

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06F 17/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01809256. X

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237465C

[22] 申请日 2001.12.12 [21] 申请号 01809256. X

[30] 优先权

[32] 2001. 1. 10 [33] EP [31] 01200052. 7

[86] 国际申请 PCT/IB2001/002545 2001. 12. 12

[87] 国际公布 WO2002/056250 英 2002. 7. 18

[85] 进入国家阶段日期 2002. 11. 8

[71] 专利权人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 S. O. 米坦斯

P. H. N. 德维思 C. 亨茨彻尔

审查员 石 岗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 栾本生 梁 永

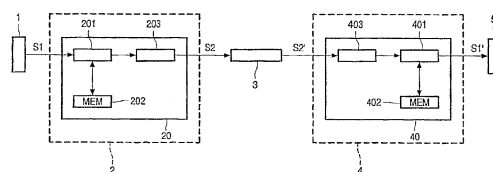
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 3 页

[54] 发明名称

编码

[57] 摘要

本发明用于利用给定算法、通过从能在给定一组输入值的情况下利用给定算法计算的总的一组可能的系数中选择(201)要计算的系数并且通过计算(201)这些选择的系数以获得此组系数,将此组输入值(S1)编码(20)为一组系数,其中选择较高优先级给予与其他系数相比要求较低计算成本的系数。优选地,对于给定的系数来说,计算成本至少部分地基于计算此给定系数所要求的计算步骤的数量减去能与其他选择系数的计算共享的计算量,而且其中在计算步骤中,在计算(201)共享这些共享计算步骤的其他系数时重复使用这些共享计算步骤的结果。



1. 利用给定算法将一组输入值 (S1) 编码为一组系数的一种方法, 此方法包括:

在给定此组输入值的情况下, 从能够利用此给定算法计算的总的一组可能系数中选择要计算的系数, 其中选择优先级取决于各个可能系数的计算成本, 和

计算这些选择的系数, 以获得此组系数。

2. 根据权利要求 1 的方法, 其中对于至少所述选择的系数之一来说, 计算成本至少部分地基于计算至少所述选择的系数之一所要求的计算步骤的数量减去能与其他选择的系数的计算共享的计算量, 并且其中在计算步骤中, 在计算共享这些共享计算步骤的其他系数中, 重复使用共享计算步骤的结果。

3. 根据权利要求 1 的方法, 其中在选择步骤中, 在给定最大的总计算成本的情况下, 使要计算的系数的数量最大。

4. 根据权利要求 1 的方法, 其中在选择步骤中, 选择预定数量的系数。

5. 根据权利要求 1 的方法, 此方法包括重复选择要计算的下一个系数, 直至满足对于下一个系数来说与还未计算的其他可能的系数相比其计算成本是最小的停止准则。

6. 根据权利要求 5 的方法, 其中计算成本至少部分地基于计算下一个系数所要求的计算步骤的数量减去能够在下一个系数的计算与对于已计算的系数来说已执行的计算步骤之间共享的计算步骤数量。

7. 根据权利要求 1 的方法, 其中在选择要计算的系数时, 使用至少一个附加准则。

8. 根据权利要求 7 的方法, 其中利用代表至少一个附加准则的优先级函数来加权计算成本。

9. 根据权利要求 1 的方法, 此方法还包括:

根据至少部分地利用计算的系数确定的扫描顺序, 在输出信号 (S2) 中包含此组系数, 和

在此输出信号 (S2) 中包含有关此扫描顺序的信息。

10. 根据权利要求 1 的方法, 其中根据预定的扫描顺序在输出信号 (S2) 中包含此组系数, 并且其中对于此预定的扫描顺序

中未计算的系数，使用预定值。

11. 根据权利要求 10 的方法，其中此预定值为零。

12. 根据权利要求 1 的方法，其中从包含有关各个可能系数的计算成本的信息的数据库中获得要计算的系数。

13. 根据权利要求 12 的方法，其中以表示哪些系数能计算为给定最大数量的可利用计算步骤的函数的表的形式可获得此数据库中的计算成本信息。

14. 用于利用给定算法将一组输入值 (S1) 编码为一组系数的一种设备，此设备包括：

用于在给定此组输入值的情况下从能够利用此给定算法计算的总的一组可能系数中选择要计算的系数的装置，其中选择优先级取决于各个可能系数的计算成本，和

用于计算这些选择的系数以获得此组系数的装置。

15. 利用给定算法将一组系数 (S2) 反向变换为一组输出值 (S1') 的一种方法，此方法包括：

从在利用给定算法计算这些值时用作输入的总的一组可利用系数中选择各个系数，其中选择优先级取决于各个可利用系数的计算成本，

从这些选择的系数中计算这些值。

16. 根据权利要求 15 的方法，其中对于至少所述选择的系数之一来说，计算成本至少部分地基于通过将至少所述选择的系数之一用作此算法的输入计算这些值所要求的计算步骤的数量减去能与根据用作此算法的输入的其他系数的计算共享的计算量，并且在计算中，在共享这些共享计算步骤的其他计算中，重复使用这些共享计算步骤的结果。

