

H.263 中全零系数块预测的新方法¹

钟伟才 刘 静 焦李成 刘 芳

(西安电子科技大学雷达信号处理重点实验室 西安 710071)

摘 要 用 H.263 标准对甚低码率图像编码时, 经过帧间预测后得到的运动补偿数据通常很小, 对这些数据再进行 DCT 和量化后往往成为全零块。Alice Yu 算法和周算法是预先判别全零系数块的较为有效的方法, 但在对较为复杂的序列图像进行预测时分别出现了较大程度的误判和漏判。针对这些缺点, 该文提出了一种新的全零系数块的判别方法, 它具有能随量化级的变化自适应地调整全零块的判断阈值、无需任何附加运算和对图像序列内容复杂程度不敏感的优点。将该方法应用于 H.263 编码器中, 对 Miss America 和 News 图像序列进行仿真实验。实验表明, 大约有 40%~80% 的块可以在做 DCT 和量化前被判别为全零系数块, 大大减少了编码的时间, 同时图像质量的下降控制在 0.0005 dB 以内。

关键词 量化, 运动补偿, 全零系数块

中图分类号 TN913.22

1 引言

H.263 是国际电讯联盟制定的关于甚低码率视频编码标准^[1,2], 它具有较高压缩比, 较强的鲁棒性, 尤其适用于 PSTN 及无线 /Internet 网络环境下的视频传输。由于视频图像往往运动比较缓慢, 如人物的头肩像, 因此这种图像运动估计的效果较好, 当它进行离散余弦变换 (DCT) 和量化后, 往往系数为零。因此, 文献 [3,4] 分别提出了一种在离散余弦变换和量化前预先判断 DCT 系数全为零的方法, 则被判断为全零的块可以省去 DCT 和量化运算, 我们把文献 [3,4] 提出的方法分别简称为 Alice Yu 算法和周算法。通过实验我们发现, Alice Yu 算法的判据过大, 往往产生较多的误判现象, 从而导致图像编码后图像质量较大幅度的下降; 虽然周算法不会出现误判, 但在实际中却出现了较大程度的漏判, 没有有效地减少 DCT 和量化的计算时间。

本文提出了一种预先判断全零系数的新方法, 它能有效地增加全零系数块的数目的同时使图像质量下降控制在极小的范围内。另外, 本文方法可以直接利用前面运动估计的结果作为判据, 因此不需要增加新的运算, 并且本文方法与 Alice Yu 算法和周算法一样可以随量化级的变化自适应地调整全零块的判断阈值。

本文结构组织如下: 在第 2 节中, 首先对 H.263 编码器进行了分析, 然后介绍 Alice Yu 算法、周算法和本文提出的算法, 第 3 节为仿真实验, 第 4 节为结论。

2 算法描述

2.1 H.263 编码器分析 文献 [3] 中 Alice Yu 等人在标准仿真程序 Telenor v2.0 的基础上对 H.263 编码器进行了优化, 用快速 DCT 替代 DCT, 用快速的运动估计方法替代全搜索运动估计, 这样使优化后的编码器速度提高到原来的 4~5 倍。在优化的基础上, 编码器各个部分的时间分布如表 1。由表 1 可知, 运动估计占整个编码时间的 25%~27%, DCT/ 量化占 24%~27%, I/O 占 29%~33%, 其中, I/O 的速度依赖于硬件的速度。

视频图像往往运动比较缓慢, 经过帧间预测后得到的运动补偿数据通常很小, 对这种数据块进行离散余弦变换和量化后往往系数成为全零。通过对 150 帧的 Miss America 和 300 帧的

表 1 优化后的编码器各部分耗时分布

| 图像序列 | 搜索算法 | 运动估计 (%) | DCT/ 量化 (%) | 重建 (%) | I/O (%) | 统计 (%) |
|---------------------|--------|----------|-------------|--------|---------|--------|
| Mother and Daughter | 2D 对数法 | 25.9 | 26.0 | 6.3 | 32.6 | 4.1 |
| | 三步法 | 27.0 | 26.2 | 5.8 | 31.8 | 3.8 |
| News | 2D 对数法 | 26.2 | 27.1 | 6.6 | 30.2 | 4.7 |
| | 三步法 | 25.9 | 26.5 | 6.9 | 31.2 | 4.3 |
| Coastguard | 2D 对数法 | 25.8 | 24.0 | 9.3 | 29.0 | 6.6 |
| | 三步法 | 24.9 | 23.7 | 10.4 | 28.5 | 6.6 |

¹ 2001-11-19 收到, 2002-06-27 改回

表 2 全零系数块占整个帧间预测块的比例

| 量化步长 (Q) | 全零系数块占整个帧间预测块的比例 (%) | |
|----------|----------------------|------|
| | Miss America | News |
| 6 | 73.7 | 59.4 |
| 10 | 83.6 | 71.9 |
| 14 | 88.6 | 78.0 |
| 21 | 93.2 | 81.5 |

News 图像序列进行实验, 我们得出表 2。从表 2 可以看出, 在量化步长为 10 时, Miss America 和 News 图像序列分别有大约 83.6% 和 71.9% 的全零系数块; 在量化步长为 21 时, Miss America 和 News 图像序列分别有高达 93.2% 和

