

无反馈分布式视频编码中码率分配算法研究

夏北吨, 杨春玲

(华南理工大学电子与信息学院, 广东广州 510640)

摘要: 码率分配是无反馈分布式视频编码中的关键技术之一. 本文研究编码端快速边信息生成方法, 基于边信息和 Wyner-Ziv 帧各个位平面误码率, 提出了一种编码端码率分配算法 (Bitplane Error Probability based Encoder Rate Control, BEP-ERC). 还提出在编码端精确估计拉普拉斯-柯西混合分布 (Laplace-Cauchy Mixture Distribution, LCMD) 模型参数 α 和 μ 的思想. 实验表明本文算法与现有算法相比, 率失真性能提升 0.1 ~ 0.4dB, 且降低了编码端计算复杂度.

关键词: 分布式视频编码; 无反馈; 码率分配; 相关噪声模型

中图分类号: TN911.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2014)10-1938-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.10.011

Rate Distribution Algorithm for Feedback-Free Distributed Video Coding

XIA Bei-dun, YANG Chun-ling

(School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: Rate control is one of the key technologies in feedback-free distributed video coding (DVC) systems. This paper studies the fast method to generate side information at encoder, based on the error probability of each bitplane between side information and Wyner-Ziv (WZ) information, a bitplane error probability based encoder rate control (BEP-ERC) algorithm is proposed. Also the idea of calculating the Laplace-Cauchy mixture distribution (LCMD) model parameter α and μ at encoder is proposed. Experimental results show that the proposed BEP-ERC method has a higher rate-distortion (RD) performance than other existing feedback-free algorithms, with the increment gap of 0.1 ~ 0.4dB. In addition, its computation complexity is lower.

Key words: distributed video coding; feedback-free; rate allocation; correlation noise model

1 引言

近年来, 随着移动通信和无线网络技术的迅速发展, 传统的视频编解码方法如 H.26-x, MPEG-x 等技术已经不完全适用于要求编码端简单、抗误码性能强的应用场合, 如无线视频监控、移动视频电话等. 分布式视频编码 (Distributed Video Coding, DVC) 技术将传统视频压缩方案中在编码端对视频进行运动估计所需的大量计算转移到解码端, 大大降低编码端复杂度; 基于 Turbo 码编解码框架使得 DVC 具有较强抗误码性能. DVC 以 Slepian-Wolf 无损信源编码理论^[1]和 Wyner-Ziv 有损信源编码理论^[2]为基础, 斯坦福大学所提基于 Turbo 码变换域 Wyner-Ziv (Transform Domain Wyner-Ziv, TDWZ) 系统^[3]是当前最典型 DVC 系统之一, 本文研究基于该系统.

当前 DVC 研究大多基于反馈通道^[4], 由解码端控制码率分配, 虽能达到最优码率分配和最佳率失真性能, 但过分依赖反馈通道, 使系统延时增加且解码端计

算复杂度高, 不适用于反馈通道不存在等应用场合, 因此无反馈 DVC 系统研究得到发展. 在无反馈系统中, 编解码端间不存在反馈通道且只进行一次编解码, 降低了系统延时和计算复杂度, 能解决有反馈系统中上述问题. 对无反馈系统, 编码端码率分配合理性及解码端相关噪声模型准确性对系统性能影响较大, 这两点是目前研究热点^[5-8].

对编码端码率分配算法研究, 文献[5]提出基于位平面条件熵及相对错误概率经验公式的编码端码率分配算法, 但相对错误概率计算过程复杂且对位平面码率分配不够精确. 文献[6]对文献[5]中码率估计公式调整改进, 并在解码端引入加权重叠块运动估计和相关噪声模型更新技术. 文献[7]提出将编码端码率估计与低密度奇偶校验码 (Low Density Parity Code, LDPC) 校验矩阵选择相结合, 编码后分配比特流传输. 本文创新在于一方面基于计算编码端边信息 (Side Information, SI') 和原始 Wyner-Ziv 信息 (Wyner-Ziv, WZ) 各位平面间误码率和

信息熵,提出码率估计公式分配码率,另一方面根据不同位平面对解码质量重要性影响程度采用两套码率公式合理分配码率.

