

测试流程管理与监控系统^①

Managing and Monitoring System of Testing Flow

柳永坡^{1,2} 晏海华¹ 张 懋¹ 刘雪梅² (1.北京航空航天大学 计算机学院 北京 100191;
2.大庆石油学院 计算机与信息技术学院 黑龙江 大庆 163318)

摘要: workflow中的过程定义、解释执行以及管理监控等相关技术能很好的解决测试管理环境中测试流程定义、测试流程解释执行及监控等相关问题,文中首先分析了软件测试过程模型目前无法满足需求的情况和 workflow技术的特点,提出了基于 workflow的方法,采用基于 XML 的测试流程模板定义和存储方法,应用操作语义来描述软件测试过程实例,最后给出了系统的设计和实现过程。

关键词: workflow 测试流程 流程管理 流程监控 操作语义

1 引言

软件测试过程模型是对软件测试过程的抽象描述,任何一个测试过程模型都没有进化到全集的程度。因此特定的软件测试项目必然有未被此测试过程模型涉及到的特性。如果在测试过程管理工具中提供测试流程的定义、管理及监控功能,即可针对特定的软件测试项目定制软件测试过程模型,使其覆盖整个软件测试项目。同时,通过对测试过程模型实例的管理和监控,可以实现对整个软件测试项目的控制^[1]。

workflow是一类能够完全或者部分自动执行的过程。在一个完整的工作流过程中,包括对过程的定义,解释执行以及监控等各项活动^[2]。workflow所要解决的问题是:使在多个参与者之间按照某种预定义的规则传递文档、信息或任务的过程自动进行,从而实现某个预期的业务目标^[5]。考虑到 workflow中的过程定义、解释执行以及管理监控等相关技术能很好的解决测试管理环境中测试流程定义、测试流程解释执行及监控等相关问题。

本文介绍了软件测试流程管理及监控子系统的体系结构、主要功能以及使用流程。同时给出了软件测试流程管理与监控子系统中各个子模块以及数据模型的设计与实现。

2 软件测试流程管理及 workflow 技术研究现状

由于软件测试是一个相对综合的过程,传统的测

试过程模型并不一定符合具体的测试项目的要求,需要针对具体项目定制相应测试过程模型。在项目实施过程中,将测试过程模型实例化,执行测试流程实例,并对测试流程进行管理和监控。同时,需要保证软件测试不同角色之间信息的传递,以达到验证软件测试流程的正确性,实现对软件测试流程管理的目的。

workflow所要解决的问题是:使在多个参与者之间按照某种预定义的规则传递文档、信息或任务的过程自动进行,从而实现某个预期的业务目标。考虑到 workflow中的过程定义、解释执行以及管理监控等相关技术能很好的解决测试管理环境中测试流程定义、测试流程解释执行及监控等相关问题。

多年来,workflow技术在理论基础、实现技术与应用三个方面取得了许多研究成果。这些研究成果推动了 workflow管理技术的发展和應用。在 workflow体系结构与模型定义上,国际 workflow管理联盟做了相当多的工作,如提出了 workflow参考模型体系结构、workflow管理系统的互操作接口定义、workflow定义语言等^[3]。在 workflow管理系统的研发上,国外的许多研究机构从各自的研究背景和应用需求出发,分别研发出了许多各有特色的 workflow管理系统。国外较著名的研究机构和相应的研究方向如表 1 所示:

^① 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60603039)

收稿时间:2008-08-21

表 1 国外较著名的研究机构和相应的研究方向

研究机构	研究方向
Staffware Plc 公司	研发了 Staffware 工作流管理系统, 包括以下几个组件: 图形化工作流定义器 (GWD)、图形化表格设计器 (GFD)、工作队列管理 (WQM)、运行服务器 (SS)、Staffware 管理器 (SAM)、审计追踪器 (AT)。Staffware 的各个组件与工作流管理联盟参考模型的映射关系是: GWD 和 GFD 对应过程定义工具 (接口 1), WQM 对应客户端应用程序 (接口 2), SAM 和 AT 对应管理和监控工具 (接口 5), SS 对应工作流引擎。
Object Web 开源组织	研发了开源工作流定义工具 JaWE 和开源工作流引擎 Shark。JaWE 实现了工作流管理联盟提出的工作流参考模型中的工作流过程定义接口, 其主要功能包括: 以图形的方式来表现过程定义; 将工作流过程定义导出为 XPD L 格式; 导入任何合法的 XPD L 格式文件并图形表现; Shark 是完全根据工作流管理联盟规范创建的可扩展功能的工作流引擎。Shark 中的组件包括: 持久层、事务管理器、脚本引擎、工作流过程定义库等。这些组件都是可以按照工作流管理联盟标准实施运用的, 而且还可以被自定义的组件所扩展和替换。
IBM 公司	在已有产品 Flow Mark, MQSeries 的基础上, 着手研究基于“信息传送”的分布式工作流系统 Exotica/FMQM。
瑞士苏黎士大学	将工作流建立在事件和服务的基础上, 并提供了支持分布式工作流的 Broker/Services 模型以及它的实现平台 EVE, 还定义了相应的语言用于描述工作流, 以保证工作流实现的正确性。
美国麻省萨州大学	主要研究 CREW(Correct&Execution of Workflow)项目, 努力解决并发事件对共享资源的影响, 提供了错误处理机制, 力图使工作流能协调进行。
北美卡罗莱纳州大学	主要研究工作流的管理。在分布式工作流方面主要致力于并发调度, 并定义了一套辅助的形式化语言。
Matshushita 实验室	设计了一个 INCAS 模型, 将具体执行步骤中所牵涉的信息资源保存在一个对象中, 即信息载体。

