

文章编号: 1000-582X(2011)03-094-05

H. 264 中基于边缘方向检测的帧内预测模式选择算法

刘晓明, 高 燕, 仲元红, 田 雨, 吴德松

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400044)

摘 要: 运动估计是 H. 264 中最为复杂的部分, 帧内预测是运动估计的重要内容。H. 264 中帧内预测模式众多, 大大增加了编码的复杂度。在帧内预测中, 一般是通过率失真优化或者相关性来减少选择预测模式, 但复杂度还是较高。针对此问题, 提出了一种改进的基于边缘方向检测的帧内预测模式选择算法。该算法利用方向检测方法检测模式选择方向上像素的相关性。测试结果显示, 本算法在保证视频质量的前提下减小了计算复杂度, 大大提高了编码速度。

关键词: 运动估计; 帧内预测; 率失真优化; 模式选择; 方向检测; 计算复杂度

中图分类号: TN919.8

文献标志码: A

One intra prediction mode selection algorithm based on edge direction detection in H. 264

LIU Xiao-ming, GAO Yan, ZHONG Yuan-hong, TIAN Yu, WU De-song

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: Motion estimation is the most complex part in H. 264. Intra prediction is an important part of motion estimation. There are a number of intra prediction modes in H. 264, which no doubt greatly increase encoding complexity. In intra prediction, the way of choosing prediction method is rate distortion optimization or using correlation properties. For complexity problem, the paper provides an improved intra prediction mode selection algorithm. This algorithm uses a new detection method to detect the pixel correlation in the direction of mode selection. Test results show that the algorithm has reduced the computational complexity and increased the encoding speed highly in the premise of ensuring video quality.

Key words: motion estimation; intra prediction; rate distortion optimization; mode selection; direction detection; computational complexity

H. 264/AVC^[1-2]是由 ITU-T 和 ISO/IEC 共同成立的联合视频组(JVT, joint video team)制定的新一代视频压缩标准,它与以往的标准相比,增加了很多新技术如帧内预测,高精度、多模式的运动估计、基于 4×4 的整数变换和量化,统一的 VLC 符号编码等等。这些技术的应用使得 H. 264 编码效率高,网络适应性好,成为研究视频压缩领域的首选。

然而 H. 264 的帧内预测选择模式很多(对亮度而言, $\text{intra } 4 \times 4$ 有 9 种预测模式, $\text{intra } 16 \times 16$ 有 4 种预测模式;色度 8×8 块也有 4 种预测模式),如果对每种预测模式一一进行预判,无疑会大大增加帧内预测的复杂度^[3],研究快而有效的帧内预测模式选择方法是十分必要的。

对于帧内预测模式选择的研究出现过很多经典

收稿日期: 2010-10-20

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(51035008)

作者简介: 刘晓明(1963-),男,重庆大学教授,博士,主要研究方向为电子自动化、通信与测控中的三化、信号与图像处理、汽车电子等, (E-mail)lxm_cqu@126.com。

的算法,都是为减少帧内预测复杂度进行的研究。Pan Feng等^[4]曾提出了基于边缘方向直方图的帧内预测模式选择算法;也有人提出过通过对原始图像采样,简化代价函数,降低率失真的计算开销,然后计算最大概率模式从而减少候选模式的方法^[5];还有基于递推模式的帧内预测算法^[6];三步预算算法^[7];基于率失真曾经出现了帧层算法^[8]、宏块层算法^[9]等等。除此之外也出现了搜索窗算法^[10]、抽样算法^[5]等改进的算法。总体来说,可以分为两类:一类是利用像素之间的相关特性,通过减少预测模式来降低复杂度,这类方法目前算法复杂度依然较高,如Pan Feng^[4]提出的用Sobel算子对图像做卷积是基于单个像素的边缘方向检测方法,需要对每个像素边缘方向矢量进行计算,计算量非常大,编码速度的提高相对较小;另一类是通过率失真性能特点分析,简化代价函数来降低计算复杂度,这类方法一般以码率增加的代价换来速度的提升。笔者利用方向检测和模式相关性提出一种改进的基于边缘方向检测的帧内预测模式选择算法,算法在预测模式分组时对每组中选出的最优预测模式进行了进一步筛选,从而提高了预测的匹配度,同时使用了块与块之间的相关性得到最可能预测模式,先进行预判,从而可以进一步减小帧内模式选择的复杂度。测试结果显示,本算法在保证视频质量的前提下大大提高了编码速度。

