

精细分级视频码流传输和容错性能的研究

张 婵^{1,2} 梁 凡¹ 肖自美¹ 丘海明¹

¹ (中山大学电子与通信工程系, 广州 510275)

² (解放军体育学院光纤通信教研室, 广州 510502)

E-mail: isslf@zsu.edu.cn

摘 要 精细分级编码是解决网络异构性的有效方法之一。编码输出码流的容错性能是衡量编码技术性能的重要指标。该文实现了一个支持精细分级编码的 H.264 编解码器,并对精细分级码流在 IP 网上的传输性能进行了研究。提出了一种精细分级码流容错传输打包策略。实验结果表明,该方案具有良好的容错性能。

关键词 精细分级编码 基于 IP 的视频传输 容错性能

文章编号 1002-8331-200407-0152-03 文献标识码 A 中图分类号 TN919.81

Error Resilience Codec for IP-based Video Delivery

Zhang Chan^{1,2} Liang Fan¹ Xiao Zimei¹ Qiu Haiming¹

¹ (Department of Electronic and Communication Engineering,

Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

² (PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510502)

Abstract: IP-based video communication has already become one of the most important parts of multimedia communication services. Due to the feature of IP networks, IP-based video communication suffers from channel errors, such as bit errors and packets loss. Scalable coding is one of the important ways to resolve this problem. Fine granularity scalability (FGS) is a kind of new scalable coding method, which can provide very fine scalability. This paper implements a H.264 FGS codec and studies the transport performance of FGS bit streams over IP networks. It also introduces an error resilient packing scheme for FGS bit streams. Simulation results show that the proposed packing scheme can improve the error resilience capability of the FGS bit streams significantly.

Keywords: Fine granularity scalability, Video over IP, Error resilience

1 引言

20 世纪 90 年代以来,由多媒体技术和通信技术相结合而形成的集视频、图像、音频、语言、文字、数据等多种媒体为一体的多媒体通信业务得到了迅猛发展。基于 IP 网的视频通信业务在多媒体通信业务中占据十分重要的地位。由于 IP 网的特性,数字压缩视频码流在 IP 网上传输时不可避免地要受到信道差错(比特差错、丢包等)的影响。另外,IP 网是一个异构网络,网络用户的接入方式、终端能力也各不相同。如何解决上述问题,从而保证 IP 网视频通信业务的业务质量(QoS)是一个重要课题。

分级编码是解决上述问题的重要手段之一。传统的分级编码(如 SNR 分级编码、空间分级编码和时间分级编码等)把码流分为若干层,用户只有完整地接收到某一层的码流,才能得到相应的 QoS。因此传统分级编码提供的分级能力十分粗糙,QoS 的变化是跳跃式的,无法很好地满足用户对 IP 视频通信业务 QoS 的要求。精细分级(FGS, Fine Granularity Scalability)编码是一种全新的分级编码,首先在 MPEG-4 中出现,能够提供非常精细的分级能力^[1]。

FGS 属于基于图像质量的分级编码,同样分为基本层和增强层,其基本层和增强层具有相同的空间和时间分辨率。FGS 基本层码流为接收端提供最基本的 QoS 保证。编码器对原始

图像和基本层本地解码图像的差值进行编码,得到嵌入式的 FGS 增强层码流。FGS 的最大特点就是其增强层码流可以被任意截断,用户接收到的增强层码流越完整,质量改善就越明显^[1-3]。

该文实现了一个支持 FGS 的 H.264 编解码器,对 FGS 码流在 IP 网上的传输性能进行了研究。提出了一种 FGS 码流容错传输打包策略,并对其容错性能进行了实验。结果表明这一策略具有良好的容错性能。

2 FGS 编解码器

H.264 (ISO/IEC 14496-10)是 ITU 和 ISO 正在制定的新一代视频压缩编码标准。笔者采用 Marpe 等提出的 FGS 算法,在 H.264 编解码器的基础上实现了对 FGS 的支持^[4]。

FGS 算法主要步骤如下:

(1)基本层编码:用 H.264 算法进行基本层编码。得到原始图像和基本层本地解码图像的残差图像。

(2)变换和量化:对残差图像进行变换(使用与基本层相同的 4x4 整数变换),得到频率域变换系数。变换系数使用 H.264 量化算法量化,量化因子为 0。

(3)位平面编码:编码器将残差图像的量化系数重新排列,得到 16 个子带,如图 1 所示,图中箭头是编码时子带扫描次

序。然后进行位平面算术编码。从率失真优化的角度来看,为某个平面多次扫描可以增加得到的码流的粒度。

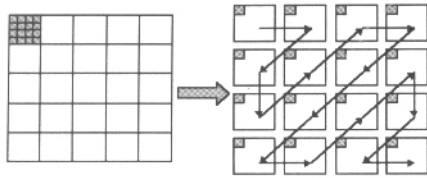


图1 子带重排

3 FGS 码流容错打包策略

传统的视频压缩编码标准都是围绕比特流的概念组织的。事实上,IP 网络的结构并不适合直接传输压缩视频的比特流。这些比特流要拆分成许多数据包(packet)才能进行传输。如果打包策略能和 IP 网络特性很好地配合,将能够获得更好的视频 QoS。

视频压缩算法为了提高编码效率,普遍采用变长编码(VLC)。VLC 对信道差错十分敏感,再加上编码后的数据往往按扫描顺序排列,使得信道差错造成的影响很容易扩散开来。数据分割(data partitioning)技术可以有效地对抗信道差错带来的影响。数据分割技术通过重组码流,将不同类型的数据分割到不同的数据段(partition),传输打包时以数据段为单位进行。

笔者提出的容错打包策略对基本层和 FGS 增强层采用不同的方式进行。基本层策略基于数据分割技术,将每一帧图像的比特数据拆分成两个 RTP 包,分别称为 Packet I 和 Packet II,如图 2 所示。首先将编码后的数据重新排列,将相同类型的数据排列在一起(称为 POP, part of partition),然后把比较重要的数据如图像头、宏块类型、帧内预测模式、运动矢量等放在 Packet I 中,将其他数据如变换系数放在 Packet II 中。Packet I 和 Packet II 时间戳的值相同,以表明他们属于同一图像帧。

这样处理的好处是:

(1) 把差错的影响控制在最小的范围内,一个 POP 的出错不会影响其它的 POP。

(2) 简化解码操作,接收端通过检测 POP 头或 RTP 的标识确认接收到的是 Packet I,将 Packet I 放入缓冲区,等待接收 Packet II;确认接收到的是 Packet II,检查它的 RTP 时间戳,以确认属于哪一个图像帧,再把同属一个图像帧的两个包送给解码器。如果 Packet I 丢失,只有 Packet II 无法对图像帧解码;但如果 Packet II 丢失,利用 Packet I 仍能对图像帧进行部分解码。可以采用不同的差错恢复过程来分别处理。如果要进一步增强容错能力,可以传送两次或多次 Packet I。

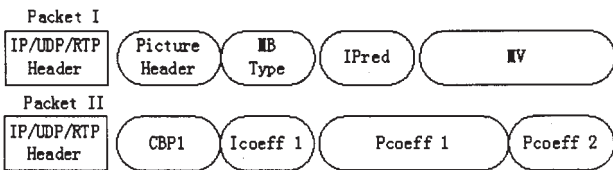


图2 基本层打包策略

对于增强层数据,通常做法是把每一帧的增强层打成单独的一个 RTP 包(与同一图像帧的基本层 RTP 包有同样的时间戳)。与基本层 RTP 包相比,增强层 RTP 包的优先级较低。

上述这种打包方式虽然简单,但存在严重的缺陷:信道差

错率较高时,大量的增强层 RTP 包会被丢弃。虽然采用了 FGS 编码,仍不能获得高质量的视频图像。根据该文的 FGS 算法中采用的子带重排的特点,笔者提出把增强层打成低频系数和高频系数两个 RTP 包的策略。这样既不会增加太多额外开销,又可以加大增强层码流的容错能力。

