(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111541895 B
(45)授权公告日 2022.04.22

(21)申请号 201911014420.4
(22)申请日 2019.10.24
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111541895 A
(43)申请公布日 2020.08.14
(30)优先权数据
16/268,554 2019.02.06 US
(73)专利权人 索尼公司
地址 日本东京都
(72)发明人 M·G·萨尔沃尔 A·塔巴塔拜
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
代理人 刘凤香
(51)Int.Cl.
H04N 19/124(2014.01)
H04N 19/13(2014.01)
H04N 19/176(2014.01)
H04N 19/186(2014.01)
H04N 19/625(2014.01)
(56)对比文件
CN 102714730 A,2012.10.03
CN 108028942 A,2018.05.11
KR 20130103803 A,2013.09.24
US 2018234694 A1,2018.08.16
JP 2014011481 A,2014.01.20
CN 101895756 A,2010.11.24
审查员 胡西

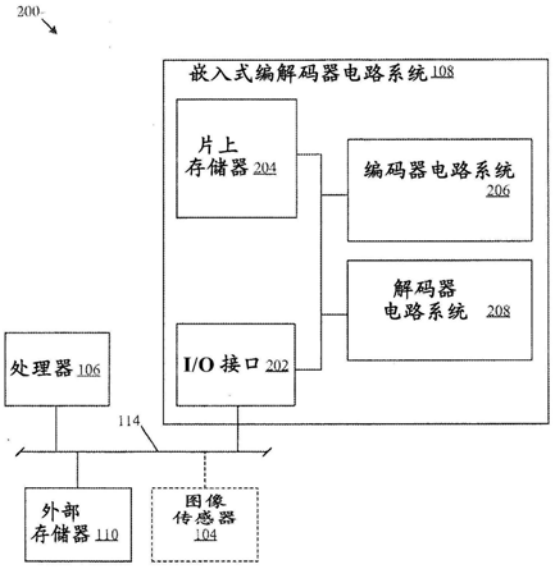
权利要求书2页 说明书17页 附图7页

(54)发明名称

用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器(EBC)电路系统

(57)摘要

本发明公开了用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器(EBC)电路系统。所述EBC电路系统包括:存储器,存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块;以及编码器电路系统,将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中。编码器电路系统在第一块中以直流到交流(DC到AC)扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合,并将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合。编码器电路系统通过应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。



CN 111541895 B

1.一种嵌入式编解码器(EBC)电路系统,包括:

存储器,被配置为存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块;以及

编码器电路系统,被配置为:

基于多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值的比较,将所述多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中,其中经量化变换的残差电平的第一集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值小于或等于阈值电平值,并且其中经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值大于阈值电平值;

在第一块中以直流到交流(DC到AC)扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合,并且将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合;以及

通过根据第一块中遵循的直流到交流扫描次序应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。

2.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为对所述多个图像块执行顺序编码方案,以生成输入图像的压缩图像数据的位流,其中压缩图像数据的位流包括所生成的编码的图像块的位流。

3.如权利要求2所述的嵌入式编解码器电路系统,其中压缩图像数据的位流包括报头信息,该报头信息指示在所述多个图像块的编码阶段应用以获得压缩图像数据的位流的顺序编码方案,其中顺序编码方案包括顺序应用前向变换,然后进行量化、残差预测以及所选择的第一熵编码方案或第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合。

4.如权利要求3所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为基于顺序编码方案对输入图像的所述多个块的应用来生成经量化变换的残差电平的所述多个块。

5.如权利要求3所述的嵌入式编解码器电路系统,其中前向变换包括一维行直接余弦变换(1D行DCT)变换和1D列DCT对输入图像的所述多个块的顺序应用。

6.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中所述比较与检查每个经量化变换的残差电平的绝对值是否小于或等于阈值电平值对应。

7.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中,当对应的图像块是亮度图像块时,第一块是亮度块。

8.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中,当对应的图像块是色度图像块时,第一块是色度U或色度V块。

9.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中第一熵编码方案是霍夫曼熵编码方案,并且第二熵编码方案是指数-哥伦布熵编码方案。

10.如权利要求9所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为基于预先指定的霍夫曼表的集合对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码,并且其中根据霍夫曼熵编码方案对经量化变换的残差电平的第一集合进行熵编码。

11.如权利要求10所述的嵌入式编解码器电路系统,其中预先指定的霍夫曼表的集合包括第一默认霍夫曼表集合和第二特定于位置的霍夫曼表集合。

12.如权利要求11所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为根据第一块中的直流到交流扫描次序从第一默认霍夫曼表集合中选择默认霍夫曼表,以对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。

13.如权利要求11所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为基于第一块中每个经量化变换的残差电平的具体位置从第二特定于位置的霍夫曼表集合中选择特定于位置的霍夫曼表,其中选择特定于位置的霍夫曼表以根据第一块中的直流到交流扫描次序对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。

14.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为根据第一熵编码方案为经量化变换的残差电平的第二集合中的每个经量化变换的残差电平生成跳过码,其中跳过码是基于预先指定的霍夫曼表的集合生成的。

15.如权利要求14所述的嵌入式编解码器电路系统,其中生成跳过码以允许解码器电路系统将每个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合中或经量化变换的残差电平的第二集合。

16.如权利要求14所述的嵌入式编解码器电路系统,其中编码器电路系统还被配置为基于将第二熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第二集合来对经量化变换的残差电平的第二集合进行编码,并且其中在针对经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的跳过码的生成之后对每个经量化变换的残差电平进行编码。

17.如权利要求1所述的嵌入式编解码器电路系统,其中第一块中的直流到交流扫描次序是这样的扫描序列,其中在第一块中扫描DC经量化变换的残差电平,然后扫描AC经量化变换的残差电平。

18.一种方法,包括:

在包括存储器和编码器电路系统的嵌入式编解码器(EBC)电路系统中:

由存储器存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块;

由编码器电路系统基于所述多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值的比较,将所述多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中,其中经量化变换的残差电平的第一集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值小于或等于阈值电平值,并且其中经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值大于阈值电平值;

由编码器电路系统在第一块中以直流到交流扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合,并且将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合;以及

由编码器电路系统通过根据第一块中遵循的直流到交流扫描次序选择性应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。

用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器(EBC)电路系统

[0001] 对相关申请的交叉引用/通过引用并入

[0002] 无。

技术领域

[0003] 本公开的各种实施例涉及嵌入式编解码器(EBC)电路系统中的图像和视频压缩和解压缩技术。更具体而言,本公开的各种实施例涉及用于残差电平数据的位置依赖熵编码的EBC电路系统。

背景技术

[0004] 用于图像压缩的成像技术的最新进展已导致对可以存储具有不同分辨率(例如,全高清(HD)4K分辨率和8K分辨率)的图像的图像捕获和显示设备中的片上编解码器的需求增加,而不会显著降级视觉质量和/或对存储器使用造成影响。常规地,在熵编码阶段,用于对图像块的一些残差电平进行编码的位数可以包括冗余位,这可以是由于常规在图像块的所有类型的残差电平上使用均匀熵编码方案。当应用统一的熵编码方案而不考虑第一块中的残差电平的位置时,在熵编码阶段的位数的冗余性进一步变化,该残差电平的位置可以指示针对图像块的信息而言具有更多压缩的区域。

[0005] 通过将所描述的系统与本公开的一些方面进行比较,常规和传统方法的进一步限制和缺点对于本领域技术人员将变得显而易见,如本申请的其余部分并参考附图所阐述的。

发明内容

[0006] 提供了用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器 (EBC)电路系统和方法,基本上如结合至少一个附图所示和/或结合至少一个附图所描述的,如权利要求中更完整地阐述的。

[0007] 通过阅读本公开的以下详细描述以及附图,可以理解本公开的这些和其它特征和优点,其中相同的标号始终表示相同的部件。

附图说明

[0008] 图1是图示根据本公开实施例的示例性媒体设备的框图,该示例性媒体设备具有用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器(EBC)电路系统和其它电路系统。

[0009] 图2是图示根据本发明实施例的具有各种外围部件的嵌入式编解码器(EBC)电路系统的框图,该EBC电路系统用于残差电平数据的位置相关熵编码。

[0010] 图3A和3B共同描绘了根据本公开实施例的用于输入图像块的经量化变换的残差电平的块的第一直方图分布和第二直方图分布。

[0011] 图4A是图示根据本公开实施例的用于由图2的EBC电路系统进行的残差电平数据

的位置相关熵编码的示例性操作的流程图。

[0012] 图4B是图示根据本公开实施例的通过由图2的EBC电路系统对二维(2D)图像块应用顺序编码方案而输出的不同块的图。

[0013] 图5A和5B共同描绘了图示根据本公开实施例的用于残差电平数据的位置相关熵编码的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0014] 可以在用于残差电平数据的位置相关熵编码的方法和嵌入式编解码器(EBC)电路系统中找到本公开的各种实施例。EBC电路系统可以包括存储器和编码器电路系统,其可以通过对图像块应用顺序编码方案来处置编码的图像块的位流的生成。所公开的EBC电路系统可以被配置为基于将经量化变换的残差电平分类为两个不同的集合来对块中经量化变换的残差电平进行编码。通过分类,可以通过不同的熵编码方案来适当地编码经量化变换的残差电平的不同集合,这也可以考虑位流的位速率的变化。基于第一块中经量化变换的残差电平的位置的合适熵编码方案的应用可以使得就每个样本所需的位数和针对编码的图像块的位流的位速率而言生成高效的代码。在子块级别应用位置相关熵编码方案还可以减少编码图像块传统所需的位数。

[0015] 例如,可以通过应用霍夫曼熵编码方案来对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码,该方案可以从霍夫曼表的集合中选择霍夫曼表。霍夫曼表的选择可以取决于块中经量化变换的残差电平的位置并且还取决于先前编码的经量化变换的残差电平的绝对值。对于经量化变换的残差电平的第二集合,可以使用第k阶指数-哥伦布编码方案。

[0016] 图1是图示根据本公开实施例的示例性媒体设备的框图,该示例性媒体设备具有用于残差电平数据的位置相关熵编码的嵌入式编解码器(EBC)电路系统和其它电路系统。参考图1,示出了媒体设备 102,其包括处理器106、嵌入式编解码器(EBC)电路系统108和外部存储器110。在一些实施例中,图像传感器104可以通信耦合到处理器106、EBC电路系统108和外部存储器110。还示出了系统总线112,该系统总线112将图像传感器104、处理器106、EBC电路系统108和外部存储器110互连。

