(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114667731 A
(43)申请公布日 2022.06.24

(21)申请号 202080077050.3
(22)申请日 2020.11.04
(30)优先权数据
2019275552 2019.12.03 AU
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.05.05
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/AU2020/051200 2020.11.04
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/108833 EN 2021.06.10
(71)申请人 佳能株式会社
地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)发明人 克里斯托弗·詹姆斯·罗斯沃恩
(74)专利代理机构 北京魏启学律师事务所 11398
专利代理师 魏启学
(51)Int.Cl.
H04N 19/12(2006.01)
H04N 19/70(2006.01)
H04N 19/18(2006.01)
H04N 19/186(2006.01)

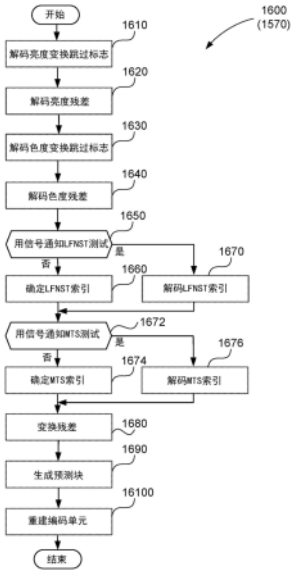
权利要求书3页 说明书36页 附图22页

(54)发明名称

对编码树单元进行编码和解码的方法、设备和系统

(57)摘要

一种从视频位流中解码编码树单元的编码单元的方法包括:从视频位流中解码针对编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志和各自与编码单元的一个色度变换块相对应的至少一个色度变换跳过标志;如果跳过标志其中至少之一指示不跳过相应块的变换,则从视频位流中解码二次变换索引,并且如果亮度变换跳过标志和色度变换跳过标志全部指示跳过相应块的变换,则确定二次变换索引以指示不应用二次变换;根据经解码的亮度和色度跳过标志以及所确定的/经解码的索引来变换亮度块和色度块以对编码单元进行解码。



CN 114667731 A

1.一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道,所述方法包括:

从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志;

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳过相应变换块的变换的情况下,从所述视频位流中解码二次变换索引,以及

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及

根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述经解码亮度变换跳过标志具有与所述至少一个色度变换跳过标志不同的值。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,在所述经解码亮度变换跳过标志指示要跳过亮度块的变换的情况下,基于经解码的至少一个色度跳过标志针对所述至少一个色度变换块来解码所述二次变换索引。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,变换的步骤包括以下项其中之一:基于所确定的二次变换索引,跳过二次变换的应用或者选择两个二次变换核其中之一以供应用。

5.一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有至少一个色度颜色通道,所述方法包括:

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

针对所述编码单元的至少一个色度变换块来确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述至少一个色度变换跳过标志中的任一个指示变换将被应用于相应色度变换块的情况下,从所述视频位流中解码所述二次变换索引,以及

在所述色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及

根据相应色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述至少一个色度变换块中的各个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

6.一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道,所述方法包括:

从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志;

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换,以及

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示不跳过相应变

换块的变换的情况下,从所述视频位流中解码二次变换索引;以及

根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

7.一种非暂时性计算机可读介质,其上存储有计算机程序以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道,所述方法包括:

从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志;

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳过相应变换块的变换的情况下,从所述视频位流中解码二次变换索引,以及

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及

根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

8.一种系统,包括:

存储器;以及

处理器,其中,所述处理器被配置为执行存储在所述存储器上的代码以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有至少一个色度颜色通道,所述方法包括:

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

针对所述编码单元的至少一个色度变换块来确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述至少一个色度变换跳过标志中的任一个指示变换将被应用于相应色度变换块的情况下,从所述视频位流中解码所述二次变换索引,以及

在一个或多于一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及

根据相应色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述至少一个色度变换块中的各个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

9.一种视频解码器,其被配置为:

接收来自位流的图像帧;

确定来自所述图像帧的编码树单元的编码树的编码单元,其中所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道;

从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志;

从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;

确定二次变换索引,所述确定包括:

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳

过相应变换块的变换的情况下,从所述视频位流中解码二次变换索引,以及

在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及

根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

对编码树单元进行编码和解码的方法、设备和系统

[0001] 相关申请的引用

[0002] 本申请根据35 U.S.C.§119要求于2019年12月3日提交的澳大利亚专利申请2019275552的优先权益，这里出于所有目的将该专利申请的全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明通常涉及数字视频信号处理，尤其涉及用于对视频样本的块进行编码和解码的方法、设备和系统。本发明还涉及包括记录有用于对视频样本的块进行编码和解码的计算机程序的计算机可读介质的计算机程序产品。

背景技术

[0004] 当前存在包括用于传输和存储视频数据的应用的许多视频编码用的应用。还开发了许多视频编码标准并且其它视频编码标准当前正在开发中。视频编码标准化的最新进展已导致形成被称为“联合视频专家组”(JVET)的组。该联合视频专家组(JVET)包括：还已知为“视频编码专家组”(VCEG)的国际电信联盟(ITU)的电信标准化部门(ITU-T)的研究组16、问题6(SG16/Q6)的成员；以及还已知为“运动图片专家组”(MPEG)的国际标准化组织/国际电工委员会联合技术委员会1/小组委员会29/工作组11(ISO/IEC JTC1/SC29/WG11)的成员。

[0005] 联合视频专家组(JVET)发布了提案征集(CfP)，并在美国圣地亚哥市举行的第10次会议上对答复进行了分析。所提交的答复表明，视频压缩能力明显优于当前最先进的视频压缩标准(即，“高效率视频编码”(HEVC))的视频压缩能力。基于该优异表现，决定开始用以开发命名为“通用视频编码”(VVC)的新视频压缩标准的项目。预计VVC将特别是随着视频格式的能力的增加(例如，具有更高的分辨率和更高的帧频)解决针对甚至更高的压缩性能的持续需求、以及解决针对通过WAN的服务提供(其中，带宽成本相对较高)的日益增长的市场需求。诸如沉浸式视频等的用例需要实时编码和解码这种较高的格式，例如，立方体地图投影(CMP)可以使用8K格式，即使最终渲染的“视口”利用较低的分辨率。VVC必须可在当代硅工艺中实现，并且在所实现的性能与实现成本之间提供可接受的折衷。例如，在硅面积、CPU处理器负荷、存储器利用率和带宽的一个或多于一个方面可以考虑实现成本。可以通过将帧区域分割成部分并且并行处理各个部分来处理较高视频格式。由压缩帧的多个部分构建的位流仍适合于由“单核”解码器解码，即根据应用需要将帧级约束(包括位率)分配给各个部分。

[0006] 视频数据包括图像数据的帧序列，各个帧包括一个或多于一个颜色通道。通常，需要一个主颜色通道和两个二次颜色通道。主颜色通道通常被称为“亮度”通道，并且(一个或多于一个)二次颜色通道通常被称为“色度”通道。尽管视频数据通常在RGB(红-绿-蓝)颜色空间中显示，但该颜色空间在三个相应分量之间具有高度相关性。编码器或解码器所看到的视频数据表示通常使用诸如YCbCr等的颜色空间。YCbCr将发光度(根据变换方程映射到“亮度”)集中在Y(主)通道中，并且将色度集中在Cb和Cr(二次)通道中。由于使用去相关的

YCbCr信号,因此亮度通道的统计与色度通道的统计明显不同。主要差异在于:在量化之后,与相应亮度通道块的系数相比,色度通道针对给定块包含相对较少的有效系数。此外,可以以与亮度通道相比更低的速率(例如,在水平方向上为一半且在垂直方向上为一半(被称为“4:2:0色度格式”))对Cb和Cr通道进行空间采样。4:2:0色度格式通常用于“消费者”应用中,诸如互联网视频流式传输、广播电视以及蓝光™盘上的存储。在水平方向上以半速率对Cb和Cr通道进行子采样而不是垂直地进行子采样被称为“4:2:2色度格式”。4:2:2色度格式通常用于专业应用中,包括用于电影制作等的镜头的捕获。4:2:2色度格式的较高采样速率使得所得视频对编辑操作(诸如颜色分级等)更有弹性。在分发到消费者之前,4:2:2色度格式材料经常被转换为4:2:0色度格式,然后被编码以分发到消费者。除了色度格式之外,视频还由分辨率和帧频来表征。示例分辨率是具有3840×2160的分辨率的超高清晰度(UD)或具有7680×4320的分辨率的“8K”,并且示例帧频是60Hz或120Hz。亮度样本速率的范围可以从约500兆样本/秒到数千兆样本/秒。对于4:2:0色度格式,各个色度通道的采样率是亮度采样率的四分之一,并且对于4:2:2色度格式,各个色度通道的采样率是亮度采样率的一半。

[0007] VVC标准是“基于块的”编解码器,其中,首先将帧分割成被称为“编码树单元”(CTU)的区域的正方形阵列。在帧不可整数地分割成CTU的情况下,沿着左下边缘的CTU可以在大小上被截断以与帧大小匹配。CTU通常占据相对大的区域,诸如128×128个亮度样本等。然而,在各个帧的右下边缘处的CTU可能在面积上较小。与各个CTU相关联的是“编码树”,其可以是用于亮度通道和色度通道这两者的单个树(“共用树”),并且可以包括“分叉”到各自用于亮度通道和色度通道的单独的树(或“双树”)中。编码树定义CTU的区域到块集合的分解,所述块集合也称为“编码单元”(CU)。CB被处理以按特定顺序编码或解码。用于亮度和色度的单独编码树通常以64×64亮度样本粒度开始,高于此,存在共用树。由于使用4:2:0色度格式,以64×64亮度样本粒度开始的单独编码树结构包括具有32×32色度样本区域的并置色度编码树。名称“单元”指示跨越导出块的编码树的所有颜色通道的适用性。单个编码树产生具有亮度编码块和两个色度编码块的编码单元。单独编码树的亮度分支产生各自具有亮度编码块的编码单元,并且单独编码树的色度分支产生各自具有一对色度块的编码单元。上述CU还与“预测单元”(PU)和“变换单元”(TU)相关联,预测单元和变换单元各自适用于导出CU的编码树的所有颜色通道。类似地,编码块与预测块(PB)和变换块(TB)相关联,预测块和变换块各自适用于单个颜色通道。具有跨越4:2:0色度格式视频数据的颜色通道的CU的单个树产生具有相应亮度编码块的一半宽度和高度的色度编码块。

[0008] 尽管在“单元”和“块”之间有上述区别,但是术语“块”可以用作针对将操作应用于所有颜色通道的帧的区域(area)或区(region)的通用术语。

[0009] 对于各CU,生成帧数据的相应区域的内容(样本值)的预测单元(或“PU”)。此外,形成了在编码器的输入处看到的预测与区域内容之间的差(或空间域的“残差”)的表示。各颜色通道的差可以被变换并编码为残差系数的序列,从而形成给定CU的一个或多于一个TU。所应用的变换可以是应用于残差值的各个块的离散余弦变换(DCT)或其它变换。该变换是分开应用的,即分两遍进行二维变换。首先通过对块中的各行样本应用一维变换来对块进行变换。然后,通过对部分结果的各列应用一维变换来对部分结果进行变换,以产生基本上对残差样本进行去相关的变换系数的最终块。VVC标准支持各种大小的变换,包括矩形块

(各边尺寸为2的幂)的变换。量化变换系数以用于将熵编码在位流中。还可应用附加不可分离变换级。最后,变换应用可以被绕过。

[0010] VVC的特征是帧内预测和帧间预测。帧内预测涉及使用正使用的帧中的先前处理的样本来生成对该帧中的当前样本块的预测。帧间预测涉及使用从先前解码的帧获得的样本块来生成对帧中的当前样本块的预测。从先前解码的帧获得的样本块根据运动矢量从当前块的空间位置偏移,该运动矢量通常已经应用了滤波。帧内预测块可以是(i)均匀样本值("DC帧内预测")、(ii)具有偏移以及水平梯度和垂直梯度的平面("平面帧内预测")、(iii)具有在特定方向上应用的相邻样本的块的群体("角度帧内预测")或者(iv)使用相邻样本和所选择的矩阵系数的矩阵乘法的结果。通过将'残差'编码在位流中,可以在某种程度上校正预测块与相应输入样本之间的进一步差异。通常将残差从空间域变换到频域以形成残差系数(在"主变换域"中),可以通过应用"二次变换"进一步变换残差系数(以产生"二次变换域"中的残差系数)。根据量化参数量化残差系数,导致在解码器处产生的样本的重建的精度损失,而位流内的位率也减小。

[0011] 量化参数可以在帧之间以及在各个帧内变化。对于"速率控制"的编码器,帧内量化参数的变化是典型的。不管所接收的输入样本的统计数据(诸如噪声性质、运动程度等)如何,速率控制的编码器都尝试产生具有大体上恒定位率的位流。由于位流通常通过具有有限带宽的网络传送,因此速率控制是用以不管输入到编码器的原始帧的变化如何都确保网络上的可靠性能的普遍技术。在帧以并行区段编码的情况下,速率控制的使用的灵活性是所期望的,因为不同区段在所期望的保真度方面可能具有不同的要求。

[0012] 实现成本(例如,存储器使用、准确度等级和通信效率等中的任一者)也是重要的。

发明内容

[0013] 本发明的目的是基本上克服或至少改善现有布置的一个或多于一个缺点。

[0014] 本发明的一个方面提供一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法,所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道,所述方法包括:从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志;从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志,其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应;确定二次变换索引,所述确定包括:在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳过相应变换块的变换的情况下,从所述视频位流中解码二次变换索引,以及在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下,确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换;以及根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块,以对所述编码单元进行解码。

[0015] 根据本发明的另一方面,所述经解码亮度变换跳过标志具有与所述至少一个色度变换跳过标志不同的值。

[0016] 根据本发明的另一方面,在所述经解码亮度变换跳过标志指示要跳过亮度块的变换的情况下,基于经解码的至少一个色度跳过标志针对所述至少一个色度变换块来解码所述二次变换索引。

[0017] 根据本发明的另一方面，变换的步骤包括以下项其中之一：基于所确定的二次变换索引，跳过二次变换的应用或者选择两个二次变换核其中之一以供应用。

[0018] 本发明的另一方面提供一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法，所述编码单元具有至少一个色度颜色通道，所述方法包括：从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志，其中各个色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应；针对所述编码单元的至少一个色度变换块来确定二次变换索引，所述确定包括：在所述至少一个色度变换跳过标志中的任一个指示变换将被应用于相应色度变换块的情况下，从所述视频位流中解码所述二次变换索引，以及在所述色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下，确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换；以及根据相应色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述至少一个色度变换块中的各个色度变换块，以对所述编码单元进行解码。

[0019] 本发明的另一方面提供一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法，所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道，所述方法包括：从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志；从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志，其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应；确定二次变换索引，所述确定包括：在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下，确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换，以及在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示不跳过相应变换块的变换的情况下，从所述视频位流中解码二次变换索引；以及根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块，以对所述编码单元进行解码。

[0020] 本发明的另一方面提供一种非暂时性计算机可读介质，其上存储有计算机程序以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法，所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道，所述方法包括：从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志；从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志，其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应；确定二次变换索引，所述确定包括：在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳过相应变换块的变换的情况下，从所述视频位流中解码二次变换索引，以及在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下，确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换；以及根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块，以对所述编码单元进行解码。

[0021] 本发明的另一方面提供一种系统，其包括：存储器；以及处理器，其中，所述处理器被配置为执行存储在所述存储器上的代码以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码树的编码单元的方法，所述编码单元具有至少一个色度颜色通道，所述方法包括：从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志，其中各个色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应；针对所述编码单元的至少一个色度变

换块来确定二次变换索引，所述确定包括：在所述至少一个色度变换跳过标志中的任一个指示变换将被应用于相应色度变换块的情况下，从所述视频位流中解码所述二次变换索引，以及在一个或多于一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下，确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换；以及根据相应色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述至少一个色度变换块中的各个色度变换块，以对所述编码单元进行解码。

[0022] 本发明的另一方面提供一种视频解码器，其被配置为：接收来自位流的图像帧；确定来自所述图像帧的编码树单元的编码树的编码单元，其中所述编码单元具有亮度颜色通道和至少一个色度颜色通道；从所述视频位流中解码针对所述编码单元的亮度变换块的亮度变换跳过标志；从所述视频位流中解码至少一个色度变换跳过标志，其中各个经解码色度变换跳过标志与所述编码单元的至少一个色度变换块其中之一相对应；确定二次变换索引，所述确定包括：在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志其中至少之一指示不跳过相应变换块的变换的情况下，从所述视频位流中解码二次变换索引，以及在所述亮度变换跳过标志和所述至少一个色度变换跳过标志全部指示要跳过相应变换块的变换的情况下，确定所述二次变换索引以指示不应用二次变换；以及根据经解码亮度变换跳过标志、所述至少一个色度变换跳过标志和所确定的二次变换索引来变换所述亮度变换块和所述至少一个色度变换块，以对所述编码单元进行解码。

[0023] 本发明的一个方面提供一种从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码单元的方法，所述方法包括：确定所述编码单元的变换块的扫描模式，其中，所述扫描模式通过前进通过残差系数的子块的多个非重叠集合来遍历所述变换块，所述扫描模式在完成当前集合的扫描之后从所述当前集合前进到多个集合中的下一集合；根据所确定的扫描模式从所述视频位流中解码残差系数；确定针对所述编码单元的多变换选择索引，所述确定包括：在沿着所述扫描模式遇到的最后有效系数在所述变换块的阈值笛卡尔位置处或内的情况下，从所述视频位流中解码所述多变换选择索引，以及在沿着所述扫描模式的所述变换块的最后有效残差系数位置在所述阈值笛卡尔位置之外的情况下，确定所述多变换选择索引以指示不使用多变换选择；以及通过根据所述多变换选择索引应用变换来变换经解码残差系数，以对所述编码单元进行解码。

[0024] 本发明的另一方面提供一种非暂时性计算机可读介质，其上存储有计算机程序以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码单元的方法，所述方法包括：确定针对所述编码单元的变换块的扫描模式，其中，所述扫描模式通过前进通过残差系数的子块的多个非重叠集合来遍历所述变换块，所述扫描模式在完成当前集合的扫描之后从所述当前集合前进到多个集合中的下一集合；根据所确定的扫描模式从所述视频位流中解码残差系数；确定针对所述编码单元的多变换选择索引，所述确定包括：在沿着所述扫描模式遇到的最后有效系数在所述变换块的阈值笛卡尔位置处或内的情况下，从所述视频位流中解码所述多变换选择索引，以及在沿着所述扫描模式的所述变换块的最后有效残差系数位置在所述阈值笛卡尔位置之外的情况下，确定所述多变换选择索引以指示不使用多变换选择；以及通过根据所述多变换选择索引应用变换来变换经解码残差系数，以对所述编码单元进行解码。

[0025] 本发明的一个方面提供一种系统，其包括：存储器；以及处理器，其中，所述处理器

被配置为执行存储在所述存储器上的代码以实现从视频位流中解码来自图像帧的编码树单元的编码单元的方法，所述方法包括：确定针对所述编码单元的变换块的扫描模式，其中，所述扫描模式通过前进通过残差系数的子块的多个非重叠集合来遍历所述变换块，所述扫描模式在完成当前集合的扫描之后从所述当前集合前进到多个集合中的下一集合；根据所确定的扫描模式从所述视频位流中解码残差系数；确定针对所述编码单元的多变换选择索引，所述确定包括：在沿着所述扫描模式遇到的最后有效系数在所述变换块的阈值笛卡尔位置处或内的情况下，从所述视频位流中解码所述多变换选择索引，以及在沿着所述扫描模式的所述变换块的最后有效残差系数位置在所述阈值笛卡尔位置之外的情况下，确定所述多变换选择索引以指示不使用多变换选择；以及通过根据所述多变换选择索引应用变换来变换经解码残差系数，以对所述编码单元进行解码。

[0026] 本发明的一个方面提供一种视频解码器，其被配置为：接收来自位流的图像帧；确定来自所述图像帧的编码树单元的编码树的编码单元；确定针对所述编码单元的变换块的扫描模式，其中，所述扫描模式通过前进通过残差系数的子块的多个非重叠集合来遍历所述变换块，所述扫描模式在完成当前集合的扫描之后从所述当前集合前进到多个集合中的下一集合；根据所确定的扫描模式从所述视频位流中解码残差系数；确定针对所述编码单元的多变换选择索引，所述确定包括：在沿着所述扫描模式遇到的最后有效系数在所述变换块的阈值笛卡尔位置处或内的情况下，从所述视频位流中解码所述多变换选择索引，以及在沿着所述扫描模式的所述变换块的最后有效残差系数位置在所述阈值笛卡尔位置之外的情况下，确定所述多变换选择索引以指示不使用多变换选择；以及通过根据所述多变换选择索引应用变换来变换经解码残差系数，以对所述编码单元进行解码。

[0027] 还公开了其他方面。

附图说明

[0028] 现在将参考以下附图和附录描述本发明的至少一个实施例，其中：

[0029] 图1是示出视频编码和解码系统的示意性框图；

[0030] 图2A和2B构成可以实践图1的视频编码和解码系统的其中一个或这两者的通用计算机系统的示意框图；

[0031] 图3是示出视频编码器的功能模块的示意框图；

[0032] 图4是示出视频解码器的功能模块的示意框图；

[0033] 图5是示出通用视频编码的树结构中的块向一个或多于一个块的可用分割的示意框图；

[0034] 图6是用以在通用视频编码的树结构中实现块向一个或多于一个块的许可分割的数据流的示意图；

[0035] 图7A和7B示出编码树单元(CTU)向多个编码单元(CU)的示例分割；

[0036] 图8A、8B、8C和8D示出根据变换块的不同大小进行的正向和反向不可分离的二次变换；

[0037] 图9示出针对各种大小的变换块应用二次变换的区域集合；

[0038] 图10示出具有多个条带的位流的句法结构，各个条带包括多个编码单元；

[0039] 图11示出具有针对编码树单元的亮度和色度编码单元的共用树的位流的句法结

构；

[0040] 图12示出具有针对编码树单元的亮度和色度编码单元的单独树的位流的句法结构；

[0041] 图13示出将帧编码在包括一个或多于一个条带作为编码单元序列的位流中的方法；

[0042] 图14示出将编码单元编码在位流中的方法；

[0043] 图15示出从作为布置成条带的编码单元序列的位流中解码帧的方法；

[0044] 图16示出从位流中解码编码单元的方法；以及

[0045] 图17示出了针对32×32TB的常规扫描模式；

[0046] 图18示出在所描述的布置中使用的32×32TB的示例扫描模式；

[0047] 图19示出大小为8×32的TB分割成用于所描述的布置的集合；以及

[0048] 图20示出在所描述的布置中使用的32×32TB的不同示例扫描模式。

具体实施方式

[0049] 在任一个或多于一个附图中参考具有相同附图标记的步骤和/或特征的情况下，除非出现相反意图，否则这些步骤和/或特征为了本说明书的目的而具有相同的(一个或多于一个)功能或(一个或多于一个)操作。

[0050] 视频压缩标准的位流格式的句法被定义为“句法结构”的层级。各个句法结构定义一组句法素，这些句法元素中的一些可取决于其他句法元素。当句法仅允许与工具的有用组合相对应的句法元素的组合时，改进了压缩效率。此外，通过禁止尽管可能实现但被视为对所得实施成本提供不充分压缩优点的句法元素的组合，也降低了复杂度。

[0051] 图1是示出视频编码和解码系统100的功能模块的示意性框图。系统100用信号通知主变换参数和二次变换参数，使得实现压缩效率增益。

[0052] 系统100包括源装置110和目的地装置130。通信通道120用于从源装置110向目的地装置130通信编码视频信息。在一些配置中，源装置110和目的地装置130中的一个或两个分别可以包括移动电话手机或“智能电话”，其中在这种情况下，通信通道120是无线通道。在其它配置中，源装置110和目的地装置130可以包括视频会议设备，其中在这种情况下，通信通道120通常是诸如因特网连接等的有线通道。此外，源装置110和目的地装置130可以包括范围广泛的任意装置，其中这些装置包括支持空中电视广播、有线电视应用、因特网视频应用(包括流传输)、以及在一些计算机可读存储介质(诸如文件服务器中的硬盘驱动器等)上捕获编码视频数据的应用的装置。

[0053] 如图1所示，源装置110包括视频源112、视频编码器114和发送器116。视频源112通常包括所捕获视频帧数据(表示为113)的源，诸如摄像传感器、存储在非暂时性记录介质上的先前捕获到的视频序列、或者来自远程摄像传感器的视频馈送。视频源112也可以是计算机显卡的输出(例如，显示操作系统和在计算装置(例如，平板计算机)上执行的各种应用的视频输出)。可以包括摄像传感器作为视频源112的源装置110的示例包括智能电话、视频摄录机、专业摄像机和网络视频照相机。

[0054] 视频编码器114将来自视频源112的(由箭头113指示的)所捕获帧数据转换(或“编码”)成(由箭头115指示的)位流。位流115由发送器116经由通信通道120作为编码视频数据

(或“编码视频信息”)进行发送。位流115也可以存储在诸如“闪速”存储器或硬盘驱动器等的非暂时性存储装置122中,直到随后通过通信通道120发送或者作为通过通信通道120的发送的代替为止。例如,经编码视频数据可以在需要时经由广域网(WAN)供应给顾客以用于视频流式传输应用。

[0055] 目的地装置130包括接收器132、视频解码器134和显示装置136。接收器132从通信通道120接收编码视频数据并将所接收到的视频数据作为(由箭头133指示的)位流传递至视频解码器134。然后,视频解码器134将(由箭头135指示的)解码后的帧数据输出至显示装置136。解码后的帧数据135具有与帧数据113相同的色度格式。显示装置136的示例包括阴极射线管、液晶显示器(诸如在智能电话、平板计算机、计算机监视器、或者单机型电视机中等)。也可以将源装置110和目的地装置130各自的功能体现在单个装置中,该单个装置的示例包括移动电话手机和平板计算机。经解码帧数据可在呈现给用户之前进一步变换。例如,可以使用投影格式从经解码帧数据渲染具有特定纬度和经度的“视口”以表示场景的360o视图。

[0056] 尽管以上说明了示例装置,但源装置110和目的地装置130各自通常经由硬件组件和软件组件的组合可以配置在通用计算机系统内。图2A示出这种计算机系统200,该计算机系统200包括:计算机模块201;诸如键盘202、鼠标指示器装置203、扫描器226、可被配置为视频源112的照相机227、以及麦克风280等的输入装置;以及包括打印机215、可被配置为显示装置136的显示装置214、以及扬声器217的输出装置。计算机模块201可以使用外部调制器-解调器(调制解调器)收发器装置216来经由接线221与通信网络220进行通信。可以表示通信通道120的通信网络220可以是WAN,诸如因特网、蜂窝电信网络或私有WAN等。在接线221是电话线的情况下,调制解调器216可以是传统的“拨号上网”调制解调器。可替代地,在接线221是高容量(例如,线缆或光学的)接线的情况下,调制解调器216可以是宽带调制解调器。还可以使用无线调制解调器来进行向通信网络220的无线连接。收发器装置216可以提供发送器116和接收器132的功能,并且通信通道120可以体现在接线221中。

