

高等学校电子信息类教材

# 现代通信网

王承恕 编著

Modern

Network

Communication

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



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

| 高等学校电子信息类教材 |

# 现代通信网

王承恕 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了通信网的最基本理论和技术, 主要包括通信网的基本概念、功能和网络体系结构, 网内业务分析, 各种交换技术、网络安全、多址通信方式以及计算机通信网和互联网、移动通信网、卫星通信网、光通信网、城域网、广电网等。

本书适合于从事通信工程的技术人员及大专院校相关专业的师生阅读和参考。

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

现代通信网/王承恕编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.1

高等学校电子信息类教材

ISBN 7-121-00549-2

I. 现… II. 王… III. 通信网 IV. TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第115531号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 孙延真

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23 字数: 588千字

印 次: 2005年1月第1次印刷

印 数: 5000册 定价: 29.00元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。  
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

# 前 言

近年来通信技术和计算机技术的不断进步，尤其是因特网的飞速发展，大大推动了通信网的发展，促进了社会现代化进程，对社会起到了极大的推动作用。电路交换电话网向分组交换数据通信网的巨大转变，图像业务的增多，极大地改变了人们的生活和工作。

通信网理论体系在 20 世纪 70 年代初步形成，但是，通信网的基本理论体系尚处于初期的建立阶段，而通信网理论和技术却在飞快发展和不断更新。在此情况下，本书就近代通信网的最基本理论和技术进行了分析讨论。

本书包括通信网的最基本概念和基础，以及各种通信网结构与技术，全书共分 9 章：

第 1 章讨论了通信网的基本概念、功能和网络体系结构，以及网内业务、路由选择、流量分配与控制、多址接入等内容；

第 2 章分析了各种窄带和宽带交换技术；

第 3 章讨论了网络安全的基本问题；

第 4 章讨论了传统和近代计算机通信网和因特网技术；

第 5 章讨论了各种移动通信网及其发展；

第 6 章分析了卫星通信网及其发展；

第 7 章、第 8 章分别讨论了光通信网和城域网技术；

第 9 章简单介绍了广播电视网的基本概念、组网技术与发展。

本书的出版得到了许多同仁和编辑的大力帮助和支持，作者一并致谢。书中缺点错误在所难免，望读者批评指正。

作 者  
2004 年 9 月

# 目 录

<b>第1章 总论</b> .....	(1)
1.1 通信网的组成、功能和网络体系结构 .....	(1)
1.1.1 通信网概念及其发展过程 .....	(1)
1.1.2 通信网的组成和功能 .....	(2)
1.1.3 通信网的网络体系结构 .....	(6)
1.2 网内通信业务分析 .....	(29)
1.2.1 通信业务量理论 .....	(29)
1.2.2 排队论概论及网内通信业务分析 .....	(31)
1.2.3 $M/M/1$ 排队模型(等待系统) .....	(39)
1.2.4 网内业务量性能指标 .....	(41)
1.2.5 立接制交换线群 .....	(44)
1.2.6 缓接制交换线群 .....	(49)
1.2.7 提高系统效率措施 .....	(52)
1.3 路由选择、流量分配与控制 .....	(53)
1.3.1 路由选择 .....	(53)
1.3.2 流量分配与控制 .....	(60)
1.4 多址接入 .....	(62)
1.4.1 概述 .....	(62)
1.4.2 固定分配方案 .....	(63)
1.4.3 随机接入技术 .....	(64)
1.4.4 集中式按需分配 .....	(76)
1.4.5 分布式按需分配 .....	(80)
1.4.6 混合方案 .....	(82)
1.4.7 接入网概念 .....	(82)
<b>第2章 交换</b> .....	(87)
2.1 引言 .....	(87)
2.2 电路交换 .....	(87)
2.2.1 电路交换系统组成 .....	(87)
2.2.2 电路交换工作过程 .....	(88)
2.3 分组交换 .....	(92)
2.3.1 数据交换方式 .....	(92)
2.3.2 分组交换原理 .....	(93)
2.3.3 分组交换网 .....	(96)
2.3.4 虚电路模型 .....	(97)

