

基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试方法

董文莉, 孟洛明, 邱雪松
(北京邮电大学 198 信箱, 北京 100876)

摘 要: 从 tML/消息队列的特点出发, 讨论了被测实现的 tML 数据建模、测试配置和测试过程, 提出了基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试方法, 设计并实现了支持此测试方法的网络管理接口测试系统.

关键词: XML; tML; DTD; Schema; ICS; 一致性测试; 消息队列

中图分类号: TN915. 07 文献标识码: A 文章编号: 0372-2112 (2005) 02-0022-04

Conformance Test Methodology of Network Management Interface Based on tML/ Message Queue

DONG Wen2li, MENG Luo2ming, QIU Xue2song
(P. O. Bx 198, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

Abstract: Based on the characteristics of tML and message queue, the tML data modeling of tested entity, test configure and test procedure are discussed, then conformance test methodology of network management based on tML/ message queue is proposed, the network management interface test system that support the testing method is designed and implemented.

Key words: XML; tML; DTD; schema; ICS; conformance test; message queue

1 引言

XML^[1] (eXtensible Markup Language, 可扩展标识语言) 的可扩展性使得它可以根据实际领域需要, 自定义标记来精确地表示本领域特定信息的含义, 因此, XML 能够有效地表达各种信息, 有效地解决数据格式统一问题. 由于 XML 的这种性质, 网络管理接口采用基于 XML 格式的消息/文件方式已成为网络管理接口的一个发展方向, ITU-T 将 XML 具体应用到电信网络管理 TMN (Telecommunications Management Network) 的语言称为 tML (telecommunications Markup Language, 电信标记语言)^[2]. 在网络管理接口采用基于 tML 格式的消息/文件方式中, 网络管理控制信息的传送基于分布式应用的消息中间件 (通常是消息队列的方式). 网络管理接口一致性测试是实现网络管理接口互联、互通、互操作的基本保证, 要使基于 tML/消息队列的网络管理接口能够广泛使用, 需要对基于 tML/消息队列的网络管理接口进行一致性测试.

目前对于基于 tML 的网络管理接口一致性的研究尚未开始. W3C 相当重视 XML 的一致性测试, 最新版本的测试套一致性测试套 (20020606)^[3] 提供了 XML 一致性测试的测试用例. 这些测试用例定义了一些通用的测试项, 但它只是部分解决了一致性测试的一个问题: 测试用例的产生和标准化. 只有提出了一致性测试方法并设计和实现了测试系统, 才能基本解决一致性测试问题, 同时, 基于 tML 的网络管理接口一致性

测试还有其特殊性, 应当根据这些特殊性, 对这些测试用例中的有关部分进行相应的修改后才能使用.

本文首先提出了基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试方法, 然后基于此方法, 设计实现了一个基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试系统, 并进行了有关的实验.

2 基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试方法

根据协议实体一致性测试方法学^[4], 借鉴协议实体和 Q3、CORBA (Common Object Request Broker Architecture, 公共对象请求代理结构) 接口一致性测试方法^[5], 我们提出一种基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试方法. 一致性测试包括被测实现建模、测试配置、测试过程和测试管理几个方面, 其中测试管理包括测试结果的生成、测试报告的产生和有效性、文档管理等, 属于测试过程的质量管理, 本文不加赘述. 为了有利于从整体上把握基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试测试方法, 在本节最后, 我们叙述了基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试的测试执行.

2.1 被测实现的 tML 数据建模

对 tML 文档数据建模^[6], 是为了得到被测实现及其行为的描述, 从而可以生成测试用例, 验证被测实现声明的能力的存在性, 测试被测实现的动态行为. tML 文档的数据模型根据

它在应用中的表现分为静态模型和动态模型, 下面重点分析它们的特点, 并使用 UML^[7] (Unified Modeling Language, 统一建模语言) 来处理文档的模型。

(1) 静态建模

在 tML 文档中, 静态模型描述的是元素、元素的属性以及元素的内容。静态建模首先要确定对象, 在基于 tML/ 消息队列的网络管理接口中, 把一个消息的 tML 文档定义为一个对象, 有利于对象的维护和扩展, 同时, 标签的定义统一化, 便于理解和数据共享。使用 UML 中的类图对静态模型建模。