[0057] 计算机模块201通常包括至少一个处理器单元205和存储器单元206。例如,存储器单元206可以具有半导体随机存取存储器(RAM)和半导体只读存储器(ROM)。计算机模块201还包括多个输入/输出(I/O)接口,其中这多个输入/输出(I/O)接口包括:音频-视频接口207,其连接至视频显示器214、扬声器217和麦克风280;I/O接口213,其连接至键盘202、鼠标203、扫描器226、照相机227以及可选的操纵杆或其它人机接口装置(未示出);以及外部调制解调器216和打印机215所用的接口208。从音频-视频接口207向计算机监视器214的信号通常是计算机显卡的输出。在一些实现中,调制解调器216可以内置于计算机模块201内,例如内置于接口208内。计算机模块201还具有本地网络接口211,其中该本地网络接口211允许计算机系统200经由接线223连接至已知为局域网(LAN)的局域通信网络222。如图2A所示,局域通信网络222还可以经由接线224连接至广域网220,其中该局域通信网络222通常包括所谓的“防火墙”装置或具有相似功能的装置。本地网络接口211可以包括以太网(Ethernet™)电路卡、蓝牙(Bluetooth™)无线配置或IEEE 802.11无线配置;然而,对于接口211,可以实践多种其它类型的接口。本地网络接口211还可以提供发送器116和接收器132的功能,并且通信通道120也可以体现在局域通信网络222中。

[0058] I/O接口208和213可以提供串行连接和并行连接中的任一个或这两者,其中前者

通常根据通用串行总线(USB)标准来实现并且具有相应的USB连接器(未示出)。设置有存储装置209,并且存储装置209通常包括硬盘驱动器(HDD)210。还可以使用诸如软盘驱动器和磁带驱动器等的其它存储装置(未示出)。通常设置有光盘驱动器212以用作数据的非易失性源。可以使用例如光盘(例如,CD-ROM、DVD、蓝光盘(Blu ray Disc™))、USB-RAM、便携式外部硬盘驱动器和软盘等的便携式存储器装置作为针对计算机系统200的数据的适当源。通常,HDD 210、光盘驱动器212、网络220和222中的任意还可被配置成作为视频源112进行工作、或者作为为了经由显示器214进行再现所要存储的解码视频数据的目的地而进行工作。系统100的源装置110和目的地装置130可以体现在计算机系统200中。

[0059] 计算机模块201的组件205-213通常经由互连总线204并且以得到相关领域技术人员已知的计算机系统200的传统操作模式的方式进行通信。例如,处理器205使用接线218连接至系统总线204。同样,存储器206和光盘驱动器212通过接线219连接至系统总线204。可以实践所述配置的计算机的示例包括IBM-PC和兼容机、Sun SPARCstation、Apple Mac™或相似的计算机系统。

[0060] 在适当或期望的情况下,可以使用计算机系统200来实现视频编码器114和视频解码器134以及以下所述的方法。特别地,可以将视频编码器114、视频解码器134和要说明的方法作为在计算机系统200内可执行的一个或多于一个软件应用程序233来实现。特别地,利用软件233中的在计算机系统200内执行的指令231(参考图2B)来实现视频编码器114、视频解码器134和所述方法的步骤。可以将软件指令231形成为各自用于进行一个或多于一个特定任务的一个或多于一个代码模块。还可以将软件分割成两个单独部分,其中第一部分和相应的代码模块进行所述方法,并且第二部分和相应的代码模块管理第一部分和用户之间的用户界面。

[0061] 例如,可以将软件存储在包括以下所述的存储装置的计算机可读介质中。将软件从计算机可读介质载入计算机系统200,然后由计算机系统200来执行。具有这样的软件的计算机可读介质或者该计算机可读介质上所记录的计算机程序是计算机程序产品。在计算机系统200中使用该计算机程序产品优选地实现了用于实施视频编码器114、视频解码器134和所述方法的有利设备。

[0062] 通常将软件233存储在HDD 210或存储器206中。将该软件从计算机可读介质载入计算机系统200,并且由计算机系统200来执行。因而,例如,可以将软件233存储在光盘驱动器212所读取的光学可读盘存储介质(例如,CD-ROM)225上。

[0063] 在一些实例中,将应用程序233以编码在一个或多于一个CD-ROM 225上并且经由相应的驱动器212进行读取的方式供给至用户,或者可替代地,可以由用户从网络220或222读取应用程序233。更进一步地,还可以将软件从其它计算机可读介质载入计算机系统200。计算机可读存储介质是指将所记录的指令和/或数据提供至计算机系统200以供执行和/或处理的任何非暂时性有形存储介质。这种存储介质的示例包括软盘、磁带、CD-ROM、DVD、蓝光盘(Blu-ray Disc™)、硬盘驱动器、ROM或集成电路、USB存储器、磁光盘、或者诸如PCMCIA卡等的计算机可读卡等,而与这些装置在计算机模块201的内部还是外部无关。还可以参与将软件、应用程序、指令和/或视频数据或编码视频数据提供至计算机模块401的暂时性或非有形计算机可读传输介质的示例包括:无线电或红外线传输通道及向着其它计算机或联网装置的网络接线、以及包括电子邮件发送和网站上所记录的信息等的因特网或内联网。

[0064] 可以执行上述的应用程序233的第二部分和相应的代码模块来实现要绘制或以其它方式呈现在显示器214上的一个或多于一个图形用户界面(GUI)。通过典型地对键盘202和鼠标203进行操作,计算机系统200的用户和应用可以以在功能上可适用的方式对界面进行操作,以将控制命令和/或输入提供至与这些(一个或多于一个)GUI相关联的应用。还可以实现在功能上可适用的其它形式的用户界面,诸如利用经由扬声器217所输出的语音提示和经由麦克风280所输入的用户声音命令的音频界面等。

[0065] 图2B是处理器205和“存储器”234的详细示意框图。存储器234表示图2A中的计算机模块201可以访问的(包括HDD 209和半导体存储器206的)所有存储器模块的逻辑聚合。

[0066] 在初始对计算机模块201通电的情况下,执行上电自检(power-on self-test,POST)程序250。通常将POST程序250存储在图2A的半导体存储器206的ROM249中。有时将诸如存储有软件的ROM 249等的硬件装置称为固件。POST程序250检查计算机模块201内的硬件以确保适当工作,并且通常检查处理器205、存储器234(209,206)和通常还存储在ROM249中的基本输入-输出系统软件(BIOS)模块251,以进行正确操作。一旦POST程序250成功运行,BIOS251启动图2A的硬盘驱动器210。启动硬盘驱动器210使得经由处理器205执行驻留在硬盘驱动器210上的引导装入程序252。这样将操作系统253载入RAM存储器206,其中在该RAM存储器206上,操作系统253开始工作。操作系统253是处理器205可执行的系统级应用,以实现包括处理器管理、存储器管理、装置管理、存储管理、软件应用接口和通用用户界面等的各种高级功能。

[0067] 操作系统253管理存储器234(209,206),以确保计算机模块201上运行的各处理或应用具有在不会与分配至其它处理的存储器冲突的情况下执行的充足存储器。此外,必须适当使用图2A的计算机系统200中可用的不同类型的存储器,以使得各处理可以高效地运行。因此,聚合存储器234并不意图例示如何分配存储器的特定分段(除非另外说明),而是提供计算机系统200可访问的存储器的概述图以及如何使用该存储器。

[0068] 如图2B所示,处理器205包括多个功能模块,其中这多个功能模块包括控制单元239、算术逻辑单元(ALU)240和有时称为高速缓冲存储器的本地或内部存储器248。高速缓冲存储器248在寄存器区段中通常包括多个存储寄存器244-246。一个或多于一个内部总线241从功能上使这些功能模块相互连接。处理器205通常还具有用于使用接线218经由系统总线204与外部装置进行通信的一个或多于一个接口242。存储器234使用接线219连接至总线204。

[0069] 应用程序233包括可以包含条件分支指令和循环指令的指令序列231。程序233还可以包括执行程序233时所使用的数据232。将指令231和数据232分别存储在存储器位置228、229、230和235、236、237中。根据指令231和存储器位置228-230的相对大小,如存储器位置230中示出的指令所描述的,可以将特定指令存储在单个存储器位置中。可选地,如存储器位置228和229中示出的指令段所描述的,可以将指令分割成各自被存储在单独的存储器位置的多个部分。

[0070] 通常,向处理器205赋予一组指令,其中在该处理器205内执行该组指令。处理器205等待随后输入,其中处理器205通过执行另一组指令来对该随后输入作出反应。可以从多个源中的一个或多于一个源提供各输入,其中该输入包括输入装置202、203中的一个或多于一个所生成的数据、从外部源经由网络220、202其中之一所接收到的数据、从存储装置

206、209其中之一所检索到的数据或者从插入相应的读取器212内的存储介质225所检索到的数据(所有这些均在图2A中示出)。执行一组指令在一些情况下可能会导致输出数据。执行还可能涉及将数据或变量存储至存储器234。

[0071] 视频编码器114、视频解码器134和所述方法可以使用存储器234内的相应存储器位置255、256、257中所存储的输入变量254。视频编码器114、视频解码器134和所述方法产生存储器234内的相应存储器位置262、263、264中所存储的输出变量261。可以将中间变量258存储在存储器位置259、260、266和267中。

[0072] 参考图2B的处理器205,寄存器244、245、246、算术逻辑单元(ALU)240和控制单元239一起工作以进行微操作序列,其中这些微操作序列是针对构成程序233的指令集中的各指令进行“提取、解码和执行”周期所需的。各提取、解码和执行周期包括:

[0073] 提取操作,用于从存储器位置228、229、230提取或读取指令231;

[0074] 解码操作,其中在该解码操作中,控制单元239判断提取了哪个指令;以及

[0075] 执行操作,其中在该执行操作中,控制单元239和/或ALU 240执行该指令。

[0076] 之后,可以执行针对下一指令的进一步提取、解码和执行周期。同样,可以进行存储周期,其中通过该存储周期,控制单元239将值存储至或写入存储器位置232。

[0077] 要说明的图13至图16的方法中的各步骤或子处理与程序233的一个或多于一个区段相关联,并且通常通过处理器205中的寄存器部244、245、247、ALU 240和控制单元239一起工作以针对程序233的所述分段的指令集中的各指令进行提取、解码和执行周期,来进行该步骤或子处理。

[0078] 图3是示出视频编码器114的功能模块的示意框图。图4是示出视频解码器134的功能模块的示意框图。通常,数据以样本或系数的组(诸如块向固定大小的子块的分割等)或者作为阵列在视频编码器114和视频解码器134内的功能模块之间传递。如图2A和2B所示,可以使用通用计算机系统200来实现视频编码器114和视频解码器134,其中可以利用计算机系统200内的专用硬件、利用计算机系统200内可执行的软件(诸如驻留在硬盘驱动器205上并且由处理器205控制其执行的软件应用程序233的一个或多于一个软件代码模块等),来实现各种功能模块。可替代地,可以利用在计算机系统200内可执行的专用硬件和软件的组合来实现视频编码器114和视频解码器134。可以可替代地在诸如进行所述方法的功能或子功能的一个或多于一个集成电路等的专用硬件中实现视频编码器114、视频解码器134和所述方法。这种专用硬件可以包括图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、专用标准产品(ASSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或者一个或多于一个微处理器和关联存储器。特别地,视频编码器114包括模块310-386,并且视频解码器134包括模块420-496,其中这些模块各自可被实现为软件应用程序233的一个或多于一个软件代码模块。

[0079] 尽管图3的视频编码器114是通用视频编码(VVC)视频编码流水线的示例,但也可以使用其它视频编解码器来进行这里所述的处理阶段。视频编码器114接收诸如一系列帧(各帧包括一个或多于一个颜色通道)等的所捕获帧数据113。帧数据113可以包括以“色度格式”(例如4:0:0、4:2:0、4:2:2或4:4:4色度格式)布置的亮度(“亮度通道”)和色度(“色度通道”)样本的二维阵列。块分区器310首先将帧数据113分割成CTU,CTU的形状通常为正方形,并且被配置成使得使用CTU的特定大小。例如,CTU的大小可以是64×64、128×128或256

×256个亮度样本。

[0080] 块分区器310进一步在共用编码树拆分成亮度分支和色度分支的点处将各CTU分割成与共用编码树或者与亮度编码树或色度编码树相对应的一个或多于一个CU。亮度通道还可以被称为主颜色通道。各个色度通道还可以被称为二次颜色通道。CU具有各种大小并且可以包括正方形和非正方形长宽比这两者的。参考图13和图14进一步描述块分区器310的操作。然而，在VVC标准中，CU/CB、PU/PB和TU/TB总是具有2的幂的边长。因而，从块分区器310输出当前CU(表示为312)，从而根据对CTU的一个或多于一个块的迭代、根据CTU的共用树或者亮度编码树和色度编码树而前进。以下参考图5和6来进一步说明用于将CTU分区为CB的选项。

[0081] 从帧数据113的第一次分割得到的CTU可以是按光栅扫描顺序扫描的，并可以被分组成一个或多于一个“条带(slice)”。条带可以是“帧内”(或“I”)条带。帧内条带(I条带)不包含帧间预测CU，例如只使用帧内预测。可选地，条带可以是单预测或双预测的(分别为“P”或“B”条带)，分别指示用于预测CU的一个或两个参考块的附加可用性，已知为“单预测”和“双预测”。

[0082] 在I条带中，各个CTU的编码树可以在64×64层级以下发散成两个单独编码树，一个用于亮度而另一个用于色度。使用单独的树允许不同的块结构存在于CTU的亮度64×64区域内的亮度与色度之间。例如，大的色度CB可与许多较小的亮度CB并置，反之亦然。在P或B条带中，CTU的单个编码树定义亮度和色度共同的块结构。单个树的所得块可以是帧内预测或帧间预测的。

[0083] 对于各CTU，视频编码器114在两个阶段中操作。在第一阶段(称为“搜索”阶段)，块分区器310测试编码树的各种潜在配置。编码树的各个潜在配置具有关联的“候选”CU。第一阶段涉及测试各种候选CU，以选择提供相对高的压缩效率和相对低的失真的CU。该测试通常涉及拉格朗日优化，由此基于速率(编码成本)和失真(关于输入帧数据113的误差)的加权组合来评价候选CU。选择“最佳”候选CU(具有最低评价速率/失真的CU)以用于随后编码在位流115中。候选CU的评价中包括如下选项：将CU用于给定区域，或者根据各种拆分选项来拆分该区域并利用其它CU来编码各个较小所得区域或更进一步拆分区域。结果，在搜索阶段中选择编码树和CU本身这两者。

[0084] 视频编码器114针对各CU(例如，CU 312)产生由箭头320指示的预测块(PU)。PU 320是关联的CU 312的内容的预测。减法器模块322产生PU 320和CU 312之间的表示为324的差(或“残差”，其是指差在空间域中)。差324是PU320和CU 312中的相应样本之间的差的块大小的阵列，并且是针对CU 312的各个颜色通道产生的。当要进行主和(可选地)二次变换时，差324在模块326和330中被变换以经由多路复用器333被传递至量化器模块334以用于量化。当变换被跳过时，差324经由多路复用器333被直接传递至量化器模块334以供量化。针对与CU 312相关联的各个TB独立地作出变换与变换跳过之间的选择。所得的量化残差系数被表示为TB(针对CU 312的各个颜色通道)，由箭头336指示。通常从多个可能候选CU之一(例如，基于所评价的成本或失真)选择PU 320和关联的TB 336。

[0085] 候选CU是针对关联的PB和所得到的残差从视频编码器114可用的预测模式其中之一得到的CU。当与视频解码器114中的预测PB组合时，在转换回空间域之后添加TB 336以位流中的附加信令为代价来减少解码CU和原始CU 312之间的差。

[0086] 因而，各候选编码块(CU)(即针对CU的每个颜色通道的预测块(PU)与一个变换块(TB)的组合)具有关联的编码成本(或“速率”)和关联的差(或“失真”)。CU的失真通常被估计为样本值的差，诸如绝对差和(SAD)或平方差和(SSD)等。模式选择器386可以使用差324来确定从各候选PU得到的估计，以确定预测模式387。预测模式387指示针对当前CU使用特定预测模式(例如，帧内预测或帧间预测)的决定。对于属于共用编码树的帧内预测CU，针对亮度PB vs色度PB来指定独立帧内预测模式。对于属于双编码树的亮度或色度分支的帧内预测CU，一个帧内预测模式分别应用于亮度PB或色度PB。可以以与残差的熵编码相比明显更低的成本来进行与各候选预测模式相关联的编码成本和相应的残差编码的估计。因此，即使在实时视频编码器中，也可以评价多个候选模式，以确定率失真意义上的最佳模式。

[0087] 可以采用拉格朗日或类似的优化处理来进行(利用块分区器310的)CTU向CB的最佳分区的选择以及从多个可能预测模式中的最佳预测模式的选择这两者。通过将候选模式的拉格朗日优化处理应用在模式选择器模块386中，选择成本测量最低的帧内预测模式387、二次变换索引388、主变换类型389、以及变换跳过标志390(针对各个TB为一个)。

[0088] 在视频编码器114的操作的第二阶段(称为“编码”阶段)中，在视频编码器114中进行对各个CTU的(一个或多于一个)所确定编码树的迭代。对于使用单独树的CTU，针对CTU的每个64×64亮度区域，首先对亮度编码树进行编码，随后对色度编码树进行编码。在亮度编码树内仅亮度CB被编码，并且在色度编码树内仅色度CB被编码。对于使用共用树的CTU，单个树根据共用树的公共块结构来描述CU，即，亮度CB和色度CB。

[0089] 熵编码器338支持句法元素的可变长度编码和句法元素的算术编码这两者。诸如“参数集”等的位流的部分(例如，序列参数集(SPS)、图片参数集(PPS)和图片头部(PH))使用固定长度码字和可变长度码字的组合。条带(也称为连续部分)具有使用可变长度编码的条带头部，随后是使用算术编码的条带数据。图片头部限定当前条带特有的参数，诸如图片级量化参数偏移等。条带数据包括条带中的各个CTU的句法元素。使用可变长度编码和算术编码需要在位流的各个部分内的顺序解析。可以用起始码描述这些部分以形成“网络抽象层单元”或“NAL单元”。使用上下文自适应二进制算术编码处理来支持算术编码。算术编码的句法元素由一个或多于一个“bin(二进制文件)”的序列组成。与位一样，bin的值为“0”或“1”。然而，bin未作为离散位编码在位流115中。bin具有关联预测(或“可能”或“最大概率”)值和关联概率(被称为“上下文”)。当要编码的实际bin与预测值匹配时，对“最大概率符号”(MPS)进行编码。对最大概率符号进行编码在位流115中的消耗位(包括总计小于一个离散位的成本)方面相对便宜。当要编码的实际bin与可能值不匹配时，对“最小概率符号”(LPS)进行编码。对最小概率符号进行编码在消耗位方面具有相对高的成本。bin编码技术使得能够使“0”vs“1”的概率歪斜的bin进行高效编码。对于具有两个可能值的句法元素(即，“flag(标志)”)，单个bin就足够了。对于具有许多可能值的句法元素，需要bin的序列。

[0090] 可以基于该序列中的较前bin的值来确定该序列中的较后bin的存在。另外，各bin可以与多于一个的上下文相关联。可以根据句法元素中的较前bin和相邻句法元素的bin值(即，来自相邻块的bin值)等来选择特定上下文。每次对上下文编码bin进行编码时，以反映出新bin值的方式来更新针对该bin(如果有)选择的上下文。如此，二进制算术编码方案被认为是自适应的。

[0091] 视频编码器114也支持缺少上下文的bin(“旁路bin”)。假定“0”和“1”之间的等概

率分布来对旁路bin进行编码。因而，各个bin具有位流115中的一位的编码成本。不存在上下文节省了存储器并降低了复杂度，因而使用特定bin的值的分布未歪斜的旁路bin。采用上下文和自适应的熵编码器的一个示例在本领域中被称为CABAC(上下文自适应二进制算术编码器)，并且在视频编码中采用了该编码器的许多变体。

[0092] 熵编码器338使用上下文编码的bin和旁路编码的bin的组合以及帧内预测模式387来编码主变换类型389、针对当前CU的各个TB的一个变换跳过标志(即390)，并且如果用于当前CB，则编码二次变换索引388。当与变换块相关联的残差仅在经受通过应用二次变换而变换成主系数的那些系数位置中包括有效残差系数时，用信号通知二次变换索引388。

[0093] 多路复用器模块384根据从各个候选CB的测试预测模式中选择的所确定的最佳帧内预测模式，从帧内预测模块364输出PB 320。候选预测模式不需要包括由视频编码器114支持的每个可设想预测模式。帧内预测分为三种类型。“DC帧内预测”涉及用表示附近重建样本的平均值的单个值来填充PB。“平面帧内预测”涉及用根据平面的样本来填充PB，其中，DC偏移以及垂直和水平梯度从附近的重建的相邻样本导出。附近的重建样本通常包括在当前PB之上的一行重建样本(向PB的右侧延伸一定程度)和在当前PB的左侧的一列重建样本(向PB之外向下延伸一定程度)。“角度帧内预测”涉及利用重建的相邻样本来填充PB，该重建的相邻样本被滤波并且在特定方向(或“角度”)上跨PB传播。在VVC中，支持65个角度，其中矩形块能够利用正方形块所不可用的额外角度来产生总共87个角度。第四类型的帧内预测可用于色度PB，从而根据“跨分量线性模型”(CCLM)模式从并置的亮度重建样本来生成PB。三种不同的CCLM模式是可用的，各个模式使用从相邻的亮度和色度样本导出的不同模型。所导出的模型用以从并置的亮度样本生成用于色度PB的样本块。

[0094] 在先前重建的样本不可用的情况下(例如，在帧的边缘处)，使用样本范围的一半的默认半色调值。例如，对于10位视频，使用512的值。由于没有先前样本可用于位于帧的左上位置处的CB，因此角度和平面帧内预测模式产生与DC预测模式相同的输出，即具有半色调值作为幅度的样本的平坦平面。

[0095] 对于帧间预测，通过运动补偿模块380使用来自按位流中的编码帧的顺序在当前帧之前的一个或两个帧的样本来产生预测块382并且由多路复用器模块384输出为PB 320。此外，对于帧间预测，单个编码树通常用于亮度通道和色度通道这两者。位流中的编码帧的顺序可能不同于当捕获或显示时的帧的顺序。当一个帧用于预测时，该块被称为“单预测”并且具有两个关联的运动矢量。当两个帧用于预测时，该块被称为“双预测”并且具有两个关联的运动矢量。对于P条带，各CU可以被帧内预测或单预测。对于B条带，各CU可以被帧内预测、单预测或双预测。通常使用“图片组”结构来编码帧，从而实现帧的时间层级结构。帧可以被分割成多个条带，各个条带编码帧的一部分。帧的时间层级结构允许帧参考按显示帧的顺序的先前和后续的图片。图像按确保满足解码各帧的依赖关系所必需的顺序来编码。

[0096] 根据运动矢量378和参考图片索引来选择样本。运动矢量378和参考图片索引适用于所有颜色通道，因而主要就对PU而非PB的操作来描述帧间预测，即，使用单个编码树来描述将各个CTU分解成一个或多于一个帧间预测块。帧间预测方法在运动参数的数量及其精度上可能变化。运动参数通常包括参考帧索引(其指示将使用来自参考帧列表的哪些参考帧加上参考帧各自的空间平移)，但可以包括更多帧、特殊帧、或者诸如缩放和旋转等的复

杂仿射参数。另外，可以应用预先确定的运动细化处理以基于参考样本块生成密集运动估计。

[0097] 在确定并选择了PU 320、并在减法器322处从原始样本块中减去了PU320的情况下，获得编码成本最低的残差(表示为324)并对该残差进行有损压缩。有损压缩处理包括变换、量化和熵编码的步骤。正向主变换模块326对差324应用正向变换，从而根据主变换类型389将差324从空间阈转换到频率域并且产生由箭头328表示的主变换系数。一维中的最大主变换大小是32点DCT-2或64点DCT-2变换。如果正编码的CB大于表示为块大小的最大支持主变换大小(即，64×64或32×32)，则以区块方式应用主变换326以变换差324的所有样本。在各个变换应用在比32×32大(例如，64×64)的差324的TB上操作的情况下，在TB的左上32×32区域之外的所有得到的主变换系数328被设置为零，即丢弃。对于大小高达32×32的TB，主变换类型389可以指示水平地和垂直地应用DST-7和DCT-8变换的组合。剩余的主变换系数328被传递至正向二次变换模块330。

[0098] 二次变换模块330根据二次变换索引388产生二次变换系数332。二次变换系数332由模块334根据与CB相关联的量化参数进行量化，以产生残差系数336。当变换跳过标志390指示针对TB启用变换跳过时，差324经由多路复用器333传递到量化器334。

[0099] 模块326的正向主变换通常是可分离的，变换各个TB的一组行，然后变换一组列。根据主变换类型389，正向主变换模块326在水平和垂直方向上使用II型离散余弦变换(DCT-2)，或者对于亮度TB在水平或垂直方向上使用VII型离散正弦变换(DST-7)和VIII型离散余弦变换(DCT-8)的组合。DST-7和DCT-8的组合的使用在VVC标准中被称为“多变换选择集合”(MTS)。当使用DCT-2时，最大TB大小为32×32或64×64，其可在视频编码器114中配置且在位流115中用信号通知。不管所配置的最大DCT-2变换大小如何，仅将TB的左上32×32区域中的系数编码在位流115中。TB的左上32×32区域之外的任何有效系数被丢弃(或“归零”)并且不被编码在位流115中。MTS仅对大小高达32×32的CU可用，且仅对关联的亮度TB的左上16×16区域中的系数进行编码。CU的各个TB根据相应变换跳过标志390来变换或绕过。

[0100] 模块330的正向二次变换通常为不可分离变换，其仅应用于经帧内预测CU的残差且仍可被绕过。正向二次变换对16个样本(被布置为主变换系数328的左上4×4子块)或48个样本(被布置为主变换系数328的左上8×8系数中的三个4×4子块)进行操作以产生二次变换系数集合。二次变换系数集合的数量可以少于导出其的主变换系数集合的数量。由于二次变换仅应用于彼此相邻并包括DC系数的系数集合，因此二次变换被称为“低频不可分离的二次变换”(LFNST)。

[0101] 残差系数336被供应至熵编码器338以在位流115中编码。通常，根据扫描模式，扫描TU的具有至少一个有效残差系数的各个TB的残差系数以产生值的有序列表。扫描模式通常扫描作为4×4“子块”的序列的TB，以4×4组残差系数的粒度提供规则的扫描操作，其中子块的布置取决于TB的大小。各个子块内的扫描和从一个子块到下一子块的进展通常遵循后向对角线扫描模式。

[0102] 如上所述，视频编码器114需要访问与在视频解码器134中看到的经编码帧表示相对应的帧表示。因而，残差系数336传递到去量化器340以产生去量化残差系数342。去量化残差系数342传递通过逆二次变换模块344(根据二次变换系数388操作)以产生由箭头346

表示的中间逆变换系数。中间逆变换系数346被传递到逆主变换模块348以产生TU的由箭头399表示的残差样本。如果变换跳过390指示要进行变换绕过，则去量化残差系数342由多路复用器349输出作为残差样本350。否则，多路复用器349输出残差样本399作为残差样本350。

[0103] 逆二次变换模块344进行的逆变换类型与由正向二次变换模块330进行的正向变换类型相对应。逆主变换模块348进行的逆变换类型与由主变换模块326进行的主变换类型相对应。求和模块352将残差样本350和PU 320相加以产生CU的重建样本(由箭头354指示)。

