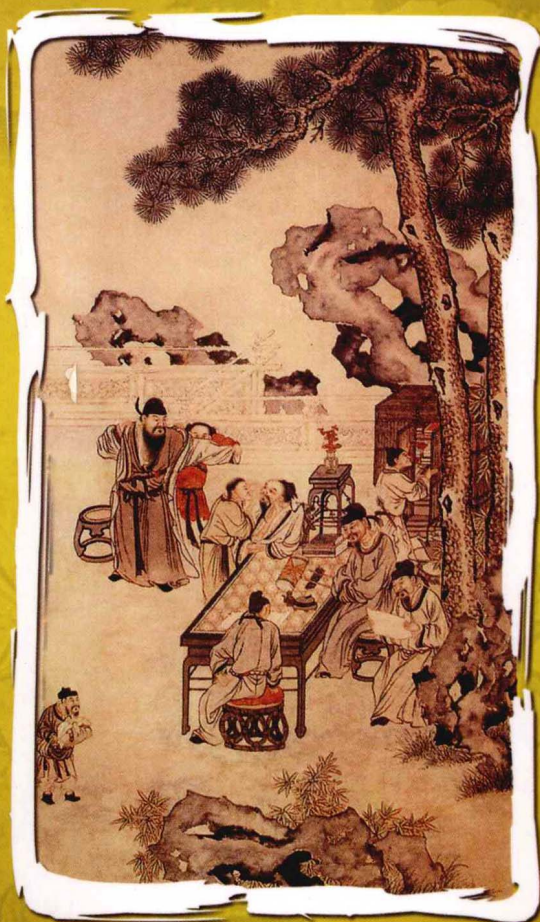


TURING

高等院校计算机教材系列

网络管理原理及技术

李文璟 王智立 编著



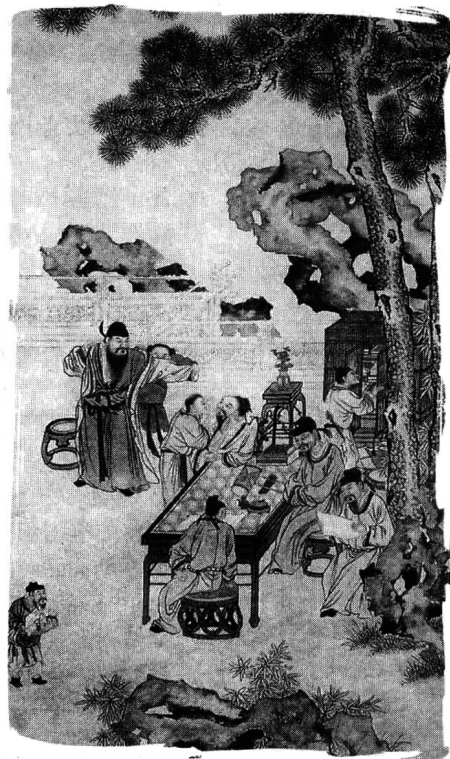
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

高等院校计算机教材系列

网络管理原理及技术

李文璟 王智立 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

网络管理原理及技术 / 李文璟, 王智立编著. —北京:
人民邮电出版社, 2008.8
(高等院校计算机教材系列)
ISBN 978-7-115-18374-3

I. 网… II. ①李…②王… III. 计算机网络—管理—高等
学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091943 号

内 容 提 要

本书从网络组成出发, 以通信网络为重点, 全面介绍了网络管理的原理、技术与应用, 包括网络与网络管理简介、网络管理功能、基于TMN的网络管理体系结构、网络管理信息模型、网络接口技术及测试技术、CORBA技术在网络管理中的应用、XML技术在网络管理中的应用、网络管理系统开发过程及平台等内容。全书以现代网络管理系统和网络管理技术为背景, 力求能够反应近年来国内外网络管理的发展状况和应用实际。

本书适合作为高等院校相关专业网络管理课程的教材, 同时也为从事网络管理实践的专业人员提供了很好的技术指导与帮助。

高等院校计算机教材系列

网络管理原理及技术

-
- ◆ 编 著 李文璟 王智立
责任编辑 杨海玲
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 20.75
字数: 490千字
印数: 1~4000册
 - 2008年8月第1版
2008年8月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-18374-3 / TP

定价: 39.00元

读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

网络管理的思想是随着网络的出现而出现的。虽然在原始的手工接续电话的时代,也蕴含着朴素的网络管理思想,但这种网络管理不能与现代意义上的网络管理相提并论。随着网络规模的扩大和计算机技术的迅速发展,网络管理逐渐向自动化、智能化方向发展,并且受网络运营商重视的程度也越来越高。从20世纪90年代开始,国际上的各个研究组织、生产厂商、科研院校等就开始对网络管理进行理论方面的研究,提出了网络管理理论,相应的管理技术和管理系统也在不断地发展。

经过近20年的发展,在理论上,已经建立了较为完善的网络管理理论体系;在实践中,网络管理已经成为现代通信网中必不可少的组成部分。管理网、信令网和同步网已成为现代通信网络中的三大支撑网络,并发挥着越来越重要的作用。了解和掌握网络管理原理和技术是了解和掌握现代通信网络必不可少的一个环节。

