



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级特色专业 · 通信工程 · 核心课程规划教材

通信网理论与应用

*Communication Network
Principle and Applications, Second Edition*

(第2版)

石文孝 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级特色专业·通信工程·核心课程规划教材

通信网理论与应用

(第2版)

Communication Network: Principle and Applications

Second Edition

石文孝 主编

张丽翠 胡可刚 董颖 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

1464923

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，并在其前一版的基础上进行了全面的修订与更新。本书系统地介绍了通信网的相关理论和技术，主要内容包括通信网的基本概念及组网结构、图论及其在通信网中的应用、排队论及网络业务分析方法、核心网、宽带接入网、支撑系统、通信业务及通信网的规划与后评估方法。本书提供配套的电子教学课件。

本书内容丰富、实用性强，可作为高等院校通信工程、电子信息工程、信息工程、网络工程、物联网工程、通信管理等专业的本科生教材或相关专业的研究生教材，也可以作为从事通信工程可行性研究、规划、设计、评估、管理和维护方面的高级技术人员学习与应用的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

通信网理论与应用 / 石文孝主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2016.6

国家级特色专业·通信工程·核心课程规划教材

ISBN 978-7-121-26847-2

I. ①通… II. ①石… III. ①通信网—高等学校—教材 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 177260 号

策划编辑: 冯小贝

责任编辑: 冯小贝

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.5 字数: 531 千字

版 次: 2008 年 3 月第 1 版

2016 年 6 月第 2 版

印 次: 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: fengxiaobei@phei.com.cn

第2版前言

本书自2008年出版以来已重印多次,深受广大读者的欢迎与厚爱。但由于近年来通信技术的高速发展,第1版中的很多内容已不适应现代通信网络对通信网理论及新技术的知识需求。因此,我们根据多年的教学、科研经验,在参考大量国内外通信网方面的论文、专著的基础上,对第1版进行了修订,将第1版的内容进行了精简、增删、勘误,使其关键内容更加精炼,并且基础理论与技术能更好地支撑通信网络规划、设计及优化。

本书修订后的内容包括通信网的基本概念及总体结构,通信网的基础理论,接入网、核心网及支撑系统的结构与技术,网络规划及后评估方法。修订后全书共分8章,第1章从通信网的基本概念入手,概括地介绍了通信网的结构、质量要求及发展趋势;第2章从图论的应用角度介绍了最短路径、最大流等网络设计与优化常见问题的计算方法,讨论了通信网的可靠性问题;第3章主要介绍了排队论基础知识、 $M/M/m(n)$ 排队系统、通信业务量理论及其分析方法,以及随机接入系统的业务分析;第4章主要讲述核心网的概念,电路域、分组域及IMS域的组成,信令、协议及规程,核心网组网及技术融合;第5章主要讲述宽带接入网的概念、几种主要的有线接入网技术及应用、无线接入网技术及应用;第6章主要介绍了运营支撑系统、业务支撑系统和管理支撑系统的概念、组成、关键技术,以及支撑系统的发展趋势;第7章主要讲述了通信业务的概念、分类及发展趋势,并介绍了几种典型业务的特点与实现;第8章从通信网规划的基本概念出发,介绍了通信业务预测的主要方法,以无线接入网、核心网为例讨论了通信网规划方法,简介了通信工程项目后评估方法。

本书的特点是侧重介绍通信网的相关基本理论及其应用,并紧密结合我国通信网发展的实际状况,阐述相关的通信网技术。本书可作为高等院校通信工程、电子信息工程、信息工程、网络工程、物联网工程、通信管理等专业的本科生教材或相关专业的研究生教材,也可作为从事通信工程可行性研究、规划、设计、评估、管理和维护方面的高级技术人员的学习和应用参考资料。本书提供配套的电子教学课件,可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册下载。

本书由石文孝主编、拟定修订大纲,并修订编写了第1章、第2章、第8章;张丽翠编写了第4章;胡可刚编写了第3章、第5章;董颖编写了第6章、第7章;全书由石文孝修改定稿。

