

# 实时监控系统中 H.264 模式选择算法的优化<sup>①</sup>

## Optimization of Mode Decision Algorithm for H.264 in Real-Time Monitoring Systems

李向荣 徐成 曾波 (湖南大学 软件学院 湖南 长沙 410082)

**摘要:** 由于实时监控系統对视频压缩的需要, 本文针对 H.264 标准的多模式运动估计算法编码模式复杂、计算量大的不足之处, 在宏块编码模式选择统计规律的基础上, 通过对纹理复杂度的分析, 提出了一种利用预判法与部分模式排除法相结合的快速模式选择算法。该方法提前排除 Skip 模式和 inter16×16 模式, 再根据纹理复杂度将其余的模式分为两部分, 对每部分包含的模式根据纹理方向再逐一排除, 最后得到最优的模式。实验结果表明, 本文提出的快速模式选择算法, 在码率增加较小和视频质量损失不大的情况下, 将编码时间平均缩短了 76.95%。该快速模式选择算法有效地避免了不必要的模式选择过程, 大大降低了编码复杂度, 减少了编码时间。

**关键词:** 快速模式选择 纹理复杂度 实时监控 H.264

近年来, 随着人民生活水平的提高和科学技术的发展, 用于安防的视频监控系统得到了越来越广泛的应用。视频监控系统从原来的模拟视频监控系统发展到今天的数字监控系统, 视频从前端图像采集设备输出时即为数字信号, 并以网络为媒介进行传输, 但系统前端摄像机采集的大量数据要在有限的网络带宽上传输就要解决视频压缩的问题。

### 1 H.264 视频压缩技术

H.264/AVC<sup>[1]</sup>是国际电信联盟电信标准化部的 VCEG(Video Coding Experts Group) 和国际标准化组织/国际电工委员会的 MPEG(Moving Picture Experts Group)联合成立的“联合视频组” JVT(Joint Video Team)共同制定的视频编码新标准。由于在相同重建图像质量下, H.264 相比 MPEG-4 可以节省约 50% 的输出码率<sup>[2]</sup>, 在视频内容自适性处理能力方面及网络层方面, 特别是对 IP 网络及移动网络的自适应处理能力、抗干扰能力与顽健性等方面, 相比 H.263/MPEG-4 均有大幅度提高, 同时增加了多项新的编码技术。因此, H.264 深受视频业界的欢迎, 具有良好的应用前景。然而, 由于 H.264 编码性能的提

升是以计算复杂度的增加为代价的。

在 H.264 编码算法中, 宏块共有 7 种编码模式, 其中包括 5 种帧间预测编码模式和 2 种帧内预测编码模式, 它们分别是: SKIP、inter16×16、inter16×8、inter8×16、P8×8、intra16×16 和 intra4×4。为选择到最佳编码模式, 就必须对每一个宏块进行 768 次率失真代价(RDO)计算<sup>[3]</sup>, 这样就大量消耗了编码时间, 要减少编码时间就必须对其算法进行优化。现在已经存在很多种模式选择算法, 文献[4]中通过使用 Sobel 边界算子来判断宏块是否是平滑区域, 如果是则采用 16×16 模式对其进行编码, 这种预判方法要进行整帧内所有像素的计算, 将会增加整个模式选择过程的计算复杂度; 文献[5]采用一种块区域细节估计算法, 它首先预测块区域的细节程度, 再依此排除不适合的模式, 性能较好, 但只分析了块的细节程度, 没有考虑块的纹理方向, 对于纹理方向比较明显的区域, 不能获得很好的效果, 在降低编码复杂度上能力有限。

本文在宏块编码模式选择统计规律的基础上, 通过对纹理复杂度的分析, 提出了一种新的快速模式选择算法, 在编码图像质量没有显著下降的情况下, 大

<sup>①</sup> 收稿时间: 2008-09-10

大降低了编码的复杂度。

## 2 基于模式选择统计规律和纹理复杂度的算法

H.264 在编码时,采用率失真优化(RDO)算法选择最优模式。算法中计算率失真最小代价(minRDCost)时,使用拉格朗日方法求取式(1)的最小值,使得式(1)值最小的模式就是最佳模式

$$J(m, \lambda_{mode}) = SSD + \lambda_{mode} \cdot R(m-p) \quad (1)$$

其中:SSD 为源宏块信号 S 和重建宏块信号 C 之间的均方误差,  $m=(m_x, m_y)^T$  代表运动矢量,  $p=(p_x, p_y)^T$  表示运动矢量的预测值,  $R(m-p)$  代表用来对运动信息进行编码的比特率,  $\lambda_{mode}$  表示拉格朗日乘子, 对于 P 帧

$$\lambda_{mode} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3} \quad (2)$$

