

基于 AVS 的帧内预测模式快速选择算法

游娜¹, 彭玉华¹, 刘微², 焦梅¹

YOU Na¹, PENG Yu-hua¹, LIU Wei², JIAO Mei¹

1. 山东大学 信息科学与工程学院, 济南 250100

2. 海信集团有限公司 数字多媒体技术国家重点实验室, 山东 青岛 266071

1. School of Information Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China

2. State Key Laboratory of Digital Multi-media Technology, Hisense, Qingdao, Shandong 266071, China

E-mail: german.yn_2008@163.com

YOU Na, PENG Yu-hua, LIU Wei, et al. Fast intra mode decision algorithm based on AVS. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(14): 185-187.

Abstract: AVS video standard adopts the Rate Distortion Optimization(RDO) technique to improve the compression performance in the intra prediction. Although the RDO algorithm can achieve the highest compression efficiency and the best picture quality, it increases the computational complexity. In this paper, a simple and effective fast intra mode decision algorithm for AVS1-P2 encoder is proposed. This algorithm uses the correlation of the best modes of adjacent blocks and the directivity of luminance variations within a block to reduce the candidate modes to be tested, thus the coding time is saved. Experimental results show that the coding time of the proposed algorithm is decreased by 24%~27%, compared to the full search method in the reference software of AVS1-P2 with negligible loss of PSNR and increment of bit rate.

Key words: Advanced Audio-Video Coding/Decoding Standard(AVS); intra-prediction; mode decision; Rate Distortion Optimization(RDO)

摘要: AVS 视频标准采用率失真优化(RDO)算法来提高帧内预测的压缩性能。但是 RDO 算法在保证编码图像获得最佳的压缩效率和图像质量的同时给整个编码过程带来了很大的计算量。提出了一种简单有效的 AVS1-P2 帧内预测模式的快速选择算法。该算法利用相邻块最佳预测模式之间的相关性和块内亮度变化的方向性来缩小候选模式的范围,从而有效节省了编码总时间。实验结果证明,与 AVS1-P2 的标准参考软件 rm52j 相比,本算法在保证图像质量和比特率几乎不变的情况下,编码总时间减少了 24%~27%。

关键词: 数字音视频编解码技术标准; 帧内预测; 模式选择; 率失真优化

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.14.057 **文章编号:** 1002-8331(2009)14-0185-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TN919.81

1 引言

AVS1-P2^[1]是由国家信息产业部科学技术司于 2006 年 2 月批准的我国第一个先进音视频编解码标准中的视频标准。AVS1-P2 中具有特征性的核心技术包括: 8×8 整数变换、量化、帧内预测、1/4 精度像素插值、特殊的帧间预测运动补偿、二维熵编码、去块效应环内滤波等。其中,帧内预测与 H.264/AVC^[2]的帧内预测的思路相同,根据多数情况下相邻像素具有类似性质的特点,采用相邻块的像素预测当前块,定义了代表空间纹理方向的多种预测模式。但 AVS1-P2 中亮度和色度的帧内预测都以 8×8 块为单位,亮度块采用 5 种预测模式,色度块采用 4 种预测模式。

AVS1-P2 采用率失真优化(RDO)算法,通过对所有帧内

预测模式组合进行全搜索得到最佳模式组合。尽管 RDO 算法可以保证编码后的图像获得最佳的压缩效率和图像质量,但是由于帧内预测模式组合比较多,并且 RDCost 本身的计算较复杂,该算法中帧内预测的计算量是非常大的。而且,不管是帧内编码图像还是帧间编码图像,都需要进行帧内预测,因此帧内预测耗费了较多的编码时间,对帧内预测模式选择算法进行优化是非常必要的。

近几年,国内外对 H.264/AVC 帧内预测模式的快速选择算法展开了大量的研究工作。比较有代表性的是 F.Pan 等人提出的基于局部边缘方向信息的快速帧内模式选择算法^[3]。由于 AVS 视频标准提出得较晚,目前对其帧内预测模式快速选择算法的研究很少。文献[4]是针对 AVS-M 提出的快速模式选择算法,

基金项目: 山东省博士后科研项目专项经费资助(No.200602009);山东省科技攻关计划(the Key Technologies R&D Program of Shandong(Province), China under Grant No.2005GG3201117)。

作者简介: 游娜(1983-),女,硕士,主要研究领域为视频编解码技术、数字图像处理;彭玉华(1966-),女,教授,博士生导师,主要研究领域为小波变换及工程应用、数字信号处理与分析、医学图像处理、视频编解码技术等;刘微(1979-),男,博士后,主要研究领域为多媒体信息处理、视频编解码技术、数字图像处理等;焦梅(1982-),女,硕士,主要研究方向为视频编解码技术、数字图像处理。