本书在修订过程中,参考了大量国内外著作和文献,在此向这些作者表示衷心的感谢。

由于现代通信技术发展十分迅速,加之作者水平有限,因此书中不足及错误之处,敬请专家和读者批评指正。

编者

2016年5月于吉林大学

目 录

第 1 章 通信网概述	1
1.1 通信网的概念	1
1.1.1 通信系统的基本组成	1
1.1.2 通信网的概念及构成要素	2
1.1.3 通信网的分层结构	4
1.1.4 通信网分类	7
1.2 通信网组网结构	8
1.2.1 基本组网结构形式	8
1.2.2 非基本组网结构形式	10
1.3 通信网的质量要求	11
1.3.1 一般通信网的质量要求	11
1.3.2 固定电话网的质量要求	12
1.3.3 移动通信网的质量要求	13
1.3.4 计算机网的质量要求	15
1.3.5 其他质量要求	16
1.4 网络的发展趋势	17
习题	22
第 2 章 网络规划设计理论基础	23
2.1 图论基础	23
2.1.1 图的概念	23
2.1.2 图的矩阵表示	28
2.2 树	31
2.2.1 树的概念及性质	31
2.2.2 图的生成树及其求法	32
2.2.3 最小生成树算法	34
2.3 路径选择算法	36
2.3.1 D 算法	36
2.3.2 F 算法	38
2.3.3 第 K 条最短路径选择问题	42
2.3.4 路径选择算法的应用	42
2.4 网络流量分配及其算法	43
2.4.1 流量分配的相关概念	43
2.4.2 网络最大流算法——标号法	46
2.4.3 最佳流问题	50
2.4.4 网络流量分配算法的应用	52

2.5	通信网的可靠性	52
2.5.1	可靠性定义及相关概念	52
2.5.2	多部件系统可靠性计算	53
2.5.3	工程中采用的可靠性指标	56
	习题	57
第3章	排队论及其应用	60
3.1	排队论基础	60
3.1.1	基本概念	60
3.1.2	有关的概率模型及最简单流	66
3.1.3	排队系统的主要性能指标	72
3.2	M/M/m(n)排队系统	74
3.2.1	M/M/1 排队系统	74
3.2.2	M/M/m(n)排队系统	78
3.3	通信业务量分析	83
3.3.1	通信业务量基本理论	83
3.3.2	单业务分析	91
3.3.3	多业务分析	101
3.4	随机接入系统业务量分析	104
3.4.1	概述	104
3.4.2	基本的随机接入系统业务分析	107
3.4.3	基于监听的随机接入系统业务分析	112
	习题	115
第4章	核心网	117
4.1	核心网的结构	117
4.2	信令	118
4.2.1	信令的概念	118
4.2.2	No.7 信令系统	119
4.2.3	No.7 信令网	121
4.2.4	我国信令网的基本结构	122
4.3	协议及规程	125
4.3.1	OSI 参考模型	125
4.3.2	TCP/IP 协议	127
4.3.3	Diameter 协议	132
4.3.4	SIP 协议	134
4.3.5	H.323 协议	135
4.3.6	H.248 协议	136
4.4	电路域	137
4.4.1	电路交换技术	137
4.4.2	软交换技术	138

4.4.3	电路域核心网举例	140
4.4.4	电路域的发展	142
4.5	分组域	143
4.5.1	分组交换技术	144
4.5.2	路由器	148
4.5.3	分组域核心网举例	149
4.5.4	分组域核心网发展	153
4.6	IMS 域	155
4.6.1	IMS 概述	155
4.6.2	IMS 系统架构	157
4.6.3	IMS 用户到 PSTN 用户呼叫举例	159
4.6.4	IMS 的发展	160
	习题	160
第 5 章	宽带接入网	161
5.1	概述	161
5.1.1	接入网概念	161
5.1.2	接入网的分类和拓扑结构	169
5.2	WLAN 接入网技术	170
5.2.1	WLAN 概述	170
5.2.2	WLAN 的协议标准	172
5.2.3	WLAN 的应用	173
5.3	光纤接入网技术	175
5.3.1	光纤接入网概述	175
5.3.2	PON 接入技术	182
5.3.3	GPON 接入技术	184
5.3.4	AON 接入技术简介	188
5.4	IP RAN 接入技术	190
5.4.1	PTN 概念	190
5.4.2	IP RAN 接入技术	191
5.4.3	IP RAN 承载方案举例	195
	习题	196
第 6 章	支撑系统	197
6.1	概述	197
6.1.1	支撑系统总体架构	197
6.1.2	云平台上的支撑系统	198
6.2	大数据和云计算	200
6.2.1	大数据	200
6.2.2	云计算	202
6.2.3	大数据和云计算驱动通信运营商转型	206

