

21世纪高等教育计算机规划教材

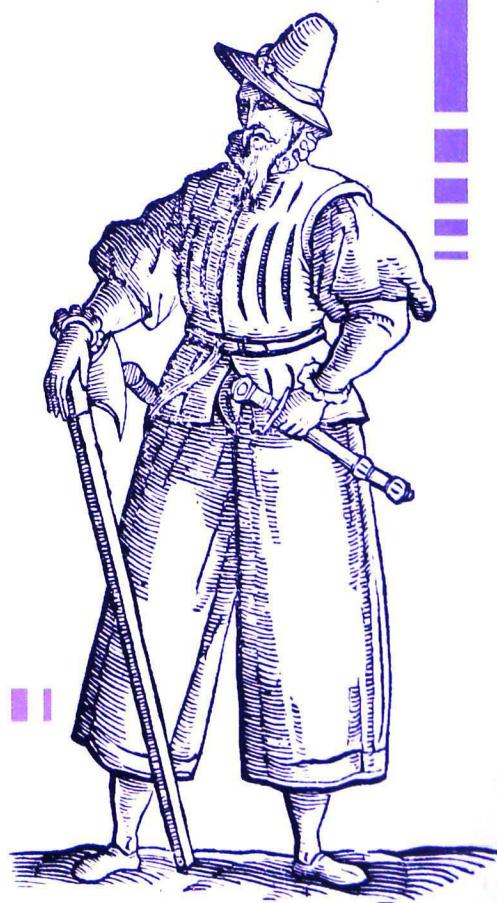


计算机 网络管理 (第2版)

Network Management

云红艳 高磊 杜祥军 赵志刚 编著

- 网络管理理论和实践相结合
- 突出网管理论的内容新颖性
- 以 TCP/IP 网络的 SNMP 作为重点



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

计算机 网络管理 (第2版)

Network Management

■ 云红艳 高磊 杜祥军 赵志刚 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

计算机网络管理 / 云红艳等编著. -- 2版. -- 北京:
人民邮电出版社, 2014. 2
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-34314-7

I. ①计… II. ①云… III. ①计算机网络—管理
IV. ①TP393.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第006782号

内 容 提 要

本书主要介绍计算机网络管理的基本理论、应用开发及实用技术。包括网络管理的基本概念、体系结构, 抽象语法表示 ASN.1 和基本编码规则 BER; 简单网络管理协议 SNMP 和 RMON 的体系结构、管理信息结构、管理信息库组成和协议操作规范; 典型网络管理系统以及它们的主要功能, 详细分析了网络管理系统软件 StarView 的功能应用; 网络管理应用程序的基本功能, Windows SNMP 网络应用程序开发的基本方法和开发实例; IPv6 网络管理技术和网络管理实用技术。

作为一本计算机网络管理的教材, 本书覆盖面广, 内容丰富, 结合大量应用实例, 可读性好, 可作为高等院校网络工程专业“网络管理”课程教材, 也可作为计算机等其他相关专业的本科生和研究生教材及网络管理工程技术人员的参考书。

-
- ◆ 编 著 云红艳 高 磊 杜祥军 赵志刚
责任编辑 刘 博
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 433 千字
-

定价: 39.00 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315

随着互联网的迅速发展,网络的应用、管理和维护工作越来越复杂,如果没有功能强大的网络管理工具和有效的网络管理技术是无法保证网络高效协调运行的。因此,研究网络管理的理论,学习先进的网络管理技术,熟悉使用功能强大的网络管理工具成为欲从事网络管理的技术人员的一项重要任务。

本书力求将计算机网络管理理论和实践相结合,突出网络管理的实践性和网络管理理论的内容新颖性。书中前面章节全面阐述了 TCP/IP 网络管理的理论知识,后面章节通过网络管理产品应用实例介绍典型网络管理系统、网络分析工具、网络系统的开发技术、IPv6 网络管理技术和网络管理实用技术。对于比较抽象的网络管理理论,注重分层次介绍和各知识点的连贯性,通过列举大量的应用实例,并配以图表解析,进行深入浅出的分析,来帮助读者学习和理解抽象的网络管理协议。

通过本书的学习,读者能够系统掌握计算机网络管理的基础理论知识和实用技术,熟悉网络管理标准和网络管理平台,具备一定的网络管理程序的开发设计能力,能利用网络工具分析网络中一些常见故障发生的原因并排除故障,具备一定的网络管理和网络维护能力。

当前世界上主流的网络管理标准有国际电信联盟电信标准化部门 (ITU-T) 提出的 TMN (电信管理网络)、国际标准化组织 (ISO) 提出的 CMIP (公共管理信息协议) 和 IETF (Internet Engineering Task Force, Internet 工程任务组) 提出的 SNMP (Simple Network Management Protocol, 简单网络管理协议)。这些标准中,CMIP 功能最强大,但其实现难度较大,因此目前支持 CMIP 的产品很少;而 SNMP 由于它的简单和易操作性,得到了广泛的应用,并已成为事实上的 Internet 网络管理标准。SNMP 由一组网络管理的标准组成,是 IETF 定义的 Internet 协议簇的一部分。自 20 世纪 90 年代以来,SNMP 经历了 3 次大的修改,在 1999 年 4 月推出了 SNMPv3 标准草案,2002 年 4 月 SNMPv3 被确定为互联网管理标准。

本书以基于 TCP/IP 网络的 SNMP 作为重点。全书共分 10 章,内容包括网络管理的基本概念、网络管理的模型、网络管理的体系结构、抽象语法表示 ASN.1、基本编码规则 BER、Internet 管理信息结构 SMI、管理信息库 MIB-2 等;从协议数据单元、支持操作、报文发送接收、MIB 功能组、安全性、局限性等几个方面分析了 SNMP 的 3 个版本,详细介绍 SNMP 管理框架和通信过程;远程网络监控 RMON 是对 SNMP 标准的重要补充,介绍了 RMON 的基本概念、RMON 管理信息库、RMON2 管理信息库的改进以及 RMON2 的应用;介绍了典型网络管理系统和平台,详细分析了 StarView 网管软件,并给出使用 StarView 进行网络拓扑管理和流量监控的实例;介绍了网络管理应用程序的基本功能,给出了 Windows 平台下开发基于 SNMP 的网络应用程序的基本方法,并介绍了使用 SNMP++ 软件包开发 MIB 浏览器的实例;介绍了发展迅速的 IPv6 网络的起源、特

