



国家精品课程“通信原理”主教材  
新编电气与电子信息类本科规划教材

# 现代通信 原理与技术

王兴亮 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

国家精品课程“通信原理”主教材  
新编电气与电子信息类本科规划教材

# 现代通信原理与技术

王兴亮 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书共分12章,主要包括绪论、信道与噪声、模拟信号的调制与解调、模拟信号的数字传输、信道复用与数字复接、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、数字信号的最佳接收、同步系统、差错控制编码、伪随机序列及应用和数字调制新技术。本书全面系统地介绍了现代数字通信原理和通信技术。

本书突出通信工程、计算机通信和相近专业的特点,系统性强、内容编排连贯;注重基本概念、基本原理的阐述,对系统基本性能的物理意义解释明确;强调通信新技术在实际通信系统中的应用;注重知识的归纳、总结,并附有适量的思考与练习题。本书参考学时为60~80学时。

本书语言简练、通俗易懂,叙述深入浅出,层次分明,适用面宽,可作为信息类本科各专业和高职高专通信工程、计算机通信、信息技术和其他相近专业的教材,也可供相关的科技人员阅读和参考。

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

现代通信原理与技术/王兴亮主编. -北京:电子工业出版社,2009.1

(新编电气与电子信息类本科规划教材)

ISBN 978-7-121-08025-8

I. 现… II. 王… III. ① 通信理论-高等学校-教材 ② 通信技术-高等学校-教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第203960号

责任编辑:韩同平 特约编辑:李佩乾

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:20.5 字数:535千字

印 次:2009年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:35.00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 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

## 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

# 前 言

本教材是空军工程大学国家精品课程“通信原理”的配套教材。

2000年,本书作者在西安电子科技大学出版社出版了《数字通信原理与技术》教材,先后有全国数百所大学选用该书作为教材或教学参考书,累计发行数万册,效果很好,并于2004年荣获中国书刊发行业协会“全国优秀畅销书”等众多奖项。这期间,根据教学和课程需要多次对教材进行了修订和充实。本书便是在原书的基础上,根据作者多年的教学体会,在收集分析了大量授课教师的使用反馈信息后,并在征求了各方专家的意见和建议基础上重新编写的,力争使本教材更加适应学科发展和教学需要。

本书以现代通信技术为重点,介绍通信系统的基本原理、基本性能和基本分析方法。

全书共12章。

第1章绪论,主要讲述通信系统的基本概念、基本模型、基本性能指标,即有效性和可靠性指标。

第2章信道与噪声,论述了通信信道的基本特性与噪声的基本理论。

第3章模拟信号的调制与解调,简述模拟信号的调幅、调频和调相的基本理论。

第4章模拟信号的数字传输,讨论如何将模拟信号转换成数字信号(即模拟信号数字化问题),进而实现数据压缩。从实现方法上看,模拟信号数字化主要有两种基本形式:一是脉冲编码调制(PCM),另一种是增量调制( $\Delta M$ )。

第5章信道复用与数字复接,讨论多路复用与数字复接问题,论述频分复用(FDM)、时分多路复用(TDM)、波分复用(WDM)和码分复用(CDM)原理,并简单介绍正交频分复用(OFDM)的基本原理。讨论了准同步数字体系(PDH)和同步数字体系(SDH)原理等。

第6章数字信号的基带传输,介绍数字基带传输系统。这是数字通信的基本部分。基带传输系统涉及一系列技术问题,如信号类型(传输码型)、码间串扰,实现无串扰传输的理想条件及如何克服和减少码间串扰的措施等,还有基带数字信号的再生中继传输、时域均衡原理和部分响应系统。

第7章数字信号的频带传输,介绍数字调制与解调。调制与解调是数字通信系统的核心。常见的数字调制方式有振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)、绝对相移键控(PSK)、相对(差分)相移键控(DPSK)四种。

