



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112823517 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 07

(21) 申请号 201980065444.4

(22) 申请日 2019.10.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112823517 A

(43) 申请公布日 2021.05.18

(30) 优先权数据
62/742,890 2018.10.08 US
16/593,388 2019.10.04 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.04.02

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/055004 2019.10.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/076705 EN 2020.04.16

(73) 专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 韩钰 W-J.陈 H.黄 C-H.孔
M.卡尔切维茨

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
专利代理师 张贵东

(51) Int. Cl.
H04N 19/132 (2006.01)
H04N 19/157 (2006.01)

H04N 19/176 (2006.01)

H04N 19/423 (2006.01)

H04N 19/513 (2006.01)

H04N 19/52 (2006.01)

H04N 19/577 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107211156 A, 2017.09.26

US 2007110156 A1, 2007.05.17

US 2014098882 A1, 2014.04.10

US 2014269916 A1, 2014.09.18

EP 3343925 A1, 2018.07.04

WO 2017197126 A1, 2017.11.16

Li Zhang.CE4-related: History-based Motion Vector Prediction.《JVET-K0104-v5》.2018,正文第1-4页.

Li Zhang.CE4-related: History-based Motion Vector Prediction.《JVET-K0104-v5》.2018,正文第1-4页.

Li Zhang.CE4: History-based Motion Vector Prediction (Test 4.4.7).《JVET-L0266》.2018,全文.

Wei-Jung Chien.CE4-related: Modification on History-based Mode Vector Prediction.《JVET-L0401》.2018,全文.

审查员 张晶

权利要求书2页 说明书31页 附图12页

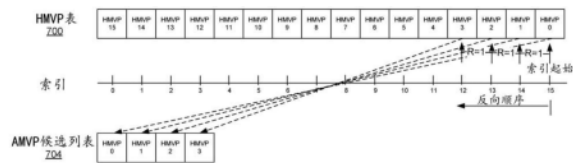
(54) 发明名称

基于历史的运动矢量预测子的改进

(57) 摘要

用于处理视频数据的系统和技术包括具有两个或更多个HMVP候选的基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表,其中与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,第一索引值低于第二索引值。针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中根据反

向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择。将选择的一个或多个HMVP候选对象添加到AMVP候选列表。该AMVP候选列表可以用于对视频数据的一个或多个块执行AMVP。



1. 一种处理视频数据的方法,所述方法包括:

获得视频数据的一个或多个块;

用两个或更多个基于历史的运动矢量预测子HMVP候选填充HMVP表,其中,与第一索引值相关联的所述HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的所述HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,所述第一索引值低于所述第二索引值;

针对高级运动矢量预测AMVP候选列表、以前向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第一集合,其中,根据所述前向顺序,所述第一HMVP候选在所述第二HMVP候选之前被选择;

将所选择的一个或多个HMVP候选的第一集合添加到AMVP候选列表,所述AMVP候选列表用于对所述一个或多个块执行AMVP;

针对合并候选列表、以反向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第二集合,其中,根据所述反向顺序,所述第二HMVP候选在所述第一HMVP候选之前被选择;以及

将所选择的一个或多个HMVP候选的第二集合添加到所述合并候选列表,所述合并候选列表用于对所述一个或多个块执行合并预测。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一HMVP候选包括在第一时间解码的运动信息,并且所述第二HMVP候选包括在第二时间解码的运动信息,其中,所述第一时间在时间上早于所述第二时间。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,以所述前向顺序从所述HMVP表中选择所述一个或多个HMVP候选的第一集合包括:从与连续索引值相关联的所述HMVP表的连续条目中选择所述一个或多个HMVP候选的第一集合,而无需在所述选择期间对所述HMVP表的条目执行子采样。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,以所述反向顺序从所述HMVP表中选择所述一个或多个HMVP候选的第二集合包括使用子采样率对所述HMVP表的条目进行子采样,

其中,基于所述子采样率的分隔被维持在与从中选择连续HMVP候选的所述HMVP表的条目相关联的索引值之间。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,将所选择的一个或多个HMVP候选的第二集合添加到所述合并候选列表包括:

在将时间运动矢量预测子TMVP候选添加到所述合并候选列表之后将所选择的一个或多个HMVP候选添加到所述合并候选列表。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述两个或更多个HMVP候选包括用于双向预测的两个预测方向的运动信息。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少两个HMVP表在具有双向预测的AMVP模式中被使用。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述第一HMVP表用于第一参考图片列表,并且其中,第二HMVP表用于第二参考图片列表。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述AMVP包括帧内块复制AMVP预测模式。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述方法由解码器执行,并且其中,所述视频数据是从编码的视频比特流获得的;或者其中,所述方法由编码器执行。

11. 一种用于处理视频数据的装置,所述装置包括:

存储器;和

处理器,以电路实现并且被配置为:

获得视频数据的一个或多个块;

用两个或更多个基于历史的运动矢量预测子HMVP候选填充HMVP表,其中,与第一索引值相关联的所述HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,与第二索引值相关联的所述HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,所述第一索引值低于所述第二索引值;

针对高级运动矢量预测AMVP候选列表、以前向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第一集合,其中,根据所述前向顺序,所述第一HMVP候选在所述第二HMVP候选之前被选择;

将所选择的一个或多个HMVP候选的第一集合添加到AMVP候选列表,所述AMVP候选列表用于对所述一个或多个块执行AMVP;

针对合并候选列表、以反向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第二集合,其中,根据所述反向顺序,所述第二HMVP候选在所述第一HMVP候选之前被选择;以及

将所选择的一个或多个HMVP候选的第二集合添加到所述合并候选列表,所述合并候选列表用于对所述一个或多个块执行合并预测。

12. 根据权利要求11所述的装置,其中,所述处理器被配置为执行权利要求2-9中的任一项所述的方法。

13. 根据权利要求11所述的装置,其中,所述装置包括解码器,并且其中,所述视频数据是从编码的视频比特流获得的;或者其中,所述装置包括编码器。

14. 一种非暂时性计算机可读介质,其上存储有指令,当一个或多个处理器执行这些指令时,这些指令使所述一个或多个处理器:

获得视频数据的一个或多个块;

用两个或更多个基于历史的运动矢量预测子HMVP候选填充HMVP表,其中,与第一索引值相关联的所述HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,与第二索引值相关联的所述HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,所述第一索引值低于所述第二索引值;

针对高级运动矢量预测AMVP候选列表、以前向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第一集合,其中,根据所述前向顺序,所述第一HMVP候选在所述第二HMVP候选之前被选择;

将所选择的一个或多个HMVP候选的第一集合添加到所述AMVP候选列表,所述AMVP候选列表用于对所述一个或多个块执行AMVP;

针对合并候选列表、以反向顺序从所述HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的第二集合,其中,根据所述反向顺序,所述第二HMVP候选在所述第一HMVP候选之前被选择;以及

将所选择的一个或多个HMVP候选的第二集合添加到所述合并候选列表,所述合并候选列表用于对所述一个或多个块执行合并预测。

15. 根据权利要求14所述的非暂时性计算机可读介质,在其上存储有进一步指令,所述进一步指令在由一个或多个处理器执行时使所述一个或多个处理器执行权利要求2-9中的任一项所述的方法。

基于历史的运动矢量预测子的改进

技术领域

[0001] 本申请与视频编译码和压缩有关。例如,描述了提供基于历史的运动矢量预测子的改进的系统和方法。

背景技术

[0002] 许多设备和系统允许对视频数据进行处理并输出以供消费。数字视频数据包括大量数据,以满足消费者和视频提供商的需求。例如,视频数据的消费者期望具有高保真、分辨率、帧速率等的最高质量的视频。结果,满足这些需求所需的大量视频数据对处理和存储视频数据的通信网络和设备带来了负担。

[0003] 可以使用各种视频编译码技术来压缩视频数据。视频编译码根据一个或多个视频编译码标准执行。例如,视频编译码标准包括高效视频编译码(HEVC)、高级视频编译码(AVC)、MPEG-2第2部分编译码(MPEG表示运动图像专家组)、VP9、开放媒体联盟(AOMedia)视频1(AV1)等。视频编译码通常使用利用视频图像或序列中存在的冗余的预测方法(例如,帧间预测、帧内预测等)。视频编译码技术的一个重要目标是将视频数据压缩成使用较低比特率的形式,同时避免或最小化视频质量的降低。随着视频服务的不断发展,需要具有更高编译码效率的编码技术。

发明内容

[0004] 本文描述了用于改善视频编解码器中的预测技术的技术和系统。例如,本文描述的技术可以包括解码器侧运动矢量细化。在一些示例中,该技术可以应用于任何现有视频编解码器,例如HEVC(高效视频编译码)和/或VVC(通用视频编译码),或者可以是任何未来视频编译码标准中的有效编译码工具。在一些示例中,可以在帧内块复制(Intra-Block Copy, IBC)预测中使用所公开的技术。

[0005] 在一些示例中,可以执行基于历史的运动矢量预测,其中可以从先前解码的运动矢量的列表获得或预测用于一个或多个块的一个或多个运动矢量预测子。在一些示例中,基于历史的运动矢量预测子(History-based Motion Vector Predictor, HMVP)表可以包括HMVP候选,该HMVP候选可以用在不同类型的帧间预测模式中,例如合并模式、高级运动矢量预测(Advanced Motion Vector Prediction, AMVP)模式、和/或其他帧间预测模式。在一些情况下,不同的帧间预测模式可以使用相同或不同的方法来从HMVP表中选择候选。在一些示例中, HMVP表可以包括可以在IBC模式中使用的HMVP候选。

[0006] 在一些示例中,针对不同预测模式从HMVP表中选择HMVP候选可以基于与HMVP候选相关联的选择顺序。HMVP候选可以以先进先出(FIFO)的方式插入HMVP表中,其中较旧的或较早(older or less recent)的HMVP候选可以在较新的或较近(younger or more recent)的HMVP候选之前插入HMVP表中。在一些示例中,对于合并模式,可以通过以前向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选来从HMVP表中构建合并候选列表,在该前向顺序中,较近的HMVP候选在较早的HMVP候选之前被选择。在一些示例中, HMVP表中的最近的HMVP

候选与使用AMVP模式进行预测的当前块的相关性可能小于较早的HMVP候选与该当前块的相关性。在一些示例中,使用较早的HMVP候选进行AMVP模式预测可以提高编译码效率。因此,在一些示例中,可以通过反向顺序从HMVP表选择一个或多个HMVP候选来在AMVP模式中构建AMVP候选列表,在该反向顺序中,较早的HMVP候选在较近的HMVP候选之前被选择。

[0007] 根据至少一个示例,提供了一种处理视频数据的方法。该方法包括获得视频数据的一个或多个块。该方法还包括用两个或更多个HMVP候选填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表,其中,与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,按索引顺序第一索引值低于第二索引值。该方法还包括:针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中根据反向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择。该方法还包括将所选择的一个或多个HMVP候选添加到AMVP候选列表中,该AMVP候选列表用于对一个或多个块执行AMVP。

[0008] 在另一示例中,提供了一种用于处理视频数据的装置。该装置包括存储器和以电路实现的处理器。该装置被配置为并且可以获得视频数据的一个或多个块。该装置被配置为并且可以用两个或更多个HMVP候选填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表,其中,与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,第一索引值低于第二索引值。该装置被配置为并且可以:针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中根据反向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择。该装置被配置为并且可以将所选择的一个或多个HMVP候选添加到AMVP候选列表中,该AMVP候选列表用于对一个或多个块执行AMVP。

[0009] 在另一个示例中,提供了一种在其上存储有指令的非暂时性计算机可读介质,当该指令由一个或多个处理器执行时,使一个或多个处理器执行以下操作:获得视频数据的一个或多个块;用两个或更多个HMVP候选填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表,其中,与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,第一索引值低于第二索引值;针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中,根据反向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择;并将所选择的一个或多个HMVP候选添加到AMVP候选列表中,该AMVP候选列表用于对一个或多个块执行AMVP。

[0010] 在另一示例中,提供了一种用于处理视频数据的装置。该装置包括:用于获得视频数据的一个或多个块的部件;用于用两个或更多个HMVP候选填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表的部件,其中,与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,并且与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,第一索引值低于第二索引值;用于针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选的部件,其中,根据反向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择;以及用于将所选择的一个或多个HMVP候选添加到AMVP候选列表中的部件,该AMVP候选列表用于对一个或多个块执行AMVP。

[0011] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,第一HMVP候选包括在第一时间解码的运动信息,并且第二HMVP候选包括在第二时间解码的运动信息,其中第一时间在

时间上晚于第二时间。

[0012] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选包括从与连续索引值相关联的HMVP表的连续条目中选择一个或多个HMVP候选,而在选择期间不对HMVP表的条目执行子采样。

[0013] 上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面还包括:针对合并候选列表、以前向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中,根据前向顺序,第一HMVP候选在第二HMVP候选之前被选择;并将所选择的一个或多个HMVP候选添加到合并候选列表中,该合并候选列表用于对一个或多个块执行合并预测。

[0014] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,以前向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选包括使用子采样率对HMVP表的条目进行子采样,其中,基于子采样率的分隔被维持在与从中选择连续HMVP候选的HMVP表的条目相关联的索引值之间。

[0015] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,将选择的一个或多个HMVP候选添加到合并候选列表包括在将时间运动矢量预测子(TMVP)候选添加到合并候选列表之后将选择的一个或多个HMVP候选添加到合并候选列表。

[0016] 上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面还包括确定相邻块的尺寸大于或等于最小尺寸阈值;以及基于相邻块的尺寸大于或等于最小尺寸阈值,使用相邻块的仿射运动矢量作为当前块的仿射运动矢量。

[0017] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,两个或更多个HMVP候选包括用于双向预测的两个预测方向的运动信息。

[0018] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,在具有双向预测的AMVP模式中使用至少两个HMVP表。

[0019] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,第一HMVP表用于第一参考图片列表,并且其中,第二HMVP表用于第二参考图片列表。

[0020] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,AMVP包括帧内块复制AMVP预测模式。

[0021] 在上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面中,相邻块的仿射运动矢量包括一个或多个缩放变量和一个或多个位置变量。

[0022] 上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面包括编码器。

[0023] 上述方法、装置和计算机可读介质的一些方面包括解码器,其中从编码的视频比特流中获得视频数据。

[0024] 本概述并非旨在识别所要求保护的主题的关键或基本特征,也不旨在单独用于确定所要求保护的主题的范围。应通过参考本专利的整个说明书的适当部分、任何或所有附图和每个权利要求来理解主题。

[0025] 在参考以下说明书、权利要求和附图时,上述以及其它特征和实施例将变得更加显而易见。

附图说明

[0026] 下面参考以下附图详细描述各种实现的示例:

[0027] 图1是示出了根据一些示例的编码设备和解码设备的示例的框图;

- [0028] 图2A是示出了根据一些示例的用于合并模式的示例空间相邻运动矢量候选的概念图；
- [0029] 图2B是示出了根据一些示例的用于高级运动矢量预测 (AMVP) 模式的示例空间相邻运动矢量候选的概念图；
- [0030] 图3A是示出了根据一些示例的示例时间运动矢量预测子 (TMVP) 候选的概念图；
- [0031] 图3B是示出了根据一些示例的运动矢量缩放的示例的概念图；
- [0032] 图4是示出了根据一些示例的基于历史的运动矢量预测子 (HMVP) 表的图；
- [0033] 图5是示出了根据一些示例获取非邻近空间合并候选的示例的图；
- [0034] 图6A和图6B是示出了根据一些示例的从基于历史的运动矢量预测子 (HMVP) 表中创建合并候选列表的示例的图；
- [0035] 图7A和图7B是示出了根据一些示例的从基于历史的运动矢量预测子 (HMVP) 表创建高级运动矢量预测 (AMVP) 候选列表的示例的图；
- [0036] 图8是示出了根据一些实施例的处理视频数据的过程的另一示例的流程图；
- [0037] 图9是示出了根据一些示例的示例编码设备的框图；以及
- [0038] 图10是示出了根据一些示例的示例视频解码设备的框图。

具体实施方式

[0039] 下面提供本公开的某些方面和实施例。这些方面和实施例中的一些可以独立地应用,并且它们中的一些可以组合应用,这对于本领域技术人员来说是显而易见的。在以下描述中,出于解释的目的,阐述了具体细节,以便提供对应用的实施例的透彻理解。然而,显而易见的是,可以在没有这些特定细节的情况下实施各种实施例。附图和描述并非旨在限制。

[0040] 随后的描述仅提供示例性实施例,并且不旨在限制本公开的范围、适用性或配置。相反,随后的示例性实施例的描述将为本领域技术人员提供实现示例性实施例的使能描述。应当理解,在不脱离所附权利要求中阐述的应用的精神和范围的情况下,可以在元件的功能和布置中进行各种改变。

[0041] 视频编译码设备实现视频压缩技术以高效地对视频数据进行编码和解码。视频压缩技术可以包括应用不同的预测模式,包括空间预测(例如,帧内预测)、时间预测(例如,帧间预测)、层间预测(跨视频数据的不同层)和/或其他预测技术来减少或消除视频序列中固有的冗余。视频编码器可以将原始视频序列的每个图片分割成被称为视频块或编译码单元的矩形区(下面更详细地描述)。可以使用特定预测模式对这些视频块进行编码。

[0042] 视频块可以以一种或多种方式划分为一个或多个较小块(例如,子块)的组。视频块可以包括编译码树块、预测块、变换块和/或其他合适的块。除非另有规定,否则通常对“块”的引用可以指此类视频块(例如,编译码树块、编译码块、预测块、变换块或其他适当的块或子块,如普通技术人员所理解)。此外,这些块中的每一个也可以在本文中可互换地称为“单元”(例如,编译码树单元(CTU)、编译码单元,预测单元(PU)、变换单元(TU)等)。在一些情况下,单元可以指示在比特流中进行编码的编译码逻辑单元,而块可以指示过程针对的视频帧缓冲的一部分。

[0043] 对于帧间预测模式,视频编码器可以搜索类似于位于另一个时间位置的帧(或图片)中被编码的块,称为参考帧或参考图片。视频编码器可以将搜索限制到从要编码的块的

特定空间位移。可以使用包括水平位移分量和垂直位移分量的二维 (2D) 运动矢量来定位最佳匹配。对于帧内预测模式, 视频编码器可以基于来自同一图片内的先前编码的相邻块的数据使用空间预测技术来形成预测块。

[0044] 视频编码器可以确定预测误差。例如, 可以将预测误差确定为被编码的块中的像素值与预测块之间的差异。预测误差也可以称为残差。视频编码器还可以使用变换编译码 (例如, 使用离散余弦变换 (DCT) 的形式、离散正弦变换 (DST) 或其他合适的变换形式) 将变换应用于预测误差来生成变换系数。在变换之后, 视频编码器可以对变换系数进行量化。可以使用语法元素表示量化的变换系数和运动矢量, 并且与控制信息一起形成视频序列的编译码表示。在一些情况下, 视频编码器可以对语法元素进行熵编译码, 从而进一步减少其表示所需的比特数。

[0045] 视频解码器可以使用上面讨论的语法元素和控制信息来构建用于对当前帧进行解码的预测数据 (例如, 预测块)。例如, 视频解码器可以将预测的块和压缩的预测误差相加。视频解码器可以使用量化的系数通过加权变换基函数来确定压缩的预测误差。重建帧和原始帧之间的差异称为重建误差。

