

# 一种基于对称的 H.264 帧内预测模式

陶 阳<sup>1</sup>, 彭宇行<sup>1</sup>, 刘志明<sup>2</sup>

(1. 国防科技大学计算机学院, 长沙 410073; 2. 南华大学计算机学院, 衡阳 421001)

**摘要:** 为了减少视频编码中帧内预测的数据量, 进一步提高帧内预测的精确度, 提出一种基于对称的帧内预测模式 IPMBS 以及在该模式下的帧内预测编码的模式选择算法。该模式利用自然图像的对称性和图像相邻块的数据相关性进行帧内块预测, 其算法综合考虑了相邻块中的若干像素, 利用 H.264 中帧内预测编码的 RD 优化原则来自适应选择预测模式, 达到提高预测精度以及提高压缩率的目的。基于 H.264 参考模型 JM10.1 的实验结果表明, 该预测模式和算法在仅增加很少复杂性的前提下可以获得较好的压缩编码性能, 并为帧内预测研究提供了新的思路。

**关键词:** H.264; 对称; 帧内预测模式; 基于对称的帧内预测

## Intra prediction Mode Based on Symmetry for H.264

TAO Yang<sup>1</sup>, PENG Yu-xing<sup>1</sup>, LIU Zhi-ming<sup>2</sup>

(1. College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073;

2. College of Computer, Nanhua University, Hengyang 421001)

**【Abstract】** In order to reduce the data of intra-prediction in video coding in H.264 and to improve the optimized selection from intra-prediction modes and the precision of the intra-prediction, this paper presents a novel intra-prediction mode. The mode is called intra-prediction mode based on symmetry(IPMBS). And the mode selection method under the IPMBS with all intra-prediction modes in the H.264 is proposed. The idea comes from symmetry of frame image and the relationship of neighboring macro blocks. It has much more samples considered, and gives an adaptive method to select the intra-prediction mode according to the rule of rate-distortion optimized. Experimental results based on the H.264 JVT reference software of JM10.1 show that the proposed intra-prediction mode and the mode selection method could achieve a better performance while maintaining little computation increase, and presents us a novel direction for intra-prediction research.

**【Key words】** H.264; symmetry; intra-prediction mode; Intra Prediction Mode Based on Symmetry(IPMBS)

### 1 概述

在H.264 编码标准中, 运算量在各部分的分配如下: 帧间预测和帧内预测占 60%~70%; 整数变换约占 10%; 纠错编码约占 20%; 环路滤波约占 10%。为了提高编码效率, H.264 采用了帧内预测模式<sup>[1]</sup>, 以更好地消除图像的空间冗余。H.264 帧内预测以特定大小的块作为基准单元, 从周围像素中预测编码化的模板。H.264 的基准块大小分 4×4 和 16×16 两种, 前者有 9 种预测模式, 预测方向见图 1; 后者也有 4 种模式。因为原图像左右、上下都有一定的相关性, 不同部分的差分总值比不进行帧内预测的原始值要少, 故量化后的编码量减少了, 而且高频成分也少于原图像。

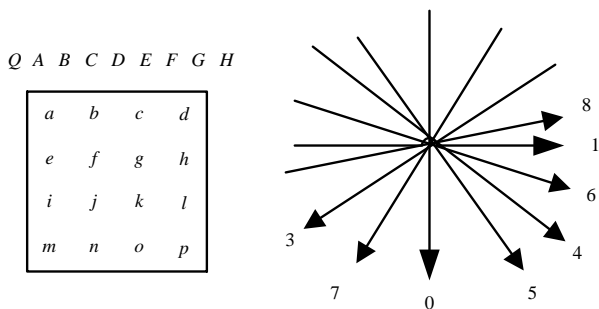


图1 4×4 帧内预测模式

在国内最新音视频编码技术标准AVS<sup>[2]</sup>中, 亮度和色度

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, 而这 4 种模式中又有 3 种和亮度块的预测模式相同。在编码质量相当的前提下, AVS采用较少的预测模式, 方案简洁、实现简单。

通过使用先进的帧内预测模式, 可以提高视频编码中 I 帧的编码效率。但是从当前帧研究现状看, 大部分研究对现有模式做优化选择以及快速算法研究<sup>[3-4]</sup>, 虽然文献[5]提出了“多方向多分辨率多样性”多模式的帧内预测技术, 但其基本思想是基于被预测块的相邻像素值进行的, 空间冗余还包括相近像素之间的数据冗余, 仅根据相邻像素来预测当前块不能消除相邻块之间相近像素的数据相关性。因此, 本文提出了一种基于对称的帧内预测模式。

