

AVS 中帧内预测模式的快速选择策略

邵娟, 张卫宁, 魏磊, 陈栋

SHAO Juan, ZHANG Wei-ning, WEI Lei, CHEN Dong

山东大学 信息科学与工程学院, 济南 250100

College of Information Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China

E-mail: sj86326@163.com

SHAO Juan, ZHANG Wei-ning, WEI Lei, et al. New fast intra mode decision algorithm for AVS. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(25): 163-165.

Abstract: In order to reduce the computational complexity of intra-prediction mode decision for AVS (Advanced Video Standard), a fast strategy for intra mode decision based on RDO (Rate-Distortion Optimization) technique has been presented. Edge direction field of the image given by sub-sample method is generated with the Sobel edge operation firstly, and then the best intra-prediction mode conformance with RDO principle is decided according to constructed edge direction histogram, and optimizations are made on luma blocks and chroma blocks respectively. Experimental results show that this proposed algorithm can reduce computational time obviously and enhance speed of AVS coding with slight increment of bit-rate and stable peak signal-to-noise ratio.

Key words: Advanced Video Standard (AVS); intra-frame prediction; Rate Distortion Optimization (RDO); edge direction histogram

摘要: 为了降低 AVS 帧内预测模式的计算复杂度, 提出了一种率失真优化 (RDO) 准则下的基于边缘特征的快速帧内预测模式选择算法。利用 Sobel 算子对亚采样后的图像建立边缘方向场, 构建编码块的预测模式直方图, 根据预测模式直方图的分布确定率失真优化候选预测模式; 并对亮度块和色度块分别优化。仿真结果表明, 与原 AVS 相比, 该算法在比特率略有增加和信噪比基本保持不变的条件下, 大大减少了计算时间, 提高了 AVS 编码速度。

关键词: 数字音视频编解码技术标准 (AVS); 帧内预测; 率失真优化 (RDO); 边缘方向直方图

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.25.050 **文章编号:** 1002-8331(2009)25-0163-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP317.4

1 引言

AVS (Audio Video Coding Standard) 标准是由中国数字音视频编解码技术标准工作组 (简称 AVS 工作组) 提出, 具有自主知识产权的数字音视频编解码技术标准。它以 H.264 标准为起点, 编码效率与 H.264 相当, 而算法复杂度明显低于 H.264, 且专利授权模式简单, 费用明显低于同类标准。AVS 的这些特点使得它正在经历飞速的发展。

AVS 标准引入了许多编码技术, 帧内预测就是其中之一。帧内预测是消除空间冗余的关键技术, 它充分利用图像的空间相关性进行预测编码, 同时引入了非标准技术 RDO (Rate Distortion Optimization, 率失真优化) 进行最优模式的选择, 提高了视频编码的压缩效率及编码性能。率失真的值是通过运动估计、运动补偿、哈达玛变换、量化、反量化、反哈达玛变换、熵编码之后才能够得到, 其计算非常耗费时间。AVS 的帧内预测模式是基于率失真优化 (RDO) 的完全搜索算法 (Full-Search, FS), 它通过计算每一种帧内预测模式的 RDCost, 找出其中具有最小 RDCost 的预测模式作为最佳预测模式。因此, 完成一个宏块的帧内预测共需 $M8_chroma \times (M8_luma \times 4) = 80$ 次 RDO 运算, 其中 $M8_chroma$ 和 $M8_luma$ 分别表示 Intra_8x8 色度块和

Intra_8x8 亮度块的预测模式数。这样大大增加了编码器的计算复杂度, 很难适应实时性要求较高的场合。为了满足视频通讯的实时性要求, 必须使用快速算法, 降低帧内预测编码模式选择的运算复杂度。

研究了 AVS 帧内预测的编码体系, 在保证图像质量的前提下, 提出了基于边缘检测的快速帧内预测编码模式选择算法。

2 AVS 帧内预测模式

AVS 帧内预测以 8×8 块为单位, 对亮度分量和色度分量分别进行预测。AVS 为亮度分量提供了 5 种帧内预测模式, 如表 1 所示。

表 1 帧内亮度预测模式

帧内亮度预测模式	预测方向
0	Intra_8x8_Vertical (垂直)
1	Intra_8x8_Horizontal (水平)
2	Intra_8x8_DC (直流)
3	Intra_8x8_Down_Left (左下)
4	Intra_8x8_Down_Right (右下)

