

Web Service 分布式网络测量的研究和实现

谭海波¹, 马宗萼^{1,2+}, 李晓风¹

- (1. 中国科学院合肥物质科学研究院信息中心, 安徽 合肥 230031;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 针对当前网络性能监测工具在多域、异构的网络环境下定位困难及精度降低的问题, 对面向服务网络性能监控框架(perfSONAR)进行了研究, 设计服务管理中心、测量服务、存档服务等组件, 整合可用的网络测量资源, 构建基于Web Service的分布式网络测量系统, 通过服务代理和管理中心交互实现测量组件间的共享和协作, 及时发现并排除网络故障和瓶颈。实验结果表明, 该系统为大规模分布式网络测量提供了一种可行实用的解决方案。

关键词: 网络测量; perfSONAR; 资源整合; 服务协作; Web Service 代理

中图分类号: TP393.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024(2012)06-2241-05

Research and implementation of distributed network measurement based on web service

TAN Hai-bo¹, MA Zong-e^{1,2+}, LI Xiao-feng¹

- (1. Information Center, Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;
2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: To settle difficult positioning and low accuracy which is now faced by the network performance monitoring tools within a cross-domain, heterogeneous environment, a deep research is made on distributed measurement architecture. The components of our distributed network measurement system, which integrate available measurement resources, is proved to share data and cooperate with each other easily through interactions between web service agent and management center, and the faults and bottlenecks of network are discovered in time. The experiments show that it is a valuable and feasible scheme for implementation of large-scale distributed network measurement system.

Key words: network measurement; perfSONAR; resource integration; service cooperation; Web Service agent

0 引言

互联网上的网络应用承载着信息社会最重要的数据, 这些应用的性能必须得到保证, 由此产生对网络应用监测非常迫切的要求^[1]。目前得到广泛应用的SNMP^[2]集中式测量系统根据丰富可扩展的MIB信息库, 在单一自治域范围内能够很好地完成网络测量工作^[3], 但是在执行跨域网络测量时, 其轮询机制会消耗大量宝贵的带宽, 降低了测量精度。同时在设备不断增加的情况下, 越来越消耗系统和网络资源的测量工作将导致测量服务器不堪重负。

以往为了分析链路的端到端性能, 管理员通常在所辖

网域内部署各类网络测量工具, 常见的如Sniffer、Iperf、OWAMP^[4]等, 而端到端链路很可能跨越多个自治域, 域间硬件和软件系统一般都是异构的, 采用的网络测量工具和手段也大都都不一样。如果能够有效地整合各个域内的测量资源, 建立完备的网络性能视图^[5], 不仅有利于快速定位已发生的网络故障, 还可以通过对历史性能视图的分析, 及时发现并排除潜在的性能和安全隐患, 优化网络运行。

如今以松耦合方式实现现有测量工具的集成和协作、域间测量信息的共享^[6]成为网络测量系统新的需求, 也是未来的发展趋势^[7-9]。由于Web Service技术能够在异构系统上构建通用、跨平台、面向服务的体系结构, 因此能够

收稿日期: 2011-06-02; 修订日期: 2011-08-06

基金项目: 国家科技计划项目 ITER 计划专项基金项目 (2008GB111000)

作者简介: 谭海波 (1976-), 男, 安徽泾县人, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为计算机网络应用、工程数据库; +通讯作者: 马宗萼 (1986-), 男, 广西合浦人, 硕士研究生, 研究方向为网络应用开发; 李晓风 (1966-), 男, 安徽砀山人, 研究员, 博士生导师, 研究方向为软件工程、网络管理、计算机自动控制。E-mail: hbta@hfcas.ac.cn