(2) 动态建模

动态模型注重于对信息的处理, 在面向对象设计中表现为对象间的相互作用和信息的交流。tML 文档本身并不具有流动的性质, 但是当以 tML 文档的方式来传递系统中流动的信息时, 就应该注重动态的性质了。在动态建模时, 分析各种消息的交互, 使用序列图或协作图来描述, 明确 tML 文档之间的关系, 处理数据流动。

我们用 UML 类图和对象协作图描述一个以 tML 文档方式实施的测试方案, 如图 1 与图 2, 它的目的是在两级网络管理之间发送数据。分为两层: 第一层, N(下级网络管理) 通知 P(上级网络管理) 数据文件已准备好; 第二层, P 通过发送应答消息标识 N 发送来的消息是否成功。图 1 中消息 DATA_READY 中定义了三个属性: 文件类型 FileType、文件路径名 FilePath 和应答消息的流水号 ResponseId, 响应消息 ACK 中定义了一个属性 Response, 用来对响应消息进行描述。

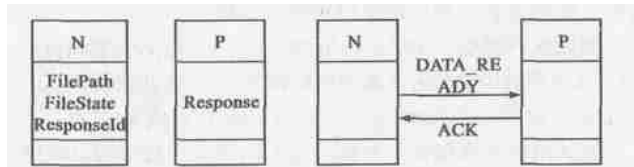


图 1 测试方案的静态模型

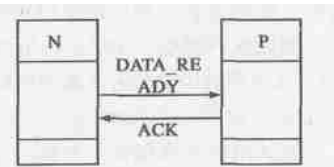


图 2 测试方案的动态对象协作模型

2.1.2 测试配置

由于网络管理接口的被测实现本身不能象协议实体那样提供上测试界面, 无法在被测实现的高层位置设置 PCO, 其上测试器功能只能由 SUT (System Under Test) 或人工操作实现, 所以基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试的合适的配置为远程测试法

(如图 3), 无上测试器, 包含下层测试器 (Lower Tester, LT) 和被测实现 (Implementation Under Test, IUT)。当测试系统 (Test System) 要与被测系统 (SUT) 交互数据时, 测试系统通过消息发送引擎

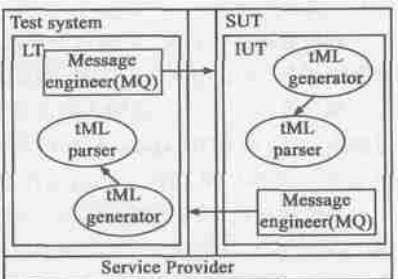


图 3 基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试测试配置

(消息队列, MQ: Message Queue) 将请求消息发给 SUT, SUT 接到请求消息后, 通过 tML 解析器解析请求消息, 然后进行相应的数据准备, 并利用 tML 生成器将待传数据生成 tML 文件, 通过 tML 解析器分析生成的 tML 文件, 在准备工作完成后, SUT

通知消息发送引擎, 消息发送引擎在收到相应上报通知消息之后, 提取所需数据, 然后进行文件传送和上报消息通知。测试系统收到上报消息通知后接受 tML 文件, 通过 tML 解析器解析收到的 tML 文件, 判断所接受信息的正确性, 然后开始下一轮的数据交换。

2.1.3 测试过程

测试过程包括三步: 静态测试; 测试用例的选择和测试环境的参数化; 动态测试。

静态测试主要完成对被测实现按照要求所提交的接口文档的静态检查, 检查被测实现所声明的一致性测试是否与标准一致, 审查被测实现填写的实现声明, 若被测实现的声明中包括了所有强制要求、禁止要求以及/ 网管接口信息模型测试评定方法^[8]中规定的必须实现的选项, 则静态测试通过。否则, 认为被测实现测试未通过, 测试结束。

