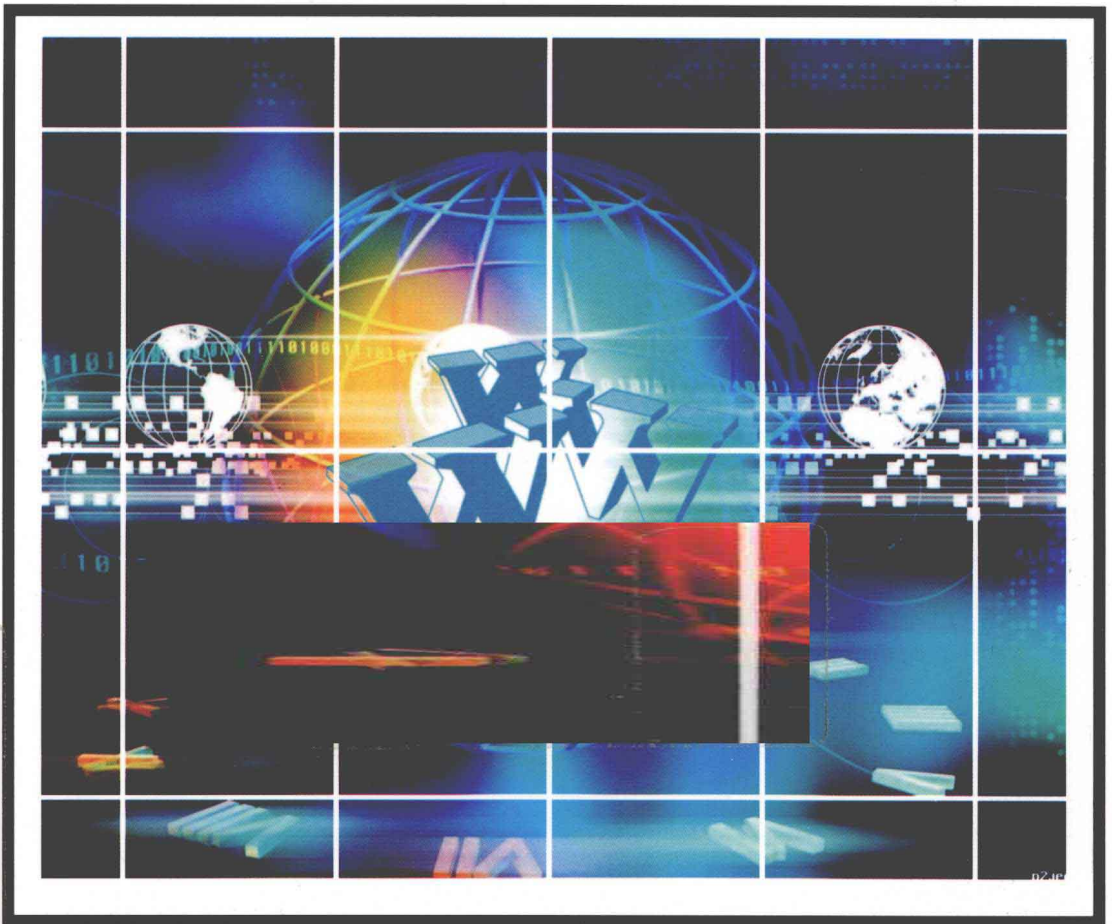


新世纪计算机类专业规划教材
COMPUTER

计算机网络管理

(第二版)

雷震甲 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



新世纪计算机类专业规划教材

计算机网络管理

(第二版)

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍计算机网络管理的基本概念和应用技术。首先以 SNMP 协议为基础讨论了网络管理系统的体系结构、管理信息库、协议操作、远程网络监视,以及网络管理系统的安全机制;然后介绍了网络管理的实用技术,包括 SNMP 管理软件、操作系统中提供的网络管理工具和网络管理应用软件的使用方法;最后简单介绍了网络管理技术的最新进展和发展方向,供读者进一步研究时参考。

本书可供计算机和通信专业的本科生学习使用,也可供相关专业的技术人员参考。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络管理 / 雷震甲编著. — 2 版 — 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010 11

新世纪计算机类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2492 - 1

I. ① 计… II. ① 雷 III. ① 计算机网络—管理—高等学校—教材 IV. ① TP393 07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 207394 号

策 划 臧延新

责任编辑 张晓燕 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2010 年 12 月第 2 版 2010 年 12 月第 4 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17

字 数 402 千字

印 数 12 001~15 000 册

定 价 25.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2492 - 1/TP · 1242

XDUP 2784002-4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

在日常生活和商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们对计算机网络的性能、安全和效率提出了更高的要求，研究网络管理技术和开发适用的网络管理工具就成为相关专业技术人员的重要职责。使用统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，可以对计算机网络实施有效的管理，减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行的费用。本书就是围绕这些方面为计算机和通信类专业学生编写的专业课教材。

此次再版，作者根据近年来教材的使用情况和网络管理技术的发展趋势对原第一版进行了部分修订。修订后的内容扩展为 9 章：第一章讲述网络管理系统的体系结构和管理功能域；第二章介绍抽象语法表示，这种形式化方法越来越多地用于描述网络协议规范；第三章介绍管理信息库的结构和使用方法；第四章讲述 SNMP v1/v2/v3 协议规范和操作技术；第五章讲述 RMON 管理信息库及其在局域网管理中的应用；第六章以 SNMPc 软件为例综合讲述实际的网络管理技术；第七章介绍 Windows 环境下的网络配置和管理技术；第八章介绍了一些常用的网络管理工具，适用于各种流行的网络操作系统；最后，第九章介绍网络管理技术的发展方向，供读者进一步研究时参考。