为解决网络中的分布式测量和资源共享问题，实现网络测量服务的动态描述、发布、发现和调用提供解决方案^[10-11]。

1 perfSONAR 网络测量框架

perfSONAR^[12] (performance focused service-oriented network monitoring architecture) 是一个基于 Web Service 技术，支持网络性能数据采集、存档和发布服务的框架。它由 Internet2、Geant2 等共同提出，用于对欧洲科研网络 GEANT2 和欧洲国家研究教育网络 NRENs 实施精确的网络测量和监控。为了统一分布在各自自治域的网络测量资源，解决多自治域范围内服务注册和发现问题，perfSONAR 引入了 SOA 技术，使得各域中的测量服务能够以通用接入策略整合到框架中。perfSONAR 协议和框架实现^[13]中最具代表性的 perfSONAR-PS 由 Internet2 开发^[14]，同时提供若干具有高可用性的网络性能监控服务组件。

perfSONAR 服务间通信遵循 NMWG 规范，把测量数据划分为 METADATA 和 DATA 两部分，METADATA 描述测量数据类型及基本参数，DATA 是由时间戳或数值组成的向量。NMWG 消息封装于 SOAP 消息中，加上 HTTP 头形成 Web 请求，其协议栈如图 1 所示。



图 1 NMWG 消息协议栈

perfSONAR 体系结构中将测量系统分为测量层、服务

层和用户接口层，测量层包含不同自治域内功能各异的测量节点；服务层由测量服务构成，服务为 Web Service 形式，彼此间可以跨域通信；用户接口通过与服务层请求从而获得所需的测量信息，如图 2 所示。

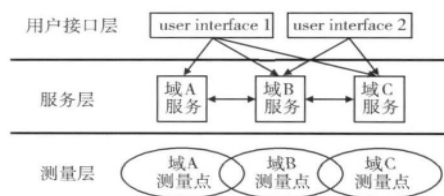


图 2 perfSONAR 体系结构^[15]

下面在对 perfSONAR 协议和框架研究的基础上，设计提供服务发布和发现功能的管理中心，对现有测量工具进行面向服务封装，同时开发 Web Service 代理实现测量服务与管理中心间的交互，构建能够对大规模网络进行分析和诊断的分布式测量系统。

2 分布式网络测量框架设计

设计网络测量系统框架如图 3 所示，框架中的服务主要划分为如下类型：

(1) 测量服务

测量服务位于系统底层，其本质上是各类网络测量工具，负责执行提供性能测量结果或提取存档数据，当这些工具封装为 Web Service 并向管理中心注册后，就成为系统组件。

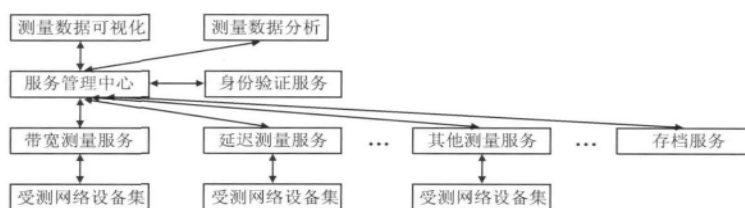


图 3 网络测量系统框架

(2) 存档服务

存档服务通常是数据库服务的 Web Service 形式，它收集测量服务所产生的数据，存档到数据库并对外提供高效的访问接口，但是它不能产生新的数据或者承担数据处理的任务。

(3) 服务管理中心

服务管理中心是系统的核心部分，它负责接收和处理其他服务的注册、更新、查询、撤销等请求，维护已注册服务的功能描述和位置信息列表，使得每个独立的服务成为系统的可视部分，规范框架内服务的行为，同时提供服

务的发布和发现功能。

测量系统中所有的网络性能指标和服务描述都使用 NMWG 规范的 XML 定义，这些信息在框架内可以通过 XQuery 查询。通过严格定义的服务接口，框架中的各服务之间能够使用定义良好的协议实现域内或域间服务的发布和发现、测量数据的存储和检索等功能。

3 分布式测量系统组件设计与实现

3.1 服务管理中心

根据在测量系统框架中所处的角色，服务管理中心维

护一个其所辖管理域内的注册服务列表, 如图 4 所示, 它的主要任务如下:

(1) 注册/发布服务: 时刻监听注册服务请求, 将完整描述的合法服务添加到注册服务列表, 赋予一个服务 key, 便于查询和定位; 对不满足条件的服务返回详细的注册失败信息。

(2) 查询/定位服务: 时刻监听服务查询请求, 根据查询条件搜索注册服务列表, 如果查找成功, 则返回服务所注册的描述信息。

(3) 更新服务信息: 维护注册服务列表, 列表中每个服务有对应的过期时间, 到期仍未提交刷新请求的服务将被移出列表; 同时根据服务提交的更新请求更新列表内的服务信息。

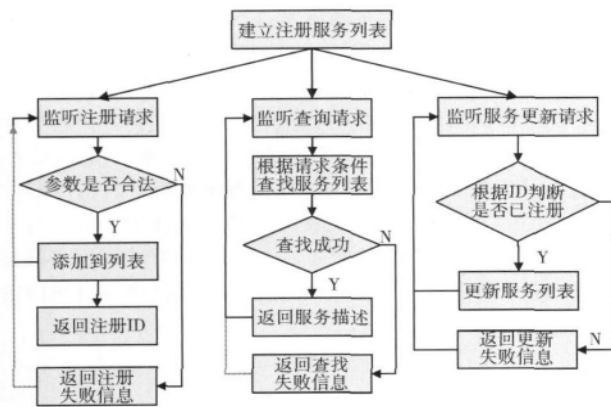


图 4 服务管理中心

3.2 测量和存档服务

测量服务即封装测量功能的 Web Service, 例如 Iperf Client、SNMP Agent 等。测量服务首先检测测量请求中命令和参数的合法性, 检测通过后, 构造完整的本地可执行命令字符串, 然后调用所封装的测量命令, 执行完成后对命令的输出进行分析和处理, 得到本次测量所需的结果数据, 最后将测量数据封装为 NMWG 规范形式, 通过 SOAP 管道返回给调用它的客户程序。测量服务的 Web Service 处理流程如图 5 所示。

存档服务即封装数据库服务的 Web Service, 例如 MySQL、Oracle、RRD 等。存档服务分析存档请求, 使用客户端传递过来的数据库连接参数与 DBMS 建立连接, 同时将操作数据库的语句提交到 DBMS 完成执行, 将 DBMS 的反馈结果进行处理和分析后返回, 如果操作失败则返回错误信息。存档服务的 Web Service 处理流程如图 6 所示。

3.3 Web Service 代理

Web Service 代理通过调用服务管理中心提供的接口与之通信, 负责 Web Service 的注册、更新、查询等工作。首先它执行 registerRequest 提交注册请求, 管理中心将新注

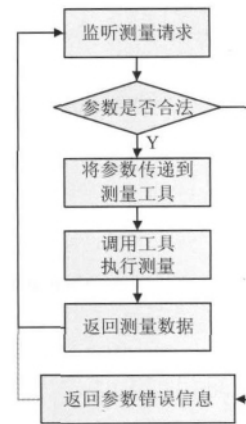


图 5 测量服务 Web Service

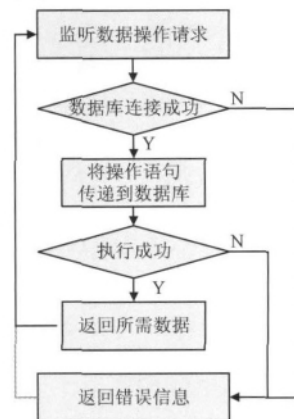


图 6 存档服务 Web Service

册的 Web Service 服务信息保存到它的服务列表中, 并确定列表中该服务条目的有效期。已注册的服务信息可以通过 registerUpdateRequest 对服务信息进行修改, 此外, 代理程序周期性执行 keepaliveRequest 刷新自己在注册列表中的条目, 保证其在系统框架内的有效性。

