

一种基于自相关法的 H. 264/AVC 高效 帧内预测算法

贾克斌, 谢 晶, 方 晟

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

摘 要: H. 264/AVC 是最新的视频压缩标准, 具有极高的压缩率, 但由于编码时间较长, 无法达到实时应用的要求. 本文提出了一种新的基于自相关法的高效帧内预测算法. 该算法在进行帧内预测之前先对宏块预判, 从两种预测模式中选择一种, 从而减少了算法的复杂度. 实验结果表明, 本文提出的算法在码率只有少许增加的情况下, 速度平均提高了 26.9%, SNR 值基本维持不变.

关键词: H. 264/AVC; 帧内预测; 直方图; 自相关

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2006) 01-0152-03

An Efficient Intra-Frame Prediction Algorithm Based on Autocorrelation for H. 264/AVC

JIA Ke-bin XIE Jing FANG Sheng

(School of Electronic Information & Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022 China)

Abstract H. 264/AVC is the newest video coding standard with high compression efficiency. Because it will take a long time to code, it can not achieve the realtime application. An efficient algorithm based on autocorrelation is proposed in this paper. This algorithm will predict every macroblock before coding, then selecting one of the two prediction modes. Therefore, coding time can be reduced dramatically. Experimental results show that the compression time of proposed algorithm is 26.9% less than that of H. 264/AVC, only increases a little bit and the SNR is invariable.

Key words H. 264/AVC; Intra-Frame Prediction; Histogram; autocorrelation

1 引言

目前最新的视频编码标准是由 ISO 和 ITU 建立的联合视频工作组 (Joint Video Team, 简称 JVT) 制定的 H. 264/AVC. 其在视频压缩效率方面比目前所有的视频压缩标准都有显著的提高^[1,2].

H. 264/AVC 编码标准中, 为了提高帧内编码的效率而引入了帧内预测算法. 但是, 帧内预测算法具有极高的算法复杂度, 正是由于这种计算的高复杂度使它的编码速度变得较慢, 在通常情况下还不能满足实际应用的要求, 所以在不改变 H. 264/AVC 标准码流结构和维持原有码率的情况下, 找到简单可行的算法替代原有的复杂算法, 提高其编码速度就成为当前的研究热点. Pan Feng 等利用像素块边缘的变化方向从预选模式中选择最有可能的预测方向直接编码^[3]; Meng Bojun 等提出了 EIMS 算法^[4]; 文献 [5] 针对 4×4 子块, 在不同层次利用不同准则判断, 选

择最佳模式; 文献 [6,7] 也对帧内预测算法做了研究.

本文将利用直方图和自相关的方法, 取代 H. 264/AVC 原有的判断宏块编码模式的方法, 直接从两种预测模式中选择一种, 从而避免对每一个宏块都做两种模式的预测, 提高编码速度.

本文第二部分介绍 H. 264/AVC 的帧内预测算法; 第三部分详细介绍改进算法的思路及方法; 第四部分给出了实验结果并进行了分析; 最后为总结.

2 H. 264/AVC 的帧内预测算法

帧内 (Intra) 预测是 H. 264/AVC 编码标准中 I 帧所采用的预测方法. H. 264/AVC 通过当前像素块的左边和上边的像素 (如图 1) 进行预测, 只对实际值和预测值的差值进行编码, 这样就能用较少的比特数来表达像素块信息. 在当前的标准中, 亮度块有 9 种 4×4 块的 Intra 预测模式和 4 种 16×16 块的 Intra 预测模式. 对 4×4 块的预测, 通

收稿日期: 2004-11-15 修回日期: 2005-08-09

基金项目: 北京市教委科技发展基金重点项目 (No. KZ200410005004)

常称为 Intra4×4 模式,对 16×16 块的预测,通常称为 Intra16×16 模式.图 2 说明了 Intra4×4 模式的 9 种预测方向^[1].

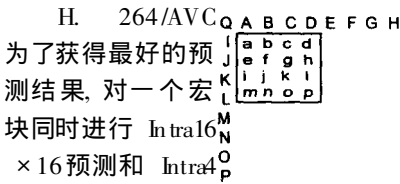


图 1 预测像素

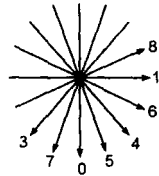


图 2 预测方向

为了获得最好的预测结果,对一个宏块同时进行 Intra16×16 预测和 Intra4×4 预测,比较最终编码后的结果,再决定使用哪种预测方式.图 3 为帧内预测算法的流程图.

