

72

118-126

1999年9月
第22卷第5期

重庆大学学报 (自然科学版)
Journal of Chongqing University(Natural Science Edition)

Vol. 22
Sep. 1999

文章编号:1000-582x(1999)05-0118-09

·综述·

网络管理的新趋势 ——基于 Web 的网络管理

李初民, 吴中福, 王康

(重庆大学网络中心, 重庆 400044)

TP393

摘 要: 综合论述了网络管理的新趋势; 基于 Web 的网络管理的多种特点, 实现方法及相关国际标准。指出了 AI 与之结合的方向、模式。预示了集成的、智能的 WBM 系统将得以实现。

关键词: 网络管理; 人工智能

中图分类号: TP 393.07

Web

计算机

文献标识码: A

1 网络管理概述

网络管理的目标是最大限度地增加网络的可用时间, 提高网络设备的利用率、网络性能、服务质量和安全性, 简化多厂商混合网络环境下的管理, 控制网络运行成本, 提供网络的长期规划。它可以在多厂商混合网络环境下通过提供单一的网络操作控制环境来管理所有子网和被管理设备, 以集中的、统一的方式远程控制网络, 以便排除故障和重新配置网络设备。

网络管理涉及网络资源和活动的规划、组织、监视、计费和控制, 国际标准化组织(ISO)为网络管理定义了故障管理、配置管理、性能管理、计费管理和安全管理 5 个管理功能。故障管理是检测和确定网络环境中异常操作所需要的一组设施。配置管理负责监控网络的配置信息, 使网络管理人员可以生成、查询和修改软件和硬件的运行参数和条件, 以保持网络的正常运行。性能管理是一组评价被管对象行为和通信活动有效性的设施。安全管理负责提供一个安全策略, 根据安全策略确保只有授权的合法用户才可以访问被管理的网络资源。计费管理负责监视和记录用户对资源的使用, 并分析网络的运行成本。

计算和通讯领域的主要国际组织在网管技术研究方面都作了大量的工作。ISO 在 80 年代末制定了 CMIS(Common Management Information Structure)/CMIP(Common Management Information Protocol)。CMIS/CMIP 的制定受到了政府和工业界的支持。出发点是希望由 CMIP 来

· 收稿日期: 1998-09-02

作者简介: 李初民(1965-), 男, 四川威远人, 工程师, 重庆大学在读博士生。主要研究方向: 网络管理, 数据挖掘。

取代 SNMP。CMIP 的优点是加强了安全性考虑, 功能也更加强大。CMIP 协议不仅可用于传输管理数据, 而且可以执行一定的任务。由于 CMIP 对系统处理能力要求过高, 尚未得到广泛的应用。

ANSI(American National Standard Institution)定义了一组用于网络性能管理的标准, 规范了性能管理的基本结构。为了支持该标准的实现, ISO 为其开发了一个工具箱。ITU(International Telecommunication Union)定义了 TMN(Telecommunication Management Network)的管理规范, 实现了电信网络管理的标准化。OMG(Object Management Group)定义了 CORBA(Common Object Request Broker Architecture)。CORBA 提供了一种对象之间的通讯方式, 可作为分布式网络管理的底层通讯支持^[1~3]。

IETF(The Internet Engineering Task Force)于 80 年代中期制定了第一个网管协议: SNMP(SNMP v1 RFC 1157)。SNMP v1 是一个简单的协议, 即使在大规模网络上也易于实现, 且不会给网络造成太大的压力。其总体结构如图 1 所示^[4~8]。

SNMP 管理模型有三个基本组成部分: 管理进程(Manager)、管理代理(Agent)和管理信息库(MIB)。Agent 是一种软件, 在被管理的设备中运行, 负责执行管理设备收集信息的任务, 它直接操作本地 MIB。如果需要, 它可以改变 MIB 的值并将相应数据传回 Manager。SNMP 是基于 TCP/IP 的协议。MIB-I(RFC 1156)的内容包括了管理对象的多种属性内容, 现在的最新版本是 MIB-II(RFC 1213)。SNMP 有以下特点:

- 简单性: 顾名思义, SNMP 非常简单, 容易实现且成本低;
- 可伸缩性: SNMP 可管理绝大部分符合 Internet 标准的设备;
- 扩展性: 通过定义新的“被管理对象”即 MIB, 可以非常方便地扩展管理能力;
- 健壮性(Robust): 即使在被管理设备发生严重错误时, 也不会影响管理者的正常工作。

