

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.10.023

基于块匹配的H.264/AVC帧内预测算法*

邹小星¹, 郝矿荣^{1,2*}

- (1. 东华大学 信息科学与技术学院, 上海 201620;
2. 数字化纺织服装技术教育部工程研究中心, 上海 201620)

摘要: 基于H.264/AVC标准的帧内预测算法是一种减小宏块间空间冗余的预测算法。针对进一步提高H.264/AVC帧内预测性能的问题,提出了一种基于块匹配算法的帧内预测算法,该算法将帧内预测中的DC模式与BM模式两种模式相结合,形成了一种新的预测模式,替代了原有的帧内预测中的模式2。并应用H.264标准的相关参考软件JM18.2对算法性能做了测试。测试结果表明,相较于标准的H.264/AVC算法,该算法可从总体上提高峰值信噪比0.1 dB~0.4 dB,有效地改善了编解码性能。

关键词: 块匹配算法; 帧内预测; H.264/AVC

中图分类号: TP24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2013)10-1264-04

Improved intra prediction of H.264/AVC based on block matching algorithm

ZOU Xiao-xing, HAO Kuang-rong^{1,2}

- (1. College of Information Science & Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Engineering Research Center of Digitized Textile & Fashion Technology Ministry of Education, Shanghai 201620, China)

Abstract: The intra prediction algorithm based on H.264/AVC standard is a method of reducing spatial redundancy between macroblocks. Aiming at the performance of intra prediction, a block-matching based intra frame prediction algorithm was proposed. The mode 2 of H.264's standard prediction methods was replaced by a block-matching algorithm (BM)-DC novel mode. And the reference software JM18.2 was applied to do the test. The results indicate that this method could improve the PSNR by 0.1 dB~0.4 dB. Significant improvement of coding performance can be gained compared to the H.264 algorithm.

Key words: block-matching algorithm; intra prediction; H.264/AVC

0 引言

帧内预测算法在视频压缩方面可以有效地减小空间冗余。H.264/AVC^[1]是由国际电信联盟标准化组织(ITU-T)的视频图像专家组(VCEG)和国际化标准组织(ISO/IEC)的运动图像专家组(MPEG)共同组建的联合视频组(JVT)所开发的视频编码标准。

H.264/AVC标准在算法上分为两层,视频编码层VCL(Video Coding Layer)和网络提取层NAL(Network Abstraction Layer)。视频编码层负责进行高效的视频内容处理;网络提取层则负责网络分段格式封装数据,包括组帧、逻辑信道的指令、定时信息的利用和序列结束信号等。其码流结构具有网络适应性强、容错性好、对误码和丢包处理能力强的特点。

收稿日期: 2013-06-03

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(61134009);国家自然科学基金资助项目(60975059);教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20090075110002);上海市优秀学术带头人计划资助项目(11XD1400100);上海领军人才专项资金资助项目(未提供);上海市科学技术委员会重点基础研究资助项目(11JC1400200,0JC1400200)

作者简介: 邹小星(1987-),女,吉林省吉林市人,主要从事智能信息传输方面的研究。E-mail:xiaoxingzou@126.com

通信联系人: 郝矿荣,女,教授,博士生导师。E-mail:krhao@dhu.edu.cn

帧内预测算法^[2]提供了4×4和16×16两种宏块预测模式,4×4的亮度帧内预测共有9种模式,模式2为DC模式,模式0、1、3、4、5、6、7、8代表8个不同的预测方向。在一个4×4宏块中, $a \sim p$ 为16个待预测像素,而 $A \sim M$ 是临块中已经编码的13个像素值,每个预测模式就是用相邻像素 $A \sim M$ 中的一个或者一些值来预测 $a \sim p$ 的像素值。为了提高帧内预测的准确度,前人已经做了大量的工作,他们大多仅仅通过临块中已编码的13个边界像素值来产生当前预测块^[3-4]。块匹配算法最初被广泛用于图像重建从而恢复丢失的宏块。从这个算法中体现出—个主要概念,在同一帧中研究者可以找到一些与当前预测块相似的宏块^[5]。

本研究将基于块的帧内预测和块匹配算法相结合,提出一种新的块匹配算法,将帧内预测中的DC模式与BM(block-matching)模式两种模式相结合,形成一种新的预测模式,以替代原有帧内预测中的模式2。并应用H.264标准的相关参考软件JM18.2^[6]对算法性能做了测试。

