

基于频域和空域分析的帧内预测模式快速选择算法

詹舒波¹, 宋建斌¹, 马丽², 杨放春¹

(1. 北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876; 2. 北京联合大学 自动化学院, 北京 100101)

摘 要: 基于 DCT 变换的能量聚集和方向特性, 首先利用 AC 系数对块尺寸进行预先选择, 然后利用 AC 系数的方向性对 16×16 块进行模式预先选择, 接着利用空域相关性对 4×4 块进行快速模式选择, 有效缩小了模式选择的范围。实验表明, 与现有同类算法相比, 在质量几乎相当的情况下, 本算法速度明显提高。

关键词: 帧内预测; 频域分析; 空域分析; 模式选择

中图分类号: TP393

文献标识码: B

文章编号: 1000-436X(2012)07-0143-08

Fast mode selection of intra prediction algorithm based on spatial and frequency analysis

ZHAN Shu-bo¹, SONG Jian-bin¹, MA Li², YANG Fang-chun¹

(1. State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. Automation College, Beijing Union University, Beijing 100101, China)

Abstract: By using of the features of DCT coefficients in frequency domain and the correlation of the predictive mode in spatial domain, the proposed algorithm evaluated the complexity of encoding block and selected encoding block size firstly, computed the texture direction and pre-selected most possibly prediction mode of 16×16 block secondly, and then got the neighbor block's optimum mode and narrowed mode selection range of 4×4 block. The experiments show that, compared with existing algorithms, in the case of almost equal quality, the speed of the algorithm is significantly improved.

Key words: intra prediction; frequency domain analysis; spatial domain analysis; mode selection

1 引言

随着网络技术和多媒体技术的发展, 视频压缩在视频监控、高清电视等领域得到了广泛应用。为了适应不断提高了的视频存储传输的需求, ISO/IEC 和 ITU 组成了联合视频组(Joint Video Team), 并于 2003 年 3 月正式通过了 H.264^[1]。该标准采用了帧内预测等多项新的复杂编码技术, 在提高压缩比的同时, 计算复杂度急剧增加。基于空域的多模式帧内预

测算法, 通过全搜索各种可能的预测模式选择最优模式。这样, 一个宏块共有 $M8 \times (M4 \times 16 + M16) = 592$ 种不同的模式选择组合, 共需完成 592 次模式计算, 巨大的计算量是 H.264 帧内编码在实际应用中的瓶颈所在。

目前, 已有文献从视频数据本身的特征、编码模式的空间相关性等角度开展了帧内预测模式选择的快速算法研究。第一类是利用视频原始数据, 计算编码块的纹理方向, 边缘分布等信息特征, 进

收稿日期: 2011-05-04; 修回日期: 2011-09-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60821001); 北京邮电大学博士后基金资助项目 (20090R01)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (60821001); Postdoctoral Projects of Beijing University of Posts and Telecommunications (20090R01)

行编码模式的快速选择。文献[2~16]用空域或频域的某种特征，预先排除一些可能性小的预测模式。此类算法需要图像中的每个像素参与特征量计算，额外运算量大，计算复杂度仍然很高。第二类是利用编码模式之间的相关性，通过已经检测过的模式来预测最优模式的范围^[10, 11]。当编码块出现多种物体边界时，该类方法就会频繁出现预测模式误判情况。最优的模式是由已检测的模式来确定，容易使选择的结果陷入局部的最优值，选择的结果使得效率损失比较多，具有一定的局限性。

Pan 等^[5]基于边缘方向直方图预测最佳帧内模式，选择大概率模式，减少候选模式数，提高编码速度。徐平等^[14]通过构建时空域的最佳帧内模式概率直方图改进了 Pan 的算法。腾国伟等^[16]利用色度块和亮度块以及 4×4 亮度块和 16×16 亮度块模式选择之间的相关性，提高算法速度。在研究现有算法的基础上，本文提出了基于空域和频域分析的快速模式选择算法。该算法利用离散余弦变换 (DCT) 后系数的能量聚集特性和方向特性进行模式的快速选择。本文第 2 节简单描述了 DCT 变换系数的特点；第 3 节利用 DCT 系数的能量聚集特性进行亮度块尺寸的选择；第 4 节利用 DCT 系数的方向特性预先排除 16×16 亮度块和 8×8 色度块的部分预测模式；第 5 节基于预测模式的相关性，结合滑动窗口机制缩小 4×4 预测模式的选择范围；第 6 节对本文算法的性能进行了比较分析；第 7 节是结束语。

2 DCT 系数的能量聚集和方向特性

由于离散余弦变换 (DCT) 具有良好的能量聚集特性、方向特性且具有相应的快速算法，所以它在现有视频标准中得到了广泛的应用，本文算法中的 DCT 变换如下所示

$$F(u, v) = C_u C_v \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N} \quad (1)$$

$$\text{其中, } C_u, C_v = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & u = 0 \text{ 或 } v = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & 1 \leq u, v \leq N \end{cases}$$