SNMP v1 在安全上有一定的缺陷, 它基于简单的团体名称(相当于口令)来验证安全, 无法防止非法修改管理信息、伪装获得合法身份、恶意更改报文流顺序、网络窃听泄密。考虑到 SNMP v1 在安全性和数据组织上的一些弱点, IETF 定义了 SNMP v2(RFC 14XX)来弥补 SNMP v1 的缺陷。SNMPv2 加入了数据保密、身份认证、存取控制等安全机制。在数据组织方面, 允许详细的变量定义及专用的表操作 PDU。但由于 SNMP v2 它违反了 SNMP v1 简单的特点, 故并未被各方采纳, 现已被废止。IETF 目前正着手定义 SNMP v3 作为下一代网络管理协议^[9,10]。

随着网络应用的发展, TCP/IP、Web Browser、Web Server 组成了网络基本构成。Web 和 Internet 技术不仅改变了人们使用信息服务的方式, 同时也在改变信息服务的管理方式。基于 Web 的网络管理方式(Web Based Management, 简称 WBM)一出现就表现出了强大的生命力。它以其特有的灵活性、易操作性得到厂商和用户的广泛关注。在网络管理领域, HP、IBM、Sun 等主要网管系统提供商都提供了基于 Web 的网络管理平台。基于 Web 的管理之所以具有如此的吸引力, 是因为基于 Web 的网络管理具有如下特性:

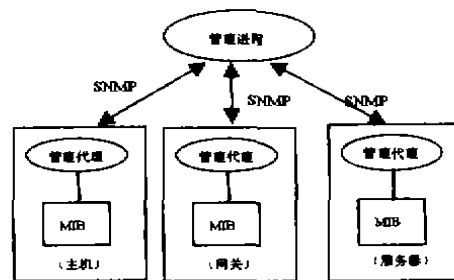


图 1 SNMP 的体系结构

· 地理上和系统上的可移动性。基于 Web 的管理在地理和系统上的可移动性使管理员使用一个 Web 浏览器(如: Netscape4.0、MS-IE4.0 等)从内部网络的任何一台计算机系统都可以察看网络运行状态。对于网络管理系统的提供者来说, 他们在一个平台上实现的管理系统可以从任何一台安装有 Web 浏览器的计算机上访问, 不管这台计算机是什么 PC、工作站, 也不管安装的是什么操作系统。

· 简单、熟悉的 Web 界面, 使得网络管理的方式更加方便。降低了培训费用, 使得更多的人员可以利用网络运行状态信息。

· 优良的计算模式。Web 浏览器的运行只需要拥有适量磁盘空间的一般机器, 管理人员可以把大量的计算和查询任务转移 Web 服务器上, 从而使客户在简单便宜的平台上访问它们, 这种所谓薄客户机/厚服务器的模式, 不但减少了硬件花费而且使用户得到更大的灵活性。WBM 是网络管理的大发展, 它使得网络管理的方式更加方便。

2 WBM 的两种实现策略

WBM 有两种实现方法, 它们平衡地发展而且互不干涉。第一种是代理方案, 也就是将一个 Web 服务器加到一个网管工作站(代理)上, 如图 2 所示。这个工作站轮流与端设备通信, 浏览器用户通过 HTTP 协议与代理通信, 同时代理通过 SNMP 协议与端设备通信。一种典型的实现方法是: 提供商将 Web 服务加到一个已经存在的网管服务器上去。例如 IBM 的 NetView Server。这样做可以平衡象数据库访问, SNMP 轮询等功能。