4 实验结果

4.1 FGS 码流传输性能

笔者利用该文实现的 H.264 FGS 编解码器对 FGS 码流的传输性能进行了研究。使用 H.263 SNR 分级编码作为对比。图 3 给出了 QCIF 格式序列 Foreman 的编码结果,X 轴是帧号,Y 轴是重建图像帧的 PSNR。

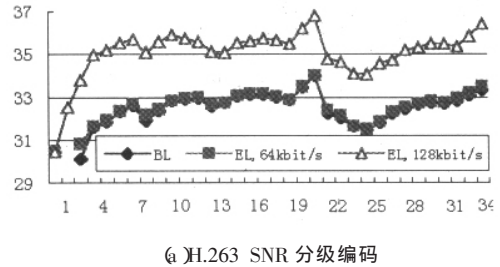


图3(a) H.263 SNR 分级编码

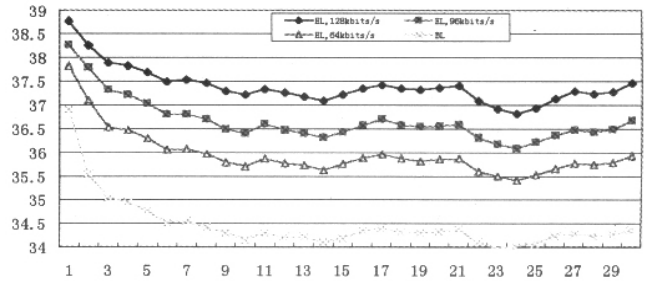


图3(b) H.264 FGS 编码

图3 Foreman 序列编码结果

图 3 (a) 是 H.263 SNR 分级编码的结果,增强层码率分别为 64 kbit/s 和 128 kbit/s。从图中可以看到:当速率较低时,SNR 增强层的加入对信噪比的影响十分微小,采用了增强层与没有采用增强层时信噪比的情况不相上下,信号的信噪比基本上保持在同一个水平上;只有在速率比较高时,增强层才真正发挥作用。图 3 (b) 是 H.264 FGS 编码结果,增强层码率分别为 64kbit/s、96kbit/s 和 128kbit/s。

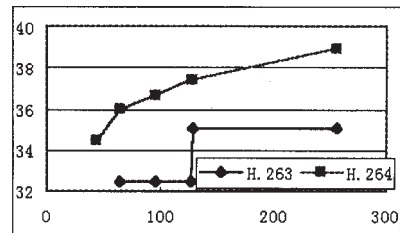


图4 H.264 FGS 编码和 H.263 SNR 分级编码比较

图 4 是 H.264 FGS 编码和 H.263 SNR 分级编码的比较,X 轴是码率,Y 轴是重建图像的 PSNR。从实验结果可以看到,采用传统的分级编码方法,当码率连续变化时,信噪比并不连续变化,只有当码率增加到一定程度时,重建图像的信噪比才会大幅度跳跃;而采用 FGS 编码,随着码率的连续变化,可得

