

基于 RTP 的 IP 网络交互视频 终端 QoS 保证技术的研究^{*}

涂万青, 丘海明

(中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275)

摘 要: 提出一种在端到端传输时延容限和时延抖动容限内, 利用 RTP 协议通过 RTCP 报告提供的网络当前状态信息来自适应的改变接收缓冲区的大小从而提高终端视频流播放质量的方法——在接收终端加一段动态缓冲器, 找到补偿性减小网络传输时延和平滑时延抖动之间的优化, 解决实时通信与平滑播放之间的矛盾。最后, 给出了动态缓冲器方法, 通过计算机仿真得出实验结果。

关键词: RTP/RTCP; 平滑处理; 网络视频; 媒体内同步; QoS 控制

中图分类号: TN919.85 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 05-0028-04

1 方案的提出

一般来说, 在网络中, 每个视频帧的端到端的传输延时 d_{total} 定义为

$$d_{total} = d_n + d_b + d_c \tag{1}$$

其中, d_n 是发送端发送一帧视频的时延和该帧视频在网络中的传输时延之和。 d_b 是每帧视频数据经过缓冲区的延时, d_c 是视频流在发送端编码和接收端解码的总延时。动态缓冲器自适应调节模块如图 1 所示。

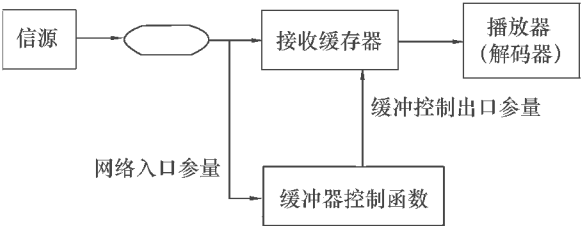


图 1 接收缓冲器自适应调节图

Fig 1 The dynamic adjustment of the buffer in the sink

其中, 缓冲器控制函数模块见图 2。

1.1 当前网络延时

(1) 式说明, 在 d_{total} 为一定值的情况下, 只要我们可以获取当前网络的传输延迟 d_n , 便可以算出能够保证视频流实时回放的动态缓冲器的当前缓冲延时, 并以此作为调节动态缓冲器容量的重要依据。其过程如图 2 所示, 因此, 该方案的关键是如何获得网络的实时传输延时。

根据 RTCP 的 SR/RR 报头有^[1]

$$D_n = (t - LSR - DLSR) / 2 \tag{2}$$

则式 (1) 中的网络传输延时 d_n 可由下式表示:

$$d_n = D_n + d_f \tag{3}$$

式中, d_f 是发送一帧视频数据的延时, D_n 是当前网络的传输延时。

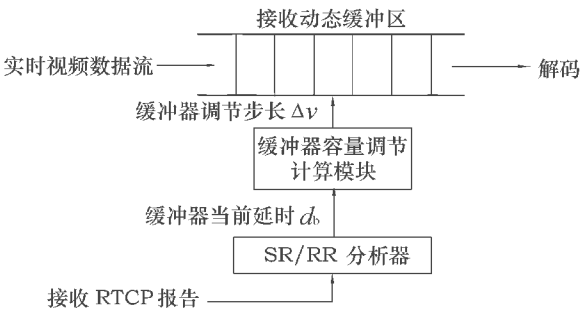


图 2 接收终端平滑模式

Fig 2 The smoothness mode of the buffer in the sink

1.2 动态缓冲器容量变动范围

根据视频流连续性和实时性的充要条件, 方案中, 令 $d_{total} = TED$, TED 表示端到端时延容限。由式(1)可以看出 d_b 是关于变量的一个单调递减函数。视频数据的缓冲时延变化直接与 d_n 相关。视频数据流所经历的最大缓冲器延时为

$$\Phi_{max} = \max\{TED - d_c - d_n\} = TED - d_c - (d_f + d_l) \tag{4}$$

式中, d_l 为网络链路的固有延时。视频数据流所经历的最小缓冲器延时为

^{*} 收稿日期: 2003-03-10

基金项目: 广东省自然科学基金重点资助项目 (021753)