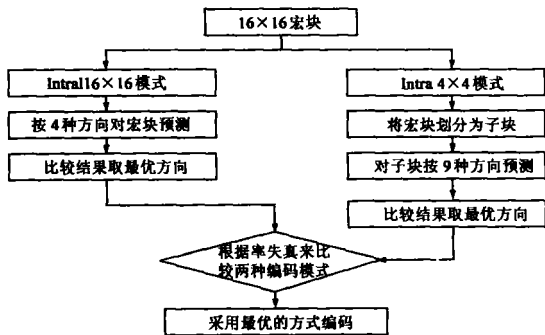


图 3 帧内预测算法流程图

H. 264/AVC 的这种作法可以获得最优的压缩效果.这也是其在压缩比上优于其他编码方式的原因之一,但这是以提高算法复杂度为基础的,直接的结果就是压缩速度较慢.本文即是利用直方图和自相关方法,取代原有的判断宏块采用 Intra4×4 还是 Intra16×16 模式的方法.

3 基于自相关法的快速帧内预测算法

本文提出的算法是在充分考虑了图像宏块特征及 H. 264/AVC 帧内预测算法的设计初衷的基础上提出来的,利用直方图和自相关的方法来对一个宏块预判,从而减少计算时间,提高编码的速度.

3.1 两种帧内预测模式的特点

Intra4×4 模式虽然比 Intra16×16 模式预测准确,但是在码流中记录额外的子块分割及预测方式信息.对于较为平坦的宏块,由于二者预测结果相差不大,所以适合采用 Intra16×16 模式;对于细节较多的宏块,由于 Intra4×4 模式预测更为准确,可以容忍附加信息的增多,所以适合采用此模式.

3.2 帧内模式决策方法的新思路

遍历所有可能的模式,然后取最优的方法,实际上并没有用到宏块本身的特征,也没有考虑 Intra16×16 和 Intra4×4 两种模式的设计初衷.所以如果能够预先判断一个宏块的图像是否平坦,就可以提前知道该宏块是适合于 Intra16×16 模式还是 Intra4×4 模式.从而对于一个宏块只要进行一种方式的搜索.图 4 为改进后的帧内预测算法流程图.

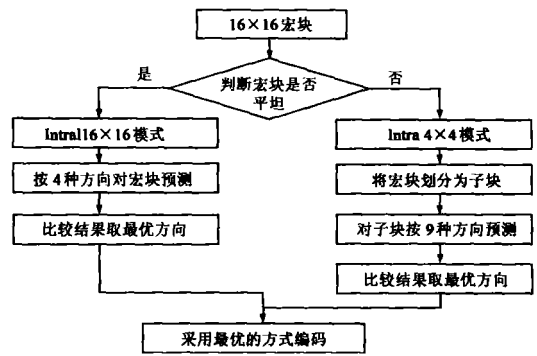


图 4 改进后的帧内预测算法流程图

基于上述的考虑,可以利用宏块自身的特征作为帧内预测模式的决策方法.帧内预测模式的决策问题就转化为如下两个问题:(1)如何提取一种宏块的特征来表征一个宏块的平坦程度;(2)如何利用特征进行计算,得到该宏块平坦或是含有较多细节的定量化结论.从而利用此结论进行 Intra 预测模式的选择.下面就这两个问题进行讨论.

3.3 利用直方图来提取宏块的特征

考虑到亮度信息的决策方式对色度信息的决策方式影响很大,色度信息本身的预测方式也很简单,所以,本文以后所讨论的方法都是针对亮度信息来做的.

图像的直方图描述了一幅图像的灰度级内容,任何一幅图像的直方图都包含了丰富的信息.从数学上来说图像直方图是图像各灰度值统计特性与图像灰度值的函数,它统计一幅图像中各个灰度级出现的次数或概率;直方图的形状恰好可以反映

图像细节的丰富程度.如果一个灰度级出现的次数很多,就说明这个灰度级是图像中主要的灰度分量,即该图像主要是由一种灰度构成的.相反,如果每个灰度级出现的概率几乎相等,就可以判断该图像的细节很丰富,因为该图像的构成覆盖了很多灰度级.

