家组) 会议中评估了所有接收到的CfP响应。通过仔细的评估, JVET正式地发起了HEVC之外的下一代视频编码即所谓的通用视频编码 (Versatile Video Coding, VVC) 的标准化。

[0007] 在HEVC中,总共有35个帧内预测模式,其中模式10是水平模式,模式26是竖直模式,并且模式2、模式18和模式34是对角线模式。通过三个最可能模式 (most probable mode, MPM) 和32个剩余模式来信号表示帧内预测模式。

[0008] 在VVC的当前发展中,总共有87个帧内预测模式,其中模式18是水平模式,模式50是竖直模式,并且模式2、模式34和模式66是对角线模式。模式1至模式10以及模式67至模式76被指定为广角帧内预测 (WAIP) 模式。

[0009] 为了对帧内模式进行编码,基于相邻块的帧内模式来生成3个模式的最可能模式 (MPM) 列表。该MPM列表将被称为MPM列表或主MPM列表。如果MPM列表中不包括帧内模式,则用信号表示标志以指示帧内模式是否属于所选择的模式。

[0010] 在VVC的开发中,提出了主MPM列表与次级MPM列表的实现方式。次级MPM列表中的模式不包括在主MPM列表中。MPM列表中的模式数量可以是3、4、5、6、7、8等,而次级MPM列表中的模式数量可以是8、16、32等。

[0011] 在VVC中,对于亮度分量,在生成过程之前,对用于帧内预测样本生成的相邻样本进行滤波 (即帧内平滑处理)。滤波由给定的帧内预测模式和变换块尺寸控制。如果帧内预测模式是DC,或者如果变换块尺寸等于4×4,则不对相邻样本进行滤波。此外,如果给定帧内预测模式与竖直模式 (或水平模式) 之间的距离大于预定阈值,则启用滤波处理。对于相

邻样本滤波,使用[1,2,1]滤波器和双线性滤波器。例如,VVC草案2第8.2.4.2.4条和表8-4描述了在VVC中提出的帧内平滑处理。

[0012] 提出了多行帧内预测以使用附加的参考行进行帧内预测,并且编码器可以决定和用信号表示使用哪个参考行来生成帧内预测器。在帧内预测模式之前用信号发送参考行索引,并且在用信号表示非零参考行索引的情况下从帧内预测模式中排除平面模式或DC模式。

[0013] 提出了超出由常规帧内预测模式覆盖的预测方向范围的广角,并且被称为广角帧内预测模式。这些广角仅应用于如下的非正方形块:如果块宽度大于块高度,则在右上方向上超过45度的角度(HEVC中的帧内预测模式34);以及如果块高度大于块宽度,则在左下方向上超过45度的角度(HEVC中的帧内预测模式2)。

[0014] 使用原始方法用信号表示替换的模式,并且在解析后重新映射到广角模式的索引。帧内预测模式的总数不变,即,如在VTM-1.0中为35,或如在 BMS-1.0中为67,并且帧内模式编码不变。

[0015] 双边滤波器是用于图像的非线性、边缘保留和降噪平滑滤波器。它用来自邻近像素的强度值的加权平均值代替每个像素的强度。该权重可以基于高斯分布。权重取决于像素的欧氏距离,并且还取决于辐射度差异(例如,范围差异,如颜色强度、深度距离等)。双边滤波器有助于保留清晰的边缘。给定帧内块的原始(未滤波)参考样本 $I(x)$,双边滤波器函数可以被定义为:

$$[0016] \hat{I}(x) = \frac{\sum_{\Delta x_i \leq s} w_{pos}(\Delta x_i) \cdot w_{val}(\Delta I_i) \cdot I(x_i)}{\sum_{\Delta x_i \leq s} w_{pos}(\Delta x_i) \cdot w_{val}(\Delta I_i)}$$

[0017] 提出了4抽头和6抽头帧内插值滤波器来生成用于定向帧内预测的预测样本。使用两种类型的4抽头插值滤波器,即三次插值滤波器(Cubic interpolation filter)和高斯插值滤波器。三次插值滤波器适于保留图像边缘,而高斯插值滤波器适于去除图像噪声。三次插值滤波器在如下时间实现:当帧内预测模式等于或大于对角线模式(即,模式34)并且块的宽度小于或等于8时;以及当帧内预测模式等于或小于对角线模式(即,模式34)并且块的高度小于或等于8时。

[0018] 高斯滤波器在如下时间实现:当帧内预测模式等于或大于对角线模式(即,模式34)并且块的宽度大于8时;以及当帧内预测模式等于或小于对角线模式(即,模式34)并且块的高度大于8时。

发明内容

[0019] 一种基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的方法,包括:识别与编码单元相关联的一组参考行;基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于编码单元的第一参考行,将第一类型的插值滤波器应用于第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本;以及基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于编码单元的第二参考行,将第二类型的插值滤波器应用于第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本。

[0020] 一种基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤

波器的设备,包括:至少一个存储器,其被配置成存储程序代码;至少一个处理器,其被配置成读取程序代码并且按照程序代码的指示进行操作,该程序代码包括:识别代码,其被配置成使至少一个处理器识别与编码单元相关联的一组参考行;第一应用代码,其被配置成使至少一个处理器:基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于编码单元的第一参考行,将第一类型的插值滤波器应用于所述第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本;以及第二应用代码,其被配置成使至少一个处理器:基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于编码单元的第二参考行,将第二类型的插值滤波器应用于第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本。

[0021] 一种存储指令的非暂态计算机可读介质,该指令包括:一个或更多个指令,所述一个或更多个指令在由基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的设备的一个或更多个处理器执行时,使一个或更多个处理器进行以下操作:识别与编码单元相关联的一组参考行;基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于编码单元的第一参考行,将第一类型的插值滤波器应用于所述第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本;以及基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于编码单元的第二参考行,将第二类型的插值滤波器应用于所述第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本。

附图说明

[0022] 根据以下详细描述和附图,所公开的主题的另外的特征、性质和各种优点将变得更加明显,在附图中:

[0023] 图1是用于基于参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器以用于解码视频序列的示例处理的流程图;

[0024] 图2是根据本公开内容的实施方式的通信系统的简化框图;

[0025] 图3是视频编码器和解码器在流式传输环境中的放置的图;

[0026] 图4是根据本公开内容的实施方式的视频解码器的功能框图;

[0027] 图5是根据本公开内容的实施方式的视频编码器的功能框图;

[0028] 图6是根据实施方式的计算机系统的图。

[0029] 要解决的技术问题

[0030] 高斯滤波器适合平滑图像区域,而三次插值滤波器适合具有边缘的区域。在多行帧内预测中使用的附加参考行的添加对于具有边缘的区域是有帮助的。然而,将相同的三次插值滤波器和高斯滤波器两者应用于所有参考行不是期望的设计。

具体实施方式

[0031] 图1是基于用于解码视频序列的参考行索引选择用于多行帧内预测的帧内插值滤波器的示例处理100的流程图。在一些实现方式中,图1的一个或更多个处理块可以由解码器执行。在一些实现方式中,图1的一个或更多个处理块可以由与解码器分开或包括解码器的另一设备或一组设备(例如,编码器)来执行。

[0032] 如图1中所示,处理100可以包括识别与编码单元相关联的一组参考行(块110)。

[0033] 在一些实现方式中,最近参考行的行索引为0(零参考行)。另外地,用信号表示的

最大参考行数被表示为N。下面讨论的帧内插值滤波器指的是用于生成指向参考样本的分数位置的预测值的插值滤波器。

[0034] 在一些实现方式中,帧内插值滤波器的选择取决于参考行索引,其中用信号表示参考行索引。帧内插值滤波器的类型包括边缘保留滤波器和边缘平滑滤波器和/或类似的滤波器。边缘平滑滤波器包括具有正滤波器系数或零滤波器系数的线性插值滤波器。边缘保留滤波器包括具有至少一个或两个负滤波器系数的线性插值滤波器或非线性滤波器,例如双边滤波器。

