

WSDM-SNMP 映射技术研究 与 实现

况晓辉, 许 飞, 方 兰, 许博义

(北京系统工程研究所, 北京 100101)

摘 要: 信息模型映射是实现基于 Web 服务的大规模网络综合管理的关键问题。该文在分析 WSDM 基于能力的信息模型框架、SNMP 网管模型的基础上, 提出基于层次模型的 WSDM-SNMP 映射框架, 从语法和语义 2 个方面论述 SNMP 到 WSDM 的信息模型映射机制, 并描述 SNMP-WSDM 桥接器的实现。

关键词: 网络管理; Web 服务; 信息模型

Research and Implementation of WSDM-SNMP Mapping Technology

KUANG Xiao-hui, XU Fei, FANG Lan, XU Bo-yi

(Beijing Institute of System Engineering, Beijing 100101)

【Abstract】 Information model mapping is the key problem to realize the WS-based network integrated management system. Based on analyzing WSDM management capability and SNMP management information, a layered WSDM-SNMP information model mapping framework is proposed. The mapping mechanism on syntax and semantic is described. SNMP-WSDM bridge is realized.

【Key words】 network management; Web services; information model

1 概述

随着 Internet 的飞速发展和互联设备的不断增多, 网络管理的灵活性、扩展性和集成性需求日益迫切。然而, 因简单而被广泛采用的 SNMP 存在许多局限性^[1], 难以满足综合网络管理需求, 使得分布式网络管理技术成为当前网络技术的研究热点, 如基于分布式对象的网络管理技术、基于移动代理的网络管理技术、基于 XML 的网络管理技术以及基于 Web 服务的网络管理技术等^[2]。

Web 服务技术具有松耦合、可编排、易集成等特点, 非常适合大规模网络综合管理需求。因此, 基于 Web 服务的网络管理技术逐渐成为分布式网络管理技术研究领域中最活跃的分支, 人们提出了许多基于 Web 服务的网络管理框架和标准规范, 如 OASIS 的 WSDM^[3], DMTF 的 WS-Management^[4] 和 John 等人提出的 WSNET^[5]等。同时, IETF 的 NETCONF 也开始研究支持 Web 服务管理技术^[6]。

在基于 Web 服务综合网络管理体系中, 管理信息的交互与共享是实现不同管理体系的综合集成的前提。而信息模型是对网络中资源的抽象, 是对与管理功能相关的资源信息及其特性的抽象描述。因此, 把一种管理信息转换为另外一种管理信息的表示的信息模型映射技术是综合网络管理的关键问题。随着基于 Web 服务的网络管理体系结构、信息模型框架等方面研究工作的深入, 对信息模型映射技术的研究逐渐展开。其中, 文献[4-5]研究和实现了 XML-SNMP 网关, 解决了将 SNMP 信息模型映射为自定义 XML 规范的问题。IBM 研究了 WSDM-CIM 映射技术, 解决了通用信息模型到 WSDM 的映射问题^[7]。

SNMP 在网络管理系统中广泛采用, 因此, 将 SNMP 信息模型映射为符合 Web 服务管理规范的信息模型, 是集成已有管理系统、将支持 SNMP 协议的网络设备纳入基于 Web 服务的网络管理框架需解决的关键问题。针对 SNMP 协议管理

信息模型映射问题, 本文在已有研究工作的基础上, 重点分析 WSDM 标准中的可管理性能力和 SNMP MIB 信息库这 2 种不同的管理信息表示技术, 提出一种基于层次模型的 WSDM-SNMP 映射框架, 从语法和语义 2 个方面描述了映射机制, 设计并实现了 SNMP-WSDM 桥接器, 验证了映射技术的正确性。

2 Web 服务分布式管理规范

Web 服务分布式管理规范(WSDM)是 OASIS 提出的一种 Web 服务管理规范, 其中定义了一种基于能力的管理信息模型用于在 Web 服务环境中对网络资源进行管理。在 WSDM 中, 能力被表示为与可标示的语义、信息或行为相联系的一组属性、操作、事件和元数据的集合。定义一个可管理性能力要符合以下的要求: 拥有唯一的标识符号; 具有明确的语义表述, 并与属性、操作、事件和元数据的集合相关联。其表达式如下所示:

可管理性能力 = {属性, 操作, 事件, 元数据} (1)

(1)属性: 使用 XML Schema 文档描述, 包括该属性的模式、属性的语义描述、属性的基数以及属性相关的元数据。

(2)操作: 使用 WSDL 文档表示, 能力的操作元素按照 WSDL 定义的操作来描述, 包括该操作的 WSDL portType、操作的语义和操作的元数据说明。

