

# Wyner-Ziv 视频编码中无反馈速率控制算法研究

宋彬, 杨明明, 秦浩, 贺红

(西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室, 陕西 西安 710071)

**摘 要:** 为了避免在分布式视频编码系统中使用反馈信道, 提出了一种基于 Wyner-Ziv 编码的无反馈速率控制算法。首先, 利用目标码率和目标帧率进行 GOP 层码率分配; 然后, 根据原始图像的帧间相关性动态选择量化因子和量化矩阵来分配每个 GOP 内关键帧和 Wyner-Ziv 帧的比特数; 接下来, 利用系数带级的相关性计算相关噪声模型参数, 并选择对应的 LDPC 校验矩阵, 提出 Wyner-Ziv 帧的无反馈比特面速率控制算法。实验结果表明, 在给定目标码率下, 所提算法的编码码率误差小于 0.57%, 且与现有无反馈速率控制算法相比, 解码恢复图像的 PSNR(峰值信噪比)可以提高 1dB。另外, 该算法基本没有增加编码端复杂度, 可用于实际分布式视频通信系统。

**关键词:** Wyner-Ziv 编码; 无反馈; 速率控制; 相关噪声模型

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2011)12-0001-07

## No-feedback rate control algorithm for Wyner-Ziv video coding

SONG Bin, YANG Ming-ming, QIN Hao, HE Hong

(State Key Laboratory of Integrated Services Networks, Xidian University, Xi'an 710071, China)

**Abstract:** To avoid using feedback channel, an encoder rate control algorithm for Wyner-Ziv video coding was proposed. Firstly, using the target frame-rate and the target bit-rate, It could determine the bit allocation for each group-of-picture (GOP). According to the correlation between adjacent frames, the bit budget for a GOP were further allocated to key frame and Wyner-Ziv frames within the GOP by dynamically choosing quantization parameter and quantization matrices. Then, with refinement of correlation-noise model (CNM) parameter, different LDPC (low-density parity-check) check matrices might be chosen for each bitplane to control the encoding bitrate of Wyner-Ziv frame. Experimental results show that the difference between expected target bitrate and actual encoded bitrate is less than 0.57% using the proposed method, and compared with existing algorithm, average PSNR (peak signal-to-noise ratio) of decoded video quality can be increased by 1 dB. In addition, our algorithm slightly increases encoder complexity, and can be used in practice.

**Key words:** Wyner-Ziv coding; no feedback; rate control; correlation noise model

## 1 引言

传统的视频编码标准均采用非对称编码方式, 其中编码端利用复杂的运动估计来去除相邻视频帧的时间冗余, 导致编码器复杂度远高于解码器,

不利于低功耗编码设备的实现。另外, 使用传统视频编码标准编码后, 码流的抗误码能力较差, 不利于高误码无线信道下的视频应用。为了解决上述问题, 基于 Slapian 和 Wolf<sup>[1]</sup>的无损编码理论以及 Wyner 和 Ziv<sup>[2]</sup>的有损编码理论, 国内外正在研究分

收稿日期: 2010-08-30; 修回日期: 2011-06-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60802032); 高等学校创新引智基地基金资助项目 (B08038); 长江学者和创新团队发展计划基金资助项目 (IRT0852)

**Foundation Items:** The National Natural Science Foundation of China (60802032); The 111 Project (B08038); Program for Changjiang Scholars and Innovative Research Team in University (IRT0852)

布式视频编码 (DVC, distributed video coding) 新技术。目前比较典型的 DVC 系统是 Wyner-Ziv 视频编码系统<sup>[3-5]</sup>和 PRISM 系统<sup>[6,7]</sup>, 与 PRISM 系统相比, Wyner-Ziv 编码系统的编码器复杂度更低, 且可充分利用视频帧的时间和空间相关性, 因此大多数研究集中在 Wyner-Ziv 视频编码算法上。

