



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103491372 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 01

(21) 申请号 201310399101. 6

(22) 申请日 2013. 09. 05

(71) 申请人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路 220 号

(72) 发明人 范益波 沈蔚炜 尚青 曾晓洋

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 陆飞 盛志范

(51) Int. Cl.

H04N 19/117(2014. 01)

H04N 19/13(2014. 01)

H04N 19/61(2014. 01)

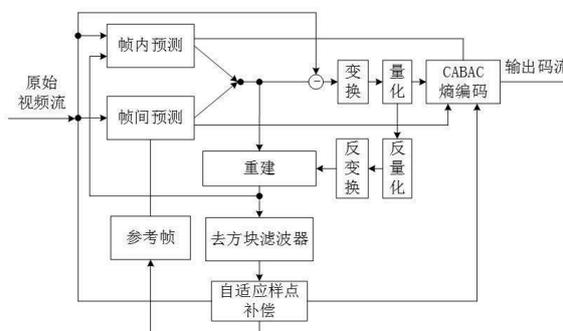
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波方法

(57) 摘要

本发明属于高清数字视频压缩编解码技术领域,具体为一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波方法。设每幅图像包括一个亮度分量 Y,应两个色度分量 Cb、Cr ;在去方块滤波器模块中,基于一个 quarter-LCU 单元进行处理 ;设需要处理的 quarter-LCU 的像素点块有垂直边和水平边 ;本发明方法的滤波顺序为 :先对垂直边进行滤波,然后对水平边进行滤波 ;对于各条垂直边,自左至右依次进行滤波,对于每条垂直边两侧的像素点块,自上而下依次进行滤波 ;对于各条水平边,自上而下依次进行滤波,对于每条水平边两侧的像素点块,自左至右依次进行滤波。本发明可以有效地减小对于外部存储器的读取次数,减小处理时间,提高芯片处理能力,从而高效的实现高清视频的实时编码。



1. 一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波方法,设在原始视频流里,每幅图像包括一个亮度分量,记为 Y,每个亮度分量对应两个色度分量,分别记为 Cb、Cr ;在去方块滤波器模块中,基于一个 quarter-LCU 单元进行处理 ;

设当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块表示为 C,则 Y 分量当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块共 64 个,构成一个 8×8 方阵 ;Cb 和 Cr 分量当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块分别为 16 个,构成一个 4×4 方阵 ;这些方阵左边一列 quarter-LCU 的像素点块记为 L,这些方阵上方一行 quarter-LCU 的像素点块记为 T,这些方阵左上角一个 quarter-LCU 的像素点块记为 LT ;需要进行滤波的边为 :C 的 2×2 方阵左边的边,即垂直边,C 的 2×2 方阵上方的边,即水平边 ;其中,水平边延伸至左边像素点块 L ;

每次滤波是以一个 4×4 的像素点块的边为处理单元,即需要进行滤波的边为 4×4 像素点块的边,记 P 块和 Q 块是该边两侧相邻的 4×4 像素点块 ;若当前边为垂直边,则 P 块和 Q 块分别为该边的左侧和右侧相邻的 4×4 像素点块,若当前边为水平边,则 P 块和 Q 块分别为该边上侧和下侧相邻的 4×4 像素点块 ;其特征不在于,进行滤波的具体顺序如下 :

先对垂直边进行滤波,然后对水平边进行滤波 ;对于各条垂直边,自左至右依次进行滤波,对于每条垂直边两侧的像素点块,自上而下依次进行滤波 ;对于各条水平边,自上而下依次进行滤波,对于每条水平边两侧的像素点块,自左至右依次进行滤波。

2. 根据权利要求 1 所述的滤波方法,其特征在于,在 Y 分量中,垂直边自左至右依次记为 v_1, v_2, v_3, v_4 , 水平边自上至下依次记为 h_1, h_2, h_3, h_4 ;Cb 分量中,垂直边自左至右依次记为 v_5, v_6 , 水平边自上至下依次记为 h_5, h_6 ;Cr 分量中,垂直边自左至右依次记为 v_7, v_8 , 水平边自上至下依次记为 h_7, h_8 ;设 :

$p_{3,0}, p_{2,0}, p_{1,0}, p_{0,0},$	$q_{0,0}, q_{1,0}, q_{2,0}, q_{3,0},$
$p_{3,1}, p_{2,1}, p_{1,1}, p_{0,1},$	$q_{0,1}, q_{1,1}, q_{2,1}, q_{3,1},$
$p_{3,2}, p_{2,2}, p_{1,2}, p_{0,2},$	$q_{0,2}, q_{1,2}, q_{2,2}, q_{3,2},$
$p_{3,3}, p_{2,3}, p_{1,3}, p_{0,3},$	$q_{0,3}, q_{1,3}, q_{2,3}, q_{3,3},$

