

一种适用于HEVC标准的编码器中SAO的硬件处理方法

申请号：[201310383897.6](#)

申请日：2013-08-29

申请(专利权)人 [复旦大学](#)
地址 200433 上海市杨浦区邯郸路220号
发明(设计)人 [范益波](#) [沈蔚炜](#) [刘聪](#) [曾晓洋](#)
主分类号 [H04N7/50\(2006.01\)I](#)
分类号 [H04N7/50\(2006.01\)I](#) [H04N7/26\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 103442238A
公开(公告)日 2013-12-11
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](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103442238 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201310383897. 6

(22) 申请日 2013. 08. 29

(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 刘聪 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 7/50 (2006. 01)

H04N 7/26 (2006. 01)

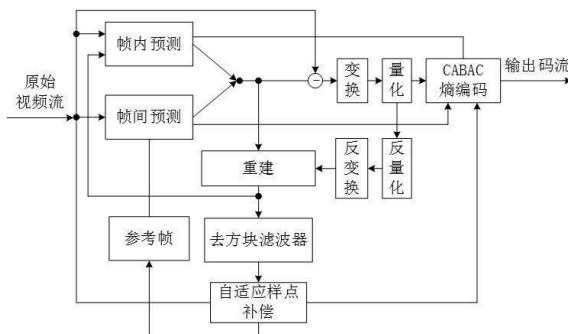
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法

(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 视频编码标准下 SAO 的硬件处理方法。本发明是基于 Quarter-LCU (Y 分量为 32x32 大小的像素点块, Cb 和 Cr 分量为 16x16 大小的像素点块) 为基本单元的硬件处理方法;一个 LCU 分为四个 Quarter-LCU :Quarter-LCU_0, Quarter-LCU_1, Quarter-LCU_2, Quarter-LCU_3; 处理的顺序依次从 Quarter-LCU_0, Quarter-LCU_1, Quarter-LCU_2 到 Quarter-LCU_3 进行。最终获得最优模式及其四个偏移量。本发明可以有效的减少芯片的存储单元的面积,减小了硬件的开销,从而高效的实现高清视频的实时编码。



1. 一种适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法, 设 Y 为图像的亮度分量, Cb、Cr 分别为 Y 对应的两个色度分量; 式(1) 为模式判决式:

$$\mathit{Cost} = \mathit{Distortion} + \lambda * \mathit{Bitrate} \quad (1)$$

由式(1) 可得到 Y 分量、Cb 和 Cr 分量各自最优的模式; 其中, Distortion 为在某一模式下图像与原始图像之间的失真, λ 为一个常系数, Bitrate 为传输该模式及该模式下的偏移值所需要的比特率, Cost 为某一模式下的代价值;

设 E0 为边缘补偿, B0 为条带补偿, E0 和 B0 为 SAO 模式判决中的两种基本模式; E0 模式下根据比较的相邻像素的不同位置, 分为四种模式: E0_0、E0_1、E0_2、E0_3, 设 c 为当前像素点, a 和 b 为所需比较的相邻像素点, 则模式 E0_0 的像素点位置为自左至右为 a、c、b, 模式 E0_1 的像素点位置为自上至下为 a、c、b, 模式 E0_2 的的像素点位置为左上、中间、右下对角线分别为 a、c、b, 模式 E0_3 的像素点位置为右上、中间、左下对角线分别为 a、c、b;

其特征在于: 设 Quarter-LCU 为基本单元, 该基本单元中, Y 分量为 32x32 大小的像素点块, Cb 和 Cr 分量为 16x16 大小的像素点块; 一个 LCU 中分为四个 Quarter-LCU: Quarter-LCU_0、Quarter-LCU_1、Quarter-LCU_2、Quarter-LCU_3; 处理的顺序依次从 Quarter-LCU_0, Quarter-LCU_1, Quarter-LCU_2 到 Quarter-LCU_3 进行; 具体步骤为:

(1) 对 Quarter-LCU_0 的处理: 式(1) 中的 Distortion 通过式(2) 获得, 其中 N 为在符合某一模式下的某一类别的像素点的个数, offset 为该类别的偏移量; E 可通过式(3) 获得, C 为属于某一模式下的某一类别的像素点的集合, s(k) 为 C 集合中某一点位置的原始像素值, x(k) 为与 s(k) 相对应位置的经过去方块滤波器以后的像素值; offset 可通过式(4) 得到; 由于每个模式下的每个类别的偏移量都是基于一个 LCU 的, 所以这里对于 Quarter-LCU_0 的处理, 获取该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值, 将 N 和 E 值先保存;