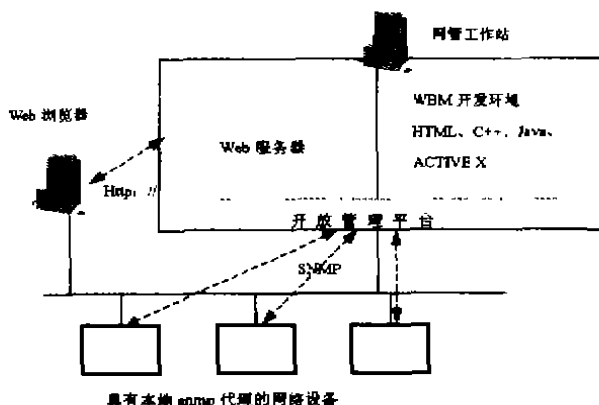


图 2 基于 Web 的代理方案

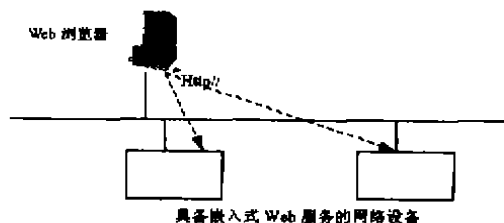


图 3 基于 Web 管理的嵌入式方案

代理方式保留了现存的基于网管工作站的网络管理系统及设备的全部优点, 同时增加了访问的灵活性。网管工作站与所有设备通信, 提供整个公司的所有设备、链路、服务器的全体映象。运行于网管工作站的网络管理软件与设备之间沿用 SNMP, 所以这种方案的实施只需要传统的设备即可。可以理解为传统网管基于 Web 服务方式的‘升级’。这种方式技术上主要需解决 WWW 服务器与网管数据库间的连接通信问题。常用的方法是 CGI、JAVA、ACTIVE-X 技术。它可以方便高效地和各种设备相操作, 更适合大型网络系统的管理。

第二种实现 WBM 的方式是嵌入方式, 将 Web 功能真正地嵌入到网络设备中, 每个设备有它自己的 Web 地址, 管理人员可以轻松通过浏览器访问到该设备并且管理它, 如图 3 所示。该种技术主要是实现每个设备的 Web 嵌入, 以实现将 MIB 中数据向浏览器发布及执

行相应的网络管理命令如 SET、GET 等, 以实现配置设备和收集管理数据。该方式简单易用, 相对更适合中小型网络的管理^[11,12]。

实现 WBM 主要涉及的技术是 HTML(Hypertext Markup Language), 它是用于生成用户在浏览 WWW 主页时所看到的页面的一种语言, HTML 用于构建表达信息以及提供到达另外页面的超链接。虽然图形和一些动态的元素(例如 Java Applets)也能够嵌入到 HTML 页中, 但是 HTML 面基本上是文本和静态的。对于 WBM 来讲, HTML 用于展示一些静态信息表还是很理想的, 例如网络 IP 地址, 产品清单等。而对于一些大的表格的访问其速度就很有限。

在代理方案中 WWW 要和网络管理数据库(MIB)交换信息, 传统的方法是 CGI(Common Gateway Interface)方式。相对于 CGI 的其它功能, 它更是一项基于 Web 的存取数据库中信息的技术。例如, WBM 应用程序可能需要显示一个网络中的整个系统的清单, 这个设备清单已经在代理工作站的数据库中存在了, CGI 脚本可以查询数据库并格式化为一页 HTML, 并发布这些信息。由于 CGI 是基于某种特定的数据库的, 故其编程难度较大, 兼容性不好。

应用于 WBM 的诸项技术中最为引人注目的就是 Java 了。Java 既是一种语言也是一种网络计算环境。Java 语言是一种解释性程序语言, 也就是在运行时代码才被特殊的处理器程序(例如 Java 解释器)解释, 而不是先进行编译然后再运行。解释性语言可能移植到其他的处理器上(当然要有针对特定的处理器的 Java 解释器)。对于 Java, 解释器是一个被叫做 Java 虚拟机(JVM)的强大设备。JVM 对于千变万化的不同处理器环境都是可靠的, 而且它还被绑入 Web 浏览器(Netscape Navigator 和 Microsoft Internet Explorer)从而使这些浏览器能够执行 Java 代码。

Java 具有固有的 Web 能力, 尤为需要指出的是: 一种完备独立 Java 程序称作 Applets, 它能够被传送到浏览器并且在浏览器所在的本地机上运行(见图 4)。Applets 和其它应用程序不同, Applets 具有浏览器强制安全机制, 它可以阻止 Applets 访问本地系统资源(例如内存和磁盘等)并且限制访问网络资源。所以, Applets 能够以最小的代价安全地通过并被运行, 不会破坏网络安全。