[0017] 媒体设备102可以包括合适的逻辑、电路系统和接口,其可以被配置为将未压缩的原始图像和/或视频作为编码(即,压缩的)图像和/或视频存储在外部存储器110中。媒体设备102还可以被配置为在与媒体设备102接口的显示屏处管理媒体内容(例如,编码的图像和/或视频)的编码以及解码以及解码的媒体内容的进一步回放。媒体设备102可以包括专用的片上编解码器电路系统(诸如EBC电路系统108)以及用于存储图像(未经压缩或编码的原始图像)的外部存储器110,以及用于在媒体设备102处对媒体内容进行脱机(在没有网络的情况下)编码的其它计算电路系统。在一些实施例中,媒体设备102还可以包括一个或多个图像传感器(例如图像传感器104) 以捕获原始图像文件格式的图像(例如,具有14位的位深度的原始图像),该原始图像文件格式是未压缩的文件格式。在这种情况下,捕获的图像可以由媒体设备102的EBC电路系统108编码。媒体设备102的示例可以包括但不限于数码相机、便携式通信设备(例如,膝上型计算机、智能电话、平板电脑、平板手机、智能手表、智能眼镜等)、媒体服务器、工作站、台式计算机以及增强现实/虚拟现实/ 混合现实(AR/VR/MR)设备。

[0018] 虽然未在图1中示出，但媒体设备102还可以包括网络接口，该网络接口可以被配置为通过通信网络(在图1中未示出)管理与其它外围设备或对等连接的设备共享编码和/或原始未压缩图像和/或视频。为了简洁起见，已经从本公开中省略了网络接口和通信网络的详细描述。

[0019] 图像传感器104可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为捕获图像传感器104的视场(FOV)中的场景的原始未压缩图像或原始未压缩图像的序列。图像传感器104可以被实现为有源像素传感器，诸如互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器。在一些实施例中，代替有源像素传感器，图像传感器104可以被实现为无源像素传感器之一(诸如电荷耦合器件(CCD)传感器、过采样二进制图像传感器、平面傅立叶捕获阵列(PFCA)、背照式(BSI或BI) 传感器等)。虽然未示出，但是图像传感器104还可以包括专用微处理器(或微控制器)，该专用微处理器被配置为根据来自图像传感器 104、用于处理存储在帧缓冲器中的图像的图形处理单元(GPU)和/ 或与图像传感器104集成的存储器的图像数据进行操作。

[0020] 处理器106可以包括适当的逻辑，电路和接口，其可以被配置为执行存储在专用存储器(例如，外部存储器110或EBC电路系统 108中的片上存储器)中的既定指令。可以基于本领域中已知的多种处理器技术来实现处理器106。处理器106的示例可以包括但不限于图形处理单元(GPU)、用于处理器的协处理器(诸如专用图像协处理器)、专用数字信号处理器、中央处理单元(CPU)、基于x86 的处理器、基于x64的处理器、精简指令集计算(RISC)处理器、专用集成电路(ASIC)处理器、复杂指令集计算(CISC)处理器。

[0021] EBC电路系统108可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为响应于在EBC电路系统108处接收到的指令而根据具体的压缩因子来编码多个图像块(例如，16×9图像块或8×4图像块)，并且进一步对编码的多个图像块进行解码。在图像传感器104 进行扫描之后，多个图像块可以是输入图像(即，原始未压缩图像) 或从图像传感器104检索出的二维(2D)像素阵列的一部分。EBC 电路系统108还可以管理外部存储器110中的(一个或多个)编码的图像块的位流的存储，或者可以管理将(一个或多个)编码的图像块的位流经由专用的通信网络向其它媒体设备(例如，便携式媒体播放器)的传送。

[0022] EBC电路系统108可以被实现为与媒体设备102的其它计算电路系统接口的专用硬件编码器/解码器。在这样的实施方式中，EBC 电路系统108可以与具体计算电路系统上的具体形状因子相关联。具体计算电路系统的示例可以包括但不限于现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(PLD)、专用集成电路(ASIC)、可编程ASIC(PL-ASIC)、专用集成部分(ASSP)以及基于标准微处理器(MPU)或数字信号处理器(DSP)的片上系统(SOC)。根据另一个实施例，EBC电路系统108还可以与图形处理单元(GPU) 接口，以并行化EBC电路系统108的操作。根据又一个实施例， EBC电路系统108可以被实现为存储在存储器中的可编程指令和媒体设备102的硬件电路系统上的逻辑单元(或可编程逻辑单元)的组合。

[0023] 外部存储器110可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为存储输入图像(未压缩的原始或编码的)或输入图像序列。外部存储器110还可以被配置为充当图像缓冲器，以存储从图像传感器104检索的原始未压缩图像块(2D)。此外，外部存储器110可以存储与可以由EBC电路系统108选择性地应用以生成(一个或多个)编码的图像块的位流的顺序编码/解码方案相关联的指令。在示例性实施例中，外部存储器110可以是可以与EBC电路系统108在外部接口的动态随机存取存储器(DRAM)电路。在另一个示例性实施例中，外部

存储器110可以是可以与EBC电路系统108在外部接口的静态随机存取存储器(SRAM)电路。外部存储器110的实现的进一步的示例可以包括但不限于随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、硬盘驱动器(HDD)、固态驱动器(SSD)、CPU高速缓存或安全数字 (SD)卡。

[0024] 虽然未在图1中示出,但是媒体设备102还可以包括视频编解码器,该视频编解码器可以由可以包括高级视频编解码器(AVC)/媒体专家组(MPEG-4/AVC)或H.264、MPEG-4/HEVC或H.265等的已知编解码器标准实现。此外,视频编解码器可以被其它编解码器库支持,这些编解码器库可以包括FFmpeg、Xvid、DIVx、VP1-9、 Windows Media编解码器、FFavs等。

[0025] 系统总线112可以是硬件总线,其可以包括耦合到媒体设备102 的不同部件的数据通道(或导电路径)集合。换句话说,系统总线 112可以至少互连媒体设备102的不同部件的数据端口、地址端口和控制信号端口。例如,系统总线112可以将图像传感器104、处理器106、EBC电路系统108、外部存储器110和其它电路系统彼此互连。系统总线112可以被配置为促进媒体设备102板上的不同部件之间的串行数据通信或并行化数据通信。系统总线112的示例可以包括8位并行单系统总线、16位并行单系统总线、32位并行单系统总线、64 位并行单系统总线、串行数据总线等。

[0026] 在操作中,输入图像的多个图像块(即,2D图像块)可以由媒体设备102的外部存储器110接收。在一些实施例中,可以从片上图像传感器(诸如图像传感器104)或连接到媒体设备102的相机设备顺序地检索来自多个图像块的第一图像块。在其它实施例中,多个图像块可以从存储在媒体设备102的持久性存储装置中的未压缩原始图像的逻辑分区中检索,或者从其它媒体存储设备(诸如相机、数据服务器,等等)在外部接收。

[0027] EBC电路系统108可以被配置为顺序地从外部存储器110或图像传感器104接收来自多个图像块的第一图像块。EBC电路系统108 可以被配置为对第一图像块执行顺序编码方案,以生成编码的图像块的位流。类似地,EBC电路系统108可以被配置为对多个图像块执行顺序编码方案,以生成输入图像的压缩图像数据的位流。压缩图像数据的位流可以包括所生成的编码的图像块的位流。压缩图像数据的位流可以包括报头信息,该报头信息可以指示在多个图像块的编码阶段应用以获得压缩图像数据的位流的顺序编码方案。顺序编码方案可以包括顺序应用前向变换,然后进行量化、残差预测和一个或多个熵编码方案。在顺序编码方案中,EBC电路系统108还可以被配置为从输入图像的多个图像块中选择第一图像块。此后,EBC电路系统 108可以被配置为对第一图像块应用前向变换,以生成多个变换系数。

[0028] 根据实施例,前向变换可以包括对输入图像的多个图像块的第一图像块顺序地应用一维行直接余弦变换(1D行DCT)变换和1D列 DCT。1D行DCT继之以1D列DCT的顺序应用可以被称为行-列 DCT方法。在行-列DCT方法中,可以通过顺序应用1D行DCT和 1D列DCT来针对第一图像块计算2D DCT。这里,1D行DCT的应用可以与对第一图像块的每一行应用1D DCT变换以生成多个按行变换的系数对应,并且1D列DCT的应用可以与对按行变换的系数的块的每一列应用1D DCT变换以生成多个变换系数对应。

[0029] 根据实施例,前向变换可以基于正弦单元变换的族(其包括正交基或本征向量的族)。1D前向变换的示例可以包括但不限于I-VIII 型离散余弦变换(DCT)、I-VIII型离散正

弦变换(DST)、离散小波变换(DWT)和双树复数小波变换(DCWT)。

[0030] 根据实施例,第一图像块可以被表示为YCbCr色彩空间中的亮度图像块、色度蓝色图像块或色度红色图像块的组合。在这种情况下,EBC电路系统108可以被配置为对亮度图像块、色度红色图像块和色度蓝色图像块分别应用前向变换,诸如行-列DCT方法,以分别生成变换系数的亮度块、色度-U块和色度-V块。

[0031] EBC电路系统108还可以被配置为量化用于第一图像块的多个变换系数,以生成多个经量化变换的电平。类似地,除了第一图像块以外的图像块的多个变换系数可以被进一步量化,以生成对应的多个经量化变换的电平。因此,EBC电路系统108可以被配置为在针对多个图像块中的每个图像块的多个变换系数进行顺序量化之后生成经量化变换的电平的多个块。

[0032] 根据实施例,EBC电路系统108可以被配置为量化亮度块、色度-U块和色度-V块中的每一个中的多个变换系数,以生成对应的多个经量化变换的电平。多个经量化变换的电平可以通过多个离散的量化区间(bin)彼此分离。还可以自适应地(或均匀地)选择多个量化区间的步长,以高效地将变换系数的1D子块量化为多个经量化变换的电平。每个经量化变换的电平可以是来自量化区间的上限和下限的中间值,例如,“(155,175)”的量化区间可以包括“(155+175)/2”(即,“165”)的经量化变换的电平。通过量化, EBC电路系统108可以从变换域数据(即,用于第一图像块的多个变换系数)中移除冗余系数信息,而没有视觉上明显的质量降级。

[0033] 可以基于量化参数(QP)来确定多个量化区间,该量化参数可以根据用于对媒体内容进行编码或解码的自适应量化方案以既定的速率变化。QP可以从0变化到编码的图像块(即,2D图像块)的位流的位深度。例如,压缩图像块的8位位流的QP对于变换系数的第一块可以被选择为“7”,并且对于变换系数的第二块可以被选择为“0”,这可以暗示变换系数的第一块可以以比第二块更精细的步长来量化,并且可以根本不量化第二块。

[0034] EBC电路系统108还可以被配置为将残差预测方案应用于经量化变换的电平的多个块,其中每个块可以包括用于对应的2D图像块 (诸如第一图像块)的多个经量化变换的电平。在应用残差预测方案之后,可以从经量化变换的电平的多个块获得经量化变换的残差电平的多个块。根据实施例,EBC电路系统108可以被配置为针对多个图像块中的第一图像块对亮度块、色度-U块和色度-V块中的多个经量化变换的电平选择性地应用残差预测方案。作为示例,残差预测方案的选择性应用可以包括:仅对亮度块的(一个或多个)经DC量化变换的电平进行脉冲编码调制(PCM)编码,并且对色度-U和色度- V块的所有DC和AC经量化变换的电平进行PCM编码。

