



国外经典教材

PEARSON
Addison
Wesley

Network Management Principles and Practice

网络管理

[美] Mani Subramanian 著
王松 周靖 孟纯城 译



清华大学出版社

国外经典教材

网 络 管 理

[美] Mani Subramanian 著

王 松 周 靖 孟纯城 译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地阐述了网络管理技术基础知识,如主要联网设备、网络管理协议和网络监视工具等。同时也涉及最新的网络管理技术,如事件关系、服务质量等,既照顾到了网络管理知识的全面性,也对重要内容进行了适当深入的讲解和论述。

本书既适合做计算机专业本科网络建设和管理专业教材,也适合对网络管理技术感兴趣的自学者。

EISBN: 0-201-35742-9

Network Management Principles and Practice

Mani Subramanian

Copyright © 1995 by Mani Subramanian

Original English language edition published by Mani Subramanian

All right reserved.

For sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

仅限于中华人民共和国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区）销售发行。

本书封面贴有 Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号:图字 01-2003-0862 号

图书在版编目(CIP)数据

网络管理/(美)萨伯拉曼尼安著;王松,周靖,孟纯城译.

—北京:清华大学出版社,2003 (国外经典教材)

书名原文:Network Management Principles and Practice

ISBN 7-302-06393-1

I. 网... II. ①萨... ②王... ③周... ④孟... III. 计算机网络—管理—教材

IV. TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 018829 号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.com.cn>

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:彭克里 李宝胜

印 刷 者:中国科学院印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:33.25 字数:770 千字

版 次:2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06393-1/TP·4829

印 数:0001~4000

定 价:69.00 元

前言

改变网络管理在学术届的角色

假设你此时正带领一组工程师开发一个应用软件，为高速绘图仪提供复杂的网络打印服务。再进一步假设用于开发该软件的 LAN（局域网）很不稳定，导致工程师们一旦碰到断网的情况就产生挫折感，向你抱怨信息技术（IT）部门的服务不尽人意。IT 部门的管理人员和工程师们都认为错在对方。这种实际情况下，日常活动离不开网络的双方都没有解决问题的根源。对双方而言，没有谁对谁错，因为他们对联网工具和网络管理一无所知，但你被认为是解决这一问题最合适的人选。

主修网络与电信专业的研究生（甚至经验丰富的研究生）刚开始参加工作时，缺乏实际经验的例子并不少见。为弥补这一不足，把网络管理纳入正规的大学课程显然是必要的。本书的目的是提供大量的背景知识，教你如何着手解决前文所述的类似问题。

如今，几乎所有公司，无论是上市公司，还是私营企业，都在他们的联网环境中配置了局域网（LAN）。Internet 近年来爆炸性的增长，可谓有目共睹，上网手机已逐渐“飞入寻常百姓家”。这些设备都必须通过服务提供商的集中式网络运行中心来管理。

在此之前，信息技术服务中，网络、系统和应用管理所涉及的技术细节一直是电信和网络行业与标准化组织的事。学术届只是通过设立协议标准的方式来参与标准的制定。Internet 的普及、网络计算机与上网手机相关技术的不断涌现，迫切需要对网络管理（其中要包含学术性研究成果）提供科学的方法。

网络管理教材的构思

启动网络管理项目的第一步是开设一门网络管理课程。通过调查，我发现现有的教材（课时安排为 3 个月或 6 个月）都是很好的专著，尽管如此，但没有一本适合我讲授的课程。原因是大多数人学习网络管理是为以后的工作打下基础，因此以专家为目标对象的这类书虽然有深度，但涉及主题较少。我们迫切需要一本合适的网络管理教材。

本书针对管理网络、系统、应用和服务，全面概述了网络管理原理、实践及技术。与此同时，本书很好地平衡了网络管理的理论与实践之间的关系。对于“实践”，我们提供了大量的实例。如果说“一图胜千言”，那就可以说本书包含的“言”远远超过了上百万句！正如程序设计课程需要大量练习题一样，本书也不例外，同样提供了很多练习题。