17. 一种设备，用于利用给定算法将一组系数 (S2') 反向变换为一组输出值 (S1')，此设备包括：

用于从在利用给定算法计算这些值时用作输入的总的一组可利用系数中选择各个系数的装置，其中选择优先级取决于各个可利用系数的计算成本，

用于从这些选择的系数中计算这些值的装置。

18. 用于解码信号的一种方法，其中根据利用计算的系数确定的扫描顺序提供计算的系数，该信号进一步包括有关扫描顺序

的信息，此方法包括：

从此信号中获得有关利用计算的系数确定的扫描顺序的信息，

利用获得的扫描顺序，从此信号中获得这些系数，和
计算这些系数。

19. 用于解码信号的一种设备，其中根据利用计算的系数确定的扫描顺序提供计算的系数，该信号进一步包括有关扫描顺序的信息，此设备包括：

用于从此信号中获得有关利用计算的系数确定的扫描顺序的信息的装置，

用于利用获得的扫描顺序从此信号中获得这些系数的装置，
和

用于计算这些系数的装置。

编码

技术领域

- 5 本发明涉及利用给定算法将一组输入值编码为一组系数，此算法可以是离散余弦变换（DCT），此算法广泛用于图象与视频编码领域中。

背景技术

- 10 Pao 和 Sun[5]公开了，诸如 H.263 与 MPEG 的数字视频编码标准对于多媒体应用正变得越来越重要。由于所要求的巨大的计算量，已有极大的努力来加速视频编码器的处理。以前，这些努力主要集中在快速运动估算算法上。然而，随着运动估算算法变得优化，为了加速视频编码器，还必须优化诸如离散余弦变换（DCT）和逆 DCT（IDCT）的其他函数。Pao 和 Sun 提议用于 DCT 系数的一种理论模型。根据此模型，表明 DCT 系数的方差在运动补偿预测之后能表示为最小平均绝对误差（MMAE）的函数。从此统计模型中推导出具有多门限的自适应方法来减少 DCT、IDCT 的计算、量化和逆量化。Pao 和 Sun 还提出在量化步骤大时能够进一步加速 DCT 计算的 DCT 近似算法。利用可忽略的视频质量降低能实现处理速度的提高。

20 发明内容

本发明的一个目的是支持给定算法的可换算性（scalability）。为此，本发明提供了用于将一组输入值编码为一组系数的方法与设备、用于逆变换的方法与设备、视频系统、信号、存储媒体、用于确定给定算法的计算成本的方法与设备、数据库和计算机程序。

- 25 具体地，本发明提供利用给定算法将一组输入值编码为一组系数的一种方法，此方法包括：在给定此组输入值的情况下，从能够利用此给定算法计算的总的一组可能系数中选择要计算的系数，其中选择优先级取决于各个可能系数的计算成本，和计算这些选择的系数，以获得此组系数。

- 30 本发明还提供用于利用给定算法将一组输入值编码为一组系数的一种设备，此设备包括：用于在给定此组输入值的情况下从能够利用此给定算法计算的总的一组可能系数中选择要计算的系数的装置，其

中选择优先级取决于各个可能系数的计算成本，和用于计算这些选择的系数以获得此组系数的装置。

5 本发明又提供利用给定算法将一组系数反向变换为一组输出值的一种方法，此方法包括：从在利用给定算法计算这些值时用作输入的总的一组可利用系数中选择各个系数，其中选择优先级取决于各个可利用系数的计算成本，从这些选择的系数中计算这些值。

10 本发明仍提供一种设备，用于利用给定算法将一组系数反向变换为一组输出值，此设备包括：用于从在利用给定算法计算这些值时用作输入的总的一组可利用系数中选择各个系数的装置，其中选择优先级取决于各个可利用系数的计算成本，用于从这些选择的系数中计算这些值的装置。

15 本发明还提供用于解码信号的一种方法，其中根据利用计算的系数确定的扫描顺序提供计算的系数，该信号进一步包括有关扫描顺序的信息，此方法包括：从此信号中获得有关利用计算的系数确定的扫描顺序的信息，利用获得的扫描顺序，从此信号中获得这些系数，和计算这些系数。

20 本发明又提供用于解码信号的一种设备，其中根据利用计算的系数确定的扫描顺序提供计算的系数，该信号进一步包括有关扫描顺序的信息，此设备包括：用于从此信号中获得有关利用计算的系数确定的扫描顺序的信息的装置，用于利用获得的扫描顺序从此信号中获得这些系数的装置，和用于计算这些系数的装置。

