

面向不同数据模式的测试用例检索方法

李园园¹ 黄松^{2,3} 惠战伟² 李留义²

(中国电子科技集团公司第三十二研究所 上海 201800)¹

(中国人民解放军理工大学指挥信息系统学院 南京 210007)²

(全军军事训练软件测评中心 南京 210007)³

摘要 软件测试的核心是设计和执行测试用例。为了提高软件测试的效率,实现不同单位测试用例的共享和复用,提出面向不同数据模式的测试用例检索方法。该方法首先对测试用例进行剖面分类和描述,提出测试用例的剖面分类模型并将其实例化,为测试用例的检索提供线索;然后,在实例化测试用例剖面分类模型的基础上提出测试用例索引树,把测试用例组织成有利于用户检索的结构;最后,在进行面向不同数据模式的测试用例检索时,通过检索条件查询树与测试用例索引树的匹配和不同异构数据库中测试用例关键字的匹配,从不同的异构数据库中检索出符合用户需求的测试用例。通过实验验证了该方法在实际应用中的可行性和有效性,为测试用例的共享和复用奠定了基础,提高了软件测试的效率。

关键词 异构数据库,用例复用,用例检索,剖面分类

中图法分类号 TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2017.11.033

Test Case Retrieval Method for Different Data Model

LI Yuan-yuan¹ HUANG Song^{2,3} HUI Zhan-wei² LI Liu-yi²

(32th Institute of CETC, Shanghai 201800, China)¹

(Institute of Command Information System, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)²

(PLA Military Training Software Testing and Evaluation Center, Nanjing 210007, China)³

Abstract The core of software testing is to design and execute test cases. In order to improve the efficiency of software testing, retrieve and share the test cases in different departments, this paper proposed the retrieval method of test case for different data model. Firstly, the test case is facettedly classified and described in this method, and the test case facet classification model and instantiations are proposed to provide the clues for the test case retrieval. Secondly, the test case index tree is proposed based on the instantiation of test case facet classification model, and the test cases are organized into a structure which is beneficial to the user's retrieve. Lastly, at the time of test case retrieval for different data model, through the matching of query tree and the test case index tree and keyword retrieval, it retrieves the test cases that meet the requirement from different heterogeneous databases. The experiment proves the feasibility and effectiveness of the retrieval method proposed in this paper in the practical application, which lays the foundation of test case sharing and reuse, and improves the efficiency of software testing.

Keywords Heterogeneous database, Test case reuse, Test case retrieval, Faceted classification

随着软件规模及其复杂性的日益增加,人们对软件测试也越来越重视。据统计,通常软件生命周期中30%~40%的时间和精力花在软件测试上,以保证软件的质量,尤其是一些可靠性要求高的航天航空软件、陆军指挥软件、银行软件等,其软件测试的周期和花费比普通软件更高。目前,各大企业和全军各大测评中心积累了大量的测试用例数据。如何将这些分布在不同单位、不同数据库的测试用例进行有效的描述、管理和检索,从而使分布在不同单位的测试用例得到有效共

享和复用^[1-2],解决测试用例的“信息孤岛”现象,已成为了目前软件测试领域的热点问题^[3-4]。测试用例的共享和复用^[5]对于弥补测试人员经验不足、缩短软件测试的周期、提高软件测试的效率具有重大意义^[6]。

目前,国内外对测试用例描述和检索的研究还处于初期阶段,刘小齐等^[7]基于本体描述的测试用例,并结合基于本体的概念语义相似度计算的思想,提出了一种基于用例复用行为的匹配度检索方法。由于目前国内外对测试用例的描述和

到稿日期:2016-10-03 返修日期:2016-12-13 本文受江苏省自然科学基金项目(BK20141072, BK20160769),解放军理工大学预研基金项目(20110202, 20110210)资助。

李园园(1991—),女,硕士,助理工程师,主要研究方向为软件测试;黄松(1970—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为软件测试、军用软件质量评估, E-mail: nj1366@163.com(通信作者)。

