

基于IP网络的H.264/AVC视频实时传输

王红娟¹⁾ 石旭利²⁾ 张兆扬²⁾ 张文军³⁾

¹⁾(上海大学通信与信息工程学院,上海 200072) ²⁾(新型显示技术及应用集成教育部重点实验室,上海 200072)

³⁾(上海交通大学图像研究所,上海 200030)

摘要 随着新的视频编码标准H.264/AVC的逐步推广应用,如何基于IP网络应用环境来实现H.264/AVC视频的实时传输,对于发展高质量视频传输具有重要意义,为此,提出了一种基于IP网络的H.264/AVC实时传输解决方案,并着重从H.264-FGS编码器和速率控制两方面进行阐述。

关键词 H.264/AVC IP网络 精细粒度可伸缩编码 实时 速率控制

中图分类号: TN919, TN943 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2005)11-1341-04

Real-time Transmission of H.264/AVC Video Based on IP

WANG Hong-juan¹⁾, SHI Xu-li²⁾, ZHANG Zhao-yang²⁾, ZHANG Wen-jun³⁾

¹⁾(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072)

²⁾(Key Laboratory of Advanced Displays and System Application, Ministry of Education, Shanghai 200072)

³⁾(Research institute of image, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

Abstract With the increasingly extensive application for the new emerging video coding standard, H.264/AVC, it becomes more and more important that we transport H.264/AVC video stream over IP Network real time. We propose a solution for it and focus on two respects—H.264-FGS encoder and rate control—to explain.

Keywords H.264/AVC, IP network, fine granular scalable(FGS), real-time, rate control

1 引言

随着Internet的发展,传输实时多媒体数据流日益成为Internet上的重要应用,例如视频会议、远程教育等。视频传输是多媒体系统应用的难点之一,因为它对于网络带宽、传输延时、抖动等都有严格的要求。最初的视频传输研究是在ATM(asynchronous transfer mode)上展开的,后来Internet逐渐成为视频流应用的主流,但是由于Internet本身缺乏QoS(quality of service)保证,并不适合视频数据的实时传输,因此,当前的视频流支持的技术研究与开发主要从以下两个角度进行:一方面提出新的QoS保证机制,如资源预留RSVP(resource

reSerVation protocol)技术^[1]与实时传输协议族RTP/RTCP/RTSP^[2];另外一方面,完善端到端的视频流服务,以便无需更改现有的Internet基础架构,即可提供高质量的视频服务。

2 H.264实时传输系统

本文就是从第2种角度出发,在提高H.264编码效率的基础上,增加H.264的容错性能,并根据网络带宽来估计实时控制速率的策略,提出了基于IP网络应用环境的H.264视频实时传输系统(如图1所示)。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(60332030);教育部重点实验室基金项目(T0102)

收稿日期:2005-08-19;改回日期:2005-09-09

第一作者简介:王红娟(1981~),女,2004年获河北师范大学学士学位,现为上海大学通信与信息工程学院硕士研究生。主要研究方向为数字视频传输。E-mail: dodorabbit@tom.com

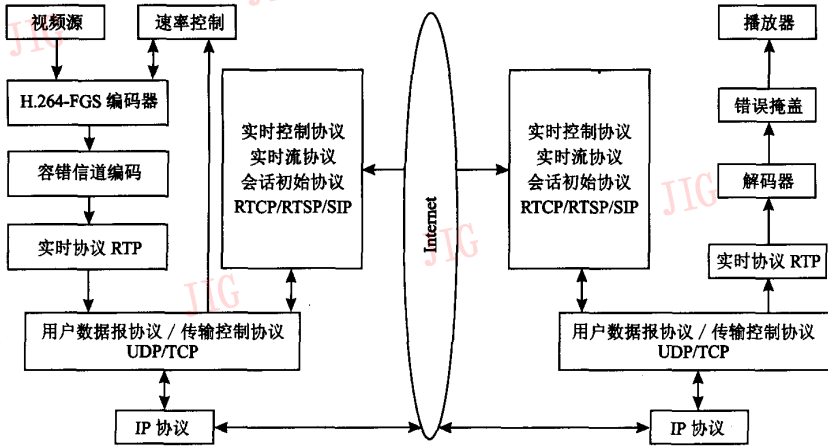


图 1 H.264 视频实时传输系统

Fig. 1 Real-time transporting system of H.264 video

3 H.264 与 FGS 结合

3.1 H.264 编码及容错工具

H.264 压缩标准分为视频编码层 (video coding layer, VCL) 和网络抽象层 (network adaptation layer, NAL) 两层, 其中视频编码层采用高效率压缩编码技术 (如帧内预测、多尺寸块模式搜索运动估计、CABAC (context-based adaptive binary arithmetic coding)、环路滤波等来提高编码效率^[3]。

网络抽象层则定义了编解码器本身与传输网络的接口, 并以 NAL 单元为操作对象, NAL 接口的实现要和具体传输协议标准结合起来, 如 H.320^[4] 系统, MPEG-2^[5] 系统, RTP/IP^[6] 系统等。