对解码端相关噪声模型研究,大多仍采用子带级拉普拉斯(Laplace)模型^[5~8],对参数 α 估计大多在解码端在线估计^[5,6,8].文献[7]采用 Laplace 分布模拟相关噪声模型,并在编码端对 α 修正后传输到解码端.虽然 Laplace 模型广泛应用于 DVC 中,但已有不少文献提出它并不能很好模拟残差信号噪声分布^[9,10].本小组提出采用 LCMD^[11]模型能更准确模拟噪声分布,并将模型应用在有反馈系统中取得了较优性能.本文创新的将 LCMD 模型应用于无反馈系统,提出在编码端计算模型参数 α 和 μ 并传输到解码端辅助译码,提高了模型参数值准确度和噪声分布拟合精确度.

2 变换域无反馈 DVC 系统

基于 DCT 域无反馈 DVC 系统^[5],本文 BEP_ERC 算法示于图 1 虚线框内,LCMD 参数计算流程为连接 LCMD 参数 α 和 μ 模块的实线所示.下面给出本文无反馈系统编解码流程.

编码:将输入序列分为关键帧(Key)和 WZ 帧.对 Key 帧,采用 H.264/AVC 帧内编码方法.对 WZ 帧,采用 Turbo 码编码方法得到校验位码流,接着运用本文所提 BEP_ERC 算法将校验位码流合理分配给对应的每个位平面.在 BEP_ERC 算法中,由当前 WZ 帧和与之前后相邻的 Key 帧采用快速块运动估计(Fast Block Motion Estimation, FBME)和平均内插(Average Interpolation, AI)混合算法粗略生成 SI' ,并基于 SI' 和 WZ 间位平面比特信息的不同个数计算错误概率,并由此估计该位平面需要传输码率大小.同时,在编码端计算解码端所采用的 LCMD 噪声模型参数 α 和 μ ,并传输到解码端.

解码:对 Key 帧编码后传输过来的码流,采用 H.264/AVC 帧内解码方法得到解码图像帧.对解码后的 Key 帧图像采用分层运动估计(Hierarchical Motion Estimation, HME)算法^[12]生成解码端边信息(Side Information, SI).将编码端传输过来的校验位码流及 LCMD 模

型参数 α 和 μ ,与 SI 一起进行 Turbo 码迭代译码.译码成功后,采用最小均方误差(Minimum Mean Square Error, MMSE)重建算法^[13]重建图像.

3 编码端码率分配算法

对无反馈 DVC 系统,编解码端间校验位码流由于不存在反馈通道只进行一次传输,因此编码端码率分配算法准确性对系统率失真(Rate Distortion, RD)性能影响很大.由于 SI 帧是 WZ 帧的粗略估计,译码过程中对单个位平面来说,SI 与 WZ 间差别越小,则所需传递到解码端校验位数越少;反之,若两者差别越大,则所需传递校验位数越多.而 SI 和 WZ 对应位平面间不同比特个数准确反应了两者差别程度,不同比特个数越少表明两者信息越接近,越多表明两者信息差别越大.而在编码端, SI' 是对 SI 的简单实现,故上述解码端 SI 和 WZ 间的关系近似等价于编码端 SI' 和 WZ 间的关系.本文在编码端生成 SI' ,并统计 SI' 和 WZ 间各个位平面不同比特个数,据此提出码率分配算法.

3.1 编码端边信息 SI' 生成

由于 DVC 系统编码端计算复杂度限制,在编码端生成 SI' 算法的计算复杂度要相对较低.文献[5,6]中提出将 AI 算法和快速运动补偿内插(Fast Motion Compensation Interpolation, FMCI)算法两者混合生成边信息 SI' (FMCI + AI 算法);文献[14]中提出将 AI 和 FBME 算法混合生成 SI' (FBME + AI 算法).且文献[14]中给出了 AI、FMCI、FBME 这三种算法的计算复杂度对比分析,相比有反馈 DVC 系统采用的运动补偿帧内插(Motion Compensation Frame Interpolation, MCFI)算法^[4],上述三种算法计算复杂度均很低.

