

实现基于 RTCP 协议的参考图象法的探讨

李 伟

(中国科学技术大学研究生院(北京), 北京 100039)

摘要 目前视频图象在 IP 分组网中的传输正被日益广泛地应用(如: 视频电话、视频会议), 但是, 由于 IP 分组网固有的特点, 致使 IP 分组包丢失的现象不可避免, 并极大地影响了视频传输的服务质量。由于参考图象选择法 RPS(Reference Picture Selection) 是一种较好的视频图象差错复原的方法, 因此, 为了改善因分组包丢失而对视频传输带来的质量下降问题, 利用 RTCP 协议提供反馈信息和利用参考图象选择法进行视频图象复原, 实现了一种在 IP 分组网中进行视频传输的差错控制机制。实践证明, 通过这种方法不仅可减小因分组包丢失而对视频图象信息带来的损害, 而且可提高视频图象的传输质量, 此方法适用于基于分组网的视频传输系统。

关键词 信息处理技术(510·4050) 实时传输控制协议 参考图象选择法(RPS) 差错复原 分组网 丢包
中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2003)01-0105-05

Implementation of Reference Picture Selection Based on RTCP

Li Wei

(Beijing Graduate School of USTC, Beijing 100039)

Abstract Now, video delivery based on IP network is being used more and more. (Example: video phone and video conferences). But, since characteristics of IP network, packet loss that impairs quality of video delivery severely is inevitable. Reference Picture Selection (RPS) is a better way for error resilience. RPS does not necessarily mean extra delay in the encoder, but it need that a feedback channel can be set-up from the decoder to the encoder in order that the decoder can inform the encoder about which part of the transmitted information is corrupted by errors. RTCP (real time control protocol) is the control protocol of RTP (real-time transport protocol). RTCP provide a higher-level control information and a feedback channel. In this paper, by RPS and improved RTCP, we design and implement a mechanism that controls error in video delivery in order to reduce damage of packet loss. It has been found that this error control method can greatly improve the quality of the images transmitted on Packet network, for instance Internet.

Keywords Real time control protocol (RTCP), Reference picture selection (RPS), Error resilience, Packet network, Packet loss

0 引 言

随着 Internet 技术和数字视频技术的发展, 视频信息通过 IP 分组网进行传输的应用日益增多, 像在 IP 网中进行视频电话、视频会议这样的视频业务正在迅猛增加。但是, 由于 IP 分组网固有的特点, 包丢失现象是不可避免的, 而目前应用的视频图象传输协议(如: ITU T 的 H. 261、H. 263 和 H. 263+))

均采用压缩编码的方式^[1~3], 由于编码时去掉了视频信息中的大量冗余信息, 这样不仅编码数据的抗干扰能力非常差, 而且每个传输的分组包中都将携带视频图象帧的若干块组信息, 因此分组包丢失将严重影响视频图象的传输质量^[4]。同时, 又因为视频信息实时性的特点, 所以不能对丢失的分组包采用重新传送的方式进行恢复。

本文采用实时数据传输的标准协议 RTP (Real-time Transport Protocol)^[5], 通过对 RTP 协

议中的实时传输控制协议 RTCP (Real Time Control Protocol)^[6]的功能进行一些扩展,用以提供必要的反馈信息,同时采用参考图象选择法来对出现差错的视频图象进行差错复原,进而提出了一种视频图象传输的差错控制方法,并以此来改善在视频图象传输中,因分组包丢失而对视频图象传输质量产生的影响。

1 参考图象选择法(RPS)

一个典型的视频通信系统的通过程包括 5 个步骤(见图 1),而目前主要有 3 种用于对抗传输中视频差错的机制^[7]:(1)在视频图象的编码器端,通过增加冗余信息、改进传输码流的结构等方法来使传输的视频数据对差错具有更高的恢复能力;(2)在视频图象的解码器端,利用图象的空间相关性、时间相关性以及人们的视觉特性来对出现差错的图象进行错误隐藏,以降低信道差错对图象质量的影响;(3)通过编码器和解码器之间的相互协作,并利用传输信道提供的反馈信息来对传输中出现差错的视频图象进行恢复。