内 容 要 点

本书共 3 部分。第 I 部分提供了网络与联网技术的背景知识；第 II 部分介绍了网络管理的结构与协议；第 III 部分则把重点集中在用于监视和管理网络、系统、应用和服务的工具与系统上。本书最后还讨论了最新的管理技术——基于 Web 的管理。

第 I 部分共有两章。第 1 章概述了联网和网络管理，不仅提供了丰富的背景知识，还有效地刺激了学生们的求知欲望。第 2 章概述了联网技术，更重于其管理方面的问题。注意，阅读这一章之前，学生需具备一些基本的数据通信概念。对教师来说，第 2 章可考虑略过不讲，或选讲部分内容。第 II 部分和第 III 部分会涉及到这一章的内容。

第 II 部分由第 3~11 章组成。第 3 章针对构建各种网络管理结构和协议所需要的标准、模型及语言，全面概述了相关的基本知识。第 4~8 章针对管理 TCP/IP 网络的基于 SNMP 的协议，进行了详细介绍。第 4 章和第 5 章专门讲解 SNMP (version 1) 的概念及其在网络管理中的应用。第 6 章和第 7 章描述了 SNMP version 2 和 version 3 定义的新规范。第 8 章则对网络管理的概念进行了延伸，讲述如何进行远程管理。

随着宽带通信的普及，电信与计算机通信之间的界限越来越模糊。第 9 章探讨了 ATM 技术对宽带网络管理的影响；第 10 章重点介绍了家庭用户宽带接入网络的技术，同时介绍了一些对新兴访问技术的管理。第 11 章对管理概念进行了延伸，从网络元素的管理，一直到业务管理，这些是电信管理网络 (TMN) 部分着重强调的主题。

第 III 部分由第 12~14 章组成。第 12 章讨论了联网和网络管理工具，同时还介绍了使用较广的一些网络及系统管理的体系结构和特性。第 13 章则把管理工具和系统（以及第 II 部分所讨论的一些基本原理）应用于故障、配置、性能、安全以及计费管理。第 14 章探讨了基于 Web 管理领域内新兴技术及其对分布式网络管理的影响。

课程安排建议

要在一个学期（特指只有 3 个月学时的学期）内学完本书不太可能。图 P.1 列出了各章内容之间的依赖关系，以便帮助教师合理安排课程——要么将本书用作教材，新开设网络管理课程，要么把它作为数据通信课的辅助教材。附录 B 提供了为这门课设计的项目。

对于已经具备扎实联网知识的研究生，可直接跳过第 2 章“计算机网络技术综述”对于只简要涉及网络元素之 SNMP 管理的公共课，则建议重点讲解第 3~5 章以及第 8 章的 RMON 相关内容。第 12 章和第 13 章有助于学生学以致用，较好地结合理论与实践。

如果想更深入地了解 SNMP，建议重点介绍第 6 章和第 7 章，这两章全面概述了 SNMP version 2 和 SNMP version 3。对于主修通信专业的学生（大多是计算机工程学院的学生），教师还要重点为他们讲解 ATM 管理（第 9 章）和 TMN（第 11 章）。