测试用例的选择通过处理 tML 文档来进行, 处理 tML 文档需要 tML 解析器, 有二种能从 tML 解析器获取信息的基本应用方法: 作为事件流的 SAX (Simple API for XML, 简单应用编程接口) 和作为一棵树的 DOM (Document Object Model, 文档对象模型)。我们采用了可以将 tML 文档解析为一棵树的 DOM 方式, 该树等价于该 tML 文档的 DID (Document Type Definition, 文档类型定义) 或 Schema, 它为描述文档的逻辑结构 (一棵树) 提供一个 API。测试系统访问这棵树, 根据此树, 自动生成测试用例, 因为这种生成方法可以对 DID 或 Schema 几乎所有分支进行实例化, 所以测试用例几乎覆盖了所有的测试分支。测试用例之间的关联根据调用关系来确定, 这种关系可用 UML 中的序列图或协作图来表示, 根据接口调用的序列图或协作图可生成执行这些测试用例的测试套 (testsuite), 一个测试套是一个测试用例的可执行单元, 由于测试用例的执行依赖于测试环境的初始化、测试前缀步 (preamble) 的建立、测试后缀步 (postamble) 进行某种系统的复位, 所以我们也称一个测试套为一个测试序列 (scenario)。

测试环境的参数化包括调整测试系统的参数以及测试系统和被测实现的互联, 我们的测试系统是通过消息队列传递消息的, 通道、队列管理器、队列都是通过设置参数动态配置的, 测试系统和被测实现的互联通过配置通道、队列管理器、队列的名字、IP 地址和设置侦听端口号等来进行。

动态测试对被测实现的动态行为进行测试, 包括基本互联测试、能力测试、行为测试。

(1) 基本互联测试

基本互联测试是指对信息交互进行的测试, 主要用来测试网络管理数据的发送、接受和响应。在基于 tML/ 消息队列的网络管理接口的基本互联测试中, 由于消息的发送、接受和响应是由消息队列控制的, 所以基于 tML/ 消息队列的网络管理接口基本互联测试也就是对消息队列的基本互联测试, 消息队列的测试包含在所有消息传输过程中。一般情况下, 如果基于 tML/ 消息队列的网络管理接口的能力测试和行为测试能够正常进行, 基于 tML/ 消息队列的网络管理接口的基本互联就没有问题。

(2) 能力测试

能力测试的目的在于验证 IUT 声明的能力的存在性. 能力测试用来测试传递系统中流动信息的 tML 文档元素、每个元素的属性和它的内容. 基于 tML/ 消息队列网络管理接口能力测试应根据 ICS (Implementation Conformance Statement, 实现一致性声明) 进行, ICS 是根据基于 tML/ 消息队列的网络管理接口信息模型的一致性测试的实际需求生成的一系列表格, 这些表格是对标准的管理对象的一致性需求进行的描述. 测试人员根据 ICS 文稿, 按照 ICS 文稿中的测试项依次发送相应测试用例, 根据响应情况判断被测实现的实际实现情况.

(3) 行为测试

行为测试的目的在于对 IUT 的动态一致性需求作尽可能的完全验证, 对行为测试很难做到完全覆盖, 一般只选取那些常用的序列图和协作图, 验证一些主要的行为. 根据测试系统和被测系统的交互情况判断被测实现的实现情况. 行为测试可进一步分为合法行为测试和非法行为测试.

合法行为测试 合法行为测试包括从序列图中描述的逻辑交互序列 (interaction scenarios) 提取的一系列相关联操作的调用. 一个简单的例子如本文中图 2 所示的数据准备好消息 DATA. READY 和响应消息 ACK 的序列图, 从图中提取关联操作 DATA. READY 和 ACK 后, 通过测试系统和被测系统对消息的交互可判断被测实现对这个行为的实现情况.

非法行为测试 为了有效检查被测实现对非法行为的反应能力, 需要安排测试系统发送一些特意设置的非法测试用例, 非法行为测试包括: (1) 语法非法测试事件 (tML 合法性检查的一部分); (2) 语义非法测试事件 (tML 有效性检查的一部分); (3) 出现时机不合适的测试事件.

基本互联测试、能力测试、行为测试是个递进的过程, 是对被测实现要求不断增加的过程.

