

科技进步与社会发展丛书

天涯与共

——现代通信技术与社会

张传生
罗新民
冯恩信
编著

山东科学技术出版社



科技进步与社会发展丛书

天涯与共

——现代通信技术与社会

张传生 罗新民 冯恩信 编著

山东科学技术出版社

科技进步与社会发展丛书

天涯与共——现代通信技术与社会

张传生 罗新民 冯恩信 编著

*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 邮编 250002)

山东科学技术出版社发行

(济南市玉函路 电话 2014651)

山东文登市彩印厂印刷

*

850mm×1168mm 32 开本 12.5 印张 4 插页 260 千字

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—1000

ISBN 7-5331-2169-4

G·271 定价 26.00 元

《科技进步与社会发展丛书》编委会

主	任	林宗虎	王为珍
编	委	(以姓氏笔画为序)	
		王克迪	田惠生 孙北林
		宋德万	苏荣誉
策	划	王克迪	孟爱平 苏荣誉
责任编辑		邵 迅	

总 主 编

林宗虎

总 序

现代社会最显著的特点是科学和技术日新月异，它一方面飞速前进，另一方面无孔不入地深入社会的每一个角落，这种在深度和广度方面的进展是一步步取得的。

科学和技术是有所区别的。科学的进步给人们新知识、新理解，使人们知道过去所不知道的事情；技术的进步则意味着新产品、新生产方法和工艺流程、新原料、新市场和新生产组织方式，使人们能做到过去所做不到的事情。20 世纪初的科学革命为技术进步展开了广阔天地，第二次世界大战中发明的核武器、导弹、雷达和青霉素的广泛应用，证明了技术进步的巨大威力，战后的电子技术、通信技术、电脑技术、生物技术、航空航天技术、新材料技术等等如雨后春笋般地成长起来，人类的社会结构和日常生活被永久性地改变了。人们无一例外地感受到了这一点。人们为技术进步所带来的变化、便利和舒适而欢欣鼓舞，但同时也夹杂着疑虑。这些疑虑来自两个方面：

一是近几十年的技术进步大多发生在高科技领域，建立在对 20 世纪以来所获得的精深的科学知识基础之上，这使得普通群众和非专业人员难以理解和把握，人们感到它们很神秘，但又离不开它们。例如，电子计算机，可以说现代社会的正常运行绝对不能没有它，而未来的网络化社会则将通过它来完全改变每一个人的衣食住行和人际关系，然而它又是地道的高技术产品，真正用好它需要相当的专业和理论知识，还要有丰富的实际操

作经验。对于许多人而言,计算机功能是那样的强大,却又是那样的令人望而生畏;人们知道迟早要依靠它生存,但又担心自己驾驭不了它,进而对未来的信息社会产生恐惧感和陌生感。

二是技术进步在奉献给人类巨大恩惠的同时,也带来了一些灾难。实际上,很少有几项高新技术是不夹带或多或少的负面效应的。高分子化工生产出塑料、杀虫剂,节约了无数的木材,获得了许多个粮棉丰收年成,但它带来的污染却杀死了许多物种,毁掉了许多良田;原子能的开发利用给人们带来取用不尽的能源,但核事故的威胁像阴云一样笼罩在人们心头无法驱散,核废料的永久性辐射从此将伴随人类的子子孙孙。

产生这些疑虑是可以理解的。不过,这些疑虑也是可以化解的,我以为最有效的化解方式就是由科学工作者和工程技术人员告诉公众这一切是怎么回事。我们有责任这样做。我们的科学家和工程师是人民养育的,人民信任我们,把国家的强盛、民族的繁荣、生活的富裕和世界的未来都托付给了我们。因此,我们就有责任和义务告诉人民,我们正在做什么,为什么这样做,已经得到了些什么成果,将会对社会有什么影响,还将会有什么结果,我们今后将打算再怎么做,人民的钱财和我们的才智是否花得值得,等等。

这套丛书就是我们向公众的一个初步交代。我们选择了在近几十年来发展最快、在未来最有发展前途的七个领域,分别成书,介绍其发展的历程所依据的科学原理,所采用的技术手段,所达到的效果,对科学和技术的影响,对社会和人们日常生活的影响,以及对未来的影响。这七个领域分别是:计算机技术、通信技术、航天技术、海洋科学、生物技术、核技术和材料科学。

