



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高等学校通信类规划教材

通信网理论与应用

Communication Network: Principle and Applications

石文孝 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

TN915/54

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高等学校通信类规划教材

通信网理论与应用

Communication Network: Principle and Applications

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

内 容 简 介

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、传送与交换技术、网络体系结构、图论及其在通信网中的应用、排队论及网络业务分析方法、主要业务网技术与应用、通信网的规划方法及支撑网等技术。

本书内容丰富、实用性强, 可作为高等院校通信工程、信息工程、网络工程、通信管理等专业本科生教材或相关专业研究生教材, 也可以作为从事通信工程可行性研究、规划、设计、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. —北京: 电子工业出版社, 2008.3

21 世纪高等学校通信类规划教材

ISBN 978-7-121-06015-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 018848 号

责任编辑: 冯小贝

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 北京鼎盛东极装订有限公司

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: 20.75 字数: 531 千字

印 次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 31.00 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。

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。

服务热线: (010)88258888。

前 言

随着通信技术、计算机技术、控制技术等现代信息技术的迅猛发展及相互融合,信息交流和传输的方法已经超出了人们以往单纯所指的以电话为主体的电信通信,网络融合已成为大势所趋。为了适应现代通信网的发展和教学的需要,我们在多年教学、科研及参考大量国内外通信网方面的专著基础上,编写了本教材。

本书内容包括通信网的基本概念和体系结构、通信网的基础理论、各种通信网结构与技术、网络规划方法及支撑网等技术。全书共分十章,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章介绍了通信网中主要的传送技术和交换技术;第3章介绍了通信网的体系结构;第4章从图论的应用角度介绍了最短路径、最大流等网络规划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5章介绍了排队论理论、网络业务分析方法及随机接入系统业务分析;第6章主要讨论了固定电话通信网、移动电话通信网的网络组织结构及路由选择原则,并介绍了智能网的概念和体系结构;第7章主要讲述数据网的概念、构成和各种数据通信网的原理及应用;第8章主要介绍IP网体系结构、IP电话网、IP与其他网络的融合技术;第9章从通信网规划基本概念出发,介绍了通信业务预测的主要方法,以移动通信网为例讨论了通信网规划方法;第10章主要介绍了No.7信令网、同步网和电信管理网的概念、分类、原理、关键技术及支撑网的发展趋势。

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,阐述了相关的通信网技术。本书可作为高等院校通信工程、信息工程、网络工程、通信管理专业本科生教材或相关专业研究生教材,也适合于从事通信工程可行性研究、规划、设计、管理和维护方面的高级技术人员作为学习和应用的参考资料。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由石文孝主编、拟定编写大纲,并编写了第1章、第4章、第6章、第9章;张丽翠编写了第7章、第8章;胡可刚编写了第2章、第5章;董颖编写了第3章、第10章;全书由石文孝修改定稿。

在本书的编写过程中,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,书中不足及错误之处,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2008年3月于吉林大学

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail : dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

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 通信网的业务及网络分类	(5)
1.2 通信网组网结构	(7)
1.2.1 基本组网结构形式	(7)
1.2.2 非基本结构形式	(9)
1.3 通信网的质量要求	(10)
1.3.1 一般通信网的质量要求	(10)
1.3.2 电话通信网的质量要求	(11)
1.4 通信网的发展趋势	(12)
1.4.1 通信技术发展趋势	(12)
1.4.2 三网融合	(14)
1.4.3 下一代网络	(14)
习题	(17)
第2章 传送与交换	(18)
2.1 传输技术	(18)
2.1.1 概述	(18)
2.1.2 传输信道	(18)
2.1.3 传输系统	(26)
2.1.4 传输方式	(27)
2.1.5 信道访问方式	(30)
2.2 交换技术	(33)
2.2.1 电路交换	(34)
2.2.2 分组交换	(35)
2.2.3 快速分组交换	(42)
2.2.4 光交换	(44)
2.2.5 软交换	(44)
2.3 接入网技术	(45)
习题	(50)

