

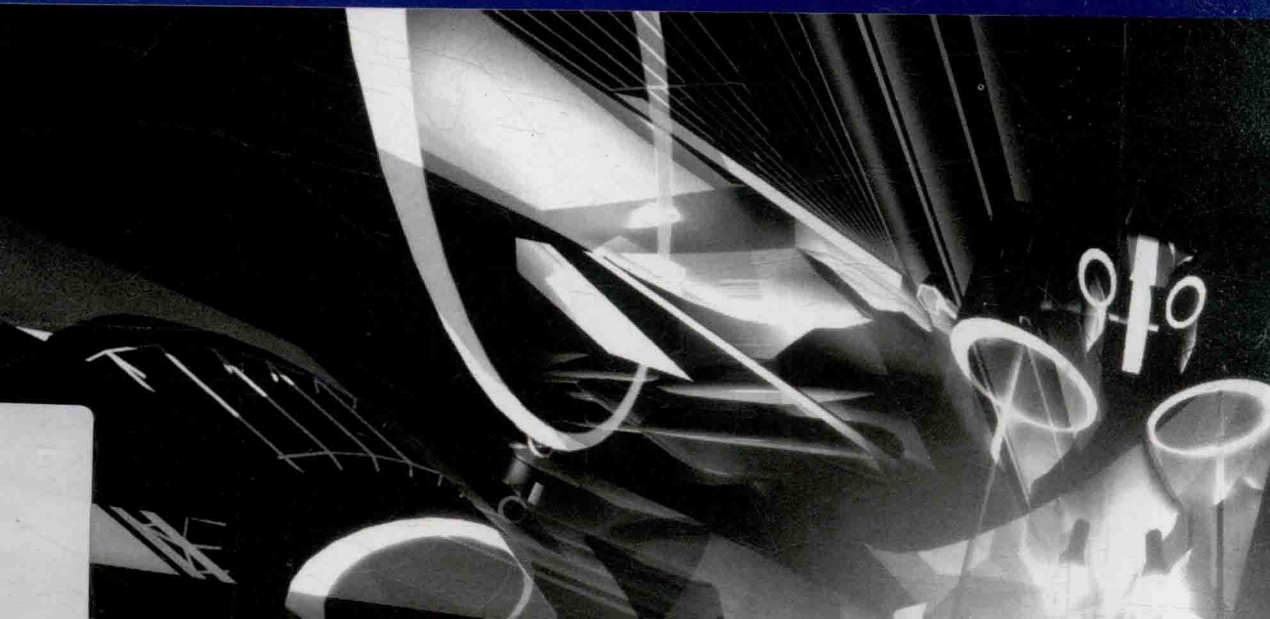
高等学校电子信息类专业
“十三五”规划教材

ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY

现代通信网

主 编 郭 娟 杨武军
副主编 杨 光 蒋军敏

 西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

现代通信网

主 编 郭 娟 杨武军

副主编 杨 光 蒋军敏

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书根据现代通信网“分组化、宽带化、移动化、融合化”的发展现状,围绕通信网络体系架构,系统地介绍了现代通信网的工作原理、体系结构、关键技术等。具体讲解时均以业务需求和网络关键技术为线索,从背景和原理入手,介绍了每一种网络技术的体系结构和各部分功能。本书主要内容包括绪论、传送网、分组交换原理、以太网、互联网及 TCP/IP 协议、传统电话网、IP 电话网、移动通信网、宽带接入网、网络管理、网络融合与演进等。

本书内容新颖、翔实,讲述深入浅出,便于自学,可以作为普通高等院校通信、信息、电子等专业的本科教材或教学参考用书,也可作为电信管理人员、工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信网/郭娟,杨武军主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.6

高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4102-7

I. ① 现… II. ① 郭… ② 杨… III. ① 通信网—高等学校—教材 IV. ① TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 114175 号

策 划 云立实

责任编辑 云立实 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 25.5

字 数 608千字

印 数 1~3000册

定 价 44.00元

ISBN 978-7-5606-4102-7/TN

XDUP 4394001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

1876 年贝尔发明了电话,这可以认为是现代通信开始的标志。经过 100 多年的发展演进,现代通信网已经成为支撑“信息时代”的关键基础设施。在高校专业教学上,通信网课程也因此成为通信、信息类专业的必修课之一。随着 ICT(信息、计算机、通信)产业的深度融合,现代通信网络包含的内容广泛而庞杂,涉及诸多的概念、协议、技术与网络,且始终处于不断的演进发展之中,形成了目前多种网络技术体制并存的混合式结构。这导致了在有限的学时内通信网课程“难讲授,难学习”的情况。

针对以往通信网的教材内容主要以电路交换方式的电话网为主,不能反映现代通信网“分组化、宽带化、移动化、融合化”的发展现状,本教材在编写中尽可能充分地体现现代通信网的最新发展,根据通信网的发展现状和趋势,以分组化、融合化为特色组织全书内容。

