



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代通信网

(第2版)

毛京丽 李文海 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代通信网

(第2版)

毛京丽 李文海 编著

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书在论述了通信网基本概念、电话网和 SDH 传输网的网络结构、通信网络设计基础等基本内容的基础上,较全面地介绍了各种现代通信网技术,主要有 B-ISDN、接入网、宽带 IP 城域网、电信支撑网(包括 7 号信令网、数字同步网和电信管理网)、软交换和下一代网络等。另外探讨了通信网规划设计基本理论,并给出设计实例。

全书共有 9 章:第 1 章概述;第 2 章电话网和 SDH 传输网的网络结构;第 3 章通信网络设计基础;第 4 章 B-ISDN 与 ATM;第 5 章接入网;第 6 章宽带 IP 城域网;第 7 章电信支撑网;第 8 章通信网的规划设计;第 9 章软交换及下一代网络技术。

为便于学生学习过程的归纳总结和培养学生分析问题和解决问题的能力,在每章最后都附有本章重点内容小结和复习题。

本书取材适宜、结构合理、阐述准确、文字简练、通俗易懂、深入浅出、条理清晰、逻辑性强,易于学习和讲授。

本书既可作为高等院校通信专业教材,也可作为从事通信工作的科研和工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网/毛京丽,李文海编著. —2 版. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1409-0

I. 现… II. ①毛…②李… III. 通信网 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 060068 号

书 名:现代通信网

作 者:毛京丽 李文海

责任编辑:李欣一

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心:电话:010-62282185 传真:010-62283578

南方营销中心:电话:010-62282902 传真:010-62282735

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:23

字 数:476 千字

印 数:1—5 000 册

版 次:1999 年 7 月第 1 版 2007 年 6 月第 2 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1409-0/TN·497

定价:36.00 元

·如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系·

前 言

随着社会的不断进步、经济的飞速发展,人们将逐步进入信息化社会,因而对信息服务的要求会不断提高。为了满足人类对通信的需求,通信网不但要在容量和规模上逐步扩大,还要不断扩充其功能,发展新业务,由此各种现代通信网技术应运而生。

本书在简要阐述通信网基本理论的基础上,侧重于讨论和研究有关通信网的基本技术方面的问题。

全书共有 9 章。

第 1 章概述,简单介绍了通信网的定义、构成要素、分类,通信网的几种基本结构及各自的特点,现代通信网的构成及发展。

第 2 章电话网和 SDH 传输网的网络结构,首先介绍了我国电话网的等级结构、长途网和本地网的具体情况,接着探讨了路由设置、路由选择方式与路由选择规则,然后分析了几种主要传输媒介及传输链路,最后介绍了 SDH 传输网的网络结构。

第 3 章通信网络设计基础,主要介绍了两方面的内容:一是进行网络结构设计必备的图论基本概念和网络结构优化基本知识——最短径算法和站址选择;二是进行网络流量设计必备的排队论基础知识及一些网络性能指标的计算。

第 4 章 B-ISDN 与 ATM,主要介绍了 B-ISDN 的基本概念、ATM 基本原理、ATM 网络结构及 B-ISDN 用户-网络接口、ATM 协议参考模型、ATM 交换的相关内容。

第 5 章接入网,主要介绍了接入网的基本概念、几种常用的有线接入网(包括铜线接入网、光纤接入网、混合光纤/同轴接入网)和无线接入网(包括固定无线接入网、移动无线接入网等)。

第 6 章宽带 IP 城域网,首先简单介绍了计算机网络基本概念,然后详细论述了宽带 IP 城域网基本概念、骨干传输技术、宽带接入技术、IP 地址规划和路由选择协议。

第 7 章电信支撑网,主要介绍了 7 号信令网、数字同步网和电信管理网的基本概念

及其他相关内容。

第8章通信网的规划设计,详细介绍了固定电话网、7号信令网、中继传输网和用户接入网等的规划与设计。

第9章软交换及下一代网络技术,首先论述了软交换的基本概念及软交换系统构成,然后介绍了下一代网络技术。

本书第1~6章由毛京丽编写,第7~9章由李文海编写。

在本书的编写过程中,参考了一些相关的文献,从中受益匪浅,在此对这些文献的著作者表示深深的感谢!