特别地，可换算性表示质量能利用算法复杂性或计算能力来交换：为了降低算法复杂性或计算能力，能以质量的损耗为代价，反之亦然。

25 本发明的第一实施例用于利用给定算法将一组输入值编码为一组系数，此方法包括：从在给定此组输入值的情况下能够利用此给定算法计算的总的一组可能系数中选择要计算的系数，其中选择较高优先级给予与其他系数相比要求较低计算成本的系数；并且计算这些选择的系数以获得此组系数。通过选择要求较低计算成本的系数，在给定
30 有限数量的计算步骤或有限的时间周期的情况下计算较高数量的系数。计算的系数的数量与质量有关。

本发明对于将第一域（例如，时间或空间域）中的输入值变换为第二域（例如，频域）中的系数的算法特别有益。第二域中的系数可

以包含有关第一域中所有值的信息，但只在不同于其他系数的给定电平上给出此信息。在这种情况下，如果可获得更多的系数，能给出第一域中这些值更准确的表示。编码有益地为视频编码，其中输入值形成一组像素值，并且这些系数是从一组可能的变换系数中选择的变换系数。

在本发明的有益实施例中，对于给定系数来说，计算成本至少部分地基于计算此给定系数所要求的计算步骤的数量减去能与其他选择系数的计算共享的计算量，并且其中在计算步骤中，在计算共享这些共享计算步骤的其他系数时重复使用这些共享计算步骤的结果。通过在考虑能共享的计算步骤的数量的同时选择要求较低计算成本的那些系数得到更优化的选择。在给定有限资源的情况下，以这种方式能计算更多的系数。在一个实际的实施例中，在选择系数的计算中，将共享计算步骤的中间结果存储在存储器中并进行检索以便在需要时在计算其他系数时重复使用。

在该选择步骤中，在给定最大的总计算成本的情况下能使计算的系数的数量最大。在此实施例中，在给定有限计算能力的情况下获得最大的质量。在此实施例中，选择之后的计算顺序可以是任意的。另外，如果给定要计算的系数的希望数量，能够确定最低要求的计算成本。这对与其他算法或应用相关的给定算法分配计算资源时可能是有用的。

根据有益的实施例，除了已经计算的系数之外，还执行下一个系数的重复选择，直至满足这下一个系数的计算成本与还未计算的其他可能的系数相比是最低的停止准则。在此实施例中，“飞击式（on-the-fly）”计算是可能的，其中在达到计算限制或某一时间周期时，停止计算。此算法能够重新编程为以此特定顺序来处理这些计算步骤，直至达到（时间）限制。在此（时间）限制内，能随时更新结果。此算法现在与能具有任意计算能力的所使用的计算机系统无关。此算法将在给定（时间）限制和可能的其他限制内尽可能计算多的系数。在此实施例中，计算成本也优选至少部分地基于计算下一个系数所要求的计算步骤的数量减去能够在这下一个系数的计算与对于已计算的系数来说已执行的计算步骤之间共享的计算步骤的数量。

可将本发明有益地应用于可编程的视频结构中。在此实施例中，

提供以相对可获得的计算能力可换算视频质量为特征的可换算（MPEG）编码算法，其计算能力可以取决于希望的应用。在给定有限的计算能力的情况下，此实施例仍然尽可能好地保持质量。视频处理应用的耗时基本算法之一是离散余弦变换（DCT）的计算，但本发明也可应用于其他的算法。在变换算法的情况中，在给定的计算限制上，在此给定的计算限制内计算最大数量的变换系数。

在本发明的优选实施例中，使用至少部分地利用计算哪些系数确定的扫描顺序。这样的扫描顺序可以例如每帧发送给解码器，这允许每帧改变扫描顺序，这在编码器处理和比特率方面是有益的。每帧发送特定的扫描顺序并因此此特定的扫描顺序表示在发送信号中。如果所有计算的系数出现在发送的信号中，则可以在发送的信号中插入块结束（EOB）来表示对于此给定块不再发送其他的系数。

在本发明的另一个实施例中，使用预定的扫描顺序，诸如 MPEG 中定义的 Z 形扫描或交替扫描，其中将预定值放置在用于未计算的变换系数的结果比特流中。此预定值在实际的实施例中为零。根据本发明的此实施例的信号因此根据在给定计算能力的情况下已经计算的变换系数的数量具有特定的零模式。在低比特率的情况中，许多零是非最佳的。在此实施例中，符合 MPEG 的解码器也能解码发送的信号。因为计算可能的变换系数的特定选择，所以本发明的此实施例的结果在发送的信号中是可识别的。

