

An Improved TCP Westwood Adapted to Wireless Network

GAO Zhonghe, NIE Yuting

Qufu Normal University of Computer Science College, Rizhao, China

e-mail: admin5916@126.com, yting0109@163.com

Abstract: TCP Westwood is a TCP technique based on measurement. TCPW estimates the bandwidth of network as well as calculates cwnd and ssthresh of congestion control through the rate that ACK returned to the sending end, for flow control. Based on wireless network, this paper improves TCPW, reducing the packet retransmission improving throughput and using the bandwidth bottleneck more efficiently. At the end of this paper, it proves that the improved TCPW owns more performance in throughput, loss rate and so on through NS2.

Keywords: TCP westwood; TCPW-V; congestion control; bandwidth estimation; filtering

适用于无线网络的改进的 TCP Westwood 算法

高仲合, 聂玉婷

曲阜师范大学计算机科学学院, 日照, 中国, 276826

e-mail: admin5916@126.com; yting0109@163.com

【摘要】 TCP Westwood 是一种基于测量的 TCP 技术。TCPW 通过检测应答 ACK 返回发送端的速率估算网络的可用带宽,同时计算出拥塞控制的 cwnd 和慢启动阈值(ssthresh) 进行流量控制。基于无线网络本身的特性,对 TCPW 进行了改进, 可以明显减少分组重传,提高吞吐量,有效地利用瓶颈带宽。在论文的末尾, 通过 NS2 仿真证明改进的 TCPW 在吞吐量、丢失率等方面的增强性能。

【关键词】 TCP Westwood; TCPW-V; 拥塞控制; 带宽估计; 滤波

1 引言

无线网络应用的飞速发展使得在无线网络中进行可靠的数据传输成为目前重要的研究课题。TCP 协议是因特网上应用最广泛的数据可靠传输协议, 但是因为无线网络具有一些有别于有线网络的固有特性, 使基于有线网络而设计的 TCP 技术无法直接适用于无线网络。因此, 选取无线网络下的 TCP 拥塞控制作为研究对象是很有现实意义的。

2 传统的 TCP 直接应用于无线网络的局限性

TCP 是目前 Internet 中广泛采用的传输控制协议, 为各主机之间提供可靠按序的传输服务。无线网络通常表现出误码率高、传输时延及时延抖动大、有限的链路带宽、移动终端的频繁移动等特性, 使网络通信性能和业务服务质量难以保证。TCPW 直接用于无线环境的局限性主要表现在以下几个方面:

(1) TCP 差错检测。TCP 的差错检测无法区分不同类型的数据丢失, 在无线网络中网络拥塞、无线链路错误、路由变化都会导致数据的丢失。

(2) TCP 差错控制。TCP 按序发送当前发送窗口内的报文段。无线网络中小区切换或信道突发干扰常常引起多个相邻数据的丢失, 另外, TCP 通过拥塞窗口线性增加来实现差错恢复, 明显影响无线通信的性能。

(3) TCP 拥塞控制。TCP 拥塞控制无法分别对待不同原因引起数据丢失的情形。当数据的丢失是链路错误所致时, 若仍调用 TCP 拥塞控制, 会引起数据发送速率的不必要降低, 吞吐量下降, 时延加大等。

(4) TCP 没考虑能量消耗的问题, 无法在性能和能源消耗之间进行折衷。

3 TCP Westwood

TCPW 通过可用带宽估测实现网络流量控制。TCPW 连续地监测接收端返回的 ACK 速率, 得到单

位时间发送的分组数目与分组的大小相乘，即可获得发送端实际的传送带宽。在获得链路状态的情况下，当拥塞发生时，利用这些测量值来计算新的 $cwnd$ 和慢启动的门限阈值 $ssthresh$ 。具体算法如下：

```
When (3 dupacks are received)
ssthresh = (BWE* RTTmin) /PacketSize;
If (cwin > ssthresh)
cwin = ssthresh;
When (coarse timeout expires)
cwin = 1;
ssthresh = (BWE* RTTmin) /PacketSize;
If ( ssthresh < 2)
ssthreshresh = 2;
```

