



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等院校

电子信息类系列教材

TongXin Wang
JiShu JiChu

通信网 技术基础

© 唐宝民 江凌云 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等院校电子信息类系列教材

通信网技术基础

唐宝民 江凌云 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

通信网技术基础 / 唐宝民, 江凌云编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 2
(普通高等院校电子信息类系列教材)
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-115-19171-7

I. 通… II. ①唐…②江… III. 通信网—高等学校—教材 IV. TN915

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第003053号

内 容 提 要

本书主要介绍通信运营商建设和管理的各类公用通信网, 包括固定和移动电话网、数据网、互联网、传送网、接入网和软交换网络; 同时讲述了电信网支撑技术: 公共信道信令网和 IP 信令网技术, 数字同步和时间同步网技术, 网络监控和管理技术; 讨论和分析了通信网络的结构、接口、协议和组成, 并对通信网进行理论和性能分析, 介绍了图论和排队论在网络分析中的应用, 也对下一代交换网的性能进行了分析。

本书可作为高等院校通信工程、网络工程和信息工程专业“通信网基础”课程的教材, 也可供从事通信网规划、设计、维护和管理工作人员参考。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等院校电子信息类系列教材

通信网技术基础

-
- ◆ 编 著 唐宝民 江凌云
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京楠萍印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.25
字数: 593 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2009 年 2 月第 1 版
2009 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19171-7/TN

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

通信网是信息化社会的基础设施，包括公用网络、专用网络和虚拟专用网络，本书主要讨论公用网。公用网络是指由通信运营商建设和管理，为公众提供通信服务的网络。公用网是由各种类型的网络组成的，包括业务网、传送网和支撑网，业务网如固定电话网、移动电话网、Internet 等。专用网络是为某一特定团体服务的网络，如证券公司、航空公司等专用的计算机网络，是为本单位提供某一项具体服务的网络。利用公用网络的设施，建设为本单位服务的专用网络则称为虚拟专用网络。

通信网的发展方向是下一代网络（NGN）。NGN 是一个内涵十分广泛的术语，即泛指一个不同于当代或前一代的网络体系结构，通常是指以数据为中心的融合网络体系结构。从广义上讲，NGN 应是一个能够提供包括语音、数据、视频和多媒体业务的基于分组技术的综合开放的网络架构。NGN 的含义可以从多个层面来理解：从业务上看，它应支持语音、数据、视频和多媒体业务；从网络层面上看，在垂直方向它应包括业务层、传送层等不同层面，在水平方向它应覆盖核心网和边缘网。NGN 包含下一代交换网、下一代传送网、下一代互联网、下一代移动网和下一代接入网。

网络技术已经成为通信工程中一项重要的技术。此项技术涉及网络的结构、接口、协议、性能等一系列的问题。网络技术知识已经逐步成为通信工程专业学生必备的专业知识。为了适应通信网技术发展和教学的需要，我们编写了《通信网技术基础》一书。在这本书中，介绍已经建设的主要的通信网络，包括电话网、互联网、数据网、传送网、接入网和软交换网络。同时还讲述电信网支撑技术，包括信令网和信令网关技术，数字同步和时间同步技术，网络监控和管理技术。此外还从网络的结构、接口、协议和组成对通信网进行讨论和分析，并对通信网进行理论和性能分析，讨论了图论和排队论在网络分析中的应用，以利于读者系统地掌握通信网的基本技术和基本理论，为今后从事通信网的规划、设计、维护和管理打下良好的基础。

全书共分 11 章。

第 1 章介绍通信网的类型：业务网、传送网和支撑网，介绍通信网的发展，概述了下一代传送网、交换网、互联网和移动网，同时讨论了电通信网体系结构、OSI 参考模型、TCP/IP 模型和 IP 网络体系结构。

第 2 章为电话网，讨论固定电话网和移动电话网的网络等级结构、规划、网络的组成和各部分的具体功能。

第 3 章为广域数据网络，讨论分组交换网的原理，介绍目前广泛应用的高级数据链路控制协议（HDLC）、讨论 FR、ATM 等宽带分组交换数据网的工作原理。

第 4 章为互联网，互联网业务是目前电信网的增长点，书中介绍了互联网的网络结构、网络协议、MPLS 网络以及 IP 网络的组网和规划。

第 5 章为传送网，主要介绍下一代 SDH 网技术：MSTP、内嵌 RPR 和内嵌 MPLS 的 MSTP 技术，讨论了光自动交换网络的结构组成和原理。

第 6 章为接入网，介绍接入网的类型、协议栈的组成。讨论了重要的接入方式：铜网线接入的 ADSL、光纤接入的 PON、无线接入的 WiMAX 等。

第 7 章为同步技术，分为数字同步网和时间同步网。介绍了数字网同步的方法和同步网的规划，同时讨论了时间同步网的结构，时间服务器和 NTP 同步协议和下一代网络的同步技术。

第 8 章为信令网和信令网关技术。介绍了信令的类型、数字用户线路信号、7 号公共信道信令网，同时讨论了 IP 信令网、SIGTRAN 信令协议和 IP 信令网的规划。