对于给定的变换算法可以脱机确定有利的计算和/或扫描顺序，此有利的顺序存储在编码器的数据库（例如，查找表）中。计算顺序不一定与扫描顺序相同，但为了节省存储器，计算顺序与扫描顺序相同是优选的。在使用非标准的扫描顺序的情况中，应插入已使用哪个扫描顺序的指示。然而，在同一数据库也存储在解码器中时，优选但不是必须将这些系数的顺序或数据库/查找表发送给解码器。在这种情况下，表示在编码器中已使用一组扫描顺序之中的哪个扫描顺序的索引就足够了。在只使用一种预定的扫描顺序的情况中，不必发送扫描顺序。

在编码器中，根据可获得的计算变换系数，可以确定在解码器中使用为最有益的这些系数的扫描顺序。根据在解码器中能缓存多少系数，有益的是以近似于解码器中最有效的计算顺序的顺序来发送这些

变换系数。解码器有益地以发送信号中所示的顺序单独地飞击式解码这些系数或每组系数。

有益地，在选择要计算的变换值时使用至少一个附加准则。因为一些系数对于图象质量比其他系数更重要，所以系数之间的优先级设置是有用的。例如能通过将数据库中的计算成本与任何排序的优先级函数相乘或通过将这些系数排序为不同的优先级组（每组给予一个处理顺序）能设置优先级。根据不同类型的图象块，对于算法输出能选择不同的优先级，以查找输入依赖的计算式样。

最好，一个优先级准则可以基于系数值为零（在量化之后）的次数。时常为零的系数应获得较低的优先级。在解码器中，改变这些系数的计算顺序取决于接收的系数和能缓存这些系数之中的多少系数。

逆变换操作在本发明的情形中也构造为变换操作。在这种情况下，利用这些系数形成输入值并且在例如像素值的可能输出值之间进行选择。未计算的像素值可以利用预定值来填充或可以例如通过平均从周围的像素值中推导出。可选择地，在可以输入给此算法以计算输出值的系数中进行选择。在这种情况下，也不通过选择要计算的输出值而通过选择使用哪些可获得/接收的变换值作为此算法的输入以计算像素值来使计算成本最低。如果由于能够执行的计算步骤中的限制不能使用所有可获得的变换值，输出值将不太准确，但在图象的情况下对于此图象（块）的任何一个像素仍然获得一个值。

本发明还涉及视频系统，此视频系统至少包括根据本发明的一个实施例的编码设备和解码设备。这样的视频系统的一个示例是用于在硬磁盘驱动器（HDD）上存储视频材料的闭合系统。其他的示例为电视会议系统、数字手持照相机等。在视频材料为模拟的情况下，此视频系统还包括模拟-数字变换器。如果此视频系统中的编码器生成符合MPEG的比特流，则可以使用标准的解码器。有益地，此视频系统中的解码器是根据本发明的一个实施例的解码器。

本发明还涉及分析算法的计算成本的方法。此分析生成将计算成本作为系数的函数的数据库。利用此数据库，可推导出提供有关在给定的计算限制内能计算哪些系数的信息的系数表，这样的数据库根据本发明的实施例能用于编（解）码中。

附图说明

从下面参考实施例的描述将使本发明的上述和其他方面变得更加清楚。

在附图中：

图 1 表示余弦函数的周期性；

5 图 2 表示在 H.263 与 MPEG 中使用的 Z 形扫描顺序；

图 3 表示根据本发明的一个实施例的从输入 A 至输入 B 的计算；

图 4 表示根据本发明的一个实施例的 DCT 矩阵中系数的计算顺序；

10 图 5 表示考虑此矩阵的左上角的附加优先级的根据本发明的一个实施例的 DCT 矩阵中系数的计算顺序；和

图 6 表示根据本发明的一个实施例的视频系统。

这些附图只表示理解本发明所必需的那些单元。

具体实施方式

15 为了更好地理解本发明，首先给出有关 DCT 变换的一些基本理论。DCT 将图象的小方块的亮度与色度值变换到变换域。此后，量化所有的系数，并且集中在少量的系数中的信号保证利用少于原始的数据保存整个图象。

对于表示为 2D (二维) 数据矩阵 $\{x[i,j]; i,j=0,1,...,N-1\}$ 的给定图象块，利用下式 (1) 给出 2D DCT 矩阵 $\{x[i,j]; i,j=0,1,...,N-1\}$ ：

20

$$X[m,n] = \frac{2}{N} * u(m) * u(n) * \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x[i,j] * \cos \frac{(2i+1)m * \pi}{2N} * \cos \frac{(2j+1)n * \pi}{2N} \quad (1)$$

其中

$$u(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{如果 } k=0 \\ 1 & \text{否则} \end{cases}$$

