

SCTP 性能的仿真分析

孙楠¹, 张载龙², 孙雁飞²

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学 信息网络技术研究, 江苏 南京 210003)

摘要: SCTP 是下一代网络(NGN)的一种重要传输协议, 融合 TCP 与 UDP 协议的优点, 提供端到端的可靠业务传输, 用来在 IP 网络上可信地传输 SS7 信令。立足 SCTP 一些新特性(比如多流性、多宿性), 通过仿真软件 NS2, 在网络时延、抖动、丢包率、吞吐量几个典型的 QoS 参数方面, 对比分析了 SCTP 协议与不同版本的 TCP 协议; 仿真结果表明, 使用 SCTP 协议的网络综合性能优于传统的 TCP 协议, 从而进一步提高了网络的 QoS, 同时用户 QoE 也得到了提升。将 SCTP 性能与不同的 TCP 协议进行对比, 基于这些网络 QoS 参数进行对比分析, 为以后的 SCTP 特性进一步研究工作起到了铺垫的作用。

关键词: TCP; SCTP; QoS; 性能; 仿真分析

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)12-0103-04

Performance Simulation and Analysis for SCTP

SUN Nan¹, ZHANG Zai-long², SUN Yan-fei²

(1. School of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. Institute of Information Networks Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: SCTP (stream control transmission Protocol) is a transport protocol of next generation network, which integrates merits of TCP and UDP; Meanwhile it extends end-to-end services transportation and is adopted to transfer the signal of SS7 credibly in the IP network. In consideration of SCTP novel features (such as multistreaming and multihoming), a comparison is given between SCTP and different version of TCP, from the aspect of correlative and typical QoS parameters, such as delay, jitter, loss packet probability and throughput by network simulator software NS2; Results of the simulation show that the comprehensive performance of the network using SCTP outperforms that using traditional TCP, thereby QoS of the network is improved more, and at the same time the QoE of subscribers are improved as well. A comparison is given between SCTP and different edition of TCP, and it gives comparison and analysis based on aforementioned QoS parameters of network, all the work pave the way for the subsequent further research of SCTP.

Key words: TCP; SCTP; QoS; performance; simulation and analysis

0 引言

SCTP(RFC2960)是一种基于消息的端到端可靠传输协议, 2000年10月由IETF的SIGTRAN定义。起初被设计来在IP网络上可靠地传输PSTN信令消息(SS7)和IP网内的信令消息^[1,2], 与TCP相比具有诸多新特征, 所以越来越备受业界的青睐, 得到广泛研究^[3-5]。

收稿日期: 2010-04-06; 修回日期: 2010-07-24

基金项目: 国家高技术研究发展计划 863 项目(2009AA01Z212); 江苏省自然科学基金(BK2007603)

作者简介: 孙楠(1985-), 男, 江苏徐州人, 硕士, 研究方向为计算机通信网管理与控制; 张载龙, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为IP通信网络、移动互联网等。

SCTP问世之前, IP网中的信令消息交换通常的任务主要是由UDP或TCP这两种传输协议来承担, 但它们各有优缺点。UDP是基于消息的, 提供快捷的无连接业务, 这有利于其传输时延敏感的信令消息, 但UDP本身仅提供不可靠的数据报业务, 从而相关的差错控制, 只能由上层应用来完成; 而TCP是面向字节的可靠传输协议, 在会话之前首先建立连接, 会话终止时断开连接, 这使得实时性不佳而且TCP只提供严格的数据按序传输, 这会导致不必要的队头阻塞(Head of Line)问题并使消息的传输时延增大, 同时很难支持多宿性。它们的缺陷使得TCP或UDP对于电信网信令的承载受到约束。

SCTP吸纳了TCP与UDP的优点, 因此SCTP对

后两者兼容。与后两者最大的不同之处是 SCTP 具有多宿性和多流性,尤其是多宿性特征,使得 SCTP 协议没有依赖代理,就可以实现对 Internet 移动性的支持^[6]。

