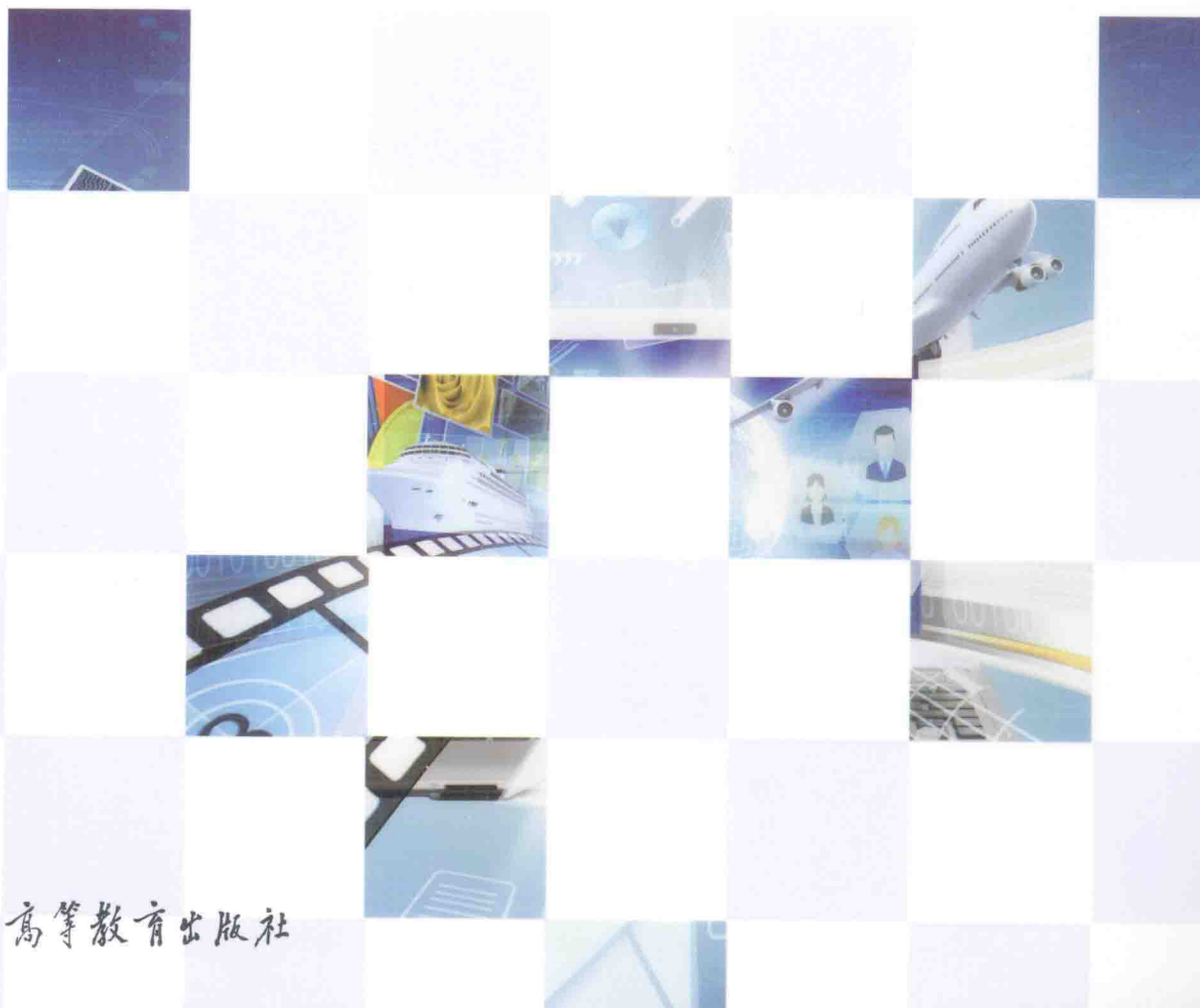


现代通信技术

蒋 青 范馨月 吕 翊 蔡 丽 编著



高等教育出版社

现代通信技术

Xiandai Tongxin Jishu

蒋 青 范馨月 吕 翊 蔡 丽 编著

高等教育出版社·北京

内容简介

本书以工程教育为背景,系统地介绍了现代通信技术的基本理论及应用,主要内容包括绪论、通信传输技术、信道与信道复用、光纤传输网技术、现代数字交换技术、移动无线通信技术、数字图像通信技术、Internet 技术、电子商务技术、通信安全技术等。

本书内容丰富,取材突出通信领域中的新技术和新成果,具有实际应用价值。

本书适用对象为高等院校电子与通信工程及其相关领域专业学位研究生、高年级本科生、教师和相关学科领域的科技和管理人员。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术/蒋青等编著. -- 北京:高等教育出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-04-039506-8