2.3.5	分组交换网中的流量控制问题	(98)
2.4	宽带交换	(102)
2.5	帧中继 (FR)	(103)
2.6	交换多兆比特数据业务 (SMDS)	(108)
2.7	快速分组交换	(111)
2.7.1	Banyan 基结构	(113)
2.7.2	不相交路径拓扑图交换结构	(117)
2.8	ATM	(118)
2.8.1	信元结构	(119)
2.8.2	B-ISDN 的分层结构	(120)
2.8.3	B-ISDN 用户-网络接口	(121)
2.8.4	ATM 传输原理	(122)
2.8.5	ATM 交换原理	(124)
2.8.6	ATM 网组成	(126)
2.9	IP over ATM 技术和 IP over SDH 技术	(127)
2.9.1	IP over ATM	(127)
2.9.2	IP over SDH	(129)
2.9.3	IP over ATM 与 IP over SDH 比较	(131)
2.10	软交换	(132)
2.10.1	概述	(132)
2.10.2	软交换概念	(132)
2.10.3	软交换网络体系结构	(133)
2.10.4	会话控制协议 (SIP)	(135)
2.10.5	软交换网络的路由设计	(137)
2.10.6	基于软交换的网络发展所面临的挑战和软交换的未来	(138)
<b>第 3 章</b>	<b>网络安全</b>	<b>(139)</b>
3.1	接入控制	(139)
3.2	客户/服务器网络安全	(142)
3.2.1	客户/服务器网络	(142)
3.2.2	程序接口	(143)
3.2.3	简单联机	(143)
3.2.4	工作站安全	(145)
3.3	防火墙	(145)
3.3.1	防火墙基本概念	(145)
3.3.2	防火墙构成	(146)
3.3.3	防火墙的安全级	(147)
3.3.4	防火墙的分类	(148)
3.3.5	防火墙位置的设置	(150)
3.4	入侵审计、追踪及检测技术	(150)
3.4.1	审计、追踪	(150)

3.4.2	入侵检测	(151)
3.4.3	分布式入侵检测	(153)
3.5	网络病毒与防治	(154)
3.6	可信赖网络系统	(156)
3.7	网络加密与密钥管理	(157)
3.8	网络安全的多层防护	(159)
3.9	安全管理技术简介	(160)
<b>第4章</b>	<b>计算机通信网和互联网</b>	<b>(162)</b>
4.1	计算机通信网概述	(162)
4.2	局域网(LAN)	(163)
4.2.1	局域网拓扑结构	(163)
4.2.2	局域网参考模型	(164)
4.2.3	IEEE 802.2 逻辑链路控制	(166)
4.2.4	光纤分布数据接口(FDDI)	(167)
4.2.5	IEEE 802.3 标准和以太网	(169)
4.2.6	IEEE 802.5 标准和令牌环网	(178)
4.2.7	IEEE 802.4 标准和令牌总线网	(180)
4.2.8	无线局域网(WLAN)——下一代无线接入网	(181)
4.3	互联网(Internet)	(187)
4.3.1	引言	(187)
4.3.2	信息高速公路	(187)
4.3.3	Internet	(188)
4.3.4	下一代Internet——IPv6 互联网	(205)
<b>第5章</b>	<b>移动通信网</b>	<b>(224)</b>
5.1	概述	(224)
5.2	蜂窝移动通信网	(224)
5.2.1	综述	(224)
5.2.2	模拟蜂窝移动通信网——第一代蜂窝系统(1G)	(226)
5.2.3	数字蜂窝移动通信网(2G)	(232)
5.2.4	GPRS/WAP(2.5G)	(243)
5.2.5	宽带数字蜂窝移动通信网——第三代蜂窝系统(3G)	(250)
5.3	下一代无线蜂窝网	(257)
5.3.1	概述	(257)
5.3.2	正交频分复用(OFDM)	(258)
<b>第6章</b>	<b>卫星通信网</b>	<b>(265)</b>
6.1	引言	(265)
6.2	FDMA 卫星通信网	(267)
6.3	TDMA 卫星通信网	(267)

6.4	SDMA 卫星通信网 .....	(269)
6.5	分组通信卫星通信网 .....	(270)
6.6	VSAT 网 .....	(272)
6.6.1	VSAT 概述 .....	(272)
6.6.2	第一代 VSAT 网 .....	(273)
6.6.3	第二代 VSAT 网 .....	(277)
6.6.4	VSAT 网的发展 .....	(278)
6.7	移动业务卫星通信网 (MSSN) .....	(282)
6.7.1	引言 .....	(282)
6.7.2	陆地移动业务卫星通信系统 .....	(283)
6.8	CDMA 移动业务卫星通信系统 .....	(284)
6.8.1	全球卫星系统 (Globalstar System) .....	(284)
6.8.2	漫游系统 (Odyssey System) .....	(286)
6.9	中国卫星通信网 .....	(287)
6.10	卫星 IP —— 下一代无线接入网 .....	(289)
6.10.1	基于卫星的 Internet 简介 .....	(289)
6.10.2	卫星通信在 Internet 中的应用 .....	(290)
6.10.3	多址接入控制 (MAC) .....	(292)
6.10.4	卫星 TCP/IP 协议 .....	(293)
6.10.5	卫星 Internet 架构 .....	(299)
6.10.6	评定 .....	(301)
<b>第 7 章</b>	<b>光通信网 .....</b>	<b>(303)</b>
7.1	本代有线电通信网——电缆/光缆通信网 .....	(303)
7.1.1	引言 .....	(303)
7.1.2	光纤通信关键技术 .....	(303)
7.1.3	从 WDM 向 OTN 的演进 .....	(310)
7.2	下一代有线电通信网——光通信网络 .....	(310)
7.2.1	光传送网 (OTN) .....	(310)
7.2.2	全光传送网 (AOTN) .....	(311)
7.2.3	光路交换光网络 .....	(312)
7.2.4	光互联网——光 Internet .....	(313)
7.2.5	光网络的生存性 .....	(317)
7.2.6	全光网 .....	(317)
<b>第 8 章</b>	<b>城域网 (MAN) .....</b>	<b>(327)</b>
8.1	概述 .....	(327)
8.1.1	引言 .....	(327)
8.1.2	城域网的定义 .....	(328)
8.1.3	构建城域网的基本技术 .....	(329)
8.1.4	宽带 IP 网络技术的三个发展阶段 .....	(330)