(3)事件: 由主题和消息内容两个部分组成, 表示能力中相关属性值的改变。

(4)元数据(Metadata): 用来说明能力表示中的以上 3 个元素的相关信息。

作者简介: 况晓辉(1975 -), 男, 副研究员、博士, 主研方向: 计算机网络, 信息安全; 许 飞, 实习研究员、硕士; 方 兰, 助理研究员、硕士; 许博义, 研究员

收稿日期: 2008-08-23 **E-mail:** xiaohui_kuang@163.com

受管资源的可管理信息都集中表示在以上 4 个能力要素中,这 4 个要素完整地表现出了该资源可应用于管理方面的相关信息,它们组合成了该网络资源的某个可管理性能力。所以,对受管资源建模的过程即是定义可管理性能力 4 个要素的过程。

3 SNMP 管理信息模型

SNMP 由管理信息结构、MIB 及管理操作 3 部分构成。

(1)SNMP 管理信息结构 SMI 是定义和构造 MIB 的通用框架,并确定了能够用于 MIB 中的数据类型以及在 MIB 中如何表示和命名资源。

(2)MIB 是一个概念上的数据库,只能存储简单的数据类型,即标量和二维数组。在 SNMP 中,MIB 本质上是一个树型的结构。SMI 详细定义了 MIB 的组成结构,并制定了区别不同 MIB 变量的方法——命名树。一个对象在这个树结构中的位置清楚地标识了如何访问这个对象。

(3)在管理操作上,SNMP 只支持对变量的查询和修改操作,可分为以 get, set 和 trap 这 3 种类型。

4 WSDM-SNMP 映射技术

4.1 基于层次模型的映射框架

通过对 WSDM 和 SNMP 这 2 种管理技术中信息模型及管理信息表示方法的分析,基于层次模型的映射框架如图 1 所示。映射层次包括元模型层映射、模型层映射和模型实例层映射。元模型层和模型层映射属于语法映射范畴,模型实例层映射属于语义层次映射。

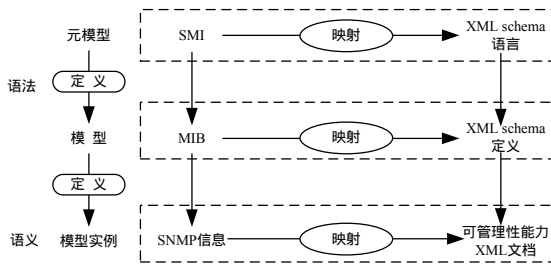


图 1 WSDM-SNMP 映射框架

在元模型层次,SNMP 管理信息结构 SMI 中定义的一系列数据类型和 MIB 节点对象类型映射为 XML Schema 语言中的数据类型和结构;在模型层次,根据元模型层的映射结果,将 MIB 信息库映射为 XML Schema 定义文件,即对 MIB 库文件用 XML 文档形式进行表示和存储;基于 XML 形式的 MIB 库将相应的 SNMP 管理信息映射为可管理性能力信息。

4.2 语法映射

WSDM 规范中基于可管理性能力的信息表示以 XML 文档进行描述,所以,需要将 SNMP 的 MIB 信息库转换为 XML 文档形式进行存储。

在 SNMP 中,MIB 信息库说明受管对象属性的结构和组成,SMI 则定义 MIB 的结构;在 XML 技术中,XML 文档说明具体的信息内容,而 XML Schema 文档则定义 XML 文档的组织和结构;同时,MIB 信息库中受管对象节点以树型结构组织,XML 文档的节点也是树型和嵌套式的。由于在语法结构上 MIB 和 XML 有很好的对应关系,因此 MIB 信息库可以直接转换为 XML 的形式。

4.2.1 SMI 映射

在元模型层次,将 SMI 映射为 XML Schema 中的数据结构,包括数据类型映射和节点类型映射。SMI 中定义了 MIB 管理信息使用的数据类型,包括通用数据类型和应用扩展数

据类型,映射为 XML 中的数据类型,如表 1 所示。

表 1 数据类型映射

SMI 类型	XML Schema 类型
Integer32	xsd:int
Octet String	xsd:hexBinary
Object Identifier	xsd:string *
Unsigned32	xsd:unsignedInt
Counter32,Gauge32,TimeTicks	xsd:unsignedInt
Unsigned64	xsd:unsignedLong
IpAddress	xsd:string *

其中,部分 SMI 中的数据类型可以直接映射为 XML Schema 中的基本数据类型,另一些则需要对基本数据类型使用正则表达式加以限制和明确,如 Object Identifier,IpAddress 等。