[0035] 可以将用于对应的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块存储在存储器中,诸如外部存储器110或EBC电路系统108中的片上存储器(例如,专用SRAM或片上高速缓存)。残差预测方案的示例可以包括但不限于PCM方案、差分脉冲编码调制(DPCM)方案或自适应DPCM(ADPCM)方案。在DPCM和ADPCM方案中,不是利用每个经量化变换的电平,而是从参考量化电平预测残差。

[0036] 第一块可以包括多个经量化变换的残差电平,其还可以包括DC 经量化变换的残差电平和多个AC经量化变换的残差电平。例如,“64”个经量化变换的残差电平的“8×8”块可以包括“1”个DC 经量化变换的残差电平和“63”个AC经量化变换的残差电平。在此,“DC”

和“AC”分别表示表现出零频率和非零频率的经量化变换的残差电平。换句话说，“DC”表示直流(DC)项，它是图像块或子块中的第一项，因此表现出零频率，其余元素被称为表现出非零频率的交流(AC)项(也称为AC值或系数)，这在图像压缩域中是众所周知的。因此，AC经量化变换的残差电平与AC系数的经量化变换的残差电平对应，并且DC经量化变换的残差电平与DC系数的经量化变换的残差电平对应。

[0037] 根据实施例，EBC电路系统108可以被配置为计算第一块的多个经量化变换的残差电平的绝对值的直方图分布，以便对第一块中的多个经量化变换的残差电平进行熵编码。直方图分布可以指示第一块中的多个经量化变换的残差电平的绝对值的变化程度。换句话说，直方图分布可以包括表示一定范围的经量化变换的残差电平的不同区间，并且可以将多个经量化变换的残差电平中的每一个分配给合适的区间，并且不同区间可以指示在对应区间中分配的经量化变换的残差电平的计数。EBC电路系统108可以利用直方图分布来对第一块中的多个经量化变换的残差电平进行分类。

[0038] EBC电路系统108可以被配置为将第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中。可以基于将多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值进行比较来进行分类。例如，第一集合可以包括具有大于“5”的绝对值(即，阈值电平值)的所有经量化变换的残差电平，第二集合可以包括具有小于或等于5的绝对值(即，阈值电平值)的所有经量化变换的残差电平。

[0039] 该分类可以是逻辑分类，其中第一块中的多个经量化变换的残差电平仍可以被处理为单个块，而没有分类驱动的经量化变换的残差电平的重新布置。在熵编码阶段，EBC电路系统108可能需要检测在第一块中的具体位置处的经量化变换的残差电平是属于经量化变换的残差电平的第一集合还是经量化变换的残差电平的第二集合。当 EBC电路系统108正在扫描第一块时，每当经量化变换的残差电平被识别为来自经量化变换的残差电平的第一集合时，EBC电路系统 108就可以被配置为对每个经量化变换的残差电平应用第一熵编码方案(例如，霍夫曼熵编码方案)。当EBC电路系统108正在扫描第一块时，每当经量化变换的残差电平被识别为来自经量化变换的残差电平的第二集合时，EBC电路系统108可以被配置为基于第一熵编码方案(例如霍夫曼熵编码方案)生成跳过码。跳过码可以充当触发码，该触发码在被检测到时(例如，被编码器电路系统或解码器电路系统)指示当前扫描的经量化变换的残差电平(或位的编码部分)属于经量化变换的残差电平的第二集合并且具有大于阈值电平值的绝对值。此后，在生成用于对应的经量化变换的残差电平的跳过码之后，EBC电路系统108可以被配置为对经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平应用第二熵编码方案(例如，k阶指数-哥伦布熵编码方案)。根据DC到AC扫描次序，随后是第一块中的EBC电路系统108，第一熵编码方案或第一熵编码方案(以生成跳过码)和第二熵编码方案的组合可以应用于第一块中的多个经量化变换的残差电平。DC到AC扫描次序可以是这样的扫描序列，其中可以在第一块中扫描DC经量化变换的残差电平，然后扫描AC经量化变换的残差电平。因此，基于第一块中根据DC到AC扫描次序的经量化变换的残差电平的位置来选择性地应用不同的熵编码方案可以被称为针对第一块中的多个经量化变换的残差电平的位置相关熵编码方案。

[0040] EBC电路系统108还可以被配置为通过选择性地对经量化变换的残差电平的第一

集合应用第一熵编码方案以及对经量化变换的残差电平的第二集合应用第一熵编码方案和第二熵组合的组合来生成编码的图像块的位流。跳过码可以是位流的一部分并且可以在与可以属于经量化变换的残差电平的第二集合的经量化变换的残差电平相关联的代码(表示经量化变换的残差电平的位集合)之前。

[0041] 例如,“4×4”块可以包括“16”个经量化变换的残差电平,其中“9”个经量化变换的残差电平的绝对值可以大于阈值电平值“5”以及“7”个经量化变换的残差电平的绝对值可以小于或等于“5”。EBC电路系统108可以被配置为通过应用霍夫曼熵编码方案来对“9”个经量化变换的残差电平进行编码,以生成“3位/代码”的“9”个霍夫曼码(或代码)的位流,即,总计“27位”。由于“7”个经量化变换的残差电平的绝对值大于“5”,因此霍夫曼码可能需要更多的位来对这种经量化变换的残差电平进行编码。因此,EBC电路系统108可以被配置为生成“2位”的跳过码,并通过对经量化变换的残差电平(来自“7”个经量化变换的残差电平)与阈值电平值的差应用指数-哥伦布方案来对经量化变换的残差电平与阈值电平值之差 (例如,“7”-“5”或“2”)进行编码。由于指数-哥伦布熵编码方案对小值进行编码使用的位比其它熵编码方案使用的位少,因此“7”个经量化变换的残差电平可以按每个电平“3位”进行编码。因此,可以通过每个电平“3”位和每个跳过码附加的“2”位来编码“7”个经量化变换的残差电平,即,总共“35”位。霍夫曼码可以对于“7”个经量化变换的残差电平每个电平可以已经使用了多于“5”位,因此基于位置的熵编码减少了用于编码经量化变换的残差电平的第一块的位数量,这可能有助于增加经量化变换的残差电平的第一块的压缩因子。

[0042] 根据实施例,EBC电路系统108的EBC解码器电路系统(图1 中未示出)可以被配置为预存储不同的编码表(例如,用于霍夫曼熵编码方案、指数-哥伦布熵编码方案等的自定义编码表)和量化表。因此,编码的图像块的位流可以不需要包括不同的编码表和量化表。根据实施例,EBC电路系统108可以被配置为生成编码的图像块的位流,使得该位流可由外部解码器解码,该外部解码器可以利用不同的解码方案来解码编码的图像块的位流。在这种情况下,EBC电路系统108可以被配置为在与编码的图像块的位流相关联的报头信息或不同元流中添加不同的编码表(例如,用于霍夫曼熵编码方案、指数 -哥伦布熵编码方案等的自定义编码表)和量化表。通过在位流中添加这样的自定义表和量化表,EBC电路系统108的输出可以由其它解码器电路系统可解码。

[0043] 根据实施例,编码的图像块的位流可以作为输入图像(诸如2D 图像)的一部分存储在诸如外部存储器110或EBC电路系统108中的片上存储器之类的存储器中。编码的图像块的位流可以在不同的应用中具有多种实施方式。其中一些实施方式已经在本文简明地给出。在一个实施方式中,处理器106可以被配置为经由系统总线112将编码的1D图像块的位流传送到显示电路系统(例如,视频卡)的帧缓冲器(或帧存储装置),其中显示电路系统与媒体设备102的系统总线112通信地耦合(或接口)。帧缓冲器可以充当显示电路系统的压缩帧缓冲器。显示电路系统(图1中未示出))可以解码并进一步利用图像块的位流来将图像的补丁显示到媒体设备102的显示屏上。在另一个实施方式中,处理器106可以被配置为经由系统总线112将编码的图像块的位流传送到媒体设备102中的解码器缓冲器,诸如视频解码器的解码器图片缓冲器(DPB)、用于图像解码器的缓冲器存储器或视频编解码器的编码图片缓冲器(CPB)。

[0044] 在示例性实施方式中,媒体设备102可以是相机(诸如数字摄像机或数字图像相

机)，并且编码的图像块的位流可以与直接从相机中的CMOS传感器接收的像素值的2D阵列对应。在具体场景中，可以在CMOS传感器电路系统中实现EBC电路系统108。EBC电路系统108的详细操作已经例如在图2、3和4中进一步详细描述。

[0045] 图2是图示根据本公开实施例的具有各种外围部件的嵌入式编解码器(EBC)电路系统的框图，该EBC电路系统用于残差电平数据的位置相关熵编码。结合图1中的元素来解释图2。参考图2，示出了EBC电路系统108的框图200。EBC电路系统108可以包括输入/ 输出(I/O)接口202、片上存储器204、编码器电路系统206和解码器电路系统208。在框图200中，还示出了经由系统总线112通信地耦合到EBC电路系统108的图像传感器104、处理器106和外部存储器110。在一些实施例中，处理器106和外部存储器110可以在 EBC电路系统108内部实现，而不背离本公开的范围。

[0046] I/O接口202可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为管理多个I/O端口，以促进经由系统总线112来自其它外围电路系统(例如，外部存储器110、处理器106或图像传感器104)的通信数据的交换。通信数据可以包括编码的图像块的位流、控制信号、CPU指令等。I/O端口的配置可以取决于EBC电路系统108的规范，例如，ASIC、FPGA或SoC芯片中的物理I/O引脚。

[0047] 片上存储器204可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为存储可以被EBC电路系统108的不同部件用来对图像块进行编码的不同操作数据(例如，变换域数据、残差电平、量化电平、熵编码位等)。片上存储器204可以被配置为存储的操作数据的示例可以包括但不限于编码的图像块的位流、变换域数据、经量化变换的电平、经量化变换的残差电平以及1D/2D图像块。片上存储器204 可以被实现为用既定的存储器规范(诸如R/W速度、存储器尺寸、制造因素等)设计的具体存储器。片上存储器204的示例可以包括但不限于静态随机存取存储器(SRAM)、动态存取存储器(DRAM) 和静态动态RAM(SD-RAM)。

