



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103404136 B

(45)授权公告日 2018.02.16

(21)申请号 201180060313.0

(22)申请日 2011.10.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103404136 A

(43)申请公布日 2013.11.20

(30)优先权数据

61/393,186 2010.10.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.06.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/055562 2011.10.10

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/051094 EN 2012.04.19

(73)专利权人 汤姆逊许可公司

地址 法国伊西莱穆利诺

(72)发明人 A.莫格哈达姆 J.索尔 吕小安

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 叶齐峰

(51)Int.Cl.

H04N 19/97(2014.01)

H04N 19/132(2014.01)

H04N 19/517(2014.01)

H04N 19/172(2014.01)

(56)对比文件

CN 1802667 A,2006.07.12,

US 2008170623 A1,2008.07.17,

US 2009028239 A1,2009.01.29,

CN 1194047 A,1998.09.23,

US 2003043922 A1,2003.03.06,

US 2005207577 A1,2005.09.22,

审查员 陈学渊

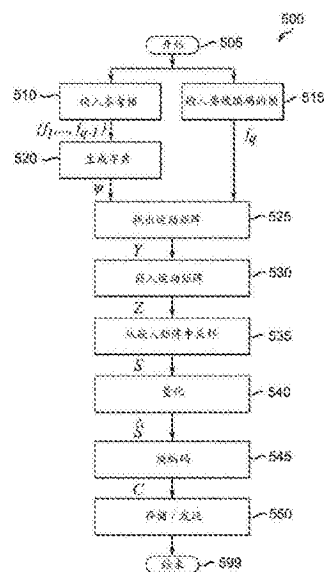
权利要求书3页 说明书12页 附图9页

(54)发明名称

使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和装置

(57)摘要

公开了使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和装置,所述编码设备包括:视频编码器,用于使用运动矩阵对视频序列中的画面进行编码,其中,所述运动矩阵具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示,所述字典包括一组原子和基础向量,用于表示该画面以及用于允许仅使用该组在相应的解码器处导出该画面,所述字典根据该视频序列中的一组参考画面形成。



1. 一种用于编码视频序列的设备,包括:

视频编码器(200),用于使用运动矩阵对所述视频序列中的画面进行编码,所述运动矩阵包括使得解码器能够使用所述运动矩阵和参考帧唯一地重构该画面的数据,其中,所述运动矩阵具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示,基于实现目标秩和目标稀疏性,根据至少一个参考帧的函数而不是正被编码的画面的函数来生成所述字典,并且通过以下操作来寻找所述运动矩阵:迭代地寻找相对于所生成的字典的所述运动矩阵的表示,仅仅保留所述表示的目标稀疏性数量的最大项,更新所述运动矩阵并且保留多达所述目标秩数量的该运动矩阵的最大目标秩数量的特征值,直到所述表示收敛到特定水平。

2. 如权利要求1所述的设备,其中,所述字典根据所述画面和至少一个参考帧之间的空间相关性和时间相关性形成。

3. 如权利要求1所述的设备,其中,所述视频编码器(200)包括用于将所述运动矩阵嵌入被嵌入矩阵的嵌入装置(230)、用于对嵌入矩阵进行采样以提供来自嵌入矩阵的样本子集的采样器(240)、用于对所述样本子集进行量化以提供量化后的样本子集的量化器(250),以及用于将量化后的样本子集熵编码为压缩码元的熵编码器(260)。

4. 如权利要求3所述的设备,其中,使用与所述运动矩阵相乘的两个矩阵来确定所述嵌入矩阵,所述两个矩阵被选择用于提供嵌入矩阵中的随机特征向量的阈值量。

5. 如权利要求3所述的设备,其中,所述样本子集是从所述嵌入矩阵中随机选择的。

6. 如权利要求5所述的设备,其中,视频编码器(200)和相应的视频解码器(300)使用相同的随机种子和相同的随机数发生器以确保来自嵌入矩阵的样本子集中的样本在视频编码器处和在相应的视频解码器处具有相同的各自的位置。

7. 如权利要求3所述的设备,其中,所述采样器(240)丢弃在嵌入矩阵中与所述样本子集中的样本具有不同位置的嵌入矩阵的部分。

8. 视频编码器中的一种方法,包括:

使用运动矩阵对视频序列中的画面进行编码,所述运动矩阵包括使得解码器能够使用所述运动矩阵和参考帧唯一地重构该画面的数据,其中,所述运动矩阵具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示,基于实现目标秩和目标稀疏性,根据至少一个参考帧的函数而不是正被编码的画面的函数来生成所述字典,并且通过以下操作来寻找所述运动矩阵:迭代地寻找相对于所生成的字典的所述运动矩阵的表示,仅仅保留所述表示的目标稀疏性数量的最大项,更新所述运动矩阵并且保留多达所述目标秩数量的该运动矩阵的最大目标秩数量的特征值,直到所述表示收敛到特定水平。

9. 如权利要求8所述的方法,其中,所述字典根据所述画面和至少一个参考帧之间的空间相关性和时间相关性形成(520)。

10. 如权利要求8所述的方法,其中,所述编码步骤包括:

将所述运动矩阵嵌入(530)被嵌入矩阵;

对嵌入矩阵进行采样(535)以提供来自嵌入矩阵的样本子集;

对所述样本子集进行量化(540)以提供量化后的样本子集;以及

将量化后的样本子集熵编码(545)为压缩码元。

11. 如权利要求10所述的方法,其中,使用与所述运动矩阵相乘的两个矩阵来确定所述嵌入矩阵,所述两个矩阵被选择用于提供嵌入矩阵中的随机特征向量的阈值量(700)。

12. 如权利要求10所述的方法,其中,所述样本子集是从所述嵌入矩阵中随机选择的(800)。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,视频编码器和相应的视频解码器使用相同的随机种子和相同的随机数发生器以确保来自嵌入矩阵的样本子集中的样本在视频编码器处和在相应的视频解码器处具有相同的各自的位置。

14. 如权利要求10所述的方法,其中,所述采样步骤包括丢弃在嵌入矩阵中与所述样本子集中的样本具有不同位置的嵌入矩阵的部分。

15. 一种用于解码视频序列的设备,包括:

视频解码器(300),用于使用运动矩阵的近似对所述视频序列中的画面进行解码,所述运动矩阵包括使得解码器能够使用所述运动矩阵和参考帧唯一地重构该画面的数据,其中,所述运动矩阵的近似具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示,基于实现目标秩和目标稀疏性,根据至少一个参考帧的函数而不是正被编码的画面的函数来生成所述字典,并且通过以下操作来寻找所述运动矩阵:迭代地寻找相对于所生成的字典的所述运动矩阵的表示,仅仅保留所述表示的目标稀疏性数量的最大项,更新所述运动矩阵并且保留多达所述目标秩数量的该运动矩阵的最大目标秩数量的特征值,直到所述表示收敛到特定水平。

16. 如权利要求15所述的设备,其中,所述字典根据所述画面和至少一个参考帧之间的空间相关性和时间相关性形成。

17. 如权利要求15所述的设备,其中,所述视频解码器(300)包括用于对压缩码元进行熵解码以提供来自嵌入矩阵的量化后的样本子集的熵解码器(310)、用于对量化后的样本子集进行去量化以提供来自嵌入矩阵的恢复版本的样本子集的近似的去量化器(320)、用于确定嵌入矩阵的恢复版本的缺失部分以提供嵌入矩阵的完整的恢复版本的矩阵填充装置(330),以及从嵌入矩阵的完整的恢复版本中重构运动矩阵的近似的重构装置(340)。

18. 如权利要求17所述的设备,其中,所述嵌入矩阵的恢复版本的缺失部分对应于之前丢弃的在嵌入矩阵中与所述样本子集中的样本具有不同位置的嵌入矩阵的部分。

19. 如权利要求17所述的设备,其中,使用嵌入矩阵和与该嵌入矩阵相乘的两个矩阵来确定运动矩阵的近似。

20. 如权利要求17所述的设备,其中,视频解码器(300)和相应的视频编码器(200)使用相同的随机种子和相同的随机数发生器以确保来自嵌入矩阵的样本子集中的样本在视频解码器处和在相应的视频编码器处具有相同的各自的位置。

21. 如权利要求15所述的设备,其中,相对于嵌入矩阵的恢复版本来确定所述运动矩阵的稀疏表示,并且响应于所述稀疏表示和所述字典来确定所述画面的向量化形式,并且其中,对所述向量化形式整形以获得该画面的重构版本。

22. 视频解码器中的一种方法,包括:

使用运动矩阵的近似对视频序列中的画面进行解码,所述运动矩阵包括使得解码器能够使用所述运动矩阵和参考帧唯一地重构该画面的数据,其中,所述运动矩阵的近似具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示,基于实现目标秩和目标稀疏性,根据至少一个参考帧的函数而不是正被编码的画面的函数来生成所述字典,并且通过以下操作来寻找所述运动矩阵:迭代地寻找相对于所生成的字典的所述运动矩阵的表示,仅仅保留所述表

示的目标稀疏性数量的最大项,更新所述运动矩阵并且保留多达所述目标秩数量的该运动矩阵的最大目标秩数量的特征值,直到所述表示收敛到特定水平。

23. 如权利要求22所述的方法,其中,所述字典根据所述画面和至少一个参考帧之间的空间相关性和时间相关性形成(650)。

24. 如权利要求22所述的方法,其中,所述方法进一步包括:

对压缩码元进行熵解码(615)以提供来自嵌入矩阵的量化后的样本子集;

对量化后的样本子集进行去量化(620)以从嵌入矩阵的恢复版本中提供样本子集的近似;

确定(625)嵌入矩阵的恢复版本的缺失部分以提供嵌入矩阵的完整的恢复版本;以及

从嵌入矩阵的完整的恢复版本中重构(630)运动矩阵的近似。

25. 如权利要求24所述的方法,其中,所述嵌入矩阵的恢复版本的缺失部分对应于之前丢弃的在嵌入矩阵中与所述样本子集中的样本具有不同位置的嵌入矩阵的部分。

26. 如权利要求24所述的方法,其中,通过使用嵌入矩阵和与该嵌入矩阵相乘的两个矩阵来确定运动矩阵的近似。

27. 如权利要求24所述的方法,其中,视频解码器和相应的视频编码器使用相同的随机种子和相同的随机数发生器以确保来自嵌入矩阵的样本子集中的样本在视频解码器处和在相应的视频编码器处具有相同的各自的位置。