[0046] 如下面更详细地描述的, 本文描述的系统、装置、方法 (也称为过程) 和计算机可读介质用于提供基于历史的运动矢量预测子的改进。本文描述的技术可以应用于各种基于块的视频编译码技术中的一种或多种, 其中视频是在逐块的基础上重建的。例如, 本文描述的技术可以应用于任何现有视频编解码器 (例如, 高效视频编译码 (HEVC)、高级视频编译码 (AVC) 或其他合适的现有视频编解码器) 和/或可以应用于正在开发的任何视频编译码标准和/或未来视频编译码标准的高效编译码工具, 例如通用视频编译码 (VVC)、联合探索模型 (JEM)、VP9、AV1 和/或正在开发的或将要开发的其他视频编译码标准。

[0047] 图1是示出包括编码设备104和解码设备112的系统100的示例的框图。编码设备104可以是源设备的一部分, 并且解码设备112可以是接收设备 (也称为客户端设备) 的一部分。源设备和/或接收设备可以包括电子设备 (例如移动或固定电话手持机 (例如, 智能手机、蜂窝电话等))、台式计算机、膝上型计算机或笔记本电脑、平板计算机、机顶盒、电视、相机、显示设备、数字媒体播放器、视频游戏控制台、互联网协议 (IP) 相机、服务器系统中 (包括一个或多个服务器设备 (例如, 视频流服务器系统或其他合适的服务器系统)) 的服务器设备、头戴式显示器 (HMD)、平视显示器 (HUD)、智能眼镜 (例如, 虚拟现实 (VR) 眼镜、增强现实 (AR) 眼镜、或其他智能眼镜) 或任何其他合适的电子设备。

[0048] 系统100的组件可以包括和/或可以使用电子电路或其他电子硬件来实现, 该电子电路可以包括一个或多个可编程电子电路 (例如, 微处理器、图形处理单元 (GPU)、数字信号处理器 (DSP)、中央处理单元 (CPU) 和/或其他合适的电子电路), 和/或可以包括和/或使用计算机软件、固件或其任何组合来实现, 以执行本文描述的各种操作。

[0049] 虽然系统100被示出包括特定组件, 但是普通技术人员将理解, 系统100可以包括比图1所示的组件更多或更少的组件。例如, 在一些实例中, 系统100还可以包括除存储装置108和存储装置118之外的一个或多个存储器设备 (例如, 一个或多个随机存取存储器 (RAM) 组件、只读存储器 (ROM) 组件、高速缓存存储器组件、缓冲器组件、数据库组件和/或其他存储器设备)、与该一个或多个存储器设备通信和/或电连接的一个或多个处理设备 (例如, 一个或多个 CPU、GPU 和/或其他处理设备)、用于执行无线通信的一个或多个无线接口 (例如,

包括用于每个无线接口的一个或多个收发器和基带处理器)、用于在一个或多个硬连线连接上执行通信的一个或多个有线接口(例如,诸如通用串行总线(USB)输入、闪电连接器和/或其他有线接口)和/或图1中未示出的其他组件。

[0050] 本文描述的编译码技术适用于各种多媒体应用中的视频编译码,包括流式视频发送(例如,通过互联网)、电视广播或发送、用于存储在数据存储介质上的数字视频的编码、存储在数据存储介质上的数字视频的解码或其它应用。在一些示例中,系统100可以支持单向或双向视频发送,以支持诸如视频会议、视频流式传输、视频回放、视频广播、游戏和/或视频电话的应用。

[0051] 编码设备104(或编码器)可用于使用视频编译码标准或协议对视频数据进行编码以生成编码的视频比特流。视频编译码标准的示例包括ITU-T H.261、ISO/IEC MPEG-1视觉、ITU-T H.262或ISO/IEC MPEG-2视觉、ITU-T H.263、ISO/IEC MPEG-4视觉、ITU-T H.264(也称为ISO/IEC MPEG-4AVC),包括其可缩放的视频编译码(SVC)和多视图视频编译码(MVC)扩展,以及高效视频编译码(HEVC)或ITU-T H.265。存在处理多层视频编译码的HEVC的各种扩展,包括范围和屏幕内容编译码扩展、三维(3D)视频编译码扩展(3D-HEVC)、多视图扩展(MV-HEVC)和可缩放扩展(SHVC)。HEVC及其扩展已由视频编译码的联合协作组(JCT-VC)以及ITU-T视频编译码专家组(VCEG)和ISO/IEC运动图像专家组(MPEG)的3D视频编译码扩展开发的联合协作组(JCT-3V)开发。

[0052] MPEG和ITU-T VCEG还组建了一个联合探索视频组(JVET),针对下一代视频编译码标准(名为通用视频编译码(VVC))探索和开发新的视频编译码工具。参考软件称为VVC测试模型(VTM)。VVC的目标是提供对现有HEVC标准的压缩性能的显著改善,有助于部署更高质量的视频服务和新兴应用(例如,360°全向沉浸式多媒体、高动态范围(HDR)视频等)。VP9和开放媒体联盟(AOMedia)视频1(AV1)是可以应用本文所描述的技术的其它视频编译码标准。

[0053] 本文描述的许多实施例可以使用诸如VTM、VVC、HEVC、AVC和/或其扩展的视频编解码器来执行。然而,本文描述的技术和系统也可以应用于其它编译码标准,例如MPEG、JPEG(或用于静止图像的其它编译码标准)、VP9、AV1、以上的扩展或已经可用或尚未可用或开发的其它合适的编译码标准。因此,虽然可以参考特定视频编译码标准描述本文描述的技术和系统,但是本领域普通技术人员将理解,该描述不应被解释为仅适用于该特定标准。

[0054] 参考图1,视频源102可以将视频数据提供给编码设备104。视频源102可以是源设备的一部分,或者可以是除源设备之外的设备的一部分。视频源102可以包括视频捕获设备(例如,摄像机、相机电话、视频电话等)、包含存储的视频的视频存档、提供视频数据的视频服务器或内容提供商,从视频服务器或内容提供商接收视频的视频馈送接口、用于生成计算机图形视频数据的计算机图形系统、这些源的组合或任何其他合适的视频源。

[0055] 来自视频源102的视频数据可以包括一个或多个输入图片。图片也可以称为“帧”。图片或帧是静止图像,在一些情况下,是视频的一部分。在一些示例中,来自视频源102的数据可以是不是视频的一部分的静止图像。在HEVC、VVC和其他视频编译码规范中,视频序列可以包括一系列图片。图片可包括三个样点阵列,分别表示为 S_L 、 S_{Cb} 和 S_{Cr} 。 S_L 是亮度样点的二维阵列, S_{Cb} 是Cb色度样点的二维阵列, S_{Cr} 是Cr色度样点的二维阵列。色度样点在本文中也可以称为“chroma”样点。在其他情况下,图片可以是单色的,并且可以仅包括亮度样点阵

列。

[0056] 编码设备104的编码器引擎106(或编码器)对视频数据进行编码以生成编码的视频比特流。在一些示例中,编码的视频比特流(或“视频比特流”或“比特流”)是一系列一个或多个编译码的视频序列。编译码视频序列(coded video sequence,CVS)包括从在基本层(base layer)中具有随机接入点图片的并且具有特定属性的接入单元(Access Unit,AU)开始,直到并且不包括在基本层中具有随机接入点图片并且具有特定属性的下一个AU的一系列AU。例如,启动CVS的随机接入点图片的特定属性可以包括等于1的RASL标志(例如,NoRaslOutputFlag)。否则,随机接入点图片(具有等于0的RASL标志)不会启动CV。接入单元(AU)包括一个或多个编译码的图片和与共享同一输出时间的编译码的图片相对应的控制信息。图片的编译码条带在比特流级别被封装到称为网络抽象层(NAL)单元的数据单元中。例如,HEVC视频比特流可以包括一个或多个包括NAL单元的CVS。每个NAL单元具有NAL单元标头。在一个示例中,标头对于H.264/AVC是一个字节(除了多层扩展),对于HEVC是两个字节。NAL单元标头中的语法元素采用指定的比特,因此对各种系统和传输层可见,例如传输流、实时传输(RTP)协议、文件格式等。

[0057] HEVC标准中存在两类NAL单元,包括视频编译码层(VCL)NAL单元和非VCL NAL单元。VCL NAL单元包括形成编译码的视频比特流的编译码的图片数据。例如,在VCL NAL单元中存在形成编译码的视频比特流的一系列比特。VCL NAL单元可以包括编译码的图片数据的一个条带或条带分段(如下描述),并且非VCL NAL单元包括与一个或多个编译码的图片有关的控制信息。在一些情况下,NAL单元可以称为分组。HEVC AU包括包含编译码的图片数据的VCL NAL单元和对应于该编译码的图片数据的非VCL NAL单元(如果存在)。除了其他信息之外,非VCL NAL单元还可以包含具有与编码的视频比特流有关的高级信息的参数集合。例如,参数集合可以包括视频参数集合(VPS)、序列参数集合(SPS)和图像参数集合(PPS)。在一些情况下,比特流的每个条带或其他部分可以引用单个有效的PPS、SPS和/或VPS,以允许解码设备112访问可用于对该比特流的条带或其他部分进行解码的信息。

[0058] NAL单元可以包含形成视频数据(例如,编码的视频比特流、比特流的CVS等)的编译码表示(例如视频中的图片的编译码表示)的一系列比特。编码器引擎106通过将每个图片分割成多个条带来生成图片的编译码表示。条带独立于其他条带,使得在对条带中的信息进行编译码时不依赖于来自同一图片内的其它条带的数据。条带包括一个或多个条带分段,条带分段包括独立条带分段和一个或多个依赖于先前的条带分段的从属条带分段(如果存在)。

[0059] 然后,在HEVC中,将条带分割成亮度样点和色度样点的编译码树块(CTB)。亮度样点的CTB和色度样点的一个或多个CTB,以及用于亮度和色度样点的语法,称为编译码树单元(CTU)。CTU也可以称为“树块”或“最大编译码单元”(LCU)。CTU是HEVC编码的基本处理单元。可以将CTU拆分成不同尺寸的多个编译码单元(CU)。CU包含称为编译码块(CB)的亮度和色度样点阵列。

[0060] 亮度和色度CB可以进一步拆分成预测块(PB)。PB是亮度分量或色度分量的样点块,该色度分量使用相同的运动参数进行帧间预测或帧内块复制(IBC)预测(当可用或启用时)。亮度PB和一个或多个色度PB以及相关联的语法形成预测单元(PU)。对于帧间预测,在每个PU的比特流中信令通知运动参数集合(例如,一个或多个运动矢量、参考索引等),并且

该运动参数集合用于亮度PB和一个或多个色度PB的帧间预测。运动参数也可以称为运动信息。CB也可以分割成一个或多个变换块(TB)。TB表示在其上应用残差变换(例如,在一些情况下相同的二维变换)对预测残差信号进行编译码的颜色分量的样点的方形块。变换单元(TU)表示亮度和色度样点的TB,以及相应的语法元素。下面更详细地描述变换编译码。

[0061] Cu的尺寸对应于编译码模式的尺寸,并且可以是正方形的形状。例如,CU的尺寸可以是 8×8 样点、 16×16 样点、 32×32 样点、 64×64 样点,或任何其他适当的尺寸(最大为相应的CTU的尺寸)。本文使用了短语“ $N \times N$ ”,指的是垂直和水平维度(例如,8像素 \times 8像素)的视频块的像素维度。块中的像素可以按行和列排列。在一些实施例中,块在水平方向上可以不具有与在垂直方向上相同数量的像素。与CU相关联的语法数据可以描述例如将CU分割成一个或多个PU。在CU是帧内预测模式编码还是帧间预测模式编码之间,分割模式可以不同。PU可以分割成非正方形的形状。与CU相关联的语法数据也可以描述例如根据CTU将CU分割成一个或多个TU。TU可以是正方形或非正方形的形状。

[0062] 根据HEVC标准,可以使用变换单元(TU)执行变换。TU可以因不同的CU而不同。可以基于给定的CU内PU的尺寸来确定TU的尺寸。TU可以是相同的尺寸或小于PU。在一些示例中,可以使用称为残差二叉树(RQT)的二叉树结构将与CU对应的残差样点细分成更小的单元。RQT的叶节点可以对应于TU。可以变换与TU相关联的像素差值以产生变换系数。然后可以由编码器引擎106对变换系数进行量化。

[0063] 一旦将视频数据的图片分割成CU,编码器引擎106使用预测模式预测每个PU。然后从原始视频数据中减去预测单元或预测块以获得残差(如下描述)。对于每个CU,可以使用语法数据在比特流中信令通知预测模式。预测模式可以包括帧内预测(或图片内预测)或帧间预测(或图片间预测)。帧内预测利用图片内的空间相邻样点之间的相关性。例如,使用帧内预测,从同一图片中的相邻图像数据预测每个PU,使用例如DC预测来找到PU的平均值,使用平面预测来使平面表面适合于PU,使用方向预测来从邻近数据外推,或使用任何其它合适类型的预测。帧间预测使用图片之间的时间相关性以便导出对图像样点块的运动补偿预测。例如,使用帧间预测,使用运动补偿预测从一个或多个参考图片(按输出顺序在当前图片之前或之后)中的图像数据预测每个PU。例如,可以在CU级作出是使用图片间预测还是图片内预测来对图片区域进行编译码的决定。

[0064] 编码器引擎106和解码器引擎116(下面更详细地描述)可以被配置为根据VVC进行操作。根据VVC、视频编译码器(例如编码器引擎106和/或解码器引擎116)将图像分割成多个编译码树单元(CTU)(其中亮度样点的CTB和色度样点的一个或多个CTB以及用于亮度和色度样点的语法,称为CTU)。视频编译码器可以根据诸如二叉树-二叉树(QTBT)结构或多类型树(MTT)结构的树结构对CTU进行分割。QTBT结构消除了多个分割类型的概念,例如HEVC的CU、PU和TU之间的分隔。QTBT结构包括两个级别,包括根据二叉树分割而分割的第一级,以及根据二叉树分割而分割的第二级。QTBT结构的根节点对应于CTU。二叉树的叶节点对应于编译码单元(CU)。

[0065] 在MTT分割结构中,可以使用二叉树分割、二叉树分割和一种或多种类型的三叉树分割来对块进行分割。三叉树分割是将一个块拆分成三个子块的分割。在一些示例中,三叉树分割将一个块划分为三个子块,而无需通过中心划分初始块。MTT(例如,二叉树、二叉树和三叉树)中的分割类型可以是对称或不对称的。

[0066] 在一些示例中,视频编译码器可以使用单个QTBT或MTT结构来表示亮度和色度分量中的每一个,而在其他示例中,视频编译码器可以使用两个或更多个QTBT或MTT结构,例如用于亮度分量的一个QTBT或MTT结构和用于两个色度分量的另一QTBT或MTT结构(或用于各自色度分量的两个QTBT或MTT结构)。

[0067] 视频编译码器可以被配置为使用按照HEVC四叉树分割、QTBT分割、MTT分割或其他分割结构。出于说明性目的,本文的描述可以指QTBT分割。然而,应该理解的是,本公开的技术还可以应用于被配置使用四叉树分割或其它类型的分割的视频编译码器。

[0068] 在一些示例中,图片的一个或多个条带被分配一个条带类型。条带类型包括帧内编译码的条带(I条带),帧间编译码的P条带和帧间编译码的B条带。I条带(帧内编译码的帧,独立可解码)是仅由帧内预测进行编译码的图片的条带,因此是独立可解码的,因为I条带仅需要帧内的数据来预测该条带的任何预测单元或预测块。P条带(单向预测帧)是可以用帧内预测和单向帧间预测进行编译码的图片的条带。在P条带内的每个预测单元或预测块用帧内预测或帧间预测进行编译码。当应用帧间预测时,预测单元或预测块仅由一个参考图片进行预测,因此参考样点仅来自一个帧的一个参考区域。B条带(双向预测帧)是可以用帧内预测和帧间预测(例如,双向预测或单向预测)进行编译码的图片的条带。B条带的预测单元或预测块可以从两个参考图片进行双向预测,其中每个图片贡献一个参考区域,并且两个参考区域的样点集合被加权(例如,具有相等的权重或具有不同的权重)以产生双向预测块的预测信号。如上所述,一个图片的条带被独立地进行编译码。在一些情况下,可以将图片编译码为只有一个条带。

[0069] 如上所述,帧内预测利用图片内的空间相邻样点之间的相关性。存在多种帧内预测模式(也称为“帧内模式”)。在一些示例中,亮度块的帧内预测包括35种模式,包括平面模式、DC模式和33种角度模式(例如,对角线帧内预测模式和与对角线帧内预测模式相邻的角度模式)。帧内预测的35种模式的索引如下表1所示。在其他示例中,可以定义更多帧内模式,包括可能尚未由33个角度模式表示的预测角度。在其他示例中,与角度模式相关联的预测角度可以与HEVC中使用的预测角度不同。

	帧内预测模式	相关名称
[0070]	0	INTRA_PLANAR
	1	INTRA_DC
[0071]	2 ... 34	INTRA_ANGULAR2 ...
		INTRA_ANGULAR34

[0072] 表1-帧内预测模式和相关名称的规范

[0073] 帧间图片预测使用图片之间的时间相关性以便导出对图像样点块的运动补偿预测。使用平移运动模型,先前解码的图片(参考图片)中的块的位置由运动矢量(Δx , Δy)表示,其中 Δx 指定参考块相对于当前块的位置的水平位移、 Δy 指定参考块相对于当前块的位置的垂直位移。在一些情况下,运动矢量(Δx , Δy)可以是整数样点精度(也称为整数精度),在这种情况下,运动矢量指向参考帧的整数像素网格(或整数像素样点网格)。在一些

情况下,运动矢量(Δx , Δy)可以具有分数样点精度(也称为分数像素精度或非整数精度),以更精确地捕获底层对象的移动,而限于参考帧的整数像素网格。运动矢量的精度可以由运动矢量的量化级别表示。例如,量化级别可以是整数精度(例如,1像素)或分数像素精度(例如,1/4像素、1/2像素或其他子像素值)。当相应的运动矢量具有分数样点精度时,对参考图片进行插值以导出预测信号。例如,可以对整数位置处可用的样点进行滤波(例如,使用一个或多个插值滤波器)来估计分数位置处的值。先前解码的参考图片由参考图片列表的参考索引(refIdx)指示。运动矢量和参考索引可以称为运动参数。可以执行两种帧间图片预测,包括单向预测和双向预测。

[0074] 对于使用双向预测的帧间预测,使用两个运动参数集合($\Delta x_0, y_0, \text{refIdx}_0$ 和 $\Delta x_1, y_1, \text{refIdx}_1$)来生成两个运动补偿预测(来自相同的参考图片或可能来自不同的参考图片)。例如,对于双向预测,每个预测块使用两个运动补偿预测信号,并生成B预测单元。然后将两个运动补偿预测组合以获得最终运动补偿预测。例如,可以通过平均来组合两个运动补偿预测。在另一示例中,可以使用加权预测,在这种情况下,可以将不同的权重应用于每个运动补偿预测。可以在双向预测中使用的参考图片存储在两个单独的列表中,表示为列表0和列表1。可以使用运动估计过程在编码器处导出运动参数。

[0075] 对于使用单向预测的帧间预测,使用一个运动参数集合($\Delta x_0, y_0, \text{refIdx}_0$)来从参考图片生成运动补偿预测。例如,对于单向预测,每个预测块最多使用一个运动补偿预测信号,并且生成P个预测单元。

[0076] PU可以包括与预测过程相关的数据(例如,运动参数或其他合适的数据)。例如,当使用帧内预测对PU进行编码时,PU可以包括描述PU的预测模式的数据。作为另一示例,当使用帧间预测对PU进行编码时,PU可以包括定义用于PU的运动矢量的数据。定义用于PU的运动矢量的数据可以描述例如运动矢量的水平分量(Δx)、运动矢量的垂直分量(Δy)、运动矢量的分辨率(例如,整数精度、四分之一像素精度或八分之一像素精度)、运动矢量指向的参考图片、参考索引、运动矢量的参考图片列表(例如,列表0、列表1或列表C)或其任何组合。