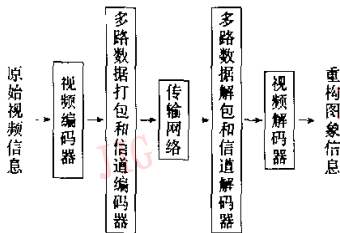


图 1 典型视频通信系统

由于参考图象选择法(Reference Picture Selection, RPS)^[2,7]是一种通过编码器和解码器之间相互协作来恢复视频传输中差错的方法,因此它也被称为基于反馈信息的参考图象选择法。这种方法既能利用反馈信息,同时又能满足实时数据通信要求。

在视频信息传输的过程中,当接收端(即解码器端)检测出视频信息帧在传输中产生差错时,将向发送端(即编码器端)发送反馈信息,以说明传输中产生了差错,而编码器端则在收到发送过的视频帧有损害的反馈信息后,编码器能够决定下一个将发送的 P 帧,然后将不以当前帧来进行预测编码,而是通过已经存在的旧参考图象帧来进行预测编码,且

上面所采用的用于预测编码的参考图象帧,在传输系统的编码器端和解码器端将同时存在。现已发现,使用参考图象选择法(RPS)不会给编码器端带来延迟,同样也不会给数据传输带来延迟,这是因为其与信息重新传递不同,编码器不是通过获得关于已传送帧的反馈信息来决定当前传送帧,而只是在获得反馈信息后,才决定下一个 P 帧是以当前帧作预测,还是以参考图象帧作预测。这样,当视频信息帧在传输中产生差错时,接收端则在向发送端发送反馈信息的同时,将采用差错掩盖技术来对产生差错的视频信息进行差错复原^[8],直到接受到以参考图象作为预测前帧的 P 帧图象为止。

从理论上说,在视频图象传输过程中,当第 n 帧图象出现差错时,编码器端收到反馈信息后,在发送第 $n+d$ 帧图象时,是采用参考图象帧作为预测前帧,这样在解码器端,从第 $n+1$ 帧到 $n+d-1$ 帧图象都是含有错误的帧,这是因为视频图象采用压缩编码所造成的,而到 $n+d$ 帧后,则所获得的视频图象信息就是不含错误的,这是因为第 $n+d$ 帧是采用参考图象作为预测前帧的。从以上分析可以看出,参考图象选择法能够有效地抑制视频信息差错在时间域上的繁衍和传播,同时它也比差错产生后,在编码器端采用强行发送 1 帧图象的方法要节省传输信道的带宽。

2 RTCP 协议功能的扩充

实时传送控制协议 RTCP(Real Time Control Protocol)是 RTP 协议的控制协议,它用于监视网络的服务质量和正在进行的与会者会话中的信息传送^[9]。RTCP 协议基本做法是周期性地向会话的所有参加者进行通信,并采用和数据包传送数据信息相同的机制来发送控制包。一般 RTCP 所占用的通信带宽不超过总会话带宽的 5%,而且 RTP 报文的接收者可以利用两种类型的 RTCP 报告报文(SR 或 RR)来提供有关数据接收质量的统计信息,但具体选用 SR 报文,或是 RR 报文,则要看该接收者是否同时是一个 RTP 报文的发送者而定。而 SR 报文和 RR 报文的主要区别在于,前者包含了 20Byte 长的有关发送者的信息报文格式^[10]。RTCP 协议传输报文的格式如图 2 所示。

从 RTCP 协议的报文格式可以看出,标准的 RTCP 协议提供的反馈信息主要是用来监视网络的

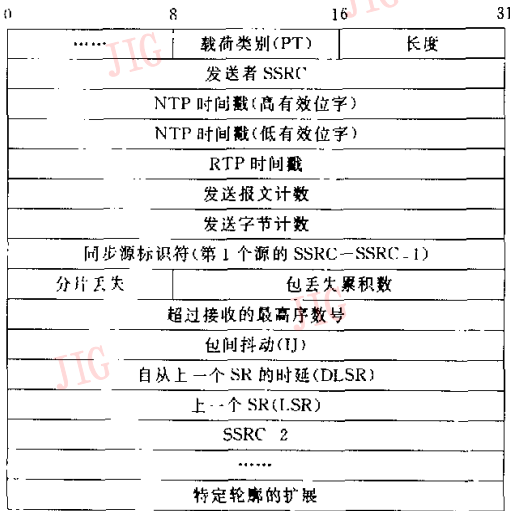


图 2 RTCP 协议 SR 报文格式

服务质量和提供数据传输质量的统计信息,如:发送报文数、发送字节数、包丢失累积数、包抖动等等,虽然信息传输的发送端可根据反馈回来的这些信息来判断网络传输的情况,并根据这些信息做相应的调整,不过,由于这些反馈信息不能提供参考图象选择法所需要的信息,因此需要通过 RTCP 协议提供反馈信息的功能进行扩充来满足要求。