点和优势，IPv6 网络的地址分配、域名管理以及路由管理技术，最后介绍了网络故障诊断与维护、网络监测命令和 SNMP MIB 工具的使用等实用技术。

本书的前序课程是计算机网络原理，只有熟悉网络、互联网技术的背景知识以及 TCP/IP 网络的体系结构和协议，才能更好地理解网络管理的理论和管理维护开发等实用技术内容。

本书可作为网络工程专业“网络管理”课程教材，也可以作为计算机等相关专业本科生和研究生的教材。本教材的参考学时数为 64 学时。

本书由云红艳主编，高磊、杜祥军和赵志刚参加编写。云红艳拟定编写大纲和编写内容，第 1 章~第 4 章由云红艳编写，第 5 章、第 6 章、第 8 章由杜祥军编写，第 7 章、第 9 章由高磊编写，第 10 章由云红艳、高磊、赵志刚共同编写。全书由云红艳统稿。

在教材编写过程中得到了山东科技大学孟晓景教授和青岛大学信息工程学院潘振宽教授、杨厚俊教授的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！国防科技大学曹介南教授和陆军军官学院汪涛博士都提出了很好的建议和意见，在此向他们表示衷心感谢！

由于时间仓促，加上编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请批评指正。

作 者

2013 年 10 月

目 录

第 1 章 网络管理概论	1
1.1 网络管理的几个概念	1
1.1.1 网络管理概述	1
1.1.2 网络管理的目标	2
1.1.3 网络管理的对象	2
1.1.4 网络管理的标准	2
1.2 网络管理的体系结构	3
1.2.1 网络管理的基本模型	4
1.2.2 网络管理模式	7
1.2.3 网络管理软件结构	10
1.2.4 网络管理的组织模型	11
1.3 网络管理的功能	12
1.3.1 故障管理	12
1.3.2 配置管理	12
1.3.3 安全管理	14
1.3.4 性能管理	16
1.3.5 计费管理	17
1.4 小结	18
习题 1	19
第 2 章 抽象语法表示	20
2.1 网络数据表示	20
2.2 ASN.1 语法	21
2.2.1 抽象数据类型	22
2.2.2 子类型	27
2.2.3 应用类型	28
2.3 ASN.1 基本编码规则 BER	28
2.3.1 BER 编码结构	28
2.3.2 编码举例	30
2.4 宏定义	33
2.5 小结	36
习题 2	37
第 3 章 Internet 管理信息结构	38
3.1 SNMP 网络管理框架	38

3.1.1 TCP/IP 协议簇	38
3.1.2 SNMP 管理体系结构	39
3.1.3 SNMP 体系结构	41
3.2 MIB 树结构	42
3.3 SNMP 管理信息结构	44
3.3.1 表对象和标量对象	44
3.3.2 对象实例的标识	46
3.3.3 词典顺序	47
3.4 小结	48
习题 3	48
第 4 章 管理信息库	50
4.1 MIB 简介	50
4.2 MIB-2 功能组	52
4.2.1 系统组	52
4.2.2 接口组	53
4.2.3 地址转换组	56
4.2.4 Ip 组	57
4.2.5 Icmp 组	61
4.2.6 Tcp 组	62
4.2.7 Udp 组	65
4.2.8 Egp 组	66
4.2.9 传输组	68
4.3 MIB-2 的局限性	70
4.4 小结	71
习题 4	71
第 5 章 简单网络管理协议	72
5.1 SNMP 的演变	72
5.1.1 SNMPv1	72
5.1.2 SNMPv2	73
5.1.3 SNMPv3	74
5.2 SNMPv1	75
5.2.1 SNMP v1 协议数据单元	75
5.2.2 报文发送与接收	76

5.2.3	SNMPv1 操作	77	7.2	网络管理系统软件 (平台)	146
5.2.4	SNMP 功能组	81	7.2.1	Ciscoverks	147
5.2.5	SNMPv1 的局限性	82	7.2.2	HP OpenView	148
5.3	SNMPv2	83	7.2.3	IBM Tivoli NetView	149
5.3.1	SNMPv2 管理信息结构	83	7.2.4	华为 Quidview	150
5.3.2	SNMPv2 管理信息库	92	7.2.5	SNMPc 网络管理系统	151
5.3.3	SNMPv2 协议数据单元	96	7.2.6	Cabletron Spectrum	153
5.3.4	管理站之间的通信	99	7.2.7	Solarwinds Orion	154
5.4	SNMPv3	100	7.3	StarView 网络管理系统	155
5.4.1	SNMPv3 管理框架	100	7.3.1	StarView 系统特点	156
5.4.2	SNMP 管理站和代理	102	7.3.2	StarView 基本产品信息	157
5.5	小结	112	7.3.3	StarView 使用说明	158
习题 5		112	7.3.4	拓扑管理器	159
第 6 章	远程网络监视	113	7.3.5	事件管理器	160
6.1	RMON 的基本概念	113	7.3.6	性能管理器	161
6.1.1	远程网络监视的目标	114	7.4	使用 StarView 管理网络	163
6.1.2	表管理原理	114	7.4.1	实验网络规划设计	163
6.1.3	多管理站访问	117	7.4.2	StarView 拓扑管理实例	164
6.2	RMON 管理信息库	117	7.4.3	StarView 性能管理实例	167
6.2.1	以太网的统计信息	118	7.5	小结	169
6.2.2	令牌环网的统计信息	125	习题 7		169
6.2.3	警报	128	第 8 章	网络管理开发	170
6.2.4	过滤和通道	129	8.1	网络管理开发概述	170
6.2.5	包捕获和事件记录	132	8.1.1	网络管理应用程序的基本功能	170
6.3	RMON2 管理信息库	134	8.1.2	SNMP 编程任务	171
6.3.1	RMON2 MIB 的组成	134	8.1.3	基于 SNMP 的网络管理应用开发方法	173
6.3.2	RMON2 增加的功能	135	8.2	Windows SNMP 服务	174
6.4	RMON2 的应用	139	8.2.1	Windows SNMP 服务基本概念	174
6.4.1	协议的标识	139	8.2.2	Windows SNMP 服务的安装、配置和测试	177
6.4.2	协议目录表	140	8.3	Windows 网络管理应用程序开发	180
6.4.3	用户定义的数据收集机制	141	8.3.1	Windows SNMP 应用程序接口	180
6.4.4	监视器的标准配置法	142	8.3.2	WinSNMP 编程概念	187
6.5	小结	143	8.3.3	WinSNMP 编程模式	192
习题 6		143	8.4	SNMP++ 软件包	195
第 7 章	典型网络管理系统	144	8.4.1	SNMP++ 简介	195
7.1	网络管理系统概述	144	8.4.2	SNMP++ 软件包中的类介绍	196
7.1.1	网络管理系统基本概念	145	8.5	SNMP++ 软件开发实例	198
7.1.2	网络管理系统发展趋势	145			

