

通信网教程

尤克 黄静华 任力颖 吴佳欣 编著



附光盘



机械工业出版社
China Machine Press

21st
century

高等院校电子信息类本科规划教材

TN915
440

通信网教程

尤克 黄静华 任力颖 吴佳欣 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书按照全国高等学校教学研究中心主持的国家课题“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的精神，遵循应用型人才培养模式，结合“现代通信网课程教学基本要求”而编写成的。

本书介绍了现代通信网的基本理论和技术，主要包括：ISDN 技术、VoIP 技术、数据、语音一体化网络技术、ATM 异步传输模式、软交换技术、网络交换技术等基本概念，重点介绍电信网、数据通信网、数字同步网、移动网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络等电信新技术及其应用。

本书可用作高等院校通信与电子信息类的相关专业教材，也可作为通信技术人员参考用书。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

通信网教程/尤克等编著. —北京：机械工业出版社，2008.7
(21 世纪高等院校电子信息类本科规划教材·北京市精品建设教材)

ISBN 978-7-111-24723-4

I. 通… II. 尤… 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 110134 号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：曾 珊

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-24723-4

ISBN 978-7-89482-767-8(光盘)

定价：33.00 元(附光盘)

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换
本社购书热线：(010)68326294

前 言

本书是作者根据多年的教学改革实践,按照全国高等学校教学研究中心主持的国家课题“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的精神,遵循应用型人才培养模式,结合“现代通信网课程教学基本要求”编写而成。

通信网络是国家信息化进程中的重要基础设施,是实现通信业务和功能的物质基础。通信网络的发展经历了由窄带到宽带、由人工到智能、由单业务到综合业务的发展过程,并向着宽带化、个人化、分组化和综合化的方向发展。随着宽带多媒体通信网的建设和智能小区的出现,人们渴望在家中就能上网享受视频点播(VOD)、远程教育、远程医疗、网上购物、电视会议、网上电子商务等业务,而这一切,均需要通信网技术的支持。在这种形势下,学习现代通信网技术尤为重要。

为了适应高等职业教育的需要,更好地掌握现代通信网技术,结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标,我们编写了现代通信网教程,本书从日常生活中所应用的通信网技术出发,从电信系统的基本概念入手,概括介绍了电信系统的整体架构、典型通信系统的通信过程及相关技术,以我国迅速发展的电信业务为例,引入 ISDN 技术、VoIP 技术、数据、语音一体化网络技术、ATM 异步传输模式、软交换技术、网络交换技术等基本概念,重点介绍国内外流行的电信网、数据通信网、数字同步网、移动网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络等电信新技术、业务应用以及信令标准。

本书共 15 章,主要介绍现代通信网技术,具体如下。

第 1 章:公用电话交换网。主要介绍我国公用电话交换网的结构,以及长途网、本地网的构成,我国电话网的发展方向,电路交换技术、电话交换网的信令系统、网同步的方法以及公用电话交换网的网络业务。

第 2 章:接入网。主要介绍接入网的基本概念、接入网的标准、接入网的定义、接入网的界定与接口、接入网的功能、接入网的标准、宽带接入网技术。

第 3 章:ISDN 技术。主要介绍 ISDN 的基本概念、ISDN 业务具有的特点、ISDN 技术与采用的协议及连接、ISDN 的业务及应用、ISDN 终端分类与终端设备配置、ISDN 技术比较及发展前景。

第 4 章:公用分组交换数据通信网。主要介绍分组交换技术、分组数据通信网, X.25 协议、光分组交换技术以及我国的公用分组数据交换网 CHINAPAC。

第 5 章:宽带网技术。主要介绍宽带网及宽带接入网技术、接入网的各种技术方案、无线接入方式、光接入网络、光纤同轴混合网络(HFC)以及宽带网的应用。

第 6 章:异步传输模式 ATM。介绍了 ATM 的工作机制、ATM 的应用场合、ATM 的分层通信技术、ATM 的拓扑结构,以及组成 ATM 网络的各个组件。最后描述了在 ATM 网络上,IP 和其他协议是如何传输的。