在 Wyner-Ziv 视频编码系统中, 如果传输过多的编码比特会造成资源浪费, 降低系统的率失真性能; 而如果传输的编码比特数不够, 则解码器无法正确解码 Wyner-Ziv 帧, 因此编码速率控制算法在一定程度上决定了分布式视频编码系统的编码效率。在 DISCOVER 编码方案中<sup>[8]</sup>, 引入一个反馈信道, 解码端在 LDPC 译码时, 如果失败, 则向编码端请求更多数目的校验比特, 直至 LDPC 正确解码为止。这种基于反馈机制的编码速率控制方法能够提高编码效率, 但同时也极大增加了整个系统的复杂度和时延, 限制了 DVC 视频通信系统的应用。文献[9]提出利用比特面条件熵和相对错误概率的经验公式进行编码端无反馈的速率控制, 但该方法计算相对错误概率算法复杂, 且控制不同比特面速率的算法不够精确。

本文提出一种基于 Wyner-Ziv 编码的编码端速率控制算法避免使用反馈信道, 且利用帧间相关性和系数带级相关性, 在基本不增加编码复杂度的基础上更为精确地控制比特面速率来提高整个 Wyner-Ziv 视频编码系统的率失真性能。

## 2 Wyner-Ziv 视频编码系统

基于变换域的无反馈 DVC 系统如图 1 所示, 在编码侧, 首先把输入序列分为关键帧和 Wyner-Ziv

帧, 通过计算关键帧和 Wyner-Ziv 帧之间的相关性来分配帧层码率, 其中关键帧采用高效的 H.264 帧内编码和解码, 而 Wyner-Ziv 帧采用如下的编码和解码过程。

编码过程: 首先进行  $4 \times 4$  块的整数变换, 将所有变换系数按照频率位置分成 16 个系数带  $X_k$ , 对 16 个系数带进行 Zigzag 扫描排序; 然后对 16 个系数带  $X_k$  分别量化得到  $q_k$ , 每个量化后的系数用  $M_k$  个比特表示; 针对  $q_k$  内的所有系数量化值, 从高位到低位将相同权重的比特放在一起, 形成  $M_k$  个位平面, 经 LDPC 编码后得到校验比特并传送到解码端。

解码过程: 首先解码 Wyner-Ziv 帧前后相邻的 2 个关键帧, 并对这 2 个重构帧进行运动补偿内插计算得到边信息 SI 帧; 然后对 SI 帧进行  $4 \times 4$  块整数变换、Zigzag 扫描和均匀量化; 并将原始 Wyner-Ziv 帧和边信息间的误差定义为虚拟噪声, 该噪声满足拉普拉斯分布, 其特征参数可由相关噪声模型 (CNM) 计算得到<sup>[10]</sup>; 将接收到的校验位、边信息系数带  $\hat{X}_k$  和 CNM 特征参数一并输入 LDPC 解码器进行解码, 如果有错则修正低位比特面的条件概率, 以降低解码错误; 接下来, 将解码输出结果进行合并得到系数带  $q'_k$ ; 最后, 利用  $\hat{X}_k$  和解码后的  $q'_k$  进行重构得到  $X'_k$ , 并对  $\hat{X}_k$  所有系数进行  $4 \times 4$  块整数反变换得到解码 Wyner-Ziv 帧。

图 1 中编码信息包括目标码率、目标帧率和 GOP 大小等。从图 1 可以看出, 基于变换域的分布式视频编码系统中, 编码端速率控制算法将直接影响关键帧和 Wyner-Ziv 帧的编码比特数分配情况, 从而影响整个 DVC 系统的率失真性能。