8.6 小结	208
习题 8	208
第 9 章 IPv6 网络管理技术	209
9.1 IPv6 网络简介	209
9.1.1 IPv6 的起源	209
9.1.2 IPv6 与 IPv4 的比较	211
9.1.3 IPv6 的地址结构	212
9.1.4 IPv4 向 IPv6 的过渡技术	214
9.2 IPv6 地址管理	215
9.2.1 IPv6 地址分配和管理	215
9.2.2 IPv6 域名管理	216
9.3 IPv6 路由管理	217
9.3.1 RIPng	217
9.3.2 OSPFv3	219
9.4 IPv6 安全管理	220
9.4.1 IPsec 技术	220
9.4.2 QoS 技术	223
9.5 小结	225
习题 9	225

第 10 章 网络管理实用技术	226
10.1 网络故障维护	226
10.1.1 网络故障的分类	226
10.1.2 网络故障的维护方法	229
10.1.3 网络故障维护的步骤	230
10.2 常用网络测试命令及应用	231
10.2.1 网络状态测试命令	232
10.2.2 网络流量监视命令	236
10.2.3 网络路由监视命令	237
10.3 SNMP MIB 工具	243
10.3.1 SNMP MIB 浏览器	243
10.3.2 SNMP 命令行工具	245
10.3.3 SNMP Sniff 工具	246
10.4 局域网中常见故障	246
10.4.1 局域网故障诊断技术	247
10.4.2 局域网常见故障分析与排除	247
10.5 小结	251
习题 10	251
附录 术语及缩略词汇	252
参考文献	256

第 1 章

网络管理概论

网络管理是计算机网络发展的必然产物，它随着计算机网络的发展而发展。目前，计算机网络的组成越来越复杂，一方面是网络互连的规模越来越大；另一方面是连网设备越来越多样化。异构型网络设备、多协议栈互连以及各种不同性能需求的网络业务更增加了网络管理的难度和费用，如果没有功能强大的网络管理工具和有效的管理技术是无法保证网络高效协调运行的。因此，研究网络管理的理论，开发先进的网络管理技术，使用功能强大的网络管理工具成为迫切的任务。

本章主要介绍网络管理的基本概念、网络管理的体系结构（网络管理的基本模型、网络管理系统的模式、网络管理的软件结构、网络管理的组织模型）及国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）提出的基于开放系统互连参考模型（Open System Interconnection, OSI）的网络管理的 5 大功能，即故障管理、配置管理、安全管理、性能管理和计费管理。

1.1 网络管理的几个概念

1.1.1 网络管理概述

网络管理是指对网络的运行状态进行监测和控制，并能提供有效、可靠、安全、经济的服务。网络管理完成两个任务，一是对网络的运行状态进行监测；二是对网络的运行进行控制。通过监测可以了解当前网络状态是否正常，是否出现危机和故障；通过控制可以对网络资源进行合理分配，优化网络性能，保证网络服务质量。监测是控制的前提，控制是监测的结果。因此网络管理就是对网络的监测和控制。

随着网络技术的高速发展，网络管理的范围已扩大到网络中的通信活动以及网络的规划、组织实现、运营和维护等有关方面，因此，网络管理也变得越来越重要，主要表现在以下 3 个方面。

（1）网络设备的复杂化使得网络管理变得更加复杂。网络设备复杂化包含两个含义：一是网络设备功能更加复杂；二是生产厂商众多，产品规格不统一，网络管理无法采用传统手工方式完成，必须利用先进有效的自动管理手段。

（2）网络的经济效益越来越依赖网络的有效管理。网络已经成为一个极其庞大而复杂的系统，如果没有一个有力的网络管理系统作为支撑，就可能发生各种网络故障，使网络经营者在经济上受到损失，也给网络用户带来麻烦。

（3）先进可靠的网络管理也是网络本身发展的必然结果。当前人们对网络的依赖越来越强，

个人通过网络电话、电子邮件、收发传真，进行信息沟通和共享，企业通过网络发布产品广告，获取商业情报，甚至组建企业专用网络。在这种情况下，网络要求具有更高的可靠性和安全性，能及时有效地发现故障和解决故障，以保证网络的正常运行。