对 SCTP 特性的研究文献海量,文献[7]提及一些应用程序需要具有更多更能特效的传输协议,而传统的 TCP 已不能胜任,SCTP 协议的提出是网络发展趋势所趋,作者比较了传统的 TCP 协议与新型协议 TCP,展示了 SCTP 的优势;文献[8]从多归属、数据的发送、接收等几个方面对 SCTP 和 TCP 进行了分析比较,得出 SCTP 比 TCP 更适合传送 SS7 信令;文献[9]通过 ns2 仿真来证实 SCTP 传输 FTP、HTTP 等传统业务的性能,结果表明 SCTP 性能优于 TCP 协议;文献[10]提及 SCTP 较 TCP 的具有的新特性使得其更好作为 MPI(Message Passing Interface);文献[11]通过对比验证了在慢启动阶段,SCTP 的平均时延要比 TCP 的要小。然而对将 SCTP 与 TCP 不同版本的 QoS 相关参数研究文献目前尚无。

文中立足 SCTP 新特性,基于传输性能的 QoS 参数将不同改进版本(Reno^[12,13]、NewReno^[14,15]、Sack1^[16]以及 Vegas^[17,18])的 TCP 协议与 SCTP 进行仿真对比分析,而第 3 部分给出了相关仿真结果,通过对结果分析,证实 SCTP 的传输性能更佳,能够胜任 NGN 传输工作。为后期的 SCTP 研究工作起到铺垫作用。

1 相关工作

1.1 SCTP 数据包格式

SCTP 分组或协议数据单元(PDU)由一个或若干个连接在一起的被称作 CHUNK 的内建块组成。由公共的分组头和若干数据块组成,数据块既可以承载数据信息也可以承载控制信息。为了能够实现可靠以及拥塞控制,关联中每个数据 CHUNK 都有独一无二的传输序列号(TSN)^[19]。除了 INIT, INIT ACK 和 SHUTDOWN COMPLETE 数据块外,其它类型的多个数据块可以捆绑在一个 SCTP 分组中,然而必须要满足关联对 MTU 的要求。当然这些数据块也可以不与其它数据块捆绑在一个分组中。如果一个用户消息不能放在一个 SCTP 分组中,则这个消息可以被分成若干个数据块。数据包格式如图 1 所示。

1.2 SCTP 关联以及多宿性

TCP 中的连接只是在两个端点之间建立联系,而 SCTP 关联实际上是在两个 SCTP 端点间的一个对应关系,包括了两个 SCTP 端点,以及验证标签和传送顺序号码等信息在内的协议状态信息,某个关联可以由

使用该关联的 SCTP 端点交换地址信息来惟一标识。TCP 的连接双方只有一条传输路径,而 SCTP 具有多条传输路径。具体来说就是通信双方的终端具有多个 IP 地址。单从这个角度来看,关联是更鲁棒的 TCP 连接。

通信两端点在会话发起时,彼此提供一个地址列表和一个端口号,接着双方建立关联。若发送端有 m 个 IP 地址(一个地址列表),对端有 n 个 IP 地址,则理论上就有 $m * n$ 个地址对。其中仅有一个主地址,其余为备用地址,这使得并行传输成为可能^[20]。一般情况下,主地址用于传输数据而备用地址用来传输重传的数据包以及应答包,这样可以提高网络吞吐量减少数据包排队时延,QoS 得以保重。若主地址出现故障,如严重拥塞或者是链路断开,此时备用地址就根据相应的决策来选取一个备用地址来充当主地址^[21],通过心跳(HeartBeat)机制来感知路径状态信息,作出及时调整。SCTP 的多宿性(Multihoming)体现在关联中的地址对上。

