

基于 SMIV2 的 ICS 文稿及生成方法

万 能, 孟洛明, 邱雪松, 雷友[✉], 齐 峰

(北京邮电大学程控交换技术与通信网国家重点实验室, 北京 100876)

摘 要: 借鉴 ITU-T 的实现一致性声明 (ICS, Implementation conformance statement) 文稿设计方法, 分析了 SMIV2 的文法规则, 提出了基于 SMIV2 的 ICS 文稿格式。该 ICS 文稿可以反映出管理信息模型中描述的各种管理对象信息, 为网管接口的实现者声明其对管理信息模型的实现情况提供标准化的描述形式, 能够满足基于 SNMP 的网管接口信息模型一致性测试需求。还给出了一种根据 MIB 文件自动生成基于 SMIV2 的 ICS 文稿的方法。

关键词: 实现一致性声明; 简单网络管理协议; 管理信息结构; 管理信息库

中图分类号: TN915.07 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 02-0314-04

SMIV2-Based ICS Proforma and Generation Method

WAN Neng, MENG Luo-ming, QIU Xue-song, LEI You-xun, QI Feng

(National key Lab of Switching Technology and Telecommunications Network, BUPT, Beijing 100876, China)

Abstract: Management information model conformance testing is carried out according to the corresponding Implementation Conformance Statement (ICS) proforma. Each kind of information model should have its own ICS proforma. In this paper, SMIV2-based ICS proforma is proposed based on the ITU-T methodology for ICS proforma and the grammar rule of SMIV2. Its provides standard format for interface implementers or suppliers to state their implementation of a management information model and can meet all the requirements of information model conformance testing for SNMP (Simple network management protocol)-based network management interface. An MIB-file-based ICS auto generation method is also presented. The system developed by this method is being used for conformance testing for SNMP interface.

Key words: ICS; SNMP; SMI; MIB

1 引言

网管接口一致性测试是保证网管系统“互联”、“互通”和“互操作”的重要手段。网管接口一致性测试包括通信协议栈一致性测试、管理信息模型一致性测试和管理功能一致性测试。管理信息模型一致性测试是检验管理系统或被管设备与管理信息模型的规范是否保持一致的必要手段。管理信息模型的实现与管理信息模型规范保持一致, 才能真正实现网管系统的“互通”性。

管理信息模型一致性测试在网络管理接口的 ICS 文稿^[1]的基础上进行。ICS 文稿通常由软件工具根据网管接口信息模型自动生成, 然后提交给被测用户填写来声明被测系统对接口信息模型支持的程度, 再由测试人员根据 ICS 文稿利用测试系统对被测系统进行相应的测试。ICS 文稿的格式及其自动生成是管理信息模型一致性测试中重要的组成部分。

目前, ITU-T 针对基于 GDMO/ASN.1 (管理对象定义指南/抽象语法记法, Guidelines for the Definition of Managed Objects/Abstract Syntax Notation One) 和基于 CORBA/IDL (公共对象请求代理体系结构/接口定义语言, Common Object Request Broker

Architecture/Interface Definition Language) 的网络管理接口信息模型的一致性测试, 先后颁布了相应的管理对象实现一致性声明的格式^[2~3]。随着计算机技术的发展和计算机与电信网络的融合, ITU-T 正考虑把 SNMP (简单网络管理协议, Simple Network Management Protocol) 纳入 TMN (电信管理网, Telecommunications management network) 的体系, 因此需要研究基于 SNMP SMI (管理信息结构, Structure of Management Information) 的网络管理接口信息模型的一致性测试方法。当前国际、国内一些商用的 SNMP 测试系统如 SimpleSoft 的 SimpleTester、LogiSoft 的 SNMP Inquisitor 和 InterWorking Lab 的 SilverCreek 等都没有定义和使用类似的测试文稿, 在使用过程中, 测试的质量和可信度都很难控制。因此, 迫切需要为基于 SNMP 的网络管理接口信息模型的一致性测试, 定义一套标准化的实现一致性声明文稿。

本文根据基于 SNMP 的网络管理接口信息模型的一致性测试的实际需求, 提出基于 SNMP SMIV2 的 ICS 文稿格式, 并给出了一种自动生成该 ICS 文稿的方法, 完成系统的研制, 研制的系统已投入使用。

收稿日期: 2001-07-19; 修回日期: 2002-01-08

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目 (No. 90104023); 国家杰出青年科学基金 (No. 60025104); 国家高技术研究发展计划专项经费 (No. 2001AA120104)

2 基于 SMIV2 的 ICS 文稿

2.1 SMIV2 的语法单元

SMI 是基于 SNMP 的网络管理框架的重要组成部分,定义了管理信息的组织方式及标识方法。它采用 ASN.1^[4]的一个增强的子集作为管理信息模型描述工具。SMIV2^[5-7]是 SMI 的第二个版本。基于 SMIV2 描述的管理信息模型主要包括两个部分:管理对象定义部分和一致性要求部分。

