

基于 H.264 的帧内自适应预测算法

张子敬,霍家道

(江苏自动化研究所,江苏 连云港 222006)

摘要:为了满足实时应用的需求,有必要对 H.264 帧内预测部分进行合理的优化。目前,研究人员对 4×4 亮度块所做的优化工作较多,而针对 16×16 亮度块和 8×8 色度块的优化并不常见。这里提出一种自适应帧内预测算法,该算法依据 4×4 亮度块, 16×16 亮度块以及 8×8 色度块最佳预测模式之间的相关性,根据 16 个 4×4 亮度块所选择的最佳预测模式来对 16×16 亮度块和 8×8 色度块的最佳预测模式进行快速预判。试验结果表明在几乎不影响编码质量的情况下,该算法以极小的计算量获得了显著的效率,可使 16×16 亮度块和 8×8 色度块最佳帧内预测模式选择的计算量分别下降 65% 和 50% 左右。

关键词: H.264; 帧内预测; 自适应; 相关性

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)01-0083-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.01.021

An Adaptive Prediction Intra-frame Algorithm Based on H.264

ZHANG Zi-jing, HUO Jia-dao

(Jiangsu Automation Research Institute, Lianyungang 222006, China)

Abstract: To meet the need of real-time application, a reasonable optimization on H.264 intra prediction is essential. At present, researchers have done lots of optimization work for 4×4 luminance block, but the efforts on 16×16 luminance block and 8×8 chroma block seems to be not so common. Based on the best prediction mode correlation between 4×4 luminance block, 16×16 luminance block and 8×8 chroma block, an adaptive algorithm was proposed. This algorithm can make fast mode decision for 16×16 luminance block and 8×8 chroma block according to the best modes that the sixteen 4×4 luminance blocks have selected. Experimental results demonstrate that the proposed algorithm obtains a remarkable efficiency with only a small amount of calculation. It makes the calculation for 16×16 luminance block and 8×8 chroma block's optimal intra prediction mode selection drop respectively 65% and 50%, almost having no effect on the coding quality.

Key words: H.264; intra-frame prediction; adaptivity; correlation

0 引言

作为最新一代的视频编码标准, H.264 展现出了以往视频标准所无法比拟的压缩性能。H.264 强大的压缩能力与其采用的一些新技术是分不开的^[1], 帧内预测就是其中重要的组成部分, 通过选取最佳的帧内预测模式来最大限度地利用空间相关性, 从而提高压缩效率。然而同其他新技术一样, 帧内预测在显著提升压缩性能的同时, 也不可避免地降低了编码速度并成为实时应用的瓶颈之一。

H.264 帧内预测包括 4×4 亮度块, 16×16 亮度块以及 8×8 色度块三个部分的预测。目前, 针对 4×4

亮度块预测模式选择的快速算法较多, 常见的有三种方法:

1. 依据 9 种预测模式的相关性, 将它们分组判定以减少最终参与比较的模式数目^[2,3];
2. 提前对当前块进行纹理检测, 根据纹理特性选择来选取最佳的预测模式^[4~7];
3. 利用当前块与邻块最佳预测模式的相关性来确定候选的模式集, 这一方法往往和另两种方法综合使用^[8]。

而对于 16×16 亮度块以及 8×8 色度块, 由于它们都只有 4 种预测模式, 计算量较 4×4 亮度块较小, 因此并没有引起足够的重视, 目前一般采用纹理检测的方法^[5]或提前退出机制^[9,10]。但纹理测试的本身计算量也比较大, 退出机制精度有限。实际上, 4×4 亮度块, 16×16 亮度块以及 8×8 色度块最佳预测模式之间应该有很强的相关性。基于以上考虑, 这里提出

收稿日期: 2012-05-06; **修回日期:** 2012-08-10

基金项目: 江苏省“333 工程”资助项目 (BRA2011118)

作者简介: 张子敬 (1987-), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 研究方向为数字信号处理、视频编码; 霍家道, 博士, 研究员, 研究方向为数字图像处理、智能识别。