[0035] 如图1中进一步所示,处理100可以包括:基于与第一参考行索引相关联的、所述一组参考行中的邻近于编码单元的第一参考行,将第一类型的插值滤波器应用于第一参考行中所包含的参考样本,以生成第一组预测样本(块 120);以及基于与第二参考行索引相关联的、所述一组参考行中的不邻近于编码单元的第二参考行,将第二类型的插值滤波器应用于第二参考行中所包含的参考样本,以生成第二组预测样本(块130)。

[0036] 根据实施方式,边缘平滑滤波器和边缘保留滤波器两者均被应用于零参考行,并且仅边缘保留滤波器被应用于非零参考行。另外地,边缘平滑滤波器可以包括双线性滤波器或高斯滤波器。

[0037] 根据实施方式,边缘保留滤波器可以是三次插值滤波器、基于DCT的插值滤波器(DCT-IF)、4抽头或6抽头基于多项式的插值滤波器、双边滤波器、埃尔米特插值滤波器和/或类似的滤波器。

[0038] 根据实施方式,用于不同行的边缘保留滤波器是不同的。例如,对于零参考行和非零参考行,边缘保留滤波器的抽头可以不同。另外地或替选地,可以将M抽头边缘保留滤波器用于零参考行,而将N抽头边缘保留滤波器用于非零参考行(例如,其中M和N为正整数并且M不等于N)。另外地或替选地,用于不同参考行的边缘保留滤波器的滤波器系数可以不同。

[0039] 在另一实施方式中,边缘保留滤波器和边缘平滑滤波器的系数是固定的,并且不取决于样本值。

[0040] 在一些实现方式中,帧内插值滤波器的选择取决于参考行索引和其他已编码信息或可用于编码器和解码器两者的任何信息,例如帧内预测模式和块尺寸。

[0041] 根据实施方式,基于满足的条件使用边缘保留滤波器。例如,当帧内预测模式等于或大于对角线模式(即,模式34)并且块的宽度小于或等于S时,可以满足条件。另外地或替选地,当帧内预测模式等于或小于对角线模式(即,模式34)并且块的高度小于或等于S时,可以满足条件。例如,S可以指示块宽度或块高度的阈值。对于不同的行,S可以是不同的。例如,根据实施方式,对于零参考行,S为8,而对于非零参考行,S为16或32。

[0042] 根据实施方式,边缘平滑滤波器用于零参考行中的广角,而边缘保留滤波器用于非零参考行中的广角。另外地或替选地,边缘保留滤波器用于零参考行中的广角,而边缘平滑滤波器用于非零参考行中的广角。

[0043] 根据实施方式,边缘保留滤波器和边缘平滑滤波器两者被应用于零参考行,和/或至少有一个参考行应用了边缘保留滤波器或边缘平滑滤波器。在这种情况下,可能不应用两个滤波器。根据实施方式,当存在3个参考行时,其中行索引可以是{0,1,2}或{0,1,3},将边缘保留滤波器和边缘平滑滤波器两者应用于行0,仅将边缘保留滤波器或边缘平滑滤波

器应用于行1,并且仅将边缘平滑滤波器或边缘保留滤波器应用于行2或行3。

[0044] 根据实施方式,边缘保留滤波器和边缘平滑滤波器都被应用于所有参考行,但是对于不同的行,帧内插值滤波器的抽头数可以不同。例如,在实施方式中,用于零参考行的边缘保留滤波器是M抽头,而用于非零参考行的边缘保留滤波器是N抽头(例如,其中M和N是正整数,并且M不等于N,诸如M=6并且N=4)。另外地或替选地,用于零参考行的边缘平滑滤波器是M抽头,而用于非零参考行的边缘平滑滤波器是N抽头(例如,其中M 和N是正整数,并且M不等于N,例如M=6并且N=4)。

[0045] 根据实施方式,对于某些参考行,广角被禁用或不同地限定。例如,对于非零参考行,广角被禁用。另外地或替选地,至少有一个参考行不使用广角。另外地或替选地,用于不同参考行的广角是不同的。例如,被广角帧内预测方向代替的传统角度帧内预测方向的数量取决于参考行索引。

[0046] 根据实施方式,对于不同的行,帧内平滑滤波器可以是不同的。例如,双边滤波器用于在非零参考行上进行帧内平滑。另外地或替选地,当用信号表示参考行索引时,对于非零参考行禁用帧内平滑滤波器。另外地或替选地,至少有一个参考行使用双边滤波器进行帧内平滑。

[0047] 根据实施方式,对于不同的行,帧内平滑滤波器的滤波器抽头数不同。例如,用于零参考行的帧内平滑滤波器的滤波器抽头数是M,而用于非零参考行的帧内平滑滤波器的滤波器抽头数是N(例如,其中M和N是正整数,并且M不等于N,诸如M=6并且N=4)。

[0048] 根据实施方式,对于不同的参考行,应用帧内平滑的帧内预测模式不同。例如,阈值T定义了当帧内预测模式Mode满足以下条件时哪些帧内预测模式应用帧内平滑: $\min(\text{abs}(\text{Mode-Hor}), \text{abs}(\text{Mode-Ver})) < T$,其中“Hor”表示水平模式的帧内预测模式索引,并且“Ver”表示竖直模式的帧内预测模式索引。T的值取决于参考行索引和其他已编码信息或编码器和解码器两者都已知的任何信息,示例包括但不限于:块区域尺寸、块宽度、块高度、块宽高比等。

[0049] 根据实施方式,对于非零参考行仅允许MPM模式,包括主MPM列表和次级MPM列表两者。在一个实施方式中,在当前块的参考行索引大于零时,用信号表示一个分箱以指示当前块的帧内预测模式属于主MPM列表还是次级MPM列表,其被称为“primary_mpm_flag”。如果“primary_mpm_flag”为“真”,则用信号表示主MPM索引。否则,用信号表示次级MPM索引。非MPM模式不用于非零参考行,并且不用信号表示用于指示是使用次级 MPM还是非MPM的标志。

[0050] 根据实施方式,平面模式和DC模式被排除在主MPM列表和次级MPM 列表之外。

[0051] 根据实施方式,一些实现方式使用多于一个上下文来对参考行索引的第一分箱进行编码。例如,上下文的选择取决于相邻块的参考行索引。作为特定示例,如果左块和上块的参考行索引两者等于零,则选择上下文0,另外如果左块和上块的参考行索引两者不等于零,则选择上下文1。否则,选择上下文2。

[0052] 根据实施方式,上下文的选择取决于相邻块的CBF(编码块标志)。CBF 是当前块是否包含非零系数的指示符。如果CBF等于零,则当前块中不存在非零系数。在一个示例中,如果左块和上块的CBF两者等于零,则选择上下文0。另外,如果左块和上块的CBF两者不等于零,则选择上下文1。否则,选择上下文2。

[0053] 根据实施方式,取决于参考行索引值,用于对变换选择信息进行编码的上下文包括但不限于:MTS标志、MTS索引、NSST索引。

[0054] 尽管图1示出了处理100的示例块,但是在一些实现方式中,与图1中所描绘的这些块相比,处理100可以包括另外的块、更少的块、不同的块或不同地布置的块。另外地或替选地,处理100的两个或更多个块可以并行执行。

[0055] 图2示出了根据本公开内容的实施方式的通信系统(200)的简化框图。通信系统(200)可以包括经由网络(250)互连的至少两个终端(210-220)。对于单向数据传输,第一终端(210)可以在本地位置处对视频数据进行编码,以便经由网络(250)传输至另一终端(220)。第二终端(220)可以从网络(250)接收另一终端的已编码视频数据,解码已编码数据,并且显示经恢复的视频数据。单向数据传输在媒体服务应用等中可能是常见的。

[0056] 图2示出了第二对终端(230,240),其被提供用于支持例如在视频会议期间可能发生的已编码视频的双向传输。对于双向数据传输,每个终端(230,240)可以对在本地位置处捕获的视频数据进行编码,以便经由网络(250)传输至另一终端。每个终端(230,240)还可以接收由另一终端传输的已编码视频数据,可以对已编码数据进行解码并且可以在本地显示设备处显示经恢复的视频数据。

