

中图法分类号: TP393.109 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2011)08-1369-05

论文索引信息: 张志涛, 梁光明, 陈明生, 刘东华, 王立松. 基于纹理特征的 H. 264 帧内预测快速算法 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(8): 1369-1373

基于纹理特征的 H. 264 帧内预测快速算法

张志涛, 梁光明, 陈明生, 刘东华, 王立松

(国防科学技术大学电子科学与工程学院, 长沙 410073)

摘要: H. 264/AVC 是最新的视频压缩编码标准, 在帧内预测过程中, 采用了率失真优化技术(RDO)进行预测模式的选择, 使编码性能得到显著提高, 但同时编码复杂度和计算量也明显增加。研究了现有的典型快速帧内预测算法, 并提出一种融合宏块平坦性特征和 4×4 块纹理特征的快速帧内预测算法。算法通过判断宏块的平坦性提前选定块大小, 根据 4×4 块内部纹理特征, 确定预测模式集, 降低算法复杂度。实验结果表明, 较之 JM95, 在峰值信噪比(PSNR)基本不变, 输出码率略有升高的情况下, 本文算法对一个宏块的 RDO 计算次数平均降低了 71.3%。

关键词: H. 264; 帧内预测; 率失真优化; 预测模式

Fast intra-prediction algorithm for H. 264 base on texture

Zhang Zhitao, Liang Guangming, Chen Mingsheng, Liu Donghua, Wang Lisong

(College of Electronic of Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073 China)

Abstract: H. 264/AVC is the newest video compression coding standard. The intra-prediction for H. 264 uses RDO to choose the best prediction mode. This makes the coding performance greatly enhanced. But it also causes the coding complexity and the computation obviously to increase. This paper studies several fast intra-prediction algorithms, and proposes a novel fast intra-prediction algorithm which fuses the macroblock's smooth character and the 4×4 block's texture property. The algorithm pre-decides the size of block by macroblock's smooth character and decreases the predict modes by the texture character of 4×4 block. The result compared with JM95, shows that the algorithm makes the coding complexity reduced 71.3% while the PSNR is almost invariable.

Keywords: H. 264; intra-prediction; RDO; prediction modes

0 引言

帧内预测^[1-2]技术是 H. 264 采用的一种编码新技术。在做帧内预测时, H. 264 采用 RDO 选取最优预测模式, 这个过程相当耗时。因此, 需要快速算法来提高帧内预测过程的速度。

现有一些快速帧内预测算法, 如文献[3]通过 Sobel 算子计算边缘方向信息来确定预测模式; 文献[4]在利用图像边缘信息减少候选预测模式的

同时, 在率失真模式选择过程中充分考虑算法的并行效能, 较少冗余计算; 文献[5]利用模式相关性, 通过树形结构选择最可能模式; 文献[6]通过设置阈值 T , 在各模式计算代价过程中, 与代价值比较, 来确定是否提前终止代价值的计算, 排除该模式, 同时, 还指出阈值的动态性; 文献[7]首先求取宏块直方图, 然后通过直方图的自相关函数大小来判定宏块的平坦性, 来选择帧内预测的块大小; 文献[8]根据邻块可用性计算参考像素方差, 小于阈值直接用最有可能模式; 文献[9]提出了对

收稿日期: 2010-07-16; 修回日期: 2010-10-29

第一作者简介: 张志涛(1983—), 男, 2009年于国防科学技术大学电子科学与工程学院信息与通信工程专业获得硕士学位, 主要研究方向 H. 264 视频编码算法。E-mail: zzt_831114@126.com。

文献 [3] 的改进算法; 在文献 [10] 中, Zhang Yongdong 等人提出了一种基于块内部纹理特征的选取预测模式集的方法, 以下简称 Zhang 方法。该算法首先将一个 4×4 块划分为 4 个 2×2 的块, 分别对每个 2×2 块内像素求和得到 A、B、C、D, 再通过 A、B、C、D 的运算得到纹理特征参数 F_h 和 F_v , 根据纹理特征参数的取值来选取出候选的预测模式集。这些算法都在一定程度上改进了原算法的性能。

