



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103491373 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 01

(21) 申请号 201310402353. X

(22) 申请日 2013. 09. 06

(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 19/61(2014. 01)

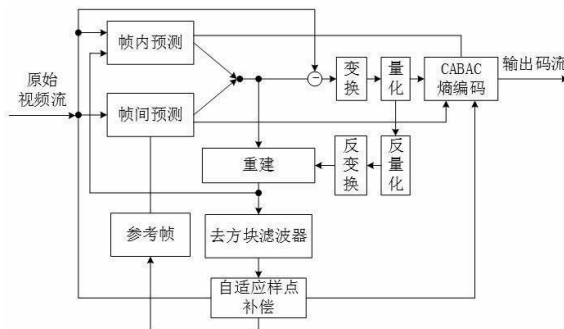
权利要求书4页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的四级流水滤波方法

(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四级流水滤波方法。设原始视频流里,每幅图像包括一个亮度分量 Y,每个亮度分量对应两个色度分量 Cb、Cr;在去方块滤波器模块中,对 Y、Cb 和 Cr 都行滤波处理,每次处理的最小基本单元为一个 4x4 像素点块的边;本发明对于亮度分量 Y,及两个色度分量 Cb、Cr 按四级流水方式对 4x4 像素点块的边进行滤波处理。本发明可以有效地减小处理时间,提高性芯片的最高工作频率和芯片处理能力,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四级流水滤波方法, 设原始视频流里, 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, 对 Y、Cb 和 Cr 都行滤波处理, 每次处理的最小基本单元为一个 4x4 像素点块的边, 设 P 块和 Q 块是该边两侧相邻的 4x4 像素点块, 若当前边为垂直边, P 块和 Q 块分别为该边左边和右边相邻的 4x4 像素点块, 若当前边为水平边, P 块和 Q 块分别为该边上面和下面相邻的 4x4 像素点块; 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 4x4 的 P 块中 16 个相应位置像素点的值; 右侧方阵为 4x4 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;

其特征在于具体步骤如下:

(1) 第一级

给存储器发信号, 读取相应 4x4 块边的 P 块和 Q 块的像素点数据, 同时计算当前 4x4 像素点块边的滤波强度 BS 值, BS 由表 1 判断得到;

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

由式(1), (2) 计算当前处理的 4x4 像素点块边的阈值  $\beta$  和阈值  $t_c$  值;

其中, Bitdepth 是指该图像每个像素点的比特数, 对于一个图像来说, 为一常数;  $\beta'$ ,  $t_c'$  由 Q 为输入查表 2 得到, Q 为一输入量;

$$\beta = \beta' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{1}$$

$$t_c = t_c' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{2}$$

表 2  $\beta'$  和  $t_c'$  的查表

Q	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\beta'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	8
$t_c'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
$\beta'$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$t_c'$	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Q	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53			
$\beta'$	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	-	-			
$t_c'$	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22	24			

## (2) 第二级

计算当前处理的 4x4 像素点块边的滤波判决值 dE, p 点判决值 dEp, q 点判决值 dEq, 滤波判决条件值 CON, 弱滤波判决条件值 CON\_W, 亮度阈值  $\Delta$ , 色度阈值  $\Delta_c$  的值:

① 计算 dE 值, 若式(3)成立, 则 dE 为 1, 否则为 0, 其中 dp0, dp3, dq0, dq3 由式(4), (5), (6), (7) 得到:

$$dp0 + dp3 + dq0 + dq3 < \beta \quad (3)$$

$$dp0 = |p_{2,0} - 2p_{1,0} + p_{0,0}| \quad (4)$$

$$dp3 = |p_{2,3} - 2p_{1,3} + p_{0,3}| \quad (5)$$

$$dq0 = |q_{2,0} - 2q_{1,0} + q_{0,0}| \quad (6)$$

$$dq3 = |q_{2,3} - 2q_{1,3} + q_{0,3}| \quad (7)$$

② 计算 dEp, dEq 的值, 若式(8)成立, 则 dEp 为 1, 否则为 0; 若式(9)成立, 则 dEq 为 1, 否则为 0;

$$dp0 + dp3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (8)$$

$$dq0 + dq3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (9)$$

③ 计算 CON 的值, 若式(10), (11), (12) 同时成立, 则 CON 的值为 1, 否则为 0;

