

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04N 7/26

H04N 7/50 H04N 7/01



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02801764.1

[43] 公开日 2003 年 12 月 24 日

[11] 公开号 CN 1463552A

[22] 申请日 2002.5.17 [21] 申请号 02801764.1

[30] 优先权

[32] 2001.5.22 [33] US [31] 60/292,715

[32] 2002.4.25 [33] US [31] 10/132,041

[86] 国际申请 PCT/IB02/01725 2002.5.17

[87] 国际公布 WO02/096113 英 2002.11.28

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.20

[71] 申请人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 K·加加林 C·C·A·M·范宗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

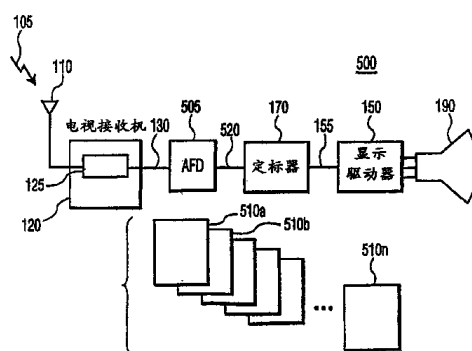
代理人 杨凯 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称 视频图像的分辨率的按比例缩减

[57] 摘要

提供一种用于将视频图像按比例缩减到更低分辨率(例如从 HDTV 到 SDTV)的方法和装置。此方法包括以下步骤:在与第一视频信号中的行方向对应的第一方向上对第一视频信号进行频域抗混淆滤波和按比例缩减以得到按比例缩减的视频信号;以及在垂直于第一方向的第二方向上对按比例缩减的视频信号进行空间域按比例缩减以得到第二视频信号。本发明的方法和装置适合于有效地和高质量地对逐行和任何类型编码的隔行信号进行解码。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于把第一视频信号的空间分辨率按比例缩减、以便得到空间分辨率比所述第一视频信号的空间分辨率更低的第二视频信号的方法，所述方法包括以下步骤：

在与所述第一视频信号中的行方向对应的第一方向上对所述第一视频信号进行频域抗混淆滤波和按比例缩减，从而得到按比例缩减的视频信号，以及

在垂直于所述第一方向的第二方向上对所述按比例缩减的视频信号进行空间域按比例缩减，从而得到所述第二视频信号。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述按比例缩减在逆变换运算、如离散余弦反变换之前或在其过程中执行。

3. 如权利要求2所述的方法，其特征在于，所述逆变换运算之后接着是在所述空间域按比例缩减之前进行的逆运动补偿。

4. 如权利要求2所述的方法，其特征在于，所述逆变换运算之后接着是在逆运动补偿之前进行的所述空间域按比例缩减。

5. 如上述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一视频信号包括像素组并且所述方法是按像素组来进行的。

6. 如权利要求5所述的方法，其特征在于，所述像素组包含在混合的场/帧型编码像素组的序列中，以及所述场型编码像素组在所述第一方向和第二方向上都进行频域抗混淆滤波，而所述帧型编码像素组在所述第一方向上经过频域抗混淆滤波，在所述第二方向上经过空间域抗混淆滤波。

7. 如上述权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一视频信号包括量化的频率变换系数，所述方法还包括对所述量化的频率变换系数进行逆量化以得到频率变换系数，所述抗混淆滤波在所述频率变换系数上执行，以及

所述逆量化步骤和所述滤波步骤是通过采用组合矩阵来进行

的，所述组合矩阵是量化矩阵和滤波器矩阵的组合。

8. 一种用于把第一视频信号的空间分辨率按比例缩减、以便得到空间分辨率比所述第一视频信号的空间分辨率更低的第二视频信号的装置，所述装置包括：

- 5 用于在与所述第一视频信号中的行方向对应的第一方向上对所述第一视频信号进行频域抗混淆滤波和按比例缩减而得到按比例缩减的视频信号的装置，以及

用于在垂直于所述第一方向的第二方向上对所述按比例缩减的视频信号进行空间域按比例缩减而得到所述第二视频信号的装置。

10

视频图像的分辨率的按比例缩减

5 对相关申请的优先权/交叉引用的申明

本申请要求享有于 2001 年 5 月 22 日提交的序列号为 60/292715 的美国临时专利申请的优先权。将上述申请的内容通过引用结合于本文中。

10 发明领域

本发明涉及在视频信号、如高清晰度电视(HDTV)信号中按比例缩减空间分辨率。更具体地说,本发明涉及按比例缩减 HDTV 信号的分辨率,从而使其与标准清晰度电视(SDTV)的分辨率相匹配。

15 发明背景

电视自从引入商业市场以来就成为一种普遍存在的产品,遍及日常生活的每一角落。与任何其它新闻形式或媒体相比,无论是广播电视还是有线电视都为观众提供关于世界变化的更多信息。因此,在使用的电视机数量达数亿台之多。

20 称为标准清晰度电视(SDTV)的现有电视技术是基于在二十世纪中叶开发并标准化的模拟技术。这些早已建立的用于频率分配、格式化等的电视广播标准对可供传输、继而被用户观看的信息的量加以限制。设计成克服 SDTV 的限制的称为高清晰度电视(HDTV)的新型数字电视技术能够提高所传输的数据量,这是通过在传输前对电
25 视信号进行数字化和压缩来实现的。HDTV 明显优于 SDTV 之处在于,增大的数据传输改善了所观看图像的清晰度。通过传输具有比 SDTV 传输更大的分辨率的图像来提高清晰度。

由于 HDTV 传输的数量开始随着现有 SDTV 传输一起增长,因

此数亿台 SDTV 电视机必须适合于接收这种新的 HDTV 信号。通过增设转换器盒、如机顶盒以使所接收的 HDTV 信号空间上按比例缩减到在 SDTV 电视机上观看可接受的格式，就能容易地实现 SDTV 电视机与 HDTV 格式的适配。从 HDTV 到 SDTV 的空间上按比例缩减的技术在本领域中是众所周知的。

