

第 1 章 概 述



扫码看课件 1

1.1 通信技术的发展

1.1.1 什么是通信

一般来说，通信是指由一地向另一地进行消息的有效传递。通信技术由来已久，自古以来，人们都在用自己的智慧解决远距离通信、快速通信等问题。衡量人类历史进步的尺度之一就是人与人之间传递信息的能力，尤其是远距离传递信息的能力。从烽火台、传统书信到今天形形色色的通信方式，都是人类征服自然的艰苦历程的缩影。通信技术从本质上讲就是实现信息传递功能的一门科学技术，其目的是将大量有用的信息无失真、高效率地进行传输，同时在传输过程中将无用信息和有害信息抑制掉。

工业革命之后，人类学会了利用“电”来传递消息的通信方法，我们称之为电信。由于铜线中电信号的传播速度大约为 2.3×10^8 m/s，所以电信技术诞生后大大缩短了人与人之间的距离。如今在自然科学中，“通信”和“电信”几乎成了同义词。1992年，ITU（国际电信联盟）对“电信”做出了规范定义：利用有线、无线、光或者其他电磁系统传输、发射和接收符号、信号、文字、图像、声音或者其他任何性质的信息。

伴随着电子技术的发展，计算机技术和通信技术也飞速发展，以计算机为代表的信息技术（Information Technology ,IT）和以语音、数据通信为代表的通信技术（Communication Technology ,CT）融为信息通信技术（Information and Communication Technology ,ICT），信息通信技术带来了一切可能带来的东西。今天，我们每个人的生活或者工作都与信息通信技术密切相关。

总之，现在通信技术已经深刻地改变了人类社会的生活形态和工作方式，随着社会的发展与进步，人类对信息通信的需求将更加强烈，对其要求也越来越高。理想的目标就是要实现任何人在任何时间、任何地点与任何人以及相关的物体进行任何形式的信息通信。

1.1.2 通信技术的发展

几千年来，人类从自己的需求出发，不断推进着通信技术向前发展。在通信的发展史中，新的通信技术是在前人的经验、知识不断积累的前提下，到了某个时间段被特定的人群激发出来，并在实践中获得了认可之后才得以广泛的应用，使通信业发生变革或者革命。充分认知通信技术的发展将帮助我们理解和学习通信技术。

“烽火”是人类最早有记录的用于远距离通信的工具之一。后来，人类为了更方便地相互沟通，修建了道路。有了路网，人类还创造了一种文本语言的通信手段，也就是我们常说的“书信”。我国在两千多年的中央集权的历史中，发展出了庞大复杂的驿路和驿站网络，为的就是更好更快地传递“书信”。这些都可以归结为传统通信方式，区别于下面要讲的现代通信技术——电信技术。

电信技术的诞生距今已有百余年的历史，深入和详细地了解通信技术的发展史有助于学习和理解现代通信技术及其原理。

1835年，美国画家、科学爱好者莫尔斯先生发明了有线的电磁电报，开启了现代通信技术时代。莫尔斯最著名的是他发明的莫尔斯电码——利用“点”“划”“空”，即时间长短不一的电脉冲信号的不同组合来表示字母、数字、标点和符号。

1866年，英国著名数学物理学家、工程师威廉·汤姆逊历经十年艰辛努力，终于领导铺设了世界上第一条大西洋海底电报电缆。

1876年，美国业余发明家贝尔发明了电话机，贝尔被认为是现代电信的鼻祖。1877年，贝尔电话公司成立，在波士顿建设的第一条电话线路开通，之后贝尔电话公司的业务日趋发达，最后改名为美国电话电讯公司，即著名的AT&T公司，成为独占全美国电讯业务90%以上的庞大组织。以贝尔名字命名的实验室成为世界上最伟大的实验室之一，许多具有划时代意义的发明（如晶体管，激光器等）都出自该实验室，其中的实验人员迄今共获得8项诺贝尔奖。

1878年，人工电话交换机投入使用。

1880年，共电式电话机出现，电话机由交换机集中供电。同年，李鸿章在天津设立电报总局，派盛宣怀为总办，并在天津设立电报学堂。翌年，中国的第一条自主建设的长途公众电报线路（上海至天津），全长3075华里（1537.5 km）的津沪电报线路全线竣工并营业。

