(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110896432 B
(45)授权公告日 2024.09.06

(21)申请号 201910863446.X

(22)申请日 2019.09.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110896432 A

(43)申请公布日 2020.03.20

(30)优先权数据
2018903448 2018.09.13 AU

(73)专利权人 黑魔法设计私人有限公司
地址 澳大利亚维多利亚

(72)发明人 C·比特纳 R·D·哈贝尔

(74)专利代理机构 北京信诺创成知识产权代理有限公司 11728
专利代理师 刘金峰

(51)Int.Cl.
H04N 23/81(2023.01)
H04N 23/95(2023.01)
H04N 19/117(2014.01)
H04N 19/124(2014.01)
H04N 19/625(2014.01)
H04N 19/91(2014.01)

(56)对比文件
US 2005083545 A1,2005.04.21
US 2011102647 A1,2011.05.05

审查员 石晨阳

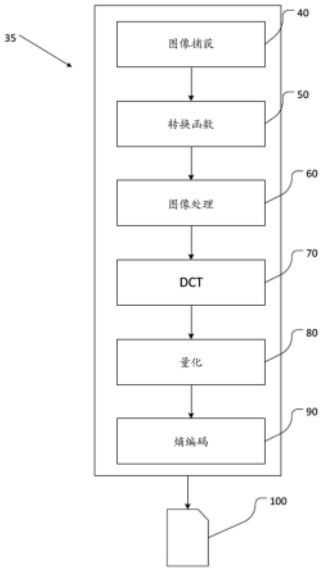
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

图像处理方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种处理在频域中表示的图像数据的方法。该方法包括将噪声信号施加到图像数据以产生施加噪声的图像数据的步骤。



CN 110896432 B

1.一种处理包括图像帧的序列的图像数据的方法,每个图像帧包括表示由图像传感器生成的像素值的阵列的图像数据,通过应用转换函数来处理所述图像数据以均衡所述图像数据中的噪声,所述转换函数基于所述图像传感器的时间噪声分布以及用于生成所述图像数据的所述图像传感器的设置;所述经处理的图像数据以频域表示,并且包括一组或多组频域系数,其中每组频域系数包括DC系数以及一个或多个AC系数,所述方法包括:

对于视频数据的每个图像帧,通过将噪声信号施加到所述图像数据的零值的AC系数来修改所述一组或多组频域系数中具有零值的一个或多个AC系数,以产生用于所述视频数据的回放的施加了噪声的图像数据,其中所述噪声信号遵循所述时间噪声分布。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述修改包括用根据所述时间噪声分布的随机或伪随机数替换所述AC系数中的一个或更多个。

3.根据权利要求2所述的方法,其中使用种子值生成随机或伪随机数。

4.根据权利要求1所述的方法,还包括均衡所述图像数据中存在的噪声的步骤,均衡步骤在施加所述噪声信号的步骤之前执行。

5.根据权利要求4所述的方法,其中所述均衡步骤包括对所述阵列中的每个像素值应用基于所述图像传感器和用于生成所述图像数据的所述图像传感器的设置的转换函数,以产生噪声均衡的图像数据,从而使得所述噪声均衡的图像数据的时间噪声分布的标准偏差在信号电平的频谱上恒定。

6.根据权利要求4所述的方法,其中所述转换函数通过参考包括读取噪声和光子散粒噪声的组合的所述图像传感器的噪声模型来均衡所述图像数据中存在的噪声,其中所述读取噪声和所述光子散粒噪声的每一者具有被建模为泊松过程的时间噪声分布。

7.根据权利要求1所述的方法,还包括在将所述噪声信号施加到所述图像数据的步骤之前对所述图像数据应用逆量化的步骤。

8.根据权利要求7所述的方法,还包括在将所述噪声信号施加到所述图像数据的步骤之后应用逆离散余弦变换的步骤。

9.根据权利要求7所述的方法,还包括在应用逆量化步骤之前对所述图像数据进行熵解码的步骤。

10.一种用于处理从图像传感器获得的图像信号的方法,所述图像信号具有具有幅度的噪声分量和具有幅度并且包括像素值的阵列的图像分量,所述方法包括:

根据图像传感器的特性以及用于生成图像数据的所述图像传感器的设置来确定转换函数;以及

通过将所述转换函数应用于所述图像数据来均衡所述图像数据中存在的噪声,以产生噪声均衡的图像数据,所述噪声均衡的图像数据包括噪声均衡的像素值的阵列,所述噪声均衡的像素值的阵列具有的时间噪声分布的标准偏差在信号电平的频谱上恒定;

利用所述图像数据将所述转换函数的细节记录为元数据,以使得解码器能够通过施加遵循所述时间噪声分布的噪声信号来处理所述噪声均衡的图像数据。

11.根据权利要求10所述的方法,还包括将所述图像数据转换为频域表示的步骤。

12.根据权利要求11所述的方法,还包括量化转换后的图像数据的步骤。

13.根据权利要求12所述的方法,还包括对量化的图像数据进行熵编码的步骤。

14.根据权利要求10所述的方法,其中所述转换函数通过参考所述图像传感器的噪声

模型来均衡图像数据中存在的噪声,其中所述噪声分量包括读取噪声和光子散粒噪声,并且其中所述读取噪声和所述光子散粒噪声中的每一者具有被建模为泊松过程的时间噪声分布。

图像处理方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于处理图像数据的方法和系统。更具体地,本发明涉及用于压缩包括噪 声及其解压缩的图像数据的方法和系统。

背景技术

[0002] 数字彩色相机使用图像传感器(通常是电荷耦合器件(CCD)或互补金属氧化物半导 体传感器(CMOS))以电子方式捕获现实生活场景的彩色图像。包括图像的数据通常在相机中处理并编码,用于在相机上进行内部存储或者用于从相机传输以在外部介质上存储和/或下游处理。

[0003] 数字图像捕获涉及光电转换过程,其将噪声引入图像数据中。因为噪声几乎从其创建 的时刻就包括在图像中,所以噪声必然经历与图像的非噪声分量相同的图像处理和编码例 程。对于涉及离散余弦变换(DCT)的编码技术(尤其是以较高压缩比操作的那些),倾 向于去除较高频率的图像分量,其在编码图像中表现为块型结构。通过DCT编码去除的噪声分量可以赋予编码图像中描绘的表面“塑性”外观。因此,由于这些去除的较高频率 和失真的空间噪声特性,结构细节较低的图像区域可能看起来“不自然”。

[0004] 有许多技术可以处理典型图像中存在的不可避免的噪声。这些包括信号处理方法,以 及各种类型的滤波——诸如在图像被解码之后应用的去块滤波器,其旨在衰减某些压缩伪 像。这种过滤通常试图降低块型伪像的可见性。

[0005] 本发明旨在提供一种处理这种压缩伪像的方法。

[0006] 在说明书中对任何现有技术的引用并不是对该现有技术构成任何管辖区域中的公知 常识的一部分的承认或暗示,或者该现有技术可以合理地预期被理解,被认为是相关的和 /或与本领域技术人员掌握的其他现有技术的结合。

发明内容

[0007] 根据本发明的第一方面,提供了一种处理在频域中表示的图像数据的方法,该方法包 括将噪声信号施加到图像数据以产生施加噪声的图像数据的步骤。

[0008] 本发明通过将噪声信号施加到图像而不是试图衰减或完全去除噪声来采用可被视为 图像处理的反直觉方法。

[0009] 本发明源于观察到图像噪声的某些分量和强度体验实际上能够被观看者体验为正在 观看的图像的感知上的愉悦或更真实的属性。当正在观看运动图像时尤其如此。更具体地, 由特定的光子散粒噪声分布支配的图像噪声可以被观看者感知为令人愉快的。由于这些感知上令人愉悦的图像噪声中的一些通常在压缩过程中丢失或失真,因此本发明旨在再现某 些空间和时间噪声分布,以便在解码图像中更好地表示它们。

[0010] 通常,在频域中呈现的图像数据包括由应用离散余弦变换产生的一组或更多组系数, 每组系数包括DC系数和一个或更多个AC系数。根据该实施例,可以通过修改一个或更多个组中的一个或更多个系数将噪声信号施加到图像数据。

