

基于 H. 264-SS 与 FGS 结合无漂移 比特流切换方案

姜钦华 刘志 张兆杨 张颖

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘要 流媒体应用中,为了满足可用带宽的变化常需要动态地调整比特流码率。由于 H. 264/AVC 支持同步预测 (SP) 帧,并允许在大范围内的不同质量比特流之间进行切换,而 MPEG-4 又支持 FGS 编码,使得比特流小范围可调,因此为了充分利用两者的优点,给出一种将两者融合在一起的解决方案,并采用自适应码率选择方法,使传输的比特流既能适应网络传输带宽的大范围变化,又能灵活适应小范围的带宽波动,且平均峰值信噪比值可较明显提高。

关键词 H. 264/AVC 精细可分级 流切换 自适应码率选择

中图分类号: TN919 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2006)11-1570-04

A Scheme for Seamless Bitstream Switching Based on the Combination of H. 264-SS and FGS

JIANG Qin-hua, LIU Zhi, ZHANG Zhao-yang, ZHANG Ying

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072)

Abstract In order to content with the constraint of available bandwidth variation, the sever needs to switch bitstreams dynamically in streaming applications. H. 264/AVC supports SP-frame that enables high efficiency of switching among bitstreams of different qualities over larger bandwidth, and over little bandwidth fine granularity scalability video coding is supported by MPEG-4. In the paper, for make good use of the two advantage propose a seamless bitstream switching scheme that combines two tools and use self-adaptation bit-rate selection scheme for both high bandwidth variations of networks and low bandwidth variations, which is efficient for improving average PSNR from experience results.

Keywords H. 264/AVC, FGS, stream-switching, self-adaptation bit-rate selection

1 引言

随着 Internet 的不断发展,基于网络流媒体的应用越来越受欢迎,视频流切换技术也成为热点研究课题。由于 LAN(local area network), DSL(digital subscriber line)、Cable、无线网络等接入网络有着不同的网络带宽、比特差错率、丢包率等网络特性。因此为了在这些异构网络环境中有效地传输视频数据,有必要以预编码方法通过对视频质量做动态调

整来适应带宽的波动。

动态调整视频质量的预编码方法主要有自适应编码、转码、可分级编码和流切换 4 种方法^[1]。其中,自适应编码方法可根据信道的状态调整编码器的参数来生成相匹配的视频流,该方法虽可以适应网络带宽的变化,但对服务器的要求太高。转码是预先产生一个质量最好的码流。当需要降低输出码率时,服务器通过部分解码,并重新编码来实现码率匹配。转码的复杂度虽比自适应编码低得多,但是由于要进行部分解码和编码,因此服务器的负担仍然很

基金项目: 上海市科委重点攻关项目(055115008); 国家自然科学基金项目(60332030)

收稿日期: 2006-04-25; **改回日期**: 2006-09-25

第一作者简介: 姜钦华(1981~)男, 2004 年获南昌大学学士学位, 现为上海大学通信与信息工程学院硕士研究生。主要研究方向为视频处理。E-mail: avc_jiang@163.com

重。可分级编码又称可伸缩编码^[2],在 MPGE-4 streaming profile 中的精细粒度可伸缩 (fine granularity scalability, FGS) 编码可产生一个基本层和一个或一个以上的增强层,其中基本层比特流旨在适应最低的网络带宽要求,而增强层比特流则可以根据网络的可用带宽在任意比特位置截断。FGS 使得视频的编码过程和传输过程得以分开,然而它是通过降低编码效率来获得带宽利用率的提高。H. 264 extended profile 中提出的同步预测 (synchronism prediction, SP) 帧^[3]由于能实现无误差的码流切换,且采用运动补偿预测来降低时间冗余度,所以相比于传统的周期性地插入 I 帧有更高的编码效率。但它仅适合较大范围带宽变化,而不能适应小范围的带宽波动。为此,本文给出一种基于 H. 264-SS 与 FGS 结合的预编码比特流无漂移切换方案,它有效地结合了上述后两种方法的优点,并通过联合带宽利用率的码率自适应选择方法,使得该方案既能够适应带宽较大范围的变化,又能灵活适应较小范围的带宽波动。

