



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101931815 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 09

(21) 申请号 201010274862. 5

(22) 申请日 2007. 04. 09

(30) 优先权数据

11/400, 788 2006. 04. 07 US

(62) 分案原申请数据

200780012500. 5 2007. 04. 09

(73) 专利权人 微软公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 X·左 C-L·林

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 顾嘉运

(51) Int. Cl.

H04N 7/26 (2006. 01)

H04N 7/50 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5237410 A, 1993. 08. 17,

WO 9948300 A1, 1999. 09. 23,

CN 1420690 A, 2003. 05. 28,

US 6463100 B1, 2002. 10. 08,

CN 1522073 A, 2004. 08. 18,

审查员 郭娟

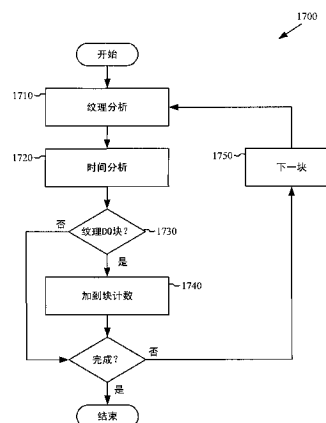
权利要求书 1 页 说明书 36 页 附图 26 页

(54) 发明名称

基于纹理水平的量化调整

(57) 摘要

一种视频编码器标识序列中的当前图像的当前平滑区域,并通过确定至少一个先前和/或将来图像中的相应区域是否平滑来执行时间分析。至少部分地基于该时间分析,该编码器调整当前平滑区域中的量化。编码器确定用于序列的差分量化区间,该区间包括区间数。该区间约束编码器至少对于一个预测的经差分量化的图像之后的区间数量的预测图像跳过差分量化。编码器分析当前图像中的纹理并设置平滑度阈值。该编码器将纹理数据与该平滑度阈值进行比较,并基于根据该平滑度阈值对当前图像中的至少一个平滑区域的发现来调整用于当前图像的至少部分的差分量化。



1. 一种在视频编码器中的方法,包括:

确定用于一视频图像序列的差分量化区间,所述区间包括区间数;

在对所述视频图像序列中的多个预测的经差分量化的图像执行差分量化时使用所述区间,其中所述区间约束所述编码器对在所述多个预测的经差分量化的图像之一之后的至少所述区间数的预测图像跳过差分量化;以及

输出所述视频图像序列的编码的数据。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述差分量化包括:

对所述多个预测的经差分量化的预测图像中的第一个预测图像选择一个或多个差分量化步长,所述一个或多个差分量化步长不同于用于所述第一个预测图像的图像量化步长;

对所述多个预测的经差分量化的预测图像中的第二个预测图像改变所述一个或多个差分量化步长,其中所述第二个预测图像在离所述第一个预测图像的区间之外。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述多个预测的经差分量化的图像包括至少一个 P 图像。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述多个预测的经差分量化的图像包括至少一个 B 图像。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述差分量化区间是固定区间。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述差分量化区间是可自适应地调整的区间。

基于纹理水平的量化调整

[0001] 本发明专利申请是国际申请号为 PCT/US2007/008937, 国际申请日为 2007 年 4 月 9 日, 进入中国国家阶段的申请号为 200780012500.5, 名称为“基于纹理水平的量化调整”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及编码技术, 尤其涉及在视频编码器中进行编码的技术。

背景技术

[0003] 随着 DVD 的日益流行, 经因特网、和数码相机、数字媒体传递音乐也变得愈发平常。工程师使用各种技术在维持质量的同时有效处理数字音频、视频和图像。为了理解这些技术, 理解音频、视频和图像信息是如何在计算机内表示和处理是有帮助的。

[0004] I. 计算机中媒体信息的表示

[0005] 计算机将媒体信息作为表示该信息的一系列数字来处理。例如, 单个数字可以表示图片的每个基本小区域的亮度强度或诸如红色、绿色或蓝色等色彩分量的强度, 使得图片的数字表示由这些数字的一个或多个阵列组成。每个这样的数字可以被称为一个样本。对于彩色图像, 常规上用一个以上的样本来表示每个基本区域的色彩, 且通常使用三个样本。用于一基本区域的这些样本的集合可被称之为像素, 其中单词“像素”指的是“图片元素”这一概念的缩写。例如, 一个像素可以由代表表示该基本区域所必需的红光、绿光和蓝光强度的三个样本组成。这一像素类型被称为 RGB 像素。若干因素影响媒体信息的质量, 包括样本深度、分辨率和帧速率 (用于视频)。

[0006] 样本深度是指示能够用来表示一样本的数字范围的通常以比特为单位的测得的特性。当用于该样本的可能值越多, 质量就越高, 因为该数字能够捕捉更精细的强度变化和 / 或更大的值范围。分辨率通常指的是某一持续时间 (对于音频) 或空间 (对于图像或单独的视频图片) 内的样本数。分辨率更高的图像往往比其他图像看上去更明快, 并且包含更多可辨别的有用细节。帧速率是视频的时间分辨率的常用术语。较高帧速率的视频往往比其他视频更能模拟自然物体的平滑运动, 并且也可以类似地认为其在时间维度上包含更多细节。鉴于所有这些因素, 如下表 1 所示, 对高质量的折衷是存储和传输信息的表示样本深度、分辨率和帧速率所需的比特率方面的成本。

	每像素的比特数 (样本深度乘以每像素的 样本数)	分辨率 (以像素为单 位, 宽 x 高)	帧速率 (帧/秒)	比特率 (百万比特/ 秒)
[0007]	8 (值 0-255, 单色)	160x120	7.5	1.2
	24 (值 0-255, RGB)	320x240	15	27.6
	24 (值 0-255, RGB)	640x480	30	221.2
	24 (值 0-255, RGB)	1280x720	60	1327.1

[0008] 表 1:用于原始视频的不同质量等级的比特率

[0009] 尽管有存储和发送高质量视频(诸如 HDTV)所需的高比特率,但公司和消费者仍愈发依赖计算机来创建、分发和回放高质量内容。为此,工程师使用压缩(也称为源译码或源编码)来降低数字媒体的比特率。压缩通过将信息转换成较低比特率的形式来降低存储和传送信息的成本。压缩可以是无损的,其中视频质量不受损害,但是比特率的降低受到视频复杂度的限制。或者,压缩可以是有损的,其中视频质量受到损害,但是比特率的降低更显著。解压(也被称为解码)从已压缩形式中重构一种版本的原始信息。“编解码器”是编码器/解码器系统。

[0010] 一般而言,视频压缩技术包括“帧内”压缩和“帧间”或预测压缩。对于视频帧,帧内压缩技术压缩个别的帧,通常称为 I 帧或关键帧。帧间压缩技术参考前导和/或后续帧来压缩各帧,且帧间压缩的帧通常被称为预测帧、P 帧或 B 帧。

[0011] II. Windows Media Video 版本 8 和 9 中的帧间和帧内压缩

[0012] 微软公司的 Windows Media Video(Windows 媒体视频)版本 8[“WMV8”]包括视频编码器和视频解码器。WMV8 编码器使用帧内和帧间压缩,而 WMV8 解码器使用帧内和帧间解压。Windows Media Video 版本 9[“WMV9”]对许多操作使用类似的体系结构。

[0013] A. 帧内压缩

[0014] 图 1 示出了 WMV8 编码器中关键帧中的样本块 105 的基于块的帧内压缩 100。块是一组样本,例如,8x8 的样本排列。WMV8 编码器将关键视频帧拆分成 8x8 的块并向诸如块 105 等各个块应用 8x8 的离散余弦变换[“DCT”]110。DCT 是将 8x8 的样本块(空间信息)转换成 8x8 的 DCT 系数块 115 的一类频率变换,该系数块是频率信息。DCT 操作本身是无损或接近无损的。然而,与原始样本值相比,DCT 系数对于编码器的压缩更高效,因为大多数重要信息集中在低频系数中(常规上,块 115 的左上角),并且许多高频系数(常规上,块 115 的右下角)具有零或接近零的值。

[0015] 编码器然后量化(120)该 DCT 系数,得到 8x8 的经量化的 DCT 系数块 125。量化是有损的。由于低频 DCT 系数往往具有更高的值,因此量化通常导致精度的损失,但是不会完全损失关于系数的信息。另一方面,由于高频 DCT 系数往往具有零或接近零的值,因此高频系数的量化通常导致连续的零值区域。另外,在某些情况中,高频 DCT 系数比低频 DCT 系数更粗略地量化,导致对于高频 DCT 系数的更大精度/信息损失。

[0016] 编码器然后准备 8x8 的量化 DCT 系数块 125 以供熵编码,这是一种形式的无损压缩。熵编码的确切类型可以取决于一系数是 DC 系数(最低频率)、顶行或左列中的 AC 系数

(其它频率)还是另一 AC 系数而变化。

[0017] 编码器将 DC 系数 126 编码为与相邻的 8x8 块的 DC 系数 136 的差分,该相邻块是正被编码的块的先前已编码的邻居(例如,顶部或左边)。(图 1 示出了位于帧中正被编码的块的左边的邻居块 135)。编码器对该差分进行熵编码 140。

[0018] 熵编码器可以将左列或顶行的 AC 系数编码为与相邻的 8x8 块的对应左列或顶行的差分。这是 AC 系数预测的一个示例。图 1 示出了被编码为与相邻(实际上在左边)块 135 的左列 137 的差分 147 的左列 127 的 AC 系数。该差分编码增加了差分系数具有零值的几率。其余 AC 系数来自量化的 DCT 系数块 125。

[0019] 编码器将 8x8 的量化的 AC DCT 系数块 145 扫描 150 到一维阵列 155 中,然后使用行程长度编码 160 的变体来对扫描的 AC 系数进行熵编码。编码器从一个或多个“行程/等级/最后”表 165 中选择熵码,并输出该熵码。

[0020] B. 帧间压缩

[0021] WMV8 编码器中的帧间压缩使用基于块的经运动补偿的预测编码,之后是残留误差的变换编码。图 2 和 3 示出了用于 WMV8 编码器中的预测帧的基于块的帧间压缩。具体地,图 2 示出了用于预测帧 210 的运动估计,而图 3 示出了用于预测帧的经运动补偿的块的预测残差的压缩。

[0022] 例如,在图 2 中,WMV8 编码器为预测帧 210 中的宏块 115 计算运动矢量。为计算运动矢量,编码器在参考帧 230 的搜索区域 235 中进行搜索。在搜索区域 235 中,编码器将来自预测帧 110 的宏块 215 与各种候选宏块进行比较,以找出作为良好匹配的候选宏块。编码器输出指定匹配宏块的运动矢量(经熵编码的)的信息。该运动矢量相对于一运动损耗量预测值来进行差分编码。

[0023] 在通过将差分加到运动矢量预测值来重构运动矢量之后,解码器使用该运动矢量,利用来自参考帧 230 的信息来为宏块 215 计算预测宏块,参考帧 130 是在编码器和解码器处可用的先前重构的帧。预测很少是完美的,因此编码器通常对预测宏块和宏块 215 本身之间的像素差块(也称为误差或残差块)进行编码。

[0024] 图 3 示出了 WMV8 编码器中的误差块 235 的计算和编码的示例。误差块 335 是预测的块 315 和原始的当前块 325 之差。编码器向误差块 335 应用 DCT340,得到 8x8 的系数块 345。编码器然后量化(350)该 DCT 系数,得到 8x8 的经量化的 DCT 系数块 355。编码器将 8x8 的块 355 扫描(360)成一维数组 365,使得系数一般从最低频率到最高频率排序。编码器使用行程长度编码 370 的变体对扫描的系数进行熵编码。编码器从一个或多个行程/等级/最后表 375 中选择熵码,并输出该熵码。

[0025] 图 4 示出了用于帧间编码块的对应解码过程 400 的示例。在图 4 的概述中,解码器使用可变长度解码 410,利用一个或多个行程/级别/最后表 415 和行程长度解码 420,对表示预测残差的经熵编码的信息进行解码(410、420)。解码器将储存经熵编码的信息的一维数组 425 反扫描(430)成二维块 435。解码器对该数据进行反量化和反 DCT(共同在 440 处),得到重构的误差块 445。在独立的运动补偿路径中,解码器对从参考帧的偏移使用运动矢量信息 455 计算预测块 465。解码器将预测块 465 与重构的误差块 445 组合 470,以形成重构块 475。编码器也执行反量化、反 DCT、运动补偿和组合以重构帧以使用作参考帧。

[0026] III. 有损压缩和量化

[0027] 上节提到了作为一种用于有损压缩的机制的量化,以及也称为无损压缩的熵编码。无损压缩通过从信息中移除冗余来降低信息的比特率,而在保真度中没有任何减小。例如,全部都完全是相同的红色着色的一系列 10 个连贯的像素可被表示为用于该特定的红色着色的代码,并且数量 10 被表示为连贯像素的“行程长度”,且该系列可以通过从用于红色着色的代码以及所指示的具有该红色着色的连贯像素的数量 (10) 进行解压来完美地重构。无损压缩技术在没有质量代价的前提下降低比特率,但是只能将比特率降低到某一程度。比特率的减小受到输入数据的统计特性中的内在可变性数量的限制,该可变性被称为源熵。

[0028] 相反,采用有损压缩,质量在某种程度上受损,但是可用的比特率减小更为显著。例如,各自是略微不同的红色着色的一系列 10 个像素可以被近似为具有完全相同的特定近似红色色彩的 10 个像素。有损压缩技术可用于比无损压缩技术更显著地降低比特率,但是某些比特率的降低是通过降低质量来实现的,并且损失的质量不能被完全恢复。有损压缩通常结合无损压缩来使用 – 在其中有损压缩建立信息的近似而无损压缩技术被用来表示该近似的系统设计中。例如,各自是略微不同的红色着色的该一系列 10 个像素可被表示为用于一个特定的红色着色的代码,并且数量 10 被表示为连贯像素的行程长度。一般而言,编码器改变量化以在质量和比特率之间进行折衷。较粗略的量化导致更大的质量降低但是允许更大的比特率减小。在解压时,原始系列将被重构为具有相同的近似的红色色彩的 10 个像素。

[0029] 根据一个可能的定义,量化是用于通常用于有损压缩的近似不可逆映射函数的术语,其中有一组指定的可能输出值,并且该组可能的输出值中的每一成员具有导致对该特定输出值的选择的一组相关联的输入值。已经开发了各种量化技术,包括标量或矢量、均匀或非均匀、以及自适应或非自适应量化。

[0030] A. 标量量化器

[0031] 根据一种可能的定义,标量量化器是输入值 x 到经量化的值 $Q[x]$ (有时称为重构值) 的近似函数映射 $x \rightarrow Q[x]$ 。图 5 示出了用于标量量化器的“阶梯”I/O 函数 500。水平轴是用于实数输入变量 x 的数字线,而垂直轴指示了相应的量化值 $Q[x]$ 。数字线按诸如阈值 510 等阈值划分。一对相邻阈值之间的给定范围中的每一 x 值被分配相同的量化值 $Q[x]$ 。例如,范围 520 中的每一 x 值被分配相同的量化值 530。(在阈值处,两个可能的量化值之一被分配给输入 x ,取决于系统)。总体上,量化值 $Q[x]$ 展示了一离散的阶梯模式。映射沿着数字线继续的距离取决于系统,通常在有限个数的阈值之后结束。阈值在数字线上的放置可以是均匀间隔(如图 5 所示)或非均匀间隔的。

[0032] 标量量化器可被分解成两个截然不同的级。第一级是分类器级,其中分类器函数映射 $x \rightarrow A[x]$ 将输入 x 映射到通常为整数值的量化索引 $A[x]$ 。本质上,分类器对输入数字行或数据集分段。图 6A 示出了用于标量量化器的通用分类器 600 和阈值。如在图 5 中一样,用于实数变量 x 的数字线按照诸如阈值 610 等阈值来分段。诸如范围 620 等给定范围中的每一 x 值被分配相同的量化值 $Q[x]$ 。图 6B 示出了用于标量量化器的分类器 650 和阈值的数值示例。

[0033] 在第二级中,重构器函数映射 $k \rightarrow \beta[k]$ 将每一量化索引 k 映射到重构值 $\beta[k]$ 。本质上,重构器设置具有相对于输入数字线的各段的特定高度的阶(或选择数据集值的一

个子集)以便重构由分类器确定的每一区域。重构器函数映射例如可使用查找表来实现。总体上,分类器涉及如下重构器:

$$[0034] \quad Q[x] = \beta [a[x]] \quad (1)$$

[0035] 在常见的使用中,术语“量化”通常用于描述在编码期间执行的分类器级。术语“反量化”类似地用于描述无论在编码还是解码期间执行的重构器级。

[0036] 通过使用这一量化器而引入的失真可以用基于差的失真度量 $d(x-Q[x])$ 来计算。通常,这一失真度量具有 $d(x-Q[x])$ 随着 $x-Q[x]$ 偏离零而增加的性质;并且通常每一重构值位于对应的分类区域的范围之内,使得由函数方程 $Q[x] = x$ 形成的直线将穿过阶梯图(如图 5 所示)的每一阶,并且因此 $Q[Q[x]]$ 通常等于 $Q[x]$ 。一般而言,如果对于给定的输出比特率,一量化器与其它量化器相比导致较低的平均失真值,则该量化器被认为在码率-失真方面是较好的。更正式地,如果对于源随机变量 X ,失真度量的期望值(即,平均或统计均值) $\bar{D} = E_X\{d(X-Q[X])\}$ 对于 $A[X]$ 的相等或更低的熵 H 较低,则一量化器被认为较好。最常用的失真度量是平方误差失真度量,对于该度量 $d(|x-y|) = |x-y|^2$ 。当使用平方误差失真度量时,失真度量的期望值($\bar{D}$)被称为均方误差。

[0037] B. 死区+均匀阈值量化器

[0038] 非均匀量化器具有对所有分类器区域非均匀地间隔的阈值。根据一种可能的定义,死区加均匀阈值量化器[“DZ+UTQ”]是具有对除了包含零输入值的区域(称为死区[“DZ”])之外的所有分类器区域都具有均匀间隔的阈值的量化器。在一般的意义上,DZ+UTQ 是非均匀量化器,因为 DZ 的大小不同于其它分类器区域的大小。

[0039] DZ+UTQ 具有可基于两个参数来表达的分类器索引映射规则 $x \rightarrow A[x]$ 。图 7 示出了用于 DZ+UTQ 的阶梯 I/O 函数 700,而图 8A 示出了用于 DZ+UTQ 的通用分类器 800 和阈值。大于 0 的参数 s 指示用于除了 DZ 之外的所有阶的步长。在数学上, $i \neq 0$, 对所有 s_i 等于 s 。大于或等于 0 的参数 z 指示 DZ 大小与其它阶的大小之比。在数学上, $s_0 = z \cdot s$ 。在图 8A 中, z 为 2, 因此 DZ 的宽度是其它分类区的两倍。用于 DZ+UTQ 的索引映射规则 $x \rightarrow A[x]$ 可被表达为:

[0040]

$$A[x] = \text{sign}(x) * \max\left(0, \left\lfloor \frac{|x|}{s} - \frac{z}{2} + 1 \right\rfloor\right) \quad (2),$$

[0041] 其中 $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示小于或等于自变量的最小整数,并且其中 $\text{sign}(x)$ 是定义如下的函数:

$$[0042] \quad \text{sign}(x) = \begin{cases} +1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (3).$$

[0043] 图 8B 示出了其中 $s = 1$ 且 $z = 2$ 的用于 DZ+UTQ 的分类器 850 和阈值的数值示例。图 5、6A 和 6B 示出了其中 $z = 1$ 的特殊情况的 DZ+UTQ。UTQ 形式的量化器对于各种统计源都具有良好的性能。特别地,DZ+UTQ 形式对于被称为拉普拉斯源的统计随机变量源是最优的。

[0044] 在某些系统设计(未示出)中,可能需要附加的考虑来完全表征 DZ+UTQ 分类规则。出于实践原因,可能需要将可从分类函数 $A[x]$ 所得的值的范围限于某一合理的有限范围。该限制被称为限幅。例如,在某些这样的系统中,分类规则可以更精确地被定义为:

[0045]

$$A[x] = \text{sign}(x) * \min \left[g, \max \left(0, \left\lfloor \frac{|x|}{s} - \frac{z}{2} + 1 \right\rfloor \right) \right] \quad (4),$$

[0046] 其中 g 是对 $A[x]$ 的绝对值的限制。

[0047] 可以使用不同的重构规则来对每一量化索引确定重构值。仅集中于实现互操作性的标准和产品规范通常指定重构值而不必指定分类规则。换言之,某些规范可定义函数映射 $k \rightarrow \beta[k]$ 而不定义函数映射 $x \rightarrow A[x]$ 。这允许被构建为遵守该标准/规范的解码器正确地重构信息。相反,编码器通常被给予以它们希望的任何方式改变分类器的自由,而同时仍遵守该标准/规范。

[0048] 已经开发了用于调整量化阈值的众多系统。许多标准和产品出于简明的目的指定了对应于典型的中点重构规则(例如,对于典型的简单分类规则)的重构值。然而,对于分类,阈值实际上可被调整以使某些输入值被映射到更常见(且因此有更低比特率)的索引,这使得重构值更接近最优。

[0049] 在许多系统中,量化的范围是按照量化步长大小来测量的。较粗略的量化使用更大的量化步长,这对应于更宽的输入值范围。较精细的量化使用较小的量化步长。通常,出于信令和重构的目的,量化步长被参数化为最小量化步长的倍数。

[0050] C. 量化伪像

[0051] 如上所述,有损压缩往往会导致质量的下降。例如,一系列 10 个略微不同的值的样本可以使用量化而被近似为具有完全相同的特定近似值的 10 个样本。这种量化会降低编码该一系列 10 个样本的比特率,但是以损失原始的 10 个样本中的细节为代价。

[0052] 在某些情况下,量化产生往往有更伪像性外观且与简单的精细细节损失相比在视觉上更分散注意的视觉伪像。例如,平滑的、未纹理化的内容易受轮廓伪像-出现在两个不同量化输出值的区域之间的伪像-的影响,因为人类视觉系统对于平滑内容中的微小变化(尤其是亮度差)很敏感。使用以上示例,考虑其中该系列 10 个样本的亮度值从第一个样本到第十个样本逐步且一致地改变的情况。量化可以将前五个样本值近似为一个值,而将后五个样本值近似为另一值。尽管这种量化可能不会由于掩蔽效应而造成纹理化区域中的视觉伪像,但是在平滑区域中,它会在重构图像中造成两组 5 个样本之间的可见线或阶。

[0053] IV. VC-1 中的差分量化

[0054] 在差分量化中,编码器对于图片的不同部分改变量化步长(此处在某些实现中也称为量化参数或 QP)。通常,这涉及在宏块级或其它子图像级上改变 QP。编码器做出关于如何改变 QP 的判决,并且将这些判决适当地用信号通知给解码器。

[0055] 例如,VC-1 编码器可任选地选择差分量化来进行压缩。编码器在图像级上的句法级发送比特流元素(DQUANT)以指示 QP 是否可在各个图像中的宏块之中变化。编码器发送图像级比特流元素 PQINDEX 以指示图像 QP。如果 DQUANT = 0,则对该图像中的所有宏块使用 PQINDEX 所指示的 QP。如果 DQUANT = 1 或 2,则同一图像中的不同宏块可使用不同的 QP。

[0056] VC-1 编码器可以使用一种以上方法来进行差分量化。在一种方法中,对一图像仅使用两个不同的 QP。这被称为双级(bi-level)差分量化。例如,对图像边缘处的宏块使用一个 QP,而对图像其余部分中的宏块使用另一 QP。这对于在图像边缘处节省比特是有用的,在边缘处,精细细节对于保持总体视觉质量较不重要。或者,对每一宏块用信号表示 1

比特的值指示对该宏块使用两个可用 QP 值中的哪一个。在被称为多级差分量化的另一种方法中,可对图像中的各个宏块使用更大数量的不同 QP。

[0057] 编码器在 DQUANT 为非零时发送图像级比特流元素 VOPDQUANT。VOPDQUANT 由可能包括 DQPROFILE 的其它元素组成,DQPROFILE 指示图像的哪些部分可使用除了图像 QP 之外的 QP。当 DQPROFILE 指示任意的、不同的宏块可以使用除了图像 QP 之外的 QP 时,存在比特流元素 DQBILEVEL。如果 DQBILEVEL = 1,则每一宏块使用两个 QP 之一(双级量化)。如果 DQBILEVEL = 0,则每一宏块可使用任何 QP(多级量化)。

[0058] 比特流元素 MQDIFF 在宏块级发送以用信号表示对于双级量化的宏块的 1 比特选择器。对于多级量化, MQDIFF 指示图像 QP 和宏块 QP 之间的差分,或者对于宏块的经转移编码的绝对 QP。

[0059] V. 其它标准和产品

[0060] 众多国际标准指定了用于压缩的视频信息的视频解码器和格式的各方面。这些标准直接或隐含地也指定了某些编码器细节,但是未指定其它编码器细节。某些标准着重于静止图像压缩/解压,而其它标准着重于音频压缩/解压。众多公司已经生产了用于音频、静止图像和视频的编码器和解码器。各种其它种类的信号(例如,高光谱图像、图形、文本、财务信息等)通常也使用压缩技术来表示和储存或传输。

[0061] 各种视频标准允许对不同图像类型使用不同量化步长,并且允许出于码率和质量控制来改变量化步长。

[0062] 各标准通常未完全指定量化器设计。大多数标准允许编码器分类规则 $x \rightarrow A[x]$ 和/或解码器重构规则 $k \rightarrow \beta[k]$ 中的某些变化。对 DZ 比 $z = 2$ 或更大的使用已经蕴含在多种编码设计中。例如,某些标准中对预测区域的重构值定范围隐含了对 $z \geq 2$ 的使用。这些示例形式的标准中的重构值被适当地间隔以使用 $z = 2$ 的 DZ+UTQ 分类。基于 $z = 1$ (或至少 $z < 2$) 的设计已经在若干标准中用于量化。在这些情况下,重构值被围绕零相等地间隔并且离开 0。