1.1.2 网络管理的目标

网络管理的目标是使网络的性能达到最优化状态。通过网络管理，要能够预知潜在的网络故障，采取必要的措施加以预防和处理，达到零停机；通过监控网络性能，调整网络运行配置，提高网络性能；借助有效的性能尺度和评估方法，扩充和规划网络的发展。网络管理的根本目标是最大限度地满足网络管理者和网络用户对计算机网络的有效性、可靠性、开放性、综合性、安全性和经济性的要求。

（1）网络的有效性：网络要能准确而及时地传递信息，即网络服务要有质量保证，减少停机时间，缩短响应时间，提高网络设备利用率。

（2）网络的可靠性：网络必须要保证能够持续稳定地运行，要具有对各种故障以及自然灾害的抵御能力和一定的自愈能力。

（3）网络的开放性：网络要能够兼容各个厂商的不同类型的设备，适应各种新技术。

（4）网络的综合性：网络不能是单一化的，要能提供各种不同的综合业务功能，如多媒体传输、视频点播等宽带业务。

（5）网络的安全性：必须对所传输的信息具有可靠的安全保障，防止计算机病毒和非法入侵者的破坏，避免由于管理者的误操作而破坏网络的正常运行。

（6）网络的经济性：要保证减少运行费用，提高网络使用效率。

1.1.3 网络管理的对象

在网络管理中会涉及网络的各种资源，主要分为两大类，即硬件资源和软件资源。

硬件资源是指物理介质、计算机设备和网络互连设备。物理介质通常是物理层和数据链路层设备，如网卡、双绞线、同轴电缆、光纤等。计算机设备包括处理机、打印机、存储设备和其他计算机外围设备。网络互连设备包括中继器、网桥、交换机、路由器和网关等。

软件资源主要包括操作系统、应用软件和通信软件。通信软件指实现通信协议的软件，如 FDDI、ATM 这些网络就大量采用了通信软件保证其正常运行。另外，软件资源还包括路由器软件、网桥软件和交换机软件等。

在网络环境下的资源一般采用“被管对象（Managed Object, MO）”来表示。ISO 认为，被管对象是从 OSI 角度所看到的 OSI 环境下的资源，这些资源可以通过使用 OSI 管理标准而被管理。网络中的资源一般都可利用被管对象来描述，例如，网络中的路由器就可以用被管对象来描述，说明它的制造商和路由表的结构。此外，对网络中的软件、服务及网络中的一些事件也都可用被管对象来描述。

被管对象的集合被称为管理信息库（MIB），网络中所有相关的被管对象信息都集中在 MIB 中。但要注意的是，MIB 只是一个概念上的数据库，而在实际网络中并不存在这样一个库。目前网络管理系统的实现主要依靠被管对象和 MIB，所以它们是网络管理中非常重要的概念。

1.1.4 网络管理的标准

目前，正在应用的网络管理标准种类较多，其中主要标准分别是 OSI 参考模型、TCP/IP 参考模型、TMN 参考模型、IEEE LAN/WAN 以及基于 Web 的管理。

在 20 世纪 80 年代末，随着对网络管理系统的迫切需求和网络管理技术的日趋发展，ISO 开始制定关于网络管理的国际标准。ISO 首先在 1989 年颁布了 ISO DIS7498-4 (X.700) 文件，定义了网络管理的基本概念和总体框架；之后在 1991 年发布的两个文件中规定了网络管理提供的服务和网络管理协议，即 ISO 9595 公共管理信息服务定义 (Common Management Information Service, CMIS) 和 ISO 9596 公共管理信息协议规范 (Common Management Information Protocol, CMIP)；在 1992 年公布的 ISO 10164 文件中规定了系统管理功能 (System Management Functions, SMFs)，而 ISO 10165 文件则定义了管理信息结构 (Structure of Management Information, SMI)。这些文件共同组成了 ISO 的网络管理标准。由于这是一个非常复杂的协议体系，因而有关 ISO 管理的实现进展缓慢，至今少有适用的网络产品。

20 世纪 90 年代初随着 Internet 的快速发展，TCP/IP 网络管理的研究非常活跃。TCP/IP 网络管理最初使用的是 1987 年 11 月提出的简单网关监控协议 (Simple Gateway Monitoring Protocol, SGMP)，并在此基础上发展为简单网络管理协议第一版 (Simple Network Management Protocol, SNMPv1)，陆续公布在 1990 年和 1991 年的几个 RFC (Request For Comments) 文件中，即 RFC 1155 (SMI)、RFC 1157 (SNMP)、RFC 1212 (MIB 定义) 和 RFC 1213 (MIB-2 规范)。由于其简单且易于实现，SNMPv1 得到了许多制造商的支持，因此，SNMP 得到了广泛应用，并成为网络管理事实上的标准。在 SNMPv1 基础上不断改进其功能，支持分布式网络管理，扩展了数据类型，可以实现大量数据的同时传输，提高了效率和性能，丰富了故障处理能力，增加了集合处理功能，特别是加强了网络管理的安全性，分别于 1993 年推出了 SNMPv2 (RFC 1902-1908)，1999 年推出了 SNMPv3 (RFC 2570-2575)。

1991 年产生了远程网络监控 RMONv1 (Remote Monitoring)，至 1995 年发展为 RMONv2。这组标准定义了监控局域网网络通信的管理信息库，是 SNMP 管理信息库的扩充，与 SNMP 配合可以提供更有效的管理性能，得到了广泛引用。

为了适应电信网络的管理需要，国际电信联盟 (ITU-T) 在 1989 年定义了电信网络管理标准 (Telecommunications Management Network, TMN)，即 M.30 建议蓝皮书。TMN 最初是为了满足电信服务供应商管理电信网络的需要。TMN 是国际电信联盟的标准，它的基础是 OSI CMIP/CMIS 规范。TMN 扩展了管理的概念，使管理超出了管理网络和网络组件的范畴，它同时解决服务和商业配置的问题。

