

第 5 章 软件性能测试结果分析

软件性能测试结果分析是认识被测系统性能的关键步骤。然而,对软件性能测试结果进行透彻分析并准确定位系统瓶颈并非易事,往往需要软件测试工程师具备丰富的项目经验和扎实的技术功底。本章将结合软件性能测试结果分析常用的 Analysis 功能讲解如何分析概要报告、Vusers 图、事务图、Web 资源图、网页细分图等软件性能测试结果,最终确定系统性能瓶颈和改进方案。

本章讲解的主要内容如下。

- (1) Analysis 基础。
- (2) Analysis 分析概要。
- (3) Analysis 图。
- (4) Analysis 常用操作及配置。

5.1 Analysis 基础

本节参照图 5.1 所示 LoadRunner 学习体系,介绍 Analysis 入门知识,了解工具,熟悉其界面组成。

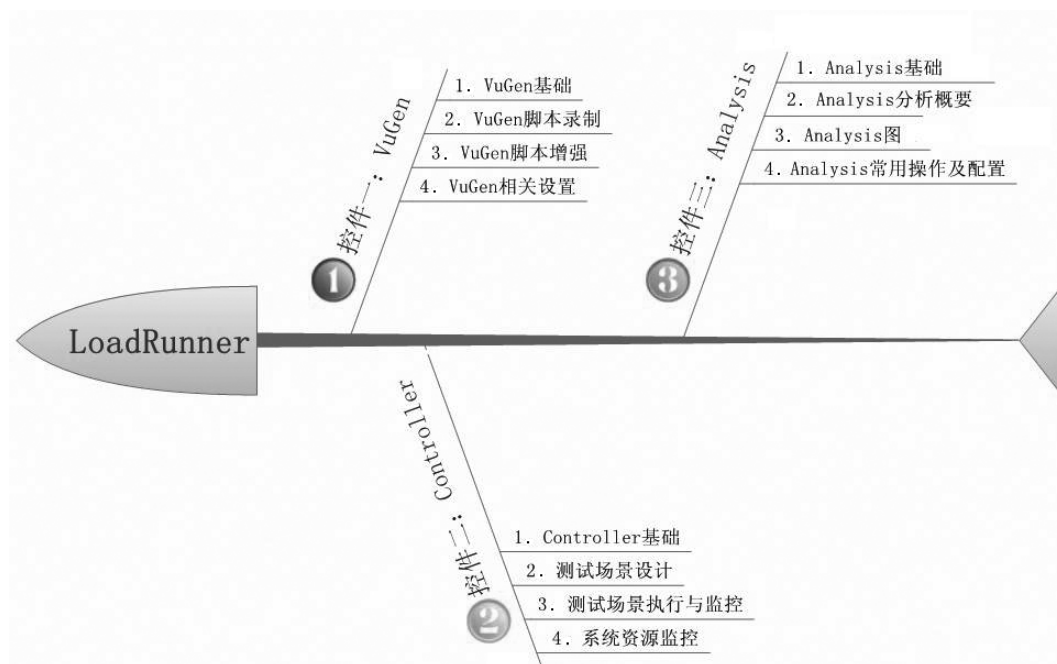




图 5.1 LoadRunner 学习体系图

5.1.1 Analysis 简介

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。其功能强大,便于使用。其一,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;其二,它可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;其三,它支持图的合并、自动关联、数据过滤及场景结果比较等常用操作与配置,便于透彻进行结果分析。

注意: 试回顾 2.3.2 节的 LoadRunner 工具原理,仔细体会 Analysis 模块的作用。

5.1.2 Analysis 启动与界面

Analysis 支持多种启动方式。其一,Controller 启动场景前选中 Results | Auto Load Analysis 菜单选项,当场景运行完成后将自动跳转至 Analysis 模块;其二,在 Controller 工具栏中单击  按钮启动;其三,在 Controller 工具栏中单击  按钮启动;其四,选中“开始”|“程序”|LoadRunner|Applications|Analysis 菜单选项启动。