表 1 FBME + AI 与 FMCI + AI 算法实验结果对比

序列	PSNR (dB)		相对计算复杂度	
	FBME + AI	FMCI + AI	FBME + AI	FMCI + AI
Foreman	27.61	27.43	1.0	1.04
Soccer	20.20	20.08	1.0	1.09

本文实验仿真验证了文献[14]中提出的 FBME + AI 边信息生成算法更优. FBME + AI^[14] 和 FMCI + AI^[5,6] 两种算法生成的边信息质量及计算复杂度对比数据在表 1 中给出.表中, FBME + AI 算法的峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)值较 FMCI + AI 算法提升 0.05 ~ 0.18dB 且计算复杂度略低.基于上述两种不同编码端边信息算法,在其它条件相同情况下,对 Foreman 序列(QCIF_15Hz_150 帧)进行仿真实验, RD 性能曲线示于图 2 中.由图 2, FBME + AI 较 FMCI + AI 算法对无反馈系统 RD 性能提升 0.05

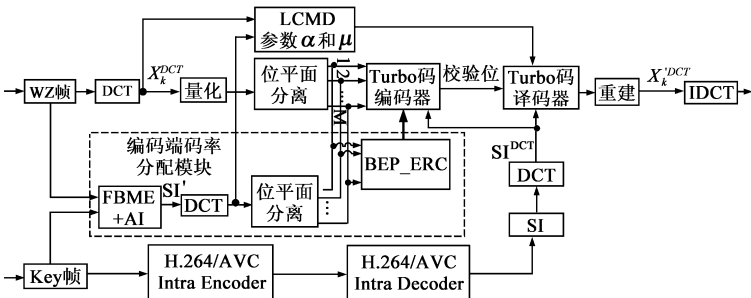


图1 本文无反馈DVC系统框架图

~0.15dB.因此,本文无反馈系统中选择 RD 性能更优的 FBME + AI 混合算法作为本文编码端信息生成算法.

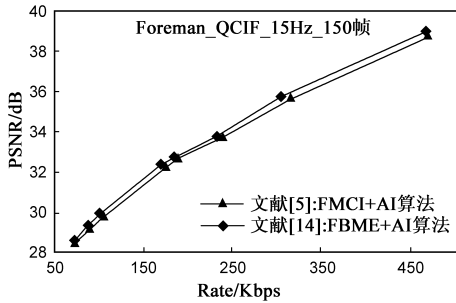


图2 不同SI'生成算法系统RD性能对比

3.2 编码端码率分配算法

在编码端生成 SI' 后,接着需要将校验位码流合理分配并传输到解码端.相关文献指出位平面传输码率为条件熵和相对错误概率的函数,且码率与条件熵之间呈指数关系^[4-6].基于该结论,本文提出基于 SI' 和 WZ 间各个位平面误码率的码率分配公式.文献[15]指出不同位平面对解码质量影响有较大差异,因此本文提出将直流子带(Direct Current, DC)各个位平面及交流子带(Alternating Current, AC)最高位位平面划分为最重要位平面(Most Important Bitplane, MIB),剩余位平面划分为一般位平面(Common Bitplane, CB),并据此采用不同的码率估计公式分配传输码率以尽量避免对重要位平面出现码率低估计的可能性,达到合理分配码率的目的.本文所提 BEP_ERC 算法步骤如下:

- (1)位平面错误比特数统计:统计出 SI' 和 WZ 对应的第 i 个位平面间错误比特个数 N_i ;
- (2)误码率 p 计算:

$$p = N_i / Len \tag{1}$$

其中, Len 表示位平面长度;

- (3)码率分配计算公式:

- (i)对 MIB 采用式(2)计算;

$$B_{k,i} = \sqrt{p} * e^{\sqrt{H(p)}} \tag{2}$$

- (ii)对 CB 采用式(3)计算;

$$B_{k,i} = \sqrt{p} * e^{H(p)} \tag{3}$$

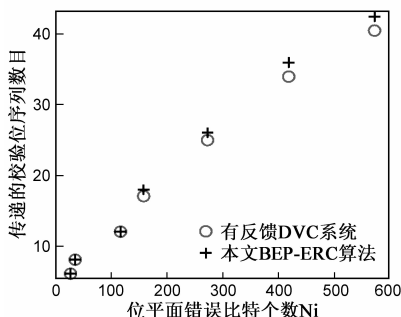


图3 第2帧DC子带校验位数目

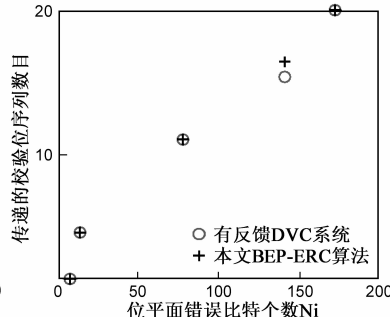


图4 第2帧AC₃子带校验位数目

其中, k 为子带编号, i 为位平面编号, $H(p)$ 为误码信息熵,由式(4)计算.

$$H(p) = -p * \log_2 p - (1-p) * \log_2 (1-p) \tag{4}$$

上述所提 BEP_ERC 算法充分利用 SI' 和 WZ 各个位平面间近似程度对传输校验位数目影响,通过计算误码率 p 和误码信息熵 $H(p)$ 分配传输码率,算法计算复杂度较低.同时,根据 DC/AC 子带各个位平面对解码质量影响程度合理选择码率估计式(2)或(3)来分配传输码率,大大减少了重要码平面码率被低估计可能性.

3.3 算法性能分析

3.3.1 码率分配精确度分析

图3、4给出 Foreman 序列在量化矩阵 $Q_i = 7^{[16]}$ 时对第2帧 DC 和 AC₃ 子带的各个位平面采用本文无反馈系统 BEP_ERC 算法估计校验位数目(图中“+”)与有反馈系统解码成功时所需传输校验位数目(图中“○”)对比.对序列综合统计,得到本文算法所估校验位数目约75%与有反馈系统相等,其它不等情况也只相差1~3个.说明本文所提 BEP_ERC 算法对传输校验位数目估计较准确.

图5给出同样实验条件下,采用本文 BEP_ERC 算法的无反馈系统与有反馈系统(标准结果)的 RD 性能曲线对比,图中本文算法相较标准结果仍有0.1~0.8dB差距.

3.3.2 计算复杂度分析

对算法计算复杂度分析,本文 BEP_ERC 算法只需在编码端统计出 SI' 和 WZ 各个位平面间不同比特个数 N_i ,接着计算误码率 p 和误码信息熵 $H(p)$,再由公式计算该位平面应传校验位数目;而文献[6]码率分配算法则涉及到较复杂的条件熵计算过程.表2中给出相同实验条件下对 Foreman 序列第2帧分别用文献[6]及本文码率分配算法仿真实验的计算复杂度对比,表中仅为码率分配算法处理时间.由表2,本文算法计算复杂度约为文献[6]的1/7.

表2 计算复杂度对比

实验对象	文献[6]码率分配算法	本文 BEP_ERC 算法
第2帧	123ms	18ms

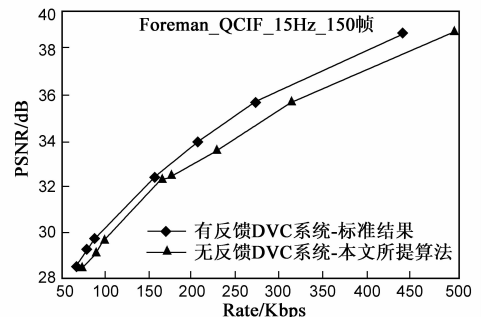


图5 本文无反馈与有反馈DVC系统RD性能对比

4 解码端相关噪声模型改进

现有 DVC 系统^[4-6]大都采用 Laplace 分布来模拟 WZ 和 SI 间 DCT 系数残差分布,主要研究对 Laplace 分布参数 α 的改进算法.文献[7]提出在编码端对参数 α 修正后传输到解码端辅助译码方法.文献[11]提出在解码端用 LCMD 分布代替传统 Laplace 分布模拟相关噪声,并通过在线或离线估计参数 α 和 μ 算法.本文将 LCMD 分布应用于无反馈系统解码端相关噪声模型,并提出在编码端计算参数 α 和 μ 传输到解码端,提高了参数估计精度.

