



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113630598 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 09

(21) 申请号 202110495285.0

(22) 申请日 2021.05.07

(30) 优先权数据

2020901460 2020.05.07 AU

(71) 申请人 黑魔法设计私人有限公司

地址 澳大利亚维多利亚

(72) 发明人 C·比特纳 D·B·O·斯坦霍普

(74) 专利代理机构 北京信诺创成知识产权代理有限公司 11728

代理人 袁玫 刘金峰

(51) Int.Cl.

H04N 19/122 (2014.01)

H04N 19/129 (2014.01)

H04N 19/169 (2014.01)

H04N 19/176 (2014.01)

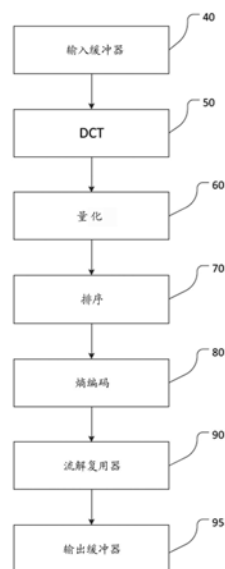
权利要求书2页 说明书17页 附图15页

(54) 发明名称

用于处理变换系数的方法

(57) 摘要

本发明涉及对一组变换系数进行处理的方法、软件产品、数码相机和其他图像处理系统。该方法包括针对表示图像的每个变换系数块：将块的系数排序成序列；对经排序的系数进行编码以产生码字序列，每个码字均包括一个或更多个编码系数；以及将码字序列划分为两个或更多个子序列。



1. 一种用于处理一组变换系数的方法,所述变换系数被排列成多个块,每个块表示图像的空间区域;并且所述方法包括:

针对每个块:

将所述块的系数排序成系数序列;

对经排序的系数序列进行编码以产生码字序列,每个码字均包括一个或更多个编码系数;以及

将所述码字序列划分为两个或更多个码字子序列。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,每个子序列中的系数的数量至少部分地由缩减比确定。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列包括:

基于第一缩减比定义第一变换系数子块;以及

将码字分配到第一码字子序列中,直到所述第一码字子序列包含通过解码所述第一码字子序列来重新创建所述第一变换系数子块所需的所有码字为止。

4. 根据权利要求3所述的方法,还包括:

基于第二缩减比定义第二变换系数子块;以及

将不在所述第一码字子序列中的码字分配给第二码字子序列,直到所述第二码字子序列和所述第一码字子序列的组合包含通过对码字组合进行解码来重新创建所述第二变换系数子块所需的所有码字为止。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列还包括:将与块相对应的其余码字分配给至少一个另外的码字子序列。

6. 根据权利要求1至4中的任一项所述的方法,其中,变换系数块包括 $M \times N$ 变换系数的阵列,其中, N 可以等于或不等于 M ,并且所述码字子序列中的至少一个码字子序列表示包括 $M/D \times N/D$ 变换系数的阵列的变换系数子块,其中, $1/D$ 是所述子块的缩减比。

7. 根据权利要求1至4中的任一项所述的方法,其中,将每个块的系数排序成所述系数序列是包括置换区域和之字形排序区域的修改的之字形排序。

8. 根据权利要求1至4中的任一项所述的方法,还包括将所述多个块的对应子序列布置成公共子序列。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括将多个公共子序列存储在图像文件中,以使得能够以与相应公共子序列相对应的至少一个预定缩减比生成缩减图像。

10. 一种用于对使用根据权利要求1至4中的任一项所述的方法产生的编码图像进行解码的方法,所述方法包括:

选择图像分辨率;

选择适合于以所选择的图像分辨率生成图像的一个或更多个码字子序列;以及

解码所选择的子序列。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,针对表示所述图像的空间区域的每个块,所述方法包括:

解码比所有子序列少的子序列,以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块。

12. 一种从编码图像数据生成缩小图像的方法, 所述编码图像数据表示已经使用根据权利要求1至4中的任一项所述的方法处理的一组变换系数; 所述方法包括:

选择图像分辨率;

针对表示所述图像的空间区域的每个块:

解码比所有码字子序列少的码字子序列, 以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块;

使用定尺寸生成与所选择的图像分辨率相对应的空间域图像数据的逆变换对所述变换系数子块执行逆变换; 以及

处理每个子块的所述空间域图像数据, 以生成所述所选择的图像分辨率的经缩小的图像。

13. 根据权利要求12所述的方法, 其中, 所述变换系数子块具有与所述所选择的图像分辨率相对应的多个系数。

14. 根据权利要求12所述的方法, 还包括在执行所述逆变换之前对所述变换系数子块进行重新排序, 其中, 经重新排序的变换系数子块是之字形图案。

15. 一种用于存储图像数据帧的方法, 所述方法包括:

将所述图像数据帧变换成一组变换系数;

执行根据权利要求1至4中的任一项所述的方法; 以及

存储所述码字子序列中的一个或多个码字子序列。

16. 根据权利要求12所述的方法, 其中, 所述一个或多个码字子序列以便于检索所述码字子序列中的所选择的码字子序列的方式存储。

17. 一种用于记录运动图像的方法, 所述方法包括:

在具有图像处理系统和数据存储介质的相机中捕获图像数据帧的序列;

针对多个图像数据帧, 所述图像处理系统执行根据权利要求15或权利要求16所述的方法。

18. 一种相机, 包括图像处理系统, 所述图像处理系统配置成执行根据权利要求1至4中的任一项所述的方法。

19. 一种配置成执行根据权利要求1至4中的任一项所述的方法的图像处理系统。

20. 一种计算机软件产品, 所述计算机软件产品包括指令, 所述指令在由处理器执行时使所述处理器执行根据权利要求1至4中的任一项所述的方法。

用于处理变换系数的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于处理变换系数的方法、系统和软件产品,该变换系数比如为通过将空间域图像数据变换到频域而产生的离散余弦变换(DCT)系数。更具体地,本发明涉及用于以促进特别是原始空间域图像数据的缩小版本的有效解码和存储的方式对变换系数进行编码的方法、系统和软件产品。还公开了用于解码图像数据并从中生成图像的方法和系统。

背景技术

[0002] 本说明书中对任何现有技术的引用不是承认或暗示该现有技术形成任何管辖区域中的公知常识的一部分,或者该现有技术可以合理地预期被本领域技术人员理解、认为是相关的和/或与其他现有技术组合。

[0003] 大多数专业和消费级数码相机利用单个图像传感器,该单个图像传感器通过用滤色器阵列(CFA)对入射光进行光学滤波来捕获彩色图像。CFA配置成在图像传感器的照片点中的每个照片点处捕获三种颜色(通常为红色、绿色和蓝色)中的一种颜色的光。由于每个照片点仅具有关于单一颜色的信息,因此需要内插(或“去马赛克”)的过程来向每个照片点提供两个“缺失”颜色通道。当与三色图像采集一起工作时,该过程通常将图像数据量增加三倍。附加地,在图像可以以可视形式呈现在显示器上之前,通常需要进行进一步的处理(包括白平衡、颜色变换、降噪和色调映射)。

[0004] 这样的处理流程可以在压缩经处理的数据以用于存储和/或稍后回放之前直接在相机的硬件上执行。已经开发了各种压缩技术,所述各种压缩技术包括MPEG标准和H.26X标准以及由申请人开发的“Blackmagic RAW”格式。这些技术基于将输入图像划分为固定尺寸的空间域图像数据块(例如, $N \times N$ 个像素块、 $M \times N$ 个像素块),并且将每个块的图像数据变换为变换系数块。一种常见的方法涉及使用离散余弦变换(DCT)来生成具有与对应的空间域块相同数量的系数的对应的频域数据块(例如, $N \times N$ 系数的或 $M \times N$ DCT系数的块)。在DCT变换之后,对每个频域块的数据进行量化和熵编码,从而产生表示空间频率的压缩块的一系列码字。所有块的码字被连接成表示整个图像的码字序列,其可以被存储或发送以用于后续解码。

[0005] 专业相机通常还允许图像数据以其“原始”形式存储(即,来自图像传感器的尚未被去马赛克的数据)。这允许某些处理决策(比如待使用的特定去马赛克算法)被推迟,例如推迟到后期制作的时间。但是即使在这种情况下,也可以执行相同的编码过程。

[0006] 后期制作工作流的一些方面(诸如编辑和颜色分级)并不总是要求图像以由图像传感器捕获的全分辨率显示。然而,由于图像总是以编码形式存储(主要是为了压缩图像数据),因此即使当仅需要较低分辨率图像时,仍然需要在图像可以被打开和缩小以便以较低分辨率观看之前执行全分辨率解码。随着现代数码相机的高分辨率图像捕获能力,这个问题变得更加明显。

[0007] 一种缩减(即,生成较低分辨率图像)的方法涉及将变换系数块的维度减小到低于

编码期间使用的块尺寸。该块尺寸减小被应用于已经通常在解码阶段期间经历了至少某种形式的解压缩的数据。为了进一步将数据解码成可显示的形式,对减小尺寸的块执行逆变换(例如,IDCT),以生成相应减小尺寸的空间数据块。这在图1中示出,图1分别示出了在应用对应的逆DCT变换之后频域块的尺寸与从它们获得的空间数据块之间的对应关系。图1示出了:

- [0008] • 从 $N \times N$ 频域块(3)生成全尺度 $N \times N$ 空间块(2);
 - [0009] • 从对应的半尺度 $N/2 \times N/2$ 频域块(5)生成半尺度($N/2 \times N/2$)空间域块(4);以及
 - [0010] • 从对应的 $N/4 \times N/4$ 频域块(7)生成四分之一尺度($N/4 \times N/4$)空间域块(6)。
- [0011] 在每种情况下,相对于全尺度DCT块(3)示出按比例缩小的DCT块(5,7),以示出它们的相对尺度。
- [0012] 美国专利申请No.20040114812以矩阵变换的形式描述了另一种缩减方法,该矩阵变换从逆DCT输出的一组变换系数直接生成缩减图像的像素数据。
- [0013] 本发明旨在采取一种替代方法来处理变换系数,包括用于存储原始图像数据的缩小版本和/或在DCT变换之前产生原始图像数据的缩小版本的目的。

发明内容

- [0014] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于处理一组变换系数的方法,该方法包括:
- [0015] 将变换系数划分为多个块;以及
- [0016] 针对每个块:
- [0017] 将块的系数排序成序列;
- [0018] 对经排序的系数序列进行编码以产生码字序列,每个码字均包括一个或更多个编码系数;以及
- [0019] 将码字序列划分为两个或更多个子序列。
- [0020] 可以通过从图像的对应的不同空间区域,即,在被编码的图像中定义的空间块或图块,生成所划分的变换系数块来将变换系数划分为多个块。通过使用将码字序列(码字序列中的每个码字序列均包括一个或更多个编码变换系数)划分为码字的单独子序列(或“子流”)的方法,本发明(至少在优选实施方式中)允许从仍然处于编码形式的变换系数有效地生成较低分辨率的图像。与上述现有技术不同,本发明并不总是需要对整个图像进行解码以产生较低分辨率的图像。
- [0021] 此外,通过使用将码字序列划分为单独的子序列的方法,原始图像数据仍然可以在单遍中被编码。在一种形式中,可以使用单个熵编码器来实现本发明,而不增加任何附加的计算复杂度。本发明还保持与将系数编码为单个块相关联的压缩效率,而不是编码单独的子块组。
- [0022] 优选地,每个子序列中的码字的数量以及每个码字中包含的编码系数的数量至少部分地由缩减比确定。换句话说,以特定缩减比产生较低分辨率图像所需的系数被分配给单独的子序列或多个子序列。例如,对于1/2缩减比,可以将系数的约25%分配给第一子序列,并且将系数的其余75%分配给将不需要被熵解码的第二子序列。因此,以1/2或更小(即,1/4、1/8等)的缩减比生成图像的缩减过程不需要解码第二子序列。
- [0023] 在一些实施方式中,块的系数序列的排序是包括置换区域和之字形排序区域的修

改的之字形排序。修改的之字形排序(之字形是熵编码中使用的标准排序)的使用基本上以更有效的方式对系数进行分组。这些系数按照之字形图案的顺序被顺序编码,并且修改的之字形图案有利地将变换系数排列成序列,使得定义对应于所选择的缩减比的(变换系数的)子块的系数被一起编码。这具有以下优点:在解码期间,生成缩小图像不需要的系数不太可能被解码。反过来,这减少或消除了在执行不必要的解码操作(比如熵解码和逆DCT操作)中花费的性能瓶颈。

[0024] 根据一些实施方式,每个块的维度为 $N \times N$,并且之字形排序区域包括每个块的对角线上和下方的系数。

[0025] 根据本发明的第二方面,提供了一种用于对使用本发明的第一方面的实施方式产生的编码图像文件进行解码的方法。该方法包括:

[0026] 选择图像分辨率;

[0027] 选择适合于以所选择的图像分辨率生成图像的一个或更多个子序列;以及

[0028] 解码所选择的子序列。

[0029] 根据本发明的第三方面,提供了一种计算机软件产品,该计算机软件产品包括指令,该指令在由处理器执行时使处理器通过执行本发明的第一方面的实施方式来处理一组变换系数。

[0030] 根据本发明的第四方面,提供了一种用于存储图像数据帧的方法,该方法包括:

[0031] 将图像数据帧变换成一组变换系数;使用本发明的第一方面的实施方式来处理该变换系数;以及存储子序列中的所选择的子序列。

[0032] 可以存储所有子序列(或少于所有子序列)。

[0033] 优选地,基于缩减比来选择被选择用于存储的子序列。换句话说,选择仅包含在解码时产生期望比例的缩小图像的系数的子序列进行存储。编码期间生成的其他子序列可以被丢弃。

