

高等学校网络工程系列教材

网络管理

徐 明 陈 鸣 蔡志平 编著

高等教育出版社

高等学校网络工程系列教材

网络管理

Wangluo Guanli

徐 明 陈 鸣 蔡志平 编著

高等教育出版社·北京

内容提要

网络管理是指对计算机网络的运行状态进行监测和控制,及时响应和排除故障,提供有效、可靠、安全、经济的网络服务。本书从网络管理的需求与目标出发,系统介绍网络管理模型、体系结构与实现技术。以互联网网络管理为重点,展开简单网络管理协议(即 SNMPv1、SNMPv2 与 SNMPv3),以及远程网络监控 RMON 的介绍。本书系统论述性能测量、配置管理、故障管理、安全管理以及容灾备份与恢复等关键技术,介绍了当前的主流网络管理平台。本书基于网络管理是一种服务的新理念,讨论了网络服务等级、服务规约与监控等。最后,展望了云计算、大数据、物联网与移动互联网等飞速发展下网络管理的发展趋势与技术挑战。

本书在每章之后安排了课后实验、习题,最后还安排了五个综合性实验。

图书在版编目(CIP)数据

网络管理 / 徐明, 陈鸣, 蔡志平编著. -- 北京: 高等教育出版社, 2017.7

ISBN 978-7-04-047400-8

I. ①网… II. ①徐… ②陈… ③蔡… III. ①计算机网络管理—研究 IV. ①TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 023466 号

策划编辑	张海波	责任编辑	张海波	封面设计	张楠	版式设计	王艳红
插图绘制	杜晓丹	责任校对	陈旭颖	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印刷 天津新华二印刷有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 18.25
字数 380 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址	http://www.hep.edu.cn
	http://www.hep.com.cn
网上订购	http://www.hepmall.com.cn
	http://www.hepmall.com
	http://www.hepmall.cn
版 次	2017 年 7 月第 1 版
印 次	2017 年 7 月第 1 次印刷
定 价	35.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 47400-00

序

自 20 个世纪 60 年代以来, 计算机网络从无到有、从小到大, 覆盖和渗透到现代社会的方方面面, 极大地促进了信息化社会的发展。网络的互联互通, 实现了人、机、物泛在互联, 使得网络应用日新月异, 衍生出大批相关行业, 产业链日臻完整、丰富。

与此相对应, 网络专业技术人才培养规模也从无到有、从小到大, 努力适应社会各行业飞速发展的需要。众所周知, 网络工程专业是在计算机科学与技术、通信工程、信息工程等专业交叉、融合的基础上发展起来的新专业, 涉及计算机网络的设计、规划、组网、维护、管理、安全和应用等方面的工程方法学和实践问题。1998 年, 网络工程作为目录外专业首次出现在教育部的本科专业目录中。2011 年, 教育部明确网络工程专业为目录内专业, 标志着网络工程作为一个独立的本科专业已得到社会的广泛认可。据不完全统计, 全国已经有 340 多所高校设置了网络工程专业。

2015 年, 为适应网络工程专业发展的需要, 教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会成立了网络工程专业教学指导工作组(下称工作组)。之后的一项重要工作便是通过一系列的研讨活动研究和制定网络工程专业规范, 全面梳理网络工程专业定位、专业能力、知识体系、课程体系、实践体系等方面的内容。专业规范明确了网络工程人才培养的目标定位和培养规格, 将课程体系分为基础课程、核心(主干)课程与扩展课程, 按知识领域、知识单元和知识点进行专业知识的系统化组织, 为具体教学实施提出相应的建议与参考标准。

针对教学的需要, 工作组召集了一批具有丰富经验的老师成立教材编写组, 首先启动计算机网络、网络管理、网络应用开发、网络安全、网络设计与集成等五门课程的教材编撰工作。教材编写组对五本教材的内容进行了系统规划, 安排五位老师各自负责一本教材的编撰, 分别是: 解放军理工大学陈鸣负责计算机网络原理、国防科技大学徐明负责网络管理、西安电子科技大学方敏负责网络应用开发、信息工程大学王清贤负责网络安全、国防科技大学曹介南负责网络设计与集成, 最后由徐明负责五本教材的审定。其中, 陈鸣负责的计算机网络原理已于 2013 年先期出版, 其他四本教材将于近期陆续出齐。