[0011] 在某些情况下,这种修改可以包括用具有分布的伪随机数替换一个或更多个AC系数。根据该实施例,被替换的AC系数可以是具有零值的AC系数。

[0012] 根据优选实施例,该方法还包括均衡图像数据中存在的噪声的步骤,均衡步骤在施加 噪声信号的步骤之前执行。在该实施例中,对图像数据的未压缩空间表示执行均衡步骤。通常,均衡步骤包括均衡噪声,使得其幅度或标准偏差在整个图像数据上基本恒定。

[0013] 可以通过参考噪声模型来均衡噪声,噪声模型可以是由用于捕获图像数据的特定图像 传感器执行的光电转换的模型。例如,噪声模型可以通过参考其在图像数据内的时空分布 来表征噪声。噪声模型还可以解释与光电转换相关的光子散粒噪声和/或读取噪声。

[0014] 根据一些实施例,噪声模型基本上遵循正态分布。

[0015] 根据一些实施例,通过参考噪声模型来缩放施加到图像数据的噪声信号。

[0016] 可选地,该方法包括在施加噪声信号之前对图像文件应用逆量化的步骤,以及对压缩 图像进行熵解码的步骤。

[0017] 该方法还可以包括应用逆离散余弦变换的步骤。

[0018] 根据另一方面,本发明提供一种处理从图像传感器获得的图像信号的方法,该图像信 号具有具有振幅的噪声分量和具有振幅的图像分量,该方法包括:

[0019] 根据图像传感器的特性确定转换函数;以及

[0020] 将转换函数应用于图像信号以产生具有与图像分量的幅度无关的基本恒定幅度的噪 声分量的信号。

[0021] 噪声分量的“幅度”不是指噪声分量的值,而是指噪声分量的统计度量的幅度。

[0022] 该方法还可以包括将图像数据转换为频域表示的步骤。根据一些实施例,该转换包括 将离散余弦变换应用于图像数据。

[0023] 该方法还可以包括量化转换的图像数据的步骤,以及对量化的图像文件进行熵编码的 步骤。

附图说明

[0024] 现在将参考附图描述本发明的实施例,其中:

[0025] 图1是数码相机的示意图;

[0026] 图2是根据本发明实施例的方法的编码阶段的流程图;

[0027] 图2A是根据本发明实施例的方法的备选编码阶段的流程图;

[0028] 图3是根据本发明实施例的方法的解码阶段的流程图;

[0029] 图4是描绘某些图像捕获参数之间的代表性关系的示例图;

[0030] 图5是总噪声与在两个轴上转换成DN的生成电子的示例图。

[0031] 图6是将线性信号转换为噪声均衡响应(NER)的示例变换,使得图5的曲线是平坦的线;

[0032] 图7是8×8DCT的每个频域系数处的某个白噪声标准偏差的示例表面图。

[0033] 图8和9是8×8DCT的每个频域系数处的某些整形噪声标准偏差的示例表面图。

具体实施方式

[0034] 现在将参考具体示例描述本发明的实施例,但是本发明的范围不应被视为限于这

些示 例。

[0035] 图1是能够实现根据本公开的方法的相机10的示意表示。相机10包括图像捕获系统 12,其被配置为将接收的光转换为图像数据。在该示例中,图像捕获系统12包括图像传感器12A(例如CCD或CMOS图像传感芯片或类似物)和相关的光学滤波器12B(例如 IR截止滤波器或光学低通滤波器)。还提供光学系统14例如透镜以在图像传感器上形成 图像。图像传感器包括滤色器阵列(CFA),其为滤色器的空间阵列的形式,放置在图像 传感器芯片的前面,以便能够捕获彩色图像。CFA的滤波器在空间上与单个图像传感器 的光点相关,因此每个光点具有相应的光谱选择滤波器。在该示例中,所使用的CFA是 具有交替的红色、绿色和蓝色滤色器的拜耳(Bayer)CFA,但是本发明的技术不限于与 任何特定的CFA一起使用。

[0036] 由图像捕获系统12生成的视频数据被传递到图像处理子系统18。图像处理子系统18 可以包括一个或更多个数据处理器,例如ASIC或FPGA或具有相关软件的微处理器,以及被配置为执行一系列图像处理任务。提供工作存储器20以在图像处理和其他任务期间实现数据或软件等的临时存储。

[0037] 图像处理子系统18还包括视频编码系统22。视频编码系统22通常将通过提供配置成使处理器能够实现一个或更多个视频编解码器的软件来实现。该系统可用于将视频数据编码和压缩成所需格式,以及执行根据本公开的视频处理方法。所公开的方法还可以在与相机分开的处理平台上执行,例如专用外部视频记录器和通用计算机系统。

[0038] 图像处理子系统18还可以包括格式转换系统24,其将视频输出数据处理成能够更好 地通过视频传输系统26传输或者更便于下游处理的格式(例如Y'CbCr)。提供格式转换系统24以将视频数据格式化为所述视频传输格式之一,以在传送到视频传输系统26之前进行传输。这可以包括将视频数据从其原始格式转码为视频传输系统26的适当的视频传输格式(之一)。

[0039] 视频传输系统可操作以经由具有至少视频输出端口的视频接口传输(并且可选地接收) 视频输出数据(诸如到外部视频记录器或记录器/监视器)。视频接口可以是双向的,因此 还包括视频输入端口。作为示例,视频接口可以是SDI接口或其他类似接口。

[0040] 相机还包括存储器控制子系统28形式的数据存储系统,其被配置为控制本地非易失 性存储器30上的视频数据(和任何其他数据)的持久存储。本地存储器30可以使用可移除内存,如存储卡或可移除硬盘。然而,在一般情况下,存储器控制子系统28被布置成 向/从本地存储器30发送和/或接收控制信号,以控制存储器30上的视频数据的存储和检 索,并且还执行数据的任何编码或格式化以用于存储。存储器30可以是根据串行ATA协 议操作的固态驱动器,在这种情况下,存储器控制子系统将操作以控制SATA驱动器的操 作并管理对其读取和写入数据。

[0041] 通过图2的流程图示出了根据本公开的实施例的方法的编码阶段35。该方法在捕获 图像的步骤40开始。如上所述,数字图像捕获涉及首先将在图像传感器12A处接收的光转换为电荷,然后是电压,然后最终转换为数字(DN)。DN的含义取决于所使用的特定 图像表示格式,并且本发明的技术不限于任何特定格式。例如,RGB格式的图像中的每 个像素包括三个DN的矢量;每个DN用于三个颜色通道(红色、绿色和蓝色)中的每一 个,整个图像包括二维像素阵列。还可以从作为数字图像信号的角度分析二维像素阵列。

[0042] 本发明同样可以对未经过去马赛克的原始图像数据以及包括4个或更多光谱带的

图 像数据执行。

[0043] 在图像捕获之后,将转换函数(步骤50)应用于包括图像信号的每个像素。在这方面,事实是光电转换过程在其构造期间不可避免地将噪声引入图像信号中。这种引入的噪声是从图像捕获系统12的光电子元件部分和电子元件部分两者产生的,并且因为噪声从其产生的时刻开始被引入图像信号,所以噪声分量经历与信号的图像分量相同的图像处理例程。

[0044] 然而,发明人已经认识到,图像噪声的某些分量和强度实际上可以被观看者体验为正 在观看的图像的感知上的愉悦或更真实的属性。

[0045] 特别地,发明人已经认识到观察者可以体验由光子散粒噪声的特定分布支配的图像噪 声作为感知上令人愉快的属性。光子散粒噪声源于控制离散量子粒子行为的基本物理过程 及其与图像传感器的相互作用。如上所述,图像传感器12A上的光点阵列产生与在限定 的时间段(或“积分时间”)内撞击每个光点的入射光量成比例的信号。然而,即使在恒定的照明和积分时间下,由图像传感器捕获的信号总是从一次捕获到另一次捕获微妙地变化,产生光子散粒噪声的现象。

[0046] 表征光子散粒噪声的随机统计波动可以建模为泊松(Poisson)过程,其标准偏差(s_e) 由公式描述:

[0047] s_e=sqrt(N_e),

[0048] 其中N_e是像素光电二极管中产生的电子数。

[0049] 该泊松过程也可以描述为正态分布。

[0050] 另一个重要的时间噪声分量是噪声基底,也称为图像传感器12A的“读取噪声”或“s_r”。噪声基底通常包含各种噪声源的组合,包括光学和电子元件,如放大器和ADC。噪声基底也可以建模为对于特定的元件部分设置恒定的正态分布,例如固定的放大器增益。噪声基底也与积分时间和图像传感器接收的光量无关。

[0051] 对这些时间噪声源进行建模会导致总噪声:

[0052] s_total=sqrt(s_r^2+s_e^2)。

[0053] 该数量可以通过系统转换因子传输到数字域。

[0054] 知道特定图像传感器的噪声模型及其设置允许计算转换函数并将其应用于图像传感 器通常的线性信号输出,使得时间噪声的标准偏差在信号电平的频谱上基本恒定。

[0055] 这种转换信号在此描述为“噪声均衡响应”。

[0056] 如下所述,使用噪声均衡响应的这种概念还允许具有基本恒定分布的噪声被添加到图 像区域——或者甚至整个图像——与局部亮度无关。

[0057] 在转换之后,可以对噪声均衡的响应信号执行典型的图像处理(步骤60),例如去马 赛克,应用滤波器内核和/或变换到其他颜色空间(例如YCbCr)。这种处理可能必然具有改变噪声分布的效果。

[0058] 在图像处理之后,使用离散余弦变换(DCT)对噪声均衡的响应信号进行编码(步骤70)。这种编码涉及使用DCT将图像数据阵列分成大小合适的块(例如8×8)并将每个 块转换为频域表示。在计算每个块的DCT之前,可以移动其值(包含噪声均衡响应)以 确保以零为中心的范围。然后对该块进行二维DCT。这产生具有左上角入口(或DC系 数)的块,其通常具有相对较大的量值,其定义块的基本强度等级。其余系数称为AC系 数。

[0059] 以这种方式进行DCT编码允许在DCT(即频率)域中分析噪声分布。另外(并且如 下所述),由于噪声信号的幅度是已知的以及(至少在一些情况下)基本恒定,因此可以 在执行逆量化之后的解码操作期间单独地分析每个DCT块。这允许在频域中再生噪声分布,该频域紧密匹配(在感知上相似的意义上)在进行量化之前信号中存在的分布以及在 编码期间执行的其他舍入。

[0060] 此外,知道嵌入在噪声均衡响应中的噪声的标准偏差允许具有更恒定亮度的某些图像 区域的数据存储被限制为DC偏移并因此被最小化。这些区域的空间和时间噪声可以很容 易地重新生成,并在以后添加到信号中。在这方面,噪声分布的细节可以作为元数据存储 在所选择的帧头中或者存储在图像数据的其他部分中,包括分片、片段或块级。这允许解 码器(下面讨论)为每个特定帧施加适当的噪声信号。

[0061] 接下来,通过参考合适的量化矩阵来量化DCT块(步骤80)。量化产生DCT块,其 系数值在量级上小于输入。相对于给定的量化程度足够小(低幅度)的输入频率系数将被 压缩到零。当发生这种情况时,完全去除这些系数处的信号中存在的任何噪声分量。

[0062] 在量化之后,通过熵编码过程进一步压缩DCT块,这次是无损压缩的(步骤90)。这涉及将行程编码算法应用于频率数据,以及对结果数据进行霍夫曼型(Huffman-type) 编码。这产生了编码的压缩图像,其可以被写入编码图像文件100中。

[0063] 通过参考图2A中的流程图说明备选编码阶段。所示的编码方法如图2,但转换功能(图2A中的步骤65)应用于已经过处理的图像数据(图2A中的步骤55)。在步骤55中 执行的图像处理等同于在步骤60中执行的图像处理,即去马赛克,应用滤波器内核和/ 或变换到其他颜色空间(诸如YCbCr)。

[0064] 通过图3的流程图示出了根据本公开的方法的解码阶段110。解码阶段110用于回放 先前记录的图像数据,其可以在相机硬件上或在单独的处理器上发生,作为视频播放器或 编辑系统的一部分。

[0065] 对通过执行方法35生成的编码图像文件100执行方法110。执行方法110首先涉及编码图像文件100的熵解码(步骤120)。熵解码涉及完全反转编码阶段35的熵编码(步 骤90)以生成DCT块的集合,每个DCT块包括量化DCT系数的矩阵。

[0066] 然后对每个量化DCT系数块执行逆量化(步骤130)。逆量化涉及尽可能地反转编码阶段35的量化步骤(步骤80)。参考选择用于量化的相同量化矩阵(步骤80)来执行逆 量化。这样产生的去量化DCT块紧密地(但不完全)类似于原始DCT系数矩阵——即 在DCT步骤(步骤70)期间产生的DCT系数矩阵。反过来,DCT系数矩阵是频域中原 始图像文件的表示。

[0067] 通过对量化的DCT块进行去量化而实现的不完美再现是在完全解码的图像或图像序 列中看到的与压缩相关的伪像的出现的主要原因。这些伪像是由于原始频率系数被舍入到 较小数量的量化水平,包括为零。在逆量化之后,任何具有零值的系数可能最初都是被去除的小噪声或信号分量。虽然噪声分量的精确原始值永远无法恢复,但是噪声随机分布的 知识允许生成遵循该分布(或其近似)的新的随机或伪随机数据值。

[0068] 在这方面,对从逆量化步骤输出的每个DCT系数矩阵执行噪声再现(步骤140)。噪声再现涉及修改每个DCT块的AC系数。优选的修改涉及用正态分布的随机或伪随机数 代替具有零值的DCT系数矩阵的任何AC系数。伪随机数生成器可以参考每帧的标题中 存在的种子值。这是为了确保每帧上的再现噪声信号的一致性,而不管帧被解码的方式和 时间。

[0069] 噪声再现具有将正态噪声分布编码到DCT系数矩阵中的结果,从而巧妙地修改其一 个或多个分量。

[0070] 在一些情况下,这是以这样的方式实现的,即在逆DCT之后(以及在其他可选操作之后)的完全解码图像的噪声特性看起来与编码之前的原始图像中存在的噪声相同。

[0071] 由于信号的原始噪声分量在时间上和空间上都具有随机分布,因此可以创建新的随机 分布,其在每个特定块中可能不具有与量化之前存在的完全相同的值。然而,由于噪声信 号共享相同的统计分布,因此不需要精确再现系数值。

[0072] 在噪声再现之后,DCT系数矩阵(现在包括调制所需噪声信号的修改系数)经历逆DCT(步骤150)。该过程通过最初获取矩阵的二维逆DCT,将结果四舍五入为整数值并 移位整数值以恢复原始数据范围来进行。

[0073] 在逆DCT之后,可以对得到的矩阵执行可选的去块处理(步骤160),以便考虑非白噪声分布,其中与较低频率噪声分量相比,较高频率被衰减。其他可选过程包括来自任何应用的噪声均衡响应,颜色处理或其他图像处理的逆转换。

[0074] 从执行方法110产生解码图像170。

[0075] 以下讨论是在具有典型噪声特性的典型图像上执行上述方法的示例,其中:

[0076] N_e-是像素光电二极管中产生的电子数

[0077] s_e-是时间噪声的光子散粒噪声分量的标准偏差(使用单元:电子)

[0078] s_r-是时间噪声的噪声基底(或“读取噪声”)分量的标准偏差(使用单元:电子);以及

[0079] s_total-是总噪声标准偏差(使用单元:电子)

[0080] 如上所述,大多数信号范围理想地由光子散粒噪声控制,光子散粒噪声被建模为泊松 过程,并且标准偏差s_e可以通过以下方式描述:

[0081] s_e=sqrt(N_e);

[0082] 仅对这2个时间噪声源建模导致总噪声(正交求和)

[0083] s_total=sqrt(s_r^2+s_e^2)

[0084] =sqrt(s_r^2+N_e)

[0085] 当N_e为最大值时此模型采用的最大值。这表示在光饱和的光电二极管中产生的电子 数——即光电二极管的“全阱容量”。在下面的讨论中:

[0086] fwc-是全阱容量(电子);和

[0087] s_max-是总噪声的最大标准偏差

[0088] s_max=sqrt(s_r^2+fwc)

[0089] 图像传感器的这些量的典型示例值是:

[0090] s_r=3

[0091] fwc=30000

[0092] s_max=sqrt(3^2+30000)=173.23

[0093] 图4中所示的图描绘了N_e和s_total之间的代表性关系。

[0094] 这可以通过系统转换因子转移到数字域中,该系统转换因子是从电子单元到数码化数 字单元(DN)的线性缩放。

[0095] 系统转换因子以每个电子的DN为单元,具有:

[0096] dn_max-作为全阱容量映射到的DN值;

[0097] dn_off-是零电子(黑色)输入信号映射到的DN“偏移”值(注意:这不是read_noise级别的映射);以及

[0098] A_cf-作为转换因子(DN/e-)。

[0099] dn_off通常设置为大于零的基座电平,以避免钳位即使在零电子输入情况下存在的读 取噪声。

[0100] 相机图像采集的示例值为:

[0101] dn_max=65535;

[0102] dn_min,dn_off=160;

[0103] A_cf=(dn_max-dn_off)/fwc

[0104] =(65375)/30000=2.179(3d.p.)