对 LCMD 分布模拟精确度分析,本文采用拟合度^[17]式(5)衡量 LCMD 及 Laplace 分布对残差噪声拟合度;

$$A^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (p_a(i) - p_s(i))^2}{\sum_{i=1}^n (p_s(i) - p_{\text{avg}})} \quad (5)$$

式中, p_s 为样本概率值; p_a 为拟合概率值; p_{avg} 为 p_s 的平均值. A^2 越接近 1, 表示拟合效果越好.

对 Foreman(QCIF_15Hz_150 帧)第 36 帧 AC₁ 子带的 DCT 残差系数,用式(5)分别计算 LCMD 及 Laplace 模型的拟合度,结果示于表 3,可见 LCMD 较 Laplace 模型拟合效果更好.对系统 RD 总体性能,本文以 LCMD 替代传统 Laplace 分布模型, RD 性能提升 0.05 ~ 0.30dB.

表 3 LCMD 与 Laplace 分布模型残差拟合度

拟合度	LCMD 分布模型	Laplace 分布模型
A^2	0.9086	0.8124

文献[11]中对 LCMD 分布参数 α 和 μ 在解码端在线或离线估计得到,在线估计参数不准确且计算复杂度较高,而离线估计只是一种理想情况.无反馈系统中,编码端已知 WZ 和 SI' 信息,因此可在编码端估计参数 α 和 μ 并传输到解码端辅助译码,该过程基本没增加传输码率和计算复杂度,具体实现方法与文献[11]中离线参数估计方法基本相同.图 6 给出对 Foreman 序列第 36 帧 AC₁ 子带 DCT 残差系数拟合图,图中虚线为本

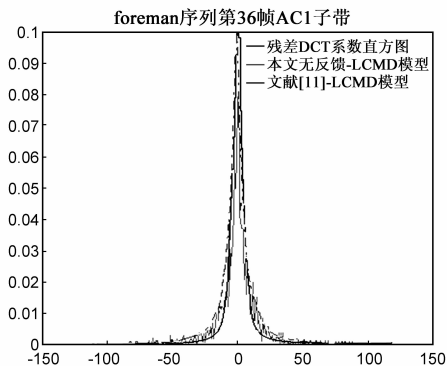


图 6 DCT 残差系数分布拟合曲线

文无反馈系统 LCMD 模型拟合分布,实线为文献[11]模型分布.

5 实验结果分析

5.1 实验条件

本文选用运动剧烈 Soccer(30Hz_300 帧),运动中等 Coastguard(15Hz_150 帧及 30Hz_300 帧),运动中等偏上 Foreman(15Hz_150 帧及 30Hz_300 帧)和运动缓慢 Hall monitor(15Hz_165 帧)作为测试序列,均为 QCIF 格式.只对视频序列亮度分量进行编解码,序列从第 0 帧开始的奇数帧为 Key 帧,偶数帧为 WZ 帧.实验中 GOP = 2,对 Key 帧,采用 H.264/AVC Intra 进行帧内编码,量化参数(QP)的选择与 DISCOVER^[16]一致;对 WZ 帧,量化矩阵(QI)的选择与 DISCOVER^[16]一致.系统采用 Turbo 码编码器码率为 1/2,生成矩阵为 $\begin{bmatrix} 1, & \frac{1+D+D^3+D^4}{1+D^3+D^4} \end{bmatrix}$. 本文所有实验结果中 RD 曲线图均包含 Key 帧和 WZ 帧码率及 PSNR 值.