28. 如权利要求22所述的方法,其中,相对于嵌入矩阵的恢复版本来确定所述运动矩阵的稀疏表示,并且响应于所述稀疏表示和所述字典来确定所述画面的向量化形式,并且其中,对所述向量化形式整形以获得该画面的重构版本。

使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求提交于2010年10月14日的美国临时专利申请序列号61/393,186的权益,通过引用其全部内容而并入本文。

技术领域

[0003] 本原理一般地涉及视频编码和解码,更具体地,涉及使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和设备。

背景技术

[0004] 视频编解码器是一种对数字视频实现视频压缩和/或解压缩的设备。在视频质量、呈现视频所需的数据量(也被称为比特率)、编码和解码算法的复杂性、针对数据损失和错误的鲁棒性、便于编辑、随机存取、本领域压缩算法设计的状态、端至端的延迟以及一些其它因素之间存在复杂的平衡。

[0005] 视频编解码器寻求以数字格式表现基本的模拟数据集。既然是模拟视频信号(分别表示亮度和颜色信息)的设计,在编解码器设计的图像压缩中共同的第一步骤是在YCbCr颜色空间中表示和存储图像。到YCbCr的转换提供了以下两方面的好处:第一,该转换通过提供颜色信号的去相关性提高了压缩率;第二,该转换将亮度信号(感知上更为重要)从色度信号(感知上不那么重要,并且可以以较低的分辨率表示来实现更高效的数据压缩)中分离出去。

[0006] 解码过程包括在可能的范围内对编码过程中每个阶段进行求逆。不能准确求逆的一个阶段是量化阶段。在那里,执行求逆的最佳近似。该过程的这部分通常被称为“逆量化”或“去量化”,虽然量化本质上是一个不可逆的过程。

[0007] 传统视频编码方法包括相对于参考中的简单移动和一些残差(residue)对帧进行分解。转到图1,一般地用参考标号100表示传统的编码方法。该编码方法100包括要被编码的帧2(在时刻 t_2 的 f_2)、(参考)帧1(在时刻 t_1 的 f_1),以及一些残差。使用帧1的参考(在时刻 t_1 的 f_1)和该残差对帧2(在时刻 t_2 的 f_2)进行编码。传统的混合视频编解码器,如国际标准化组织/国际电工委员会(ISO/IEC)运动图像专家组(MPEG-4)第十部分高级视频编码(AVC)标准/国际电信联盟、电信分部(ITU-T)H.264建议(以下简称“MPEG-4AVC标准”)是基于这个原理。对块进行帧内或帧间预测,之后应用典型的变换、量化、熵编码以及潜在的一些滤波过程。

[0008] 视频编码是一个非常广泛的领域并针对该课题有几十年的研究。已在其上应用了各种技术。最近出现的压缩感知(compressive sensing)也提供了应用于这个问题的另一种工具。例如,在一现有技术的方法中,使用压缩感知作为对数据块进行编码的一种模式。但是,这个方法仍然依赖于传统方案并引入了压缩感知作为该系统的附带方法。

发明内容

[0009] 本原理解决现有技术中的这些和其它的缺点和不足,本原理关注于使用运动矩阵进行视频编码和解码的方法和设备。

[0010] 根据本原理的一个方面,提供了一种设备。该设备包括使用运动矩阵对视频序列中的画面进行编码的视频编码器。所述运动矩阵具有低于给定阈值的秩和相对于字典(dictionary)的稀疏表示。所述字典包括一组原子(atom)和基础向量,用于表示该画面和用于允许仅使用该组在相应的解码器处导出该画面。根据该视频序列的一组参考画面形成该字典。

[0011] 根据本原理的另一个方面,提供了视频编码器中的一种方法。该方法包括使用运动矩阵对视频序列中的画面进行编码。所述运动矩阵具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示。所述字典包括一组原子和基础向量,用于表示该画面和用于允许仅使用该组在相应的解码器处导出该画面。根据该视频序列的一组参考画面形成该字典。

[0012] 根据本原理的再一个方面,提供了一种设备。该设备包括使用运动矩阵的近似对视频序列中的画面进行解码的视频解码器。所述运动矩阵的近似具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示。所述字典包括一组原子和基础向量,用于表示该画面和用于允许仅使用该组在相应的解码器处导出该画面。根据该视频序列的一组参考画面形成该字典。

[0013] 根据本原理的其它一个方面,提供了视频解码器中的一种方法。该方法包括使用运动矩阵的近似对视频序列中的画面进行解码。所述运动矩阵的近似具有低于给定阈值的秩和相对于字典的稀疏表示。所述字典包括一组原子和基础向量,用于表示该画面和用于允许仅使用该组在视频解码器处导出该画面。根据该视频序列的一组参考画面形成该字典。

[0014] 结合附图阅读下面对本原理的示例性实施例的详细描述,本原理的这些和其它方面、特征和优点将变得更加明显。

附图说明

[0015] 依照下面的示例性附图,可以更好地理解本原理,其中:

[0016] 图1是示出根据现有技术的传统编码方法的图示;

[0017] 图2是示出根据本原理的实施例,可应用本原理的示例性视频编码器的框图;

[0018] 图3是示出根据本原理的实施例,可应用本原理的示例性视频解码器的框图;

[0019] 图4是示出根据本原理的实施例,将运动矩阵向量化和该向量化的逆操作的示例性操作的图示;

[0020] 图5是示出根据本原理的实施例,使用基于运动矩阵的视频编码方案来编码的示例性方法的流程图;

[0021] 图6是示出根据本原理的实施例,使用基于运动矩阵的视频译码方案来解码的示例性方法的流程图;

[0022] 图7是示出根据本原理的实施例,将运动矩阵嵌入低秩密集矩阵Z的示例性方法的图示;

[0023] 图8是示出根据本原理的实施例,从运动矩阵和矩阵填充(matrix completion)中采样的示例性方法的图示;

[0024] 图9是示出根据本原理的实施例,当相应的特征值是充分随机时的低秩矩阵填充

的例子的图示；

[0025] 图10是示出根据本原理的实施例，由于相应的特征值不是充分随机引起低秩矩阵失败的例子的图示；以及；

[0026] 图11是示出根据本原理的实施例，按照修改后的帧 f_q' 的稀疏表示的压缩样本形成的嵌入矩阵 Z 的例子的图示。

具体实施方式

[0027] 本原理关注于使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和设备。

[0028] 本说明书阐明本原理。因此应理解本领域技术人员将能够设计出各种体现本原理的方案，虽然未在此处明确描述或示出，但被包含在本原理的精神和范围内。

[0029] 此处陈述的所有示例和条件语言旨在为教学目的以帮助读者理解本原理和由发明人贡献的用以促进技术的理念，并应认为不限于这种具体描述的例子和条件。

[0030] 此外，本文所有陈述原理、方面和本原理的实施例及其具体例子的表述，意在包括其结构和功能的等效物。此外，此等效物旨在包括目前已知的等效物以及将来开发出的等效物，即，开发的执行相同的功能的任何元件，不管其结构如何。

[0031] 因此，例如，本领域技术人员应理解本文所呈现的框图代表体现本原理的说明性电路的概念性视图。同样，应理解任何流程表、流程图、状态转移图、伪代码等代表了各种过程，该过程可实质上被计算机可读介质表示并被计算机或处理器执行，而不论是否明确示出这样的计算机或处理器。

[0032] 图中所示各种元件的功能可通过使用专用的硬件或与合适的软件结合的可运行软件的硬件而提供。当由处理器提供时，该功能可由单个专用处理器提供，也可由单个共享处理器提供，还可由其中一些可以被共享的多个独立处理器提供。此外，术语“处理器”或“控制器”的明确使用不应被理解为唯一指代能够运行软件的硬件，也可隐含地不加限制地包括数字信号处理器(“DSP”)硬件，用于存储软件的只读存储器(“ROM”)，随机存取存储器(“RAM”)和非易失性存储装置。

[0033] 也可能包括其它传统的和/或定制的硬件。同样地，图中所示的任何开关仅仅是概念性的。它们的功能可以通过操作程序逻辑、通过专用逻辑、通过程序控制和专用逻辑的相互作用，甚至人工操作来实现，可从上下文来更加明确地理解实施者可选的特定的技术。

[0034] 在此权利要求书中，被表述为执行具体功能的部件的任何元件旨在涵盖任何执行该功能的方式，包括，例如，a) 执行该功能的电路元件的组合或b) 任何形式的软件，因此包括，与适当的电路结合用于运行该软件以执行该功能的固件，微代码等。这样的权利要求定义的本原理存在于这样的事实中，以此权利要求要求的方式将由各种叙述的手段提供的功能组合并汇聚在一起。因此认为任何可以提供这些功能的手段与本文所示的手段是等效的。

[0035] 说明书中提到的本原理的“一个实施例”或“一种实施例”，及其其它变型，是指连同实施例一起描述的特定的特征，结构，特性等等被包括在本原理的至少一个实施例中。因此，出现在整个说明书中的各个地方的短语“在一个实施例中”或“在一种实施例中”，以及任何其它变型，并不一定都是指相同的实施例。

[0036] 可理解，使用以下的“/”、“和/或”和“至少……之一”中的任一个，例如，在“A/B”、

“A和/或B”和“A和B中的至少一个”的情况下,旨在包含仅对第一所列项(A)的选择,或仅对第二所列项(B)的选择,或对两项的选择(A和B)。作为进一步的例子,在“A,B,和/或C”和“A,B,和C中的至少一个”的情况下,这样的措辞旨在包含仅对第一所列项(A)的选择,或仅对第二所列项(B)的选择,或仅对第三所列项(C)的选择,或仅对第一所列项和第二所列项(A和B)的选择,或仅对第一所列项和第三所列项(A和C)的选择,或仅对第二所列项和第三所列项(B和C)的选择,或对所有三项的选择(A和B和C)。对本领域和相关领域的普通技术人员显而易见的,上述可延伸为众多的列出项目。

