

基于使用模型的 Web 应用软件统计测试

赵宏斌¹, 路晓丽^{2,3}, 董云卫²

- (1. 西安供电局 信息中心, 陕西 西安 710032;
2. 西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072;
3. 西北大学 公共管理学院, 陕西 西安 710069)

摘 要: Web 应用软件一般都具有体系结构复杂、代码量大、页面众多且相互联结的特点, 在一定的时间和投入内, 显然是无法做到穷尽的测试, 而确保 Web 应用软件可靠性的一个很好的可选方案就是基于使用模型的 Web 统计测试, 以便重点测试用户频繁使用的路径和页面, 使测试效率达到最高。针对这个问题, 提出了一个能够反映系统真实使用情况的 Web 统计测试的使用模型 WSUM, 该模型基于 Web 应用的导航行为图和日志文件进行构建, 对于用户的导航行为的描述更为全面和准确。在此基础上, 还提出了基于使用模型 WSUM 设计和生成测试用例的方法, 并给出了应用此方法进行统计测试的例子。

关键词: Web 应用软件; 统计测试; 使用模型

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)12-0113-04

Statistical Testing of Web Application Based on Usage Model

ZHAO Hong-bin¹, LU Xiao-li^{2,3}, DONG Yun-wei²

- (1. Information Center, Xi'an Power Supply Bureau, Xi'an 710032, China;
2. College of Computer Science, Northwest Polytechnical University, Xi'an 710072, China;
3. College of Public Administration, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: Because Web application has characteristics of complicated structure, large amount of code, plenty of pages linking each other, it is impossible to test completely during limited time and investment. In order to guarantee the reliability of Web application, statistical testing of web application based on usage model is one of the best ways. By this way, paths and pages which users frequently use can be tested efficiently. In order to cope with this problem, the Web Application usage model named WSUM which can reflect true usage of system is offered. WSUM based on Pages Navigation Graph (PNG) and log file can describe navigation of users wholly and definitely. Besides, methods for test suites generation based on WSUM and relevant cases of statistical testing are introduced.

Key words: Web application software; statistical testing; usage model

0 引 言

由于 Web 应用软件一般都具有体系结构复杂、代码量大、页面众多且相互联结的特点, 在一定的时间和投入内, 显然是无法做到穷尽的测试, 而确保其可靠性的一个很好的可选方案就是基于使用模型的统计测试^[1], 以便重点测试用户频繁使用的路径和页面, 使测

试效率达到最高。目前, 国内外对于 Web 统计测试的研究已经取得了一些成果^[2~5], 已经出现了几种支持 Web 应用统计测试和可靠性分析的使用模型。文献[2]提出了一种扁平操作框架的使用模型, 这种使用模型有些简单, 不能满足 Web 应用不断复杂化的需要。文献[3]提出了一种基于马尔可夫链的使用模型, 这种模型可将 Web 应用的使用情况表示为有穷状态、离散参数的马尔可夫链, 比较适合 Web 应用软件。在文献[3]的基础上, 文献[1, 4, 5]提出了一种名为 UMMs (Unified Markov Models) 的使用模型, 提出了一种层次化的方法进行建模, 并在文献[6, 7]中将 UMMs 用于 Web 应用的测试和可靠性分析的实践中。这种使用

收稿日期: 2009-06-23; 修回日期: 2009-08-28

基金项目: 国家高技术研究发展(863)计划项目(2009AA01Z147)

作者简介: 赵宏斌(1971-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为企业服务计算; 路晓丽, 博士, 副教授, 研究方向为软件测试; 董云卫, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为嵌入式软件的设计、验证和仿真测试。

模型表示较为全面,但是 UMMs 是借用一些日志分析工具来产生,对用户的导航习惯考虑不够,同时进行可靠性分析时,只是考虑了错误日志中涉及到的一些错误,其他的一些错误例如“用户期望的行为偏差”并没有考虑。