I. ①现… II. ①蒋… III. ①通信技术 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 069822 号

策划编辑 吴陈滨
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 杨 希
责任校对 刁丽丽

封面设计 张 楠
责任印制 刘思涵

版式设计 范晓红

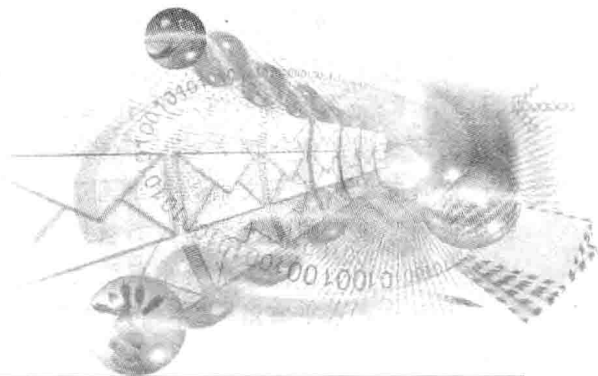
出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京明月印务有限责任公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 28
字 数 670 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014 年 6 月第 1 版
印 次 2014 年 6 月第 1 次印刷
定 价 43.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物 料 号 39506-00

前言



21 世纪是通信信息时代,网络、手机、计算机等与我们的生活息息相关,移动通信、互联网通信、多媒体、计算机技术、电子商务及信息安全等现代通信技术出现了超越人们想象的、前所未有的发展速度,各行各业都在广泛地应用现代通信技术。

光纤通信、数字微波通信和卫星通信一起被称为现代通信传输的三大支柱。光纤通信系统具有最高的信息运载能力,并且能提供更高质量的网络信息服务能力,从而成为现代通信的主干网。移动通信是当今最热门的领域,具有大覆盖范围的卫星通信与之结合使得信息能够传到地球的每个角落。**Internet** 是近年来最热门的话题,它是一个开发和利用信息资源的覆盖全球的信息海洋,发展势头迅猛,成为一种不可抗拒的潮流。多媒体通信是一种将通信技术、计算机技术和图像技术三者有机结合的新技术,传递和交换声、图、文等多种信息媒体。图像处理技术主要有图像增强、图像编码、信息隐藏和彩色视频等基本技术。经济全球化的纵深发展以及信息技术的日新月异,引发了商务模式的重大变革,21 世纪是一个信息、数码、**Internet** 与电子商务的时代,电子商务正以前所未有的力量冲击着人们千百年来的传统商务模式与观念。随着经济全球化和知识经济时代的到来,全球化的信息沟通是必然的趋势,作为推动社会发展的战略基础设施,通信网要能够提供不同类型的通信服务,并且实时高效、安全可靠地传输数据。通信的可靠与安全是人们使用通信服务的基本要求,但由于自然、技术、管理和人为等多种因素导致通信网络故障时有发生,通信的可靠性与安全现状不容乐观,整个网络的安全研究和管理未得到足够的重视,安全事件层出不穷,黑色产业链日益成熟。本书正是围绕以上热门话题及核心技术展开讨论。

本书共分 10 章,第 1 章主要介绍通信技术发展简史、通信基本概念和通信网基础知识;第 2 章总结了通信的传输技术,主要包括模拟信号的数字化、离散信源编码、差错控制、数字信号的基带传输及数字信号的频带传输;第 3 章主要介绍了信道与信道复用;第 4 章详细介绍了光纤的传输特性、SDH 及光的复用技术等内容;第 5 章描述了现代数字交换技术的发展历程,重点阐述了分组交换原理、ATM 交换、IP 交换、光交换和软交换等技术;第 6 章重点介绍了移动无线通信技术,包括数字微波通信、卫星通信和移动通信系统的架构等;第 7 章介绍了数字图像通信技术,主要内容有图像技术基础、图像增强、图像编码、图像处理技术扩展、国际图像标准简介;第 8 章介绍了 **Internet** 技术,主要包括计算机网络基础、TCP/IP;第 9 章介绍了电子商务技术,主要有电子商务系统架构、表达层技术、逻辑层技术、数据层技术、电子商务支付技术及 EDI 技术;第 10 章介绍了通信安全技术,包括通信安全、通用网络安全



前言

技术、电子商务安全、无线局域网安全和移动互联网安全。

本书是作者及其所在团队多年来研究成果的总结。全书由蒋青担任主编,并编写第1、2、3、5、8章;范馨月编写第7、9、10章;吕翊编写第4章;蒋青、蒋毅编写第6章。蒋毅、马淑娟在文字和图形的处理方面做了许多工作,在此一并表示衷心的感谢。

南京邮电大学王文鼎教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议;本书的写作出版还得到了重庆邮电大学雷维嘉教授、陈善学教授和周非副教授等多位同行专家的帮助;在出版过程中得到了高等教育出版社的鼎力支持,在此也一并深表感谢。