[0037] 另外,如本文所用,词语“画面”和“图像”可以互换使用并且指代视频序列中的静止图像或画面。如所周知,图像可以是帧或场(field)。

[0038] 转到图2,一般地用参考标号200表示可应用本原理的示例性的视频编码器。重要的是要注意,图2只包括我们建议的视频编码方法的主干,并可以进一步通过诸如去块滤波器、预测等块来改进。视频编码器200包括字典生成器210,字典生成器210具有与运动矩阵生成器220的第一输入端连接进行信号通信的输出端。运动矩阵生成器220的输出端与矩阵嵌入器230的输入端连接进行信号通信。矩阵嵌入器230的输出端与采样器240的输入端连接进行信号通信。采样器240的输出端与量化器250的输入端连接进行信号通信。量化器250的输出端与熵编码器260的输入端连接进行信号通信。字典生成器210的输入端和运动矩阵生成器220的第二输入端可作为编码器200的输入端,用于接收参考帧。运动矩阵生成器220的第三输入端可作为编码器200的输入端,用于接收要被编码的帧。熵编码器260的输出端可作为编码器200的输出端,用于输出已编码的比特流。

[0039] 转到图3,一般地用标号300表示可应用本原理的示例性的视频解码器。重要的是要注意,图3只包括我们建议的视频解码方法的主干,并可以进一步通过诸如去块滤波器、预测等块来改进。视频解码器300包括熵解码器310,熵解码器310具有与去量化器320的输入端连接进行信号通信的输出端。去量化器320的输出端与矩阵填充器330的输入端连接进行信号通信。矩阵填充器330的输出端与运动矩阵恢复器340的输入端连接进行信号通信。运动矩阵恢复器340的输出端与图像重构器350的第一输入端连接进行信号通信。字典生成器360的输出端与图像重构器350的第二输入端连接进行信号通信。熵解码器310的输入端可作为视频解码器300的输入端,用于接收输入的比特流。字典生成器360的输入端可作为解码器300的输入端,用于接收参考帧。图像重构器350的输出端可作为解码器300的输出端,用于输出一个或更多的重构的图像。图像重构器350可能包括一个或多个额外的输入,用于接收参考帧。

[0040] 如上文所述,本原理关注于使用运动矩阵对视频进行编码和解码的方法和设备。

[0041] 为了实现高压缩效率,几乎所有的视频编码方案都利用以下特征:

[0042] (a) 时间相关性或连续帧之间的相关性,以及

[0043] (b) 空间相关性或等效的一个帧和/或画面内相邻的像素(或邻近像素)之间的相关性。

[0044] 高空间相关性是指,如果我们考虑一个以矩阵形式(其中位置(i,j)处的像素值被存储在该矩阵的第(i,j)个项中)的 $N \times M$ 像素的数字图像,则该图像的像素值有很强的相关性并且不独立。从数学的观点,这意味着该相应的矩阵具有较低的秩或较低的独立性。同时,高时间相关性意味着在一个特定的时间,在先前帧中可以精确地或者近似地(可能在不

同的位置)找到一个帧的主要部分。根据本原理,我们开发了一种利用压缩感知和低秩矩阵填充的数学工具的新系统。我们将这一新方法称为概念“运动矩阵”,其代表一种利用高时间和空间相关性对视频序列进行编码的替代方法。

[0045] 我们披露和描述运动矩阵的原理以及如何在视频编码器和解码器中实现该运动矩阵。此外,呈现了所建议的运动矩阵的例子/实施例并且描述了相应的编码器/解码器的不同组件。该方案包括若干此处描述的新的编码块。

[0046] 另外,为了简单的示范并且不失一般性,在其中只有一个参考帧的P帧的上下文中描述本原理。显然,该构思可以很容易地扩展到具有多个参考帧的情况。

[0047] 概述

[0048] 根据本原理,我们描述了一个对视频内容进行编码和解码的系统。虽然为了描述清晰起见,在特定的上下文和实施例中描述,但其它利用这里所描述的一个或多个相同的原理的实施例对本领域的技术人员来说是很明显的并且因此是不能被排除在属于本原理的范围内的。例如,解码器侧的压缩感知模块可以通过使用“基础追踪(basis pursuit)”算法来实现,但在文献中还有其它常见的算法(以及其它未来开发的算法)可以达到同样的目的,它们要被包括在本原理的一般原则和范围内。我们注意到基础追踪(BP)算法涉及求解凸优化问题。更具体地,BP找到线性方程为 $y=Px$ 的欠定(under-determined)系统的具有最小L1范数(绝对值的总和)的解,其中 y 的值和系数矩阵 P 是给定的而 x 是未知向量。此外,线性方程的欠定系统是指方程的数量(这里指矩阵 P 的行数)小于未知数的数目(未知向量 x 的长度)。按照数学形式,BP解决了以下优化问题:

[0049] $\text{Argmin} ||x||_1 = \sum |x_i|$ 使得 $y=Px$

[0050] 已证明在某些条件下,BP所找到的解会是最稀疏的解,即,具有最小数量的非零的解。

[0051] 考虑视频序列中在时刻 t_1 的图像 f_1 。假设该图像在时刻 t_2 变成 f_2 ,如图1所示的例子。广义上讲,在最传统的视频编码方案中,会按如下分解这样的移动:

[0052] $f_2 = X(f_1) + R$

[0053] 其中, $X(\cdot)$ 是一个基础函数, R 是一些残差。举例来说,对于图1的例子, $X(\cdot)$ 是一个函数,它接收图像(f_1)作为输入然后将图像(f_1)向右移动一个像素作为输出,而 R 是残差。以高效的方式对 $X(\cdot)$ 和 R 进行编码将得到压缩。回到该例子,可将 $X(\cdot)$ 编码为运动向量并且通过在诸如离散余弦变换(DCT)的变换域中表示 R 可将 R 有效地压缩。请注意,这个编码的通用框架,即,相对于在参考帧中一些移动和一些残差来分解图像广泛地利用时间相关性来实现压缩。还通过转换对残差的编码来利用空间相关性。另一方面,将可用的变换,例如DCT、小波等设计成稀疏(使……变为稀疏的)高度相关的图像,而不是残差。换句话说,虽然利用变换来对残差编码在过去已成功,在将来开发的方案中可以使用空间相关性更进一步提高压缩视频数据的能力。

[0054] 在本文中我们描述的,根据本发明的原理以及使用最近开发的用于针对线性方程的欠定系统的问题和低秩矩阵填充的成果的方法和设备用于设计替代的编码和解码方案。

[0055] 运动矩阵

[0056] 要被编码的帧(例如图1中的 f_2)的运动矩阵是矩阵 Y 。解码器可以使用运动矩阵和参考帧(例如 f_1)来唯一地重构编码帧。此外,运动矩阵具有以下两个额外的关键特性:

[0057] ●运动矩阵是低秩的。换句话说,Y的各项是高度相关的。

[0058] ●运动矩阵具有相对于字典 Ψ (即,无需关于要被编码的帧的知识即可从解码器中推出的一组原子/基础向量(例如,离散余弦变换是一个代表图像的字典))的稀疏表示 α ; $\text{Vec}(Y) = \Psi\alpha$,其中 $\text{Vec}(\cdot)$ 表示矩阵的向量化的形式(见图4),通过将矩阵的列堆叠形成,而 α 是一个其元素大多是零的稀疏向量。

[0059] 在这里,我们须注意,本文档中介绍的运动矩阵与现有技术中的位移矩阵和运动矩阵在概念和所选择的实现压缩的方法上都不同。下面,我们重点介绍一些关键的区别:

[0060] ●位移矩阵和现有运动矩阵主要利用二进制矩阵。另一方面,本文所建议的运动矩阵的项可以使用任何数字,包括负数和浮点数。

[0061] ●现有技术中位移矩阵和运动矩阵的项,表明在一些块和/或像素中存在某些类型的运动。另一方面,本文所建议的运动矩阵的项的任务并不限于指示在某些块中的移动。例如,本文所建议的运动矩阵的项可以告知在整个帧中的一些全局移动(帧中所有移动的函数)。

[0062] ●现有技术中,给定参考帧,运动和/或位移矩阵对于重构一帧通常是不够的。例如,为了在解码器侧进行想要的重构,有可能需要发送诸如残差矩阵或其它信令之类的开销数据。我们的方法关注于一个单独的运动矩阵,其中,给定参考帧,它只满足使得运动矩阵在想要的误差范围内逼近已编码的帧。

[0063] ●传统的运动和/或位移矩阵不属于我们建议的运动矩阵框架,因为他们(通常)违反我们的定义中的所有必要的条件。例如,考虑对角线向右或左偏移一些像素的帧或块。然后,可以直截了当地看到,相应的位移矩阵将是一个满秩(最大可能的秩)的对角矩阵。此外,这样的对角矩阵(或等效的图像)在传统的变换(如DCT,小波等)下不是稀疏的(虽然可能会有一些适合这些类型的矩阵的方向性的变换,然而,那样的话我们就需要传输那些变换/字典的参数给解码器,这将转换成额外的开销)。因此,传统的位移/运动矩阵,可以很容易地违反运动矩阵的两个必要条件,(即,低秩和存在稀疏域)。

[0064] ●另一个区别出现在解码阶段。更具体地,传统的编码方法利用预测和残差编码实现压缩。另一方面,我们利用最近开发/解决的算法/问题例如矩阵填充和求解线性方程的欠定系统(使用压缩感知)来实现类似的目标。

[0065] 最后,但并非不重要,传统的位移和运动矩阵通常是不同帧之间的时间相关性的函数,并且对一帧之内的相邻像素之间的空间相关性不太敏感(如果有的话)。然而,我们建议的运动矩阵同时共同考虑时间和空间上的相关性来对视频内容进行压缩。