[0048] 编码器电路系统206可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为通过对图像块应用顺序编码方案(包括位置相关熵编码方案)来生成编码的图像块的位流，以存储在诸如片上存储器204或外部存储器110之类的存储器中。编码器电路系统206可以被优化以减少可以用于编码经量化变换的残差电平的块(与图像块对应)的位数，以提高输入的图像块的压缩效率和/或压缩因子。在一些实施例中，编码器电路系统206可以是硬件编码器芯片，其可以基于ASIC、可编程逻辑设备(PLD)、SOC、FPGA、数字信号处理器(DSP) 或其它专用电路之一来实现。在其它实施例中，编码器电路系统206 可以被实现为硬件和片上存储器204中存储的指令集(例如，基于 VHDL或HDL逻辑的指令)的组合。

[0049] 解码器电路系统208可以包括合适的逻辑、电路系统和接口，其可以被配置为基于报头信息和触发将经量化变换的残差电平分类成不同集合(诸如经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合)的位流中的跳过码集合来解码编码的图像块的位流。解码器电路系统208可以具有预存储的量化表和编码表，这些表可以充当解码器电路系统208对编码的图像块的位流进行解码的参考。在一些实施例中，解码器电路系统208可以是硬件编码器芯片，其可以基于ASIC、可编程逻辑设备(PLD)、SOC、FPGA、数字信号处理器(DSP)或其它专用电路之一来实现。在其它实施例中，解码器电路系统208可以被实现为硬件和片上存储器204中存储的指令集 (例如，基于VHDL或HDL逻辑的指令)的组合。

[0050] 在操作中，可以从输入图像的多个图像块中生成经量化变换的残差电平的多个

块，并将其进一步存储在诸如外部存储器110或片上存储器204之类的存储器中。多个块可以是与多个图像块对应的残差电平数据，也被称为输入图像的补丁。可以基于针对经量化变换的电平的多个块顺序应用1D前向变换、随后的量化以及残差预测来生成经量化变换的残差电平的多个块。例如，“1280×720”输入图像具有“80”个“16×9”图像块。编码器电路系统206可以被配置为通过对“80”个图像块中的每个“16×9”图像块顺序应用“16×1”行DCT-II变换、“16×1”列DCT-II变换、使用量化参数“7”进行量化、然后对“80”个图像块的每个“16×9”块中的经量化变换的电平进行PCM编码来生成经量化变换的残差电平的多个“16×9”块。

[0051] 为了对经量化变换的残差电平的多个块进行熵编码，编码器电路系统206可以被配置为从存储器(诸如外部存储器110或片上存储器 204)中检索多个块中的第一块。第一块可以包括DC经量化变换的残差电平和多个AC经量化变换的残差电平，例如，“16×16”块可以具有一个DC经量化变换的残差电平和“15”个AC经量化变换的残差电平。

[0052] 在某些实施例中，当对应的图像块是亮度图像块时，第一块是亮度块，而当对应的图像块是色度图像块时，第一块是色度-U或色度- V块。而且，对于第一RGB图像块，编码器电路系统206可以被配置为将RGB(或BGR)图像块变换成亮度块、色度-U块和色度-V 块。亮度块、色度-U块或色度-V块中的AC经量化变换的残差电平的绝对值可以根据模式发生变化，这可以指示具有高频AC经量化变换的残差电平和和低频AC经量化变换的残差电平的具体区域。

[0053] 第一块中的DC和AC经量化变换的残差电平的位置可以基于为对第一图像块(与第一块对应)中的多个像素值连续应用1D行变换和1D列变换而选择的方向(例如，扫描次序)。例如，1D行DCT 变换的应用可以在第一块的不同行中的第一位置处生成DC变换系数，并且在后续位置处生成其余的AC变换系数。类似地，在应用1D行变换之后相继应用1D列DCT变换可以在第一位置处生成DC变换系数并在第一块的不同列中的后续位置处生成其余的AC变换系数。

[0054] 编码器电路系统206可以被配置为将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中。可以基于将多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值进行比较来进行多个经量化变换的残差电平的分类。该比较可以与检查第一块中的多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平的绝对值是否小于、等于或大于阈值电平值对应。根据实施例，经量化变换的残差电平的第一集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值可以小于或等于阈值电平值。根据实施例，经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值大于阈值电平值。

[0055] 根据实施例，编码器电路系统206可以被配置为生成第一块(例如，亮度块、色度-U块或色度-V块)中的多个经量化变换的残差电平的直方图分布。直方图分布可以具有多个区间，例如，第一区间对于经量化变换的残差电平的绝对值可以具有范围“[0,5]”(包括“5”)。随后的区间可以覆盖位于“[0,5]”范围之上的经量化变换的残差电平的绝对值。编码器电路系统206可以被配置为将可以具有在第一区间的范围内的绝对值的经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合中。类似地，编码器电路系统206可以被配置为将可以具有在第一区间的范围之上的绝对值的经量化变换的残差电平分类到经量化

变换的残差电平的第二集合中。

[0056] 编码器电路系统206还可以被配置为对经量化变换的残差电平的第一集合应用第一熵编码方案，并且对经量化变换的残差电平的第二集合应用第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合。第一熵编码方案或第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合的应用可以在第一块中以 DC到AC扫描次序执行。在第一块中的DC到AC扫描次序可以是这样的扫描序列，其中可以在第一块中先扫描DC经量化变换的残差电平，然后再扫描AC经量化变换的残差电平。更具体而言，通过遵循DC到AC扫描次序，编码器电路系统206可以被配置为在第一熵编码方案和第二熵编码方案之间切换。该切换可以基于第一块中的经量化变换的残差电平(DC或AC)的位置以及第一块中的具体位置处的经量化变换的残差电平是位于经量化变换的残差电平的第一集合中还是经量化变换的残差电平的第二集合中。

[0057] 根据实施例，第一熵编码方案可以是霍夫曼熵编码方案，并且第二熵编码方案可以是指数-哥伦布熵编码方案。编码器电路系统206 还可以被配置为基于预先指定的霍夫曼表的集合来对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。可以根据霍夫曼熵编码方案对经量化变换的残差电平的第一集合进行熵编码。预先指定的霍夫曼表的集合可以包括第一默认霍夫曼表集合和第二特定于位置的霍夫曼表集合。

[0058] 根据实施例，预先指定的霍夫曼表的集合可以包括第一特定于位置的霍夫曼表(“T_0”)、第二特定于位置的霍夫曼表(“T_1”)、第三特定于位置的霍夫曼表(“T_2”)。而且，预先指定的霍夫曼表可以包括用于亮度块的第一默认霍夫曼表(“T_3”)和用于色度-U 或色度-V块的第二默认霍夫曼表(“T_4”)。表1示出了预先指定的霍夫曼表的集合，如下所示：

[0059]

电平	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4
0	0	10	0	10	0
1	10	0	110	10	10
-1	110	1	111	11	11
Abs(2)	1111	110	1	110	10
Abs(3)	11101	1111	101	0	11
Abs(4)	111001	11101	1001	1111	100
Abs(5)	1110001	111001	10001	1110	101
跳过码	1110000	111000	10000	1	11

[0060] 表1:预先指定的霍夫曼表

[0061] 在表1中，用于不同的经量化变换的残差电平的霍夫曼码，即，“0”、“1”、“-1”、abs(“2”)、abs(“3”)、abs(“4”)和 abs(“5”)，已经分别在T0、T1、T2、T3和T4中提供。此外，用于跳过码的霍夫曼码在第一块中的DC到AC扫描次序中的具体位置处检测到的经量化变换的残差电平大于阈值(例如，阈值“5”)时生成。默认霍夫曼表和特定于位置的霍夫曼表的选择可以基于编码器电路系统206在熵编码阶段遵循的不同规则来完成。这些规则已在本文讨论。

[0062] 根据实施例，编码器电路系统206可以被配置为从第一默认霍夫曼表集合(例如，如表1中所示，T_3或T_4)中选择默认霍夫曼表，以根据第一块中的DC到AC扫描次序对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。每当在熵编码阶段从亮度块和色度(U或V)块中选择经量化变换的残差电平时，可以将第一默认霍夫曼表集合选为默认表。在选择第一默认霍夫

曼表集合的情况下,可以通过与第一块中经量化变换的残差电平的绝对值对应地列出的霍夫曼码对不同位置处的经量化变换的残差电平进行编码。

[0063] 根据实施例,可以从第一默认霍夫曼表集合中选择默认霍夫曼表 (例如,如表1中所示的T_3或T_4),以每当先前编码的经量化变换的残差电平的绝对值大于阈值电平值(诸如“5”)时,针对第一块中的当前位置处的具体经量化变换的残差电平生成霍夫曼码。根据实施例,编码器电路系统206还可以被配置为基于第一块中每个经量化变换的残差电平的具体位置从第二特定于位置的霍夫曼表集合中选择特定于位置的霍夫曼表(例如,如表1中所示,T_0、T_1和T_2)。可以根据第一块中的DC到AC扫描次序来选择特定于位置的霍夫曼表,以对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。

[0064] 例如,可以给出经量化变换的残差电平的“4×4”块,如下所示:

[0065] $$B=\begin{bmatrix}-21 & 1 & 2 & 0\\ 6 & 7 & 1 & 0\\ 5 & 5 & 1 & 0\\ 3 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

[0066] 在块(B)中,存在“4×4”(即,“16”)个经量化变换的残差电平,其中第一经量化变换的残差电平是值为“-21”的DC经量化变换的残差电平,并且其余的经量化变换的残差电平是AC经量化变换的残差电平。为了对块(B)进行熵编码,将块(B)中的多个经量化变换的残差电平分类为第一集合和第二集合。第一集合可以具有小于或等于“5”的经量化变换的残差电平的绝对值,即,“0、0、0、 0、0、0、1、1、1、2、3、5和5”。类似地,第二集合可以具有大于“5”的经量化变换的残差电平的绝对值,即,“6、7和21”。

[0067] 编码器电路系统206可以被配置为以DC到AC扫描次序扫描块(B),这可以指定编码器电路系统206可以在块(B)中访问经量化变换的残差电平的序列(或位置)。此后,编码器电路系统206可以被配置为基于在当前位置处经量化变换的残差电平是否来自第一集合或第二集合来选择性地应用霍夫曼熵编码方案或霍夫曼熵编码方案与指数-哥伦布熵编码方案的组合。在当前位置处经量化变换的残差电平是第一集合的一部分的情况下,编码器电路系统206可以被配置为基于默认霍夫曼表(例如,如果块(B)是亮度块或色度块)生成用于经量化变换的残差电平的霍夫曼码。

[0068] 根据实施例,以DC到AC扫描次序,编码器电路系统206可以被配置为识别第一块中当前位置处的经量化变换的残差电平可以是经量化变换的残差电平的第二集合的一部分。在这种情况下,编码器电路系统206还可以被配置为根据第一熵编码方案(例如,霍夫曼熵编码方案)为经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平生成跳过码。可以生成跳过码,以允许解码器电路系统208在解码阶段将每个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合中或经量化变换的残差电平的第二集合。

