

一种适用于无线网络流媒体传输的改进 TFRC 协议

袁 浩, 杜茂康, 李昌兵

(重庆邮电大学 电子商务与现代物流实验室, 重庆 400065)

摘 要:大多数无线网络的 TCP 友好拥塞控制算法都是利用单向时延 ROTT 的值判断网络状态的,但这种方法 ROTT 抖动对算法的影响很大,并且无法区分无线误码丢包和拥塞丢包,使得网络吞吐量大大降低,造成发送速率极不稳定.为保证无线网络中多媒体数据的传输质量,本文提出了 1 种适用于无线网络的流媒体传输的改进 TFRC 机制,采用方差机制确定网络所处的状态,重新设计适合于无线环境传输的吞吐量模型公式.仿真结果验证了该机制能够获得较高的吞吐量和较平缓的发送速率,并具备较好的 TCP 友好特征,保证了流媒体服务质量.

关键词:无线网络;流媒体;TFRC 机制;拥塞控制;ROTT 抖动

中图分类号:TP393 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-2683(2011)02-0040-04

Improve TFRC Mechanism for Streaming Media in Wireless Network

YUAN Hao DUMao-kang LI Chang-bing

(Laboratory of Electronic Commerce and Modern Logistics Chongqing University of Posts and Telecommunications Chongqing 400065 China)

Abstract Most of TCP friendly congestion control algorithms of the wireless network use the value of one-way delay to determine ROTT network status, but in these algorithms ROTT jitter greatly influences the algorithm and can not distinguish the wireless error packet loss and congestion packet loss. This makes the network throughput significantly reduced, resulting in sending rate highly volatile. In order to ensure multimedia data transmission quality of the wireless network, this paper proposes a suitable wireless network streaming media to improve TFRC mechanism, in which variance mechanism is used to determine the status of the network, and re-design transmission throughput model formula for the wireless environment. The simulation results validate that the mechanism can obtain higher throughput, gentler sending rate and with a better TCP friendly features, and guarantee the streaming quality of service.

Key words wireless network; streaming media; TFRC mechanism; congestion control; ROTT jitter

0 引 言

随着无线网络的发展,在无线移动终端上对基于语音和视频的流媒体服务有很大需求^[1].流媒体数据传输具有高网络带宽、低传输延迟、低延迟抖动

及对传输可靠性要求相对较低的特点,给网络传输带来了巨大挑战.流媒体网络传输已成为网络研究的重点之一^[2].流媒体应用对服务质量 (quality of service, QoS) 有一定要求,同时还要保持对因特网中 TCP 流的友好性.近年来,以增强无线网络流式媒体传输性能为目标的协议开发 and 设计已成为研究的热点

收稿日期: 2010-01-03

基金项目: 国家自然科学基金 (60703035); 重庆市科委自然科学基金 (CSTC2009BB2288)

作者简介: 袁 浩 (1970-),男,副教授,Email: yuanhao@163.com;

杜茂康 (1969-),男,教授.

点之一^[3].

TFRC 是一种专门针对多媒体流在 Internet 中传输的协议^[4]. 在有线网络中 TFRC 效率很高, 但是, 目前 TFRC 协议的实现都把数据包的丢失作为网络拥塞的指示, 进而将拥塞窗口减半, 造成发送速率呈现较大的抖动性, 影响了接收端的显示效果. 尤其在无线高误码率网络下, 丢包在很大程度上是由于链路错误而非拥塞, 盲目进入拥塞控制, 会导致网络利用率降低, 影响接收效果^[6]. 因此如何在无线网络中改善 TFRC 的拥塞控制机制便成了当前需要解决的一个前沿课题^[7].

1 相关工作

TFRC 认为丢包事件反映了网络的拥塞状况, 并且根据丢包事件的发生速率来相应调节发送速率. 在像 Internet 这样的有线网络中, 丢包事件主要是由网络拥塞引起的, 因此 TFRC 可以有效地运行. 然而, 在无线环境下, 很大部分的包是由于无线传输中的比特错误引起的, 因此 TFRC 将会把比特错误引起的随机丢包阐述为拥塞引起的丢包, 从而错误地调低速率. 当无线传输的比特率比较高时, 这可能会引起多媒体应用的服务质量严重下降.