8.1.5	IP 网与光网络整合 .....	(330)
8.1.6	PoS 与以太网自愈技术 .....	(331)
8.2	城域网结构 .....	(331)
8.3	城域网技术 .....	(332)
8.3.1	IP 城域网技术 .....	(332)
8.3.2	城域以太网技术 .....	(332)
8.3.3	光城域网技术 .....	(333)
8.4	光以太城域网 .....	(342)
8.4.1	光以太城域网概念 .....	(342)
8.4.2	光以太城域网业务 .....	(342)
8.5	QoS .....	(343)
8.5.1	QoS 的分层实现 .....	(343)
8.5.2	IP 语音时延 .....	(344)
8.6	城域网发展趋势 .....	(344)
<b>第 9 章</b>	<b>广播电视网 .....</b>	<b>(346)</b>
9.1	有线电视网 (CATV) .....	(346)
9.2	光纤同轴混合电视网 (HFC) .....	(347)
9.2.1	HFC 网的频谱分配 .....	(348)
9.2.2	HFC 的网络结构 .....	(348)
9.2.3	HFC 网协议 .....	(350)
9.3	CATV 网的将来 .....	(351)
<b>附录</b>	<b>书中主要缩写英文通信网词汇词义 .....</b>	<b>(352)</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(357)</b>

# 第1章 总 论

## 1.1 通信网的组成、功能和网络体系结构

### 1.1.1 通信网概念及其发展过程

现代社会已经跨入信息时代，人们的生活和工作都离不开信息，并且希望迅速获得高质量信息沟通。人们要想达到此目的，就必须靠由传输线路和交换机构成的网络来完成信息的传输与交换。这就是通信网概念。早已存在人们生活中的电话网，就是用有线电/无线电链路接通交换机，形成传输和交换声音信息的通信网络。

20世纪60年代以前，主要是有线电模拟电话网。60年代初始，采用数字传输和交换的电话网投入使用，一直延续至今，形成了目前世界范围内的两套数字载波传输系统。60年代后期，计算机的出现，以及工业和自动控制的发展，人们开始用计算机连网，实行工业自动控制的集中调度与共享。之后，由于业务项目的增加，并且要求对信息存储、交换和处理，于是开始使用微处理机或者小型计算机来完成这些复杂功能。同时，计算机也成了用户终端。这样就形成一个综合计算机和通信两大技术的计算机通信网；随后，出现数据通信网，尤其是符合ITU-T X.25通信协议的分组交换网获得了长足发展；其次，卫星通信网开始布局全球，形成了远距离通信的重要手段。70年代后期，移动通信大发展。到现在，移动通信网已经形成为与固定通信网平起平坐的极其重要的全球通信网络。

80年代，随着人们生活的不断提高，要求声音、图像和数据综合在一个网内同时进行传输，实现综合业务统一网络内的通信，这种称之为综合业务数字网（ISDN）的通信网开始实施。这种以数字化为前提的通信网，是全数字化的。用户只需要提出一次申请，用一条用户线，一个号码，就可以将多个不同业务的终端接入网内，按照统一规程进行通信。只要设置与现有各种通信网接续的数字用户交换机，以及用户之间的“用户—网络”接口TE1（标准的）或TE2（非标准的），用户即可进行通信。

ISDN是综合各种业务，由七号信令支持，按标准用户—网络接口，实现端—端数字连接，以公用数字电话网IDN为基础构建的通信网。它通过数字用户电话线，利用标准“用户—网络”接口，由ISDN交换机为用户提供：①两个信息通道的电话、传真、可视图文、数据通信等多种业务，其速率分别为基本信道速率64kbit/s，简称2B通道；②一个信令通道的信令、低速数据、紧急业务等服务，其速率为16kbit/s，简称D通道，合起来简称2B+D通道。这即将现有IDN电话网的普通用户线作为ISDN用户线而规定的接口，该标准接口叫做基本接口或基本接入。由此得出准同步数字体系（PDH）一次群速率 $T_1$ 通道结构：

