

基于国产基础软件应用系统的性能测试与优化研究*

李天日¹, 林 宁², 高 林², 吴新松²

(1. 桂林电子科技大学 计算机与控制学院, 广西 桂林 541004;

2. 中国电子技术标准化研究所, 北京 100007)

摘要: 针对国产基础软件的医疗信息系统的性能需求, 讨论了如何利用测试工具来测试系统的性能, 并对影响系统性能的主要因素进行了分析, 提出了一个系统的性能优化方案。测试结果表明, 该方案提升了系统的整体性能。

关键词: 国产基础软件; 应用系统; 性能测试; 优化

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)11-0067-03

Research on the performance testing and optimization of application system based on domestic basic software

LI Tian Ri¹, LIN Ning², GAO Lin², WU Xin Song²

(1. College of Computer and Control, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. China Electronic Standardization Institute, Beijing 100007, China)

Abstract: Based on performance requirements for the medical information system of domestic basic software, this paper discusses how to use test tools to test the performance of the system and analyzes major factors influenced the performance. Finally, an optimization scheme to the performance is proposed. Testing results show that the proposed optimization scheme can improve the overall performance of the system.

Key words: domestic basic software; application system; performance testing; optimization

国产基础软件的性能是影响软件应用的关键因素, 只有国产基础软件的应用系统在性能方面满足了用户的需求才能被用户接受。应用系统与国产基础软件的集成理论上是可行的, 但是, 在高并发量、高访问数据量情况下, 基于国产基础软件应用系统的性能能否满足需求尚未得到验证。因此, 需要对国产基础软件组合以及包含实际应用的完整系统进行性能测试。

本文以基于国产基础软件的医疗信息系统为例, 介绍如何测试系统在承受高并发量、高访问数据量情况下的性能, 并对影响系统性能的主要因素进行分析, 提出了系统的性能优化方案。实验结果表明, 该方案大幅提高了系统性能, 为基于国产基础软件的应用系统性能优化提供了一个可借鉴的方法。

1 性能测试

1.1 性能测试方法

性能测试是通过模拟大量用户与系统进行交互的

行为, 对被测系统进行加压, 获取系统负载增加或在特定负载时, 用户的真实体验, 从而确定系统所能承受的最大负载与特定负载下的性能表现。

系统的性能测试方法较多, 按照测试目的分类, 可以分为负载测试、压力测试、配置测试、并发测试、可靠性测试等^[1]。其中, 负载测试是通过在被测系统上不断增加负载压力, 获得系统在不同负载下的性能表现。压力测试主要测试系统资源在饱和状态时, 应用系统能够提供的最大服务级别。本文选择负载测试和压力测试对系统进行了多轮的测试。

1.2 性能指标

性能指标是描述系统性能最直接的数据, 提供了性能度量的标准。本文在测试中对并发用户数、响应时间、吞吐量、资源利用率等性能指标进行监控。性能指标描述如下:

(1) 并发用户数, 在特定时间内, 同时进行会话的用

* 基金项目: 电子发展基金项目(FZ200701); 国家科技支撑计划(2006BAK04A21)

技术与方法

Technique and Method

户数。

(2)响应时间,从请求的发出到客户端收到服务器响应所经历的时间延迟。

(3)吞吐量,在单位时间内系统处理客户请求的数量。

(4)资源利用率,系统各种资源的使用状况,比如服务器的 CPU、内存和网络带宽等。

2 性能测试实施

2.1 系统分析

医疗信息系统构建于国产基础软件的政务信息化领域平台体系,采用 J2EE 架构,使用 JSP、Strut、Hibernate 等技术开发,是以国产基础软件为核心、低成本的公共服务系统原型和解决方案。医疗信息系统体系结构如图 1 所示。



图 1 医疗信息系统体系结构

医疗信息系统主要面向各大医院,对医院的需求调研与系统分析如表 1 所示^[2]。

表 1 医疗信息系统的性能总体需求

事务执行成功率/%	承受最大并发用户数	操作平均响应时间/s
≥ 95	≥ 200	≤ 15

性能测试需要模拟大量用户的操作行为,需要测试工具的支持来实现用户的行为模拟、负载的生成、数据采集与分析等。本文引入测试工具 LoadRunner 对系统进行性能测试,测试基于国产基础软件的医疗信息系统的性能能否满足表 1 所示的需求。

2.2 测试环境

测试时,使用 1 台 PC 机作为负载测试机,1 台服务器作为应用服务器和数据库服务器。PC 机采用 100 Mb/s 局域网连接服务器。服务器软件组成方案如表 2 所示^[3]。

2.3 录制测试脚本

测试脚本是一组代码,执行时,可以模拟用户对服务器产生的请求数据,或是模拟用户执行操作的过程、用户等待行为等。脚本的录制按照以下步骤执行:

(1)使用 LoadRunner 录制测试从业务使用频繁程度以及负载量的大小选择新建患者资料、患者资料查询、新增日程功能作为三组测试^[4]。这三组测试脚本模拟的

表 2 软件组成方案

产品分类	产品名称	厂商
应用系统	基于国产基础软件的医疗信息资源平台	先锋软件股份有限公司
中间件	Tongweb 4.0	东方通科技公司
数据库	DMServer5.0	达梦数据库有限公司
操作系统	中标普华 Linux 基础服务器 3.0.1	中标软件有限公司

执行过程为系统登录、业务操作和退出系统。

(2)每个操作定义为一个事务,在事务前后加入随机的思考时间。

(3)在事务前设置集合点,保证用户执行操作的并发。

(4)在用户实际操作的过程中,不同用户提交的数据、系统动态生成的会话标志是不一致的。通过参数化来设定差异值的取值范围、迭代方式,实现数据的变量化,而系统的会话标志如 session,则需要设置关联来保存。

2.4 设计测试场景

在性能测试中,常见的错误观点是只设置单一的场景。场景的设计是至关重要的,只有设计的测试场景真实地反映用户的实际场景,性能

测试的结果才可靠。

场景的设计需要考虑到系统运行时,不同操作对系统形成的负载差异,需要确定典型的应用场景下不同操作用户的比例^[5]。医疗信息系统日常执行新建患者资料、查询患者资料、新建日程的比例分别为 25%、60%、15%。

在创建的场景中载入已录制的三组测试脚本,并设置执行比例。编辑场景中的计划生产者,设置虚拟用户以一定的间隔时间按比例递增,逐步启动与服务器建立连接。

2.5 分析测试结果

在性能测试的过程中,LoadRunner 会收集到大量的测试数据,包括每个性能指标,如事务的错误、警告和通知信息等。并发用户数为 200 的事务响应时间如表 3 所示。

表 3 优化前并发用户数为 200 的事务响应时间

事务名	最小值	平均值	最大值	标准偏差	90%	通过	失败
新建患者资料	27.435	27.435	27.435	0.001	27.435	1	16
新建日程	0.118	7.302	99.677	21.045	29.989	46	2
查询患者资料	27.365	82.332	116.036	29.393	116.036	7	9
登录事务 1	3.124	5.708	12.857	3.116	11.984	48	12
登录事务 2	7.322	7.649	7.982	0.185	7.977	17	18
登录事务 3	8.817	11.888	17.242	2.895	16.32	25	25

技术与方法 Technique and Method

在测试过程中出现的问题:(1)大量用户并发时,服务器 CPU、内存的资源利用率却很低;(2)事务执行成功率低、成功事务的平均响应时间长,很多事务因为连接超时而失败;(3)出现内存泄露;(4)Tongweb 控制台显示连接数据库时出现网络通信异常。

从测试结果可见,系统存在性能瓶颈。因此,为了使系统达到最佳的性能,需要分析测试环境对系统性能的影响,对其进行性能优化,摒除系统性能瓶颈。

3 系统优化

3.1 系统优化框架

根据 Mercury 公司的报告,系统的性能问题由许多因素构成。系统结构、代码的优化程度、网络环境、数据库服务器、应用服务器都会对系统的性能表现造成影响。但是,影响系统优化主要因素是网络环境、应用程序、应用服务器和数据库服务器^[6]。考虑到这些因素之间的相互依赖关系,采用从高层到低层的优化方法。该方法的特点是先调优高层的环境,然后调优较低层的环境,符合高层实现依赖于低层实现的一般规律。优化层次如图 2 所示,但如果随意调整,容易造成循环。



图 2 优化层次图

(1) 网络环境优化

网络是影响系统性能的重要因素之一,其影响主要反映在事务的响应时间与吞吐量上。在测试过程中,如果吞吐量没有随并发用户增多而增大,且事务响应时间比较长时,可以考虑对网络进行优化,改善网络的带宽。

(2) 应用程序优化

应用程序优化针对数据库访问层,其优化措施主要有以下几方面:(1)优化 SQL 语句;(2)尽量引入连接池机制,减少频繁打开、关闭数据库连接的操作,控制当前激活的数据库连接总数,防止系统过载;(3)引入缓存机制,以减少磁盘 I/O 的次数。这些优化措施能够提高数据读取速率,减少访问响应时间,降低资源的使用率。

(3) 应用服务器优化

应用服务器优化集中在最大连接限制数、内存配置。在大量并发的情况下,应用服务器承受很大的负载压力,过多地连接会很快消耗掉大量系统资源,过低的连接限制会增大连接时延,延长事务响应时间。优化时根据系统资源合理设置应用服务器最大连接限制数、内存,避免内存泄露现象出现,尽量减少响应时间。