[0104] 重建样本354被传递到参考样本高速缓冲存储器356和环内滤波器模块368。通常使用ASIC上的静态RAM实现(因此避免了昂贵的片外存储器访问)的参考样本高速缓冲存储器356提供了满足用于为帧中的后续CU生成帧内PB的依赖关系所需的最小样本存储。最小依赖关系通常包括沿着一行CTU的底部的样本的“线缓冲器”，以供下一行CTU以及范围由CTU的高度设置的列缓冲使用。参考样本高速缓冲存储器356将参考样本(由箭头358表示)供给至参考样本滤波器360。样本滤波器360应用平滑操作以产生滤波参考样本(由箭头362指示)。滤波参考样本362由帧内预测模块364使用以产生由箭头366表示的样本的帧内预测块。对于各候选帧内预测模式，帧内预测模块364产生样本块即366。样本块366由模块364根据帧内预测模块387使用诸如DC、平面或角度帧内预测等的技术来生成。

[0105] 环内滤波器模块368对重建样本354应用数个滤波阶段。滤波阶段包括“去块滤波器”(DBF)，该DBF应用与CU边界对齐的平滑化，以减少由不连续而产生的伪影。环内滤波器模块368中存在的另一滤波阶段是“自适应环路滤波器”(ALF)，该ALF应用基于Wiener的自适应滤波器以进一步降低失真。环内滤波器模块368中的另一可用滤波阶段是“样本自适应偏移”(SAO)滤波器。SAO滤波器通过首先将重建样本分类为一个或多于一个类别、并且根据所分配的类别在样本级别应用偏移来工作。

[0106] 从环内滤波器模块368输出由箭头370表示的滤波样本。滤波样本370被存储在帧缓冲器372中。帧缓冲器372通常具有存储数个(例如，多达16个)图片的容量，因而存储在存储器206中。由于所需的大存储器消耗，因此帧缓冲器372通常不使用片上存储器来存储。如此，对帧缓冲器372的访问在存储器带宽方面是昂贵的。帧缓冲器372将参考帧(由箭头374表示)提供至运动估计模块376和运动补偿模块380。

[0107] 运动估计模块376估计多个“运动矢量”(表示为378)，其各自是相对于当前CB的位置的笛卡尔空间偏移，从而参考帧缓冲器372中的参考帧其中之一中的块。针对各运动矢量产生参考样本的滤波块(表示为382)。滤波参考样本382形成可供模式选择器386的潜在选择用的进一步候选模式。此外，对于给定CU，PB 320可以使用一个参考块(“单预测”)形成，或者可以使用两个参考块(“双预测”)形成。对于所选择的运动矢量，运动补偿模块380根据支持运动矢量中的子像素精度的滤波处理来产生PU 320。如此，运动估计模块376(其对许多候选运动矢量进行操作)与运动补偿模块380(其仅对所选择的候选进行操作)相比可以进行简化滤波处理，以实现降低的计算复杂度。当视频编码器114针对CU选择帧间预测时，运动矢量378被编码在位流115中。

[0108] 尽管参考通用视频编码(VVC)说明了图3的视频编码器114，但其它视频编码标准或实现也可以采用模块310-386的处理阶段。帧数据113(和位流115)也可以从存储器206、硬盘驱动器210、CD-ROM、蓝光盘(Blue-ray disk™)或其它计算机可读存储介质中读取(或

者被写入存储器206、硬盘驱动器210、CD-ROM、蓝光盘或其它计算机可读存储介质)。另外,帧数据113(和位流115)可以从外部源(诸如连接至通信网络220的服务器或者射频接收器等)接收(或者被发送至该外部源)。

[0109] 在图4中示出视频解码器134。尽管图4的视频解码器134是通用视频编码(VVC)视频解码流水线的示例,但其它视频编解码器也可用于进行本文所述的处理阶段。如图4所示,位流133被输入到视频解码器134。位流133可以从存储器206、硬盘驱动器210、CD-ROM、蓝光盘或其它非暂时性计算机可读存储介质中读取。可替代地,位流133可以从外部源(诸如连接至通信网络220的服务器或者射频接收器等)接收。位流133包含表示要解码的所捕获帧数据的编码句法元素。

[0110] 位流133被输入到熵解码器模块420。熵解码器模块420通过解码“bin”序列从位流133中提取句法元素并将句法元素的值传递到视频解码器134中的其它模块。熵解码器模块420使用可变长度和固定长度解码来解码SPS、PPS或条带头部,使用算术解码引擎来将条带数据的句法元素解码为一个或多于一个bin的序列。各个bin可以使用一个或多于一个“上下文”,其中上下文描述用于为bin编码“一”和“零”值的概率水平。在多个上下文可用于给定bin的情况下,进行“上下文建模”或“上下文选择”步骤以选择可用上下文之一来解码bin。

[0111] 熵解码器模块420应用算术编码算法,例如“上下文自适应二进制算术编码”(CABAC),以从位流133解码句法元素。所解码的句法元素用于重建视频解码器134内的参数。参数包括残差系数(由箭头424表示)、量化参数(未示出)、二次变换索引474以及诸如帧内预测模式等的模式选择信息(由箭头458表示)。模式选择信息还包括诸如运动矢量等的信息、以及各CTU向一个或多于一个CU的分区。参数用于通常与来自先前解码的CB的样本数据组合生成PB。

[0112] 残差系数424被传递到去量化器模块428。去量化器模块428对残差系数424(即,在主变换系数域中)进行逆量化(或“缩放”),以创建由箭头432表示的重建变换系数。经重建变换系数432被传递到逆二次变换模块436。逆二次变换模块436根据由熵解码器420根据参考图15和16描述的方法从位流113解码的二次变换类型474进行应用二次变换或不进行操作(旁路)。逆二次变换模块436产生经重建变换系数440,其为主变换域系数。

[0113] 重建变换系数440被传递到逆主变换模块444。模块444根据由熵解码器420从位流133解码的主变换类型476(或“mts_idx”)将系数440从频率域变换回到空间域。模块444的操作的结果是由箭头499表示的残差样本的块。当针对CU的给定TB的变换跳过标志478指示绕过变换时,多路复用器449将经重建变换系数432作为残差样本488输出到求和模块450。否则,多路复用器449输出残差样本499作为残差样本488。残差样本448的块在大小上等于相应的CB。残差样本448的块被供给至求和模块450。在求和模块450处,将残差样本448加到表示为452的解码PB,以产生由箭头456表示的重建样本的块。重建样本456被供给至重建样本高速缓冲存储器460和环内滤波模块488。环内滤波模块488产生表示为492的帧样本的重建块。帧样本492被写入稍后输出帧数据135的帧缓冲器496。

[0114] 重建样本高速缓冲存储器460以类似于视频编码器114的重建样本高速缓冲存储器356的方式操作。重建样本高速缓冲存储器460在无需求助于存取存储器206的情况下(例如,通过作为代替使用通常是片上存储器的数据232)为对后续CB进行帧内预测所需的重建

样本提供存储。由箭头464表示的参考样本是从重建样本高速缓冲存储器460获得的，并被供给至参考样本滤波器468以产生由箭头472表示的滤波参考样本。滤波参考样本472被供给至帧内预测模块476。模块476根据在位流133中表示的并由熵解码器420解码的帧内预测模式参数458，产生由箭头480表示的帧内预测样本的块。根据帧内预测模式458使用诸如DC、平面或角度帧内预测等的模式来生成样本480的块。

[0115] 当在位流133中指示CB的预测模式使用帧内预测时，帧内预测样本480经由复用器模块484形成解码的PB 452。帧内预测产生样本的预测块(PB)，即，使用同一颜色分量中的“相邻样本”导出的一个颜色分量中的块。相邻样本是与当前块相邻的样本，并且由于在块解码顺序中处于前面因此已经被重建。在亮度和色度块并置的情况下，亮度和色度块可以使用不同的帧内预测模式。然而，两个色度通道共用相同的帧内预测模式。

[0116] 当在位流133中指示CB的预测模式是帧内预测时，运动补偿模块434使用运动矢量(通过熵解码器420从位流133中解码)和参考帧索引从帧缓冲器496中选择和过滤样本块498，来产生表示为438的帧间预测样本的块。样本块498是从帧缓冲器496中所存储的先前解码帧获得的。为了进行双预测，产生两个样本块并将这两个样本块混合在一起以产生解码PB 452的样本。帧缓冲器496由来自环内滤波模块488的滤波块数据492填充。与视频编码器114的环内滤波模块368一样，环内滤波模块488应用DBF、ALF和SAO滤波操作中的任意。通常，运动矢量被应用于亮度和色度通道这两者，但在亮度和色度通道中用于子样本插值的滤波处理是不同的。

[0117] 图5是示出通用视频编码的编码树结构的各个节点中的区域向一个或多于一个子区域的可用分割或拆分的集合500的示意框图。如参考图3所述，集合500中示出的分割可供编码器114的块分区器310利用以根据如通过拉格朗日优化所确定的编码树将各CTU分割成一个或多于一个CU或CB。

[0118] 尽管集合500仅示出将正方形区域分割成其它可能非正方形子区域，但应当理解，集合500正示出编码树中的父节点到编码树中的子节点的潜在分割，并且未要求父节点对应于正方形区域。如果包含区域为非正方形，则根据包含块的长宽比来对从分割得到的块的尺寸进行缩放。一旦区域未被进一步拆分，即，在编码树的叶节点处，CU占据该区域。

[0119] 将区域子分割成子区域的处理在所得到的子区域达到最小CU大小(通常为4×4亮度样本)时终止。除了将CU约束为禁止块区域小于例如16个样本的预定最小大小之外，将CU约束为具有为四的最小宽度或高度。就宽度和高度或者就宽度或高度这两而言其它最小值也是可能的。子分割处理也可以在分解的最深层之前终止，从而得到大于最小CU大小的CU。有可能不发生拆分，从而得到占据整个CTU的单个CU。占据整个CTU的单个CU是最大可用编码单元大小。由于使用经子采样的色度格式(诸如4:2:0等)，视频编码器114和视频解码器134的布置可以比亮度通道中更早地终止色度通道中的区域的拆分，包括定义亮度和色度通道的块结构的共用编码树的情况。当单独编码树用于亮度和色度时，对可用拆分操作的约束确保16个样本的最小色度CU区域，即使这种CU与更大的亮度区域(例如，64个亮度样本)并置也是如此。

[0120] 在编码树的叶节点处存在CU。例如，叶节点510包含一个CU。在编码树的非叶节点处，存在向两个或更多个其它节点的拆分，其中各节点可以是形成一个CU的叶节点、或者是包含向更小区域的进一步拆分的非叶节点。在编码树的各个叶节点处，针对编码树的各个

颜色通道存在一个CB。针对共用树的亮度和色度这两者在相同的深度处终止的拆分得到具有三个并置CB的一个CU。

[0121] 如图5所示，四叉树拆分512将包含区域分割成四个大小相等的区域。与HEVC相比，通用视频编码(VVC)通过附加拆分(包括水平二元拆分514和垂直二元拆分516)实现了附加的灵活性。拆分514和516各自将包含区域分割成两个大小相等的区域。分割沿着包含块内的水平边界(514)或垂直边界(516)。

[0122] 在通用视频编码中通过添加三元水平拆分518和三元垂直拆分520实现了进一步的灵活性。三元拆分518和520将块分割成沿着包含区域宽度或高度的1/4和3/4在水平方向(518)或垂直方向(520)上形成界限的三个区域。四叉树、二叉树和三叉树的组合被称为“QTBTTT”。树的根包括零个或多个四叉树拆分(树的“QT”部分)。一旦QT部分终止，可以发生零个或多个二元或三元拆分(“多树”或树的“MT”部分)，最终在树的叶节点处的CB或CU中结束。在树描述所有颜色通道的情况下，树的叶节点为CU。在树描述亮度通道或色度通道的情况下，树的叶节点为CB。

[0123] 与仅支持四叉树、因而仅支持正方形块的HEVC相比，QTBTTT特别是考虑到二叉树和/或三叉树拆分的可能递归应用而得到更多可能的CU大小。当仅四叉树拆分可用时，编码树深度的各个增加对应于CU大小减小到父区域的大小的四分之一。在VVC中，二元和三元拆分的可用性意味着编码树深度不再直接对应于CU区域。可以通过约束拆分选项以消除将得到小于四个样本的块宽度或高度或者将得到不是四个样本的倍数的拆分来降低异常(非正方形)块大小的可能性。

[0124] 图6是示出在通用视频编码中使用的QTBTTT(或“编码树”)结构的数据流600的示意流程图。将QTBTTT结构用于各CTU以定义CTU向一个或多于一个CU的分割。各CTU的QTBTTT结构由视频编码器114中的块分区器310确定，并被编码到位流115中或者由视频解码器134中的熵解码器420从位流133解码。根据图5所示的分割，数据流600进一步表现可供块分区器310将CTU分割成一个或多于一个CU用的许可组合的特征。

[0125] 从层级结构的顶层开始、即在CTU处，首先进行零个或更多个四叉树分割。具体地，由块分区器310作出四叉树(QT)拆分决策610。610处的决策返回“1”符号，这表明决定根据四叉树拆分512将当前节点拆分成四个子节点。结果是诸如在620处等生成四个新节点，并且针对各新节点，递归回到QT拆分决策610。各新节点均是按光栅(或Z扫描)顺序考虑的。可替代地，如果QT拆分决策610指示不进行进一步拆分(返回“0”符号)，则四叉树分区停止，并且随后考虑多树(MT)拆分。

[0126] 首先，由块分区器310作出MT拆分决策612。在612处，指示进行MT拆分的决策。在决策612处返回“0”符号，这表明将不进行节点向子节点的进一步拆分。如果将不进行节点的进一步拆分，则节点是编码树的叶节点并且对应于CU。在622处输出叶节点。可替代地，如果MT拆分612指示决定进行MT拆分(返回“1”符号)，则块分区器310进入方向决策614。

[0127] 方向决策614将MT拆分的方向指示为水平(“H”或“0”)或垂直(“V”或“1”)。如果决策614返回指示水平方向的“0”，则块分区器310进入决策616。如果决策614返回指示垂直方向的“1”，则块分区器310进入决策618。

[0128] 在决策616和618各自中，在BT/TT拆分时将MT拆分的分区数量指示为两个(二元拆分或“BT”节点)或三个(三元拆分或“TT”)。也就是说，当从614指示的方向为水平时，由块分

区器310作出BT/TT拆分决策616，并且当从614指示的方向为垂直时，由块分区器310作出BT/TT拆分决策618。

[0129] BT/TT拆分决策616指示水平拆分是通过返回“0”所指示的二元拆分514、还是通过返回“1”所指示的三元拆分518。当BT/TT拆分决策616指示二元拆分时，在生成HBT CTU节点的步骤625处，块分区器310根据二元水平拆分514生成两个节点。当BT/TT拆分616指示三元拆分时，在生成HTT CTU节点的步骤626处，块分区器310根据三元水平拆分518生成三个节点。

[0130] BT/TT拆分决策618指示垂直拆分是通过返回“0”所指示的二元拆分516、还是通过返回“1”所指示的三元拆分520。当BT/TT拆分618指示二元拆分时，在生成VBT CTU节点的步骤627处，块分区器310根据垂直二元拆分516生成两个节点。当BT/TT拆分618指示三元拆分时，在生成VTT CTU节点的步骤628处，块分区器310根据垂直三元拆分520生成三个节点。对于从步骤625-628得到的各节点，根据方向614按从左到右或从上到下的顺序来应用数据流600返回到MT拆分决策612的递归。结果，可以应用二叉树和三叉树拆分以生成具有各种大小的CU。

[0131] 图7A和7B提供CTU 710向多个CU或CB的示例分割700。在图7A中示出示例CU 712。图7A示出CTU 710中的CU的空间排列。示例分割700在图7B中也被示出为编码树720。

[0132] 在图7A的CTU 710中的各非叶节点(例如，节点714、716和718)处，按“Z顺序”扫描或遍历所包含的节点(其可以是进一步分割的或者可以是CU)，以创建在编码树720中表示为列的节点列表。对于四叉树拆分，Z顺序扫描得到从左上方到右方之后是从左下方到右方的顺序。对于水平和垂直拆分，Z顺序扫描(遍历)分别简化为从上方到下方的扫描和从左方到右方的扫描。图7B的编码树720列出根据编码树的Z顺序遍历排序的所有的节点和CU。各拆分在树的下一级别生成二、三或四个新节点的列表，直到到达叶节点(CU)为止。

[0133] 在如参考图3所述利用块分区器310将图像分解为CTU并进一步分解为CU、并且使用CU生成各残差块(324)的情况下，利用视频编码器114对残差块进行正向变换和量化。随后扫描如此得到的TB 336以形成残差系数的顺序列表，作为熵编码模块338的操作的一部分。在视频解码器134中进行等效处理以从位流133获得TB。

[0134] 图8A、8B、8C及8D示出根据变换块(TB)的不同大小进行的正向和逆不可分离的二次变换的示例。图8A示出针对4×4TB大小的主变换系数802和二次变换系数804之间的一组关系800。主变换系数802由4×4个系数组成，而二次变换系数804由八个系数组成。八个二次变换系数以模式806布置。模式806对应于在TB的后向对角线扫描中相邻并且包括DC(左上)位置的八个位置。图8A中所示的后向对角线扫描中的剩余八个位置不通过进行正向二次变换来填充，因此保持为零值。因此，针对4×4TB的正向不可分离的二次变换810接收十六个主变换系数，并产生八个二次变换系数作为输出。因此，针对4×4TB的正向二次变换810可以由8×16权重矩阵表示。类似地，逆二次变换812可以由16×8权重矩阵表示。

[0135] 图8B示出针对4×N和N×4TB大小的主变换系数与二次变换系数之间的一组关系818，其中N大于4。在这两种情况下，主系数820的左上4×4子块与二次变换系数824的左上4×4子块相关联。在视频编码器114中，正向不可分离的二次变换830采用十六个主变换系数且产生十六个二次变换系数作为输出。剩余的主变换系数822未被正向二次变换填充，因此保持为零值。在进行正向不可分离的二次变换830之后，不填充与系数822相关联的系数位

置826，并且因此保持为零值。

[0136] 针对4×N或N×4TB的正向二次变换830可以由16×16权重矩阵表示。表示正向二次变换830的矩阵被定义为A。类似地，相应的逆二次变换832可以由16×16权重矩阵表示。表示逆二次变换832的矩阵被定义为B。

[0137] 通过针对4×4TB的正向二次变换810和逆二次变换812重新使用A的部分而进一步减少不可分离变换核的存储要求。针对正向二次变换810使用A的前八行，并且针对逆二次变换812使用A的前八行的转置。

[0138] 图8C示出针对大小为8×8的TB的主变换系数840和二次变换系数842之间的关系855。主变换系数840由8×8系数组成，而二次变换系数842由八个变换系数组成。八个二次变换系数842以与TB的后向对角线扫描中的八个连续位置相对应的模式布置，所述八个连续位置包括TB的DC(左上)系数。TB中的剩余二次变换系数都为零，因此不需要被扫描。针对8×8TB的正向不可分离二次变换850将对应于三个4×4子块的四十八个主变换系数作为输入，且产生八个二次变换系数。针对8×8TB的正向二次变换850可以由8×48权重矩阵表示。针对8×8TB的相应逆二次变换852可以由48×8权重矩阵表示。

[0139] 图8D示出针对大小大于8×8的TB的主变换系数860与二次变换系数862之间的关系875。主系数860(布置为四个4×4子块)的左上8×8块与二次变换系数862的左上4×4子块相关联。在视频编码器114中，正向不可分离的二次变换870对四十八个主变换系数进行操作以产生十六个二次变换系数。剩余的主变换系数864被归零。二次变换系数862的左上4×4子块之外的二次变换系数位置866未被填充并保持为零。

[0140] 针对大小大于8×8的TB的正向二次变换870可以由16×48权重矩阵表示。表示正向二次变换870的矩阵被定义为F。类似地，相应的逆二次变换832可以由48×16权重矩阵表示。表示逆二次变换872的矩阵被定义为G。如上参考矩阵A和B所述，F期望地具有正交性的性质。正交性的性质意味着G＝FT并且仅F需要存储在视频编码器114和视频解码器134中。正交矩阵可以被描述为行具有正交性的矩阵。

[0141] 通过针对8×8TB的正向二次变换850和逆二次变换852重新使用F的部分而进一步减少不可分离变换核的存储要求。针对正向二次变换810使用F的前八行，并且针对逆二次变换812使用F的前八行的转置。

[0142] 不可分离的二次变换可以实现优于单独使用可分离的主变换的编码改进，这是因为不可分离的二次变换能够稀疏残差信号中的二维特征，诸如角度特征等。由于残差信号中的角度特征可以取决于所选择的帧内预测模式387的类型，因此根据帧内预测模式自适应地选择不可分离的二次变换矩阵是有利的。如上所述，帧内预测模式由“帧内DC”、“平面内”、“角度内”模式和“矩阵帧内预测”模式组成。当使用帧内DC预测时，帧内预测模式参数458取值0。当使用平面内预测时，帧内预测模式参数458取值1。当使用正方形TB上的帧内角度预测时，帧内预测模式参数458取2与66之间的值，包含2和66。

[0143] 图9示出在通用视频编码(VVC)标准中可用的变换块的集合900。图9还示出将二次变换应用于来自集合900的变换块的残差系数的子集。图9示出宽度和高度为从4到32范围内的TB。然而，宽度和/或高度为64的TB是可能的，但是为了便于参考而未示出。

[0144] 将16点二次变换952(用较暗的阴影示出)应用于4×4系数集合。16点二次变换952应用于宽度或高度为4的TB，例如，4×4TB 910、8×4TB 912、16×4TB 914、32×4TB 916、4

×8TB 920、4×16TB 930和4×32TB 940。还将16点二次变换952应用于大小为4×64和64×4的TB(图9中未示出)。对于宽度或高度为四但具有多于16个主系数的TB,仅将16点二次变换应用于TB的左上4×4子块,并且需要其它子块具有零值系数以应用二次变换。通常,如参考图8A至8D所述,应用16点二次变换得到8个或16个二次变换系数。二次变换系数被打包到TB中以编码在TB的左上子块中。

[0145] 对于宽度和高度大于四的变换大小,如图9所示,48点二次变换950(用较浅的阴影示出)可用于对变换块的左上8×8区域中的残差系数的三个4×4子块的应用。在每种情况下在用浅色阴影和虚线轮廓示出的区域中,48点二次变换950应用于8×8变换块922、16×8变换块924、32×8变换块926、8×16变换块932、16×16变换块934、32×16变换块936、8×32变换块942、16×32变换块944和32×32变换块946。48点二次变换950也适用于大小为8×64、16×64、32×64、64×64、64×32、64×16和64×8的TB(未示出)。48点二次变换核的应用通常导致产生少于48个二次变换系数。例如,如参考图8B至8D所描述的,可以产生8或16个二次变换系数。未经受二次变换的主变换系数("仅主系数")(例如TB 934的系数966)需要为零值,以应用二次变换。在正向方向上应用48点二次变换950之后,可以包含有效系数的区域从48个系数减少到16个系数,从而进一步减少了可能包含有效系数的系数位置的数量。对于逆二次变换,经解码的有效系数被变换以产生任何一个在区域中可能是有效的系数,然后对这些系数进行主逆变换。当二次变换将一个或多于一个子块减少为16个二次变换系数的集合时,仅左上4×4子块可以包含有效系数。位于可以存储二次变换系数的任何系数位置处的最后有效系数位置指示应用二次变换或仅应用主变换。

[0146] 当最后有效系数位置指示TB中的二次变换系数位置时,用信号通知的二次变换索引(即388或474)需要在应用二次变换核或绕过二次变换之间进行区分。尽管已经从视频编码器114的角度描述了将二次变换应用于图9中的各种大小的TB,但是在视频解码器134中进行相应的逆处理。视频解码器134首先解码最后有效系数位置。如果经解码的最后有效系数位置指示二次变换的潜在应用,则解码二次变换索引474以确定是应用还是绕过逆二次变换。

[0147] 图10示出具有多个条带的位流1001的句法结构1000。条带中的各条带包含多个编码单元。位流1001可以由视频编码器114产生为例如位流115,或者可以由视频解码器134解析为例如位流133。位流1001被分割成多个部分,例如网络抽象层(NAL)单元,其中通过在各个NAL单元之前设置NAL单元头部(诸如1008等)来实现描绘。序列参数集(SPS)1010定义序列级参数,诸如用于编码和解码位流的简档(工具集)、色度格式、样本位深和帧分辨率等。集1010中还包括约束各个CTU的编码树中不同类型的拆分的应用的参数。

[0148] 图片参数集(PPS)1012定义适用于零个或多个帧的参数集合。图片头部(PH)1015定义可应用于当前帧的参数。PH 1015的参数可以包括CU色度QP偏移的列表,其中之一可以在CU级应用以从并置亮度CB的量化参数导出供色度块使用的量化参数。

[0149] 形成一个图片的图片头部1015和条带序列被称为访问单元(AU),诸如AU 0 1014等。AU 0 1014包括三个条带,诸如条带0至2等。条带1被标记为1016。与其它条带一样,条带1(1016)包括条带头部1018和条带数据1020。

[0150] 图11示出位流1001(例如115或133)的条带数据(诸如与1020相对应的条带数据1104等)的句法结构1100,其具有用于编码树单元(诸如CTU 1110等)的亮度和色度编码单

元的共用编码树。CTU 1110包括一个或多于一个CU。示例被标记为CU 1114。CU 1114包括用信号通知的预测模式1116，接着是变换树1118。当CU 1114的大小不超过最大变换大小(亮度通道中的32×32或64×64)时，变换树1118包括一个变换单元，示出为TU 1124。当使用4:2:0色度格式时，相应的最大色度变换大小是各个方向上的亮度最大变换大小的一半。即，32×32或64×64的最大亮度变换大小分别得到16×16或32×32的最大色度变换大小。当使用4:4:4色度格式时，色度最大变换大小与亮度最大变换大小相同。当使用4:2:2色度格式时，色度最大变换大小水平地为亮度变换大小的一半并且垂直地与亮度变换大小相同，即，对于32×32和64×64的最大亮度变换大小，最大色度变换大小分别是16×32和32×64。

[0151] 如果预测模式1116指示针对CU 1114使用帧内预测，则指定亮度帧内预测模式和色度帧内预测模式。对于CU 1114的亮度CB，根据MTS索引1122，主变换类型也在水平和垂直上用信号通知为(i)DCT-2、(ii)变换跳过或(iii)DST-7和DCT-8的组合。如果用信号通知的亮度变换类型在水平和垂直上为DCT-2(选项(i))，则在如参考图8A至8D和图13至16所描述的条件下，在位流中用信号通知附加亮度二次变换索引1120(也称为“低频不可分离变换”(LFNST)索引)。

[0152] 共用编码树的使用得到包括被示出为亮度TB Y 1128、第一色度TB Cb1132和第二色度TB Cr 1136的用于各个颜色通道的TB的TU 1124。各个TB的存在取决于相应的“经编码块标志”(CBF)，即，经编码块标志1123其中之一。当存在TB时，相应CBF等于1且TB中的至少一个残差系数为非零。当TB不存在时，相应CBF等于零且TB中的所有残差系数为零。亮度TB 1128、第一色度TB 1134和第二色度TB 1136各自可以使用如分别由变换跳过标志1126、1130和1134用信号通知的变换跳过。发送单个色度TB以指定Cb和Cr通道两者的色度残差的编码模式是可用的，称为“联合CbCr”编码模式。当启用联合CbCr编码模式时，对单个色度TB进行编码。