[0066] 转到图4,一般地用参考标号400表示对运动矩阵进行向量化和向量化操作的求逆的示例性操作。向量化后的形式由参考标号410表示,向量化形式的求逆由参考标号420表示。

[0067] 通过共同利用要被编码的帧的高空间相关性(导致低秩矩阵)和高时间相关性(导致存在稀疏帧)可以形成运动矩阵。应理解运动矩阵的形成并不限于前述的方法,并且因此,根据本文所提供的本原理的教导,在保持本原理的精神的情况下,也可使用用于形成运动矩阵的其它方法。

[0068] 下面介绍用于基于运动矩阵的视频编码方案的相应的编码器和解码器。

[0069] 转到图5,一般地用参考标号500表示使用基于运动矩阵的视频编码方案来进行编

码的示例性方法。方法500包括将控制传递到功能块510和功能块515的起始块505。功能块510输入参考帧 $\{f_1 \dots f_{q-1}\}$ ，并将控制传递到功能块520。功能块520生成字典(例如，基于参考帧)，其中要被编码的帧相对于该字典是稀疏的，并且将控制传递到功能块525。功能块515输入要被编码的帧 f_q ，并将控制传递到功能块525。功能块525找出运动矩阵，并且将控制传递到功能块530。功能块530将运动矩阵嵌入(可能更小的)更易于压缩的矩阵，并将控制传递到功能块535。功能块535从嵌入的矩阵采样(即，保留项的子集并丢弃其余部分)，并且将控制传递到功能块540。功能块540将嵌入矩阵的样本量化，并且将控制传递到功能块545。功能块545对嵌入矩阵的量化样本进行熵编码，并且将控制传递到功能块550。功能块550存储和/或发送嵌入矩阵的熵编码后的样本，并且将控制传递到结束块599。

[0070] 所述运动矩阵的编码方法500包括五个主要部分：

[0071] 1. 给定要被编码的帧和一系列参考帧，形成字典 Φ (要被编码的帧相对于字典是稀疏的)并找出运动矩阵 Y 。正如前面提到的，具有运动矩阵 Y 和参考帧(并且，因此，该稀疏字典 Φ)时，解码器将能够重构该已编码帧。

[0072] 2. 将运动矩阵嵌入到嵌入矩阵 $Z=p_1 Y p_2$ ，其中 p_1 和 p_2 是两个矩阵。注意到，通过设计，嵌入矩阵 Z 继承了运动矩阵所有的期望的特性，即低秩属性和存在稀疏化的基础，这可以被用来实现进一步压缩。展开的矩阵 p_1 和 p_2 也可能在压缩过程中有所帮助。例如，如果 p_1 和 p_2 分别是宽随机矩阵和高随机矩阵，嵌入矩阵 Z 将小于转换成另一种压缩级别的运动矩阵。这个步骤的目的是确保 Z 的很多项可被安全地丢弃并且同时解码器能够恢复被丢弃的项。此外，该步骤对本文后续示出的解码器的步骤3和4的成功也是非常关键的。重要的是要注意，对矩阵 p_1 和 p_2 进行这样的选择使得：(a) 具备 Z ， p_1 和 p_2 ，我们能够向回重构运动矩阵 Y 及(b) Z 的特征向量是充分随机的。例如，如果 p_1 和 p_2 分别是宽随机矩阵和高随机矩阵，那么将满足上述两个要求，即使嵌入矩阵 Z 小于运动矩阵 Y 。虽然对矩阵 p_1 和 p_2 的这种随机选择不一定在压缩方面是最佳的方法。

[0073] 3. 采样：保留(可能是随机的)嵌入矩阵 Z 的项的子集 S ，并丢弃其余项。有人可能会认为这一步让人想起传统视频方案中的压缩步骤(其中，保留残差(或图像本身)最大的DCT系数并且发信号通知这个大幅度项的值和位置)。另一方面，在我们的方案中这一步完全是随机的，并且不在嵌入矩阵的任何项和其它项之间进行区分。因此，如果编码器和解码器使用相同的随机种子和随机数发生器，它们会在关于 Z 的项的位置上达成一致。因此，没有必要发信号通知这些项的位置并且编码器仅存储/传输采样值。

[0074] 4. 将来自所述嵌入矩阵的样本 S 量化到 $\hat{S}$ 。显然，这是有损压缩的步骤。但是，该步骤对于几乎所有的压缩技术都是必不可少的。

[0075] 5. 将嵌入矩阵的量化样本 $\hat{S}$ 熵编码到压缩的码元 C 。这些码元 C 将被存储或传输到解码器。

[0076] 转到图6，一般地用参考标号600表示使用基于运动矩阵的视频译码方案来进行解码的示例性方法。该方法600包括将控制传递到功能块610和功能块645的起始块605。功能块610输入编码的码元 C ，并将控制传递到功能块615。功能块615对接收到的码元 C 进行熵解码，并将控制传递到功能块620。功能块620对解码的码元 C 进行去量化，并将控制传递到功能块625。功能块625执行矩阵填充，并将控制传递到功能块630。功能块630从嵌入矩阵中恢

复运动矩阵,并将控制传递到功能块635。功能块645输入参考帧 $\{f_1 \cdots f_{q-1}\}$,并将控制传递到功能块650。功能块650生成字典,并将控制传递到功能块635。功能块635对运动矩阵解码以输出 f_q ,并将控制传递到结束块699。

[0077] 所述解码方法600具有五个主要部分:

[0078] 1.对压缩码元C进行熵解码以得到嵌入矩阵Z的量化样本 $\hat{s}$ 。

[0079] 2.对样本 $\hat{s}$ 进行去量化以得到嵌入矩阵的样本的近似 $\tilde{s}$ 。

[0080] 3.具有作为嵌入矩阵Z的某些项的近似的 $\tilde{s}$,通过执行矩阵填充来恢复丢弃的嵌入计算Z的项。注意,此步骤是编码器中执行的采样(步骤2)的逆。由于有损的量化步骤,很可能不会准确恢复丢弃的项。因此,我们用 $\hat{Z}$ 表示这一阶段的输出。

[0081] 4.从 $\hat{Z}$ (上一步中恢复的嵌入矩阵)中重构运动矩阵(的近似) $\hat{Y}$ 。有人可能会利用下述事实:运动矩阵相对于字典 Ψ 具有稀疏表示 α (即, $\text{Vec}(\hat{Y}) \square \text{Vec}(Y) = \Psi \alpha$) 以形成(可能是欠定的)线性方程系统。更具体地,具有 $\hat{Z}$,我们找出下面方程的解 α :

$$[0082] \quad \text{Vec}(\hat{Z}) \approx \text{Vec}(Z) = \text{Vec}(p_1 p_2) = (p_2^T \otimes p_1) \text{Vec}(Y) = (p_2^T \otimes p_1) \Psi \alpha$$

[0083] 可通过使用压缩感知解码器(如基础追踪(Basis Pursuit)或正交匹配追踪(Orthogonal Matching Pursuit))来找到该解。因此,运动矩阵(的近似)可以被估算为: $\hat{Y} = \text{Vec}^{-1}(\Psi \alpha)$, 其中 $\text{Vec}^{-1}(\cdot)$ 将向量整形成矩阵形式(参见图4)。重要地注意到,字典 Ψ 不是已编码帧的函数,因此,可以没有开销或带有较小的开销在解码器侧将其复制。

[0084] 5.假定具有运动矩阵Y和参考帧就足以重构编码的帧 f_2 。因此,我们可以利用 $\hat{Y} \approx Y$ (原始运动矩阵的近似(从上一步))以及参考帧来重构 $\hat{f}_2$ (已编码帧 f_2 的近似)。

[0085] 编码器

[0086] 在本节中,提出运动矩阵的实施例的实例。另外,更详细地给出对这样的运动矩阵进行编码和解码的所需的步骤。

[0087] 简单的运动矩阵

[0088] 假设我们要利用参考帧 f_1 对帧 f_2 编码。如前所述,所建议的编码器的第一阶段是找出运动矩阵Y。运动矩阵的一种直观的形式是 f_2 (即,要被编码的帧)修改后的版本,使得这个修改后的版本(由 $\hat{Y} = \hat{f}_2$ 表示)具有三个如下的关键属性:

[0089] (a) Y是低秩的。

[0090] (b) Y相对于从参考帧和可能一些其它变换(例如DCT或小波)中构造的过完备字典具有稀疏表示 α 。

[0091] (c) Y是 f_2 (要被编码的帧)很好的近似;即: $\hat{Y} = \hat{f}_2 \approx f_2$

[0092] 前两个特性是运动矩阵的要求而第三个特性指出无需从运动矩阵和的参考帧(解码器的第5步)来推断已编码帧。换句话说,运动矩阵本身非常接近已编码帧并且可以被直接显示。

[0093] 现在,让我们详细讨论找出这样的运动矩阵所需的步骤。找到这样的运动矩阵的第一个步骤是生成运动矩阵 $\hat{Y} = \hat{f}_2$ 相对于它是稀疏的字典 Ψ 。如前所述,该字典将仅为参考帧

的函数(而不是要编码帧的函数)。因此,可以在解码器侧精确地复制该字典。例如,通过在参考帧上计算不同的移动(在不同的方向的不同偏移,旋转,缩放等等)或一些预测可以形成该字典。为了加强该字典同时也为了保证该词典可以生成所有可能的图像(即,该字典是满秩的),可以将某些变换(例如DCT、小波等等)添加到词典中。注意到,如果设计得当,高时间相关性保证了要被编码的帧相对于该字典具有稀疏表示。

[0094] 在形成目标稀疏字典 Ψ 后,尚待找出运动矩阵 $Y=f_2$ 。该运动矩阵可以通过以下的方法计算:

[0095] 输入:稀疏化字典 Ψ 、参考帧 f_1 、要被编码的帧 f_2 、目标秩 r 和目标稀疏性 k

[0096] 输出:运动矩阵 Y

[0097] 初始化 $Y=f_2$

[0098] 进行{

[0099] ●找出相对于 Ψ 的 Y 的表示 α :