由于作者水平有限,书中错误难免,敬请广大读者予以批评指正。作者邮箱为 jiangq@cqupt.edu.cn。

作 者

2013年12月于重庆

目 录



第 1 章

1

绪 论

- | | | | |
|-----------------------------|----|-----------------------|----|
| 1.1 通信技术的历史演进 | 1 | 1.3.1 通信网的概念 | 22 |
| 1.2 通信的基本概念 | 10 | 1.3.2 通信网的组网结构 | 23 |
| 1.2.1 消息、信号和信息 | 10 | 1.3.3 通信网的质量要求 | 24 |
| 1.2.2 通信系统的组成 | 16 | 1.3.4 基本通信网 | 25 |
| 1.2.3 通信系统的分类 | 19 | 1.3.5 现代通信网的支撑网 | 37 |
| 1.2.4 通信系统的主要性能
指标 | 20 | 1.3.6 下一代网络 | 40 |
| 1.3 通信网概述 | 22 | 1.4 小结与思考 | 44 |

第 2 章

45

通信传输技术

- | | | | |
|------------------------------|----|---------------------------------|----|
| 2.1 引言 | 45 | 2.4.4 线性分组码 | 72 |
| 2.2 模拟信号的数字化 | 45 | 2.4.5 循环码 | 77 |
| 2.2.1 抽样定理 | 46 | 2.4.6 卷积码 | 79 |
| 2.2.2 量化 | 49 | 2.4.7 其他几种常用的差错控制
编码方法 | 80 |
| 2.2.3 脉冲编码调制 | 53 | 2.5 数字信号的基带传输 | 81 |
| 2.3 离散信源编码 | 57 | 2.5.1 基本概念 | 81 |
| 2.3.1 信源编码的相关概念 | 57 | 2.5.2 数字基带信号的常用波形
和码型 | 82 |
| 2.3.2 即时码及其构成 | 59 | 2.5.3 数字基带信号的功
率谱 | 86 |
| 2.3.3 编码效率 | 61 | 2.5.4 基带传输研究的主要
问题 | 87 |
| 2.3.4 几种常用的变长码编码
方法 | 63 | 2.5.5 数字基带信号的扰码与
解扰 | 89 |
| 2.4 差错控制 | 68 | | |
| 2.4.1 差错控制的基本概念 | 68 | | |
| 2.4.2 差错控制的基本原理 | 69 | | |
| 2.4.3 简单的差错控制编码 | 70 | | |



目录

2.6 数字信号的频带传输	92	2.6.3 几种新型数字调制技术	105
2.6.1 基本概念	92	2.7 小结与思考	106
2.6.2 数字调制的基本原理	95		

第3章

108

信道与信道复用

3.1 通信信道	108	3.3 信道的传输能力	125
3.1.1 有线信道	108	3.4 信道复用	127
3.1.2 无线信道	113	3.4.1 频分复用(FDM)	127
3.2 信道传输特性	119	3.4.2 时分复用(TDM)	128
3.2.1 有线信道传输特性	119	3.4.3 码分复用(CDM)	131
3.2.2 无线信道传输特性	120	3.5 数字复接技术	131
3.2.3 信道衰减	123	3.6 小结与思考	135
3.2.4 信道中的噪声	124		

第4章

137

光纤传输网技术

4.1 基本概念	137	4.5.2 SDH 的速率与帧结构 ...	165
4.2 光纤传输链路	142	4.5.3 SDH 的复用结构和步骤	167
4.3 光纤的导光原理	144	4.5.4 SDH 网络	170
4.3.1 基本光学定律	144	4.6 实现高速大容量的光传输技术	175
4.3.2 光纤对光的传导	146	4.6.1 复用技术分类	175
4.4 光纤的传输特性	149	4.6.2 波分复用	176
4.4.1 光纤的损耗特性	150	4.6.3 光时分复用	177
4.4.2 光纤的色散特性	154	4.6.4 光码分复用	179
4.5 SDH 光传输网	161	4.7 小结与思考	180
4.5.1 SDH 的基本概念和特点	162		

第5章

182

现代数字交换技术

5.1 基本概念	182	5.2.1 电路交换的基本过程	185
5.1.1 交换的概念	182	5.2.2 数字程控交换原理	186
5.1.2 交换方式的分类	184	5.2.3 多速率电路交换和快速电路交换	197
5.2 电路交换	185		

5.3 存储/转发交换	197	5.5.2 IP 与 ATM 技术融合	210
5.3.1 报文交换	197	5.6 光交换	211
5.3.2 分组交换	198	5.6.1 光交换的概念	211
5.3.3 快速分组交换		5.6.2 光电路交换(OCS)	213
——帧中继	201	5.6.3 光分组交换(OPS)	215
5.4 ATM 交换	203	5.6.4 光突发交换(OBS)	216
5.4.1 ATM 的基本概念	203	5.7 软交换	218
5.4.2 ATM 的异步交换原理	204	5.7.1 软交换概念	218
5.4.3 ATM 交换的特点	206	5.7.2 软交换构成	221
5.5 IP 交换	207	5.8 小结与思考	223
5.5.1 IP 交换概念	207		

