

文章编号: 1001- 2486(2003) 03- 0074- 05

实时流媒体传输中的差错控制与恢复技术^{*}

张拥军¹, 张 怡¹, 彭宇行¹, 曾友春²

(1 国防科技大学计算机学院, 湖南 长沙 410073;

2 安徽蚌埠汽车管理学院, 安徽 蚌埠 233011)

摘 要: 在 Internet 传送有一定的 QoS 保证的实时流媒体是多媒体应用的一个主要发展方向。但 Internet 上的数据传输时常出现丢包现象, 不采取恢复措施, 这必然导致视频质量的下降。如何提高视频传输质量, 且保证它的实时性, 是目前研究热点。以 MPEG-4 文件为视频流, 研究了网络传输丢包对视频质量的影响, 在此基础上提出了有选择地重传重要数据的恢复方法, 来提高实时视频的图像质量; 并根据 RTP 协议, 提出 CR-RTP 协议, 以对视频数据恢复重传的支持。

关键词: Internet; 实时媒体流; 差错控制与恢复; MPEG-4

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A

Error Control and Recovery Technology in Real-time Media Stream Transmission

ZHANG Yong-jun¹, ZHANG Yi¹, PENG Yu-xing¹, ZENG You-chun²

(1. College of Computer, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2 The Auto-management Institute of PLA, Bengbu 233011, China)

Abstract: To provide quality guaranteed real-time video stream in Internet is one of the main contents of multimedia application. But packet loss often occurs in data transmission across Internet, if no recovery measure is adopted, a drop in video quality will occur. Current research focuses on how to improve the quality of video stream and guarantee its real-time character. This paper studied the influence of packet loss on video quality based on MPEG-4 stream, presents a retransmit-important-data-based error recovery method, in order to improve the quality of real-time video stream. And according to RTP protocol, proposes a new CR-RTP protocol to support the retransmission of video data.

Key words: Internet; real-time video; error recovery and control; MPEG-4

随着网络技术的发展, 诸如电子商务、远程教育、视频点播等新的服务和应用如雨后春笋般地出现, 尤其是视频点播在教育、娱乐等行业深受欢迎。目前已有不少基于 MPEG-1/MPEG-2 的视频点播系统, 但由于它们需要较高的网络传输带宽, 一般只适合用在局域网中, 限制了它们在 Internet 上的应用。而 MPEG-4^[5] 以其出色的媒体性能, 图形质量接近 DVD、声音品质接近 CD、同时具有更高的压缩比而迅速火爆起来。与 MPEG-1 和 MPEG-2 相比, MPEG-4 更适于交互 AV 服务以及远程监控, 因此使得在 Internet 上进行实时视频应用(如视频点播、视频监控等)成为可能。

视频一般都是压缩后在网络中传输。因网络拥塞等原因, Internet 上数据传输时常出现丢包现象, 网络传输中丢包可能使得某些图像帧无法解码, 从而导致视频的图像质量下降。如何及时恢复丢包数据, 以保证实时视频的质量, 对 Internet 上的此类应用至关重要^[4,7]。Internet 上采用的传输协议是 TCP 协议, 它变化的带宽和不可预测的延迟使得网络很难取得较高的利用率, 而且它采用出错重传的可靠传输技术, 带来了较大的时间延迟, 使得该协议不适合用于视频点播等实时性要求高的应用, 因此通常采用 UDP 包来传输实时业务, 但 UDP 协议没有提供拥塞控制和质量保证机制。

* 收稿日期: 2002-11-18

基金项目: 国家 863 高技术资助项目(2001AA112072)

作者简介: 张拥军(1972-), 男, 讲师, 博士。

目前在网络传输中用于丢包恢复的常用方法还有纠错编码和前向纠错^[1,2]等技术,但在纠错的同时,这种方法也加大了数据的传输量。目前被广泛使用的 RTP^[3]协议使用 UDP 来传输实时视频数据,但它没有提供如何从丢包导致的数据差错恢复的方法。

