

基于 LoadRunner 的 Web 应用系统性能测试方案

赵会群¹, 翟亚娟, 阳淦婷

(北方工业大学 软件体系结构实验室, 北京 100144)

摘 要: 为了验证 Web 应用系统是否能够达到用户提出的性能指标,发现系统性能及业务流程存在的问题,使用自动化测试工具 LoadRunner 对 Web 应用系统进行性能测试,结合实例介绍了 LoadRunner 模拟真实负载的测试流程,实现对系统缺陷的全过程跟踪,通过对测试结果的分析,发现不同环节引入的缺陷,为系统质量的保障和调优提供依据,从而有效地保证缺陷得到及时解决,最终达到有效地诊断和解决系统性能问题、提高系统性能的目的。

关键词: Web 应用系统; Web 测试; 性能测试; 自动化测试; LoadRunner; 系统稳定性

文章编号: 0367-6234(2009)增刊 1-0391-05

Web Application System Performance Testing Based on LoadRunner

ZHAO Hui-qun, ZHAI Ya-juan, YANG Gan-ting

(College of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract: For the purpose of evaluation the performance of web-based system before it is normally running, we choose automation test tool LoadRunner to carry on the performance test. Based on a testing of a web application system, methods and progress of using LoadRunner are presented. With the aid of LoadRunner, we demonstrate how to analyze the test result and locate the problems which affect the performance of the system. At last, useful suggestions and directive solutions to make the system more robust are discussed.

Key words: web application system; Web testing; Performance Testing; LoadRunner; automatic testing; System stability

0 引言

在信息技术飞速发展的今天,随着 Web 技术的迅速发展,网络上的信息访问量也随之快速飞跃,在许多 Web 应用系统和一些热门 Web 站点上,由于访问量巨大及其用户行为的不可预见性,加上 Web 应用系统本身具有的异构、分布、并发和平台无关等特性,都对系统的性能提出了很高的要求,这种情况下针对 Web 的性能测试变得迫切需要。

Web 系统的性能测试是 Web 应用开发过程中的一个关键环节,作为 Web 应用质量保障的一项重要措施和方法也变得越来越重要^[1]。文献^[1,2]总结了衡量 Web 系统性能的重要指标;讨

论 Web 系统的性能测试工具和测试流程,并给出了一个应用的实例,但是没有讨论 LoadRunner 测试工具在 Web 性能测试的应用方法。文献^[3]介绍了 Web 站点性能测试的重要性、概念及其流程,以及性能测试时用到的几个重要的指标,但是并没有结合实际的案例进行分析。文献^[4]对 Web 应用程序使用自动化测试工具 LoadRunner 进行性能测试进行了介绍,阐述了性能测试的相关概念和 LoadRunner 组织架构及测试策略,但是只是把常规软件的测试方法应用到 Web 应用的测试过程中,没有突出介绍针对 LoadRunner 的工作原理来分析测试结果的方法和经验的总结。

本文是利用 LoadRunner 测试工具对一个 Web 应用系统实例进行性能测试,通过模拟真实负载及实时性能监测的方式,结合 LoadRunner 的工作原理进行了性能测试方法介绍和有关结果分析的经验总结,并且提出了如何对系统进行优化

的建议,有助于测试人员能够准确的分析出被测系统是否能够支持性能需求,发现系统的瓶颈所在,并最终对其进行优化。

1 性能测试

性能测试主要依据该系统的需求说明书、用户手册以及指定事务或业务功能在正常的预期工作量、预期的峰值工作量下的性能,并且进一步找出系统设计上的瓶颈,以期改善系统性能,达到用户的需求。

1.1 性能测试的种类

性能验证是性能测试中最重要的一个内容,在本项目中,性能测试的最主要目的之一就是检测系统当前所处性能水平,验证其性能是否可以满足未来的应用需求。性能测试关注的是系统的整体,它和通常所说的强度、压力/负载测试测试有密切关系。针对本系统的性能测试主要包括执行效率测试、资源消耗测试、容量测试、网络测试和稳定性测试等。

1) 执行效率测试

主要测试在特定应用的业务逻辑、用户界面、功能下事务的响应时间,包括服务器事务处理平均响应时间、每秒请求数等指标考察系统在各种情况下的性能表现。

2) 容量测试

主要指在事务响应时间可以接受的最低限度的情况下,系统可以承载的最大业务并发用户数。

3) 资源消耗测试

资源消耗测试是借助测试工具对系统在各种负载下的业务处理时间和系统响应时间进行大数据量的并发和压力测试,依据需求分析和设计文档提出的性能指标验证软件的符合性,并据此对系统的性能做出全面的评价。

