文章编号: 1008-1542(2008)04-0305-03

基于 RTCP 的流媒体拥塞控制算法研究

张晓蕾[1], 谭晓林[2], 安胜彪[1], 陈书旺[1]

(1. 河北科技大学信息科学与工程学院, 河北石家庄 050018; 2. 石家庄市第三职业中专学校微机组, 河北石家庄 050031)

摘 要: 分析了现有的流媒体拥塞控制算法(AIMD, TFRC)的优缺点, 在此基础上, 提出一种改进的流媒体拥塞控制算法。算法对反馈信息进行预测和参数的调整, 减少了开始阶段延时时间, 并采用平稳增长因子, 降低传输过程中的抖动, 减少丢包率, 以提高流媒体的平稳性, 最后, 对算法进行验证。仿真实验结果表明, 改进算法在延时抖动方面有所提高, 更适合流媒体的传输, 并较好地保持了 TCP 友好特性。

关键词: 流媒体; RTCP; AIMD; TFRC; 拥塞控制

中图分类号: TP311 文献标识码: A

Streaming media congestion control algorithm based on RTCP

ZHANG Xiao-lei[1], TAN Xiao-lin[2], AN Sheng-biao[1], CHEN Shu-wang[1]

(1. College of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. No. 3 Technical Secondary Vocational School of Shijiazhuang, Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: The paper analyses the advantages and disadvantages of the existing streaming media congestion control algorithm (AIMD, TFRC). On the basis of this, it proposes an improved streaming media congestion control algorithm. This algorithm predicts the feedback information and adjusts the parameters to reduce the delay time of the initial stage. And it uses a steady growth factor to lower the process of transmission jitter, to reduce packet loss rate, and to enhance the smooth flow of the streaming media. Finally, the algorithm is verified. The simulation result shows that the improved algorithm improved in jitter delay, which makes it more suitable for streaming media transmission while maintaining the TCP-friendly features.

Key words: streaming media; RTCP; AIMD; TFRC; congestion control

流媒体就是使用流式传输技术的连续时基媒体, 如: 音频、视频或多媒体文件。流媒体应用的传输协议常用 UDP, 而非 TCP。然而, UDP 数据包没有编号, 无法提供差错控制, 也不保证包的传输, 更没有拥塞控制机制, 而流媒体传输通常会消耗大量的网络资源, 拥塞控制机制的缺乏将会影响网络的正常运行。因此, 拥塞控制技术对于网络正常运行起着关键作用。RTP(real-time transport protocol)/RTCP(real-time transport control protocol)是应用层流媒体传输协议, 位于 UDP 协议之上, 为当今大部分流媒体传输应用所采用。对基于 RTP/RTCP 协议的应用层拥塞控制的研究, 有助于解决流媒体传输中的拥塞问题, 提高流媒体传输的质量[1,2]。

1 现有算法的研究

收稿日期: 2008-07-03; 修回日期: 2008-09-09; 责任编辑: 陈书欣

作者简介: 张晓蕾(1983-), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事多媒体通信与处理方面的研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近几年来, 根据流媒体的实时性, 提出了一些新的拥塞控制算法。这些拥塞控制算法可以分为两类。

一类是基于 AIMD (additive increase multiplicative decrease) 的控制算法, 当 RTCP 数据包所包含的丢包率低于门限的时候, 表明网络空闲, 则使用加性增长传输来逐渐适应网络带宽; 当丢包率超过门限, 则使用乘性减少码流量传输, 通过它减少码源流量从而缩减网络阻塞时间和丢包率[3]。但这样的算法容易引起 RTP 流的抖动, 而用户一般不希望媒体流速率一直处于动态的变化之中。这种机制容易导致丢包和时延的剧烈变化, 所以比较适合那些时间不敏感的 UDP 应用。

另一类是以 TFRC(TCP friendly rate control) 为代表的基于 TCP 吞吐量模型的控制算法。TFRC 是基于接收端的拥塞控制算法, 即拥塞控制信息主要就是丢包事件率在接收端计算的[4]。与 TCP 一样, 在 TFRC 中也存在着慢启动的过程。在 TFRC 中, 刚开始发送数据时, 接收端还没有收到发送端的报文, 因此也就无法计算出丢包事件率, 这时发送端也就无法根据速率控制公式计算出应采用的发送速率。这类似 TCP 的慢启动阶段对于实时流媒体来说使得接收端在开始有较大的延迟和抖动。

