

# 基于 Web 应用系统的性能测试综述

李艳芹<sup>1</sup>, 陈跃华<sup>2</sup>, 郭松柏<sup>3</sup>

(1. 东华大学 计算机应用与科学技术, 上海 201620; 2. 上海市经济与信息化委员会, 上海 200040; 3. 上海市信息安全测评认证中心, 上海 200011)

**摘要:** 基于 Web 应用系统的方便、快速、易操作性等特点, 政府、教育、金融各行业越来越青睐于使用 Web 应用系统扩展自身的影响力。随着 Web 应用系统的广泛使用, 性能测试逐渐受用户关注。该文主要介绍了 Web 应用系统的关键性能指标及测试方法, 结合案例重点阐述评估和分析 Web 应用系统性能的过程。

**关键词:** Web 应用系统; 性能测试; 性能指标; LoadRunner 工具

**中图分类号:** TP311      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3044(2010)28-8014-04

## Survey of Performance Testing Based on Web Application System

LI Yan-qin<sup>1</sup>, CHEN Yue-hua<sup>2</sup>, GUO Song-bai<sup>3</sup>

(1. Computer Science and Technology of Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Shanghai Municipal Commission of Economy and Informatization, Shanghai 200040, China; 3. Shanghai Information Security Testing Evaluation and Certification Center, Shanghai 200011, China)

**Abstract:** As web application system is convenient, quick, and easy-operating, many industries such as government, education and financial community are increasingly popular with web application system for the expansion of their influence. With the wide-spread use of web application system, performance testing is gradually concerned by users. The article described key performance indicators and testing methods of the web application system, and focused on illustrating the performance testing process of web application system and analyzing testing data by a case.

**Key words:** web application system; performance testing; performance indicators; LoadRunner tool

随着 Internet 技术的发展, Web 应用系统越来越广泛的应用于金融、教育、政府等各个领域。Web 应用系统包括 B/S 和 C/S 两种模式, 目前广泛采用 B/S 模式。由于用户仅需通过浏览器便可访问应用程序, Web 应用系统呈现出的方便、快速、易操作等特点, 让各大领域更加依赖 Web 应用系统拓展自身的影响力。然而, 对于某些热门的 Web 站点, 用户访问的频率很高, 交互的信息量也非常庞大, 过高的负载经常导致系统反应速度慢或者服务中断。因此, 应用系统能否承受大量的并发用户数以及快速响应用户发送的请求, 能否长时间稳定运行, 哪些地方可能成为性能瓶颈, 这些都是用户关注的系统性能问题。性能测试目的是为了检测系统性能是否符合用户的需求, 通过负载测试、强度测试等方法, 监控系统资源, 找出性能瓶颈, 从而验证系统能力和不断改善系统性能。因此, 如何评价一个 Web 应用系统的性能及寻找系统瓶颈, 是软件开发过程的一个重要环节。

## 1 Web 应用系统性能测试

### 1.1 Web 应用系统体系结构

Web 应用系统通常由浏览器(客户端)、Web 服务器、应用服务器、数据库服务器等构成(如图 1 所示)。Web 应用系统目前主要采用的是 B/S 三层结构, 将系统分为表示层、业务逻辑层和数据层。它的基本工作流程: 用户在浏览器中输入一个 URL 地址, 浏览器向该 URL 地址所指向的 Web 服务器发送请求; Web 服务器收到请求后, 读取正确的 HTML 文件然后将它返回给浏览器, 其中 HTML 文档中可能有其它的脚本语言, 执行脚本程序, 调用数据库服务器和其它服务器, 返回结果并显示给用户。

依据 Web 应用系统的体系结构, Web 应用系统性能测试主

要可从三方面进行: 应用在网络上的性能测试、应用在客户端性能测试、应用在服务器端性能测试(如图 1 所示), 通常服务器包括 Web 服务器、中间件应用服务器和数据库服务器。本文主要讨论应用在客户端的性能测试, 它测试的入口是客户端, 主要包括负载测试、压力测试、疲劳强度测试和大数据量测试等。

