

# Internet 网络管理信息搜索平台

张淼辉, 杨家海, 张 辉, 王继龙

(清华大学信息网络工程研究中心, 北京 100084)

**摘 要:** 传统网络管理基本上是面向单个管理域进行的, 不同管理域之间缺乏信息交互和共享, 限制了大量新的网络管理功能的实施。该文提出了一个基于Web Service和P2P技术的网管信息搜索平台的模型, 旨在为各个网管系统提供信息共享和搜索的平台。此模型能够有效互连各个封闭的系统, 整合异构的信息, 在拥有良好的可扩展性同时又保持了良好的性能。

**关键词:** 网络管理; 信息搜索; Web Service; P2P

## Information Search Platform for Internet Management Systems

ZHANG Miao-hui, YANG Jia-hai, ZHANG Hui, WANG Ji-long

(Network Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084)

**【Abstract】** The conventional network management technologies are mostly restricted within a single management domain. It is hard for management system in one domain to interact and share information with the counterparts in other domains, which restricts the development of many new management functionalities. The paper proposes a model of Internet management information search platform based on Web Service and P2P, which aims to provide a universal platform of information sharing and searching among different management systems. The model can effectively interconnect the isolated NMSs, integrate the heterogeneous information, maintain good performance, and achieve good scalability.

**【Key words】** network management; information search; Web Service; P2P

网络管理自 20 世纪 80 年代中后期起步至今取得了显著的成果, 但是网络管理尤其是Internet的管理技术和水平落后于网络技术本身的发展也是不争的事实。绝大部分网管系统只能用于对单个自治域的一部分网络进行简单的监视。网管系统间存在很严重的樊篱, 它们之间普遍缺少信息共享, 这与互联网中各个自治域互联的理念存在巨大反差。近些年新出现的网管需求, 例如QoS<sup>[1]</sup>等端到端管理、网络安全中的一些追踪问题, 都需要多域的信息支持。

文献[2]中提出当被管理的网络数量和规模增大到一定程度时静态管理模式就很难奏效, 同时多个管理域之间合作的需求变得越来越重要。文献[3]则提出了互联网的一种理想管理模型, 通过构建一个知识平台使用人工智能的方法对网络进行管理。它同样面对着大规模环境下数据和知识信息的共享和获取问题。可以预见, 将来的网络管理势必向大规模智能化发展, 因此也需要强大的信息支持。新的网管功能所需要的信息超出了网管系统、一个管理域的范围。只有实现各个域间网管系统的信息共享和动态信息提取机制才能为以上问题的解决提供信息支持, 现有网络管理技术不能解决上述问题。

互联网管理的工业标准 SNMP 简单易用。但是它缺乏对网络管理应用层的指导, 多数基于 SNMP 的网管系统交互协作能力较弱。DMTF(分布式管理任务组织)提出的通用信息模型 CIM 为分布式管理提供了标准的信息基础, 但是对于网管系统来说他们没有提出一个高层的体系结构支持分布式的信息共享机制, 通用信息模型对系统和网络服务有标准的描述, 但是对网管系统的描述尚不充分。

### 1 问题定义

互联网管理中面临的最大问题就是信息的异构性和系统

的封闭性。

#### 1.1 网管信息的异构性

互联网中大多数设备支持 SNMP 等统一的网络管理标准, 但是网管应用层存在信息异构性。网络管理的功能多种多样, 按照 ISO 的标准可以分为 FCAPS 5 个功能域, 每个功能域还可进一步划分为多个子功能。管理的对象也分多种, 有路由器、交换机等设备, 管理的粒度可以划分到接口、链路、甚至逻辑管理对象的粒度。任何一种功能都有着多种度量的选择。网络管理信息的表示存在着很大的弹性空间, 而在网络管理层还没有完全建立起统一的信息标准。

#### 1.2 网管系统的封闭性

不同的域属于不同的组织, 出于安全和保密的考虑, 不同域间的网管系统之间的合作不易普遍达成。网管系统开发技术的差别也在一定程度上阻碍了系统间的交互。互联网管理现状中系统封闭性在域内和域间普遍存在。

#### 1.3 网管信息搜索平台要求

如前所述, 网管信息的异构性和系统的封闭性是构建搜索平台要解决的问题。

现实系统中信息表示还没有达到一个理想的统一的情况下, 为了让信息可以在多系统间交互并互相理解, 就需要统一的信息描述。同时网管系统也需要被充分准确地描述, 网管信息搜索平台利用网管描述信息来了解各个系统。网管信息搜索平台提供信息服务的范围是整个互联网, 因此理论上

