



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99121711.X

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1122413C

[22] 申请日 1999.10.8 [21] 申请号 99121711.X

[30] 优先权

[32] 1998.10.9 [33] US [31] 09/169790

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 金熙龙

审查员 郑 直

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

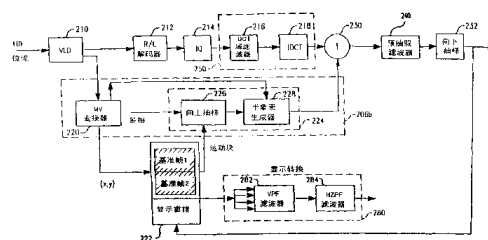
代理人 韩 宏

权利要求书 7 页 说明书 26 页 附图 8 页

[54] 发明名称 将编码高分辨率视频信号转换为解码低分辨率视频信号的系统及方法

[57] 摘要

高清晰度电视信号下变换系统包括从高分辨率编码信号形成低分辨率信号的设备，该设备包括：接收装置，接收编码信号作为包括宏块的高分辨率频域视频系数值块；下变换滤波装置，对块内被选高分辨率频域视频系数值加权生成频域视频系数块；反变换装置，将系数块变成第一滤波像素值的一块；预抽取滤波装置，对第一滤波像素值滤波提供第二滤波像素值块；及抽取装置，删除第二滤波像素值中被选值提供低分辨率信号像素值块。



1、一种用于从代表一视频图象的一编码的视频信号形成一低分辨率视频信号的设备，该编码的视频信号是一频域变换的高分辨率视频信号，该设备包括：

接收装置，用于接收该编码的视频信号作为多个高分辨率频域视频系数值的块，其中该多个块包括一宏块；

下变换滤波装置，用于执行块内低通滤波，从而对各块内的高分辨率频域视频系数值中被选择的视频系数值进行加权以生成对应的滤波的频域视频系数的块；

反变换装置，用于将滤波的频域视频系数的各块变换成第一滤波的像素值的一块；

预抽取滤波装置，用于执行块间低通滤波，从而对跨越块边界的第一滤波的像素值的多个块的各个中的第一滤波的像素值进行滤波以提供对应的第二滤波的像素值的块；及

抽取装置，用于按照预定的抽取比来删除各块内的第二滤波的像素值中被选择的像素值以提供低分辨率视频信号像素值的块。

2、根据权利要求 1 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中编码的视频信号代表一剩余视频图象且该抽取装置提供对应于该视频图象的一基准帧的低分辨率视频信号像素值的一块且该反变换装置提供对应于该视频图象的一当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的一块，该设备还包括：

存储装置，用于存储由该抽取装置提供的对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该块；

向上抽样滤波装置，用于将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该块转换成对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的一向上抽样的块；及

求和装置，用于将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该向上抽样的块加至对应于该当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的该块以提供对应于该视频图象的该当前帧的像素值的一求和的块；

其中该预抽取滤波装置对像素值的该求和的块进行滤波以提供对应于该视频图象的该当前帧的第二滤波的像素值的一块且该抽取装置删除对应于该视频图象的该当前帧的第二滤波的像素值的该块中选择的一些并提供对应于该视频图象的该当前帧的低分辨率视频信号像素值的一块。

3、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，还包括运动补偿装置，用于将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该向上抽样的块转换成对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的一运动补偿的向上抽样的块且该求和装置将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该运动补偿的向上抽样的块加至对应于当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的该块以提供对应于该视频图象的当前帧的像素值的一求和的块。

4、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该下变换滤波装置和该预抽取装置组合以减少低分辨率视频信号中的混叠失真。

5、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该下变换滤波装置是一块反射镜滤波器。

6、根据权利要求 5 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该下变换滤波装置对多个高分辨率频域视频系数值执行块内处理且该预抽取滤波装置对对应于该视频图象的当前帧的像素值的该求和的块执行块间处理。

7、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该向上抽样滤波装置包括一向上抽样滤波器，该预抽取滤波装置

包括一预抽取滤波器，且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了一拉格朗日滤波器。

8、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该向上抽样滤波装置包括频域中的一向上抽样滤波器且该下变换滤波装置包括一等同于该向上抽样滤波器的频域中的下变换滤波器。

9、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该向上抽样滤波装置包括一向上抽样滤波器，该预抽取滤波装置包括一预抽取滤波器，且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了具有系数 $h(n)$ 的一 FIR 滤波器

$$h(n)=(13, -16, 0, 95, 190, 256, 190, 95, 0, -16, -13)/256$$

10、根据权利要求 9 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该预抽取滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_dec(n)=(-13, -3, 16, 82, 92, 82, 16, -3, -13)/256,$$

该向上抽样滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_up(n)=(1, 1, 1).$$

11、根据权利要求 10 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该下变换滤波装置包括一具有以下系数的频域中的下变换滤波器：

$$H_DCT=(1, 0.9493, 0.8047, 0.5885, 0.3333, 0.0782, -0.1381, -0.2826).$$

12、根据权利要求 2 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该向上抽样滤波装置包括一向上抽样滤波器，该预抽取滤波装置包括一预抽取滤波器，且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了具有系数 $h(n)$ 的一 FIR 滤波器

$$h(n)=(-1/16, 0, 9/16, 1, 9/16, 0, -1/16).$$

13、根据权利要求 12 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该预抽取滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_dec(n)=(-1/8, 1/4, 3/4, 1/4, -1/8),$$

该向上抽样滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_{up}(n) = (1/2, 1, 1/2).$$

14、根据权利要求 13 的一种用于形成低分辨率视频信号的设备，其中该下变换滤波装置包括一具有以下系数的频域中的下变换滤波器：

$$H_{DCT} = (1, 0.9619, 0.8536, 0.6913, 0.5000, 0.3087, 0.1464, 0.0381).$$

15、一种用于从代表一视频图象的一编码的视频信号形成一低分辨率视频信号的方法，该编码的视频信号是一频域变换的高分辨率视频信号，该方法包括有以下步骤：

(a) 接收该编码的视频信号作为多个高分辨率频域视频系数值的块，其中该多个块包括一宏块；

(b) 执行块内低通滤波，从而对各块内的高分辨率频域视频系数值中被选择的视频系数值进行加权以生成对应的滤波的频域视频系数的块；

(c) 将滤波的频域视频系数的各块变换成第一滤波的像素值的一块；

(d) 执行块间低通滤波，从而对跨越块边界的第一滤波的像素值的多个块的各个中的第一滤波的像素值进行滤波以提供对应的第二滤波的像素值的块；及

(e) 按照预定的抽取比来删除各块内的第二滤波的像素值中被选择的像素值以提供低分辨率视频信号像素值的块。

16、根据权利要求 15 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中编码的视频信号代表一剩余视频图象且在步骤 (e) 中提供对应于该视频图象的一基准帧的低分辨率视频信号像素值的一块且在步骤 (c) 提供对应于该视频图象的一当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的一块，该方法还包括以下步骤：

(f) 存储在步骤 (c) 中提供的对应于该基准帧的低分辨率视频

信号像素值的该块；

(g) 进行滤波以将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该块转换成对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的一向上抽样的块；及

(h) 将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该向上抽样的块加至对应于该当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的该块以提供对应于该视频图象的该当前帧的像素值的一求和的块；

其中在步骤(d)中对像素值的该求和的块进行滤波以提供对应于该视频图象的该当前帧的第二滤波的像素值的一块且在步骤(e)中删除对应于该视频图象的该当前帧的第二滤波的像素值的该块中选择的一些并提供对应于该视频图象的该当前帧的低分辨率视频信号像素值的一块。

17、根据权利要求16的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，还包括步骤：将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该向上抽样的块转换成对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的一运动补偿的向上抽样的块且在步骤(h)将对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该运动补偿的向上抽样的块加至对应于当前帧的剩余视频图象的第一滤波的像素值的该块以提供对应于该视频图象的当前帧的像素值的一求和的块。

18、根据权利要求16的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中步骤(b)中的加权和步骤(d)中的滤波组合以减少低分辨率视频信号中的混叠失真。

19、根据权利要求16的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中步骤(b)等同于块反射镜滤波。

20、根据权利要求19的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤(b)中对多个高分辨率频域视频系数值执行块内处理且在步骤(d)中对对应于该视频图象的当前帧的像素值的该求和的块

执行块间处理。

21、根据权利要求 16 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤 (g) 中使用一向上抽样滤波器对对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该块进行变换且在步骤 (d) 中使用一预抽取滤波器对第一滤波的像素值进行滤波且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了一拉格朗日滤波器。

22、根据权利要求 16 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤 (g) 中对对应于该基准帧的低分辨率视频信号像素值的该块通过频域中的向上抽样滤波而被转换且在步骤 (b) 中等同于空间域中的向上抽样滤波器的在频域中的下变换滤波被使用以生成滤波的频域视频系数的对应的块。

23、根据权利要求 16 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中步骤 (g) 中的滤波通过一向上抽样滤波器执行，步骤 (d) 中的滤波通过一预抽取滤波器执行，且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了具有系数 $h(n)$ 的一 FIR 滤波器

$$h(n) = (13, -16, 0, 95, 190, 256, 190, 95, 0, -16, -13) / 256.$$

24、根据权利要求 23 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中该预抽取滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_{\text{dec}}(n) = (-13, -3, 16, 82, 92, 82, 16, -3, -13) / 256,$$

该向上抽样滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_{\text{up}}(n) = (1, 1, 1).$$

25、根据权利要求 24 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤 (b) 中使用一具有以下系数的频域中的下变换滤波器生成滤波的频域视频系数的这些对应的块：

$$H_{\text{DCT}} = (1, 0.9493, 0.8047, 0.5885, 0.3333, 0.0782, -0.1381, -0.2826).$$

26、根据权利要求 16 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤 (g) 中的滤波通过一向上抽样滤波器执行，步骤 (d) 中

的滤波通过一预抽取滤波器执行，且该向上抽样滤波器和该预抽取滤波器的卷积实现了具有系数 $h(n)$ 的一 FIR 滤波器

$$h(n) = (-1/16, 0, 9/16, 1, 9/16, 0, -1/16).$$

27、根据权利要求 26 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中该预抽取滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_{\text{dec}}(n) = (-1/8, 1/4, 3/4, 1/4, -1/8),$$

该向上抽样滤波器是一具有以下系数的 FIR 滤波器

$$h_{\text{up}}(n) = (1/2, 1, 1/2).$$

28、根据权利要求 13 的一种用于形成低分辨率视频信号的方法，其中在步骤 (b) 中使用一具有以下系数的频域中的下变换滤波器生成滤波的频域视频系数的这些对应的块：

$$H_{\text{DCT}} = (1, 0.9619, 0.8536, 0.6913, 0.5000, 0.3087, 0.1464, 0.0381).$$

将编码高分辨率视频信号转换为解码低分辨率视频信号的 系统及方法

技术领域

本发明涉及一种将一编码的高分辨率视频信号，例如 MPEG-2 编码的视频信号转换并格式化成一解码的低分辨率输出视频信号的解码器，且更具体地，涉及一种用于该解码器的下变换系统。

