

# 基于全零块及方向一致性的 H. 264 帧间快速模式选择算法

刘君 蔡灿辉

(华侨大学信息科学与工程学院, 泉州 362021)

**摘要** 帧间模式选择是 H. 264 编码器中最耗时的部分。提出一种基于全零块和运动方向一致性的新的快速模式选择算法。该算法首先定义了绝对全零块充分条件和相对全零块必要条件, 并按照这两个条件将宏块分成 4 大类, 然后在每一大类中利用宏块周边块的运动状态及该宏块在 SKIP 模式下的率失真代价将宏块进一步分类, 缩小该宏块的候选预测模式范围。实验结果表明, 该算法能够极大提高帧间模式选择的速度, 并且所带来的 PSNR 损失和码率增加几乎可以忽略。

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)10-1999-04

## Fast Inter-frame Mode Decision for H. 264 Based on All-zero Block and Directional Consistency

LIU Jun, CAI Can-hui

(Institute of Information Science & Technology, Huaqiao University, Quanzhou 362021)

**Abstract** Inter-frame mode decision is the most time-consuming part in H. 264. A novel fast mode decision algorithm based on all-zero block and consistency of moving direction is proposed in this paper. Firstly, the sufficient condition of absolute all-zero block and the necessary condition of relative all-zero block are defined to divide the MB into four classes. Secondly, in each class, the moving state of neighboring MB and the SKIP RD cost of this MB are used to further classify the MB into some categories so that the range of candidate modes can be narrowed. The experimental results have shown that the proposed algorithm can speed up inter-frame mode decision greatly and incurred loss in PSNR and increment in rate can almost be neglected.

**Keywords** H. 264, mode decision, all-zero block, directional consistency

## 1 引言

H. 264 编码算法的模式选择部分是编码器的核心, 它定义了  $16 \times 16$ ,  $16 \times 8$ ,  $8 \times 16$ ,  $8 \times 8$ ,  $4 \times 8$ ,  $8 \times 4$  和  $4 \times 4$  等 7 种帧间预测模式, INTRA  $4 \times 4$ , INTRA  $8 \times 8$  及 INTRA  $16 \times 16$  等 3 种帧内预测模式以及 SKIP 模式。为了选择待编码宏块的最佳预测

模式, 编码器需要遍历所有可能的模式来寻找代价最小的模式。这种遍历的方法可以得到该宏块的最佳预测模式, 但同时也增加了编码的计算复杂度, 使得模式选择在整个编码过程中占据了绝大部分的时间。

由于不同模式在一个视频序列中所占的比例极不均匀, 其中 SKIP 模式在低复杂度的视频序列中占了大部分, 并且比例随着量化参数的增大而增大, 因

基金项目: 国家自然科学基金项目(60772164); 福建省自然科学基金项目(A0710009)

收稿日期: 2008-07-21; 改回日期: 2008-07-31

第一作者简介: 刘君(1983~), 男。华侨大学信息科学与工程学院信号与信息处理专业硕士研究生。主要研究方向为视频压缩技术与 DSP 应用。E-mail: liujun7496@163.com

此,如果能够在计算各种模式的代价函数之前确定该宏块是否采用 SKIP 模式,就可以避免一些不必要的运动估计,显著降低模式选择的时间。基于这种思想,文献[1]与文献[2]首先利用自适应阈值判断出当前宏块是否采用 SKIP 模式,再根据宏块特点缩小候选预测模式范围;文献[3]将对应全零块的思想引入到 SKIP 模式的判别中,若待编码块与前一帧对应位置宏块的差值被判定为全零块,则判定该宏块采用 SKIP 模式,否则根据全零  $4 \times 4$  小块个数缩小预测模式范围。

本文提出一种基于全零块和运动方向一致性的快速模式选择算法。首先根据当前宏块与预测运动矢量所指宏块的绝对差和 (sum of absolute difference, SAD) 定义绝对全零块充分条件和相对全零块必要条件,若 SAD 满足绝对全零块充分条件,则置 SKIP 模式为该宏块的最优模式,若 SAD 不满足相对全零块必要条件,则 SKIP 模式不可能是该宏块的最优模式,其他情况可利用宏块周边块的运动状态及该宏块在 SKIP 模式下的率失真代价进一步缩小该宏块的候选预测模式范围。

$$|Y_{mn}| = \left| C_m C_n \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} X_{i,j} \cos \frac{(2j+1)n\pi}{2N} \cos \frac{(2i+1)m\pi}{2N} \right| < 1 \times L \quad (1)$$

$$|Y_{mn}| = \left| C_m C_n \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} X_{i,j} \cos \frac{(2j+1)n\pi}{2N} \cos \frac{(2i+1)m\pi}{2N} \right| < 2 \times L \quad (2)$$