前两种启动方式可自动分析当前场景的运行结果;而后两种方式仅打开 Analysis 应用程序,需要手动选择测试结果文件。

以第一种 Analysis 启动方式为例,进入如图 5.2 所示的窗口。

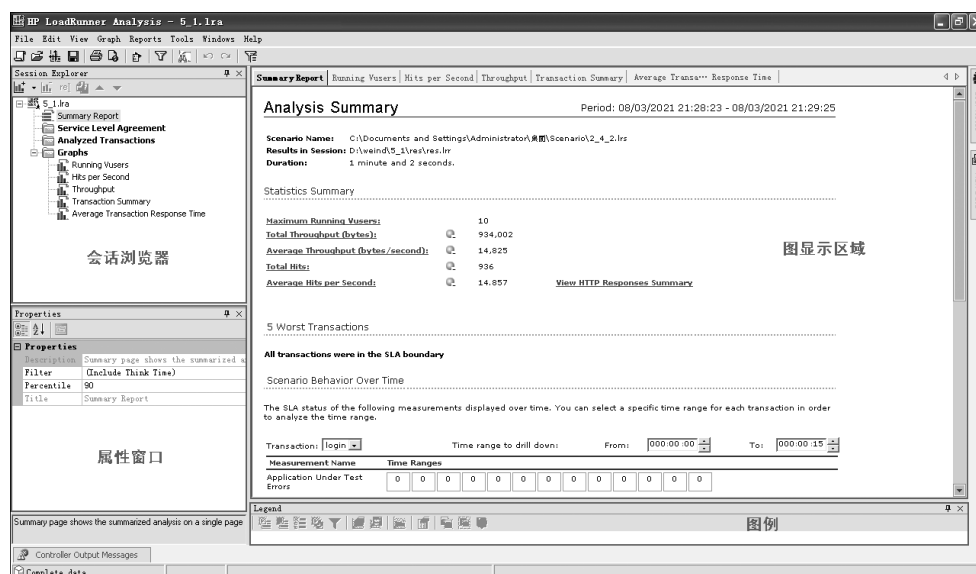


图 5.2 Analysis 结果分析窗口

图 5.2 所示对话框主要分如下 4 部分。

(1) Session Explorer(会话浏览器)窗口: 显示当前结果分析中所开启的树视图,主要包括概要报告、服务水平协议、已分析的事务及各类图。单击某项,右侧图显示区域中将显示对应内容。

(2) Properties(属性)窗口: 显示 Session Explorer 窗口中选中项的属性信息,处于灰色状态的项不可重新设置。

(3) 图显示区域：显示 Session Explorer 窗口中选中项的详细信息，如概要报告或各类图等，在此可进行各项信息详细查看和分析。

(4) Legend(图例)窗口：显示图显示区域中选中项的数据信息，如最小值、最大值及平均值等。

注意：

① 打开的 Analysis 结果分析对话框若不同于图 5.2 所示布局，可通过 Windows 菜单进行页面布局配置或开启其他窗口。

② 未打开 Analysis 结果文件时，可通过 Windows|Restore Default Layout 菜单选项将 Analysis 窗口的位置恢复到默认布局；通过 Windows|Restore Classic Layout 菜单选项将 Analysis 窗口的位置恢复到经典布局(经典布局类似于 Analysis 早期版本)。

③ 通过拖动某窗口并使用菱形引导箭头方式，可将窗口移动到所需的位置。

④ 通过 Windows|Layout Locked 菜单选项可锁定/解锁屏幕布局。

5.2 Analysis 分析概要

分析概要报告显示场景运行情况的一般信息，对判断是否需要深入分析性能测试结果图有重要作用。Analysis 结果分析文件开启后，默认显示分析概要报告；或在 Session Explorer 窗口中单击 Summary Report 选项卡可开启。参照图 5.1 所示的 LoadRunner 学习体系，本节介绍 Analysis 分析概要的各部分组成。

1. 概要整体信息

如图 5.3 所示为待分析的性能测试场景的基本信息。例如，场景执行时间为 11/03/2021 12: 27: 24-11/03/2021 12: 29: 56，场景持续时间为 2 分 32 秒，并可查看对应文件的名称和存放位置。

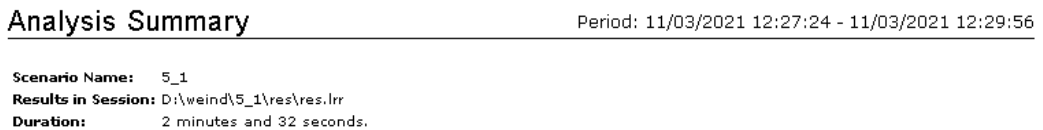


图 5.3 Analysis 分析概要_概要整体信息

2. 统计信息概要

如图 5.4 所示为统计信息概要。例如，最大运行用户数为 10，总吞吐量为 3590730B，平均吞吐量为 23469B/s，总点击数为 3535，平均点击次数为 23105。单击相应超链接，可查看对应的详细信息。

