

使用 TTCN-3 的端到端性能测试系统

蒋 凡 万小飞

(中国科学技术大学计算机科学与技术系 合肥 230027)

摘 要 介绍了网络端到端性能测试的基本概念和方法。在一致性测试框架上,使用 TTCN-3 测试语言,设计了端到端性能测试系统 TTPerf。它的测试结构灵活,测试套开发方便。

关键词 性能测试, TTCN-3, 端到端性能, 测试结构, TTPerf

End to End Performance Testing System Using TTCN-3

JIANG Fan WAN Xiao-Fei

(Department of Computer Science & Technology, University of Science & Technology of China, Hefei 230027)

Abstract The basic concepts and methods of end-to-end performance testing are described. According the conformance framework, a end-to-end performance test system TTPerf based on TTCN-3 is designed. TTPerf is flexible in its test architecture and convenient for developing test suits.

Keywords Performance test, TTCN-3, End-to-End performance, Test architecture, TTPerf

1 引言

在各种网络产品和网络服务中,终端用户对网络 QoS 极为关注,网络性能评价和测量技术就是在这种背景下发展起来的。Internet 流量的自相似性以及拓扑的幂率分布等重要网络规律都是在网络测量的基础上发现的。实现网络性能与资源的优化,提高网络运行的有效性与可靠性及资源的利用率,前提条件就是要对网络性能进行测量。

国际上有关性能测量的研究项目主要有 NLANR 的 PMP 和 AMP, UCSD/SDSC 的 CAIDA, Internet2 中的 Surveyor。这些项目在关键技术取得了很大的成功,并研制了大量的测量工具软件。但这些工具软件价格比较昂贵,测试套的编写大部分是基于脚本语言,开发不是很方便。

TTCN-3^[4] (Testing and Test Control Notation Version 3) 是新一代的测试语言规范,是一种标准化的测试描述语言。TTCN-3 语言由 ETSI(欧洲电信标准局)制定,现已被 ISO 接纳为国际标准(Z. 140 系列),该语言力求适应测试需求的不断变化,为像 ODP、CORBA、TINA、DCE 等新的软件架构,以及下一代网络协议提供新的测试概念,测试架构和功能强大的测试规范描述手段。TTCN-3 不仅适用于一致性测试,也适用于网络性能测试。和其它性能测试工具比较起来,基于 TTCN3 的性能测试系统有以下优点:

1. TTCN3 支持外部自定义函数,使用户编写性能测试中各种压力模型变得更加简单。

2. TTCN3 支持定时器的启动、停止、读取当前时间等操作,这使得性能测试中确定网络事件产生的时序变得更加方便。

3. TTCN3 提供了一种可编程,动态可配置的性能测试结构,并发测试组件可以产生大流量的数据流,这为性能测试提供了充足的数据参考。

4. TTCN3 类似高级语言,开发测试套方便、简洁,开发出

的测试套可读性强,同时具有良好的可维护性。

利用 TTCN-3 的这些特点,我们设计并研制了端到端性能测试系统 TTPerf。

2 端到端性能测试基本概念

2.1 基本概念

端到端性能是网络性能的一种,端到端的数据传输是指由传输层提供的在源端机和目的机之间的数据传输,相对于传输层以下各层提供的相邻机器的点到点传输来说,端到端数据传输是子网服务的弥补和加强,它与当前使用的实际网络无关,并屏蔽了通信子网的通信界面和 QoS,向上层提供一个标准完善的服务接口。

端到端性能测量的研究最初是由 MINC 项目中组播树丢包相关的研究引发,而后推广到单播网络以及其他性能的研究中。

按照是否主动发送数据包,端到端性能测量分为主动测量和被动测量。主动测量通过测试系统对被测端点施加流量压力、构造流量模型,来测试被测系统的性能。主动测量会增加网络的负载。被动测量不主动发送数据包,而是通过监测网络中的数据包来推测网络的运营情况和性能参数,被动测量不会增加网络的负载。这里主要讨论主动测量技术。