第 7 章:xDSL 宽带接入技术。主要介绍 xDSL 宽带接入技术、xDSL 调制方式与分类、

ADSL 的工作原理、ADSL 的编码技术、ADSL 的协议标准、ADSL 应用与发展。

第 8 章：智能网。主要介绍智能网的产生背景与发展历程、智能网特点、智能网体系结构、智能网业务简介、宽带智能网及其关键技术。

第 9 章：网络交换。主要介绍分组交换的主要知识，包括计算机网络分类，网络分层模型，网络互连设备，二层交换，三层交换等内容。

第 10 章：同步数字系列 SDH。主要介绍光纤通信系统、同步数字系列 SDH，SDH 技术的应用与发展。

第 11 章：数据、语音一体化网络。简单介绍多媒体通信网、IP 网络、数据、语音一体化网络、家庭网络和未来的网络的主要技术。

第 12 章：VoIP 技术。主要介绍 VoIP 的基本概念，VoIP 实现的方案，VoIP 实现的模式，以及 VoIP 实现中的安全与性能问题。

第 13 章：软交换技术。主要介绍软交换技术的定义，软交换的主要功能，软交换技术的主要应用，软交换的网络结构和软交换支持的协议。

第 14 章：下一代网络 NGN。主要介绍 NGN 的基本概念，NGN 的特点及业务，NGN 网络架构，NGN 涉及的九大支撑技术，NGN 支持的主要协议，面临的问题，及 NGN 与下一代互联网的关系。

本书基础理论知识的讲授以应用为目的，精选内容，深入浅出，讲清原理，突出基本概念，使读者掌握关键技术。为了便于读者理解和复习，各章都结合实际应用，编写了实践操作、应用性例题和练习题，使内容和系统更加完整，便于自学。为配合教学，我们编写了电子教学课件光盘。建议完成本教材的课堂教学 30~60 学时，实验约 16 学时。

由于作者水平有限，书中难免存在错误与不足，敬请各位专家与读者给予谅解和指正，来信请寄：youke@bnu.com.cn。

编 者

2008 年 6 月

教学建议

一、课程目的与任务

《现代通信网》主要包括电信系统的基本概念，电信系统的整体架构、典型通信系统的通信过程及相关技术，ISDN 技术、VoIP 技术、数据、语音一体化网络技术、ATM 异步传输模式、软交换技术、网络交换技术等基本概念，重点讲述电信网、数据通信网、数字同步网、移动网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络等电信新技术、业务应用以及信令标准等内容，该课程是通信与电子信息专业的重点专业课程之一。

为了适应高等职业教育的需要，更好地掌握现代通信网技术，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们建议学习现代通信网课程时，注重理论联系实际，从日常生活中所应用的通信网技术出发，调动学生的学习兴趣，通过本课程学习，使学生能对电信网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络技术有较深入的了解。

二、课程教学的基本要求

(一) 知识要求

1. 了解电信系统的基本概念，电信系统的整体架构、典型通信系统的通信过程及相关技术；
2. 理解 ISDN 技术、VoIP 技术；
3. 理解数据、语音一体化网络技术；
4. 理解电话交换网的组成、工作原理；
5. 理解 ATM 异步传输模式；
6. 了解软交换技术、网络交换技术等基本概念；
7. 深刻理解电信网、数据通信网、数字同步网、移动网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络的工作原理及应用。

(二) 能力要求

1. 学会运用信令标准，熟练掌握通信系统的通信过程；
2. 熟练掌握公用电话交换网的网络业务、组成、现状以及发展方向；
3. 学会运用接入网的基本概念，掌握固定电话、有线电视、计算机网络的接入方式、宽带接入网的主要技术，了解三网合一技术的发展；
4. 根据 ADSL 的工作原理、了解 ADSL 的编码技术、ADSL 的协议标准，学会设计家庭及小型办公环境的 ADSL 的安装线路图；
5. 掌握智能网的应用和新功能。

(三) 教学建议

本课程总学时为 40~80 学时, 其中: 课堂教学为 30~60 学时, 理论课讲授采用多媒体教学; 实验、调研为 10~20 学时。

其中, 公用电话交换网、接入网、数据通信网、宽带网、异步传输模式 ATM、xDSL 宽带接入技术、智能网为重点内容。

本课程的教学计划是在全面系统学习教材的基础上, 对重点章节进行深入的学习, 注意系统学习和重点深入相结合。

教学训练应以职业为核心, 以学生完成对现代通信网所必须掌握的能力为主线、以“学以致用”为教学原则、以培养学生职业岗位能力为目标, 将现代通信网为主要内容, 以参观、展览、听讲座、实践调研等形式深入到行业、企事业单位, 了解国内外通信网的现状及发展。

以学生完成的现代通信网调研报告能力为主线, 以培养学生职业岗位能力为目标, 将电信网、数据通信网、数字同步网、移动网、宽带网、接入网、智能网和下一代网络等电信新技术为主要内容。