[0069] 在已经生成跳过码之后,编码器电路系统206可以被配置为基于第二熵编码方案(例如,指数-哥伦布熵编码方案)对经量化变换的残差电平的第二集合的应用来对经量化变换的残差电平的第二集合进行编码。指数-哥伦布熵编码方案可以是第k阶指数-哥伦布熵编码方案,其中k的值可以基于图像块的内容进行预定义或调整。可以在针对经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的跳过码的生成之后,对每个经量化变换的残差电平进行编码。对于经量化变换的残差电平的第二集合中的每个经量化变换的残差电平,相继生成跳过码和其后的编码的代码可以与第一熵编码方案和第二熵编码方案

的组合的应用对应。

[0070] 在一些实施例中，如表1中所示，对于经量化变换的残差电平的第二集合中的经量化变换的残差电平，可以基于预先指定的霍夫曼表的集合来生成跳过码(称为霍夫曼熵编码方案的应用)。此后，编码器电路系统206可以被配置为针对相同的经量化变换的残差电平生成指数-哥伦布码。可替代地，由于跳过码已经指示经量化变换的残差电平在阈值电平值(例如，“5”)之上，因此编码器电路系统206 可以被配置为针对经量化变换的残差电平与阈值电平值之间的绝对差生成指数-哥伦布码。因此，每当在解码阶段检测到针对编码的经量化变换的残差电平的跳过码时，解码器电路系统208可以被配置为将指数-哥伦布码视为经量化变换的残差电平的实值与阈值电平值之间的绝对差。此外，由于可以对指数-哥伦布码进行解码，因此阈值电平值的相加可以再次返回经量化变换的残差电平的实值。在此类情况下，与霍夫曼熵编码方案相比，指数-哥伦布熵编码方案的实现可以使得利用较少数量的位，尤其是当用于应用指数-哥伦布熵编码方案的编码器电路系统206的输入包括较小的输入值(例如，通常在“0- 3”的范围内)时。

[0071] 编码器电路系统206还可以被配置为根据在第一块中遵循的DC 到AC扫描次序通过应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。在一些实施例中，所生成的位流可以存储在诸如片上存储器204和外部存储器110之类的存储器中，以供稍后在媒体设备102中使用。在其它实施例中，所生成的位流可以被直接发送到EBC电路系统108内部的解码器电路系统208或外部视频编解码器或图像编解码器电路系统。例如在图3A、3B、4A和4B中进一步详细描述了编码器电路系统206和所实现的熵编码方案的细节。

[0072] 图3A和3B共同描绘了根据本公开实施例的用于输入图像块的经量化变换的残差电平的块的第一直方图分布和第二直方图分布。参考图3A和3B，示出了第一直方图分布300A和第二直方图分布 300B。

[0073] 参考图3A，编码器电路系统206可以被配置为扫描经量化变换的残差电平(按照DC到AC扫描次序)的亮度块(即，第一块)，以便生成每个样本有具体位(例如每个样本有“4”位)的第一直方图分布300A。第一直方图分布300A可以将亮度块(即，第一块) 的经量化变换的残差电平(沿着Y轴表示)的计数提供到具体区间尺寸(诸如“5”)的不同直方图区间(沿着X轴表示)。如图所示，在应用1D行DCT变换和1D列DCT变换之后，经量化变换的残差电平的最大数量在“0至5”的范围内，而经量化变换的残差电平的其余数量在值“5”之上。因此，基于直方图分布，编码器电路系统 206可以被配置为设置阈值电平值，诸如“5”。在亮度块中，可以对所有小于或等于“5”的经量化变换的残差电平进行霍夫曼熵编码方案的应用。可以对其余的经量化变换的残差电平进行霍夫曼熵编码方案的应用，以生成跳过码，该跳过码可以唯一地指示具有高于阈值电平值“5”的绝对值的经量化变换的残差电平的存在(在解码器电路系统208或编码器电路系统206处)。此后，对于用于对应的经量化变换的残差电平的每个跳过码，编码器电路系统206可以被配置为针对亮度块中的对应的经量化变换的残差电平生成指数-哥伦布码。

[0074] 参考图3B，编码器电路系统206可以被配置为扫描经量化变换的残差电平的色度块(即，第一块)(按照DC到AC扫描次序)，以便以每个样本具体位(诸如每个样本“4”位)生成第二直方图分布300B。第二直方图分布300B可以将色度-U或色度-V块的经量化变换的残差

电平(沿着Y轴表示)的计数提供给具体区间尺寸(诸如“5”)的不同直方图区间(沿着X轴表示)。如图所示,在应用 1D行DCT变换和1D列DCT变换之后,经量化变换的残差电平的最大数量在“0至5”的范围内,而经量化变换的残差电平的其余数量在值“5”之上。因此,基于直方图分布,编码器电路系统206可以被配置为设置阈值电平值,诸如“5”。在色度块中,可以对所有小于或等于“5”的经量化变换的残差电平进行霍夫曼熵编码方案的应用。可以对其余的经量化变换的残差电平进行霍夫曼熵编码方案的应用,以生成跳过码,该跳过码可以唯一地指示具有高于阈值电平值“5”的绝对值的经量化变换的残差电平的存在(在解码器电路系统 208或编码器电路系统206处)。此后,对于用于对应的经量化变换的残差电平的每个跳过码,编码器电路系统206可以被配置为针对亮度块中的对应的经量化变换的残差电平生成指数-哥伦布码。

[0075] 图4A是图示根据本公开实施例的用于由图2的EBC电路系统进行的残差电平数据的位置相关熵编码的示例性操作的流程图。结合图1、2、3A和3B的元素来解释图4A。参考图4A,示出了从404 开始的流程图400A。流程图400A描述了经量化变换的残差电平的第一块402的位置相关熵编码的应用流程。

[0076] 如图所示,第一块402可以是“4×4”块,其包括多个经量化变换的残差电平,即,A_{11}、A_{12}、A_{13}、A_{14}、A_{21}、A_{22}、A_{23}、A_{24}、 A_{31}、A_{32}、A_{33}、A_{34}、A_{41}、A_{42}、A_{43}和A_{44}。这里,A_{11}可以是DC经量化变换的残差电平,而其余的A_{12}、A_{13}、A_{14}、A_{21}、A_{22}、A_{23}、A_{24}、 A_{31}、A_{32}、A_{33}、A_{34}、A_{41}、A_{42}、A_{43}和A_{44}可以是AC经量化变换的残差电平。编码器电路系统206可以被配置为以DC到AC扫描次序扫描第一块402,其中首先扫描DC经量化变换的残差电平,然后进行AC经量化变换的残差电平的逐行逐行扫描。

[0077] 在404处,可以确定经量化变换的残差电平“A_{11}”的绝对值是否小于或等于“5”。这里,“5”可以是阈值电平值,如图3A和 3B中所述。编码器电路系统206可以被配置为确定经量化变换的残差电平“A_{11}”的绝对值是否小于或等于“5”。在“A_{11}”的绝对值小于或等于“5”的情况下,控制转到406。否则,控制转到408。

[0078] 在406处,“A_{11}”可以被分类到经量化变换的残差电平的第一集合中。编码器电路系统206可以被配置为将“A_{11}”分类到经量化变换的残差电平的第一集合中。将“A_{11}”分类为第一集合可以指示“A_{11}”的绝对值小于或等于阈值电平值“5”。而且,这样的分类可以指示可以通过霍夫曼熵编码方案对“A_{11}”进行熵编码。

[0079] 在408处,“A_{11}”可以被分类到经量化变换的残差电平的第二集合中。编码器电路系统206可以被配置为将“A_{11}”分类到经量化变换的残差电平的第二集合中。将“A_{11}”分类为第二集合可以指示“A_{11}”的绝对值大于阈值电平值“5”。而且,这样的分类可以指示“A_{11}”可能需要跳过码以将其自身与第一集合分离,并且需要通过指数-哥伦布熵编码方案进行进一步的熵编码。

[0080] 在410处,可以确定“A_{11}”是否是亮度块的一部分。亮度块与亮度图像块对应,该亮度图像块是红绿蓝(RGB)(或BGR)图像块的变换。编码器电路系统206可以被配置为确定“A_{11}”是否是亮度块的一部分,以便选择合适的霍夫曼表以生成用于“A_{11}”的霍夫曼码。在“A_{11}”是亮度块的一部分的情况下,控制转到412。否则,控制转到414。

[0081] 在412处,可以基于用于亮度块的默认霍夫曼表来生成用于“A_{11}”的霍夫曼码。编码器电路系统206可以被配置为基于用于亮度块的默认霍夫曼表来生成用于“A_{11}”的霍夫曼

码。在一些实施例中，代替默认霍夫曼表，编码器电路系统206可以被配置为从霍夫曼表的预先指定的集合中选择霍夫曼表(例如，如图2中的表1中提供的T_0、T_1、T_2、T_3和T_4)。具体霍夫曼表的选择可以取决于亮度块 (即，第一块)中所选择的经量化变换的残差电平(诸如“A_{11}”) 的位置。而且，在一些实施例中，具体霍夫曼表的选择可以取决于在亮度块中遵循的DC到AC扫描次序。

[0082] 在414处，可以基于用于色度块(例如，Cb/色度-U或Cr/色度- V块)的默认霍夫曼表来生成用于“A_{11}”的霍夫曼码。编码器电路系统206可以被配置为基于用于色度块的默认霍夫曼表来生成用于“A_{11}”的霍夫曼码。在一些实施例中，代替默认霍夫曼表，编码器电路系统206可以被配置为从霍夫曼表的预先指定的集合中选择霍夫曼表(例如，如图2中的表1中提供的T_0、T_1、T_2、T_3和T_4)。具体霍夫曼表的选择可以取决于色度块(即，第一块)中所选择的经量化变换的残差电平(诸如“A_{11}”)的位置。而且，在一些实施例中，具体霍夫曼表的选择可以取决于在色度块中遵循的DC到AC扫描次序。

[0083] 在416处，可以基于来自霍夫曼表的预先指定的集合的默认霍夫曼表为“A_{11}”生成跳过码。编码器电路系统206可以被配置为生成用于“A_{11}”的跳过码。可以生成跳过码，以便帮助编码器电路系统 206识别用于“A_{11}”的适用熵编码方案和“A_{11}”的类别中的至少一个。而且，当由解码器电路系统208在位流中检测到跳过码时，该跳过码可以触发解码器电路系统208将后续位视为来自绝对值大于阈值电平值“5”的经量化变换的残差电平，并为位流中跳过码之后的后续位选择熵解码方案(诸如指数-哥伦布熵解码方案)。

[0084] 在418处，可以为“A_{11}”生成指数-哥伦布码。编码器电路系统 206可以被配置为在已经生成用于“A_{11}”的跳过码之后生成用于“A_{11}”的指数-哥伦布码。在某些实施例中，可以针对“A_{11}”与阈值电平值“5”之间的绝对差来生成指数-哥伦布码。在这样的实施方式中，指数-哥伦布码可以仅存储差而不存储“A_{11}”的整个值，这可以导致减少存储“A_{11}”的值所需的位数。