5.2 实验结果及分析

采用本文所提 BEP_ERC 算法,对帧率为 15Hz 各序列实验仿真所得 RD 曲线如图 7、8、9,对帧率为 30Hz 各序列仿真所得结果如图 10、11、12. 以上图 7 ~ 12 中,横坐标表示码率,单位为 Kbps;纵坐标表示 PSNR 值,单位为 dB.图中,文献[6]码率分配算法是对文献[5]算法的改进,它是当前被广泛采用的编码端基于 Turbo 码码率分配算法,并得到大量实验验证^[5,6,17],本文将该算法在本小组实验平台上仿真实现,实验结果对比示于图 7 ~ 10;文献[7]提出基于 LDPC 码率分配算法能灵活且较准确控制传输码率,并在编码端传输噪声模型分布参数到解码端辅助译码,取得了较好实验性能,对本文有很好参考作用,实验结果对比示于图 11、12;文献[16]为欧洲 DISCOVER 视频研究小组所给 DVC 系统官方网站,是公认最具说服力的有反馈 DVC 系统实验结果,将本文算法实验结果与之比较,能有效验证本文算法综合性能.

下表 4 给出了本文所提算法与文献[6]算法在图 7 ~ 10 中各 RD 性能点处编码端编码过程所需时间,单位为 s,表中本文算法编码时间在各个率失真性能点处均低于文献[6],说明本文算法计算复杂度低于文献[6].

由图 7 ~ 10 可见,本文算法较文献[6]码率分配算法实验性能均有不同程度提升,其中对 Hall monitor 序列提升效果最明显且最高达到 0.35dB;对 Coastguard 序列提升效果次之;对 Foreman 序列提升效果较低,但也有 0.2dB 的提升;对 Soccer 序列(30Hz)提高 0.3dB 左右.原因主要在于:一方面,本文算法以 WZ 和 SI' 信息近似程度为依据分配传输码率实现了对码率灵活控

制,同时该算法针对不同位平面对解码质量影响采用不同的码率估计公式也使得码率分配更加合理,达到了合理控制码率目的;另一方面,本文在编码端计算 LCMD 分布参数并用于解码端迭代译码,提高了译码准确性.

图 11、12 示出本文所提算法和文献[7]算法性能对比.由于文献[7]是基于 LDPC 码实现,而本文算法基于 Turbo 码实现.因此,文献[7]中码率分配算法无法在本文实验平台上实现,图中所列文献[7]实验结果直接来

源于该文献.由图可见,本文算法 RD 性能整体优于文献[7],表明本文所提算法的有效性.

由于 DISCOVER^[16]在分布式视频压缩中的重要地位,本文也与 DISCOVER 小组所给实验结果进行对比.由图 7~10,本文算法 RD 性能与 DISCOVER 还存在一定差距.对运动变化慢序列,本文算法 RD 性能与 DISCOVER 总体差距较小,低 0.1~0.4dB;对运动变化快序列,本文算法与 DISCOVER 总体差距较大,低 0.5~1.2dB.

