

1

认识通信网络



能力目标

- 能区分常见的网络拓扑结构
- 能认知常见通信网络设备



知识目标

- 通信的基本概念和过程
- 电信系统的构成
- 电信网络拓扑结构
- 移动通信的发展
- 移动通信的工作方式
- 移动通信的分类

任务一 认识通信与电信

通信，指人与人或人与自然之间通过某种行为或媒介进行的信息交流与传递，通俗地讲，通信就是实现信息的传递。

1. 信息和消息

通信的目的是实现信息的传递，达到人与人的交流，消息就是信息的物质表示方式，它在通信中是要被传递或转化的有效信息。在通信领域，信息一般可以包括话音、数据、图像、文字、视频等形式。话音也就是语音，本身是模拟的，传递时可将其数字化后再送入传输通道，接收端再还原为语音，比如电话通信和手机移动通信；数据是具有某种含义的数字信号的组合，如字母、数字和符号等，传输数据时要用离散的数字信号逐一表达出来，这就是数据通信，通常计算机通信就是数据通信。

2. 信号

信号是传递信息的一种物理现象和过程，是消息的载体。通常一个电信系统中有电信号、光信号和电磁信号。在通信系统中传送的本质内容是信息，发送端需将信息表示成具体的消息，再将消息加载至信号上，才能在实际的通信系统中传输。信号在接收端（信宿）经过处理变成文字、语言或图像等形式的消息，人们再从中得到有用的信息。在接收端将含有噪声的信号经过各种处理和变换，从而取得有用的信息。

从古到今，人们就一直在利用人类的智慧传递信息，达到通信目的。尤其是一些远距离通信，包含有人类各种各样的智慧。古代人们的通信方式也有很多，像最古老的官方通信——快马+驿站、军事通信——烽火台的狼烟（如图 1-1-1 所示）、鸿雁传书、风筝通信、竹筒传书、信鸽与信猴、灯塔、通信塔和旗语等（如图 1-1-2 所示）多种通信手段，除此之外，还有民信局、负责海外通信的侨批局等通信机构。

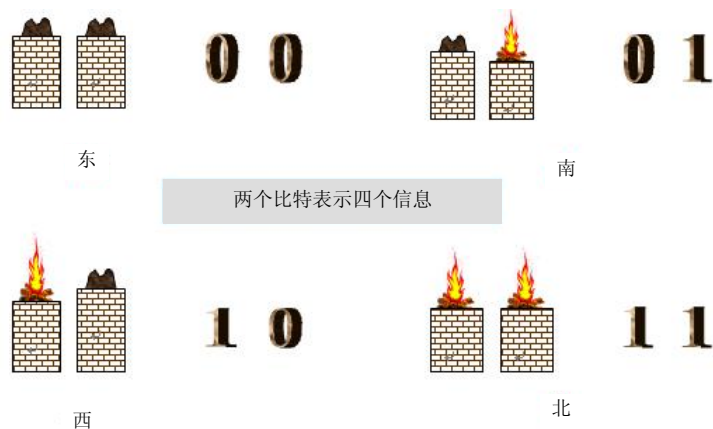


图 1-1-1 古老的通信方式——烽火台

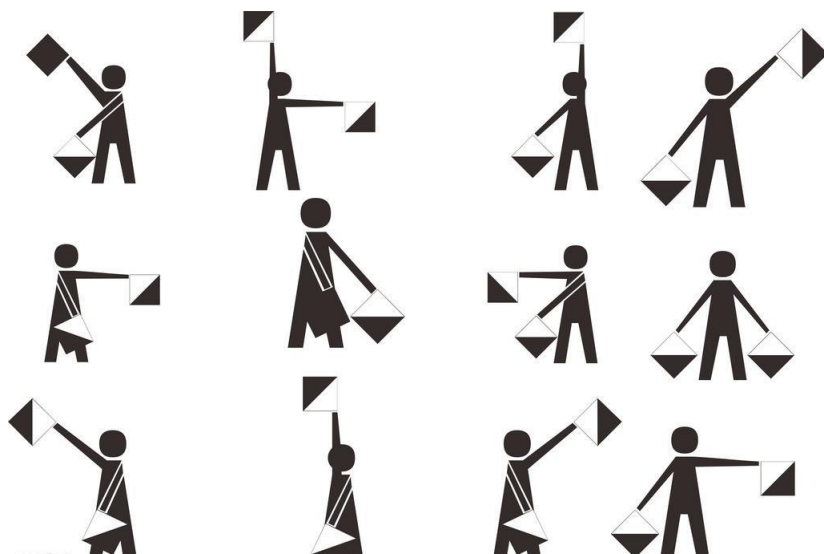


图 1-1-2 旗语

从古代的“通信”，到现代的“电信”，一字之差，却是一场史无前例的通信革命。我们今天常说的通信，通常是指电通信，简称“电信”。“电信”是什么？国际电联（International Telecommunication Union, ITU）关于电信的定义是：利用有线、无线的电磁系统或者光电系统，传输、发射、接收或者处理语音、文字、数据、图像以及其他形式信息的活动，就称为“电信”。在电信系统中，信息主要有电信号、光信号以及电磁信号三种形式。

1.1.1 电信技术发展史

1. 电报的发明

从 1837 年莫尔斯的电报发明起，短短不到 200 年的历史，掀起了现代通信发展革命。1837 年，莫尔斯发明电报机，并设计莫尔斯电报码，成功地用电流的“通”“断”和“长断”来代替了人类的文字进行传送，是人类史上第一个电信系统，标志着现代通信技术的开始。

莫尔斯发明电报几年后，1842 年美国国会正式通过了开发电报技术的议案，架设华盛顿和巴尔的摩之间长距离的电报线路，全长 64.4 千米，在 1844 年 5 月 24 日，这也是世界电信史上最光辉的一页，这条电报线路在美国国会大厅里进行试验，随着人类历史上的第一份电报：“上帝创造了何等奇迹！”的发出，莫尔斯的电报因为简单、准确和经济实用的特点迅速风靡全球，而这一天日也成了国际公认的电报发明日。中国于 1871 年在上海秘密开通电报，1879 年李鸿章在大陆修建了第一条军用电报线路，接着又开通了津沪电报线路，并在天津设立电报总局。

为了顺利实现国际电报通信，在 1865 年 5 月 17 日，法、德、俄、意、奥等 20 个欧洲国家的代表在巴黎签订了《国际电报公约》，国际电报联盟（International Telegraph Union, ITU）也宣告成立。国际电报联盟也是联合国机构中历史最长的一个国际组织，于 1934 年 1 月 1 日起正式改名为“国际电信联盟”，总部设于瑞士日内瓦，其成员包括 191 个成员国和 700 多个部门成员及部门准成员。

2. 电话的发明

1869 年，22 岁的贝尔受聘美国波士顿大学的语音学教授。有一次，贝尔在做聋哑人用的“可视语言”实验时，发现了一个有趣的现象：在电流流通和截止时，螺旋线圈会发出噪声，就像电报机发送莫尔斯电码时发出的“嘀嗒”声一样。

“电可以发出声音！”思维敏捷的贝尔马上想到，如果能够使电流的强度变化，模拟出人在讲话时的声波变化，那么，电流将不仅可像电报机那样输送信号，还能输送人发出的声音，这也就是说，人类可以用电传送声音。

1876 年贝尔发明了电话，继莫尔斯发明电报之后掀起了新的人类通信史，1877 年在波士顿和纽约之间架设开通了人类史上第一条 300km 的电话线，1878 年贝尔电话公司正式成立，人类也从此开始使用电话，解决了电报只能传递文字而不能传递语音信号的问题，进入了一个新的通信时代。贝尔电话公司也就是现在的美国电话电报公司 AT&T，是美国最大的电信公司。

3. 复用技术

电报电话通信发展过程中，用户数量越来越多，单靠单根架空线路已是无法满足需求。20 世纪 30 年代采用了同轴电缆，为提高电话线路的传输效率，有效地在中继线路上整合电话用户的线路，1930 年，多路复用技术被应用在一根高速同轴电缆上，同时传输了来自多个用