核心课程教材出版还只是第一步, 在征集各方面意见与建议的基础上, 教材编写组

将适时启动扩展教材以及实验教材的编写工作。

衷心感谢工作组组长杨波教授以及各位专家教授，他们为教材的撰写和出版提供非常好的建议，也特别感谢教材编写组的各位成员，正是他们的辛勤工作和无私奉献，使本系列教材得以如期出版。

近些年来，网络工程专业五门核心课程及其内涵获得了趋于一致的认可，也促使我们第一次以系列教材方式组织编写和出版网络工程专业核心课教材。如何更好地体现网络技术和进步、如何有针对性地配置优质的网络教学资源、如何以能力培养为牵引实现教学相长等还有大量工作需要开展。在这个意义上说，教材的出版并不是终点，而是新的起点。

我们不忘初心，继续前进。



2017. 04

前 言

随着计算机技术和互联网的快速发展，网络规模急剧扩大，网络应用日趋丰富，网络管理发挥了至关重要的作用，伴随着互联网广泛普及与物联网、云计算技术的快速涌现，网络管理的价值与意义日益提升。

网络管理是指对网络的运行状态进行监测和控制，及时响应和排除故障，使其提供有效、可靠、安全、经济的网络服务。顾名思义，网络管理就是指测量、协调和控制网络行为的各种管理功能活动总称。网络管理主要有两大任务：一是对网络的运行状态进行监测；二是对网络的运行状态进行控制，优化性能或功能。具体地，网络管理建立在监测基础上，通过监测了解当前状态是否正常，是否存在性能瓶颈、潜在的危机或安全威胁；进一步则是通过对网络状态的调整，优化性能，改善用户体验，降低成本；同时，保障网络可用性和网络安全。

本书从计算机网络管理的需求与目标出发，论述了故障、配置、计费、性能与安全等五大网络管理功能，在此基础上系统介绍网络管理的模型、标准与体系结构。第二章介绍计算机网络管理体系结构，涉及信息模型、组织模型、通信模型和功能模型。第三章详细介绍了互联网网络管理的技术基础，涉及抽象语法表示 ASN.1、基本编码规则、管理信息库 MIB 等。第四章主要介绍简单网络管理协议，即 SNMP 协议，具体包括 SNMPv1、SNMPv2 与 SNMPv3 以及远程网络监控 RMON。第五章介绍网络管理平台的实现技术，阐述网络的组成部件和结构，以及各部件之间的关系，剖析典型网络管理的实现技术，其中重点介绍网络测量技术；第六章介绍网络管理的典型工具与平台；第七章以校园网管理与数据中心管理为案例介绍了网络管理功能的实现；论述了数据备份、容灾、网络存储技术；另外，将网络管理作为一种服务的理念越来越得到认可，本章简述了服务等级管理，涉及服务的等级分析、规约、监控与管理等问题。近些年来，云计算、大数据、物联网与移动互联网等技术飞速发展，网络管理面临诸多新的挑战。第八章展望了网络

管理的发展趋势，简要分析了技术挑战。本书还在每章之后安排了课后实验、习题，最后还安排了五个综合性实验。

本书以科学的网络管理理念和现代网络管理技术为主线，力求反映近年来国内外网络管理技术与系统发展和应用的实际状况。本书帮助读者了解计算机网络管理的基本理念、关键技术和主要标准，掌握互联网网络管理功能及基本模式，了解典型的网络管理工具、套件与平台，掌握网络管理的未来发展趋势。