第8章数字信号的最佳接收,介绍数字信号接收的统计表述,最小平均风险准则,数字基带系统的最佳化问题,以及错误概率最小准则和最大输出信噪比准则问题。

第9章同步系统。同步技术的主要内容有载波同步、位同步和帧同步。数字通信离不开同步,同步系统性能的好坏直接影响着通信系统性能的优劣。

第10章差错控制编码,讨论了差错控制编码/译码的问题。差错控制编码/译码又称纠错编码/译码,属信道编码之范畴。主要讨论检错、纠错码概念及基本实现方法。编码器是根据输入的信息码元产生相应的监督码元来实现对差错进行控制的,而译码器主要是进行检错与纠错的。具体内容主要有纠错码的基本概念、分组码的组成,以及循环码与卷积码的基本概

念,重点介绍基本技术方法和基本概念。

第 11 章伪随机序列及应用,主要介绍伪随机序列在保密和扩展频谱通信中的应用。

第 12 章数字调制新技术,为选学内容。介绍一些新的数字调制、解调技术。

本教材的特点是,内容新颖,反映了当前最新的通信技术和应用情况;内容系统全面,章节编排讲究,材料充实丰富;语言简练、通俗易懂、条理清楚,便于自学;突出概念的描述,避免烦琐的公式推导,重点讲述各种通信技术的性能和物理意义,并列举大量的例子加以说明;图文并茂,实用性强;每章的前面有教学要点,结束有小结,并附有适量的思考与练习题。

本教材可用作信息类各专业本科生教材,也可用作高职高专相关专业的教材,参考学时为 60~80 学时。带 \* 号的部分为选学内容。

本教材由王兴亮教授主编,参加编写的人员有李伟、谢宇昕、李金良、李成斌、张德纯、任啸天、刘敏、侯灿靖、牟京燕、刘莎、周一帆、张亮、储楠等。王兴亮教授统稿全书。

限于编者水平,教材缺点和错误在所难免,欢迎各界读者批评斧正。

E-mail: wxl20060910@ yahoo. com. cn; 8185wxl@ 21cn. com

编 者

# 目 录

第1章 绪论 .....	(1)
1.1 通信的发展 .....	(1)
1.1.1 通信发展简史 .....	(1)
1.1.2 通信技术的发展与展望 .....	(2)
1.2 通信的概念 .....	(4)
1.2.1 通信的定义 .....	(4)
1.2.2 通信的分类 .....	(5)
1.2.3 通信的方式 .....	(7)
1.3 通信系统 .....	(9)
1.3.1 通信系统的模型 .....	(9)
1.3.2 模拟通信系统 .....	(9)
1.3.3 数字通信系统 .....	(10)
1.3.4 数字通信的主要优缺点 .....	(11)
1.4 信息论基础 .....	(12)
1.4.1 信息的度量 .....	(12)
1.4.2 平均信息量 .....	(13)
1.5 通信系统的主要性能指标 .....	(15)
1.5.1 一般通信系统的性能指标 .....	(15)
1.5.2 通信系统的有效性指标 .....	(15)
1.5.3 通信系统的可靠性指标 .....	(17)
本章小结 .....	(18)
思考与练习1 .....	(19)
第2章 信道与噪声 .....	(20)
2.1 信道的概念 .....	(20)
2.1.1 信道的定义及分类 .....	(20)
2.1.2 信道的模型 .....	(21)
2.2 恒参信道及对所传信号的影响 .....	(23)
2.3 变参信道及对所传信号的影响 .....	(25)
2.3.1 多径效应的分析 .....	(25)
2.3.2 变参信道特性的改善 .....	(26)
2.4 信道内的噪声 .....	(27)
2.5 通信中常见的几种噪声 .....	(28)
2.6 信道容量 .....	(32)