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60473083); 国家“863”计划基金资助项目(2005AA103110-2)

**作者简介:** 张淼辉(1981-), 男, 硕士, 主研方向: 网络管理; 杨家海, 教授; 张 辉, 讲师; 王继龙, 副教授

**收稿日期:** 2006-12-21 **E-mail:** zhangmh04@mail.tsinghua.edu.cn

要有和互联网相同的可扩展性。

基于XML和SOAP协议的Web Service支持不同技术实现系统的整合以及大规模环境下的分布式服务。使用Web Service技术来整合各个异构的网管系统并提供统一的信息服务模式是一个较为理想的方法。P2P<sup>[4]</sup>是各个平等的实体之间共享资源的一个组织模式，它有着良好的可扩展性，分布式哈希索引机制可以确保整个系统在大规模的情况下实现高效准确的搜索。这些技术为网管信息搜索平台的模型和实现提供了支持。

## 2 信息建模与信息描述

### 2.1 网管系统描述

网管系统是网络管理的主体，也是平台中提供信息的主体。抽取不同网管系统的共性来建立描述模型。描述的对象不仅包含一般网管系统的管理功能、管理对象、信息类型等方面，还包括作为整个平台的一员的网管系统对外公开哪些信息、如何提供信息服务以及访问权限的设置。

(1)管理功能：管理功能是对一个网管行为目的的描述，包括 FACPS 等 5 种基本功能。基本功能可以划分为更加详细的子功能。随着网络管理的发展也会出现新的功能。

(2)管理对象：每个网管系统都对一定的网络对象进行监控。对象可能是主机、网关、路由器等设备，网管系统的对象一般都是静态的。

(3)共享网管信息：不同系统的网管信息是异构的，所以搜索平台中的网管系统对外提供的信息需要转化为统一的格式，本文拟采用 XML 进行描述。系统描述里面需要列出自身共享的信息模块列表。

(4)信息服务接口：网管系统使用 Webservice 方式向平台有效地发布自身的网管信息。信息服务接口格式如下：

```
<Service-Interface> ::= <host>[:<port>]<serv-path>
<host> ::= domain name | IP address
```

(5)信息获取权限：网管系统属于不同的组织，考虑到系统负载以及安全等因素，网管信息服务的提供需要针对不同的调用者进行访问权限的限制。

以下是一个具体系统的描述信息，选择 XML 作为标准的描述语言。

```
<NMS ID="210.25.130.213">
  <Basic_info>
    <Function>Config</Function>
    <Contact>Contact Information</Contact>
  </Basic_info>
  <Target>
    <Target_item>58.196.0.0/24</Target_item>
  </Target>
  <NMS_info>
    <Info_item comm="private">
      <name>Router_Info</name>
      <Access>210.25.130.213:8080/EquipmentInfo.jws</Access>
    </Info_item>
  </NMS_info>
  <Communities>
    <Comm_item type="private">cernet</Comm_item>
  </Communities >
  ...
</NMS>
```

此系统是一个执行配置的网管系统，它的管理对象是 58.196.0.0/24。系统对外提供 Equipment\_Info 信息，通过 Web

Service 接口对外提供信息服务，服务对象只包括本域。

### 2.2 网管信息描述

搜索平台为各种网管功能以及子功能的常用信息建立模型。整个网管信息模型是树型结构，叶节点是具体网管信息的描述。例如配置功能中的路由器基本配置信息在信息框架中的定义如图 1。由框架图可以看出路由器配置信息包括基本信息和接口表两种，它们隶属于网管信息 ->配置功能信息 ->设备信息 ->路由器信息。

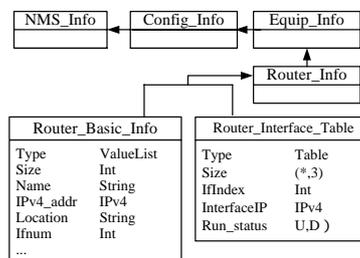


图 1 网管信息框架图示例

各个网管提供信息服务的返回结果，用网管信息描述语言来封装。结果有表格和单值列表两种模式。其中每个元素的数据类型包括整型、浮点型、字符串等常规的类型，也包含 IP 地址、时间、图片等网络管理常用到的类型。