户的话路信号,1937年,英国人 A.H.里夫斯提出用脉冲的有无组合来传递话音信息的方法,他发明了脉冲编码调制技术 PCM 在 1939 年获得专利,为现代数字通信奠定了基础。

PCM 是将模拟信号转化为数字信号的一种调制方式,可以将多用户信号在不同时隙多路复用,利用时分多路复用技术,形成 2.048Mb/s 的数字信号流实现共同传输。PCM 技术除了可以实现多路复用提高线路利用率外,它还有抗干扰能力强、传输特性稳定、质量高的特点,广泛应用于现代数字通信网络,尤其是电话通信网络。

4. 无线电技术

英国科学家法拉第 1831 年提出电磁感应现象,磁场的变化在导体中感生出电流,反过来电也能产生磁场,英国物理学家麦克斯韦 1864 发表《电磁学动力原理》一文,从理论上推测到电磁波的存在,1873 年他出版集大成的《电磁理论》一书,1887 年德国物理学家赫兹首先发现并验证了电磁波的存在,不但为无线电通信创造了条件,并且从电磁波的传播规律中确定电磁波和光波一样,具有反射、折射和偏振等性质,论证了电磁波与光波的同源性,验证了麦克斯韦关于光是一种电磁波的理论推测。

基于这些电磁感应理论和基础,意大利无线电工程师马可尼 1894 实现了无线电通信,1896 年,在英国试验其成果可用于 14.4km 距离的通讯并取得专利。1897 年,在伦敦成立“马可尼无线电报公司”,使得无线电报通信实用化。

无线电技术就是利用无线电波传输信息的通信方式,能传输声音、文字、数据和图像等。与有线电通信相比,不需要架设传输线路,不受通信距离限制,机动性好,建立迅速;但传输质量不稳定,信号易受干扰或易被截获,保密性差。

人类发明了电报和电话后,信息传播的速度比以往快了很多倍。电报、电话的出现缩短了各大陆、各国家人民之间的距离感。但是,当初的电报、电话都是靠电流在导线内传输信号的,这使通信受到很大的局限。要通信首先要有线路,而架设线路受到客观条件的限制。况且,极需要通信联络的海上船舶,以及后来发明的飞机,因为它们都是会移动的交通工具,所以是无法用有线方式与地面人们联络的。19 世纪发明的无线电通讯技术,使通信摆脱了依赖导线的方式,是通信技术上的一个飞跃,也是人类科技史上的一个重要成就。

5. 计算机通信技术

计算机通信网络是计算机技术和通信技术相结合而形成的一种新的通信方式,主要是满足数据传输的需要。它是将不同地理位置、具有独立功能的多台计算机终端及附属硬件设备(路由器、交换机)用通信链路连接起来,并配备相应的网络软件,依照一定的通信协议,利用数据传输技术在两个终端之间传递数据信息的一种通信方式和通信业务。它不仅可以满足局部地区的一个企业、公司、学校和办公机构的数据、文件传输需要,而且可以在一个国家甚至全世界范围进行信息交换、存储和处理,同时可以提供语音、数据和图像的综合性服务。

1906 年发明电子管,模拟通信得到发展,1928 年奈奎斯特提出数据理论,1948 年的香农定理、20 世纪 50 年代发明半导体,都推动了数字通信的发展,而数据交换的方式也由电路交换、分组交换方式向 ATM 交换方式演进。1969 年 10 月 29 日美国 ARPA 网在加州大学洛杉矶分校与斯坦福研究院连通两个节点,实现了分组交换网络的远程通信,标志着互联网正式诞生,1989 年 3 月 13 日 WWW 诞生,互联网开始在全球迅速地普及发展。

6. 移动通信技术

移动通信技术可以说从无线电通信发明之日起就产生了,它是现代通信中发展较晚但最

为迅速,也是最有前途的一种通信方式。在微电子技术和计算机技术的推动下,移动通信从过去简单的无线对讲或广播方式发展成为一个把有线、无线融为一体,固定、移动互联的全国乃至全世界的通信系统。20 世纪后期,随着电路集成技术的迅猛发展,公共移动电话网也得到很快的发展,其发展大概分为三个阶段:第一代蜂窝模拟移动通信网,由于制式太多、互不兼容、话音质量不高、不能提供数据业务、不能提供自动漫游、频谱利用率低、移动设备复杂、费用较贵、保密性差等缺点已经被淘汰,中国在 2001 年底正式将其关闭;第二代数字蜂窝移动通信网络,主要有 GSM 网络和 IS-95CDMA,主要满足人们语音通信和短信服务,数据传输率低;第三代移动通信网络有 TD-SCDMA、WCDMA 和 CDMA2000、WiMAX 网络,相比 2G,3G 有更宽的带宽,不仅能传输语音,还能传输数据,从而提供快捷、方便的无线应用,如无线接入 Internet,能够实现高速数据传输和宽带多媒体服务。满足多媒体业务的要求,从而为用户提供更经济、内容更丰富的无线通信服务。3G、4G 移动通信是无线通信与互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统,是一种新型的移动互联网技术。

7. 光纤通信技术

光纤通信是指利用光导纤维(光纤)传送信息的光通信方式,具有容量大、成本低、不怕电磁干扰的优点。1880 年,贝尔发明光电话,是人类第一次使用光通信。1960 年 5 月 16 日,美国洛杉矶休斯飞机公司的梅曼发明第一台红宝石激光器,通过受激发射放大原理产生一种相干光辐射(激光),光纤通信所需的光源,是可高速调制的光源,以便载送大容量信息,激光器就可以满足光纤通信,所以说激光器的发明揭开了人类进入光通信的序幕。

1966 年英籍华人光纤之父——高琨发表文章指出传输损耗非常低的玻璃纤维可以通过控制玻璃的纯度和成分来得到,可实现长距离、大容量通信。这一结论被公认为一大突破,它推动研究者改进用于制作光纤的玻璃材料。1970 年,康宁公司制成了第一根衰减小至 20dB/km 的光纤,1974 年康宁公司生产的光纤已达到了损耗为 4dB/km,继而是 2dB/km 的水平,而到 1976 年,损耗已降至 1dB/km。低损耗光纤,使其可应用在通信上。1976 年和 1978 年,日本先后进行了速率为 34Mb/s 及 100Mb/s 的光纤通信系统的试验,1977 年在美国芝加哥和圣塔摩尼卡之间首次建成商用的光纤通信系统,两根直径 0.1mm 的光纤,同时可开通 8000 路电话。光纤通信,具有其他通信无可比拟的一系列优点,彻底改变了现代通信网络,被称为当今信息社会信息高速公路革命发展的标志,是各种通信网络的重要传输方式。

1.1.2 我国电信发展

1. 电话通信

1900 年中国第一部市话电话在南京问世,标志着我国现代通信的一个开端,但到 1949 年,中国电话的普及率才只有 0.05%,用户数只有 26 万户。新中国成立后,1958 年新建的北京电报大楼被称为新中国通信发展的一个重要里程碑,1960 年纵横制自动交换机在上海投入使用;1969 年实现了北京国内第一个长途通信;到 1978 年,中国电话用户数有 214 万户,普及率 0.43%;1982 年投币式公用电话亭在北京市区投入使用,同年中国首次引入程控交换机。1996 年 1 月,中国巨龙公司自主研发成功我国第一台综合业务数字网交换机 HJD04-ISDN。自上世纪 80 年代中期以来,中国政府加快了基础电信设施的建设,一跃从 1991 年 650 万户固定电话用户发展到 2003 年底的 2.63 亿户,这个时期,是我国固定电话增长最为迅猛的时代。之后,固话市场由于受到移动电话的冲击,发展速度进一步放缓,到 2016 年初全国电话用户总数达

15.37 亿户，而固定电话用户总数为 2.31 亿户，比上年减少 1843.4 万户。

2. 移动通信

1987 年我国首先在广州建立第一个全接入系统 TACS 模拟蜂窝移动电话系统，1990 年达到 1.8 万户，1994 年移动用户规模就达到 157 万，直到 2001 年 12 月 31 日正式关闭模拟移动通信网，中国移动通信正式进入全数字时代。