检索的相关研究还较少,本文参考了可复用构件描述和检索方法的思想^[7]。文献[8]在基于剖面描述的基础上引入本体作为需求描述和构件描述的基础,并结合语义匹配的思想提出了基于本体的检索思想。文献[9]针对剖面分类模式的特点,并通过借鉴树匹配模型,提出了一种基于剖面分类模式的构件检索方法。文献[10]通过对构件库中剖面术语空间的编码,将查询树和构件树之间的树匹配转化为索引串之间的字符串匹配,提出了一种新的基于剖面的构件描述的检索方法。文献[11]对构件的静态特性和动态行为作出了准确、全面的描述,提出了基于构件本体描述的检索方法。

相对于一般的软件构件,测试用例具有其独有的性质。现有的构件以及测试用例描述和检索方法并不能满足面向不同数据模式的测试用例描述和检索需求。本文参考可复用构件的剖面分类和检索思想,并结合实际的测试项目经验和测试用例特点,提出了一种面向不同数据模式的测试用例检索方法。本文中不同的数据模式主要体现在不同单位测试项目数据所在的数据库类型和测试用例数据表结构的不同。本文事先分析不同异构数据库中的测试用例数据表结构,提取出不同异构数据库中测试用例要素所在的字段名称,构建不同异构数据库中测试用例字段名的同义词词典^[12],屏蔽底层不同异构数据库测试用例数据表结构的差异性,为上层面异构数据库的测试用例检索提供统一的数据接口。

1 面向不同数据模式的测试用例检索方法

为便于说明本文提出的面向不同数据模式的测试用例检索方法,下面从检索预处理和面向不同数据模式的测试用例检索过程两个方面展开介绍。该检索方法首先进行测试用例检索预处理,然后在预处理的基础上进行面向不同数据模式的测试用例检索。其中,测试用例检索预处理为面向不同数据模式的测试用例检索做准备,提出了测试用例的剖面分类模型和测试用例索引树,将测试用例组织成用户检索的结构^[14]。

1.1 检索预处理

下面通过测试用例剖面分类模型的构建和测试用例索引树的构建来介绍检索预处理。

1.1.1 测试用例的剖面分类模型的构建

剖面分类方法^[7]从不同的视角对被描述物进行分类和描述,由剖面术语空间组成。剖面分类模式是剖面分类方法的一个具体应用。本文基于剖面分类模式从不同的测试类型视角对测试用例进行精确分类和描述,构建测试用例的剖面分类模型,挖掘出测试用例语义和层次信息,为测试用例的检索提供线索。

根据相关军用标准和测试项目中对测试类型的划分可知,测试类型共有 23 种,并且每种测试用例又可以根据其不同的测试策略进行扩展。本文从这 23 种测试类型的视角对测试用例进行分类和描述,即测试用例由这 23 种不同的测试类型剖面术语和每种剖面对应测试策略的测试用例术语空间两个层次组成,并且每种剖面分类都是可扩展的。构建的测试用例的剖面分类模型如图 1 所示。其中 F_1, F_2, \dots, F_i 是测试用例剖面分类模型中的测试类型剖面。 $\{f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1j}\}, \dots, \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ij}\}$ 是测试用例剖面分类模型中分别对应 F_1, F_2, \dots, F_i 的不同测试策略的测试用例术语空间。

$\{f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2j}\}, \dots, \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ij}\}$ 是测试用例剖面分类模型中分别对应 F_1, F_2, \dots, F_i 的不同测试策略的测试用例术语空间。

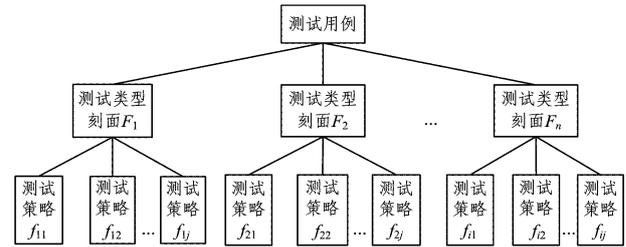


图 1 测试用例的剖面分类模型

根据军用标准的 23 种测试类型和每种测试类型对应的测试策略进行上述测试用例剖面分类模型的实例化。为了便于说明,下面从功能测试剖面术语和性能测试剖面对上述的测试用例剖面分类模型进行实例化,如图 2 所示。