### 1.2 性能测试与性能指标

性能测试是软件质量保证的重要环节, 为了检测系统性能指标是否达到用户的需求, 通过加载不同的负载观察系统的运行情

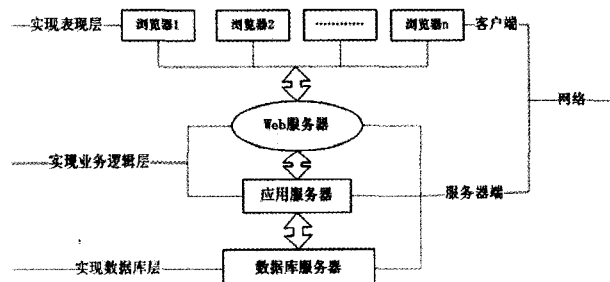


图 1 Web 应用系统体系结构

收稿日期: 2010-08-18

作者简介: 李艳芹(1988-), 女, 硕士在读, 主要研究方向为网络安全, 性能测试; 陈跃华, 博士生导师, 上海市经济与信息化委员会副主任, 主要研究方向为信息安全; 郭松柏, 上海市信息安全测评认证中心主任, 主要研究方向为信息安全, 系统测评。



独立业务性能测试是指模拟用户都执行同样的事务脚本,其目的是观察不同事务的响应时间和对系统资源的需求。独立业务性能测试可尽量选取几个消耗系统资源较高或复杂度较大的业务操作,有利于定位单项业务操作是否成为系统的瓶颈,从应用层面上优化该项业务逻辑,缩短响应时间和减少系统资源的开销。

混合业务性能测试是模拟用户的真实操作环境,依据日常不同事务的执行比例设置场景,执行测试并观察性能指标数据的变化。混合业务性能测试的优点是测试环境接近实际运行的情况,可获得系统满足用户性能需求的并发用户数。

系统可监控平均事务响应时间、平均吞吐量、服务器 CPU 利用率、页面交换率、页面下载时间等详细指标分析系统的整体性能,判断性能符合用户需求的并发用户数,分析占用系统资源过多和响应时间较慢的事务,从应用层面、硬件资源/软件配置、网络各方面优化系统性能。

2)压力测试:不断增加负载,测试系统能获得服务的最大级别和验证系统的故障恢复能力。确定在什么负载条件下,系统提供服务出错或者系统崩溃。一般来说先进行系统的负载测试,确认出各种性能指标的极限数据后,再执行压力测试。

对系统不断的持续加压,系统提供服务出错或崩溃,可暴露出系统存在的瓶颈。判断服务器资源是否成为瓶颈,重点关注系统资源性能指标、事务成功数、事务失败数、平均事务响应时间等性能指标。

3)疲劳强度测试:强调的是对系统能否长时间正常运行的考验,通常以最大并发用户数或者系统日常用户数持续执行一段时间,监控性能指标,考察系统能否稳定运行,是否出现性能降低、内存溢出等情况。执行测试重点关注平均事务响应时间、系统资源等性能指标,观察系统长时间运行的状态与性能。

4)大数据量测试:大数据量测试重点在于考察数据量的变化对于系统性能的影响,主要可分为独立数据量测试和综合数据量测试。独立数据量测试是针对系统添删改、查询等操作而进行的大数据量测试,综合数据量测试是指与压力测试、负载测试、疲劳强度测试等相结合而进行的大数据量测试。测试数据的准备可借助自动化测试工具来生成。侧重点关注平均事务响应时间、数据库资源等性能指标,观察执行大数据量测试时,数据库是否存在瓶颈,是否需要采用负载均衡、优化数据库结构设计等方式优化系统性能。

3 测试过程与结果分析

系统性能测试是评估系统能力、分析系统瓶颈的一个重要手段,通过性能测试用户能够了解在不同的状态下系统业务的响应时间,以及系统能够处理的最大并发用户数。性能测试过程主要包括性能需求分析、测试设计、测试执行、测试结果分析等步骤。下面通过实例说明测试 Web 应用系统性能的步骤与结果分析,本文借助自动化测试工具 LoadRunner,采用负载测试、压力测试方法评估系统性能。

3.1 测试背景

“某市人口信息管理系统”采用 B/S 体系结构,系统相关服务器 6 台,包括数据库服务器 2 台、应用服务器 2 台、GIS 服务器和决策分析服务器,主要提供人口基础数据的查询、统计分析、GIS 定位等功能。系统在局域网带宽 100Mbps 网络环境下使用,数据库采用 Oracle 10g,中间件采用 Websphere 6.1,测试工具为 LoadRunner 8.1。该系统日常访问用户数为 1000,一般系统支持的并发用户数应为日常访问量的 20%,则  $1000 \times 20\% = 200$ ,测试目的为验证系统能否支持 200 个并发用户访问。用户要求主要操作的响应时间不超过 15S,工作状态下资源利用率不超过 85%为较优状态,验证系统满足这些指标时支持的并发用户数。本次测试目的主要采用负载测试、压力测试方法,评估系统符合用户需求的并发用户数和提供的最大服务级别。具体测试环境如表 1。

