

用于 IP 网络的差错复原编解码器

梁 凡 肖自美 方艳梅 刘红梅

(中山大学电子与通信工程系, 广州 510275)

摘 要 随着因特网的飞速发展,基于 IP 网络的视频通信越来越受到重视,但由于 IP 网络属于易于发生差错的信道,因此基于 IP 网络的视频通信业务必然要受到信道差错的影响.为了对抗信道差错,差错复原技术已成为易发生差错信道下视频编码的重要组成部分.针对 IP 网络时常发生拥塞和带宽经常变动而造成的数据分组丢失、时延和抖动问题,提出了用于 IP 网络的差错复原技术综合应用解决方案.该方案通过综合运用多种差错复原技术,大大提高了压缩码流的抗差错能力和解码器的差错复原能力.同时应用该方案实现了具有差错复原性能的 H.263、H.26L 视频编解码器.利用 Internet 网络模型对编解码器的差错复原能力进行了实验.实验结果表明,该视频编解码器具有良好的差错复原性能,重建图象的主客观质量得到了明显的改善.

关键词 视频压缩编码 差错复原 差错掩盖 基于 IP 网络的视频

中图分类号: TP919.81 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)05-0502-05

Error Resilience Codec for IP-Based Video Delivery

LIANG Fan, XIAO Zi-mei, FANG Yan-mei, LIU Hong-mei

(Department of Electronic and Communication Engineering, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Abstract IP-based video communication is becoming increasingly important in recent years. One inherent problem of IP-based video communication is channel errors. Current video compression standards achieve efficient compression by using predictive coding and variable length entropy coding. Variable length coding techniques are highly vulnerable to channel errors. The channel errors cause the decoder to lost synchronization with the decoder. Predictive coding techniques make the errors quickly propagate across the entire video sequence. So the effect of these errors not only can cause great degradation of the quality of reconstructed images, even can lead to the failure of the whole video communication system. Error resilience techniques have been employed to reduce the effect of the channel errors. The syntax and the structure of compressed video stream have been modified to get error resilient video stream. So the decoder can much more easily detect errors and to recover the lost data from the errors. Error resilience techniques also use the spatial and the temporal correlations within the video sequence to reduce the degradation of the quality of reconstructed images. This article presents an integrated resolving scheme of error resilience technologies for IP-based video delivery. This scheme employs several error resilience technologies, such as the slice mode, resynchronization and error concealment, etc, it can greatly increase the error resilient capability of the video codec. We also implement error resilient H.263 and H.26L codec based on this scheme. This article also gives some simulation results of error resilience technologies based on Internet models. The result shows error resilience technologies can remarkably improve the subjective and objective quality of the reconstructed image.

Keywords Video compression, Error resilience, Error concealment, Video over IP

0 引言^[1]

由于通信技术、网络技术和计算机技术的进步,互联网在 20 世纪 90 年代得到了飞速发展,同时基于 IP 网络的视频通信也越来越受到重视,但 IP 网络由于分组交换网络所固有的缺点,即网络拥塞时有发生,网络带宽经常变动,而造成数据分组丢失、时延和抖动.对于数字视频通信来讲,这类由于实际传输信道性能原因而出现的信道差错(channel error)不但严重影响了业务质量(QoS),甚至会导致整个视频通信完全失效.虽然现有的视频压缩编码标准为了提高编码效率,均采用变长编码,但它也使得压缩码流对抗差错的能力十分脆弱,同时由于这种信道差错又使得解码器与编码器失去同步,致使无法正确地对变长编码进行解码;而基于运动补偿的预测编码技术又易使出现的差错迅速扩散,从而导致重建图象质量严重受损,甚至无法重建图象,为了减小或消除信道差错的影响,必须采用适当的技术来对抗信道差错,这样,差错复原(error resilience)技术就成为易发生差错信道(error-prone channel)下视频压缩编码的重要内容之一.现有的或正在制订的视频压缩编码标准,如 H. 263+、H. 263++ 和 MPEG-4 等为了提高差错复原能力和满足易发生差错信道下视频传输业务的要求,均采用了若干差错复原技术或工具,并成为标准的重要内容.