由于编者水平有限,若书中存在缺点和错误,恳请专家和读者指正。

作 者

目 录

第 1 章 概 述

1.1 通信网的基本概念	1
1.1.1 通信系统的组成	1
1.1.2 通信网的概念及构成要素	3
1.1.3 通信网的分类	4
1.1.4 通信网的基本结构	5
1.2 通信网的质量要求	7
1.2.1 对通信网的一般要求	7
1.2.2 对电话通信网的要求	8
1.3 现代通信网的构成及发展	9
1.3.1 现代通信网的构成	9
1.3.2 现代通信网的发展	10
小结	12
复习题	13

第 2 章 电话网和 SDH 传输网的网络结构

2.1 电话网的网络结构	14
2.1.1 电话网的等级结构	14
2.1.2 长途网及其结构演变	15
2.1.3 本地网	18
2.2 路由及路由选择	21
2.2.1 路由的含义及分类	21

2.2.2 路由的设置	23
2.2.3 路由选择	23
2.3 传输链路	27
2.3.1 传输媒介	27
2.3.2 传输链路的分类	29
2.4 SDH 传输网的网络结构	30
2.4.1 SDH 的基本概念	30
2.4.2 SDH 的帧结构	32
2.4.3 SDH 的网络单元	33
2.4.4 SDH 传输网的网络结构	35
小结	37
复习题	39

第3章 通信网络设计基础

3.1 通信网络结构设计基础	41
3.1.1 图论基础知识	41
3.1.2 最短路径	51
3.1.3 站址选择	58
3.2 网络流量设计基础	63
3.2.1 排队论基本概念	63
3.2.2 M/M/1 排队系统	69
3.2.3 M/M/m/n 排队系统	71
3.2.4 排队论在通信网中的应用	71
小结	75
复习题	78

第4章 B-ISDN 与 ATM

4.1 B-ISDN	80
4.1.1 N-ISDN	80
4.1.2 B-ISDN 的概念	82
4.1.3 B-ISDN 的业务	82
4.1.4 B-ISDN 的信息传递方式	84
4.2 ATM 基本原理	86
4.2.1 ATM 的概念	86
4.2.2 ATM 信元	88

4.2.3 异步(统计)时分复用	89
4.2.4 ATM 的特点	90
4.2.5 ATM 的虚连接	91
4.3 ATM 网的网络结构及 B-ISDN 用户-网络接口	95
4.3.1 ATM 网络结构	95
4.3.2 B-ISDN 用户-网络接口	96
4.4 ATM 标准	99
4.4.1 CCITT(ITU-T)关于 B-ISDN 的建议	99
4.4.2 B-ISDN(ATM)协议参考模型	99
4.4.3 ATM 物理层规范	101
4.4.4 ATM 层规范	107
4.4.5 AAL 规范	108
4.5 ATM 交换	109
4.5.1 ATM 交换的特点	109
4.5.2 ATM 交换的基本原理	110
4.5.3 ATM 交换机的分类与组成	111
4.5.4 对 ATM 交换单元的要求	113
4.5.5 ATM 交换的缓冲排队方式	113
4.5.6 ATM 交换结构	115
小结	116
复习题	118

第5章 接入网

5.1 接入网的基本概念	119
5.1.1 接入网的演变及发展	119
5.1.2 接入网的定义及业务类型	120
5.1.3 接入网的接口	122
5.1.4 接入网的通用协议参考模型及功能模型	125
5.1.5 接入网的传输技术及分类	128
5.2 铜线接入网	129
5.2.1 HDSL 接入技术	129
5.2.2 ADSL 接入技术	132
5.3 光纤接入网	140
5.3.1 光纤接入网的概念	140
5.3.2 光纤接入网的参考配置	140

5.3.3 光纤接入网的拓扑结构	143
5.3.4 光纤接入网的应用类型	145
5.3.5 光纤接入网的传输技术	146
5.3.6 光纤接入网的业务支持能力	149
5.4 混合光纤/同轴接入网	150
5.4.1 混合光纤/同轴电缆网的概念	150
5.4.2 HFC 的网络结构	150
5.4.3 HFC 网络双向传输的实现	154
5.4.4 HFC 的优缺点	156
5.5 无线接入网	156
5.5.1 固定无线接入网	156
5.5.2 移动无线接入网	161
5.5.3 其他无线接入技术	164
小结	166
复习题	169