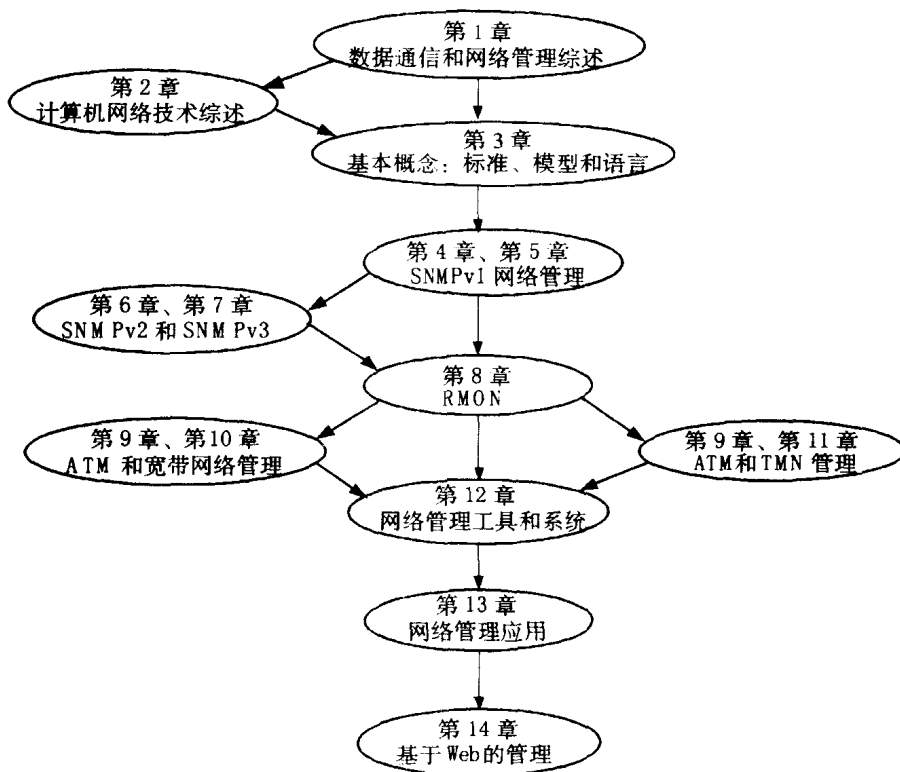


图 P.1 本书学习流程

最后，假如学校有网络管理研究项目，一定要透彻讲解第 13 章的实际应用。此外，还建议教师适当增加一些基于 Web 的活动和分布式网络管理的实习。

教师必读

本书适合用作大学高年级和研究生教材。尽管第 2 章专门对网络技术进行了一番综述，但我仍然假定学生已经具备一定的数据或电信网络知识，或同等的知识水平。

联机教辅：针对各章末尾的练习题，我专门建立了一个网站，提供参考答案。但该网站只对教师开放。详情请联系 Addison Wesley Longman 出版社的销售代表，或致函 aw.cse@awl.com。另外，该网站还提供了一些供教师选用的参考教案（采用 PowerPoint 格式，内含大量要点提示）。

学生必读

本书是网络管理教材。但由于本书提供了丰富的信息，所以也完全可供读者自学参考。除了书中详尽讲述的内容之外，还提供了一系列参考书目，读者可利用这些书更深入地了解与特定网络管理主题。

本书展示了大量最新的网络管理技术以及商业产品。学完本书后，既可胸有成竹地胜任网络管理工作，又可继续深造，从事更专业、更深入的学习和研究。对每位学生来说，一个鼓舞人心的消息是目前已有许多公司和企业逐渐开始承认各大专院校开设的“网络管理”专业。不管怎么说，网络管理专业的学生过去是，今天是，未来更是严重短缺的专业人才。

对于已走上工作岗位的工程师，如果由于工作需要亟须学习网络管理知识，那么也可将本书作为自己的“良师益友”。有条件充分利用网络资源的工程师，可以亲自实践书中的练习题。没有条件访问网络资源而且不知道问题根源的读者则可从本书提供的大量工具和知识受益。

Mani Subramanian

目 录

第 I 部分 背景知识

第 1 章 数据通信和网络管理综述	3
1.1 与电话网络管理的相似性	3
1.2 数据和电信网络	5
1.3 分布式计算环境	9
1.4 基于 TCP/IP 的网络: Internet 和 Intranet	12
1.5 通信协议和标准	16
1.6 联网和管理案例	25
1.7 信息技术管理人员面临的挑战	28
1.8 网络管理: 目标、组织和运作	31
1.9 网络和系统管理	35
1.10 网络管理系统平台	38
1.11 网络管理的现状与未来	38
1.12 小结	39
1.13 练习题	40
第 2 章 计算机网络技术综述	44
2.1 网络拓扑	44
2.2 局域网	47
2.3 网络节点组件	58
2.4 广域网	71
2.5 传输技术	72
2.6 综合服务: ISDN、帧中继和宽带	75
2.7 小结	76
2.8 练习题	78