课程考核以对学生实际能力考核为出发点, 建议采用写调研报告的形式取代考试, 重点考核学生综合运用专业的能力及理论联系实践分析问题、解决问题的能力。

三、现代通信网课程教学(实验)内容如下。

章节	课程教学(及实验)内容	建议学时
第 1 章 公用电话交换网	教学内容: 公用电话交换网的结构, 长途网、本地网的构成, 电路交换技术、电话交换网的信令系统、网同步的方法以及公用电话交换网的网络业务。 实验内容: 学生分组调研我国公用电话交换网的网络业务、组成、现状以及发展方向。	教学: 4~8 学时 实验: 4~8 学时
第 2 章 接入网	教学内容: 接入网的基本概念、接入网的标准、接入网的定义、接入网的边界与接口、接入网的功能、接入网的标准、宽带接入网技术。 实验内容: 学生分组调研自己家住小区的固定电话、有线电视、计算机网络的接入方式、宽带接入网的主要技术。	教学: 4~8 学时 实验: 2~4 学时
第 3 章 ISDN 技术	教学内容: ISDN 的基本概念、ISDN 业务具有的特点、ISDN 技术与采用的协议及连接、ISDN 的业务及应用、ISDN 终端分类与终端设备配置、ISDN 技术比较及发展前景。	教学: 2~4 学时
第 4 章 公用分组交换数据通信网	教学内容: 公用分组交换数据通信网, 主要介绍分组交换技术、分组数据通信网, X.25 协议、光分组交换技术以及我国的公用分组数据交换网 CHINAPAC。	教学: 2~4 学时
第 5 章 宽带网技术	教学内容: 宽带网及宽带接入网技术、接入网的各种技术方案、无线接入方式、光接入网络、光纤同轴混合网络(HFC)以及宽带网的应用。	教学: 4~8 学时
第 6 章 异步传输模式 ATM	教学内容: ATM 的工作机制、ATM 的应用场合、ATM 的分层通信技术、ATM 的拓扑结构, ATM 网络的组成。	教学: 4~8 学时
第 7 章 xDSL 宽带接入技术	教学内容: xDSL 宽带接入技术、xDSL 调制方式与分类、ADSL 的工作原理、ADSL 的编码技术、ADSL 的协议标准、ADSL 应用与发展。 实验内容: 学生分组实验, 根据 ADSL 的工作原理、ADSL 的编码技术、ADSL 的协议标准, 设计 ADSL 的家庭安装线路图。	教学: 2~4 学时 实验: 2~4 学时

(续)

章节	课程教学 (及实验) 内容	建议学时
第 8 章 智能网	教学内容: 智能网的产生背景、智能网特点、智能网体系结构、智能网业务简介、宽带智能网。 实验内容: 学生分组调研, 我国已使用的智能网的种类和功能。	教学: 2~4 学时 实验: 2~4 学时
第 9 章 网络交换	教学内容: 分组交换知识, 计算机网络分类, 网络分层模型, 网络互连设备, 二层交换, 三层交换等内容。	教学: 2~4 学时
第 10 章 同步数字系列 SDH	教学内容: 光纤通信系统、同步数字系列 SDH, SDH 技术的应用与发展。	教学: 2~4 学时
第 12 章 VoIP 技术	教学内容: VoIP 的基本概念, VoIP 实现的方案, VoIP 实现的模式, 以及 VoIP 实现中的安全与性能问题。	教学: 自学
第 13 章 软交换技术	教学内容: 软交换技术的定义, 软交换的主要功能, 软交换技术的主要应用, 软交换的网络结构和软交换支持的协议。	教学: 自学
第 14 章 下一代网络 NGN	教学内容: NGN 的基本概念, NGN 的特点及业务, NGN 网络架构, NGN 涉及的九大支撑技术, NGN 支持的主要协议, 面临的问题, 及 NGN 与下一代互联网的关系。	教学: 2~4 学时