[0057] 在图2中,终端(210-240)可以被图示为服务器、个人计算机和智能电话,但是本公开内容的原理不限于此。本公开内容的实施方式适用于膝上型计算机、平板电脑、媒体播放器和/或专用视频会议设备。网络(250)表示在终端(210-240)之间传送已编码视频数据的任何数目的网络,包括例如有线和/或无线通信网络。通信网络(250)可以在电路交换信道和/或分组交换信道中交换数据。代表性网络包括电信网络、局域网、广域网和/或因特网。出于本论述的目的,除非在下文中有所说明,否则网络(250)的架构和拓扑对于本公开内容的操作来说可以是不重要的。

[0058] 作为所公开的主题的应用的示例,图3示出了视频编码器和解码器在流式传输环境中的放置方式。所公开的主题可以同等地适用于其他支持视频的应用,包括例如视频会议,数字TV,在包括CD、DVD、存储棒等的数字介质上存储压缩视频等。

[0059] 流式传输系统可以包括捕获子系统(313),该捕获子系统可以包括视频源(301)(例如数字摄像装置),以创建例如未压缩的视频样本流(302)。样本流(302)被描绘为粗线以强调在与已编码视频比特流进行比较时高的数据量,该样本流(302)可以由耦接至摄像装置(301)的编码器(303)处理。编码器(303)可以包括硬件、软件或其组合,以实现或实施如下更详细地描述的所公开的主题的各方面。已编码视频比特流(304)被描绘为细线以强调在与样本流进行比较时较低的数据量,该已编码视频比特流(304)可以存储在流服务器(305)上以供将来使用。一个或更多个流式传输客户端(306,308)可以访问流服务器(305)以检索已编码视频比特流(304)的副本(307,309)。客户端(306)可以包括视频解码器(310),视频解码器(310)对已编码视频比特流(307)的传入副本进行解码,并且创建可以在显示器(312)或其他呈现设备(未示出)上呈现的传出视频样本流(311)。在一些流式传输系统中,可以根据某些视频编解码/压缩标准对视频比特流(304,307,309)进行编码。这些标准的示例包括ITU-T H.265建议书。正在开发的视频编码标准是被非正式地称为通用视频编码(VVC)的视频编解码标准。所公开的主题可以在VVC的上下文中使用。

[0060] 图4可以是根据本公开内容的实施方式的视频解码器(310)的功能框图。

[0061] 接收器(410)可以接收将由解码器(310)解码的一个或更多个经编解码器视频序列;在同一实施方式或另一实施方式中,一次接收一个已编码视频序列,其中每个已编码视频序列的解码独立于其他已编码视频序列。可以从信道(412)接收已编码视频序列,该信道可以是通向存储经编码视频数据的存储设备的硬件/软件链路。接收器(410)可以接收已编码视频数据以及其他数据,例如,可以转发到其各自的使用实体(未描绘)的已编码音频数据和/或辅助数据流。接收器(410)可以将已编码视频序列与其他数据分开。为了防止网络抖动,缓冲存储器(415)可以耦接在接收器(410)与熵解码器/解析器(420)(此后称为“解析器”)之间。当接收器(410)从具有足够带宽和可控性的存储/转发设备或从等时同步网络接收数据时,可能不需要缓冲存储器(415),或者缓冲存储器(415)可以很小。为了在诸如因特网的尽力传输分组网络上使用,可能需要缓冲存储器(415),该缓冲存储器可以相对较大并且可以有利地具有自适应尺寸。

[0062] 视频解码器(310)可以包括解析器(420),以根据熵编码的视频序列重建符号(421)。这些符号的类别包括用于管理解码器(310)的操作的信息,以及用于控制诸如显示器(312)的呈现设备的潜在信息,该呈现设备不是解码器的组成部分,而是可以耦接至解码器,如图4所示。用于(一个或更多个)呈现设备的控制信息可以是辅助增强信息(Supplemental Enhancement Information, SEI消息)或视频可用性信息(Video Usability Information, VUI)参数集片段(未描绘)的形式。解析器(420)可以对所接收的编码视频序列进行解析/熵解码。已编码视频序列的编码可以根据视频编码技术或标准进行,并且可以遵循本领域技术人员公知的原理,包括可变长度编码、霍夫曼编码(Huffman coding)、具有或不具有上下文敏感度的算术编码等。解析器(420)可以基于与群组对应的至少一个参数,从已编码视频序列提取用于视频解码器中的像素的子群组中的至少一个子群组的子群组参数集。子群组可以包括:图片群组(Group of Pictures, GOP)、图片、图块、切片、宏块、编码单元(Coding Unit, CU)、块、变换单元(Transform Unit, TU)、预测单元(Prediction Unit, PU)等。熵解码器/解析器还可以从已编码视频序列提取信息,例如变换系数、量化器参数(Quantizer Parameter, QP)值、运动矢量等。

[0063] 解析器(420)可以对从缓冲存储器(415)接收的视频序列执行熵解码/解析操作,从而创建符号(421)。解析器(420)可以接收已编码数据,并且选择性地对特定符号(421)进行解码。此外,解析器(420)可以确定特定符号(421)是否将被提供给运动补偿预测单元(453)、缩放器/逆变换单元(451)、帧内预测单元(452)或环路滤波器(454)。

[0064] 取决于已编码视频图片或一部分已编码视频图片(例如:帧间图片和帧内图片、帧间块和帧内块)的类型以及其他因素,符号(421)的重建可以涉及多个不同的单元。涉及哪些单元以及涉及方式可以通过由解析器(420)从已编码视频序列解析的子群组控制信息来控制。出于简洁起见,未描述解析器(420)与下面的多个单元之间的此类子群组控制信息流。

[0065] 除了已经提及的功能块之外,解码器(310)可以在概念上细分为如下所述的多个功能单元。在商业约束下运行的实际实现中,这些单元中的许多单元彼此紧密交互并且可以至少部分地彼此集成。然而,出于描述所公开的主题的目的,概念上细分为下面的功能单元是适当的。

[0066] 第一单元是缩放器/逆变换单元(451)。缩放器/逆变换单元(451)从解析器(420)

接收作为(一个或更多个)符号(421)的量化变换系数以及控制信息,包括使用哪种变换方式、块尺寸、量化因子、量化缩放矩阵等。缩放器/逆变换单元(451)可以输出包括样本值的块,该样本值可以输入到聚合器(455)中。

[0067] 在一些情况下,缩放器/逆变换(451)的输出样本可以属于帧内编码块;即:不使用来自先前重建的图片的预测性信息,但可以使用来自当前图片的先前重建部分的预测性信息的块。这样的预测性信息可以由帧内图片预测单元(452)提供。在一些情况下,帧内图片预测单元(452)使用从当前(部分重建的)图片(456)提取的周围已经重建的信息来生成与正在重建的块的尺寸和形状相同的块。在一些情况下,聚合器(455)基于每个样本将帧内预测单元(452)生成的预测信息添加到由缩放器/逆变换单元(451)提供的输出样本信息。

[0068] 在其他情况下,缩放器/逆变换单元(451)的输出样本可以属于帧间编码和潜在运动补偿块。在这种情况下,运动补偿预测单元(453)可以访问参考图片缓冲器(457)以提取用于预测的样本。在根据属于块的符号(421)对提取的样本进行运动补偿之后,这些样本可以由聚合器(455)添加到缩放器/逆变换单元的输出(在这种情况下被称为残差样本或残差信号),从而生成输出样本信息。运动补偿单元从其提取预测样本的参考图片存储器内的地址可以由运动矢量控制,运动矢量以符号(421)的形式供运动补偿单元使用,符号(421)可以具有例如X、Y和参考图片分量。运动补偿还可以包括在使用子样本精确运动矢量时,对如从参考图片存储器提取的样本值的内插、运动矢量预测机制等。

[0069] 聚合器(455)的输出样本可以在环路滤波器单元(454)中经受各种环路滤波技术。视频压缩技术可以包括环路内滤波器技术,该环路内滤波器技术由包括在已编码视频比特流中并且作为来自解析器(420)的符号(421)可用于环路滤波器单元(454)的参数来控制,但是视频压缩技术还可以响应于在对已编码图片或已编码视频序列的先前(按解码次序)部分进行解码期间获得的元信息,以及响应于先前重建且经过环路滤波的样本值。