式中,  $L$  是量化步长,  $X_{i,j}$  是变换前的残差系数,  $Y_{mn}$  是残差系数经变换后的值,  $C_m C_n$  是变换矩阵系数。当式(1)成立时,该  $4 \times 4$  小块肯定是全零块,本文称这种全零块为绝对全零块;当式(2)成立时,编码器会对量化后的每个  $4 \times 4$  小块系数进行行程编码,然后判断行程编码的代价,若代价小于某一阈值,则将该小块置为全零块,本文称此全零块为准全零块。由式(1)式和式(2)不难推出下面 3 个不等式:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |X_{i,j}| < 1 \times L \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |X_{i,j}| < 2 \times L \quad (4)$$

$$\frac{1}{4} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |X_{i,j}| < 2 \times L \quad (5)$$

式中,式(3)是绝对全零块成立的充分条件,式(4)是准全零块成立的充分条件,式(5)是准全零块成立的必要条件。为了补偿不等式传递过程中引起的过缩放,在不等式(5)右边加上调整值  $T$  则有:

$$\frac{1}{4} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |X_{i,j}| < 2 \times L + T \quad (6)$$

## 2 本文提出的快速模式选择算法

为便于表述,将帧间模式进行分组,具体如表 1 所示。

表 1 各帧间模式组定义

Tab. 1 The definition of inter-frame mode group

模式组	帧间模式
P16_ALL 模式	$P16 \times 16, P16 \times 8, P8 \times 16$
P16_BIG 模式	$P16 \times 16$
P16_SMALL 模式	$P16 \times 8, P8 \times 16$
P8_ALL 模式	$P8 \times 8, P8 \times 4, P4 \times 8, P4 \times 4$
P8_BIG 模式	$P8 \times 8$
P8_SMALL 模式	$P8 \times 4, P4 \times 8, P4 \times 4$

### 2.1 宏块的分类

#### 2.1.1 基于全零块的分类

在 H. 264 中,每一个  $4 \times 4$  小块的残差系数都要进行整数 DCT (discrete cosine transform) 变换。若式(1)或式(2)成立,那么该  $4 \times 4$  小块有可能是全零块。

式中,  $T$  由实验得到,本文取  $T = 10$ 。根据这 3 个条件将宏块分成 4 类,如表 2 所示。实验结果表明,SKIP 模式全部都在前 3 类中,因此,可认为式(6)是 SKIP 模式的必要条件。

表 2 基于全零块的分类

Tab. 2 The classification based on all-zero block

类别	条件
A 类	宏块内 16 个 $4 \times 4$ 小块均满足式(3)
B 类	宏块内 16 个 $4 \times 4$ 小块均满足式(4)但不属于 A 类
C 类	宏块内 16 个 $4 \times 4$ 小块均满足式(6)但不属于 B 类
D 类	宏块内 16 个 $4 \times 4$ 小块至少有一个不满足式(6)

当待编码宏块属于 A 类,宏块绝大部分采用 SKIP 模式编码,因此,不用计算它的 SKIP 模式代价即可直接判定为 SKIP 模式。由于采用 SKIP 模式的宏块需要为周边宏块提供 SKIP 模式代价作为进一步分类的信息,为了免除在编码过程中计算 SKIP 模式代价开支,本文通过统计大量属于 A 类宏块 SKIP 模式代价的平均值,并对这些数据进行曲线拟合,得到式(7)所示 A 类宏块 SKIP 模式代价的近似预测值。

$$C\_SKIP = 2 \times QP^3 - 146 \times QP^2 + 3\ 789 \times QP - 32\ 329 \quad (7)$$

式中,  $QP$  是量化参数值,  $C\_SKIP$  表示该宏块的 SKIP 模式代价。

当待编码宏块属于 D 类时, 该宏块基本不可能采用 SKIP 模式编码, 并且处于该类的宏块数会随着视频复杂度的降低或量化参数的增加而减少。实验结果表明, 在 D 类宏块中当 P16\_BIG 模式的代价小于 P8\_SMALL 模式的代价时, 宏块最终采用 P8\_SMALL 模式的可能性极低, 因此, 该类宏块需先计算 P16\_BIG 模式与 P8\_BIG 模式的代价, 当 P16\_BIG 模式的代价小于 P8\_BIG 模式的代价时, 只进行 P16\_SMALL 模式的计算, 否则计算余下所有模式。