[0153] 不管颜色通道如何，各个经编码TB包括最后位置，随后是一个或多于一个残差系数。例如，亮度TB 1128包括最后位置1140和残差系数1144。最后位置1140指示当考虑对角线扫描模式(其用于在前向方向上(即，从DC系数向前)串行化TB的系数阵列)中的系数时TB中的最后有效残差系数位置。用于色度通道的两个TB 1132和1136各自具有以与针对亮度TB 1128所描述的相同方式使用的相应最后位置句法元素。如果针对CU的各个TB的最后位置(即1128、1132和1136)指示针对CU中的各个TB、仅二次变换域中的系数(使得仅经受主变换的所有剩余系数为零)是有效的，则可以用信号通知二次变换索引1120以指定是否应用二次变换。参考图14和图16描述对用信号通知二次变换索引1120的进一步调节。

[0154] 如果要应用二次变换，则二次变换索引1120指示选择了哪个核。通常，在核的“候选集合”中可利用两个核。通常，存在四个候选集合，其中使用块的帧内预测模式来选择一个候选集合。亮度帧内预测模式用以针对亮度块来选择候选集合，并且色度帧内预测模式用以针对两个色度块来选择候选集合。如参考图8A至8D所描述，所选择的核还取决于TB大小，其中不同的核针对4×4、4×N/N×4及其他大小TB。当使用4:2:0色度格式时，色度TB通常为相应亮度TB的宽度和高度的一半，从而在使用宽度或高度为8的亮度TB时产生针对色度块的不同所选择的核。对于大小为4×4、4×8、8×4的亮度块，在共用编码树中亮度与色度块的一一对应被改变以避免诸如2×2、2×4或4×2等的小的大小的色度块的存在。

[0155] 二次变换索引1120例如指示以下：索引值0(不应用)、1(应用候选集合的第一核)

或2(应用候选集合的第二核)。对于色度,将考虑色度TB大小和色度帧内预测模式而导出的候选集合的所选择的二次变换核应用于各个色度通道,因此Cb块1224和Cr块1226的残差仅需要包括经受二次变换的位置中的有效系数,如参考图8A-8D所述。如果使用联合CbCr编码,则仅包括经受二次变换的位置中的有效系数的要求仅适用于单个编码色度TB,因为所得的Cb和Cr残差仅在与联合编码TB中的有效系数相对应的位置中包含有效系数。

[0156] 图12示出用于位流(例如,115、133)的条带数据1204(例如,1020)的句法结构1200,其具有用于编码树单元的亮度和色度编码单元的单独编码树。单独编码树可用于"I条带"。条带数据1204包括一个或多于一个CTU,诸如CTU 1210等。CTU 1210的大小通常为128×128亮度样本,并且以包括亮度和色度共有的一个四叉树拆分的共用树开始。在所得到的64×64节点中的各个处,单独编码树针对亮度和色度开始。在图12中标记了示例节点1214。节点1214具有亮度节点1214a和色度节点1214b。亮度树从亮度节点1214a开始,并且色度树从色度节点1214b开始。从节点1214a和节点1214b继续的树在亮度和色度之间是独立的,因此不同的拆分选项可以产生所得CU。亮度CU1220属于亮度编码树,并且包括亮度预测模式1221、亮度变换树1222和二次变换索引1224。亮度变换树1222包括TU 1230。由于亮度编码树仅编码亮度通道的样本,因此TU 1230包含亮度TB 1234,并且亮度变换跳过标志1232指示亮度残差将被变换或不被变换。亮度TB 1234包括最后位置1236和残差系数1238。

[0157] 色度CU 1250属于色度编码树,并且包括色度预测模式1251、色度变换树1252和二次变换索引1254。色度变换树1252包含TU 1260。由于色度树包含色度块,因此TU 1260包括Cb TB 1264及Cr TB 1268。用于Cb TB 1264和Cr CB 1268的变换的旁路的应用分别利用Cb变换跳过标志1262和Cr变换跳过标志1266来用信号通知。各个TB包括最后位置和残差系数,例如,最后位置1270和残差系数1272与Cb TB 1264相关联。参考图14和16来描述用信号通知适用于色度树的色度TB的二次变换索引1254。

[0158] 图17示出32×32TB 1700。示出了应用于TB 1700的常规扫描模式1710。扫描模式1710以向后对角线方式前进通过TB 1700,从最后有效系数位置开始并朝向DC(左上)系数位置前进。该进展将TB 1700分割成4×4子块。如TB1700的若干子块(例如子块1750)中所示,在内部以后向对角线方式扫描各个子块。以相同方式扫描其它子块。然而,为了便于参考,在图17中以全扫描示出了有限数量的子块。从一个4×4子块到下一子块的进展也遵循跨越整个TB 1700的后向对角线扫描。

[0159] 如果要使用MTS,则仅TB 1700的左上16×16部分1740中的系数可能是有效的。左上16×16部分形成阈值笛卡尔位置(在该示例中为(15,15)),在该位置处或其内可以应用MTS,如果无论是在X还是Y坐标方面,最后有效系数在阈值笛卡尔位置之外,则不能应用MTS。也就是说,如果最后有效系数位置的X或Y坐标超过15,则不能应用MTS并且应用DCT-2(或跳过变换)。最后有效系数位置被表示为相对于TB 1700中的DC系数位置的笛卡尔坐标。例如,最后有效系数位置1730是15,15。从位置1730开始并朝向DC系数前进的扫描模式1710得到扫描子块1720和1721(用阴影标识),其中当MTS被应用并且未被视频解码器134使用时,所述扫描子块1720和1721在视频编码器114中被归零。视频解码器134需要解码子块1720和1721中的残差系数,因为1720和1721包括在扫描中,然而当应用MTS时,不使用子块1720和1721的经解码残差系数。至少,对于要应用的MTS,可能需要子块1720中的残差系数为零值,从而在应用MTS时降低关联的编码成本并防止位流对子块中的有效残差系数进行

编码。也就是说，不仅可以在部分1740内的最后有效位置上而且还可以在仅包含零值残差系数的子块1720和1721上，调节“mts_idx”句法元素的解析。

[0160] 图18示出使用所描述的布置的32×32TB 1800的扫描模式1810。扫描模式1810将4×4子块分组为若干“集合”，诸如集合1840等。

[0161] 在本公开的上下文中，关于扫描模式，集合提供了子块的非重叠集合，所述子块(i)形成适用于MTS的大小的区或区域或(ii)形成围绕适用于MTS的区的区或区域。扫描模式通过前进残差系数的子块的多个非重叠集合、在完成当前集合的扫描之后从当前集合前进到下一集合来遍历变换块。

[0162] 在图18的示例中，各个集合是具有至多四个子块(集合的选项(i))的宽度和高度的4×4子块的二维阵列。集合1840对应于当MTS在使用中时的潜在有效系数的区域，即TB 1800的16×16区域。扫描模式1810在没有重新进入的情况下从一个集合前进到下一集合，即，一旦已经扫描了一个集合中的所有残差系数，则扫描模式1810前进到下一集合。扫描1810在前进以扫描下一集合之前有效地完整完成当前集合的扫描模式。集合是非重叠的，并且各个残差系数位置被扫描一次，从最后位置开始并朝向DC(左上)系数位置前进。

[0163] 如扫描模式1710那样，扫描模式1810还将TU 1800分割成4×4子块。由于从一个集合到下一集合的单调进展，一旦扫描到达左上集合1840，就不会发生集合1840之外的残差系数的进一步扫描。特别地，如果最后位置在集合1840内，例如在15,15位置处的最后位置1830处，则集合1840之外的所有残差系数都不是有效的。当MTS在使用中时，1840之外的残差系数为零与在视频编码器114中进行的归零对准。因此，视频解码器134仅需要检查最后位置在集合1840内，以使得能够解析mts_idx句法元素(当CU属于单个编码树时为1122，并且当CU属于单独编码树的亮度分支时为1226)。扫描模式1810的使用消除了确保集合1840之外的任何残差系数是零值的需要。集合1840之外的系数是否已经借助于具有与MTS变换系数区域对准的集合大小的扫描模式1810而显而易见。与扫描模式1710相比，通过将TB 1800分割成一组集合，各个集合的大小相同，扫描模式1810还可以实现存储器消耗减少。能够实现存储器减少，因为TB 1800上的扫描可以由一个集合上的扫描构成。对于大小为16×32和32×16的TB，可以使用16×16大小的集合的相同方法，其中使用两个集合。对于大小为32×8的TB，分割成集合是可能的，其中由于TB大小，集合大小被约束为16×8。分割成32×8TB的集合得到与包括32×8TB的4×4子块的8×2阵列上的规则对角线进展相同的扫描模式。因此，通过检查最后位置在32×8TB的左半部内来满足针对32×8TB经受MTS变换的系数的8×16区域中的有效系数的性质。

[0164] 图19示出大小为8×32的TB 1900。对于TB 1900，分割成集合是可能的。在图19的示例中，由于TB大小(诸如集合1940等)，集合大小被约束为8×16。与包括8×32TB的4×4子块的2×8阵列上的常规对角线进展(例如，图18所示)相比，分割成8×32TB 1900的集合得到不同的子块顺序。使用8×16集合大小确保了如果最后有效系数位置在集合1940内(例如在7,15处的最后有效位置1930处)，则有效系数仅在MTS变换系数区域中是可能的。

[0165] 图18和图19的扫描模式以向后对角线方式扫描各个子块中的残差系数。在图18和图19的示例中，以后向对角线方式扫描各个集合中的子块。在图18和图19中，以向后对角线方式进行集合之间的扫描。

[0166] 图20示出针对32×32TB 2000的替代扫描顺序2010。扫描顺序(扫描模式)2010被

分割成部分2010a至2010f。扫描顺序2010至2010e涉及(ii)集合(形成围绕适用于MTS的区的区或区域的一组子块)的选项。扫描模式2010f涉及(i)覆盖形成适用于MTS的区的区域2040的集合。定义扫描顺序2010a至2010f，使得除了区域2040之外，在TB 2000上发生从一个子块到下一子块的后向对角线进展，随后使用后向对角线扫描进展来扫描区域2040。区域2040对应于MTS变换系数区域。将TB 2000分割成在MTS变换系数区域之外的子块上的扫描，随后是在MTS变换系数区域内的子块上的扫描，这得到如2010a、2010b、2010c、2010d、2010e和2010f所示的子块上的进展。扫描模式2010识别两个集合，即由2010a至2010e定义的集合和由2010f扫描的区域2040定义的集合。以允许在集合2040的右下角(2030)之前扫描与集合2040接界的所有子块的方式进行扫描。扫描模式2010扫描使用扫描2010a至2010e所形成的子块的集合。在完成由2010a至2010e覆盖的集合时，扫描模式2010继续到根据2010f扫描的下一集合2040。检查最后有效系数位置(诸如2030等)在区域2040内的性质使得能够存在用信号通知mts_idx，而不需要还检查区域2040之外的任何残差系数是零值。

[0167] 在图20中的后向对角线扫描的变型中进行残差系数的扫描。在图20中扫描模式以后向光栅方式扫描集合。在图18和图19的模式的变型中，可以以后向光栅顺序扫描集合。

[0168] 与图17的扫描模式1710相比，图18至20中所示的扫描模式(即1810、1910和2010a-2010f)基本上保留了从TB的最高频率系数朝向TB的最低频率系数进展的性质。因此，使用扫描模式1810、1910和2010a-2010f的视频编码器114和视频解码器134的布置实现了与使用扫描模式1710时实现的压缩效率类似的压缩效率，同时使得MTS索引信令能够取决于最后有效系数位置，而无需进一步检查MTS变换系数区域之外的零值残差系数。

[0169] 图13示出用于将帧数据113编码在位流115中的方法1300，位流115包括作为编码树单元序列的一个或多于一个条带。方法1300可以由诸如配置的FPGA、ASIC或ASS等P的设备来体现。另外，方法1300可以在处理器205的执行下由视频编码器114进行。因此，方法1300可以被实现为存储在计算机可读存储介质上和/或存储器206中的软件233的模块。

[0170] 方法1300开始于编码SPS/PPS步骤1310。在步骤1310处，视频编码器114将SPS 1010和PPS 1012编码在位流115中作为固定和可变长度编码参数的序列。帧数据113的参数(诸如分辨率和样本位深等)被编码。还编码位流的参数，诸如指示特定编码工具的使用的标志等。图片参数集包括指定“增量QP”句法元素在位流113中存在的频率、色度QP相对于亮度QP的偏移等的参数。

[0171] 方法1300从步骤1310继续到编码图片头部的步骤1320。在执行步骤1320时，处理器205将图片头部(例如1015)编码在位流113中，其中图像头部1015适用于当前帧中的所有条带。图片头部1015可以包括用信号通知二元、三元和四叉树拆分的最大允许深度的分区约束，从而覆写作为SPS 1010的部分所包括的类似约束。

[0172] 方法1300从步骤1320继续到编码条带头部的步骤1330。在步骤1330处，熵编码器338将条带头部1118编码在位流115中。

[0173] 方法1300从步骤1330继续到将条带分割成CTU的步骤1340。在步骤1340的执行中，视频编码器114将条带1016分割成CTU序列。条带边界与CTU边界对准，并且条带中的CTU根据CTU扫描顺序(通常为光栅扫描顺序)排序。将条带分割成CTU确定了帧数据113的哪部分将由视频编码器113在编码各个当前条带时处理的顺序。

[0174] 方法1300从步骤1340继续到确定编码树的步骤1350。在步骤1350处，视频编码器

114确定条带中当前选择的CTU的编码树。方法1300在步骤1350的第一次调用时从条带1016中的第一CTU开始，并且在后续调用时前进到条带1016中的后续CTU。在确定CTU的编码树时，由块分区器310生成并测试四叉树、二元和三元拆分的各种组合。

[0175] 方法1300从步骤1350继续到确定编码单元的步骤1360。在步骤1360处，视频编码器114执行以使用已知方法来确定从评估中的各种编码树得到的CU的编码。确定编码涉及确定预测模式(例如，具有特定模式的帧内预测或具有运动矢量的帧间预测387)和主变换选择389。如果主变换类型389被确定为DCT-2并且不经受正向二次变换的所有量化的主变换系数是有效的，则二次变换索引388被确定并且可以指示二次变换的应用(例如编码为1120、1224或1254)。否则，二次变换索引388指示绕过二次变换。另外，针对CU中的各个TB确定变换跳过标志390，从而指示应用主(和可选地二次)变换或完全绕过变换(例如，1126/1130/1134或1232/1262/1266)。对于亮度通道，主变换类型被确定为DCT-2、变换跳过或MTS选项之一，并且对于色度通道，DCT-2或变换跳过是可用的变换类型。确定编码还可以包括确定可以改变QP的量化参数，即“增量QP”句法元素将被编码在位流115中。在确定各个编码单元时，还以联合方式确定最佳编码树。当使用帧内预测对共用编码树中的编码单元进行编码时，在步骤1360处确定亮度帧内预测模式和色度帧内预测。当使用帧内预测对单独编码树中的编码单元进行编码时，在步骤1360处分别取决于编码树的分支是亮度或色度来确定亮度帧内预测模式或色度帧内预测模式。

[0176] 当在通过正向主变换模块326应用DCT-2主变换得到的主域残差中不存在“AC”残差系数时，确定编码单元的步骤1360可以禁止测试二次变换的应用。AC残差系数是在变换块的左上位置之外的位置中的残差系数。仅存在DC主系数时测试二次变换的禁止跨越了二次变换索引388适用的块，即，共用树的Y、Cb和Cr(当Cb和Cr块是两个样本的宽度或高度时，仅Y通道)。不管编码单元是针对共用编码树还是单独树编码树，假设存在至少一个有效AC主系数，视频编码器114也测试非零二次变换索引值388的选择(即，二次变换的应用)。

[0177] 方法1300从步骤1360继续到对编码单元进行编码的步骤1370。在步骤1370处，视频编码器114将步骤1360的所确定的编码单元编码在位流115中。参考图14更详细地描述如何对编码单元进行编码的示例。

[0178] 方法1300从步骤1370继续到最后编码单元测试的步骤1380。在步骤1380处，处理器205测试当前编码单元是否是CTU中的最后编码单元。如果不是(步骤1380为“否”)，则处理器205中的控制返回到确定编码单元的步骤1360。否则，如果当前编码单元是最后编码单元(步骤1380为“是”)，则处理器205中的控制前进到最后CTU测试的步骤1390。

[0179] 在最后CTU测试的步骤1390处，处理器205测试当前CTU是否是条带1016中的最后CTU。如果当前CTU不是条带1016中的最后CTU(步骤1390为“否”)，则处理器205中的控制返回到确定编码树的步骤1350。否则，如果当前CTU是最后的(步骤1390为“是”)，则处理器205中的控制前进到最后条带测试的步骤13100。

[0180] 在最后条带测试的步骤13100处，处理器205测试正在编码的当前条带是否是帧中的最后条带。如果当前CTU不是最后条带(步骤13100为“否”)，则处理器205中的控制返回到编码条带头部的步骤1330。否则，如果当前条带是最后条带并且所有条带已经被编码(步骤13100为“是”)，则方法1300终止。

[0181] 图14示出与图13的步骤1370相对应的将编码单元编码在位流115中的方法1400。

方法1400可以由诸如经配置的FPGA、ASIC或ASSP等的设备来体现。另外，方法1400可以在处理器205的执行下由视频编码器114进行。因此，方法1400可以作为软件233的模块存储在计算机可读存储介质上和/或存储器206中。

[0182] 方法1400通过仅在可以应用于TU 1260的色度TB时对二次变换索引1254进行编码，并且仅在可以应用于TU 1124的任何TB时对二次变换索引1120进行编码来提高压缩效率。当使用共用编码树时，针对编码树中的各个CU(例如，图11的CU 1114)调用方法1400，其中Y、Cb和Cr颜色通道被编码。当使用单独编码树时，首先针对亮度分支1214a中的各个CU(例如1220)调用方法1400，并且还针对色度分支1214b中的各个色度CU(例如1250)调用方法1400。

[0183] 方法1400开始于生成预测块的步骤1410。在步骤1410处，视频编码器114根据在步骤1360确定的CU的预测模式(例如，帧内预测模式387)生成预测块320。熵编码器338将在步骤1360确定的编码单元的帧内预测模式387编码在位流115中。“pred_mode”句法元素被编码以区分用于编码单元的帧内预测、帧间预测或其他预测模式的使用。如果帧内预测用于编码单元，则如果亮度PB适用于CU，则对亮度帧内预测模式进行编码，并且如果色度PB适用于CU，则对色度帧内预测模式进行编码。也就是说，对于属于共用树的经帧内预测的CU(诸如CU 1114等)，预测模式1116包括亮度帧内预测模式和色度帧内预测模式。对于属于单独编码树的亮度分支的经帧内预测的CU(诸如CU 1220等)，预测模式1221包括亮度帧内预测模式。对于属于单独编码树的色度分支的经帧内预测的CU(诸如CU 1250等)，预测模式1251包括色度帧内预测模式。对主变换类型389进行编码以针对编码单元的亮度TB在水平和垂直地使用DCT-2、水平和垂直地使用变换跳过、或者水平和垂直地使用DCT-8和DST-7的组合之间进行选择。

[0184] 方法1400从步骤1410继续到确定残差的步骤1420。通过差模块322从帧数据312的相应块中减去预测块320以产生差324。

[0185] 方法1400从步骤1420继续到变换残差的步骤1430。在变换残差的步骤1430处，视频编码器114在处理器205的执行下针对CU的各个TB绕过对步骤1420的残差的主变换和二次变换，或者根据主变换类型389和二次变换索引388进行变换。可以根据变换跳过标志390来进行或绕过差324的变换，并且如果变换，则如在步骤1350处确定的也可以应用二次变换，以产生如参考图3所描述的残差样本350。在量化模块334的操作之后，残差系数336是可用的。

[0186] 方法1400从步骤1430继续到编码亮度变换跳过标志的步骤1440。在步骤1440处，熵编码器338将上下文编码的变换跳过标志390编码在位流115中，从而指示亮度TB的残差将根据主变换以及可能的二次变换来变换，或者主变换和二次变换将被绕过。当CU包括亮度TB(即在共用编码树(编码1126)中)或双树(编码1232)的亮度分支时，进行步骤1440。

[0187] 方法1400从步骤1440继续到编码亮度残差的步骤1450。在步骤1450处，熵编码器338将亮度TB的残差系数336编码在位流115中。步骤1450用于基于编码单元的尺寸来选择合适的扫描模式。关于图17(常规扫描模式)和图18至20(用于确定MTS标志的附加扫描模式)描述扫描模式的示例。在本文描述的示例中，使用与图18至20的示例有关的扫描模式。残差系数336通常根据后向对角线扫描模式以4×4子块被扫描到列表中。对于具有大于16个样本的宽度或高度的TB，扫描模式如参考图18、19和20所描述。列表中的第一非零残差系

数的位置在位流115中被编码为相对于变换块的左上系数的笛卡尔坐标，即1140。剩余的残差系数按照从最后位置处的系数到DC(左上)残差系数的顺序被编码为残差系数1144。当CU包括亮度TB(即在共用编码树(编码1128)中)时，或者CU属于双树(编码1234)的亮度分支时，进行步骤1450。

[0188] 方法1400从步骤1450继续到编码色度变换跳过标志的步骤1460。在步骤1460处，熵编码器338将另外两个上下文编码的变换跳过标志390(各个色度TB为一个)编码在位流115中，从而指示相应的TB是否将经受DCT-2变换，以及可选地二次变换，或者变换是否将被绕过。当CU包括色度TB(即在共用编码树(编码1130和1134)中)时，或CU属于双树(编码1262和1266)的色度分支时，进行步骤1460。

[0189] 方法1400从步骤1460继续到编码色度残差的步骤1470。在步骤1470处，熵编码器338将如参考步骤1450所述的色度TB的残差系数编码在位流115中。当CU包括色度TB(即在共用编码树(编码1132和1136)中)或双树(编码1264和1268)的色度分支时，进行步骤1460。对于具有大于16个样本的宽度或高度的色度TB，扫描模式如参考图18、19和20所描述。针对亮度TB和色度TB使用图18至20的扫描模式避免了对于相同大小的TB在亮度和色度之间定义不同扫描模式的需要。

[0190] 方法1400从步骤1470继续到用信号通知LFNST测试的步骤1480。在步骤1480处，处理器205确定二次变换是否可适用于CU的任何TB。如果CU的所有TB都使用变换跳过，则不需要对二次变换索引388进行编码(步骤1480为“否”)，并且方法1400前进到用信号通知MTS测试的步骤14100。对于共用编码树，例如，亮度TB和两个色度TB各自被变换跳过以针对步骤1480返回“否”。对于单独编码树，编码树的亮度分支中的亮度TB被变换跳过，或者编码树的色度分支中的两个色度TB都被变换跳过，以针对分别与亮度和色度相关的调用的步骤1480返回“否”。对于要进行的二次变换，适用的TB需要仅在经受二次变换的TB的位置中包括有效残差系数。也就是说，所有其他残差系数必须为零，这是当TB的最后位置在针对图8A至8D所示的TB大小的806、824、842或862内时实现的条件。如果CU中的任何TB的最后位置在所考虑的TB大小的806、824、842或862之外，则不进行二次变换(步骤1480为“否”)，并且方法1400前进到用信号通知MTS测试的步骤14100。

[0191] 对于色度TB，可能出现宽度或高度为2。宽度或高度为2的TB不经受二次变换，因为没有为这种尺寸的TB定义核(步骤1480为“否”)，并且方法1400前进到用信号通知MTS测试的步骤14100。进行二次变换的附加条件是在适用的TB中存在至少一个AC残差系数。也就是说，如果仅有的有效残差系数在各个适用TB的DC(左上)位置，则不进行二次变换(步骤1480为“否”)，并且方法1400前进到用信号通知MTS测试的步骤14100。如果CU的至少一个TB经受主变换(变换跳过标志指示针对CU的至少一个TB的不跳过)，则满足对经受主变换的TB的最后位置约束，并且在经受主变换的TB中的一个或多于一个TB中包括至少一个AC系数(步骤1480为“是”)，处理器205中的控制前进到编码LFNST索引的步骤1490。在编码LFNST索引的步骤1490处，熵编码器338对截断一元码字进行编码，所述截断一元码字指示用于应用二次变换的三个可能选择。选择为零(不应用)、一(应用候选集合的第一核)和二(应用候选集合的第二核)。码字使用至多两个bin，各自是上下文编码的。借助于在步骤1480处进行的测试，仅当可以应用二次变换时，即对于要编码的非零索引，才进行步骤1490。例如，步骤1490对1120或1224或1225进行编码。

[0192] 实际上，步骤1480和1490的操作允许仅当二次变换可以应用于TU 1260的色度TB时才对单独树结构中的色度的二次变换索引1254进行编码。在共用树结构中，步骤1480和1490操作为仅在二次变换可以应用于TU 1124的任何TB时才对二次变换索引1120进行编码。在排除相关二次变换索引(诸如1254和1120等)时，方法1400操作以提高编码效率。特别地，在共用或双树的情况下，避免了不必要的标志，从而减少了所需的位数并提高了编码效率。在单独树的情况下，如果相应亮度变换块被变换跳过，则不必针对色度抑制二次变换。

[0193] 方法1400从步骤1490前进到用信号通知MTS测试的步骤14100。

[0194] 在用信号通知MTS的步骤14100处，视频编码器114确定MTS索引是否需要被编码在位流115中。如果在步骤1360处选择使用DCT-2变换，则最后有效系数位置可以是TB的左上32×32区域中的任何位置。如果最后有效系数位置在TB的左上16×16区域之外并且使用图18和19的扫描(而不是图17的扫描模式)，则不必在位流中显式地用信号通知mts_idx。在这种情况下，不需要在位流中用信号通知mts_idx，因为MTS的使用不会产生左上16×16区域之外的最后有效系数。步骤14100返回“否”，并且方法1400终止，其中由最后有效系数位置暗示DCT-2使用。

[0195] 用于主变换类型的非DCT-2选择仅在TB宽度和高度小于或等于32时可用。因此，对于宽度或高度超过32的TB，步骤14100返回“否”，并且方法1400在步骤14100处终止。非DCT-2选择也仅在不应用二次变换的情况下可用，因此，如果在步骤1360处确定二次变换类型388为非零，则步骤14100返回“否”，并且方法1400在步骤14100处终止。

[0196] 当使用图18和19的扫描时，最后有效系数位置在TB的左上16×16区域内的存在可以由DCT-2主变换或DST-7和/或DCT-8的MTS组合的应用得到，从而需要显式地用信号通知mts_idx以编码步骤1360处做出的选择。因此，当最后有效系数位置在TB的左上16×16区域内时，步骤14100返回“是”，并且方法1400前进到编码MTS索引的步骤14110。

[0197] 在编码MTS索引的步骤14110处，熵编码器338对表示主变换类型389的截断一元bin字符串进行编码。例如，步骤14110可以编码1122或1226。方法1400在执行步骤14110时终止。