目 录

前言

教学建议

第1章 公用电话交换网 1

1.1 公用电话交换网概述 1

1.1.1 电话网的特点 1

1.1.2 公用电话交换网的组网要求 1

1.1.3 公用电话交换网的组成 2

1.1.4 公用电话交换网的分类 2

1.2 电话交换网的网络结构 3

1.2.1 电话交换网中采用的网络结构 3

1.2.2 我国电话网的网络结构 4

1.2.3 长途电话网 4

1.2.4 本地电话网 7

1.2.5 国际电话网 9

1.3 电话网编号计划 10

1.3.1 本地网的编号计划 10

1.3.2 长途网的编号计划 10

1.3.3 国际电话编号计划 11

1.3.4 特种业务电话编号计划 11

1.4 电话交换技术 11

1.4.1 电话交换的基本概念 11

1.4.2 程控数字交换的基本原理 13

1.4.3 电路交换的呼叫接续过程 18

1.5 电话交换网信令系统简介 19

1.5.1 简述 19

1.5.2 用户信令 22

1.5.3 局间随路信令 22

1.5.4 公共信道信令简介 26

1.6 数字同步网和网同步 29

1.6.1 实现网同步的方式 30

1.6.2 时钟源的种类 31

1.6.3 我国的网同步方式 31

练习题 33

第2章 接入网 34

2.1 接入网的基本概念 34

2.2 接入网的定义 35

2.3 接入网的界定与接口 36

2.4 接入网的功能 36

2.5 接入网的标准 37

2.6 接入网的技术 38

2.6.1 有线接入网技术 38

2.6.2 无线接入技术 41

2.6.3 无线宽带接入技术系统 42

2.7 接入网技术的发展 44

2.7.1 宽带接入网发展 44

2.7.2 宽带接入网的应用 44

2.7.3 宽带光纤接入网的优势 45

2.7.4 接入网的发展几个主要技术 45

练习题 47

第3章 ISDN 技术 49

3.1 ISDN 的基本概念 49

3.1.1 ISDN 业务具有的特点 49

3.1.2 ISDN 的业务功能 50

3.1.3 发展 ISDN 的必要性 50

3.2 ISDN 技术 51

3.2.1 ISDN 用户/网络接口技术 51

3.2.2 ISDN 上采用的协议及连接 52

3.2.3 ISDN 的技术特点 54

3.2.4 ISDN 的业务及应用 54

3.2.5	ISDN 终端分类	58	4.6.4	分组交换在现阶段的作用	89
3.2.6	终端设备配置	60	练习题		89
3.2.7	ISDN 技术比较及发展前景	61	第 5 章	宽带网技术	91
练习题		64	5.1	什么是宽带网	91
第 4 章	分组交换网络	65	5.1.1	宽带网的产生	91
4.1	数据通信网的交换方式	65	5.1.2	宽带网的技术	91
4.1.1	电路交换	65	5.1.3	国家信息基础设施(NII)	92
4.1.2	报文交换	65	5.2	基于 ATM 技术的宽带网	92
4.1.3	分组交换	66	5.3	宽带接入网技术	93
4.2	分组交换技术	66	5.3.1	接入网的各种技术方案	93
4.2.1	分组交换技术的概念	66	5.3.2	几种接入技术的比较	95
4.2.2	分组交换原理	67	5.4	宽带网业务	96
4.2.3	分组的复用和交换	69	练习题		97
4.2.4	分组交换的特征	71	第 6 章	异步传输模式 ATM	98
4.3	分组交换网络	72	6.1	ATM 概述	98
4.3.1	分组交换网的组成	72	6.1.1	ATM 的主要属性	98
4.3.2	分组交换网的路由选择	74	6.1.2	时间敏感通信的特点	99
4.3.3	分组交换网的流量控制和 阻塞控制	75	6.1.3	ATM 的优点和缺点	99
4.3.4	用户终端入网方式	77	6.1.4	ATM 技术	100
4.3.5	分组交换网的互连	77	6.2	ATM 信元结构	100
4.4	X.25 协议	78	6.2.1	固定长度小信元的优点	101
4.4.1	X.25 协议的分层协议	78	6.2.2	ATM 信元结构	102
4.4.2	X.25 的物理层	79	6.3	ATM 交换	104
4.4.3	X.25 的数据链路层	79	6.3.1	ATM 网络概述	104
4.4.4	X.25 的分组层	81	6.3.2	ATM 交换	104
4.5	光分组交换技术	85	6.4	ATM 逻辑通道	106
4.5.1	光分组交换技术的发展	85	6.4.1	虚电路和虚路径	106
4.5.2	光分组交换网络的分类	85	6.4.2	ATM 虚拟电路类型	107
4.5.3	光分组交换技术的特点	85	6.4.3	虚路径的建立	108
4.6	我国的公用分组数据交换网	86	6.5	ATM 分层参考模型	109
4.6.1	我国公用分组数据交换网的 构成	86	6.5.1	ATM 分层通信	110
4.6.2	我国公用分组数据交换网 提供的业务功能	88	6.5.2	ATM 物理层	110
4.6.3	分组交换应用及其作用	88	6.5.3	ATM 层	110
			6.5.4	ATM 适配层	110
			6.5.5	ATM 服务和应用层	113