背景技术

在美国，一标准已被建议用于数字编码的高清晰度电视信号（HDTV）。该标准的一部分在本质上与由国际标准化组织（ISO）的运动图象专家组（MPEG）建议的 MPEG-2 是相同的。该标准在题为“信息技术—运动图象及相关的音频的类编码，建议 H. 626（Information Technology—Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, Recommendation H. 626）”，ISO/IEC 13818-2，IS，11/94 的可从 ISO 获得的国际标准（IS）出版物中被描述，并将它的有关 MPEG-2 数字视频编码标准的说明结合在此作为参考。

MPEG-2 标准实际上是几个不同的标准，在 MPEG-2 中，几个不同的轮廓被定义，各对应于被编码图象的一不同的复杂度水平。对于各轮廓，不同的水平被定义，各水平对应于一不同的图象分辨率。MPEG-2 标准之一被称之为主轮廓，主水平（Main Profile, Main Level），其用于对符合现有电视标准（即 NTSC 或 PAL）的视频信号进行编码。另一标准被称之为主轮廓，高水平（Main Profile, High Level），其用于对高清晰度电视图象进行编码。根据主轮廓，高水平标准被编码的图象具有高达每图象帧 1152 有效行和每行 1920 个像素。

另一方面，主轮廓，主水平标准定义了每行 720 个像素和每帧 576 行的最大画面尺寸。在每秒 30 帧的帧速下，根据该标准被编码的信

号具有每秒 $720 \times 576 \times 30$ 或 12441600 个像素的数据速率。对比起来, 根据主轮廓, 高水平标准被编码的图象具有每秒 $1152 \times 1920 \times 30$ 或 66335200 个像素的最大数据速率。该数据速率比根据主轮廓, 主水平标准被编码的图象数据的数据速率的五倍还要大。在美国被建议用于 HDTV 编码的标准是该标准的一子组, 具有高达每图象帧 1080 行和每行 1920 个像素, 及对于该帧尺寸的每秒 30 帧的最大帧速。用于该建议的标准的数据速率仍远大于用于主轮廓, 主水平标准的最大数据速率。

MPEG-2 标准定义了包含数据和控制信息的一混合物的一复合语法。该控制信息的一些被用于使具有几种不同格式的信号能被该标准所覆盖。这些格式定义了具有不同的每行图象元素(像素)数, 不同每帧或每场的行数, 和不同的每秒帧数或场数的图象。而且, MPEG-2 主轮廓的基本语法定义了代表在五个层, 序列层、图象群层、图象层、片(slice)层和宏块层中的一序列图象的压缩的 MPEG-2 位流。这些层中的各层用控制信息被引导。最后, 其他信息, 也被称为辅助信息(例如, 帧类型, 宏块图案, 图象运动矢量, 系数 Z 形图案和去量化信息)通过该编码的位流被散置。

一下变换系统将高清晰度输入图象变换成低分辨率图象用于在一低分辨率监视器上显示。高分辨率主轮廓, 高水平图象到主轮廓, 主水平图象, 或其他低分辨率图象格式的下转换已获得增大的用于减小 HDTV 的实现成本的重要性。下转换允许用具有低图象分辨率的便宜的现有的监视器来替换使用主轮廓, 高水平编码的图象的昂贵的高清晰度监视器以支持例如主轮廓, 主水平编码的图象, 例如 NTSC 或 525 逐行监视器。

为有效地接收数字图象, 解码器应快速地处理视频信号信息。为使最佳地有效, 编码系统应是相对便宜的且还具有充足的能力来实时地解码这些数字信号。

现有技术中的一种下变换的方法简单地进行低通滤波并抽取解码

的高分辨率、主轮廓，高水平图象以形成适用于在一常规的电视接收机上进行显示的图象。因此，使用现有技术，采用下变换的解码器可使用一单个的具有复杂设计，很大的存储量，并以高数据速率对空间域图象起作用的处理器而被实现以执行该功能。然而，高分辨率，和高数据速率要求非常昂贵的电路，这与成本是主要因素的消费者的电视接收机中的解码器的实现是相违背的。

发明内容

本发明是在一用于从一代表一视频图象的被编码的视频信号形成一低分辨率视频信号的设备中被实现的。该被编码的视频信号是一频域变换的高分辨率视频信号。该设备包括一用于接收该被编码的视频信号作为多个高分辨率频域视频系数值的块。一下变换滤波器对在各块内的高分辨率频域视频系数值中被选择的系数值进行加权以生成对应的滤波后的频域视频系数的块。一逆变换处理器将各滤波后的频域视频系数的块变换成一第一滤波后的像素值的块。一预抽取滤波器执行多个第一滤波后的像素值的块的块间滤波并提供对应的第二滤波后的像素值的块。一抽取装置删除各块内的第二滤波后的像素值中的被选择的像素值以提供低分辨率向下抽样的视频信号像素值。

根据本发明的一方面，该抽取装置被耦合至一向上抽样滤波器，该向上抽样滤波器将低分辨率向下抽样的视频信号像素值的块转换成低分辨率视频信号像素值的向上抽样的块。一加法器然后将这些低分辨率视频信号像素值的向上抽样的块加至第一滤波后的像素值的块以提供一通过该预抽取滤波器被滤波的且然后通过该抽取装置被抽取的一和。该向上抽样滤波器和预抽取滤波器的组合的频率响应特性符合一拉格朗日（lagrange）插值器的响应特性。

从以下结合附图进行的详细描述，本发明的以上及其他的目的和特征将变得显然。

附图说明

图 1 为现有技术的一视频解码系统的高水平方框图；

图 2 为具有一 DCT 域滤波器和一预抽取滤波器的一下变换系统的

一示例性实施例的高水平方框图；

图 3A 示出了 3:1 和 2:1 下变换系统的示例性实施例的子像素部分和对应的预测的像素；

图 3B 示出了对一示例性下变换系统的一输入宏块的各行执行的向上抽样过程；

图 4 示出了用于一块反射镜滤波器的一示例性实施例的第一和第二输出像素值的乘法对；

图 5A 示出了用于使用 3:1 抽取的 4:2:0 视频信号的输入和抽取的输出像素；

图 5B 示出了用于使用 2:1 抽取的 4:2:0 视频信号的输入和抽取的输出像素；

图 6 示出了一向上抽样滤波器、一预抽取滤波器的频率响应特性和它们的对于一水平的 3:1 下变换系统的级联的响应；及

图 7 示出了一向上抽样滤波器、一预抽取滤波器的频率响应特性和它们的对于一水平的 2:1 下变换系统的级联的响应。

具体实施方式

I. 解码器综述

本发明的示例性实施例对已根据 MPEG-2 标准且更具体地是主轮廓，高水平 MPEG-2 标准被编码的解码的 HDTV 信号进行滤波。

然而，在此所述的本发明并不限于解码的 HDTV 信号的下变换滤波。以下描述的滤波方法还可被使用以对其他类型的频域编码的数字信号（可被划分成若干部分，被滤波，且然后被重组合）进行滤波。

该 MPEG-2 主轮廓，高水平标准以五个水平：序列水平、图象群水平、图象水平、片水平和宏块水平定义了一序列图象。这些水平中的各个可被认为是一数据流中的一记录，后列出的水平出现作为先列出的水平中的嵌套的子水平。各水平的记录包括一头部，该头部包含在解码其子记录中被使用的数据。

宏块由六个块组成，4 个亮度块 Y 和 2 个色度块 Cr 和 Cb。编码的 HDTV 信号的各块包含代表一两维离散余弦变换（DCT）的 64 个各

自系数值的数据，其中该 64 个各自系数值代表 HDTV 图象中的 64 个图象元素（像素）。

在编码的过程中，象素数据在被进行离散余弦变换之前被进行运动补偿差分编码且这些变换的系数的块通过采用行程长度和可变长度编码技术而再被编码。从该数据流恢复该图象序列的一解码器逆反该编码过程。该解码器采用一熵解码器（例如，一可变长度编码器），一逆离散余弦变换处理器，一运动补偿处理器，和一插值滤波器。

图 1 是现有技术的一典型的视频解码系统的高水平方框图。该现有技术的视频解码器包括一熵解码器 110（通常是一可变长度解码器和一行程长度解码器），一反量化器 120，和一反离散余弦变换（IDCT）处理器 130。该示例性系统还包括一相应于由熵解码器 110 从输入位流检索的控制信息来控制该解码系统的不同元件的控制器 170。为处理预测图象，该现有技术的系统还包括一存储器 160，一加法器 140，一运动补偿处理器 150，和一块到光栅（block to raster）转换器 180。

可变长度解码器 110 接收编码的视频图象信号，并逆转编码过程以生成包括描述一先前解码的图象中的一匹配的宏块的相对位移的运动矢量的控制信息。该匹配的宏块对应于当前被解码的预测的图象的一宏块。该可变长度解码器 110 还接收或者被称之为剩余视频图象的当前视频图象的块的量化的 DCT 变换系数（如果使用帧内编码），或者接收当前和预测的视频图象之间的差（如果使用帧间编码）。反量化器 120 接收量化的 DCT 变换系数并重构用于一具体宏块的量化的 DCT 系数。待被用于一具体块的量化矩阵被从该可变长度解码器 110 接收。

IDCT 处理器 130 将重构的 DCT 系数变换成空间域中的象素值（用于代表该宏块的亮度或色度分量的 8×8 矩阵值的各块，和用于代表该预测的宏块的差分亮度或差分色度分量的 8×8 矩阵值的各块）。

如果该当前宏块未被预测地编码，则输出矩阵值是当前视频图象的对应宏块的象素值。如果该宏块被进行帧间编码，先前视频图象帧（一基准帧）的对应宏块被存储在存储器 160 中供运动补偿处理器 150 使用。运动补偿处理器 150 响应于从熵解码器 110 接收的运动矢量，从存储器 160 接收先前的宏块。运动补偿处理器然后在加法器 140 中将该先前宏块加至当前 IDCT 变换的宏块（对应于当前预测地编码的帧的一剩余分量）以生成用于当前视频图象的象素的对应的宏块，然后被存入存储器 160。

II. 下变换系统

A. 综述

图 2 是一下变换系统的一示例性实施例的高水平方框图。如图 2 中所述，该下变换系统包括一可变长度解码器（VLD）210，一行程长度（R/L）解码器 212，一反量化器 214，和一反离散余弦变换（IDCT）处理器 218。而且，该下变换系统还包括一下变换滤波器（DCT 滤波器）216，一预抽取滤波器 240，和一用于编码的图象的滤波的向下抽样处理器 232。尽管以下描述了用于一主轮廓，高水平编码的输入的示例性实施例，该下变换系统可用任何类似的进行编码的高分辨率图象位流而被实现。

该下变换系统还包括一运动矢量（MV）变换器 220，包括向上抽样处理器 226 和半象素生成器 228 的一高分辨率运动块生成器 224 和一基准帧存储器 222。

