



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107079167 B

(45)授权公告日 2020.07.17

(21)申请号 201580051352.2

阿林达姆·莫汉塔

(22)申请日 2015.08.19

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

(65)同一申请的已公布的文献号

责任公司 11287

申请公布号 CN 107079167 A

代理人 宋献涛

(43)申请公布日 2017.08.18

(51)Int.CI.

H04N 19/593(2014.01)

(30)优先权数据

H04N 19/182(2014.01)

14/503,669 2014.10.01 US

H04N 19/82(2014.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 19/436(2014.01)

2017.03.23

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 101383970 A, 2009.03.11,

PCT/US2015/045876 2015.08.19

CN 101383971 A, 2009.03.11,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 103414895 A, 2013.11.27,

W0 2012167419 A2, 2012.12.13,

US 2013101029 A1, 2013.04.25,

(73)专利权人 高通股份有限公司

CN 101383970 A, 2009.03.11,

地址 美国加利福尼亚州

审查员 王博

(72)发明人 阿希什·米什拉

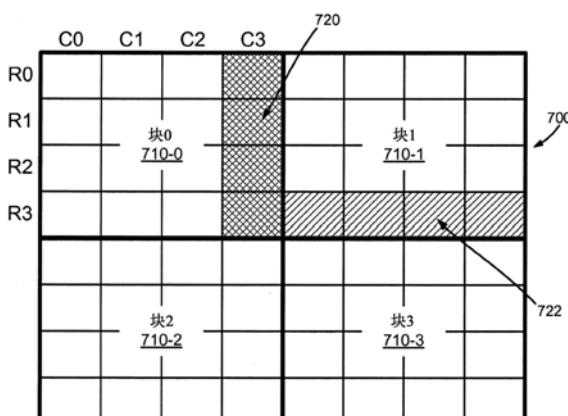
权利要求书3页 说明书17页 附图8页

(54)发明名称

用于执行帧内预测的方法、设备和系统

(57)摘要

随着共享视频内容的质量及数量增加,正开发并改进视频编码标准及技术以减少电信及其它网络上的带宽消耗。用以减少带宽消耗的一种技术为帧内预测,其利用视频帧内的空间冗余。每一视频帧可分段成块,且可将帧内预测应用于所述块。然而,一些块的帧内预测可依赖于完成(例如,重建)其它块,此可使并行处理具挑战性。提供用于改进与多个块的帧内预测相关联的效率及输送量的示范性技术。



1. 一种对第一块和第二块执行帧内预测的方法,其中所述第一块和所述第二块是变换块,所述方法包括:

在相邻处理单元处接收与所述第一块相邻的第一多个像素;

由所述相邻处理单元通过在第一时间周期期间对所述第一多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第一多个像素以用于由帧内预测处理单元进行帧内预测;

由所述帧内预测处理单元接收经处理的第一多个像素;

由所述帧内预测处理单元在紧接所述第一时间周期的第二时间周期期间至少基于所述经处理的第一多个像素对所述第一块进行帧内预测;

由所述相邻处理单元接收与所述第二块相邻的第二多个像素;

由所述相邻处理单元通过在所述第二时间周期的部分期间对所述第二多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第二多个像素以用于帧内预测;及

由所述帧内预测处理单元在紧接所述第二时间周期的第三时间周期期间至少基于经处理的第二多个像素对所述第二块进行帧内预测,其中所述第一块中的至少一些经帧内预测像素的经重构像素包括在用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一块及所述第二块为共享相同帧内预测模式的变换块。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述帧内预测处理单元包括数目N个处理引擎,且其中每一处理引擎在所述第二时间周期和所述第三时间周期的每一循环期间对不同像素进行帧内预测。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述第一块具有M个像素乘M个像素的大小,且其中所述第二时间周期持续 $M \times M / N$ 个循环。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中所述相邻处理单元从具有每循环 $2N$ 个像素的读取带宽的缓冲器接收所述第一多个像素及所述第二多个像素。

6. 根据权利要求4所述的方法,其中所述第一多个像素包括 $4M+1$ 个像素。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中对所述第一块进行帧内预测包括在确定所述第一块的剩余部分之前确定经帧内预测像素的至少关键行或关键列,其中经帧内预测像素的所述至少关键行或关键列的经重构像素包括在用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述帧内预测处理单元包括数目N个处理引擎,其中所述第二块具有M个像素乘M个像素的大小,且其中处理所述第二多个像素开始于确定所述第一块的所述关键行或关键列完成之后的 $2M/N$ 个循环。

9. 一种用于对第一块和第二块执行帧内预测的处理器系统,其中所述第一块和所述第二块是变换块,所述处理器系统包括:

存储器单元,其经配置以存储多个块;

相邻处理单元,其可操作以:

接收与所述第一块相邻的第一多个像素;及

通过在第一时间周期期间对所述第一多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第一多个像素以用于帧内预测;以及

帧内预测处理单元,其可操作以:

接收经处理的第一多个像素,以及

在紧接所述第一时间周期的第二时间周期期间至少基于所述经处理的第一多个像素对所述第一块进行帧内预测;

其中所述相邻处理单元进一步可操作以:

接收与所述第二块相邻的第二多个像素,以及

通过在所述第二时间周期的部分期间对所述第二多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第二多个像素以用于帧内预测;且

其中所述帧内预测处理单元进一步可操作以:

接收经处理的第二多个像素,以及

在紧接所述第二时间周期的第三时间周期期间至少基于所述经处理的第二多个像素对所述第二块进行帧内预测,且其中所述第一块中的至少一些经帧内预测像素的经重建构像素包括在用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中。

10. 根据权利要求9所述的处理器系统,其中所述第一块及所述第二块为共享相同帧内预测模式的变换块。

11. 根据权利要求9所述的处理器系统,其中所述帧内预测处理单元包括数目N个处理引擎,且其中每一处理引擎可操作以在所述第二时间周期和所述第三时间周期的每一循环期间对不同像素进行帧内预测。

12. 根据权利要求11所述的处理器系统,其中所述第一块具有M个像素乘M个像素的大小,且其中所述第二时间周期持续 $M \times M / N$ 个循环。

13. 根据权利要求11所述的处理器系统,其进一步包括可操作以存储所述第一多个像素及所述第二多个像素的缓冲器,其中所述缓冲器具有每循环 $2N$ 个像素的读取带宽。

14. 根据权利要求12所述的处理器系统,其中所述第一多个像素包括 $4M+1$ 个像素。

15. 根据权利要求9所述的处理器系统,其中所述帧内预测处理单元进一步可操作以在确定所述第一块的剩余部分之前确定所述第一块中的经帧内预测像素的关键行或关键列,其中经帧内预测像素的所述关键行或关键列的经重建构像素包括在用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中。

16. 如权利要求15所述的处理器系统,其中所述帧内预测处理单元包括数目N个处理引擎,其中所述第二块具有M个像素乘M个像素的大小,且其中所述相邻处理单元可操作以在所述帧内预测处理单元完成确定所述第一块的所述关键行或关键列之后的 $2M/N$ 个循环处理所述第二多个像素。

17. 一种视频解码器,其包括:

存储器单元,其经配置以存储多个块;

处理器系统,其可操作以对第一块和第二块执行帧内预测,其中所述第一块和所述第二块是变换块,所述处理器系统包括:

相邻处理单元,其可操作以:

接收与所述第一块相邻的第一多个像素,以及通过在第一时间周期期间对所述第一多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第一多个像素以用于由帧内预测处理单元进行帧内预测;及

所述帧内预测处理单元,其可操作以:

接收经处理的第一多个像素,以及在紧接所述第一时间周期的第二时间周期期间基于所述经处理的第一多个像素对所述第一块进行帧内预测;

其中所述相邻处理单元进一步可操作以:接收与所述第二块相邻的第二多个像素,以及通过在所述第二时间周期的部分期间对所述第二多个像素进行填补、滤波和调节中的至少一者来处理所述第二多个像素以用于由所述帧内预测处理单元进行帧内预测;

其中所述帧内预测处理单元进一步可操作以:接收经处理的第二多个像素,以及在紧接所述第二时间周期的第三时间周期期间基于所述经处理的第二多个像素对所述第二块进行帧内预测;

反变换模块,其可操作以提供第一残余块及第二残余块;及

求和器,其可操作以将经帧内预测的第一块与所述第一残余块相加以确定第一经重建块,所述求和器进一步可操作以将经帧内预测的第二块与所述第二残余块相加以确定第二经重建块,其中所述第一经重建块包括用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中的至少一些。

18.根据权利要求17所述的视频解码器,其进一步包括:

参考帧缓冲器,其可操作以将所述第一经重建块及所述第二经重建块作为参考帧的部分而存储,

其中所述参考帧可用于后续运动补偿、帧内预测及显示于呈现装置上中的至少一者。

19.根据权利要求17所述的视频解码器,其中所述帧内预测处理单元包括数目N个处理引擎,且其中每一处理引擎可操作以在所述第二时间周期和所述第三时间周期的每一循环期间对不同像素进行帧内预测。

20.根据权利要求19所述的视频解码器,其中所述第一块具有M个像素乘M个像素的大小,且其中所述第二时间周期持续M*M/N个循环。

21.根据权利要求19所述的视频解码器,其进一步包括可操作以存储所述第一多个像素及所述第二多个像素的缓冲器,其中所述缓冲器具有每循环2N个像素的读取带宽。

22.根据权利要求21所述的视频解码器,其中所述缓冲器包括具有16N的RAM宽度的RAM。

23.根据权利要求20所述的视频解码器,其中所述第一多个像素包括4M+1个像素。

24.根据权利要求17所述的视频解码器,其中所述帧内预测处理单元进一步可操作以在确定所述第一块的剩余部分之前确定所述第一块中的经帧内预测像素的关键行或关键列,其中经帧内预测像素的所述关键行或关键列的经重建块包括在用于对所述第二块进行帧内预测的所述第二多个像素中。

25.根据权利要求24所述的视频解码器,其中所述反变换模块进一步可操作以产生对应于所述关键行或关键列的残余值。

26.根据权利要求25所述的视频解码器,其中所述求和器进一步可操作以将所述关键行或关键列与所述对应残余值相加以产生所述第二多个像素中的至少一些。

用于执行帧内预测的方法、设备和系统

技术领域

[0001] 本申请案大体上涉及视频编码器及视频解码器中的帧内预测,且更具体来说涉及使用管线化技术的帧内预测的硬件实施方案。

背景技术

[0002] 视频编解码器(例如用于高效视频译码(HEVC)中的那些)并入多种技术以压缩用于移动装置、智能TV及许多其它视频应用中的视频。一种此技术为帧内预测,其利用视频帧内的空间冗余以减少视频串流所要求的文件大小及/或带宽。

[0003] 视频帧大体上分段成像素块,且给定块常常与紧密围绕所述块的块及像素高度相关。因此,可从已经计算的相邻像素内插块内的像素。所述相依性本质可存储为帧内预测模式。一旦确定帧内预测模式,仅需要编码经内插像素与实际像素之间的差异(例如,残余)。在后续处理阶段中编码这些残余,所述处理阶段包含离散余弦变换(DCT)、量化及熵译码。通过考虑空间冗余,帧内预测可极大地增加总压缩比。

[0004] 在HEVC中,完全通过帧内预测(与帧间预测相反)编码及解码一些参考帧(例如,经帧内译码图片或I帧)。参考帧可包括多个译码单元(CU),且每一CU可划分成 $M \times M$ 大小的变换单元(TU)。CU可进一步划分成可与色度或明度信息相关联的译码块(CB)。类似地,TU可划分成变换块(TB)。可在TB层级处以计算方式应用帧内预测模式。

[0005] HEVC标准指示 $4M+1$ 个相邻像素可用于执行帧内预测,且因此必须在针对给定块(例如,TU)的帧内预测开始之前填补、滤波及潜在地以其它方式调节这些相邻像素。在所述块的帧内预测完成之后,开始下一块的帧内预测。可依序地处理所述两个块,这是因为第二块的帧内预测可大体上取决于从第一块及/或其它先前所计算块的帧内预测导出的经重建构像素。因此,HEVC标准本质上一定程度地要求在此阶段处依序处理每一块,许多其它视频标准也如此。

发明内容

[0006] 鉴于上文所描述的依序处理要求,本发明旨在减少连续块(例如,译码单元内的连续变换单元)的帧内预测之间的延迟。应注意,取决于第一块及第二块的相对位置,第二块的帧内预测常常并不取决于与第一块相关联的每一经重建构像素,而是仅仅取决于单一关键行或列。如果每一块是使用光栅扫描经帧内预测(如通常所进行),则在第一块的处理循环结束时仅对关键行或列进行帧内预测。由于关键行或列的像素的重建构、滤波、填补及/或其它调节可花费许多处理循环,因此第二块的帧内预测经延迟。在HEVC中,每一译码单元可含有至多256个变换单元,且因此这些延迟可快速累加以减少整个性能。

