

# SCTP 协议分析与仿真研究

夏云,孙力娟,叶晓国,肖甫

(南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

**摘要:**流控制传输协议(SCTP)是 IETF 推荐的一种新的传输层协议,它继承了传统 TCP 的一些特性,并发展出独特的多流性和多宿性,能更好地适应现代通信网发展的需求,并在一定程度上有取代传统传输层协议的趋势。文中在介绍传统传输层协议的基础上,详细分析了 SCTP 的特点和功能模块,并基于 NS2 软件模拟网络故障,对多址主机环境下的 SCTP 和 TCP 传输的容错能力进行了仿真比较。结果表明:SCTP 能够在主路径断开的情况下自动切换路径继续传输,其多宿特征确保了 SCTP 协议的鲁棒性。

**关键词:**流控制传输协议;多宿性;多流性;偶联;NS2

**中图分类号:** TN915.04

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)11-0027-04

## Research on Analysis and Simulation of SCTP

XIA Yun, SUN Li-juan, YE Xiao-guo, XIAO Fu

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Stream Control Transmission Protocol(SCTP) is a new transport layer protocol recommended by the IETF. It reserves some characteristics of the traditional TCP protocol, and also develops its distinct features: multi-streaming and multi-homing. With these advantages, SCTP can meet the needs of the fast developing communication networks, and has a trend to replace the traditional transport layer protocols in some areas. The features and function modules of SCTP are firstly introduced, based on the traditional transport layer protocols. Then, simulate the failure network and compare the fault tolerance of SCTP with TCP during the multi-homing host peers by using NS2 software. Simulation results show that only SCTP could handover transmission automatically on the other activated path when the primary path is broken down, and SCTP with the feature of multi-homing has apparent performance advantages on robustness.

**Key words:** SCTP; multi-homing; multi-streaming; association; NS2

## 0 引言

随着 IP 网向多业务网的发展,尤其是近年来 VOIP 和第三代移动通信的发展,在 IP 网中传递信令消息成为必然。

目前广泛应用于 IP 网络的传输层协议主要是 TCP 和 UDP 协议<sup>[1]</sup>,这两种协议各自存在缺陷,已经不能完全满足信令承载的需求<sup>[2]</sup>。于是一些研究机构

提出了一些新的在 IP 网络上用于传输信令的协议,如可靠信令传输协议、国际电联提出的服务特定面向连接协议的改进版本 SSCOPMCE,还有因特网工程任务组(IETF)下属信令传输工作组(SIGTRAN)提出的流控制传输协议(SCTP, Stream Control Transmission Protocol)<sup>[3,4]</sup>等。

SCTP 协议保留了 TCP/UDP 的共同优点并具有多宿、多流、消息分帧、初始化保护、平滑关闭等特点,其技术规范已经被 RFC 文件所定义成为一种通用的传输层协议。SCTP 协议已经被主流操作系统所采用,会话初始化协议(Session Initiation Protocol, SIP)和通用通道信号系统 7 以及下一代网络的建设也广泛采用了这种新的传输协议。

文中分析比较了 SCTP 协议对传统传输层协议的改进之处,介绍了 SCTP 协议的特点和具体功能模块,并利用 NS2<sup>[5]</sup> 软件仿真了 SCTP 的多宿性,同时对 SCTP 和 TCP 在网络故障时的性能进行了比较和分析。

收稿日期:2009-03-17;修回日期:2009-06-06

基金项目:国家高技术发展计划(863)资助项目(2006AA01Z219, 2006AA01Z201, 2007AA01Z404, 2007AA01Z478);江苏省博士后基金(0801019C);南京邮电大学科研项目(NY207022);江苏省六大高峰人才项目

作者简介:夏云(1983-),女,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为卫星网络传输控制协议、基于通信网络的计算机应用技术等;孙力娟,教授,博士生导师,研究方向为卫星网络、无线传感器网络、演化计算等;叶晓国,博士,硕士生导师,研究方向为高性能网络体系结构与协议等;肖甫,博士,硕士生导师,博士后,研究方向为卫星网络、无线传感器网络、多媒体技术等。