第 6 章

225

移动无线通信技术

6.1 数字微波通信	225	技术	252
6.1.1 基本概念	225	6.3.3 GSM 数字蜂窝移动通信	
6.1.2 数字微波通信系统的		系统	255
组成	227	6.3.4 CDMA 数字蜂窝移动通信	
6.1.3 微波通信的应用与发展	230	系统	265
6.2 卫星通信	231	6.3.5 WCDMA 数字蜂窝移动	
6.2.1 基本概念	231	通信系统	269
6.2.2 卫星通信系统的组成	234	6.3.6 TD-SCDMA 数字蜂窝	
6.2.3 卫星通信的应用	238	移动通信系统	276
6.3 移动通信	246	6.3.7 数字移动通信系统未来的	
6.3.1 基本概念	246	发展	279
6.3.2 数字移动通信的基本		6.4 小结与思考	285

第 7 章

288

数字图像通信技术

7.1 图像技术基础	288	7.3 图像编码	310
7.1.1 图像的基本概念	288	7.3.1 数据冗余和压缩	311
7.1.2 像素及像素间联系	288	7.3.2 图像保真度	312
7.1.3 图像显示及数据量	291	7.3.3 无损编码	314
7.1.4 图像存储及格式	293	7.3.4 有损编码	320
7.2 图像增强	295	7.4 图像处理技术扩展	324
7.2.1 空域处理	296	7.4.1 水印技术	324
7.2.2 变换域处理	305	7.4.2 视频技术	328





7.5 国际图像标准简介	330	7.5.3 MPEG-1	333
7.5.1 JPEG	331	7.5.4 H.264/AVC	334
7.5.2 H.261	332	7.6 小结与思考	335

第8章

338

Internet 技术

8.1 Internet 概述	338	8.3.2 TCP/IP 模型	348
8.1.1 Internet 的概念	338	8.4 Internet 地址表示技术	349
8.1.2 Internet 的起源和发展	338	8.4.1 IP 地址	349
8.1.3 Internet 的应用	341	8.4.2 Internet 的域名系统	352
8.2 Internet 基础——计算机 网络	342	8.5 Internet 提供的主要服务	353
8.2.1 计算机网络	342	8.5.1 电子邮件(E-mail)	354
8.2.2 开放系统互连(OSI)参考 模型	343	8.5.2 远程登录(Telnet)	356
8.2.3 网络互连	346	8.5.3 文件传输协议(FTP)	357
8.3 TCP/IP	347	8.5.4 WWW 服务	358
8.3.1 TCP/IP 的概念	347	8.5.5 Internet 发展面临的主要 问题和解决方案	361
		8.6 小结与思考	362

第9章

364

电子商务技术

9.1 电子商务技术概论	364	9.4.3 开放数据库互连	378
9.1.1 电子商务概念	364	9.5 电子商务支付技术	379
9.1.2 电子商务系统架构	365	9.5.1 电子现金	380
9.2 电子商务表达层技术	367	9.5.2 网络银行	381
9.2.1 静态页面	368	9.5.3 信用卡	384
9.2.2 动态页面	368	9.5.4 手机支付	385
9.3 电子商务逻辑层技术	370	9.5.5 电子支票	386
9.3.1 商务逻辑的设计模式	371	9.6 EDI 技术	387
9.3.2 分布计算与组件技术	372	9.6.1 EDI 的概念	387
9.3.3 SOA 和 Web 服务技术	373	9.6.2 EDI 的作用及分类	389
9.4 电子商务数据层技术	374	9.6.3 EDI 的应用	390
9.4.1 数据管理技术	374	9.7 小结与思考	393
9.4.2 数据库平台技术	376		

通信安全技术

10.1 通信安全概述	395	10.3.2 电子支票的安全	409
10.1.1 通信安全现状	395	10.3.3 信用卡的安全	409
10.1.2 通信安全威胁	395	10.3.4 安全电子交易——SET	
10.1.3 实现通信安全的主要		协议	409
途径	396	10.4 无线局域网安全	411
10.2 通用网络安全技术	398	10.4.1 无线局域网概述	411
10.2.1 防火墙	399	10.4.2 无线局域网的组成	411
10.2.2 入侵检测	400	10.4.3 无线局域网的安全	
10.2.3 虚拟专用网络	401	技术	414
10.2.4 安全审计	403	10.5 移动互联网安全	418
10.2.5 加密技术	404	10.5.1 移动互联网概述	418
10.2.6 数字签名	406	10.5.2 移动IP基础	419
10.3 电子商务安全	407	10.5.3 移动互联网安全技术	421
10.3.1 电子现金的安全	407	10.6 小结与思考	424

