

基于 H.264 视频编码技术的研究

周敬利 金毅 余胜生 郑俊浩

(华中科技大学计算机科学与技术学院)

摘要: 介绍和分析了 H.264 采用的新编码技术,诸如 1/4 和 1/8 像素精度运动估计,可变大小的图像分块,多参考帧,新的熵编码算法等.新编码技术的采用使 H.264 的编码性能得到大幅提升;通过与 H.263 编码模型的实验性能对比测试,比较分析了 H.264 新编码技术的优缺点.

关键词: 视频编码; H.264; H.263; 帧内预测; 帧间预测; 运动估计; 熵编码

中图分类号: TN911.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4512(2003)08-0032-03

目前 ISO 和 ITU 建立的联合视频工作组 Joint Video Team(简称 JVT)正在制定视频编码新标准(在 ISO 中的正式名称为 Mpeg-4 Part 10,在 ITU 中的正式名称为 H.264).H.264 在 H.263 和 H.263+ 的基础上^[1]发展而来,采用了很多全新的编码技术:帧内预测,可变大小的图像分块,多预测参考帧,1/4 和 1/8 像素精度的运动估计,基于内容的自适应二值算术编码,残差图像的整数变换编码,去除方块效应滤波器等.H.264 比前期的 Mpeg-4^[2]的编码性能提高了约 33%;它能够实现在低于 1 Mbit/s 的位率下播放相当于 DVD 质量的视频,而且这个位率仅相当于 Mpeg-2 的 1/4.本文对 H.264 视频编码技术进行了探讨,其结构流程图见图 1.

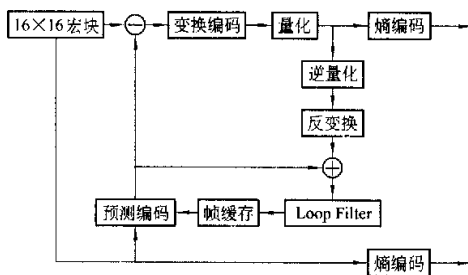


图 1 H.264 编码器的结构流程图

1 H.264 编码器及新的编码技术

1.1 可变大小的图像分块以及帧内预测

对于 16×16 的宏块,以前的编码方案都是分成 4 个 8×8 的固定分块,而 H.264 则可以使用

更小的分块(如 4×4)进行处理,而且根据具体应用可以采用从 4×4 到 16×16 等多种不同的分块方式.

Intra 4×4 模式下,每个 4×4 的小块中的像素将通过邻块中已经解码的 17 个像素进行预测(图 2(a)中从 A 至 Q).预测模式分为 9 种(模式 0 到模式 8),其中模式 0 为 DC 预测.其他 8 种模式的预测方向如图 2(b)所示.篇幅所限,下面只对模式 0 进行说明,此种模式有如下 4 种情形:**a.** 若 A, B, C, D, I, J, K, L 均在图像界内,则从 a 到 p 均由如下公式计算, $(A + B + C + D + I + J + K + L + 4) \gg 3$; **b.** 若 A, B, C, D 在图像外, I, J, K, L 在图像之内,则 a 到 p 所有像素均如下计算, $(I + J + K + L + 2) \gg 2$; **c.** 与 b 相反,若 A, B, C, D 在图像内而 I, J, K, L 在外,则为 $(A + B + C + D + 2) \gg 2$; **d.** A, B, C, D, I, J, K, L 均在图像外, a 到 p 均取值 128.

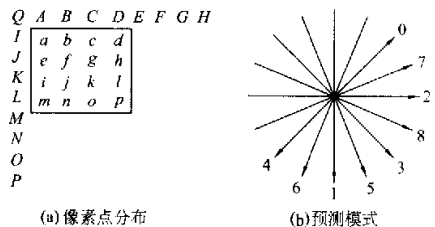


图 2 4×4 的 Intra 模式

在 Intra 16×16 模式下,将被预测的块的像素用 $S(x, y)$ 表示, $i, j = 0, 1, \dots, 15$, 被预测块左邻块的边界像素 $S(-1, y)$, $y = 0, 1, \dots, 15$, 被预测块上邻块的边界像素 $S(x, -1)$, $x = 0,$

收稿日期: 2002-10-31.