1882年，丹麦大北电报公司在上海创办，中国土地上出现了第一个电话局。

1888年，德国物理学家赫兹发现电磁波。

1891年，美国著名的殡仪馆老板史瑞乔发明了步进式自动电话交换机。翌年，世界上第一个自动电话交换局在美国印第安纳州设立。

1901年，意大利工程师马可尼使用他发明的火花隙无线电发报机，成功发射了穿越大西洋的长波无线电信号，并因此获得诺贝尔奖。

1920年，美国建立世界上最早的广播电台，即收音机广播。

1926年，瑞典研制出了第一台纵横电话交换机，并设立了第一个纵横式自动电话交换局。

1937年，英国人里夫斯提出用脉冲所有组合来传送语音信息的方法，即脉冲编码调制PCM，后来这项技术成为电话网中应用最普遍的语音数字化技术。

1946年，世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生。

除了高速的计算能力，计算机还带来了二进制，即数字技术、信息技术。数字信息技术又进一步加速了通信技术的发展和应⤵。随着计算机技术的发展，出现了计算机网络技术，即研究计算机与计算机通信的技术。

1947年，贝尔实验室的3名年轻的实验员发明了具有划时代意义的晶体管。同年贝尔实验室还提出了蜂窝通信的概念。

1957年，苏联发射了世界上第一颗人造卫星。

1958年，最早的集成电路（Integrated Circuit，IC）在美国出现。

1960年，美国物理学家梅曼制造出了比太阳光强1000万倍的激光。同年，在美国，第一台PCM数字电话在市话网中应用。

1965年，第一部由计算机控制的程控电话交换机在美国问世，标志着一个电话新时代的开始。

1966年，英籍华人高锟提出以玻璃纤维进行远距激光通信的设想。

1969年，美国国防部高级研究计划署（ARPA）提出了研制ARPA网（ARPAnet）的计划，1969年建成并投入运行，标志着计算机通信的发展进入了一个崭新的纪元。（因为ARPAnet发展到后来成为著名的Internet。）

1970年，光纤在美国诞生。

1972年，国际电报电话咨询委员会（CCITT）首次提出综合业务数字网（ISDN）的概念。

1975年，比尔·盖茨创立微软公司。翌年，乔布斯创立苹果公司。计算机技术进入PC（Personal Computer）时代，计算机开始普及。

1979年，计算机局域网（LAN）被发明。

1989年，在欧洲物理粒子研究所工作的英国科学家蒂姆·伯纳斯·李发明了万维网（WWW）。

1991年，美国政府决定把因特网（Internet）主干网交给私人经营。

1994年，中国接入因特网（Internet），通信逐渐进入了互联网时代。

20世纪90年代以后，以因特网（Internet）为代表的计算机网络得到了飞速的发展，从最初美国的一个教育科研网络发展成覆盖全球的商业网络——世界上最大的计算机网络。因特网正在改变着我们工作和生活的各个方面，它已经给全球社会经济及科技的发展带来了巨大的好处，并加速了全球信息化的进程。因特网是人类在通信方面最大的变革，现在人们的生活、工作、学习和交往都已经离不开因特网了。

21世纪后，随着移动通信技术的快速发展，互联网由原来的以PC为主体终端的互联网发展为以智能移动终端为主体的互联网。

今天，通信技术正在进入技术融合、业务融合、网络融合的大融合时代、一个以网络为核心的信息时代。纷繁复杂的通信网络已经成为人类社会发展的基础。

在通信网发展过程中，诞生了很多不同类型的通信网络。根据向用户提供服务的不同，我们身边的网络主要有“三网”，即计算机网络、电信网络和广播电视网络。计算机网络可使用户获取有用的数据文件（包括文本、声音、图片、视频等），电信网络可向用户提供电话、电报及传真业务，广播电视网络向用户提供各种电视节目。三网中发展最快，并起到核心作

用的是计算机网络。电信网络和广播电视网络都逐渐融入了现代计算机网络的技术，所以就产生了“三网融合”的概念。计算机网络作为现代通信网络的一个重要的分支，虽然诞生的较晚，但因为计算机技术迅速发展原因，其发展也极其迅速。计算机网络与另外两个网络最大的不同在于其端设备是功能强大的计算机。如果其他网络的端设备都变为计算机，那可以说所有的网络都是计算机网络，三网从技术上就可以融为一个计算机网络。然而，三网融合还有许多非技术性的复杂问题有待协调解决。