笔者结合实践的经验教训,在总结整理相关工作的基础上,针对这一问题,提出了一个能够反映系统真实使用情况的 Web 应用统计使用模型 (WSUM),WSUM 利用马尔可夫链来表示,基于 Web 应用的导航行为图和日志文件进行构建,模型图中包含了导航链接 url、动态构建条件、用户操作、转移标识和转移概率等信息,主要表示了 Web 应用页面执行的序列、执行的过程中所提供的输入值和执行过程中每一次转移的概率,对于用户的导航行为的描述更为全面和准确。在此基础上,文中还提出了基于使用模型 WSUM 设计和生成测试用例的方法。

1 Web 应用统计测试的使用模型

Web 应用统计使用模型 (WSUM) 基于 Web 应用的导航行为图和日志文件进行构建,用马尔可夫链来表示,图中包含了导航链接的 URL、动态构建条件、用户操作、转移标识和转移概率等信息,对于用户的行为的描述更为全面和准确。

WSUM 的构建过程如图 1 所示:首先利用页面导航图对 Web 应用进行建模;然后将导航图进行适当的转换,通过分析日志得到每个转移的概率来修饰转换后的图,得到 WSUM;最后利用 WSUM 生成测试用例,实施统计测试,并分析测试结果,对 Web 应用进行可靠性测量。

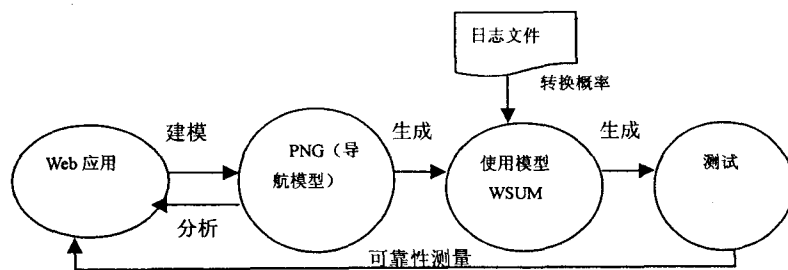


图 1 WSUM 生成过程

1.1 利用页面导航图对 Web 应用进行建模

页面导航图表示 Web 页面之间的导航行为,页面导航图 $PNG = (P, PL, 6o, po, E)$ 是一个有限状态自动机^[8], P : 所有页面的集合; PL : 所有超链接的集合; $6o$: 转移函数, $6o = P \times PL \rightarrow P$; po : 起始页, $po \in P$; E : 终止页集合, $E \subseteq P$ 。

在这个有限状态自动机中,每一个状态表示一个页面,状态之间的变迁表示超链接,并用该超链接的

URL 来标识,从而可以形式化地描述页面间的导航关系;另外,每个变迁旁边可以有括号,括号中的条件指定了激发转移必须提交的数据和内部状态,可以写成 $url[变量名=值]$ 。例如:页面 page - A 使用相同的超链接可以访问 page - B 和 page - C,而 page - B 和 page - C 是由相同的服务端页面产生的客户端页面,从 page - A 提交的数据的不同值是转移发生的条件,该条件写在方括号中。在实际应用中,要得到 Web 应用的页面导航图并不复杂,有很多现成的工具(如在 FrontPage)就能生成这样的图。

图 2 是页面导航图的一个例子,在图中, index.html 是某个金融行业的 Web 应用软件^[9]的首页,该 Web 应用提供了两种不同的服务,一种与证券市场有关,一种与汇率市场有关。这两种服务分别由服务端页面 s1.asp 和 s2.asp 进行处理,然后给用户返回相应的页面 p1.html 和 p2.html。Index.html 链接到 s1.asp 和 s2.asp 时所提交的用户输入值是不同的,当 $[state = 1, value = stock]$ 时链接到 s1.asp, stock 指的是某只股票的名称,例如:中国石油;当 $[state = 2, value = currency]$ 时链接到 s2.asp, currency 指的是某个货币的名称,例如:日元。