部分英文缩写词对照表



第 1 章

绪 论

1.1 通信技术的历史演进

通信是信息交换与传递的手段。自从地球上有了人类以来,人与人之间便有了信息的交流。远古时代,人们利用表情或手势进行思想交流,后来人类发明了语言,可以用来表达更丰富的思想和信息,但语言的交流只能面对面地进行。文字的创造、印刷术的发明,使信息能够超越时间和空间的限制进行传递。

在电信号用于通信之前,人类就开始采用不同的方式向远处传递信息。在中国古代战争中采用的烽火台、旌旗、金鼓等信号手段就是传递信息的方式。早在 2 700 多年之前,中国就已出现了用烽火传递信息的通信方法。当时在边防线上,每隔一定距离就筑起一个高高的土台,称为烽火台。台上高高竖起一根吊杆,杆的上端吊有一个放满易燃柴草的笼子。一旦发现敌人入侵,士兵就立即点燃柴草,以浓烟和火光报警,于是白天冒浓烟,黑夜闪火光。这虽然只是一种简单的视觉通信方法,但时效性比派人送信还是要高得多。图 1-1 为烽火台的实例。



图 1-1 烽火台

用烽火台传递信息的方法虽然有一定的时效性,但它只能传递事先约定的信息,而且要筑许多烽火台,传递的路线因此就相对固定,所以在古代,信息的传递主要还是靠专人来完成,这就是“驿使”的开始。但是无论是人还是马,一次能移动的距离都是有限的,为了尽快传递,每跑一段距离后,便要將所传递的信息交给下一个人,或换上另一匹马再接着跑。这



种通信方式不可能具有时效性,并且受天气、道路、人员、马匹等方面的影响很大,一环有错,信息传递就会耽搁。“驿使”作为一种制度一直延续下来,演变发展成今天的邮政通信。

千百年来,突破信息传递的空间和时间障碍,快速而准确地传递信息,一直是人们梦寐以求的目标。中国著名的古典神话小说《封神演义》中就有对“顺风耳”、“千里眼”等奇特功能的描写,幻想着人类能穿越时空,听到对方的声音,看到对方的身影。今天,现代通信技术的发展使人类这一神奇的幻想变成了现实。

1. 莫尔斯和电报

现代通信技术起源于1838年塞缪尔·莫尔斯(Samuel Morse)发明的有线电报。电报通信是把发报人需要发送的文字变成电信号,通过电路迅速传到远方,然后再恢复为文字,交给收报人。电报的发明缩短了人们之间的距离,从而推动了人类文明的进步。也许你认为发明电报的莫尔斯是一位杰出的电磁学家吧,但实际上莫尔斯当时是一位画家。那么画家又是如何发明出电报的呢?

1832年秋的一天,一艘名为“萨利”号的邮船,满载着旅客和邮件,从法国北部的勒阿弗尔港启航,乘风破浪,驶向纽约。当时画家莫尔斯就在这艘船上,和他同乘这艘船回国的还有一位名叫杰克逊的美国医生,这位医生是位电磁学爱好者。一天晚饭后,杰克逊在餐桌上向莫尔斯等旅伴展示了一个很奇异的东西——电磁铁(在马蹄形铁块上缠上互相绝缘的导线),并滔滔不绝地讲起了它的原理:当导线通电后,铁块就产生吸引力,能吸引铁钉和铁屑,线圈的圈数愈多或通过的电流愈大,吸引力就愈强,电流一旦中断,磁性就消失。

杰克逊绘声绘色的一席话,好像磁石吸铁那样,紧紧地吸住了莫尔斯的心。莫尔斯问医生:“电流通过导线的速度有多快?”杰克逊告诉他:“速度非常惊人,不论导线多长,电流几乎一瞬间就能通过。”

餐桌上的所见所闻,引起了这位画家的极大兴趣,从而改变了他后半生的生活轨迹。在莫尔斯的脑海里涌起了新奇的联想和构思——如果让电流沿导线传输信号,岂不是能在瞬息之间将消息传往千里之外吗?莫尔斯决心去探索这个秘密。经过反复实验,美国人莫尔斯终于在1838年发明了世界上第一台电报机。不久他用“点”、“画”、“空白”的不同组合设计了莫尔斯电码。莫尔斯因此被称为“电报之父”。1845年,华盛顿至巴尔的摩的电报线路开通,莫尔斯发出了人类第一份长途电报:“上帝创造了何等的奇迹”,从此揭开了人类通信史上新的一页。