## 3 搜索平台体系结构

互联网管理搜索平台是基于现有网管系统的分布式信息获取平台。它以域为单位组织信息，P2P 的合作模型实现大规模的信息共享。

### 3.1 分层结构

如图 2 所示，搜索平台分为 4 层。网络管理层是整个平台的基础，它执行基本的网络管理功能，并为高层提供网管信息。网管信息获取层处于网络管理层之上，向上层提供本身网管系统的描述，同时把网管信息转换为网管信息描述格式，对外提供信息服务。网管资源管理层拥有搜索平台中各个网管的系统信息和信息服务的接口，能够从整个平台的视野来调度资源，协调搜索。搜索服务接口层对外提供统一的信息搜索服务。

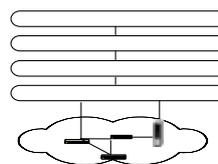


图 2 分层结构

### 3.2 平台结构模型

系统中有两种实体：信息源和搜索结点。其搜索平台结构如图 3 所示。

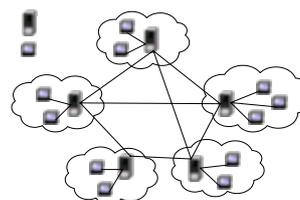


图 3 搜索平台结构

信息源是向搜索平台提供信息的网管系统。普通网管系统加入到搜索平台需做以下工作：提供信息服务；对自身系

统使用系统描述语言准确描述并注册到本域的搜索结点。信息源对应的是分层结构中的网络管理层和网管信息获取层。

搜索平台以域为单位组织信息的搜索。每个域中有一个搜索结点。搜索结点是搜索平台中接受执行搜索任务的实体，同时也负责管理域内信息源的系统描述信息，监控信息源的运行状态。搜索结点之间在一定程度上协调共享系统描述信息，以完成域间的信息搜索。搜索平台使用 P2P 的组织模式来协调各个搜索结点间的合作。有合作或信任关系域的搜索结点间可以设为邻居关系，定期交换网管系统描述信息，以方便它们之间的跨域搜索。

## 4 搜索机制

### 4.1 搜索算法

任何一个搜索结点发起一次信息搜索。搜索平台中的信息种类繁多，需要输入完备的搜索条件。输入条件包括以下主要子项：(1)搜索对象：子网、IP、接口等；(2)搜索范围：指定域或者自动定位；(3)搜索信息：各个网管子功能的信息模块；(4)搜索时间范围：起始、结束时间。

当一个搜索结点接到一个搜索任务后会按照以下流程执行搜索任务：首先是信息源服务的查找，拥有结果信息的信息源可能处于本域、信任域或者其他域。搜索平台要利用索引机制根据系统描述信息找到匹配搜索条件的信息源，并获得信息服务接口和权限。搜索结点对获得的一个或者多个信息服务进行并发调用。接收到服务请求的信息源根据查询条件提供本系统内的相关信息并返回。搜索结点最终汇总从各个信息源返回的结果。搜索结点和信息源的主体算法如下。

#### 算法 1 搜索结点的搜索算法

输入  $query = \langle target, location, Info\_Model, time, how\_many \rangle$

输出  $NMS\_Info\_List = \langle NMS\_Info1, NMS\_Info2, \dots \rangle$

- (1)  $NMS\_Info\_List \leftarrow \phi$  //系统信息列表
- (2)  $Info\_Serv\_List \leftarrow \phi$  //信息源服务接口列表
- (3)  $Info\_Serv\_List \leftarrow Get\_All\_Service\_Interface(query)$   
//根据查询条件获得相关信息源服务接口
- (4) 令  $i$  从 1 到  $n$   
 $temp[i] \leftarrow invoke(query, Info\_Serv\_List[i])$
- (5) 设置超时时间并等待返回结果
- (6) 令  $i$  从 1 到  $n$   
if ( $temp[i] \neq \phi$ )  
 $NMS\_Info\_List \leftarrow NMS\_Info\_List \cup temp[i]$
- (7) return ( $NMS\_Info\_List$ )

#### 算法 2 信息源信息服务提供算法

输入  $input = \langle query, community \rangle$

输出  $output = \langle NMS\_Info \rangle$

- (1) 根据  $community$  判断服务获取权限
- (2)  $NMS\_Info \leftarrow \phi$  //网管信息
- (3)  $temp \leftarrow Get\_Raw\_Data(query)$  //获得原始信息
- (4)  $NMS\_Info \leftarrow Get\_Standard\_format(temp)$   
//转换为标准信息
- (5) return ( $NMS\_Info$ )