23B+D通道结构， $B=D=64\text{kbit/s}$ ，一次群速率为1.544Mbit/s（北美）；

30B+D通道结构， $B=D=64\text{kbit/s}$ ，一次群速率为2.048Mbit/s（ITU-T）。

在宽带传输网技术的发展过程中，ISDN起了重要作用，但是，随着技术的发展，将其作为宽带综合业务数字网的独立制式的可能性越来越小。

20世纪后期，全球兴起的互联网热，至今已经逐渐成熟。可以完全肯定，它已经成为了与电信网势均力敌的大户，并且，两者逐渐完全融合。有可能下一代通信网的骨干网就是

Internet。Internet 网上资源非常丰富，是一个信息宝库。

随着技术的发展和以图像业务为中心的各种更高速通信业务应用的增多，建筑在同步数字传输系统 SDH 和 IPOA (IP over ATM) 模式基础上的宽带 IP 网 —— SDH 高速复用宽带网，在逐步进入人们的生活。

高速复用宽带网，其速率远远高于三次群  $T_3$  (45 Mbit/s) 速率。理论上，它是一种以交互方式传递数据、语音、电视、图像等多媒体信息的千兆比特高速数据网。它是为用户提供“存放信息和概念的全集合空间”。显然，高速复用宽带网所瞄准并沟通的是此空间中所含有的各种多媒体信息和 4 维信息子集。在网上可为人们提供交互式多媒体服务 (在线服务)。高速复用宽带网，无论在理论上或技术上，都还未完全成熟，现在正在准备开始实施的下一代通信网，可望形成通向“智慧空间”通路的千兆比特速率以下的，使用 IPOA (IP over ATM) 交换技术或其他技术的高速通信网。

当然，通信网的发展是逐步的，目前正在高速发展的通信网，正在逐渐实现计算机通信网和电信网的融合，但是，仍然主要还是集中于核心网中，接入网紧跟其后。

### 1.1.2 通信网的组成和功能

#### 1. 通信网结构

一般情况下，从信息传递过程来看，整个通信网由用户驻地网 (CPN)、用户接入网 (AN) 和核心网 (CN) 三种不同业务类型的网络层构成。不同业务类型的网络，又由许多层构成。不同传输介质，其构成也不尽相同。例如，在全光网的结构中，用户接入网 (AN) 和核心网 (CN) 之间，就还存在一个城域网 (MAN)。总之，整个通信网就是一个多层结构的互连综合体。其示意结构如图 1.1 所示。

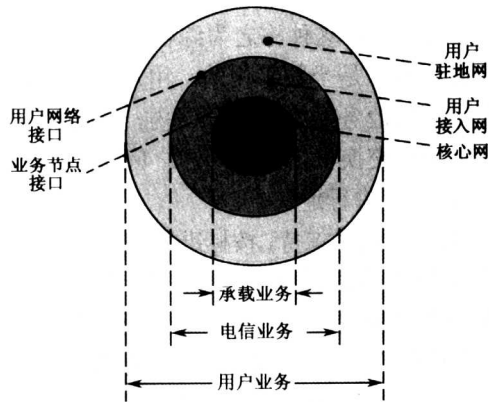


图 1.1 通信网的示意结构

##### (1) 用户驻地网 (CPN)

用户驻地网 (CPN) 是指用户终端至网络接口 UNI 间所包含的网络部分。它由完成通信和控制功能的用户驻地布线 (有线电或者无线电) 系统中的机线设备组成。其任务就是将源信号按速率、带宽、业务量透明地传送给接入网。然而，由于源信号的性质差异很大，用户驻地网 (CPN) 必须能够灵活地适应不同性质、广泛用户的需要。有些情况下，CPN 就是一条有线电或者无线电链路，非常简单。例如，移动通信的 CPN，就是一条看不见的无线电电波链路。

## (2) (用户) 接入网 (AN)

接入网定义：为将用户驻地网中的用户业务信息送到核心网，在用户网络接口 (UNI) 和业务节点接口 (SNI) 之间，必须提供传送承载能力的实施手段。

用户网络接口 (UNI) 和业务节点 (SN) 之间，通过与相关业务节点 (SN) 的协调指配来建立联系。亦通过指配功能来完成分配给业务节点 (SN) 的接入承载能力，这相当于将接入网划分成多个虚网，每个业务节点 (SN) 至少与一个虚接入网相连。具体实施是通过协调功能，在同一物理配置内来完成的，自然应该统一综合管理所有接入网资源。