了一种 16 * 16 亮度块以及 8 * 8 色度块帧内预测模式选择的自适应快速算法,该算法可自动根据 4 * 4 亮度块所选取的最佳预测模式来对 16 * 16 亮度块以及 8 * 8 色度块最有可能的预测模式进行快速预判,与遍历选择方法相比,该算法计算量显著减少。

1 H. 264 的帧内预测

在 H. 264 编码标准中,为了提高各编码帧特别是 I 帧的压缩效率,引入了帧内预测算法。根据图像中相邻块的空间相关性,利用左边宏块和上边宏块中已编码的像素值对当前编码块中的像素进行预测(如图 1 所示^[11],a~p 的值可用 A~L 来预测)。在编码时只需对当前编码块中的实际值和预测值的差值进行编码,从而大幅度减少编码的比特数,提高压缩效率。

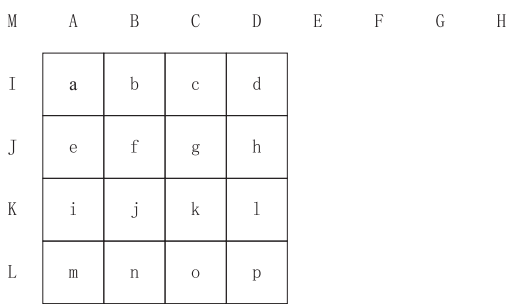


图 1 帧内预测的空间位置关系

对于 4 * 4 亮度块一共有 9 种预测模式,如图 2 所示,包括 8 种具有鲜明方向性的预测和无方向性的 DC (均值)预测;对于 16 * 16 亮度块以及 8 * 8 色度块则只有 4 中预测模式:水平预测,垂直预测,对角线预测和 DC 预测。为了获得最佳的压缩效率,需要为 4 * 4 亮度块,16 * 16 亮度块以及 8 * 8 色度块选取最佳的预测模式。最一般的方法是采用遍历的方式,即把每个模式都试一遍,之后按照某个标准来判断哪个为最佳,标准一般有两种:RDO 模式下的率失真代价函数和非 RDO 模式下的 SATD^[12]。无论采取何种模式,采用遍历方式都会耗费不小的编码时间,难以满足实时编码系统的应用,因此对帧内预测模式进行快速选择具有重大的现实意义。

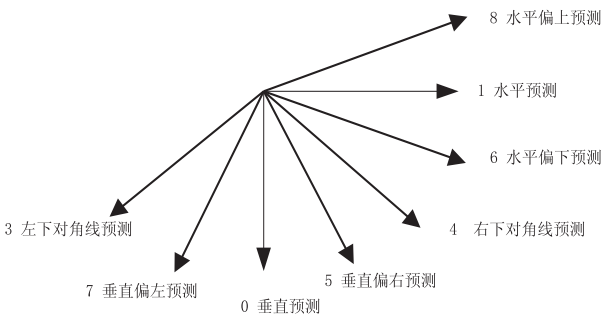


图 2 4 * 4 亮度块的九种帧内预测模式

2 16 * 16 亮度块帧内模式快速自适应选择

4 * 4 亮度块的快速算法较多,这里不再对其进行讨论,主要介绍一种基于 16 个 4 * 4 亮度块最佳预测模式的 16 * 16 亮度块和 8 * 8 色度块模式选择的自适应算法(假设 4 * 4 亮度块的最佳预测模式已经选定,当然可以采用不同的算法来实现)。

2.1 算法的原理分析

16 * 16 亮度块是由 16 个 4 * 4 亮度块组成的,考虑到局部特性反映了总体特性趋势的这一特质,16 * 16 亮度块的最佳预测模式和 4 * 4 亮度块的最佳预测模式应具有很强的相关性。块的最佳预测模式和它的纹理特性是对应的,如果在 16 个 4 * 4 块中某种纹理特性表现的十分突出,那么通常情况下该 16 * 16 块也应具有相应的纹理特性,该种纹理对应的预测模式很有可能也就是 16 * 16 块的最佳模式;相反,如果在 16 个 4 * 4 块中某种纹理特性表现的十分不突出,那么该种纹理对应的预测模式也不太可能是 16 * 16 块的最佳预测模式。因此,完全可以依据 16 个 4 * 4 块的最佳预测模式来直接指定 16 * 16 块的最佳预测模式或者排除不可能的预测模式,从而减少计算量。

