

模型驱动开发工具的自动化测试技术研究

黄双芹¹ 刘英博² 黄向生³

1 航天工程大学教研保障中心 北京 101416

2 清华大学软件学院 北京 100084

3 中国科学院自动化研究所 北京 100190

(1101771850@qq.com)

摘要 基于模型驱动的低代码量平台通过编写少量代码或不需要编码就可以快速定制产生大量的应用系统,对这些快速定制的应用系统的可靠性、稳定性、易用性等提出了更高的要求,测试是保障这些软件高质量、高可靠性的重要手段。传统的自动化测试存在两个方面的不足:1)通过手工查看源码的方式获取页面元素的定位信息的效率非常低;2)当页面经常变动时,定位不到页面元素将导致测试失败。低代码平台快速定制产生很多的应用系统,系统的页面数据量巨大且经常变化,传统的自动化测试方法已不适用。文中通过从后台数据库读取页面源码获取到页面内容,用深度优先搜索的方法解析源码,得到整个页面元素的定位表达式和元素的类型,结合表单的测试数据和表单的URL,对表单进行自动化测试。针对界面、功能各不相同的应用系统,搭建了一个自动化测试管理系统,实现了对不同的应用系统的测试,在实际的项目中得到了很好的运用,大大提高了效率。

关键词: 自动化测试;模型驱动;批量获取定位信息

中图法分类号 TP311.5

Research on Automatic Testing Technology of Model Driven Development Tools

HUANG Shuang-qin¹, LIU Ying-bo² and HUANG Xiang-sheng³

1 Teaching and Research Support Center, University of Aerospace Engineering, Beijing 101416, China

2 School of Software Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

3 Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract The low code platform based on model driven can produce a large number of application systems by writing a small amount of code or without coding, which puts forward higher requirements for the reliability, stability and ease of use of these rapid customization application systems. Testing is an important means to ensure the high quality and reliability of these software. There are two shortcomings in traditional automated testing. One is that the efficiency of obtaining the location information of page elements by manually viewing the source code is very low, the other is that when the page changes frequently, the page element cannot be located, which leads to test failure. The rapid customization of low code platform produces a lot of application systems. The page data of the system is huge and often changes, so the traditional automatic test method is not applicable. By reading the source code of the page from the background database to get the content of the page, this paper analyzes the source code with the depth first search method, obtains the location expression and element type of the whole page element, and carries out automatic test on the form combining with the test data and the URL of the form. For different application systems with different interfaces and functions, an automatic test management system is built to test different application systems, which is well used in practical projects and greatly improves the efficiency.

Keywords Automatic testing, Model driven, Batch acquisition of positioning information

1 引言

近年来,随着信息化在现代生活中发挥着越来越重要的作用,应用软件在各行各业得到了大规模推广。但是,软件开发面临着需求复杂多变、软件系统变得越来越庞大和复杂,传统的软件开发方式已不适应对软件快速多变的要求。基于模型驱动^[1]的低代码量开发,通过编写少量代码或者不需要编码就能快速生成应用系统,降低开发成本,这种开发模式能够满足软件开发的需要,但对这些快速定制的应用系统的可靠性、稳定性、易用性等提出了更高的要求,好的测试和技术是保障这些应用软件高质量、高可靠性的重要手段^[2]。

传统的自动化测试通过手工查看源码的方式去获取页面元素的定位方式,但是低代码平台快速定制产生许多的应用系统,页面数据量大,通过手工方式查看源码获取定位方式的效低,传统的自动化测试方法不适合模型驱动软件定制的大规模应用系统的测试。

另外,自动化测试一般通过定位页面上元素的位置进行自动化测试,对页面固定系统自动化测试非常有效,但是当页面经常变化时就会定位不到元素,导致自动化测试失败。模型驱动软件快速定制生成大量的应用系统,这些应用系统是由表单构成,表单引擎中又包含多种控件^[3],通过拖拽的方式定制生成的表单易发生变化,控件移动导致定位不准确,自动化测试失败。