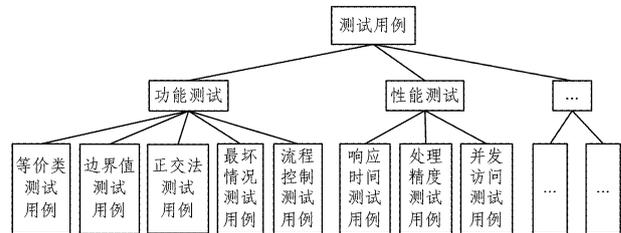


图 2 实例化的测试用例剖面分类模型

1.1.2 测试用例索引树的构建

下面对测试用例索引树的构建算法进行介绍。首先,在上述实例化的测试用例剖面分类模型的基础上,对不同异构数据库中的测试用例数据表进行扫描,构建测试用例索引树。其中测试用例索引树中的节点是一个六元组(节点名称,节点内容,节点属性,子节点的位置,父节点的位置,兄弟节点的位置),节点属性是一个三元组(项目名,测试策略,测试类型)。

输入:对不同异构数据库中的测试用例数据表进行扫描,项目集合 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m \mid m \text{ 为项目的个数}\}$,测试类型集合 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_i \mid i \text{ 为测试类型的个数}\}$,对应于每种测试类型的测试策略集合 $f = \{f_1, f_2, \dots, f_j \mid j \text{ 为测试策略的个数}\}$ 。

输出:测试用例检索时的测试用例索引树。

(1)扫描不同异构数据库中的测试用例所在的测试用例数据表。

(2)根据测试用例数据表中的数据信息,建立测试用例索引树的叶子节点,并完善叶子节点的信息。其中,叶子节点存放测试用例在不同异构数据库中的位置和测试用例的属性描述信息。

(3)读取测试用例索引树叶子节点中测试用例的项目名、测试策略和测试类型属性信息,对具有相同项目名、测试策略和测试类型的叶子节点分别建立其对应的项目父节点 P_1, P_2, \dots, P_m ,并完善该项目节点信息。其中,项目节点中的节点属性信息继承于叶子节点的属性信息。

(4)读取测试用例索引树项目节点中测试用例的测试策略和测试类型属性信息,根据实例化测试用例剖面分类模型中不同测试策略的测试用例节点,对具有相同测试策略和测

试类型的项目节点建立对应的测试策略父节点 f_1, f_2, \dots, f_j , 并完善该测试策略节点的信息。其中, 测试策略节点中的属性信息继承于项目节点的属性信息。

(5) 读取测试用例索引树测试策略节点中测试用例的测试类型属性信息, 根据实例化测试用例刻画分类模型中的测试类型刻画节点, 对具有相同测试类型的测试策略节点建立对应的测试类型父节点 F_1, F_2, \dots, F_i , 并完善该测试类型节点的信息。其中, 测试类型节点中的属性信息继承于项目节点的属性信息。

(6) 对测试用例索引树中的测试类型节点建立父节点, 即索引树的“测试用例”根节点, 并完善该根节点的信息。其中, 根节点中的节点属性信息继承于测试类型节点的属性信息。

为了更好地说明该算法, 下面结合简单实例对测试用例索引树构建算法进行说明。该实例的项目集合 $P = \{\text{项目 } a, \text{项目 } b\}$, 测试类型集合 $F = \{\text{功能测试}\}$, 对应于每个测试类型的测试策略集合 $f = \{\text{等价类方法, 边界值方法}\}$, 则由上述算法构建该实例的测试用例索引树的过程如图 3 所示。