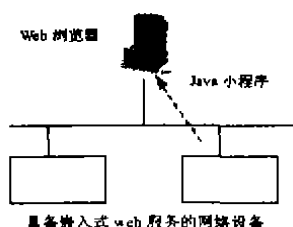


图 4 Java 小程序工作示意图

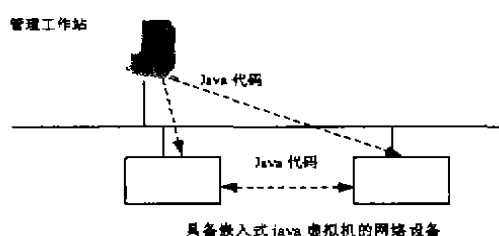


图 5 具有 Java 虚拟机的嵌入式示意图

Java Applets 对于 WBM 技术中所需管理和处理的动态数据是一种行之有效的技术。与 HTML 不同, Java 能够用于处理各种任务, 诸如显示网络运行动态画面、打印像集线器的机架或可堆叠集线器的结构这样的复杂图片等。Java Applets 能实时从轮询和陷阱得到的更新信息, 他们也能添加图像, 包括动画图片。Java Applets 既可以在代理方式中又可能在嵌入方式中应用。

在 WBM 中 Java 还有另一种应用: 如果 JVM 被嵌入一个端设备, 该设备就可以执行 Java

代码,这种应用的一个显而易见的好处就是代码的可移植性。最基本的一点:代码能从管理代理工作站到设备或在设备之间或一个设备的几部分之间被动态地传送(见图 5)。

在嵌入方式中的 Java 动态应用在加强管理能力方面有着极大优势,特别是一个基于某种策略的管理与安全。例如,假定一个管理员只想按部就班地从 8. a. m 到 5. p. m 访问远程网络,这个任务需一系列的 SNMP 指令才能完成,而且此方案还要受到网络流量的冲击(在一个包含数千个设备的大型网络中要保证这一点很困难)。通过 Java,可以提供不受任何干扰的这种能力,某种策略可以集中生成并且动态地分配到那些需要执行该策略的设备中去。基于这种策略的一系列网管产品正在开发中如 Fujitsu 公司的 NetPrism 系统。

ACTIVE-X 技术也是 WBM 常用技术之一,ACTIVE-X 是微软提供的一种交叉平台,它在网络环境下使用独立语言的技术。ACTIVE-X 建筑在 COM(Component Object Model)基础上。COM 对象可以用 C++、Java、VB 等任何语言编写,使得 COM 客户端无须关心对象是用什么写的。微软的客户端实现方法是构造脚本引擎(Scripting Engine),该脚本引擎可执行 HTML、Java 语言、VBscript、Jscript。由于 ACTIVE-X 技术的编程高效、访问网络管理数据只须和相应控件交互,并且开发者可以用自己熟悉的语言编写相应控件,再加上 Microsoft 的背景必将在业界大发展。象 3COM 公司的 WBM 软件已有 ACTIVE-X 的版本^[13,14]。

3 基于 Web 管理的安全

由于网络管理的性质,WBM 控制着关键资源,所以它被严格要求只有 Internet 上的授权用户才能够访问。基于 Web 设备可有很强的控制访问的能力。管理人员能够设置 Web 服务器从而使用户必须通过 Password 才可登录,这是最简单的方式。WBM 的安全技术与现存的安全方法可以很好的集成。如目录系统,文件名结构以及其它由 Windows NT 或 UNIX 所创建的东西(安全主机过滤、签名验证机制等)。而且,管理人员能够轻而易举地对它们的 WBM 系统应用更复杂的权限技术。

网络管理数据非常重要,需要加密。WBM 得益于在 WWW 上进行数据传输的安全性方面的长久努力。WBM 通过简单的在 WWW 服务器中施加安全加密措施能够加密所有从浏览器到服务器的通信,服务器和浏览器一起进行加密并解密所有数据,如 SSL(Secure Socket Layer)技术。这对于 SNMP 或 Telnet 在安全性方面是一次进步,目前的 SNMPv1 和 Telnet 是不加密的。