2.6.1	信号带宽	(32)
2.6.2	信道容量的计算	(33)
	本章小结	(34)
	思考与练习 2	(35)
<b>第 3 章</b>	<b>模拟信号的调制与解调</b>	<b>(37)</b>
3.1	模拟信号的线性调制	(37)
3.1.1	常规双边带调制(AM)	(37)
3.1.2	抑制载波双边带调制(DSB-SC)	(39)
3.1.3	单边带调制(SSB)	(40)
3.1.4	残留边带调制(VSB)	(42)
3.1.5	模拟线性调制的一般模型	(44)
3.1.6	线性调制系统的抗噪声性能	(45)
3.2	模拟信号的非线性调制	(49)
3.2.1	基本概念	(49)
3.2.2	窄带调频(NBFM)	(50)
3.2.3	宽带调频(WBFM)	(51)
3.2.4	调频信号的产生与解调	(52)
3.2.5	调频系统的抗噪声性能	(54)
3.3	模拟调制方式的性能比较	(57)
	本章小结	(58)
	思考与练习 3	(58)
<b>第 4 章</b>	<b>模拟信号的数字传输</b>	<b>(60)</b>
4.1	抽样定理	(60)
4.1.1	抽样的概念	(60)
4.1.2	低通信号的抽样定理	(62)
4.1.3	带通信号的抽样定理	(64)
4.2	模拟信号的脉冲调制	(66)
4.3	脉冲编码调制	(67)
4.3.1	量化	(68)
4.3.2	编码和译码	(74)
4.4	增量调制( $\Delta M$ )	(79)
4.4.1	简单增量调制	(79)
4.4.2	过载特性与动态范围	(82)
4.4.3	增量调制的抗噪声性能	(84)
4.5	改进型增量调制	(85)
4.5.1	总和增量调制( $\Delta-\Sigma$ 调制)	(85)
4.5.2	数字音节压扩自适应增量调制	(87)
4.5.3	数字音节压扩 $\Delta-\Sigma$ 调制	(89)
4.6	自适应差值脉冲编码调制(ADPCM)	(89)



4.6.1	差值脉冲编码调制(DPCM)	(89)
4.6.2	自适应差值脉冲编码调制(ADPCM)	(91)
4.7	子带编码	(93)
4.8	参量编码技术	(93)
	本章小结	(94)
	思考与练习4	(95)
<b>第5章</b>	<b>多路复用与数字复接</b>	<b>(97)</b>
5.1	频分多路复用(FDM)	(97)
5.1.1	直接法 FDM	(97)
5.1.2	复级法 FDM	(98)
5.2	正交频分复用(OFDM)	(101)
5.2.1	OFDM 的基本原理	(102)
5.2.2	基于 FFT 的 OFDM 系统组成	(103)
5.3	时分多路复用(TDM)	(105)
5.3.1	TDM 基本原理	(105)
5.3.2	TDM 信号的带宽及相关问题	(107)
5.3.3	TDM 与 FDM 的比较	(107)
5.3.4	时分复用的 PCM 通信系统	(108)
5.3.5	PCM 30/32 路典型终端设备	(109)
5.3.6	统计时分多路复用(TSDM)	(112)
5.4	波分多路复用(WDM)	(113)
5.5	码分多路复用(CDM)	(115)
5.6	多址通信技术	(116)
5.6.1	频分多址(FDMA)	(116)
5.6.2	时分多址(TDMA)	(117)
5.6.3	码分多址(CDMA)	(119)
5.7	准同步数字体系(PDH)	(119)
5.7.1	数字复接的概念和方法	(119)
5.7.2	同步复接与异步复接	(120)
5.7.3	PCM 高次群	(122)
5.8	同步数字体系(SDH)	(123)
5.8.1	SDH 的基本概念	(123)
5.8.2	SDH 的速率和帧结构	(124)
5.8.3	同步复用与映射方法	(125)
5.8.4	SDH 设备应用原理	(129)
5.8.5	SDH 自愈网	(132)
	本章小结	(136)
	思考与练习5	(137)
<b>第6章</b>	<b>数字信号的基带传输</b>	<b>(139)</b>