$$dp0 + dq0 < \beta / 8, dp3 + dq3 < \beta / 8 \quad (10)$$

$$|p_{3,0} - p_{0,0}| + |q_{0,0} - q_{3,0}| < \beta / 8, |p_{3,3} - p_{0,3}| + |q_{0,3} - q_{3,3}| < \beta / 8 \quad (11)$$

$$|p_{0,0} - q_{0,0}| < 2.5t_c, |p_{0,3} - q_{0,3}| < 2.5t_c \quad (12)$$

④ 计算 CON\_W 和  $\Delta$  的值, 若式(13)成立, 则 CON\_W 的值为 1, 否则为 0; 其中,  $\Delta$  为式(14)所示,

$$|\Delta| < 10 * t_c \quad (13)$$

$$\Delta = (9 * (q_{0,0} - p_{0,0}) - 3 * (q_{1,0} - p_{1,0}) + 4) \gg 4 \quad (14)$$

⑤ 计算  $\Delta_c$  的值, 可由式(15)得到:

$$\Delta_c = \text{Clip3}(-t_c, t_c, (((q_{0,0} - p_{0,0} + 1) \ll 2 + p_{1,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3)) \quad (15)$$

## (3) 第三级

对 P 块和 Q 块相应的数据, 根据前级得到的数据进行滤波处理; 具体如下:

① 若当前处理的是 Y 分量的 4x4 像素点块边, 按如下步骤处理:

I. 如果当前 4x4 像素点块边的 BS 值为 0, 或者 dE 等于 0, 则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值, 否则进行步骤 II 和 III;

II. 如果当前 4x4 像素点块边的 CON 值为 1, 则对 P 和 Q 块进行强滤波, 对于第 1 组 8 个像素点进行处理方法为: 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 (16), (17), (18), (19), (20), (21) 得到:

$$p_0 = (p_{2,0} + 2p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3 \quad (16)$$

$$q_0 = (p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + 2q_{1,0} + q_{2,0} + 4) \gg 3 \quad (17)$$

$$p_1 = (p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 2) \gg 2 \quad (18)$$

$$q_1 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + q_{2,0} + 2) \gg 2 \quad (19)$$

$$p_2 = (2p_{3,0} + 3p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 4) \gg 3 \quad (20)$$

$$q_2 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + 3q_{2,0} + 2q_{3,0} + 4) \gg 3 \quad (21)$$

P 块和 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;

III. 如果当前 4x4 像素点块边的 CON 值为 0, 同时 CON\_W 的值为 1, 则对 P 块和 Q 块进行弱滤波, 否则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理; 对于第 1 组 8 个像素点进行处理方法为: 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 (22), (23) 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; 中间量  $\Delta_1$  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:

$$p_0 = \text{Clip1}(p_{0,0} + \Delta_1) \quad (22)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_1) \quad (23)$$

$$\Delta_1 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, \Delta) \quad (24)$$

如果 dEp 为 1, 则用  $p_1$  的值替换原来  $p_{1,0}$  的值,  $p_1$  的值由式 (26) 得到, 其中, 中间量  $\Delta_p$  由式 (27) 获得:

$$p_1 = \text{Clip1}(p_{1,0} + \Delta_p) \quad (26)$$

$$\Delta_p = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((p_{2,0} + p_{0,0} + 1) \gg 1 - p_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (27)$$

如果 dEq 为 1, 则用  $q_1$  的值替换原来  $q_{1,0}$  的值,  $q_1$  的值由式 (28) 得到, 其中, 中间量  $\Delta_q$  由式 (29) 获得:

$$q_1 = \text{Clip1}(q_{1,0} + \Delta_q) \quad (28)$$

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

(29)

P 块和 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；

②若当前处理的是 Cb 或 Cr 分量的 4x4 像素点块边, 按如下步骤处理：

若当前 4x4 像素点块边的 BS 值等于 2, 则对 P 块和 Q 块进行色度滤波, 否则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值；对于第 1 组 8 个像素点的处理方法为：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 (30), (31) 得到：

$$p_0 = \text{Clip1}(p_{0,0} + \Delta_C) \quad (30)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_C) \quad (31)$$

