

Web 应用软件测试模型的研究和构建^{*})

路晓丽^{1,2} 葛 玮¹ 郝克刚¹

(西北大学公共管理学院 西安 710069)¹ (西北大学计算机科学系 西安 710069)²

摘 要 随着 Web 应用软件的快速发展,作为保证 Web 质量和可靠性的重要手段,Web 应用软件测试受到了人们越来越多的重视。本文对现有的一些典型 Web 测试思想、技术和工具进行了一定的研究,首先描述了 Web 应用软件的特点,然后分析和比较了几种测试模型、策略和方法,最后提出了一种基于 petri 网的 Web 链接模型。

关键词 Web 应用软件测试,测试模型,Petri 网

A Study of Web Application Testing

LU Xiao-Li^{1,2} GE Wei¹ HAO Ke-Gang¹

(College of Public Administration, North-West University, Xi'an 710069)¹

(Department of Computer Science, North West-University, Xi'an 710069)²

Abstract With the rapid development of Web applications, people attach more importance to Web application testing which is an important means of guaranteeing Web quality and reliability. In this paper, we make a study of some existing testing ideologies, technologies and tools in Web testing field. Firstly, we describe characteristics of Web application. Secondly, we analyze and compare several testing models, strategies and methods. Finally, we put forward a Web linking model based on Petri net.

Keywords Web application testing, Testing model, Petri net

1 引言

随着 Web 技术的飞速发展,Web 应用软件的种类和数量不断增加,并且已经渗入到社会的各个应用领域。在 market 需求的推动下,Web 应用软件已从一般的网站发展成为大型电子商务、信息发布和提供各种服务的平台,软件规模不断扩大,软件复杂性增加,但激烈的商业竞争使软件开发周期缩短,软件质量越来越成为人们关注的问题。作为保证软件质量和可靠性的重要手段,Web 应用软件测试就成为软件开发过程中的一个重要环节。

Web 应用软件具有的异构、分布、并发和平台无关的特性,使得对 Web 应用软件的测试要比传统程序的测试更加困难,从而在软件测试领域提出了新的挑战。目前,国内外的研究机构已经开始对 Web 应用软件测试进行研究,许多和 Web 测试有关的重要问题,例如测试模型的定义、利用测试模型生成测试用例的策略和方法、支持测试用例设计和执行的测试工具的开发,虽然仍需进一步的考虑和完善,但是已经取得了初步的成果。本文对现有的一些典型的 Web 测试模型和方法进行了分析和比较,并提出了一种基于 Petri 网的 Web 链接模型。

2 Web 应用软件的特点

Web 应用软件一般采用客户机/服务器/数据服务器的计算模式。在这种模式下,客户机层用于人机交互与应用的表示,Web 服务器层用于事务处理,数据服务器层用于应用数据的存取和管理。图 1 显示了 Web 应用软件的体系结构。

由于 Web 应用软件的多层体系结构,数据通信、硬件与服务器之间的依赖关系又非常复杂,使得每层内以及各层间都有可能发生故障^[8],极大地影响了 Web 应用软件的质量,需要进行 Web 应用软件测试。但是,与传统的软件相比,Web 应用软件通常是分布式的、并发的、多用户的和异构的,这些独特的性质对软件测试提出了新的要求,主要表现为多样的使用环境,即用户使用不同的硬件、网络连接协议、操作系统、中间件、Web 服务器和 Web 浏览器,因而需要兼容性测试;信息的查询和获取成为 Web 应用软件的重要部分,要通过测试保证文档和信息的正确显示;网页内容不断走向多媒体化,并且用户可以选择不同的网页路径组合,使得 Web 应用软件的功能测试对象多元化;开发网页的复合技术的使用,使得同一网页上的不同目标是由 HTML 加上不同的计算机语言编写而成,因此测试时要满足不同的计算机语言对编程环境的要求;拥有大量的用户群,并为大量用户提供了对 Web 资源的跨平台访问,运行的实时性要求较高,网页的运行速度、查询速度和下载时间等性能需要测试。总之,Web 应用软件的新特点使得传统的测试技术无法胜任,因此需要一套独特的测试体系来支持 Web 应用软件的测试。



图 1 Web 应用软件体系结构

^{*})本研究得到国家 863 项目(2001AA115090)的资助。路晓丽 博士研究生,主要从事工作流和软件测试等方面的研究;葛 玮 副教授,硕士生导师,主要从事软件工程和流程等方面的研究;郝克刚 教授,博士生导师,主要从事软件工程和流程等方面的研究工作。