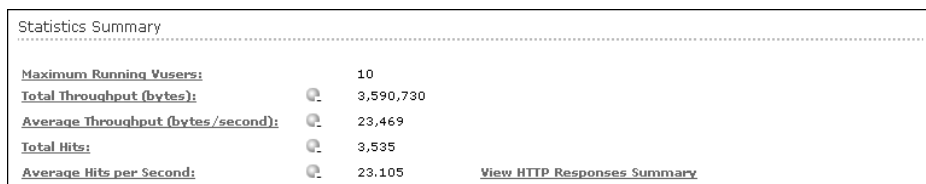
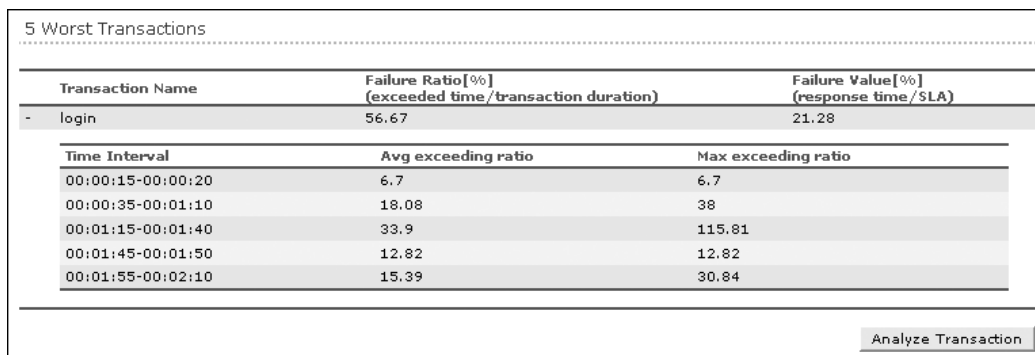


图 5.4 Analysis 分析概要_统计信息概要

3. N 个执行情况最差的事务

如图 5.5 所示为场景运行期间,针对“事务超出 SLA 阈值的比率及超出比率的幅度”而言执行最差的事务。例如,相对于 SLA 阈值,login 事务的持续时间超出 56.67%。整个运行期间超出的平均百分比为 21.28%。



5 Worst Transactions		
Transaction Name	Failure Ratio[%] (exceeded time/transaction duration)	Failure Value[%] (response time/SLA)
- login	56.67	21.28
Time Interval	Avg exceeding ratio	Max exceeding ratio
00:00:15-00:00:20	6.7	6.7
00:00:35-00:01:10	18.08	38
00:01:15-00:01:40	33.9	115.81
00:01:45-00:01:50	12.82	12.82
00:01:55-00:02:10	15.39	30.84

Analyze Transaction

图 5.5 Analysis 分析概要(N 个执行情况最差的事务)

注意: SLA 即服务水平协议。通过定义测试场景目标,Controller 将在场景运行期间进行目标评测并在 Analysis 概要报告中进行分析。

单击事务前的“-”,将显示特定的时间间隔内,事务超出 SLA 的平均百分比和最大百分比。例如,图 5.5 所示的第一个时间间隔内,事务多次超出 SLA 阈值且每次超出的幅度存在差异,它的 Avg exceeding ratio(平均超额比率)为 6.7,Max exceeding ratio(最大超额比率)为 6.7。

通过单击 Analyze Transaction 按钮,在打开的分析事务窗口中可查看更多详细的事务分析,相关介绍参见 5.4.2 节。

注意: 选中 Tools|Options|General 菜单选项,可在如图 5.6 所示对话框中设置执行情况最差的事务的个数(默认为 5)。

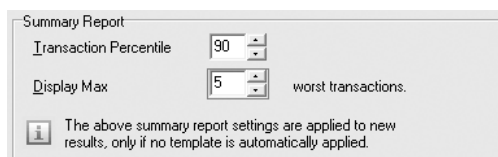


图 5.6 设置 N 个执行情况最差的事务

4. 随时间变化的场景行为

随时间变化的场景行为即场景运行期间不同时间间隔内各事务的执行情况,参照图 5.7 所示解释如下。

(1) Application Under Test Errors 表示在各时间间隔内,所测程序每秒收到的平均错误数(0 表示每秒收到的错误数为 0,0+表示每秒收到的错误数略大于 0)。