WO97/14252-A1 公开了一种采用离散余弦变换(DCT)来调整图像大小的方法和装置。为了缩小图像，此方法和装置利用 DCT 的卷积-乘法特性来实现 DCT 域中的抗混淆滤波器，然后对此滤波器系数进行运算，从而产生缩减大小的图像的 DCT 系数。

EP0781052-A2 公开了一种解码器，用于对以任何彩色空间编码格式编码的 MPEG 视频比特流进行解码，并将解码后的视频比特流输出给不同大小的窗口。在同一解码器内在比特流上进行 MPEG 解压缩和彩色空间解码和转换。可对此公开的解码器进行编程，以便输出包括 YUV 4:2:0、YUV 4:2:2 和 YUV 4:4:4 的三原色空间格式中任一格式的解码视频比特流。解码器还可采用基于图像大小调整的 DCT 将解码的比特流输出给不同大小的窗口。

发明概要

本发明的一个目的是提供一种尤其是用于同时包括场型编码像素组和帧型编码像素组的编码视频信号的更有利的分辨率按比例缩减。为此，本发明提供一种如独立权利要求所述的方法和装置。在从属权利要求中定义了有利实施例。

根据本发明的第一方面，在与第一视频信号中行方向对应的第一方向(如水平方向)上进行频域抗混淆滤波和按比例缩减，在垂直于第一方向的第二方向(如垂直方向)上进行空间域按比例缩减。第一方向上的按比例缩减可先于逆频率变换操作或在其过程中执行。本发明基于这样的认识：在第二方向上对场型编码像素组和帧型编码像素组运用的频域抗混淆滤波器的给定类型对应于空间域中的不同滤

波器类型。这是下述事实的结果，即场型像素组通常包括两个独立的变换编码场(例如顶场和底场)，而帧型像素组通常包含与混合在一帧中的两场相对应的信息，此帧整体地被转换编码。在视频信号中同时存在场型和帧型编码像素组的情况下，在空间域中对场型和帧型编码像素组进行不同滤波可能在逆运动补偿期间导致出现显著的
5 差错。通过在行方向上进行频域抗混淆滤波和按比例缩减并且在垂直方向上进行空间域按比例缩减，可以减小这些差错。因此，本发明的方法和装置适用于处理包括混合的帧/场型像素组的隔行视频信号、未带有混合的帧/场型编码像素组(例如只有场型编码像素组)的隔
10 行信号、以及带有帧型编码像素组的逐行视频信号，而不用对此方法或装置进行大的修改。

在一个实际实施例中，第二方向上的空间域抗混淆滤波在第二方向上的空间域按比例缩减之前执行。

在一个实施例中，第一视频信号在逆变换运算、如离散余弦反
15 变换(IDCT)之前或在其过程中进行按比例缩减，该变换运算之后接着是逆运动补偿，这在第二方向上的空间域按比例缩减之前进行。这具有的优点是：第二方向上可能由运动矢量的按比例缩减引入的差错对逆运动补偿没有影响。在第二方向上的空间域按比例缩减之前最好是同一方向上的抗混淆滤波。空间域按比例缩减最好运用在
20 帧级。这就使得可以在第二方向上采用具有长脉冲响应的滤波器来得到更陡峭的频率截止。此实施例的优点在于，由基于块的滤波所引起的发生于块边缘处的失真只出现在第一方向上。由于逆运动补偿在单向按比例缩减的图像上进行，因此与传统的全空间域方案相比，参考场/帧存储所需的存储容量得以降低。存储容量的降低取决
25 于水平缩放因子。

最好是，空间域按比例缩减在逆运动补偿之前进行。由于垂直空间域按比例缩减在逆运动补偿之前，因此在按比例缩减将场/帧的大小减小 50%的情况下，存储用于逆运动补偿的参考场/帧所需的存

储容量降低到例如一半的大小。此存储容量对应于相当的双向频域按比例缩减所需的存储容量。

5 在另一实施例中，在频域中的两个方向上，而不是在频域中的一个方向上和空间域中的另一方向上，对场型编码像素组进行抗混淆滤波。对于各个帧型编码像素组来说，进行水平的频域抗混淆滤波和垂直的空间域抗混淆滤波。在此实施例中，可在水平方向上对场型编码像素组和帧型编码像素组运用同一频域滤波器。对帧型编码像素组在垂直方向上使用的空间域滤波器必须与对场型编码宏块在垂直方向上使用的频域滤波器相对应。由于空间域中的垂直接比例缩减在逆运动补偿之前，因此存储用于逆运动补偿的参考场/帧所需的存储容量对应于相当的双向频域按比例缩减所需的存储容量。由于通常为缓慢过程的垂直空间域滤波只在帧型像素组而不在场型像素组上进行，因此这个实施例的性能更高。各个帧型像素组在频域中只在第一方向上被滤波，然后在可缩放 IDCT 过程中在第一方向上按比例缩减。在以此方式对所有像素组进行解码后，可以分开混合场信息，各像素组在运动补偿之前在空间域中在第二方向上进行滤波和按比例缩减。在逆运动补偿之前，场型像素组在两个方向上进行频域滤波，但是在频域中的一个方向上和空间域中的另一方向上进行按比例缩减。

20 像素组可以是像素块或宏块。在 MPEG-2 的情况下，各 16×16 宏块构成四个 8×8 的像素块。在例如 MPEG-2 中可通过两种不同模式对隔行信号进行编码：第一种是采用场型图像，第二种是采用帧型图像。在第一种情况下，各图像场单独地进行编码，并且不使用混合的场/帧宏块模式。在第二种(普遍使用的)情况中，各图像以逐行方式编码，即两场混合并且一起编码。对于这种情况，采用混合宏块模式。因此，如果对第二种方式编码的隔行信号使用直接的双向频域下变换方案，那么在运动补偿期间会导致差错传播，并且损失显著的显示质量。