相对比而言, 我国对工作流技术的研究还处于起步阶段, 完全自主开发的工作流产品还是一个空白, 在国外的工作流产品的引进和消化方面的工作也十分

欠缺^[4]。目前国内一些大学和科研机构对工作流技术的研究工作如表 2 所示:

表 2 国内研究机构和相应的研究方向

研究机构	研究方向
清华大学	设计、开发了 CIMFlow 工作流管理系统, 提出了 CIMFlow 工作流模型。该系统的功能包括: 用户、角色、组织的管理; 流程模板的定义; 流程实例的启动、运行状态的控制; 系统运行状态的监控等。CIMFlow 的功能全面, 但在汉字显示、系统的可扩展性以及系统运行速度方面的还有待进行改进。这些缺陷使得 CIMFlow 离实际应用还存在一定差距。
浙江大学	研制了工作流过程描述语言 WPD L(Workflow Process Definition Language), 实现了编译制导的工作流建模支撑平台。

3 测试流程执行和监控子系统关键技术研究

3.1 工作流过程元模型分析

工作流元模型是用来定义工作流语义模型的构造和规则的。它用来描述工作流模型内部包含的各个对象, 对象之间的关系及对象的属性, 这个元模型有利于建立可以在多个工作流产品之间交换信息的模型^[6]。

工作流管理联盟定义的过程元模型 PDM (Process Definition Meta-model) 的结构, 如图 1 所示:

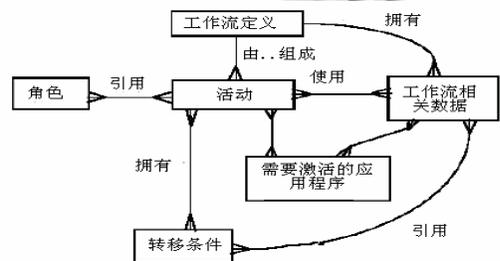


图 1 过程元模型 PDM

通过上面对 PDM 工作流元模型的分析可以得出: 元模型描述了工作流模型的静态关系, 但对工作流模型的动态执行过程没有描述, 即对于当前执行的活动及相关数据的处理, 活动的属性对过程实例运行的影响等一系列具体的实施并没有给出相关的规定。这就需要开发人员在利用元模型构造过程模型时, 对元模型进行扩展以构建符合具体过程要求的模型。

3.2 基于 XML 格式的测试流程模板定义和存储方法

XML 以一种开放的自我描述方式定义数据结构, 在描述数据内容的同时能突出对结构的描述, 从而体

现出数据之间的关系。采用 XML 的格式定义流程模板，不仅可以存储流程的数据信息，还可以表现出测试流程与流程包含的测试阶段和测试活动之间的逻辑关系^[5]。本课题采用 XML 格式的文件描述和存储测试流程模板，并自定义了 XML 流程描述文件的 DTD。

本课题将 XML 格式的测试流程模板文件作为二进制的字段直接存储到数据库中，降低了系统实现的复杂度。同时，测试流程的实例也采取了相同的方法进行存储。在对测试流程实例进行解析和执行时，直接在服务器端读取测试流程实例文件，并根据 XML 文件中定义各个元素之间的关系，遵循一套规范对测试流程实例进行解释执行。执行完成后，将执行结果保存回数据库中。由于 QESuite2.0 是基于 J2EE 架构的，这样的模板存储方式也同时保证了分布式环境下测试流程实例的一致性。

3.3 基于操作语义的流程实例描述

工作流元模型描述了工作流模型的静态关系，但对工作流模型的动态执行过程没有描述，即对于当前执行的活动及相关数据的处理，活动的属性对过程实例运行的影响等一系列具体的实施并没有给出相关的规定。这就需要开发人员在利用元模型构造过程模型时，对元模型进行扩展以构建符合具体过程要求的模型^[6]。

