

无线网络多媒体传输拥塞控制机制研究^①

Multimedia Transmission Congestion Control Mechanism in Wireless Networks

曾 波¹ 徐 成² 李向荣¹ (1 湖南大学 软件学院 湖南 长沙 410082;

2 湖南大学 计算机与通信学院 湖南 长沙 410082)

摘 要: 本文针对无线局域网环境对多媒体信息传输过程中丢包状况区分不理想的情况, 提出了在 TFRC 协议基础上的一种改进, 添加了丢包区分机制 spike, 同时采用了 TFRC 协议的基于公式的速率控制机制, 改进后的协议, 既具备了 TFRC 协议的 TCP 友好性, 又具有精确区分丢包的能力, 仿真结果表明, 具有丢包区分机制的改进型算法更适合无线网络环境下的多媒体传输。

关键词: 随机误码 低通滤波 无线网络 拥塞控制 速率控制

1 引言

随着无线通信技术的快速发展, 越来越多的无线通信技术被应用于数据通信中, WLAN, WIMAX, 3G 等无线通信技术的成熟, 无线接入已经成为当前用户终端的接入热点技术, 实时多媒体在数据通信中日益重要。与一般的应用不同, 实时多媒体流在传输过程中需要稳定的带宽, 较小的延迟和抖动。

TFRC 是一个端到端的流协议, 在有线网络环境下, 它具有稳定, 公平及 TCP 友好性, 然而, 随着无线网络终端的大量出现, 越来越多的用户需要将多媒体信息发送到无线终端上, 对能够工作在存在高误码丢包的无线网络环境下的流媒体协议的需求也越来越迫切。现有的有线网络环境的协议在误码丢包的情况下, 不合理的将发送速率降低一半, 使得协议性能相当糟糕。由于 TFRC 尝试自适应 TCP 的吞吐量, 在存在高误码的无线链路上, 同样存在效率低的问题。

对该协议改进的目的是为了使该协议既能在有线网络下表现良好, 同时也能够适应存在高误码丢包的无线网络信息传输。本文提出的 TFRC 的改进机制, 在采用了 TFRC 本身具有的基于公式的速率控制机制的同时, 也添加了一种丢包状态区分机制, 使协议能够较为精确的区分无线链路的丢包情况, 通过对丢包

的区分来控制实时多媒体流的发送速率, 进而达到发送速率对动态的网络带宽状况自适应的目的, 从而提高无线网络中实时多媒体流的自适应性, 使无线终端用户得到更好的用户体验。

2 TFRC协议及其改进

2.1 发送速率计算

为了进行网络拥塞控制, 就需要知道与网络的当前或最近的状态相关的一些参数, 如丢包率, 可用带宽, 传输延时, 利用这些参数可对网络状态进行辨别。友好码率控制算法 TFRC 是一种基于公式的 TCP 拥塞控制算法^[3,5], 通过控制发送端的发送速率, 使实时多媒体的传输既能充分利用带宽又不至于引起网络拥塞, 从而减少延时, 提高带宽利用率。该算法采用如下 TCP 吞吐量方程:

$$X = s / (R\sqrt{2bp/3} + RTO(3\sqrt{3bp/8})p(1+32p^2))$$

其中: X 表示计算得到的发送速率;

s 表示包的大小;

R 表示往返时间;

p 表示丢包事件率(在 0~1.0 之间);

RTO 表示重传超时时间, 一般取值为 $RTO=4*R$;

b 在没有使用延迟确认机制的情况下取值为 1。

^① 收稿时间:2008-10-07

使用 TFRC 码率控制算法的无线接收端通过测量计算得到丢包率 p ，并发送反馈信息包给发送端。发送端利用反馈的信息计算得到 RTT 值，同时将 p 和 RTT 值代入 TCP 吞吐量方程计算得到发送速率 X ，根据计算得到的速率 X 调整发送速率。此算法的关键是 RTT 与 p 值的获取，具体过程可参见 RFC3448 文档。

2.2 丢包区分算法 Spike

无线网络链路的丢包情况比有线网络链路复杂，这是导致许多在有线网络上能够工作很好的通信协议在无线网络上的表示却很差的原因。无线网络链路丢包主要有随机的链路误码丢包，链路拥塞丢包。如何区分这两种丢包是当前无线网络通信研究的热点问题。

TFRC 是根据收到的数据包惟一序列号不连续或者接收超时来进行丢包判断的，它同时假设丢包都是拥塞丢包，从这里我们也可以知道，它并没有使用丢包区分算法^[4,6]。为了使 TFRC 适用与无线网络传输环境，在本文中给 TFRC 添加了能够进行丢包区分的 Spike 算法，从而使 TFRC 协议具有区分丢包的能力。

在 Spike 算法中，定义了一个状态变量 status，两个门限阈值 Bstart 及 Bend，当链路不在 spike 状态，并且 RTT 值大于门限阈值 Bstart 时，链路将进入 spike 状态。与此类似，当链路处于 spike 状态，并且 RTT 值小于门限阈值 Bend 时，链路将退出 spike 状态。Bstart 与 Bend 如下定义：

$$Bstart = RTTmin + \alpha * (RTTmax - RTTmin)$$

$$Bend = RTTmax + \beta * (RTTmax - RTTmin)$$

α 与 β 是两个可以调整的参数值，对两个参数的赋值将会影响到此算法区分丢包的精确度。假设 α 与 β 之间的差值为 diff，该距离决定了 spike 状态与 not spike 状态之间的稳定性，较小的 diff 值使得 spike 算法的两种状态很容易发生改变，而较大值却又会使的两种状态变得过于稳定。通过实验发现， α 与 β 最佳值分别是 0.5 与 0.3。