H.264 标准在以前的基础上提出了 3 种关键技术, 用参数集、灵活宏块次序 (flexible macroblock ordering, FMO)、冗余片 (redundant slices, RS) 来进行错误恢复^[7]。

(1) 参数集^[7]

序列参数集 (sequence parameter set, SPS) 包括一个图像序列的所有信息, 而图像参数集 (picture parameter set, PPS) 则包括一个图像所有片的信息。编码器参考序列参数集用于设置图像参数集, 并依据每个已编码片的片头存储地址来选择合适的图像参数集。由于对序列参数和图像参数进行重点保护才能很好地增强 H.264 错误恢复性能, 而在差错信道中使用参数集的关键是保证参数集及时、可靠地

到达解码端, 因此可以在编解码器硬件中固化参数集设置。

(2) 灵活宏块次序^[7]

灵活宏块次序可通过设置宏块次序映射表 (MBAmapping) 来任意指配宏块到不同片组, 但是以降低编码效率为代价来增强抗误码性能。经过 FMO 模式分割后的图像数据可以分开进行传输, 所以盘模式为例来进行说明, 当一个片组的数据丢失时, 可用另一个片组的数据 (包含丢失宏块的相邻宏块信息) 进行错误掩盖。实验数据显示, 当丢失率为 (视频会议应用时) 10% 时, 经错误掩盖后的图像仍然有很高的质量。

(3) 冗余片^[7]

编码时可用增加冗余片来增强抗误码性能, 但需注意的是由于这些冗余片的编码参数与非冗余片的编码参数不同, 因此可用一个模糊的冗余片附加在一个清晰的片之后, 这样解码时, 先解清晰的片, 如果清晰片可用, 就丢弃冗余片; 否则使用冗余模糊片来重构图像。

3.2 精细粒度可伸缩编码^[8]

精细粒度可伸缩编码 (fine granular scalable, FGS) 是在 MPEG-4 中提出的, 其基本思想是编码时把原始视频序列压缩成基本层码流和增强层码流。所谓基本层码流就是小于网络最小可用带宽的低码率码流, 它用于提供用户可接收的最低图像质量; 增强层采用比特平面编码的差值来进行增强。比特平面技术不仅可提供嵌入可分级能力, 而且可对增强

层码流进行任意码率的截取、传输,这样用户接收到的码流越多,图像质量就越好。

3.3 H.264-FGS

由于 H.264 具有高压缩效率特性,而 FGS 则具

有良好的网络适应性,因此可以将二者结合起来。本文在认真分析 H.264 代码和 FGS 原理的基础上,利用现有的校验模型 JM7.2 和 MPEG-4 的 FGS 模块,将二者有机结合起来,其编码流程如图 2 所示。

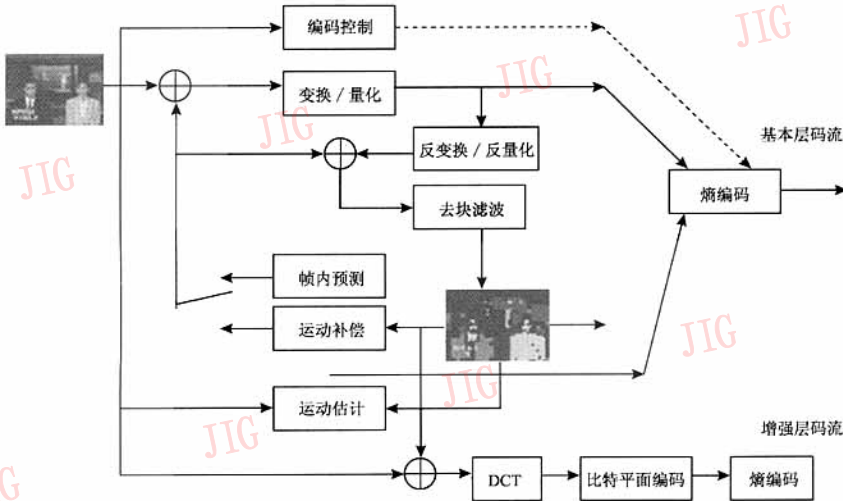


图 2 H.264-FGS 编码器
Fig. 2 H.264-FGS encoder

4 速率控制机制

由于传输系统的速率控制机制是根据网络带宽的反馈信息来进行的,因此对可用网络带宽进行准确估计有助于发送速率精确调整。网络带宽估计的基本思想是:将连续发送的两个标记分组经过传输后由于不同延时(传输延时、传播延时和排队延时)而到达接收端的时间差值记为 δ ,则在一定时间内,重复发送分组配对,得到的最小 δ 值就表示最快的服务速率。于是,就可以根据用最小 δ 值分割的分组情况来估计网络的最大带宽 (bandwidth, BW) W_{max} 。由于同一端到端连接上可能还有其他的应用,因此有