2 FGS 与比特流切换的结合

在 H. 264/AVC 中,可以利用 SP 帧代替 I 帧来实现比特流间的正确切换^[4],SP 帧使用不同的参考帧,也能得到相同的重构帧,该特点使其能够支持帧间切换,而又不牺牲过多的带宽^[5]。由于在比特流切换算法中,SP 采用了运动补偿预测编码,在很大程度上提高了压缩效率。如图 1 所示,在切换点使用 SP 帧,SP 帧 A_2 可以用参考帧 A_1 来解码,SP 帧 B_2 可以用参考帧 B_1 来解码,SP 帧 A_2 和 B_2 称之为主 SP 帧 (primary SP-frame)。而在切换时,则需要另外一个 SP 帧 AB_2 ,称它为次级 SP 帧 (secondary SP-frame)。它通过参考帧 A_1 的运动补偿获得的重构帧和主切换帧 B_2 解码的重构帧是相同的。在图

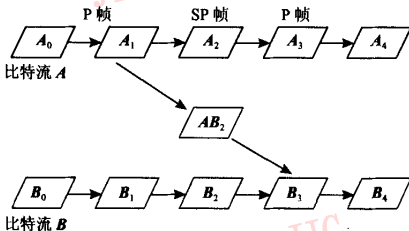


图 1 用 SP 帧进行比特流切换
Fig. 1 Bitstream switching using SP frames

1 所示的流切换中只需要传送 AB_2 即可。

比特流切换虽然可调整的带宽范围较大,但伸缩粒度较粗。而 FGS 虽是一种精细粒度的伸缩编码,但可调整带宽范围较小,表 1 清楚地表明了上述特点,由此可见,将上述两者结合可以提高比特流伸缩效果。

表 1 流切换和 FGS 的比较

Tab. 1 Results of stream-switching compared with FGS

比较内容\比较对象	流切换	FGS
编码效率	高	低
带宽利用率	低	高,接近 100%
适应带宽变化的能力	发生在关键帧处,适应范围大	由流服务器小范围调整
可伸缩的步长	粗粒度,大跨度	精细粒度

本文提出的基于 FGS 与 H. 264-SS 相结合的流切换方案如图 2 所示。该方案首先初始化编码参数,并选择预测误差的量化参数 (predict quantization parameter, PQP) 和预测块的量化参数 (synchronize predict quantization parameter, SPQP),然后运行基本层编码器生成基本层比特流;当信道带宽波动范

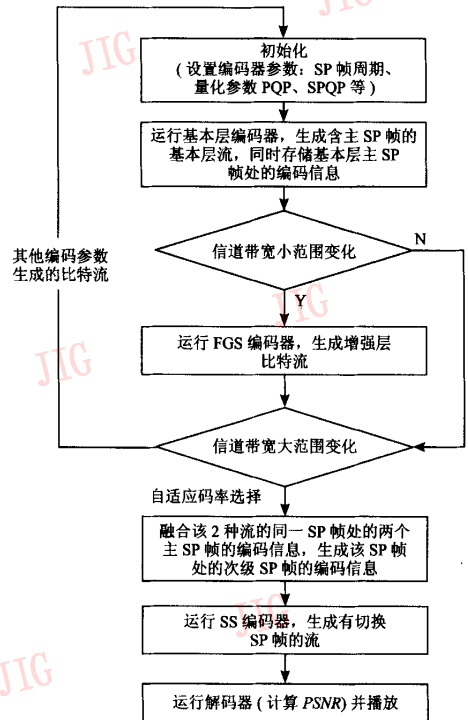


图 2 FGS 和比特流切换相结合的方框图
Fig. 2 Combinations of FGS with bitstreams switching chart

围较小时,则启动增强层编码器,生成含有增强层的比特流,而重复运行前三步生成即可其他预编码参数的比特流,当带宽遇到波动范围较大时,则在进行自适应码率选择后先通过融合两种流的同一 SP 帧的编码信息来生成该 SP 帧处的次级 SP 帧的编码信息,然后运行 SS 编码器,生成有切换 SP 帧的比特流,最后运行解码器。