由于作者的水平有限，书中难免出现疏漏和错误之处，敬请读者不吝指正。

编 者
2010 年 9 月

第一版前言

自从作者的第一本计算机网络管理教材出版以来，网络管理技术得到了迅速的发展。IETF 于 1999 年公布了 SNMPv3 标准草案，2002 年 4 月 SNMPv3 被确定为互联网管理标准，并且得到了设备制造商的大力支持。许多 SNMPv3 代理开发工具和基于安全策略的管理站已经出现，有的 SNMPv3 引擎还可以嵌入到现有的网络管理平台中。许多制造商，例如 Cisco 和 HP 等都推出了基于 SNMPv3 的网管产品。

本书的内容包括网络管理系统概述、管理信息结构、简单网络管理协议 SNMPv1/v2/v3、管理信息库 MIB-2、远程网络监视 RMON1 和 RMON2、Windows Server 2003 网络管理、Red Hat Linux 9.0 网络管理和 SNMPc7.0 网络管理系统的应用。

本书是作为网络工程专业的专业课教材编写的，也可以作为计算机相关专业的教材或参考书。使用统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，就可以对计算机网络实施有效的管理，减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行费用。管理工具可以很快发现并消灭网络通信瓶颈，提高运行效率，及时修改和优化网络的配置，使网络更容易使用。在商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们要求网络工作得更安全，对网络资源的访问要严格控制，并防止计算机病毒和非法入侵者的破坏。研究网络管理技术和开发适用的网络管理工具无疑是计算机专业技术人员的重要职责。希望读者能从本书中学习到对自己有用的知识。

本书第一至五章以及第八章由雷震甲编写，第六章由严体华编写，第七章由林明园和刘鹏编写。全书由雷震甲统稿。

由于作者水平有限，书中难免出现错误和不足之处，敬请读者不吝指正。

编者
2005 年 11 月

目 录

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 第一章 网络管理概论1 | 第三章 管理信息库 39 |
| 1.1 网络管理的基本概念.....1 | 3.1 SNMP 的基本概念..... 39 |
| 1.2 网络管理系统体系结构.....2 | 3.1.1 TCP/IP 协议簇..... 39 |
| 1.2.1 网络管理系统的层次结构.....2 | 3.1.2 TCP/IP 网络管理框架..... 41 |
| 1.2.2 网络管理系统的配置.....3 | 3.1.3 SNMP 协议体系结构..... 42 |
| 1.2.3 网络管理软件的结构.....5 | 3.2 MIB 结构..... 43 |
| 1.3 网络监控系统.....6 | 3.2.1 MIB 中的数据类型..... 45 |
| 1.3.1 管理信息库.....6 | 3.2.2 管理信息结构的定义..... 46 |
| 1.3.2 网络监控系统的配置.....7 | 3.3 标量对象和表对象..... 47 |
| 1.3.3 网络监控系统的通信机制.....8 | 3.3.1 对象实例的标识..... 49 |
| 1.4 网络监视.....8 | 3.3.2 词典顺序..... 50 |
| 1.4.1 性能监视.....9 | 3.4 MIB-2 功能组..... 51 |
| 1.4.2 故障监视.....13 | 3.4.1 系统组..... 51 |
| 1.4.3 计费监视.....14 | 3.4.2 接口组..... 52 |
| 1.5 网络控制.....15 | 3.4.3 地址转换组..... 56 |
| 1.5.1 配置控制.....15 | 3.4.4 ip 组..... 56 |
| 1.5.2 安全控制.....17 | 3.4.5 icmp 组..... 60 |
| 1.6 网络管理标准.....20 | 3.4.6 tcp 组..... 61 |
| 习题.....21 | 3.4.7 udp 组..... 63 |
| 第二章 抽象语法表示 ASN.123 | 3.4.8 egp 组..... 64 |
| 2.1 网络数据表示.....23 | 3.4.9 传输组..... 64 |
| 2.2 ASN.1 的基本概念.....24 | 习题..... 67 |
| 2.2.1 抽象数据类型.....24 | 第四章 简单网络管理协议 68 |
| 2.2.2 子类型.....28 | 4.1 SNMP 的演变..... 68 |
| 2.2.3 数据结构例.....30 | 4.1.1 SNMPv1..... 68 |
| 2.3 基本编码规则.....31 | 4.1.2 SNMPv2..... 69 |
| 2.3.1 简单编码.....31 | 4.1.3 SNMPv3..... 70 |
| 2.3.2 字段扩充.....33 | 4.2 SNMPv1 协议数据单元..... 71 |
| 2.4 ASN.1 宏定义.....35 | 4.2.1 SNMPv1 支持的操作..... 71 |
| 2.4.1 模块定义.....35 | 4.2.2 SNMP PDU 格式..... 71 |
| 2.4.2 宏表示.....36 | 4.2.3 报文应答序列..... 72 |
| 2.4.3 宏定义例.....36 | 4.2.4 报文的发送和接收..... 73 |
| 习题.....38 | 4.3 SNMPv1 的操作..... 74 |