作者简介: 邵娟 (1986-), 女, 研究生, 主要研究方向为图像处理与视频编码。

收稿日期: 2008-12-08 **修回日期:** 2009-02-24

图 1 给出了 8x8 亮度块的帧内预测示意图。对于每个 8x8 块(除了边缘块特别位置以外),都提供了 33 个参考像素点,每个像素值都可由参考像素点的加权和来预测。

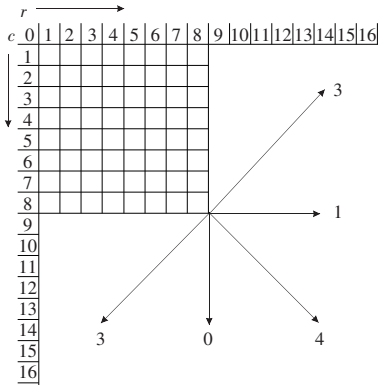


图 1 8x8 亮度块帧内预测模式

色度预测模式与亮度预测模式相似,对每个 8x8 块提供了 17 个参考像素点,共有四种预测模式:模式 0 为直流(DC)预测;模式 1 为水平(Horizontal)预测;模式 2 为垂直(Vertical)预测;模式 3 为平面(Plane)预测。

3 AVS 快速帧内预测模式选择算法

自然图像在空间是连续和相关的,组成图像的各像素在空间上的 4 个预测方向上都有相关性,这个特性可以被利用来减除空间冗余,如果能找到相关性最强的那个方向,并使用此方向来预测编码,就可以达到帧内编码的最优效果。这就是基于边缘方向直方图的模式选择算法的基本思想。该算法利用 Sobel 算子对亚采样后的图像建立边缘方向场,构建编码块的预测模式直方图,根据直方图来确定候选预测方向;将与候选预测方向对应的预测模式和 DC 模式作为候选预测模式;对两种候选预测模式进行预编码和性能比较确定最佳预测模式。下面通篇以亮度预测为例,对算法中的关键步骤进行介绍。

3.1 像素亚采样

对输入的 8x8 块原始像素进行 2:1 亚采样^[2],采样方法如图 3 所示,阴影圆表示可用的像素点。亚采样后的像素值是由两个相邻像素求平均得到的,如图 2 所示,亚采样后 A 的像素值等于原始像素点 1 和 2 像素值的平均。采样后的像素个数是原始像素个数的 1/2,因此对采样后的像素进行边界方向向量计算所耗费的时间大约是原来的 1/2。

由于相邻像素在空间上的相关性很强,亚采样后的数据保留了原图像的数据特征。经验证,亚采样对算法的性能影响很小,并使得计算复杂度大幅度降低。

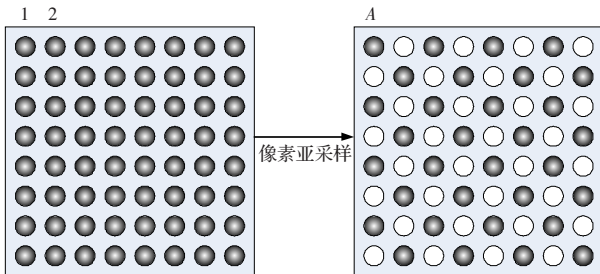


图 2 8x8 块像素亚采样

3.2 基于边缘方向的模式选择

3.2.1 边缘方向矢量信息的获得

使用 Sobel 算子^[3]来计算亚采样后的每个像素的边界方向矢量。Sobel 算子是一种常用的边缘检测算子,它将方向差分运算与局部平均相结合,在空间上很容易实现。Sobel 边缘检测器可以提供较为精确的边缘方向信息,产生较好的边缘检测效果。该算子是在非图像边界上以 $f(x,y)$ 为中心 3x3 的邻域上计算 x 和 y 方向的偏导数。它的两个卷积算子:

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \text{ 和 } \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