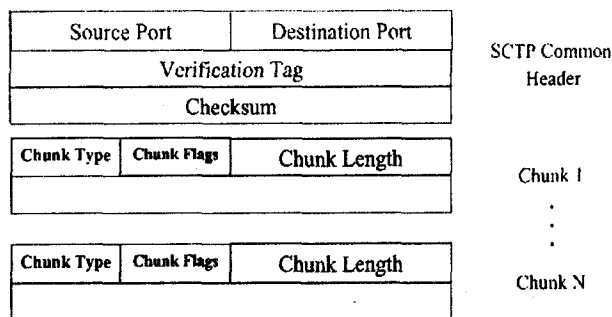


图 1 SCTP 分组格式

1.3 多流性

流是从两个 SCTP 端点建立的一个单向逻辑通道,对于顺序递交业务,在这个通道中所有的用户消息都必须按照顺序进行递交^[22]。

TCP 只支持单个报文流,而 SCTP 支持多个逻辑独立的用户报文流,通信双方在关联建立时可商定关联中的流数。协议规定,每个 DATA 数据块(CHUNK)都使用两种顺序号,即传送顺序号(TSN)和流顺序号(SSN)。数据块中的流标识(Stream ID)和流顺序号(SSN:表示该数据块中的用户报文在流标识所标识的流内序号)用于实现各流内用户报文按发送顺序交付(Sequenced Delivery within Streams:一种部分有序交付)。可见 SCTP 特别适合在两个端点间传输多个逻辑上不相关的报文流。

由于逻辑流之间相对独立,当某个流中数据包序列出乱或是丢失的时候,发送端只会在该流中重传丢失的数据包而不影响其它流中的数据包向上层交付。这就解决了 TCP 中的头阻塞问题。该问题描述为:在

使用 TCP 传输协议时,由于协议规定数据包要严格按需传输。当某一数据包丢失的时候,接收端不会将自己刚接收的所有数据直接交付给上层,而是将所有数据缓存起来,等待出问题的数据包再次正确无误地到来。显然,这就极大地影响了其它不相关或者是关系不大的数据包的交付,导致了等待时延增加,降低了 QoS。

上述的这些性质使得 SCTP 较传统的传输协议有先天性的优势,第 2 节给出了开源仿真软件 NS2 仿真结果,主要从 QoS 部分参数方面证实 SCTP 的优越性。

2 仿真拓扑结构

如图 2 所示,主机 Host1 与对端主机 Host2 之间通过两个路由器 Router1 以及 Router2 连接起来,设定 Router1 与 Router2 之间的带宽,使其为瓶颈路径;在两台终端主机上传输的是承载于 TCP 协议之上的 FTP 数据流;而主机 Host3 与 Host4 之间传输的是承载于 UDP 协议之上的 CBR 数据流,让其作为背景数据流,旨在模拟现实环境中不同的业务流。

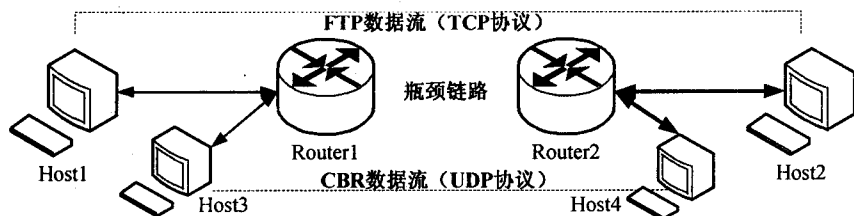


图 2 基于 TCP 协议的拓扑图

文中使用开源软件 NS2 来仿真该场景,鉴于 NS2 的特点(免费、强大、易扩展等特性),其越来越多地被用在新协议的设计与开发的模拟上。设定图 2 中的瓶颈路径(即 Router 与 Router2 之间链路)的带宽是 2Mb/s,而两台主机与路由器之间的链路的带宽设置为 8Mb/s,仿真时间设定为 15s。