DCT 变换具有能量聚集特性，原始数据经 DCT 变换后，能量主要集中在左上角区域(即直流、低频和中频区)，而右下角区域(即高频区)的能量分布比

较弱，量化后会出现许多零值，正是 DCT 的这种特性，才使得图像数据更易于压缩。在图 1 中，图像块(如图 1(a)所示)经过 DCT 变换后得到系数块(如图 1(b)所示)，可以看出图 1(b)中的大部分能量集中在左上角区域，左上角的直流系数(DC)代表该图像块的平均能量。对图 1(b)的全部系数，进行 DCT 逆变换得到重建块图(如图 1(c)所示)，对图 1(b)的部分重要系数(按照 Zigzag 扫描方式，即箭头方向标出的系数)，进行 DCT 逆变换得到重建块图(如图 1(d)所示)，对比图 1(c)和图 1(d)，由于 DCT 的能量聚集特性，只选择 DCT 部分系数并没有对重建块的质量造成太大的影响。DCT 变换后的交流系数(AC)代表了该图像块的纹理和边缘信息，因此，表征图像复杂程度的数学特征量方差 D 可以利用 DCT 变化后的 AC 系数计算得到^[17]。

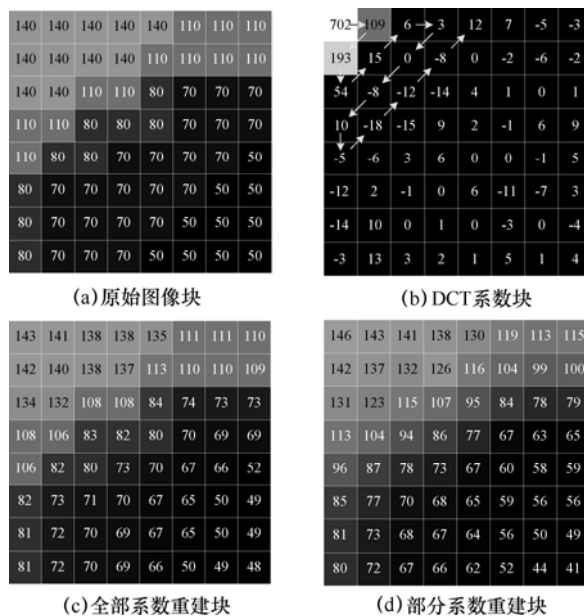


图 1 DCT 变换的能量聚集特性

DCT 变换系数具有方向特性，图像数据经 DCT 变换后，其一定区域的变换系数代表着一定方向的频谱成分^[18]。如图 2 所示，A 区系数表示的是直流成分(实际上只有左上角一个系数点)，B 区系数主要代表原图像中水平方向的频率变化(垂直纹理)，而 C 区系数则主要集中了原图像中对角方向的频率变化(对角纹理)，D 区系数基本上是原图像垂直方向的频率变化(水平纹理)。在基于块的 DCT 变换中，一个图像块可以用一组基本图形(变换基)的线性组合表示。变换基对应的变换系数的大小反映了该变换基在它所对应的纹理方向上对整个图像块的影响程

度。大量的实验和相关文献^[13,14]研究已经发现可以利用图像块的 DCT 系数计算出块的纹理特征。

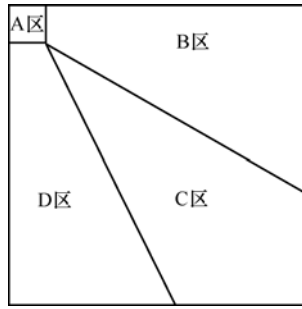


图 2 DCT 区域能量分布

3 亮度编码块尺寸的选择

H.264 帧内预测算法中,亮度块可以按照 16×16 和 4×4 大小进行编码,利用 H.264 参考软件 JM10,对 Foreman 序列第 1 帧进行帧内预测后编码块采用的尺寸如图 3 所示。一般地,纹理简单图像平坦的图像块适合按照 16×16 大小进行预测,而纹理复杂,细节丰富的图像块适合按照 4×4 大小进行预测。如果能够按照一定方法预先评测图像块的纹理复杂程度,就能避免帧内预测算法因搜索全部 9 种 4×4 模式和 4 种 16×16 模式带来的计算开销,降低计算复杂度。图像细节是否丰富就是研究像素值与像素均值偏离的程度,因此,本文利用 DCT 变化后的 AC 系数按照式(2)计算图像块的复杂程度^[12]。

