

远程通信网络基础

Fundamentals of Telecommunication
Networks

[美] Tarek N. Saadawi 著
Mostafa H. Ammar
Ahmed El Hakeem

黄岩 王晓海 黄明 译
廖滨 杨军

新
出版



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

远程通信网络基础

[美]Tarek N. Saadawi Mostafa H. Ammar
Ahmed El Hakeem 著

黄 岩 王晓海 黄 明 译
廖 滨 杨 军

電子工業出版社

内 容 提 要

本书介绍了远程通信网络的基本原理。分别论述了数据通信与网络方面的内容。较全面地介绍了目前广泛应用于实际之中的通信网络的各种形式、各种通信协议及其标准,涉及分组交换等技术,并对局域网和综合业务数字网进行了专门的介绍。同时,本书包括网络互连的内容,并附有国际电信标准组织的介绍,内容详实。适于从事通信与网络方面工作的广大科研人员、工程技术人员和有关专业的高等院校师生作为教材或参考书阅读使用。

本书中文简体字版由美国 John Wiley & Sons, Inc 授权电子工业出版社专有。

远程通信网络基础

[美]Snadawi, Ammar, El Hakeem 著

黄岩、王晓海、黄明、廖滨、杨军译

责任编辑:张丽华 张欣

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京大中印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:20.5 字数:541 千字

1996年5月第1版 1997年5月第2次印刷

印数:3000—6000册 定价:38.00元

ISBN 7-5063-3482-4/TP·1385

著作权合同登记号:01-96-0070

前 言

近年来,在远程通信网络的领域里已经发生了令人注目的变化,并且取得了重要的成就。其中最有意义的是:数据网的渗透、局域网的广泛应用、综合业务数字网(ISDN)的推广、宽带 ISDN 的出现以及快速分组交换的发展。

随着远程通信网络的发展,我们可以看到,在这个领域的一个知识体系已经显露出来,它正是我们理解这一领域的核心内容。本书虽不能面面俱到,但重点介绍了有关远程通信网设计、应用的基本概念和基本原理。

本书是十五年来我们在远程通信网方面教学、研究以及查阅资料的结晶。本书适用于各层次的读者,包括远程通信网络 and 系统方面的经营管理者,同时也适用于通信工程、电子工程、计算机工程的高年级本科生,研究生一年级学生,以及同等水平的从事开发和实践的工程师。

本书分为六个主要部分。首先我们讨论远程通信网络的发展,并介绍目前流行的网络,以及数据通信的原理,这包括在第一章和第二章的内容中,其中第二章涉及开放系统互连(OSI)参考模型的物理层。第三章是网络的性能估计,现代排队理论基础及具体的应用举例。第四、五章是 OSI 参考模型的第二层和第三层,其中第四章是第二层、第三层的协议标准,第五章是路由选择算法。第六章讨论流量及拥塞控制技术。第七、八章是局域网(LAN)理论、标准和技术,其中第七章是多路访问通信技术。第九、十章是网络互连和传送层。最后的部分是综合业务数字网和高速分组交换,其中第十一章是 ISDN 和宽带 ISDN,第十二章讨论高速分组交换的理论和结构设计。

我们欢迎各位理论与实际工作者以及其他读者给予批评指导。

T. N. SAADAWI
M. H. AMMAR
A. EL. HAKEEM

第一章 网络的介绍

1.1 “地球村”

“地球村”这个词描述的是现代通信怎样使得地球上某些点与另一些点进行实时通信成为可能的。我们现在正在建设的信息设施(INFRASTRUCTURE)是以计算机以及把这些计算机连接起来的通信网为基础的,这个信息设施将戏剧性地改变我们的社会,我们的经济,我们的工作习惯以及我们的生活。

计算机发展得如此迅猛,而且产生了这样一个结果:那就是在任何地方,做任何事情上都可以见到它们的影子。随着计算机和用户工作站的差异以及完善程度的不断增加,于是产生了在远程通信网上传送信息及生成的知识的要求。为此这些网络必须能够提供通信路径来传送科学和技术的数据,并且能服务于从娱乐到复杂的计算模型的不同的应用系统。这些网络必须能够以从几字符/秒到几百万比特/秒(Gbps)的速率处理和中继数据。从广义上说,这些网络必须提供灵活的信息传送,信息应该可以以各种速率,安全可靠地被传送。这与以 64,000bps 的固定速度及固定不变的安全度和可靠度来传送语音信号的电话网的能力有着巨大的差异。