附图简介

图中:

图 1 说明代表性 HDTV 的发射和接收系统。

图 2 说明代表性 HDTV 和 SDTV 显示格式;

5 图 3 说明代表性 HDTV 接收系统和 SDTV 显示系统;

图 4a 说明代表性 MPEG 解码系统的功能框图;

图 4b 说明代表性 MPEG 解码系统的说明性框图;

图 5 说明根据本发明原理的解码系统的代表性实施例;

图 6a 说明根据本发明原理的解码系统的代表性框图;

10 图 6b 说明图 6a 所示代表性解码系统的一部分的功能框图; 以及

图 6c 说明用于图 6a 所示代表性解码系统中的代表性运动矢量按比例缩减的功能框图。

应当理解, 这些附图只是用于说明本发明的概念, 并不是为了定义本发明的限制。应当理解, 在整个附图中使用的相同标号以及在适当处补充的符号表示相应的部分。

15

发明的详细描述

为了理解和评价本实施例的新颖特征, 包括缩放用于在标准电视屏幕上显示的 HDTV 解码信号, 首先需要讨论传统 HDTV 处理及其相关问题。图 1 说明一种典型的 HDTV 系统。如图所示, 由信号发生器 101 产生的通常包括 64 个像素的 8×8 矩阵的数字电视信号由 MPEG 编码器 103 进行压缩。MPEG 编码基于离散余弦变换(DCT), 这是一种与傅立叶变换类似的数学运算, 并且在本领域内已众所周知。MPEG 编码器 103 执行的操作之一是将信号 102 所表示的代表性 8×8 像素矩阵转换成信号 104 所表示的 8×8 系数矩阵。如所知的, 所得的 DCT 变换矩阵将高频信息存储在矩阵的左上角, 将低频信息存储在矩阵的右下角。然后对 DCT 变换矩阵进行量化, 以便采用 8 位、即一个字节来描述各矩阵元素的值。在此说明性示例中, 量化

20

25

矩阵由电视发射机 105 通过发射天线 106 来发送。数字视频压缩技术，比如作为运动图像专家组(MPEG)指定的标准的 MPEG-2、MPEG-4、MPEG-7 在本领域内已众所周知，在此无须详细讨论。

回到图 1，所发送的数字信号 108 由接收天线 110 接收，并由包括调谐器 125 的电视接收机 120 进行处理。采用调谐器 125 将特定的 HDTV 信号与所接收的多个 HDTV 和 SDTV 信号隔离。然后由解码器 140、如 MPEG 解码器来处理隔离的信号，解码器 140 将数字的发送信号 130 解码成可显示信号 145。采用例如 MPEG 解码，解码器 140 对所接收的信号进行解码，并使发送的系数恢复成按行和列排列的像素数据流。显示驱动器 150 根据所接收的数据产生适当的红(R)、绿(G)和蓝(B)色信号，以便在高分辨率屏幕 160 上显示。

为了实现更高的分辨率，要以高分辨率形成 HDTV 图像。在一种情况下，以各水平行中 1920 个像素的条件发送图像并且有 1080 行，即分辨率为 1920×1080 。在第二种情况下，以每行 1280 个像素和 720 行来发送图像，即 1280×720 。另一方面，SDTV 电视的分辨率明显小于 HDTV 的分辨率。例如，在美国和日本的电视传输系统中，SDTV 的 NTSC 制式包括约 720×480 的分辨率，即 480 行中各行为 720 个像素。欧洲采用 PAL 制式，使用另一不同的分辨率，即 720×576 。

图 2 说明叠加在 HDTV 图像上的典型 NTSC 制式的 SDTV 图像的图像观看区域。在此说明性示例中，所发送的 HDTV 图像的观看区域由区域 205 表示，而 SDTV 图像由区域 210 表示。如图所示，由于 HDTV 图像中只有与 SDTV 图像重叠的那部分可在 SDTV 屏幕上观看，因此大部分 HDTV 图像损失了。

为了使 HDTV 信号可在 SDTV 屏幕上显示，应“按比例缩减”HDTV 信号以压缩 HDTV 信号。图 3 说明在图 1 所示系统中引入定标器 170，以便将数字信号 145 缩放成可在 SDTV 屏幕 190 上观看的缩放信号 155。在这种情况下，定标器 170 实际上对信号 145 进行两

维缩放，从而缩小图 2 中的图像 205 以使适应图像 210 的边界。也就是说，在此说明性示例中，定标器 170 按照比率 $1920/720=2.66$ 来水平地划分图像 205，按照比率 $1080/486=2.22$ 来垂直地划分图像 205。

- 5 还可对定标器 170 进行编程以适当地按比例缩减到其它的 HDTV 分辨率。采用 CPU180 来对定标器 170 进行编程，使其达到适当的按比例缩减比率。

但是，以所公开的方式对 HDTV 信号进行解码和按比例缩减需要对 HDTV 信号和有效源进行完全解码。图 4a 说明一种代表性解码器 140、如 MPEG 解码器，这在本领域内已众所周知，在此只简略地介绍。如图所示，数字信号 130 由霍夫曼解码器 425 进行处理。然后由逆量化器 405 对霍夫曼解码信号进行处理。然后通过离散余弦反变换(IDCT)410 对信号 407 进行处理，将此典型地传输的 64 系数的 8×8 矩阵转换成 64 个像素的 8×8 矩阵。然后把转换的信号 408 与一个信号相结合，通过恢复静止图像数据来对传输图像解压，并且最初运用的运动补偿进行逆运算(436)。此时所得的组合信号为未压缩和经运动补偿的数字图像。霍夫曼解码器 425 和逆运动补偿块 436 之间的链接表明，霍夫曼解码器 425 在运动矢量数据用于逆运动补偿之前对其进行解码。接着将数字图像加到抗混淆滤波器 435 中，从图像中滤去高频分量。这种抗混淆滤波在本领域内已众所周知，可以例如用低通有限脉冲响应滤波器来实现。抗混淆滤波器 435 对数字图像内的数据项的边缘进行软化。输出信号 145 包括代表用于显示图像的视频行的像素信息。