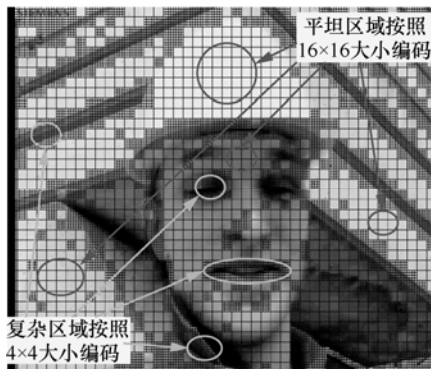


图 3 Foreman 第 1 帧帧内预测块尺寸划分

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=2}^{15} Z_i^2 \quad (2)$$

其中, $Z = \{Z_i | Z_i$ 是按 Zigzag 扫描的 DCT 系数, $1 \leq i \leq 15\}$

D 值越大,表示像素值偏离均值越大,图像就越复杂。如果 $D=0$,表示所有像素值都一样,

图像平坦,没有变化。考虑到式(2)中含有平方计算,计算复杂度高,本文把平方计算改为绝对值计算,简化后的计算如式(3)所示。

$$d = \sum_{i=2}^{15} |Z_i| \quad (3)$$

初始阈值 T_1 的确定:采用纹理特征不同的标准测试序列,每种序列以 I 帧压缩 100 帧,记录按照 16×16 块进行编码的比例以及此时按式(3)计算 d 值的均值 d_i 。本文以式(4)估计初始阈值 T_{\min} ,其中, r_i 是序列 i 中 16×16 块在所有编码块中的比率, n 是序列总数, d_i 是序列 i 的 d 值均值。通过大量实验得到初始阈值 $T_1=100$ 。

$$T_1 = \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{r_1 + r_2 + \dots + r_n} d_i \quad (4)$$

阈值 T_i 的自适应更新:图像数据具有较强的相关性,本文根据下一编码块和其相邻块的 d 值更新阈值,使算法中用到的阈值能够根据图像内容进行自适应更新,提高算法的适应性。以下一编码块为基准,分别记录 d 值为: d_{ll} (左左块)、 d_l (左块)、 d_{lu} (左上块)、 d_u (上块)、 d_{ru} (右上块)、 d_{ru} (右右上块),记下一编码块使用的阈值为 T_{i+1} , T_i 是当前编码块使用的阈值,在计算过程中,如果任何“左”块不存在,则用 d_u 代替相应 d 值,任何“上”块不存在,则用 d_l 代替相应 d 值,阈值更新公式为

$$T_{i+1} = \frac{d_{ll} + d_l + d_{lu} + d_u + d_{ru} + d_{ru} + 4T_i}{10}, \quad i \geq 1 \quad (5)$$

编码块尺寸的选择:为了预测准确,本文算法在最终选择编码块尺寸时设定 2 个阈值 T_{\min} 和 T_{\max} ,宏块编码前,首先计算 d 值,如果 $d \leq T_{\min}$,则按照 16×16 块大小进行帧内预测,如果 $d > T_{\max}$,则以 4×4 块大小进行预测,如果 $T_{\min} < d \leq T_{\max}$,则仍以 2 种块预测。通过大量实验,取 $T_{\min} = 0.8T_i$, $T_{\max} = 1.2T_i$ 时算法性能最佳。如果编码块按 16×16 预测,本文利用 DCT 系数的方向特性缩小模式选择范围;如果编码块按 4×4 预测,本文利用均值法和滑动窗口缩小模式选择范围。

4 亮度 16×16 块的预测模式选择

H.264 多模式帧内预测的核心思想就是按照多种方向形成参考块,选择一种参考块,使其能够尽可能与编码块的差分值小。图 4 分别列举了 8×8 大

小的平坦图像块、垂直纹理图像块、水平纹理图像块、对角纹理图像块以及它们的 DCT 变化系数。从图 4 中可以看到：对于平坦图像块，由于图像块是均匀分布的，所以 DCT 系数中只有 DC 系数是非零值；对于垂直纹理图像块，变换块中系数值呈垂直分布，第一行 DCT 系数存在非零值，其他行 DCT 系数全为零；对于水平纹理图像块，变换块中的系数值呈水平分布，第一列 DCT 系数存在非零值，其他列 DCT 系数全为零；对于对角纹理图像块，图像块的像素值呈对称分布，变换块对应的 DCT 系数在忽略符号的情况下也呈对称分布。通过大量的实验发现所有图像块的 DCT 系数都呈现出以上特征。