81.5% 的全零系数块。因此我们可以把这些全零系数块在做 DCT 和量化前判别为全零系数块, 这就能大幅度地减少编码的时间, 对 H.263 软件实时实现非常有意义。

2.2 算法描述 1997 年, Alice Yu 等人提出了一个预先判断全零块的方法, 此方法是根据 DCT 系数的统计特性来判断。设 $f(x, y)$ 为一个 8×8 块的预测误差, 其二维 DCT 变换为

$$F(u, v) = \frac{1}{4} k_u k_v \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right] \quad (1)$$

其中 $u, v = 0, 1, \dots, 7$, 当 $p = 0$ 时, $k_p = 1/\sqrt{2}$; 当 $p \neq 0$ 时, $k_p = 1$ 。当 $u = v = 0$ 时, $F(0, 0) = \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y)/8$, $F(0, 0)$ 即为 DCT 变换的直流系数, 为了使 $F(0, 0)$ 经量化后为零, 因此有 $\text{ABS}(\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y)/8) < 2Q$, 即

$$\text{ABS} \left(\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \right) < 16Q$$

Alice Yu 等人根据统计规律认为: $F(0, 0)$ 是 DCT 系数中绝对值最大的, 即当 $F(0, 0)$ 绝对值小于 $2Q$ 时, 这个块被判为全零系数块。在实际中, 为了减少误判, Alice Yu 等人把判据修改为: 当某个块满足

$$\text{ABS} \left(\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \right) < 8Q \quad (2)$$

时, 被判为全零系数块。

1998 年, 周旋等人提出了另一种预先判断全零系数块的方法。其判据为: 当某个块满足

$$\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \text{ABS}(f(x, y)) < 8Q \quad (3)$$

时, 被判为全零系数块。由 (1) 式可知

$$\begin{aligned} F(u, v) &= \frac{1}{4} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) k_u k_v \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right] \\ &\leq \frac{1}{4} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \text{ABS}(f(x, y)) \end{aligned}$$

又因为 DCT 系数全为零的充分条件为

$$F(u, v) < 2Q \quad (4)$$

我们便可得出 (3) 式, 显然 (3) 式是一个充分条件。

从上述的 Alice Yu 和周算法我们可知, 周算法不需要任何的附加运算, 而 Alice Yu 算法在每次判断时需计算每个被判别块的运动补偿数据和的绝对值; 周算法由于是一个充分条件, 因

此不会出现误判,但在实际的实验中会出现较大的漏判,尤其是较复杂的图像序列。而 Alice Yu 算法相反,它能较有效地判断出全零系数块,但往往对较复杂的图像序列出现了较大程度的误判,从而导致图像质量有较大的下降。

针对上述两个算法的缺点,我们提出了一种新的预先判断全零系数块的判据。由 (1) 式可知,当 $u = v = 0$ 时

$$F(0,0) = \frac{1}{8} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x,y) \leq \frac{1}{8} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \text{ABS}(f(x,y))$$

由 DCT 系数全为零的充分条件可得

$$\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \text{ABS}(f(x,y)) < 16Q \quad (5)$$

由 DCT 系数的统计特性和大量实验发现,当某个块满足 (5) 式时,绝大多数情况下这个块都为全零系数块。因此我们把 (5) 式作为新的全零系数块的判据。此方法与周方法一样无需任何的外加运算,只需把在运动估计计算过的各块绝对值误差保存下来即可直接应用,并且本方法与周算法相比,不等式被放大了一倍,判断出了更多的全零系数块,有效的减少了计算量。另外,本文方法虽然不是一个充分条件,但在实际中其误判极少,图像质量下降控制在极小的范围内。

3 仿真试验

为了测试新算法的性能,我们对 150 帧的 Miss America 和 300 帧的 News 标准图像序列进行仿真,并与 Alice Yu 和周算法进行了比较。其中 Miss America 图像序列是一个典型的人肩头像,具有较少的运动,而 News 图像序列内容复杂,有较大的运动。我们与 Alice Yu 算法和周算法从被判断出的全零块占整个图像序列的比例(只考虑帧间编码)和由误判导致的图像质量下降程度这两个指标随量化级的变化情况进行比较。图像质量我们采用 PSNR 来衡量,其计算公式为

$$\text{PSNR} = \frac{1}{\text{frame}} \sum_0^{\text{frame}-1} 10 \lg \left\{ 255^2 \times M \times N \left/ \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - f'(x,y)]^2 \right. \right\} \quad (6)$$