2 自动化测试分析

基于模型驱动的原理,首先构造平台无关的系统模型,由系统模型生成测试模型,再在特定的平台定制生成平台相关的模型,进而生成不同的业务系统,虽然这些业务系统的功能、领域、界面不同,但是测试模型是相通的。业务系统由表单引擎定制生成,表单中的控件包括文本框、数字框、下拉框等,通过获取控件的类型和定位信息来实现对表单的测试,进而实现对应用系统的测试^[4]。总体设计思路如图 1 所示。

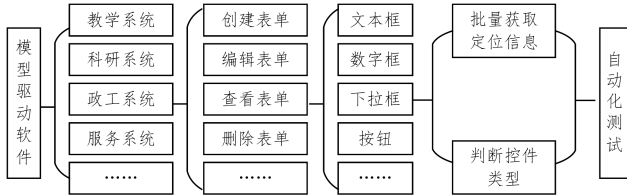


图 1 自动化测试总体设计思路

Fig. 1 Overall design of automatic test

3 实验详细设计和描述

3.1 总体框架

对表单的测试分为以下几个部分:由实体类名和表单名形成 Web 表单的 URL 地址;通过调用 token 接口,可以获取到 token,得到访问表单的权限,防止重定向到登录界面,有了 token 还可以获取到调用接口的权限^[5],通过读取接口函数调用获取到表单的 JSON 内容,再对表单的内容进行解析,获取到 JSON 串中的控件信息,包括控件的位置信息、控件的类型;通过函数判断控件的类型,结合 ID 形成定位表达式定位控件进行测试,对表单和应用系统进行测试。表单测试的总体框架图如图 2 所示。

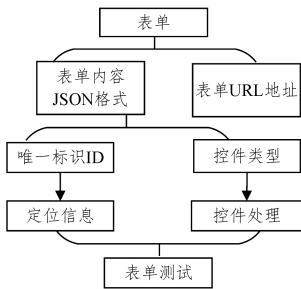


图 2 表单测试的总体框架图

Fig. 2 Overall framework of form testing

3.2 表单控件的定位和操作说明

自动化测试是通过定位页面上的唯一标识操作页面上的元素进行的,常用的页面元素定位方式有如表 1 所列的 8 方式^[6]。

一般会通过 id, name, classname 等唯一标识定位这些元素^[7],选用定位方式一般遵循以下规则:首先通过 id 或者 name 进行定位, id 和 name 通常具有唯一性,可以精准地定位到页面上的元素,如果在开发时元素的标签没有 id, name 等标识,可以尝试使用 classname, LinkText, partialLink 等作为元素的标识,如果没有这些元素标识,则尝试使用元素的位置作为元素的唯一标识,即相对于根节点的相对路径或者绝对路径作为元素的定位方式,即用 xpath 加上路径作为定位方

式^[8], xpath 是万能定位方式,所有的元素都可用 xpath 位置来定位。

表 1 常用的定位页面元素方法

Table 1 Common methods of locating page elements

定位方式	方法
使用 id 定位	find_element_by_id("id 值")
使用 class 定位	find_element_by_class_name("class 值")
使用 name 定位	find_element_by_name("name 值")
使用链接的全部文字内容定位	find_element_by_link_text("链接的全部文字内容")
使用链接的部分文字内容定位	find_element_by_partial_link_text("链接的部分文字")
使用标签名称定位	find_element_by_name("页面中 html 的标签名称")
使用 xpath 定位	find_element_by_xpath("Xpath 定义表达式")
使用 css 定位	find_element_by_css_selector("CSS 定位表达式")

对表单中不同的控件的定位和操作是表单测试的核心部分。在表单引擎中有文本框、按钮、超链接、单选按钮、复选按钮等控件,这些控件分为两大类:一种是页面布局控件,分组框、行、列、表格、面板等用于规范表单样式的,一般不直接对布局控件进行自动化操作,还有一种是可以直接操作的控件^[9],如文本框、数字框、时间框、附件、操作、富文本框、复选框、单选框、超链接、评分、点赞、开关、单对象下拉框等,这些都是可以直接测试的控件。