[0070] 环路滤波器单元(454)的输出可以是样本流,该样本流可以输出到呈现设备(312)以及存储在参考图片缓冲器(457)中,以供将来图片间预测使用。

[0071] 一旦完全重建,某些已编码图片就可以用作参考图片以用于将来预测。一旦已编码图片被完全重建并且该已编码图片(通过例如解析器(420))被识别为参考图片,则当前参考图片(456)可以变为参考图片缓冲器(457)的一部分,并且可以在开始重建后续已编码图片之前重新分配新的当前图片存储器。

[0072] 视频解码器(310)可以根据可以记录在诸如ITU-T H.265建议书的标准中的预定视频压缩技术执行解码操作。在已编码视频序列遵循(如在视频压缩技术文档或标准中指定的并且特别是其中的配置文件中指定的)视频压缩技术或标准的语法的意义上,已编码视频序列可以符合由正使用的视频压缩技术或标准指定的语法。对于合规性,还要求经编码视频序列的复杂度在由视频压缩技术或标准的层级限定的范围内。在一些情况下,层级限制最大图片尺寸、最大帧速率、最大重建样本速率(以例如每秒兆个样本为单位进行测量)、最大参考图片尺寸等。在一些情况下,由层级设置的限制可以通过假设参考解码器(Hypothetical Reference Decoder, HRD)规范以及已编码视频序列中用信号表示的HRD缓冲器管理的元数据来进一步限定。

[0073] 在实施方式中,接收器(410)可以连同已编码视频一起接收附加(冗余)数据。附加数据可以被包括作为(一个或更多个)已编码视频序列的一部分。附加数据可以由视频解

码器(310)使用来正确地对数据进行解码和/或更准确地重建原始视频数据。附加数据可以是例如时间、空间或信噪比(signal noise ratio, SNR)增强层、冗余切片、冗余图片、前向纠错码等形式。

[0074] 图5可以是根据本公开内容的实施方式的视频编码器(303)的功能框图。

[0075] 编码器(303)可以从视频源(301)(其不是编码器的一部分)接收视频样本,该视频源可以捕获要由编码器(303)进行编码的(一个或更多个)视频图像。

[0076] 视频源(301)可以提供要由编码器(303)编码的呈数字视频样本流形式的源视频序列,该数字视频样本流可以具有任何合适的位深度(例如:8位、10位、12位.....)、任何颜色空间(例如,BT.601 Y CrCb、RGB.....)和任何合适的采样结构(例如,Y CrCb 4:2:0、Y CrCb 4:4:4)。在媒体服务系统中,视频源(301)可以是存储先前准备的视频的存储设备。在视频会议系统中,视频源(301)可以是捕获本地图像信息作为视频序列的摄像装置。可以将视频数据提供为多个单独的图片,当按次序观看时,这些图片被赋予运动。图片自身可以被组织为空间像素阵列,其中,取决于使用中的采样结构、颜色空间等,每个像素可以包括一个或更多个样本。本领域技术人员可以容易地理解像素与样本之间的关系。下文侧重于描述样本。

[0077] 根据实施方式,编码器(303)可以实时地或在由应用所要求的任何其他时间约束下,将源视频序列的图片编码和压缩为已编码视频序列(543)。施行适当的编码速度是控制器(550)的一个功能。控制器控制如下所述的其他功能单元,并且在功能上耦接至这些单元。出于简洁起见,未描绘耦接。由控制器设置的参数可以包括:速率控制相关参数(图片跳过、量化器、率失真优化技术的 λ 值等)、图片尺寸、图片群组(GOP)布局、最大运动矢量搜索范围等。本领域技术人员可以容易地识别控制器(550)的其他功能,这些功能涉及针对特定系统设计而优化的视频编码器(303)。

[0078] 一些视频编码器以本领域技术人员容易地识别为“编码环路”的方式进行操作。作为过于简化的描述,编码环路可以包括:编码器(530)(此后称为“源编码器”)(负责基于要编码的输入图片和(一个或更多个)参考图片创建符号)的编码部分,以及嵌入在编码器(303)中的(本地)解码器(533),该解码器(533)重建符号以创建(远程)解码器也将创建的样本数据(因为在所公开的主题中考虑的视频压缩技术中,符号与已编码视频比特流之间的任何压缩是无损的)。该重建的样本流被输入至参考图片存储器(534)。由于符号流的解码产生与解码器位置(本地或远程)无关的位精确结果,因此参考图片缓冲器内容在本地编码器与远程编码器之间也是比特精确的。换言之,编码器的预测部分“看到”的参考图片样本与解码器将在解码期间使用预测时所“看到”的样本值完全相同。参考图片同步性的这种基本原理(以及在例如由于信道误差而无法维持同步性的情况下产生的漂移)对于本领域技术人员来说是公知的。

[0079] “本地”解码器(533)的操作可以与已经在上面结合图4详细描述的“远程”解码器(310)的操作相同。然而,还简要参照图5,当符号可用并且熵编码器(545)和解析器(420)能够无损地进行符号与已编码视频序列之间的编码/解码时,包括信道(412)、接收器(410)、缓冲存储器(415)和解析器(420)的解码器(310)的熵解码部分,可能不完全在本地解码器(533)中实现。

[0080] 此时可以观察到,除了存在于解码器中的解析/熵解码之外的任何解码器技术也

必然需要以基本上相同的功能形式存在于对应的编码器中。由于编码器技术与全面地描述的解码器技术互逆,因此可以简化对编码器技术的描述。仅在某些区域中需要更详细的描述并且在下面提供该描述。

[0081] 作为源编码器(530)的操作的一部分,源编码器(530)可以执行运动补偿预测编码,运动补偿预测编码参考来自视频序列中被指定为“参考帧”的一个或更多个先前已编码帧对输入帧进行预测性编码。以此方式,编码引擎(532)对输入帧的像素块与可以被选作输入帧的预测参考的参考帧的像素块之间的差异进行编码。

[0082] 本地视频解码器(533)可以基于由源编码器(530)创建的符号对可以被指定为参考帧的帧的已编码视频数据进行解码。编码引擎(532)的操作可以有利地是有损处理。当已编码视频数据可以在视频解码器(图5中未示出)处被解码时,重建的视频序列通常可以是具有些误差的源视频序列的副本。本地视频解码器(533)复制可以由视频解码器对参考帧执行的解码过程,并且可以使重建的参考帧存储在参考图片存储器(534)中。以此方式,编码器(303)可以本地地存储重建的参考帧的副本,该副本与将由远端视频解码器获得的重建的参考帧具有共同内容(不存在传输误差)。

[0083] 预测器(535)可以对编码引擎(532)执行预测搜索。即,对于要编码的新帧,预测器(535)可以在参考图片存储器(534)中搜索可以用作新图片的适当预测参考的样本数据(作为候选参考像素块)或某些元数据,例如参考图片运动矢量、块形状等。预测器(535)可以基于样本块逐像素块操作,以找到合适的预测参考。在一些情况下,如由预测器(535)获得的搜索结果所确定的,输入图片可以具有从参考图片存储器(534)中存储的多个参考图片取得的预测参考。

[0084] 控制器(550)可以管理源编码器(530)的编码操作,包括例如设置用于对视频数据进行编码的参数和子群组参数。

[0085] 可以在熵编码器(545)中对所有上述功能单元的输出进行熵编码。熵编码器通过根据本领域技术人员已知的技术(例如霍夫曼编码、可变长度编码、算术编码等)对符号进行无损压缩,将由各种功能单元生成的符号转换成已编码视频序列。

[0086] 传输器(540)可以缓冲由熵编码器(545)创建的已编码视频序列,从而为经由通信信道(560)进行传输做准备,该通信信道可以是通向将存储已编码视频数据的存储设备的硬件/软件链路。传输器(540)可以将来自源编码器(530)的已编码视频数据与要传输的其他数据合并,所述其他数据例如是已编码音频数据和/或辅助数据流(未示出源)。

[0087] 控制器(550)可以管理编码器(303)的操作。在编码期间,控制器(550)可以为每个已编码图片分配特定的已编码图片类型,这可能影响可以应用于相应的图片的编码技术。例如,通常可以将图片分配为以下帧类型中的一种:

[0088] 帧内图片(I图片),其可以是不将序列中的任何其他帧用作预测源就可以被编码和解码的图片。一些视频编解码器容许不同类型的帧内图片,包括例如独立解码器刷新(Independent Decoder Refresh)图片。本领域技术人员了解I图片的这些变型及其相应地应用和特征。

[0089] 预测性图片(P图片),其可以是可以使用帧内预测或帧间预测进行编码和解码的图片,所述帧内预测或帧间预测使用至多一个运动矢量和参考索引来预测每个块的样本值。

[0090] 双向预测性图片 (B图片) ,其可以是可以使用帧内预测或帧间预测进行编码和解码的图片,所述帧内预测或帧间预测使用至多两个运动矢量和参考索引来预测每个块的样本值。类似地,多个预测性图片可以使用多于两个参考图片和相关联的元数据以用于单个块的重建。

[0091] 源图片通常可以在空间上细分为多个样本块(例如,每个 4×4 、 8×8 、 4×8 或 16×16 样本的块)并且逐块进行编码。这些块可以参考其他(已编码)块进行预测性编码,通过应用于块的相应的图片的编码分配来确定所述其他块。例如,I图片的块可以进行非预测性编码,或者这些块可以参考同一图片的已经编码的块来进行预测编码(空间预测或帧内预测)。P图片的像素块可以参考一个先前编码的参考图片经由空间预测或经由时域预测进行非预测编码。B图片的块可以参考一个或两个先前编码的参考图片经由空间预测或经由时域预测进行非预测编码。

[0092] 视频编码器(303)可以根据诸如ITU-T H.265建议书的预定视频编码技术或标准执行编码操作。在其操作中,视频编码器(303)可以执行各种压缩操作,包括利用输入视频序列中的时间冗余和空间冗余的预测编码操作。因此,已编码视频数据可以符合由使用的视频编码技术或标准指定的语法。

[0093] 在实施方式中,传输器(540)可以在传输已编码视频时传输附加数据。源编码器(530)可以包括此类数据作为已编码视频序列的一部分。附加数据可以包括时间/空间/SNR增强层、诸如冗余图片和切片的其他形式的冗余数据、辅助增强信息(SEI)消息、视觉可用性信息(VUI)参数集片段等。

[0094] 此外,所提出的方法可以由处理电路(例如,一个或更多个处理器或者一个或更多个集成电路)来实现。在一个示例中,一个或更多个处理器执行存储在非暂态计算机可读介质中的程序以执行所提出的方法中的一个或更多个方法。

[0095] 上述技术可以使用计算机可读指令实现为计算机软件,并且物理地存储在一个或多个计算机可读介质中。例如,图6示出了适于实现所公开的主题的某些实施方式的计算机系统600。

[0096] 计算机软件可以使用任何合适的机器代码或计算机语言来编码,其可以经受汇编、编译、链接等机制以创建包括指令的代码,该指令可以由计算机中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)等直接执行,或者通过解释、微代码执行等来执行。

[0097] 指令可以在各种类型的计算机或其部件上执行,包括例如个人计算机、平板计算机、服务器、智能电话、游戏设备、物联网设备等。

[0098] 图6中所示的用于计算机系统600的部件本质上是示例性的,并且不旨在对实现本公开内容的实施方式的计算机软件的使用范围或功能提出任何限制。部件的配置也不应当被解释为具有与计算机系统600的示例性实施方式中示出的部件中的任何一个部件或部件的组合有关的任何依赖性或要求。

[0099] 计算机系统600可以包括某些人机接口输入设备。这样的人机接口输入设备可以响应于由一个或更多个人类用户通过例如触觉输入(例如:键击、滑动、数据手套移动)、音频输入(例如:语音、拍打)、视觉输入(例如:姿势)、嗅觉输入(未示出)的输入。人机接口设备还可以用于捕获不一定与人的意识输入直接有关的某些介质,例如音频(例如:语音、音乐、环境声音)、图像(例如:扫描图像、从静态图像摄像装置获得的摄影图像)、视频(例如二

维视频、包括立体视频的三维视频)。

[0100] 输入人机接口设备可以包括以下中的一个或更多个(描述的每个中的仅一个):键盘601、鼠标602、触控板603、触摸屏610、数据手套(图中未示出)、操纵杆605、麦克风606、扫描仪607、摄像装置608。

[0101] 计算机系统600还可以包括某些人机接口输出设备。这样的人机接口输出设备可以通过例如触觉输出、声音、光和气味/味道来刺激一个或更多个人类用户的感觉。这样的人机接口输出设备可以包括:触觉输出设备(例如,通过触摸屏610、数据手套或操纵杆605的触觉反馈,但是还可以存在不用作输入设备的触觉反馈设备)、音频输出设备(例如:扬声器609、头戴式耳机(未描绘))、视觉输出设备(例如屏幕610,包括阴极射线管(CRT)屏幕、液晶显示器(LCD)屏幕、等离子屏幕、有机发光二极管(OLED)屏幕,每个屏幕具有或不具有触摸屏输入能力,每个屏幕具有或不具有触觉反馈能力——其中的一些屏幕可能能够通过诸如立体图形输出的方式输出二维视觉输出或多于三维输出;虚拟现实眼镜(未描绘)、全息显示器和烟罐(未描绘)、以及打印机(未描绘))。

[0102] 计算机系统600还可以包括人类可访问的存储设备及其相关联的介质,例如包括具有CD/DVD等介质621的CD/DVD ROM/RW 620的光学介质、拇指驱动器622、可移除硬盘驱动器或固态驱动器623、诸如磁带和软盘的传统磁介质(未描绘)、基于专用ROM/ASIC/PLD的设备(例如安全加密狗(未描绘))等。

[0103] 本领域技术人员还应当理解,结合当前公开的主题使用的术语“计算机可读介质”不包含传输介质、载波或其他瞬态信号。

[0104] 计算机系统600还可以包括到一个或更多个通信网络的(一个或更多个)接口654。网络655可以是例如无线网络、有线网络、光网络。网络还可以是本地网络、广域网、城域网、车载和工业网络、实时网络、延迟容忍网络等等。网络的示例包括局域网(例如以太网、无线局域网)、蜂窝网络(包括全球移动通信系统(GSM)、第三代(3G)、第四代(4G)、第五代(5G)、长期演进(LTE)等)、电视有线或无线广域数字网络(包括有线电视,卫星电视和地面广播电视)、车载和工业网络(包括CAN总线(CANBus))等。某些网络通常需要附接至某些通用数据端口或外围总线(649)(例如计算机系统600的通用串行总线(USB)端口)的外部网络接口适配器;其他网络通常通过如下所述(例如,到PC计算机系统的以太网接口或到智能电话计算机系统的蜂窝网络接口)附接至系统总线而集成到计算机系统600的核心中。使用这些网络中的任何网络,计算机系统600可以与其他实体进行通信。这样的通信可以是仅单向接收的(例如,广播电视)、仅单向发送的(例如,到某些CAN总线设备的CAN总线)、或双向的(例如,使用局域数字网络或广域数字网络到其他计算机系统)。可以在如上所述的这些网络和网络接口中的每个网络和网络接口上使用某些协议和协议栈。

[0105] 上述人机接口设备、人类可访问存储设备和网络接口可以被附接至计算机系统600的核心640。

[0106] 核心640可以包括一个或更多个中央处理单元(CPU)641、图形处理单元(GPU)642、现场可编程门阵列(FPGA)形式的专用可编程处理单元643、用于某些任务的硬件加速器644等。这些设备,连同只读存储器(ROM)645、随机存取存储器(RAM)646,内部大容量存储器(例如内部非用户可访问硬盘驱动器、固态驱动器(SSD)等)647,可以通过系统总线连接。在一些计算机系统中,可以以一个或更多个物理插头的形式访问系统总线,以使得能够通过另

外的CPU、GPU等进行扩展。外围设备可以直连地或通过外围总线 649连接至核心的系统总线。其中,触摸屏610可以与图像适配器650连接,且图像适配器650可以连接系统总线。外围总线的架构包括外围部件互连 (PCI)、USB等。