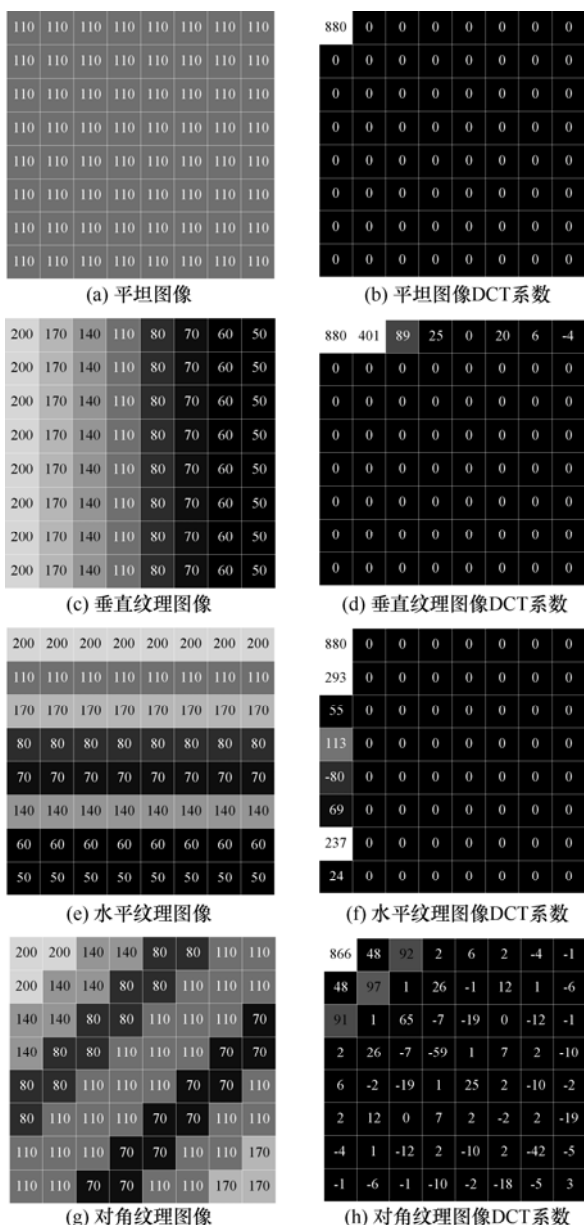


图 4 DCT 变换系数能量分布

文献[17,19]研究表明：块的 DCT 系数的竖直方向能量与水平方向能量之比可以反映出块的纹理变化方向。在 H.264 中，16×16 块的帧内预测模式只有 Vertical（模式号为 0）、Horizontal（模式号为 1）和 Plane（模式号为 3）这 3 个方向预测模式以及 1 个 DC 预测模式（模式号为 2），而且各个方向预测模式之间角度的跨度较大，利用 DCT 变换系数的特性易于进行 16×16 块的帧内预测模式选择，预测模式的判断比较准确。

视频快速编码算法的一条评价准则就是算法引入的额外计算量的大小，因此，为了降低计算复杂度，本文首先利用视频的空间相关性，对编码的 16×16 块进行隔行隔列采样，得到 8×8 块，对该块进行 DCT 变换，接着利用式（3）计算块的 d 值，如果 d 值小于等于阈值 T_{DC} （经过实验 $T_{DC} = 0.25 T_i$ 时效果较好， T_i 利用式(4)计算得到），表示图像块足够平坦，则按照 DC 预测模式编码，否则根据式（6）利用 DCT 变换后的部分 AC 系数计算块的纹理方向，最终根据式（7）决定编码块的预测模式。

$$\tan \theta = \frac{\sum_{u=1}^4 |F(u,0)|}{\sum_{v=1}^4 |F(0,v)|} \quad (6)$$

其中， $F(u,v)$ 表示 DCT 变换后的系数， θ 表示图像纹理方向与水平方向的夹角。

$$\text{Mode}_{16 \times 16} = \begin{cases} \text{Vertical} & d > T_{DC} \text{ 且 } |\theta| \geq 67.5^\circ \\ \text{Horizontal} & d > T_{DC} \text{ 且 } |\theta| < 22.5^\circ \\ \text{DC} & d \leq T_{DC} \\ \text{Plane} & d > T_{DC} \text{ 且 } 22.5^\circ \leq |\theta| < 67.5^\circ \end{cases} \quad (7)$$

H.264 标准中色度块包含 DC 预测模式（0）和其他 3 个方向预测模式：Horizontal 模式（1）、Vertical 模式（2）、Plane 模式（3）。本文色度块方向预测模式的选择过程与 16×16 亮度块的选择过程相同，不再单独说明。

5 亮度 4×4 块的预测模式选择

本文对 4×4 块的 9 种预测模式被选中的概率做了统计，并没有呈现很大的差别，仅仅为了提高速度，对所有的块静态地选择几种相同的预测模式，放弃其他模式，必将影响到重建图像的质量。本文利用滑动窗口能够动态地缩小预测模式

的选择范围，不同的编码块分别在 9 种预测模式中选择较好的几种预测模式，使得整体预测效果接近 9 种模式的全搜索预测。

充分利用图像的空间相关性，综合参考左邻块、上邻块和对角邻块的纹理趋势，利用均值法估计出当前块的纹理方向，适合各种视频序列。H.264 考虑到熵编码效率，预测模式并没有按照纹理方向依次编号，为了应用均值法估计预测模式，本文按照纹理方向对预测模式依次进行映射编号。