在比特流切换之前,存在一个自适应比特率选择的过程。方法如下:设可用带宽在 $[R_{\min}, R_{\max}]$ 范围内波动,且使用两个比特流来覆盖整个带宽范围,其中一个为低质量比特流,另外一个为高质量比特流,其比特率分别为 R_1 和 R_2 ,并满足 $R_{\min} \leq R_1 \leq R_2 \leq R_{\max}$ 。为了能够在任意给定的带宽条件下发送比特流,最低质量比特流的比特率不应高于最小可用带宽。为此,选 $R_1 = R_{\min}$ 。联合考虑带宽利用率情况下高质量比特流的比特率 R_2 的选择应使带宽变化范围内的总失真 D 最小。即

$$D = \sum_{R_{\text{aval}}=R_{\min}}^{R_{\text{aval}}=R_2} (\lambda_1 + D_1) + \sum_{R_{\text{aval}}=R_2}^{R_{\text{aval}}=R_{\max}} (\lambda_2 + D_2) \quad (1)$$

$$R_{\min} < R_2 < R_{\max} \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \frac{R_{\text{aval}} - R_{\min}}{R_2 - R_{\min}} \Delta D_1 \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{R_{\max} - R_{\text{aval}}}{R_{\max} - R_2} \Delta D_2 \quad (3)$$

其中, R_{aval} 是当前网络可用带宽; D_1 和 D_2 分别是均方误差意义上的低质量解码流和高质量解码比特流的失真度量; λ_1, λ_2 两参数称为带宽利用率代价; $\Delta D_1, \Delta D_2$ 分别为低质量和高质量比特流的带宽利用率失真代价分配系数,其取值与 D_1, D_2 相关。通常取 $\Delta D_1 = \frac{D_1}{2}, \Delta D_2 = \frac{D_2}{2}$ 。当 R_2 增大时,则 λ_1 减小,而 λ_2 增大。随着 R_2 增大,低质量比特流的带宽利用率增大(带宽利用率代价减少),而高质量比特流的带宽利用率下降(带宽利用率代价增加),反之也成立。文献[6]原理上每一个增强层比特流的比特率可以截断直至 R_{\max} ,但是在本方案中却没必要这样做,只要使得低质量比特流所覆盖的最大比特率稍微高于 R_2 就可以了。有了这 2 个可伸缩比特流之后,就可以通过选择恰当的可伸缩比特流以及截断增强层比特流,来获得带宽范围内任意期望的比特率。例如,如果可用带宽小于 R_2 ,那么就把低质量比特流发送给客户端;否则,把高质量比特流发送给客户端。

3 实验结果及分析

在本仿真实验中,编码器是使用修改的 JM92 版本,编码器使用的类为 Extended profile,测试用视频序列为 QCIF(176 × 144) 格式。共编码 30 帧,第 1 帧为 I 帧,然后以固定间隔(每 10 帧)插入 SP 帧和 I 帧,而其他帧则都被编码为 P 帧。网络带宽从 64kbps 至 128kbps 之间变化。每一个周期先从 64kbps 开始,持续 1s,然后改变到 128kbps,持续 1s,最后改变到 64kbps。仿真同时考虑切换时的比特开销。

图 3 和图 4 分别示出了次级 SP 帧上切换和下切换时,相比于通常插入 I 帧所节省的比特数。其中图 3 所示是从低比特流(QP 大)切换到高比特流(QP 小)时,SP 帧比 I 帧所节省的比特数, QP 分别从 20 到 16, 24 到 20, 28 到 24, 32 到 28, 36 到 32。图 4 则是从高比特流(QP 小)下切换到低比特流(QP 大)时,SP 帧比 I 帧所节省的比特数(即 QP 分别从 16 到 20, 20 到 24, 24 到 28, 28 到 32, 32 到 36)。因为同步预测帧利用了运动补偿预测编码方法,所以在完成相同质量的前提下,能够比 I 帧花费更少的比特开销。更重要的是,次级 SP 帧只有在比特流切换时才会被发送,而 I 帧总是需要发送的,即便没有切换发生时也需要发送 I 帧。