本文以文本框控件测试为例,文本框控件一般针对文本类型的数据进行测试^[10],在测试时如果一个控件的类型是 addin_TextInput,则自动测试框架在运行时会通过函数判断该控件是文本框类型,然后通过 findElementByXpath(value)的方法定位到这个文本框控件,将 JSON 中解析出来的唯一标识作为参数 value 的值,然后调用 sendkey()方法对文本框进行赋值^[11],具体的测试数据会调用具体的应用系统的数据,对文本框的测试用例如表 2 所列,其他的控件类似。

表 2 文本框控件定位和操作

Table 2 Positioning and operation of text box control

Control name	Control type	Control's locationexpression value	Operation and test data
TextInput	addin_TextInput	// *[@ID=\\\"+ ID+\\\"]//input	sendKeys("test")

3.3 表单自动化测试技术实现

3.3.1 表单的内容读取

在表单定制时,表单的内容以 JSON 的格式保存在数据库中,为了能够批量地获取到表单的控件信息,需要获取表单的内容,本文通过调用接口的方式获取表单的内容,通过调用 token 接口获取权限,然后再调用含有表单内容的接口得到表单的内容,获取到表单的内容后,对表单的 JSON 内容进行解析,批量获取到一个表单的所有控件的 ID,通过 ID 就可以唯一地定位页面上的每个控件。

在表单引擎设计时拖拽一个控件到表单的布局区域,会生成一个 128 位的唯一 ID,一旦生成,不管位置怎样变动, ID 一般不会改变,能唯一定位控件在页面上的元素的位置,从而解决了页面上元素位置变化定位不到元素的问题。

3.3.2 表单内容解析

通过读取表单的源码获取表单的内容,源码是以 JSON 串的形式存储的,用深度优先搜索的方式对表单 JSON 内容进行解析,获取到 JSON 串的叶子节点即是实际需要测试的

控件。解析源码可以获取到整个表单的控件信息,包含 ID, elementype, label, title 等, lable 表示控件的中文显示标签, title 表示控件类型的中文名字, elementype 表示控件的类型, 控件类型有文本框、数字框、时间框、下拉框、复选框、单选框等,不同的控件类型在自动化测试时分别进行不同的处理。ID 是控件的全局唯一标识,根据 ID 形成元素的定位表达式, ID 不变,在页面上能唯一定位到该控件。通过源码批量地获取到表单的定位信息,解决了传统通过查看源码获取定位的方式速度慢的问题,实现了快速地对表单进行测试。

3.3.3 表单访问

访问表单有两种方式:一是通过 Login 登录界面进入,在具体的层级下找到该表单,自动化测试时需要逐级打开,比较麻烦;另外一种方式是通过表单的 URL 地址访问表单,但是这种方式需要带有 token 才可以打开,否则会重定向到首页的登录界面,前面已通过接口的方式获取到 token 的内容,因此采用直接带有 token 的 URL 打开表单页面,对表单进行测试。表单的 URL 的构成是:

`http://{ip}:{port}/app-web/forms/{entity_name}/{form_name}?displayType={create,edit,visit,list}/token={token}`

URL 中的 IP 地址、端口号、实体类名(entity_name)、表单名(form_name)这 4 个参数是已知的; displayType 表示打开表单的状态,包括:preview,create,edit,visit,这个参数和创建表单时状态对应; token 在获取“token”接口时,获取到 token 的内容。通过这种方式生成的 URL,可以直接在浏览器中访问到表单,可以快速地生成大量表单的 URL。

3.3.4 表单的测试数据和操作

在自动化测试系统中,针对不同的表单的控件类型,匹配对应的测试数据,如数字框调用数字数据,时间框调用时间数据、按钮进行点击操作、下拉框进行选择操作。基于数据模型驱动的原理,通过判断控件类型和测试数据匹配,可以与具体的业务场景无关,实现快速的自动化测试。