北京邮电大学从20世纪90年代开始,就率先在研究生中开设了网络管理课程,经过多位老师的摸索和积累,逐渐形成了一套较为完善的课程体系。本书便是以作者多年来为研究生讲授网络管理课程的讲稿为基础,参考国内外最新的标准、专著等资料,经过多次修订后完成的。

学习网络管理课程可以使计算机和通信专业的学生掌握网络管理的原理和技术,为他们在后续的学习和工作中奠定相应的基础。本书可以作为计算机和通信专业本科高年级学生或研究生的必修或选修课程的教材,也可作为通信工程技术人员的参考书。

全书分两部分共8章,前5章为第一部分,主要讲授网络管理基本概念、发展历史、管理功能、体系结构、信息建模方法等原理;后3章为第二部分,主要讲述网络管理相关的接口技术、系统开发平台和工具等。其内容以现代网络管理系统和网络管理技术为背景,力求能够反应近年来国内外网络管理的发展状况和应用实际。其中,第1章全面概述了网络与网络管理的概念,从3个方面介绍了网络管理的发展历史;第2章讲述了网络管理系统应当向用户提供的基本管理功能;第3章从3个方面讲述了网络管理的体系结构;第4章讲述了网络管理信息建模方法,并介绍了一些常用的管理信息模型;第5章讲述了目前在网络管理接口中使用的几种常用技术和相关的接口测试方法;第6章介绍了近年来在网络管理领域得到广泛应用的CORBA技术的基础知识及其在网络管理中的应用;第7章介绍了近年来在网络管理领域得到广泛应用的另一种技术——XML技术的基础知识及其在网络管理中的应用;第8章简单介绍了网络管理系统的一般开发过程,以及一些重要的网络管理系统的开发平台。

需要注意的是本书重点在于对网络管理原理和技术的讲解,不涉及具体的网络管理操作细节。本书内容既适用于对计算机网络的管理,也适用于对电信网络的管理,但在讲解过程中,偏重于使用电信网络作为示例。

课程目的

通过学习本课程,可以使同学们掌握网络管理的基本概念、名词术语和管理原理,了解网络管理的发展历史和发展特点,掌握网络管理系统功能及管理接口的设计思路和设计方法,掌握网络管理信息模型的抽象方法,了解一些通用的网络管理信息模型,了解网络管理系统的开发过程和开发工具,可以根据网络运营商的要求对网络管理系统进行基本的设计等。

本书特色

- 本书根据教学的特点,力求将理论知识“讲明”、“讲透”,并紧密结合现网实践经验,同时留出需要学生思考的空间,既满足专业的教学需要,又着重强调应用能力的培养,将网络管理理论与网络管理实际应用有机结合起来。
- 本书根据读者的认知路线以及网络管理的发展演进规律来进行内容的编排,分为网络管理原理和网络管理技术两部分。在原理部分,首先介绍了网络与网络管理的含义,以及网络管理的发展历史,然后按照从对网络管理的感性认识(管理功能)到理性认识(体系结构),从系统整体认知(管理功能和体系结构)到细节掌握(管理信息模型和管理接口)等思路,对网络管理的各个方面进行了阐述,有利于读者对网络管理原理的整体掌握和细节的了解。在网络管理技术部分,首先详细讲述了目前在网络管理领域广泛应用的两类技术——CORBA技术和XML技术,然后讲解了网络管理系统的开发工具和过程,使读者对网络管理的实践技术和方法有整体把握。
- 本书注重内容的先进性以及与实践的密切结合,在讲解过程中,有机结合现网中具体的网络管理案例,引导学生将理论知识与实际应用结合起来,激发学生的学习热情和兴趣。

教学方法和教学形式

以课堂讲授为主,可以结合实际管理系统的演示,有条件的可以参观现网中运行的网络管理系统,也可以在课堂上演示网络管理的Demo系统。在课程期间,可以做一两次课程练习,让同学们自行设计网络管理系统的某些方面,如管理功能的设计、管理接口的定义、管理系统建设方案的设计等。通过课堂练习,激发学生学习和参与的积极性,这样有利于将理论与应用有机结合起来。

课程教学要求

- 熟练掌握(要求学生能够全面、深入理解掌握所学内容,并能够应用所学内容初步分析和设计与内容相关的应用问题,能够举一反三):网络管理功能、网络管理体系结构、网络管理建模方法、CORBA技术及其在网络管理中的应用。
- 掌握(要求学生能够较好理解和掌握所学内容,并能够进行基本的分析和判断):基于SNMP技术的网络管理接口、XML技术及其在网络管理中的应用。
- 了解(要求学生能够一般了解所学内容):常见的网络管理信息模型(包括配置模型和性