6.3	运营支撑系统	206
6.3.1	运营支撑体系架构	207
6.3.2	电信管理网	208
6.3.3	电信运营图	214
6.3.4	增强的电信运营图	216
6.3.5	我国 OSS 的发展状况	219
6.3.6	下一代运营系统与软件	220
6.4	业务支撑系统	222
6.4.1	业务支撑系统概念	222
6.4.2	BSS 总体架构	223
6.4.3	BSS 软件体系结构	226
6.4.4	下一代通信业务支撑系统	227
6.5	管理支撑系统	229
6.5.1	管理支撑系统概念	229
6.5.2	MSS 的层次架构	230
6.5.3	管理支撑系统实例	230
6.5.4	融合计费	231
6.6	互联网数据中心	233
6.6.1	IDC 的基本架构	233
6.6.2	IDC 业务	235
6.6.3	基于云计算的 IDC 构建	236
	习题	237
第 7 章	通信业务	239
7.1	通信业务概述	239
7.1.1	通信业务概念	239
7.1.2	通信业务的分类	239
7.1.3	通信业务的发展	242
7.2	语音通信业务	243
7.3	数据通信业务	244
7.3.1	数据通信业务的种类	244
7.3.2	移动数据通信业务	246
7.4	智能网业务	247
7.4.1	智能网业务概述	247
7.4.2	智能网业务举例	249
7.4.3	移动智能网业务	251
7.5	互联网业务	252
7.5.1	Internet 业务	252
7.5.2	移动互联网业务	254
7.6	IMS 业务	268

7.6.1	IMS 的概念和特点	268
7.6.2	IMS 业务种类	269
7.6.3	IMS 业务实现	272
7.6.4	业务触发原理	273
7.6.5	现有业务向 IMS 业务的演进	274
7.7	融合通信业务及其实现	275
7.7.1	融合通信业务的实现与架构	276
7.7.2	融合通信业务的发展	277
	习题	278
第 8 章	通信网规划与后评估	280
8.1	通信网规划基础概论	280
8.1.1	通信网规划的概念与分类	280
8.1.2	通信网规划的任务与步骤	281
8.1.3	通信网规划的总体原则及内容体系	281
8.2	通信业务预测方法	284
8.2.1	通信网规划预测基础	284
8.2.2	直观预测法	286
8.2.3	时间序列预测法	287
8.2.4	相关分析预测法	292
8.2.5	其他预测方法	294
8.3	通信网规划实例	294
8.3.1	无线网规划	294
8.3.2	核心网规划	301
8.4	通信企业项目后评估基础概述	306
8.4.1	项目后评估的概念	306
8.4.2	项目后评估的内容	307
8.5	通信企业项目后评估方法及流程	308
8.5.1	项目后评估方法	308
8.5.2	后评估的工作流程	309
8.6	通信企业项目后评估指标体系	310
8.6.1	后评估指标体系框架	310
8.6.2	指标权值	311
8.6.3	项目后评估指标体系应用	312
8.7	通信企业项目后评估实例	313
	习题	315
	参考文献	317

第1章 通信网概述

通信就是信息的传递与交换，是社会发展的基础，各行各业及社会各方面均与通信密切相关。当今社会，通信技术、计算机技术、控制技术等现代信息技术迅猛发展并相互融合，使得人们在广域范围内随时随地获取和交换信息成为可能。随着网络化时代的到来，人们对信息的需求与日俱增，对通信的要求也越来越高。通信网的建设应满足这些要求，并不断完善，以便做到信息传递的快速、可靠、多样、经济。

通过本章的学习，应掌握和理解现代通信网的构成要素和组网结构，熟悉通信网的质量要求，了解通信网的发展趋势，为学习通信网理论及应用打下基础。

1.1 通信网的概念

1.1.1 通信系统的基本组成

通信系统就是以电信号（或光信号）作为传递和交换信息手段的通信方式所构成的系统，也称为电信系统。它是各种协调工作的通信设备和通信信道集合而成的一个整体。现代通信网中的通信系统构成模型如图 1.1 所示，其基本组成包括：信源、变换器、信道、噪声源、反变换器和信宿六部分。