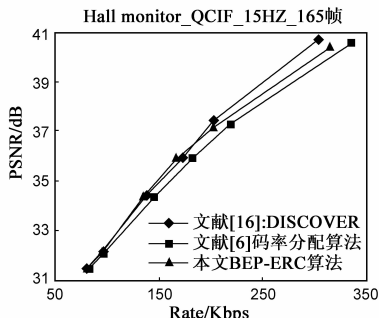


图7 Hall-monitor@15Hz RD性能曲线

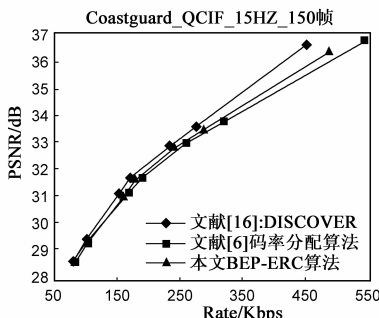


图8 Coastguard@15Hz RD性能曲线

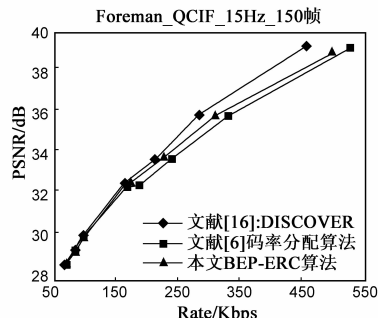


图9 Foreman@15Hz RD性能曲线

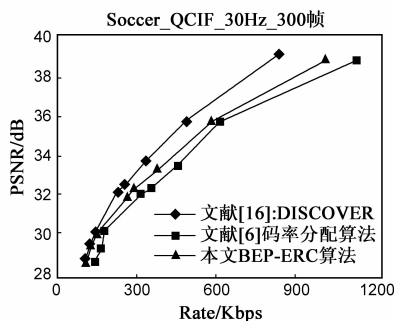


图10 Soccer@30Hz RD性能曲线

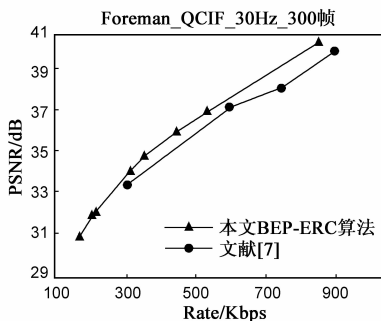


图11 Foreman@30Hz RD性能曲线

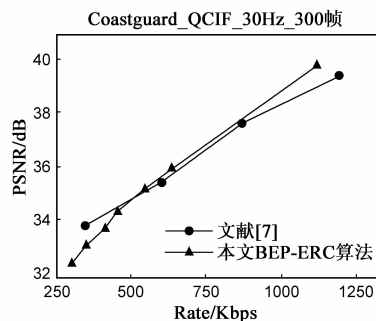


图12 Coastguard@30Hz RD性能曲线

表 4 各率失真性能点处编码时间

序列	QI = 0		QI = 1		QI = 2		QI = 3		QI = 4		QI = 5		QI = 6		QI = 7	
	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文	[6]	本文
Hall_15Hz	31.28	29.63	32.71	30.93	32.89	30.99	35.40	33.36	35.59	33.43	37.49	35.20	39.03	36.62	42.94	40.40
foreman_15Hz	28.63	26.04	29.69	26.90	30.68	27.69	33.57	30.37	33.79	30.41	35.51	31.93	37.99	34.22	41.95	37.98
coastguard_15Hz	30.29	27.69	32.10	29.28	32.32	29.32	34.69	31.49	35.97	32.57	38.27	34.67	39.68	35.88	44.07	40.07
soccer_15Hz	30.36	26.86	31.47	27.69	32.76	28.72	35.60	31.23	35.99	31.41	37.68	32.83	40.09	34.96	45.10	39.71

6 结束语

对无反馈 DVC 系统,本文所提 BEP-ERC 算法,首先在编码端生成简单边信息 SI',并计算 WZ 和 SI'对应各个位平面间误码率和误码熵,利用提出的码率估计公式分配码率并传输到解码端完成码流分配过程;然后在编码端计算 LCMD 模型参数 α 和 μ ,与校验位码流一起传输到解码端辅助 Turbo 码迭代译码;最后在解码

端对 DCT 残差系数采用 LCMD 分布替代传统 Laplace 分布模型用于残差分布模拟.本文算法计算复杂度低于现有无反馈码率分配算法,且本文仿真结果表明该算法较现有无反馈码率分配算法 RD 性能有所提升,尤其是对运动变化较缓慢的序列,增益更明显.但是在仿真过程中发现,本文所提算法中,存在少部分位平面不能成功译码的现象,对系统 RD 性能有一定影响.下一步

将研究对这些不能正确译码位平面在解码端进行错误隐藏,以提高解码视频质量.