能参数)、管理接口测试技术、管理系统的开发平台和开发过程以及网络管理的新发展(如NGOSS、ITIL等)。

学时分配建议

本课程建议32学时,学时安排建议如下表。

课程内容	学 时	备 注
引言(含网络管理概念、网络管理发展历史、相关标准化组织等)	2	
网络管理基本功能	4~6	
安排网络管理系统的参观或演示		
基于TMN的网络管理体系结构	2	可在其后安排练习1
网络管理信息模型	4	
网络管理接口技术	4	
CORBA技术在网络管理中的应用	6~8	
网络管理系统的开发过程和常用工具	2	可在其后安排练习2
网络管理的新发展	2~4	如NGOSS、ITIL等
课程练习1:安排学生分组设计某网络管理系统的基本功能	2	
课程练习2:安排学生分组设计一个基于CORBA技术的网络管理接口(或系统)	2~4	

本书主要由李文璟统编,王智立参与编写。李文璟拟定了编写内容和大纲,编写了第1章至第5章和第7章。王智立编写了第6章和第8章。北京邮电大学孟洛明老师审阅了书稿,并提出了宝贵的意见和建议。北京邮电大学网络管理研究中心的各位老师和同学们在教学和科研上给予我们很大的支持。北京邮电大学研究生2003级、2004级、2005级和2006级的同学,以及北京邮电大学计算机学院2004级和2005级工程硕士班的同学,在上课时给予了合作,并提出了宝贵的意见,在此一并表示诚挚的感谢。

感谢我们的父母和家人,感谢他们一直以来的支持和理解。

限于时间与水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请批评指正,并欢迎大家提出意见和建议,并通过电子邮件(wjli@bupt.edu.cn)与我们联系。

李文璟 王智立
北京邮电大学
2008年5月

作者简介

李文璟 1995年毕业于北京理工大学计算机学院，1998年毕业于北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室，工学硕士。现为北京邮电大学网络管理研究中心副教授、硕士生导师，兼任中国通信标准化协会网络管理技术工作委员会无线通信管理工作组组长。长期从事网络管理方面的教学和标准研究制定工作，负责制定和参与起草了一系列网络管理相关的通信行业标准、国内各大运营商的企业标准等，并有部分标准形成了国际标准，获得信息产业部“向ITU-T提交文稿贡献奖”。

王智立 1998年毕业于西安电子科技大学，2005年毕业于北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室，工学博士。现为北京邮电大学网络管理研究中心讲师，兼任ITU-T SG4 Q10组长。长期从事通信网网络管理、通信软件和网络管理接口测试方面的研究工作，负责向ITU-T提交提案的相关工作，多次参加ITU-T会议，3次获得信息产业部“向ITU-T提交文稿突出贡献”荣誉称号。作为ITU-T SG4 Q10组长，组织和主持了部分国际标准的编制和讨论工作。