如果需要与其他服务协作, 可通过代理发出 queryRequest 请求, 管理中心将检索本地服务列表, 必要时向外域管理中心转发请求以返回协作服务的信息。如果服务不再提供向系统其部分或全部功能, 则调用 deregisterRequest 撤销。Web Service 代理的设计如图 7 所示。

在构造好测量服务和存档服务的 Web Service 后, 可以通过代理向服务管理中心完成注册, 从而成为网络测量系统的一个组件, 注册时需要得知管理中心的 URI, 以及本地注册服务的基本信息, 下面是将封装 Iperf Client 的 Web Service 注册为测量服务的代码段:

```

my MYMsc = new NMS:: Client:: SC ( {instance =>
" http://192.168.0.1:9995/NMS/SCA"});
my %service = ( serviceName => " Iperf MP",

```

```

serviceType => " MP",
serviceDescription => " Iperf MP for band-
width measurement",
accessPoint => " http:// 192.168.0.2/Iperf_
MP" );
my @rdata = ();
MYMrdata [0] . = " <subject id=" subj_iperf" >
\ n";
MYMrdata [0] . = " <hostName>NMS_2</host-
Name> \ n";
MYMrdata [0] . = " <IPAddress type=" ipv4" >
192.168.0.2</IPAddress> \ n";
MYMrdata [0] . = " <eventType> Iperf MP</
eventType>";
MYMrdata [0] . = " </subject> \ n";
MYMresult = MYMsc->registerRequest ( { service =>
\ %service, data => \ @rdata } );
    
```

可以看到系统服务组件的 4 个基本属性：serviceName、accessPoint、serviceType、serviceDescription，分别代表服务的名称、接入点、类型、描述，其中 accessPoint 使用 URI 对服务的进行定位，服务属性信息保存在 NMWG 消息的 METADATA 部分。rdata 为注册服务接口详细的 XML 描述，保存在 NMWG 消息的 DATA 部分，供服务管理中心发布和检索。

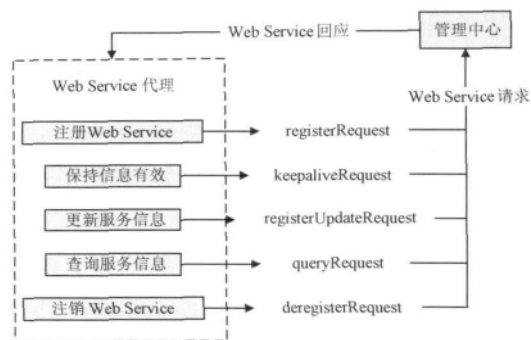


图 7 Web Service 代理

4 分布式网络测量结果

在系统框架内，服务通过 Web Service 实施互操作，彼此之间相互独立，仅当需要进行协作时才向其他服务发送请求获取所需测量资源，从而形成松耦合的体系结构。

为了测试测量系统的分布式网络测量功能，搭建了如图 8 所示的分布式网络测量实验平台。自治域 A 中的 Cacti 通过 SNMP 协议对域内的主机实施性能监控；自治域 B 中将 Iperf 和 OWAMP 测量工具向管理中心注册，分别封装成 Iperf 服务和 OWAMP 服务，用于实施 BC 之间网络链路的吞吐量和延迟测量。测量服务采集的数据由各自域内的存档服务管理。