本书可以作为高等院校计算机、网络工程相关专业网络管理课程的教学参考书，也可作为从事网络管理的规划设计人员、运行维护人员和网络管理专业科研人员的参考资料。

杨家海、曹介南、蔡开裕等老师审阅了本书初稿并提出了非常中肯的建设性意见，谢波、贾楠、于运鹏、李阳等研究生参与资料收集、插图绘制以及实验部分准备，在此一并致谢。

作 者

2016 年 10 月

目 录

第一章 网络管理概述	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 什么是网络管理?	(2)
1.3 网络管理需求与目标	(3)
1.4 网络管理内容与功能	(4)
1.4.1 故障管理	(5)
1.4.2 配置管理	(5)
1.4.3 计费管理	(6)
1.4.4 性能管理	(7)
1.4.5 安全管理	(8)
1.4.6 OAM&P 体系结构	(9)
1.5 网络管理模型	(10)
1.6 网络管理维度	(10)
1.6.1 网络管理互操作性	(11)
1.6.2 网络管理生命周期	(12)
1.6.3 网络管理过程组织	(12)
1.6.4 网络管理主题	(13)
1.6.5 网络管理层次	(13)
1.7 网络管理标准的发展及演进	(13)
1.7.1 OSI/CMIP	(14)
1.7.2 SNMP	(16)
1.7.3 TMN	(17)
1.7.4 小结	(18)
1.8 网络管理系统组成与结构	(19)
1.8.1 网络管理系统组成	(19)
1.8.2 集中式网络管理结构	(20)
1.8.3 分布式网络管理结构	(21)
1.9 网络管理的可用性与成本	(22)
1.10 网络管理技术发展趋势	(23)
课后实验	(24)
习题	(24)

第二章 网络管理体系结构及模型	(26)
2.1 引言	(26)
2.2 网络管理体系结构	(26)
2.2.1 现实中的类似案例	(26)
2.2.2 网络管理的工作过程与模型描述	(28)
2.3 网络管理平台与模型描述	(30)
2.4 信息模型	(33)
2.5 组织模型	(35)
2.6 通信模型	(37)
2.7 功能模型	(37)
2.8 本章小结	(39)
课后实验	(39)
习题	(39)
第三章 互联网网络管理的技术基础	(40)
3.1 引言	(40)
3.2 抽象语法标记 ASN.1	(40)
3.2.1 概述	(41)
3.2.2 标识符	(41)
3.2.3 数据类型	(42)
3.2.4 ASN.1 语法	(45)
3.2.5 基本编码规则	(45)
3.3 管理信息结构	(46)
3.3.1 概述	(46)
3.3.2 管理信息结构与标识	(47)
3.3.3 对象定义语法	(48)
3.4 管理信息库	(51)
3.4.1 概述	(51)
3.4.2 MIB 结构与模块	(52)
3.4.3 MIB-II	(54)