对于 SMI 中定义的 MIB 信息库中的受管对象类型,映射到 XML Schema 中的数据类型的方式,如表 2 所示。

表 2 节点对象映射

MIB	XML Schema
OBJECT-TYPE MACRO ::=	<xsd:element name="..."
BEGIN	type="...">
TYPE NOTATION ::= "SYNTAX"	<xsd:annotation>
type (TYPE ObjectSyntax) ACCESS" Access	<xsd:appinfo>
"STATUS" Status	<maxAccess>...
VALUE	</maxAccess>
NOTATION ::= value (VALUE	<oid>...</oid>
ObjectName)	<status>...</status>
*****	</xsd:appinfo>
END	<xsd:documentation>

	</xsd:documentation>
	</xsd:annotation>
	</xsd:element>

在表 2 中,MIB 库的受管对象类型映射为 XML Schema 中的元素 Element,对象名称作为 XML 元素的名称,对象类型作为元素的类型,并将其余信息作为注解 annotation 进行标记,以方便管理应用程序的使用。

4.2.2 MIB 映射

在模型层上,根据上一层的映射结果,将 MIB 信息库文件用 XML Schema 进行表示,实现 XML 形式的 MIB 信息。根据各自适用的管理领域,MIB 信息库定义在众多的 RFC 文件中,并且在 RFC 文件中又划分了若干的管理主题,形成了一个树状的 MIB 结构。可以按照需要灵活选择合适的 MIB 树分支映射到 XML 文档。

为了控制 XML 形式的 MIB 文件规模,降低其结构复杂性和便于维护,映射的 XML 文档采用 2 层嵌套的模式。选择一个或若干个 MIB 树第 7 层节点,作为 XML 文档根元素的第 1 层子元素,再将其下的叶节点对象作为第 2 层子元素;每一层节点对象都按照表 2 的方法进行映射;然后将第 2 层子元素作为第 1 层子元素的数据类型(type)的子元素嵌入,生成对应于某个 MIB 树枝的 XML 文档。图 2 显示了 MIB 库中 1.3.6.1.2.1.1 system 组的映射。

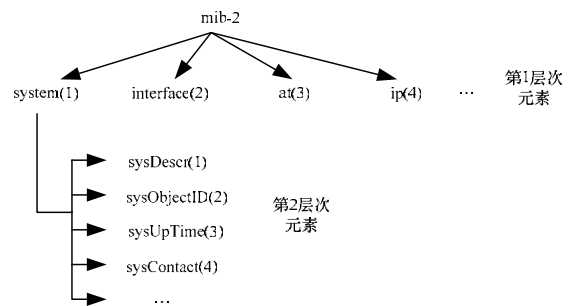


图 2 MIB 映射层次

按照以上方法,经过 MIB 映射,生成的 XML 形式 MIB

信息具有如下的结构：

```
<xsd:element name="snmp-data">
...
  <!--第 1 层次-->
  <xsd:element name="节点 A" Type="节点 A 类型">
    节点对象映射
    <xsd:element name="节点 B" Type="节点 B 类型">
      ...
      <xsd:complexType name="节点 A 类型">
        <!--第 2 层次-->
        <xsd:element name="叶节点">
          节点对象映射
          <xsd:element name="叶节点">
            节点对象映射
            ...
          </xsd:complexType>
        ...
      </xsd:element>
    ...
  </xsd:element>
```

4.3 语义映射

语法映射 MIB 信息以 XML 文档进行表示，可以实现基于 XML 的网络管理。在此基础上，语义映射则在模型实例层，将 SNMP 信息转换为 WSDM 可管理性能力信息表示。

4.3.1 能力合成

管理信息的语义代表受管对象在管理系统中的具体含义是网络管理信息模型的核心内容。可管理性能力表示受管对象在管理领域内的相关能力，其语义需根据管理系统实现的功能进行设定，所以，对语义的映射需要参考网络管理系统的功能需求。WSDM 规范中定义了若干的标准可管理性能力，包括 Identity, Manageability Characteristics, Description 等。标准可管理性能力针对通用管理目的设计，并作为其他管理能力扩展的基础。根据能力的可扩展特性以及各类 SNMP MIB 信息之间的相关性，在 WSDM-SNMP 映射框架中采用能力合成的方法实现语义映射，即根据相关 SNMP 信息实现的管理功能定义等价的可管理性能力，然后将这些 SNMP 信息映射为可管理性能力的具体表示，从而将 SNMP 信息生成一个新的可管理性能力。