本书围绕通信网络体系架构,系统地介绍了现代通信网涉及的原理、技术与网络结构。全书内容共 11 章,包括绪论、传送网、分组交换原理、以太网、互联网及 TCP/IP 协议、传统电话网、IP 电话网、移动通信网、宽带接入网、网络管理、网络融合与演进等。在章节的安排上,本书先介绍统一的传送平台和电路与分组交换原理,再介绍各业务网;先介绍核心网,再介绍接入网;最后介绍网络的发展演进与融合。对于支撑网,考虑到信令网主要用于基于电路方式的传统电话网和蜂窝网络,因此将信令网安排在传统电话网中,而同步的内容在通信原理等前修课程中已有学习,本书就不再作介绍。网络管理处于所有业务网络之上,因此该部分内容放在最后。这样的安排更符合目前的网络现状,不仅方便授课内容的取舍,也有利于学生的学习和理解。

本书的主要特点是:

(1) 突出网络的分组化。通信网的发展趋势将是“everything over IP”,IP 技术成为通信网络统一的传送平台,因此本书大幅减少了电路交换型网络的比重,摒弃了原电信网中 ATM、X.25 等已经退网或被淘汰的技术,而大幅增加了基于分组交换的以太网、IP 网络、分组传送网(PTN)等内容,旨在反映现代通信网的最新发展。

(2) 讲清网络的演进脉络。每一种网络都处于不断的变化和演进中,例如固定电话网从电路交换方式的传统电话网逐渐演进到分组交换方式的 IP 电话网;移动电话网从以电话交换为主、语音业务为主的 2G 网络逐步发展演进到全 IP、以数据业务为主的 4G 网络。可以看出,网络技术是随着业务需求的变化而发展的。因此在介绍每一种网络技术时,本书都沿着网络发展演进的思路介绍,便于读者理解。

(3) 体现网络的融合趋势。随着通信技术的发展,通信网络将实现统一的 IP 承载,原有各自独立的网络也将逐步趋于一致和融合,例如固定与移动的融合将为用户提供统一无缝的接入方式,计算机与通信的融合将更适合数据和视频业务的发展。本书在整个章节的安排上,也注重体现网络融合的这一发展趋势。

本书可作为普通高等院校通信、信息、电子等专业的本科教材或教学参考书,也可作

为电信从业人员的培训教材。通过本书可使学生掌握以下基本知识：通信网的基本概念、组成，通信网要解决的基本问题；各类业务网的发展背景、设计目标、工作原理、发展演进；各类业务网之间的共性和个性差异；导致各类业务网之间产生技术差异的原因；促进通信网发展变化的因素；未来的通信网发展和变化的方式和方向。

本书的第 1、4、8 章由郭娟编写，第 3、5、10 章由杨武军编写，第 6、7、11 章由杨光编写，第 2、9 章由蒋军敏编写。四位作者均参加了所有章节的讨论，全书的统稿由郭娟、杨武军共同完成。

本书的编写得到了陕西省“现代通信网”精品资源共享课程的资助，也得到了很多老师、同仁和亲友的帮助与支持，本书的出版还得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，作者在此表示衷心的感谢。

由于现代通信网涉及通信、计算机等多学科的交叉融合且发展迅速，而作者专业水平有限，书中难免存在不当之处，殷切希望广大专家、读者批评指正，以便作者在适当的时候，根据大家的反馈和建议，结合本领域的最新进展情况对书稿进行修订和补充。

编 者
2016 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 通信网的基本概念	1
1.1.1 从点到点通信到交换式通信网	1
1.1.2 现代通信网的定义与构成	3
1.1.3 通信网的类型与拓扑结构	7
1.1.4 通信网的业务	9
1.1.5 通信网的服务质量	10
1.2 通信网的交换技术	11
1.2.1 交换的概念	11
1.2.2 电路交换技术	16
1.2.3 分组交换技术	17
1.2.4 其他交换技术简介	19
1.3 通信网的体系结构及标准化组织	20
1.3.1 分层体系结构	21
1.3.2 OSI 与 TCP/IP 体系结构	23
1.3.3 主要标准化组织	27
1.4 通信网的发展	30
1.4.1 通信网发展历程	31
1.4.2 通信网的发展趋势	33
习题	35
第 2 章 传送网	37
2.1 传输介质与复用方式	37
2.1.1 概述	37
2.1.2 传输介质	38
2.1.3 多路复用方式	42
2.2 面向电路型的传送网	47
2.2.1 PDH 系统简介	47
2.2.2 SDH 传送网	48
2.2.3 光传送网	59
2.3 面向分组型的传送网	66
2.3.1 PTN 传送网产生背景	66
2.3.2 PTN 的定义和分层结构	67
2.3.3 PTN 的功能平面	68

2.3.4 PTN 多业务适配技术	68
2.3.5 PTN 的网络结构	71
2.4 智能自动光交换网络	72
2.4.1 基本概念	72
2.4.2 体系结构	72
2.4.3 接口类型	73
2.4.4 ASON 支持的连接	74
2.4.5 ASON 国际标准化进展	75
习题	75
第 3 章 分组交换原理	77
3.1 帧定界	77
3.1.1 帧的定义	77
3.1.2 帧定界	77
3.2 流量控制	80
3.2.1 流量控制的分类	80
3.2.2 停-等式协议	80
3.2.3 滑动窗口协议	81
3.3 差错控制	83
3.3.1 概述	83
3.3.2 差错检测	84
3.3.3 重发纠错	86
3.4 路由选择	88
3.4.1 图论的基本概念	88
3.4.2 链路状态路由算法	89
3.4.3 距离-向量路由算法	91
习题	95
第 4 章 以太网	97
4.1 计算机局域网	97
4.1.1 局域网的概念	97
4.1.2 局域网的参考模型	98
4.1.3 局域网相关标准系列	99
4.2 以太网工作原理	99