随着时代的发展，通信网络技术发生了较大的变化，新的理念和技术日新月异，为了使通信网络更好地服务于人类社会，我们有必要认真讨论和学习通信网络技术，有必要认真学习其最重要的分支——计算机网络技术。

1.2 计算机网络的发展

1.2.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是电子计算机及其应用技术与现代通信技术逐步发展、日益密切结合的产物。现代电子计算机诞生之后不久，人们就尝试使用现代通信技术来实现计算机与计算机或数据终端间的通信，计算机网络技术就这样一步步发展过来。虽然只经过了几十年的发展历史，但现在的计算机网络已不是最初的计算机网络所能比拟的，而且计算机网络的内涵也发生了巨大的改变。了解计算机网络的整个发展历史，有助于我们对计算机网络技术的发展有一个清晰的认识。当然，要有了计算机，才能有计算机网络，就像肯定是先有人，然后才会有人类社会一样，所以我们要结合计算机技术的发展来了解计算机网络技术的发展。总体来说，可以把计算机网络的发展历程归纳为以下几个阶段。

1. 第一阶段 面向非计算机终端的连接

1946年，世界上第一台数字计算机问世。当时的计算机数量非常少，且非常昂贵。由于那时计算机大都采用批处理方式，所以用户首先要将程序和数据打印成纸带或卡片，再送到计算中心去处理。1954年，出现了一种称为收发器（transceiver）的终端，人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地计算中心的计算机，这种简单的传输系统就是计算机网络的基本原型。当然，这些离我们有些遥远，现在的我们不必研究这些收发器终端及其数据传输原理。第一代计算机网络是以计算机主机（相当于我们现在所说的“计算机服务器”）为中心，一台或多台终端围绕计算机主机分布在各处。计算机主机的任务是进行成批处理，用户终端则不具备数据的存储和处理能力。从某种意义上来说，这根本不能算是真正的计算机网络，因为联网的终端不能算作真正意义上的计算机。之所以网络中更多的是计算机终端，是因为那时的计算机非常昂贵，为了节省成本，在用户端通常只能采用那些不带关键部件的计算机终端。到了20世纪50年代中后期，出现了多路复用器（MUX）

线路集中器、前端控制器等通信联网控制设备。

第一阶段的典型应用是美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代初开始的联合研究，其成果为 20 世纪 60 年代投入使用的飞机订票系统 SABRE-I，它由一台计算机和全美国范围内 2 000 个终端组成。

2. 第二阶段 分组交换技术的诞生

为了克服第一阶段计算机网络的缺点，提高网络的可用性和可靠性，专家们又开始研究将多台计算机互联的方法。有问题就要想办法解决，这与现在所有技术的改进思路是一样的。首先，1964 年 8 月保罗·巴兰在美国兰德公司《论分布式通信》的研究报告中提到了“存储转发”的概念。在 1962 年至 1965 年间，美国的 ARPA（Advanced Research Projects Agency，美国国防部高级研究计划署）和英国的 NPL（National Physics Laboratory，国家物理实验室）都对这一新技术进行了研究。后来，英国 NPL 的唐纳德·戴维斯于 1966 年首次提出了“分组”（packet）的概念。在 1969 年 12 月，产生了世界上第一个基于分组技术的计算机分组交换系统 ARPAnet。这是大家公认的计算机网络的鼻祖。

ARPAnet 是美国国防部高级研究计划局（DARPA）采用电话线路为主干网络建成的。它最开始仅连接了美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学 4 个结点的计算机，两年后建成 15 个结点，此后规模不断扩大。到了 20 世纪 70 年代后期，网络结点超过 60 个，主机 100 多台，地理范围跨越美洲大陆，连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构，而且还通过通信卫星与夏威夷和欧洲地区的计算机网络相互连通。