[0007] 所提出硬件架构可利用可操作以优先排序第一块中的关键行及列的像素产生的帧内预测处理单元。相邻处理单元可接收对应于关键行及列的经重建构像素,且可在完成第一块的帧内预测之前进一步准备(例如,填补及滤波)用于第二块的帧内预测的相邻像素。此允许帧内预测处理单元在所述块中的每一者之间快速过渡。通过交错相邻处理及帧

内预测,移除或减少连续块(例如,译码单元内的邻近变换单元)的帧内预测之间的延迟。

[0008] 此外,多个帧内预测引擎可并行操作以处理给定块。帧内预测引擎的数目(N)可随着用于存储相邻像素的相邻缓冲器(例如,包括相邻RAM)的读取带宽(例如,每循环2N个像素)而按比例调整。一般来说,由帧内预测引擎使用的存储器的最大读取速率可紧密匹配帧内预测引擎输出用于重建块(且例如用于后续块的帧内预测)的像素的速率。所揭示系统及方法可因此按比例调整以管理与读取带宽相关联的常见瓶颈。

附图说明

[0009] 结合附图描述本发明的特征、方面及实施例,其中:

[0010] 图1展示说明可经配置以根据本发明的原理利用用于管线化帧内预测的技术的视频编码及解码系统的实例的框图;

[0011] 图2展示说明可根据所揭示原理实施的视频编码器的实例的框图;

[0012] 图3展示说明可根据所揭示原理实施的视频解码器的实例的框图;

[0013] 图4展示说明用于帧内预测的各种模式的示意图;

[0014] 图5展示说明块与相邻块的相依性的示意图;

[0015] 图6展示说明帧内预测子系统的框图;

[0016] 图7展示说明选定用于帧内预测的译码块的框图;及

[0017] 图8展示说明交错式帧内预测技术的时序图。

[0018] 这些示范性诸图及实施例将提供对由从本申请案产生的任何权利要求阐述的标的物的书面详细描述。这些示范性诸图及实施例不应用以限制任何此类权利要求的范围。

[0019] 此外,尽管为方便起见类似参考数字可用以指代类似结构,但各种实例实施例中的每一者可被认为是不同的变型。

具体实施方式

[0020] 图1展示说明可经配置以根据本发明的原理利用用于管线化帧内预测的技术的视频编码及解码系统10的实例的框图。如图1中所展示,系统10包含经由通信信道16向目的地装置14发射经编码视频的源装置12。经编码视频还可存储于存储媒体34或文件服务器36上,且可由目的地装置14按需要接入。源装置12及目的地装置14可包括广泛多种装置中的任一者,包含桌上型计算机、笔记型(例如,膝上型)计算机、平板计算机、机顶盒、电话手机(例如,智能电话或其它个人通信装置)、电视、相机、显示装置、数字媒体播放器、视频游戏控制台、移动装置及其类似者。在许多状况下,此类装置可经装备以用于无线通信、有线通信或这两者。因此,通信信道16可包括无线信道(例如,Wi-Fi连接)、有线信道(例如,DSL、电缆调制解调器、以太网、USB)或适于发射经编码视频数据的无线与有线信道的组合。

[0021] 本发明的原理可应用于视频译码以支持多种多媒体应用中的任一者,所述应用例如空中电视广播、有线电视发射、卫星电视发射、(例如,经由因特网的)串流视频发射、用于存储在数据存储媒体上的数字视频的编码、存储于数据存储媒体上的数字视频的解码,及其它应用。

[0022] 在一些实施例中,装置12、14可以大体上对称的方式操作,使得装置12、14中的每一者包含视频编码及解码组件。因此,系统10可经配置以支持单向及双向视频发射两者,以

支持例如视频串流、视频重放、视频广播及视频电话的应用。

[0023] 在图1中所展示的实施例中,源装置12包含视频源18、视频编码器20、调制器/解调器(调制解调器)22及发射器24。视频源18可包括视频俘获装置(例如,摄像机)、含有先前所俘获视频的视频存档、可操作以从视频内容提供者接收视频的视频馈入接口及用于产生计算机图形数据作为源视频的计算机图形系统的任何组合或个别例子。在一些实施例中,视频源18可为摄像机,且源装置12及目的地装置14可形成相机电话或视频电话。然而,一般来说,本发明中所描述的技术适用于视频译码,且可应用于无线及/或有线应用。

[0024] 可由视频编码器20编码所俘获、预俘获或计算机产生的视频。经编码视频信息可由调制解调器22根据例如无线通信协议的通信标准调制,并经由发射器24发射到目的地装置14。调制解调器22可包含各种混频器、滤波器、放大器及其它经设计以用于信号调制的组件。发射器24可包含经设计以用于发射数据的电路,包含放大器、滤波器及一或多个天线。

[0025] 由视频编码器20编码的所俘获、预俘获或计算机产生的视频还可存储到存储媒体34或文件服务器36上以用于稍后消耗。存储媒体34可包含蓝光光盘、DVD、CD-ROM、快闪存储器或用于存储经编码视频的任何其它合适的数字存储媒体。目的地装置14可接着接入存储于存储媒体34上的经编码视频以用于解码及重放。

[0026] 文件服务器36可为能够存储经编码视频并将经编码视频发射到目的地装置14的任何类型服务器。实例文件服务器包含网页服务器(例如,用于网站)、FTP服务器、网络附接存储(NAS)装置、本地磁盘驱动器,或能够存储经编码视频数据并将其发射到目的地装置的任何其它类型的装置。经编码视频数据从文件服务器36的发射可为串流发射、下载发射或两者的组合。目的地装置14可通过任何标准数据连接(包含因特网连接)来接入文件服务器36。此连接可包含无线信道(例如,Wi-Fi连接)、有线连接(例如,DSL、电缆调制解调器、以太网、USB),或适于接入存储在文件服务器上的经编码视频数据的两者的组合。

[0027] 在图1的实例中,目的地装置14包含接收器26、调制解调器28、视频解码器30及显示装置32。接收器26经由信道16接收信息,且调制解调器28对所述信息进行解调以产生用于视频解码器30的经解调位流。经由信道16传达的信息可包含由视频编码器20产生以用于视频解码器30在解码视频数据时使用的多种语法信息。此类语法还可包含在存储于存储媒体34或文件服务器36上的经编码视频数据中。视频编码器20及视频解码器30中的每一者可形成能够编码及解码视频数据的相应编码器-解码器(编解码器)的部分。

[0028] 显示装置32可与目的地装置14集成或在所述目的地装置外部。在一些实例中,目的地装置14可包含集成显示装置,且还经配置以与外部显示装置介接。在其它实例中,目的地装置14可为显示装置。一般来说,显示装置32向用户显示经解码视频数据,且可包括例如阴极射线管(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装置的多种显示装置中的任一者。

[0029] 在图1中所展示的实施例中,通信信道16可包括任何无线或有线通信媒体,例如射频(RF)频谱或一或多个物理发射线,或无线与有线媒体的任何组合。通信信道16可形成分组网络(例如局域网、广域网或全球网络(例如,因特网))的部分。通信信道16大体上表示用于将视频数据从源装置12发射到目的地装置14或在源装置12与目的地装置14之间双向地发射视频数据的任何合适通信媒体或不同通信媒体的集合。通信信道16可包含路由器、交换器、基站、或可用于促进源装置12与目的地装置14之间的通信的任何其它设备。

[0030] 高效视频译码 (HEVC) 标准正由 ITU-T 视频译码专家组 (VCEG) 及 ISO/IEC 动画专家组 (MPEG) 的视频译码联合合作小组 (JCT-VC) 进行开发。截至 2012 年 6 月 7 日, 可从 http://phenix.it-sudparis.eu/jct/doc_end_user/documents/9_Geneva/wg11/JCTVC-I1003-v3 下载被称作“HEVC 工作草案 7”的 HEVC 标准的最近草案。对 HEVC 工作草案 7 的完全引用是布洛斯 (Bross) 等人的文献 JCTVC-I1003“高效视频译码 (HEVC) 文本规范草案 7 (High Efficiency Video Coding (HEVC) Text Specification Draft 7)” (ITU-T SG16 WP3 及 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 的视频译码联合合作小组 (JCT-VC), 第 9 次会议: 瑞士日内瓦, 2012 年 4 月 27 日到 2012 年 5 月 7 日)。被称作“HEVC 工作草案 (WD) 8”的 HEVC 标准的额外最近草案可从 http://phenix.int-evry.fr/jct/doc_end_user/documents/10_Stockholm/wg11/JCTVC-J1003-v8.zip 获得。截至 2013 年 4 月, 可在 <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.265-201304-I> 处发现审批通过的 HEVC 规范。当前段落中所阐述的参考文献中的每一者以全文引用的方式并入本文中。

[0031] HEVC 标准描述视频帧或图片可被划分成一序列最大译码单元 (LCU) (其还可被称作译码树单元 (CTU))。每一 CTU 可包括多个译码树块 (例如, 一个明度 CTB 及两个色度 CTB)。每一 CTU 还可根据四叉树分裂成译码单元 (CU)。一般来说, 四叉树数据结构包含每个 CU 一个节点, 其中根节点对应于 CTU。举例来说, CTU 的四叉树可分裂成四个子节点 (其可与子 CU 相关联), 且这些子节点中的一或者可另外为分裂成另四个子节点的父节点。四叉树的每一最后未分裂子节点还被称作可与叶 CU 对应的叶节点。一般来说, CU 具有类似于一些非 HEVC 标准 (例如, H.264 标准) 的宏块的目的, 其中具有几个差异 (例如, CU 可在大小方面不同)。因此, 术语“CU”及“宏块”可在本文献中互换使用而不会损失其一般性。

[0032] 每一 CU 可包括译码节点以及与译码节点相关联的一或多个预测单元 (PU) 及一或多个变换单元 (TU)。CU 大小可对应于译码节点的大小且可大体上为正方形形状。举例来说, CU 大小可介于 8×8 像素至多 CTU 大小 (其可具有最大大小 (例如, 64×64 像素)) 的范围内。

[0033] 在本发明中, “ $M \times M$ ”与“ M 乘 M ”可互换使用以分别指视频块在水平及垂直尺寸方面的像素尺寸 (例如, 16×16 像素或 16 乘 16 像素)。一般来说, 16×16 块在水平方向上将具有 16 个像素 ($x=16$), 且在垂直方向上将具有 16 个像素 ($y=16$)。同样地, $M \times M$ 块大体上在水平方向上具有 M 个像素且在垂直方向上具有 M 个像素, 其中 M 表示非负整数值。块中的像素可布置成行及列。块 (例如, HEVC 中的 TU) 的常见大小可包含 4×4 、 8×8 、 16×16 及 32×32 。然而, 块未必需要在水平方向与垂直方向上具有相同数目个像素。举例来说, 块可包括 $M \times P$ 个像素, 其中 P 未必等于 M 。

[0034] 与叶 CU 相关联的语法数据可描述叶 CU 到一或多个 TU 的分割。在一些实例中, 可使用称为“残余四叉树” (RQT) 的四叉树结构将对应于叶 CU 的残余样本再分成 TU, 其中 RQT 的叶节点与 TU 相关联。也就是说, 叶 CU 可包含指示叶 CU 如何分割成 TU 的四叉树。RQT (例如, TU 四叉树) 可具有大体上对应于叶 CU 的根节点, 而 CU 四叉树的根节点可大体上对应于 LCU。因此, 一或多个 TU 四叉树可嵌套于 CU 四叉树内。

[0035] RQT 的未分裂子节点可与叶 TU 相关联。一般来说, 本发明分别使用术语 CU 及 TU 指代叶 CU 及叶 TU, 除非另外指出。

[0036] HEVC 标准允许基于逐 TU 的变换, 其中 TU 大小可在 CU 之间变化。TU 可为正方形或非正方形 (例如, 矩形) 形状。此外, TU 的大小通常相同于或小于帧内预测期间给定 CU 内的 PU,

