



(10) 申请公布号 CN 119968841 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 09

(21) 申请号 202280101011.1

(22) 申请日 2022.12.16

(30) 优先权数据

63/415,807 2022.10.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.04.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/053152 2022.12.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/081012 EN 2024.04.18

(71) 申请人 谷歌有限责任公司

地址 美国

(72) 发明人 李翔 陈建乐 德巴尔加·慕克吉

韩敬宇 许耀武

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

专利代理师 周亚荣 朴金丹

(51) Int.Cl.

H04N 19/117 (2006.01)

H04N 19/137 (2006.01)

H04N 19/176 (2006.01)

H04N 19/186 (2006.01)

H04N 19/196 (2006.01)

H04N 19/46 (2006.01)

H04N 19/463 (2006.01)

H04N 19/513 (2006.01)

H04N 19/82 (2006.01)

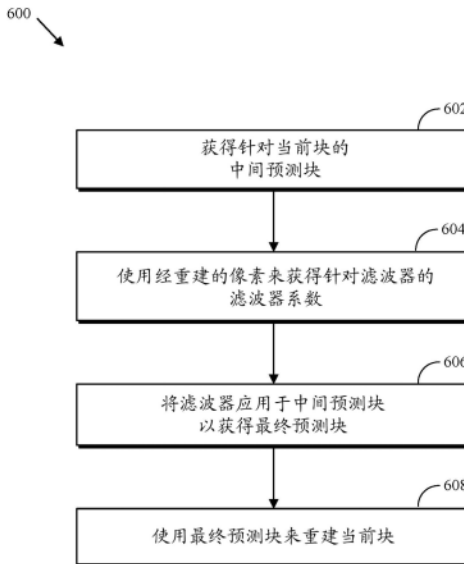
权利要求书2页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

带滤波的帧间预测

(57) 摘要

使用带滤波的帧间预测对当前块进行解码包括：使用运动向量和参考帧来识别针对当前块的中间预测块。获得针对滤波器的滤波器系数。滤波器系数是使用经重建的像素和第二经重建的像素获得的。经重建的像素位于当前块的外围。第二经重建的像素位于中间预测块的外围。将滤波器应用于中间预测块以获得最终预测块。使用最终预测块重建当前块。对当前块进行编码包括获得针对当前块的中间运动向量。通过最小化与中间运动向量相对应的预测块和当前块之间的误差度量来获得滤波器系数。通过使用滤波器系数细化中间运动向量来获得针对当前块的运动向量。



1. 一种用于使用带滤波的帧间预测来对当前块进行解码的方法,包括:
使用运动向量和参考帧来识别针对所述当前块的中间预测块;
获得针对滤波器的滤波器系数,其中,所述滤波器系数是使用第一经重建的像素和第二经重建的像素获得的,
其中,所述第一经重建的像素位于所述当前块的外围,并且
其中,所述第二经重建的像素位于所述中间预测块的外围;
将所述滤波器应用于所述中间预测块以获得最终预测块;以及
使用所述最终预测块来重建所述当前块。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述滤波器包括多于两个系数。
3. 根据权利要求1所述的方法,包括:
解码帧间预测模式,所述帧间预测模式指示要应用所述滤波器。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,包括:
响应于确定使用指示要应用滤波的帧间预测模式来重建除所述当前块之外的块,将所述滤波器应用于所述中间预测块。
5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,包括:
从经压缩的位流解码要针对所述滤波器获得的所述滤波器系数的基数。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述滤波器系数的所述基数大于二。
7. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,获得针对所述滤波器的所述滤波器系数包括:
针对所述滤波器系数中的一滤波器系数获得经预测的滤波器系数;
从经压缩的位流中解码系数细化值;以及
使用所述系数细化值来调整所述经预测的滤波器系数以获得该滤波器系数。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述系数细化值用于所述滤波器被应用于的中间预测像素。
9. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述系数细化值用于细化与所述滤波器的非线性项相对应的系数。
10. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述滤波器系数是通过最小化所述第一经重建的像素和所述第二经重建的像素之间的误差度量来获得的。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述误差度量是平方和误差。
12. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述滤波器系数被应用于中间预测像素的 3×3 邻域中的像素的至少子集,以获得所述最终预测块的预测像素。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述中间预测像素的 3×3 邻域中的所述像素的所述至少所述子集包括所述中间预测像素、所述中间预测像素上方的像素、所述中间预测像素右侧的像素、所述中间预测像素下方的像素以及所述中间预测像素左侧的像素。
14. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述滤波器进一步包括常数分量。
15. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述滤波器包括至少一个非线性分量。
16. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中:
所述当前块是亮度块,并且

针对与所述当前块相对应的色度块的色度预测块是从所述最终预测块得出的。

17. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法, 其中, 在所述当前块是亮度块的情况下使用第一滤波器形状, 并且在所述当前块是色度块的情况下使用不同于所述第一滤波器形状的第二滤波器形状。

18. 一种用于对当前块进行编码的方法, 包括:

获得针对所述当前块的中间运动向量;

通过最小化与所述中间运动向量相对应的预测块和所述当前块之间的误差度量来获得滤波器系数; 以及

通过使用所述滤波器系数细化所述中间运动向量来获得针对所述当前块的运动向量。

19. 根据权利要求18所述的方法, 其中:

所述滤波器系数包括第一系数(a)、第二系数(b)和第三系数(c), 并且

使用所述滤波器系数细化所述中间运动向量包括:

获得针对所述中间运动向量的第一分量的第一调整为 $2*b/a$; 以及

获得针对所述中间运动向量的第二分量的第二调整为 $2*c/a$ 。

20. 根据权利要求19所述的方法, 包括:

将所述第一调整或所述第二调整中的至少一者编码在经压缩的位流中。

21. 一种装置, 包括:

处理器, 所述处理器被配置为执行根据权利要求1至20中任一项所述的方法。

22. 一种装置, 包括:

存储器; 和

处理器, 其中, 所述存储器存储指令, 所述指令能够操作以使所述处理器执行根据权利要求1至20中任一项所述的方法。

23. 一种非暂时性计算机可读存储介质, 所述非暂时性计算机可读存储介质包括可执行指令, 所述可执行指令当由处理器执行时促进能够操作以使所述处理器执行根据权利要求1至20中任一项所述的方法的操作的执行。

带滤波的帧间预测

背景技术

[0001] 数字视频流可以使用帧或静止图像的序列来表示视频。数字视频可以用于各种应用,包括例如视频会议、高清视频娱乐、视频广告、或用户生成的视频的共享。数字视频流可以包含大量的数据并消耗计算装置的相当大量的计算或通信资源以用于对视频数据的处理、传输或存储。已经提出各种方式来减少视频流中的数据量,包括压缩和其他编码技术。

[0002] 可以通过将帧或图像分解为基于参考帧的一个或多个预测块进行预测的块来执行基于运动估计和补偿的编码。块和预测块之间的差(即残差误差)被压缩并编码在位流中。解码器使用该差和参考帧来重建帧或图像。

发明内容

[0003] 本文公开了使用基于分割的参数化运动模型对块进行编码和解码的方面、特征、元素和实现方式。

[0004] 一个或多个计算机的系统可以被配置为借助于在系统上安装在操作中使系统执行动作的软件、固件、硬件或它们的组合来执行特定操作或动作。一个或多个计算机程序可以被配置为借助于包括指令来执行特定操作或动作,该指令在由数据处理设备执行时使该设备执行动作。

[0005] 一个一般方面包括一种用于使用带滤波的帧间预测来对当前块进行解码的方法。该方法还可以包括:使用运动向量和参考帧来识别针对当前块的中间预测块。该方法还包括获得针对滤波器的滤波器系数,其中滤波器系数是使用第一经重建的像素和第二经重建的像素获得的,其中第一经重建的像素位于当前块的外围,并且其中第二经重建的像素位于中间预测块的外围。该方法还包括将滤波器应用于中间预测块以获得最终预测块。该方法还包括:使用最终预测块来重建当前块。此方面的其他实施例包括各自被配置为执行方法的动作的对应的计算机系统、设备和记录在一个或多个计算机存储装置上的计算机程序。实现方式可以包括以下特征中的一个或多个。

[0006] 该方法其中滤波器包括多于两个系数。

[0007] 该方法可以包括解码帧间预测模式,该帧间预测模式指示要应用滤波器。

[0008] 该方法可以包括:响应于确定使用指示要应用滤波的帧间预测模式来重建除当前块之外的块,将滤波器应用于中间预测块。

[0009] 该方法可以包括从经压缩的位流解码要针对滤波器获得的滤波器系数的基数。滤波器系数的基数可以大于二。

[0010] 获得针对滤波器的滤波器系数可以包括:针对滤波器系数中的一滤波器系数获得经预测的滤波器系数;从经压缩的位流解码系数细化值;以及使用系数细化值来调整经预测的滤波器系数以获得该滤波器系数。系数细化值可用于滤波器被应用于的中间预测像素。系数细化值可用于细化与滤波器的非线性项相对应的系数。

[0011] 可以通过最小化第一经重建的像素和第二经重建的像素之间的误差度量来获得滤波器系数。误差度量可以是平方和误差(sum of squares error)。滤波器系数可以被应

用于中间预测像素的 3×3 邻域中的像素的至少子集,以获得最终预测块的预测像素。中间预测像素的 3×3 邻域中的像素的该至少子集可以包括中间预测像素、中间预测像素上方的像素、中间预测像素右侧的像素、中间预测像素下方的像素以及中间预测像素左侧的像素。