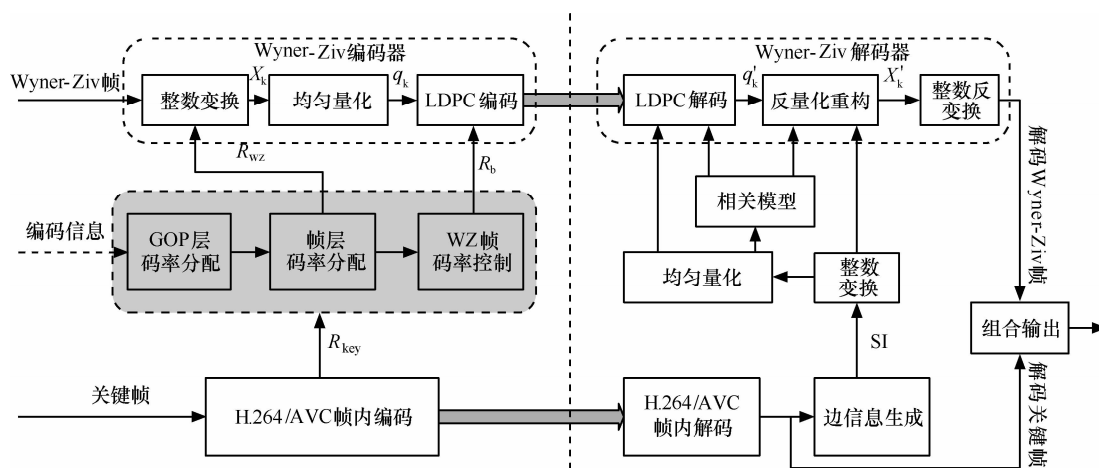


图 1 基于变换域的无反馈 Wyner-Ziv 视频编码系统

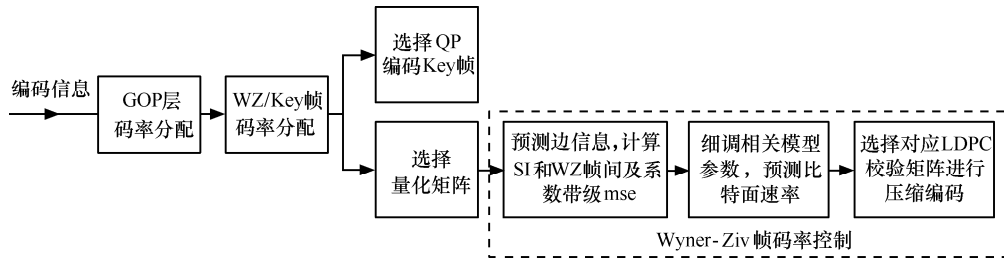


图 2 无反馈速率控制算法

### 3 Wyner-Ziv 视频编码的无反馈速率控制算法

基于前面的讨论, 本文提出一种无反馈的编码端速率控制算法, 其算法如图 2 所示。该算法整体分为 3 部分: ① GOP 层码率分配, 按照目标码率和目标帧率为当前 GOP 分配比特数; ② 帧层码率分配, 利用原始关键帧和 Wyner-Ziv 帧的图像相关性来分配每个 GOP 内关键帧和 Wyner-Ziv 帧的比特数; ③ 编码 Wyner-Ziv 帧的无反馈比特平面码率控制。下面将详细给出图 2 中的无反馈速率控制算法。

#### 3.1 GOP 层码率分配

在 GOP 层码率分配算法中, 根据目标码率  $R_T$ 、目标帧率  $F_R$  和 GOP 的大小  $S_{GOP}$  确定当前 GOP 的目标比特数  $\hat{B}_{GOP}$ , 如式(1)所示。在关键帧中, 可以利用 H.264 速率控制算法得到该帧的量化因子  $QP$ ; 在 Wyner-Ziv 帧中, 则可根据  $QP$  来选取该帧应使用的量化矩阵  $Q_{Index}$ 。

$$\hat{B}_{GOP} = \frac{R_T}{F_R} S_{GOP} \quad (1)$$

#### 3.2 帧层码率分配

在 Wyner-Ziv 视频编码系统中, 关键帧的  $QP$  决定了关键帧的解码恢复质量, 而边信息又是由前后已解码关键帧生成, 因此  $QP$  的选择将在很大程度上影响解码 Wyner-Ziv 帧的恢复图像质量。如果 Wyner-Ziv 帧和相邻 2 个关键帧的相似度较高, 则原始 Wyner-Ziv 帧和边信息间相关性强, 那么只需较少校验比特就能完成 LDPC 的正确解码; 反之, 原始 Wyner-Ziv 帧和边信息间相关性弱, 即 LDPC 正确解码就需要更多的校验比特。因此, 对于一个给定目标比特数的 GOP 来说, 可以根据相邻两帧图像之间的相关性来分配关键帧和 Wyner-Ziv 帧的比特数。为了不增加 Wyner-Ziv 视频编码系统编码端的运算复杂度, 本文利用式(2)定义的  $mse'_{GOP}$  来表征 GOP 内关键帧与 Wyner-Ziv 帧之间的相关性:

$$mse'_{GOP} = \lg \left\{ \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [f_{key}(m, n) - f_{wz}(m, n)]^2 \right\} \quad (2)$$