6.1	数字基带信号的常用码型 .....	(139)
6.2	数字基带传输系统 .....	(145)
6.2.1	数字基带传输系统的基本组成 .....	(145)
6.2.2	码间串扰和噪声对误码的影响 .....	(146)
6.2.3	基带传输系统的分析 .....	(147)
6.2.4	码间串扰的消除 .....	(148)
6.3	无码间串扰的基带传输系统 .....	(148)
6.3.1	理想基带传输系统 .....	(149)
6.3.2	无码间串扰的等效特性 .....	(150)
6.3.3	升余弦滚降传输特性 .....	(150)
6.3.4	无码间串扰时噪声对传输性能的影响 .....	(152)
6.4	基带数字信号的再生中继传输 .....	(153)
6.4.1	基带传输信道特性 .....	(153)
6.4.2	再生中继系统 .....	(154)
6.4.3	再生中继器 .....	(155)
6.5	眼图 .....	(157)
6.6	时域均衡 .....	(158)
6.6.1	时域均衡原理 .....	(158)
6.6.2	三抽头横向滤波器时域均衡 .....	(160)
6.7	部分响应系统 .....	(161)
	本章小结 .....	(164)
	思考与练习 6 .....	(165)
<b>第 7 章</b>	<b>数字信号的频带传输</b> .....	<b>(168)</b>
7.1	引言 .....	(168)
7.2	二进制数字振幅调制 .....	(169)
7.2.1	一般原理与实现方法 .....	(169)
7.2.2	2ASK 信号的功率谱及带宽 .....	(170)
7.2.3	2ASK 信号的解调及系统误码率 .....	(170)
7.3	二进制数字频率调制 .....	(173)
7.3.1	一般原理与实现的方法 .....	(173)
7.3.2	2FSK 信号的功率谱及带宽 .....	(175)
7.3.3	2FSK 信号的解调及系统误码率 .....	(177)
7.4	二进制数字相位调制 .....	(180)
7.4.1	绝对相移和相对相移 .....	(180)
7.4.2	2PSK 信号的产生与解调 .....	(182)
7.4.3	2DPSK 信号的产生与解调 .....	(184)
7.4.4	二进制相移信号的功率谱及带宽 .....	(186)
7.5	多进制数字调制 .....	(187)
7.5.1	多进制数字振幅键控(MASK) .....	(187)

7.5.2	多进制数字频移键控(MFSK)	(188)
7.5.3	多进制数字相移键控(MPSK)	(190)
7.6	数字调制系统性能比较	(196)
7.6.1	二进制数字调制系统的性能比较	(196)
7.6.2	多进制数字调制系统的性能比较	(198)
	本章小结	(199)
	思考与练习 7	(200)
<b>第 8 章</b>	<b>数字信号的最佳接收</b>	<b>(203)</b>
8.1	数字信号接收的统计表述	(203)
8.2	最小平均风险准则(贝叶斯准则)	(205)
8.3	错误概率最小准则	(206)
8.3.1	确知信号的最佳接收	(207)
8.3.2	随相信号的最佳接收	(213)
8.4	最大输出信噪比准则	(214)
8.4.1	匹配滤波器	(214)
8.4.2	匹配滤波器组成的最佳接收机	(217)
8.5	数字基带系统的最佳化	(218)
8.5.1	理想信道下的最佳基带系统	(218)
8.5.2	非理想信道下的最佳基带系统	(219)
8.5.3	基带二元数字信号的最佳接收误码率	(219)
	本章小结	(220)
	思考与练习 8	(221)
<b>第 9 章</b>	<b>同步原理</b>	<b>(223)</b>
9.1	概述	(223)
9.2	载波同步技术	(225)
9.2.1	非线性变换-滤波法	(225)
9.2.2	特殊锁相环法	(226)
9.2.3	插入导频法(外同步法)	(228)
9.2.4	载波同步系统的性能指标	(231)
9.3	位同步技术	(232)
9.3.1	插入导频法(外同步法)	(232)
9.3.2	自同步法	(234)
9.3.3	位同步系统的性能指标	(237)
9.4	群同步(帧同步)技术	(238)
9.5	网同步技术	(244)
9.5.1	全网同步系统	(244)
9.5.2	准同步系统	(245)
9.5.3	SDH 网同步结构	(246)
	本章小结	(247)