[0012] 滤波器可以进一步包括常数分量。滤波器可以包括至少一个非线性分量。

[0013] 当前块可以是亮度块,并且针对与当前块相对应的色度块的色度预测块可以从最终预测块得出。

[0014] 在当前块是亮度块的情况下可以使用第一滤波器形状,并且在当前块是色度块的情况下可以使用不同于第一滤波器形状的第二滤波器形状。

[0015] 一个一般方面包括一种用于对当前块进行编码的方法。该方法还包括:获得针对当前块的中间运动向量。该方法还包括:通过最小化与中间运动向量相对应的预测块和当前块之间的误差度量来获得滤波器系数。该方法还包括:通过使用滤波器系数细化中间运动向量来获得针对当前块的运动向量。此方面的其他实施例包括各自被配置为执行方法的动作的对应的计算机系统、设备和记录在一个或多个计算机存储装置上的计算机程序。实现方式可以包括以下特征中的一个或多个。

[0016] 该方法其中滤波器系数可以包括第一系数(a)、第二系数(b)和第三系数(c),并且使用滤波器系数细化中间运动向量可以包括:获得针对中间运动向量的第一分量的第一调整为 $2*b/a$;以及获得针对中间运动向量的第二分量的第二调整为 $2*c/a$ 。

[0017] 该方法可以包括将第一调整或第二调整中的至少一个编码在经压缩的位流中。

[0018] 所描述的技术的实现方式可以包括硬件、方法或过程、或计算机可访问介质上的计算机软件。

[0019] 应理解,方面可以任何方便的形式来实现。例如,方面可以通过可以被携带在适当的载体介质上的适当的计算机程序来实现,该适当的载体介质可以是有形载体介质(例如,磁盘)或无形载体介质(例如,通信信号)。方面还可以使用合适的设备来实现,该合适的设备可以采用运行被布置为实现本文所公开的方法和/或技术的计算机程序的可编程计算机的形式。例如,非暂时性计算机可读存储介质可以包括可执行指令,该可执行指令当由处理器执行时促进可操作以使处理器执行本文描述的方法中的任何方法的操作的执行。方面可以被组合成使得一个方面的上下文中所述的特征可以在另一方面中实现。

[0020] 这些方法、技术和设备的变化和进一步的细节可以在附图、说明书和所附权利要求中找到。

附图说明

[0021] 本文的描述参考下文描述的附图,其中相同的附图标记贯穿几个视图指代相同的部分。

[0022] 图1是视频编码和解码系统的示意图。

[0023] 图2是可以实现发送站或接收站的计算装置的示例的框图。

[0024] 图3是要编码并随后解码的视频流的图。

[0025] 图4是根据本公开的实现方式的编码器的框图。

[0026] 图5是根据本公开的实现方式的解码器的框图。

[0027] 图6是用于使用带滤波的帧间预测来对当前块进行解码的技术的流程图。

- [0028] 图7示出了经重建的像素的模板的示例。
- [0029] 图8示出了中间预测块的中间像素的邻域的示例。
- [0030] 图9示出了跨分量滤波模式中所涉及的当前块的样本以及左侧和上方样本的位置的示例。
- [0031] 图10是用于对当前块进行编码的技术的流程图。

具体实施方式

[0032] 如上所提及,与对视频流进行码处理相关的压缩方案可以包括:将图像分解成块,以及使用用于限制被包括在输出位流中的信息的一种或多种技术来生成数字视频输出位流(即,经编码的位流)。可以对所接收的位流进行解码,以从受限制的信息重新创建块和源图像。对视频流或其一部分(诸如帧或块)进行编码可以包括使用视频流中的时间相似性来改进码处理效率。例如,可以基于识别先前经码处理的像素值与当前块中的像素值之间或先前经码处理的像素值的组合与当前块中的像素值之间的差(残差)来对视频流的当前块进行编码。

[0033] 使用时间相似性进行编码被称为帧间预测。帧间预测尝试使用来自一个或多个时间上接近的帧(即,参考帧)的一个或多个可能经位移的块来预测块的像素值。时间上接近的帧是视频流中在时间上比正被编码的块的帧更早或更晚出现的帧。可以使用表示平移运动——即,参考帧中的预测块与正被预测的块相比在x轴和y轴上的像素移位——的运动向量来执行帧间预测。

[0034] 当源数据有噪声时,当正被预测的当前块与用于获得预测块的参考帧(即,也称为参考块)之间存在照明差异时,或者当源数据包括运动模糊时,预测准确度可能受损,并且因此压缩性能也可能受损。

[0035] 本公开的实现方式通过获得针对当前块的中间预测块并且进一步对中间预测块的像素进行滤波以获得针对当前块的(最终)预测块来补救诸如此类的情况。中间预测块可以是参考帧中的参考块。残差数据(即残差块)可以作为当前块与最终预测块之间的差(即逐像素差)来获得。如本文所述,残差数据可以被编码在经压缩的位流中。在示例中,在对当前块进行解码时,解码器相似地将滤波器应用于中间预测以获得最终预测块,从经压缩的位流中解码残差块,并且将最终预测块和残差块组合以重建当前块。

[0036] 给定中间预测块的位置(x, y)处的中间像素,使用滤波器来获得预测块中的对应(即,共位)像素。滤波器可以是中间预测像素的邻域中的中间像素的经加权组合。可以使用不同的邻域。经加权组合可以是线性组合或非线性组合(即可以包括至少一个非线性项)。已知,滤波器使用滤波器系数作为邻域中的不同中间像素的权重。编码器和解码器使用当前块外围的第一经重建的像素和中间预测块外围的第二经重建的像素来得出滤波器系数。

[0037] 本文首先参考在其中可实现用于当前块的带滤波的帧间预测的技术的系统来描述该技术的进一步细节。图1是视频编码和解码系统100的示意图。发送站102可以是例如诸如图2所述的具有内部硬件配置的计算机。然而,发送站102的其他合适的实现方式是可能的。例如,发送站102的处理可以被分布在多个装置间。

[0038] 网络104可以连接发送站102和接收站106以对视频流进行编码和解码。具体地,视频流可以在发送站102中进行编码,并且经编码的视频流可以在接收站106中进行解码。网

络104可以是例如互联网。网络104也可以是局域网 (LAN)、广域网 (WAN)、虚拟专用网络 (VPN)、蜂窝电话网络或将视频流从发送站102传送到 (在这个示例中) 接收站106的任何其他构件。

[0039] 在一个示例中,接收站106可以是诸如图2所述的具有内部硬件配置的计算机。然而,接收站106的其他合适的实现方式是可能的。例如,接收站106的处理可以被分布在多个装置间。

[0040] 视频编码和解码系统100的其他实现方式是可能的。例如,实现方式可以省略网络104。在另一实现方式中,视频流可以被编码并且然后被存储以供在稍后时间传输到接收站106或具有存储器的任何其他装置。在一个实现方式中,接收站106接收 (例如,经由网络104、计算机总线和/或某个通信途径) 经编码的视频流并且存储该视频流以供稍后解码。在示例实现方式中,使用实时传输协议 (RTP) 用于经编码的视频通过网络104的传输。在另一实现方式中,可以使用除RTP之外的传输协议,例如,超文本传送协议 (HTTP) 视频流式传输协议。

[0041] 当在视频会议系统中使用时,例如,发送站102和/或接收站106可以包括如下文所述对视频流进行编码和解码两者的能力。例如,接收站106可以是视频会议参与者,其从视频会议服务器 (例如,发送站102) 接收经编码的视频位流以进行解码和观看,并且进一步对他或她自己的视频位流进行编码并将其发送到视频会议服务器以供其他参与者解码和观看。

[0042] 图2是可以实现发送站或接收站的计算装置200的示例的框图。例如,计算装置200可以实现图1的发送站102和接收站106中的一者或两者。计算装置200可以呈包括多个计算装置的计算系统的形式,或者呈一个计算装置 (例如,移动电话、平板计算机、膝上型计算机、笔记本计算机、台式计算机等) 的形式。

[0043] 计算装置200中的CPU 202可以是常规中央处理单元。替代地,CPU 202可以是能够操纵或处理信息的现在存在或以后开发的任何其他类型的装置或多个装置。尽管所公开的实现方式可以利用如图所示的一个处理器 (例如,CPU 202) 进行实践,但可以通过使用多于一个处理器来实现速度和效率上的优点。

[0044] 在实现方式中,计算装置200中的存储器204可以是只读存储器 (ROM) 装置或随机存取存储器 (RAM) 装置。任何其他合适类型的存储装置可以用作存储器204。存储器204可以包括由CPU 202使用总线212来访问的代码和数据206。存储器204可以进一步包括操作系统208和应用程序210,应用程序210包括准许CPU 202执行本文描述的方法的至少一个程序。例如,应用程序210可以包括应用1至N,该应用进一步包括执行这里描述的技术的视频码处理应用,诸如用于利用滤波执行对当前块的帧间预测的技术。计算装置200还可以包括辅助存储214,该辅助存储可以是例如与移动计算装置一起使用的存储卡。因为视频通信会话可以包含相当大量的信息,所以视频通信会话可以全部地或部分地存储在辅助存储214中并且根据需要加载到存储器204中以供处理。

[0045] 计算装置200还可以包括一个或多个输出装置,诸如显示器218。在一个示例中,显示器218可以是触敏显示器,该触敏显示器将显示器与可操作以感测触摸输入的触敏元件组合。显示器218可以经由总线212耦合到CPU 202。除显示器218之外或作为该显示器的替代,可以提供准许用户对计算装置200进行编程或以其他方式使用该计算装置的其他输出

装置。当输出装置是显示器或包括显示器时,显示器可以以各种方式实现,包括通过液晶显示器(LCD)、阴极射线管(CRT)显示器或发光二极管(LED)显示器(诸如有机LED(OLED)显示器)来实现。

[0046] 计算装置200还可以包括图像感测装置220,例如相机或者可以感测图像(诸如操作计算装置200的用户的图像)的现在存在或以后开发的任何其他图像感测装置220,或者与该图像感测装置进行通信。图像感测装置220可以被定位成使得其指向操作计算装置200的用户。在示例中,图像感测装置220的位置和光轴可以被配置为使得视场包括与显示器218直接相邻并且从其可见显示器218的区域。