差错复原(error resilience)技术是指在编码端通过改进传输码流的结构,使其利于解码器检测差错和利于恢复丢失的或差错的数据;在解码端则利用图象的空间及时间相关性来消除或降低信道差错对图象质量的影响.这种差错复原技术主要包括:

(1) 差错检测与定位(error detection and localization),目的是为了迅速发现数据中的错误,并提示解码器进行处理.

(2) 重同步(resynchronization),由于数字压缩视频的特性,致使解码器检测出的差错位置并不是差错发生的正确位置,这将导致解码器在检测出差错后,却与编码器失去同步,而重同步则可使解码器重新获得与编码器的同步.

(3) 数据恢复(data recovery),由于在完成重同步后,两个同步点之间的数据将不得被丢弃,因此将出现受损数据,而数据恢复则可以从这些受损数

据中尽可能地恢复出正确的数据.

(4) 差错掩盖(error concealment),因为在采取了以上种种措施后,仍有部分发生差错的数据将被最终丢弃,故对图象必然有一定影响.解码器可采用差错掩盖技术来进一步减少差错对重建图象质量的影响.

由于视频编解码器应针对不同信道的特性采用不同的差错复原技术,因此本文在对各项差错复原技术深入研究的基础上,提出了用于 IP 网络视频编解码器的差错复原技术综合应用解决方案.由于该方案综合应用了多项差错复原技术,因而可以应用于多种视频编解码器.本文又将该方案与 H. 263、H. 26L 等视频编解码器结合,而得到了具有差错复原性能的视频编解码器.

本文应用 ITU-T 提供的 Internet 网络模型,对上述具有差错复原性能的视频编解码器进行了实验研究,对其差错复原性能进行了检验.实验结果表明,本文提出的差错复原综合运用解决方案十分有效,且该视频编解码器具有良好的差错复原性能,并使重建图象的主客观质量得到了显著提高,取得了令人满意的结果.

1 用于 IP 网络的差错复原编解码器

1.1 编码器的差错复原技术

大家知道,独立分段编码属于具有差错鲁棒性的信源编码,这里所谓独立是指分段的边界被等同为图象帧的边界进行处理,由于其使每一个分段能够不依赖其他分段的数据而独立地解码,因而运用这一技术可大大减少因差错扩散对视频质量造成的严重影响,特别是对于 IP 网络下的视频传输业务,这种独立分段编码技术可以十分有效地对抗分组丢失造成的影响,还不至于因某些数据的丢失而导致已正确接收的数据无法解码,如条带结构就是独立分段编码的典型应用,另外,考虑到编码器实现的复杂度,本文采用了和 GOB 相同的条带划分方式.

另外,提高 IP 网络视频编解码器差错复原性能很重要的一个方面就是视频码流的打包策略.目前在 IP 网络上进行实时视频传输时,为了保证实时性,通常都采用建立在 UDP 协议之上的 RTP 协议^[2].此时,虽然视频编码器在按条带结构编码时,采用了比较直观的分组策略,即每个条带作一个分组,但由于这种做法将使每帧图象有多个分组,而且

每个分组长度均较短,这样将造成网络中存在大量长度短的分组,因而不利于网络管理.文献[3]中提出了一种一帧图象采用两个分组的策略(如图1所示).这时,对于一帧图象,分组1和分组2的长度相近且比较适中,这样网络中的分组数将明显减少,因而提高了传输效率^[3].