思考与练习 9 .....	(247)
<b>第 10 章 差错控制编码 .....</b>	<b>(249)</b>
10.1 概述 .....	(249)
10.2 检错与纠错 .....	(250)
10.3 简单差错控制码 .....	(251)
10.4 线性分组码 .....	(252)
10.5 循环码 .....	(257)
10.6 卷积码 .....	(261)
10.6.1 卷积码的概念 .....	(262)
10.6.2 卷积码的图解表示 .....	(263)
10.6.3 卷积码的译码 .....	(264)
* 10.7 网格编码调制(TCM) .....	(265)
10.7.1 TCM 信号的产生 .....	(265)
10.7.2 TCM 信号的解调 .....	(267)
本章小结 .....	(268)
思考与练习 10 .....	(269)
<b>第 11 章 伪随机序列及应用 .....</b>	<b>(271)</b>
11.1 概述 .....	(271)
11.2 伪随机序列的产生 .....	(272)
11.3 m 序列 .....	(274)
11.4 沃尔什码 .....	(278)
11.5 伪随机序列的应用 .....	(279)
11.5.1 扩展频谱通信 .....	(279)
11.5.2 码分多址(CDMA)通信 .....	(281)
11.5.3 通信加密 .....	(284)
11.5.4 误码率的测量 .....	(284)
11.5.5 数字信息序列的扰码与解扰 .....	(285)
11.5.6 噪声产生器 .....	(286)
11.5.7 时延测量 .....	(286)
本章小结 .....	(287)
思考与练习 11 .....	(287)
<b>* 第 12 章 数字调制新技术 .....</b>	<b>(289)</b>
12.1 正交振幅调制(QAM) .....	(289)
12.2 交错正交相移键控(OQPSK) .....	(292)
12.3 最小频移键控(MSK) .....	(295)
12.3.1 MSK 的基本原理 .....	(295)
12.3.2 MSK 调制解调原理 .....	(297)
12.3.3 MSK 的性能 .....	(299)
12.4 正弦频移键控(SFSK) .....	(300)

12.5 平滑调频(TFM) .....	(302)
12.5.1 TFM 的基本原理 .....	(302)
12.5.2 TFM 的调制解调 .....	(304)
12.6 高斯滤波的最小频移键控(GMSK) .....	(305)
12.6.1 GMSK 的基本原理 .....	(305)
12.6.2 GMSK 的调制与解调 .....	(307)
12.6.3 GMSK 系统的性能 .....	(307)
12.7 无码间串扰和相位抖动的偏移四相相移键控(IJF-OQPSK) .....	(308)
12.7.1 IJF 信号 .....	(308)
12.7.2 IJG-OQPSK 信号的产生与解调 .....	(309)
本章小结 .....	(311)
思考与练习 12 .....	(311)
参考文献 .....	(313)

# 第 1 章 绪 论

## 【教学要点】

**了解:** 通信的发展,信息论基础

**熟悉:** 通信的概念,通信系统的组成及分类

**掌握:** 信息量的计算,通信系统的主要性能指标

**重点、难点:** 平均信息量的计算,主要性能指标的理解与计算

21 世纪,人类生活在信息和网络时代,通信在现代社会中发挥着极其重要的作用,人们难以想象离开了通信世界将会是什么样?信息社会的主要特征是,信息已经成为一种重要的社会资源,成为人类生存及社会进步的重要推动力,信息的开发和利用已成为社会生产力发展的重要标志。

本章主要介绍通信的基本概念,通信的定义、分类和工作方式,通信系统的定义、组成及分类。重点讲述衡量通信系统的主要质量指标。

## 1.1 通信的发展

### 1.1.1 通信发展简史

远古时代的人类用表情和动作进行信息交流,这是最原始的通信方式;后来,人类在漫长的历史中创造了语言和文字,进一步实现了语言和文字的消息交流。除此之外,人类还创造了许多消息的传递方式,如古代的烽火台、金鼓、锦旗和航行用的信号灯等,这些都是解决远距离消息传递的方式。