4) 网络效率测试

网络效率通常由网络吞吐量指标来衡量。通过对网络吞吐量的监控,将网络占用带宽和目前网络的带宽比较,可以判断当前网络对整体性能是否存在瓶颈。

5) 稳定性测试

考察系统在一定负载下长时间运行时,系统的健壮程度。

1.2 性能测试的指标

典型的性能度量指标有:

响应时间(response time)是指从客户端发出请求到得到响应的整个过程的时间。这个过程从客户端发送一个请求开始计时,到客户端接到从

服务器返回的响应结果计时结束。

虚拟并发用户数是指在同一时刻与服务器进行交互的在线用户数量^[5]。

TPS(Transaction Per Second)是指每秒钟能够处理的交易或事务的数量,也是判断一个系统性能的主要指标,尤其是流程类系统。

吞吐率(Throughput)是指单位时间内网络上传输的数据量,也可以指单位时间内处理的客户端请求数量。它是衡量网络性能的重要指标^[6]。

CPU 利用率(CPU utilization)是指 CPU 占用率(%)。

2 测试工具 LoadRunner

HP Mercury LoadRunner(以下简称 LR)是一款功能相当强大的性能测试工具,也是目前应用最为广泛的性能测试工具之一。它通过模拟上千万用户实施并发负载,实时性能监控的系统行为和性能方式来确认和查找问题。该工具由三个部分构成:虚拟用户发生器(Vuser Generator,以下简称 VUGen),压力调度和监控中心(Controller)以及压力结果分析工具(Analysis)。其中 VUGen 负责进行脚本录制,Controller 是一个总控中心,负责场景的配置,监控器的选取和监控,并选择合适的负载生成器(Load Generator)进行执行,Analysis 是一个分析模块,有助于您查看、分析和比较性能结果。

2.1 LoadRunner 的工作原理

有效的性能测试需要测试人员对测试工具的工作原理有深刻的理解,从而保证在性能结果分析时得出准确的结论。

LoadRunner 录制脚本的工作原理是基于代理(Proxy)的方式,代理是客户端和服务端之间的中介人,LR 就是通过代理方式截获客户端和服务端之间交互的数据流。虚拟用户发生器通过代理方式接收客户端发送的数据包,记录并将其转发给服务器端,并接收从服务器端返回的数据流,记录并返回给客户端。虚拟用户发生器通过这种代理方式在截获数据流后对其进行了协议层上的处理,最终用脚本函数将数据流交互过程体现为我们容易看懂的脚本语句,然后负载产生器根据脚本内容,产生实际的负载。压力调度系统根据用户的场景要求,设置各种不同脚本的虚拟用户数量,设置同步点等。监控系统则可以对数据库、应用服务器、服务器的主要性能计数器进行监控。

2.2 LoadRunner 的性能测试流程

使用 LoadRunner 对 Web 应用进行性能测试

通常由五个阶段组成:计划、脚本创建、场景定义、场景执行和结果分析^[7]。

计划负载测试:定义性能测试要求,例如并发用户的数量、典型业务流程和所需响应时间。

创建 Vuser 脚本:将最终用户活动捕获到自动脚本。

场景定义:使用 LoadRunner Controller 设置负载测试环境。

场景执行:通过 LoadRunner Controller 驱动、管理和监控负载测试。

结果分析:使用 LoadRunner Analysis 创建图和报告并评估性能。

3 测试案例

3.1 项目介绍

“南海海洋环境共享信息平台”是国家高技术研究发展计划(863 计划)下“基于网格的海洋环境数据共享与信息服务技术的研究”的子课题,该系统采用 B/S 结构,面向 Internet/Intranet,完全基于 Web、中间件和大型数据库的三层体系结构(如图 1)。由浏览器——WEB 服务器——应用服务器——数据库服务器组成。

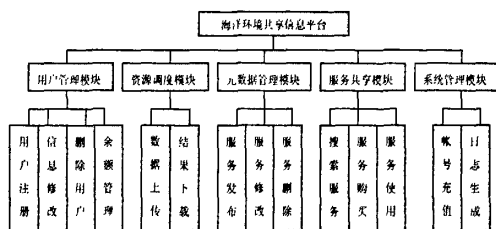


图 1 海洋环境共享信息平台模块结构图

3.2 测试目标

本次性能测试的被测系统搭建在东北大学的服务器上,通过 WEB 方式登录访问被测系统。测试目标是按照总体架构和总体技术标准规范的要求,使用 LoadRunner 对被测系统完成执行效率测试、容量测试、资源消耗测试、网络效率测试和稳定性测试,获取测试数据,得出在目前各项硬件、网络环境下应用系统的性能表现。最后通过对测试数据的分析,找出系统性能瓶颈,并针对具体问题提出整改建议。