3.3.5 表单的测试实例

下面以会议室表单为例描述表单的测试过程。

首先读取 token,获取到接口权限,然后读取实体类内容接口,获取到 MeetingRoom 实体类中的 MeetingRoomSingle 的表单内容,调用解析 JSON 的函数进行解析,获取到表单的控件 elementype, ID, lable, title 等内容, ID 用于唯一标识, elementype 用于判断控件的类型,如图 3 所示。

elementype	ID	Label	title
addin_GroupBox	DA3B40D4FB1441		分组框
addin_row	80044FDC801F41		行
addin_NumberInput	24B36C673E784A1383659C54B41		数字输入框
addin_Attachments	34E43D1D4EFC41	实验室的图片	附件
addin_HyperLink	D55BC1B3ADF141		超链接
addin_D_Rate	EC509FC8646141		评分
addin_RichTextEdi	F241AF0AA81C41		富文本编辑器
addin_TextInput	A2074553414B41	会议室名称	文本框
addin_SelectInput	6F7EA0D1E65F41	会议室位置	选择框
addin_RadioButton	5367903FF64241		单选框
addin_Liked	FBCEC785046E41		点赞
addin_NumberInput	6092D14D0F6D41	会议室容量	数字输入框
addin_DateInput	C14559FFB80241	会议室预定时间	日期框

图 3 MeetRoomSingle 的表单控件信息

Fig. 3 Form control information of meetroomsingle

根据生成的控件类型,调用测试数据集生成测试用例,根据实体类的名字 MeetingRoom、表单名 MeetingRoomSingle、token 形成对应表单的 URL,通过 URL 访问打开表单。有 MeetingRoomSingle 表单的控件定位信息、控件类型信息、测试数据和 URL,调用 webdriver 驱动表单进行自动化测试。

表 3 会议室预定的 URL

Table 3 Conference room reservation URL

Entity	form	test case	Form URL
Meeting Room	Meeting RoomSingle	MeetingRoom_MeetingRoomSingle.xlsx	<code>http://192.168.31.81:8180/app-web/forms/MeetingRoom/MeetingRoomSingle?displayType=create&token={token}</code>

3.3.6 不同应用系统的测试

针对界面、功能各不相同的应用系统,本文搭建了一个自动化测试管理系统,可以灵活地增删改查被测的应用系统、测试用例、测试步骤和表单,实现对不同的应用系统的测试,系统界面如图 4 所示。



图 4 自动化测试系统

Fig. 4 Automatic test system

在测试表单时,通过填写表单的实体类名、表单名、表单的 URL 等信息,即可添加一条表单测试信息。添加表单之后,点击系统上的“生成 ID”按钮,就可以生成整个表单的控件信息,包括 ID,elementype,label,title,type 等。ID 用于生成元素的定位表达式,elementype 用于判断控件的类型。针对控件类型添加对应的测试数据,从数据池中随机调用测试数据赋值给对应的控件,完成对大量的表单的快速测试,进而实现对定制的应用系统的测试。

3.4 环境部署

本文用 IDEA 作为开发环境,调用了 maven, Selenium^[12],testNG 等工具,用 Allure 对测试结果进行可视化的展示,用 Jenkins 持续集成。

selenium 是前端测试工具,支持谷歌、火狐、IE、360、Safari 浏览器,支持 java,Python 等语言,能够对页面上的元素进行定位操作,关键是针对不同的浏览器 selenium 需要匹配对应的 webdriver 驱动。testNG 是一个开源的测试框架,是一个优于 Junit 的测试引擎,在 maven 中添加 testNG 的依赖,通过 testng.xml 来指定运行的函数,可以添加多个运行的测试函数入口,可以按组进行测试或者并发执行测试。Jenkins 是一款非常强大的持续集成工具,可以用于执行一些定时的测试任务,在自动化测试时构建定时任务自动执行。allure 是一个可视化展示框架,可以集成很多的测试框架,如 test-NG, Junit,使得报告界面非常美观。在 Jenkins 中安装 allure 插件,在构建完成之后查看 allure 报告,可以很清晰地看到测试结果图。