| | | | |
|----------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| 4.3.1 检索简单对象 | 74 | 5.3.1 RMON2 MIB 的组成 | 136 |
| 4.3.2 检索未知对象 | 76 | 5.3.2 RMON2 增加的功能 | 137 |
| 4.3.3 检索表对象 | 76 | 5.4 RMON2 的应用 | 141 |
| 4.3.4 表的更新和删除 | 78 | 5.4.1 协议的标识 | 141 |
| 4.3.5 陷入操作 | 79 | 5.4.2 协议目录表 | 142 |
| 4.3.6 snmp 功能组 | 79 | 5.4.3 用户定义的数据收集机制 | 143 |
| 4.4 实现问题 | 80 | 5.4.4 监视器的标准配置法 | 144 |
| 4.4.1 网络管理站的功能 | 81 | 习题 | 145 |
| 4.4.2 轮询频率 | 81 | 第六章 SNMPc 网络管理软件的应用 | 146 |
| 4.4.3 SNMPv1 的局限性 | 82 | 6.1 SNMPc 简介 | 146 |
| 4.5 SNMPv2 的管理信息结构 | 83 | 6.1.1 SNMPc 的特性 | 146 |
| 4.5.1 对象的定义 | 83 | 6.1.2 SNMPc 的版本 | 149 |
| 4.5.2 表的定义 | 85 | 6.1.3 SNMPc 设备访问模式 | 149 |
| 4.5.3 表的操作 | 87 | 6.2 SNMPc 的安装和使用 | 150 |
| 4.5.4 通知和信息模块 | 90 | 6.2.1 安装 SNMPc 服务器与本地控制台 .. | 150 |
| 4.5.5 SNMPv2 管理信息库 | 91 | 6.2.2 安装寻呼系统 | 150 |
| 4.6 SNMPv2 协议数据单元 | 96 | 6.2.3 启动 SNMPc 服务器和本地控制台 .. | 151 |
| 4.6.1 SNMPv2 报文 | 96 | 6.2.4 使用控制台组件 | 151 |
| 4.6.2 SNMPv2 PDU | 97 | 6.3 操作映射数据库 | 154 |
| 4.6.3 管理站之间的通信 | 100 | 6.3.1 使用映射选择树 | 154 |
| 4.7 SNMPv3 | 102 | 6.3.2 使用映射视图窗口 | 154 |
| 4.7.1 SNMPv3 管理框架 | 102 | 6.3.3 移动映射对象 | 155 |
| 4.7.2 SNMP 引擎 | 102 | 6.3.4 更改对象属性 | 157 |
| 4.7.3 应用程序 | 104 | 6.3.5 添加映射对象 | 159 |
| 4.7.4 SNMP 管理站和代理 | 104 | 6.4 查看 Mib 数据 | 160 |
| 4.7.5 基于用户的安全模型(USM) | 105 | 6.4.1 使用 Mib 选择树 | 160 |
| 4.7.6 基于视图的访问控制(VACM)模型 .. | 113 | 6.4.2 使用管理菜单 | 161 |
| 习题 | 116 | 6.4.3 表显示元素 | 161 |
| 第五章 远程网络监视 | 118 | 6.4.4 图显示元素 | 162 |
| 5.1 RMON 的基本概念 | 118 | 6.5 长期保存统计数据 | 163 |
| 5.1.1 远程网络监视的目标 | 119 | 6.5.1 创建新报告 | 163 |
| 5.1.2 表管理原理 | 119 | 6.5.2 在图形窗口中查看趋势数据 | 164 |
| 5.1.3 多管理站访问 | 122 | 6.5.3 查看 WEB 报告 | 164 |
| 5.2 RMON 的管理信息库 | 123 | 6.5.4 限制保存实例 | 166 |
| 5.2.1 以太网的统计信息 | 123 | 6.6 设置报警阈值 | 166 |
| 5.2.2 报警 | 130 | 6.6.1 设置状态变量轮询 | 166 |
| 5.2.3 过滤和通道 | 131 | 6.6.2 配置自动报警 | 167 |
| 5.2.4 包捕获和事件记录 | 134 | 6.6.3 设置手工阈值报警 | 167 |
| 5.3 RMON2 管理信息库 | 136 | 6.7 轮询 TCP 应用服务 | 168 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 6.7.1 启用对 TCP 服务的轮询..... | 169 | 7.7.2 配置 SNMP 服务..... | 215 |
| 6.7.2 自定义 TCP 服务..... | 169 | 第八章 网络管理工具 | 217 |
| 6.8 发送电子邮件或寻呼..... | 170 | 8.1 网络诊断和配置命令..... | 217 |
| 6.9 网络发现疑难解答..... | 175 | 8.1.1 ipconfig..... | 217 |
| 6.9.1 正常的发现映射布局..... | 175 | 8.1.2 ping..... | 219 |
| 6.9.2 失败征兆与解决方案..... | 175 | 8.1.3 arp..... | 220 |
| 6.10 使用控制台..... | 178 | 8.1.4 netstat..... | 221 |
| 6.10.1 安装远程控制台..... | 179 | 8.1.5 tracert..... | 222 |
| 6.10.2 安装 JAVA 控制台..... | 179 | 8.1.6 nbstat..... | 224 |
| 6.10.3 限制 JAVA 控制台访问..... | 180 | 8.1.7 route..... | 225 |
| 第七章 Windows 网络管理 | 181 | 8.1.8 netsh..... | 228 |
| 7.1 IP 地址和路由器配置..... | 181 | 8.1.9 nslookup..... | 231 |
| 7.1.1 动态 IP 地址..... | 181 | 8.1.10 net..... | 237 |
| 7.1.2 IP 路由表..... | 183 | 8.2 网络监视工具..... | 238 |
| 7.1.3 路由和远程访问服务器..... | 185 | 8.2.1 网络监听原理..... | 239 |
| 7.1.4 数据包筛选器..... | 186 | 8.2.2 网络嗅探器..... | 239 |
| 7.1.5 网络监视器..... | 187 | 8.2.3 Sniffer 软件的功能和使用方法..... | 240 |
| 7.2 动态主机配置协议..... | 188 | 8.3 网络管理平台..... | 241 |
| 7.2.1 DHCP 协议原理..... | 189 | 8.3.1 HP OpenView..... | 241 |
| 7.2.2 DHCP 服务器的安装和配置..... | 191 | 8.3.2 IBM Tivoli NetView..... | 243 |
| 7.3 名字解析服务..... | 192 | 8.3.3 CiscoWorks for Windows..... | 245 |
| 7.3.1 名字解析服务概述..... | 192 | 第九章 网络管理技术的发展 | 247 |
| 7.3.2 NetBIOS 名字解析..... | 193 | 9.1 基于 CORBA 的网络管理..... | 247 |
| 7.2.3 WINS 服务器..... | 194 | 9.1.1 CORBA 简介..... | 247 |
| 7.3.4 DNS 主机名解析..... | 194 | 9.1.2 CORBA 与 OSI/SNMP 之间的转换..... | 248 |
| 7.4 域名服务器..... | 195 | 9.2 基于 XML 的网络管理..... | 250 |
| 7.4.1 域名系统..... | 195 | 9.2.1 XML 接口..... | 250 |
| 7.4.2 域名服务器..... | 196 | 9.2.2 XML 请求和响应..... | 251 |
| 7.4.3 DNS 服务器的安装和配置..... | 202 | 9.3 基于 Web 的网络管理..... | 252 |
| 7.5 终端服务..... | 202 | 9.3.1 WBM 解决方案..... | 253 |
| 7.5.1 终端服务器的安装..... | 203 | 9.3.2 WBM 标准..... | 254 |
| 7.5.2 终端服务器的配置..... | 204 | 9.4 基于移动代理的网络管理..... | 256 |
| 7.6 远程管理..... | 208 | 9.4.1 移动代理及其应用..... | 257 |
| 7.6.1 远程管理功能的改进..... | 208 | 9.4.2 网络管理中的移动代理..... | 258 |
| 7.6.2 微软管理控制台..... | 209 | 参考文献 | 264 |
| 7.6.3 远程桌面连接..... | 210 | | |
| 7.7 Windows SNMP 服务..... | 214 | | |
| 7.7.1 安装 SNMP 服务..... | 214 | | |