电气和电子工程师协会 (IEEE) 定义了局域网的管理标准，即 IEEE 802.1b LAN/MAN 管理标准。这个标准用于管理物理层和数据链路层的 OSI 设备，因此叫做 CMOL (CMIP over LLC)。

基于互联网的管理是以 Web 技术为基础的，目前没有相关的标准。两种比较流行的技术是基于 Web 的企业管理 (Web-Based Enterprise Management, WBEM) 和 Java 管理扩展 (Java Management extension, JMX)。桌面管理任务组 (Desk Management Task Force, DMTF) 专为 WBEM 开发标准，致力于将各种不同的管理协议集成在一起。DMTF 选择了面向对象的管理模型，即通用信息模型。JMX 在单一的规程下对管理结构和管理服务进行定义，它由原先的 Java 管理 API (JMAPI) 发展而来。JMX 是由 Sun Microsystems 开发，基于 Java 互联网小程序的专用子集，它运行在网络组件中。

1.2 网络管理的体系结构

网络管理的体系结构定义了网络管理系统的结构及系统成员间相互关系的一套规则，它是建立网络管理系统的基础。不同的管理体系结构会带来不同的管理能力、管理效率和经济效益，从

而决定网络管理系统的复杂度、灵活度和兼容性。

ISO 提出的基于远程监控的管理框架是现代网络管理体系结构的核心。这一管理框架的目标是打破不同业务和不同厂商设备之间的界限，建立统一的综合网络管理系统，将现场的物理操作变为远程的逻辑操作。在这一管理框架中，网络资源的状态和活动用数据定义和表示。远程监控系统对网络资源的管理操作变为简单的数据库操作。

在远程监控的管理框架下，OSI 参考模型提出了以一对相互通信的系统管理实体为核心，使管理进程与一个远程系统相互作用，实现对远程资源进行控制的网络管理系统体系结构。

目前，形成了两种主要的网络管理体系结构，即基于 OSI 参考模型的公共管理信息协议（CMIP）体系结构与基于 TCP/IP 参考模型的简单网络管理协议（SNMP）体系结构。

CMIP 体系结构是一个通用的模型，它能够适用于各种开放系统之间的管理通信和操作，开放系统之间既可以是平等关系，也可以是主从关系，因此它既能够进行分布式的管理，也能够进行集中式的管理。

SNMP 体系结构最初是一个集中式模型。在一个系统中只有一个顶层管理站，管理站下设有多个代理，管理站中运行管理进程，代理中运行代理进程，两者的角色不能互换。从 SNMPv2 开始才用于分布式模型。在这种模型中可以有多个顶层管理站，这些管理站被称为管理服务器。在管理服务器和代理之间又加入了中间服务器。管理服务器运行管理进程，代理运行代理进程，中间服务器在与管理服务器通信时运行代理进程，在与代理通信时运行管理进程。

CMIP 体系结构和 SNMP 体系结构各有优点。CMIP 的优点是它的通用性和完备性，而 SNMP 体系结构的优点是它的简单性和实用性。CMIP 在电信网管理标准(TMN)中得到了应用,而 SNMP 在计算机网络管理，尤其是 Internet 的管理中得到了应用。随着 Internet 的广泛应用，SNMP 的影响日益扩大，其自身也得到了较快的改善和发展。

目前，网络管理技术仍在不断发展，Internet 体系结构委员会的长期目标是研究和开发 OSI 的网络管理标准，并希望最终使这些协议同时适用于 TCP/IP 和 OSI 网络环境，即 CMOT（CMIP Over TCP/IP）。

1.2.1 网络管理的基本模型

在网络管理中，一般采用管理者-管理代理的模型，如图 1-1 所示。

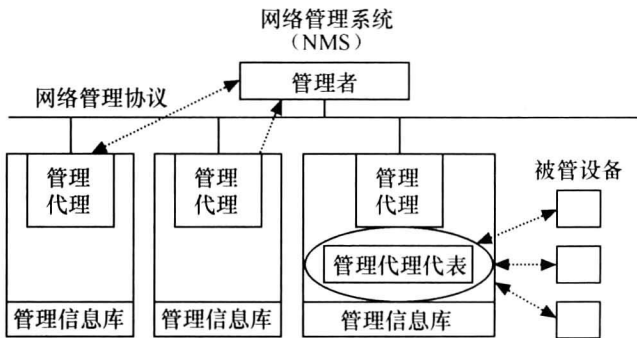


图 1-1 管理者-管理代理的模型

网络管理模型的核心是一对相互通信的系统管理实体。它采用一个独特的方式使两个管理进程之间相互作用，即管理进程与一个远程系统相互作用，来实现对远程资源的控制。在这种简单的体系结构中，一个系统中的管理进程担当管理者角色，而另一个系统中的对等实体担当代理者

角色，代理者负责提供对被管对象的访问。前者称为网络管理者，后者被称为管理代理。网络管理者将管理要求通过管理操作指令传送给位于被管理系统中的管理代理，对网络内的各种设备、设施和资源实施监视和控制，管理代理则负责管理指令的执行，并且以通知的形式向网络管理者报告被管对象发生的一些重要事件。

现代网络管理系统由以下 4 个要素组成：网络管理者（Network Manager）（也称网络管理站，管理进程）、管理代理（Managed Agent）、网络管理协议（Network Management Protocol, NMP）、管理信息库（Management Information Base, MIB）。

网络管理者是管理指令的发出者，它可以自动或按用户规定去轮询被管理设备中某些变量的值，被管设备中的管理代理对这些轮询进行响应，或在接收到被管理设备的告警信息后采取一定的措施。即网络管理者通过网络管理代理对网络内的各种设备、设施和资源实施监视和控制。管理代理具有两个基本功能：一是从 MIB 中读取各种变量值；二是在 MIB 中修改各种变量值。MIB 是被管对象结构化组织的一种抽象，它是一个概念上的数据库，由管理对象组成，各个管理代理管理 MIB 中属于本地的管理对象，各管理代理控制的管理对象共同构成全网的管理信息库。网络管理协议是最重要的部分，它定义了网络管理者和管理代理间的通信方法，规定了管理信息库的存储结构、信息库中关键词的含义以及各种事件的处理方法。