(2) 对于 Quarter-LCU_1 的处理: 对于 Quarter-LCU_1 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值;

(3) 对于 Quarter-LCU_2 的处理: 对于 Quarter-LCU_2 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值;

(4) 对于 Quarter-LCU_3 的处理: 对于 Quarter-LCU_3 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值;

(5) 获得最终的最优模式: 将步骤(1)、(2)、(3)、(4) 中得到的各个模式下各个类别的 N 和 E 值分别加起来, 即为整个 LCU 各个模式下的各个类别最终的 N 和 E 值:

① 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量 B0 模式下最终的 4 个偏移量

Y 分量的 B0 模式有 32 个类别, 根据标准需要连续四个类别的 offset, 通过式(5) 获得最优的四个偏移量; 其中, Distortion_i 为四个连续类别的失真值, i=0, 1, 2, 3, λ 为以常数, Bitrate 为传输该模式、起始类别及四个偏移量所需要的码流; B0 模式一共有 32 个类别, 分为 29 种不同起始的连续四个类别, 这 29 种不同起始的连续四个类别, 通过式(5) 进行比较哪种起始的 Cost 的值最小, 即选择该起始的连续四个类别; Cb 和 Cr 分量的 B0 模式下四个偏移量的值获取方式和 Y 分量类似;

② 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量各自的最优模式及其 4 个偏移量

对于 Y 分量有 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3、B0 这五种模式需要判决,每个模式下有四个类别,每个类别有一个偏移量,通过式(5)判决得出;此时,式中的 $Distortion_i$ 为某一模式下四个类别的失真值, $i=0, 1, 2, 3$, Bitrate 为在该模式下传输所需的码流;通过比较这五种模式下哪种模式的 Cost 值最小,最优模式即为该模式,最终的四个偏移量即为该模式下的四个偏移量;Cb 和 Cr 分量的最优模式判决以及最优模式下的四个偏移量的获取过程与 Y 分量类似;

$$Distortion = N * offset^2 - 2 * offset * E \quad (2)$$

$$E = \sum_{k \in C} (s(k) - x(k)) \quad (3)$$

$$offset = E \div N \quad (4)$$

$$Cost = \sum_{i=0}^3 Distortion_i + \lambda * Bitrate \quad (5)。$$

一种适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法

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,视频编码器中 SAO 的硬件处理方法。

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] SAO(Sample Adaptive Offset)模块即为图 1 中的自适应样点补偿模块,该模块主要通过原始像素值与经过去方块滤波器以后像素值的比较获得偏移量的值,再将偏移量的值加到经过去方块滤波器以后像素值上,减少图像的失真,使重建图像具有更好的质量和 PSNR 值(峰值信噪比)。

[0006] 在 HEVC 的官方参考软件 HM9.0 中,该模块是基于一个 LCU(largest coding unit, Y 分量为 64×64 大小的像素点块, Cb 和 Cr 分量为 32×32 大小的像素点块)大小进行运算的,这种处理方式的话,硬件实现中会导致片上需要大量的存储单元,消耗过多的硬件资源。

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的、高效的适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法。

[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 SAO 模块中,其基于一个 64×64 大小的 Y 分量块和两个 32×32 的 Cr、Cb 分量块。SAO 模块有两种基本模块:边缘补偿(记为 E0(Edge Offset))和条带补偿(记为 B0(Band Offset)),E0 通过比较当前像素块中每个像素点与之相邻像素点的值,得到一些统计信息,从而获得偏移量的值;B0 通过每个像素点自身的值,得到一些统计信息,从而获得偏移量的值;其中, E0 模式下根据比较的相邻像素的不同位置,可分为四种模式:EO_0、EO_1、EO_2、EO_3,如图 2 所示,设 c 为当前像素点, a 和 b 为所需比较的相邻

像素点,则模式 E0_0 的像素点位置为自左至右为 a、c、b,模式 E0_1 的像素点位置为自上至下为 a、c、b,模式 E0_2 的像素点位置为左上、中间、右下对角线分别为 a、c、b,模式 E0_3 的像素点位置为右上、中间、左下对角线分别为 a、c、b。

[0009] 对于 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3 模式,每个模式下又有 4 个类别,类别的分类可以通过表 1 得到。