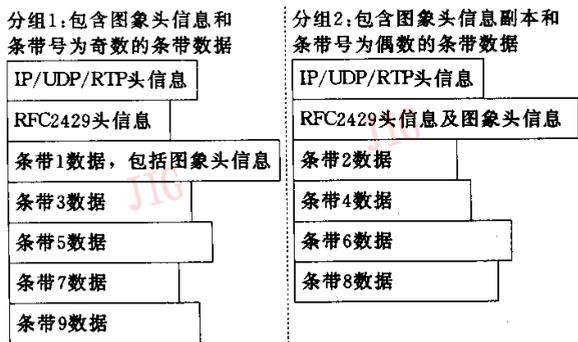


图1 KTP打包策略

1.2 解码器的差错复原技术^[4~6]

差错检测和定位的目的是为了迅速发现数据中的错误,并提示解码器进行掩盖处理,而在本文提出的方案中,解码器差错检测和定位由如下两个过程来完成:

(1) 利用视频码流的语法和语义提供的差错检测准则检测差错.

(2) 利用空间检测方法来实现差错检测跟踪过程,但这个过程是在图象解码完成后进行的.一方面由于数字压缩视频的特性,致使图象解码过程中所检测出的差错位置并不是差错发生的正确位置,因而差错发生的位置往往先于差错检出的位置;另一方面,由于信道传输过程中的比特差错有可能将一个合法码字误传为其他合法码字,从而使解码器通过码流的语法和语义提供的差错检测准则无法检测出来,因此差错检测跟踪过程应利用图象的统计特性,来对解码后的图象进行检测,并尽可能准确和全面地检测出受损宏块,以获得更好的差错复原效果.

差错检测跟踪过程的算法主要基于以下假设:对于一般的自然景物图象,虽然宏块之间边缘比较平滑,而一个有差错的宏块与其4个相邻“可靠”宏块的边缘是很不规则的,而且差错宏块的统计特性与其相邻“可靠”宏块不相同.我们利用空间检测方法,计算 AIDB (Average Intersample Difference across the macroblock Boundary)、AMD (Average Mean Difference) 等的值,并设置阈值.通过判别一

个宏块的上述计算值是否超过相应阈值来决定该宏块是否有差错.

重同步一般都利用码流中唯一的同步码来进行,由于同步码之间的间隔越小,重同步性能越好,其差错定位越精确,且因失去同步而被迫丢失的数据也越少,但其代价却是降低了编码效率,本文采用基于条带的重同步策略,且解码器利用码流中的图象帧头和条带头作为同步码.

IP网络的信道差错主要表现为分组丢失,若按上述打包策略,则分组丢失造成一帧图象中半数或全部条带的丢失.考虑到IP网络的这一特性和解码器实现的复杂度,因而采用解码器不进行数据恢复,而直接进行差错掩盖的方法,并且主要采用空间内插和时域外插算法来进行差错掩盖.

1.3 差错复原编解码器

综上所述,针对IP网络的特点,本文提出的应用于IP网络的差错复原技术综合解决方案如下:

(1) 编码器采用条带结构编码;

(2) 压缩码流在IP网络上传输时,每帧图象采用两个分组的打包策略;

(3) 解码器采用基于码流语法和语义的准则来检测差错,并利用空间检测进行差错跟踪;

(4) 解码器采用基于条带的重同步策略.帧头、条带头均作为同步点;

(5) 解码器采用空间内插和时域外插算法进行差错掩盖.

然后将这一方案分别与H.263和H.26L视频编解码器结合,得到具有差错复原性能的视频编解码器^[7,8].

2 实验和结果

为了检验视频编解码器的差错复原性能,本文应用ITU-T提供的Internet网络模型,对多个QCIF和CIF格式的序列进行了实验^[9].网络模型的主要参数见表1,序列编码参数见表2.