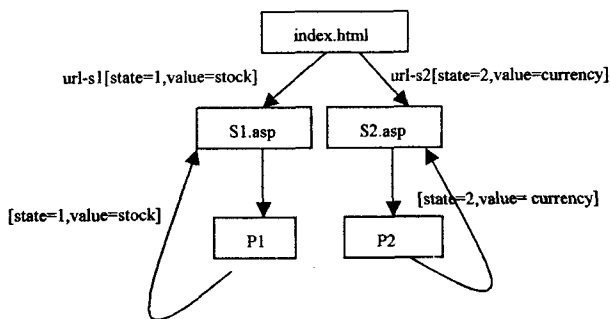


图 2 页面导航图

1.2 从页面导航图生成使用模型结构

为了得到使用模型的结构,首先要将页面导航图加上一个起始和终止状态,起始状态命名为“Software Not Invoked”,表示应用未被触发;终止状态命名为“Software Terminated”,表示应用的结束。图中的其他状态代表了系统中的使用状态,状态间的转换还需要加上使得系统状态发生改变的用户操作的标识,系统中自动转换用 ϵ 符号标识。另外,为了方便转移的识别和表示,在图中可以给每个边一个标识,比如: e1, e2 等。图 3 是将图 2 转换后生成的使用模型结构图,用 e1 表示 index.html 通过动作“提交”并传递参数 $[state = 1, value = stock]$ 到 s1.asp,用 e2 表示 index.html 通过动作“提

提交”到 s2.asp。图 3 是将图 2 转换后生成的使用模型结构图,用 e1 表示 index.html 通过动作“提交”并传递参数 $[state = 1, value = stock]$ 到 s1.asp,用 e2 表示 index.html 通过动作“提

交”并传递参数 [state = 2, value = currency] 到 S2. asp, 用 e3 表示 S1. asp 生成 p1. html, 用 e4 表示 S2. asp 生成 p2. html, 用 e5 表示 p1. html 通过动作“提交”并传递参数 [state = 1, value = stock] 到 S1. asp, 用 e6 表示 p2. html 通过动作“提交”并传递参数 [state = 2, value = currency] 到 S2. asp, 用 e7 表示从 p1. thml 终止, 用 e8 表示从 p2. html 终止。

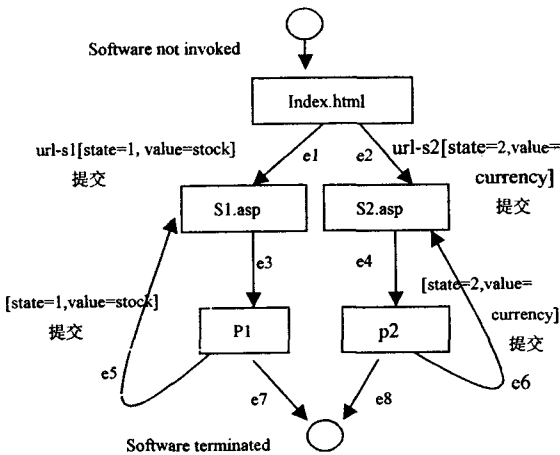


图 3 使用模型结构图

1.3 利用日志得到转移概率, 修饰模型结构图得到使用模型

使用模型结构图中还缺少每个转移发生的概率, 可以通过对日志信息进行分析来得到概率^[9]。日志信

表 1 日志和统计结果

主机名	被请求的页	传递的参数	统计结果	
			边	请求数 概率
192.168.0.1	Index.html		E1	3 3/5(0.6)
			E2	2 2/5(0.4)
192.168.0.1	S1.asp	State = 1 Value = “中石油”	E3	4 1
			E4	3 1
192.168.0.2	Index.html		E5	1 1/4(0.25)
			E7	3 3/4(0.75)
192.168.0.2	S2.asp	State = 2 Value = “欧元”		
192.168.0.1	S1.asp	State = 1 Value = “中国移动”	E6	1 1/3(0.333)
192.168.0.2	S2.asp	State = 2 Value = “美元”	E8	2 2/3(0.667)
192.168.0.3	Index.html			
192.168.0.3	S1.asp	State = 1 Value = “东大股份”		
192.168.0.4	Index.html			
192.168.0.4	S1.asp	State = 1 Value = “精密股份”		
192.168.0.5	Index.html			
192.168.0.5	S2.asp	State = 2 Value = “日元”		