6.5.6 ATM 网络信令协议模型	114	8.4 宽带智能网及其关键技术	141
6.6 ATM 拓扑结构	115	8.4.1 宽带智能网	141
6.6.1 标准网络接口类型	115	8.4.2 宽带智能网的体系结构	142
6.6.2 ATM 网络设备	115	8.5 智能网的应用	143
6.6.3 ATM 交换机	115	8.5.1 固定智能网	144
6.6.4 连接管理	116	8.5.2 移动智能网	144
6.6.5 ATM 拓扑结构	117	8.5.3 综合智能网	145
6.6.6 ATM 骨干网络	118	8.6 智能网发展	147
6.6.7 ATM 上的 LAN 仿真	119	8.6.1 综合智能网体系结构	148
练习题	122	8.6.2 综合智能网的实现	149
第 7 章 xDSL 宽带接入技术	124	8.6.3 智能网的目标	149
7.1 xDSL 的调制方式	124	练习题	150
7.2 xDSL 的分类	124	第 9 章 网络交换	152
7.3 ADSL 概述	126	9.1 计算机网络分类	152
7.3.1 ADSL 简介	126	9.1.1 局域网	152
7.3.2 ADSL 的特点	127	9.1.2 广域网	153
7.3.3 ADSL 的工作原理	127	9.1.3 互联网	154
7.3.4 ADSL 的编码技术	128	9.2 网络分层模型	154
7.3.5 ADSL 的协议标准	129	9.2.1 OSI 参考模型	154
7.3.6 ADSL 应用与发展	130	9.2.2 数据链路层的细化	157
7.3.7 ADSL 的接入	130	9.2.3 数据封装与通信	158
练习题	133	9.2.4 传输控制协议/网际协议 体系结构	159
第 8 章 智能网	134	9.2.5 网间编址	160
8.1 智能网概述	134	9.2.6 帧格式	161
8.1.1 智能网的产生背景与发展 历程	134	9.2.7 IP 报头格式	162
8.1.2 智能网特点	135	9.3 网络互连设备	164
8.2 智能网体系结构	136	9.3.1 网络接口卡	164
8.2.1 智能网概念模型	136	9.3.2 中继器	164
8.2.2 智能网的功能部件	138	9.3.3 集线器	164
8.2.3 智能网系统结构	138	9.3.4 网桥	164
8.3 智能网业务	139	9.3.5 交换机	165
8.3.1 智能网业务简介	139	9.3.6 路由器	167
8.3.2 智能网业务	139	9.3.7 网关	169
8.3.3 以 800 号业务为例, 介绍 智能网业务的接续过程	140	9.4 第二层交换	169
		9.4.1 共享以太网	169

9.4.2 交换以太网	170	11.4.1 家庭网络的分类	200
9.5 第三层交换	171	11.4.2 数字家庭网络的业务	201
9.5.1 第三层交换的类型	172	11.4.3 数字家庭的组成	201
9.5.2 报文到报文交换 PxP	174	11.4.4 数字家庭网络的应用	202
9.5.3 流交换	177	11.5 下一代网络	202
9.6 进一步发展与应用	181	11.6 未来的网络	203
9.6.1 虚拟局域网 VLAN	181	练习题	203
9.6.2 RSVP	181		
9.6.3 IP 组播	181	第 12 章 VoIP 技术	204
练习题	182	12.1 VoIP 基本概念	204
第 10 章 同步数字系列 SDH	185	12.1.1 VoIP 的特点	204
10.1 光纤通信系统简述	185	12.1.2 VoIP 的实现	205
10.1.1 光纤通信系统	185	12.2 VoIP 实现方案	206
10.1.2 光纤通信系统优点	185	12.2.1 模拟电话 + VoIP 语音	
10.1.3 光纤通信传输体制的发展	186	网关 + 网守 + PBX	206
10.2 同步数字系列 SDH	186	12.2.2 VoIP 电话/IP 电话 +	
10.2.1 通信介质和特性	186	IP PBX + PBX	207
10.2.2 SDH 组成	187	12.2.3 IP 电话/模拟电话 +	
10.2.3 SDH 帧结构	188	PCPBX + PBX	208
10.2.4 SDH 分层模型	189	12.3 VoIP 业务模式	209
10.2.5 网络拓扑和故障恢复	189	12.3.1 H. 323IP 电话	209
10.3 SDH 技术的发展	191	12.3.2 VoBB 宽带电话	210
10.3.1 在 SDH 上实现 ATM	191	12.3.3 语音即时通信 IM	210
10.3.2 IP over SDH	191	12.4 平衡 VoIP 安全与性能	211
10.3.3 DOS	191	12.4.1 影响 VoIP 性能的主要方面	211
10.4 全光网 OTN	193	12.4.2 VoIP 安全对性能的影响	212
10.4.1 全光网的优点	193	12.5 VoIP 的安全性	212
10.4.2 全光传送网的网络结构	194	12.5.1 VoIP 安全性影响	212
10.4.3 全光网技术	194	12.5.2 可实施的安全特性	213
练习题	197	思考题	214
第 11 章 数据、语音一体化网络	198		
11.1 多媒体通信网	198	第 13 章 软交换技术	215
11.2 IP 网络	198	13.1 软交换技术的定义	215
11.3 数据、语音一体化网络	200	13.2 软交换的主要功能	216
11.4 家庭网络	200	13.3 软交换技术的网络结构	217
		13.4 软交换技术中的分组协议	219
		13.4.1 协议综述	219
		13.4.2 H. 323 协议	220