25

为了降低等式 (1) 的复杂性，时常使用行-列方法。利用此方法，利用 1D-DCT 单独变换图象块的每行与列。对于给定的 1D 数据矢量 $\{x[i]; i=0,1,...,N-1\}$ ，利用下式(2)定义 1D-DCT 矢量 $\{x[i]; i=0,1,...,N-1\}$ ：

30

$$X[n] = \sqrt{\frac{2}{N}} * u(n) * \sum_{i=0}^{N-1} x[i] * \cos\left(\frac{(2i+1)n*\pi}{2N}\right) \quad (2)$$

等式 (1) 与 (2) 都具有如下的形式:

$$Output = Const * InputMatrix * CosMatrix \quad (3)$$

等式 (3) 的常量部分能够合并在后一量化步骤中, 在此量化步骤
 5 中为了数据压缩目的而除去变换的系数。当然, 不能修改输入数据。
 有用的第三部分是余弦矩阵。此矩阵的变换基于余弦函数的周期性。
 余弦函数是周期性的, 这表示此函数的结果每个 2π :
 $\cos(\alpha) = \cos(n*2\pi + \alpha)$; $n \in \mathbb{Z}$ 重复一次。而且, 此余弦函数对于 π 为反周
 期性的, 这表示此函数的结果每个 π 重复一次, 但符号改变: $\cos(\alpha) =$
 10 $(-1)^n * \cos(n*\pi + \alpha)$; $n \in \mathbb{Z}$ 。图 1 表示此余弦函数的图表, 其中标记具
 有相同绝对值的四个箭头。

大多数公知的 DCT 算法为最高视频质量而设计。能够找到不同的
 策略来利用等式 (1) 或 (2) 的数学变换减少 DCT 计算的复杂性: Lee
 与 Huang[1] 将余弦矩阵的计算减为相当的较低复杂度的小问题, 他们
 15 将余弦矩阵的每个角度归一化为 $0 < |\alpha| < 0.5\pi$, 并因此将 $2^n \times 2^n$ -
 DCT 减为较低复杂度的 $2^{n-1} \times 2^{n-1}$ -DCT'。Cho 与 Lee[2] 发现等式 (1)
 中给出的两个余弦矩阵之间的数据依赖性, 从而将一个矩阵表示为另
 一矩阵的函数。因此, 将 2D 变换减为 1D 变换, 其中 1D-DCT 算法的
 选择是不必的。Arai、Agui 与 Nakajima[3] 从离散傅立叶变换 (DFT)
 20 中推断出 DCT, 其中在后一量化步骤中能合并几个乘法。

还有, 公知降低 DCT 的计算复杂度以加速计算时间的算法, 从而
 视频质量的损耗是可接受: Merhav 与 Vasudev[4] 研制一种计算方案用
 于 DCT 与逆 DCT (IDCT), 主要想法是以移位运算来替换所有的乘
 法并且在后一量化步骤中尽可能好地补偿结果误差而无附加成本。Pao
 25 与 Sun[5] 统计分析利用视频编码标准 H.263 编码不同的视频序列, 此
 编码标准在以图 2 所示的 Z 形顺序计算 DCT 之后保存图象块, 直至已
 保存所有的非零值。其余的零利用块结束 (EOB) 符号来替代。从此
 分析中, DCT 系数的方差能表示为最小平均绝对误差 (MMAE) 的函
 数, 这在运动补偿预测之后采用。根据此函数和视频标准 H.263 的
 30 量化参数, 测量门限以便以不同的方式来处理图象块。对于全部 64 个系

数或对于大约 4×4 低频 DCT 或只对左上的系数值, 计算 DCT, 或完全不执行 DCT。

在下面, 描述本发明的一个实施例, 其中根据 DCT 算法使用 DCT 系数的特定计算顺序。在计算步骤之后, 排序其余系数的列表, 以便在下一步骤中计算具有最低计算成本的系数。在这种情况下, 计算顺序给出 DCT 算法的设计规则, 以便在给定的降低的计算能力内使系数的数量最大化。虽然此部分集中在计算 DCT, 但所述的方面也可应用于类似于逆离散余弦变换 (IDCT) 的其他算法。

Merhav 与 Vasudev[4]以及 Pao 与 Sun[5]的方案为了节省计算而已经接受质量的损耗。然而, 这两个方案认为基本的 DCT 算法未考虑在计算各个变换系数时共享的计算。

了解基本的 DCT 算法对于查找最佳策略以便在给定计算努力和 / 或时间限制内将其换算为较低视频质量是重要的。结果, 通过消除几个计算并因而消除系数来修改特定算法。此算法的结果则在给定限制内将具有可能的最佳质量, 这是因为尽可能计算多的系数。找到能消除哪些计算以便为了最佳可能的视频质量而保持最大数量的系数, 这是重要的。因为 DCT 算法以不同的方式处理视频数据, 所以应仔细分析用于某一应用的算法。