目 录

第一部分 原 理 篇

第1章 引言.....2

1.1 网络与网络管理 2

1.1.1 网络..... 2

1.1.2 网络管理 11

1.2 网络管理发展简史..... 12

1.2.1 网络管理体系结构的演变..... 12

1.2.2 网络管理接口技术的演变..... 15

1.2.3 网络管理系统的演变 17

1.3 标准与相关标准化组织简介..... 19

1.3.1 概述 19

1.3.2 标准化组织简介 20

小结 26

第2章 网络管理功能.....27

2.1 概述 27

2.2 配置管理功能 28

2.2.1 配置数据的获取方式 29

2.2.2 配置数据的监测 31

2.2.3 配置数据的处理 35

2.2.4 动态配置管理功能 36

2.3 故障管理功能 36

2.3.1 告警管理功能 36

2.3.2 故障管理功能 42

2.4 性能管理功能 43

2.4.1 性能数据采集基础 43

2.4.2 性能采集管理 48

2.4.3 性能门限管理 52

2.4.4 性能数据管理 60

2.4.5 性能参数定义示例 61

2.5 计费管理功能 63

2.5.1 业务使用数据的测量 63

2.5.2 资费管理 64

2.5.3 账单与收费管理65

2.5.4 企业调控65

2.6 安全管理功能65

2.6.1 网络管理中的安全目标与安全威胁66

2.6.2 安全框架67

2.6.3 安全需求67

2.6.4 安全功能68

小结 71

第3章 基于 TMN 的网络管理体系结构 72

3.1 概述72

3.1.1 TMN的基本思想72

3.1.2 TMN的专题领域73

3.1.3 TMN体系结构的内容74

3.2 功能体系结构76

3.2.1 TMN功能块76

3.2.2 功能参考点77

3.2.3 功能逻辑分层结构78

3.3 物理体系结构81

3.3.1 TMN物理实体82

3.3.2 物理实体间的接口84

3.3.3 逻辑分层结构在物理体系结构中的体现85

3.4 信息体系结构86

3.4.1 信息交互模型86

3.4.2 逻辑分层结构在信息交互模型中的体现87

3.4.3 管理信息模型88

3.5 体系结构间的关系88

小结 91

第4章 网络管理信息模型..... 92

4.1 基本概念92

4.2 被管对象之间的关系.....94

4.2.1	继承关系	94	5.3.4	接口功能一致性测试	189
4.2.2	包含关系	95	5.3.5	接口性能测试	194
4.2.3	其他关联关系及其表示	97	5.3.6	接口测试小结	195
4.2.4	实体-联系图表示	100	小结		196
4.2.5	关系的管理及维护	100	第二部分 技术篇		
4.3	高层通用信息模型	104	第6章 CORBA 技术及其在网络管理中的应用		
4.4	物理设备信息模型	106	198		
4.5	网络逻辑分层信息模型	109	6.1	CORBA的起源及概述	198
4.5.1	网络分层基本概念	109	6.1.1	CORBA的起源	198
4.5.2	层网络及其组件的表示方法	110	6.1.2	CORBA概述	200
4.5.3	网络分层信息建模思路	113	6.1.3	CORBA的应用场合	201
4.6	无连接网络逻辑分层信息模型	120	6.1.4	CORBA规范的发展历史	202
4.6.1	无连接网络的基本概念	120	6.2	CORBA的参考体系结构	203
4.6.2	无连接层网络及其组件的表示方法	121	6.2.1	CORBA调用模型概述	203
4.6.3	无连接网络分层信息建模	123	6.2.2	CORBA的参考体系结构	204
4.7	SDH传送网管理信息模型	127	6.2.3	CORBA的组成部件	204
4.7.1	终端点对象类	129	6.2.4	CORBA对象调用模型示例	209
4.7.2	其他对象类	131	6.3	IDL的语法和定义	210
4.8	第三代移动网管理信息模型	131	6.3.1	IDL中的语法元素	210
4.8.1	WCDMA移动网概述	132	6.3.2	IDL中的数据类型	211
4.8.2	通用部分信息模型	134	6.3.3	IDL语法中的接口	216
4.8.3	接入网管理信息模型	135	6.3.4	CORBA 2.3规范中的值类型	218
4.8.4	核心网管理信息模型	138	6.3.5	IDL接口定义的综合应用示例	219
4.9	IP网管理信息模型	142	6.3.6	CORBA接口的基本开发过程和运行过程	223
4.9.1	路由设备相关的管理信息库	143	6.4	对象管理体系结构与CORBA服务	224
4.9.2	接口组相关的管理信息库	144	6.4.1	OMA模型中的对象组件	225
4.9.3	服务器相关的管理信息库	144	6.4.2	CORBA公共对象服务	225
小结		145	6.5	CORBA技术的特点及CORBA产品简介	238
第5章 网络管理接口及测试技术			6.5.1	CORBA技术的特点	238
5.1	网络管理接口含义	147	6.5.2	CORBA产品	239
5.2	网络管理接口技术	148	6.6	CORBA在网络管理中的应用	240
5.2.1	基于CMIP的网络管理接口	149	6.6.1	CORBA在网络管理中的标准化情况概述	240
5.2.2	基于SNMP的网络管理接口	155	6.6.2	网络管理接口信息模型定义的标准化方法	241
5.2.3	基于CORBA的网络管理接口	168	6.6.3	基于CORBA的网络管理框架简介	246
5.2.4	基于XML的网络管理接口	171	小结		253
5.2.5	接口标准化	172			
5.3	网络管理接口测试技术	172			
5.3.1	ICS文稿	173			
5.3.2	通信协议一致性测试	186			
5.3.3	信息模型一致性测试	186			

第 7 章 XML 技术及其在网络管理中的应用	254	第 8 章 网络管理系统开发过程及平台	288
7.1 XML 概述	254	8.1 网络管理系统开发和建设的过程、特点及要求	288
7.2 XML Schema	254	8.1.1 网络管理系统开发和建设的一般过程	288
7.2.1 模式文档	255	8.1.2 网络管理系统开发和建设的特点	290
7.2.2 命名空间	257	8.1.3 网络管理系统开发的要求	291
7.2.3 内置数据类型	259	8.2 常用开发工具和平台	292
7.2.4 元素	260	8.2.1 常用的 Q3 接口开发平台	293
7.2.5 属性	261	8.2.2 常用的 CORBA 平台和相关工具	294
7.2.6 简单类型	262	8.2.3 常用的 SNMP 开发工具和测试工具	294
7.2.7 复杂类型	265	8.2.4 常用的 XML 开发工具	295
7.2.8 命名模型组	268	8.2.5 其他辅助工具	296
7.2.9 属性组	268	小结	296
7.2.10 符号	269	附录 A 相关网络管理协议的 ASN.1 定义	297
7.2.11 身份约束	270	附录 B 基于 SNMP 的 ICS 文稿示例	303
7.2.12 替代组	271	附录 C CORBA IDL 定义示例及相应的 ICS 文稿示例	305
7.2.13 XML Schema 的扩展机制	273	附录 D XML Schema 定义示例及相应的 ICS 文稿示例	309
7.3 XML 在网络管理中的应用	274	附录 E 缩略词	315
7.4 Web Services 技术	274	参考文献	317
7.4.1 Web 服务概述	274		
7.4.2 Web Services 的体系结构	274		
7.4.3 Web Services 概念栈	276		
7.4.4 Web Services 技术的特点	285		
7.5 Web Services 在网络管理中的应用	286		
小结	287		