接入网概念已经完全脱开了一般电话用户环的狭隘定义。业务节点接口 (SNI) 概念较标准网络节点接口 (NNI) 概念已经大大扩充 (可以接入类似业务节点 SN 的租用线业务节点和声像业务节点，等等)，能覆盖多种类型业务的接入。接入网可以接入支持特定业务的单个业务节点，也可接入支持相同业务的多个业务节点。

随着核心网和用户终端的逐步高速宽带化，采用 SDH 和 IPOA (IP over ATM) 技术，特别是电信核心网中业务种类的增加，信号频带的加宽，交互性的增强，要求接入网提高其带宽，以克服其所产生的通信瓶颈效应。有线电通信中，以 FTTH 为基础的光纤宽带接入网和无线电通信中，以 GSM、CDMA 等蜂窝技术为基础的移动宽带接入网、个人通信宽带接入网，以及将要实施的以 OFDM 等为基础的下一代宽带接入网，将是解决瓶颈效应的良好技术方案。

## (3) 核心网 (CN)

核心网 (CN) 是公用电信网中的一部分 (另一部分为用户接入网)，完成信息的远程传输和转接功能。下一代网络的核心网可能就是 Internet 网了。

核心网是整个通信网的主体。它是一个庞大的体系结构，用通信协议来保证两两用户之间的可靠通信。按照开放系统互连 (OSI) 参考模型，由它提供互通条件，实现各种网络的互连。

现在通信网中的核心网，由长途网 (长途端局以上区段)、中继网 (长途端局与市话局之间区段) 和本地局 (市话局与市话局之间区段) 组成。

现代核心网都是采用多种传输媒质构成的混合实体。而且，大多采用卫星或光缆进行远程传输。

## 2. 通信网的组成和功能

由上述分析可知，通信网是一种分层结构。下面介绍通信网的组成和功能。

### (1) 通信网的组成和功能

通信网由各种用户终端、交换中心、集中器、连接器以及连接它们之间的传输线路 (无线电或者有电线) 组成。

除了这些硬件设备之外，为了保证网络能正确合理地运行，使用户间快速接续，并有效地相互交换信息，达到通信质量一致，运转可靠和信息透明等目标的要求，还必须有管理网络运行的软件 (如标准、信令、协议)。在现代通信网中，协议 (Protocol) 已成为必不可少的支撑条件，它直接决定了网络的性能。

交换中心、集中器、终端等所有独立的设备，在图论中皆可统称为节点。但通信网中所讲的节点，是指具有交换功能的节点，大多指的是交换中心。

传输线路可以是电缆、光缆、陆地无线电和卫星，乃至太空无线电，在图论中统称为链路。

因此，理论上就可以把一个通信网看成由链路和节点组成的“图”。图 1.2 示出了一个五节点通信网的例子。

链路的功能是传输信息。

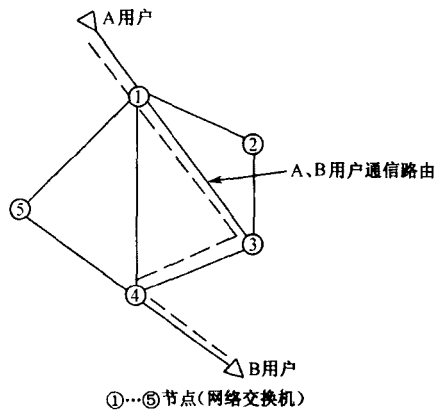


图 1.2 一个五节点通信网示意图

节点的功能首先是为信息提供交换场所，它是一个通信用的计算机，具有存储-转发功能；其次，是选择路由，为各子网提供接口，实行信息收发，并保证必需的传输状态；第三是进行信息流控制，为避免信息拥挤和有效利用网络资源，节点之间必须实行流量控制；最后一个功能就是实施网络监视和管理。

总之，通信网要完成的一个基本功能就是为网内通信用户双方提供接续的通信路径，使处于不同地理位置的终端用户可以相互通信。为此，网路必须具备以下几个具体功能：

- ① 网络发送节点与目的节点之间确实存在物理传输媒介（当然通常都要经过中间节点），为通信双方提供信息交换通路。
- ② 协议交换。使具有不同字符、码型、格式、信令、协议、控制方法的终端用户能互相“听懂”对方。
- ③ 寻址。被传输的信息，应标明地址，使之具备寻址能力，能够正确到达目的地。
- ④ 路由选择。在始节点和目的节点间选择一条最佳通路。特别是当通信线路上的节点或链路出现故障或发生拥塞时，能提供迂回路由。
- ⑤ 终端用户和传输网络间的信息速率匹配。一般采用设置缓冲或进行输出分组流速率控制来解决。为输入信息提供缓冲，使之能够排队等待进行处理；为输出信息提供缓冲，直到其能经由传输链路输出为止。为了使收端缓冲器不溢出或不经常等待发送信息，可采取输出分组流速率控制。
- ⑥ 差错控制。由数据链路控制单元提供误码检测或纠错，乃至要求发端重发。
- ⑦ 压/解缩。为了提高传输效率，往往将信息（尤其是大信息量信息）进行压缩处理后传输，接收后进行解压还原。
- ⑧ 分组装拆（PAD）。在发端，由 PAD 将用户数据进行分组，在收端，PAD 将收到的带有编号的信息分组（或包），按其原样组装成为用户信息。