[0063] 给定视频压缩对于数字视频的关键重要性,视频压缩是充分开发的领域并不令人惊奇。然而,不论早先的视频压缩技术的好处如何,它们都没有以下技术和工具的优点。

发明内容

[0064] 本申请描述了用于基于视频中的纹理水平来调整量化的技术和工具。例如,一种视频编码器对平滑区域使用自适应平滑度阈值,并在编码期间分配比特时使用对平滑区域的时间分析来改进视频的感知质量。

[0065] 提供本概述以便以简化的形式介绍将在以下详细描述中进一步描述的一些概念。本概述并不旨在标识出所要求保护的主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于限制所要求保护的主题的范围。

[0066] 在一方面,一种视频编码器标识视频图像序列中的当前视频图像的当前平滑区域(例如,梯度斜率区域)。该序列具有其中先前图像的显示发生在当前图像的显示之前而将来图像的显示发生在当前图像的显示之后的显示次序。该编码器对当前平滑区域执行时间分析。该时间分析包括确定先前和/或将来图像的至少一个中的相应区域是否为平滑的。至少部分地基于该时间分析,编码器调整当前平滑区域中的量化(例如,减小量化步长以

避免引入轮廓伪像)。该时间分析可以对可调整数量的将来图像执行。该时间分析可以将更大的权重归于在时间上更接近当前图像的将来图像的相应区域中的平滑度。该编码器可以分析一纹理图以标识当前平滑区域,并且可以分析该时间分析中的平均亮度值。

[0067] 在另一方面,一种视频编码器对于一视频图像序列确定差分量化区间(例如固定的或可自适应地调整的区间),该区间包括一区间数。该编码器在对该序列中的预测的经差分量化的图像执行差分量化时使用该区间。该区间约束编码器至少对于预测的经差分量化的图像之一之后的区间数量的预测图像跳过差分量化。例如,差分量化包括对第一预测图像选择一个或多个差分量化步长,并且对于第二预测图像改变一个或多个差分量化步长,其中一个或多个差分量化步长不同于用于第一预测图像的图像量化步长,并且第二预测图像在离第一预测图像的区间之外。

[0068] 在另一方面,一种视频编码器分析当前视频图像中的纹理(例如,通过分析纹理图),并至少部分地基于所分析的纹理对当前图像设置平滑度阈值。该编码器将当前图像的纹理数据与平滑度阈值进行比较,并基于根据该平滑度阈值对当前图像中的至少一个平滑区域的发现来调整用于当前图像的至少部分的差分量化。该编码器可通过向块梯度值的梯度值直方图应用滑动窗来分析纹理。为了调整差分量化,编码器可确定当前图像中的平坦块的百分比,并且将该百分比与一个或多个百分比阈值进行比较。或者,该编码器可标识当前图像中的纹理区域中的隔离平坦块,并对该隔离平坦块跳过差分量化。

[0069] 参考附图阅读以下详细描述,将更清楚前述和其它目的、特征和优点。

附图说明

[0070] 图 1 是示出 8x8 的样本块的基于块的帧内压缩的图示。

[0071] 图 2 是示出视频编码器中的运动估计的图示。

[0072] 图 3 是示出视频编码器中的 8×8 的预测残差块的基于块的压缩的图示。

[0073] 图 4 是示出视频解码器中的 8×8 的预测残差块的基于块的解压的图示。

[0074] 图 5 是示出用于标量量化器的阶梯 I/O 函数的曲线图。

[0075] 图 6A 和 6B 是示出用于标量量化器的分类器和阈值的曲线图。

[0076] 图 7 是示出用于 DZ+UTQ 的阶梯 I/O 函数的曲线图。

[0077] 图 8A 和 8B 是示出用于 DZ+UTQ 的分类器和阈值的曲线图。

[0078] 图 9 是可结合其实现所描述的若干实施例的合适的计算环境的框图。

[0079] 图 10 是可结合其实现所描述的若干实施例的通用视频编码器系统的框图。

[0080] 图 11 是在所描述的若干实施例中使用的宏块格式的图示。

[0081] 图 12 是自适应视频编码方法的流程图。

[0082] 图 13 是示出使用块的亮度和色度数据的像素梯度计算的图示。

[0083] 图 14 是对图 13 的块的多像素梯度的直方图。

[0084] 图 15 是示例块值表征框架的图。

[0085] 图 16 是示出用于基于纹理信息来应用差分量化的通用技术的流程图。

[0086] 图 17 是示出用于使用时间分析来做出纹理 DQ 判定的技术的流程图。

[0087] 图 18 是示出用于使用百分比阈值和隔离平滑块滤波来做出纹理 DQ 判定的技术的流程图。

- [0088] 图 19 是示出用于对高纹理图像选择性地调整纹理水平阈值的技术的流程图。
- [0089] 图 20 是示出用于确定自适应纹理水平阈值的示例伪代码的代码图。
- [0090] 图 21 是示出梯度斜率区域的两个示例的图示。
- [0091] 图 22A 是示出具有梯度斜率区域、纹理化区域、锐边区域和平坦区域的示例帧的图示。
- [0092] 图 22B 是示出图 22A 的梯度斜率区域中的轮廓伪像的图示。
- [0093] 图 22C 示出了图 22B 的轮廓伪像的宏块级细节。
- [0094] 图 23 是示出通用的基于区域的梯度斜率检测技术的流程图。
- [0095] 图 24 是根据一个实现的示例梯度斜率检测器的框图。
- [0096] 图 25 是描绘具有可能会导致异常梯度斜率方向的膜颗粒的梯度斜率区域的 4-1 降采样的图示。
- [0097] 图 26 是用于 16×16 的罗盘算子 K_H 和 K_V 的等式图。
- [0098] 图 27 是示出用于使用图 26 的罗盘算子来计算区域的梯度方向的示例伪代码的代码图。
- [0099] 图 28 是示出用于对梯度斜率区域执行一致性检验的技术的流程图。
- [0100] 图 29 是描绘了桶投票技术中的桶的图示。
- [0101] 图 30 是示出用于选择宏块 QP 来帮助保存一个或多个非零 AC 系数的示例技术的流程图。
- [0102] 图 31 是示出在量化和反量化之后在梯度斜率区域中的三个相邻块的 DC 漂移的图示。
- [0103] 图 32 是示出用于调整量化以减少或避免 DC 漂移区域中的轮廓伪像的引入的通用技术的流程图。
- [0104] 图 33 是示出用于调节 DC 漂移区域中量化以减少或避免量化伪像的引入的组合技术的流程图。

具体实施方式

[0105] 本申请涉及用于高效的视频压缩的技术和工具。在各个所描述的实施例中，一种视频编码器结合了用于编码视频的技术，以及用于包括不同层或级的比特流格式或句法的对应的信令技术。所描述的技术和工具中的某一些可被应用于隔行或逐行帧。

[0106] 对此处所描述的实现的替换是可能的。例如，参考流程图所描述的技术可以通过改变流程图所示的级的排序，通过重复或省略某些级等来改变。例如，在初始级中的分析（例如，获得关于图像的纹理信息或在检测平滑区域时执行纹理分析）可在稍后的级（例如，对于图像做出编码判决或在检测平滑区域时执行时间分析）开始之前完成，或者对不同级的操作可以在逐块、逐宏块或其它逐区域的基础上交错。作为另一示例，尽管某些实现此处是参考特定宏块格式描述的，但是也可使用其它格式。

[0107] 各种技术和工具可组合或单独使用。不同的实施例实现所描述的技术和工具的一个或多个。此处所描述的某些技术和工具可以在视频编码器中使用，或在不特别限于视频编码的某一其它系统中使用。

[0108] I. 计算环境

[0109] 图 9 示出了其中可实现所描述的若干实施例的合适计算环境 900 的一个通用示例。计算环境 900 并非旨在对使用范围或功能提出任何限制,因为这些技术和工具可以在完全不同的通用或专用计算环境中实现。

[0110] 参考图 9,计算环境 900 包括至少一个处理单元 910 和存储器 920。在图 9 中,这一最基本配置 930 包括在虚线内。处理单元 910 执行计算机可执行指令,且可以是真实或虚拟处理器。在多处理系统中,多个处理单元执行计算机可执行指令以提高处理能力。存储器 920 可以是易失性存储器(例如,寄存器、高速缓存、RAM)、非易失性存储器(例如,ROM、EEPROM、闪存等)或两者的某一组合。存储器 920 储存用此处所描述的一个或多个技术或工具实现视频编码器的软件 980。

[0111] 计算环境可具有额外的特征。例如,计算环境 900 包括存储 940、一个或多个输入设备 950、一个或多个输出设备 960 以及一个或多个通信连接 970。诸如总线、控制器或网络等互连机制(未示出)将计算环境 900 的组件互连。通常,操作系统软件(未示出)为在计算环境 900 中执行的其它软件提供了操作环境,并协调计算环境 900 的组件的活动。

[0112] 存储 940 可以是可移动或不可移动的,且包括磁盘、磁带或磁带盒、CD-ROM、DVD 或可用于储存信息并可在计算环境 900 内访问的任何其它介质。存储 940 储存用于实现视频编码器的软件 980 的指令。

[0113] 输入设备 950 可以是诸如键盘、鼠标、笔或跟踪球等触摸输入设备、语音输入设备、扫描设备或可向计算环境 900 提供输入的另一设备。对于音频或视频编码,输入设备 950 可以是声卡、显卡、TV 调谐卡、或接受模拟或数字形式的音频或视频输入的类似的设备、或将音频或视频样值读入计算环境 900 的 CD-ROM 或 CD-RW。输出设备 960 可以是显示器、打印机、扬声器、CD 刻录机、或从计算环境 900 提供输出的另一设备。

[0114] 通信连接 970 允许通过通信介质到另一计算实体的通信。通信介质传达诸如已调制数据信号形式的计算机可执行指令、音频或视频输入或输出、或其它数据等信息。已调制数据信号是其一个或多个特征以在信号中编码信息的方式设置或改变的信号。作为示例而非局限,通信介质包括以电、光、RF、红外、声学或其它载波实现的有线或无线技术。

[0115] 各种技术和工具可以在计算机可读介质的一般上下文中描述。计算机可读介质可以是可在计算环境内访问的任何可用介质。作为示例而非局限,对于计算环境 900,计算机可读介质包括存储器 920、存储 940、通信介质以及上述任一个的组合。

[0116] 该技术和工具可在诸如程序模块中所包括的在目标真实或虚拟处理器上的计算环境中执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述。一般而言,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、库、对象、类、组件、数据结构等。程序模块的功能可以如各实施例中所需的组合或在程序模块之间分离。用于程序模块的计算机可执行指令可以在本地或分布式计算环境中执行。

[0117] 为了呈现,详细描述使用了如“判定”和“分析”等术语来描述计算环境中的计算机操作。这些术语是由计算机执行的操作的高级抽象,且不应与人类所执行的动作混淆。对应于这些术语的实际的计算机操作取决于实现而不同。

[0118] II. 通用视频编码器

[0119] 图 10 是可结合其实现所描述的某些实施例的通用视频编码器 1000 的框图。编码器 1000 接收包括当前图像 1005 的视频图像序列,并产生压缩的视频信息 1095 作为对存

储、缓冲区或通信连接的输出。输出比特流的格式可以是 Windows 媒体视频或 VC-1 格式、MPEG-x 格式（例如，MPEG-1、MPEG-2 或 MPEG-4）、H. 26x 格式（例如，H. 261、H. 262、H. 263 或 H. 264）或其它格式。

[0120] 编码器 1000 处理视频图像。术语图像一般指的是源、已编码的或已重构的图像数据。对于逐行视频，图像是逐行视频帧。对于隔行视频，图像可以指的是隔行视频帧、帧的上半帧、或帧的下半帧，取决于上下文。编码器 1000 是基于块的，并且对帧使用 4:2:0 的宏块格式。如图 11 所示，宏块 1100 包括四个 8×8 的亮度块（Y1 到 Y4）以及两个 8×8 的色度块（U 和 V），这些色度块与四个亮度块位于同处，但是水平和垂直分辨率都是一半，遵循常规的 4:2:0 的宏块格式。对于半帧，可使用相同或不同的宏块组织和格式。 8×8 的块还可在不同的级上细分，例如在频率变换和熵编码级。编码器 1000 可以对除 8×8 的块和 16×16 的宏块之外的不同大小或配置的样本集执行运算。或者，编码器 1000 是基于对象的，或使用不同的宏块或块格式。

[0121] 返回到图 10，编码器系统 1000 压缩预测图像和帧内编码的关键图像。为演示起见，图 10 示出了关键图像通过编码器系统 1000 的路径以及用于预测图像的路径。编码器系统 1000 的许多组件用于同时压缩关键图像和预测图像两者。由这些组件执行的确切操作可以取决于所压缩的信息类型而变化。

[0122] 预测图像（例如，逐行 P 帧或 B 帧、隔行 P 半帧或 B 半帧、或隔行 P 帧或 B 帧）按照来自一个或多个其它图像（通常被称为参考图像或锚）的预测（或差）来表示。预测残差是所预测的和原始图像之差。相反，关键图像（例如，逐行 I 帧、隔行 I 半帧或隔行 I 帧）不参考其它图像来压缩。

[0123] 如果当前图像 1005 是预测图像，则运动估计器 1010 估计当前图像 1005 的宏块或其它样本集相对于一个或多个参考图像（例如，缓存在图像存储 1020 中的重构的前一图像 1025）的运动。如果当前图像 1005 是双向预测图像，则运动估计器 1010 估计当前图像 1005 中相对于多达四个重构的参考图像（例如，对于隔行 B 半帧）的运动。通常，运动估计器估计 B 图像中相对于一个或多个在时间上先前的参考图像以及一个或多个在时间上未来的参考图像的运动，但是 B 图像不需要从不同的时间方向来预测。编码器系统 1000 可对多个参考图像使用单独的存储 1020 和 1022。

[0124] 运动估计器 1010 可按照全样本、 $1/2$ 样本、 $1/4$ 样本或其它增量来估计运动，并可在逐图像的基础或其它基础上切换运动估计的精度。运动估计器 1010（和补偿器 1030）也可在每一帧或其它基础上在参考图像样本内插的类型之间切换（例如，在双三次内插和双线性内插之间）。运动估计的精度可以在水平和垂直上相同或不同。运动估计器 1010 输出运动信息 1015，诸如差分运动矢量信息作为辅助信息。编码器 1000 通过例如为运动矢量计算一个或多个预测值，计算运动矢量和预测值之间的差分，以及对差分进行熵编码，来对运动信息 1015 进行编码。为重构运动矢量，运动补偿器 1030 将预测值与差分运动矢量信息组合。

[0125] 运动补偿器 1030 将重构的运动矢量应用于重构的图像 1025，以形成经运动补偿的当前图像 1035。然而，预测很少是完美的，且经运动补偿的当前图像 1035 和原始的当前图像 1005 之差是预测残差 1045。在稍后的图像重构期间，将预测残差 1045 加到经运动补偿的当前图像 1035，以获得更接近于原始的当前图像 1005 的经重构的图像。然而，在有损

压缩中,某些信息仍从原始当前图像 1005 中丢失。或者,运动估计器和运动补偿器应用另一类型的运动估计 / 补偿。

[0126] 频率变换器 1060 将空间域视频信息转换成频域(即,频谱)数据。对于基于块的视频图像,频率变换器 1060 向样本数据或预测残差数据的块应用 DCT、DCT 的变体或其它块变换,从而产生频率变换系数块。或者,频率变换器 1060 应用诸如傅立叶变换等另一常规频率变换或使用小波或子带分析。频率变换器 1060 可应用 8×8 、 8×4 、 4×8 、 4×4 或其它大小的频率变换。

[0127] 量化器 1070 然后量化频谱数据系数块。量化器向频谱数据应用均匀的标量量化,其步长在逐图像的基础或其它基础(例如,逐宏块的基础)上变化。或者,量化器向频谱数据系数应用另一类型的量化,例如非均匀的、矢量或非自适应量化,或直接在不使用频率变换的编码器系统中量化空间域数据。以下详细描述某些实现中涉及量化的技术和工具。

[0128] 除自适应量化之外,编码器 1000 可使用帧丢弃、自适应滤波或其它技术用于码率控制。

[0129] 编码器 1000 可对跳过宏块使用特殊信令,该跳过宏块是某一特定类型的信息(例如,没有关于宏块的差分运动矢量以及没有残差信息)的宏块。

[0130] 当需要重构的当前图像用于后续的运动估计 / 补偿时,反量化器 1076 在量化的频谱数据系数上执行反量化。反频率变换器 1066 然后执行频率变换器 1060 的逆运算,从而产生重构的预测残差(对于预测图像)或重构的关键图像。如果当前图像 1005 是关键图像,则重构的关键图像用作重构的当前图像(未示出)。如果当前图像 1005 是预测图像,则重构的预测残差被加到经运动补偿的当前图像 1035,以形成重构的当前图像。图像存储 1020、1922 之一或两者缓存重构的当前图像,以在经运动补偿的预测中使用。在某些实施例中,编码器向重构的帧应用分块滤波器,以自适应地平滑图像中的不连续性和其它伪像。

[0131] 熵编码器 1080 压缩量化器 1070 的输出以及某些辅助信息(例如,运动信息 1015、量化步长(QP))。典型的熵编码技术包括算术编码、差分编码、哈夫曼编码、行程长度编码、LZ 编码、字典式编码以及上述的组合。熵编码器 1080 通常对不同种类的信息(例如,DC 系数、AC 系数、不同种类的辅助信息)使用不同的编码技术,并可从特定编码技术内的多个代码表中进行选择。

[0132] 熵编码器 1080 向多路复用器(“MUX”)1090 提供压缩的视频信息 1095。MUX 1090 可包括缓冲区,并且一缓冲区等级指示符可被反馈给控制器。在 MUX 1090 之前或之后,压缩的视频信息 1095 可被信道编码用于通过网络发送。信道编码可向压缩的视频信息 1095 应用检错和纠错数据。

[0133] 控制器(未示出)接收来自诸如运动估计器 1010、频率变换器 1060、量化器 1070、反量化器 1076、熵编码器 1080 和缓冲区 1090 等各个模块的输入。控制器评估编码期间的中间结果,例如估计失真并执行其它码率 - 失真分析。控制器与诸如运动估计器 1010、频率变换器 1060、量化器 1070 和熵编码器 1080 一起工作以设置并改变编码期间的编码参数。当编码器评估编码期间的不同编码参数选择时,编码器可迭代地执行某些级(例如,量化和反量化)以评估不同的参数设置。编码器可以在前进到下一级之前设置一个级处的参数。或者,编码器可以对不同的编码参数进行联合评估。要评估的编码参数判决的树以及相应编码的定时取决于实现。

[0134] 编码器 1000 内的模块之间所示的关系指示了编码器中的一般信息流；为简明起见，未示出其它关系。具体地，图 10 一般不示出指示用于视频序列、图像、宏块、块等的编码器设置、模式、表等辅助信息。这一辅助信息一旦被最终化，通常在该辅助信息的熵编码之后在输出比特流中发送。

[0135] 视频编码器的具体实施例通常使用通用编码器 1000 的变体或补充版本。取决于所需的实现和压缩类型，编码器的模块可被添加、省略、分成多个模块、与其它模块组合、和/或用相似的模块来替代。例如，控制器可被拆分成与编码器的不同模块相关联的多个控制器模块。在替换实施例中，具有不同模块和/或其它模块配置的编码器执行一个或多个所描述的技术。

[0136] III. 使用知觉模型的视频内容的表征

[0137] 视频内容可以使用知觉模型来表征。这可以帮助编码器对不同种类的视频内容做出适当的编码判决。编码器可在编码之前分析图像以提供对该图像的不同部分（例如，块、宏块等）中的内容的表征。例如，视频图像中诸如蓝天等相对平滑的部分可被表征为对于引入失真是较不可接受的，因为在平滑区域中某些种类的质量降级（例如，量化伪像）更容易被人类感知到。相反，在纹理区域中，失真一般较不会引起注意（因此较可接受）。

[0138] 参考图 12，诸如以上参考图 10 描述的视频编码器在表征视频图像（例如，表征为平滑区域、边缘区域、纹理区域等）的各部分（例如，宏块的块、宏块或其它区域）的过程 1200 中实现自适应编码技术，并且根据该表征来自适应一个或多个编码技术。许多所描述的技术提供了图像内的自适应编码，诸如在块、宏块或其它区域上。这些技术使用信息来对图像的不同部分分类并相应地编码它们。更具体地，视频编码器基于其知觉特性来表征图像的各部分以对内容进行分类。

[0139] 在 1210 处，视频编码器表征视频图像的一个或多个部分。例如，编码器基于块内的强度变化来表征视频图像的块。在一个实现中，编码器对于块中的像素或块的经降采样的版本计算一像素及其相邻像素之间的差的和。该差值的和测量了一像素及其周围像素之间的强度变化。例如，周围像素包括与一像素相邻或近乎相邻的两个或更多其它像素，诸如在一像素的上方或下方、左边或右边、或对角。一像素的强度与其周围像素的强度之差基于亮度和/或色度数据中的差来计算。换言之，差是用亮度样本和/或色度样本来计算的。一平均计算的差值被分配给该像素（例如，像素梯度）。对块中的各像素（例如，块梯度）或对其某一二次采样集计算差值。评估分配给块中的像素的差值以确定对该块的表征或分类（例如，平滑、边缘或纹理；纹理或非纹理；平滑或非平滑；等等），这可被表达为块值。在一个示例中，评估对于块中的像素的像素梯度以确定对该块梯度的中间差值（例如，块中值）。由此，块内的像素之间的强度差提供了对块、宏块或其它视频图像区域的强度变化的测量。

[0140] 不需要块中值来确定块值。强度变化或块表征也可基于分配给块中的像素的差值的平均值（例如，块平均值）。块中值或平均值可以用于对块进行分类和/或可用作对更细粒度的控制函数的输入。该表征或控制函数自适应地改变编码的一个或多个方面。

[0141] 或者，代替计算强度变化来表征块，编码器使用另一度量。

[0142] 在 1220 处，编码器基于表征来自适应地编码视频图像。在一个实现中，用于轮廓伪像的移除或减少的编码技术是基于块表征来执行的。例如，对某些平滑区域执行梯度斜

率检测、DC 漂移检测、AC 系数保存以及自适应差分量化,并且纹理化区域被更强地量化以节省比特率。

[0143] 尽管图 12 示出了对于图像的多个部分表征级 1210 在自适应编码级 1220 之前,但这些级也可在图像中在逐块的基础上迭代进行或者可以在某一其它基础上排序。

[0144] 在 1230 处,编码器用信号表示经自适应地编码的比特流。当编码器使用差分量化来基于块表征编码时,例如,视频编码器使用用于向视频解码器发信号表示差分量化的信号方案来编码压缩的比特流中的信息。

[0145] 在 1240 处,相应的视频解码器读取自适应地编码的比特流,包括对视频图像已编码数据。例如,视频解码器读取用信号表示的差分量化信息。在 1250 处,解码器解码压缩的比特流,例如根据用信号表示的差分量化信息来对块解量化。

[0146] A. 示例的基于块的表征

[0147] 图 13 是示出用于使用亮度和 / 或色度数据来表征块的基于块的操作的图示。亮度块“Y”(1302) 是 4:2:0 宏块格式的宏块的 8x8 的块。尽管并非所需,但在该示例中,在计算梯度块 1308 时也使用了像素块的相应色度块 1304、1306。尽管并非所需,但如在本示例中所示的,亮度块 1302 在水平和垂直上按照因子 2 来降采样 1312 (例如,通过对样本对进行简单的求平均) 以创建匹配色度块的 4x4 维度的亮度块 1310。

[0148] 如在经降采样的亮度块 1310 中所示的,将像素 1314 的亮度样本的强度值与在经降采样的亮度块 1310 中靠近它的四个像素的样本进行比较,并且计算像素 1314 的样本与其周围的垂直和水平像素的样本之差的平均和。在该示例中,像素 1314 位于位置 $Y'(r, c)$ 处。与其周围像素比较的该像素 1314 的亮度强度值的差的平均和为:

$$L_T(r, c) = [|Y'(r, c) - Y'(r, c-1)| + |Y'(r, c) - Y'(r-1, c)| + |Y'(r, c) - Y'(r, c+1)| + |Y'(r, c) - Y'(r+1, c)|] / 4 \quad (5)$$

[0151] 如图所示, $Y'(r, c)$ 是经降采样的块 Y' 中行 r 列 c 处的像素 1314 的亮度分量。 $L_T(r, c)$ 提供了像素 1314 的亮度强度如何有别于块 Y' 内的其邻居的指示。该亮度强度差测量是像素梯度的一个示例。

[0152] 可任选地,色度数据 1304、1306 可代替亮度数据被单独考虑,或者可与亮度数据一起考虑来确定强度差。对于像素 1314 的亮度强度值和色度强度值的差的平均和可被表示为周围像素的样本的强度值中的差的平均值,如在以下等式中所示:

$$G_T(r, c) = \{ [|Y'(r, c) - Y'(r, c-1)| + |Y'(r, c) - Y'(r-1, c)| + |Y'(r, c) - Y'(r, c+1)| +$$

$$|Y'(r, c) - Y'(r+1, c)|] + [|U(r, c) - U(r, c-1)| + |U(r, c) - U(r-1, c)| +$$

$$|U(r, c) - U(r, c+1)| + |U(r, c) - U(r+1, c)|] + [|V(r, c) - V(r, c-1)| +$$

$$|V(r, c) - V(r-1, c)| + |V(r, c) - V(r, c+1)| + |V(r, c) - V(r+1, c)|] \} / 12$$

$$[0157] \quad (6)$$

[0158] $G_T(r, c)$ 是对于经降采样的块中位于 (r, c) 处的像素的像素梯度,并且该像素梯度提供了关于像素 1314 的亮度和色度强度如何有别于其周围像素邻居的指示。在此示例中,像素梯度值 $G_T(r, c)$ 基于直接垂直或水平的像素,但是未考虑邻域中的其它像素。构想了在其它变体中在创建像素梯度时也可考虑其它像素数据。例如,作为所提供的安排的一