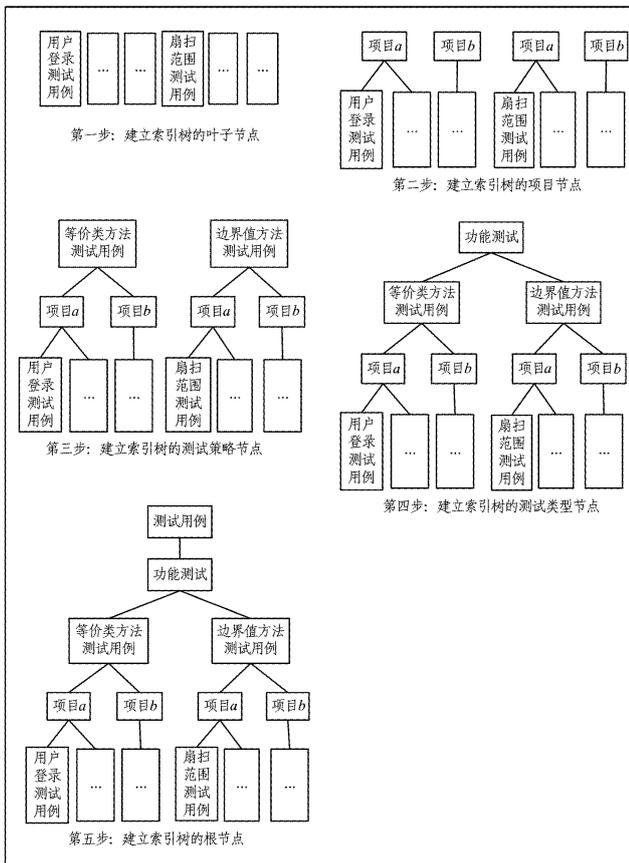


图 3 测试用例索引树的构建实例

1.2 面向不同数据模式的测试用例检索过程

在测试用例检索预处理后, 进行面向不同数据模式的测试用例检索, 该过程包括检索条件查询树的构建, 检索条件查询树与测试用例索引树的匹配和检索结果返回。下面做详细的介绍。

1.2.1 检索条件查询树的构建

在进行面向不同数据模式的测试用例检索时, 用户首先要在检索界面设置检索条件。其中, 检索条件包括用户选择的检索查询条件和用户输入的检索关键字, 并且每项检索查

询条件允许多选, 包括项目名称、测试类型、测试策略等。检索条件查询树的构建算法如下。

输入: 项目集合 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m \mid m \text{ 为项目的个数}\}$, 测试类型集合 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_i \mid i \text{ 为测试类型的个数}\}$, 对应于每个测试类型的测试策略集合 $f = \{f_1, f_2, \dots, f_j \mid j \text{ 为测试策略的个数}\}$ 。

输出: 测试用例的检索条件查询树。

(1) 建立名为测试用例的检索条件查询树的根节点;

(2) 根据用户勾选的测试类型 F_1, F_2, \dots, F_i , 在检索条件查询树根节点下依次建立用户勾选的测试类型子节点 F_1, F_2, \dots, F_i ;

(3) 根据用户勾选的测试策略 f_1, f_2, \dots, f_j , 判断测试策略所属的测试类型, 在上述测试类型节点下建立其对应用户勾选的测试策略子节点 f_1, f_2, \dots, f_j ;

(4) 根据用户勾选的项目如 P_1, P_2, \dots, P_m , 通过扫描不同异构数据库中所选项目的测试用例数据表, 判断项目对应的多个测试策略, 在上述测试策略节点下建立对应的项目子节点 P_1, P_2, \dots, P_m 。

下面结合简单实例进行说明。该实例选择检索查询条件为: 项目集合 $P = \{\text{项目 } a, \text{项目 } b, \text{项目 } c, \text{项目 } d\}$, 测试类型集合 $F = \{\text{功能测试}\}$, 测试策略 $f = \{\text{等价类方法}\}$ 。其中, 项目 a 和项目 b 是 MySQL 类型数据库, 项目 c 和项目 d 是 SQL Server 类型数据库。构建该实例的检索条件查询树的过程如图 4 所示。

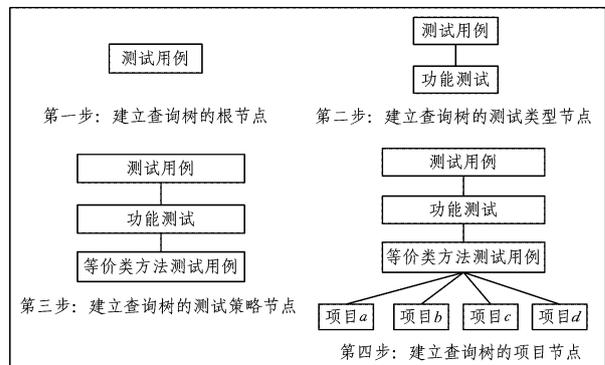


图 4 检索条件查询树的构建实例

1.2.2 检索条件查询树与测试用例索引树的匹配

本文采用子树匹配模型^[12]进行检索条件查询树与测试用例索引树的匹配。其中, 子树匹配模型要求查询树与索引树是同构关系, 即查询树与索引树具有相同的父子结构。

在进行面向不同数据模式的测试用例检索时, 采用上述子树匹配模型进行检索条件查询树与测试用例索引树的匹配。其中, 构建的检索条件查询树的高度为 4, 测试用例索引树的高度为 5。为了方便说明, 以图 5 中的查询树与索引树为例来说明本文中的检索条件查询树与测试用例索引树的匹配过程, 匹配过程的描述如下。