4.2.1 以太网的发展背景	99	5.5.4 Web 与 HTTP	186
4.2.2 以太网的物理层	100	5.5.5 P2P 与 BitTorrent	191
4.2.3 以太网的 MAC 层	103	5.6 IPv6 与 MPLS	195
4.3 共享式以太网	106	5.6.1 IPv6	195
4.3.1 CSMA/CD 协议	106	5.6.2 多协议标签交换(MPLS)	201
4.3.2 共享式以太网原理	109	习题	208
4.4 交换式以太网	111	第 6 章 传统电话网	212
4.4.1 以太网交换机工作原理	112	6.1 概述	212
4.4.2 生成树协议	117	6.1.1 传统电话网的特点	212
4.4.3 虚拟局域网(VLAN)	120	6.1.2 传统电话网的体系架构	213
4.5 高速以太网	124	6.2 传统电话交换网	214
4.5.1 高速以太网概述	124	6.2.1 传统电话交换网的组成	214
4.5.2 快速以太网	124	6.2.2 数字程控交换机简介	215
4.5.3 吉比特以太网	125	6.2.3 传统电话网的网络结构	219
4.5.4 10 吉比特以太网	127	6.2.4 传统电话网的路由选择	222
4.5.5 40/100 吉比特以太网	129	6.2.5 电话网的编号计划	225
习题	131	6.3 No.7 信令系统	226
第 5 章 互联网及 TCP/IP 协议	133	6.3.1 信令的基本概念	227
5.1 互联网概述	133	6.3.2 No.7 信令系统的结构与 信号单元	229
5.1.1 网络结构	133	6.3.3 No.7 信令网	235
5.1.2 TCP/IP 协议	136	6.3.4 电话业务呼叫接续过程	239
5.2 网络层	139	6.4 智能网	241
5.2.1 IP 协议	139	6.4.1 智能网的基本概念	242
5.2.2 地址解析协议	150	6.4.2 智能网的结构	243
5.2.3 互联网控制消息协议	151	6.4.3 智能网业务	245
5.2.4 路由器原理	152	习题	247
5.3 路由协议	157	第 7 章 IP 电话网	249
5.3.1 分层路由与自治系统	157	7.1 概述	249
5.3.2 OSPF 协议	159	7.1.1 IP 电话网的发展背景	249
5.3.3 BGP 协议	164	7.1.2 基于分组交换的电话网 体系架构	251
5.4 传输层	170	7.1.3 VoIP 关键技术	251
5.4.1 端口号与应用进程	171	7.1.4 IP 语音信号的封装过程	252
5.4.2 UDP 协议	172	7.2 基于 H.323 协议的 IP 电话网	253
5.4.3 TCP 协议	173	7.2.1 基于 H.323 协议的 IP 电话网的 组成	253
5.5 应用层	178		
5.5.1 应用的结构与分类	179		
5.5.2 DNS	180		
5.5.3 DHCP	185		

7.2.2 H.323 协议.....	255	第 9 章 宽带接入网.....	334
7.3 基于 SIP 协议的 IP 电话网.....	257	9.1 接入网的基本概念.....	334
7.3.1 SIP 协议简介.....	257	9.1.1 接入网的发展背景.....	334
7.3.2 基于 SIP 的 IP 电话网的组成.....	260	9.1.2 接入网的定义和定界.....	335
7.3.3 SIP 消息简介.....	260	9.1.3 功能和协议参考模型.....	336
7.3.4 SIP 呼叫流程.....	263	9.1.4 接入网的主要接口.....	338
7.4 基于软交换的 IP 电话网.....	266	9.1.5 IP 接入网.....	339
7.4.1 软交换的基本概念.....	266	9.1.6 G.902 与 Y.1231 比较.....	340
7.4.2 基于软交换的网络体系结构.....	267	9.2 宽带有线接入网技术.....	341
7.4.3 软交换呼叫控制原理.....	271	9.2.1 铜线接入网.....	341
7.4.4 基于软交换的组网方案.....	275	9.2.2 光纤接入网.....	345
习题.....	278	9.2.3 HFC 接入网.....	351
第 8 章 移动通信网.....	279	9.3 宽带无线接入网技术.....	353
8.1 移动通信概述.....	279	9.3.1 无线局域网(WLAN).....	354
8.1.1 移动通信的分类.....	280	9.3.2 无线城域网(WMAN).....	361
8.1.2 移动通信的发展历史.....	280	习题.....	364
8.1.3 覆盖方式.....	281	第 10 章 网络管理.....	365
8.1.4 系统构成.....	282	10.1 概述.....	365
8.1.5 多址技术与双工方式.....	283	10.2 电信管理网.....	366
8.1.6 移动通信网络结构及号码.....	288	10.2.1 TMN 简介.....	366
8.2 第二代移动通信系统.....	290	10.2.2 标准.....	367
8.2.1 GSM 系统.....	290	10.2.3 TMN 的体系结构.....	367
8.2.2 CDMA 系统.....	301	10.2.4 TMN 的信息结构.....	369
8.3 第三代移动通信系统.....	306	10.2.5 TMN 的物理结构.....	372
8.3.1 第三代移动通信系统概述.....	307	10.2.6 TMN 的网络结构.....	372
8.3.2 WCDMA 移动通信系统.....	309	10.3 简单网络管理协议.....	374
8.3.3 CDMA2000 移动通信系统.....	317	10.3.1 SNMP 的体系结构.....	374
8.3.4 TD-SCDMA.....	321	10.3.2 SNMP 消息.....	375
8.4 第四代移动通信系统.....	323	10.3.3 SMI/MIB.....	377
8.4.1 LTE 概述.....	323	习题.....	379
8.4.2 系统结构.....	324	第 11 章 网络融合与演进.....	380
8.4.3 帧结构与信道类型.....	327	11.1 概述.....	380
8.4.4 LTE-Advanced.....	329	11.1.1 网络融合的基本概念.....	380
8.5 第五代移动通信技术.....	330	11.1.2 电信网络架构的演进.....	381
8.5.1 5G 愿景与需求.....	330	11.1.3 NGN 简介.....	384
8.5.2 5G 研究进展.....	331	11.2 IMS 技术.....	386
习题.....	332	11.2.1 IMS 的基本概念.....	386