2. 贝尔与电话机

如果说电报的发明是人类文明史上的一个重要起点的话,那么电话的发明则是人类通信史上的一个重要里程碑,从此,人类社会就伴随着电话及电话交换技术发展的脚步而进步。

早在1867年,德国人飞利浦·赖思(Philipp Reis)就发明了能够通话的电话机,但是他一直没有申请电话发明专利。美国的伊莱沙·格雷(Elisha Gray)虽然和贝尔同年发明了电话,但由于格雷申请电话发明专利比贝尔晚了两个小时,所以也只能榜上无名。

贝尔1847年生于英国的苏格兰,他的父亲和祖父都从事聋哑人的教育工作。1874年,贝尔全家迁居美国。由于受家庭的影响,贝尔从小就对语言学有浓厚兴趣。一次,他在做电报实验时,偶然发现一块铁片在磁铁前振动而发出了微弱的声响,并且这个声音通过导线传到了远处。这件事启发了贝尔的灵感:如果人的声音能以电的形式传递,那么相隔千里的两

个人岂不实现了面对面的交谈? 于是,他开始深入研究,并做了大量的实验,最后他终于成功了。1876年3月10日,贝尔在做实验时,一不小心将硫酸溅到了自己的腿上,他疼痛地叫了起来:“沃森先生,快来帮我啊!”当时他的助手托马斯·沃森(Thomas Watson)正在他们实验的电话线路另一端,这句话通过电话机立刻传到了沃森的耳朵里。这句极普通的话成为人类通过电话传送的第一句话音而被载入史册。图1-2和图1-3所示分别为贝尔和他发明的电话机。



图1-2 贝尔

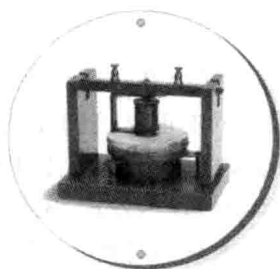


图1-3 贝尔发明的电话机

在贝尔发明电话机的基础上,美国发明家托马斯·爱迪生(Thomas Edison)利用电磁效应,制成了炭精送话器、受话器,使电话机有了重大改进。这种电话机通过炭精送话器,使炭精粒的密合程度(即电阻的大小)随发话人声音的变化而变化,在电话回路中产生变化的电流,这种随声音变化而变化的电流通过电话线路,在受话器中产生电磁感应还原为声音振动,使受话人听到发话人的声音。这种原始的炭精送、受话器的工作原理一直使用至今。

早期的电话机为磁石式电话机,磁石式电话机可不像现在使用的电话机那么小巧,使用也不方便。它内部装有一个磁石式手摇发电机,并备有干电池作为通话电源。打电话时,先摇动电话机上安装的磁石发电机,呼叫电话接线员要求通话,告诉接线员要与哪个地方通话。接线员将线接通,然后再讲话。讲话完毕后,再通知接线员把线拆除,很不方便。

1889年,阿尔蒙·B·史瑞乔(Almon B. Strowger)发明了第一台无需话务员接线的自动交换机,它标志着电话及电话交换技术开始走向自动化。自动电话机上装有一个可以旋转的拨号盘,打电话时,只需拨动对方的电话号码,不必再与接线员对话了。

到20世纪60年代,出现了现在使用的按键式电话机。用这种电话机打电话时只要根据电话号码依次按相应的数字键即可,十分快捷方便。随着技术的发展,电话机的品种越来越丰富,电话机的外形变得更加新颖独特,功能也越来越多样、先进。

电话发明到今天已经有100多年了,但它依然是当今社会人们的主要通信工具,这充分显示了它的强劲生命力。据统计,全世界敷设的电话通信电缆已达百万千米,这个长度相当于地球到月球距离的3倍,如果计算电缆芯线的长度,将超过地球到太阳的距离。

130多年来,电话从人工接续发展到自动接续,从机械式结构发展到半电子、准电子、电子结构,再发展到由电子计算机操纵的程控方式,在技术上发生了翻天覆地的变化。不仅电话的接续速度大大加快,通话质量明显提高,而且还增加了许多新的电话功能。现在,我国

公众电话已经开通的服务功能就有成百上千项之多。图 1-4 所示为电话机演变的实例图。

3. 无线通信的兴起

电报和电话的发明,使人们的信息交流变得既迅速又方便,然而这种交流仅是在两个人或较少的群体之间进行的。现代社会有众多的信息需要及时让身处各地的人们共享,尤其是无线通信的兴起满足了人们的这种愿望。

无线通信与早期的电报、电话通信不同,它不是依靠有形的金属导线,而是利用无线电波来传递信息。早在 2 000 多年前,人类就已发现了电和磁这两种自然现象,然而长期以来,人们只知道摩擦生电、静电、瞬时放电这些简单的电现象;至于磁,则被看做是某种物质所具有的特殊性质。