进入 19 世纪后,人们开始试图用电信号进行通信。表 1-1 中列出了一些与通信相关的历史事件,读者可从中清晰地掌握通信发展的概貌。

表 1-1 与通信相关的历史事件

年 代	经历时间	相关事件
1826—1897	71 年	欧姆定律、有线电报、电磁辐射方程、电话、麦克斯韦理论、无线电报等
1904—1940	36 年	二极管、空中辐射传输声音信号、信号放大器、有线电话传输、超外差无线接收机、抽样定律、电传机、频率调制、调频无线电广播、脉冲编码调制(PCM)、电视广播
1940—1960	20 年	雷达和微波系统、晶体三极管、香农“通信的数学理论”、通信统计理论、时分多路通信、越洋电话电缆
1960—1970	10 年	激光、第一颗通信卫星、PCM 实验、激光通信、集成电路(IC)、数字信号处理(DSP)、探月电视实况转播、高速数字计算机

续表

年 代	经 历 时 间	相 关 事 件
1970—1980	10 年	商用接力卫星通信(音频和数字)、Gbps 数字传输速率、大规模集成电路(LSIC)、通信集成电路、陆地间的计算机通信网络、低损耗光纤、光通信系统、分组交换数字数据系统、星际间大型漫游发射、微处理器、计算机断层成像、超级计算机
1980—1990	10 年	卫星“空间接线总机”、移动/蜂窝电话系统、多功能数字显示、每秒 20 亿取样数字示波、桌面印刷系统、可编程数字信号处理器、自动扫描数字调音接收机、芯片加密技术、单片数字编码器和解码器、红外数据/控制链、音频播放压缩盘、200 000 字光存储媒体、以太网、远距贝尔系统、数字信号处理器
1990 至今	10 多年	全球定位系统(GPS)、高分辨率电视(HDTV)、甚小天线口径卫星(VSAT)、全球蜂窝卫星系统、综合业务数字网(ISDN)、蜂窝电话、商用因特网

通过以上事件我们可以发现,通信的发展是如此之迅猛,发展的加速度是如此之大,特别是最近十多年,通信网络和信息化基础设施建设得到了极大的发展,给公众带来了丰厚的利益,使得人们的生活发生了翻天覆地的变化。

### 1.1.2 通信技术的发展与展望

通信技术的发展主要体现在电缆通信、微波中继通信、光纤通信、卫星通信、移动通信等几个方面。

电缆通信是最早发展起来的通信手段。其用于长途通信已有 60 余年历史,在通信中占有突出地位。在光纤通信和移动通信发展之前,电话、传真、电报等各用户终端与交换机的连接全靠市话电缆。电缆还曾是长途通信和国际通信的主要手段,大西洋、太平洋均有大容量的越洋电缆。电缆通信主要采用模拟单边带调制和频分多路复用(SSB/FDM)技术。由于光纤技术的发展,同轴电缆逐渐被光缆所取代。

微波中继通信始于 20 世纪 60 年代,它弥补了电缆通信的缺点,较一般电缆通信具有易架设,建设周期短等优点。它是目前通信的主要手段之一,主要用于传输长途电话和电视节目,目前模拟电话微波通信容量每频道可达 6000 路,其调制主要采用 SSB/FM/FDM 等方式。

数字微波是微波中继通信的主要发展方向。早期的数字微波大都采用 BPSK、QPSK 调制,为了提高频谱利用率,增加容量,现已向多电平调制技术发展,采用了 16QAM 和 64QAM 调制,并已出现 256QAM、1024QAM 等超多电平调制的数字微波。采用多电平调制,在 40 MHz 的标准频道间隔内可传送 1920 ~ 7680 路脉冲编码调制数字电话,赶上并超过模拟微波通信容量。

光纤通信是以光导纤维(简称光纤)为传输媒质、以光波为载波的通信方式。光纤通信具有容量大、频带宽、传输损耗小、抗电磁干扰能力强、通信质量高等优点,且成本低,与同轴电缆相比可以节约大量有色金属和能源。光纤通信已成为各种通信干线的主要传输手段。

光传送网是通信网未来的发展方向,它可以处理高速率的光信号,摆脱电子瓶颈,实现灵活、动态的光层连网,透明地支持各种格式的信号,以及实现快速网络恢复。因此,世界上许多国家纷纷研究、试验,验证由波分复用、光交叉连接设备及色散位移光纤组成的高容量通信网的可行性。光纤通信的主要发展方向是单模长波长光纤通信、大容量数字传输技术和相干光通信。