分析 DCT 算法以找到获得特定的 DCT 系数所必需的计算量。此分析探究此算法内计算节点之间的数据依赖性。对于每个计算步骤, 什么时候输入值成为最后变换的系数和为了获得另一系数仍需要什么计算, 能建立一个数据库。如果设置计算限制, 最好计算共享计算步骤的系数, 随后利用最少的努力使系数的数量最大化。

此方法的分析步骤和优点利用图 3 中给出的简短计算的示例来解释, 此示例表示具有三个中间结果 t_1 、 t_2 、 t_3 的计算。通过计数从输入值开始计算每个系数所需要的所有运算来确定用于系数 B_1 、 B_1 与 B_3 的计算成本。例如, B_1 利用 $B_1 = t_1 * C_1 = (A_1 + A_2) * C_1$ 来计算并因此包括一次加法 (t_1 内) 和一次乘法, 将此信息存储在表 1 给出的数据库中, 其中例如将一次乘法设置为等效于三次加法。

总的计算	t_1	t_2	t_3	B_1	B_2	B_3
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

加法		1	1	1		$t_1+0=1$	$t_1+t_2+1=3$	$t_3+0=1$
乘法		0	0	0		$t_1+1=1$	$t_1+t_2+0=0$	$t_3+1=1$
运算计数		1	1	1		$1+1*3=4$	$3+0*3=3$	$1+1*3=4$

表 1: 根据本发明的一个实施例的计算成本。一次加法计数为一次运算，一次乘法计数为三次运算。

利用此数据库，根据已经进行的计算，我们能集中查找需要最少运算的下一个 DCT 系数，这将给出这些系数的算法依赖的计算顺序。

- 5 在图 3 所示的示例中，将在第一步骤中计算 B_2 ，这是因为它只需要三次运算。系数 B_1 与 B_3 具有相同的计算成本，因此看起来是首先计算 B_1 还是首先计算 B_3 没有不同。然而，系数 B_1 与 B_2 共享节点 t_1 ，这在第二步骤中对 B_1 来说导致比 B_3 更少的剩余计算成本，这能在表 2 中看到，其中表 1 的数据库已经利用已计算 B_2 的信息进行更新了。

10

剩余计算		t_1	t_2	t_3		B_1	B_2	B_3
加法		0	0	1		0	0	1
乘法		0	0	0		1	0	1
运算计数		0	0	1		3	0	4

表 2: 在计算 B_2 之后的剩余计算成本

因此，最好以这样的顺序来计算给定系数： B_2 、 B_1 、 B_3 。如果对于此示例来说计算能力减至六次运算，能计算系数 B_2 和 B_1 。利用 B_2 、 B_3 、 B_1 的计算顺序，将只计算 B_2 ，这是因为前两个系数 B_2 和 B_3 一起需要七次运算。

15

在此部分中解释的方案已用于查找 Cho 与 Lee[2] 的 2D-DCT 算法的计算顺序，此 2D-DCT 算法包括 Arai、Agui 与 Nakajima[3] 的 1D-DCT 算法，结果表示在图 4 中。

- 20 如果考虑 DCT 计算之后的量化步骤，能改善计算顺序。在大多数情况中，在变换的图象块的左上角上能找到此变换图象块的重要值。

- 量化步骤为了数据压缩目的而除去不太重要的值。因此，这些系数能够与优先级函数进行组合以选择左上角中的系数。通过将（存储在生成的数据库中）系数 $C[i, j]$ 的运算次数乘以优先级函数 $p(i, j) = i^2 + |i - j| + 1$ 找到图 5 中给出的计算顺序。函数 p 利用一些实验来查找并且看起来适于第一实施例。

表 3 表示此改变如何得到另一计算顺序。在这儿，将一次乘法设置为等效于三次加法并且已计算前面两个系数 C_{00} 和 C_{44} 。显然在不使用优先级函数时要计算的下一个系数为 C_{04} ，而在使用优先级函数 p 时此下一个系数为 C_{22} 。

10

	C_{04}	C_{22}
计算系数剩下的加法	7	9
计算系数剩下的乘法	4	4
运算计数-不利用优先级函数	19	22
优先级函数 $p(i, j)$	13	9
运算计数-利用优先级函数换算	247	189

表 3: 要计算的下一个系数的确定。在不使用优先级函数时优选 C_{04} ，在使用优先级函数 p 时优选 C_{22} 。

- 还一增进是利用设计用于图象块的某些内容的优先级函数能够优化计算顺序。例如，将图象块分类为三个不同的组：包含水平行的图象块、包含垂直行的图象块或没有空白结构的块。在这三组之中的每个组中，DCT 将选择特定的系数来描述原始图象块，这能利用优先级函数来表示。能执行每个图象块的简短的预先分析或从进行类似分析的其他函数中获取每个图象块的简短的预先分析，以保证首先计算最重要的系数。