[0198] 图15示出用于解码位流133以产生帧数据135的方法1500，位流133包括作为编码树单元序列的一个或多于一个条带。方法1500可以由诸如配置的FPGA、ASIC或ASSP等的设备来体现。另外，方法1500可以在处理器205的执行下由视频解码器134进行。因此，方法1500可以作为软件233的一个或多于一个模块存储在计算机可读存储介质上和/或存储器206中。

[0199] 方法1500开始于解码SPS/PPS步骤1510。在步骤1510处，视频解码器134将来自位流133的SPS 1010和PPS 1012解码为固定和可变长度编码参数的序列。帧数据113的参数(诸如分辨率和样本位深)被解码。还解码位流的参数，诸如指示特定编码工具的使用的标志等。默认分区约束用信号通知二元、三进制和四叉树拆分的最大允许深度，并且还由视频解码器134解码为SPS1010的一部分。

[0200] 方法1500从步骤1510继续到解码图片头部步骤1520。在步骤1520的执行中，处理器205从位流113解码图片头部1015，其适用于当前帧中的所有条带。图片参数集包括指定“增量QP”句法元素存在于位流133中的频率、色度QP相对于亮度QP的偏移等的参数。可选的覆写分区约束用信号通知二元、三元和四叉树拆分的最大允许深度，并且还可以由视频解

码器134解码为图片头部1015的一部分。

[0201] 方法1500从步骤1520继续到解码条带头部步骤1530。在步骤1530处，熵解码器420从位流133中解码条带头部1018。

[0202] 方法1500从步骤1530继续到将条带分割成CTU的步骤1540。在步骤1540的执行中，视频编码器114将条带1016分割成CTU序列。条带边界与CTU边界对准，并且条带中的CTU根据CTU扫描顺序(通常为光栅扫描顺序)排序。将条带分割成CTU确立了帧数据133的哪部分将由视频编码器133在解码当前条带时处理。

[0203] 方法1500从步骤1540继续到解码编码树步骤1550。在步骤1550处，视频解码器134对条带中的当前选择的CTU的编码树进行解码。方法1500在步骤1550的第一次调用时从条带1016中的第一CTU开始，并且在后续调用时前进到条带1016中的后续CTU。在对CTU的编码树进行解码时，对指示如在视频编码器114中在步骤1350处确定的四叉树、二元和三元拆分的组合的标志进行解码。

[0204] 方法1500从步骤1550继续到对编码单元进行解码的步骤1570。在步骤1570处，视频解码器134从位流133中解码步骤1560的所确定的编码单元。参考图16更详细地描述如何对编码单元进行解码的示例。

[0205] 方法1500从步骤1570继续到最后编码单元测试步骤1580。在步骤1580处，处理器205测试当前编码单元是否是CTU中的最后编码单元。如果不是(步骤1580为“否”)，则处理器205中的控制返回到对编码单元进行解码的步骤1560。否则，如果当前编码单元是最后编码单元(步骤1580为“是”)，则处理器205中的控制前进到最后CTU测试步骤1590。

[0206] 在最后CTU测试步骤1590处，处理器205测试当前CTU是否是条带1016中的最后CTU。如果不是条带1016中的最后CTU(步骤1590为“否”)，则处理器205中的控制返回到对编码树进行解码的步骤1550。否则，如果当前CTU是最后的(步骤1590为“是”)，则处理器中的控制前进到最后条带测试步骤15100。

[0207] 在最后条带测试步骤15100处，处理器205测试正在解码的当前条带是否是帧中的最后条带。如果当前条带不是最后条带(步骤15100为“否”)，则处理器205中的控制返回到解码条带头部步骤1530。否则，如果当前条带是最后条带并且所有条带已经被解码(步骤15100为“是”)，则方法1500终止。

[0208] 图16示出用于从位流133中解码编码单元的方法1600，其对应于图15的步骤1570。方法1600可以由诸如配置的FPGA、ASIC或ASSP等的设备来体现。另外，方法1600可以在处理器205的执行下由视频解码器134进行。因此，方法1600可以存储在计算机可读存储介质上和/或作为存储器206中的软件233的一个或多于一个模块。

[0209] 当使用共用编码树时，针对编码树中的各个CU(例如，图11的CU 1114)调用方法1600，其中Y、Cb和Cr颜色通道在单个调用中被编码。当使用单独编码树时，首先针对亮度分支1214a中的各个CU(例如1220)调用方法1600，并且还针对色度分支1214b中的各个色度CU(例如1250)单独调用方法1600。

[0210] 方法1600开始于解码亮度变换跳过标志的步骤1610。在步骤1610处，熵解码器420从位流133中解码上下文编码的变换跳过标志478(例如，在位流中编码为图11中的1126或图12中的1232)。跳过标志指示是否将变换应用于亮度TB。变换跳过标志478指示亮度TB的残差将根据(i)主变换、(ii)主变换和二次变换来变换，或者(iii)将绕过主变换和二次变

换。当CU在共用编码树中包括亮度TB时，进行步骤1610(例如，解码1126)。当CU属于用于单独编码树CTU的双树(解码1232)的亮度分支时，进行步骤1610。

[0211] 方法1600从步骤1610继续到解码亮度残差步骤1620。在步骤1620处，熵解码器420从位流115中解码亮度TB的残差系数424。通过对经解码残差系数的列表应用扫描，将残差系数424组装成TB。步骤1620用于基于编码单元的尺寸来选择合适的扫描模式。关于图17(常规扫描模式)和图18至20(可用于确定MTS标志的附加扫描模式)描述扫描模式的示例。在本文所描述的示例中，使用基于关于图18至20所描述的模式的扫描模式。扫描通常是使用4×4子块的后向对角线扫描模式，如参考图18和19所定义的。列表中的第一非零残差系数的位置从位流133中解码为相对于变换块的左上系数的笛卡尔坐标，即1140。剩余的残差系数按照从最后位置处的系数到DC(左上)残差系数的顺序被解码为残差系数1144。

[0212] 对于除了TB的左上子块和包含最后有效残差系数的子块之外的各个子块，解码“经编码子块标志”以指示相应子块中存在至少一个有效残差系数。如果经编码子块标志指示子块中存在至少一个有效残差系数，则解码指示子块中各个残差系数的有效性的“有效性图”(一组标志)。如果从经解码编码子块标志指示子块包括至少一个有效残差系数且扫描到达子块的最后扫描位置而未遇到有效残差系数，则推断子块中的最后扫描位置处的残差系数为有效的。经编码子块标志和有效性图(各个标志被命名为“sig_coeff_flag”)使用上下文编码的bin来编码。对于子块中的各个有效残差系数，解码“abs_level_gtx_flag”，从而指示相应残差系数的大小是否大于1。对于子块中的大小大于1的各个残差系数，根据等式(1)，解码“par_level_flag”和“abs_level_gtx_flag2”以进一步确定残差系数的大小：

[0213] AbsLevelPass1＝sig_coeff_flag+par_level_flag+abs_level_gtx_flag+2×abs_level_gtx_flag2. (1)

[0214] abs_level_gtx_flag和abs_level_gtx_flag2句法元素是使用上下文编码的bin编码的。对于abs_level_gtx_flag2等于一的各个残差系数，使用莱斯-哥伦布(Rice-Golomb)编码来解码旁路编码句法元素“abs_remainder”。经解码的残差系数的大小被确定为:AbsLevel＝AbsLevelPass1+2×abs_remainder。针对各个有效残差系数来解码符号位，以从残差系数大小导出残差系数值。可以通过将X和Y残差系数笛卡尔坐标分别调整(右移)子块宽度和高度的log2来从扫描模式导出扫描模式中各个子块的笛卡尔坐标。对于亮度TB，子块大小总是4×4，从而使得X和Y右移两位。图18至20的扫描模式也可以应用于色度TB，以避免针对相同大小但不同颜色通道的块存储不同的扫描模式。当CU包括亮度TB(即在共用编码树(解码1128)中)时，或者针对双树(例如，解码1234)的亮度分支的调用，进行步骤1620。

[0215] 方法1600从步骤1620继续到解码色度变换跳过标志步骤1630。在步骤1630处，熵解码器420针对各个色度TB从位流133中解码上下文编码标志。例如，上下文编码标志可能已经被编码为图11中的1130和1134或图12中的1262和1266。至少一个标志被解码，每个色度TB一个。在步骤1630处解码的标志指示是否将变换应用于相应的色度TB，特别是相应的色度TB是否将经受DCT-2变换以及可选地二次变换，或者是否将绕过针对相应的色度TB的所有变换。当CU包括色度TB(即，CU属于共用编码树(解码1130和1134))或双树(解码1262和1266)的色度分支时，进行步骤1630。

[0216] 方法1600从步骤1630继续到解码色度残差步骤1640。在步骤1640处，熵解码器420从位流133中解码色度TB的残差系数。步骤1640以与参考步骤1620描述的方式类似的方式并且根据图18和19中定义的扫描模式来操作。当CU包括色度TB时，即，当CU属于共用编码树(解码1132和1136)或双树(解码1264和1268)的色度分支时，进行步骤1640。

[0217] 方法1600从步骤1640继续到用信号通知LFNST测试的步骤1650。在步骤1650处，处理器205确定二次变换是否适用于CU的任何TB。亮度变换跳过标志可以具有与色度变换跳过标志不同的值。如果CU的所有TB都使用变换跳过，则二次变换不适用，并且不需要对二次变换索引进行编码(步骤1650为“否”)，并且方法1600前进到确定LFNST索引的步骤1660。例如，对于共用编码树，在步骤1650处，亮度TB和两个色度TB各自被变换跳过以返回“否”。对于属于单独编码树的亮度分支的CU(例如，1220)，当亮度TB被变换跳过时，步骤1650返回“否”。对于属于单独编码树的色度分支的CU(例如1250)，当两个色度TB都被变换跳过时，步骤1650返回“否”。对于属于单独编码树的色度分支并且具有小于四个样本的宽度或高度的CU(例如1250)，步骤1650返回“否”。对于要进行的二次变换，适用的TB仅需要在经受二次变换的TB的位置中包括有效残差系数。也就是说，所有其他残差系数必须为零，这是当TB的最后位置在针对图8A至8D所示的TB大小的806、824、842或862内时实现的条件。如果CU中的任何TB的最后位置在所考虑的TB大小的806、824、842或862之外，则不进行二次变换(步骤1650为“否”)，并且方法1600前进到确定LFNST索引的步骤1660。对于色度TB，可能出现宽度或高度为2。宽度或高度为2的TB不经受二次变换，因为没有针对这种尺寸的TB定义的核。进行二次变换的附加条件是在适用的TB中存在至少一个AC残差系数。也就是说，如果仅有的有效残差系数在各个TB的DC(左上)位置，则不进行二次变换(步骤1650为“否”)，并且方法1600前进到确定LFNST索引的步骤1660。对最后有效系数位置和非DC残差系数的存在的约束仅适用于适用大小(即，具有大于两个样本的宽度和高度)的TB。假设变换至少一个适用的TB，满足最后位置约束，并且满足非DC系数要求(步骤1650为“是”)，处理器205中的控制前进到解码LFNST索引的步骤1670。

[0218] 当二次变换不能应用于与CU相关联的任何TB时，实现确定LFNST索引的步骤1660。在步骤1660处，处理器205确定二次变换索引具有零值，从而指示不应用二次变换。处理器205中的控制从步骤1660前进到用信号通知MTS步骤1672。

[0219] 在解码LFNST索引的步骤1670处，熵解码器420将截断一元码字解码为指示应用二次变换的三种可能选择的二次变换索引474。选择为零(不应用)、一(应用候选集合的第一核)和二(应用候选集合的第二核)。码字使用至多两个bin，各自是上下文编码的。借助于在步骤1650处进行的测试，仅当可以应用二次变换(即，要解码的非零索引)时才进行步骤1670。当方法1600作为共用编码树的一部分被调用时，步骤1670从位流133中解码1120。当方法1600作为单独编码树的亮度分支的一部分被调用时，步骤1670从位流133中解码1224。当步骤1670作为单独编码树的色度分支的一部分被调用时，步骤1670从位流133中解码1254。处理器205中的控制从步骤1670前进到用信号通知MTS步骤1672。

[0220] 步骤1650、1660和1670用于确定LFNST索引，即474。如果适用于CU的亮度变换跳过标志和色度变换跳过标志中的至少一个指示不跳过相应变换块的变换，则从视频位流中解码LFNST索引(例如解码1120、1224或1254)(步骤1650为“是”，并且进行步骤1670)。如果适用于CU的所有亮度变换跳过标志和色度变换跳过标志指示要跳过相应变换块的变换，则确

定LFNST索引指示不应用二次变换(步骤1650为“否”,并且进行步骤1660)。在共用树的情况下,亮度和色度跳过值以及LFNST索引可以不同。例如,即使例如在并置块中的经解码亮度变换跳过标志指示将跳过亮度块的变换,针对色度变换块解码的第一索引也可以基于经解码色度跳过标志。编码步骤1480和1490以类似的方式操作。

[0221] 在用信号通知MTS的步骤1672处,视频解码器114确定是否需要从位流133中解码MTS索引。如果在步骤1360处选择使用DCT-2变换,则当编码位流时,最后有效系数位置可以是TB的左上32×32区域中的任何位置。如果在步骤1620处解码的最后有效系数位置在TB的左上16×16区域之外并且使用图18和19的扫描,则不需要显式地解码mts_idx,这是因为使用任何非DCT-2主变换将不会产生该区域之外的最后有效系数。步骤1672返回“否”,并且方法1600从步骤1672前进到确定MTS索引步骤1674。非DCT2主变换仅在TB宽度和高度小于或等于32时可用。因此,对于宽度或高度超过32的TB,步骤1672返回“否”,并且方法1600前进到确定MTS索引步骤1674。

[0222] 非DCT-2主变换仅在二次变换类型474指示绕过二次变换核的应用时可用,因此,当二次变换类型474具有非零值时,方法1600从步骤1672前进到步骤1674。当使用图18和19的扫描时,TB的左上16×16区域内的最后有效系数位置的存在可以由DCT-2主变换或者DST-7和/或DCT-8的MTS组合的应用得到,从而需要显式地用信号通知mts_idx以编码在步骤1360处做出的选择。因此,当最后有效系数位置在TB的左上16×16区域内时,步骤1672返回“是”,并且方法1600前进到解码MTS索引的步骤1676。

[0223] 在确定MTS索引的步骤1674处,视频解码器134确定为DCT-2将被用作主变换。主变换类型476被设置为零。方法1400从步骤1674前进到变换残差的步骤1680。

[0224] 在解码MTS索引的步骤1676处,熵解码器420从位流133中解码截断一元bin字符串以确定主变换类型476。截断的字符串例如作为图11中的1122或图12中的1226在位流中。方法1400从步骤1676前进到变换残差的步骤1680。

[0225] 步骤1670、1672和1674用于确定编码单元的MTS索引。如果最后有效系数在阈值坐标(15,15)处或内,则从视频位流中解码MTS索引(步骤1672为“是”和步骤1676)。如果最后有效系数在阈值坐标之外,则MTS索引被确定为指示不应用MTS(步骤1672为“否”和步骤1674)。编码步骤14100和14110以类似的方式操作。

[0226] 在视频编码器114和视频解码器134的替代布置中,根据如参考图17描述的扫描模式来扫描适当大小的色度TB(其中MT不适用于色度TB),而亮度TB利用根据图18和19的扫描,其中DST-7/DCT-8组合仅适用于亮度TB。

[0227] 在变换残差步骤1680处,视频解码器134在处理器205的执行下对步骤1420的残差绕过逆主变换和逆二次变换,或者根据主变换类型476和二次变换索引474进行逆变换。根据如参考图4所描述的CU中的各个TB的经解码变换跳过标志478,对CU的各个TB进行变换。主变换类型476针对编码单元的亮度TB在水平和垂直地使用DCT-2或者水平和垂直地使用DCT-8和DST-7的组合之间进行选择。实际上,步骤1680根据由步骤1610和1650至1670的操作所确定的经解码亮度变换跳过标志、主变换类型476和二次变换索引来变换CU的亮度变换块,以解码编码单元。步骤1680还可以根据由步骤1630和1650至1670的操作所确定的相应经解码色度变换跳过标志和二次变换索引来变换CU的色度变换块,以解码编码单元。对于属于色度通道的TB(例如:共用编码树情况下的1132和1136或者单独编码树情况的色度

分支中的1264和1268)，在TB的宽度和高度大于或等于四个样本的情况下仅进行二次变换，这是因为不存在宽度或高度小于四个样本的TB的可用二次变换核。对于属于色度通道的TB，由于难以以支持诸如UHD和8K等的视频格式所需的所需块吞吐率处理这种小的大小的TB，因此在VVC标准中对拆分操作的限制是适当的，以禁止TB大小为2×2、2×4和4×2的帧内预测CU。由于通常用于作为帧内预测操作的一部分产生重建样本的片上存储器的存储器访问困难，进一步的限制禁止具有宽度为2的TB的帧内预测CU。因此，不应用二次变换的色度TB大小(以色度样本为单位)在表1中示出。

[0228]

色度格式	最大转换大小	二次变换不适用的色度 TB 大小
4:2:0	32×32	8×2, 16×2
4:2:0	64×64	8×2, 16×2, 32×2.
4:2:2	32×32	8×2, 16×2.
4:2:2	64×64	8×2, 16×2, 32×2.
4:4:4	32×32	8×2, 16×2, 32×2.
4:4:4	64×64	8×2, 16×2, 32×2, 64×2.

[0229] 表1:二次变换不适用的色度TB大小(以色度样本为单位)。

[0230] 如上所述，在编码和解码中可以使用不同的扫描模式。步骤1680根据MTS索引对CU的变换块进行变换以对编码单元进行解码。

[0231] 方法1600从步骤1680继续到生成预测块的步骤1690。在步骤1690处，视频解码器134根据在步骤1360确定并由熵解码器420从位流113中解码的CU的预测模式来生成预测块452。熵解码器420从位流133中解码如在步骤1360处确定的针对编码单元的预测模式。对“pred_mode”句法元素进行解码以区分用于编码单元的帧内预测、帧间预测或其他预测模式的使用。如果帧内预测用于编码单元，则如果亮度PB适用于CU，对亮度帧内预测模式进行解码，并且如果色度PB适用于CU，对色度帧内预测模式进行解码。

[0232] 方法1600从步骤1690继续到重建编码单元的步骤16100。在步骤16100处，将预测块452添加到CU的各个颜色通道的残差样本424，以产生重建样本456。在将重建样本456输出为帧数据135之前，可以将附加的环内滤波步骤(诸如去块等)应用于重建样本456。方法1600在执行步骤16100时终止。

[0233] 如上所述，对于单独编码树，首先针对亮度分支1214a中的各个CU(例如，1220)调用方法1600，并且还针对色度分支1214b中的各个色度CU(例如，1250)单独调用方法1600。针对色度调用方法1600在步骤1650至1670处针对是否设置CU 1250的所有色度变换跳过标

志来确定LFNST索引1254。类似地，在针对亮度调用方法1600中，在步骤1650至1670处仅针对CU 1220的亮度变换跳过标志来确定亮度LFNST索引1224。

[0234] 与图17的扫描模式1710相比，如在步骤1450和1620处实现的图18至20中所示的扫描模式(即1810、1910和2010a-2010f)基本上保留了从TB的最高频率系数朝向TB的最低频率系数前进的性质。因此，使用扫描模式1810、1910和2010a-2010f的视频编码器114和视频解码器134的布置实现了与使用扫描模式1710时实现的压缩效率类似的压缩效率，同时使得用信号通知MTS索引能够取决于最后有效系数位置，而没有进一步需要检查MTS变换系数区域之外的零值残差系数。与图18至20的扫描模式一起使用的最后位置允许仅当所有有效系数存在于适当的左上区域(诸如左上16×16区域等)时才使用MTS。去除了如下负担：解码器134检查适当区域之外(例如，TB的16×16系数区域之外)的标志以确保不存在另外的非有效系数。解码器中的行为不需要特定的改变来实现MTS。此外，如上所述，即针对大小为16×32、32×16和32×32的变换块，可以从16×16扫描复制图18和19中的扫描模式的使用，从而减少存储器要求。

[0235] 产业上的可利用性

[0236] 所描述的布置适用于计算机和数据处理行业，并且特别地适用于对诸如视频和图像信号等的信号进行编码或解码的数字信号处理，从而实现高压缩效率。

[0237] 本文描述的一些布置在可用选择包括除了绕过二次变换之外的至少一个选项的情况下通过用信号通知二次变换索引来提高压缩效率。在CTU被分割成跨越所有颜色通道的CU的情况下(“共用编码树”情况)以及在CTU被分割成亮度CU集合和色度CU集合时(“单独编码树”情况)，都实现了压缩效率提高。在单独树的情况下避免了在不能使用二次变换索引的情况下冗余地用信号通知二次变换索引。对于共用树，即使亮度使用变换跳过，也可以针对色度DCT-2主情况用信号通知LFNST索引。其他布置维持压缩效率，同时使得用信号通知MTS索引能够取决于最后有效系数位置，而没有进一步需要检查TB的MTS变换系数区域之外的零值残差系数。

[0238] 前述仅说明本发明的一些实施例，并且可以在没有背离本发明的范围和精神的情况下对本发明进行修改和/或改变，其中这些实施例仅是示例性而非限制性的。

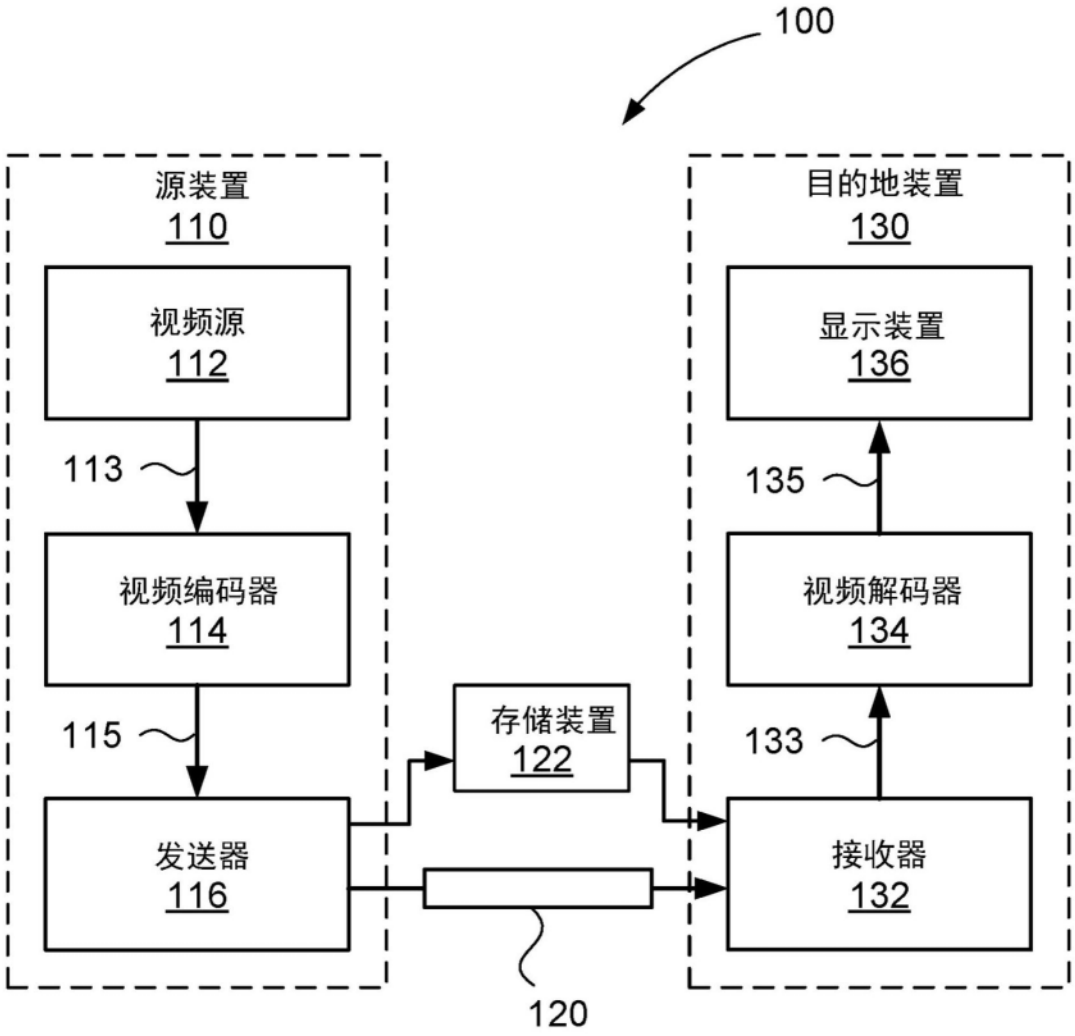

100
源装置
110
视频源
112
113
视频编码器
114
115
发送器
116
存储装置
122
120
目的地装置
130
显示装置
136
135
视频解码器
134
133
接收器
132

图1

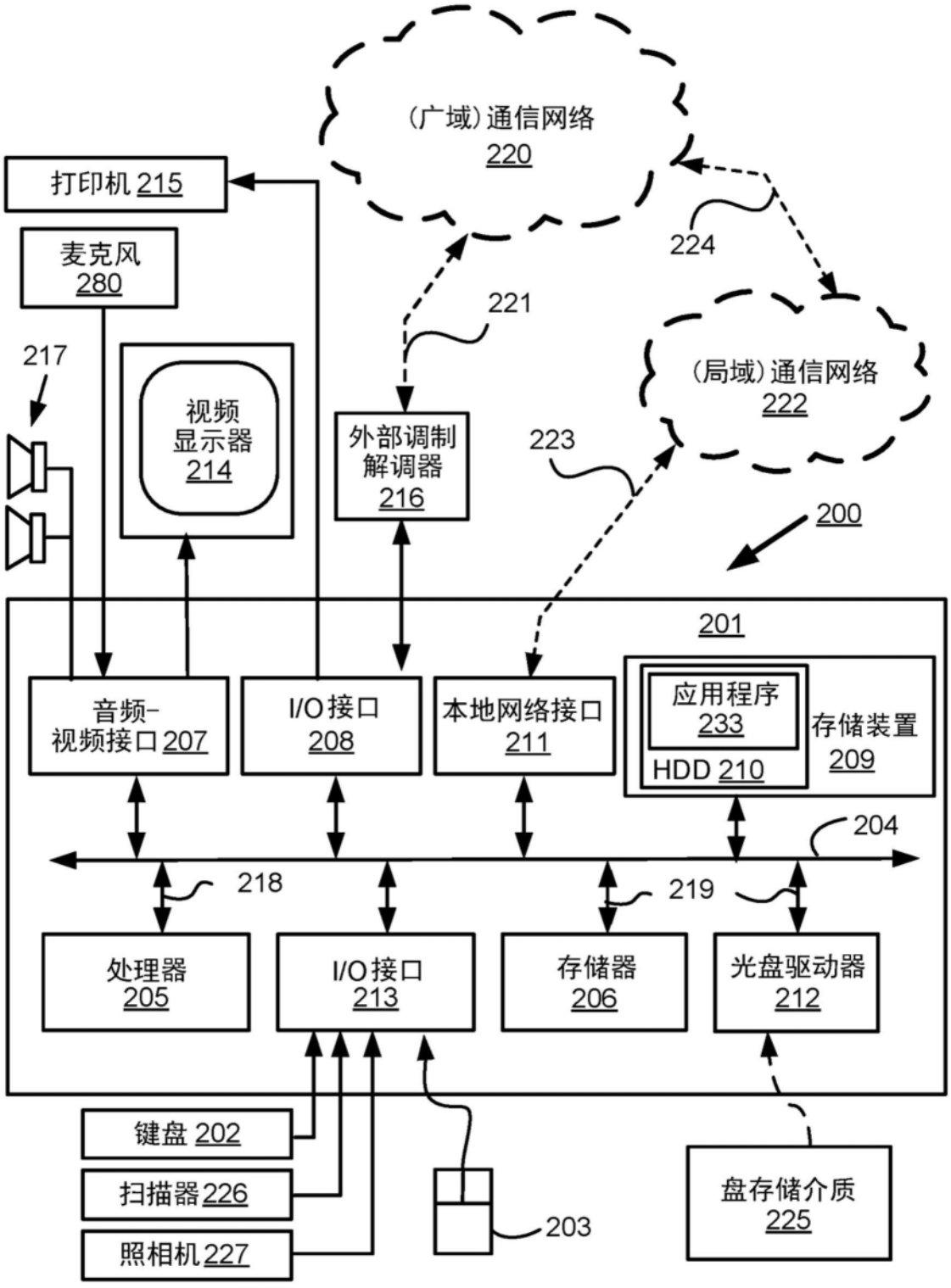

(广域)通信网络
220
打印机 215
麦克风
280
224
221
217
视频
显示器
214
外部调制
解调器
216
(局域)通信网络
222
223
200
201
音频-
视频接口 207
I/O接口
208
本地网络接口
211
应用程序
233
HDD 210
存储装置
209
204
218
219
处理器
205
I/O接口
213
存储器
206
光盘驱动器
212
键盘 202
扫描器 226
照相机 227
203
盘存储介质
225