1992 年在嘉兴地区引入第二代数字移动蜂窝网 GSM 系统，2002 年 1 月 8 日，中国联通“新时空”CDMA 网络正式开通；2001 年 7 月 12 日，中国移动集团宣布在全国 25 个城市开通 GPRS 业务，标志着中国移动通信进入 2.5G 时代；2009 年 1 月 7 日，工信部颁发了三张 3G 牌照给三家运营商，随着 3G 牌照的发放，中国电信业正式进入了 3G 时代；2013 年 12 月 4 日正式向中国移动、中国电信、中国联通颁发三张 4G 的 TD-LTE 牌照。

2001 年底，中国移动电话用户增至 1.206 亿户，超过美国 1.201 亿户而跃居全球第一。2003 年底全国电话用户总数已超过 5 亿户，移动电话用户达到 2.6 亿户，超过了固定电话用户数量，中国也因此成为世界上移动电话用户数超过固定电话用户数的国家之一。

到 2016 年初，移动手机用户已达 13.06 亿户，移动电话用户普及率达 95.5 部/百人，移动互联网用户总数近 10 亿户，4G 用户总数达 3.86 亿户，4G 用户在移动电话用户中的渗透率达到 29.6%，移动通信基站总数达 466.8 万个，其中 4G 基站总数达到 177.1 万个。

3. 互联网和宽带

自从 1989 年 3 月 13 日 WWW 诞生，互联网开始进入大众生活。1996 年 1 月，当时的邮电部电信总局建成全国第一个骨干网，标志着中国的互联网从科技教育界转向各行各业。随后，在 1999 年，中国电信将 163 网与 169 网合并，初步建成了一个覆盖全国的互联网骨干网络。2000 年前后，中国联通 CUNet、中国移动 CMNet、中国网通 CNCNet 等建设的全国性骨干网也相继开通。在 2001 年以后，随着互联网用户的增加和各种新型应用的出现，互联网流量也呈现爆发式增长，2003 年，中国电信共计对骨干网进行 5 期扩容，使骨干网容量达到 10G。2004 年以后，互联网保持高速增长。

我国宽带接入是 2000 年大规模开始建设的。2001 年宽带用户只有 6.2 万户，主要以 ADSL 为主。到 2002 年以后，我国的 ADSL 就以非常高的速度增长，2002 年 3 月 31 日，上海市的 ADSL 用户就达到了 10 万户，而到同年 8 月就上升到 15 万户，2003 年上半年新增 320 万宽带用户。

2013 年 8 月 17 日，中国国务院发布了“宽带中国”战略实施方案，意味着“宽带战略”从部门行动上升为国家战略，宽带首次成为国家战略性公共基础设施。近年来，以中国电信和中国联通为主导的“宽带中国”基础设施建设取得了快速的发展，以 FTTH 为主的“光网城市”已经覆盖我国东中部地区的大部分县级以上城市，在较高起点的基础上，仅仅两、三年的时间，我国 FTTH 的发展就已经超越了日本、美国等国家，形成了能够适应我国宽带市场发展的特色发展道路。

根据工业和信息化部数据统计，2013 年 11 月全国宽带用户总数已达到 1.9 亿户，其中 FTTH/O 宽带用户已达到 3881.2 万，占宽带用户总数的比例达到 20.6%，全国宽带用户接入速率在 4M 以上的宽带用户总数达到 1.46 亿，占宽带用户总数的比例达到 77.4%，8M 以上的宽带用户总数达到 3967.5 万，占比也突破 20%。到 2015 年底，我国光纤接入（FTTH/O）用户净增 5140.8 万户，总数达 1.2 亿户，占宽带用户总数的 56.1%，8M 以上、20M 以上宽带用户

总数占宽带用户总数的比例分别达 69.9%、33.4%。

1.1.3 我国电信现状和趋势

1. 通信用户数量及业务

自从 2008 年 3G 牌照发放后,我国正式步入第三代移动通信。表 1-1-1 是截止 2016 年 1 月国内三家运营商的手机用户分布以及其中 4G 用户的情况。

4G 牌照发放后,各企业投资重点开始转向移动通信、传输等领域,移动通信网络和光纤宽带基础设施能力不断提升,移动数据流量保持高速增长,对移动语音和短信业务量的替代性加强。在智能终端普及的推动下,移动用户逐步形成使用移动互联网的习惯,继续推动移动互联网流量保持高速增长。截止 2015 年 12 月,全国固定电话达到 2.31 亿户,移动手机用户达到 13.06 亿户,其中 3G 用户 2.04 亿户,互联网宽带接入用户 2.06 亿户,移动互联网用户 9.05 亿户,固定电话普及率为 16.9%,移动电话普及率为 95.5%。

表 1-1-1 2016 年 1 月我国手机用户分布数据(单位:亿)

	中国移动	中国电信	中国联通	合计
手机用户数	8.25 亿	1.97 亿	2.87 亿	13.09 亿
3G/4G 用户数	4.43 亿	1.41 亿	1.8 亿	7.64 亿

移动通信收入增速大幅回落,与固定通信收入增速差距缩小。2014 年一季度,移动通信业务实现收入 2145.3 亿元,同比增长 7%,比上年同期下降 3.7 个百分点。其中,移动互联网业务实现收入 579.5 亿元,同比增长 46%,但移动语音业务收入下降了 0.8%。固定通信业务实现收入 763.1 亿元,同比增长 5%,增速比上年同期提高 0.2 个百分点,对收入增长的贡献从去年同期的 14.6%提高至 20.5%。其中,固定数据及互联网业务实现收入 392.8 亿元,同比增长 6.9%,占电信业务收入的比重提升至 13.5%。从业务收入增长贡献上看,移动通信业务收入的增长贡献率达 79.5%,仍是电信业务收入增长的主要动力。

2. 通信设备商与运营商

电信设备制造商就是指研发、生产、维护电信设备的企业。电信业的高速发展造就了一批产业中坚企业,国内通信设备制造业的厂商也很多,其中华为、中兴、大唐是国内主要的通信设备制造商。占据国际主要市场的通信设备制造商主要是瑞典的爱立信、法国的阿尔卡特—朗讯、华为、诺西(诺基亚西门子)以及中兴通讯。2015 年,华为、爱立信通信设备商的全年主营业务收入分别为 120.6 亿美元、289.6 亿美元。

爱立信早期生产电话机、程控交换机,是世界最大的移动系统供应商,能够为世界所有主要移动通信标准提供设备和服务,全球 40%的移动呼叫通过爱立信的系统进行。

华为技术有限公司是一家总部位于中国广东深圳市的生产销售电信设备的员工持股的民营科技公司,于 1988 年成立于中国深圳,是国内最大的电信网络解决方案供应商。华为的主要营业范围是交换、传输、无线和数据通信类电信产品,在电信领域为世界各地的客户提供网络设备、服务和解决方案。

运营商是指提供网络服务的供应商,国内三大运营商是中国移动、中国联通和中国电信。中国移动成立于 1999 年,主要运营 GSM 网络。2002 年 5 月 16 日中国电信南北拆分组建新的

中国电信集团公司和中国网络通信集团公司。2008 年中国电信重组，中国电信收购中国联通 CDMA 网（包括资产和用户），中国联通 G 网与中国网通合并，中国网通的基础电信业务并入中国电信，中国铁通并入中国移动。

国外比较大的运营商有美国的 AT&T 和 Verizon 公司、日本的 NTT 公司，中国移动在 2015 年全球移动通信运营商收入排行榜位居第四，纯利润位居第一，AT&T、Verizon、NTT 分列第一、第二、第三位。

3. 我国通信行业的发展趋势

近年来，我国信息通信产业实现了平稳较快的发展，信息通信网络稳步优化升级，支撑能力持续提升，有效拉动了社会信息消费潜能，3G、4G 和移动互联网、宽带等业务增长迅猛，新兴应用快速推进。当前，全球通信产业已经进入新的大融合、大变革和大转型时期，将逐步实现新的跨越式发展。