在图 5 中，X 是当前块，L、U、D 是 X 的邻块，预测模式映射编号分别为 M_L 、 M_U 和 M_D 。考虑到 8 种预测模式正好等分平面，且预测模式代表的是直线方向，直线间的夹角只能为直角或锐角，需要分情况考虑。对 M_L 、 M_U 和 M_D 由小到大进行排序，依次记为 b_1 、 b_2 和 b_3 。如果 $b_2 - b_1 \geq 4$ ，则 $b_1 = b_1 + 8$ ，如果 $b_3 - b_2 \geq 4$ ，则 $b_1 = b_1 + 8$ ， $b_2 = b_2 + 8$ ，称此操作为加 8 重编号操作。记 M_m 是估计的预测模式，由式(8)计算得到。为了预测的准确，公式中引入调节因子 α ，将 b_1 、 b_2 和 b_3 按照大小排序，如果中间的模式编号与最大的模式编号近，则 α 取 1，否则取 0。如果 $M_m \geq 8$ 则 $M_m = M_m - 8$ ，称此操作为减 8 重编号操作。

$$M_m = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} + \alpha, \quad \alpha \in \{0,1\} \quad (8)$$

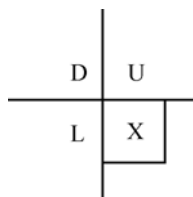


图 5 块的位置分布

为了提高预测精度，必须在估计预测模式的基础上扩充一定量的候选预测模式。因此，以估计的预测模式作为环形滑动窗口的中心 Win_c ，以 Win_l 为宽度做出窗口，窗口内的预测模式追加为候选的预测模式。实验证明， Win_l 为 5 时速度和质量可取得好的效果， Win_l 为 3 时，速度更快，但质量有一定程度降低。图 6 形象地给出了滑动窗口在 $Win_c = 5, Win_l = 3$ 和 $Win_c = 7, Win_l = 5$ 时的 2 个状态，表示模式动态选择的原理。

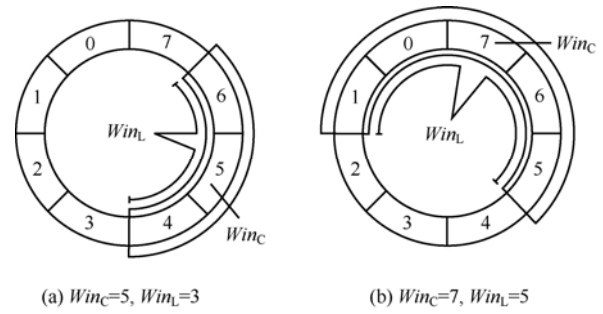


图 6 环形滑动窗口状态

为了进一步提高模式选择的速度，本文在代价函数的计算过程中采用及时终止的策略。为了更有效地及时终止策略，对候选预测模式按照最有可能成为最优预测模式的概率尽可能地进行从大到小排序。实验表明，环形滑动窗口动态模式选择算法中预测的窗口中心和 DC 预测模式是最佳预测模式的概率较大，因此，依次按照窗口中心预测模式，DC 预测模式，窗口中心的近邻模式和远邻模式依次计算代价函数进行比较。按照这个次序，能够有效应用计算及时终止策略，进一步提高预测速度。

6 算法描述与性能分析

6.1 算法描述

上文主要分析了 DCT 系数具有哪些特点，论述了如何利用 DCT 系数的能量聚集特性选择亮度编码块的尺寸，如何利用 DCT 系数的方向特性进行 16×16 亮度块和 8×8 色度块的模式选择以及如何利用相邻块的编码模式、环形滑动窗口进行 4×4 块的模式选择。下面给出了模式选择快速算法的描述，其中变量 $Cost_{16 \times 16}$ 表示 16×16 亮度块最佳模式的代价函数值， $Cost_{4 \times 4}$ 记录所有 16 个 4×4 亮度块最优模式对应的代价函数值和。

Step1 设置初值，令 $Cost_{16 \times 16} = Max_Value$ ； $Cost_{4 \times 4} = Max_Value$ 。

Step2 亮度块 DCT 变换。读入 16×16 亮度块数据，抽样成 8×8 块，按照 Zigzag 扫描序求出前 15 个 DCT 系数，执行 Step3。

Step3 决定亮度块编码的尺寸。利用 DCT 系数计算亮度块方差 T ，如果 $T < T'_{DC}$ ，则按照 16×16 块 DC 模式编码，执行 Step9；否则如果 $T > T_2$ ，只按照 4×4 块大小选择模式，执行 Step5；否则先按照 16×16 块大小选择模式，执行 Step4。