作者简介: 涂万青 (1976 年生), 女, 现为香港城市大学博士生; E-mail: tu.wanqing@student.cityu.edu.hk

$$\Phi_{\min} = \min\{TED - d_c - d_n\} = 0 \tag{5}$$

令 R_s 是某一接入负载下视频源的字节发送速率。当存在多个数据源公平竞争网络带宽时， R_s 可由下式表示

$$R_s = R_{on} p_{on} p_{video} \tag{6}$$

其中， R_{on} 是视频源处于 ON 状态时的发送速率， p_{on} 是视频源处于 ON 状态时的概率， p_{video} 是多个输入负载竞争网络带宽时，视频源的发送概率。

由于解码器每次需要一帧数据才能保证解码连续性，且 $\Phi_{\min}=0$ ，在各种网络负载下，动态缓冲器的变化范围可以表示为

$$v \leq V \leq (R_s)_{\max} \Phi_{\max} \tag{7}$$

其中， v 表示一帧视频数据大小。当 $V > (R_s)_{\max} \Phi_{\max}$ 时，端到端的总延时超过了用户所能容忍的范围；当 $V < v$ 时，视频数据解码的连续性受到了破坏。

1.3 缓冲器控制方案

1.3.1 网络性能相对稳定 为保证视频流回放的连贯稳定，缓冲器容量的初始值定为式 (7) 中的最大值 $(R_s)_{\max} \Phi_{\max}$ 。当在一段时间 T_i 内，缓冲器没有出现上溢或下溢，我们认为此时网络传输的时延变化不大，网络性能较稳定。为了减小网络视频数据的端到端时间延时，将按如下所获步长减小缓冲器的容量。在用户所能容忍的抖动容限范围内的最大字节丢失数：

$$b_{\max} = [JR_s] \tag{8}$$

其中， J 是用户所能容忍的抖动容限 $b_{\max}$ 是最大丢失字节数， $[]$ 表示取整。在保证传输延时条件下，缓冲器容量的实时改变量 $\Delta V_r(i)$ 为

$$\Delta V_r(i) = [(d_b(i) - d_b(i-1)) R_s] \tag{9}$$

$i = 2, 3, \dots$

因此，在抖动和延时容限范围内，缓冲器容量的减小步长为

$$\Delta V_{(i)} = \min\{b_{\max}, |\Delta V_r(i)|\} \tag{10}$$

$i = 2, 3, \dots$

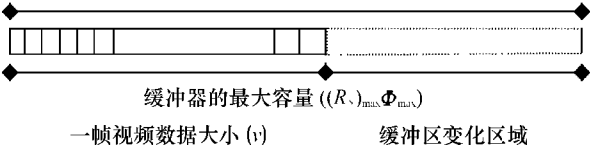


图3 动态缓冲器工作方式图

Fig 3 The working mode of the dynamic buffer

1.3.2 网络性能不稳定 当网络性能不稳定时，即在时间段 T_i 内缓冲器出现了上溢或下溢，必须采取一定的措施来减少视频回放质量的损失。

(1) 缓冲器出现上溢。

① $V < (R_s)_{\max} \Phi_{\max}$ (V 代表缓冲器的当前容量)。此时说明网络的不稳定是由于传输时延变小引起的，每次按照 $\Delta V_{(i)}$ 步长增大缓冲器的容量。

② $V \geq (R_s)_{\max} \Phi_{\max}$ 。此时系统将探测到缓冲器中的数据快要超出缓冲器的最大容量而导致上溢，缓冲器控制模块会在抖动容忍范围 J 内适当地丢弃一些视频数据包。

(2) 缓冲器出现下溢。

网络的不稳定是由传输时延变大引起的。令

$\tau = TED - \frac{v}{(R_s)_{\min}} - d_c$ ，它的物理意义即为在能保证网络视频流实时传输和解码器解码连续的条件，所允许的最大网络时间延时。

① $d_n < \tau$ ，这种情况下，需要每次按照 $\Delta V_{(i)}$ 步长减小缓冲器的容量，保证解码器总有数据可以进行解码。

② $d_n \geq \tau$ ，此时突发性的网络拥塞已非常的严重，网络给视频流带来的传输延时已超过了用户的容忍限度，接收终端不再继续减小缓冲器的容量来补偿缓冲器下溢，而是将缓冲器的容量定为 V 来保证解码器解码的连续性。

2 仿真实验

实验采用的仿真软件是 NS 2.1B8。为了使实验结果更具有真实性，实验中，发送端的信源采用一段采集并经过 MPEG-1 编码的视频源文件 starwars.nsformat。实验采用的网络拓扑结构如图 4 所示。

