

基于 Web 应用的性能测试与优化

苏波^{1,2}, 李克文¹

(1. 中国石油大学(华东), 山东 东营 257061; 2. 莱芜职业技术学院, 山东 莱芜 271100)

摘要 为保证 Web 应用软件的质量和可靠性, Web 应用程序性能测试技术的研究越来越受到人们的重视。讨论了 Web 应用的性能测试原理和测试工具, 并对一个 Web 应用实例进行性能测试, 然后对测试结果进行分析, 根据测试结果提出了优化措施。

关键词 应用; 性能测试; 测试原理; 测试工具; 性能优化

中图分类号 TP311.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7024(2007)18-4570-02

Performance testing and optimization based on web application

SU Bo^{1,2}, LI Ke-wen¹

(1. China University of Petroleum (East China), Dongying 257061, China;

2. College of Laiwu Vocational and Technology, Laiwu 271100, China)

Abstract : With the rapid development and complex of web application, people attached more importance to the researches on performance testing technologies for web application, which is an important mean of guaranteeing web quality and reliability. Firstly, performance testing principle and testing tools of a web system are discussed and a practical sample is given to show how to test performance of a web system and analyzed the testing result. At last, how to optimize the performance of a web system based on testing result is discussed.

Key words : application; performance testing; testing principle; testing tools; performance optimization

0 引言

目前, Web 应用系统逐渐成为下一代软件开发的主流, 许多传统的信息系统被移植到互联网上, Web 应用越来越深入到人们的工作和生活中。但由于 Internet 由众多局部自治的系统构成, 其资源存在着形态、性能、功能以及使用和服务方式等多方面的异构性和系统状态的不确定性, 因而 Web 环境变得越来越复杂^[1]。显然, 提高 Web 应用的服务质量问题变得越来越重要。作为 Web 应用质量保障的一项重要措施和方法——Web 应用测试, 也变得越来越大。由于 Web 应用具有分布、异构、并发和平台无关的特性, 因而 Web 应用测试要比普通软件的测试复杂得多^[2]。Web 应用测试可分为多种类型, 如功能测试、性能测试、兼容性测试、可用性测试和安全性测试等^[3], 其中性能测试是最重要的一个方面。

1 性能测试的原理

性能测试就是通过模拟多个用户与整个 Web 应用同时进行相互作用, 获得系统总用户负荷增加时单个用户真实的个人体验, 从而确定运行该应用程序硬件的最大负荷^[4]。性能测试能保证系统具有良好的性能, 它考察在不同的用户负载下,

Web 对用户请求做出的响应情况, 发现影响系统性能的瓶颈, 从而可以有效指导系统的调优活动, 以确保将来系统运行的安全性、可靠性和执行效率。性能测试的主要目的是为维护系统的性能而找到有效的改善策略^[5]。Web 应用性能测试的原理如图 1 所示。

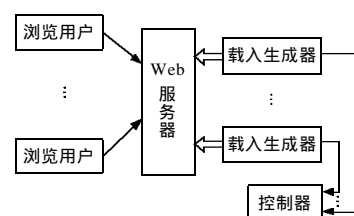


图 1 Web 应用性能测试原理

测试系统主要是通过载入生成器(计算机)来模拟用户事件的发生。一个载入生成器能典型地模拟几十至几百个运行 Web 客户软件的用户行为。虚拟用户直接和 Web 服务器进行通信而不必使用 Web 浏览器。在性能测试中, 模拟虚拟用户的运行数量和运行测试方案数量在生成器中可以被设置。如果有更多的虚拟用户需要被模拟, 可以将多个载入生成器联接在一起, 并通过控制器集中控制, 生成一个接近极限的流量。

收稿日期: 2006-11-10 E-mail: lwsuibo@163.com

作者简介: 苏波(1976-), 男, 山东莱芜人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为软件测试; 李克文(1969-), 男, 黑龙江泰来人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为智能计算、软件工程。

2 性能测试工具

通常 Web 性能测试需要测试成千上万的用户同时访问系统的情形。考虑到所需时间和人力,若没有测试工具的支持,让测试人员来人工测试常常是不切实际的。因此,Web 性能测试通常需要测试工具的支持来模拟负载、收集和分析测试数据^[6]。

JMeter 这是著名的 Apache 组织下的一个测试工具,完全使用 Java 语言实现,可以对 HTTP 和 FTP 服务器进行负载和性能测试,特别是能将线程分组,同时对多个不同的功能进行测试^[7]。通过使用 JMeter 提供的功能,可以很容易的制定测试计划:包括规定使用什么样的负载、测试什么内容、传入的参数等,从而可以模拟在服务器、网络或者其它对象上附加负载以测试他们提供服务的受压能力,方便的测试服务器/脚本/对象的行为^[8]。最后,利用 JMeter 提供的图形化界面显示的测试结果来分析性能指标或者分析他们提供的服务在不同负载条件下的性能情况,分析测试结果,找出影响系统性能的瓶颈。