上述功能实际说明了两个终端用户通过一条完整有效接续通路（链路）进行通信的过程。毫无疑问，网中通信双方必须成双成对出现，当然也可以多方会谈，第三方参与。因此，这些具体功能也必然在一个通信系统中成对地在通信双方接续进程中显现，才能在任何时候，

任何情况下，进行两两通信。所以说，不论网如何，而就其网的基本功能来说，这些成对显现在通信双方的功能，都处于同等地位上，或者说它们都处于同一对等层次（Peer Layer）上。这就是通信网分层结构基本概念的由来。

## （2）网与交换

为了相互进行通信，最简单的方法是用户间直接互连。这种不用交换，用户各自与其他任何用户都存在直达电路的网，称为全连接网。两用户间双向传输，需要两个通信系统， $n$  个用户的全连通网就要建立起  $n(n-1)$  个通信系统。现在运行的卫星通信网基本上是一个全连接网。例如，要满足 5 个用户各自进行双向通信的要求，就必须具备  $5 \times (5-1) = 20$  套通信系统。也就是说，每个用户应该有对另外 4 个用户进行通信的 4 套收发信设备和 4 套终端设备。显然，这种不用交换设备的简单直接互连的网的通信是很不经济的。不但投资大，而且信道利用率也低，因为当一用户与某一用户通信时，其他信道必然空闲。对用户数多的大网，其矛盾尤为突出，并且网络结构相当复杂乃至无法实现。另外对增加用户或撤销用户也很麻烦。不过，对需要与许多节点同时通信，且业务量十分大的网，全连接仍然可行。这就是卫星通信系统中各地面站之间采用全连接网结构的原因。

随着技术的发展，出现了交换机，通信用户之间通过交换机连接起来，无须通信双方直接互连，形成了主要由传输链路相连起来的网络交换机（或节点）组成的通信网。在交换机处理能力的极限范围内，这样的网能容纳大量的用户。要通信的用户必须由网络节点交换机选定其相应的路由。该网络可传送语音，也可传送数据，或语音、数据同传，一直发展到现在可以传送多媒体信号。图 1.2 为其抽象的一般形式。这种形式的网不仅经济实用，利用率高，而且可以使许多通信用户方便地接入和拆除，它还能提供许多附加服务。

现在已经普遍使用的交换技术有电路交换和数字交换。分组交换以及在宽带网中广泛使用的异步传输模式（ATM）和将要使用的 IPOA 等模式，表明交换技术已经在向更高的水平发展，发展速度惊人。

电路交换用得最多的地方是电话网，在初期的 ISDN 中也用电路交换转接信息，用以传输话音和数据。当一对用户或一组用户要通信时，就在它们之间立即建立起一条专用传输信息通路，并在通信过程中一直保持着。

数字交换中的分组交换和 ATM、IPOA 等技术，正在或将要广泛用于数据通信网中，在数字交换网中，所传信息被分割成数据块（或包），由信源送往信宿。电话机、计算机、打印机或其他数据通信装置或数据处理装置都可成为数字交换网中的信源和信宿。

一旦网络全数字化，不论交互式数据还是计算机间通信的数据，或者数字电话，数字图像均能通过网络进行数字传输。将要建立的宽带 IP 网中，实施 IPOA 等技术已为期不远。

## （3）网的互联

如上所述，不论通信网络是电路交换的，还是数字交换的，皆可看成为由传输链路经节点交换机构连接而成。分散的众多节点组成的通信网络，其基本结构如图 1.2 所示。实际的通信业务必须经过当地的区域网接入公用网，或者这一区域网必须与另一区域网相连。因此，不论国内或国际通信，往往都要横贯几个网进行，这就产生了不同的通信网间互连问题。图 1.3 是一个通信系统的例子。该图由多种信源综合，经由“网关”（G, Gateway）或“网桥”（B, Bridge）把地理上分散的 A、B、C 三个网互连而成。网桥为数据链路层上的中继系统；信关或网关为网络层的上层上的中继系统。

这些不同类型的网可能容许的最高比特率不同，分组处理功能不同，或具有不同的体系

结构。“网关”G提供必要的协议转换，并使不同种类的网实行对接；“网关(G)”可以是独立的智能系统，当做节点看待；G也可安装在网络交换机内部，要求其具备码速率匹配和流量控制等功能。