[0034] 本发明还提供了一种计算机软件,该计算机软件包括指令,该指令在由处理器执行时使处理器执行根据本发明的该方面的方法。

[0035] 在本发明的第五方面,提供了一种用于处理一组变换系数的方法,变换系数布置成多个块,每个块代表图像的空间区域,并且该方法包括:

[0036] 针对每个块:

[0037] 将块的系数排序成系数序列;

[0038] 对经排序的系数序列进行编码以产生码字序列,每个码字均包括一个或更多个编码系数;以及

[0039] 将码字序列划分为两个或更多个码字子序列。

[0040] 每个子序列中的系数的数量可以至少部分地由缩减比来确定。

[0041] 将码字序列划分为两个或更多个码字子序列可以包括:基于第一缩减比来定义第一变换系数子块;以及将码字分配到第一码字子序列中,直到第一码字子序列包含通过解码第一码字子序列来重新创建第一变换系数子块所需的所有码字为止。

[0042] 将码字序列划分为两个或更多个码字子序列还可以包括:基于第二缩减比定义第二变换系数子块;以及将不在第一码字子序列中的码字分配给第二码字子序列,直到第二码字子序列和第一码字子序列的组合包含通过对码字组合进行解码来重新创建第二变换

系数子块所需的所有码字为止。

[0043] 该方法还可以包括基于对应的缩减比来定义第一变换系数子块,以及将码字序列划分为形成第一码字子序列,其中,该第一码字子序列包含用以解码第一变换系数子块所需的那些码字。该方法可以进一步包括基于对应缩减比来定义第二变换系数子块,以及将码字序列划分为形成第二码字子序列,其中,第二码字子序列包含这样的码字,即:其为在这样的码字与包含在第一码字子序列内的码字组合时对于解码第二变换系数子块是必需的码字。该方法还可以包括基于对应的缩减比来定义第三变换系数子块;以及将码字序列划分为形成第三码字子序列,其中,第三码字子序列包含这样的码字,即:其为在这样的码字与包含在第一码字子序列和第二码字子序列内的码字组合时对于解码第三变换系数子块是必需的码字。在这些实施方式中的任何一个实施方式中,该方法可以包括将码字序列划分为形成第三码字子序列,其中,第三码字子序列包含这样的码字,即:其为在这样的码字与包含在第一码字子序列和第二码字子序列内的码字组合时对于解码第三变换系数子块是必需的码字。在任何前述实施方案中,将码字序列划分为两个或更多个码字子序列还可以包括将与块相对应的其余码字分配给至少一个另外的码字子序列。

[0044] 在本发明的第五方面的所有上述实施方式中,变换系数块可以包括 $M \times N$ 变换系数的阵列,其中, N 可以等于或不等于 M ,并且码字子序列中的至少一个码字子序列表示包括 $M/D \times N/D$ 变换系数的阵列的变换系数子块,其中, $1/D$ 是子块的缩减比。

[0045] 在一些实施方式中,将码字的序列划分为两个或更多个码字的子序列包括:

[0046] 创建包括足够的码字的码字子序列,以重新生成包括 $M/D \times N/D$ 变换系数的变换系数子块,其中, $1/D$ 是子块的缩减比。

[0047] 将每个块的系数排序成所述系数序列是包括置换区域和之字形排序区域的修改的之字形排序。在这种情况下,如果每个块的维度为 $N \times N$,则之字形排序区域优选地包括每个块的对角线上和下方的系数。

[0048] 以上实施方式中的任一个实施方式的方法还可以包括:将多个块的对应子序列布置成公共子序列。在这种情况下,该方法可以包括存储包含所述公共子序列中的一个或更多个公共子序列的图像文件。该方法还可以包括将多个公共子序列存储在图像文件中,以使得能够以与相应公共子序列相对应的至少一个预定缩减比生成缩减图像。

[0049] 在本发明的第六方面,提供了一种用于对使用根据本发明的第五方面的实施方式的方法产生的编码图像进行解码的方法。该方法可以包括:

[0050] 选择图像分辨率;

[0051] 选择适合于以所选择的图像分辨率生成图像的一个或更多个码字子序列;以及

[0052] 解码所选择的子序列。

[0053] 针对表示图像的空间区域的每个块,该方法包括:解码比所有子序列少的子序列,以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块。

[0054] 在本发明的另一方面,提供了一种用于从编码图像数据生成缩减图像的方法,所述编码图像数据已经通过根据本发明的第一方面或第五方面的实施方式的方法生成。该方法可以包括:

[0055] 选择图像分辨率;

[0056] 针对表示图像的空间区域的每个块:

- [0057] 解码比所有码字子序列少的码字子序列,以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块;
- [0058] 使用定尺寸成生成与所选择的图像分辨率相对应的空间域图像数据的逆变换对变换系数子块执行逆变换;以及
- [0059] 处理每个子块的空间域图像数据,以生成所选择的图像分辨率的经缩小的图像。
- [0060] 变换系数的子块可以具有与所选择的图像分辨率相对应的多个系数。
- [0061] 在上述实施方式中,该方法可以包括在执行逆变换之前对变换系数子块进行重新排序,其中,经重新排序的变换系数子块是之字形图案。
- [0062] 本发明的另一方面涉及一种计算机软件产品,该计算机软件产品包括指令,该指令在由处理器执行时使处理器执行本文所公开的方法的实施方式。
- [0063] 本发明的另一方面涉及一种用于存储图像数据帧的方法,该方法包括:
- [0064] 将图像数据帧变换成一组变换系数;
- [0065] 执行根据上述第一方面或第五方面中的任一方面的实施方式的编码方法;以及
- [0066] 存储码字子序列中的一个或多个码字子序列。
- [0067] 一个或多个码字子序列优选地以便于检索所述码字子序列中的所选择的码字子序列的方式存储。但是应当指出的是,在一些实施方式中可以存储所有子序列以使得能够执行全分辨率解码。
- [0068] 除了上下文以其他方式要求的情况,本文中使用的术语“包括(comprise)”和该术语的变型比如“包括(compring)”“包括(comprises)”“包括(comprised)”并非意在排除另外的附件、部件、整体或步骤。
- [0069] 本发明的其他方面和前述段落中描述的方面的其他实施方式将从通过示例的方式并参照附图给出的以下描述中变得明显。

附图说明

- [0070] 图1是示出了频域(DCT域)中的图像缩减的现有技术方法的框图;
- [0071] 图2是数码相机的示意图;
- [0072] 图3是根据本公开的实施方式的方法的编码阶段的流程图;
- [0073] 图4A和图4B示出了能够在本公开的实施方式中使用的用于 8×8 DCT系数矩阵和 12×12 DCT系数矩阵的示例性修改的之字形图案;
- [0074] 图4C和图4D示出了用于 8×8 DCT系数矩阵和 12×12 DCT系数矩阵的示例性常规之字形图案,并且示出了它们可以如何在本公开的实施方式中使用;
- [0075] 图5是示出了各种子序列产生方法的框图;
- [0076] 图6A和图6B是使用在此描述的方法分别对单个空间块和一系列空间块进行编码的过程的示意图;
- [0077] 图7是根据本发明的实施方式的方法的解码阶段的流程图;
- [0078] 图8A、图8B和图8C分别是使用在此描述的方法对图像数据进行解码以生成全分辨率图像、低分辨率图像、以及中等分辨率图像的过程的示意图;以及
- [0079] 图9是根据本发明的实施方式排序的两个变换系数块的图示。

具体实施方式

[0080] 现在将参照具体示例对本发明的各实施方式进行描述,但是本发明的范围不应当被认 为限于这些示例。

[0081] 图2是能够实现根据本公开的方法的相机10的示意性表示。然而,本领域技术人员将 认识到,根据本公开的方法(包括编码操作和解码操作)可以在通用计算硬件和专用计算 硬件上运行的软件中实现。例如,根据本公开的方法可以容易地集成到视频和图像编辑 软 件中。

[0082] 相机10包括图像捕获系统12,图像捕获系统12配置成将接收到的光转换成图像数 据。在该示例中,图像捕获系统12包括图像传感器12A(例如,CCD图像感测芯片或CMOS 图像感测芯片或类似物)和相关联的光学滤波器12B(例如,IR截止滤波器或光学低通滤 波器)。还提供光学系统14例如透镜以在图像传感器上形成图像。图像传感器通常(如果 图像传感器不是单色相机)包括滤色器的空间阵列形式的滤色器阵列(CFA),其安置在图 像传感器芯片的前面以使得能够捕获彩色图像。CFA的滤波器与单个图像传感器的照片点 在空间上相关,使得每个照片点具有对应的光谱选择性滤波器。在该示例中,所使用的CFA 是具有交替的红色滤色器、绿色滤色器和蓝色滤色器的拜耳CFA,但是本发明的技术不限 于与任何特定的光学系统或CFA一起使用,并且也可以与单色成像系统一起使用。

[0083] 由图像捕获系统12生成的图像数据包括与在图像传感器12A的每个照片点处接收 的光水平相对应的像素值阵列。图像数据被传递至图像处理子系统18。图像处理子系统18 可以包括一个或更多个数据处理器比如ASIC或FPGA或具有相关联软件的微处理器,并 且 图像处理子系统18配置成执行一系列图像处理任务。设置工作存储器20以使得能够在 图 像处理和其他任务期间临时存储数据或软件等。

[0084] 图像处理子系统18还包括视频编码系统22。视频编码系统22通常将通过提供配置 成 使得处理器(或FPGA或ASIC)能够实现一个或更多个视频编解码器的软件来实现。该系 统可以用于通过根据本公开的方法将图像数据编码并压缩成期望的格式。

[0085] 图像处理子系统18还可以包括格式转换系统24,该格式转换系统24将图像数据处 理 成能够更好地在视频传输系统26上传输或者更便于下游处理的格式(比如Y' CbCr)。设 置 格式转换系统24以将图像格式化为所述视频传输格式中的一种视频传输格式进而使得 能 够在被传递至视频传输系统26之前进行传输。这可以包括将图像数据从其原始格式转 码为 视频传输系统26的适当视频传输格式(适当视频传输格式中的一种视频传输格式)。

[0086] 视频传输系统可操作成经由具有至少一个视频输出端口的视频接口传输(并且可 选地 接收)视频输出数据(比如输出数据至外部视频记录器或记录器/监测器)。视频接口 可以 是双向的,并且因此还包括视频输入端口。作为示例,视频接口可以是SDI接口或其他 类 似接口。

[0087] 相机还包括存储器控制子系统28形式的数据存储系统,其配置成控制视频数据 (及任 何其他数据)在本地非易失性存储器30上的持久存储。本地存储器30可以使用可移 除存 储器比如存储卡或可移除硬盘驱动器。然而,在一般情况下,存储器控制子系统28布 置成 向本地存储器30发送控制信号和/或从本地存储器30接收控制信号,以控制存储器30 上 的视频数据的存储和检索并且还执行用于存储的数据的任何处理或格式化。存储器30 可以 是根据串行ATA协议操作的固态驱动器,在这种情况下,存储器控制子系统将操作成

控制 SATA驱动器的操作并管理通向SATA驱动器的数据的读取和写入。

[0088] 应当指出的是,本发明的包括涉及图像数据的编码和解码的方面的各实施方式可以在 各种各样的装置上执行,所述各种各样的装置比如为:

[0089] 运行对图像或视频进行处理或显示的软件的计算系统(例如,膝上型计算机、台式计算机、服务器或云计算平台),该软件包括但不限于:图像/视频回放;图像/视频编辑比如 非线性编辑系统;图像/视频颜色校正;计算机游戏;计算机游戏制作;AR系统和VR系统;以及

[0090] 视频处理硬件,该视频处理硬件比如为视频代码转换器;相机;视频存储装置;相机; 视频切换器等。

[0091] 根据本公开的实施例的处理图像数据的方法由图3的流程图示出。该方法开始于步 骤40,其中将空间域图像数据接收到诸如视频编码系统22的图像缓冲器中。图像数据将 包括表示图像帧的一系列像素值。每个像素值将用给定比特深度来表示。像素值的比特深 度将确定接收到的光级将在图像传感器的动态范围内表示的精度。

[0092] 空间域图像数据可以以各种各样的格式布置。例如,空间域图像数据可以:

[0093] 布置在比特流中,例如以从图像传感器读出比特流的顺序来阐述;

[0094] 分离成颜色平面,在该颜色平面中,对应于具有相同CFA滤波器颜色的像素(即,相 同颜色的像素)的像素值被分组在一起;

[0095] 去马赛克并布置成全分辨率彩色平面图像;并且

[0096] 处理成一个或更多个亮度和色度图像,所述一个或更多个亮度和色度图像可以符 合或 可以不符合颜色空间定义比如YCbCr颜色空间族的成员。

[0097] 在本示例中,到达输入缓冲器40的图像数据是申请人公开的美国专利申请No. 2018/0367775中描述的Blackmagic RAW格式。在Blackmagic RAW的情况下,图像数据 将包 括表示图像传感器12A的全分辨率下的亮度图像和两个较低分辨率色度图像的图像数 据。本领域技术人员将理解的是,本发明的方法可以对其他格式的图像数据比如其他原始 格式和RGB数据或YUV数据执行。