第 II 部分 SNMP、宽带和 TMN 管理

第 3 章 基本概念: 标准、模型和语言	83
3.1 网络管理标准	83
3.2 网络管理模型	85
3.3 组织模型	87

3.4 信息模型	89
3.5 通信模型	94
3.6 抽象语法定义一: ASN.1	96
3.7 编码结构	110
3.8 宏	112
3.9 功能模型	113
3.10 小结	114
3.11 练习题	115
 第 4 章 SNMPv1 网络管理: 组织和信息模型	117
4.1 被管理的网络: 案例和实例	118
4.2 SNMP 管理简史	122
4.3 Internet 组织和标准	123
4.4 SNMP 模型	125
4.5 组织模型	126
4.6 系统综述	128
4.7 信息模型	130
4.8 小结	165
4.9 练习题	165
 第 5 章 SNMPv1 网络管理: 通信和功能模型	168
5.1 SNMP 通信模型	168
5.2 功能模型	186
5.3 小结	187
5.4 练习题	187
 第 6 章 SNMP 管理: SNMPv2	190
6.1 SNMPv2 的主要改动	190
6.2 SNMPv2 系统结构	191
6.3 SNMPv2 管理信息结构	194
6.4 SNMPv2 管理信息库	217
6.5 SNMPv2 协议	223
6.6 同 SNMPv1 的兼容	229
6.7 小结	230
6.8 练习题	231
 第 7 章 SNMP 管理: SNMPv3	234
7.1 SNMPv3 文档	234
7.2 SNMPv3 文档结构	235

7.3 结构	236
7.4 SNMPv3 应用	240
7.5 SNMPv3 管理信息库	243
7.6 安全性	246
7.7 SNMPv3 基于用户的安全模型	250
7.8 访问控制	254
7.9 小结	259
7.10 练习题	260
第 8 章 SNMP 管理: RMON	263
8.1 何谓远程监视	263
8.2 RMON SMI 和 MIB	264
8.3 RMON1	265
8.4 RMON2	273
8.5 ATM 远程监视	275
8.6 案例分析: 通过 RMON 进行的 Internet 流量监视	278
8.7 小结	280
8.8 练习题	280
第 9 章 宽带网络管理: ATM 网络	282
9.1 宽带网和业务	282
9.2 ATM 技术	284
9.3 ATM 网络管理	293
9.4 小结	314
9.5 练习题	315
第 10 章 宽带网络管理	317
10.1 宽带接入网和技术	317
10.2 HFC 技术	320
10.3 通过电缆传输数据 (Data Over Cable) 的参考结构	326
10.4 HFC 管理	328
10.5 DSL 技术	333
10.6 非对称数字用户线路 (ADSL) 技术	334
10.7 ADSL 管理	340
10.8 小结	348
10.9 练习题	349
第 11 章 电信管理网络	352
11.1 为什么要引入 TMN	352

11.2	运营系统	353
11.3	TMN 概念模型	354
11.4	TMN 标准	356
11.5	TMN 结构	358
11.6	TMN 管理服务结构	363
11.7	TMN 的一个集成视图	364
11.8	实现问题	366
11.9	小结	366
11.10	练习题	368
 第Ⅲ部分 管理工具、系统和应用		
第 12 章 网络管理工具和系统		372
12.1	网络管理工具	372
12.2	网络统计测试系统	387
12.3	企业管理的历史	391
12.4	网络管理系统	392
12.5	商业网络管理系统	399
12.6	系统管理	404
12.7	企业管理方案	405
12.8	小结	406
12.9	练习题	407
第 13 章 网络管理应用		409
13.1	配置管理	410
13.2	故障管理	415
13.3	性能管理	416
13.4	事件关联技术	419
13.5	安全管理	434
13.6	计费管理	448
13.7	报表管理	449
13.8	基于策略的管理	450
13.9	服务等级管理	451
13.10	小结	452
13.11	练习题	453
第 14 章 基于 Web 的管理		456
14.1	Web 接口和 Web 管理	457
14.2	用于 SNMP 管理的 Web 接口	458
14.3	嵌入式 Web 管理	459