[0077] 在使用帧内预测和/或帧间预测执行预测之后,编码设备104可以执行变换和量化。例如,在预测之后,编码器引擎106可以计算与PU对应的残差值。残差值可以包括正在被编译码的像素的当前块(PU)和用于预测当前块的预测块(例如,当前块的预测版本)之间的像素差值。例如,在生成预测块(例如,使用帧间预测或帧内预测)之后,编码器引擎106可以通过从当前块减去由预测单元产生的预测块来生成残差块。残差块包括像素差值集合,该像素差值集合对当前块的像素值与预测块的像素值之间的差异进行量化。在一些示例中,残差块可以以二维块格式表示(例如,二维矩阵或像素值阵列)。在这种示例中,残差块是像素值的二维表示。

[0078] 在执行预测之后使用块变换对可能剩余的任何残差数据进行变换,块变换可以基于离散余弦变换(DCT)、离散正弦变换(DST)、整数变换、小波变换、其他合适的变换函数或其任何组合。在一些情况下,一个或多个块变换(例如,尺寸为 32×32 、 16×16 、 8×8 、 4×4 或其他合适尺寸的内核)可以应用于每个CU中的残差数据。在一些示例中,TU可以用于由编码器引擎106实现的变换和量化过程。具有一个或多个PU的给定CU还可包括一个或多个TU。如下面进一步详细描述,可以使用块变换将残差值变换为变换系数,然后可以使用TU进行

量化和扫描以产生用于熵编译码的序列化变换系数。

[0079] 在一些实施例中,在使用CU的PU进行帧内预测或帧间预测编译码之后,编码器引擎106可以计算CU的TU的残差数据。PU可以包括空间域(或像素域)中的像素数据。如前所述,残差数据可以对应于未编码的图片(例如,PU)的像素和与PU对应的预测值之间的像素差值。编码器引擎106可以形成一个或多个TU,该TU包括用于CU(其包括PU)的残差数据,然后可以变换TU以产生用于CU的变换系数。在应用块变换之后,TU可以包括变换域中的系数。

[0080] 编码器引擎106可以执行变换系数的量化。量化通过对变换系数进行量化来减少用于表示系数的数据量来提供进一步的压缩。例如,量化可以减少与一些或全部系数相关联的比特深度。在一个示例中,具有n比特值的系数可以在量化期间向下四舍五入到m比特值,其中n大于m。

[0081] 一旦执行量化,编译码的视频比特流包括量化的变换系数、预测信息(例如,预测模式、运动矢量、块矢量等)、分割信息和任何其他合适的数据(例如其它语法数据)。然后可以由编码器引擎106对编译码的视频比特流的不同元素进行熵编码。在一些示例中,编码器引擎106可以利用预定义的扫描顺序来对量化的变换系数扫描以产生可以被熵编码的序列化的矢量。在一些示例中,编码器引擎106可以执行自适应扫描。在对量化的变换系数进行扫描以形成矢量(例如,一维矢量)之后,编码器引擎106可以对该矢量进行熵编码。例如,编码器引擎106可以使用上下文自适应可变长度编译码、上下文自适应二进制算术编译码、基于语法的上下文自适应二进制算术编译码、概率间隔分割熵编译码,或其它合适的熵编码技术。

[0082] 编码设备104的输出110可以通过通信链路120将构成编码的视频比特流数据的NAL单元发送到接收设备的解码设备112。解码设备112的输入114可以接收NAL单元。通信链路120可以包括由无线网络、有线网络或有线和无线网络的组合提供的信道。无线网络可以包括任何无线接口或无线接口的组合,并且可以包括任何合适的无线网络(例如,互联网或其它广域网、基于分组的网络、WiFi™、射频(RF)、UWB、WiFi-Direct、蜂窝、长期演进(LTE)、WiMax™等)。有线网络可以包括任何有线接口(例如,光纤、以太网、电力线以太网、同轴电缆上的以太网、数字信号线(DSL)等)。有线和/或无线网络可以使用各种装备来实现,例如基站、路由器、接入点、网桥、网关、交换机等。可以根据通信标准(例如无线通信协议)来对编码的视频比特流数据进行调制,并发送到接收设备。

[0083] 在一些示例中,编码设备104可以将编码的视频比特流数据存储在存储装置108中。输出110可以从编码器引擎106或从存储装置108检索编码的视频比特流数据。存储装置108可以包括各种分布式或本地访问的数据存储介质中的任何一种。例如,存储装置108可以包括硬盘驱动器、存储盘、闪存、易失性或非易失性存储器,或用于存储编码的视频数据的任何其它合适的数字存储介质。存储装置108还可以包括用于存储参考图片以用于帧间预测的解码的图片缓冲器(DPB)。在另一示例中,存储装置108可以对应于可以存储由源设备生成的编码的视频的文件服务器或另一中间存储设备。在这种情况下,包括解码设备112的接收设备可以经由流式传输或下载从存储设备访问存储的视频数据。文件服务器可以是能够存储编码的视频数据并将该编码的视频数据发送到接收设备的任何类型的服务器。示例文件服务器包括Web服务器(例如,用于网站)、FTP服务器、网络连接存储(NAS)设备或本地磁盘驱动器。接收设备可以通过任何标准数据连接(包括互联网连接)访问编码的视频数

据。这可以包括适合访问存储在文件服务器上的编码的视频数据的无线信道(例如Wi-Fi连接)、有线连接(例如DSL、电缆调制解调器等)或二者的组合。来自存储装置108的编码的视频数据的发送可以是流式发送、下载发送或其组合。

[0084] 解码设备112的输入114接收编码的视频比特流数据,并且可以向解码器引擎116或者存储装置118提供视频比特流数据,以供解码器引擎116之后使用。例如,存储装置118可以包括用于存储用于帧间预测的参考图片的DPB。包括解码设备112的接收设备可以经由存储装置108接收要被解码的编码的视频数据。可以根据通信标准(例如无线通信协议)来对编码的视频数据进行调制,并发送到接收设备。用于发送编码的视频数据的通信介质可以包括任何无线或有线通信介质,例如射频(RF)频谱或一个或多个物理传输线。通信介质可以形成基于分组的网络(诸如局域网、广域网或诸如互联网的全球网络)的一部分。通信介质可以包括路由器、交换机、基站或可以用于促进从源设备到接收设备的通信的任何其它设备。

[0085] 解码器引擎116可以通过熵解码(例如,使用熵解码器)对编码的视频比特流数据进行解码并提取构成编码的视频数据的一个或多个编译码的视频序列的元素。然后,解码器引擎116可以对编码的视频比特流数据重新缩放并执行逆变换。然后,将残差数据传递给解码器引擎116的预测阶段。然后,解码器引擎116预测像素块(例如,PU)。在一些示例中,将预测加到逆变换的输出(残差数据)。

[0086] 视频解码设备112可以将解码的视频输出到视频目标设备122,该视频目标设备可以包括用于将解码的视频数据显示到内容消费者的显示器或其它输出设备。在一些方面,视频目标设备122可以是包括解码设备112的接收设备的一部分。在一些方面,视频目标设备122可以是除接收设备之外的单独设备的一部分。

[0087] 在一些实施例中,视频编码设备104和/或视频解码设备112可以分别与音频编码设备和音频解码设备集成。视频编码设备104和/或视频解码设备112还可以包括实现上述编译码技术所需的其它硬件或软件,例如一个或多个微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、离散逻辑、软件、硬件、固件或其任何组合。视频编码设备104和视频解码设备112可以集成为各个设备中的组合的编码器/解码器(编解码器)的一部分。

[0088] 图1所示的示例系统是可以本文中使用的的一个说明性示例。使用本文描述的技术来处理视频数据的技术可以由任何数字视频编码和/或解码设备来执行。尽管通常通过视频编码设备或视频解码设备执行本公开的技术,但是该技术也可以由组合的视频编码器-解码器(通常称为“编解码器”)执行。此外,本公开的技术也可以由视频预处理器执行。源设备和接收设备仅是这种编译码设备的示例,其中源设备生成编译码的视频数据以发送到接收设备。在一些示例中,源设备和接收设备可以以基本上对称的方式进行操作,使得每个设备包括视频编码和解码组件。因此,示例系统可以支持视频设备之间的单向或双向视频发送,例如,用于视频流式传输、视频播放、视频广播或视频电话。

[0089] HEVC标准的扩展包括多视图视频编译码扩展(称为MV-HEVC)和可缩放视频编译码扩展(称为SHVC)。MV-HEVC和SHVC扩展共享分层编译码的概念,在编码的视频比特流中包括不同的层。编译码的视频序列中的每一层由唯一的层标识符(ID)寻址。层ID可以存在于NAL单元的标头中,以识别NAL单元相之相关联的层。在MV-HEVC中,不同的层通常表示视频比特

流中相同场景的不同视图。在SHVC中,提供不同的可缩放层,以不同的空间分辨率(或图片分辨率)或不同的重建保真度表示视频比特流。可缩放层可以包括基本层(具有层ID=0)和一个或多个增强层(具有层ID=1,2,...n)。基本层可以符合HEVC的第一版本的配置文件,并且表示比特流中的最低可用层。与基本层相比,增强层具有增加的空间分辨率,时间分辨率或帧速率和/或重建保真度(或质量)。增强层是分层组织的,并且可以(或可以不)依赖于较低的层。在一些示例中,可以使用单个标准编解码器对不同层进行编译码(例如,使用HEVC、SHVC或其它编译码标准对所有的层进行编码)。在一些示例中,可以使用多标准编解码器对不同的层进行编译码。例如,可以使用AVC对基本层进行编译码,而可以使用SHVC和/或HEVC标准的MV-HEVC扩展对一个或多个增强层进行编译码。

[0090] 如上所述,对于每个块,可以获得运动信息集合(本文也称为运动参数)。运动信息集合可以包含用于前向和后向预测方向的运动信息。这里,前向和后向预测方向是双向预测模式的两个预测方向,并且术语“前向”和“后向”不一定具有几何含义。相反,前向和后向可以对应于当前图片、条带或块的参考图片列表0(RefPicList0)和参考图片列表1(RefPicList1)。在一些示例中,当只有一个参考图片列表可用于图片、条带或块时,只有RefPicList0可用,并且条带的每个块的运动信息始终是前向的。在一些示例中,RefPicList0包括时间上在当前图片之前的参考图片,并且RefPicList1包括时间上在当前图片之后的参考图片。在一些情况下,可以在解码过程中使用运动矢量和相关联的参考索引。这种具有相关联的参考索引的运动矢量被表示为单向预测的运动信息集合。

[0091] 对于每个预测方向,运动信息可以包含参考索引和运动矢量。在一些情况下,为了简化,运动矢量可以具有相关联的信息,从中可以假设运动矢量具有相关联的参考索引的方式。参考索引可用于识别当前参考图片列表(RefPicList0或RefpicList1)中的参考图片。运动矢量可以具有水平和垂直分量,其提供从当前图片中的坐标位置到由参考索引识别的参考图片中的坐标的偏移。例如,参考索引可以指示应用于当前图片中的块的特定参考图片,并且运动矢量可以指示最佳匹配的块(与当前块最佳匹配的块)在该参考图片中的何处。

[0092] 图像顺序计数(POC)可用于视频编译码标准,以识别图片的显示顺序。尽管存在一个编译码的视频序列内的两个图片可能具有相同POC值的情况,但是在一个编译码的视频序列内,具有相同POC值的两个图片不经常出现。当在比特流中存在多个编译码的视频序列时,具有相同POC值的图片在解码顺序方面可以彼此更接近。图片的POC值可用于参考图片列表构建,HEVC中的参考图片集合的导出和/或运动矢量缩放等。

[0093] 在H.264/AVC中,每个帧间宏块(MB)可以被分割成四种不同的方式,包括:一个 16×16 宏块分割;两个 16×8 宏块分割;两个 8×16 宏块分割;以及四个 8×8 宏块分割等。一个宏块中的不同宏块分割针对每个预测方向可以具有不同的参考索引值(例如,RefPicList0和RefPicList1的不同参考索引值)。

[0094] 在一些情况下,当宏块未被分割成四个 8×8 宏块分割时,针对每个预测方向中的每个宏块分割,宏块可以只具有一个运动矢量。在一些情况下,当宏块被分割成四个 8×8 宏块分割时,每个 8×8 宏块分割可以进一步分割成子块,每个子块在每个预测方向中可以具有不同的运动矢量。 8×8 宏块分割可以以不同方式划分成子块,包括:一个 8×8 子块;两个 8×4 子块;两个 4×8 子块;和四个 4×4 子块等。每个子块在每个预测方向中可以具有不同

的运动矢量。因此,运动矢量可以以等于或高于子块的级别出现。

[0095] 在HEVC中,条带中的最大的编译码单元称为编译码树块(CTB)或编译码树单元(CTU)。CTB包含二叉树,其节点是编译码单元。在HEVC主配置文件中,CTB的尺寸范围可以从 16×16 像素到 64×64 像素。在一些情况下,可以支持 8×8 像素CTB尺寸。可以以二叉树的方式将CTB递归地拆分成编译码单元(CU)。CU可以与CTB的尺寸相同并且小至 8×8 像素。在一些情况下,每个编译码单元用一种模式进行编译码,例如帧内预测模式或帧间预测模式。当使用帧间预测模式对CU进行帧间编译码时,可以将CU进一步分割成两个或四个预测单元(PU),或者当进不应用进一步分割时,可以将CU视为一个PU。当一个CU中存在两个PU时,两个PU可以是一半尺寸的矩形或是CU的 $1/4$ 或 $3/4$ 尺寸的两个矩形。

[0096] 当对CU进行帧间编译码时,对于每个PU可以存在一个运动信息集合,该运动信息集合可以通过唯一的帧间预测模式导出。例如,每个PU可以用一个帧间预测模式进行编译码以导出该运动信息集合。在一些情况下,当使用帧内预测模式对CU进行帧内编译码时,PU形状可以是 $2N \times 2N$ 和 $N \times N$ 。在每个PU内,对单个帧内预测模式进行编译码(而色度预测模式在CU级被信令通知)。在一些情况下,当当前的CU尺寸等于SPS中定义的最小CU尺寸时,允许 $N \times N$ PU内形状。

[0097] 对于HEVC中的运动预测,对于预测单元(PU)存在两种帧间预测模式,包括合并模式和高级运动矢量预测(AMVP)模式。跳过被认为是合并的特殊情况。在AMVP模式或合并模式下,为多个运动矢量预测子维护运动矢量(MV)候选列表。当前PU的(多个)运动矢量以及合并模式中的参考索引是通过从MV候选列表中选取一个候选生成的。

[0098] 在一些示例中,MV候选列表最多包含五个用于合并模式的候选和两个用于AMVP模式的候选。在其他示例中,不同数量的候选可以包括在用于合并模式和/或AMVP模式的MV候选列表中。合并候选可以包含运动信息集合。例如,运动信息集合可以包括对应于参考图片列表(列表0和列表1)和参考索引的运动矢量。如果通过合并索引识别合并候选,则确定用于当前块的预测的参考图片以及相关运动矢量。但是,在AMVP模式下,对于来自列表0或列表1的每个潜在预测方向,由于AMVP候选仅包含运动矢量,因此需要将参考索引以及到MV候选列表的MV预测子(MVP)索引显式地信令通知。在AMVP模式中,可以进一步细化预测的运动矢量。

[0099] 合并候选可以对应于完整的运动信息集合,而AMVP候选可以包含一个用于特定预测方向的运动矢量和参考索引。两种模式的候选类似地从相同的空间和时间相邻块中得出。

[0100] 在一些示例中,合并模式允许帧间预测的PU继承相同的一个或多个运动矢量、预测方向、以及从帧间预测的PU的一个或多个参考图片索引,该帧间预测的PU包括从空间相邻的运动数据位置组和两个时间同位的运动数据位置中的一个所选择的运动数据位置。对于AMVP模式,可以相对于来自编码器构建的AMVP候选列表的一个或多个运动矢量预测子(MVP)对PU的一个或多个运动矢量进行预测性编译码。在一些情况下,对于PU的单向帧间预测,编码器可以生成单个AMVP候选列表。在一些实例中,对于PU的双向预测,编码器可以生成两个AMVP候选列表,一个使用来自前向预测方向的空间和时间相邻的PU的运动数据,一个使用来自后向预测方向的空间和时间相邻的PU的运动数据。

[0101] 两种模式的候选可以从空间和/或时间相邻块中导出。例如,图2A和图2B包括示出

了HEVC中的空间相邻候选的概念图。图2A示出了用于合并模式的空间相邻运动矢量(MV)候选。图2B示出了用于AMVP模式的空间相邻运动矢量(MV)候选。对于特定PU(PU0),从相邻块得出空间MV候选,尽管对于合并模式和AMVP模式从块生成候选的方法不同。

[0102] 在合并模式中,编码器可以通过考虑来自各种运动数据位置的合并候选来形成合并候选列表。例如,如图2A所示,关于图2A中数字0-4所示的空间相邻运动数据位置,可以得出多达四个空间MV候选。在一些示例中,这些空间相邻的运动数据位置是直接邻近诸如PU0的当前块的空间相邻的运动数据位置。MV候选可以按数字0-4所示的顺序在合并候选列表中进行排序。例如,位置和顺序可以包括:左侧位置(0)、上侧位置(1)、右上侧位置(2)、下左侧位置(3)、左上侧位置(4)。在一些示例中,基于使用空间相邻的运动数据位置构建合并候选列表的顺序,在空间相邻的运动数据位置和当前块之间存在因果关系。在一些示例中,空间相邻的运动数据位置0-4也可以称为直接邻近的因果相邻的运动数据位置。

[0103] 在图2B所示的AMVP模式中,相邻块被划分成两组:左组包括块0和1,上组包括块2、3和4。对于每个组,参考与信令通知的参考索引指示的参考图片相同的参考图片的相邻块中的潜在候选具有被选择以形成该组的最终候选的最高优先级。可能所有相邻块都不包含指向同一参考图片的运动矢量。因此,如果不能找到这种候选,则将缩放第一可用候选以形成最终候选,从而可以补偿时间距离差。可以使用可用的候选构建AMVP候选列表,该可用候选可以适当地缩放。在一些示例中,AMVP候选列表可以包括在因果相邻的运动数据位置中的可用候选。

[0104] 图3A和图3B包括示出了HEVC中的时间运动矢量预测的概念图。在空间运动矢量候选之后,将时间运动矢量预测子(TMVP)候选(如果启用并且可用)添加到MV候选列表中。TMVP候选的运动矢量导出的过程对于合并和AMVP模式二者是相同的。然而,在一些情况下,合并模式中TMVP候选的目标参考索引始终设置为零。

[0105] 用于TMVP候选导出的主要块位置是在同位PU外部的下右侧块,如图3A示出为块“T”,以补偿对用于生成空间相邻候选的上侧和左侧的块的偏差。然而,如果该块位于当前CTB(或LCU)行的外部或者运动信息不可用,则用PU的中心块替换该块。从在条带级别中指示的同位的图片的同位的PU导出TMVP候选的运动矢量。类似于AVC中的时间直接模式,TMVP候选的运动矢量可以受到运动矢量缩放,该运动矢量缩放被执行以补偿距离差。

[0106] HEVC、VVC和其他视频编译码规范也涵盖了运动预测的其他方面。例如,一个方面包括运动矢量缩放。在运动矢量缩放中,假设运动矢量的值与呈现时间中的图片之间的距离成比例。在一些示例中,第一运动矢量可以与两张图片相关联,包括第一参考图片和包括第一运动矢量的第一包含图片。第一运动矢量可以用于预测第二运动矢量。为了预测第二运动矢量,可以基于与第一参考图片和第一包含图片相关联的图片顺序计数(POC)值来计算第一运动的第一包含图片与第一参考图片之间的第一距离。