### 2 基于对称的帧内预测模式

对称性是人类对美的思考和探索之一。具有对称性的形体是美的, 例如花朵具有较大的旋转对称性, 人体叫左右对称。而关于图像对称性的研究很早就开始了, 包括图像的对称检测技术<sup>[6-7]</sup>等, 物体的对称性检测是图像分析, 进行对称

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60433040)

**作者简介:** 陶 阳(1976 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 多媒体技术, 视频压缩编码技术; 彭宇行, 研究员、博士生导师; 刘志明, 副教授、博士研究生

**收稿日期:** 2006-12-21 **E-mail:** tao\_yang76\_8@hotmail.com

性检测的方法。正是这种自然图像的对称性，给视频图像研究带来了启示，研究发现视频图像帧内编码块之间存在一定的近似对称性。例如图 2 给出在视频序列 Mobile 第 1 帧中的若干相邻块表现出的对称情况的示例，其中，仅以 4×4 的块为例，图 2(a)是左右对称的相邻两块，图 2(b)是上下对称的相邻两块，图 2(c)与当前块X综合对称的相邻块ABD。

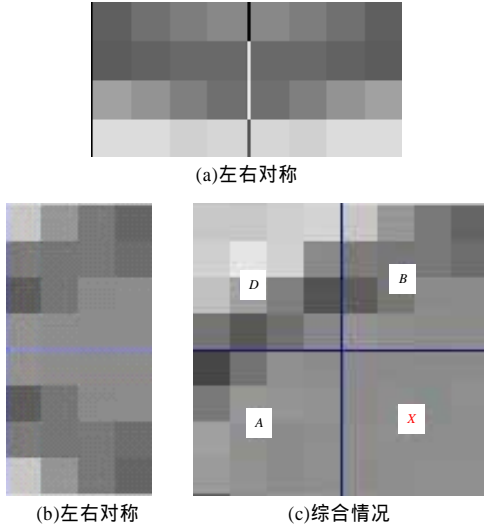


图 2 视频序列 Mobile 第 1 帧中的若干相邻块

根据图像对称性的特点，本文设计了一种新型的帧内预测编码模式 IPMBS。

首先，给出帧内若干块，如图 3 所示。

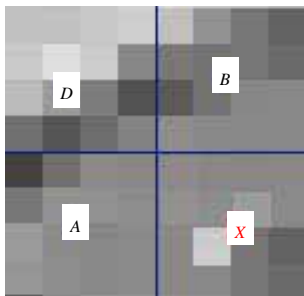


图 3 基于 4×4 块的帧内预测示意图

根据图 3，预测块 X 的所有像素进行都由基于 4×4 的相邻块 A, B, C 的像素进行预测。同原有模式相比，已知条件增多了，这就给预测精度的提高增加了前提条件。根据对称特性，可以通过对 A 进行中心对称、对 B 进行上下对称、对 C 进行左右对称来预测图像块 X。因此，对已知图像块 A ~ 图像块 C 来预测图像块 X，提出的模式如下：

模式 IPMBS：根据图像对称特性，可得

$$X = f(A, B, C) \text{ , 其中 , 对称变换 } f \quad (1)$$

假设图像块 A 为

$$A = [a_{ij}] \quad (2)$$

图像块 B 为

$$B = [b_{ij}] \quad (3)$$

图像块 C 为

$$C = [c_{ij}] \quad (4)$$

预测块 X 为

$$X = [x_{ij}] \quad (5)$$

其中， $1 \leq i, j \leq 4$ 。

给出对称变换  $f$ ：

$$x_{ij} = (a_{(5-i),(5-j)} + b_{(5-i),j} + c_{i,(5-j)}) / 3 \quad (6)$$

其中， $0 < i, j < 5$ ，给出该变换  $f$  对应的条件如下：

(1) 如果 A, B, C 都在图像的外面，则  $a_{ij} = b_{ij} = c_{ij} = 128$ ，这时情况和 DC 模式一样。

(2) 如果 A, B 在图像的外面，C 在图像内部，则  $a_{ij} = c_{(5-i),j}, b_{ij} = c_{(5-i),(5-j)}$ 。

(3) 如果 A, C 在图像的外面，B 在图像的內部，则  $a_{ij} = b_{i,(5-j)}, c_{ij} = b_{(5-i),(5-j)}$ 。