14.4 桌面管理接口	461
14.5 基于 Web 的企业管理	464
14.6 WBEM: Windows 管理工具 (WMI)	467
14.7 Java 管理扩展	468
14.8 存储区域网络 (SAN) 的管理: Jiro 平台	472
14.9 未来展望	473
14.10 小结	473
14.11 练习题	474
附录 A OSI 网络 and 系统管理	475
A.1 OSI 管理标准	475
A.2 系统概览	475
A.3 组织模型	478
A.4 信息模型	478
A.5 通信模块	485
A.6 应用程序功能管理	488
A.7 小结	489
附录 B 推荐实习	490
B.1 实习结构和评估	490
B.2 实习	490
推荐读物	492
词汇表	498
缩略语	505

第 I 部分 背景知识

第 1 章概述了计算机、数据、通信及网络管理方面的知识。为了对网络和网络管理有一个广泛的认识，我们从模拟电话网络开始介绍，这种电话网络可提供非常高的质量和可靠性。我们将介绍数据通信和电信之间的关系，这两者之间的差别正在逐渐消失。桌面计算和基于客户机/服务器架构的分布式计算环境的影响，改变了计算机通信。Internet 是覆盖全世界的一种通信结构，我们将要学习和理解如何通过 Internet 在世界范围内传播。同时，本章还将介绍通信协议及与各种标准相关的通信结构方面的基础知识。

这一章对网络管理组件也进行了描述，我们访问了一些网络管理人员，他们强调了网络管理方面的需求。我们还描述了网络运营中心在有效进行网络管理方面的作用，这种管理可以通过在中央位置采用网络和系统管理解决方案实现。

第 2 章主要介绍网络技术。如果您对于联网应用方面非常熟悉，可以跳过该章。如果您已经理解了数据通信的原理，该章将帮您理解数据通信的技术。我们将学习如何在局域网（LAN）和广域网（WAN）中，实现各种拓扑结构。对以太网、令牌环网及 FDDI LAN 的基础网络都从实用的角度进行了描述。其中以太网和 FDDI 是现今的窄带网中得到最广泛应用的两种局域网结构。第 2 章还介绍了基本以太网到千兆以太网的发展历程，也介绍了半双工和全双工的配置。交换式以太网增加了扩展局域网带宽及灵活性的能力。虚拟局域网可以采用交换式以太网集线器实现，它可以灵活地对跨越多局域网的工作站进行管理。我们也将学习各种需要管理的网络组件：集线器、网桥、路由器、网关及协议转换器。我们还会了解关于广域网技术和传输技术。本章主要介绍宽带技术，有关宽带技术细节方面的讨论将在第 9 章和第 10 章中进行，这两章强调了宽带服务的管理。

第 1 章 数据通信和网络管理综述

本章说明了在提供信息技术服务方面，网络管理和系统管理的必要性。我们从计算机通信的历史开始介绍，同时列举一些真实的历史案例，随后对网络管理和系统管理方面进行简单回顾。

人们认为电话系统非常可信，也很可靠。我们可以在一天中的任何时候从任何地点打电话到其他任何地方，我们确信这种通话连接不但可以建立，而且连接的质量也会很好。这可以部分归功于电话网络的有效管理。1.1 节对使用运营支持系统的电话网络的成功管理进行了探讨。

计算机通信最初使用电话网络传送数字数据。传统的电信网络和计算机通信网络之间有明确的界限。早期计算机通信网络的发展将在 1.2 节进行论述。

随着桌面计算的发展和局域网分布式计算环境的出现，计算机通信技术得到了根本的改变，这些我们将在 1.3 节中描述。介绍了基于 TCP/IP 的网络之后，我们通过互联网实现全球通信。本书 1.4 节描述了互联网，随后的 1.5 节探讨了通信协议和通信标准的重要性。

1.6 节和 1.7 节介绍了一些历史案例，描述了信息技术管理者的“战争故事”以及在现今计算机和电信环境中，他们所面临的挑战。并强调了网络管理工具和系统管理工具的重要性。1.8 节介绍网络管理所包含的操作系统、管理、维护以及供应几个方面。工程部、运营部以及安装和维护部（I&M）这 3 个部门将分别完成上述功能。1.9 节重点介绍了网络管理系统和各网络组件间的关系。除网络组件外，应用程序系统的资源也需要进行管理。这些将是 1.10 节的主题。