操作语义具有形式化和严格化的优点，可以准确地描述出语言的语义^[7]。如果把工作流过程模型的定义看成给定计算机语言的程序，把工作流引擎看成抽象机，就可以把操作语义引入工作流的描述中，对工作流的过程模型在工作引擎中的运行进行详细的描述。本文在设计测试流程实例执行模块时，就参考了基于操作语义的实例描述。按照操作语义对测试流程的形式化描述，实现了对流程实例的解析和执行。

4 系统设计

4.1 系统目标

软件测试流程的管理及监控子系统所要实现的目标是：图形化的流程模板定制功能，用户可自定义测试流程阶段和测试流程活动，定制好的流程模板以 XML 格式的文件存储到数据库中；用户可以依据项目需要选择适当的测试流程模板并以图形化的方式对其进行实例化；系统依据实际项目相关的运行数据对测试流程实例中的测试阶段的运行状态以及测试阶段中的测试活动的运行状态进行实时的更新，并对测试管理系统中与流程模板中的测试活动相对应的模块，以提供接口的方式进行控制；用户可以通过图形化和图表的方式对软件测试流程的执行进行监控^[8]。

4.2 系统体系结构

本课题实现了 QESuite2.0 测试管理系统中的测试流程管理与监控子系统，该子系统与 QESuite2.0 中其它子系统在结构上是分离的。测试流程管理与监控子系统本身并不执行具体的测试活动，它只是控制

测试阶段和测试活动的执行顺序，并调用正确的应用程序来支持活动的执行^[9]。软件测试流程管理与监控系统体系结构如图 2 所示。

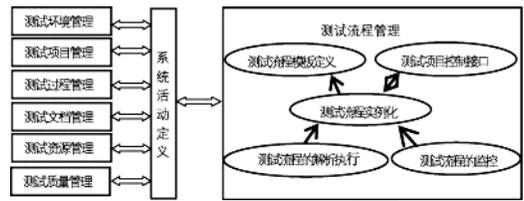


图 2 软件测试流程的管理及监控系统体系结构

4.3 系统工作流程

图 3 展示了系统的工作流程。首先定义 QESuite2.0 系统中的测试活动，每个测试活动对应系统中的一个功能模块；完成系统中测试活动的定义后，可使用软件测试流程定义模块定制基于 XML 格式的测试流程模板，并保存到测试流程模板库中。在执行测试流程时，可以从测试流程模板库中选择测试流程模板并利用测试流程的实例化模块进行测试流程模板的实例化，生成测试流程实例。测试流程被实例化以后，会被保存到测试流程实例库中。测试流程的解析和执行模块会自动对测试流程实例进行解释和执行。同时，在测试流程执行过程中，用户可以通过测试流程的管理和监控模块对测试流程实例进行监控。

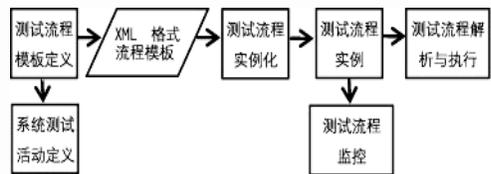


图 3 软件测试流程管理及监控系统工作流程

5 系统实现

5.1 软件测试流程的定义

用户进行测试流程定义时，可以根据测试项目的需求自定义测试流程模板，也可以通过修改系统提供的标准模板得到所需的测试流程模板。在定义测试流程模板前，用户应首先根据 QESuite2.0 系统中功能模块，使用系统活动管理的功能，将活动添加到系统活动数据库中。添加的活动与系统中的功能模块相对应。在测试流程的执行过程中，只有测试流程中的活动处于运行的状态，系统中相应的功能模块才能被使用。同时，只有 QESuite2.0 系统中的相应任务被完成，即相应功能模块被执行，才能满足测试流程中的测试活动的完成条件，测试活动才能由运行状态转移至完成状态。测试活动结束后，将根据测试流程定义，初始化后继流程节点。完成系统测试活动的定义后，用户可以选择新建测试流程模板。系统提供了测试流

程的图形化绘制界面。创建测试流程模板需要首先定义测试流程模板的阶段模型。

完成测试阶段的定制后，需定制测试阶段中的测试活动流程。用户通过点击工具栏中的按钮，选择想要添加的图元，并在面板中想要添加图元的地方点击鼠标，则图元会被放到相应的位置。活动流程图中用户可以添加的图元包括开始图元、活动图元、路由图元、连接图元以及结束图元，分别对应工具栏中的图元按钮。用户可以通过点击撤消和恢复按钮实现对上一步操作的撤消和恢复，还可以通过放大、缩小按钮对活动流程模板视图进行放大和缩小。图 4 为测试活动流程定义界面。