目前, 针对以上问题的相关研究已取得一些进展. 其中, J Tang 针对卫星链路的高误码、长时延特征提出 RCS (rate control scheme) 方法, 但其不适应低时延的场合. Ozgir B 提出基于丢包区分的 ARC (analytical rate control) 机制^[8], 验证了 ARC 性能优于 RCS 和 TFRC 并有效提高了无线信道的利用率, 但其未从无线错误丢包事件对于拥塞窗口的影响出发来考虑. Cheng 提出 MTFRC (Multiple TFRC)^[9], 通过增加 TFRC 流数目的方法来提高无线信道的利用率, 然而, 该方法仍然需要面对信道利用不足和计算及管理复杂度较大等问题. Song 根据拥塞和无线错误丢包的统计规律, 综合研究了 Spike Zigzag 和 mBiaz 等丢包区分算法 (loss differentiation algorithm, LDA), 提出了 ZBS 算法.

本文结合以上研究的成功经验, 为保证无线网络中多媒体数据的传输质量, 综合考虑拥塞、无线错误两种不同丢包事件的影响. 提出一种适用于无线网络的流媒体传输的改进 TFRC 机制, 采用方差机制确定网络所处的状态, 重新设计适合于无线环境传输的吞吐量模型公式. 使速率调整更平缓并有效提高无线信道利用率和改善 TCP 友好性能. 仿真结

果验证了该机制能够获得较高的吞吐量和较平缓的发送速率, 并具备较好的 TCP 友好特征, 保证了流媒体服务质量.

2 TFRC 协议的改进

2.1 方差机制

考虑到消除链路层差错控制重传引起的 ROTT 抖动对算法的影响^[9], 为了提高区分的准确度, 本文提出的改进 TFRC (简称为 TFRC-M) 采用方差机制, 对每个包的 $ROTT_m$ 进行方差运算, 只有方差值符合条件的包才允许确定网络所处的状态, 从而尽量消除 $ROTT_m$ 带来的随机误差. 对于收到的乱序包, TFRC-M 不计算 ROTT 平均值, 并且不将其作为统计样本均值 ROTIMEAN 的样本.

TFRC-M 第一步就是计算数据包单向时延 $ROTT_m$, $ROTT_m$ 为数据包 m 从发送方传输到接收方所需要的时间, 可以利用数据包到达接收端的接收时间 α 减去发送端发送数据包的发送时间 β 来计算, 第 m 个数据包的单向时延可以表示为

$$ROTT_m = \alpha_m - \beta_m \quad (1)$$

在 TFRC-M 中根据 ROTT 的近期值维护一个长期样本加权平均值来对发送速率进行修正, 目的是在尽量避免较大波动并使发送速率对往返时间的变化做出反应, 采用的具体方法如下, ROTIMEAN 的计算公式为

$$ROTIMEAN_m = \begin{cases} ROTIMEAN_{m-1} & ((ROTT_m - ROTIMEAN_{m-1})^2 > \beta\sigma_{m-1}^2) \\ \alpha \times ROTIMEAN_{m-1} + (1 - \alpha)ROTT_m & ((ROTT_m - ROTIMEAN_{m-1})^2 \leq \beta\sigma_{m-1}^2) \end{cases} \quad (2)$$

其中, α 取值为 0.95, σ_{m-1}^2 为长期样本方差, 可以通过 $ROTT_m$ 加权而得, β 是判定系数, $ROTT$ 为实测的单向时延, β 的选择对算法的影响很大, 选择过小的 β 值意味着丢包被确定为乱序丢包的可能性增大, 造成不必要的误判. 选择过大的 β 值又让过多的乱序丢包被误认为是拥塞或链路失效造成的丢包, 对鉴别算法的性能造成影响.

