

基于混沌置乱预处理的分布式视频编码

郭礼华

(华南理工大学电子与信息学院, 广州 510641)

摘要: 针对分布式视频编码中的突发差错特性, 提出一种基于混沌置乱预处理的方法。该方法通过混沌映射置乱图像, 把差错均匀地分布在置乱后的图像中, 结合传统分布式编码方法有效实现视频数据的编码。实验结果表明, 混沌置乱预处理能够提高分布式视频编码的性能, 实现复杂度低, 可以应用于某些具有安全要求的领域。

关键词: 分布式视频编码; 多媒体系统; 混沌置乱

Distributed Video Coding Based on Chaotic Permutation Preprocessing

GUO Li-hua

(School of Electronic and Information, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

【Abstract】 Chaotic permutation-based preprocessing is proposed to solve the burst error problem in video distributed coding, which uses the chaotic mapping to permute the image for scattering the error. After preprocessing, the traditional distributed video coding with permutation preprocessing can implement video coding efficiently. Experimental results show that permutation-based preprocessing can improve the performance of distributed video coding, and it has low-complexity and can be applied in some security fields.

【Key words】 distributed video coding; multimedia system; chaotic permutation

1 概述

基于帧间预测的传统视频编码器虽然可以得到很高的压缩性能, 但是由于这些算法存在运动估计的因素, 编码计算复杂度都比较高, 且采用预测编码框架, 因此对于信道差错很脆弱。在无线视频应用领域, 编码后的数据需要有一定的抗误码性能, 同时出于实用过程中手持终端电源的考虑, 功耗必须尽可能小。根据这些需要提出了分布式视频编码框架。在分布式框架结构下, 编码器不再需要运动估计, 编码的计算复杂度有了很大的降低, 同时在信源编码过程中结合信道编码技术提高了传输的抗误码性能。目前主要有以下几种技术: 文献[1]提出的 RS 纠错码与视频编码混合的 Wyner-Ziv 视频编码器; 文献[2]提出的 Trellis 码构建 PRISM 视频编码; 文献[3]提出的 Turbo 信道编码的分布式编码系统, 文献[4]提出的基于 LDPC 信道编码的分布式编码系统。本文提出以预处理方法来提高分布式视频编码的性能, 而非讨论各种分布式视频编码算法的性能, 因此, 本文的分布式视频编码算法选用 RS 纠错码的 Wyner-Ziv 视频分布式编码算法。

2 交织预处理

首先简单介绍 RS 纠错码的 Wyner-Ziv 视频分布式编码算法的主要思想。在 Wyner-Ziv 的分布式视频压缩算法中, 视频帧一般分成帧内视频帧和 Wyner 视频帧, 帧内视频帧的编码压缩方法等同于传统的 MPEG 帧内视频压缩算法, 而 Wyner 视频帧主要利用其与帧内视频帧的相关信息, 把相关信息编码后传送给解码。在 Wyner-Ziv 视频编码器中, 首先把视频帧分成 16×16 大小的宏块, 如果当前帧是帧内视频帧, 此宏块将利用 DCT、量化和变长编码等帧内编码技术进行压缩; 如果当前帧是 Wyner 视频帧, 此宏块将和前面视频帧内

对应位置的宏块进行比较, 寻找两者之间的偏差, 宏块之间的偏差作为边信息, 利用 RS 信道编码技术把宏块偏差的边信息进行编码处理, 在传输时只需传送 RS 编码后的检验位。在解码端, 解码器接收到帧内视频帧和 Wyner 视频帧的压缩数据, 帧内视频帧的压缩数据利用 MPEG 标准的帧内解码算法进行解码, 从而还原帧内视频帧, Wyner 视频帧的压缩数据主要是 RS 编码的检验位。由于 RS 编码具有纠错功能, 因此利用帧内视频帧数据和 RS 编码的检验位可以很好地还原出宏块间的偏差的边信息, 由此可以对帧内视频帧进行补偿, 得到最终的 Wyner 视频帧。

