

基于 OPNET 的网络压力仿真

操惊雷¹, 周建国², 秦磊华²

(1. 黄冈职业技术学院现代教育技术中心, 黄冈 438002; 2. 华中科技大学计算机科学与技术学院, 武汉 430074)

摘 要: 针对网络规划和优化过程中压力测试工具使用的不足, 提出基于 OPNET 的网络压力仿真方法, 建立包含不同网络负载的多个仿真场景, 以对 FTP 服务的压力仿真为例, 收集并对比这些场景中服务器和网络的吞吐量、时延及丢包率, 分析各种网络运行数据, 得出网络负载情况。结果表明, 利用 OPNET 软件可以有效地进行网络压力仿真。

关键词: 网络压力; 仿真; OPNET 仿真软件

Simulation of Network Pressure Based on OPNET

CAO Jing-lei¹, ZHOU Jian-guo², QIN Lei-hua²

(1. Modern Education Technology Centre, Huanggang Polytechnic College, Huanggang 438002;

2. College of Computer Science & Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074)

【Abstract】 Aiming at the deficiency of pressure testing tool in the process of network planning and optimization, a network pressure simulation method based on OPNET is proposed. Through the establishment of several network simulation scenarios with different load in OPNET, taking the network pressure simulation on FTP service for an instance, several simulation statistics such as CPU utilization, throughput, delay and packet loss rate can be collected and compared, and all the network running data can be analyzed. The network load can be shown. Results show that the network pressure can be simulated efficiently based on OPNET software.

【Key words】 network pressure; simulation; OPNET simulation software

1 概述

获取网络在可接受的性能范围内系统能支持的最大负载, 对网络规划和性能优化具有重要的意义。随着网络规模的不断扩展和网络应用的多样化, 仅依靠经验进行网络规划与优化设计已不能适应网络应用的需求。在工程实践中, 技术人员常通过各种压力测试工具, 如 HP LoadRunner, Qengine, SilkPerformer, ES-ITO 等来测定系统的负载承受能力。

虽然上述测试工具能对网络系统的负载承受能力进行测试, 但从网络规划与性能优化的角度看, 仅使用压力测试工具测试网络最大负载还存在下列不足:

(1) 只能对已有的网络系统进行测试, 对规划待建中的网络无法测定其负载, 也不能为网络规划和优化设计提供依据。

(2) 受网络背景流量、用户数、测量时的应用类型等网络参数的影响, 往往很难测准系统的最大负载。

(3) 无法设置网络流量和应用类型, 不能测量特定应用对网络负载的影响。

针对上述不足, 本文提出了基于 OPNET 的网络压力仿真方法, 通过对 OPNET 应用(application)和分布(profile)的定义以及与仿真对象的关联来实施网络压力仿真。

2 OPNET应用于网络压力仿真的优点

OPNET 应用于网络压力仿真具有下列优势:

(1) 提供了主流路由器、交换机、服务器等网络设备的模型和三层建模机制, 能建立与实际网络相似的网络仿真模型。

(2) 把基于包的分析方法和基于统计的数学建模方法结合起来, 仿真效率高。

(3) 能通过应用和分布的定义以及与仿真对象的关联, 设置各种不同的网络应用和关联策略, 同时还能灵活设置网络

规模、网络背景流量等网络参数, 非常适用于预测网络的性能。

3 仿真中应用和分布的定义及与对象的关联

3.1 仿真环境中的业务

业务配置是网络压力仿真的基础和关键, OPNET 软件提供 3 种类型的业务, 分别是明确产生的业务、会话业务和链路基准负载业务^[1]。其中明确产生的业务是通过应用定义(application definition)和分布定义(profile definition)创建和产生的。

应用定义的作用是为网络仿真设置所需要的网络应用, OPNET 软件已经定义了 8 种标准的应用, 其中数据库、电子邮件、文件传输、视频会议、Web 访问为常见的网络应用类型; 除此之外, OPNET 还支持用户自定义应用。通过选择 application definition 中的属性就可以选择压力仿真所需要的标准网络应用或定义自定义应用。