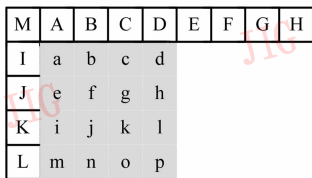
在本文中, 首先根据宏块特征来判断平坦性, 对于平坦的宏块采用帧内 16×16 模式; 对于细节比较丰富的宏块, 采用帧内 4×4 模式。然后, 深入分析 4×4 块内部纹理特征, 提出一种模式集选择新方法。

1 H. 264/AVC 的帧内预测技术

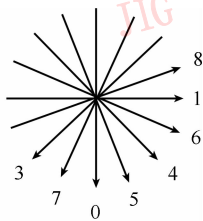
H. 264 的帧内预测技术中, 通过计算当前块的左边块和上边块已编码并重建后的相邻像素而得到预测值。亮度分量有 4 种 16×16 的预测模式和 9 种 4×4 的预测模式, 色度分量有 4 种 8×8 的预测模式。

1.1 亮度 4×4 预测模式

在 H. 264 的帧内预测模式中, 一个宏块被划分为 16 个 4×4 子块。每个子块通过计算参考像素 (A—M) 得到待预测像素 (a—p) 的亮度值, 如图 1 (a) 所示。亮度 4×4 块的预测模式包括 8 种方向预测和一个 DC 预测模式, 预测模式用 0~8 的序号代替, 如图 1 (b) 所示。



(a) 4×4 及相邻像素



(b) 方向预测

图 1 亮度 4×4 帧内预测

Fig. 1 Luma 4×4 intra-prediction

1.2 亮度 16×16 模式和色度 8×8 模式

亮度 16×16 预测是以宏块为单元进行整体预测, 有 4 种预测模式, 分别是垂直预测、水平预测、DC 预测和平面预测, 其编号对应为 0、1、2 和 3。色

度 8×8 预测的预测模式与亮度 16×16 预测模式相同, 只是编号不同。

1.3 H. 264 帧内预测算法

在 H. 264 的帧内预测中, 16×16 宏块的所有 4 种预测模式, 每个 4×4 块的所有 9 种预测模式, 以及色度 8×8 块的 4 种预测模式都要被计算, 以比较代价最小的模式, 得到最优模式。亮度帧内预测算法结构如图 2 所示。色度预测与亮度分开单独计算, 遍历 4 种预测模式, 比较率失真代价, 取最小代价对应的模式为最优预测模式。

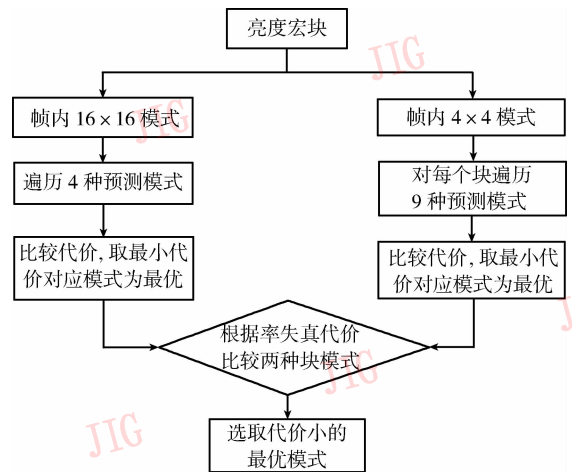


图 2 亮度帧内预测算法结构

Fig. 2 Luma intra-prediction algorithm structure

从帧内预测的算法结构可以看出, 对一个宏块的帧内预测需要进行 592 ($num8 \times (num4 \times 16 + num16)$) 次 RDO 计算, 其中 num8、num4 和 num16 分别代表 8×8 色度块、 4×4 和 16×16 亮度块的预测模式数。这样的计算量是相当巨大的, 因此, 快速帧内预测算法是必要的。

2 基于纹理特征的帧内预测算法

宏块特征对预测模式的选取有重要作用。本文首先通过计算宏块亮度值的方差来对宏块平坦性进行预判。对于平坦的宏块采用帧内 16×16 模式; 对于细节比较丰富的宏块, 采用帧内 4×4 模式。然后, 对 4×4 模式, 分析块内部纹理特征, 确定预测模式集, 从预测模式集中选择出最优预测模式。