3 典型 Web 应用软件测试模型的分析和比较

为了对 Web 应用软件进行测试,需要深入分析和了解其内部结构,精确定位各类错误,快速地查错、排错。这就需要建立 Web 测试模型,以便描述 Web 应用软件组件及其相互关系,并且利用测试模型生成测试用例,在测试工具的支持下,进行 Web 测试。目前,针对 Web 应用软件测试,提出这样一整套解决方案并且较有影响的有 Di. Lucca 等提出的强调 Web 应用软件元素之间交互行为的面向对象测试模型和方法^[1],Flippo Ricca 和 Paolo Tonella 提出的强调导航和链接的 UML 模型和方法^[2],以及 D. C. Kung、C. H. Liu 等提出的强调动态行为和结构的 Web 应用软件测试模型和方法^[3]等。这三种模型都注重于 Web 测试,都是基于面向对象技术进行构建,但是它们之间的侧重点各有不同。Di. Lucca 提出的模型类似于 J. Conallen^[5]的表示方法,只是后者注重向前工程,支持 Web 应用软件的开发和设计,而 Di. Lucca 注重反转工程,强调 Web 应用软件元素之间的动态交互行为。在他的表示中,静态客户端页面、动态客户端页面、活动 Web 对象、与 DBMS 和其他外部系统的接口对象、客户端页面间的链接关系、服务端页面间的重定向关系、服务端页面和客户端页面之间的构造关系、表单和服务端页面间的提交关系都被表示出来,还明确提出了单元测试的范围、集成测试的策略、通过分析测试模型得到页面判定表来生成测试用例的方法。Flippo Ricca 提出的模型集中于 Web 应用软件的导航特性,因此内部的实体比如接口对象并没有考虑,而所有的结构相关的实体比如链接、表单、框架都被明显地表示出来,还提出了利用路径表达式生成测试用例的方法。Kung 等提出的模型较为全面,既考虑了 Web 应用软件的静态结构的表示,又考虑了动态交互和行为的表示,其中对象模型针对 Web 应用软件的特点,在原有的 UML 表示的基础上,引入了四种新的关系,用来描述 Web 页面及组件之间的关系;行为模型支持了导航测试以及页面间的状态依赖行为的测试;结构模型扩展了传统的数据流测试技巧,将其应用到 Web 测试,通过不同的流程图来得到数据流信息,各种级别的控制流图用于发现客户端页面脚本和服务端程序中的变量的定义-使用链。总之,这三种模型都是在对 Web 应用软件深入分析的基础上,对其静态结构和动态行为进行了恰当的表示,连同相应提出的策略、方

法和工具,共同构成了较为完整的测试思想体系。

4 基于 Petri 网的 Web 链接模型

虽然国内外对于 Web 应用软件测试模型的研究取得了初步成果,但仍不能满足 Web 应用软件测试的需要。为了支持链接测试和导航测试,本文提出一种基于非确定 Petri 网的链接模型,该模型支持顺序、分支、合并、循环等多种控制结构,从而实现对 Web 应用软件中所有链接的方便、统一、灵活的形式化描述。

Web 应用软件的链接模型(WLM)定义为六元组: $WLM = \langle S, T; F; M_0; S_N; T_N \rangle$,其中:

1) $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 是网中的库所集,对应于 Web 应用软件中的所有页面集合; S 定义为二元组,对于任意 $x \in S, X = \langle i, info \rangle$, i 为相应页面对象的唯一标识, $info$ 为页面所包含的信息集合。

2) $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 是网中的变迁集,对应于 Web 应用软件中的链接集合。

3) F 包含于 $S \times T \cup T \times S$, 是网中的流关系,对应于 Web 应用软件的转移集合。

4) M_0 为网系统中的初始标识,对应于 Web 应用软件的初始页面。

5) S_N 为网系统中的异步合并库所集,对应于 Web 应用软件的异步合并页面。

6) T_N 为网系统中的非确定变迁集,对应于 Web 应用软件的非确定链接。

WLM 支持的控制结构包括顺序结构、XOR 条件分支结构、async 异步合并结构和循环结构,如图 2 所示。这些结构可以用来描述 Web 页面之间相互的依赖关系,其中顺序结构表示页面之间的直接跳转,这种链接结构目标页面确定,目标页面可以是 .html 和其他类型的页面;XOR 分支结构表示从一个页面根据链接条件的取值不同跳转到该链接后继页面集中的某一个页面,这种链接页面是使用了服务器技术的 .jsp、.asp 或者是 .php 页面,页面中的代码会根据链接后边参数取值的不同,重定向到某个页面;async 异步合并分支结构表示从某个页面的前驱集中任何一个页面跳转到该页面,即可能很多页面中都包含了此页面的链接;循环结构表示了页面之间的互相链接。

