

第5章

集成和系统测试

5.1 集成测试概述

软件的集成和系统测试是软件开发过程的重要组成部分,是对软件产品进行验证和确认的活动过程,其目的是在软件系统发布之前,发现其中的缺陷,提高软件的可靠性。因此,软件的集成和系统测试是保证软件质量的关键步骤,更是开发过程中不可或缺的一步。

集成测试(Integration Testing)是将已经分别通过测试的单元按设计要求组合起来再进行测试,以检查这些单元接口是否存在问题。系统测试一般由若干个不同测试组成,目的是充分运行系统,验证系统各部件能否正常工作并完成所赋予的任务。

集成测试中的功能测试区分于单元测试中的功能测试;单元测试中功能测试的目的是保证所测试的每个独立页面在功能上是正确的,主要从输入条件和输出结果进行判断。集成测试前后的功能测试,不仅需要考虑模块之间的相互作用,而且需要考虑系统应用环境,其衡量标准是实现产品规格说明书上所要求的内容。

集成测试的基本策略有非增值式策略和增值式策略两种:

1. 非增值式策略

非增值式策略又称一次性组装,使用这种方式,首先对每个模块或者子系统分别进行测试,然后再把所有模块或者子系统组装在一起进行测试,最终得到要求的软件系统。

这种方式的优点:一是方法简单;二是允许多个测试人员并行开始工作,人力、物力资源利用率高。缺点是:必须为每个模块准备相应的驱动模块和辅助桩模块,测试成本较高;一旦集成后的系统包含多种错误,很难对错误进行定位和纠正。

2. 增值式策略

增值式策略又称渐增式组装,首先对一个个模块进行模块测试,然后将它们逐步组装成较大的系统,在组装过程中边连接边测试,以发现连接过程中的问题,即通过增值逐步组装成要求的软件系统。

这种方式的优点:一是利用已经测试过的模块作为部分测试软件,有效减少做测试代码的开销,同时把已经测试完成的模块和新加进来的模块一起测试,可以使测试更加充分;二是相对非增值式策略,可以较早地发现模块之间的接口错误;三是发现问题也易于定位。

它的缺点是：测试周期较长，可以同时投入的人力物力受限。

5.2 系统测试概述

系统测试(System Testing)是将通过确认测试的软件，作为整个基于系统的一个元素，与硬件、某些支持软件和人员等其他系统元素结合在一起。在实际运行环境下，对系统进行一系列的组装测试和确认测试。系统测试的目的在于通过与系统的需求定义作比较，发现软件与系统的定义不符合的地方。

系统测试的对象是这个产品系统，它不仅仅包括产品系统的软件，还包括系统软件所依赖的硬件、外设和接口。

系统测试的依据为系统的需求规格说明书、概要设计说明书及各种规范。

系统测试过程包括测试计划、测试设计、测试实施、测试执行和测试评估这几个阶段，而在整个测试过程中首先需要对需求规格进行充分的分析，分解出各种类型的需求(功能性需求、性能需求、其他需求等)，在此基础上才可以开始测试设计工作，而测试设计又是整个测试过程中非常重要的一个环节，测试设计的输出结果是测试执行活动依赖的执行标准，测试设计的充分性决定了整个系统测试过程的测试质量。

1. 系统测试的主要内容

(1) 功能测试。根据用户需求，通过软件测试来确定系统能否正常运行，是否满足用户的功能需求。软件系统功能的正确性是关系到该系统质量的重要因素。

软件系统功能测试是必须进行的，必须认真完成，放在系统测试的第一位。

(2) 性能测试。主要测试软件系统处理指令的速度情况，检验软件的性能。

(3) 安全性测试。全面检验软件在需求规格说明中规定的防止危险状态措施的有效性和每一个危险状态下的反应。

(4) 兼容性测试。验证软件之间是否正确地交互和共享信息。

(5) 可靠性测试。检验软件系统按照用户的要求和设计的目标执行其功能的可靠程度。

(6) 容错性测试。检验软件系统在异常条件下自身是否具有防护性的措施或者某种灾难性恢复的手段。

本书主要介绍系统功能测试和性能测试。

2. 软件测试各阶段的区别

我们知道，软件的测试主要分为单元测试、集成测试、系统测试三个阶段，每个阶段的测试对象、测试目标、测试方法和评估基准等各不相同。

(1) 测试方法不同。系统测试属于黑盒测试，它只需要关注系统功能的正常实现以及在不同条件下系统所表现出来的性能，而不需要关心系统是如何实现这些功能的。单元测试、集成测试属于白盒测试、灰盒测试的范畴，需要关心代码的实现或者不同组件之间是如何交互通信的。

(2) 测试对象和目标不同。单元测试主要测试函数内部的接口、数据结构、逻辑和异常

处理等对象,它关注的是一段代码的实现质量的好坏。集成测试主要测试模块之间的接口,它关注的是几个模块之间配合运行质量的好坏。系统测试主要测试整个系统的规格实现情况,包括测试系统在各种测试条件和用户使用条件下所表现的性能,并且证明在这些条件下系统能够达到用户定义的质量。

(3) 评估基准不同。系统测试评估标准是测试用例的需求规格的覆盖率。单元测试、集成测试主要的评估标准是代码和功能设计的覆盖率。

5.3 利用业务流进行集成和系统功能测试

系统测试是在集成测试之后,与计算机硬件、某些支持软件、数据和人员等系统元素结合起来,在实际运行环境下对计算机系统进行严格的测试,发现软件的潜在问题,保证系统的运行。

集成测试和系统测试中要注意的问题如下。

测试需求分析:除了需要确保要求实现的功能正确,软件更强调数据的精确性,网站强调服务器所能承受的压力,ERP 强调业务流程,驱动程序强调软硬件的兼容性。在做测试分析时需要根据软件的特性来选取测试类型,并将其列入测试需求当中。需求分析后要得出结果:测试的焦点是指根据所测的功能点进行分析、分解,从而得出着重于某一方面的测试,如界面、业务流、模块化、数据、输入域等。目前关于各个焦点的测试也有不少的指南,那些已经是很好的测试需求参考了,在此仅列出业务流的测试分析方法。

任何一套软件都会有一定的业务流,也就是用户用该软件来实现自己实际业务的一个流程,针对这个系统业务流程的测试,需要根据用例场景设计测试用例。用例场景是通过描述流经用例的路径来确定的过程,这个流过程要从用例开始到结束遍历其中所有基本流和备选流。

现在的软件基本都是由事件触发来控制流程的,事件触发时的情景即形成了场景,而不同事件不同的触发顺序和处理结果形成事件流。在 UML 中称为用例路径。这种软件设计思想也被引入到软件测试中,可以生动地描绘出事件触发时的情景,有利于测试设计者设计测试用例,同时测试用例也更加容易地得到理解和执行。

对于信息管理系统和类似的其他系统来说,各个页面的基本功能已经在单元测试阶段详细地进行了测试,但是每个页面或者类单元没有错误并不代表它们集成起来的模块和系统在功能上不会出错。特别要注意页面之间相互联系的业务是否会出现什么问题,系统的集成测试和系统功能测试时需要注意以下几点。

- (1) 多次反复地执行某几个相互联系页面的功能是不是会带来问题?
- (2) 颠倒某些业务的执行顺序是不是会带来问题?
- (3) 采用大量数据的测试是不是会带来问题?
- (4) 几个用户同时进行某个页面操作是不是会带来问题?
- (5) 几个用户同时进行某些不同页面的操作,而这些操作又有联系或者它们之间有复杂的业务逻辑是不是会带来问题?

5.4 利用业务流进行集成和系统功能测试的实验

【实验目的】

- (1) 学习并掌握集成和系统的功能测试方法。
- (2) 利用集成测试和系统的功能测试的基本方法,正确地组织测试用例,编写报告。

【实验环境】

- (1) Windows XP, Office 2007, MySQL 数据库, IE 8.0。
- (2) 被测程序: 实验设备管理系统。

【实验重点及难点】

掌握集成和系统测试的测试方法,编写集成测试报告。正确地组织测试用例并进行测试。

【实验内容】

(1) 学习集成测试思想和方法,完成“实验设备管理系统”各个模块的集成测试和系统功能测试。本次测试主要根据系统需求,对“实验设备管理系统”进行系统测试,主要包括界面测试及各个模块的功能测试。

“实验设备管理系统”的安装过程在本书 4.2.2 节中已经详细地介绍过了,这里不再赘述。被测程序和数据库请到本教材的配套学习网站上下载,具体搭建与配置步骤比较复杂,请参考“附录 B 实验设备管理系统程序安装说明”,或者配套学习网站上的实验设备管理系统程序安装说明. xlsx 文件。

(2) 根据“实验设备管理系统”各个模块的需求,设计各个模块的集成测试和系统功能测试用例。

本次系统测试主要进行系统功能测试,着眼于实验设备管理系统的外部表现行为,关注系统的输入和输出,关注用户的需求。在设计测试用例时,根据各个不同模块的具体需求,主要使用场景法以及业务流进行测试设计。出现缺陷时使用白盒测试的方法进一步对缺陷进行检测。通过执行测试用例,找出管理系统的缺陷,从而保证系统的质量。

制定集成和系统功能测试计划的依据是系统前期开发的文档,包括《系统详细需求说明书》和《系统详细设计说明书》等。详细内容请参考【系统功能说明】

注意: 对于系统的场景以及业务流程的测试要做到全面完整,不能遗漏任何一个可能的业务流程的测试。

(3) 执行测试过程,记录测试 Bug。

(4) 撰写测试报告。

【系统功能说明】

在“实验设备管理系统”中,有两种用户角色的划分,分别是设备管理员和管理员负责人。设备管理员是普通的负责实验室管理的教师,管理员负责人是有审批权限的负责实验室管理的领导。

在“实验设备管理系统”的集成和系统测试中,需要进行各个角色和各个功能之间的关系详尽的测试和确认。特别需要注意的是,各个不同角色同时进行操作时,功能是否能够准确地完成。

系统分为“设备购买管理”“设备信息管理”“设备报废管理”“系统维护”和“退出系统”5

个模块。“设备购买管理”包括“购买设备申请”和“购买设备审批”功能。“设备信息管理”包括“设备信息查询”“设备购买查询”和“设备维修管理”功能。“设备报废管理”包括“设备报废申请”和“设备报废审批”功能。“实验设备管理系统”的功能结构如图 5-1 所示。

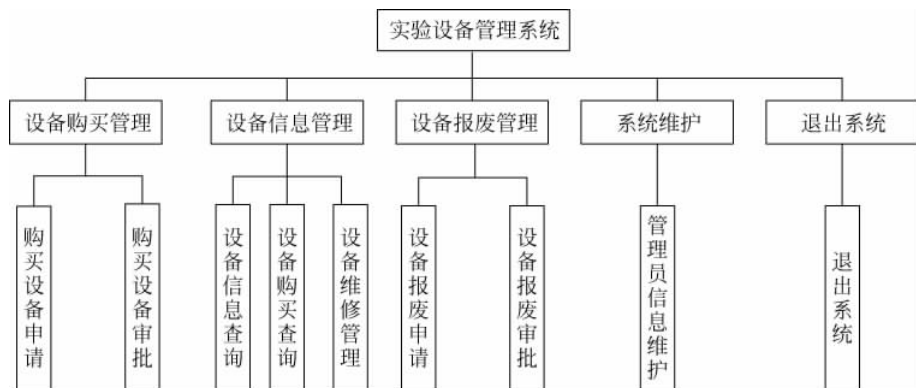


图 5-1 系统功能结构图

设备管理员登录时,先对设备管理员的信息进行验证。若设备管理员信息正确,则可进入系统。设备管理员可以进入“设备购买管理”的“购买设备申请”模块、“设备信息管理”的全部模块、“设备报废管理”的“设备报废申请”模块以及“退出系统”模块。

设备管理员可以在系统中进行购买设备申请,可以查询设备的基本信息,还可以添加、修改和删除设备维修记录。若设备无法维修需要报废,可以提交设备报废申请。设备管理员用例图如图 5-2 所示。

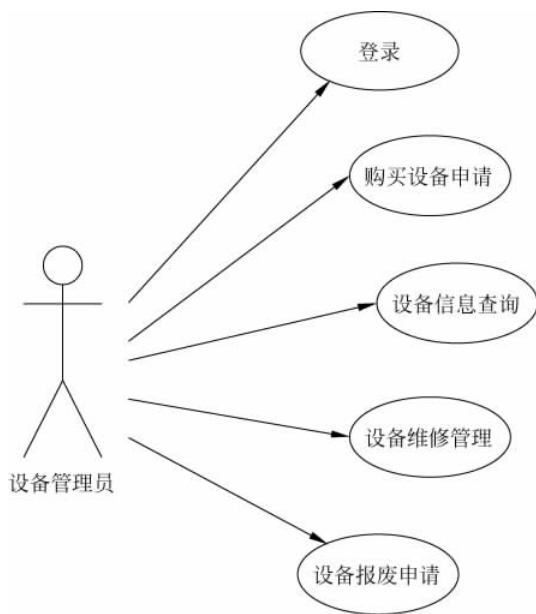


图 5-2 设备管理员用例图

管理员负责人登录时,先对管理员负责人的信息进行核对。若管理员负责人信息正确,则可进入系统。管理员负责人可以进入“设备购买管理”“设备信息管理”“设备报废管理”

“系统维护”和“退出系统”中的各个模块。

管理员负责人可以在系统中进行购买设备申请,可以查询设备的基本信息,还可以添加、修改和删除设备维修记录。若设备无法维修需要报废,可以提交设备报废申请。除此之外,设备管理员提交购买设备申请、设备报废申请后,需由管理员负责人进行审批,通过审批后方可购买设备、报废设备。管理员负责人还可以对管理员信息进行维护,可以添加、修改和删除管理员信息。管理员负责人用例图如图 5-3 所示。

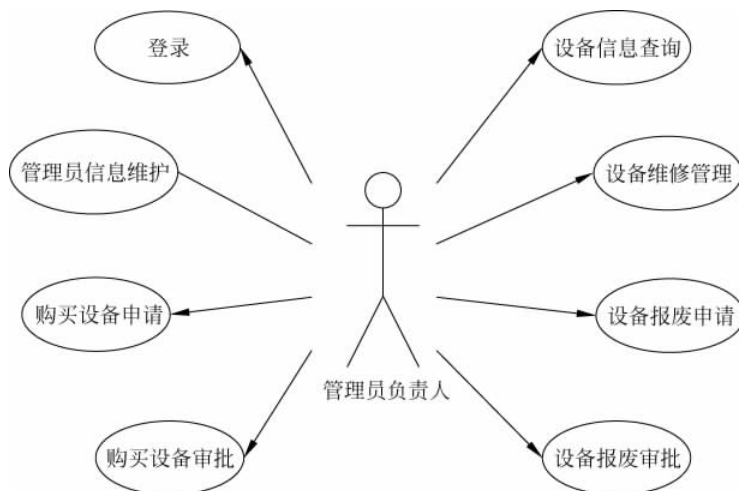


图 5-3 管理员负责人用例图

系统业务流程图如图 5-4 所示,由设备管理员提出购买设备申请,由管理员负责人进行审批。在进行设备购买查询时加入设备购买信息,还可以进行设备维修管理。设备报废申请需管理员负责人审批。

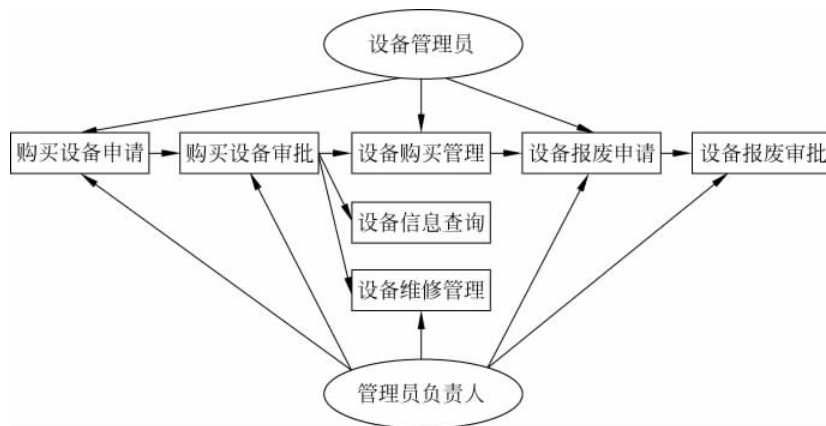


图 5-4 系统业务流程图

设备管理员进入系统主页面如图 5-5 所示,在本页面上集成了本系统的主要功能,共有 4 个功能模块,每个功能模块又包括若干个子功能模块,通过这些功能模块来进行实验设备的日常管理。



图 5-5 设备管理员系统主页面

图 5-6 为管理员负责人系统主页面,与设备管理员系统主页面相比,增加了“购买设备审批”“设备报废审批”以及“管理员信息维护”的功能。管理员负责人不仅可以完成设备管理员的操作,在设备管理员提交购买设备申请、设备报废申请后,管理员负责人需对其进行审批,才可购买设备、报废设备。同时管理员负责人可以对本系统的安全性进行管理,在系统维护模块中,可以添加、删除和修改设备管理员的权限。



图 5-6 管理员负责人系统主页面

下面分别介绍各个主要页面的功能。

1. “设备购买管理”模块

1) 购买设备申请页面

在购买实验设备之前,需由设备管理员或管理员负责人提交申请,此时需要单击“设备购买管理”模块下的“购买设备申请”选项。单击后显示购买设备申请页面,如图 5-7 所示。



图 5-7 购买设备申请页面

购买设备申请页面中,可以进行添加购买设备申请、编辑购买设备申请及删除购买设备申请的操作。还可根据“设备名”和“申请时间”查询购买设备申请信息。

在“购买设备申请”页面,单击“购买设备申请”按钮,会显示购买申请表页面,申请人需填写相关信息,单击“提交”按钮,便完成了购买设备申请的操作。购买申请表页面如图 5-8 所示。

2) 购买设备审批页面

申请者申请购买设备后,会提交到审批列表中,管理员负责人登录系统后,单击“设备购买管理”模块下的“购买设备审批”选项,能够查看到设备购买审批列表,从而进行审批操作。还可根据“设备名”或“申请时间”查询购买设备申请信息。购买设备审批页面如图 5-9 所示。

2. “设备信息管理”模块

1) 设备信息查询页面

当需要查询设备基本信息时,单击“设备信息管理”模块下的“设备信息查询”选项即可,页面显示实验设备一览表,可以查看实验设备的基本信息,也可根据“设备名”或“购买日期”显示要查询的设备信息,如图 5-10 所示。

