

软件可靠性工程中的操作剖面开发*

党齐民

杨新发

(西安石油学院计算机系 西安 710061) (西安理工大学计算中心 西安 710048)

摘要 操作剖面描述了用户对软件的使用情况,通过建立软件系统的操作剖面,可以有效地指导测试工作,最大限度地提高软件的可靠性.本文在介绍操作剖面主要概念的基础上,着重分析、讨论了开发操作剖面的基本过程及主要方法.

关键词 软件,可靠性工程,操作,剖面,测试.

在任何软件产品的质量因素中,可靠性都占据着非常重要的地位,这一事实早已被人们共识.然而,如何提高软件可靠性,是在整个软件生存期必须始终关心并设法解决的问题.事实上,软件测试是保证软件质量、提高软件可靠性的重要手段之一,是目前验证软件最可靠、最经济的方法.但是,测试工作的目的是尽量去揭露和发现被测软件中的潜在错误,并不能采用穷举的方法测试出软件中的所有错误.因此,如何来设计测试及其用例,才能提高测试效率、节省测试时间和资源,是目前在软件可靠性工程方面所研究的主要课题之一.

操作剖面(Operational Profiles)是描述用户如何使用软件的一种技术,通过开发软件系统的操作剖面,可以有效地指导测试工作,使最常用的操作接受最大限度的测试,能在有限的时间内,获得最佳的测试效果,从而大大提高软件的可靠性.所以在本文中,首先介绍有关操作剖面的基本概念,然后着重分析、讨论开发操作剖面的主要过程和关键技术.

1 基本概念

软件产品的可靠性在很大程度上取决于它的运行条件以及用户对它的使用情况.因此,在软件开发过程中,应对其进行分析和描述.软件的运行条件和用户对其的使用情况,可以采用剖面来描述.所谓剖面,简言之,是指一组具有某种出现概率且相互独立的选择.例如,若A选择的出现概率为60%,B选择的出现概率为40%,则该剖面为A,0.6;B,0.4.剖面一般是以表格的形式表示.

对于软件的运行条件以及用户的使用情况,通常是逐层分级用剖面来描述.从软件的可行性分析开始到软件测试阶段,依次所建立的剖面为顾客剖面、用户剖面、系统方式剖面、功能剖面和操作剖面,它们的描述程度逐步细化、具体.其中操作剖面是在软件实现和软件测

* 作者党齐民,1960年生,讲师,主要研究领域为管理信息系统,数据库.杨新发,1960年生,工程师,主要研究领域为管理信息系统,数据库,中文信息处理技术.

本文通讯联系人:党齐民,西安710061,西安石油学院计算机系

本文1995-09-19收到修改稿

试阶段建立的,它描述了各种类型的运行所出现的概率,而各种运行的性质是由其输入状态决定的;其它剖面是在需求分析阶段之前建立的,有时可以延续到详细设计阶段,它们描述了运行条件和用户使用软件的基本特征,是建立操作剖面的基础。

操作剖面是由系统开发人员、系统测试人员和软件使用人员共同建立的,需要进行广泛的调查研究,这种调查主要以使用人员具有良好的业务知识为前提.操作剖面的建立可与软件开发同步进行,也可单独进行,但是不受软件开发方法和技术的影晌。

功能剖面是在设计开始以前建立的,操作剖面是在测试以前建立的.所以,它们可在系统设计、系统实现、单元测试、子系统测试以及系统维护期间,有效地指导资源分配、人力安排及测试工作,从而提高软件的生产率和可靠性.例如,HP公司曾应用软件可靠性工程和操作剖面来重新组织其多处理器操作系统的测试过程,由于测试和故障记录是自动进行的,而且采用了操作剖面指导测试,结果减少了系统测试时间,使测试费用降低了50%.通常,开发和应用操作剖面所获得的效益是所花费代价的10倍以上,软件项目的规模越大,建立操作剖面所花费的开销就越大.但是,这种增长明显小于项目规模的增长。

2 操作剖面的开发

建立操作剖面是一种逐步细化软件运行条件和使用范围的过程.一般可将建立操作剖面的整个过程划分成5个主要阶段,即:分析顾客剖面、建立用户剖面、确定系统方式剖面、定义功能剖面和构造操作剖面.它们之间的关系如图1所示.在前4个阶段中,可将软件系统的运行条件和使用范围分解成一些较小的部分,并在需求定义以前完成.例如,可将一个顾客组分解成几个用户组,一个用户组可以使用几种系统方式,每种系统方式可对应若干功能.第5个阶段,则是在系统实现时,将所定义的功能转换成相应的操作。

2.1 分析顾客剖面

顾客是拥有软件系统的个人或团体,以同样方式使用软件系统的顾客可以归为一组.顾客剖面是顾客组及其发生概率的集合.分析顾客剖面的过程是,先用列表法列出全部可能的顾客,然后按顾客所希望的对软件的使用情况,对其进行分组,最后确定每组的出现概率.概率可以从类似软件产品的市场数据中提取,再根据新系统的市场预测结果进行适当的修改即可.例如,假设对某个PBX交换系统,有顾客组A和顾客组B,他们对系统的使用率分别为60%和40%,则该系统的顾客剖面为A,0.6;B,0.4。