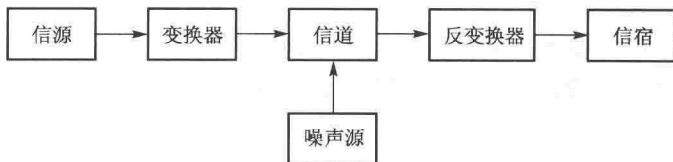


图 1.1 通信系统构成模型

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。信源可以是发出信息的人，也可以是发出信息的机器，如计算机等。不同的信源构成不同形式的通信系统。

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、编码及时分复用等处理后，变换成适合于在数字信道中传输的信号。

3. 信道

信道按传输媒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(架空明线、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从信道上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,起着还原的作用。

5. 信宿

信宿是信息的接收者,他/它可以与信源相对应构成人-人通信或机-机通信,也可以与信源不一致,构成人-机通信或机-人通信。

6. 噪声源

噪声源是指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,从信源和信宿的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部电磁场干扰,都会对信号产生噪声影响。为了分析问题方便,一般将系统内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是表述了两用户间的单向通信,对于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个用户之间均有线路相连,但由于用户众多,这种方法会造成线路的巨大浪费。为了解决这个问题,引入了交换机的概念,即每个用户都通过接入网与交换机相连,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,而在实际应用中,一般使用的通信系统则是由具有多级交换的通信网提供信道。

对于广播电视网中的业务应用,并不是简单地采用图 1.1 所示的点-点通信结构及上述的终端技术,而是由电台或电视台向千家万户以广播(或交互)的方式传送信息和提供服务的。

1.1.2 通信网的概念及构成要素

1. 通信网的概念

通信网是由一定数量的节点(包括传送网节点、核心节点、接入节点、终端等)和连接这些节点的传输系统有机地组织在一起,按约定的信令或协议完成任意用户间信息交换的通信体系。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。通信网的功能就是适应用户通信的要求,以用户满意的效果传输网内任意两个或多个用户之间的信息。

在通信网中,信息的交换可以在两个用户间进行,在两个计算机进程间进行,还可以在用户和设备间进行。交换的信息包括用户信息(如语音、数据、图像等)、控制信息(如信令信息、路由信息等)和网络管理信息三类。由于信息在网上通常以电或光信号的形式进行传输,因而现代通信网又称电信网。

2. 通信网的构成要素

实际的通信网是由软件和硬件按特定方式构成的一个通信系统，每一次通信都需要软、硬件设施的协调配合来完成。从硬件构成来看，通信网由终端设备、交换及路由设备和传输系统构成，它们完成通信网的基本功能：接入、交换和传输。软件设施则包括信令、协议、控制、管理、计费等，它们主要完成通信网的控制、管理、运营和维护，实现通信网的智能化。下面重点介绍构成通信网的硬件设备。

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 中的信源、信宿与变换器、反变换器的一部分。最常见的终端设备有模拟电话机、手机、传真机、PC（Personal Computer）/PDA（Personal Digital Assistant）及特殊行业应用终端等。

终端设备的功能有以下三种：

- 将待传送的信息和传输链路上传送的信息进行相互转换。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，由信号处理单元完成。
- 信令的产生、识别及通信协议的处理，以完成一系列控制功能。

交换及路由设备

交换及路由设备是构成通信网的核心要素，它的基本功能是负责集中、转发终端节点产生的用户信息，或转发其他交换节点需要转接的信息，完成呼叫控制、媒体网关接入控制、协议处理、路由等功能，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。

最常见的交换及路由设备有电话交换机、分组交换机、软交换机、路由器、转发器等。如软交换的基本结构如图 1.2 所示，其各组成部分相应的功能如下：

- 业务/应用层服务器：存放并执行业务逻辑和业务数据，向用户提供各种增值业务。
- 软交换机：完成各种呼叫流程的控制，并负责相应业务处理信息的传送。
- 核心分组网：为业务媒体流和控制信息流提供统一的、保证服务质量（Quality of Service, QoS）的高速分组传送平台。
- 信令网关：实现软交换设备与信令网的互通。
- 中继媒体网关：完成中继线路传送媒体格式的转换和互通操作。
- 接入媒体网关：负责模拟用户接入、移动通信用户接入的媒体转换功能。
- 综合接入设备：完成终端用户的语音、数据、图像等业务的综合接入。