[0085] 在420处，控制可以移至下一个经量化变换的残差电平，诸如“A_{12}”。编码器电路系统206可以被配置为将控制移至第一块402 中的下一个经量化变换的残差电平，诸如“A_{12}”。

[0086] 图4B是图示根据本公开实施例的通过由图2的EBC电路系统对二维(2D)图像块应用顺序编码方案而输出的不同块的图。结合图1、2、3A、3B和4A的元素来解释图4B。参考图4B，示出了经量化变换的残差电平的不同块，即，行DCT亮度块、列DCT亮度块、行DCT色度块和列DCT色度块。在行DCT亮度块、列DCT 亮度块、行DCT色度块和列DCT色度块中，已经示出了不同区域以指定预先指定的霍夫曼表的集合中要用于对对应块进行编码的霍夫曼表(例如，如表1中所示的T_0、T_1、T_2、T_3和T_4)。

[0087] 图5A和5B共同描绘了图示根据本公开实施例的用于残差电平数据的位置相关熵编码的示例性方法的流程图。结合图1、2、3A、 3B、4A和4B的元素来解释图5。参考图5A和5B，示出了流程图 500。流程图500可以描述从502开始并前进到504的操作。

[0088] 在504处，可以将输入图像划分为多个图像块。编码器电路系统 206可以被配置为将输入图像(例如，“1280×720”输入图像)划分为多个图像块，例如，多个16×16图像块。

[0089] 在506处，可以对多个图像块执行1D行DCT变换和1D列 DCT变换、然后进行量化以及残差预测的顺序应用，以生成经量化变换的残差电平的多个块。编码器电路系统206可以被配置为对多个图像块执行1D行DCT变换和1D列DCT变换、然后进行量化以及残差预测的顺

序应用,以生成经量化变换的残差电平的多个块。

[0090] 在508处,可以存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块。存储器(诸如片上存储器204或外部存储器110) 可以被配置为存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块。

[0091] 在510处,可以确定在第一块中的每个位置处的经量化变换的残差电平是否小于或等于阈值电平值。编码器电路系统206可以被配置为确定在第一块中的每个位置处的经量化变换的残差电平是否小于或等于阈值电平值。在第一块中的每个位置处的经量化变换的残差电平小于或等于阈值电平值的情况下,控制转到508。否则,控制转到 512。

[0092] 在512处,可以将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第一集合中。编码器电路系统206可以被配置为将第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第一集合中。

[0093] 在514处,可以在第一块中以DC到AC扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合。编码器电路系统206 可以被配置为在第一块中以DC到AC扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合。

[0094] 在516处,可以将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第二集合中。编码器电路系统206可以被配置为将第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第二集合中。

[0095] 在518处,可以在第一块中以DC到AC扫描次序将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合。编码器电路系统206可以被配置为在第一块中以DC到AC扫描次序将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合。

[0096] 在520处,根据在第一块中遵循的DC到AC扫描次序,可以通过应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。编码器电路系统206可以被配置为根据在第一块中遵循的DC到AC扫描次序,通过应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流。控制转到结束。

[0097] 可以在嵌入式编解码器(EBC)电路系统(诸如EBC电路系统 108)中找到本公开的某些实施例。本公开的各种实施例可以提供 EBC电路系统,该EBC电路系统可以包括存储器(诸如片上存储器 204或外部存储器110)和通信耦合到存储器的编码器电路系统(诸如编码器电路系统206)。存储器可以被配置为存储用于输入图像的多个图像块的经量化变换的残差电平的多个块。编码器电路系统可以被配置为将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合和经量化变换的残差电平的第二集合中。可以基于将多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值进行比较来进行分类。编码器电路系统还可以被配置在第一块中以DC到AC扫描次序对经量化变换的残差电平的第一集合应用第一熵编码方案,并且对经量化变换的残差电平的第二集合应用第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合。在一些实施例中,第一块中的DC到AC扫描次序是这样的扫描序列,其中可以在第一块中先扫描DC经量化变换的残差电平,然后再扫描AC经量化变换的残差电平。编码的图像块的位流还可以由编码器电路系统通过

根据在第一块中遵循的DC到AC扫描次序应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成。

[0098] 根据实施例，编码器电路系统可以被配置为对多个图像块执行顺序编码方案，以生成输入图像的压缩图像数据的位流。压缩图像数据的位流可以包括所生成的编码的图像块的位流。压缩图像数据的位流可以包括报头信息，该报头信息可以指示在多个图像块的编码阶段应用的顺序编码方案，以获得压缩图像数据的位流。顺序编码方案可以包括顺序应用前向变换，然后进行量化、残差预测，以及所选择的第一熵编码方案或第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合。编码器电路系统可以被配置为基于对输入图像的多个块应用顺序编码方案来生成经量化变换的残差电平的多个块。前向变换可以包括对输入图像的多个块顺序应用一维行直接余弦变换(1D行DCT)变换和1D列 DCT。

[0099] 根据实施例，多个经量化变换的残差电平中的每个经量化变换的残差电平与阈值电平值的比较可以与检查每个经量化变换的残差电平的绝对值是否小于或等于阈值电平值对应。在一些情况下，经量化变换的残差电平的第一集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值小于或等于阈值电平值。在其它情况下，经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的绝对值大于阈值电平值。

[0100] 在某些实施例中，当对应的图像块是亮度图像块时，第一块可以是亮度块，并且当对应的图像块是色度图像块时，第一块可以是色度 -U或色度-V块。

[0101] 根据实施例，第一熵编码方案可以是霍夫曼熵编码方案，并且第二熵编码方案可以是指数-哥伦布熵编码方案。编码器电路系统可以被配置为基于预先指定的霍夫曼表的集合来对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。可以根据霍夫曼熵编码方案对经量化变换的残差电平的第一集合进行熵编码。预先指定的霍夫曼表的集合可以包括第一默认霍夫曼表集合和第二特定于位置的霍夫曼表集合。根据实施例，编码器电路系统还可以被配置为在第一块中根据DC到AC扫描次序从第一默认霍夫曼表集合中选择默认霍夫曼表，以对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。根据另一个实施例，编码器电路系统还可以被配置为基于第一块中每个经量化变换的残差电平的具体位置从第二特定于位置的霍夫曼表集合中选择特定于位置的霍夫曼表。可以根据第一块中的DC-AC扫描次序来选择特定于位置的霍夫曼表以对经量化变换的残差电平的第一集合进行编码。

[0102] 根据实施例，编码器电路系统还可以被配置为根据第一熵编码方案为经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平生成跳过码。可以基于预先指定的霍夫曼表的集合来生成跳过码。可以生成跳过码，以允许解码器电路系统将每个经量化变换的残差电平分类到经量化变换的残差电平的第一集合中或经量化变换的残差电平的第二集合中。因此，编码器电路系统还可以被配置为基于第二熵编码方案对经量化变换的残差电平的第二集合的应用来对经量化变换的残差电平的第二集合进行编码。可以在针对经量化变换的残差电平的第二集合的每个经量化变换的残差电平的跳过码的生成之后对每个经量化变换的残差电平进行编码。

[0103] 可以用硬件或硬件和软件的组合来实现本公开。本公开可以以集中方式、以至少一个计算机系统或以分布式方式实现，其中不同元件可以分布在若干互连计算机系统上。适于执行本文描述的方法的计算机系统或其它装置可以是适合的。硬件和软件的组合可以是具有计算机程序的通用计算机系统，该计算机程序在被加载和执行时可以控制计算机系

统，使得它执行本文描述的方法。本公开可以以包括还执行其它功能的集成电路系统的一部分的硬件来实现。

[0104] 本公开还可以嵌入在计算机程序产品中，其中计算机程序产品包括使得能够实现本文所述的方法的所有特征，并且当其被加载到计算机系统中时能够执行这些方法。在本上下文中，计算机程序是指以任何语言、代码或符号表示的指令集的任何表达，旨在使具有信息处理能力的系统或者直接地或者在以下任一个或两个之后执行特定功能：a)转换成另一种语言、代码或符号；b)以不同的物质形式再现。

[0105] 虽然已经参考某些实施例对本公开进行了描述，但是本领域技术人员将理解的是，在不背离本公开的范围的情况下，可以进行各种改变并且等价物可以被替换。此外，在不背离其范围的情况下，可以进行许多修改以使特定的情形或材料适于本公开的教导。因此，本公开不是要限于所公开的特定实施例，而是本公开将包括属于所附权利要求的范围内的所有实施例。