全球数据显示，2013 年移动宽带和固定宽带用户增速分别达到 34.7%和 9.2%，远远超过移动电话用户（6.6%）和固定电话用户增速（-1.2%），所以，未来全球信息通信业发展的热点——移动互联网将成为信息通信产业发展的主线。同时，4G 和宽带网络建设将成为信息通信业网络建设的两个重点。

（1）4G

2013 年 12 月 4 日工信部正式向三大运营商发布 4G 牌照，中国移动、中国电信和中国联通均获得 TD-LTE 牌照，宣告我国通信行业进入 4G 时代。2015 年 2 月 27 日，工信部宣布向中国电信和中国联通发放 LTE FDD 牌照，LTE-FDD 网络正式商用。

截至 2015 年 4 月 30 日，中国 4G 总用户已经超过 1.5 亿；2015 年 9 月，中国 4G 用户净增 2515 万，累计达到 3.02 亿，首次突破 3 亿大关，在移动电话用户 12.9 亿中的比重也达到了 23%。同月，全国 3G 用户净减 884.5 万，加速向 4G 转换。我国工信部数据显示，截至 2015 年底我国移动电话用户总数达到 13.1 亿户，4G 用户总数已经达到 3.56 亿。

4G 商用发展初期，由于中国移动占据了领先优势，用户数量的增长也一直遥遥领先。截至 2016 年 1 月中国移动 4G 用户数目前已达到 3.12 亿，在 4G 市场上移动已经占据了高达 80% 以上的份额。

（2）移动互联网

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。3G 时代的开启以及移动终端设备的智能化将为移动互联网的发展注入巨大的能量，经过了几年的迅速发展，2015 年中国移动互联网用户数已近 10 亿户。移动互联网正逐渐渗透到人们生活、工作的各个领域，短信、铃图下载、移动音乐、手机游戏、视频应用、手机支付、位置服务等丰富多彩的移动互联网应用迅猛发展，正在深刻改变信息时代的社会生活。

然而，移动互联网在移动终端、接入网络、应用服务、安全与隐私保护等方面还面临着一系列的挑战。其基础理论与关键技术的研究，对于国家信息产业整体发展具有重要的现实意义。

（3）宽带中国、光网城市

宽带是国家经济社会发展的重要基础，是国家工业化与信息化融合的重要纽带，也是中国电信的战略性业务。固定宽带方面，自从 2011 年正式启动“宽带中国—光网城市”战略的

部署,近几年将进入推广普及阶段。中国电信宽带用户的接入带宽在 2014 年后内跃升了 10 倍以上,并将持续快速提升;资费在 2014 年左右迎来“跳变期”,并将持续下降。南方城市全面实现光纤化,核心城区全部实现光纤接入,最高接入带宽达到 100M,城市家庭接入带宽普遍达到 20M 以上。形成一个包括卫星通信、光纤宽带、移动网络,覆盖大江南北、惠及全中国的优质信息网络。同时,由于中国移动上市公司已于 2013 年底获得了固网宽带经营牌照,因此,2014 年以后宽带网络建设进一步有所突破,网络覆盖和优化进程将加速,用户接入速率有望持续提升,宽带资费将进一步下降。2015 年,三家基础电信企业固定互联网宽带接入用户净增 1288.8 万户,总数达 2.13 亿户。其中,光纤接入 (FTTH/O) 用户净增 5140.8 万户,总数达 1.2 亿户,占宽带用户总数的 56.1%,比上年提高 22 个百分点。8M 以上、20M 以上宽带用户总数的比重分别达 69.9%、33.4%,比上年分别提高 29、23 个百分点。

光纤宽带将推动物联网、云计算等新兴产业发展,促进新业务、新终端的不断涌现。如,智能家居等物联网应用将融合家庭内部的各类应用,完成安防报警、实时通知及视频联动,用户通过手机既可对家庭安全进行实时监控。同时,结合家居内的电器设备进行远程控制和管理,实现全智能家居环境,让用户享受安全、便捷、舒适的信息生活。

(4) 移动运营虚拟化

2013 年 12 月 26 日,工信部正式发布了虚拟运营商经营许可,民营资本进入电信领域取得实质性进展。同时,增值电信业务对外资开放也在积极进行探索,电信市场的有效竞争将进一步得以实现。虚拟运营商来了。2013 年 12 月 26 日,工信部发放首批移动通信转售业务试点批文。按照批文,万网志成、乐语通讯、天音通信、京东、北纬通信等 11 家企业可在今年开始向市场提供通信服务,包括发售 SIM 卡,售卖短信、语音、流量等套餐,发展增值服务等。很快,第二批虚拟运营商牌照也已发放,国美、苏宁和爱施德等民营公司都榜上有名。至此,移动服务不再是三足鼎立的局面,电信增值领域的创新大幕正式拉开。随着虚拟运营商的加入,未来电信市场竞争更加激烈,通话和流量资费在此过程中或还会不断下降。但毋庸置疑,未来三大基础运营商仍然是市场主导者,虚拟运营商提供的只是一种增值服务。

(5) 物联网技术

2013 年,众多智能家居产品的面世,意味着物联网技术广泛渗透到人们的日常生活,在物流、医疗、制造业等领域,物联网技术正逐渐推进,相关产品不断落地,应用渐成气候。业内预计未来三年我国物联网市场增长率将保持在 30% 以上。随着蓝牙、NFC、RFID、传感器等技术的日趋成熟,在用户需求的推动下,各项智能化应用落地步伐将提速,诸如智能胶囊、智能手环、智能仓储配送等产品将不断推陈出新。随着 4G 的大规模推进,物联网将加快普及。

(6) 大数据时代

“大数据”是由数量巨大、结构复杂、类型众多的数据构成的数据集合,是基于云计算的数据处理与应用模式,通过数据的整合共享,交叉复用,形成的智力资源和知识服务能力,是互联网发展到现今阶段的一种表象或特征,在以云计算为代表的技术创新大幕的衬托下,很多原本很难收集和使用的数据开始容易被利用起来,通过各行各业的不断创新,大数据会逐步为人类创造更多的价值。正如马云所说,大家还没搞清 PC 时代的时候,移动互联网来了,还没搞清移动互联网的时候,大数据时代来了。

伴随移动互联网的快速拓展和新业务的不断涌现,对电信监管提出了更高的要求,进一步改进电信市场准入制度,建立互联网事中、事后管理制度,推进电信业务价格改革的举措在

未来将有新的进展。针对移动互联网发展引发的网络信息安全风险加剧的现状,对网络信息安全管理将进一步加强,将推动形成更加安全、可信的经营环境和消费环境,进而为信息通信业的持续、健康发展构筑良好的发展环境。

课后习题

1. 填空题

(1) 2015 年底中国的手机用户约为_____亿;移动互联网用户约为_____亿;固定宽带用户约为_____亿;光纤用户约为_____亿;固定电话用户数约为_____亿。

(2) 请分别填出中国 3 个运营商的 3G 网络: 中国移动_____, 中国电信_____和中国联通_____。

(3) 美国和日本最大的通信运营商是_____和_____。

(4) 中国目前最大的通信设备制造商有_____和_____。

2. 思考题

(1) 请说明 ADSL 和光纤宽带上网的区别。

(2) 目前中国的 4G 用户在三大运营商中分布如何?