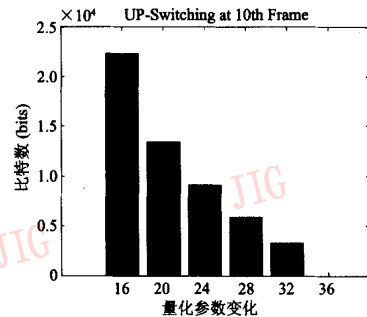


图 3 SP 帧上切换比 I 帧节省的比特数

Fig. 3 Sizes of saving bits up-switching

图 5 为本文方案(FGS + SS)与单独的 SS 编码方法的性能比较,中间 10 帧处于高码率,其余 20 帧处于低码率,其比特率满足式(1)可用带宽的条件,在第 11 帧处发生上切换,在 21 帧处发生下切换。从图 5 可见,高码率时本方案编码的峰值信噪比上稍好于 SS 方案,而在低码率时则明显优于 SS,平均约好 0.25dB。图 6(a)和图 6(b)分别是上切换时第

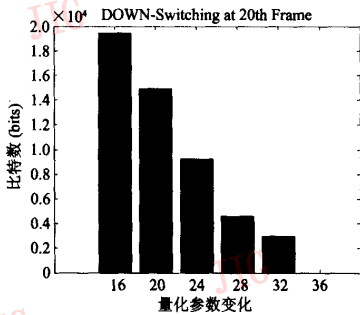


图 4 SP 帧下切换比 I 帧节省的比特数
Fig. 4 Sizes of saving bits down-switching

10、

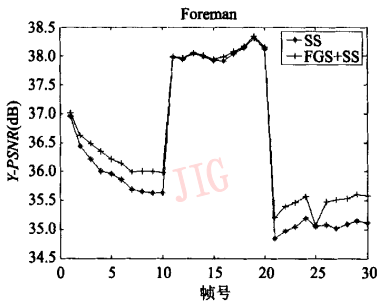
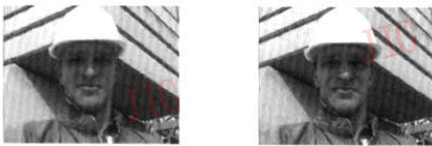


图 5 FGS + SS 与 SS 性能比较
Fig. 5 Comparison of FGS + SS vs SS



(a) 第 10 帧图像

(b) 第 11 帧图像



(c) 第 20 帧图像

(d) 第 21 帧图像

图 6 解码后部分图像

Fig. 6 Pictures of decoded

11 帧的解码后的图像,图 6(c)和图 6(d)分别是下切换时第 20、21 帧的解码图像。由图 6 可看出发生切换时,图像质量会有所波动,但视觉效果仍较平滑。

4 结 论

实验表明,本文基于 H. 264-SS 与 FGS 结合的比特流切换方案可有效地解决网络带宽变化情况下视频质量动态调整问题,该方案既能满足带宽有较大变化,又具有灵活的伸缩性的情况。实验结果还表明本方案在平均 PSNR 上优于单独采用流切换的比特率调整方案。

参考文献 (References)

- 1 Chang S-F. Video adaptation: Concepts, technologies, and open issues[J]. proceedings of the IEEE, 2005, 93(1) :147 ~ 158.
- 2 Li Wei-ping. Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3) :301 ~ 317.
- 3 Karczewicz M, Kurceren R. The SP-and SI-frames design for H. 264/AVC[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(7) :637 ~ 644.
- 4 Li Zhi-gang, Zhang Zhao-yang, Wu Biao, et al. Solution for hybrid bandwidth variation in wireless video environment [A]. In: The Second IEEE International Workshop on Mobile Commerce and Services (WMCS) ' 05 [C], Munich, Germany: IEEE Computer Society, 2005 :138 ~ 142.
- 5 Sun Xiao-yan, Li Shi-peng, Wu Feng. The improved SP frame coding technique for the JVT standard [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 3 (17) : 297 ~ 300.
- 6 Kernal Ugur, Panos Nasiopoulos. Combining bitstream switching and FGS for H. 264 scalable video transmission over varying bandwidth networks [J]. IEEE Transactions on Computers and Signal Processing, 2003, 11(2) :972 ~ 975.