参考文献

- [1] D Slepian, J Wolf. Noiseless coding of correlated information sources[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1973, 19(4): 471 - 480.
- [2] A Wyner, J Ziv. 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] B Girod, A Aaron, S Rane, D R Monedero. Distributed video coding[J]. IEEE Special Issue on Video Coding and Delivery, 2005, 93(1): 71 - 83.
- [4] J Ascenso, et al. The VISNET II DVC codec: architecture, tools and performance[A]. Proceedings of the 18th EUSIPCO Conference on Signal Processing Conference [C]. Aalborg, Denmark, 2010. 23 - 27.
- [5] Catarina Brites, Fernando Pereira. Encoder rate control for transform domain Wyner-Ziv video coding[A]. Proceedings of IEEE ICIP[C]. San Antonio, 2007. II-5-II-8.
- [6] Catarina Brites, Fernando Pereira. An efficient encoder rate control solution for transform domain Wyner-Ziv video coding [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2011, 18(9): 1278 - 1292.
- [7] 宋彬, 杨明明, 秦浩, 贺红. Wyner-Ziv 视频编码中无反馈速率控制算法研究[J]. 通信学报, 2011, 32(12): 1 - 7.
Song Bin, Yang Ming-ming, et al. No-feedback rate control algorithm for Wyner-Ziv video coding[J]. Journal on Communications, 2011, 32(12): 1 - 7. (in Chinese)
- [8] 杨春玲, 林玉广, 张兴绍. 半反馈和单向分布式视频编码算法研究[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(11): 1589 - 1595.
Yang Chun-ling, Lin Yu-guang, Zhang Xing-shao. Research on semi-feedback and unidirectional distributed video coding[J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(11): 1589 - 1595. (in Chinese)
- [9] X Huang, S Forchhammer. Cross-band noise model refinement for transform domain Wyner-Ziv video coding[J]. Signal Pro-

cessing Image Communication, 2012, 27(1): 16 - 30.

- [10] 尹明, 蔡述庭, 谢云. 基于高斯混合模型的 Wyner-Ziv 视频编码[J]. 计算机学报, 2012, 35(1): 173 - 182.
Yin Ming, Cai Shu-ting, Xie Yun. Wyner-Ziv video coding based on Gaussian mixture mode[J]. Chinese Journal of Computers, 2012, 35(1): 173 - 182. (in Chinese)
- [11] 杨春玲, 谢小兰. DVC 中拉普拉斯-柯西混合分布相关噪声模型研究[J]. 电子信息学报, 2012, 34(10): 2348 - 2352.
Yang Chun-ling, Xie Xiao-lan. A Laplacian-Cauchy mixture model for improved correlation noise modeling in distributed video coding[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2012, 34(10): 2348 - 2352. (in Chinese)
- [12] Ascenso J, Pereira F. Hierarchical motion estimation for side information creation in Wyner-Ziv video coding[A]. Proceedings of the 2nd International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication [C]. New York: ACM, 2008. 347 - 352.
- [13] D Kubasov, J Nayak, C Guillemot. Optimal reconstruction in Wyner-Ziv video coding with multiple side information[A]. Proceedings of the 9th Workshop on IEEE MMSP [C]. Crete, 2007. 183 - 186.
- [14] Bao-guo Du, H Shen. Encoder rate control for pixel-domain distributed video coding without feedback channel[A]. Proceedings of the third International Conference on IEEE Multimedia and Ubiquitous Engineering [C]. Qingdao: MUE, 2009. 9 - 13.
- [15] Brites C, Ascenso J, Quintas 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.
- [16] The DISCOVER codec evaluation [DB/OL]. <http://www.img.lx.it.pt/~discover/home.html>, 2010-09-14/2013-07-20.
- [17] V Kumar, S Sengupta. Unidirectional encoder rate control scheme for transform domain distributed video coding [A]. Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops [C]. Melbourne, VIC, 2012. 89 - 94.

作者简介



夏北吨 男, 1988 年 05 月生, 湖北荆州人. 2011 年毕业于湖北工业大学获学士学位, 现华南理工大学电信学院硕士研究生, 从事图像压缩技术研究及分布式视频编解码研究.
E-mail: xia_beidun@163.com



杨春玲 女, 1970 年 02 月生, 广东广州人. 华南理工大学电信学院教授, 博士生导师, IEEE 会员. 1999 年获博士学位. 主要研究方向: 图像/视频压缩、图像质量评价研究.
E-mail: eeclyang@scut.edu.cn