任务二 认识通信网络

1.2.1 认识网络设备

随着电话数量的增加,需要连接的线路会越来越多,为了解决这些问题,通信网络必须采用一定的交换方式,除此之外,还需要将各种协调工作的电信装备集合起来,才能构成一个完整的电信系统。电信系统由硬件和软件组成,包括三大设备,分别是终端设备、传输设备和交换设备,将通信终端、转接点和通信链路有机地结合起来,实现两个以上通信终端之间信号传输的通信体系,这就是电信系统。

对于一个实际的通信网络来说,除有发信终端(信源)、传输信道和收信终端(信宿)外,还需要交换设备来提供多点之间的通信连接。各种电信系统其具体设备的构造和功能各不相同,可以抽象和概括为统一的模型表示,具体结构组成如图 1-2-1 所示。

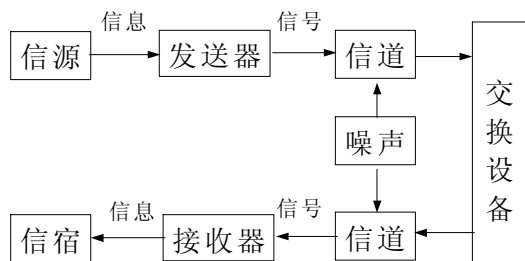


图 1-2-1 通信系统构成

信源: 信源就是信息的来源,可以是人、机器、自然界的物体等。信号的产生物被称为信源是产生信息的人或机器,如话筒、计算机、摄像机。信源发出信息的时候,一般以某种信

息的方式表现出来,可以是符号,如文字、语言等,也可以是信号,如图像、声响等。

发送器:使信号源输出的基带信号变换成适合传输的信号的设备,如编码、调制、放大等。

信道:就是信息传递的通道,是将信号进行传输、存储和处理的媒介,信道的关键问题是它的容量大小,要求以最大的速率传送最大的信息量。

接收器:将信号转化为能让终端设备识别的信号,如译码器、解调器、放大器等。

信宿:将基带信号恢复为原始信号,一般是接收信息的人或机器。如听筒、显示器、电视机、收音机。

交换设备:对通信的用户之间按需提供传输信道和传输路由,从而达到共用电信设备和提高设备、线路利用率的目的。交换设备是电信网的核心,它的基本功能是完成接入交换节点链路的复用集合、路由接续和分配。

噪音:是指信息传递中的干扰,将对信息的发送与接受产生影响,使两者的信息意义发生改变。

1. 终端设备

终端设备一般是指用户设备,主要作用是将话音、文字、数据和图像信息转变为电信号、电磁信号或光信号发出去;将接收到的电信号、电磁信号或光信号复原为原来的话音、文字、数据或图像。像常见的终端设备有电话机、电报机、移动电话机、微型计算机、数据终端机、传真机、电视机、扫描仪。近年来出现的智能通信终端主要有可视电话、智能手机、智能家居、数字会议桌面智能终端和金融智能终端机。智能终端是利用遍布全国的移动通信网络,通过短信方式进行数据传输。利用短信息实现远程报警、遥控、遥测三大功能,灵活方便,可以跨市、跨省、甚至跨国传送,主要用于状态监测,用于火灾及防盗等报警及设备故障上报。如图 1-2-2 所示为一些常见的终端设备和智能终端。



图 1-2-2 常见的电信终端设备和智能终端

2. 传输设备

传输设备是将电信号、电磁信号或光信号从一个地点传送到另一个地点的设备,它构成电信系统的传输链路(信道),包括无线传输设备和有线传输设备。无线传输设备有短波、超短波、微波收发信机和传输系统以及卫星通信系统(包括卫星和地球站设备)等;有线传输设

备有架空明线、同轴电缆、海底电缆、光缆等传输系统。安装在上述系统中的各种调制解调设备、脉冲编码调制设备、复用设备、光端机和中继附属设备、监控设备等，都属于传输设备，如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 传输设备示意图

3. 交换设备

交换设备是实现一个呼叫终端（用户）和它所要求的另一个或多个终端（用户）之间的接续或非连接传输选路的设备和系统，是构成通信网中节点的主要设备。交换设备根据主叫用户终端所发出的选择信号来选择被叫终端，使这两个或多个终端间建立连接，然后，经过交换设备连通的路由传递信号。交换设备包括电话交换机、电报交换机、数据交换机、移动电话交换机、分组交换机、ATM 交换机、宽带交换机等，如图 1-2-4 所示。

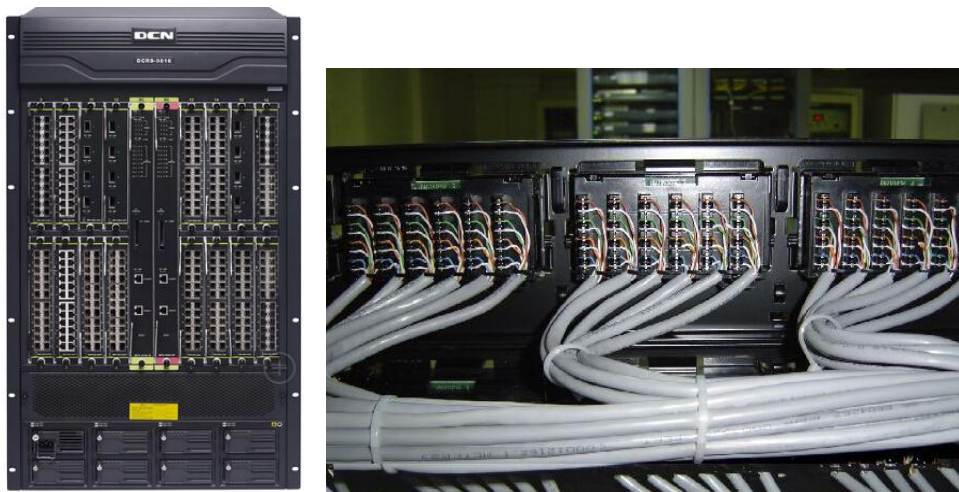


图 1-2-4 交换设备示意图

以终端设备、交换设备为点，以传输设备为线，点、线相连就构成了一个通信网，即电

信系统的硬件设备。但是只有这些硬件设备还不能很好地完成信息的传递和交换,还需有系统的软件,即一整套的网络技术,才能使由设备所组成的静态网变成一个协调一致、运转良好的动态体系。网络技术包括网络的拓扑结构、网内信令、协议和接口以及网络的技术体制、标准等,是业务网实现电信服务和运行支撑的重要组成部分。

1.2.2 认识网络结构

在电信网中,各种设备应该如何连接?尤其是交换设备之间、终端设备和交换设备的基本连接结构,也就是电信通信网的基本网络拓扑形状,反映了电信设备在物理上的排列和连接方式,直接决定了网络的结构、连接方式和性能。电信网络拓扑结构是描述交换设备间、交换设备与终端设备之间的物理连接关系。网络的拓扑结构主要有网状网、星型网、复合网、环型网、直线网、栅格网、蜂窝网等形式,环型网、直线网等结构主要用于数据通信。

1. 网状网

网状网也就是全互联方式,即网中任何两个节点之间都有直达链路相连接,在通信建立的过程中,不需任何形式的转接。如图 1-2-5 所示。采用这种形式建网时,如果通信网中的节点数为 N ,则连接网络的链路数 H 可由下面公式计算:

$$H = N(N-1)/2$$

这种拓扑结构的优点:

- (1) 点点相连,每个通信节点间都有直达电路,信息传递快。
- (2) 灵活性大,可靠性高,其中任何一条电路发生故障时,均可以通过其他电路保证通信畅通。
- (3) 通信节点不需要汇接交换功能,交换费用低。

这种拓扑结构的缺点:

- (1) 线路多,投资成本高,当存在 N 个终端时需要 $N(N-1)/2$ 条线路,建设和维护费用都很大。
- (2) 在通信量不大的情况下,电路利用率低。
- (3) 实用化程度低。当 N 值较大且距离较远时,需要大量的传输线路,因此全互联方式无法实用化。
- (4) 管理维护不方便,由于每个用户处的线路和接口较多,操作使用极不方便,管理、维护也非常困难。

综合以上优缺点可以看出:网状网适用于通信节点数较少而相互间通信量较大的情况。比如电话网络中,我国八大区之间就采用互联的网状网拓扑结构,让交换节点形成两两互联,才能实现各个不同区域之间的通信。

2. 星型网

全互联方式会随着用户数的增加和距离的扩大,问题越来越突出。为解决这些问题,可以设想在用户分布密集的中心处安装一个设备,每个用户都用一条线路(用户线)与该设备相连,这就是星型网。星型网又称为辐射制,在地区中心设置一个中心通信点,地区内的其他通信点都与中心通信点有直达电路,而其他通信点之间的通信都经中心通信点转接,如图 1-2-6 所示。