[0105] 如图5所示,总噪声与产生的电子的表示可以在两个轴上转换为DN。

[0106] 对于输入DN值,转换回原始电子计数是

[0107] input_e=(input_DN-dn_off)/A_cf

[0108] 对于通过服从噪声而具有低于dn_min的值的输入,噪声被建模为仅是读取噪声。

[0109] 这相当于将输入电子钳位到非负值。

[0110] input_e=max{0,(input_DN-dn_off)}/A_cf

[0111] 因此,相关的总噪声被建模为 noise_e=sqrt(s_rˆ2+input_e)

[0112] =sqrt(s_rˆ2+max{0,(input_DN-dn_off)}/A_cf)

[0113] 噪声可以在数字域中重新表达为 noise_DN=A_cf*noise_e

[0114] =A_cf*sqrt(s_rˆ2+max{0,(input_DN-dn_off)}/A_cf)

[0115] 可以方便地导出将线性信号转换为噪声均衡响应(NER)的变换,使得图5的曲线变为平坦的线,在整个信号范围内具有基本恒定的噪声标准偏差。图6中示出了这种变换的示例。

[0116] 这种非线性映射的合成信号的噪声,y=f(x),其中x是线性输入DN信号,被计算为线性信号的噪声和梯度函数dy/dx=f’(x)的积。

[0117] 因此,映射必须满足:

[0118] dy/dx*noise_DN(x)=c_1(constant)

[0119] dy/dx=c_1/(A_cf*sqrt(s_rˆ2+max{0,(x-dn_off)}/A_cf))

[0120] 对于x>=dn_off,解为:

[0121] $$y=\int \frac{c_1}{A_{CF}\cdot\sqrt{s_r^2+(x-dn_{off})/A_{CF}}}dx = 2c_1\cdot\sqrt{s_r^2+(x-dn_{off})/A_{CF}}+c_2$$

[0122] 对于x<dn_off,解为:

[0123] $$y=\int \frac{c_1}{A_{CF}\cdot s_r}dx = \frac{c_1}{A_{CF}\cdot s_r}\cdot x+c_3$$

[0124] 因此,只要选择’c’常数以确保两个子范围之间的平滑连续性,就会在信号输入范围内 产生恒定的信号噪声响应。

[0125] 在变换后的信号中也使用非零基座,以确保不会钳位暗噪声的合理数量的STD偏差, 即:

[0126] bps-输出NER信号的每个样本的DN位

[0127] offset-用于NER信号的非零偏移(基座)

[0128] b-分数偏移量

[0129] 设b＝offset/2^{bpp-1}

[0130] 从线性信号到NER信号的转换定义为:

[0131] $$y(x)=\begin{cases}(2^{bps}-1)((1-b)\ (x-dn_{off})/A_{CF}/(2s_r)\ /(s_{max}-s_r)+b)\ \ where\ x<dn_{off}\\(2^{bps}-1)((1-b)(\sqrt{(x-dn_{off})/A_{CF}+s_r^2}-s_r)/(s_{max}-s_r)+b)\ \ where\ x\geq dn_{off}\end{cases}$$

[0132] 其中,进一步钳位以确保y在任何地方都是非负的。

[0133] 其中恒定噪声STD偏差值(DN)无处不在(除了钳位处)

[0134] noise_DN_NER＝dy/dx*noise_DN(x)

[0135] ＝(2^bps-1)(1-b)/2/(s_max-s_r),(常量)

[0136] 频域噪声表征

[0137] 如果不执行预压缩图像处理,则将NER图像建模为具有白噪声的空间噪声分布。这在图7中说明。

[0138] 如果压缩要完全去除(量化/舍入)这种DCT“块”中的所有噪声,则在解压缩步骤期间(在逆DCT操作之前)施加的再现噪声(步骤140)将具有类似的轮廓(尽管仅应用于具有零值的AC系数)。

[0139] 如果执行预压缩图像处理,并且包括不是带通的空间滤波操作(在实践中通常是低通), 则作为结果创建的空间协方差导致非白噪声分布,该非白噪声分布在频域中作为不同DCT频率系数的非均匀噪声水平呈现:

[0140] 这通过考虑8×8DCT在图8和图9中示出,但是任何其他尺寸的频率分解应该表现得类似。

[0141] 如果压缩要完全去除(量化/舍入)这种DCT“块”中的所有噪声,并且希望重新创建成形的噪声分布(即,而不是白噪声),则在解压缩过程(在IDCT操作之前)期间应用的再现噪声(步骤140)将具有类似的轮廓(尽管仅应用于具有零值的AC系数)。对 于所有频率系数,注入的噪声不具有相同的STD偏差。

[0142] 应当理解,在本说明书中公开和限定的本发明扩展到所提到的或从文本或附图中显而 易见的两个或更多个单独特征的所有可选组合。所有这些不同的组合构成了本发明的各种 替代方面。

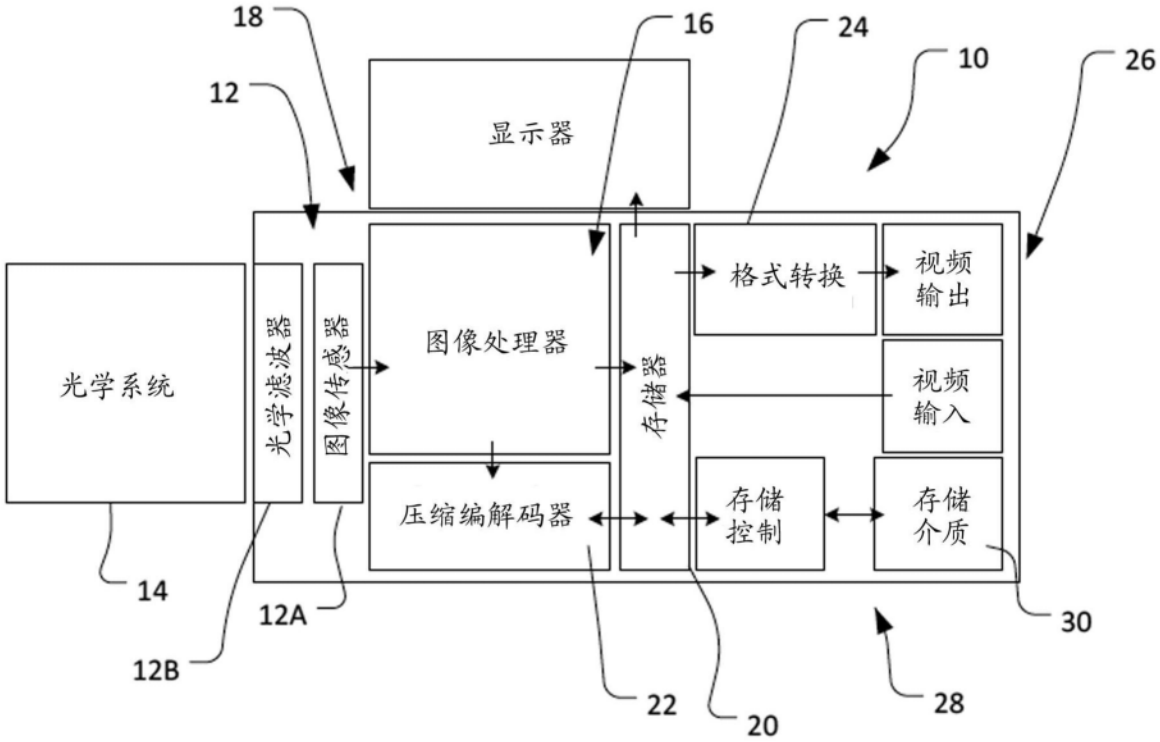

18
16
24
10
26
12
显示器
光学系统
光学滤波器
图像传感器
图像处理器
存储器
格式转换
视频输出
视频输入
压缩编解码器
存储控制
存储介质
14
12A
12B
22
20
28
30