其中,  $M$  和  $N$  分别表示图像的长和宽,  $f(m, n)$  表示图像中点  $(m, n)$  处的像素值。实际应用中用  $mse_{GOP}$  用  $\lg 255^2$  归一化处理得到  $mse_{GOP}$ , 然后根据  $mse_{GOP}$  来确定当前关键帧的目标比特数  $\hat{B}_K$ :

$$\hat{B}_K = (1 - mse_{GOP}) \hat{B}_{GOP} \quad (3)$$

由文献[11]可知, H.264 编码器的  $QP$  增加或减小 1 其对应编码码率的变化约为 12%<sup>[11]</sup>, 即在关键帧中  $QP$  与编码比特数的关系如式(4)所示。

$$\hat{B}_K = B_p 2^{\frac{QP_C - QP_p}{6}} \quad (4)$$

其中,  $\hat{B}_K$  和  $QP_C$  分别为当前关键帧的目标比特数、当前关键帧的量化因子, 而  $B_p$  和  $QP_p$  分别为前一关键帧的实际已编码比特数和前一关键帧的量化因子, 进一步整理式(4)可得  $QP_C$ :

$$QP_C = QP_p + 6 \lg \frac{\hat{B}_K}{B_p} \quad (5)$$

利用式(5)计算得到  $QP_C$  对当前关键帧编码后, 就可以根据当前 GOP 目标比特数  $\hat{B}_{GOP}$  和关键帧实际编码比特数  $B_K$  计算得到当前 GOP 内所有 Wyner-Ziv 帧的目标比特数  $\hat{B}_{WZ}$ :

$$\hat{B}_{WZ} = \hat{B}_{GOP} - B_K \quad (6)$$

#### 3.3 Wyner-Ziv 帧的编码速率控制

Wyner-Ziv 帧的码率控制主要分为 3 个部分:

① 根据预测得到的 Wyner-Ziv 帧目标码率选择量化矩阵; ② 计算原始 Wyner-Ziv 帧图像系数带与编码端估算的边信息系数带之间的相关性, 对每个位平面进行比特数分配; ③ 结合位平面特性的 LDPC 编码。下面分别给出具体算法。

1) 选择量化矩阵

原始 Wyner-Ziv 帧经过  $4 \times 4$  块整数变换后, 针

对不同的系数带应采用不同的量化步长。设系数带  $X_k$  ( $k=1, 2, \dots, 16$ ) 均匀量化为  $2^{M_k}$  个区间, 则计算得到的每个量化符号  $q_k$  需要用  $M_k$  bit 表示<sup>[12]</sup>, 如果  $M_k$  为零, 表示对该系数带不进行编码, 在解码端用边信息的系数带直接代替。根据式(5) 计算得到关键帧量化因子  $QP$  后, 为了减小关键帧和 Wyner-Ziv 帧之间的解码图像质量抖动, 还必须选择与该  $QP$  相适应的量化矩阵来编码 Wyner-Ziv 帧。本文利用 DISCOVER 系统使用的实验统计方法<sup>[8]</sup>, 在大量实验的基础上, 表 1 给出不同测试序列  $QP$  和  $Q_{\text{Index}}$  的对应关系。编码当前 Wyner-Ziv 帧时, 可以通过表 1 得到合适的量化矩阵  $Q_{\text{Index}}$ 。

表 1 关键帧和 Wyner-Ziv 帧的量化因子关系

$Q_{\text{Index}}$	Mother-Daughter	Hall Monitor	Coastguard	Foreman
1	30	33	28	34
2	29	31	26	32
3	27	29	24	29
4	25	26	22	25
5	23	23	20	24
6	22	21	18	22
7	21	20	16	21
8	17	16	14	16

### 2) 编码端的 CNM 估计

由文献[10]可知, 解码端的边信息帧  $Y$  可以看作是原始 Wyner-Ziv 帧  $X$  经过一个“虚拟信道”的输出, 其中条件熵  $H(X|Y)$  可以用来确定 Wyner-Ziv 帧的最优编码码率。可利用式(7)来计算条件熵  $H(X|Y)$ <sup>[13]</sup>:

$$H(X|Y) = -P_{\text{cros}} \times \text{lb} P_{\text{cros}} - (1 - P_{\text{cros}}) \times \text{lb}(1 - P_{\text{cros}}) \quad (7)$$