实验设备管理系统 当前用户: admin 退出系统

设备购买管理

- 购买设备申请
- 购买设备审批
- 设备信息管理
- 设备信息查询
- 设备购买查询
- 设备维修管理
- 设备报废管理
- 系统维护
- 退出系统

设备型号:	HP LaserJet
设备名:	HP打印机
日期:	2016-09-21 13:11
规格:	LaserJet5622
数量:	2
申请人:	王老师
提交 重置	

图 5-8 购买申请表页面

实验设备管理系统 当前用户: admin 退出系统

购买设备审批

设备型号	设备名	日期	规格	数量	申请人	审批状态	操作
ThinkPad1029	笔记本电脑	2014-02-13 10:26	222	3	李老师	未通过	同意 不同意
s5	打印机	2014-02-09 14:07	22	12	李四	通过	同意 不同意
S500	电脑	2014-02-09 14:11	P4	1	张三	通过	同意 不同意
ios	ipad	2014-03-19 00:10	1	1	gy	审批中	同意 不同意
HP LaserJet	HP打印机	2016-09-21 13:11	LaserJet5622	2	王老师	通过	同意 不同意

共有记录5条

设备名:

申请时间: -

图 5-9 购买设备审批页面

2) 设备购买查询页面

购买设备审批通过后,可以通过单击“设备信息管理”模块下的“设备购买查询”选项,在设备购买查询页面中查看设备的单价、购买日期、生产厂家、购买人等信息。也可根据“设备名”或“购买日期”来查询设备的购买信息。设备购买查询页面如图 5-11 所示。



图 5-10 设备信息查询页面



图 5-11 设备购买查询页面

在设备购买查询页面中,单击“编辑”按钮后,可对设备购买信息进行修改及添加操作,如图 5-12 所示。

3) 设备维修管理页面

“设备维修管理”页面记录了设备维修信息,若需要添加、编辑、删除维修记录,可单击“设备信息管理”模块下的“设备维修管理”选项。在此页面中可以根据“设备名”和“维修日期”查看相关维修记录。设备维修管理页面如图 5-13 所示。

设备型号:	S500
设备名:	电脑
规格:	P4
单价:	4000.0
购买日期:	2014-02-14 14:12
生产厂家:	联想
购买人:	李四
数量:	1
提交 重置	

图 5-12 设备购买表页面

设备型号	设备名	维修日期	维修厂家	维修费用	责任人	操作
ThinkPad112	联想台式机	2014-02-09 12:09	联想电脑公司	1209.0	李行	编辑 删除
LaserJet6227	HP打印机	2016-09-14 11:38	精思电脑设备公司	333.0	王老師	编辑 删除
ThinkVision112	联想电脑	2016-12-01 14:53	联想公司维修部	200.0	李老師	编辑 删除

共有记录3条

添加维修记录

设备名:

维修日期: -

图 5-13 设备维修管理页面

在设备维修管理页面中单击“添加维修记录”按钮,会显示图 5-14 所示的“维修记录表”页面,用户需要填写设备维修的相关信息。

设备型号:	ThinkVision112
设备名:	联想台式机
维修日期:	2014-02-09 12:09
维修厂家:	联想电脑公司
维修费用:	1209.0
责任人:	李行
提交 重置	

图 5-14 维修记录表页面

3. “设备报废管理”模块

1) 设备报废申请页面

当实验设备损坏严重,无法维修,需要报废时,用户需提交报废申请。此时单击“设备报废管理”模块下的“设备报废申请”选项,在“设备报废申请”页面单击“报废申请”按钮即可。在此页面中可以根据“设备名”“购买日期”查看相关设备报废申请信息。设备报废申请页面如图 5-15 所示。

设备型号	设备名	规格	单价	购买日期	生产厂家	购买人	数量	操作
1	鼠标	222	11.0	2014-02-07 11:48			33	报废申请
s5	打印机	22	12.5	2014-02-12 14:08	22	33	12	报废申请
S500	电脑	P4	4000.0	2014-02-14 14:12	联想	李四	1	报废申请
HFDSS	鼠标	LK88	78.0	2016-09-09 09:51	讯实	张老师	5	报废申请
ThinkPad1234	笔记本电脑	ThinkPad	3216.0	2016-09-14 13:02	联想	张老师	5	报废申请

共有记录5条

设备名: 购买日期: -

图 5-15 设备报废申请页面

2) 设备报废审批页面

在图 5-15 中单击“报废申请”按钮后,该信息会显示在报废设备审批页面中,管理员负责人登录后可在此页面进行设备报废审批。若批准设备报废,则单击“同意”按钮;若不批准设备报废,则单击“不同意”按钮。在此页面中可以根据“设备名”“报废日期”查看相关设备报废审批信息。设备报废审批页面如图 5-16 所示。

4. “系统维护”模块

管理员负责人可以通过单击“系统维护”模块下的“管理员信息维护”选项对管理员信息进行维护,保证系统的安全。在“管理员信息维护”页面中,可以添加、删除、修改管理员信息。管理员信息维护页面如图 5-17 所示。

管理员负责人单击“删除”按钮时,可以删除该行信息。当管理员负责人单击“编辑”按钮时,可对该行信息进行更改,包括“登录名”“密码”“权限”,如图 5-18 所示。

管理员负责人单击“添加管理员”按钮时,会显示“管理员信息表”页面,可以填写需要添加的管理员的相关信息。



图 5-16 设备报废审批页面



图 5-17 管理员信息维护页面



图 5-18 管理员信息表页面

【实验指导】

在“实验设备管理系统”中,有两种角色的划分,分别是设备管理员和设备管理员负责人。在“实验设备管理系统”的集成和系统测试中,需要进行各个角色和各个功能之间的详尽的测试和确认。特别需要注意各个不同角色同时进行操作时,功能是否能够准确的完成。

在进行“实验设备管理系统”的集成和系统测试时,测试用例的设计要特别注意以下几点。

(1) 购买设备申请页面。

单击“购买设备申请”按钮,如果“数量”没有输入数字,记录是否提交出错,数据库中是否没有这条新加的记录。

(2) 购买设备审批页面。

新增一条设备购买申请的记录,在购买设备审批页面应该可以查询到该记录,其状态为“审批中”,如果单击“同意”按钮,则其状态显示“通过”;单击“不同意”按钮,则其状态显示“未通过”。显示“通过”的记录不可以再单击“不同意”按钮。显示“通过”的记录可以再单击“同意”按钮。显示“未通过”的记录可以再单击“同意”按钮。显示“未通过”的记录可以再单击“不同意”按钮。

(3) 在购买设备审批页面中审批状态为“通过”的记录,在设备信息查询、设备购买查询、设备报废申请页面其状态应该是空。在设备维修管理页面、设备报废审批页面应该不能够查到这条记录。

(4) 设备购买查询页面。

单击“编辑”按钮继续添加“购买日期”“单价”“生产厂家”和“购买人”等信息,此时在设备信息查询页面、设备报废申请页面中可以查到这条记录并且信息一致,状态应该为空,在设备维修管理页面和设备报废审批页面不应该有这条记录。

(5) 设备维修管理页面。

在设备维修管理页面可以多次单击“添加维修记录”按钮,添加对一个设备的维修记录,也可以按照“维修日期”和“设备名”对维修记录进行查询,还可以删除维修记录。

(6) 设备报废申请页面。

报废申请应该只能提交一次,单击“报废申请”按钮后,自动在设备报废审批页面生成一条相应的数据,其状态为空,责任人和报废时间为空。多次单击“报废申请”按钮,报废审批页面应该还是保持一条数据不变。

(7) 设备报废审批页面。

如果在该页面中单击了“不同意”按钮,则审批状态应该变为“未通过”,责任人和报废日期为空。在设备报废审批页面中如果单击了“同意”按钮,其审批状态应该变为“通过”,其报废日期为当前系统时间,责任人为当前用户(设备管理员负责人)。在“设备信息查询”和“设备购买查询”页面其状态应该由空变为“报废”。

以下为集成和系统功能测试基本测试用例,请参考。

1) “设备购买管理”模块

“设备购买管理”模块的测试用例和测试结果如表 5-1 所示,登录密码是“8888”。

表 5-1 “设备购买管理”模块测试用例

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
1-1	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“购买设备申请”按钮,检验“购买申请表”中的“提交”与“重置”按钮是否可用	可以成功提交购买设备申请信息,“购买申请表”中的“提交”与“重置”按钮可用	当输入字段为空时,没有未输入的检查,有些字段为空时记录提交出错。其他与预期结果一致
1-2	以 zs 身份(设备管理员)提交“购买申请表”后,检验购买设备申请页面是否会显示出申请信息 此时,以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,是否会显示出申请信息	可以在 zs 身份(设备管理员)页面的“设备购买申请”页面中显示申请信息。状态为“审批中”。并且在其他页面(设备信息查询、设备购买查询、设备维修管理页面、设备报废申请页面)应该不显示这条记录 以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,检验是否会在“购买设备申请”以及“购买设备审批”页面中显示出该条申请信息,状态应为“审批中”。并且在其他页面(设备信息查询、设备购买查询、维修管理页面、报废申请、报废审批页面)应该不能够查到这条记录	与预期结果一致
1-3	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“购买设备申请”页面中的“编辑”按钮是否可用,以及弹出“购买申请表”中的“提交”与“重置”按钮是否可用,检验编辑后的信息是否直接在此页面发生改变,且检验以 admin 身份(管理员负责人)登录后,购买设备申请与购买设备审批页面中,显示的信息是否发生改变	购买设备申请页面中的“编辑”按钮可用,弹出的“购买申请表”中的“提交”与“重置”按钮可用。编辑后的信息不仅直接在此页面发生改变,而且在管理员负责人页面的“购买设备申请”以及“购买设备审批”页面中的信息也发生改变	当输入字段为空时,没有未输入的检查,记录提交出错。其他与预期结果一致
1-4	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“购买设备申请页面”中的“删除”按钮是否可用,删除的信息是否不会显示在当前页面中。且检验以 admin 身份(管理员负责人)登录后,“购买设备申请”与“购买设备审批”页面中,是否会显示此条信息	当前页面不会显示删除的信息,管理员负责人页面中的“购买设备申请”与“购买设备审批”页面中不会显示此信息	与预期结果一致
1-5	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“购买设备申请”中的按“设备名”查询信息是否可用	按“设备名”查询信息可用	与预期结果一致

续表

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
1-6	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“购买设备申请”中的按“申请时间”查询信息是否可用	按“申请时间”查询信息可用	与预期结果一致
1-7	以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,在“购买设备审批”页面中,一次或多次单击“不同意”按钮 当以 zs 身份(设备管理员)登录系统时,检验是否可在“购买设备申请”页面中,看到相关信息并且状态正确	检验审批状态是否为“未通过”。在“设备信息管理”模块的“设备信息查询”“设备购买查询”,在“设备维护”“设备报废”各个页面不可以看到此设备信息 当以 zs 身份(设备管理员)登录系统时,检验是否可在“购买设备申请”页面中,看到相关信息并且状态“未通过” 在“设备信息管理”模块的“设备信息查询”“设备购买查询”页面不可以看到此设备信息。在“设备维修管理”“设备报废”模块各个页面不可以看到此设备信息	与预期结果一致
1-8	以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,在“购买设备审批”页面中,单击“同意”按钮	检验审批状态是否变为“通过” 当以 zs 身份(设备管理员)登录系统时,可在“设备信息查询”“设备购买查询”页面中,看到相关信息并且状态正确,状态为空 在“设备报废管理”模块的“设备报废申请”页面,也可以看到此设备信息,状态为空。但是在“设备信息管理”模块的“设备维修管理”页面,在“设备报废审批”页面,不可以看到此设备信息	在“设备信息查询”“设备购买查询”页面可以看到此设备信息,但是状态为 null。(见图 5-19) 其他与预期结果一致
1-9	以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,在“购买设备审批”页面中,对状态已经是“通过”的设备再次单击“同意”按钮	检验审批状态是否仍为“通过” 在“设备信息管理”模块的“设备信息查询”“设备购买查询”页面,在“设备报废管理”模块的“设备报废申请”页面,仍然可以看到此设备的一条信息 在其他页面没有此记录的信息	在“设备信息管理”模块的“设备信息查询”“设备购买查询”页面,在“设备报废管理”模块的“设备报废申请”页面,看到此设备的 2 条重复的信息。(见图 5-20) 其他与预期结果一致
1-10	以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,在“购买设备审批”页面中,对状态已经是“通过”的设备再次单击“不同意”按钮	应该弹出警告不允许进行此操作。审批状态仍然为“通过” 在“设备信息管理”模块的“设备信息查询”“设备购买查询”页面,在“设备报废管理”模块的“设备报废审批”页面仍然可以看到此设备的一条信息	没有警告 审批状态变为“未通过” 其他与预期结果一致
1-11	由于 admin(管理员负责人)的“设备购买管理”模块与 zs(设备管理员)的“设备购买管理”模块功能相似,因此在 admin(管理员负责人)的“设备购买管理”模块中再执行一遍用例 1-1 至用例 1-10	管理员负责人页面中的“设备购买管理”模块中各功能正常	Bug 与用例 1-1 至用例 1-10 相同



图 5-19 状态为 null



图 5-20 两条重复的信息

2) “设备信息管理”模块

“设备信息管理”模块的测试用例和测试结果如表 5-2 所示。

表 5-2 “设备信息管理”模块测试用例

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
2-1	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“设备信息查询”选项,检验是否显示设备基本信息	正常显示设备基本信息	与预期结果一致
2-2	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“设备购买查询”按钮,单击此页面中的“编辑”按钮,对信息进行更改,检验“设备购买表”页面中的“提交”与“重置”按钮是否可用	“设备购买查询”中的“编辑”按钮可用 “设备型号”“设备名”和“规格”不可修改 如果任意字段为空,应该弹出对话框不允许输入为空 页面中的“提交”与“重置”按钮可用	“设备名”和“规格”可修改 当字段为输入空时,没有未输入的检查,“数量”等为空时记录提交出错 其他与预期结果一致
2-3	以 zs 身份(设备管理员)或以 admin 身份(管理员负责人)进入系统时,单击“设备信息查询”选项	以设备管理员或管理员负责人身份登录,设备信息查询页面该条信息均发生改变	与预期结果一致
2-4	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“设备购买查询”选项,单击此页面中的“编辑”按钮,对信息进行更改,之后以 zs 身份(设备管理员)或以 admin 身份(管理员负责人)进入系统时,单击“设备信息查询”选项	检验信息是否改变并且仅为一条信息	与预期结果一致
2-5	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备购买查询”中的按“设备名”查询信息是否可用	按“设备名”查询信息可用	与预期结果一致
2-6	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备购买查询”中的按“购买日期”查询信息是否可用	按“购买日期”查询信息可用	与预期结果一致
2-7	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“设备维修管理”选项,单击“添加维修记录”按钮,检验“维修记录表”中的“提交”与“重置”按钮是否可用	可以成功添加设备维修记录,“维修记录表”中的“提交”与“重置”按钮可用	当字段输入为空时,没有未输入的检查,某些字段为空时记录提交出错。“维修费用”不是数字时出错 其他与预期结果一致
2-8	以 zs 身份(设备管理员)添加设备维修记录后,检验设备维修管理页面是否会显示出设备维修信息。此时,以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,检验是否会在“设备维修管理”页面中显示出设备维修信息	可以在管理员负责人页面的“设备维修管理”页面中显示设备维修信息	与预期结果一致

续表

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
2-9	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备维修管理”页面中的“编辑”按钮是否可用,以及弹出的“维修记录表”中的“提交”与“重置”按钮是否可用,检验编辑后的信息是否直接在此页面发生改变,且检验以 admin 身份(管理员负责人)登录后,设备维修管理页面中显示的信息是否发生改变	“设备维修管理”页面中的“编辑”按钮可用,弹出“维修记录表”中的“提交”与“重置”按钮可用。编辑后的信息不仅直接在此页面发生改变,而且也在管理员负责人页面的设备维修管理页面中发生改变	当字段的输入为空时,没有未输入的检查,某些字段为空时记录提交出错。“维修费用”输入非数字时出错 其他与预期结果一致
2-10	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备维修管理”页面中的“删除”按钮是否可用,删除的信息是否不会显示在当前页面中。且检验以 admin 身份(管理员负责人)登录后,“设备维修管理”页面中是否会显示此条信息	当前页面不会显示已经删除的信息,管理员负责人页面中的“设备维修管理”页面中不会显示此信息	与预期结果一致
2-11	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备维修管理”中的按“设备名”查询信息是否可用	按“设备名”查询信息可用	与预期结果一致
2-12	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备维修管理”中的按“维修日期”查询信息是否可用	按“维修日期”查询信息可用	与预期结果一致
2-13	由于 admin(管理员负责人)的“设备信息管理”模块与 zs(设备管理员)的“设备信息管理”模块功能相似,因此在 admin(设备管理员负责人)的“设备信息管理”模块中再执行一遍用例 2-1 至用例 2-12	管理员负责人页面中的“设备信息管理”模块中各功能正常	Bug 同用例 2-1 至用例 2-12

3) “设备报废管理”模块

“设备报废管理”模块的测试用例和测试结果如表 5-3 所示。

表 5-3 “设备报废管理”模块测试用例

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
3-1	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“设备报废申请”选项,单击操作栏中的“报废申请”按钮。以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,检验“设备报废审批”页面中是否显示此信息	以管理员负责人身份进入系统,“设备报废审批”页面中显示此信息	与预期结果一致
3-2	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,对已经提交设备报废申请的记录再次单击操作栏中的“报废申请”按钮	弹出警告:“该设备已经报废” “设备报废审批”页面仍是一条记录	“报废审批”页面显示 2 条重复的记录

续表

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
3-3	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备报废申请”页面中的按“设备名”查询信息是否可用	按“设备名”查询信息可用	与预期结果一致
3-4	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,检验“设备报废申请”页面中的按“购买日期”查询信息是否可用	按“购买日期”查询信息可用	与预期结果一致
3-5	以 admin 身份(管理员负责人)登录系统,在“设备报废审批”页面的操作项中,单击“同意”按钮,检验审批状态是否变为“通过”,其报废时间为当前系统时间,责任人为当前用户(管理员负责人)。单击“不同意”按钮,检验审批状态是否变为“未通过”,其报废时间、责任人为空。同意报废时,检验“设备信息查询”页面、“设备购买查询”页面中的状态栏是否改为“报废”。以 zs 身份(设备管理员)登录系统,检验“设备信息查询”页面、“设备购买查询”页面中的状态栏是否改为“报废”。不同意报废时,检验“设备信息查询”页面、“设备购买查询”页面中的状态栏是否仍然为空	管理员负责人设备报废审批功能正常	与预期结果一致
3-6	在“设备报废审批”页面,对已经报废的设备再次单击“不同意”按钮	应该弹出警告框:“该设备已经报废”,在设备报废审批页面其审批状态应该仍然为“通过” 在设备信息查询、设备购买查询页面,其状态仍然为“报废”	没有弹出警告框,在设备报废审批页面其审批状态为“未通过” 其他与预期结果一致
3-7	由于 admin(管理员负责人)的“设备报废管理”模块与 zs(设备管理员)的“设备报废管理”模块功能相似,因此在 admin(管理员负责人)的“设备报废管理”模块中再执行一遍用例 3-1 至用例 3-6	管理员负责人页面中的“设备报废管理”模块中的各功能正常	Bug 与用例 3-1 至用例 3-6 相同