图1

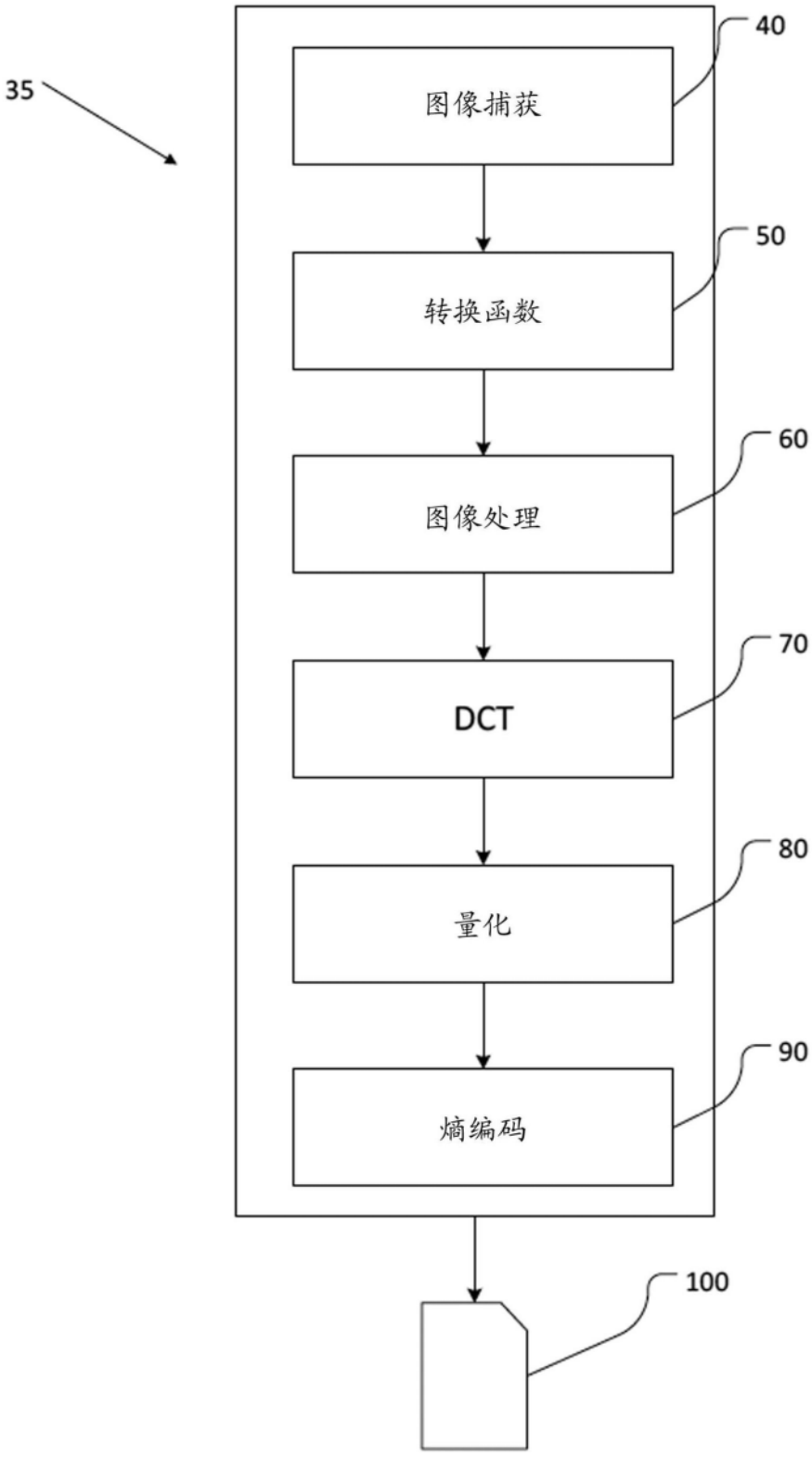


图2

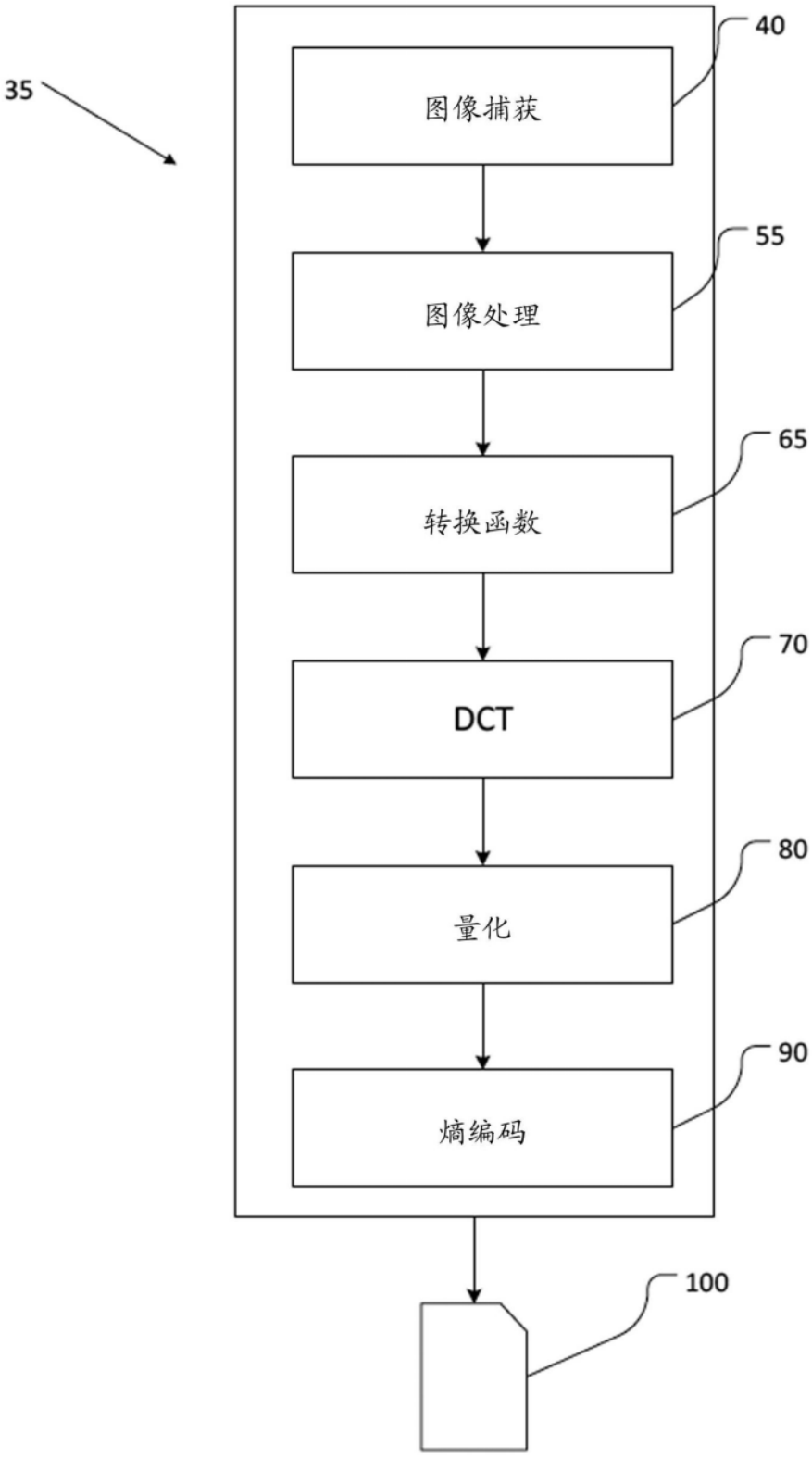


图2A

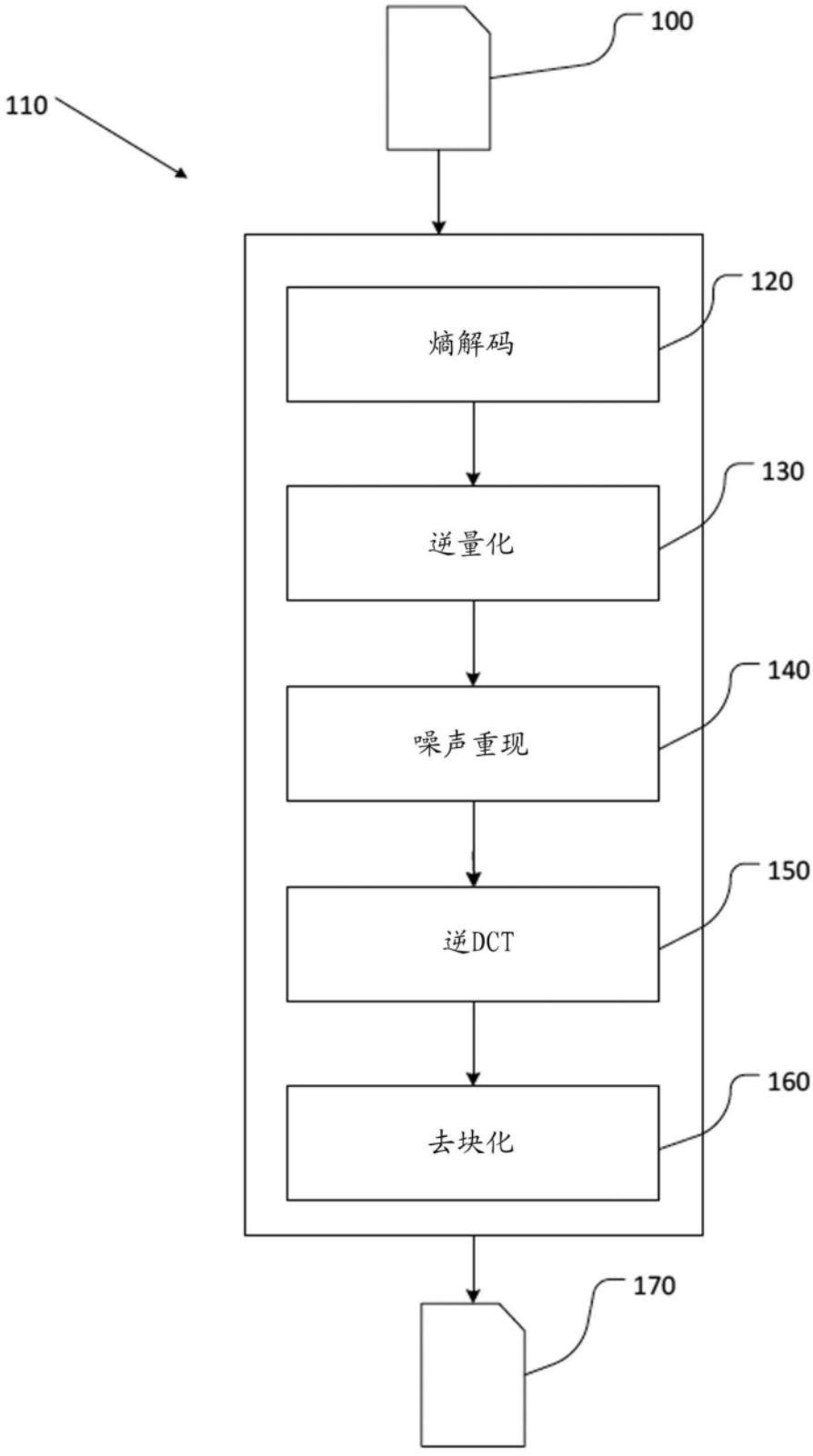


图3