RTCP 协议提供了如下两种传递用户信息的方式:一种是在轮廓文件中,对 RTCP 的 SR 报文和 RR 报文进行扩展定义的方式;另一种是利用 RTCP 的 APP 报文方式,而两种方式相比较,在轮廓文件中,对 RTCP 的 SR 报文和 RR 报文进行扩展定义的方式,一方面由于反馈信息的传输不需要引入新的报文类型,且无需 RTCP 报文处理程序采用新的处理模块来进行处理,从而为报文处理程序节省了额外的开销;另一方面在 RTCP 中,由于 SR 报文和 RR 报文的等级较高,因而它们的发送频率要比其他 RTCP 报文高^[10]。基于此,在利用 RTCP 协议为参考图象选择法发送反馈信息时,可在轮廓文件中,采用对 RTCP 的 SR 报文或 RR 报文进行扩展定义的方法来对 RTCP 协议的功能进行扩充,扩展后的报文格式如图 3 所示。

扩展后的 RTCP 协议报文,其固定报文格式与图 2 中的特定轮廓扩展信息字段以上的字段格式相同,而参考图象头信息和标识字段,正是为了扩展 RTCP 协议功能,而在特定轮廓扩展字段中增加的信息字段。在这里,参考图象头信息主要是用于存放

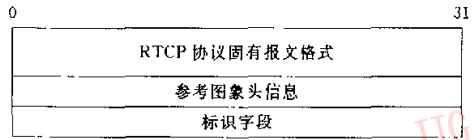


图 3 扩展后的 RTCP 协议报文格式

接收端参考图象的图象头信息,其主要信息有图象的帧号、图象的类型等,然后通过这些信息可以通知发送端,使发送端缓存中的参考图象与接收端的参考图象同步,或者使发送端能够定位出有差错的视频图象帧的位置;标识字段用来告知发送端,其参考图象头信息是用来进行帧同步,还是用来定位接收端出现差错的位置。

现以 H. 263 图象为例来说明图象头信息结构。H. 263 图象的头信息结构如图 4 所示^[11]。

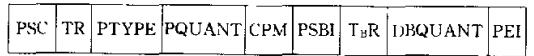


图 4 H. 263 图象头信息结构

在 H. 263 图象头信息中,对反馈信息有用的字段有:(1)时间参考(TR)字段,它是帧号,用 8bit 表示,共有 256 个可能的值;(2)图象类型(PTYPE)字段,它是关于整幅图象的信息,占用 13bit。从上面的头信息中可以知道,由于占用 1bit 的图象额外插入信息(PEI)对参考图象选择法的反馈信息没有任何作用,因此可以利用 PEI 的 1bit 信息作为标识字段,当置“0”时,表示反馈信息的图象头信息用于同步,而当置“1”时,表示反馈信息的图象头信息用于定位接收端视频帧的差错位置。

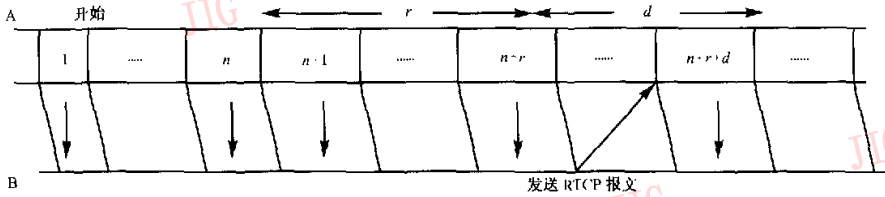
3 RTCP 协议进行差错控制的过程

通过 RTCP 协议进行差错控制主要是为了利用 RTCP 协议能够传输反馈信息的特点,通过上一小节对 RTCP 协议报文进行扩展的介绍,使得 RTCP 传输反馈信息的能力得到了扩充。由于在 RTCP 报文中加入了参考图象头信息字段,因此,当视频图象信息在传输中出现差错时,发送端就能够准确地定位视频序列中出现差错帧的位置。