第3章 网络体系结构	(51)
3.1 概述	(51)
3.1.1 网络体系结构定义	(51)
3.1.2 网络的分层和分段	(52)
3.1.3 网络协议及其功能	(52)
3.2 OSI 参考模型	(57)
3.3 TCP/IP 协议	(62)
3.3.1 TCP/IP 体系结构	(62)
3.3.2 用户数据报协议	(65)
3.3.3 传输控制协议	(65)
3.3.4 应用层协议	(71)
3.4 传送网体系结构	(73)
3.5 电信信息网络体系结构	(76)
习题	(81)
第4章 网络规划设计理论基础	(82)
4.1 图论基础	(82)
4.1.1 图的概念	(82)
4.1.2 图的矩阵表示	(86)
4.2 树	(89)
4.2.1 树的概念及性质	(89)
4.2.2 图的生成树及其求法	(90)
4.2.3 最小生成树算法	(92)
4.3 路径选择算法	(94)
4.3.1 D 算法	(94)
4.3.2 F 算法	(96)
4.3.3 第 K 条最短路径选择问题	(100)
4.4 网络流量分配及其算法	(100)
4.4.1 流量分配的相关概念	(100)
4.4.2 网络最大流算法——标号法	(103)
4.4.3 最佳流问题	(107)
4.5 通信网的可靠性	(109)
4.5.1 可靠性定义及相关概念	(109)
4.5.2 多部件系统可靠性计算	(110)
4.5.3 工程中采用的可靠性指标	(112)
习题	(114)
第5章 排队论及其应用	(117)
5.1 排队论基础	(117)
5.1.1 基本概念	(117)

5.1.2	有关的概率模型及最简单流	(123)
5.1.3	排队系统的主要性能指标	(129)
5.2	M/M/m(n)排队系统	(131)
5.2.1	M/M/1 排队系统	(131)
5.2.2	M/M/m(n)排队系统	(135)
5.3	通信业务量分析	(141)
5.3.1	通信业务量基本理论	(141)
5.3.2	通信业务量分析	(148)
5.4	随机接入系统业务分析	(158)
5.4.1	概述	(158)
5.4.2	基本的随机接入系统业务分析	(160)
5.4.3	基于监听的随机接入系统业务分析	(165)
5.4.4	基于预约机制的随机接入系统业务分析	(168)
5.4.5	应用举例	(169)
	习题	(170)
第 6 章	电话通信网	(172)
6.1	引言	(172)
6.2	固定电话网	(172)
6.2.1	本地电话网	(173)
6.2.2	长途电话网	(176)
6.2.3	国际电话网	(177)
6.2.4	路由选择方法	(178)
6.2.5	PAS 系统	(183)
6.3	移动通信网	(184)
6.3.1	概述	(184)
6.3.2	GSM 网络结构	(185)
6.3.3	第三代蜂窝移动通信网	(189)
6.4	智能网	(192)
6.4.1	智能网的概念	(192)
6.4.2	智能网的体系结构	(193)
6.4.3	智能网呼叫举例	(194)
	习题	(195)
第 7 章	数据网	(196)
7.1	概述	(196)
7.1.1	数据网概念及构成	(196)
7.1.2	数据网的分类	(197)
7.2	分组交换网	(198)
7.2.1	分组交换网络结构	(198)

7.2.2	分组交换网的业务功能	(199)
7.2.3	分组网的应用	(200)
7.3	DDN 网	(200)
7.3.1	DDN 网的结构及组成	(200)
7.3.2	DDN 网的业务及应用	(202)
7.4	帧中继网	(203)
7.4.1	帧中继的定义及特点	(203)
7.4.2	帧中继的业务	(204)
7.5	ATM 网	(205)
7.5.1	ATM 的概念及特点	(205)
7.5.2	ATM 网络的结构	(206)
7.6	计算机通信网	(208)
7.6.1	局域网	(208)
7.6.2	城域网	(219)
7.6.3	广域网	(229)
	习题	(231)
第 8 章	IP 网	(232)
8.1	概述	(232)
8.2	IP 网络协议	(232)
8.2.1	IPv4 协议	(233)
8.2.2	IPv6 协议	(241)
8.2.3	IPv4 向 IPv6 过渡	(245)
8.3	路由器组网	(246)
8.3.1	路由器	(246)
8.3.2	路由器组网结构	(248)
8.4	IP 电话网	(248)
8.4.1	IP 电话网概念	(248)
8.4.2	IP 电话通信流程	(252)
8.4.3	IP 电话网与 PSTN 的比较	(252)
8.5	IP 技术与其他技术的融合	(253)
8.5.1	IP over ATM	(253)
8.5.2	IP over SDH	(254)
8.5.3	IP over DWDM	(256)
	习题	(257)
第 9 章	通信网规划	(258)
9.1	通信网规划基础概论	(258)
9.1.1	通信网规划的概念与分类	(258)
9.1.2	通信网规划的任务与步骤	(259)