Part 1

第一部分

原 理 篇

本 部 分 内 容

- 第 1 章 引言
- 第 2 章 网络管理功能
- 第 3 章 基于 TMN 的网络管理体系结构
- 第 4 章 网络管理信息模型
- 第 5 章 网络管理接口及测试技术

1.1 网络与网络管理

网络是由多个独立的、相互连接的设备组成的，这样的设备称为节点设备。节点设备与连接节点设备之间的线路构成了网络，网络可以向用户提供相应的业务。在网络的正常运行过程中，人们希望能够监测到网络的运行状态；如果网络运行出现了问题，人们希望能够通过灵活有效的方式进行定位和恢复等。这就需要网络管理的支持。简单地说，网络管理就是对网络进行监测和控制。在讲解网络管理之前，我们先认识一下网络。网络管理几乎涉及目前存在的所有网络，涵盖面非常广，本书不可能列举所有的网络，仅对常见的和本书可能涉及的几种网络进行简单描述。

1.1.1 网络

本书既涉及计算机网络又涉及电信网络，目前这两个网络的分界已经越来越模糊，若不特别指明，本书中的“网络”泛指这两种网络。

网络的分类方法有很多，从传输信号的类型划分，可分为模拟通信网络和数字通信网络；从传输介质角度划分，可分为有线网络和无线网络，有线网络又可分为双绞线、同轴电缆、光纤等，无线网络又可分为卫星通信、蜂窝通信、微波通信等；从范围角度划分，可分为个域网（PAN）、局域网（LAN）、城域网（MAN）、广域网（WAN）及因特网（Internet）等^①；从应用角度划分，可分为固定电话网、移动电话网、数据网、接入网等；按网络功能划分，可分为用户驻地网、接入网、传输网、业务网、支撑网等。各种不同的分类方法之间是相互交叉、相互补充的，无论哪种分类方法都很难完整地涵盖所有的网络形态。本书将从网络功能角度对网络进行划分，并对所涉及的几种网络进行简单描述。

从网络功能角度划分，用户驻地网是驻留在用户侧的网络，一般由用户所有；接入网用来连接用户驻地网与核心网（核心网可再分为底层传输网和高层业务网）；传输网是完成信号传输的网络；业务网是向公众提供业务的网络；支撑网是为其他网络（如接入网、业务网和传输网等）

^① 严格来说，Internet和internet是有区别的，internet指的是互联网，即将采用相同或不同技术的两个或多个网络互联起来形成的网络，互联网可大可小；而Internet是特指全世界范围内的互联网，中文译为“因特网”。

提供辅助支持作用的网络。它们之间的关系如图1-1所示。

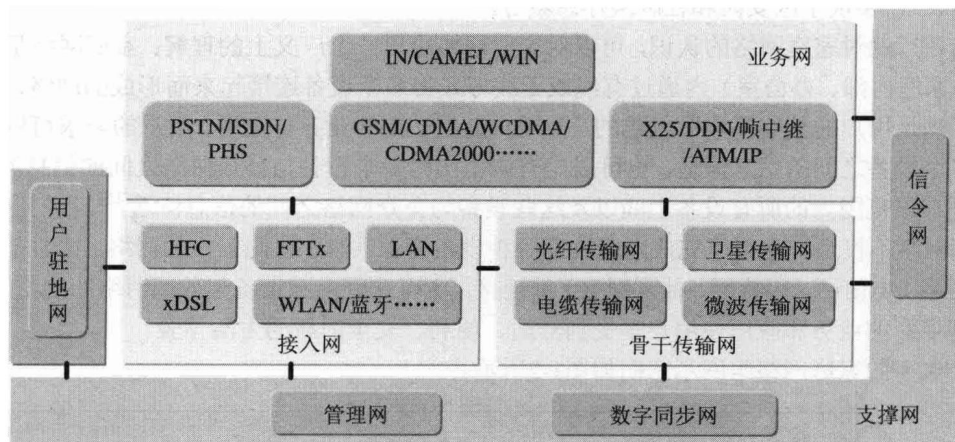


图1-1 网络类型图

下面分别介绍几种常见的网络形态，这些网络形态都属于网络管理所管理的范畴，本书在后续的章节中可能会涉及对这些网络的管理。

1. 家庭网络

在用户驻地网（CPN）中，以家庭网络为例进行介绍。

与传输网、接入网、业务网的研究和发展情况相比，对用户驻地网的研究相对滞后，但随着家庭网络研究的展开和深入，用户驻地网逐步吸引了越来越多的眼球。家庭网络是目前研究领域和市场领域的热点，家庭网络概念的提出涉及了通信、家电、IT、物业等不同行业，而各个行业对家庭网络概念的理解又有所区别。

在通信行业中，对家庭网络的定义是“基于公用电信网络的宽带客户网络”，即“在客户网络内以有线或无线方式将多个设备连接起来、并通过网关将电信网络提供的宽带业务和应用延伸到客户网络范围内的网络。”^[15]