收稿日期: 2008-03-24 **修回日期:** 2008-06-24

该算法根据 SAD 准则的结果,按照一定条件筛选 RDO 准则下的候选模式,从而实现帧内模式的快速选择。本文根据 AVS1-P2 帧内预测的特点提出了一种简单有效的帧内预测模式快速选择算法。该算法充分利用相邻块最佳预测模式之间的相关性和块内各方向亮度变化的快慢不同对模式进行预判,缩小候选模式的范围,从而降低帧内预测的计算复杂度,在不影响编码性能的情况下有效地提高了编码速度。

2 AVS 的帧内预测技术

2.1 帧内预测算法

AVS1-P2 的帧内预测以 8×8 块为单位,一共支持 5 种亮度帧内预测模式和 4 种色度帧内预测模式。其中亮度的 5 种帧内预测模式如图 1 所示,模式 0(垂直预测):当前块由 $x[i]$ ($i=1 \sim 8$) 预测;模式 1(水平预测):当前块由 $c[i]$ ($i=1 \sim 8$) 预测;模式 2(DC 预测):当前块由 $x[i]$ 和(或) $c[i]$ ($i=0 \sim 9$) 预测,如果 $x[i]$ 和 $c[i]$ 都不存在,当前块的预测块用 128 代替;模式 3(左下角对角线预测):当前块由 $x[i]$ 和 $c[i]$ ($i=1 \sim 16$) 共同预测;模式 4(右下角对角线预测)当前块由 $x[i]$ 和 $c[i]$ ($i=0 \sim 16$) 共同预测。每种模式预测值的计算方法在 AVS1-P2 标准文档^[9]中有详细地描述。色度块的帧内预测模式和亮度块类似,分别为:模式 0(DC 预测)、模式 1(水平预测)、模式 2(垂直预测)、模式 3(平面预测)。

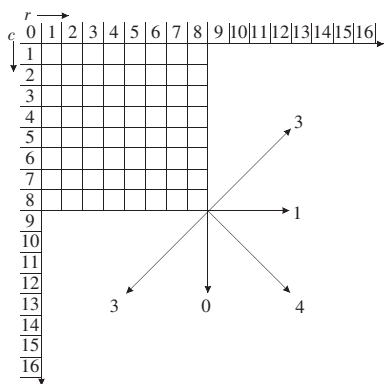


图1 亮度块帧内预测模式

2.2 全搜索算法的实现过程

AVS1-P2 的标准参考软件 nm52j 是利用率失真优化算法,通过全搜索来选择最佳帧内预测模式组合的,具体过程如下:

(1)对色度块做所有可用模式下的帧内预测,得到相应的预测块。

(2)选择一种色度帧内预测模式,进行下面的操作:

①对亮度块做所有可用模式下的帧内预测,得到相应的预测块。

②对亮度块选择一种帧内预测模式,计算该亮度块在当前预测模式下的 RDCost。

③重复步骤②,计算该亮度块在所有可用预测模式下的 RDCost,选择 RDCost 最小的预测模式为该亮度块的最佳帧内预测模式。

④重复步骤①~③,直到得到当前宏块 4 个亮度块的最佳帧内预测模式,即得到了宏块在当前色度预测模式下的最佳帧内预测模式组合。

⑤计算宏块在当前最佳帧内预测模式组合下的 RDCost。

(3)重复步骤(2),遍历所有色度帧内预测模式下的最佳帧内预测模式组合,选择宏块 RDCost 最小的帧内预测模式组合为该宏块的最佳帧内预测模式组合。

3 快速帧内预测模式选择算法

所提出的快速算法主要是考虑亮度帧内预测模式的快速选择,改变了亮度块帧内预测模式选择的架构,即标准参考软件步骤(2)中的①~④。

3.1 快速算法的提出

3.1.1 充分利用相邻块最佳预测模式之间的相关性

一般情况下,图像中相邻块之间的帧内预测模式有着较高的相关性。因此,可以根据当前块相邻块的最佳模式预测出当前块最可能的最佳模式 MostProbableMode(MPM)。通过统计得知,当前块的所有相邻块中,上边块和左边块的最佳模式是当前块的最佳模式的可能性最大,所以 MPM 确定的原则是:如果当前块的左边块和上边块的帧内预测模式都可用,则 MPM 为两个模式中值较小的模式,否则 MPM 为 DC 预测模式。标准软件 nm52j 中利用 MPM 减少编码帧内预测模式所需要的比特数。如果当前块的最佳帧内预测模式和其 MPM 相同,则只需 1 bit 确认,无需编码当前块的最佳帧内预测模式值。这里,进一步利用相邻块之间帧内预测模式的相关性,把 MPM 作为筛选后的候选模式之一。