息一般都不能直接使用, 需要借助一些自动化的工具, 将日志信息经过适当的处理, 得出 Web 应用各部分的访问频率、转换概率, 捕获统计信息。表 1 第一列是请求 Web 页的主机名, 第二列是被请求的页面的名称, 第三列是向 Web Server 传递的参数, 第四列是统计结果, 通过对日志文件的分析, 可以得到页面之间转换的概率。例如: 在日志中, 从 index. html 导航到 s1. asp 和 s2. asp 共 5 次; 主机 192.168.0.1、192.168.0.3 和 192.168.0.4 从 index. html 通过提交动作并传递参数 [state = 1, value = 证券名称] 经过边 e1 导航到 s1. asp 共计 3 次, 转换概率为 3/5; 主机 192.168.0.2 和 192.168.0.5 从 index. html 通过提交动作并传递参数 [state = 2, value = 货币名称] 经过边 e2 导航到 s2. asp 共计 2 次, 转换概率为 2/5。

将每个转换发生的概率加入到使用模型结构图图 3 中, 就得到了使用模型。如图 4 所示:

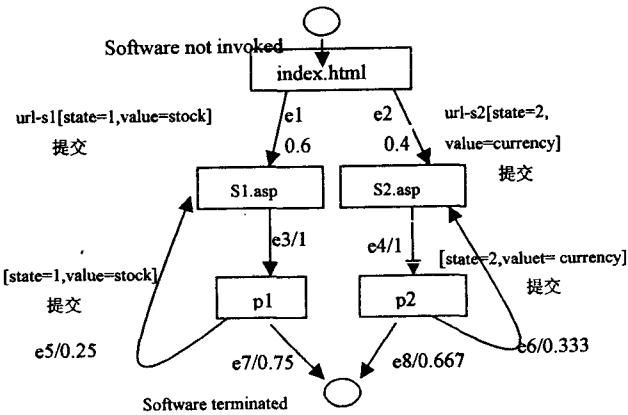


图 4 使用模型图

2 利用使用模型 WSUM 生成测试用例

当得到 Web 应用的使用模型 WSUM 后, 就可以利用使用模型来生成测试用例。测试用例可以选取使用模型中状态节点和状态节点之间连接的路径, 利用状态节点间连接的路径序列表示用户的导航行为。为了更好地测试用户频率较高的操作, 需要对测试的路径设定一个门限值, 通过测试超过门限值的测试案例来完成高频率用户导航行为的覆盖, 以此提高软件的可靠性^[10]。

在实际的应用中, 门限值能够被调整, 从而控制需要生成和执行的测试案例的数量。比如可以在开始的时候设定较高的门限值, 这样只对频率较高的操作进行测试, 高于门限值的测试案例较少; 然后逐渐降低测试的门限值, 对更广泛的导航行为进行测试, 以达到更高的执行满意度和软件可靠性。例如: 针对图 4 的使用模型, 设定测试序列的门限值为 0.4, 则对于测试用

例“Software not invoked”→e1e3e7→“Software Terminated”,这条执行路径执行的转换概率: $0.6 * 1 * 0.75 = 0.45$,达到了测试的门限值,所以这个相应的测试用例被选定并被执行。但是,对于测试用例“Software not invoked”→e2e4e8→“Software Terminated”,这条执行路径执行的转换概率: $0.4 * 1 * 0.667 = 0.27$,没有达到了测试的门限值,所以这个相应的测试用例没有被选中。