但TU可大于经帧间预测CU的对应PU。可变换与TU相关联的像素差值以产生变换系数,所述变换系数可经量化。

[0037] 与CU相关联的语法数据还可描述CU到一或多个PU的分割,其中PU包含相关于预测的数据。一般来说,PU表示对应于对应CU的全部或一部分的空间区域,且可包含用于检索PU的参考样本的数据。可用PU分割模式可取决于CU是经跳过还是经直接模式编码、经帧内预测模式编码或经帧间预测模式编码而变化。举例来说,当CU是经帧内预测模式编码时,其可与具有相同于CU的大小的单一PU或各自为CU大小的四分之一的四个正方形PU对应。此外,用于PU的数据(例如,帧内预测模式指示符)可包含于RQT中,使得其可适用于对应于PU的一或多个TU。在一些情境中,PU可为非正方形(例如,矩形)形状。

[0038] 一般来说,对于帧内译码(例如,帧内预测性译码),属于CU的全部TU共享相同帧内预测模式。也就是说,CU的大小可相同于PU以用于进行帧内预测性译码,借此具有共同帧内预测模式以计算CU的全部TU的预测值。在一些情境中,经帧内译码CU可划分成四个PU,且CU也可划分成至少四个TU。因此,在帧内预测期间,TU的大小小于或等于对应PU。对于帧内译码,视频编码器可使用帧内预测模式将每一TU的残余值计算为CU的对应于TU的部分与原始块之间的差。

[0039] 在帧间预测期间,TU的大小可大于、小于或等于共同CU内的PU。因此,TU可对应于多个PU,其中TU大于对应PU中的每一者。替代地,PU可对应于多个TU,其中PU大于对应TU中的每一者。然而,PU或TU都不可大于对应CU。

[0040] 视频编码器20及视频解码器30可根据视频压缩标准(例如HEVC标准或HEVC标准的扩展)而操作。替代地或另外,视频编码器20及视频解码器30可根据其它专属或行业标准操作,例如国际电信联盟电信标准化部门(ITU-T)H.264标准(替代地称作MPEG-4,部分10)、高级视频译码(AVC)或此类标准的扩展。其它实例可包含VP9、MPEG-2及ITU-T H.263。然而,本发明的技术不限于任何特定译码标准或技术。

[0041] 尽管图1中未展示,但在一些方面中,视频编码器20及视频解码器30可各自与音频编码器及解码器集成,且可包含适当的多路复用及多路分用模块或其它硬件及/或软件,以处置对共同数据流或单独数据流中的音频及视频两者的编码。如果适用,则在一些实施例中,多路复用及多路分用模块可遵守ITU H.223多路复用器协议或例如用户数据报协议(UDP)的其它协议。

[0042] 如本发明中所描述的视频译码器可指视频编码器、视频解码器或这两者。视频编码器20及视频解码器30可各自实施为多种合适译码器电路中的任一者,所述译码器电路例如一或多个微处理器、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。当所述技术至少部分地以软件实施时,装置可将用于软件的指令存储于合适非暂时性计算机可读媒体中,并使用一或多个处理器以硬件执行指令以执行本发明的技术。视频编码器20及视频解码器30中的每一者可包含于一或多个编码器或解码器中,所述编码器或解码器中的任一者可集成为相应装置中的组合编码器/解码器(编解码器)的部分。

[0043] 视频编码器20及视频解码器30中的一或两者可实施本发明中描述的技术中的任一者或全部以改进帧内预测过程。

[0044] 图2展示说明可根据所揭示原理实施的视频编码器20的实例的框图。视频编码器

20可经配置以执行所揭示技术中的任一者或全部以用于改进帧内预测。关于可受益于经改进帧内预测过程的其它译码标准或方法,将出于说明而非限制本发明的目的在HEVC的上下文中描述视频编码器20。

[0045] 视频编码器20可执行对视频帧内的译码单元(CU)的帧内及帧间译码。帧内译码依赖于空间预测来减少或移除给定视频帧内的视频中的空间冗余。帧间译码依赖于时间预测来减少或移除当前帧与视频序列的先前经译码帧之间的时间冗余。先前经译码帧可在(例如,图片群组(GOP)内的)视频序列中的当前帧之前及/或之后。帧内模式(I-模式)可指若干基于空间的视频压缩模式中的任一者。例如单向预测模式(P模式)或双向预测模式(B模式)的帧间模式可指若干基于时间的视频压缩模式中的任一者。

[0046] 如图2中所展示,视频编码器20接收待编码的视频帧内的当前视频块。在图2的实例中,视频编码器20包含运动补偿模块44、运动估计模块42、帧内预测模块46、参考帧缓冲器64、求和器50、变换模块52、量化模块54及熵编码模块56。变换模块52将变换(例如,离散余弦变换(DCT))应用于含有一或多个变换单元(TU)的残余数据块,其中每一TU可包括多个变换块(例如,一个明度TB及两个色度TB)。为进行视频块重建,视频编码器20还包含反量化模块58、反变换模块60及求和器62。还可包含解块滤波器(未展示)以对块边界进行滤波以从经重建视频移除成块效应假影。在需要时,所述解块滤波器将通常对求和器62的输出进行滤波。除解块滤波器之外,还可使用额外滤波器(环路内或环路后)。虽然为简洁起见未展示额外滤波器,但其可包含于视频编码器20内的各种位置处,例如求和器50的输出处以用于环路内滤波。

[0047] 尽管为便于说明而展示为单独功能模块,但视频编码器20内的组件中的任一者的结构及功能性可彼此高度集成。举例来说,在一些实施例中,运动估计模块42可与运动补偿模块44高度集成。

[0048] 在编码过程期间,视频编码器20接收待译码的视频帧或切片。所述帧或切片可划分成多个视频块,例如,最大译码单元(LCU)。运动估计模块42及运动补偿模块44相对于存储于参考帧缓冲器64中的一或多个参考帧中的一或多个块对所接收视频块执行帧间预测译码以提供时间压缩。帧内预测模块46可相对于与待译码块相同的帧或切片中的一或多个相邻块对所接收视频块执行帧内预测性译码以提供空间压缩。可根据如本文献中稍后论述的所揭示原理改进帧内预测模块46。

[0049] 模式选择模块40可基于对每一模式的速率失真分析而选择译码模式(例如,帧内或帧间)中的一者。基于此选择,可将所得经帧内或帧间译码块提供到求和器50以产生表示残余块的残余数据,并提供到求和器62以重构用于参考帧中的经编码块。模式选择模块40还可将语法元素(例如帧内预测模式指示符、运动向量、分区信息及其它此类语法信息)提供到熵编码模块56。一些视频帧可被指定为I帧,其中I帧中的全部块都以帧内预测模式编码。在一些状况下,帧内预测模块46还可(例如)在由运动估计模块42执行的运动搜索未产生对块的令人满意预测时执行对P帧或B帧中的块的帧内预测编码。

[0050] 如上文所提到,运动估计模块42与运动补偿模块44可高度集成,但出于概念目的而单独地说明。运动估计为产生估计视频块的运动的运动向量的过程。举例来说,运动向量可指示当前帧中的预测单元(PU)相对于参考帧中的参考样本的移位,其中PU可包括多个预测块(例如,一个明度PB及两个色度PB)。参考样本可为在像素差度量方面发现紧密匹配经

译码PU的块。像素差度量可涉及绝对差总和(SAD)、平方差总和(SSD)或其它差异度量。

[0051] 运动估计模块42通过比较PU与存储于参考帧缓冲器64中的参考帧的参考样本来计算经帧间译码帧的PU的运动向量。在一些实例中,视频编码器20可计算存储在参考帧缓冲器64中的参考帧的子整数像素位置的值。举例来说,视频编码器20可计算四分之一像素位置、八分之一像素位置或参考帧的其它分数像素位置的值。因此,运动估计模块42可相对于全像素位置及分数像素位置两者执行运动搜索并按分数像素精度输出运动向量。在一些实施例中,运动搜索可使用可充分表示运动的明度PB。运动估计模块42可将经计算运动向量发送到熵编码模块56及运动补偿模块44。

[0052] 由运动补偿模块44执行的运动补偿可涉及基于可由运动估计模块42确定的运动向量来提取或产生PU的值。在接收到当前视频块的PU的运动向量之后,运动补偿模块44可在参考帧中的一者中定位运动向量指向的对应块。求和器50通过减去经译码的当前视频块的像素值来形成表示残余块的残余数据,从而形成像素差值,如下文所论述。一般来说,运动估计模块42相对于明度分量执行运动估计以计算运动向量,且运动补偿模块44针对色度分量及明度分量两者使用运动向量。

[0053] 作为由运动估计模块42及运动补偿模块44执行的帧间预测的替代方案,帧内预测模块46可对所接收块进行帧内预测性编码。帧内预测模块46可相对于相邻先前经译码块编码所接收块(例如,变换块),在假定块的左到右、上到下编码次序情况下,所述相邻先前经译码块例如当前块的上方、右上方、左上方、左边或左下方的块。帧内预测模块46可配置有多种不同帧内预测模式。举例来说,帧内预测模块46可基于经编码译码单元的大小配置有一定数目个方向预测模式,例如三十三个方向预测模式。帧内预测模块46还可经配置有其它类型的预测模式,例如,平面预测模式及DC预测模式。

[0054] 帧内预测模块46可通过(例如)计算各种帧内预测模式的误差值并选择产出最低误差值或另一度量的最高得分的模式来选择帧内预测模式。可在PU层级处进行模式选择。方向预测模式可包含用于组合空间上相邻像素(还被称作“相邻像素”)的值并将组合值应用于相关联PU中的一或多个像素位置的功能。一旦已计算PU中的全部像素位置的值,则帧内预测模块46可基于相关联PU与所接收待编码块之间的像素差而计算预测模式的误差值。在一些实施例中,帧内预测模块可测试每一帧内预测模式以确定哪种模式产出最低误差值或另一度量的最高等级。在一些实施例中,帧内预测模块46可继续测试帧内预测模式,直到确定产出可接受误差值或另一度量的充分等级的帧内预测模式为止。测试可用帧内预测模式的子集可降低所要求处理延迟及处理带宽。

[0055] 帧内预测模块46可在测试各种帧内预测模式时替代地或另外使用速率失真分析,且可选择针对每一PU具有最佳速率失真特性(所测试模式当中)的帧内预测模式。速率失真分析大体上确定经编码块与对应原始未编码块之间的失真(例如,误差)的量,以及用以产生经编码块所需要的位数目(及所得位速率)。帧内预测模块46可从各种经编码块的失真及位速率计算比率以确定哪种帧内预测模式针对所述块展现最佳速率失真值。在选择帧内预测模式之后,帧内预测模块46可将与选定帧内预测模式相关联的PU发送到求和器50。可将选定帧内预测模式的指示符发送到熵编码模块56以包含于由视频编码器20输出的经编码视频数据中。

[0056] 在模式选择阶段期间,帧内预测模块46可使用存储于参考帧缓冲器64中的信息对

残余块的值进行帧内预测。帧内预测计算可在块层级处发生(例如,一次一个变换单元(TU)或变换块(TB)),其中一些TU可小于计算帧内预测模式的对应译码单元(CU)及预测单元(PU)。此外,对CU内的一个TU的帧内预测可取决于对也在CU内的相邻TU的帧内预测及重建构。根据所揭示原理,帧内预测引擎可允许在帧内预测期间改进连续块(例如,TU)的管线化。本文献中稍后论述这些原理。

[0057] 视频编码器20通过从经译码的原始视频块减去由运动补偿模块44或帧内预测模块46计算的预测数据来确定表示残余块的残余数据。求和器50表示执行此减法运算的组件。残余块可对应于像素差值的二维矩阵。残余块中的值可对应于经帧内预测或帧间预测块内的共置像素与待译码原始块内的共置像素的值之间的差(例如,误差)。所述差可为色度或明度差,这取决于经译码块的类型。

[0058] 在帧内预测期间,部分经帧内预测CU或PU的设定为块大小(例如,设定为TU大小)部分可传播通过求和器50、变换模块52、量化模块54、反量化模块58、反变换模块60、求和器62及参考帧缓冲器64。因此,第二块(例如,TU)的帧内预测可利用与已经编码的第一块相关联的参考值,即使第一块及第二块与共同CU或PU相关联也如此。

[0059] 变换模块52可从残余数据形成TU,其中每一TU可包括多个变换块(例如,一个明度TB及两个色度TB)。变换模块52向TU应用图像变换(例如,二维变换),例如离散余弦变换(DCT)、离散正弦变换(DST)、离散傅里叶变换(DFT)、阿达马变换、小波变换、整数变换、子带变换或另一类型的变换,从而产生包括变换系数的视频块。可同时或连续地计算与TU相关联的多个TB。