2.1 宏块平坦性预判

在 H. 264 编码标准中, 两种帧内预测模式各有不同特点^[6]。帧内 16×16 模式和帧内 4×4 模式是

针对不同的宏块特征设计的,对于平坦的宏块,两种模式预测结果相近,但是帧内 4×4 模式需要用更多的比特来表示宏块划分及每个块的预测模式等信息,于是选择帧内 16×16 模式;对于细节特征比较明显的宏块,帧内 4×4 模式的预测则更加准确。

方差是能够反映一个宏块内部变化剧烈程度的参量。对一个宏块的亮度值求取其方差,则可以反映出该宏块的平坦程度。宏块亮度值的方差为

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{255} (Y_{\text{org}}(n) - \bar{Y}_{\text{org}})^2 \quad (1)$$

式中, $Y_{\text{org}}(n)$ 为原始亮度值, \bar{Y}_{org} 为原始亮度的均值。考虑到方差的计算会涉及平方运算,计算量大,采用一种简化的方差计算方法

$$\sigma_Y = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{255} |Y_{\text{org}}(n) - \bar{Y}_{\text{org}}| \quad (2)$$

将得到的方差与阈值 T 作比较,如果小于 T ,则说明宏块平坦,此时用帧内 16×16 模式预测;否则,宏块波动剧烈,用帧内 4×4 模式预测。对于帧内 4×4 模式,提取块内部纹理特征,通过深入分析 4×4 块纹理特征,确定预测模式候选模式集。

2.2 纹理特征提取

H.264 的预测模式中,主要是方向预测。方向预测与块内部的纹理特征是对应的,纹理方向明显,则预测方向与纹理方向基本一致。基于这样的思想,定义 4×4 块水平和垂直方向的平均梯度值来表示纹理特征。

将 4×4 块划分为 4 个 2×2 的块,划分方法如图 3 所示。那么定义平均梯度 g_h 和 g_v 为

$$g_h = \frac{(B_2 + B_4) - (B_1 + B_3)}{2} \quad (3)$$

$$g_v = \frac{(B_3 + B_4) - (B_1 + B_2)}{2}$$

式中, g_h 和 g_v 分别表示水平和垂直方向的平均梯度, B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 分别表示 2×2 块内像素值的和。

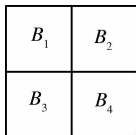


图 3 4×4 块的划分
Fig. 3 4×4 block division

2.3 模式集选择

得到水平和垂直方向的平均梯度 g_h 和 g_v 后,将 g_h 和 g_v 与表征纹理清晰程度的阈值 T_{max} 和 T_{min} 比

较,根据 $|g_h|$ 和 $|g_v|$ 的取值条件,判定当前 4×4 块的纹理方向,根据纹理方向选取帧内 4×4 预测的预测模式集。

1) $|g_h| = |g_v| = 0$ 。块内部没有明显的纹理特征,模式集为 $\{2\}$ 。

2) $|g_h| = 0, |g_v| > 0$ 。如果 $|g_v| > T_{\text{max}}$,那么垂直梯度大,纹理方向为水平方向,模式集为 $\{1\}$;如果 $|g_v| < T_{\text{min}}$,那么水平和垂直方向都没有明显纹理,模式集为 $\{2\}$;否则,模式集为 $\{1,2\}$ 。

3) $|g_v| = 0, |g_h| > 0$ 。如果 $|g_h| > T_{\text{max}}$,那么水平梯度大,纹理方向为垂直方向,模式集为 $\{0\}$;如果 $|g_h| < T_{\text{min}}$,那么水平和垂直方向都没有明显纹理,模式集为 $\{2\}$;否则,模式集为 $\{0,2\}$ 。

4) $|g_v| = |g_h|$,且 $|g_h|$ 和 $|g_v|$ 同号。如果 $|g_v| = |g_h| > T_{\text{max}}$,那么下左对角线方向纹理明显,模式集为 $\{3\}$,否则模式集为 $\{2\}$ 。

5) $|g_v| = |g_h|$,且 $|g_h|$ 和 $|g_v|$ 异号。如果 $|g_v| = |g_h| > T_{\text{max}}$,那么下右对角线方向纹理明显,模式集为 $\{4\}$;否则模式集为 $\{2\}$ 。

6) $|g_v| > |g_h| > 0$ 。如果 $|g_v| > T_{\text{max}}$ 并且 $|g_h| < T_{\text{min}}$,那么垂直梯度为主要梯度方向,相应纹理方向主要为水平方向,模式集为 $\{1,6,8\}$;否则,水平纹理较垂直纹理明显,模式集为 $\{1,6,8,3,4,2\}$ 。