3.3 测试环境

WEB 服务器:CPU P4 2.4G 内存 512M

数据库服务器: Pentium(R) 4 CPU 2.8GHz 内存 512M 硬盘 80G

3.4 测试需求

由于本次项目是通过第三方测试尽可能多地发现系统问题,因此性能测试应该是一个类型全面的测试。根据系统的特点,我们设计测试用例的思路是先进行“单元模块压力测试”,然后进行“多模块的组合业务压力测试”。本系统的性能指标评价标准是:登录时间不能超过 6 秒,对于一些浏览性的操作应该控制在 1~5 秒的响应范围内,而对于大部分的业务来说应该 10 秒级以内可接受。

3.5 指标估算

因为 LR 响应时间只能测试到 1000 秒,超过就会出错。所以只能测试到最大的响应时间内的数据。

假设系统注册用户 1K 人,能够让 500 个用户同时在线,20% 的人发布服务对服务器产生压力, $500 * 20\% = 100$ 人。按二八定理让这 100 人的 80% 即 80 人在 20% 的时间内完成。设高峰为早上 9 点到 11 点半共两个半小时,大约刚好是一天上网时间的 20% ($12 \text{ 小时} * 20\% = 2.4 \text{ 小时}$), $80 / (2.4 * 60)$ 约为每分钟 1 个用户使用发布服务功能。同理可算出约有 16 人同时使用查询服务功能。

一般要求:80% 的事务平均响应时间少于 20 秒,且最大响应时间少于 60 秒。CPU 利用率,若 70% 的时间在 75% 以上,且排除内存、网卡、硬盘等因素,就可认为 CPU 存在瓶颈。而内存关键是看:是否足够及有无内存泄漏,比如每秒请求页数若一直很高,可判断内存不足;若可用内存数是线性减少,则考虑是否存在内存泄漏。一般若成功率低于 95%,那通常认为该并发数已超过系统负载。

3.6 用例场景

对被测系统,我们对主要的核心功能作了性能测试,包括元数据管理模块性能测试,服务共享模块性能测试和资源调度模块性能测试,用户管理模块性能测试,及首页登录的性能测试,因为这几处是系统的核心功能最容易对服务器产生压力。此次测试的方法是用 LR 模拟真实用户和场景,进行不断的加压直到系统无法承载为止,判断标准是系统并发时成功率低于 95%。如表 1 所示,是元数据管理模块的用例场景设计。

3.7 开发性能测试脚本

在确定 Web 应用系统性能测试需求后,就要根据性能测试需求中确定的功能开发性能测试脚本。针对前面定义的被测系统的性能测试需求,我们使用 LR 录制并调试测试脚本,对相关的输入项进行参数化,插入事务、插入集合点、增加函数提高可重用性、为提高性能封装函数成 DLL、插入

表 1 元数据管理模块的用例场景设计表

测试项目	测试内容	性能指标	涉及数据项
登录	看同时能并发多少个用户	平均响应时间在 6S 之内	用户表
浏览服务	操作在最大的响应时间里处理记录数的能力.	事务响应时间 1000S 内 CPU 利用率低于 95%	服务信息表
发布服务	用户同时发布服务	DPU,可用物理内存,吞吐量, CPU,平均每秒请求数	服务 ID 表,服务 URL 表,绑定数据表
查询服务	用户同时输入不同的内容进行服务查询	DPU,可用物理内存,最大响应时间,最小响应时间,平均响应时间,吞吐量,CPU,平均每秒请求数	服务 ID 表

注释等以此来增强脚本的灵活性. 其中登陆部分用 SQL 语句导入 1000 条用户记录.

对于基于执行效率的性能测试需求,由于现实中不同用户访问系统的思考时间不同,录制脚本时可把思考时间设置为在一定范围内的随机值. 对于基于吞吐量的强度测试需求,可把思考时间设置为零,此时 Web 应用系统的在线用户数量将等于并发用户数.

3.8 执行性能测试

在 LR 中执行测试脚本,实施性能测试. 通过 Controller 单脚本多用户测试系统并发性,Controller 多脚本多用户验证是否存在脚本依赖,对于每个单独交易测试脚本各执行一轮测试,并按一定的用户比例设计出一个混合交易场景,令其分别自动持续运行一小时、三小时、五小时,在此过程中,监视相关的系统资源使用情况,通过添加性能计数器,帮助发现资源瓶颈,并在系统层面进行优化.

3.9 分析结果

(1) 如图 2 所示,根据客户的规定登录时间不超过 6 秒,该系统承受的压力在 70 到 80 之间是合理负载,此时的响应速度为 6S 左右,没有瓶颈. 记为本次容量测试结果.