[0107] CPU 641、GPU 642、FPGA 643和加速器644可以执行某些指令,这些指令组合起来可以构成上述计算机代码。该计算机代码可以存储在ROM 645 或RAM 646中。过渡数据也可以存储在RAM 646中,而永久数据可以存储在例如内部大容量存储器647中。可以通过使用缓存存储器来实现对存储器设备中的任何存储器设备的快速存储和检索,该缓存存储器可以与一个或更多个CPU 641、GPU 642、大容量存储器647、ROM 645、RAM 646等紧密相关联。

[0108] 计算机可读介质上可以具有用于执行各种计算机实现的操作的计算机代码。介质和计算机代码可以是为本公开内容的目的而专门设计和构造的介质和计算机代码,或者它们可以是计算机软件领域的技术人员公知和可用的类型。

[0109] 作为示例而非限制,具有架构600的计算机系统——特别是核心640可以提供由于(一个或更多个)处理器(包括CPU、GPU、FPGA、加速器等)执行体现在一个或更多个有形计算机可读介质中的软件而提供功能。这样的计算机可读介质可以是与如以上所介绍的用户可访问大容量存储设备相关联的介质,以及核心640的具有非暂态性的某些存储设备,例如核心内部大容量存储器647或ROM 645。可以将实现本公开内容的各种实施方式的软件存储在这样的设备中并且由核心640执行。根据特定需要,计算机可读介质可以包括一个或更多个存储设备或芯片。软件可以使核心640——特别是其中的处理器(包括CPU、GPU、FPGA等)执行本文中描述的特定处理或特定处理的特定部分,包括限定存储在RAM 646中的数据结构以及根据由软件限定的处理修改这样的数据结构。另外地或作为替选,计算机系统可以由于逻辑硬连线或以其他方式体现在电路(例如:加速器644)中而提供功能,该电路可以代替软件或与软件一起操作以执行本文中描述的特定处理或特定处理的特定部分。在适当的情况下,提及软件可以包含逻辑,反之提及逻辑也可以包含软件。在适当的情况下,提及计算机可读介质可以包含存储用于执行的软件的电路(例如,集成电路(IC))、体现用于执行的逻辑的电路或上述两者。本公开内容包含硬件和软件的任何合适的组合。

[0110] 尽管本公开内容已经描述了若干示例性实施方式,但是存在落入本公开内容的范围内的改变、置换和各种替换等效物。因此将认识到,虽然本文中没有明确示出或描述,但是本领域技术人员能够设想体现本公开内容的原理并且因此在其精神和范围内的许多系统和方法。