图 4b 说明在解码器 140 中进行逆运动补偿所需的视频存储器 420。在此说明性示例中，各图像存储在视频存储器的“页面”上。因此，存储页面 420a 包括与第一图像相关的像素信息，存储页面 420b 包括与第二图像相关的像素信息，存储页面 420n 包括与“第 n”图像相关的像素信息。应当理解，各视频图像的存储需要大量的视频

存储容量。例如，存储一幅分辨率为 1920×1080 的图像需要超过 2 兆字节的存储容量。

图 5 说明根据本发明一个实施例，由全格式解码器(AFD)505 来代替解码器 140。在此说明性示例中，AFD 505 接收数字信号 130 并将其转换成缩放信号 520。在这种情况下，AFD 505 水平地缩放数字信号 130 以达到与 SDTV 图像标准相当的分辨率。例如，AFD 505 将数字信号 130 水平地按比例缩小一倍(例如分辨率从 1920 变为 960)。然后用定标器 170 对经过水平缩放的信号 520 进行垂直缩放，以便达到与 SDTV 图像标准相当的分辨率。例如，定标器 170 将水平缩放的信号 520 垂直地按比例缩小一倍，即分辨率从 1080 变到 540。因此，按比例缩减的图像的分辨率为 980×540 。

采用 AFD 505 来水平地按比例缩减数字信号 130 是有利的，因为数字信号 130 不在全分辨率下解码，因此只需更少的处理能力，而且存储未压缩的运动补偿视频数据所需的视频存储器要小得多。由于处理的是选择性挑出的缩减数据集、如 32 个元素的 4×8 矩阵而不是传统的 64 个元素的 8×8 矩阵，因此对 AFD 505 的处理能力的要求显著地降低。另外，由于不存储整个解码图像而是只存储选择性挑出的缩减数据集，因此存储缩放图像所需的视频存储器要小得多。减小的存储器由图 5 中的存储器 510a 到 510n 来表示。在这种情况下，为了存储用于逆运动补偿的水平缩放图像的视频存储器要求约为一兆字节。在逆运动补偿器之前对宏块进行空间按比例缩减的情况下，甚至处理进一步缩减的数据集，例如 16 个元素的 4×4 矩阵。在这种情况下，AFD 505 的输出是已经在两个方向上进行了缩减的帧，从而使定标器 170 变成多余的。在这种情况下，对存储用于进行逆运动补偿的水平和垂直缩放图像的视频存储器要求约为一兆字节的二分之一。

图 6a 说明 AFD 505 的一个代表性功能框图。在此说明性框图中，数字信号 130 首先由霍夫曼解码器 425 进行处理，然后由逆量化器

和频域滤波器 610 进行处理。量化器/滤波器 610 的输出是信号 612。如图所示, 信号 612 具有与抗混淆滤波器 435 所达到的滤波特性相似的滤波特性。信号 612 再由可缩放 IDCT 615 进行处理, 将信号 612 的代表性 64 个滤波系数元素转换为水平缩放的信号, 该信号由例如
5 选择性挑出的 32 个像素元素构成。然后在空间域垂直缩减器 511 中在垂直方向上对可缩放 IDCT 615 的输出进行缩放, 并将其与来自可缩放运动补偿器 650 的信号合并, 从而恢复图像内的静止信息和使运动补偿的效果相反。在运动补偿器 650 中使用的运动矢量是从霍夫曼解码器 425 中经运动矢量定标器 513 而得到的。输出信号 520
10 是分辨率在空间上按比例缩减到与 SDTV 电视机基本相当的信号。

图 6b 说明图 6a 的代表性解码器的一部分的功能框图。在解码器的这个功能性实施例中, 量化器/滤波器 610 产生的滤波信号 612 由 IDCT 和水平定标器 615 来处理, 水平定标器 615 将系数集转化为缩减的像素集。在隔行素材包括宏块的混合场/帧模式的情况中, 可以
15 对解码器编程, 以便在宏块级或帧级上对图像垂直地进行空间域按比例缩减。如果选择宏块级, 那么在 IDCT 630 之后, 如果各个经过滤波和水平缩减的宏块是帧型编码的, 则空间滤波器和定标器在垂直方向上对其处理。如果宏块是场型编码的, 则由定标器对其处理而不进行滤波, 因为它可能在频域中在两个方向上已经进行了滤波。
20 应当指出, 用于场型编码宏块的垂直频域滤波器必须与用于帧型编码宏块的空间域滤波器相对应, 以便在逆运动补偿期间减少预测失真。如果选择帧级的垂直空间域缩减, 那么在 IDCT 630 中对任何类型编码的宏块进行水平缩减, 之后由运动补偿器 650 进行处理。在进行运动补偿后, 需要用空间域滤波器和定标器 170 来使图像垂直
25 直地在空间上缩小。

图 6c 说明运动矢量缩减器 513 的功能框图。运动矢量 122 首先由霍夫曼解码器 425 进行处理, 然后由水平运动矢量定标器 514 进行水平缩减, 由垂直运动矢量定标器 515 进行垂直缩减, 并且由运