(1) 检索条件查询树根节点与测试用例索引树根节点的匹配: 依次遍历测试用例索引树中的节点, 并判断检索条件查询树中的根节点 1 是否与测试用例索引树中的节点匹配成功。

(2) 检索条件查询树的第二层节点与测试用例索引树第

二层中的节点的匹配:如果检索条件查询树中的根节点 1 与测试用例索引树中的根节点 1 匹配成功,则依次判断检索条件查询树第二层节点 2 是否与测试用例索引树第二层节点 2 匹配成功,否则检索失败。

(3)检索条件查询树的第三层节点与测试用例索引树第三层中的节点的匹配:如果检索条件查询树第二层的节点 2 与测试用例索引树第二层中的节点 2 匹配成功,则依次判断检索条件查询树已匹配成功的第二层节点 2 下面的第三层子节点 3 和节点 4 是否与测试用例索引树已匹配成功的第二层节点 2 下面第三层中的子节点匹配成功,否则锁定测试用例索引树已匹配成功的根节点下对应的所有叶子。

(4)检索条件查询树的第四层节点与测试用例索引树第四层中的节点的匹配:如果检索条件查询树的第三层节点 3 和节点 4 与测试用例索引树第三层节点 3 和节点 4 匹配成功,则依次判断检索条件查询树已匹配成功的第三层节点 3 和节点 4 下面的第四层子节点,即其叶子节点 5—节点 7,是否与测试用例索引树已匹配成功的第三层节点 3 和节点 4 下面的第四层中的子节点匹配成功,否则锁定测试用例索引树已匹配成功的第二层节点下对应的所有叶子节点。如果检索条件查询树的第四层节点 5—节点 7 与测试用例索引树第四层中节点 5—节点 7 匹配成功,则锁定测试用例索引树中第四层节点 5—节点 7 下的所有叶子节点,即测试用例索引树中的叶子节点 8—节点 13,从而最终找到符合要求的测试用例所在不同异构数据库中的位置,否则锁定测试用例索引树已匹配成功的第三层节点下对应的所有叶子节点。其中,索引树的叶子节点中存放测试用例在不同异构数据库中的位置。

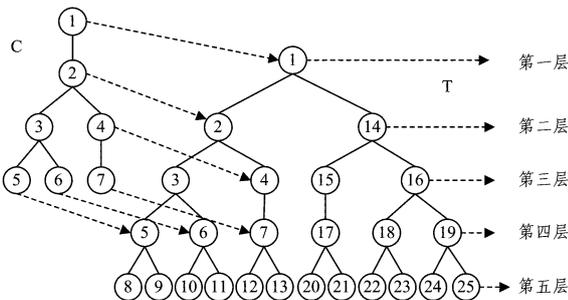


图 5 查询树与索引树的匹配

1.2.3 检索结果返回

根据上述的检索条件查询树与测试用例索引树的匹配情况,返回的检索结果相应地也有以下两种情况:

(1)检索条件查询树与测试用例索引树匹配成功。如果检索条件查询树与测试用例索引树匹配成功,则找到符合要求的测试用例在不同异构数据库中的位置。然后,根据检索预处理时建立的不同异构数据库中测试用例字段名的同义词词典,将检索条件的测试用例字段名标准词汇转换为不同异构数据库中能够识别的测试用例字段名。最后,再在不同异构数据库的测试用例字段中检索关键字及其同义词的匹配,对测试用例作进一步的筛选,从而检索出符合用户要求的面向不同数据模式的测试用例集,并将其返回给用户。