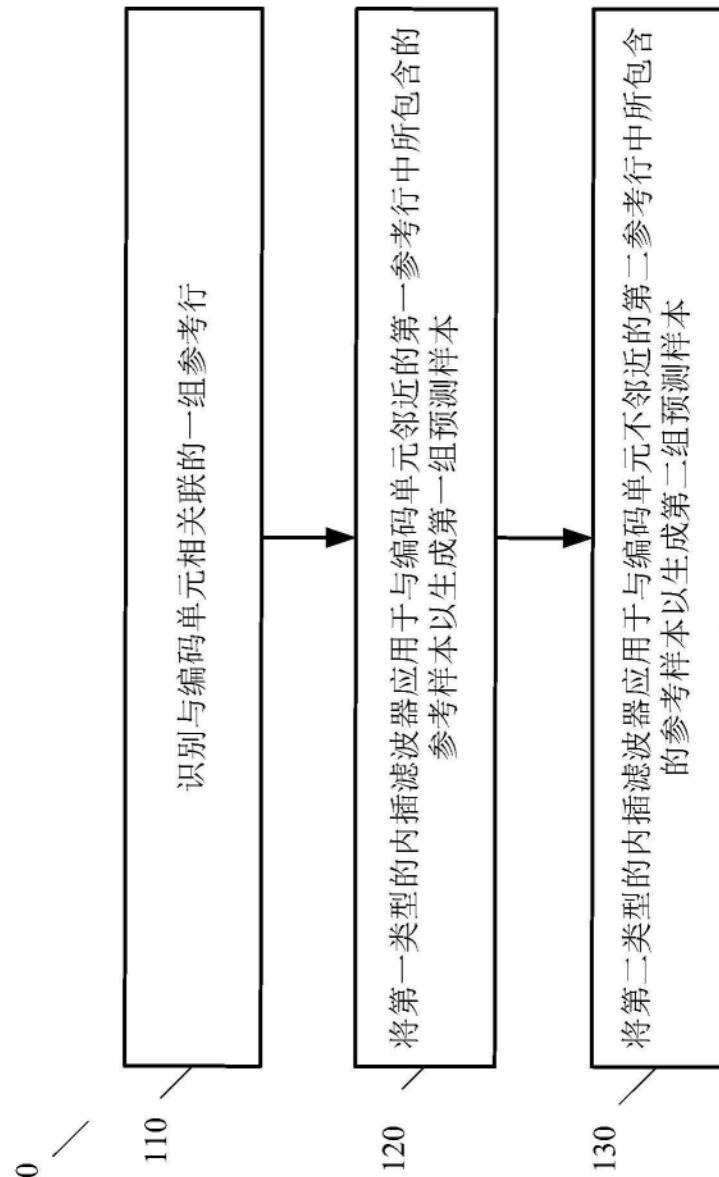


图1

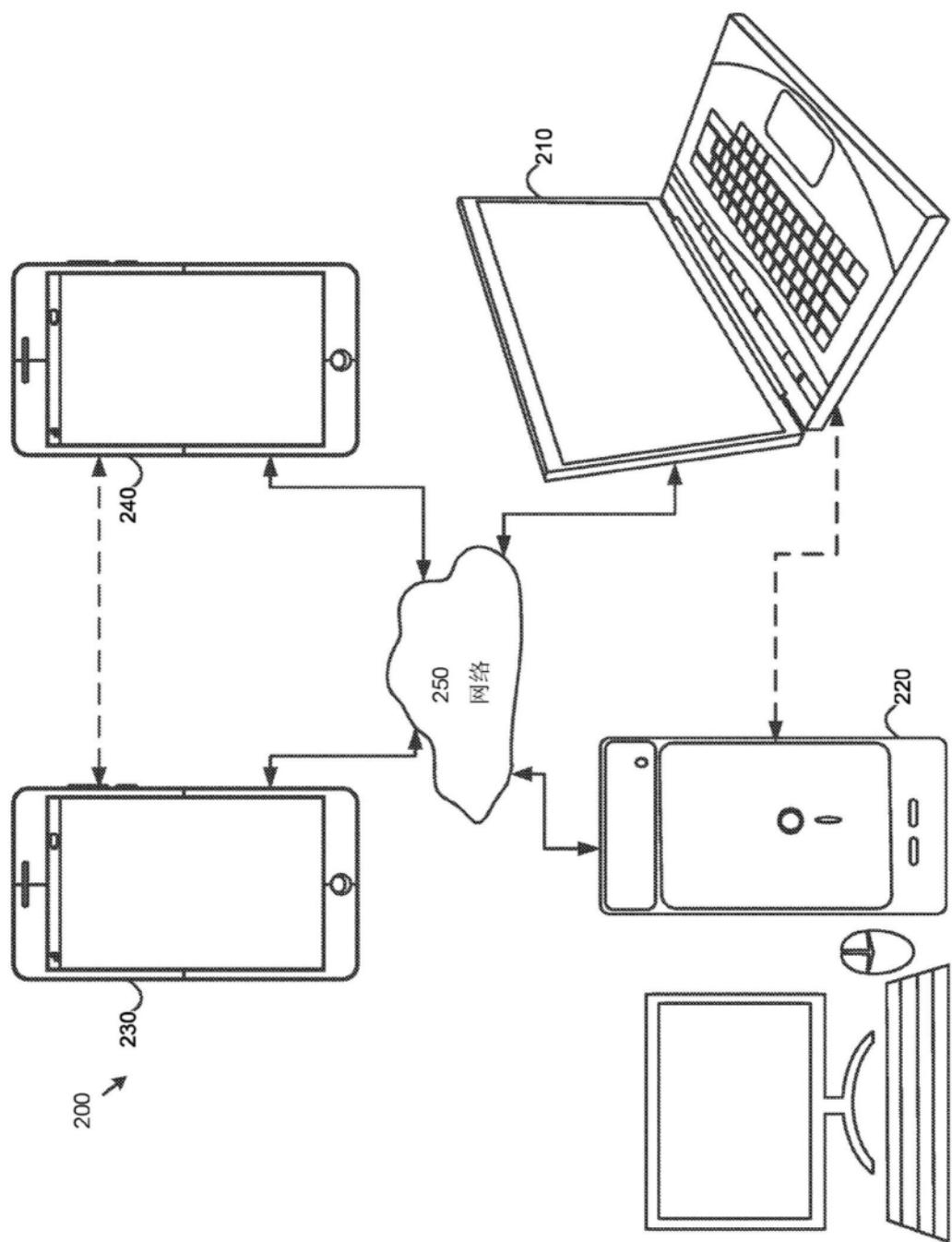


图2

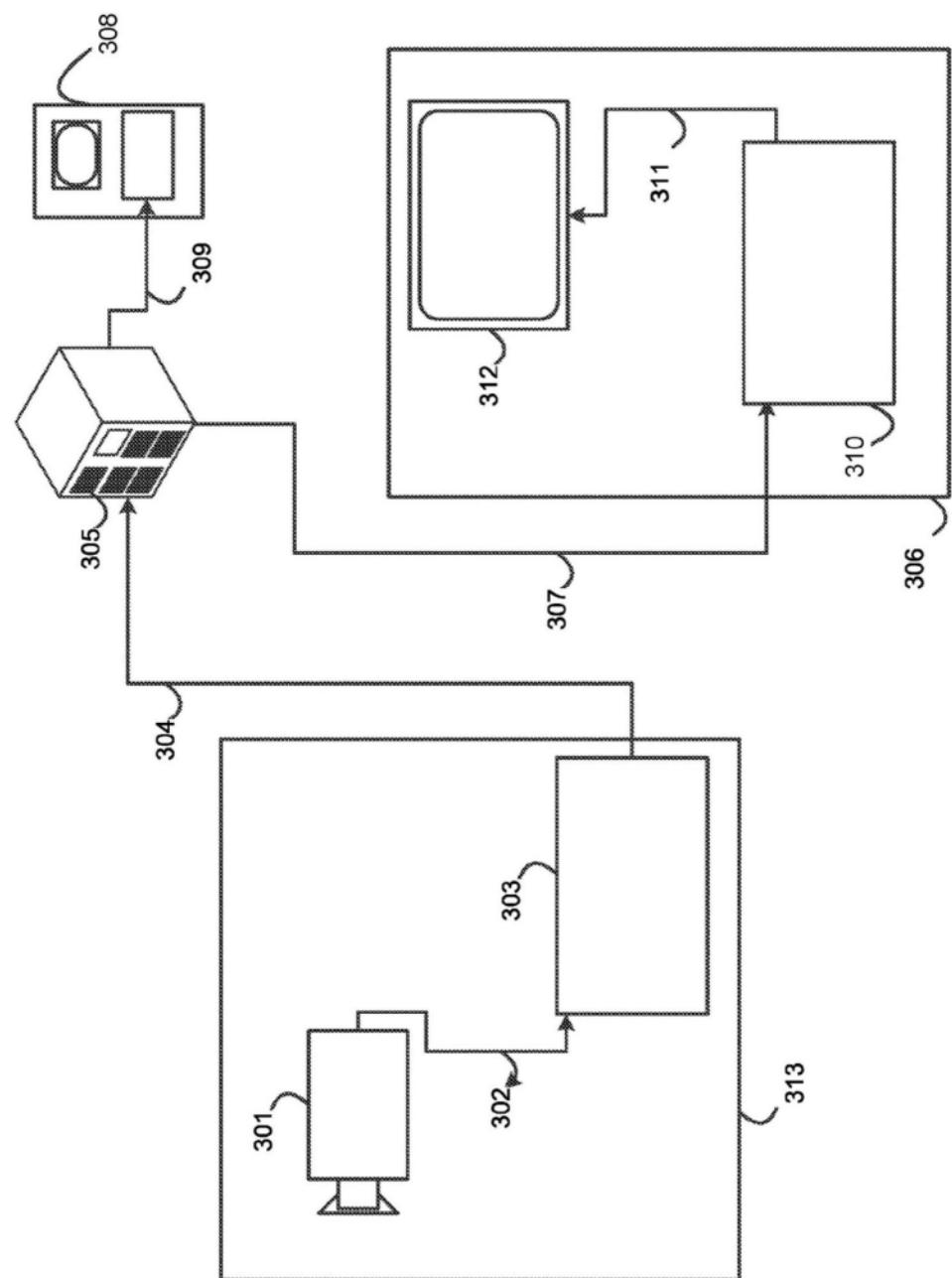


图3