$$W_{unused} = W_{max} - W_{used} \quad (1)$$

其中, W_{unused} 表示可用带宽, W_{used} 表示已用带宽。如果用 μ 表示网络的使用情况,那么可用带宽就可以表示为

$$W_{unused} = W_{max} \times (1 - \mu) \quad (2)$$

对于排队来说,由于排队延时为 $1/(1 - \mu)$,因此

$$W_{unused} = W_{max} \times (t_{min}^D / t^D) \quad (3)$$

其中, t^D 表示延迟时间, t_{min}^D 表示最小延迟时间。在实现中,由于发送方可以使用往返时间 (round-trip time, RTT),因此可用带宽为

$$W_{unused} = W_{max} \times (t_{min}^{RTT} / t^{RTT}) \quad (4)$$

其中, t^{RTT} 表示往返时间, t_{min}^{RTT} 表示最小往返时间。

本文是采用基于自引导阻塞测量网络可用带宽的方法 pathChirp^[9],而 pathChirp 的独特之处是采用 Chirp 探包。一个 Chirp 探包包含 N 个包,即有 $N - 1$ 个间隔(如图 3 所示),且以指数规律变化,图中 γ 为扩展因子 (spread factor), T 为周期。Chirp 与分组配对 (packet-pair) 的不同主要表现在以下 3 个方面:(1) 间隔以指数规律衰减;(2) 搜索范围广;(3) 因所使用包的数量少,故效率高。

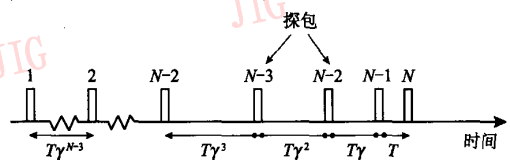


图 3 Chirp 探包以指数间隔组成
Fig. 3 Chirp probe train, with exponential packet flight pattern

通过逐渐增加 Chirp 探包的搜索率,使 pathChirp 可以动态测量网络的可用带宽,相对于其他算法,本算法可用更短的测量时间获取更多的信息,然后反馈给 H. 264-FGS 编码器。用 H. 264-FGS 编码器控制编码速率,由于其不仅能适应网络带宽的传输需要,而且它不会给网络带来较大负担,也不会造成网络拥塞,所以能保证 H. 264 视频实时传输。

5 实验结果及分析

本文在 IP 网络上初步对该方案进行了仿真实验,并建立了服务器和客户端,用于进行端到端的传输。在不进行包重传,且无网络抖动的情况下,由视频数据传输所引入的最小延迟约为 3.2s,将 T_L (探包丢失时间)、 T_R (接收端探测到包丢失到恢复包所用的时间)之和分别定为 0.8s,1.8s,2.8s,因此总延时分别为 4s,5s,6s。实验结果如表 1 所示。

表 1 包重传实验

Tab.1 Test of packet-resending

总延时 (s)	重传请求次数 (N_{RR})	重传成功接收次数 (N_S)	成功率 (N_S/N_{RR}) %
4	545	398	73.03
5	528	448	84.85
6	520	469	90.19

由表 1 可见,虽然成功重传率随总延时增加而增加,但在网络带宽允许的情况下,仍可达到实时传输。

6 结论

本文提出了一种基于 IP 网络应用环境的

H. 264/AVC 视频实时传输系统方案。该方案主要是将 H. 264 与 FGS 相结合进行编码,同时增加有效的错误覆盖技术,以便在提高编码效率的同时,增强容错性能。另外利用网络可用带宽估计反馈信息来控制编码速率,可极大地避免网络拥塞现象。

下面工作是进一步完善实施方案,在提高视频质量的同时,减小网络延时,以达更佳实时性。

参考文献 (References)

- Zhang Li-xia, Deering S, Estrin D, *et al.* RSVP: A new resource reservation protocol[J]. IEEE Network, 1993, 7(5):8~18.
- Schulzrinne H, Casner S, Frederick R, *et al.* RTP: A transport protocol for real-time application [S]. RFC 3550, RFC Network Working Group, July 2003.
- Wenger S. H. 264/AVC Over IP[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(7):645~656.
- ITU-T Study Group 16(SG16). Narrow-band visual telephone system and terminal equipment [S]. H. 320 Rev. 4, ITU-T Recommendation, May 1999.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. Generic coding of moving pictures and associated audio information [S]. ISO/IEC13818, ISO/IEC International Standard, Nov. 1994.
- Wenger S, Stockhammer T, Hannuksela M M, *et al.* RTP payload format for H. 264 Video [S]. RFC3984, Internet Engineering Task Force(IETF), Mar. 2003.
- Joint video team (JVT). H. 264/AVC [S]. ISO/IEC. 14496-10, ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, Mar. 2003.
- Li Wei-ping. Overview of fine granular scalability in MPEG-4 video standard[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3):301~307.
- Ribeiro V, Riedi R, Baraniuk R, *et al.* pathChirp: Efficient available bandwidth estimation for network paths. Proceedings of the 4th Passive and Active Measurement Workshop(PAM), Apr. 2003.