[0047] 计算装置200还可以包括声音感测装置222,例如传声器或者可以感测计算装置200附近的声音的现在存在或以后开发的任何其他声音感测装置,或者与所述声音感测装置进行通信。声音感测装置222可以被定位成使得其指向操作计算装置200的用户,并且可以被配置为接收在用户操作计算装置200时由该用户发出的声音,例如言语或其他话语。

[0048] 尽管图2将计算装置200的CPU 202和存储器204描绘为集成到一个单元中,但可以利用其他配置。CPU 202的操作可以跨多个机器分布(其中个体机器可以具有一个或多个处理器),该多个机器可以直接耦合或跨局域网或其他网络耦合。存储器204可以跨多个机器分布,诸如基于网络的存储器或执行计算装置200的操作的多个机器中的存储器。虽然这里被描绘为一个总线,但计算装置200的总线212可以由多个总线组成。进一步,辅助存储214可以直接耦合到计算装置200的其他组件或者可以经由网络来访问,并且可以包括集成单元(诸如存储卡)或多个单元(诸如多个存储卡)。因此,计算装置200可以以各种各样的配置实现。

[0049] 图3是要编码并随后解码的视频流300的示例的图。视频流300包括视频序列302。在下一级别,视频序列302包括数个相邻帧304。尽管三个帧被描绘为相邻帧304,但是视频序列302可以包括任何数量的相邻帧304。相邻帧304可以然后被进一步细分成个体帧,例如,帧306。在下一级别,帧306可以被划分成一系列平面或片段308。例如,片段308可以是准许并行处理的帧的子集。片段308还可以是可以将视频数据分离成单独颜色的帧的子集。例如,彩色视频数据的帧306可以包括一个亮度平面和两个色度平面。可以以不同分辨率对片段308进行采样。

[0050] 无论帧306是否被划分成片段308,帧306都可以被进一步细分成块310,块310可以包含与例如帧306中的 16×16 像素相对应的数据。块310还可以被布置为包括来自像素数据的一个或多个片段308的数据。块310还可以是任何其他合适的大小,诸如 4×4 像素、 8×8 像素、 16×8 像素、 8×16 像素、 16×16 像素或更大。除非另有说明,否则术语块和宏块在本文可互换地使用。

[0051] 图4是根据本公开的实现方式的编码器400的框图。如上文所描述,编码器400可以在发送站102中实现,诸如通过提供存储在存储器(例如,存储器204)中的计算机软件程序来实现。计算机软件程序可以包括机器指令,该机器指令在由诸如CPU 202的处理器执行时使发送站102以图4所述的方式对视频数据进行编码。编码器400还可以被实现为被包括在例如发送站102中的专用硬件。在一个特别期望的实现方式中,编码器400是硬件编码器。

[0052] 编码器400具有用于在前向路径(由实连接线示出)中执行各种功能以使用视频流300作为输入来产生经编码或经压缩的位流420的以下级(stage):帧内/帧间预测级402、变

换级404、量化级406和熵编码级408。编码器400还可以包括用于重建用于未来块的编码的帧的重建路径(由虚连接线示出)。在图4中,编码器400具有用于在重建路径中执行各种功能的以下级:解量化级410、逆变换级412、重建级414和环路滤波级416。可以使用编码器400的其他结构变化来对视频流300进行编码。

[0053] 当视频流300被提交用于编码时,可以以块为单位处理相应的相邻帧304,诸如帧306。在帧内/帧间预测级402处,可以使用帧内预测(intra-frame prediction)(也被称为帧内预测(intra-prediction))或帧间预测(inter-frame prediction)(也被称为帧间预测(inter-prediction))来对相应的块进行编码。在任何情况下,都可以形成预测块。在帧内预测的情况下,可以由当前帧中先前已经被编码和重建的样本形成预测块。在帧间预测的情况下,可以由一个或多个先前构建的参考帧中的样本形成预测块。下面关于图6、图7和图8讨论形成预测块的实现方式,例如,使用为了对视频帧的当前块进行编码而识别的参数化运动模型。

[0054] 接下来,仍参考图4,可以在帧内/帧间预测级402处从当前块减去预测块,以产生残差块(也被称为残差)。变换级404使用基于块的变换来将残差变换为例如频域中的变换系数。量化级406使用量化器值或量化水平来将变换系数转换为离散量子值,该离散量子值被称为经量化的变换系数。例如,变换系数可以除以量化器值并被截位。然后由熵编码级408对经量化的变换系数进行熵编码。然后将经熵编码的系数连同用于对块进行解码的其他信息(其可以包括例如所使用的预测类型、变换类型、运动向量和量化器值)一起输出到经压缩的位流420。可以使用各种技术(诸如可变长度码处理(VLC)或算术码处理)来将经压缩的位流420格式化。经压缩的位流420也可以被称为经编码的视频流或经编码的视频位流,并且术语将在本文可互换地使用。

[0055] 图4中的重建路径(由虚连接线示出)可以用于确保编码器400和解码器500(下文描述)使用相同的参考帧来对经压缩的位流420进行解码。重建路径执行与(下文描述的)解码过程期间发生的功能相似的功能,包括在解量化级410处对经量化的变换系数进行解量化,以及在逆变换级412处对经解量化的变换系数进行逆变换以产生推导残差块(也被称为推导残差)。在重建级414处,可以将帧内/帧间预测级402处曾预测的预测块添加到推导残差以创建经重建的块。可以将环路滤波级416应用于经重建的块以减少失真,诸如块化(blocking)伪影。

[0056] 可以使用编码器400的其他变化来对经压缩的位流420进行编码。例如,对于某些块或帧,基于非变换的编码器可以在没有变换级404的情况下直接量化残差信号。在另一实现方式中,编码器可以具有被组合在公共级中的量化级406和解量化级410。

[0057] 图5是根据本公开的实现方式的解码器500的框图。解码器500可以在接收站106中实现,例如,通过提供存储在存储器204中的计算机软件程序来实现。计算机软件程序可以包括机器指令,该机器指令在由诸如CPU 202的处理器执行时使接收站106以图5所述的方式对视频数据进行解码。解码器500还可以在包括在例如发送站102或接收站106中的硬件中实现。

[0058] 与上文讨论的编码器400的重建路径相似,在一个示例中,解码器500包括用于执行各种功能来从经压缩的位流420产生输出视频流516的以下级:熵解码级502、解量化级504、逆变换级506、帧内/帧间预测级508、重建级510、环路滤波级512和后滤波级514。可以

使用解码器500的其他结构变化来对经压缩的位流420进行解码。

[0059] 当经压缩的位流420被提交用于解码时,可以由熵解码级502对经压缩的位流420内的数据元素进行解码以产生经量化的变换系数的集合。解量化级504对经量化的变换系数进行解量化(例如,通过将经量化的变换系数乘以量化器值),并且逆变换级506对经解量化的变换系数进行逆变换以产生推导残差,该推导残差可以与由编码器400中的逆变换级412创建的推导残差相同。使用从经压缩的位流420解码的报头信息,解码器500可以使用帧内/帧间预测级508来创建与在编码器400中(例如,在帧内/帧间预测级402处)曾创建的预测块相同的预测块。在重建级510处,可以将预测块添加到推导残差以创建经重建的块。可以将环路滤波级512应用于经重建的块以减少块化伪影。

[0060] 可以将其他滤波应用于经重建的块。在这个示例中,将后滤波级514应用于经重建的块以减少块化失真或者对帧执行其他后处理,并且将结果作为输出视频流516输出。输出视频流516还可以被称为经解码的视频流,并且该术语将在本文可互换地使用。可以使用解码器500的其他变化来对经压缩的位流420进行解码。例如,解码器500可以在没有后滤波级514的情况下产生输出视频流516。

[0061] 图6是用于使用带滤波的帧间预测来对当前块进行解码的技术600的流程图。技术600执行带滤波的帧间预测。技术600可以在诸如图5的解码器500的解码器中或在图4的重建路径中实现。技术600可以被实现为例如可以由诸如图1的发送站102或接收站106的计算装置执行的软件程序。软件程序可以包括机器可读指令(例如,可执行指令),该机器可读指令可以存储在诸如存储器204或辅助存储214的存储器中,并且该机器可读指令可以由诸如CPU 202的处理器执行以使计算装置执行技术600。在至少一些实现方式中,技术600可以全部或部分地由图5的解码器500的帧内/帧间预测级508执行。

[0062] 技术600可以使用专用硬件或固件来实现。一些计算装置可以具有多个存储器、多个处理器或两者。技术600的步骤或操作可以使用不同的处理器、存储器或两者来分布。单数形式的术语“处理器”或“存储器”的使用涵盖具有一个处理器或一个存储器的计算装置以及具有可用于执行所列举步骤中的一些或全部的多个处理器或多个存储器的装置。

[0063] 在602处,识别针对当前块的中间预测块。当前块可以是亮度块(例如,Y块)或色度块(例如,Cb块、Cr块、U块或V块)。中间预测块也可以被称为参考块。在示例中,可以识别针对当前块的运动向量和参考帧。在示例中,可以使用从诸如图5的经压缩的位流420的经压缩的位流获得的数据来识别参考块和运动向量。可以如关于图5所描述的来识别运动向量和参考。

[0064] 在示例中,从经压缩的位流获得的数据可以指示另一块的运动向量和/或参考将被用于当前块,该另一块可以是当前块的时间或空间邻近块。在这种情况下,可以说当前块与邻近块合并。中间预测块是参考帧中由运动向量指向的块。已知,中间预测块(即,参考块)可以位于整数像素位置或子像素位置。在中间预测块位于子像素位置的情况下,并且已知,可以执行插值滤波以获得子像素处的值。