卫星通信的特点是通信距离远,覆盖面积大,不受地形条件限制,传输容量大,建设周期短,可靠性高。许多发达国家和发展中国家拥有国内卫星通信系统。我国自 20 世纪 70 年代起,开始将卫星通信用于国际通信,从 1985 年起开始了国内卫星通信,已与 182 个国家和地区

开通了国际通信业务,并初步组织了国内公用卫星通信网及若干专用网。

卫星通信的发展方向也是数字调制、时分多路和时分多址。卫星通信正向更高频段发展,采用多波束卫星和星上处理等新技术,地面系统的主要发展趋势是小型化。VSAT(甚小口径终端)小站技术集中反映了调制/解调、纠错编码/译码、数字信号处理、通信专用超大规模集成电路、固态功放和低噪声接收、小口径低旁瓣天线等多项新技术的进步。

数字蜂窝移动通信系统是将通信范围分为若干相距一定距离的小区,移动用户可以从一个小区运动到另一个小区,依靠终端对基站的跟踪,使通信不中断。移动用户还可以从一个城市漫游到另一个城市,甚至到另一个国家与原注册地的用户终端通话。数字蜂窝移动通信系统主要由三部分组成:控制交换中心、若干基站、诸多移动终端。通过控制交换中心进入公用有线电话网,从而实现移动电话与固定电话、移动电话与移动电话之间的通信。

第二代移动通信系统实现了区域内制式的统一,覆盖了大中小城市,为人们的交流提供了极大的便利。随着移动通信终端的普及,移动用户数量成倍地增长,第二代移动通信系统的缺陷也逐渐显现出来,如全球漫游问题、系统容量问题、频谱资源问题、支持宽带业务问题等。为此,从20世纪90年代中期开始,各国和世界组织又开展了对第三代移动通信系统的研究,它包括地面系统和卫星系统,移动终端既可以连接到地面的网络,也可以连接到卫星的网络。第三代移动通信系统工作在2000 MHz频段,国际电信联盟正式将其命名为IMT-2000。IMT-2000的目标和要求是:统一频段,统一标准,达到全球无缝隙覆盖,提供多媒体业务,传输速率最高应达到2 Mb/s,其中车载为144 kb/s、步行为384 kb/s、室内为2 Mb/s,频谱利用率高,服务质量高,保密性能好;易于向第二代系统过渡和演进;终端价格低。目前第三代移动通信系统有多个标准,我国所提出的TD-SCDMA标准就是其中之一,这充分体现了我国在移动通信领域的研究已达到国际领先水平。

第三代移动通信系统(简称3G)有三种方案比较成熟。日本提出的WCDMA系统;美国提出的CDMA2000系统;中国提出的TD-SCDMA系统。第三代移动通信系统涉及很多新的关键技术,主要有:(1)自适应智能化无线传输技术;(2)智能接收技术;(3)智能业务接入;(4)同步CDMA的同步方式、跟踪、范围、特点以及多媒体同步技术,尤其是不同媒体之间的同步(同步模型)研究,及在移动信道下传输所带来的影响和解决方法的研究;(5)新的高效信源编码和信道编译码技术的研究;(6)越区切换技术研究(软切换、硬切换以及WCDMA中激励切换技术),与地面各类网、卫星网互连及信令变换的研究;(7)信道传播特性的研究(包括更高工作频段30~60 GHz);(8)用于移动业务的多媒体终端;(9)更高速率、更高频段多媒体移动通信集成系统(第四代)方案的研究;(10)跟踪IMT-2000无线传输技术,卫星移动通信系统接入技术和相关技术研究。