[0060] 变换模块52可将所得变换系数发送到量化模块54,所述量化模块可接着量化变换系数。量化大体上指将变换系数转换成离散值的经减少集合的过程,此以精度为代价导致效率增加(例如,较高的压缩)。可适应性地确定量化的层级,使得相比较低能量系数较少量化较高能量系数。此外,可在由量化模块54量化之后将较低能量系数中的一些设定成值“0”。此可允许改进从熵编码的压缩,如下文所描述。

[0061] 在量化之后,视频编码器20可扫描变换系数,从而从具有经量化变换系数的二维矩阵产生一维阵列。扫描可经设计以将较低频率系数(其常常具有相对较高的能量)放置为较接近阵列的前部并将较高频率系数放置为较接近阵列的后部。在一些实例中,视频编码器20可使用预定义扫描次序(例如,Z形扫描模式)以扫描变换系数。在其它实例中,视频编码器20可执行适应性扫描,且可将选定扫描次序编码成数据流。可(例如)由熵编码模块56执行扫描。

[0062] 一旦扫描变换系数,则熵编码模块56可向系数应用熵译码,例如上下文自适应可变长度译码(CAVLC)、概率间隔分割熵(PIPE)译码或基于上下文的自适应二进制算术译码(CABAC)。另外,熵编码模块56可编码运动向量(MV)信息及用于在视频解码器处解码视频数据的多种语法元素中的任一者。这些语法元素可由视频解码器在重建构经编码视频数据时使用。在由熵编码模块56进行熵译码之后,可将所得经编码视频发射到另一装置(例如视频解码器),或将其存档以用于稍后发射或检索。

[0063] 反量化模块58及反变换模块60分别应用反量化及反变换以重建构像素域中的残余块,(例如)以用于产生存储于参考帧缓冲器64中的参考帧的参考块。模块58、60可用以模拟视频解码器的部分,且因此可大体上类似于存在于视频解码器中的对应模块。运动补偿

模块44结合求和器62可通过将残余块相加到参考帧缓冲器64的帧中的一者的预测性块来计算参考块。运动补偿模块44还可将一或多个内插滤波器应用于经重建构残余块来计算子整数像素值以用于运动估计。求和器62可将经重建构残余块相加到由运动补偿模块44所产生的运动补偿预测块,以产生用于在参考帧缓冲器64中存储的经重建构视频块。参考帧缓冲器64可保存大体上相同于在解码器中所接收的视频信息,此可允许视频编码器20基于由解码器在应用帧内预测模式及运动向量的时间期间看见的此共同“状态”信息而准确地编码帧内预测模式及运动向量。

[0064] 存储于参考帧缓冲器64中的经重建构视频块可由运动估计模块42及运动补偿模块44用作参考块以对另一视频帧中的块进行帧间译码。另外或替代地,经重建构视频块可由帧内预测模块46使用以对相同视频帧中的块进行帧内译码。在一些情境中,特定参考块可能不用于帧内预测或帧间预测,而是可仅为具有其它有用参考块的参考帧的部分。

[0065] 图3展示说明可根据所揭示原理实施的视频解码器30的实例的框图。视频解码器30可经配置以执行本发明的技术中的任一者或全部。

[0066] 在图3的实例中,视频解码器30包含熵解码模块70、运动补偿模块72、帧内预测模块74、反量化模块76、反变换模块78、参考帧缓冲器82及求和器80。在一些实施例中,视频解码器30可执行大体上与相对于如图2中所描述的视频编码器20所描述的编码遍次相反的解码遍次。

[0067] 尽管为便于说明而展示为单独功能模块,但视频解码器30内的组件中的任一者的结构及功能性可彼此高度集成。举例来说,在一些实施例中,熵解码模块70可与反量化模块76高度集成。

[0068] 在解码过程期间,视频解码器30接收如由视频编码器产生的表示经编码视频切片的视频块及相关联语法元素的经编码视频位流。位流可从多种源接收,包含从文件服务器、从存储媒体及经由调制解调器从视频编码器接收,如图1中所展示。

[0069] 熵解码模块70可使用镜像由产生位流的视频编码器的熵编码模块使用的扫描次序的扫描(例如,反Z形扫描模式)扫描所接收值。另外或替代地,扫描次序可由视频解码器30基于例如预测模式、块大小、变换或其它特性的经译码视频的特性来推断。不管扫描次序如何确定,熵解码模块70可使用反扫描次序以将所接收一维阵列扫描成二维矩阵。熵解码模块70可接着对经编码视频进行熵解码,此可涉及相反于由图2的熵编码模块56使用的过程的过程。

[0070] 视频解码器30可在视频切片层级及/或视频块层级处接收相关联语法元素。熵解码模块70可进一步分析位流以提取经量化系数、运动向量、帧内预测模式指示符及其它语法元素。运动向量可由运动补偿模块72接收,且帧内预测模式指示符可由帧内预测模块74接收。

[0071] 当切片经译码为经帧内译码(I)切片时,帧内预测模块74可基于帧内预测模式指示符及来自当前帧或图片的先前经解码块的数据而产生当前视频切片的视频块的预测数据。图4到5及随附描述中较详细涵盖此过程。

[0072] 当视频帧经译码为经帧间译码(例如,B、P或GPB)切片时,运动补偿模块72可基于运动向量及其它语法信息产生当前视频切片的视频块的预测单元(PU)。PU可从参考图片列表中的一者内的参考图片中的一者产生。视频解码器30可基于存储于参考帧缓冲器82中的

参考图片而使用预设建构技术建构参考帧列表(例如,列表0及列表1,如由HEVC标准定义)。运动补偿模块72可通过解析运动向量及其它语法信息来确定视频块的预测信息。此预测信息可用于产生正经解码的当前视频块的PU。举例来说,运动补偿模块72可确定预测模式(例如,帧内或帧间)、帧间预测切片类型(例如,B切片、P切片或GPB切片)、切片的一或多个参考图片列表的建构信息、切片的每一经帧间编码视频块的运动向量、切片的每一经帧间译码视频块的帧间预测状态及用以解码当前视频切片中的视频块的其它信息。

[0073] 运动补偿模块72还可基于内插滤波器而执行内插。运动补偿模块72可使用类似于由编码视频块的视频编码器使用的内插滤波器的内插滤波器以计算参考块的子整数像素的内插值。在一些实施例中,运动补偿模块72可确定由从所接收语法元素产生位流的视频编码器使用的内插滤波器,并使用内插滤波器以产生预测性块。

[0074] 反量化模块76反量化(例如,解量化)位流中所提供且由熵解码模块70解码的经量化变换系数。反量化过程可包含使用由视频解码器30针对视频切片中的每一视频块计算的量化参数 QP_Y ,以确定可应用以确定原始变换系数的量化程度及同样地反量化程度,但可能存在一些量化误差。

[0075] 反变换模块78可应用反变换(例如,反DCT)以形成像素或像素差域中的残余数据。反变换可相反于由图2的变换模块52使用的变换。可在具有相同于正经解码变换单元(TU)且因此变换块(TB)的大小的残余块中计算残余数据。

[0076] 在运动补偿模块72及/或帧内预测模块74产生译码单元(CU)的设定为块大小(例如,设定为TU大小)部分之后,视频解码器30通过求和来自反变换模块78的残余块与由运动补偿模块72及/或帧内预测模块74产生的对应设定为块大小的预测数据而形成经解码视频块。求和器80表示执行此求和运算并将结果存储于参考帧缓冲器82中的组件。

[0077] 在帧内预测期间,求和器80可反复地求和每一经反变换块与来自参考帧缓冲器82的对应块,其中对应块的大小可相同于经反变换块且是至少部分地基于帧内预测模式指示符选定。因此,写入到参考帧缓冲器的经解码块可与TU对应且具有相同于TU的大小。通过反复地重建构设定为TU大小的经解码块并将其存储到参考帧缓冲器82,可在参考帧缓冲器82处确定完整经解码CU。

[0078] 本发明的一个目标为优化TU与CU大小不同的情境,使得进一步并行化帧内预测处理。

[0079] 在需要时,可应用解块滤波器以对经解码块进行滤波,以便移除成块效应假影。还可使用其它环路滤波器(例如,在译码环路中或在译码环路之后)来使像素转变平滑或以其它方式改进视频质量。给定帧或图片中的经解码视频块接着存储于参考帧缓冲器82中。参考帧缓冲器82可存储可用于后续运动补偿及/或帧内预测的此及其它参考帧或图片。参考帧缓冲器82还可存储经解码视频用来呈现在显示装置上。

[0080] 图4展示说明用于帧内预测的各种模式的示意图。具体来说,图4说明可用于HEVC译码器的三十五个帧内预测模式。关于可受益于经改进帧内预测过程的其它译码标准或方法,图4是出于说明而非限制本发明的目的而处于HEVC的上下文中。

[0081] 图像及视频帧大体上包含空间上冗余数据。空间冗余暗示给定像素可大体上相关于环绕像素中的至少一者。帧内预测允许基于相邻像素内插块内的像素。选定相邻像素可位于已经计算的其它块中,以便移除块内的相依性,借此促进所述块内的多个像素的并行

帧内预测。举例来说,当使用方向模式时,可在模式定义方向上将相邻像素选定为经计算块外部的最接近像素。下文图5中进一步示范使用来自其它块的像素的此概念。

[0082] 如图4中所展示,可基于帧内预测模式计算针对像素401的帧内预测值。可在视频编码器处基于每预测单元计算帧内预测模式。当预测单元的大小相同于对应译码单元及其相关联译码块时,译码块内的每一变换块可具有共同帧内预测模式。可将帧内预测模式指示符连同其它视频数据编码到位流中,从而使得可在解码过程期间由解码器使用模式指示符。一些译码单元(例如,经帧间译码的译码单元)可不具有对应帧内预测模式指示符。

[0083] 模式0可用于平面译码技术,其中根据由HEVC标准定义的平面函数计算像素401。模式1可用于DC译码技术;其中像素401被计算为相邻像素的平均值。模式2到34可用于方向译码技术。此处,与模式2到34相关联的箭头指示用以发现用于确定像素401的值的相邻像素的搜索方向。在箭头指向两个相邻像素之间的情况下,加权内插函数可用于确定可为两个相邻像素的加权平均值的中间值。

[0084] 在HEVC中,可假定帧内预测方案涉及从左到右且接着从上到下计算块(例如,如同人们将阅读英文书籍),或从上到下且接着从左到右计算块(例如,如同人们将阅读一些传统东亚手迹)。如一般技术人员将理解,将可能旋转或以其它方式变更块计算次序(例如,从而使得从右到左接着从下到上对块进行帧内预测)。在那些情境中,可改变(例如,旋转)方向帧内预测模式以较好促进已经计算块的使用。

[0085] 取决于选定模式,针对块中的像素的帧内预测可取决于在一或多个其它块中的相邻像素。举例来说,当选定帧内预测模式26时,包括像素401的块的帧内预测可取决于来自所述块上方的相邻块的最后一行中的像素。在另一实例中,当选定帧内预测模式10时,包括像素401的块的帧内预测可取决于所述块右边的相邻块的最右一列中的像素。由于这些相依性,可不能对相邻块任意并行应用帧内预测。如由箭头所展示,提供相邻像素的其它块可在执行帧内预测的当前块的上方、右上方、左上方、左边及左下方。

[0086] 图5展示说明块511与相邻块的相依性的示意图。每一块可(例如)表示待经帧内预测的共同预测单元内的变换单元。块在图中由厚边界分离。每一块可具有 4×4 个像素的大小。举例来说,块511可包括标记为“a”到“p”的16个像素。

[0087] 块500、501、502、510及520未完全展示。块501在其最后一行中包括像素“A”、“B”、“C”及“D”;块502在其最后一行中包括像素“E”、“F”、“G”及“H”;块510在其最右一列中包括像素“I”、“J”、“K”及“L”;块520在其最右一列中包括像素“M”、“N”、“O”及“P”;且块500在其右下拐角中包括像素“R”。

[0088] 如上文所描述,例如HEVC的一些视频译码标准指示块511内的像素的帧内预测取决于相邻块500、501、502、510及520中的至少一者内的相邻像素的经重建构值中的至少一些。相依性本质的特征在于帧内预测模式。举例来说,如果选定垂直帧内预测模式(例如,HEVC中的模式26),则块511中的像素“a”到“p”的帧内预测可依赖于块501中的像素“A”到“D”的经重建构值。经重建构像素数据可在块501的帧内预测完成之后或最少在像素“A”到“D”的帧内预测完成之后变得可用。因此,对于某些帧内预测模式,块511的帧内预测可限于在至少部分完成块501的帧内预测之后开始。在另一实例中,如果选定水平帧内预测模式(例如,HEVC中的模式10),则块511的帧内预测可依赖于块510中的像素“I”到“L”的经重建构值。作为另一实例,如果选定例如HEVC中的模式2的对角线帧内预测模式,则块511的帧内