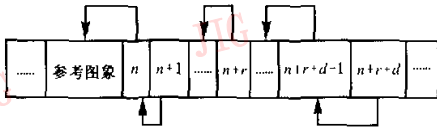
视频信息在利用 RTP 协议进行传输的过程中,RTCP 报文呈周期性的传送,当一个周期结束后,通信系统的接收端将向发送端发送 RTCP 报文。如果在一个发送周期之间,通信系统的接收端,检测到视频图象出现差错,则系统将以出现差错图象帧的前

一帧作为参考图象,当这个发送周期结束时,RTCP报文将携带此帧图象的头信息发送给通信系统的发送端。当系统的发送端在收到携带参考图象头信息的RTCP报文后,即在随后发送的一帧图象中,就将此参考图象作为预测前帧来进行图象编码,而系统的接收端在接收到此帧图象后,也将采用同样的参考图象来进行解码。如果在一个发送周期之间,通

信系统的接收端没有检测出图象出现差错,当RTCP报文发送时,系统将以发送RTCP报文之前最后收到的一帧图象作为参考图象,并将图象头信息写入RTCP报文中,而系统的发送端则在接收到此图象头信息后,将对发送端的参考图象进行更新。图5显示了视频图象传输过程中,正常的图象预测过程和出现差错后,图象的预测过程。



(a) RTCP 报文发送示意图



(b) 没有差错产生情况下帧流的预测过程

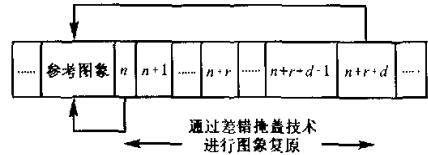
(c) 当 n 帧图象出现差错后帧流的预测过程

图5 视频图象传输帧预测过程

从图5可以看出,假设接收端在接收到第 n 帧图象时,已检测出传输差错,那么在继续接收了 r 帧图象后,接收端向发送端传送RTCP报文,发送端在第 $n+r+d$ 帧图象将要传输前,已收到从接收端传来的RTCP报文,这样发送端在发送第 $n+r+d$ 帧时,将是参考图象作为预测前帧的视频图象帧,而接收端也将在接收到第 $n+r+d$ 帧后,彻底消除因第 n 帧图象差错所造成的影响。由此可见,当图象帧出现差错后,通过这种方法可得到被差错影响(即差错扩散)的帧数为 $n+r+d$ 。这样,图象差错的影响也将在这些帧后彻底消除,而在这些帧之内的差错图象帧将通过解码器端采用差错掩盖技术来进行差错复原,以减少差错对视频质量的影响。

4 视频传输收发端的处理过程

由于本文采用参考图象选择法来对视频传输中的差错进行控制,因此需要在视频传输系统的接收端和发送端增加必要的缓存来存储参考图象,其在视频传输系统的接收端增加接收端参考图象缓存,

主要是为了用来存储当前最新的一帧被正确接收到的视频图象信息,从大小上来讲,此缓存只提供用来存储一帧图象信息的空间;而在视频传输系统的发送端则增加发送端参考图象缓存和发送端视频图象队列缓存,其中,发送端参考图象缓存是用来存储通过反馈信息得到的目前接收端已经正确接收到的视频图象帧,此缓存的大小同接收端缓存相同,即提供存储一帧图象信息的空间;而发送端视频图象队列缓存则用于存储发送端参考图象缓存中,自目前所存储的视频图象帧开始,到下一个将要放入发送端参考图象缓存中的视频图象帧之间的视频图象信息,且此缓存采用先进先出的队列方式来作为数据结构,其大小则取决于反馈信息发送的频率。

当缓存设计好后,就要通过对视频传输系统收发端处理过程的改进,以便利用RTCP协议和参考图象选择法来实现视频传输差错控制机制。一方面,在视频传输系统的接收端,要对以下两个处理过程进行改进:一个是RTCP协议报文生成处理过程,另一个是解码器对图象处理的过程。其中,对于RTCP协议报文的生成过程,只是让这一处理过程