分别用来计算边界向量的垂直和水平方向分量。

对于亚采样后的像素 $P_{i,j}$,相应的边界向量为 $D_{i,j}=\{dx_{i,j}, dy_{i,j}\}$ 。 $dx_{i,j}$ 和 $dy_{i,j}$ 分别代表边界向量水平和垂直方向分量, $dx_{i,j}$ 和 $dy_{i,j}$ 的计算公式如式(1)所示,其中 $P_{i-1,j+1}$ 等指的是像素 $P_{i,j}$ 在原始图像中的相邻像素。

$$\begin{aligned} dx_{i,j} &= (P_{i-1,j+1} + 2 \times P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1}) - (P_{i-1,j-1} + 2 \times P_{i,j-1} + P_{i+1,j-1}) \\ dy_{i,j} &= (P_{i+1,j-1} + 2 \times P_{i+1,j} + P_{i+1,j+1}) - (P_{i-1,j-1} + 2 \times P_{i-1,j} + P_{i-1,j+1}) \end{aligned} \quad (1)$$

为了方便计算,定义边界方向向量的模和方向分别为:

$$\begin{aligned} Amp(D_{i,j}) &= |dx_{i,j}| + |dy_{i,j}| \\ Ang(D_{i,j}) &= \left(\frac{180^\circ}{\pi}\right) \times \arctan\left(\frac{dy_{i,j}}{dx_{i,j}}\right) \end{aligned}$$

其中, $|Ang(D_{i,j})| < 90^\circ$

为了降低在一些系统设计中反三角函数带来的计算复杂度,在此记 $\left(\frac{dy_{i,j}}{dx_{i,j}}\right)$ 为 $Ratio(D_{i,j})$ 。可以得出 $Ratio(D_{i,j})$ 的取值如式(2)所示:

$$Ratio(D_{i,j}) = \tan\left[\frac{\pi}{180^\circ} \times Ang(D_{i,j})\right] \quad (2)$$

因此 $Ratio(D_{i,j})$ 的取值与边缘方向向量是一一对应的。

3.2.2 边缘方向直方图的建立

由图 1 已知,帧内亮度块共有 4 个基于方向的预测模式。用二分法将整个预测方向图划分成 4 个帧内预测模式选择区间 a_k ,如模式 1 与模式 3、模式 4 的夹角分别是 45° 、 -45° ,用二分法将模式 1、3 之间和 1、4 之间的夹角等分,就可以得到包含预测模式 1 的预测区间: $a_1=(-22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 。依此类推,可以得到每种模式的预测区间^[4],如式(3)所示:

$$\begin{aligned} a_0 &= (-90^\circ, -67.5^\circ] \cup (67.5^\circ, 90^\circ) \\ a_1 &= (-22.5^\circ, 22.5^\circ] \\ a_3 &= (22.5^\circ, 67.5^\circ] \\ a_4 &= (-67.5^\circ, -22.5^\circ] \end{aligned} \quad (3)$$

由此可见,方向在 $(-90^\circ, 90^\circ)$ 区间内的任何一个边界向量都可以映射到一种预测区间内。

由 $Ratio(D_{i,j})$ 与边缘方向向量的一一对应性,可以得到 $Ratio(D_{i,j})$ 在各个预测区间的取值,如式(4)所示。

$$\begin{aligned} Ratio(D_{i,j})_0 &= (-\infty, -2.144 2] \cup (2.144 2, +\infty) \\ Ratio(D_{i,j})_1 &= (-0.414 2, 0.414 2] \\ Ratio(D_{i,j})_3 &= (0.414 2, 2.414 2] \\ Ratio(D_{i,j})_4 &= (-2.414 2, -0.414 2] \end{aligned} \quad (4)$$

分别在各个区间中对属于该区间的边缘矢量强度 $Amp(D_{i,j})$ 求和,即可确定预测模式直方图^[5],如式(5)所示。

表2 不同测试序列下的编码性能变化

测试序列	第一个I帧图像编码时间的变化/(%)	平均每帧图像编码时间的变化/(%)	整个图像码率的变化/(%)	亮度分量峰值信噪比的变化/dB	色度U峰值信噪比的变化/dB	色度V峰值信噪比的变化/dB
carphone	55.52	17.53	1.144	-0.06	-0.08	-0.04
mobile	53.76	25.24	0.254	-0.02	-0.02	-0.02
foreman	49.26	17.33	2.202	-0.03	-0.05	-0.06
coastguard	48.62	18.43	0.823	-0.05	-0.02	-0.02
football	42.66	17.40	2.555	-0.12	-0.10	-0.11