第 9 章为网络监控和管理技术，讨论 TMN 的结构和功能，介绍 Q3 网管接口、SNMP 网管接口和 CORBA 网管接口。

第 10 章为软交换网组网技术，介绍软交换网络的结构、接口和协议，介绍软交换的功能，讨论软交换网络承载网技术、软交换网络的路由规划以及网络融合技术。

第 11 章为通信网理论分析，介绍网络拓扑和排队论基础知识，讨论电路交换网的呼损概率、分组交换网时间延迟以及软交换网络性能的分析 and 计算，同时还讨论了传输网的质量指标的定义和分析。

本书的第 1、2、7、8、9、10、11 章由唐宝民编写，第 3、4、5、6 章由江凌云编写。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 10 月

目 录

第1章 通信网概述	1	2.2.5 GSM 蜂窝网络结构	56
1.1 通信网的类型	1	习题	57
1.1.1 通信网类型的划分	1	第3章 广域数据网络	59
1.1.2 电话网	2	3.1 数据链路控制与协议	59
1.1.3 互联网	5	3.1.1 数据链路的基本功能	59
1.1.4 传送网	6	3.1.2 数据链路层协议	62
1.1.5 电信支撑网	8	3.2 数据子网提供的服务	63
1.2 通信网的发展	10	3.2.1 数据子网的概念	63
1.2.1 下一代传送网	10	3.2.2 数据报和虚电路	64
1.2.2 下一代交换网	16	3.3 路由选择	66
1.2.3 下一代互联网	18	3.3.1 路由优化原则	66
1.2.4 下一代移动网	21	3.3.2 路由选择策略	67
1.2.5 网络融合技术	23	3.4 拥塞控制	70
1.3 通信网的体系结构	25	3.4.1 拥塞控制的意义	70
1.3.1 网络协议及其功能	25	3.4.2 拥塞控制与流量控制的 关系	71
1.3.2 OSI 参考模型	26	3.4.3 拥塞控制的作用	71
1.3.3 TCP/IP 协议模型	33	3.4.4 拥塞控制的一般方法	72
1.3.4 IP 网络的分层协议 模型	36	3.5 帧中继	73
习题	37	3.5.1 背景	73
第2章 电话网	38	3.5.2 帧中继网络	74
2.1 固定电话网	38	3.5.3 帧中继的层次	75
2.1.1 电话网的拓扑结构	38	3.5.4 帧中继的拥塞控制	76
2.1.2 电话网的等级制结构	39	3.6 异步传递方式	78
2.1.3 电话网的业务节点	40	3.6.1 异步传递方式的基本 概念	78
2.1.4 电话网中路由规划	44	3.6.2 ATM 网络	79
2.1.5 电话网的传输规划	46	3.6.3 ATM 的协议参考模型	80
2.2 移动电话网	49	习题	82
2.2.1 移动电话网概述	49	第4章 互联网	84
2.2.2 数字蜂窝移动通信网的 网路结构	50	4.1 网际互连协议	84
2.2.3 GSM 系统组成	51	4.1.1 IP 编址	84
2.2.4 GSM 系统中的各类 接口	55	4.1.2 IP 数据报的格式	88
		4.1.3 IP 数据报的转发	89

4.2 IP 路由协议	90	5.4.4 ASON 组网及应用	138
4.2.1 自治系统的概念	91	习题	140
4.2.2 路由信息协议	91	第 6 章 接入网	142
4.2.3 开放最短路径优先	93	6.1 接入网的基本概念	142
4.2.4 边界网关协议	95	6.1.1 接入网在通信网中的位置	142
4.3 多协议标签交换	95	6.1.2 接入网的定义和定界	143
4.3.1 多协议标签交换产生的背景	95	6.1.3 接入网的功能模型	143
4.3.2 MPLS 的工作原理	97	6.1.4 接入网技术的分类	144
4.3.3 MPLS 的应用	100	6.2 铜双绞线接入网	145
4.4 IP 网络的组网和规划	103	6.2.1 数字用户线技术	145
4.4.1 网络结构	103	6.2.2 ADSL 技术	148
4.4.2 地址分配和路由协议	104	6.3 光纤接入网	152
4.4.3 IP 城域网	105	6.3.1 概述	152
4.4.4 IP 网络与其他网络的互通	106	6.3.2 光纤接入网的拓扑类型	158
习题	109	6.3.3 无源光接入网	160
第 5 章 传送网	111	6.4 无线接入网	164
5.1 PDH 和 SDH 系统	111	6.4.1 概述	164
5.1.1 PDH 和 SDH 的特点	111	6.4.2 固定无线接入网	164
5.1.2 SDH 的帧结构	114	6.4.3 移动无线接入网	166
5.1.3 复用和映射	116	6.4.4 几种宽带无线接入标准	167
5.2 SDH 网元设备	119	习题	172
5.2.1 SDH 设备一般化逻辑框图	119	第 7 章 数字同步网和时间同步网	173
5.2.2 SDH 网元设备	121	7.1 数字同步网	173
5.2.3 SDH 传送网结构	122	7.1.1 数字同步的基本概念	173
5.3 基于 SDH 的多业务传送节点 (MSTP)	123	7.1.2 网同步的方法	174
5.3.1 MSTP 技术的产生	123	7.1.3 同步网的时钟等级和时钟源	177
5.3.2 第一代 MSTP	124	7.1.4 BITS 及其在同步网中的应用	181
5.3.3 内嵌弹性分组环 (RPR) 的 MSTP	126	7.1.5 同步网的规划和建设	184
5.3.4 内嵌 MPLS 的 MSTP	128	7.1.6 SDH 传送网的同步规划	186
5.4 光自动交换网络	130	7.1.7 同步状态信息的应用	187
5.4.1 光自动交换网络的起源	130	7.2 时间同步网	190
5.4.2 ASON 的概念	131	7.2.1 时间同步概念	190
5.4.3 ASON 的关键性技术	133	7.2.2 时间同步网络	192