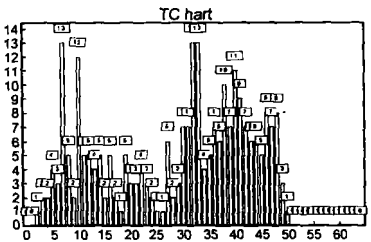


图 5 典型的 Intra4×4 亮度直方图

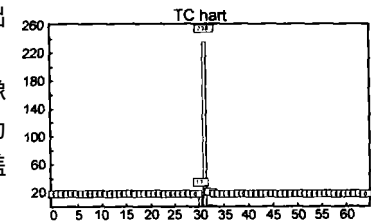


图 5 是视频帧中一个典型的采用 Intra4×4 模式的宏块的亮度直方图.

图 6 是视频帧中一个典型的采用 Intra16×16 模式的宏块的亮度直方图.

3.4 利用自相关法来对宏块进行预判

考虑到两种典型直方图的形状特征,可以发现平坦模块的直方图的能量十分集中,如果对其进行平移,那么平

移后的直方图和原直方图几乎是正交的,如图 7(a)所示。如果模块细节较多,则直方图的能量比较分散。平移之后的直方图与原直方图还具有较强的相关性,如图 7(b)所示。因此可以通过求直方图的自相关函数来判定模块是否平坦,从而决定帧内预测的模式。

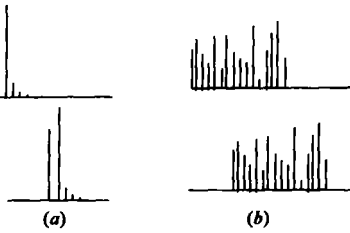


图 7 宏块的自相关示例图
(a)相关性小的宏块; (b)相关性大的宏块

信号自相关函数的定义如式(1):

$$r_{xx}(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)x(n+m) \quad (1)$$

这里, $x(n)$ 是原始宏块的亮度直方图函数, $x(n+m)$ 是经过平移 m 个灰度级的亮度直方图函数, $r_{xx}(m)$ 是最后得到的自相关函数。

4 实验结果与分析

表 1 是对 H. 264 /AVC 标准序列进行测试的实验结果
表 1 实验结果

序列名	SNR Y	SNR U	SNR V	速度	码率
Trevor	升高 0.01 dB	不变	不变	提高 27%	增大 1.25%
Akiyo	降低 0.01 dB	不变	不变	提高 28.6%	增大 2.85%
Carphone	降低 0.01 dB	不变	不变	提高 23.9%	增大 1.3%
Claire	降低 0.01 dB	不变	不变	提高 43.33%	增大 3.2%
Coastguard	不变	升高 0.01 dB	降低 0.01 dB	提高 18.6%	增大 0.84%
Container	不变	不变	不变	提高 30%	增大 0.9%
Foreman	降低 0.01 dB	不变	不变	提高 17%	增大 0.53%
Hall_Objects	降低 0.02 dB	不变	不变	提高 24.8%	增大 1.1%
Missa	降低 0.16 dB	不变	不变	提高 49%	增大 3.2%
Mother_And_Daughter	降低 0.01 dB	不变	不变	提高 27.1%	增大 2.8%
News	降低 0.05 dB	升高 0.01 dB	不变	提高 20%	增大 1.1%
Salesman	降低 0.01 dB	升高 0.01 dB	不变	提高 18%	增大 0.7%

果。实验中采用标准测试模型 JM5.0 共取了 12 个 QCIF 格式的测试序列,每个序列取前 100 帧进行测试,编码方式全部采用 I 帧,量化系数固定为 30 实验条件为 P4 2.8G, 256M 内存的计算机,采用大量测试不同序列取平均值的数据处理方法。

实验表明,当 $m = 14$ 时,获得的效果最好。平坦宏块的直方图的 $r(14)$ 的值几乎都为 0 也就是说平坦宏块的直方图右移 14 位之后的数据与原图数据基本上是正交的。针对这样的特殊情况,可以把自相关定义式作进一步的简化以提高计算速度。如式 2 所示:

$$r'(m) = \text{Max}\{x(n)x(n+m)\} \quad n \in (-\infty, \infty) \quad (2)$$

只要对 $r'(14)$ 简单的进行 0 或非 0 的判断即可得到宏块是否平坦的结论,从而进一步减少了计算量,提高了编码速度。

各项指标的平均值为 SNR Y, SNR U 和 SNR V 基本不变,速度平均提高 26.9%,码率平均增大 1.66%。从表 1 的

实验结果中可以看出,本实验对测试序列的 SNR 值的影响非常小,也就是对视频的质量没有影响。由于本文只对亮度值进行判断,所以色度值基本不变。从不同序列所对应的数据中可以看出,对于原始视频中较多采用 Intra6 × 16 模式的序列如 Missa 序列,因为本算法进行了较好的预测,所以几乎省去了一半的时间。对于较多采用 Intra4 × 4 模式的序列如 Salesman 序列,由于 Intra4 × 4 模式本身算法花费的时间较多,所以速度提高不如 Missa 序列,但由于算法自身的特点,它的码率增加的也很少。总之,通过对所有序列各项指标取平均值发现自相关法在速度的提高和码率的维持间达到了一个较好的平衡点。