第一章

网络管理概论

计算机网络的结构越来越复杂，一方面是网络互连的规模越来越大，另一方面是联网设备越来越多样。异构型网络设备、多协议栈互连、性能需求不同的各种网络业务更增加了网络管理的难度和管理费用，单靠管理员手工管理已经无能为力。因此，研究网络管理的理论、开发先进的网络管理技术、采用自动化的网络管理工具就成为一项迫切的任务。

1.1 网络管理的基本概念

对于不同的网络，管理的要求和难度也不同。局域网的管理相对简单，因为局域网运行统一的操作系统，只要熟悉网络操作系统的管理功能和操作命令就可以管好一个局域网，尽管有的局域网的规模也比较大。但是对于由异构型设备组成的、运行多种操作系统的互联网的管理就不是那么简单了，这需要跨平台的网络管理技术。

TCP/IP 协议由于其开放性，自 20 世纪 90 年代以来逐渐得到网络制造商的支持，获得了广泛的应用，已经成为事实上的互联网标准。在 TCP/IP 网络中有一个简单的管理工具——ping 程序。用 ping 发送探测报文可以确定通信目标的连通性及传输时延。如果网络规模不是很大，互连的设备不是很多，这种方法还是可行的。但是当网络的互连规模很大时这种方法就不适用了。这是因为，一方面 ping 返回的信息很少，无法获取被管理设备的详细情况；另一方面，用 ping 程序对很多设备逐个测试检查，工作效率很低。在这种情况下出现了用于 TCP/IP 网络管理的标准——简单网络管理协议(SNMP)。这个标准适用于任何支持 TCP/IP 的网络，无论是哪个厂商生产的设备或是运行哪种操作系统的网络。

与此同时，国际标准化组织也推出了 OSI 系统管理标准 CMIS/CMIP。从长远看，OSI 系统管理更适合结构复杂、规模庞大的异构型网络，但由于其技术开发缓慢因而尚没有进入实用阶段，也许它代表了未来网络管理发展的方向。

网络管理标准的成熟刺激了制造商的开发活动。市场上已经出现了符合国际标准的商用网络管理系统，有的是主机厂家开发的网络管理应用系统开发软件(例如 IBM NetView, HP OpenView)，有的是网络产品制造商推出的与硬件相结合的网管工具(例如 Cisco Works2000, Cabletron Spectrum)。这些产品都可以称之为网络管理平台，在此基础上开发适合用户网络环境的网络管理应用软件，才能实施有效的网络管理。

有了统一的网络管理标准和适用的网络管理工具，对网络实施有效的管理，就可以减少停机时间，改进响应时间，提高设备的利用率，同时还可以减少运行费用。管理工具可

以很快地发现并消灭网络通信瓶颈，提高运行效率。为及时采用新技术，我们也需要有方便、适用的网络配置工具，以便及时修改和优化网络的配置，使网络更容易使用，能够提供多种多样的网络业务。在商业活动日益依赖于互联网的情况下，人们还要求网络工作得更安全，对网上传输的信息要保密，对网络资源的访问要有严格的控制，以及防止计算机病毒和非法入侵者的破坏等。这些需求必将进一步促进网络管理工具的研究和开发。

1.2 网络管理系统体系结构

1.2.1 网络管理系统的层次结构

一般的网络管理系统分为管理站和代理两部分，其组成如图 1.1 所示。网络管理站中最下层是操作系统和计算机硬件。操作系统之上是支持网络管理的协议簇，例如 OSI、TCP/IP 等通信协议，以及专用于网络管理的 SNMP、CMIP 协议等。协议栈上面是网络管理框架 (Network Management Framework)，这是各种网络管理应用工作的基础架构。