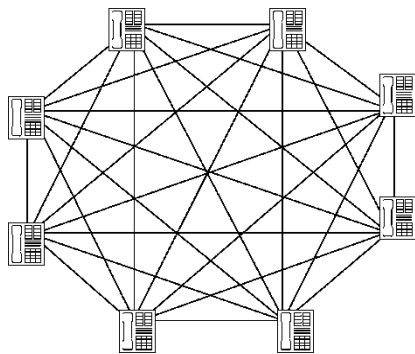


图 1-2-5 网状网示意图

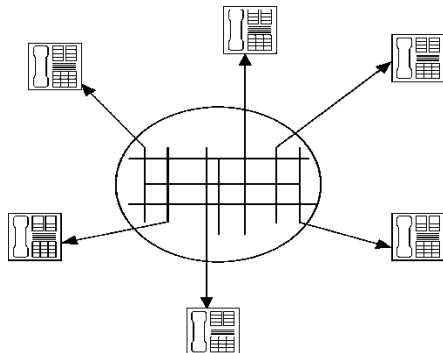


图 1-2-6 星型网示意图

采用星型结构建网时,如果通信网中的节点数为 N ,则连接网络的链路数 H 可由下面公式计算:

$$H = N - 1$$

拓扑结构的优点:

- (1) 网络结构简单、电路少、总长度短,基本建设和维护费用少。
- (2) 中心通信点增加了汇接交换功能,集中了业务量,提高了电路利用率。
- (3) 只经一次转接。

拓扑结构的缺点:

- (1) 可靠性低,若中心通信点发生故障,整个通信系统瘫痪。
- (2) 通信量集中到一个通信点,负荷重时影响传输速度;通信量大时交换成本增加。
- (3) 相邻两点的通信也需经中心点转接,电路距离增加。

综合以上优缺点可以看出:这种网络结构适用于通信点比较分散,距离远,相互之间通信量不大,且大部分通信是中心通信点和其他通信点之间的往来情况。

3. 复合网

复合网又称为辐射汇接网,是以星型网为基础,在通信量较大的地区间构成网状网。复合网吸取了网状网和星型网二者的优点,比较经济合理,且有一定的可靠性,是通信网的基本结构形式,如图 1-2-7 所示,电话网的本地网络中,采用的就是复合网,本地的交换节点两两互联,交换节点和终端节点采用星型网结构。

4. 总线网

网络中所有的站点共享一条数据通道,通常用于计算机局域网中,如图 1-2-8 所示。总线型网络安装简单方便,需要铺设的电缆最短,成本低,某个节点的故障一般不会影响整个网络的运行。但总线一旦出现故障,就会导致网络瘫痪,总线网安全性低,同时,这种拓扑结构还难以查找故障,增加新站点也较为困难。

总线型拓扑是采用单根传输总线作为共用的传输介质,将网络中所有的计算机通过相应的硬件接口和电缆直接连接到这根共享的总线上。

总线型拓扑结构的优点如下:

- ① 所需电缆数量较少;② 结构简单,无源工作有较高可靠性;③ 易于扩充。

总线型拓扑结构的缺点如下:

- ① 总线传输距离有限,通信范围受到限制;② 故障诊断和隔离比较困难。

总线型拓扑结构适用于计算机数目相对较少的局域网络，通常这种局域网络的传输速率在 100Mb/s，网络连接选用同轴电缆，典型的总线型局域网有以太网。

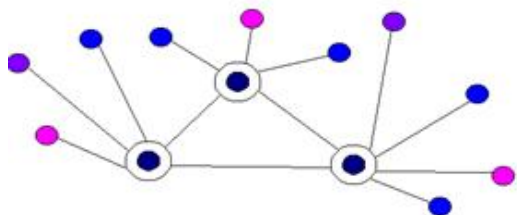


图 1-2-7 复合网示意图

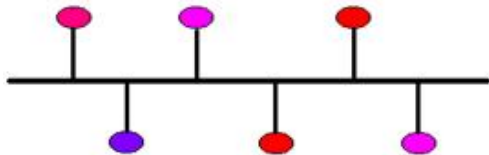


图 1-2-8 总线网示意图

5. 环形网

环形网络是使用一个连续的环将每台设备连接在一起。它能够保证一台设备上发送的信号可以被环上其他所有的设备都看到。在简单的环形网中，网络中任何部件的损坏都将导致系统出现故障，这样将阻碍整个系统进行正常工作。而具有高级结构的环形网则在很大程度上改善了这一缺陷。这种结构的网络形式主要应用于令牌网中，在这种网络结构中各设备是直接通过电缆来串接的，最后形成一个闭环，整个网络发送的信息就是在这个环中传递，通常把这类网络称之为“令牌环网”，如图 1-2-9 所示。

6. 蜂窝网

蜂窝网（Cellular Network）是移动网络的一种网络拓扑结构，把移动电话的服务区分为一个个正六边形的子区，每个小区设一个基站，形成了形状酷似“蜂窝”的结构，如图 1-2-10 所示，因而把这种移动通信方式称为蜂窝移动通信方式。



图 1-2-9 环形网示意图

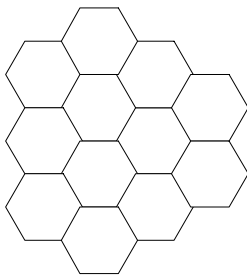


图 1-2-10 蜂窝网示意图

7. 等级树网

等级树网是指网络为每个交换中心分配一个等级，除了最高等级的交换中心以外，每个交换中心必须接到等级比它高的交换中心，本地交换中心位于较低等级，而转接交换中心和长途交换中心位于较高等级。

按照使用范围分类，我国电话网可分为本地电话网、国内长途电话网和国际长途电话网，采用的正是三级等级树状网络结构。长途为两级结构，分别是一级交换中心 DC1 和二级交换中心 DC2，本地端局 DL 为一级结构，如图 1-2-11 所示。

本地电话网中设置端局和汇接局两个等级的交换中心，由汇接局和端局组成的二级网结构。各汇接局介于 DC2 和端局 DL 之间，汇接局之间个个相连组成网状网，汇接局与其所汇

接的端局之间以星型网相连。形成复合网罗的本地网结构。

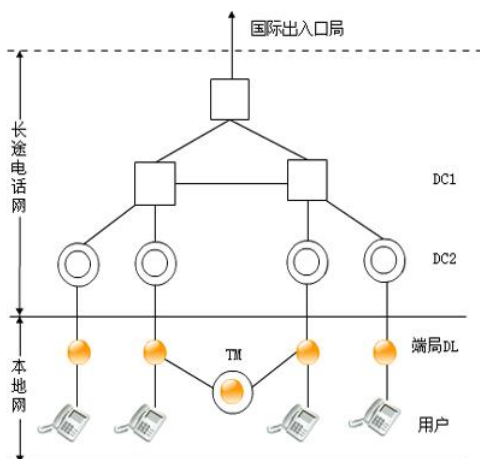


图 1-2-11 我国电话网等级树结构示意图

我国的一级交换中心也称为大区中心，全国有八个，分别是北京、上海、武汉、沈阳、西安、成都、南京、广州。这八大区以网状网方式互联，主要职能是疏通所在区间的长途业务，以及所在本地网的长途终端业务；DC2 为地区中心，设在各地区城市，主要职能是汇接所在本地网的长途终端业务；二级长途网中，形成了两个平面。DC1 之间以网状网相互连接，形成高平面，或叫做省际平面，DC1 与本省内各地市的 DC2 以星状相连。

国际长途电话是通过国际出入口局来完成。

1.2.3 电信网络的分类

按电信业务的种类分为：公共交换电话网 PSTN（Public Switched Telephone Network）、电报网、数据通信网，公用陆地移动通信网 PLMN（Public Land Mobile Network）、有线电视网 CATV（Community Antenna Television）等。