(2) 事务后面各色块的含义:灰色代表尚未定义相关 SLA;绿色代表事务未超过 SLA 阈值;红色代表事务失败。

(3) 通过单击 Analyze Transaction 按钮,进入 Analyze Transaction(分析事务)窗口,可

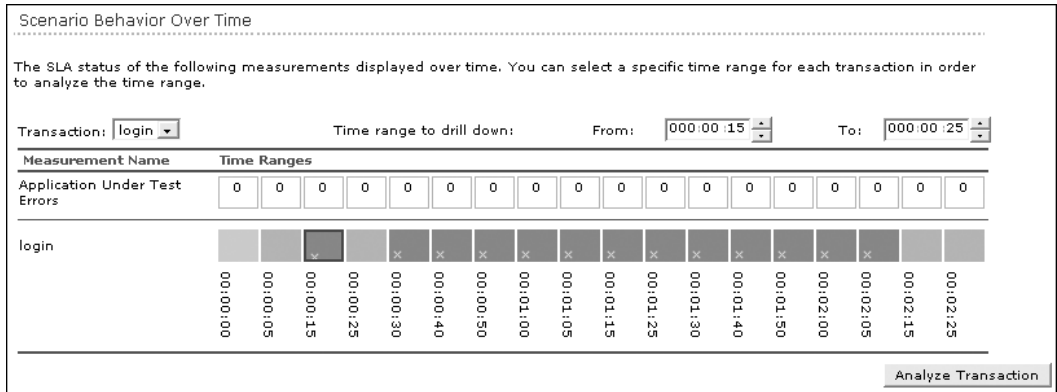



图 5.7 Analysis 分析概要(随时间变化的场景行为)





查看更详细的事务分析,相关介绍参见 5.4.2 节。

图 5.7 所示仅有一个定义 SLA 的事务(即 login 事务),在大多数评测的时间间隔内该事务超出 SLA 阈值。

注意: 通过 Transactions 和 From、To 的设置并单击 Analyze Transaction 按钮,或通过选中事务和时间范围并单击 Analyze Transaction 按钮,可查看某时间段内特定事务的详细信息。

5. 事务概要

如图 5.8 所示,事务概要用于查看各事务的 SLA 状态及响应时间相关信息,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。值得提醒的是,其一,通过“事务通过数/事务总数”可得出事务成功率;其二,SLA Status 值表示该事务相关的 SLA 整体状态,login 事务的状态标记为失败;其三,通过单击各事务的 SLA 状态标志(例如 ) ,可进入如图 5.9 所示的 SLA 报告对话框并查看具体的 SLA 信息;其四,login 事务“90%”列中的值是 1.954,表示 90% 的 login 事务响应时间小于 1.954 秒。

Transaction Summary									
Transactions: Total Passed: 486 Total Failed: 0 Total Stopped: 8					Average Response Time				
Transaction Name	SLA Status	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Action Transaction		1.545	3.873	32.285	2.289	5.614	233	0	8
login		0.425	1.145	3.902	0.634	1.954	233	0	0
user_end Transaction		0	0	0.001	0	0.001	10	0	0
user_init Transaction		0	0.027	0.267	0.08	0	10	0	0




Service Level Agreement Legend:  Pass  Fail  No Data

图 5.8 Analysis 分析概要(事务概要)

注意:

① Std. Deviation 即标准方差,是描述数据采样离散状态的一项重要指标。可将标准方差同平均值进行对比,前者越大于后者,表明数据离散程度越高,曲线越不平稳即波动较大。