7.2.3 网络时间协议 (NTP)	195	9.2.3 Q3 接口的管理信息 模型	258
7.2.4 电信网时间同步系统的 设计	200	9.3 SNMP 网络管理接口	262
7.2.5 PTP 时间同步协议	202	9.3.1 SNMP 概述	262
7.3 下一代网络中同步技术的 发展	208	9.3.2 SNMP 管理信息库	265
习题	209	9.3.3 SNMP 的发展	267
第 8 章 公共信道信令网和 IP 信令网	211	9.4 CORBA 网络管理接口	268
8.1 电话网信令	211	9.4.1 CORBA 概述	268
8.1.1 电话网的信令类型	211	9.4.2 ORB 的结构	269
8.1.2 电话网的信令分类	212	9.4.3 基于 CORBA 的网络 管理	272
8.1.3 随路信令系统	213	习题	275
8.2 数字用户环路 1 号信令	215	第 10 章 软交换网组网技术	276
8.2.1 DSS1 的协议概述	215	10.1 软交换网层次和组成	276
8.2.2 Q.931 第 3 层协议	216	10.1.1 软交换的技术定义	276
8.2.3 DSS1 呼叫过程	218	10.1.2 软交换网层次结构	277
8.3 7 号信令网	219	10.1.3 软交换的功能	278
8.3.1 7 号信令网概述	219	10.1.4 软交换网的组成	280
8.3.2 7 号信令系统的协议	220	10.2 软交换网接口和协议	281
8.3.3 7 号信令网的规划	232	10.2.1 软交换网络中各部件的 接口	281
8.4 IP 信令网	235	10.2.2 软交换网的协议	282
8.4.1 IP 信令网概述	235	10.3 软交换承载网和接入网 规划	286
8.4.2 SIGTRAN 协议栈	235	10.3.1 软交换承载网的要求	286
8.4.3 信令网关	240	10.3.2 软交换承载网的结构	287
8.4.4 IP 信令网的建设	246	10.3.3 NGN 业务与 Internet 业务 的隔离方法	289
习题	246	10.3.4 NGN 接入网建设	291
第 9 章 网络监控和管理技术	248	10.4 软交换网的路由规划	293
9.1 TMN 概述	248	10.4.1 软交换网的路由解决 方案	293
9.1.1 TMN 的基本概念	248	10.4.2 TRIP 路由协议	296
9.1.2 TMN 管理的分层模型	249	10.5 软交换技术的应用	300
9.1.3 TMN 的管理功能和 管理模型	250	10.5.1 软交换在固网中的 应用	300
9.1.4 TMN 的功能模块和 接口	252	10.5.2 软交换在 3G 核心网中的 应用	303
9.1.5 TMN 物理结构和 接口	254	10.6 固网和移动网的融合	306
9.2 Q3 网络管理接口	255		
9.2.1 Q3 接口的低层协议	256		
9.2.2 Q3 接口的高层协议	257		

10.6.1 固网和移动网的融合 概述	306	11.4.2 等效随机话务理论	341
10.6.2 NGN 的融合结构	308	11.5 分组交换数据网分析	344
10.6.3 基于 IMS 的网络融合	309	11.5.1 节点时延	345
习题	312	11.5.2 端—端平均时延	345
第 11 章 通信网理论分析	313	11.5.3 分组交换吞吐量	347
11.1 图论基础	313	11.6 下一代网络性能分析	348
11.1.1 网络和图	313	11.6.1 下一代承载网的 QoS	348
11.1.2 图的矩阵表示	315	11.6.2 承载网分组语音节点的 时延	349
11.1.3 最小生成树及其算法	317	11.6.3 软交换网络的容量	349
11.2 最短路径算法	321	11.7 多址接入系统的分析	350
11.2.1 Bellman-Ford 算法	322	11.7.1 ALOHA 技术	350
11.2.2 Dijkstra 算法	323	11.7.2 CSMA 技术、CSMA/CD 技术	352
11.2.3 Floyd 算法	325	11.8 传输网性能分析	354
11.3 排队论基础	327	11.8.1 误码性能分析	354
11.3.1 排队模型基本概念	328	11.8.2 滑码性能分析	359
11.3.2 M/M/1, M/G/1, M/D/1 排队模型	329	11.8.3 同步性能分析	362
11.3.3 M/M/m 排队	333	习题	368
11.3.4 排队网络	335	附录 A 缩略语	372
11.4 电路交换网分析	338	参考文献	378
11.4.1 呼损系统	338		

