

TP393-43

Z57

J6

计算机应用专业系列教材

计 算 机 网 络

主编 郑纪蛟



A0932379

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/郑纪蛟主编. -北京:中央广播电视大学出版社, 2000. 8

计算机应用专业系列教材

ISBN 7-304-01883-6

I. 计… II. 郑… III. 计算机网络-电视大学教材
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 69487 号

版权所有,翻印必究。

计算机应用专业系列教材

计算机网络

主编 郑纪蛟

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京市友谊印刷经营公司

开本/787×1092 1/16 印张/21.5 字数/492 千字

版本/2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

印数/0001—35000

社址/北京市复兴门内大街 160 号

邮编/100031

电话/66419791 68519502

(本书如有缺页或倒装,本社负责退换)

书号: ISBN 7-304-01883-6/TP·127

定价: 28.00 元

前言



今天,社会的信息化进程已经深入人心,信息技术已经日益成为人们日常生活不可缺少的部分。计算机网络技术是由现代计算机处理技术和现代通信技术结合发展而成的,是社会信息化的基础技术。所以,“计算机网络”是计算机或信息专业中一门非常重要的课程。

计算机网络技术经过 30 余年的发展,已经成长为一棵参天大树。在它的繁枝上,从作用范围的角度讲有局域网、城域网和广域网;从传递的速率角度讲有低速、高速和超高速宽带网等之分;从连接的形式讲有环形网、星形网、总线网等;从应用的类型讲可以分成控制网、通信网、管理网等;并且把最适应于人类与外部物理世界沟通的多媒体技术大量结合在一起,形成了丰富多彩的综合运行环境。

本书是为中共广播电视大学计算机应用专业编写的“计算机网络”方向课程丛书中的网络基础知识篇。目标是为学生提供计算机网络学习的主要基础知识,以便进一步学习网络技术的具体分类内容。本书的内容是按照网络结构的层次化顺序编排而成的,依次介绍引言、网络基础预备知识、传输网和高层应用。考虑到教学对象学习的特点和培养目标,即培养高级应用型专门人才,因此,本书的内容尽量作到易懂易读,并且侧重于实际应用。基于这些特点,本书亦可作为其它院校和社会读者学习计算机网络知识的参考书。

由于计算机网络技术的发展非常快,要全面反映这方面技术进展的情况比较困难。所以在本书中,我们在介绍基础知识的基础上,尽量反映出计算机网络技术近来的变化。

书中每个章节后面都配有自测题和练习题,可以供学生在学习完每章的知识内容后复习、总结时用。学生在学习每章内容后,还可以结合各个实验练习,来体会和巩固所学过的知识。

本书由浙江大学计算机科学与工程系郑纪蛟和浙江省教科网中心赵鸣、余卫华编写。郑纪蛟执笔编写了第 1、2 章,赵鸣执笔编写了第 3 章,余卫华执笔编写了第 4 章,赵鸣和余卫华共同编写了第 5 章。全书的教学工艺设计由中央广播电视大学何晓新完成。北京邮电大学汪润生教授、徐六通副教授,中央广播电视大学吴铭磊教授对本书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的意见,编者对此表示感谢。限于时间与水平,不当之处,欢迎批评指正。

编 者

2000 年 6 月

第1章 计算机网络导论

[内容简介]

本章主要介绍信息技术的发展背景，以及信息技术在社会发展中的重要地位，并介绍信息技术具体的典型应用和信息技术发展的新方向。

[学习目标]

通过本章的学习，应该做到：

- 1.了解人类信息文明史的几个里程碑阶段。
- 2.掌握信息技术的发展过程，特别是因特网的发展情况。
- 3.了解网络的应用范围和发展前景。

[学习进度]

本章教学安排 8 学时，共 5 讲录像课（每讲 50 分钟），即：计算机网络导论 1、计算机网络导论 2、网络类型及组成、网络标准、网络新进展。

1.1 信息技术发展简史



从技术发展史角度来看，人类信息文明是随着人类生产活动的发展而不断建立起来的，早期的手工劳动生产方式只需要简单的信息技术，即可满足要求。机器工业的诞生，电子工业的发展，则需要相当复杂的信息技术来保证人类生产活动的完成。在知识经济逐步壮大的今天，传统意义上的经济活动已逐渐隐退幕后。而信息的产生、传递、转换与存贮则成为现代社会生产方式的重要特征。对应于此，信息技术的发展也就越来越快，并且日趋复杂化。了解人类信息文明发展的历史，有助于我们更好的审视过去，把握未来。

1.1.1 语言的产生

古代的人类通过学会使用和制造工具进行生产劳动，在互相交流信息的基本需要的激励下，经过长期的变迁，由原来的以简单的声音沟通消息，到可以使用更复杂的语言自由地交换思想，这个长达上百万年的漫长的进化过程使得当时的人类不同于一般的动物，在信息文明的发展方面迈出了十分关键性的一步。