而且，该系统包括一显示转换单元 280（包括一垂直可编程滤波器（VPF）282 和水平可编程滤波器（HZPF）284）。该显示转换单元 280 将一向下抽样的图象转换成在具有低分辨率的一具体显示器上进行显示的图象。

下变换滤波器 216 执行频域内的高分辨率（例如主轮廓，高水平 DCT）系数的块内低通滤波。预抽取滤波器 240 执行空间象素值的块

间低通滤波。向下抽样处理器 232 通过抽取低通滤波的主轮廓，高水平图象而消去选择的空象素值以生成一组可在具有比要求显示主轮廓，高水平图象的分辨率要低的分辨率的监视器上显示的象素值。示例性的基准帧存储器 222 存储对应于具有对应于向下抽样的图象的一分辨率的至少一先前编码的基准帧的空象素值。对于非宏块内编码，MV 转换器 220 和分辨率的减少一致地对接收的图象的各块运动矢量进行定标，且低分辨率运动块生成器 224 接收由基准帧存储器 222 提供的抽取的低分辨率运动块，对这些运动块进行向上抽样并生成半象素值从而以半象素精度提供运动块，其呈现与解码的及滤波的差分象素块的良好的一致。

现描述下变换系统的该示例性实施例的用于宏块内编码的操作。该主轮廓，高水平位流由 VLD210 接收及解码。除了由 HDTV 系统使用的首部信息外，VLD210 提供用于各块和宏块的 DCT 系数，和运动矢量信息。这些 DCT 系数在 R/L 解码器 212 中被进行行程长度解码并由反量化器 214 进行反量化。VLD210 和 R/L 解码器 212 对应于图 1 中的熵解码器。

由于由 DCT 系数表示的接收的视频图象是高分辨率图象，各块的 DCT 系数在进行高分辨率视频图象的抽取之前被低通滤波。反量化器 214 将这些 DCT 系数提供给 DCT 滤波器 216，后者在将它们提供给 IDCT 处理器 218 之前通过用预定的滤波系数对这些 DCT 系数进行加权而执行在频域内低通滤波。在一示例性实施例中，该滤波操作在逐块的基础上进行。

IDCT 处理器 218 通过执行滤波的 DCT 系数的一反离散余弦变换来提供空象素值。预抽取滤波器 240 对 IDCT 处理器 218 提供的这些空象素值进行滤波。向下抽样处理器 232 通过根据一预定的抽取比消去空象素值来减小图象取样尺寸；因此，该低分辨率图象的存储使用相比于存储较高分辨率的主轮廓，高水平图象所需的帧存储器

要小的帧存储器 222。

现描述一下变换系统的该示例性实施例用于非宏块内编码的操作。在该示例性实施例中，按照 MPEG 标准，当前接收的图象 DCT 系数代表预测的图象宏块的剩余分量 DCT 系数。由于存储在基准帧存储器 222 中的先前帧低分辨率参考图象不具有与高分辨率的预测的帧（主轮廓，高水平）相同的像素数，这些运动矢量的水平分量被定标。

参见图 2 由 VLD210 提供的主轮廓、高水平位流的运动矢量被提供给 MV 变换器 220。各运动矢量由 MV 变换器 220 定标以参考基准帧存储器 222 中存储的一先前图象的基准帧的适当的预测块。被检索的块中的大小（像素值数）限于被用于编码当前图象的对应的高分辨率块的一块；因此该被检索的块被进行向上抽样以形成具有与 IDCT 处理器 218 提供的剩余块相同数目的像素的一预测块。

该预测块通过向上抽样处理器 226 响应于来自 MV 变换器 220 的一控制信号被向上抽样以生成对应于像素的初始高分辨率块的一块。然后，生成半像素值，如果由半像素发生器 228 中的向上抽样的预测块的运动矢量指示，以确保该预测块的空间对准。该被向上抽样和对准的预测块在加法器 230 中被加至当前滤波的块，其例如是来自该预测块的分辨率降低的剩余分量。所有的处理是在逐宏块的基础上进行的。在向上抽样域中完成对当前宏块的运动补偿处理后，重建的宏块通过预抽取滤波器 240 被滤波且然后在向下抽样处理器 232 中被抽取。预抽取滤波器 240 以一固定的核（kernel）大小工作以滤波越过块和宏块边界的空间像素值。这样，预抽取滤波器 240 是一块间滤波器。预抽取滤波器 240 的作用是减少例如由块内频域滤波器 216 引起的解码图象中的成块人工因素（artifact）。该抽取处理不降低图象的分辨率而简单地从低分辨率滤波的图象中去除剩余像素。

一旦获得用于一图象的向下抽样的宏块，显示转换单元 280 通过分别在 VPF282 和 HZPF294 中对该向下抽样的图象的垂直和水平分量

进行滤波来调节该图象以在一低分辨率电视显示器上进行显示。

B. 宏块预测

由于先前图象的基准帧的大小被弄小，接收的针对这些帧的运动矢量也可根据变换比被变换。以下描述例如在水平方向上对亮度块的运动变换。本领域的熟练技术人员将容易地将以下讨论扩展至在垂直方向上的运动变换（如果使用的话）。标记 x 和 y 作为初始图象帧中的当前宏块地址， Dx 作为水平抽取因子及 mv_x 作为初始图象帧的半像素水平运动矢量，初始图象帧中的运动块的左顶像素的地址，以半像素单位被表示为 XH ，由下式给出：

$$XH = 2x + mv_x \quad (1)$$

对应于该运动块的像素在向下抽样的图象中开始，其地址以像素单位被表示为 x^* 和 y^* ，在下式（2）被给出

$$x^* = \frac{XH}{2 \cdot Dx}; y^* = y \quad (2)$$

因为例示的 DCT 滤波器 216 和向下抽样处理器 232 仅减少该图象的水平分量，而对运动矢量的垂直分量不影响。对于色度，该运动矢量是初始图象中的一亮度运动矢量的一半。因此，用于变换色度运动矢量的定义也可使用公式（1）和（2）。

运动预测由两步处理完成：首先，在图 2 的向上抽样处理器 226 中对该向下抽样的图象帧进行向上抽样所恢复的初始图象帧中的像素精度运动估算，然后，半像素发生器 228 通过平均最接近的像素值来执行一半像素运动估算。

对应于一初始图象中的像素的一抽取的图象中的子像素例如使用向上抽样处理器 226 中的一向上抽样多相滤波器被进行内插，该向上抽样处理器 226 给出初始图象中的一运动预测。该运动预测在加法器 230 中被加至 IDCT 处理器 218 的一输出信号。由于加法器 230 的输

出值对应于一初始图象格式的分辨率降低的图象，这些值可被向下抽样用于在一具有低分辨率的显示器上进行显示。在向下抽样处理器 232 中的向下抽样基本上等同于一图象帧的子抽样，但可根据变换比进行调节。例如，在 3:1 向下抽样的情况下，对于各输入宏块，水平向下抽样的像素数是 6 或 5，且第一向下抽样的像素不总是输入宏块中的第一像素。

在从该向下抽样的图象获取正确的运动预测块后，执行向上抽样以得到初始图象中的对应的预测块。因此，运动块预测中的子像素精度在该向下抽样的图象中是所期望的。例如，使用 3:1 抽取，在运动预测中具有 1/3（或 1/6）子像素精度是所期望的，除了向下抽样的运动块外的，该运动矢量所需的第一像素的该子像素被确定。然后，使用模运算确定后继的子像素位置，如以下所述的。这些子像素位置被表示为 x_s ，如式（3）中给出的：

$$X_s = \left(\frac{XH}{2} \right) \% (Dx) \quad (3)$$

其中“%”代表模除法。

例如， x_s 的范围对于 3:1 向上抽样是 0, 1, 2 且对于 2:1 向上抽样是 0, 1。图 3A 示出了用于 3:1 和 2:1 例子的子像素位置和对应的 17 个预测的像素，且表 1 给出了图 3A 的符号表。

表 1

符号	像素
•	向下抽样的像素
Δ	向上抽样的像素
O	预测像素
$\square$	额外的用于向上抽样的右和左像素

如先前所述，该向上抽样滤波器可以是向上抽样多相滤波器，且表 2A 给出了这些向上抽样多相滤波器的特性。

表 2A

	3:1 向上抽样	2:1 向上抽样
多相滤波器数	3	2
抽头数	3	5
水平的向下抽样的像素的最大数	9	13

以下的表 2B 和 2C 示出了用于例示的 3:1 和 2:1 向上抽样多相滤波器的多相滤波系数。

表 2B: 3:1 向上抽样滤波器

	相位 0	相位 1	相位 2
双精度	-0.1638231735591 0.7900589359512 0.3737642376078	0.0221080691070 0.9557838617858 0.0221080691070	0.3737642376078 0.7900589359512 -0.1638231735591
固定点 (9 位)	-0.1640625(-42) 0.7890625(202) 0.3750000(96)	0.0234375(6) 0.95703125(244) 0.0234375(6)	0.3750000(96) 0.7890625(202) -0.1640625(-42)

表 2C: 2:1 向上抽样滤波器

	相位 0	相位 1
双精度	0.0110396839260 0.0283886402920 0.9211433515636 0.0283886402920	-0.1433363887113 0.6433363887113 0.6433363887113 -0.1433363887113

	0. 0110396839260	0. 00000000000000
固定点 (9 位)	0. 01718750 (3)	-0. 14453125 (-37)
	0. 02734375 (7)	0. 64453125 (165)
	0. 92187500 (236)	0. 64453125 (165)
	0. 02734375 (7)	-0. 14453125 (-37)
	0. 01718750 (3)	0. 00000000 (0)

在一固定点表示中，表 2B 和 2C 的括号中的数是 9 位的 2 的补数表示，带有左边的对应的双精度数。根据向下抽样的基准图象帧中的运动预测块的子像素位置，多相内插滤波器的一对应相位被使用。而且，在一例示实施例中，需要在左和右上的更多像素以在该向下抽样的图象帧中内插 17 个水平像素。例如，在 3:1 抽取的情况下，有用于各输入宏块的最大 6 个水平地向下抽样的像素。然而，当进行向上抽样时，需要 9 个水平像素以生成对应的运动预测块值，因为一向上抽取滤波器要求该滤波器的边界外侧的更多的左和右像素以进行工作。由于该例示的实施例采用半像素运动估算，需要 17 个像素以得到可以是第一 16 个整数像素或最接近的两像素值的平均值的 16 个半像素。一半像素运动发生器处理其。表 3 示出了子像素位置和多相滤波器元素，与另外需要的用于向上抽样处理的多个左像素之间的映射。

表 3

	子像素位置	多相	额外的左像素的数	坐标变化
3:1 向上抽样	0	1	1	$x \rightarrow x-1$
	1	2	1	$x \rightarrow x-1$
	2	0	0	
2:1 向上抽样	0	0	2	$x \rightarrow x-2$