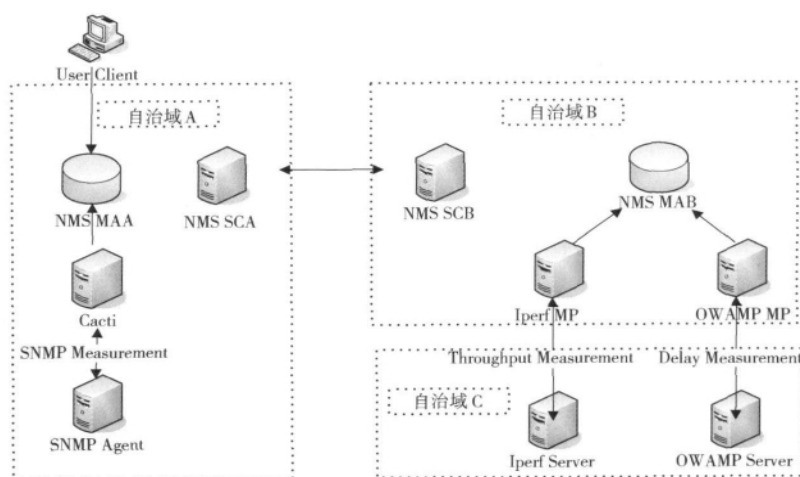


图 8 分布式测量网络

当位于自治域 A 的网络管理员收到 Cacti 的警告信息，提示某个广域网链路交换机接口的流量出现异常状况，但这只是域内被动测量的结果，由于已知这条链路经过自治域 B 和 C，管理员希望获取 BC 链路的更多性能信息，则可以根据管理中心的 URI 和服务描述信息，通过 Web Service 代理向 NMS SCA 发出查询网络带宽测量服务的请求：

```

MYMquery = " declare namespace nmwg=" http://
ggf.org/ns/nmwg/base/2.0/"; \ n";
    
```

```

MYMquery . = " for \ MYMmetadata in /nmwg:
store [\ @type=" SCStore" ] /nmwg: metadata \ n";
MYMquery . = " where \ MYMmetadata/subject/
service/serviceType=" MP" and \ MYMmetadata/subject/
service/serviceDescription [contains (, " Iperf") ] \ n";
MYMquery . = " return \ MYMmetadata/subject/
service \ n";
    
```

NMS SCA 向 NMS SCB 转发请求，向请求者返回自治

域 B 中带宽测量服务信息如下:

```
<nmwg: metadata id=" 14047f8308f49e199dd5c405db2e
cf9d" >
  <service>
    <serviceName>Iperf MP </serviceName>
    <accessPoint>http: //192. 168. 0. 2/Iperf __MP</ac
cessPoint>
    <serviceType>MP</serviceType>
    <serviceDescription>Iperf MP for bandwidth measure
ment </serviceDescription>
  </service>
</nmwg: metadata>
```

随后管理员可以像调用本地应用一样向 B 中的服务提交相应的测量请求, 获得 BC 之间链路的性能数据, 同样的方法可获得网络上已注册的其他测量资源, 从而获取整条网络链路上所有监测点的可用数据。可见基于 Web Service 的分布式网络测量系统有效地整合网络上可利用的资源, 为管理员呈现完备的全网性能视图, 有助于找出异常发生的时间并准确定位故障点, 从而为大规模分布式网络的性能分析和故障诊断提供了较为理想的解决方案。

5 结束语

本文通过研究国外大规模网络测量基础设施 perfSONAR, 采用 Web Service 及其相关的 SOAP、XML 等技术, 设计一个实现服务发布和发现功能的管理中心, 将现有的测量工具封装成为面向服务的组件, 同时设计 Web Service 代理负责将测量服务向管理中心注册成为系统组件, 系统服务组件间能够通过明确定义的协议进行通信和协作, 从而整合成为一个功能完备的网络测量系统, 该系统具有开放、灵活、可扩展性强等优点。下一步的工作将考虑实现 perfSONAR 框架内更多类型的服务, 同时完善测量数据分析模型实现对网络性能的评估及异常检测, 并优化管理中心的调度行为, 以尽可能小的代价实现服务协作。

参考文献:

- [1] NIU Yahua, REN Xinhua, BI Jingping. A survey on internet measurement mode [J]. Computer Applications and Software, 2006, 23 (7): 11-13 (in Chinese). [牛燕华, 任新华, 毕经平. Internet 网络测量方式综述 [J]. 计算机应用与软件, 2006, 23 (7): 11-13.]
- [2] LI Mingjiang. SNMP simple network management protocol [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007: 78-162 (in Chinese). [李明江. SNMP 简单网络管理协议 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 78-162.]
- [3] ZHAO Linhai, LI Xiaofeng, TAN Haibo. Design and implementation of distributed oracle monitor system based on CACTI [J]. Computer Systems & Applications, 2010, 19 (9): 134-137 (in Chinese). [赵林海, 李晓风, 谭海波. 基于 CACTI 的分布式 ORACLE 监控系统的设计与实现 [J]. 计算系统应用, 2010, 19 (9): 134-137.]
- [4] SONG Yanmiao, HUANG Anwei, MU Yuan, et al. Network performance measurement technique based on OWAMP [J]. Computer Engineering, 2009, 35 (14): 138-141 (in Chinese). [宋焱淼, 皇安伟, 穆源, 等. 基于 OWAMP 的网络性能测量技术 [J]. 计算机工程, 2009, 35 (14): 138-141.]
- [5] TANG Haina, LI Jun. A survey: Network performance monitoring technology [J]. Application Research of Computers, 2004, 21 (8): 10-13 (in Chinese). [唐海娜, 李俊. 网络性能监测技术综述 [J]. 计算机应用研究, 2004, 21 (8): 10-13.]
- [6] CHEN Song, WANG Shan, ZHOU Mingtian. Research on layered internet synthetic measurement management system [J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45 (14): 7-9 (in Chinese). [陈松, 王珊, 周明天. 分层的互联网综合测量管理系统的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2009, 45 (14): 7-9.]
- [7] YANG Jiahai, WU Jianping, AN Changqing. Internet measurement theory and application [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2009 (in Chinese). [杨家海, 吴建平, 安常青. 互连网络测量理论与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.]
- [8] CHEN Xiaoxia, REN Yongmao, LI Jun, et al. A survey on network measurement and analysis [J]. Computer Systems & Applications, 2010, 19 (7): 244-249 (in Chinese). [陈晓霞, 任勇毛, 李俊, 等. 网络测量与分析研究综述 [J]. 计算机系统应用, 2010, 19 (7): 244-249.]
- [9] WANG Ruetong, ZHANG Hui, YANG Jiahai, et al. Design and implementation of the information model of a P2P-based network management system [J]. Journal on Communications, 2010, 31 (1): 85-91 (in Chinese). [王若瞳, 张辉, 杨家海, 等. P2P 网络管理系统信息模型的设计与实现 [J]. 通信学报, 2010, 31 (1): 85-91.]
- [10] ZHANG Nan, QIU Xuesong. Research and implementation of telecom network management architecture based on web services [J]. Application Research of Computers, 2008, 25 (6): 1882-1885 (in Chinese). [张楠, 邱雪松. 基于 Web 服务的电信网络管理架构研究和实现 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25 (6): 1882-1885.]
- [11] QU Zaihong, ZHANG Miao, XU Mingwei, et al. XML-based network management: A survey [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2008, 29 (2): 245-250 (in Chinese). [屈在宏, 章淼, 徐明伟, 等. 基于 XML 的互联网网络管理研究综述 [J]. 小型微型计算机系统, 2008, 29 (2): 245-250.]
- [12] Hanemann A, Boote J, Boyd E, et al. PerfSONAR: A service oriented architecture for multi-domain network monitoring [G]. LNCS 3826: Proceedings of the third International Conference on Service Oriented Computing. Amsterdam, the Netherlands: Springer Verlag, 2005: 241-254.
- [13] Zurawski J, Swany M, Gunter D. A scalable framework for representation and exchange of network measurements [C]. Barcelona, Spain: IEEE/Create-Net Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, 2006.
- [14] Tierney B, Boote J, Boyd E, et al. Instantiating a global network measurement framework [R]. LBNL Technical Report LBNL-1452E, 2009.
- [15] Zurawski J, Boote J, Boyd E, et al. Hierarchically federated registration and lookup within the perfsonar framework (short paper, poster session) [C]. Tenth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, 2007.