2.2 建立用户剖面

将顾客剖面进一步细化就可确定用户剖面.用户剖面是用户组及其发生概率的集合.根据用户对软件的使用情况,对他们进行分组.分组的方法主要有2种,其一是按不同的功能分;其二是按各功能所占的不同比重分.不同的用户组是以不同的方式来使用系统的,这种

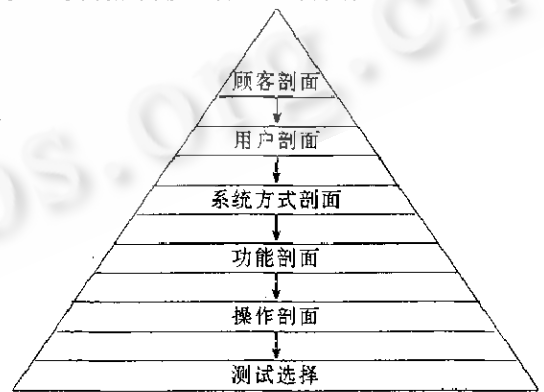


图1 操作剖面的开发过程

差异主要是由其工作任务的性质决定的. 用户组确定之后, 要计算出每个用户组相对顾客组的概率和总概率.

例如, 在 PBX 交换系统中, 顾客组 A 和顾客组 B 均包括通信用户、服务人员、管理人员和维护人员 4 个用户组, 他们以不同方式来使用交换系统, 其总概率计算如表 1 所示.

表 1 用户剖面实例

用户组	顾客组 A 概率=0.6		顾客组 B 概率=0.4		
	组内概率	相对于组概率	组内概率	相对于组概率	总用户组概率
通信用户	0.900	0.540	0.900	0.360	0.900
服务人员	0.070	0.042	0.050	0.020	0.062
管理人员	0.010	0.006	0.035	0.014	0.020
维护人员	0.020	0.012	0.015	0.006	0.018

2.3 确定系统方式剖面

系统方式剖面是系统方式及其发生概率的集合. 系统方式是为了便于分析执行行为而组织起来的一组功能或操作. 当功能或环境的频度变化范围较大时, 可以考虑采用多种系统方式, 此外, 它还与下列因素有关: (1) 用户的分组情况; (2) 主要的环境条件; (3) 紧急情况下的应急措施; (4) 使用人员的经验.

多种系统方式可以同时存在, 共享相同的资源, 但同一时刻只能有一种方式在起作用.

例如, 在 PBX 交换系统中, 可以建立单位使用、个人使用、服务人员使用、系统管理和系统维护 5 种系统方式, 其中前 2 种是由通信用户组分解出来的, 它们共享大多数功能或操作; 后 3 种代表了相应的用户组, 是系统中无法共享功能或操作的独立体, 属于必不可少的系统方式. 假设单位使用方式, 在 A 组中的使用率为 100%, 在 B 组中的使用率为 60%, 则个人使用方式在 A 组中的使用率为 0, 在 B 组中的使用率为 40%. 确定的系统方式剖面如表 2 所示.

表 2 系统方式剖面实例

系统方式	相对 A 组概率	相对 B 组概率	总发生概率
单位使用	0.54	0.216	0.756
个人使用	0	0.144	0.144
服务人员使用			0.062
系统管理			0.020
系统维护			0.018

2.4 定义功能剖面

功能是系统所要完成的整个工作中的某个部分或者某项任务, 它是通过分解系统方式而得到的. 功能剖面是各自独立的系统功能以及它们的出现概率. 在功能剖面中, 功能的数量并不是固定的, 一般包括几十个到几百个, 这取决于软件的复杂程度、所确定的系统方式、主要的环境条件等因素. 功能剖面是需求定义文档中的一部分内容, 并且当发生变化时, 应及时予以修改. 定义功能剖面的方法为:

(1) 根据每种系统工作方式所要实现的功能, 对其进行划分. 划分的主要依据是需求分析结果、系统原型或者初始用户手册. 一般可将大部分软件系统所包括的功能分成 2 大类, 一类是以前投放市场类似软件具有的功能; 另一类是新增加功能, 这类功能所占比例很小.

对于前者的使用概率,可按顾客剖面、市场调查结果来确定,而后者使用概率,只能按市场预测结果,用户对软件产品的使用要求来确定。

(2) 识别出对功能产生影响的主要环境变量,并估测其出现概率。

(3) 分析各功能与环境变量之间的依赖关系,删除掉多余的功能或环境变量,并计算各功能的总出现概率。

例如,在PBX交换系统中,系统管理工作方式可进一步划分为增加电话、摘除电话、移动电话或修改所提供服务和更新电话簿4个功能,对这些功能产生主要影响的环境变量是电话类型,电话类型的取值有多个,假设我们只考虑取模拟电话(A)和数字电话(D)2个值,则最终得到的功能清单如表3所示。