B 类和 C 类宏块需要根据其 SKIP 模式代价进一步分类, 缩小候选预测模式范围。

### 2.1.2 基于 SKIP 模式代价与运动一致性的分类

对 B 类及 C 类宏块, 考虑到相邻宏块模式之间的相关性, 如果待编码宏块周围多是 SKIP 模式, 那么该宏块是 SKIP 模式和 P16\_BIG 模式的可能性就较大。根据 SKIP 模式的代价, 将 B 类和 C 类再分别细分成以下 3 类, 如表 3 所示。

表 3 基于 SKIP 模式代价的分类

Tab. 3 The classification based on the cost of SKIP mode

类别	条件
$\alpha$ 类	$C\_SKIP < \min\_skip\_cost$
$\beta$ 类	$\min\_skip\_cost \leq C\_SKIP \leq \max\_skip\_cost$
$\gamma$ 类	$C\_SKIP > \max\_skip\_cost$ 或周围无 SKIP 模式宏块

式中,  $\min\_skip\_cost$  表示周围采用 SKIP 模式编码的宏块代价的最小值,  $\max\_skip\_cost$  表示周围采用 SKIP 模式编码的宏块代价的最大值。

在 B 类宏块中, 属于  $\alpha$  子类的宏块基本采用 SKIP 模式, 因此, 这类宏块可直接判为 SKIP 模式;  $\gamma$  子类宏块多采用 SKIP 模式和 P16\_BIG 模式, 难以进一步分类, 需计算 P16\_BIG 模式代价, 再与 SKIP 模式比较; 对  $\beta$  子类宏块若相邻  $4 \times 4$  块间的运动一致 (即图 1 中 B1 和 B4 的运动方向一致, 本文称此类宏块属于 I 类, 否则属于 II 类) 则采用 SKIP 模式, 否则继续计算 P16\_BIG 模式代价。

在 C 类宏块中, 对  $\alpha$  子类的宏块若相邻块间的运动一致则采用 SKIP 模式, 否则继续计算 P16\_BIG 模式代价; 对  $\beta$  子类若相邻宏块间的运动一致则继续计算 P16\_BIG 模式代价, 否则继续计算 P16\_ALL 模式代价;  $\gamma$  子类宏块大部分采用 P16\_ALL 模式, 并有少量 P8\_ALL 模式。实验结果表明, P8\_ALL 预测模式多发生在

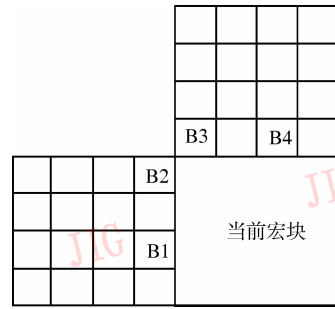


图 1 待编码宏块相邻  $4 \times 4$  小块分布

Fig. 1 Distribution of neighbor  $4 \times 4$  blocks of encoding MB

该宏块的 P16\_BIG 模式代价  $cost\_16\_big$  大于  $\max\_cost$  的情况下 ( $\max\_cost$  表示当前宏块的左边, 左上, 上边和右上 4 个宏块中除采用 P8\_ALL 模式编码的宏块以外其余所有宏块最终代价的最大值)。因此, 该类宏块可先计算出 P16\_BIG 模式代价  $cost\_16\_big$ ; 若  $cost\_16\_big$  大于  $\max\_cost$ , 则计算 P8\_BIG 模式, 否则只计算 P16\_SMALL 模式; 当 P16\_BIG 模式代价小于 P8\_BIG 模式代价时, 只进行 P16\_SMALL 模式的计算, 否则继续计算 P16\_SMALL 模式和 P8\_SMALL 模式的代价。以上模式的最小代价再与 SKIP 模式的代价进行比较, 从而得到最佳模式。