第 6 章 宽带 IP 城域网

6.1 计算机网络基本概念	170
6.1.1 计算机网络概述	170
6.1.2 计算机网络协议体系结构	173
6.1.3 局域网基本概念	175
6.1.4 路由器简介	183
6.2 宽带 IP 城域网概述	185
6.2.1 宽带 IP 城域网的概念	185
6.2.2 宽带 IP 城域网的分层结构	186
6.3 宽带 IP 城域网的骨干传输技术	187
6.3.1 IP over ATM	188
6.3.2 IP over SDH	191
6.3.3 IP over DWDM	195
6.3.4 千兆以太网技术	198
6.4 宽带 IP 城域网的接入技术	198
6.4.1 FTTX+LAN	199
6.4.2 几种接入技术优缺点的比较与选择	200
6.5 宽带 IP 城域网的 IP 地址规划	201
6.5.1 IP 地址的基本概念	201

6.5.2 宽带 IP 城域网的 IP 地址规划	205
6.6 宽带 IP 城域网的路由选择协议	207
6.6.1 路由选择算法概述	207
6.6.2 内部网关协议 RIP	208
6.6.3 内部网关协议 OSPF	213
6.6.4 外部网关协议 BGP	217
小结	220
复习题	224
 第 7 章 电信支撑网	
7.1 引 言	226
7.2 7 号信令网	227
7.2.1 7 号信令系统简介	227
7.2.2 7 号信令网的组成及网络结构	228
7.2.3 我国信令网的网络结构及组网原则	234
7.3 数字同步网	237
7.3.1 数字同步网的基本概念及实现网同步方式	237
7.3.2 基准时钟源及受控时钟源	240
7.3.3 我国同步网的网络结构及组网原则	243
7.4 电信管理网	247
7.4.1 电信管理网的基本概念	247
7.4.2 TMN 的功能	250
7.4.3 电信管理网的体系结构	252
小结	254
复习题	260
 第 8 章 通信网的规划设计	
8.1 传统网络结构中固定电话网的规划与设计	262
8.1.1 固定电话网建设的几个应考虑的问题	262
8.1.2 业务量与业务流量的预测与计算	265
8.1.3 本地网的规划设计	270
8.2 7 号信令网的规划与设计	282
8.2.1 我国的 7 号信令网概况说明	282
8.2.2 7 号信令网的发展规划	282

8.2.3 7号信令网信令链路的计算	283
8.3 本地网智能汇接局组网方式设计	286
8.3.1 智能汇接局组网的概念及业务功能说明	286
8.3.2 智能汇接局组网的网络结构设计	288
8.3.3 话务量与中继电路容量计算	289
8.4 中继传输网的规划与设计	291
8.4.1 业务量与对应电路需求数量的一般计算方法	291
8.4.2 SDH 中继传输网设计举例	292
8.5 传输网络的生存性	301
8.5.1 传输网络的生存性的基本概念	301
8.5.2 网络冗余度与生存性的计算	302
8.6 用户接入网的规划与设计	303
8.6.1 城市接入网规划的重点	303
8.6.2 SDH 技术在接入网中的应用	304
8.6.3 接入网组网涉及的概念	306
8.6.4 接入网网络组织结构	306
8.6.5 接入网的两种主干光纤环形网络结构	308
小结	309
复习题	310

第9章 软交换及下一代网络技术

9.1 软交换及软交换系统构成	311
9.1.1 软交换的定义及概念	311
9.1.2 软交换的主要特点	313
9.1.3 基于软交换网络的体系结构及工作流程	313
9.1.4 软交换系统功能	315
9.1.5 软交换系统支持的协议	320
9.1.6 软交换系统组网实例及对软交换设备的性能评价	323
9.1.7 软交换系统的媒体网关	326
9.1.8 软交换系统的信令网关	337
9.2 下一代网络技术	342
9.2.1 下一代网络的定义与概念	342
9.2.2 下一代网络的特点	343
9.2.3 下一代网络的分层	344

9.2.4 基于软交换系统的下一代网络体系结构	345
9.2.5 NGN 的网络发展策略	350
9.2.6 NGN 存在的问题	351
小结	352
复习题	355
参考文献	356

第1章 概 述

随着社会的不断进步、经济的飞速发展,信息传输越来越重要,通信网也与人们的生活密不可分。本章对通信网作概要的介绍,主要包括以下几方面的内容:

- 由通信系统的构成引出通信网的定义;
- 通信网的构成要素;
- 通信网的分类情况;
- 通信网的几种基本结构及各自的特点;
- 现代通信网的构成及发展。

1.1 通信网的基本概念

1.1.1 通信系统的组成

为了引出通信网的概念,首先简单介绍一下通信系统。

1. 通信系统的定义

所谓通信系统就是用电信号(或光信号)传递信息的系统,也叫电信系统。

2. 通信系统的分类

通信系统可以从以下不同的角度来分类。

(1) 按通信业务分类

如果按通信业务的不同,通信系统可以分为电话、电报、传真、广播电视、数据通信系统等。

(2) 按传输的信号形式分类

若按信道中传输的信号形式不同,通信系统可以分为模拟通信系统和数字通信系

统等。

3. 通信系统的组成

通信系统组成模型如图 1-1 所示,其基本组成包括:信源、变换器、信道、反变换器、信宿及噪声源 6 个部分。

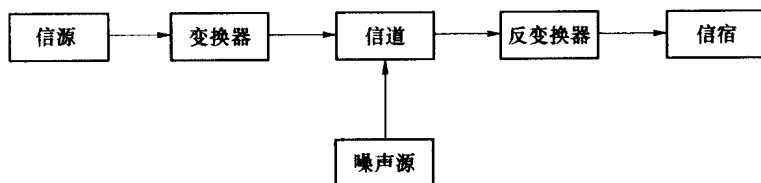


图 1-1 通信系统组成模型

(1) 信源

信源是指产生各种信息(如语音、文字、图像及数据等)的信息源,可以是人,也可以是机器,如计算机等。

(2) 变换器

变换器的作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号。对应不同的信源和不同的通信系统,变换器有不同的组成和变换功能。例如:对于数字电话通信系统,变换器则包括送话器和模/数变换器等,模/数变换器的作用是将送话器输出的模拟语音信号经过模/数变换并时分复用等处理后,变换成适合于在数字信道中传输的信号。

(3) 信道

信道是信号的传输媒介。信道按传输介质的种类可以分为有线信道和无线信道。在有线信道中电磁信号(或光信号)约束在某种传输线(电缆、光缆等)上传输;在无线信道中电磁信号沿空间(大气层、对流层、电离层等)传输。信道如果按传输信号的形式又可以分为模拟信道和数字信道。

(4) 反变换器

反变换器的作用是将信道接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息。反变换器的作用与变换器正好相反,起还原的作用。

(5) 信宿

信宿是信息的接收者,可以是人或机器。

(6) 噪声源

噪声源是系统内各种干扰影响的等效结果,系统的噪声来自各个部分,从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部电磁场干扰,都会对信号形成噪声影响。为了分析问题方便,将系统内所存在的干扰均折合到信道中,用噪声源表示。

以上所述的通信系统只能实现两用户间的单向通信,要实现双向通信还需要另一个通信系统完成相反方向的信息传送工作。而要实现多用户间的通信,则需要将多个通信系统有机地组成一个整体,使它们能协同工作,即形成通信网。

多用户间的相互通信,最简单的方法是在任意两用户之间均有线路相连,但由于用户众多,这种方法不但会造成线路的巨大浪费,而且也是不可能实现的。为了解决这个问题,引入了交换机,即每个用户都通过用户线与交换机相连,任何用户间的通信都要经过交换机的转接交换。由此可见,图 1-1 所示的是两个用户间的专线系统模型,而实际中一般使用的通信系统则是由多级交换的通信网提供信道。

1.1.2 通信网的概念及构成要素

1. 通信网的概念

综上所述,可以得出通信网的定义为:通信网是由一定数量的节点(包括终端设备和交换设备)和连接节点的传输链路相互有机地组合在一起,以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。

也就是说,通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体,用以完成规定的功能。通信网的功能就是要适应用户呼叫的需要,以用户满意的程度传输网内任意两个或多个用户之间的信息。

2. 通信网的构成要素

由通信网的定义可以看出,通信网在硬件设备方面的构成要素是终端设备、传输链路和交换设备。为了使全网协调合理地工作,还要有各种规定,如信令方案、各种协议、网络结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等,这些均属于软件。即一个完整的通信网除了包括硬件以外,还要有相应的软件。下面重点介绍构成通信网的硬件设备。

(1) 终端设备

终端设备是用户与通信网之间的接口设备,它包括图 1-1 的信源、信宿与变换器、反变换器的一部分。终端设备的功能有如下 3 个。

- 将待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换。在发送端,将信源产生的信息转换成适合于在传输链路上传送的信号;在接收端则完成相反的转换。
- 将信号与传输链路相匹配,由信号处理设备完成。
- 信令的产生和识别,即用来产生和识别网内所需的信令,以完成一系列控制作用。