[0098] 在步骤50中,使用离散余弦变换(DCT)来变换(步骤50)亮度图像和色度图像中 的每一者的图像数据。这种变换涉及首先将亮度图像和两个色度图像中的每一者分割成适 当空间维度(比如 8×8)的块。最常见的是,空间域块将具有从以下维度中选择的维度, 但是也能够使用其他维度:

[0099] 8×8 像素; 12×12 像素; 4×8 像素;以及 6×12 像素。

[0100] 所使用的特定块尺寸和形状可以根据一系列因素来选择,所述一系列因素比如 为:图 像传感器的大小;图像中的预期频率分量;处理图像的装置的处理特性(例如,处理 和/或 存储器容量);处理速度要求;期望的图像质量。

[0101] 然后使用合适的变换比如DCT将每个块转换为频域表示。在计算每个块的DCT之 前, 其值可以被移位以确保以零为中心的范围。DCT的应用产生具有左上角入口(或DC系 数)的块,其通常具有定义块的基本强度水平的相对较大的幅度。块中的其余系数被称为 AC 系数。

[0102] 接下来通过参照适当的量化矩阵来量化DCT块(步骤60)。量化操作将块中的每个 DCT系数除以指定的常数值,并且将结果舍入到最接近的整数值。量化的系数块通常在幅

度上小于量化之前的系数。通常,许多较高频率系数被舍入为零(即,零是在输入系数除以量化矩阵中的指定常数值之后最接近输入系数的整数)。

[0103] 在量化之后,每个块的量化系数以指定的顺序排列(步骤70)。根据优选实施方式,使用修改的之字形排序。用于 8×8 块和 $12/12$ 块的示例性修改的之字形排序分别如图4A和图4B所示。在两个图中,之字形顺序从左上角的DC系数(1)开始,并以数字指示的顺序前进通过系数。为了帮助之字形排序的可视化,顺序的路径在图4A和图4B中以实线指示。

[0104] 常规的之字形图案(在图4C中针对 8×8 块示出,并且在图4D中针对 12×12 块示出)以DC系数开始,并且然后沿着反向对角线路径沿着一系列前进到连续的相邻系数。第一对角路径从与DC系数水平相邻的系数开始。当模式到达系数矩阵的边缘时,它前进到位于系数矩阵的边缘上的最接近的相邻系数,然后沿着系数的下一对角线转向并前进连续的系数。

[0105] 与常规的之字形图案(图4C和图4D)不同,修改的之字形图案(图4A和图4B)具有不连续性,在该不连续性处发生以下方面中的一个方面或两个方面:

[0106] 之字形图案前进到非相邻系数;

[0107] 之字形图案在不在系数矩阵的边缘处的系数处改变前进方向。

[0108] 以这种方式,图4A和图4B的修改的之字形图案创建一系列子块。之字形图案似乎遍历在DC系数处具有共同原点的系数的一系列正方形。嵌套正方形的尺寸从 2×2 正方形增加至 4×4 正方形,然后 8×8 正方形等。该示例中的每个子块包含连续正方形之间的那些变换系数,即正方形内的所有系数,除了已经分配给较早子块的系数之外。可以定义不同数量的这种嵌套正方形。因此,之字形图案中的不连续性可以是跳转以开始之字形图案中的新正方形(由图4A和图4B中的系数4至5、16至17以及图4B中的64至65的虚线箭头示出),或者跳过沿着相同对角线路径但已经出现在之字形图案的较早正方形中的系数(如图4A和图4B中的系数5至6、17至18、20至21等的虚线箭头所示)的不连续性。

[0109] 其他形状的子块形状也是可能的,例如:与图5的块65中的子序列S2对应的子块;在用于划分图像的块是矩形的实施方式中(即,块具有 $M \times N$ 的维度,并且 $M \neq N$,子块优选地也具有相同的形状。)

[0110] 如在图4A和图4B中可以看到,修改的之字形排序包括置换区域和具有标准之字形排序的区域。在图4A所示的 8×8 块的情况下,在块的左下(系数36)与右上(系数30)之间延伸的系数的对角线以及下面的对角线是标准的之字形排序,其中,块的其余部分包括置换区域。置换区域包含上面论述的系数的嵌套正方形以及围绕它们的沿着相同对角线的任何系数。

[0111] 在步骤80中,对有序系数序列中的每个系数进行编码。霍夫曼编码是优选的,然而也可以使用其他编码技术。游程长度编码也可以在霍夫曼编码之前应用于系数序列。游程长度编码可以通过将相同值的多个条目存储为计数(即,值重复的次数)和值本身来提高压缩比。优选的是,将游程长度编码的使用限制于由高频AC系数的量化产生的零的游程。另外,由于游程长度编码有时会增加需要存储的数据量(即,在没有重复值的长游程的情况下),因此可以适当地从编码过程中省略它。

[0112] 对有序系数序列进行霍夫曼编码涉及向输入中的每个非零系数分配唯一码字。零值系数的游程通常由下一个非零系数的码字(或由块末端的码字)指示。根据每个系数的

出现 概率,由霍夫曼编码产生的码字具有可变长度。所得到的代码是唯一可解码的并且是瞬时的(即,无前缀)。

[0113] 将码字分配给有序序列中的每个非零系数导致有序码字流。

[0114] 已经发现霍夫曼编码对于编码原始图像数据是适当有效的。

[0115] 在步骤90中,码字的该串行流由流解复用器(在视频编码系统22上执行)划分成多个单独的子流。流解复用功能还可以集成到编码器的其他功能单元比如霍夫曼编码器或输出缓冲器中。

[0116] 在替代性实施方式中,系数在被编码之前由流解复用器划分成单独的子流(图3中的 步骤80和步骤90的顺序颠倒)。根据该实施方式,流解复用器将系数分离成可以单独处理和/或编码的子序列。这样的实施方式可能需要多个编码器来编码多个子序列的系数。然而,如果较短的子序列可以共享编码器而至少一个较长的子序列具有专用编码器,则编码器的数量可能不需要匹配由解复用器生成的子序列的总数。

[0117] 通常,流解复用器可操作成通过参照一个或更多个缩减比来构造各个子序列。优选地,选择缩减比以便于在生成图像的缩小版本时提高解码效率。

[0118] 图5中示出了如何将块中的变换系数映射到不同子序列的三个示例。三个示例示出为如下:

[0119] 示例45,其为具有 8×8 变换系数块的图像定义了三个子序列;

[0120] 示例65,其为具有 8×8 变换系数块的图像定义了四个子序列;以及

[0121] 示例55,其为具有 12×12 变换系数块的图像定义了四个子序列。

[0122] 然而,在本发明的其他实施方式中,可以使用其他块尺寸和子序列的数量。

[0123] 首先转到 8×8 块(45)的情况。在该示例中,第一子序列(S0)编码至第一DCT系数(即,DC系数)和产生与预定缩减比对应的块尺寸所需的AC系数的数目。 8×8 系数块的 $1/4$ 缩减比意味着必须在子序列S0中编码 2×2 系数子块,因此在子序列S0中需要最少3 个AC系数和DC系数。

[0124] 下一子序列(S1)对应于较低的缩减比(例如, $1/2$ 的缩减比),并且包含对产生具有与缩减比相对应的维度的子块所需的多个附加AC DCT系数进行编码的码字。为了产生适合于生成按 $1/2$ 缩小的图像的的子块,将 4×4 系数子块编码成S1。在该示例中,S0中的码字 编码12个系数,并且当与S0的码字组合时,可以解码所需的16个系数。

[0125] 其余的48个系数被分配给第三子序列S2。图5还示出了应用于 12×12 块(55)的子序列构造方法。在这种情况下,子序列S0编码足够的系数以产生对应于 $1/6$ 缩减比的块尺寸,即, 2×2 DCT系数块。S1在与S0组合时编码足够的系数,以使得能够产生与待产生的 $1/3$ 缩减比相对应的块尺寸,其是 4×4 DCT系数块;并且S2对与S0和S1组合的足够的系数进行编码,可以解码对应于 $2/3$ 缩减比的块尺寸,即 8×8 DCT系数块。S3包括生成 12×12 系数块以使得能够重新创建全分辨率图像所需的所有其余系数。

[0126] 图5还示出了应用于生成4个子序列的 8×8 块(65)的替代性子序列构造方法。在该示例中,子序列S0和子序列S1根据框45的示例。在这种情况下,子序列S2具有分配给 它的足够的系数,以使得组合S0和S1可以重新创建 8×8 系数块的主对角线上方的至少所有DCT系数。因此,子序列S2包括16个系数。子序列S3包括32个系数。

[0127] 这种子序列分配方法可以有利地产生具有更多偶数码字的子序列,以使处理效率

最大化。该方法可以在实时实现中使处理速度加倍,这是由于它保证最大子序列(即子流S3)不具有多于每个块系数的一半。

[0128] 结合图5所描述的子序列是根据DCT系数描述的(尽管它们是从任何适当的变换产生的),然而,在图3的实施方式中由步骤90产生的子序列实际上包含码字序列。

[0129] 如以下将例示的,游程长度编码的使用可以意味着,较早的子序列将对被指定为落入随后的子序列中的变换系数进行编码。因此,给定子序列(当其与所有较早(通常为较低频率分量)子序列组合时)将包含足够的数据(码字或DCT系数,如果尚未发生编码)以重新创建预定大小的变换系数块。优选地,该尺寸对应于特定的缩减比。对于正被编码的给定块,如果采用下面的编码方案,则子序列可以是空的:该子序列的整个内容可以被编码成较低编号的子序列而没有在编码较早的子序列时的低效率,例如由于游程长度编码而存在足够长以延伸横过整个子块的零值系数的游程,该子块将被有效地编码成出现在较早的子序列中的码元,并且对于该块该子序列将实际上是空的。EOB标记可以被分配给包括最后编码的非零系数的相同子序列。因此,空的子序列或“丢失”的系数在解码期间不会引起问题,这是由于解码较后的子序列将总是需要解码所有较早的子序列。

[0130] 回到图3,由流解复用器产生的子序列被存储在输出缓冲器中(步骤95)。子序列中的每个子序列通常存储在非易失性存储器的指定块中,以使解码器能够只读取特定的降低分辨率的解码所需的特定编码子序列并对其进行解码。诸如子序列的数目、开始位置、地址偏移和指向编码系数的指针之类的流特征连同诸如DCT和量化矩阵、块尺寸和其他在解码阶段中所需的信息之类的元数据一起也被存储在编码块的帧头中。

[0131] 取决于游程长度编码、熵编码、和块结束(EOB)标记的位置的组合,所例示的编码方法非常适合于管理宽范围的缩减比同时保持压缩效率。另外,可以如同使用完整的块尺寸和标准的之字形排序那样执行游程长度编码。在这点上,游程长度编码值几乎总是被包括在游程开始的子序列中,然而,该长度可以延伸到下一个更高的子序列中,或者甚至跨越多个子序列。

[0132] 编码方法的效率也源于这样的事实,即,它实现了与在全图像上执行时相同的压缩比,但是对于降低的分辨率实现了可测量地更快的部分解码。

[0133] 提供图6A和图6B以进一步帮助理解图3的方法的各方面。首先转向图6A,其示出了示例性方法对图像的单个像素块的操作。图像900被分成空间块(例如901)。然后,使用DCT 905将其变换到频域中,以生成包括多个DCT系数的块910,所述多个DCT系数表示图像900内的块901。块910具有与块901(以像素为单位)相同的尺寸(以系数为单位)。DCT系数如图3的步骤60所示被量化。系数被串行读入编码器,在步骤80中编码器执行熵编码。在步骤700中设置将系数串行流读入编码阶段的顺序。优选地,系数的排序是这样的,DCT块900中的子块S0、S1和S2中的每一者内的系数是连续的,并且最优地遵循图4A或图4B中所陈述的之字形图案。串行编码流915包括如下码字(从最早到最晚排序):ES0、ES1、ES2(应当指出的是,在图6A和图6B中,码字流是作为在先进先出的基础上向右移动的队列,使得最右边的码字(图6A中的ES0)被首先处理)。步骤90(图3)中的该序列被传递至解复用器920(从ES0开始),该解复用器将串行编码流分成三个子序列流0、流1和流2。然后可以单独地缓冲每个子序列的码字(后面跟着来自后续块的对应子序列码字),并且以在需要时能够单独处理它们的方式传递该码字以便进一步处理或存储。

[0134] 图6B通过示出若干块1000(块1……块N)的相同处理来扩展图6A。块1……N可以表示同一图像中的不同空间块,或者不同图像中的空间块。例如,连续处理的块可以表示来自一组Y、Cb和Cr分量图像或来自任何其他颜色编码方案的分量图像中的每个图像的块。每个DCT系数块的系数由排序步骤70排列成子块,使得块i具有:系数 S^i_0 的子块,其包括包含DC系数的 2×2 块;子块 S^i_1 ,其具有接下来的12个系数并且在与块 S^i_0 组合时完成 4×4 阵列;以及完成 8×8 块的48个系数的其余子块。块1……N被编码以生成串行排列的码字序列1010。首先按照图6A对块1进行编码,然后是块2,继续到块N。因此,串行排列的码字序列1010包括如下编码的子块(从第一到最后排序): ES^1_0 、 ES^1_1 、 ES^1_2 、 ES^2_0 、 ES^2_1 、 ES^2_2 、……、 ES^i_0 、 ES^i_1 、 ES^i_2 、 ES^N_0 、 ES^N_1 、 ES^N_2 ,其中,上标表示块号,最后的数字表示子块号。如上所述,在图6B中,码字序列被示出为先进先出队列,其朝向复用器移动(即,向右和向下),使得队列(ES^1_0)中的第一码字首先被处理。然后,码字序列1010被解复用并形成3个子序列(对应于块中的有序系数中的三个子块)。子序列0包括表示 S_0 子块 S^1_0 、 S^2_0 …… S^i_0 …… S^N_0 的系数中的每个系数的那些码字。除了子序列0之外,子序列1还包括表示 S_1 子块 S^1_1 、 S^2_1 …… S^i_1 …… S^N_1 的系数中的每个系数所必需的那些码字。除了子序列1和0之外,流3还包括表示 S_2 子块 S^1_2 、 S^2_2 …… S^i_2 …… S^N_2 的系数中的每个系数所必需的那些码字。