传输系统

传输系统即传输链路，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质（如光缆、自由空间、双绞线电缆、同轴电缆等）；广义信道除了传输媒质之外，还包括相应的变换设备。由此可见，我们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，如中继链路、接入链路等。



图 1.2 软交换基本结构

传输系统一个主要的设计目标就是如何提高物理线路的使用效率，因此通常传输系统都采用了多路复用技术，如频分复用、时分复用、波分复用等。常用的传输设备有 WDM（Wavelength Division Multiplexing）设备、SDH（Synchronous Digital Hierarchy）/MSTP（Multi-Service Transfer Platform）设备、PTN（Packet Transport Network）设备、OTN（Optical Transport Network）交叉设备、PON（Passive Optical Network）传输网元（OLT、POS、ONU）、数字配线架（Digital Distribution Frame, DDF）、光纤配线架（Optical Distribution Frame, ODF）、无线发射/接收机、网桥和集线器等。

1.1.3 通信网的分层结构

1. 网络总体结构

随着通信技术的发展和用户需求的日益多样化，现代通信网正处于变革与发展之中，网络类型及所提供的业务种类不断增加和更新，形成了复杂的通信网络体系。网络总体结构如图 1.3 所示，各部分的含义如下。

- **接入网**：用户终端（含用户驻地网）接入到网络的各种接入方式的总称，包括无线接入网和有线接入网。其中无线接入网包括 GSM（Global System for Mobile Communication）/GPRS（General Packet Radio Service）/EDGE（Enhanced Data Rate for GSM Evolution）、TD-SCDMA（Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access）、WCDMA（Wideband Code Division Multiple Access）、LTE（Long Term Evolution）、WLAN（Wireless Local Area Networks）等，有线接入网包括 PON、PTN、MSTP、以太网等。
- **传送和 IP 承载网**：传送网包括省际干线传送网（一干）、省内干线传送网（二干）、城域骨干传送网及同步网；IP 承载网分为 IP 骨干网和 IP 城域网。同步网是通信网的重要组成部分，包括频率同步网和相位/时间同步网，同步信号主要通过传送网进行传递。
- **核心网**：承载于传送网和 IP 承载网之上，是为业务提供承载和控制的网络。核心网包括电路域、分组域和 IMS（IP Multimedia Subsystem）域三部分。
- **业务网**：承载于核心网之上，是提供业务接入和业务管理的网络。