4) “系统维护”模块

“系统维护”模块的测试用例和测试结果如表 5-4 所示。

表 5-4 “系统维护”模块测试用例

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
4-1	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,单击“管理员信息维护”选项,单击“添加管理员”按钮,检验“管理员信息表”中的下拉框、“提交”与“重置”按钮是否可用	可以成功提交管理员信息,“管理员信息表”中的下拉框、“提交”与“重置”按钮可用	与预期结果一致
4-2	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,检验“管理员信息维护”页面中的“编辑”按钮是否可用,以及弹出“管理员信息表”中的“提交”与“重置”按钮是否可用。检验编辑后的信息在此页面是否直接发生改变	“管理员信息维护”页面中的“编辑”按钮可用,弹出“管理员信息表”中的“提交”与“重置”按钮可用。编辑后的信息直接在页面中改变	与预期结果一致
4-3	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,检验“管理员信息维护”页面中的“删除”按钮是否可用,删除的信息是否不会显示在当前页面中	当前页面不再显示删除的信息	与预期结果一致
4-4	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,检验“管理员信息维护”页面中的按管理员名称查询信息是否可用	按管理员名称查询信息可用	与预期结果一致

5) “退出系统”模块

“退出系统”模块的测试用例和测试结果如表 5-5 所示。

表 5-5 “退出系统”模块测试用例

用例编号	用例描述	预期结果	实际结果
5-1	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击“退出系统”模块中的“退出系统”选项,检验是否退出系统	成功退出系统	与预期结果一致
5-2	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,单击“退出系统”模块中的“退出系统”选项,检验是否退出系统	成功退出系统	与预期结果一致
5-3	以 zs 身份(设备管理员)进入系统,单击主页面中的“退出系统”选项,检验是否退出系统	成功退出系统	与预期结果一致
5-4	以 admin 身份(管理员负责人)进入系统,单击主页面中的“退出系统”选项,检验是否退出系统	成功退出系统	与预期结果一致

【测试中需要注意的问题点】

(1) 集成测试之前,集成的各个模块以及页面一定要做好充分的独立功能测试,否则在集成测试中碰到的问题要花大量的时间去查找到到底是模块自身的功能问题,还是由于集成引起的问题。如果是自身引起的问题,则会浪费很多时间在修改和回测,造成时间浪费。在实际测试过程中,要避免集成的各个模块以及页面没有做好充分的单元测试,导致集成测试不全面。

(2) 充分理解测试需求,按照系统的设计要求进行测试。避免主观臆断想当然的进行测试,导致测试功能不符合系统原来的设计意图。

(3) 集成测试点、测试用例、测试数据都需要提前拟定,由测试人员进行审核和确认,达成共识。在实际测试过程中,要避免没有详尽的测试点、测试用例、测试数据的考虑,就匆忙上阵,导致测试进行的不全面。

(4) 系统功能测试需要通过全面的系统业务流程模拟的方式进行。

5.5 系统性能测试

5.5.1 性能测试定义与要点

性能测试是指通过自动化的测试工具去模拟多种正常、峰值以及异常负载条件,来对系统的各项性能指标进行测试。性能测试的目的是验证软件系统是否能够达到用户提出的性能指标,发现软件系统中存在的性能瓶颈,以优化软件和系统。

性能测试可以通过手工和自动化两种测试手段实现。相比于“性能手工测试”而言,“性能自动测试”具有很多优势,节省了大量的人力资源和硬件资源,且自动化工具可以自动控制虚拟用户的运行与同步,实现严格意义上的并发操作;测试完毕后,工具将自动搜集测试数据,并分析结果,无需逐一搜集各台机器上的测试数据与结果。“性能自动测试”也可以比较快捷地重现上一次的测试场景。

性能自动化测试工具能够帮助测试人员模拟很多真实复杂的业务场景,能够让系统连续运行几天几夜甚至更久的时间,还能捕捉到很多难以捕捉到的结果,这些都是手工测试不能完成的。

5.5.2 性能测试术语

性能测试领域中,有着很多术语,如吞吐量、点击率、响应时间和 TPS 等,它们在测试中占有举足轻重的地位,接下来将一一介绍。

(1) 并发: 并发一般分两种情况。一种是严格意义上的并发,即所有用户在同一时刻做同一件事情或操作,这种操作一般针对同一类型的业务。另一种并发是广义的并发。这种并发与狭义的并发的区别是尽管多个用户对系统发出了请求或进行了操作,但是这些请求或操作可以是相同的,也可以是不同的。对整体系统而言,仍然有很多用户同时对系统进行操作,因此,属于并发的范畴。

(2) 并发用户数: 指某一个时刻同时进行了对服务器产生影响的操作的用户数量。

(3) 请求响应时间: 对请求做出响应所需要的时间,即从客户端发出请求到得到响应的整个过程的时间,单位通常为“秒”或者“毫秒”。

(4) 事务: 事务是一个操作或一系列操作,可将所关注的一系列操作“封装”成一个事务。

(5) 事务响应时间: 完成一个事务所用的时间,一般“事务响应时间”中会包含一个或多个“请求响应时间”。

(6) 每秒事务数(Transaction Per Second, TPS): 指每秒系统能够处理的交易或事务的数量。它是衡量系统处理能力的重要性能参数指标。

(7) 吞吐量、吞吐率: 吞吐量即在单次事务中,客户端与服务器端进行的数据交互总量,通常,该参数受服务器性能和网络性能的影响。吞吐量除以时间,就是吞吐率,吞吐率是衡量网络性能的重要指标,一般可以用“请求数/秒”或“页面数/秒”“业务数/小时或天”“访问人数/天”“页面访问量/天”等单位来衡量。

(8) 点击率(Hit Per Second, HPS): 指每秒用户向 Web 服务器提交的 HTTP 请求数,

点击率越大,表明对服务器产生的压力也越大,但是点击率的大小并不能衡量系统的性能高低,因为它并没有代表点击产生的影响。

5.5.3 性能测试流程

性能测试主要包含计划阶段、设计阶段、实施阶段和执行阶段。

计划阶段的主要工作包括明确测试对象、定义测试目标、定义测试通过的标准、规划测试进度等。

设计阶段的主要工作包括设计测试用例、设计测试方法、定义监控指标、编写测试文档等。

实施阶段的主要工作包括搭建测试环境、准备测试数据、调试测试工具等。

执行阶段的主要工作包括测试脚本的录制与调试、对测试用例模型进行执行、监控测试过程、对测试结果进行分析等。

性能测试流程图如图 5-21 所示。

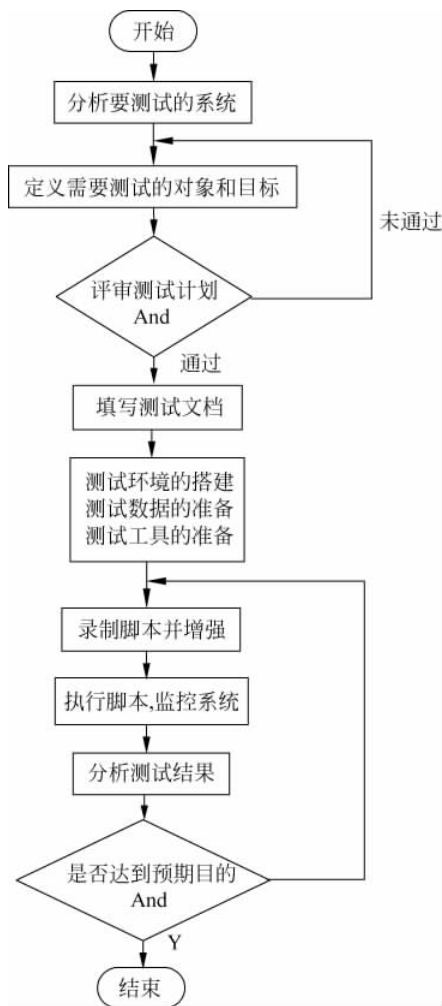


图 5-21 性能测试流程图

5.5.4 系统性能测试软件 LoadRunner

1. LoadRunner 概述

LoadRunner 是一种预测系统行为和性能的负载测试工具。通过模拟大量用户实施并发负载及实时性能监测的方式来确认和查找系统的性能问题。LoadRunner 能够对整个企业架构进行测试,通过使用 LoadRunner,企业能最大限度地缩短性能测试时间,优化系统性能,加速应用系统的发布周期。LoadRunner 是一种适用于各种体系架构的自动负载测试工具,它能预测系统行为并优化系统性能。

2. LoadRunner 组成

LoadRunner 测试过程的每个步骤均由一个 Mercury LoadRunner 工具组件执行。如图 5-22 所示,具体说明如下。

1) Mercury 虚拟用户生成器(VuGen)——创建脚本

VuGen 通过录制应用程序中用户执行的操作来生成虚拟用户(Vuser)。VuGen 将这些操作录制到自动虚拟用户脚本中,以便作为负载测试的基础。



图 5-22 LoadRunner 组成示意图

2) Mercury LoadRunner Controller——设计和运行场景

Controller 是用来创建、管理和监控负载测试的中央控制台。使用 Controller 可以运行用来模拟真实用户执行的操作的脚本,并可以通过让多个 Vuser(虚拟用户)同时执行这些操作来在系统中创建负载。

3) Mercury Analysis——分析场景

Mercury Analysis 提供包含深入的性能分析信息的图和报告。使用这些图和报告,可以标识和确定应用程序中的瓶颈,并确定需要对系统进行哪些更改来提高系统性能。

3. LoadRunner 术语

以下为 LoadRunner 使用中的一些常见术语。

场景(Scenario): 即测试场景,在 LoadRunner 中是指 Controller 中涉及与执行测试脚本中的用户场景。

事务(Transaction): LoadRunner 通过事务来衡量服务器的性能。从业务方面讲,事务是用户做的一个或一系列操作,代表一定的功能;从程序方面讲,事务在程序中的表现就是一段代码块。一般可以将一个或多个操作步骤定义为一个事务。

虚拟用户(Vuser): 在场景中,LoadRunner 用虚拟用户即 Vuser 代替实际用户。Vuser 模拟实际用户的操作来使用应用程序。一个场景可以包含几十、几百甚至几千个 Vuser。

虚拟用户脚本(Vuser Script): 在 VuGen 中录制得到用户的行为就好比虚拟了一个用户的行为,这个录制到的行为就被称为虚拟用户脚本。虚拟脚本用于描述 Vuser 在场景中执行的操作。

4. LoadRunner 性能测试流程

测试通常由计划、脚本创建、场景定义、场景执行和结果分析五个阶段组成,如图 5-23 所示。



图 5-23 LoadRunner 性能测试流程图

- 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：使用 LoadRunnerVuGen 将最终用户活动捕获到自动脚本中;
- 定义场景：使用 LoadRunner Controller 设置负载测试环境;
- 运行场景：通过 LoadRunner Controller 驱动、管理和监控负载测试;
- 分析结果：使用 LoadRunner Analysis 创建图和报告并评估性能。

5. 性能测试计划的制定

针对被测项目的背景,性能测试范围及软件实际运行情况,对于被测系统进行全面分析,制定性能测试计划。具体如下。

- 系统主要产生压力的角色有哪些?
- 系统主要产生压力的功能有哪些?
- 系统使用频繁时间有哪些?

然后针对以上系统压力最大的因素进行性能测试需求提取与设计,设计出性能测试的具体测试用例。性能测试用例应该包括以下内容。

- 测试用例编号;
- 业务名称：测试哪个子系统的哪个模块;
- 测试步骤：包括测试哪个页面的哪个操作,具体操作步骤是什么;
- 脚本设置：应该包括具体的事务设置内容,包括事务名称、起始位置和结束位置;
- 场景设置：应该根据系统应用情况,设计出具体场景设置内容,如 300 个用户同时并发操作,每 10 秒增加 50 个用户等。
- 期望结果：
 - ▶ 平均事务响应时间;
 - ▶ 90%响应时间;
 - ▶ 事务成功率;
 - ▶ CPU 使用率;
 - ▶ 内存占用率。

6. 创建测试脚本

脚本录制编写是使用 LoadRunner 进行性能测试的一个重要环节。在 LoadRunner 性

能测试过程中,虚拟用户模拟真实用户使用被测系统,这个“模拟”的过程正是通过性能测试脚本来实现的。因此,编写一个准确无误的脚本对性能测试有至关重要的意义。

Vugen 的工作原理如图 5-24 所示,实质为“代理”,代理(Proxy)可比喻为客户端与服务器之间的中介人。录制过程中,VuGen 充当了“代理”,它负责截获客户端与服务端之间的通信包,并负责转发,具体而言,截获并记录客户端发给服务器的请求数据包,之后将其转发给服务器端。服务器端处理请求后,VuGen 截获并记录从服务器端返回的数据包,之后将其返回给客户端。VuGen 通过分析“捕获到的信息”并将其还原成与通信协议相对应的脚本,再将生成的脚本插入到 VuGen 编辑器中,以创建原始的 Vuser 脚本。

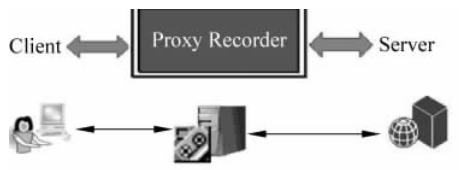


图 5-24 VuGen 工作原理

在 Vugen 中启动虚拟用户生成器,开始测试脚本录制工作的页面如图 5-25 所示。

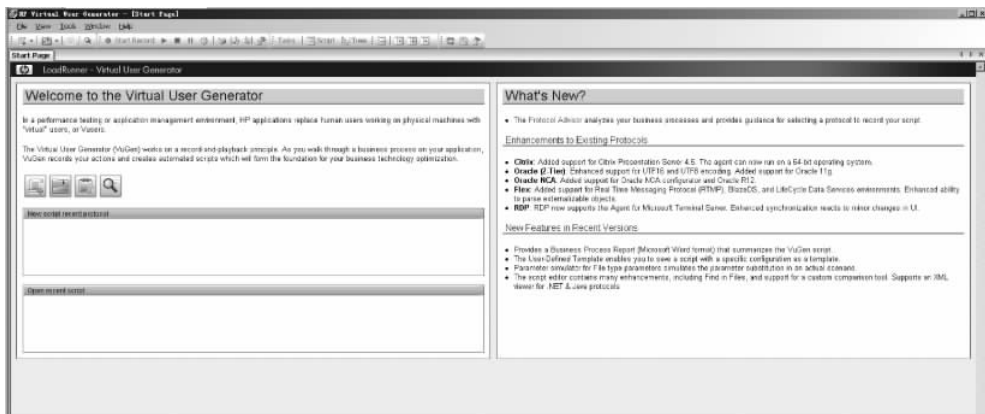


图 5-25 VuGen 初始页面

单击 File|New 命令,创建脚本。首先选择正确的协议,一般 Web 系统选择 Web (HTTP/HTML)协议。选择了正确的协议后,单击 Create 按钮,将显示录制对话框,在对话框中输入系统 URL Address,单击 OK 按钮,进入录制画面。

这里引入事务的概念。事务是一系列操作的集合,在“一系列操作”之前与之后设定事务开始与结束,从而将“一系列操作”封装为一个整体,即事务。“插入事务”的作用及优势主要体现在能够对事务进行单独分析,更便于查看“一系列操作”的响应时间指标。

添加新事务,输入新事务的名称。按照测试计划在页面上的操作完成后,结束事务的录制。此时,可以观察到,在已经录制好的脚本中,出现了“lr_start_transaction()”和“lr_end_transaction(LR_AUTO)”的字样,这两行语句为事务函数,标明了事务的起点与终点。

在全部录制工作结束后,还要单击工具条上的  按钮进行回放,并在回放日志中寻找有无 Bug,如回放日志正常,证明脚本录制无误。

7. 测试场景创建与执行

在 VuGen 中选择 Tools|Create Controller Scenario,启动 Controller。

进入 LoadRunner Controller 页面,进入左下角 Global Schedule 对场景进行配置。

首先单击左下角的 Initialize(初始化)项,接下来设置加压方式,设置 Vuser 持续执行时间。

为了了解平均事务响应时间,开启服务器水平协议窗口(Service Level Agreement, SLA)。传统上,SLA 包含了对服务有效性的保障,譬如对故障解决时间、服务超时等的保证。场景中,Controller 将搜集并储存与该测量目标相关的数据,之后在 Analysis 中将搜集到的性能数据与事先设定的目标进行比较,最终确定该指标的 SLA 状态是否通过,便于测试结果的分析。

打开 SLA 设置窗口,选择“通过时间线中的时间间隔确定 SLA 状态”及分支选项“平均事务响应时间”,选择带度的事务到 Selected Transaction 中。设定负载区间。进入 Service Level Agreement-Goal Definition 页面,进行负载设置。在 SLA 目标定义的时候,允许针对不同的负载数量区间设定不同的负载阈值。

设定完成后,回到 Controller 中,进行测试。测试过程中,下方的 4 张数据图会动态更新。具体的过程请参考 5.5.5 节。

8. 性能测试结果分析

要分析结果,需要用到 LoadRunner 中的第三个工具——Analysis。

Analysis 是压力结果分析工具,是性能测试结果分析的有效工具和手段,它汇总了 Controller 收集的各类结果分析图,包括 Load Generator、应用服务器等系统资源使用情况及事务响应时间、吞吐量、点击率及网页细分图等。它还可以自动生成分析概要报告、SLA 报告及事务分析报告等各类报告。