[0135] 本发明的一些实施方式应用于存储较低分辨率图像(通过仅存储所选择的子序列来实现),从而使得能够在相同量的存储器中存储更多图像或更长的视频序列。

[0136] 根据本公开的实施方式的方法的解码阶段110由图7的流程图示出。对在编码阶段期间产生的编码图像文件执行解码,如本文所阐述的那样。

[0137] 在步骤510中,选择待解码的图像的分辨率。该选择可以是主动选择,由此用户选择待生成图像的分辨率,或者在某个下游过程仅需要或允许使用某个分辨率的图像——例如,解码图像以在低分辨率监测器上显示——的意义上该选择可以是被动选择。如以上所述述的,以有助于增强解码的方式对图像数据进行编码和存储,这是由于仅对以期望分辨率生成图像所需的图像数据进行解码。例如,可以以1/2的缩减比对图像数据进行解码,这对于 8×8 块尺寸,仅涉及对测量为 4×4 的较小维度块进行解码。同样地,以1/2尺度比解码的 12×12 块尺寸涉及仅解码减小的 6×6 块尺寸。

[0138] 通常,可以使用 k/N 的任何固定整数比作为缩减比,其中,N是用于对图像数据进行编码的块尺寸,并且k是范围从1……N的整数。

[0139] 在分辨率选择之后,获得所选分辨率所需的那些子序列被访问(例如,从存储器读取),并且被传递通过流复用器(步骤520)以生成码字的串行流,从中可以解码所选分辨率图像。例如,为了解码使用 8×8 块编码的图像45(图5),以1/2尺度比选择子序列 S_0 和子序列 S_1 。如上所述,这些子序列共同包含来自 4×4 子块的16个编码系数。

[0140] 同样地,为了以1/4尺度比解码 8×8 块,仅需要选择子序列 S_0 (其包含 2×2 网格中的四个编码符号)。

[0141] 在步骤530中,对检索到的子序列进行熵解码。解码霍夫曼编码的数据通常是通过参照码本逐字地进行的。这是必要的,这是由于每个唯一码字只能通过在单独的比特级解码而与编码字母表中的其他字区分开。由于编码方案的这些特性,通常不可能在编码比特流中的任意位置处开始解码。编码比特流本身不提供关于在何处开始解码或何时移动到下一个块的信息,除非前一个块被完全解码。因此,通常从图像元数据中检索解码开始点,

然后图像元数据开始顺序解码。

[0142] 尽管存储关于编码流的附加信息(在元数据中或在流本身中)比如附加解码开始点在技术上是可行的,但是这倾向于增加编码比特流的大小,并且因此不利地影响压缩效率。

[0143] 在霍夫曼编码之前应用于数据的任何游程长度编码在解码步骤期间被反转。熵解码530产生分辨率降低的DCT块的集合,每个DCT块包括量化DCT系数矩阵。

[0144] 在步骤535中,如果在编码期间使用非标准之字形图案,则在执行上述步骤70之前,将每个块的量化DCT系数重新排序(即“去之字形”)回到原始顺序。

[0145] 然后对量化DCT系数的每个块执行逆量化(步骤540)。逆量化涉及尽可能地反转编码阶段的量化步骤(步骤60)。参照被选择用于量化的相同量化矩阵(步骤60)来执行逆量化。由此产生的去量化DCT块非常(但不完全地)类似于原始DCT系数矩阵,即在DCT步骤(步骤50)期间产生的矩阵。DCT系数矩阵又是频域中原始图像文件的表示。

[0146] 在解码之后,DCT系数矩阵经历逆DCT(步骤550)。该过程首先进行矩阵的二维逆DCT,将结果四舍五入为整数值并移位整数值以恢复原始数据范围。

[0147] 在逆DCT之后,从逆DCT期间产生的数据再现图像(步骤560)。如上所述,该解码图像在上述步骤510处选择的尺度比下具有降低的分辨率。然而,应当理解的是,通过仅解码所需的变换系数来产生该图像。换句话说,以所选分辨率产生图像不需要的子序列中的系数不被解码。在图像没有用与期望的缩减比精确对应的子序列表示的情况下,本发明的各实施方式仍然可以呈现优于常规图像解码的优点。在常规方案中,需要对整个图像进行解码,而对于本发明的实施方式,仅需要对解码期望数量(和图案)的变换系数所需的那些码字子序列进行解码。

[0148] 在图8A至图8C中提供了一系列三个示例,其示出了如何可以使用实施方式来生成全分辨率图像(图8A);生成低分辨率图像(图8B)和生成中间分辨率的图像(图8C)。

[0149] 使用 8×8 像素块对正在生成的图像进行编码,从而创建N个像素块。在编码期间,使用 8×8 DCT将空间域像素块转换为频域块,由此得到的系数块具有其根据图4A的修改的之字形图案排序的系数。如上所述,图4A的布置的子块被编码并布置成如上所述的已编码数据的对应子序列(流0、流1、流2),并且被示出为向右移动的码字队列。编码数据的三个子序列可以一起存储或彼此分开存储。此外,每个子序列可以经由不同的数据传输信道接收,或者在单个信道上串行接收。

[0150] 首先转到图8A,由于要生成全分辨率图像(即,所选择的分辨率是全分辨率),因此需要处理编码数据的所有子序列(流0、流1、流2)。因此,方法1100以获取(例如,经由传输信道接收或从存储器访问或从缓冲器读取等)所有三个子序列流0、流1和流2开始。这些码字被传递(优选地作为码字的队列,在图中示出为向右移动的队列,其中最右边的码字首先被处理)至流复用器1110以生成码字的串行排列序列1120。流复用器1110优选地如下输出码字的串行序列(从第一到最后排序): ES^1_0 、 ES^1_1 、 ES^1_2 、 ES^2_0 、 ES^2_1 、 ES^2_2 、……、 ES^i_0 、 ES^i_1 、 ES^i_2 、 ES^N_0 、 ES^N_1 、 ES^N_2 ,其中,上标表示块号,最后的数字表示子块号。同样,该序列在图8A至图8C中被示出为远离流复用器移动的队列,使得 ES^1_0 首先被处理。

[0151] 然后将码字序列解码1130为多个DCT系数块1140。系数块定尺寸成使得全分辨率图像能够被创建,这需要DCT块与其编码的像素阵列的大小相匹配。DCT块1140以编码期

间选择的顺序包含DCT系数。在该示例中,DCT块1140根据图4的修改的之字形排序45来布置。然后将它们排列成允许对它们应用逆变换的顺序。接下来,将逆DCT 1150应用于每个块1140以创建对应的 8×8 像素块1155。然后可以将重新创建的像素块1155组装并处理成全分辨率的最终图像1160。

[0152] 现在转到图8B,图8B示出了与图8A的图类似的图,但是是针对期望重新创建低分辨率图像的情况。由于要生成低分辨率图像,因此需要处理少于编码数据的所有子序列。在该示例中,假设要生成1/4分辨率图像,因此方法1200以仅获取(例如,经由传输信道接收或从存储器访问或从缓冲器读取等)子序列流0开始。码字可以被传递至流复用器1110以生成码字的串行布置序列1120。然而,假定在该示例中实际上没有执行复用,则可以省略流复用器1110。然后,对由此得到的码字流1220进行解码1130,以创建一系列DCT块1240,其具有与图4A的S0块相同的尺寸,即 2×2 。将DCT系数在需要的情况下重新排列成标准排序,并且将逆DCT应用于块1240中的每个块以创建对应的 2×2 像素块1255。由于DCT系数块1240是全分辨率块的1/4大小,因此仅需要应用 2×2 IDCT来生成每个 2×2 像素子图像1255。然后可以将重新创建的像素块1155组装并处理成原始图像的1/4分辨率的最终图像1260。

[0153] 现在转到图8C,图8C示出了与图8A和图8B的图类似的图,但是是针对期望重新创建中等分辨率图像的情况。由于要生成中等分辨率图像,因此需要处理少于编码数据的所有子序列。在该示例中,假设要生成1/2分辨率图像,因此方法1300以仅获取(例如,经由传输信道接收或从存储器访问或从缓冲器读取等)两个子序列流0和流1开始。码字可以被传递至流复用器1110以生成码字的串行布置序列1320。不需要获取(例如读取或接收)流2,这是因为生成1/2分辨率图像不需要流2。然后对由此得到的码字流1320进行解码1130以创建一系列DCT块1340,其具有与图4A的组合S0+S1块相同的维度,即 4×4 。接下来,将逆DCT应用于块1340中的每个块以创建对应的 4×4 像素块1355。由于DCT系数块1340是全分辨率块的1/2大小,因此只需要应用 4×4 IDCT来生成每个 4×4 像素子图像1355。然后可以将重新创建的像素块1355组装并处理成原始图像的1/2分辨率的最终图像1360。

[0154] 图4C和图4D示出了使用标准之字形图案的实施方式。在图4C和4D中,块400C和块400在步骤70中使用标准之字形图案进行排序,如块系数的编号和所示路径所指示的。这些流在步骤80中并且根据图3被编码,然后由流解复用器解复用成若干流。来自图4C的块400C被分成三个子序列,如下:

[0155] 子流S0-表示系数1至系数5的码字;

[0156] 子流S1-表示系数6至系数25的码字;以及

[0157] 子流S2-表示系数26至系数64的码字。

[0158] 通过选择用于对编码数据流进行解复用的这些子序列,可以以以下分辨率方便地解码图像的版本:

[0159] 通过仅访问和解码子流S0来达到1/4的缩减比;

[0160] 通过附加地访问和解码子流S1来达到全分辨率的1/2的缩减比;

[0161] 通过附加地访问和解码子流S2来达到全分辨率。

[0162] 来自图4D的块400D被分成如下四个子序列:

[0163] 子流S0-表示系数1至系数5的码字;

- [0164] 子流S1-表示系数6至系数25的码字；
- [0165] 子流S2-表示系数26至系数104的码字；以及
- [0166] 子流S3-表示系数105至系数114的码字。
- [0167] 通过选择用于对编码数据流进行解复用的这些子序列，可以以以下分辨率方便地解码 图像的版本：
- [0168] 通过仅访问和解码子流S0来达到全分辨率的1/6的缩减比；
- [0169] 通过附加地访问和解码子流S1来达到全分辨率的1/3的缩减比；
- [0170] 通过附加地访问和解码子流S2来达到全分辨率的2/3的缩减比；以及
- [0171] 通过附加地访问和解码子流S2来达到全分辨率。
- [0172] 尽管该示例使用常规的之字形排序用于DCT系数，但是通过将数据划分为可以单独访问和解码的三个子序列，本实施方式提供了比标准解码过程更经济地生成编码图像的较低 分辨率版本的能力，该标准解码过程需要在缩减之前访问然后解码所有编码流。
- [0173] 参照图9示出了根据本发明的实施方式的编码方法的示例。示出了第一块505和第二 块520，第一块505和第二块520中的每一者为 8×8 维度。块505和块520中的每一者均 包括在左上角的DC系数‘dc0’和构成块的其余部分的63个AC系数‘ac1’……‘ac63’。AC系 数以上面论述的修改的之字形排序进行排序；即，对角线525 (ac28-ac35) 中和下方的元 素处于标准之字形顺序，并且其余元素被置换。块505和块520可以表示相同图像中的不 同空间块或不同图像中的空间块，例如相关色度图像和亮度图像中的对应空间块。
- [0174] 用于 8×8 矩阵的元素的置换由图4A中论述的以下排序图定义。
- [0175] 如上所述，部署霍夫曼编码来对系数进行编码，其中，每个非零系数被分配二进制 码 字。零值系数的游程通常由下一个非零系数的码字(或由块末端的码字)指示。
- [0176] 在所实施实施方式中，使用图4中示出的 8×8 块生成器45创建三个子序列。分配给块 505的元素ac1的码字被命名为Y0_ac1_cw，并且分配给块520的码字被命名为Y1_ac1_cw。 两个框505和520的其他元素以类似的方式命名。可以在输出中的适当点处插入零值填充， 比如在每个块、多个块或每个子序列的末尾处插入零值填充。
- [0177] 三个子序列可以以任何顺序输出。
- [0178] 在所有系数都是非零的情况下，由流复用器产生的每个子序列的内容如下：
- [0179] 子流0:Y0_dc0_cw,Y0_ac1_cw,Y0_ac2_cw,Y0_ac3_cw,Y1_dc0_cw,Y1_ac1_cw, Y1_ac2_cw,Y1_ac3_cw
- [0180] 子流1:Y0_ac4_cw,Y0_ac5_cw,Y0_ac6_cw,Y0_ac7_cw,Y0_ac8_cw,Y0_ac9_cw, Y0_ac10_cw,Y0_ac11_cw,Y0_ac12_cw,Y0_ac13_cw,Y0_ac14_cw,Y0_ac15_cw,Y1_ac4_cw, Y1_ac5_cw,Y1_ac6_cw,Y1_ac7_cw,Y1_ac8_cw,Y1_ac9_cw,Y1_ac10_cw,Y1_ac11_cw, Y1_ac12_cw,Y1_ac13_cw,Y1_ac14_cw,Y1_ac15_cw
- [0181] 子流2:Y0_ac16_cw,Y0_ac17_cw,Y0_ac18_cw,……Y0_ac62_cw,Y0_ac63_cw, Y1_ac16_cw,Y1_ac17_cw,Y1_ac18_cw,……Y1_ac62_cw,Y1_ac63_cw
- [0182] 如上所述，子序列可以以任何顺序输出，并且因此，压缩数据流或文件可以例如包 括 子流0，然后是子流1，然后是子流2。
- [0183] 在这种情况下，例如，如果除了块Y0 (505) 中的ac2、ac3、ac4和ac5之外所有系数 都是非零的，则根据标准霍夫曼编码，这些零系数不被分配码字，而是由包含零游程信息