Step4 选择 16×16 亮度块的预测模式纹理方

向。利用 DCT 的部分 AC 系数，计算亮度块纹理方向 θ ，根据 θ 的范围，选择相应的模式，记录代价函数值 $Cost_{16 \times 16}$ ；如果 $T \leq T_1$ ，进行色度块模式选择，执行 Step9；否则继续按照 4×4 块大小选择模式，执行 Step5。

Step5 缩小 4×4 亮度块的预测模式选择范围，根据均值法计算出编码块预估的编码模式，按照滑动窗口机制追加相邻的模式，执行 Step6。

Step6 选择 4×4 亮度块的最佳模式，在缩小的预测模式范围内，利用及时终止的代价函数计算准则选择最佳模式并累加此时的代价函数值到 $Cost_{4 \times 4}$ ，执行 Step7。

Step7 如果所有 16 个 4×4 亮度块的模式选择完毕，执行 Step8；否则执行 Step5 和 Step6。

Step8 如果 $Cost_{16 \times 16} < Cost_{4 \times 4}$ ，亮度块最终按照 16×16 块大小选择的最佳模式编码；否则亮度块按照 16 个 4×4 块大小分别选择的最佳模式编码；执行 Step9。

Step9 色度块 DCT 变换。读入 8×8 色度块数据，按照 Zigzag 扫描序求出前 15 个 DCT 系数，执行 Step10。

Step10 色度块预测模式选择。读入 8×8 色度块数据，按照 Zigzag 扫描序求出前 15 个 DCT 系数。

Step11 利用 DCT 的部分 AC 系数，计算色度块纹理方向 θ ，根据 θ 的范围，在相应的模式和 DC 模式间选择最优模式，记录模式，执行 Step12。

Step12 模式选择算法结束。

6.2 实验结果及分析

为了测试提出的模式选择快速算法的性能，本文以 H.264 的标准参考软件 JM10 为实验平台，以 H.264 模式选择算法为基准算法，同经典的 Pan 算法^[5]、Wang 算法^[6]以及文献[12]和文献[13]的算法进行了比较实验。实验中，开启率失真优化选项，采用 CABAC 熵编码，采用 CIF 格式的 Paris、Mobile、Tempete、Stefan 等测试序列，在 $QP=28$ 时压缩 100 帧，记录码率、客观质量和编码时间。本文按照式 (9)~式 (11) 计算 $\Delta PSNR$ 、 BR_{save} 、 T_{save} ，部分实验结果如表 1 所示。

$$T_{save} = \frac{T_{fast} - T_{ref}}{T_{ref}} \times 100\% \quad (9)$$

$$\Delta PSNR = PSNR_{fast} - PSNR_{ref} \quad (10)$$

$$BR_{save} = \frac{BR_{fast} - BR_{ref}}{BR_{ref}} \times 100\% \quad (11)$$

表 1 不同帧内预测快速算法在 $QP=28$ 时的性能比较

测试量	序列	Pan	Wang	本文
$\Delta PSNR$	Paris	-0.23	-0.02	-0.04
	Mobile	-0.26	-0.04	-0.09
	Tempete	-0.23	-0.02	-0.09
	Stefan	-0.24	-0.02	-0.11
	平均	-0.24	-0.03	-0.08
BR_{save}	Paris	3.21	2.59	3.43
	Mobile	3.17	1.70	2.16
	Tempete	3.51	2.26	3.33
	Stefan	3.71	2.66	2.02
	平均	3.40	2.30	2.74
T_{save}	Paris	-57.8	-62.5	-66.7
	Mobile	-59.1	-59.6	-68.7
	Tempete	-57.7	-61.0	-65.6
	Stefan	-58.0	-58.5	-62.8
	平均	-58.0	-60.4	-66.0

分析可知，本文算法在码率平均增加约 2.74%，PSNR 值降低约 0.08dB 的情况下，平均编码时间降低约 66.0%。与 Wang 算法相比，本文算法在质量和码率变化相当的情况下，算法计算复杂度降低幅度约 5.6%，与 Pan 算法相比，本文算法在质量下降更小、码率增加更小的情况下，算法计算复杂度大幅度降低约 8%。文献[12]在码率增加约 1.29%，PSNR 值降低约 0.06dB 的情况下，编码时间降低约 59%。文献[13]的速度提升性能最高不超过 61%。Pan 算法利用边界方向直方图计算编码块的纹理方向，引入过多的额外计算量。同样，Wang 算法通过计算编码块的域边界强度估计纹理方向，计算量非常大。图 7 和图 8 的横坐标表示 Paris、Mobile、Tempete、Stefan 序列，纵坐标分别表示预测模式选择时间节约的百分比和编码质量下降幅度（单位：dB），可看出与同类算法相比，本文算法质量在稍有下降的情况下速度增益明显。究其原因本文首先选择编码块尺寸，然后分别缩小不同尺寸块的模式选择范围，整个过程尽量避免引入过多的计算量。