预测可涉及基于位于块510及520中的像素“I”到“P”的计算。HEVC中例如模式0 (DC模式) 的一些帧内预测模式可甚至利用来自块500、501、502、510及520 (如果可用) 中的每一者的值。

[0089] 在管线化架构中, 可需要支持全部可用帧内预测模式, 且因此在511的帧内预测开始之前至少部分重建块500、501、502、510及520可是有益的。如下文将描述, 可基于帧内预测模式选择性地旋转或转置译码块以便移除对相邻块中的一者 (例如, 块520) 的相依性。

[0090] 图6展示说明帧内预测子系统600的框图。子系统600包含帧内预测模块610、反变换模块620、参考帧缓冲器630及求和器640。子系统600可并入到视频编码器及视频解码器中。举例来说, 如果子系统600并入到图2的视频编码器20中, 则帧内预测模块610可表示图2的帧内预测模块46, 反变换模块620可表示图2的反变换模块60, 参考帧缓冲器630可表示图2的参考帧缓冲器64, 且求和器640可表示图2的求和器62。

[0091] 类似地, 如果子系统600并入到图3的视频解码器30中, 则帧内预测模块610可表示图3的帧内预测模块74, 反变换模块620可表示图3的反变换模块78, 参考帧缓冲器630可表示图3的参考帧缓冲器82, 且求和器640可表示图3的求和器80。子系统600的某些组件 (例如, 参考帧缓冲器630) 可另外用于其它子系统中。

[0092] 子系统600可经设计以优化连续块的帧内预测, 即使给定块的帧内预测可至少部分取决于在帧内预测次序上紧接之前的块。举例来说, 每一块的帧内预测可取决于关键行、关键列或之前块的经重建块像素, 如图7中将进一步详细展示。

[0093] 返回到图6, 帧内预测模块610可包括相邻缓冲器612、相邻处理单元614及帧内预测处理单元616。相邻缓冲器612可使用与相邻RAM 613介接的逻辑及/或电路存储及检索相邻像素。相邻像素可包括当对块进行帧内预测时可使用的像素。在HEVC的上下文中, 块可表示可与具有相等或较大大小的译码单元 (及预测单元) 相关联的变换单元。取决于经帧内预测的块的类型, 像素可包括色度及/或明度值。此处, 块大小可为 $M \times M$, 其中M为非负整数值。M的示范性值包含4、8、16及32。

[0094] 在存储于相邻缓冲器612中的像素由帧内预测处理单元616接收之前, 所述像素可需要经滤波、填补及潜在地以其它方式进行调节。这些调节动作可至少部分由从相邻缓冲器612接收准备由帧内预测处理单元616处理的像素的相邻处理单元614执行。举例来说, 相邻处理单元614可为帧内预测处理单元616准备 $4M+1$ 个相邻像素以处理 $M \times M$ 块。这些相邻像素可 (例如) 表示相邻像素“A”到“R”, 如图5中所展示。

[0095] 返回到图6, 帧内预测处理单元616可包括处理引擎617-1到617-N (也标记为PE 1到PE N), 所述处理引擎可被实施为视频编码及/或视频解码装置中的硬件。N个处理引擎617可各自同时对从相邻处理单元614接收的共同输入集合操作以对正处理块内的不同像素进行帧内预测。处理引擎617可各自能够每循环 (例如, 时钟循环) 计算一个像素, 且每一处理引擎617可计算块内的不同像素或像素集合。因此, 帧内预测引擎可能够每循环计算可由求和器640接收的N个像素。

[0096] 求和器640可将由帧内预测处理单元616输出的N个经帧内预测像素的每一集合相加到由反变换模块620所计算的N个对应残余值, 借此重建N个像素。经重建块像素可存储于参考帧缓冲器630中。一些经重建块像素可用于对后续块进行帧内预测, 且这些经重建块像素可另外存储于相邻缓冲器612中。在一些实施例中, 相邻缓冲器612从参考帧缓冲器630读取这些经重建块像素, 且在一些实施例中, 求和器640将这些经重建块像素输出到参考帧

缓冲器630及相邻缓冲器612两者。

[0097] 处理引擎的数目N可随着相邻缓冲器612的存储器带宽而按比例调整。举例来说,在一些实施例中,相邻缓冲器的读取带宽可为每循环 $2N$ 个像素。然而,可使用缓冲器读取带宽与处理引擎数目的其它比率。此外,相邻RAM 613的形状可相关于读取带宽及/或处理引擎数目。举例来说,相邻RAM 613可经配置以具有 $192/N \times 16N$ 的形状及大小,其中RAM深度可为 $192/N$ 且RAM宽度可为 $16N$ 。虽然相邻缓冲器612展示为包含RAM 613,但可另外或替代地使用其它合适类型的存储器。

[0098] 当对块中的像素进行帧内预测时,帧内预测处理单元616可优先排序将用于后续块(例如,紧接着当前块的块)的帧内预测的像素。在这些像素经帧内预测之后,可在求和器640处将其与对应残余值求和以产生可存储回到相邻缓冲器612中(以及参考帧缓冲器630中)的经重建构像素。经重建构像素接着可由相邻处理单元614滤波、填补及潜在地以其它方式调节以用于帧内预测处理单元616。在对像素进行合适优先排序的情况下,相邻处理单元614可在帧内预测处理单元616结束对当前块的帧内预测之前使用于下一块的经重建构残余值准备就绪。因此,帧内预测处理单元616可甚至在下一块对当前块具有相依性时及/或在当前块与下一块在共同译码单元内时在紧接当前块结束之后开始处理下一块。此是优于传统方法的重大改进。

[0099] 图7展示说明选定用于帧内预测的译码块700的框图。译码块700可具有可大体上以所述次序处理的多个变换块710-0、710-1、710-2及710-3。在非HEVC上下文中,译码块700可指宏块700,且变换块710-0、710-1、710-2及710-3可更大体来说指块710-0、710-1、710-2及710-3。在帧内预测期间,译码块700可具有由对应变换块710中的每一者共享的单一帧内预测模式。块710可在重建构期间更新参考帧缓冲器的单元。

[0100] 在一些情境中,变换块的大小可相同于对应译码块,而在其它情境中(例如,如图7中所展示),变换块可小于相关联译码块(其自身可与单一预测块相关联)。因此,相邻变换块的群组可具有相同帧内预测模式。结果,译码块内的变换块可在帧内预测期间具有与先前变换块的常规相依性模式。

[0101] 作为块相依性的实例,如果选定水平帧内预测模式或某些对角线帧内预测模式,则块710-1(也标记为块1)的帧内预测可取决于块710-0(也标记为块0)的关键列720(例如,最右一列)的重建构。类似地,如果选定某些对角线帧内预测模式,则块710-2(也标记为块2)的帧内预测可取决于块710-1的关键行722(例如,最后一行)的重建构。

[0102] 关键列720可为块710-1在帧内预测期间取决于块710-0的唯一部分。其它相邻像素(例如,块710-1上方的那些像素)可由于完成译码块700上方的译码块的重建构而已经重建构并存储于相邻缓冲器中。因此,可在块710-0的帧内预测期间优先排序关键列720。当确定出关键列720的经重建构像素时,可开始准备块710-1的帧内预测(例如,滤波及填补)。此准备可在块710-0的帧内预测仍在进行中时发生并完成,如下文将在图8中所展示。因此,块710-1可紧接在帧内预测处理单元结束处理块710-0之后经帧内预测。

[0103] 类似地,关键行722可为块710-2在帧内预测期间取决于块710-1的唯一部分。其它相邻像素(例如,块710-2左边的那些像素)可由于完成译码块700左边的译码块的重建构而已经重建构并存储于相邻缓冲器中。因此,可在块710-1的帧内预测期间优先排序关键行722,且块710-2可紧接在帧内预测处理单元结束处理块710-1之后经帧内预测。

[0104] 当关键行或列经优先排序时, N 个处理引擎(如图6中所展示)可各自选择不同像素或像素集合以处理。由于 $M \times M$ 块中的单一行或列可具有 M 个像素, 因此可要求 M/N 个循环以对单一关键行或列进行帧内预测。此可大体上小于处理整个块可要求的 $M \times M/N$ 个循环, 此情况可为相邻处理单元提供充分时间以准备下一块的相邻像素。

[0105] 举例来说, 如果存在作用于块710-0(其展示为 4×4 块)的两个处理引擎, 则第一处理引擎可在第一循环期间计算列C3与行R0的相交点处的像素的经帧内预测值。在此相同循环期间, 第二处理引擎可计算列C3与行R1的相交点处的像素的经帧内预测值。在接下来循环中, 第一及第二处理引擎可分别内插列C3与行R2的相交点处的像素的值及列C3与行R3的相交点处的像素的值。因此, 在两个循环中, 可完成对关键列720的帧内预测。接着可在处理引擎内插剩余列的时间期间重建构、存储并准备关键列720以用于下一块(例如, 块710-1)的帧内预测。换句话说, 将由相邻处理单元执行的相邻处理与由帧内预测处理单元执行的帧内预测管线化。

[0106] 一般来说, 帧内预测处理单元可选择性地及灵活地选择用于预测的像素。举例来说, 如上文证明, 帧内预测处理单元可至少部分取决于待经帧内预测的下一块(例如, 变换块)的相对位置对列或行进行操作。如果待经帧内预测的下一块在当前块的右边, 则可优先排序当前块的最右一列。在处理最右一列之后, 可以逐列模式处理块的剩余部分。类似地, 如果待经帧内预测的下一块在当前块的下方或左下方, 则可优先排序当前块的最后一行。可以逐行模式处理当前块的剩余部分。

[0107] 可针对块的不同帧内预测次序调整关键列及行的优先排序。此外, 在一些实施例中, 可优先排序多个列或行而非单一列或行。举例来说, 当块的帧内预测使用最接近及第二最接近行或列两者时可发生此情况。

[0108] 可注意到, 块710-1展示为对块710-2不具有任何相依性, 即使图4到5中展示帧内预测可利用来自正经帧内预测块的下方及左边的块的像素也如此。然而, 为防止此相依性不必要地停止或延迟块710-1的帧内预测, 当出现此类型的相依性时可旋转或转置译码块700。此实际上朝向完整(或至少部分完整)块移位帧内预测向量, 借此促进译码块内的连续变换块的最佳化处理。

[0109] 虽然图7展示具有四个变换块的译码块, 但译码块内的变换块的数目可变化。举例来说, 译码块可与1个、4个、16个、64个或256个变换块相关联。此外, 虽然变换块展示为具有 4×4 的大小, 但可选定其它块大小。举例来说, 在HEVC中, 变换块可具有 4×4 、 8×8 、 16×16 或 32×32 的大小。

[0110] 图8展示说明交错式帧内预测技术的时序图。具体来说, 时序图展示用于第一块(块0)的帧内预测的第一时间表801, 及用于第二块(块1)的帧内预测的第二时间表802。在HEVC的上下文中, 这些块可表示变换块。时序图与图6中所展示的帧内预测子系统的实施例相关联, 且假定块大小为 $M \times M$ 。全部时序在本质上是示范性的且其可取决于处理延迟及其它因素而变化。

[0111] 在时间810处, 相邻处理单元可提取或以其它方式接收可用于第一块的帧内预测的相邻像素。如上文所描述, 可(例如)从相邻缓冲器接收 $4M+1$ 个相邻像素。此处, “1”表示可存储于单独寄存器中的拐角(例如, 左上方拐角)像素(且可经减少以用于时序计算)。然而, 拐角像素可另外或替代地存储于相邻缓冲器中。如果来自缓冲器的读取带宽为每循环 $2N$ 个

像素，则相邻处理单元读取全部相邻像素可花费大约 $2M/N$ 个循环。此动作可在时间820处完成。

[0112] 在提取相邻像素之后，可填补、滤波及/或以其它方式调节相邻像素以准备用于帧内预测处理单元。此可花费固定循环量（例如，两个循环）且可在时间830处完成。

[0113] 在时间830处，帧内预测处理单元可开始对第一块进行帧内预测（以关键行或列开始）。 $M \times M$ 块中的关键行或列可具有 M 个像素，且帧内预测处理单元可能够每循环处理 N 个像素。因此，在大约 M/N 个循环之后，关键行或列可经帧内预测。可将经帧内预测值与对应残余值求和以产生存储于相邻缓冲器中的经重建构像素，从而使得其准备由相邻处理单元在时间840处接收。