[0100] $\text{Vec}(Y)=\Psi\alpha$

[0101] ●设 $\hat{\alpha}$ 为通过仅保留 α 中 k 个最大的项而剩余索引中的零计算得到的向量。

[0102] ●将 Y 更新至 $\text{Vec}(Y):=\Psi\hat{\alpha}$

[0103] ●保留 Y 的 r 个最大的特征值,并将剩余特征值设为零

[0104] }迭代,直到收敛或误差足够小

[0105] 从本质上讲,这种方法在两个约束条件之间迭代,即(a)输出矩阵 Y 具有秩 r 和(b)输出矩阵 Y 相对于字典 Ψ 具有 k -稀疏表示。重要的是要突出如下几个要点:

[0106] 调整 k 和 r 控制压缩量。具体来说,随着 r 和 k 增加,将在解码器侧重构的运动矩阵的质量(quality)也增加,以获得更少的压缩为代价,反之亦然。

[0107] ●高空间相关性在不引起运动矩阵 $Y=f_2$ 的质量急剧下降的情况下允许显著减少要被编码的帧的秩(r)。

[0108] ●高时间相关性允许仅使用字典 Ψ 中的少数(k 个)原子来近似要被编码的帧 f_2 。

[0109] 矩阵嵌入

[0110] 具备修改后的帧(或等效的运动矩阵) $Y=f_2$ 并且利用矩阵 p_1 和 p_2 ,我们将 f_2 嵌入 $Z=p_1 f_2 p_2$ 。这里,第一矩阵 p_1 是宽矩阵,而第二矩阵 p_2 是高矩阵。此外,对矩阵 p_1 和 p_2 进行选择使得具备嵌入矩阵 Z 、 p_1 和 p_2 ,我们能够恢复 $Y=f_2$ 。例如, p_1 和 p_2 可能是随机矩阵,尽管这样的选择不是最佳的。转到图7,一般地用参考标号700表示将运动矩阵嵌入到低秩密集矩阵 Z 的示例性方法。该方法700包括随机且密集的矩阵 p_1 705、运动矩阵(低秩的)710和随机且密集的矩阵 p_2 715,它们用于将低秩矩阵压缩成另一个低秩的但更紧凑嵌入矩阵 Z 720。在关于解码器的描述中更详细地讨论矩阵嵌入以及矩阵 p_1 和 p_2 的作用。需要注意的是矩阵 Z 是低秩的(至多等于运动矩阵的秩)。更重要的是,矩阵 Z 相较于要被编码的帧 f_2 或帧 f_2 的已修改/重构的版本(即 $Y=f_2$)具有更少的项。

[0111] 因此,这是所建议的方法的第一级压缩。显然,对在此步骤中可实现的压缩级别存在某些限制。更具体地,矩阵 Z 的项数是上一步骤中 k 和 r 的直接函数。请注意,在本实施例中,可以使用不同的 k 和 r 值,或者这些值可以适应帧 f_2 或矩阵 Z 的特性。

[0112] 采样

[0113] 另一级压缩是通过只保留嵌入矩阵 Z 的项的相对较小的随机子集(S)并丢弃剩余的项而实现的。转到图8,一般地用参考标号800表示从运动矩阵和矩阵填充中进行采样的示例性方法。该方法800包括低秩且密集的嵌入矩阵805和低秩且密集的嵌入矩阵810。如果解码器和编码器使用相同的随机种子和随机数发生器,则只发送项值 S ,并且解码器和编码器都知道这些项的位置,这提供了进一步的压缩(因为索引将不会被发送)。

[0114] 量化和熵编码

[0115] 将来自前一步骤的嵌入矩阵 Z 的项的随机子集(S)量化并且传递给熵编码器以得到最终的压缩码元 C 。

[0116] 解码器

[0117] 对于本文之前介绍的原始运动矩阵,对解码器的不同组件进行描述和说明。

[0118] 去量化和熵解码

[0119] 与大多数传统视频编码方案类似,解码器的第一阶段对压缩码元 C 进行解码并对解码的码元进行去量化以得到 $\hat{S}$ (嵌入矩阵 Z 的项的随机子集的近似)。

[0120] 矩阵填充

[0121] 最近在某些条件下在一定程度上解决了引起极大兴趣的问题,即“低秩矩阵填充”。从广义上讲,这个问题强调了以下问题:假定我们有一个低秩矩阵并只能看到它的项的子集,我们是否可以估计缺少的项?事实上,这个问题的答案取决于该矩阵。转到图9,一般地用参考标号900表示当相应的特征向量充分随机时的低秩矩阵填充的实例。转到图10,一般地用参考标号1000表示由于相应的特征向量不是充分随机的从而失败的低秩矩阵的实例。因此,例如,对于实例900,如果我们确定底层的矩阵是低秩的,则缺失的项将是六,因为第二列是第一列的3倍。另一方面,对于实例1000,缺失的项可以是任何数字并且可能无法估计。已表明,如果某些条件得到满足,例如低秩矩阵的特征向量是充分随机的,那么可以轻易求解低秩矩阵填充,并且已提出一些算法如奇异值阈值(Singular Value Thresholding) (SVT)、固定点连续(Fixed Point Continuation,FPC)等来解决该问题。

[0122] 现在,嵌入步骤以及矩阵 p_1 和 p_2 的作用应该清楚了。具体而言,这些矩阵保证嵌入矩阵 Z 的特征向量是充分随机的。因此,可以丢弃这种矩阵的很多项以实现压缩,同时一些矩阵填充算法可以恢复那些被丢弃的项。利用嵌入矩阵(Z)是低秩的事实,给出样本的近似 $\hat{S}$ 作为矩阵填充算法的输入以恢复 Z 的缺失项(参见图8)。请注意,恢复的矩阵 $\hat{Z}$ 可能不等于嵌入矩阵(Z)。这是由于来自量化步骤的误差传播($\hat{S} \neq S$)。然而,估计误差 $\|Z - \hat{Z}\|_F$ (其中 $\|\cdot\|_F$ 表示Frobenius矩阵范数)与量化步骤中引入的误差成比例。

[0123] 求解线性方程的欠定系统

[0124] 回想一下,运动矩阵 $Y = \hat{\Omega}$ 或等效的要编码的帧的修改版本具有相对于建立在参考帧上的字典 Φ 的(近似)稀疏表示 α ,即: $\text{Vec}(Y) = \Phi \alpha$ 。还要注意的是嵌入运动矩阵 $Z = p_1 \hat{\Omega} p_2$ 的向量形式可以被重新表示为:

$$[0125] \quad \text{Vec}(Z) = \text{Vec}(p_1 \hat{\Omega} p_2) = (p_2^T \otimes p_1^T) \text{Vec}(Y) = (p_2^T \otimes p_1^T) \Phi \alpha \quad (1)$$

[0126] 其中, $\otimes$ 是Kronecker张量积并且 $\text{Vec}(\cdot)$ 表示矩阵的矢量形式(参见图11)。转到图11,一般地用参考标号1100表示形成于修改帧 f_q 的稀疏表示的压缩采样的嵌入矩阵 Z 的实例。由于嵌入矩阵 Z 与 $\hat{Y} = \hat{P}_2$ 相比具有较少的项,从而(1)是线性方程的欠定系统,其中嵌入矩阵 Z 的项是相等的(equation)并且 α 的项是未知数。最近开发的压缩感知(CS)理论已经表明,当线性方程的欠定系统的解是稀疏的时,该解在一定的条件下可轻易地计算出来。在这里,矩阵 p_1 和 p_2 的作用是帮助满足那些条件。因此,具备 $\hat{Z}$ (Z 的近似),可以通过通用的CS解码器,例如,通过使用“基础追踪”算法来恢复稀疏向量 α 。在其它实施例中,可以使用用于恢复稀疏向量的其它方法,同时保留本原理的精神。

[0127] 因此,运动矩阵的向量形式可以通过如下恢复:

[0128] $\text{Vec}(Y) = \psi \alpha$

[0129] 对运动矩阵的向量形式进行整形,我们得到该运动矩阵。然而,在这个例子中,我们已假设运动矩阵是已编码帧的很好的近似。因此,没有必要从运动矩阵和参考帧来推断已编码帧,并且我们可以直接显示导出的运动矩阵。

[0130] 现在将给出本发明的许多伴随的优点/特性中的一些的说明,其中一些上面已经提到了。例如,一个优点/特性是具有使用运动矩阵对视频序列中的画面进行编码的视频编码器的设备。所述运动矩阵具有低于某一阈值的秩和相对于字典的稀疏表示。所述字典包括一组原子和基础向量,用于表示该画面并用于允许仅使用该组在相应的解码器处导出该画面。根据该视频序列的参考画面集合形成所述字典。

[0131] 另一个优点/特性是具有上述视频编码器的设备,其中,根据所述画面和所述参考画面的集合之间的空间和时间相关性形成所述字典。

[0132] 又一个优点/特性是具有上述编码器的设备,其中,所述视频编码器包括用于将所述运动矩阵嵌入被嵌入矩阵的嵌入设备、用于对嵌入矩阵进行采样以从嵌入矩阵中提供样本的子集的采样器、用于将所述样本的子集进行量化以提供量化后的样本的子集的量化器以及用于将所述量化后的样本的子集熵编码为压缩码元的熵编码器。

[0133] 再一个优点/特性是具有视频编码器的设备,其中,所述视频编码器包括:上述用于将所述运动矩阵嵌入被嵌入矩阵的嵌入设备、用于对嵌入矩阵进行采样以从嵌入矩阵中提供样本的子集的采样器、用于将所述样本的子集进行量化以提供量化后的样本的子集的量化器以及用于将所述量化后的样本的子集熵编码为压缩码元的熵编码器,其中,使用两个与运动矩阵相乘的矩阵确定所述嵌入矩阵,这两个矩阵被选择用于提供嵌入矩阵中的随机特征向量的阈值量。