[0065] 在604处,获得针对滤波器的滤波器系数。滤波器系数是使用第一经重建的像素和第二经重建的像素获得的。第一经重建的像素位于当前块的外围,并且第二经重建的像素位于中间预测块的外围。所使用的经重建的像素集合可以被称为模板。因此,第一经重建的像素也可以被称为当前块模板;并且第二经重建的像素也可以被称为参考块模板。无论中

间预测块是位于整数位置还是子像素位置,第二经重建的像素(即,参考块模板)都位于整数位置。

[0066] 图7示出了经重建的像素的模板的示例700。示例700示出了充填有不同图案的像素。示例700用于说明当前块模板并且还用于说明参考块模板。

[0067] 当用于描述当前块模板时,块708示出了当前块(即,正被解码的块)。虽然块708被示出为具有大小 8×4 ,但是本公开不限于此。块708可以具有任何其他大小。充填有图案702的像素是当前帧的当前块的像素。充填有图案706的像素(或像素的子集,如本文进一步描述的)示出了当前帧的经重建的像素。充填有图案704的像素是不可用的像素并且可以包含填充(padding)值(即,被设置为填充值)。取决于用于滤波器的邻域,由滤波器使用的一个或多个像素可能不可用(诸如因为这些像素在帧边界外部或在包括块708的最大码处理单元外部)。因此,针对此类像素可以使用(例如,假设)填充值。

[0068] 当用于描述参考块模板时,块708示出了参考帧中的参考块。再次,虽然块708被示出为具有大小 8×4 ,但是本公开不限于此。块708可以具有与当前块的大小相对应的大小。因此,充填有图案702的像素是参考帧的参考块的像素。充填有图案706的像素(或像素的子集,如本文进一步描述的)示出了参考帧的经重建的像素。充填有图案704的像素是不可用的像素并且可以包含填充值。

[0069] 模板可以包括顶部区域710,该顶部区域可以包括1至N(其中 $N > 1$)行像素。模板可以包括右上区域712,该右上区域包括1至N行。模板可以包括具有1至M(其中 $M > 1$)列像素的左侧区域714。模板可以包括具有1至M(其中 $M > 1$)列像素的左下区域716。

[0070] 在示例中, $N=M$ 。在示例中,如果当前块是亮度块,则模板可以为4样本宽。如果当前块是色度块,则模板(即,色度模板)可以基于色度颜色格式。例如,对于4:4:4内容,色度模板也可以为4样本宽;并且对于4:2:0或4:2:2颜色格式,色度模板可以为2样本宽。在示例中,当右上区域712可用时,仅右上处的 4×4 亮度块被包括在模板中。相似地,如果左下区域716可用,则仅右下的 4×4 亮度块被包括在模板中。可以基于色度颜色格式对应地调整色度模板。在另一示例中,顶部模板对于亮度和色度两者可以始终为1样本宽,而左侧模板对于亮度可以为4样本宽。

[0071] 再次参考图6,在示例中,滤波器系数包括至少两个系数。在示例中,滤波器系数包括针对颜色分量中的至少一个颜色分量(即,至少亮度或色度分量)的多于两个系数。在示例中,可以从经压缩的位流中解码滤波器系数的数量(即,基数)。例如,可以从经压缩的位流中解码滤波器系数的数量的指示符。例如,响应于滤波器系数的数量的指示符为第一值(例如,0),可以针对当前块不执行技术600。也就是说,如果系数的数量的指示符为第一值,则不对预测块执行滤波。如果滤波器系数的数量的指示符为第二值(例如,1),则得出两个滤波器系数;并且如果滤波器系数的数量的指示符为第三值(例如,2),则得出多于两个滤波器系数。

[0072] 当滤波器系数的数量为第二值时(例如,当滤波器系数的数量的指示符为二时),可以使用被称为局部照明补偿(LIC)的技术来获得两个滤波器系数。LIC在美国专利公开No. 2021/0352309中进行了描述,该专利通过引用被并入本文。简而言之,LIC是一种用于将当前块与该当前块的预测块之间的局部照明变化建模为当前块模板与参考块模板之间的照明的函数的帧间预测技术。该函数的参数可以由比例因子 α 和偏移 β 表示,由此形成线

性等式： $\alpha \times p[x] + \beta$ 以补偿照明改变，其中 $p[x]$ 是由参考帧中的位置 x 处的运动向量(MV)所指向的参考样本。由于 α 和 β 可以基于当前块模板和参考块模板来得出，因此它们不需要信令开销。也就是说，编码器不需要编码 α 和 β 参数的值并且解码器不需要解码该值。

[0073] 在示例中，滤波器可以是卷积滤波器。可以通过最小化第一经重建的像素和第二经重建的像素之间的误差度量来获得滤波器系数。误差度量可以是相应的经重建的像素的像素值之间的均方误差(MSE)。误差可以是经重建的像素的像素值之间的绝对差总和(sum of absolute differences, SAD)误差。可以使用任何其他合适的误差度量。

[0074] 在示例中，要获得的系数的数量取决于滤波器要被应用于的中间预测像素的邻域内的哪些像素在滤波中被使用。中间预测像素的邻域内的用于滤波的像素在本文被称为邻域的像素的至少子集。图8示出了中间预测块的中间像素802的邻域的示例800。示例800示出了 3×3 邻域。然而，邻域可以是更大或更小的、矩形或一些其他形状(例如，菱形)。示例800示出了像素804-810(即，分别在中间像素802北侧、东侧、南侧和西侧的像素)被用于滤波。因此，滤波器系数包括至少五个系数：将与像素802-810中的每个像素一起使用一个系数。

[0075] 因此，滤波器是5抽头(5-tap)滤波器，并且可以使用等式(1)来获得与中间像素802相对应的预测像素，其中， c_i ($i=0, \dots, 4$)是滤波器系数，pred是最终预测块的滤波器像素。等式(1)被示出为进一步包括常数项(即， c_5)，该常数项也可以在一些实现方式中被得出和使用。

$$\text{pred} = c_0C + c_1N + c_2S + c_3E + c_4W + c_5 \quad (1)$$

[0076] 在示例中，一个或多个但不是所有滤波器系数可以在被得出之后被进一步细化。因此，所获得的滤波器系数可以被视为经预测的滤波器系数。经预测的滤波器系数与滤波器系数的实际值之间的差(即，系数细化值)可以在经压缩的位流中用信号通知。因此，获得针对滤波器的滤波器系数可以包括：针对滤波器系数中的一滤波器系数获得经预测的滤波器系数；从经压缩的位流解码系数细化值；以及使用系数细化值来调整经预测的滤波器系数以获得滤波器系数。

[0077] 在示例中，系数细化值与中间预测像素本身相对应(即，用于中间预测像素本身)。也就是说，例如，系数细化值可以用于细化针对图8的中间像素802获得的滤波器系数。因此，针对该滤波器被应用于的中间预测像素使用系数细化值。在示例中，系数细化值可用于细化与滤波器的非线性项相对应的系数。例如，滤波器可以包括与中间预测像素相对应的滤波器系数、一个非线性项和常数值。非线性项(即，非线性分量)可以是中间预测像素的平方项。因此，滤波器可以由 $a \times p[x]^2 + b \times p[x] + c$ 给出，其中 a 和 b 是滤波器系数，并且 c 是常数分量，并且 $p[x]$ 是位置 x 处的中间预测像素的值。

[0078] 在示例中，并且如关于图8所描述的，滤波器系数可以被应用于中间预测像素的 3×3 邻域中的像素的至少子集，以获得最终预测块的预测像素。无论当前块是亮度块还是色度块，都可以使用 3×3 邻域。像素的子集可以形成(例如，可以具有任何)形状。在示例中， 3×3 邻域中的像素的子集可以是形成十字形状的那些像素，诸如图8所示。也就是说，像素的子集可以是像素802-810。也就是说，中间预测像素的 3×3 邻域中的像素的该至少子集可以是或包括中间预测像素、中间预测像素上方的像素、中间预测像素右侧的像素、中间预测像

素下方的像素以及中间预测像素左侧的像素。

[0079] 在示例中,滤波器可以使用 3×3 邻域中的像素的至少子集,并且可以进一步包括常数项(也被称为DC值)。在示例中,一个形状(即,第一滤波器形状)可以用于作为亮度块的当前块的邻域中的像素的至少子集,而第二滤波器形状可以用于作为色度块的当前块。因此,在当前块是亮度块的情况下可以使用第一滤波器形状,并且在当前块是色度块的情况下可以使用不同于第一滤波器形状的第二滤波器形状。

[0080] 在606处,将滤波器应用于中间预测块以获得最终预测块。在608处,使用最终预测块重建当前块。在示例中,可以从经压缩的位流中解码残差块,并将该残差块添加到最终预测块以获得当前块。

[0081] 在示例中,可以应用跨分量滤波。也就是说,针对亮度块获得的预测可以用于获得针对色度块的预测。换句话说,在当前块是亮度块的情况下,从最终预测块得出针对与当前块相对应的色度块的色度预测块。因此,在当前块是亮度块的情况下,技术600可以进一步包括从最终预测块获得色度预测块。在示例中,可以使用 3×3 亮度滤波器加上 1×1 色度滤波器加上DC值。替代地,可以使用 3×3 亮度滤波器加上 3×3 色度滤波器加上DC值。

[0082] 跨分量滤波可以相似于美国专利公开No. 2022/0272351中描述的跨分量滤波,该专利公开通过引用并入本文。总而言之,在跨分量滤波中,通过使用根据等式(2)的线性模型,基于当前块的相同码处理单元(其可以被称为最大核化单元、宏块或其他此类命名法)的经重建的亮度样本来预测色度样本:

$$pred_c(i, j) = \alpha \times rec'_l(i, j) + \beta \quad (2)$$

[0083] 在等式(2)中, $pred_c(i, j)$ 表示色度样本预测, $rec'_l(i, j)$ 表示当前亮度块的经下采样的经重建的亮度预测。在色度样本和亮度样本不具有相同的分辨率的情况下,执行下采样。例如,在使用4:2:2或4:2:0格式的情况下,可以执行下采样。下采样将亮度和色度块的分辨率对齐。