在网络管理系统模型中，管理者角色与管理代理角色不是固定的，而是由每次通信的性质所决定的。担当管理者角色的进程向担当管理代理角色的进程发出操作请求，担当管理代理角色的进程对被管对象进程操作并将被管对象发出的通报传向管理站。

1. 网络管理者

网络管理者可以是工作站、微机等，一般位于网络系统的主干或接近主干的位置，它负责发出管理操作的指令，并接收来自管理代理的信息。网络管理者应该定期查询管理代理收集到的有关主机运行状态、配置及性能数据等信息，这些信息将被用来确定独立的网络设备、部分网络或整个网络运行的状态是否正常。

网络管理者和管理代理通过交换管理信息来进行工作，信息分别驻留在被管设备和管理工作的管理信息库中。这种信息交换通过一种网络管理协议来实现，具体的交换过程是通过协议数据单元（PDU）进行的。通常是管理者向管理代理发送请求 PDU，管理代理响应管理者以 PDU 回答，管理信息包含在 PDU 参数中。在有些情况下，管理代理也可以向网络管理者发送通知，管理者可根据报告的内容决定是否做出回答。

2. 管理代理

管理代理则位于被管理的设备内部，负责把来自管理者的命令或信息请求转换为本设备特有的指令，完成管理者的指示或返回它所在设备的信息。另外，管理代理也可以把在自身系统中发生的事件主动通知给管理者。

管理者将管理要求通过管理操作指令传送给位于被管理系统中的管理代理，对网络内的各种设备、设施和资源实施监视和控制，管理代理则直接管理被管设备。管理代理也可能因为某种原因拒绝管理者的指令。管理者和管理代理之间的信息交换分为两种：一种是从管理者到代理的管理操作；另一种是从代理到管理者的事件通知。

管理代理实际所起的作用就是充当网络管理者与管理代理所驻留的设备之间的信息中介。管理代理通过控制设备的管理信息库（MIB）的信息来实现管理网络设备功能。

一个网络管理者可以和多个管理代理进行信息交换，这在网络管理中是常见的；而一个管理代理也可以接受来自多个管理者的管理操作，但在这种情况下，管理代理需要处理来自多个管理

者的多个操作之间的协调问题。

一般的管理代理都是返回它本身的信息，另外一种称为委托代理的管理代理能提供关于其他系统或其他设备的信息。使用这种委托代理，网络管理者可以管理多种类型的设备。管理者和代理之间使用的是一种通信协议，对于不能理解这种语言的设备，则可以通过委托代理完成通信。委托代理还可以提供到多个设备的管理访问。管理者只需和一个委托代理通信，就可以管理多个设备。

3. 网络管理协议

在管理者-管理代理的模型中，如果各个厂商提供的网络管理者和管理代理之间的通信方式各不相同，将会大大影响网络管理系统的通用性，影响不同厂商设备间的互连，因此需要制定一个网络管理者和管理代理之间通信的标准。用于网络管理者和管理代理之间传递信息，并完成信息交换安全控制的通信规约就称为网络管理协议。网络管理者通过网络管理协议从管理代理那里获取管理信息或向管理代理发送命令；管理代理也可以通过网络管理协议主动报告紧急信息。

目前最有影响的网络管理协议是简单网络管理协议（Simple Network Management Protocol, SNMP）以及公共管理信息服务/公共管理信息协议（Common Management Information Sever/Common Management Information Protocol, CMIS/CMIP），它们代表了目前两大网络管理解决方案。其中 SNMP 流传最广，应用最多，获得支持也最广泛，已经成为事实上的工业标准。

CMIS/CMIP 主要是针对 OSI 七层参考模型的传输环境而设计的，采用报告机制，需要高性能处理器和大容量存储器，目前支持它的产品较少。CMIS 支持网络管理者和管理代理之间的通信要求，CMIP 则是提供管理信息传输服务的应用层协议。在网络管理过程中，CMIP 不是通过轮询而是通过事件报告进行工作，由网络中的各个设备监测设施在发现被检测设备的状态和参数发生变化后及时向管理进程进行事件报告。管理者一般都对事件进行分类，根据事件发生时对网络服务影响的大小来划分事件类别和严重等级，再产生相应的故障处理方案。因此，CMIP 具有及时性的特点，相对于 SNMP 更具安全性。

SNMP 的最大的优点是简易性与可扩展性，它体现了网络管理系统的一个重要准则，即网络管理功能的实现不能影响网络的正常功能，不给网络附加过多的开销。

SNMP 设计为一种基于用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）的应用层协议，它是 TCP/IP 协议簇的一部分。SNMP 的管理站根据管理需要产生 3 种类型的 SNMP 消息，GetRequest、GetNextRequest 和 SetRequest，前两种实现 Get 功能，后一种实现 Set 功能。所有这 3 种消息在代理方面均以 GetResponse 消息确认，并传递给管理应用。

4. 管理信息库

管理信息库（Management Information Base, MIB）是一个信息存储库，是对通过网络管理协议可以访问信息的精确定义，所有被管对象相关的网络信息都放在 MIB 中。被管对象是网络资源的抽象表示，一个资源可以表示为一个或多个被管对象。MIB 的描述采用了结构化的管理信息定义，称为管理信息结构（Structure of Management Information, SMI），它规定了如何识别管理对象以及如何组织管理对象的信息结构。MIB 中的对象按层次进行分类和命名，整体表示为一种树形结构，所有被管对象都位于树的子节点，中间节点为该节点下的对象的组合。