### 3 预测模式分析

H.264 中基于 4×4 的亮度块采用 9 种模式<sup>[1]</sup>，加上本文提出的 IPMBS 模式，共 10 种模式，现在对这 10 种模式进行分析。其中，被预测的块的元素为  $a-q$ 。

**模式 0 (垂直预测)** 此模式只有  $d$  在 A, B, C, D 都在图像内部时才有效，且仅当该块和上面的块在垂直方向上存在像素值的一致性才有大的优越性。

**模式 1 (水平预测)** 此模式只有在 I, J, K, L 都在图像内部时才有效，且仅当该块和其左边的相邻块在水平方向上存在像素值的一致性才有大的优越性。

**模式 2 (DC 预测)** 此模式总是有效的。所有像素由  $(A+B+C+D+E+F+G+H)/8$  来预测，该模式不能完全体现图像的自身特性，是一种比较折中的做法，只有已知像素的平均和被预测像素的值相近或者相同时才是最有效的。

**模式 3 (左下对角)** 当像素 A, B, C, D, E, F, G, H 可以得到时，该模式是有效的；在图像具有左下和右上之间 45° 上有像素值一致性的时候预测效果最佳。

**模式 4 (右下对角)** 从右 45° 角向下预测  $a-q$ ，这种预测方法建立在图像在右 45° 角的方向上具有像素一致性的基础上的，在此基础上，预测效果比较明显。

**模式 5 (垂直向右)** 在垂直向右近 26.6° 来预测像素，这种模式的效果和模式 4 基本相似，仅是预测方向角度略有不同。

**模式 6 (水平向下)** 在水平向下近 26.6° 来预测像素，从图示中可知，在像素值具有水平向下的一致性时，预测结果比较理想。

**模式 7 (垂直向左)** 在垂直向左近 26.6° 来预测像素，该模式的效果基本和模式 3 相似，仅是预测方向角度略有不同。

**模式 8 (水平向上)** 根据左边的像素值，从水平上，向上近 26.6° 的角度上预测像素。

由以上模式可知，除直流预测之外，其他模式的主要思想是根据左边和上边的相邻块的相邻像素，从不同的方向预测  $a-q$  像素。从实际像素变化和相关性来看，这些模式是不够的。相邻块的数据相关性还体现在相近像素的数据相关性。为此，本文提出模式 9。

**模式 9 (IPMBS)** 基于对称的帧内预测模式。根据被预测块的位置即其相邻块的可用情况，分别从左、左上、左 3 个方向上，采用对称的方法预测得到被预测块的所有像素。该模式仅需要保留被预测块的上、左上、左 3 个方向上的相邻块的数据，在预测过程中不需要太多的运算复杂度，系统比较容易实现。

分别计算每种模式下面的 SAD，通过比较，找出具有 SAD 值最小的模式，确定为最佳的预测模式。考虑到 16×16 帧内模式只有 4 种，而且块变大之后，对称轴的选择更是一个比较复杂的问题，对称性的程度较小，而且增加对称模式，

复杂性的增加比例比较大,所以,本文未对 16×16 帧内模式进行补充,保留原来模式,基于该块 16×16 大小的对称性分析是下一步研究的目标。

#### 4 实验结果

本实验基于 H.264 参考模型 JM10.1 进行改进,对著名的 QCIF(176×144)格式的视频序列进行编解码。通过增加一种模式,在编码上同其他 9 种模式一样,首先修改 NO\_INTRA\_PMODE 为 10,然后定义 IPMBS 9,在预测函数中实现 IPMBS 模式的预测计算,模式选择中,如果该模式被选中,则记录该模式和残差,然后进行变换编码和熵编码。同其他模式一样,在解码端实现对该模式的解码支持,同时考虑改进了原来的模式选择方法,实现了对 10 种模式的解码。表 1 列出了实验条件和环境以及准备的视频序列名称,分别对原有模式和算法,与本文提出模式和算法,对样品视频序列进行编码实验。

表 1 实验条件和环境参数

内容	说明
参考模型	H.264 参考模型 JM10.1
视频序列	coastguard_qcif.yuv; container_qcif.yuv; mother_qcif.yuv
实验环境	个人 PC : CPU 赛扬 1 GHz, 内存 512 MB SDRAM
PSNR 比较	在原有条件下计算视频序列的 PSNR 值;增加 IPMBS 模式条件下计算相同序列的 PSNR 值
比较结果	MatLab6.5 软件