[0134] 此外,还有一个优点/特性是具有视频编码器的设备,其中,所述视频编码器包括上述用于将所述运动矩阵嵌入被嵌入矩阵的嵌入设备、用于对嵌入矩阵进行采样以从嵌入矩阵中提供样本的子集的采样器、用于将所述样本的子集进行量化以提供量化后的样本的子集的量化器以及用于将所述量化后的样本的子集熵编码为压缩码元的熵编码器,其中,所述样本的子集是从嵌入矩阵中随机选择的。

[0135] 此外,另一个优点/特性是具有视频编码器的设备,其中,如上所述,所述样本的子集是从嵌入矩阵中随机选择的,其中,视频编码器和相应的视频解码器使用相同的随机种子和相同的随机数发生器,以确保来自嵌入矩阵的样本的子集中的样本在视频编码器和在

相应的视频解码器处具有相同的各自的位置。

[0136] 再有,又一个优点/特性是具有视频编码器的设备,其中,所述视频编码器包括上述用于将所述运动矩阵嵌入被嵌入矩阵的嵌入设备、用于对嵌入矩阵进行采样以从嵌入矩阵中提供样本的子集的采样器、用于将所述样本的子集进行量化以提供量化后的样本的子集的量化器以及用于将所述量化后的样本的子集熵编码为压缩码元的熵编码器,其中,所述采样器丢弃嵌入矩阵中与所述样本的子集中的样本具有不同位置的嵌入矩阵的部分。

[0137] 本原理的这些和其它特征和优点可以容易地基于此处的教导,由相关领域的普通技术人员确定。应理解,本原理的教义可以在各种形式的硬件、软件、固件、专用处理器,或其组合中实现。

[0138] 最优选的是,本原理的教义作为硬件和软件的组合实现。此外,该软件可以被实现为有形地体现在程序存储单元上的应用程序。该应用程序可被上传至,并由包括任何合适的架构的机器执行。优选地,该机器在具有诸如一个或多个中央处理单元(“CPU”)、随机存取存储器(“RAM”)、以及输入/输出(I/O)接口的硬件的计算机平台上实现。该计算机平台还可以包括操作系统和微指令代码。本文描述的各种处理和功能可能是可由CPU执行的微指令代码的一部分或者应用程序的一部分,或者任何它们的组合。此外,各种其它外围单元,例如附加的数据存储单元和打印单元,可连接到该计算机平台。

[0139] 应进一步理解,由于优选地在软件中实现某些在附图中示出的要素系统组件和方法,系统组件或处理功能块之间的实际连接可能根据对本原理的编程方式而不同。给定此处的教导,相关领域的普通技术人员将能够设想出本原理的这些和类似的实现方式或配置。

[0140] 虽然本文参照附图已经描述了说明性实施例,应理解本原理不限于那些精确的实施例,并且在不脱离本原理的范围或精神的情况下,可由相关领域的普通技术人员在其中实施各种改变和修改。所有这样的改变和修改都意在被包括在所附的权利要求书中所述的本原理的范围内。