左侧方阵为 4×4 的 P 块中 16 个相应位置像素点的值 ;右侧方阵为 4×4 的 Q 块中 16 个相应位置像素点的值 ;两个方阵中,第一行的 8 个像素点为第一组,第二行的 8 个像素点为第二组,第三行的 8 个像素点为第三组,第四行的 8 个像素点为第四组 ;

(一) 对 Y 分量,每一个 4×4 像素点块的边的处理步骤如下 :

(1) 判断当前边是不是预测单元或者变换单元的边界,是的话,进行步骤(2),不是的话,当前边相邻的 P 和 Q 块不处理 ;

(2) 计算当前边的 BS 值,BS 值的取值方式如表 1 所示 ;如果 $BS > 0$,进行步骤(3),不是的话,当前边相邻的 P 和 Q 块不处理 ;

(3) 判定公式(1)是否满足条件,如果满足,进行步骤(4),不是的话,当前边相邻的 P 和 Q 块不处理 ;

式(1)中, β 为一常数, dp_0, dp_3, dq_0, dq_3 的值由式(2), (3), (4), (5) 得到 ;

(4) 判定公式(6), (7), (8) 是否满足条件,如果全部满足,进行步骤(5),对 P 和 Q 块进行强滤波,如果有一个条件未满足,进行步骤(6),对 P 和 Q 块进行弱滤波 ;

式(6)中 dp_0, dq_0, dp_3, dq_3 由式(2), (3), (4), (5) 得到 ; tc 为一常数 ;

(5) 对 P 和 Q 块进行强滤波

P 和 Q 块的第 1 组的 8 个像素点强滤波处理过程为 :用 $p_0, q_0, p_1, q_1, p_2, q_2$ 的值替换原来 $p_0, 0, q_0, 0, p_1, 0, q_1, 0, p_2, 0, q_2, 0$ 的值, $p_0, q_0, p_1, q_1, p_2, q_2$ 的值由式 (9), (10), (11), (12), (13), (14) 得到 ;

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的强滤波处理过程与此类似 ;

(6) 对 P 和 Q 块进行弱滤波

P 和 Q 块的第 1 组的 8 个像素点弱滤波处理过程为 :

① 如果式 (15) 成立, 则用 p_0, q_0 的值替换原来 $p_0, 0, q_0, 0$ 的值 ; 式 (15) 中的 Δ 的值由式 (16) 得到, p_0, q_0 的值由式 (17)、式 (18) 得到, Clip1 运算代表若表达式中的值小于 0, 则该值等于 0, 若大于 255, 则等于 255, 否则等于原值 ; Δ_1 由式 (19) 得到, Clip3 运算代表式括号中第三个值小于第一个值, 则等于第一个值, 若大于第二个值, 则等于第二个值, 否则等于第三个值 ;

② 如果式 (15) 和 (20) 同时成立, 则用 p_1 的值替换原来 $p_1, 0$ 的值 ; 式 (20) 中的 dp_0, dp_3 由式 (2), (3) 得到, p_1 的值由式 (21) 得到, 其中 Δ_p 由式 (22) 获得 ;

③ 如果式 (15) 和 (23) 同时成立, 则用 q_1 的值替换原来 $q_1, 0$ 的值 ; 式 (23) 中的 dq_0, dq_3 由式 (4), (5) 得到 ; q_1 的值由式 (25) 得到, 其中 Δ_q 由式 (24) 获得 ;

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的弱滤波处理方法与此类似 ;

(二) 对 Cb 分量, 每一个 4x4 像素点块的边的处理步骤如下 :

(1) 判断当前边是不是预测单元或者变换单元的边界, 是的话, 进行步骤 (2), 不是的话, 当前边相邻的 P 和 Q 块不处理 ;

(2) Cb 分量当前 4x4 块边的 BS 值为对应的 Y 分量的 4x4 块边的值, 若 BS 等于 2 则进行步骤 (3), 否则, 当前边相邻的 P 和 Q 块不处理 ;

(3) 对于第 1 组 8 个像素点, 用 p_0, q_0 的值替换原来 $p_0, 0, q_0, 0$ 的值 ; p_0, q_0 的值由式 (26), (27) 得到, 其中 Δ_2 可由式 (28) 得到 ;

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的处理方法与此类似 ;