21.4 测试执行

基于 tML/ 消息队列网络管理接口一致性测试的静态测试、基本互联测试和能力测试是在网络管理接口的实现一致性声明 ICS 基础上进行的, 而行为测试是通过选取 IUT 的一些常用的序列图和协作图而形成的行为测试规范基础上进行的. 由于消息队列可传输所有 tML 文档, 而且测试系统生成的测试用例、ICS 文稿和行为测试规范都是根据 DID 或 Schema 生成的, 所以测试系统可测试 DID 或 Schema 所规定的所有可测特性.

在测试过程中, 首先由被测实现根据被测实现的实际情况, 对 ICS 文稿中管理对象的实际实现单元进行填写, 形成一个正式的文件, 称为 ICS 规格说明, 然后测试人员对被测实现填写的 ICS 规格说明进行审查, 即静态测试, 如果静态测试通过, 则进行动态测试, 测试系统通过发送测试用例对被测实现中的对象进行激励, 使被测实现中的对象产生相应的反应, 这种激励就是测试套 (测试序列) 的执行. 得到被测实现中对象实际行为的反应后, 就可以将被测实现中对象实际行为和被测实现在 ICS 规格说明或行为测试规范中的陈述进行比较, 按照符合程度将测试的结果记录在 ICS 规格说明或行为测试规范中的相应的表格单元中成为完整的测试记录文件.

3 基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试系统的设计与实现

基于以上所提出的方法, 我们设计并实现了基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试测试系统, 其测试环境如图 4 所示, 它包括两个基本组成部分: 被测实现和测试系统.

被测实现由网络管理接口实现系统和所管理的 (仿真或物理) 设备组成, 被测环境必须保证可以满足测试的需求, 即可以保证测试规范中定义的所有测试项在被测环境中可以运行. 测试系统和被测实现的交互是通过通信协议栈进行的.

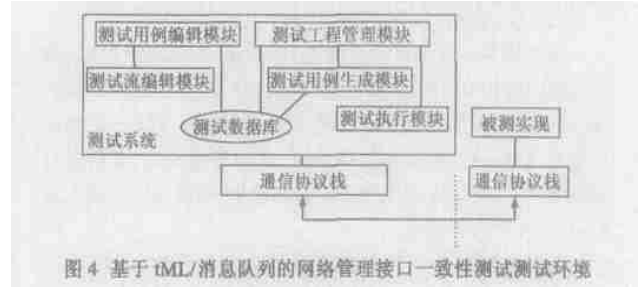


图 4 基于 tML/消息队列的网络管理接口一致性测试测试环境

如图 4 所示, 测试系统主要由测试工程管理模块、测试执行模块、测试用例生成模块、测试用例编辑模块、测试流编辑模块和测试数据库组成.

测试工程管理模块 测试系统采用工程的概念来组织测试项目, 不同的项目放在不同的工程中; 对同一个项目所进行的一系列测试, 都在同一个工程环境下进行. 测试工程管理模块按工程的方法对测试的全过程进行管理.

测试执行模块 测试执行模块的主要功能是控制测试流的执行, 实现测试用例和测试流的执行调度; 在发送和接收消息的同时, 该模块还对传递的消息进行实时记录, 保存成 log 文件.

测试用例生成模块 根据指定的网络管理接口信息模型 (DID/ Schema), 生成相应的测试用例.

测试用例编辑模块 测试用例编辑模块是为了控制测试用例库 (测试用例库包含于测试数据库中), 方便用户对测试用例进行统一管理, 其主要功能是手工生成、编辑测试用例.

测试流编辑模块 测试流编辑模块的主要功能是编辑测试流: 从测试数据库中依次提取测试用例, 把这些测试用例排序放入测试数据库.

测试数据库 存储、组织和管理测试相关数据, 这些数据有测试用例、测试用例执行结果、测试流、接口信息模型等.

测试系统中除了上述的主要模块外, 还有一些公用的支撑模块, 主要是 DID/ Schema 解析模块, DID/ Schema 解析模块的功能是对 tML 和 DID/ Schema 文件进行语法和语义检查.