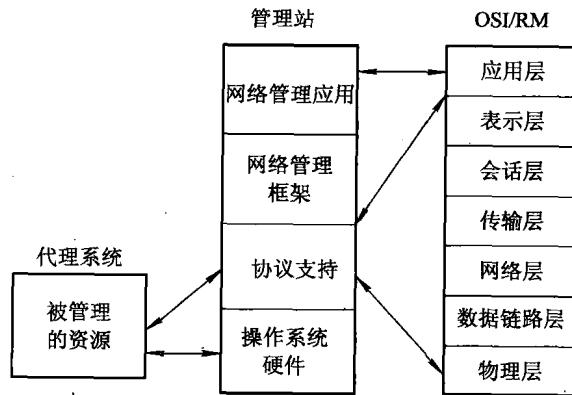


图 1.1 网络管理系统的层次结构

网络管理框架一般都提供下面的功能：

- 为存储管理信息提供数据库支持，例如关系数据库或面向对象的数据库；
- 提供用户接口和用户视图(View)功能，例如管理信息浏览器；
- 提供基本的管理操作，例如获取管理信息、配置设备参数等操作过程。

网络管理应用是用户根据需要开发的管理软件，这种软件运行在具体的网络上，实现特定的管理目标，例如故障诊断和性能优化，或者业务管理和安全控制等。网络管理应用的开发是目前最活跃的领域。

图 1.1 把被管理的资源画在单独的框中，表明被管理的资源可能与管理站处于不同的系统中。网络管理涉及到监视和控制网络中的各种硬件、固件和软件元素，例如网卡、集线器、交换机、路由器、主机、外围设备、通信软件、应用软件和实现网络互连的系统软件等。网络管理信息由被管理设备中的代理进程控制，代理进程通过网络管理协议与管理站对话。

1.2.2 网络管理系统的配置

网络管理系统的配置如图 1.2 所示。每一个网络结点都包含一组与管理有关的软件，叫做网络管理实体(Network Management Entity, NME)。

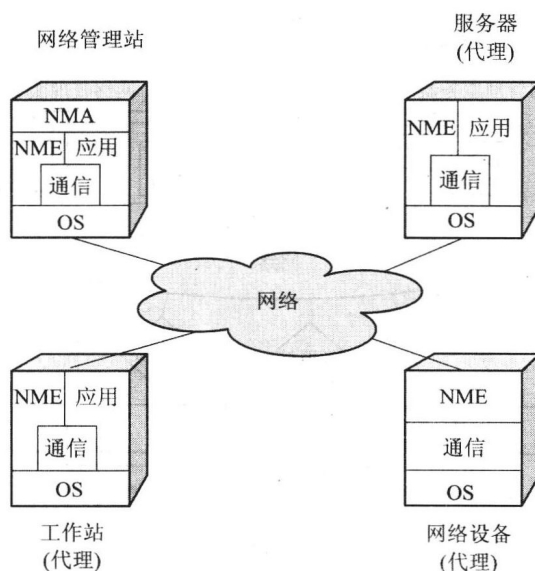


图 1.2 网络管理系统配置

网络管理实体完成下面的任务：

- 收集有关网络通信的统计信息；
- 对本地设备进行测试，记录设备状态信息；
- 在本地存储有关信息；
- 响应网络控制中心的请求，发送管理信息；
- 根据网络控制中心的指令设置或改变设备参数。

网络中至少有一个结点(主机或路由器)担当管理站的角色(Manager)。除过 NME 之外，管理站中还有一组软件，叫做网络管理应用(Network Management Application, NMA)。NMA 提供用户接口，根据用户的命令显示管理信息，通过网络向 NME 发出请求或指令，以便获取有关设备的管理信息，或者改变设备的配置状态。

网络中的其他结点在 NME 的控制下与管理站通信，交换管理信息。这些结点中的 NME 模块叫做代理模块，网络中任何被管理的设备(主机、交换机、路由器或集线器等)都必须具有代理模块。所有代理在管理站的监视和控制下协同工作，实现集成的网络管理。这种集中式网络管理策略的好处是管理人员可以有效地控制整个网络资源，根据需要平衡网络负载，优化网络性能。

然而对于大型网络，集中式管理往往显得力不从心，正在让位于分布式的管理策略。这种向分布式管理演化的趋势与集中式计算模型向分布式计算模型演化的总趋势是一致的。图 1.3 提出一种可能的分布式网络管理配置方案。

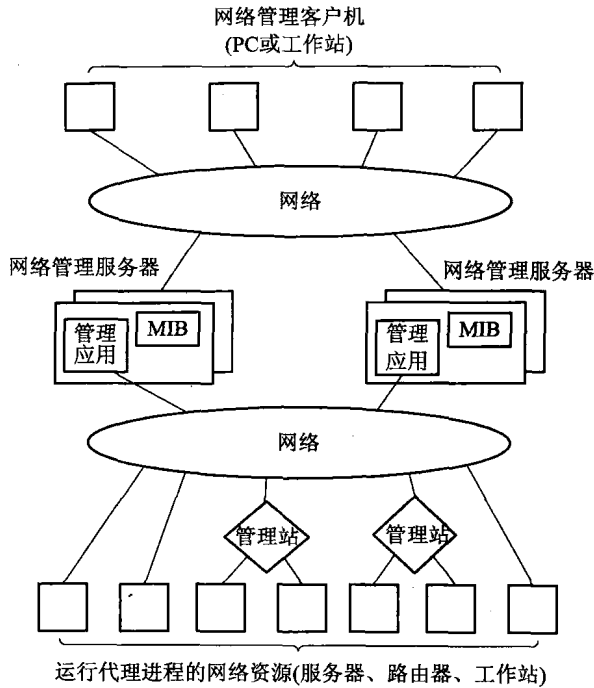


图 1.3 分布式网络管理系统

在这种配置中，分布式管理系统代替了单独的网络控制主机。地理上分布的网络管理客户机与一组网络管理服务器交互作用，共同完成网络管理功能。这种管理策略可以实现分部门管理，即限制每个客户机只能访问和管理本部门的网络资源，而由一个中心管理站实施全局管理。同时中心管理站还能对管理功能较弱的客户机发出指令，实现更高级的管理。分布式网络管理的灵活性(Flexibility)和可伸缩性(Scalability)带来的好处日益为网络管理工作所青睐，这方面的研究和开发是目前网络管理中最活跃的领域。