Analysis 支持多种启动方式,在图 5-26 所示的 Controller 工作栏中单击 Analysis 按钮直接启动 Analysis。

启动后即进入 Analysis 结果分析窗口,如图 5-27 所示。可以看出程序已经自动生成了一份测试概要报告,由以下几个部分组成。

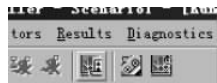


图 5-26 Controller 工作栏

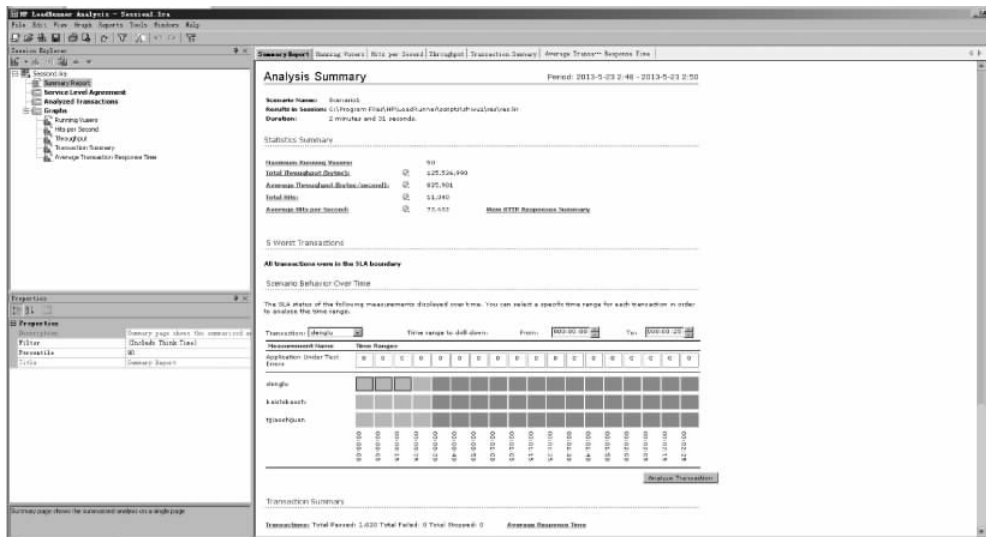


图 5-27 Analysis 概要报告窗口

概要整体信息如图 5-28 所示,主要包括待分析的场景的一些基本信息、运行时间、场景持续时间等。



图 5-28 概要整体信息

统计信息概要如图 5-29 所示,可以看到最大用户数、总吞吐量、平均吞吐量、总点击数、平均每秒点击数等性能测试的统计数据。



图 5-29 统计信息概要

5 个执行情况最差的场景如图 5-30 所示,图中会显示针对“事务超出 SLA 阈值的比例及超出比率的幅度”而言执行最差的事务。如果所有事务均在 SLA 阈值内,则此项没有特殊显示。

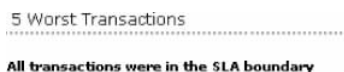


图 5-30 执行情况最差的事务

随时间变化的场景行为如图 5-31 所示,可以看到场景运行期间不同时间间隔内各个事务的执行情况,色块的含义为:浅灰色代表尚未自定义相关 SLA,深灰色代表事务未超过 SLA 阈值,黑色代表事务超过了 SLA 阈值。

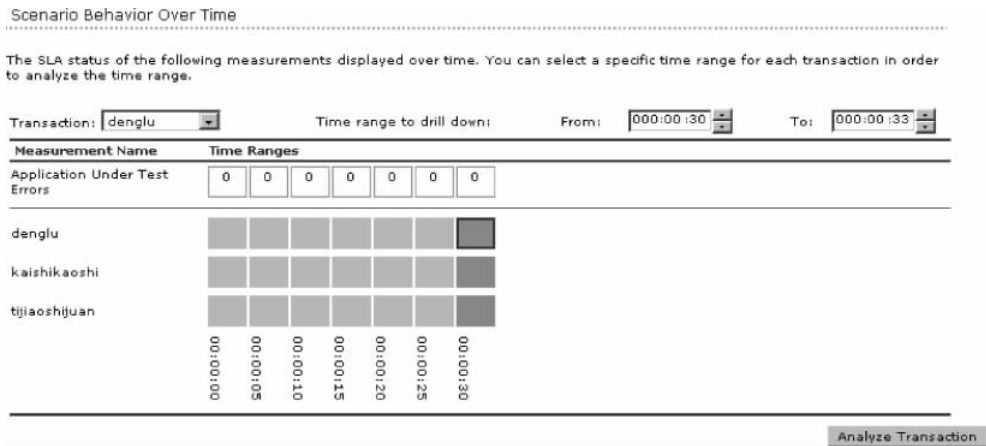


图 5-31 随时间变化的场景行为

事务概要如图 5-32 所示,用于查看各个事务的 SLA 状态及响应时间等相关信息,例如,最小值、平均值、最大值、标准方差、90% 阈值、通过事务数、失败事务数及停止的事务数。

Transaction Summary									
Transactions: Total Passed: 300 Total Failed: 0 Total Stopped: 0					Average Response Time				
Transaction Name	SLA Status	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Action Transaction		29.131	29.477	29.844	0.209	29.754	50	0	0
denqiu		0.008	0.009	0.015	0.001	0.015	50	0	0
kaishikaoshi		0.007	0.008	0.011	0.001	0.01	50	0	0
tijiaoshijuan		0.007	0.008	0.012	0.001	0.01	50	0	0
user_end Transaction		0	0	0	0	0	50	0	0
user_init Transaction		0	0	0	0	0	50	0	0

Service Level Agreement Legend: Pass Fail No Data

图 5-32 事务概要

HTTP 响应概要如图 5-33 所示,表示了测试期间 Web 返回的 HTTP 码。HTTP200 表示页面返回正常,例如图 5-33 中,总共返回 2400 次,每秒返回 72.727 次。

HTTP Responses Summary		
HTTP Responses	Total	Per second
HTTP_200	2,400	72.727

图 5-33 HTTP 响应概要

然而,以上的数据看起来并不如图片直观。Analysis 提供了丰富的图供读者进行性能测试结果分析。可以通过 Session Explorer 窗口访问,如图 5-34 所示。

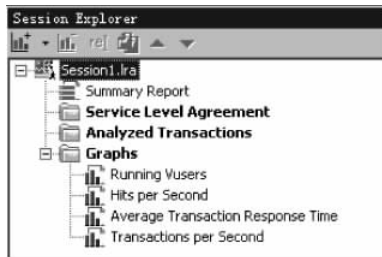


图 5-34 Session Explorer 窗口

Analysis 图种类繁多,主要可以利用以下 4 种图进行性能分析。

1) Running Vuser 图

Running Vuser 图(运行 Vuser 图),如图 5-35 所示,显示场景执行期间每秒运行的 Vuser 数目以及相应的状态,横轴显示的是场景从开始所用的时间,纵轴显示各个时间下对应的 Vuser 数目。

图 5-35 中可以看到,在进行测试的过程中,由于网络带有延迟,Vuser 数量增加或减少时并不是一口气提升或降低到预期值,而是有一个过程。

2) Average Transaction Response Time 图

Average Transaction Response Time 图(平均事务响应时间图),如图 5-36 所示,显示场景执行期间执行事务所使用的平均时间,是衡量系统性能走向的重要指标之一,此图横轴显示的是场景从开始所用的时间,纵轴显示各个事务的平均响应时间。该指标越小越好。

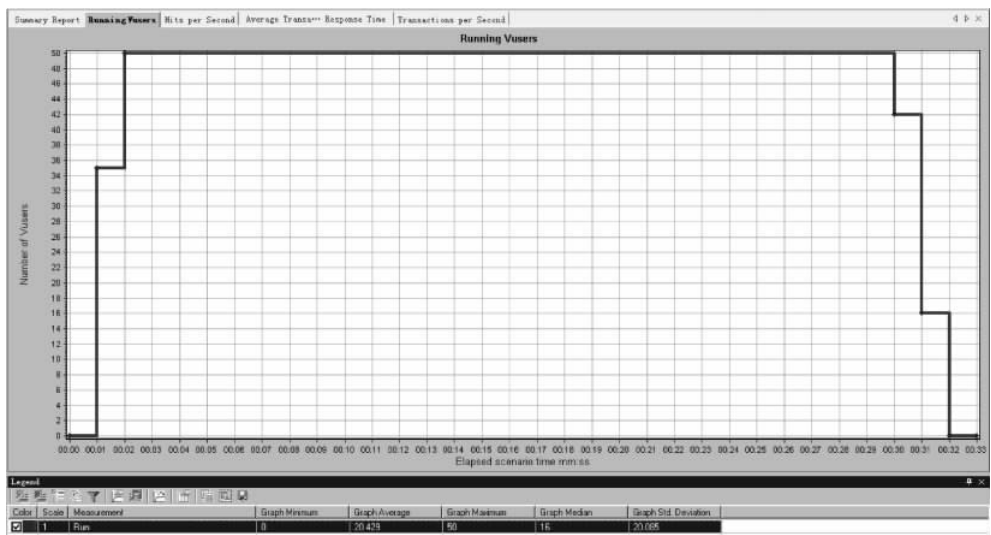


图 5-35 Running Vuser 图

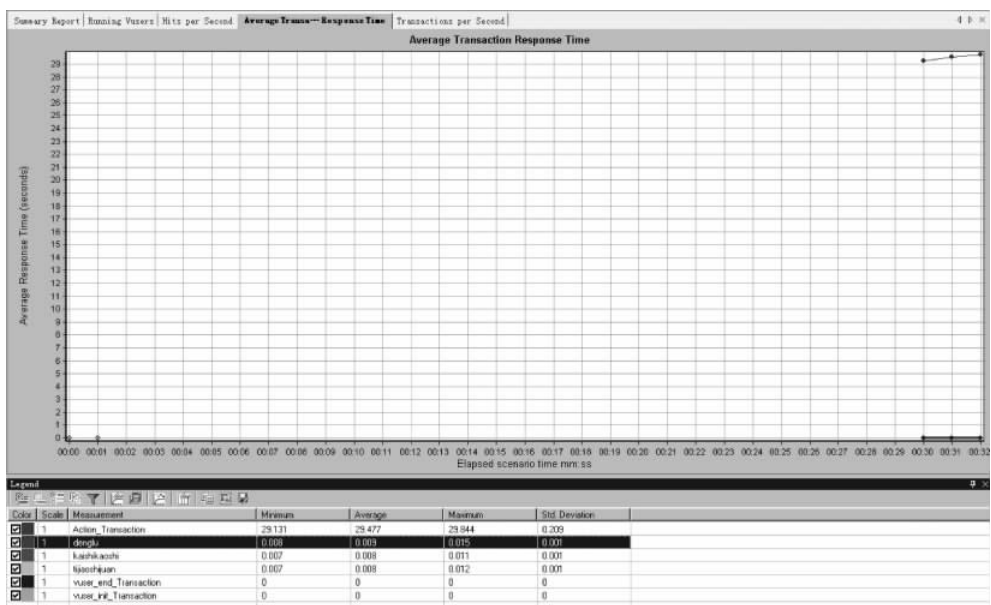


图 5-36 Average Transaction Response Time 图

从图 5-36 中可以看到,dengl 事务的最大时间为 0.015 秒,最小时间为 0.008 秒,平均时间为 0.009 秒。kaishikaoshi 事务的最大时间为 0.011 秒,最小时间为 0.007 秒,平均时间为 0.008 秒。tijiaoshijuan 事务的最大时间为 0.012 秒,最小时间为 0.007 秒,平均时间为 0.008 秒。三者的平均值均在 SLA 设定的范围段内。

3) Transaction Per Second 图(TPS,每秒事务)

Transaction Per Second 图(TPS,每秒事务),如图 5-37 所示,显示场景执行期间每秒各个事务通过、停止及失败的次数,是衡量系统性能以及业务处理能力的重要指标之一。TPS

图横轴是场景从开始所用的时间,纵轴为所执行的业务的数量。

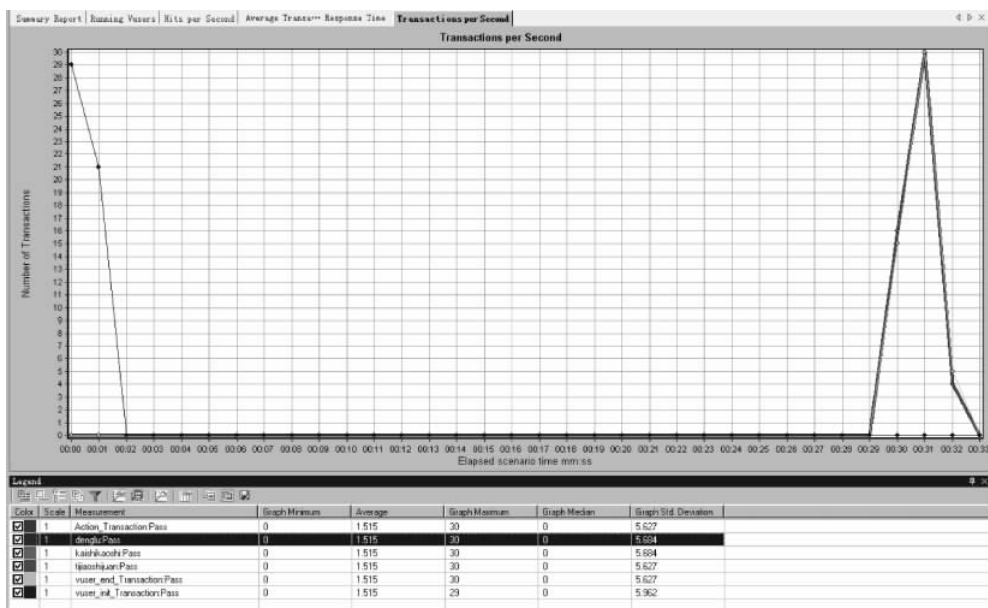


图 5-37 Transaction Per Second 图

图 5-37 中可以看到,在测试中,大多数时间花在对 Vuser 的初始化中,真正用来执行事务的时间很短,但服务器需要在短时间内承受较大的压力。

4) Hits Per Second 图

Hits Per Second 图(每秒点击次数,即点击率图),如图 5-38 所示,显示场景执行期间每秒 Vuser 向 Web 服务器发送的 HTTP 请求数,横轴为场景从开始所用的时间,纵轴为服务器上的点击次数。该图用于衡量向服务器施加压力的大小,每秒点击次数越多,表明压力越大。

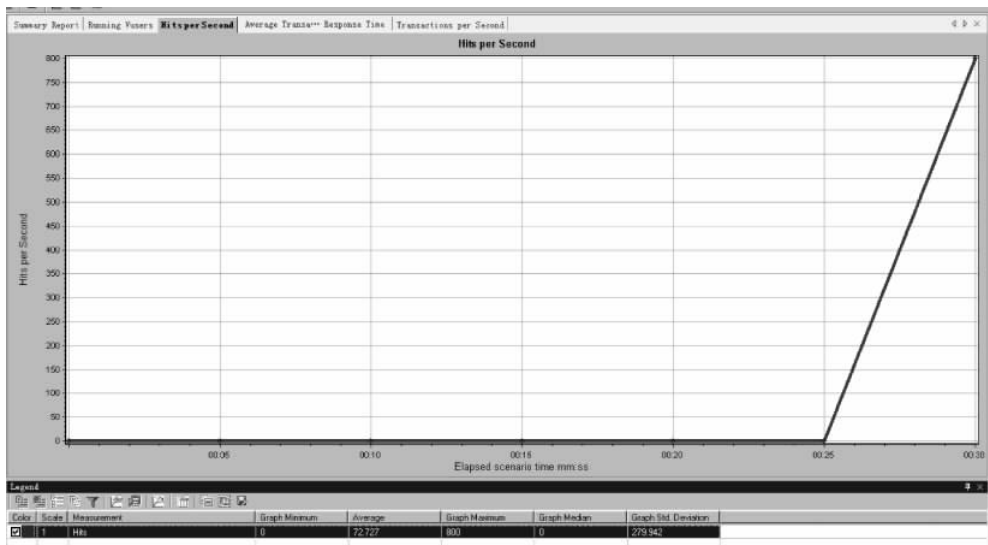


图 5-38 Hits Per Second 图

将 Hits Per Second 图与上面的 Transaction Per Second 图进行比较,得出的结论一致。事务量随着时间的增加而上下波动,伴随着每秒点击量的上下波动,服务器压力也随之增大与减小。

比较测试结论与预期目标,可以确认性能测试是否完全达到预期目标,系统整体承压能力如何,是否可以满足日常使用需要。

5.5.5 利用 LoadRunner 软件进行系统性能测试的实验

【实验目的】

利用性能测试软件 LoadRunner,进行 Web 系统的性能测试并编写报告。

【实验环境】

- (1) WindowsXP,LoadRunner 性能测试工具。
- (2) 被测系统:“在线考试系统”。

【实验重点及难点】

重点:掌握性能测试的测试方法,编写《性能测试报告》。
难点:利用性能测试的工具 LoadRunner,进行 Web 系统的性能测试。

【实验内容】

LoadRunner 是 HP 公司开发的一款测试系统性能的工具软件,通过模拟用户实施并发负载及实时性能监测的方式来确认系统性能指标。其优点是可以模拟成千上万的虚拟用户执行不同的业务流程,减少了人工成本,同时可以在推出软件之前发现隐藏在产品中的性能瓶颈,从而满足软件正常运行的性能需求。

“在线考试系统”包括“测试系统”“考试系统”和“用户管理”三个子系统,可满足学校在线考试的需求。表 5-6 和表 5-7 分别列出了“在线考试系统”测试的服务器端运行环境和客户端运行环境。

表 5-6 服务器端运行环境

服 务 器		
硬件环境	CPU	P4 2.0GHz
	内存	2G
	网络连接	因特网 Internet
	网卡	100M 以太网卡
软件环境	操作系统	Microsoft Windows Server 2003 Enterprise Edition SP2

表 5-7 客户端运行环境

客 户 端		
硬件环境	CPU	Intel 1.80GHZ(含)以上
	内存	1G(含)以上并支持扩展
	网络连接	因特网 Internet 或局域网(Local Area Network,LAN)
	网卡	100M(或千兆)以太网卡
软件环境	操作系统	Microsoft Windows Server 2003 Enterprise Edition SP2 Microsoft Windows XP Professional SP3 Microsoft Windows 7 同时支持 IE7、IE8 浏览器访问

本实验运用 LoadRunner 对该系统进行性能测试,模拟真实运行环境,对系统的每秒事务处理能力、平均事务响应时间等参数进行测试,目的为测试此系统的实际运行能力,旨在提高用户使用体验。

【实验步骤】

- (1) 配置性能测试的工具 LoadRunner。
- (2) 制定性能测试计划。
- (3) 用脚本录制工具进行性能测试的脚本录制。
- (4) 使用 LoadRunner 进行 Web 网站的性能测试。
- (5) 记录和分析性能测试结果。
- (6) 进行该系统的性能分析,撰写《性能测试报告》。