	1	1	2	$x \rightarrow x-2$
--	---	---	---	---------------------

图 3B 概述了对一输入宏块的各行执行的向向上抽样处理。首先, 在步骤 310, 接收用于被处理的输入图象帧的块的运动矢量。在步骤 312, 该运动矢量被变换以对应于存储器中的向下抽样的基准帧。在步骤 314, 该被定标的运动矢量被使用以检索帧存储器中存储的预测块的坐标。在步骤 316, 用于该块的子像素点被确定且然后在步骤 318 检索用于向上抽取的初始多相滤波器值。然后在步骤 320 从存储器检索用于该存储的向下抽取的基准帧的预测块的识别的像素。

在滤波步骤 324 最初通过之前, 在步骤 322 寄存器被初始化, 对于该例示性实施例要求用初始 3 或 5 个像素值装载这些寄存器。然后, 在滤波步骤 324 之后, 在步骤 326 该处理确定是否所有的像素已被处理。在该例示性实施例中 17 个像素被处理。如果所有的像素未被处理, 在步骤 328 更新该相位, 且核查该相位是否为 0 值。在本发明的一实施例中, 如果该相位是零, 这些寄存器被更新用于下一组多相滤波系数。更新寄存器步骤 332 然后简单地更新这些输入像素。在最左像素在该块边界外侧的特殊情况下, 一先前像素值可以被重复。

C. 采用 DCT 系数的加权的 DCT 域滤波

该下变换系统的示例性实施例包括替换空间域中的低通滤波器的, 在频域中处理 DCT 系数的 DCT 滤波器 216。以 DCT 域滤波替代空间域滤波用于 DCT 编码的图象有几个优点, 例如由 MPEG 或 JPEG 标准所规划。最显著地, DCT 域滤波器在计算上更加有效且比施加于空间像素的空间域滤波器要求更少的硬件。例如, 具有 N 个抽头的一空间滤波器可使用多达对个空间像素值的 N 次乘法和加法。这相当于 DCT 域滤波器中的仅一次乘法。

最简单的 DCT 域滤波器是高频 DCT 系数的一截短, 然而, 高频 DCT 系数的截短不导致一平滑的滤波且具有例如在解码的图象中的边缘附

近“形成环绕”的缺陷。本发明的示例性实施例的 DCT 域低通滤波器是从空间域中的一块反射镜滤波器导出的。用于该块反射镜滤波器的滤波系数值是例如在空间域中被最优化的,且这些值然后被转换成 DCT 域滤波器的系数。

尽管该示例性实施例示出了仅在水平方向上的 DCT 域滤波, DCT 域滤波可在水平或垂直任一方向上或通过组合水平和垂直滤波而在两方向上被进行。

D. DCT 域滤波器系数的推导

从两约束中推导本发明的一示例性滤波器: 首先, 该滤波器不使用来自同一图象的其他块或来自先前图象的信息, 对该图象的各块在逐块的基础上处理图象数据; 且其次, 该滤波器减少当其处理边界像素值时出现的块边界的视见度。

根据第一个约束, 在一 MPEG 图象序列的基于 DCT 的压缩中, 例如, $N \times NDCT$ 系数的块实现 $N \times N$ 空间像素值的块。因此, 本发明的一示例性实施例实现仅处理当前接收的图象的块的一 DCT 域滤波器。

根据第二个约束, 如果该滤波被简单地施加于空间像素值的一块, 有在块边界外的不充足数的空间像素值引起的在块边界上滤波的过渡以填充滤波的剩余。也就是说, 一块的边界不能被适当地滤波, 因为该 N 抽头滤波器具有各自用于依据 N 是偶数或奇数而定的仅 $N/2$ 或 $(N/2) - 1$ 个抽头。其余的输入像素在该块的边界外。有几种提供像素值的方法: (1) 重复在一边界外的预定的恒定像素值; (2) 重复相同的像素值作为边界像素值; 及 (3) 反射该块的像素值以形成相邻于该被处理块的先前及后继块的像素值。没有有关该先前或后继块的内容的信息, 该反射方法被认为是一较佳的方法。因此, 本发明的一实施例采用该反射方法用于滤波器且被称为“块反射镜滤波器”。

以下描述执行对块的 8 个输入空间像素值进行低通滤波的一水平

块反射镜滤波器。如果该输入块的大小为 8×8 块矩阵的像素值，则可通过将该块反射镜滤波器施加于 8 个像素值的各行而完成一水平滤波。显然，对于本领域的熟练技术人员，可通过施加该块矩阵的列方向的滤波系数而执行该滤波处理，或可通过滤波这些行且然后滤波该块矩阵的列来实现多维滤波。

图 4 示出了采用由抽头值 h_0 至 h_{14} 代表的一 15 抽头空间滤波的一示例性反射镜滤波器的用于 8 个输入像素的输入像素值 x_0 至 x_7 (群 X_0) 之间的对应。这些输入像素在群 X_0 的左侧上被反射，示出为群 X_1 ，并在群 X_0 的右侧上被反射，示出为群 X_2 。该滤波器的输出像素值是这些滤波器抽头值与对应的像素值的 15 次相乘的和。图 4 示出了用于第一和第二输出像素值的乘法对。

以下示出了空间域中的块反射镜滤波器等同于 DCT 域滤波器。该反射镜滤波与具有 $2N$ ($N=8$) 个点的一圆周卷积相关。

如公式 (4) 所示地定义矢量 x' 。

$$x'(n) = x(n) + x(2N-1-n); \quad 0 \leq n \leq 2N-1 \quad (4)$$

在 $N=8$ 的情况下，

$$x' = (x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_7, x_6, x_5, x_4, x_3, x_2, x_1, x_0)$$

重排滤波器抽头值 h_0 至 h_{14} ，并由 h' 表示重排的值

$$h' = (h_7, h_8, h_9, h_{10}, h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{14}, 0, h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6)$$

因此反射镜滤波的输出 $y(n)$ 是由公式 (5) 给出的 $x'(n)$ 和 $h'(n)$ 的圆周卷积。

$$y(n) = x'(n) \otimes h'(n) \quad (5)$$

其等同于公式 (6)

$$y(n) = \sum_{k=0}^{2N-1} x'[n-k] \cdot h'(n) \quad (6)$$

其中 $x'[n-k]$ 是 $x'(n)$ 的圆模且

$$\begin{aligned} x'[n] &= x'(n) & n \geq 0 \\ x'[n] &= x'(n+2N) & n < 0. \end{aligned}$$

已知公式 (5) 中所示的空间域中的圆周卷积对应于离散傅里叶变换 (DFT) 域中的标量乘法。定义 $Y(k)$ 作为 $y(n)$ 的 DFT, 则公式 (5) 变为 DFT 域中的公式 (7)。

$$Y(k) = X'(k) \cdot H'(k) \quad (7)$$

其中 $X'(k)$ 和 $H'(k)$ 分别是 $x'(n)$ 和 $h'(n)$ 的 DFT。

公式 (4) 至 (7) 对于带有少于 $2N$ 个抽头的滤波器是有效的。而且, 该滤波器被限于是带有奇数个抽头的一对称滤波器, 这些约束 $H'(k)$ 是一实数。因此, $X'(k)$, $x'(n)$ 的 DFT, 可在 DFT 频域中被用一实数 $H'(k)$ 进行加权来替代在空间域中的 $2N$ 次乘法和 $2N$ 次加法运算以执行该滤波操作。 $X'(k)$ 的值与初始 N -点 $x(n)$ 的 DCT 系数非常紧密地相关, 因为一 N -点 DCT 是通过作为由 $x(n)$ 及其反射, $x(2N-1-n)$ 组成的联合序列的 $x'(n)$ 的 $2N$ -点 DFT 而获得的。

以下描述空间滤波器的 DFT 系数, $H'(k)$ 的推导, 通过假定一对称滤波器具有一奇数个抽头, $2N-1$, 其是 $h(n) = h(2N-2-n)$, 并等同地 $h'(n) = h'(2N-2-n)$ 且 $h'(N) = 0$ 。如公式 (8) 中定义 $H'(k)$ 。

$$H'(k) = \sum_{n=0}^{2N-1} h'(n) \cdot W_{2N}^{kn} = h'(0) + 2 \sum_{n=1}^{N-1} h'(n) \cdot \cos \frac{\pi kn}{N} \quad (8)$$

其中 $W_{2N}^{kn} = \exp\{-2\pi kn/(2N)\}$; 及 $H'(k) = H'(2N-k)$ 。

已知 $x'(n)$ 的 $2N$ -点 DFT, $X'(k)$ 可由其 DCT 系数表示, 如在公式 (9) 中

$$X'(k) = \sum_{n=0}^{2N-1} x'(n) \cdot W_{2N}^{-kn} = W_{2N}^{-k/2} \cdot \sum_{n=1}^{N-1} 2x(n) \cdot \cos \frac{\pi k(2n+1)}{2N} \quad (9)$$

而 $x(n)$ 的 DCT 系数, $C(k)$, 在公式 (10) 中被给出。

$$C(k) = \sum_{n=1}^{N-1} 2x(n) \cdot \cos \frac{\pi k(2n+1)}{2N} = W_{2N}^{k/2} \cdot X'(k) \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (10)$$

且在另外一处 $C(k) = 0$ 。

$X'(k)$ 的值, $x'(n)$ 的 DFT 系数, 可由 $C(k)$ 表达, $x'(n)$ 的 DCT 系数由公式 (11) 中的矩阵表示

$$X'(k) = \begin{bmatrix} W_{2N}^{-k/2} \cdot C(k) & \text{for } k \leq N-1 \\ 0 & \text{for } k = N \\ -W_{2N}^{-k/2} \cdot C(2N-k) & \text{for } N+1 \leq k \leq 2N-1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

初始空间像素值, $x(n)$, 也可通过公式 (12) 中所示的 IDCT (反离散余弦变换处理) 被获得。

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k) \cdot C(k) \cdot \cos \frac{\pi k(n+1/2)}{N} \quad (12)$$

其中对于 $k=0$, $\alpha(k) = 1/2$ 否则 $=1$ 。

对于 $0 \leq n \leq N-1$ 的 $y(n)$ 的值, 通过公式 (13) 中给出的 $X'(k)$ 的 IDCT 被获得:

$$\begin{aligned} y(n) &= \frac{1}{2N} \cdot \left\{ \sum_{k=0}^{2N-1} X'(k) \cdot H'(k) \cdot W_{2N}^{-kn} \right\} \\ &= \frac{1}{2N} \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} C(k) \cdot H'(k) \cdot W_{2N}^{-k(n+1/2)} + \sum_{k=N+1}^{2N-1} -C(2N-k) \cdot H'(2N-k) \cdot W_{2N}^{-k(n+1/2)} \right\} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k) \cdot \{C(k) \cdot H'(k)\} \cdot \cos \frac{\pi k(n+1/2)}{N} \quad (13)$$

公式 (13) 的值 $y(n)$ 是 $C(k) H'(k)$ 的 IDCT 的空间值。因此, 该空间滤波可由用 $H'(k)$ 对代表该图象块的输入频域系数进行 DCT 加权且然后执行这些被加权值的 IDCT 以在空间域中重建被滤波的像素值而被替换。