图 1.2 和图 1.3 的系统要求每个被管理设备都能运行代理程序，并且所有管理站和代理都支持相同的管理协议。这种要求有时是无法实现的。例如有的老设备可能不支持当前的网络管理标准；小的系统可能无法完整实现 NME 的全部功能；甚至还有一些设备(例如 Modem 和多路器等)根本不能运行附加的软件，我们把这些设备叫做非标准设备。在这种情况下，可以用一个叫做委托代理的设备(Proxy)来管理一个或多个非标准设备。委托代理和非标准设备之间运行制造商专用的协议，而委托代理和管理站之间运行标准的网络管理协议。这样，管理站就可以用标准的方式通过委托代理得到非标准设备的管理信息。委托代理起到了协议转换的作用，如图 1.4 所示。

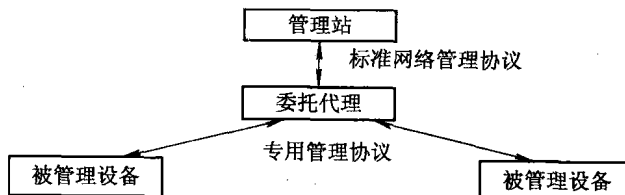


图 1.4 委托代理

1.2.3 网络管理软件的结构

网络管理软件包括用户接口软件、管理专用软件和管理支持软件，如图 1.5 所示，大约相当于图 1.1 中管理站的上三层。

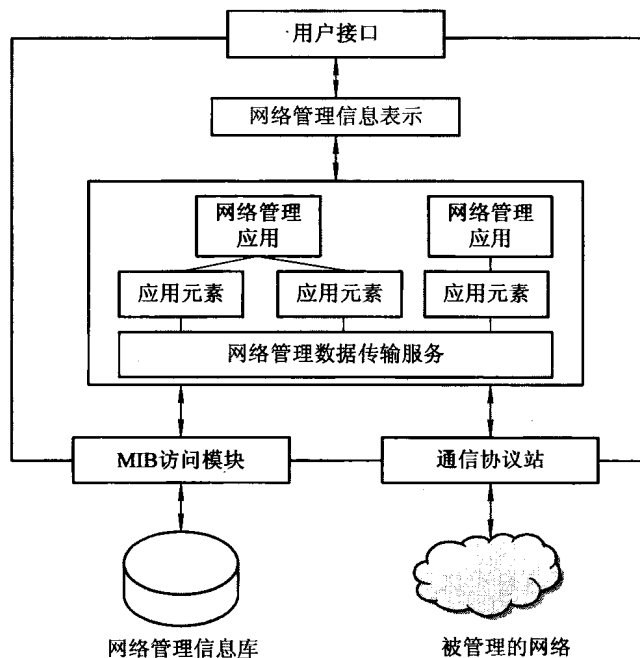


图 1.5 网络管理软件的结构

用户通过网络管理接口与管理专用软件交互作用，监视和控制网络资源。接口软件不但存在于管理站上，而且也可能出现在代理系统中，以便对网络资源实施本地配置、测试和排错。有效的网络管理系统需要统一的用户接口，而不论主机和设备出自何方厂家，运行什么操作系统，这样才可以方便地对异构型网络进行监控。接口软件还要有一定的信息处理能力，对大量的管理信息要进行过滤、统计、化简和汇总，以免传递的信息量太大而浪费网络带宽。最后，理想的用户接口应该是图形用户接口，而非命令行或表格。

管理专用软件画在图 1.5 中心的大方框中。足够复杂的网管软件可以支持多种网络管理应用，例如配置管理、性能管理、故障管理等。这些应用适用于各种网络设备和网络配置，虽然在实现细节上可能有所不同。图 1.5 还表示出用大量的应用元素支持少量管理应用的设计思想。应用元素实现通用的基本管理功能(例如产生报警，对数据进行分析等)，可以被多个应用程序调用。传统的模块化设计方法可提高软件的重用性，提高实现的效率。网络管理软件的最低层提供网络管理数据传输服务，用于在管理站和代理之间交换管理信息。管理站利用这种服务接口可以检索设备信息，配置设备参数，代理则通过服务接口向管理站报告设备事件。

管理支持软件包括管理信息库(Management Information Base, MIB)访问模块和通信协议栈。代理中的 MIB 包含反映设备配置和设备行为的信息，以及控制设备操作的参数。管理站的 MIB 除保留本地结点的管理信息外，还保存着管理站控制的所有代理的相关信息。MIB 访问模块具有基本的文件管理功能，使得管理站或代理可以访问 MIB，同时该模块还

能把本地的 MIB 格式转换为适于网络管理系统传送的标准格式。通信协议栈支持结点之间的通信。由于网络管理协议位于应用层，原则上任何通信体系结构都能胜任，虽然具体的实现可能有特殊的通信要求。

1.3 网络监控系统

网络管理功能可分为网络监视和网络控制两大部分，统称网络监控(Network Monitoring)。网络监视是指收集系统和子网的状态信息，分析被管理设备的行为，以便发现网络运行中存在的问题。网络控制是指修改设备参数或重新配置网络资源，以改善网络的运行状态。具体地说，网络监控要解决的问题是：

