

XCP 协议的仿真分析

王 昆

(西南科技大学 计算机学院, 四川 绵阳 621010)

摘 要: 对 XCP 协议的结构和执行算法进行了详细分析, 并对协议做了相应仿真。仿真结果表明, 在高带宽时延乘积网络中, XCP 协议能更好地保持效率、公平性和稳定性。

关键词: XCP; 拥塞控制; 高带宽时延乘积

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

Simulation analysis of XCP protocol

WANG Kun

(College of Computer Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The structure and the performance algorithm to the XCP protocol are analyzed and simulated. The results of simulation demonstrate that the eXplicit control protocol remains efficient, fair and stable in the large bandwidth-delay product networks.

Key words: eXplicit control protocol(XCP); congestion control; large bandwidth-delay product

TCP 是目前在 Internet 中使用最广泛的传输协议。它是针对当时带宽时延乘积较小的网络设计的, 随着高带宽和高延迟网络越来越普遍的应用, TCP 算法的效率比较低。实验和理论推导都证明随着带宽时延乘积的增加, 不管是用什么排队模式, 如 RED^[1]、REM^[2]、PI^[3]、AVQ^[4]等算法都使 TCP 变得越来越低效和不稳定。

根据 TCP 存在的问题和高带宽时延乘积网络的特点, 美国麻省理工大学的 Dina Katabi 提出了一种新的 Internet 拥塞控制框架, 该协议称为显式控制协议 XCP (eXplicit Control Protocol)^[5]。

1 XCP 协议分析

XCP 协议扩展了 ECN 显式拥塞指示机制, 它通过在拥塞头携带控制信息极大地改善了因特网的拥塞控制。路由器能通知发送端瓶颈链路的拥塞程度而不是网络是否拥塞, 发送端就可以根据网络的状态相应的增加和减少它的发送窗口。XCP 要求网络中的所有路由器和主机都支持 XCP 协议。XCP 是基于对每一个包的计算来调节流量。

1.1 XCP 协议的框架

如图 1 所示, 发送方维持拥塞窗口 $cwnd$ 和往返延迟 RTT, 路由器监控流入它的数据率, 根据链路带宽和流入的数据率的差值, 路由器通过修改拥塞头的反馈值

告知共享这个链路的数据流增加或减少它的拥塞窗口。

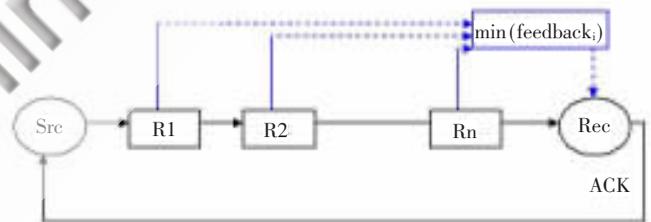


图 1 XCP 协议的框架

当 1 个 ACK 到达时, 正反馈值将导致发送方拥塞窗口增加, 负反馈值将随之减小。可以用式(1)表示:

$$cwnd = \max(cwnd + H_feedback, s) \quad (1)$$

式中, s 为 1 个包的大小。

XCP 接收方收到 1 个包时, 将其数据包中的 $H_feedback$ 复制到其 ACK 中。其余行为同 TCP 相同。

1.2 XCP 路由器结构分析

XCP 路由器包含拥塞控制器和公平控制器, 这使得协议的设计和分析简化。

1.2.1 拥塞控制器

拥塞控制器根据网络中的剩余带宽和延迟来对利用率进行控制, 1 个控制周期的聚合反馈值 Φ 为:

$$\Phi = \alpha \times S \times d - \beta \times Q \quad (2)$$

网络与通信 Network and Communication

式中, α, β 是根据定性分析和试验得到的常数, 分别为 0.4、0.226; d 是平均 RTT; S 是根据链路容量和流入的数据率计算出来的剩余带宽; Φ 是持续队列长度。

1.2.2 公平控制器

公平控制器的主要任务是根据拥塞控制器计算出来的可用带宽为每个包分配反馈值以达到公平性。

如果 $\Phi > 0$, 每个数据流的吞吐量增加相同的值; 如果 $\Phi < 0$, 每个数据流减少的数值与它当前吞吐量成正比。

当利用率接近最优即 $\Phi \approx 0$ 时, 引入了带宽重洗概念。在每 1 个平均 RTT 内, 至少 10% 的数据流量要根据 AIMD 策略进行重新分配。

2 主要仿真脚本分析

拓扑结构通过节点和链路创建 API 建立, 瓶颈链路是 1 个双向链路, 2 个方向都有 1 个 XCP 路由器

xcp 源和 sink 创建方法和创建 TCP 源的方法相似, 具体方法如下:

```
set tcp_type_ $TCP
set tcp_ [new Agent/$TCP]
$tcp_ set packetSize_ 1000
$tcp_ set class_ $id
set ftp_ [new Source/FTP]
$ftp_ set agent_ $tcp_
$ns attach-agent $node $tcp_
$ns connect $tcp_ $rvrTCP
set tcp_rvr_ $rvrTCP
```