的ac6的码字指示。每个子序列的数据内容如下所示：

[0184] 子流0:Y0_dc0_cw,Y0_ac1_cw,Y0_ac6_cw,Y1_dc0_cw,Y1_ac1_cw,Y1_ac2_cw,Y1_ac3_cw

[0185] 子流1:Y0_ac7_cw,Y0_ac8_cw,Y0_ac9_cw,Y0_ac10_cw,Y0_ac11_cw,Y0_ac12_cw,Y0_ac13_cw,Y0_ac14_cw,Y0_ac15_cw,Y1_ac4_cw,Y1_ac5_cw,Y1_ac6_cw,Y1_ac7_cw,Y1_ac8_cw,Y1_ac9_cw,Y1_ac10_cw,Y1_ac11_cw,Y1_ac12_cw,Y1_ac13_cw,Y1_ac14_cw,Y1_ac15_cw

[0186] 子流2:Y0_ac16_cw,Y0_ac17_cw,Y0_ac18_cw,……Y0_ac62_cw,Y0_ac63_cw,Y1_ac16_cw,Y1_ac17_cw,Y1_ac18_cw,……Y1_ac62_cw,Y1_ac63_cw

[0187] 在这种情况下,码字Y0_ac6_cw已被“提升”到子流S0中。这具有以下优点:在解码时,解码器能够仅使用子流S0中的数据来解码DCT块Y0的前四个系数。

[0188] 在这种情况下,压缩数据流或文件可以由子流S0,然后子流S1,然后子流S2组成。

[0189] 本发明的各个方面和实施方式在以下条款中定义。

[0190] 条款1.一种用于处理一组变换系数的方法,所述变换系数被排列成多个块,每个块表示图像的空间区域;并且所述方法包括:

[0191] 针对每个块:

[0192] 将所述块的系数排序成系数序列;

[0193] 对经排序的系数序列进行编码以产生码字序列,每个码字均包括一个或更多个编码系数;以及

[0194] 将所述码字序列划分为两个或更多个码字子序列。

[0195] 条款2.根据条款1所述的方法,其中,每个子序列中的系数的数量至少部分地由缩减比确定。

[0196] 条款3.根据条款1或2所述的方法,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列包括:

[0197] 基于第一缩减比定义第一变换系数子块;以及

[0198] 将码字分配到第一码字子序列中,直到所述第一码字子序列包含通过解码所述第一码字子序列来重新创建所述第一变换系数子块所需的所有码字为止。

[0199] 条款4.根据条款3所述的方法,其中,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列还包括:

[0200] 基于第二缩减比定义第二变换系数子块;以及

[0201] 将不在所述第一码字子序列中的码字分配给第二码字子序列,直到所述第二码字子序列和所述第一码字子序列的组合包含通过对码字组合进行解码来重新创建所述第二变换系数子块所需的所有码字为止。

[0202] 条款5.根据条款1或2中的任一项所述的方法,所述方法还包括:基于对应的缩减比来定义第一变换系数子块;以及将所述码字序列划分为形成第一码字子序列,其中,所述第一码字子序列包含用以解码所述第一变换系数子块所必需的那些码字。

[0203] 条款6.根据条款5所述的方法,所述方法还包括:基于对应的缩减比来定义第二变换系数子块;以及将所述码字序列划分为形成第二码字子序列,其中,所述第二码字子序列包含这样的码字,即:其为在所述这样的码字与包含在所述第一码字子序列内的码字组

合 时对于解码所述第二变换系数子块是必需的的码字。

[0204] 条款7.根据条款6所述的方法,所述方法还包括:基于对应的缩减比来定义第三变换系数子块;以及将所述码字序列划分为形成第三码字子序列,其中,所述第三码字子序列包含这样的码字,即:其为在所述这样的码字与包含在所述第一码字子序列和所述第二码字子序列内的码字组合时对于解码所述第三变换系数子块是必需的的码字。

[0205] 条款8.根据条款5至7中的任一项所述的方法,所述方法包括:将所述码字序列划分为形成第三码字子序列,其中,所述第三码字子序列包含这样的码字,即:其为在所述这样的码字与包含在所述第一码字子序列和所述第二码字子序列内的码字组合时对于解码所述第三变换系数子块是必需的的码字。

[0206] 条款9.根据条款3至8中的任一项所述的方法,其中,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列还包括:将与块相对应的其余码字分配给至少一个另外的码字子序列。

[0207] 条款10.根据条款1至9中的任一项所述的方法,其中,变换系数块包括 $M \times N$ 变换系数的阵列,其中, N 可以等于或不等于 M ,并且所述码字子序列中的至少一个码字子序列表示包括 $M/D \times N/D$ 变换系数的阵列的变换系数子块,其中, $1/D$ 是所述子块的缩减比。

[0208] 条款11.根据条款10所述的方法,其中,将所述码字序列划分为所述两个或更多个码字子序列包括:

[0209] 创建包括足够的码字的码字子序列,以重新生成包括 $M/D \times N/D$ 变换系数的变换系数子块,其中, $1/D$ 是所述子块的缩减比。

[0210] 条款12.根据前述条款中的任一项所述的方法,其中,将每个块的系数排序成所述系数序列是包括置换区域和之字形排序区域的修改的之字形排序。

[0211] 条款13.根据条款3的方法,其中,每个块的维度为 $N \times N$,并且所述之字形排序区域包括每个块的对角线上和下方的系数。

[0212] 条款14.根据任一前述条款所述的方法,还包括将所述多个块的对应子序列布置成公共子序列。

[0213] 条款15.根据条款14所述的方法,所述方法包括存储包含所述公共子序列中的一个或更多个公共子序列的图像文件。

[0214] 条款16.根据条款15所述的方法,其中,所述方法包括将多个公共子序列存储在所述图像文件中,以使得能够以与相应公共子序列相对应的至少一个预定缩减比生成缩减图像。

[0215] 条款17.一种用于对使用根据前述条款中的任一项所述的方法产生的编码图像进行解码的方法,所述方法包括:

[0216] 选择图像分辨率;

[0217] 选择适合于以所选择的图像分辨率生成图像的一个或更多个码字子序列;以及

[0218] 解码所选择的子序列。

[0219] 条款18.根据条款17所述的方法,其中,针对表示所述图像的空间区域的每个块,所述方法包括:

[0220] 解码比所有子序列少的子序列,以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块。

[0221] 条款19.一种从编码图像数据生成缩减图像的方法,所述编码图像数据已经通过根据 条款1至17中的任一项所述的方法生成;

[0222] 所述方法包括:

[0223] 选择图像分辨率;

[0224] 针对表示所述图像的空间区域的每个块:

[0225] 解码比所有码字子序列少的码字子序列,以产生具有比编码之前的块少的变换系数的变换系数子块;

[0226] 使用定尺寸成生成与所选择的图像分辨率相对应的空间域图像数据的逆变换对所述变换系数子块执行逆变换;以及

[0227] 处理每个子块的所述空间域图像数据,以生成所述所选择的图像分辨率的经缩小的图像。

[0228] 条款20.根据条款18或19所述的方法,其中,所述变换系数子块具有与所述所选择的图像分辨率相对应的多个系数。

[0229] 条款21.根据条款19或20中的任一项所述的方法,所述方法包括在执行所述逆变换之前对所述变换系数子块进行重新排序,其中,经重新排序的变换系数子块是之字形图案。

[0230] 条款22.一种计算机软件产品,所述计算机软件产品包括指令,所述指令在由处理器 执行时使所述处理器使用根据条款1至16中的任一项所述的方法来处理一组变换系数。

[0231] 条款23.一种计算机软件产品,所述计算机软件产品包括指令,所述指令在由处理器 执行时使所述处理器使用根据条款17至21中的任一项所述的方法来处理图像。

[0232] 条款24.一种用于存储图像数据帧的方法,所述方法包括:

[0233] 将所述图像数据帧变换成一组变换系数;

[0234] 执行条款1至16中的任一项所述的方法;以及

[0235] 存储所述码字子序列中的一个或多个码字子序列。

[0236] 条款25.根据条款24所述的方法,其中,所述一个或多个码字子序列以便于检索所述码字子序列中的所选择的码字子序列的方式存储。

[0237] 条款26.一种用于记录运动图像的方法,所述方法包括:

[0238] 在具有图像处理系统和数据存储介质的相机中捕获图像数据帧的序列;

[0239] 针对多个图像数据帧,所述图像处理系统执行根据条款24或25所述的方法。

[0240] 条款27.一种相机,包括图像处理系统,所述图像处理系统配置成执行根据条款1至 21、24或25中的任一项所述的方法。

[0241] 条款28.一种配置成执行根据条款1至21、24或25中的任一项所述的方法的图像处理系统。

[0242] 本发明的所描述的实施方式提供了一种通过创建多个子序列以熵编码DCT系数的形式存储经压缩的图像数据的新类型。该方法可以应用于各种DCT块尺寸、应用于取决于期望的缩减比的不同系数分组,并且可以与熵编码的不同方法组合。

[0243] 应当理解的是,在本说明书中公开和限定的本发明扩展到文本或附图中提及或从文本或附图变得明显的两个或多个单独特征的所有替代性组合。所有这些不同的组合构成本发明的各种替代性方面。