$$Histo(k) = \sum_{(m,n) \in SET(k)} Amp(D_{m,n})$$

其中, $SET(k) = \{(i,j) \mid \frac{dy_{ij}}{dx_{ij}} \in Ratio(D_{i,j})_u, \dots, u=0,1,3,4\}$ (5)

k 为某种帧内预测模式,取 0,1,3,4; $SET(k)$ 为属于此模式的像素点的集合; $Histo(k)$ 即为该种模式下的所有像素点的矢量强度幅值的和。这样便建立了边缘方向直方图。

3.3 算法流程

该算法的整个流程如图3所示。

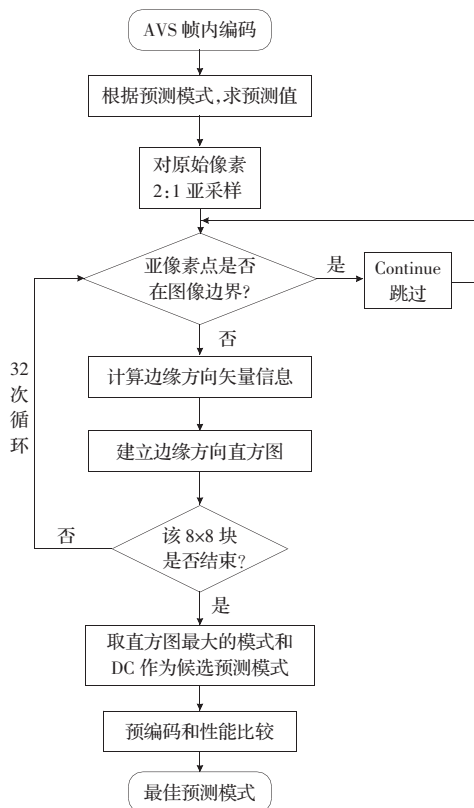


图3 算法流程图

对色度分量采用了与亮度分量相似的算法,将色度预测模式由 4 种降低为两种,且对两个色度分量采用了相同的预测模式。因此完成一个宏块的帧内预测只需进行 $2 \times (2 \times 4) = 16$ 次 RDO 运算,大大降低了算法复杂度。

4 实验结果

以 rm52_20080721 测试软件为平台,编码软件的参数设置为:使能 Hadamard 变换、RD 优化,量化参数为 26,GOP 采用 IBBP。选择视频格式不同的 5 个测试序列:QCIF 格式 carphone,SIF 格式(352×240)mobile,CIF 格式 foreman、coastguard,和 525 SD 格式(720×480)football,分别就编码时间、输出比特率和峰值信噪比 PSNR 等性能指标,进行了测试。实验结果如表 2 所示。

实验数据表明,该算法对于 I 帧计算复杂度降低了 50%左右,对于整个图像序列计算复杂度平均降低了 20%左右。图像的码率略有增加,而峰值信噪比略有降低。通过主观观察编码后的图像,算法中峰值信噪比的变化对图像的质量基本没有影响。

5 结束语

在研究了 AVS 编码体系的基础上,提出了一种快速帧内预测模式选择算法。实验结果表明,利用边缘方向矢量进行预测模式判决是非常有效的方法,它在不影响图像质量和码率的条件下,大大降低了编码时间,提高了编码效率,完全可以满足实时编码通信的需要。

参考文献:

- [1] 数字音视频编码技术标准工作组.GB/T 20009.2-2006 信息技术 先进音视频编码第 2 部分视频[S].中国国家标准化管理委员会,2006.
- [2] 徐苏珊,马国强,徐健健.适用于 H.264 的帧内预测模式快速选择算法[J].南京大学学报,2005(3):325-329.
- [3] Pan F,Lin X,Rahardja S.Using edge direction information for measuring blocking artifacts of images[J].Multidim Syst Sign Process,2007,18:297-308.
- [4] Feng P,Xiao L.Fast mode decision for intra prediction[C]//ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q6.JVT 7th Meeting,Thailand,2003:1-17.
- [5] 常伟,蔡灿辉.基于边缘特征的 H.264/AVC 帧内模式选择算法[J].计算机工程与应用,2007,43(29):82-85.