1 问题分析

在 MPEG-4 等压缩的视频流中,帧内帧(如 P、B 帧)的解码还取决于与其相关的帧,如 P 帧的解码还需要与其对应的 I 帧的信息,因此,若在某个帧中出现丢包情况,就会导致该帧解码出错,视频质量降低,更为严重的是,错误可能传递给与其相关的帧。如 I 帧出错,会影响到与之相关的 P、B 帧的解码,也就是说丢包导致的错误具有传递性。

对通过 Internet 传输后的视频数据进行解码,解码的图像质量通常采用峰值信噪比来表示其与原图的差别。峰值信噪比 PSNR^[8]定义如式(1):

$$PSNR = 20 \times \lg \frac{255}{\left\{ \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} [f(x, y) - f'(x, y)]^2 \right\}^{1/2}} \quad (1)$$

$N_1 \times N_2$ 大小的图像, f, f' 分别是原始图像和通过网络接收到的数据的解码图像。它以没丢包情况下的视频图像(或原始图像)为基准,我们采用 PSNR 作为视频质量的评价标准,是因为它比较简单,而且能大致指示视频的质量。根据式(1),当网络出现丢包时,视频数据受到影响,在不进行差错恢复的情况下,解码后的图像会与原图出现不同,PSNR 将随之变小,而且是丢包越多, f, f' 差别越大, PSNR 也越小。因此可以假设,若与原视频质量相比,用户能容忍经过 Internet 传输过来的视频图像质量所对应的 PSNR 必须大于一定的值,否则无法观看。

先分析一下对于一条视频流网络丢包对平均 PSNR 的影响。图 1 是用多条视频流(用标准的 MPEG-4 的视频流)来作实验的结果,表示丢包率与 PSNR 的关系。根据丢包率采用随机的方法在视频中丢包,然后根据解码后的图像与原图的比较,计算 PSNR。从图中可知,丢包越多,图像质量越低。通常 PSNR 要大于 20dB, 视频图像质量才认为可以接受,即丢包率要小于 1/250。因此对于一个视频帧来说,失去其中一个数据包,就可能该帧无法解码,或解码结果不满足要求。

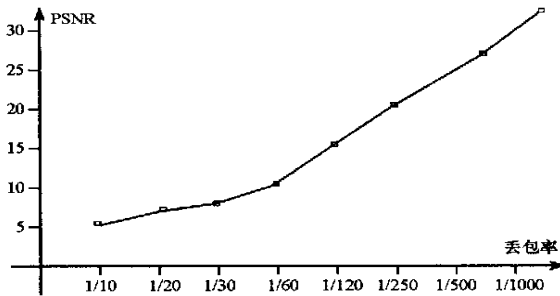


图 1 PSNR 与丢包率的关系

Fig. 1 PSNR and packet loss rate

当某一视频帧的 PSNR 小于一定值时,就认为其质量不满足要求,而把该帧丢掉。假设 α 为丢帧率,那么 $\alpha = \sum_{i \in \{I, P, B\}} p(f_i) \cdot p(K | f_i)$, 其中 i 表示 I、P、B 三种视频帧的类型, K 表示当某帧的 PSNR 小于某一设定值后,而把该帧丢掉的事件, $P(f_i)$ 表示帧为 I、P、B 帧的概率, $P(f_i)$ 可以预先从视频流分析得到。对于视频帧为 I 帧的情况,因为它可以独立解码,所以计算比较简单,为:

$$P(K|I) = 1 - (1 - \rho)^{S_1} \quad (2)$$

其中 S_1 为在 I 帧中平均包含的数据包数, ρ 为丢包率。

对 P、B 帧而言,比较复杂,每个 P 帧的解码要用与它在同一 GOV(Group of Vop (Video object plane)) 中的在它之前的 I 帧或 P 帧,每个 B 帧要用到与它相邻的那两个 I 帧或 P 帧,因此可得:

$$P(K|P) = \frac{1}{N_P} \sum_{k=1}^{N_P} [1 - (1 - \rho)^{S_I + kS_P}] \quad (3)$$

$$P(K|B) \leq \frac{1}{N_P} \sum_{k=1}^{N_P} [1 - (1 - \rho)^{S_I^{(k+1)}S_P + S_B}] \quad (4)$$