能将所增加的扩展信息写入 RTCP 协议报文的扩展信息位;而对于解码器的处理过程,它除了对图象进行解码、对差错进行检测和复原外,还要对参考图象进行管理。解码器的图象处理过程如下:

IF(接收到的视频图象帧是有差错的帧)THEN

利用差错掩盖技术对视频图象帧进行差错复原并输出显示;

ELSE

IF(接收到的视频图象帧是以缓存中的参考图象作为预测前帧的图象帧)THEN

将接收端缓存中的参考图象调入解码器;

通过解码器对图象进行解码复原;

将正确解码的图象帧信息写入接收端缓存,并输出显示。

另一方面,在视频传输系统的发送端也要对如下两个处理过程进行改进:一是 RTCP 协议报文的接收处理过程,另一个是编码器对图象的编码过程。其中,对于 RTCP 协议报文的接收过程,主要是增加了判断接收到的视频图象头信息是用来进行同步,还是用来进行差错控制的判断功能;而对于编码器的处理过程,它除了对图象进行编码外,还要对接收端的参考图象进行管理。编码器的处理过程如下:IF(接收到 RTCP 报文)THEN

IF(RTCP 报文携带的图象头信息与发送端参考图象头信息不一致)THEN

在发送端视频图象队列缓存中,查找与 RTCP 报文携带的图象头信息相同的图象帧,并将其写入发送端的参考图象缓存中;

删除发送端视频图象队列缓存中,参考图象帧之前的所有帧;

IF(RTCP 报文携带的图象头信息是用作差错控制的)THEN

将发送端参考图象缓存中的图象帧调入编码器;

编码器对图象进行编码;

将完成编码的图象进行传送,并放入发送端视频图象队列缓存中。

这样经过发送端和接收端的处理过程,就充分利用了本文描述的 RTCP 报文的扩展功能。通过这一功能提供的反馈信息,也就能应用参考图象选择方法来对视频图象传输中的差错进行控制和复原。

5 结 论

本文通过对 RTCP 协议的功能进行扩展,并通过此协议提供的反馈信道与参考图象选择法(RPS)

相配合,提出了一种视频图象传输差错控制的方法。这种方法能有效地抑制视频图象传输差错在时间域上的传播。对于以 IP 为基础的分组网,这种方法由于能够有效地减小由分组包丢失而对视频图象信息带来的损害,故能提高视频信息的传输质量。

从目前的发展趋势来看,视频信息在分组网(特别是 Internet)中的传输将变得越来越流行,而鉴于视频信息实时性的特点和分组网固有的特点,只有保证了视频传输的服务质量,才能使视频信息在分组网中正常地传输。实践证明,本文所提出的方法能够有效地改善视频传输的服务质量。

参 考 文 献

- 1 ITU T. Video coding for low bitrate communication. Recommendation H. 263[S]. 1996
- 2 ITU T. Video coding for low bitrate communication. Draft Recommendation H. 263 Version 2[S]. 1998
- 3 涂国防. 现代数字通信[教材]. 北京:中国科学技术大学研究生院(北京),1998.
- 4 张何,谢忠诚,鞠九滨. 前向误差校正法实现修复丢包[J]. 电子学报,2001,29(2):263~265.
- 5 Schulzrinne H, Casner S, Frederick R et al. RTP: A transport protocol for real-time applications[DB/OL]. RFC1889. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- 6 Schulzrinne H. RTP profile for audio and video conferences with minimal control[DB/OL]. RFC1890. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1890.txt>
- 7 Wang Yao, Zhu Qin-Fan. Error control and concealment for video communication: A Review[J]. Proc. of IEEE, 1998, 86(5):974~997.
- 8 魏晓晖,肖自美,梁凡. 压缩视频的差错复原技术[A]. 见:全国第8届多媒体技术学术会议论文集[C]. 成都,1999:8~12.
- 9 蔡安妮,孙景馨. 多媒体通信技术基础[M]. 北京:电子工业出版社,2000. 8.
- 10 蒋林涛. 多媒体通信网[M]. 北京:人民邮电出版社,1999. 6.
- 11 沈兰荪,卓力,田栋等. 视频编码与低速率传输[M]. 北京:电子工业出版社,2001. 12.



李伟 1974年生,现在在中国科学技术大学研究生院(北京)攻读硕士学位,主要研究方向为数字视频传输。