分布定义的作用是为应用定义中设置的每类应用定义业务规格, 具体包括操作模式、应用的启动时间、持续时间、可重复性以及重复业务之间的时间间隔等参数。

在网络压力仿真过程中, 可通过对过去网络应用特征的分析与提取, 基于分布定义灵活设置多种应用业务规格, 提高网络压力仿真的准确性。

3.2 应用与分布定义及其与仿真对象的关联

将应用定义与仿真对象进行有效的关联是网络仿真的关键^[2]。应用与分布定义及其与仿真对象之间的关联方法如图 1

作者简介: 操惊雷(1968—), 男, 讲师、硕士, 主研方向: 网络工程及仿真; 周建国, 工程师; 秦磊华, 副教授、博士

收稿日期: 2009-08-03 **E-mail:** abc_119@126.com

所示。

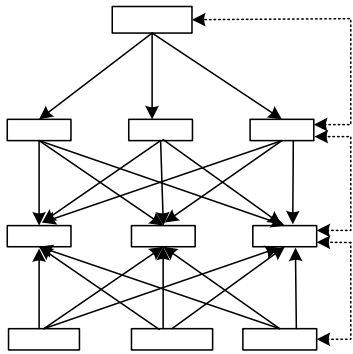


图1 应用与分布定义及与仿真对象之间的关联方法

从图1所示意的关联关系可知，对于每种应用，如Web，可以定义多个不同业务规格的分布；每个应用服务器可同时指定多种应用；每个客户端可同时指定多个分布。应用与分布之间通过应用名(application name)关联；服务器与应用之间也通过应用名关联。客户端和分布之间通过分布定义中使用的分布名(profile name)实施关联。在进行应用和分布定义以及对象关联过程中应按照定义应用、定义分布、定义关联的先后次序进行相关的操作。

4 基于OPNET的网络压力仿真实例

4.1 网络压力仿真参数的选取

网络负载状况很难通过单个参数衡量，本文选择吞吐量、时延和丢包率3个网络参数对不同仿真环境下网络负载状况进行衡量，并由此推导网络的压力^[3]。

(1)吞吐量：描述单位时间内处理的数据量，当网络负载较重时，网络的吞吐量不再随服务请求的增加而增加，甚至还可能随网络服务请求的增加而减少。

(2)时延：描述处理一个数据包的时间间隔，它还可以进一步被细分为处理和排队时延。当网络或服务节点的处理能力达到饱和时，时延将随服务请求的增加而增加。

(3)丢包率：描述丢失数据包占所发数据包的比率，网络发生拥塞或节点的处理能力达到饱和时，丢包率将增加。

4.2 仿真环境的建立

仿真环境包括基本网络结构和具体的仿真场景。其中基本的网络结构包括如下几个部分：

(1)建立包含100个客户端的子网S，该子网中的节点交换机为3C_SSII_1100_3300，客户端工作站为Sm_Int_wkstn。

(2)构建包含一个核心层和若干个汇聚层的网络模型，每个汇集层交换机上连接6个子网。

(3)仿真网络模型中配置了一台FTP服务器，采用OPNET自带的应用分布配置文件Sm_Profile_Config。

为测试网络能承受的FTP访问压力，建立5个仿真场景，它们的应用分布定义相同，但所含会聚节点交换机和客户端数量不同。场景配置见表1。其中，场景3-8配置了3台FTP服务器，且这3台FTP服务器采用了负载均衡策略。

表1 不同场景的配置

场景名	汇聚层交换机数量	子网数	客户端数量
3	5	30	3 000
4	4	24	2 400
5	3	16	1 800
7	2	12	1 200
3-8	5	30	3 000

(4)为通过仿真评价网络的负载情况，收集的统计量包括

FTP服务器CPU利用率、Ethernet时延、Ethernet负载、IP网丢包率、FTP下载时延。

4.3 仿真结果及分析

同时运行表1中前4个场景，分析不同负载条件下FTP服务器的CPU利用率、网络负载、网络时延、网络丢包率。

图2和图3分别为表1中前4个仿真场景中FTP服务器的利用率和网络的负载。从图中所示的仿真结果可发现，在不同的仿真场景中，随着客户端数量的增加(从场景7的1 200个客户端到场景3的3 000个客户端)，FTP服务器CPU的利用率和网络负载都随着增加。