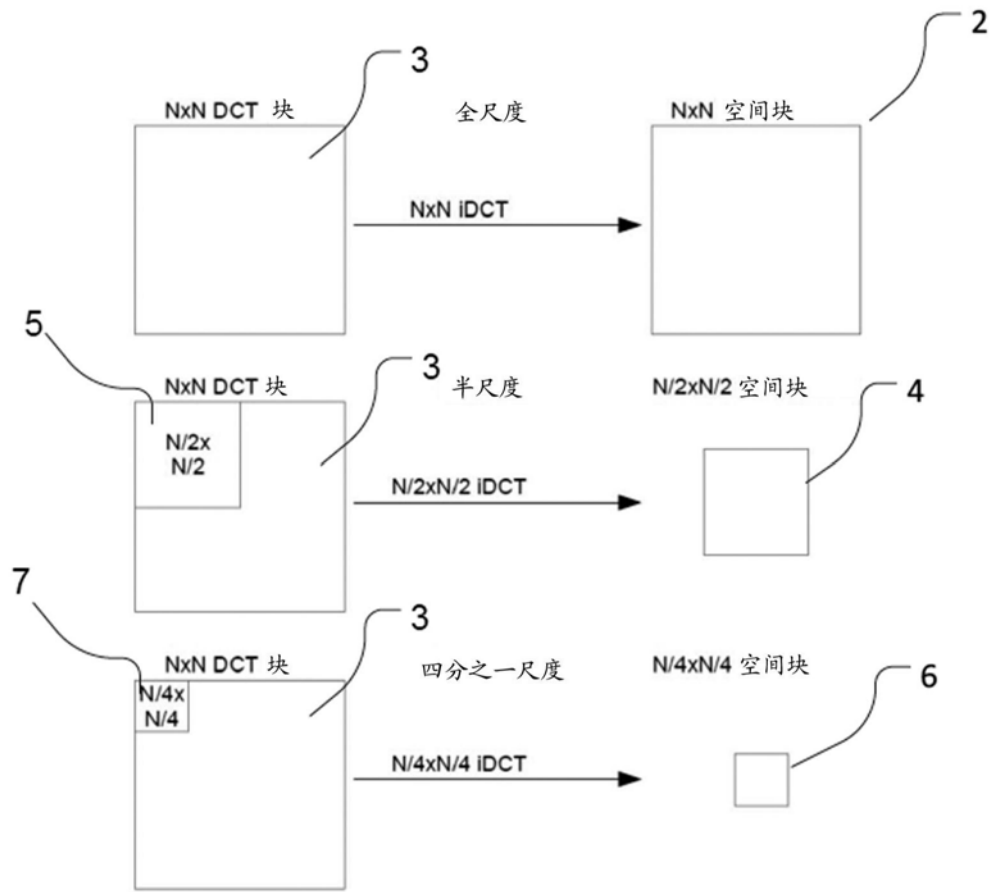


图1

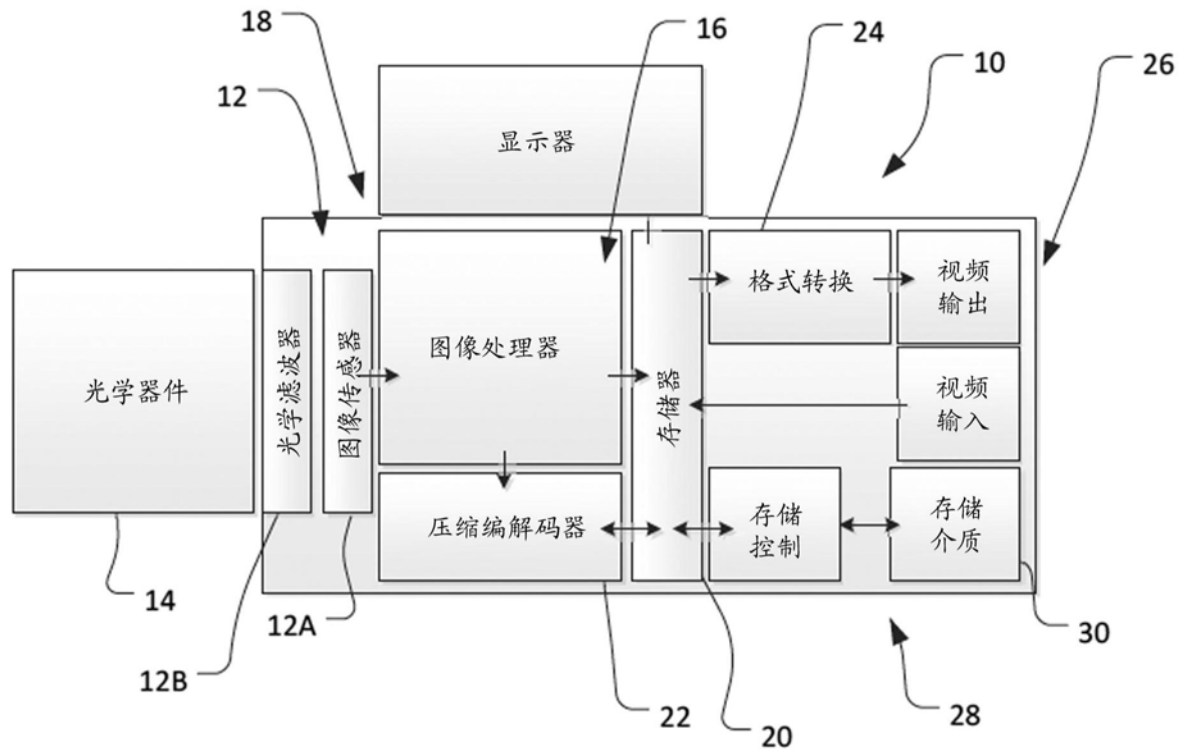


图2

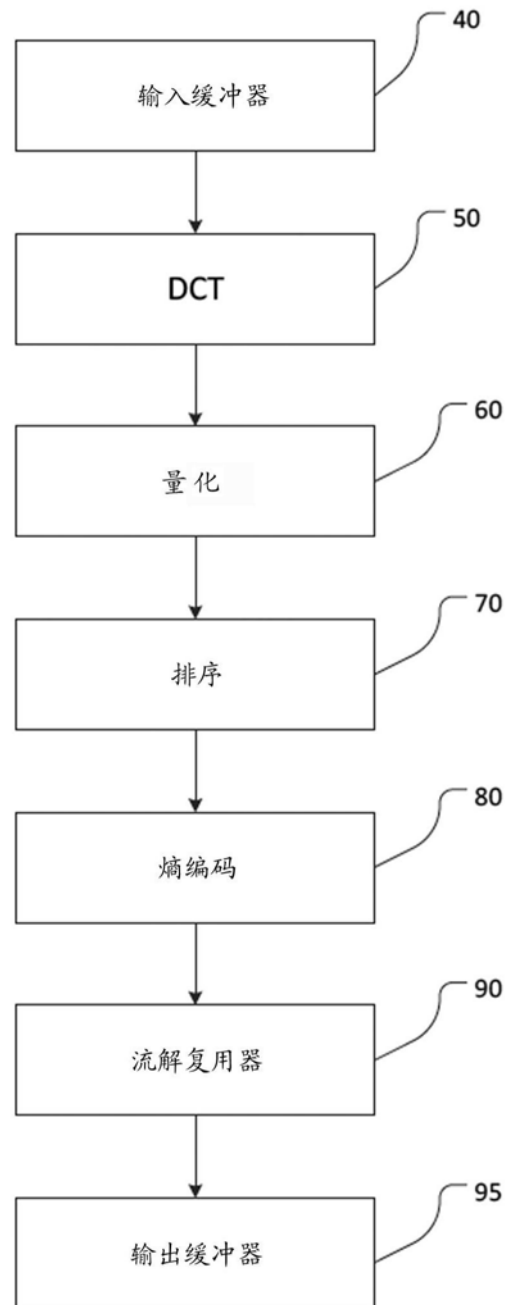


图3

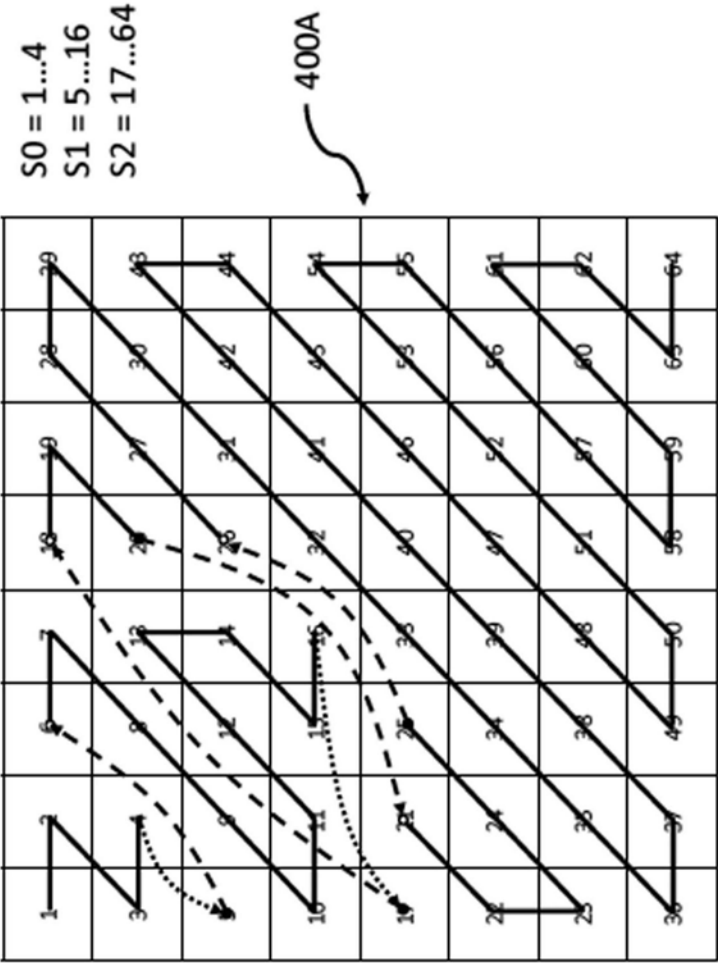


图4A

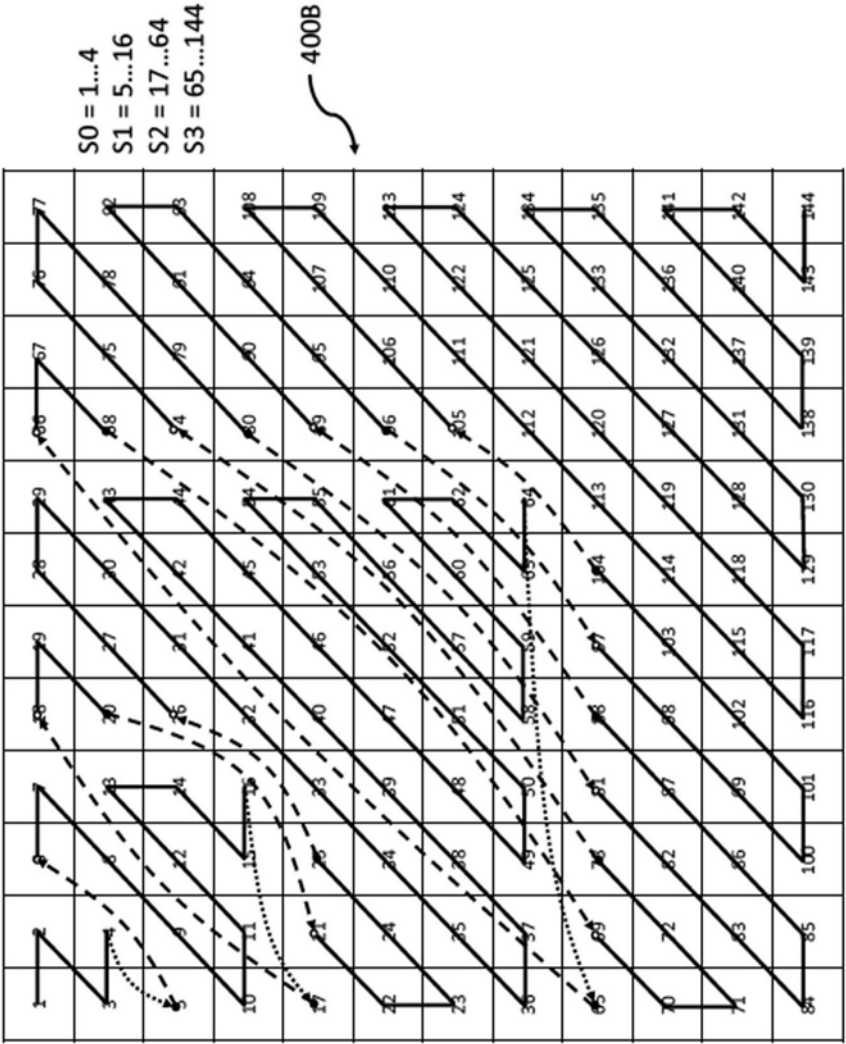