3 测试过程与结果分析优化

本文采用开源工具 JMeter 对一个采用三层体系结构的中学在线考试系统进行测试。

3.1 被测系统分析

此考试系统的考试试题、学生名单等都保存在 MySQL 数据库中,有利于课程信息的更新和维护。但是,当多人同时登陆并同时抽取试题进行考试时,对数据库的访问有可能成为影响系统性能的主要因素。因此,在这里主要测试学生登陆和试题抽取两个操作。

当登录系统时,多个考试终端与服务器建立连接,完成登陆,造成对前置服务的压力。抽取试题时,通过 http 协议访问服务器上的相应组件,以 JDBC 接口访问后台的数据库,并把数据库返回的结果发送至终端界面。

3.2 测试在线考试系统

在每台测试用 PC 上设定 50 名虚拟用户并使这 50 名虚拟用户在 5 s 内逐步启动并与服务器进行连接,当所需模拟的用户规模超过 50 的情况下同时使用多台 PC 进行模拟。本文将虚拟用户的数量分别保持在 50、100、150、200 对在线考试系统进行测试并分别记录每一个操作发生的时间、访问的地址、系统反应平均延迟等信息以供分析。

首先对 JMeter 的测试计划添加线程组 testplan,设定线程数目 50 和间隔时间 5 s,在 JMeter 的工作台中配置 HTTP 代理服务器,将录制的脚本存入工作台中,进行初步编辑,主要保留与登陆和抽取试题有关的 jsp 文件和少量的图片文件,并将编辑后的脚本复制/粘贴到测试计划中,并对测试计划添加结果侦听器,方便显示、分析测试结果。

其次用录制好的脚本对系统进行性能测试,将测试结果保存到 excel 表格中。依次让多台协同工作的机器对系统加压测试,保存每次的测试结果,直到达到系统的最大负荷。

3.3 测试结果分析

在对系统进行测试时,特意对此在线考试系统的登陆模块 check_user.jsp 文件和试题抽取模块 mn_test.jsp 文件添加了聚合侦听器。测试结果如表 1 所示。

表 1 不同用户规模时的各项性能指标

性能指标	用户数	50	100	150	200
http 请求总数		1 335	2 670	3 995	5 295
登陆连接错误数		0	0	0	24
登陆连接错误率		0	0	0	12 %
试题抽取连接错误数		0	0	4	95
试题抽取连接错误率		0	0	2.67 %	47.50 %
总错误数		0	0	37	298
总错误率		0	0	0.93 %	5.63 %
系统最小延迟/ms		16	15	15	15
系统最大延迟/ms		2 344	5 297	10 163	57 547
系统平均延迟/ms		421	706	1 342	3 399
登陆连接延迟/ms		583	941	1 913	7 722
试题抽取连接延迟/ms		1 248	1 833	8 241	24 130
图片文件延迟/ms		331	411	661	721

通过对上述测试结果进行分析,可知:

(1)当在线用户规模为 150 人时,超出服务器的负荷能力,造成系统运行错误,其中试题抽取错误数目为 4,试题抽取错误连接率达到 2.67%,总错误数为 37 个,总错误率达到 0.93%;当在线规模为 200 人时,登陆连接错误数为 24 个,登陆连接错误率达到 12%,抽取试题连接错误数为 95 个,抽取试题连接错误率为 47.5%,系统地总错误数为 298 个,总错误数率达到 5.63%。如图 2 所示。

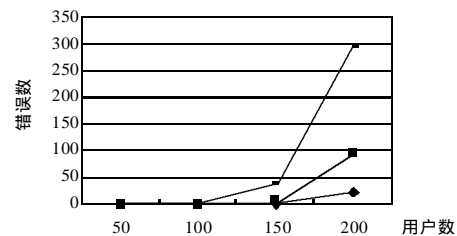


图 2 不同用户数时的各连接错误数

(2)在服务器负载正常的情况下,50 人和 100 人在线时用户可以在 2 s 以内得到响应,这个结果是比较理想的;在服务器负载不正常的情况下,当有 150 人在线时,抽取试题需要 8 s 的时间,而当有 200 人在线时,抽取试题需要 24 s,这种情况是不能接受的。因此,理想的情况下,应当将在线的用户数控制在 100 以下,如图 3 所示。

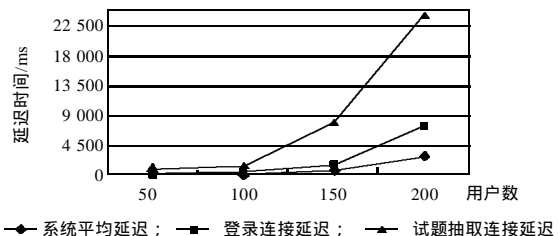


图 3 不同用户数时的系统平均延迟和登陆、抽取试题时延迟

(下转第 4575 页)

```
<Variables-group-value>667.8276</Variables-name>
<Variables-group-name> $\lambda$ 3</Variables-name>
<Variables-group-value>659.8953</Variables-name>
...
</data-transmission>
```

2.3 报告生成

在给实验报告中的变量赋值时,系统顺序读取学生的实验数据文件,将文件中的变量名与报告中的变量名进行匹配,然后将数据值回填。如果遇到用户自定义的 Script 脚本,系统将自动运行该函数代码,并将处理结果回填。在完成数据处理后,系统通过 XSL 数据转化模块完成模板文档到实验报告的转换,最终完成实验报告的生成和展示。