[0010] 表 1 E0 模式下的类别分类

类别	满足条件
类别 1	$c < a \&\& c < b$
类别 2	$(c < a \&\& c == b) \parallel (c < a \&\& c == b)$
类别 3	$(c < a \&\& c == b) \parallel (c < a \&\& c == b)$
类别 4	$c > a \&\& c > b$

对于 B0 模式,又可以分为 32 个类别,一般一个像素点由 8 比特(其值代表 0-255)组成,我们通过把 8 比特等分乘 32 个类别,若一个像素点的值在 0-7 之间,则属于类别 1,以此类推,若一个像素点的值在 248-255 之间,则属于类别 32。

[0011] 由此,通过一些统计信息,可以得到当前块 Y 分量在 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3、B0 五种模式下各自的偏移量;Cb 和 Cr 分量分别在 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3、B0 五种模式下各自的偏移量。

[0012] 通过式(1)进行模式判决,得到 Y 分量、Cb 和 Cr 分量各自最优的模式。其中,Distortion (失真)为在某一模式下图像与原始图像之间的失真, λ (拉姆达)为一个常系数,Bitrate (比特率)为传输该模式及该模式下的偏移值所需要的比特率,Cost 即为某一模式下的代价值。

$$[0013] \quad \mathbf{Cost} = \mathbf{Distortion} + \lambda * \mathbf{Bitrate} \quad (1)$$

本发明提出了一个基于 Quarter-LCU (Y 分量为 32x32 大小的像素点块,Cb 和 Cr 分量为 16x16 大小的像素点块)为基本单元的硬件处理方式,其主要思路是采用以一个 Quarter-LCU 为一个基本单元进行处理的方法,这种处理方式可以有效的减少每一次处理片上所需要的存储单元。其处理的顺序如图 2 所示,大的方框为一个 LCU,分为四个 Quarter-LCU:Quarter-LCU_0,Quarter-LCU_1,Quarter-LCU_2 到 Quarter-LCU_3。处理的顺序依次从 Quarter-LCU_0,Quarter-LCU_1,Quarter-LCU_2 到 Quarter-LCU_3 进行。最终获得最优模式及其四个偏移量。具体步骤为:

(1) 对 Quarter-LCU_0 的处理:式(1)中的 Distortion 通过式(2)获得:

$$\mathbf{Distortion} = \mathbf{N} * \mathbf{offset}^2 - 2 * \mathbf{offset} * \mathbf{E} \quad (2)$$

其中,N 为在符合某一模式下的某一类别的像素点的个数,offset 为该类别的偏移量。

[0014] E 可通过式(3)获得:

$$\mathbf{E} = \sum_{k \in C} (\mathbf{s}(k) - \mathbf{x}(k)) \quad (3)$$

其中,C 为属于某一模式下的某一类别的像素点的集合,s(k) 为 C 集合中某一点位置的原始像素值,x(k) 为与 s(k) 相对应位置的经过去方块滤波器以后的像素值。

[0015] offset 可通过式(4)得到:

$$\mathit{offset} = E \div N \quad (4)$$

由于每个模式下的每个类别的偏移量都是基于一个 LCU 的, 所以这里对于对 Quarter-LCU_0 的处理, 主要获取该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值, 将 N 和 E 值先保存。

[0016] (2) 对于 Quarter-LCU_1 的处理: 对于 Quarter-LCU_1 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值。

[0017] (3) 对于 Quarter-LCU_2 的处理: 对于 Quarter-LCU_2 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值

(4) 对于 Quarter-LCU_3 的处理: 对于 Quarter-LCU_3 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同, 保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值。

[0018] (5) 获得最终的最优模式: 将步骤 1、2、3、4 中得到的各个模式下各个类别的 N 和 E 值分别加起来, 即为整个 LCU 各个模式下的各个类别最终的 N 和 E 值; 通过上述获得的最终 N 和 E 值。另外, 通过式 (4) 可以得到每个模式下每个类别的 offset 值。

[0019] ① 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量 B0 模式下最终的 4 个偏移量

由于 Y 分量的 B0 模式有 32 个类别, 根据标准只需要连续四个类别的 offset, 通过式 (5) 获得最优的四个偏移量, 其中 $Distortion_i$ ($i=0, 1, 2, 3$) 为四个连续类别的失真值, λ 为以常数, Bitrate 为传输该模式、起始类别及四个偏移量所需要的码流。由于 B0 模式一共有 32 个类别, 可分为 29 种不同起始的连续四个类别, 所以这 29 种不同起始的连续四个类别, 通过式 (5) 进行比较哪种起始的 Cost 的值最小, 即选择该起始的连续四个类别。Cb 和 Cr 分量的 B0 模式下四个偏移量的值获取方式和 Y 分量类似。