[0107] 第二参考图片和第二包含图片可以与要被预测的第二运动矢量相关联,其中第二参考图片可以不同于第一参考图片,并且第二包含图片可以不同于第一包含图片。可以基于与第二参考图片和第二包含图片相关联的POC值来计算第二参考图片和第二包含图片之间的第二距离,其中第二距离可以不同于第一距离。为了预测第二运动矢量,可以基于第一距离和第二距离来缩放第一运动矢量。对于空间相邻的候选,第一运动矢量和第二运动矢量的第一包含图片和第二包含图片可以分别相同,而第一参考图片和第二参考图片可以不

同。在一些示例中,运动矢量缩放可应用于TMVP和AMVP模式,用于空间和时间相邻候选。

[0108] 运动预测的另一方面包括人工运动矢量候选生成。例如,如果运动矢量候选列表不完整,则生成人工运动矢量候选并将其插入运动矢量候选列表的末尾,直到获得所有候选。在合并模式中,有两种类型的人工MV候选:包括仅针对B条带导出的组合候选的第一类型;以及包括仅用于AMVP的零候选的第二类型(如果第一类型没有提供足够的人工候选)。对于已经在运动矢量候选列表中并且具相关的运动信息的每对候选,通过参考列表0中的图片的第一候选的运动矢量和参考列表1中的图片的第二候选的运动矢量的组合来导出双向组合的运动矢量候选。

[0109] 合并和AMVP模式的另一方面包括用于候选插入的修剪过程。例如,来自不同块的候选可能恰好是相同的,这降低了合并候选列表和/或AMVP候选列表的效率。可以应用修剪过程来解决这个问题。修剪过程包括将候选与当前候选列表中已经存在的候选进行比较,以避免插入相同或重复的候选。为了减少比较的复杂性,可以对少于要插入候选列表中的所有潜在候选执行修剪过程。

[0110] 在一些示例中,可以实现增强的运动矢量预测。例如,在诸如VVC的视频编译码标准中指定了一些帧间编译码工具,根据这些工具可以导出或细化当前块的运动矢量预测或合并预测的候选列表。下面描述这些方法的示例。

[0111] 基于历史的运动矢量预测是一种运动矢量预测方法,其中除了在直接邻近的因果相邻的运动场中的MV之外,还可以从先前解码的MV的列表中获得或预测当前块的一个或多个MV预测子。先前解码的MV列表中的MV预测子称为HMVP候选。HMVP候选可以包括与与帧间编译码的块相关联的运动信息。可以在条带的编码和/或解码过程期间维护具有多个HMVP候选的HMVP表。在一些示例中,可以动态更新HMVP表。例如,在对帧间编译码的块进行解码之后,可以通过将解码的帧间编译码的块的相关联的运动信息作为新的HMVP候选添加到HMVP表来更新HMVP表。在某些示例中,当遇到新条带时可以清空HMVP表。

[0112] 图4是示出了HMVP表400的示例的框图。HMVP表400可以实现为使用先进先出(FIFO)规则管理的存储设备。例如,包括MV预测子的HMVP候选可以存储在HMVP表400中。HMVP候选可以按它们被编码或解码的顺序进行存储。在一个示例中,HMVP候选存储在HMVP表400中的顺序可以对应于构建HMVP候选的时间。例如,当在诸如解码设备112的解码器中实现时,可以构建HMVP候选以包括解码的帧间编译码的块的运动信息。在一些示例中,来自HMVP表400的一个或多个HMVP候选可以包括可以用于要解码的当前块的运动矢量预测的运动矢量预测子。在一些示例中,一个或多个HMVP候选可以包括一个或多个这种先前解码的块,这些块可以以FIFO方式按照被解码的时间顺序存储在HMVP表400的一个或多个条目中。

[0113] HMVP候选索引402被示出与HMVP表400相关联。HMVP候选索引402可以识别HMVP表400的一个或多个条目。根据说明性示例,HMVP候选索引402被示出为包括索引值0到4,其中HMVP候选索引402的每个索引值与相应的条目相关联。HMVP表400可以包括比在其他示例中参考图4示出和描述的条目更多或更少的条目。当构建HMVP候选时,它们以FIFO方式填充到HMVP表400中。例如,当HMVP候选被解码时,它们在一端被插入到HMVP表400中,并且被顺序地移动通过HMVP表400的条目,直到它们从另一端离开HMVP表400为止。因此,可以在一些示例中使用诸如移位寄存器的存储器结构来实现HMVP表400。在一个示例中,索引值0可以指向HMVP表400的第一条目,其中第一条目可以对应于HMVP表400的插入HMVP候选的第一端。

相应地,索引值4可以指向HMVP表400的第二条目,其中第二条目可以对应于HMVP表400的第二端,HMVP候选从该第二端离开或者从HMVP表400中清空。因此,在索引值0处的第一条目处插入的HMVP候选可以遍历HMVP表400,以为较新的或较近解码的HMVP候选腾出空间,直到该HMVP候选到达索引值4处的第二条目为止。因此,在任何给定时间出现在HMVP表400中的HMVP候选中,索引值4处的第二条目中的HMVP候选可以是最旧的或最早的,而索引值0处的第一条目中的HMVP候选可以是最新的或最近的。通常,第二条目中的HMVP候选可以是比第一条目中的HMVP候选较旧的或较早构建的HMVP候选。

[0114] 在图4中,HMVP表400的不同状态用附图标记400A、400B和400C识别。参照状态400A,HMVP候选HMVP0到HMVP4被示出以各自的索引值4到0存在于HMVP表400的条目中。例如,HMVP0可以是在索引值0处的第一条目处插入到HMVP表400中的最旧或最早的HMVP候选。HMVP0可以顺序地移位,以为较早插入的和较新的HMVP候选HMVP1到HMVP4腾出空间,直到HMVP0到达状态400A中所示的索引值4处的第二条目。相应地,HMVP4可以是要在索引值0处的第一条目中插入的最近的HMVP候选。因此,HMVP0是HMVP表400中相对于HMVP4的较旧或较早的HMVP候选。

[0115] 在一些示例中,HMVP候选HMVP0到HMVP4中的一个或多个可以包括可以是冗余的运动矢量信息。例如,冗余HMVP候选可以包括与存储在HMVP表400中的一个或多个其它HMVP候选中的运动矢量信息相同的运动矢量信息。由于可以从一个或多个其它HMVP候选获得冗余HMVP候选的运动矢量信息,因此可以避免在HMVP表400中存储冗余HMVP候选。通过避免将冗余HMVP候选存储在HMVP表400中,可以更有效地利用HMVP表400的资源。在一些示例中,在HMVP表400中存储HMVP候选之前,可以执行冗余检查以确定HMVP候选是否冗余(例如,可以将HMVP候选的运动矢量信息与已经存储的其它HMVP候选的运动矢量信息进行比较以确定是否存在匹配)。

[0116] 在一些示例中,HMVP表400的状态400B是上述冗余检查的概念性说明。在一些示例中,当HMVP候选被解码时,可以在HMVP表400中填充它们,并且可以周期性地执行冗余检查,而不是在存储HMVP候选之前作为阈值测试执行。例如,如状态400B所示,HMVP候选HMVP1和HMVP3可以被识别为冗余候选(即,它们的运动信息与HMVP表400中的其它HMVP候选中的一个的运动信息相同)。可以移除冗余HMVP候选HMVP1和HMVP3,并且可以相应地移动剩余的HMVP候选。

[0117] 例如,如状态400C所示,HMVP候选HMVP2和HMVP4被移向对应于较旧条目的较高索引值,而已经在HMVP表400的第二端的第二条目中的HMVP0未被示出进一步移动。在一些示例中,移动HMVP候选HMVP2和HMVP4可以为较新的HMVP候选释放HMVP表400中的空间。因此,新的HMVP候选HMVP5和HMVP6被示为移动到HMVP表400中,其中HMVP6是最新的或包括最近解码的运动矢量信息,并且存储在索引值0处的第一条目中。

[0118] 在一些示例中,来自HMVP表400的一个或多个HMVP候选可用于构建可用于当前块的运动预测的其它候选列表。例如,可以将来自HMVP表400的一个或多个HMVP候选添加到合并候选列表中,例如,作为附加合并候选。在一些示例中,来自同一HMVP表400或另一种HMVP表的一个或多个HMVP候选可以例如作为附加的AMVP预测子添加到高级运动矢量预测(AMVP)候选列表中。

[0119] 例如,在合并候选列表构建过程中,可以将存储在HMVP表400的条目中的部分或全

部HMVP候选插入合并候选列表中。在一些示例中,在合并候选列表中插入HMVP候选可以包括在合并候选列表中的时间运动矢量预测子(TMVP)候选之后插入HMVP候选。如先前参考图3A和图3B所讨论的, TMVP候选, 如果被启用并且可用, 则可以在空间运动矢量候选之后被添加到MV候选列表中。

[0120] 在一些示例中, 在构建合并候选列表时, 可以对HMVP候选应用上述修剪过程。例如, 一旦合并候选列表中的合并候选总数达到允许的最大合并候选数目, 则可以终止合并候选列表构建过程, 并且不能将更多HMVP候选插入合并候选列表中。合并候选列表中允许的最大合并候选数目可以是预定数目, 或者可以是例如从编码器信令通知到解码器(在该解码器处可以构建合并候选列表)的数目。

[0121] 在构建合并候选列表的一些示例中, 可以在合并候选列表中插入一个或多个其它候选。在一些示例中, 可以利用可能与当前块不邻近的先前编译码的块的运动信息来进行更有效的运动矢量预测。例如, 非邻近空间合并候选可用于构建合并候选列表。在一些示例中, 可以在合并候选列表中的TMVP候选之前插入非邻近空间合并候选。在一些示例中, 可以在相同的合并候选列表中的TMVP候选之前插入非邻近空间合并候选, 该相同的合并候选列表可以包括在TMVP候选之后插入的一个或多个HMVP候选。下面将参考图5描述识别和获取可以插入到合并候选列表中的一个或多个非邻近空间合并候选。

[0122] 图5是示出了包括要编译码的当前块502的图片或条带500的框图。在一些示例中, 可以构建合并候选列表以用于对当前块502进行编译码。例如, 可以从合并候选列表中的一个或多个合并候选中获得当前块的运动矢量。合并候选列表可以包括确定非邻近空间合并候选。例如, 非邻近空间合并候选可以包括从相对于当前块502的两个非邻近相邻位置导出的新的空间候选。

[0123] 示出了当前块502的几个邻近或相邻块, 包括左上侧块 B_2 510(当前块502的左上侧)、上侧块 B_1 512(当前块502的上侧)、右上侧块 B_0 514(当前块502的右上侧), 左侧块 A_1 516(当前块502的左侧)和左下侧块 A_0 518(当前块502的左下侧)。在一些示例中, 可以从当前块的上侧和/或左上侧最近的非邻近块中的一个获得非邻近空间合并候选。

[0124] 在一些示例中, 获得当前块502的非邻近空间合并候选可以包括在垂直方向(在当前块502的上侧)和/或水平方向(在当前块502的左侧)上追溯(trace)先前解码的块。垂直回溯(traced back)距离504表示相对于当前块502(例如, 当前块502的上边界)和垂直非邻近块 V_N 520的垂直距离。水平回溯距离506表示相对于当前块502(例如, 当前块502的左边界)和水平非邻近块 H_N 522的水平距离。垂直回溯距离504和水平回溯距离506被限制到等于一个编译码树单元(CTU)的尺寸的最大距离。

[0125] 可以通过分别在垂直方向和水平方向上追溯先前解码的块来识别诸如垂直非邻近块 V_N 520和水平非邻近块 H_N 522的非邻近空间合并候选。例如, 获取垂直非邻近块 V_N 520可以包括垂直逆追溯过程, 以确定在垂直回溯距离504内是否存在帧间编译码的块(被限制到一个CTU的最大尺寸)。如果存在这种块, 则将其识别为垂直非邻近块 V_N 520。在一些示例中, 可以在垂直逆追溯过程之后执行水平逆追溯过程。水平逆追溯过程可以包括确定在水平回溯距离506内是否存在帧间编译码的块(被限制到一个CTU的最大尺寸), 并且如果找到这种块, 则将其识别为水平非邻近块 H_N 522。

[0126] 在一些示例中, 可以获取一个或多个垂直非邻近块 V_N 520和水平非邻近块 H_N 522

以用作非邻近空间合并候选。如果在垂直逆追溯过程中识别垂直非邻近块 V_N 520,则获取过程可以包括获取垂直非邻近块 V_N 520。然后,获取过程可以继续水平逆追溯过程。如果垂直非邻近块 V_N 520在垂直逆追溯过程中未被识别,则当遇到帧间编译码的块或水平回溯距离506超过最大距离时,可以终止水平逆追溯过程。如果识别并获取到垂直非邻近块 V_N 520,则当遇到包含与垂直非邻近块 V_N 520中包含的MV不同的MV的帧间编译码的块时,或者如果水平回溯距离506超过最大距离时,则终止水平逆追溯过程。如上所述,在合并候选列表中,在TMVP候选之前添加获取的非邻近空间合并候选(例如垂直非邻近块 V_N 520和水平非邻近块 H_N 522)中的一个或多个。

[0127] 回到图4,在一些情况下,HMVP候选还可以用于构建AMVP候选列表。在AMVP候选列表构建过程中,可以将存储在同一HMVP表400(或与用于合并候选列表构建的HMVP表不同的HMVP表)的条目中的部分或全部HMVP候选插入AMVP候选列表中。在一些示例中,在AMVP候选列表中插入HMVP候选可以包括在AMVP候选列表中的TMVP候选之后插入HMVP候选的条目集合(例如,k个最近的或最早的条目)。在一些示例中,在构建AMVP候选列表时,可以对HMVP候选应用上述修剪过程。在一些示例中,只有那些具有与AMVP目标参考图片相同的参考图片的HMVP候选可以用于构建AMVP候选列表。

[0128] 因此,基于历史的运动矢量预测子(HMVP)预测模式可以涉及使用基于历史的查找表,例如包括一个或多个HMVP候选的HMVP表400。HMVP候选可用于帧间预测模式,例如合并模式和AMVP模式。在一些示例中,不同的帧间预测模式可以使用不同的方法从HMVP表400中选择HMVP候选。

[0129] 本文描述了与视频编解码器中的帧间预测有关的系统、装置、方法(也称为过程)和计算机可读介质。例如,如本文更详细地描述的,本文描述的技术与解码器侧运动矢量细化(Decoder-side Motion Vector Refinement,DMVR)有关。在一些情况下,该技术可以由编码设备104、解码设备112或其组合中的一个或多个来执行。在一些示例中,该技术可以应用于任何现有视频编解码器,例如HEVC(高效视频编译码)和VVC(通用视频编译码),或者可以是任何未来视频编译码标准中的有效编译码工具。

[0130] 在一些示例中,所公开的技术还可以用于帧内块复制(IBC)预测。在IBC预测或IBC模式中,帧内先前编码的块可用作当前块的预测子。在一些示例中,可以从HMVP表获得先前编码的块。在一些示例中,IBC预测可以利用图像帧或图片中的冗余并执行块匹配以预测样点块(例如,CU、PU或其他编译码的块)作为来自图像帧的相邻区域中的重构样点块的位移。通过去除内容的重复模式中的冗余,IBC预测可以提高编译码效率。

[0131] 在一些示例中,在帧间预测或帧内块复制预测中,不同的帧间预测模式(例如,合并模式、AMVP模式和/或其他帧间预测模式)可以共享同一HMVP表。在一些情况下,不同的帧间预测模式可以使用相同或不同的方法来从HMVP表中选择候选。

[0132] 如前所述,HMVP候选可以以FIFO方式插入到HMVP表中。例如,在将较新或较近的HMVP候选插入HMVP表中之前,可以将较旧或较早的HMVP候选插入HMVP表中。HMVP表可以包括两个或更多个条目来存储两个或更多个HMVP候选,其中两个或更多个条目可以具有两个或更多个相关联的索引值。在一些示例中,索引值可以遵循索引顺序,该索引顺序可以是最低索引值(例如,“0”)到最高索引值(例如,“N-1”,其中HMVP表有N个条目)的升序。在FIFO实现的一些示例中,当较新或较近的HMVP候选被插入到HMVP表中时,HMVP候选可以从与较

低索引值相关联的条目移动到与较高索引值相关联的条目。因此,在任何时间点,具有较高索引值的HMVP表的条目可以包括比具有较低索引值的条目较旧或较早的HMVP候选。例如,与第二索引值相关联的第二条目可以包括较早的HMVP候选,并且与第一索引值相关联的第一条目可以包括较近的HMVP候选,其中第一索引值低于第二索引值。

[0133] 在一些示例中,针对不同预测模式从HMVP表中选择HMVP候选可以基于与HMVP候选相关联的选择顺序。在一些示例中,可以相对于索引值递增的索引顺序来定义选择顺序。在索引顺序中的索引值包括在索引值的升序中低于第二索引值的第一索引值的示例中,术语“前向顺序”可以包括选择顺序,在该选择顺序中,具有第一索引值的第一条目中的第一HMVP候选在具有第二索引值的第二条目中的第二HMVP候选之前被选择。相应地,术语“反向顺序”可以包括选择顺序,其中在该选择顺序中,具有第二索引值的第二条目中的第二HMVP候选在具有第一索引值的第一条目中的第一HMVP候选之前被选择。如前所述,与第二索引值相关联的第二条目可以包括较早的HMVP候选,并且与第一索引值相关联的第一条目可以包括较近的HMVP候选。应当理解,在本文讨论的示例中,前向顺序和反向顺序可以是不意味着传达任何绝对方向或固有限制的相对术语。

[0134] 在一些示例中,参考图4的HMVP表400(例如,在状态400A中),最旧或最早的HMVP候选(HMVP0)可以出现在与索引值0到4的集合中的最高索引值(4)相关联的第二条目处。最新的HMVP或最近的HMVP候选(HMVP4)可以出现在与索引值0到4的集合中的最低索引值(0)相关联的第一条目处。因此,前向顺序可以包括选择与从最低索引值开始并继续朝向最高索引值的索引值相关联的HMVP候选。例如,以前向顺序从HMVP表400中选择HMVP候选可以包括按以下顺序选择HMVP候选:第一条目(与最低索引值相关联)处的最近的HMVP候选在第二条目(与最高索引值相关联)处的最早的HMVP候选之前被选择。相应地,反向顺序可以包括选择与从最高索引值开始并继续朝向最低索引值的索引值相关联的HMVP候选。例如,以反向顺序从HMVP表400中选择HMVP候选可以包括按以下顺序选择HMVP候选:第二条目(与最高索引值相关联)处的最早的HMVP候选在第一条目(与最低索引值相关联)处的最近的HMVP候选之前被选择。在一些示例中,根据用于不同预测模式的不同方法选择HMVP候选可以包括根据从前向顺序或反向顺序中选择的不同顺序选择HMVP候选。

[0135] 在一些示例中,根据用于不同预测模式的不同方法选择HMVP候选还可以包括根据不同的“子采样率”从HMVP表中选择HMVP候选。在本公开中,基于子采样率从HMVP表中选择HMVP候选是指从其索引可以相隔一定间隔的HMVP表的条目中以前向顺序或反向顺序选择HMVP候选。例如,子采样率“1”可能意味着从与顺序索引位置相关联的条目中选择HMVP候选。例如,以子采样率“1”选择的HMVP候选可以包括从HMVP表的条目中选择的HMVP候选,该HMVP表的条目的索引值之间没有间隙(以前向顺序或反向顺序)。类似地,R的子采样率(其中R是正整数)可以包括从HMVP表的条目中选择HMVP候选,对于所选择的连续HMVP候选,其索引值由R分隔(以前向顺序或反向顺序)。虽然本文以规则的间隔或间隙或恒定的子采样率详细讨论了子采样,但是可以具有可变的子采样率,其中间隔或间隙可以在所选择的HMVP候选的索引值之间改变。