第 1 章 通信网概述

通信网技术是规划、设计、建设和维护网络方面的技术。要想把通信网建设好、维护好，必须了解各种类型通信网的结构、接口、协议和技术指标，了解各类通信网之间的关系和互连。本章将讨论通信网的类型、通信网的发展和通信网体系结构。

1.1 通信网的类型

1.1.1 通信网类型的划分

通信网是在用户之间提供通信功能的网络，是信息化社会的基础设施。通信网分为公用网、专用网和虚拟专用网。公用网是指由通信运营商建设和管理，为公众提供通信服务的网络，如固定电话网、移动电话网和因特网；专用网是为某一特定团体服务的网络，如证券公司、航空公司的专用计算机网络；而利用公用网络的设施，建设为本单位服务的专用网络则称之为虚拟专用网络。

早期的公用通信网仅包括电话网和电报网，随着通信技术的发展，通信网的类型以及通过通信网向公众提供的电信业务的类型不断增加，服务质量不断提高。通信网具有各种不同的类型，根据子网的功能可以分为业务网、传送网和支撑网。

- 业务网是指向公众提供电信业务的网络，包括固定电话网、移动电话网、互联网、IP 电话网、点数据通信网、智能网、窄带综合业务数字网（N-ISDN）、宽带综合业务数字网（B-ISDN）等。
- 传送网是指数字信号传送网，包括骨干传送网和接入网。
- 支撑网包括信令网、数字同步网和电信管理网。

业务网、传送网和支撑网之间的关系如图 1.1 所示。

根据子网的位置可以将通信网分为用户网、接入网和核心网。从整个通信网的角度讲，可以将全网划分为公用网和用户驻地网（CPN），其中 CPN 属用户所有，因而，通常意义的通信网指公用电信网部分。核心网的作用是交换和传送；相对于核心网，接入网介于交

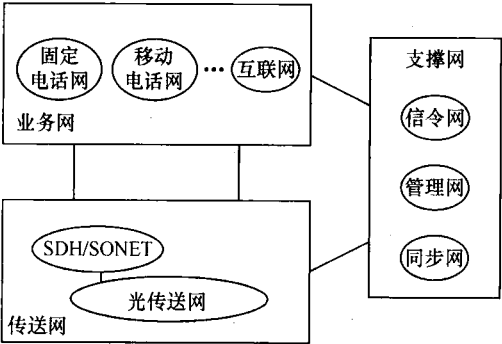


图 1.1 业务网、传送网和支撑网之间的关系

换设备和用户之间，主要完成使用户接入到核心网的任务，由业务节点接口（SNI）和用户网络接口（UNI）之间一系列传送设备组成。用户网、接入网和核心网之间的关系如图 1.2 所示。

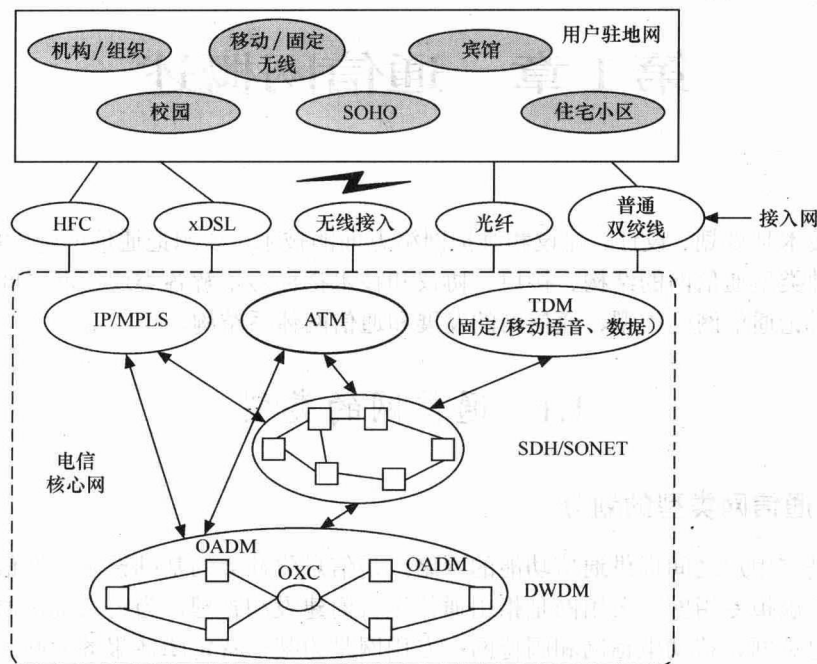


图 1.2 用户网、接入网和核心网之间的关系

传统的通信网络由 3 个部分组成：交换系统、传输系统和用户终端。用户终端是网络向用户提供服务的界面，用户通过用户终端才能接入到网络中；传输系统的功能是把信号从一个地方送到另一个地方去，由发送设备和接收设备组成，中间再配以一定数量的再生中继器；交换系统的功能是在任意两个用户之间建立通信连接，并且可以根据用户的需要来拆除通信连接。例如，在电话网中上亿个用户之间都可以互相通信，这就是交换系统的作用。而一个用户可以和大洋彼岸的用户通话这就传输系统的作用。