管理对象定义部分包括管理对象和通知的定义^[5]。通过 OBJECT-TYPE 宏可以定义四种管理对象:表对象、行对象、列对象和叶对象,其中叶对象和列对象都是标量对象,但列对象属于某个表对象,而叶对象不属于任何表对象。通知由 NOTIFICATION-TYPE 宏定义。一致性声明部分声明实现时某些对象必须实现,某些对象在一定的条件下必选,其余对象都是可选的^[7]。利用 MODULE-COMPLIANCE 宏进行一致性声明。此外,用这个宏还可以对某些必选的或条件必选的管理对象的数据类型和访问权限作进一步的限制。

2.2 基于 SMIV2 的 ICS 文稿

基于 SMIV2 的 ICS 文稿包括 6 个 ICS 文稿:表支持、行支持、列支持、表索引支持、通知支持和叶支持文稿,如表 1-表 6 所示。其中前四个文稿是对表对象及其行对象、列对象的声明,可归为一类:表支持系列文稿。

基于 SMIV2 的 ICS 文稿的设计借鉴了 ITU-T 的 ICS 文稿设计方法,并参考了 ITU-T 关于 GDMO/ASN.1 的 MOCS 文稿,但是它跟 MOCS 文稿有着很大的区别,6 个 ICS 文稿分别反映了用 SMIV2 描述的管理信息模型的不同内容。

ICS 文稿中一般包括索引、状态、支持、附加信息和测试结果^[2]。索引、子索引都是一个正整数,仅仅表示序号。状态包括:必选(*m*),该项必须支持;条件必选(*c*),该项在某些条件下必须支持;可选(*o*),该项是可选的。根据实际情况不同,某些 ICS 文稿的状态栏的值域可以是上述集合的子集。支持栏表示是否支持某对象或某个声明,可以填写:支持(*Y*);不支持(*N*)。附加信息对该测试项进行一些必要的补充。测试结果表示该测试项的测试是否通过。

2.2.1 表支持系列文稿 表支持文稿如表 1 所示,每个表对象对应一张表支持文稿,从宏观上对该表对象进行声明。其中“有效期”对应 SMIV2 中“STATUS”域的值;“支持所有的必选特性”提供给被测用户声明被测系统是否实现了该表对象中包含的所有必选的列对象;“实际表和一致性声明的表是否一致”由测试人员测试完该表对象其它三个 ICS 文稿后,根据表对象的实现和定义是否一致来填写。

表 1 表支持文稿

索引	描述符	OID	有效期	支持所有的必选特性? (Y/N)	实际表和一致性声明的表是否一致? (Y/N)	测试结果
*	*	*	*	*	*	*

注:以符号 * 标识的表项,代表该表项的值在 ICS 文稿生成时填写;

以符号 标识的表项,代表该表项的值由被测用户填写;

以符号 标识的表项,代表该表项的值由测试人员进行

填写;

本注解适用于本文其他文稿。

列支持文稿如表 2 所示,每个表对象的所有列对象对应一张列支持文稿。其中“限制和值”是 SMIV2 中的“SYNTAX”域的值,即数据类型及其限制范围,读、写时的限制和值可能不同^[7];“一致性要求”描述的是 MIB 中一致性声明部分内容,当某个列对象是条件必选时,文稿给出了这个条件的编号(附录信息索引),真正的条件放在附录中,并按排列顺序编号;“可进行的操作”描述的是可对该列对象进行的操作,根据列对象的最大访问权限和最小访问权限可以判断出能对它进行哪些操作(包括不可访问、用于通知、读和写)^[7],而创建赋值指在行创建时,必须给该列对象赋值,否则行创建不能成功或者该行不能激活^[6]。置缺省值表示列对象的定义中是否定义了缺省值,有缺省值则在行创建时,若不给列对象赋值,应自动使用缺省值。

表 2 列支持文稿

索引	描述符	OID	限制和值	有效期	状态	支持	一致性要求								可进行的操作								附加信息	测试结果
							附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	附录信息索引	不可访问	用于通知	读	写	创建	赋值	置缺省值	测试		
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

行支持文稿如表 3 所示,每个表对象的行对象对应一张行支持文稿,描述该表对象是否支持行对象的动态创建/删除,以及支持哪种创建策略。行创建的策略有两种:CreateAndG 方式和 CreateAndWait 方式^[6]。

表 3 行支持文稿

索引	描述符	OID	CreateAndG		CreateAndWait		Destroy		测试结果
			状态	支持	状态	支持	状态	支持	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