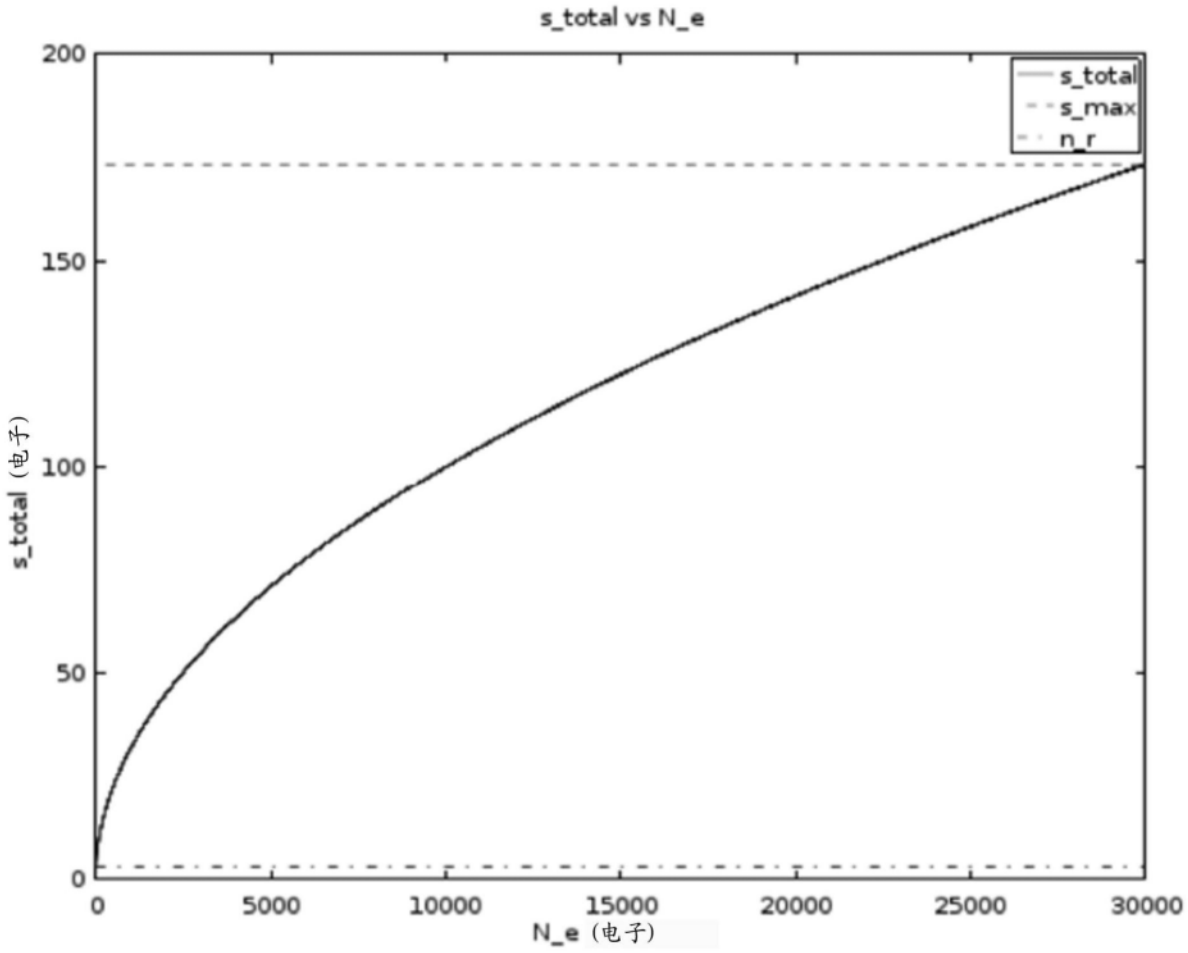

s_total vs N_e
s_total
s_max
n_r
200
150
100
50
0
s_total (电子)
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
N_e (电子)