其中 S_P, S_B 分别是在一个 P 帧或 B 帧中平均包含的数据包的数目; N_P 是一个 GOV 中平均包含的 P 帧的数目。

通过式(2)、(3)、(4)可以求出要求 PSNR 大于某一设定值时的丢帧率。假设 M 为单位时间内的平均帧数, 那么 αM 就为单位时间内的丢帧数。用 MPEG-4 的视频流“table”(帧速度为 30 帧/s)作实验, 结果与我们的模型基本一致。如图 2 所示, 是当 PSNR 分别为 20 和 30 时的丢包率与平均丢帧数。平均丢帧数越多, 说明视频的质量越差。

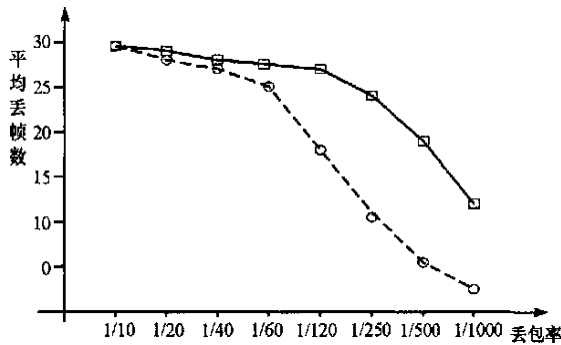


图 2 丢包率与平均丢帧数的关系

Fig. 2 Packet loss rate and average of frame loss number

2 差错控制与恢复

2.1 错误恢复策略

由于网络延迟的影响、网络带宽的限制, 要在 Internet 网上重传所有出错的包对于实时视频应用来说是不现实的, 考虑 MPEG-4 标准采用的压缩方法, 视频流中的 I 帧比 P、B 帧重要, 因此我们采用有条件地选择重传重要数据, 通过重传恢复 I 帧的数据包, 能提高视频图像的 PSNR, 减少整个丢弃的帧的数量, 且能减少网络上的数据传输量, 满足实时应用的需要, 如图 3 所示。

- (1) 在服务器端根据 RTP 协议, 将 MPEG-4 数据流打包, 然后通过 Internet 发往客户端;
- (2) 在客户端:

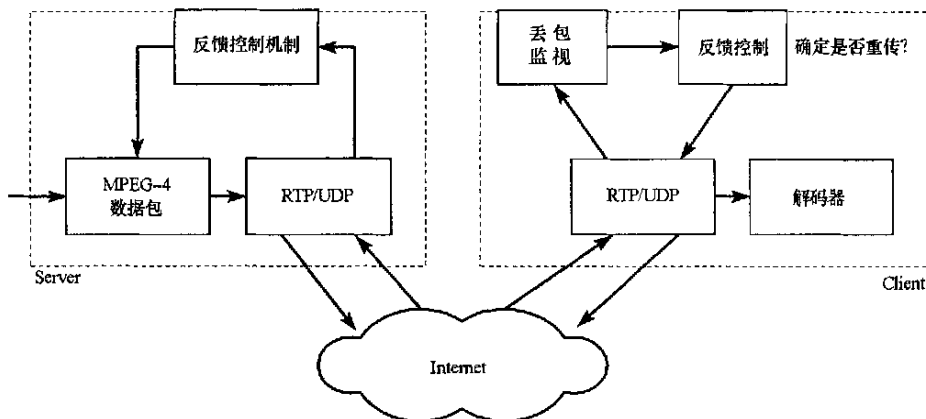


图 3 视频数据传输流程

Fig. 3 Flow of video data transport

- ①从网络接收 RTP 包, 把包解开;
- ②检查包的内容, 判断在 I 帧中有否丢包发生:
 - 若 I 帧没有丢包, 则没有重传请求;
 - 若有, 则根据其它帧的信息求出该帧的播放时间, 即下次重传该包必须到达客户端的时间期限, 把包的序号及期限信息用 RTCP 发回服务器;
- (3) 服务器接收到重传信息, 判断时间期限是否过, 若没过, 则重发客户端所需数据包。