[0084] 跨分量参数(α 和 β)可以用最多四个邻近色度样本及它们对应的经下采样的亮度样本得出。图9示出了跨分量滤波模式中所涉及的当前块的样本以及左侧和上方样本的位置的示例900。计算参数 α 的除法运算可以用查找表来实现。关于亮度块902,左侧和上方样本的位置被显示为经充填圆,诸如经充填圆904。关于色度块906,左侧和上方样本的位置被显示为经充填圆,诸如经充填圆908。

[0085] 在另一示例中,7抽头卷积滤波器可以用于从亮度预测块获得色度预测块。卷积滤波器可以包括5抽头加号形状空间分量、非线性项和偏置项。滤波器的空间5抽头分量的输入由与要预测的色度样本搭配的中心(C)亮度样本以及该中心亮度样本的上方/北侧(N)、下方/南侧(S)、左侧/西侧(W)和右侧/东侧(E)近邻组成,如上文关于等式(1)所描述的。因此,可以使用等式(3)来获得预测像素:

$$predChromaVal = c_0C + c_1N + c_2S + c_3E + c_4W + c_5P + c_6B \quad (3)$$

[0086] 在等式(3)中,P是非线性项。在示例中,非线性项P可以被表示为中心亮度样本C(即,中间像素802)的二的幂,并且被缩放到内容的样本值范围: $P = (C^2 + midVal) \gg bitDepth$ 。为了说明,假设10位内容,则P被计算为

$P = (C^2 + 512) \gg 10$ 。其他非线性项也是可能的。偏置项B在被使用时可以表示输入与输出之间的标量偏移。可以以与上文关于等式(1)所描述的相似的方式来获得系数 c_i 。例如,可以通过最小化参考区域中的经预测的色度样本与经重建的色度样本之间的MSE来获得系数 c_i 。在等式(3)中,C、N、S、E和W与亮度预测值的值相对应,诸如图8所示。

[0087] 虽然图6中未具体示出,但是可以响应于从经压缩的位流解码指示要执行技术600的一个或多个语法元素而确定要执行技术600。因此,在示例中,技术600可以包括对带滤波的帧间预测模式(即,指示解码器将滤波应用于使用帧间预测获得的(中间)预测块的模式)进行解码。可以从经压缩的位流解码带滤波的帧间预测模式。

[0088] 在另一示例中,如果当前块与使用了带滤波的帧间预测的块合并,则针对该块执行技术600。因此,在示例中,可以响应于确定使用带滤波的帧间预测模式来重建除当前块之外的块而针对当前块执行带滤波的帧间预测。换句话说,响应于确定使用指示要应用滤波的帧间预测模式来重建除当前块之外的块,将滤波器应用于中间预测块。更一般地,响应于确定当前块的空间和/或时间近邻中的一个或多个是使用带滤波的帧间预测模式来预测的,针对当前块执行技术600。

[0089] 在示例中,可以在经压缩的位流中用信号通知指示符(例如,编码),该指示符指示在块级别允许带滤波的帧间预测。如果指示符指示了在块级别不允许带滤波的帧间预测,则将针对当前块执行技术600。可以针对块组来用信号通知该指示符。也就是说,可以在与该块组相对应的报头中用信号通知指示符。块组可以是帧组、帧、块的片段、块的图块(tile)或超级块。更一般地,块组可以是用于对数据进行分组化并且为所包含的数据提供识别信息的任何结构。在示例中,可以在序列参数集(SPS)中的序列级别用信号通知指示符。

[0090] 图10是用于对当前块进行编码的技术1000的流程图。技术1000可以在诸如图4的编码器400的编码器中实现。技术1000可用于获得(例如,查找、识别等)用于如上文所描述的经加权帧间预测的运动向量(即,带滤波的帧间预测)。技术1000可以细化针对当前块获得的运动向量。

[0091] 技术1000可以被实现为例如可以由诸如发送站102的计算装置执行的软件程序。软件程序可以包括机器可读指令(例如,可执行指令),该机器可读指令可以存储在诸如存储器204或辅助存储214的存储器中,并且可以由诸如CPU 202的处理器执行以使计算装置执行技术1000。在至少一些实现方式中,技术1000可以全部或部分地由图4的编码器400的帧内/帧间预测级402执行。

[0092] 技术1000可以使用专用硬件或固件来实现。一些计算装置可以具有多个存储器、多个处理器或两者。技术1000的步骤或操作可以使用不同的处理器、存储器或两者来分布。单数形式的术语“处理器”或“存储器”的使用涵盖具有一个处理器或一个存储器的计算装置以及具有可用于执行所列举步骤中的一些或全部或多个处理器或多个存储器的装置。

[0093] 在1002处,可以获得针对当前块的中间运动向量。中间运动向量可以是使用用于识别针对当前块的运动向量的任何技术(诸如关于图4的帧内/帧间预测级402描述的那些技术)获得的运动向量。例如,并且已知,可以通过在一个或多个参考帧的搜索区域中执行运动补偿搜索以识别参考帧中的一个参考帧中的最接近匹配参考块来识别运动向量。然而,识别中间运动向量的其他方式是可能的。

[0094] 在1004处,通过最小化与中间运动向量相对应(即,引用或指向中间运动向量)的预测块(即,参考块)和当前块(即,源块)之间的误差度量来获得滤波器系数。误差度量可以是平方和误差(SSE)。可以获得四个独立的滤波器系数。使用示例800来说明,针对中心像素(即,中间像素802)可以得出第一系数(表示为a),针对上方像素(即,像素804)可以得出第二系数(表示为b),针对下方像素(即,像素808)可以使用第二系数的补数(即,-b),针对左侧像素(即,像素810)可以得出第三系数(表示为c),并且针对右侧像素(即,像素806)可以使用第四系数的补数(即,-c)。第四系数仅仅是DC常数值(表示为d)。

[0095] 在1006处,通过使用滤波器系数细化中间运动向量来获得针对当前块的运动向量。也就是说,基于滤波器系数得出相对于当前MV的运动向量细化。在示例中,可以使用等式(4)来获得运动向量细化:

$$dMV_x = 2 \frac{c}{a}, dMV_y = 2 \frac{b}{a} \quad (4)$$

[0096] 技术1000可以进一步包括将运动向量编码在经压缩的位流中,诸如,图4的经压缩的位流420。可以使用用于对运动向量进行编码的任何技术。在示例中,获得对运动向量的预测。在这种情况下,对经压缩的位流中的运动向量进行编码包括对经压缩的位流中的运动向量和对运动向量的预测之间的差进行编码。为了说明,中间运动向量可以为 (MV_x, MV_y) ,并且运动向量细化为 (dMV_x, dMV_y) 。因此,被编码在经压缩的位流中的运动向量为 $(MV_x + dMV_x, MV_y + dMV_y)$ 。

[0097] 为了便于解释,技术600和1000被描绘和描述为相应的一系列步骤或操作。然而,根据本公开的步骤或操作可以按各种顺序和/或并发地发生。另外,可以使用本文未呈现和描述的其他步骤或操作。此外,可能不要求所有说明的步骤或操作来实现根据所公开的主题的方法。

[0098] 上文所述的编码和解码的方面示出编码和解码技术的一些示例。然而,应理解,当那些术语在权利要求中使用,编码和解码可意指压缩数据、解压缩数据、变换数据或对数据的任何其他处理或改变。

[0099] 词语“示例”在本文用来意指充当示例、实例或说明。本文描述为“示例”的任何方面或设计并非必需地解释为比其他方面或设计优选或有利。而是,使用词语“示例”意图以具体方式呈现概念。如在本申请中所用,术语“或”意图意指包含性的“或”而不是排他性的“或”。也就是说,除非另有规定或上下文另外清楚地指示,否则陈述“X包括A或B”意图意指其自然的包含性排列中的任一者。也就是说,如果X包括A;X包括B;或者X包括A和B两者,则在前述实例中的任一者下都满足“X包括A或B”。另外,除非另有规定或上下文清楚地指示针对单数形式,否则本申请和所附权利要求中使用的冠词“一个/一种”应当通常被解释为意指“一个或多个”。此外,贯穿本公开使用术语“实现方式”或术语“一个实现方式”并非意图意指相同实施例或实现方式,除非如此描述。

[0100] 发送站102和/或接收站106(以及存储在其上和/或由其(包括由编码器400和解码器500)执行的算法、方法、指令等)的实现方式可以以硬件、软件或它们的任何组合实现。硬件可以包括例如计算机、知识产权(IP)核、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑阵列、光学处理器、可编程逻辑控制器、微码、微控制器、服务器、微处理器、数字信号处理器或任何其他合适的电路。在权利要求中,术语“处理器”应理解为单独地或组合地涵盖前述硬件中的

任一者。术语“信号”和“数据”可互换地使用。进一步,发送站102和接收站106的部分不一定必须以相同方式实现。

[0101] 进一步,在一个方面,例如,发送站102或接收站106可以使用具有计算机程序的通用计算机或通用处理器来实现,该计算机程序在被执行时执行本文描述的相应方法、算法和/或指令中的任一者。另外或替代地,例如,可以利用专用计算机/处理器,该专用计算机/处理器可以包含用于执行本文描述的方法、算法或指令中的任一者的其他硬件。

[0102] 发送站102和接收站106可以例如在视频会议系统中的计算机上实现。替代地,发送站102可以在服务器上实现,并且接收站106可以在与服务器分离的装置(诸如手持式通信装置)上实现。在这个实例中,发送站102可以使用编码器400来将内容编码成经编码的视频信号并将经编码的视频信号发送到通信装置。继而,通信装置然后可以使用解码器500来对经编码的视频信号进行解码。替代地,通信装置可以对本地存储在通信装置上的内容(例如,未曾被发送站102发送的内容)进行解码。其他合适的发送和接收实现方案是可用的。例如,接收站106通常可以是固定的个人计算机而不是便携式通信装置,并且/或者包括编码器400的装置也可以包括解码器500。