【实验指导】

1. 性能测试计划的制定

针对项目背景、性能测试范围及本软件实际运行情况,对于在线考试系统进行如下分析。

- (1) 主要产生压力的角色: 学生、教师。
- (2) 主要产生压力的功能: 登录、参加考试、提交答卷。
- (3) 每年 4 月-7 月、9 月-12 月为系统使用频繁期(学生在校期间)。

在此,针对“登录、参加考试及提交答卷”进行性能测试用例提取与设计,如表 5-8、表 5-9 和表 5-10 所示。

表 5-8 性能测试用例 1

用例 ID	1					
业务名称	用户登录					
URL	http://192.168.86.128:8080/JES					
权重	高					
前置条件	无					
测试步骤	(1) 打开首页 http://192.168.86.128:8080/JES (2) 输入用户名/姓名、密码/准考证号、验证码,选择进入测试系统还是考试系统 (3) 单击“登录”按钮,进入系统					
脚本设置						
参数设置	参数需求	参数类型		取值方式		
	“用户名/姓名”参数化	每次迭代中更新		唯一		
	密码/准考证号	每次迭代中更新		同用户名保持匹配		
	验证码	每次迭代中更新		随机取值		
事务设置	事务名称	起始位置		结束位置		
	Denglu	输入各字段后,单击“登录”按钮前		单击“登录”按钮后,进入系统		
场景设置						
场景类型	(1) 50 个用户,所有用户同时并发操作 (2) 100 个用户,所有用户同时并发操作 (3) 300 个用户,每 10 秒增加 50 个用户					
期望结果						
编号	测试项	平均事务响应时间	90%响应时间	事务成功率	CPU 使用率	内存占用率
1	登录	≤3s	≤3s	>90%	≤70	≤75

表 5-9 性能测试用例 2

用例 ID	2					
业务名称	用户参加考试					
URL	http://192.168.86.128:8080/JES					
权重	高					
前置条件	无					
测试步骤	(1) 用户登录时选择考试系统,进入考试系统 (2) 选择考试信息,单击“开始考试”按钮					
脚本设置						
参数设置	参数需求		参数类型		取值方式	
	无		无		无	
事务设置	事务名称		起始位置		结束位置	
	Canjiakaoshi		登录后,单击“开始考试”按钮前		单击“开始考试”按钮后	
场景设置						
场景类型	(1) 50 个用户,所有用户同时并发操作					
	(2) 100 个用户,所有用户同时并发操作					
	(3) 300 个用户,每 10 秒增加 50 个用户					
期望结果						
编号	测试项	平均事务响应时间	90%响应时间	事务成功率	CPU 使用率	内存占用率
1	参加考试	≤3s	≤3s	>90%	≤70	≤75

表 5-10 性能测试用例 3

用例 ID	3					
业务名称	用户提交试卷					
URL	http://192.168.86.128:8080/JES					
权重	高					
前置条件	无					
测试步骤	(1) 用户完成考卷后,检查无误,单击“完成全部题目,马上交卷”按钮 (2) 弹出“提交试卷成功”按钮,系统自动退回至考试系统页面					
脚本设置						
参数设置	参数需求	参数类型			取值方式	
	无	无			无	
事务设置	事务名称	起始位置			结束位置	
	Tijiaoshijuan	完成题目后,单击“完成全部题目,马上交卷”按钮前			单击“完成全部题目,马上交卷”按钮后	
场景设置						
场景类型	(1) 50 个用户,所有用户同时并发操作					
	(2) 100 个用户,所有用户同时并发操作					
	(3) 300 个用户,每 10 秒增加 50 个用户					
期望结果						
编号	测试项	平均事务响应时间	90%响应时间	事务成功率	Cpu 使用率	内存占用率
1	提交试卷	≤3s	≤3s	>90%	≤70	≤75

2. 创建测试脚本

(1) 打开 LoadRunner 组件之一 Vugen, 启动虚拟用户生成器, 如图 5-39 所示, 开始测试脚本录制工作。



图 5-39 VuGen 初始页面

(2) 单击 File|New 命令, 创建脚本, 由于测试对象“在线考试系统”是一个 Web 应用程序, 故此处选择 Web(HTTP/HTML) 协议, 如图 5-40 所示。

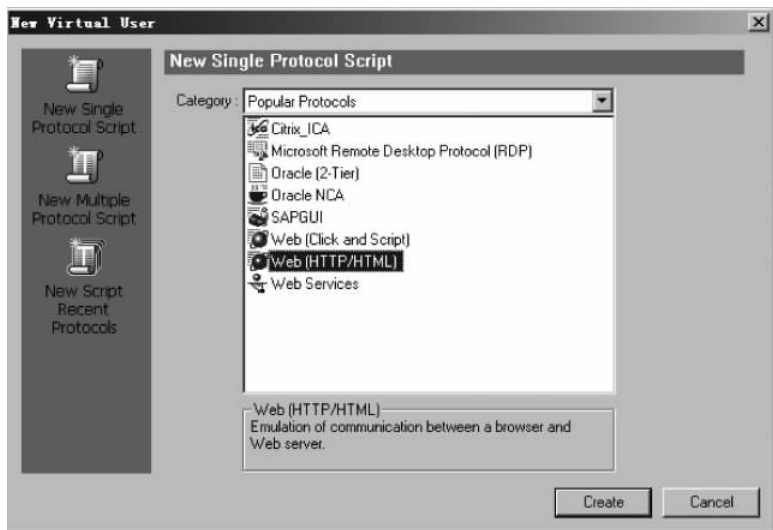


图 5-40 VuGen“协议选择”对话框

(3) 选择了正确的协议后, 单击 Create 按钮, 将显示录制对话框, 在对话框中输入系统 URL Address(http://192.168.86.128:8080/JES/), 单击 OK 按钮, 进入录制画面, 如图 5-41 所示。

此时页面上显示一个录制工具条, 如图 5-42 所示。

这里引入事务的概念。事务是一系列操作的集合, 在“一系列操作”之前与之后设定事

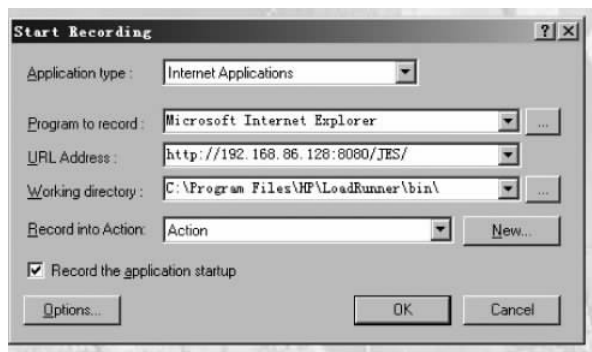


图 5-41 “开始录制”对话框



图 5-42 初始录制页面

务开始与结束,从而将“一系列操作”封装为一个整体,即事务。“插入事务”的作用及优势主要体现在能够对事务进行单独分析,更便于查看“一系列操作”的响应时间指标。

(4) 单击“开始事务”按钮  添加一个新事务“登录”,输入名称为 denglu,如图 5-43 所示。

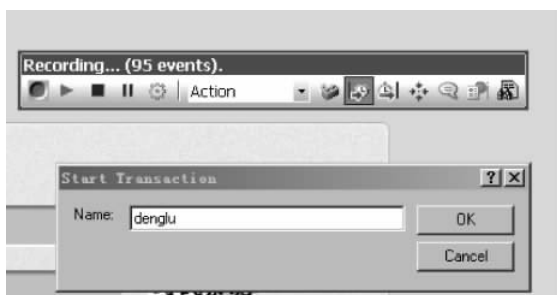


图 5-43 插入 denglu 事务起点页面

(5) 此时输入预设好的用户名、密码(123456)和验证码,并选择“考试系统”,单击“登录”按钮,如图 5-44 所示。

(6) 登录完成后,单击“结束事务”按钮 ,结束录制“denglu”事务,如图 5-45 所示。

(7) 继续录制,此时已经进入考试系统,可以看到现在有可以参加的考试,如图 5-46 所示。



图 5-44 登录页面的输入

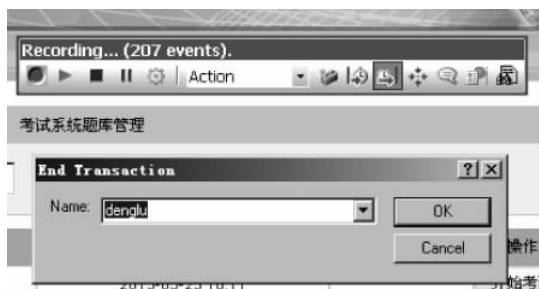


图 5-45 插入“denglou”事务终点页面



图 5-46 考试系统初始页面

(8) 单击“开始事务”按钮,进行第二个事务“开始考试”的录制,取名为 kaishikaoshi,如图 5-47 所示。

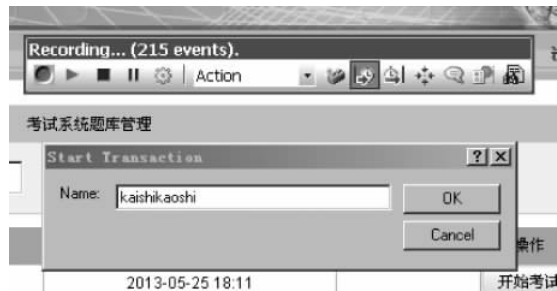


图 5-47 插入 kaishikaoshi 事务起点页面

(9) 插入起点完成后,单击“开始考试”按钮,进入考试页面,如图 5-48 所示。



图 5-48 考试页面

(10) 此时再单击“结束事务”按钮,结束第二个事务的录制,如图 5-49 所示。

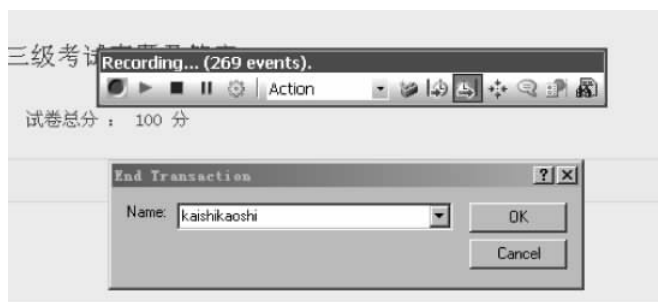


图 5-49 插入 kaishikaoshi 事务终点页面

(11) 继续录制第三个事务“提交试卷”,取名为 tijiaoshijuan,如图 5-50 所示。

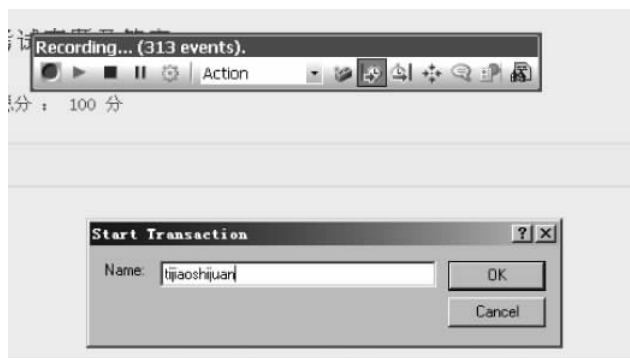


图 5-50 插入 kaishikaoshi 事务起点页面

(12) 插入起点后,可以开始进行考试,为模拟真实环境,设置 10 道选择题、5 道填空题、10 道判断题和 3 道简答题,如图 5-51 所示。



图 5-51 提交试卷页面

(13) 完成试卷,并单击“完成全部题目,马上交卷”按钮。

(14) 此时会弹出“提交试卷成功”提示框,单击“确定”按钮,结束事务的录制,如图 5-52 所示。



图 5-52 提交试卷成功提示

至此,一个包含 3 个事务的脚本就已经录制完毕了。

(15) 单击工具条上的方块按钮,结束脚本的录制。

此时,可以观察到,在已经录制好的脚本中,出现了“lr_start_transaction()”和“lr_end_transaction(LR_AUTO)”的字样,如图 5-53 所示,这两行语句为事务函数,标明了事务的起点与终点。

```
lr_start_transaction("denglu");  
  
lr_end_transaction("denglu",LR_AUTO);
```

图 5-53 事务函数

(16) 在全部录制工作结束后,还要单击工具条上的  按钮进行回放,并在回放日志中寻找有无 Bug,如回放日志正常,证明脚本录制无误,如图 5-54 所示。

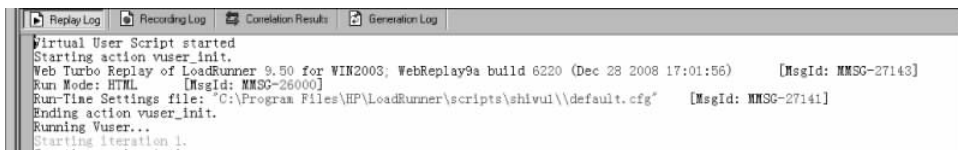


图 5-54 日志

3. 测试场景创建与执行

结束录制之后,需要使用 Controller 对脚本进行场景的创建与运行。Controller 即压力调度和监控中心,它依据 VuGen 提供的脚本模拟出用户的真实业务场景,收集整理场景运行时的测试数据。

(1) 在 VuGen 中,选择 Tools | Create Controller Scenario,启动 Controller,如图 5-55 所示。

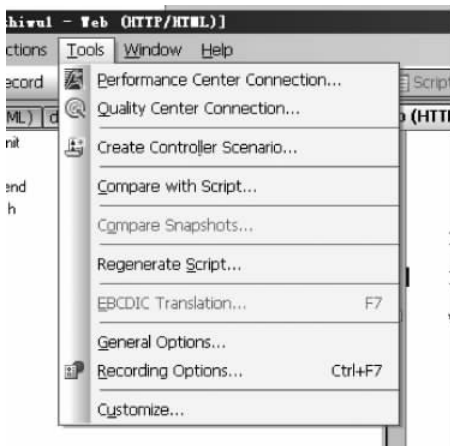


图 5-55 Controller

(2) 启动后进入“创建场景”对话框,选择 Manual Scenario(手动场景),手动场景可以自定义脚本、Vuser 数量等参数,如图 5-56 所示。测试计划中,Vuser 数量范围为 50~300 人,在此设定 Vuser 数量为 300。

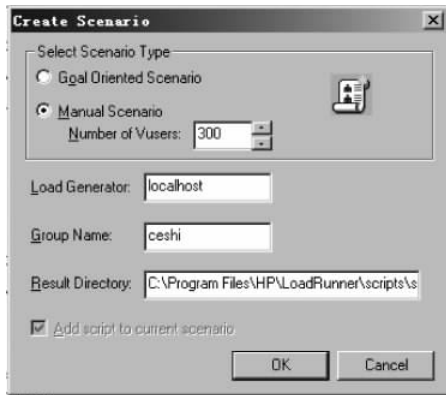


图 5-56 “创建场景”对话框

(3) 单击 OK 按钮后进入 LoadRunner Controller 页面,如图 5-57 所示。

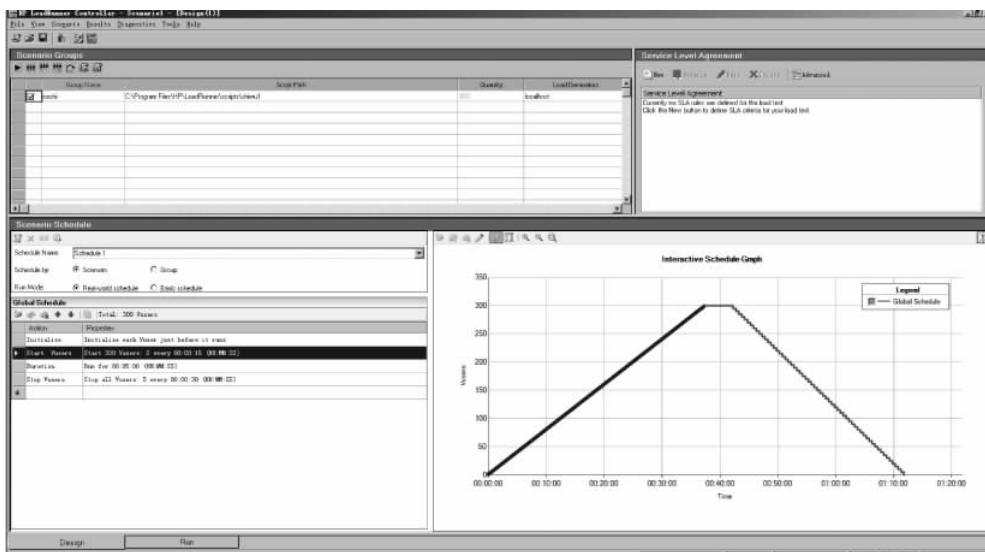


图 5-57 Loadrunner Controller 窗口

(4) 进入左下角 Global Schedule 区域,对场景进行配置。首先单击左下角的 Initialize (初始化)项,选择第一项,同时初始化所有 Vuser,其好处为便于所有 Vuser 同时开始场景,如图 5-58 所示。