1 H.264中的帧内预测

帧内预测有如此多的模式,在进行帧内预测时究竟选择那种模式,对最终码流都有很大影响,因此在模式选择中都是采用率失真优化(RDO)技术^[11],如式(1),来进行模式选择的,以便实现既符合码率要求又能保证解码图像质量的编码^[12]。

$$RD_Cost = SSD + \lambda_{mode} \times R, \quad (1)$$

式中: λ_{mode} 是拉格朗日常数, $\lambda_{mode} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3}$,SSD为误差平方和,表示当前块与重建块差值的平方, R 为编码后的码率。

在H.264的帧内预测中,是采用全搜索方式遍历所有可能的预测模式来寻找具有最小率失真代价的模式作为最佳预测模式的。以亮度分量为例,其具体流程如下:

1)计算intra4×4的9种预测模式下的率失真代价函数 RD_Cost ,选择具有最小率失真代价的预测模式;

2)按照步骤1),计算亮度16×16块中16个4×4块的最小 RD_Cost ,相加得到该宏块内4×4预

测中的最小 RD_Cost ;

3)计算4种模式下宏块的SAD(绝对误差和),选择最小SAD的预测模式,计算此模式下的 RD_Cost 作为16×16预测中的 RD_Cost ;

4)比较2)和3)中所得到的 RD_Cost ,较小的 RD_Cost 所对应的预测方式即为该宏块的帧内预测方式。

由此可见,为了确定一个宏块的帧内预测模式,需要计算592种组合模式下的 RD_Cost ,帧内预测模式选择的计算复杂度非常大。

2 改进的帧内预测模式选择算法

2.1 算法的基本思想

基于边缘方向检测的帧内预测模式选择算法是综合边缘检测和模式相关性提出的。基于边缘方向直方图的模式选择算法^[5]虽然可以通过直方图来寻找最大几率的预测模式,但用Sobel算子对每个图像像素边缘方向矢量进行计算,计算量很大。在本算法中首先采用一种减少边缘方向检测的方法来降低复杂度。在文献[5]中曾提出过上述思想,但选用了固定的4种方向作为边界方向,增大了预测误差;同时在预测模式划分时,将预测模式划分成了以下4组,见表1。

表1 模式划分

分组	预测模式
1	模式1、模式6、模式8、DC
2	模式4、模式5、模式6、DC
3	模式0、模式5、模式7、DC
4	模式3、模式7、模式8、DC

依据边缘检测方向确定选用哪种分组的预测模式。这种简单的模式划分,虽然大大减少了预测模式选择的复杂度,但由于模式之间跨度较大,在选择每组模式后简单地将具有最小代价函数的模式作为最佳预测模式,势必造成预测误差的增大。基于以上考虑,在预测模式分组时对每组中选出的最优预测模式进行了进一步筛选,从而提高了预测的匹配度。同时使用了块与块之间的相关性得到最可能预测模式,先进行预判,从而减少某些模块的计算复杂度。

2.1.1 基于子块的宏块边缘方向检测

以4×4块为例详细说明方向检测算法的基本思想。在本算法中,将每个4×4块分成4个2×2的子块,如图1所示。同时将中心的四个像素5、6、9、10作为一个子块,这样得到5个子块B0、B1、B2、

B_3, B_4 。

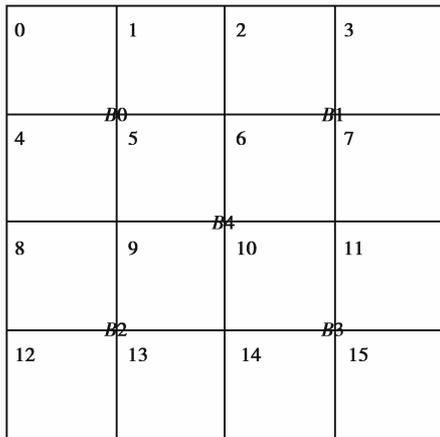


图 1 4×4 块分成 5 个 2×2 子块

计算每个子块的平均像素值记为 B_m , 由下式可以得到 $B_{0m}, B_{1m}, B_{2m}, B_{3m}$ 的值为

$$B_{km} = \{p(k, k) + p(k + 1, k) + p(k, k + 1) + p(k + 1, k + 1)\} \times 1/4, \quad (2)$$