图4B

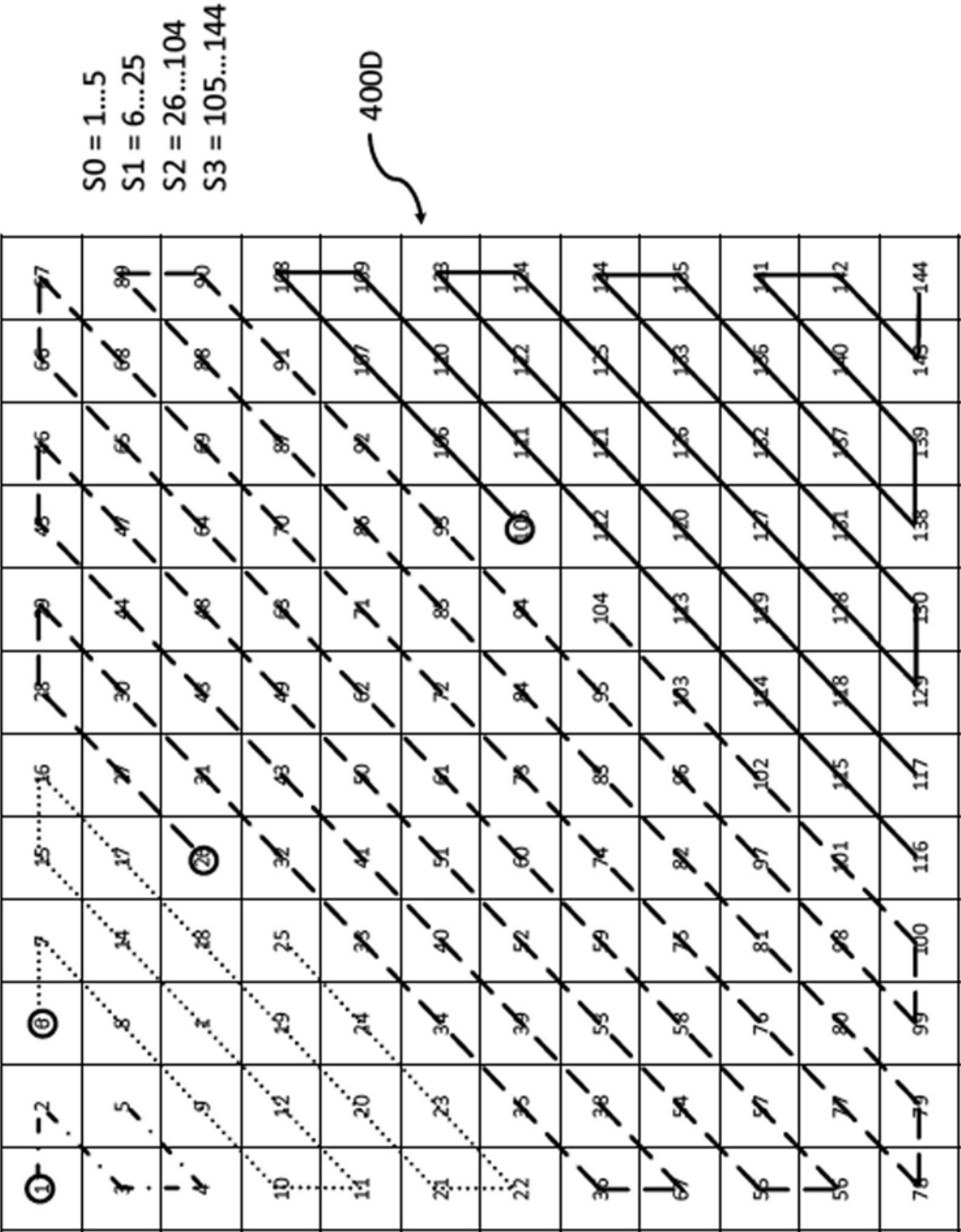


图4D

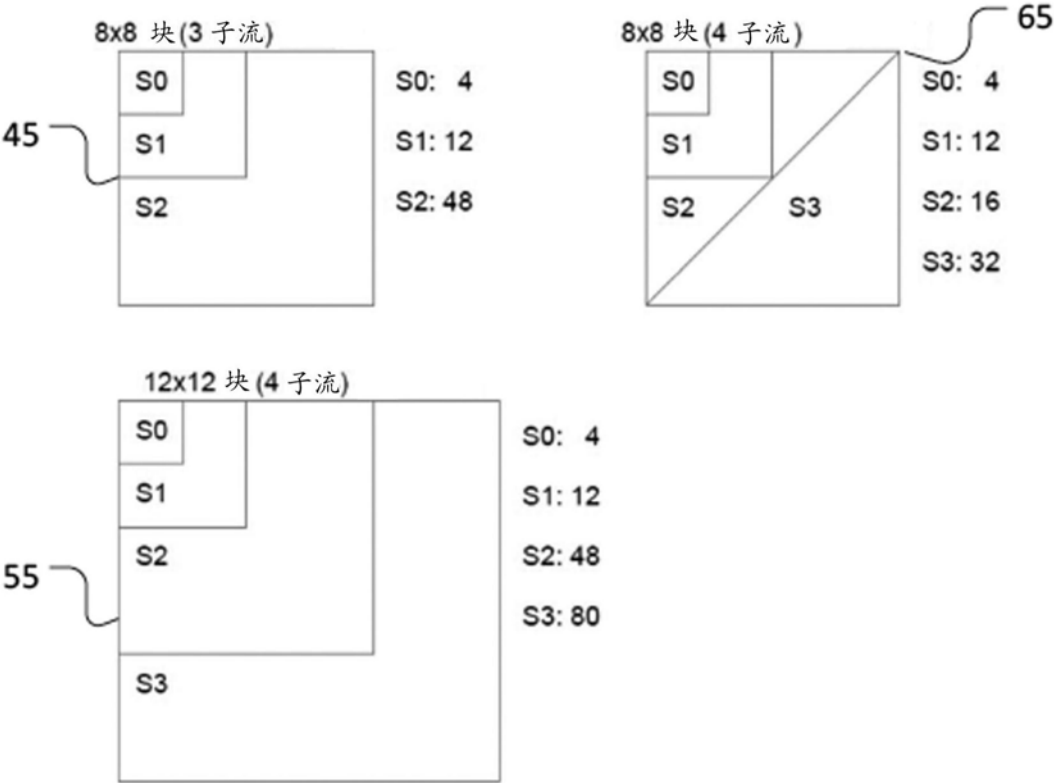


图5

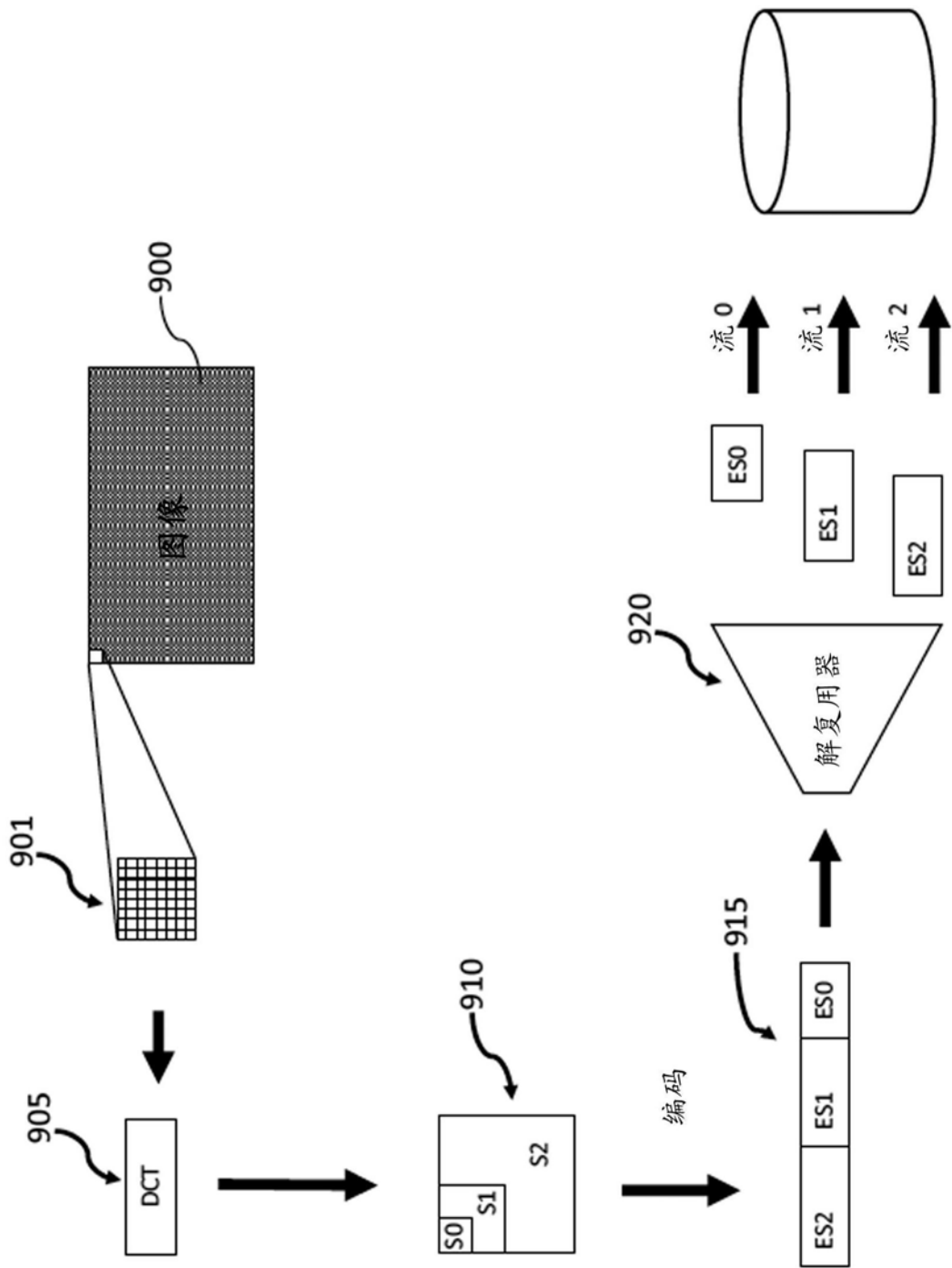


图6A

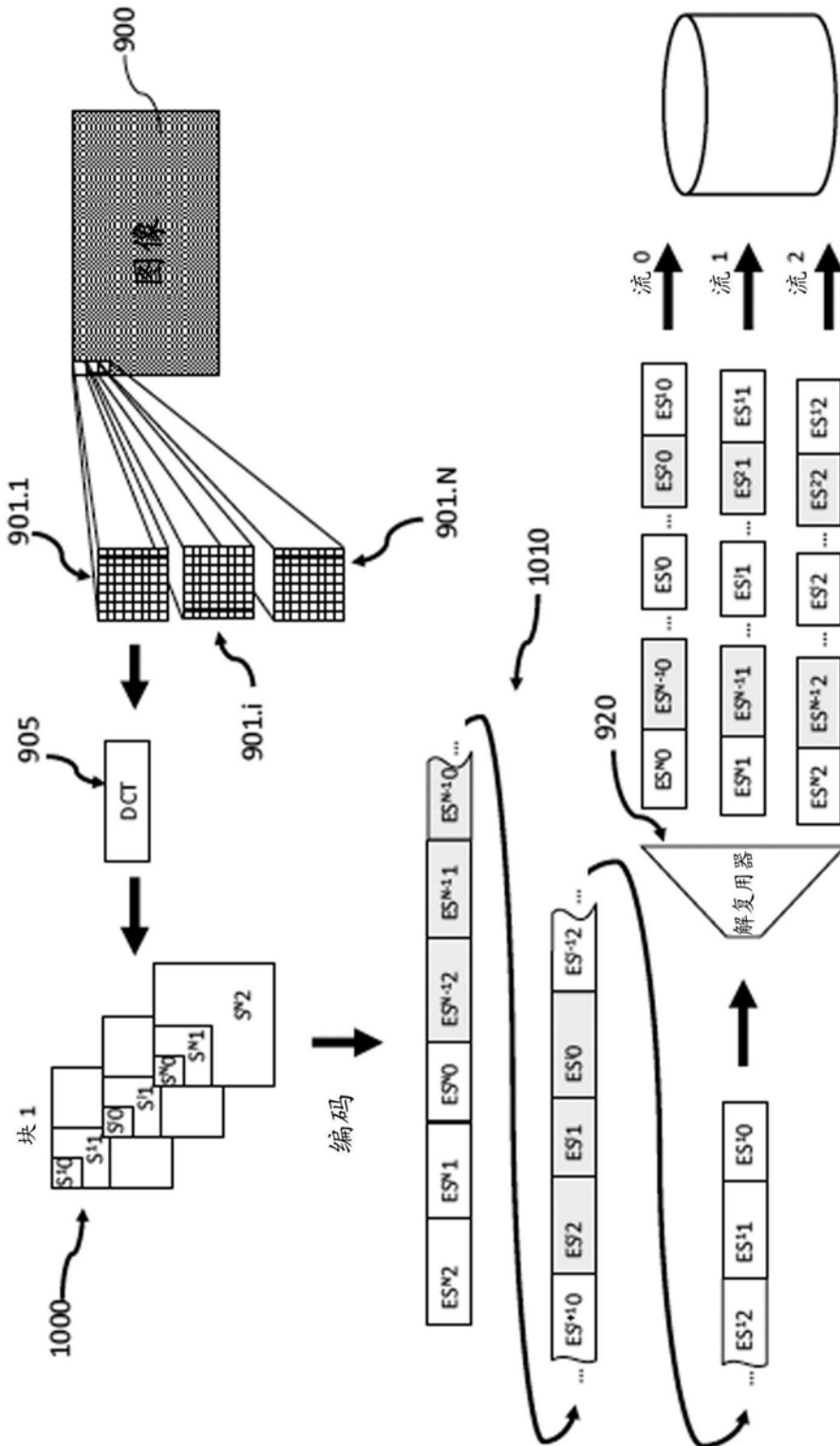


图6B