(三) 对 Cr 分量, 每一个 4x4 像素点块的边的处理步骤与 Cb 分量滤波过程类似 ;

$$dp_0 + dp_3 + dq_0 + dq_3 < \beta \quad (1)$$

$$dp_0 = |p_{2,0} - 2p_{1,0} + p_{0,0}| \quad (2)$$

$$dp_3 = |p_{2,3} - 2p_{1,3} + p_{0,3}| \quad (3)$$

$$dq_0 = |q_{2,0} - 2q_{1,0} + q_{0,0}| \quad (4)$$

$$dq_3 = |q_{2,3} - 2q_{1,3} + q_{0,3}| \quad (5)$$

$$dp_0 + dq_0 < \beta / 8, dp_3 + dq_3 < \beta / 8 \quad (6)$$

$$|p_{3,0} - p_{0,0}| + |q_{0,0} - q_{3,0}| < \beta / 8, |p_{3,3} - p_{0,3}| + |q_{0,3} - q_{3,3}| < \beta / 8 \quad (7)$$

$$|p_{0,0} - q_{0,0}| < 2.5t_c, |p_{0,3} - q_{0,3}| < 2.5t_c \quad (8)$$

$$p_0 = (p_{2,0} + 2p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3 \quad (9)$$

$$q_0 = (\mathbf{p}_{1,0} + 2\mathbf{p}_{0,0} + 2q_{0,0} + 2\mathbf{q}_{1,0} + \mathbf{q}_{2,0} + 4) \gg 3 \quad (10)$$

$$p_1 = (\mathbf{p}_{2,0} + \mathbf{p}_{1,0} + p_{0,0} + \mathbf{q}_{0,0} + 2) \gg 2 \quad (11)$$

$$q_1 = (\mathbf{p}_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + \mathbf{q}_{2,0} + 2) \gg 2 \quad (12)$$

$$p_2 = (2\mathbf{p}_{3,0} + 3\mathbf{p}_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + \mathbf{q}_{0,0} + 4) \gg 3 \quad (13)$$

$$q_2 = (\mathbf{p}_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + 3q_{2,0} + 2\mathbf{q}_{3,0} + 4) \gg 3 \quad (14)$$

$$|\Delta| < 10 * t_c \quad (15)$$

$$\Delta = (9 * (q_{0,0} - \mathbf{p}_{0,0}) - 3 * (q_{1,0} - p_{1,0}) + 4) \gg 4 \quad (16)$$

$$p_0 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{0,0} + \Delta_1) \quad (17)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_1) \quad (18)$$

$$\Delta_1 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, \Delta) \quad (19)$$

$$dp_0 + dp_3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (20)$$

$$p_1 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{1,0} + \Delta_p) \quad (21)$$

$$\Delta_p = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((\mathbf{p}_{2,0} + \mathbf{p}_{0,0} + 1) \gg 1 - \mathbf{p}_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (22)$$

$$dq_0 + dq_3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (23)$$

$$\Delta_q = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((q_{2,0} + q_{0,0} + 1) \gg 1 - q_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (24)$$

$$q_1 = \text{Clip1}(q_{1,0} + \Delta_q) \quad (25)$$

$$p_0 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{0,0} + \Delta_2) \quad (26)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_2) \quad (27)$$

$$\Delta_2 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, (((q_{0,0} - \mathbf{p}_{0,0} + 1) \ll 2 + \mathbf{p}_{1,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3)) \quad (28)$$

表 1

BS 值	条件
2	P 块和 Q 块中至少有一个是帧内预测
1	P 块和 Q 块中至少有一个块有非零的残差变换系数, 同时该边为变换单元的边
1	P 块和 Q 块的运动矢量差的绝对值大于等于一个整像素点
1	P 块和 Q 块的帧间预测参考的是不一样的参考帧, 或者两者之间的运动矢量数目不一样
0	其它情况

一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波方法

技术领域

[0001] 本发明属于高清数字视频压缩编解码技术领域,针对 HEVC 视频编解码标准,具体涉及一种适用于 HEVC 视频编码标准的、去方块滤波器的滤波方法。

背景技术

[0002] HEVC(High Efficiency Video Coding)是由国际电信组织(ITU)和运动图像专家组(MPEG)联合成立的组织 JCTVC 提出的下一代视频编解码标准。目标是在相同的视觉效果的前提下,相比于上一代标准 H.264/AVC,压缩率提高一倍。

[0003] 基于 HEVC 的视频编码器,其结构图如图 1 所示,主要由以下几个模块组成:帧内预测、帧间预测、变换、量化、反量化、反变换、重建、去方块滤波器、自适应样点补偿等模块组成。视频压缩编码的基本过程可以概括如下:1. 利用帧内预测或帧间预测方式对当前原始视频流像素进行预测;2. 将原始的像素值与预测出来的像素值相减得到残差值;3. 将残差进行变换及量化处理,得到输出的残差系数再经过 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)熵编码形成最后的压缩输出码流;4. 残差系数经过反量化及反变换处理,再与之前得到的预测像素相加得到重建像素,存储作为预测的参考帧像素。

[0004] HEVC 中的处理单元块引入了四叉树的结构,图像处理块的大小最大为 64×64 ,它还可以继续递归地划分为 32×32 、 16×16 、 8×8 、 4×4 的小块组合,并分别进行处理。编码端要对块的所有划分情况进行一次遍历,以确定哪种划分情况的处理为最佳。