图4

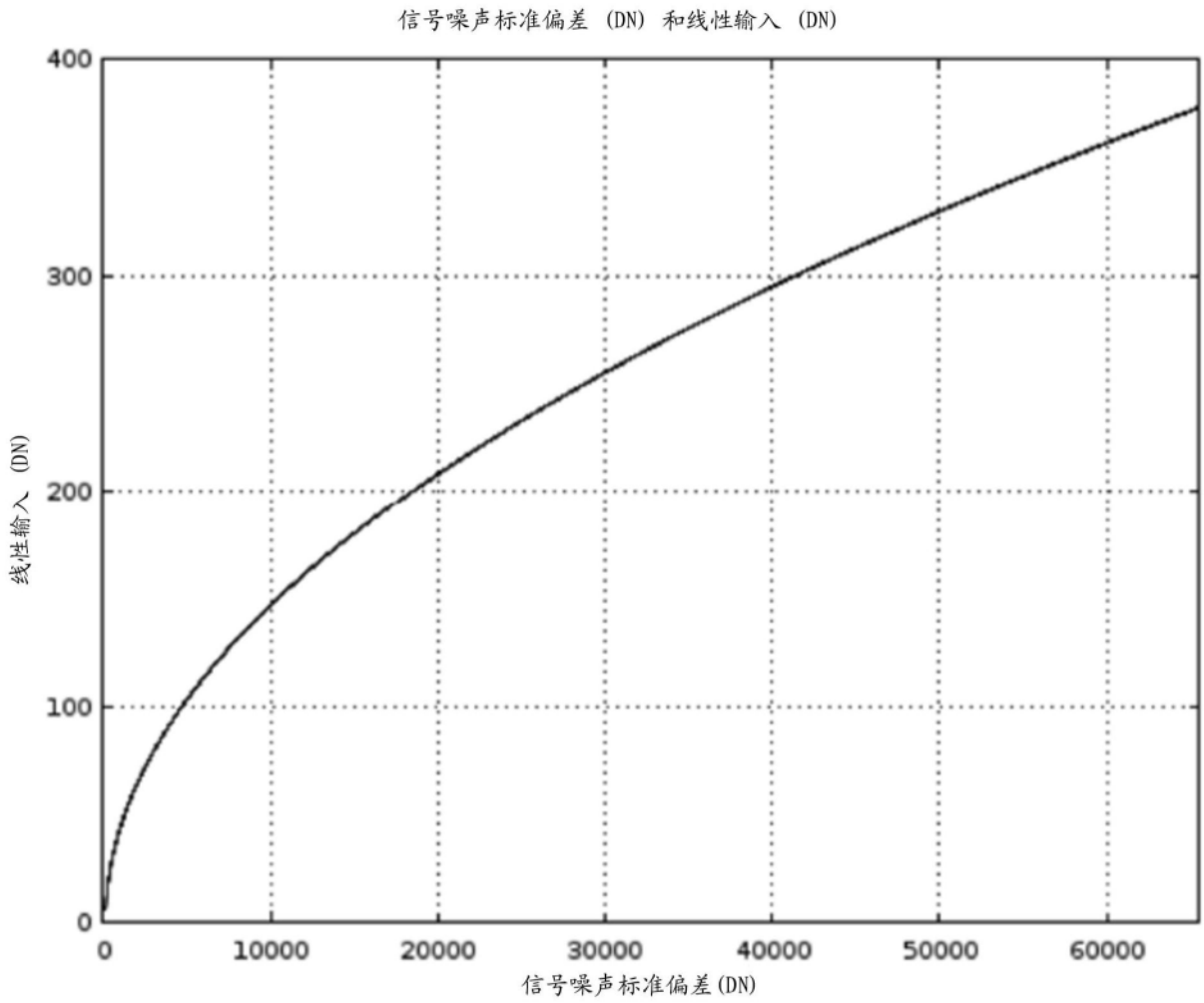

信号噪声标准偏差 (DN) 和线性输入 (DN)
400
300
200
100
0
线性输入 (DN)
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
信号噪声标准偏差(DN)

图5

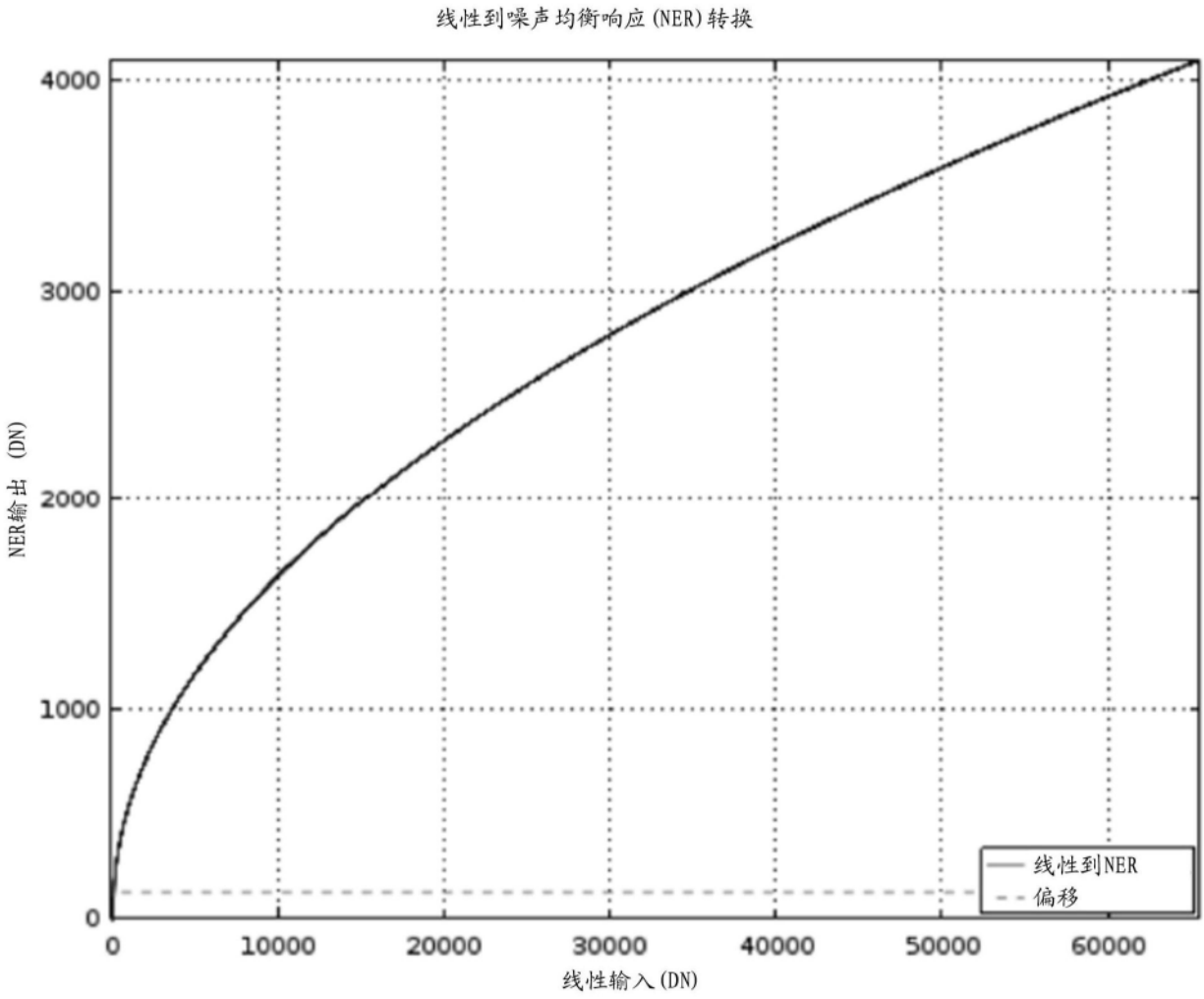

线性到噪声均衡响应(NER)转换
4000
3000
2000
1000
0
NER输出 (DN)
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
线性输入(DN)
线性到NER
偏移