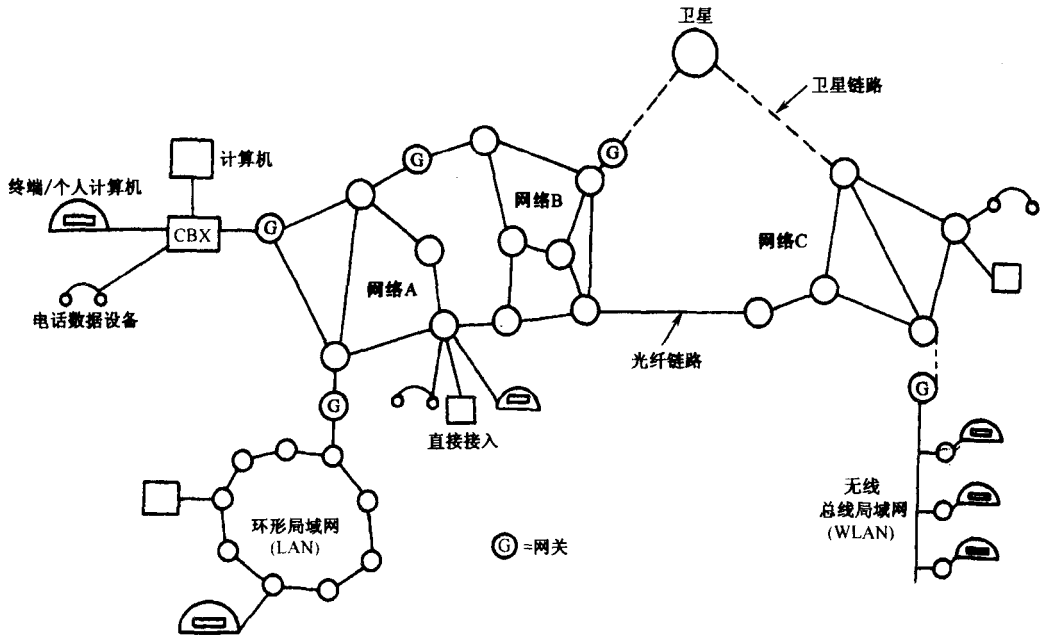


图 1.3 网络互连的例子

如果两个网具有标准化接口，则可将其进行节点间的直接连接。

用户终端入网有多种方式：

经由一个公共接入点（访问点）AP 直接入网（例如卫星电话）；经过一个有线环局域网 LAN 或无线总线局域网 WLAN 接入；经过一个数字专用小交换机 CBX 接入等等。

网络互连以及在单个网或组网中综合不同业务，尚有许多理论和技术问题需要解决。其中一个重要问题就是制定全球共同遵守的完善协议。

### 1.1.3 通信网的网络体系结构

#### 1. 基本概念

现代通信网是一个巨大的高级复杂实体，很难用一般概念化的方法对整体进行分析，必须用系统工程方法来处理。可对其进行分解合成，并利用分层(Layering)和分段(Segmentating)的概念来表示通信网的理想结构。这即我们所说的通信网络体系结构。它适用于网络的功能结构，也适用于网络的系统结构。因此，利用这一概念来分析网络的功能和结构，或进行其硬件和软件设计是最好不过的。

建立通信网的网络体系结构，必须完成以下三个具体工作：

- ① 按一定规则把网络划分成为许多部分，并明确每一部分所包含的内容。
- ② 建立参考模型。将各部分组合成通信网，并明确各部分间的参考点。
- ③ 设置标准化接口，对参考点的接口标准化。接口标准化，实质就是从整体上使通信网最优化。但局部可能暂时出现一些问题，如成本上升，处理信息量增加，并导致性能下降。

一旦硬件大规模集成化和高速化，这些问题会迎刃而解。

设计一个庞大而复杂的通信网，往往从功能和实现两个方面考虑，将通信网设定为多个互补的结构，从而达到如下目的。

① 完成功能结构：规定网络的功能模块，它取决于通信网业务和运行管理要求。

② 完成系统结构：规定网络中应配置的硬件及相应的软件，它取决于通信网所采用的传输技术。

通信网的网络体系结构由硬件和软件组成。硬件部分，即拓扑结构，我们放到后面的相关章节中去讨论。这里涉及的内容是有关网络体系结构中的软件部分，是有关通信网的规约和网络管理结构，以及传送标准结构的论述等。

## 2. 网络体系结构 (NA)

整个通信网的体系结构，按其功能可分成高功能层和传送层两大部分。前者包括高级接续业务功能和网络运行管理维护操作 (OAM) 功能；后者主要是关于传送用户信息方面的功能。这涉及到用户信息传输和交换网络逻辑功能的所有内容，后面分述。这里先讨论高功能层部分。

实现高级业务控制和 OAM 功能的高功能层，对提高业务质量，降低通信成本起着关键作用。它能适应各种业务内容的变更及追加新业务，是一种对实时性要求较低的功能部件。高功能结构可分成高级接续业务系统和网络管理系统两大部分。