网络性能测试具有以下几个特点:(1)性能测试的测试目的直观明确,待测试网络的性能参数有明确的定义。(2)时间在性能测试中非常重要,为了保证测试结果达到一定的精度要求,必须能够得到某些测试事件的准确发生时间;另外,一些测试输入事件是随机变量,发生时间不确定。(3)性能测试是与负载有关的,使用合理有效的流量模型是保证测试结果有效可用的必要条件。(4)性能测试的最终结果应是统计结果^[3]。

2.2 性能测试基本方法和性能测试参数

网络的性能测试通过对网络进行监控和测量,发现网络

蒋 凡 教授,主要研究方向为协议测试和信息安全;万小飞 硕士生,主要研究方向为网络性能测试。

的物理连接和系统配置中的问题,确定网络瓶颈,发现其他网络问题。测量方法主要是通过主动或被动发送数据流,同时记录和统计测量结果,通过实时和非实时地分析结果数据,来获得网络中站点的可达性、网络的吞吐量、传输速率、带宽利用率、丢包率、服务器和网络设备的响应时间、哪些应用和用户产生最大的网络流量,以及服务质量等,进而确定网络的运行状态和分析网络行为。

目前,端到端性能测试测什么,如何确切定义端到端性能,尚没有统一的规范和定义,在 RFC1242^[9] 和 RFC2544^[10] 中,对网络互连设备性能测试中一些基本的性能指标进行了定义。

可达性:数据流是否能从源站点到达目的站点。

吞吐量:在不发生报文丢失的情况下,被测设备可以支持的最大传输率,它通常由该路径上传输速率最慢的链路决定,即所谓的瓶颈带宽。吞吐量是网络互连设备最重要的性能指标之一。

通信带宽:带宽是指两个端点间的数据传输速率。例如局域网理论带宽是 10Mbps 和 100Mbps。

通信延迟:测试报文通过被测设备所需的时间。时延通常有单程(One-way)时延和往返(Round-trip)时延两种。单程时延的测量需要有专门的时间同步设备,如 GPS 等。延迟也是网络设备一个重要性能指标。延迟的大小和变化影响到很多网络应用的性能。一般来说网络延迟都是指其统计平均值。

丢包率:数据传送中丢失数据包与发送总数据包的比值。

3 性能测试系统的设计

在一致性测试框架上,设计并实现了端到端性能测试系统 TTPerf,下面介绍 TTPerf 的体系结构和各模块的实现机制。

如图 1 所示,TTPerf 主要包括编译器子系统(TC),执行机子系统(TE),编解码子系统(TCD),平台适配器(PA),被测系统适配器(SA),流量产生器(FM),测试管理器(TM),测试套管理子系统(TSM)。

编译器子系统(TC):编译器子系统将 TTCN-3 核心语言格式的抽象测试套转换成内存对象,供执行机(TE)解释执行。

执行机子系统(TE):通过解释执行编译器子系统(TC)所生成的内存对象,完成对被测系统的测试,计算出测试判决,并保存测试结果和测试日志,供实时和事后分析。

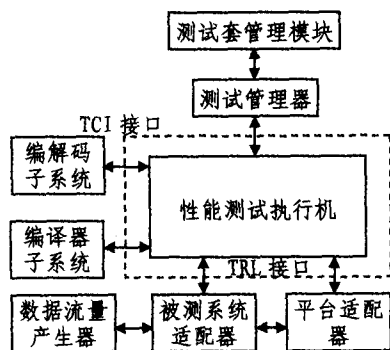


图 1 TTPerf 体系结构

编解码子系统(CD):一致性测试系统中的 CD 模块用于将 TTCN-3 或 ASN.1 值转换成二进制码流,或者将被测系

统反馈回来的码流还原成 TTCN-3 或 ASN.1 的值。在 TTPerf 中,CD 主要负责将测试套中定义的消息包转换成测试过程中实际需要发送的数据格式,相对于一致性测试系统,TTPerf 中的 CD 模块功能更为简单。

平台适配器(PA):是与操作系统密切相关的功能模块。在测试过程中,PA 用于协助执行机实现定时器功能。在性能测试中,定时器机制提供启动定时器,停止定时器,读取定时器等操作。