(4) 数据库系统优化

数据库系统优化主要是配置数据缓存区大小、最大并发会话数,为数据库建立合理的索引。设置较大数据缓存区,可以减少数据交换次数,降低系统资源消耗。为大数据量、访问频繁的数据库表建立合理的索引,能够消除对表的顺序存储,从而提高系统的检索性能。在 CPU 资源和 I/O 资源可用的情况下,如果服务器有很长的事务等待队列,增大最大并发会话数,可以减少响应

时间。

3.2 医疗信息系统的优化方案

本文的性能测试是在局域网中进行,因此可以排除网络带宽对系统性能的影响。通过分析性能测试结果,结合系统优化框架,医疗信息系统的优化措施如下:

(1)应用系统的数据库访问层采用了数据库持久化技术 Hibernate。编辑应用程序的配置文件 hibernate.cfg.xml,引入第三方的连接池 c3p0,设置连接池的最大连接数为 100;在 Hibernate 中使用二级缓存,设置 Hibernate 的加载特征为延迟加载。

(2)在应用服务器方面,调整 Tongweb 的 JVM 堆栈和内存的最大值、最大连接人数。编辑 TongWeb4.0/bin/tongserver.sh 文件,把 JAVA_ARGS="-Djmx.invoke.getters=true" 修改为 JAVA_ARGS="-Xms256m-XmX750m",调整 JVM 堆栈和内存的最大值为 750 M,增大 Tongweb 的 JVM 虚拟堆栈和内存值后,不再出现内存泄露现象;编辑 tongweb4.0/conf/tongweb.xml 中 socket-back-log 由 50 调为 200,调整 Tongweb 的减少需要等待连接数,减少响应时间。

(3)在数据库系统方面,通过对数据表的检查,发现数据库表没有建立索引,为访问频繁的表添加了索引。DM 数据库的参数调整如表 4 所示。

表 4 修改前后的 DM 数据库配置表

修改前后	BUFFER	WORK_THREAD	MAX_SESSION
修改前	5 000	4	100
修改后	100 000	20	150

数据库作出这样的修改主要是大量并发时,由于数据量大,一般将数据缓冲区设为物理内存的 80% 左右 (BUFFER 的单位值为 8 KB);数据库的最大会话数需要大于应用程序所设置的连接池;CPU 仍存在可用资源,可提高工作线程数,减少响应时间。优化后,并发用户数为 200 的事务响应时间如表 5 所示。

表 5 优化后并发用户数为 200 时的事务响应时间

事务名	最小值	平均值	最大值	标准偏差	90%	通过	失败
新建患者资料	3.68	8.041	16.369	2.781	9.899	132	0
新建日程	0.192	5.137	8.864	1.993	6.803	168	0
查询患者资料	2.042	4.622	6.403	1.308	5.087	330	0
登录事务 1	3.451	6.251	11.684	2.846	8.921	132	0
登录事务 2	3.17	8.959	14.851	2.4	10.825	168	0
登录事务 3	6.418	10.829	16.409	3.261	11.764	330	0

通过对表 3、表 5 结果对比可以看出,经过系统优化后,大幅提升了系统的性能。系统性能也达到了医疗信息系统的性能总体需求,确保了基于国产基础软件的医疗信息系统能够满足医疗工作及日常办公需求。

本文介绍了基于国产基础软件的医疗信息系统的性能测试方法和过程,并对影响系统性能的主要因素进

技术与方法 Technique and Method

行了分析,提出了一个系统的性能优化方案。测试结果表明,本文提出的优化方案可以明显改进基于国产基础软件的医疗信息系统的性能,能够满足应用的需求,可以应用于我国的医疗信息化建设中。

参考文献

[1] 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.
[2] 郝建营,晏海华,刘超,等.一种有效的 Web 性能测试方法及其应用[J].计算机应用研究,2007,(1):275-277.
[3] 张忠磊,孙玉娟,李秀芳.国产软硬件在实现电子政务集成应用上的框架研究 [J]. 微计算机信息,2006,22(12-3):198-199.
[4] DRAHEIM D, GRUNDY J, HOSKING J. Realistic load testing of Web applications [C]. Proceedings of the Confer-

ence on Software Maintenance and Reengineering,2006.
[5] 简玲.B/S 系统性能测试的设计与实现[J].计算机工程,2009,35(10):51-53.
[6] 熊忠阳,李光勇,张玉芳,等.Web 集群系统性能测试与优化[J].计算机应用研究,2008,25(3):826-832.

(收稿日期:2009-11-02)

作者简介:

李天日,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:软件测试。

林宁,女,1958年生,研究员,主要研究方向:信息技术标准化。

高林,男,1973年生,博士,高级工程师,主要研究方向:复杂系统建模与优化、软计算、智能算法。