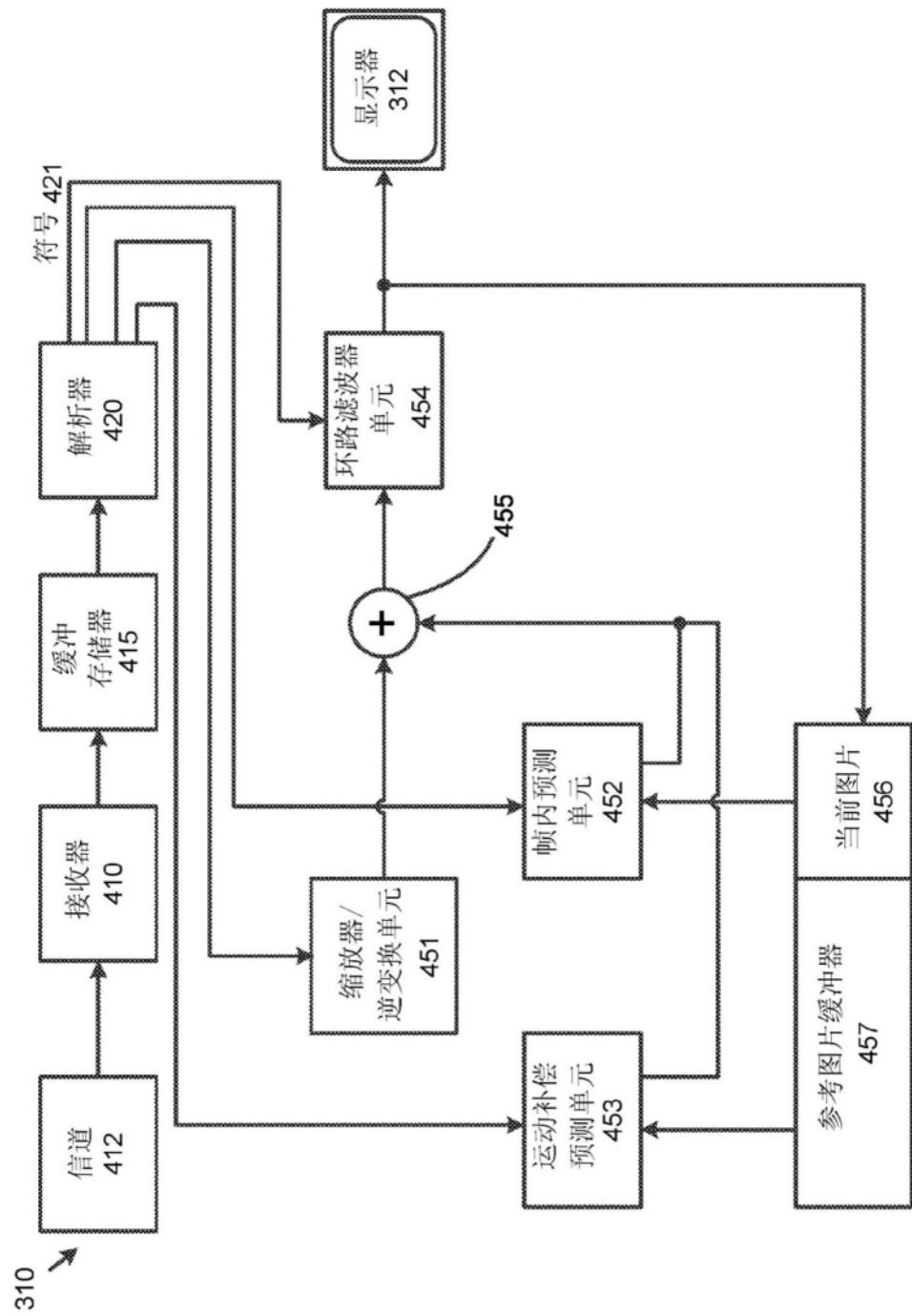


图4

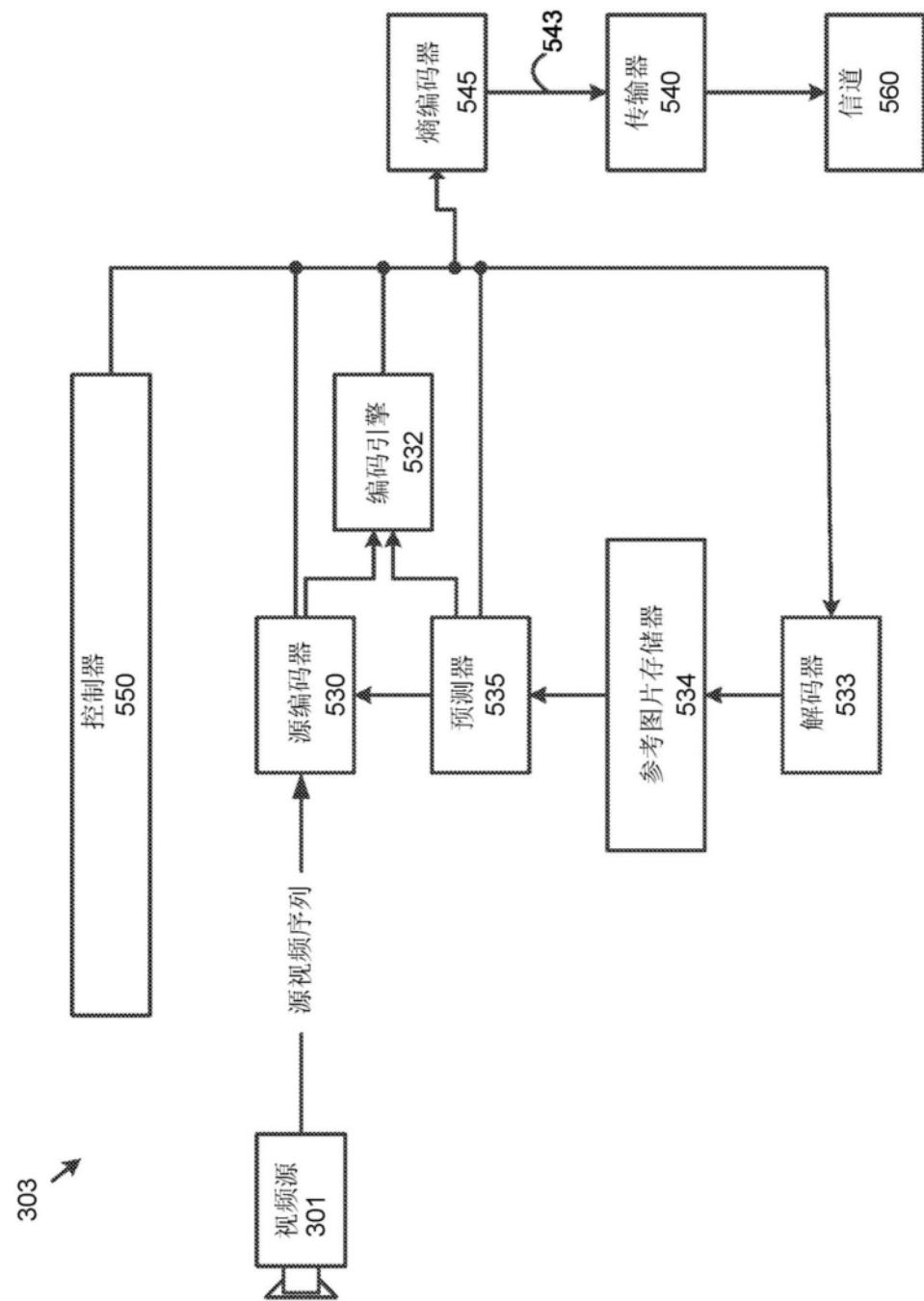


图5

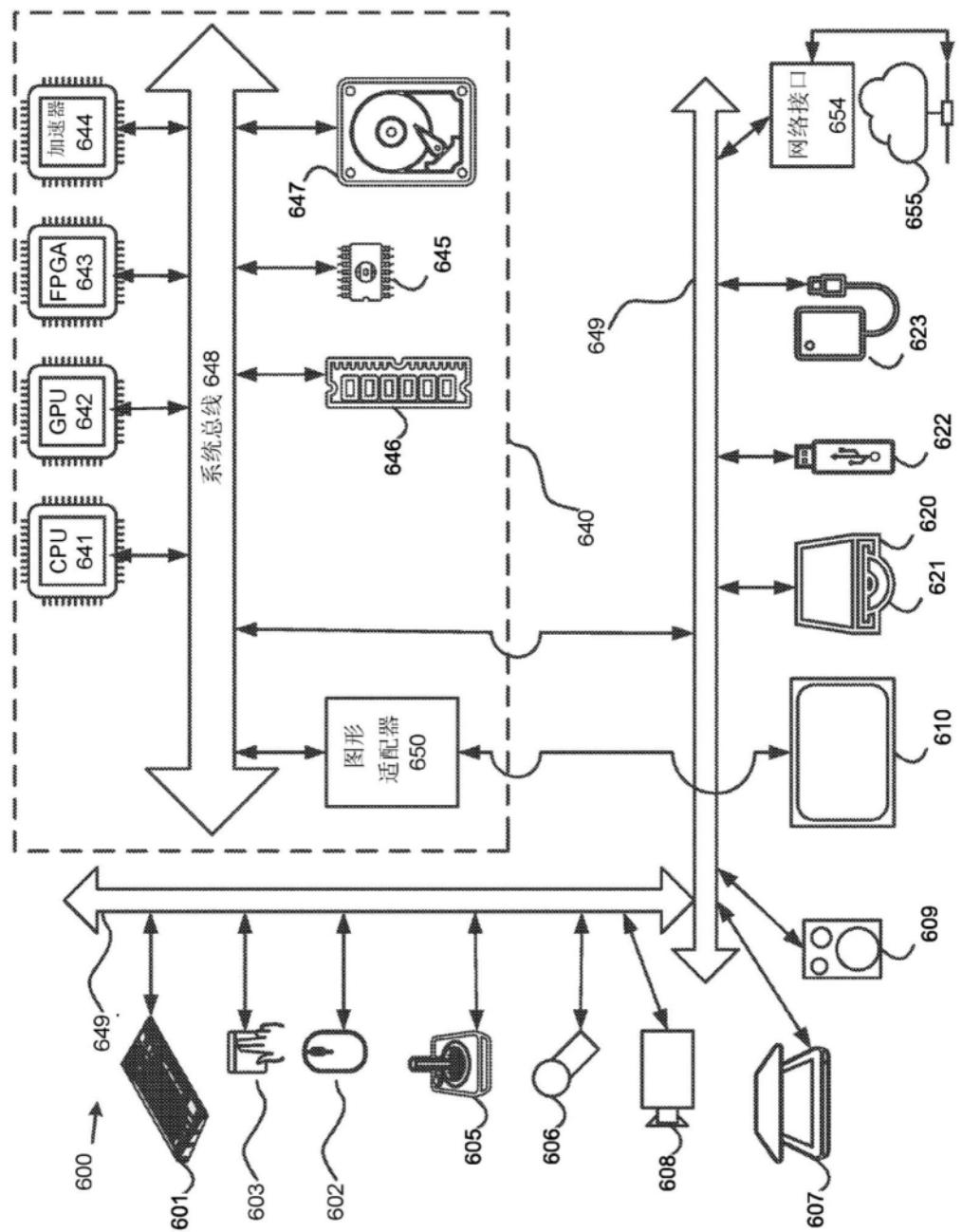


图6