[0136] 如前所述,合并候选列表和AMVP候选列表可以从相同的HMVP表或从不同的HMVP表构建。此外,构建合并候选列表和AMVP候选列表可以包括相同的方法或不同的方法,其中不同的方法可以涉及不同的选择顺序和/或不同的子采样率。

[0137] 在一些示例中,合并候选列表中的合并候选可以使用与从为构建合并候选列表而选择的HMVP候选中获得的运动矢量相同的运动矢量。例如,在合并模式中,运动矢量预测可以包括从时间上同位的候选继承运动信息。在一些示例中,包括在最近的HMVP候选中的运动矢量预测子可以与当前块具有更强的相关性,当前块的运动矢量正被导出用于在合并模式下的帧间预测。因此,在一些示例中,合并候选列表构建可以遵循选择HMVP候选的前向顺序,其中较近的HMVP候选在较早的HMVP候选之前被选择。

[0138] 在一些示例中,AMVP候选列表中的AMVP候选的运动矢量可以从HMVP候选中包括的运动矢量来预测。在一些示例中,HMVP表中的最近的HMVP候选与使用AMVP模式进行预测的当前块的相关性可能小于较早的HMVP候选与该当前块的相关性。例如,在VVC中,针对AMVP使用HMVP表中的较早的候选可以导致更准确的预测。例如,较旧的HMVP候选可以包括在AMVP模式下预测当前块的运动矢量更加有用的运动矢量。在一些示例中,使用较早或较旧的HMVP候选来进行AMVP模式预测可提高编译码效率。因此,在一些示例中,AMVP候选列表构建可以遵循反向顺序,其中,较早的HMVP候选在较近的HMVP候选之前被选择。

[0139] 现在将参考图6A、图6B、图7A和图7B来描述上述技术的不同示例。在这些例子中,描述了不同的帧间预测模式,它们可以共享同一HMVP表,但是使用不同的选择方法从表中选择候选。在下面的说明性示例中,HMVP表的大小可以表示为N,子采样率可以表示为R,并且index_start可以表示HMVP表中的初始索引值,从该初始索引值开始候选选择可以以前向顺序或反向顺序之一开始。任何合适的值都可以分配给参数index_start、N、和R。

[0140] 图6A和图6B是示出了根据本公开的示例性方面的HMVP表600的框图。HMVP表600示出了16个条目,它们的索引值范围从0到15。例如,可以使用上述符号将HMVP表600的大小表示为 $N=16$ 。HMVP表600的条目包括类似于参考图4描述的HMVP表400的HMVP候选的HMVP候选。在HMVP表600中,示出了16个HMVP候选HMVP0到HMVP15,它们可能已经以FIFO方式填充,其中HMVP0是索引值为15的第二条目处最旧或最早的候选,HMVP15是索引值为0的第一条目处最新或最近的候选。如上所述,选择HMVP候选的前向顺序可以包括其中第一条目将在第二条目之前被选择的方向(即使基于index_start和子采样率,第一条目或第二条目本身中的一个或多个可能未被选择)。类似地,选择HMVP候选的反向顺序可以包括第二条目将在第一条目之前被选择的方向(即使基于index_start和子采样率,第一条目或第二条目本身中的一个或多个可能未被选择)。

[0141] 在图6A中,示出了用于通过以前向顺序从HMVP表600中选择HMVP候选来构建合并候选列表602的说明性示例。在图6B中,示出了通过以反向顺序从HMVP表600中选择HMVP候选来构建合并候选列表604的说明性示例。应当理解,合并候选列表602和604除了从HMVP表600获得的合并候选之外,还可以包括一个或多个合并候选,尽管未示出它们。例如,合并候选列表602和/或合并候选列表604还可以包括时间运动矢量预测子(TMVP)候选和一个或多个非邻近空间合并候选,例如参考图5描述的垂直非邻近块 V_N 520和水平非邻近块 H_N 522。

[0142] 在图6A中,构建合并候选列表602可以包括使用参数 $\text{index_start}=3$ 、 $N=16$ 、 $R=4$,按前向顺序选择HMVP候选。在这种示例中,使用前向顺序从HMVP表600中选择候选,可以导致从集合 $\{3, 7, 11, 15\}$ 中的索引值中选择的候选形成合并候选列表602。例如,index_start值为3指示合并候选列表602中的第一合并候选是从HMVP表600中与索引值3相关联的条目获得的HMVP12。由于子采样率为 $R=4$,因此以在所选择的连续HMVP候选之间具有4个索

引值的间隙的方式来选择HMVP候选。因此,合并候选列表602中的下一个合并候选是从与HMVP表600中的索引值7相关联的条目获得的HMVP8。类似地,合并候选列表602中的下两个合并候选分别是与HMVP表600中的索引值11和15相关联的条目中获得的HMVP4和HMVP0。

[0143] 在图6B中,构建合并候选列表604可以包括使用参数 $\text{index_start}=13$ 、 $N=16$ 、 $R=4$,以反向顺序选择HMVP候选。在这样的示例中,使用反向顺序从HMVP表600中选择候选,可以导致从集合 $\{13, 9, 5, 1\}$ 中的索引值中选择的候选形成合并候选列表604。例如,使用上述选择过程形成的合并候选列表604可以包括分别从HMVP表600的条目以索引值13、9、5和1获得的HMVP候选HMVP2、HMVP6、HMVP10和HMVP14。

[0144] 图7A和图7B是示出了根据本公开的示例性方面的HMVP表700的框图。HMVP表700显示有16个条目,其索引值范围为0到15。例如,可以使用上述符号将HMVP表700的大小表示为 $N=16$ 。HMVP表700的条目包括类似于参考图4描述的HMVP表400的HMVP候选的HMVP候选。在HMVP表700中,示出了16个HMVP候选HMVP0到HMVP15,它们可能已经以FIFO方式填充,其中HMVP0是索引值为15的第二条目处的最旧或最早的候选,HMVP15是索引值为0的第一条目处的最新或最近的候选。如上所述,选择HMVP候选的前向顺序可以包括第一条目将在第二条目之前被选择的方向(即使基于 index_start 和子采样率,第一条目或第二条目本身中的一个或多个可能未被选择)。类似地,选择HMVP候选的反向顺序可以包括第二条目将在第一条目之前被选择的方向(即使基于 index_start 和子采样率,第一条目或第二条目本身中的一个或多个可能未被选择)。

[0145] 在图7A中,示出了用于通过以前向顺序从HMVP表700中选择HMVP候选来构建AMVP候选列表702的说明性示例。在图7B中,示出了用于通过以反向顺序从HMVP表700中选择HMVP候选来构建AMVP候选列表704的说明性示例。在图7A和7B中,用于AMVP模式的 index_start 、 N 和 R 的值可以与参考图6A和6B描述的用于合并模式的值相同(或不同)。

[0146] 例如,在图7A中,构建AMVP候选列表702可以包括使用参数 $\text{index_start}=1$ 、 $N=16$ 、 $R=4$,按前向顺序选择HMVP候选。在这样的示例中,使用前向顺序从HMVP表700中选择候选,可以导致从集合 $\{1, 5, 9, 13\}$ 中的索引值中选择的候选形成AMVP候选列表702。例如, index_start 值为1指示AMVP候选列表702中的第一AMVP候选是从与HMVP表700中的索引值1相关联的条目获得的HMVP14。由于子采样率为 $R=4$,因此以在所选择的连续HMVP候选之间具有4个索引值的间隙的方式来选择HMVP候选。因此,AMVP候选列表702中的下一AMVP候选是从与HMVP表700中的索引值5相关联的条目获得的HMVP10。类似地,AMVP候选列表702中的下两个AMVP候选是分别从与HMVP表700中的索引值9和13相关联的条目获得的HMVP6和HMVP2。

[0147] 在图7B中,构建AMVP候选列表704可以包括使用参数 $\text{index_start}=15$ 、 $N=16$ 、 $R=1$,以反向顺序选择HMVP候选。如前所述, $R=1$ 可以被称为子采样率为1,这实际上意味着不应用子采样。在这样的示例中,使用反向顺序从HMVP表700中选择候选,可以导致从集合 $\{15, 14, 13, 12\}$ 中的索引值中选择的候选形成AMVP候选列表704。例如,使用上述选择过程形成的AMVP候选列表704可以包括分别从HMVP表700的条目以索引值15、14、13和12获得的HMVP候选HMVP0、HMVP1、HMVP2和HMVP3。

[0148] 因此,在一些示例中,不同的帧间预测模式可以包括从HMVP表中选择候选的不同方法。例如,图6A的合并候选列表602可以通过以子采样率 $R=4$,以前向顺序从HMVP表600中

选择HMVP候选来构建,并且AMVP候选列表704可以通过以子采样率 $R=1$,以反向顺序从HMVP表700中选择HMVP候选来构建。一般来说,按前向顺序选择候选会导致从HMVP表中从其索引值属于集合 $\{\text{index_start}, \text{index_start}+R, \text{index_start}+2R, \dots\}$ 的条目中选择HMVP候选,以反向顺序选择候选可以导致从HMVP表中从其索引值属于集合 $\{N-\text{index_start}, N-\text{index_start}-R, N-\text{index_start}-2R, \dots\}$ 的条目中选择HMVP候选。

[0149] 在一些示例中,不同的帧间预测模式可以使用不同的HMVP表。例如,在合并模式中,单个HMVP表(例如,HMVP表600)可用于构建合并候选列表,其中HMVP表600中的候选包括先前编译码的帧间预测的CU的运动信息。例如,如果使用双向预测来预测先前编译码的帧间预测的CU,则HMVP表600中的HMVP候选可以包括两个预测方向上的运动信息。

[0150] 在另一说明性示例中,在双向预测的AMVP模式中,可以使用两个HMVP表来获得每个方向的运动信息。例如,可以构建一个AMVP候选列表以包括列表0的运动信息,并且可以构建另一个AMVP候选列表以包括列表1的运动信息。

[0151] 图8是示出了用于使用本文描述的基于历史的运动矢量预测技术来处理视频数据的过程800的示例的流程图。过程800可以由视频解码器执行,例如图1和/或图10的解码设备112。在一些情况下,当过程800由视频解码器执行时,视频数据可以包括要从编码的视频比特流解码的图片或图片的一部分(例如,一个或多个块)。

[0152] 在框802,过程800包括获得视频数据的一个或多个块。视频数据块可以包括CU、TU、PU或其他视频数据块。例如,视频数据可以包括基于块的视频数据,其中使用存储在基于历史的运动矢量表中的运动矢量相对于其他块对视频块进行编译码。

[0153] 在框804,过程800包括用两个或更多个HMVP候选填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表,其中,与第一索引值相关联的HMVP表的第一条目包括第一HMVP候选,与第二索引值相关联的HMVP表的第二条目包括第二HMVP候选,第一索引值按索引顺序低于第二索引值。例如,过程800可以用两个或更多个HMVP候选(例如HMVP候选HMVP0到HMVP15)填充基于历史的运动矢量预测子(HMVP)表700。例如,与第一索引值(0)相关联的HMVP表的第一条目可以包括第一HMVP候选HMVP15,与第二索引值(15)相关联的HMVP表的第二条目可以包括第二HMVP候选HMVP0,其中,索引中的第一索引值0按索引顺序小于第二索引值15。在一些示例中,第一HMVP候选HMVP15可以是HMVP表700中最近的HMVP候选,并且包括在第一时间解码的运动信息,并且第二HMVP候选HMVP0可以是HMVP表700中最早的HMVP候选,并且包括在第二时间解码的运动信息,其中第一时间在时间上晚于第二时间。

[0154] 在框806,过程800包括:针对高级运动矢量预测(AMVP)候选列表、以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选,其中根据反向顺序,第二HMVP候选在第一HMVP候选之前被选择。例如,过程800可以如图7B所示的反向顺序,针对AMVP候选列表704、从HMVP表700中选择一个或多个HMVP候选HMVP0到HMVP3。在这样的示例中,根据反向顺序,第二HMVP候选HMVP0将在第一HMVP候选HMVP15之前被选择(尽管在图7B的AMVP候选列表704中仅示出HMVP0到HMVP3)。

[0155] 在框808,过程800包括将所选择的一个或多个HMVP候选添加到AMVP候选列表,AMVP候选列表用于对一个或多个块执行AMVP。例如,过程800可以将所选择的一个或多个HMVP候选HMVP0到HMVP3添加到AMVP候选列表704,AMVP候选列表704用于对视频数据的一个或多个块执行AMVP。在一些示例中,一个或多个块可以包括要使用AMVP候选列表704的一个

或多个AMVP候选来预测的当前块。

[0156] 在一些示例中,针对AMVP候选列表704,以反向顺序从HMVP表中选择一个或多个HMVP候选可以包括从与连续索引值15到12相关联的HMVP表的连续条目中选择一个或多个HMVP候选HMVP0到HMVP3,而在选择期间不执行对条目的子采样。例如, $R=1$ 的子采样率可以指示在选择期间不执行对条目的子采样。

[0157] 在一些示例中,还可以从用于构建AMVP候选列表的同一HMVP表或从不同的HMVP表构建合并候选列表。在一个示例中,图6A中所示的HMVP表600可以是与图7B中的HMVP表700相同的HMVP表。在一些示例中,可以通过按前向顺序从HMVP表600中选择一个或多个HMVP候选HMVP12、HMVP8、HMVP4和HMVP0来构建合并候选列表602。根据前向顺序,与第一索引值(0)相关联的HMVP表600的第一条目中的第一HMVP候选HMVP15可以在与第二索引值(15)相关联的HMVP表600的第二条目中的第二HMVP候选HMVP0之前被选择,即使HMVP候选HMVP15和HMVP0中的一个或多个实际上不需要被选择。在一些示例中,可以将所选择的一个或多个HMVP候选HMVP12、HMVP8、HMVP4和HMVP0添加到合并候选列表602,合并候选列表602用于对一个或多个块执行合并预测。在这种示例中,以前向顺序从HMVP表600选择一个或多个HMVP候选HMVP12、HMVP8、HMVP4和HMVP0可以包括使用子采样率 $R=4$ 对条目进行子采样,其中基于子采样率的分隔被维持在与从中选择连续的HMVP候选的条目相关联的索引值{3、7、11、15}之间。

[0158] 在一些示例中,可以在编码器侧和解码器侧二者中预定义HMVP表的大小(N)、子采样率(R)、初始位置(index_start)、HMVP表的数目和/或选择方法,或者可以设置为在序列级(例如,SPS或其它序列级信令)、图片级(例如,PPS或其它图片级信令)、条带级(例如,条带标头或其它条带级信令)、块级或其它合适的信令从编码器信令通知到解码器的一个或多个值。在一些示例中,不同参数的一个或多个值可以在序列参数集合(SPS)、图片参数集合(PPS)、条带标头(SH)、编译码树单元(CTU)或编译码单元(CU)中进行信令通知。

[0159] 在一些示例中,本文描述的过程可以由计算设备或装置(例如编码设备104、解码设备112和/或任何其他计算设备)来执行。在一些情况下,计算设备或装置可以包括处理器、微处理器、微型计算机或被配置为执行本文所述的处理步骤的设备的其他组件。在一些示例中,计算设备或装置可以包括被配置成捕获包括视频帧的视频数据(例如,视频序列)的相机。例如,计算设备可以包括相机设备,相机设备可以包括也可以不包括视频编解码器。作为另一示例,计算设备可以包括具有相机的移动设备(例如,诸如数字相机、IP相机等的相机设备、包括相机的移动电话或平板电脑、或具有相机的其他类型的设备)。在某些情况下,计算设备可以包括用于显示图像的显示器。在一些示例中,捕获视频数据的照相机或其他捕获设备与计算设备分离,在这种情况下,计算设备接收捕获的视频数据。计算设备还可以包括配置成传送视频数据的网络接口、收发器和/或发送器。网络接口、收发器和/或发送器可被配置成传送基于因特网协议(IP)的数据或其它网络数据。

[0160] 本文所描述的过程可以在硬件、计算机指令或其组合中实现。在计算机指令的上下文中,操作表示存储在一个或多个计算机可读存储介质上的计算机可执行指令,所述计算机可执行指令在由一个或多个处理器执行时执行所述操作。通常,计算机可执行指令包括执行特定功能或实现特定数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等。描述操作的顺序不打算被解释为限制,并且任何数量的所描述的操作可以以任何顺序和/或并行地组合

以实现过程。

[0161] 另外,本文描述的过程可以在配置有可执行指令的一个或多个计算机系统的控制下执行,并且可以通过硬件实现为在一个或多个处理器上集体执行的代码(例如,可执行指令、一个或多个计算机程序或一个或多个应用程序),或其组合。如上所述,代码可以例如以包括可由一个或多个处理器执行的多个指令的计算机程序的形式存储在计算机可读或机器可读存储介质上。计算机可读或机器可读存储介质可以是非暂时的。

[0162] 本文讨论的编译码技术可以在示例性视频编码和解码系统(例如,系统100)中实现。在一些示例中,系统包括提供编码的视频数据的源设备,该编码的视频数据将在稍后由目标设备解码。具体地,源设备经由计算机可读介质向目标设备提供视频数据。源设备和目标设备可以包括多种设备中的任何一种,包括台式计算机、笔记本(即,膝上型)计算机、平板计算机、机顶盒、诸如所谓的“智能”电话的电话手持机、所谓的“智能”平板、电视、照相机、显示设备、数字媒体播放器,视频游戏机、视频流设备等。在一些情况下,源设备和目标设备可以被装备用于无线通信。

[0163] 目标设备可以接收经由计算机可读介质接收编码的视频数据。计算机可读介质可以包括能够将编码的视频数据从源设备移动到目标设备的任何类型的介质或设备。在一个示例中,计算机可读介质可以包括通信介质,以使得源设备能够实时地将编码的视频数据直接发送到目标设备。编码的视频数据可以根据诸如无线通信协议之类的通信标准进行调制,并发送到目标设备。通信介质可以包括任何无线或有线通信介质,例如射频(RF)频谱或一条或多条物理传输线。通信介质可以形成基于分组的网络的一部分,例如局域网、广域网或诸如因特网的全球网络。通信介质可包括路由器、交换机、基站或可用于促进从源设备到目标设备的通信的任何其它设备。

[0164] 在一些示例中,编码的数据可以从输出接口输出到存储设备。类似地,编码的数据可以通过输入接口从存储设备访问。存储设备可以包括各种分布式或本地接入的数据存储介质中的任何一种,例如硬盘驱动器、蓝光光盘、DVD、CD-ROM、闪存、易失性或非易失性存储器,或者用于存储编码的视频数据的任何其他合适的数字存储介质。在另一示例中,存储设备可对应于文件服务器或可存储由源设备生成的编码的视频的另一中间存储设备。目标设备可以通过流式传输或下载从存储设备访问存储的视频数据。文件服务器可以是能够存储编码的视频数据并将该编码的视频数据发送到目标设备的任何类型的服务器。示例文件服务器包括web服务器(例如,用于网站)、FTP服务器、网络连接存储(NAS)设备或本地磁盘驱动器。目标设备可以通过包括因特网连接的任何标准数据连接来访问编码的视频数据。这可包括无线信道(例如,Wi-Fi连接)、有线连接(例如,DSL、电缆调制解调器等)或两者的组合,其适于访问存储在文件服务器上的编码的视频数据。来自存储设备的编码的视频数据的传输可以是流式传输、下载传输或其组合。