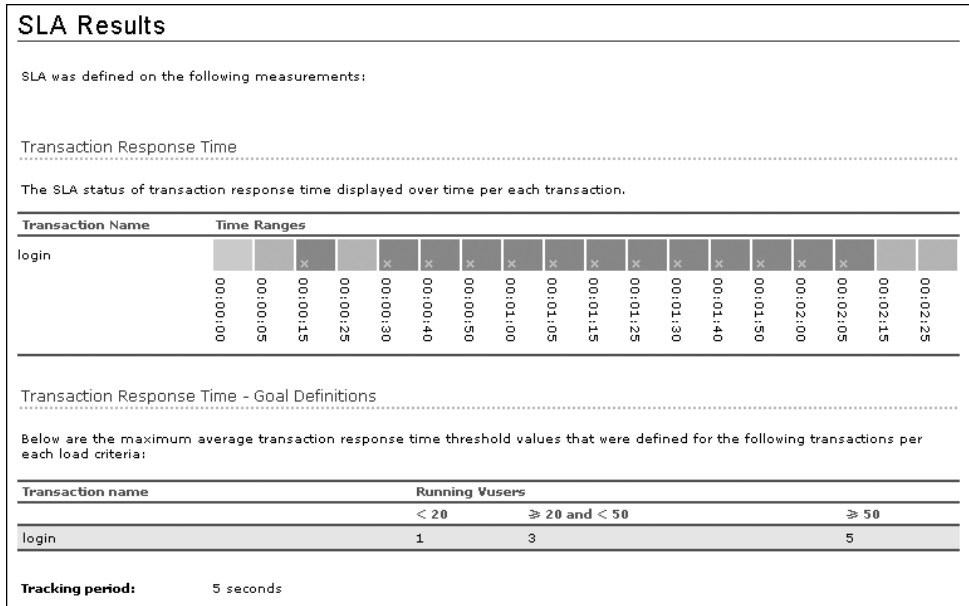


图 5.9 SLA 报告

② “90%”列用于定义某事务响应时间的 90% 的阈值。例如,假定一组数据(3、9、4、5、7、1、8、2、10、6),排序后为(1、2、3、4、5、6、7、8、9、10),则“90%”为 9。

③ 通过选中 Tools|Options|General 菜单选项,可在如图 5.6 所示 Summary Report 对话框的 Transaction Percentile 中设置百分比列的数值(默认为 90)。

④ 上述谈到的 SLA 报告,还存在其他多种开启方式。其一,选中 Reports|Analyze SLA 菜单选项开启;其二,在“Analysis 分析概要”主显示区中右击,从弹出的快捷菜单中选中 Analyze SLA 选项开启。

6. HTTP 响应概要

HTTP 响应概要显示运行测试期间 Web 返回的 HTTP 状态码,如图 5.10 所示。例如 HTTP 200 表示页面返回正常;HTTP 404 表示要浏览的网页在服务器中不存在,该网页可能已迁移;HTTP 500 表示服务器遇到内部错误,不能完成请求。

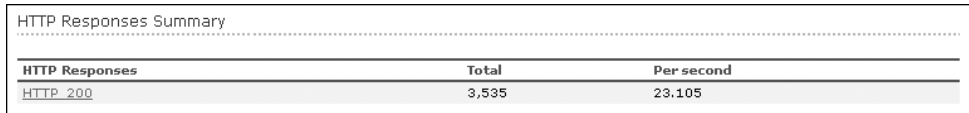


图 5.10 Analysis 分析概要(HTTP 响应概要)

5.3 Analysis 图

LoadRunner 的 Analysis 提供了丰富的图供读者进行性能测试结果分析。参照图 5.1 所示的 LoadRunner 学习体系,重点介绍 Analysis 各类图的分析。

可通过 Session Explorer 窗口访问可用图,也可向 Session Explorer 窗口添加新图。添

加新图支持多种方式。其一,在 Session Explorer 窗口右击,从弹出的快捷菜单中选中 Add New Item|Add New Graph 选项,打开如图 5.11 所示的 Open a New Graph(打开新图)对话框进行添加;其二,选中 Graph|Add New Graph 菜单选项,打开 Open a New Graph 对话框进行添加。

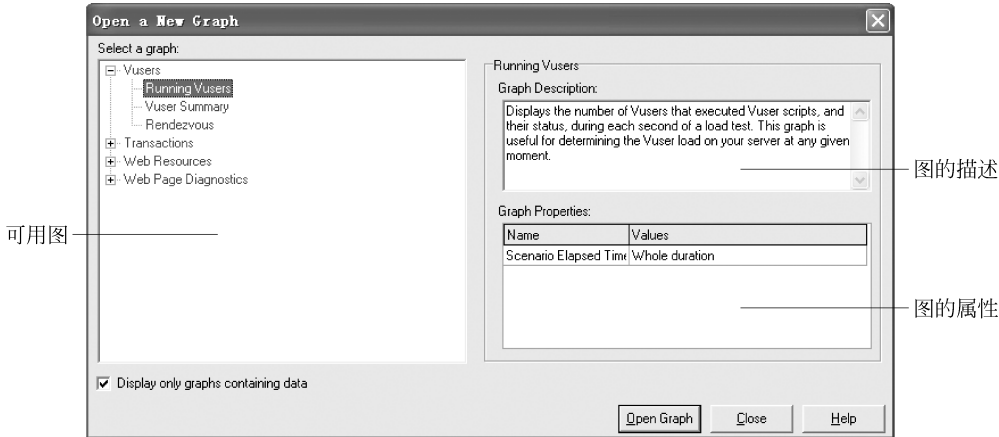


图 5.11 Open a New Graph 对话框

Analysis 图种类繁多,涉及范围甚广,如虚拟用户图、错误图、事务图、Web 资源图、网页细分图、用户定义的数据点图、系统资源图、网络监控器图、Firewall 服务器监控器图、数据库服务器资源图、中间件性能图、Java 性能图等,它们均属于 Analysis 图范畴。下面针对图 5.12 所示的较为常用的几类图进行介绍。值得强调的是,读者在进行实际项目性能结果分析时,需在掌握各类图功能的基础上综合使用各类图进行结果分析和瓶颈的定位。