[0114] 在时间840处，相邻处理单元可提取或以其它方式接收可用于第二块的帧内预测的经重建构相邻像素。如上文所提到，所接收像素中的一些可与第一块的关键行或列对应，借此在相邻处理单元已准备用于第一块的相邻像素并将其发送到帧内预测处理单元的时间830与相邻处理单元开始接收用于第二块的相邻像素的时间840之间带来延迟。

[0115] 在大约 $2M/N$ 个循环后，相邻处理单元可接收用于对第二块进行帧内预测的相邻像素中的每一者，此可在时间850处完成。在用于填补、滤波及/或以其它方式调节相邻像素的固定循环量（例如，两个循环）之后，相邻处理单元可结束用于帧内预测处理单元的像素准备。

[0116] 在时间860处，帧内预测处理单元可完成第一块的处理且可开始处理第二块。换句话说，可紧接在第一块之后处理第二块，这是因为在时间860处相邻处理单元可准备好用于第二块的相邻像素。在一些实施例中，相邻处理单元可在时间860之前完成用于第二块的相邻像素准备（例如，填补及滤波）。

[0117] 从帧内预测处理单元的角度，第一块是在时间830处从相邻处理单元接收并在时间860处结束大约 $M \times M/N$ 个循环的处理。一完成对第一块的处理，帧内预测处理单元即可使用由相邻处理单元准备的对应 $4M+1$ 个相邻像素开始处理第二块。在大约 $M \times M/N$ 个循环的另一时间周期之后，帧内预测处理单元完成对第二块的处理（在时间870处），且可紧接着使用可已由相邻处理单元准备的对应 $4M+1$ 个相邻像素开始处理第三块。

[0118] 可注意到，相邻处理单元可在帧内预测处理单元仍处理（例如，进行帧内预测）第一块的时间期间处理（例如，从缓冲器读取、填补及滤波）用于第二块的相邻像素。以此方式，相邻处理单元可与帧内预测处理单元管线化（及交错），此可增加帧内预测模块及子系统的效率及输送量。

[0119] 常常，在管线化架构中，数据应历时最短时间周期保持于缓冲器中，这是因为固定数据可带来（或指示）低效及较低输送量。可注意到，每一块的处理循环大约为 $M \times M/N$ 个循环，且因此，此也可为每一集合的 $4M$ （或 $4M+1$ ）个相邻像素可存储于相邻缓冲器中的平均时间。此经缩短存储周期（相比于常规设计）指示根据所揭示原理设计的帧内预测模块及子系统可达成的经增加输送量及效率。

[0120] 同样，图8中所展示的动作或周期中的任一者的准确循环数目仅仅为示范性的，且其可取决于归因于处理的延迟及其它因素而变化。

[0121] 处理引擎的数目（ N ）及相邻缓冲器读取带宽（例如，每循环 $2N$ 个像素）可皆根据不同性能要求而按比例调整。下文的表1展示根据所揭示原理的各种配置。

	配置 1	配置 2	配置 3	配置 4
[0122]	32×32 译码单元的循环计数预算	400	800	1600
	相邻缓冲器大小	2x24x64	48x64	96x32
	帧内预测处理单元中的 PE 数目	8	4	2
	相邻缓冲器读取带宽	16	8	4
	面积(μm^2)	50000	36000	26550

[0123] 表1

[0124] 表1中所展示的值是使用28nm技术节点相对于以400MHz运行的硬件设计所测量或以其它方式确定。技术节点及操作频率仅仅是示范性的,且可使用其它技术节点及/或操作频率。

[0125] 所述表展示处理引擎(PE)的数目以及相邻缓冲器读取带宽(及例如相邻RAM宽度)可增加以适应较高性能要求,其中性能要求给定为循环计数预算。举例来说,可在经设计以编码及/或解码视频的高端译码装置(例如,具有超高清(UHD)分辨率(3,840乘2,160像素或更大)上选定配置1。配置2及3可定向朝向中等层级装置(例如,1080p),且配置4可定向朝向低端装置(例如,720p)。

[0126] 虽然上文已描述根据所揭示原理的各种实施例,但应理解这些实施例仅借助于实例来呈现而不是限制性的。因此,本发明的广度及范围不应受到上文所描述的示范性实施例中的任一者限制,而应仅根据由本发明发布的权利要求书及其等效物定义。此外,上文优势及特征在所描述实施例中提供,且不应将此类所发布权利要求的应用限于实现上文优势中的任一者或全部的过程及结构。

[0127] 在本发明中所使用的各种术语在本发明技术领域内具有特殊含义。特定术语是否应理解为此“技术术语”取决于所述术语使用的上下文。“连接到”、“与…通信”、“与…相关联”或其它类似术语应大体上理解为广泛包含所参考元件之间的直接通信及连接或通过所参考元件之间的一或多个中间物两者的情形。这些及其它术语应鉴于其在本发明中所使用的上下文且如所属领域的一般技术人员将在所揭示上下文中理解这些术语而加以理解。上文定义不排除可基于所揭示上下文赋予到这些术语的其它含义。

[0128] 例如“此时”、“紧接”、“等效”、“期间”、“完成”、“相同”及其类似者的比较、测量及时序词语应理解为意味着“大体上此时”、“大体上紧接”、“大体上等效”、“大体上期间”、“大体上完成”、“大体上相同”等,其中“大体上”意味着此比较、测量及时序可实行以实现所隐含或明确地陈述的所要结果。

[0129] 在使用术语“块”的情况下,取决于其使用上下文,此可指最大译码单元(LCU)、译码树块(CTB)、译码单元(CU)、译码块(CB)、预测单元(PU)、预测块(PB)、变换单元(TU)、变换块(TB)、如由H.264/AVC定义的子块及/或类似数据结构中的任一者。

[0130] 虽然相对于HEVC描述各种标的物,但此标的物也可适用于其它标准,包含当前现有、正开发及尚待开发的那些标准。举例来说,在使用术语“CU”及“CB”的情况下,取决于其使用上下文,所述术语还可指如由H.264/AVC标准定义的宏块及/或其它编码标准的类似数据结构。类似地,在使用术语“TU”及“TB”的情况下,取决于其使用上下文,所述术语还可指如由H.264/AVC标准定义的子块及/或其它编码标准的类似数据结构。

[0131] 此外,在使用术语“像素”的情况下,此可指视频帧或图像内的明度值、色度值或色度与明度值的组合。

[0132] 所揭示原理大体上与用于达成并行性的众多其它技术兼容,包含波前并行处理(WPP)、视频切片及视频图块。

[0133] 另外,本文中的章节标题是出于与依据37C.F.R.1.77的建议一致而提供,或以其它方式提供组织性提示。这些标题不应限制或特性化可从本发明发布的任何权利要求中所阐述的标的物。具体来说且借助于实例,尽管标题指“技术领域”,但此类权利要求不应受在此标题下所选择以描述所谓技术领域的语言限制。此外,“背景技术”中的技术描述不应理解为承认所述技术为本发明中的任何标的物的现有技术。“发明内容”也不应被视为所发布权利要求中所阐述的标的物的特性。此外,本发明中以单数形式对“本发明”的任何参考不应用以争论在本发明中仅存在单个新颖性点。多项发明可根据从本发明发布的多个权利要求的限制而阐述,且此类权利要求因此定义本发明及借此受保护的其等效物。在所有情况下,此类权利要求的范围应鉴于本发明而在其自有优点上加以考虑,而不应受在本文中阐述的标题限制。