[0165] 本公开的技术不一定限于无线应用或设置。这些技术可应用于支持各种多媒体应用中的任何一种的视频编译码,例如空中电视广播、有线电视传输、卫星电视传输、因特网流视频传输,例如HTTP上的动态自适应流(DASH),编码到数据存储介质上的数字视频、对存储在数据存储介质上的数字视频的解码或其它应用。在一些示例中,系统可被配置为支持单向或双向视频传输以支持诸如视频流式传输、视频回放、视频广播和/或视频电话的应用。

[0166] 在一个示例中,源设备包括视频源、视频编码器和输出接口。目标设备可以包括输入接口、视频解码器和显示设备。源设备的视频编码器可以被配置为应用本文公开的技术。在其它示例中,源设备和目标设备可以包括其它组件或布置。例如,源设备可以从外部视频源(例如外部照相机)接收视频数据。同样,目标设备可以与外部显示设备接口,而不包括集成显示设备。

[0167] 上面的示例系统只是一个示例。用于并行处理视频数据的技术可以由任何数字视频编码和/或解码设备来执行。尽管本公开的技术通常由视频编码设备执行,但是这些技术也可以由视频编码器/解码器执行,通常称为“CODEC”。此外,本公开的技术也可以由视频预处理器执行。源设备和目标设备仅仅是这样的编译码设备的示例,其中源设备生成编码的视频数据以传输到目标设备。在一些示例中,源设备和目标设备可以以基本对称的方式操作,使得每个设备包括视频编码和解码组件。因此,示例系统可支持视频设备之间的单向或双向视频传输,例如,用于视频流式传输、视频回放、视频广播或视频电话。

[0168] 视频源可以包括视频捕获设备,例如摄像机、包含先前捕获的视频的视频存档和/或从视频内容提供商接收视频的视频馈送接口。作为另一替代方案,视频源可以生成基于计算机图形的数据作为源视频,或者生成实时视频、存档视频和计算机生成视频的组合。在某些情况下,如果视频源是摄像机,则源设备和目标设备可以形成所谓的摄像电话或摄像电话。然而,如上所述,本公开中描述的技术可以一般地适用于视频编译码,并且可以应用于无线和/或有线应用。在每种情况下,捕获的、预捕获的或计算机生成的视频可以由视频编码器编码。编码的视频信息然后通过输出接口输出到计算机可读介质上。

[0169] 如上所述,计算机可读介质可以包括诸如无线广播或有线网络传输的瞬时介质,或者诸如硬盘、闪存驱动器、光盘、数字视频盘、蓝光盘或其他计算机可读介质的存储介质(即,非瞬时存储介质)。在一些示例中,网络服务器(未示出)可以例如经由网络传输从源设备接收编码的视频数据并将编码的视频数据提供给目标设备。类似地,诸如盘冲压设备之类的媒体生产设备的计算设备可以从源设备接收编码的视频数据,并产生包含编码的视频数据的光盘。因此,在各种示例中,计算机可读介质可以理解为包括一个或多个各种形式的计算机可读介质。

[0170] 目标设备的输入接口从计算机可读介质接收信息。计算机可读介质的信息可以包括由视频编码器定义的语法信息,该语法信息也由视频解码器使用,其包括描述块和其他编译码单元(例如,图片组(GOP))的特性和/或处理的语法元素。显示设备向用户显示解码的视频数据,并且可以包括各种显示设备中的任何一种,例如阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、等离子显示器、有机发光二极管(OLED)显示器或另一类型的显示设备。已经描述了本申请的各种实施例。

[0171] 编码设备104和解码设备112的具体细节分别示于图9和图10中。图9是示出可以实现本公开中描述的一种或多种技术中的示例编码设备104的框图。编码设备104可以例如图9所示的语法结构(例如,VPS、SPS、PPS或其他语法元素的语法结构)。编码设备104可以对视频条带内的视频块执行帧内预测和帧间预测编译码。如上所述,帧内编译码至少部分地依赖于空间预测来减少或移除给定视频帧或图片内的空间冗余。帧间编译码至少部分地依赖于时间预测来减少或移除视频序列的相邻或周围帧内的时间冗余。帧内模式(I模式)可指几种基于空间的压缩模式中的任意一种。诸如单向预测(P模式)或双向预测(B模

式)的帧间模式可指几种基于时间的压缩模式中的任一种。

[0172] 编码设备104包括分割单元35、预测处理单元41、滤波器单元63、图片存储器64、加法器50、变换处理单元52、量化单元54和熵编码单元56。预测处理单元41包括运动估计单元42、运动补偿单元44和帧内预测处理单元46。对于视频块重建,编码设备104还包括逆量化单元58、逆变换处理单元60和加法器62。滤波器单元63旨在表示一个或多个环路滤波器,例如去块滤波器、自适应环路滤波器(ALF)和采样自适应偏移(SAO)滤波器。尽管滤波器单元63在图9中示出为环路内滤波器,但是在其他配置中,滤波器单元63可以实现为后环路滤波器。后处理设备57可以对编码设备104生成的编码的视频数据执行附加处理。本公开的技术在一些情况下可以由编码设备104实现。然而,在其它实例中,本公开的一种或多种技术可由后处理装置57实现。

[0173] 如图9所示,编码设备104接收视频数据,分割单元35将数据分割成视频块。分割还可以包括分割成条带、条带分段、图块(tile)或其他较大单元,以及例如根据LCU和CU的四叉树结构的视频块分割。编码设备104通常示出对要编码的视频条带内的视频块进行编码的组件。该条带可以被划分为多个视频块(并且可能被划分为称为图块的视频块集合)。预测处理单元41可以基于错误结果(例如,编译码率和失真水平等)为当前视频块选择多个可能的编译码模式中的一个,例如多个帧内预测编译码模式中的一个或多个帧间预测编译码模式中的一个。预测处理单元41可以将得到的帧内或帧间编译码块提供给加法器50以生成残差块数据,并提供给加法器62以重构编码块以用作参考图片。

[0174] 预测处理单元41内的帧内预测处理单元46可以相对于与要编译码的当前块在同一帧或条带中的一个或多个相邻块来执行当前视频块的帧内预测编译码,以提供空间压缩。预测处理单元41内的运动估计单元42和运动补偿单元44执行当前视频块相对于一个或多个参考图片中的一个或多个预测块的帧间预测编译码,以提供时间压缩。

[0175] 运动估计单元42可以被配置成根据视频序列的预定模式来确定视频条带的帧间预测模式。预定模式可以将序列中的视频条带指定为P条带、B条带或GPB条带。运动估计单元42和运动补偿单元44可以高度集成,但是出于概念目的而分别示出。由运动估计单元42执行的运动估计是生成运动矢量的过程,其估计视频块的运动。例如,运动矢量可以指示当前视频帧或图片内的视频块的预测单元(PU)相对于参考图片内的预测块的位移。

[0176] 预测块是发现在像素差方面与要编译码的视频块的PU紧密匹配的块,像素差可以由绝对差之和(SAD)、平方差之和(SSD)或其他差度量来确定。在一些示例中,编码设备104可以计算存储在图片存储器64中的参考图片的亚整数像素位置的值。例如,编码设备104可以内插参考图片的四分之一像素位置、八分之一像素位置或其他分数像素位置的值。因此,运动估计单元42可以执行相对于全像素位置和分数像素位置的运动搜索,并输出具有分数像素精度的运动矢量。

[0177] 运动估计单元42通过将视频块的PU的位置与参考图片的预测块的位置进行比较,来计算帧间编译码条带中的视频块的PU的运动矢量。可以从第一参考图片列表(列表0)或第二参考图片列表(列表1)中选择参考图片,每个参考图片列表标识存储在图片存储器64中的一个或多个参考图片。运动估计单元42将计算出的运动矢量发送到熵编码单元56和运动补偿单元44。

[0178] 由运动补偿单元44执行的运动补偿可涉及基于由运动估计确定的运动矢量获取

或生成预测块,可能执行亚像素精度的插值。在接收到用于当前视频块的PU的运动矢量时,运动补偿单元44可以在参考图片列表中定位运动矢量指向的预测块。编码设备104通过从被编码的当前视频块的像素值减去预测块的像素值来形成残差视频块,形成像素差值。像素差值形成块的残差数据,并且可以包括亮度和色度差分量。加法器50表示执行该减法运算的一个或多个组件。运动补偿单元44还可以生成与视频块和视频条带相关联的语法元素,以供解码设备112在解码视频条带的视频块时使用。

[0179] 帧内预测处理单元46可以帧内预测当前块,作为由运动估计单元42和运动补偿单元44执行的帧间预测的替代,如上所述。具体地,帧内预测处理单元46可以确定用于编码当前块的帧内预测模式。在一些示例中,帧内预测处理单元46可以使用各种帧内预测模式(例如,在单独的编码过程中)对当前块进行编码,并且帧内预测单元46可以从测试模式中选择要使用的适当帧内预测模式。例如,帧内预测处理单元46可以使用针对各种测试的帧内预测模式的率失真分析来计算率失真值,并且可以在测试的模式中选择具有最佳率失真特性的帧内预测模式。率失真分析通常确定编码块和被编码以产生编码块的原始未编码块之间的失真量(或误差),以及用于产生编码块的比特率(即,比特数)。帧内预测处理单元46可以根据各种编码块的失真和速率来计算比率,以确定哪个帧内预测模式表现出该块的最佳率失真值。

[0180] 在任何情况下,在为块选择帧内预测模式之后,帧内预测处理单元46可以向熵编码单元56提供指示为块选择的帧内预测模式的信息。熵编码单元56可以对指示所选择的帧内预测模式的信息进行编码。编码设备104可以在发送的比特流配置数据中包括用于各种块的编码上下文的定义以及用于每个上下文的最可能帧内预测模式、帧内预测模式索引表和修改的帧内预测模式索引表的指示。比特流配置数据可以包括多个帧内预测模式索引表和多个修改的帧内预测模式索引表(也称为码字映射表)。

[0181] 在预测处理单元41经由帧间预测或帧内预测生成当前视频块的预测块之后,编码设备104通过从当前视频块减去预测块来形成残差视频块。残差块中的残差视频数据可以包括在一个或多个TU中并应用于变换处理单元52。变换处理单元52使用诸如离散余弦变换(DCT)或概念上类似的变换的变换将残差视频数据变换为残差变换系数。变换处理单元52可以将残差视频数据从像素域转换为变换域,例如频域。

[0182] 变换处理单元52可以将得到的变换系数发送到量化单元54。量化单元54量化变换系数以进一步降低比特率。量化处理可减少与部分或全部系数相关联的比特深度。可以通过调整量化参数来修改量化程度。在一些示例中,量化单元54然后可以执行包括量化的变换系数的矩阵的扫描。或者,熵编码单元56可以执行扫描。

[0183] 在量化之后,熵编码单元56对量化的变换系数进行熵编码。例如,熵编码单元56可以执行上下文自适应可变长度编译码(CAVLC)、上下文自适应二进制算术编译码(CABAC)、基于语法的上下文自适应二进制算术编译码(SBAC)、概率间隔划分熵(PIPE)编译码或另一熵编码技术。在由熵编码单元56进行熵编码之后,编码的比特流可以被发送到解码设备112,或者被存档以稍后发送或供解码设备112检索。熵编码单元56还可以对正在编译码的当前视频条带的运动矢量和其他语法元素进行熵编码。

[0184] 逆量化单元58和逆变换处理单元60分别应用逆量化和逆变换来重构像素域中的残差块,以供稍后用作参考图片的参考块。运动补偿单元44可以通过将残差块添加到参考

图片列表内的参考图片之一的预测块来计算参考块。运动补偿单元44还可以将一个或多个内插滤波器应用于重构的残差块,以计算用于运动估计的亚整数像素值。加法器62将重构的残差块添加到由运动补偿单元44产生的运动补偿预测块中,以产生用于存储在图片存储器64中的参考块。参考块可由运动估计单元42和运动补偿单元44用作参考块,以在随后的视频帧或图片中的块进行帧间预测。

[0185] 编码设备104可以执行本文所述的任何技术。本公开的一些技术通常已经关于编码设备104进行了描述,但是如上所述,本公开的一些技术也可以由后处理设备57实现。

[0186] 图9的编码设备104表示被配置为执行本文所述的变换编译码技术中的一个或多个的视频编码器的示例。编码设备104可以执行本文所述的任何技术,包括上文关于图8所述的处理。

[0187] 图10是示出示例解码设备112的框图。解码设备112包括熵解码单元80、预测处理单元81、逆量化单元86、逆变换处理单元88、加法器90、滤波器单元91和图片存储器92。预测处理单元81包括运动补偿单元82和帧内预测处理单元84。在一些示例中,解码设备112可以执行通常与关于图9中的编码设备104描述的编码过程相反的解码过程。

[0188] 在解码处理期间,解码设备112接收表示编码的视频条带的视频块和由编码设备104发送的相关语法元素的编码的视频比特流。在一些实施例中,解码设备112可以从编码设备104接收编码的视频比特流。在一些实施例中,解码设备112可以从网络实体79接收经编码的视频比特流,所述网络实体79例如服务器、媒体感知网络元件(MANE)、视频编辑器/拼接器,或者配置为实现上述技术中的一个或多个的其他此类设备。网络实体79可以包括也可以不包括编码设备104。本公开中描述的一些技术可以在网络实体79将编码的视频比特流发送到解码设备112之前由网络实体79实现。在一些视频解码系统中,网络实体79和解码设备112可以是独立设备的一部分,而在其他情况下,关于网络实体79描述的功能可以由包括解码设备112的相同设备执行。

[0189] 解码设备112的熵解码单元80对比特流进行熵解码以生成量化系数、运动矢量和其它语法元素。熵解码单元80将运动矢量和其他语法元素转发到预测处理单元81。解码设备112可以在视频条带级和/或视频块级接收语法元素。熵解码单元80可以处理和解析一个或多个参数集合(例如VPS、SPS和PPS)中的固定长度语法元素和可变长度语法元素。

[0190] 当视频条带被编译码为帧内编译码的(I)条带时,预测处理单元81的帧内预测处理单元84可以基于信令通知的帧内预测模式和来自当前帧或图片的先前解码块的数据来生成当前视频条带的视频块的预测数据。当视频帧被编译码为帧间编译码的(即,B、P或GPB)条带时,预测处理单元81的运动补偿单元82基于从熵解码单元80接收到的运动矢量和其它语法元素来产生用于当前视频条带的视频块的预测块。可以从参考图片列表中的参考图片之一生成预测块。解码设备112可以基于存储在图片存储器92中的参考图片使用默认构建技术来构建参考帧列表(列表0和列表1)。

[0191] 运动补偿单元82通过解析运动矢量和其他语法元素来确定当前视频条带的视频块的预测信息,并且使用预测信息来产生用于被解码的当前视频块的预测块。例如,运动补偿单元82可以使用参数集合中的一个或多个语法元素来确定用于编译码视频条带的视频块的预测模式(例如,帧内或帧间预测)、帧间预测条带类型(例如,B条带、P条带或GPB条带)、该条带的一个或多个参考图片列表的构建信息、该条带的每个帧间编码视频块的运动

矢量、该条带的每个帧间编译码的视频块的帧间预测状态,以及用于解码当前视频条带中的视频块的其他信息。

[0192] 运动补偿单元82还可以基于插值滤波器执行插值。运动补偿单元82可以使用编码设备104在视频块的编码期间使用的内插滤波器来计算参考块的亚整数像素的内插值。在这种情况下,运动补偿单元82可以从接收到的语法元素确定编码设备104使用的内插滤波器,并且可以使用该内插滤波器来产生预测块。

[0193] 逆量化单元86对在比特流中提供并由熵解码单元80解码的量化的变换系数进行逆量化或去量化。逆量化处理可以包括使用编码设备104为视频条带中的每个视频块计算的量化参数来确定量化程度,并且同样地,确定应该应用的逆量化程度。逆变换处理单元88对变换系数应用逆变换(例如,逆DCT或其他合适的逆变换)、逆整数变换或概念上类似的逆变换处理,以便在像素域中产生残差块。

[0194] 在运动补偿单元82基于运动矢量和其他语法元素生成当前视频块的预测块之后,解码设备112通过将来自逆变换处理单元88的残差块与由运动补偿单元82生成的相应预测块求和来形成解码的视频块。加法器90表示执行此求和操作的一个或多个组件。如果需要,环路滤波器(在编译码环路中或在编译码环路之后)也可用于平滑像素转换,或以其他方式改善视频质量。滤波器单元91旨在表示一个或多个环路滤波器,例如去块滤波器、自适应环路滤波器(ALF)和采样自适应偏移(SAO)滤波器。尽管滤波器单元91在图10中示出为环路内滤波器,但是在其他配置中,滤波器单元91可以实现为后环路滤波器。给定帧或图片中的解码的视频块随后存储在图片存储器92中,图片存储器92存储用于后续运动补偿的参考图片。图片存储器92还存储解码后的视频,以供之后在显示设备(例如图1所示的视频目标设备122)上呈现。

[0195] 图10的解码设备112表示被配置为执行本文所述的变换编译码技术中的一个或多个的视频解码器的示例。解码设备112可以执行本文所述的任何技术,包括上文关于图8所述的过程800。

[0196] 在前述描述中,参考本申请的具体实施例来描述本申请的各个方面,但是本领域技术人员将认识到本申请的主题不限于此。因此,虽然在此已经详细描述了本申请的说明性实施例,但是应当理解,本公开的概念可以以其他方式不同地体现和应用,并且所附权利要求旨在被解释为包括这些变化,除非受到现有技术的限制。可以单独或联合地使用上述主题的各种特征和方面。此外,在不脱离本说明书更广泛的精神和范围的情况下,实施例可以在本文所描述的那些环境 and 应用之外的任何数量的环境 and 应用中使用。因此,说明书和附图被认为是说明性的而不是限制性的。为了说明的目的,方法是按特定顺序描述的。应当理解,在替代实施例中,可以以与所描述的不同的顺序来执行这些方法。

[0197] 普通技术人员将理解,本文中使用的小于("<")和大于(">")符号或术语可以替换为小于或等于("<=")和大于或等于(">=")符号,但不偏离本说明的范围。

[0198] 在部件被描述为“配置为”执行某些操作的情况下,可以通过例如设计电子电路或其他硬件来执行操作,通过编程可编程电子电路(例如微处理器,或其他合适的电子电路)来执行操作,或其任何组合。

[0199] 声明语言或其他陈述“一个集合中的至少一个”或“一个集合中的一个或多个”的语言表示集合中的一个成员或集合中的多个成员满足声明。例如,陈述“A和B中的至少一

个”的声明语言是指A、B或A和B。在另一个例子中,陈述“A和B中的一个或多个”的声明语言是指A、B或A和B。在另一个例子中,陈述“A、B和C中的一个或多个”的声明语言是指A、B、C、A和B、B和C或全部A、B、C。

[0200] 结合本文公开的实施例描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤可以实现为电子硬件、计算机软件、固件或其组合。为了清楚地说明硬件和软件的这种可互换性,上文已经大体上根据其功能性描述了各种说明性组件、块、模块、电路和步骤。这些功能是作为硬件还是软件来实现取决于施加在整个系统上的特定应用和设计约束。本领域技术人员可以针对每个特定应用以不同的方式实现所描述的功能,但是这种实现决策不应被解释为导致偏离本应用的范围。