(2) 传输链路

传输链路是信息的传输通道,是连接网络节点的媒介。它一般包括图 1-1 中的信道与变换器、反变换器的一部分。

信道有狭义信道和广义信道之分,狭义信道是单纯的传输媒介(比如一根电缆);广义信道除了传输媒介以外,还包括相应的变换设备(或通信设备)。由此可见,这里所说的传输链路指的是广义信道。传输链路可以分为不同的类型,其各有不同的实现方式和适用范围,这些将在 2.3 节中给予详细介绍。

(3) 交换设备

交换设备是构成通信网的核心要素,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配,实现一个呼叫终端(用户)和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。

交换设备的交换方式可以分为两大类:电路交换方式和存储-转发交换方式。

电路交换方式是指两个终端在相互通信之前,需预先建立起一条实际的物理链路,在通信中自始至终使用该条链路进行信息传输,并且不允许其他终端同时共享该链路,通信结束后再拆除这条物理链路。电路交换方式又分为空分交换方式和时分交换方式。

存储-转发交换方式是以包为单位传输信息的,是当用户的信息包到达交换机时,先将信息包存储在交换机的存储器中(内存或外存),当所需要的输出电路有空闲时,再将该信息包发向接收交换机或用户终端。存储-转发交换方式主要包括报文交换方式、分组交换方式和帧方式等。

1.1.3 通信网的分类

通信网从不同的角度可以分为不同的种类,主要有以下 5 种分类方法。

1. 按业务种类分

若按业务种类分,通信网可分为:

- 电话网——传输电话业务的网络,交换方式一般采用电路交换方式;
- 电报网——传输电报业务的网络;
- 传真网——传输传真业务的网络;
- 广播电视网——传输广播电视业务的网络;
- 数据通信网——传输数据业务的网络,交换方式一般采用存储-转发交换方式。

2. 按所传输的信号形式分

若按所传输的信号形式分,通信网可分为:

- 数字网——网中传输和交换的是数字信号;
- 模拟网——网中传输和交换的是模拟信号。

3. 按服务范围分

若按服务范围分,通信网可分为本地网、长途网和国际网(后述)。

4. 按运营方式分

若按运营方式分,通信网可分为:

- 公用通信网——由国家邮电部门组建的网络,网络内的传输和转接装置可供任何部门使用;
- 专用通信网——某个部门为本系统的特殊业务工作的需要而建造的网络,这种网络不向本系统以外的人提供服务,即不允许其他部门和单位使用。

5. 按所采用的传输媒介分

若按所采用的传输媒介分,通信网可分为:

- 有线通信网——使用双绞线、同轴电缆和光纤等传输信号的通信网;
- 无线通信网——使用无线电波线等在空间传输信号的通信网,又可分为移动通信网、卫星通信网等。

1.1.4 通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有网形、星形、复合形、总线形、环形、线形和树形。

1. 网形网

网形网是网内任何两个节点之间均有线路相连,如图 1-2(a)所示。

如果有 n 个节点,网形网则需要 $n(n-1)$ 条传输链路。显然,当节点数增加时,传输链路将迅速增大。这种网络结构的冗余度较大,稳定性较好,但线路利用率不高,经济性较差。

图 1-2(b)所示为网孔形网,它是网形网的一种变形,也叫不完全网形网。其大部分节点相互之间有线路直接相连,一小部分节点可能与其他节点之间没有线路直接相连。哪些节点之间不需直达线路,要视具体情况而定(一般是这些节点之间业务量相对少一些)。网孔形网与网形网(完全网形网)相比,可适当节省线路,即线路利用率有所提高,经济性有所改善,但稳定性会稍有降低。

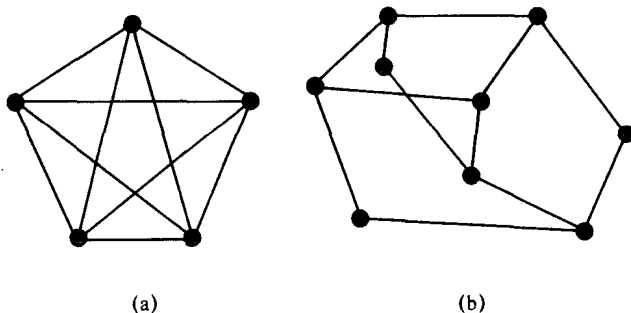


图 1-2 网形网与网孔形网示意图