其中,  $P_{\text{cros}} = p(Y^b = 0 | X^b = 1) = p(Y^b = 1 | X^b = 0)$ 。

在 DISCOVER 方案中, 解码端可以利用边信息(式(7))来计算条件熵  $H(X|Y)$ 。但在无反馈 DVC 系统中, 编码端无法得到准确的边信息, 也就无法计算条件熵  $H(X|Y)$ 。本算法为了准确进行编码速率控制, 同时保证 DVC 系统中编码器的低复杂度特性, 在编码端快速生成一个粗糙边信息  $SI'$ , 然后通过式(8)计算原始 Wyner-Ziv 帧与预测边信息  $SI'$  的差值来建立 CNM。接下来, 利用 CNM 和粗糙边信息  $SI'$  来计算各个比特面的  $H(X|Y)$ 。

$$p[WZ(m,n) - SI'(m,n)] = \frac{\alpha}{2} \exp[-\alpha |WZ(m,n) - SI'(m,n)|] \quad (8)$$

其中,  $p(\cdot)$  为概率密度函数,  $(m,n)$  代表像素位置,  $\alpha$  是拉普拉斯分布系数,  $\alpha = \sqrt{2/\sigma^2}$ , 其中  $\sigma^2$  为  $SI'$  和 Wyner-Ziv 残差帧的方差, 可见  $\alpha$  的取值将随图像内容的变化而变化。由式(8)可知, 构建 CNM 模型的关键在于准确计算  $\alpha$  值。在 Wyner-Ziv 编码端, 使用如下步骤来计算  $\alpha$  参数。

**步骤 1** 利用式(9)来计算粗糙边信息  $SI'$  帧和 Wyner-Ziv 帧间的残差帧  $R'$ :

$$R'(m,n) = \frac{f_f(m,n) - f_b(m,n)}{2} \quad (9)$$

其中,  $(m,n)$  表示像素位置,  $f_f$  和  $f_b$  是当前 Wyner-Ziv 帧的前后相邻原始关键帧。

**步骤 2** 得到残差帧  $R'$  后, 对  $R'$  帧的每个  $4 \times 4$  块做整数变换, 并进行 Zigzag 扫描得到系数带  $T'_b$  ( $b=1, 2, \dots, 16$ )。

**步骤 3** 计算每个系数带的方差和  $\alpha$  参数, 如式(10)和式(11):

$$\sigma_b'^2 = E[T_b'^2] - (E[T_b'])^2 \quad (10)$$

$$\alpha_b' = \sqrt{2/\sigma_b'^2} \quad (11)$$

式中  $E[\cdot]$  为求期望计算。

上述步骤中, 由于粗糙  $SI'$  帧与解码端  $SI$  帧存在较大偏差, 需要通过步骤 4 来修正  $\alpha$ , 使参数  $\alpha$  能够准确地体现“虚拟信道”的特征。

**步骤 4** 计算编码端 Wyner-Ziv 帧量化后系数带与粗糙估计的  $SI'$  帧系数带之间的相关性  $mse_{\text{CB}}$ , 并修正  $\alpha$  参数:

$$\alpha_b = \frac{\alpha_b'}{mse_{\text{CB}}} = \frac{\alpha_b'}{\text{lg} \left\{ \frac{1}{L} \sum_{m=1}^L [f_{\text{WZ}}(m) - f_{\text{SI}'}(m)]^2 \right\}} \quad (12)$$

其中,  $L$  为比特面的长度,  $f(\cdot)$  为系数带中相应位置的像素值。利用式(12)中边信息  $SI'$  帧引入的误差来修正参数  $\alpha_b$ , 如果生成的  $SI'$  帧引入较大误差, 则  $mse_{\text{CB}}$  值相应变大, 修正后参数  $\alpha_b$  的值变小; 反之则参数  $\alpha_b$  的值变大。由式(12)可知, 参数  $\alpha_b$  可以更加准确地反映原始 Wyner-Ziv 帧与边信息之间虚拟噪声的统计特性, 从而有利于 Wyner-Ziv 帧编码码率的准确估计。另外,  $\alpha_b$  也需发送到解码端辅助解码。