除了灵活的信息传送机构外,远程通信网络的另一个重要的组成部分是一种公共的语言。对于通信的机器来说,必须共享以数字形式表示信息的协定及协调通信路径的规程。这些决定数字信息将怎样被交换的协定和规程通常被称为“通信协议”。两种科学技术即远程通信技术和计算机技术,它们之间技术进步的结合是对科学家、工程师和设计者们新的挑战。下面,我们简要地纵观一下这两种技术的发展。

1.2 远程通信网络的发展

通信网络的第一个发展阶段是以电话的广泛使用占统治地位的,这一时期长达 90 多年(图 1.1)。然而电报比电话要早三十多年而比电传打字机要早半个世纪。1881 年电报的发明者 Samuel Morse(莫尔斯)从华盛顿 D.C 向他的大学 Baltimore Maryland 的 Alfred Vail 发送了第一份电报。在 1876 年 Alexander Graham Bell(贝尔)发明电话以后很短的时间里,人们就意识到应该把电话线集中到一个个中心点上,在这些点上,电话电话的连接就可以建立起来了。这些点是人工交换台,由操作者人工操作、接转,出现了机电式交换。1889 年 Almond B. strower 发明了第一个有两次动作完成的步进式交换,在步进式交换中,呼叫被建立起来并按一系列顺次的机电步骤决定路由,每一步骤都由用户拨号脉冲直接控制,它作为中心交换站的“工作马”(workhorse)一直保持到二十世纪 70 年代。第一个纵横式交换机于 1932 年在瑞典投入使用。贝尔系统 1938 年推出“1 号纵横式系统”。纵横式交换由一种称为“记分器”的特殊电路实现,它提供普通的数字输入控制和对所有呼叫的链路的选择。

第二次世界大战以后,当整个长距离网络实现自动化时,自动电话的黄金时代占据了统治地位。晶体管的发明刺激了交换系统的电子化应用并导致了二十世纪 50 年代后期第一个电子

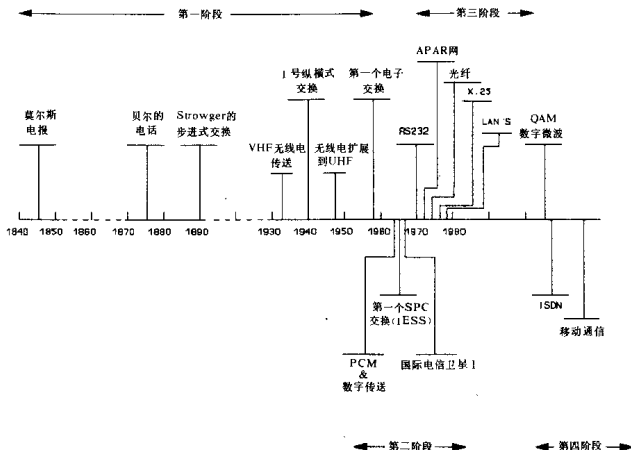


图 1.1 通信网络发展简图

交换的应用的展开。电子交换使得大量地设计和制造开关成为可能。

在二十世纪 30 年代中期,高频(HF)通信技术在甚高频(VHF)范围内的扩展使模拟点对点无线电中继成为可能,在第二次世界大战期间,模拟无线电系统使用的频带已经扩展到超高频(UHF)的范围。1951 年建成了带有 100 个中继站的第一条(通信)链路,用于纽约和圣弗朗西斯科之间的商用服务,它采用了 4GHz 的 20MHz 的带宽。紧接着是中等容量及大容量模拟无线电系统在全世界得到推广。到二十世纪 70 年代初,数字微波无线电获得了重要应用。而到了二十世纪 80 年代,正交调幅(QAM)方式已作为数字无线电系统的调制方式而被广泛应用。