表1 网络模型的主要参数

模型编号	分组平均时延(ms)	分组丢失率(%)
3	125	3.3
5	141	5.6
10	160	11.5
20	160	20.8

表 2 序列编码参数

序列名称	图象格式	编码帧率(fps)
Foreman	QCIF	7.5
News	QCIF	10
Container	QCIF	10
Paris	CIF	15
Mobile	CIF	30

实验结果见图 2 到图 4, 其中, 图 2 给出的是有差错情况下未应用差错复原技术(标为 error)和应用了差错复原技术后(标为 ER)重建图象的信噪比和无差错时相比下降幅度曲线。

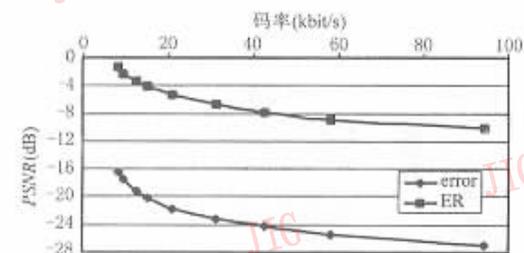
从实验结果可以得到:

(1) 基于 IP 网络的视频传输业务, 分组丢失对重建图象质量的影响十分严重。

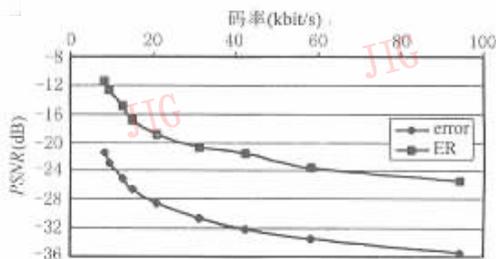
(2) 信噪比下降幅度随着分组丢失率增大而增加, 在分组丢失率超过 10% 以后, 信噪比下降的趋势变缓。

(3) 信噪比下降幅度随视频码流码率的增加而增加, 随着码率的不断增加, 信噪比下降的趋势逐渐变缓。

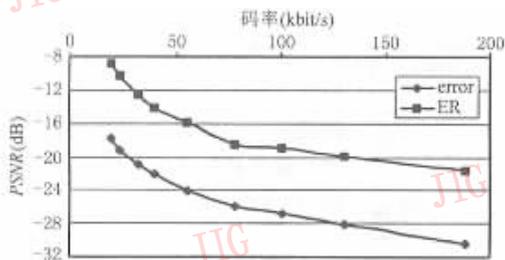
(4) 在编码码率和分组丢失率相同的情况下, 序列图象之间相关性越强, 则受分组丢失的影响越严重, 这主要是由于差错在时间轴上扩散造成的。