[0020] ② 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量各自的最优模式及其 4 个偏移量

对于 Y 分量有 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3、B0 这五种模式需要判决, 每个模式下有四个类别, 每个类别有一个偏移量。通过式 (5) 可以判决得出, 此时式中的 $Distortion_i$ ($i=0, 1, 2, 3$) 为某一模式下四个类别的失真值, Bitrate 为在该模式下传输所需的码流。通过比较这五种模式下哪种模式的 Cost 值最小, 最优模式即为该模式, 最终的四个偏移量即为该模式下的四个偏移量。Cb 和 Cr 分量的最优模式判决以及最优模式下的四个偏移量的获取过程与 Y 分量类似。

$$[0021] \quad Cost = \sum_{i=0}^3 Distortion_i + \lambda * Bitrate \quad (5)$$

本发明采用一种高效的适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法, 可以有效的减少芯片的存储单元的面积, 减小了硬件的开销。

附图说明

[0022] 图 1: HEVC 视频编码器结构图。

[0023] 图 2: 四种 E0 模式。

[0024] 图 3 :基于 Quarter-LCU 处理的顺序。

具体实施方式

[0025] 下面通过实例并结合附图,进一步具体描述本发明方法。

[0026] 1. 对 Quarter-LCU_0 的处理

式(1)中的 Distortion 通过式(2)获得,其中 N 为在符合某一模式下的某一类别的像素点的个数,offset 为该类别的偏移量。E 可通过式(3)获得,C 为属于某一模式下的某一类别的像素点的集合,s(k) 为 C 集合中某一点位置的原始像素值,x(k) 为与 s(k) 相对应位置的经过去方块滤波器以后的像素值。offset 可通过式(4)得到。

$$[0027] \quad \mathbf{Distortion} = N * \mathbf{offset}^2 - 2 * \mathbf{offset} * E \quad (2)$$

$$E = \sum_{k \in C} (\mathbf{s}(k) - \mathbf{x}(k)) \quad (3)$$

$$\mathbf{offset} = E \div N \quad (4)$$

由于每个模式下的每个类别的偏移量都是基于一个 LCU 的,所以这里对于 Quarter-LCU_0 的处理,主要获取该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值,将 N 和 E 值先保存。

[0028] 2. 对 Quarter-LCU_1 的处理

对于 Quarter-LCU_1 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同,保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值。

[0029] 3. 对 Quarter-LCU_2 的处理

对于 Quarter-LCU_2 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同,保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值。

[0030] 4. 对 Quarter-LCU_3 的处理

对于 Quarter-LCU_3 的处理过程与 Quarter-LCU_0 相同,保存该区域 Y 分量、Cb 和 Cr 分量下每个模式下每个类别的 N 和 E 的值。

[0031] 5. 获得最终的最优模式

将步骤 1、2、3、4 中得到的各个模式下各个类别的 N 和 E 值分别加起来,即为整个 LCU 各个模式下的各个类别最终的 N 和 E 值。通过上述步骤获得的最终 N 和 E 值。

[0032] 通过式(4)可以得到每个模式下每个类别的 offset 值。

[0033] (1) 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量 B0 模式下最终的 4 个偏移量

由于 Y 分量的 B0 模式有 32 个类别,根据标准只需要连续四个类别的 offset,通过式(5)获得最优的四个偏移量,其中 Distortion_i ($i=0, 1, 2, 3$) 为四个连续类别的失真值, λ 为以常数,Bitrate 为传输该模式、起始类别及四个偏移量所需要的码流。由于 B0 模式一共有 32 个类别,可分为 29 种不同起始的连续四个类别,所以这 29 种不同起始的连续四个类别,通过式(5)进行比较哪种起始的 Cost 的值最小,即选择该起始的连续四个类别。Cb 和 Cr 分量的 B0 模式下四个偏移量的值获取方式和 Y 分量类似。

$$[0034] \quad \mathbf{Cost} = \sum_{i=0}^3 \mathbf{Distortion}_i + \lambda * \mathbf{Bitrate} \quad (5)$$