通信网的发展方向是下一代网络，下一代网络是一个内涵十分广泛的术语，不同的层面实际上都在应用这个概念。如果特指业务网层面，则下一代网络指下一代业务网；如果特指传送网层面，则下一代网络指下一代传送网；如果特指数据网层面，则下一代网络指下一代互联网。泛指下一代网络实际包容了所有新一代网络技术，也往往特指下一代业务网，特别是以软交换为控制层，兼容所有三网技术的开放体系架构。

下面先概述主要的通信业务网。

1.1.2 电话网

电话网是开通电话业务的一种业务网络，可以分为固定电话网和移动电话网，按照装机容量来衡量，我国的电话网是目前世界上规模第一位的网络。目前电话用户总数已接近 9 亿户，包括固定电话用户 3.72 亿户，移动电话用户 5.09 亿户。固定电话网和移动电话网规模继

续保持世界第一位。

1. 固定电话网

固定电话网是采用固定终端的一种业务网络，可以分为本地网和长途网。本地网是指在同一编号区域范围内，由若干个端局或者若干个端局和汇接局所组成的电话网。长途网是指在全国范围内不同的编号区之间通话的网路，由端局、汇接局和若干个长途局所组成的电话网。

根据服务区域的大小，传统的电话交换局可以分为一级中心、二级中心、三级中心、四级中心和五级中心，即 C1、C2、C3、C4 和 C5。其中 C1、C2、C3、C4 为长途转接局，C5 为端局。长途网的网络结构由一、二、三、四级长途交换中心及五级交换中心（端局）组成。一级交换中心之间相互连接构成网状网，其他各级交换中心以逐级汇接为主，辅以一定数量的直达电路，从而构成一个复合型结构。

随着电话网的数字化进程的实现，C1、C2 合并为一级，即 DC1，C3、C4 合并为一级，即 DC2，其结构如图 1.3 所示，我国的电话网从五级网演变为三级网，一级交换中心之间形成网状连接，为今后实现动态无级路由选择创造条件。我国电话网的等级结构如图 1.3 所示。

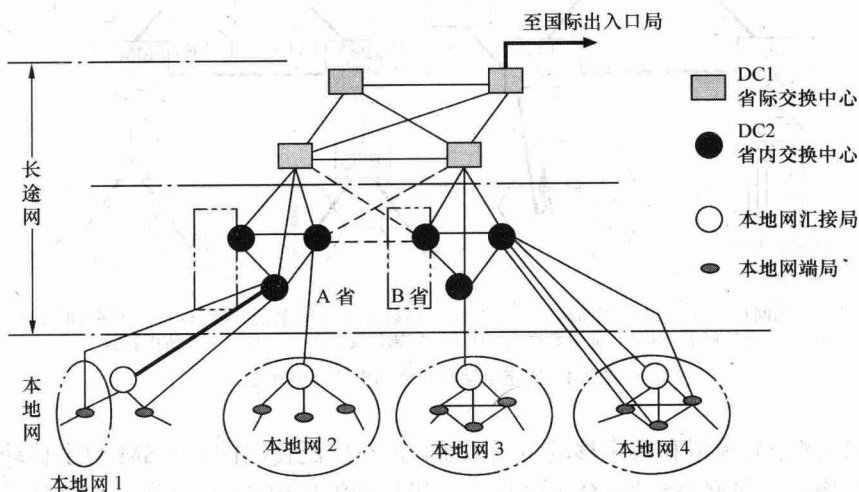


图 1.3 固定电话网的结构图

电话网经历了由模拟电话网向综合数字电话网的演变，经历了交换程控化、传输数字化的演变过程。数字电话网与模拟电话网相比，在通信质量、业务种类、为非话业务提供服务，实现维护、运行和管理自动化等方面都更具优越性。电话交换局是电话网中的核心设备，在数字电话网中采用数字程控交换设备，每一路电话编码为 64kbit/s 的数字信号，占据一次群中的某一时隙，在信令的控制下进行时隙交换，从而实现各个不同用户相连。

2. 移动电话网

移动电话网由移动交换局、基站、中继传输系统和移动台组成。

移动交换局和基站之间通过中继线相连，基站和移动台之间为无线接入方式，移动交换

局又和本地电话网中的市话局相连组成移动电话网。

移动交换局对用户的信息进行交换, 并实现集中控制管理, 每个基站都有一个可靠的通信服务范围称为无线区, 根据其服务范围可以分为大区制、中区制和小区制。目前常用的为小区制, 区域的覆盖半径为 2~10km, 基站的发射功率一般限制在一定的范围内, 以减少信道干扰, 形成由多个无线小区组成的蜂窝式移动电话服务区域。

大容量的移动通信网络形成多级结构, 为了在网络中均匀负荷, 合理利用资源, 避免在某些方向上产生的话务拥塞, 在网络中设置移动汇接局。移动交换局可就近分别连接固定网的二级长途交换中心并与市话汇接局相连接, 移动汇接局可连接于一级交换中心, 形成全国性的固定和移动相结合的电话网络。固定电话网和移动电话网的互连如图 1.4 所示。