在视频序列中, 视频对象之间的移动使得前后视频帧之间除了有背景(前后时间上数值基本保持不变部分)外, 还存在视频前景对象以及前景对象移动所引起的遮挡区域和暴露区域。从时间轴上看, 遮挡和暴露区域在帧间对应位置处的像素值差别非常大, 且和帧间像素不相关, 所以, 如果采用分布式编码算法对这些数据进行编码, 分布式编码算法会把其和信道上所引发的数据差错等同为差错数据, 并且由于遮挡和暴露区域在图像帧中常常聚集在一块, 而 Wyner-Ziv 的分布式编码算法是采用块方式进行编码的, 因此这些区域引起的差错数据具有突发特性, 其特性结构与信道模型中突发差错的分布特性非常类似。

由于差错具有突发性, 而交织处理在数据通信过程中可

基金项目: 广东省博士启动基金资助项目(07300582); 华南理工大学新教师基金资助项目

作者简介: 郭礼华(1978 -), 男, 讲师, 主研方向: 图像处理, 视频处理

收稿日期: 2007-12-05 **E-mail:** Guolihua@scut.edu.cn

以很好地辅助解决突发差错,因此把交织处理引入到分布式视频系统中。首先对视频帧选用交织前处理,即在编码之前对视频帧数据进行交织,再进行分布式视频编码处理。其系统框图如图1所示。其中,分布式视频编码算法采用了SLEP算法^[5]。在SLEP算法中,MPEG编码器并没有强制要求选用哪一种。选用标准的MPEG-2编解码器主要对视频进行帧内编解码。编码端和解码端的QP操作主要是把重建的视频帧进行粗量化,减少与当前视频帧之间的偏差。在整个系统结构中,增加了相应的交织处理(图中灰色部分)。选用2种数据交织器:40×40和176×144。对于Suzie视频序列,在实验平台上,如果要纠错95%的差错,40×40的数据交织方案必须选用纠错能力为30的RS编码器,176×144的数据交织方案必须选用RS编码器,纠错能力要达到46,比没有进行交织的性能还差,这主要是由于对象的不规则,如果交织大小没有选好,在某些块内差错个数有可能比较少,而有些块的差错个数非常多,块内差错个数的分布更散乱,可见用纯粹交织方法解决视频差错的突发差错不能得到较好的结果。

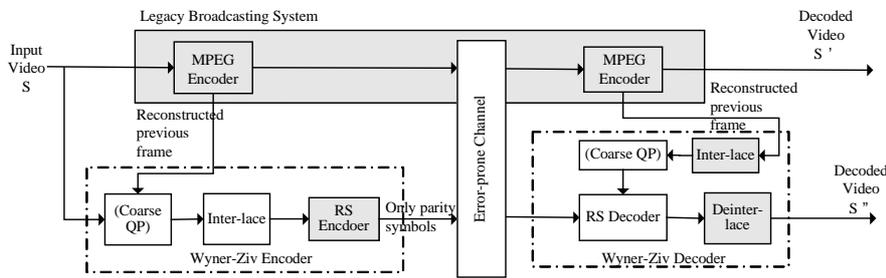


图1 分布式视频编解码系统框图

3 基于混沌置乱的前处理

在混沌理论中,混沌映射可以产生毫无规则的混沌序列,为此利用混沌映射产生的混沌序列把图像的像素进行随机分布,从而实现图像像素重新排序。这种排序毫无规则,图像经过混沌序列的排序后将非常混乱,这种方法也称为图像的混沌置乱,可以较好地解决视频突发差错。

选取的 Logistic 混沌映射如下:

$$x_{n+1} = \mu x_n(1 - x_n) \quad -1 < x_n < 1$$

当 $\mu = 4$ 时,混沌序列集合支集为 $[0,1]$,以下各序列均用这个参数的混沌映射产生。由于这种混沌置乱技术仅仅产生一维混沌序列,不能直接用于二维混沌映射,因此修改混沌置乱方案。主要是把图像逐行排列,形成一个行向量,设它有 L 个元素,置乱方法如下:

- (1)把图像像素排列成一个一维序列。
- (2)用混沌映射产生 2 个和该向量相同长度的序列 C_1 和 C_2 ,把序列里的每个元素映射成 $[1,L]$ 之间的一个整数。
- (3)依次扫描整个 C_1 和 C_2 ,交换图像序列中 $C_1(i)$ 和 $C_2(i)$,当一个周期完成后,图像序列的像素已被完全置乱。
- (4)把图像序列重新排成二维图像,这时会产生一幅杂乱无章的图像。

要在分布视频编码之前增加混沌置乱预处理,只要在基于交织预处理的系统框图中把交织和反交织改成混沌置乱和反置乱处理。

图2显示的是经过混沌置乱预处理后的差错分布直方图,其整个图像帧内宏块内偏差个数的分布将更加集中,如果要纠正95%的差错,只需要17次纠错,此时压缩倍数可以达到 $256/34=7.5$ 。

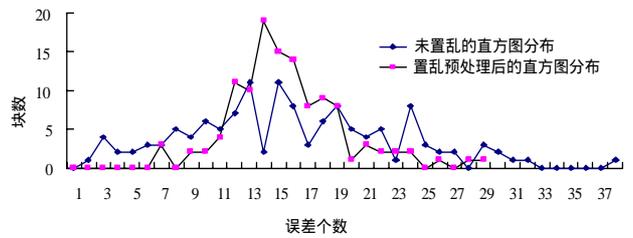


图2 宏块内数据偏差个数直方图分布

4 试验结果

选用 Suzie、Forman、Grandma 和 Moblie 视频序列作为算法性能的测试序列,为了突出验证置乱预处理的性能,把分布式视频编码后的数据直接送给解码端,不通过实际的误码信道。选用 RS(255,223)码的编码器,交织处理选用 40×40 和 176×144 2 种交织器,MPEG 帧内编码选用 MPEG-2 的编码器,编码速率为 384 Kb/s。采用峰值信噪比作为评价各种方法的客观标准,在编解码过程中分别增加交织和混沌置乱预处理,然后统计解码后的视频帧的平均 PSNR 值。表1给出了4种分布式编解码系统对4种序列分别进行解码后,其解码视频帧的平均 PSNR 值。

在 Grandma 视频序列中,由于其对象的移动比较缓慢,所引起的遮挡区域和暴露区域比较小,因此分布式编解码系统对这种序列的编解码效果最好。Mobile 视频序列由于其视频对象会移动,而且摄像机镜头还会水平平移,引起背景的水平移动,在这4种序列中,其帧间误差比较大,因此分布式编解码系统的总体效果最差。从单个视频序列上来看,选用混沌置乱预处理的分布式编解码系统的 PSNR 比其他方案都高,所以,增加混沌置乱预处理后总体性能得到了改进。

表1 解码视频帧平均 PSNR 值 dB

视频序列	无预处理的传统分布式编码器	40×40 大小交织的分布式编码器	176×144 大小交织的分布式编码器	混沌置乱的分布式编码器
Suzie	31.86	33.63	33.78	34.16
Forman	31.36	32.87	33.13	33.84
Grandma	34.92	35.14	35.11	35.32
Mobile	28.15	29.38	28.91	31.46

5 算法分析

根据基于混沌置乱预处理的系统框图,混沌置乱预处理只是置乱视频帧数据,并没有改变视频帧的数据,所以,这种预处理可以应用到其他分布式视频编码系统中。在算法复杂度上,混沌置乱处理主要是利用混沌序列进行图像像素的重排序,所以,其主要运算复杂度只增加了混沌序列的生成。从 Logistic 混沌映射公式可以看出,其运算非常简单,相对于编码系统来说,预处理没有增加运算量,只是增加了图像帧存储时的内存操作,所以,对于编码端的功耗基本没有影响。在基于混沌置乱预处理的系统中,如果解码端需要正确还原编码端的数据,需要在解码端进行混沌反置乱,即产生一个混沌序列,此混沌序列必须和编码端的混沌序列一样,解码端才能正确还原原始图像数据。在 Logistic 混沌映射公式所产生的混沌序列中,其完全依赖于初始值 x_0 ,即使初始值发生微小偏差,其混沌序列也将完全不同,所以,这个初始值也可以视作整个系统中的一把“密钥”,解码端只有拥有

(下转第 218 页)