结束语 本文设计了一个通用的测试框架,可以对定制的不同业务和领域的应用系统进行测试,针对定制表单中控件类型多样、组合方式复杂的问题,通过获取表单内容,解析出表单控件的唯一标识,批量地生成表单的定位信息,对大量的表单进行测试。最后运用持续集成工具自动触发自动化测试,并且将测试结果输出到 allure 进行可视化展示。自动化测试集成了应用的日常运维数据,可以长期监视定制的系统运行情况。

目前所提框架还存在有待完善的地方,如关联结构树、点选树、超级控件等复杂控件的自动化测试功能还不完善。针对这些控件,后期还要继续补充和完善自动化测试功能。

参 考 文 献

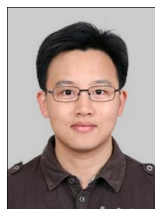
- [1] ELALLAOUI M, NAFIL K, TOUAHNI R, et al. Automated Model Driven Testing Using AndroMDA and UML2 Testing Profile in Scrum Process[J]. Procedia Computer Science, 2016, 83:221-228.
- [2] FENG G, LI N. Model driven mobile application testing method [J]. Computer Science, 2017, 44(11):232-239, 245.
- [3] TANG W Z, MO W D. Framework design of domain oriented model driven intelligent form system[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33(9): 1086-1089.
- [4] HOU Z Q. Design and implementation of model driven web form system [D]. Beijing: Tsinghua University, 2010.
- [5] Three data parsing methods of JSON[EB/OL]. (2020-05-17). <https://blog.csdn.net/oman001/article/details/79063278>.
- [6] Automated testing— eight positioning methods and waiting for detailed explanation[EB/OL]. (2018-08-13). <https://www.cnblogs.com/clairejing/p/9466993.html>.
- [7] LIU Z H. Design and development of automated testing frame-

work based on webdriver [D]. Beijing: Tsinghua University, 2016.

- [8] CHEN C. Method and implementation of web function automatic test based on Keyword Driven [J]. Information and Computer, 2019(21):76-78.
- [9] SHI L S. Design and implementation of automatic test framework based on selenium visualization [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2017.
- [10] YANG G X. Research and application of webdriver automated testing [J]. Science and Technology Communication, 2019, 11(2):111-112.
- [11] QINH Q. Improvement and application of selenium based automated testing framework [D]. Beijing: University of technology, Chinese Academy of Sciences, 2014.
- [12] LIU J. Construction of selenium webdriver automated testing Framework for websystem [J]. Database Technology, 2017(21):171-172.



HUANG Shuang-qin, born in 1989, postgraduate. Her main research interests include big data, data mining and analysis.



LIU Ying-bo, Ph. D, assistant research fellow. His main research interests include manufacturing informatization, business process intelligence, industrial big data analysis, product life cycle management and complex equipment service support, etc.

(上接第 557 页)

- [23] MO C X, LIU P, ZHU X R, et al. The analysis on climatic factors duration spatial and temporal variations of Guangxi in recent 59 years[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(1):46-53, 69.
- [24] LIU X G, LENG X X, SUN G Z, et al. Assessment of Drought Characteristics in Yunnan Province Based on SPI and SPEI from 1961 to 2100[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(12):236-245, 299.
- [25] NIU K J, LIANG C, ZHAO L, et al. Temporal and spatial variation of drought in southwest china[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(3): 1-6.
- [26] KOZAK M. "A Dendrite Method for Cluster Analysis" by Caliński and Harabasz: A Classical Work that is Far Too Often Incorrectly Cited[J]. Communications in Statistics-Theory and Methods, 2012, 41(12): 2279-2280.
- [27] ROUSSEUW J P J. A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis[J]. Journal of Computational Ap-

plication Math, 1987, 20:53-65.

- [28] DAVIES D L, BOULDIN D W. A cluster separation measure [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 1979(2):224-227.



YAO Lin, born in 1997, postgraduate, is a member of China Computer Federation. His main research interests include visual analytics and bioinformatics.



ZHU Min, born in 1971, Ph.D, professor, Ph. D supervisor, is a member of China Computer Federation. Her main research interests include information visualization, visual analytics and bioinformatics.