[0201] 本文所描述的技术还可以在电子硬件、计算机软件、固件或其任何组合中实现。这些技术可以在各种设备中的任何一种中实现,例如通用计算机、无线通信设备手持机或具有多种用途的集成电路设备,包括在无线通信设备手持机和其他设备中的应用。描述为模块或组件的任何特征可以在集成逻辑设备中一起实现,或者单独地作为离散但可互操作的逻辑设备来实现。如果以软件实现,则这些技术可以至少部分地由计算机可读数据存储介质实现,该计算机可读数据存储介质包括程序代码,该程序代码包括在执行时执行上述方法中的一个或多个的指令。计算机可读数据存储介质可以形成计算机程序产品的一部分,计算机程序产品可以包括封装材料。计算机可读介质可包括存储器或数据存储介质,例如随机存取存储器(RAM),例如同步动态随机存取存储器(SDRAM)、只读存储器(ROM)、非易失性随机存取存储器(NVRAM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存、磁或光数据存储介质,诸如此类。附加地或可选地,可以至少部分地通过计算机可读通信介质来实现这些技术,该计算机可读通信介质以指令或数据结构的形式携带或通信程序代码,并且可以由计算机(例如传播的信号或波)访问、读取和/或执行。

[0202] 程序代码可由处理器执行,处理器可包括一个或多个处理器,例如一个或多个数字信号处理器(DSP)、通用微处理器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程逻辑阵列(FPGA)或其他等效集成或离散逻辑电路。这样的处理器可以被配置成执行本公开中描述的任何技术。通用处理器可以是微处理器;但是在替代方案中,处理器可以是任何常规处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可以实现为计算设备的组合,例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与DSP核心的结合,或者任何其他这样的配置。因此,如本文所使用的术语“处理器”可指前述结构中的任何一个、前述结构的任何组合、或适于实现本文所述技术的任何其它结构或装置。另外,在一些方面中,本文所描述的功能性可在专用软件模块或配置用于编码和解码的硬件模块内提供,或并入组合视频编码器-解码器(CODEC)中。