3.2 测试过程

针对系统的测试目的,主要采用负载测试、压力测试方法:

1)负载测试策略:通过调查分析,用户日常执行的操作包括人口简单查询、高级查询、统计分析、决策分析、GIS 定位等功能。借助自动化测试工具 LR 录制五类脚本,简单查询、高级查询、统计分析脚本初始加载 50 个用户运行 5 分钟,每次增加 50 个用户运行测试,决策分析、GIS 定位搜索消耗资源较高且响应时间长,因此初始加载 1 个用户运行 5 分钟,每次增加 10 个用户,观察系统性能数据的变化。本次测试选择独立业务性能测试,有利于分析单项业务操作消耗的系统资源。

2)压力测试策略:在负载测试的基础上,获得符合用户需求的并发用户数,不断持续加压,评估系统能支持的最大服务级别。

3.3 测试结果分析

利用 LoadRunner 测试工具分别执行简单查询、高级查询、统计分析、决策分析、GIS 定位功能五类脚本。通过测试发现系统支持 200 个最大并发用户访问首页,简单查询、高级查询、统计分析支持 150 并发用户访问的平均响应时间小于 15S, GIS 定位和决策分析功能支持 20 个最大并发用户, GIS 定位功能在 10 个并发用户时呈现性能较优。表 2 为部分测试结果数据。

高级查询业务操作在用户加载 150 个用户时系统性能较优,平均事务响应时间为 6.502S,并发用户数加载到 200,系统的性能急剧降低,平均吞吐量急剧减小,并出现大量失败事务,加载到 250 个用户时,服务器出现宕机现象。

表 1 测试环境

序号	设备名称	操作系统/应用软件	配置信息
1.	数据库服务器	Aix 5.3/Oracle10g	16 * 1.9GHz CPU 64GB 内存 6 * 146GB 硬盘
2.	数据库服务器	Aix 5.3/Oracle10g	
3.	应用服务器	Aix 5.3/ Websphere6.1	8 * 1.6GHz CPU 16GB 内存
4.	应用服务器	Aix 5.3/ Websphere6.1	2 * 146GB 内存硬盘
5.	GIS 地图服务器	Windows 2003/ ArcIms 9.2	8*Intel(R) Xeon(R) CPU E5335 @2.00GHz 3.25GB 内存 136G 内存硬盘
6.	决策分析应用服务器	Windows 2003/ Cognos 8	8*Intel(R) Xeon(R) CPU E5335 @2.00GHz 16.0GB 内存 136G 内存硬盘

表 2 性能测试数据部分数据

业务操作 (并发用户数)	平均事务响应时间 (S)	平均吞吐量 (bytes/S)	事务通过率 (%)
高级查询 (50)	3.181	3,761,391	100%
高级查询 (100)	4.895	4,686,160	100%
高级查询 (150)	6.502	5,156,827	99.98%
高级查询 (200)	13.286	2,074,835	59.67%
GIS 定位 (1)	13.224	367,651	100%
GIS 定位 (10)	17.914	515,081	100%
GIS 定位 (20)	34.069	513,491	100%

如表 3 所示, 观察发现 CPU 利用率及可用内存等系统资源相关指标适中, 排除系统资源的瓶颈。测试过程中发现 GIS 定位功能支持的并发用户数较小, 加载到 20 个并发用户时系统平均事务响应时间过长, 分析发现 GIS 定位功能消耗的数据库资源较多, 可考虑从数据库设计、搜索算法角度出发缩短响应时间。进一步寻找系统瓶颈可依据页面下载时间细分图从执行业务操作、下载页面组件大小与时间、网络质量层面进行分析, 以 GIS 定位功能 (20 个并发用户数) 的页面下载时间分析为例, 如图 3。

执行 GIS 定位操作测试, 系统 Connect Time 为 0.002S, Client Time 为 0.001S, Receive Time 为 0.002S, FirstBuffer Time 平均值为 37.77S, 最大值为 64.035S。如图 3 为 FirstBuffer Time 的细分图, 第一次缓冲时间下载包括三个组件, 第二个组件大小为 17.024KB, 但消耗的 Server Time 为 37.57s, 服务器处理时间过长, Network Time 为 0.2S, 网络传输质量较好, 可考虑从应用层面优化业务逻辑, 算法等方式缩短服务器处理时间。