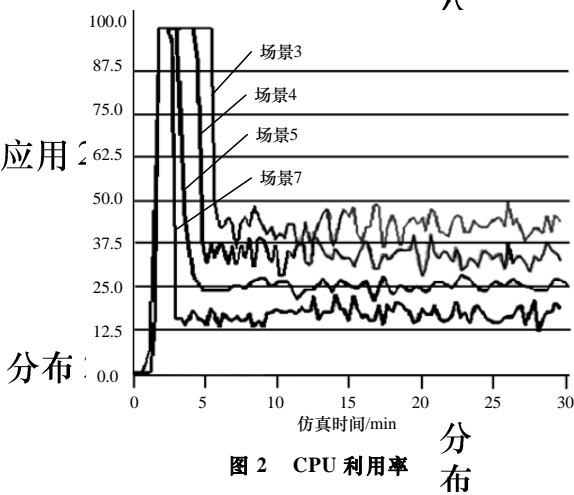


图2 CPU利用率

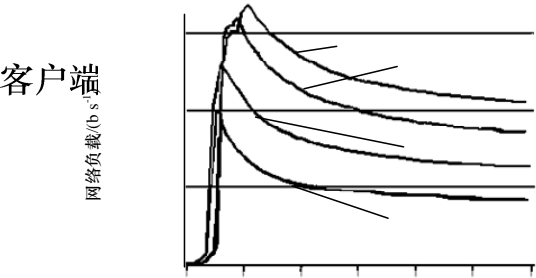


图3 网络负载

通过对仿真数据的定量观察和分析，可以发现FTP服务器的CPU利用率和网络负载的增量并不与客户端数的增量(每次增加600)同比增加，图4和图5是场景4~场景7中FTP服务器CPU利用率及网络负载的增加趋势。从图4和图5可明显看出，当客户端数量增加1 200时(即对应场景4)，CPU利用率和网络吞吐率的增量呈上升趋势；当客户数增加1 800时，CPU利用率和网络吞吐率的增量趋势开始下降，为判断FTP服务器的处理能力是否开始趋于饱和，继续对表1中前4个场景中FTP下载时延和网络丢包率进行仿真，结果分别如图6和图7所示。

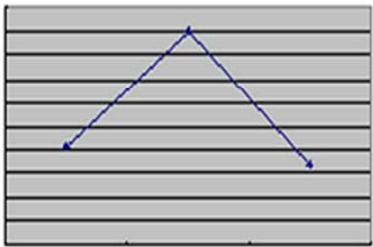


图 4 CPU 利用率的增加趋势

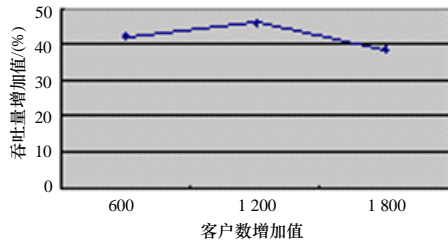


图 5 网络负载的增加趋势

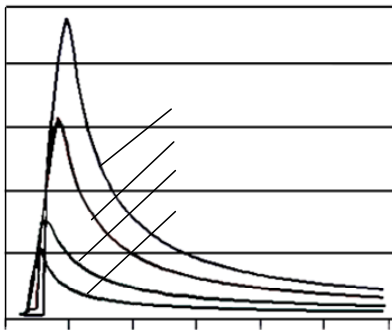


图 6 FTP 下载时延

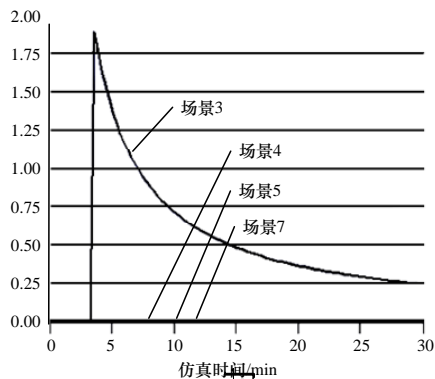


图 7 网络丢包率

图 7 网络丢包率

从图 6 所示的仿真结果可以看出场景 3 中 FTP 的下载时延最大,从图 7 所示的仿真结果也能明显发现,场景 3 中开始出现网络丢包。综合分析图 2~图 7 的结果,可以初步推断 FTP 服务器的处理能力开始趋于饱和。