1 基于块匹配算法的帧内预测算法

当某一帧中的一个宏块丢失时,最一般的方式通过块匹配算法恢复。本研究采用一种搜索方式,从当前帧中寻找一个匹配块,使其边界像素值与丢失宏块的边界像素值最接近。利用匹配块信息,可以预测丢失的宏块,并完成宏块的重建过程。

帧内预测与恢复某一帧中的丢失宏块很相似。本研究称待编码的宏块为目标宏块。目标宏块就好比当前帧内丢失的宏块,因此,可以利用匹配块重建目标块,以获得更好的帧内压缩结果。从这方面考虑,本研究将块匹配算法融入到了帧内预测算法中,用 F 表示当前帧,用 C 表示已被编码的区域,预测过程是通过匹配块 P 预测目标块 T 的过程。

本研究利用宏块搜索方式替代简单的方向预测方式实现帧内预测,因此,明显这种算法更耗时。但据统计,相较距离远的宏块之间,距离近的宏块之间更趋向于产生更强的空间相关性。因此对于一个宏块,不必搜索 C 范围内的所有宏块去定位一个匹配块。本研究选择一个阈值 τ 作为宏块匹配的搜索范围参数,根据经验,同时考虑到复杂度和编码质量,选择 $\tau=24$,在距当前宏块左上角像素点24个像素点的半圆内进行搜索,作为候选区域 C' ,示意图如图1所示。以这种方式,减少了候选模块,同时将算法的复杂度降低到相当低的水平。

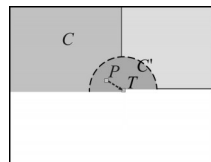


图1 在 F 帧内目标宏块 T 的匹配宏块 P 属于候选区域 C'

应用编解码器所定义的编码顺序,没法获取目标宏块的所有边界信息,所以只能利用部分边界像素信息来完成块匹配。更明确地讲,对于H.264的4×4宏块预测,研究者只能利用边界的9个像素值,上侧的4个像素,左侧的4个像素和左上角的1个像素,边界像素的分布如图2所示。

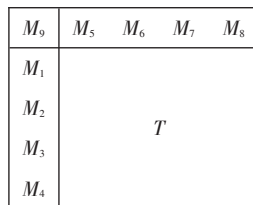


图2 目标宏块 T 以及用于宏块匹配的边界像素

如图2所示,通过计算目标宏块 T 边界像素的灰度值(用 $M_1 \sim M_9$ 表示)与若干候选宏块 P' 边界像素的灰度值(用 $M'_1 \sim M'_9$ 表示)之间的均方误差。计算而得的均方误差值最小的候选宏块 P 被认为是目标宏块 T 的匹配宏块数学描述为:

$$P = \arg \min_{P'} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - M'_i)^2 \right\} \quad \text{其中 } P' \subset C \quad (1)$$

这里, $n=9$,代表与宏块匹配的像素个数。

当研究者选择了匹配宏块之后,可以利用它的重建信息来直接预测。

2 编、解码器算法优化

2.1 编码器

本研究将基于块匹配的帧内预测算法整合到H.264/AVC中,作为帧内预测的一种模式。为了方便实施又节省对于模式的额外编码,笔者将帧内预测中的DC模式与BM模式两种模式相结合成一种新的预测模式,替代了原有帧内预测中的模式2(帧内预测中的DC模式^[7])。编码器运用这种新的模式连同其他8种预测模式^[8]一起实现4×4宏块的帧内预测,选择率失真最小的模式为最佳预测模式。因为没有使用其他额外的模式,本研究提出的算法可以与原H.264/AVC标准相兼容。

本研究选择改变DC模式的原因:① BM模式与DC模式一样,在图片平滑区域有很好的预测性能;② 对于图片上的纹理区域或者单调的背景区域等区

域, BM有着更优于DC模式的编码性能。

本研究利用DC模式来预测位于帧左边缘和上边缘的宏块, 是因为这些宏块只有4个边界像素点, 不足以进行准确的宏块匹配。利用DC模式来预测这些区域可以保持编码效率。

4×4亮度块帧内预测模式的选择, 采用率失真优化RDO^[9](Rate Distortion Optimization)判优准则:

$$J(s, c, \text{Imode} | QP, \lambda_{\text{MODE}}) = \text{SSD}(s, c, \text{Imode} | QP) + \lambda_{\text{MODE}} \cdot R(s, c, \text{Imode} | QP) \quad (2)$$