算法研究

.1 基于 RTCP 反馈的拥塞控制算法

假设发送端的比特率为 R, R_{min}为最小比特率, R_{max}为最大比特率; R_0 为常增量; α为积式减少因数; AIR 为线性增量因子; P_{loss}为丢包率; P_{hold}为丢包率的阈值。

if($P_{loss} \leqslant P_{hold}$)

$R = \min\{(R + AIR), R_{max}\}$;

else

$R = \max\{\alpha * R, R_{min}\}$。

. 改进的算法

根据 AIMD 和 TFRC 这两种算法的缺点, 对基于 RTCP 反馈的拥塞控制算法进行改进。拥塞控制的目的就是尽可能减少包的丢失, 减小延时, 保证 QoS。丢包率在算法中起着重要的作用, 但是使用丢包率作为反馈控制参数, 并不能反映当前发送速率时的网络状况, 具有一定的延时性。因此, 考虑使用预测的方法, 根据一个时刻及其前一时刻接收到的丢包率进行估计, 得出下一时刻的丢包率, 进而反映出当前的网络拥塞状况, 使得发送速率更好地适应当前网络[5~7]。

假设当前接收到的丢包率为 P_{now}, 前一时刻接收到的丢包率为 P_c, 预测出发送时刻的丢包率为 P_{loss}。使用加权预测方法, 权值为 β。可以得出:

$$P_{loss} = (1 - \beta) \times P_c + \beta \times P_{now}, 0 < \beta < 1。$$

用 P_{loss} 代替 P_{now} 作为控制参数, P_{loss}不但能够反映是否拥塞, 其数值大小更能够反映出拥塞的程度。

另外, 当 $P_{loss} > P_{hold}$时, 网络产生拥塞, $P_{loss} - P_{hold}$ 就成为与拥塞程度成正比的一个参数。这样, 积式减少因数 α就用 $\alpha' \times (P_{loss} - P_{hold})$ 来替代, 使得发送速率呈收敛状态。

在 AIMD 算法中的线性增量因子(AIR)用平稳增长因子来代替, 可以进一步提高流媒体的平稳性。

$$AIR' = (1 - e^{-0.5 \times (1 - \frac{R}{R_{max}})}) \times R_0, \text{其中 } 0.5 \text{ 为修正因子。}$$

则当接收到一个从接收端发送来的反馈 RTCP 控制包, 发送端的输出速率 R 就会根据以下准则进行调整:

$$P_{loss} = (1 - \beta) \times P_c + \beta \times P_{now},$$

if ($P_{loss} \leqslant P_{hold}$)

$$R = \min\{(R + AIR'), R_{max}\};$$

else

$$R = \max\{(\alpha' * (P_{loss} - P_{hold}) * R, R_{min}\}。$$

这样, 采用对下一时刻丢包率的预测和利用平稳增长因子的做法, 使发送端的发送速率更好地适应当前的网络状态, 能够进一步减少 RTP 流发生动荡的可能, 减少流媒体传输过程中的抖动。

3 实验结果分析

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

采用 NS2 网络仿真环境进行实验模拟, 使用的拓扑结构是经典的单瓶颈链路, 见图 1。

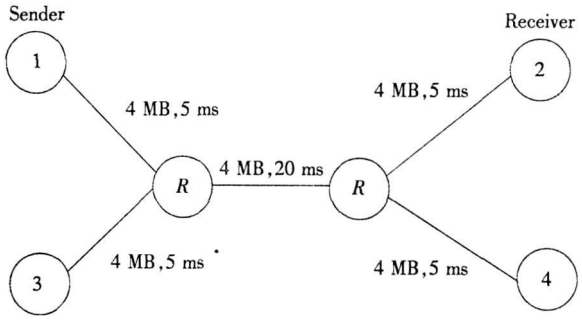

图 1　网络拓扑结构

Fig. 1　Structure of net topology

假设瓶颈链路带宽为 4 MB, 延时为 20 ms; 瓶颈链路以外的其他链路上的带宽均为 4 MB, 延时为 5 ms; 实验总时间为 2 000 ms, 造成暂时拥塞的流是 FTP 流, 开启和关闭的时间分别为 400 ms 和 1 600 ms; 传输的 R4 数据包大小为1 064 byte, FTP 数据包为 1 040 byte。