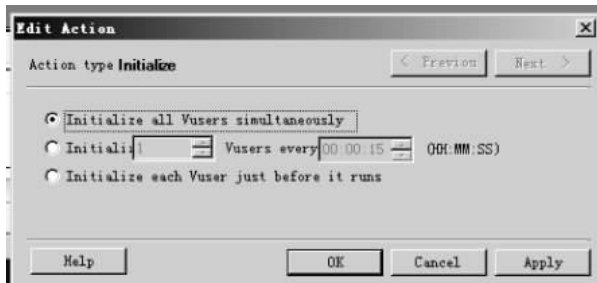


图 5-58 初始化

接下来设置加压方式,单击 Start Vuser(启动 Vuser)项,进入对话框,在此设置启动的 Vuser 数量为 50 个,如图 5-59 所示。

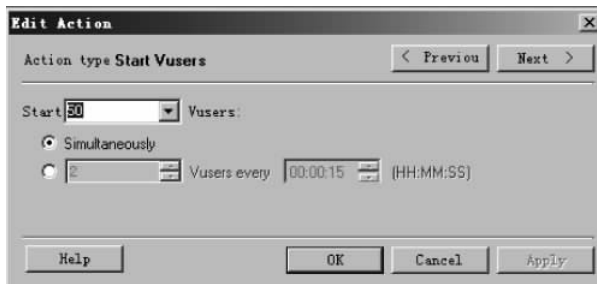


图 5-59 设置加压方式

设置 Vuser 持续执行时间,单击 Duration(持续时间)项,进入设置框,为了模拟真实运行环境,设置持续运行直到完成,如图 5-60 所示。

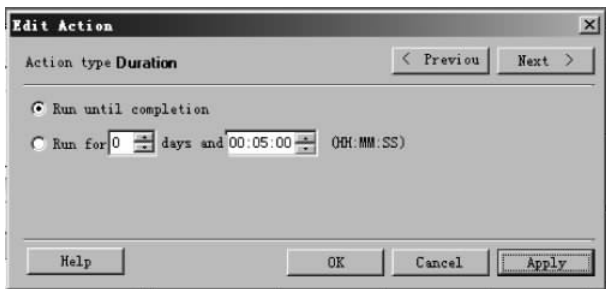


图 5-60 设置持续时间

在设置完成后,如图 5-61 所示,设置栏右边的场景设计图会相应地显示所设置的详细设计。

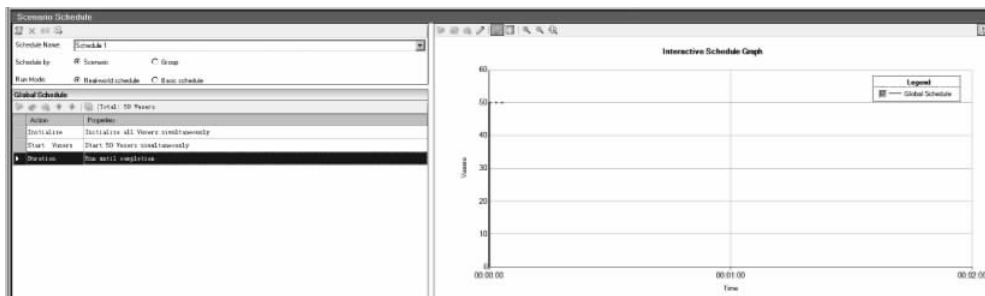


图 5-61 设置结束后场景设计图

(5) 为了了解平均事务响应时间,开启服务器水平协议窗口(Service Level Agreement, SLA)。传统上,SLA 包含了对服务有效性的保障,譬如对故障解决时间、服务超时等的保证。场景中,Controller 将搜集并储存与该测量目标相关的数据,之后在 Analysis 中将搜集到的性能数据与事先设定的目标进行比较,最终确定该指标的 SLA 状态是否通过,便于测试结果的分析。

(6) 单击左上角 New 按钮,打开 SLA 设置窗口,选择“通过时间线中的时间间隔确定 SLA 状态”及分支选项“平均事务响应时间”,如图 5-62 所示。

(7) 单击 Next 按钮后,选择待度量的“denglu”“kaishikaoshi”和“tjiaoshijuan”这 3 个事务到 Selected Transaction 中,如图 5-63 所示。

(8) 单击 Next 按钮后,设定负载区间,由于人数较少,只设定负载区间为小于 50 人以内,如图 5-64 所示。

(9) 单击 Next 按钮,进入“Service Level Agreement-Goal Definition”界面,进行负载设置。在 SLA 目标定义的时候,允许针对不同的负载数量区间设定不同的负载阈值。按照前文负载区间设置,设置待测事务的目标阈值全部为 3 秒,如图 5-65 所示。

(10) 设定完成后,回到 Controller 中,单击右方“启动场景”按钮进行测试。测试过程中,下方的 4 张数据图会动态更新,如图 5-66 所示。



图 5-62 SLA 设置窗口

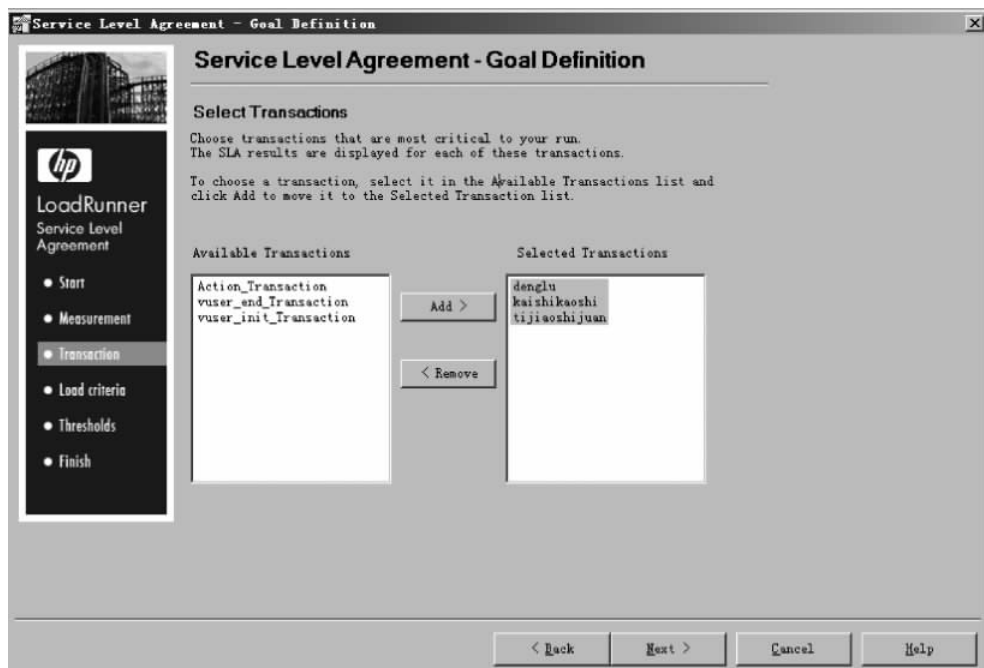


图 5-63 选择待度量的事务

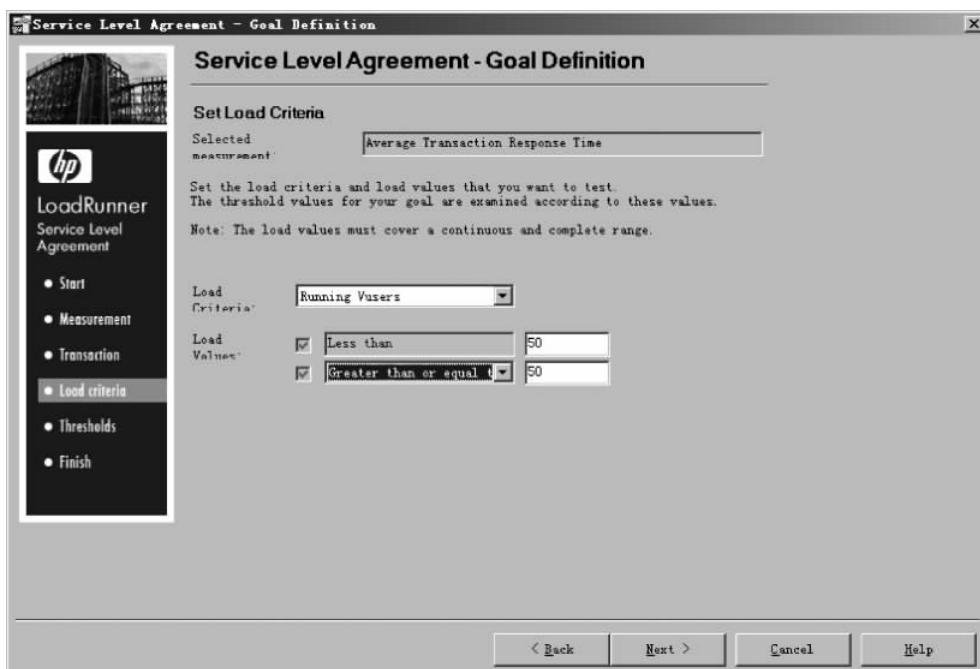


图 5-64 设定负载区间

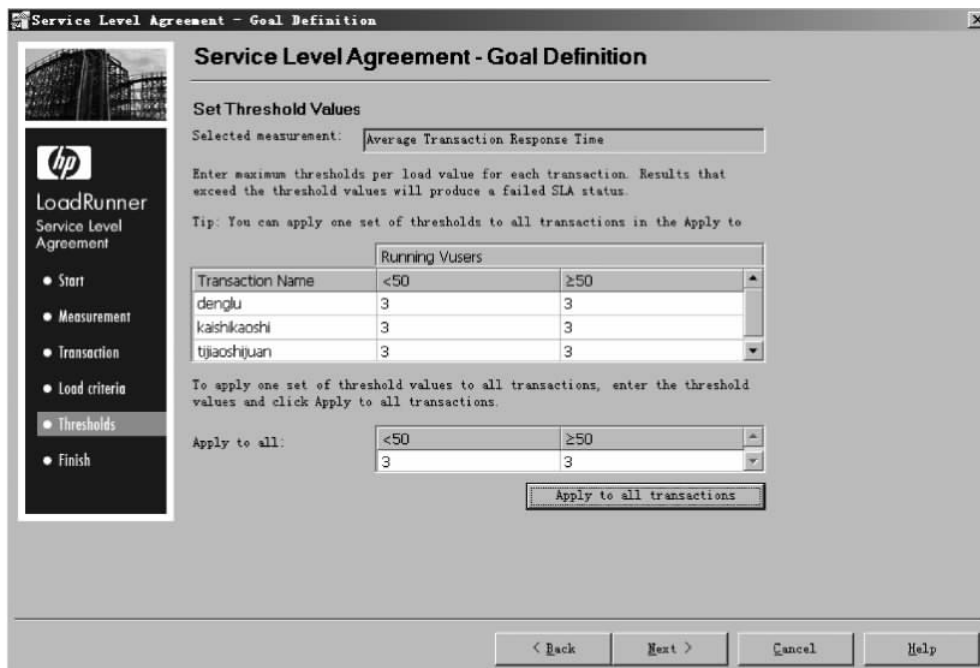


图 5-65 设置待测事务的目标阈值

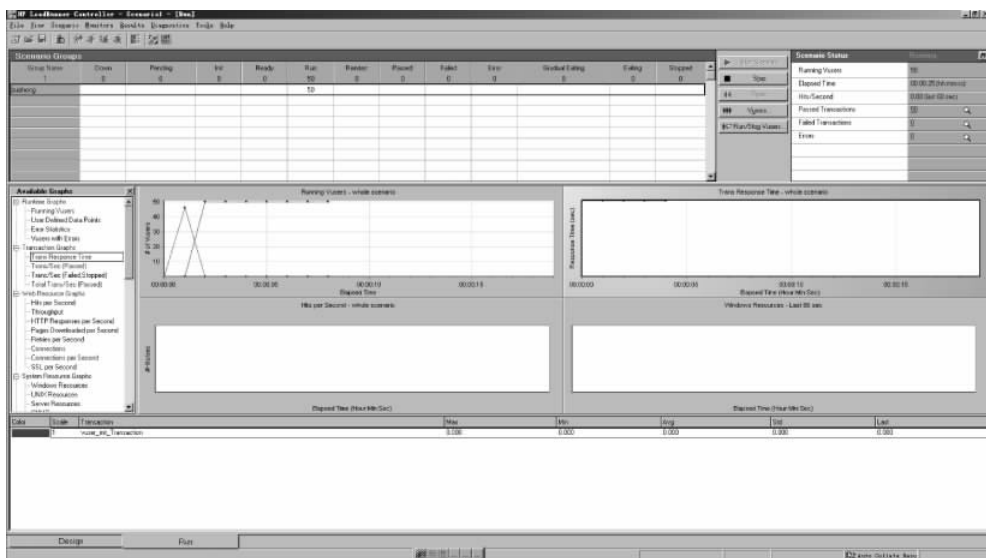


图 5-66 测试中动态图同步更新

测试完毕后,4 张图也随着停止更新,此时可以在 4 张动态图中取得一些基本信息,但是分析过程还需要在 Analysis 软件中进行,如图 5-67 所示。

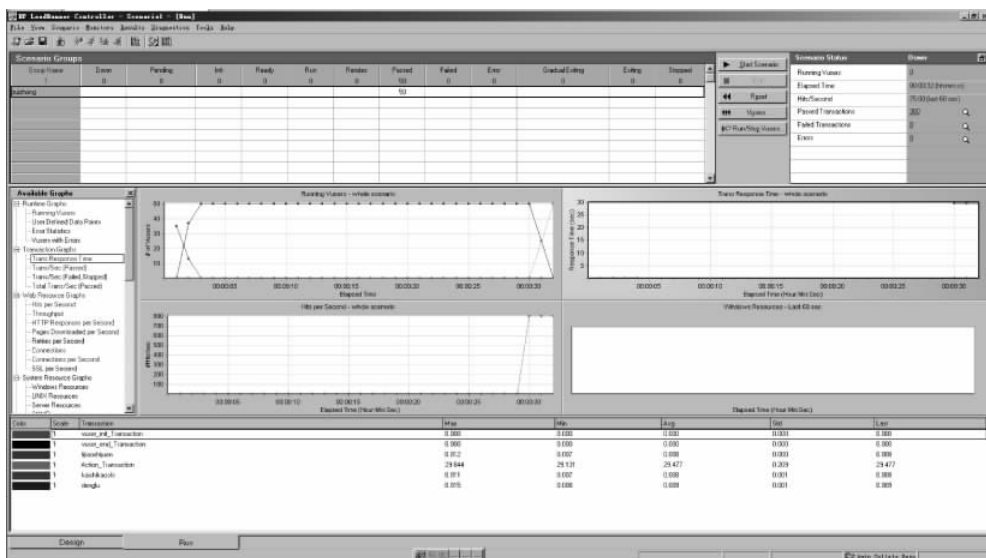


图 5-67 测试过程结束

4. 性能测试结果分析

性能测试结果的分析需要用到 LoadRunner 中的第三个工具——Analysis。

Analysis 是压力结果分析工具,是性能测试结果分析的有效手段,它汇总了 Controller 收集的各类结果分析图,包括 Load Generator、应用服务器等系统资源使用情况及事务响应

时间、吞吐量、点击率及网页细分图等。它还可以自动生成分析概要报告、SLA 报告及事务分析报告等各类报告。

Analysis 支持多种启动方式,在 Controller 工作栏中单击直接启动 Analysis,如图 5-68 所示。

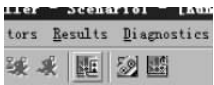


图 5-68 Controller 工作栏

启动后即进入 Analysis 结果分析窗口。可以看到程序已经自动生成了一份测试概要报告,如图 5-69 所示。

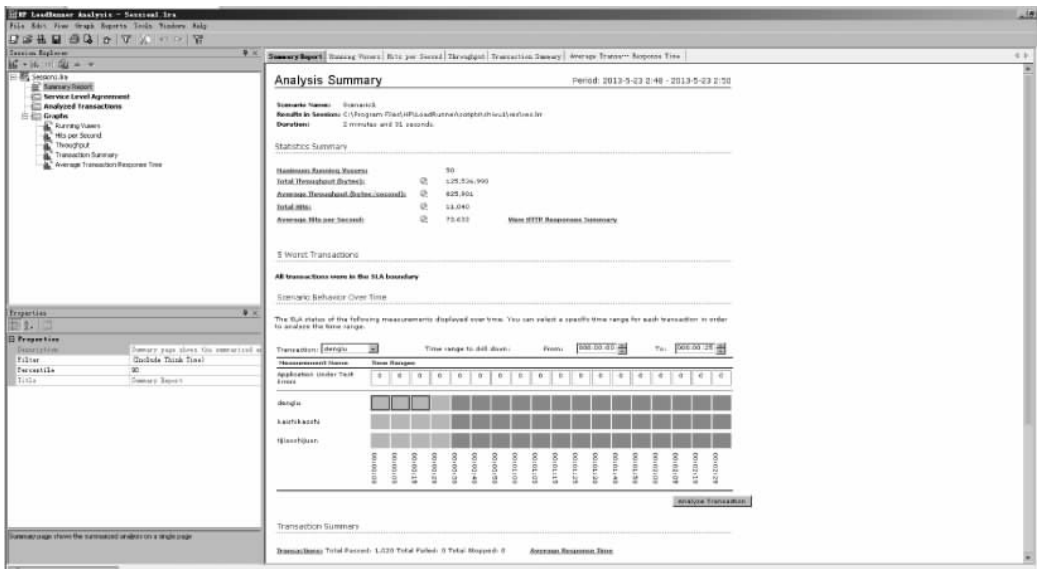


图 5-69 Analysis 概要报告窗口

一份概要报告由几个部分组成,各部分说明如下。

(1) 概要整体信息。主要为待分析的场景的一些基本信息,包括运行时刻、场景持续时间等,如图 5-70 所示。



图 5-70 概要整体信息

(2) 统计信息概要。可以看到最大用户数为 50 人,总吞吐量为 27 495 950B,平均吞吐量为 833 211B,总点击数为 2400 次,平均每秒点击数为 72.727 次,如图 5-71 所示。



图 5-71 统计信息概要

5 个执行情况最差的场景,图中会显示针对“事务超出 SLA 阈值的比例及超出比率的幅度”而言执行最差的事务。由于 50 人测试中所有事务均在 SLA 阈值内,所以此图现在没有特殊显示,如图 5-72 所示。

5 Worst Transactions

All transactions were in the SLA boundary

图 5-72 执行情况最差的事务

随时间变化的场景行为,可以看到场景运行期间不同时间间隔内各个事务的执行情况,色块的含义为:浅灰色代表尚未自定义相关 SLA,深灰色代表事务未超过 SLA 阈值,黑色代表事务超过了 SLA 阈值。在 50 人测试情况下,各个事务运行良好,均未超过 SLA 阈值,如图 5-73 所示。

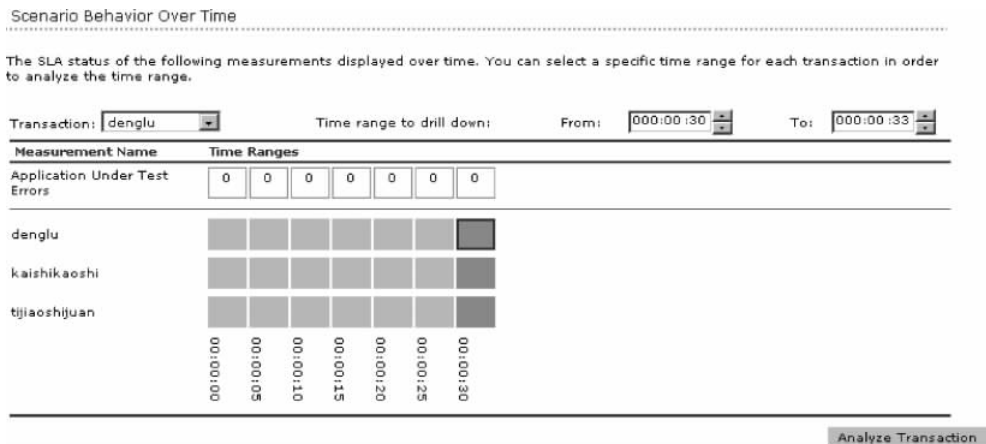


图 5-73 随时间变化的场景行为

(3) 事务概要。用于查看各个事务的 SLA 状态及响应时间等相关信息,例如,最小值、平均值、最大值、标准方差、90% 阈值、通过事务数、失败事务数及停止的事务数。