1.1.2 文字的产生

大约在上万年前，人类产生了文字。尽管东西方文明的发展有很大差距，但都是使用一些特定的符号来表达确定的意思。有了文字的帮助，人类第一次可以把在生产劳动中学习积累起来的知识，以适当的文字形式保存下来，和其他的人进行交流。这样做的结果，知识就可以用图形或文字的形式保存在石壁上、涂写在兽皮上、或者烙在竹简上互相交流或留传给后人。

1.1.3 印刷术的产生

上面所说的方法虽然可行，但效果并不好。大约在上千年前，中国的蔡伦发明了纸的制造工艺，于是大批的纸张被制造出来，以刻板（以凹板和凸板的形式）的方式复制了许多的书。大约在此后不久，又出现了毕昇的“活字排版术”。从此，人类就摆脱了原始的落后状态，而可以采用先进得多的印刷技术来大量复制信息了。由于可以存放大量信息的书本可以被高效率地复制，这些书本的携带又比带竹简等方便许多。使用这种方式以后，人类社会的信息的传播速度明显提高，人类的文明程度也因此而得以迅速提升。

1.1.4 电话电报技术的产生

距今约 200 年前，莫尔斯发明了电报，解决了信息不能够远距离高速传送的问题。这样一来，就可以借助电流在电线中流动或电磁波在空中的传播，将信息发到几百里路以外的地方去。这种方法帮助人们有效地克服了空间和时间的限制，在传递信息方面获得了相当大的自由。电报虽然传得快，但是输入手续比较麻烦，要翻译成特定的代码（如莫尔斯码），不能够直接读懂，需要专业人员的帮助才能够使用。人永远不会满足停留在原有的水平上，大约在 100 多年前，发明家贝尔发明了电话。由于电话使用方便，使用者只要直接对着话筒讲话，从耳机里听就可以方便地交流信息。在短时间内可以交流的信息量也大为增加。电话技术的发明大大改写了人类社会的信息文明程度，极大地促进了人类社会各方面的发展。电话技术沿用至今，虽经很多的改进提高，其基本思路直至今天仍无多大的改变。

1.1.5 集成电路和计算机技术的发明

公元 1946 年，世界上的第一台数字电子计算机诞生了。当时这台计算机的体积非常大，

要用一个很大的房间才能够放得下，而且电能的消耗高，用了大约 6,000 只电子管，每秒钟能够运算的速度极其有限。但这毕竟是开天辟地的一个创举，有了数字电子计算机，就可以开展对文字的高速处理，此举将人类对信息的处理速度提高到一个崭新的高度。此后，集成电路技术应运而生。将从前要使用很大、很复杂而昂贵电路的设备变成了只要用指甲盖那么大的集成电路就可以实现了。这个类似天方夜谭式的奇迹现在已经变成现实。今天，数字电子计算机的体积、能耗、处理速度、存储信息的容量都大大提高。这方面 Intel 公司创始人之一摩尔 (Gordon Moore) 于 60 年代末曾提出，硅技术将根据以后所称的摩尔定律 (Moore's Law) 不断提高芯片的集成度和速度，大约每 18 个月存储器芯片的集成度翻番，微处理器速度提高一倍，而价格下降一半。今天，数字电子计算机技术已经深入到我们生活的各个角落，我们几乎每天都要和数字电子计算机打交道。数字电子计算机的发明和进步给人类信息文明史谱写了光辉的一章。

1.1.6 现代通信技术的进步

一、程控交换技术

程控交换技术是传统电话交换技术的电脑化产物。原来的电话系统的交换是采用人工转接或者用继电器转接的。使用计算机化的程控交换机后，所有的电话交换都没有了硬件的接通和拆除过程，整个电话的转接业务都通过执行计算机指令的软件方式来实现。这是一个很大的进步。这样，我们就有了无触点的交换网，使得交换容量变得更大，功能更强，速度更快，工作更稳定可靠。更为可贵的是，有了软件控制的特点，就可以在需要的时候方便地改变交换网络的功能了。

二、卫星通信

卫星是人们用于克服地理位置给人们信息传递所造成的障碍而发展起来的通信技术。比如人造地球同步通信卫星位于地球上空 36,500km 上空，每一颗卫星就可以覆盖大约 1/3 地球的表面积。这种通信方式下，只要有 3 颗卫星均匀分布在地球的周围，就可以构筑一个几乎可以覆盖全球的通信系统了。卫星通信的特点是没有通信死角，但不可能提供太大的通信容量。如果用来向许多地方同时广播信息，则它的信道利用率很高。