网络管理技术随着网络和软件技术的不断发展，也处于不断进步的模式之中。1.11 节将描述未来网络管理技术发展方向。

1.1 与电话网络管理的相似性

对于数据或计算机通信网络管理的需求，我们最好运用与之类似的电话网络管理进行说明。电话网络的高度可信性通过下面范例可以得到证实。我们拿起电话，可以在世界的任何地方、任何时间、拨叫任何用户，并且相信电话将肯定会接通目的地。电话网络非常可信也很可靠，它的连接质量和速度也很好（尤其是美国国内的电话）。由于电话总能提供我们所需的语音连接，所以电话值得信任。由于我们确信电话在需要时能够正常工作，所以电话也很可靠，特别是一些紧急电话（比如 911）和军事防卫场所的电话。服务质量一般来说很好，当我们打电话到邻国，就可在世界范围内进行同样清晰的通话。

电话网络获得如此高的可信度、可靠性和高质量的原因，不仅仅是仔细规划、仔细

设计以及采用优质可信赖网络组件实现电话网络就可以达成的。关键的原因在于网络的管理和操作。大多数网络管理很好地实现了自动化，这种管理已经成为运营的一部分。让我们先看一下电话网络的结构，再看一下对电话网络进行管理的一些运营支持系统。

电话网络采用分级结构，如图 1.1 所示[AT&T 1977]。该结构中有五级网络交换机，以及连接这些交换机的 3 类干线。干线是在两个交换机间提供一组或多组物理连接的逻辑链路。5 类终端局（在分级中处于最低的位置）是本地的交换局。用户的电话或 PBX（分支交换机）可以通过一个称为环路的专用链路连接到终端局，PBX 可以在用户设定的情况下进行交换。其他四级交换机（四类到一类）是收费交换机，它们承载长距离的收费电话。长途直拨（DDD）网络允许我们直接拨打长途电话，而不需要操作员的帮助，该网络包含 3 种传输干线。一根直接干线连接双方的终端局，一条收费连接干线将终端局连接到任何收费局，一根收费（内部的）干线连接任意两个收费局。