家电业和IT业对家庭网络的定义有两种思路，一种是“家电信息化”，另一种是“信息设备家电化”。无论哪种思路，对家庭网络中的设备定义都为“家庭网络连接的对象即家庭网络设备，包括信息设备、通信设备、娱乐设备、家用电器、自动化设备、照明设备、保安（监控）装置及水电气热表或概称的三表三防设备、家庭求助报警设备等”^[14]，而家庭网络则被定义为“在家庭范围内使家庭网络设备网络化，并运行在统一开放的技术平台上，对内实现设备的互连、互通，对外实现基于公众网络的宽带或窄带应用业务。”在SJ/T 11316-2005《家庭网络系统体系结构及参考模型》中，将家庭网络分为3个主体：主网、控制子网和网关。家庭主网用于传输高速信息（包括音视频信息），带宽要求比较宽，通信模块的成本相对较高；家庭控制子网用于传输低速信息（控制信息），带宽要求比较窄，通信模块的成本相对较低；网关是家庭和外部网络连接的主要管理平台和通道。

社区或物业将家庭网络定位为“智能化小区”和“智能家居”，如对水、电、煤气等实行“集中自动抄表”，实现小区安防和社区医疗急救等。

总结各行业对家庭网络的认识，可以对家庭网络给出一个广义上的理解：家庭网络是在有限范围（如家庭内部、办公室）内通过有线或无线方式将多个设备连接起来而形成的网络，这个网络是为了满足用户的某些需求而组建的，为用户提供一定的业务与应用。用户的需求可以是有限范围内多个设备之间的信息流通，也可以是有限范围内多个设备与公众网络之间的信息流通，甚至可以是有限范围内的所有设备之间以及这些设备与公众网络之间的信息流通^[15]。我们应当认识到，家庭网络不仅是一个为了完成家庭内部各种设备资源共享、协同工作的网络，而且能够通过与外部网络（电信网、因特网、社区网等）的连接，实现家庭内部设备与外部网络间的信息交流，通过丰富多彩的业务和应用使用户享受到舒适、便利、安全的新的生活体验。

一个典型的家庭网络组网示意图如图1-2所示。

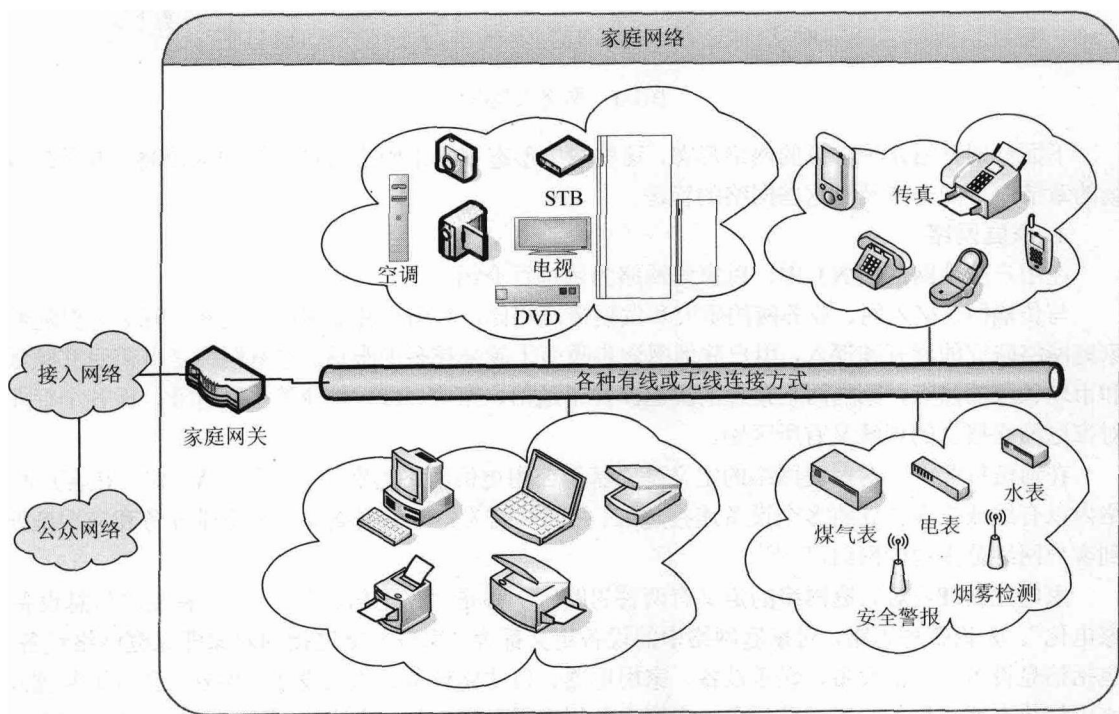


图1-2 家庭网络示意图

在一个家庭内部，可能存在各种娱乐设备（如电视机、DVD、DV等），信息设备（如PC机、笔记本电脑、打印机、扫描仪等），通信设备（如固定电话、手机、PDA、传真机等），家用电器设备（如冰箱、洗衣机、空调等），以及各种水电气和安全仪表。这些家庭网络设备在家庭内部通过各种有线或无线方式连接形成一个网络，并且可以通过一个家庭网关接入到外部的公众网络中，使用外部网络提供的各种宽带或窄带应用业务。