三、蜂窝通信

卫星通信虽然方便，但是由于它离地面距离太远，所以在传播信息时要使用较为复杂的地面站设备，费用昂贵而不易普及。再加上少数几颗卫星上的带宽也有限，不可能惠及大众，因此主要用在远程通信上。为了本地通信的方便，人类又开发了蜂窝状电话通信系统。蜂窝电话的思想是在地面上每隔一段距离就设一个无线通信的基站，每一个基站负责和自己覆盖范围内的移动通信手机相联系，基站与基站之间用有线信道方式来相互连通。这样形成的网络是由许多基站合作而成，它们的分布形状类似蜂窝，由此而得名。蜂窝通信技术发展得很快，现在又出现微蜂窝技术等。由于这些通信信道都是数字化的，所以又能够把便携电脑和掌上电脑（或叫数字助理）等设备通过这些无线通信设备上网。目前无线接入因特网的技术

非常热门。这种技术将现代无线通信应用推向更高的层次。

四、光纤通信

光纤是当今传输信息的媒体里面最具有优势的媒体之一。光纤信道具有带宽大,体积小,保密性能好,抗干扰能力强,价格便宜等许多优点,是今后通信传输系统所使用的媒体的主流。从理论上讲,当今世界上的每个地方的所有通信量放在一起都可以放到一对光纤里面去传输(当然由于路径不一样,是不可能作到只用一对光纤的),大家从这里就可以感受到它的极限容量有多大了。

1.1.7 计算机网络和因特网(Internet)的产生

一、计算机网络技术的产生

 计算机的产生和使用为人类信息文明的发展带来了革命性的契机。但是单就计算机本身而言,它虽然可以在很短的时间内处理大量的信息,但是单台的计算机毕竟只能在自己有限的范围内工作,即使它的存储容量再大也是极其有限的,因此,便产生了在计算机之间交换数据的需求;另外,每台计算机在工作时,要配备打印机等外部设备,如何节约昂贵的外部设备的需求,也导致了将计算机通过通信信道相互连接,以便共享外设的考虑。于是,计算机网络技术应运而生。从实质上来讲,计算机网络是信息传播技术与信息处理技术的结合,因此,计算机网络是计算机技术和现代通信技术的有机结合。实际上,我们今天所赖以生存的地球上的信息都是呈自然分布状态的,要把这些信息有效地加以利用,从前是使用所谓的“信息中心”的方法,即把信息都集中到一个地方,以提供大家共享。这个方法存在的问题是,人为地、生硬地把本身分散的信息硬性“集中”起来,但是信息是个不断产生,不断变化,而又无处不在的东西,因此它是不可能很好地集中在一个“中心”里的。今天,几乎所有的通信,包括打电话,发传真等,实际上都是在使用某一种类型的计算机网络,只不过使用者自己不一定意识到了而已。甚至现在很多地方的邮政系统在处理信件包裹的过程中,对信封上的邮政编码识别、分拣和装袋等环节进行控制的、自动包裹信件分拣流水线也采用了局域计算机网络来提高工作效率,从而加快信件的投递速度。计算机网络对于实现各类资源的高度共享有着极为重要的意义。

二、Internet 的发展简史

 人类信息文明从刚过去的上一世纪的 70 年代开始,出现了一场更大的演变。这就是 Internet(我们平常称为因特网)的出现。从某种意义上来说,它的出现也是人类信息文明发展到一定阶段的必然。

Internet 的前身是美国国防部高级研究规划局的 ARPA 网。原来的研究宗旨是研究如何在非常期间(如战争、自然灾害)仍保持通信网络的连续工作。十几个大学和国家级研究院参与了 this 研究项目,研究的最重要结果是产生了一套通信标准,称为 TCP/IP 协议。这个协议并不是一个简单的标准,它囊括了以 11 个最主要的新型通信标准为代表的上百个通信协议。由于 TCP/IP 协议是本着包容各种不同现存主要网络通信技术这样一个现实情况下开发出

来的一套技术（IP 本身就是因特网的意思），所以很容易得到各个网络生产厂家的支持。这个网络标准的核心内容叫做“包交换”（Packet Switching）。人们根据这个标准，开发了大量的网上应用。今天，Internet 发展得非常快，已经成为整个世界的一个主要的通信网络标准。绝大多数的网络技术，无论是老的还是新出现的，都无不倾向于发展成可以和 Internet 相衔接、相配套使用，否则就会有缺乏发展生命力之虑。人们正在积极考虑，充分利用这个技术来为现代文明社会建设的各个方面服务。各国政府纷纷围绕着这个技术制定了发展规划。近来，Internet 的技术又演变出 Intranet 技术，这是把现有的在 Internet 上行之有效的技术用在不对外的内部网络建设的新用法。Internet 技术的发展正方兴未艾，已经成为各国和世界建设信息高速公路，发展信息化社会的主要手段。