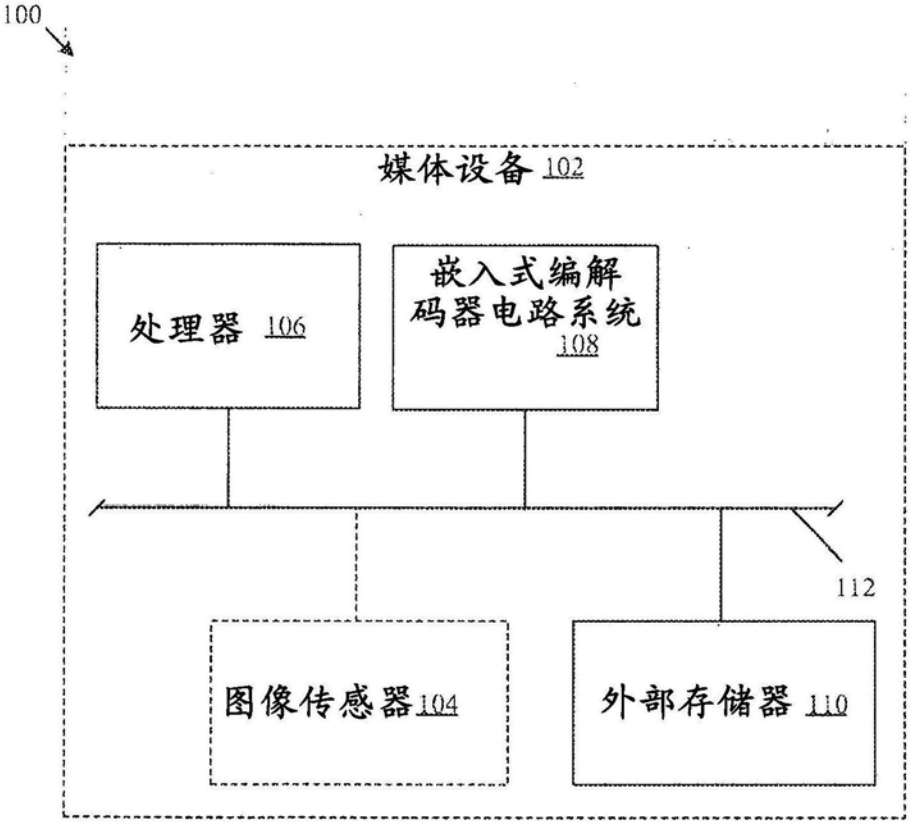


图1

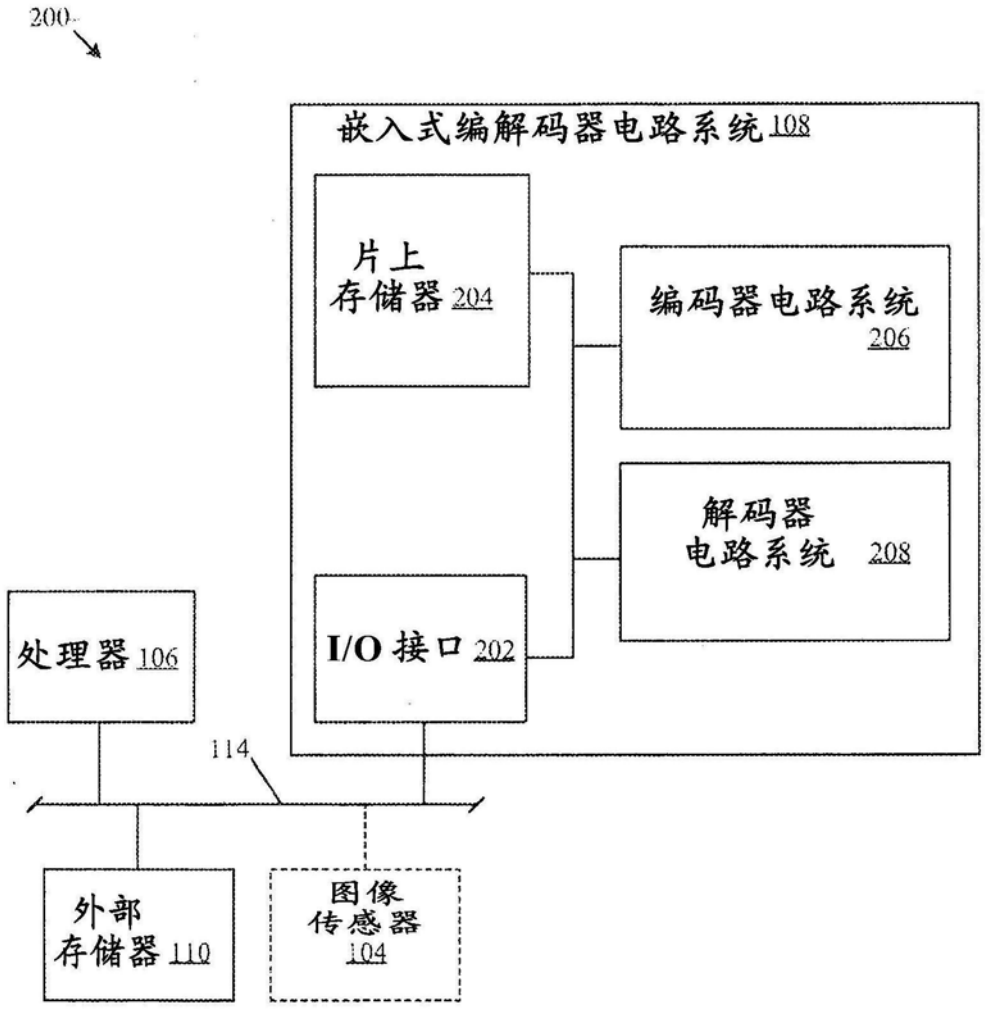

200
嵌入式编解码器电路系统 108
片上
存储器 204
编码器电路系统
206
解码器
电路系统 208
I/O 接口 202
处理器 106
114
外部
存储器 110
图像
传感器
104

图2

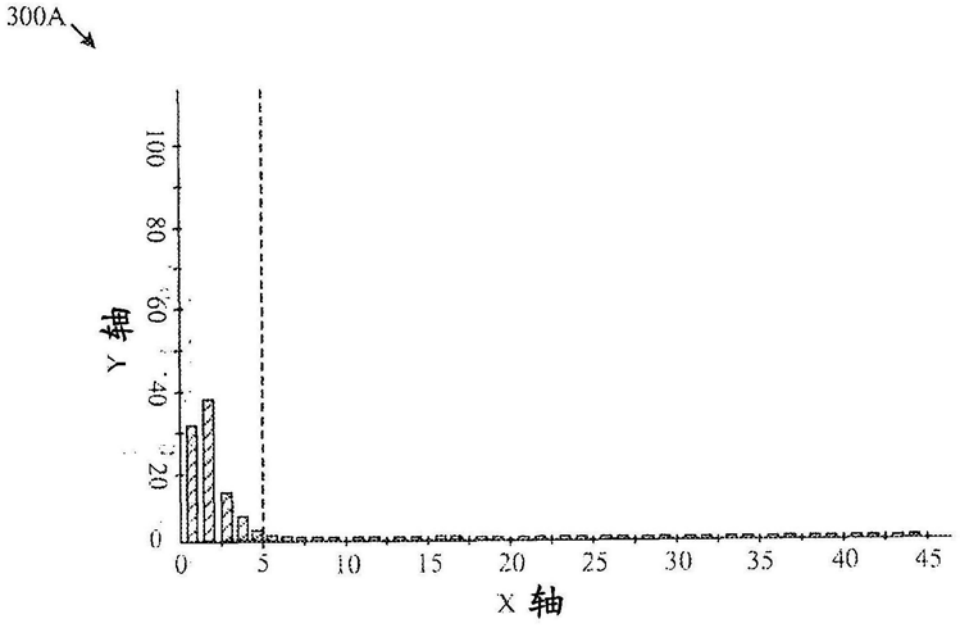

300A
Y 轴
X 轴
0
20
40
60
80
100
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

图3A

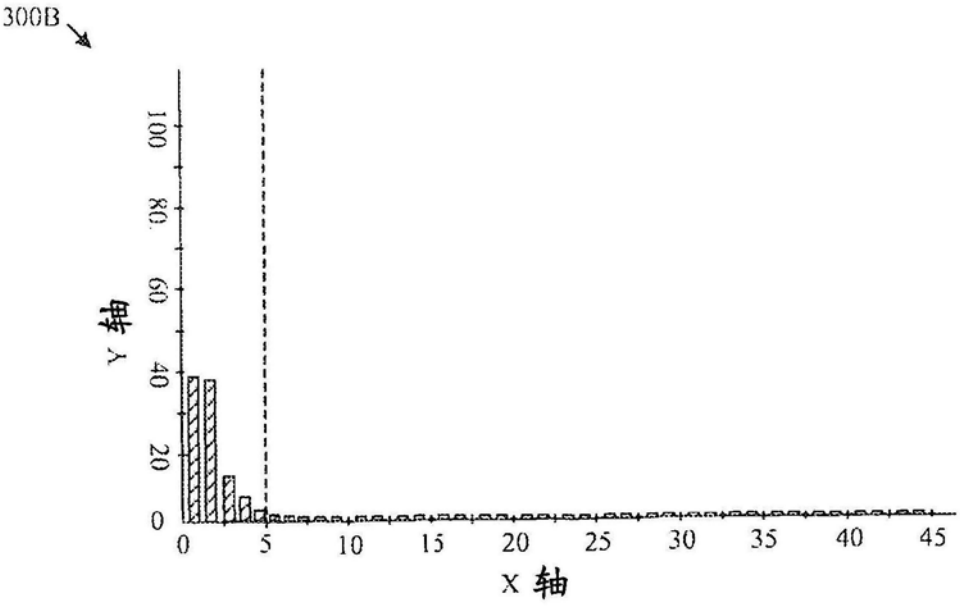

300B
Y 轴
X 轴
0
20
40
60
80
100
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

图3B

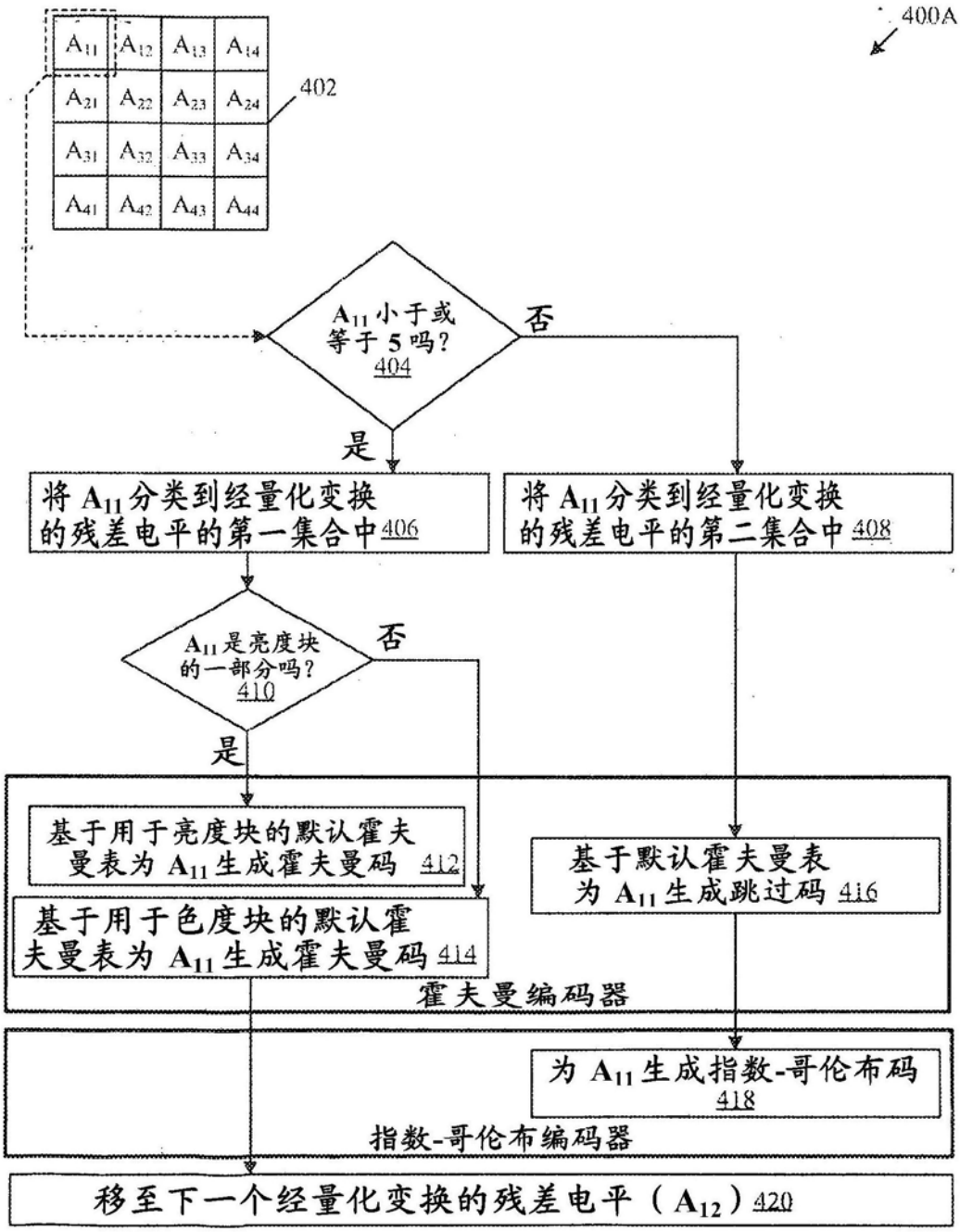

400A
A11 A12 A13 A14
A21 A22 A23 A24
A31 A32 A33 A34
A41 A42 A43 A44
402
A11小于或等于5吗? 404
否
是
将A11分类到经量化变换的残差电平的第一集合中406
将A11分类到经量化变换的残差电平的第二集合中408
A11是亮度块的一部分吗? 410
否
是
基于用于亮度块的默认霍夫曼表为A11生成霍夫曼码 412
基于用于色度块的默认霍夫曼表为A11生成霍夫曼码 414
基于默认霍夫曼表为A11生成跳过码 416
霍夫曼编码器
为A11生成指数-哥伦布码 418
指数-哥伦布编码器
移至下一个经量化变换的残差电平（A12）420