13.4.3 SIP 协议	220	14.2 NGN 业务	226
13.4.4 MGCP 协议	221	14.3 NGN 网络架构	227
13.4.5 H.248/MeGaCo 协议	222	14.3.1 NGN 的网络要求	227
思考题	223	14.3.2 NGN 的网络层次	228
第 14 章 下一代网络	224	14.4 NGN 涉及的关键技术	229
14.1 NGN 的基本概念	224	14.5 NGN 支持的协议	231
14.1.1 NGN 的定义	224	14.6 NGN 面临的问题	232
14.1.2 NGN 的主要特点	225	14.7 NGN 的网络发展策略	234
14.1.3 NGN 的能力	226	14.8 互联网与 NGN 的区别	234
		思考题	235

第 1 章 公用电话交换网

本章主要介绍我国公用电话交换网的结构，以及长途电话网、本地电话网的构成，我国电话网的发展方向，电路交换技术、电话交换网的信令系统、网同步的方法以及公用电话交换网的网络业务。

1.1 公用电话交换网概述

通信网络中最早出现的业务网应该属于公用电话交换网(Public Switched Telephone Network, PSTN)。PSTN 主要向用户提供公用电话交换服务，它是以电路交换为信息交换方式，以电话业务为主要业务的电信网，任何用户都可以通过这个网络与另一个用户进行语音交流。PSTN 同时也提供传真等部分简单的数据业务。从设备使用量和业务量来考察，公用电话交换网仍然是目前最大的电信业务网。

1.1.1 电话网的特点

电话网的主要业务是话音业务，话音业务有以下特点：用户的话音经过数字化后，都形成了 64Kb/s 的速率；话音对实时性要求较高，话音通信中用户不能忍受较大的时延；话音具有连续性；话音对丢失不敏感，也就是说，话音通信中，可以允许一定的丢失存在，因为话音信息的相关性较强，可以通过通信的双方用户来恢复。

电话网的设计目标就是要完成话音通信，因此话音业务的特点也就决定了电话网的技术特征，归纳起来，电话网有以下几个特点：

- 1) 采用时分复用方式。在复用时，每个用户在一帧中只能占用一个时隙，且是固定的时隙，因此每个用户所占的带宽是固定的。这一点与话音通信的恒定速率相适应。
- 2) 采用时分交换。在交换时，将一个用户所在时隙的信息交换到对端用户所在时隙中，以完成两用户之间话音信息的交换。
- 3) 面向连接。在双方用户通话之前要为两个用户之间建立起一条端到端的连接，这样在进行用户信息传输时，就不需要再进行路由选择和排队过程，因此时延很小。
- 4) 对用户数据透明传输。透明是指对用户数据不做任何处理，因为话音数据对丢失不敏感，所以网络中不必对用户数据进行复杂的控制(如差错控制、流量控制等)，可以进行透明传输。

从以上几点可以看出，面向连接的电路交换方式是最适合于话音通信的。传统的电话网只提供话音业务，均采用电路交换技术。因此，电话网又叫做电路交换网。

1.1.2 公用电话交换网的组网要求

组建一个公用交换电话网需要满足以下的基本要求：

1)保证全网话务流量流向合理,话务均衡能力强,中继线利用率高;窄带、宽带综合业务的传输、交换及接入能力满足需求;网内任一用户都能呼叫其他每个用户,包括国内用户和国外用户,对于所有用户的呼叫方式应该是相同的,而且能够获得相同的服务质量。