表索引支持文稿如表 4 所示,每个表对象对应一张表索引支持文稿,描述表对象的索引类型和索引对象。表对象的索引可以通过 INDEX 域或 AUGMENTS 域定义,因此存在两种类型。用作索引的索引对象只能是列对象,可以是本表的也可以是其它表的列对象。

表 4 表索引支持文稿

索引	描述符	OID	索引项						附加信息	状态	支持	测试结果
			类型	子索引	描述符	OID	限制和值	索引对象所属表描述符	索引对象所属表 OID			
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

2.2.2 通知支持文稿 通知支持文稿如表 5 所示,所有通知共用一张通知支持文稿,描述通知发送时必须包含的对象(如果有)及其基本属性。文稿中按定义顺序列出了这些对象,通知发送时必须按这个顺序包含对象。

2.2.3 叶支持文稿 叶支持文稿如表 6 所示,所有叶对象共用一张叶支持文稿。叶对象跟列对象的定义类似,只是应用场合不同,所以叶支持文稿大部分跟列支持文稿相同。区别在于“可进行的操作”少了“创建赋值”和“置缺省值”两项,因为在

列支持文稿中,这两项只有在行创建测试时才有用,故叶支持文稿没有这两项。

表 5 通知支持文稿

索引	描述符	OID	有效期	状态	一致性要求	支持	附录信息索引	子索引	通知各字段的对象描述符	通知各字段的对象OID值	限制和值	状态	支持	附加信息	测试结果
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

表 6 叶支持文稿

基本属性				一致性要求		可进行的操作								附加信息	测试结果
索引	描述符	O I D	限制和值	有效期	状态	支持	附录信息索引	不可访问	用于通知	读	写	状态	支持	状态	支持
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

3 ICS 文稿自动生成的一种方法

设计 ICS 文稿自动生成系统主要基于如下考虑:ICS 文稿可以自动化生成;ICS 文稿需要自动化生成,通常 MIB 文件都比较长,用人工方法工作量大,只有通过自动化生成的方法才能保证实用,并保证生成的 ICS 文稿的正确性。

基于 SMIV2 的 ICS 文稿自动生成系统是一个典型的 MIB 编译器,可以分为两个部分实现:前端编译器和后端编译器。自动生成系统的总体框图如图 1 所示,其中前端编译器生成的中间结果树可以重用,只要修改后端编译器就能输出不同的内容,例如开发网络管理接口中 Agent 的 C++ 代码。

3.1 前端编译器

前端编译器各部分关系如图 2 所示。SMIV2 文法属于上下文无关文法,而且可以转化为 LL(K) 文法,因此语法分析器可采用自上而下的分析方法(需要首先消除 SMIV2 文法中的左递归)。词法分析器作为语法分析器的子程序实现,每次调用词法分析器从 MIB 文件中取出一个 SMIV2 文法上的单词符号。语法分析器和词法分析器交互作用,语法分析器根据产生式和取出的单词符号自上而下地构造分析树进行分析,分析结果用链表临时保存在内存中。

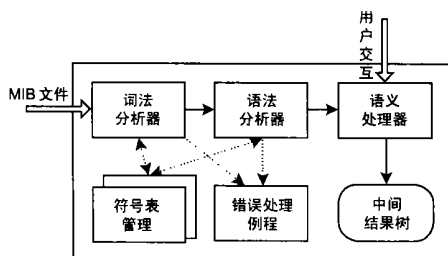


图 2 前端编译器的结构

符号表是前端编译器的核心数据结构,主要保存管理对象名、通知对象名、数据类型名以及模块名等一些在 MIB 中出现的单词符号,用哈希表实现。该哈希表由一个指针数组构成,数组元素是指向一条“桶”链的指针。一个单词符号占一个桶,具有相同哈希值的符号的桶组成一条桶链。

词法分析和语法分析过程中都可能检测到各种错误,因而需要调用相应的错误处理例程。对于不可恢复的错误,编译器在输出错误信息后将退出执行;而对于可以恢复的错误,可以利用差错恢复技术恢复,以便能够一次发现更多的错误,其核心思想是发现某个错误后,跳过后面的输入,找到一个新的起点重新开始分析。关键是如何确定新的起点,即同步符号的定义。根据 SMIV2 文法的特点,为所有高层产生式定义一个公共的同步符号集,这个同步符号集的主要成员包括:BEGIN、END、IMPORTS、FROM、MAX-ACCESS、DESCRIPTION、OBJECT、九个 SMIV2 的宏的名字,以及符号“::=”。

语义分析阶段对模块引用、类型引用和管理对象引用进行合法性检查。在完成上述检查后,根据各管理对象关系和模块关系及 ASN.1 的规则来确定各个节点的 OID,并以 OID 的顺序生成中间结果树。