[0005] 去方块滤波器模块如图 1 中所示,该模块主要判断 PU(预测单元)和 TU(变换单元)边界两边像素值的特征,对边界两边的像素点进行滤波,以消除由于块编码方式所导致的一些边框效应,使重建图像具有更好的质量和 PSNR 值(峰值信噪比)。

[0006] 在标准参考软件 HM9.0 中,该模块先对整幅图像落在 8×8 边界的垂直边进行处理,再对整幅图像落在 8×8 边界的水平边进行处理。若使用这种滤波顺序进行硬件实现的话,会导致多次从外部存储器读取数据,同时增加了处理时间。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提出一种可以克服现有技术不足、有效的适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波顺序方法。

[0008] 在平常的原始视频流里,每幅图像包括一个亮度分量,记为 Y,每个亮度分量对应两个色度分量,分别记为 Cb、Cr。在去方块滤波器模块中,本发明基于一个 quarter-LCU(Y 分量为 32×32 大小的像素点块,Cb 和 Cr 分量为 16×16 大小的像素点块)进行处理。

[0009] 设当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块表示为 C,则 Y 分量当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块共 64 个,构成一个 8×8 方阵;Cb 和 Cr 分量当前需要处理的 quarter-LCU 的像素点块分别为 16 个,构成一个 4×4 方阵;这些方阵左边一列 quarter-LCU 的像素点块记为 L(Y 分量中,L 为 8 个;Cb 和 Cr 分量中,L 为 4 个),这些方阵上方一行 quarter-LCU 的像素点块记为 T(Y 分量中,T 为 8 个;Cb 和 Cr 分量中,T 为 4 个),

这些方阵左上角一个 quarter-LCU 的像素点块记为 LT ;需要进行滤波的边为 :C 的 2×2 方阵左侧的边(垂直边)和上方的边(水平边),其中,水平边延伸至左边像素点块 L。在 Y 分量中,垂直边自左至右依次记为 v1, v2, v3, v4, 水平边自上至下依次记为 h1, h2, h3, h4 ;Cb 分量中,垂直边自左至右依次记为 ,v5, v6, 水平边自上至下依次记为 h5, h6, Cr 分量中,垂直边自左至右依次记为 v7, v8, 水平边自上至下依次记为 ,h7, h8。具体见图 2 中所示,其中每一个虚线小方框为一个 4×4 的像素点块。

[0010] 每次滤波是以一个 4×4 的像素点块的边为处理单元,如图 3 所示,其中黑色粗线为需要进行滤波的 4×4 像素点块的边,记 P 块和 Q 块是该边两侧相邻的 4×4 像素点块 ;若当前边为垂直边,则 P 块和 Q 块分别为该边的左侧和右侧相邻的 4×4 像素点块,若当前边为水平边,则 P 块和 Q 块分别为该边上侧和下侧相邻的 4×4 像素点块。

[0011] 本发明进行滤波的具体顺序如下 :先对垂直边进行滤波,然后对水平边进行滤波 ;对于各条垂直边,自左至右依次进行滤波,对于每条垂直边两侧的像素点块,自上而下依次进行滤波 ;对于各条水平边,自上而下依次进行滤波,对于每条水平边两侧的像素点块,自左至右依次进行滤波。例如,对于 Y 分量,滤波的顺序为 :v1, v2, v3, v4, 然后是 :h1, h2, h3, h4 ;对于 Cb 分量,滤波的顺序为 :v5, v6, 然后是 :h5, h6 ;对于 Cr 分量,滤波的顺序为 :v7, v8, 然后是 :h7, h8 ;见图 4 所示。

[0012] 本发明采用适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的滤波方法,可以有效地减小对于外部存储器的读取次数,减小处理时间,提高芯片处理能力。

附图说明

[0013] 图 1 :HEVC 视频编码器结构图。

[0014] 图 2 :去方块滤波器处理单元。其中,(a) 为 Y 分量,(b) 为 Cb 分量,(c) 为 Cr 分量。

[0015] 图 3 :需要滤波的 4×4 块边。

[0016] 图 4 :去方块滤波器滤波顺序图示。其中,(a) 为 Y 分量,(b) 为 Cb 分量,(c) 为 Cr 分量。

具体实施方式

[0017] 下面通过实例并结合附图,进一步具体描述本发明方法。

[0018] 根据图 3 所示,设 :

p 3, 0,	p2, 0,	p1, 0,	p0, 0,	q0, 0,	q1, 0,	q2, 0,	q3, 0,
p 3, 1,	p2, 1,	p1, 1,	p0, 1,	q0, 1,	q1, 1,	q2, 1,	q3, 1,
p 3, 2,	p2, 2,	p1, 2,	p0, 2,	q0, 2,	q1, 2,	q2, 2,	q3, 2,
p 3, 3,	p2, 3,	p1, 3,	p0, 3,	q0, 3,	q1, 3,	q2, 3,	q3, 3,