3.1.2 根据块内亮度变化的方向性筛选候选模式

AVS 亮度块的 5 个帧内预测模式中有 4 个是具有方向性的预测模式,分别是:模式 0(垂直)、模式 1(水平)、模式 3(左下)、模式 4(右下)。大多数情况下,每个块的最佳预测方向和块内平均亮度变化最慢的方向是相同的,因此考虑从上述 4 个有方向性的模式中筛选出方向和块内平均亮度变化最慢的方向一致的模式作为候选模式 Candidate。判断块内平均亮度变化快慢的准则是:计算每个方向上 16 个像素对的 SAD,SAD 最小的方向即为亮度变化最慢的方向。公式(1)~(4)分别为亮度块 4 个方向上 SAD 的定义(SADV:垂直;SADH:水平;SADL:左下;SADR:右下)。其中, $S_{i,j}$ 为 8×8 亮度块的像素,如图 2 所示。

S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}	S_{17}	S_{18}
S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}	S_{25}	S_{26}	S_{27}	S_{28}
S_{31}	S_{32}	S_{33}	S_{34}	S_{35}	S_{36}	S_{37}	S_{38}
S_{41}	S_{42}	S_{43}	S_{44}	S_{45}	S_{46}	S_{47}	S_{48}
S_{51}	S_{52}	S_{53}	S_{54}	S_{55}	S_{56}	S_{57}	S_{58}
S_{61}	S_{62}	S_{63}	S_{64}	S_{65}	S_{66}	S_{67}	S_{68}
S_{71}	S_{72}	S_{73}	S_{74}	S_{75}	S_{76}	S_{77}	S_{78}
S_{81}	S_{82}	S_{83}	S_{84}	S_{85}	S_{86}	S_{87}	S_{88}

图2 8×8 亮度块

$$SADV = \sum_{i,j} |S_{i,j} - S_{i+4,j}| \quad i=1,2,3,4; j=1,3,5,7 \quad (1)$$

$$SADH = \sum_{i,j} |S_{i,j} - S_{i,j+4}| \quad i=1,3,5,7; j=1,2,3,4 \quad (2)$$

$$SADL = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^j (|S_{i+(8-2j),9-i} - S_{i+(8-i),9-j}| + |S_{i,(1+2j)-i} - S_{i,j,(1+j)-i}|) + \sum_{i=1}^4 |S_{i,9-i} - S_{i+4,5-i}| \quad (3)$$

表1 foreman_cif 序列的测试结果
(编码 300 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.050	+0.7	-24
32	-0.045	+0.9	-25
36	-0.048	+1.2	-23
40	-0.045	+1.5	-25
AVG	-0.047	+1.1	-24

表2 mobile_cif 序列的测试结果
(编码 300 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.086	+0.5	-27
32	-0.081	+0.6	-26
36	-0.086	+0.7	-26
40	-0.070	+0.8	-28
AVG	-0.080	+0.7	-27

表3 news_cif 序列的测试结果
(编码 300 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.055	+0.8	-26
32	-0.046	+0.8	-25
36	-0.067	+0.9	-24
40	-0.080	+1.0	-22
AVG	-0.062	+0.9	-24

表4 paris_cif 序列的测试结果
(编码 300 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.053	+0.5	-29
32	-0.050	+0.5	-23
36	-0.050	+0.6	-24
40	-0.047	+0.7	-25
AVG	-0.050	+0.6	-25

表5 football_cif 序列的测试结果
(编码 250 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.053	+0.7	-28
32	-0.045	+0.8	-28
36	-0.044	+1.0	-24
40	-0.034	+1.4	-22
AVG	-0.044	+0.9	-26

表6 tempe_cif 序列的测试结果
(编码 250 帧)

QP	$\Delta PSNR/dB$	$\Delta Rate/(%)$	$\Delta Time/(%)$
28	-0.070	+0.4	-27
32	-0.064	+0.4	-29
36	-0.056	+0.6	-26
40	-0.057	+0.8	-27
AVG	-0.062	+0.6	-27

$$SADR = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^j (|S_{i,i+(8-2j)} - S_{i+j,i+(8-j)}| + |S_{i+(8-2j),i} - S_{i+(8-j),i+j}|) + \sum_{i=1}^4 |S_{i,i} - S_{i+4,i+4}| \quad (4)$$