包交换的概念很容易理解。我们日常打电话，当接通电话线路开始通话时，实际上是连续地在线路上传送我们的信息。这些声音信息一产生就马上被转换成连续的模拟信号及时地送往对方。而邮政服务这种通信则不同，当人们有信息要传输到某地去时，首先把写好信息的纸装入信封，在信封表面写上收发地址和收发人姓名，贴上邮票后寄出去。这些信经过中间的投递过程后，送到收信人手中，收信人将信息（纸）从信封内取出。与电话通信不同，这种方式也可以完成一次信息的传输。我们上面所讲的“包交换”的技术就和邮政相类似，只不过是采用了电子方式的“信封”（即所谓的“包”）来包装信息而已。

信息资源共享的水平是人类发展的文明程度的具体体现：

从上面举的几个例子中大家可以知道，人类信息文明的发展也经历了一个漫长的时期。从远古时期的最古朴简单的通信到现在的因特网的出现和普及使用；从开始采用简单的符号和语言的相互交流到文字的产生；从电子管的发明到超大规模集成电路的普遍使用；从电话通信到因特网的覆盖全球，整个信息文明的发展速度越来越快，呈指数曲线增长。人类从信息文明的发展中获得了巨大的利益，信息资源共享的水平实际上反映了人类文明的发达程度。

很有趣的一点是，人类的信息技术发展走的也是一条螺旋形上升的路线。最早人类开始会用语言来交谈时，他们所运用的是模拟信号的语音。后来中国古代用烽火信号通知远方的人有敌人进犯时，这个烽火信号就是一个二进制的信号（不点火是 0，而点火为 1）；进而出现的电报也是完全用数字代码来代替文字信号的，等到电话发明出来后，人类的信息通信又渐渐地让位于模拟信号的传输了。直到最近，由于数字集成电路的高速发展，它所具有的高速、不容易受干扰、制造成本低等特点使得人们将模拟电路的市场逐渐又转到数字上来。当然这不是简单的重复，在声音传输的质量、数量、成本，特别是综合服务功能等方面都有了飞速的发展。今天因特网的发展已经不再是简单化的数字通信了，它将人类信息化的水平又提高到一个空前的高度。

1.2 计算机网络的用途



网络建设的目的在于应用。计算机网络的特点是用通信信道把拥有信息、硬件资源的计算机相互连接起来，可以相互共享各种网上的资源。今天，计算机网络的用途非常的广泛，真可以说是无孔不入。下面给大家列举一些最常见到的网上应用实例。

1.2.1 数字通信

数字通信，是现代社会通信的主流。有一种很有趣的说法，叫做现在的世界有两个，一个叫做物理世界，另一个叫做数字世界。因为计算机技术的普及，所有的信息都已经存放到计算机存储器里去了。由于计算机内信息的表达都是二进制的，所以把这些内容都称之为“数字”。数字通信就是计算机化了的信息通信。由于计算机网络可以以很高的速度传输数据，所以人们便利用这种技术来有效地传递大量的信息。数字通信只是一个各种数字化信息传输的统称而已，实际上它有很多种形式，具体来说，数字通信的应用范围可以包括电子邮件，网络电话，网上传真，网上聊天，网上视频会议，网上文件传递等等。



“网络电话”亦称为 IP 电话，请注意，不是“电话网络”。

一、网络电话技术：把电话的语音信号打“包”(packet)，在速率够的情况下（一般要求大于 12kbps），就可以利用因特网来传递语音信号，这种电话的成本非常低廉。目前在因特网 IP 电话技术的激烈竞争压力下，打国际长途电话的费用已经明显下降，使用 IP 电话服务的国际通话费用现在已经降到不到 5 元/分钟的价格。但注意，和现在直接利用 PC 机在互联网上互相打 IP 电话的费用（市话费+上网费，也就是每分钟一角钱左右的价格）相比，还有很大余地。完全可以预料，随着传输技术的进步，带宽成本的急剧下降，长途电话服务在若干年之后一定是一种附带在多媒体通信业务之中的免费服务项目。

二、视频会议技术：视频信号包含有较高的信息量。经过压缩技术的处理之后，可以以较低的速率的信道来传输（目前最低的压缩标准是 64kbps，但质量好一些的分别要 384~2048kbps）。利用视频会议系统，在因特网或者专线网络的环境上可以召开会议。分布在各地的人员可以在这个系统上互相见面地讨论问题，由某一方作为会议的主席，调度会议的正常进行。这种技术原来在专线网上开发出来，目前已经逐渐转到互联网上来了。还有用免费视频会议软件的基于 PC 机的简易视频会议系统只要几百元钱就可以装起来在互联网上使用了。当然，高质量的视频会议系统的价格还是不菲的。