## 1 传输层协议简介

### 1.1 传统的传输层协议

在 TCP/IP 的体系结构中传输层位于应用层和网络层之间,其任务是负责向两个主机中进程之间的通信提供服务。目前应用的传输层协议主要是 TCP 和 UDP 协议。

传输控制协议 TCP (Transmission Control Protocol)<sup>[6]</sup>是面向连接的传输协议,应用程序在使用 TCP 协议之前必须建立 TCP 连接,在传输数据完成之后必须释放已经建立的 TCP 连接<sup>[7]</sup>。TCP 只能够提供一对一的全双工通信,其数据传输的单位是报文段,通过流量控制、拥塞控制<sup>[8]</sup>和差错重传等机制,TCP 能保证数据的无差错无丢失按次序送达。

用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)<sup>[9]</sup>是无连接的传输协议,发送数据之前不需要进行连接。UDP 支持一对一、一对多、多对一、多对多的交互通信,没有拥塞控制,只能够提供最大努力交付。

### 1.2 SCTP 协议

SCTP 对传统的传输层协议进行了继承和改进,保留了 TCP 的慢启动和拥塞避免算法<sup>[8]</sup>,为了避免拥塞碰撞发送方必须收到确认帧后才能再次发送新的数据;采用了 TCP 的快重传和快恢复算法,该算法基于选择确认(SACK)间隙报告机制加速丢包的探测能力,可提高网络的利用率。不同于 TCP 的是 SCTP 不存在显式快恢复阶段,而是通过 SACK 自动恢复;SCTP 改进了 TCP 的选择性确认,强制性使用 SACK 机制,在遇到单个数据窗口发生连续丢包时 SCTP 更为健壮,避免了耗时的慢启动阶段,节省了带宽同时提高了吞吐量。

此外 SCTP 还具有传统运输层协议不具备的特点:

#### (1) 多宿性。

SCTP 提供了比 TCP 更高的可用性。在 TCP 中,两个端点之间只存在一条连接通道,SCTP 引入了偶联(association)的概念,通信的端点支持多宿主主机(一台主机,多个 IP 地址),若一条路径不可达,SCTP 可把传输切换到另一条可达路径上进行,只有当所有路径均不可达时,SCTP 偶联才会断开。当网络发生故障时,多宿特性可以提高会话的潜在生存能力,实现了网络级的容错。

#### (2) 多流性。

多流处理是 SCTP 的一个重要特性。SCTP 把来自上层应用的用户数据分隔到多条逻辑流中传输,各个流之间相对独立,可以单独发送数据而不受其他流的影响,也可以共同实现用户数据的有序递交。在传

输中如果将控制和数据划分成单独的流,控制数据就可以以一种更及时的方式得到处理,从而可以更好地利用可用资源。

#### (3) 显式的拥塞通告。

SCTP 可通过加入 ECN 标记来探测和响应拥塞情况,定义类似于文献[10],有所区别的是,当 SCTP 接收方检测到数据段的 IP 头部包含有“历经拥塞”(Congestion Experienced)位时,将会使用显示拥塞通告响应(ECNE)数据块通知发送方拥塞状况,随后发送方使用拥塞窗口缩减(CWR)标记通知 cwnd 减小窗口值。

#### (4) 更高的安全性。

SCTP 可从两方面来抵御 SYN Flood 攻击:一方面,偶联的启动过程中采用 COOKIE 机制,需要通过四次握手后接收方才开始占用资源;另一方面,偶联采用验证标签的机制,使得接收方能识别 SCTP 分组的有效性。此外,SCTP 还可以免受 ICMP 报文的攻击。

## 2 SCTP 的功能模块

为了更方便地实现协议,RFC 4960 将 SCTP 协议分解为功能性独立的模块,并模型化了与操作系统功能的接口,具体功能模块如图 1 所示。一个 SCTP 实例系统的模块功能如下:

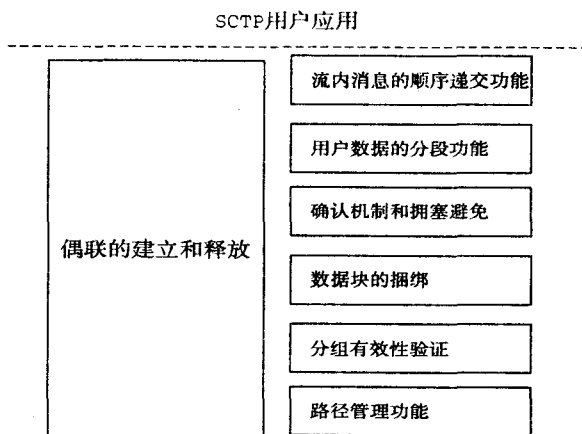


图 1 SCTP 的各功能模块

#### (1) 偶联的建立和释放。

偶联的建立是由 SCTP 用户发起请求来启动的。出于安全性考虑,为了避免遭受恶意的攻击,SCTP 在偶联的建立过程中采用了“四次握手”的 COOKIE 机制,其中涉及到四种类型的数据块:INIT, INIT ACK, COOKIE ECHO, COOKIE ACK。

SCTP 提供两种关闭偶联的方法:正常关闭和异常关闭。

正常关闭必须根据用户的请求来执行,采用三种类型的数据块:SHUTDOWN, SHUTDOWN ACK,

SHUTDOWN COMPLETE。SCTP 不支持 TCP 中的“半开”连接(一端可在另一端结束后继续发送数据),无论是哪个端点执行了 SHUTDOWN,偶联的两端都应停止从上层用户接收新的数据,而只是传送等待队列中的数据。

异常关闭(ABORT)是立刻关闭偶联终止数据的发送,会丢失两端等待队列中的所有数据。异常关闭既可以根据用户的请求来启动,也可以由 SCTP 协议检出差错来中止。

(2)流内消息的顺序递交。

SCTP 用户在偶联建立过程中协商一个偶联所支持的流的数量,每个 SCTP 用户消息都分配到一个流序列号(SSN),在同一个流中的消息需要按照其顺序进行递交。在接收端,SCTP 保证在给定的流中,消息可以按照顺序递交给上层用户,但当一个流被阻塞时,期望的下一个连续的用户消息可以从另外的流上进行递交。

(3)用户数据的分段。

当一个用户报文的长度超过了路径 MTU 的大小时,SCTP 发送方就需要将该报文进行分段,以确保底层的 SCTP 分组长度符合路径 MTU 的要求。在接收方需要把各分段重新组装成一个完整的报文递交给上层用户。

(4)确认机制和拥塞避免。

SCTP 为每个用户数据分组都分配一个传输序列号(TSN),接收方对所有收到的 TSN 进行确认。TSN 的分配是独立于 SSN 的,即使在接收序列中有间隔,接收方也会确认收到的不连续的 TSN。采用这种方式,实现了流的顺序递交与可靠的递交功能相分离。

SCTP 的拥塞控制与 TCP 的控制策略相类似,在超时重传的时间内发送方若仍没有收到对某些分组的确认信息,则需要进入拥塞避免阶段并对该数据分组进行重传。

(5)数据块的捆绑。

SCTP 分组的格式如图 2 所示,公共分组头(Common Header)其后跟着一个或多个数据块(Chunk)。每个数据块可以是用户数据块,也可以是 SCTP 的控制数据块。除了 INIT,INIT ACK,SHUTDOWN COMPLETE 这三种类型的控制数据块以外,不同类型的多个数据块可以绑定在同一个 SCTP 分组中,但必须满足路径 MTU 的要求。

(6)分组有效性的验证。

SCTP 的公共分组头(Common Header)中包含一个强制性的确认标签(Verification Tag)和一个 32 比特的校验码,如图 2 所示。验证标签的值由 SCTP 端

点在偶联启动时选择,如果收到的分组中未包含期望的验证标签,则舍弃该分组,这样可以防御伪装攻击和无效的 SCTP 分组。

(7)通路管理。

偶联建立时发送方的 SCTP 用户能够使用一组传送地址作为 SCTP 分组的目的地,通路管理功能根据用户的指令和当前合格的目的地集合的可达性状态来选择一个目的传送地址。当发生拥塞、不能提供可达性信息或路径被毁时,通路管理功能可通过心跳消息(Heartbeat)来监视某个目的地址的可达性,从而实现路径切换。必要时,一个偶联可以在几种传输媒介中进行选择和无缝转换,保证信息流的畅通。