我希望读者看完这几本书之后,除了对书中所介绍的知识

有所了解外,能够感觉到科学和技术,特别是高新技术,并不是什么神秘的、高深莫测的东西,有许多前沿进展很新,很重要,但也并不是高不可攀。我还希望从这套丛书中,读者能体会到什么是科学精神,什么是按照科学规律办事;在科学的王国里,人类能做些什么,不能做些什么;技术进步能给人们带来些什么,会使人类失去些什么。我希望读者能赞同我的想法,知识是人类力量的源泉,技术进步是我们时代和社会前进的动力,技术进步是积极的、富于创造力的、勇于实践的、利大于弊的。我特别希望青年学生读后能鼓舞起献身科学的勇气和信心,如果没有年轻一代人源源不断涌入科学研究队伍,科学就将停滞不前,技术很快就会失去进步的源泉,而我们的世界也就没有了希望。

最后我还要指出,科技工作者相互之间用高度技术化的语言讨论专业问题时,交流起来比较容易。可是当我们努力想用通俗语言说清楚我们所做的一切是怎么回事时,就多少有些力不从心,这是现代科学和技术高度专门化的结果。这套丛书的作者都是有成就的科学家和工程师,他们自告奋勇地承担起写作任务,他们尽了力,也尽了责。出版社的编辑同志也为丛书的顺利出版付出许多辛劳。现在读者见到的这套丛书,是许多人携手合作的成果。我谨向他们表示衷心的感谢和敬意。

中国工程院院士

林宗虎

1998年2月

于西安交通大学

序

物质、能量和信息是构成人类社会的基本要素。当今,信息对促进社会发展、改善人类生活更具有举足轻重的作用。一个国家的综合国力将在相当程度上体现为对信息的拥有、处理和利用的能力及水平。一场信息化革命的风暴正席卷全球,这是人类社会继农业革命、工业革命之后的又一次改变人类社会进程的伟大革命。

人类正在步入崭新的“信息社会”。信息社会的主要特征是:信息资源已成为一种重要的社会资源,人们无需再像以前那样将所有主要的时间和精力用于与物质资源的不休纠缠,而是可以更多地及更有效地与信息资源打交道。信息社会与工业社会、农业社会的最大差异在于信息为人类生存及社会进步的重要财富,已经成为人类的一大产业,信息的开发和利用,将成为生产力发展的重要标志。

通信作为信息交换手段,在信息社会里更显示出它的特殊地位,它将成为信息社会的生命线;通信科学和通信技术,也将构成信息时代的“社会系统”。在信息化社会中,社会生产力的发展,以及人们的工作和生活方式,都要受到信息开发、利用方式和水平的巨大影响,各种通信手段更是渗入到工作和生活的方方面面。因此,普及信息和通信的基本知识已成为今日社会的当务之急。作为科普丛书的一册,本书主要向广大读者简要介绍当前世界上最新的通信手段,且以应用广泛并有很大发展潜力的

通信系统为例,着重阐述了电话电视通信、数据通信、移动通信、微波通信、光纤通信、卫星通信、综合业务数字网及信息高速公路等通信技术的基本原理、主要物理概念以及新的发展前景。

本书由西安交通大学张传生、罗新民、冯恩信三人编写,他们长期从事通信科技的教学和科研工作,对通信学科有较深的造诣。本书取材新颖,结构完整,原理和概念的论述深入浅出、通顺易懂,可望较好地使广大读者了解现代通信技术的丰富内涵和未来通信的发展趋势,以及认识信息社会的深刻含义和通信的重要作用,也可提高社会对通信事业的广泛关注与充分支持,从而达到加快我国信息化革命进程的目的。

中国科学院院士

保 铮

1998年2月

目 录

通信技术的过去、现在与未来	1
一、从烽火台到信息高速公路	1
二、不断涌现的通信新技术	3
三、社会经济发展的“倍增器”	13
与人类生活密切相关的通信技术	17
一、现代的“顺风耳”——电话及电话交换技术	17
二、清晰、保密性好的数字电话	36
三、通话双方近在咫尺的可视电话	50
四、瞬间传万里的电报通信	53
五、收发相同的传真通信	60
六、信息丰富的图像通信	68
应用广泛的数据通信及数据通信网	82
一、人类的第三种通信	82
二、直接传输数据信号的基带传输系统	88
三、搬移频谱的调制解调器	93
四、配合一致的数据传输控制规程	99
五、国际化的数据终端接口标准	104
六、多点通信的桥梁——数据通信网	108
七、提高网络利用率的交换技术	114
八、确保通信成功的语言——数据通信网通信协议	119
九、进入国际互联网络——Internet	121
人类最方便的通信方式——移动通信	126