11.2.2	IMS 体系结构.....	387
11.2.3	3GPP IMS 业务模型.....	390
11.2.4	IMS 基本信令流程.....	392
11.3	固定移动融合(FMC).....	394

习题.....	397
---------	-----

参考文献.....	398
-----------	-----

第1章 绪 论

作为对信息进行传递和交换的网络，通信网已经深入到人类生活的方方面面，尤其在当今的信息社会中更离不开通信网。本章将介绍通信网的基本概念，主要内容包括：通信网的定义、构成、类型、业务；通信网中使用的交换技术；通信网的分层体系结构及标准化组织；通信网的发展历史及发展趋势等。

1.1 通信网的基本概念

1.1.1 从点到点通信到交换式通信网

信息是世界运行所依赖的血液、食物和生命力，在现代社会中扮演着越来越重要的角色，信息的传递已经成为人类社会生活的重要组成部分。为了实现任意两个或多个分处异地的用户之间的信息传递，需要采用某种方式将多个用户互联在一起，这样的互联系统就形成了一个用于信息传递的网络，称之为通信网。站在不同的角度看待通信网，会有不同的理解。从用户的角度来看，通信网是一个信息服务体系，用户可以从其中获取信息、发送信息；而从工程师的角度来看，通信网则是一个由各种软硬件设施按照一定的规则互联在一起，完成信息传递任务的系统。

最简单的通信网在点到点之间进行信息传递，它是实际通信网的一个特例；而实际中大多采用交换式的通信网来实现任意用户之间的通信。

1. 点到点通信——通信网的特例

最简单的通信系统是点到点的通信系统，这种系统通常使用电信号或光信号在不同地点的用户之间进行信息传递，其基本功能是克服时间、空间的障碍，有效而可靠地传递信息。点到点通信系统可以抽象成如图 1-1 所示的模型，其基本组成包括信源、发送器、信道、接收器和信宿五部分。

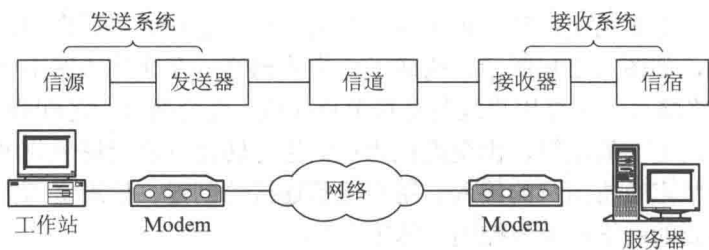


图 1-1 点到点的通信系统模型

- (1) 信源：产生各种信息的信息源，它可以是人或机器(如计算机、手机等)。
- (2) 信宿：与信源的功能相对，负责接收信息。
- (3) 信道：信号的传输媒介，负责在信源和信宿之间传输信号。通常按传输媒介的种类可分为有线信道和无线信道；按传输信号的形式则可分为模拟信道和数字信道。
- (4) 发送器：负责将信源发出的信息转换成适合在信道中传输的信号。对应不同的信源和信道，发送器会有不同的组成和信号变换功能，一般包含编码、调制、放大和加密等功能。
- (5) 接收器：负责将从传输系统中收到的信号转换成信宿可以接收的信息形式。它的作用与发送器正好相反，主要功能包括信号的解码、解调、放大、均衡和解密等。

图 1-1 所示的通信系统可以完成点到点的通信，即两个特定用户之间的通信，这只是实现通信的一个特例。实际的通信需求是要实现任意用户间的通信，就需要将多个用户采用一定的方式连接在一起，使任意用户之间都能够进行通信。

要实现任意用户之间的通信，最简单的方法就是在任意两个用户之间进行点到点的连接，从而构成一个网状网的结构，如图 1-2(a)所示。这种方法为任意两个用户之间提供了一条专用的通信线路，从而实现任意用户之间的通信。显然，这种方法并不适用于构建大型通信网络，其主要原因如下：