模拟过程中, 经过多次实验, 将丢包率阈值选取为 0. 04, 此时反映网络拥塞程度较为准确, 算法可以达到较好的效果。若阈值选取太大或太小, 则无法准确判断拥塞状况以调整发送端速率。

从图 2 中可以看出, 发生拥塞时会产生丢包, 因为抖动仍然存在, 但在抖动幅度上已经有所改进。从图 2 中可以看出在开始的 500~ 1 000 ms 内, 改进算法的抖动幅度有所降低。改进算法的抖动平均值比原有算法的抖动平均值要低 1. 2 ms 左右, 此外, 还统计了 2 000 ms 内实时数据流和 TCP 流的丢包率, 实时数据流的丢包率为 6. 21%, TCP 流为 11. 34% , 结果表明实时数据流对丢包控制更有效。

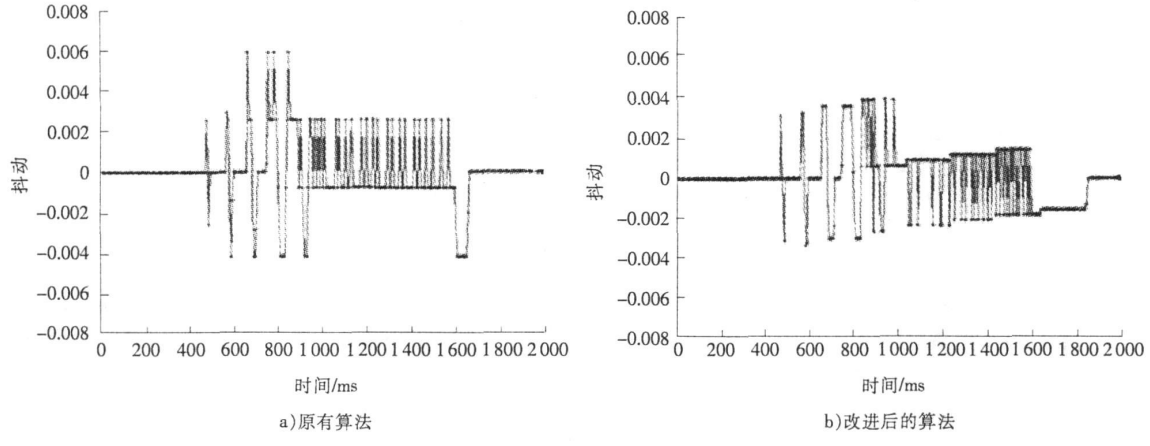

图 2　改进算法和原有算法的平均延时抖动比较

Fig. 2　Comparison of average delay wobble in improved and original algorithmis

瓶颈链路包丢失率变化时原有算法与改进算法的实时数据流的 TCP 友好性比较见表 1。

链路丢失率小幅度增大后, 原有算法和改进算法的实时数据流对网络带宽的侵占性增强, 相对而言改进算法的友好性表现更好, 友好性比值仅增加 0. 08, 远小于原有算法的 0. 51; 丢失率继续增大超过一定限度后, 原有算法和改进算法的实时数据流都失去了 TCP 友好性, 改进算法缩减了自身的带宽要求。这对于网络实时流媒体的传输是十分必要的, 有效提高了传输的服务质量。

表 1　瓶颈链路包丢失率变化时原有算法与改进算法的实时数据流的 TCP 友好性比较

Tab. 1　Bottleneck link packet loss rate of change in the original algorithms and algorithms to improve the flow of real-time data comparison of the TCP-friendly

瓶颈链路包丢失率/%	$r_{原}$	$r_{改}$
1	1. 27	0. 95
5	1. 78	1. 03
15	4. 59	0. 44

4　结　语

流媒体的传输使用 RTP/ RTCP 协议实现端到端的网络传输服务, 通过 RTCP 反馈信息实现拥塞控制。AIMD 的拥塞控制算法容易导致 RTP 流发生抖动, 而 TFRC 算法的开始慢启动阶段容易导致延时。 针对