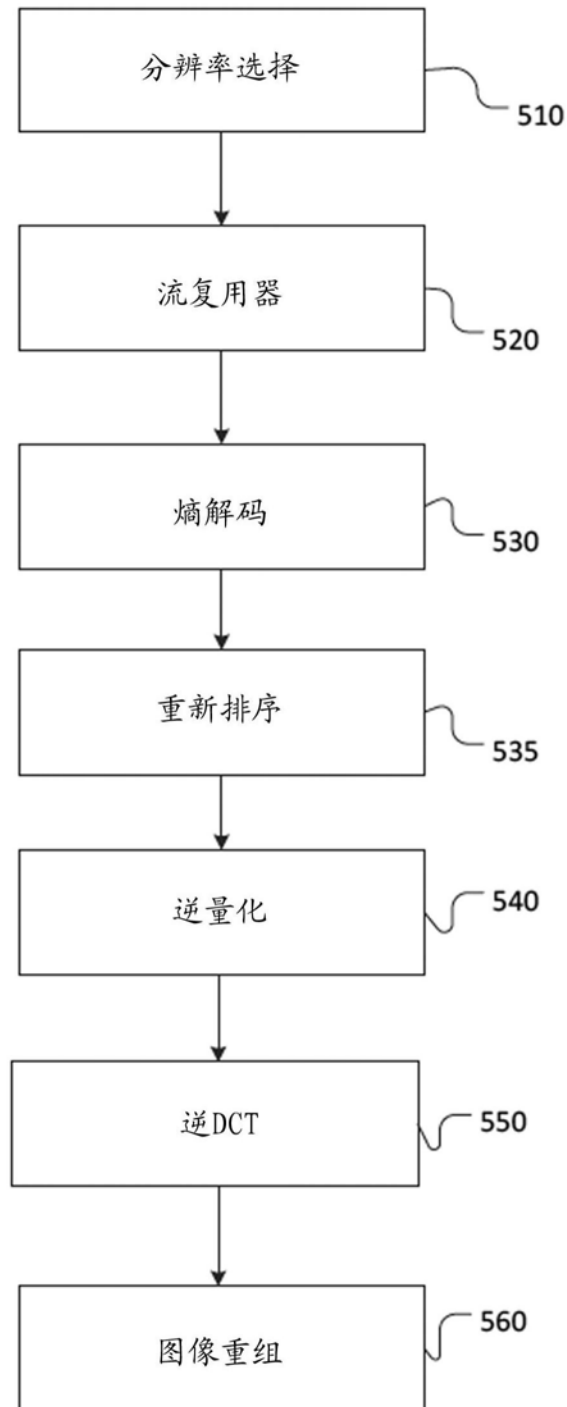


图7

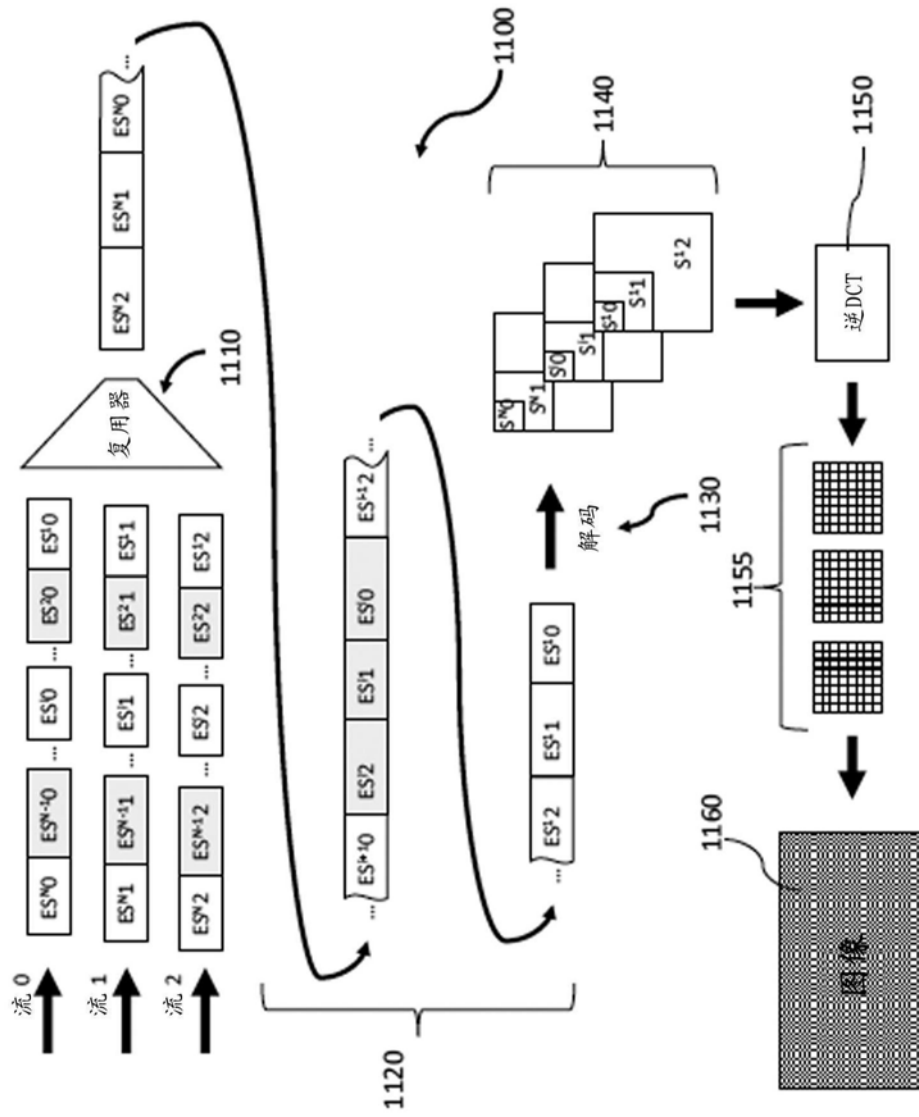


图8A

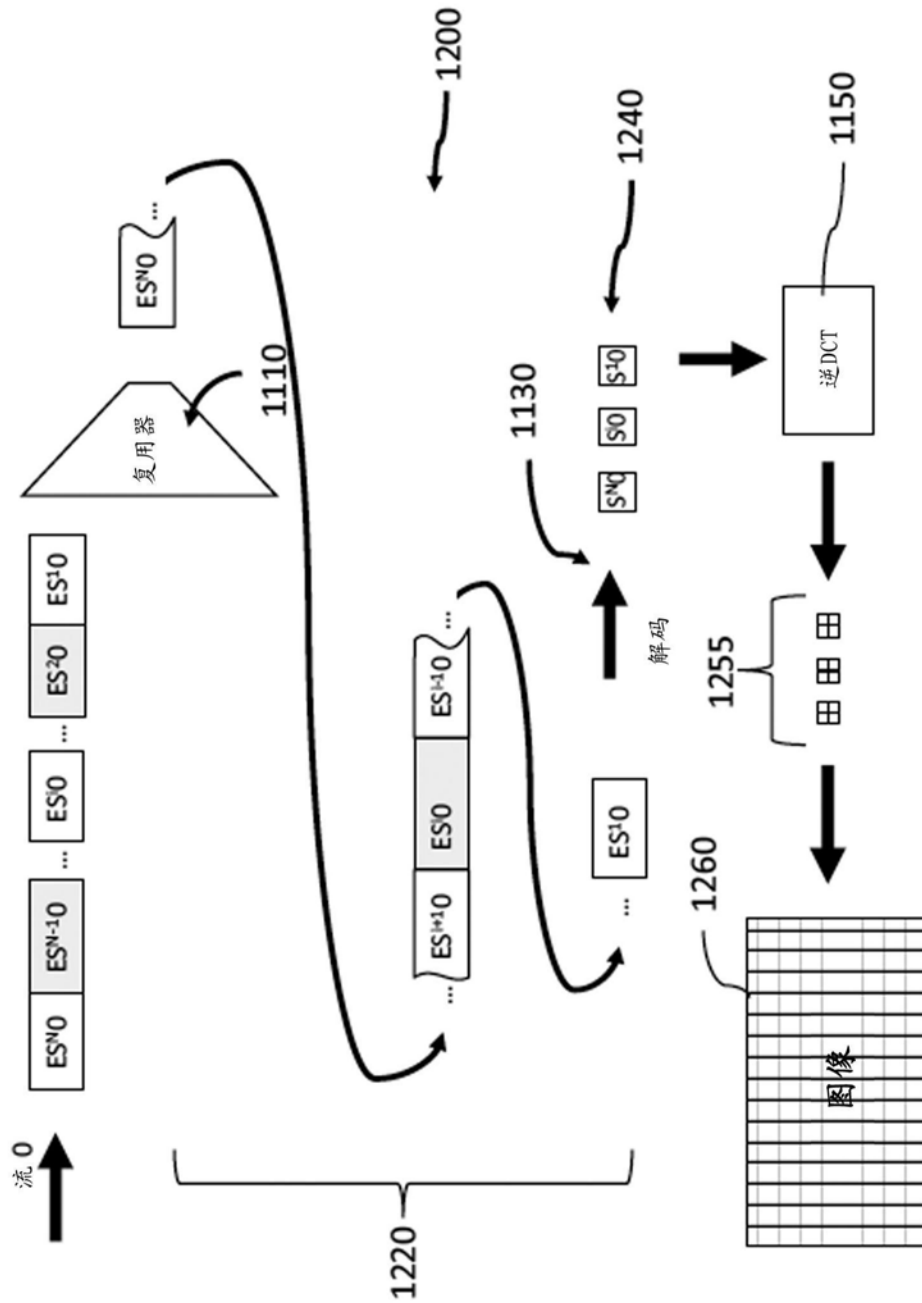


图8B

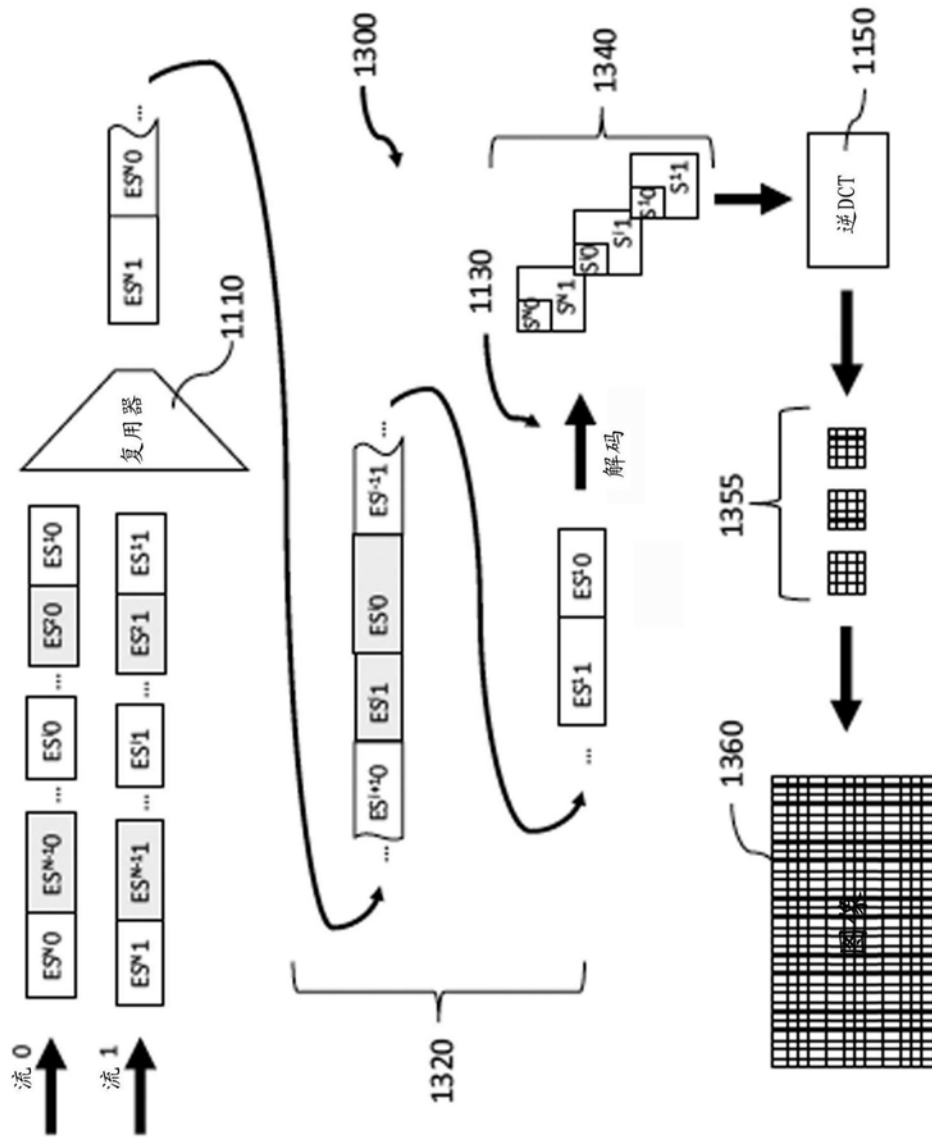


图8C

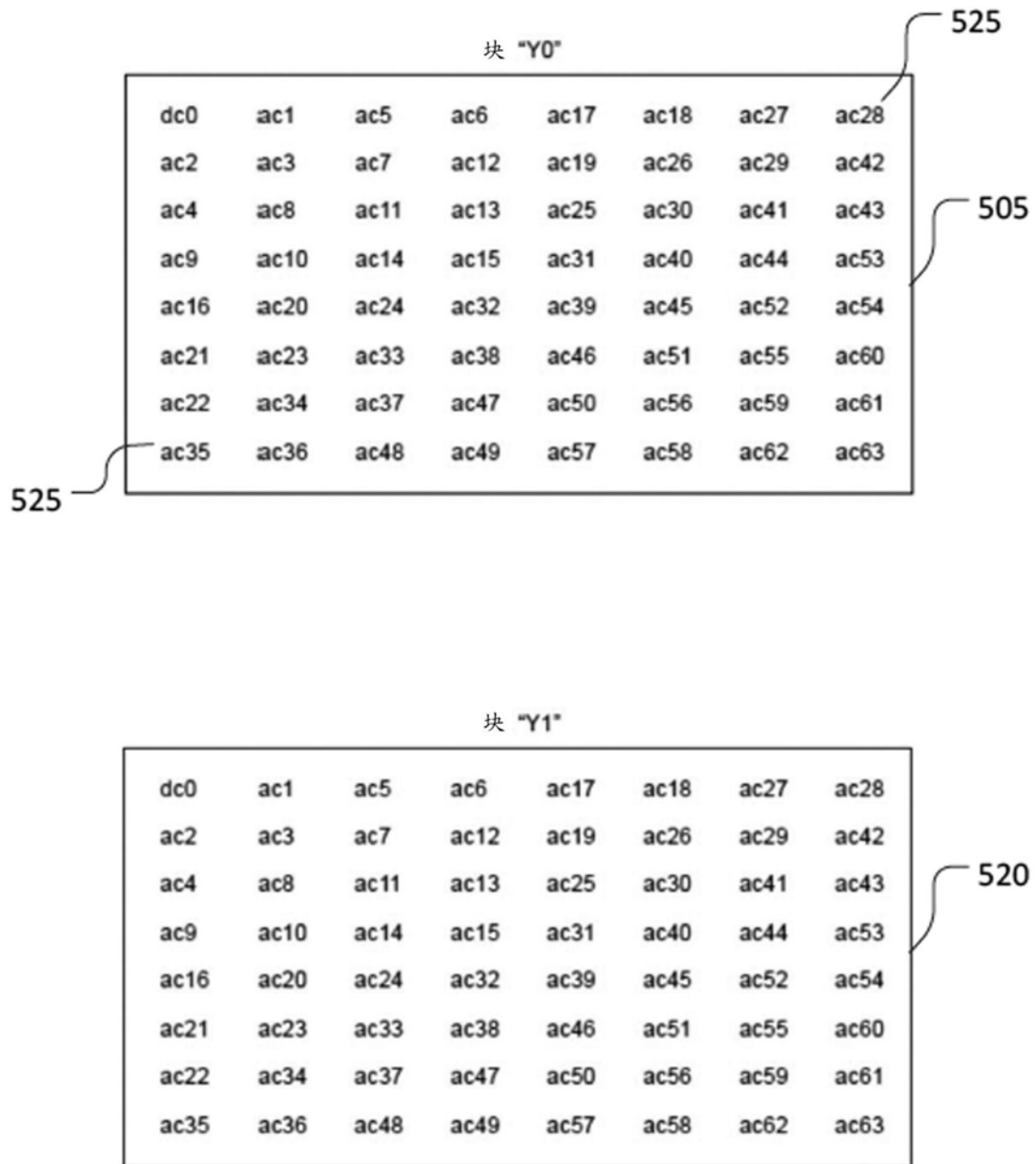


图9