- (1) 在有 N 个用户的网状网中，任一用户到其他 $N - 1$ 个用户都需要有直达线路，系统需要提供的通信线路将与用户数量的平方成正比，显然用户数目众多时，构建网状网成本太高，是不现实的。
- (2) 每一对用户之间独占一个专用的通信线路，信道资源无法共享，会造成线路资源的巨大浪费。
- (3) 这样的网络结构难以实施集中的控制和管理。

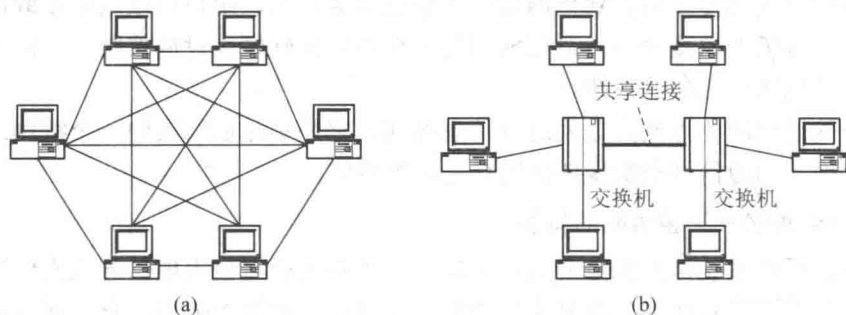


图 1-2 点到点的网络与交换式网络

2. 交换式通信网

实际的通信网是采用交换技术来实现任意两个用户之间通信需求的，即在网络中引入交换节点来实现，如图 1-2(b)所示，构成了交换式网络。在交换式网络中，用户之间不再直接连接，用户终端可以通过用户线与交换节点相连，而交换节点之间则通过中继线相连。任意两个用户之间需要通信时，由交换机为他们进行转接，进而提供物理或逻辑的连接。在网络中，交换节点负责用户的接入、用户通信连接的创建、信道资源的分配、用户信息的转发，以及必要的网络管理与控制功能等。

交换式网络主要有如下优点：

(1) 大量的用户可以通过交换节点连接到骨干通信网上。由于大多数用户并不是全天候需要通信服务,因此骨干网上交换节点间可以用少量的中继线路以共享的方式为大量用户服务,这样大大降低了骨干网的建设成本。

(2) 交换节点的引入增加了网络扩容的方便性,便于网络的控制与管理。

实际运行中的通信网均是交换式网络,为用户建立的通信连接往往涉及多段线路、多个交换节点。

3. 通信网的基本构成要素

从图 1-2(b)可知,最简单的交换式通信网的组成硬件至少包括终端节点、交换节点、传输系统,这三部分通常称为通信网的三要素。

1) 终端节点

终端节点是通信网中信息的源点和终点,是用户和网络设备之间的接口设备。最常见的终端节点有电话机、计算机、传真机、视频终端、手机等。其主要功能有:① 用户信息的处理:用户信息的发送和接收,将用户信息转换成适合传输系统传输的信号以及相应的反变换;② 信令信息的处理:产生和识别用于连接建立、业务管理等所需的控制信息。

2) 交换节点

交换节点是通信网的核心设备,负责集中、转发终端节点所产生的用户信息,在需要通信的任意两个或多个用户间建立通信链路。最常见的交换节点有电路交换机、分组交换机、软交换机、ATM 交换机、路由器等。

3) 传输系统

传输系统为信息的传输提供传输通道,包括传输链路和传输设备。传输链路是指信号传输的媒介,传输设备是指链路两端相应的变换设备。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。

以上终端节点、交换节点、传输系统之所以称为通信网的三要素,是因为它们是构成通信网最基本的硬件需求,构建任何一个实际的网络都需要包含上述三要素。但需要强调的是,由以上三要素构成的网络是最简单的网络,是通信网的最初形式。随着用户业务需求的逐步增加,通信网也在逐步发展,不断出现新的网元,因此现代的通信网在实际构成时要复杂得多,不仅包含以上三要素,还需要包含诸如业务节点、控制节点、应用服务器等设备,以完成独立的业务控制、承载连接、应用服务等功能。例如,为了满足用户随时随地通信的需求,移动通信网中需要增加用于用户移动性管理的数据库 HLR(归属位置寄存器)、VLR(访问位置寄存器)等。

1.1.2 现代通信网的定义与构成

1. 现代通信网的定义

现代通信网是将一定数量的节点(包括终端节点、交换节点等)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。用户使用通信网可以克服空间、时间等障碍来进行有效的信息交换。

从构成实体来看,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,通信网最基本的要素为1.1.1小节所述的三要素,它们完成通信网的接入、交换和传输等基本功能。软件设施则包括信令、协议、控制、管理、计费等,它们主要完成对通信网的控制、管理、运营和维护等。

通信网要解决的是任意两个用户间的通信问题,由于用户数目众多、地理位置分散,并且需要将采用不同技术体制的各类网络互联在一起,因此需要一个合理的拓扑结构将多个用户有机地连接在一起,并定义标准的通信规范(即信令或协议),以使它们能协同工作。构建这样一个复杂的系统,必然涉及寻址、选路、控制、管理、接口标准、网络成本、可扩充性、服务质量保证等一系列的问题,这些因素增加了设计一个实际可用网络的复杂度,但也是设计一个网络所要考虑的基本问题。

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,也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(如话音、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。