具体测试时, 首先要建立工程, 测试工程管理模块用来实现工程的建立, 在测试工程管理模块生成一个新工程的过程中, 测试工程管理模块首先构造工程框架, 然后测试工程管理模块提示输入信息模型, 在得到信息模型的存储路径后, 测试工程管理模块将信息模型放入测试数据库, 同时调用 DID/ Schema 解析模块解析信息模型以保证信息模型的正确性, 使用配置文件填写满足相关规范的要求后, 得到信息模型的测试工程管理模块结合配置文件调用测试用例生成模块, 根据

信息模型自动生成测试用例, 同时将测试用例放入测试数据库。

上述步骤是个自动生成过程, 所生成的测试用例是符合 DTD、Schema 和相关规范的正确的测试用例, 为了保证一致性测试套的错误覆盖率最大, 可对测试用例进行编辑、修改。在工程生成后, 如果测试用例、测试流有修改的需要, 可使用测试用例编辑、测试流编辑模块来实现测试用例和测试流的编辑。打开测试用例编辑菜单后, 界面将显示测试用例中各个元素及其属性的类型以及它们的实例值, 根据界面显示的类型说明, 可尽可能的填写可能出错的实例值, 按界面上的/ SAVE ASD 按钮存储为新的测试用例。为了能够批量执行测试用例, 我们设计了测试流编辑模块, 按照测试用例执行的顺序, 一步步选择下一个(next) 测试用例, 同时根据测试用例的输入输出依赖关系, 填写上一个测试用例的输出结果和下一个测试用例的输入参数之间的赋值关系, 存为一个文件, 就形成了一个测试流。

测试执行是通过测试执行模块来进行的, 测试执行分为人工执行和自动执行两种, 人工执行是指每条测试用例都要测试人员指定, 自动执行是指测试人员只要指定测试流, 测试系统将自动依次执行测试流中的测试用例。

4 小结

本文讨论了被测实现的 tML 数据建模、测试配置和测试过程, 提出了基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试方法, 设计并实现了基于 tML/ 消息队列的网络管理接口一致性测试的测试系统, 已经开发出的测试系统应用于中国联通传输网网管接口测试和中国联通 GSM 部省两级网管接口测试中, 提出的测试方法能够满足测试覆盖度的要求, 可测试 DTD 或 Schema 中描述的所有可测试特性, 满足测试的

需求, 以上应用验证了本文提出的测试方法的可行性。

参考文献:

- [1] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition) [S]. W3C Recommendation: REC2xml20001006.
- [2] ITU2T Rec. M. 3030, Telecommunications Markup Language (tML) framework[S]. August, 2002.
- [3] XML 1.0 (Second Edition) errata 20020606[S]. W3C Conformance Test Suite 20020606.
- [4] ITU2T Rec. X. 296, OSI conformance testing methodology and framework for protocol Recommendations for ITU2T applications 2Implementation conformance statements[S]. 1995.
- [5] 刘亮, 元峰, 孟洛明. 基于 CORBA 的网管接口一致性测试方法学的研究[J]. 通信学报, 2001(3): 96- 101
- [6] 郑贤中, 王乘. XML 的数据建模及其应用[J]. 计算机工程, 2003(5): 35- 36.
- [7] OMG Unified Modeling Language (UML V1. 3) [S]. January 1999.
- [8] ITU2T Rec. M. 3101, Managed object conformance statements for the generic network information model[S]. 1995.

作者简介:

董文莉 女, 1976 年 3 月生于河北邯郸, 北京邮电大学在校博士, 研究方向为网络管理和通信软件. E2mail: wldong@metamet. com

孟洛明 男, 1955 年 5 月生于河南洛阳, 教授, 1982 年毕业于北京邮电学院, 1987 年毕业于清华大学获硕士学位, 北京邮电大学交流与通信网国家重点实验室主任、信息产业部网络管理重点实验室主任, 长期从事网络管理和通信软件方面的教学和研究工作。

邱雪松 男, 1973 年 1 月生于江西, 2000 年毕业于北京邮电大学, 博士, 现为北京邮电大学副教授, ITU2T SG4 技术专家, 主要从事网络管理和通信软件研究。