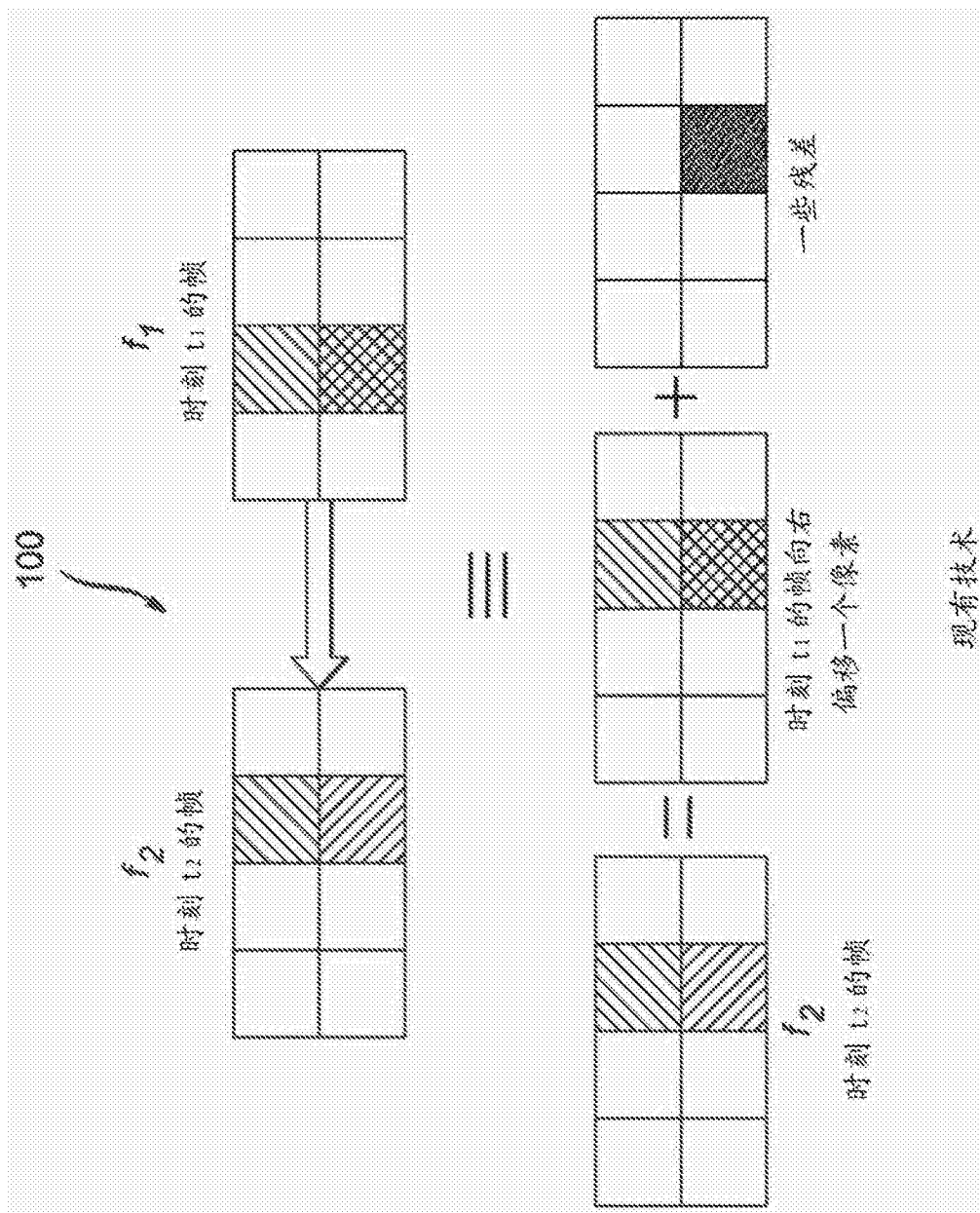


图1

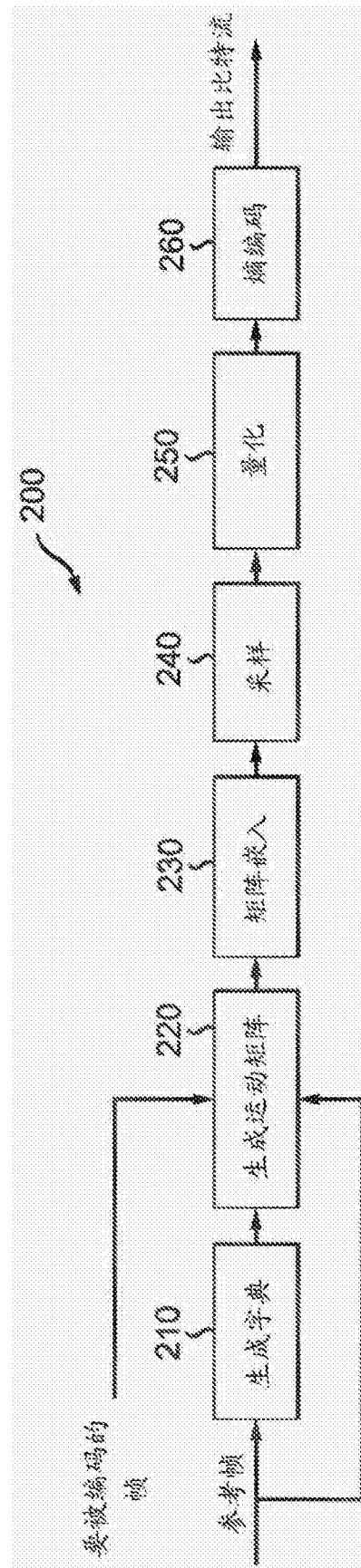


图2

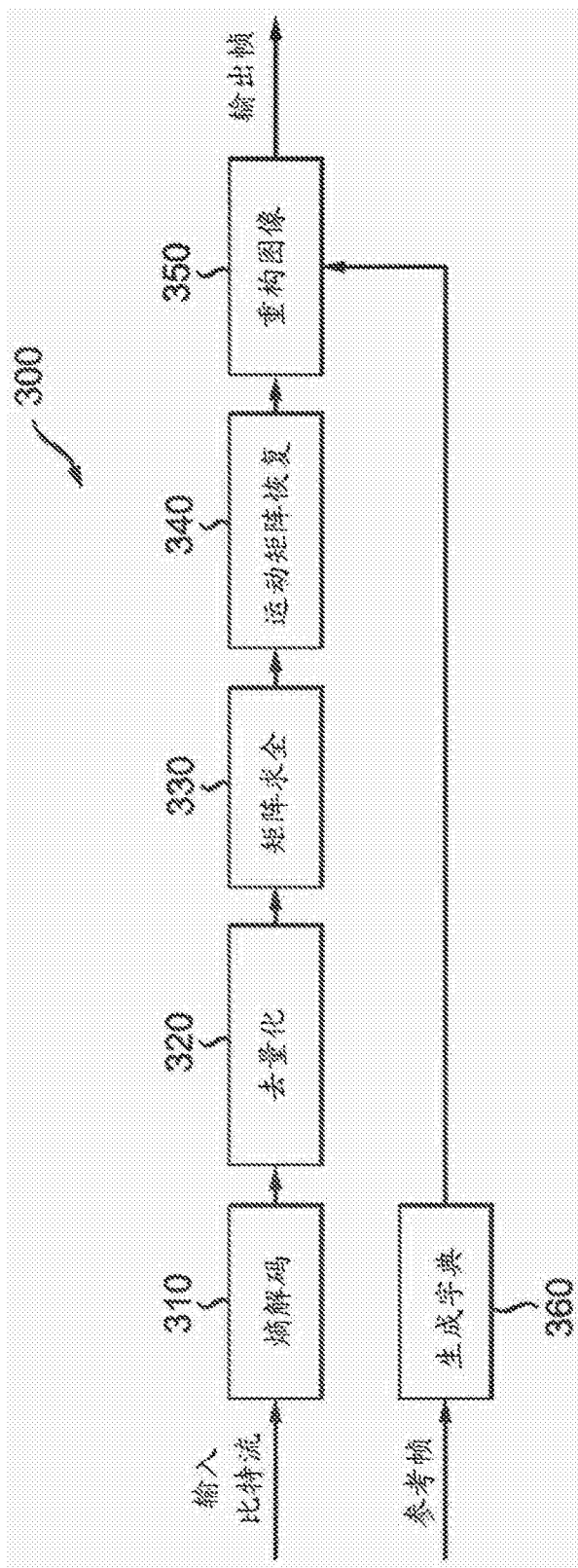


图3

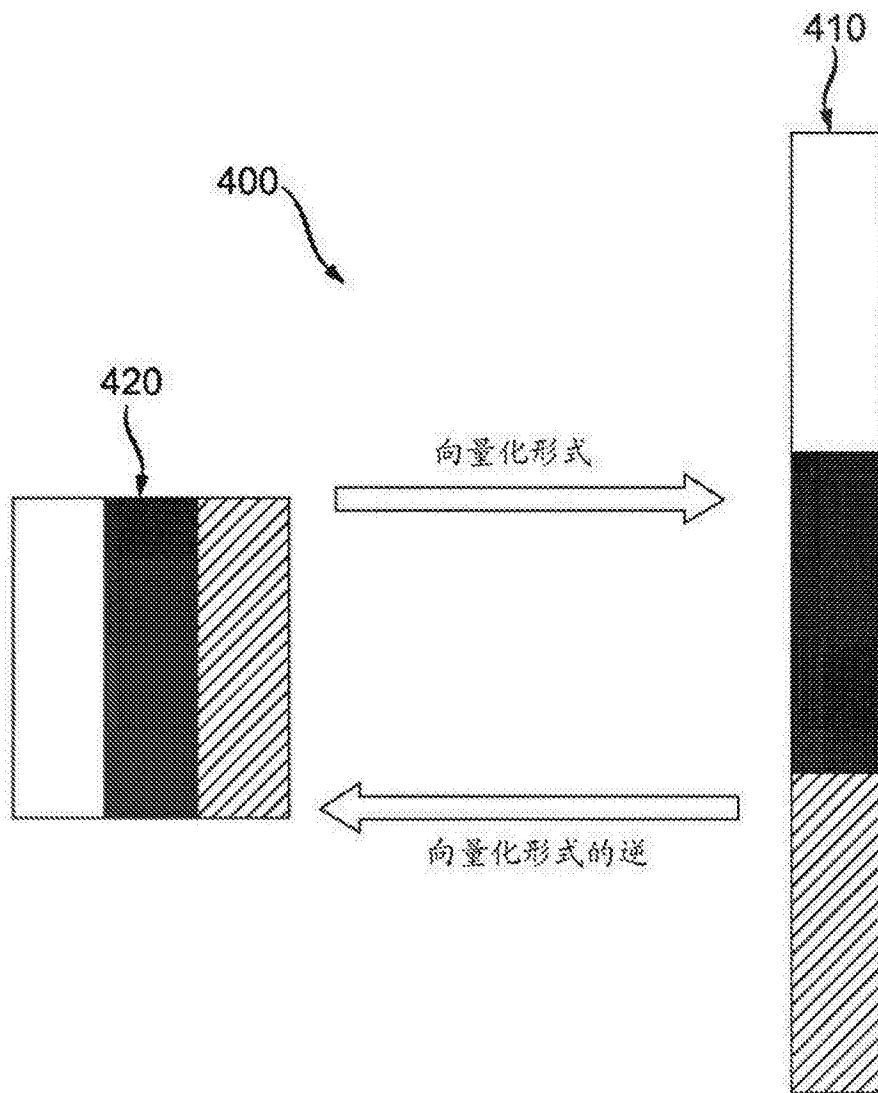


图4

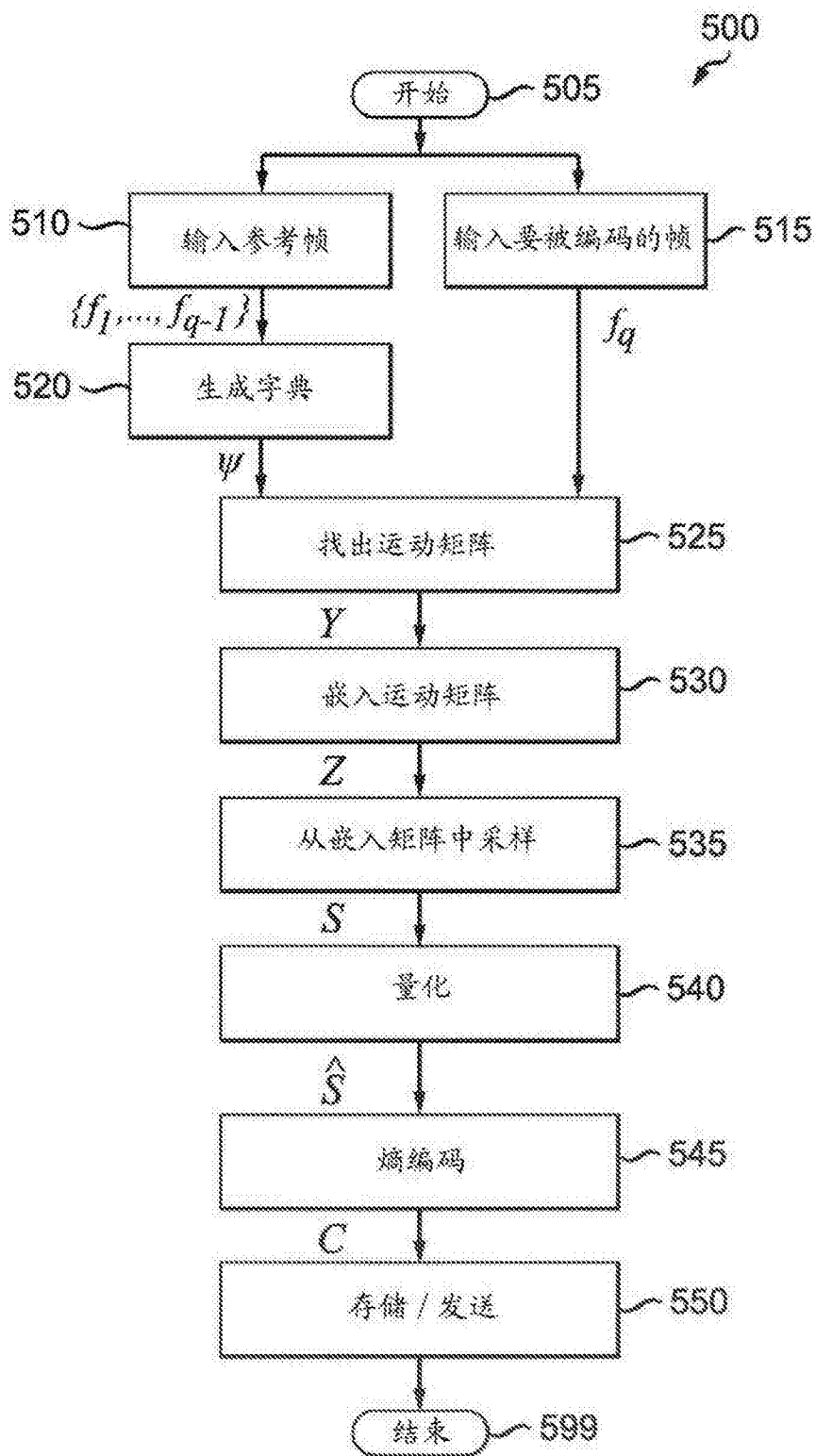


图5

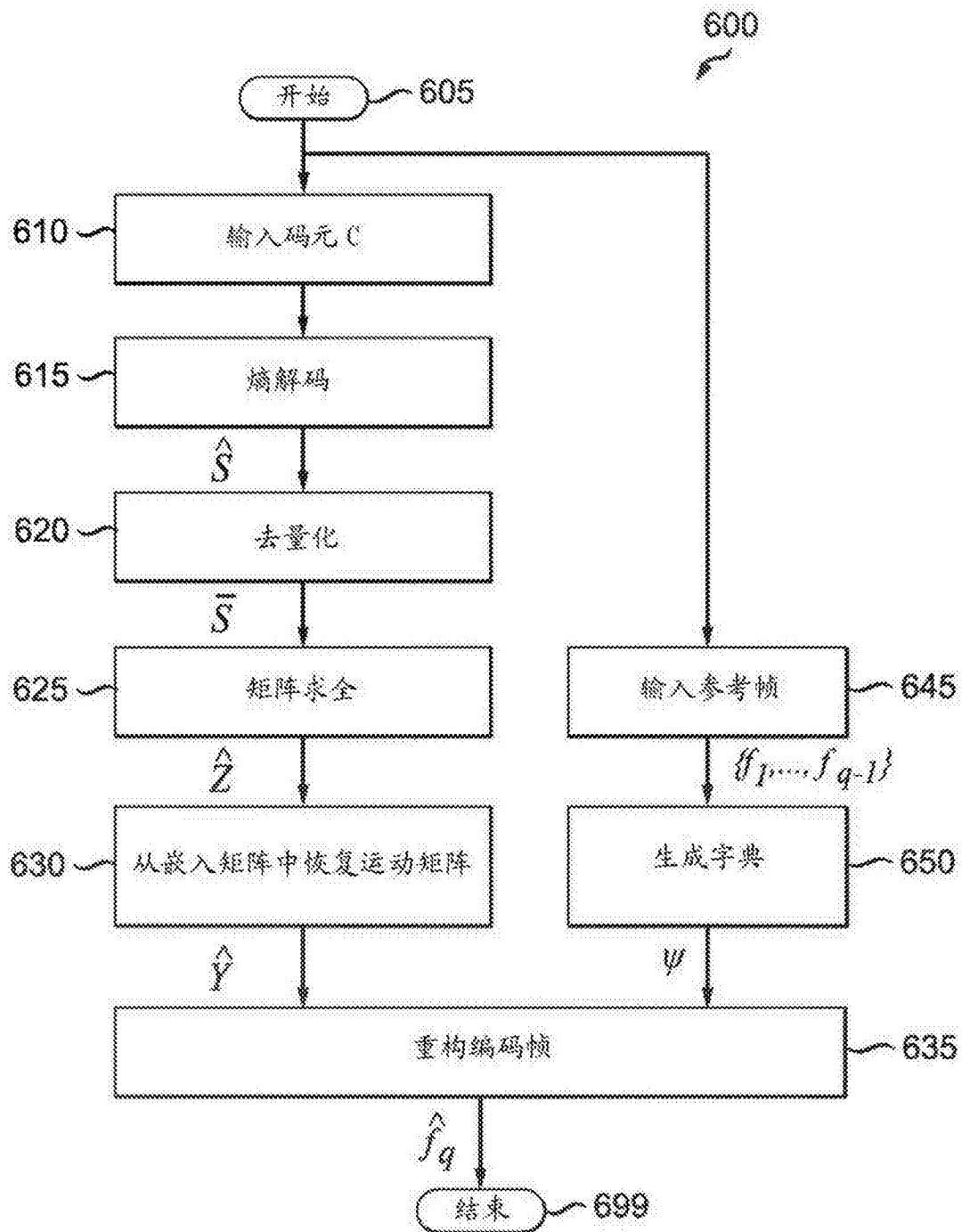


图6