3.5 本章小结	(70)		
课后实验	(71)		
习题	(71)		
第四章 简单网络管理协议 SNMP	(72)		
4.1 引言	(72)		
4.2 SNMP	(72)		
4.2.1 SNMPv1 协议概述	(72)		
4.2.2 SNMP 管理体系结构	(74)		
4.2.3 SNMP 与 TCP/IP	(75)		
4.2.4 SNMP 体系结构	(76)		
4.3 SNMPv1 PDU 与协议操作	(78)		
4.3.1 概述	(78)		
4.3.2 协议操作	(78)		
4.3.3 SNMP 报文的发送与接收	(82)		
4.3.4 SNMP 协议工作过程	(83)		
4.4 共同体和安全控制	(83)		
4.5 SNMPv2 协议	(85)		
4.5.1 概述	(85)		
4.5.2 SNMPv2 网络管理框架	(86)		
4.5.3 SNMPv2 报文	(87)		
4.5.4 SNMPv2 协议数据单元	(87)		
4.6 SNMPv3	(90)		
4.6.1 概述	(90)		
4.6.2 SNMPv3 管理框架	(91)		
4.6.3 SNMPv3 应用	(92)		
4.6.4 SNMPv3 基于用户的安全模型	(93)		
4.6.5 基于视图的访问控制模型	(95)		
4.7 远程网络监控	(96)		
4.7.1 概述	(96)		
4.7.2 RMON MIB	(98)		
4.7.3 RMON-II MIB	(101)		
4.7.4 RMON 的应用	(102)		
4.7.5 小结	(103)		
4.8 本章小结	(104)		
课后实验	(104)		
习题	(104)		
		第五章 网络管理系统的实现技术	(106)
		5.1 引言	(106)
		5.2 网络管理平台	(106)
		5.2.1 网络管理平台的功能结构	(107)
		5.2.2 基本服务模块	(108)
		5.3 图形用户接口技术	(110)
		5.4 拓扑发现技术	(114)
		5.4.1 基本概念	(114)
		5.4.2 企业内联网的拓扑发现技术	(115)
		5.4.3 互联网拓扑发现技术	(117)
		5.5 配置管理技术	(119)
		5.5.1 基本概念	(119)
		5.5.2 配置管理技术的发展	(120)
		5.6 性能管理技术	(122)
		5.6.1 基本概念	(122)
		5.6.2 网络性能测度	(123)
		5.6.3 网络测量方法	(126)
		5.6.4 测量系统的功能模型	(131)
		5.6.5 资源监测功能	(132)
		5.7 故障管理技术	(134)
		5.7.1 基本概念	(134)
		5.7.2 故障管理的分类	(134)
		5.7.3 故障管理的处理	(136)
		5.7.4 故障管理相关技术	(137)
		5.8 事件管理技术	(141)
		5.9 网络安全技术	(142)
		5.9.1 访问控制技术	(143)
		5.9.2 系统日志分析	(145)
		5.10 本章小结	(146)
		习题	(146)
		第六章 网络管理工具和平台	(148)
		6.1 引言	(148)
		6.2 网络管理工具的发展和分类	(148)
		6.3 网络状态监控工具	(149)
		6.4 网络流量监控工具	(150)

6.4.1 概述	(150)	7.7 网络管理的成本与效能	(197)
6.4.2 Wireshark	(151)	7.8 本章小结	(199)
6.5 网络路由监控工具	(152)	习题	(199)
6.5.1 概述	(152)		
6.5.2 traceroute	(153)	第八章 网络管理新技术	(200)
6.6 网络综合监控工具	(154)	8.1 引言	(200)
6.6.1 Sniffer	(155)	8.2 基于 CORBA 的网络管理	(200)
6.6.2 CommView	(156)	8.2.1 CORBA 的基本概念	(201)
6.6.3 局域网监控工具	(157)	8.2.2 CORBA 的特点	(202)
6.7 网络测试工具	(158)	8.2.3 基于 CORBA 的网络管理	(203)
6.7.1 网络测试仪的分类	(159)	8.3 基于 Web 的网络管理	(206)
6.7.2 网络测试软件	(160)	8.3.1 WBM 的优势	(207)
6.8 网络协议分析仪	(162)	8.3.2 WBM 的实现方式	(208)
6.9 网络管理平台	(163)	8.3.3 WBM 的标准	(210)
6.9.1 RIIL	(164)	8.4 基于移动代理的网络管理	(212)
6.9.2 OpenView	(166)	8.4.1 移动代理概述	(212)
6.9.3 CiscoWorks	(168)	8.4.2 基于移动代理的网络管理	(213)
6.10 网络管理平台选择标准	(170)	8.4.3 基于移动代理的网络管理 功能设计	(214)
6.11 网络管理工具的集成方法	(171)	8.5 云计算时代的网络管理	(217)
6.12 本章小结	(173)	8.5.1 云数据中心的管理	(218)
习题	(174)	8.5.2 客户端网络管理	(220)
		8.6 本章小结	(221)
第七章 网络管理应用	(175)	习题	(223)
7.1 引言	(175)		
7.2 网络管理需求	(175)	附录 A 综合性实验	(224)
7.3 网络管理典型场景	(177)	实验一 MIB Browser 的综合运用	(224)
7.3.1 校园网管理	(178)	实验二 Net-SNMP 的综合运用	(230)
7.3.2 数据中心管理	(180)	实验三 NetFlow 综合运用	(233)
7.4 数据备份与容灾	(184)	实验四 网络管理工具 RIIL 和 SNC 的 综合运用	(239)
7.4.1 数据备份需求分析	(184)	实验五 MRTG 的综合运用	(247)
7.4.2 数据备份技术	(185)		
7.4.3 数据容灾技术	(189)	附录 B SNMP RFC 文档关系图	(255)
7.4.4 网络存储技术	(190)		
7.5 数据恢复技术	(192)	附录 C 网站资源	(256)
7.6 服务等级管理	(193)		
7.6.1 服务等级分析	(193)	附录 D 缩略词	(257)
7.6.2 服务等级规约	(194)		
7.6.3 服务等级监控与管理	(195)	参考文献	(278)
7.6.4 小结	(196)		