左侧方阵为 4×4 的 P 块中 16 个相应位置像素点的值 ;右侧方阵为 4×4 的 Q 块中 16 个相应位置像素点的值 ;两个方阵中,第一行的 8 个像素点为第一组,第二行的 8 个像素点为第二组,第三行的 8 个像素点为第三组,第四行的 8 个像素点为第四组 ;

1. 对 Y 分量进行滤波

如图 4 中所示,以 1, 2, ……67, 68 为顺序进行滤波,若当前 quarter-LCU 不是位于该图

像的最右边,则 Y 分量的 41, 50, 59, 68 所处的 4x4 块边不作处理。对其每一个 4x4 块边以如下步骤进行处理。

[0019] (1)判断当前边是不是预测单元或者变换单元的边界,是的话,进行步骤(2),不是的话,当前边相邻的 P 块和 Q 块不处理。

[0020] (2)计算当前边的 BS 值,BS 值的取值方式如表 1 所示。如果 BS>0,进行步骤(3),不是的话,当前边相邻的 P 块和 Q 块不处理。

[0021] 表 1 BS 值的取法

BS 值	条件
2	P 块和 Q 块中至少有一个是帧内预测
1	P 块和 Q 块中至少有一个块有非零的残差变换系数,同时该边为变换单元的边
1	P 块和 Q 块的运动矢量差的绝对值大于等于一个整像素点
1	P 块和 Q 块的帧间预测参考的是不一样的参考帧,或者两者之间的运动矢量数目不一样
0	其它情况

(3)公式(1)是否满足条件,如果满足,进行步骤(4),不是的话,当前边相邻的 P 和 Q 块不处理。式(1)中的 β 为一常数,dp0, dp3, dq0, dq3 的值可由式(2), (3), (4), (5)得到,其中 p2, 0, p1, 0, p0, 0, p2, 3, p1, 3, p0, 3, q2, 0, q1, 0, q0, 0, q2, 3, q1, 3, q0, 3 为图 3 中相应位置像素点的值。

$$[0022] \quad dp0 + dp3 + dq0 + dq3 < \beta \quad (1)$$

$$dp0 = |p_{2,0} - 2p_{1,0} + p_{0,0}| \quad (2)$$

$$dp3 = |p_{2,3} - 2p_{1,3} + p_{0,3}| \quad (3)$$

$$dq0 = |q_{2,0} - 2q_{1,0} + q_{0,0}| \quad (4)$$

$$dq3 = |q_{2,3} - 2q_{1,3} + q_{0,3}| \quad (5)$$

(4)公式(6), (7), (8)是否满足条件,如果全部满足进行步骤(5),对 P 和 Q 块进行强滤波,如果有一个条件未满足的话就进行步骤(6),对 P 和 Q 块进行弱滤波。式(6)中 dp0, dq0, dp3, dq3 可由式(2), (3), (4), (5)得到。式(7), (8)中 p3, 0, p0, 0, q0, 0, q3, 0, p3, 3, p0, 3, q0, 3, q3, 3 为图 3 中相应位置像素点的值,tc 为一常数。

$$[0023] \quad dp0 + dq0 < \beta / 8, dp3 + dq3 < \beta / 8 \quad (6)$$

$$|p_{3,0} - p_{0,0}| + |q_{0,0} - q_{3,0}| < \beta / 8, |p_{3,3} - p_{0,3}| + |q_{0,3} - q_{3,3}| < \beta / 8 \quad (7)$$

$$|p_{0,0} - q_{0,0}| < 2.5t_c, |p_{0,3} - q_{0,3}| < 2.5t_c \quad (8)$$

(5)对 P 和 Q 块进行强滤波

这里以图 3 所示第 1 组 8 个像素点的处理方法为例说明强滤波的处理过程,用 p0, q0, p1, q1, p2, q2 的值替换原来 p0, 0, q0, 0, p1, 0, q1, 0, p2, 0, q2, 0 的值, p0, q0, p1, q1, p2, q2 的值可由式(9), (10), (11), (12), (13), (14)得到。

$$[0024] \quad P_0 = (p_{2,0} + 2p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3 \quad (9)$$

$$q_0 = (p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + 2q_{1,0} + q_{2,0} + 4) \gg 3 \quad (10)$$

$$P_1 = (p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 2) \gg 2 \quad (11)$$

$$q_1 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + q_{2,0} + 2) \gg 2 \quad (12)$$

$$P_2 = (2p_{3,0} + 3p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 4) \gg 3 \quad (13)$$

$$q_2 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + 3q_{2,0} + 2q_{3,0} + 4) \gg 3 \quad (14)$$