在脚本中编写了 1 个 tcl 类 class GeneralSender, 主要代码如下:

```
GeneralSender instproc trace-xcp parameters
{
    $self instvar tcp_id_ tcpTrace_
    global fracetcp$id_
    set fracetcp$id_ [open xcp$id_.tr w]
    set tcpTrace_ [set fracetcp$id_]
    $tcp_ attach-trace [set fracetcp$id_]
    if {-1 < [lsearch $parameters cwnd]}
    { $tcp_ tracevar cwnd_ }
    if {-1 < [lsearch $parameters seqno]}
    { $tcp_ tracevar seqno_ }
}
```

使用该类建立源端节点中的 xcp 代理, 然后将其与目的节点中的 xcp 接收端连接起来。根据 xcp 路由器和 xcp 源端的变量, GeneralSender 类的过程 trace-xcp 使用中变量跟踪为 xcp 源建立跟踪。

3 仿真性能分析

仿真参数设置 $\alpha=0.4, \beta=0.266$ 。Bottleneck 的链路带宽=200 Mb/s, Bottleneck 的延迟时间 $delay=10$ ms, 节点数=3, 节点 $S_1 \dots S_3 \sim R_0$ 的链路带宽为 200 Mb/s, 链路延

迟时间 $delay=10$ ms。

仿真拓扑图如图 2 所示, 该拓扑为 3 个 xcp 流共享 1 个瓶颈链路组成的哑铃型拓扑。

主干链路和每个源链路都采用 200 Mb/s, 延迟时间都是 10 ms。由图 3 可以看出在开始阶段, 由于只有 1 个源发送数据, 主干链路基本达到饱和, 窗口值成乘式增加。但在 5 s 时第 2 个流到来, 主干链路发生拥塞, 拥塞窗口值开始调整下降, 在大概第 6 s 就稳定了。在第 10 s 时, 第 3 个流到来, 拥塞窗口进一步调整, 开始下降, 到第 12 s 时达到稳定值。由此可以看出, 在拥塞发生时 XCP 协议可以很快地调整拥塞窗口值, 使传输达到稳定值, 很好地避免了拥塞可能引起的调整时间增长。同时也保持了良好的公平性, 使每个流都获得了相同的拥塞窗口值。

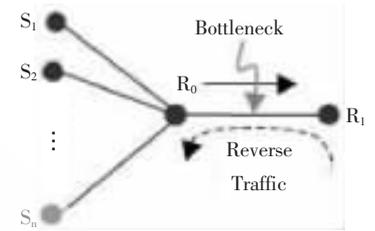


图 2 仿真拓扑图

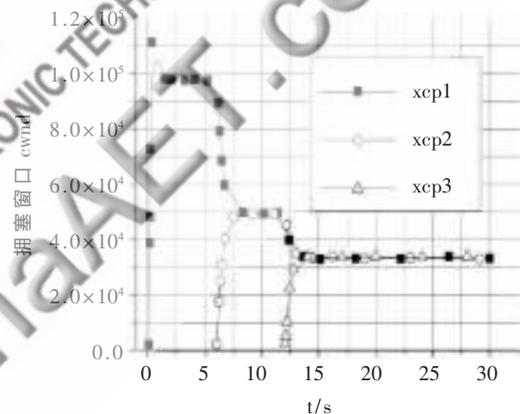


图 3 拥塞窗口图

图 4 所示为带宽利用率图, 可以看出, 在没有发生拥塞时主干链路利用率很快就达到了 100%, 说明 XCP 协议使达到稳定利用率的时间很快, 提高了达到稳定利用率的时间, 同时, 在第 5 s 和第 10 s 的时候, 第 2 和 3 个流分别开始发送数据, 主干链路发生拥塞, 主干链路

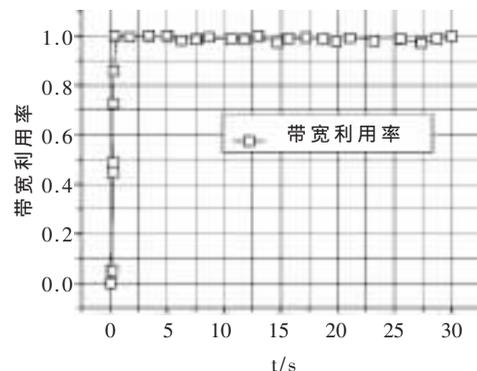


图 4 带宽利用率图

网络与通信 Network and Communication

的利用率有所降低,降低了1~2个百分点。由此可以看出,XCP协议对在拥塞情况下提高链路利用率达到了很好的效果,能充分地利用链路带宽,同时达到稳定的带宽利用率的时间也很快。