- 在 MPEG 标准内，图 2 所示的 Z 形顺序用于编码 DCT 系数，这是因为通常在量化块的左上角中找到最重要的值。通过将此 Z 形顺序用作计算顺序，在计算开始时为了获得前面的系数必须进行耗时计算，这是因为这些值取决于不同的输入并且内部能使用中间结果。对于减少的计算能力，这将得到较少的系数在以后使用。因而找到最佳

的计算顺序是有用的。

将 Z 形顺序的给定数量的系数的运算计数与此部分中所述的计算优化顺序进行比较。能够注意到，计算优化的顺序得到显然更多的系数，这获得更好的视频质量。SNR 提高在 1-5dB 之间。

- 5 所述的方法以许多方式实际用于可换算算法。不提供要计算的特定数量的系数，此数量能够用于自动质量换算。例如，因为具有低计算能力的 PC 不能实时完成所有的计算，所以在此具有低计算能力的 PC 上运行实时视频应用可能失败。在这种情况下，视频处理将被放弃或表示中断 (hick-up)。为了解决这个问题，视频处理软件能更新已经计算的系数的列表，直至得处理下一块或达到用户定义的时间限制。
- 10 利用此解决方案，能保证全屏幕和全时间可观看视频。

- 本发明的这个实施例提供用于以特定顺序计算 DCT 以支持可换算性的一种有益方法，这通过分析 DCT 算法的每个计算步骤以查找接下来应以最少的努力计算的系数来实现。此方法通过获得考虑的最高数量的 DCT 系数在计算期间使此图象的 SNR 最大。
- 15 利用诸如优先级函数的各种特性能增强此计算方法，这有利于低频率系数的计算，因此此方法更适于在执行 DCT 之后的 MPEG 编码。此技术也能成功地用于 IDCT。

- 图 6 表示包括视频源 1、发射机 2、通信信道或存储媒体 3、接收机 4 和显示设备 5 的一种视频系统。此视频源 1 可以是照相机等并且提供视频源信号 S1 给发射机 2。发射机 2 包括视频编码器 20。此视频编码器包括计算单元 201、存储器 202 和输出单元 203。此计算单元从此视频源信号 S1 的输入样值中计算能够包括在通过通信信道 3 发送或在通信信道 3 是存储媒体时选择地存储的编码的输出信号 S2 中的一组变换系数。视频编码器 20 还包括存储器 202，用于存储计算单元 201 中计算的中间结果。这些中间结果一般来源于在计算单元 201 中计算的各个变换系数的计算之间共享的计算。存储器 202 还能用于存储变换系数的扫描顺序或计算顺序。输出单元 203 将这些变换值格式化为适于传输的格式。在诸如 MPEG 编码器的视频编码器中，通常量化变换系数以减少表示变换值所需要的比特的数量。在图 6 中，假定在计算单元 201 中执行必要的量化操作。虽然未在图 6 中表示出，但 MPEG 编码器通常也包括用于执行运动估算与补偿以便预测编码图象的单
- 20
- 25
- 30

元。输出单元 203 可以执行类似于可变长度编码、多路复用和信道编码的操作。

根据本发明的一个实施例，计算顺序是依赖于算法的，虽然如前所述另外可以利用优先级函数来确定计算顺序，这考虑其他情况。扫描顺序可以与计算顺序相同，但这不是一定的。在任何一种情况中，5 解码器在扫描顺序上应与编码器同步。解码器可以使用不同于编码器的另一计算顺序，这是因为对于解码算法来说另一计算可能更有效。

接收机 4 包括解码器 40。视频解码器 40 包括输入单元 403、计算单元 401 和存储器 402。输入单元从通信信道或存储媒体 3 中接收视频10 信号 S2'。编码的视频信号 S2' 通常与信号 S2 相同，尽管 S2' 可能包含由于通信信道或存储媒体 3 而引入的差错。输入单元 403 可以执行类似于可变长度编码、多路分用和信道解码的操作，这些操作通常与输出单元 203 中执行的操作相反。计算单元 401 执行逆变换，以便从接收的变换系数中计算像素值，这些像素值包含在是降低质量版本的视频源信号 S1 的输出信号 S1' 中。输出信号 S1' 显示在显示单元 5 上。15

解码器 40 可以是标准的解码器。有益地，解码器 40 是根据本发明的一个实施例的解码器。如前所述，可以在是逆变换输入的可利用变换系数之间进行选择，也根据选择的变换系数所要求的计算步骤的数量和能共享的计算步骤的数量，在此选择中将较高优先级给予比其他系数要求较低计算成本的变换系数。为此，存储器 402 可以包含数20 据库，这表示在给定最大计算能力的情况中可以计算哪些可利用变换系数。在还一实施例中，存储器 402 根据本发明的一个实施例存储编码器使用的扫描顺序，此扫描顺序利用计算哪些系数或哪个扫描顺序甚至近似于编码器中的计算顺序来确定。