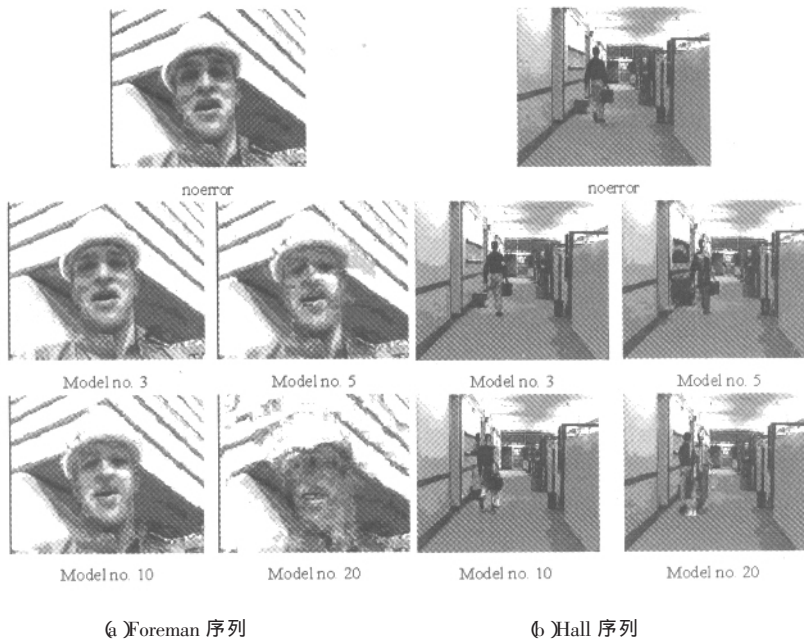


图5 基本层实验结果

到质量连续变化的码流,而且这种变化基本上是线性的。

4.2 打包策略的容错性能

笔者利用ITU提供的IP网络模型对该文提出的FGS码流打包策略的容错性能进行了研究。模型参数如表1所示^[6]。实验中只考虑丢包的情况。

表1 IP网络模型参数

编号	平均时延 (ms)	丢包率 (%)
3	124	3.3
5	141	5.6
10	160	11.5
20	160	20.8

表2和图5给出了基本层的结果,实验序列是QCIF格式的Foreman和Glasgow,以及CIF格式的Hall。

表2 基本层实验结果

模型	Foreman	Glasgow	Hall
noerror	36.02 dB	33.90 dB	37.99 dB
3	36.02 dB	33.90 dB	37.99 dB
5	29.05 dB	28.30 dB	31.11 dB
10	25.92 dB	26.12 dB	29.21 dB
20	16.40 dB	25.16 dB	28.45 dB

从结果可以看出,在丢包率为3.3%时,信噪比几乎没有下降,图像的主观质量与没有差错时的图像相近;在分组丢失率较高时,虽然信噪比有一定程度的下降,但重建图像的质量还是可以接受的;甚至在丢包率超过20%情况下,重建图像还可以保持一定的质量。

表3 FGS增强层实验结果

模型	Foreman	Glasgow	Tempete
noerror	34.87 dB	30.14 dB	31.10 dB
3	34.87 dB	30.14 dB	31.10 dB
5	34.64 dB	29.99 dB	30.98 dB
10	34.27 dB	29.73 dB	30.82 dB
20	33.81 dB	29.39 dB	30.58 dB

表3和图6给出了FGS增强层实验结果,实验序列是QCIF格式的Foreman和Glasgow,以及CIF格式的Tempete。QCIF序列增强层码率128kbit/s,CIF序列增强层码率256

kbit/s。

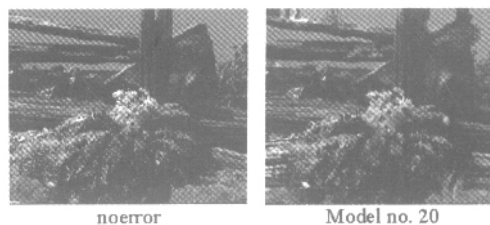


图6 Tempete序列FGS增强层实验结果

实验结果表明,采用了FGS编码后,视频码流在差错信道的传输质量有了非常明显的提高。丢包对视频质量的影响几乎可以达到被忽略的程度。实验表明,该文提出的打包策略具有良好的容错性能。

5 总结

精细分级编码的基本层和增强层具有相同的空间和时间分辨率,其增强层码流能够在任意位置被截断,从而提供非常精细的分级编码能力。该文实现了一个支持FGS的H.264编解码器,对FGS码流在IP网上的传输性能进行了研究。提出了一种FGS码流容错传输打包策略,并对其容错性能进行了实验。实验结果表明这一策略具有良好的容错性能。

(收稿日期:2003年4月)

参考文献

- 1.ISO/IEC 14496-2.Generic coding of audiovisual objects visual[S]
- 2.ISO/IEC JTC1/SC29/WG11.FGS verification model version 4.0[S].2000
- 3.W Li.Overview of fine granular scalability in MPEG-4 video standard[J].IEEE Trans Circuit Syst Video Technol,2001,11(3):385-398
- 4.D Marpe & Blattermann & Heising.Technical description of a quality-scalable coder for H.26L.ITU-T 2000
- 5.S Wenger.H.26L error resilience experiment first result (a high level syntax for H.26L first results)ITU-T 2000
- 6.S Wenger.Error patterns for Internet experiment.ITU-T, 1999