2.2 算法的具体实现

设在 16 个 4 * 4 亮度块中,最佳预测模式是垂直预测的数目为 intra4_V,是水平预测的数目为 intra4_H,是 DC 预测的数目为 intra4_Dc,是右下对角线或左下对角线预测的数目为 intra4_Diag。计 16 * 16 块中四种预测模式的作为最佳预测模式的可能性分别为 intra16valid_V, intra16valid_H, intra16valid_Dc, intra16valid_Diag。可能性为 0 表示该模式不可能为最佳预测模式,不参加计算比较;可能性为 1 表示可能为最佳预测模式,作为候选的模式参与比较计算。

下面阐述各模式可能性值的确定方法:

A. 初始状态确定。

默认所有预测模式作为最佳模式的可能性都为 1,即 intra16valid_V = 1, intra16valid_H = 1, intra16valid_Dc = 1, intra16valid_Diag = 1。

B. 根据 16 个 4 * 4 块的最佳预测模式进行自适应调整。

(1) 如果 16 个 4 * 4 块中某种预测模式作为最佳预测模式的数目超过了某个阈值(这里取 8),则认为 16 * 16 块的纹理特性相当明显,16 * 16 块的最佳预测模式可以直接指定为该预测模式,其他模式不可能为最佳模式,即:

```
If (intra4_V >= 8) then
{ intra16valid_H = 0, intra16valid_Dc = 0, intra16valid_Diag = 0 }
If (intra4_H >= 8) then
```

```
{ intra16valid_V=0,intra16valid_ Dc=0,intra16valid_ Diag=
0}
If( intra4_ Dc>=8) then
{ intra16valid_H=0,intra16valid_ V=0,intra16valid_ Diag=
0}
If( intra4_ Diag>=8) then
{ intra16valid_H=0,intra16valid_ V=0,intra16valid_ Dc =
0}
```

(2)如果 16 个 4 * 4 块中某种预测模式作为最佳预测模式的数目低于了某个阈值则认为该模式所对应的纹理特性不能反映 16 * 16 块整体特性,该预测模式也不可能为 16 * 16 块的最佳预测模式,即:

```
If( intra4_V<=3) then intra16valid_V=0,
If( intra4_H<=3) then intra16valid_H=0
If( intra4_ Dc<=3) then intra16valid_ Dc =0
If( intra4_ Diag<=1) then intra16valid_ Diag =0
```

大量统计数据表明, 16 * 16 块中最佳预测模式为对角线的比例一般要大于 4 * 4 块中最佳预测模式为右下对角线和左下对角线所占的比例,即用右下对角线和左下对角线在 4 * 4 块最佳预测模式中所占的比例并不能充分表示对角线模式作为 16 * 16 块最佳预测模式的可能性,因此这里将其对应的阈值取得较小,另外,为了增加对角线模式的权重还加上一项:

```
If( intra4_ Diag>intra4_H&&intra4_ Diag>intra4_V &&intra4_
Diag>intra4_ Dc) then { intra16valid_H=0,intra16valid_ V=0,intra16valid_ Dc =0}
```

(3)垂直预测和水平预测具有明显的不相容性,利用这点有:

```
If intra4_V> intra4_H+1) then intra16valid_H=0
If( intra4_H> intra4_V+1) then intra16valid_V=0
```

C. 最终修正。

如果 16 个 4 * 4 块中的最佳预测模式只有两种情况且出现的数目都为 8, (1) 的判断可能会导致 intra16valid_ H, intra16valid_ V, intra16valid_ Dc, intra16valid_ Diag 全部为 0,为了避免这种情况的发生须做以下修正,即:

```
If( intra4_V=0&& intra4_H=0&& intra16valid_ Dc =0&&
intra16valid_ Diag =0)
Then intra16valid_ Dc =1
```

利用均值(DC)预测来减小误判对编码性能造成的影响。

2.3 算法的仿真结果

表 1 至表 3 给出了自适应快速算法对于不同测试序列的仿真数据,仿真环境为 JM8. 6^[12],采用非率失真模式。为了验证算法的有效性,4 * 4 亮度块预测模式的选择采取遍历方式,对 QCIF、CIF 格式的视频序列分别编码 200 帧和 50 帧,全部采用 I 帧编码。可以计算,如果采取遍历的方式为每个 16 * 16 块选择最佳