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的强滤波处理方法与此类似。

[0025] (6) 对 P 和 Q 块进行弱滤波

这里以图 3 所示第 1 组 8 个像素点的处理方法为例说明弱滤波的处理过程。

[0026] ①如果式(15)成立,则用 p_0 , q_0 的值替换原来 $p_{0,0}$, $q_{0,0}$ 的值。式(15)中的 Δ 的值可由式(16)得到, p_0 , q_0 的值可由式(17), (18)得到, Clip1 运算代表若表达式中的值小于 0, 则该值等于 0, 若大于 255, 则等于 255, 否则等于原值。 Δ_1 可由式(19)得到, Clip3 运算代表式括号中第三个值小于第一个值, 则等于第一个值, 若大于第二个值, 则等于第二个值, 否则等于第三个值。

$$[0027] \quad |\Delta| < 10 * t_c \quad (15)$$

$$\Delta = (9 * (q_{0,0} - p_{0,0}) - 3 * (q_{1,0} - p_{1,0}) + 4) \gg 4 \quad (16)$$

$$p_0 = Clip1(p_{0,0} + \Delta_1) \quad (17)$$

$$q_0 = Clip1(q_{0,0} + \Delta_1) \quad (18)$$

$$\Delta_1 = Clip3(-t_c, t_c, \Delta) \quad (19)$$

②如果式(15)和(20)同时成立,则用 p_1 的值替换原来 $p_{1,0}$ 的值。式(20)中的 dp_0 , dp_3 可由式(2), (3)得到。 p_1 的值可由式(21)得到, 其中 Δ_p 可由式(22)获得。

$$[0028] \quad dp_0 + dp_3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (20)$$

$$p_1 = Clip1(p_{1,0} + \Delta_p) \quad (21)$$

$$\Delta_p = Clip3(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((p_{2,0} + p_{0,0} + 1) \gg 1 - p_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (22)$$

③如果式(15)和(23)同时成立,则用 q_1 的值替换原来 $q_{1,0}$ 的值。式(23)中的 dq_0 , dq_3 可由式(4), (5)得到。 q_1 的值可由式(25)得到, 其中 Δ_q 可由式(24)获得。

$$[0029] \quad dq_0 + dq_3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (23)$$

$$\Delta_q = Clip3(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((q_{2,0} + q_{0,0} + 1) \gg 1 - q_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (24)$$

$$q_1 = \text{Clip1}(q_{1,0} + \Delta q) \quad (25)$$

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的弱滤波处理方法与此类似。

[0030] 2. 对 Cb 分量进行滤波

如图 4 中所示, 以 1, 2, ……17, 18 为顺序进行滤波, 若当前 quarter-LCU 不是位于该图像的最右边, 则 Cb 分量的 13, 18 所处的 4x4 块边不作处理。对其每一个 4x4 块边以如下步骤进行处理。

[0031] (1) 判断当前边是不是预测单元或者变换单元的边界, 是的话, 进行步骤(2), 不是的话, 当前边相邻的 P 和 Q 块不处理。

[0032] (2) Cb 分量当前 4x4 块边的 BS 值为对应的 Y 分量的 4x4 块边的值, 若 BS 等于 2 则进行步骤(3), 否则, 当前边相邻的 P 和 Q 块不处理。

[0033] (3) 这里以图 3 所示第 1 组 8 个像素点的处理方法为例进行说明。用 p_0, q_0 的值替换原来 $p_0, 0, q_0, 0$ 的值。P0, q0 的值可由式(26), (27)得到, 其中 Δp 可由式(28)得到。

$$p_0 = \text{Clip1}(p_{0,0} + \Delta_2) \quad (26)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_2) \quad (27)$$

$$\Delta_2 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, (((q_{0,0} - p_{0,0} + 1) \ll 2 + p_{1,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3)) \quad (28)$$