由于 SMIV2 文法的特殊性,在语义分析阶段,需要与用户进行交互。在一个 MIB 模块中,可以有多个 MODULE-COMPLIANCE 宏引用,即多个一致性要求,因此需要跟用户交互来声明被测系统实际遵循的是哪些(个)一致性要求。编译器根据交互信息在中间结果树各节点上填写一致性信息。

3.2 中间结果树

ICS 文稿自动生成系统的中间结果树是一棵二叉树,MIB 中分配的每个 OID 对应二叉树上一个节点。二叉树根据各个节点在 OID 树^[3]上的关系来组织:每个节点的左子树指向它的第一个孩子节点,右子树指向它的下一个兄弟节点。

二叉树各节点记录了它在 MIB 中的全部有用信息,包括节点种类、有效期、OID 和一致性要求。如果是管理对象,还包括它的访问权限、数据类型、缺省值、索引(行对象才有)等;如果是通知,则还记录了它包含的管理对象列表。

3.3 后端编译器

ICS 文稿自动生成系统的后端编译器读取中间结果树生成 ICS 文稿。用户可以通过配置文件指定系统仅输出以某些 OID 为根节点的各子树对应的 ICS 文稿。其后端编译器的结构如图 3 所示。

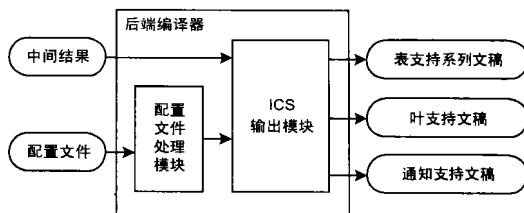


图 3 后端编译器的结构

配置文件处理模块读取配置文件中的 OID 列表并用链表保存存入内存中。该模块还需要处理配置文件中可能存在的错误:如果 OID 列表中重复指定了某个 OID,则应该删除多余的

OID,只保留一个,避免重复输出 ICS 文稿;如果 OID 列表中某个节点在另外一个节点的子树上,则应删除该节点,保留高层的节点,这样也是为避免重复输出 ICS 文稿.同时,配置文件处理模块还应对 OID 列表进行排序,使得输出的 ICS 文稿按 OID 的字典顺序排列.

ICS 输出模块从 OID 链表中逐个取出 OID,分析以该 OID 为根节点的子树下面的所有节点,这些节点可以分成六类:表对象节点、行对象节点、叶对象节点、列对象节点、通知节点和其它节点,识别出前五类节点后就可以根据节点上保存的信息输出相应的 ICS 文稿.输出所有的表支持系列文稿后,才依次输出叶支持文稿和通知支持文稿.因此,需要遍历子树 3 次.

4 结论

本文提出了基于 SMIV2 的 ICS 文稿,该 ICS 文稿已经被采纳为信息产业部通信行业标准^[8],使基于 SNMP 的网络管理接口信息模型一致性测试更加规范、合理.此外,它对 SNMP 测试系统的开发 also 具有很强的指导性.

在提出的基于 SMIV2 的 ICS 文稿的基础上,本文给出了一种根据 MIB 文件自动生成 ICS 文稿的方法,基于该方法的系统已经实现,并在北京邮电大学网络管理系统测试中心投入使用,已用于中国电信宽带接入网 ADSL 等接口的测试.实践表明,本文提出的方法对开发基于 SMIV2 的 ICS 文稿自动生成系统具有很好的指导作用和实用性.

参考文献:

- [1] ITU-T Rec. X. 296. OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for ITU-T Applications Implementation Conformance Statements [S].
- [2] ITU-T Rec. X. 724. Requirements and guidelines for Implementation Conformance Statement Proformas Associated with OSI Management [S].
- [3] ITU-T Rec. X. 781. Requirements and Guidelines for Implementation Conformance Statements Proformas Associated with CORBA-based Systems [S].
- [4] CCITT Rec. X. 208. Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1) [S].
- [5] IETF RFC2578. Structure of Management Information Version 2 (SMIV2) [S].
- [6] IETF RFC2579. Textual Conventions for SMIV2 [S].
- [7] IETF RFC2580. Conformance Statements for SMIV2 [S].
- [8] YD/T1145 - 2001. 网络管理接口测试方法 [S].

作者简介:



万 能 男,1978 年 12 月生于湖南省祁东县,2000 年毕业于北京邮电大学计算机学院,同年进入北邮国家重点实验室攻读硕士学位至今,目前研究方向为网络管理与通信软件.

孟洛明 男,1955 年生于河南洛阳,现为北京邮电大学教授,博士生导师,国家重点实验室主任,信息产业部网络管理标准研究组主席,长期从事网络管理和通信软件方面的研究工作.