三、电子邮件服务：电子邮件恐怕是当前最流行的通信工具之一。利用因特网的传输功

对点的变种方式来通信。

1.3.2 计算机网络的组成结构

从计算机网络的最基本的组成结构说来，可以把一个网络大致分成三个部分。它们分别是通信子网，网络高层和网上应用。三个部分各有各的分工，联接起来就能够组成一个完整的网络。具体来说，通信子网实现基本数据的传输，向网络的高层提供信息传递的服务；通信子网完成的是面对底层传输媒体为主的，消除各种不同通信网络技术（目前市场上并存着多种类型的网络技术与产品）的不同的任务；而网络的高层的功能也是信息的传递，不过它的重点是放在支撑网上应用的角度上，下面就是三个组成成分的基本组成结构的内容。

一、计算机网络的通信子网

通信子网是用来保证整个计算机网络通信的基本传输的部分。它担负着与通信媒体的衔接的任务，并要在相邻节点之间完成互相通信的控制，消除各种不同通信网络技术之间的差异，保证跨越在网络两头的计算机之间的通信联系的正确。计算机网络的通信子网部分担负着向网络的高层提供一定质量的传输服务。通信子网由物理信道，信道链路的通信控制软件组成。可以向高层提供尽力而为的通信支持。

二、计算机网络的高层服务

这里的高层的概念是相对于子网而言的，指的是这些层次的位置位于子网的上面。计算机网络的高层的内容也是传输服务，即网络节点到对方的网络节点之间的端到端的完整通信服务。这个端到端的概念又和网络层上端到端有所不同。网络层只管在通信端口上的数据传输，而运输层则要管到操作系统之间。要知道计算机网络在其链路层使用局域网时，网卡的位置是在计算机主机内的，从外部看起来通信子网和高层的区别不太明显，而如果在使用其它远程通信信道作为计算机网络的通信子网连接的话，区别就十分明显了。这时，通信子网是由电信公司或者其它通信信道的提供商来提供，而对应于高层的软件模块则驻留在计算机的主机中，向它的更高层提供通信的完整服务。这时候，你看到的是更明确的分工——因为子网根本就不在用户这一边。计算机网络高层服务的目的是要完成将网上的应用和网络的数据通信彻底分开。而应用只是简单地通过固定的模式调用网络通信部分的可靠传输服务为其本身的应用目的服务。

三、计算机网络的应用服务

我们前面介绍的这些通信功能其实不是根本目的，而是为达到目的而必须提供的手段。只有网络的应用才是真正的目的。计算机网络的应用非常广，几乎所有的方面都可以应用。要达到方便的网络应用，就要对网上的应用作一些规范，所有的具体应用都可以在这些规则的规范下方便地进行。人们针对计算机网络的各种应用的需要，规定了几个方面的具体规则，这些规则可以被用来支持各种应用对网络环境的要求，使得开发应用的人们在具体编程时不需要同时顾及网络传输时将会相应地发生那些事情，而只需要专心编他的具体应用软件就可以了。大致来说，典型计算机网络的应用的支撑环境由下面这几个方面所组成：

1. 网络目录服务：网络上存在大量的信息，怎样把这些信息有组织、有条理地运用起来，是网络目录服务的任务。

2. 网络域名服务：由于互联网是由许多大小网络相互连接而成的。所以，怎样帮助网络的使用者找到想要去的地方，告诉如何可以到达那里，便是域名服务的概念。

3. 网络数据库服务：数据库在网络环境中尤其重要。因为绝大多数的信息在计算机上都是以数据库的形式存在的，在网上，数据库怎样和 Web 主页或者其它界面相衔接，各个环节之间如何协同工作，向网上的用户提供相应的服务，便是网络数据库的任务。

1.4 网络的标准体系



现在世界上并存着多个计算机网络的标准体系。为了简化起见，我们在这里仅介绍其中与我们关系较大的部分。因特网的标准当然首推最重要，名字叫 TCP/IP 协议族；还有开放式系统互连的国际标准 ISO/OSI 七层标准模型；还有个局域网的标准集 IEEE-803.x。这些都是网络技术里用得较多的标准。因特网的 TCP/IP 标准是从长期的实践中发展起来的，因此它是个经过考验的比较可靠的标准。而 ISO/OSI 七层协议是从理论出发设计出来的标准，因此层次比较清晰，功能分明。但缺乏实际的产品的考验。IEEE-803 系列局域网标准是个集合了 20 来个各种局域网络技术标准集，差不多囊括了所有互联网所连接的物理网络的类型。本书着重介绍 TCP/IP 标准。

1.5 计算机网络的新进展及发展趋势



计算机网络的新进展，可以分成通信技术的进步、多媒体技术的进步和网上应用的进步这三个方面分别来讲述。

1.5.1 通信技术的进步

通信技术是现代先进技术中发展得很快的一个领域。随着因特网的规模的日益扩大，对带宽的需求也日益增大，通信网络在这个刺激下也突飞猛进地发展起来。最近的进步主要表现在交换方式趋于纯 IP 化、光纤采用波分复用技术扩容和计算机采用无线接入方式这三个大的方面。下面分别就这三个方面做一介绍。