一、漫游世界的移动通信	126
二、移动环境下的电波传播	136
三、移动通信的组网	145
四、愈益增多的移动通信系统	162
五、移动通信的新趋势	174
六、移动通信的理想境界	180
通信飞速发展的标志——微波通信	186
一、神奇的无线电波	186
二、多种多样的天线类型	197
三、颇具特色的微波通信	202
全球通信的主要手段——卫星通信	228
一、具有显著优越性的卫星通信	228
二、太空微波中继站——通信卫星	236
三、卫星通信网的终端站——地球通信站	245
四、网络结构式的卫星通信网	257
五、组网灵活方便的 VAST 卫星通信系统	263
六、实现海陆空相互通信的移动卫星通信	267
七、随时随地进行通信的个人卫星通信	269
具有广阔前景的通信方式——光纤通信	271
一、远距离的光纤通信	271
二、玻璃丝般的光导纤维	280
三、大容量的光纤通信系统	294
四、高质量的光纤有线电视网	307
五、应用广泛的光纤通信	312
六、未来的光纤通信技术	315
保密、抗干扰的理想通信——扩频通信	323
一、信息传输的隐身术	323
二、应用广泛的扩频技术	334

通信网络的巅峰——综合业务数字网	340
一、多个通信系统互连的通信网络	340
二、实现高可靠性高质量的通信	345
三、综合业务数字网的网络结构	347
四、综合业务数字网的有关协议	351
五、宽带综合业务数字网	356
六、一种最先进的交换模式	359
七、宽带综合业务数字网的发展	360
信息高速公路及未来通信	361
一、意义深远的人类生存工程	361
二、人类理想的通信目标	364
三、信息高速公路的最佳传输媒质	368
四、未来信息高速公路的物理平台	369
五、宽带综合业务数字网的最佳选择	371
六、实现各种信息的一体化传输方式	374
结语	381
后记	384

通信技术的过去、现在与未来

一、从烽火台到信息高速公路

通信就是消息(或称信息)的传递,即通信设备(或人)之间的信息交流。自从地球上有了人类以来,人与人之间就产生了信息的交流。远古时代,人们利用表情或手势的形式进行思想交流,后来人类创造了语言、文字,利用书信进行情感思想及信息传递和交流。这实际上是最简单而直接的通信形式。我国古代战争中采用的烽火台、金鼓、旌旗,以及航海的信号灯也是消息传递的一种方式。这些原始的通信方式都属非电信号的通信。这些形式,有的一直延用到现在。

电信号通信起源于 1838 年莫尔斯(S·Morse)有线电报,到现在已有 150 年的发展历史。在这 150 年中,由于社会发展的需要,通信技术发展相当快,新的通信方式层出不穷,如电话、电报、广播、电视、数据通信,多媒体通信及未来的个人通信,这些通信新技术和新的通信方式,使得消息的传输,更加准确可靠、方便有效。

通信技术的发展使通信成为推动社会发展进步的重要科学。当今社会已进入信息时代,信息成为国民经济发展的基础设施之一。通信技术是信息时代的生命线,它已成为文明社会的一大重要支柱。通信技术不仅推动国民经济的迅速发展,也正在改变着人类的生活方式。

通信技术对于生活在信息时代的人们,时时刻刻都不能缺少。为充分利用通信技术和进一步推动通信科学的发展,了解通信的发展过程是十分重要的,我们以最简化的方式列出通信技术发展的重要年代表和里程碑,来展示通信技术的发展过程:

1800 年	伏特发明电池
1838 年	莫尔斯 (S. Morse) 发明有线电报
1876 年	贝尔 (Bell) 实验室发明电话机
1896 年	马克尼完善了无线电报
1918~1928	调幅 (AM) 广播及电视出现
1936 年	阿姆斯特朗 (E. H. Armstrong) 提出了调频广播 (模拟通信的盛时)
1937 年	瑞维斯 (A. H. Reeves) 推出 PCM 通信 (开始了数字通信时代)
1948 年	香依 (Shannon) 信息论发表, 通信理论的基础
1956 年	皮尔斯 (Peelse) 提出了卫星通信
60~70 年代	光纤通信技术应用
70~80 年代	通信、计算机和控制技术结合 (3C 革命) 计算通信
80~90 年代	综合业务数字网 (ISDN) 出现
90 年代	同步数字序列 (SDH)、异步传输模式 (ATM) 各种智能网络及信息高速公路概念出现, 通信即将走向理想境界——全球个人通信 (PCN)

由于科学技术的进步和计算机技术的发展,需要传输的信息已超出了人与人之间交流,而产生设备与设备、机器与机器之

间的信息交换;从点对点的通信已发展为多点和多个设备之间大容量高速率的数据交换,而形成了现代的信息交换网络。90年代又出现了“信息高速公路”的新概念,在宽带综合业务数字网(ISDN)及同步数字序列(SDH),异步传输模式(ATM)及多媒体通信技术的支持下,通过目前最有发展前途的五大通信方式:电缆通信、微波通信、光纤通信、卫星通信及移动通信,使有线通信和无线通信结合起来,通信延伸到全球的各个角落。到21世纪20年代,人类将进入通信的理想境界——全球个人通信(PCN)。个人通信就是任何人、在任何地方、任何时间都可以接通任何一个通信对方,并进行通信。