式中: $p(i, j)$ 为 4×4 块中的像素值, k 取 0、1、2、3。

B_{4m} 的值为:

$$B_{4m} = \{p(1, 1) + p(1, 2) + p(2, 1) + p(2, 2)\} \times 1/4. \quad (3)$$

接下来, 检测边缘方向的相关性。在帧内预测中, 对于一种预测模式, 如果边缘方向的相关性高, 则可以减少可能的相关模式计算。定义一个边缘检测相关系数 λ , 首先计算 4 个主要边缘方向的 λ , 如下式:

$$\lambda^{0^\circ} = |B_1 - B_0| + |B_3 - B_2|, \quad (4)$$

$$\lambda^{90^\circ} = |B_2 - B_0| + |B_3 - B_1|, \quad (5)$$

$$\lambda^{45^\circ} = |B_4 - B_1| + |B_2 - B_4|, \quad (6)$$

$$\lambda^{135^\circ} = |B_4 - B_0| + |B_3 - B_4|. \quad (7)$$

相关系数 λ 体现了在某一特定方向平均像素值的相似性, λ 值越小, 说明在这一方向上的平均像素值越相似。对于每种模式对应方向上的 λ , 可以利用插值的方法得到。

例如, 对于模式 8 对应 22.5° ,

$$\lambda^{22.5^\circ} = (\lambda^{0^\circ} + \lambda^{45^\circ}) \times 1/2. \quad (8)$$

按照这种方法, 计算出每种预测模式所对应的 λ , 对于每种预测模式与其方向的关系见图 2。从所有预测模式 λ 当中选取 3 种 λ 最小的预测模式; 与通过左块和上块预测的最可能预测模式和模式 0、模式 1、和 DC 模式组成预测模式选择范围。由此可见, 如果最可能预测模式、模式 0、模式 1 在最小的 3 种预测模式之中, 则共有 4 种预测模式可以选择; 如果模式 0、模式 1 和最可能预测模式不在最小的

3 种预测模式之中, 则有 7 种预测模式选择, 也就是最大的模式选择范围, 但这种几率是非常小的。因此这种算法缩小了预测模式选择的范围。最后计算预测模式选择范围中每种预测模式下的 RD_Cost , 选取 RD_Cost 最小的预测模式为该亮度 4×4 块的帧内预测模式。

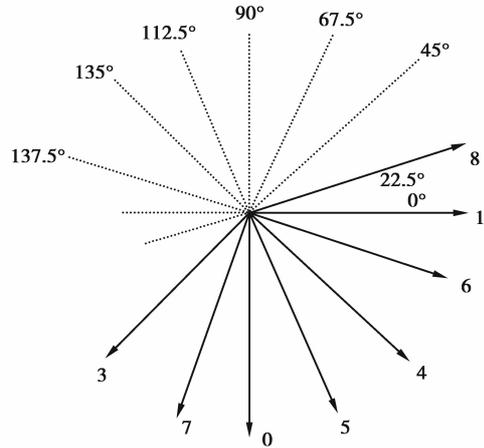


图 2 预测模式与方向关系图

用以上算法也可以对亮度 16×16 块和色度 8×8 块进行帧内预测模式选择。只不过子块的大小发生了变化, 对于亮度 16×16 块的子块大小是 8×8 ; 对于色度 8×8 块的子块大小是 4×4 块。最后用选出的最优预测模式与 DC 模式相比较得到最终的预测模式。由此可见, 对于亮度 16×16 块和色度 8×8 块最终只有两种预测模式供选择。

2.1.2 相邻块之间的相关性

在帧内预测中, 相邻的 4×4 块的预测模式之间具有很强的相关性^[12], 根据当前 4×4 块的左边块和上边块的预测模式可以预测当前块的最可能模式, 如图 3 所示。为了减少比特数, 一般不对每一种 4×4 块的预测方式都进行传输, 而是利用相关性来减少传输的比特数。通过对当前块的上面块和左面块的预测模式来判断当前块的预测模式。如图 3 所示, 如果 A、B 的预测模式相同, 则当前处理块 C 的预测模式很可能和 A、B 的相同; 如果 A、B 的预测模式不同, 则 C 的预测模式为 A、B 的预测模式的最小值。