(2)检索条件查询树与测试用例索引树匹配失败。如果检索条件查询树与测试用例索引树匹配失败,则说明本次检索失败,将检索失败的信息返回给用户。

2 实验结果

通常,对一个检索系统的评价指标包括查准率(Precision)、查全率(Recall)和响应时间。其中:

$$\text{查准率} = \frac{|\text{检索到的符合用户检索需求的测试用例集合}|}{|\text{检索到的测试用例结果集合}|}$$

$$\text{查全率} = \frac{|\text{检索到的符合用户检索需求的测试用例集合}|}{|\text{不同异构数据库中符合用户检索需求的测试用例集合}|}$$

$$\text{响应时间} = |\text{用户检索出结果的时间}| - |\text{用户设置好检索条件的开始时间}|$$

查准率和查全率的取值在 0 到 1 之间,值越接近 1,则检索效率越高。

响应时间是指从用户设置好检索条件开始到用户检索出结果的整个过程所用的时间。响应时间越短,效率越高。

Lucene 是最近几年最受欢迎的一套用于全文检索的开源程序库,本文基于 Lucene 技术建立测试用例索引树,然后通过该索引树进行不同数据库中测试用例的检索。为了验证本文提出的面向不同数据模式的测试用例检索方法的可行性和有效性,下面对该检索系统原型的查准率、查全率和响应时间进行对比实验。实验选取本中心研发的“基于需求的测试过程管理系统”中项目 a 的 200 条测试用例和 XX 单位研发的“testMan”系统中项目 b 的 200 条测试用例为实验对象。“基于需求的测试过程管理系统”生成的测试用例存储在 MySQL 数据库中,“testMan 系统”生成的测试用例存储在 SQL Server 数据库中,以上两个不同测试过程管理系统中的测试用例来构造分布在不同单位异构数据库中的测试用例。

2.1 实验 1:查准率和查全率的比较

下面对本文提出的测试用例检索方法与一般关键字检索方法进行对比实验。实验分为 A,B 两组,其中 A 组是一般关键字检索方法,B 组是本文提出的测试用例检索方法。每组实验做 20 次,每次都是从上述“基于需求的测试过程管理系统”中项目 a 生成的 200 条测试用例和“testMan”系统中项目 b 生成的 200 条测试用例中检索出符合用户检索需求的测试用例。图 6 给出了两组实验的平均查准率和查全率的统计结果。

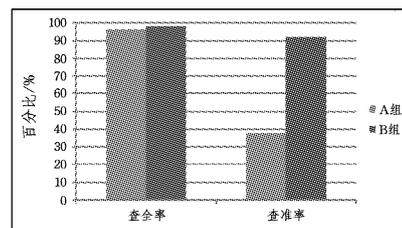


图 6 测试用例查准率和查全率统计

2.2 实验 2:响应时间对比统计

为了对本文提出的面向异构数据库的测试用例检索方法

与一般关键字检索方法进行检索响应时间的统计对比,在检索原型系统用户检索界面中设置检索条件,使得检索条件查询树的叶子节点为 5~25 个,对一般的关键字检索也设置相同的检索条件,统计本文提出的测试用例检索方法与一般关键字检索方法从上述项目 a 中的 200 条测试用例和项目 b 中的 200 条测试用例中检索出符合用户检索需求的测试用例的检索响应时间,如图 7 所示。其中,深色线条表示面向异构数据库的测试用例检索方法,浅色线条表示一般关键字检索方法;横坐标为检索条件查询树叶子节点的个数(单位为个),纵坐标为检索的响应时间(单位为 ms)。

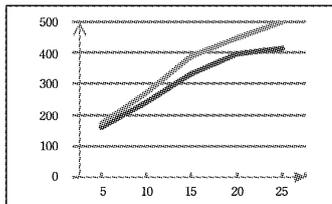


图 7 检索响应时间统计

2.3 实验分析与结论

由实验 1 可知,本文提出的测试用例检索方法比一般的关键字检索方法具有更高的查全率和查准率,其查准率为 92%,查全率为 98%。由实验 2 可知,随着检索条件查询树叶子节点的增加,面向不同数据模式的测试用例检索响应时间平稳增加,并且比一般的关键字检索方法具有更短的检索响应时间。

综上所述,本文提出的面向不同数据模式的测试用例检索方法对分布在不同单位异构数据库中的测试用例具有较高的查准率和查全率,并且具有更短的检索响应时间,从而验证了本文提出的测试用例检索方法在实际应用中的可行性和有效性,这为不同单位的测试用例的共享和复用奠定了基础。