被测系统适配器(SA):SA 是性能测试里比较重要的模块,也将是性能测试时使用最多的一个模块,因为性能测试的基本方法都是通过发送特定流量和特定格式的数据到实际网络中。数据如何收发,数据收发采用什么通信协议,都在 SA 中体现。在 TTPerf 中,SA 用于处理测试系统与被测系统之间的数据通信,SA 与测试系统中的执行机通过 TRI 接口连接,执行机不再参与实际的网络通信而是将报文交给 SA,SA 再将报文按被测系统可识别的格式封装后通过实际网络线路发送出去,接收时也类似,这使得执行机可以独立于特定的被测协议实现,具有通用性。在性能测试过程中无论是采用何种连接,该测试系统只需要挂载不同的 SA 模块就能进行测试。这也是 TTCN-3 的独到之处。

流量产生器(FM):按照不同的流量模型,可以产生符合各种模型的流量数据,施加到被测系统上。流量产生器是一组静态函数库,TTPerf 通过 TTCN3 中外部函数调用的概念来调用这些函数。TTPerf 可以按照需要产生符合泊松过程,均匀流量模型,自相似过程等多种流量模型,来满足实际测试过程中所需要的数据流量。FM 中各流量模型都可以动态修改模型参数,在实际测试中,对同一种流量模型下也可以产生具有不同模型参数的数据流量。

测试管理器(TM):在 TTPerf 中,TM 是一个管理界面,支持抽象测试套编写、测试文件管理、测试例选择功能。同时,TTPerf 的 TM 模块支持测试结果数据的收集和保存,测试结果的在线和离线分析。

测试套管理子系统(TSM):管理一些常用的性能测试套,用户可以将开发测试过的测试套保存下来,在实际测试时可以通过 TM 动态选择执行,完成所需要的测试。在 TTPerf 中,实现了通信延时,通信带宽等常用的抽象测试套,TSM 中的测试套用数据库进行简单的管理,可进行修改、删除、更新等操作。

TTPerf 进行性能测试的基本过程如下:

1. 编写抽象测试套。使用 TTCN3 语言编写符合 TTCN3 语言规范的抽象测试套。
2. 重载被测系统适配器 SA。实现实际的物理连接,在 SA 中实现实际的链路连接,方便测试过程中发送实际的数据包。
3. 加载流量模型。这是一个可选的过程,当需要产生符合特定模型的流量数据时,可以加载这个模块,通过外部函数调用的方式来产生数据流。
4. 执行抽象测试套。开始实际地测试,执行抽象测试套。TTM 将在线记录测试结果数据,以供实时和事后分析使用。
5. 结果统计和分析。对测试过程中收集数据进行统计分析,得到性能参数。

4 端到端性能参数测量实例

为了说明 TTPerf 进行性能测试的基本流程,同时验证

(下转第 60 页)

OSAP 协议的分析中如何适当减少在设计和分析时所做的初始假设,使理论模型能更好地模拟现实世界,同时将概率的理念加入到安全协议的形式化方法中,这样可以更好的对安全协议存在的不确定性进行描述和推理。

参考文献

- 1 IBM Research Report. the role of TPM in enterprise security. October 6, 2004
- 2 TCG Software Stack Specification Version 1.10. RC 10A, May, 2003
- 3 TPM Main Part1 Design Principles Specification Version 1.2 52 15 Jul 2003 Draft
- 4 TPM Main Part2 TPM Structures Specification Version 1.2 Revision 57 21 August 2003 Draft
- 5 TCG TNC Architecture for Interoperability Specification Version 1.0 0.16 22 October 2004 Draft

- 6 Stallings W. Cryptography&NetworkSecurity; Principles&Practice[M]. Indianapolis;PrenticeHall, 2002
- 7 TPM Main Part3 Commands Specification Version 1.2 Revision 57 21 August 2003 Draft
- 8 TPM Specification Part4 TPM Conformance Specification Version 1.2 Revision 0.10 4 April 2003 Draft
- 9 Rosoe A W. Intentional Specification of Security Protocols. In: Proceedings of the 9th IEEE Computer Security Foundations Workshop(CSFW9). IEEE Computer Society Press. June 1996. 28~36
- 10 Datta A, Derek A, Mitchell J C, et al. A Derivation System for Security Protocols and its Logical Foundation. In: 16th IEEE Computer Security Foundations Workshop (CSFW'03). 2003. 109~125
- 11 TCG Infrastructure Working Group. Use Cases Summary. Draft, Version 0.1. March 7 2004. <https://www.Trusted-computing-group.org/downloads>