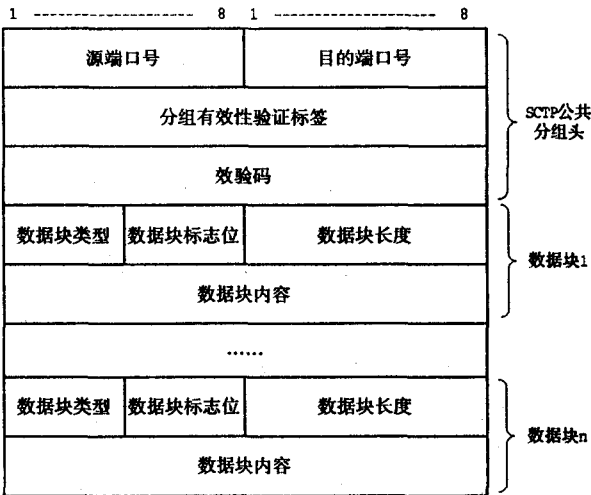


图 2 SCTP 分组格式

3 实验仿真

为体现 SCTP 多宿性,使用 NS2<sup>[5]</sup> 软件对 SCTP 的这一特点进行了仿真,并且对 TCP 和 SCTP 在网络故障情况下的性能进行了分析比较。

仿真使用的场景如图 3 所示。在主机 A 和 B 之间建立两条链路,在 0.5s 时主机 A 分别通过第一条链路使用 TCP 和 SCTP 协议与主机 B 之间进行数据通信,在 5s 的时候断开第一条网络连接。

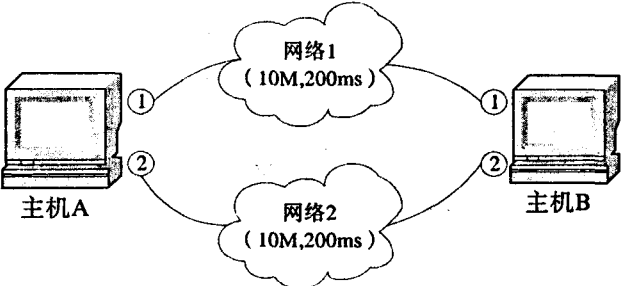


图 3 SCTP 的多宿性仿真

图 4(a)和(b)分别是 5s 前后系统仿真结果图。从

图 4(a)中可以看出,在 4s 左右时,主机 A 使用 TCP 和 SCTP 协议都能正常与 B 通信。在 5s 时,链路 1 断开, A 和 B 的 TCP 连接随即断开,而使用 SCTP 协议主机能通过探测可达路径寻找到第二条链路继续送达,如图 4(b)所示。

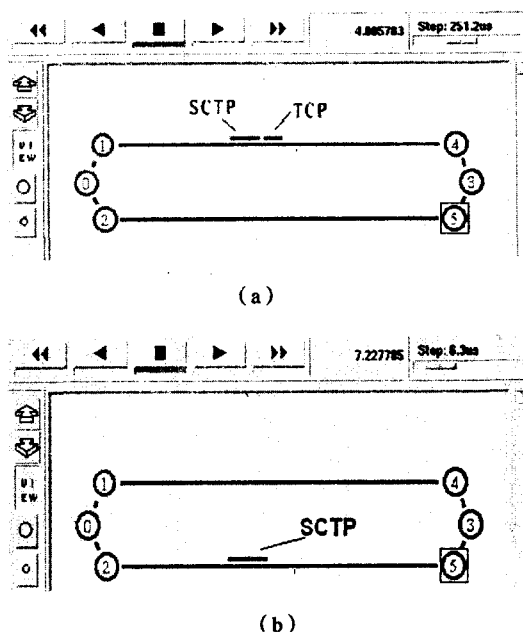


图 4 网络故障前后的仿真结果图

这个仿真验证了 SCTP 多宿性的特点,解决了网络容错问题。

通过分析仿真结果的 trace 文件,绘制出使用 TCP 和 SCTP 两种协议时的网络吞吐曲线,见图 5。由曲线可以看出,网络发生故障后, TCP 网络吞吐性能降为零, SCTP 在网络故障发生时吞吐量也明显下降,在