部分或其替代,可考虑对角像素。或者,可考虑较长一段路程(例如,2或3个像素)上的强度差。

[0159] $G_I(r, c)$ 提供了关于单个像素的亮度和色度强度如何有别于其邻居的指示。为了表征整个块的强度变化,对块内的多个或所有像素执行相同的分析。在一个这样的示例中,创建像素梯度块 1308,并且从中导出块梯度。如所指出的,计算像素梯度或块梯度可以包括单独的亮度比较、单独的色度比较、或亮度比较和色度比较两者。

[0160] 如有需要,可改变以上用于找出 $G_I(r, c)$ 的等式以解决遗漏的块边界值。例如,在块外部的样本在自适应等式 $G_I(r, c)$ 以解决边界值时可被外插或假定为与块内的其它相邻样本相同。或者,可以减少该等式的分母且在比较中忽略某些方向上的周围样本,例如在这些周围样本位于块外的情况下。如图所示,像素梯度块 1308 可以提供关于块中的所有像素的像素梯度数据。或者,像素梯度块 1308 可以包括关于块中少于所有像素的像素梯度数据。

[0161] 图 14 是图 13 的块 1308 中的多个像素梯度的直方图。更具体而言,直方图 1400 提供了关于块可如何被表征或求值的可视化。在该示例中,存在 30 以下的 8 个像素梯度值,以及 30 以上的 8 个像素梯度值。因此,对于该块梯度的中值是 30。(对于偶数的候选值,中值可以被计算为两个中间候选值的平均,或被计算为两个中间候选值中的一个或另一个。)中值可用于将块表征为平滑、纹理或边缘。当然,一旦获得了像素梯度或像素梯度块,就可使用其它度量来表征块。例如,块可以根据像素梯度值的平均值来表征。一旦分配了块值,它就可表征方案(例如,平滑或非平滑;平滑、纹理、边缘;等等)中使用或在更细粒度的控制函数中使用。块值可用于确定在自适应编码策略中如何处理块。

[0162] 块值可通过对多个像素梯度排序并从经排序的值中选择中间梯度值来选择。例如,块内的一组像素梯度,诸如 {10, 14, 28, 36, 38}, 具有所分配的等于该组中的中间像素梯度,即 28 的块值。在另一示例中,块值基于该组中的平均梯度,即对于前述数值示例为 25.2 来确定。当然,该组可以从完整的块梯度或其子集中获得。

[0163] C. 对表征信息的示例使用

[0164] 图 15 是继续了图 13 和 14 的示例的示例块表征框架的图。如图所示,具有范围从 0 直到 30(包括 30)的块值的块将被表征为平滑块。具有大于 30 但小于或等于 60 的范围内的块值的块将被表征为纹理块,而具有大于 60 的块值的块将被表征为边缘块。

[0165] 或者,编码器使用例如包括关于块或视频图像的其它部分的其它和/或附加表征的另一表征框架。对于不同的梯度和度量,该框架可在比例和/或维数上变化。

[0166] 编码器可在做出编码判决时使用块或视频图像的其它部分的表征。表 2 涉及如参考图 15 所描述的块表征的一个示例性自适应编码方案的特征。如图所示,不同地表征的块在一个或多个自适应特征方面被不同地对待。

[0167]

表征	DC 漂移检测	梯度斜率检测	量化
平滑	是	是	较低的 QP
边缘	否	否	较高的 QP

纹理	否	否	较高的 QP
----	---	---	--------

[0168] 表 2 :自适应编码特征

[0169] 表 2 所示的各种自适应特征贯穿本文讨论,并且将在下文中进一步讨论。或者,编码器对于块表征使用另一自适应特征判定映射。此外,此处所描述的某些特征不需要考虑视频内容的表征。

[0170] IV. 基于纹理水平的差分量化

[0171] 在差分量化中,编码器对于图片的不同部分改变量化步长(此处在某些实现中也称为量化参数或 QP)。通常,这涉及在宏块级或其它子图像级上改变 QP。编码器做出关于如何改变 QP 的判决,并且可将这些判决适当地用信号通知给解码器。

[0172] 早先的解码器使用了双级差分量化(在两个 QP 之间变化)和多级差分量化(在三个或更多 QP 之间变化)。例如,在一个双级差分量化方法中,对图像边缘处的宏块使用一个 QP,而对图像其余部分中的宏块使用另一 QP。这对于在图像边缘处节省比特是有用的,在边缘处,精细细节对于保持总体视觉质量较不重要。在多级差分量化方法中,可对图像中的各个宏块使用更大数量的不同 QP。例如,编码器可对宏块选择一 QP 并用信号表示用于当前图像的 QP 和用于宏块的 QP 之间的差分。

[0173] 对量化伪像的知觉敏感性与空间和时间域中视频的纹理水平高度相关。高纹理水平通常导致可能会隐藏质量降级和量化伪像的掩蔽效应。然而,在具有较低纹理水平的区域(例如,平滑区域)中,降级和量化伪像更可见。尽管早先的编码器对于视频图像的某些部分(例如,图像边缘)做出了量化调整,但是此处所描述的更全面的基于内容的差分量化策略在许多情形中提供了改进的码率-失真性能。

[0174] 因此,许多所描述的技术和工具使用基于纹理的差分量化(此处称为纹理 DQ)来基于各种纹理水平分配比特以实现更好的感知质量。在纹理 DQ 中,基于纹理信息,并且在某些情况下基于诸如时间分析信息及其它信息,选择不同 QP 来编码视频。编码器分析纹理信息(以及可能的其它信息)并向适当的区域(纹理 DQ 区域),诸如图像中的 8x8 的块或宏块应用纹理 DQ。许多所描述的技术和工具集中于平滑区域作为潜在纹理 DQ 区域。平滑区域包括平坦区域(恒定或几乎恒定色彩的区域)以及梯度斜率区域(以恒定或几乎恒定的速率在区域上变化的色彩的区域)。平滑区域即使在被小噪声区域、膜颗粒或其它色彩变化中断时也可被认为是平滑的。

[0175] 图 16 是示出用于基于纹理信息来应用差分量化的通用技术 1600 的流程图。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 1600。

[0176] 在 1610 处,编码器获得关于当前图像的纹理信息(例如,指示不同区域是平滑、边缘还是纹理区域的表征或块值)。在 1620 处,编码器找出当前图像中的一个或多个纹理 DQ 区域(例如,其中可能存在轮廓伪像的平滑区域)。在 1630 处,编码器向(诸)纹理 DQ 区域应用纹理 DQ 并编码该图像。例如,平滑区域用比高纹理区域小的 QP 来编码。如果有更多图像要编码,则编码器在 1640 处取下一图像,并适当地向下一图像选择性地应用纹理 DQ。编码器将关于视频图像的已编码数据输出到例如存储、通信连接或缓冲区。

[0177] 可使用不同的纹理 DQ 区域检测技术来确定一区域是否应作为平滑区域来对待。例如,编码器可使用不同的纹理度量和/或不同的纹理阈值(并且可自适应地调整阈值)

来确定一特定区域是否应被认为是纹理 DQ 区域。可使用自适应量化值映射来分配比特以得到更好的感知视频质量。差分量化判决也可基于时间分析（例如，查看将来的图像以随时间的推移基于区域的特性来做出判决）。

[0178] 可对帧内图像和预测图像两者做出差分量化判决。对于预测的图像，可控制差分量化的图像之间的 P 和 B 图像差分量化区间。此外，通过观察当存在主导高纹理区域时的图像纹理，可放松平滑区域纹理阈值以用较小的 QP 来编码相对平滑的区域（与主导高纹理区域相比）。

[0179] 类似于以上第 III 节中参考图 12-15 描述的那些技术的技术可用于对当前图像生成纹理图。例如，如在第 III 节中所描述的，编码器将关于图像的纹理水平的梯度计算为该图像的 Y、U 和 V 通道中的一阶倒数（差）。当宏块格式是 4:2:0 时，为加速计算过程，编码器可按照 2 : 1 的因子水平和垂直地对 Y 通道进行降采样。编码器对水平和垂直方向中的每一像素的 Y、U 和 V 的梯度求和。对于全分辨率的 8x8 的块，编码器计算经降采样的图像中的相应 4x4 的块中的梯度的和的均值以用作块梯度值。计算梯度均值与计算如第 III 节中所描述的中值相比具有较低的计算复杂度。

[0180] 或者，编码器以某一其它方式获得关于图像的纹理信息。例如，编码器选择不同的梯度方向来计算梯度、仅对亮度通道计算梯度等等。然而，获得或计算纹理信息，其然后可用于做出纹理 DQ 判决。

[0181] 纹理图指示了图像的不同部分的纹理水平。例如，纹理图可用于标识图像中的平滑区域（例如，块、宏块、边缘或其它区域）和纹理化区域。所描述的差分量化技术可以基于纹理图中的信息来对图像的适当部分执行。或者，编码器使用纹理信息而不首先创建纹理图。

[0182] A. 时间分析

[0183] 除了来自当前视频图像的纹理信息之外，可使用时间分析来做出准确的差分量化判决。使用时间分析的一个理由是对平滑区域使用较小 QP 的影响在该平滑区域在几个图像上都保持平滑的情况下，尤其是当其它图像在运动补偿中引用该平滑区域的时候将变得更大。相反，使用较小 QP 的一个好处在用将来图像中的高纹理或边缘块替换平滑块的情况下将失去。因此，编码器在找到当前图像中的平滑区域之后查看将来图像，并且基于将来图像中的区域改变的平滑度如何来做出差分量化判决。编码器还可查看先前的图像，例如显示次序在当前视频图像之前但在运动补偿中引用了当前视频图像的 B 图像。

[0184] 图 17 示出了用于使用时间分析来做出纹理 DQ 判决的示例技术 1700。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 1700。

[0185] 在 1710 处，编码器对视频序列中的当前图像中的当前块执行纹理分析。例如，编码器查看该块的梯度信息。编码器可将该梯度信息与用于该块的梯度阈值进行比较，并将该块分类为平滑或非平滑（例如，纹理、边缘），其中梯度阈值是固定的或对视频序列的当前图像或其它部分动态地设置。或者，编码器对当前图像中的某一其它部分执行纹理分析。

[0186] 在 1720 处，编码器执行时间分析。编码器可以自动执行该时间分析，或者仅当当前块被分类为平滑块时执行该分析。例如，编码器确定当前图像中的平滑块是否在将来图像中保持平滑。如果是，则当前图像中的平滑区域稍后用较小的 QP 来编码。或者，编码器确定当前图像中的平滑块是否在先前的图像或者先前和将来的图像两者中也是平滑的。

[0187] 编码器所分析的先前和 / 或将来图像的数目可以取决于实现而变化。如果平滑区域在将来图像（例如，下一图像或某一其它时间上接近的图像）中被一纹理化区域替换，则当前图像中的该平滑区域可能用较大的 QP 来编码，因为使用较小 QP 的优点可能并不那么持久。在一个实现中，在做出差分量化判决时，时间上更靠近的图像与更远的图像相比被加权更多。编码器所查看的先前和 / 或将来图像的加权和数目可以取决于实现而变化。

[0188] 为简化计算，编码器可找到单个值以比较当前块和将来图像中的相应块。例如，由于亮度值在平滑块中是相当一致的，因此计算块的亮度值的均值以测量将来图像中的相应块的相似性。在以下示例等式中，将来图像中的相应块的将来平滑度的“强度” $S(t)$ 通过当前块和将来块中的相应块的平均亮度值、两个将来图像中的相应块的平均亮度值等等之间的加权绝对差的和来计算。

$$[0189] \quad S(t) = C(n) * \sum_{i=1}^n (n-i+1) * |(M(t+i) - M(t+i-1))| \quad (7)$$

[0190] 其中 n 是时间上“超前”的图像的总数， $C(n)$ 是归一化因子，其被定义为 $2/(n*(n+1))$ ，而 $M(t)$ 是时刻 t 处图像中的块（或相应块）的亮度值的均值。编码器还可测量过去的平滑度来代替将来的平滑度或作为其补充。或者，编码器在平滑度的时间分析中使用另一加权系统和 / 或平滑度量。

[0191] 再次参考图 17，在 1730 处，编码器使用纹理分析和时间分析的结果来确定是否将该块分类为纹理 DQ 块。例如，编码器对平滑块（但非其它块）计算平滑度强度 $S(t)$ ，并将该平滑度强度 $S(t)$ 与时间平滑度阈值进行比较。该时间平滑度阈值可以是固定或动态地设置的。

[0192] 在图 17 中，如果编码器发现当前块是平滑块并且先前和 / 或将来图像中的相应块也是平滑的，则编码器在 1740 处将当前块加到纹理 DQ 块的计数。编码器可使用纹理 DQ 块的计数来确定是否对该图像执行纹理 DQ。或者，编码器以某一其它方式使用时间分析来做出纹理 DQ 判决。

[0193] 如果有更多的块要分析，则编码器在 1750 处取下一块并重复图 17 所示的过程。这继续直到编码器评估了当前视频图像的各块。此时，编码器在编码判决中使用平滑块计数或时间分析的其它结果。

[0194] 尽管图 17 示出了在逐块的基础上执行时间分析，但是替换地，编码器在逐宏块的基础上或某一其它逐区域基础上执行时间分析。

[0195] B. 纹理 DQ 阈值和隔离平滑块滤波

[0196] 不论编码器是否使用时间分析，编码器在决定何时应用纹理 DQ 时都可使用若干其它机制。编码器可使用一个或多个流行的阈值（例如，图像中的平滑块的百分比）来做出关于是否执行 DQ、以及如果是则用于纹理 DQ 区域的 QP 应有多精细的判决。例如，如果图像中的平滑块的数目或百分比在一阈值之上，则编码器可选择一较粗略的步长来避免花费太多比特来用小 QP 编码平滑内容。编码器还可具有较低的阈值来确定平滑块的数目或百分比是否足够以在图像中完全使用纹理 DQ。

[0197] 降低比特率的另一种方法是在某些平滑块位于主导的纹理化区域中时将这些平滑块作为纹理块来对待。这可被称为隔离平滑块滤波（尽管平滑块不必完全“隔离”以用此方式来滤波）。例如，纹理化块所围绕的平滑块不必用比纹理化块小的 QP 来编码，因为平

滑块中的量化伪像可能被周围的纹理化内容所掩蔽。结果,编码器可选择不对隔离平滑块执行纹理 DQ。编码器还可在计算图像中的平滑块的数目或百分比时不考虑隔离平滑块。

[0198] 图 18 示出了用于使用阈值和隔离平滑块滤波来做出纹理 DQ 判决的示例技术 1800。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 1800。

[0199] 在 1810 处,编码器找出当前图像中的平滑块。例如,编码器如参考图 17 所描述地执行纹理分析和时间分析。或者,编码器以某一其它方式找出当前图像中的平滑块。

[0200] 在 1820 处,编码器执行隔离平滑块滤波。例如,编码器移除当前图像中被非平滑块围绕的单个平滑块。编码器可使用不同的判决模型来执行隔离平滑块滤波。例如,编码器可选择仅在一平滑块的所有相邻块都是纹理化块时才将该平滑块作为纹理化块来对待。或者,编码器可选择在一平滑块的特定数目的相邻块是纹理化块时将该平滑块作为纹理化块来对待。或者,编码器移除较大组(例如,2 或 3)中的隔离平滑块,和/或使用对于块是否被隔离的某一其它测试。

[0201] 在 1830 处,编码器对照一低阈值(例如,图像中的总块数的 1-2%)来检查图像中的平滑块的百分比。如果平滑块的百分比落在该低阈值之下,则编码器确定对该图像将不使用纹理 DQ(1840)。如果平滑块的百分比在该低阈值之上,则编码器在 1850 处对照一高阈值检查该百分比。该较高的阈值用于为平滑块选取 QP。如果该百分比高于该高阈值,则编码器执行纹理 DQ,但是对平滑块选择较粗略的 QP(1860)来降低比特率。否则,编码器对平滑块选择较精细的 QP(1870)。如果有更多图像要分析(1880),则编码器可对其它图像重复该过程。阈值的数目和阈值百分比值可以取决于实现而变化。

[0202] 或者,编码器执行隔离平滑块滤波而不使用纹理 DQ 阈值,或使用纹理 DQ 阈值而不执行隔离平滑块滤波。或者,编码器执行纹理 DQ 而不执行隔离平滑块滤波,也不使用 DQ 阈值。

[0203] C. 自适应纹理水平阈值

[0204] 编码器可使用固定纹理水平或平滑度阈值来确定给定块是否应被认为是纹理 DQ 块(例如,平滑块)。考虑 DQ 信令的比特率成本(例如,在“全宏块”双级 DQ 信令情形中为每宏块一比特)和以较小的 QP 量化图像的某些部分的比特率成本,阈值担当对纹理 DQ 的成本的检验。例如,编码器获得关于块的块值(使用参考图 13 和 14 所描述的技术或某一其它技术)并将该块值与一固定纹理水平/平滑度阈值(例如,参考图 15 所描述的阈值)进行比较。

[0205] 编码器还可自适应地改变纹理水平/平滑度阈值。例如,由于平滑块的可感知性可能在具有大量高纹理内容的图像中改变,因此用于将块分类为平滑块的纹理水平阈值在中等纹理或高纹理图像中可被放松。这是自适应纹理水平阈值的一个示例。编码器可允许在一阈值范围内选择若干不同的阈值。在一个实现中,用于平滑块的自适应纹理水平阈值可以在块值 14 和块值 30 之间变化。可对不同的纹理水平阈值使用不同的差分量化映射。自适应纹理水平阈值可用于向较高纹理帧中的较平滑区域分配比特以改进较平滑区域中的质量。

[0206] 图 19 示出了用于对高纹理图像选择性地调整纹理水平阈值的技术 19。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 1900。编码器通过检测图像中主导高纹理内容的存在来确定是否要调整纹理水平阈值。在一个实现中,对高纹理内容的检测是通过计

算纹理直方图中大小为 10 的滑动窗中的纹理“能量”来实现的。

[0207] 参考图 19, 编码器在 1910 处以自适应纹理水平阈值技术 1900 获得图像的纹理信息 (例如, 纹理水平直方图)。例如, 编码器获得如上所述的纹理图并从该信息中创建纹理水平直方图。

[0208] 在 1920 处, 编码器检查该图像是否是高纹理图像。如果该图像是高纹理图像, 则编码器在 1930 处调整用于该图像的纹理水平阈值。如果该图像不是高纹理图像, 则编码器处理该图像而不调整纹理水平阈值 (1940)。编码器然后可分析并选择用于其它图像的纹理水平阈值 (1950)。或者, 编码器对图像中不同水平的高纹理内容应用不同纹理水平阈值的滑动比例。

[0209] 例如, 为检查图像中主导高纹理内容的范围, 编码器为该图像计算纹理直方图。编码器应用纹理直方图中的滑动窗以计算纹理能量并确定峰值或主导高纹理带。等式 (8) 示出了供编码器用于在该窗中计算纹理能量的一种方式。该滑动窗从最小纹理水平阈值 g_0 (默认为 30) 开始滑动, 并且编码器计算 g_0 处的窗值 $W(g)$ 。该滑动窗在为该窗计算了纹理能量之后向右移动 1, 并且编码器计算在新的 g_0 值处开始的下一窗值 $W(g)$ 。该过程继续, 直到编码器到达直方图中所示的纹理水平的最大值。

[0210] 设 $F(g)$ 为每一像素的纹理水平的直方图。设 $E(g)$ 为该纹理水平的纹理能量, 其中 $E(g) = F(g) * g$ 。编码器如下计算滑动窗的纹理能量 $W(g)$:

$$[0211] \quad W(g) = \sum_{g=g_0}^{g_0+10} (F(g) * g) \quad (8)$$

[0212] 如果最大滑动窗能量 $W(g)$ 超过总图像能量的某一特定百分比阈值, 则使用对于该最大滑动窗能量 $W(g)$ 的 g_0 来调整用于平滑区域的阈值。

[0213] 图 20 示出了用于从 g_0 确定新的自适应平滑区域阈值的伪代码 2000。如果 g_0 大于 100, 则自适应阈值被设为 30。编码器还检查 g_0 是否小于 30, 如果是, 则将自适应阈值设为 14。否则, 如果 $30 \leq g_0 < 100$, 则自适应阈值被设为来自表 $g_iFlatThTable$ 的值。为帮助维持视频质量, 对除了场景改变关键图像之外的所有图像, 将新的自适应阈值与上一个自适应阈值的最大差设限为 ± 4 。自适应平滑阈值不应超过用于标识纹理化块的阈值 - 例如, 在图 20 中, 最高自适应阈值为 30。

[0214] 或者, 编码器以某一其它方式 (例如, 采用不同的纹理强度或能量度量、不使用滑动窗、使用不同地配置的滑动窗、使用表或其它数据结构中的不同阈值、不对自适应阈值之差设限、以某一其它方式对自适应阈值之差设限等等) 来自适应地调整纹理水平阈值。

[0215] D. I 图像和 P 图像差分量化

[0216] 所描述的差分量化技术和工具可单独或组合地用于帧内图像和预测图像。术语 I 图像差分量化 (I 图像 DQ) 指的是向 I 图像应用差分量化, 而术语 P 图像差分量化 (P 图像 DQ) 指的是向 P 图像应用差分量化。使用 I 图像 DQ 得到更高质量的 I 图像, 并且对于依赖于这些 I 图像的预测图像可以更长时间地维持质量改进。P 图像 DQ 可以进一步在帧内和帧间块中改进 P 图像质量, 但是这些 P 图像的质量也依赖于从中预测它们的图像的质量。类似地, P 图像 DQ 对稍后预测的图像的质量的影响将依赖于稍后预测的图像与从中预测它们的图像的相似度。

[0217] E. 差分量化区间

[0218] I 图像 DQ 和 P 图像 DQ 都使用一种或多种此处所描述的技术来决定是否对不同纹理水平的块应用不同的 QP。为平衡质量和比特使用,可使用 P 图像 DQ 区间来控制花费在 P 图像 DQ 上的比特量。例如,编码器选择对每 n 个 P 图像中的一个使用 P 图像 DQ,其中 $n \geq 1$,但是对差分地量化的 P 图像之间的区间中的图像跳过 P 图像 DQ。编码器将比特花费在差分量化上以改进某些 P 图像的感知质量,并且这些质量改进延续到其它预测图像中。同时,DQ 区间有助于约束编码器花费在预测图像的差分量化上的总比特数。

[0219] 或者,编码器选择另一区间。例如,编码器可选择对每一 I 图像仅对一个 P 图像使用 P 图像 DQ,或选择某一其它区间。区间可以是固定或自适应的。例如,编码器可以基于所编码的内容的类型来自适应地调整 P 图像 DQ 区间。

[0220] V. 梯度斜率检测

[0221] 在引入到视频压缩中的各种视觉伪像中,轮廓是因量化引起的一种具体伪像。轮廓伪像被人类眼睛感知为在诸如天空、水等本应是连续的、非常平滑的区域中的结构化的、梯度不连续性。这一不连续性可能非常令人分心,并且可能导致人类观察者即使在图像的其它部分是以极少的视觉失真编码的情况下也得出整个图像有较坏的失真的结论。

[0222] 梯度斜率区域可以引起轮廓伪像。根据一种定义,如果一区域是平滑或相对平滑的,但是像素值在该区域内逐渐改变,则该区域被认为是梯度斜率区域。由此,尽管梯度斜率区域和平坦区域都被认为是平滑区域,但梯度斜率区域与平坦区域不同。根据一种定义,平坦区域是由遍布整个平坦区域恒定或相对恒定的像素值来表征的。梯度斜率区域通常缺少强边缘和大范围的纹理细节。

[0223] 图 21 示出了梯度斜率区域的两个示例。每一区域中的梯度斜率方向由箭头来表示。在梯度斜率区域 2100 中,亮度值从该区域的顶部到底部逐渐增加。梯度斜率区域 2100 中的斜率的方向在该区域的每一部分中都是相同的。在梯度斜率区域 2110 中,亮度值从该区域的中心到边缘逐渐增加。梯度斜率的方向在梯度斜率区域 2110 内变化。然而,在小邻域中,每一点处的梯度斜率方向在该邻域中的其它点处的梯度斜率方向的小角 θ 内,包括该中心点的邻域除外。如图 21 所示,梯度斜率区域包括其中梯度斜率方向在整个区域中恒定的区域,以及其中梯度斜率方向在邻域中具有小变化的区域。

[0224] 图 22A 是示出具有梯度斜率区域 2210、纹理化区域 2220、锐边区域 2230 和平坦区域 2240 的示例图像 2200 的图示。图 22B 是示出梯度斜率区域 2210 中的量化结果的图示。现在可见(例如,在宏块 2250 内)带状效应是轮廓伪像。图 22C 示出了宏块 2250 的细节。宏块 2250 中的上半部分亮度样本的变换系数的量化导致起源于 DC 值 68 的均匀值。宏块 2250 中的下半部分亮度样本的变换系数的量化导致起源于 DC 值 70 的均匀值。由此,亮度样本的变换系数的量化造成了宏块 2250 中上半部分 8×8 的块和下半部分 8×8 的块之间的可见轮廓伪像。