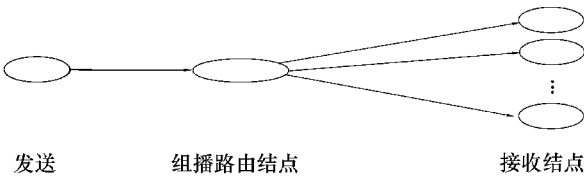


图4 仿真实验中的网络拓扑图

Fig 4 The simulation network topology

仿真实验采用了组播通信方式。实验中，通过在发送端挂接 100 个数据源 Application/Traffic/CBR，并控制这些数据源的发送间隔的方法来模拟实际网络的各种负载情况。目前，一般的平滑抖动的办法是让接收到的 LDU 先进入一个固定容量的缓冲器，因此，在仿真实验中，用两个固定容量的缓冲器作为参考，以分析动态缓冲器在保证实时通信和平滑时延抖动方面的优势。

平滑时延抖动实验结果见图 5。

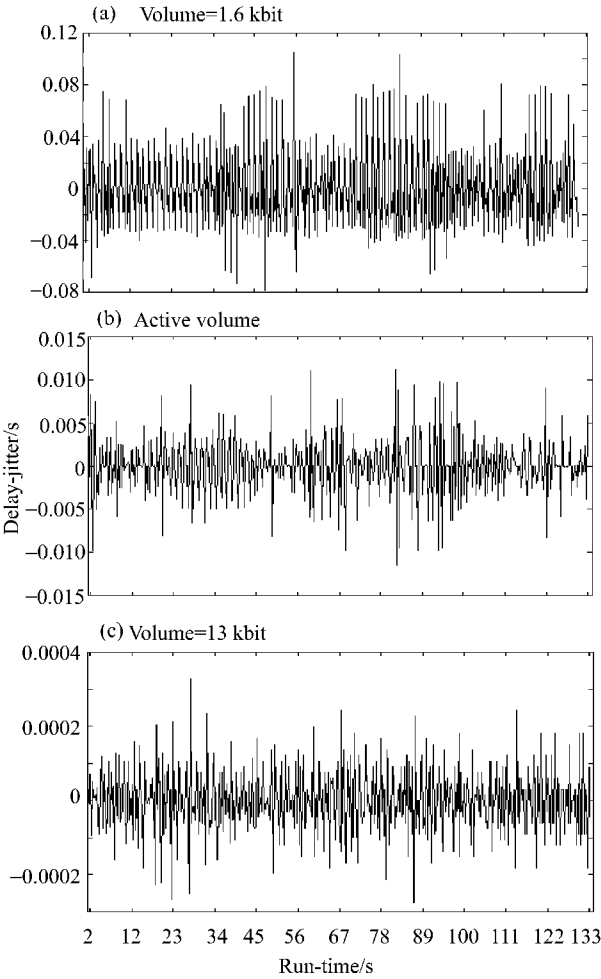


图 5 3 种不同缓冲器容量下时延抖动实验结果
Fig. 5 The delay jitter results in three different kinds of buffers

实验结果分析如下:

(1) 网络负载小于 50% 时, 由图 6 可知, 动态缓冲器 ($1.6 \times 10^3 \sim 10 \times 10^3$) 和最大容量缓冲器可以保证交互通信的实时性 (图中横虚线为保证视频实时通信的门限 250 ms); 另外, 超过了视频抖动容限为 10 ms, 由图 5 (a) 可知, 最小容量的缓冲器的时延抖动范围大部分在 $-40 \sim 80$ ms 之间, 所以不能保证视频图像回放的连续性。而动态缓冲器的时延抖动范围大部分在 $-5 \sim 5$ ms 之间。因此, 在此情况下, 动态缓冲器能够找到补偿性减小端到端时间延迟和平滑时延抖动之间的优化。

平均时延实验结果见图 6。

(2) 当网络负载处于 50%~60% 时, 由图 5 和图 6, 动态缓冲器采用主动丢弃视频数据包来保证交互通信的实时性。视频数据包的丢失同样会引起图像回放的抖动。在 60% 情况下, 根据实验统计, 最大连续丢包时间为 13 ms, 基本上可以通过回放上一帧的方法来减小抖动损耗。因此, 在这种情况下,