动补偿器 650 进行处理。在帧级垂直空间缩减的情况中，运动矢量必须由垂直运动矢量定标器 515 只在垂直方向上进行按比例缩减。

频域和相应的空间域滤波器的选择现在可表明与离散余弦变换的卷积-乘法特性相关。如本领域所知，DCT 具有与离散傅立叶变换 (DFT) 类似的卷积-乘法特性。那么对于一维实序列 $a(n)$, $n=0\dots N-1$ 和一维实偶序列 $h(n)$, $n=-N\dots N-1$ 来说已知：如果

$$F_c(n)=A_c(n)H_f(n), \text{ 对于 } n=0\dots N-1 \text{ 而言} \quad [1]$$

其中 $F_c(n)$ 为 $f(n)$ 的 N 点 DCT;

$A_c(n)$ 为 $a(n)$ 实序列的 N 点 DCT;

10 以及

$H_f(n)$ 为 $h(n)$ 的 $2N$ 点 DFT;

那么

$$f(k)=a(k)*h(k), \text{ 对于 } k=0\dots N-1 \text{ 而言;} \quad [2]$$

其中 $*$ 代表对称卷积运算符，它可视为序列 $h(k)$ 的 $2N$ 长的循环卷积的对称折叠结果，序列 $h(k)$ 是可通过零扩展到偶长度的奇对称序列，偶对称序列 $\bar{a}(k)$ 可描述为

$$\bar{a}(k) = \begin{cases} a(k) & k = 0, 1, \dots, N-1 \\ a(-1-k), & k = -N, -N+1, \dots, -1 \end{cases}$$

频域中的乘法和时域中的卷积之间的关系特性可扩展到二维情况，例如：如果

$$F_c(n,m)=A_c(n,m)H_f(n,m); \text{ 对于 } n,m=0\dots N-1; \quad [3]$$

20 那么

$$f(k,l)=a(k,l)*h(k,l); \text{ 对于 } k,l=0\dots N-1; \quad [4]$$

其中 $*$ 代表两维的对称卷积运算符； $F_c(n,m)$ 是 $f(n,m)$ 的两维 $N \times N$ DCT，其中 $n,m=0\dots N-1$ ； $A_c(n,m)$ 是 $a(n,m)$ 的两维 $N \times N$ DCT， $n,m=0,N-1$ ； $H_f(n,m)$ 是 $h(n,m)$ 的两维 $2N \times 2N$ DFT， $n,m=-N\dots N-1$ 。

25 不难理解， $a(k,l)$ 的实序列的两维 DCT 形成了一个矩阵，其中较低频元素包含在矩阵的左上角，较高频元素包含在矩阵的右下角。此时，根据公式 3 和 4，可通过把接收的 DCT 系数乘上一个特殊的

滤波器矩阵来实现在 DCT 域内的两个方向上的滤波。作为示例，以下列方式可以得到在两个方向上脉冲响应 $h(n)=\{0.25,0.5,0.25\}$ 的三抽头低通滤波器的滤波器矩阵。根据公式 1，所指示的滤波器 $H_N(n)$ 的频率响应可通过计算 $h_{2N}(n)$ 的 DFT 来获得， $h_{2N}(n)$ 是可由零扩展到 $2N$ 长度的奇对称序列。二维频率响应可视为：

$$HH_N = H_N \otimes H_N^T,$$

其中 \otimes 表示克罗内克乘法运算符。因此对于滤波器 $h(n)$ ，乘法矩阵为：

$$HH_N = \begin{bmatrix} 1 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 0.962 & 0.925 & 0.821 & 0.665 & 0.481 & 0.297 & 0.141 & 0.037 \\ 0.854 & 0.821 & 0.729 & 0.59 & 0.427 & 0.263 & 0.125 & 0.032 \\ 0.691 & 0.665 & 0.59 & 0.478 & 0.346 & 0.213 & 0.101 & 0.026 \\ 0.5 & 0.481 & 0.427 & 0.346 & 0.25 & 0.154 & 0.073 & 0.019 \\ 0.309 & 0.297 & 0.263 & 0.213 & 0.154 & 0.095 & 0.045 & 0.012 \\ 0.146 & 0.141 & 0.125 & 0.101 & 0.073 & 0.045 & 0.021 & 5.574 \cdot 10^{-3} \\ 0.038 & 0.037 & 0.032 & 0.026 & 0.019 & 0.012 & 5.574 \cdot 10^{-3} & 1.449 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix}$$

因此，可通过先将量化矩阵和滤波器矩阵 $H(n,m)$ 合并来使频域量化器/滤波器与逆量化功能相结合。更具体地说，如果滤波器矩阵定义为如下 HH_N ：

$$HH_N = [hh_{n,m}]; \text{ 对于 } n,m=0 \dots N-1$$

而且量化矩阵可描述为：

$$Q_N = [q_{k,l}]; \text{ 对于 } k,l=0 \dots N-1$$

那么组合的量化-滤波矩阵可描述为：

$$C_N = [q_{n,m}hh_{n,m}]; \text{ 对于 } n,m=0 \dots N-1$$

从上表明，对于带有混合的场/帧型编码宏块的序列来说，帧型编码宏块必须在频域内只在水平方向以及在空间域内只在垂直方向上进行滤波。同样，对于帧级空间垂直缩减来说，所有宏块必须在频域内只在水平方向上进行滤波。在该情况下， $h(n)=\{0.25, 0.5,0.25\}$ 的滤波器矩阵是：

$$H_f(n,m) = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \\ 1.0 & 0.962 & 0.854 & 0.691 & 0.5 & 0.309 & 0.146 & 0.038 \end{bmatrix}$$

5 虽然上文中已经说明、描述和指出了如优选实施例所应用的本发明的基本的新颖特征，但是应当理解，在不脱离本发明范围的前提下，本领域的技术人员可在所述方法中进行各种简化、替代和修改。此外，虽然这里讨论的是与 HDTV 传输相关的 MPEG 解码，但是本领域的技术人员可以理解，这里所公开的发明概念并不仅限于 MPEG 编码/解码，而是还可适用于其它数字 TV 编码/解码技术。