2)网路性能(即接续性能、接续时延、时延抖动、清晰度、传输性能等)符合国家标准;技术先进可行,网路投资较省;网路安全、可靠,即使话务预测欠准确的局所,仍可有效地疏通话务。

3)能适应通信技术与通信业务的不断发展;能迅速引入新业务,而不对原有的网络和设备进行大规模的改造;在不影响网络正常运营的前提下利用新技术,对原有设备进行升级改造,既保护现有投资,又有可持续发展的潜力。

4)便于管理和维护:由于电话通信网中的设备数量众多、类型复杂,而且分布很广,因此要求提供可靠、方便而且经济的方法对它们进行管理与维护,甚至在必要时需要建设与电话网平行的网管网。

1.1.3 公用电话交换网的组成

构成 PSTN 网络的基本元素是:交换系统、传输系统、用户终端设备以及实现互连互通的信令协议。简单地说,一个完整的 PSTN 网包括:硬件和软件,PSTN 网的硬件一般由交换设备、传输设备、通信线路、终端设备组成。

交换系统是网络的核心,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、呼叫接续和分配等任务,即完成信息交换的任务。交换系统中的设备已逐步程控化、数字化,由计算机来控制接续过程。

传输系统是信息传递的通道,它将各个交换设备以及用户终端设备连接起来,形成网络。传输设备包括:有线(电缆、光纤等)设备和无线(卫星、微波)设备,传输系统由准同步数字系列(PDH)系统过渡到同步数字系列(SDH)系统、密集型光波复用(DWDM)系统。

终端设备是网络最外围的设备。它将用户要发送的各种形式的信息转变为适合于网络传送的信号等,或反之。终端设备主要包括电话机、传真机等以及用于连接它们与交换机之间的一对导线(称为用户环路),终端设备已逐步数字化、多媒体化和智能化,用户环路也实现数字化、宽带化。

信令系统:在交换机之间,除传送语音、数据等业务信息外,还必须传送各种专用的控制信号(称为“信令”),以保证交换机的协调工作,完成用户的呼叫接续、交换系统的维护和管理等功能。

1.1.4 公用电话交换网的分类

按所覆盖的地理范围,公用电话交换网可以分为本地电话网、国内长途电话网和国际长途电话网。

1)本地电话网:包括大、中、小城市和县一级的电话网络,处于统一的长途编号区范围内,一般与相应的行政区划分相一致。

2)国内长途电话网:提供城市之间或省之间的电话业务,一般与本地电话网在固定的几个交换中心完成汇接。我国的长途电话网中的交换节点又可以分为省级交换中心和地(市)级交换中心两个等级,它们分别完成不同等级的汇接转换。

3) 国际长途电话网：提供国家之间的电话业务，一般每个国家设置几个固定的国际长途交换中心。

1.2 电话交换网的网络结构

1.2.1 电话交换网中采用的网络结构

公用电话交换网中采用的网络结构主要包括以下几种：星型网、环型网、网型网、树型网和复合型网，如图 1-1 所示。

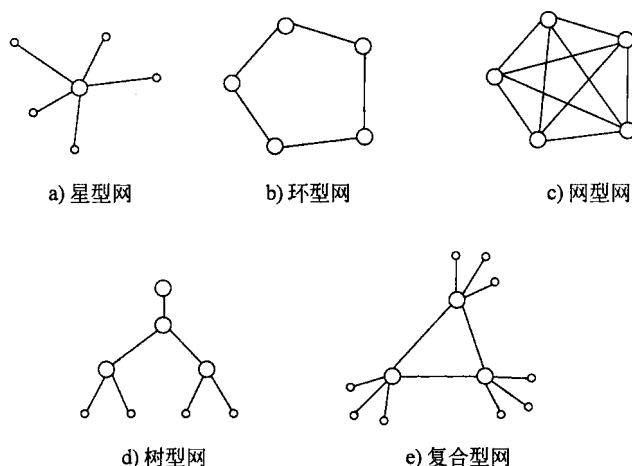


图 1-1 公用电话交换网的网络结构

在星型网络中，网上所有节点均以“点对点”的形式连接到一个中央节点上，任何两个节点之间的通信都必须经过中央节点，中央节点控制了整个网络的通信。我们可以把中心节点作为交换局，而把周围节点看作是终端；也可以把所有的节点均看作交换局，此时中心节点即成为了汇接局。星型网络结构的优点是结构简单，便于管理，网络检错容易，控制简便，易于扩充。而缺点是共享能力差，线路利用率不高，中央节点负荷太重，可靠性差。