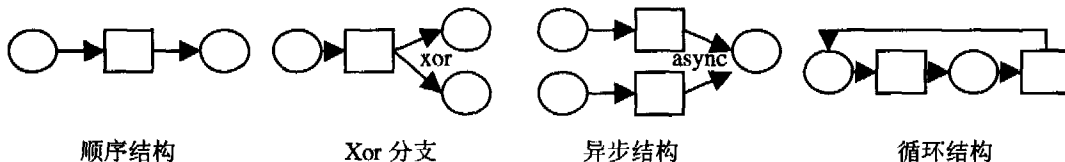


图 2 WLM 支持的控制结构

为了定义一套测试方法,需要将 Web 应用软件的链接模型 WLM 重新解释并描述为一个有向图,图中的节点对应模型中的库所,表示 Web 页面;边对应模型中的变迁,有标签的边用来表示具有框架和条件的变迁。通过对有向图的分析,一方面可以进行静态验证,主要集中在检查为用户提供的导航路径,包括分析不可达页面、不存在页面链接、页面导航最短路径等,支持导航测试,改善系统的可用性、易用性和用户界面的友好程度。另一方面可以实施动态确认,在动态确认时,从图中删除不包含表单的静态页面,将其前驱和后继进行链接,最后得到一个简化的图,并在该图中增加 in 和 out 节点,

in 与所有无前驱的节点相连,out 可从所有的输出节点到达。根据得到的简化图,基于路径表达式来产生测试用例。路径表达式中的变量是边标签,它们通过表示选择的符号“+”、表示循环的符号“*”和表示子表达式组的括号组合到一起,例如: $t_1 t_2 t_3 t_4 + t_5 t_6 t_7, t_1 t_2 (t_3 + t_4)$, 或者 $(t_1 t_3 + t_2 t_4) *$ 。由于路径表达式直接表示了图中的所有路径,因此可以知道有多少独立路径、有多少选择路径和多少循环路径,并相应产生测试用例的节点序列,对满足了什么覆盖标准进行评估。一旦测试用例从导航图的路径表达式中产生,测试工程师就可以手

(下转第 271 页)

结合图2,根据扁度分出条形和块形后,通过内角直方图将块形分成两大类:多边形和弧形。我们对120幅多边形图片和100幅弧形图片进行了测试,其中,102幅多边形图片和84幅弧形图片可以正确分类,多边形的识别正确率为86.44%,准确率为85%,弧形的识别正确率为82.35%,准确率为84%。造成错误分类的主要原因是这些图片并不是严格意义上的弧形和多边形,多边形中的一些图形有比较光滑的边沿,因而被错误地认为是弧形,而弧形中的一些图形边沿不是很光滑,因而被错误地认为是多边形,如图3所示。

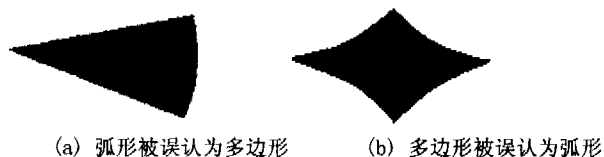


图3 弧形和多边形识别错误示例

识别多边形后,利用凹度将多边形分为凸多边形和凹多边形。我们对80幅凸多边形和80幅凹多边形进行了测试,由于凸多边形和凹多边形的凹度参数有明显的区别,因此全部分类正确,正确率和准确率均为100%。

区分出多边形和弧形后,对弧形中的圆形通过圆形度进行识别,我们对60幅圆形和60幅其它形状的图形进行了测试,57幅图形被识别为圆形,正确率为100%,准确率为95%。对弧形中的椭圆、扇形、拱形、月牙形;凸多边形中的三角形、梯形、平行四边形、菱形,凹多边形中的丁字形、十字形、五角星形、北极星形,借助BP神经网络进行模糊识别。