### 3) 结合位平面特性的 LDPC 编码

现有的分布式视频编码实现方案中大多采用速率兼容的 Turbo 码,即 RCPT<sup>[4]</sup>。与 Turbo 码相比,LDPC 码具有译码复杂度低、使用灵活和错误平台较低等优点。另外,对 DVC 系统中不同的位平面可以选择不同的 LDPC 校验矩阵,使得不同校验矩阵生成的不同校验位数能够满足 Wyner-Ziv 帧编码码率的要求,并将 LDPC 生成的校验比特传送到解码端,即方便灵活地进行比特面速率控制,具体步骤如下。

#### 步骤 1 预生成 LDPC 校验矩阵。

对长度为  $m$  的比特面生成  $n$  位校验位,需要构造若干规则或非规则的 LDPC 校验矩阵组并根据校验位数编号。从理论上分析,根据每个比特面实际编码速率来实时生成 LDPC 校验矩阵的性能最好,但受限于 DVC 编码器的低复杂度要求,可以采用间隔一定数目的校验位来预生成 LDPC 校验矩阵组,从而降低编码时延和系统的复杂度。若校验位数间隔为  $\Delta n$ ,则系统所需的校验矩阵数目

$$C = \left\lceil \frac{m}{\Delta n} \right\rceil。$$

步骤 2 依次为每个比特面选择 LDPC 校验矩阵编码。

首先计算编码当前比特面所需比特数的下界  $R_{\min} = mH(X|Y)$ ,进而从步骤 1 计算得到  $C$  个校验矩阵中,根据  $R_{\min}$  来计算当前比特面选用的 LDPC 校验矩阵序号  $S$ :

$$S = \begin{cases} -1, & R_{\min} < T_{\text{low}}m \\ \left\lceil \frac{T_{\text{up}}m}{\Delta n} \right\rceil, & T_{\text{low}}m \leq R_{\min} < T_{\text{up}}m \\ \left\lceil \frac{R_{\min}}{\Delta n} \right\rceil, & R_{\min} \geq T_{\text{up}}m \end{cases} \quad (13)$$

其中,阈值  $T_{\text{low}}$ 、 $T_{\text{up}}$  通过测定 LDPC 校验矩阵组的

纠错能力得出,它们的取值范围是  $[0,1]$ 。在式(13)中, $S = -1$  表示边信息  $SI'$  的质量较好,可以不进行 LDPC 编码,在解码端利用边信息  $SI$  对应比特面直接替代。另外,由于校验位数过小时,LDPC 码的纠错性能会下降,因此序号  $\left[ 0 \sim \left\lceil \frac{T_{\text{up}}m}{\Delta n} \right\rceil \right]$  的 LDPC 校验矩阵舍弃不用。

最后利用选定的 LDPC 校验矩阵对当前比特面进行编码,并输出校验比特用于传输。该算法将 LDPC 编码与比特面特性结合在一起,可以利用 LDPC 码的特点来灵活有效地进行比特面速率控制,也有利于降低 DVC 系统的运算复杂度。

## 4 实验结果

本文使用 QCIF 格式的标准图像序列 Mother-daughter@30Hz、Hall Monitor@15Hz、Coastguard@30Hz 和 Foreman@30Hz 进行实验研究,其中设定  $GOP$  大小为 2,并使用峰值信噪比 (PSNR) 作为衡量图像客观质量的测度。LDPC 码采用渐进边生长 (PEG)<sup>[14]</sup>方法生成的规则码,列度为 3。另外,式(13)中阈值  $T_{\text{low}}$ 、 $T_{\text{up}}$  分别取值 0.05 和 0.25。

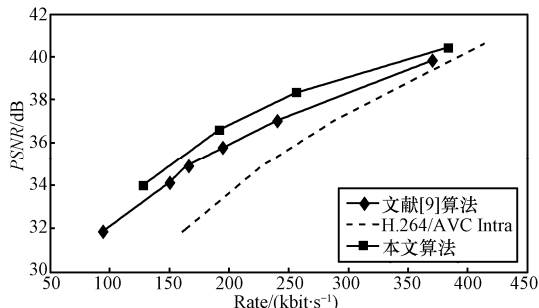
表 2 给出不同视频序列使用本文算法后 Wyner-Ziv 视频编码的编码码率实验结果,表 2 中  $R_T$  为目标码率、 $R_E$  为实际码率。从表中可以看出,对实验选取的 4 个标准序列进行 Wyner-Ziv 编码后得到实际码率与实验设定的目标码率相近,使用本文算法的编码码率误差小于 0.57%。因此本文提出的无反馈速率控制算法可以准确控制 Wyner-Ziv 视频编码系统的编码码率。