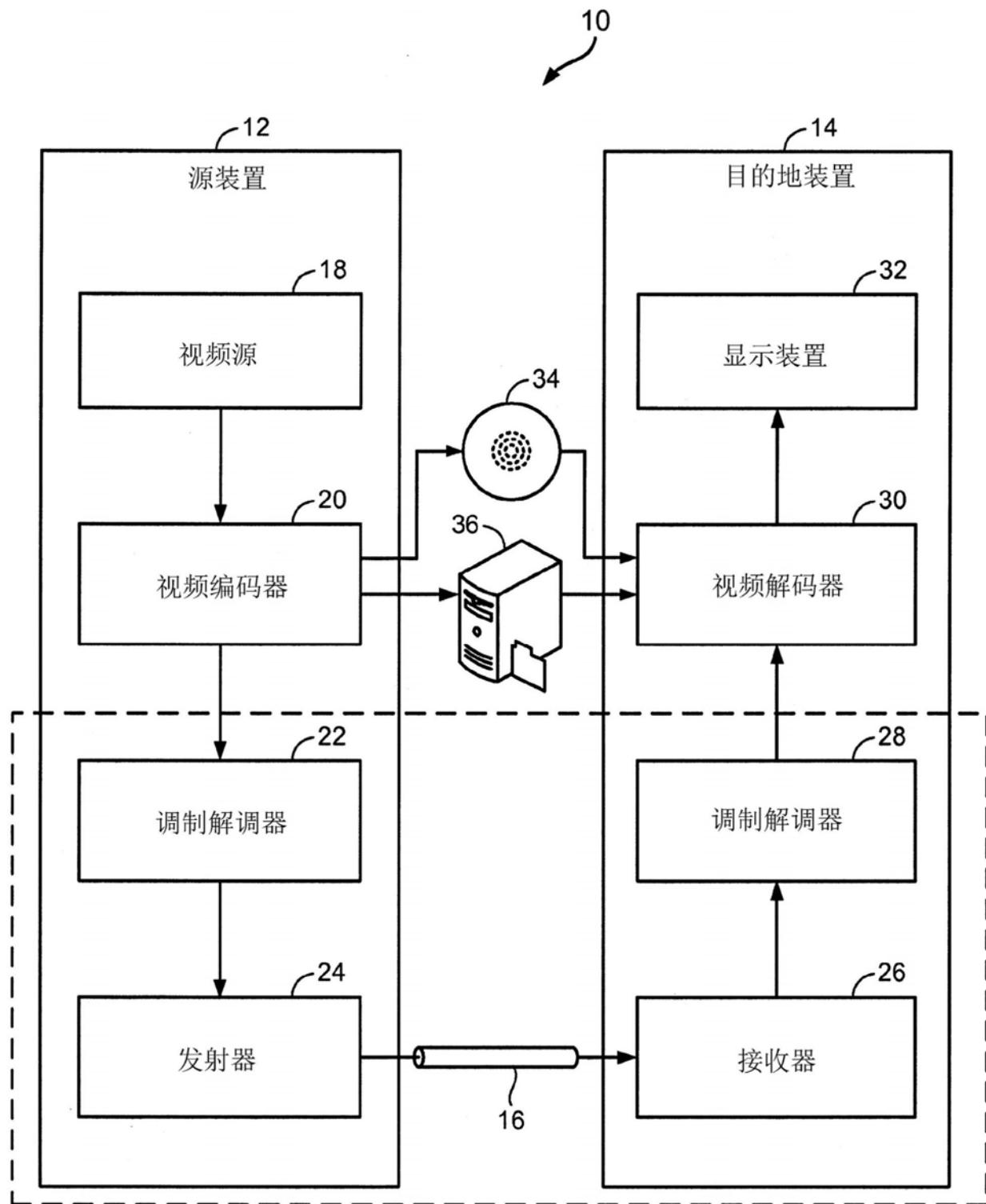


图1

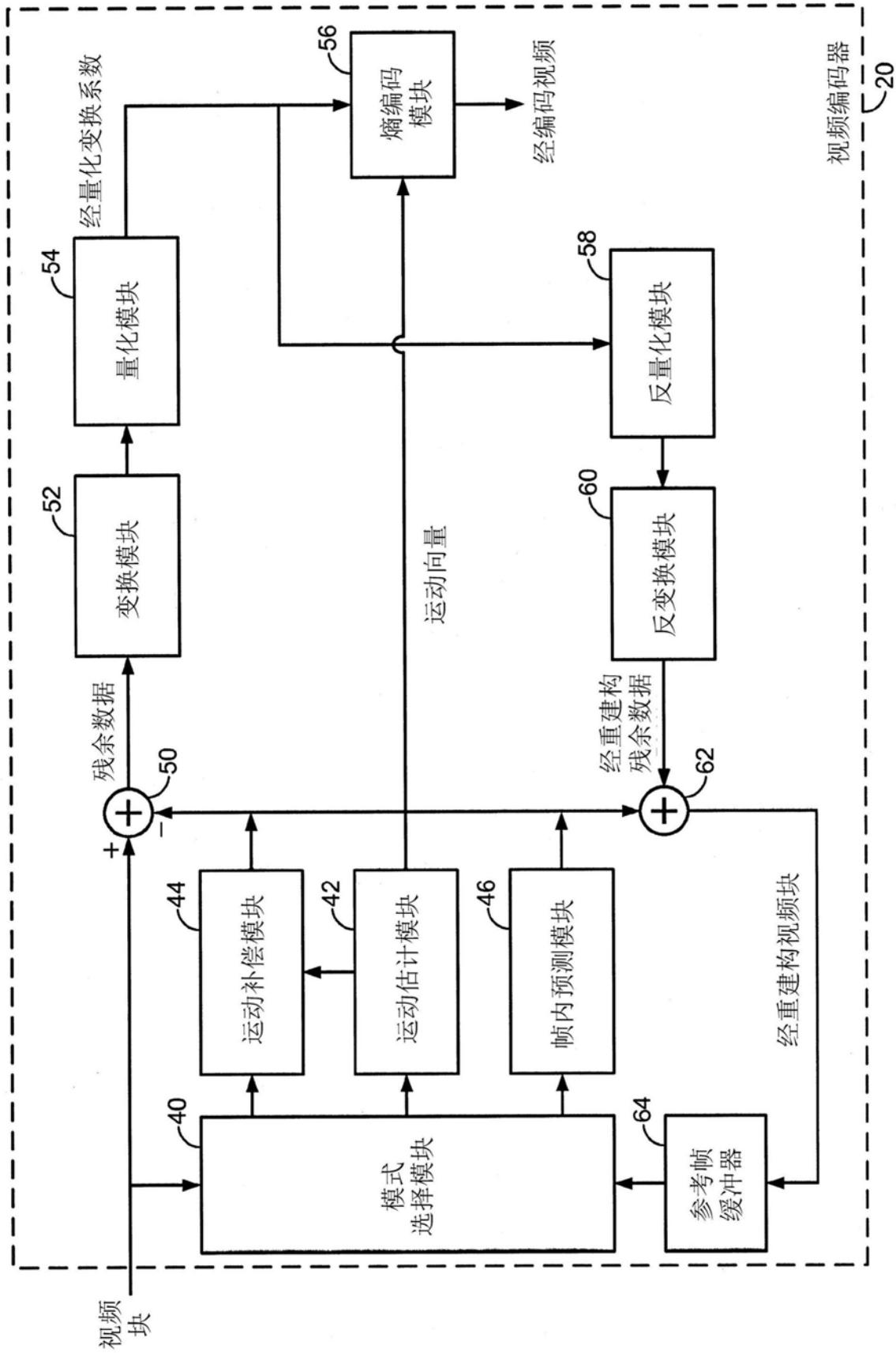


图2

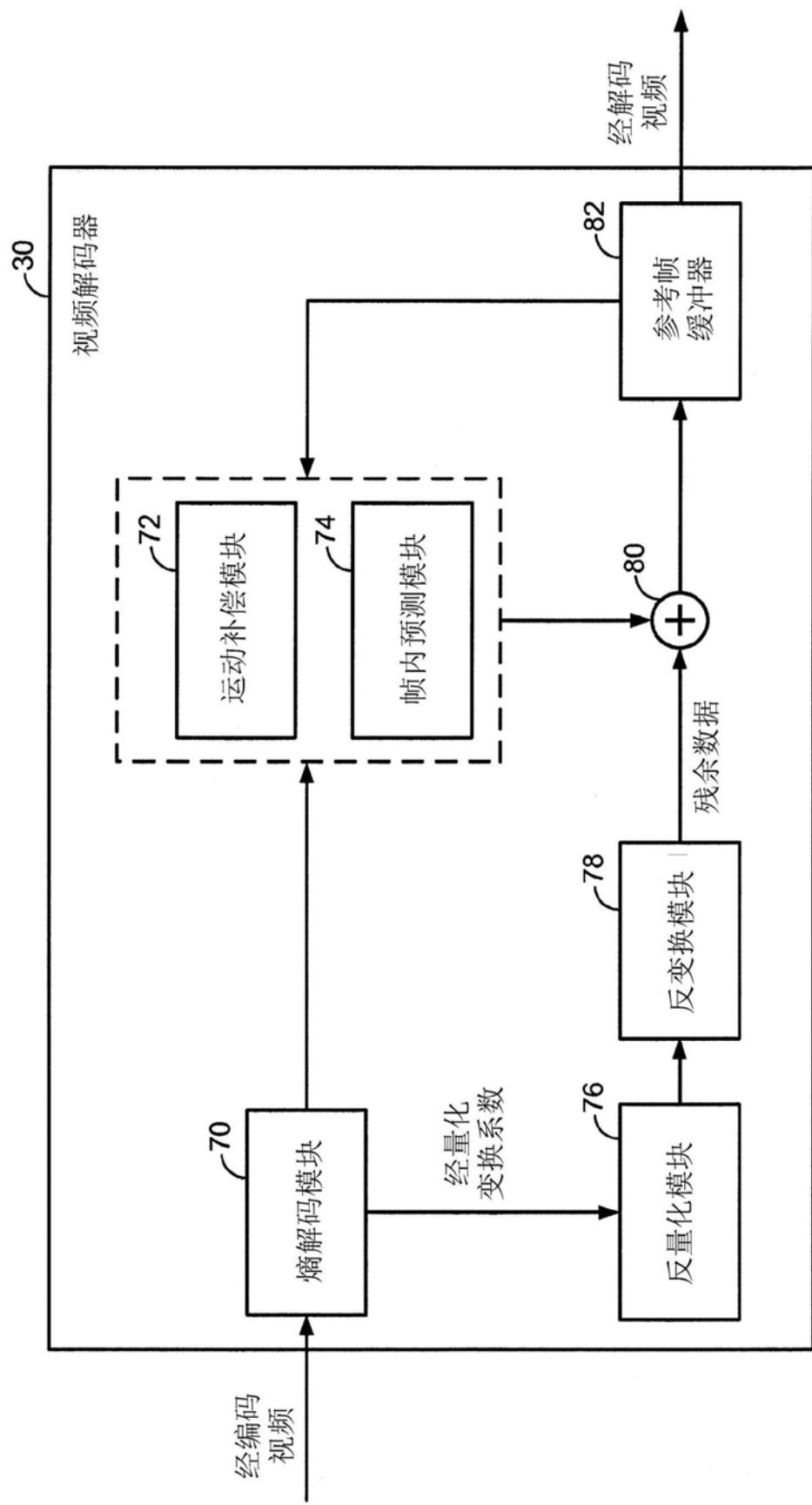


图3

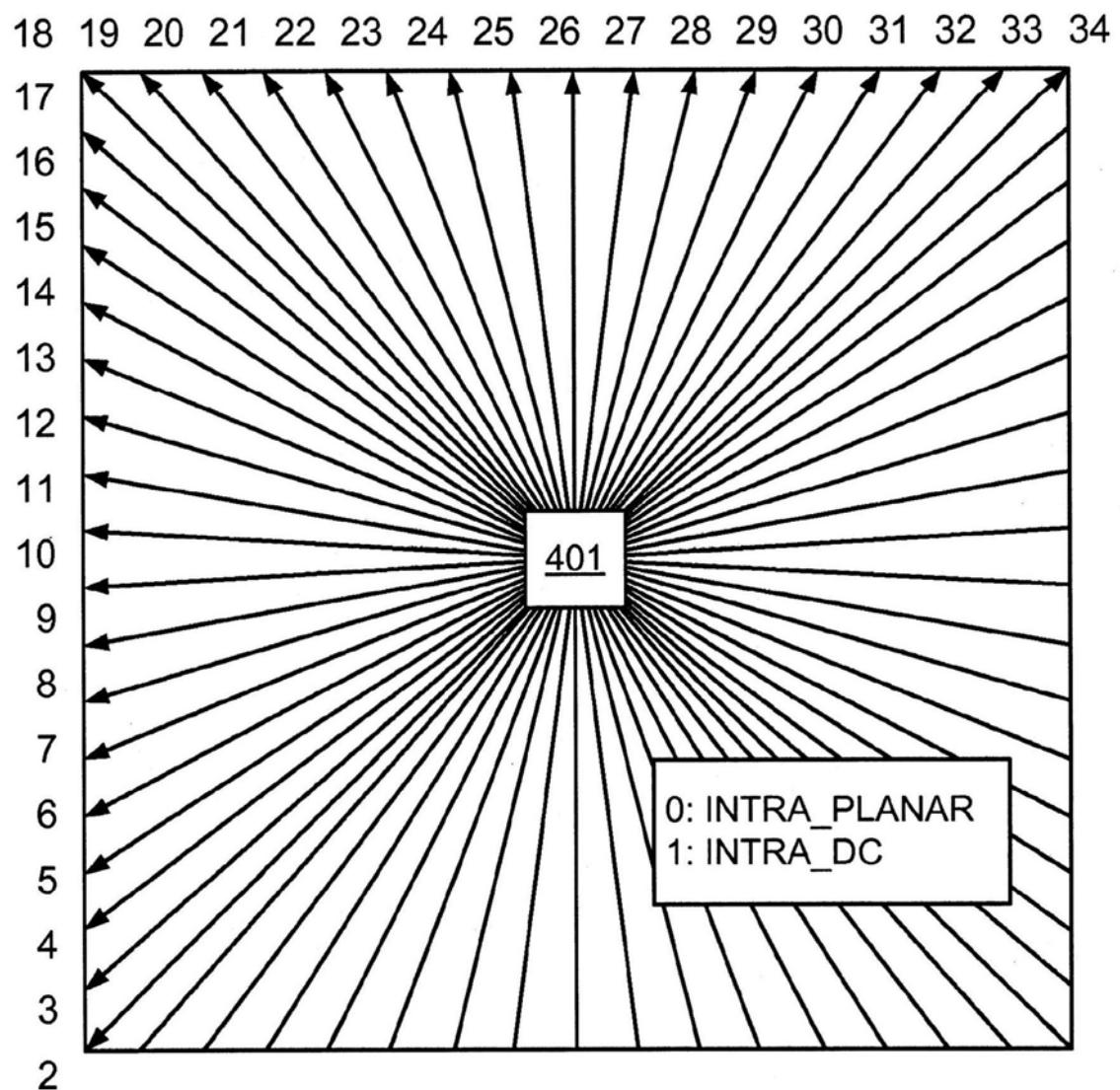


图4