9.1.3 通信网规划的总体原则及内容体系	(259)
9.2 通信业务预测方法	(262)
9.2.1 通信网规划预测基础	(262)
9.2.2 直观预测法	(263)
9.2.3 时间序列预测法	(264)
9.2.4 相关分析预测法	(269)
9.2.5 综合加权系数预测法	(272)
9.3 通信网规划实例	(273)
9.3.1 2G 移动通信网规划	(273)
9.3.2 3G 移动通信网规划	(279)
习题	(282)
第 10 章 支撑网	(283)
10.1 No.7 信令网	(283)
10.1.1 信令的基本概念	(283)
10.1.2 No.7 信令系统的体系结构	(284)
10.1.3 No.7 信令网的概念及分类	(287)
10.1.4 我国信令网的基本结构	(289)
10.2 同步网	(292)
10.2.1 同步网的基本概念	(292)
10.2.2 同步网的同步方式	(293)
10.2.3 同步网结构	(296)
10.2.4 我国同步网的等级结构	(297)
10.3 电信管理网	(299)
10.3.1 TMN 概述	(299)
10.3.2 TMN 的体系结构	(300)
10.3.3 TMN 的逻辑模型	(306)
10.3.4 TMN 的网络结构和设备配置	(310)
10.3.5 我国电信管理网系统	(311)
10.3.6 TMN 的发展趋势	(317)
习题	(318)
参考文献	(319)

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。通信网的建立应满足这些要求，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。

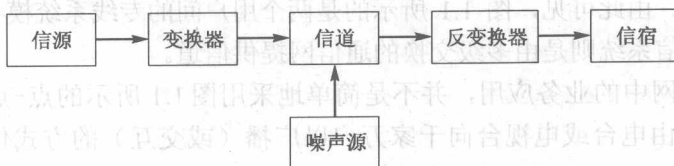


图 1.1 通信系统构成模型

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。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。不同的信息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、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,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(包括终端节点、交换节点)和连接这些节点的传输系统有机地组织在一起的,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呼叫的需要,以用户满意的效果传输网内任意两个或多个用户的信息。

在通信网上,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,还可以在一个用户和一个设备间进行。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固网电话机、移动网电话机、传真机、计算机、机顶盒、可视电话终端、视频终端和专用交换机（Private Branch Exchange, PBX）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。

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（如光缆等）；广义信道除了传输媒介之外，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。

通常，传输系统的硬件组成应包括：线路接口设备、传输媒介、交叉连接设备等。

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。

另外，为保证交换节点能正确接收和识别传输系统的数据流，交换节点必须与传输系统协调一致，这包括保持帧同步和位同步、遵守相同的传输体制（如 PDH、SDH）等。

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。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。

最常见的交换设备有电话交换机、分组交换机、路由器、转发器等。如电话交换机的基本功能结构如图 1.2 所示，其主要功能如下：

- 用户业务的集中和接入功能。通常由各类用户接口和中继接口组成。
- 交换功能。通常由交换矩阵完成任意入线到出线的信息交换。
- 信令功能。负责呼叫控制和连接的建立、监视、释放等。
- 控制功能。路由信息的更新和维护，计费、话务统计、维护管理等。

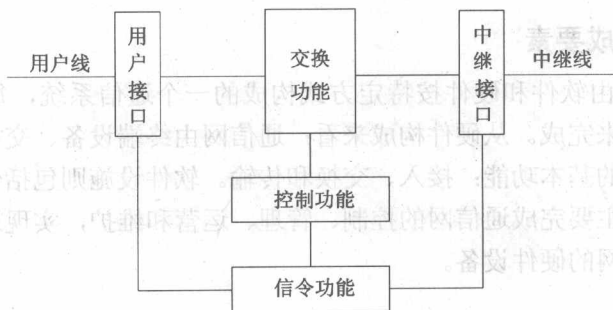


图 1.2 电话交换节点的基本功能结构

1.1.3 通信网的分层结构

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。

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。

1. 网络结构的垂直描述

从网络垂直分层的观点来看，可根据不同的功能将网络分解成多个功能层，上下层之间的关系为客户-服务器关系。网络的垂直分层结构也是网络演进的争论焦点，开放系统互连（Open Systems Interconnection, OSI）七层模型曾是人们普遍认可的分层方式，但它显得太复杂，目前能完全按照七层模型构建的通信网还不存在。我们可以把 OSI 七层模型进行简化，在垂直结构上，根据功能将通信网分为应用层、业务网和传送网，如图 1.3 所示。