4 已出现的相关标准

制定开放标准是产业化的第一步,现在已制定两项 WBM 标准。一个是 WBEM(Web Based Enterprise Management)标准,于 1996 年 7 月 Microsoft 最先提出。已有 60 多个软件商支持此项标准,此项标准是面向对象的,能够将从多来源(设备、系统、应用程序)以多协议方式(例如 SNMP、DMI)获得的网络管理数据,它加强了管理能力并且使它们通过单一的协议出现。WBEM 被认为是“兼容和扩展”了当前的标准,如 SNMP、DMI 和 CMIP,而并不是取而代之。WBEM 实际上更强调“企业管理”胜于“基于 Web”,虽然 WBEM 使自己以 Web 工具的形式出现,但它的真正目标是强化对于网络元素和系统的管理,这包括网络设备、服务器、桌面和应用程序。WBEM 的关键是一个新的协议 HMMP(Hypermedia Management Protocol),该传输协议处理包括重发功能、分组速率、传输证实以及一个消息拆成一个或几个分组等功能。

另一个 WBM 标准是 JMAPI (Java - Management Application Program Interface), 它被作为 Sun 的 Java 标准扩展 API 结构的一部分。超过 JMAPI 本身的含义, JMAPI 其实是一个完整的网络管理应用程序开发环境, 它提供了一个厂商当今不得不收集到的完全的特性清单, 包括生成资源清单表格、图像的用户接口; SNMP 的网络 API; 远程过程调用主机; 数据库访问方法。在理论上, JMAPI 的应用程序在整个 Web 上将以同样的界面和功能灵活地实现互操作。

用 JMAPI 实现的网络管理系统分为三部分:

1) 用户端支持 Java 的浏览器 管理者通过浏览器方便地查询 MIB 和发送指令到管理对象服务器来监视和管理网络设备。在用户端的浏览器上, 用户下载一个由 AVM (管理视图模块) 包和 MOS (管理对象服务器) 包中的类建立的 Java 小程序, 它使得管理者可以通过 RPC (远程过程调用) 机制查询服务器方的数据库及管理对象交互实现网络管理操作。使用 AVM 提供的类可以建立图形用户界面和实现应用层的功能。图 6 显示了使用 AVM 建立用户端的 Java 小程序的机制。

2) 管理对象服务器 管理对象服务器为浏览器提供管理对象实例。这些对象可分为 HTTP 服务器, 管理对象工厂, 数据库接口三部分。其中 HTTP 服务器响应从 JMAPI 域上发来的请求。数据库接口通过 JDBC (Java 数据库连接接口) 与数据库相连, 实现对数据的管理。管理对象工厂是管理服务上的服务进程, 它允许客户端创建新的实例对象或从数据库中检索对象。

JMAPI 使用两种方法与 SNMP 代理相互通讯。一种是将 SNMP 调用嵌入到管理对象的实现中, 另一种是直接从 Java 小程序中调用 SNMP。当前各公司普遍采用前一种方案, 即由管理对象进行 SNMP 调用, SNMP 请求报文由管理器发出, 而非从浏览器中发出, 这样安全性高并易于数据管理。

3) 被管设备 被管设备就是要管理的资源。被管设备的功能各不相同, 只要安装了 JMAPI 的代理软件, 就可以通过管理对象服务器来管理。这些代理软件可以是已集成的 SNMP 的代理, 也可以是代理对象工厂程序, 它们分别通过 SNMP 数据单元和 RMI 调用与服务器方的接口联系。由于 Java 语言的平台无关性, 各类主机上建立的对象实例是一致的。

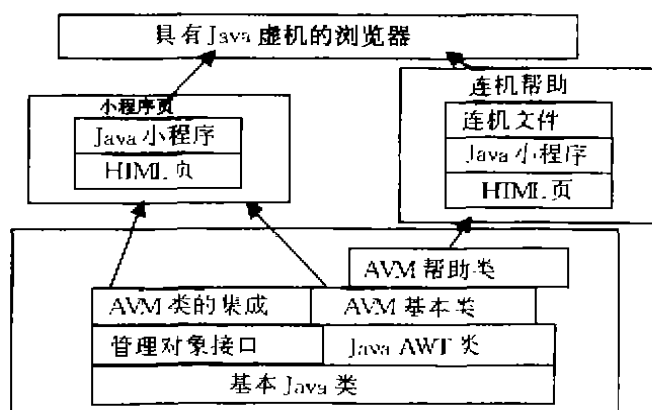


图6 AVM建立用户端的Java小程序的机制

用户使用在浏览器上运行的图形界面和中心服务器上的管理对象实例交互, 并利用远程代理对象管理多个被管设备。各个部分之间使用 RMI 机制相互联系, 实现分布式管理的功