1820 年,丹麦物理学家奥斯特(Oersted)偶然把一根导线同一枚磁针并排放着,当电流通过导线时,他十分惊讶地发现,磁针几乎转了 90° ,而当电流以相反方向通过时,磁针向相反方向偏转。这个发现当时在科学界引起了轰动,因为这说明电能生磁。这是人类第一次发现电与磁之间有联系。

电流能使磁针偏转的奥斯特实验传遍了欧洲科学界,也传到了一位名叫法拉第(Faraday)的英国物理学家的耳中。他听到这个消息后,脑海里马上产生这样一个念头:电流既然可以产生磁,那么磁能否产生电流呢?为了验证他的想法,法拉第历经十多年的探索与实验,终于在 1831 年得出了当一个永久磁铁与一根导线作相对运动时,会在导线中产生电流的结论。这就是物理学上著名的电磁感应定律。

继法拉第之后,对电磁理论做出决定性贡献的是著名英国物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(James Clerk Maxwell)。从 1858 年开始,麦克斯韦专注于电磁理论的研究。他利用 19 世纪 20 年代和 30 年代数学家在理论力学方面的研究成果,把法拉第的观点用数学语言表达出来,于 1864 年提出了总结电磁现象的两组方程,预言了电磁波的存在。麦克斯韦在他发表的一篇题为《电与磁》的论文中明确地提出,电能生磁,磁又能生电,循环往复,电和磁便能以波动形式向远处传播,这就是电磁波。而且电磁波的传播速度和光的传播速度是相等的,都是 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。他还指出,实际上通常的可见光不过是波长在一定范围内的特殊电磁波。

1887 年德国青年物理学家赫兹(Hertz)通过实验的方法证实了电磁波的存在,他在实验中还发现了电磁波在空间具有与光相同的直线传播、反射、折射等性质。图 1-5 所示为早期研究电磁理论的法拉第、麦克斯韦和赫兹。



图 1-4 电话机演变的实例图



法拉第



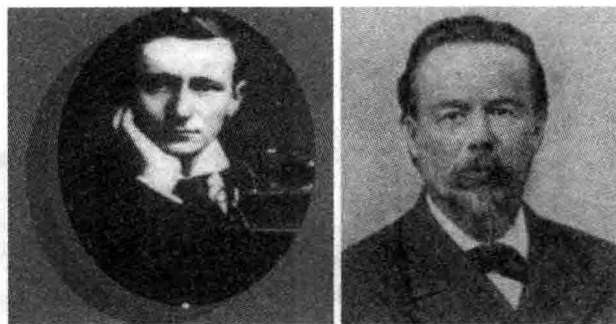
麦克斯韦



赫兹

图 1-5 早期研究电磁理论的三位科学家

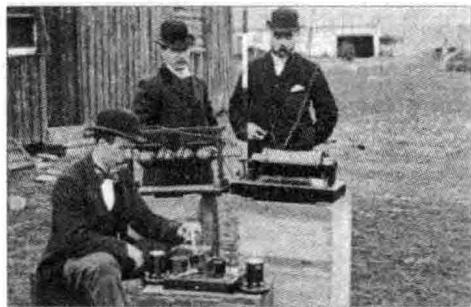
1894 年,意大利的工程师马可尼(Marconi)和俄国科学家波波夫(Popov)在麦克斯韦电磁波理论和赫兹电磁波实验的基础上,采用电磁波作为传播媒介,分别发明了能够快速、远距离传送信息的无线电报,开创了人类现代通信事业的新纪元。图 1-6 所示为无线电通信的创始人马可尼、波波夫。图 1-7 为早期无线电报设备实例图。



马可尼

波波夫

图 1-6 无线电通信的创始人



1895年,波波夫展示的无线电报接收机



1912年,航船上装用的无线电报设备

图 1-7 早期无线电报设备实例图

无线电通信为人类通信开辟了一个潜力巨大的新领域——无线通信领域,用无线电波传播信息不仅极大地降低了有线通信面临的架线成本和覆盖面问题,也使人类通信开始走向无限空间。无线通信在海上通信中获得了巨大作用,一个多世纪以来,用莫尔斯代码拍发的遇险求救信号“SOS”成了航海者的“保护神”,拯救了不计其数人的性命,挽回了巨大的财产损失!例如 1909 年 1 月 23 日,轮船“共和”号与“佛罗里达”号相撞,30 分钟后,“共和”号发出的“SOS”信号被航行在该海域的“波罗的海”号所截获。“波罗的海”号迅速赶到出事地点,使相撞两艘船上的 1 700 条生命得救。类似的事例不胜枚举。

但是,反面的教训也是十分沉重的。1912 年 4 月 14 日,豪华客轮“泰坦尼克”号在作处女航时因船上电报出了故障,导致它与外界的联系中断了 7 个小时,在它与冰山相撞后发出的“SOS”信号又没有及时被附近的船只所接收,最终酿成了 1 500 人葬身海底的震惊世界的惨剧。“泰坦尼克”号的悲剧告诉人们,通信与人类的生存有着多么密切的关系!