### 2.2 本文算法流程图

综上所述, 可得本文算法总体流程图如图 2 所示。

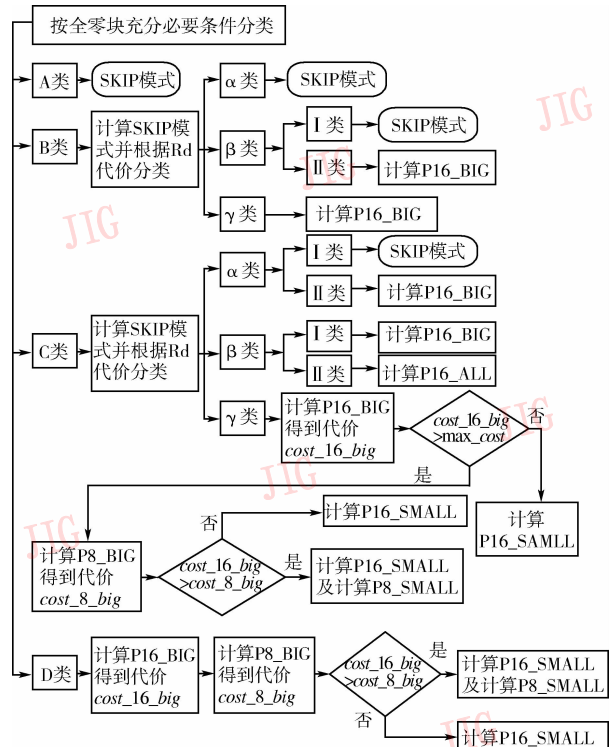


图 2 本文算法流程图

Fig. 2 The flow chart of proposed algorithm

其中,以终结符表示的 SKIP 模式表示该类宏块可直接采用 SKIP 模式编码,而其他各类宏块需要比较计算过程中不同模式产生的所有率失真代价,然后选取率失真代价最小的模式作为最终预测模式。

### 3 实验结果

本文实验硬件平台是 Intel Pentium D 3.4G,1G 内存。所用测试软件是 JM13.2,选择 baseline 配置文件,测试条件如下所示:(1)采用 IPPP... 的 GOP 结构;(2)使能率失真优化;(3)参考帧设为 1 帧;(4)搜索范围为 16;(5)每个序列的测试帧数为 300 帧。配置文件中其余选项为默认配置。

本文及 JM13.2 在 QCIF 序列上的实验结果如表 4 所示,文献[3]及本文与 JM13.2 在 CIF 序列上的实验比较如表 5 所示,“+”表示与 JM13.2 相比有所提高,“-”表示与 JM13.2 相比有所减小。实验结果表明,本文算法能极大地提高视频编码的速度,平均能节省 50% 以上运算量,对于低复杂度的视频序列或是高量化参数编码,运算量更可节省达 80%

以上。由于错误判断导致的编码质量下降很小,PSNR 平均降低不到 0.1dB,而码流增长平均不到 3%。

表 5 文献 3 及本文与 JM13.2 在 CIF 序列上的实验比较  
Tab.5 The experimental results of proposed algorithm, algorithm in [3], and JM13.2 on CIF sequences

序列	量化参数	峰值信噪比 变化量 (dB)	比特率 变化率 (%)	编码时间 变化率 (%)
Akiyo	24	+0.14	+1.44	-71.99
	32	-0.07	-0.56	-81.40
	40	0.10	-2.58	-84.66
Mobile	24	-0.02	-0.62	-40.09
	32	-0.01	-0.41	-51.37
	40	-0.09	+0.89	-54.83

### 4 结 论

本文充分发掘全零块和 SKIP 模式之间的关系,利用宏块模式之间的相关性和相邻宏块运动的一致性,分层次缩小待编码宏块的候选预测模式范围,降低了帧间模式选择的复杂度,提高了视频编码的速度。

### 参考文献 (References)

- 1 Zeng Huan-qiang, Cai Can-hui, Ma Kai-kuang. A novel fast mode decision for the H. 264/AVC based on local macroblock motion activity [A]. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Image and Graphics [C], Chengdu, China, 2007: 153 ~ 157.
- 2 Choi, Lee J, Jeon B. Fast coding mode selection with rate-distortion optimization for MPEG-4 part-10 AVC/H. 264 [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(12): 1557 ~ 1561.
- 3 Lee Yu-ming, Lin Yin-yi. An improved zero-block mode decision algorithm for H. 264/AVC [A]. In: Proceedings of the 14th International Conference on Image Processing [C], San Antonio, TX, USA, 2007: 293 ~ 296.
- 4 ITU-T. Reference Software JM13.2 [CP/OL]. <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>, 2008-1-24.

表 4 本文及 JM13.2 在 QCIF 序列上的实验结果  
Tab.4 The experimental results of proposed algorithm and JM13.2 on QCIF sequences

序列	量化参数	峰值信噪比 变化量 (dB)	比特率 变化率 (%)	编码时间 变化率 (%)
Akiyo	24	-0.04	+2.49	-69.28
	32	+0.08	-1.15	-80.31
	36	+0.05	-1.05	-83.17
M&D	24	-0.04	+1.46	-56.43
	32	-0.07	+1.01	-63.46
	36	-0.08	-0.70	-67.27
Mobile	24	+0.01	-0.96	-48.97
	32	0.00	-1.13	-53.15
	36	-0.01	-0.16	-53.53