第一章 网络管理概述

1.1 引言

随着计算机网络技术的蓬勃发展，网络规模迅速扩大，互联在一起的网络形形色色，接入的设备种类繁多，功能各异，其复杂程度相较过去有着天壤之别；而另一方面，互联网上的业务与应用越来越多，应用模式也是日新月异。据2016年的数据统计，全世界接入到互联网的机构和个人超过30亿，仅中国的用户数量就超过7亿。“宽带中国”作为国家新一代信息基础设施战略，大幅提升网络带宽及移动通信网络服务能力，促进网络的互联互通，实现人、机、物泛在互联的基础设施正在取得积极进展。在“互联网+”旗帜下，技术、产业、应用以及跨界融合更是把互联网的创新成果与经济社会各领域深度融合，展现了广阔的前景和无限的潜力。在此背景下，网络管理呈现出非凡的现实意义，也变得越来越重要。从各种角度而言，都希望计算机网络（特别是互联网）能够提供安全、稳定、可靠与低成本的服务。实际上，网络管理已不局限于是一个工程技术话题、管理话题，甚至衍变为社会性公众话题，影响到信息化社会运转的稳定性与效率。

网络可靠、便捷、安全是对网络管理的普遍性要求。网络管理不仅要为某个部件、单个设备提供运行维护保障，更需要有系统级的管理能力评估与保障，并最终实现用户所期望的网络管理能力与服务等级。当网络系统规模变得庞大复杂以后，不能指望每一个用户成为网络管理专业人士以应对网络故障；与之相反，只能依赖于网络管理系统实时获取网络运行的各种数据，及时定位和解决故障，“智能地”进行网络控制与优化，确保网络应用业务始终稳定、可靠和安全地运行。如果缺乏一个强有力的网络管理系统作为支撑，网络功能的发挥、各种业务的展开，以及用户关于网络服务质量的体验都将无从保证。

1.2 什么是网络管理?

我们首先来看一个典型的网络运营中心是如何工作的。在监视大厅,通常可以看到墙上的大屏幕上闪烁着网络链接中的众多节点,显示屏每隔几分钟自动刷新,实时展现网络系统的工作状态。常常用不同的颜色与参数变化等信息表示网络各部分的工作状态,例如用绿色表示正常,当节点或链路变为黄色或红色时,表示有次要或主要的报警(具备自动修复功能的网络管理系统,可在无须人工干扰的情况下修复故障从而使颜色变回绿色)。管理者通过自动或人工干预的方式监控网络并通过各种措施保证网络始终处于良好的运营状态。

通过以上描述可知,网络管理是指对网络的运行状态进行监测和控制,使其能够有效、可靠、安全、经济地提供服务。网络管理包含两大任务:一是对网络的运行状态进行监测;二是对网络的运行状态进行控制,对故障进行定位、隔离和修复。通过监测可以了解当前网络工作状态是否正常,是否存在瓶颈和潜在的危机;通过控制则可以对网络状态进行合理调节、配置与优化,以稳定或改善性能,保证服务质量。任何持久性报警都是网络运营中心最关注的,对它的响应、隔离、定位乃至修复能力常常成为衡量网络管理系统的重要指标。

网络管理的对象涉及计算机网络的各个层面,主要有以下四类。

(1) 网络设备:主要指计算机网络中的主机(服务器)、交换机、路由器、网关、网络接入设备(如AP)以及相关业务的控制装置(如防火墙、入侵监测系统)、电信网络等的转接开关等,评价指标通常包括流量、利用率等。