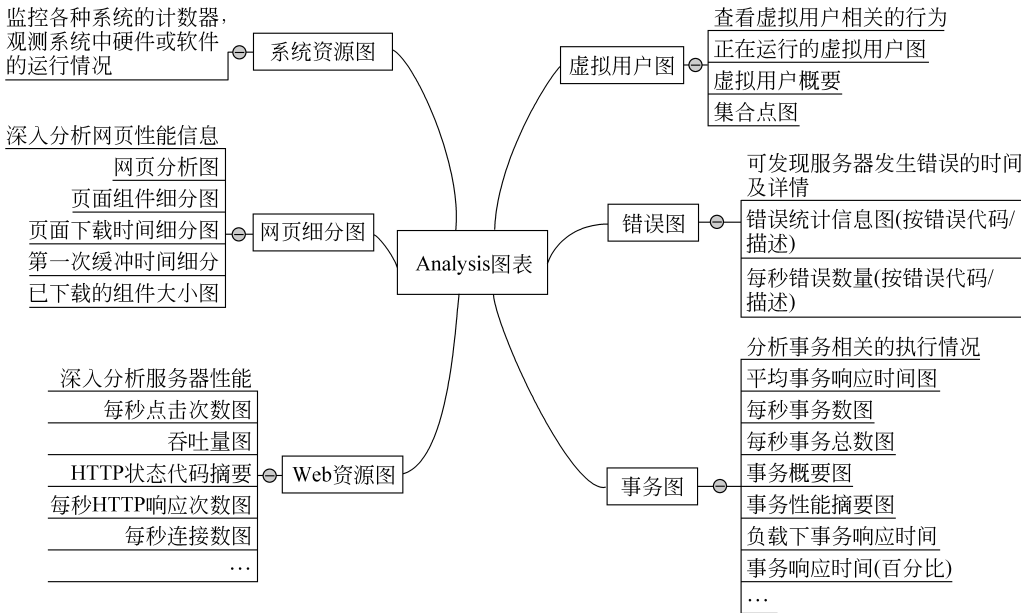


图 5.12 Analysis 图

5.3.1 Vusers 图

Vusers(虚拟用户)图,用于描述场景执行期间 Vuser 的相关行为,例如 Running Vusers 图(描述 Vuser 状态)、Vuser Summary 图(描述已完成场景的 Vuser 数)、Rendezvous 图(描述集合点统计信息)。

1. Running Vusers 图

Running Vusers(运行 Vuser 图)显示场景执行期间每秒运行的 Vuser 数及相应状态。Running Vusers 图横轴为自场景开始运行后所用的时间,纵轴为各时间下对应的 Vuser 数量,默认显示运行状态的 Vuser。通过在 Properties 窗口中的 Filter 行设置 Vuser Status,可显示其他状态的 Vuser。

如图 5.13 所示,场景开始执行后,1 分钟内虚拟用户数量逐渐增加至 10 个;之后 Vuser 数量保持为 10 并一直运行;运行了大约 1 分钟后开始陆续退出场景。

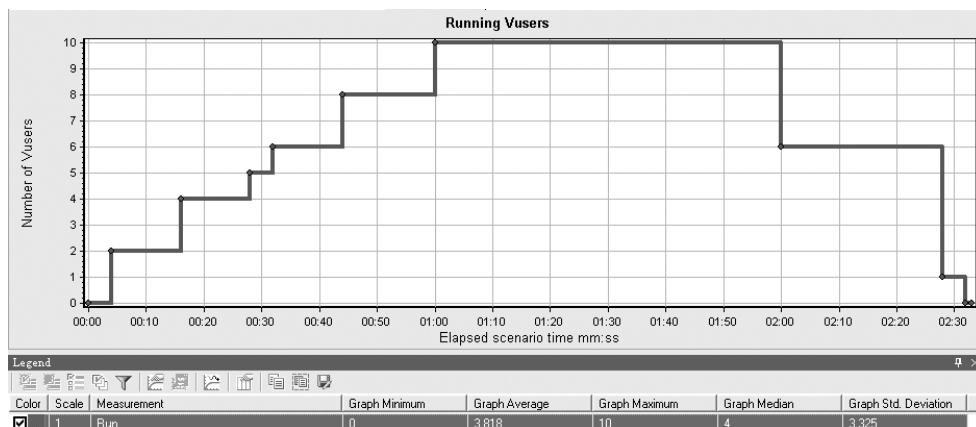


图 5.13 Running Vusers 图

注意:

① 可能会遇到如下情况:场景设计为 Vuser 从 0 开始逐渐增加,但 Running Vusers 图中 Vuser 数量并不是从 0 开始,而是直接从某一数值开始递增的。原因:存在一些网络延迟,所以该情况是正常的。

② 通常情况下,将 Running Vusers 图与 Average Transaction Response Time 图、Hits per Second 图等合并,分析 Vuser 数量对其他方面的影响。

2. Vuser Summary 图

Vuser Summary(Vuser 概要)图以饼图显示 Vuser 性能概要信息,用于查看已成功执行性能测试场景的 Vuser 数量(相对于未成功执行场景的 Vuser 而言)。

10 个 Vuser 均处于 Passed 状态,如图 5.14 所示。

3. Rendezvous 图

Rendezvous(集合点)图显示场景执行期间在每个集合点处释放 Vuser 的时间及释放的 Vuser 数量。Rendezvous 图横轴为自场景开始运行后所用的时间,纵轴为各集合点处释放的 Vuser 数。

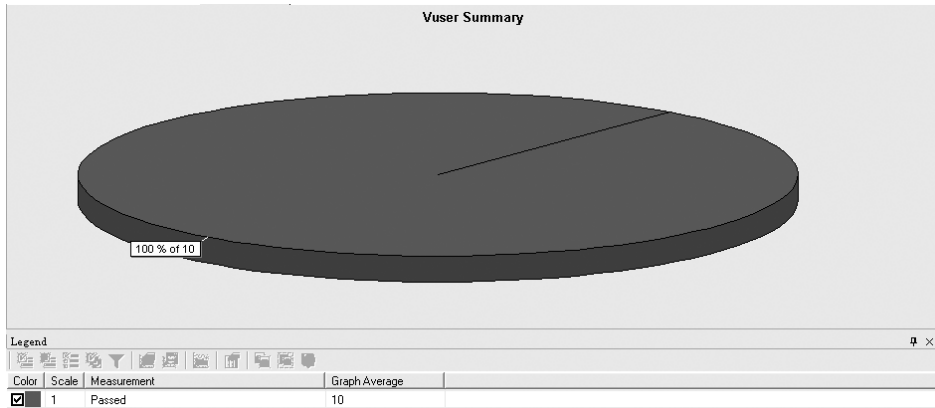


图 5.14 Vuser Summary 图

如图 5.15 所示,在第 4s 时集合点处释放了 10 个 Vuser。值得提醒的是,需将集合点释放的 Vuser 数量同场景中设置的 Vuser 数量做比较,若前者小于后者,则说明某些 Vuser 发生了超时,未全部释放,此时需进一步分析超时原因。

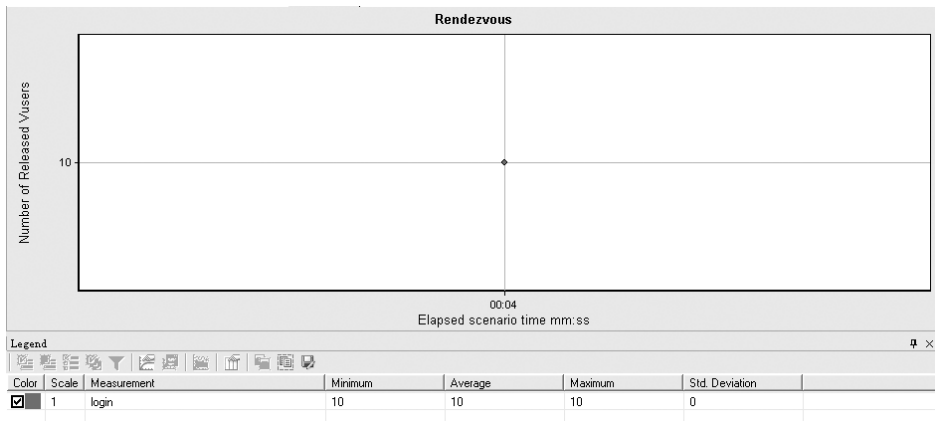


图 5.15 Rendezvous 图

注意:

- ① 若脚本中未设置集合点,则 Analysis 中不显示 Rendezvous 图。
- ② 通常将 Rendezvous 图与 Average Transaction Response Time 图进行合并,可观察并分析集合点对事务响应时间的影响。