无线电技术很快地被应用于战争。特别是在第二次世界大战中,它发挥了巨大的威力,以至于有人把第二次世界大战称为“无线电战争”。其中特别值得一提的便是雷达的发明



和应用。

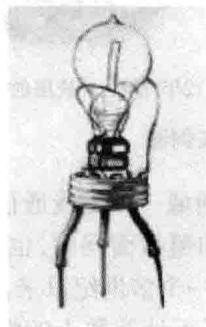
1935年,英国皇家无线电研究所所长沃森·瓦特等人研制成功了世界上第一部雷达。20世纪40年代初,雷达在英、美等国军队中获得广泛应用,被人称为“千里眼”。后来,雷达也被广泛应用于气象、航海等民用领域。图1-8所示为第二次世界大战中使用的雷达。



图1-8 1943年,在第二次世界大战中使用的雷达

4. 广播、电视的发明

19世纪,人类在发明无线电报之后,便进一步希望用电磁波来传送声音。要实现这一愿望,首先需要解决的是如何把电信号放大的问题。1906年,继英国工程师弗莱明发明真空二极管之后,美国人福雷斯特(L. D. Forest)发明了真空三极管,它对微弱电信号有放大作用。1914年,福雷斯特用真空三极管构成了振荡电路,为无线电广播和远距离无线电通信的实现铺平了道路。图1-9所示为真空二极管、真空三极管实例图



真空二极管



福雷斯特及其发明的真空三极管

图1-9 真空二极管、真空三极管实例图

1906年,美籍加拿大人费森登在纽约附近设立了世界上第一个广播站。在这一年的圣诞节前夕,他的广播站播放了两段讲话、一支歌曲和一支小提琴协奏曲,这是人类历史上第一次无线电广播,如图1-10所示。1920年的6月15日,美国匹兹堡的KDKA电台广播了马可尼公司在英国举办的“无线电电话”音乐会,这是商业无线电广播的开始。从此广播事业在全球各处蓬勃发展,收音机成为平民百姓了解时事新闻的最快捷和最方便的途径。

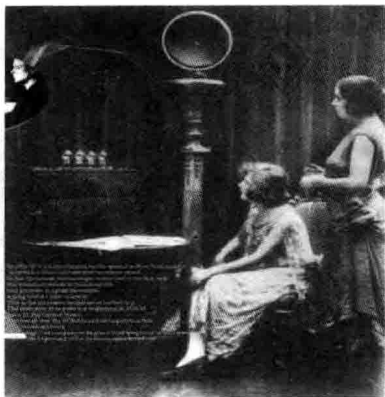


图 1-10 1906 年,历史上第一次无线电广播

1925 年,英国人贝尔德发明了机械扫描式电视机,他被称为“电视之父”。这一年的 10 月 2 日,贝尔德用他发明的电视在伦敦塞尔弗里奇百货商店进行了一次现场表演。第一个登上屏幕的便是住在贝尔德楼下的一个名叫威廉·戴恩顿的公务员。1927 年,英国广播公司试播了 30 行机械扫描式电视节目,从此便开始了电视广播的历史。与此同期,美籍苏联人弗拉基米尔·佐尔金研制成功光电显像管,制成了世界上第一台黑白电视接收机。1935 年,英国广播公司用电子扫描式电视取代了贝尔德发明的机械扫描式电视,这标志着一个新时代由此开始。

1941 年,美国联邦通信委员会批准播放商业电视节目,标志着大众化电视广播的开始。在黑白电视发展的同时,1929 年美国首先完成了彩色电视的实验,并于 1945 年由美国无线电公司制成了世界上第一台全电子管彩色电视接收机。图 1-11 所示为贝尔德及其发明的机械扫描式电视接收机。图 1-12 为弗拉基米尔·佐尔金和他发明的光电显像管。图 1-13 为现代电视录像棚。

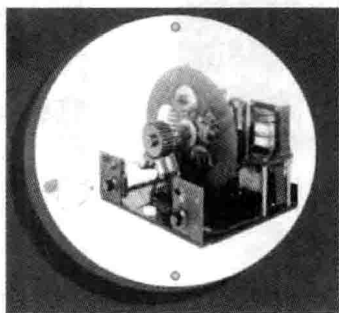


图 1-11 贝尔德及其发明的机械扫描式电视接收机

广播和电视的出现,加速了人类的文化交流,极大地影响了人们的生活方式、工作方式和行为模式。它将整个世界更紧密地联系在一起,使世界各地的人们能够迅速地了解地球上任何地方发生的事情。可以说,现代通信技术使世人有了“顺风耳”、“千里眼”,使时空距离缩短了,使人们居住的地球“变小”了。