式中: QP —量化参数; λ_{MODE} —拉格朗日参数, $\lambda_{\text{MODE}} = 0.85 \times 2^{\frac{QP-12}{3}}$; Imode —9种预测模式中的一种;

s —亮度4×4块的原始值; c —预测残差块经过DCT变换、量化、IDCT反变换、反量化得到的重构宏块; SSD — s 和 c 的差值平方和; R —确定MODE和QP后的宏块编码比特数。

基于块匹配的帧内预测步骤如图3所示:

(1) 分别用9种模式对4×4亮度块进行帧内预测。

(2) 对预测残差块^[10]进行DCT变换/量化、反DCT变换/反量化, 计算Intra 4×4代价 J_{Imode} 。

(3) 选择编码代价最小的模式:

① 若计算得代价最小的模式为模式2以外的8种模式之一, 即用此模式进行帧内预测;

② 若计算得代价最小的模式为模式2(DC模式), 则继续进行以下步骤:

(a) 若宏块位于当前帧上边缘或左边缘, 则用DC模式预测;

(b) 若宏块位于当前帧的其他位置, 则用BM(块匹配)算法预测。

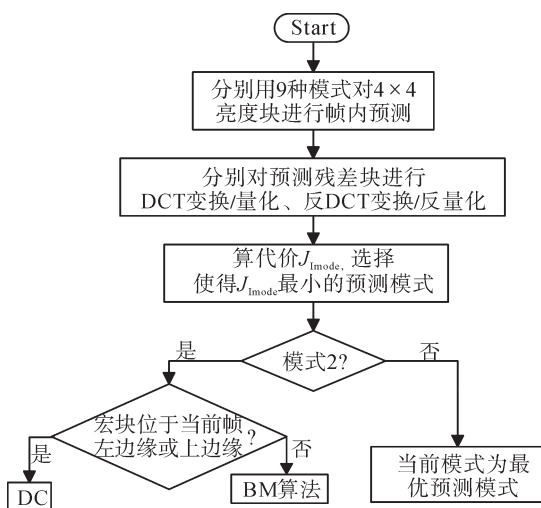


图3 基于块匹配的帧内预测算法步骤

2.2 解码器

至于解码器端, 如果知道一个4×4的宏块已经通过模式2编码, 那么检查这个宏块, 如果该宏块位于该帧的左侧或者上侧, 通过DC模式解码该模块, 否则, 通过BM模式解码该模块。通过BM模式解码宏块, 解码器也要在当前帧内按照阈值 τ ($\tau=24$)确定的一定范围做搜索, 然后利用匹配模块的信息做预测, 这样不仅提高了解码过程的速度, 同时也实现了与编码器端的同步。

3 实验结果

本研究将基于块匹配的帧内预测优化算法应用于参考软件JM18.2上, 在全I帧、RDO模型下, 分辨选用4个量化参数QP(16, 20, 24, 28)分别对QCIF源序列Foreman、Carphone各100帧进行测试。

测试图如图4、图5所示。比较图4和图5, 可以主观观察到, 利用新提出算法实现的预测帧非常接近原帧, 尤其相较于标准的H.264预测算法, 在背景的边缘处更加平滑, 可直观地观察到图像质量有明显的改善。



图4 原Foreman序列的Y分量图像与残差图像



图5 利用H.264标准算法(左)和本研究提出算法(右)帧内预测Y分量图像比较

通过优化算法(Proposed)和标准H.264/AVC帧内预测算法(JM18.2), 分别对源序列Foreman、Carphone处理后的测试结果如表1、表2所示, 由表2可以观察到, 和标准H.264/AVC帧内预测算法相比, 优化算法的峰值信噪比(PSNR)明显增加, 而比特率(Bit Rate)增幅控制在较小的范围内。

表1 序列Foreman的实验结果

QP	PSNR/dB		Bit Rate/Kbps	
	JM18.2	Proposed	JM18.2	Proposed
16	46.41	46.43	2 220.09	2 144.74
20	42.76	42.79	1 580.09	1 513.65
24	39.59	39.62	1 083.25	1 030.69
28	36.73	36.75	734.24	695.06