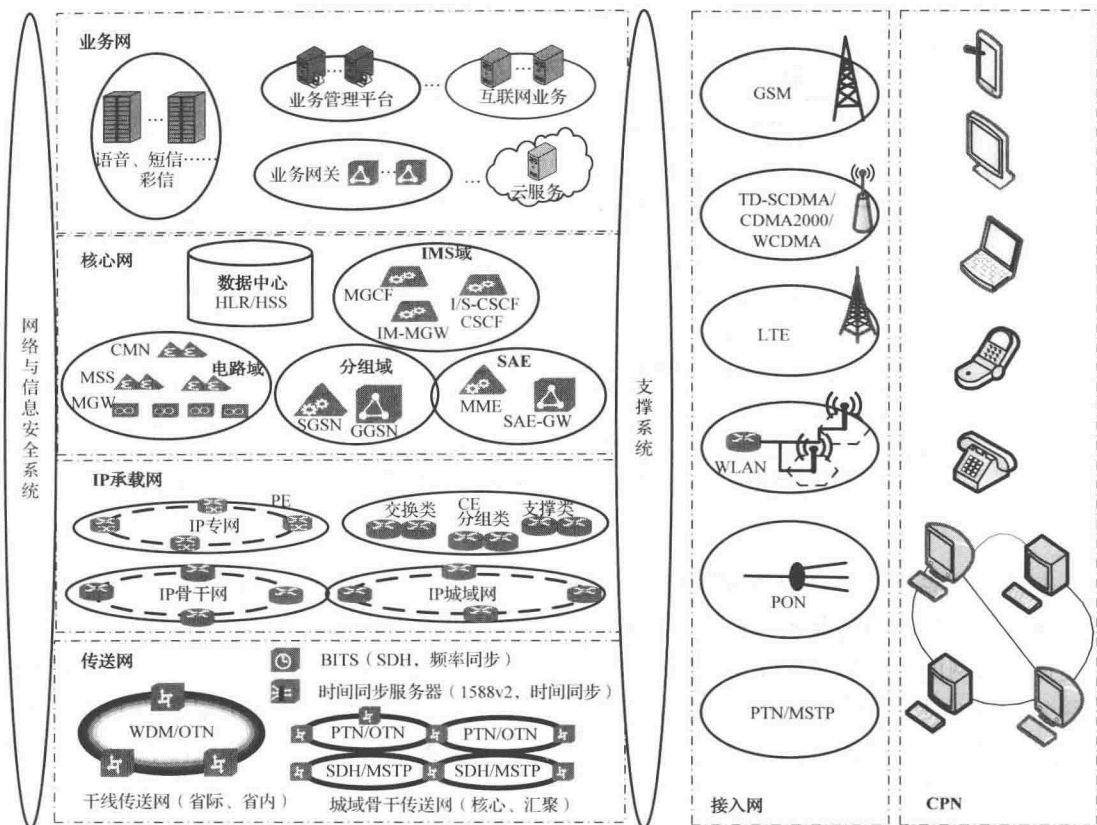


图 1.3 网络总体结构

- **支撑系统**：为支持运营、管理的 IT 系统的总称，包括运营支撑系统、业务支撑系统和管理支撑系统。
- **网络与信息安全系统**：以保护通信网、业务系统、支撑系统安全运行为目的，侧重防黑、防毒，以及防垃圾邮件、垃圾短信、非法 VoIP 等内容安全。该子系统将逐步建立安全技术防护体系、安全标准体系、安全运行维护体系。
- **用户驻地网（Customer Premises Network, CPN）**：指个人、家庭、集团的用户终端或用户网络。

2. 网络的分层结构

为了更清晰地描述现代通信的网络结构，在此引入网络的分层结构。网络的分层使网络规范与具体实施方法无关，从而简化了网络的规划和设计，使各层的功能相对独立。

网络结构的垂直描述

网络的垂直分层结构是网络演进的争论焦点之一，OSI（Open Systems Interconnection）模型曾是人们普遍认可的分层方式，但它不是唯一的标准。OSI 模型过于复杂，目前尚无完全按照七层模型构建的通信网。对于图 1.3 的通信网络，在垂直结构上，根据功能我们可以将其简化为业务网、核心网和传送网，如图 1.4 所示。

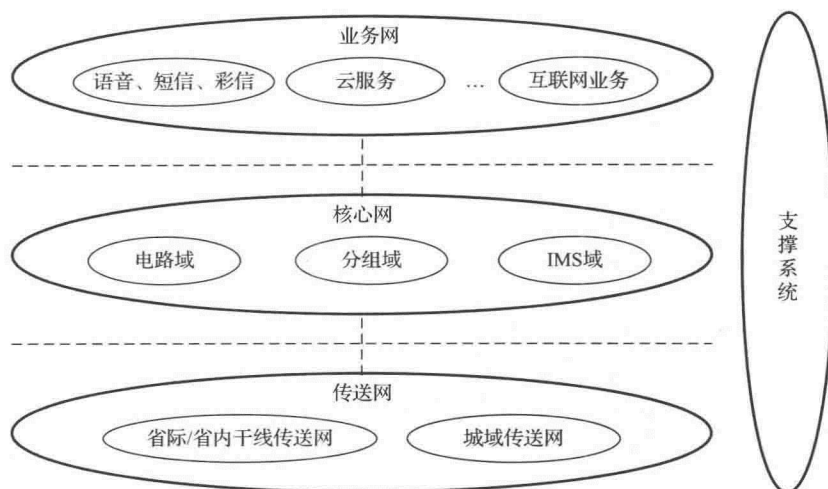


图 1.4 垂直观点的网络结构

在这一体系结构中，业务网层面表示各种信息应用与服务种类，同时表示支持各种信息服务的业务提供手段与装备。核心网层面表示为业务提供承载和控制的设施。传送网层面表示支持核心网的传送技术和基础设施，包括省际/省内干线传送网和城域传送网，其中城域传送网分为城域骨干传送网和接入网。此外还有支撑系统用以支持全部三个层面的工作，提供保证通信网有效正常运行的各种控制和管理能力。支撑系统包括运营支撑系统、业务支撑系统和管理支撑系统。