P 和 Q 块的第 2, 3, 4 组的 8 个像素点的处理方法与此类似。

[0035] 3. 对 Cr 分量进行滤波

Cr 分量滤波的过程与 Cb 分量滤波过程类似。

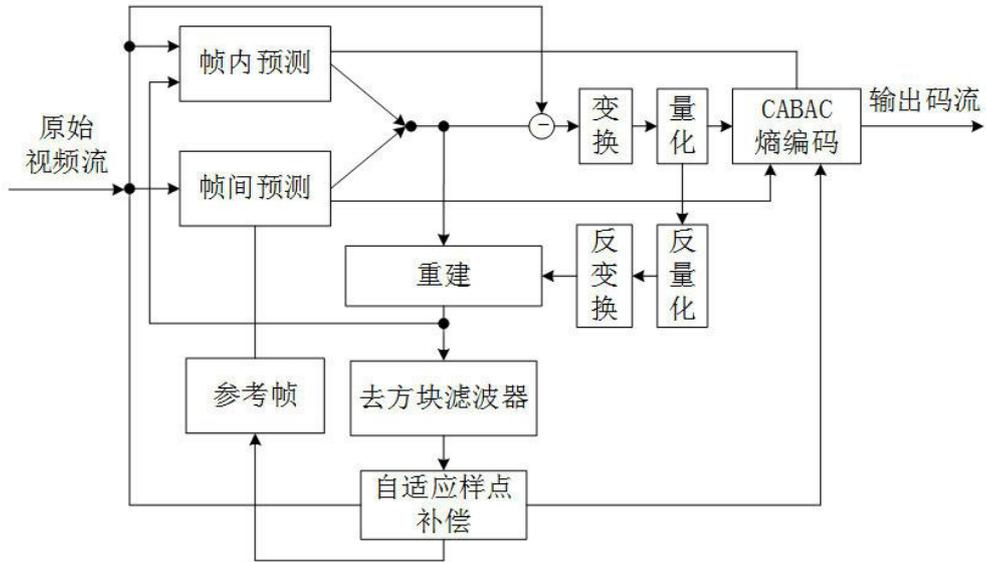


图 1

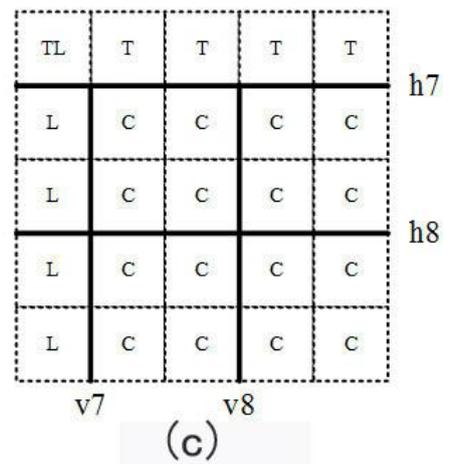
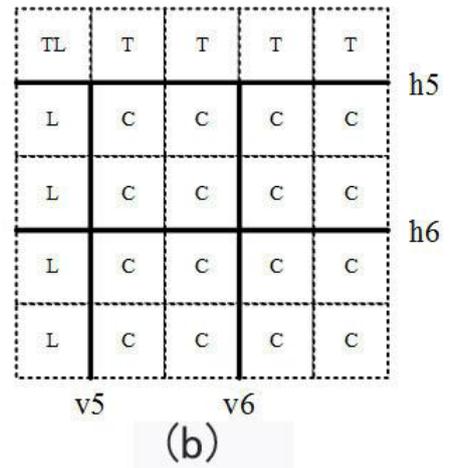
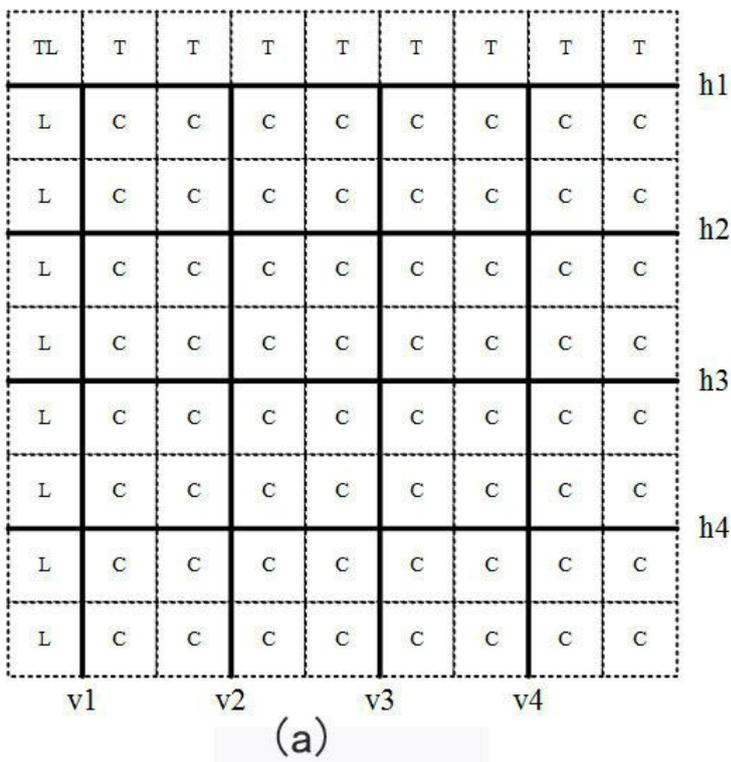