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

(4) 第四级

按输入要求将进行滤波处理好的 P 块和 Q 块写回相应的存储器。

## 一种适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的四级流水滤波方法

### 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 标准的去方块滤波器的四级流水滤波方法。

### 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二叉树的结构,图像处理块的大小最大为  $64 \times 64$ ,它还可以继续递归地划分为  $32 \times 32$ 、 $16 \times 16$ 、 $8 \times 8$ 、 $4 \times 4$  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] 标准参考软件 HM9.0 中,该模块先对整幅图像落在  $8 \times 8$  边界的垂直边进行处理,再对整幅图像落在  $8 \times 8$  边界的水平边进行处理。而这种滤波处理过程十分复杂,会导致芯片的最高工作频率很低,无法高效地对视频流进行实时编码。

### 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、能有效适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的四级流水线滤波方法。

[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,要对 Y, Cb 和 Cr 都进行滤波处理。每次处理的最小基本单元为一个  $4 \times 4$  块边,如图 2 所示,其中黑色粗线为需要进行滤波的  $4 \times 4$  块边,P 块和 Q 块是该边两侧相邻的  $4 \times 4$  像素点块,若当前边为垂直边,P 块和 Q 块分别为该边左边和右边相邻的  $4 \times 4$  像素点块,若当前边为水平边,P 块和 Q 块分别为该边上面和下面相邻的  $4 \times 4$  像素点块。

[0009] 根据图 2 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 4x4 的 P 块中 16 个相应位置像素点的值 ;右侧方阵为 4x4 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 ;

本发明提出的四级流水滤波方法,既可以对 Y 分量进行滤波处理,也可以对 Cb 和 Cr 分量进行滤波处理,本发明的四级流水滤波方法的具体步骤如下 :

(1) 第一级

给存储器发信号,读取相应 4x4 块边的 P 块和 Q 块的像素点数据,同时计算当前 4x4 块边的滤波强度 BS 值,BS 可由表 1 判断得到 ;计算当前处理的 4x4 块边的阈值  $\beta$  和阈值  $t_c$  值。

[0010] 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

$\beta$  和  $t_c$  的值可由式(1),(2)得到,其中 Bitdepth 是指该图像每个像素点的比特数,对于一个图像来说,为一常数。 $\beta'$ ,  $t_c'$  可由 Q 为输入查表 2 可得, Q 为一输入量。

[0011] 
$$\beta = \beta' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{1}$$

$$t_c = t_c' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{2}$$

表 2  $\beta'$  和  $t_c'$  的查表

Q	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\beta'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	8
$t_c'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
$\beta'$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$t_c'$	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Q	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53			
$\beta'$	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	-	-			
$t_c'$	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22	24			

[0012] (2) 第二级

计算当前处理的 4x4 块边的滤波判决值 dE, p 点判决值 dEp, q 点判决值 dEq, 滤波判决条件值 CON, 弱滤波判决条件值 CON\_W, 亮度阈值  $\Delta$ , 色度阈值  $\Delta C$  的值。

[0013] ① 计算 dE 值,若式(3)成立,则 dE 为 1, 否则为 0, 其中 dp0, dp3, dq0, dq3 可由式(4), (5), (6), (7) 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 2 中相应位置像素点的值。

$$[0014] \quad dp0 + dp3 + dq0 + dq3 < \beta \quad (3)$$

$$dp0 = |p_{2,0} - 2p_{1,0} + p_{0,0}| \quad (4)$$

$$dp3 = |p_{2,3} - 2p_{1,3} + p_{0,3}| \quad (5)$$

$$dq0 = |q_{2,0} - 2q_{1,0} + q_{0,0}| \quad (6)$$

$$dq3 = |q_{2,3} - 2q_{1,3} + q_{0,3}| \quad (7)$$

②计算 dEp, dEq 的值,若式(8)成立,则 dEp 为 1,否则为 0。若式(9)成立,则 dEq 为 1,否则为 0。

$$[0015] \quad dp0 + dp3 < (\beta + (\beta >> 1)) >> 3 \quad (8)$$

$$dq0 + dq3 < (\beta + (\beta >> 1)) >> 3 \quad (9)$$

③计算 CON 的值,若式(10), (11), (12)同时成立,则 CON 的值为 1,否则为 0。

$$[0016] \quad dp0 + dq0 < \beta / 8, dp3 + dq3 < \beta / 8 \quad (10)$$

$$|p_{3,0} - p_{0,0}| + |q_{0,0} - q_{3,0}| < \beta / 8, |p_{3,3} - p_{0,3}| + |q_{0,3} - q_{3,3}| < \beta / 8 \quad (11)$$

$$|p_{0,0} - q_{0,0}| < 2.5t_c, |p_{0,3} - q_{0,3}| < 2.5t_c \quad (12)$$

④计算 CON\_W 和  $\Delta$  的值,若式(13)成立,则 CON\_W 的值为 1,否则为 0。其中  $\Delta$  的表达式为式(14)所示。

$$[0017] \quad |\Delta| < 10 * t_c \quad (13)$$

$$\Delta = (9 * (q_{0,0} - p_{0,0}) - 3 * (q_{1,0} - p_{1,0}) + 4) >> 4 \quad (14)$$