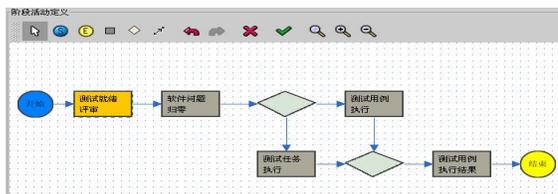


图 4 测试活动流程定义

5.2 软件测试流程的实例化

用户在实例化测试流程时，首先对测试流程的阶段进行实例化。用户根据项目的安排，设定每个测试阶段的预计开始时间和预计结束时间。设定完成后，需要对测试阶段的时间设定进行合法性检查，即测试阶段的预计开始时间不能早于前序测试阶段的预计结束时间。

用户完成测试阶段的实例化后，需要对测试阶段中的活动进行实例化。每个阶段中活动的开始和结束时间是受阶段的开始和结束时间约束的，即活动的预计开始时间不能早于活动所属阶段的预计开始时间而活动的预计结束时间不能晚于活动所属阶段的预计结束时间。活动实例化的内容还包括活动开始和完成模式的设置、活动的预计工作量的设置。图 5 为测试活动实例属性设置界面。

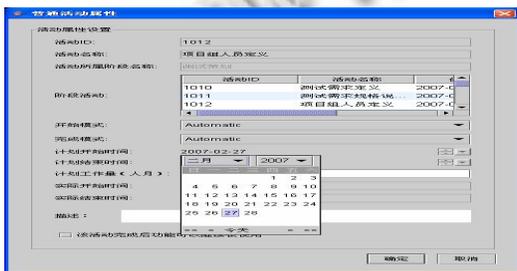


图 5 测试活动实例化

5.3 软件测试流程的解释、执行与监控

软件测试流程的解释与执行是在 JBoss 服务器端自动进行的。在测试流程的执行过程中，用户可以对

整个测试流程进行管理和监控。系统中通过表格的方式列出了所有的测试流程实例。用户可通过双击表格中的流程实例，打开测试流程实例的监控面板。同时用户也可以通过阶段状态查询按钮直接查询流程实例中各个测试阶段的状态。

在测试阶段流程实例的监控面板中，用户可以对测试阶段的运行状态进行查看和操作。用户改变测试阶段的状态是严格按照测试过程实例状态转移方案来进行的。测试活动流程实例的监控与测试阶段流程实例的监控情况类似。用户可以挂起测试活动或者让挂起的测试活动恢复到初始化的状态。

6 结论

本文基本实现了在 QESuite2.0 系统中添加测试流程管理与监控子系统，实现了对测试流程的定义、解释执行和监控。同时，该子系统与 QESuite2.0 系统在结构上是分离的，即测试流程的管理和流程中测试活动执行是分离的。但是，软件过程的实例化方式可以分为静态实例化和动态实例化。本文为保证测试流程的正确性和完整性，采用了静态实例化的方式。而过程实例在实施过程中可能是需要修改和完善的，这时就需要采取动态实例化的方式。在以后系统的进一步开发过程中可添加对测试流程动态实例化的支持。

工作流是一类能够完全或者部分自动执行的过程。在一个完整的工作流过程中，包括对过程的定义，解释执行以及监控等各项活动。参考工作流技术，研究并实现具有测试流程定义、管理与监控机制的测试管理环境，解决现有测试管理工具存在的用户自定义内容有限、缺乏灵活性等问题，具有十分重要的现实意义。

参考文献

- 1 朱三元,钱乐秋,宿为民,等.软件工程技术概论.北京:科学出版社,2002:38-46.
- 2 罗海滨,范玉顺,吴澄.工作流技术综述.软件学报,2000,11(7):899-907.
- 3 范玉顺,等.工作流管理技术基础,北京:清华大学出版社,2001:15-19.
- 4 王云辉.工作流建模过程的分析与设计[硕士学位论文].长春:吉林大学,2004.
- 5 陆汝钫.计算机语言的形式语义.北京:科学出版社,1992:29-33.
- 6 赵文,胡文惠.工作流元模型的研究与应用.软件学报,2003,14(6):1052-1059.
- 7 付燕宁,刘磊,李波.工作流机的操作语义.吉林大学学报,2005,23(3):311-315.
- 8 蔡旭辉.软件测试过程定义与监控的研究与实现[硕士学位论文].北京:北京航空航天大学,2005.
- 9 郑小军.软件测试流程的定义及其监控工具的设计与实现[硕士学位论文].北京:北京航空航天大学,2006.