15 特别指出，以基本上相同的方式执行基本上相同的功能来达到相同结果的这些要素和/或方法步骤的所有组合均在本发明的范围内。还可完全地构想出用一个所述实施例中的要素来代替另一实施例中的要素。

20 应当指出，上述实施例是说明而不是限定本发明，在不脱离所附权利要求的范围的前提下，本领域的技术人员可设计出许多替代性实施例。在权利要求书中，任何置于括号之间的标号不应视为限定权利要求。词语“包括”并不排除在权利要求中列出的内容之外的其它要素或步骤的存在。本发明可通过包括若干不同元件的硬件并通过适当编程的计算机来实现。在列出若干装置的装置权利要求中，这些装置中的若干项可以同一项硬件来实现。在多个不同从属
25 权利要求中引用的一定措施并不表示这些措施的组合不能带来优点。

图 3

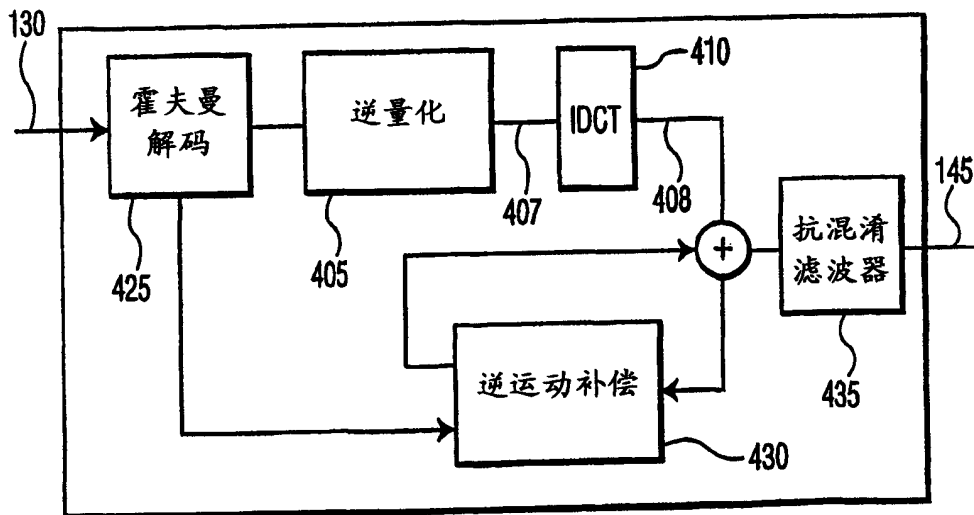
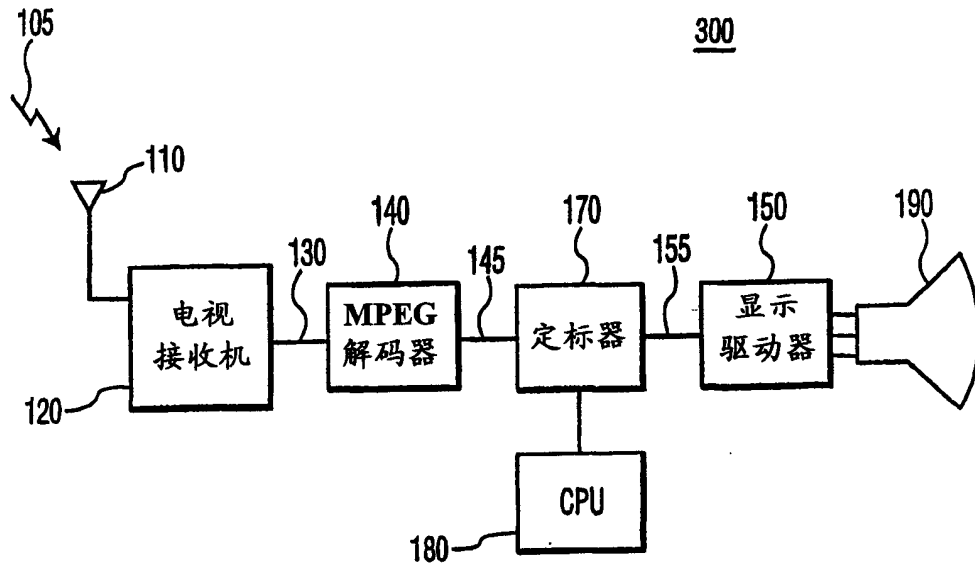