系统在业务复杂度不同和加载用户量不同的情况下, 响应时间不同, 测试过程中应尽量模拟实际操作环境, 结合负载测试、压力测试、疲劳强度测试、大数据量测试等方法设计测试场景执行测试。测试结果分析可结合系统资源图、Web 资源、数据库资源等分析图, 分析不同负载下性能测试指标数据变化趋势, 按照服务器瓶颈->网络瓶颈->中间件瓶颈->应用瓶颈的思路逐步分析系统可能存在的瓶颈, 并可通过反复测试验证瓶颈所在。

4 结束语

本文通过介绍性能测试的关键性能指标和测试方法, 重点阐述了借助性能指标评估和分析 Web 应用系统性能的过程。Web 应用系统性能测试是一个复杂的过程, 应依据测试目标设计场景, 监控重要性能指标, 便于分析系统可能存在的性能瓶颈。测试过程中应尽可能的模拟真实环境及用户操作反复执行测试保证测试数据的有效性。

参考文献:

[1] 马琳, 罗铁坚, 宋进亮. Web 系统性能测试及优化[J]. 计算机工程, 2005, 31(12).  
[2] 杨萍, 李杰. 利用 LoadRunner 实现 Web 负载测试的自动化[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(1).  
[3] 杨志, 关昕, 马力. Web 系统性能测试实施过程[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(10).  
[4] 王鑫, 苗春雨, 袁芳. Web 应用性能评测的研究与应用[J]. 实验技术与管理, 2008, 28(8).  
[5] 张大陆, 黄伟力. 基于 Web 应用系统的评测方法和技术[J]. 计算机工程, 2003, 29(4).  
[6] 芮素娟, 丁晓明. Web 应用性能测试进展[J]. 计算机科学, 2006(8).

表 3 高级查询业务 (并发 200) 系统资源部分数据

	CPU 利用率 (%)			页面交换率 (Page/sec)		
	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值
数据库服务器 1	0.608	44.37	100	0	2.064	10.56
数据库服务器 2	0	5.898	92.332	0	59.181	4320.143
应用服务器 1	0	12.307	67.732	0	888.618	8970.859
应用服务器 2	0	11.332	88.462	0	685.186	9154.012
GIS 地图服务器	0	0.238	2.409	0	0.131	1.667
决策分析应用服务器	0	0.412	5.599	0	0	0

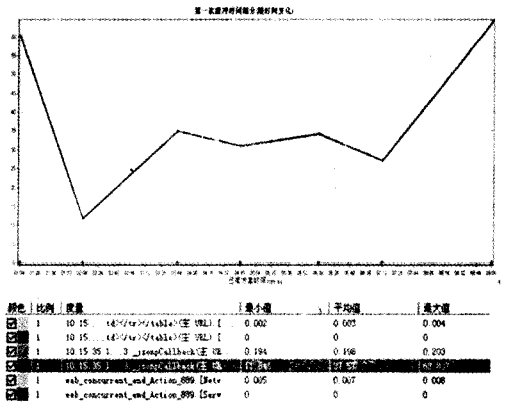


图 3 第一次缓冲时间细分

(上接第 8013 页)

4 结束语

作为一个物流运输系统, 信息的完整性、统一性, 信息传输的安全性、稳定性、高效性, 整个系统信息的共享性都是必不可少的。本论文设计的系统就是基于 C/S 和 B/S 混合模式建立的, 并且完全符合系统设计的要求。运用这个运输系统实现货物发送、运输与跟踪查询功能。为物流企业的信息化建设, 发挥积极的作用。

参考文献:

[1] 刘小卉. 物流信息管理[M]. 北京: 中国物资出版社, 2007.  
[2] 金锡万. 物流管理信息系统[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006.  
[3] 杨艺, 陈鹏, 李相枢. 一种广域网中分布式数据库设计的数据分配方法[J]. 计算机应用, 2003, 23(12).  
[4] 蔡淑琴, 夏火松. 物流信息与信息系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.  
[5] 方玉华. 基于 C/S 和 B/S 混合模式的高校教务管理系统设计[J]. 电脑知识与技术, 2010(12).  
[6] 蒋鸿崑. 基于网络 LYMIS 分布式数据库设计[J]. 计算机工程, 2004(15).