2. ADSL接入网

对于接入网，以ADSL为例进行介绍。

在电话网络中，交换机与用户终端之间的部分为本地回路，一般由双绞线、同轴电缆等组成。这部分传输的是模拟信号，即使在交换机之间早已改为数字传输后，从成本方面考虑，这部分传输的仍然是模拟信号，到交换机之后再转换为数字信号。但随着家庭对数据通信需求的增长（如需要接入到Internet中），则需要通过本地回路来传输数字信号，这些数字信号必须转换为模拟信号才能通过本地回路，最初的解决方案是通过调制解调器来完成转换。在数据源信号端（如PC机）配置调制解调器，由调制解调器将数字信号转换为模拟信号，通过本地回路到达端局，端局通过相反的转换将其转换为数字信号进行传递，到达对端的端局时，再次转换为模拟信号，通过对端的本地回路传递到信号宿端（如PC机），PC机中的调制解调器再将模拟信号转换为数字信号。

但这种方法受到传统交换机对带宽要求的限制（为了有效传输话音业务，传统交换机将电话信道的带宽限制在4 kHz，根据奈奎斯特理论，最大采样频率为8 kHz，采用8位编码，1位用于控制，因此最大数据传输速率为56 kbit/s）。为了能够通过本地回路提供更高速率的数据传输，提出了ADSL（非对称数字用户线路）技术。

ADSL的基本原理是，数据信号通过本地回路被传送到另一个交换机（而不是传统的电话交换机），这个交换机对带宽没有限制，因此可以提高传输速率。这个新的交换机被称为DSLAM（数字用户线路接入复用器）。相应的，在用户侧增加一个网络接口设备，该设备有两个作用：一是作为分离器，将普通的话音信号与数据信号分离，话音信号被送入传统交换机，而数据信号被送入ADSL调制解调器中；另一个作用便是作为ADSL调制解调器使用，完成数字信号和模拟信号之间的转换。ADSL的工作原理如图1-3所示。

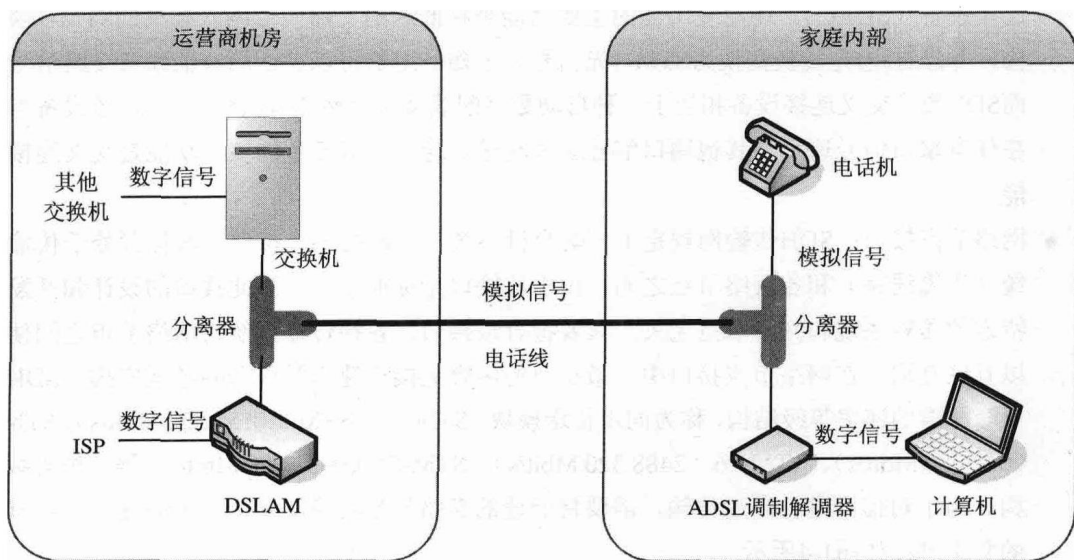


图1-3 ADSL工作原理示意图

3. SDH传输网

电信网的基本功能有两大类，一类是传送功能，一类是控制功能。传送功能将信息从一点传递到另一点，而控制功能实现各种业务和操作维护功能。传送网是完成传送功能的网络。在实际应用中，人们经常使用另一个词“传输网”，“传输”与“传送”在概念上有一些区别。“传送”强调的是信息传递的功能过程，而“传输”强调的是信息信号通过具体物理媒质传输的物理过程^[1]。因此“传送网”指的是逻辑功能意义上的网络，即网络的逻辑功能集合；而“传输网”指的是各种具体设备组成的实际网络。本书中在没有歧义的情况下，使用“传输网”来泛指。

从基本原理来看，传输网由两种基本设备构成：传输设备和网络节点。传输设备可以是光缆线路系统或微波接力系统；网络节点是可以对连接进行交换或选路的设备，其完成的功能可以有复用、终结、交叉连接、交换等。在传输设备和网络节点之间的接口称为网络节点接口。