结束语 本文构建了测试用例索引树,为测试用例的检索提供了线索,并在测试用例索引树和树匹配模型思想的基础上,提出了面向不同数据模式的测试用例检索方法。通过实验验证了该检索方法在实际应用中的可行性和有效性,为不同单位测试用例的共享和复用奠定了基础。但是,该检索方法也存在用户检索时的检索条件查询树不能准确表达用户检索需求和测试用例刻面分类模型的术语空间表现能力有限的局限性,所提算法还需要在大规模分布式环境中进一步验证、完善和改进,这都是值得进一步研究的地方。

参 考 文 献

- [1] MA L, XIE B, YANG F Q. The Unified Facet-Based Method to Retrieve Component in Multi-Library[J]. Acta Electronica Sinica, 2002, 30(12a): 2149-2152. (in Chinese)
马亮, 谢冰, 杨美清. 多构件库统一刻面检索机制[J]. 电子学报, 2002, 30(12a): 2149-2152.
- [2] LI W W, DUAN M Y. A Study on the Software Test Case Reuse Model of Feature Oriented[C]//Proceedings of 2014 IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems. 2014: 241-246.
- [3] YIN P. Study on reusable test case[J]. Computer Applications, 2010, 30(5): 1309-1311. (in Chinese)
尹平. 可复用测试用例研究[J]. 计算机应用, 2010, 30(5): 1309-1311.
- [4] ZHANG J, TONG W Q, CAI L Z. Reusing Test Case Based on the Function Point[J]. Journal of Donghua University (English Edition), 2014, 31(4): 441-446.
- [5] SHANG D J, HAO K G, GE W, et al. A Study of Test Cases and Reuse in Software Testing[J]. Computer Technology and Development, 2006, 16(1): 69-72. (in Chinese)
尚冬娟, 郝克刚, 葛玮, 等. 软件测试中的测试用例及复用研究[J]. 计算机技术展, 2006, 16(1): 69-72.
- [6] JIANG H, NIE L, SUN Z, et al. ROSF: Leveraging Information Retrieval and Supervised Learning for Recommending Code Snippets[C]//IEEE Transactions on Services Computing. 1999.
- [7] LIU X Q, YANG G X, CAI L Z, et al. Ontology Description and Retrieval of Test Case Based on Reuse Behaviour[J]. Computer Applications and Software, 2011, 28(10): 65-68. (in Chinese)
刘小齐, 杨根兴, 蔡立志, 等. 基于复用行为的测试用例本体描述和检索[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(10): 65-68.
- [8] PENG X, ZHAO W G, XIAO J. Description and Retrieval of Component Based on Ontology[J]. Journal of Nanjing University, 2005, 41(z1): 470-476. (in Chinese)
彭鑫, 赵文耕, 肖军. 基于本体的构件描述和检索[J]. 南京大学学报, 2005, 41(z1): 470-476.
- [9] 马锐. 基于刻面分类模式的构件检索技术研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [10] ZHANG J G, ZHANG W S, ZHANG X G, et al. Research on Retrieving Method for Facet Classified Component Based on Term-Space Coding[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(17): 153-156. (in Chinese)
张聚广, 张维石, 张秀国, 等. 基于空间编码的刻面分类构件检索方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(17): 153-156.
- [11] CHEN Y, SHEN J. Description and Retrieval of Component Based on Ontology[J]. Computer Applications and Software, 2007, 24(7): 30-32. (in Chinese)
陈颖, 沈军. 基于本体的构件描述与检索[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(7): 30-32.
- [12] SHENG Y F, ZHANG W S, ZHANG X G, et al. Research on Transformation Mechanism of Component Retrieval Condition in Multi-Library[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(25): 23-26. (in Chinese)
盛义芳, 张维石, 张秀国, 等. 面向多构件库的检索条件转换机制研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(25): 23-26.
- [13] 岳慧敏. 基于语义描述的构件检索技术研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [14] GAO Q, ZHANG X M, BIAN X F. The Study of Faceted Classification Scheme of the Specific Domain-Based RSL[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 39(30): 82-84. (in Chinese)
高强, 张晓明, 边小凡. 基于特定领域构件库系统中刻面分类模式的研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(30): 82-84.