其中， $PacketSize$ 指分组大小， BWE 为带宽估计值， $RTTmin$ 是测得的最小RTT值。 $TCPW$ 通过测量估算出网络的可用带宽，对拥塞窗口 $cwnd$ 进行适当调整，实现更快速的恢复。这种机制尤其在无线网中非常有效。

4 改进的 TCPW 算法

传统的 $TCPW$ 算法是直接对可用带宽进行测量，其参数是由实际测量直接得到，偶然性比较大，从而会引起数据发送速率和时延的抖动性。本文提出的改进的 $TCPW$ （以下将其成为 $TCPW-V$ ）是将测量得到的带宽求取平均值，得到平均带宽之后再行滤波，这样得到的带宽估计值就会很好的避免抖动性。

$TCPW-V$ 首先对数据包发送的时间间隔和数据包长度同时进行了滤波，然后对得出的平均带宽估计再次进行滤波，从而得到更精确的带宽估计。算法思想描述如下：在一段时间 T 内，一个 TCP 连接发送的数据包为 $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ ，时间分别为 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ 。在发送端实时计算出数据包的平均长度 L 和平均间隔 T/n ，然后分别对 L 和 T/n 进行滤波，利用 $BWE = \sum_{i=1}^n L_i / \sum_{i=1}^n T_i = nL/T = L/T/n = L/T$ 计算出平均带宽，然后再对计算出的平均带宽滤波得到带宽估计值。具体算法如下：

```
If (ACK is received)
Tcps_rcvByte[k]=acked*packed_size*8;
Tcps_T[k]=now-last_ack_time;
Avg_rcvByte[k]=(1-r)*(Tcps_rcvByte[k-1])+Tcps_rcvByte[k]/2+r*Avg_rcvByte[k-1]
Avg_T[k]=(1-r)*(Tcps_T[k-1]+Tcps_T[k]/2);+r*Avg_T[k-1];
```

$T[k-1];$

$Avg_BWE[k]=Avg_rcvByte[k]/Avg_T[k];$

$BWE[k]=(1-r)*(Avg_BWE[k-1]+Avg_BWE[k]/2)+r*BWE[k-1];$

Endif

其中， $acked$ 为最后一个所确认的数据包的序列号， $packed_size$ 为数据包的大小， now 表示当前时间， $last_ack_time$ 表示收到上一个 Ack 的时间， r 是一个常量， $Tcps_rcvByte$ 和 Avg_T 分别表示通过滤波器测量的平均数据包大小和平均间隔时间， Avg_BWE 为平均带宽估计值， BWE 为可用带宽估计值。

$TCPW_V$ 和 $TCPW$ 一样，仅在拥塞回退时用到带宽估计值。在出现丢包或超时，算法用估计的带宽更新拥塞窗口 $cwnd$ 和慢启动阈值 $ssthresh$ 。在接收到 $dupack$ 时，将拥塞窗口和慢启动阈值均设为当前的带宽估计值与最小 RTT 的乘积。如果是超时，也将慢启动阈值设为当前的带宽估计值与最小 RTT 的乘积，而拥塞窗口 $cwnd$ 降至 1，进入慢启动相位。丢包时拥塞窗口更新策略如下：

```
If (packet loss) {ssthresh=BWE*RTTmin
If (cwnd>ssthresh) cwnd=ssthresh;}
If (timeout) {ssthresh=BWE*RTTmin; cwnd=1;}
```

5 试验仿真

本文采用 NS2 网络仿真器进行模拟实验。模拟实验拓扑结构如图 4.1 所示， $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 为发送端， $R1$ 、 $R2$ 为路由器， $A1$ 、 $A2$ 为基站， M 是移动节点。从发送端 $S1$ 通过基站到移动节点 M 之间，可创建一个 TCP 连接， $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 与 $R1$ 、 $R2$ 之间也同时可以创建多个 TCP 连接。