接下来,针对“Hall Monitor”和“Coastguard”序列,在图 3 中给出了本文提出的算法、文献[9]提出的算法和 H.264/AVC 帧内编码算法的率失真性能对比。从图 3(a)可以看出,在相同编码码率下,与 H.264/AVC 帧内编码方法相比,本文提出的算法解码恢复图像 PSNR 可以提高 1~3dB,与文献[9]提

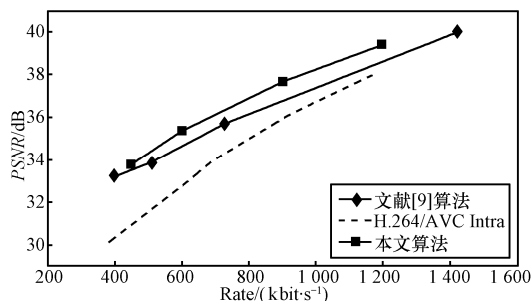
表 2 Wyner-Ziv 视频编码的编码码率实验结果 (单位: kbit·s<sup>-1</sup>)

Mother-daughter		Hall Monitor		Coastguard		Foreman	
$R_T$	$R_E$	$R_T$	$R_E$	$R_T$	$R_E$	$R_T$	$R_E$
768.00	766.90	448.00	451.44	1 152.00	1 146.77	1 152.00	1 153.99
600.00	602.80	384.00	384.67	960.00	949.46	960.00	961.98
448.00	443.19	256.00	256.64	600.00	598.91	600.00	601.96
320.00	318.37	192.00	192.35	384.00	382.14	384.00	385.00

出的算法相比, 使用本文算法  $PSNR$  也可以提高约 1dB。在图 3(b)中, 与 H.264/AVC 帧内编码方法相比, 本文算法可以使  $PSNR$  提高 1.5~3dB; 与文献 [9]给出的算法相比, 使用本文算法的恢复图像  $PSNR$  最高可以提高 1.2dB。

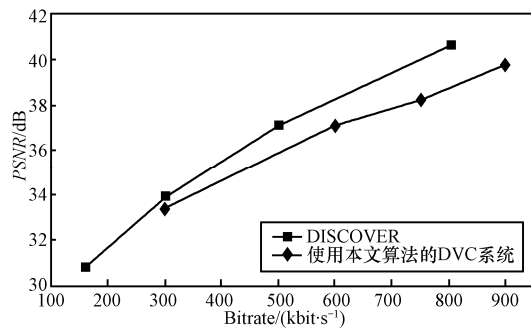


(a) Hall Monitor 序列

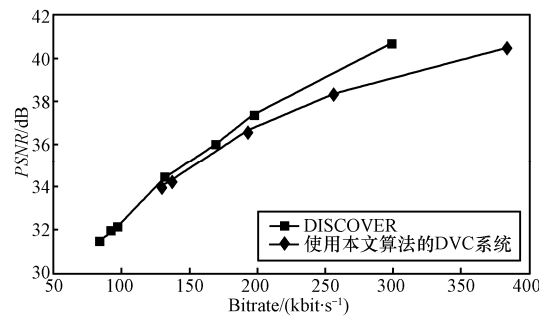


(b) Coastguard 序列

图 3 不同算法的率失真性能比较



(a) Foreman 序列



(b) Hall Monitor 序列

图 4 不同 DVC 系统的率失真性能比较

图 4 给出了有反馈速率控制和无反速率控制的分布式视频编码的系统性能比较。由于有反馈速率控制算法的自身优势, 使用本文算法的 DVC 系统与最新的 DISCOVER 系统性能<sup>[15]</sup>仍存在 1.5dB 的差距。

由图 3 和图 4 可以看出, 一方面本文算法性能整体优于文献[9]提出的无反速率控制算法。另一方面无反速率控制算法的性能介于 H.264/AVC Intra 和有反馈速率控制算法之间, 在低码率条件下本文算法远优于 H.264/AVC Intra, 可以达到与 DISCOVER 系统相当的率失真性能; 而在高码率条件下, 本文算法趋近于 H.264/AVC Intra 方法, 而与 DISCOVER 系统性能的差距越来越大, 这是因为无反速率控制算法在高码率下存在码率过高估计的情况, 这与现有研究成果<sup>[8,9,15]</sup>是一致的。