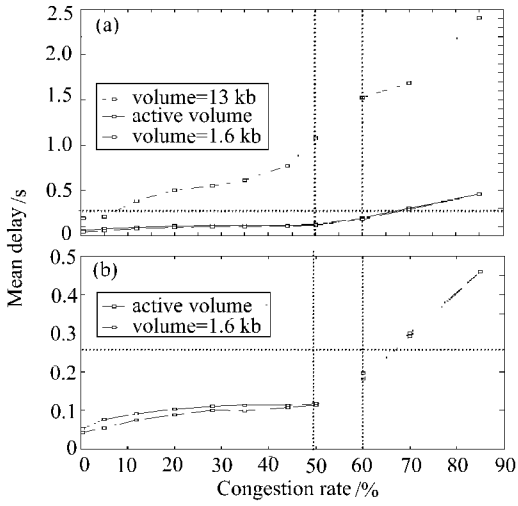


图 6 3 种不同缓冲器容量下平均时延实验结果
Fig. 6 The average delay results in three different kinds of buffers

下, 动态缓冲器基本上也能够找到补偿性减小端到端时间延迟和平滑时延抖动之间的优化。

(3) 当网络负载大于 60% 时, 由图 6 可知, 动态缓冲器的平均时延超过了 250 ms 的时延容限, 由主动丢包造成的时延抖动也将超出抖动容限 J, 此时动态缓冲器方法不能很好的解决补偿性减小端到端时间延迟和平滑时延抖动之间的优化问题。

(4) 结合 (1)、(2)、(3) 可知, 当网络负载小于 60% 时, 与固定容量的缓冲器相比, 通过 RTP 协议, 在用户的时延容限和抖动容限范围内, 对缓冲器进行动态调节, 可以取得减小交互通信播放前的等待时刻与平滑时延抖动之间的优化, 保证接收终端的视频回放质量。当网络负载超过 60% 时, 动态缓冲器在保证实时通信时, 会对回放的图像质量引入抖动感, 此时, 需要发送方和路由策略的共同努力来保证交互通信的实时性和连续性。

参考文献:

[1] SCHULZRINNE H, CASNER S, FREDERICK R, et al. RTP: A transport protocol for real-time applications[M]. (RFC 1889), IETF, 1996.
[2] 蔡安妮, 孙景鳌. 多媒体通信技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
[3] 许文飞, 汤利华, 谈正. 局域网以太网实时音频交互中延迟平衡算法的设计与实现 // 第七届全国多媒体技术学术会议论文集[C]. 1998.
[4] BUSSE I, DEFFNER B, SCHULZRINNE H. Dynamic QoS control of multimedia applications based on RTP[J]. Computer Communications, 1996, 19: 49—58.
[5] 张孟顺. 多媒体通信及相关技术 // 第七届全国多媒体技术学术会议[C]. 1998.

[6] ITU-T G. 114: One-way Transmission Time. May. 2000

[7] 郑庆华, 李人厚. 分布式多媒体同步中表现质量的参
数计算[J]. 通信学报, 1999.

[8] 涂万青, 丘海明. 分布式多媒体终端系统平滑处理技
术的研究 // 第七届全国青年通信学术会议论文集
[C]. 2001.

Research on Guarantee Technology of Video Stream’s QoS
in the Sink over IP Network Based on RTP

TU Wan qing, QIU Hai ming
(Department of Electronics and Communication Engineering,
Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: A new approach, presented in this paper, can self adaptively change the volume of the buffer according to the current network information from the RTCP reports in the scope of transmission delay and delay jitter, and can improve the quality of the video playing back. It is obtained by attaching a dymanic buffer in the sink before the video playing back and finding out the optimization between the reduction of the end to end transmission delay and the smoothness of the delay jitter. At last, the simulation results of the new approach are introduced.

Key words: RTP /RTCP; smoothness; network video; inner media synchronization; QoS control

简 讯。

本刊“科技快报”栏目获奖

在第三届广东省期刊优秀作品评选中，中山大学学报（自然科学版）的“科技快报”栏目获优秀栏目策划一等奖。

本刊的“科技快报”栏目突出“快”字，快速报道最新科研成果或科研项目的阶段性成果，适应当今科技信息日新月异的发展，且文章精短，基金项目论文的比例高，有利于办刊整体水平的提高。该栏目开办几年来，广受作者、读者和有关数据库的欢迎和收录引用。

最近，广东省新闻出版局，省科技厅给获奖作品颁发了获奖证书。

(本刊通讯员)