能。这种解决方案有以下优点:

- Java 及 JDBC 技术的平台无关性,故使系统有很好的可移植性;
- 具有高度的集成性,它可以容易地将用户界面部分集成到对象定义中,通过登记页面和对象定义,可以完整地浏览到管理信息;
- 系统通过安全下载的所需的类和本地库可以解决客户的版本更新和消息发布问题;
- 安全、分布式的管理操作,通过只允许可信任 Java 代码在客户端运行,使得未经许可的访问被拒绝,系统审核所有远程 Java 类和本地方法的调用;
- 协议无关性,代理端可以使用多种协议如 SNMP,以充分利用已有资源。

基于 Web 的网络管理是一种新的网络管理模式,还并不成熟,但它以其简单、熟悉的 Web 界面,系统平台的独立性和地理上的可移动性吸引了众多厂商纷纷推出自己的产品。我国的网络管理系统开发正在启动期,可以把开发基于 Web 网络管理系统作为切入点,使我们的产品与国际标准接轨更具有竞争力^[15~17]。

5 与 WBM 相关发展方向

基于 Web 网络管理是当前网络管理的发展方向,在此方向下,以下特点必将与基于 Web 网络管理融合一体,成为未来网络管理的主体方向。

- 综合管理其他设备——将第三方厂商和用户设备(如主机、交换机和路由器)纳入自己的管理范围,提高整个多厂商混合网络的管理水平;
- 开放式管理接口——使自己设计制造的设备能够接受其他厂商网络管理设备的管理,增加组网的适应性和灵活性;
- 开放式应用编程接口——在网络管理平台上提供各种应用编程接口(API),为用户提供增值机会;
- 非编程的用户定制能力——允许用户通过定义新的管理对象及修改对象属性,不经编程编译连接,就可以完成网络管理系统的剪裁和功能的定制;
- 智能化——现代通信网络的迅速发展使网络的维护和操作相当复杂,对操作使用人员提出了更高的要求。但人工维护和诊断往往费时费力,而且对于间歇性故障无法及时检错排除。人工智能技术势在必行,用以作为技术人员的辅助工具。故障诊断和网络自动维护是人工智能应用的最早的网络管理领域,可用于解释网络运行的差错信息、诊断故障和提供处理建议,而不只是给出故障的原始数据。性能专家系统将能够分析运行参数和数据,在用户发现网络故障之前预测和排除故障。在 WBM 中的支持 AI(人工智能)的综合网络管理系统结构环境也必将出现,如图 7 示^[18~21]。

基于网络的知识库表示标准将是 AI 的研究内容。网络元素各种各样,网络厂家不胜枚举,为进行推理和数据挖掘,统一的知识表示是两者的基础。基于特定厂家设备的网络基本知识元素将由网络设备提供,由设备与标准知识库交互产生。

推理机和数据挖掘都需要和网络管理员进行交互,高效交互和 HXML 相关的各项技术紧密联系。并将影响各技术的发展,以适应网络智能化的需要。网络管理系统每天都产生大量的管理数据,这些数据存储在网管数据库中,长期的网管数据中许多有用的知识,可以进行更深入的网络管理。把数据仓库、OLAP、数据挖掘、模型库结合起来形成的综合网络管理系统是更高级形式的网络管理系统。其中数据仓库能够实现对网络决策主题数据的