7) $|g_h| > |g_v| > 0$ 。如果 $|g_h| > T_{\text{max}}$ 并且 $|g_v| < T_{\text{min}}$,那么水平梯度为主要梯度方向,相应纹理方向主要为垂直方向,模式集为 $\{0,5,7\}$;否则,垂直纹理较水平纹理明显,模式集为 $\{0,5,7,3,4,2\}$ 。

3 实验结果分析

分别对 H.264 编码器 JM95 方法和本文所提算法进行了仿真实验,且分别对几个序列测试。配置文件中一些关键参数按下列方式配置:

- 1) 采用 baseline 档次;
- 2) 开启 RDO;
- 3) 熵编码采用 CAVLC;
- 4) 编码全 I 帧,共 250 帧;
- 5) 使用 hardamard 变换。

宏块平坦性的预判对于减少预测次数,降低 RDO 的计算量具有重要作用。对做帧内 16×16 模式和帧内 4×4 模式预测的宏块数量进行统计,结果如表 1 所示。其中 Num 16×16 和 Num 4×4 分别代

表编码 250 帧做帧内 16 × 16 模式和帧内 4 × 4 模式预测的宏块个数, RDO 代表平均每个宏块 RDO 计算次数。

表 1 帧内预测模式宏块数量统计表

Tab. 1 Statistical of intra-prediction mode and RDO

序列	Num 16 × 16	Num 4 × 4	RDO
football. qcif	5 083	19 667	449
paris. qcif	592	24 158	545
mobile. qcif	249	24 501	552
container. qcif	9 487	15 263	351

从表 1 可见,加入宏块平坦性预判算法后,RDO 计算次数与 JM95 计算 592 次相比,平均降低了约 20%, paris 和 mobile 序列下降不明显是因为细节丰富,帧内预测主要以帧内 4 × 4 模式为主。计算复杂度显著降低,而 PSNR 和输出码率基本保持不变。

进一步分析 4 × 4 块内部的纹理特征,与 JM95 相比,减少了预测模式的数量,显著减少了 RDO 的计算。编码 250 帧,本文算法计算 RDO 次数的仿真结果如表 2 所示。从表中数据可见,与 JM95 算法的 9 种模式遍历相比,算法复杂度明显降低,PSNR 基本保持不变,码率略有升高。

表 2 预测模式使用对比

Tab. 2 Prediction mode contrast

序列	算法	预测模式总数	PSNR_Y/dB	码率
football. qcif	JM95	3 564 000	34. 61	255. 10 kbit/s
	本文	1 248 096	34. 52	266. 59 kbit/s
	结果对比	-64. 98%	-0. 09	+4. 50%
paris. qcif	JM95	3 564 000	34. 13	434. 87 kbit/s
	本文	1 277 536	33. 99	461. 46 kbit/s
	结果对比	-64. 15%	-0. 14	+6. 11%
mobile. qcif	JM95	3 564 000	32. 91	609. 52 kbit/s
	本文	1 526 343	32. 73	627. 38 kbit/s
	结果对比	-57. 17%	-0. 18	+2. 93%
container. qcif	JM95	3 564 000	35. 77	216. 61 kbit/s
	本文	926 796	35. 70	229. 36 kbit/s
	结果对比	-74. 00%	-0. 07	+5. 88%