图2A

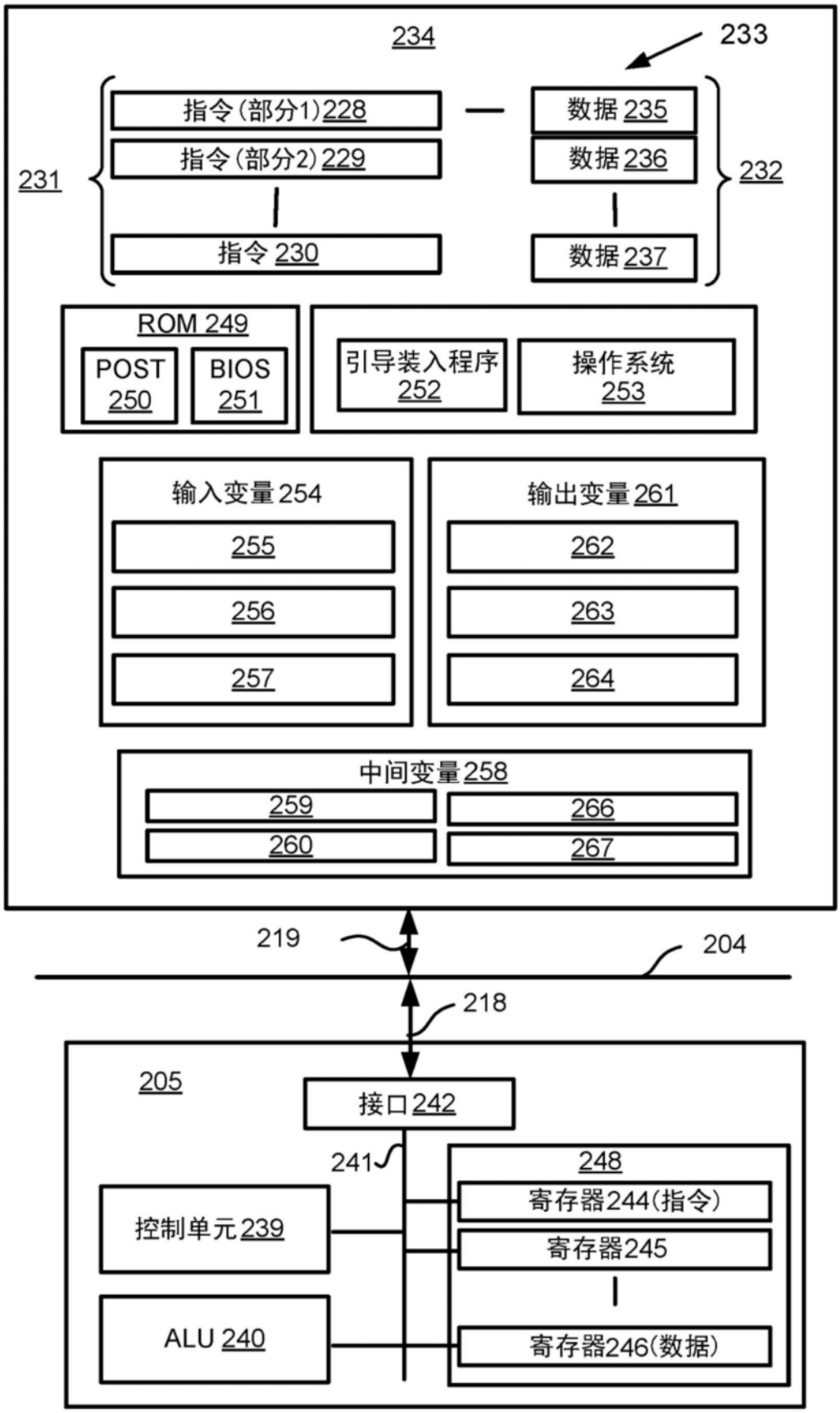

234
233
指令(部分1)228
指令(部分2)229
指令 230
231
数据 235
数据 236
数据 237
232
ROM 249
POST 250
BIOS 251
引导装入程序 252
操作系统 253
输入变量 254
255
256
257
输出变量 261
262
263
264
中间变量 258
259
260
266
267
219
204
218
205
接口 242
241
248
寄存器244(指令)
寄存器245
寄存器246(数据)
控制单元 239
ALU 240

图2B

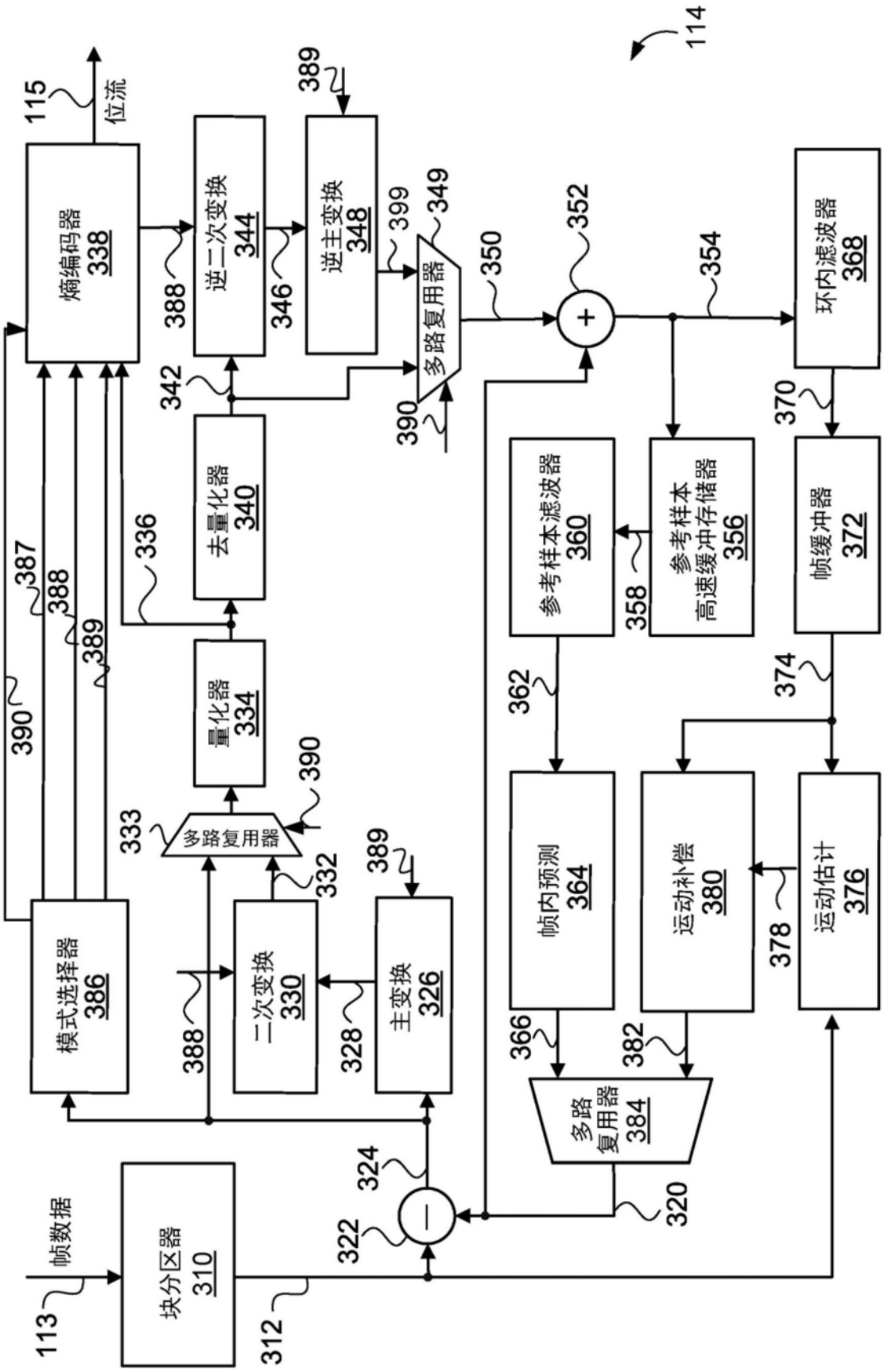

114
115
位流
熵编码器 338
逆二次变换 344
逆主变换 348
389
399
349
多路复用器
350
352
354
环内滤波器 368
370
帧缓冲器 372
374
388
346
342
390
去量化器 340
336
387
388
389
390
量化器 334
390
333
多路复用器
332
389
模式选择器 386
二次变换 330
主变换 326
388
328
参考样本滤波器 360
参考样本高速缓冲存储器 356
358
362
帧内预测 364
运动补偿 380
运动估计 376
378
366
382
多路复用器 384
320
324
322
帧数据
113
块分区器 310
312

图3

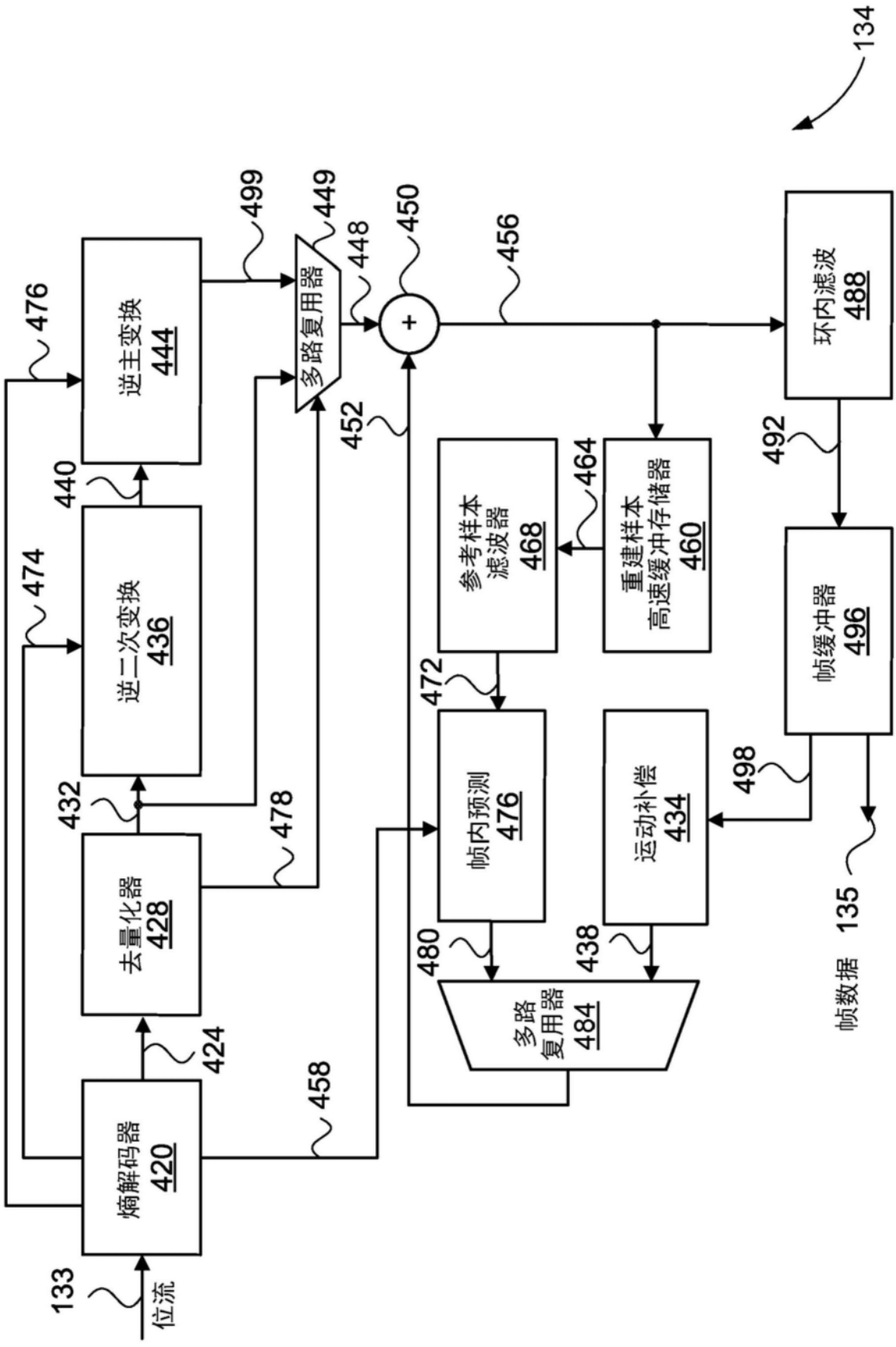

134
133
位流
熵解码器 420
424
去量化器 428
432
逆二次变换 436
440
逆主变换 444
476
474
499
449
448
450
456
多路复用器
452
458
478
参考样本滤波器 468
464
重建样本高速缓冲存储器 460
472
帧内预测 476
480
运动补偿 434
438
多路复用器 484
498
帧缓冲器 496
492
环内滤波 488
135
帧数据

图4

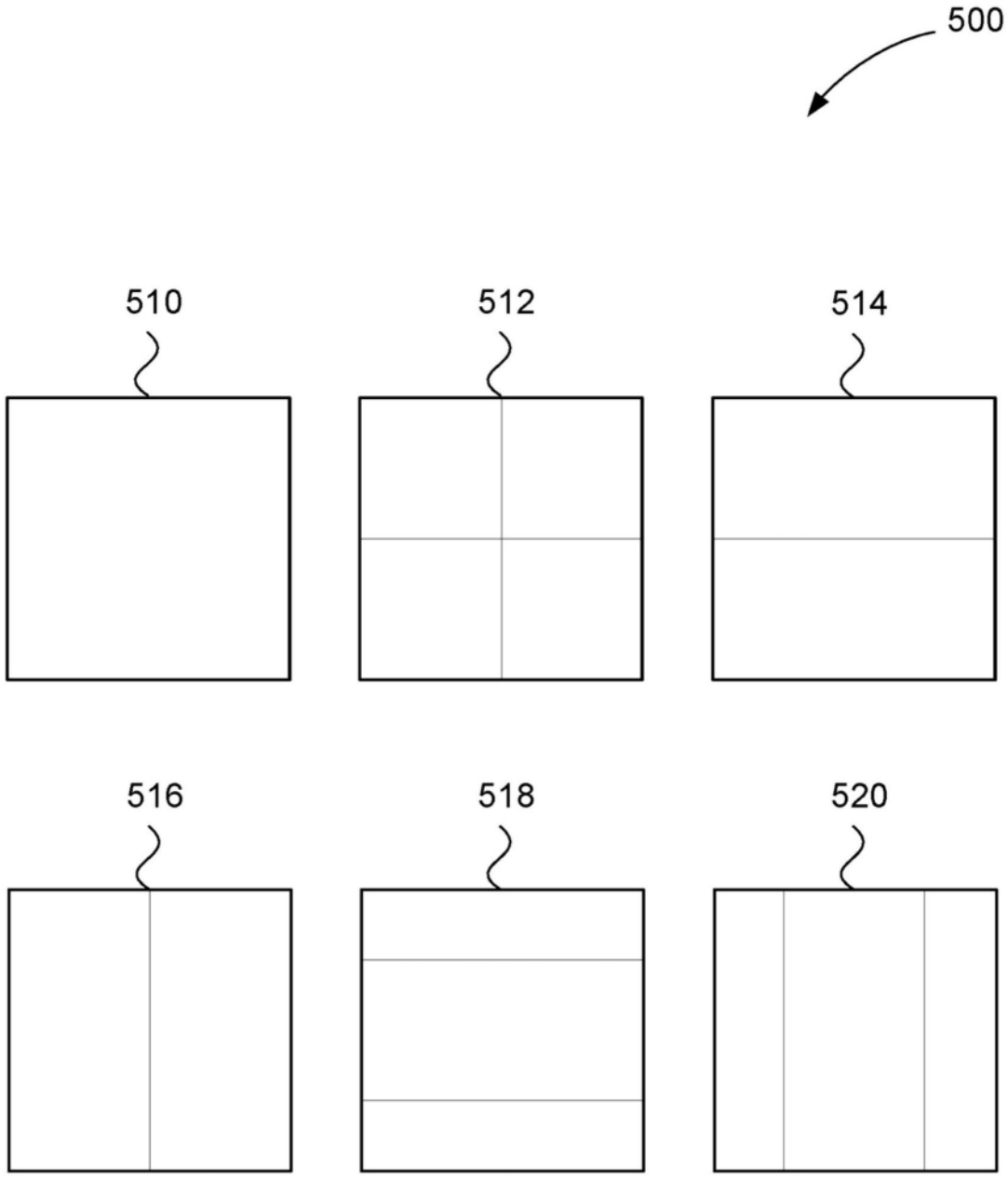


图5

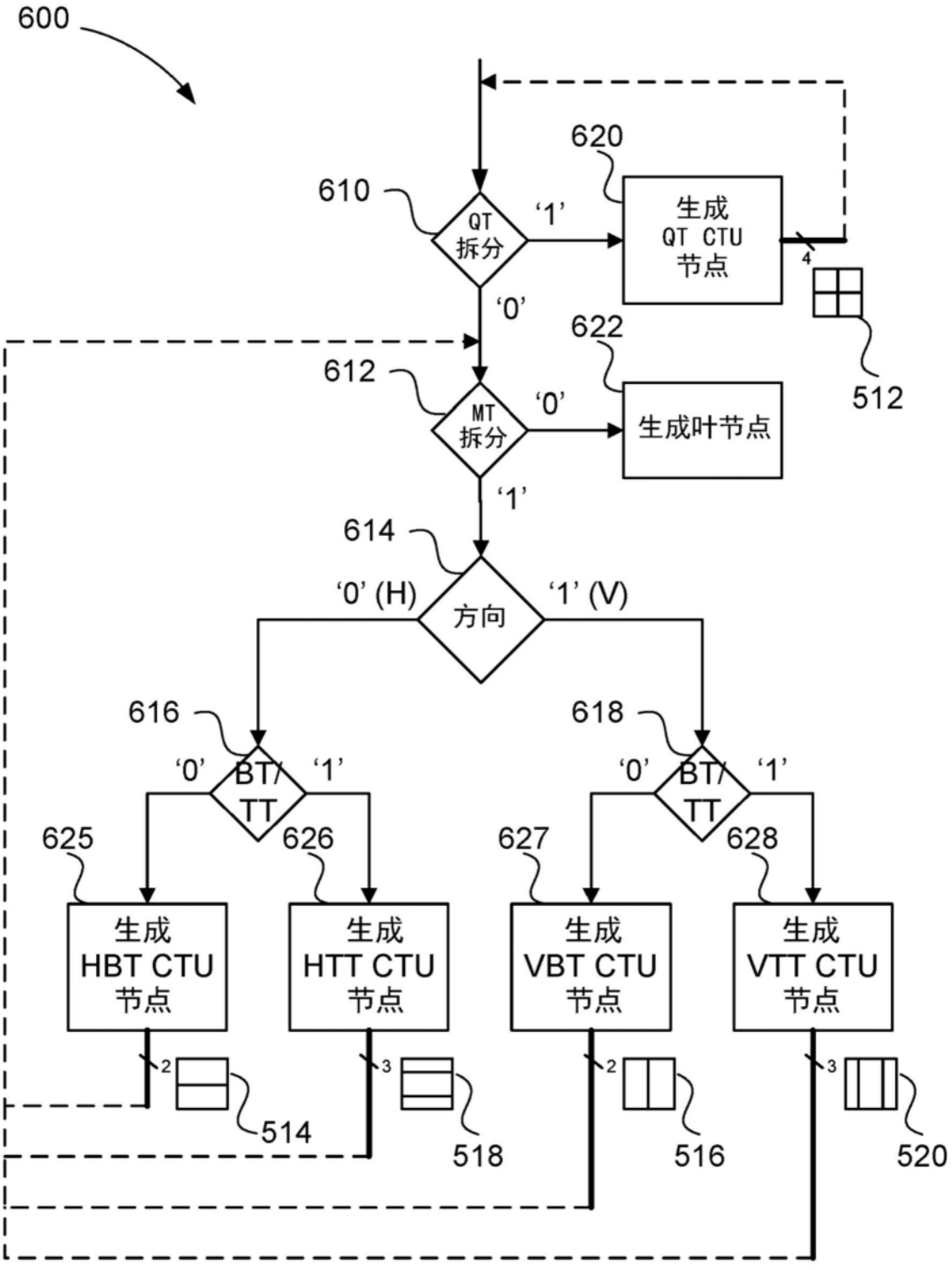

600
610
QT
拆分
'1'
620
生成
QT CTU
节点
4
512
'0'
612
MT
拆分
'0'
622
生成叶节点
'1'
614
'0' (H)
方向
'1' (V)
616
'0'
BT/
TT
'1'
618
'0'
BT/
TT
'1'
625
626
627
628
生成
HBT CTU
节点
生成
HTT CTU
节点
生成
VBT CTU
节点
生成
VTT CTU
节点
2
3
2
3
514
518
516
520