### 4.2 索引机制

搜索结点遍布于整个平台，如何协调搜索结点之间的合作，使发起搜索的搜索结点有效准确地获得与本次搜索相关信息源服务，是索引机制需要达到的目标。

搜索结点间以 P2P 方式工作。P2P 系统在索引机制方面已经有大量的研究，有了一些相对成熟的分布式哈希机制<sup>[5]</sup>。对于网络管理搜索平台的环境来说实现分布式哈希有着更加优良的两个特性：(1)搜索平台中搜索结点和元数据有着相同

的 IP 值空间，无需复杂的哈希函数；(2)管理对象划分比较明确，每个信息源和一定子网一定功能的信息相对应，有利于元数据的组织。

这两个特性可以有效减少系统中元数据条目的个数，同时使系统有良好的查全率和查准率。搜索平台中的元数据是系统描述信息，它的关键字是基于 IP 的子网；平台中的搜索结点 ID 也是 IP。哈希函数定义如下：

$$hash(System\_Info) = NMS.Target\_Item.SubNet.IP$$

$$hash(Search\_Node) = Search\_Node.IP$$

哈希空间为  $0 \sim 2^{32} - 1$ ，同一般分布式哈希机制一样，平台内搜索结点数为  $N$  的情况下每个结点按照指数增加规律维护  $\log_2 N$  个转发邻居，一次搜索在  $\log_2 N$  次转发内完成。

### 4.3 搜索时间分析

一次搜索的时间包括相关信息源信息的获取时间和信息服务的调用时间。用  $S$  表示获得的相关信息源集合。一些基本的时间要素定义如下：

$T_l$ ：在本地搜索匹配信息源所需要的时间；

$T_n$ ：两个结点间进行一次查询转发的时间；

$T(i)$ ：从某个信息源  $i$  获取信息服务的时间；

$T_t$ ：搜索超时时间；

$Flag$ ：本域搜索或者信任域内的搜索为 0，否则为 1。

由此可计算出一次搜索需要的时间上限是

$$Flag * \log_2 N * T_n + T_l + \min\{T_t, \max\{T(i), i \in S\}\}$$

## 5 原型系统实现与试验

原型系统基于清华大学校园网、中国教育科研网等丰富的网络资源的基础上来实现，包含 4 个域，每个域内拥有 3~4 个网管系统来维护网络的正常运行。域内配置了搜索结点，网管系统通过增加信息服务模块改造成了信息源。

系统能够实时获得所有相关信息源内部的最新网管信息。它不仅综合显示一个域内所有网管系统关于一个设备的信息来进行全面的分析，也可以从不同的域提取出类似的信息加以比较。如从几个连接的域内搜索出关于一个子网的路由信息，通过路由传播过程的比较判断它们的路由关系。

网管系统的管理对象划分比较明确，系统 14 个结点只有 25 条元数据描述，同时平台合理选择了元数据和结点的哈希空间，使系统在保持 100% 的查全率的情况下有着良好的查准率，笔者在原型系统中进行了简单的测试，1 000 次查询中的查准率有 91%，误查一般发生在对 BGP 的路由信息的查找上，是因为监测 BGP 路由信息的系统监测的 IP 对象空间是全 IP 空间，如果针对对象范围明确的网管系统，查准率还会更高。表 1 是传统网管系统与网络管理信息搜索平台的比较。

表 1 传统网管与网管信息搜索平台的比较

属性	传统网管系统	网管信息搜索平台
信息视野	单个或几个子系统，静态获取	平台内所有系统，动态搜索
信息获取时间	直接获取，时间短	对本域时间短；对其他域时间长，时间与 $\log N$ 成正比
网管功能	基本的网管功能	为端到端等强大的网管功能实现提供了基础
可扩展性	CS 模型或者分级模型，可扩展性较弱	使用 P2P 模型，理论上与互联网有同样的可扩展性

## 6 结束语

本文提出的网络管理信息搜索平台成功互连了封闭的网管系统，整合了异构的网管信息，拥有良好的可扩展性。系统使用分布式哈希的索引机制来进行信息源的搜索，系统结点和元数据哈希空间的设置使系统有着良好的查全率和查准

(下转第 113 页)