- 管理信息的定义，即监视哪些管理信息，从哪些被管理资源获得管理信息；
- 监控机制的设计，即如何从被管理资源得到需要的信息；
- 管理信息的应用，即根据收集到的管理信息实现哪些管理功能；

下面首先说明前两个问题，即管理信息的定义和监控机制。

1.3.1 管理信息库

对网络监控有用的管理信息可以分为以下 3 类。

- 静态信息：包括系统和网络的配置信息，例如路由器的端口数和端口编号，工作站的标识和 CPU 类型等，这些信息不经常变化。
- 动态信息：与网络中出现的事件和设备的工作状态有关，例如网络中传送的分组数，网络连接的状态等。
- 统计信息：即从动态信息推导出的信息，例如平均每分钟发送的分组数、传输失败的概率等。

这些信息组成的管理信息库如图 1.6 所示。配置数据库中存储着计算机和网络的基本配置信息，传感器数据库中存储着传感器的设置信息。传感器是一组软件，用于实时地读取被管理设备的有关参数。配置数据库和传感器数据库共同组成静态数据库。动态数据库存储着由传感器收集的各种网络元素和网络事件的实时数据。统计数据库中的管理信息是由动态信息计算出来的。图 1.6 表示出这 3 种数据库之间的关系。

网络监控功能一方面要确定从哪里收集管理信息，另一方面还要确定管理信息应该存储在什么地方。静态信息是由网络元素直接产生的，通常由驻留在这些网络元素(例如路由器)中的代理进程收集和存储，必要时传送给监视器。如果网络元素(例如 Modem)中没有代理进程，则可以由委托代理收集这些静态信息，并传送给监视器。

动态信息通常也是由产生有关事件的网路元素收集和存储的。例如工作站建立的网络连接数就存储在该工作站中。然而对于一个局域网来说，网络中各个设备的行为和有关数据可以由连接在网络中的一个专用主机来收集和记录，这个主机叫做远程网络监视器，它的作用是收集整个子网的通信数据，例如在一段时间内一对主机交换的分组数，或网络中出现的冲突次数等。

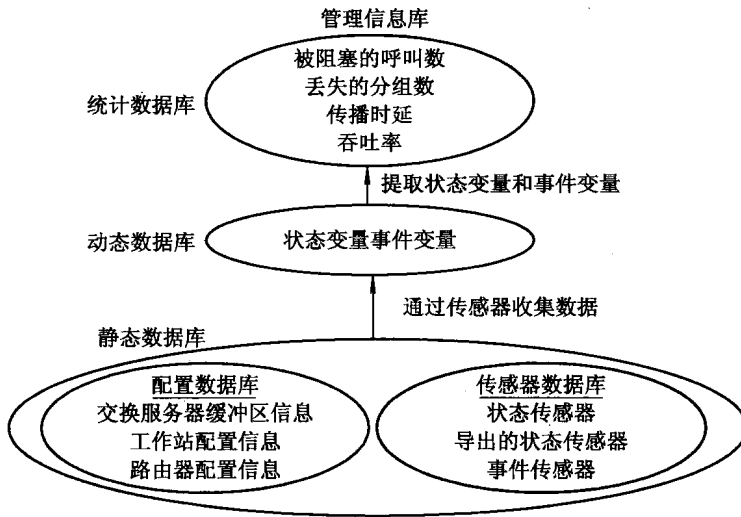


图 1.6 管理信息库的组成

统计信息可以由任何能够访问动态信息的系统产生。当然，统计信息也可以由网络监视器自己产生，这就要求把所有需要的原始数据传送给监视器，再由监视器进行分析和计算。如果原始数据的量很大，则这种监控方式可能会消耗很多网络带宽。如果由存储动态信息的系统进行分析和计算，则不但节约了网络带宽，而且也节省了监视器的处理时间。

1.3.2 网络监控系统的配置

网络监控系统的配置如图 1.7(a)所示。监控应用程序是监控系统的用户接口，它完成性能监视、故障监视和计费监视等功能。管理功能负责与其他网络元素中的代理进程通信，把需要的监控信息提供给监控应用程序。这两个模块都处于管理站中。管理对象表示被监控的网络资源中的管理信息，所有管理对象遵从网络管理标准的规定。管理对象中的信息通过代理功能提供给管理站。图 1.7(b)中增加了监控代理功能。这个模块的作用是专门对管理信息进行计算和统计分析，并且把计算的结果提供给管理站。在管理站看来，监控代理的作用和一般代理是一样的，然而它管理着多个代理系统。

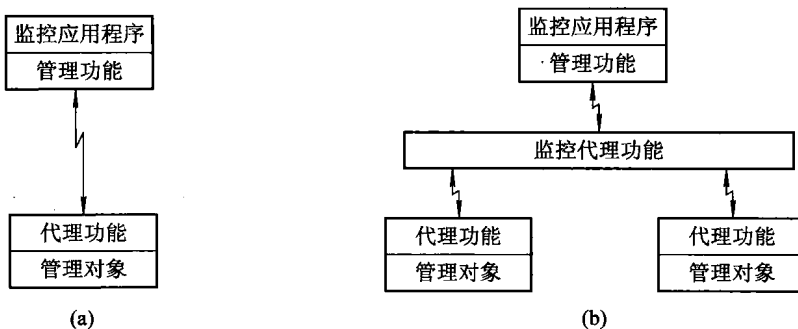


图 1.7 网络监控系统的体系结构

实际上这些功能模块可以处于不同的网络元素中，组成多种形式的监控系统。如果管

理站本身就是一个被监控的网络元素，则它应该包含监控应用程序、管理功能、代理进程以及一组反映自身管理信息的对象。监视器的状态和行为对整个网络监控系统的性能起决定作用，因而监视器也应该时刻监视自身的通信情况。一般情况下，监视器与代理系统处于不同的网络元素中，它们通过网络交换管理信息。另外，一个管理站/监视器可以监控多个代理系统，也可以只监控一个代理系统；而一个代理系统可能代理一个或多个网络元素，甚至代理整个局域网；监视器可能与被监控的网络元素处于同一子网中，也可能通过远程网络互连。