为进一步验证上述仿真结论,增加仿真场景 3-8(如表 1 所示),在该场景中使用了 3 个 FTP 服务器,并采用了随机方式的负载均衡策略,该场景中的其他网络环境配置与场景 3 完全相同。对比仿真的仿真结果如图 8~图 11 所示。

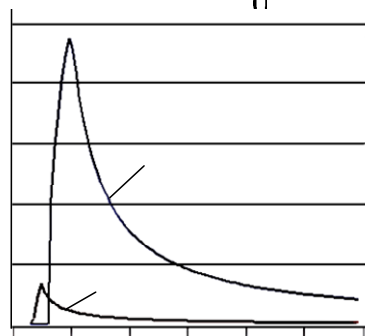


图 8 场景 3 和场景 3-8 的 FTP 下载时延

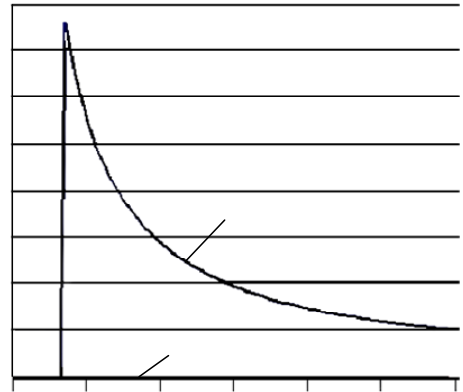


图 9 场景 3 和场景 3-8 的网络丢包率

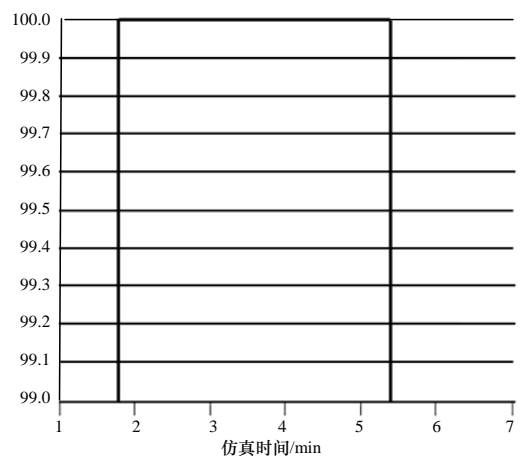


图 10 场景 3 CPU100%利用率的持续时间

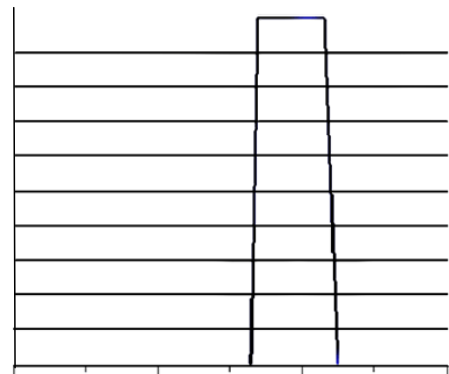


图 11 场景 3-8 单 CPU 利用率 100%的持续时间

从图 8 和图 9 可明显看出,采用多个 FTP 服务器负载均衡后,FTP 的服务质量(用下载时延和丢包率衡量)有了明显的提高。

图 10 和图 11 从 CPU 的满负荷持续时间上进行了对比,从图 10 所示的结果看,场景 3 中 CPU 满负荷运行的时间约为 3 min,而场景 3-8 中单服务器 CPU 的满负荷运行时间只有 30 s,3 个 FTP 服务器 CPU 满负荷运行的总时间也只有约 1.5 min 的时间。

综合图 2~图 11 所示的仿真结果,可推断出在本文所选网络配置情况下,FTP 服务器能承受的最大用户数在

3 000 左右。

(下转第 121 页)