由图5可以看出在第5s之前,没有发生拥塞,缓冲队列值为0;第5s时,第2个流开始发送数据,主干链路发生拥塞,队列值有所增加;第10s开始随着拥塞的变大缓冲队列值又有所增大;缓冲队列值随着拥塞

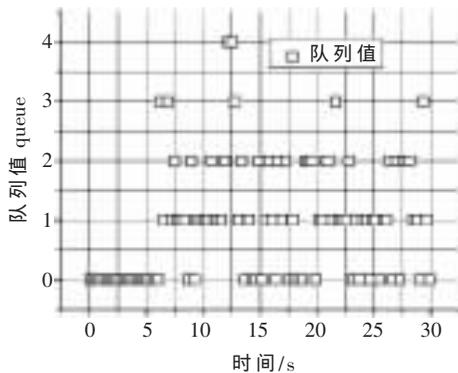


图5 平均队列图

的加剧逐渐增大,但增加的值不大,说明XCP协议可以保持很小的排队队列值,这样相应的排队时延值也会很小。

本文在ns2下面对XCP协议的公平性和稳定性做了相

应的仿真分析。仿真结果表明,高带宽时延乘积网络中XCP协议不仅能够保持链路的公平性和稳定性,而且还能达到链路的高利用率,同时,路由器的平均队列值保持得很小。

参考文献

- [1] FLOYD S, JACOBSON V. Random early detection gateways for congestion avoidance [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1993, 1(4):397-416
- [2] ATHURALIYA S, LI V H, LOW S H, et al. Rem: Active queue management [J]. IEEE Network, 2001, 15(3):48-53.
- [3] HOLLOT C, MISRA V, TOWSLEY D, et al. On designing improved controllers for aqm routers supporting tcp flows [J]. In Proc. of IEEE INFOCOM, Apr. 2001.
- [4] KUNNIYUR S, SRIKANT R. Analysis and design of an adaptive virtual queue [J]. In Proc. Of ACM SIGCOMM, 2001.
- [5] KATABI D. Congestion control for high bandwidth-delay products networks [EB/OL]. In: Proc. ACM SigComm'02, Aug. 2002.

(收稿日期:2009-06-05)

(上接第42页)

以传输4KB数据为例,由表2可知,使用FIFO时,发送和接收分别节省0.547076s和0.042832s时间。假定传输1bit的数据用时为 θ s,传输数据量为 n ,则可知使用FIFO和不使用FIFO两种情况下的用时差为 $15n\theta/16s$ 。由此可见,当传输数据量 n 越大时,采用FIFO的串口传输模式的用时越少、优越性越明显。这也显示了FIFO在串口传输较大数据量的工程应用中的重要性

和必要性。在串口通信应用越来越广的背景下,提高串口通信速度显得尤为重要。本文以S3C44B0X微处理器为平台,介绍的基于FIFO的串口双机通信的原理和实现方法,该方法同时也适用于其他配置FIFO缓冲区的微处理器,具有很强的适用性和通用性,在学习、研究的同时,也为工程应用中的串口通信提供了参考模型。

(上接第45页)

UWB通信系统的性能进行分析,并与传统算法,以及各种放宽约束算法进行了比较。实验表明,基于DPSO的多路径选择算法在低信噪比情况下具有更好的择优性能,其抗多用户干扰的能力也优于其他同类算法。

参考文献

- [1] CABRIELLA M, BENEDETTO D, GIANCOLA G. 超宽带无线电基础[M].葛利嘉,朱林,袁晓芳,等译.北京:电子工业出版社,2006.
- [2] LEE C, CHO D, YOU Y, et al. A solution to improvement of DS-UWB system in the wireless home entertainment network [J]. IEEE Transactions on Consumer

参考文献

- [1] 田泽.嵌入式系统开发与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [2] Samsung. S3C44B0X datasheet [EB/OL]. <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/84253/SAMSUNG/S3C44-B0X.html>, 2003.
- [3] 马忠梅,英惠.ARM嵌入式处理器结构与应用基础(第2版)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [4] 严蔚敏,吴伟民.数据结构:C语言版[M].北京:清华大学出版社,1996.
- [5] 胥静.嵌入式系统设计与开发实例详解:基于ARM的应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [6] 王宇行.ARM程序分析与设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.

(收稿日期:2009-05-12)

Electronics, 2005, 51(2):529-533.

- [3] GEZICI S. Design and analysis of impulse radio ultra wide-band receivers for communications and geolocation [D]. Dissertation Abstracts International, 2006, 67(2).
- [4] 杨红孺,高洪元,庞伟正,等.基于离散粒子群优化算法的多用户检测器[J].哈尔滨工业大学学报,2005, 37(9): 1303-1306.
- [5] 李俊,郝成民,刘湘伟.改进PSO算法在雷达干扰任务分配中的应用[J].计算机仿真,2008, 25(12): 27-30.
- [6] 徐珍霞,顾洁.离散粒子群优化算法在变电站选址中的应用[J].电气应用,2006, 25(4): 35-38.

(收稿日期:2009-06-08)