3 仿真结果与分析

通过分析仿真跟踪文件,计算得出 TCP 的丢包率约是 SCTP 的 1.3 倍,丢包率低说明网络流量变化较平滑且对于流量控制较及时。

3.1 吞吐量

吞吐量(throughput)是网络传输能力的体现,具体指单位时间内在某个连接上

传输的最大字节数,它是 QoS 的 OSI 模型中的一个重要参数。图 3 展示了使用 SCTP 协议网络的平均吞吐量大于四种改进的不同版本 TCP,分别是 Reno、NewReno、Sack1 以及 Vegas 版本 TCP 的 1.2838、1.045、1.3246、1.0456 倍。

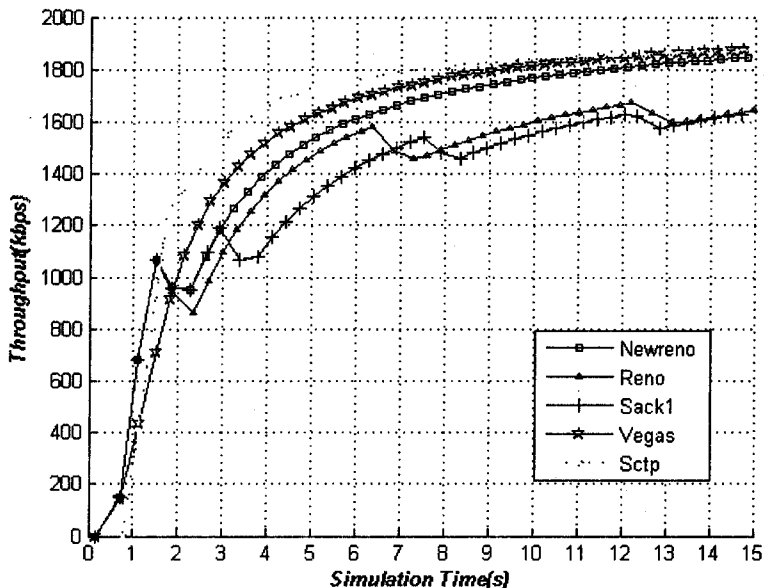


图 3 SCTP 与不同版本 TCP 吞吐量的对比

3.2 时延

时延是指一个报文或分组从一个网络的发送端传输到对端所需要的时间,包括发送时延、传播时延、处理时延。时延越小越好,说明网络的综合能力较强;若网络出现拥塞势必会导致时延的增加,降低了 QoS 以及 QoE (Quality

of Experience)。

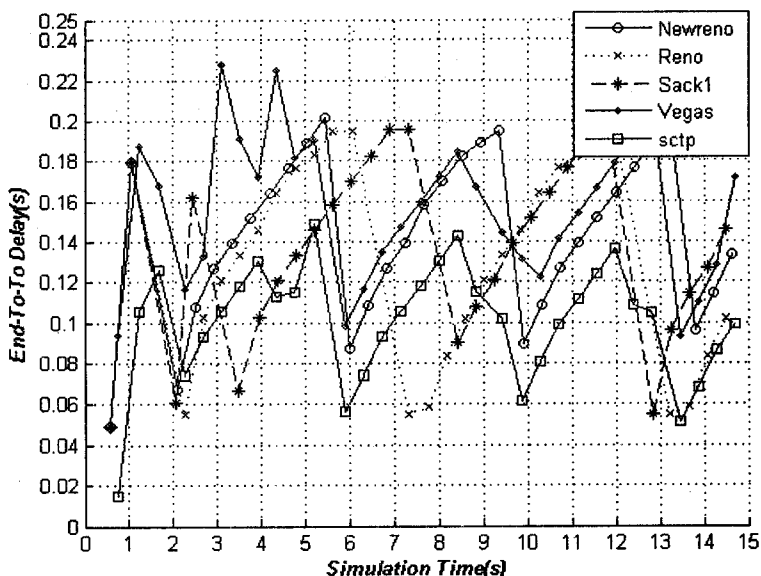


图 4 SCTP 与不同版本 TCP 时延对比

图 4 展示了基于 SCTP 协议的网络传输报文的平均时延比使用 TCP 的要小, 分别是 Reno、NewReno、Sack1 以及 Vegas 版本 TCP 的 0.8621、0.9883、0.9357、0.8290 倍数。可见使用 SCTP 协议的网络传输有更小的端到端时延。