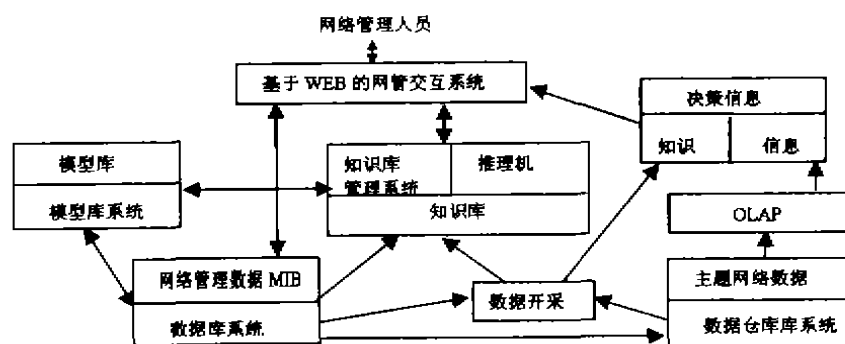


图7 综合网络管理系统结构

存储和综合, OLAP 实现多维网络数据分析, 数据挖掘用以挖掘数据库和数据仓库中的知识, 模型库实现多个广义模型的组合辅助决策, 专家系统利用知识推理进行定性分析。它们集成的综合网络管理系统, 将互相补充、相互依赖, 发挥各自的优势, 实现更用效的网络管理。当然此系统对资源的要求很高, 一般用于大型网络中。

通过人工智能化技术的支持, 可主要得到的知识有: 基于网络背景知识库和符号推理导出的知识; 性能数据的构成关联; 性能数据的地理位置关联; 报警之间及报警与网络环境之间的关联; 通过 OLAP 的操作所得到的各种总体的特性化知识。这些知识以全新的方式为我们描述和预测网络性能提供了新视图。

目前已有许多厂家在做这方面的工作, 如: Microsoft、3com、Fujitsu 等等。Fujitsu 的 Net-prism v1.0 可从网上下载。这个方向有待进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] ISO 10040. Open Systems Interconnection - System Management Overview[S].
- [2] 智少游. 现代网络管理[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1995.
- [3] 胡谷雨. 现代通讯网和计算机网络管理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [4] IAB. RFC 1155 Structure and Identification of Management[S].
- [5] IAB. RFC 1156 Management Information Base[S].
- [6] IAB. RFC 1157 A Simple Network Management[S].
- [7] IAB. RFC 1158 Management Information Base Network Management of TCP/IP based[S].
- [8] IAB. RFC 1161 Management Information Base Network Management of TCP/IP based[S].
- [9] IAB. RFC 1212 Concise MIB Definitions[S].
- [10] IAB. RFC 1213 Management Information Base for Network Management of TCP/IP - based internets; MIB - II [S].
- [11] William Stallings. SNMP, SNMPV2, AND CMIP[M]. Addison - Wesley Publishing Company, 1996.
- [12] 3COM WHITE PAPER. WebBasedEnterpriseManagement[M/CD]. <http://www.3com.com/>.
- [13] WebBasedEnterpriseManagement. Protocol[M/CD]. <http://www.freerange.com/>.
- [14] NETPRISM CORP. Java - based Network Management[M/CD]. <http://www.Netprism.com/>.
- [15] HMMP OVERVIEW. WebBasedEnterpriseManagement[M/CD]. (<http://wben.freerange.com/>), 1997.
- [16] HMMP PROTOCOL OPERATIONS. WebBasedEnterpriseManagement[M/CD]. (<http://wben.freerange.com/>),

1997.

- [17] VERTEL CORP. Accessing TMN Through Web-based Enterprise Management[M]. USA. White Paper.
- [18] 岑贤道, 安常青. 网络管理协议及应用开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [19] AESCLEVER CORP. Expert Systems——Network Management[M/CD]. <http://www.aesclever.com/>.
- [20] USAMA M. FAYYAD. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining[M]. AAAI Press, 1996.
- [21] CHEN MING-SYAN. Data Mining: An Overview from Database Perspective[J]. Machine Learning, 1997, (10):

21

The New Trend of Network Management: Web-based Network Management

LI Chu-min, WU Zhong-fu, WANG Kang

(Network Center of Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT: WEB(Web-based Network Management) is new trend of Network Management. Features of WEM and related international standards are described. AI environment integrates with WEM is the next trend of network management too. Integrated and intelligent WEM system will be developed in the future.

KEYWORDS: network; management; artificial intelligence / web

(责任编辑 吕赛英)

§ §

(上接 74 页)

Fractographic Analysis of Grey Cast Iron Weld Cracking

DENG De-an, TONG Yan-gang, PENG Gao-e, LIANG Wei

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT: In this paper, the fracture of grey cast iron weld has been observed by SEM, and the mechanisms of the cracking initiation and progression have been discussed. The results show that the fracture of grey cast iron weld is quasi-cleavage.

KEYWORDS: grey cast iron weld cracking; fractographic analysis; quasi-cleavage

(责任编辑 李胜春)