2.4 信息查询

实验报告系统是一个通用平台,可集成多个虚拟实验,相关的实验信息都存储在系统服务器中。系统不仅可对单个实验进行查询,还可对用户所有的实验信息进行查询和统计。

3 结束语

通过实验报告系统减轻了虚拟实验设计者的工作量,同时,为用户提供一个统一操作的平台和数据管理平台,有利于虚拟实验的推广和应用。在现有系统的基础上,今后须进一步研究或解决的问题包括:XML 文档的验证,数据文件的网络传输安全,数据检索性能的优化等。

(上接第 4571 页)

(3)抽取试题操作延迟最大,登录次之,而图片文件的延迟变化幅度并不大,由此可以得出:由于抽取试题和登陆操作均须对数据库频繁操作,因此系统的瓶颈可能来自数据库,需要对数据库处理进行性能优化,如图 4 所示。

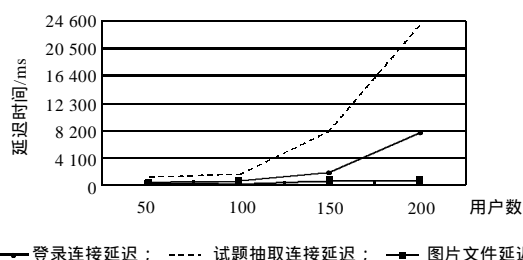


图 4 不同用户数时登陆、抽取试题的延迟及图片文件延迟

3.4 优化措施

通过对得到的服务器性能监测数据分析可知,CPU 的使用率在 75%以上长时间运行,并且发现当模拟用户在线时,数据库对 CPU 的占用率较高,而内存有很大剩余。可以判定数据库是系统的瓶颈,提出以下几种优化方案:加大 MySQL 服务器用于磁盘读写和索引操作的缓冲区尺寸。虽然这样会降低 MySQL 服务器的运行速度,但有助于改善系统的整体性能。选择合适的索引策略,消除对大型表行数据的顺序存取,这样可以显著提高数据库性能,从而可以大大提高 Web 访问性能。将数据库服务器与 Web 应用服务器分别放在不同的服务器设备上。

参考文献:

- [1] Nancy Miekko Abe,Jose Roberto Cardoso.A virtual lab for electric motors and drives[J].IEEE Transactions on Magnetics,1999,35(3):1674-1677.
- [2] Chi Chung Ko,Shao Yan Hu.A web-based virtual laboratory on a frequency modulation experiment [J]. IEEE Transactions on Systems,Man,And Cybernetics-Partc Applications and Reviews,2001,31(3):295-303.
- [3] 范荫恒.《物理化学实验》数据处理系统软件的开发与应用[J].计算机与应用化学,2005,22(11):1066-1069.
- [4] 李凌霄.网络虚拟电路实验室的 Java 实现[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(3):378-381.
- [5] 曾建强.Web 在线化学实验报告系统的设计与实现[J].实验科学与技术,2006,2(1):82-84.
- [6] 方利伟.基于 Web 的通用实验报告管理系统的设计与实现[J].中国远程教育,2006,26(1):70-71.
- [7] 曲永岗,孙涌,欧阳添倍.基于匹配算法和 XML 技术的数据接口处理与实现[J].苏州大学学报(工科版),2002,22(5):13-17.
- [8] 谢莉莉,林春梅,陈家训.基于 XML 的数据交换中心原型系统[J].计算机工程,2002,28(5):100-102.
- [9] 范永开,林君.网上虚拟实验室的建设方案与实现[J].黑龙江工程学院学报,2001,1(4):48-50.

4 结束语

本文分析了 Web 性能测试原理和性能测试工具,对一个中学在线考试系统进行性能测试,通过对测试结果进行分析,找出了影响系统性能的瓶颈,并给出了优化数据库的几点建议。实验证明,以上提出的优化措施可以明显改进基于 Web 应用的在线考试系统的服务性能。

参考文献:

- [1] 马琳,罗铁坚.Web 性能测试与预测[J].中国科学院研究生院学报,2005,22(4):472-479.
- [2] 许蕾,徐宝文,陈振强.Web 测试综述[J].计算机科学,2003,30(3):100-104.
- [3] 许蕾,徐宝文.Web 应用测试框架研究[J].东南大学学报(自然科学版),2004,34(6):751-755.
- [4] 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.
- [5] Savoia A.The science and art of web site load testing[M].San Mateo,California:Keynote Systems Inc,2000.
- [6] 武海平,蒋东兴,程志锐,等.Web 服务器通用性能测试系统的设计与实现[J].小型微型计算机系统,2003,24(2):188-190.
- [7] The apache jakarta project.performance testing using jmeter[EB/OL].http://jakarta.apache.org/jmeter/index.html,2003.
- [8] 罗婧婷,赵铁群,郑小军.开放源 Web 应用开发中的一种测试解决方案[J].计算机与现代化,2005,21(1):25-28.