一、交换方式的变化是在因特网技术发展的前提下发生的。由于传统的通信交换方式几乎毫无例外地使用了在需要通信时直接接通一条电路将通信双方连接起来的电路交换方式，令信道的容量利用率得不到提高。在信道利用方面虽然也采用了一些动态调度带宽的技术措施，但并不根本解决问题。纯 IP 包交换技术的出现和成熟为通信交换技术提供了一个崭新的

途径,特别是在高速处理器(通信节点事务处理)和宽带信道就绪的条件前提下,包交换技术更成为一个颇具吸引力的方式。直接在光纤上传输信息包,用“线速”路由由交换机来交换信息。就具备了全速交换的能力。用这种方式来交换信息,不再需要通过在光纤上搭建复杂的SDH和ATM传输基础设施,再在上面来建设IP网的传统途径,可以节省费用,加大灵活性,增加功能,减少管理复杂程度。但是如果需要严格的同步传输,则IP网目前做不到,因为它本身就不是按这种模式工作的。



交换的概念在计算机网络中至关重要。由于信息在网中要挑选较合适的路径从某一台计算机传到另一台计算机,中间必然会经过多次的转发。这样,根据需要把各方面来的信息通过一台“交换机”把某一方向线路传来的信息切换到另一个方向去的过程叫“交换”。

交换的类型

交换的做法大致可以分成两种,那就是电路交换和包交换。电路交换的最简单例子就是在通信时,电话线路经过电话交换机的连接形成一个完整的物理通信链路。而包交换也称为“报文分组交换”或“分组交换”,典型例子就是邮件系统的信件传递(如果在这里把邮路比喻成电路,把信封看成是“包”的话)。我们可以想象每封信都在以“包”为单位在交通线路上传递。

二、光纤的波分复用技术(WDM, Wavelength Division Multiplexing)。光纤的带宽几乎是无限的,但怎样把这些带宽充分地使用起来是一个问题。传统的技术无法很好地利用光纤的带宽资源,配套接口电路的速率也不够用。所以,如何把光纤的带宽“挖掘”出来是很重要的。波分复用技术较好地解决了这个问题。其思想是用不同的波谱的光束做载波,每种载波调制一路数据信号,将各束调制后的光信号集中到一起,形成一束混合光,再送到光纤里去传输。这束光在传输的路程中只需同一路光放大器就能够实现多路信号的增强,(这使用原来的技术是无法实现的)等到信号传到接收端,再按照发送时相似的方式反向把各个光束分解开来,再通到各个接口电路里去。这样一根光纤实现传输从前要用很多根光纤才能作到的带宽。目前这种技术已经能够复用到每秒几百个“太”(1Tb=10¹²b-1000Gb)位的传输速率,但是光纤必须采用最新开发的“全频光纤”。

三、无线接入方式(Wireless Access)。无线接入方式最近已经成为一种很热门的网络接入方式。由于光纤的传输容量非常大,可以用来在远距离上传输大容量的信息,所以很快便普及开来了。但是,光纤也有它的问题,就是不能够支持移动的通信,人们被动地让光纤电缆等有线传输媒体给“绑”在桌子面前。让网络的使用者获得最大的自由,包括可以在移动中方便地使用并获得高速的传输服务在内,都是现代通信孜孜以求的奋斗目标。网络的无线接入方式最近由于下面两种技术的进步,获得了长足的发展。目前,这些技术还在不断地高速发展,这一波进展(GSM方式)可以被称为是第二代的无线数字接入技术。目前第三代技

术标准（CDMA）正在形成中。

时分复用多路访问（TDMA）：是指用单个高速的信道来携带多个较低速率的信号的技术。每个较低速率的信号以时间片轮换分配的形式轮流在高速信道中传输，每路信号都得到轮流传输的机会。这样就可以实现很多的计算机在一个高速无线信道中传输的目的。

码分复用多路访问(CDMA)：是用多种不同代码对相对较低速率的信号进行编码，放在同一个高速信道中进行传输的技术。TDMA 和 CDMA 是继提供模拟移动通信的 FDMA 方式之后出现的新一代数码通信技术。

1.5.2 多媒体技术的进步

多媒体（Multimedia）是适应人类与外部世界交往方便而开发出来的适应人的耳、鼻、嘴和眼等器官的感官的信息交流技术。计算机多媒体技术的发展给人类带来了极大的方便。首先，人类可以借助多媒体技术实现自然的人际交流。大家在网络上可以像直接见面交谈一样地交流信息。这和写信还是大不相同了。有了多媒体技术的帮助，甚至不识字的老人都可以借助网络来交流信息，因为他感觉与他平时和别人交往时并没有什么区别。这就把计算机信息技术往前大大地推进了。