3.2 快速算法的步骤

经过 3.1 节中所述的处理,亮度块的候选模式从 5 个缩小为 DC、MPM 和 Candidate 3 个模式。由上述分析得知,对一个宏块选择最佳帧内预测模式,参考软件中的全搜索方法要计算 $(5 \times 4 \times 4) = 80$ 次亮度块的 RDCost,而本快速算法最多只需要计算 $(3 \times 4 \times 4) = 48$ 次亮度块的 RDCost,因此大大降低了帧内预测的计算复杂度,节省了编码时间。算法的具体步骤如下(对应参考软件步骤(2)中的①~④,即得到宏块在某一色度预测模式下的最佳帧内预测模式组合的过程):

(1) 计算宏块的一个亮度块 4 个方向上的 SAD: SADV、SADH、SADL 和 SADR。选择 SAD 最小的方向对应的模式作为 Candidate, SAD 相同的情况下,选择模式值较小的模式作为 Candidate。

(2) 做亮度块 DC 模式下的帧内预测,得到相应预测块。对于其它 4 种模式,如果是 MPM 或者 Candidate,则做亮度块在该模式下的帧内预测。

(3) 计算亮度块在 DC 预测模式下的 RDCost。

(4) 如果 MPM 不是 DC 模式,则计算亮度块在 MPM 下的 RDCost。

(5) 如果 Candidate 不是 MPM,则计算亮度块在 Candidate 下的 RDCost。

(6) 选择 DC、MPM 和 Candidate 中 RDCost 值最小的模式为该亮度块的最佳帧内预测模式。

(7) 重复步骤(1)~(6),直到求得当前宏块所有亮度块的最佳帧内预测模式。

4 实验结果及分析

为了验证算法的有效性,按照所提算法对 AVS1-P2 标准参考软件 rm52j 进行了修改,并将其与 rm52j 中的全搜索算法在编码时间 Time、输出码率 Rate 和峰值信噪比 PSNR 3 个方面进行了比较。实验选取了 AVS 基准档通用测试条件中的 6 个具有代表性的 CIF 格式的测试序列。每个序列测试 4 个不同

的 QP 点,并且采用全 I 帧的编码方式。本实验是在 VC++6.0 编译环境下进行的。PC 配置为: Celeron 1.7 GHz CPU+256 MB 内存。表 1~表 6 分别为 6 个测试序列的实验结果。其中, $\Delta PSNR$ 、 $\Delta Rate$ 和 $\Delta Time$ 分别为本文提出的快速算法相对于 rm52j 中的全搜索算法平均亮度信噪比的变化、码率变化的百分比和总编码时间变化的百分比。“+”表示增加,“-”表示减少,“AVG”表示在不同 QP 下的平均值。

实验结果证明,和标准参考软件 rm52j 相比,本文所提出的快速算法平均亮度信噪比降低 0.08 dB 以内,码率增加 1.1% 以内,而编码总时间平均节省了 24%~27%。另外,快速算法涉及到的全是整数的加减运算,没有引入任何复杂的计算,因此硬件实现简单。

另外,不管是标准参考软件还是快速算法,在选择一个宏块的最佳帧内预测模式组合的过程中,对于每一种色度预测模式,都要选择一遍 4 个亮度块的最佳帧内预测模式。而亮度块的最佳帧内预测模式是固定的,这种重复计算是无意义的,浪费了大量的编码时间。如果对快速算法的步骤进行调整,只在色度预测模式为 DC 模式的时候做 4 个亮度块最佳预测模式的选择,则选择一个宏块最佳帧内预测模式的过程中最多只需要计算 $(3 \times 4 \times 1) = 12$ 次亮度块的 RDCost,编码总时间可以比参考软件中的全搜索算法减少 44% 以上。

5 结束语

根据 AVS1-P2 帧内预测的特点,利用编码图像相邻块最佳预测模式之间的相关性和块内亮度变化的方向性,提出了一种简单有效的适用于 AVS1-P2 帧内预测的快速模式选择算法。实验证明,与 AVS1-P2 标准参考软件 rm52j 中的全搜索算法相比,本快速算法在保证图像质量和码率几乎不变的情况下,编码速度平均提高了 24%~27%。如果对算法进一步优化,避免不同色度预测模式下亮度块最佳模式的重复选择,编码速度可以提高 44% 以上。

参考文献:

- [1] 高文,王强,马思伟. AVS 数字音视频编解码标准[J]. 中兴通讯技术, 2006, 12(3): 6-9.