MIB 中的数据大体可分为感测数据、结构数据和控制数据 3 类。感测数据是测量到的网络状态数据，是通过网络的监测过程获得的原始信息，包括节点队列长度、重发率、链路状态、呼叫统计等，这些数据是网络的计费管理、性能管理和故障管理的基本数据。结构数据描述网络的物理和逻辑构成，与感测数据相比，结构数据是静态的网络信息，包括网络拓扑结构、交换机和中

继线的配置、数据密钥、用户记录等，这些数据是网络的配置管理和安全管理的基本数据。控制数据存储网络的操作设置，控制数据代表网络中可调整参数的设置，如中继线的最大流量、交换机输出链路业务分流比率、路由表等，这些数据主要用于网络的性能管理。

包含管理对象数据的 MIB 对物理资源没有限制，实际上，任何信息都可以包含到 MIB 中。下面是一些可以存入 MIB 的信息实例。

- (1) 网络资源：集线器、网桥、路由器、传输设备。
- (2) 软件进程：程序、算法、协议功能、数据库。
- (3) 管理信息：相关人员记录、账号、密码等。

1.2.2 网络管理模式

网络管理模式分为集中式网络管理模式、分布式网络管理模式以及混合管理模式 3 种。它们各有自身的特点，适用于不同的网络系统结构和不同的应用环境。

1. 集中式网络管理模式

集中式网络管理模式是目前使用最为普遍的一种模式，如图 1-2 所示，由一个网络管理者对整个网络的管理负责。网络管理者处理所有来自被管理系统上的管理代理的通信信息，为全网提供集中的决策支持，并控制和维持管理工作站上的信息存储。

集中式网络管理模式有一种变化形式，即基于平台的形式，如图 1-3 所示，将唯一的网络管理者分成管理平台和管理应用两部分。管理平台是对管理数据进行处理的第一阶段，主要进行数据采集，并能对底层管理协议进行屏蔽，为应用程序提供一种抽象的统一的视图。管理应用在数据处理的第二层，进行决策支持和执行一些比信息采集和简单计算更高级的功能。这两部分通过公共应用程序接口（Application Programming Interface, API）进行通信。这种结构易于维护和扩展，也可简化异构的、多厂家的、多协议网络环境的集成应用程序的开发。但总体而言，它仍是一种集中式的管理体系，应用程序一旦增多到一定程度，管理平台就成为了管理系统的“瓶颈”。

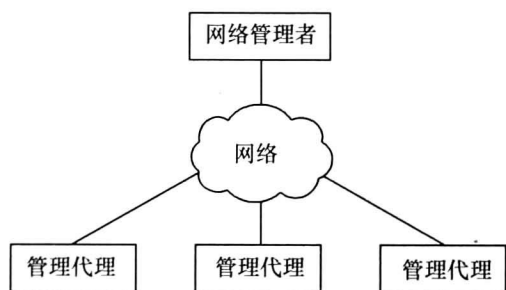


图 1-2 集中式网络管理模式

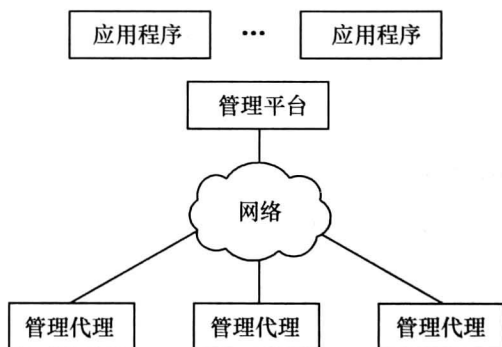


图 1-3 基于平台形式的集中式网络管理模式

集中式管理模式所具备的结构简单、低价格以及易维护等特性使其成为普遍的网络管理模式，但随着网络规模的日益扩大，其局限性越来越显著，主要表现在以下几个方面。

(1) 不可扩展性。所有的信息都向中央管理者传输，当网络规模扩大、被管对象种类增多后，管理信息传输量也将增大，必然会引起拥塞现象。

(2) 功能固定，不灵活。集中式管理的服务器功能模块都是在建立时装入的，若要修改或增加新的功能，则必须重新编译、安装和服务器进程初始化。

(3) 不可靠性。网管工作站一旦出现故障，整个网络管理系统都将崩溃。或者连接两部分的

中间某一设备出现问题，则后面的网络也就失去了管理功能。

（4）传输中的瓶颈。在图 1-4 所示的一个典型的复杂广域网络中，网络 A、网络 B 通过路由器连接。在集中式管理条件下，位于网络 A 的网络管理者对网络 A 和网络 B 上的所有代理进行管理。路由器显然是瓶颈之一，一旦路由器发生故障，网络 A 中的管理者发出的网络管理信息包就不能到达网络 B，这样整个网络 B 就成为一个不可管理的网络。

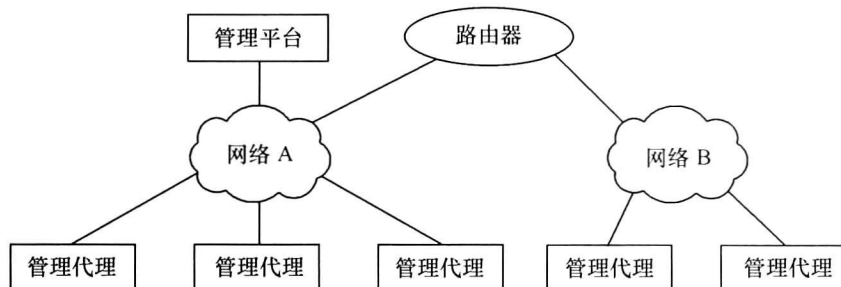


图 1-4 集中式网络管理中的瓶颈

根据以上的特点，集中式网络管理模式比较适合以下几种网络。

- （1）小型局域网，这种网络的节点不多，覆盖范围有限，集中管理比较容易。
- （2）部门专用网络，特别是对于一些行政管理上比较集中的部门，如军事指挥机关、公安系统等。