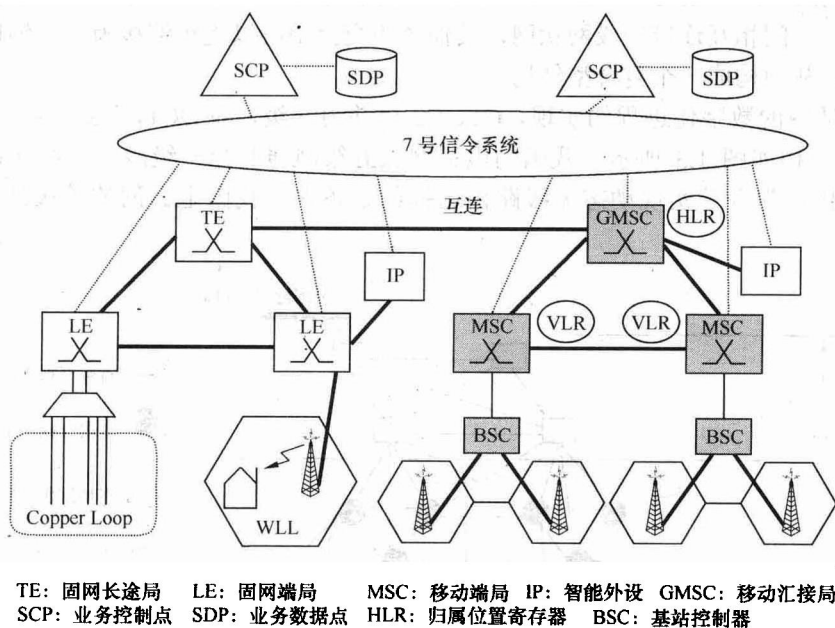


图 1.4 固定电话网和移动电话网的互连

移动电信网分为模拟和数字移动电话系统, 正在广泛使用的是 GSM 数字移动电话系统。GSM 电话网构成三级网路结构, 在大区设立一级移动汇接中心, 省会设立二级移动汇接中心, 移动业务本地网设立本地汇接中心, 形成三级移动网。

中国移动的 GSM 网设置 8 个一级移动汇接中心, 8 个汇接中心分别设置于北京、沈阳、南京、上海、西安、成都、广州和武汉, 一级移动汇接中心为独立的汇接局, 互相之间形成网状结构, 省内的二级移动汇接中心与相应的一级中心相连。

为了在不同的大区下, 两个一、二级汇接局间较忙的话务得以有效的疏通, 设置有效直达路由, 当高效直达路由溢出时可再选低呼损电路。为了使多家 GSM 交换设备能够顺利联网漫游, 同时可以在移动网开通除长话业务以外的其他业务, GSM 网采用当前广泛使用的 7 号信令系统传送各种信令信息。

移动业务本地网, 一般可设置一个或两个移动汇接局 (GMSC), 每个移动本地网中有多个移动端局 (MSC), 设置 GMSC 使其对本地移动话务起到汇接作用, 同时又在移动端局到

市话、端局汇接局、长途转接局之间起到桥梁的作用，有利于简化网路的结构，充分利用网路的资源。

GSM 数字蜂窝通信系统的主要组成部分有基站系统与网络系统，基站系统由基站收发点和基站控制器组成，网络系统由移动交换中心（MSC）、操作维护中心（OMC）、原地用户位置寄存器、访问用户位置寄存器鉴别中心、设备标志寄存器等组成。

目前电话网正在向软交换网络的方向发展，软交换网络由软交换局组成，软交换局由软交换机、位置服务器、中继媒体网关、信令网关、接入网关、综合接入设备、应用服务器、媒体服务器等设备以及连接这些节点的 IP 分组承载网组成。在业务生成、通信质量、网络融合等方面都更具优越性，翻开了电话网发展的新一页。

1.1.3 互联网

互联网的英文名字是 Internet，汉译音为因特网，也有人把它称之为网际网或环球网。它是一个具体的网络实体，没有一个特定的网络疆界，泛指通过网关连接起来的网络集合，即是一个由各种不同类型的计算机网络组成的全球范围的计算机网络。组成 Internet 的计算机网络，包括局域网（LAN）、城域网（MAN）以及大规模的广域网（WAN）等。这些网络通过普通电话线、高速率专用线路、卫星、微波、光缆等通信线路，把不同国家的大学、公司、科研机构、政府等组织的网络资源连接起来，从而进行通信和信息交换，实现资源共享。Internet 互连采用的基本协议是 TCP/IP。互联网具有许多重要的应用，其中包括电子邮件（E-mail）、远程登录（Telnet）、交互式信息查询（WWW、Gopher）、文件传送（FTP）、电子论坛（BBS）、交互式多用户服务（talk、chat）等。

1992 年以后，随着商业性网络进入互联网，互联网现已成为全球最大的商业电脑网络。我国从 1994 年 4 月起正式加入互联网。目前国内已批准了多家国际互联网单位，如中国电信公众互联网、中国联通网、中国移动互联网，是可以向社会提供公众服务的商业网；另外还有 4 家专用互联网：中国科技网、中国教育网、经贸网和长城网。