针对图 4 的使用模型,设定测试用例的门限值为 0.001,选择的测试用例如表 2 所示。在表 2 中,e1e3e7 表示测试用户的操作路径:index.html-s1.asp-p1.html-终止,转换概率= $(3/5) * 1 * (3/4) = 9/20$;e1e3(e5e3)e7 表示测试用户的操作路径:index.html-s1.asp-p1.html-s1.asp-p1.html-终止,转换概率= $(3/5) * 1 * (1/4) * 1 * (3/4) = 9/80$;e2e4(e6e4)³e8 表示测试用户的操作路径:index.html-s2.asp-p2.html-s2.asp-p2.html-s2.asp-p2.html-终止,转换概率= $(2/5) * 1 * ((1/3) * 1)^3 * (2/3) = 4/405$ 。表 2 中其余的测试路径和转换概率均以此方法得到。如果调整门限值为 0.1,则只会选中 e1e3e7、e2e4e8 和 e1e3(e5e3)e7 共三条测试路径。

表 2 测试用例表

测试路径	概率
e1e3e7	9/20
e2e4e8	4/15
e1e3(e5e3)e7	9/80
e2e4(e6e4)e8	4/45
e2e4(e6e4) ² e8	4/135
e1e3(e5e3) ² e7	9/320
e2e4(e6e4) ³ e8	4/405
e1e3(e5e3) ³ e7	9/1280
e2e4(e6e4) ⁴ e8	4/1215
e1e3(e5e3) ⁴ e7	9/5120

3 结束语

基于使用模型的 Web 统计测试使得测试人员将关注点放在被频繁使用的部分和特征上,重点测试用户频繁使用的路径和页面,使测试效率达到最高,从而有效地确保了软件的可靠性^[11]。

传统意义上,统计测试的使用模型的生成都是通过专家的预测或者对终端用户的调查为依据的,这种

方法费用大并且不够精确。在 Web 应用的开发和演变过程中,日志文件是跟踪用户使用习惯的一个很好的工具。

文中提出了一个基于导航行为图和日志文件进行构建的 Web 统计测试的使用模型 WSUM,并提出了利用 WSUM 得到测试用例的方法,详细描述了“导航行为图和日志文件→使用模型→测试用例”这一系列的过程。

以后的研究还可以通过对不同的用户角色生成不同的使用模型,从而定义不同的测试条件,指导 Web 统计测试的进行。总之,随着对 Web 统计测试的研究的深入,这种方法将会更加完善。

参考文献:

- [1] Tian J, Nguyen A. Statistical Web Testing and Reliability Analysis[C]//Proc. Ninth Int'l Conf. Software Quality. [s. l.]:[s. n.],1999:263-274.
- [2] Karlin S, Taylor H M. A First Course in Stochastic Processes [M]. second ed. New York: Academic Press, 1975.
- [3] Whittaker J A, Thomason M G. A Markov Chain Model for Statistical Software Testing [J]. IEEE Trans. Software Eng.,1994,20(10):812-824.
- [4] Tian J, Lin E. Unified Markov Models for Software Testing, Performance Evaluation, and Reliability Analysis[C]//Proc. Fourth ISSAT Int'l Conf. Reliability and Quality in Design. [s. l.]:[s. n.],1998.
- [5] Kallepalli C, Tian J. Measuring and Modeling Usage and Reliability for Statistical Web Testing[J]. IEEE Transaction on Software Engineering, 2001,27(11):1023-1036.
- [6] Leung K, Hui L, Yiu S, et al. Modeling Web Navigation by Statechart[C]//Proc. of Computer Software and Application Conference. [s. l.]:IEEE,2000.
- [7] Yang J, Huang J, Wang F, et al. An Objected-Oriented Architecture Supporting Web Application Testing[C]//Proc. of Computer Software and Applications Conference. [s. l.]:IEEE,1999:122-127.
- [8] Kung D C, Liu C H. An Object-oriented web test model for testing web application[J]. IEEE Computer, 2002, 25(1): 587-592.
- [9] Tonella P, Ricca F. Dynamic Model Extraction and Statistical Analysis of Web Applications[M]. [s. l.]:IEEE,2002.
- [10] 冯 华,王 朝,徐锡山.基于使用模型的统计测试方法的研究[J].计算机工程,2002,28(12):93-95.
- [11] 许 蕾,徐宝文. web 应用测试框架研究[J].东南大学学报,2004,34(6):71-75.