(2) 获得 Y 分量、Cb 和 Cr 分量各自的最优模式及其 4 个偏移量

对于 Y 分量有 E0_0、E0_1、E0_2、E0_3、B0 这五种模式需要判决, 每个模式下有四个类别, 每个类别有一个偏移量。通过式(5)可以判决得出, 此时式中的 $\mathbf{Distortion}_i$, ($i=0, 1, 2, 3$)为某一模式下四个类别的失真值, $\mathbf{Bitrate}$ 为在该模式下传输所需的码流。通过比较这五种模式下哪种模式的 \mathbf{Cost} 值最小, 最优模式即为该模式, 最终的四个偏移量即为该模式下的四个偏移量。Cb 和 Cr 分量的最优模式判决以及最优模式下的四个偏移量的获取过程与 Y 分量类似。

[0035] 本发明采用一种高效的适用于 HEVC 标准的编码器中 SAO 的硬件处理方法, 可以有效地减少芯片的存储单元的面积, 减小了硬件的开销。

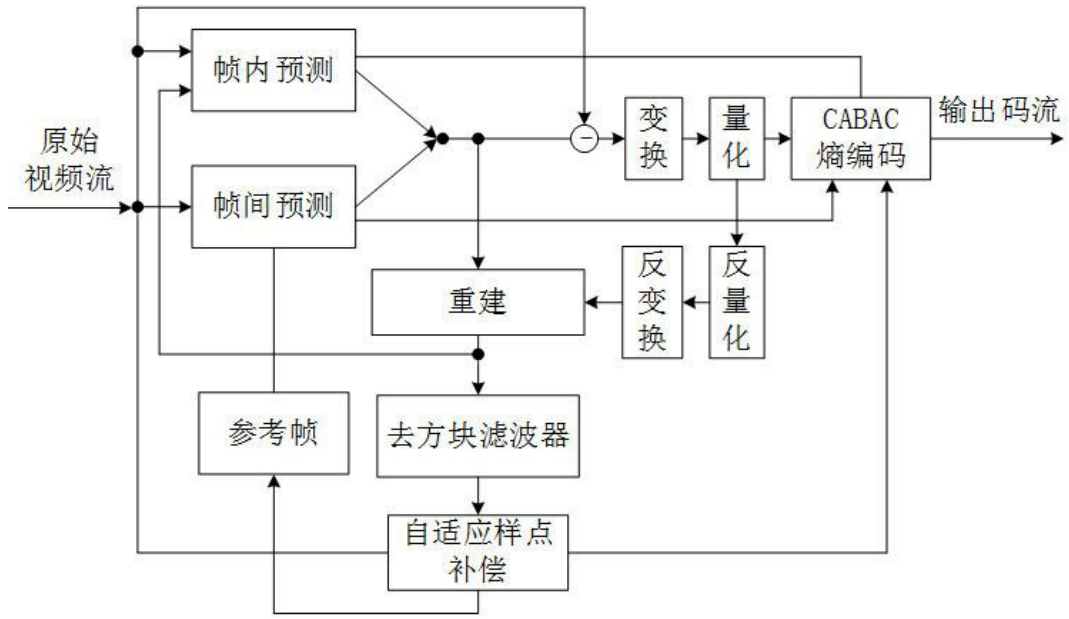


图 1

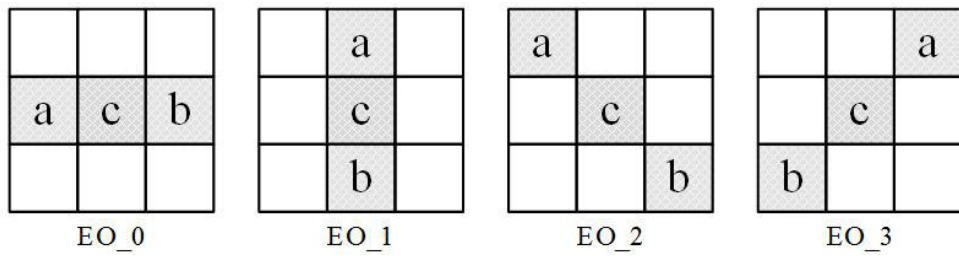


图 2

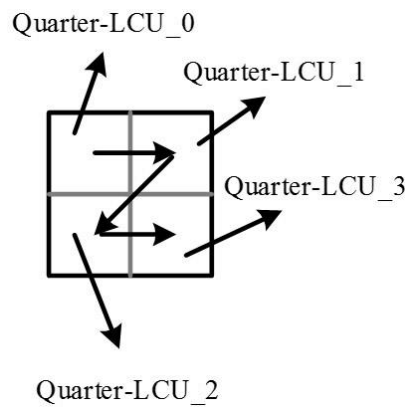


图 3