图6

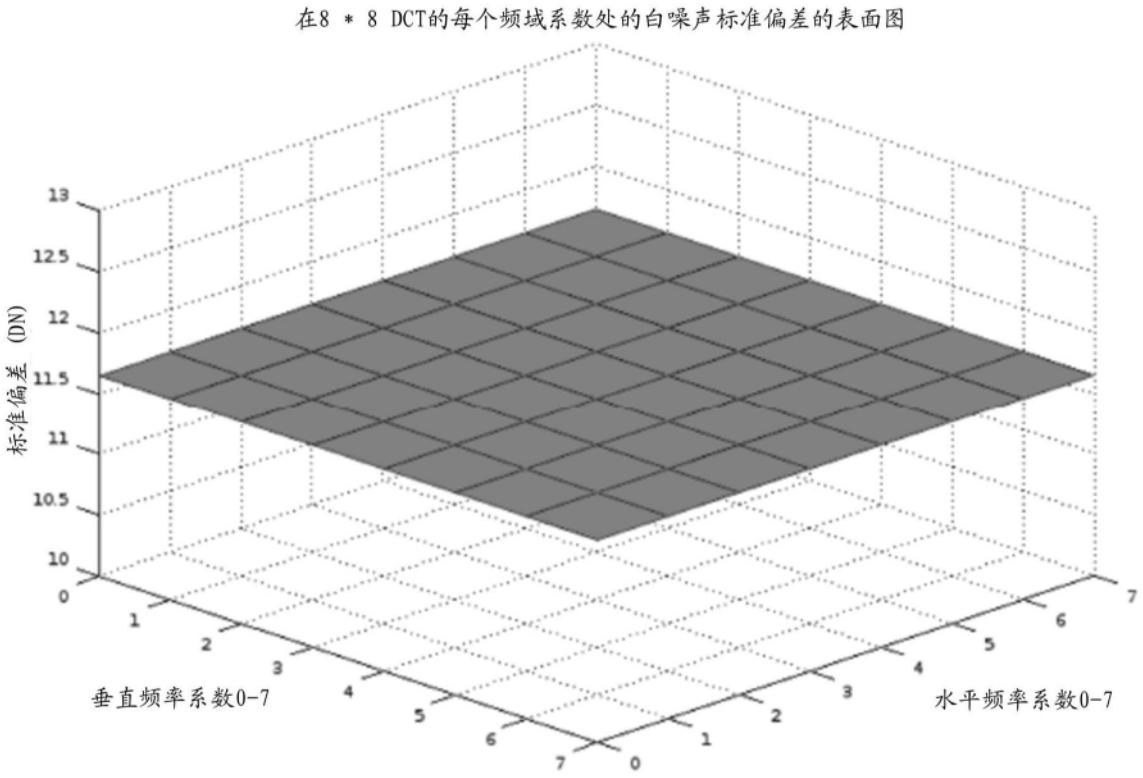

在8 * 8 DCT的每个频域系数处的白噪声标准偏差的表面图
标准偏差 (DN)
13
12.5
12
11.5
11
10.5
10
垂直频率系数0-7
水平频率系数0-7
0
1
2
3
4
5
6
7

图7

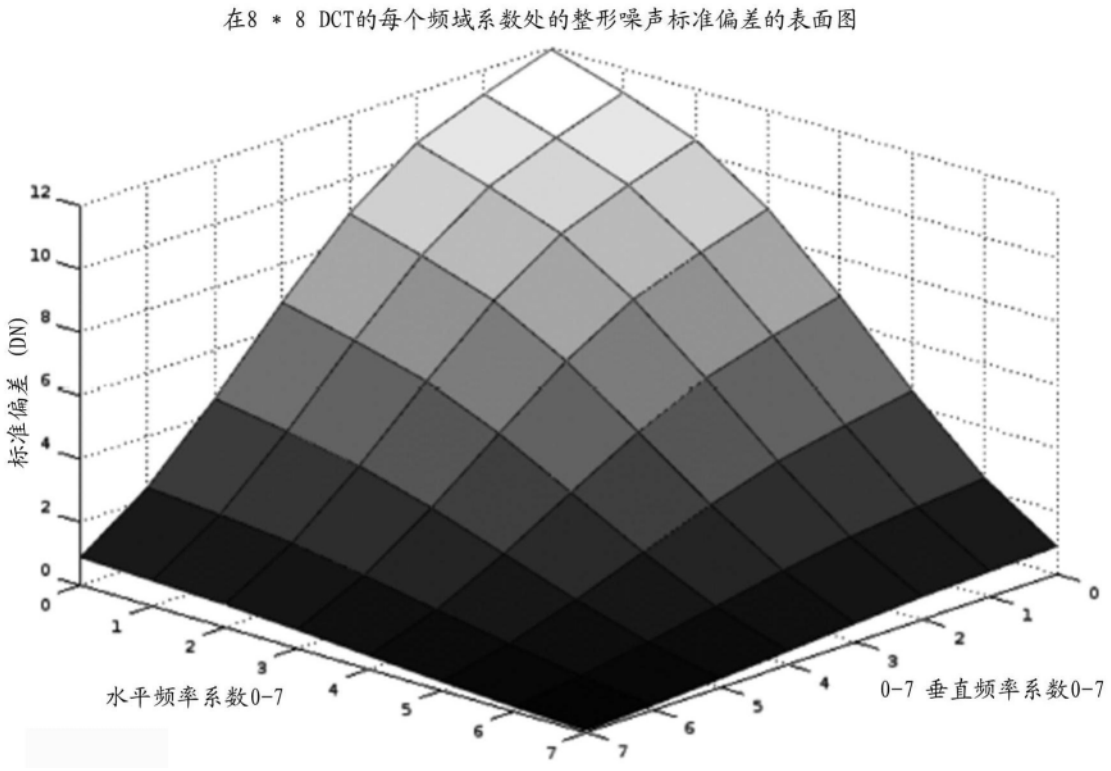

在8 * 8 DCT的每个频域系数处的整形噪声标准偏差的表面图
标准偏差 (DN)
12
10
8
6
4
2
0
水平频率系数0-7
0-7 垂直频率系数0-7
0
1
2
3
4
5
6
7

图8

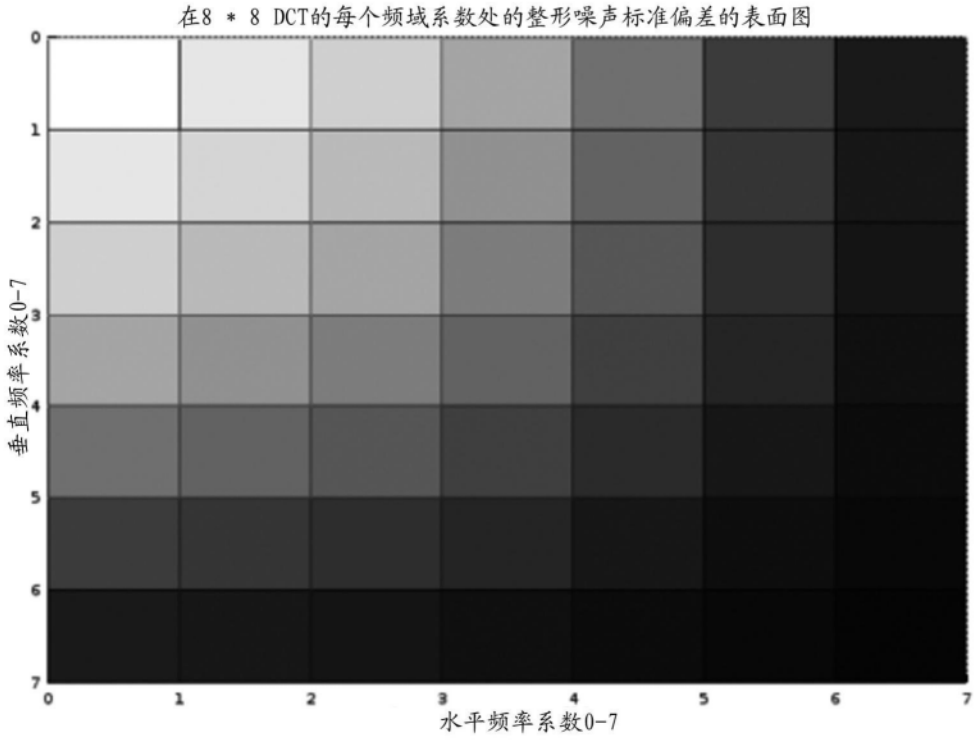

在8 * 8 DCT的每个频域系数处的整形噪声标准偏差的表面图
垂直频率系数0-7
水平频率系数0-7
0
1
2
3
4
5
6
7

图9