依据资源分配策略评价公式 Power 公式粗略地比较一下网络资源分配有效性, 公式描述如下:

$$\text{Power} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Delay}} \quad (1)$$

其中 Throughput 是吞吐量的平均值, Delay 为端到端时延。SCTP 的 Power 值约是 Reno、NewReno、Sack1 以及 Vegas 版本 TCP 的 1.4891、1.1175、1.4157、1.2613 倍, 所以使用 SCTP 协议的网络资源分配更有效。

3.3 时延抖动

时延变化也称为时延抖动, 是指测试包的绝对传输时延与特定时延参考标准(一般取多次抽样的平均值)间的差。时延变化是由网络转发设备处理能力有限导致的排队造成的。业务不同对于时延抖动的要求也不同, 多媒体业务对于抖动的要求是比较严格的。

基于 SCTP 协议的网络传输的报文的时延抖动, 从图 5 中可以看到相对于基于不同版本的 TCP 协议的网络传输报文的抖动时延而言, 前者要相对稳定(在水平线 0 处上下作小范围波动), 而后者上下波动较为强烈, 抖动较大。通过分析知, 基于 SCTP 协议的网络传输报文的平均时延抖动分别为 0.7958、0.9522、0.9111、0.8572 倍。

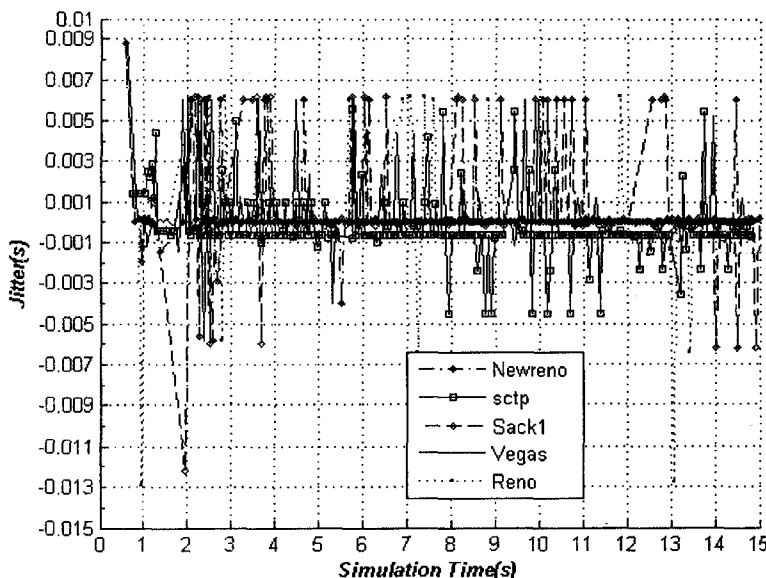


图 5 SCTP 与不同版本 TCP 时延抖动对比

4 结束语

SCTP 是 SIGTRAN 工作组为传输信令业务而提

出的, 具有可扩展性、安全性、可靠性、灵活性; TCP 不具有诸如多归属、多流、选择性重传及快速重传等特性, 所以 SCTP 比 TCP 更能适应日益复杂的计算机网络环境; SCTP 的特性与优势使得 NGN 的高速率和多业务优势得以发挥; 同时本课题仿真实验也表明, 与不同版本的 TCP 协议相比较, 基于上述几个重要的 QoS 参数, 使用 SCTP 协议网络性能要优于使用 TCP 协议网络的性能。但短期内 SCTP 不可能完全取代 TCP, 两者并存或融合是网络发展的必然趋势。