开放性是互联网的一大特色，但同时也带来了一个妨碍它实用化的问题，即保密性差。因此，加强对互联网保密技术和安全的研究，已经引起各国的关注。未来的互联网将继续保留它的开放性特点，同时拥有保密性很强的服务领域。目前互联网主干网的信息传输速率已超过 2.5Gbit/s。由于近年来互联网用户的急剧增长，特别是多媒体的应用使网络上的信息流量增加了 10 倍以上，这使得本来传输速率不算太慢的 nsf-net 不堪重负。增加互联网带宽，提高信息传输速率，正成为互联网继续发展的关键。

ChinaNet 是中国电信公众互联网，下面以 ChinaNet 为例对互联网作进一步的说明。ChinaNet 骨干网的拓扑结构逻辑上分为两层，即核心层和大区层。

1. 核心层

核心层由北京、上海、广州、沈阳、南京、武汉、成都和西安 8 个城市的核心节点组成。核心层的功能主要是提供与国际 Internet 的互连，以及提供大区之间信息交换的通路。其中北京、上海、广州核心层节点各设有两台国际出口路由器，负责与国际 Internet 互连（见图 1.5），以及两台核心路由器与其他核心节点互连；其他核心节点各设一台核心路由器。

核心节点之间为不完全网状结构。以北京、上海、广州为中心的 3 个中心结构，其他核心节点分别以至少两条高速 ATM 链路与这 3 个中心相连。

2. 大区层

全国 31 个省会城市按照行政区划，以上述 8 个核心节点为中心划分为 8 个大区网络，这 8 个大区网共同构成了大区层。每个大区设两个大区出口，大区内其他非出口节点分别与两个出口相连。

大区层主要提供大区内的信息交换以及接入网接入 ChinaNet 的信息通路。大区之间通信必须经过核心层。

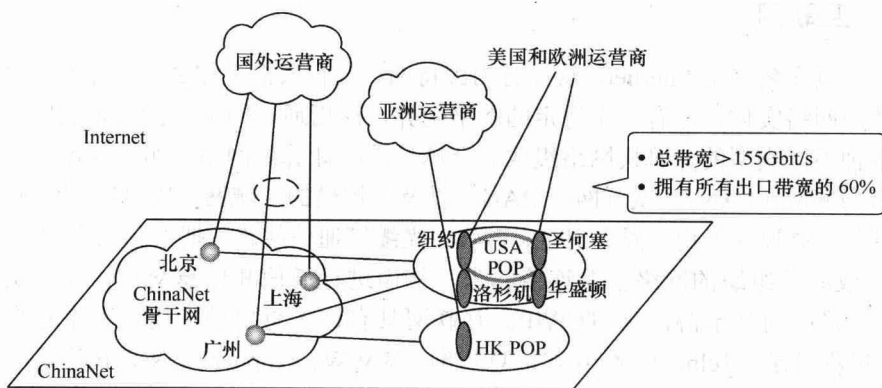


图 1.5 ChinaNet 的国际连接

ChinaNet 是基于 Internet 网络技术的中国公用 Internet 骨干网，通过接入 Internet 而使 ChinaNet 成为 Internet 的一部分，通过 ChinaNet 的灵活接入方式和遍布全国的接入点可以方便地接入 Internet，享用网上的丰富资源和各种服务。

1.1.4 传送网

传送网是指数字传送网络，上面谈到的各类业务网路中的各种不同的业务信号，都将以数字信号的形式通过传输网进行传输，因此，传输线路、传输设备是电信网的一项重要的基础设施，由传输线路、传输设备组成的传送网络也称为基础传送网。

1. 传输技术体制

在电信网中为了提高信道的利用率，在线路上传输一般都是经过时分复用以后形成的数字信号的群路信号，传输技术体制主要是指规定的经过复接以后各群路信号的速率等级。

目前有两类速率等级信号：准同步数字系列（PDH）和同步数字系列（SDH）。在准同步系统中，复接成群路信号的各支路信号的时钟频率有一定的偏差，在复接的过程中，在各支路信号中插入了数量的脉冲来实现各支路信号的同步；在同步数字系统中，在同步网的控制下，各个系统时钟处于同步状态，易于进行复接和分接。

PDH 系统就复接的数字系列而言，分为一、二、三、四次群，其速率标准如表 1.1 所示。

表 1.1 PDH 时分复用系列

	欧 洲	美 国	日 本
一次群	2.048Mbit/s	1.544Mbit/s	1.544Mbit/s
二次群	8.448Mbit/s	6.312Mbit/s	6.312Mbit/s
三次群	34.368Mbit/s	44.736Mbit/s	32.064Mbit/s
四次群	139.264Mbit/s	274.176Mbit/s	97.728Mbit/s

从表中可以看出，PDH 主要有两种不同的标准：一种是欧洲的 E 系列，另一种是北美的 T 系列，因此给双方系统的互连互通带来了不便。

SDH 是在 PDH 的基础上发展起来的一种数字传输技术体制，它具有以下主要特点。

- ① 在高速率的传输系统中，采用统一的传输标准速率，对两种不同的 PDH 的速率标准能够予以兼容，给网路的互连互通提供了方便。
 - ② 在 SDH 的帧结构中具有丰富的用于监控和管理的开销比特，以此为基础，增加了网路监控和管理的功能。
 - ③ 提供了高速率的传输通道，为建立宽带通信网提供重要的基础设施。
- SDH 的速率标准如表 1.2 所示。