接收端测算丢包区分参数 ρ 是 TFRC 算法中最重要的环节, 一个精确而稳定的丢失事件率的测量对 TFRC 是最重要的, 因为通过丢包区分参数, 发送端可以获得平滑的发送速率, 从而更有利于流媒体

流的传输. 丢包区分参数指当前 $ROTT$ 与前一个样本加权平均值的比值为

$$\rho = \frac{ROTT_m}{ROTTMEAN_{m-1}}$$

(3)

其中: $ROTTMEAN_{m-1}$ 为单向时延长期样本加权平均值; $ROTT_m$ 为单向传输时延. 如果 $\rho > 1$ 则表明网络趋向于拥塞状态, 否则网络处于正常状态. 当检测到丢包时, 如果 $\rho > 1$ 则说明丢包是由于拥塞引起的, 需要降低发送速率, 否则说明丢包是因为无线链路错误造成的, 不需要降低发送速率.

2.2 适合于无线环境传输的吞吐量模型公式

本文在 TFRC 的吞吐量公式的基础上作修改, 设计了一种适合于无线环境传输的吞吐量模型公式, 通过计算 RTT 与统计丢包率之后, 根据式 (4) 的计算结果调整流的发送速率, 即

$$T = \frac{S}{t_{RTT} \cdot \left(1 + 3 \sqrt{\frac{3aq}{8}} \right) q (1 + 32q^2) + R \sqrt{\frac{2aq}{3}}}$$

(4)

其中: RTT 为平均往返时延; q 为平均丢包率; T_0 为超时时限; a 为每个应答包包含的数据包应答的个数. 在无线环境下, q 为拥塞引起的丢包率.

3 仿真实验结果与分析

实验仿真工具采用 NS2 通过仿真实验对 TFRC-M 进行仿真, 图 1 是详细仿真流程.

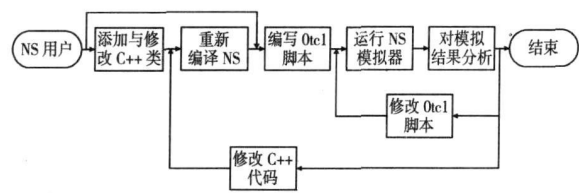


图 1 NS2 的网络仿真流程

在仿真实验中, 设置了 11 个节点, 其中有 3 个路由节点、4 个源节点、4 个目的节点. 其中 n_0 、 n_1 两

个源节点发送 TCP 数据流, n_2 、 n_3 源节点发送 TFRC-M 数据流, 追踪了 n_0 和 n_2 两条数据流, 吞吐量变化曲线如图 2 图 3 所示.

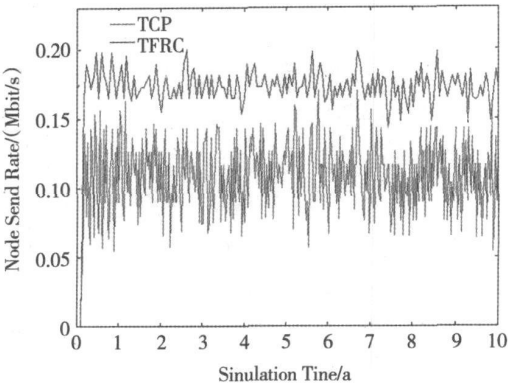


图 2 TFRC 与 TCP 的吞吐量变化曲线

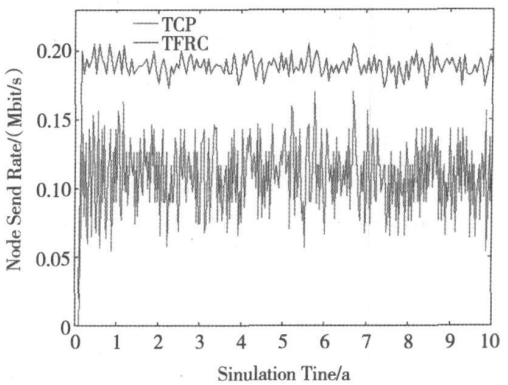


图 3 TFRC-M 与 TCP 的吞吐量变化曲线

从图 2 和图 3 的比较可以看出, TFRC 和 TFRC-M 分别在相同的无线网络环境下运行, TFRC-M 吞吐量要明显高于 TFRC, 主要原因是因为 TFRC-M 能正确区分丢包情况, 而 TFRC 无法区分丢包, 在无线链路误码率大的时候吞吐量大幅下降. 并且从图 2 和图 3 中可以明显看出, TFRC-M 的速率平滑性要比 TFRC 好很多, 这说明 DTFRC 更适合流媒体传输. 表 1 是多次仿真后统计得到的一个仿真结果对比表.