在软件改进之后,分别通过设置编码参数,不断地改变 QP 的值,可得到一系列的亮度的 PSNR 值以及码率的变化情况。由于仅测试帧内预测模式的优越性,因此本文仅对视频序列的前 100 帧进行实验,并且使在都进行 I 帧编码,保证帧内编码模式得到应用。根据实验结果绘制 RD 曲线图,如图 4~图 6 所示,分别给出 3 种视频序列的在原有模式和 IPMBS 模式下的 RD 曲线图。实验结果表明,IPMBS 模式可以进一步提高预测精度,提高了压缩编码性能,尤其是对于图像内部对称性比较明显的效果更好。

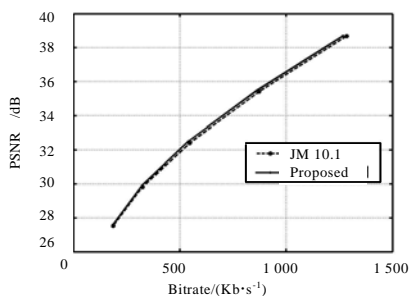


图 4 coastguard\_qcif.yuv 的 RD1 曲线

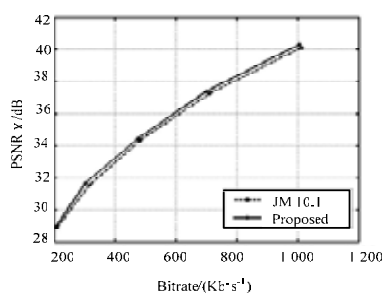


图 5 container\_qcif.yuv 的 RD 曲线

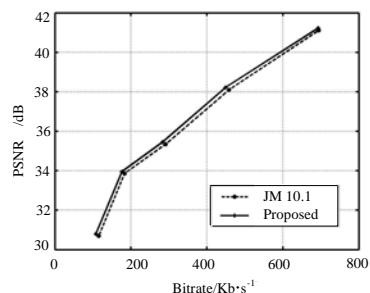


图 6 mother\_qcif.yuv 的 RD 曲线

在计算复杂性的分析上,表 2 给出了压缩编码时间的对比(Jm10.1 原有模式与 IPMBS 的编码时间比较)。由表 2 可知,在 IPMBS 模式下,编码时间略有增加,但从整个编码过程来看,如果考虑到运动估计等的计算资源的消耗,该复杂性增加可以忽略。

表 2 编码时间比较

Sequence	ET/(%)
coastguard	-1.18
container	-0.82
mother	-2.39

#### 5 结束语

本文通过分析现有预测模式的不足,提出了一种新型的预测编码模式。该模式以相邻块为单位进行预测编码,尽可能地消除相邻块之间相近像素的数据相关性,进一步提高了预测精度,同时根据 RD 优化选择算法,来自适应选择最佳预测模式,在复杂性增加不大的情况下提高了视频编码性能。本文提出的帧内预测模式是一种新型的帧内预测方法,和以往的方法相比,提出了以块为单位进行的预测技术,不但考虑块之间的相邻像素的相关性,而且还考虑了块之间的相近像素的空间冗余性,为下一步研究提供了新的思路。实验结果表明,该文提出的预测模式和算法具有较好的效果。虽然 H.264 的分块模式在一定程度上,限制了该模式的有效发挥,但是随着图像对称性检测技术的不断发展,基于对称性的帧内预测模式也会有更进一步的提高,这将是本文提出的对称性编码的下一步研究工作。

#### 参考文献

- [1] ITU-T Rec.H.264/ISO/IEC 14496-10 AVC. Joint Video Team of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG. Draft[S]. 2003.
- [2] Video Coding Standard FCD1.0-2003 Audio Video Coding Standard Workgroup of China(AVS)[S]. 2003.
- [3] Chen Chen; Wu Pinghao, Chen H. Transform-domain Intra Prediction for H.264[C]//Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Kobo, Japan: [s. n.]. 2005-05: 1497-1500.
- [4] Zhang Peng. Multiple Modes Intra-prediction in Intra Coding[C]//Proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Taibai Taiwan: [s. n.].2004-06: 27-30.
- [5] Atallah A J. On Symmetry Detection[J]. IEEE Trans. on Computers. 1985, 34(7): 663-666.
- [6] 吴刚, 李道伦. 基于隐含多项式曲线的物体描述与对称性检测[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(20): 1337-1342.
- [7] Joint Video Team(JVT). Reference Software JM10.1[Z]. (2005-04-20). <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/jm10.1.zip>.