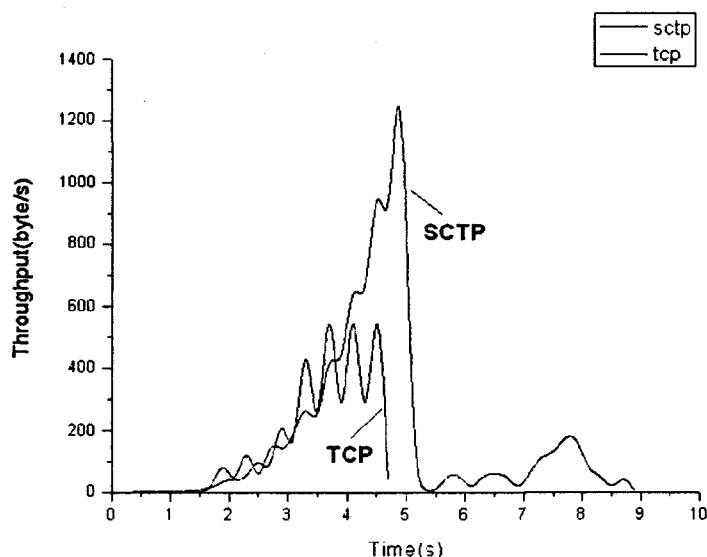


图 5 TCP/SCTP 吞吐性能比较

5.4s 左右时 SCTP 建立好第二条连接链路继续发送数据。一个 SCTP 偶联在一条路径连接失败时可以自动切换到另一条可达路径上且对数据的传输服务影响较小,而 TCP 没有内建的功能来支持多 IP 地址的主机,相对来说比较脆弱,鲁棒性不如 SCTP 协议。

## 4 结束语

SCTP 协议作为一种新的广义上的传输协议,相比传统的 TCP/UDP 协议更适合在实时、多业务综合以及军事通信网络的环境中<sup>[11]</sup>发挥作用。如何利用其多宿性<sup>[12]</sup>、多流性等特性来提高网络的容错能力和鲁棒性,实现多种通信平台间无缝转换都将是现在以及未来研究人员关切的课题。

## 参考文献:

- [1] 赵飞,叶震. UDP 协议与 TCP 协议的对比分析与可靠性改进[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(9): 219-221.
- [2] 魏展光,吕军. 流控制传送协议(SCTP)技术规范介绍[J]. 电信网技术, 2003(3): 34-39.
- [3] Stewart R. Stream control transmission protocol[S]. RFC 4960, Internet Engineering Task Force, 2007.
- [4] Ong L. An Introduction to the Stream Control Transmission Protocol[S]. RFC 3286, Internet Engineering Task Force, 2002.
- [5] McCanne S, Floyd S. The LBNL network simulator, ns-2 [EB/OL]. 2008. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>. 2008.
- [6] Postel J. Transmission Control Protocol[S]. RFC 793, Internet Engineering Task Force, 1981.
- [7] 曾晶萍,杨文俊,彭力,等. TCP 友好速率控制协议的分析及应用[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(1): 210-212.
- [8] Allman M, Paxson V, Stevens W. TCP Congestion Control[S]. RFC 2581, Internet Engineering Task Force, 1999.
- [9] Postel J. User Datagram Protocol[S]. RFC 768, Internet Engineering Task Force, 1980.
- [10] Ramakrishnan K, Floyd S. A Proposal to Add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP[S]. RFC 2481, Internet Engineering Task Force, 1999.
- [11] Conrad P T, Heinz G J, Caro A L, et al. SCTP in battlefield networks[C]//IEEE Military Communications Conference (MILCOM). Washington, DC: [s. n.], 2001: 289-295.
- [12] 朱桂勇,吴庆波. 基于 SCTP 多宿特点的多路径同时传输研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(3): 5-9.