1.5.3 网上应用的进步

我们在前面讲计算机网络典型应用时已经提到过的“虚拟现实”等技术都是网络上应用发展的重要进步，这里不再重提，下面介绍另外的几个进展。

一、先进网管技术

规模较大的网络必须要有网络管理软件，一个完善的网络管理需要完成的任务是：

1. 性能管理。有许多因素可以导致计算机网络性能的下降。计算机网络也像其它的设备系统一样，要经常进行调整，否则就不能够发挥其全面的性能。有专门的软件可以用来做这件事。长期或者全局地来讲，可以通过统计分析网上的信息流量来分析各个时期性能，短期的或者局部的，可以用仪器来检测信息的流通情况。总之，要通过上述各类方法检查出影响性能的问题，加以纠正，提高或恢复网络的性能。

2. 帐号管理。计算机网络要对网络资源进行统一管理。其中对于使用者的管理是最重要的环节之一。帐号管理要对用户的口令、权限、使用费用等进行全面的管理。例如用户是超级用户还是一般用户？允许使用多少资源？他在帐号中是否有钱？并定期出帐单等。

3. 安全管理。安全管理是保证一个计算机网络系统能够正常运行的基本条件之一。网络上由于各种信息来往频繁，难免会有病毒通过通信渠道传递进来。还有不怀好意者有意识地对某些网络资源的薄弱环节进行攻击等，都是影响网络安全的因素。网络的安全管理为系统提供了一个安全的屏障，并能够报警，防范攻击，或进一步跟踪网上的攻击。

4. 拓扑管理。我们在前面已经讲过计算机网络的拓扑的概念，一个计算机网络的实际拓扑往往不会非常简单。不可能作到一目了然。如一个大型的校园网，往往由许多的大小局

域网相互连接而成。如何掌握整个网络中各个网段的接入和拆除？如何知道什么地方出现了故障？拓扑管理就要解决这个问题。好的网络管理软件甚至会了解到每一台接到网上的计算机的细节情况，包括机器上的软件配置等。

计算机网络发展到今天，已经出现了大大小小的网络相互连接，各种业务彼此交错，各个单位和系统互连在一个物理大网上的错综复杂的局面。以致于整个网络越来越难以管理。怎样做到既把许多并不相干的单位连到一个网上，让大家来共同使用一个超高速的传输环境而互相不干扰呢？怎样才能有效地利用整个网络上的所有资源呢？一个技术应运而生，这就叫做虚拟网管。虚拟网络管理的意思是指实际上各个单位或各个系统都挂在同一个大网络中，大家的信息走的都是同一套信道，但是使用这种网络管理软件后，就可以作到每个系统所属的单位挂到网上后都可以以自己的系统为目标进行自身管理，保证不会出现冲突和互相干扰的现象。每一个单位或系统都能感觉到他们仍然在使用一套他们自己独立的网络一样。今天，稍微成规模的一些网络都配有虚拟网管功能。

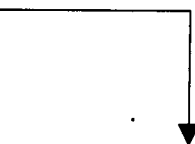
二、信息安全得到保障

网上应用普遍推广的一个重要的基础条件是：通过网络传输的信息必须能够确保安全。而按照因特网原来的设计，并不能够保证做到这一点。所以国际上很多人目前都在这方面投入大力量做研究和开发。目前已经有不少保护网上信息安全的软件和产品问世。预计不久将会在这方面形成一大批高效、安全的技术，使得电子商务、需要保密的政府内部信息等特别需要安全保障的业务可以可靠地在网上展开。

三、自动翻译文字声音

互联网环境中信息虽多，但绝大部分的信息都是外文的。这种情况给网上的浏览带来很大的不便。目前已经出现了这样一类软件，即可以把英文的信息翻译到其它多种文字，也可以从其它文字翻译到英文。由于目前在全世界网上的信息中，英文文种的内容占了绝大部分，所以这类软件已经能够解决一点问题。不过，离“很好用”的程度还有一段路要走。相信不久的将来就能够解决这个问题，好让大家在网上“冲浪”时没有语言障碍。

本章小结



人类信息文明经历了一个长期的进化过程。在这个过程中，信息文明的进步由慢到快，由低级到高级。数字电路、计算机技术和现代通信技术的出现促进了计算机网络的诞生和发展。互连网络技术的出现和发展为人类的信息文明带来了许多革命性的变化，人们利用互连网络技术开发出许多极为有效的包括电子商务、远程教育等在内的应用。计算机网络可以按照相互连接的构成形状、用途等进行分类。计算机网络的结构大致可以分成通信子网、传输

网和应用高层三个主要组成部分。许多相关的技术进展对计算机网络的进步起到很大的影响，如前面所提到的新一代无线接入和波分复用技术的普遍使用，将会淘汰现有的有线电话的接入网和大量铺设的旧光纤网，使信息产业出现一个新的格局。