E. 块反射镜滤波器的示例性实施例

本发明的该示例性块反射镜滤波器的一实施例通过以下步骤被推导出: (1) 选择带有小于 $2N$ 个抽头的奇数个抽头的一维低通对称滤波器; (2) 这些滤波器系数通过装填若干零而被增大至 $2N$ 个值; (3) 这些滤波器系数被重排以使通过一左圆周移位使初始中间系数进到第零位置; (4) 重排的滤波器系数的 DFT 系数被确定; (5) 这些 DCT 滤波器系数被乘以该输入块的实数个 DFT 系数; 及 (6) 通过乘以 IDCT 系数执行滤波的 DCT 系数的反离散余弦变换 (IDCT) 以提供准备用于抽取的一低通滤波的像素。

低通滤波器的截止频率通过抽取比被确定。对于一示例性实施例, 对于 3:1 抽取, 该截止频率是 $\pi/3$, 而对于 2:1 抽取, 该截止频率是 $\pi/2$, 其中 π 是该抽样频率的一半。

MPEG 和 JPEG 解码器中的一 DCT 域滤波器允许存储需求被减少, 因为在现有技术的解码器中已存在有块的反量化和 IDCT 处理, 其仅要求附加的 DCT 系数与 DCT 域滤波器系数的标量乘法。因此, 在一具体的执行中实际上不要求一分离的 DCT 域滤波器块乘法; 本发明的另一实施例简单地将 DCT 域滤波器系数与 IDCT 处理系数组合。

对于本发明的示例性的下变换系统, DCT 系数的水平滤波和抽取

被考虑；且以下是两示例性的实现：

- 1、 1920H 乘 1080V 隔行至 640H 乘 1080V 隔行变换（水平 3:1 抽取）。
- 2、 1280H 乘 720V 逐行至 640H 乘 720V 逐行变换（水平 2:1 抽取）。

表 4 示出了 DCT 块反射镜滤波器（加权）系数；在表 4 中括号中的数是 10 位 2 的补数表示。表 4 的“*”是指用于 10 位 2 的补数表示的一无约束值（out of bound value），因为该值大于 1；然而，如本技术领域的熟练技术人员所知的，块的列系数与由“*”指示的值的相乘可容易地通过将该系数值加至乘以该滤波器值的分数值（余数）的该系数而被执行。

	3:1 抽取	2:1 抽取
H[0]	1.0000000000000000 (511)	1.0000000000000000 (511)
H[1]	0.986934590759779 (505)	1.0169628157945179 (*)
H[2]	0.790833583171840 (405)	1.0000000000000000 (511)
H[3]	0.334720213357461 (171)	0.82247656390475166 (421)
H[4]	-0.0323463361027473 (-17)	0.46728234862006007 (239)
H[5]	-0.0377450036954524 (-19)	0.10534261847436199 (54)
H[6]	-0.0726889747390758 (37)	-0.052131780559049545 (-27)
H[7]	0.00954287167337307 (5)	-0.003489737967467715 (-2)

这些水平 DCT 滤波器系数加权被编码的视频图象的 8×8DCT 系数的块中的各列。例如，列零的 DCT 系数通过 H[0]被加权，且第一列的 DCT 系数通过 H[1]被加权等。

上述讨论说明了使用一维 DCT 执行水平滤波。如数字信号处理技术中所知的，这样的处理可被扩展至二维系统。对于一两维系统，输入序列现被表示为多个值的一矩阵，示出该序列在列序列中是周期的，带有周期 M，且在行序列中是周期的，带有周期 N，N 和 M 是整

数。可如在输入序列的这些列上执行一维 DCT 地执行一维 DCT，且然后在 DCT 处理的输入序列的这些行上执行第二一维 DCT。而且，如现有技术中已知的，可如一个处理地执行一两维 IDCT。

F. 向下抽样

通过向下抽样处理器 232 实现向下抽样以减少下变换的图象中的像素数。图 5A 示出了 3:1 抽取的 4:2:0 色度型的输入和抽取的输出像素。图 5B 示出了 2:1 抽取的 4:2:0 色度型的输入和抽取的输出像素。表 5 给出了用于图 5A 和图 5B 的亮度和色度像素的图例标识。图 5A 和 5B 的下变换之前和之后的像素位置分别是隔行的（3:1 抽取）和逐行（2:1 抽取）情况。

表 5

符号	像素
+	抽取之前的亮度
X	抽取之前的色度
•	抽取之后的亮度
Δ	抽取之后的色度

对于可以从 1920 乘 1080 像素大小到 640 乘 1080 像素大小的变换的隔行图象的向下抽样，在水平轴上每隔三个像素被抽取。对于 3:1 抽取，在下变换处理后有三个不同的宏块类型。在图 5A 中，初始宏块（MB）由 MB0、MB1、MB2 表示。MB0 中被向下抽样的亮度像素在初始宏块中的第一像素开始，但在 MB1 和 MB2 中，被向下抽样的像素在第三和第二像素开始。而且在各宏块中的被向下抽样的像素的数目不是相同的。在 MB0 中，有水平地 6 个向下抽样的像素，而在 MB1 和 MB2 中有 5 个像素。这三个 MB 类型被重复，因此模 3 算术将被应用。表 6 概述了向下抽样像素数和各输入宏块 MB0、MB1、MB2 的偏移。

表 6

	MB0	MB1	MB2
向下抽样亮度像素的数	6	5	5
向下抽样色度像素的数	3	3	2
第一向下抽样的亮度像素的偏移	0	2	1
第一向下抽样的色度像素的偏移	0	1	2

对于可以是 1280 乘 720 像素大小到 640 乘 720 像素大小的变换的逐行格式图象的向下抽样，水平地每隔两个抽样子抽样亮度信号。换言之，在水平轴上每隔两个像素被抽取。对于色度信号，被向下抽样的像素正是初始像素之下的一半个像素。初始宏块中的像素和被抽取的像素被示出在图 5B 中。

G. 使用一预抽取滤波器的健全下变换

由 DCT 滤波器 216 执行的低通滤波减少了一输出图象中的混叠失真。在本发明的一示例性实施例中，该滤波器操作是在块内的基础上执行。当 DCT 滤波器 216 在一块内的基础进行滤波时，不考虑对应于与被进行滤波的该块相邻的块的系数值而执行该滤波。这样可导致由在块边界的非平滑滤波引起的下变换人工因素。当初始图象由具有精细细节的一运动景象组成时和当有一慢速摄全景和变焦时，这些下变换人工因素在一输出图象中是可见的。

如在节 II. D. 中所述，一块反射镜滤波器可被使用以提供用于在一块的边界之外的像素值的像素值。在该 DCT 块的中间的像素处，一块反射镜滤波器与一 FIR 滤波器是相同的，但在一块边界是不同的，因为假定左和右像素在被反射的一块之外且然后滤波这些输入像素以得到一低通输出。该在一块边界的非均匀性可能块到块及帧到帧地影响该下变换的图象。如果该图象具有带有精细细节的慢速摄全景或变焦，它是特别明显的。

预抽取滤波器 240 可被使用以减少由 DCT 滤波器 216 进行块内滤

波所引起的块边界人工因素。在一示例性实施例中，预抽取滤波器 240 在一块间基础上滤波像素并具有一频率响应，该频率响应的特点在于在 3:1 抽取情况具有一 $\pi/3$ 的截止频率而在 2:1 抽取情况具有一 $\pi/2$ 的截止频率，其中 π 是抽样频率的一半。

在图 2 所示的下变换系统中，有一剩余 DCT 信号路径并有一运动预测信号路径。预抽取滤波器 240 导致一运动预测的信号被低通滤波两次。首先当它被向上抽样处理器 226 进行向上抽样时，它被低通滤波，且在加法器 230 后通过预抽取滤波器 240 被再进行低通。

一图象被低通滤波两次可导致当一图象从一内部编码的帧进到下一内部编码的帧时，图象分辨率的不期望的下降。当该编码方案中的内部编码的帧之间的向前预测的帧（P-帧）的数目增多时，该降低的图象分辨率将更大。

例如，图象分辨率的降低可通过如公式（14）中所示的在向上抽样滤波器 226 和预抽取滤波器 240 之间分配期望的滤波特性而被减小：

$$h(n)=h_{up}(n) * h_{dec}(n) \quad (14)$$

其中*表示一卷积。在公式（14）中， $h(n)$ 代表具有期望的滤波特性的一滤波器的特性并是由 $h_{up}(n)$ 代表的向上抽样滤波器 226 和由 $h_{dec}(n)$ 代表的预抽取滤波器 240 特性的一卷积。

当该编码结构由内部编码的帧之间的许多预测的帧组成时，在下变换的图象中的一慢速运动或慢速变焦图象的再现可导致具有运动人工因素的预测的帧。这些运动人工因素可导致预测帧在真实运动之前或之后。当显示下一内部编码的帧时，具有运动人工因素的下变换的预测图象与精确地再现的内部编码的图象之间差别可导致观看者能看出的非平滑或不平稳的运动。

在一示例性实施例中，由以上公式（14）中的 $h(n)$ 代表的滤波

是一从拉格朗日内插导出的拉格朗日滤波。拉格朗日内插是本技术领域的熟练技术人员所周知的且可通过 Atkinson, An Introduction to Numerical Analysis, 107-10(1978)而被告知, 其结合在此作为参考。本发明人已发现使用拉格朗日滤波器与使用一等波纹滤波器相比减少了运动人工因素。

关于剩余 DCT 信号路径, 没有图 2 中所示的 DCT 域滤波器 216, 该剩余信号仅通过预抽取滤波器 240 被低通滤波。相比于向上抽样滤波器 226 和预抽取滤波器 240 的组合, 预抽取滤波器 240 仅部分地滤波信号, 且剩余 DCT 分量可能未被低通滤波到足以充分减少混叠失真。当一 DCT 域滤波器 216 被与一预抽取滤波器 240 组合使用时, DCT 域滤波器 216 提供附加的低通滤波以进一步减少混叠失真。

在一示例性实施例中, DCT 域滤波器 216 被设计得等同于向上抽样处理器 226 中的空间域滤波器。这样导致剩余信号分量和运动预测的信号分量两者的几乎等同的滤波。由于 DCT 域滤波器 216 在块内基础上进行滤波, 该等同性是有限的。

以下描述具有一 DCT 域滤波器 216 和一预抽取滤波器 240 两者的一水平 3:1 下变换系统的一示例性实施例。该实施例的讲授可由本技术领域的熟练技术人员被应用于其他域及其他定标比。

该例中的向上抽样处理器 226 可通过对各输入像素值填充两零且然后使用带有 $\pi/3$ 的截止频率的一内插滤波器对这些像素进行低通滤波, 其中 π 等于抽样频率的一半。如本技术领域的熟练技术人员所知的, 本发明的讲授也可被应用于具有一向上抽样处理器 226 的一下变换系统, 该向上抽样处理器 226 是使用一直接在向下抽样的像素上工作的一多相滤波器而被实现的且相位数依据于待被内插的子像素位置。