网络发展的第二阶段是二十世纪 60 年代,它包括三个主要的里程碑:软件开关,数字传送和卫星的应用。1965 年美国电话电报(AT&T)推出了第一个存储程序控制(SPC)本地交换:即 1 ESS* 交换系统。由于采用软件控制,使顾客传呼这一类的服务(快速传呼、呼叫等待、提前呼叫以及三步呼叫)成为可能。最初的交换系统的软件程序大约有 100,000 行码,现在的交换程序已可以包含 10×10 行码。

模拟信号转换为数字信号的原理随着脉冲编码调制(PCM)的推出而被人们所熟悉,因此,人们知道电话正常语音传输速率为 64kbps(带宽为 4kHz)。在二十世纪 60 年代到 70 年代期间,一种基于 64kbps 信道的数字传送信道体系已经建立起来,而且它仍然是我们今天数字网络的骨干。这些流行的数字传送系统之一称为“T 载波”,它有 24 个话音信道,每个信道都是 64kbps,总计 1.544Mbps。

* 注释:ESS 是 AT&T 的商标。

卫星通信 1945 年由英国科学幻想作家 Arthur C. Clarke 首次提出。卫星通信随着苏联 Sputnik 卫星的发射(1957 年)和美国 Explorer 卫星的发射(1958 年)而成为现实。AT&T 通信卫星是第一颗能把电视(TV)节目传过大西洋的实验卫星。它 1962 年 7 月从 Cape Canaveral (现在的 Cape Kennedy)发射。第一颗全球通信卫星 INTELSAT(Early Bird)是 1965 年 4 月发射的。

通信网络发展的第三个阶段是二十世纪 70 年代,它以数据网络和分组交换技术为特征。分组交换的概念 1964 年由美国空军兰德公司的 Paul Baran 在一份报告中第一次提出。1966 年在美国国防部(DOD)的先进研究计划机构(ARPA)* 的资助下,一个分组交换实验网即 ARPANET(ARPA 网)建立起来,并于 1971 年投入使用。在 Larry Roberts 指导下,ARPA 网导致了分组交换技术的发展和广泛使用。在实验网之后很快出现了为商业提供的分组交换服务。在美国和国外都是如此。例如,1973 年 Bolt,Beaneck 和 Newman(BBN)公司共同建立了 TELNET(一种大型商用计算机网络),它是第一个公共分组交换网,把主机和终端拨号的用户连接起来,加拿大的 DATAPAC 网(公用数据网)在 1973—1977 这一时期发展起来。法国信息和自动化研究协会 1973 年建立了 CYCLADES 网络和 CIGALE 网络。由于数据网,从面向终端的系统到分组交换的计算机-计算机链路连接大大进了一步,相应的网络协议也就更复杂一些。有两个基本的标准是必不可少的。第一个是 1964 年通过并成为数据编码通信一般模式的美国信息交换标准码(ASCII 码)。第二个标准是电子工业协会(EIA)推荐的标准(RS)RS-232D。它的第一个版本于 1969 年发行,详细说明了被编码的信息如何通过调制解调器在电话网络上进行传送。

为了在计算机各分组交换网络之间取得一致,1976 年国际电话电报咨询委员会(CCITT)** 建立了一个世界性的标准协议称为 X.25,这导致了好几个其它的国际性的数据网络间的互连协议。对 X.25 的广泛接受,为分组交换网络在美国和其他国家的发展打开了大门。与 CCITT 紧密配合,国际标准化组织(ISO)于 1978 年验收并通过了它的数据通信的七层框架协议,称“开放式系统互连(OSI)”参考模型。OSI 参考模型的目的是允许世界上任何地方的任何计算机与任何其它计算机进行通信,只要双方都遵守 OSI 标准。

网络的这一发展阶段也以局域网(LAN)的引进和广泛接受为特点。在局域网中,最早的也是最为人们所熟悉的是 Ethernet(以太网局域网),它是 1974 年由 R. M. Metcalfe 和他在 Xerox 有限公司的 Palo Alto 研究中心的同事们作为一个实验室计划开始的。Ethernet 受到了 Alohanet 的极大支持,而 Alohanet 是由 Norman Abramson 在夏威夷大学里发展起来的一个分组无线电网络。

1959 年激光(它代表通过模仿放射物的发射来放大光线)的发明导致了光通讯领域的主要技术的发展。1970 年 Corning Glass Works 报道了第一根低损耗的光导纤维(涂有二氧化硅涂层的布纤维),它达到了每 km 损失 20dB。