（3）统一经营的公共服务网，这种网络从经营、经济核算方面考虑，用集中式网络管理模式比较适宜。

（4）专用 C/S 结构网，这种结构，客户机和服务器专用化，客户机的结构已经简化，与服务器呈主从关系，网络管理功能集中于网络服务器。

（5）企业互联网，在这种网络中，引入了越来越多的专用网络互连设备，如路由器、交换机、集线器等，应用集中的网络管理节点对它们进行统一管理。

从集中式网络管理模式的自身特点可以看出：集中式网络管理模式的优点是管理集中，有专人负责，有利于从整个网络系统的全局对网络实施较为有效的管理；缺点是管理信息集中汇总到网络管理中心节点上，导致网络信息流比较拥挤，管理不够灵活，管理节点如果发生故障有可能影响全网正常工作。

2. 分布式网络管理模式

为了减少中心管理控制台、局域网连接和广域网连接以及管理信息系统不断增长的负担，将信息智能分布到网络各处，使管理变得更加自动化，在最靠近问题源的地方能够做出基本的决策，这就是分布式管理的核心思想。

分布式网络管理模式如图 1-5 所示，网络的管理功能分布到每一个被管设备，即将局部管理任务、存储能力和部分数据库转移到被管设备中，使被管设备成为具有一定自我管理能力的自治单元，而网络管理系统则侧重于网络的逻辑管理。按分布式网络管理方法组成的管理结构是一种对等式的结构，有多个管理者，每个负责管理一个域，相互通信都在对等系统

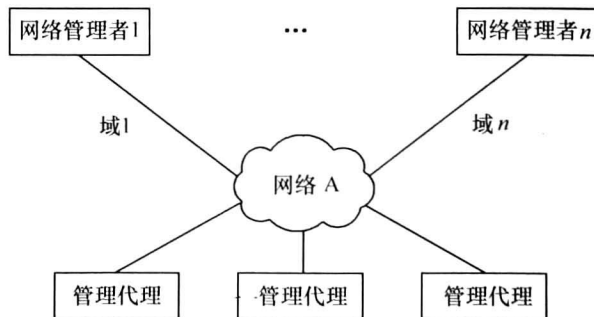


图 1-5 分布式网络管理模式

内部进行。

分布式管理将数据采集、监视以及管理分散开来，它可以从网络上的所有数据源采集数据而不必考虑网络的拓扑结构，为网络管理员提供了更加有效的、大型的、地理分布广泛的网络管理方案。分布式网络管理模式主要具有以下特点。

(1) 自适应基于策略的管理。自适应基于策略的管理是指对不断变化的网络状况做出响应并建立策略，使得网络能够自动与之适应，提高解决网络性能及安全问题的能力，减少网络管理的复杂性。

(2) 分布式的设备查找与监视。分布式的设备查找与监视是指将设备的查找、拓扑结构的监视以及状态轮询等网络管理任务从管理网站分配到一个或多个远程网站的能力。这种重新分配降低了中心管理网站的工作负荷，又降低了网络主干和广域网连接的流量负荷。采用分布式管理，安装有网络管理软件的网站可以配置成“采集网站”或“管理网站”。采集网站是负责监视功能的网站，它们向有兴趣的管理网站通告它们所管理网络的状态变化或拓扑结构变化。每个采集网站负责对一组用户可规范的管理型对象（称为域）进行信息采集。采集管理网站跟踪在它们的域内所发生的网络设备的增加、移动和变化。在规律性的间歇期间，各网站的数据库将与同一级或高一级的网站进行同步调整，这使得在远程网址的信息系统管理员在监控自己资源的同时，也能了解到全网络范围目前设备的现有状况。

(3) 智能过滤。通过优先级控制，不重要的数据就会从系统中排除，从而使得网络管理控制台能够集中处理高优先级的事务。为了在系统中的不同地点排除不必要的数据，分布式管理采用设备查找过滤器、拓扑过滤器、映像过滤器与报警和事件过滤器。

(4) 分布式阈值监视。阈值事件监视有助于网络管理员先于用户感觉到有网络故障，并在故障发生之前将问题检测出来并加以隔离。采集网站可以独立地向相关的对象采集到 SNMP 及 RMON 趋势数据，并根据这些数据引发阈值事件措施。采集网站还将向其他需要上述信息的采集网站及管理网站提供这些信息，同时还有选择地将数据转发给中心控制台，以便进行容量规划、趋势预测以及为服务级别协议建立档案。

(5) 轮询引擎。轮询引擎可以自动地和自主地调整轮询间隙，从而在出现异常高的读操作或出现网络故障时，获得对设备或网段的运行及性能更精准的状态显示。

(6) 分布式管理任务引擎。分布式管理任务引擎可以使网络管理更加自动和独立。其典型功能包括分布式软件升级及配置、分布式数据分析和分布式 IP 地址管理。

分布式网络管理模式的重要特点就是能容纳整个网络的增长和变化，因为随着网络的扩展，监视智能及任务职责会同时不断地分布开来，既提供了很好的扩展性，同时也降低了管理的复杂性。将管理任务都分布到各域的管理者，使网络管理更加稳固可靠，也提高了网络性能，并且使网络管理在通信和计算方面的开销大大减少。

3. 混合管理模式

混合管理模式是集中管理模式和分布式管理模式相结合的产物。

当今计算机网络系统正向进一步综合开放的方向发展，因此，网络管理模式也在向分布式与集中式相结合的方向发展。集中式或分布式管理模式，分别适用于不同的网络环境，各有优缺点。目前，计算机网络正向着局域网与广域网相结合、专用网与公用网结合、专用 C/S 与互动 B/S 结构结合的综合互联网方向发展。计算机网络的这种发展趋势，也促使网络管理模式向集中式与分布式相结合的方向发展，以便取长补短，更有效地对各种网络进行管理。按照系统科学理论，大系统的管理不能过于集中，也不能过于分散，采用集中式与分布式相结合的混合管理模式应是计