网络结构的水平描述

除了考虑通信网的垂直分层结构之外，还可以从水平的角度对图 1.3 的通信网进行描述。水平描述是基于用户接入网络实际的物理连接来划分的，可分为 CPN、接入网（Access Network, AN）和核心网（Center Network, CN），如图 1.5 所示，或分为局域网（Local Area Network, LAN）、城域网（Metropolitan Area Network, MAN）和广域网（Wide Area Network, WAN）等。

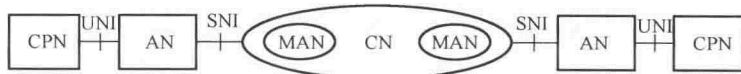


图 1.5 水平观点的网络结构

在图 1.5 中，CPN 指用户终端到用户网络接口（User Network Interface, UNI）之间所包含的机线设备，是属于用户自己的网络。CPN 在规模、终端数量和业务需求方面差异很大，可以大至公司、企业和大学校园，由局域网等设备组成；也可以小至普通居民住宅，仅由一部电话机和一对双绞线组成。SNI（Service Node Interface）为业务节点接口。

接入网位于 SNI 和 UNI 接口之间，即核心网和用户驻地网之间，它包含了连接两者的所有设施设备与线路，被称为通信网的“最后一公里”。

图 1.5 中水平描述的核心网包含电路域、分组域、IMS 域和干线（省际/省内）/城域骨干传送网的功能。传送网模型如图 1.6 所示。

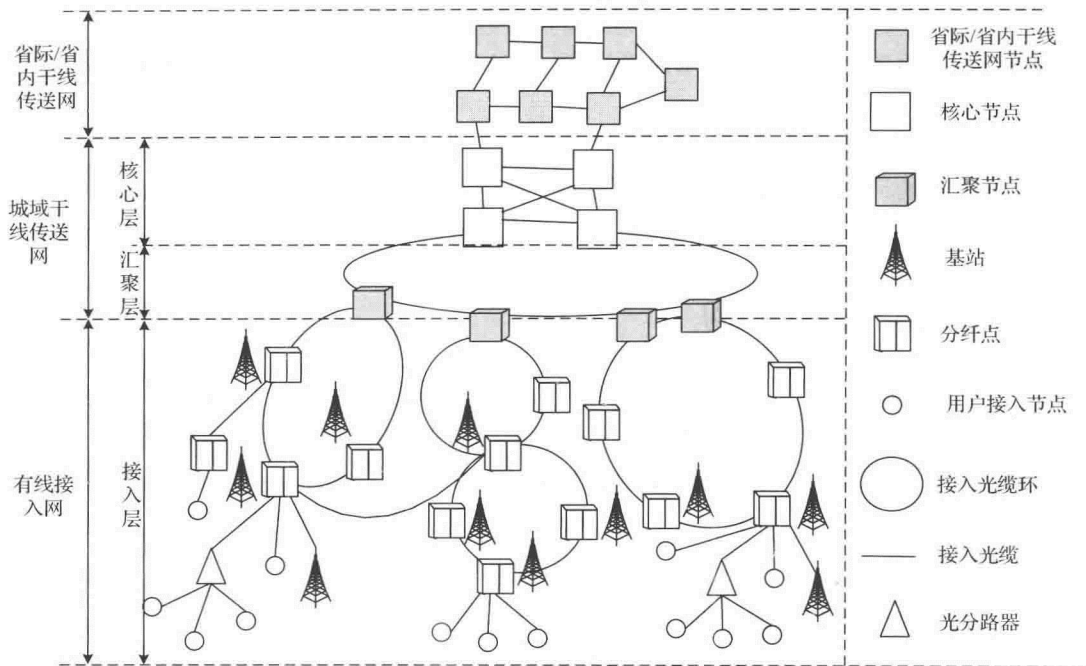


图 1.6 传送网模型

综合上述垂直观点和水平观点的网络分层结构，通信网综合分层架构如图 1.7 所示，骨干传送网指省际/省内干线传送网和城域骨干传送网。

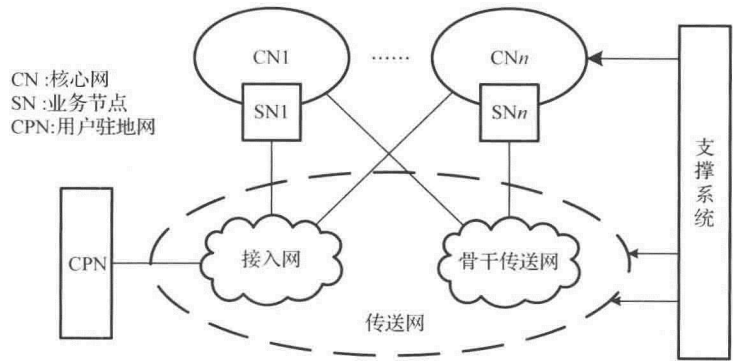


图 1.7 通信网综合分层架构

1.1.4 通信网分类

现代通信网可以从不同的角度进行分类。

- 按通信的业务类型分类：固定电话网、移动通信网、数据通信网、因特网、广播电视网等。
- 按用户接入网络实际的物理连接分类：用户驻地网、接入网、核心网。