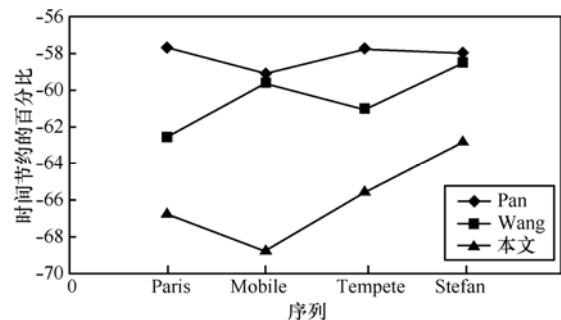


图 7 不同帧内预测快速算法节约时间比较

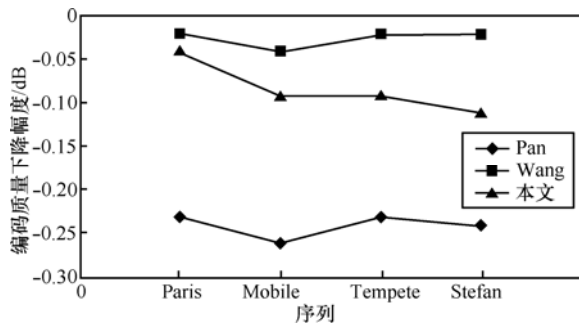


图 8 不同帧内预测快速算法质量下降比较

本文算法对于不同的视频分别编码 100 帧，编码过程中分别设置 $QP=20、28、36$ ，记录码率、客观质量和编码时间，计算 $\Delta PSNR$ 、 BR_{save} 、 T_{save} ，部分实验结果如表 2 所示。可以看出，本文方法在编码质量平均降低约 0.08dB、码率增加约 2.73%的情况下，编码时间减少约 64.1%，本文方法对于不同视频在不同压缩比率下，均具有很好的速度提升性能。

表 2 本文帧内预测快速算法在不同 QP 下的性能

测试量	序列	$\Delta PSNR$	BR_{save}	T_{save}
$QP=20$	Paris	-0.02	3.44	-63.9
	Mobile	-0.12	2.75	-65.2
	Tempete	-0.1	3.17	-64.5
	Stefan	-0.12	1.59	-64.9
	平均	-0.09	2.73	-64.6
$QP=28$	Paris	-0.04	3.43	-66.7
	Mobile	-0.09	2.16	-68.7
	Tempete	-0.09	3.33	-65.6
	Stefan	-0.11	2.02	-62.8
	平均	-0.08	2.74	-66.0
$QP=36$	Paris	-0.01	3.43	-61.0
	Mobile	-0.07	2.16	-61.8
	Tempete	-0.04	3.33	-61.8
	Stefan	-0.11	2.02	-62.5
	平均	-0.06	2.73	-61.8

7 结束语

本文提出了基于频域和空域分析的预测模式选择快速算法，充分利用 DCT 系数的能量聚集特性，估计编码块的复杂程度，进而选择合适的编码块尺寸，避免了多尺寸块的穷尽式搜索；利用 DCT 系数的方向特性缩小 16×16 尺寸块的模式选择范围；利用相邻块编码模式的空域相关性，缩小 4×4 尺寸块的模式选择范围。实验结果表明，与 H.264 帧内预测算法相比，本文算法在保持质量几乎不降的情况下，编码时间降低约 64.1%，有效提高了模

式选择的速度；与同类算法相比，本文算法具有明显的速度提升优势。

在估计编码块复杂程度以及缩小模式选择范围的过程中，为了避免引入大量的额外计算量，本文将 16×16 块下采样成 8×8 块进行 DCT 变换， 4×4 块利用相邻块的已有编码信息缩小模式选择范围。但是在限制引入更多的额外计算量的同时，牺牲了模式选择的准确性，导致视频编码质量有所下降。