其中 frame 为整个图像序列的总帧数, M, N 分别为每帧图像的长和宽, $f(x,y)$ 和 $f'(x,y)$ 分别为编码前和解码后各像素点的灰度值。

表 3 和表 4 分别为 Miss America 和 News 图像序列的实验结果,从中我们可以看出,本文方法与其他两个方法一样,随着量化级的增加被判别为全零系数的块也在增加,这是因为三者都具有自适应调整阈值的优点。当量化级数为 14 时,对于内容较为简单 Miss America 图像序列,采用本文方法有 74.2% 的块可以不做 DCT 和量化直接判为全零块,其图像序列的 PSNR 值只下降了 0.0005dB;虽然采用 Alice Yu 算法有 84.8% 的块可以判为全零块,但其中有不少是误判的,其解码图像的 PSNR 下降了 0.62dB;而周算法虽然图像质量没有下降,但只有 58.1% 的块被判为全零块。对于内容较为复杂的 News 图像序列,本文方法有超过 45% 的块被判为全零块,而图像的 PSNR 下降极少,只有 0.0001dB;而采用 Alice Yu 算法虽然有 79.3% 的块可以判为全零块,但解码图像的 PSNR 下降则高达 0.81dB;而周算法只有 19.1% 的块被判为全零块,没有有效地减少计算量。从总体来看,采用本文方法可以产生较多的全零块,减少计算量,同时对图像的内容复杂程度不敏感,图像的 PSNR 下降控制在 0.0005dB 以内。

4 结论

本文提出了一种全零系数块预测的新方法,它具有能随量化级的变化自适应地调整全零块的判断阈值、无需任何附加运算和对图像序列内容复杂程度不敏感的优点。将本文方法应用于 H.263 编码器中可以有 40%~80% 的块在做 DCT 和量化前被判别为全零系数块,大大减少了编码的时间,同时图像质量的下降控制在 0.0005dB 以内。

表 3 Miss America 序列的仿真试验对比结果

| 量化步长 Q | 本文方法 | | Alice Yu 算法 | | 周算法 | |
|-------------|---------|--------------|-------------|--------------|---------|--------------|
| | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) |
| 6 | 57.9 | 0 | 67.1 | 0.69 | 27.5 | 0 |
| 10 | 68.7 | 0.0005 | 80.5 | 0.68 | 51.4 | 0 |
| 14 | 74.2 | 0.0005 | 84.8 | 0.62 | 58.1 | 0 |
| 21 | 82.0 | 0.0004 | 89.4 | 0.47 | 65.2 | 0 |

表 4 News 序列的仿真试验对比结果

| 量化步长 Q | 本文方法 | | Alice Yu 算法 | | 周算法 | |
|-------------|---------|--------------|-------------|--------------|---------|--------------|
| | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) | 全零块 (%) | PSNR 下降 (dB) |
| 6 | 23.0 | 0 | 40.2 | 0.83 | 7.7 | 0 |
| 10 | 38.6 | 0.0003 | 66.1 | 0.96 | 12.3 | 0 |
| 14 | 45.8 | 0.0001 | 79.3 | 0.81 | 19.1 | 0 |
| 21 | 48.1 | 0 | 85.5 | 0.63 | 26.9 | 0 |

参 考 文 献

- [1] ITU-T, Draft ITU-T Recommendation H.263: Video coding for low bit rate communication, ITU-T, Mar. 1996.
- [2] ITU-T, Draft ITU-T Recommendation H.263+: Video coding for low bit rate communication, ITU-T, Sep. 1997.
- [3] Alice Yu, R. Lee, M. Flynn, Early detection of all-zero coefficients in H.263, Proceedings of the picture coding symposium, Berlin, Germany, 1997, 159-164.
- [4] 周璇, 谭径微, 余松煜, H.263 中预先判别全零系数的新方法, 上海交通大学学报, 1998, 32(9), 107-109.

A NOVEL EARLY PREDICTION METHOD OF ALL-ZERO COEFFICIENTS IN H.263

Zhong Weicai Liu Jing Jiao Licheng Liu Fang

(Key Lab. for Radar Signal Processing, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract For most sequences at very low bit rates, the value of motion compensation data usually is very small, and will all be reduced into zero after DCT and quantization. Alice Yu method(1997) and Zhou method(1998) both are effective to predicting these All-Zero Coefficients (AZC) blocks, but these two methods will, to a large extent, mis-justice and leak out the AZC blocks respectively, especially for complex sequences. In order to overcome these disadvantages, a new method of early predicting AZC blocks is proposed in this paper. In this method, no additional computation is needed and the threshold can be changed with the quantization level. Applying this method to H.263 encoder, about 40%–80% blocks of Miss America and News picture sequences can be determined to be AZC blocks before DCT and quantization. It can greatly reduce the encoding computation time and is very useful to the software implementation of H.263 in real-time. In addition, PSNR of decoding sequences is controlled within 0.0005dB.

Key words Quantization, Motion compensation, All-zero coefficient block

- 钟伟才: 男, 1977 年生, 博士生, 主要研究方向为: 图像与视频压缩, 进化计算, 数据挖掘, 数学形态学.
 刘 静: 女, 1977 年生, 博士生, 主要研究方向为: 图像与视频压缩, 进化计算, 数据挖掘, 数学形态学.
 焦李成: 男, 1959 年生, 博士生导师, 主要研究方向为: 非线性理论, 人工神经网络, 子波理论与应用, 进化算法, 数据挖掘与多用户检测.
 刘 芳: 女, 1963 年生, 副教授, 主要研究方向为: 网络智能信息处理与模式识别.