### (1) 高级接续业务系统结构

高级接续业务系统包括业务平台和业务特有的功能模块两部分：

① 业务平台 (Service Platform) —— 实现多种业务所公用的功能如图 1.4 所示。

② 业务特有功能模块 —— 实现各业务所特有的功能。

当要加入新业务时，只要在业务平台提供的功能和数据库等基础上，开发该业务特定的控制规程装入网内即可。这实际上就是为实现业务多样化和便于导入尚未确定的新业务而呈现的智能网功能。

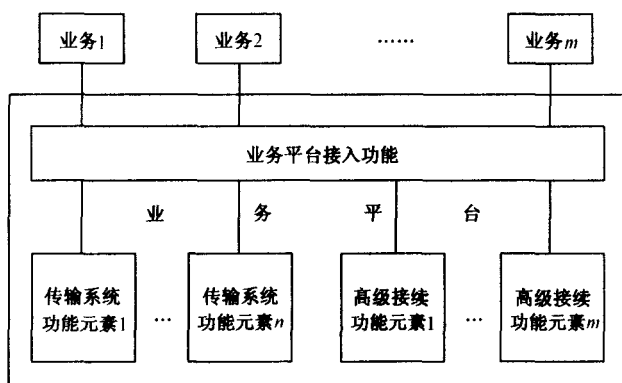


图 1.4 业务平台概念

高级接续业务系统可用业务管理、业务控制、业务执行三个功能层结构来表示，如图 1.5 所示，其中业务管理层是业务生成的核心。

① 业务管理层，是将业务设计者和用户设计的新业务的各项规定变为业务控制程序和业务数据，并将其向下装入有关节点，还要对各用户的接入、高级接续业务的业务量状况等进行网管处理。



② 业务控制层，是利用由业务生成的进程所提供的业务进行如下控制：

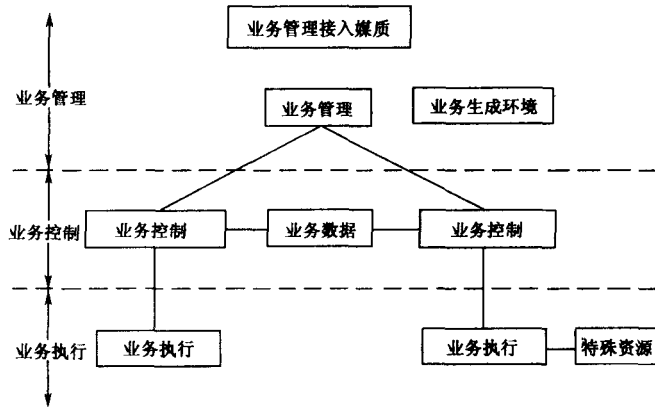


图 1.5 高级接续业务分层结构

- 分析由业务执行层送来的业务要求，选择适当的业务控制程序；
- 和业务执行层协同，与业务利用者交换控制信息；
- 对照业务数据（与号码译码有关的各种条件和个人通信位置信息等），并根据控制程序的内容实现所需的业务。

③ 业务执行层，是根据业务控制信息来运转网络。它由业务执行功能和特殊资源功能构成。前者包括构成业务平台的一部分业务、检测逻辑和进行接续控制的业务功能元素等；后者包括接收、发送、查询信息等。

### (2) 网络管理系统结构

网络管理系统结构是指计划、业务指令、运行和故障处理等所有管理业务。它强调各种管理业务内部功能间或各管理业务间的配合。

与高级接续业务系统类似，为能对客户要求、经营方针、业务运营形式的变化迅速作出反应，也可将网管功能分成为以下两部分：

① 网管系统平台 —— 实现多个管理业务和管理业务内各网功能间共用的功能，如图 1.6 所示。

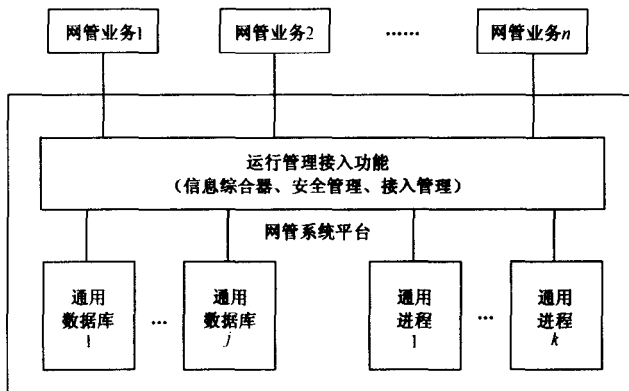


图 1.6 网管系统平台概念

② 网管业务功能模块 —— 利用平台来实现特定的网管功能。