参考文献：

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/ IEC MPEG and ITU-T VCEG, Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec H.264/ISO/IEC 14496-10 AVC)[S]. JVT-G050, 2003.
- [2] MENG B, AU O C. Efficient intra-prediction algorithm in H.264[A]. IEEE ICASSP[C]. 2003. 837-840.
- [3] YANG J H, YIN B C, SUN Y F. A block matching based intra frame prediction for H.264/AVC[A]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo[C]. 2006. 705-708.
- [4] FA J. A novel fast algorithm for intra mode decision in H.264/AVC encoder[A]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C]. 2006. 705-708.
- [5] PAN F. Fast mode decision algorithm for intra prediction in H.264/AVC[J]. IEEE Trans on Circuits System for Video Technology, 2005, 15(7):813-822.
- [6] WANG J C, WANG J F. A fast mode decision algorithm and its VLSI design for H.264/AVC intra-prediction[J]. IEEE Trans on Circuits System for Video Technology, 2007, 17(10):1414-1422.
- [7] PAN F, LIN X. Fast mode decision for intra prediction[A]. JVT G013 in ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6, JVT 7th Meeting[C]. Pattaya II, Thailand, 2003.
- [8] HWANG C, ZHUANG S S, LAI S H. Efficient infra mode selection using image structure tensor[A]. IEEE International Conference on Image Processing[C]. 2007. 289-292.
- [9] JING X, CHAU L P. Fast approach for H.264 inter mode decision[J]. Electronics Letters, 2004, 40(17):1050-1052.
- [10] KIM J, JEONG J. Fast intra-mode decision in H.264 video coding using simple directional masks[A]. Proceedings of SPIE[C]. 2005. 1071-1079.
- [11] KIM C S, SHIH H H, JAYKUO C C. Feature-based intra prediction mode for H.264[A]. IEEE International Conference on Image Processing[C]. 2004. 769-772.
- [12] PARK J, JEON Y W. A fast intra prediction mode decision method

based on high correlation of video sequences[A]. IEEE International Conference of Information and Technology[C]. 2010. 157-161.

[13] REN F, DONG J M. Fast and efficient intra mode selection for H.264/AVC[A]. IEEE, 2010 Second International Conference on Computer Modeling and Simulation[C]. 2010.202-205.

[14] 徐平, 余青山. 基于时空预测的 H.264 快速帧内预测模式选择算法[J]. 通信学报, 2010, 31 (9):139-145.

XU P, SHE Q S. New fast intra-prediction mode selection algorithm based on spatio-temporal predicting for H.264[J]. Journal on Communications, 2010, 31 (9):139-145.

[15] 戴声奎, 喻莉, 朱光喜. 基于视频时空相关性的帧内预测模式抉择[J]. 通信学报, 2005, 26(11):43-48.

DAI S K, YU L, ZHU G X. Intra-prediction mode decision based on video temporal and spatial correlation[J]. Journal on Communications, 2005, 26(11):43-48.

[16] 腾国伟, 王国中. 一种基于自适应阈值的 H.264/AVC 帧内预测快速模式选择算法[J]. 自动化学报, 2006, 32(4):526-533.

TENG G W, WANG G Z. A fast intra-prediction mode selection algorithm of H.264/AVC based on adaptive thresholds[J]. Acta Automatica Sinica, 2006, 32(4):526-533.

[17] SHEN B, SETHI K. Direct feature extraction from compressed images[A]. Proceedings SPIE Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV[C]. 1996. 2670-2676.

[18] 黄祥林, 沈兰荪. 基于 DCT 压缩域的图像纹理分类[J]. 电子与信息学报, 2002, 24(2): 216-221.

HUANG X L, SHEN L S. Texture-image classification in DCT compressed-domain[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2002, 24(2): 216-221.

[19] LEE S, KIM Y M. Fast scene change detection using direct feature extraction from MPEG compressed video[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2000,(4): 240-254.

作者简介:



詹舒波 (1965-), 男, 江西广丰人, 博士后, 北京邮电大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为电信多媒体增值业务。

宋建斌 (1977-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 北京邮电大学博士后, 主要研究方向为流媒体技术。

马丽 (1978-), 女, 内蒙古鄂尔多斯人, 硕士, 北京联合大学讲师, 主要研究方向为物流工程以及多媒体技术。

杨放春 (1957-), 男, 北京人, 博士, 北京邮电大学教授、博士生导师, 主要研究方向为计算机通信。

(上接第 142 页)

International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems[C]. Washington, 2005. 195-203.

[15] ZENG Y, CAO J. SecMCL: a secure monte carlo localization algorithm for mobile sensor networks[A]. IEEE 6th International Conference on Digital Object Identifier[C]. 2009. 1054-1059.

[16] WU J, CHEN H, *et al.* Label-based DV-Hop localization against wormhole attacks in wireless sensor networks[A]. 2010 Fifth IEEE International Conference on Networking Architecture, and Storage[C]. 2010.

[17] CHEN H, LUO W, WANG Z. Secure localization against wormhole attacks using conflicting sets[A]. Proc of Performance Computing and Communications Conference, IEEE[C]. 2010.

[18] CAPKUN S, GANERIWAL S, ANJUM F, *et al.* Secure RSS-based Localization in Sensor Networks[R]. Technical Report 529, 2006.

作者简介:



叶阿勇 (1977-), 男, 福建漳州人, 博士, 福建师范大学副教授、硕士生导师, 主要研究方向为无线网络安全、无线定位安全等。

许力 (1970-), 男, 福建福州人, 博士, 福建师范大学教授、博士生导师, 主要研究方向为无线网络安全与性能优化。

林晖 (1977-), 男, 福建南平人, 福建师范大学博士生、讲师, 主要研究方向为无线网络安全。