图6

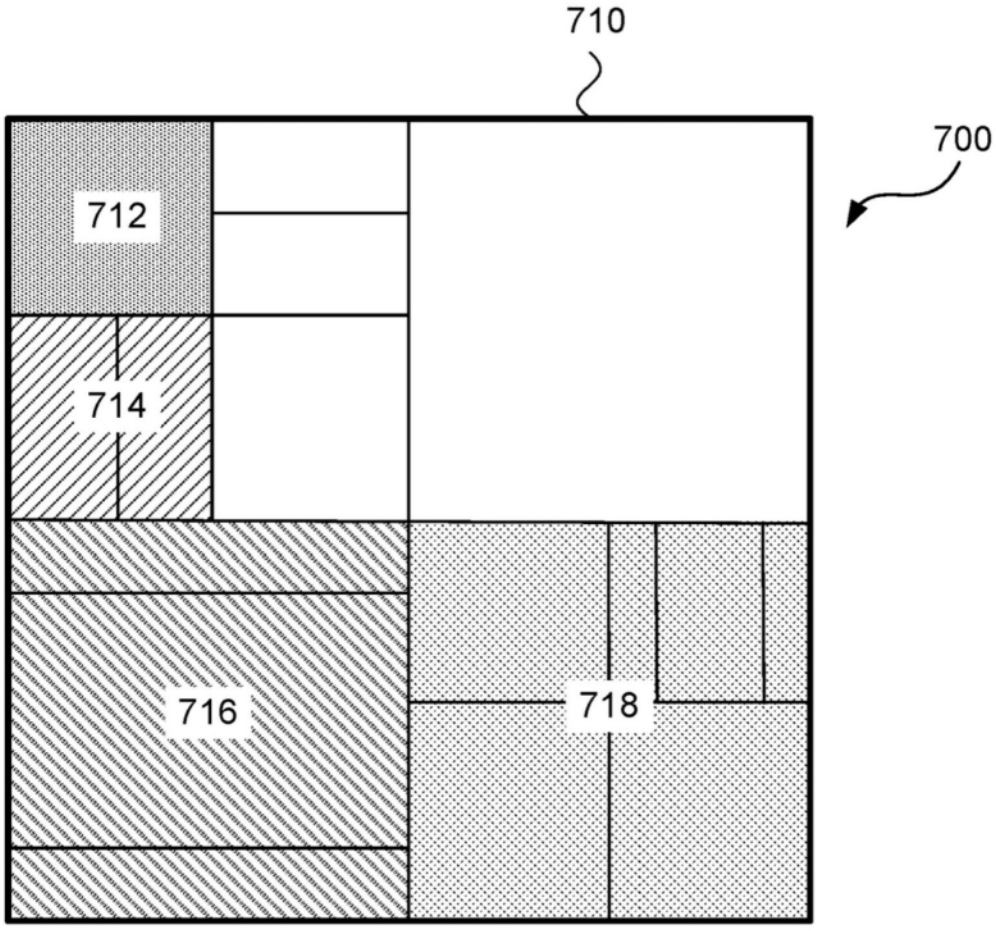

710
700
712
714
716
718

图7A

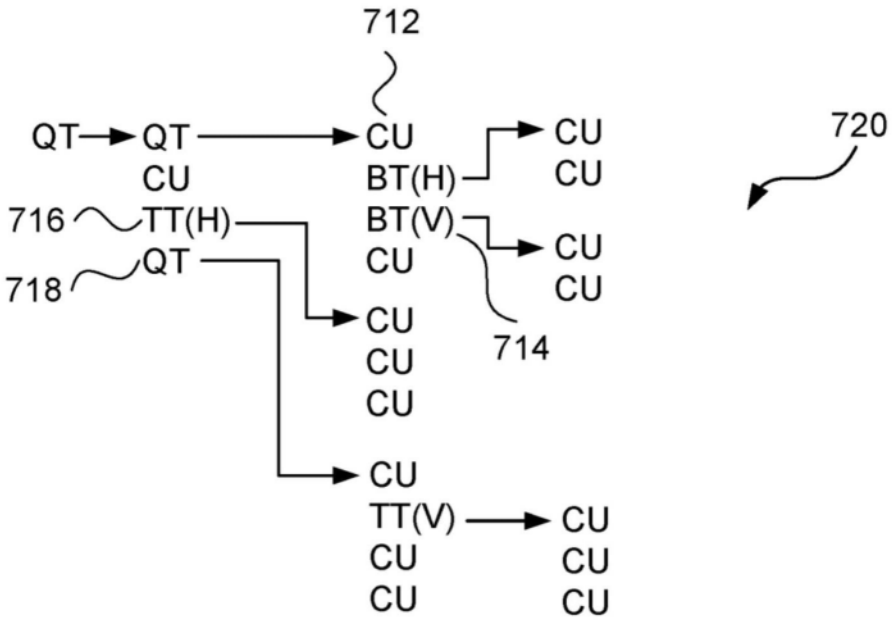

712
720
QT
QT
CU
CU
BT(H)
CU
CU
716
TT(H)
BT(V)
CU
CU
718
QT
CU
CU
CU
714
CU
TT(V)
CU
CU
CU
CU
CU
CU

图7B

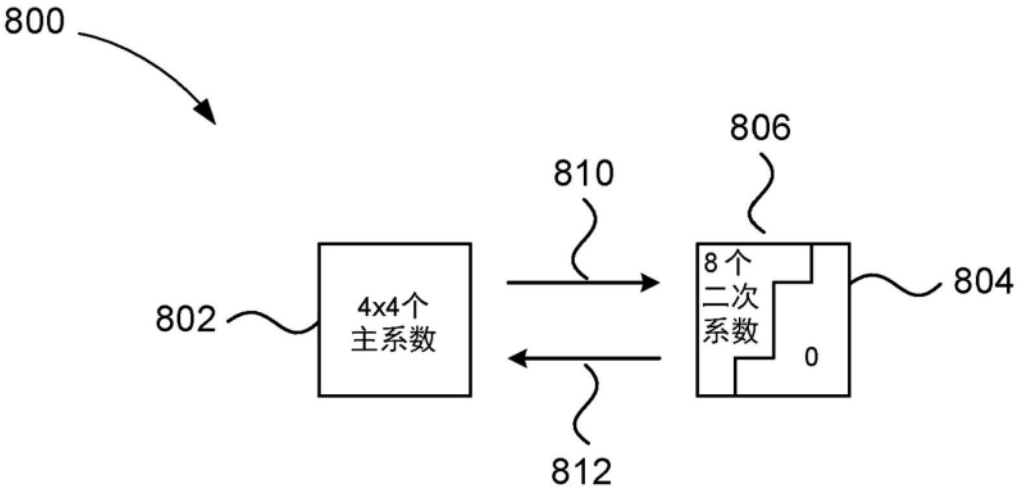

800
806
810
802
4x4个
主系数
8个
二次
系数
0
804
812

图8A

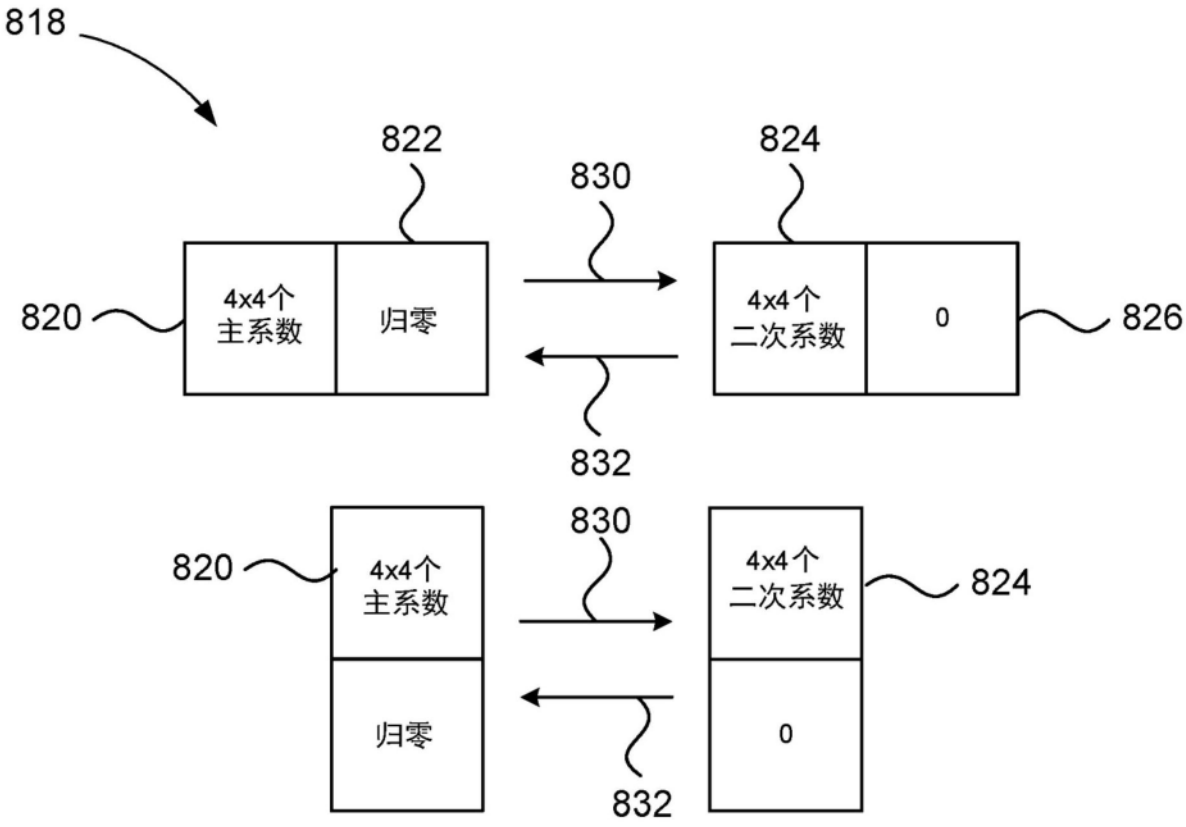

818
822
824
830
820
4x4个
主系数
归零
4x4个
二次系数
0
826
832
830
820
4x4个
主系数
归零
4x4个
二次系数
824
0
832

图8B

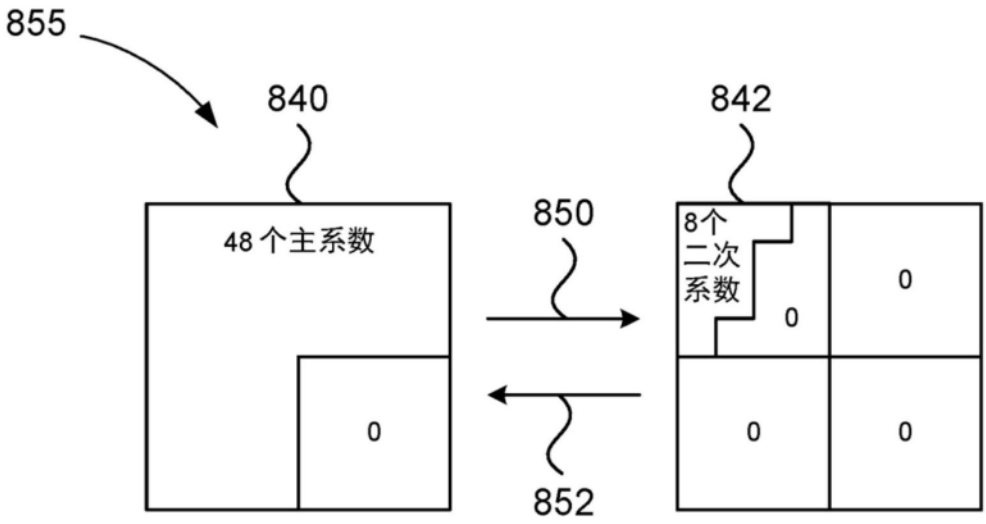

855
840
842
48 个主系数
850
8个
二次
系数
0
0
0
0
0
852

图8C

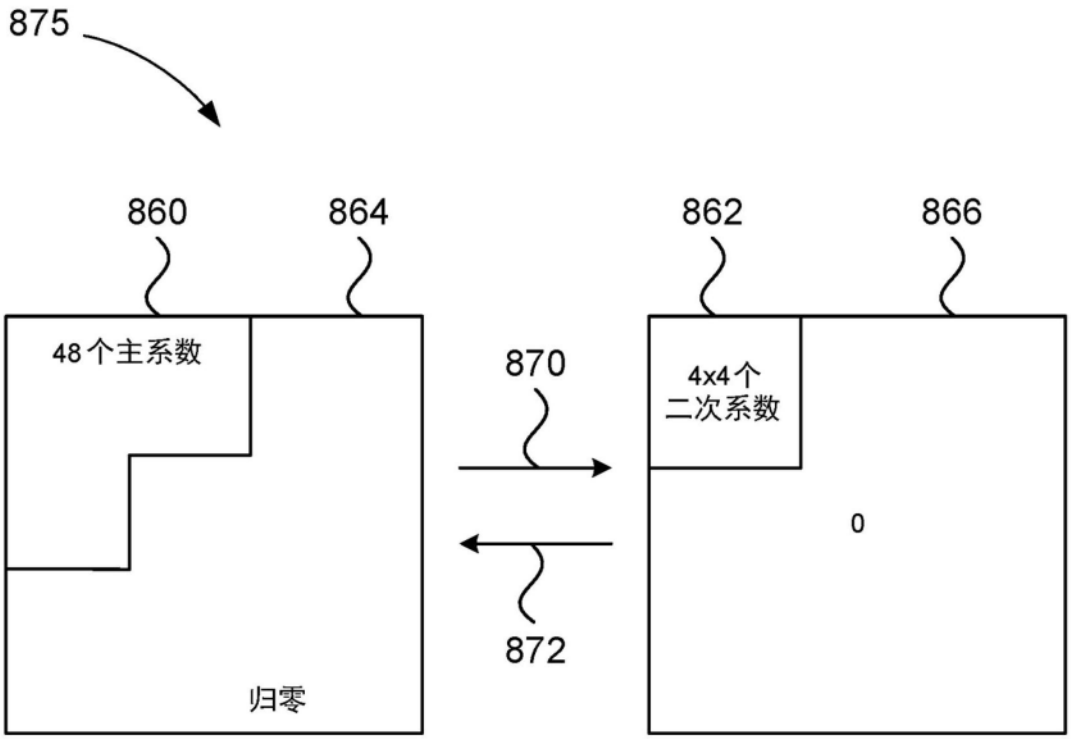

875
860
864
862
866
48 个主系数
870
4x4 个
二次系数
0
872
归零

图8D

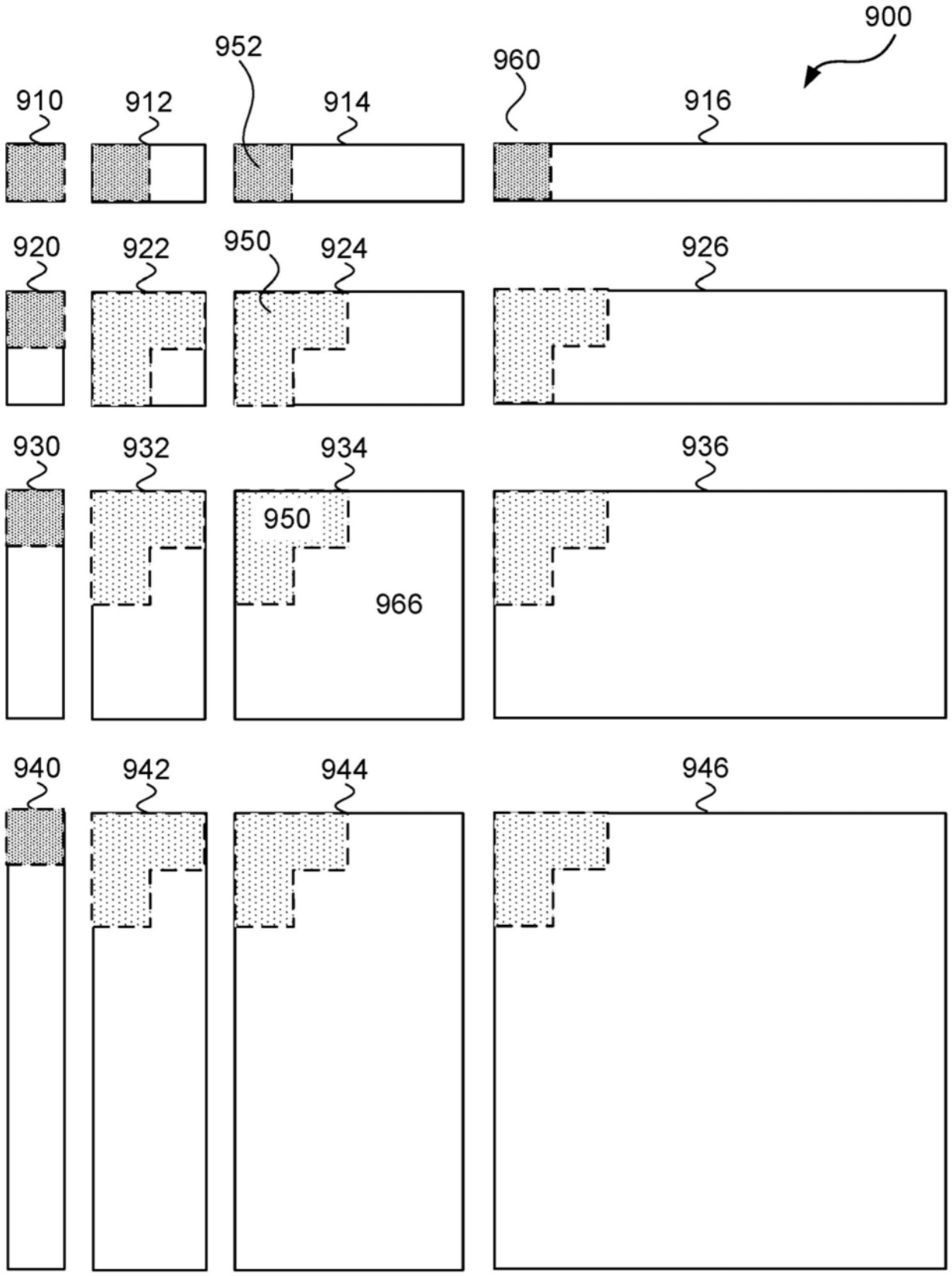

900
952
960
910
912
914
916
920
922
950
924
926
930
932
934
936
950
966
940
942
944
946

图9

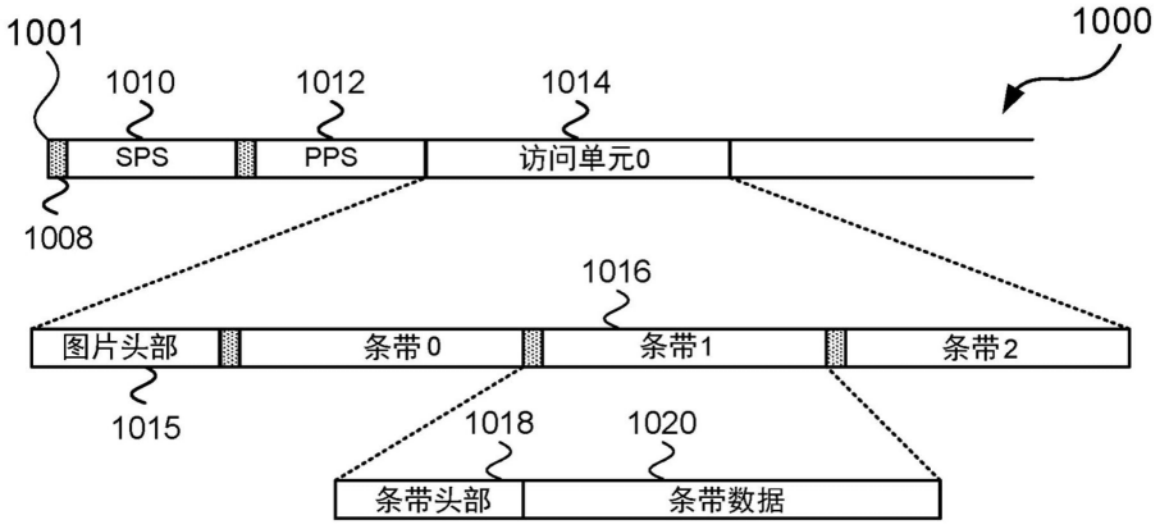

1001
1000
1010
1012
1014
SPS
PPS
访问单元0
1008
1016
图片头部
条带0
条带1
条带2
1015
1018
1020
条带头部
条带数据

图10

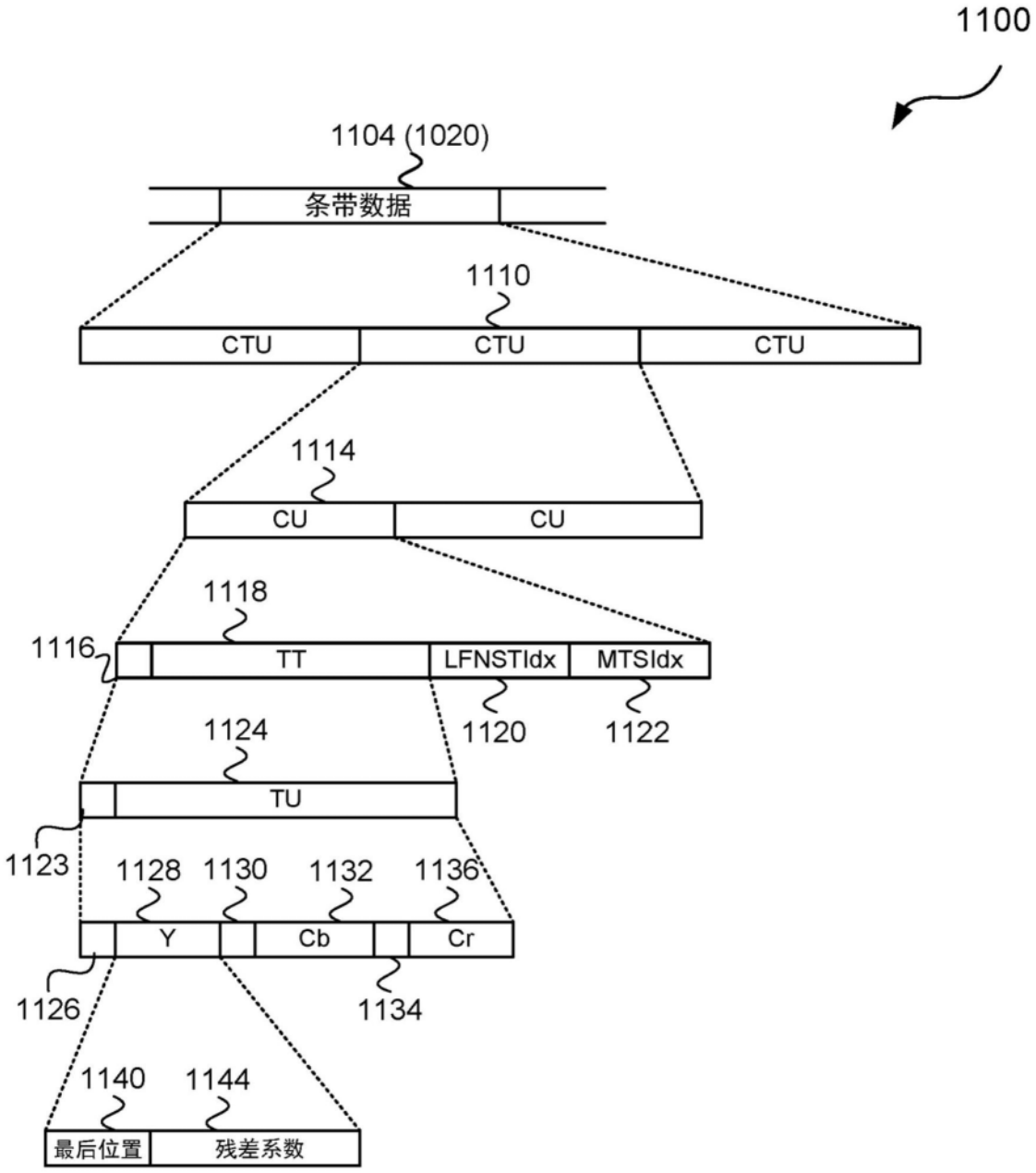

1100
1104 (1020)
条带数据
1110
CTU
CTU
CTU
1114
CU
CU
1118
1116
TT
LFNSTIdx
MTSIdx
1120
1122
1124
TU
1123
1128
1130
1132
1136
Y
Cb
Cr
1126
1134
1140
1144
最后位置
残差系数

图11

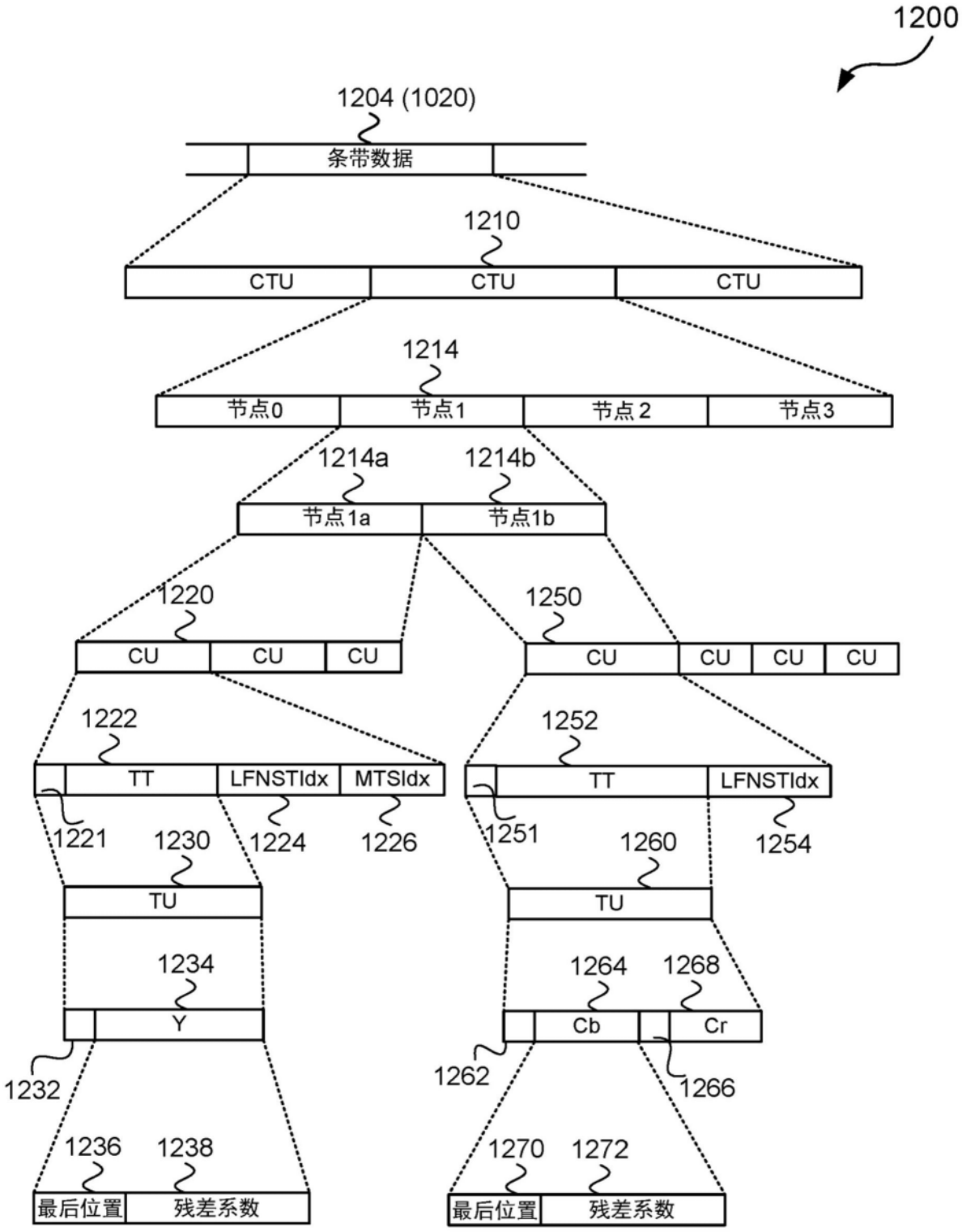

1200
1204 (1020)
条带数据
1210
CTU
CTU
CTU
1214
节点0
节点1
节点2
节点3
1214a
1214b
节点1a
节点1b
1220
CU
CU
CU
1250
CU
CU
CU
CU
1222
TT
LFNSTIdx
MTSIdx
1221
1224
1226
1252
TT
LFNSTIdx
1251
1254
1230
TU
1260
TU
1234
Y
1232
1264
1268
Cb
Cr
1262
1266
1236
1238
最后位置
残差系数
1270
1272
最后位置
残差系数

图12

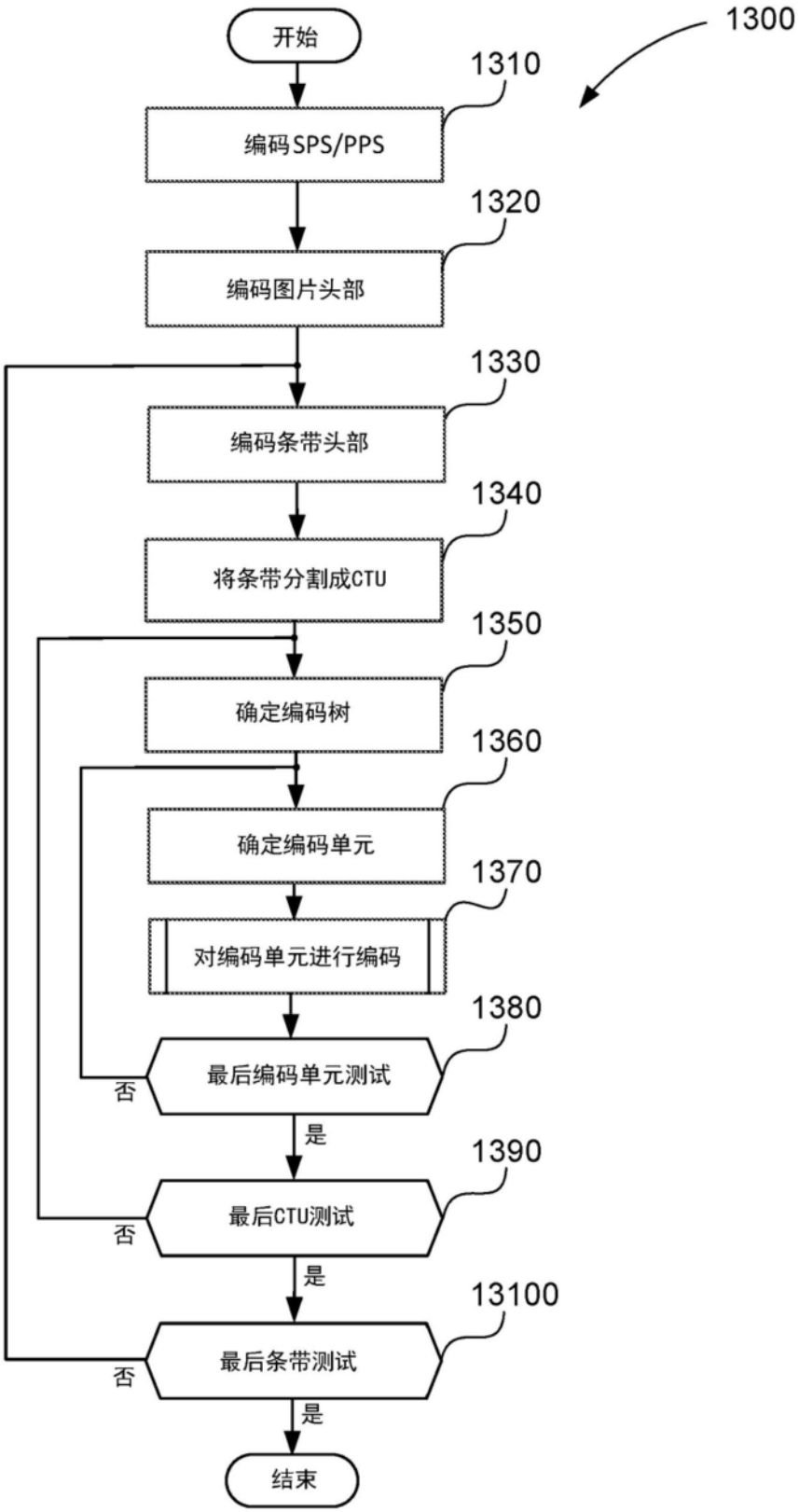

1300
开始
1310
编码SPS/PPS
1320
编码图片头部
1330
编码条带头部
1340
将条带分割成CTU
1350
确定编码树
1360
确定编码单元
1370
对编码单元进行编码
1380
最后编码单元测试
否
是
1390
最后CTU测试
否
是
13100
最后条带测试
否
是
结束