2.2 CR-RTP(Conditioned Retransmission RTP) 协议

为了到达恢复视频中关键数据的目的, 我们对 RTP/RTCP 协议进行了扩充, 使其支持有条件地选择重传丢失的数据包。修改后的协议头如表 1、表 2 所示(表 1、表 2 中灰色部分所指示的域是原来 RTP 和 RTCP 协议中就有的, 其它的域是为重传数据所扩充)。

表 1 CR-RTP 协议头

Tab.1 CR-RTP protocol header

V	P	X	CC	M	Payload Type	Sequence Number
Timestamp						
SSI(Synchronization Source Identifier)						
Contributing Source Identifier						
Packet Sequence Number in Frame(PSNF)						
Packet Length(PL)						
Packet Offset(PO)						
Priority						

表 2 CR-RTCP 协议头

Tab.2 CR-RTCP protocol header

V	P	RC	Payload = RR	Length
SSRC of sender				
SSRC _ 1				
Fraction lost			Cumulative number of lost packets	
Extended highest sequence number received				
Interarrival jitter				
Timestamp echo				
Processing time				
Time Deadline				
Packet Sequence Number				
Packet Fragment				
Packet Offset				

表 1 是 RTP 进行了扩展。因为一个视频帧的数据可能有多个包组成, 域 Packet Sequence Number in Frame(PSNF) 表示该数据包在该帧的序号, PL 表示该包数据的长度, PO 表示该数据包在该帧的具体位置, Priority 表示该包的优先级, 若该数据包为重传包, 优先级设为高(1), 否则为 0。

表 2 是对 RTCP 协议进行扩展, 是客户端向服务器发送的接收报告, 确认接收到的数据包信息, 另一方面, 最后 3 个域是指示要求重传的包, Time Deadline(TD) 指示该包的期限。

3 模拟结果

我们采用多条 MPEG-4 视频流进行了网络测试,分别用有条件重传 I 帧、FEC、不恢复等方法进行处理,结果如表 3 所示。

表 3 实验结果
Tab. 3 Experimental result

视频流	总包数	PSNR(CR- RTP)	PSNR(预处理)	PSNR(不处理)
Surgery1	15 141	26.3	24.8	20.3
Surgery2	27 247	28.4	23.6	21.1
Lptv	36 482	25.8	23.2	19.7

从实验数据可知,我们提出的方法能有效地防止数据丢包后导致的错误传递,提高了网络传输的视频质量。

4 小结

本文讨论在 Internet 上进行实时视频传输中的数据丢包及差错恢复问题。因网络拥挤等导致的视频数据丢失,不采取恢复措施,必然导致视频质量的下降。采用 MPEG-4 文件为视频源,研究了网络传输中的丢包对视频图像质量的影响,在此基础上提出了有选择的重传重要数据的恢复方法,来提高实时视频的图像质量;并对 RTP 协议进行了相应的扩充,提出 CR- RTP 传输协议,以对视频数据恢复重传的支持;最后进行了模拟实验,证明了我们所提方法的有效性。

参考文献:

- [1] Wah B W, Su X, Lin D. A Survey of Error-concealment Schemes for Real-time Audio and Video Transmissions over the Internet [C]. In Proc. Int'l Symposium on Multimedia Software Engineering, IEEE Taipei, Taiwan, Dec., 2000: 17- 24.
- [2] Su X, Wah B W. Multi-description Video Streaming with Optimized Reconstruction-based DCT and Neural-network Compensations [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2001, 3(3): 189- 196.
- [3] Schulzrinne H, Casner S, Frederick R. RTP: A Transport Protocol for Real-time Application[C]. RFC 1889, 1996.
- [4] 杨成军,等.基于 IP 的视频业务与技术[J],电信科学, 2000(2): 41- 46.
- [5] International Organization for Standardization, Overview of the MPEG-4 Standard[S]. Dec 1999.
- [6] Kikuchi Y, Nomura T, et al. RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams [S]. Internet Engineering Task Force, RFC 3016.
- [7] <http://www.proj.ctmayo.com>[EB]. 2001.
- [8] <http://bmr.c.berkeley.edu/courseware/cs294/fall97/assignment/psnrhtml> [EB].