[0103] 进一步,本公开的实现方式的全部或一部分可以采用可从例如计算机可用或计算机可读介质访问的计算机程序产品的形式。计算机可用或计算机可读介质可以是可以例如有形地包含、存储、传达或传输程序以供任何处理器使用或结合任何处理器使用的任何装置。介质可以是例如电子、磁性、光学、电磁或半导体装置。其他合适的介质也是可用的。

[0104] 已经描述上述实施例、实现方式和方面,以便促进容易理解本公开,并且不限制本公开。相反,本公开意图涵盖所附权利要求的范围内包括的各种修改和等效布置,所述范围应被赋予在法律下准许的最广泛解释以便涵盖所有此类修改和等效结构。

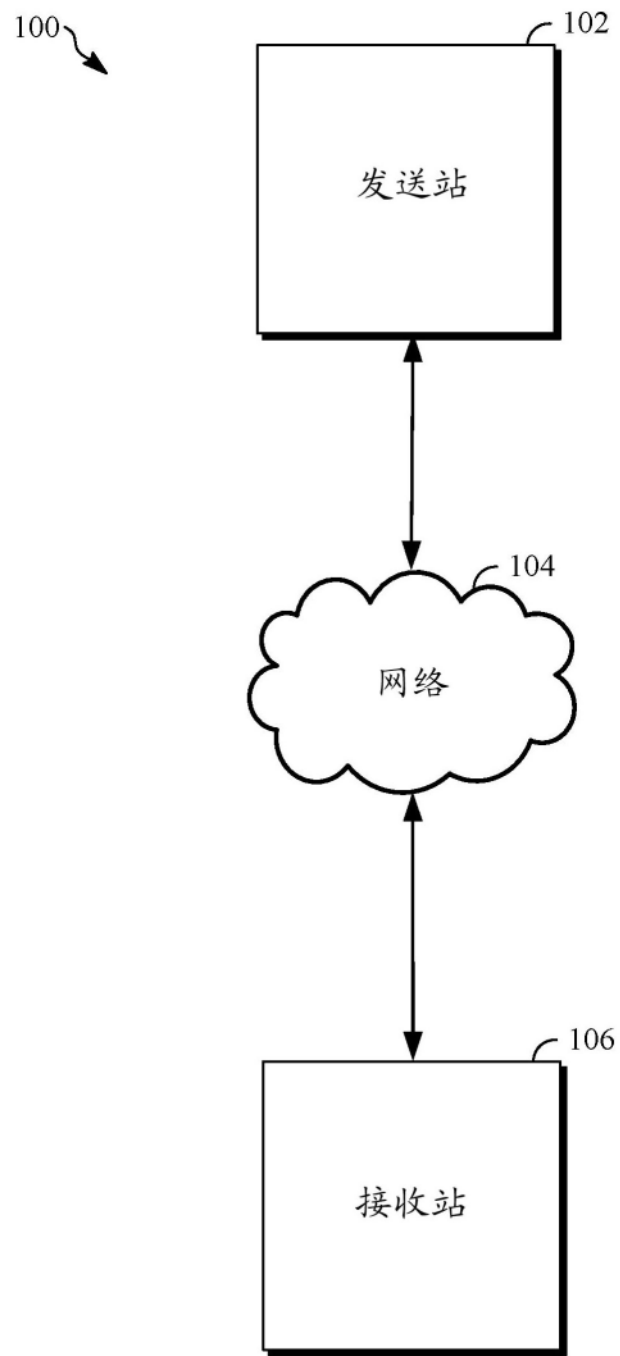


图1

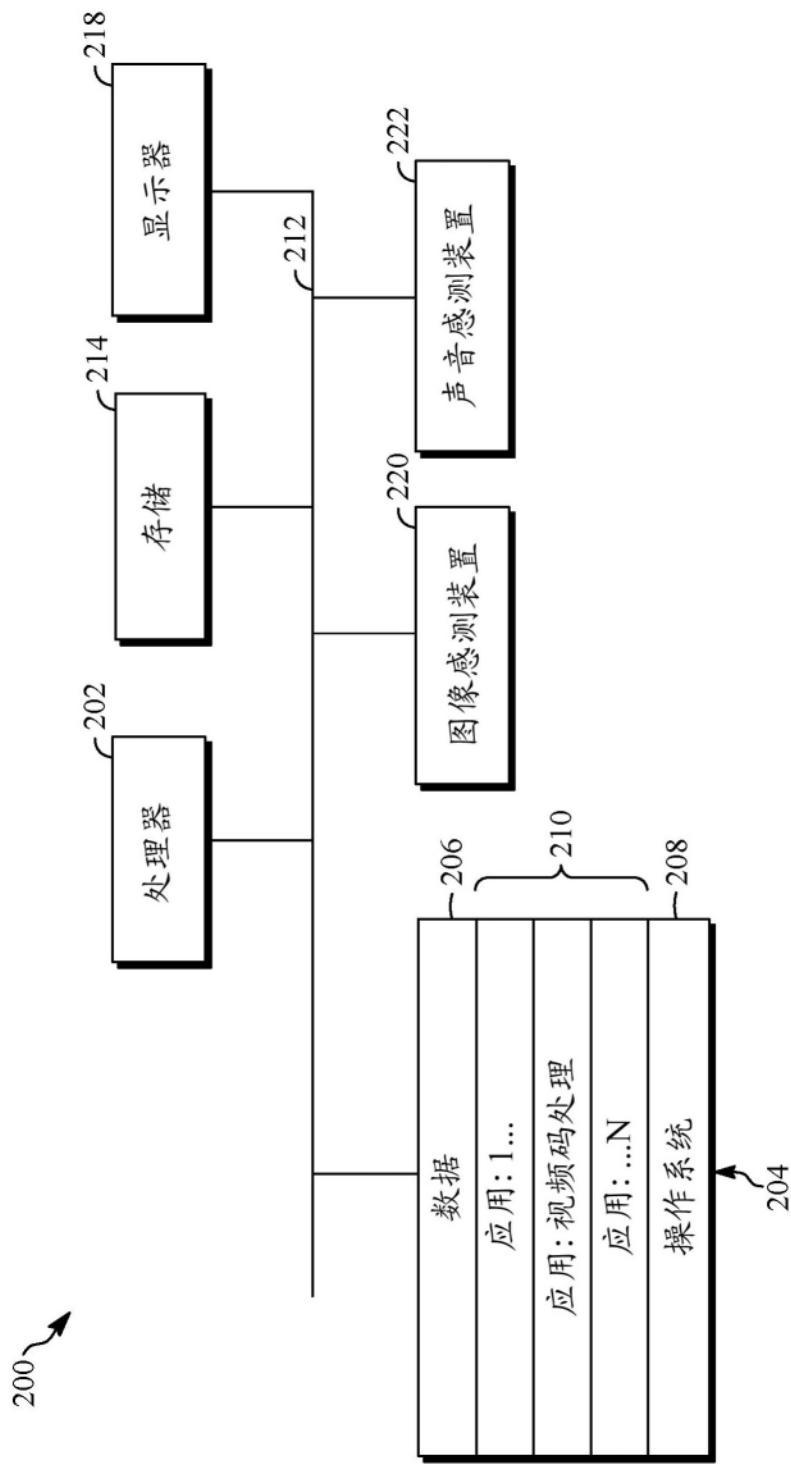


图2

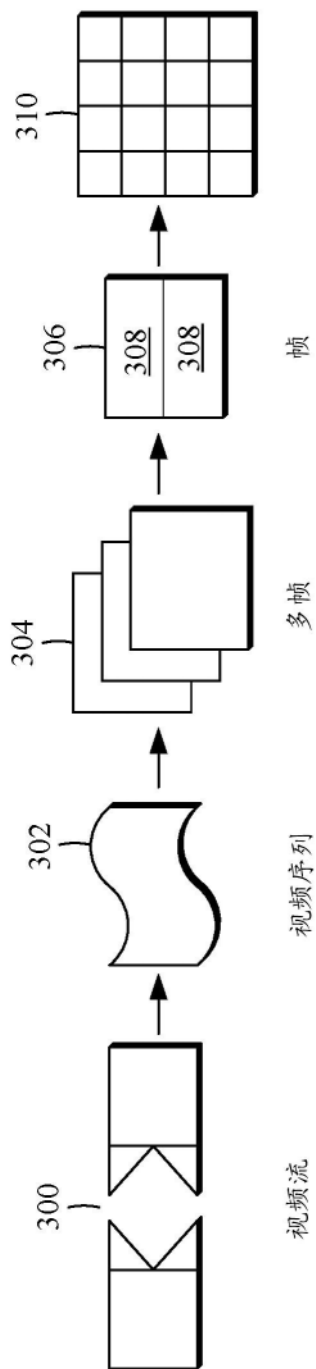


图3

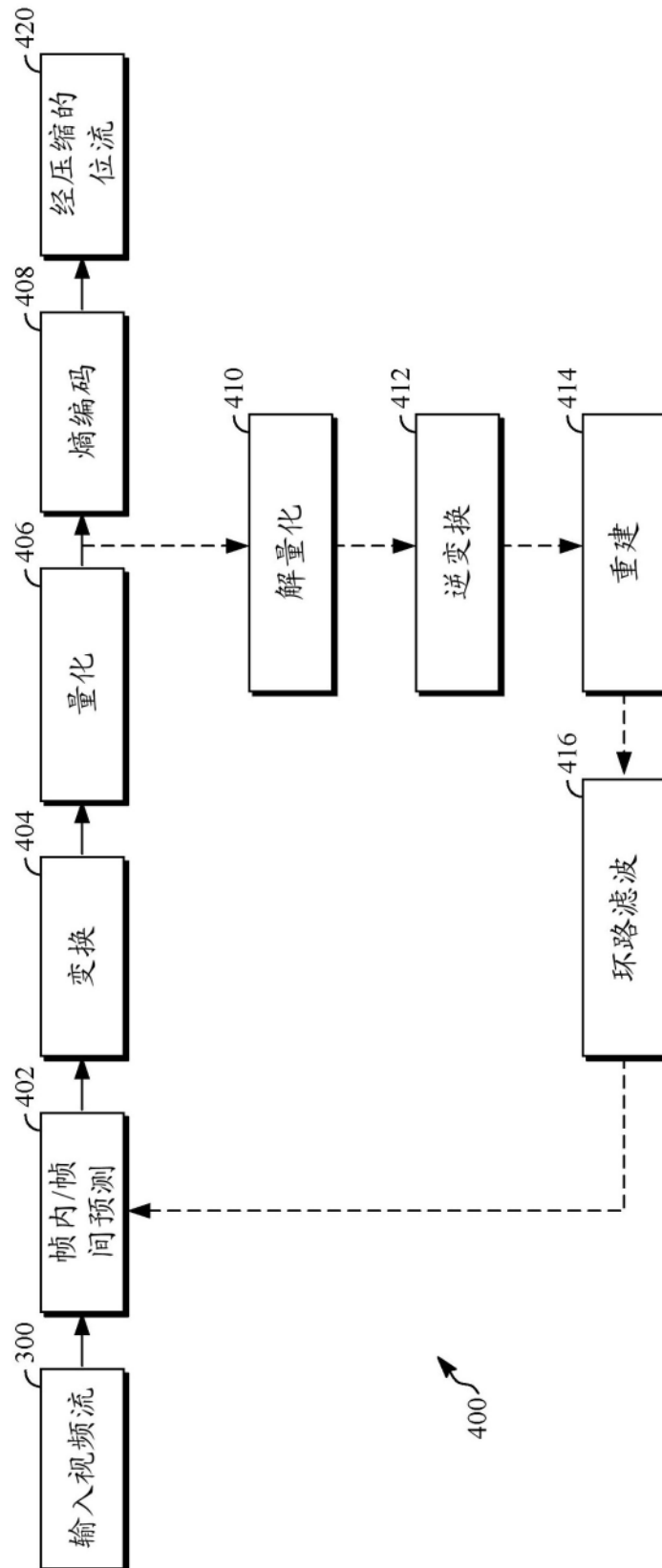


图4

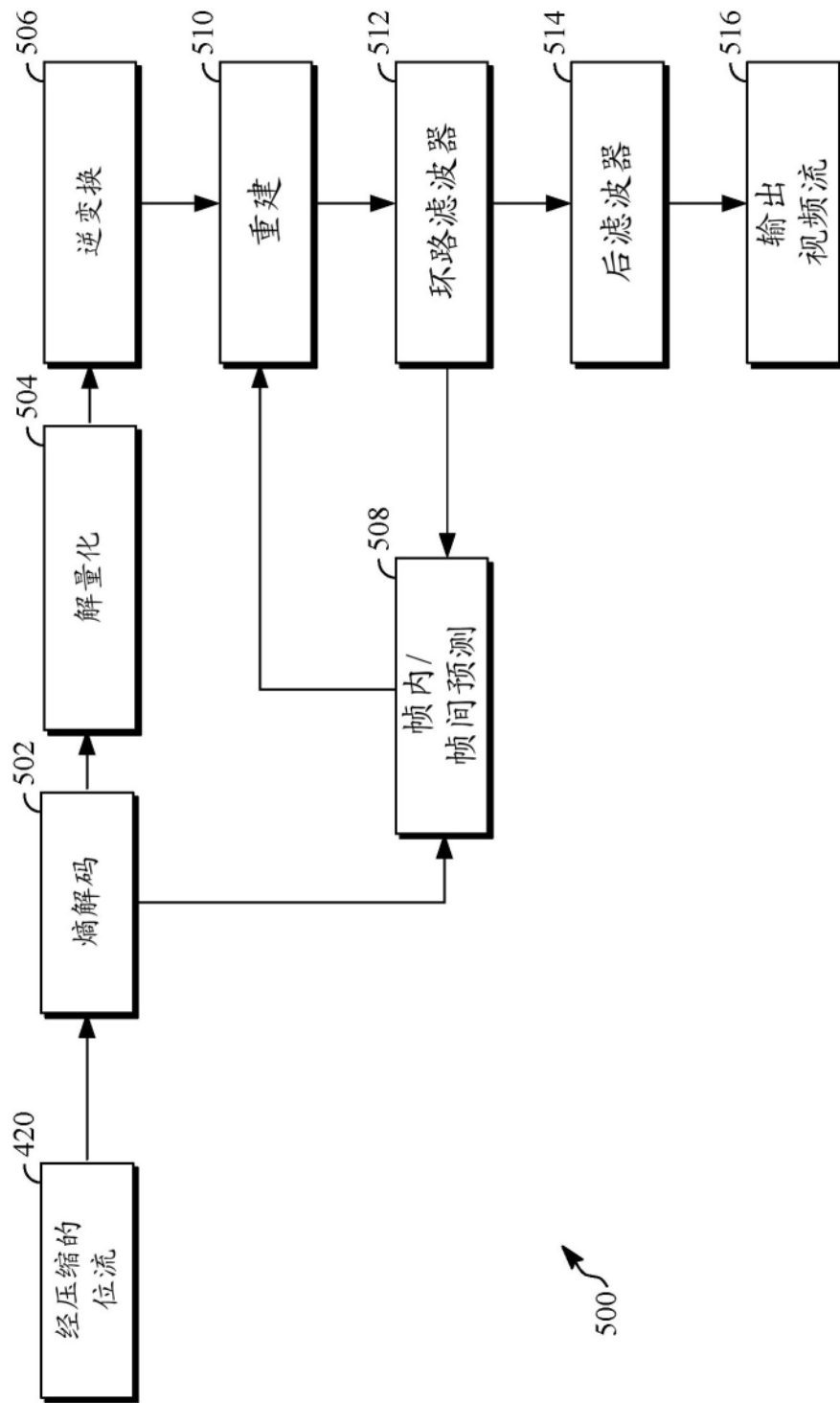