图 4a

图 1

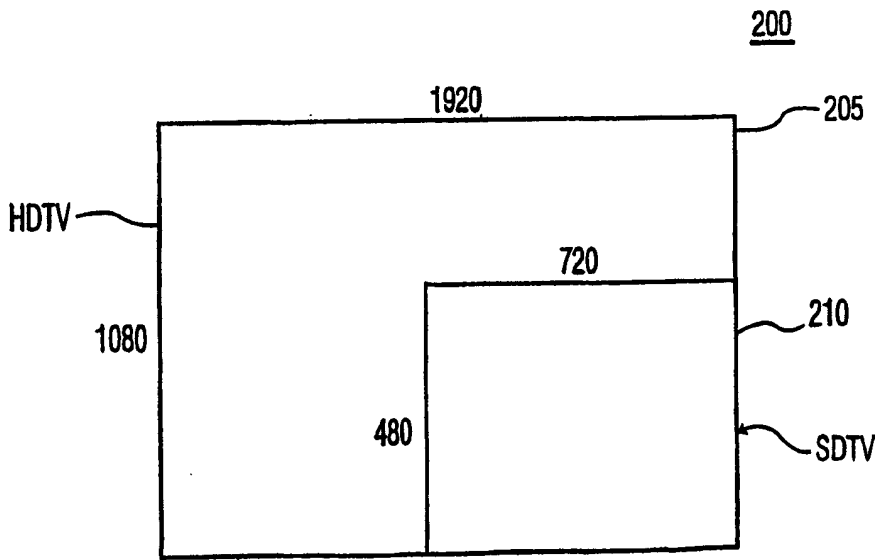
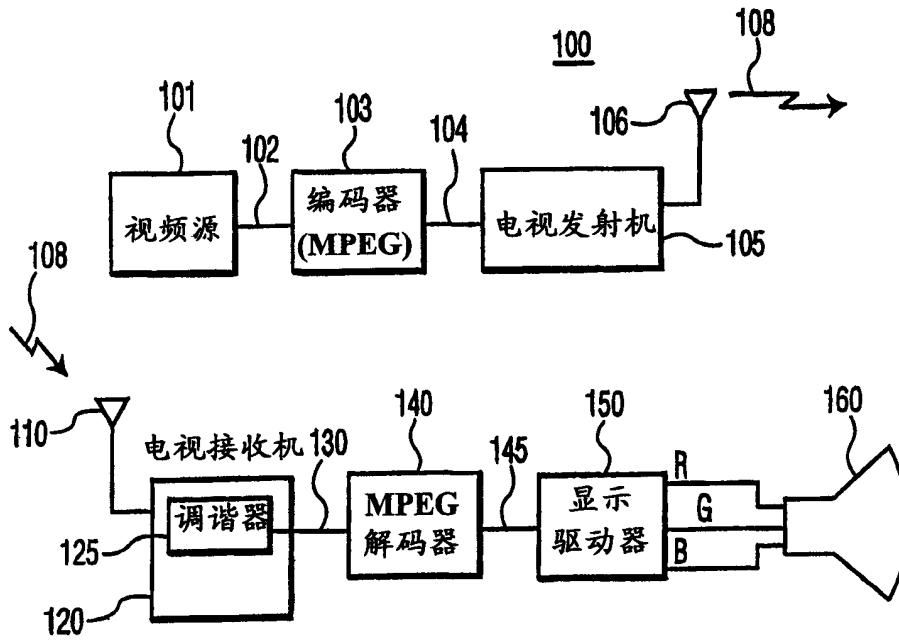


图 2

图 4b

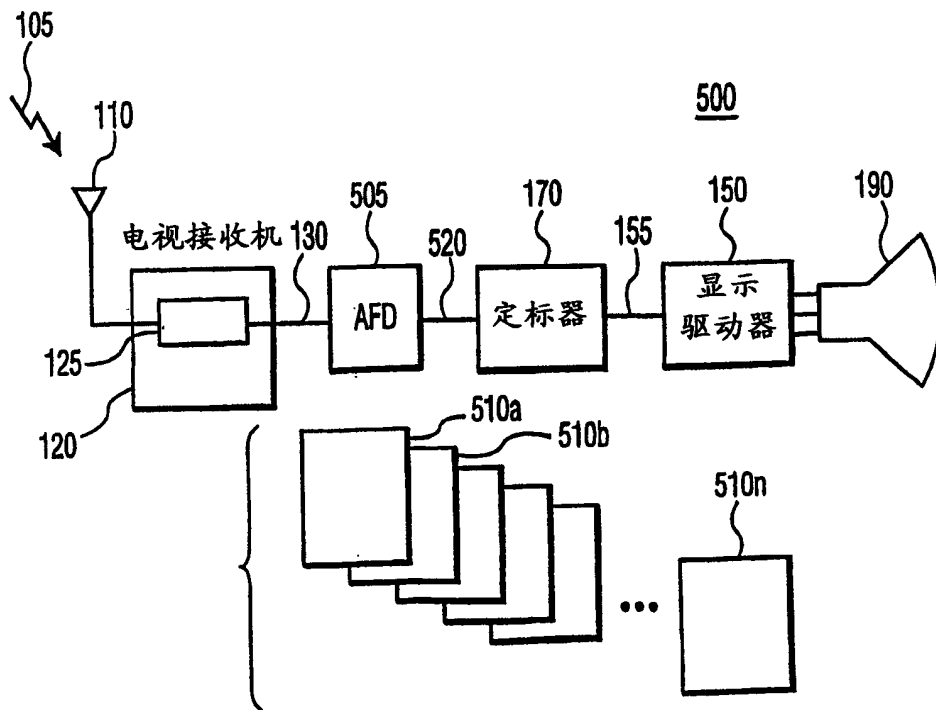
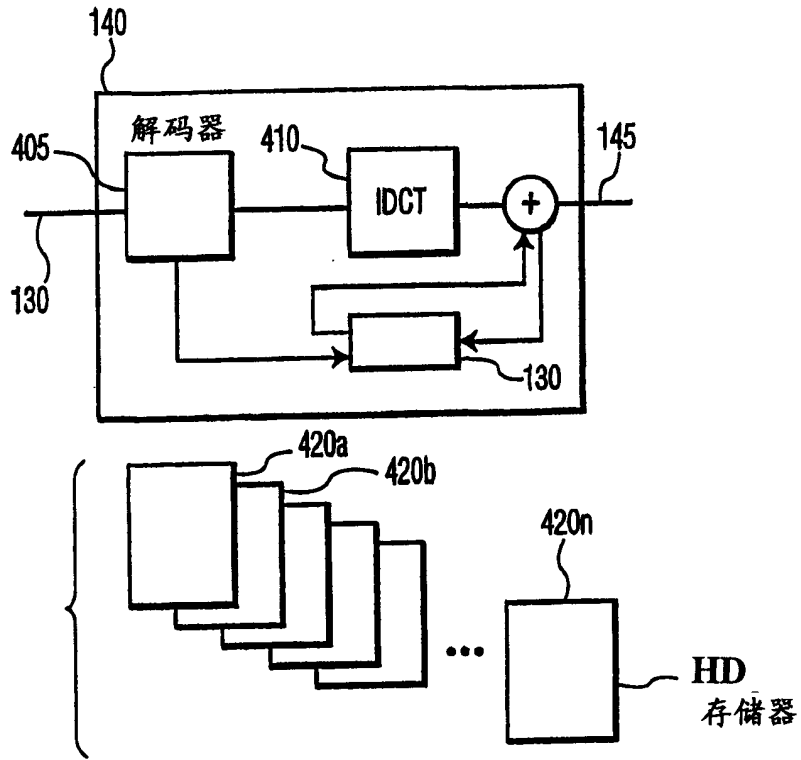