预测模式,每个块有四种预测模式(边界块除外),对 200 帧的 QCIF 和 50 帧的 CIF 编码都需要进行 71400 次的候选模式比较计算。

从测试结果来看,通过自适应快速选择算法后,参与候选比较模式的数目大大减小,减幅在 65% 左右,于此同时亮度的峰值信噪比几乎没有下降,码率变化小到可以忽略。

表 1 Foreman(QCIF)下 16 * 16 块的自适应算法测试结果

QP	ΔY (dB)	$\Delta \text{Bit}(\%)$	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	0	+0.011	23692	-66.8%
28	0	+0.016	23827	-66.6%
33	0	+0.050	23968	-66.4%

表 2 Carphone(QCIF)下 16 * 16 块的自适应算法测试结果

QP	ΔY (dB)	$\Delta \text{Bit}(\%)$	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	0	+0.070	22681	-68.2%
28	0	+0.057	23154	-67.6%
33	-0.01	+0.014	22677	-68.2%

表 3 Bus(CIF)下 16 * 16 块的自适应算法测试结果

QP	ΔY (dB)	$\Delta \text{Bit}(\%)$	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	0	+0.002	26428	-63.0%
28	0	+0.008	26398	-63.0%
33	0	+0.032	25581	-64.2%

3 8 * 8 色度块帧内模式的快速自适应选择

对于 8 * 8 色度块,它本身也是通过 16 * 16 块采样得到的,按理也应具有与 16 * 16 亮度块相同的纹理特性,但通过下采样后有可能会遭到破坏以至于纹理特性不明显,基于以上考虑,这里只将 DC 模式和 16 * 16 亮度块的最佳预测模式作为 8 * 8 色度块的候选模式,自适应选择可能的候选模式,从而避免遍历 4 种模式进行比较。表 4 至表 6 的仿真结果显示,在保证色度峰值信噪比和码率没有明显影响的情况下,该方法可以减少 50% 左右的模式比较计算。

4 结束语

在基于 H. 264 的实时编码应用中,庞大的计算量对编码速度造成了巨大挑战。因此,在保证编码性能的情况下最大限度地减少运算量显得十分重要。文中提出的方法实现简单却能大幅度地减少帧内预测的时间,并方便与其他 4 * 4 亮度块的快速算法配合使用,

可以作为实际应用的参考。

表 4 Foreman(QCIF) 下 8 * 8 色度块
的自适应算法测试结果

QP	ΔU (dB)	ΔV (dB)	ΔBit (%)	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	+0.01	-0.01	+0.043	34775	-51.3%
28	-0.05	-0.08	+0.045	34245	-52.0%
33	-0.12	-0.13	+0.071	33622	-52.9%

表 5 Carphone(QCIF) 下 8 * 8 色度块
的自适应算法测试结果

QP	ΔU (dB)	ΔV (dB)	ΔBit (%)	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	-0.02	0	+1.000	34521	-51.7%
28	0	0	+0.088	34079	-52.3%
33	-0.07	-0.08	+1.654	34013	-52.2%

表 6 Bus(CIF) 下 8 * 8 色度块
的自适应算法测试结果

QP	ΔU (dB)	ΔV (dB)	ΔBit (%)	参与计算的 模式数目	减少百分比
23	0	-0.06	+0.026	36683	-48.6%
28	-0.02	-0.03	+0.026	36324	-49.1%
33	-0.12	-0.15	+0.032	34736	-51.4%

参考文献:

[1] 马力妮,郑志辉,潘 峰. H. 264/AVC 视频编码技术研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(7):163-166.

[2] 韩 青,李 莉,应 骏. H. 264 帧内 4×4 块预测模式选择快速算法研究[J]. 中国图象图形学报,2007,12(10):1745-1748.

[3] 孔 磊,于凤芹. 基于模式相关性的 H. 264 帧内预测快速

模式选择算法[J]. 江南大学学报(自然科学版),2009,8(1):33-37.