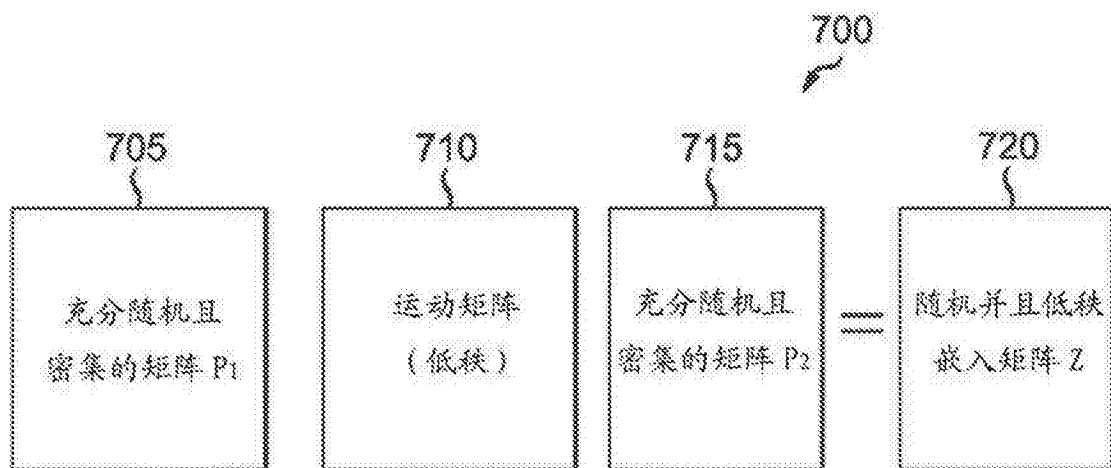


图7

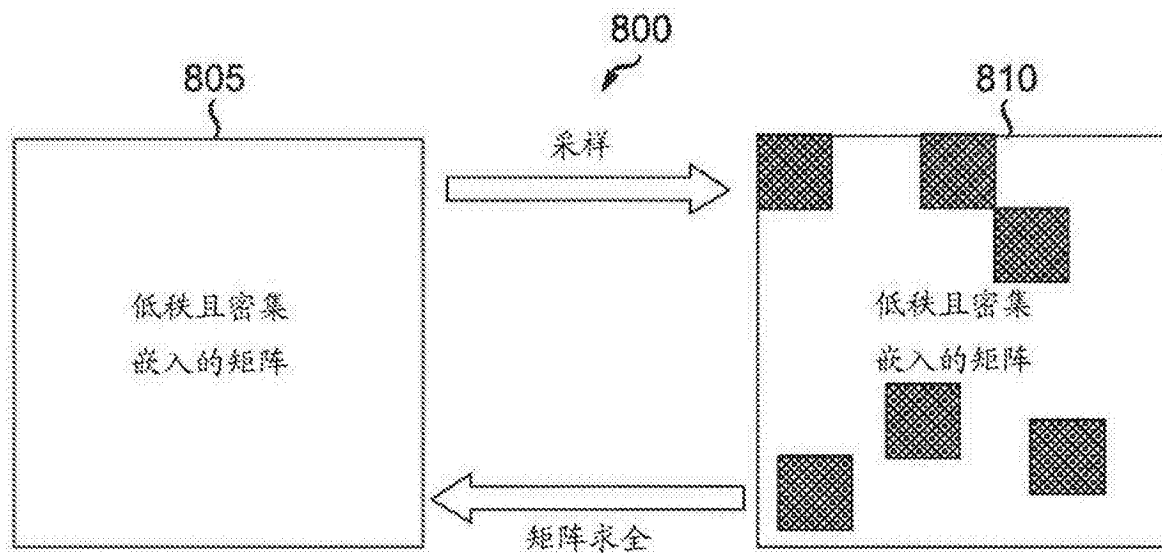


图8

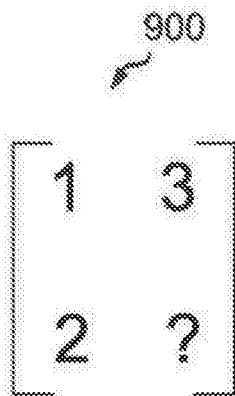


图9

$$\begin{matrix} & 1000 \\ \nearrow & \\ \begin{bmatrix} ? & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

图10

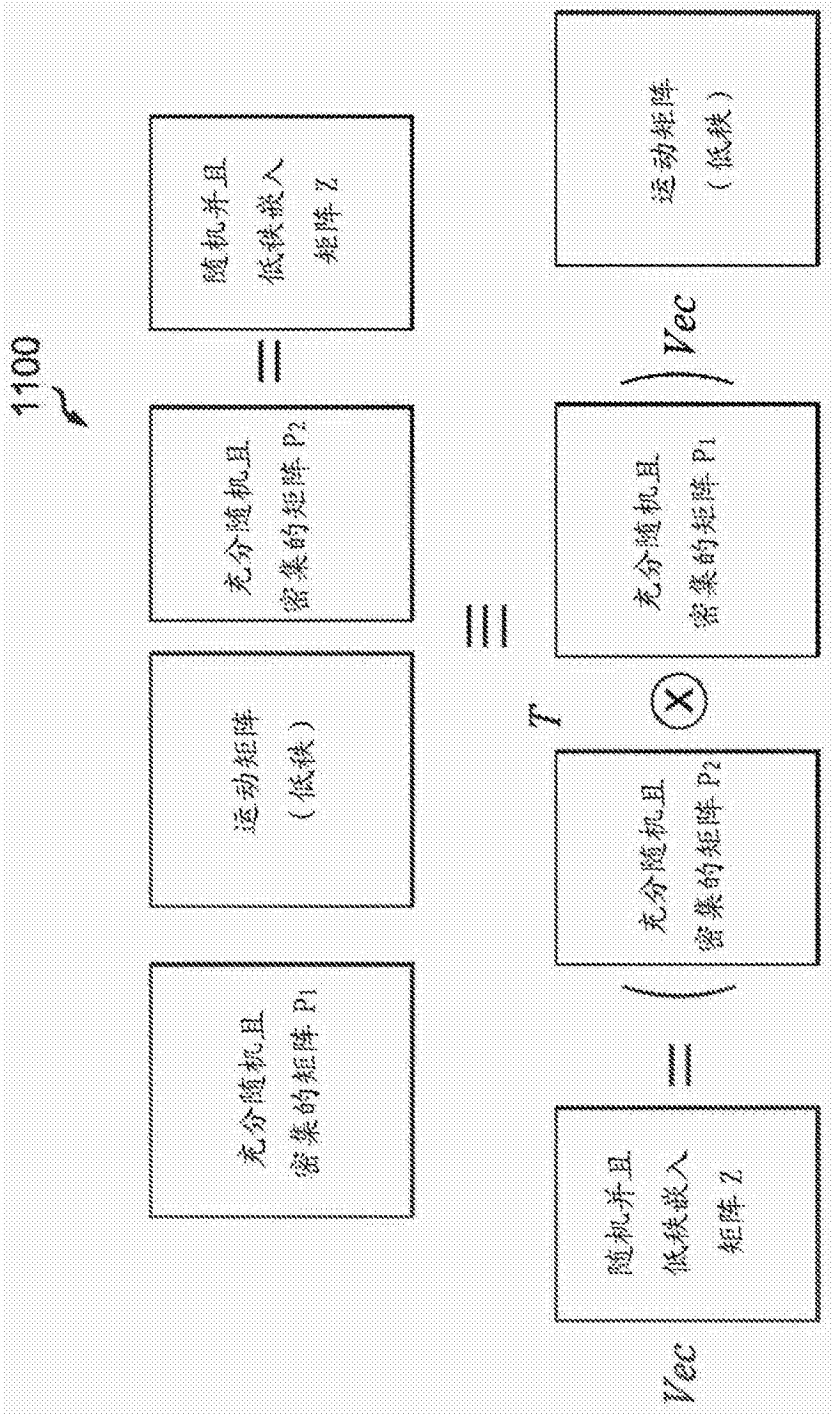


图11