25 本发明有益地应用于一方面需要实时视频编码但另一方面具有其他限制的应用中，诸如：

电视会议系统，具有低视频分辨率并且时常通过窄带宽连接来传送视频流，这导致会议参与者之间的通信延迟，此延迟必须进行最小化。而且，电视会议是具有足够的时间分辨率的视频比高空间视频质量30 量更重要的一个示例。

数字手持照相机应是手持、便宜并且具有被客户接受的好质量。这些照相机具有中间分辨率并因此需要比电视会议系统更复杂的视频

处理算法。为了限制照相机的成本，这些算法在软件方面应是可编程的或应得到简单的硬件方案。

- 电视机具有通用计算能力。通过将用于视频应用的给定算法变换为较低复杂性能节省一部分可利用的计算能力，因此使电视机能够并
- 5 行执行其他的任务。否则，视频应用能阻碍有用的其他应用。

本发明还可应用于参数编码方案，其中将输入值编码为一组参数。在权利要求书中，应认为系数在这些编码方案中为参数。

- 应注意，上述实施例表示不限制本发明，并且本领域技术人员将能设计许多替换实施例而不脱离所附的权利要求书的范畴。在权利要求书中，放置在括号之间的标号不应认为限制权利要求。字“包括”
- 10 不排除权利要求中所列之外的其他单元或步骤的存在。本发明能利用包括几个不同单元的硬件来实施和利用合适编程的计算机来实施。在列举表示几个装置的设备权利要求中，利用同一硬件能实施这些装置之中的几个装置。在相互不同的从属权利要求中引用某些测量的纯粹
- 15 事实不表示这些测量的组合不能用于获益。

$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	49	9	53	3	58	11	50
1	17	33	22	41	27	47	31	39
2	10	54	5	61	15	56	7	64
3	21	45	29	37	19	35	25	44
4	4	59	12	51	2	52	13	60
5	26	43	24	36	20	38	30	46
6	14	63	8	57	16	62	6	55
7	18	40	32	48	28	42	23	34

图 4

$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	33	9	41	5	44	14	36
1	17	49	21	57	29	63	31	55
2	10	37	3	42	11	39	7	48
3	25	61	26	53	18	51	24	60
4	6	45	15	34	2	35	16	46
5	28	59	23	52	19	54	27	62
6	12	47	8	40	13	43	4	38
7	20	56	32	64	30	58	22	50

图 5

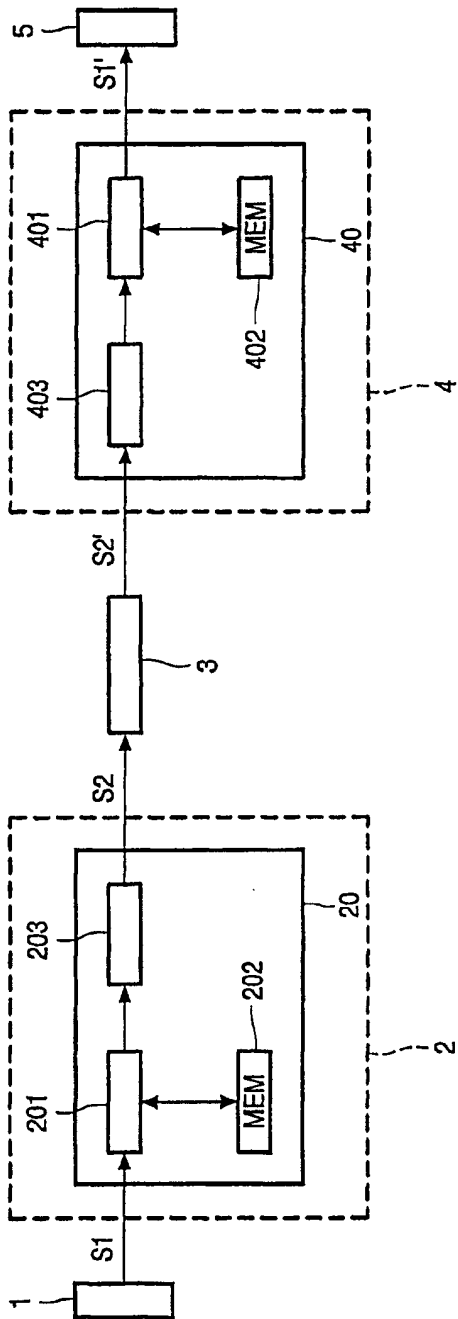


图 6