[4] La B, Eom M, Choe Y. Fast Mode Decision for Intra Prediction in H. 264/AVC Encoder[C]//IEEE International Conference on Image Processing. San Antonio: IEEE Conference Publications, 2007:321-324.

[5] Pan Feng, Lin Xiao, Rahardja S, et al. Fast Mode Decision Algorithm for Intraprediction in H. 264/AVC Video Coding[J]. IEEE transactions on circuits and systems for video technology, 2005, 15(7):813-820.

[6] 曹 雁,刘宁钟,崔子冠. 基于边缘方向直方图的 H. 264 帧内预测快速算法[J]. 计算机技术与发展,2008,18(5):60-63.

[7] Wang Jia-Ching, Wang Jhing-Fa, Yang Jar-Ferr, et al. A Fast Mode Decision Algorithm and Its VLSI Design for H. 264/AVC Intra-Prediction[J]. IEEE transactions on circuits and systems for video technology, 2007, 17(10):1414-1422.

[8] 罗 亮,刘春生,周芦明. H. 264/AVC 快速帧内预测模式选择算法[J]. 计算机应用,2008,28(4):1006-1008.

[9] 周 欣,段哲民,周 巍. 基于全零模块检测的 H. 264/AVC 快速帧内模式选择算法[J]. 计算机应用研究,2011,28(7):2766-2769.

[10] 刘西娟. H. 264 帧内预测算法研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.

[11] 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.

[12] SCHAFFERR. H. 264 JVT Reference Software Version8.6[CP/OL]. 2011-01-06[2012-03-20]. <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/download/>.

(上接第 82 页)

software defined radio[D]. Sweden: KTH Royal Institute of Technology, 2000.

[2] Zhao Q, Sadler B M. A survey of dynamic spectrum access[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2007, 24(3):78-79.

[3] 胡心怡,方 睿,李日欣,等. OFDM 技术发展综述[J]. 通信技术,2010,43(8):132-134.

[4] Knopp R, Humblet P. Information capacity and power control in single cell multiuser communications[C]//IEEE International Conference on Communications. [s. l.]:[s. n.], 1995:331-335.

[5] Lu Qianxi, Peng Tao, Wang Wei, et al. Utility-based resource allocation in uplink of OFDMA-based cognitive radio networks[J]. International Journal of Communication Systems, 2010, 23(2):252-274.

[6] Musavian L, Aissa S. Capacity and power allocation for spectrum-sharing communications in fading channels[J]. IEEE Transactions on Wireless Communication, 2009, 8(1):148-156.

[7] Wu Jian, Yang Longxiang, Liu Xu. Subcarrier and power allo-

cation in OFDM based cognitive radio systems[C]//IEEE Fourth International Conference on Intelligent Technology and Automation. [s. l.]:[s. n.], 2011:728-731.

[8] Liu Yutao, Liu Liqiang, Xu Cong. Spectrum underlay-based water-filling algorithm in cognitive radio networks[C]//IEEE International Conference on Electric Information and Control Engineering. [s. l.]:[s. n.], 2011:2614-2617.

[9] 张国斌,冯穗力,柯 峰. 一种认知无线电系统中最优的功率分配算法[J]. 华南理工大学学报, 2011, 39(5):18-23.

[10] 孙大卫,郑宝玉,许晓荣. 基于认知 OFDM 的子载波功率分配改进算法[J]. 信号处理, 2010, 26(8):1200-1204.

[11] 张秀宁,谈振辉. 适合于感知无线网络的动态信道分配和注水功率联合的算法[J]. 铁道学报, 2011, 33(6):48-53.

[12] 刘鹏飞,卢光跃. 一种基于注水算法的认知 OFDM 系统资源分配方法[J]. 西安邮电学院学报, 2010, 15(1):9-12.

[13] 熊金石,任清华,管 伟,等. 基于注水原理的 TDCS 功率分配算法[J]. 电讯技术, 2010, 50(2):48-51.

基于 H. 264的帧内自适应预测算法

作者: [张子敬, 霍家道](#)
作者单位: [江苏自动化研究所, 江苏 连云港 222006](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201301023.aspx