⑤计算  $\Delta_c$  的值,可由式(15)得到。

$$[0018] \quad \Delta_c = \text{Clip3}(-t_c, t_c, (((q_{0,0} - p_{0,0} + 1) << 2 + p_{1,0} + q_{1,0} + 4) >> 3)) \quad (15)$$

(15)。

[0019] (3) 第三级

对 P 块和 Q 块相应的数据,根据前级得到的数据进行滤波处理;具体如下:

①若当前处理的是 Y 分量的 4x4 块边,按如下步骤处理:

I. 如果当前 4x4 块边的 BS 值为 0,或者 dE 等于 0,则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理,保持原值。否则进行步骤 II 和 III。

[0020] II. 如果当前 4x4 块边的 CON 值为 1,则对 P 块和 Q 块进行强滤波。我们以图 2 中所示第 1 组 8 个像素点为例进行处理。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(16), (17), (18), (19), (20), (21) 得到。



$$[0021] \quad P_0 = (\mathbf{p}_{2,0} + 2\mathbf{p}_{1,0} + 2P_{0,0} + 2\mathbf{q}_{0,0} + \mathbf{q}_{1,0} + 4) \gg 3 \quad (16)$$

$$q_0 = (\mathbf{p}_{1,0} + 2\mathbf{p}_{0,0} + 2q_{0,0} + 2\mathbf{q}_{1,0} + \mathbf{q}_{2,0} + 4) \gg 3 \quad (17)$$

$$P_1 = (\mathbf{p}_{2,0} + \mathbf{p}_{1,0} + P_{0,0} + \mathbf{q}_{0,0} + 2) \gg 2 \quad (18)$$

$$q_1 = (\mathbf{p}_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + \mathbf{q}_{2,0} + 2) \gg 2 \quad (19)$$

$$P_2 = (2\mathbf{p}_{3,0} + 3\mathbf{p}_{2,0} + P_{1,0} + P_{0,0} + \mathbf{q}_{0,0} + 4) \gg 3 \quad (20)$$

$$q_2 = (\mathbf{p}_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + 3q_{2,0} + 2\mathbf{q}_{3,0} + 4) \gg 3 \quad (21)$$

P 块和 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。

[0022] III. 如果当前 4x4 块边的 CON 值为 0, 同时 CON\_W 的值为 1, 则对 P 块和 Q 块进行弱滤波, 否则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值。我们以图 2 中所示第 1 组 8 个像素点为例进行处理。用 p0, q0 的值替换原来 p0, 0, q0, 0 的值, p0, q0 的值可由式 (22), (23) 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<sub>1</sub> 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。

$$[0023] \quad p_0 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{0,0} + \Delta_1) \quad (22)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_1) \quad (23)$$

$$\Delta_1 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, \Delta) \quad (24)$$

如果 dEp 为 1, 则用 p1 的值替换原来 p1, 0 的值, p1 的值可由式 (26) 得到, 其中, 中间量 Δ<sub>p</sub> 可由式 (27) 获得。

$$[0024] \quad p_1 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{1,0} + \Delta_p) \quad (26)$$

$$\Delta_p = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((\mathbf{p}_{2,0} + \mathbf{p}_{0,0} + 1) \gg 1 - \mathbf{p}_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (27)$$

如果 dEq 为 1, 则用 q1 的值替换原来 q1, 0 的值, q1 的值可由式 (28) 得到, 其中, 中间量 Δ<sub>q</sub> 可由式 (29) 获得。

$$[0025] \quad q_1 = \text{Clip1}(q_{1,0} + \Delta_q) \quad (28)$$

$$\Delta_q = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((q_{2,0} + q_{0,0} + 1) \gg 1 - q_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (29)$$