(2) 网络传输系统:涉及网络传输的介质(如光缆、双绞线)以及相应的传输控制设备,评价指标通常包括网络带宽、延迟、抖动、链路利用率、可靠性等。

(3) 网络控制系统:即用于实现网络稳定运行或子网间协同工作的控制系统,多指软件,涉及算法、工具、措施与方案等,评价指标往往受网络传输系统的指标牵引。

(4) 网络业务应用与服务:主要指网络上运行的各种业务应用程序,对用户而言就是服务,评价指标通常包括某项应用需占用的流量等。

网络管理是通过一系列的模型、软件、硬件及相关算法和工具来监测和控制一个计算机网络,以使用户获得期望功能和性能的过程。这一过程通常包括数据收集(自动或人工方式)基础上的数据处理,设备与网络系统状态报告生成与提交。也可能还包括分析数据并提供解决方案,甚至在不打扰管理者的情况下自动处理某些情况。不论是实施何种管理,都应该根据网络系统的流量情况和用户在不同时期的需求,清晰地定义网络管理的处理流程,在故障的记录、

上报与解决等各个环节都有明确的处理原则。不仅应动态地对各个路由器、防火墙及交换机实施单点监控,还应动态管理全部资源,针对网络、系统、应用、数据库等各个层面实施统一且完备的管理。

网络管理主要根据网络状态信息来实施。一般来说,网络的状态信息涉及静态信息、动态信息与统计信息等三种类型的信息。静态信息包括设备的最大容量、位置、所属用户、子网等,动态信息包括数据包的吞吐量(发送率、接收率)、可用性、响应时间、精确度、利用率等,而统计信息则包括平均带宽、传输率以及涉及网络安全的有关监测参数等。

按照过去狭义的理解,内涵上的网络管理通常指网络设备与网络传输层面的管理,但今天趋向于认为网络管理应该包括上述四个层面的内容,它们之间互为依托并且相互作用。在过程和序列上,网络管理亦从运营、管理与维护,拓展到运营、管理、维护与供给(Operation, Administration, Maintenance and Provisioning, OAM&P)。近年来,随着认识的加深与实践产生的需求,又追加了故障诊断与修复(Troubleshooting),OAM&P逐渐演变成OAMP&T。

1.3 网络管理需求与目标

网络管理的目标就是对网络资源进行合理的分配和控制以满足网络运营商和用户的需求,使网络资源得到充分、有效的利用,并提供稳定、可靠和安全的服 务。实际上,网络管理涉及三大方面,即网络、系统和服务。我们将网络管理定义为管理包括节点和链接的网络,将系统管理定义为管理系统的资源,如CPU使用率、磁盘使用情况以及与应用有关的进程管理,而将服务管理定义为给客户端提供的服务,它是网络管理和系统管理的扩展。

随着计算机网络规模愈来愈大,类型越来越多,应用越来越广,网络管理正在呈现与传统网络管理大不一样的局面:一方面,网络的经济效益越来越依赖网络的有效管理,网络管理的功能也越来越多,越来越强,复杂程度越来越高,如何使网络针对故障和灾害有更强的抵御能力和一定的自愈能力与自适应能力呢?另一方面,网络设备、系统及其软件尚缺乏统一的标准,产品规格不统一,无法用传统的、手工的方式实施管理。如何通过先进的网络管理平台、工具与措施,满足网络管理的可用性、可靠性、安全性以及开放性、经济性等诸多目标呢?