1.3.3 网络监控系统的通信机制

对监视器有用的管理信息是由代理收集和存储的，那么代理怎样把这些信息传送给监视器呢？有两种技术可用于代理和监视器之间的通信。一种叫做轮询(Polling)，一种叫做事件报告(Event Reporting)。轮询是一种请求—响应式的交互作用，即由监视器向代理发出请求，询问它所需要的信息数值，代理响应监视器的请求，从它所保存的管理信息库中取得请求的信息，返回给监视器。请求可以采用各种不同的形式，例如列出一些变量的名字，要求代理返回变量的值；或者给出一种匹配模式，要求代理搜索与模式匹配的所有变量的值；监视器可能要查询它所管理的系统的配置，或者周期地询问被管理系统配置改变的情况；监视器也可能在收到一个报警后用轮询方式详细调查某个区域的真实情况，或者根据用户的要求通过轮询生成一个配置报告。

事件报告是由代理主动发送给管理站的消息。代理可以根据管理站的要求(周期、内容等)定时地发送状态报告，也可能在检测到某些特定事件(例如状态改变)或非正常事件(例如出现故障)时生成事件报告，发送给管理站。事件报告对于及时发现网络中的问题是很有用的，特别对于监控状态信息不经常改变的管理对象更有效。

在已有的各种网络监控系统中都设置了轮询和事件报告两种通信机制，但强调的重点有所不同。传统的通信管理网络主要依赖事件报告，而 SNMP 强调轮询方法，OSI 系统管理则采取了这两种极端方法的中间道路。然而无论是 SNMP 还是 OSI，或者某些专用的管理系统，都允许用户根据具体情况决定使用何种通信方式。影响通信方式选择的主要因素如下：

- 传送监控信息需要的通信量；
- 对危急情况的处理能力；
- 对网络管理站的通信时延；
- 被管理设备的处理工作量；
- 消息传输的可靠性；
- 网络管理应用的特殊性；
- 在发送消息之前通信设备失效的可能性。

1.4 网络监视

网络管理有 5 大功能域，即故障管理(Fault Management)、配置管理(Configuration Management)、计费管理(Accounting Management)、性能管理(Performance Management)和安全管理(Security Management)，简称为 F-CAPS。传统意义上，性能、故障和计费管理属于

网络监视功能，另外两种属于网络控制功能。这一节介绍网络监视功能。

1.4.1 性能监视

网络监视中最重要的是性能监视，然而要准确地测量出对网络管理有用的性能参数却是不容易的。可选择性能指标很多，有些很难测量或计算量很大，但不一定很有用；有些有用的指标则没有得到制造商的支持，无法从现有的设备上检测到；还有些性能指标互相关联，要互相参照才能说明问题。这些情况都增加了性能测量的复杂性。这一小节我们介绍性能管理的基本概念，给出对网络管理有用的两类性能指标：面向服务的性能指标和面向效率的性能指标。当然，网络最主要的目标是向用户提供满意的服务，因而面向服务的性能指标应具有较高的优先级。下面介绍的性能指标前 3 个是面向服务的性能指标，后两个是面向效率的性能指标。

1. 可用性

可用性是指网络系统、网络元素或网络应用对用户可利用的时间的百分比。有些应用对可用性很敏感，例如飞机订票系统若宕机一小时，就可能减少几十万元的票款；而股票交易系统如果中断运行一分钟，就可能造成几千万元的损失。实际上，可用性是网络元素可靠性的表现，而可靠性是指网络元素在具体条件下完成特定功能的概率。如果用平均无故障时间 MTBF(Mean Time Between Failure)来度量网络元素的故障率，则可用性 A 可表示为 MTBF 的函数：

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

其中 MTTR(Mean Time To Repair)为发生失效后的平均维修时间。由于网络系统由许多网络元素组成，所以系统的可靠性不但与各个元素的可靠性有关，而且还与网络元素的组织形式有关。根据可靠性理论，由元素串并联组成的系统的可用性与网络元素的可用性之间的关系如图 1.8 所示。

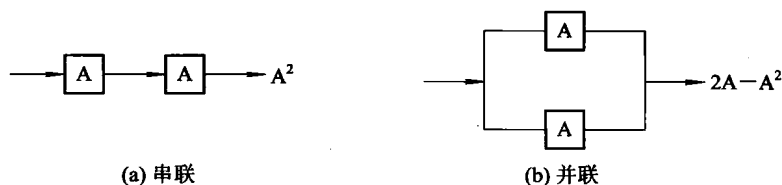


图 1.8 可用性的串联和并联

由图 1.8(a)可以看出，若两个元素串联，则可用性减少。例如两个 Modem 串联在链路的两端，若单个 Modem 的可用性 $A = 0.98$ ，并假定链路其他部分的可用性为 1，则整个链路的可用性为

$$A = 0.98 \times 0.98 = 0.9604$$

由图 1.8(b)可以看出，若两个元素并联，则可用性增加。例如终端通过两条链路连接到主机，若一条链路失效，另外一条链路自动备份。假定单个链路的可用性 $A = 0.98$ ，则双链路的可用性为

$$A = 2 \times 0.98 - 0.98 \times 0.98 = 1.96 - 0.9604 = 0.9996$$