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。

[0026] ②若当前处理的是 Cb 或 Cr 分量的 4x4 块边, 按如下步骤处理。

[0027] 若当前 4x4 块边的 BS 值等于 2, 则对 P 块和 Q 块进行色度滤波, 否则 P 块和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值。这里以图 2 所示第 1 组 8 个像素点的处理方法为例进行说明。用 p0, q0 的值替换原来 p0, 0, q0, 0 的值。p0, q0 的值可由式 (30), (31) 得到。

$$[0028] \quad p_0 = \text{Clip1}(\mathbf{p}_{0,0} + \Delta_c) \quad (30)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_c) \quad (31)$$

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

[0029] (4) 第四级

按输入要求将进行滤波处理好的 P 块和 Q 块写回相应的存储器。

[0030] 本发明采用一种有效的适用于 HEVC 标准的去方块滤波器的四级流水滤波方法, 有效地减小处理时间, 提高性芯片的最高工作频率和芯片处理能力。

附图说明

[0031] 图 1 :HEVC 视频编码器结构图示。

[0032] 图 2 :需要滤波的 4x4 像素点块边图示。

具体实施方式

[0033] 下面通过实例并结合附图, 进一步具体描述本发明方法。

[0034] 本发明提出的四级流水线结构, 既可以对 Y 分量进行滤波处理, 也可以对 Cb 和 Cr 分量进行滤波处理, 该四级流水线结构中每一级的具体过程如下所述。

[0035] (1) 第一级

给存储器发信号, 读取相应 4x4 块边的 P 和 Q 块的像素点数据, 同时计算当前 4x4 块边的 BS 值, BS 可由表一判断得到。计算当前处理的 4x4 块边的  $\beta$  和  $t_c$  值,  $\beta$  和  $t_c$  的值可由式(1), (2)得到, 其中 Bitdepth 是指该图像每个像素点的比特数, 对于一个图像来说, 为一常数。  $\beta'$ ,  $t_c'$  可由 Q 为输入查表 2 可得, Q 唯一输入量。

$$[0036] \quad \beta = \beta' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{1}$$

$$t_c = t_c' * (1 \ll (\text{Bitdepth} - 8)) \tag{2}$$

表 2  $\beta'$  和  $t_c'$  的查表

Q	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\beta'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	8	
$t_c'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
$\beta'$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$t_c'$	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Q	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53			
$\beta'$	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	-	-			
$t_c'$	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22	24			

[0037] (2) 第二级

①计算 dE 值, 若式(3)成立, 则 dE 为 1, 否则为 0, 其中  $dp_0$ ,  $dp_3$ ,  $dq_0$ ,  $dq_3$  可由式(4), (5), (6), (7)得到, 其中  $p_{2,0}$ ,  $p_{1,0}$ ,  $p_{0,0}$ ,  $p_{2,3}$ ,  $p_{1,3}$ ,  $p_{0,3}$ ,  $q_{2,0}$ ,  $q_{1,0}$ ,  $q_{0,0}$ ,  $q_{2,3}$ ,  $q_{1,3}$ ,  $q_{0,3}$  为图 2 中相应位置像素点的值。

$$[0038] \quad dp_0 + dp_3 + dq_0 + dq_3 < \beta \tag{3}$$

$$dp_0 = |p_{2,0} - 2p_{1,0} + p_{0,0}| \tag{4}$$

$$dp3 = |p_{2,3} - 2p_{1,3} + p_{0,3}| \quad (5)$$

$$dq0 = |q_{2,0} - 2q_{1,0} + q_{0,0}| \quad (6)$$

$$dq3 = |q_{2,3} - 2q_{1,3} + q_{0,3}| \quad (7)$$

②计算 dEp, dEq 的值,若式(8)成立,则 dEp 为 1,否则为 0。若式(9)成立,则 dEq 为 1,否则为 0。

$$[0039] \quad dp0 + dp3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (8)$$

$$dq0 + dq3 < (\beta + (\beta \gg 1)) \gg 3 \quad (9)$$

③计算 CON 的值,若式(10), (11), (12)同时成立,则 CON 的值为 1,否则为 0。

$$[0040] \quad dp0 + dq0 < \beta / 8, dp3 + dq3 < \beta / 8 \quad (10)$$

$$|p_{3,0} - p_{0,0}| + |q_{0,0} - q_{3,0}| < \beta / 8, |p_{3,3} - p_{0,3}| + |q_{0,3} - q_{3,3}| < \beta / 8 \quad (11)$$

$$|p_{0,0} - q_{0,0}| < 2.5t_c, |p_{0,3} - q_{0,3}| < 2.5t_c \quad (12)$$

④计算 CON\_W 和 Δ 的值,若式(13)成立,则 CON\_W 的值为 1,否则为 0。其中 Δ 可由式(14)得到。

$$[0041] \quad |\Delta| < 10 * t_c \quad (13)$$

$$\Delta = (9 * (q_{0,0} - p_{0,0}) - 3 * (q_{1,0} - p_{1,0}) + 4) \gg 4 \quad (14)$$