作者简介: 周敬利(1946-),女,教授;武汉,华中科技大学计算机科学与技术学院(430074).

1, ..., 15. 定义了 4 种预测模式, 分别为: 垂直预测、水平预测、DC 预测和平面预测。

1.2 基于 1/4 和 1/8 像素精度的运动估计

在 H. 264 中, 预测精度得到更进一步的扩展, 采用了 1/4, 1/8 像素精度的运动估计 (H. 263 中采用半像素精度的运动估计)。图 3(a) 为 1/4 像素精度预测示意图。A 代表起始的整数位置像素点, 其他符号都是插值点。对于 1/2 像素点 (符号为 b^h, b^v), 首先通过水平或垂直方向的相临近的整数像素点值使用 6-tap 滤波器 (1, -5, 20, 20, -5, 1) 计算出中间结果 b , 然后 b 除以 32 舍入取整 (0 到 255 之内) 作为该像素点的值; 对于 c^m , 也是先计算中间结果 b , 只是它依据的是临近的半像素点值, 然后 b 除以 1 024, 舍入取整作为 c^m 的像素点值; 对于 1/4 像素点 (符号为 d, g, e, f), 采用与之最近的相邻的一整像素点和一 1/2 像素点取均值得到, 如 $d = (A + b^h)/2$ 等; 对于 h , 通过与之相邻的两 1/2 像素点值得到, $h = (e + f)/2$; 对于 i , 采用与之临近的四个整像素点值计算得到, $i = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + 2)/4$ 。

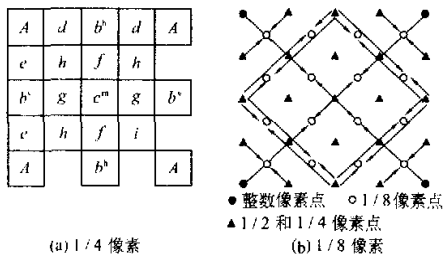


图 3 1/4 和 1/8 像素精度预测的插值

图 3(b) 为 1/8 像素精度预测的对角线插值示意图。与上面的预测过程大致相同, 只是依据对角线来进行像素间的插值。

1.3 多预测参考帧的使用

在以往的编码模型中, 总是使用前面编码的一个 I 或者 P 帧作为后面帧的参考帧^[3]; 在 H. 264 模型中, 使用了最多 5 个 I/P 帧作为后续帧预测的参考帧, 参考帧在缓冲区中的存取和释放采用先进先出的队列模式。帧间预测的可选范围更大, 预测也更为精确。

1.4 先进的熵编码技术

在 H. 264 中提供了两种可选方式的熵编码模式: 全局变长编码 (UVLC) 和基于语法的自适应二值算术编码 (CABAC)。UVLC 计算复杂度较低, 主要针对对编码时间要求很严格的应用, 缺点就是效率低下, 位率较高。CABAC 是一种效率很

高的编码方法, 它是从 H. 263 采用的基于语法的算术编码 (SAC) 改进而来, 其流程如图 4 所示。CABAC 的上下文模型能够提供对各种编码符号的条件概率估计, 根据当前编码符号周围的已编码符号来进行不同概率模式的切换; 算术编码允许所有编码符号以非整数个二进制位来表示。如果是采用 UVLC, 则每个符号编码都至少需 1 bit 表示, 而对于 CABAC, 有些符号则不需要 1 个完整的 bit; CABAC 熵编码器具有自适应特性, 能够根据已编码符号的统计不断进行调整。