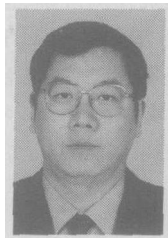
5 结论

本文重点分析了 H. 264 /AVC 标准中帧内预测算法的技术细节,针对原来算法的特点,提出了一种新的帧内预测算法。通过考虑宏块本身的特征,将帧内模式的判决问题转化为对宏块平坦程度的度量问题,进而在提取表征宏块平坦特性的特征和对特征进行定量描述两个方面展开工作。实验证明利用直方图特征和自相关法可以有效的对

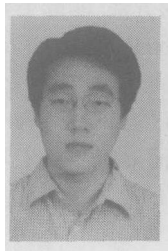
帧内预测模式进行预判,并且在保证码流结构不变和码率增加较少的情况下,较大的提高了预测速度。

由于提高 H. 264 /AVC 的编码速度具有很高的实际应用价值,在下一步的工作中将试探用其他的方法来解决此问题。

作者简介:



贾克斌 男,1962年 8 月出生于河南省安阳,博士,1998 年毕业于中国科技大学通信与电子信息专业,并获工学博士学位,北京工业大学教授,主要研究领域为图像内容获取、图像数据库和计算机网络关键技术,曾获中科院院长奖学金、省级科技进步二等奖,发表学术论文 60 余篇。



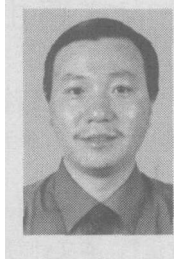
谢晶 男,1979年 12 月出生于山西太原,2003 年毕业于西安邮电学院,获工学学士学位,同年进入北京工业大学信号与信息处理专业攻读硕士学位,主要研究了方向为视频编码、传输技术, E-mail: xiejing@emails.bjut.edu.cn

(下转第 113 页)

carrier recovery techniques for space-time coded M MO wireless systems[J]. Proc IEEE WCNC, 2002: 454-458

- [6] O Besson, P Stoica. On parameter estimation of M MO flat-fading channels with frequency offsets[J]. IEEE Trans Signal Processing, 2003, 51: 602-613
- [7] H Liu, U Tureli. A high efficiency carrier estimator for OFDM communications[J]. IEEE Commun Lett, 1998, 2: 104-106

作者简介:



谢玉堂 男, 1962年生于湖南, 中国科学技术大学博士研究生, 中兴通讯股份有限公司研究员, 中国电子学会高级会员, 主要研究方向为新一代无线通信系统及关键技术. E-mail: ytk@zte.com.cn

姚瑶 女, 1974年出生于安徽, 香港大学工程学院电机与电子工程系通信专业博士, 现从事下一代移动通信关键技术研究.

(上接第 154页)

参考文献:

- [1] JT-G050(ITU-T Rec. H. 264/ISO/IEC 14496-10), Final draft international standard of joint video specification [S].
- [2] Wegand T, Gary J, Sullivan G J, et al. Overview of the H. 264/AVC video coding standard[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(7): 560-576
- [3] Pan Feng, Lin Xiao, et al. Fast mode decision for intra prediction [A]. JT-G013 in ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q. 6, JVT 7th Meeting [C]. Pattaya Thailand IEEE, March 2003
- [4] Meng Bojun, Au O C, et al. Efficient intra-prediction mode selection for 4×4 blocks in H. 264 [A]. In ICME 03 Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo [C]. Baltimore, Maryland: IEEE, 2003: 521-524
- [5] Chia-Yuan Teng. An improved block prediction mode for H. 264/AVC intra-frame prediction [A]. In Proceedings of Data Compression Conference [C]. Snowbird, Utah: IEEE, 2004: 569-569
- [6] Jeon B, Lee J. Fast mode decision for H. 264 [A]. In ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q. 6, JVT 10th Meeting [C]. Waikoloa, Hawaii: IEEE, December 2003
- [7] Changsung K, Qing L, Jay K. Fast intra-prediction model selection for H. 264 codec [A]. In SPIE International Symposium ITCOM 2003 [C]. Orlando, Florida: IEEE, July 2003