⑤计算 Δ<sub>c</sub> 的值,可由式(15)得到。

$$[0042] \quad \Delta_c = \text{Clip3}(-t_c, t_c, (((q_{0,0} - p_{0,0} + 1) \ll 2 + p_{1,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3))$$

(15)。

[0043] (3) 第三级

①若当前处理的是 Y 分量的 4x4 块边,按如下步骤处理。

[0044] I. 如果当前 4x4 块边的 BS 值为 0,或者 dE 等于 0,则 P 和 Q 块的像素点值不做处理,保持原值。否则进行步骤 II 和 III。

[0045] II. 如果当前 4x4 块边的 CON 值为 1,则对 P 和 Q 块进行强滤波。我们以图 2 中所示第 1 组 8 个像素点为例进行处理。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(16), (17), (18), (19), (20), (21) 得到。

$$[0046] \quad p_0 = (p_{2,0} + 2p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + q_{1,0} + 4) \gg 3$$

(16)

$$q_0 = (p_{1,0} + 2p_{0,0} + 2q_{0,0} + 2q_{1,0} + q_{2,0} + 4) \gg 3 \quad (17)$$

$$p_1 = (p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 2) \gg 2 \quad (18)$$

$$q_1 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + q_{2,0} + 2) \gg 2 \quad (19)$$

$$p_2 = (2p_{3,0} + 3p_{2,0} + p_{1,0} + p_{0,0} + q_{0,0} + 4) \gg 3 \quad (20)$$

$$q_2 = (p_{0,0} + q_{0,0} + q_{1,0} + 3q_{2,0} + 2q_{3,0} + 4) \gg 3 \quad (21)$$

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。

[0047] III. 如果当前 4x4 块边的 CON 值为 0, 同时 CON\_W 的值为 1, 则对 P 和 Q 块进行弱滤波, 否则 P 和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值。我们以图 2 中所示第 1 组 8 个像素点为例进行处理。用 p0, q0 的值替换原来 p0, 0, q0, 0 的值, p0, q0 的值可由式(22), (23) 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<sub>1</sub> 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。

$$[0048] \quad p_0 = \text{Clip1}(p_{0,0} + \Delta_1) \quad (22)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_1) \quad (23)$$

$$\Delta_1 = \text{Clip3}(-t_c, t_c, \Delta) \quad (24)$$

如果 dEp 为 1, 则用 p1 的值替换原来 p1, 0 的值, p1 的值可由式(26)得到, 其中 Δ<sub>p</sub> 可由式(27)获得。

$$[0049] \quad p_1 = \text{Clip1}(p_{1,0} + \Delta_p) \quad (26)$$

$$\Delta_p = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((p_{2,0} + p_{0,0} + 1) \gg 1 - p_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (27)$$

如果 dEq 为 1, 则用 q1 的值替换原来 q1, 0 的值, q1 的值可由式(28)得到, 其中 Δ<sub>q</sub> 可由式(29)获得。

$$[0050] \quad q_1 = \text{Clip1}(q_{1,0} + \Delta_q) \quad (28)$$

$$\Delta_q = \text{Clip3}(-(t_c \gg 1), t_c \gg 1, (((q_{2,0} + q_{0,0} + 1) \gg 1 - q_{1,0} + \Delta) \gg 1)) \quad (29)$$