在无线通信中使用 spike 算法时，如果发现丢包，当链路处于 spike 状态时，就将丢包划分为拥塞丢包，否则，就认为是无线链路误码丢包。

2.3 低通滤波算法^[7]

为了避免 RTT 的波动过大，导致 spike 算法的两个门限值过高，在改进协议中，本文采用了一个简单的低通滤波算法，以期减弱对 RTT 波动过大的影响。具体算法如下：

for 每一个 RTT

如果是第一个 RTT

 filted_Rtt = Rtt

否则 {

 filted_Rtt = $(1 - \gamma) * Rtt + \gamma * filtred_Rtt$;

 Rtt = filtred_Rtt;

}

其中， γ 取值为 0.8。

3 性能评估

3.1 仿真拓扑

仿真拓扑如图 1 所示，使用的是混合网络方式。有线网络部分，假定为无差错链路，而无线链路部分，使用的是 IEEE 802.11 协议，使用 NS2 的默认设置。设定 MAC 层没有重传机制，并设置无线链路存在随机丢包，并且假设无线链路部分是整个网络的瓶颈链路。

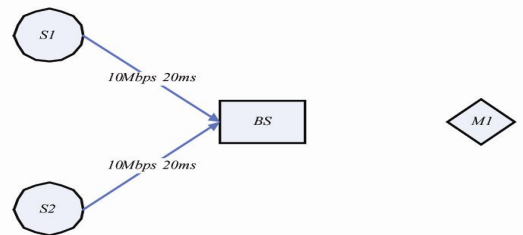


图 1 仿真拓扑结构图

3.2 仿真结果

采用图 1 所示拓扑结构，对本文实现的 TFRC 改进型协议(定名为 ETFRC)进行了仿真分析。通过设置无线链路随机误码率，总结了 TFRC 协议及 ETFRC 在不同无线链路误码率情况下的带宽利用率，并以直观的图表方式显示出 ETFRC 对原 TFRC 协议的改善。图 2 中表示的是不同无线链路随机误码率下，两种协议的吞吐量情况。

图 2 显示了当无线链路没有误码时，两种协议使用带宽的情况大致相当，这主要是因为在没有无线链路误码的情况下，丢包主要是由于瓶颈链路的限制，导致链路拥塞，造成的拥塞丢包；而当无线链路误码率在 5% 的情况，情况就表现出不一样了，使用了丢包区分算法 spike 的 ETFRC 协议性能明显高于原来的 TFRC，对带宽的利用率提高 70% 左右，这表明通过对 TFRC 添加丢包区分算法，使其在无线网络中的使用更加切实可行。

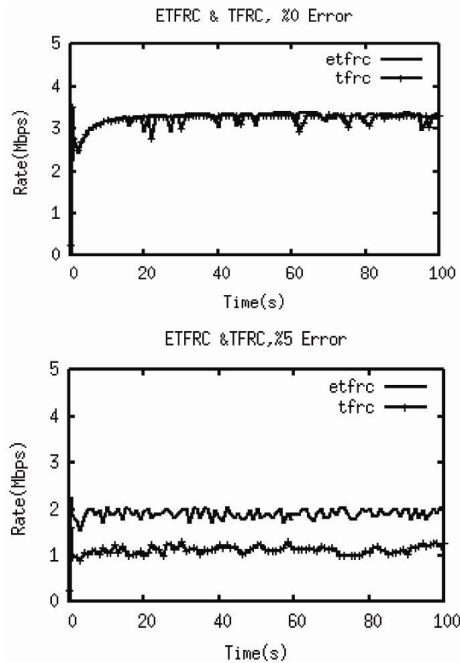


图 2 ETFRC 与 TFRC 在不同无线链路误码率下的吞吐量

4 总结

本文提出了一种无线网络环境下的实时流媒体拥塞控制机制，它主要是从无线链路误码丢包情况比较严重，现有协议无法有效区分误码丢包与拥塞丢包的基本问题出发，提出的对现有 TFRC 协议的改进。最后通过 NS2 模拟验证了该改进算法在性能上的优势。

参考文献

- 1 Yang G, Gerla M, Sanadidi MY. Adaptive video streaming in presence of wireless errors. Proceedings of the IPIF/IEEEEMNS, Springer-Verlag, 2004.
- 2 Gerla M, Ng BKF, Sanadidi MY, Valla M, Wang R. Tcp westwood with adaptive bandwidth estimation to improve efficiency/friendliness tradeoffs. Computer Communications, 2004:41 - 58.
- 3 Bansal D, Balakrishnan H. Binomial congestion control algorithms. Proceedings of the IEEE Infocom, Anchorage, AK, 2001.
- 4 Cosman CS, Voelker P. End-to-end Differentiation of Congestion and Wireless Losses. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2003.
- 5 FLOYD S, HANDley M, Padhye J, Widmer J. Equationbased congestion control for unicast applications, SIGCOMM 2000 Conference. Stockholm, Sweden, 2000:43 - 56.
- 6 Biaz S, Vaidya NH. Discriminating Congestion Losses from Wireless Losses Using Inter-arrival Times at the Receiver. IEEE Symp, 1999.
- 7 刘靖,陈芳炯.改进 TCPVEGAS 拥塞控制协议及其在无线链路中的应用.科学技术与工程, 2007,7(3):239 - 240.