表 1.2 SDH 的速率等级

SDH 等级		SONET 等级	标 准 速 率
		OC-1/STS-1 (480H)	51.40Mbit/s
155Mbit/s	STM-1 (1920CH)	OC-3/STS-3 (1440CH)	155.520Mbit/s
		OC-9/STS-9	466.560Mbit/s
622Mbit/s	STM-4 (7696CH)	OC-12/STS-12 (8046CH)	622.080Mbit/s
		OC-18/STS-18	933.120Mbit/s
		OC-24/STS-24	1 244.160Mbit/s
		OC-36/STS-36	1 866.240Mbit/s
2.5Gbit/s	STM-16 (30720CH)	OC-48/STS-48 (32356CH)	2 488.320Mbit/s
10Gbit/s	STM-64 (122880CH)	OC-192/STS-192 (129024CH)	9 953.280Mbit/s

表 1.2 中的 OC-I 为光同步网络（SONET 标准）是美国采用的传输标准。

由于 SDH 系统的优点，因此目前 SDH 设备组成的数字传送网是整个基础传送网络的主体。SDH 的传送网主要由以下设备组成。

- ADM：这是一种具有上下路功能的复用器，所谓上路是指某一支路信号可以复接到干线上的群路信号中，并把它们送到目的地；下路也就是把某一子速率信号从群路信号中取出送到目的地。ADM 是 SDH 中的一种基本设备，具有复接、分接、上路、下路、发送和接收功能。
- TM：称为终端复用设备，这是在目的地或源点采用的一种基本设备，具有复接、分接、发送和接收功能。
- DXC：数字交叉连接设备，这是对传输的群路信号及其他的子速率信号进行交换

的一种组网设备,利用数字交叉连接设备可以对电路进行调度,对网路进行保护,增强了组网的灵活性和可靠性,是现代数字传送网中一种不可缺少的基本设备。

数字交叉连接设备常用 DXC A/B 来表示, A 表示输入的最高速率; B 表示交叉连接的最高速率。

就传输媒体而言, SDH 系统以光纤为主,也可以通过数字微波系统来进行传输。

2. SDH 传送网

SDH 传送网已经成为我国基础网的主体,就网络结构而言, SDH 传送网分为 4 个层次:一级本地干线网、二级干线网、中继网和用户接入网。

第 1 层为一级本地干线网,主要由省会城市及业务量较大的汇接节点和高速光纤链路组成,形成了一个大容量、高可靠的网孔形国家骨干网结构,并辅以少量线型网。汇接节点由 DXC4/4 组成,光纤链路主要是 STM-4/STM-16 或更高速率组成的光纤传输系统。由于 DXC4/4 也具有 PDH 体系的 140Mbit/s 接口,因而原有的 PDH 的 140Mbit/s 系统也能纳入由 DXC4/4 统一管理的长途一级干线网中。

第 2 层为二级干线网,主要由汇接节点和光纤链路组成,汇接点装有 DXC4/4 或 DXC4/1 交叉连接设备,光纤链路是 STM-1/STM-4 传输链路,形成省内网状或环型骨干网结构,并辅以少量线型网结构。由于 DXC4/1 有 2Mbit/s、34Mbit/s 或 140Mbit/s 接口,因而原来 PDH 系统也能纳入统一管理的二级干线网,并具有灵活调度电路的能力。

第 3 层为中继网(即长途端局与市局之间以及市话局之间的部分),可以按区域划分为若干个环,由 ADM 组成速率为 STM-1/STM-4 的自愈环,也可以是路由备用方式的两节点环。这些环既具有很高的生存性,又具有业务量疏导功能。环型网中主要采用复用段倒换环方式,环间由 DXC 4/1 沟通,完成业务量疏导和其他管理功能。同时 DXC4/1 也可以作为长途网与中继网之间以及中继网和用户网之间的网关或接口,还可以作为 PDH 与 SDH 之间的网关。

第 4 层为用户接入网,是传输网中庞大和复杂的部分,其投资占整个通信网的 50%以上,也是目前实现电信网宽带化的关键部分。

用户接入可以有多种实施的方式,有铜线接入、光纤接入、混合接入和无线接入。铜线接入有 HDSL、ADSL、VDSL、EDSL 等方式,光纤接入根据光分配网络的类型可以分为有源光网络和无源光网络。有源光网络可以采用 PDH 或 SDH 系统,在接入网中的 SDH 系统具有灵活复用功能,以使较多的较低速率的用户接入到 SDH 系统中去。光纤接入是用户接入网中的重要方式,根据光网络单元的位置可以分为 FTTB、FTTC、FTTH 和 FTTO 等方式,其中 FTTB 是目前常用的一种方式。

当 ADM、DXC 演变为 OADM、OXC 时,则上述网络演变为多级光传送网。

1.1.5 电信支撑网

电信支撑网是指对电信网的正常运营起到支持作用的一类网络,包括信令网、数字同步网和电信管理网。这 3 种网络从 3 个不同的方面对电信网进行支持:信令网通过公共的网络传送信令信号;数字同步网提供全网同步的时钟;电信管理网则通过计算机系统对全网进行统一的管理。