图13

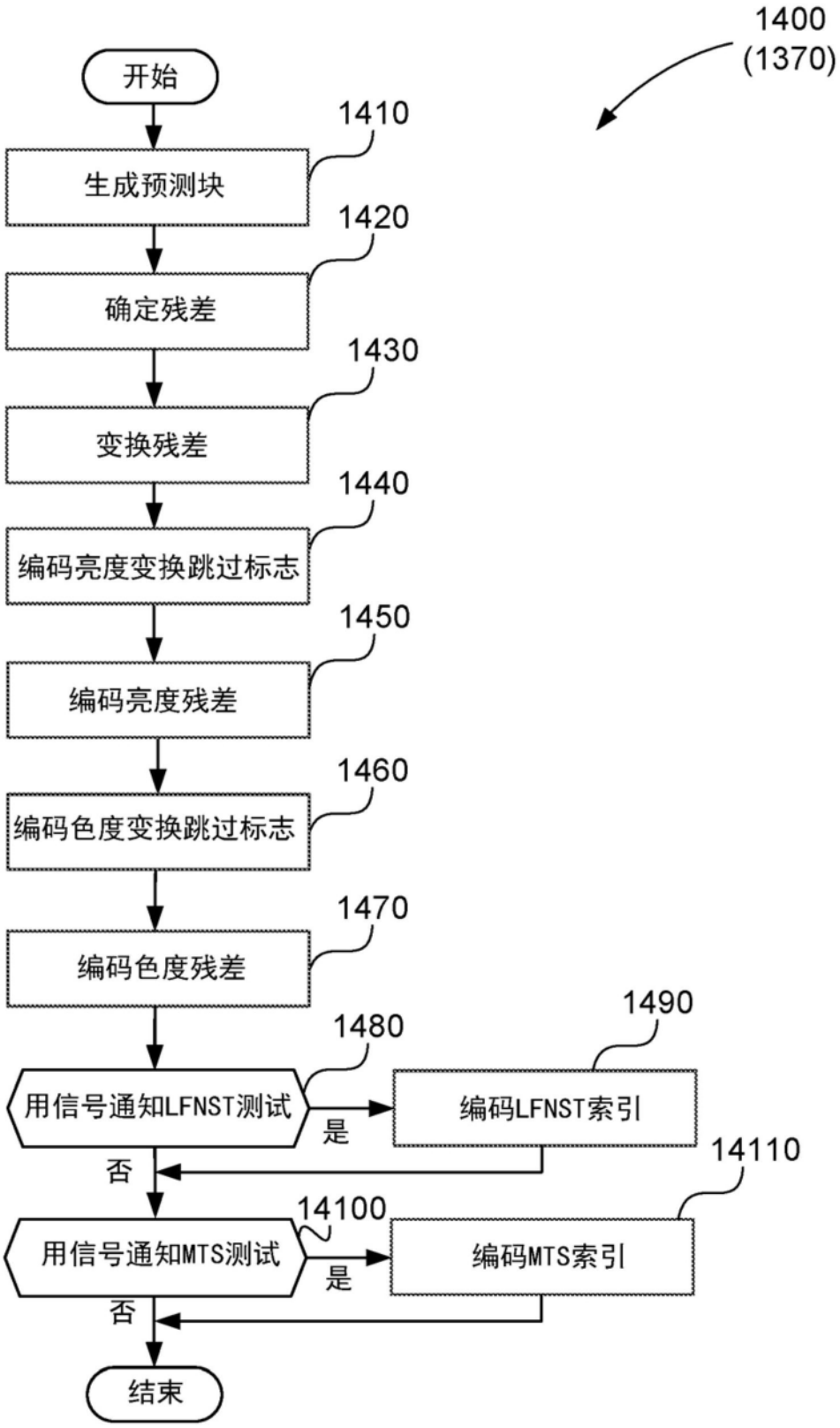

1400
(1370)
开始
1410
生成预测块
1420
确定残差
1430
变换残差
1440
编码亮度变换跳过标志
1450
编码亮度残差
1460
编码色度变换跳过标志
1470
编码色度残差
1480
用信号通知LFNST测试
是
1490
编码LFNST索引
否
14100
用信号通知MTS测试
是
14110
编码MTS索引
否
结束

图14

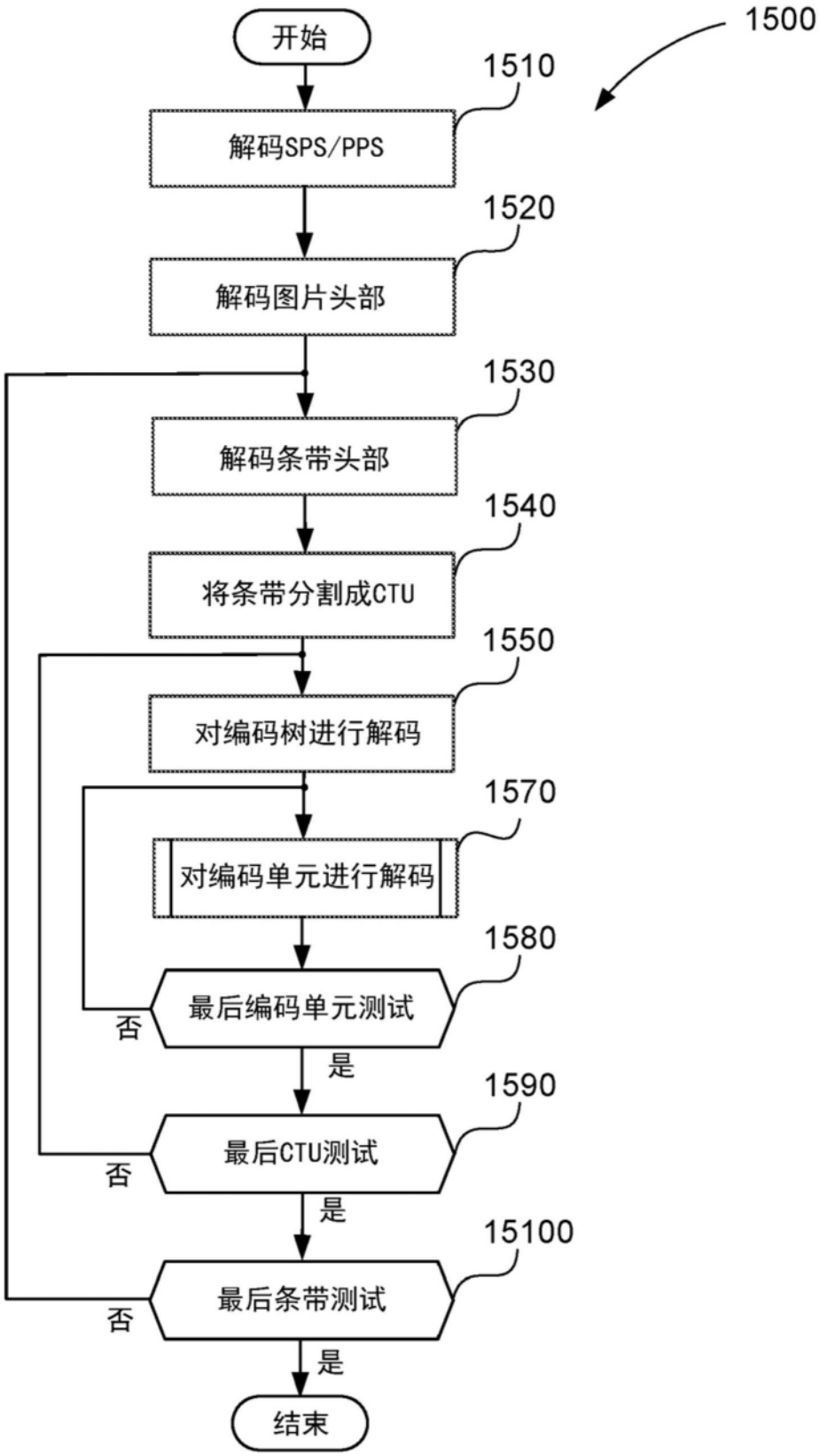

1500
开始
1510
解码SPS/PPS
1520
解码图片头部
1530
解码条带头部
1540
将条带分割成CTU
1550
对编码树进行解码
1570
对编码单元进行解码
1580
最后编码单元测试
否
是
1590
最后CTU测试
否
是
15100
最后条带测试
否
是
结束

图15

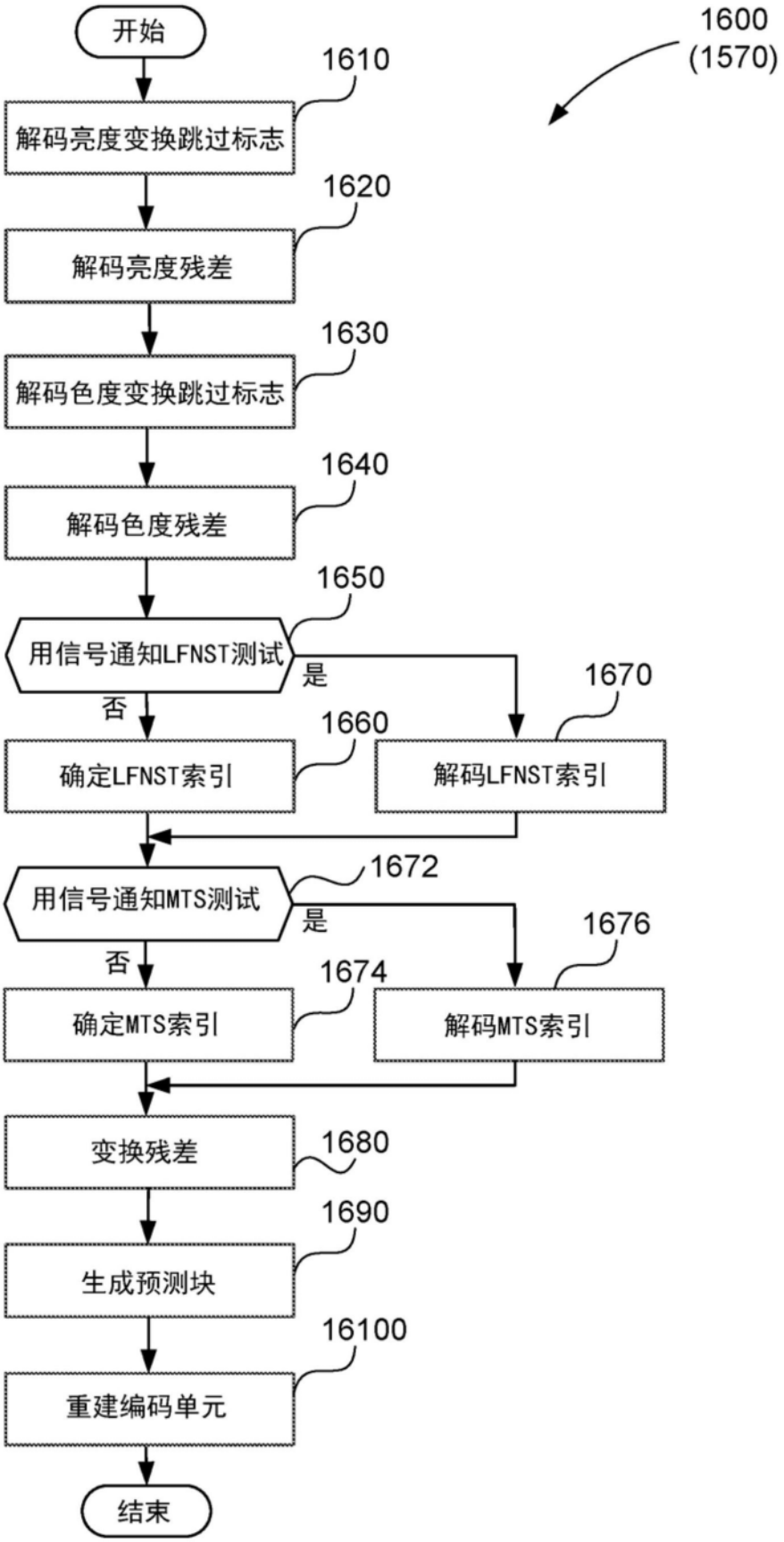

开始
1600
(1570)
1610
解码亮度变换跳过标志
1620
解码亮度残差
1630
解码色度变换跳过标志
1640
解码色度残差
1650
用信号通知LFNST测试
是
否
1670
解码LFNST索引
1660
确定LFNST索引
1672
用信号通知MTS测试
是
否
1676
解码MTS索引
1674
确定MTS索引
1680
变换残差
1690
生成预测块
16100
重建编码单元
结束

图16

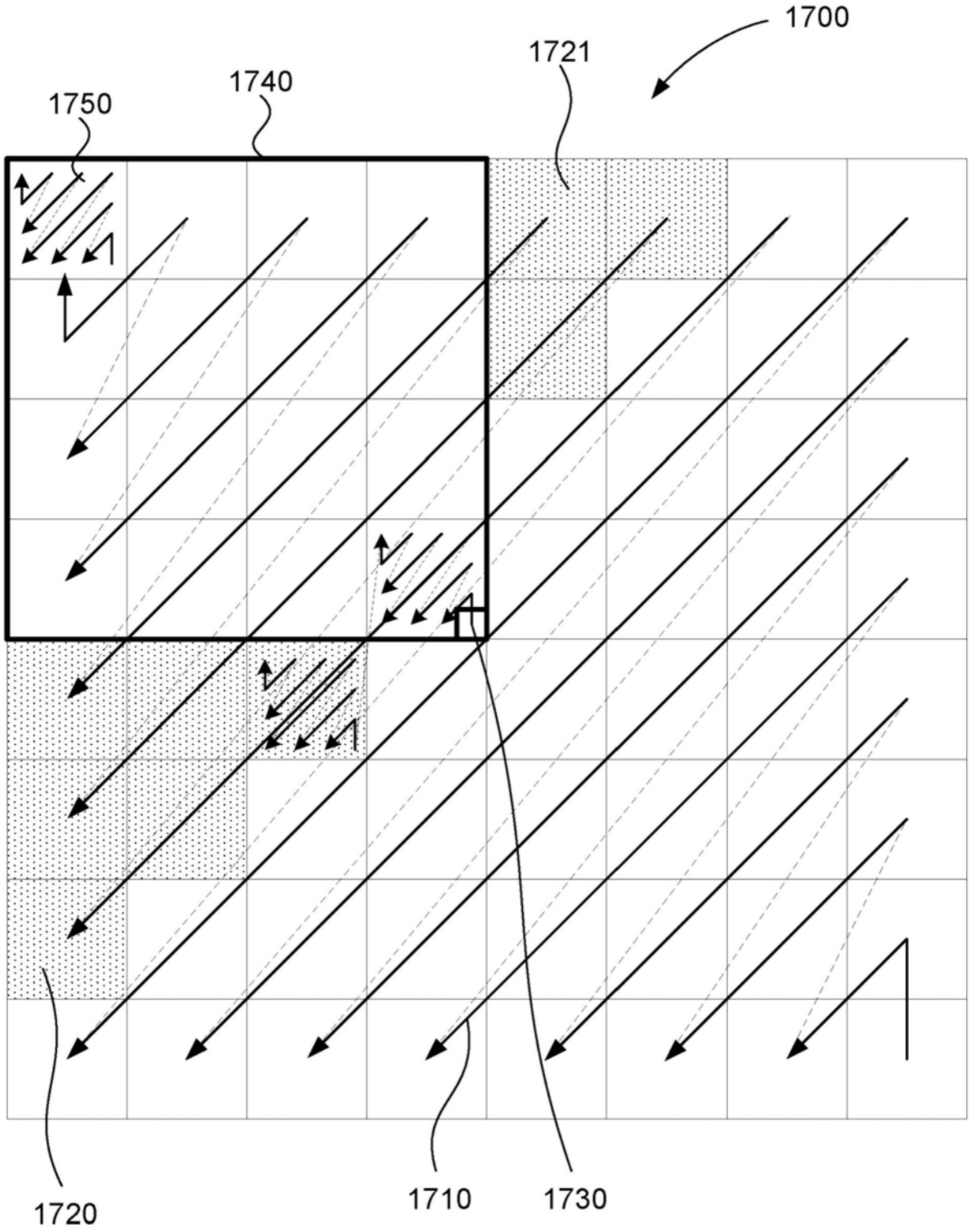


图17

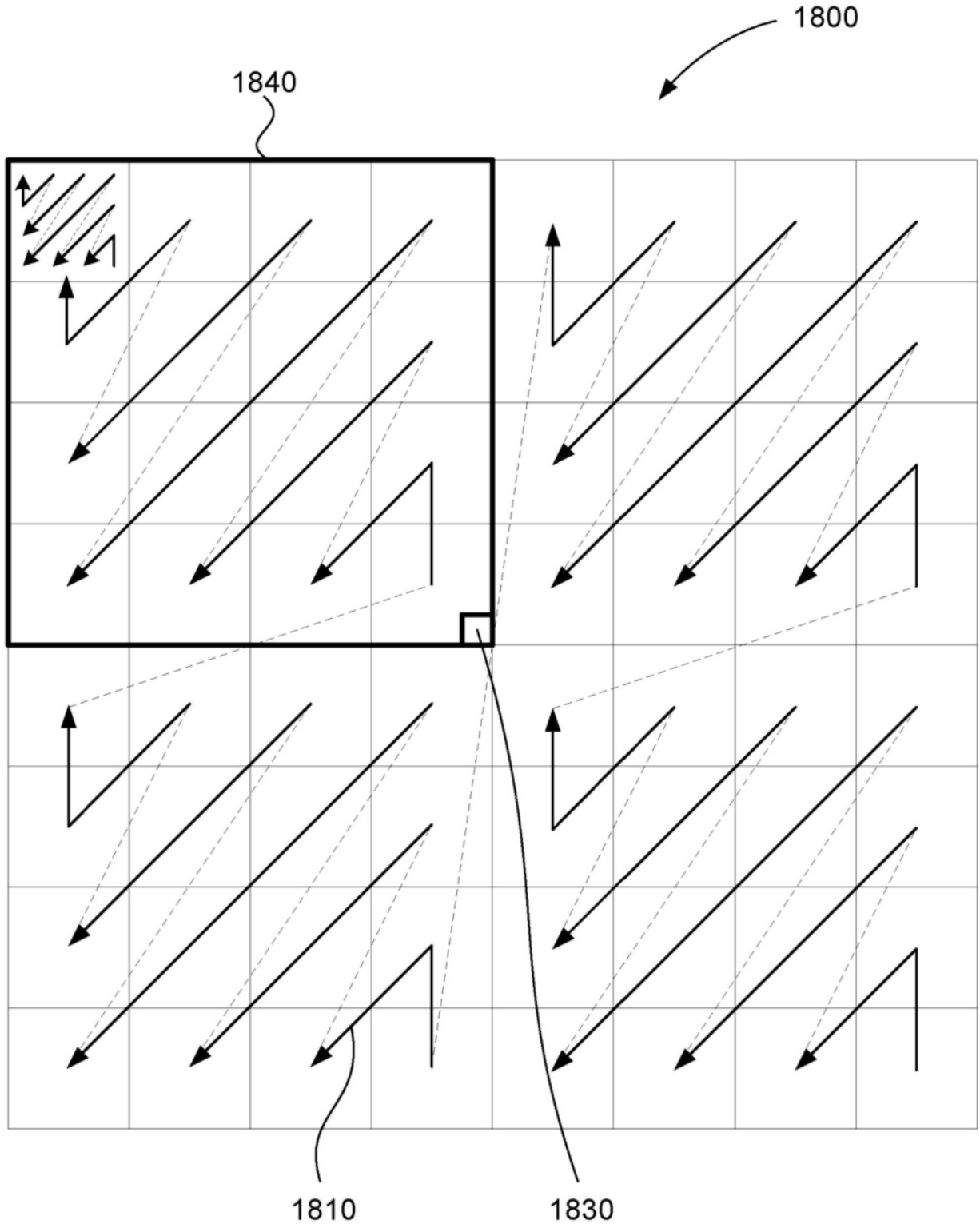


图18

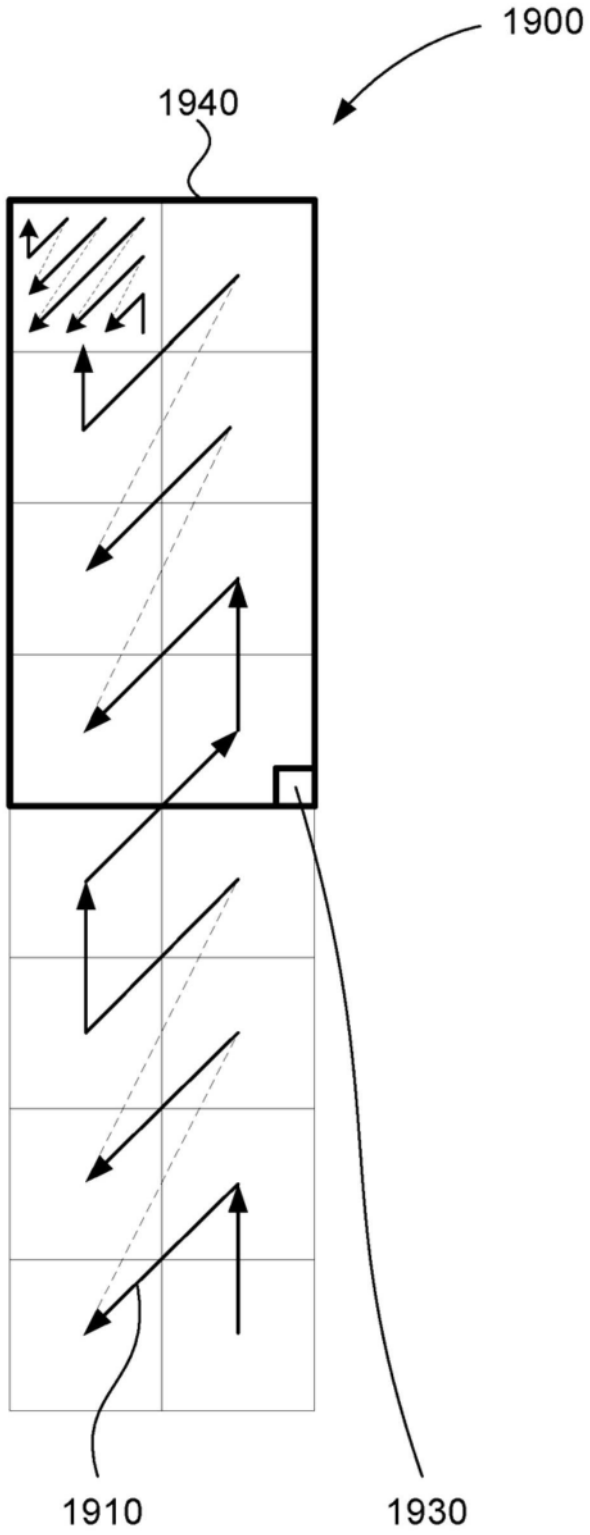


图19

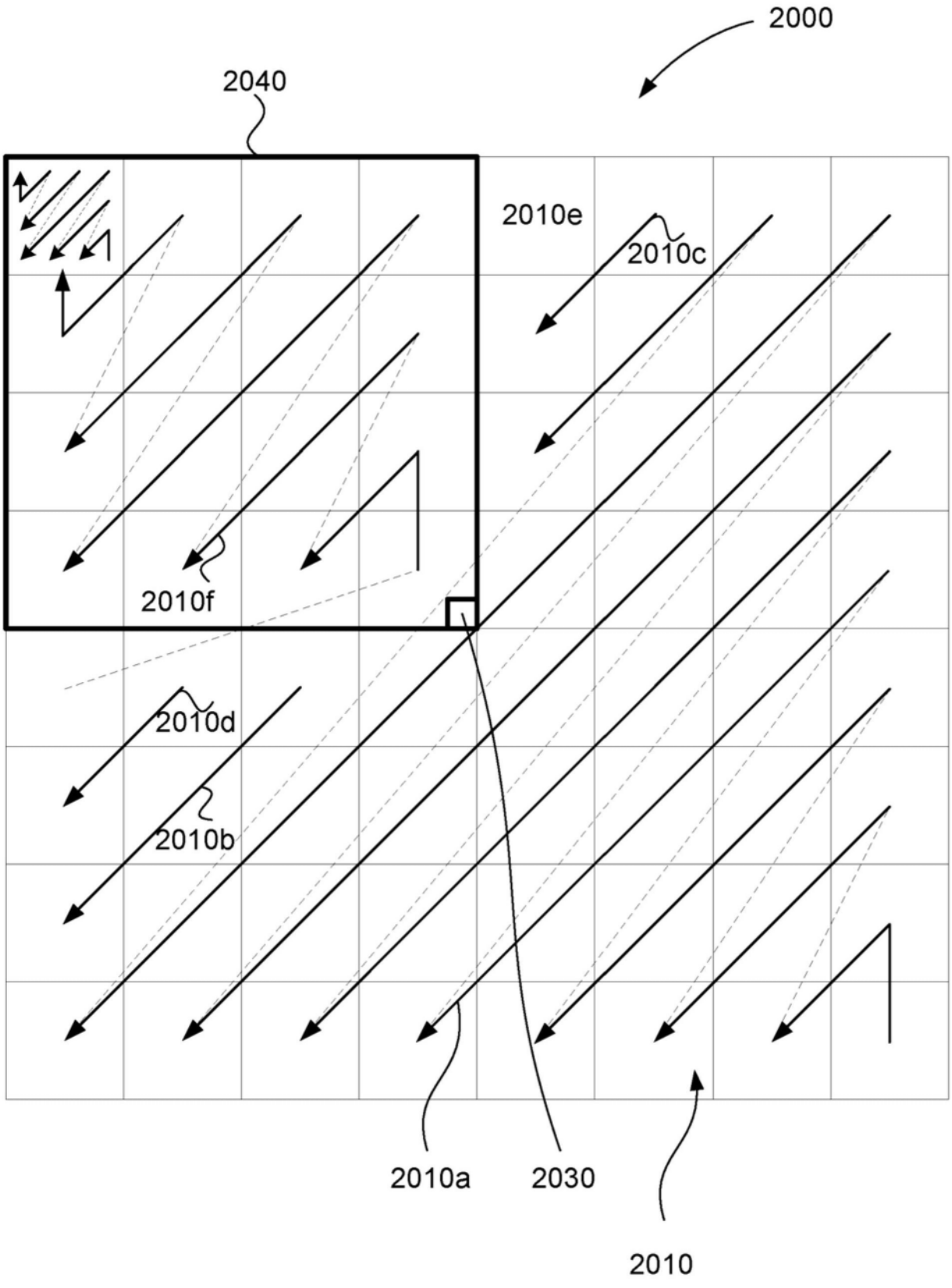


图20