### 5 结束语

通过讨论两类 Wyner-Ziv 视频编码速率控制算法, 本文在无反反馈 Wyner-Ziv 视频编码系统中提出一种编码端高效速率控制算法。该无反反馈编码率控制算法主要由 3 部分组成: GOP 层码率分配、帧层码率分配和 Wyner-Ziv 帧速率控制。其中, 根据原始图像的帧间相关性动态选择量化因子和量化矩阵, 在帧层分配关键帧和 Wyner-Ziv 帧的比特数; Wyner-Ziv 帧利用系数带级的相关性修正 CNM, 并针对不同比特面编码比特数要求灵活生成 LDPC 校验矩阵。实验结果表明, 本文提出的算法可以精确控制编码码率, 在基本没有增加编码端复杂度的前提下, 避免系统使用反馈信道, 且有效保证 DVC 系统的率失真性能。

### 参考文献:

- [1] SLEPIAN J, WOLF J. Noiseless coding of correlated information sources [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1973, 19(4): 471-480.
- [2] WYNER A, ZIV J. The rate-distortion function for source coding with side information at the decoder [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1976, 22(1): 1-10.
- [3] AARON A, ZHANG R, GIROD B. Wyner-Ziv coding of motion video[A]. Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers[C]. USA:IEEE, 2002.241-244.
- [4] AARON A, RANE S, GIROD B. Transform-domain Wyner-Ziv codec

- for video[A]. Proc SPIE Visual Communications and Image Processing[C]. San Jose, CA, 2004.520-528.
- [5] GIROD B, AARON A, RANE S, REBOLLO-MONEDERO D. Distributed video coding[J]. Proceedings of the IEEE, 2005, 93(1): 71-83.
- [6] PURI R, RAMCHANDRAN K. PRISM: a new robust video coding architecture based on distributed compression principles[A]. Proc Allerton Conference on Communication, Control and Computing[C]. Allerton, USA, 2002. 586-595.
- [7] PURI R, MAJUMDAR A, RAMCHANDRAN K. PRISM: a video coding paradigm with motion estimation at the decoder[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2007,16(10): 2436-2448.
- [8] ARTIGAS X, ASCENSO J, DALAI M, *et al.* The DISCOVER codec: architecture, techniques and evaluation[A]. Picture Coding Symposium[C]. Lisbon, Portugal, 2007.
- [9] BRITES C, PEREIRA F. Encoder rate control for transform domain Wyner-Ziv video coding[A]. Proc of 2007 IEEE International Conference on Image Processing[C]. San Antonio, Texas: IEEE, 2007. 5-8.
- [10] BRITES C, PEREIRA F. Correlation noise modeling for efficient pixel and transform domain Wyner-Ziv video coding[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008,18(9): 1177-1190.
- [11] WIEGAND T. Rate-constrained coder control and comparison of video coding standards[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2003,13(7): 688-703.
- [12] BRITES C, ASCENSO J, PEDRO J, *et al.* Evaluating a feedback channel based transform domain Wyner-Ziv video codec[J]. Signal Processing: Image Communication, 2008,23(4):269-297.
- [13] DRAGOTTI P L, GASTPAR M. Distributed Source Coding: Theory, Algorithms, and Applications[M]. Academic Press, 2009.
- [14] HU X Y, *et al.* Regular and irregular progressive edge-growth tanner graphs[J]. IEEE Trans Inform Theory, 2005,51(1): 386-398.
- [15] The DISCOVER codec evaluation[EB/OL]. <http://www.img.lx.it.pt/~discover/home.html>.

#### 作者简介:



宋彬 (1973-), 男, 河南郑州人, 博士, 西安电子科技大学教授、博士生导师, 主要研究方向为视频压缩与通信和嵌入式多媒体通信系统。

杨明明 (1983-), 男, 陕西宝鸡人, 西安电子科技大学硕士生, 主要研究方向为数字视频压缩与传输。

秦浩 (1976-), 男, 陕西绥德人, 博士, 西安电子科技大学副教授, 主要研究方向为宽带多媒体通信和嵌入式多媒体通信系统。

贺红 (1984-), 女, 陕西神木人, 西安电子科技大学硕士生, 主要研究方向为数字视频压缩与传输。