式中 QP 为量化参数。

### 2.1 H.264 编码模式选择统计规律分析

在文献[6]中对部分标准序列编码时的模式选择情况进行了统计,统计结果如表 1 所示。

从统计结果中可以看出:把最佳模式定为 Skip 模式和 inter16×16 模式的宏块所占的比例很大, Skip 模式意味着当前宏块不需要运动估计,属于模式预测里最简单的一种,如果 Skip 模式适合当前宏块,其他模式都可以被省略,这样就大大节省了计算量。

表 1 不同测试序列宏块编码模式选择统计表

测试序列	SKIP	Inter16×16	Inter16×8	Inter8×16	P8×8	Intra4×4	Intra16×16
Foreman	66.87	19.77	4.61	4.16	0.76	0.57	3.26
News	87.97	6.42	1.57	2.08	0.79	0.46	0.71
Container	78.85	9.25	4.15	3.37	3.89	0.40	0.05
Akiyo	83.00	6.26	2.97	3.54	4.15	0.05	0.03

### 2.2 宏块纹理信息研究

视频图像内容可粗略分为 3 种:平坦背景区域、复杂背景区域(亚背景)和运动区域。通常,平坦背景区域在视频内容中占较大比例,一般用 16×16 的帧内预测模式可获得较好效果,而在运动区域较为复杂的情况下,则需从更多模式中选出最佳模式进行编码。如果预先就根据图像内容对背景和亚背景排除小模式和帧内模式,而对运动区域才采用小模式和帧内模式,那么编码时间将大大缩短,而图像质量不会有太大变化。

用 Var 表示当前宏块的纹理复杂度,定义为:

$$Var = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |f(x, y) - \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)| \quad (3)$$

式中:  $f(x, y)$  表示点  $(x, y)$  的像素值; M 和 N 是用来计算变量 Var 块的尺寸,通常设定为 16×16。

背景或亚背景区域的宏块纹理比较均匀, Var 很小;运动区域的宏块纹理则很复杂, Var 就很大。因此,可得结论:根据实际经验预先设定阈值 TH,如果  $Var \leq TH$ ,选择 16×16, 16×8, 8×16 等大模式;如果  $Var > TH$ ,则选择 8×8, 8×4, 4×8, 4×4 等小模式。对于纹理较复杂的亚背景和运动区域,还应计算纹理方向来进一步缩小模式集。

$$D_h = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - f(x, y-1)]^2 \quad (4)$$

$$D_v = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - f(x-1, y)]^2 \quad (5)$$

式中:  $D_h$  为水平纹理;  $D_v$  为垂直纹理。  $D_h \geq D_v$  时,块纹理趋于水平方向, 8×16 或 4×8 模式可被提前排除;  $D_h < D_v$  时,块纹理趋于垂直方向, 16×8 和 8×4 模式可被提前排除。

### 2.3 算法的具体步骤

第 1 步:初始化,将所有 7 种编码模式均设置为可选;

第 2 步:检测 SKIP 模式,若其率失真代价函数值  $J(\text{Skip})$  满足  $J(\text{Skip}) \leq T_1$ ,则令 SKIP 模式为最优编码模式,并转入第 7 步;

第 3 步:检测 inter16×16 模式,若满足  $|J(\text{Skip}) - J(\text{inter16} \times 16)| \leq T_2$ ,则从 SKIP 和 inter16×16 中确定最优编码模式并转入第 7 步;

第 4 步:若  $J(\text{inter16} \times 16) \leq T_3$ ,则将两种帧内编码模式检测标志设置为 0,不可选;

第 5 步:计算 Var,如果  $Var \leq TH$ ,则选择 inter16×8 和 inter8×16 两种编码模式,并置 intra4×4 模式检测标志为 0,计算  $D_h$  和  $D_v$ ,如果  $D_h \geq D_v$ ,则选择 inter16×8 编码模式,否则选 inter8×16 编码模式,如果  $Var > TH$ ,则选择 inter8×4 和 inter4×8 两种编码模式,并置 intra16×16 模式检测标志为 0,计算  $D_h$  和  $D_v$ ,如果  $D_h \geq D_v$ ,则选择 inter8×4 编码模式,否则选 inter4×8 编码模式。

第 6 步:若两种帧内编码模式检测标志为可选,则检测;