通信网络发展的第四个阶段开始于 1980 年,它以综合业务数字网络(ISDN)和移动通信的应用为特征。ISDN 可以被看成是一个功能全面的数字网络,它能提供广泛的服务,诸如语音、数据和图象。ISDN 中的关键部分是在用户与 ISDN 之间提供了一条公共的综合数字通路来支持这种服务的多样性。

* 注释:ARPANET 网在服务了 20 年之后,于 1990 年 7 月停止使用。

** 注释:从 1993 年起,CCITT 成为国际电信联盟的电信标准化部门。

移动通信随着“蜂窝”概念的引进而进入了一个新的时代。1981年,联邦通信委员会(FCC)把50MHz(824—849MHz和869—894MHz)的光谱分配给无线蜂窝移动系统。到1990年美国蜂窝无线通信服务已经拥有超过五百万的用户。

通信网络发展的四个阶段见表1.1

表1.1 通信网络发展的四个阶段

	电话	数字网络	数据网络	国际数字网络
年代	十九世纪80年代	二十世纪60年代	二十世纪70年代	二十世纪80年代
业务类型	语音	语音	数据	语音、数据、视频、图像等等
交换技术	线路交换(模拟)	线路交换(数字)	分组交换	线路交换、分组交换 以及快速分组交换
传送介质	铜线、微波	铜线、微波、卫星	铜线、微波、卫星	铜线、微波、卫星、光纤纤维

1.3 计算机技术的发展

计算机技术的发展也可以分为四个明显的阶段。第一台计算机发明于二十世纪40年代后期。作为工程学的工具而设计的可编程计算机在二十世纪50年代投入商业使用。计算机技术发展的第一阶段是二十世纪60年代,那时计算机被作为数据处理机。计算强度非常之大,数据不得不大批量地处理。只有庞大的设备才能产生这样大的批量。工作是通过打孔机在卡片上打孔或录音磁带来编码的,而计算结果则以“列表”形式传送并在折叠式记录纸上打孔输出。

计算(机)技术发展的第二阶段是在二十世纪70年代,这时计算机服务已被许多用户共享,分时技术使很多用户分担一台计算机的费用,因此数据处理费用更容易负担。计算机变得容易使用了,因为它们可以从一个终端进行访问,并可实时询问。第三个发展阶段是二十世纪80年代。计算机成为个人桌上的工具,微型化技术使制造商能够把一台计算机做在一个芯片上,这使买一台小计算机比买一台大的计算机更便宜。这一时期在高级计算机技术方面也取得了显著的进步。

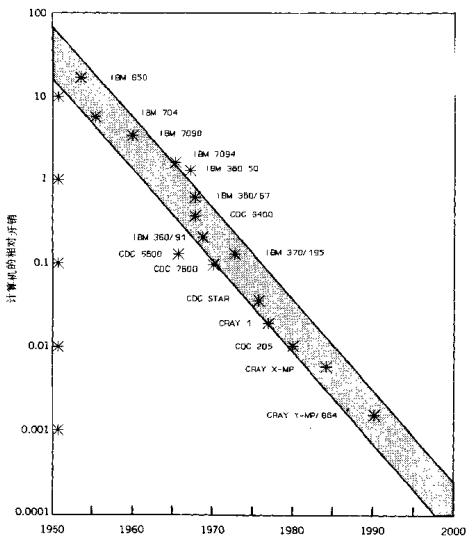
第四个发展阶段,也就是现在,有两个可识别的特点:(1)个人计算机体积上的缩小使它们便于携带和移动。(2)计算机开放式系统以及用户应用(例如,客户服务器技术)对计算机网络互连的依赖。在多处理器技术方面的革新也使得高级计算机在很大程度上比以前更快更强。

计算机技术发展的四个阶段被概括在表1.2中,并在图1.2中做了图解。其中对应时间轴标注了每个时期最强的机器。插图显示了计算机的价格几乎每3年降低一半。

表1.2 计算机的四个发展阶段

	批处理	分时技术	桌面系统	网络
年代	二十世纪60年代	二十世纪70年代	二十世纪80年代	二十世纪90年代
安置	计算机房	终端室	桌面上	移动式
采用的技术	中等规模集成	大规模集成	甚大规模集成	超大规模集成
网络体系结构	无	集中式	集中式/分布式 LAN, WAN	集中式/分布式 LAN, WAN, 无线式