[0225] 许多现有的视频编码器使用了应用于整个视频图像的技术以试图减少图像中的轮廓伪像。这些技术可导致花费过多的比特,尤其是在包含极少或没有轮廓伪像的区域中。因此,若干所描述的技术和工具允许编码器检测可能发生轮廓伪像的梯度斜率区域。当检测到梯度斜率区域时,编码器可以做出减少或避免在梯度斜率区域中引入轮廓伪像的编码判决(例如,对 QP 的调整)。通过这样做,编码器可以更高效地分配比特并达到更好的视觉质量。

[0226] 为检测梯度斜率区域,编码器可实现以下技术中的一种或多种:

[0227] 1. 具有集中于减少或移除所检测的区域中的轮廓伪像的引入的编码判决的

[0228] 地图斜率区域检测。

[0229] 2. 减少计算成本和 / 或尽管在存在诸如膜颗粒等异常的情况下也允许准确

[0230] 的梯度斜率区域检测的基于区域的梯度估计和降采样。

[0231] 3. 检测局部邻域中的逐步梯度改变的梯度一致性检验。

[0232] 4. 做出关于图像中的梯度斜率区域的存在性的二分判决的桶投票。

[0233] 5. 帮助编码器做出适当的编码判决的梯度斜率掩码(例如,在宏块级)和梯度方向图的生成。

[0234] 图 23 示出了通用的基于区域的梯度斜率检测技术 2300。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 2300。在某些情况下,基于区域的梯度斜率检测技术 2300 允许通过消除对图像中的每一像素找到梯度斜率方向的需求来允许对梯度斜率内容的更快检测。例如,图像被划分成相同大小的非重叠矩形区域。区域的大小可以取决于实现而变化。在一个实现中,区域是 16x16 的宏块(4 个 8x8 的块)。较佳地,区域是允许宏块对齐的大小。

[0235] 在 2310 处,编码器检查当前区域是否是平滑区域。例如,编码器使用其中如果 8x8 的块被分配的块梯度值小于 30 则该块被表征为平滑的图像的纹理图,或者编码器使用利用在第 III 或 IV 节中描述的另一技术的对当前区域是否为平滑的检验。当一区域包括多个块时,如果包含在该区域中的所有块都是平滑的(或者替换地,如果某一最小数量块是平滑的),则该区域被认为是平滑区域。不同的实现可使用不同的准则来确定一特定区域或块是否为平滑的。例如,用于确定一区域是否平滑的准则在图像被降采样的情况下可以不同。

[0236] 如果一区域不是平滑的,则处理下一区域(2230)。对于平滑区域,编码器在 2330 处找出梯度方向。例如,编码器使用诸如参考图 26 和 27 所描述的技术来找出梯度方向。或者,编码器用某一其它技术来找出梯度方向。

[0237] 在 2340 处,编码器使用依赖于用于对该区域找出梯度方向的技术和度量的阈值和 / 或判决制定逻辑来对该区域做出梯度斜率判决。如果有更多区域要处理,则编码器处理下一区域(2320)。在一个实现中,在对图像中的不同区域计算了初始梯度方向之后,编码器通过在图像中应用滑动窗来生成指示不同区域中是否存在梯度斜率的二进制掩码。该二进制掩码中的信息允许编码器做出准确的梯度斜率判决。

[0238] 图 24 是诸如图 10 所示的视频编码器中的示例梯度斜率区域检测器(GSR 检测器)2400 的框图。GSR 检测器 2400 取来自当前图像 2405 的像素数据作为输入。

[0239] 取决于图像大小和可能的其它因素,GSR 检测器 2400 确定是否在降采样模块 2410 中执行降采样。示例降采样技术如下所述。

[0240] 梯度计算器 2420 取(可能经降采样的)像素数据和纹理图 2425 作为输入,并计算平滑区域的梯度。例如,梯度计算器使用诸如参考图 26 和 27 所描述的技术或使用某一其它技术。梯度计算中的一个示例区域大小是 16x16,但是区域的大小可以取决于实现而变化。取决于是否应用降采样以及应用了多少降采样,对其计算梯度的区域可以表示原始图像 2405 中不同数量的区域。梯度计算器 2420 输出指示平滑区域的梯度方向的映射表或其

它数据结构。

[0241] 一致性检验器 2430 取对平滑区域所计算的梯度,并例如如下所述地检验这些梯度的角一致性。一致性检验器 24 产生指示所计算的梯度的一致性信息的一致性映射表或其它数据结构。

[0242] 判决模块 2440 使用附加判决规则(在一致性检验之后)来确定平滑区域是否应被认为是梯度斜率区域。示例判决规则和准则如下所述。判决模块 2440 考虑指示一致性信息的一致性映射表或其它数据结构,并且还考虑所计算的梯度方向或其它信息。判决模块 2440 输出关于与梯度计算中使用的区域大小相同或不同大小的区域的映射表或其它数据结构中的判决信息。

[0243] 对每一区域的判决被提供给掩码生成器 2450,后者产生指示用于图像中的各区域的梯度斜率判决的梯度斜率掩码和/或二进制梯度斜率掩码 2495。例如,掩码 2495 包括对每一梯度斜率区域等于“1”的比特,以及对其它区域等于“0”的比特。接受所计算的梯度作为输入,考虑了降采样和掩码判决,掩码生成器 2450 可产生指示原始图像的不同区域的最终梯度斜率的另一掩码 2495。当 GSR 检测器 2400 在梯度计算之前执行降采样时,掩码生成器 2450 可以将经降采样的区域的梯度斜率分配给原始图像的相应区域。

[0244] GSR 检测器 2400 的组件在图 24 中被示为分开的模块,但是这些组件的功能可取决于实现被重新排列、组合或拆分成不同的模块。此外,梯度斜率检测器 2400 的组件在其它实现中可被省略。例如,不需要降采样。GSR 检测器不需要取纹理图作为输入,并且可改为从某一其它源获得关于一区域是否平滑的指示。GSR 检测器不需要使用一致性检验器。尽管 GSR 检测器将做出关于一区域是否为梯度斜率区域的某种判决,但是如何做出判决的细节(包括判决模块中的判决规则)可以取决于实现而变化。梯度斜率判决不需要被包括在二进制掩码中,并且可以某一其它方式传递给编码器的其它部分。

[0245] A. 具有降采样的基于区域的梯度方向估计

[0246] 降采样可在找出区域的梯度方向之前使用以降低计算成本。在一种实现中,如果原始图像宽度大于 1280 且高度大于 720,则对原始图像进行 4-1 降采样。例如,在图像宽度为 1920 像素且图像高度为 1080 像素的 1080p 安排中,解码器产生宽度为 480 像素且高度为 270 像素的经降采样的图像。

[0247] 通常,经降采样的图像被划分成相同大小的非重叠矩形区域。例如,在降采样之后,每一 16x16 的区域对应于原始的、全分辨率图像的 4 个宏块(16 个块)。如果经降采样的图像中的区域所对应的至少 12 个块是平滑的,则该区域被认为是平滑区域。区域大小取决于实现,并且梯度估计中的区域和原始图像中的区域之间的关系取决于降采样比率而变化。

[0248] 降采样也可用于在尽管存在诸如膜颗粒等异常的情况下也能改进梯度斜率区域检测的准确度。例如,考虑如图 25 所示的具有 DC 块值的一部分图像 2500。图像部分 2500 的大部分具有一致的梯度斜率方向,如由从该图像部分的顶部到底部逐渐增加的 DC 值所示的。然而,白样本值表示受到膜颗粒影响的 DC 值,这造成了全分辨率下的异常梯度斜率方向。采用水平和垂直的简单 2-1 降采样,使用深色边框的样本值来计算梯度斜率方向。由于经降采样的值维持一致的梯度斜率,因此膜颗粒不影响梯度斜率的检测。

[0249] 降采样可用于其它图像分辨率,并且也可使用其它降采样比率。

[0250] B. 计算梯度斜率方向

[0251] 在一个实现中,为对平滑区域计算梯度斜率方向,向该区域应用两个 16x16 的罗盘算子 K_H 和 K_V (在图 26 中定义)。这产生对于该区域的两个梯度 g_x 、 g_y ,一个对应于水平方向,一个对应于垂直方向。对于 16x16 的区域,该罗盘算子对该区域的某些值给予正权重,而对该区域的其它值给予负权重。或者,该罗盘算子以某一其它方式计算梯度。

[0252] 从两个梯度中导出梯度方向的角表示,表示为 θ ,并将其映射到 $[0, 255]$ 中的整数。图 27 中的伪代码 2700 示出了用于使用图 26 的罗盘算子来对区域计算梯度方向的示例例程 ($\otimes$ 表示逐元素的乘积)。如果该区域是纹理化区域或边缘区域,则该例程返回 -2。如果该区域是平滑但是平坦的 (由关于该区域的梯度 g_x 和 g_y 的低绝对值指示),则该例程返回 -1。否则,该例程计算梯度斜率为垂直梯度 g_y 在水平梯度 g_x 上的反正切,其中使用偏移量以在同一反正切值的梯度斜率之间区分 (例如,正的反正切值是指示右上斜率还是左下斜率),并将斜率值的范围表示为正数。

[0253] 或者,以某一其它方式计算梯度。例如,编码器使用不同的罗盘算子、对斜率区域的不同阈值、计算斜率的不同逻辑、和 / 或对斜率信息的不同表示。

[0254] C. 邻域梯度一致性检验

[0255] 编码器可以对区域执行梯度一致性检验以帮助做出关于一区域是否应被认为是梯度斜率区域的准确判决。梯度一致性检验有助于避免梯度斜率内容检测中的“假警报”。在一个实现中,梯度斜率一致性检验涉及使用 3x3 的滑动窗 (三个区域乘三个区域) 来确定梯度斜率一致性。

[0256] 图 28 示出了用于对梯度斜率区域执行一致性检验的技术。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 2800。

[0257] 在 2810 处,编码器将滑动窗定位在图像中的当前区域处。在 2820 处,编码器检验滑动窗中的区域的梯度方向。然后,在 2830 处,编码器对当前区域做出一致性判决。例如,给定 (可能经降采样的) 图像中所检测的平滑区域的梯度方向,使用包含 3x3 的相邻区域的滑动窗来执行梯度一致性检验。该窗以光栅扫描顺序移动,从而将该窗定位在图像中的一区域上 (例如,通过使窗中心位于该区域上、执行一致性检验、然后将该窗在图像中从左向右移动)。对于给定窗值,一致性检验要求该窗内的所有 9 个区域的最大和最小梯度方向 (参见例如图 27) 之差小于 32 (等价于当斜率由从 0 到 255 的数字来表示时的 45 度)。如果满足该条件,则对于 3x3 的区域集的移动窗值为 1;否则其为 0。或者,编码器使用一不同的机制来检验斜率方向的一致性,例如,使用不同大小的滑动窗、对最大斜率 - 最小斜率的不同斜率范围阈值、诸如关于斜率一致性的方差等不同的度量、和 / 或不同的检验模式,或对每一区域而非对区域集计算滑动窗值。一致性检验对斜率信息的不同表示变化。

[0258] 编码器然后可处理下一区域集 (2840)。作为输出,编码器产生指示判决信息的掩码或其它数据结构。例如,编码器产生通过定位滑动窗并对图像中的区域集执行一致性检验,并向每一区域集分配判决 1 (一致斜率) 或 0 来获得的二进制一致性掩码 (此处称为 consistencyMask)。

[0259] 可任选地,编码器对判决信息执行进一步的处理。在某些实现中,编码器对一致性掩码执行形态运算以帮助细化关于图像的梯度一致性判决。两种可能的形态运算是侵蚀 (Erode) 和膨胀 (Dilate)。

[0260] 例如,侵蚀运算对 consistencyMask 中的每一比特执行,之后是膨胀运算。在侵蚀运算中,如果在四个最接近的像素(此处为 consistencyMask 中的值)中,有一个以上最初被标记为 0,则最初被标记为 1 的比特被标记为 0。在膨胀运算中,如果在四个最接近的像素中有一个以上最初被标记为 1,则最初被标记为 0 的比特被标记为 1。

[0261] 或者,编码器生成掩码而不使用形态运算或判决信息的其它后处理。

[0262] D. 判决规则和桶投票

[0263] 即使是在执行了一致性检验之后,平滑区域的发生率也可能相当低,或者平滑区域可能被隔离,以致于其不足以被特别地编码。例如,即使在应用了形态运算之后,仍可能有 consistencyMask 中所表示的被足够隔离以致于不需要差分量化的梯度斜率区域。在某些实现中,编码器使用判决规则(包括例如桶投票)来帮助决定是否应向图像中的梯度斜率区域应用 DQ。在图 24 的 GSR 检测器 2400 中,判决模块 2440 做出这些判决。

[0264] 在一个实现中,编码器基于 consistencyMask 做出关于当前图像是否包含显著梯度斜率的一个或多个二进制判决。掩码 consistencyMask 被划分成相同大小的 25 个矩形区域(称为桶(bucket)),其中每一行有 5 个桶,每一列有 5 个桶。(“桶”区域因此大于用于判决的区域和用于梯度计算的区域。)对每一桶中的 1 计数。设 Buckets[i][j] 是包含在位置 (i, j) 处的桶中的 1 的个数,其中 $0 \leq i, j \leq 4$ 。水平和垂直桶投影—分别是桶的每一列中的 1 的个数和桶的每一行中的 1 的个数—也根据以下关系来计算:

$$[0265] \quad \text{BucketProjection_H}[i] = \sum_{0 \leq j \leq 4} \text{Buckets}[i][j]$$

$$[0266] \quad \text{BucketProjection_V}[j] = \sum_{0 \leq i \leq 4} \text{Buckets}[i][j] \quad (9)$$

[0267] 在该实现中,如果满足以下条件中的任一个,则图像被认为包含显著的梯度斜率:

[0268] 1. consistencyMask 中至少 6% 的像素(不管桶分布如何)被标记为 1,或者

[0269] 2. 在一个或多个桶中,至少 75% 的像素被标记为 1,或者

[0270] 3. 在一个或多个桶投影中,至少 20% 的像素被标记为 1。

[0271] 例如,对于大小为 960x1440 的经降采样的图像的 16x16 个区域用大小为 20x30 的掩码(每一值用于经降采样的图像的 3x3 的区域集)来表示,这些区域进而被划分成 25 个桶,每一个桶对应于一致性掩码的 24 个区域。每一桶包括来自 consistencyMask 的 24 个比特,总共有 $25 \times 24 = 600$ 个比特。编码器对每一桶中的 1 的个数计数,其分布如图 29 所示。编码器检查 1 的总数是否大于所有比特的 6%。在这一情况下,1 的总数(如图 29 所示)是 83,这大于全部比特的 6%。因此,这一情况中的编码器将由于以上对条件 1 的满足而跳过桶投影。如果 1 的总数低于条件 1 的阈值,则编码器将检查任何桶中的 75% 的比特是否为 1(条件 2),且如有必要,检查水平和垂直桶投影(条件 3)来确定被指示为梯度斜率区域的区域是否使得应生成梯度斜率掩码和判决掩码,诸如以下所述的宏块级梯度斜率掩码。

[0272] 或者,编码器使用其它判决规则来处理掩码 consistencyMask 或其它表示中的一致性信息。例如,条件 1、2 和 3 中所示的百分比阈值可以取决于实现而变化。或者,省略一个或多个条件,或者对条件进行重新排序、用其它条件(例如,桶投影的不同方向等)来替换或补充。除了检验一致性信息之外,编码器在决定是否应向图像中的梯度斜率区域应用

DQ 以及应用多少 DQ 时还可考虑梯度值和 / 或其它信息。作为另一替换,编码器可以将这些判决规则一起省略,且在生成梯度斜率掩码时仅使用 consistencyMask。

[0273] E. 宏块级梯度斜率掩码生成

[0274] 为了提供可用于稍后编码器的判决制定形式的梯度斜率信息,编码器将信息置于映射表、掩码或其它数据结构中。该信息可包括梯度斜率区域存在 / 缺失信息,以及梯度斜率区域的实际梯度方向值。

[0275] 对于梯度斜率存在 / 缺失信息,如果检测到梯度斜率区域,则编码器产生梯度斜率掩码。例如,编码器通过将区域级掩码 (诸如 consistencyMask) 转换回原始图像的宏块级并考虑可能的降采样,来产生宏块级梯度斜率掩码 (此处称为 MBSlopeMask)。注意, consistencyMask 中的每一值对应于原始图像中的 9 个宏块,或者如果图像被 4-1 降采样则对应于 36 个宏块。对于 consistencyMask 中值为 1 的每一比特,编码器在 MBSlopeMask 中将相应宏块标记为 1,不平滑的宏块除外。检验平滑度再次有助于避免梯度斜率检测中的假警报。例如,在一个实现中,编码器使用纹理图来获得关于宏块中的块的纹理信息,并且仅当宏块内的所有四个块都是平滑的时候该宏块才被认为是平滑的。

[0276] 或者,编码器提供某一其它形式的梯度判决信息和 / 或对宏块平滑度使用某一其它判决。

[0277] 对于梯度方向信息,通过将每一区域的梯度方向分配给所有其相应的平滑宏块来生成梯度方向图。通过这样做,编码器解决了由于梯度计算之前的降采样而引起的原始图像的宏块和梯度区域之间的可能的大小差。

[0278] 所生成的梯度斜率掩码和梯度方向图然后在编码器中用于做出更好的编码判决。一般而言,由梯度斜率区域检测器生成的结果可由编码器用于做出其它编码判决。例如,编码器可基于所生成的梯度斜率掩码和 / 或梯度方向图来做出量化判决。一些可能的编码器判决如下所述。

[0279] VI. 调整量化以保存非零 AC 系数

[0280] 通常,由编码器中的码率控制单元向图像分配图像级量化参数。使用相同的图像级 QP,用于表示高度纹理化的宏块的比特的数量通常要比用于表示低纹理化宏块的比特的数量要大得多 (多达 10 到 50 倍)。然而,由于人类视觉系统对于繁忙的、高度纹理化的区域中的失真要比平滑的、低纹理化区域中的失真更不敏感,对低纹理化宏块使用较小 QP 而对高度纹理化的宏块使用较大 QP 是有意义的。

[0281] 这导致常用的根据人类视觉重要性来分类宏块 (通常使用块或块内梯度强度的方差) 并分配与某一感知加权成比例的目标个数的比特的策略。用于要修改的每一宏块的量化参数通过根据加权来修改图像级量化器来选择。

[0282] 实验表明,在非常低变化的平滑区域中,块通常被量化为仅在 DC 系数中有能量 (没有剩余非零 AC 系数),即使是在合理的低 QP 下也是如此。令人惊奇的是,当极度平滑区域中的相邻块中的 DC 值在各块之间仅改变 1 时,所感知到的成块的轮廓伪像要比使用绝对值方面小的这一差所预期的严重得多。此类伪像在本应是良好编码的图像内部的相对小区域中的出现会导致对整个图像的感知质量被降低。

[0283] 传统的基于码率 - 失真和基于感知的宏块 QP 选择技术没有很好地处理这一情形。采用码率 - 失真优化,由于绝对值上小的失真,平滑块将被认为是良好编码的,并且因此不

对这些块花费进一步的比特。另一方面,典型的基于感知的方法将宏块分类到感知类中,并且通过根据宏块的感知类对图像级量化参数加上或减去预定义的偏移量来向每一宏块分配一量化参数。除非该预定义偏移量非常具侵略性(例如,将用于平滑区域的QP减少为1),否则这些方法不能保证具有小变化的平滑块不会被量化为单个非零DC系数,且所有AC系数被量化为0。但是设置一非常侵略性的偏移量会增加花费在宏块上的比特,而这些宏块可能不需要这些比特来改进感知质量,从而低效地提高了比特率并且与由编码器对码率控制所选择的图像级量化参数冲突。

[0284] 因此,以下描述的若干技术和工具选择性地且明智地分配图像内的比特,使得向平滑区域分配足够的比特以减少或去除成块或轮廓伪像的引入。

[0285] 例如,编码器对I图像内的每一宏块计算QP并选择一量化参数以向平滑块分配足够的比特,由此减少了I图像中感知到的成块伪像。对于具有一个或多个平滑块的每一宏块,选择一QP,使得对该宏块的每一块有至少N个非零量化的AC系数,其中N是大于或等于1的整数。通常,所保存的AC系数是用于变换的最低频率AC基函数的系数,这表征了块上水平和/或垂直地改变的渐进值。这往往有助于每一块的感知到的视觉质量,尤其是对于具有低变化的平滑区域。在一个实现中,编码器选择不超过图像QP的最大QP,该QP如所需地保存了AC系数。可以存在未保存非零AC系数的情形(例如,非常平坦的块)。然而,一般而言,以此方式,编码器不会在以较小QP花费比特上过度侵略,并且减少或避免了与图像QP的冲突。

[0286] 采用合理的N值,所选的QP不会对大多数宏块改变;它对于大多数宏块与图像QP相同,并且仅几个平滑块受到影响。合理的N值是1、2、3或4。所选QP更有可能对具有低纹理的宏块改变。在一个实现中,N=1或2改进了感知的质量,而图像比特率没有太多增加。

[0287] 图30示出用于选择宏块QP来帮助保存一个或多个非零AC系数的示例技术3000。诸如图10的编码器1000等编码器或其它工具执行技术3000。

[0288] 在3010处,编码器找出宏块的每一亮度块的第N大的AC系数。例如,如果N=2,则编码器找出16x16的宏块的四个8x8的块的每一个的次大的AC系数。设AC(0)、AC(1)、AC(2)、AC(3)分别是四个亮度块0、1、2和3的第N大的系数。对于宏块中的不同块组织,第N大的系数可以来自宏块中的更多或更少块。

[0289] 在3020处编码器找出这些第N大系数值中的最小值。对于四个块的第N大系数, $AC_{\min} = \min(AC(0), AC(1), AC(2), AC(3))$ 。对于其它块数,不同地计算 $AC_{\min}$ 。

[0290] 在3030处,编码器对宏块设置QP,使得 $AC_{\min}$ 位于该QP的死区阈值之外。死区阈值是用于在使用QP的值来量化时将AC系数量化为0的“截止”阈值。死区阈值通常是对给定QP预定的,并且与该QP成比例。死区阈值是在0和第一个重构点之间的某一点处选择的。当编码器使用均匀量化器或非均匀量化器时,第一个重构点取决于QP值以及是使用了均匀还是非均匀量化。在一个实现中,第一个重构点是量化系数水平=1的重构值,这对于均匀量化为 $2*QP$,而对于非均匀量化为 $3*QP$ 。对于均匀量化,截止阈值因此落在0和 $2*QP$ 之间。对于非均匀量化,截止阈值因此落在0和 $3*QP$ 之间。例如,死区阈值 $Z(QP)$ 对均匀量化被选为 $Z(QP) = 6*QP/5$,而对于非均匀量化被选为 $Z(QP) = 2*QP$ 。或者,可使用其它截止阈值。

[0291] 如果 $Abs(AC) < Z(QP)$, 则 AC 系数 AC 将被量化为 0 为对宏块设置 (3030) QP, 编码器可通过从图像 QP 开始并递减 QP 直到达到用于量化器的最小 QP (例如 $QP = 1$) 或满足不等式 $Abs(AC_{min}) \geq Z(QP)$, 将 AC_{min} 与用于候选的 QP 值的 $Z(QP)$ 进行比较, 来对宏块找出保存至少 N 个 AC 系数的 QP (QP_m)。如果满足不等式 $Abs(AC_{min}) \geq Z(QP)$, 则编码器将该宏块的阈值 QP 设为满足该不等式的第一个 QP (即, 最高合格 QP)。或者, 编码器使用其它逻辑来计算宏块的 QP, 例如从最低 QP 开始或使用对 QP 值的二分搜索。

[0292] 使用 QP_m 来量化宏块中的所有块的过程可被称为非约束比特率量化。在约束比特率量化技术中, 编码器如上所述对宏块的每一亮度块单独确定产生所需个数的非零 AC 系数所需的最大 QP (不大于图像 QP) (例如, 对于块 0、1、2 和 3 分别为 QP_0 、 QP_1 、 QP_2 和 QP_3)。它遵循 QP_m 等于 QP_0 、 QP_1 、 QP_2 和 QP_3 的最小值。为减少比特使用, 编码器可使用 QP_i 代替 QP_m 来量化块 i (其中 $i = 0, 1, 2, 3$ 等等)。在对整个宏块制定单个 QP 的编码器中, 编码器可改为当使用 QP_m 量化该块时在对每一块 i 使用 QP_i 来量化时仅保持那些非零的 AC 系数, 从而仅保持了给定块中前 N 个非零 AC 系数, 即使该块中的 AC 系数将随着通过 QP_m 的量化而被保存也是如此。对于图 30 所示的量化过程, 对每一亮度块的量化过程可作为一个两遍过程来执行。在第一遍中, 编码器在 DCT 系数小于 $Z(QP_i)$ 时将该系数“阈限”为 0, 否则保持相同的 DCT 系数。然后, 使用 QP_m 以相同的方式来量化“阈限”的 DCT 系数。

[0293] 或者, 编码器以某一其它方式保存非零 AC 系数。例如, 编码器可在除了逐宏块的基础之外的其它基础 (例如, 逐块的基础) 上选择 QP。编码器可对 I 图像、P 图像或 B 图像或其组合保存 AC 系数。

[0294] 如果在最小可能 QP 下非零的量化系数的个数小于 N, 则 N 可以被相应地调整。

[0295] VII. 对 DC 漂移的差分量化

[0296] 在典型的有损编码情形中, 并非所有量化的 DC 和 AC 系数都可在反量化之后精确地恢复。例如, 在某些视频编解码器中, 对于某些 QP 和 DC 系数值, DC 系数值漂移了 1 (即, 相对于其量化前的值增加或减少了 1)。该现象是 DC 漂移的一个示例。某些 DC 系数值的表示通过一个或多个较低 QP 的量化和反量化是无损的, 但是在其它较高 QP 中是有损的。