图 2

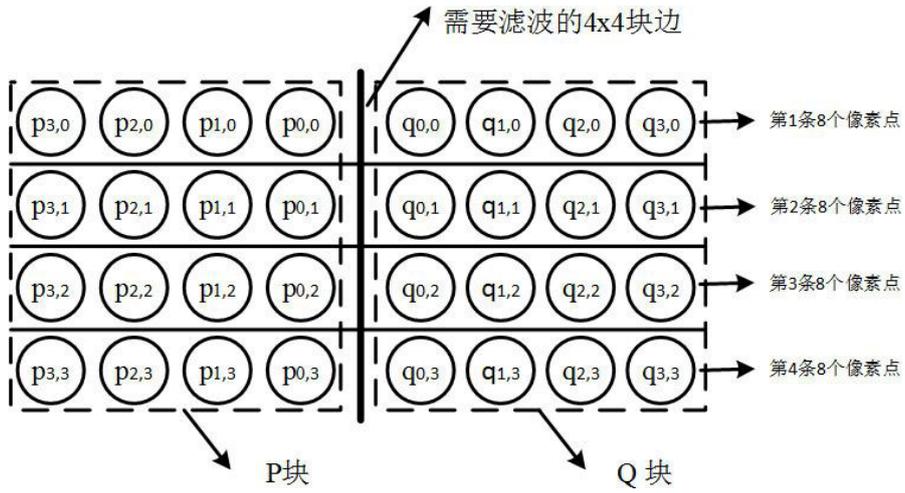


图 3

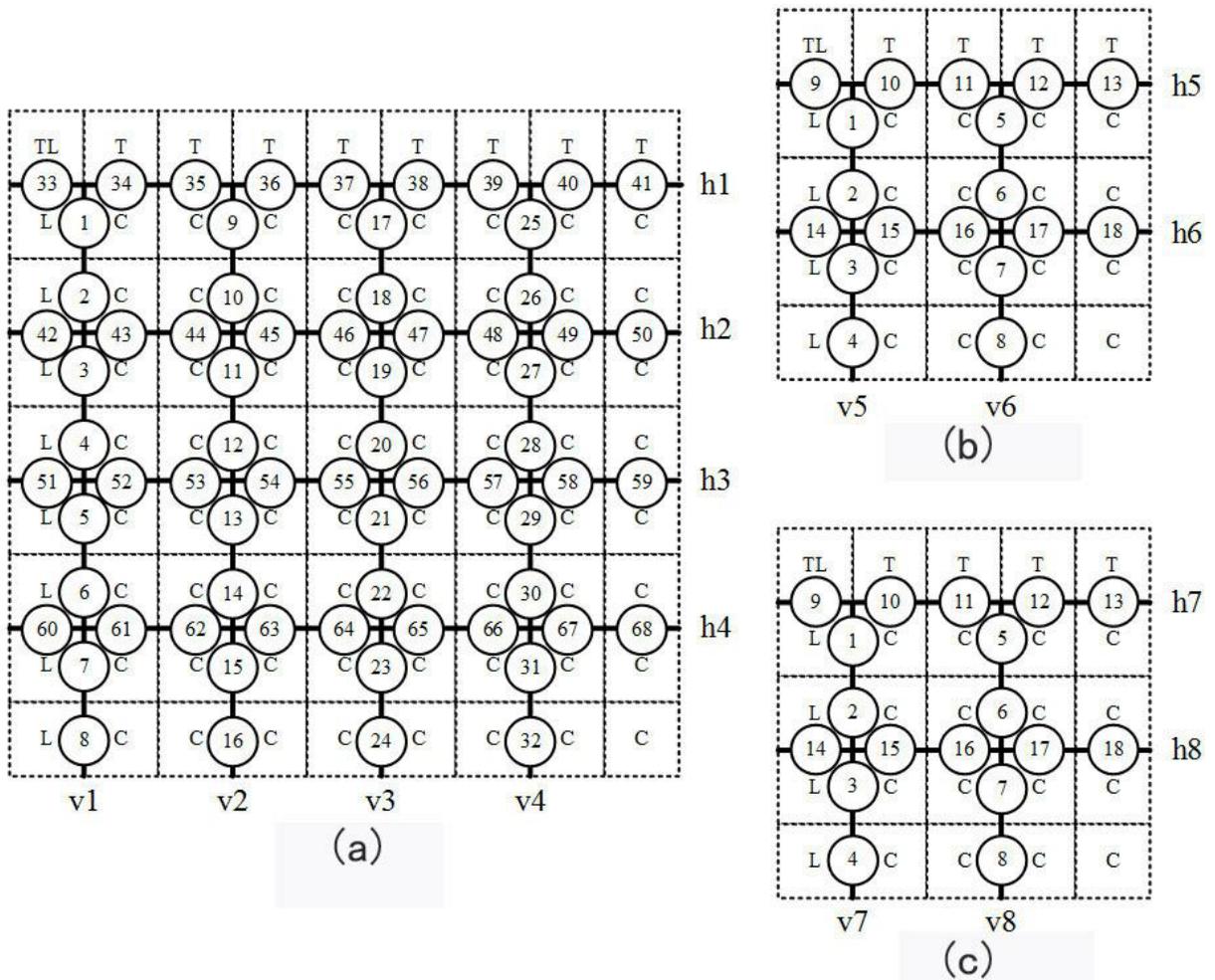


图 4