我们对每一类形状用60幅作为训练样本进行训练,然后用另60幅作为实验样本进行测试,实验结果如表1所示。

表1(a) 弧形模糊识别结果

	椭圆	扇形	拱形	月牙形
正确率%	80.00%	78.69%	88.13%	85.00%
准确率%	80.00%	80.00%	86.67%	85.00%

表1(b) 凸多边形模糊识别结果

	三角形	平行四边形	菱形	梯形
正确率%	94%	90.91%	100%	95%
准确率%	80%	100%	75%	95%

表1(c) 凹多边形模糊识别结果

	丁字形	十字形	五角星	北极星
正确率%	70%	81.82%	100%	77.78%
准确率%	90%	90%	90%	80%

造成错误分类的原因主要有三点:一是每一类训练样本和测试样本都是手工绘制的,不是严格意义上的该形状。因此,有些形状虽然分属两类,但它们的参数可能很相近;二是测试结果和提取的形状特征参数向量息息相关,形状特征参数选取不合适也会造成识别错误,因此,需要对形状特征参数提取做进一步的研究;三是BP网络自身的局限性,随着模式类别的增多,神经网络的识别率急剧下降,并且,神经网络识别率和样本的数量和质量有很大的关系。

结论 利用神经网络对形状进行模糊识别的过程中,训练样本的数量和质量对实验结果有着很大影响,因此需要加强样本库的建设,这也是一件费时费力的事情。神经网络虽然在模式识别领域表现出一定的优势和潜力,但是目前神经网络尚不能有效地解决大数据量或大规模的模式识别问题,随着模式类别的增多,神经网络的识别率急剧下降,因此,要对复杂的形状进行识别,有待于神经网络的进一步发展。

参考文献

- 田玉敏,林高全. 基于颜色特征的彩色图像检索方法. 西安电子科技大学学报(自然科学版). 2002,9:43~46
- 章毓晋. 图像处理和分析. 北京:清华大学出版社,1999. 218~236
- 章毓晋. 基于内容的视觉信息的检索. 北京:科学出版社,2003. 102~120
- 蒋宗礼. 人工神经网络导论. 北京:高等教育出版社,2001
- 何强,何英. MATLAB扩展编程. 北京:清华大学出版社,2002

(上接第176页)

工输入需用表单收集的数据,然后借助工具自动执行测试用例。

结束语 随着新技术的不断涌现,商业机会的增多,Web应用软件的使用更为广泛,而用户需求的不断变化,使其修改也日趋频繁。为了保证越来越复杂的Web应用软件的质量和可靠性,使其具有良好的交互性、安全性和分布性,Web应用软件测试将会扮演更加重要的角色,引起人们更多的关注。本文首先描述了Web应用软件的特点和测试的必要性,接着讨论了Web应用软件测试领域一些较有影响的模型、策略和方法,最后提出了一种基于Petri网的Web链接模型,以便抛砖引玉,促进对Web应用软件测试的进一步研究。

参考文献

- Di Lucca G, Fasolino A R, Faralli F, et al. Testing web application. IEEE Computer, 2002
- Ricca F, Tonella P. Analysis and testing of web application. IEEE Computer, 2001
- Kung D C, Liu C H. An Object-oriented web test model for tes-

ting web application. IEEE Computer, 2002

- Liu Chien-Hung Liu, Kung D C, Hsia P. Structural testing of web application. IEEE Computer, 2000
- Conallen J. Building Web Application With UML, Reading: Addison Wesley Publishing Company, 2000
- Miller E. The web site quality challenge: [companion paper: "web-site testing"]. In: Proc. of QW'98, 11th Annual Intl. Software Quality Week, San Francisco, CA, USA, May 1998
- Isakowitz T, Kamis A, Koufar M. Extending rmm: Russian dolls and hypertext. In: Proc. of HICSS-30, 1997
- 许蕾, 许宝文, 陈振强. Web测试综述. 计算机科学, 2003(3)
- Weyuker E J, vokolos F I. Experience with performance testing of software systems: Issues, an approach, and case study. IEEE Computer, 2002
- Load, Stress, and Scalability Testing. <http://www.telsoft-inc.com/web-load.html>
- Regression Testing. <http://www.telsoft-inc.com/web-regression.html>
- Tonella P, Ricca F. Dynamic Model Extraction and Statistical Analysis of Web Applications. IEEE Computer, 2002