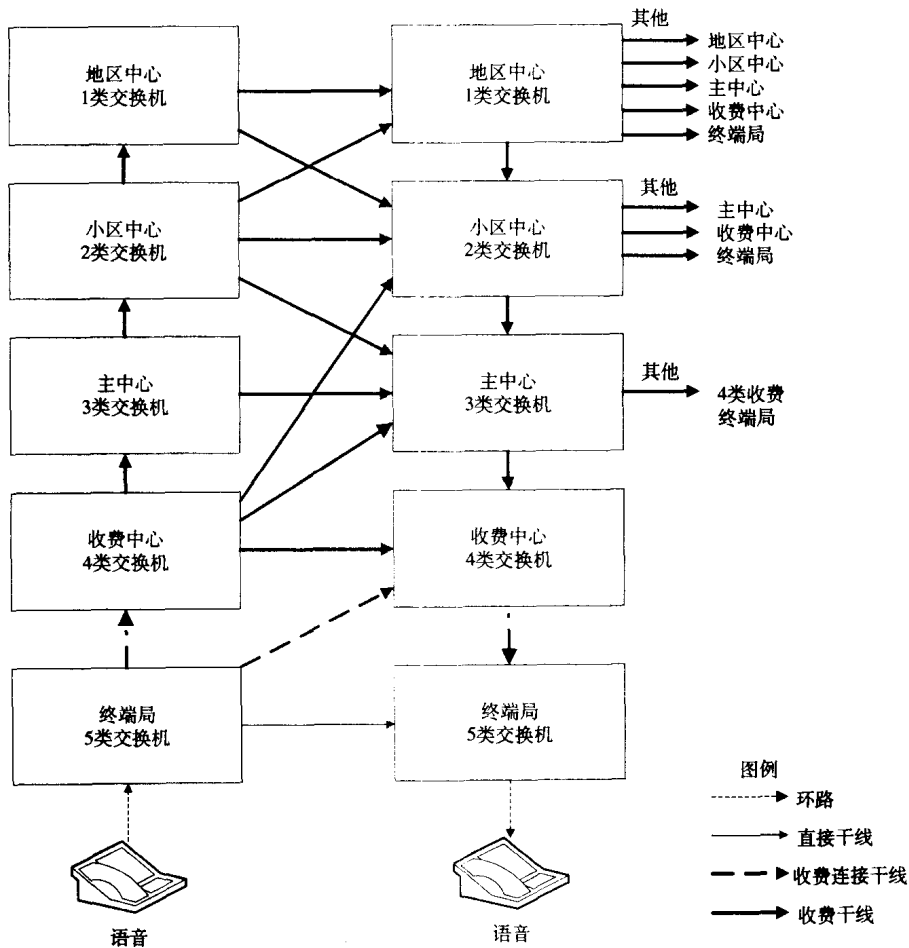


图 1.1 电话网络模型

本地的 5 类局到被叫方的 5 类局之间有多种路由。电路连接既可以通过本地干线建立，也可以通过高级的交换机和路由建立。主路由和次路由已经在交换机中进行编程了。

如果主路由失效或者主路由中的设备容量达到极限,将会自动分配另一条路由。例如,在母亲节(这是一年中电话通信最繁忙的一天)这天,如果有足够的通话带宽,打到临近城镇的电话将在地区间来回传递。我们知道,美国东海岸和西海岸之间有3个小时的时差,西海岸开始的通话比东海岸开始的通话要迟3小时。

运营支持系统可以确保电话网络中的服务质量,他们经常监视网络的各种参数。例如,为了确保有合适的带宽承载通过这些设备的通信量,流量测试系统要不断测量通过交换机的通信量。测量结果的分析有助于进行通信设备的规划,当任何连接出现极端拥塞时(通信量超出了干线组的承载能力),该系统也提供了对网络管理系统的实时输入功能。

通话质量用信噪比(S/N)来测量,可通过干线维护系统进行有规律地测量。该系统在晚间可以访问所有的局内干线,并对远端进行回环测试。测试结果将在早晨进行分析,在需要的时候会采取一些修改措施。例如,干线的信噪比低于设定的许可标准时,在让用户体验到该干线糟糕的性能以前,该干线已经停止了服务。

特定的地区会有网络运营中心(NOC),该中心监视网络的整体状态。并对流量模式进行持续的观察,在需要时,可以对运行采取实时的修改。NOC是电话网络运行的神经中枢。

值得关注的是,电话网络是从用户的角度进行管理,而不是由系统或服务供应商进行管理,即便这两者目的相同。因此,出于对用户的重视,运营上的首要目标是恢复服务,然后是服务的质量和经济方面。由此以来,通过手动或自动的方式隔离故障并提供替代的服务方式,要比排除故障重要得多。

为了远程管理网络,也就是说通过中央位置监视和控制网络组件,需要在构建网络组件的时候考虑网络管理功能。从这种意义上说,网络组件的设计应该将网络管理功能作为部分需求和规范予以考虑。

然而计算机通信网络不像电话网络那样的成熟。数据通信技术仍在发展,而且与电话技术不断融合。此外,计算机和现代电信网络比老式电话服务(plain old telephone service, POTS)要复杂一些。所有这些网络的管理和运行技术仍然在开发。另外,全球的电话行业(尤其在美国)已经形成垄断,只有单一的供应商。自从1996年通过了联邦电信法规[Clinton 1996]以后,这种情况已不复存在了。相反,计算机通信开始作为私营行业发展,因此出现了多个供应商。不幸的是,由于不同供应商提供的网络组件不能很好的互通,为用户带来了很多的问题。处理这些问题是网络或信息系统管理员的职责。这种情况已经被各种行业组织及标准化组织认识到,这些组织正在积极地寻求解决方案。

1.2 数据和电信网络

网络通信技术涉及了电子工程理论、计算机工程、计算机科学,以及用于网络的各种通信类型的应用程序。网络通信技术也强调了通过局域网、交换机和专线对数据库和应用程序的远程访问。基础网可以看作互联的节点和链路,如图1.2所示。链路将承载信息通过一个节点传递到与它直接相连的另一个节点。节点可以表现为端节点(“源”或