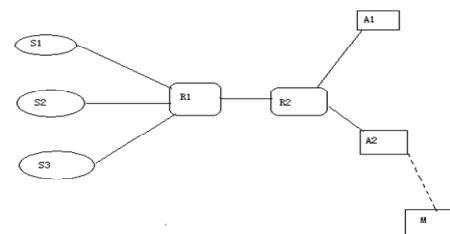


Figure 1. Topological structure of the experiment

图 1. 实验拓扑结构图

图中有线链路带宽为 10Mbps，延时为 2ms。基站到移动节点 M 的无线链路的带宽为 2Mbps，延时为

5ms。路由器采用 FIFO(Droptail)队列管理方式。在无线链路上加入一个两状态的 Markov 误差模型，模拟无线信道上的因衰落等原因造成的误码。无线链路的比特差错率 BER 一般为 10^{-6} 到 10^{-5} ，相应的分组丢失率为 0.8%到 8%。

5.1 不同的 r 取值对带宽估计的影响

本文通过试验研究了算法中 r 的取值。r 是大于 0 小于 1 的低通滤波常数，它的取值对估计带宽的结果有较大的影响。r 太小带宽估计值容易出现抖动，r 太大带宽估计值不能及时反映带宽的变化，r 越大表示本次的估计值依赖上一次估计值的程度越大。

5.2 TCPW 与 TCPW-V 性能比较

设某一时刻共有40个TCP流共用一条瓶颈链路R0 - R1,瓶颈链路缓存队列大小为50个分组,仿真时间为20s,每隔0.5s启动一个TCP流,每个TCP流持续2.5s,以此模拟持续时间短而密集的TCP流。

Table 2. The comparison between TCPW and TCPW-V
表 2. TCPW 与 TCPW-V 比较

项目	TCPW	TCPW-V	增长比例
收端共确认分组数	3946	4615	16.95%
发端共发送分组数	5729	4714	-17.72%
超时重传总次数	90	20	
重传分组总数目	1510	185	-87.75%

这里,我们看到在瓶颈链路被密集而短暂的 TCP 流充斥时,TCPW-V 比 TCPW 有非常明显的性能提高,TCPW-V 的发送分组总数目比 TCPW 降低 17.72%,但是有效吞吐量却提高近 16.95%。因为这里 TCPW 的高分组数和高重传分组数实际上意味着 TCPW 出现了大量的重传分组，从而导致整体有效吞吐量的降低。而 TCPW-V 由于对带宽的正确估计，避免了许多不必

要的重传，有效地利用了瓶颈链路带宽，提高了整体吞吐量。事实上，TCPW 在瓶颈链路的有效吞吐量为 1.616Mbps，TCPW-V 在瓶颈链路的有效吞吐量为 1.89Mbps。

6 结语

本文在 TCPW 的基础上提出一种新的增强算法，通过修改 TCPW 在慢启动和加法递增阶段的实现，有效吞吐量、分组重传数等指标较为明显地提高，提高了瓶颈链路的利用率，尤其当多个 TCP 流通过瓶颈链路时效果更是明显。仿真试验结果也证明了其有效性。

致谢

感谢导师高教授，他严谨细致、一丝不苟的作风一直是我工作、学习中的榜样；他循循善诱的教导和不拘一格的思路给予我无尽的启迪；并且在我研究的课题中给与了极大的帮助。

感谢我的家人多年来给我的关心、支持和鼓励，同时衷心地感谢所有关心、支持和帮助我的老师和同学。

References (参考文献)

[1] TCPWestwood modules for ns2.2. URL: <http://www1.tlc.polito.it/casetti/tcp2westwood>, 2003.

[2] NS2 Network Simulator (Ver. 2.) LBL [EB/OL]. <http://www.mash.cs.berkeley.edu/ns/>, 2004.

[3] M.Gerla,B.K.F.Ng,M.Sanadidi,M.Valla,etc.TCP Westwood with Adaptive Bandwidth Estimate to Improve Efficiency/ Friendliness Tradeoffs.Computer Communications 2004, 27 (1).

[4] A.Capone,L.Fratta and F.Martignon.Bandwidth Estimate Schemes for TCP overWireless Networks.IEEE Trans.Mobile Computing,2004,3(2).

吕科苇,王汝言,朱振国.一种基于IP网络的拥塞控制调度算法[J].通信技术,2008 NO 05: 88-89.

刘益洪,戴冬梅.TCP/IP协议的拥塞控制策略[J].通信技术,2008NO 07:135-136.