图4A

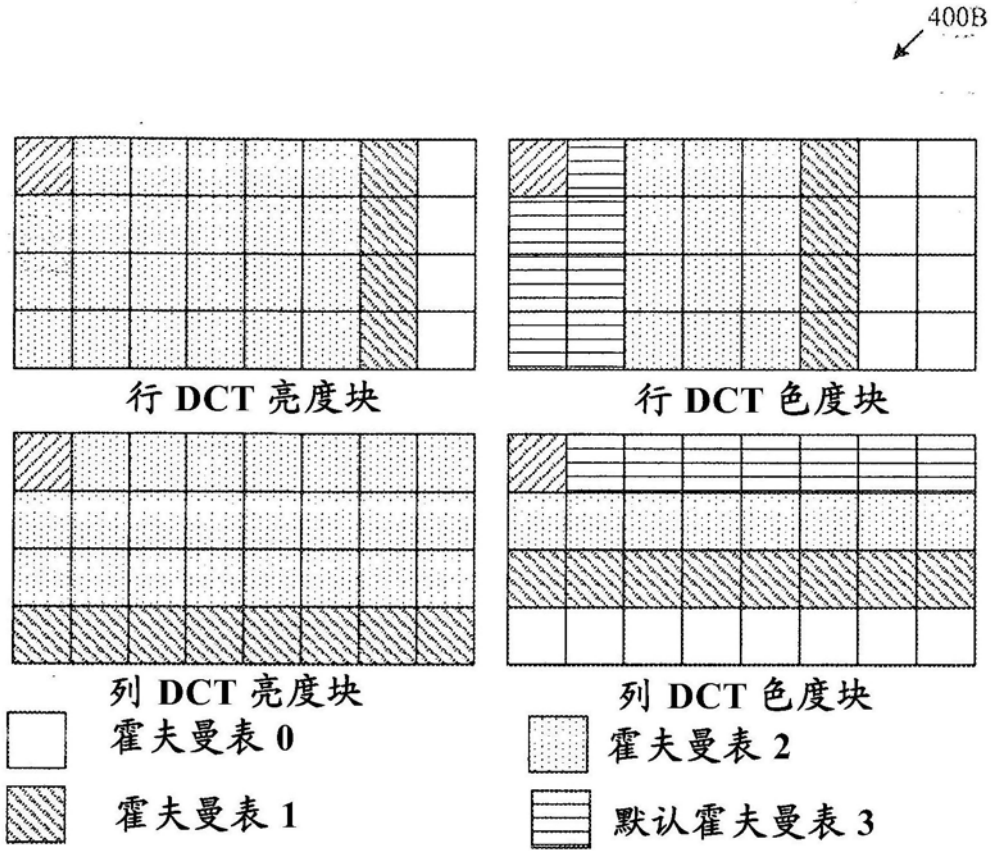

400B
行 DCT 亮度块
行 DCT 色度块
列 DCT 亮度块
列 DCT 色度块
霍夫曼表 0
霍夫曼表 1
霍夫曼表 2
默认霍夫曼表 3

图4B

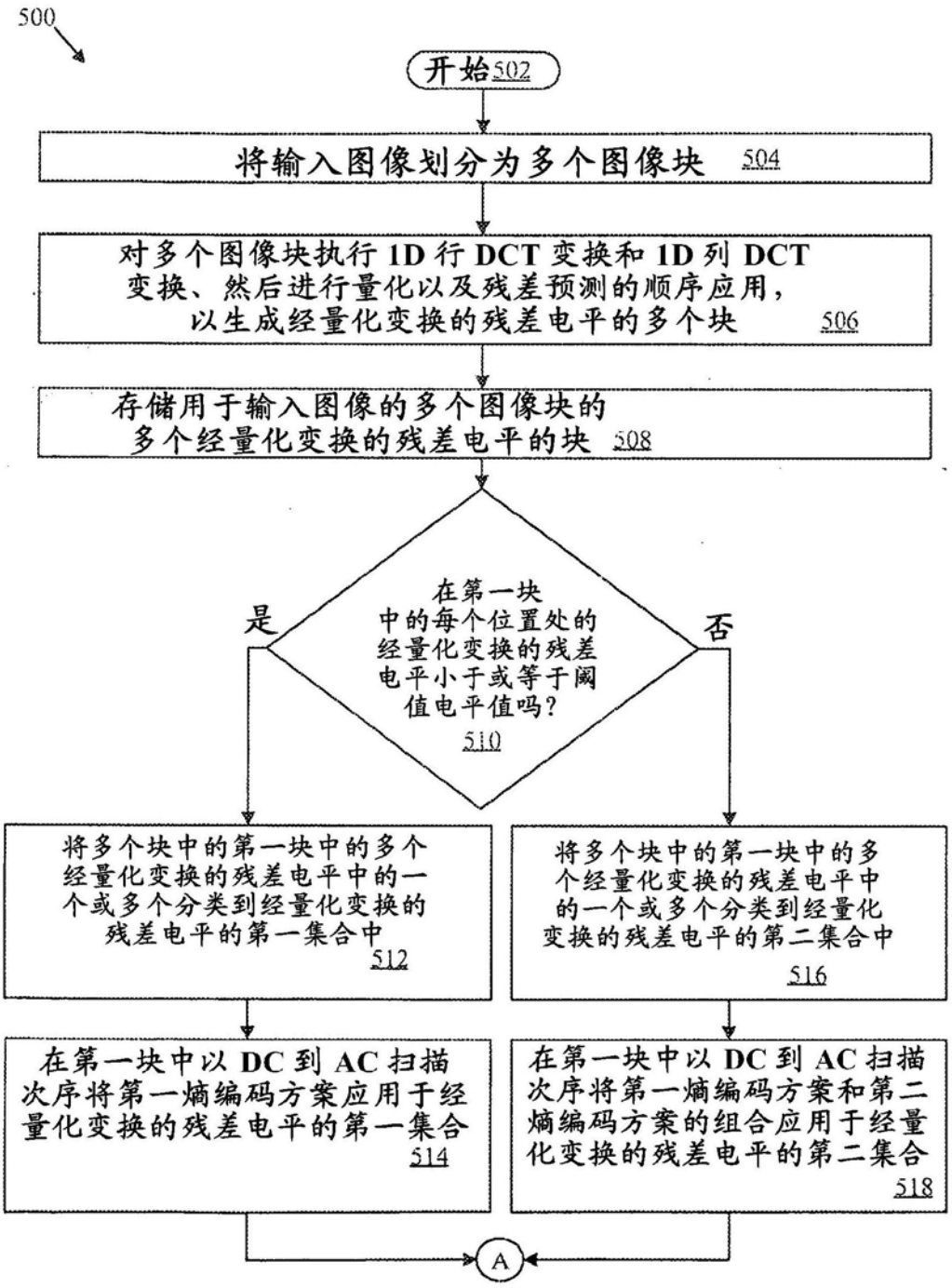

500
开始502
将输入图像划分为多个图像块 504
对多个图像块执行 1D 行 DCT 变换和 1D 列 DCT 变换、然后进行量化以及残差预测的顺序应用，以生成经量化变换的残差电平的多个块 506
存储用于输入图像的多个图像块的多个经量化变换的残差电平的块 508
在第一块中的每个位置处的经量化变换的残差电平小于或等于阈值电平值吗? 510
是
否
将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第一集合中 512
将多个块中的第一块中的多个经量化变换的残差电平中的一个或多个分类到经量化变换的残差电平的第二集合中 516
在第一块中以 DC 到 AC 扫描次序将第一熵编码方案应用于经量化变换的残差电平的第一集合 514
在第一块中以 DC 到 AC 扫描次序将第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合应用于经量化变换的残差电平的第二集合 518
A

图5A

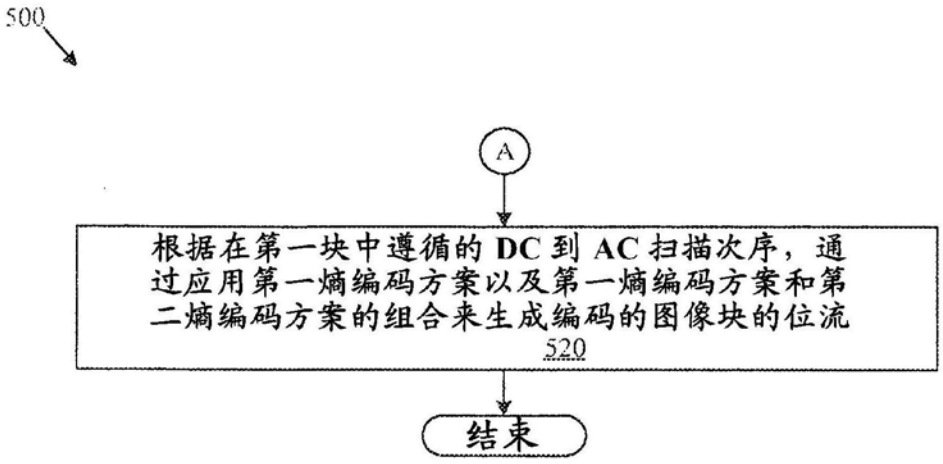

500
A
根据在第一块中遵循的 DC 到 AC 扫描次序，通过应用第一熵编码方案以及第一熵编码方案和第二熵编码方案的组合来生成编码的图像块的位流
520
结束

图5B