参考文献:

- [1] Ono K, Schulzrinne H. The Impact of SCTP on SIP Server Scalability and Performance[C]//Global Telecommunications Conference, New Orleans: [s. n.], 2008: 1-5.
- [2] Cui Xin, Cui Lin, Zhang Yuan. Fatal Reordering Problem of Stream Sequence Number in SCTP Stream Buffer of ns2 Network Simulator and Solution[C]//Proceedings of the 2008 Fourth International Conference on Natural Computation. Jinan: [s. n.], 2008: 223-226.
- [3] Rajamani S K R, Gupta N. Sctp versus tcp: Comparing the performance of transport protocols for web traffic[R]. Madison: Computer Sciences Department of University of Wisconsin Madison, 2002.
- [4] Afzal M K, Aman-ullah-khan, Pescape A, et al. SCTP VS TCP Delay and Packet Loss[C]//Multitopic Conference. [s. l.]: [s. n.], 2007: 1-5.
- [5] Caro A L, Iyengar J R, Amer P D, et al. SCTP: A Proposed Standard for Robust Internet Data Transport[M]. [s. l.]: IEEE Computer Society Press, 2003: 56-63.
- [6] Preethi N, Fred B, Paul D A, et al. SCTP What, Why and How[J]. IEEE Internet Computing, 2009, 13(5): 81-85.
- [7] Stewart R, Metz C. SCTP: New transport protocol for TCP/IP[J]. IEEE Internet Computing, 2001, 5(6): 64-69.
- [8] 童孟军, 胡维华. SCTP 与 TCP 的比较分析[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(6): 924-928.
- [9] Kumar A, Jacob L. SCTP vs TCP: Performance Comparison in MANETs[C]//Proc. of the 2004 IEEE International Conference on Local Computer Network. Washington, DC: IEE Press, 2004: 431-432.
- [10] Kamal H, Penoff B, Wagner A. SCTP versus TCP for MPI[C]//proc. of the 2005 ACM/IEEE Conference on Supercomputing. [s. l.]: [s. n.], 2005.
- [11] Lee Yongjin, Atiquzzaman M. HTTP Transfer Latency over SCTP and TCP in Slow Start Phase[C]//IEEE International

(下转第 110 页)

全局最优的运动矢量,但在穷尽搜索窗口内所有候选点的时候,带来了巨大的计算量,编码时间过长。根据 H. 264 的编码特点和视频序列帧间的统计特性,以及时域和空间域的相关性,合理设置区间 $[0, 0.27 * T_3]$ 时,当落入该区间时也提前终止运动矢量的搜索,而不用利用模板最对运动矢量的最终确定,在保持图像质量基本不变的情况下,节省了运动估计的时间,也减少了编码总时间,对提高 H. 264 的实时编码有一定的价值。

在增强模板的使用条件时,区间的设置要控制在一个合理的范围内,如果区间设置得过大时,可能会导致得不到理想的运动矢量,从而增大编码的比特率。如何根据视频序列的特点设置该区间的大小,也是一个期待解决的研究问题。

参考文献:

- [1] Wiegand T, Sullivan G J, Bjontegaard G, et al. Overview of the H. 264/AVC Video Coding Standard[J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13: 560 - 576.
 - [2] Li Renxiang, Zeng Bing, Liou M L. A New Three - step Search Algorithm for Block Motion Estimation[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1994, 4(4): 438 - 442.
 - [3] Zhu Ce, Lin Xiao, Chau Lappui. Hexagon - based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(5): 349 - 355.
 - [4] 周 巍,史浩山,周 欣.基于 H. 264 的快速运动估计算法[J]. 计算机工程设计, 2007, 28(2): 379 - 382.
 - [5] 王 慧,常建平.改进的 H. 264 快速度帧内预测模式选择算法[J]. 计算机工程, 2008, 34(19): 228 - 229.
 - [6] 范瑞霞,李 萍,方 浩.基于 H. 264/AVC 的帧间编码快速算法[J]. 北京理工大学学报, 2008, 28(6): 510 - 512.
 - [7] 李红叶,刘明军. H. 264 运动估计算法研究[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2009, 23(1): 73 - 75.
 - [8] 马力妮,郑起辉,潘 峰. H. 264/AVC 视频编码技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(7): 163 - 166.
 - [9] 张 惠,张学武,张 卓. 新一代视频编码标准 H. 264/AVC 的关键技术研究[J]. 现代电子技术, 2009, 32(15): 127 - 130.
 - [10] Tourapis A M. Enhanced predictive zonal search for single and multiple frame motion estimation[C]// Proceedings of Visual Communications and Image Processing 2002 (VCIP22002). San Jose, CA: [s. n.], 2002, 10692 - 10791.
 - [11] 于宏伟,宋 宇,翟 双. 基于编码比特数和 EPZS 的快速运动估计方法[J]. 长春工业大学学报, 2007, 28(1): 53 - 55.
 - [12] Qaralleh A, Chang Tian - Sheuan E A. Fast motion estimation by adaptive early termination[M]// Signal Processing Systems Design and implementation. [s. l.]: [s. n.], 2005: 678 - 681.
-
- (上接第 106 页)
- conference on Communications. Glasgow, Scotland: [s. n.], 2007: 196 - 198.
 - [12] Chen Z S, Bu T, Ammar M, et al. Comments on Modeling TCP Reno Performance: A Simple Model and Its Empirical Validation[J]. IEEE ACM Transactions on Networking, 2006, 14(2): 451 - 453.
 - [13] Tang A, Wang J T, Hegde S, et al. Equilibrium and fairness of networks shared by TCP Reno and Vegas/FAST[J]. Telecommunication Systems, 2005, 30(4): 417 - 439.
 - [14] Ye Q A, MacGregor M H. On the resilience of SACK and NewReno TCP[C]// Fourth International Workshop on Design of Reliable Communication Networks. [s. l.]: [s. n.], 2003: 236 - 243.
 - [15] Kim S, Choi S, Kim C. Instantaneous variant of TCP NewReno[J]. Electronics Letters, 2000, 36(19): 1669 - 1670.
 - [16] Kim B, Kim D, Lee J. Lost retransmission, detection for TCP SACK[J]. IEEE Communications Letters, 2004, 8(9): 600 - 602.
 - [17] Herrera - Alonso S, Rodriguez - Perez M, Suarez - Gonzalez A, et al. Improving TCP Vegas Fairness in Presence of Backward Traffic[J]. IEEE Communications Letters, 2007, 11(3): 273 - 275.
 - [18] Ho C Y, Chan Y C, Chen Y C. WARD: A transmission control protocol - friendly stateless active queue management scheme[J]. IET Communications, 2007, 1(7): 1179 - 1186.
 - [19] Iyengar J, Amer P D, Stewart R. Concurrent Multipath Transfer Using SCTP Multihoming over Independent End - to - End Paths[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2006, 14(5): 951 - 964.
 - [20] Kamphenkel K, Laumann S, Bauer J, et al. Path Selection Techniques for SCTP Multihoming[C]// Communications Workshops. Dresden: [s. n.], 2009: 1 - 6.
 - [21] Tai Chengfeng, Chang Linhuang, Hou Tingwei. Improvement of SCTP performance during handshake process[C]// Advanced Information Networking and Applications Workshops/ Symposia. Okinawa: [s. n.], 2008: 445 - 450.
 - [22] YD/T 1194 - 2002. 中华人民共和国通信行业标准流控制传送协议(SCTP)[S]. 信息产业部电信研究院, 2002.