表 1 实验仿真结果统计对比表

算法	TFRC/TFRC-M 平均吞吐率/(kb/s)	TCP 平均吞吐率/(kb/s)	网络总吞吐量/Mb	TFRC/TFRC-M 吞吐率方差
TFRC	171.342	112.376	2.712 88	312.432
TFRC-M	197.748	116.798	2.987 66	222.875
比较结果	保持了相似的 TCP 友好性		上升 10.12%	下降 28.66%

从表 1 中可以直观看出两协议性能上的差别. 其中总吞吐量通过 AWK 编程累计求和而得,

这里样本均值分别赋为 TFRC 的 172.074, TFRC-M 的 187.306 通过分析发现, 在应用 TFRC 算法

时, TFRC 流与竞争的 TCP 流的吞吐率比值为 $171.342:112.376=1.53:1$, 而应用 TFRC-M 算法时, 其比率为 $197.748:116.798=1.69:1$, 可以判断 TFRC-M 保持了与 TFRC 相近的 TCP 友好性. 而应用 TFRC-M 时, 网络的总吞吐量要比 TFRC 算法提高了 10.12%, 这是因为 TFRC-M 使用了更优良的丢包鉴别算法, 准确地判断了网络状态, 及时调整发送速率, 更大限度地发挥了网络资源利用率, 因此本文设计的 TFRC-M 很好地完成了预期提高网络总吞吐量的目标. 另外, 通过计算 TFRC 和 TFRC-M 的吞吐率方差, 发现 TFRC-M 的吞吐率方差要比 TFRC 下降 28.66%, 在速率平滑性上有更好的表现.

4 结 语

本文讨论了无线网络中流媒体的传输机制和一些主要的流媒体传输方法在无线网络中存在的问题, 提出一种适用于无线网络的流媒体传输的改进 TFRC 机制, 采用方差机制确定网络所处的状态, 重新设计了适合于无线环境传输的吞吐量模型公式. 使速率调整更平缓并有效提高无线信道利用率和改善 TCP 友好性能. 仿真结果验证了该机制能够获得较高的吞吐量和较平缓的发送速率, 并具备较好的 TCP 友好特征, 保证了流媒体服务质量.

参 考 文 献:

- [1] 周建新, 邹玲, 石冰心. 无线网络 TCP 研究综述 [J]. 计算机研究与发展, 2004 41 (1): 53- 59
- [2] 张占军. 无线多媒体网络中端到端自适应 QoS 保证 [J]. 计算机学报, 2004, 27 (8): 1064- 1073
- [3] 蔡爱杰, 耿振亚. 无线传感器网络数据信道 BCH 码编译的设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010 15 (4): 23- 25.
- [4] 陈志刚, 邓晓衡, 张连明, 等. 无线网络中 TCP 友好流媒体传输改进机制 [J]. 通信学报, 2007 28 (5): 22- 28.
- [5] 孙伟, 温涛, 郭权. 一种适用于无线网络的流媒体传输机制 [J]. 计算机应用, 2009 29 (1): 12- 15
- [6] 朱晓亮, 杜旭, 杨宗凯. 一种适用于流媒体传输的无线 TCP 友好速率控制机制 [J]. 小型微型计算机系统, 2007 28 (4): 577- 582
- [7] KTAWUT Tappayuthipijarn, GUENTHER LiebJ, Thomas Stockhammer et al Adaptive Video Streaming Over a Mobile Network with TCP-friendly Rate Control [C] // Proceedings of the 2009 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing ACM Press 2009 1325- 1329
- [8] OZGUR B Akan, IAN F Akyildiz ARC: The Analytical Rate Control Scheme for Real-Time Traffic in Wireless Networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking 2004, 12 (4): 634- 644
- [9] SONG Cen, COSMAN P C, VOELKER G M. End-to-end Differentiation of Congestion and Wireless Losses [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking 2003 11 (5): 703- 717.

(编辑: 付长 纓)