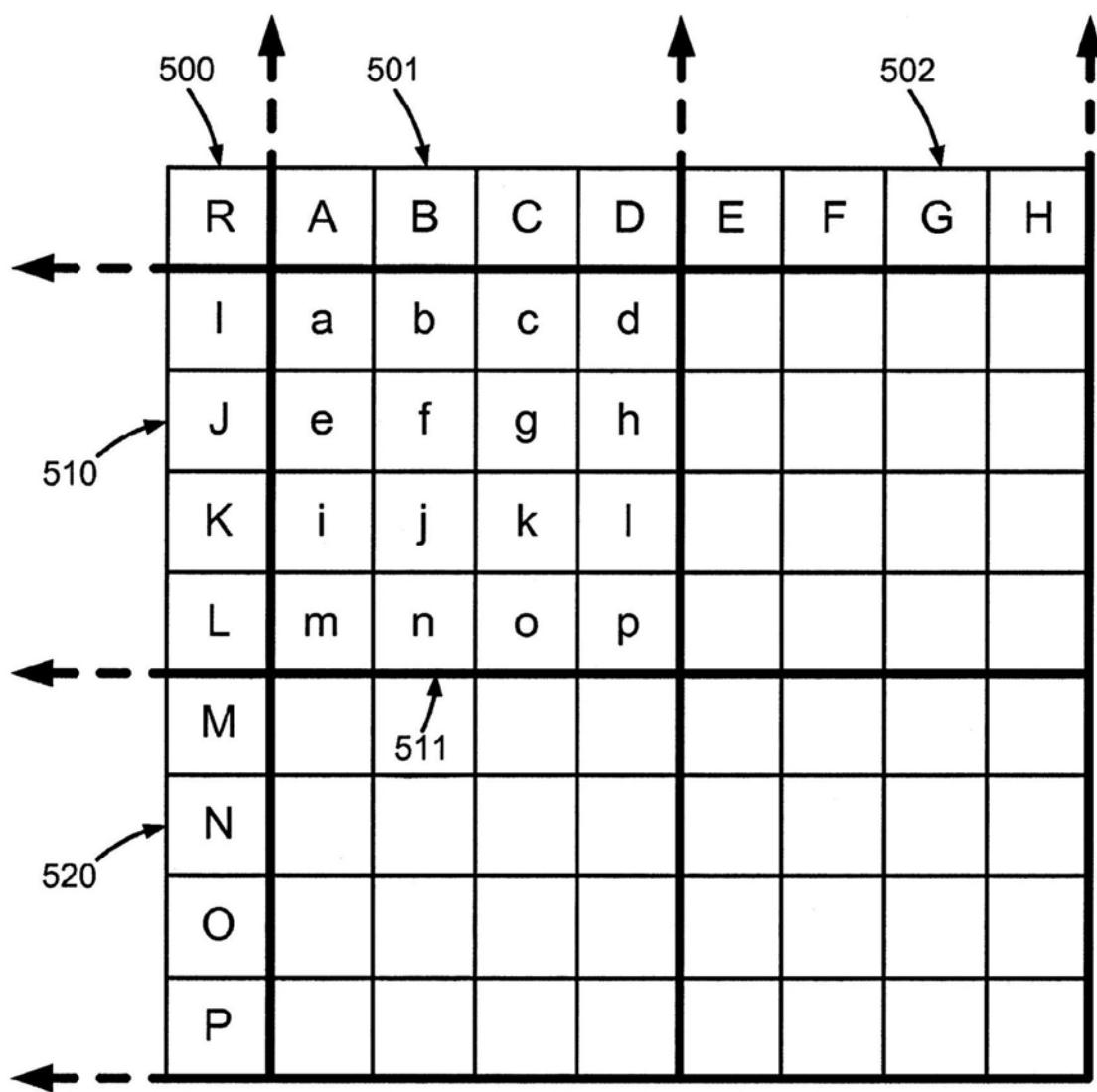


图5

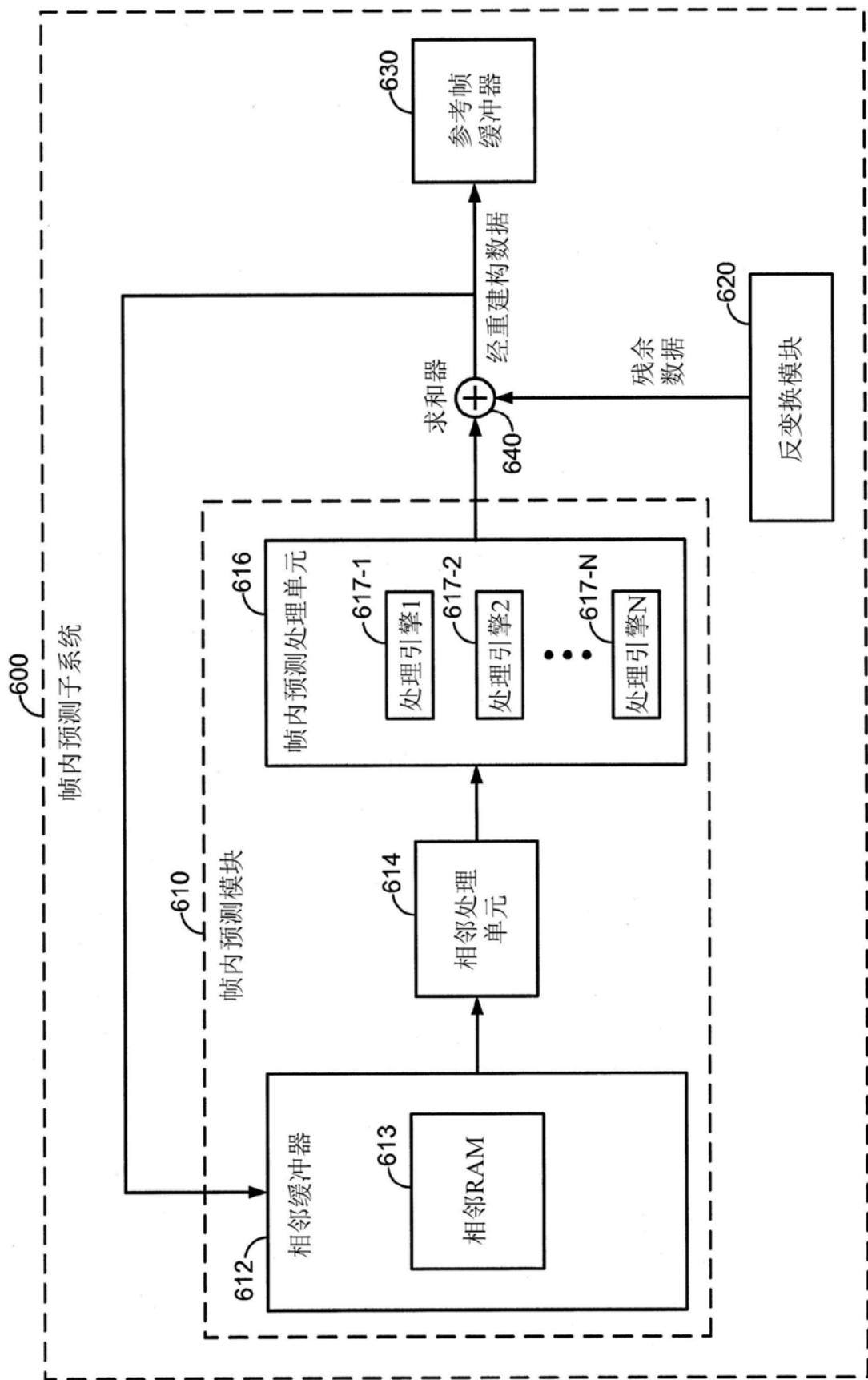


图6

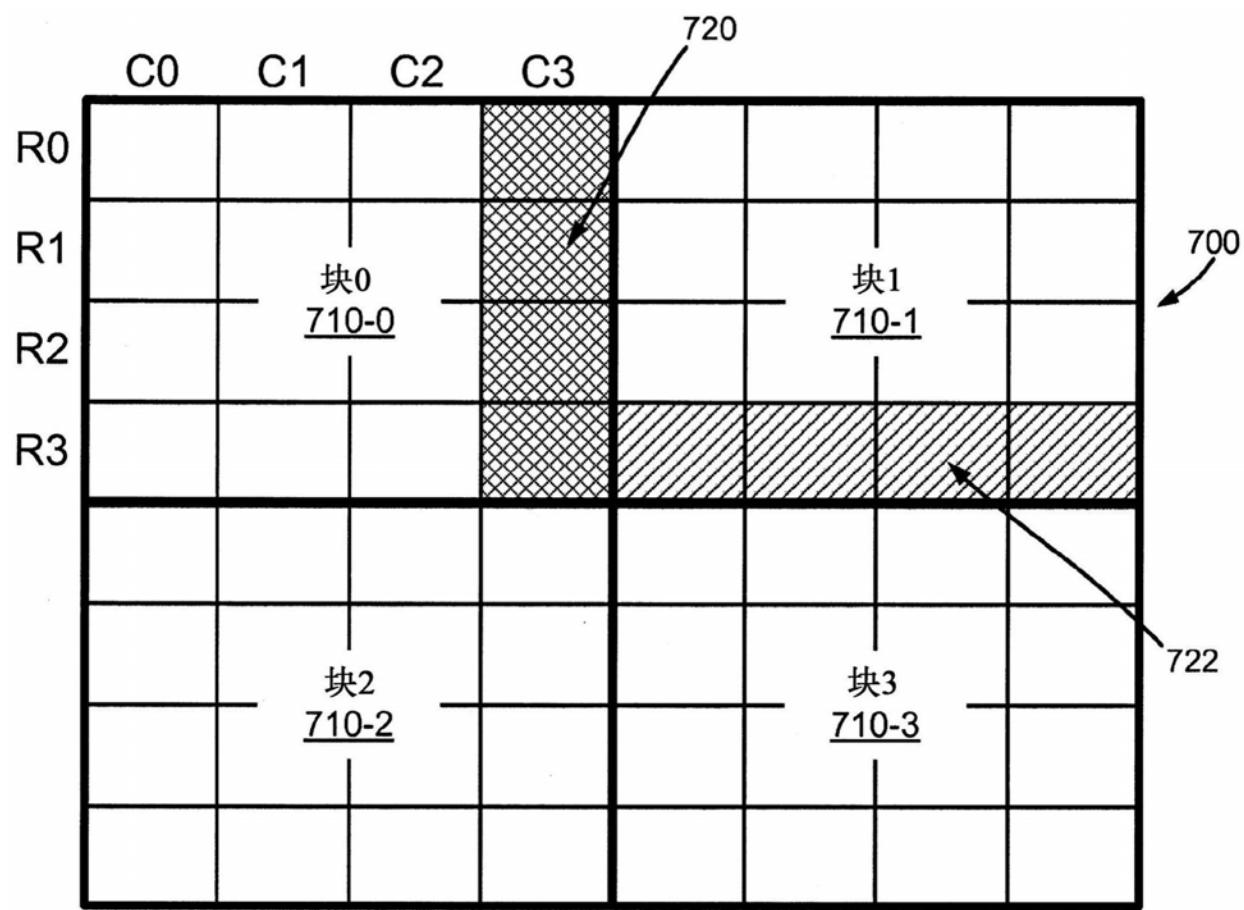


图7

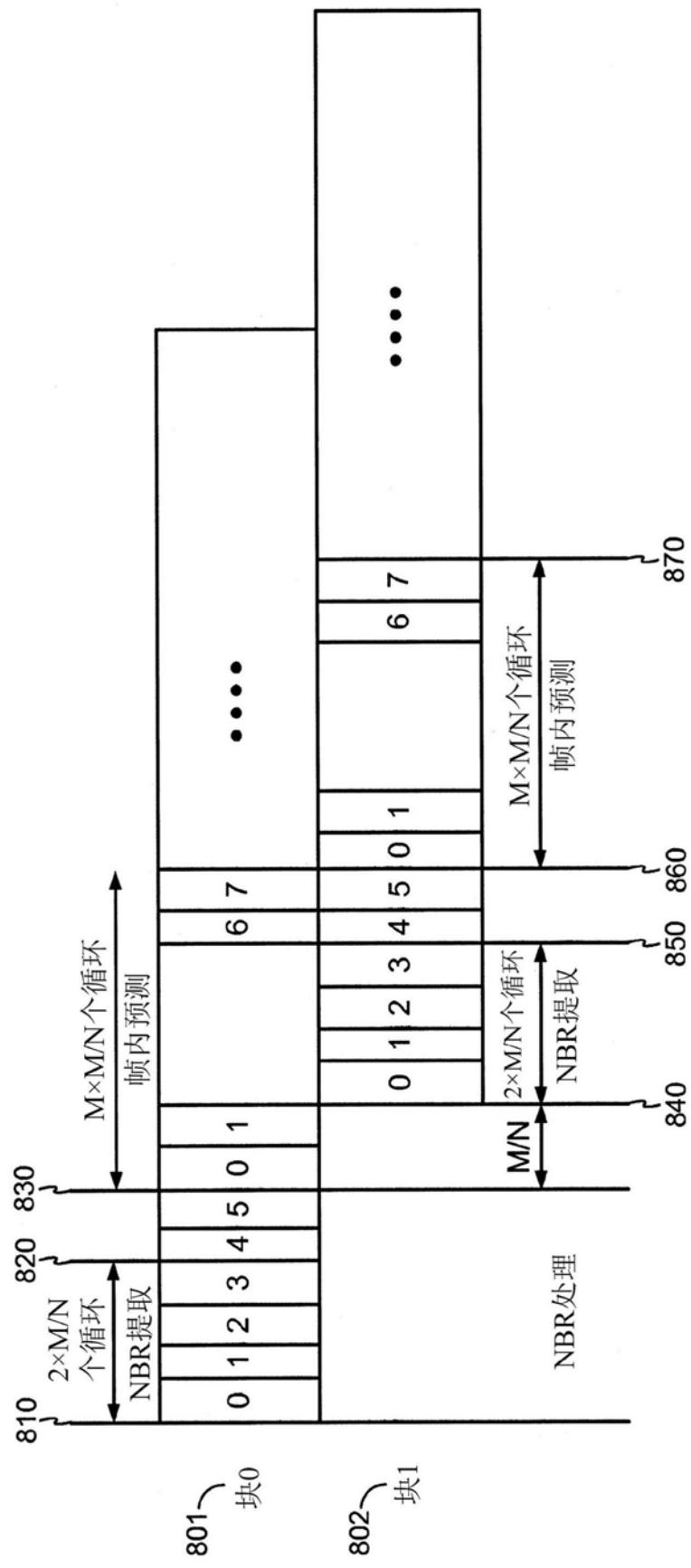


图8