[0297] 具有其中所有 AC 系数都被量化为 0 且 DC 系数不能被精确恢复的若干块的区域可能在 DC 漂移区域中展示出可见的轮廓伪像。这些具有轮廓伪像的区域通常是诸如天空、水或光线等平滑的梯度斜率区域。图 31 是示出在量化和反量化之后在梯度斜率区域中的三个相邻块的 DC 漂移的图示。梯度斜率区域中的三个相邻的块 3102、3104、3106 的 DC 值在量化之前分别为 68、69 和 70。在量化和反量化之后, 块 3104 的 DC 值漂移到 70。如图 31 所示, 这三个相邻块的 DC 值现在是 68、70 和 70。当这些块在梯度斜率区域中时, 量化的 DC 值可以引起可感知的轮廓伪像。例如, 再次参考图 22A-C, 梯度斜率区域 2210 已被量化, 导致图 22B 中的可见的轮廓伪像。如图 22C 所示, 对宏块 2250 的上半部分块的 DC 系数的量化导致从 DC 值 68 重构的均匀值, 而对下半部分的块的 DC 系数的量化导致从 DC 值 70 重构的均匀值。

[0298] 因此, 以下描述的若干技术和工具由视频编码器用于检测 DC 漂移区域并调整量化以减少或避免在 DC 漂移区域中的轮廓伪像的引入。

[0299] 图 32 是示出用于调整量化以减少或避免 DC 漂移区域中的轮廓伪像的引入的通用技术 3200 的流程图。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 3200。

[0300] 在 3210 处,编码器检测漂移区域。对 DC 漂移区域的搜索可以通过先前的梯度斜率检测来协助。例如,如下所述,编码器通过检测一个或多个梯度斜率区域(或使用先前计算的梯度斜率检测信息)然后标识梯度斜率区域中的 DC 漂移块来检测 DC 漂移区域。

[0301] 在 3220 处,编码器调整 DC 漂移区域中的量化。例如,编码器可使用差分量化(DQ)来编码 DC 漂移块以减少或避免因 DC 漂移引起的轮廓伪像的引入。编码器对某些宏块(具有 DC 漂移块的宏块)减小 QP,但对其它块不改变 QP。对具有 DC 漂移块的宏块减小 QP 有助于对这些宏块保持 DC 值无损,由此减少或避免了轮廓伪像的引入。编码器可使用双级 DQ 或多级 DQ 来解决 DC 漂移问题,且因此在控制比特使用的同时改进视觉质量。如果有更多图像要分析,则编码器处理下一图像(3230)。

[0302] 或者,编码器在逐宏块的基础上或某一其它基础上调整对 DC 漂移区域的量化。

[0303] A. 梯度斜率检测

[0304] 可使用梯度斜率检测来标识图像中的一个或多个梯度斜率区域。梯度斜率区域往往展示出轮廓伪像,尤其是在区域中的块具有非零 DC 系数值和量化之后仅有 0 的 AC 系数的时候。一旦找到,可对这些区域检验可能会导致轮廓伪像的 DC 漂移块。

[0305] 例如,编码器使用此处所描述的(第 V 节)技术或某一其它技术来找出梯度斜率区域。如果块中仅有的非零系数是量化之后的 DC 系数,则编码器将这些块作为要进行 DC 漂移区域调整的候选块来对待。或者,编码器将其它块认为是要进行 DC 漂移区域调整的候选块。

[0306] B. 标识 DC 漂移块

[0307] 编码器将某些候选块标识为 DC 漂移块。DC 漂移块的标识取决于用于压缩这些块的量化器和 QP 的细节。例如,某些重构的 DC 系数在一个 QP 下将不会从其原始值漂移,但是在较粗略的 QP 下将漂移。

[0308] 一个编码器中用于不同 QP 的 DC 漂移系数的示例在下表中提供。该表指示 DC 系数值对不同的 QP 值展示了 DC 漂移,其中 QP 是从参数 PQIndex(以及可能的半步参数)中显式地导出,或从参数 PQIndex(以及可能的半步参数)中隐式导出的。未在表中列出的 DC 值对于示例编码器中所指示的 QP 是无损的;用于 3 以下的 QP 的 DC 值(未在表中示出)都是无损的。示例编码器不对高于表中所示的那些 QP 执行 DC 漂移调整。在该示例编码器中,DC 系数的量化对于不同的量化器(例如,均匀、非均匀)是相同的。哪些 DC 系数值是 DC 漂移系数在不同的视频编解码器中不同。不同的量化器(例如,均匀、非均匀)在 DC 系数的量化在不同量化器中不同的情况下可导致不同的漂移模式。

[0309] 表 3:示例 DC 漂移系数

[0310]

<u>PQIndex</u> (隐式 QP)	<u>PQIndex</u> (显式 QP)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
3-5.5	3-5.5	6	7	96	97	186	187
		15	16	105	106	195	196
		24	25	114	115	204	205
		33	34	123	124	213	214
		42	43	132	133	222	223
		51	52	141	142	231	232
		60	61	150	151	240	241
		69	70	159	160	249	250
		78	79	168	169		
		87	88	177	178		

[0311]

<u>PQIndex</u> (隐式 QP)	<u>PQIndex</u> (显式 QP)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
6-7.5, 9-10.5	6-7.5	2	1	92	93	178	177
		6	7	97	96	183	182
		11	12	102	101	187	188
		16	15	106	107	192	193
		21	20	111	112	197	196
		25	26	116	115	202	201
		30	31	121	120	207	206
		35	34	126	125	211	212
		40	39	158	157	216	217
		45	44	130	131	221	220
		49	50	135	136	225	226
		54	53	140	139	230	231
		59	58	144	145	235	236
		63	64	149	150	240	239
		68	69	154	155	245	244
		73	74	159	158	249	250
		78	77	164	163	254	255
		83	82	168	169		
		87	88	173	174		

[0312]

<u>PQIndex</u> (隐式 QP)	<u>PQIndex</u> (显式 QP)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
8, 11-12	8-9	2	1	88	89	171	172
		5	6	92	91	175	174
		9	8	95	96	178	179
		12	11	99	98	182	181
		15	16	102	101	185	186
		19	18	105	106	189	188
		22	23	109	108	192	191
		26	25	112	113	195	196
		29	30	116	115	199	198
		33	32	119	120	202	203
		36	37	123	122	206	205
		40	39	126	127	209	210
		43	44	158	156	213	212
		47	46	130	129	216	217
		50	51	133	134	220	219
		54	53	137	136	223	224
		57	56	140	141	227	226
		60	61	144	143	230	231
		64	63	147	146	234	233
		67	68	150	151	237	236
		71	70	154	153	240	241
		74	75	157	158	244	243
		78	77	161	160	247	248
		81	82	164	165	251	250
		85	84	168	167	254	255

[0313]

<u>PQIndex</u> (<u>隐式 QP</u>)	<u>PQIndex</u> (<u>显式 QP</u>)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
13-14	10-11	2	3	90	89	175	174
		5	4	93	92	177	178
		8	7	95	96	180	181
		11	10	98	99	183	184
		13	14	101	102	186	185
		16	17	104	103	189	188
		19	20	107	106	192	191
		22	21	110	109	194	195
		25	24	112	113	197	198
		27	28	115	116	200	201
		30	31	118	119	203	202
		33	34	121	120	206	205
		36	35	124	123	209	208
		39	38	126	127	211	212
		42	41	158	157	214	215
		45	44	129	130	217	218
		47	48	132	133	220	219
		50	51	135	136	223	222
		53	52	138	137	225	226
		56	55	141	140	228	229
		59	58	144	143	231	232
		61	62	146	147	234	235
		64	65	149	150	237	236
		67	68	152	151	240	239
		70	69	155	154	243	242
		73	72	158	157	245	246
		76	75	160	161	248	249
		78	79	163	164	251	250
		81	82	166	167	254	253
		84	85	169	168		
		87	86	172	171		

[0314]

<u>PQIndex</u> (隐式 QP)	<u>PQIndex</u> (显式 QP)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
15-16	12-13	2	1	87	88	171	170
		4	3	90	89	173	174
		6	7	92	93	176	175
		9	8	95	94	178	179
		11	12	97	98	181	180
		14	13	100	99	183	184
		16	17	102	103	186	185
		19	18	105	104	188	189
		21	22	107	108	191	190
		24	23	110	109	193	194
		26	27	112	111	195	196
		29	28	114	115	198	197
		31	30	117	116	200	201
		33	34	119	120	203	202
		36	35	122	121	205	206
		38	39	124	125	208	207
		41	40	127	126	210	211
		43	44	158	157	213	212
		46	45	129	130	215	216
		48	49	132	131	218	217
		51	50	134	135	220	221
		53	54	137	136	222	223
		56	55	139	140	225	224
		58	57	141	142	227	228
		60	61	144	143	230	229
		63	62	146	147	232	233
		65	66	149	148	235	234
		68	67	151	152	237	238
		70	71	154	153	240	239
		73	72	156	157	242	243
		75	76	159	158	245	244
		78	77	161	162	247	248
		80	81	164	163	249	250
		83	82	166	167	252	251
		85	84	168	169	254	255

[0315]

<u>PQIndex</u> (隐式 QP)	<u>PQIndex</u> (显式 QP)	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>	<u>原始</u> <u>DC</u>	<u>漂移</u> <u>的</u> <u>DC</u>
17-18	14-15	1	2	87	88	171	172
		3	4	89	90	173	174
		5	6	92	91	175	176
		8	7	94	93	178	177
		10	9	96	95	180	179
		12	13	98	99	182	183
		14	15	100	101	184	185
		16	17	103	102	186	187
		19	18	105	104	189	188
		21	20	107	106	191	190
		23	24	109	110	193	194
		25	26	111	112	195	196
		27	28	114	113	198	197
		30	29	116	115	200	199
		32	31	118	119	202	201
		34	35	120	121	204	205
		36	37	122	123	206	207
		39	38	125	124	209	208
		41	40	127	126	211	210
		43	42	158	157	213	212
		45	46	129	130	215	216
		47	48	131	132	217	218
		50	49	133	134	220	219
		52	51	136	135	222	221
		54	53	138	137	224	223
		56	57	140	141	226	227
		58	59	142	143	228	229
		61	60	144	145	231	230
		63	62	147	146	233	232
		65	66	149	148	235	236
		67	68	151	152	237	238
		69	70	153	154	239	240
		72	71	156	155	242	241
		74	73	158	157	244	243
		76	77	160	159	246	247
		78	79	162	163	248	249
		81	80	164	165	250	251
		83	82	167	166	253	252
		85	84	169	168	255	254

[0316] 具有表 3 所示的 DC 漂移系数的示例编码器一般对纹理化区域使用与平滑区域不同的 QP。示例编码器通常使用范围 3-5 中的 QP 来编码平滑区域。如以上表 3 所示,对于 QP 3-5,所有漂移的 DC 值都比原始 DC 值大 1。其它编码器可对平滑区域使用与纹理区域不同的 QP。

[0317] 为在检测 DC 漂移块时帮助减少或避免轮廓伪像的引入,示例编码器改变包含 DC 漂移块的宏块的 QP 以保持 DC 值在这些宏块中是无损的。具体地,示例编码器将包含 DC 漂移块的宏块的 QP 减少为 $QP = 2$ 。(其它编码器可对 DC 漂移区域使用某一其它 QP。)一般而言,编码器可选择导致宏块的块的 DC 系数的无损处理的最大可用 QP。

[0318] 编码器计算每一块的平均亮度值以确定梯度斜率区域中的 DC 漂移块,因为平均亮度值对应于 DC 漂移值(在补偿了变换中的扩充之后)。平均亮度值允许编码器估计或预测哪些块具有 DC 漂移。或者,编码器计算真实的 DC 值并在 DC 漂移表中查找它们以精确地标识哪些块将具有漂移。

[0319] 编码器可以执行附加处理来排除梯度斜率区域中的某些隔离 DC 漂移块。在该示例编码器中,一旦当前块被标识为位于梯度斜率区域中的 DC 漂移块,就检验周围的四个相邻块。如果周围的四个相邻块中的任一个是平滑块且具有低于当前块的漂移的 DC 值的 DC 值,则编码器对包含当前块的宏块使用 $QP = 2$ 来保持 DC 值无损。或者,编码器不对相邻块进行检验,或者检验相邻块的其它排列以确定是否在用于 DC 漂移区域的 QP 中做出改变。

[0320] C. 多级差分量化成本模型

[0321] 双级 DQ 和多级 DQ 通常具有不同的比特率成本。在一个实现中,使用每宏块 1 比特来用信号表示图像 QP 或“全宏块”双级 DQ 中的替换 QP,并且使用每宏块至少 3 比特来用信号表示图像 QP 或多级 DQ 中的替换 QP。

[0322] 尽管编码器可使用多级 DQ 来允许减少包含 DC 漂移块的平滑区域中的 QP,但编码器可以在双级 DQ 情形中改为选择对所有平滑区域调整 QP(例如,调整为 $QP = 2$)并对图像的其余部分使用较粗略的图像 QP。例如,编码器可以在多级 DQ 的信令成本被发现为相对于双级 DQ 的成本过于昂贵的情况下这样做。

[0323] 在一个实现中,使用下表来计算分别从 $QP = 3, 4, 5$ 和 6 到 $QP = 2$ 的平滑块的成本。

[0324] $g_iSmoothBlockDiffQPCost[4] = \{18, 22, 28, 36\}$ 。

[0325] 该表在以下双级 DQ 成本 $B(QP)$ 成本计算的示例中使用。

[0326] $B(QP) = \text{宏块的总计数} + (\text{双级差分量化宏块的计数} - \text{DC 漂移块的计数}) * g_iSmoothBlockDiffQPCost[QP-3]$;

[0327] 成本 $B(QP)$ 解出了每宏块的双级成本信令的成本,并估计了对块使用 $QP = 2$ 代替 3、4、5 或 6 的增加的比特成本。多级 DQ 成本 $M(QP)$ 被计算为:

[0328] $M(QP) = (\text{帧 QP 宏块的计数} * 3) + (\text{双级差分量化宏块的计数} - \text{DC 漂移块的计数}) * 8 + (\text{DC 漂移块的计数} * 3)$;

[0329] 成本 $M(QP)$ 解出了多级 DQ 的信令成本,假定对某些宏块量化参数的转义编码。如果 $B(qp) < M(qp)$,则将使用双级 DQ,并且将对所有平滑块使用 $QP = 2$ 。否则,将使用多级 DQ。

[0330] 或者,编码器对不同类型或配置的 DQ 使用其它成本模型。或者,编码器在检测到 DC 漂移块时对整个图像减小 QP,或使用某一其它技术来改变量化以在检测到 DC 漂移块时减少或避免轮廓伪像的引入。

[0331] D. 图像 QP 切换

[0332] 在一个示例编码器中,多级 DQ 需要 3 个比特来用信号表示从图像 QP 到图像 $QP+6$

的任何 QP。该范围之外的任何 QP 将用 8 比特通过转义编码来用信号表示。用于平滑区域的替换 QP 一般小于图像 QP, 且因此需要转义编码。

[0333] 切换图像 QP 因此可节省对多级 DQ 的编码开销。例如, 编码器可使用上述多级 DQ 成本模型来选择图像 QP。例如, 对于三级情形 (例如, 图像 QP、平滑区域 QP 和 DC 漂移 QP), 对图像 QP 的不同候选值计算多级 DQ 成本。编码器可以选择具有最小开销成本的图像 QP。

[0334] 或者, 编码器使用其它准则来切换图像 QP, 或者不执行图像 QP 切换。

[0335] E. 对高纹理宏块的粗略量化

[0336] 如果做出使用多级 DQ 的判决, 则可通过向高纹理宏块分配比图像 QP 高 (更粗略) 的 QP 来对这些宏块使用粗略量化。对图像使用多级 DQ (例如, 为了对 DC 漂移宏块使用较小 QP) 的判决意味着没有用信号表示高于图像 QP 的每宏块粗略 QP 的附加开销成本。例如, 图像 QP+1 可被用作粗略 QP 以避免量化等级中的可被注意到的差别, 或者可使用某一其它 QP。在编码器决定对当前图像使用多级 DQ 之后, 可使用纹理阈值来确定哪些宏块将用粗略 QP 来量化。

[0337] 或者, 编码器使用其它准则来确定某些区域 (例如, 宏块) 是应使用粗略 QP 还是不使用粗略 QP。

[0338] F. 用于 DC 漂移量化的示例技术

[0339] 图 33 是示出用于调节 DC 漂移区域中的量化以减少或避免量化伪像的引入的组合技术 3300 的流程图。诸如图 10 的编码器 1000 等编码器或其它工具执行技术 3300。该组合技术是组合了上述若干方面的一个示例。其它技术将不使用参考该示例描述的所有方面, 或将以不同的次序或替换方式来执行它们。

[0340] 在 3310 处, 编码器例如如第 V 节中所描述的那样检测当前图像中的一个或多个梯度斜率区域。在 3320 处, 编码器例如使用 DC 漂移表来检测梯度斜率区域中的 DC 漂移块。

[0341] 编码器然后决定如何量化图像。在 3330 处, 编码器决定是否对该图像使用双级 DQ。如果是, 则编码器对 DC 漂移区域 (3340) 和其它平滑区域使用小于图像 QP 的 QP。否则, 在 3350 处, 编码器决定是否对该图像使用多级 DQ。如果是, 则编码器对 DC 漂移区域使用小于图像 QP 的 QP (3360), 可对其它平滑区域使用不同的 QP, 并且如果存在高纹理宏块, 则对高纹理宏块使用粗略 QP (诸如大于图像 QP 的 QP) (3370)。如果编码器没有选择双级或多级 DQ, 则编码器减小图像 QP 并对 DC 漂移区域 (3380) 以及其它区域使用减小的图像 QP。或者, 如果双级 DQ 和多级 DQ 的成本都太高, 则编码器对 DC 漂移区域跳过 QP 减小。当编码器选择了一量化方案时, 编码器在 3390 处压缩该图像, 并在还剩余任何图像要处理时处理下一图像 (3395)。

[0342] 参考各实施例描述和示出了本发明的原理之后, 可以认识到, 可以在排列和细节上修改各实施例, 而不脱离这些原理。应当理解, 此处所描述的程序、过程或方法不相关于或不限于任何特定类型的计算环境, 除非另外指明。可依照此处所描述的教导来使用各种类型的通用或专用计算环境或执行操作。以软件示出的实施例的元素可以用硬件来实现, 反之亦然。