图 5

图 6a

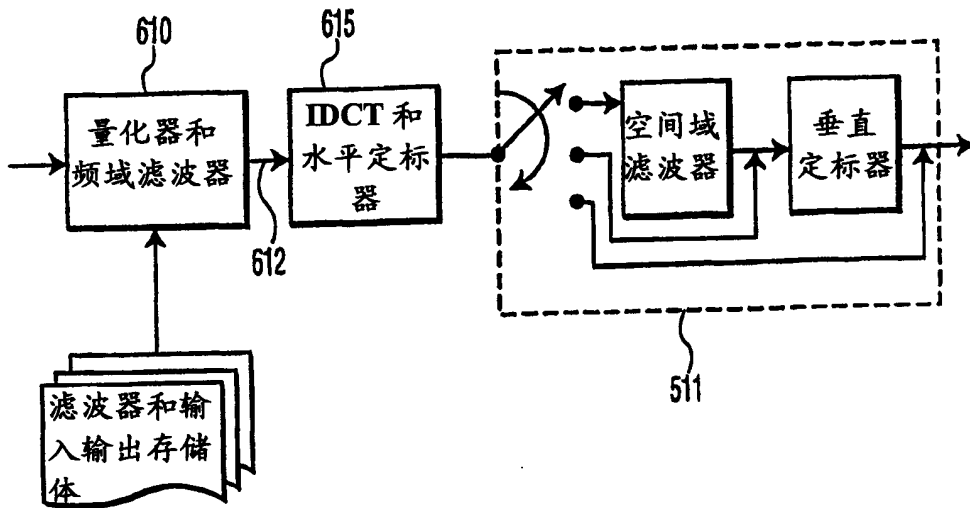
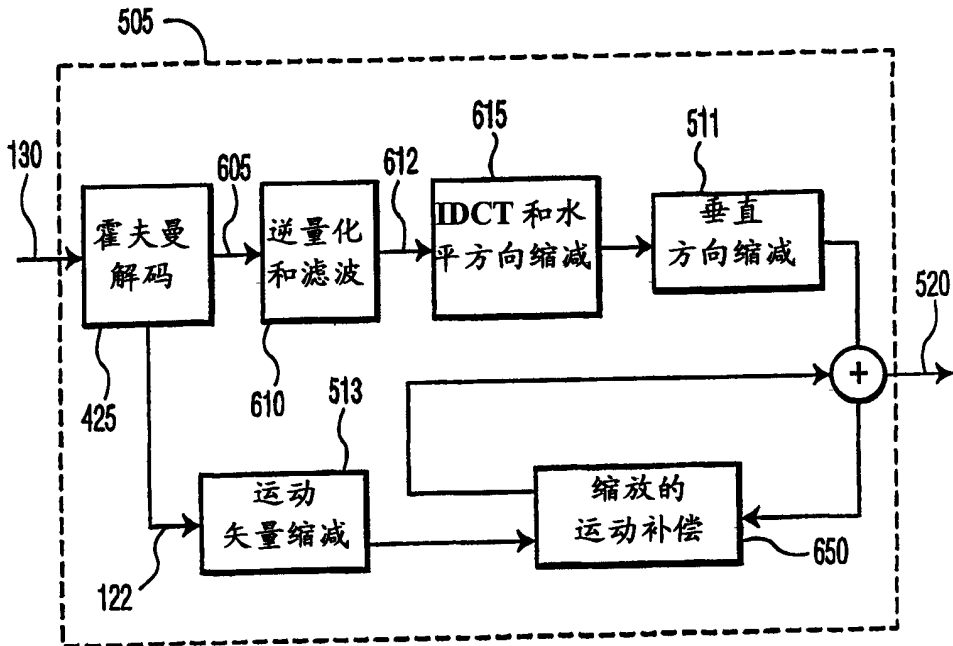


图 6b

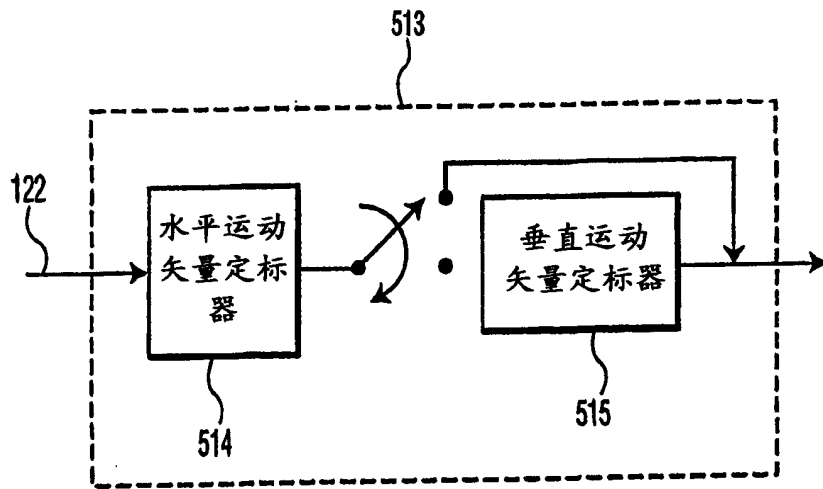


图 6c