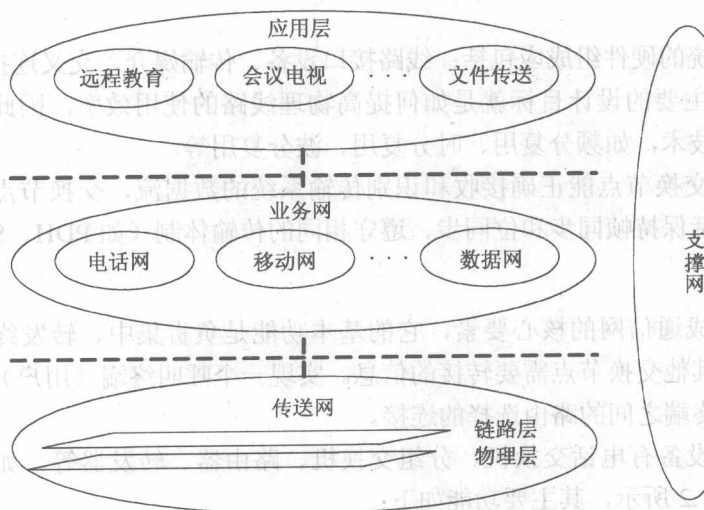


图 1.3 垂直观点的网络结构

在这一体系结构中，应用层面表示各种信息应用与服务种类；业务网层面表示支持各种信息服务的业务提供手段与装备，它是现代通信网的主体，是向用户提供诸如电话、电报、传真、数据、图像等各种通信业务的网络。传送网层面表示支持业务网的传送手段和基础设施，包括

骨干传送网和接入网。此外还有支撑网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, 传统的通信支撑网包括信令网、同步网和电信管理网。

2. 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, 可分为用户驻地网 (Customer Premises Network, CPN)、接入网 (Access Network, AN) 和核心网 (Center Network, CN), 如图 1.4 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。

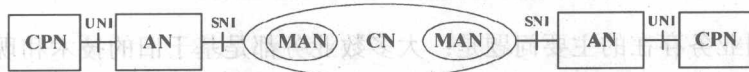


图 1.4 水平观点的网络结构

在图 1.4 中, CPN 为用户驻地网, 指用户终端到用户网络接口 (Unit Network Interface, UNI) 之间所包含的机线设备, 是属于用户自己的网络。它在规模、终端数量和业务需求方面差异很大, CPN 可以大至公司、企业和大学校园, 由局域网的所有设备组成; 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 为业务节点接口 (Service Node Interface)。

核心网包含了交换网和传输网的功能, 或者说包含了长途网和中继网的功能, 在实际网络中一般分为省际干线 (即一级干线)、省内干线 (即二级干线) 和局间中继网 (即本地网或城域网)。

接入网位于核心网和用户驻地网之间, 包含了连接两者的所有设施设备与线路。接入网已经从功能和概念上替代了传统的用户环路结构, 成为通信网的重要组成部分, 被称为通信网的“最后一公里”。

1.1.4 通信网的业务及网络分类

1. 通信网的业务

现代通信网建设与运行的真正目的是要为用户提供他们所需的各类通信业务, 满足他们对不同业务服务质量的需求。因此通信业务是最直接面向用户的。

目前各种网络为用户提供了大量的不同业务, 业务的分类并无统一的方式, 一般会受到实现技术和运营商经营策略的影响。业务应根据所依赖的技术、业务提供的信息类型、用户的业务量特征、对网络资源的需求特征等方面分类。好的业务分类有助于运营商进行网络规划和运营管理。

按信息类型分类

根据信息类型的不同可将业务分为如下四类:

- 语音业务。目前通信网提供固定电话业务、移动电话业务、VOIP、会议电话业务和电话语音信息服务业务等。该类业务不需要复杂的终端设备, 所需带宽为 64 Kb/s, 采用电路或分组方式承载。

- **数据业务。**数据业务主要包括电子邮件、数据检索、Web 浏览、文件传输、局域网互连、面向事务的数据处理业务等，所需带宽差别较大，一般需要大于 64 Kb/s 的带宽，采用电路和分组方式承载。
- **图像业务。**图像业务主要包括传真、CAD/CAM 图像传送等。该类业务所需带宽差别较大，G4 类传真需要 2.4~64 Kb/s 的带宽，而 CAD/CAM 则需要 64 Kb/s~34 Mb/s 的带宽。
- **视频和多媒体业务。**视频和多媒体业务包括可视电话、视频会议、视频点播、普通电视、高清晰度电视等。该类业务所需的带宽差别很大，例如，会议电视需要 64 Kb/s~2 Mb/s，而高清晰度电视需要 140 Mb/s 左右。

目前通信网业务存在的主要问题是：大多数业务都是基于旧的技术和现存的网络结构来实现的，因此除了基本的语音和低速数据业务之外，大多数业务的服务性能都与用户实际的要求存在一定的差距。

按照网络提供业务分类

按照网络提供业务的方式，可将业务分为以下三类：

- **承载业务：**网络在用户网络接口处提供的单纯的信息传送业务。网络用电路或分组交换方式将信息从一个用户网络接口透明地传送到另一个用户网络接口，而不对信息做任何处理和解释，它与终端类型无关。一个承载业务通常用承载方式（分组还是电路交换）、承载速率、承载能力（语音、数据、多媒体）来定义。
- **用户终端业务：**所有面向用户的业务，它在与终端的接口上提供。它既反映了网络的信息传递能力，又包含了终端设备的能力。终端业务包括电话、传真、数据、多媒体等。一般来讲，用户终端业务都是在承载业务的基础上增加了高层功能而形成的。
- **补充业务：**又称附加业务，是由网络提供的，在承载业务和用户终端业务的基础上附加的业务性能。补充业务不能单独存在，它必须与基本业务一起提供。常见的补充业务有主叫号码显示、呼叫转移、三方通话、虚拟专网等。

承载业务和用户终端业务的实现位置如图 1.5 所示。

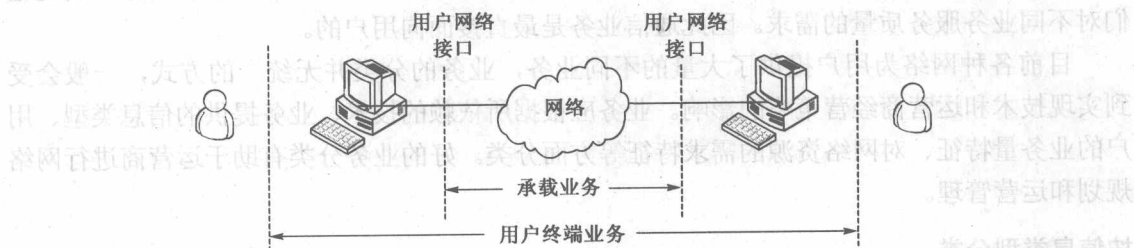


图 1.5 承载业务和用户终端业务

未来通信网提供的业务应呈现以下特征：

- **移动性，**包括终端移动性、个人移动性
- **带宽按需分配**

- 多媒体性
- 交互性

2. 通信网的分类

现代通信网可以从不同的角度进行分类。

- 按通信的业务类型进行分类：即业务网有固定电话通信网、移动电话通信网、传真通信网、数据通信网、计算机通信网、广播电视网、多媒体通信网和综合业务数字网等。
- 按通信的传输媒介进行分类：电缆通信网、光缆通信网、微波通信网、卫星通信网等。
- 按通信传输处理信号的形式进行分类：模拟通信网和数字通信网等。
- 按通信服务的范围进行分类：本地通信网、长途通信网和国际通信网或局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN）等。
- 按通信服务的对象进行分类：公用通信网、专用通信网等。
- 按通信的活动方式进行分类：固定通信网和移动通信网等。

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、总线形网；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 1.6 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，每个节点之间都有直达线路，信息传递迅速；灵活性大，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：由于每个节点之间都互连，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，它是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 1.7 所示。