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。

[0051] ②若当前处理的是 Cb 或 Cr 分量的 4x4 块边, 按如下步骤处理。

[0052] 若当前 4x4 块边的 BS 值等于 2, 则对 P 块和 Q 块进行色度滤波, 否则 P 和 Q 块的像素点值不做处理, 保持原值。这里以图 2 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。 $p_0, q_0$  的值可由式(30), (31) 得到。

$$[0053] \quad p_0 = \text{Clip1}(p_{0,0} + \Delta_C) \quad (30)$$

$$q_0 = \text{Clip1}(q_{0,0} + \Delta_C) \quad (31)$$

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。

[0054] (4) 第四级

按输入要求将进行滤波处理好的 P 和 Q 块写回相应的存储器。

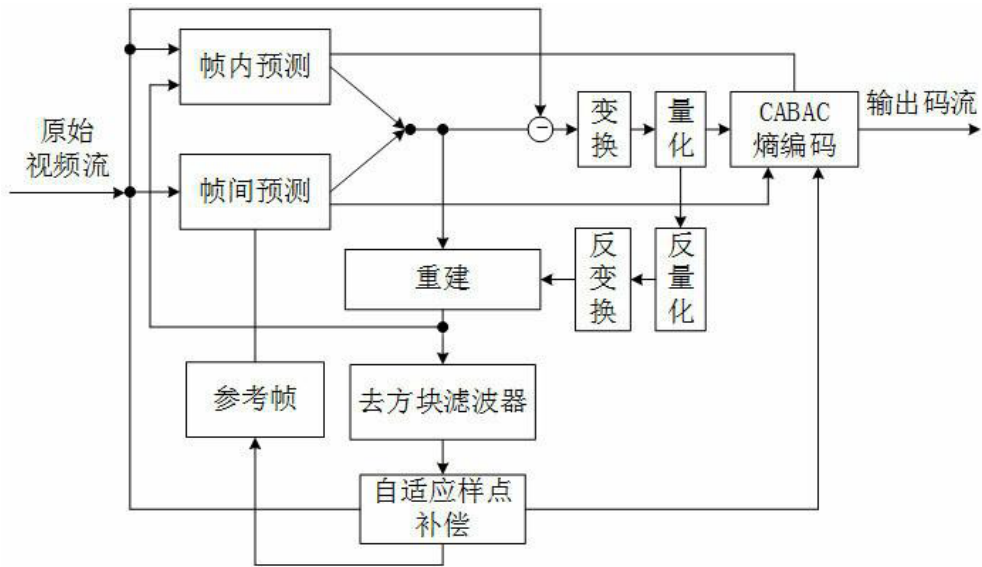


图 1

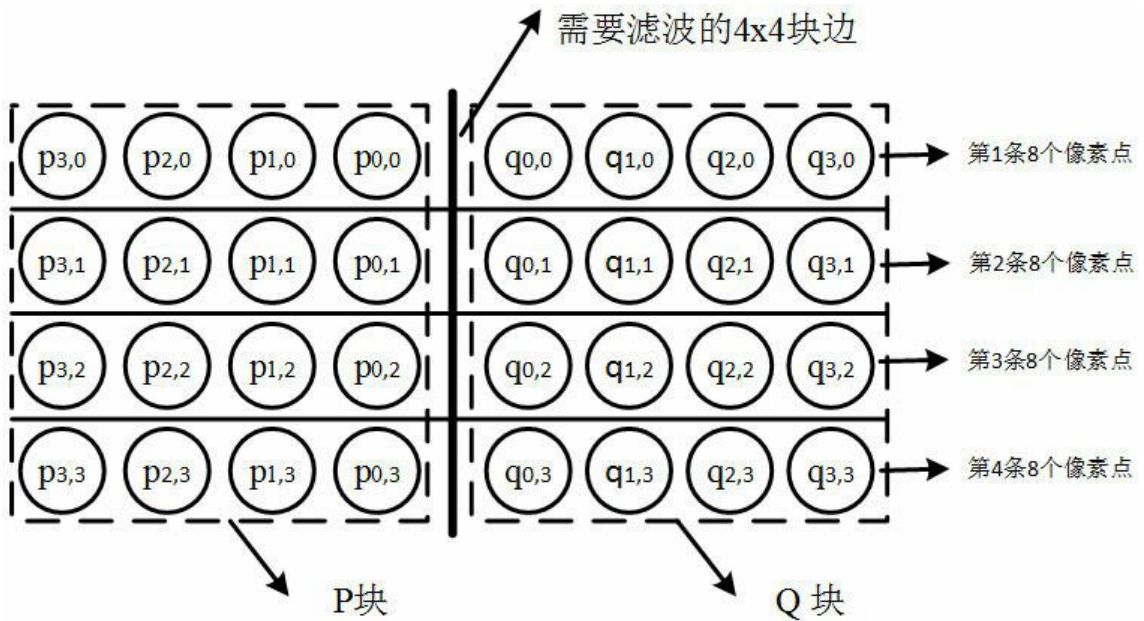


图 2