1. 网络可用性

网络可用性是最基本的需求,包括网络设施的可用性与网络服务的可用性,可以通过等级来刻画网络所能提供的服务及服务质量等级。

2. 网络可靠性

网络可靠性也是最基本的需求，也是提供网络可用性的基础，其实质是确保网络尽可能长时间地正常运行，并针对各种故障提供抵御与修复能力，即使有故障发生也能实现平滑降级，即以较低规格提供网络服务，不至于让故障导致灾难式的系统崩溃。

3. 网络集成性与开放性

网络是一个集成系统。例如，互联网就是由大小不同、功能各异的网络通过路由器与交换机互联起来的。网络运行过程中内外因素经常变化，要使网络配置能随着网络规模增减与设备状态变化进行动态调适，必须有足够的手段支持这些调整或改变；另一方面，当今形形色色的网络互联在一起，电信网、电视网与互联网三网合一进程正在加速推进，网上业务综合化正在变为现实，开放性成为网络的基本特征。

4. 网络安全性

网络安全是网络管理最重要的工作之一，它涉及网络设施安全与资源（含数据）安全、网络传输安全以及鉴权认证体系等方面的内容。

5. 网络经济性

网络系统的运行、管理与维护很大程度上是一种经济行为，这就要求一方面要有明确的预算与资源计划；另一方面，需要尽可能降低相关费用，取得高的性价比。

应该指出的是，任何好的技术，都有可能导致好的或不好的结果。一个功能强大的网络管理系统若用得好，就是实现管理目标的好工具；但若用得不好，则可能把网络“管理”得效率低下，甚至无法提供最基本的服务。

1.4 网络管理内容与功能

国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）将网络系统管理功能划分为五个功能域，即故障、配置、计费、性能以及安全（Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security, FCAPS）。它们分别完成上述五种不同的网络管理功能，这五种功能也就构成了现代网络管理体系结构的基础和框架，ISO 以及其他国际标准化组织所制定的网络管理标准与规范基本上也是围绕这五个功能域而展开的。

1.4.1 故障管理

故障管理 (Fault Management) 是网络管理的首要也是最基本的功能, 它包括故障检测、故障隔离、故障诊断和恢复等工作, 其目的是保证网络能够提供连续可靠的服务, 有时亦称维护管理。当网络中某个组成部件失效时, 网络管理器系统必须迅速查找到故障位置并及时排除。网络故障的产生原因往往相当复杂, 通常不大可能迅速隔离某个故障, 特别是当故障是由多个网络共同引起的。在此情况下, 一般先将故障修复, 然后再分析网络故障产生的原因。分析故障原因对于防止类似故障再次发生相当重要。

大体上, 网络故障管理包括故障检测、隔离和纠正三方面, 具体包括以下典型功能。

1. 故障监测与报警

通过轮询/探测设备状态, 或者接收被管设备的告警通知, 及时获知故障信息并形成故障检查日志。

2. 故障信息管理

依据故障检查日志, 形成故障分析报告, 建立有关档案并形成故障检测的行动方案提交给管理者。

3. 故障诊断测试与分析

根据系统提供的相关工具开展一系列的测试与诊断工作, 直至完成故障的溯源、定位与梳理辨认, 根据已有经验与故障描述给出故障解决候选方案。

4. 纠正故障

隔离并排除故障, 形成故障发生/修复日志及统计分析数据; 遇到无法解决的故障, 及时上报并中止相关部分功能或根据需以以降低规格运行。

网络故障检测依据对网络组成部件状态的监测。不严重的简单故障通常被记录在故障日志中, 并不作特别处理; 而严重一些的故障则需要通知管理者, 即所谓的“告警”。管理者应根据有关信息对警报进行相应处理并排除故障。当故障比较复杂时, 管理者应执行一系列诊断测试来仔细辨别故障原因。

故障管理是网络及相关应用服务性能保证的重要支撑, 也为网络可用性、可靠性与可生存性提供了重要的保证。

1.4.2 配置管理

众所周知, 计算机网络是由各种设备经交换机、路由器等网络设备相互连接而成的, 网络设施和设备连接形成网络的逻辑结构和物理结构。配置管理

(Configuration Management) 为辨别、定义、控制和监视网络中各对象提供了必要的相关功能, 目的是实现某个特定对象的功能管理或使网络性能达到最优。