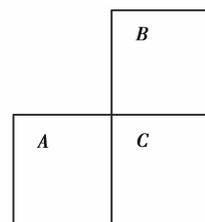


图 3 帧内预测相邻块的相关性

2.2 算法流程图

本算法基本流程图见图4(以 4×4 块为例)。

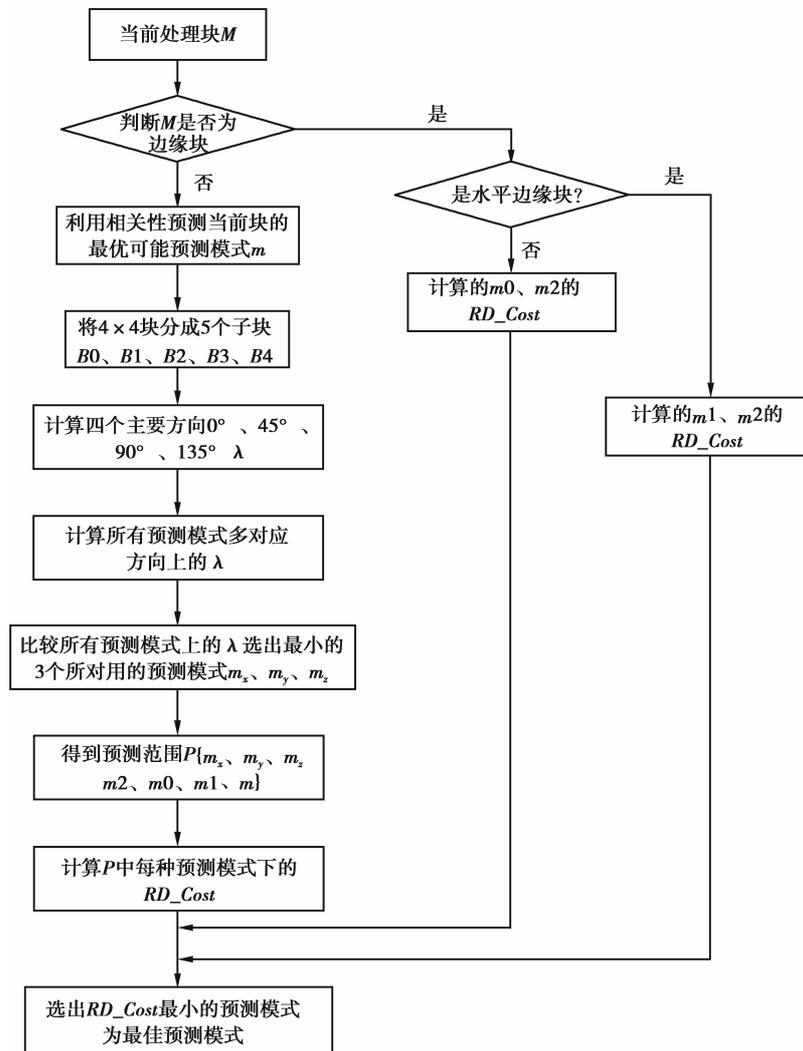


图4 亮度 4×4 块算法流程图

3 测试结果与分析

本算法主要是针对Pan算法复杂度较高的问题进行的进一步改进,所以测试时用本算法与JM9.4中的算法^[14]和Pan算法进行了比较,采用CIF格式的标准视频序列mobile、container、news,测试总帧数100帧,I帧间隔15帧,运动估计采用全搜索,搜索范围 16×16 ,QP为30,不使用B帧,为了便于比较,我们定义 $\Delta PSNR$ 为亮度信噪比的变化量、 ΔB 为码率变化百分比、 ΔT 为编码时间变化百分比,测试结果如表2所示:

表2 测试结果

序列	测试指标	与JM9.4比较	与Pan算法比较
mobile	ΔT	-59.470	-18.96
	ΔB	3.680	-1.69
	$\Delta PSNR(y)/dB$	-0.032	0.24
container	ΔT	-68.130	-36.21
	ΔB	4.960	-1.89
	$\Delta PSNR(y)/dB$	-0.033	0.14
news	ΔT	-69.560	-28.78
	ΔB	6.960	-4.61
	$\Delta PSNR(y)/dB$	-0.061	0.32