自测题



请独立完成这些自测题，参考答案附在书后。根据自我测验的结果，再复习本章有关内容。

1. 什么是摩尔定理？
2. IDC 和 ASP 服务的主要好处是_____、_____、_____、_____。
3. 在典型的计算机网络中，信息以_____为单位进行传送。其主要结构由_____、_____、_____构成。
4. 包交换是_____，而电路交换是_____。

练习题

1. 人类的信息文明史分哪几个阶段？它的发展有什么特点？
2. 我们可以用什么方法来对付今天的信息爆炸？
3. 计算机网络的典型应用有哪一些？
4. 请你结合社会上信息环境的改善讲述自己对于信息技术发展的理解。
5. 信息技术将向什么方向发展？
6. 信道主要有哪些类型？它们的特点是什么？
7. 计算机网络的三大组成部分的名字叫什么？各起什么作用？
8. 包交换与电路交换相比有什么特点？

第2章 计算机网络的层次化结构

[内容简介]

本章以计算机网络的层次化结构的概念为牵线，引导出一个体系结构，通过它可以

将繁杂的计算机网络的知识穿在一起，使读者可以从中得到一个较为清晰的计算机网络的整体概念。学习本章的内容，请大家尽量自觉地遵循层次化的思想，将大量繁杂的有关计算机网络的知识进行分解，按照在各个层次中的位置及其应有的功能各个“击破”。能想象出计算机网络的整体架构来，从而达到能够在自己的头脑中“抽象”出计算机网络的每一层的功能以及层与层之间的关系。还要指出的是，在学习过程中应非常重视结合实验指导书的学习，比较判断实际上的设备和操作与所学知识的直接联系，达到遇到某个软硬件产品，就能够判断出它在计算机网络体系结构中的位置，并根据该设备的结构来判断怎样正确地应用。

本章的内容将沿着下列思路来讲述：

1. 计算机网络为什么要分层次。
2. 网络分层次的原则。
3. 网络层次模型的构成。
4. 每一层的功能和相关标准。

[学习目标]

通过本章的学习，应该做到：

1. 熟练掌握开放式系统的概念，网络互连模型的两种主要划分方式。
2. 掌握协议概念及一些重要的计算机网络通信协议。
3. 熟练掌握协议实体、服务和接口的概念。
4. 熟练掌握横向控制流和纵向信息流的概念。
5. 掌握面向连接和无连接的概念。
6. 掌握网络地址的概念。
7. 掌握路由选择、流控制，差错检测和纠正等内容。

[学习进度]

本章教学安排 10 学时, 6 讲录像课 (每讲 50 分钟), 即: 网络的层次化结构、物理层、链路层、网络层、运输层、应用层。

2.1 引言



简单地说, 凡是通过计算机网络可以互相访问的计算机系统, 就叫做“开放式系统”。计算机网络是现代信息处理技术和现代信息传输技术的结合, 换句话说, 就是计算机与通信技术相结合的产物。计算机网络技术涉及到许多新的概念和新的技术, 内容广泛而不太集中, 是一种实用性技术。它不像数学等纯理科的学科那样, 可以从公理出发, 推导出整个系统来。为了解决这个矛盾, 人们经过实践, 采用了层次化结构的方法来描述复杂的计算机网络, 以便于将复杂的网络问题分解成许多较小的、界线比较清晰而又简单的部分来处理, 避免了“眉毛胡子一把抓”的缺点。大家不要小看这种方法, 它在实际工作中对于指导和帮助理解计算机网络的工作原理很有作用。

计算机网络的层次化结构可以按照不同的方式进行划分。一般地, 往往把一组相近的功能放在一起, 形成网络的一个结构层次。网络的层次化结构有个层次分得多或少的问题。分得细(多), 则网络各个功能层的“职责”分明, 便于实现; 而分得粗(少), 则容易发生不同性质的功能模块相互混淆在一起, 由于结构不合理而造成设计上, 以及今后维护上的困难。但如果分得过细也有坏处, 会产生许多彼此衔接上的麻烦, 这将增加各功能层接口之间交互的信息量, 增加系统的开销, 也等于降低了连网计算机的响应速度和工作效率。

事实上, 我们不必过多地考虑上面所提到的问题, 因为在现实社会中, 关于网络产品的层次划分等问题已经有了一定的标准, 我们只需要按需“拿来”用就是了。我们在这里提到这个问题的用意是让读者通过反复学习和体会, 确立网络结构的层次化概念, 以帮助大家今后在此基础上正确地选择和使用网络产品。

2.1.1 网络基本概念简介

一、数字信道中速率的概念

数字通信的内容是以二进制数的方式发送的。因此, 表征发送信息快慢的单位是每秒比特数。大家知道, 每位二进制数所含的信息量是 1 比特。所以每秒可以传输多少比特数就是信道传输的比特率。

二、网络协议的概念

基本硬件通信设备(术语称为“裸机”)之间在传输数据时, 往往会由于许多原因而导致