应该强调的是,网络不是目的,只是实现大规模、远距离通信的一种手段。与简单的点到点的通信系统相比,通信网的基本任务并未改变,通信的有效性和可靠性仍然是网络设计时要解决的两个基本问题,只是用户规模、业务量、服务区域的扩大,使解决这两个基本问题的手段变得复杂了。

2. 通信网的构成

现代通信网业务需求和功能需求多样,导致其实际组成复杂,可以从垂直和水平两个不同的维度去看通信网的构成。

1) 通信网的垂直划分

垂直划分是指从功能的角度看,一个完整的现代通信网可分为相互依存的三部分:业务网、传送网和支撑网,如图1-3所示。业务网是直接面向用户,给用户提通信业务的网络;而传送网、支撑网则是为业务网服务的。业务网可以看做是传送网和支撑网的用户。

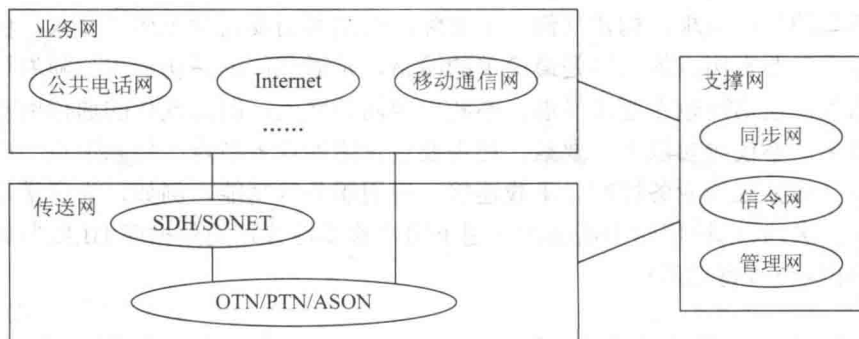


图 1-3 现代通信网的功能结构

(1) 业务网。

业务网负责向用户提供语音、数据、图像、多媒体、租用线、VPN等各种通信业务,如常用的公共电话网、互联网(Internet)、移动通信网等。

最初的业务网大多是为某种业务独立设计的,不同的业务网为用户提供不同的业务,如表1-1所示。

表 1-1 主要业务网的类型

业务网	基本业务	交换节点设备	交换技术
传统电话网	电话业务	数字程控交换机	电路交换
IP 电话网	电话业务	软交换机、媒体网关	分组交换
移动通信网 PLMN	移动话音、数据	移动交换机	电路/分组交换
分组交换网(X.25)	低速数据业务(≤ 64 kb/s)	分组交换机	分组交换
帧中继网 FR	局域网互联(≥ 2 Mb/s)	帧中继交换机	帧交换
数字数据网 DDN	数据专线业务	DXC 和复用设备	电路交换
以太网	本地高速数据(≥ 10 Mb/s)	网桥、交换机	分组交换
Internet	综合业务	路由器、服务器	分组交换
ATM 网络	综合业务	ATM 交换机	信元交换

随着网络技术的发展,业务网逐步向提供综合业务方向演进,不同的业务网也将逐步融合。例如,目前提供固定语音的网络正逐步由基于电路交换的传统电话网演进到基于分组交换的 IP 电话网,而目前的互联网、第四代移动通信网都可提供包括语音、数据、图像、视频、多媒体等综合业务。与此同时,有些网络由于技术的原因已经退网或正在逐步退网,例如 X.25 分组交换网、帧中继网(FR)、数字数据网(DDN)、ATM 网络等。本书第 4、5、6、7、8 章将分别介绍以太网、互联网、传统电话网、IP 电话网、移动通信网,而 X.25、FR、DDN、ATM 等网将不再详细介绍。

构成一个业务网的主要技术要素有网络拓扑结构、交换节点技术、编号计划、信令协议、路由选择、业务类型、计费方式、服务性能保证机制等,其中交换节点设备是构成业务网的核心要素。这也将是本书后续业务网的章节所介绍的主要内容。

(2) 传送网。

传送网负责按需为交换节点、业务节点等之间提供信息的透明传输通道,包括分配互连通路和相应的管理功能,如电路调度、网络性能监视、故障切换等。传送网独立于具体的业务网,它可为所有的业务网提供公共的传送服务。

最初的传送功能是由传输线实现的,即通信网三要素中所描述的传输系统。典型的数字传输系统是脉冲编码调制(PCM, Pulse Code Modulation)系统,采用电信号在点到点之间实现简单的信号传递,但管理不便,无法进行调度。传送网是随着光传输技术的发展,在传统传输系统的基础上引入管理和交换功能之后形成的。通过组网,传送网能够实现灵活的支配、调度、管理等功能。

当前通信技术处于快速发展阶段,而传送网作为重要的通信基础设施,投资巨大,目前处于多种技术混合并存的状态,主要有同步数字序列(SDH, Synchronous Digital Hierarchy)、光传送网(OTN, Optical Transport Network)、分组传送网(PTN, Packet Transport Network)等,其发展的思路是从电信号的传递演进到光信号的传递,从电路传送方式演进到分组传送方式。构成传送网的主要技术要素有传输介质、复用体制、传送网节点技术等。分插复用设备(ADM)和交叉连接设备(DXC)是构成传送网的核心要素,读者在阅读和学习传送网时应重点关注这些问题。