5.3.2 Error 图

Error(错误)图主要显示场景执行期间发生的错误信息,通过错误描述或错误代码分类显示,例如 Error Statistics (by Description)、Error Statistics、Errors per Second (by Description)、Errors per Second 等。读者可通过错误图进行错误原因分析及故障排查。

1. Error Statistics(by Description)图

Error Statistics(by Description)(错误统计(按描述分))图以饼图显示场景执行期间发

生的错误统计及描述信息。图 5.16 共显示了 3 类错误,总计 30 个。图例中标识的错误三出现了 10 次,占总错误数的 33.33%,具体错误描述为:访问服务器拒绝。

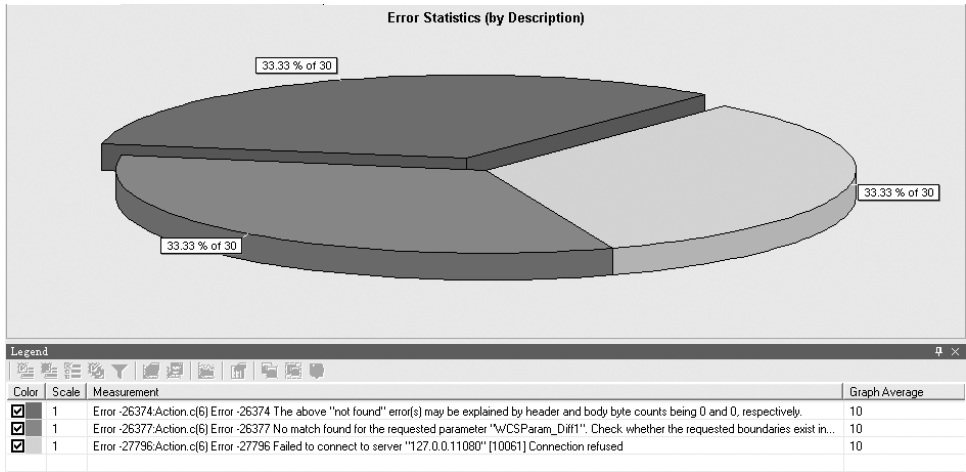


图 5.16 Error Statistics (by Description)图

2. Error Statistics 图

Error Statistics(错误统计)图。该图的功能同 Error Statistics (by Description)图保持一致,唯一区别在于它是“通过错误代码”进行的分类,如图 5.17 所示。

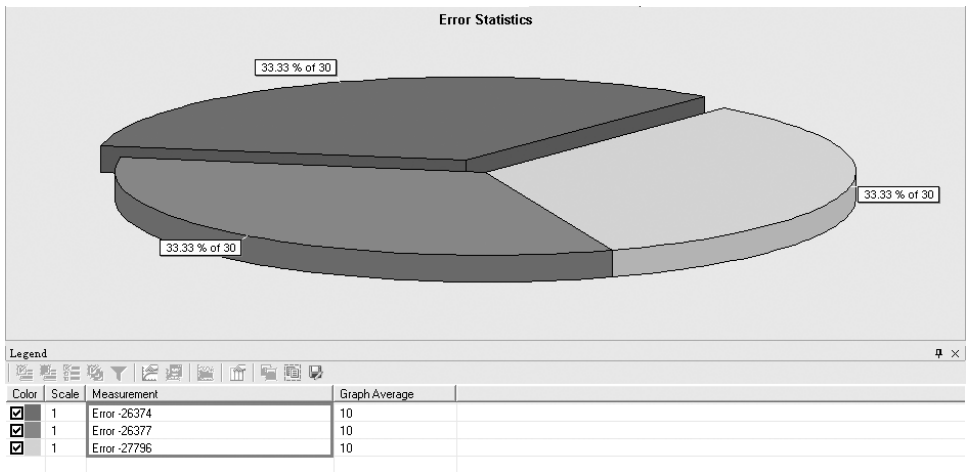


图 5.17 Error Statistics 图

3. Errors per Second (by Description) 图

Errors per Second (by Description) (每秒错误数(按描述分))图显示场景执行期间每秒发生的错误平均数。图 5.18 所示横轴为自场景开始运行后所用的时间,纵轴为各时间下对应的错误数量,并参照错误描述进行分类。

4. Errors per Second 图

Errors per Second(每秒错误数)图。该图的功能同 Errors per Second (by Description)图保持一致,唯一区别在于它是“通过错误代码”进行的分类,如图 5.19 所示。