环型网络可以用较少的设备连接所有的节点，而且当组成双向环时可以提供一定的冗余度。网络上的所有节点均串接在一条闭合环路上，信息沿着环路按固定方向在各个节点之间顺序传递，穿越环中所有环路接口，直至传回发送的原节点为止。环型网络的优点是信息沿固定方向流动，节点间的通路唯一，路径控制简单。其缺点是当任一节点发生故障时，会影响整个网络的运行；环路封闭，不易扩充；当节点过多时，传输效率降低，网络响应时间变长；网络成本较高。环型网络在电话通信网中的应用不多。

网型网络实际上就是节点之间“个个相连”的网络，这种组网方式需要的传输设备较多，尤其当节点数量增加时，线路设备数量急剧增加。网型网络的冗余度高，可靠性比较高，是容错能力最强的网络拓扑结构。这种网络中的信息没有固定流向，网络控制是分布式的，需要复杂的控制系统。网型网建网费用高，布线困难，通常只用于大型网络系统和公共的通信主干网。

树型网是一种分层结构，它可以视为星型网的扩展，在树型网中节点按层次进行连接，

信息交换主要在上下节点之间进行，因此树型网适用于分级控制的网络。

复合型网是星型网和网型网的结合使用，所以兼有星型网络和网型网的优点，它以星型网为基础，在业务量较大的转接交换中心区间采用网型网结构，可以使整个网络的性能达到既经济又安全的要求，是通信网中普遍采用的一种网络结构。

1.2.2 我国电话网的网络结构

电话网主要用于提供用户通话的业务，同时还可以开放传真、数据等非话音业务。它是最基础的通信业务网，网络分布范围最广，用户也最多。我国公用电话通信网以自动网为主体，由本地网与长途网组成，并通过国际交换中心进入国际电话网。

我国原有电话网的结构采用了等级制，共有五级，如图 1-2 所示。

五级电话网结构从高至低依次为一级长途交换中心(C1)、二级长途交换中心(C2)、三级长途交换中心(C3)、四级长途交换中心(C4)和端局(与用户相连接的交换局 C5)。其中一级~四级长途交换中心(C1~C4)构成了长途电话网，C1 交换中心之间互连形成网型网络，C2~C4 交换中心采用的是逐级汇接的复合型网结构。本地电话网由端局(C5)、本地汇接局(Tm)及用户组成，大中城市的本地网端局(C5)一般采用网型网结构，在必要时设置本地汇接局来疏通话务量。

随着社会和经济的发展，电话业务量迅速增加，非纵向话务流量日趋增多，新业务的需求不断涌现，五级网络结构就凸显了由于转接段数多造成的接续时延长、传输损耗大、网络管理工作复杂、不利于新业务的开展等问题。我国电话网正在由五级电话网向三级电话网转变，即将原来的 C1 级和 C2 级交换中心演变为 DC1，原来的 C3 级和 C4 级交换中心演变为 DC2，如图 1-3 所示。

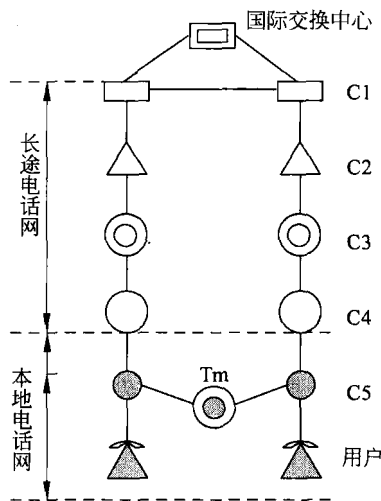


图 1-2 我国原有电话网结构示意图

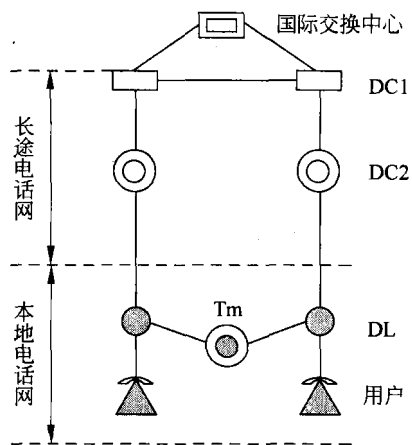


图 1-3 我国现阶段电话网结构示意图

1.2.3 长途电话网

长途电话网是长话交换机和长途电路有机结合构成的整体。长话交换机担负着长途电话交换和业务处理的任务，长途电路担负着传送长途电话信息的任务，同时也可传送传真、数