通过结果可以看出,改进算法较 JM9.4 上的算法在 PSNR 上平均下降 0.042 dB,码率平均增加 5.2%,但编码时间减少 65.72%;与 Pan 算法相比,编码时间减少 27.98%,码率平均减少 3.73%,PSNR 增加 0.23 dB,各方面均优于 Pan 算法。由此可见,改进算法大大提高了编码速度,其 PSNR 变化较 JM9.4 变化不大,视频质量较好。

4 结 语

提出了一种改进的基于边缘方向检测的帧内预测模式选择算法,利用一种简单的方式计算每种模式选择方向上的平均像素的相关性,减小了相关性判定算法的复杂度。同时利用模式相关性计算帧内预测的最可能模式。在减少候选模式选择范围的前提下,有效避免简单的模式划分带来的误差。测试结果表明,本算法在保证视频质量的前提下大大提高了编码速度。

参考文献:

- [1] WIEGAND T, SULLIVAN G J, BJONTEGAARD G, et al. Overview of the H. 264/AVC video coding standard [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(7):560-576.
- [2] ITU-T Recommendation H. 264 & ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4) AVC [S]. Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services. Geneva, Switzerland, 2003.
- [3] XIAO XU-QING, HU RUI-MIN, RUAN RUO-LIN, et al. Novel intra prediction algorithm in H. 264[C]// 2007 International E-commerce, Engineering and Science Conference on Distributed Computing and Applications, August 14-17, Yichang, China. [S. l.]: IEEE, 2007.
- [4] PAN FENG, LIN XIAO, RAHARDJAS, et al. Fast mode decision for intra prediction [S]. JVT2G013, JVT of ISO/IEC MPEG & ITU2T VCEG. Thailand, 2003.
- [5] MENG B J, OSCAR C A, WONG C W, et al. Efficient intra prediction algorithm in H. 264 [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, September 14-17, Barcelona, Spain. Barcelona: IEEE Press, 2003: 837-840.
- [6] 尹宝才,孙磊,孔德慧,等. 基于递推模式的帧内预测快速算法[J]. 北京工业大学学报, 2006,32(3):252-257. YIN BAO-CAI, SUN LEI, KONG DE-HUI. Fast algorithm of intra prediction [J]. Journal of Beijing Technology University. 2006, 32(3): 252-257.
- [7] 王嵩,薛全,张颖. 基于 H. 264/AVC 整数变换的全 0 块检测方法[J]. 计算机工程与应用, 2004,40(19):75-77. WANG SONG, XUE QUAN, ZHANG YING. All zero detection method of integer transform based H. 264/AVC[J]. Computer Engineering and Application, 2004, 40(19): 75-77.
- [8] VETRO A, XIN J, SUN HUI-FANG, et al. Error resilient video transcoding for wireless communications[J]. IEEE Wireless Communications, 2005, 12(4): 14-21.
- [9] SEONG H J, JAYANT N. An efficient error resilient technique for applications of one2way video using transcoding and analysis by synthesis [C/OL] // Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference Workshops, November 27-December 1, Texas, USA. Texas: IEEE, 2004: 428-432.
- [10] KIM C S, SHIH H H, KUO C J. Fast H. 264 intra prediction mode selection using joint spatial and transform domain features[J]. Elsevier Science, 2004, 17(2): 291-310.
- [11] TSENG C H, WANG H M, YANG J F. Enhanced intra-4x4 mode decision for H. 264/AVC coders[J]. IEEE Transaction on Circuits and System Video Technology, 2006, 16(8): 1027-1032.
- [12] 韩镇,胡瑞敏,陈皓,等. 一种基于分层率失真优化的容错性视频转码算法[J]. 计算机学报, 2009, 32(6): 1152-1160. HAN ZHEN, HU RUI-MIN, CHEN HAO, et al. A fault tolerance video transcoding algorithm based on hierarchical rate distortion optimization[J]. Journal of Computers, 2009, 32(6):1152-1160.
- [13] 倪伟,郭宝龙,杨缪. 一种适用于 H. 264/AVC 的自适应空域帧内预测算法[J]. 计算机学报, 2005, 28(11): 1853-1864. NI WEI, GUO BAO-LONG, YANG LIAO. An adaptive intra prediction algorithm for H. 264/AVC[J]. Journal of Computers, 2005, 28(11): 1853-1864.
- [14] H. 264 Reference Software, JM9.4[CP/OL]. http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/jm94.zip, March, 2010.

(编辑 郑洁)