在本发明的示例性实施例中, 一下变换系统具有一 DCT 域滤波器 126 和一预抽取滤波器 240。所期望的滤波特性 $h(n)$ 被示出在以下的

公式 (15) 中:

$$h(n)=(-13,-16, 0, 95, 190, 256, 190, 95, 0, -16, -13)/256 \quad (15)$$

具有公式 (15) 中示出的特性 $h(n)$ 的一滤波器的频率响应 (dB vs. 频率, 其中 π 是抽样频率的一半) 由图 6 中的曲线 610 示出。该滤波器特性 $h(n)$ 可被表示为两滤波器的特性的卷积, 如以下公式 (16) 所示:

$$h(n)=h_{up}(n) * h_{dec}(n)=(1,1,1) * (-13,-3, 16, 82, 92, 82, 16, -3, -13)/256 \quad (16)$$

其中*表示一卷积。

向上抽样滤波器 226 或预抽取滤波器 240 可具有 (1, 1, 1) 滤波特性。当向上抽样滤波器 226 由特性 (1, 1, 1) 表示, 其等同于重复一向下抽样的像素两次时, 实现起来是简单的。这导致了具有滤波特性 $h_{dec}(n)$ 的预抽取滤波器 240, 如公式 (17) 中所示:

$$h_{dec}(n)=(-13,-3, 16, 82, 92, 82, 16, -3, -13)/256. \quad (17)$$

由公式 (17) 中的 $h_{dec}(n)$ 所表征的预抽取滤波器 240 的频率响应 (dB vs. 频率) 和由 (1, 1, 1) 所表征的向上抽样滤波器 226 的频率响应分别由图 6 中的曲线 620 和 630 示出。

在一示例性实施例中, DCT 域滤波器 216 具有等同于向上抽样处理器 226 的一滤波特性。一等同空间域滤波器可由公式 (18) 中的 $h_{sp}(n)$ 表示:

$$h_{sp}(n)=(1,1,1)/3. \quad (18)$$

如上相对于公式(8)–(13)所述及由 Kim 等人所著的“DCT Domain Filter for ATV Down Conversion (用于 ATV 下变换的 DCT 域滤波器)”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 43(4)

1074-8 (NOv. 1997)所讲授的, 其结合在此作为参考, 由公式 (18) 中 $h_{sp}(n)$ 表示的空间域滤波器可通过带有具有公式 (19) 中所示的 DCT 域滤波器系数 H_{DCT} 的奇数个抽头的一对称滤波器而在 DCT 域中被实现:

$$H_{DCT} = (1, 0.9493, 0.8047, 0.5885, 0.3333, 0.0782, -0.1381, -0.2826). \quad (19)$$

以下描述具有一 DCT 域滤波器 216 和—预抽取滤波器 240 两者的一水平 2:1 下变换系统的示例性实施例。该实施例的讲授也可由本技术领域的熟练技术人员应用于其他域及其他定标比。

以下例中的向上抽样处理器 226 可通过对每个输入像素值填充一个零且然后使用一带有带有 $\pi/2$ 的截止频率的一内插滤波器对这些像素进行低通滤波, 其中 π 等于抽样频率的一半。如本技术领域的熟练技术人员所知的, 本发明的讲授也可被应用于具有一向上抽样处理器 226 的一下变换系统, 该向上抽样处理器 226 是使用一直接在向下抽样的像素上工作的一多相滤波器而被实现的且相位数依据于待被内插的子像素位置。

在本发明的示例性实施例中, 一下变换系统具有一 DCT 域滤波器 126 和—预抽取滤波器 240。所期望的滤波特性 $h(n)$ 被示出在以下的公式 (20) 中:

$$h(n) = (-1/16, 0, 9/16, 1, 9/16, 0, -1/16). \quad (20)$$

具有特性 $h(n)$ 的一滤波器的频率响应 (dB vs. 频率) 由图 7 中的曲线 710 示出。该滤波器特性 $h(n)$ 可被表示为两滤波器的特性的卷积, 如以下公式 (21) 所示:

$$h(n) = h_{up}(n) * h_{dec}(n) = (1/2, 1, 1/2) * (-1/8, 1/4, 3/4, 1/4, -1/8) \quad (21)$$

其中*表示—卷积。

在该示例性实施例中，向上抽样滤波器 226 和预抽取滤波器 240 各自由 $h_{up}(n)$ 和 $h_{dec}(n)$ 所表征，如公式 (22) 和 (23) 中所示：

$$h_{up}(n)=(1/2,1,1/2) \quad (22)$$

$$h_{dec}(n)=(-1/8, 1/4, 3/4, 1/4, -1/8). \quad (23)$$

由公式 (23) 中的 $h_{dec}(n)$ 所表征的预抽取滤波器 240 的频率响应 (dB vs. 频率) 和由公式 (22) 中的 $h_{up}(n)$ 所表征的向上抽样滤波器 226 的频率响应分别由图 7 中的曲线 720 和 730 示出。

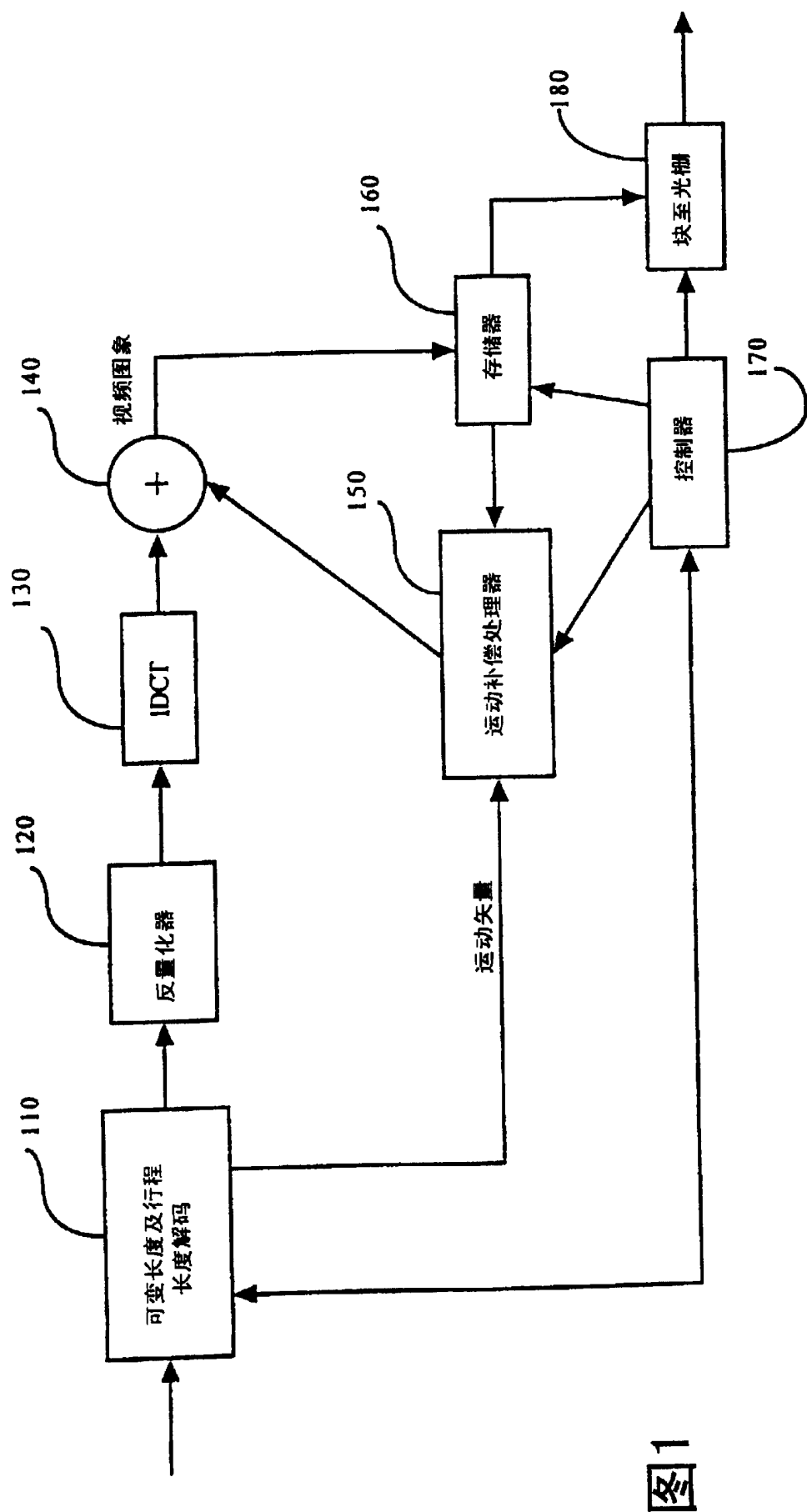
在一示例性实施例中，DCT 域滤波器 216 具有等同于向上抽样处理器 226 的一滤波特性。一等同空间域滤波器可由公式 (24) 定义的 $h_{sp}(n)$ 表示：

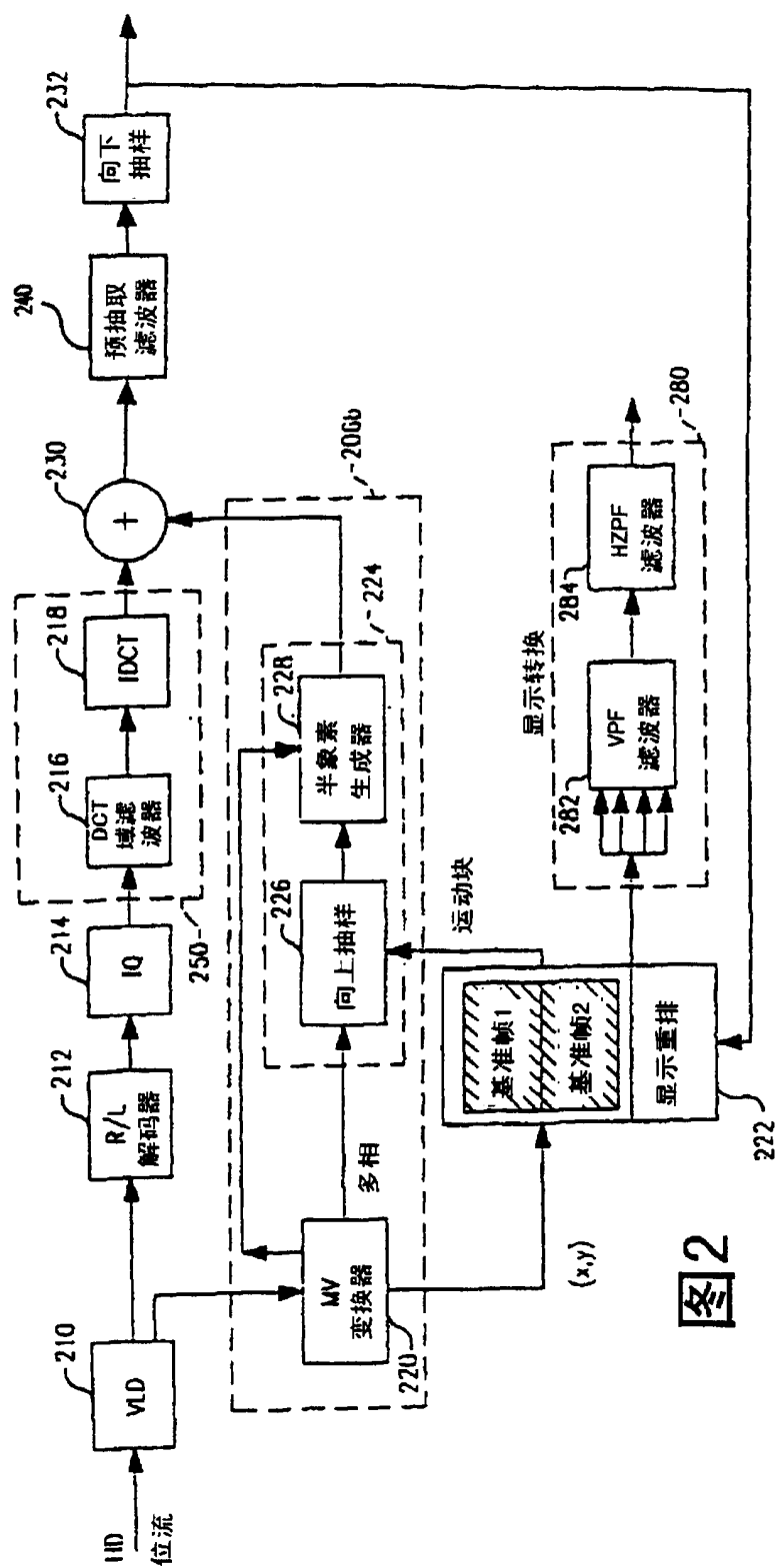
$$h_{sp}(n)=(1/2,1,1/2)/2=(1/4, 1/2, 1/4). \quad (24)$$