(下转第 **31** 页)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

大,客观上加速了这一磨损过程。

3 结 语

经过总结几种反常磨损失效的情况,以及对涡喷发动机主轴轴承磨损深入分析研究得出:反常磨损的发生是高频冲击、高速滑动磨损,以及高温下润滑油对摩擦副的化学作用等多种因素的耦合作用,同时还由于摩擦副材料的硬度、韧性以及内部组织的不同,导致硬度高但韧性差的材料磨损严重。今后,必须在研究过程中充分考虑各种作用的影响,以及苛刻工况等因素对材料磨损的耦合作用,需要进行模拟实际工况的实验研究,实现反常磨损的复现,观察磨损表面形貌及成分,深入细致地研究磨损机理,并进行实验验证,为防止反常磨损的发生提供理论依据。

参考文献:

[1] 王黎钦, 李秀娟, 古 乐, 等. 弹用混合式陶瓷轴承的开发研究[J]. 推进技术, 2001, 22(6): 522-525.
[2] RYAN R, GROSS L A. Developmental problems and their solution for the Space Shuttle main engine alternate liquid oxygen high-pressure turbopump: Anomaly or failure investigation the key[R]. [s.l.]: NASA, 1995.
[3] BOSSON R, SABIN P, TURIN G. Improvement of the hydrogen turbopump for the VULCAIN 2 engine[A]. AIAA, 35th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit[C]. [s.l.]: [s.n.], 1999: 20-24.
[4] 刘海春, 张嗣伟. 几种橡胶磨损 45# 钢的影响因素分析[J]. 摩擦学学报, 1997, 17(4): 321-326.
[5] 王黎钦, 李秀娟, 古 乐, 等. 涡喷发动机高温高速轴承失效机理及改进措施[J]. 机械科学与技术, 2002, 21(6): 963-965.
[6] 周延泽. 高速角接触球轴承保持架振动与强度研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2000.
[7] 杨业元, 方鸿生, 郑燕康. 冲击磨损失效行为的研究[J]. 矿山机械, 1995, (7): 25-28.
[8] 杨书申, 彭竹琴. T10 钢脉动冲击磨损规律的试验研究[J]. 郑州纺织工学院学报, 2001, 12(4): 51-54.
[9] OOTANI T, YAHATA N, FUJIKI A, et al. Impact wear characteristics of engine valve and valve seat insert materials at high temperature: Impact wear tests of martensitic heat-resistant steel SUH3 against Fe-base sintered alloy using plane specimens[J]. JSME International Journal, 1996, 39: 115-122.
[10] IMRAN T, JACOBSON B, SHARIFF A. Quantifying diffused hydrogen in AISI-52100 bearing steel and in silver steel under tribo-mechanical action: Pure rotating bending, sliding-rotating bending, rolling-rotating bending and uni-axial tensile loading[J]. Wear, 2006, 261: 86-95.
[11] 张天成, 姜晓霞, 李诗卓. Ti6Al4V 合金氢致脆性磨损机制[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1999, 11(3): 142-146.

(上接第 **307** 页)

两种算法的缺点,提出一种改进的流媒体拥塞控制算法,采用对下一时刻丢包率的预测来调整参数和平稳增长因子对算法进行改进,仿真实验表明,降低了实时流媒体的接收端的延迟和抖动,进一步提高了实时流媒体的 QoS。

参考文献:

[1] 章 程, 李建华. 实时视频传输的反馈拥塞控制策略[J]. 计算机工程, 2002, 28(2): 56-58.
[2] 陈志军, 封 筠, 王满顺, 等. 流媒体技术及应用[J]. 河北工业科技, 2003, 20(4): 48-51.
[3] 杨传栋, 余镇危, 王行刚, 等. 端到端的流媒体传输控制技术研究综述[J]. 计算机工程与应用, 2005, (8): 26-30.
[4] YANG R, MIN S K, LAM S S. Transient behaviors of TCP-friendly congestion control protocols[J]. Computer Networks, 2003, 41(2): 193-210.
[5] MARAKBY R, HUTCHISON D. Towards managed real time communications in the internet environment[EB/OL]. http://www 2. scut. edu. cn/IEEICCS. 1997.
[6] SEHULZFINNE H, CASNER S. RTP-atransport protocol for real-time applications[EB/OL]. http://www. ietf. org/html. charters/wg-dir. html. 1996.
[7] 唐 成. 基于 RTP 的 MPEG-4 视频传输研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2004.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net