(3) 支撑网。

支撑网不直接面向用户，而是负责提供业务网正常运行所必需的信令、同步、网络管理、业务管理、运营管理等功能。电信支撑网通常包含以下三种：

① 同步网。同步网处于数字通信网的最底层，负责实现各网络节点设备之间和节点设备与传输设备之间信号的时钟同步、帧同步以及全网的网同步，保证地理位置分散的物理设备之间数字信号的正确接收和发送。同步的概念读者应在其他前序课程中有所了解，故本书不再单独介绍。

② 信令网。对于采用公共信道信令体制的通信网，存在一个逻辑上独立于业务网的信令网，它负责在网络节点之间传送与业务相关或无关的控制信息流。目前这种类型的信令网是指七号信令网，主要使用在固定电话网和移动电话网中，因此将在本书第 6 章(传统电话网)中进行介绍。

③ 管理网。管理网的主要目标是实时或近实时地监视业务网的运行情况，并相应地采取各种控制和管理手段，以达到在各种情况下充分利用网络资源，确保通信服务质量的目的。管理网将在本书第 10 章进行介绍。

2) 通信网的水平划分

水平划分是指从地域的角度看通信网的构成。从垂直划分的构成可知，通信网中面向用户的是业务网，传送网和支撑网则不直接面向用户。从业务网所覆盖的物理位置来看，可分成用户驻地网(CPN, Customer Premises Network)、接入网(AN, Access Network)和核心网(CN, Core Network)三部分，而所有这三部分都需要同步网、信令网、管理网的支撑。

图 1-4(a)描述了单个通信网的情形；多个通信网之间则需要通过网关进行互联，如图 1-4(b)所示。图 1-5 所示是移动通信网 GSM 和传统固定电话网 PSTN 互连的实际例子。