如上相对于公式(8)–(13)所述及由 Kim 等人所著的“DCT Domain Filter for ATV Down Conversion (用于 ATV 下变换的 DCT 域滤波器)”，IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 43(4) 1074–8 (NOv. 1997) 所讲授的，其结合在此作为参考，由 $h_{sp}(n)$ 表示的空间域滤波器可通过带有具有公式 (25) 中所示的 DCT 域滤波器系数 H_{DCT} 的奇数个抽头的一对称滤波器而在 DCT 域中被实现：

$$H_{DCT}=(1, 0.9619, 0.8536, 0.6913, 0.5000, 0.3087, 0.1464, 0.0381). \quad (25)$$

尽管在此已示出和描述了本发明的示例性实施例，可理解提供这些实施例仅是举例。不脱离本发明的精神，本领域的熟练技术人员可作出多种变化、改变和替换。因此，期望后附的权利要求覆盖落入本发明的范围内的所有这样的变化。





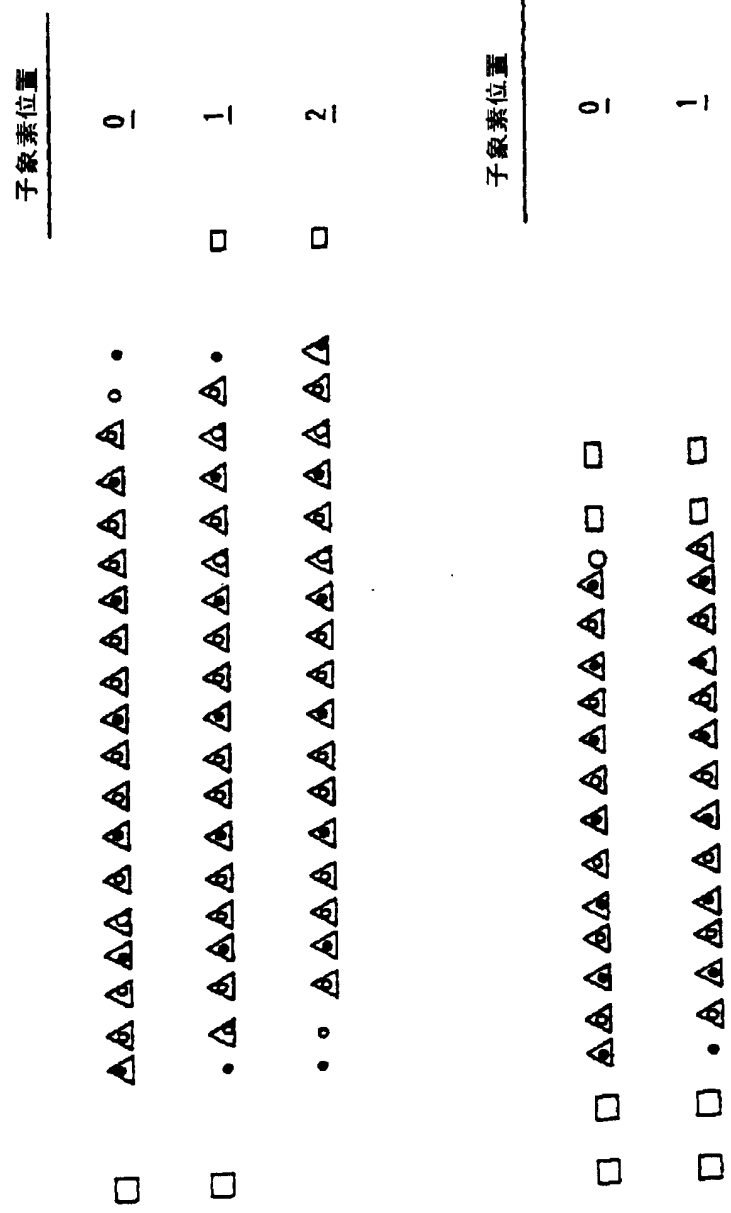


图 3A

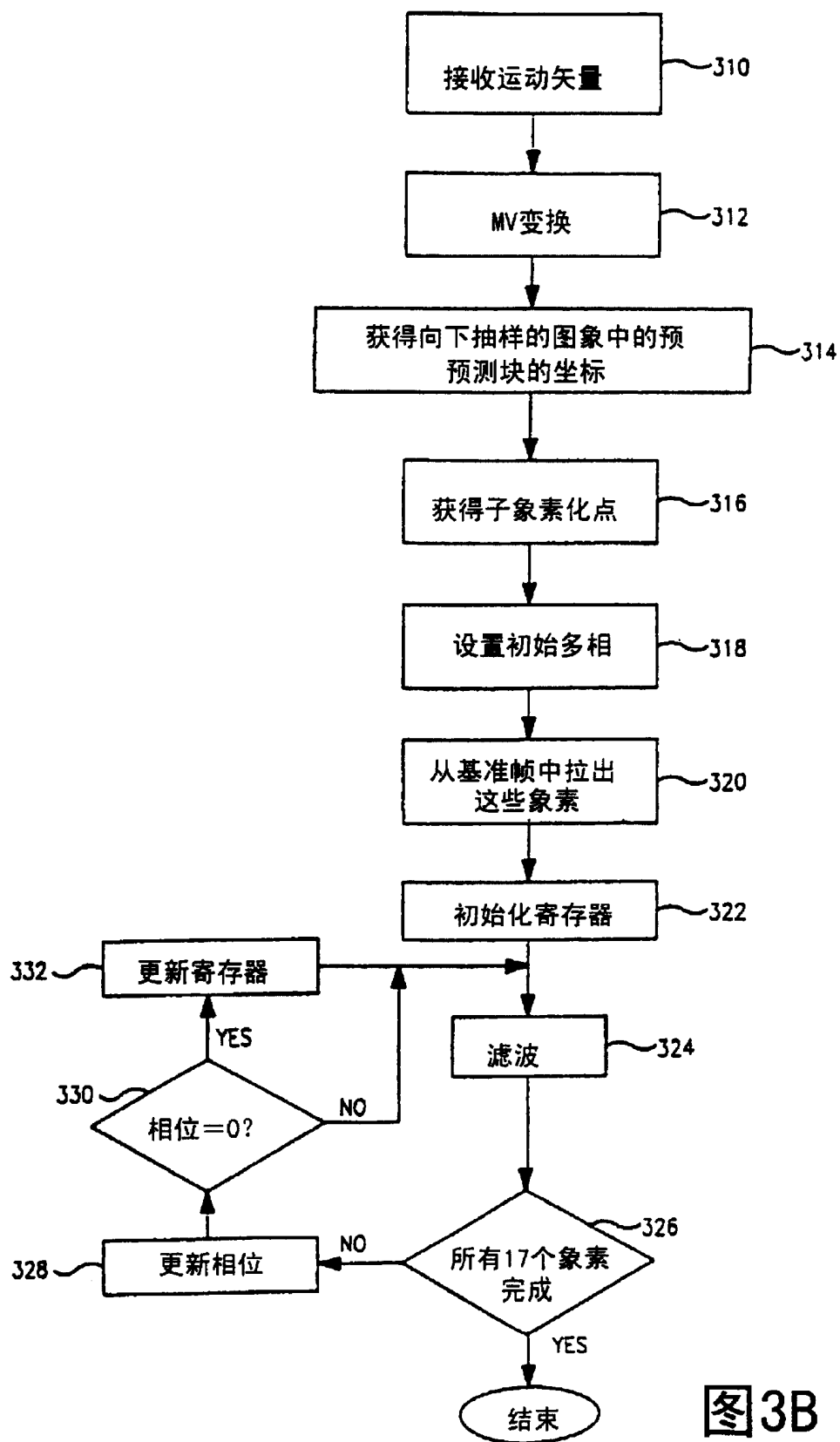


图3B

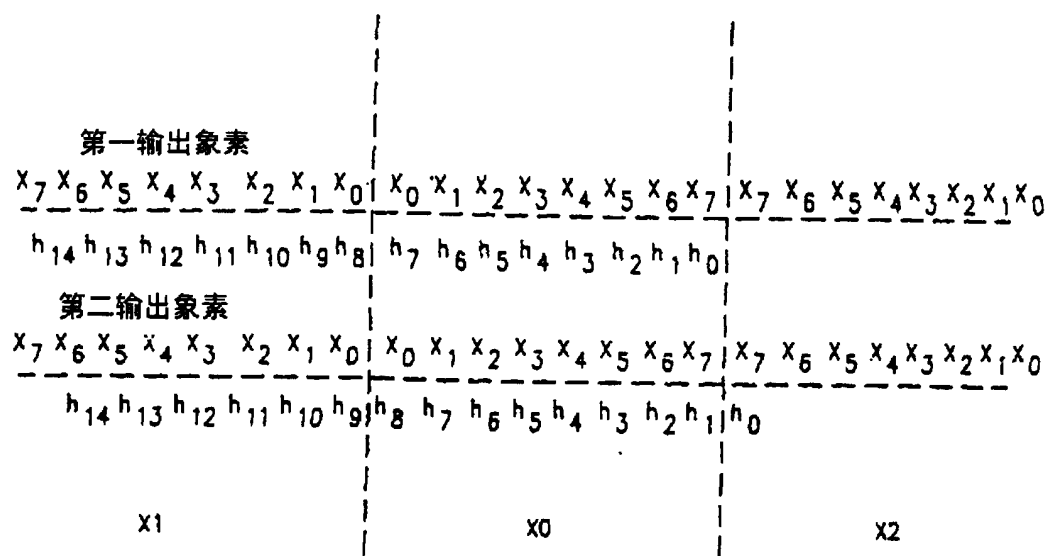


图4

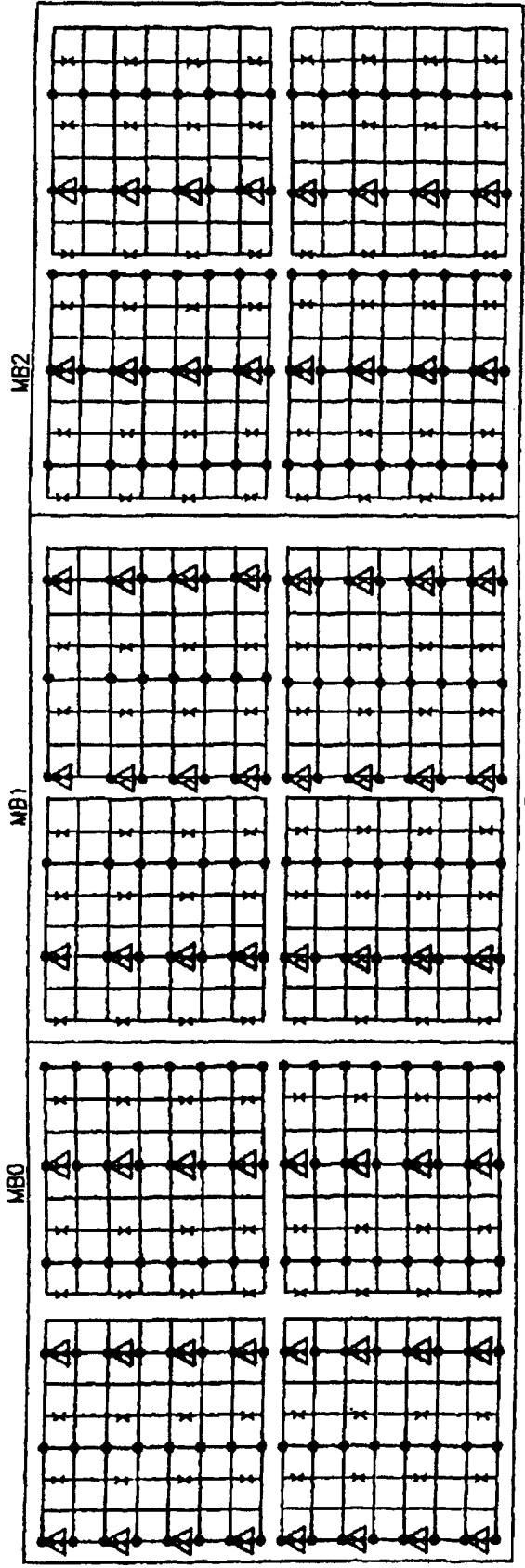


图5A

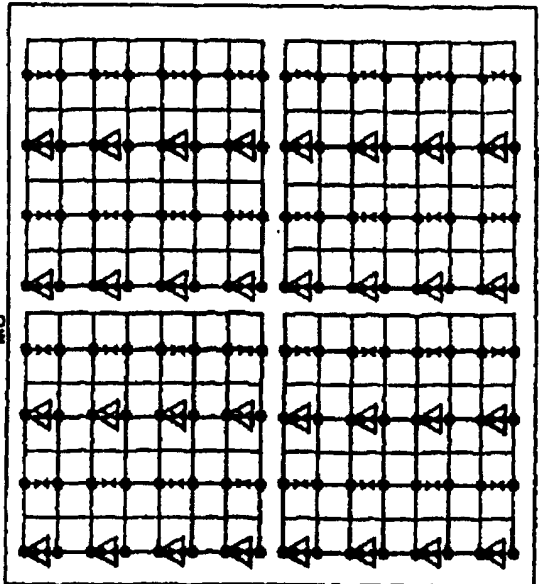


图5B

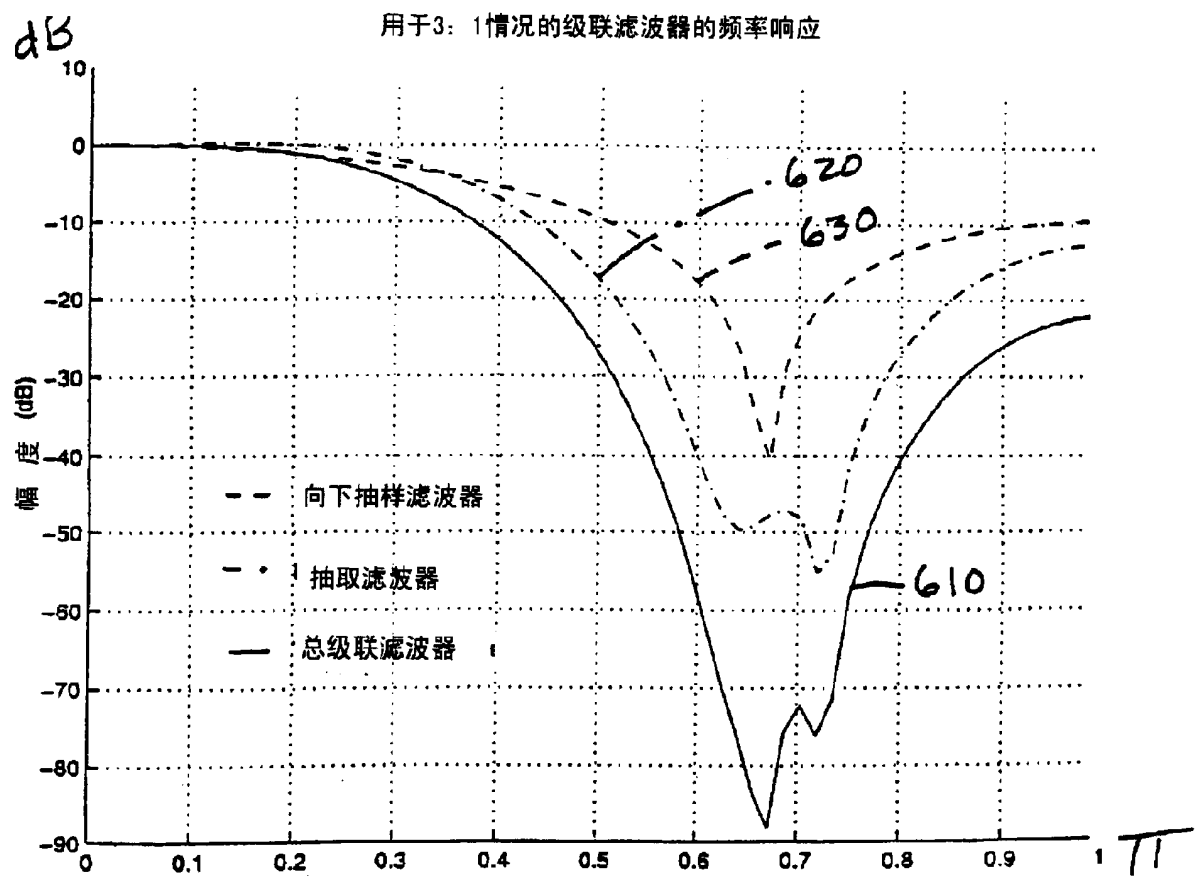


图6

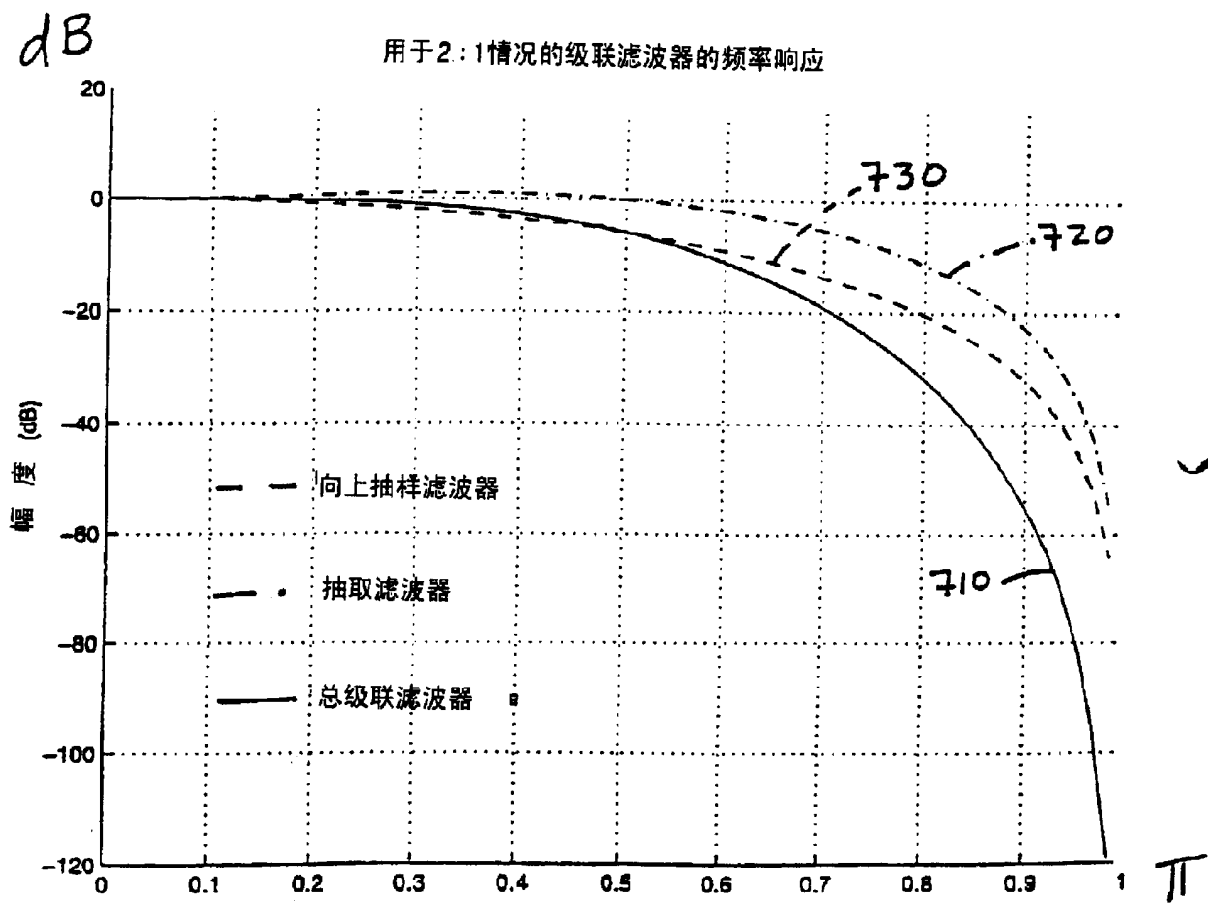


图7