用于服务的计算机的数目随着计算机发展的各成功阶段而增加,联网变得重要了。当很少使用批量处理时,人们对协调它们的操作并不感兴趣。然而对于分时处理,如果没有网络就不



摘自: Victor Peterson, NASA Ames

图 1.2 计算的相对开销

可想象了。专用线或拨号线必须把大量的终端与主机或联合式大型计算机或分散式小型计算机连接起来。在桌面计算机时代,计算机网络采用了新的形式。局域网把个人计算机互连起来并且都连到共享的机器上。称为主机或客户机的一般用途的计算机和特殊用途的计算机都称为服务器,提供公用的文件,高质量的打印及设置广泛的电子邮件。广域网(WAN)和城域网(MAN)是在一个机构中把各个不同的单元互连起来,把主机和文件服务器都连接到桌面的机器上。在计算机发展的第四阶段,计算机正向可移动方向发展。无线连接和无线网络也将增多起来。

1.4 什么是通信网络

“通信网络”可以被最确切地描述为这样一系列的设备、机构和进程。通过它们,附着在网上的终端用户设备能够进行有意义的信息交换。一个通信网络要求的典型功能包括:

1. 一条路径,通过电信号(如电压的变化)可以传送。
2. 一个机构,通过比特可以转变成电信号或者电信号可以转换成比特。

3. 把意义分配给比特群的方法,比特被分成具有典型意义的单元,称为帧、数据包(分组)或报文。

4. 克服电子路径不足的方法,这种不足会导致电信号(及它们代的比特)无法解释。

5. 选择和保持通过网络的路径的技术,以执行上述功能。

网络可以被分为广播网络、交换网络或混合终端网络,在广播网络中,由一个终端设备发送的信号自动地被所有其它终端设备收听。在交换网络中,信号要“沿路径”通过中间网点(称为交换站),才能到达它们要到达的目的地。在 CCITT 术语中,交换站或节点称为数据终端设备(DTE),因此,用户设备称为数据电路端接设备(DCE)。混合终端网络由其它两种类型的网络混合构成,在混合终端网络中有时(但不总是这样)信号需要通过交换才能到达它们的目的。图 1.3 示出了这三种类型的网络。

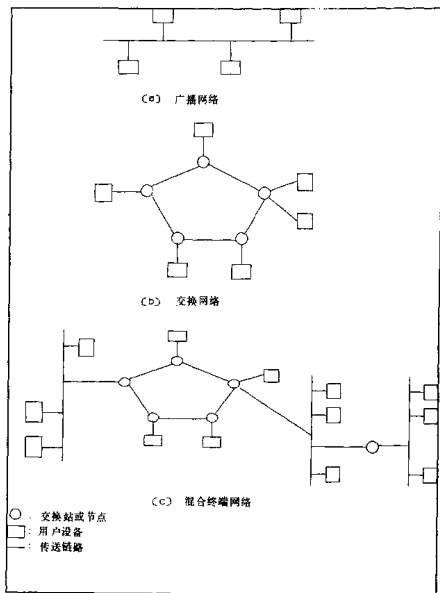


图 1.3 通信网络

1.5 交换技术

交换技术在远程通信网中可以分为三种主要类型:线路交换,报文交换和分组交换。“线路交换”是最古老的一种交换方式,它可以追溯到电报的时代,并且在电话网络中它是一种普遍的交换方式。在线路交换网络中,在呼叫期间,有一条确定的路径,一条连续的连接链路。当建立电路时,一个特殊的信号信息(拨号音)就沿着这条路径通过网络并捕获信道。在路径已经建立起来以后,一个信号返回到源,并指示:信息传送可以进行了。

其它形式的转换一般用于连续信道没有建立的情况下数据的传送。这时交换节点处相当的存储器被用于存储要传送的信息并等待使用传送设备。这种形式的交换一般被称为“存储与转发”,而且它包括报文交换和分组交换。