具体而言, 配置管理包括以下内容。

1. 网络配置信息的定义

涉及网络设备与相关资源的命名、状态定义与参数设置以及明确网络互联关系等。

2. 管理对象信息的收集与报告

网络的成员多且物理上散布在各处, 地理上可能相距甚远, 实时、准确地收集信息成为一种基本需求。一个先进的网络管理系统应该具备信息自动收集的功能。

3. 管理对象信息的一致性检查

网络的规模动态变化性以及扩展性特征使得一致性检查成为确保网络稳定运行的重要基础, 其中特别是路由器的配置信息应是始终一致的。

4. 网络的启动、终止和维护

涉及网络与网络设备初始化、启动、关闭以及网络设备安装、调试与维护(参数调整、一致性维护)、更新和优化等。

配置管理还包括配置操作日志的记录与管理, 它是实现科学管理和精确管理的基础。此外, 网络处在一个不断变化的环境中, 不仅仅是用户数量的增加、网络规模的扩大, 还包括网络应用业务的拓展, 因此, 配置管理应满足不同层级、不同规格的调整或改变。随着软件定义网络 (Software Defined Network, SDN) 技术日渐成熟, 自适应的、智能化的配置管理令人期待。

1.4.3 计费管理

计费管理 (Accounting Management) 目的是控制和监测网络操作的费用和成本代价, 通过量化手段评估网络资源的消耗。在网络资源与设施有偿使用的前提下, 计费管理实时统计哪些用户利用哪条通信线路传输了多少信息, 访问了何种网络资源, 核算出用户需要支出的费用, 这对一些公共商业网络尤为重要。计费管理经常与计账 (Billing) 管理混用, 计费管理还有更广的含义, 涉及如何提高网络资源与应用服务的成本效益率; 面向用户提供更精细化的服务, 包括对网络欺诈与网络服务盗用等的监测等。

计费管理的主要功能包括以下几方面。

1. 计费数据采集

及时而准确的数据采集是完成计费管理的必要基础, 特别是需要在不影响

正常工作前提下完成数据采集与统计。

2. 计费数据管理与维护

计费管理同时也是一个人机交互过程,需要提供用户友好的界面与支撑环境,以便于费用及成本的计算、统计与显示,包括在线与离线两个环节。

3. 计费标准和政策

计费管理过程也是一个执行计费政策的过程,需要提供相应的计费标准,既是系统运行管理的需要,也为用户的查询、比较和选择等提供必要的支持。一种错误而狭隘的观点是把计费管理简单地视作计账管理。

4. 数据统计、分析、查询与审计

根据统计数据模型、相关计费政策与标准,及时统计资源消耗累积费用,计算系统与用户的各种统计信息及开支信息,方便各类用户查询,同时为网络安全、稳定运行提供决策支持。计费管理帮助网络管理员掌握各类用户可用的费用额度,弹性控制用户占用和使用的网络资源,改善网络资源与服务的使用效率。审计正在成为计费管理重要的一环,对于提高计费的准确性、加强计费与资金监管具有重要的意义。计费管理与网络服务之间的界限有时可能也是模糊的。例如,用户预购服务的金额用完之后,也就意味着网络服务的中止。此时计费管理也就视作网络服务本身的一部分。

除了从管理功能角度外,还可以从其他角度和维度来梳理网络管理的内涵。例如从系统的角度而言,涉及各种层级、各种类型的系统和工具(如网络管理平台、网络流量探测器、入侵检测系统、性能分析与可视化系统、警报管理系统等),还涉及相关的支撑性软件和工具,如任务分派系统、 workflow 管理系统、数据库管理系统等,它们需要在管理者的统一协调与调度下进行工作。

1.4.4 性能管理

性能管理(Performance Management)是对网络设备、系统及应用的日志文件、性能数据以及网络要素的有效性进行分析和评估,提交系统的性能评估报告。性能管理涵盖网络信息的收集、分析和处理等一系列活动,其结果会触发某个诊断测试过程或重新配置网络及设备,以获得预期的网络性能。

性能管理的典型功能包括以下几方面。

1. 性能监控

网络的组成对象种类与参数异常繁多,涉及接入终端、互联设备、传输媒介等,而性能参数包括流量、利用率、丢包率、缓存容量等,实时采集性能数据并完成实时监控常常是一件难度很大的工作。