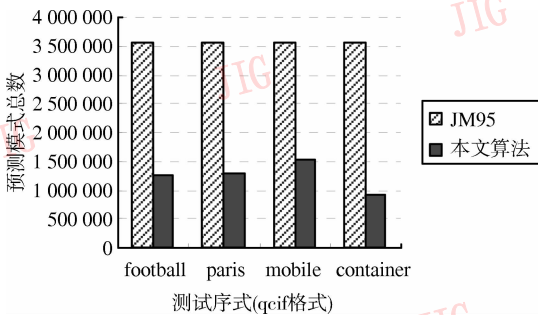


图 4 预测模式总数对比统计结果

Fig. 4 Comparison of prediction mode times

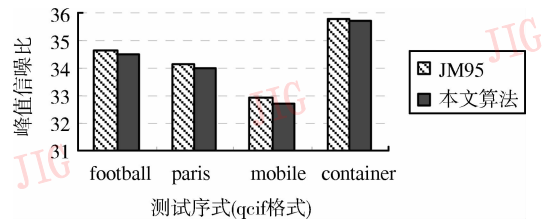


图 5 峰值信噪比对比统计结果

Fig. 5 Comparison of PSNR

融合宏块平坦性预判和 4 × 4 块纹理特征分析的方法,通过表 1 和表 2 的数据可以计算得到,应用本文所提方法进行帧内预测,平均一个宏块的 RDO

计算次数为 170 次,与 JM95 相比平均降低了 71.3%,算法复杂度显著降低,而 PSNR 基本保持不变,输出码率略有升高。

4 结 论

提出一种融合宏块平坦性特征和 4×4 块纹理特征的快速帧内预测算法。本文算法主要利用宏块内部特征,首先利用方差来判断宏块的平坦性,进而提前选定块大小;然后,根据 4×4 块内部纹理特征,确定预测模式集。实验结果表明,在保证 PSNR 基本不变的前提下,本文算法显著的降低计算复杂度,帧内预测时间也进一步降低,码率略有升高。

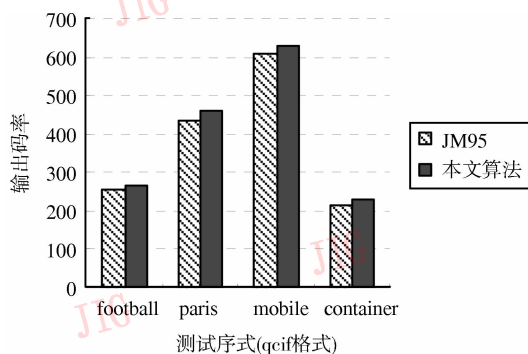


图6 输出码率对比统计结果

Fig. 6 Comparison of bit rate

参考文献 (References)

- [1] ITU-T Rec. H. 264 | ISO/IEC 11496-10 AVC. Document JVT-G050[S]. Pattaya, Thailand: ITU-T, 2003.
- [2] Bi Houjie. The New Generation Standard of Video Compress—H. 264/AVC[M]. Beijing: Posts & Telecom Press. [毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准——H. 264/AVC[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.]
- [3] Pan Feng, Lin Xiao. Fast mode decision for intra- prediction [C]. Proceedings of 7th Meeting of JVT. ITU-T, Pattaya, Thailand;2003.
- [4] Wang Song, Wang Qing, Xue Quan. Research and implementation of fast intra prediction mode selection [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2005, 22(1): 57-60. [王嵩,王青,薛全. 帧内预测的模式选择快速算法研究及其实现[J]. 浙江理工大学学报,2005,22(1):57-60.]
- [5] Chan C C, Chang T S. Fast three step intra prediction algorithm for 4×4 blocks in H. 264 [C]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Amsterdam, Netherlands: IEEE, 2005: 1509-1512.
- [6] Meng B J, Au O C. Efficient intra-prediction mode selection for 4×4 blocks in H. 264 [C]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Baltimore, Maryland: IEEE, 2003: 512-514.
- [7] Jia Kehin, Xie Jing, Fang Sheng. An efficient intra-frame prediction algorithm based on autocorrelation for H. 264/AVC [J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(1):152-154. [贾克斌,谢晶,方晟. 一种基于自相关法的 H. 264/AVC 高效帧内预测算法[J]. 电子学报, 2006, 34(1):152-154.]
- [8] Jiang Gangyi, Li Shiping, Ye Xien, et al. A novel fast mode selection algorithm for intra prediction based on characteristics of block's reference pixels[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2006, 28(10):1874-1878. [蒋刚毅,李世平,叶锡恩,等. 基于块参考像素特征的快速帧内预测模式选择新算法[J]. 电子与信息学报, 2006, 28(10): 1874-1878.]
- [9] Li Shiping, Jiang Gangyi, Yu Mei, et al. New fast mode selection for intra prediction[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(1): 141-146. [李世平,蒋刚毅,郁梅,等. 快速帧内预测模式选择新方法[J]. 电子学报, 2006, 34(1):141-146.]
- [10] Zhang Yongdong, Dai Feng. Fast 4×4 intra prediction mode selection for H. 264 [C]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Taipei, Taiwan, IEEE, 2004: 1151-1154.