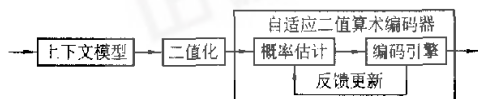


图 4 自适应二值算术编码流程图

1.5 去除块效应滤波器的使用

H. 264 采用了去除块效应滤波器, 应用于所有的宏块之中。通过对宏块边缘的平滑滤波, 减轻视频编码中的块效应。H. 264 根据内容来选择滤波器强度, 按照所处理的当前边缘附近像素值的不同, 选取不同强度的滤波器。

2 测试分析

通过仿真实验, 将 H. 264 和 H. 263 进行了比较, 评价的主要标准是峰值信噪比 $PSNR$, 编码视频的位率 B_R 和主观的视频质量。在计算机上分别用 H. 264 方案和 H. 263 进行了编码比较, 测试主要是针对两种最常用的图像格式 qcif 148 帧 @ 15 Hz 和 cif 148 帧 @ 15 Hz 进行的, H. 263 采用的软件版本为 TMN-10, H. 264 为 JM4.2^①。选用的测试序列是 FOREMAN 和 NEWS 序列。

编码序列均为 IBBPBBPBBP...。在 H. 264 中采用了多预测帧 (5 帧), 非整数像素精度运动搜索 (qcif 为 1/4 像素精度, cif 为 1/8 像素精度), 4×4 一直到 16×16 多种分块方式和多种预测模式, CABAC 熵编码等技术。编码结果如表 1 所示, 其中, Y 为亮度信号; C_b 和 C_r 分别为偏蓝和偏红的色差信号。

在编解码测试实验中发现, H. 264 编码效率如此之高, 是以牺牲运算复杂度为代价的。在同一台计算机上 (P III 800, 256 M SDRAM), 对于 qcif 的 148 帧 FOREMAN 序列, H. 263 的编码时间为 76.4 s, 而 H. 264 的编码时间为 1 086.3 s, 约为 H. 263 的 14 倍; H. 264 解码时间为 5.8 s, 约为

① <http://bs.hhi.de/suehring/tm1/index.html>.

表 1 编码数据分析表

	序列 1				序列 2			
	P_{SNR}/dB			$B_R/\text{kbit}\cdot\text{s}^{-1}$	P_{SNR}/dB			$B_R/\text{kbit}\cdot\text{s}^{-1}$
	Y	C_b	C_r		Y	C_b	C_r	
H. 263	30.92	37.13	37.37	95.52	33.15	37.40	38.47	161.45
H. 264	33.37	38.76	39.24	57.12	35.41	38.78	39.41	95.46

H. 263 的 11 倍(H. 263 解码时间 0.52 s). 编解码速度限制了 H. 264 技术在实时通信领域的应用, 研究相应的快速算法将成为 H. 264 技术发展的主导方向.

参 考 文 献

[1] Cote G, Erol B, Gallant M, et al. H. 263 + : video

coding at low bit rate. IEEE Trans on Circuit and Systems for Video Technology, 1998, 8(7): 849~866

[2] Brady N. MPEG-4: standardized methods for the compression of arbitrarily shaped video objects. IEEE Trans. CSVT, 1999, 9(8): 1170~1189

[3] 沈兰荪, 卓 力, 田栋等. 视频编码与低速率传输. 北京: 电子工业出版社, 2001.

Research on video coding technologies based on H. 264

Zhou Jingli Jin Yi Yu Shengsheng Zheng Junhao

Abstract: The new features of H. 264 coding technology were introduced and analyzed such as 1/4 and 1/8 pixels precision, different block size for motion estimation, multiple reference frames, new entropy coding Algorithm etc. The use of new coding technologies makes H. 264 more significantly enhanced in performance. Through comparison of the performance of H. 263 with that of H. 264 by experiment, the advantages and disadvantages of H. 264 coding technology were declared.

Key words: video coding; H. 264; H. 263; intra prediction; inter prediction; motion estimation; entropy coding

Zhou Jingli Prof.; College of Computer Sci. & Tech., Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074, China.

华中科技大学出版社书讯 IV

电工电子系列教材

书 名	编(著)者	定价/元
电路与磁路(第二版)	艾 武	22.00
电路基础(大专)(第二版)	黄冠斌	28.00
电路理论基础(上册)	汪 建等	24.80
电路理论基础(下册)	汪 建等	26.00
电工实验与电子实习教程	夏全福	20.80
电工技术	胡伟轩	19.80
电工电子学	周永萱等	19.80

作者: 周敬利, 金毅, 余胜生, 郑俊浩
作者单位: 华中科技大学计算机科学与技术学院
刊名: 华中科技大学学报(自然科学版)   
英文刊名: JOURNAL OF HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (NATURE SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2003, 31 (8)
被引用次数: 27次