根据能力表达式(1)，可管理性能力包含以下几方面的内容，即属性、操作事件和元数据。能力合成步骤如下：

- (1)将 SNMP 中相关的 MIB 树叶节点作为能力的属性，同时节点信息中也包含能力的元数据说明。
- (2)根据管理需求定义能力的操作，并将该操作最终分解为一系列的 SNMP get/set 操作来实现定义的功能。
- (3)定义能力的事件来过滤 SNMP trap 信息，同时以事件连接 Web 服务的通知机制。
- (4)按照能力属性表示的管理信息具有相关性的特点，从同一个 MIB 分支下选取若干叶节点表示能力的属性信息，同时按照可管理性能力的需求灵活选取其他叶节点的属性。

4.3.2 事务处理

利用能力合成方法，可管理性能力的操作被映射为一系列基本的 SNMP get/set 操作的集合，其实际执行结果依赖于子操作集合执行的完整性。然而，由于团体口令(community)错误、设备限制、网络带宽以及可靠性等原因，SNMP get/set 操作可能失败，从而破坏能力操作的完整性，影响可管理性能力信息的一致性，因此必须考虑对映射后操作集合的原子性加以保障，建立相应的能力操作事务处理机制。

为提高事务处理机制的效率，通过对 get/set 操作集合的

构成规律和 SNMP 操作执行错误的影响进行分析，可将执行序列错误分为以下 2 种情况进行处理：

(1)get/set 操作按照定义的顺序执行，当执行到某个操作时产生了错误。如果该操作之前全是执行 get 操作，则可以直接将前面获取的信息舍弃，并退出能力的操作执行过程。

(2)get/set 操作按照定义的顺序执行，当执行到某个操作时产生了错误。如果该操作之前执行了 set 操作，那么为了保证可管理性能力操作的原子性而不能直接退出，需要进行事务处理。

语义映射的事务处理机制在执行 set 操作时先将受管对象的原始信息进行备份(利用新增加一个 get 操作的形式)，如果后续的 SNMP 操作在执行时发生了错误，则用备份的信息恢复被前面的 set 操作修改的受管对象，从而保证了能力操作的原子性特征。

5 SNMP-WSDM 桥接器的设计与实现

为了验证 SNMP-WSDM 映射机制的可行性，在基于 Web 服务的综合网络管理系统中实现了 SNMP-WSDM 桥接器。通过部署 SNMP-WSDM 桥接器，实现 WSDM 可管理性能力到 SNMP 管理信息的转换，从而实现对支持 SNMP 管理协议的网络设备和遗留网络系统的综合集成管理。

根据 WSDM-SNMP 映射机制，桥接器的输入是以 WSDM 可管理性能力表示的管理操作，能力管理操作进入桥接器后，先后经过语义映射、语法映射以及事务处理的步骤，最终被分解为若干的 SNMP 管理操作命令，从桥接器输出，以实现对具体资源的管理。

WSDM-SNMP 桥接器的组成结构如图 3 所示。其中，XML 解析器为整个桥接器提供通用的 XML 文档分析和处理能力，帮助进行语义和语法的分析以及各种 XML 文档的处理；语义分析模块按照对可管理性能力的映射，将 WSDM 管理操作转换为对应的一系列 SNMP 管理操作表示，并传入语法分析模块；语法分析模块对照 XML-MIB 库进行 SNMP 操作的语法分析，构造标准的 SNMP 操作命令，并传入 SNMP 管理模块中；事务处理模块处理可管理性能力的操作事务问题，将分解后的 SNMP Set 操作涉及的信息进行备份，防止后续操作出错导致管理信息不一致；管理信息库用于存储和管理信息相关的各种数据文件，包括系统定义的各种可管理性能力映射文件、能力操作映射文件以及 XML 形式的 SNMP MIB 数据库。

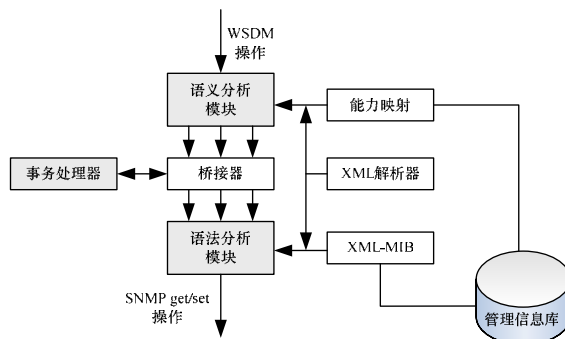


图 3 WSDM-SNMP 桥接器逻辑结构

6 结束语

为提高网络管理系统的扩展性、灵活性和可集成性，基于 Web 服务的网络管理技术成为当前分布式网络管理技术的

(下转第 78 页)