按服务区域范围分为：本地电信网、农村电信网、长途电信网、移动通信网、国际电信网等。

按传输媒介种类分为：架空明线网、电缆通信网、光缆通信网、卫星通信网、用户光纤网、低轨道卫星移动通信网等。

按交换方式分为：电路交换网、报文交换网、分组交换网、宽带交换网等。

按结构形式分为：网状网、星型网、环型网、总线网、蜂窝网、等级树网等。

按信息信号形式分为：模拟通信网、数字通信网、数字模拟混合网等。

按信息传递方式分为：同步转移模式（STM）的综合业务数字网（ISDN）和异地转移模式（ATM）的宽带综合业务数字网（B-ISDN）等。

按通信者是否运动可分为移动通信网和固定通信网。

按网络功能分为三个部分：核心网和接入网。核心网负责业务的处理，包括交换网、中继传输网，接入网是指骨干网络到用户终端之间的所有设备及其传输网络，接入网负责用户的接入，被称为“信息高速公路的最后一公里”。

1.2.4 认识传输介质

通信介质也就是传输媒介，是指通信网络的传输线路，有双绞线、同轴电缆和光纤三种缆线，如图 1-2-12 所示，还有短波、移动通信和卫星通信等无线传输介质。



图 1-2-12 常见的传输介质

1. 双绞线

双绞线 (Twisted Pair) 是由一对或者一对以上的相互绝缘的导线按照一定的规格互相缠绕 (一般以逆时针缠绕) 在一起而制成的一种传输介质，属于信息通信网络传输介质。之所以要绞合在一起，是因为当两根绝缘的铜导线按一定规格互相绞在一起时，可降低信号干扰的程度，每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根线上发出的电波抵消。其中外皮所包的导线两两相绞，形成双绞线对，因而得名双绞线。

双绞线最早应用于电话系统，由于普通语音信号要求不高，所以电话线中的信号可以在无须任何放大的情况下传输到几千米之外。模拟传输和数字传输都可使用双绞线。它还是综合布线工程中最常用的一种传输介质。

双绞线的类型主要分为两种：屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair, STP) 和非屏蔽双绞线 (Unshielded Twisted Pair, UTP)。

屏蔽双绞线在双绞线与外层绝缘封套之间有一个金属屏蔽层。屏蔽双绞线分为 STP 和 FTP (Foil Twisted-Pair)，STP 指每条线都有各自的屏蔽层，而 FTP 只在整个电缆有屏蔽装置，并且两端都正确接地时才起作用。所以要求整个系统是屏蔽器件，包括电缆、信息点、水晶头和配线架等，同时建筑物需要有良好的接地系统。屏蔽层可减少辐射，防止信息被窃听，也可阻

止外部电磁干扰的进入,使屏蔽双绞线比同类的非屏蔽双绞线具有更高的传输速率。

非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair,缩写UTP)是一种数据传输线,由四对不同颜色的传输线所组成,广泛用于以太网和电话线中。

双绞线的传输特性主要有以下几点:

(1) 传输距离远、传输质量高。由于在双绞线收发器中采用了先进的处理技术,极好地补偿了双绞线对视频信号幅度的衰减以及不同频率间的衰减差,保持了原始图像的亮度和色彩以及实时性,在传输距离达到1km或更远时,图像信号基本无失真。如果采用中继方式,传输距离会更远。

(2) 布线方便、线缆利用率高。一对普通电话线就可以用来传送视频信号。另外,楼宇大厦内广泛铺设的5类非屏蔽双绞线中任取一对就可以传送一路视频信号,无须另外布线,即使是重新布线,5类缆也比同轴电缆容易。此外,一根5类缆内有4对双绞线,如果使用一对线传送视频信号,另外的几对线还可以用来传输音频信号、控制信号、供电电源或其他信号,提高了线缆利用率,同时避免了各种信号单独布线带来的麻烦,减少了工程造价。

(3) 抗干扰能力强。双绞线能有效抑制共模干扰,即使在强干扰环境下,双绞线也能传送极好的图像信号。而且,使用一根缆内的几对双绞线分别传送不同的信号,相互之间不会发生干扰。

(4) 可靠性高、使用方便。利用双绞线传输视频信号,在前端要接入专用发射机,在控制中心要接入专用接收机。这种双绞线传输设备价格便宜,使用起来也很简单,无需专业知识,也无太多的操作,一次安装,长期稳定工作。

(5) 价格便宜,取材方便。由于使用的是目前广泛使用的普通5类非屏蔽电缆或普通电话线,购买容易,而且价格也很便宜,给工程应用带来极大的方便。

2. 同轴电缆

同轴电缆(Coaxial)是指有两个同心导体,而导体和屏蔽层又共用同一轴心的电缆。它比双绞线具有更好的屏蔽性,所以它可以以很高的速率传输很长的距离。这种电缆由里到外分为四层:中心铜线(单股的实心线或多股绞合线)、塑料绝缘体、网状导电层和电线外皮。中心铜线和网状导电层形成电流回路。因为中心铜线和网状导电层为同轴关系而得名。最常见的同轴电缆由绝缘材料隔离的铜线导体组成,在里层绝缘材料的外部是另一层环形导体及其绝缘体,然后整个电缆由聚氯乙烯或特氟纶材料的护套包住。

同轴电缆分为基带同轴电缆(阻抗为 500Ω)和宽带同轴电缆(阻抗为 750Ω)。基带同轴电缆又可分为粗缆和细缆两种,都用于直接传输数字信号;宽带同轴电缆用于频分多路复用的模拟信号传输,也可用于不使用频分多路复用的高速数字信号和模拟信号传输。闭路电视所使用的CATV电缆就是宽带同轴电缆。基带同轴电缆仅用于数字传输,并使用曼彻斯特编码,数据传输速率最高为10Mb/s。宽带同轴电缆既可用于模拟信号传输又可用于数字信号传输。

短距离的同轴电缆一般也会用在家用影音器材,或是用在业余无线电设备中。此外,也曾经被广泛使用在以太网的连接中,直至被双绞线(CAT-5线)所取代。

长距离的同轴电缆常用来作为在电台或电视台的网络上使用的电视信号线。虽然渐渐同轴电缆被光纤、T1/E1等取代,但由于其相对便宜,也早已铺设完成,因而沿用至今。

3. 光纤

光纤(Optical Fiber)是光导纤维的简写。光纤是一种利用光在玻璃或塑料制成的纤维中的

全反射原理传输的光传导工具。微细的光纤封装在塑料护套中,使得它能够弯曲而不至于断裂。通常光纤的一端的发射设备使用发光二极管或一束激光将光脉冲发送至光纤,光纤的另一端的接收设备使用光敏组件检测脉冲。若干根光纤组成的线缆称为光缆。由于光在光导纤维的传输损失比电在电线传导的损耗低得多,更因为主要生产原料是硅,蕴藏量极大,较易开采,所以价格很便宜,促使光纤被用作长距离的信息传递工具。随着光纤的价格进一步降低,光纤也被用于医疗和娱乐。

光导纤维是双重构造,核心部分是高折射率玻璃,表层部分是低折射率的玻璃或塑料,光在核心部分传输,并在表层交界处不断进行全反射,沿“之”字形向前传输。这种纤维比头发稍粗,这样细的纤维要有折射率截然不同的双重结构分布,是一个非常惊人的技术。各国科学家经过多年努力,创造了内附着法、MCVD法、VAD法等,制成了超高纯石英玻璃,特制成的光导纤维传输光的效率有了非常明显的提高。现在较好的光导纤维,其光传输损失每公里只有0.2dB;也就是说传播一公里后只损失4.5%。

光导纤维开发之初,仅用于汽车照明灯的控制和装饰,后来主要应用在通信和图像传输方面,工业上用于光导向器、显示盘、标识、开关类照明调节、光学传感器等。

(1) 通信应用

光导纤维可以用在通信技术里。1979年9月,一条3.3公里的120路光缆通信系统在北京建成,几年后上海、天津、武汉等地也相继铺设了光缆线路,利用光导纤维进行通信。