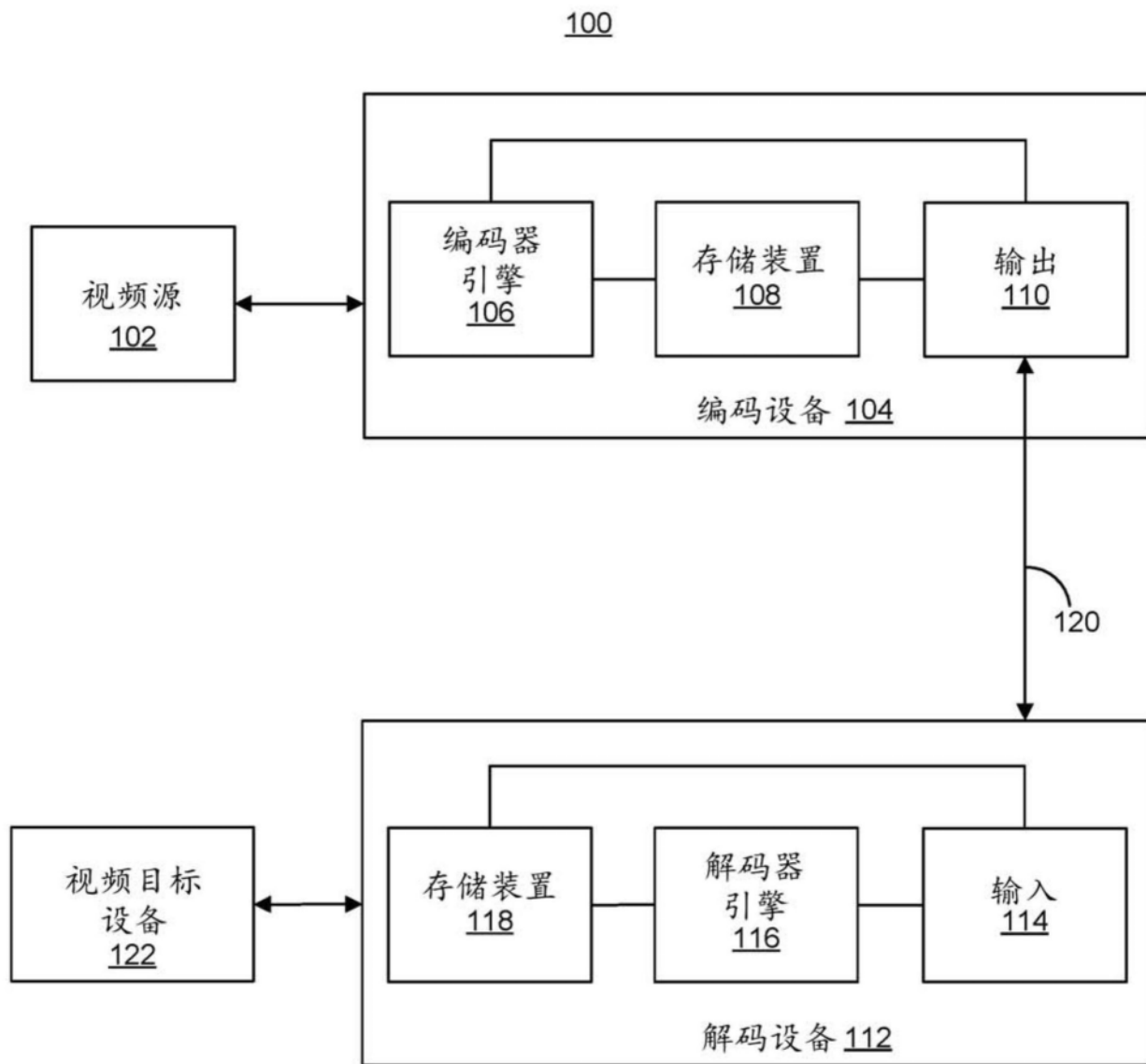


图1

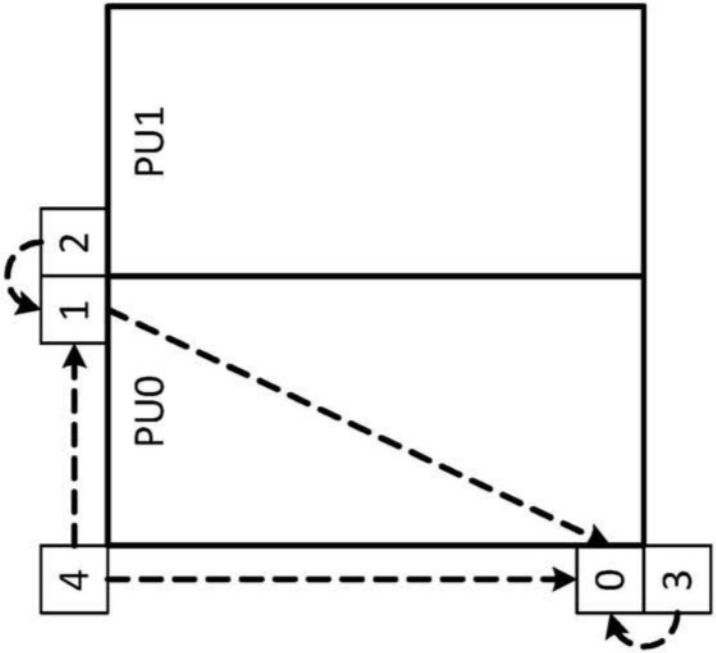


图2A

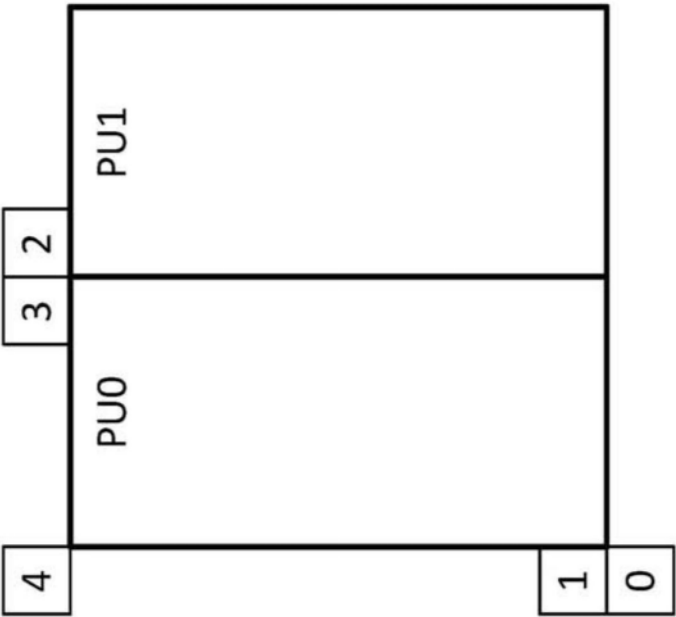


图2B

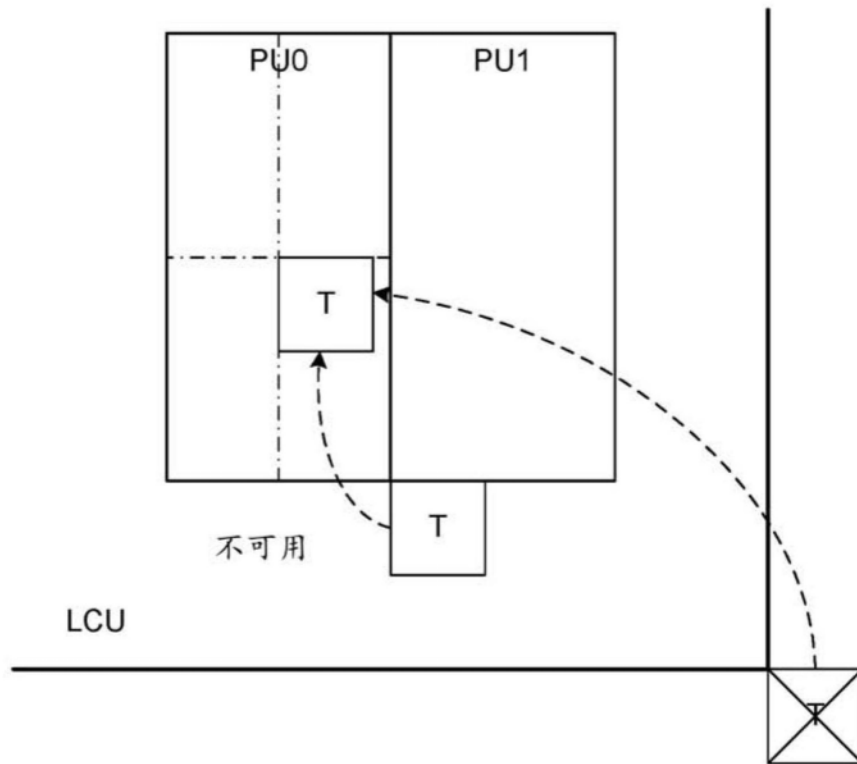


图3A

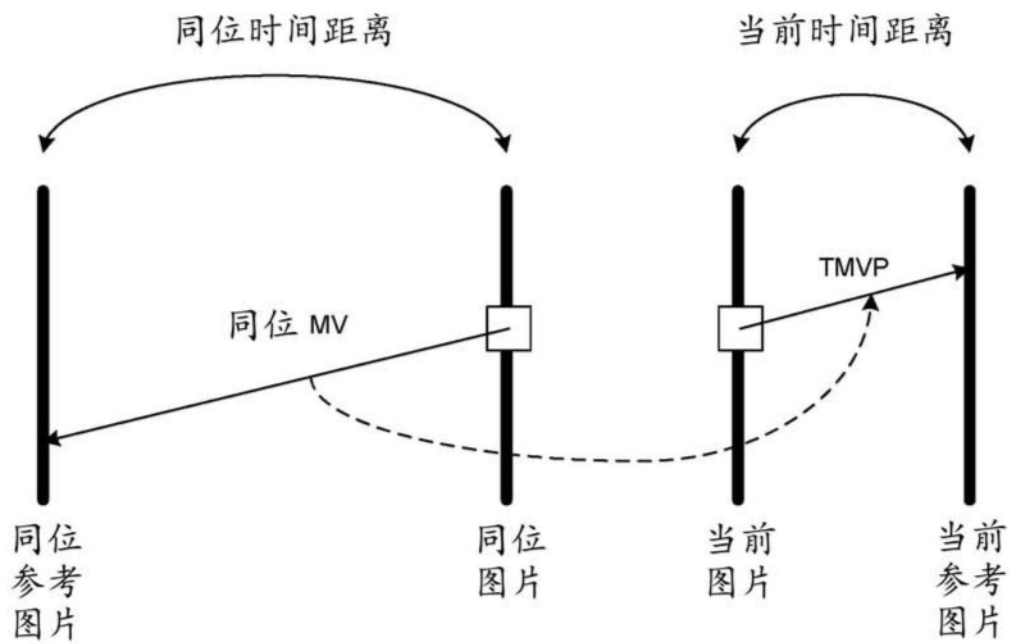


图3B

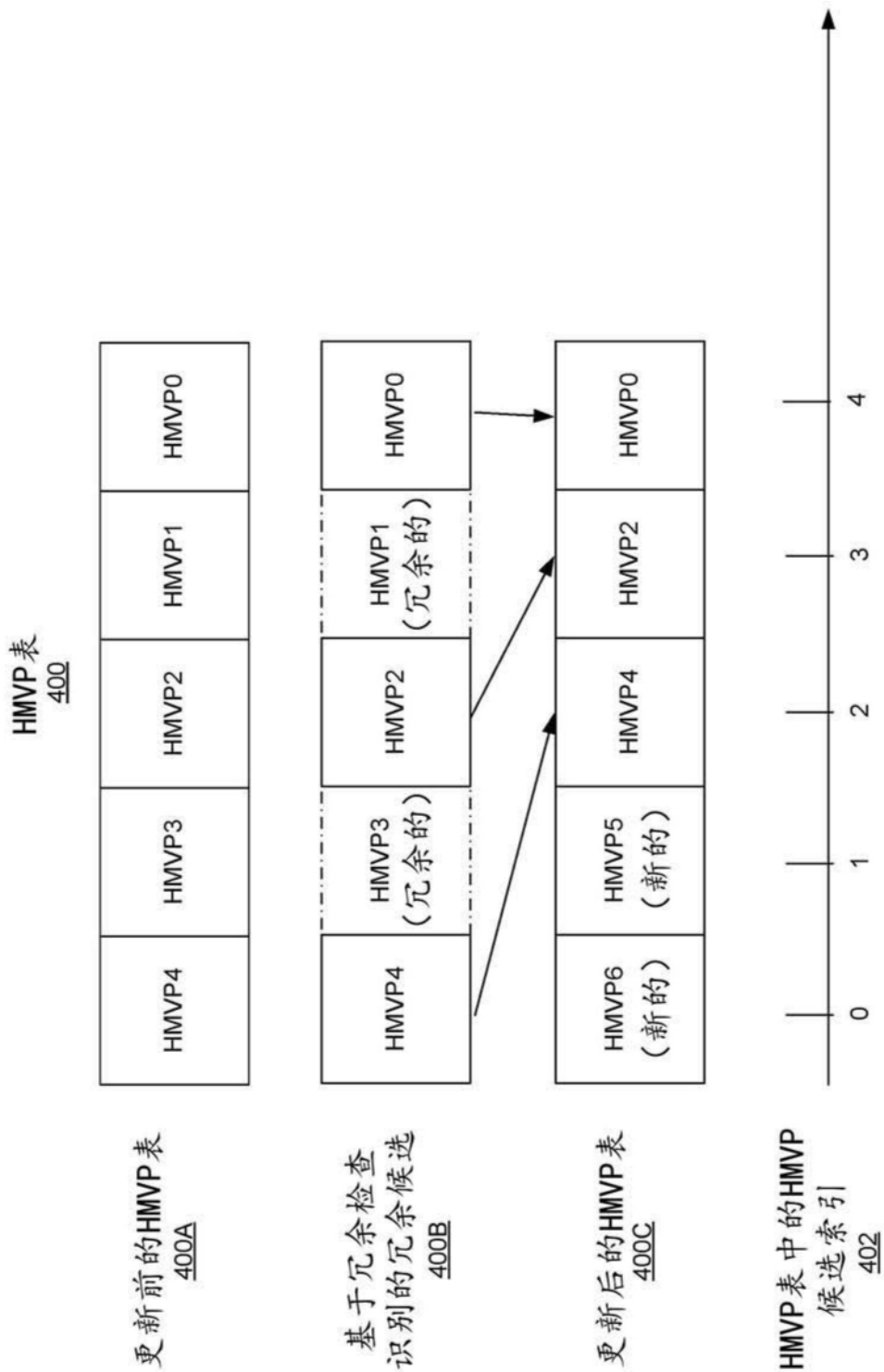


图4

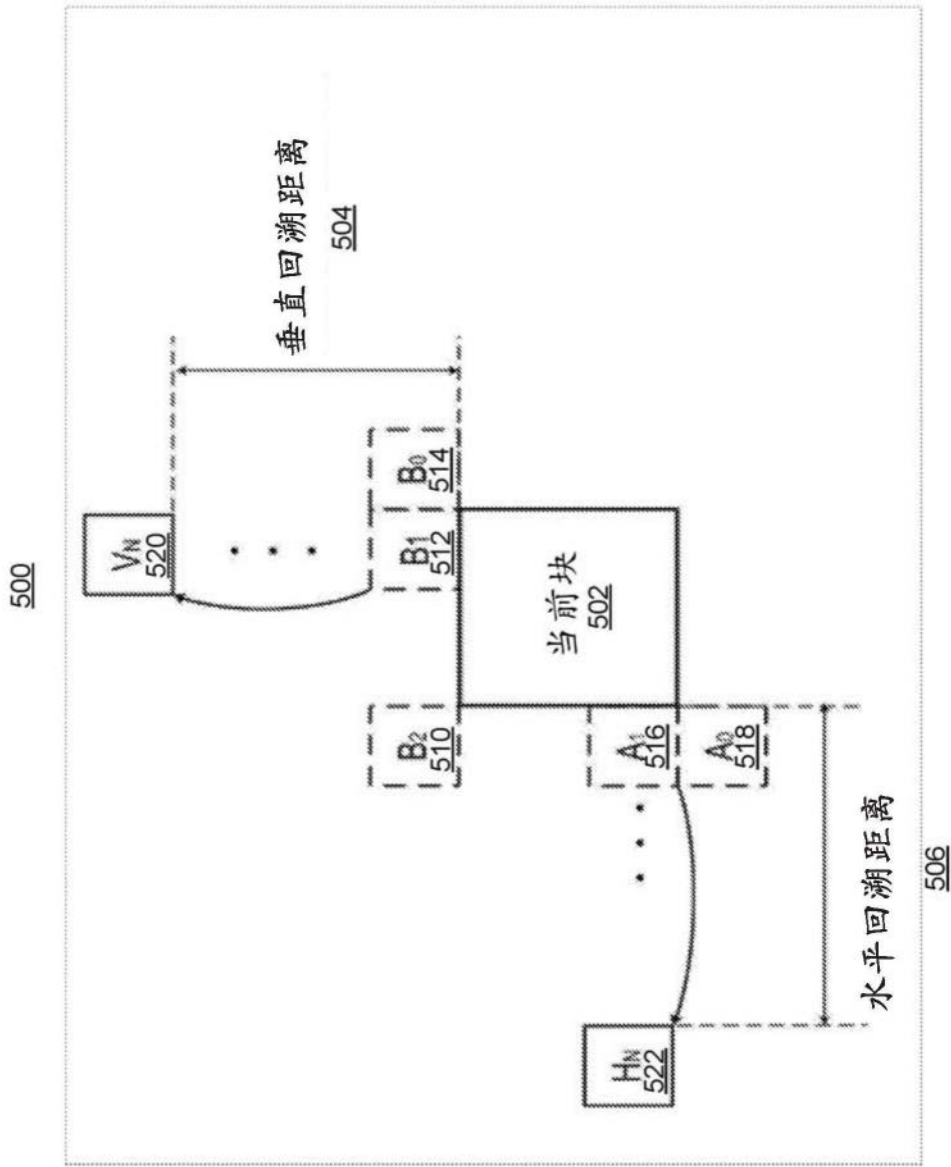


图5

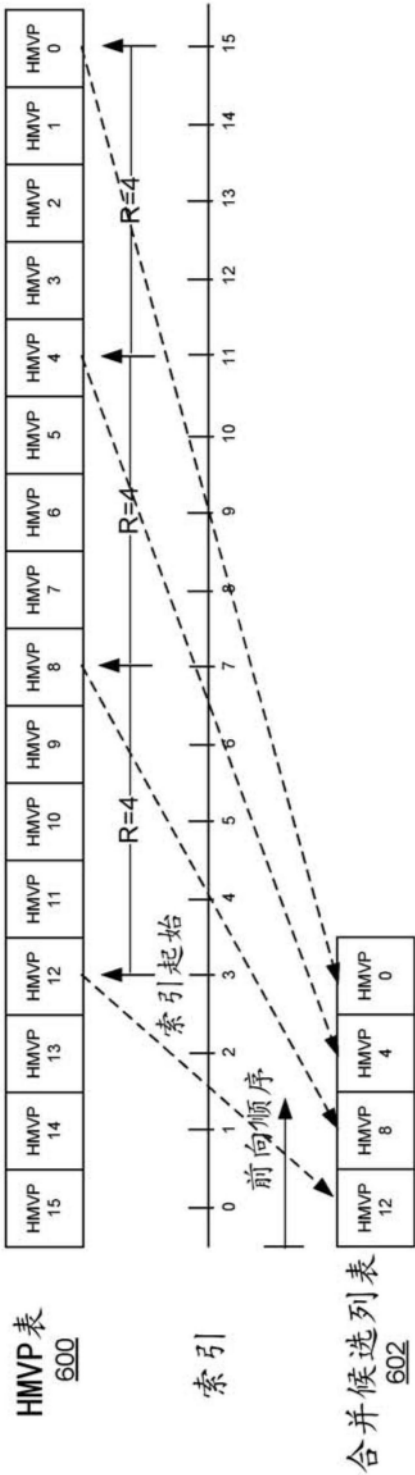


图6A

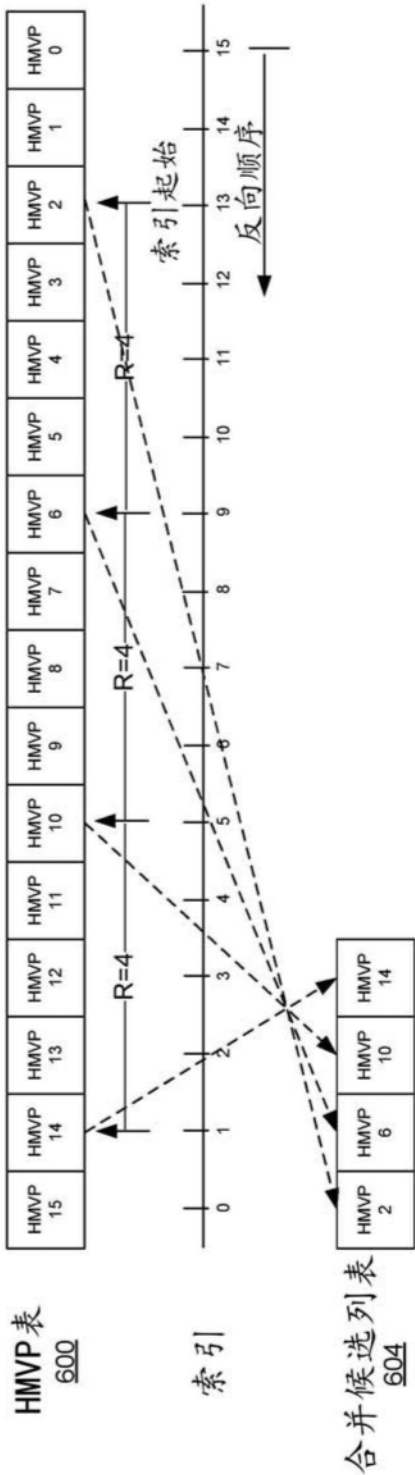


图6B

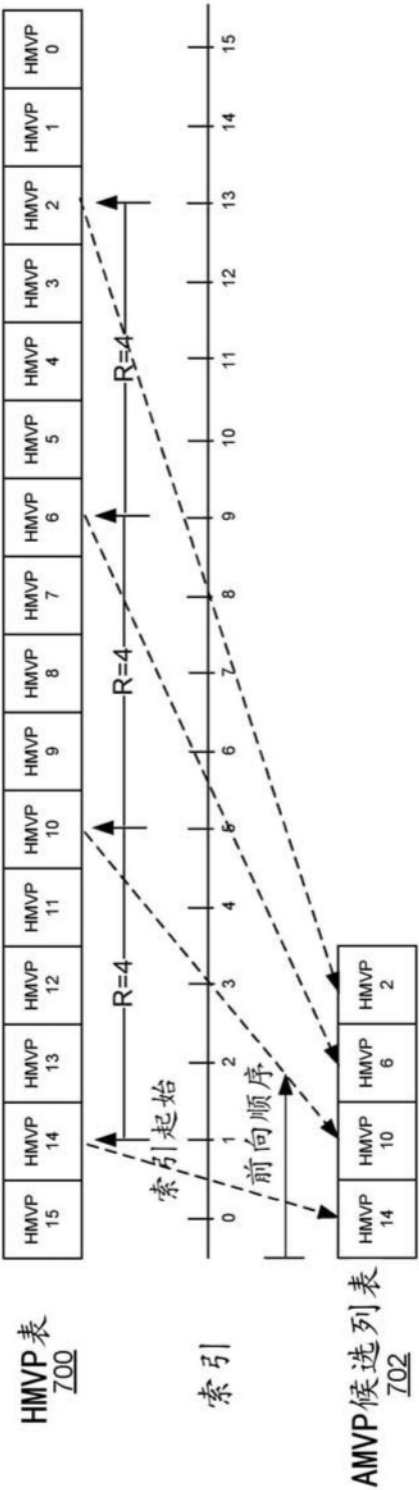


图7A

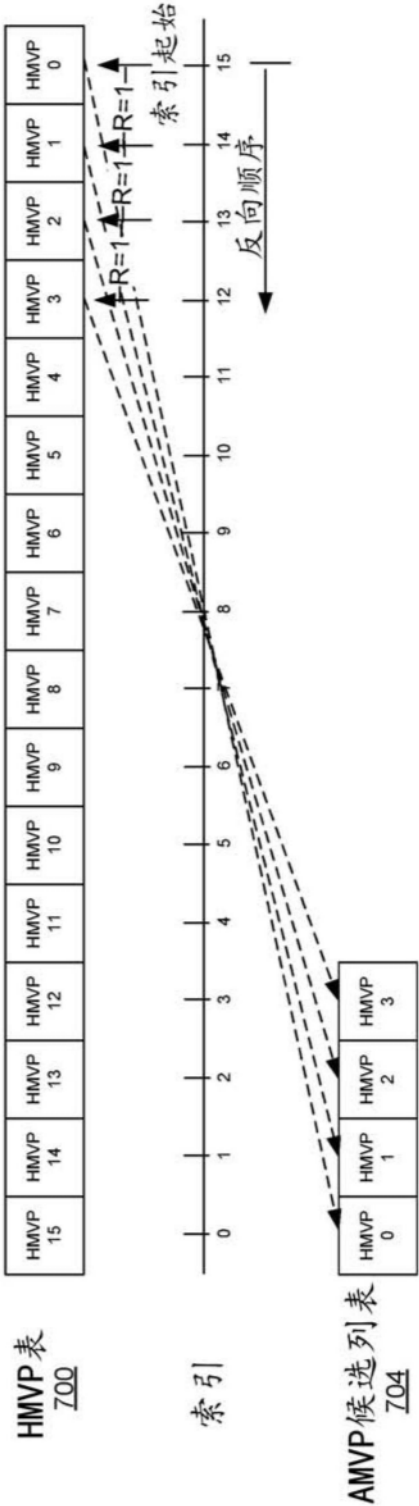


图7B

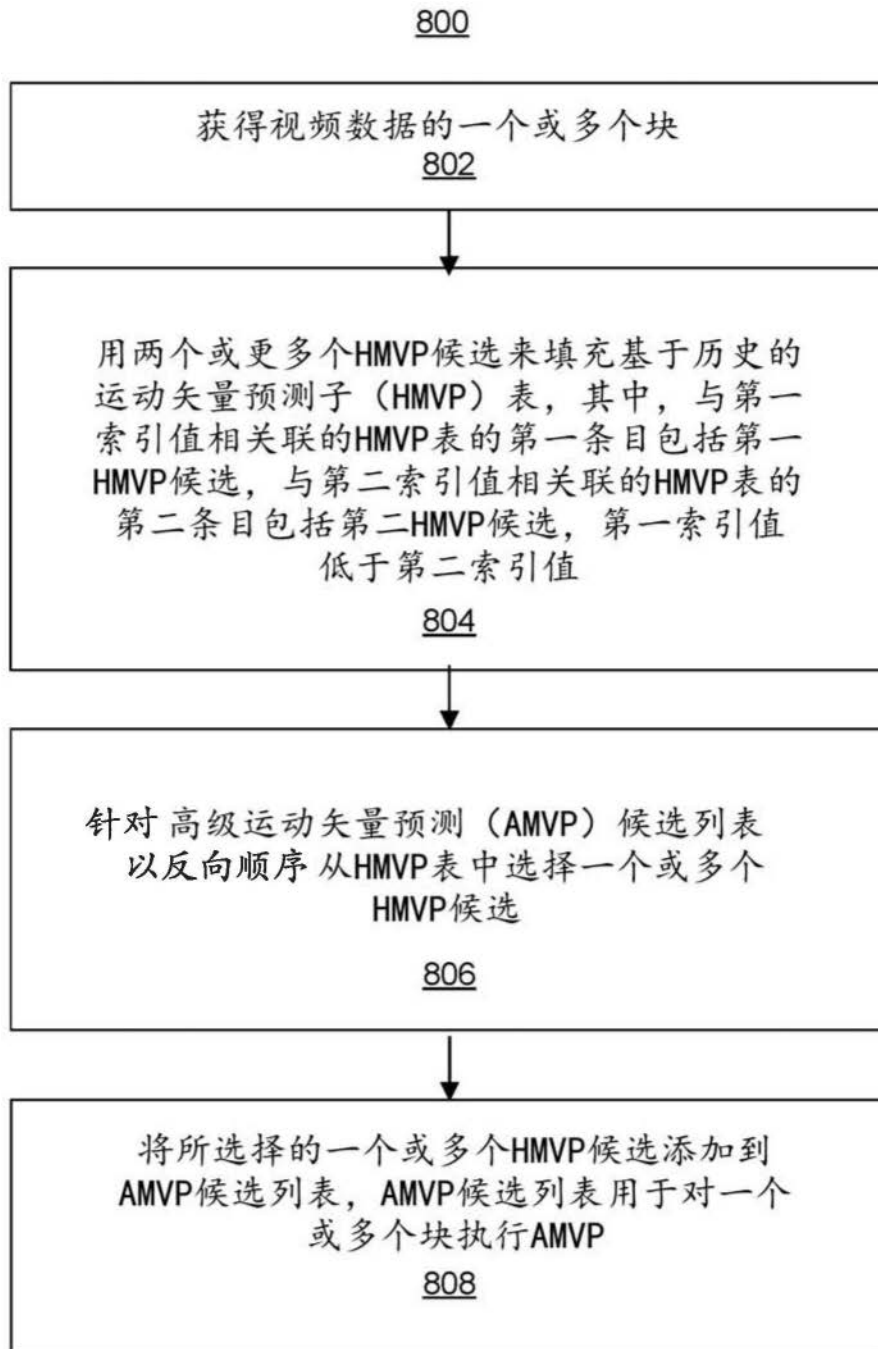


图8

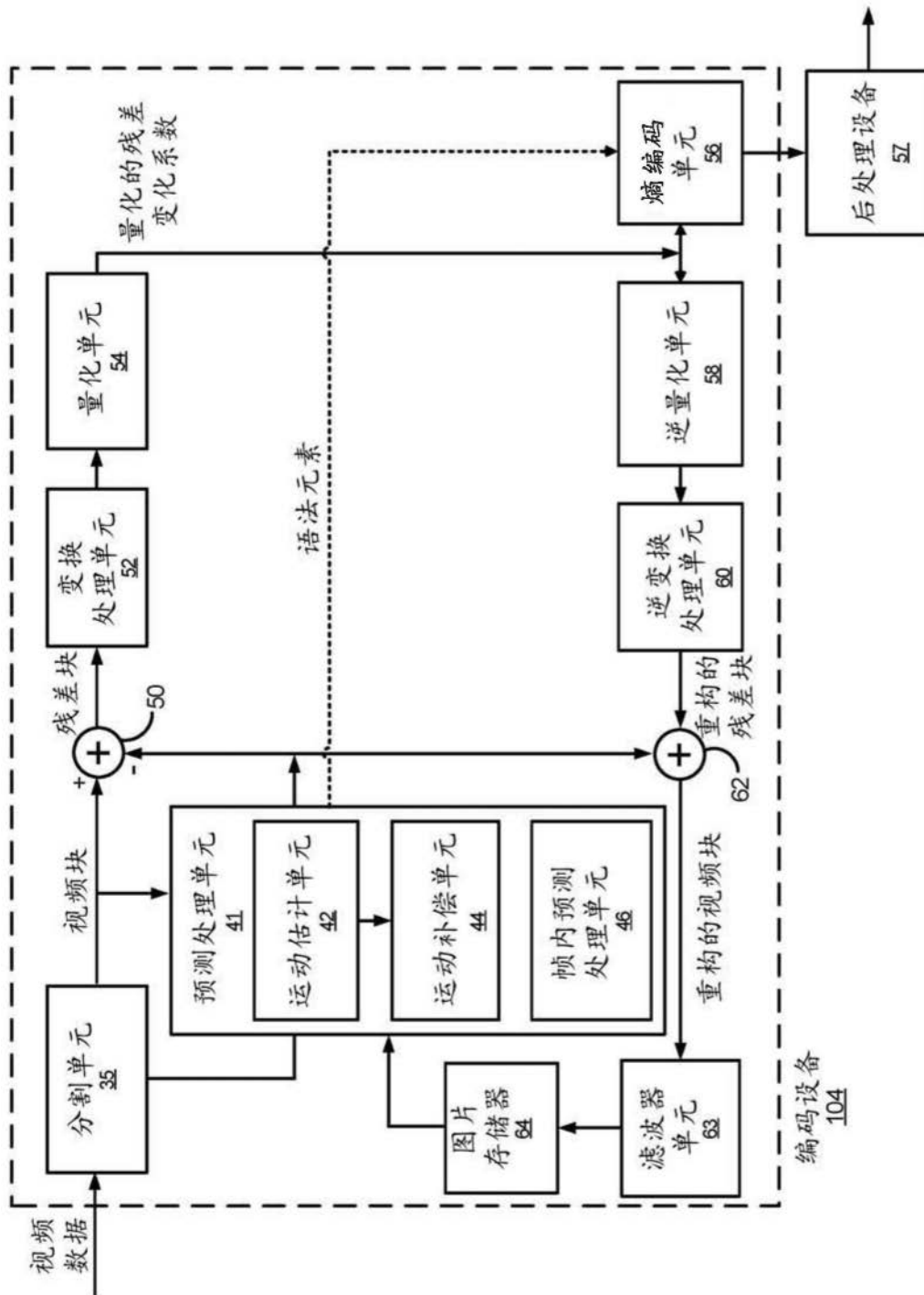


图9

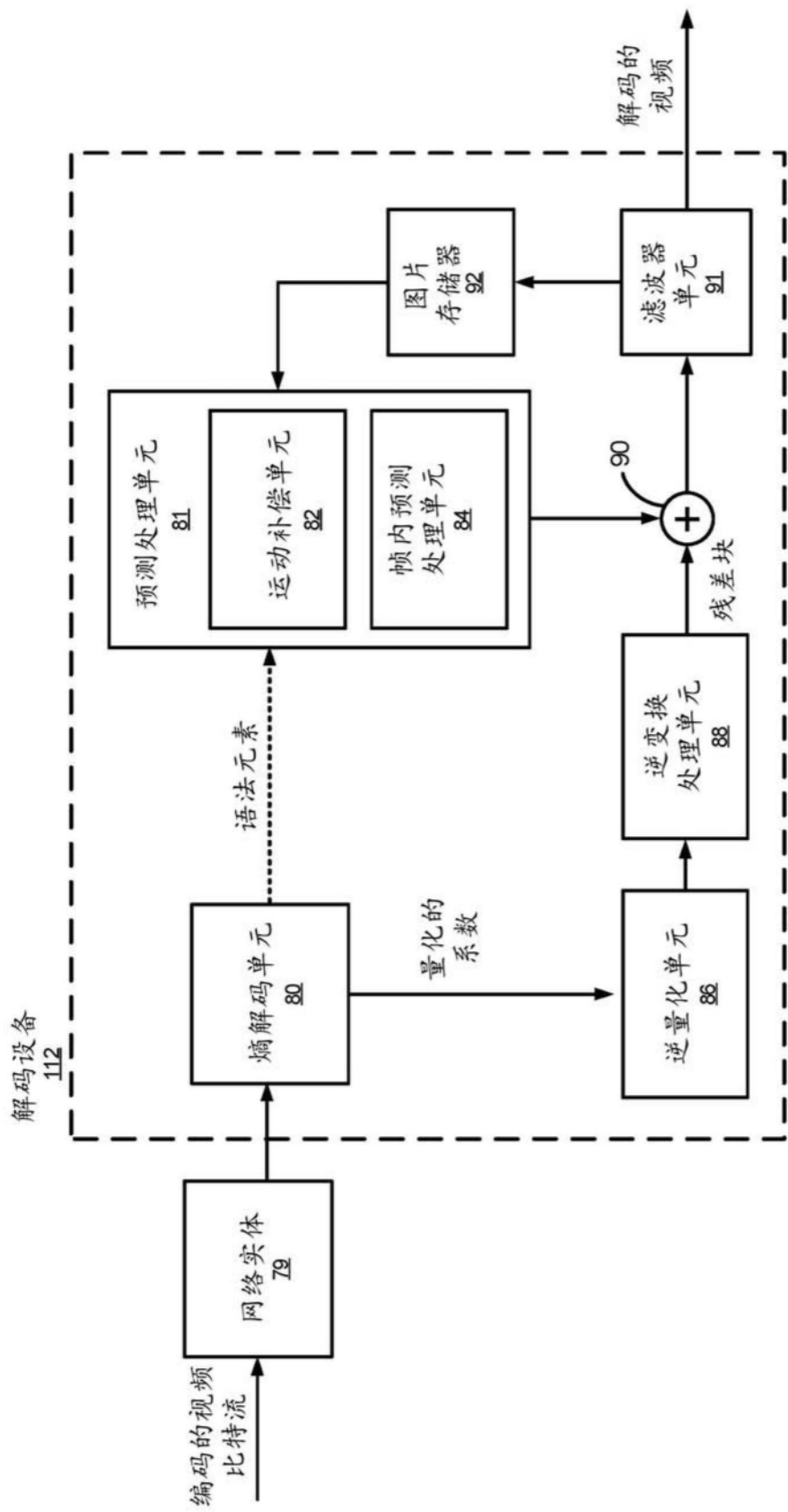


图10