在 50 个虚拟用户的前提下,登录、开始考试、提交试卷 3 个事务的平均响应时间都在 0.008~0.009 秒之间,远低于预设的 3 秒,如图 5-74 所示。

Transaction Summary									
Transactions: Total Passed: 300 Total Failed: 0 Total Stopped: 0					Average Response Time				
Transaction Name	SLA Status	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Action Transaction		29.131	29.477	29.844	0.209	29.754	50	0	0
denglu		0.008	0.009	0.015	0.001	0.015	50	0	0
kaishikaoshi		0.007	0.008	0.011	0.001	0.01	50	0	0
tijiaoshijuan		0.007	0.008	0.012	0.001	0.01	50	0	0
user end Transaction		0	0	0	0	0	50	0	0
user init Transaction		0	0	0	0	0	50	0	0

Service Level Agreement Legend: Pass Fail No Data

图 5-74 事务概要

(4) HTTP 响应概要。表示了测试期间 Web 返回的 HTTP 码。HTTP 200 表示页面返回正常,总共返回 2400 次,每秒返回 72.727 次,如图 5-75 所示。

然而,以上的数据看起来并不如图片直观。Analysis 提供了丰富的图来进行性能测试结果分析。可以通过 Session Explorer 窗口访问,如图 5-76 所示。

HTTP Responses Summary		
HTTP Responses	Total	Per second
HTTP 200	2,400	72.727

图 5-75 HTTP 响应概要

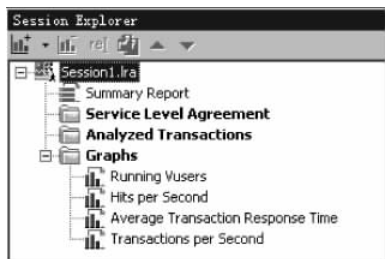


图 5-76 Session Explorer 窗口

由于 Analysis 图种类繁多,本书主要从以下 4 种图入手对“在线考试系统”的性能进行分析。

1) Running Vuser 图

Running Vuser 图(运行 Vuser 图)显示场景执行期间每秒运行的 Vuser 数目以及相应的状态,横轴显示的是场景从开始所用的时间,纵轴显示各个时间下对应的 Vuser 数目。

如图 5-77 所示,在进行 50 人测试的过程中,由于网络带有延迟,Vuser 数量增加或减少时并不是一口气提升或降低到预期值,而是有一个过程。

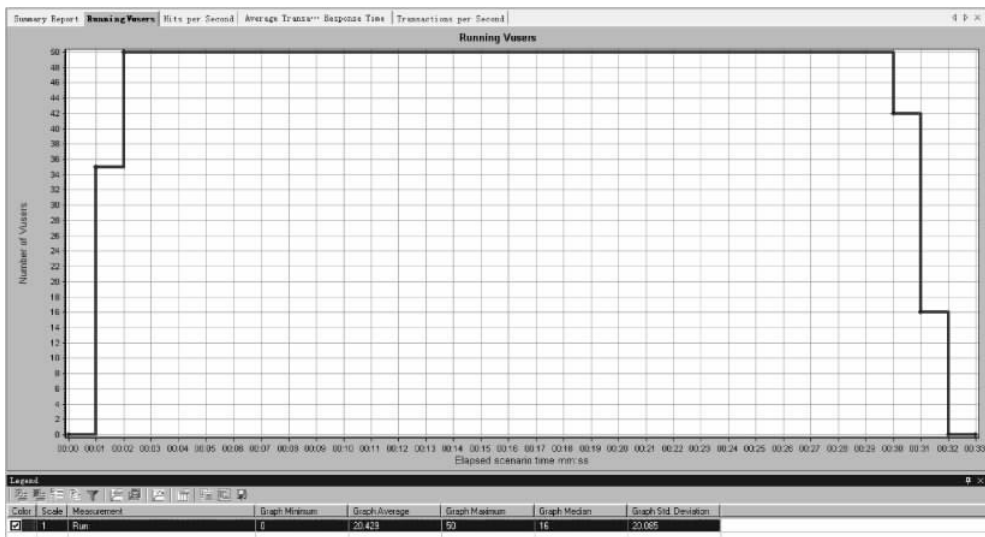


图 5-77 50 人测试中 Running Vuser 图

2) Avreage Transaction Response Time 图

Avreage Transaction Response Time 图(平均事务响应时间图)显示场景执行期间每秒执行事务所使用的平均时间,是衡量系统性能走向的重要指标之一,此图横轴显示的是场景

从开始所用的时间,纵轴显示各个事务的平均响应时间。该指标越小越好。

如图 5-78 所示,dengl 事务的最大时间为 0.015 秒,最小时间为 0.008 秒,平均时间为 0.009 秒;kaishikaoshi 事务的最大时间为 0.011 秒,最小时间为 0.007 秒,平均时间为 0.008 秒;tijiaooshijuan 事务的最大时间为 0.012 秒,最小时间为 0.007 秒,平均时间为 0.008 秒。三者的平均值均在 SLA 设定的范围段内。

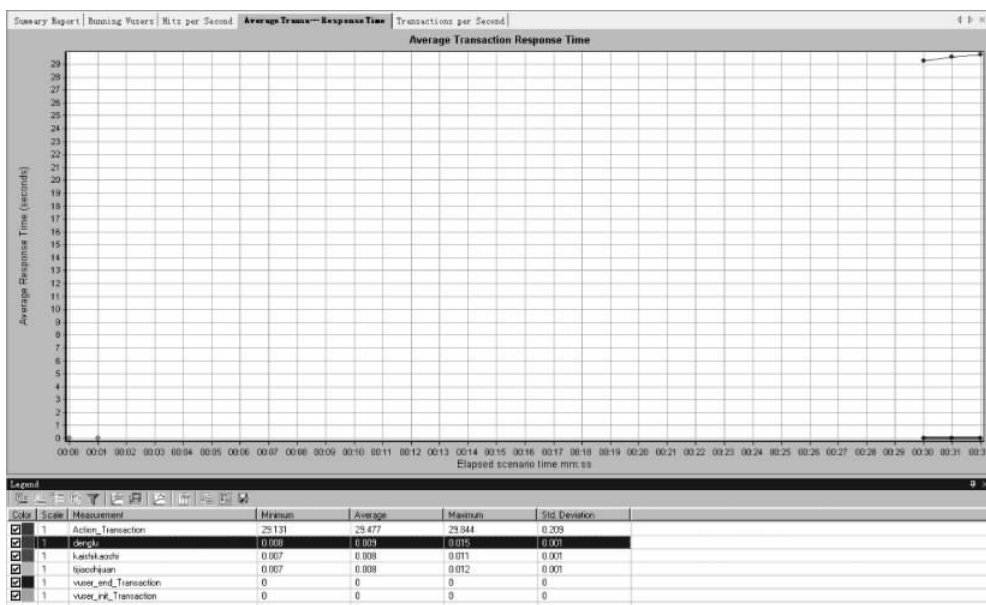


图 5-78 50 人测试中 Average Transaction Response Time 图

3) Transaction Per Second 图(TPS,每秒事务)

Transaction Per Second 图(TPS,每秒事务图),显示场景执行期间每秒各个事务通过、停止及失败的次数,是衡量系统性能以及业务处理能力的重要指标之一。TPS 图横轴是场景从开始所用的时间,纵轴为所执行的业务的数量。

图 5-79 中可以看到,在 50 个 Vuser 进行测试的情况下,大多数时间花在对 Vuser 的初始化中,真正用来执行事务的时间很短,但服务器需要在短时间内承受较大的压力。

4) Hits Per Second 图

Hits Per Second 图(每秒点击次数,即点击率图),显示场景执行期间每秒 Vuser 向 Web 服务器发送的 HTTP 请求数,横轴为场景从开始所用的时间,纵轴为服务器上的点击次数。图 5-80 用于衡量向服务器施加压力的大小,每秒点击次数越多,表明压力越大。

将 Hits Per Second 图与上面的 Transaction Per Second 图进行比较,得出的结论一致。事务量随着时间的增加而上下波动,伴随着每秒点击量的上下波动,服务器压力也随之增大与减小。

比较测试结论与预期目标,50 人测试完全达到预期目标。

接下来进行 100 人测试。

进入左下角 Global Schedule 对场景进行配置,修改 Vuser 数量为 100 人,其余数据不变,如图 5-81 所示。

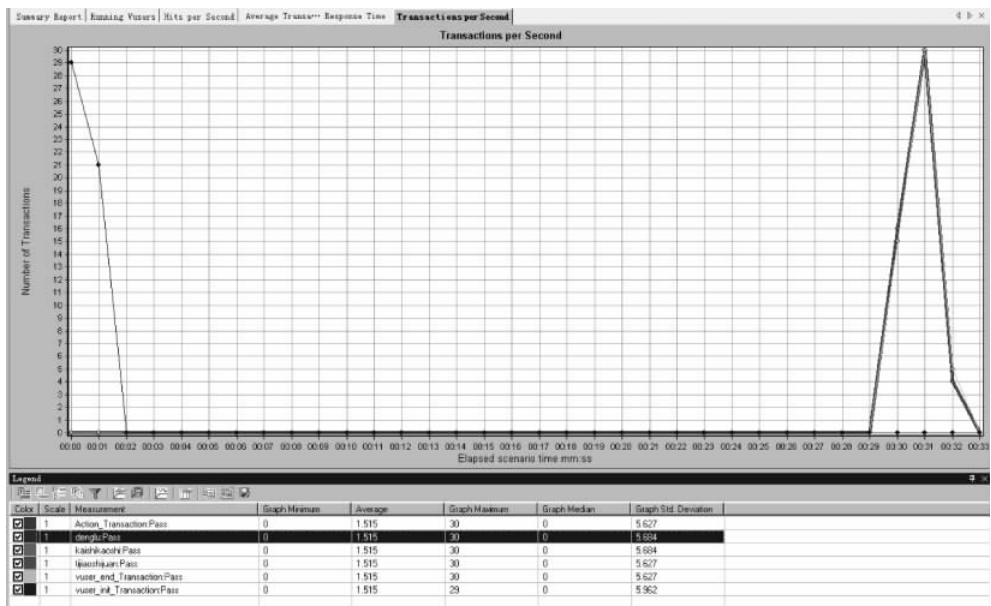


图 5-79 50 人测试中 Transaction Per Second 图

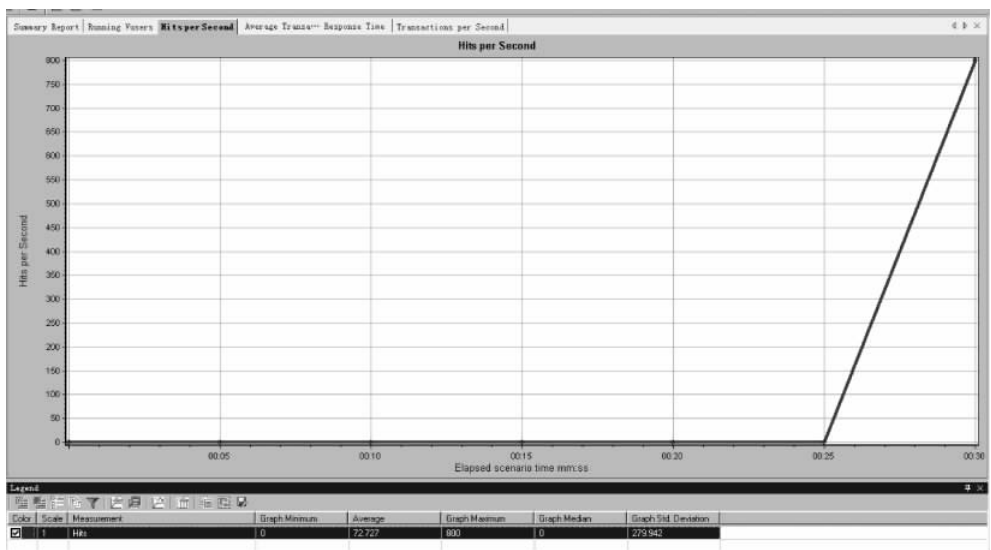


图 5-80 50 人测试中 Hits Per Second 图

Global Schedule	
Total: 100 Users	
Action	Properties
Initialize	Initialize all Users simultaneously
Start Users	Start 100 Users simultaneously
Duration	Run until completion

图 5-81 进入 Global Schedule 修改 User 数量

开始运行,并生成测试报告进行分析。

如图 5-82 所示,统计信息概要,最大用户数为 100 人,总吞吐量为 54 991 900B,平均吞吐量为 1 486 268B,总点击数为 4800 次,平均每秒点击数为 129.73 次,与 50 人测试差距不大。



图 5-82 100 人测试中统计概要

如图 5-83 所示,5 个执行情况最差的场景,100 人测试中所有事务均在 SLA 阈值内,所以此项现在没有特殊显示。

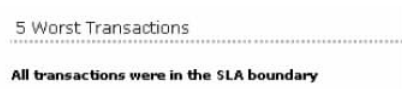


图 5-83 100 人测试中执行情况最差的事务

如图 5-84 所示,在随时间变化的场景行为图中,3 个事务依然保持着很稳定的状态,同样均未超过 SLA 阈值。

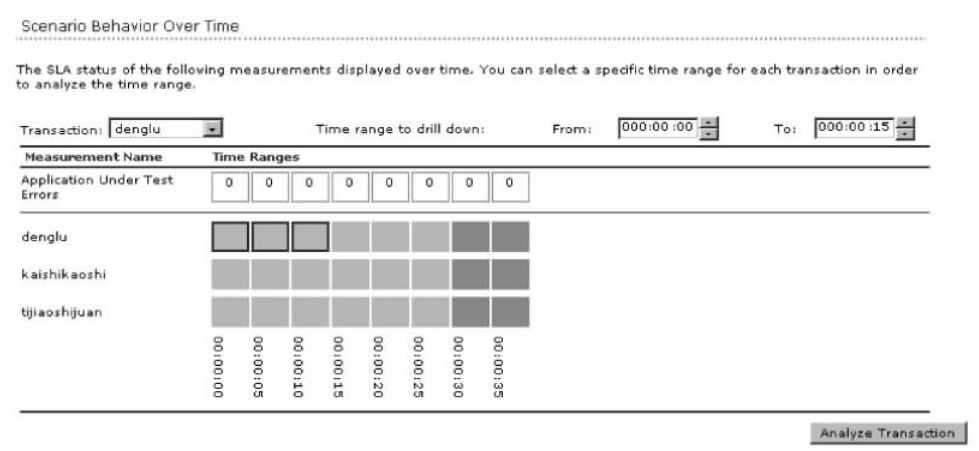


图 5-84 100 人测试中随时间变化的场景行为

如图 5-85 所示,在事务概要中,可以看到实际运行时,denglu 事务的最小响应时间为 0.008 秒,最大响应时间为 0.775 秒,平均登录时间为 0.017 秒,相比 50 人测试的有了一定的波动,但仍然距离设置的 SLA 阈值很远。kaishikaoshi 与 tjiaoshiwu 两个事务的情况也依然很稳定。

如图 5-86 所示,在 Running Vuser 图中,可以看到运行时 Vuser 基本符合预期的设定情况,虽然有一定的网络延迟,但是 Vuser 还是在比较短的时间内同时开始执行和同时退出执行。

如图 5-87 所示,Avreage Transaction Response Time 图与 50 人测试中的 Avreage Transaction Response Time 图几乎没有任何区别,代表了系统具有良好的承压能力。

Transaction Summary

Transactions: Total Passed: 600 Total Failed: 0 Total Stopped: 0

Average Response Time

Transaction Name	SLA Status	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Action Transaction		29.116	30.261	32.416	0.621	30.759	100	0	0
denqly		0.008	0.017	0.775	0.076	0.019	100	0	0
kaishikaoshi		0.006	0.009	0.114	0.011	0.01	100	0	0
tiiaoshijuan		0.007	0.016	0.804	0.079	0.017	100	0	0
vuser_end Transaction		0	0	0	0	0	100	0	0
vuser_init Transaction		0	0	0	0	0	100	0	0

Service Level Agreement Legend: Pass Fail No Data

图 5-85 100 人测试中的测试概要图

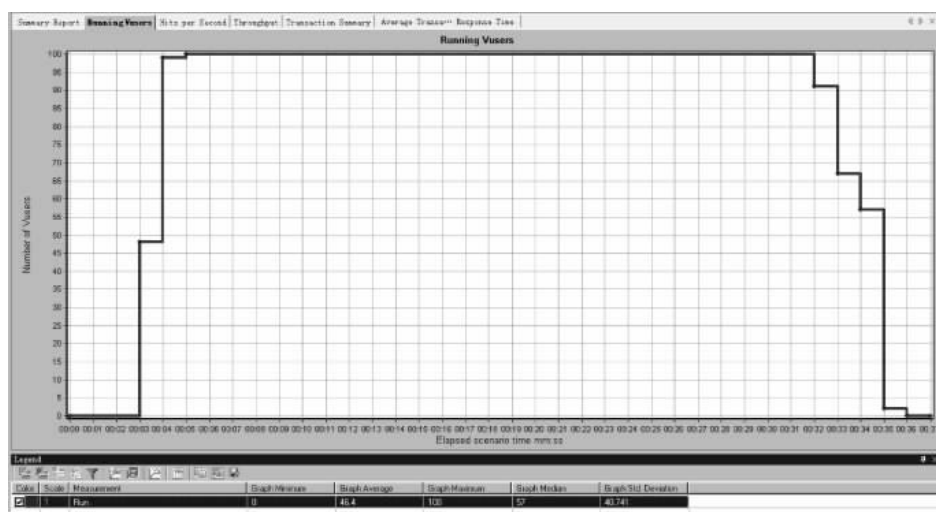


图 5-86 100 人测试中 Running Vuser 图

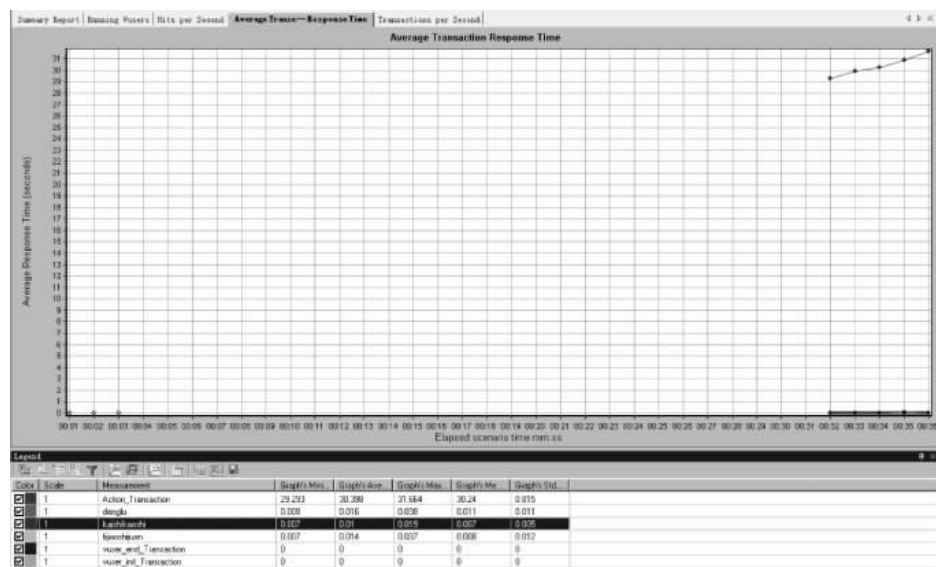


图 5-87 100 人测试中 Average Transaction Response Time 图

如图 5-88 和图 5-89 所示, Transaction Per Second 图与 Hits Per Second 图波形均与前面 50 人测试中波形相仿,但是 100 人测试对于系统造成的压力大约是 50 人测试的两倍,符合测试预期结果。