表3 功能剖面实例

功能	方式内概率	相对于方式概率	环境变量	总发生概率
移动/修改	0.80	0.0160	A(0.8)	0.01280
			D(0.2)	0.00320
增加	0.08	0.0016	A(0.8)	0.00128
			D(0.2)	0.00032
摘除	0.07	0.0014	A(0.8)	0.00112
			D(0.2)	0.00028
更新电话簿	0.05	0.0010		

表3中前3个功能受到环境变量电话类型的影响,而最后一个功能并不受其影响。

2.5 构造操作剖面

功能剖面所描述的是面向用户的功能,并不是得到实际实现的操作,而要进行测试的是操作,不是功能。所以,在实施测试计划之前,必须建立操作剖面,以便有效地指导测试工作。操作剖面是指各种类型的运行出现的概率,各种运行的性质是由输入状态决定的。

构造操作剖面的主要过程可分为如下几步:

(1) 识别出所有可能的运行

从使用者的观点来看,运行相当于系统运行的基本单元,也可以将一次运行看作程序为完成一个特定操作的执行过程。例如执行一条命令、处理一件事务等。运行有开始有终止,它需要输入,能产生输出。运行一般是根据面向用户的特定操作(如命令、事务等)确定的,相类似的运行行为划分为一组,形成运行类。

(2) 建立运行与功能之间的联系

这一步要求把运行与功能剖面中的功能联系起来考虑,排出每个功能所要求的运行,每个功能所要求的运行划分为一个子类。

(3) 识别运行的输入变量和输入状态

每个运行类都有其相应的输入状态,输入状态是一组存在于运行外部,并由运行使用的输入变量。输入状态唯一地确定了运行将执行的命令以及相应操作数,同时也唯一确定了由该程序所计算出所有中间变量和输出变量的值。

(4) 计算每个运行子类的出现概率

确定运行子类概率可按下述2种方法进行:①记录实际的输入状态,然后将其按功能进行归类,并统计计算。这种方法较准确,但只适用于已有类似软件版本存在的情况,若在新的

系统中增加了一些新的功能,只能采用下一种方法.②采用功能剖面中确定的实际值,帮助确定运行子类概率.

例如,PBX 交换系统是一种命令驱动系统,实现系统管理方式时,开发的命令为:

```
reloc <old location> <new location>
add -s <service grade> <location>
remove <location>
dirup
```

当考虑命令参数时,其中地址不会影响处理性质,但是用户类型对其有较大影响,因为对职员、秘书和经理所提供的服务有很大差异.为此,可将 add 命令进一步细化为 3 个操作:

```
add -s staff <location>
add -s secretary <location>
add -s manager <location>
```

根据每月希望发生的业务,可估算出每个命令的出现概率,假设其值如表 4 所示.除此之外,还应考虑环境变量对命令的影响,其一是电话类型,假设只考虑模拟电话,其出现概率为 80%;其二是系统负载,假设正常负载出现的概率为 0.999,超载出现的概率为 0.001.最终得到的操作剖面如表 4 所示,从表中可看到有些操作出现的概率非常小,应仔细考虑是否需要对所有操作都进行测试,如可将超载条件下的“add -s secretary”操作删去.

表 4 操作剖面实例

命令	命令出现概率	环境变量		总发生概率
		A	负载	
reloc	0.0153	0.8	0.999	0.012228
			0.001	0.00001223
remove	0.0017	0.8	0.999	0.001359
			0.001	0.00000136
add -s staff	0.0014	0.8	0.999	0.001119
			0.001	0.00000112
add -s manager	0.0005	0.8	0.999	0.000400
			0.001	0.0000004
add -s secretary	0.0001	0.8	0.999	0.0000799
			0.001	0.00000008
dirup	0.0010			0.0010

建立了操作剖面,就可按照操作发生的概率来适当地选择操作,然后再进一步选择运行小类和运行类型,有效地安排测试工作.这种测试是根据故障出现的频繁程度来识别的,通常大部分频繁出现的故障是由于经常使用了不正确的操作所造成的,所以,采用这种方法可以获得有效的测试结果,大大减少单元执行时间中的故障数,从而达到迅速改善软件可靠性的目的.

3 结 论

本文主要介绍了开发操作剖面的系统化方法.采用这种方法可以有效地开发操作剖面,并充分利用其所提供的信息,有效地指导整个软件开发过程和软件测试,大大提高了软

件生产率和软件可靠性.

参考文献

- 1 徐仁佐. 软件可靠性模型及应用. 北京: 清华大学出版社, 桂林: 广西科学技术出版社, 1994.

OPERATIONAL PROFILES DEVELOPMENT IN SOFTWARE RELIABILITY ENGINEERING

Dang Qimin

(*Department of Computer Science Xi'an Petroleum Institute Xi'an 710061*)

Yang Xinfu

(*Computer Center Xi'an University of Technology Xi'an 710048*)

Abstract An operational profile describes how users employ a software system. By developing operational profiles of a software system, operator can guide testing efficiently and increase software reliability as maximum as possible. This paper mainly analyses and discusses basic processes and main methods of developing an operational profile, on the basis of introducing main concepts in operational profiles.

Key words Software, reliability engineering, operational, profiles, test.