ARPAnet 的运行成功使计算机网络的概念发生了根本性的变化，也标志着计算机网络发展进入了一个新纪元。因为网络的快速发展，出现了接口报文处理机（Interface Message Processor，IMP），即后来的路由器等新的计算机联网设备，IMP 专门负责通信处理，通信线路将各 IMP 相互连接起来，然后各计算机主机再与 IMP 相连，各主机之间的通信需要通过 IMP 连接起来的网络来实现。在第二阶段的计算机网络中，采用了“存储—转发”数据通信方式，也就是各个 IMP 在接收到数据后先按接收顺序把数据存储在自己的缓存中，然后再按接收顺序依次进行下一级的数据转发，这样可以使网络上的流量更加平滑、有序。

3. 第三阶段——标准化、网络互联、局域网

第二阶段计算机网络的传输方式采用了“存储—转发”方式，极大地提高了昂贵的通信线路资源的利用率。因为在这种“存储—转发”方式的通信过程中，通信线路不会被某一节点间的通信独占，而是可以为多路通信共用。但是第二阶段的计算机网络仍存在许多弊端，主要表现为没有统一的网络体系架构和协议标准。不同公司的网络体系都只适用于自己公司的设备，不能进行相互连接，这样就抑制了计算机网络的发展。针对这种情况，1977 年 ISO（国际标准化组织）的 TC97 信息处理系统技术委员会 SC16 分技术委员会开始着手制定开放系统互联参考模型（OSI/RM），并于 1984 年发布。OSI/RM 模型是一个开放体系结构，定义了网络互联的七层结构，并详细规定了每一层的功能以实现开放系统环境中的互联性、互操作性和应用的可移植性。OSI/RM 模型同时规定了计算机之间只能在对应层之间进行通信，大大简化了网络通信原理，是公认的计算机网络体系结构的基础，为普及计算机网络奠定了

基础。当然 OSI/RM 标准也是在汇总了不同公司开发的体系架构优点的基础上开发的。

1980 年 2 月，IEEE 学会下属的 802 局域网标准委员会宣告成立，并相继推出了若干个 802 局域网协议标准，其绝大部分后来被 OSI 正式认可，并成为局域网的国际标准。这标志着局域网协议及标准化工作向前迈出了一大步。IEEE 802 局域网标准的制定，极大地推进了计算机局域网的发展。

虽然 OSI/RM 的诞生大大促进了计算机网络的发展，但在 Internet (互联网) 的发展过程中，OSI/RM 却被后来居上的 TCP/IP 协议规范远远抛在后面。1983 年，DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, 美国国防高级研究计划局) 将 ARPAnet 上的所有计算机结构转向了 TCP/IP 协议，并以 ARPAnet 为主干建立和发展了 Internet，形成了 TCP/IP 体系结构。TCP/IP 协议体系结构虽然不是国际标准，但它的发展和应用都远远超过了 OSI/RM，成为 Internet 体系结构上的实际标准。当然，我们不能否认 OSI/RM 的贡献，它提出的许多计算机网络的概念和技术至今仍广为使用，包括在 Internet 上。也正是在它的推动下，使得计算机网络体系结构的标准化工作不断进展，事实上后来的 TCP/IP 协议规范也是在 OSI/RM 基础上改进而来的。我们将在后续章节详细学习 OSI/RM 和 TCP/IP 体系结构。

4. 第四阶段——互联网和高带宽

进入 20 世纪 90 年代后，网络进一步向着开放、高带宽、高性能方向发展。自 OSI 参考模型推出，计算机网络一直沿着标准化的方向在发展，而网络标准化推动了 Internet 的飞速发展。高速以太网技术和光纤技术的发展成熟又大大促进了 Internet 的进一步发展普及。Internet 是计算机网络最辉煌的成就，它已成为世界上最大的国际性计算机互联网，并影响了人们生活的各个方面。

进入 21 世纪以后，随着宽带无线接入技术和移动终端技术的飞速发展，人们迫切希望能够随时随地，乃至在移动过程中都能方便地从互联网获取信息和服务，移动互联网应运而生，并迅猛发展。

5. 第五阶段——NGN

下一代计算机网络 (Next Generation Network, NGN) 是什么，目前还没有形成统一的标准，但总体而言，普遍认为下一代计算机网络是计算机网络、电信网络、广播电视网络的融合，是可以提供语音、数据和多媒体等各种业务的综合性开放网络，是业务和承载分离的网络。我们目前正处于第四代和第五代之间的过渡时期，看得见的一些下一代计算机网络的特征包括：物联网 (Internet over Things, IoT)、云技术 (cloud)、虚拟化 (virtualization) 等等。