目前,我国的电话网的规模和技术层次均有质的变化,初步建成了以光缆为主,微波、卫星综合利用,固定电话、移动通信、多媒体通信多网并存,覆盖全国城乡,通达世界各地,形成了大容量、高速率、安全可靠的电信网。光缆干线形成八纵八横网状格局,覆盖全国省会以上城市和70个地市,新的长途传输网全部采用SDH技术,这在世界通信领域中,实现了全世界第一个真正的统一标准。目前传输速率10 Gb/s的SDH(STM-64)系统已经投入商用。为了充分利用光纤容量,各种光复用技术也得到发展,有波分复用(WDM)、光时分复用、光码分复用等。其中,波分复用已进入实用化阶段,波分复用的使用更极大地提高了光纤的传输容量,在同一光纤中可传送16个波长,每波长速率为2.5 Gb/s的波分复用系统的容量达40 Gb/s,内含40个波长的容量达100 Gb/s的波分复用系统已经有了商品化产品。光交换和全光网通信技术



正趋向实用化。

近年来,Internet 的技术和应用层出不穷,对社会发展和人民生活以及现有电信业务产生了巨大的影响,其发展趋势受到全世界普遍关注。未来 Internet 技术发展将具有以下三大趋向:网络走向宽带化、协议不断改进、应用与电信业务走结合发展道路。

电信技术发展经历了漫长的模拟网年代(1876—1972年)、高速发展的数字化年代(1973—1980年)和业务综合年代(1981—1996年),即 ISDN 和 B-ISDN 时代。20世纪90年代以来,技术的巨大进步和管制环境的急剧变化,从外部和内部强烈冲激着电信业、有线电视业和计算机业这三大信息行业。随着电信市场的开放以及用户对多种业务需求的与日俱增,国际上出现了所谓“三网融合”的潮流,即原先独立设计运营的传统电信网、计算机网和有线电视网正在趋向于相互渗透和相互融合。相应地,三类不同的业务、市场和产业也正在相互渗透和相互融合,电信与信息产业正在进行结构重组,电信与信息管理体制和政策法规也正在发生与之相适应的重要变革。以三大业务来分割三大市场和行业的时代已告结束,三网融合已成为未来信息业发展的重大趋势。

作为三网融合的技术基础,主要是得到了以下几个主要领域的技术进步的支持,即数字技术、光通信技术、软件技术、TCP/IP 协议等。尽管三网融合已成为不可避免的趋势,在技术上已无重要障碍可言,但目前阻碍这一进程的因素还有不少,主要有:不同部门之间的利益冲突;通信界、计算机界和有线电视界观念上的巨大区别;各种标准之间和各种结构之间不兼容,甚至缺乏共同的技术语言;各种技术之间的透明度和网络互连、互通不理想;尚未找到价廉物美的接入技术,因而接入网部分的融合最困难。展望未来,通信技术正在向数字化、智能化、综合化、宽带化、个人化方向发展,各种新的电信业务也应运而生,正沿着信息服务多种领域广泛延伸。

预计到本世纪中期,人类将进入通信的理想境界——个人通信(PCN)时代。个人通信是指任何人(Whoever)能在任何时间(Whenever)、任何地点(Wherever),以任何方式(Whatever)与任何他人(Whomever)进行所谓的“5W”通信的理想方式。

纵观通信技术的发展历程,可以看出通信技术先经历了点到点的通信,再到多点之间的信息传输和交换,最后进入网络时代的发展过程。

## 1.2 通信的概念

### 1.2.1 通信的定义

通信(Communication)就是信息的传递,指由一地向另一地进行信息的传输与交换,其目的是传输消息。

然而,随着社会生产力的发展,人们对传递消息的要求也越来越高。在各种各样的通信方式中,利用“电”来传递消息的通信方法称为电信(Telecommunication),这种通信具有迅速、准确、可靠等特点,且几乎不受时间、地点、空间、距离的限制,因而得到了飞速发展和广泛应用。如今,在自然科学中,“通信”一般指“电信”,即利用有线电、无线电、光和其他电磁系统,对消息、情报、指令、文字、图像、声音或任何性质的消息进行传输。目前通信业务可分为电报、电话、传真、数据传输及可视电话等。如果从广义的角度看,则广播、电视、雷达、导航、遥测、遥控等也可列入通信的范畴。

人们通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等感官,感知现实世界而获取信息,并通过通信来传递信