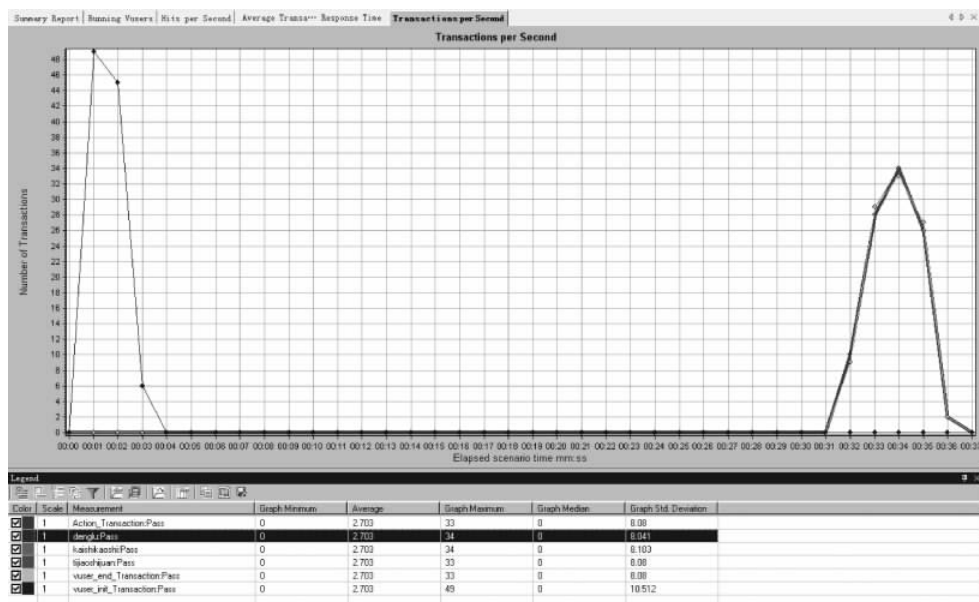


图 5-88 100 人测试中 Transaction Per Second 图

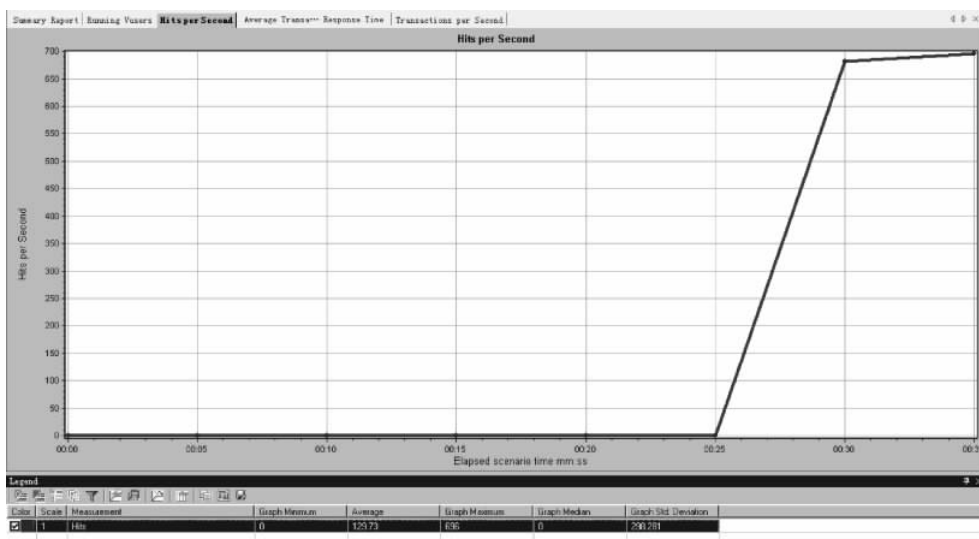


图 5-89 100 人测试中 Hits Per Second 图

接下来进行 300 人测试。

如图 5-90 所示,进入 Global Schedule 对场景进行配置,修改 Vuser 数量为 300 人,同时改变启动 Vuser 方式为每 10 秒启动 50 个 Vuser,改变结束 Vuser 方式为每 10 秒退出 50 个 Vuser。

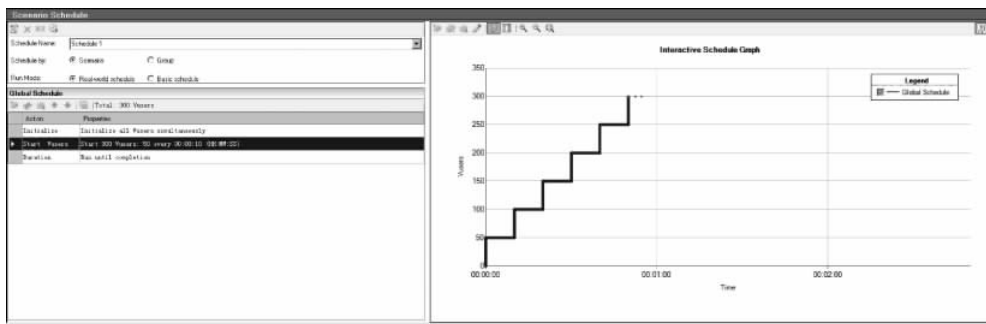


图 5-90 进入 Global Schedule 修改初始条件

如图 5-91 所示,为使测试更加符合实际情况,改变 SLA 阈值区间,将区间重新划分为 3 个,即小于 50 人、50 人至 150 人、大于 150 人。

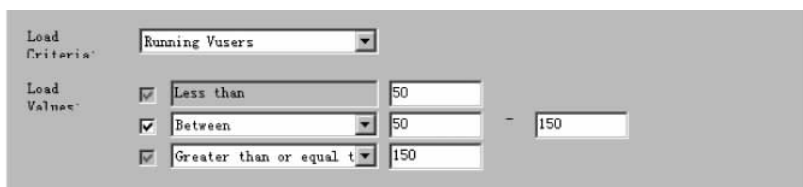


图 5-91 重新划分 SLA 阈值区间

如图 5-92 所示,设置 SLA 阈值,低于 50 人的情况下响应时间阈值为 3 秒,人数在 50~150 之间的情况下响应时间阈值为 4 秒,超过 150 人的情况下响应时间阈值为 5 秒。

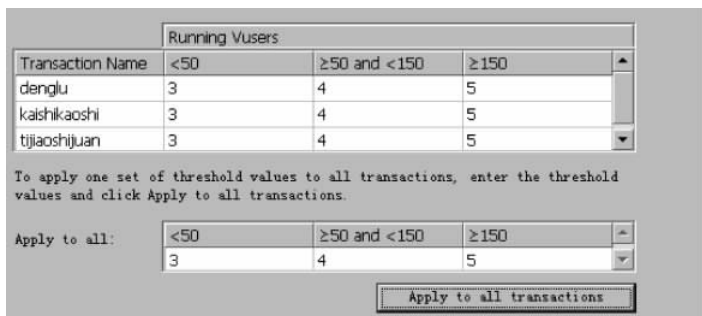


图 5-92 重新设置 SLA 阈值

设置好后,运行测试并进行报告分析。

如图 5-93 所示,统计信息概要,由于设置结束方式为 Vuser 一旦结束事务立刻退出,所以此时最大用户数并不是 300 人,而是实际运行情况中的 151 人。总吞吐量为 164 977 766B,平均吞吐量为 1 812 942B,总点击数为 14 400 次,平均每秒点击数为 158.242 次。虽然测试总人数增大了,但是由于测试过程中不断地有旧的 Vuser 退出和新的 Vuser 加入,因此每秒点击率相比 100 人而言并没有特别大的变化。

如图 5-94 所示,在随时间变化的场景行为图中,由于人数的增加,运行时间增长到了 1 分 25 秒,但是响应时间依然在 SLA 阈值内。

Statistics Summary

Maximum Running Vusers:	151	
Total Throughput (bytes):	164,977,766	
Average Throughput (bytes/second):	1,812,942	
Total Hits:	14,400	
Average Hits per Second:	158.242	View HTTP Responses Summary

图 5-93 300 人测试中统计概要

Scenario Behavior Over Time

The SLA status of the following measurements displayed over time. You can select a specific time range for each transaction in order to analyze the time range.

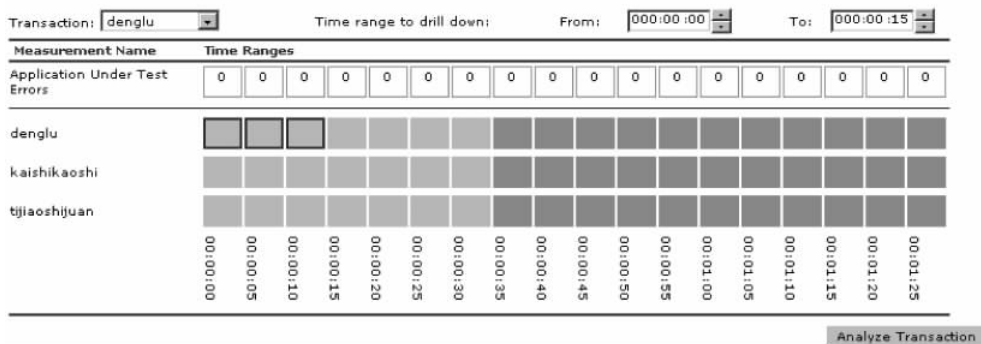


图 5-94 300 人测试中随时间变化的场景行为

如图 5-95 所示,在事务概要中,实际运行时,denglu、kaishikaoshi 与 tijiaoshiwu 三个事务的情况相较 100 人的变化不大。

Transaction Summary

Transactions: Total Passed: 1,800 Total Failed: 0 Total Stopped: 0

[Average Response Time](#)

Transaction Name	SLA Status	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Action Transaction		29.237	30.289	31.657	0.586	31.147	300	0	0
denglu		0.007	0.012	0.267	0.021	0.019	300	0	0
kaishikaoshi		0.006	0.009	0.218	0.017	0.01	300	0	0
tijiaoshijuan		0.007	0.013	1.031	0.06	0.017	300	0	0
vuser end Transaction		0	0	0	0	0	300	0	0
vuser init Transaction		0	0	0.004	0	0.004	300	0	0

Service Level Agreement Legend:  Pass  Fail  No Data

图 5-95 300 人测试中事务概要

Vuser 图可以较好地反映出 300 人测试的实际运行情况:从运行第 5 秒开始,每 10 秒增加 50 个 Vuser,但是在 35 秒时,虽然增加了 50 个 Vuser,但是由于最初的 50 个 Vuser 已经完成事务,退出运行,因此出现了短暂的 Vuser 数量波动,也使得 Vuser 最大值不再上升而保持在 150 人。后面再次经过两个这样的过程,最终 300 人测试完毕,依次退出运行,如图 5-96 所示。

Avreage Transaction Response Time 图中,虽然运行时间延长了,但是平均响应时间依然保持稳定,如图 5-97 所示。

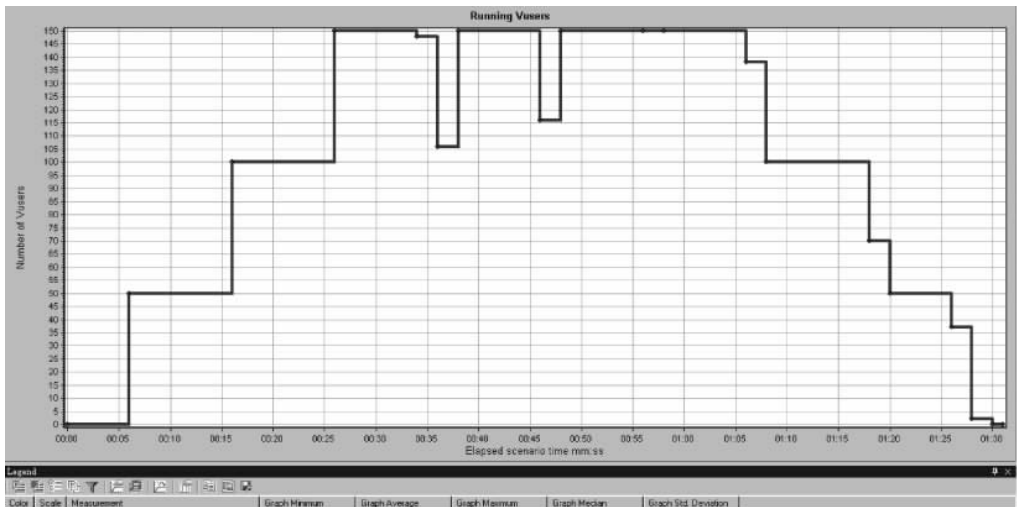


图 5-96 300 人测试中 Running Vuser 图



图 5-97 300 人测试中 Average Transaction Response Time 图

Transaction Per Second 图与 Hits Per Second 图中,比较 50 人测试与 100 人测试,更体现出了实际运行情况:不断的有 Vuser 进入,完成一批后退出,再进行下一批 Vuser 的运行。系统整体承压能力非常好,可以满足日常使用需要,如图 5-98 和图 5-99 所示。

根据以上的性能测试结果分析,得出以下的性能测试结论:

在性能测试全过程中,严格按照性能测试的方法和定义,首先对系统进行分析,确定系统的压力点,进行性能测试的计划制定,接着进行脚本的录制、合理设置 SLA 阈值,然后使用不同数量的 Vuser 对系统进行测试,最后对测试得出的结果进行合理的分析。

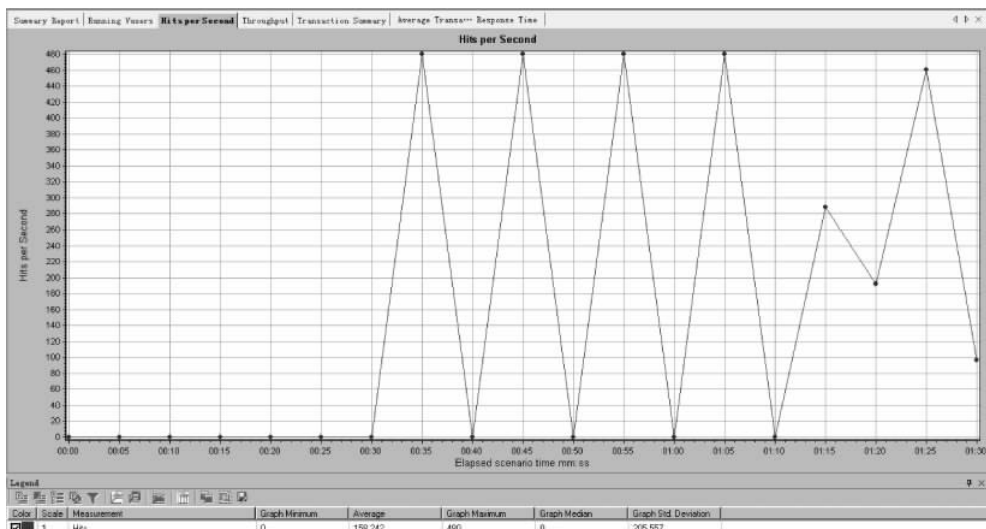


图 5-98 300 人测试中 Hits Per Second 图

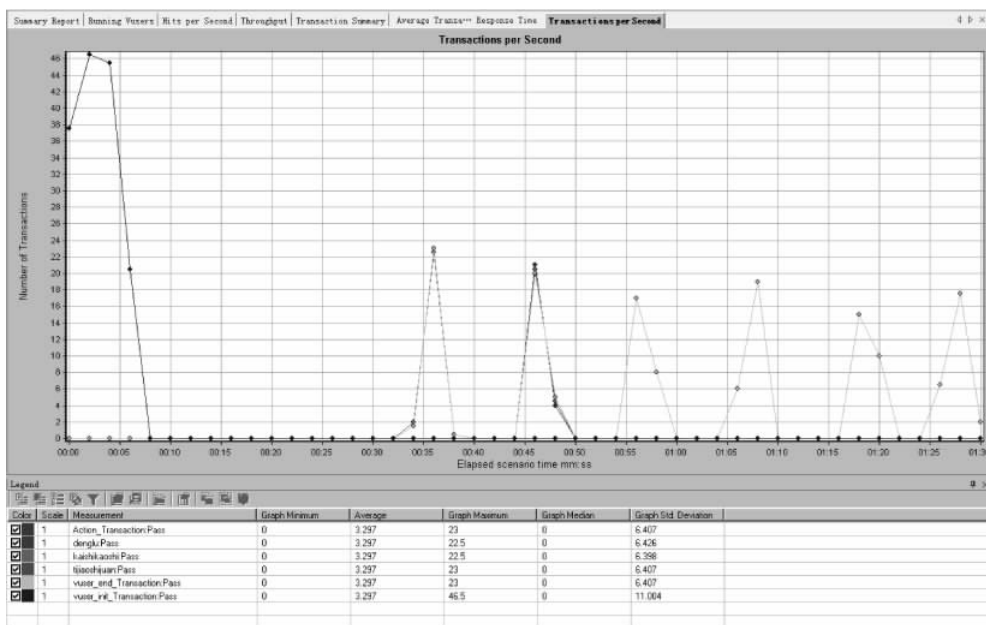


图 5-99 300 人测试中 Transaction Per Second 图

在多次的系统测试中，“在线考试系统”均可以在一个稳定的环境下运行，可以满足 300 人同时进入系统参加考试的条件，具有较强的抗压能力与系统稳定性。