第 7 步:确定宏块最优编码模式。

在算法中, TH 可由多次试验获得最佳值,阈值

$T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  由经验确定,其中  $T_1$  和  $T_2$  取固定值 480 和 150, $T_3$  为量化参数  $QP$  的函数, 其计算式为:

$$T_3 = 8(QP)^2 \quad (6)$$

算法的流程图如图 1 所示。

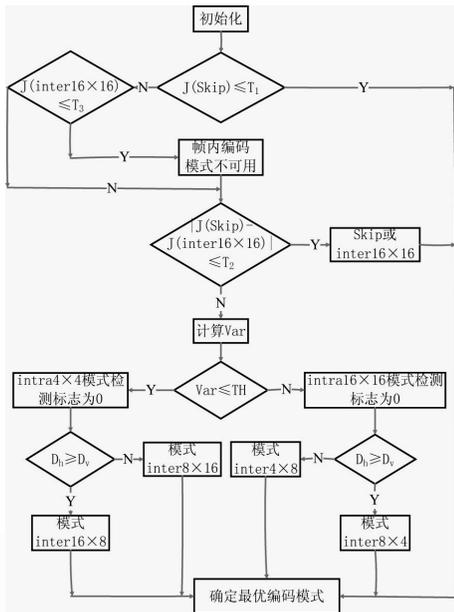


图 1 算法流程图

### 3 算法仿真结果

该快速模式选择算法在 JVT 提供的 H.264 参考模型 JM10.2 上实现对 4 个标准测试序列进行了测试。实验参数为: 测试序列长度 100 帧, 5 个参考帧, 运动搜索范围为  $\pm 32$ , 不同的序列  $QP$  取值不同, 熵编码采取 CAVLC 码, 码流格式为 IPPP。实验环境为: P4, 3.06G CPU, 512MB 内存, Windows XP 操作系统, 所有对比在是否采用本文快速模式选择算法的 JM10.2 之间进行。用 3 个指标评价本算法性能, 它们分别是重建图像质量的降低  $\Delta PSNR$ , 比特率的增加百分比  $\Delta R$  和节省编码时间百分比  $\Delta T$ , 它们的计算公式分别如下:

$$\Delta PSNR = PSNR_p - PSNR_j \quad (7)$$

$$\Delta R = \frac{R_p - R_j}{R_j} \times 100\% \quad (8)$$

$$\Delta T = \frac{T_p - T_j}{T_j} \times 100\% \quad (9)$$

式中: 下标为“p”的数值表示采用本文算法的测试值, 下表为“j”的数值则表示未经优化的 H.264 参考模型 JM10.2 的测试值。测试结果如表 2 所示:

表 2 编码性能比较

测试序列	$\Delta PSNR$ /dB	$\Delta R$ /%	$\Delta T$ /%
Foreman	0.16	1.7	76.5
News	0.12	2.6	77.2
Container	0.18	0.9	80.4
Akiyo	0.13	1.8	73.7
平均值	0.15	1.75	76.95

表 2 显示的实验结果可知, 对于不同复杂度的视频序列, 采用本文的快速模式选择算法, 重建图像的 PSNR 平均降低为 0.15dB; 输出码率平均升高为 1.75%; 编码复杂度平均降低达 76.95%。由此可见: 本文的算法以牺牲很小的图像质量和输出码率为代价, 在很大程度上降低了编码时间。

### 4 结束语

本文在分析 H.264 模式选择规律和视频监控视频序列图像纹理特点的基础上, 提出了一种预判法与部分模式排除法相结合的快速模式选择算法。实验论证了该快速算法的有效性, 本文提出的快速算法, 在码率和视频质量损失不大的情况下, 将编码时间平均缩短了 76.95%。H.264 编码复杂度的降低, 有效解决了视频监控中实时通信的需求, 对于加速 H.264 编码标准在视频监控中的应用具有重要的实际意义。

#### 参考文献

- 1 Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU VCEG. Draft IUT-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification. JVT-G050. March, 2003.
- 2 Schwarz H, Wiegand T. The emerging JVT/H.264 video coding standard. Tutorial at ICIP, 2002, 6: 65 - 69.
- 3 Jeon B, Lee J. Fast mode decision for H.264. Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG 2003.
- 4 Wu S, Lim K P, Wu D J. Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. Fast Inter Mode Selection 10th Meeting. Hawaii, 2003: 1 - 6.
- 5 Andy C Y. Efficient block-size selection algorithm for inter-frame coding in H.264/MPEG-4 AVC. Proc. ICASSP 2004: vol. 3. Montreal. Quebec, Canada: IEEE Press, 2004: 169 - 172.
- 6 Gao S, Lu T J. Fast mode decision algorithm in H.264 for video communications. The 6th International Conference on OPAC: IEEE Press, 2005, 2: 1015 - 1018.