参考文献(3条)

1. 沈兰荪;卓力;田栋 [视频编码与低速率传输](#) 2001
2. Brady N [MPEG-4: standardized methods for the compression of arbitrarily shaped rideo objects](#) [外文期刊] 1999 (08)
3. Cote G;Erol B;Gallant M [H. 263 +: video coding at low bit rate](#) 1998 (07)

引证文献(27条)

1. 王中震 [H. 264视频压缩技术及应用](#) [期刊论文]-[网络安全技术与应用](#) 2010 (3)
2. 李红叶, 刘明军 [H. 264运动估计算法研究](#) [期刊论文]-[济南大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009 (1)
3. 燕杨 [基于H. 264/AVC无线视频传输的研究](#) [期刊论文]-[吉林工程技术师范学院学报](#) 2008 (11)
4. 钱悦 [图形处理器 CUDA 编程模型的应用研究](#) [期刊论文]-[计算机与数字工程](#) 2008 (12)
5. 朱琪, 石宁 [H. 264视频编码技术优化](#) [期刊论文]-[计算机与数字工程](#) 2008 (9)
6. 周巍, 史浩山, 周欣 [H. 264帧间预测快速算法](#) [期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2008 (6)
7. 张真, 黄登山, 汤加跃 [视频编码中帧内预测算法研究及性能比较](#) [期刊论文]-[计算机测量与控制](#) 2007 (2)
8. 白琳, 罗玉平 [整数变换在VLIW DSP上的优化与仿真](#) [期刊论文]-[计算机仿真](#) 2007 (4)
9. 邓宁军 [基于H. 264压缩域的运动检测](#) [学位论文] 硕士 2007
10. 朱琪 [H. 264/AVC编解码算法分析与优化研究](#) [学位论文] 硕士 2006
11. 林熙 [基于IP网络的数字视频监控系统关键技术的研究与应用](#) [学位论文] 硕士 2006
12. 周洪敏 [H. 264/AVC中的分层技术及功能实现](#) [学位论文] 硕士 2006
13. 李毅 [基于TMS320DM642的H. 264编码的优化方案](#) [学位论文] 硕士 2006
14. 王玉新 [基于H. 264视频流的运动目标的检测](#) [学位论文] 硕士 2006
15. 张新晨, 胡瑞敏, 王中元, 艾浩军 [低码率下H. 264视频编码器实时优化](#) [期刊论文]-[武汉大学学报 \(理学版\)](#) 2005 (5)
16. 成运, 戴葵, 王志英 [H. 264/AVC帧间多种块模式的编码性能分析与研究](#) [期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2005 (5)
17. 成运, 戴葵, 王志英, 沈立, 郭建军 [H. 264中基于零块检测的模式选择算法](#) [期刊论文]-[计算机工程与科学](#) 2005 (8)
18. [H. 264视频压缩关键技术及其应用前景](#) [期刊论文]-[电子科技](#) 2005 (10)
19. 张平 [基于H. 264/AVC视频压缩标准的码率控制算法研究与优化](#) [学位论文] 硕士 2005
20. 韩静 [视频中熵编码器ASIC设计](#) [学位论文] 硕士 2005
21. 王彦堃 [块尺寸可变运动估计的VLSI设计](#) [学位论文] 硕士 2005
22. 孙同伦 [基于H. 264标准的视频编解码器的实现、性能研究与优化](#) [学位论文] 硕士 2005
23. 田洪成 [H. 264运动估计算法研究与硬件架构设计](#) [学位论文] 硕士 2005
24. 张应晨 [基于H. 264图像压缩系统的设计及调制方式的研究](#) [学位论文] 硕士 2005

25. [肖志坚](#) [H. 264帧间编码技术的分析与改进](#)[学位论文]硕士 2005
26. [谢清鹏](#) [无人机序列图像压缩方法研究](#)[学位论文]硕士 2005
27. [唐忠伟](#) [基于H. 264视频软件编码器的研究与实现](#)[学位论文]硕士 2004

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hzlgdxxb200308012.aspx