(上接第 30 页)

使用 TTPerf 系统进行性能测试的可行性。下面以端到端的通信时延测试为测试实例,讲解从测试配置,测试套开发,测试执行,测试结果收集和整理的完整过程。

测试配置。实验在两台笔记本电脑上进行,两台电脑分别连接中国科技大学网络实验室(202.38.79.75)和中国科技大学学生信息处理中心(202.38.73.50),系统采用 TCP 连接套接字,系统的测试配置如图 2 所示。

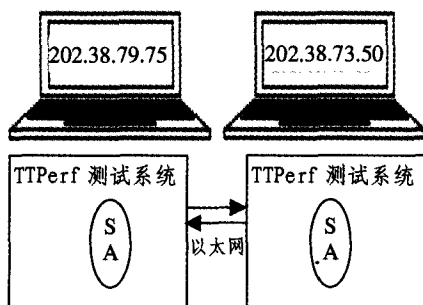


图 2 端到端时延测试配置

下面一段是测试套的核心部分:

```

testcase test_for_delay() runs on DelayMtc
{
...
for (int i=0; i<20; i++)
{
Timer_max_time.start(10, 0);
//启动定时器,10 秒钟无回复测试超时 testSendPacDelay
();recvPort.receive(integer: *);
Alt
{
[]Timer_max_time.timeout
{
setverdict(fail);
}
[]PCO1.receive
{
var float fl_dela;
fl_dela :=Timer_max_time.read;
... //处理结果
}
}
}
}

```

测试结果:通过对测试过程中收集的数据,统计出了从早上 9:00 到 12:00,各个时间段源端机和目的机间的通信时延。结果见图 3。

结束语 在一致性测试框架上,使用 TTCN-3 测试语

言,设计并实现了性能测试系统 TTPerf,并给出了该系统在进行性能测试时的基本过程。实际测试验证了 TTPerf 在进行性能测试时,具有测试结构灵活,开发测试套方便简洁,测试套易维护,等优点。

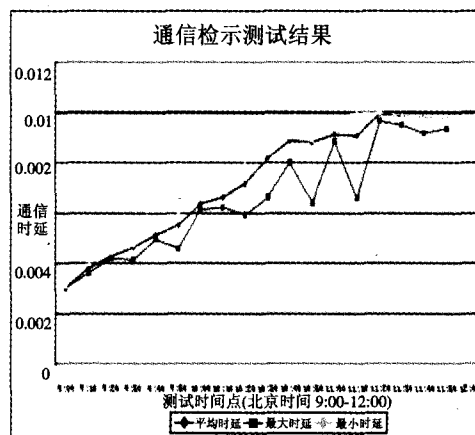


图 3 测试结果图

参考文献

- 1 林宇,程时端,邹海涛. IP 网端到端性能测量技术研究的进展. 电子学报,2003,31(8)
- 2 张文,杰钱德,沛徐斌. 网络端到端性能测量模型的研究与实现. 小型微型计算机系统, 2002,23(6)
- 3 徐明伟,全爱军. 基于自相似模型的网络性能测试. 计算机工程与应用,2002,38(5)
- 4 ETSI. ES 201 873-1. Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3 Part 1; TTCN-3 Core Language, 2003-02
- 5 ETSI. ES 201 873-4. Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3, Part 4; TTCN-3Operational Semantics, 2003-02
- 6 ETSI. ES 201 873-6. Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3 Part 6; TTCN-3Control Interface (TCI), 2003-03
- 7 ETSI. ES 201 873-5. Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3, Part 5; TTCN-3 Runtime Interface (TRI), 2003-02
- 8 ITU-T. Recommendation X. 290. OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for ITU-T Applications - General Concepts,1995
- 9 Bradner S. Benchmarking terminology for network interconnection devices. RFC1242, July 1991
- 10 Bradner S. Benchmarking methodology for network interconnect devices. RFC2544, Mar 1999