(2) 如图 3 所示,发布服务信息模块(已有服务信息记录数 947 条)的性能测试结果:

最好是每 10 秒 100 个用户直到完成,就是每分钟业务并发量为 600 个,但跑 500 个用户时,5.8% 与服务器连接失败,跑 600 个用户时,12% 与服务器连接失败. 每 15 秒业务并发 200 个用户直到完成,即每分钟业务并发量为 600 个,跑 400 用户时全部通过,但平均响应时间 78.995S 过长. 综上得出,发布服务信息同时并发量为 58 个时,是相当好的性能状况.

(3) 在稳定性测试时,已有服务信息记录数增加到 28024 条,在此基础上施加发布服务场景负载,得出系统发布服务的并发量极限为 405 个左右. 系统在 100 个并发的时候系统的处理能力达到最大值,并且此时的平均响应时间是 17 秒多一点,用于发布服务应该还是有耐心等待的. 系统运行结果正常,没有任何报错,基本稳定. 记为本次稳定性测试结果.

(4) 鉴于日常中最为频繁的操作是查询服务,在资源消耗测试时,选取查询服务场景,已有服务信息记录数 28055 条,在此基础上施加负载,得出测试结果:当系统达到最大处理性能时,CPU 的使用率为 76.04%,通常小于 75% 属正常,若持续超过 75%,说明 CPU 处于瓶颈. 此时可判断 CPU 出现瓶颈. 当系统达到最大的处理性能时,平均内存每秒请求页数为 3.69,说明此时内存使用良好,不是内存的问题. CPU 资源成为系统性能的瓶颈的征兆之一是:很慢的响应时间,记为本次资源消耗测试结果.

(5) 在网络效率测试时,模拟用户工作时的实时大数据量,测试用户较多或者某些业务产生较大数据量时,分析吞吐量和网页细分图,发现服务器时间远高于网络时间,而且服务器时间不是特别稳定,因此判断当前网络对整体性能不存在瓶颈.

图 2 登陆并发测试结果

图 3 发布服务信息模块(已有服务信息记录数 28055 条)性能测试结果

3.10 优化系统

通过对测试数据的分析,提出从以下几方面优化系统:

(1)日志报表页面响应较慢,分析页面组件细分图,发现页面上包括的图片占用太大空间,下载的时间过长,需要优化图片大小.

(2)在已发布服务信息上万条时,发布服务页面响应较慢,进一步分析网页细分图,发现页面中有一个组件响应时间很长,原来在发布服务信息时需要首先从一个下拉列表中的上万条服务 id 中选出所需 id,而这些 id 是随机生成的一串数字(如 f98597f0 - ca79 - 4ebc - b8bf - 3014385bd208),随着发布服务数量的增多直至上万条时,网页性能明显降低,因此需要优化数据库主键设计算法.

(3)系统在一定负载下长时间进行并发查询会发生问题,具体表现在 CPU 利用率稍高,可以考虑优化服务器配置,提高 CPU 性能.

4 结束语

使用 LoadRunner 可以模拟出大量用户同时对系统操作的情况,而这些情况通过手工往往是很难重现出来的,从对 Web 应用系统的性能测试情况看,LoadRunner 具有快速、可靠、稳定和可重复等特性,能够较准确的评估 Web 应用系统的真实性能,可以迅速查找到性能问题并追根溯源.然而 Web 应用性能测试项目成功的关键不在于性能测试工具,而在于有效的性能测试分析方法和

实践创新的经验总结.本文提出的测试方案和用例的设计以及测试结果的分析方法具有一定通用性,可以作为测试人员针对 Web 应用系统性能测试的模型,根据被测系统的具体情况灵活应用.特别要指明的,性能测试并非仅仅针对 Web 应用,针对单机版应用系统的客户端同样存在性能测试的需要,比如用户操作的响应时间和批量处理时系统资源(CPU、内存、IO 等)消耗这些也是确定被测系统处理最大工作量强度的性能指标.因此,只有在不断地积累经验才能更加准确地发现分析系统的性能问题,有效地保证缺陷得到及时解决,最终达到优化系统、增强系统健壮性的目的.

参考文献:

- [1] 苏波,李克文.基于 Web 应用的性能测试与优化[J],计算机工程与设计,2007.
- [2] 谈姝辰,尹军.基于负载的 Web 性能测试研究与应用[J],现代电子技术,2007.
- [3] 芮素娟,丁晓明. Web 应用性能测试进展[J],计算机科学,2006.
- [4] 李东昱,苗放. LoadRunner 在 Web 应用程序性能测试中的应用[J],软件导刊 2007.
- [5] 段念.软件性能测试过程详解与案例剖析[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [6] 陈绍英,夏海涛,金成姬. Web 应用性能测试实战[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [7] Mercury Interactive Corporation, Mercury LoadRunner 教程 8.1 版[R],2004 - 2005.