表2 序列Carphone的实验结果

QP	PSNR/dB		Bit Rate/Kbps	
	JM18.2	Proposed	JM18.2	Proposed
16	47.17	47.17	1 638.64	1 606.97
20	44.18	44.15	1 175.18	1 146.73
24	41.20	41.18	836.67	812.86
28	38.32	38.20	584.65	566.29

利用本研究提出的算法(Proposed)和标准H.264/AVC帧内预测算法(JM18.2),对Foreman和Carphone两个序列处理后的RDO对比曲线图如图6、图7所示。实验结果表明,本研究提出的优化算法曲线位于原标准算法的左上方,在性能上优于标准H.264/AVC帧内预测算法0.1 dB~0.4 dB,由此充分证明了本研究提出算法的有效性。

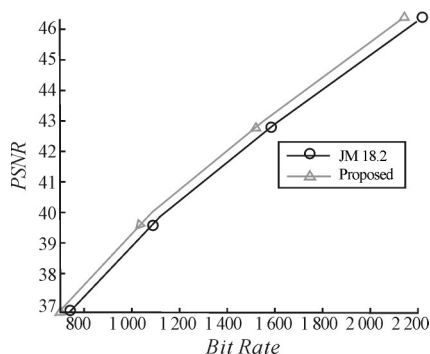


图6 序列Foreman.yuv的RDO曲线

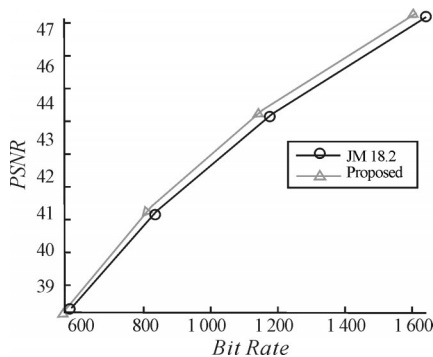


图7 序列Carphone.yuv的RDO曲线

4 结束语

本研究提出了一种基于块匹配算法的帧内预测算法,进一步提高了H.264/AVC的帧内预测性能。将帧内预测中的DC模式与BM模式两种模式相结合,形成了一种新的预测模式,替代了原有的帧内预测中的模式2。通过JM18.2来实现并测试性能。实验结果表明,相较于标准的H.264/AVC算法,这一方法可以总体上提高已经压缩的I帧性能0.1 dB~0.4 dB,有效地改善编解码性能。

参考文献(References):

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec.H.264 ISO/IEC14496-10AVC)[S]. JVT-G050,2003.
- [2] 苏奇,张发存. H.264/AVC快速帧内预测模式选择新算法[J].计算机应用,2011,31(2):393-395.
- [3] NOH D Y, KIM E, SOHN C B, et al. A fast luminance intra 4×4 prediction mode decision method by statistical analysis of residual data in H.264/AVC[C]//Consumer Electronics(ICCE),2012:151-152.
- [4] LI Jian-hua, CHEN Li-hua. A fast intra mode decision algorithm for H.264/AVC[C]//IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT), 2010: 416-419.
- [5] CHERIGUI S, GUILLEMOT C, THOREAU D, et al. Hybrid template and block matching algorithm for image intra prediction[C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, INRIA, Rennes, France, 2012:25-30.
- [6] Heinrich Hertz Institute.H.264/AVC Software Coordination [EB/OL].[2013-05-13]. <http://iphome.hhi.de/suehring/ttml/>.
- [7] SU Xiu-Qin, JI Lei, LI Xiang. A fast and low complexity approach for H.264/AVC intra mode decision[J]. **Multimedia Tools and Applications**,2011,52(1):65-76.
- [8] MILICEVIC Z, BOJKOVIC Z. H.264/AVC standard:a proposal for selective intra-and optimized inter-prediction[J]. **Journal of Network and Computer Applications**, 2011, 34(2): 686-691.
- [9] WANG Shi-qi, REHMAN A, WANG Zhou, et al. Rate-SSIM optimization for video coding[C]// IEEE International Conference on Speech and Signal Processing (ICASSP), 2011:833-836.
- [10] 马宏兴. H.264/AVC帧内预测编码模式快速选择算法[J].计算机应用与软件,2011,28(8):64-67.

[编辑:张翔]