- 按通信的传输媒质分类：无线通信网与有线通信网，常见的具体形式有移动通信网、微波通信网、卫星通信网、光纤通信网等。

- 按通信传输处理信号的形式分类：模拟通信网和数字通信网。
- 按通信服务的范围分类：本地通信网、长途通信网和国际通信网或局域网、城域网和广域网等。
- 按通信服务的对象分类：公用通信网、专用通信网等。
- 按通信的活动方式分类：固定通信网和移动通信网等。
- 按网络规划建设分类：有线接入网、无线接入网、骨干传送网、核心网、支撑网等。

1.2 通信网组网结构

在通信网的规划、设计、建设及优化过程中,需要对网内的各节点(或网元)进行合理的配置和连接,以实现可靠、迅速、高质量及经济的现代通信网,也就是要对网络进行合理的组网。组网结构一般用网络拓扑结构描述,所谓拓扑结构是指构成通信网的节点之间的互连方式。

基本组网结构有:网状网、星形网、环形网、总线型网;非基本组网结构有:复合网、格形网、树形网等。

1.2.1 基本组网结构形式

1. 网状网(点点相连制)

网状网中任何两个节点之间都直接连通,如图 1.8 所示。如果网中有 N 个节点,则传输链路数 H 可用下式计算:

$$H = \frac{1}{2} N(N-1) \quad (1.1)$$

网状网的优点包括:点点相连,任意两节点之间都有直达线路,信息传递迅速;灵活性和可靠性高,当其中任意线路发生阻断时,迂回线路多,可保证通信畅通;通信节点不需要汇接交换功能,交换费用低。这种结构的缺点包括:任意两节点之间都互连,致使线路多、总长度长,建设投资和维持费用都很大;在通信业务量不大时,线路利用率低。所以,网状网结构是一种适用于节点数较少,节点间有足够的通信业务量或有很高可靠性要求的场合。

2. 星形网(辐射制)

星形网也称为辐射网,它在网内中心设置一个中心节点,其他节点均有线路与中心节点相连。各节点间的通信都经中心节点转接,如图 1.9 所示。

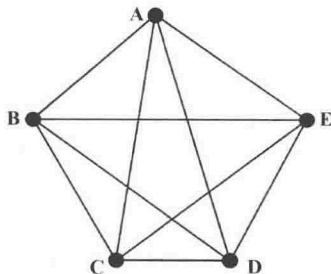


图 1.8 网状网示意图

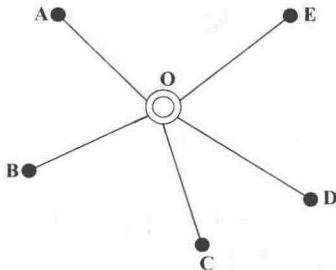


图 1.9 星形网示意图