二、不断涌现的通信新技术

(一)统一的通信系统模型

通信即两点或多点之间信息传递。最简单的通信系统也必须具备三个部分,即消息的发出者、接收者以及消息传输的媒介。当然多点之间信息的传递和交换时系统会更复杂。但各种通信系统根据其主要特点和组成,我们可以把它们概括为一个统一的模型。依据这个模型可以对所有的通信系统进行分析,了解通信的基本概念和通信的系统的主要性能。

一般通信系统模型可由五个部分构成,即信源、发送部分、信道、受信部分及受信者,如图1所示。

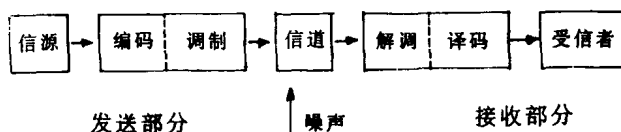


图1 通信系统模型

在发信部分又可分两个小部分:编码部分和调制部分。接收部分也可分为两个小部分:解调部分和解码部分。

信源是产生和发出消息的人或机器。不同的信源发出的消息的形式可能不同。有的消息是时间上连续的波形信号,如电话机或电视摄像机输出的是连续的电压或电流波形。这称为模拟信号。消息也可以是离散的数字脉冲,如计算机输出的二进制脉冲或遥控指令等,这类信号称为数字信号。

信源输出的信号,根据信号频带和速率不同,可分为低频信源和高频信源。总之信源产生的消息形式的种类由信源的性质以及传感器转换的特点所决定的。

发送部分是保证信源发出的信号变换为适合于信道传输的信号,发送部分包括编码器和调制器。

编码器主要作用是使信源产生的信号能够有效、可靠地传递到接收端。编码器包括两个部分,即信源编码器和信道编码器。信源编码器使信源输出的模拟信号变换为可以在数字信道中传送的数字信号,也就是模拟信号的数字化(A/D转换),如电话信号的脉冲编码(PCM)及增量编码(DM)。信源编码的另一个作用是使信源输出的数字信号经编码处理以提高数字传输的有效性,将信源输出的数据压缩编码后再传输。

编码器另一部分称为信道编码器,它的作用是提高信号传输的可靠性。采用差错控制编码,可以使受干扰而传错误的信号得到纠正。当然这种纠错编码要付出一定的代价,即可靠性的提高可能会引起有效性的下降。

调制器是将信源输出的信号或编码器输出的信号,通过频率变换后,发送到信道上,以便使信号传送到接收端。如人体发出的语音信号无法通过空中大气层传到远方去,若语音信号(如

话筒输出的语音信号)经过调制器变为高频电磁波的变化(如无线广播)就可以通大气层传送到几千米以外的远方。

调制的另一个作用是可使多路信号实现信道复用,即在一个传输信道上同时传送多路信号。如在一个电缆线上可以同时传送几十路到几百路电话。这样可以提高传输的效率。

信道即消息(信息)传输的通道,是传输信息的媒介。从具体的传输媒体来说,可分为无线信道和有线信道。有线信道有架空明线、电缆、光纤及波导管等;无线信道就大气层自由空间,通过磁波在空中传输而传递消息,具体又分为长波(地波)、短波、微波(直射波)。对各波段的范围和主要应用,国际无线电委员会已作出有关规定。国际上采用了美国联邦通信委员会(FCC)规定的标准。此规定的主要内容如表1所示。

表1 通信频段划分及应用

频 段	符 号	名 称	波 长	应 用
30~300Hz	ELF	特低频	$10^4 \sim 10^3 \text{km}$	海底通信、电报
0.3~3kHz	VF	音 频	$10^3 \sim 10^2 \text{km}$	数据终端、实线电路
3~30kHz	VLF	甚低频	$10^2 \sim 10 \text{km}$	导航、电报电话、频率标准
30~300kHz	LF	低 频	$10 \text{k} \sim 1 \text{km}$	导航、电力通信
0.3~3MHz	MF	中 频	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	广播、业余无线电通信、移动通信
3~30MHz	HF	高 频	$10^2 \sim 10 \text{m}$	国际定点通信、军用通信、广播
30~300kHz	VHF	甚高频	$10 \sim 1 \text{m}$	电视、调频广播、移动通信
0.3~3GHz	UHF	超高频	$10^2 \sim 10 \text{cm}$	电视、雷达、遥测遥控
3~30MHz	SHF	极高频	$10 \sim 1 \text{cm}$	卫星和空间通信、微波接力
30~300GHz	EHT	特高频	$10 \sim 1 \text{mm}$	射电天文、科学研究