图5

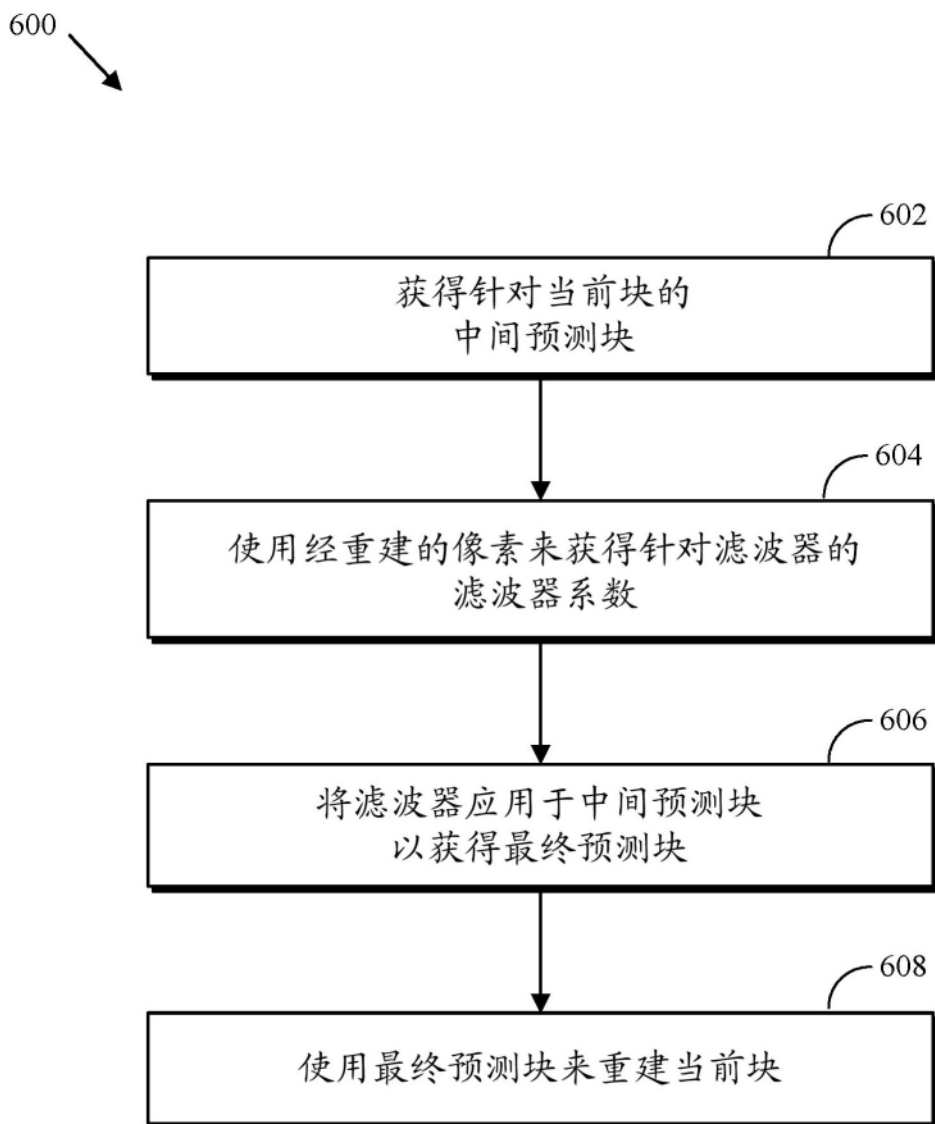


图6

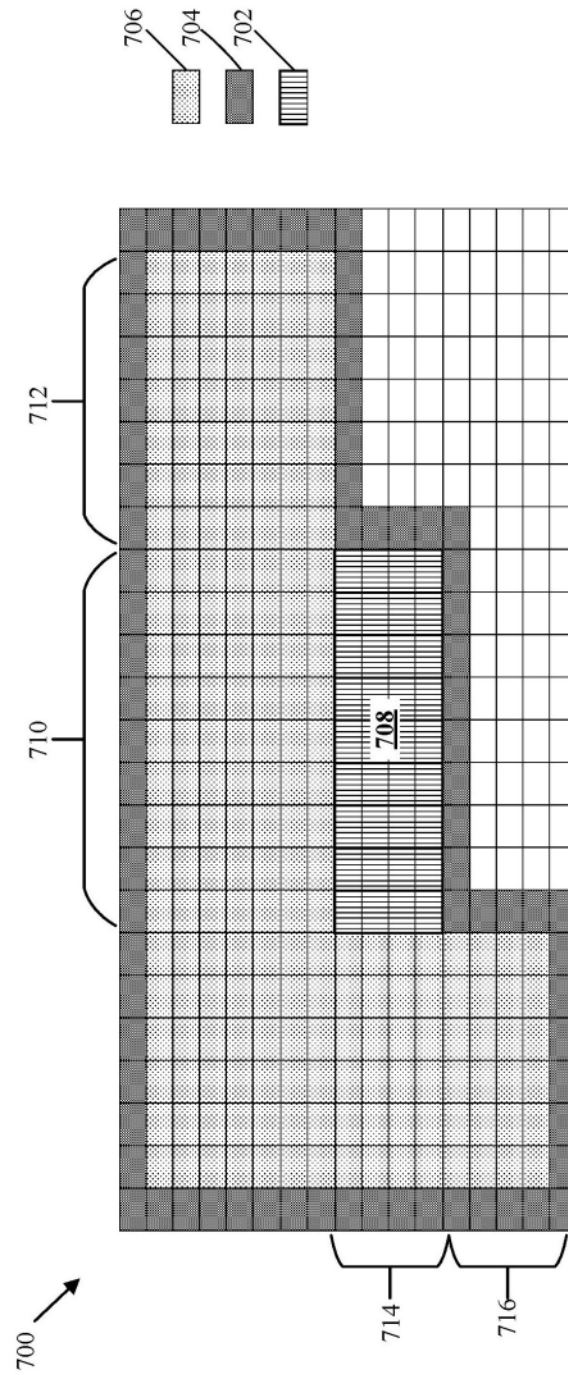


图7

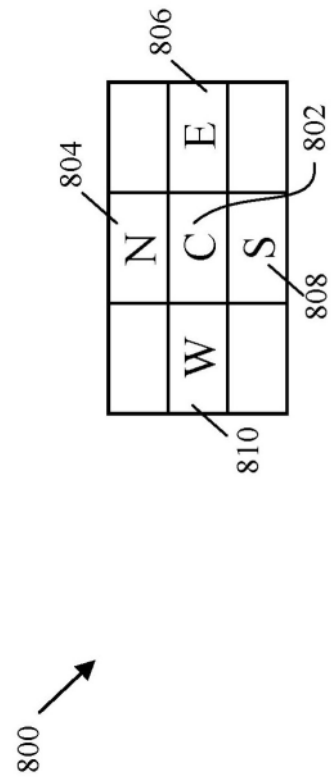


图8

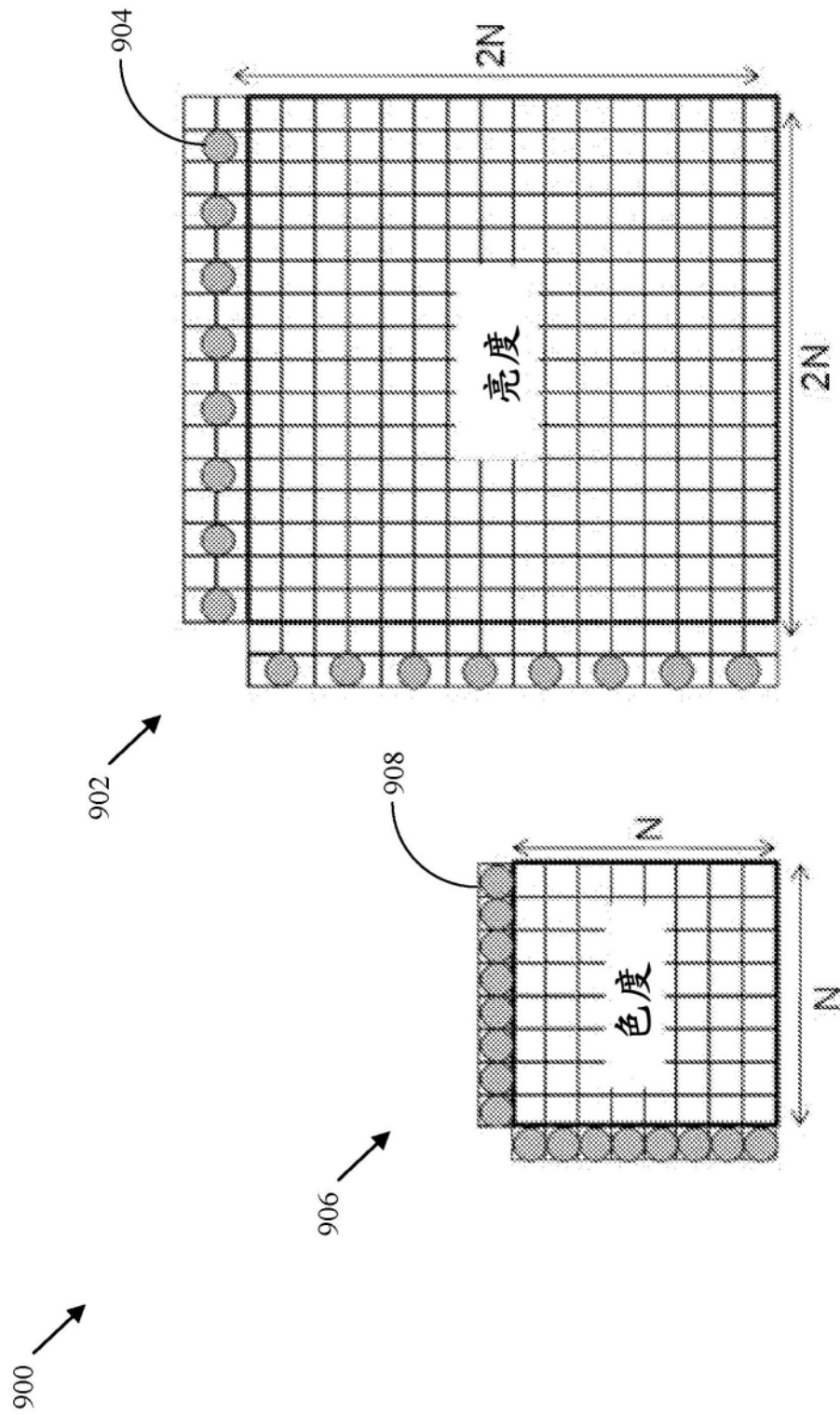


图9

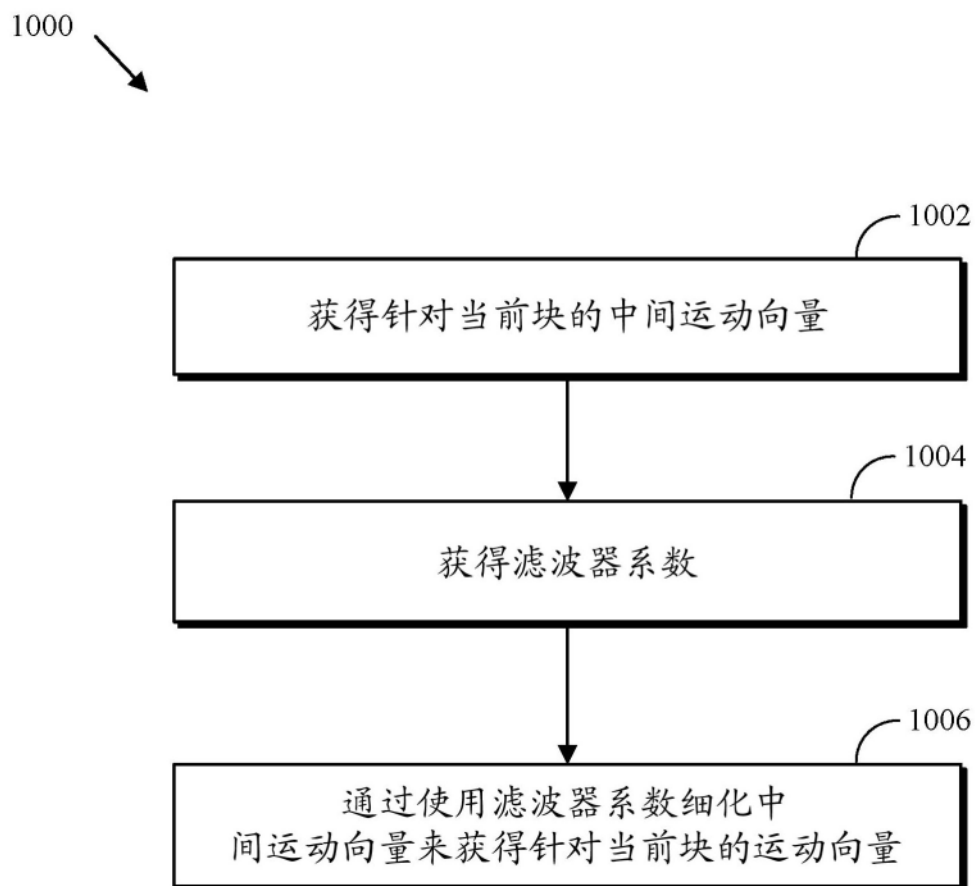


图10