SDH（同步数字体系）是一种传输网技术，是由一些SDH网元组成，在光纤上进行同步信息传输、复用和交叉连接的网络。SDH传输网的组成包括以下几部分^[1]。

- 光缆线路系统：SDH以光纤作为主要的传输媒质。光缆线路系统是指连接两个网络节点设备的光缆线路。从采用的传输媒质来看可以有单模光纤和多模光纤，由于单模光纤具有内部损耗低、带宽大、易于升级扩容、成本低等优点，国际上一致认为应采用单模光纤作为传输媒质。在不宜铺设光纤的多山岩地区和沼泽地区，可以采用微波和卫星通信，因此微波和卫星通信也被纳入到统一的SDH网中。
- 网络节点：SDH的基本网元有终端复用器（TM）、分插复用器（ADM）和同步数字交叉连接设备（SDXC）。终端复用器的主要功能是将低速的支路信号纳入标准的STM-1帧结构，并经过电/光转换变换为STM-1光信号。分插复用器可以灵活地分插任意支路信号。而SDH数字交叉连接设备相当于一种自动数字配线架（当然还有其他功能），该设备可以在任意端口信号速率与其他端口信号速率间进行连接，该设备的核心功能是交叉连接功能。
- 网络节点接口：SDH传输网规定了一套全世界统一的网络节点接口，其位置处于传输系统（光缆线路）和各网络节点之间。由于该接口是标准接口，因此接口的设计和开发与特定的传输系统和网络节点无关，只要符合该接口，各种传输系统与网络节点之间便可以互联互通。在网络节点接口中，最重要的内容是接口速率等级和帧结构安排。SDH有一套标准的速率等级结构，称为同步传送模块（STM），有STM-1（155.520 Mbit/s）、STM-4（622.080 Mbit/s）、STM-16（2488.320 Mbit/s）、STM-64（9953.280 Mbit/s）等几种等级结构。为了对信号进行高速传输，需要将低速的支路信号转换（复用）为高速信号，SDH的复用过程如图1-4所示。

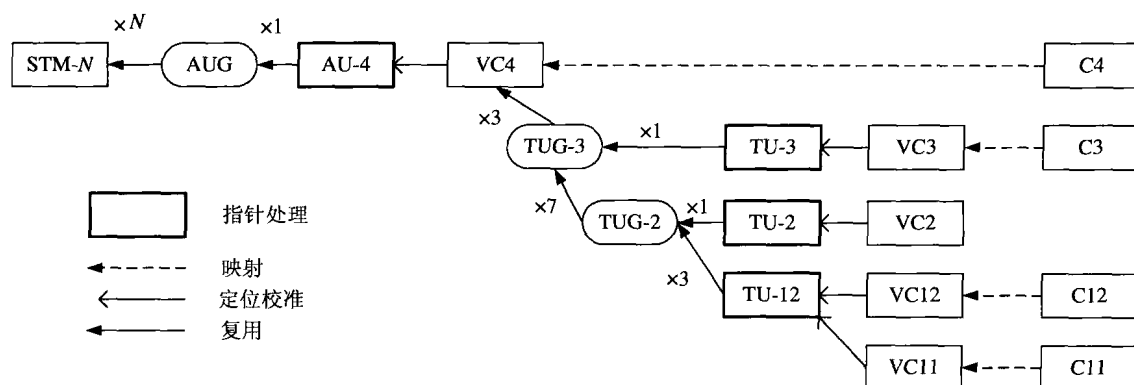


图1-4 SDH复用映射结构

首先,各种速率等级的数字流先进入相应的不同接口容器C,完成适配功能(如速率调整等),增加开销后构成虚容器,虚容器在SDH网的传输中可以作为一个独立的实体在任意点取出或插入。图1-4中各虚容器的特征信息速率见表1-1。

表1-1 虚容器的特征信息速率

虚容器	特征信息速率/kbit/s
VC11	1 544
VC12	2 048
VC2	6 312
VC3	44 736
VC4	139 264

由虚容器出来的数字流再根据图1-4中路线进入相应的管理单元或支路单元,并最终形成STM-N帧(信息速率为 $N \times 155.520$ Mbit/s)结构。具体的复用过程在参考文献[1]中有详细论述,本书不再赘述。

4. PSTN（公共交换电话网）

在业务网中,使用两个例子:PSTN和蜂窝移动通信网。

电话网是第一个真正意义上的通信网,电话网为用户提供电话业务,其组成包括用户终端、端局、长途局/汇接局(根据需要可设置多层长途局/汇接局),以及它们之间的线路,如图1-5所示。其中,用户终端与端局之间的部分称为本地回路,交换局之间的线路称为局间电路。

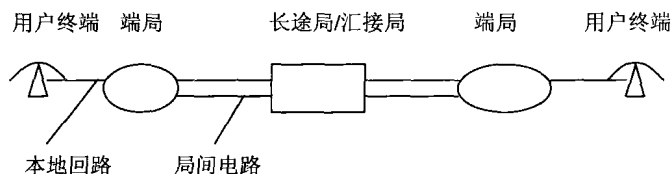


图1-5 电话网组成示意图

交换机是电话网中的重要组成部分,它主要完成交换功能。目前应用的交换技术有两种:电