[0343] 鉴于可应用本发明的原理的许多可能的实施例, 要求保护落入所附权利要求书及其等效技术方案的范围和精神之内的所有这样的实施例作为本发明。

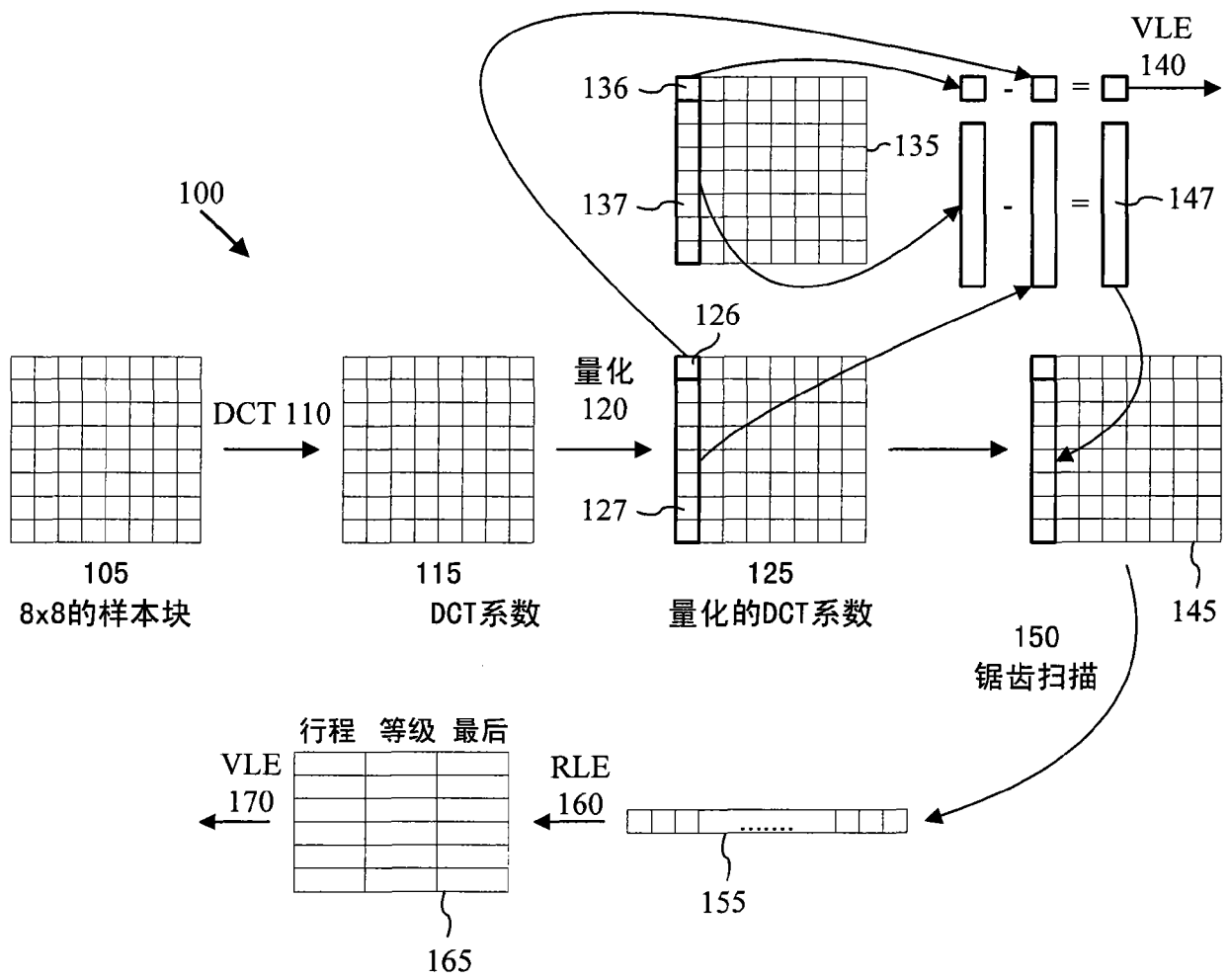


图 1

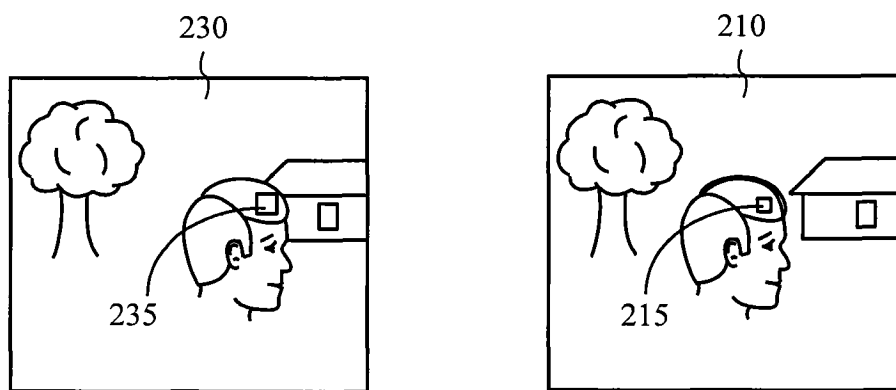


图 2

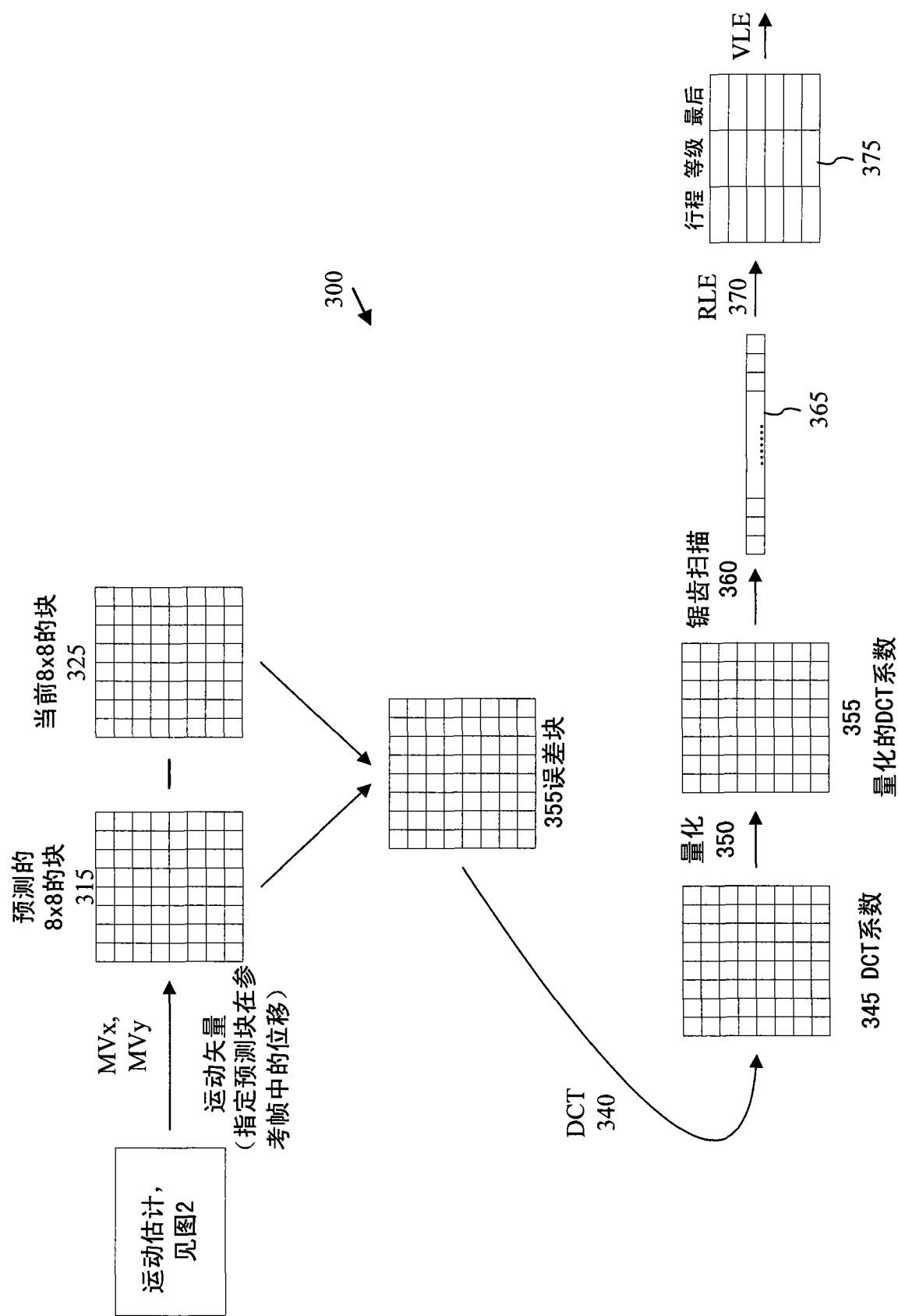


图 3

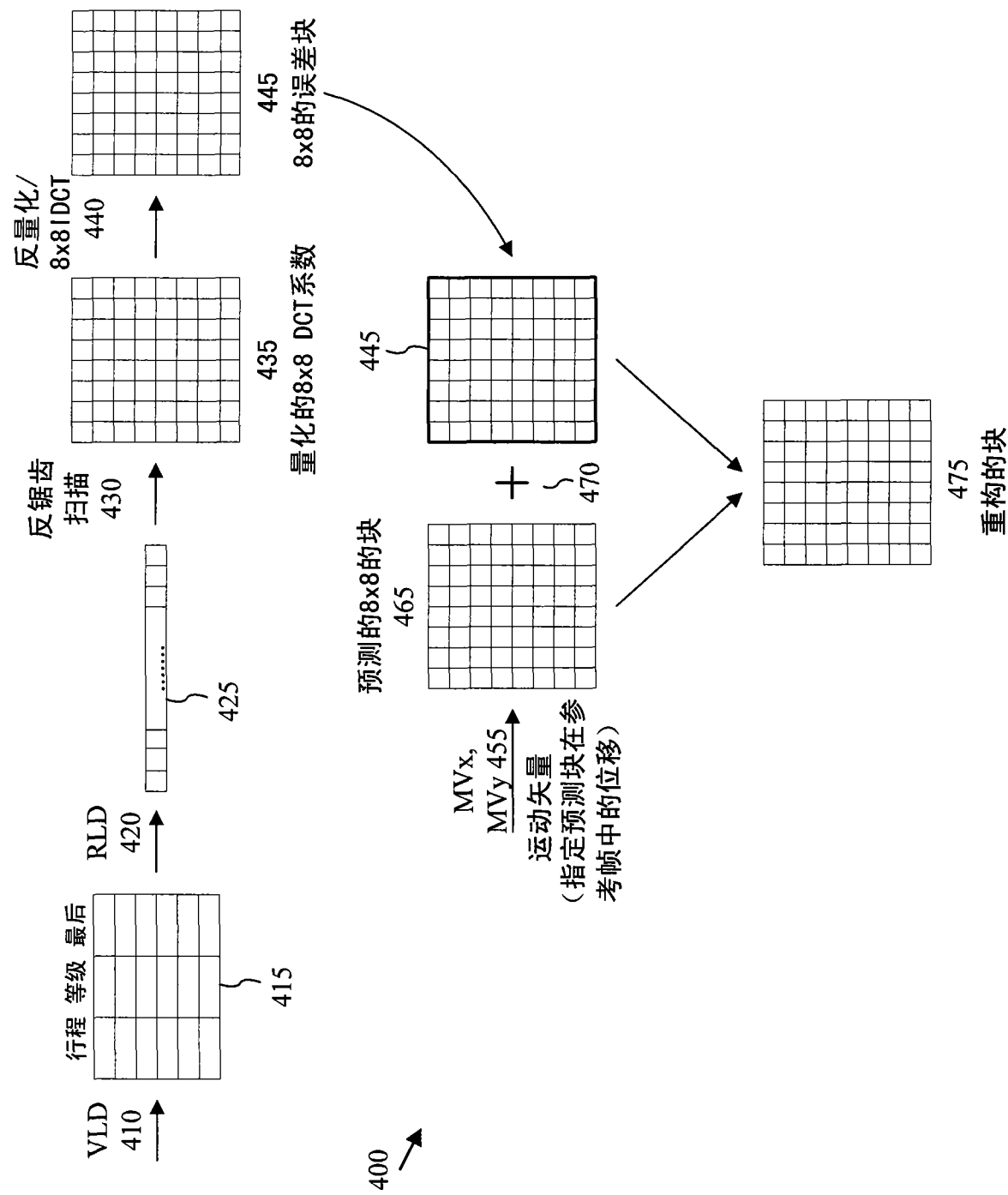


图 4

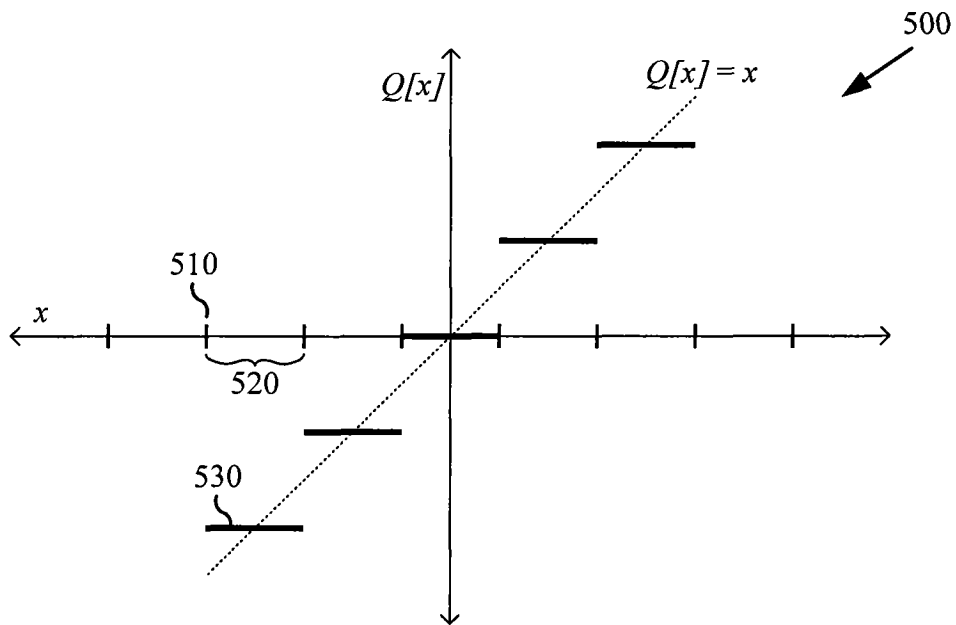


图 5

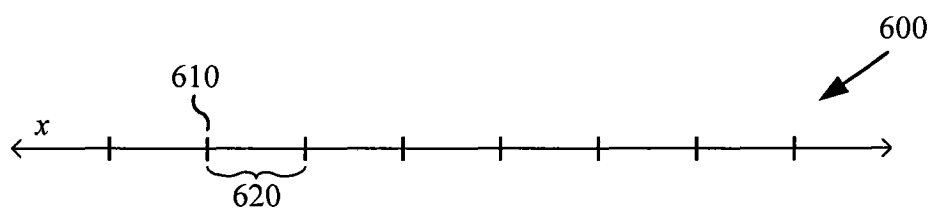


图 6A

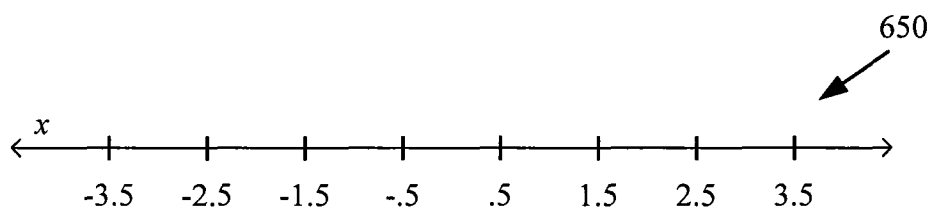


图 6B

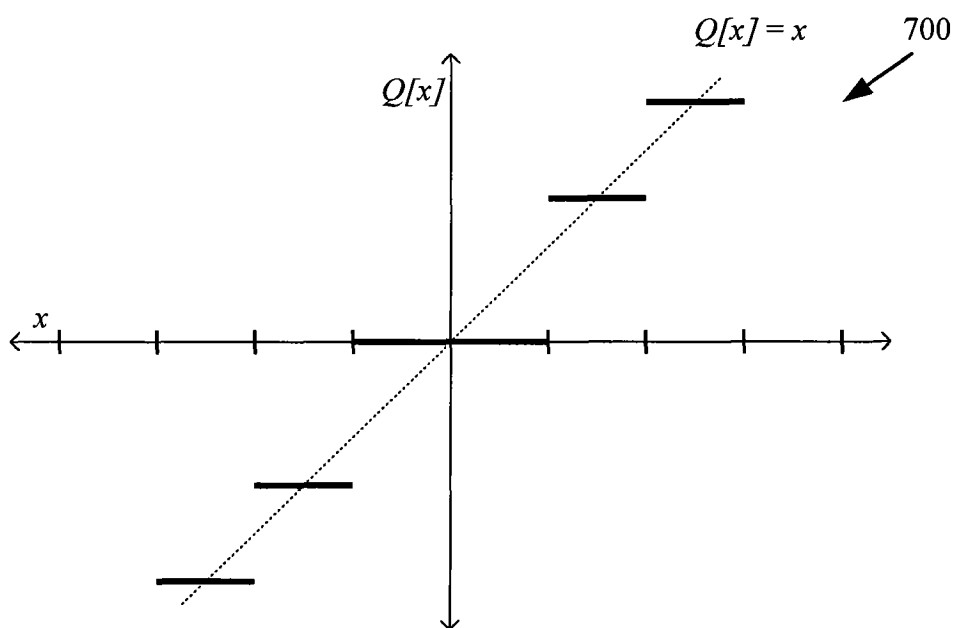


图 7

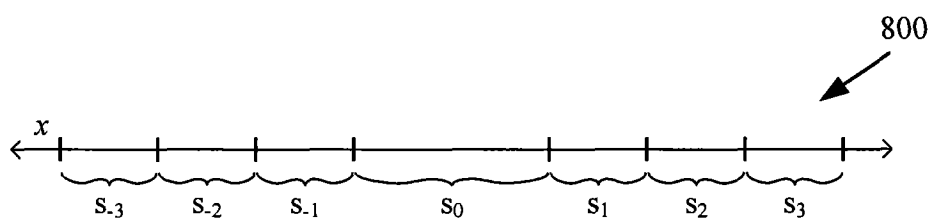


图 8A

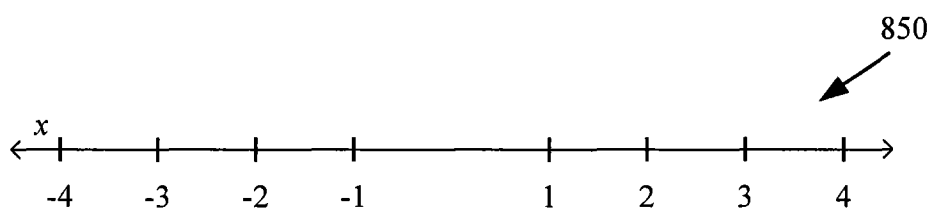


图 8B

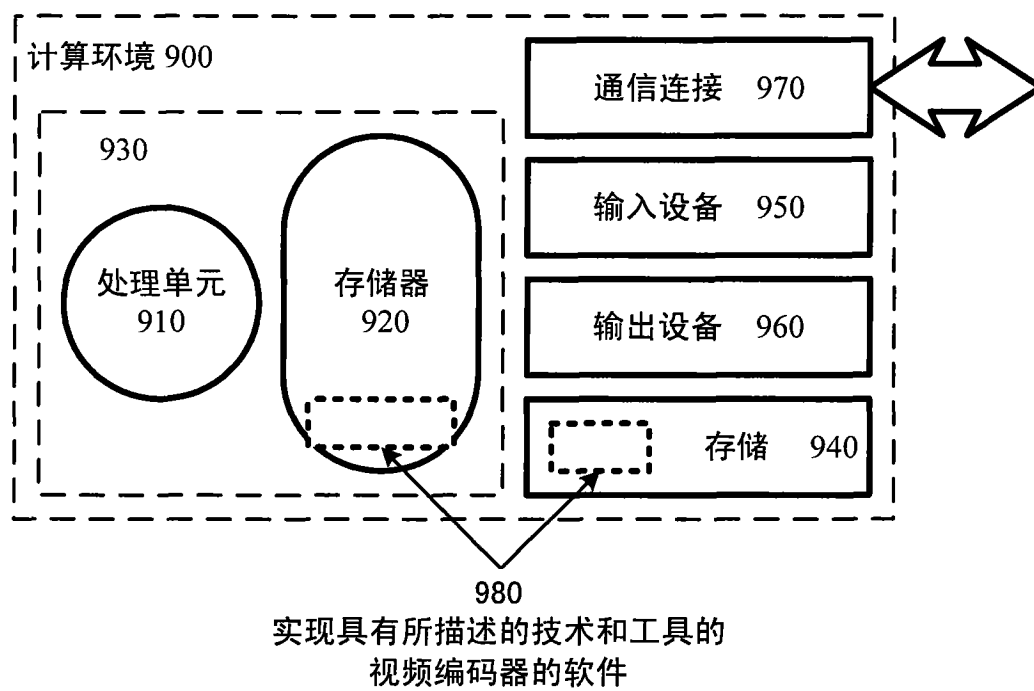


图 9

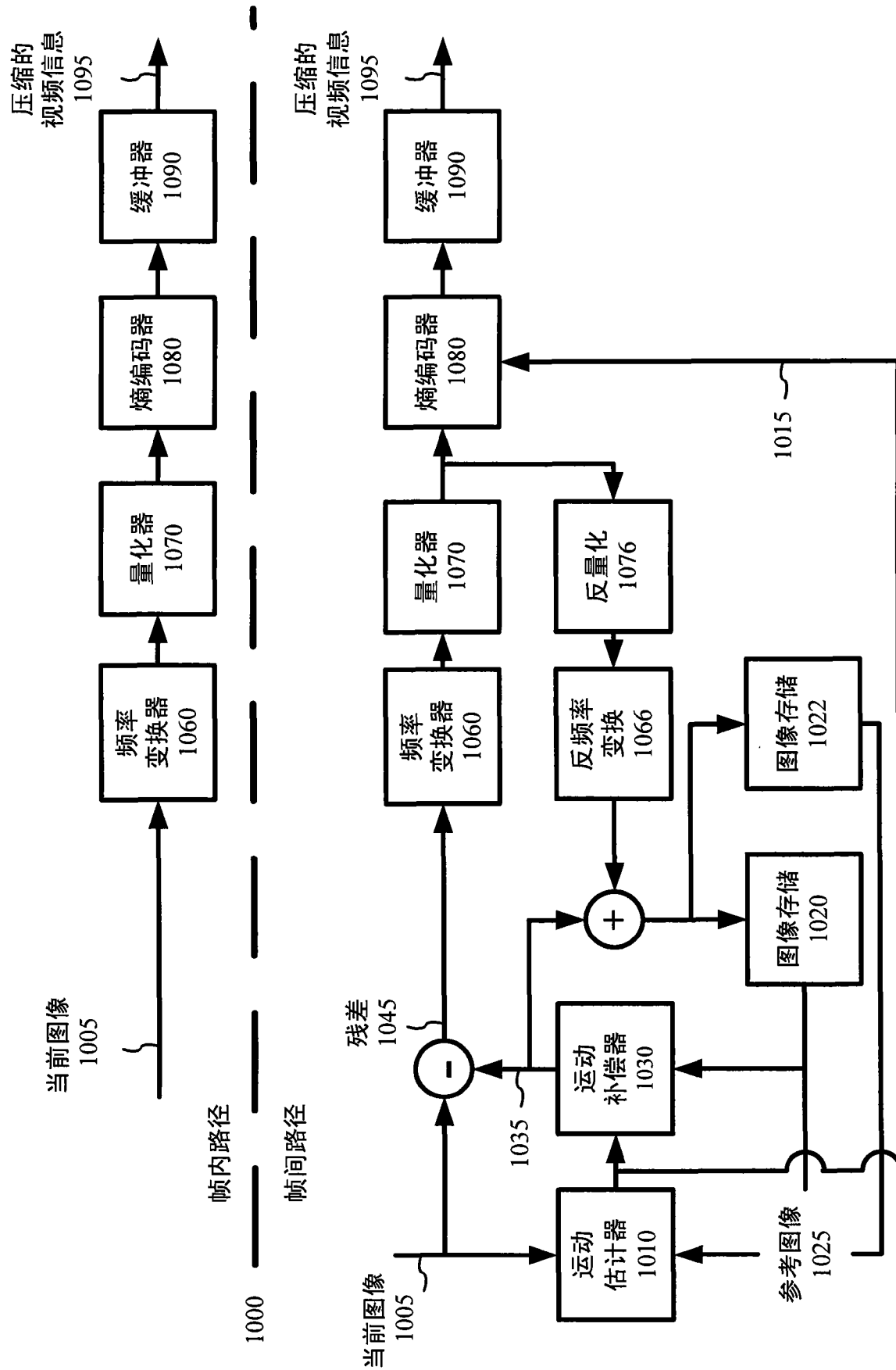


图 10

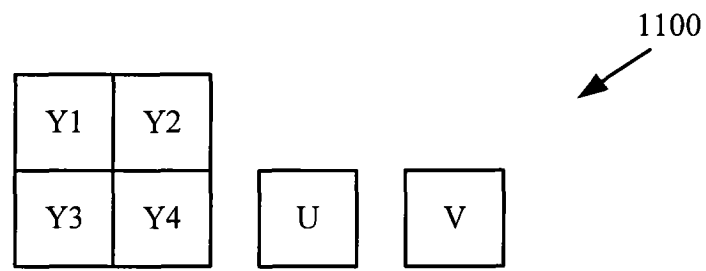


图 11

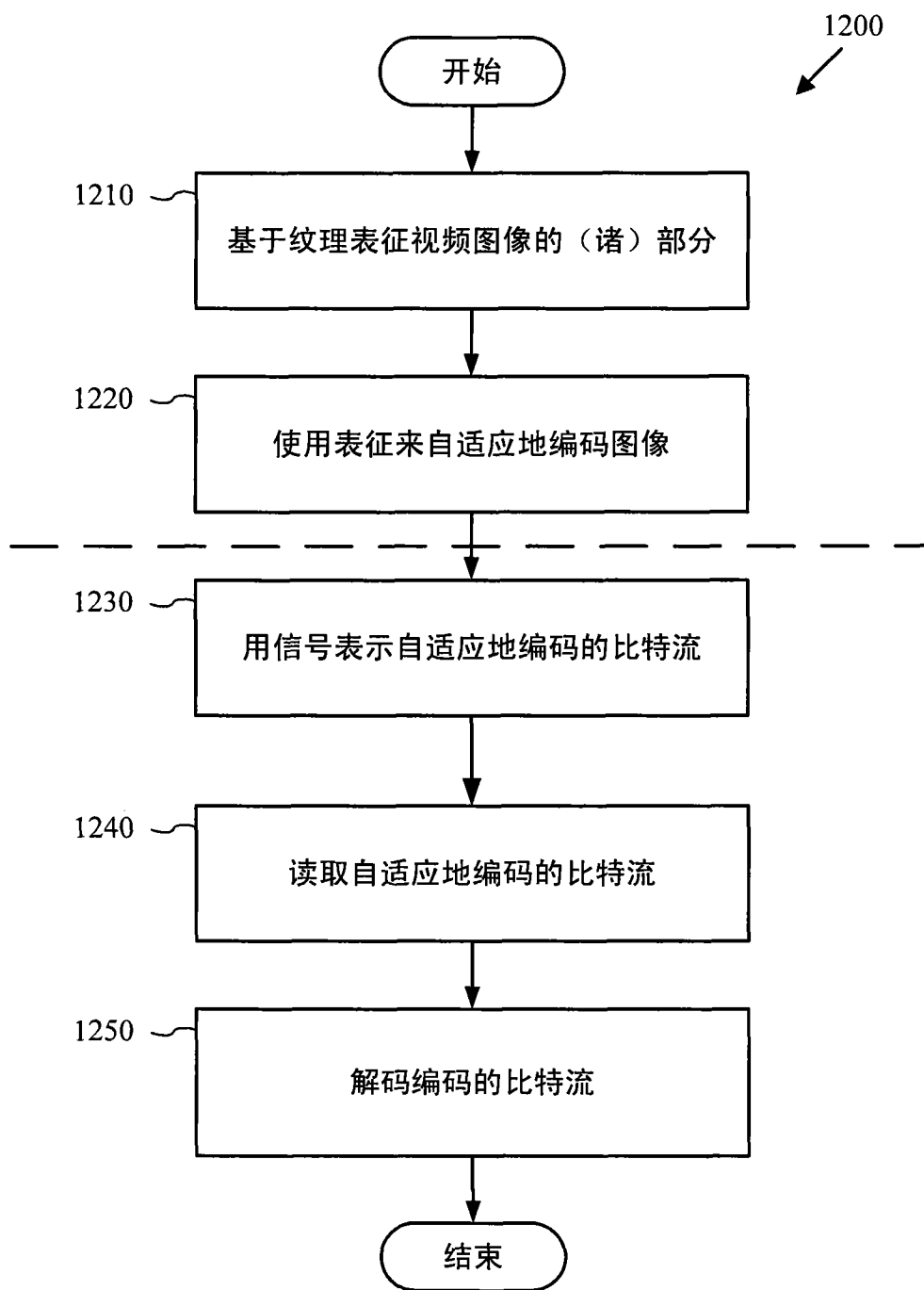


图 12

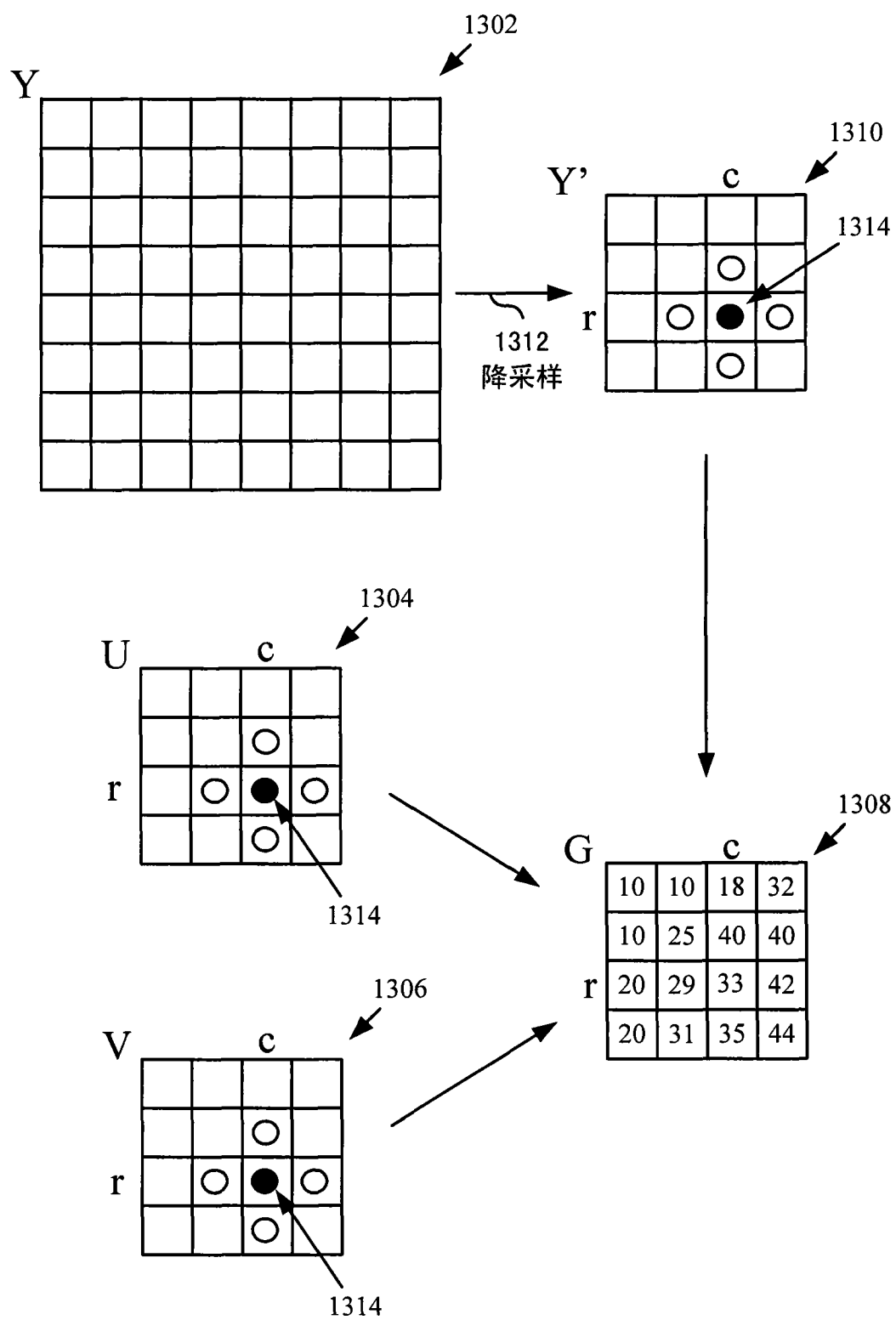


图 13

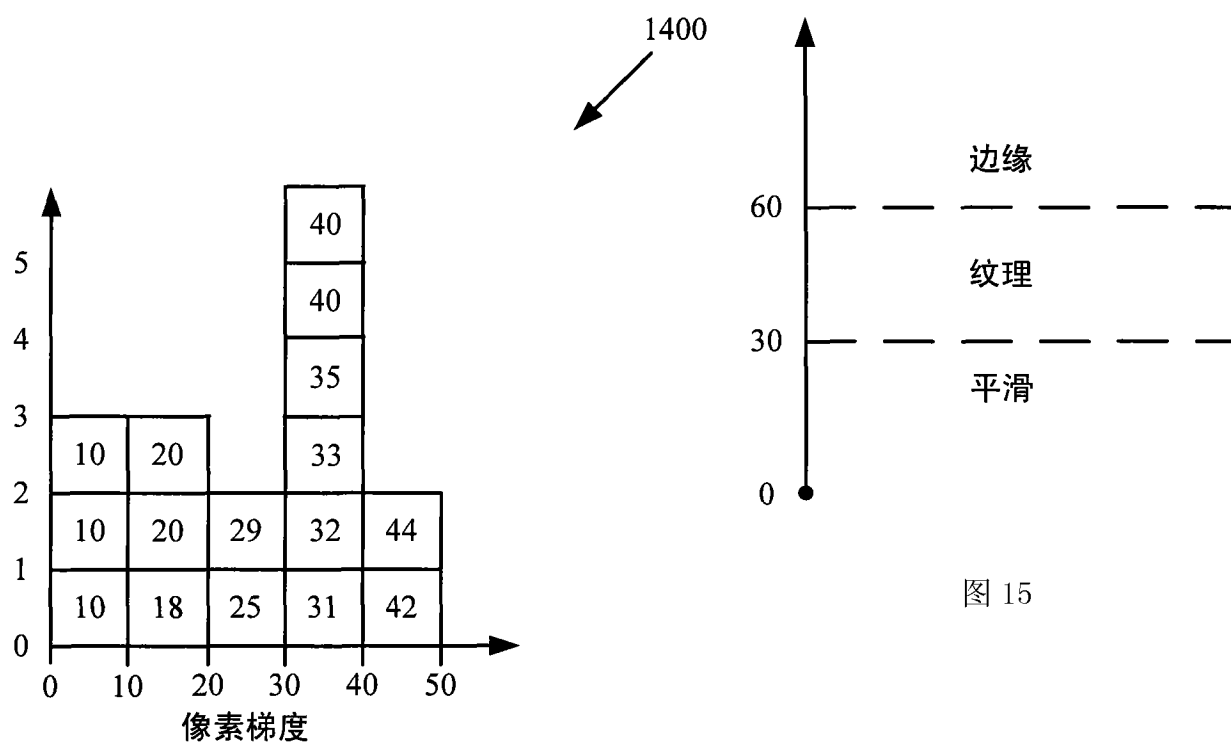


图 14

图 15

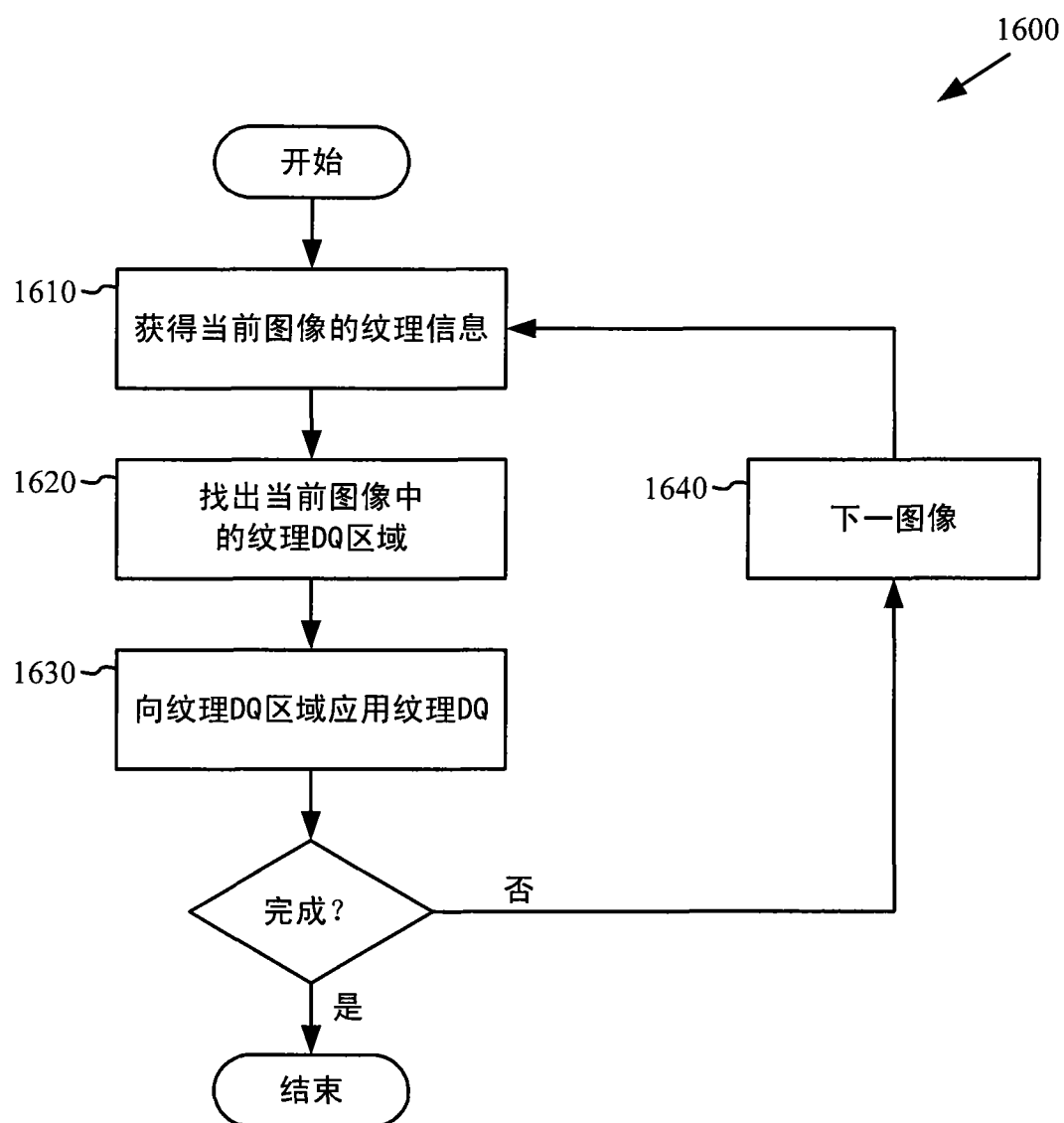


图 16

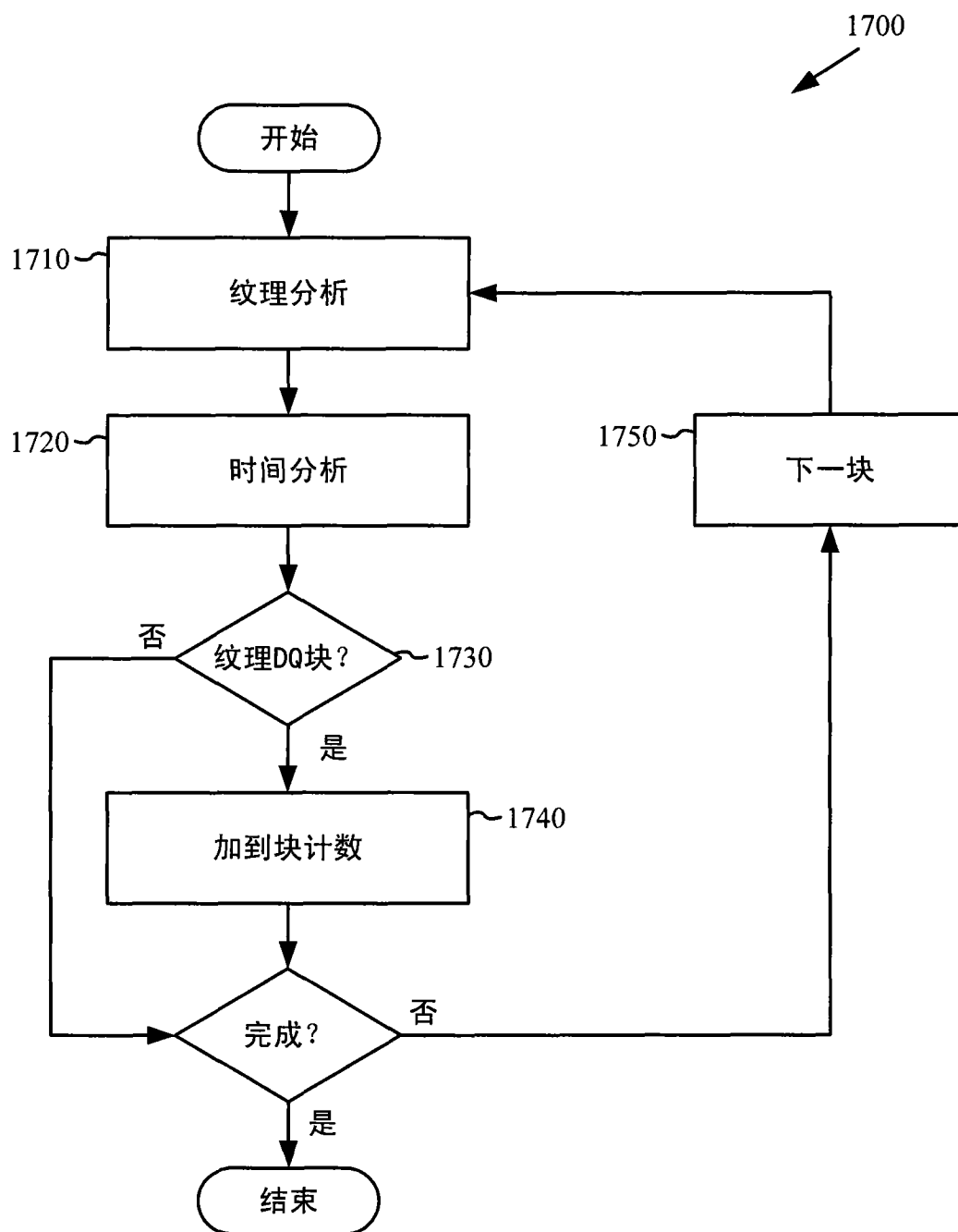


图 17

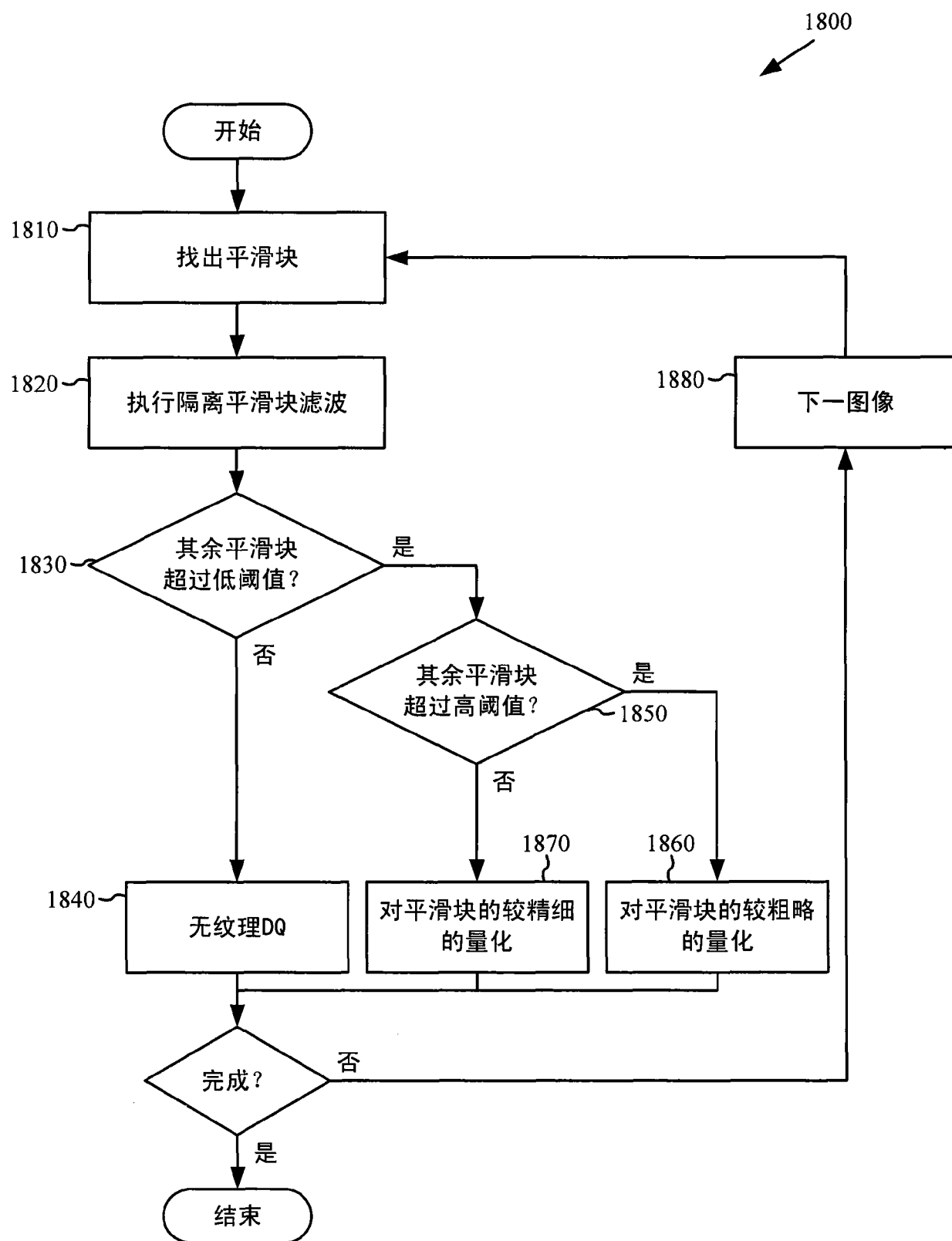


图 18

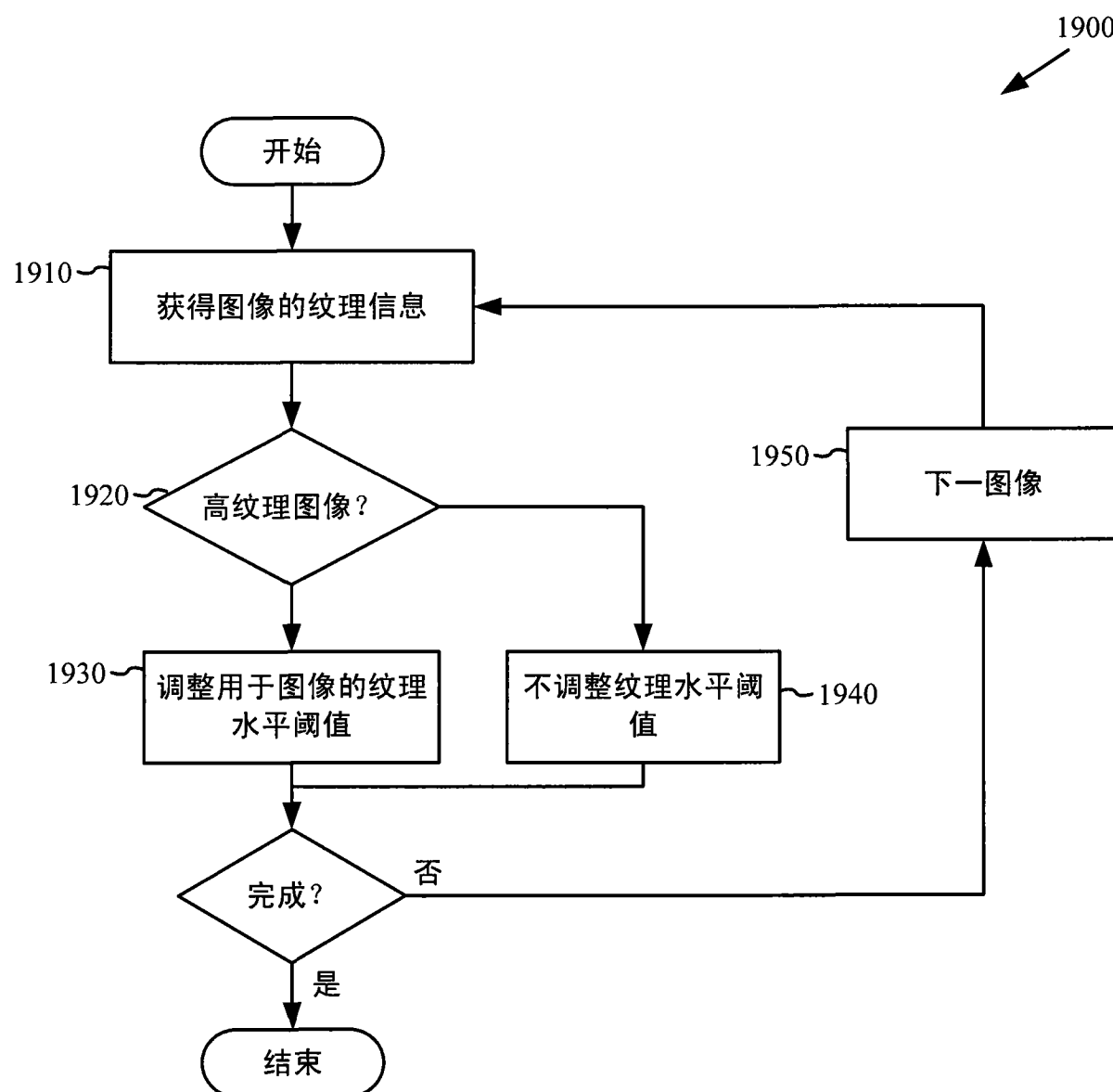


图 19

2000



```
#define TEXTURELOWTH 30
#define TEXTUREMAX 100
#define MINFLATTH 14
#define MAXFLATTH 28

const UInt g_iFlatThTable[TEXTUREMAX-TEXTURELOWTH]={
    16, 16, 16, 16, 18, 18, 18, 18, 18, 18,
    20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20,
    22, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 22,
    24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24,
    24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24,
    26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26,
    26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 26
};

unsigned integer decideAdaptiveFlatThreshold(unsigned integer g0)
{
    Integer new_adaptive_threshold;
    if (g0 < TEXTURELOWTH) new_adaptive_threshold=MINFLATTH;
    else
        if (g0 >= TEXTUREMAX)
            new_adaptive_threshold=MAXFLATTH;
        else
            new_adaptive_threshold=g_iFlatThTable[g0-TEXTURELOWTH];

    if (不是场景改变关键帧)
        new_adaptive_threshold = last_adaptive_threshold +
        max(-4, min(4, new_adaptive_threshold-last_adaptive_threshold));

    return new_adaptive_threshold;
}
```