1.2.2 计算机网络在我国的发展

我国最早着手建设专用计算机广域网的是铁道部 (现中国铁路总公司)。铁道部在 1980 年即开始进行计算机联网实验。1989 年 11 月我国第一个公用分组交换网 CNPAC 由邮电部

(现交通运输部)主导建成,在此基础上,1993年9月建成新的中国公用分组交换网CHINAPAC。20世纪80年代后期,公安、银行、军队以及其他一些部门也相继建立了各自的专用计算机广域网。同一时期,国内许多单位和个人相继安装了大量的局域网,局域网建设成本低,结构简单,便于管理和维护。这些早期的计算机网络建设对我国的计算机网络通信技术和信息技术的发展起着重要积极的作用。

1994年4月20日我国用64 kb/s专线正式接入因特网,中国互联网终于得到美国国家科学基金会(NSF)的认可,我国正式成为被国际承认的接入因特网的国家。该阶段,由于互联网初期的技术门槛较高,资源极为紧缺,因此仅有科技工作者、科研技术人员等很少的人群使用,而且使用的范围也被限制在科学研究、学术交流等较窄领域。同年5月,中国科学院高能物理研究所设立了我国第一个WWW服务器。7月,由清华大学等6所高校建设的中国教育和科研计算机网(CERNET)开通,该网络连接北京、上海、广州、南京、西安等5座城市,并与Internet互联,成为中国第一个运行TCP/IP协议的全国性计算机互连网络。CERNET是由国家投资建设,教育部负责管理,清华大学等高校承担建设管理的全国性学术计算机互连网络。CERNET是由我国技术人员独立自主设计、建设和管理的计算机互联网,在我国第一个实现了与下一代高速互联网Internet 2的互联。9月,基于因特网技术的中国公用计算机互联网CHINANET正式启动,目前由中国电信集团公司负责建造管理和维护,是我国规模最大的公用计算机互联网。

从20世纪90年代后期开始,我国进入互联网快速发展普及阶段,发展速度和规模一直处于世界领先地位。中国互联网络信息中心(CNNIC)每年公布两次我国因特网的发展情况,可以在其网站www.cnnic.cn上查阅最新的以及历史文档。CNNIC把过去半年内使用过互联网的6周岁及以上的中国居民成为网民。根据CNNIC发表的“第41次中国互联网络发展状况统计报告”,截至2017年12月,我国网民规模达7.72亿,普及率达到55.8%,超过全球平均水平(51.7%)4.1个百分点,超过亚洲平均水平(46.7%)9.1个百分点。光缆、互联网接入端口、移动电话基站和互联网数据中心等基础设施建设稳步推进。在此基础上,网站、网页、移动互联网接入流量与App数量等应用发展迅速。移动互联网接入流量自2014年以来连续三年实现翻番增长,手机网民规模达7.53亿,台式计算机、笔记本计算机、平板计算机的使用率均出现下降。以手机为中心的智能设备,成为“万物互联”的基础,移动互联网进一步发展壮大。移动支付的用户规模持续扩大,用户使用习惯进一步巩固,网民在线下消费使用手机网上支付比例由2016年底的50.3%提升至65.5%,我国境内外上市互联网企业数量达到102家,总体市值为8.97万亿人民币。其中腾讯、阿里巴巴和百度公司的市值之和占总体市值的73.9%。

随着互联网的深入普及,基于互联网平台的各种经济活动越来越受到重视。2015年3月5日上午的十二届全国人大三次会议上,李克强总理在政府工作报告中首次提出“互联网+”行动计划。2015年7月4日,国务院印发《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》。“互联网+”成为互联网思维的进一步实践成果,它推动经济形态不断地发生演变,从而带动社会经济实体的生命力,为改革、创新、发展提供广阔的网络平台。通俗地说,“互联网+”就是“互联网+各个传统行业”,是利用信息通信技术以及互联网平台,让互联网与传统行业进行深度融合,创造新的发展生态。它代表一种新的社会形态,即充分发挥互联网在社会资源配置中的优化和集成作用,将互联网的创新成果深度融合于社会各领域之中,提升

全社会的创新力和生产力,形成更广泛的以互联网为基础设施和实现工具的经济发展新形态。
通过互联网推动我国的产业升级,进一步带动经济技术的大发展。