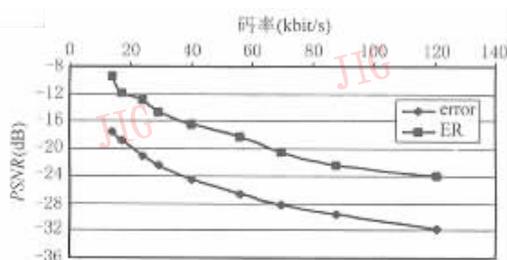
(a) Container 序列模型 3



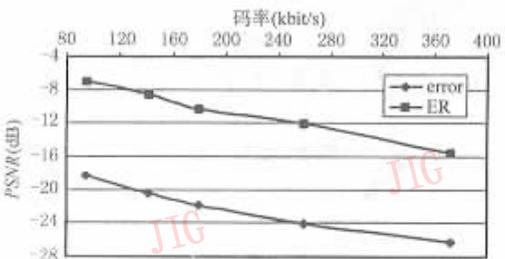
(b) Container 序列模型 20



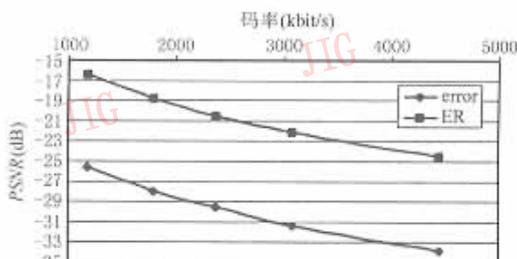
(c) Foreman 序列模型 5



(d) News 序列模型 10

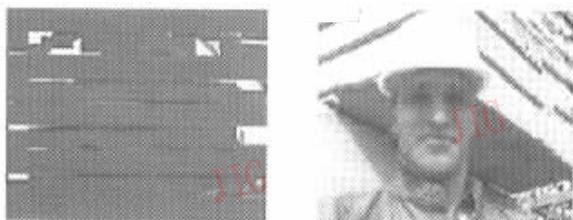


(e) Paris 序列模型 5



(f) Mobile 序列模型 10

图 2 H. 26L 实验结果



(a) 有差错情况

(b) 应用差错复原技术后

图 3 Foreman 序列 H. 263 实验结果(模型 10)



(a) 有差错情况

(b) 应用差错复原技术后

图 4 News 序列 H. 263 实验结果(模型 20)

(5) 视频编解码器通过综合应用多种差错复原技术,重建图象主客观质量均有显著提高.若同一序列在不同码率下编码,且分组丢失率相同时,则采用差错复原技术后的信噪比改善程度基本一致.

3 小结

由于信道差错对数字视频通信的影响十分严重,因此差错复原技术已成为易发生差错信道下视频压缩编码的重要内容之一,实践证明,差错复原技术可以有效地对抗信道差错,提高重建图象的质量,但视频编解码器应针对不同信道的特性来采用不同的差错复原技术.本文提出了用于IP网络的视频编解码器差错复原技术综合应用解决方案,并实现了基于该方案的具有差错复原性能的H.263、H.26L视频编解码器.

本文应用ITU-T提供的Internet网络模型对上述具有差错复原性能的视频编解码器进行了实验研究,对其差错复原性能进行了检验,取得了令人满意的结果.

参 考 文 献

- 1 Draft ITU-T Recommendation H.263, Video coding for low bitrate communication, 1998.
- 2 Bjongetaard G. H.26L test model long term number 5 (TML-5) draft 0. ITU-T, 2000.
- 3 梁凡,魏晓晖,肖自美等. 视频压缩编码的差错复原技术. 中国图象图形学报,2000,5A(5):374~379.
- 4 Liang F, Wei X, Xiao Z *et al.* An error resilient codec for wireless video. In: CIE. 2000 International Conference on Communication Technology Proceedings. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, IEEE Press, 2000:1165~1168.
- 5 Wenger S, Cote G. Using RFC 2429 and H.263+ at low to medium bit-rates for low-latency applications. 1999.
- 6 Wada M. Selective recovery of video packet loss using error concealment. IEEE J Selected Areas Commnu, 1989,7(5): 807~814.

- 7 Chu Wen-Jeng, Jin-Jang Leou. Detection and concealment of transmission errors in H.261 images, IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., 1998,8(1):74~84.
- 8 RTP payload format for the 1998 version of ITU-T Rec. H.263 video (H.263+). RFC 2429.
- 9 Wenger S. Error patterns for Internet experiments. ITU-T, 1999.

梁凡 1972年生,2000年获中山大学电子与通信工程系博士学位,现任中山大学电子系讲师.主要研究方向为多媒体信息处理、图象/视频压缩编码、因特网及无线移动通信网络可视多媒体通信系统等.

肖自美 1938年生,中山大学电子系教授.主要从事图象/视频压缩编码与处理、语音压缩与处理、多媒体技术与通信系统、数字传输与调制技术等领域的研究和教学工作.

方艳梅 1966年生,2000年毕业于中山大学电子与通信工程系并获硕士学位,现任中山大学电子与通信工程系讲师.主要从事多媒体信息处理、图象/视频压缩编码、基于内容图象检索等方面的研究.

刘红梅 1969年生,中山大学电子与通信工程系讲师,在职博士研究生.主要研究方向为多媒体信息处理、视频压缩编码、图象/视频水印技术.