利用光导纤维进行的通信叫光纤通信。一对金属电话线至多只能同时传送一千多路电话,而根据理论计算,一对细如蛛丝的光导纤维可以同时传送一百亿路电话。铺设1000公里的同时轴电缆大约需要500吨铜,改用光纤通信只需几公斤石英就可以了。沙石中就含有石英,几乎是取之不尽的。

在通信中,频带的宽窄代表传输容量的大小。载波的频率越高,可以传输信号的频带宽度就越大。在VHF频段,载波频率为48.5MHz~300MHz。带宽约250MHz,只能传输27套电视和几十套调频广播。可见光的频率达100000GHz,比VHF频段高出一百多万倍。尽管由于光纤对不同频率的光有不同的损耗,使频带宽度受到影响,但在最低损耗区的频带宽度也可达30000GHz。目前单个光源的带宽只占了其中很小的一部分(多模光纤的频带约几百兆赫,好的单模光纤可达10GHz以上),采用先进的相干光通信可以在30000GHz范围内安排2000个光载波,进行波分复用,可以容纳上百万个频道。

1) 损耗低。

在同轴电缆组成的系统中,最好的电缆在传输800MHz信号时,每公里的损耗都在40dB以上。相比之下,光导纤维的损耗则要小得多,传输1.31 μm 的光,每公里损耗在0.35dB以下,若传输1.55 μm 的光,每公里损耗更小,可达0.2dB以下。这就比同轴电缆的功率损耗要小一亿倍,使其能传输的距离要远得多。此外,光纤传输损耗还有两个特点,一是在全部有线电视频道内具有相同的损耗,不需要像电缆干线那样必须引入均衡器进行均衡;二是其损耗几乎不随温度而变,不用担心因环境温度变化而造成干线电平波动。

2) 重量轻。

因为光纤非常细,单模光纤芯线直径一般为4 μm ~10 μm ,外径也只有125 μm ,加上防水层、加强筋、护套等,用4~48根光纤组成的光缆直径还不到13mm,比标准同轴电缆的直径47mm要小得多,加上光纤是玻璃纤维,比重小,使它具有直径小、重量轻的特点,安装十分方便。

3) 抗干扰能力强。

因为光纤的基本成分是石英, 只传光, 不导电, 不受电磁场的作用, 在其中传输的光信号不受电磁场的影响, 故光纤传输对电磁干扰、工业干扰有很强的抵御能力。也正因为如此, 在光纤中传输的信号不易被窃听, 因而利于保密。

4) 保真度高。

因为光纤传输一般不需要中继放大, 不会因为放大引入新的非线性失真。只要激光器的线性好, 就可高保真地传输电视信号。实际测试表明, 好的调幅光纤系统的载波组合三次差拍比 C/CTB 在 70dB 以上, 交调指标 CM 也在 60dB 以上, 远高于一般电缆干线系统的非线性失真指标。

5) 工作性能可靠。

我们知道, 一个系统的可靠性与组成该系统的设备数量有关。设备越多, 发生故障的机会越大。因为光纤系统包含的设备数量少 (不像电缆系统那样需要几十个放大器), 可靠性自然也就高, 加上光纤设备的寿命都很长, 无故障工作时间达 50 万~75 万小时, 其中寿命最短的是光发射机中的激光器, 最低寿命也在 10 万小时以上。故一个设计良好、正确安装调试的光纤系统的工作性能是非常可靠的。

6) 成本低廉。

光通信技术的发展, 为 Internet 宽带技术的发展奠定了非常好的基础。这就为大型有线电视系统采用光纤传输方式扫清了最后一个障碍。由于制作光纤的材料 (石英) 来源十分丰富, 随着技术的进步, 成本还会进一步降低; 而电缆所需的铜原料有限, 价格会越来越高。

光纤传输在诸多有线传输介质中将占绝对优势, 成为建立现代通信网络的最主要传输手段。

(2) 医学应用

光导纤维内窥镜可导入心脏和脑室, 测量心脏中的血压、血液中氧的饱和度、体温等。用光导纤维连接的激光手术刀已在临床应用, 并可用作光敏法治癌。

另外, 利用光导纤维制成的内窥镜, 可以帮助医生检查胃、食道、十二指肠等部位的疾病。光导纤维胃镜是由上千根玻璃纤维组成的软管, 它有输送光线、传导图像的本领, 又有柔软、灵活, 可以任意弯曲等优点, 可以通过食道插入胃里。光导纤维把胃里的图像传出来, 医生就可以窥见胃里的情形, 然后根据情况进行诊断和治疗。

(3) 传感器应用

光导纤维可以把阳光送到各个角落, 还可以进行机械加工。计算机、机器人、汽车配电盘等也已成功地用光导纤维传输光源或图像。如与敏感元件组合或利用本身的特性, 则可以做各种传感器, 测量压力、流量、温度、位移、光泽和颜色等。在能量传输和信息传输方面也获得广泛的应用。

(4) 艺术应用

由于光纤良好的物理特性, 光纤照明和 LED 照明在艺术装修美化领域运用得越来越广泛。但光纤最重要的贡献还是极大地提高了现代通信网络的传输速度和性能, 使得通信网络进入一个“铜退光进”的新时代。

4. 电磁波

无线通信 (Wireless Communication) 是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式。电可以生成磁, 磁也能带来电, 变化的电场和变化的磁场构成了

一个不可分离的统一的场,这就是电磁场,而变化的电磁场在空间的传播形成了电磁波,电能、磁能随着电场与磁场的周期变化以电磁波的形式向空间传播出去。电磁波的传播有沿地面传播的地面波,还有从空中传播的空中波。地面波波长越长,其衰减也越少。电磁波的波长越长也越容易绕过障碍物继续传播。

把每个波段的频率由低至高依次排列的话,它们是无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线及 γ 射线,波长最长的无线电波,也称为长波。用于通信的主要是无线电波和微波,具体划分和应用如表1-2-1所示。

表 1-2-1 无线电波和微波的划分和应用

波段名称		波长范围	频率范围	频段名称	主要传播方式和用途
长波 (LW)		$10^3 \sim 10^4 \text{m}$	$30 \sim 300 \text{kHz}$	低频 (LF)	地波; 远距离通信
中波 (MW)		$10^2 \sim 10^3 \text{m}$	$300 \text{Hz} \sim 3 \text{MHz}$	中频 (MF)	地波、天波; 广播、通信、导航
短波 (SW)		$10 \sim 100 \text{m}$	$3 \sim 30 \text{MHz}$	高频 (HF)	天波、地波; 广播、通信
超短波 (VSW)		$1 \sim 10 \text{m}$	$30 \sim 300 \text{MHz}$	甚高频 (VHF)	直线广播、对流层散射; 通信、电视广播、调频广播、雷达
微波	分米波 (USW)	$10 \sim 100 \text{cm}$	$300 \text{MHz} \sim 3 \text{GHz}$	特高频 (UHF)	直线传播、散射; 通信、雷达、电视广播
	厘米波 (SSW)	$1 \sim 10 \text{cm}$	$3 \sim 30 \text{GHz}$	超高频 (SHF)	直线传播; 中继和卫星通信、雷达
	毫米波 (ESW)	$1 \sim 10 \text{mm}$	$30 \sim 300 \text{GHz}$	极高频 (EHF)	直线广播; 微波通信、雷达

课后习题

1. 填空题

- 通信系统传递的信号有_____信号、_____信号和_____信号。
- 通信系统是由_____设备、_____设备和_____设备组成的。
- 终端设备的作用是_____与信号的互相转化。
- 用户终端设备与交换设备之间的传输线路称为_____。
- PSTN 全称是_____电话网。
- 常见的传输介质有_____、_____、_____。
- 双绞线的最大传输距离为_____m。

2. 选择题

- 电话网本地网常采用的网络结构是(), 长途网采用的结构是()。
 - 网状网
 - 树状网
 - 复合型网络
 - 总线型
- ADSL 上网的最大下行速率是() b/s。
 - 1M
 - 512k
 - 4M
 - 8M
- 移动通信网络所使用的电磁频段是()。
 - VHF
 - UHF
 - SHF
 - HF