图 20

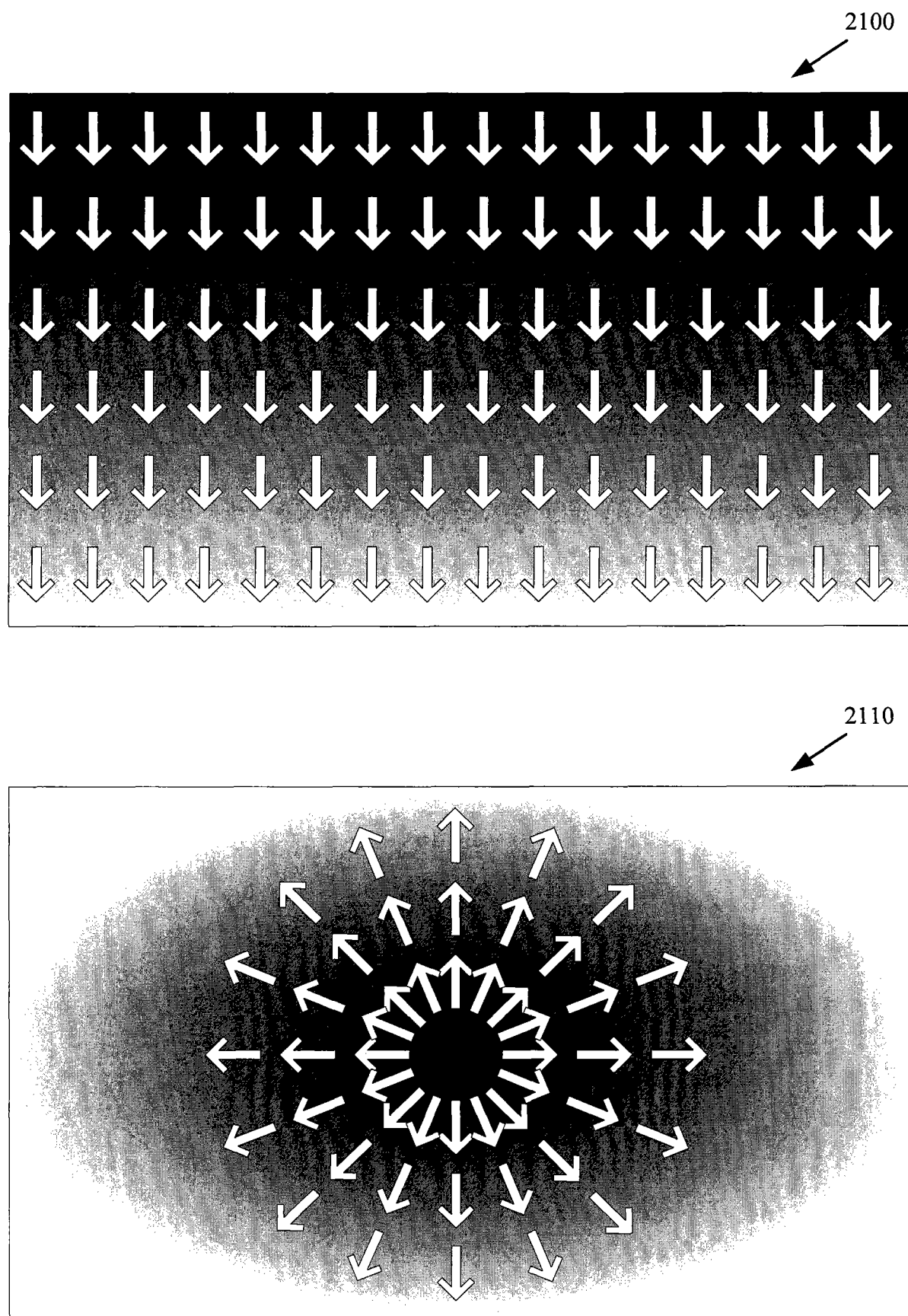


图 21

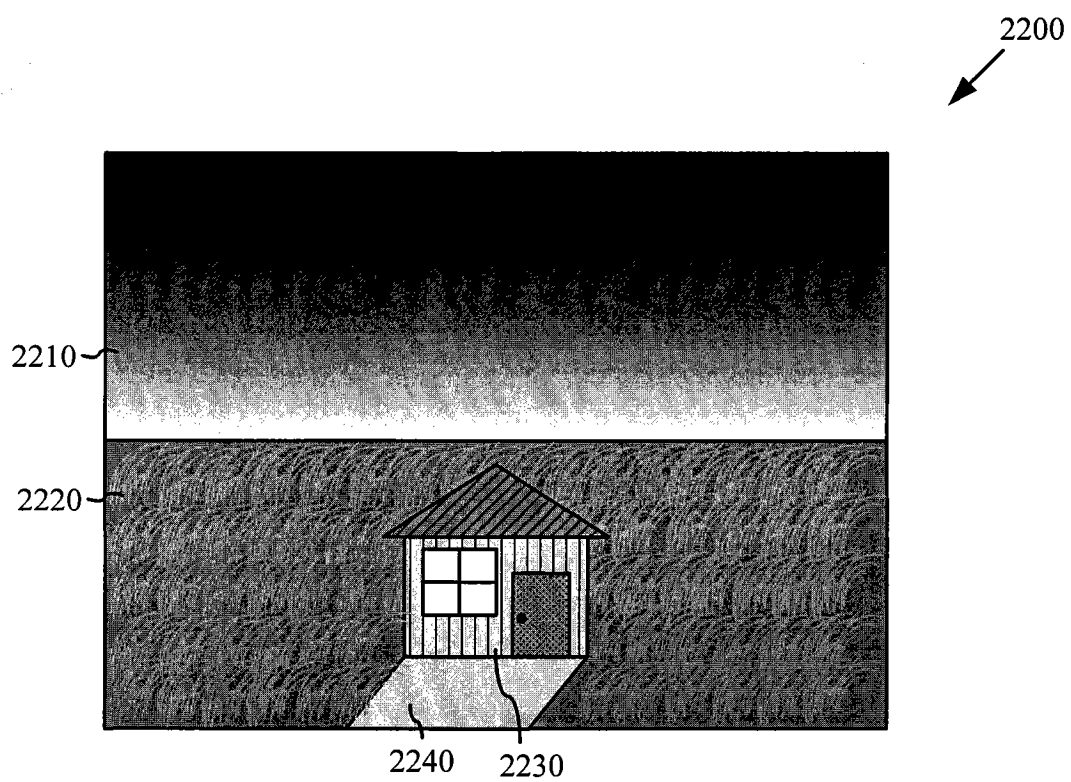


图 22A

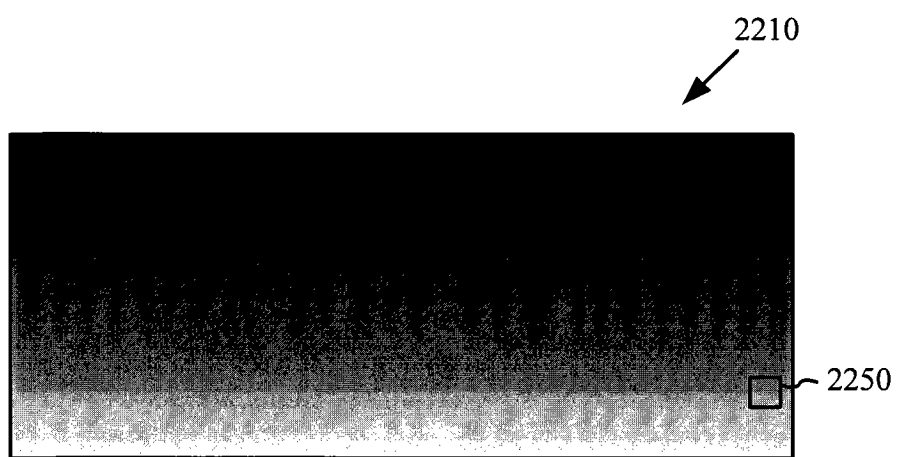


图 22B

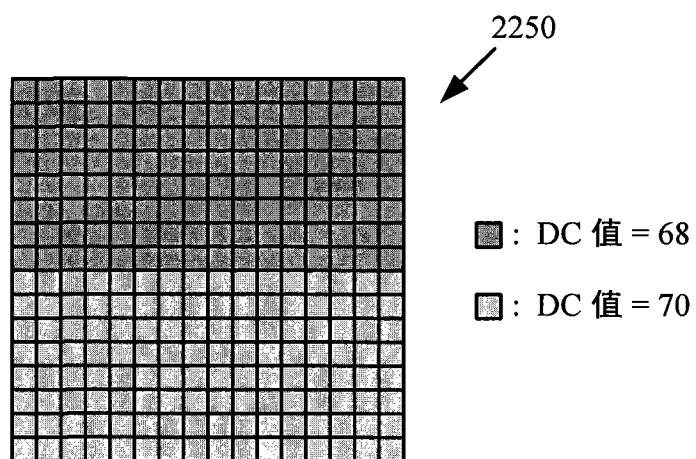


图 22C

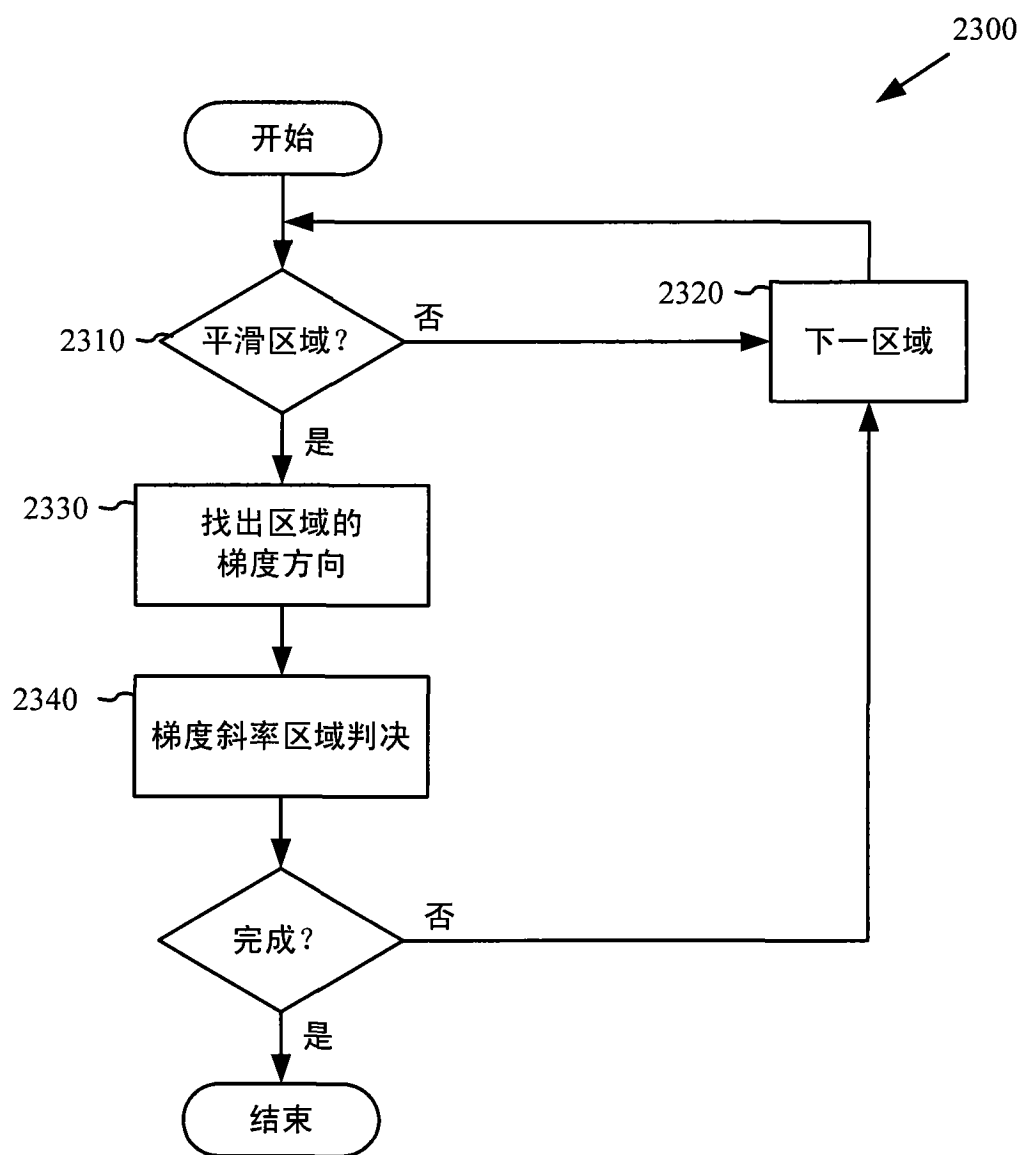


图 23

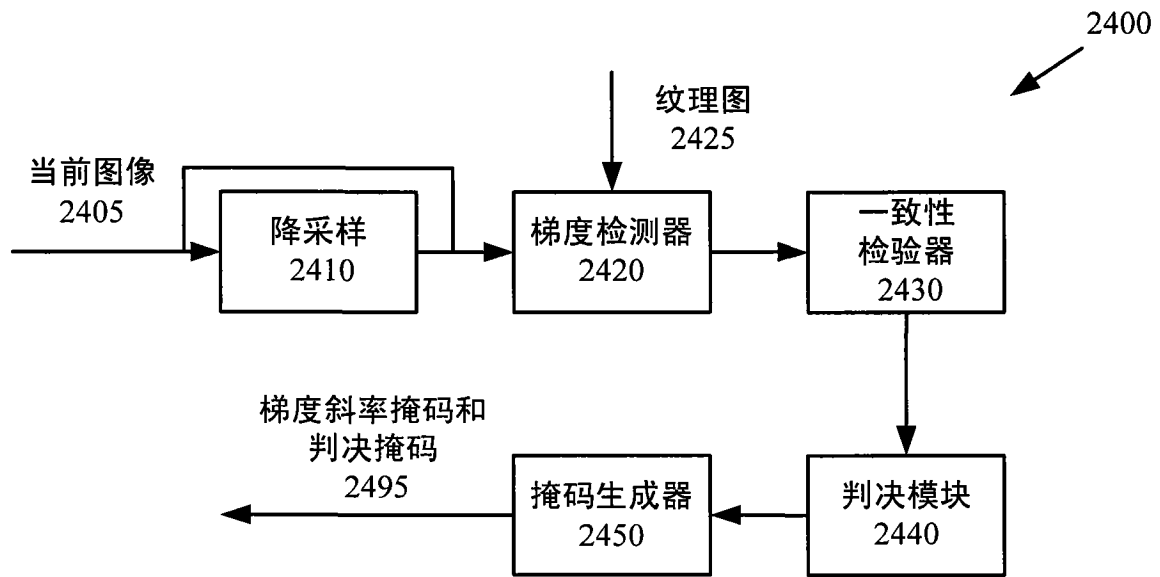


图 24

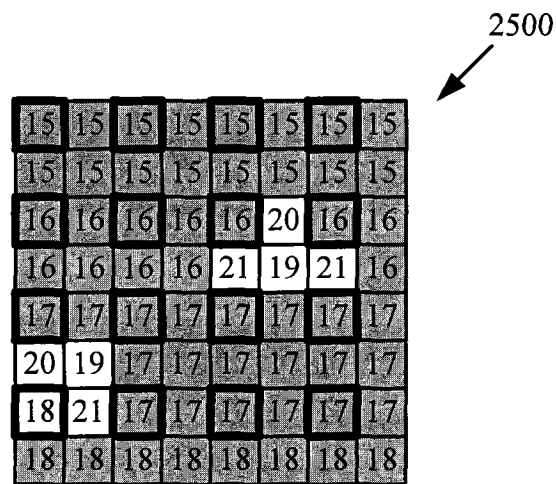


图 25

$$K_H = [k_{ij}] \text{ 其中 } 0 \leq i, j \leq 15, k_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果 } i < 8 \\ -1 & \text{如果 } i \geq 8 \end{cases}$$

$$K_V = [k_{ij}] \text{ 其中 } 0 \leq i, j \leq 15, k_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果 } j < 8 \\ -1 & \text{如果 } j \geq 8 \end{cases}$$

图 26

2700

```

ComputeGradientDirection (IN region, OUT gradientDirection)
  if (区域不平滑) {
    gradientDirection = -2; //纹理或边缘区域;
  }

   $g_x = K_H \otimes \text{块的所有元素之和}$ 
   $g_y = K_V \otimes \text{块的所有元素之和}$ 
  if ( abs( $g_x$ ) < 32 && abs( $g_y$ ) < 32 ) {
    gradientDirection = -1; // 平坦区域;
  }
   $\theta = \tan^{-1}(g_y / g_x)$ ;
  Offset = 0;
  if ( $g_x < 0$ ) {
    Offset = 3.14159;
  }
  Else if ( $g_y < 0$ ) {
    Offset = 2 * 3.14159;
  }
   $\theta = \theta + \text{Offset}$ ;
  gradientDirection = ( (Int) ( $\theta * 2598$ ) ) >> 6;
End_ComputeGradientDirection

```

图 27

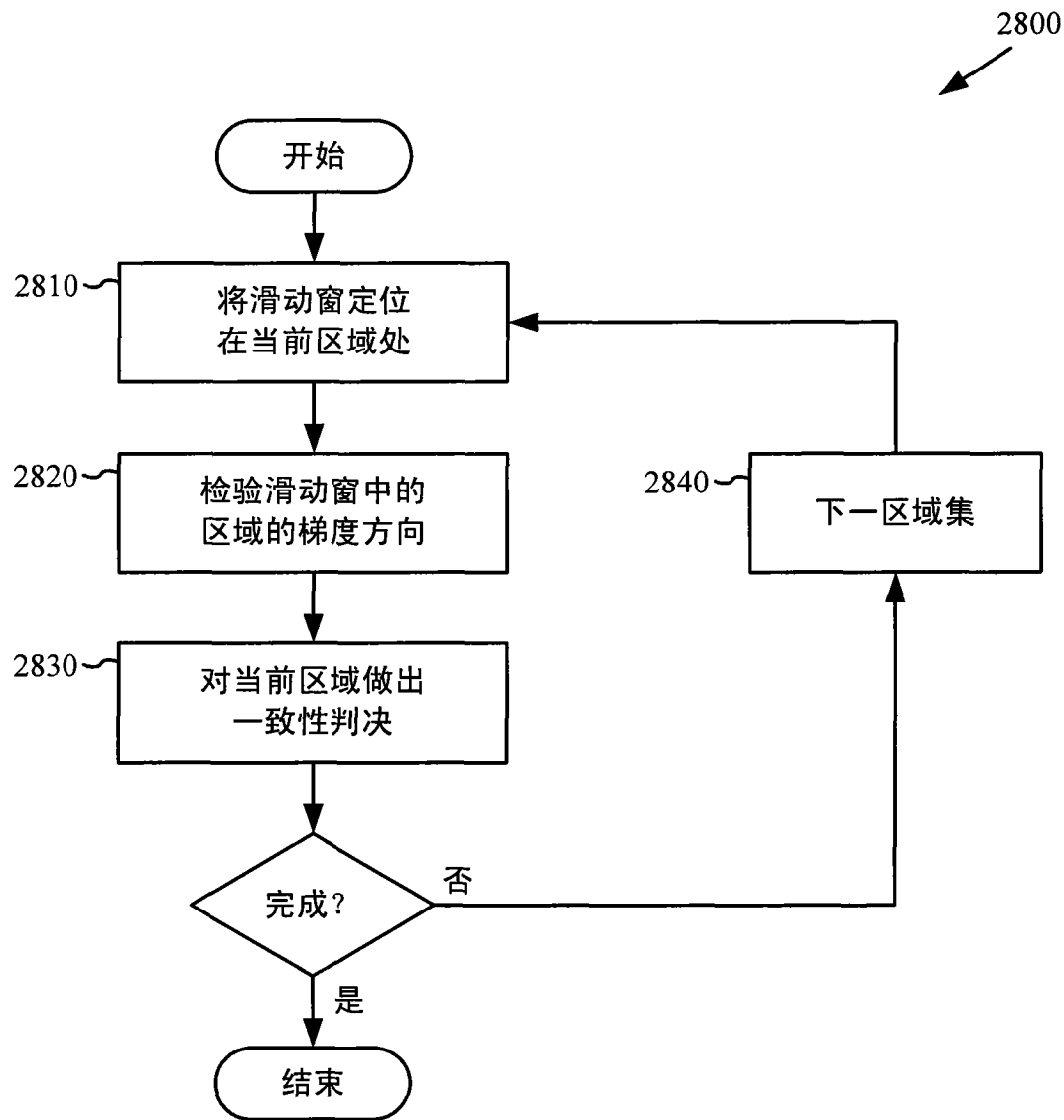


图 28

	0	1	2	3	4
0	0	5	10	5	0
1	0	6	24	10	0
2	0	5	10	5	0
3	0	0	0	0	0
4	0	2	0	1	0

图 29

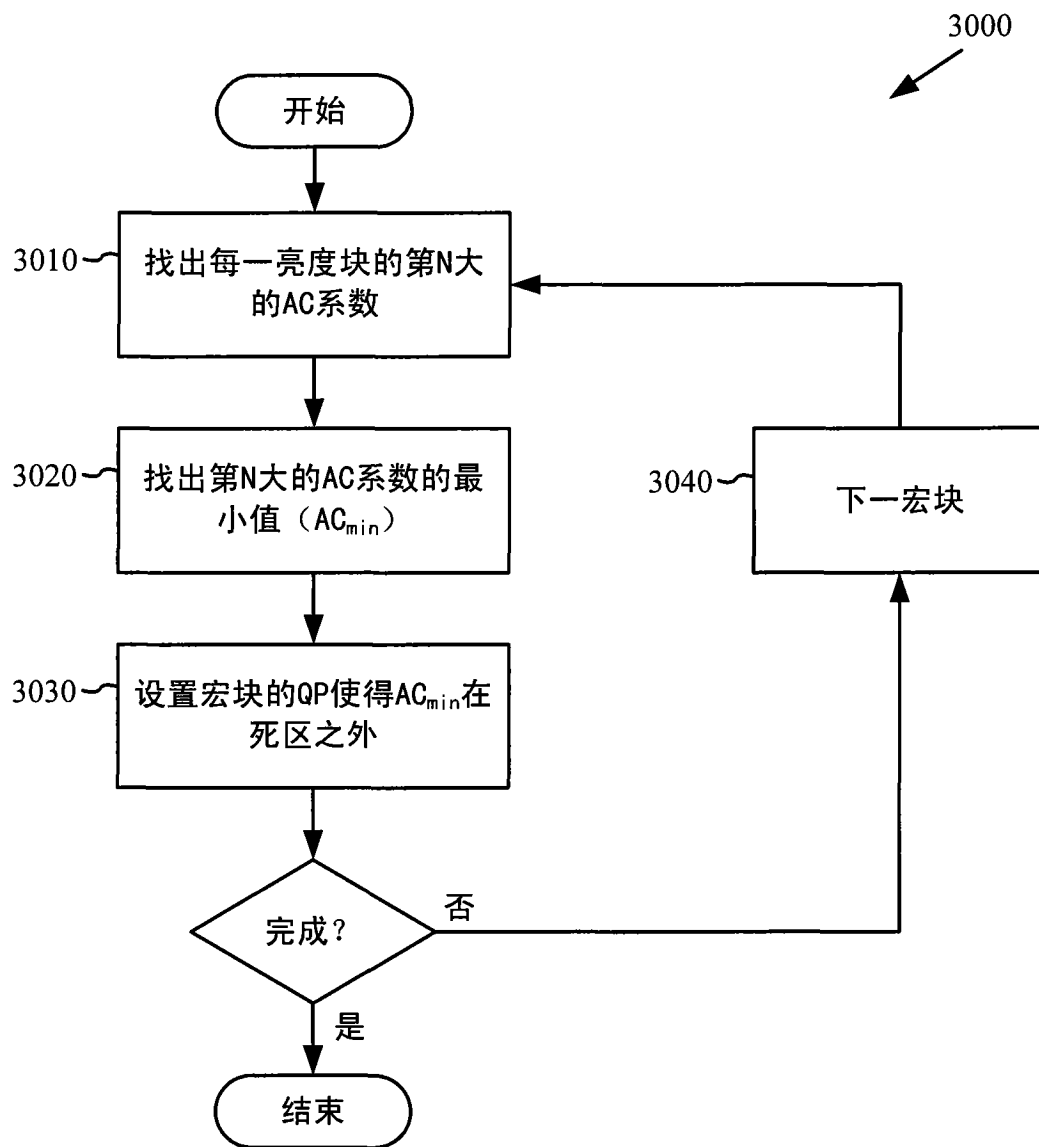


图 30

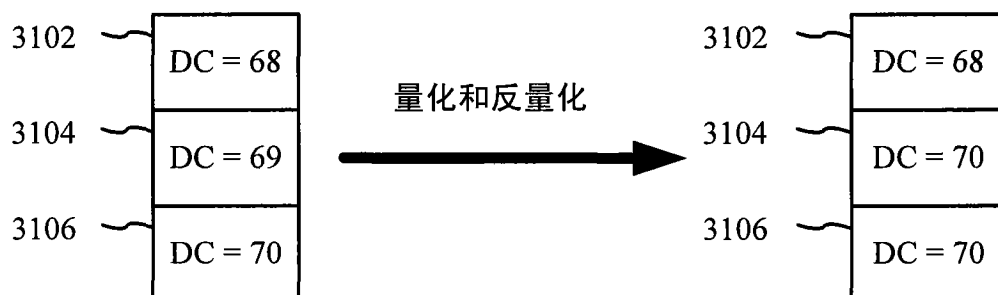


图 31

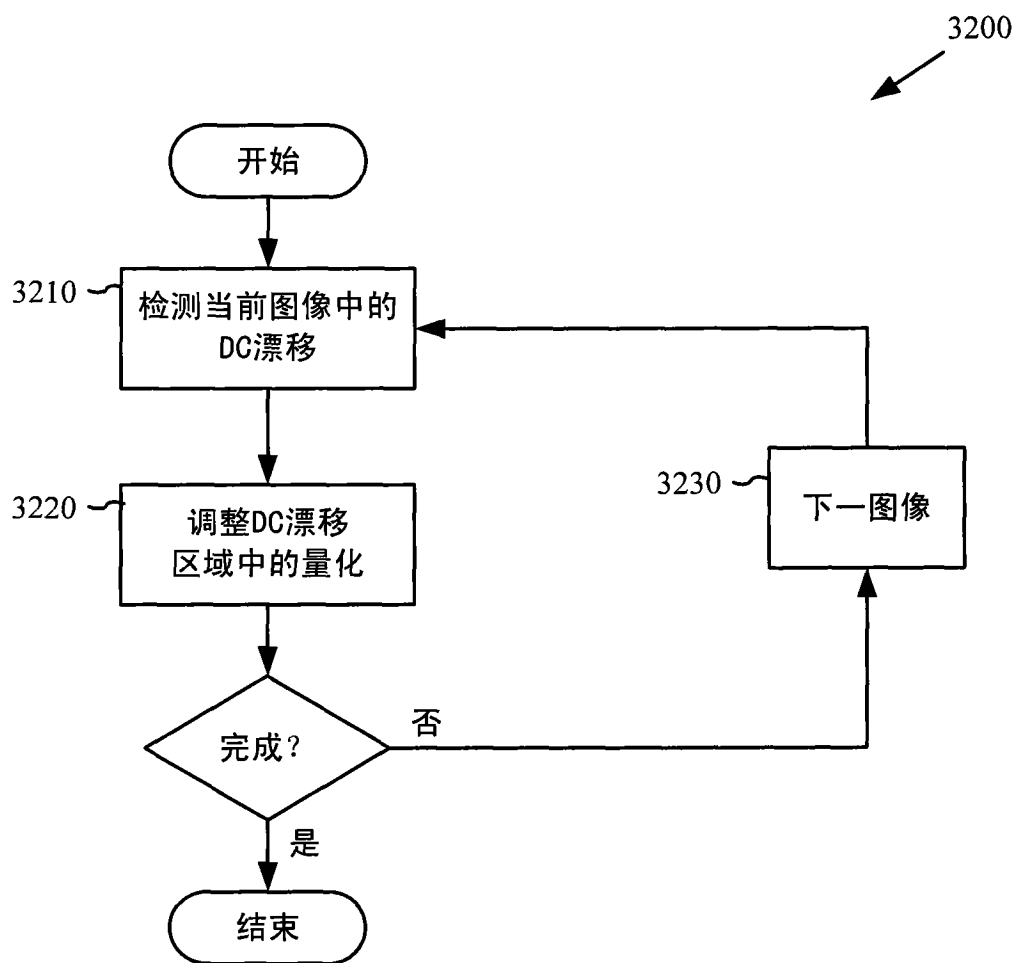


图 32

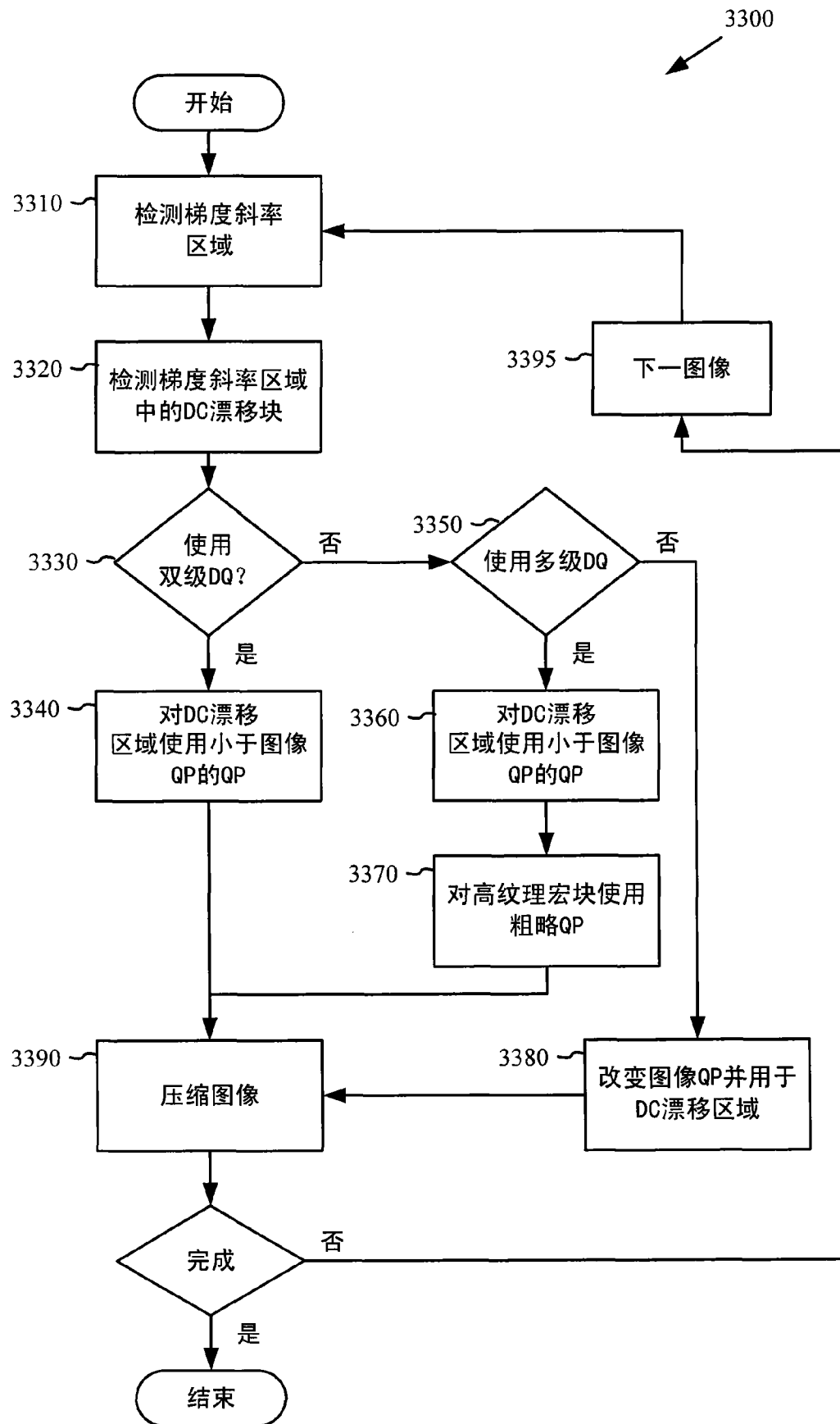


图 33