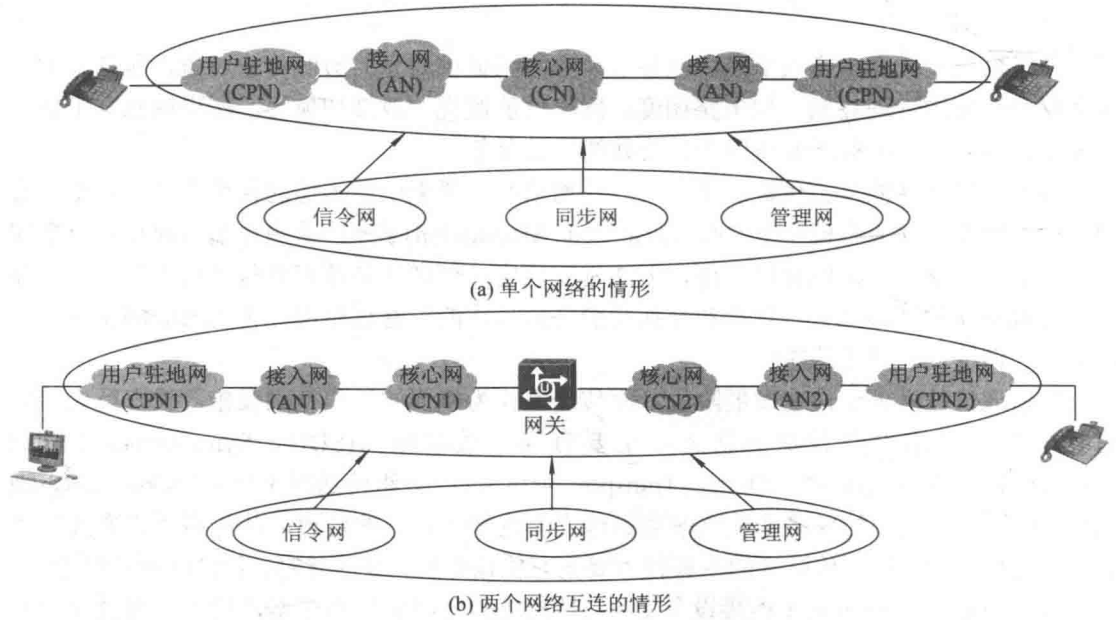


图 1-4 通信网的水平划分

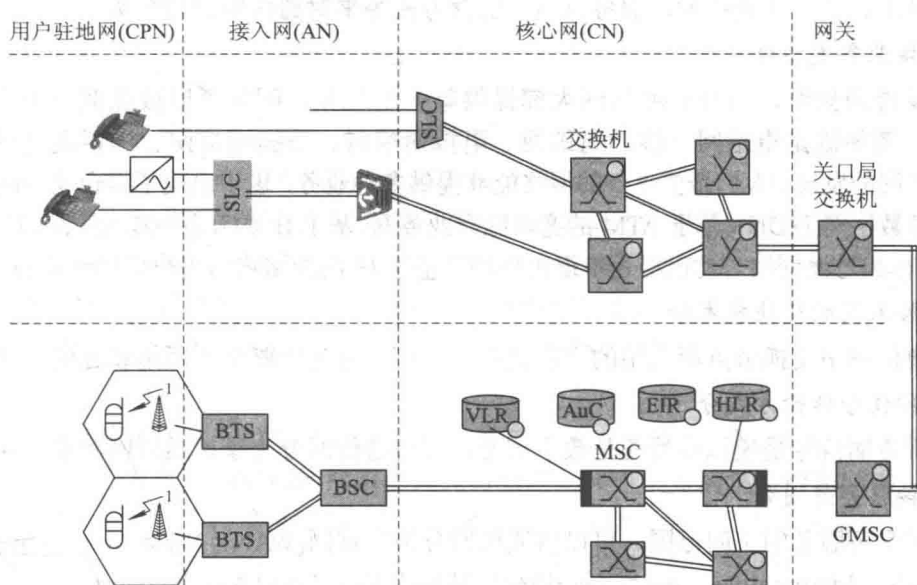


图 1-5 移动通信网和电话通信网互联

用户驻地网(CPN)是业务网在用户端的延伸,一般是指用户终端至用户网络接口之间的部分,由完成通信和控制功能的用户驻地布线系统组成,其功能是使用户终端可以灵活方便地接入网络。CPN 属用户所有,其部署和管理一般由用户完成。CPN 可能非常简单,例如传统电话网中最初的 CPN 只包含电话机,也称用户驻地设备(CPE, Customer Premises Equipment);也可能是很复杂的用户网络,例如企业内部局域网或家庭网络等。

核心网(CN)顾名思义就是网络的核心,是网络的主干部分,负责给用户提供各种业务。CN 一般由高速的骨干传输网和大型高速交换节点构成,是数据进行交换、转发、接续、路由的地方,用户的数据在核心网上被高速地传递和转发。

接入网(AN)介于用户驻地网和核心网之间,由最初的用户线逐步发展而来,用以实现从用户-网络接口 UNI(User Network Interface)到业务节点之间的传送承载功能。接入网负责使用有线或者无线的方式将大量的用户逐级汇接到核心网中,以实现与网络的连接。接入网是整个网络的边缘部分,与用户距离最近,是网络的“最后一公里”。

用户业务需求和接入环境等的多样性,使得接入网的介质种类丰富,技术多样,基本发展思路是功能由简单到复杂,由单一业务传递到公共承载平台。例如,传统电话网最初的接入方式采用铜线,仅传递用户的模拟话音,此时的接入网实质上是树形的用户环路;但随着业务需求的增加和网络技术的发展,需要在接入网部分传递语音、数据等信息,此时的接入网就成为一个公共的传送承载平台。接入网的具体内容将在本书第 9 章详细介绍。

1.1.3 通信网的类型与拓扑结构

1. 通信网的类型

从不同角度看,通信网可以分为不同的类型。通常可以根据所提供的业务类型、采用

的交换技术、信号传输技术、服务范围、运营方式等来对通信网进行分类。

1) 按业务类型分

从发展历史看,原有的通信网大都提供单一的业务,因此可以按照业务类型将通信网分类,例如固定电话网、移动通信网、电报通信网、数据通信网、广播电视网等。但随着通信网的发展,人们希望单一的网络能够提供多种业务,逐步出现了综合业务网(如窄带综合业务数字网(ISDN)、基于 ATM 的宽带综合业务网、基于 IP 的互联网(Internet),其中 ISDN 和 ATM 作为过渡网络目前已经逐步退出市场,基于 IP 的网络将为用户提供综合业务)。

2) 按采用的交换技术分

按通信网中交换节点所采用的交换技术分,可以分为电路交换网络和分组交换网络。

3) 按信号传输方式分

按所传输信号是模拟信号还是数字信号,可将通信网分为模拟通信网和数字通信网。

4) 按服务范围分

按网络所服务的空间范围,可以将通信网分为广域网(WAN, Wide Area Network)、城域网(MAN, Metropolitan Area Network)和局域网(LAN, Local Area Network)。

5) 按运营方式分

按运营方式,可以将通信网分为公用通信网和专用通信网。公用通信网是指由电信运营部门组建的网络,可为任何部门和任何用户使用;专用通信网是指某个部门为本系统的特殊业务工作需要而建造的网络,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,例如军用网、公安网等。

需要注意的是,从管理和工程的角度看,网络之间本质的区别在于所采用的实现技术的不同,其主要包括三方面:交换技术、控制技术以及业务实现方式。而采用何种技术实现网络的主要决定因素是用户的业务流量特征、用户要求的服务性能、网络服务的地理范围、网络的规模、当前可用的软硬件技术的信息处理能力等。

2. 通信网的拓扑结构

IEEE 定义“拓扑”为“网络中节点的互联模式”。通信网是由一组互连在一起的节点所构成的,因此通信网的拓扑结构是指“构成通信网的节点之间的互联方式”。构成通信网的基本拓扑结构有网状网、星型网、复合型网、总线型网、环型网等,如图 1-6 所示。

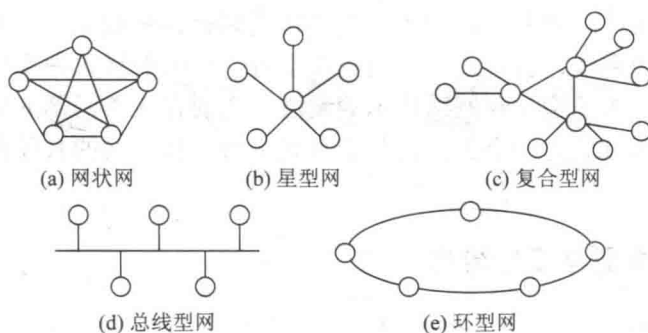


图 1-6 通信网的拓扑结构