报文交换和分组交换都比线路交换更适合数据通信,在很多数据通信的应用中,数据会被空闲的时间突然分开,而且平均数据速率可以比峰值点的速率低很多(如图 1.4)。这种间歇性的数据常常通过把数据集中打在一个分组中或打在一个报文中,而且从各个信道来的分组散布在一条通信路径上,从而可以更有效地传送数据。

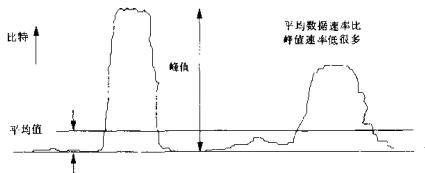


图 1.4 数据突发

在报文交换中,报文沿路径是从一个节点发送到下一个节点。整条报文在每一个节点被接收,存储,然后发向下一个节点。因此,信息沿路径从一个节点“跳”向下一个节点。当然,在信道忙时它也可能排队等候。

除了分组交换是将信息是分成一系列有限长的数据包(分组)外,它和报文交换一样,并且每一个数据包分别都有地址,而且序号相连,然后这些组成报文的数据包散乱而各自独立地到达它们的目的地,很多共同表达同一个信息的数据包可以被同时传送。这种管道链路的作用是减少了传送延时。第一个而且也是最流行的分组交换网是所谓的 ARPANET 网,它是 1969 年由美国国防部的先进的研究计划机构(ARPA)为连接各大学和美国国防部作战部而搞的。它涉及到国家防卫研究和发展事务。

图 1.5 将线路交换、报文交换及分组交换技术作了比较,图中显示的传送路径由四个节点和三条传送链路组成。对线路交换(图 1.5b),拨号信号从 A 穿过 D,并建立起与目的地的连接。每一个节点都有一个由于连接而产生的延时。信号从一个节点传送到其它节点的传送时间和传播时间,也要加上所有建立路径时的延时。这里所指的传播时间是一个信号以光速在传输介质中从一个节点传播到另一个节点所花的时间,其典型值为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$; 传送时间是传送者发送一个数据块所用的时间。例如,在 1Mbps 的链路上发送 1000 比特的数据要花 1ms。在

返回信号到达源点后,路径实际上是一条从源点到目的地的开放的管道,而报文是以单一块的形式发送。

在报文交换中(图 1.5c)没有呼叫建立过程,但是可以靠信息头来进行识别和传送,因为报文被存储,直到通道建立起来。由于每一个节点存储引起了相当大的额外延迟,因此线路交换中建立电路的延时在信息交换中被等候存储延时所代替。

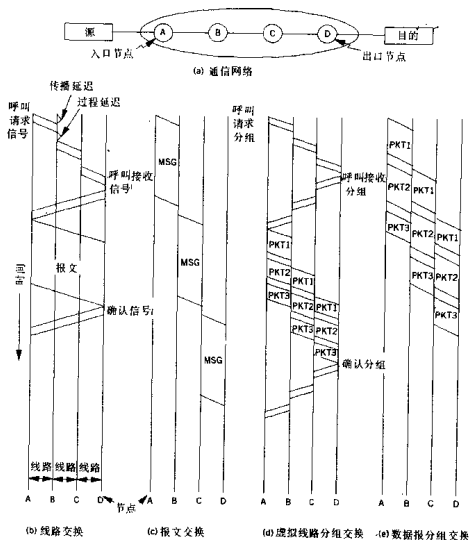


图 1.5 线路交换、报文交换及分组交换的比较

对分组交换(图 1.5b 和 e),报文被分成三个数据包(分组),管道链路的作用且很清楚的。例如,当 2 号分组被从 B 传到 A 时,1 号分组正在节点 B 被处理,并发向 BC 之间的链路,这些分组同时发送,使得发送数据通过网络的点的延时缩短了,同时因为每一个分组和全部信息比起来都很短,因此它们更不容易出错。

总之,对一个较长的连续的数据,诸如话音信号,图象信号,线路交换网络也许是一种有效的途径。而另一方面,如果数据流是突发的,比如相互影响的数据传送量,那就应该采用一些资源共享技术,比如分组交换

为了更好地理解线路交换与分组交换之间的区别,我们可以拿高速公路打个比方。高速公路的容量取决于高速公路上路线的数量。我们把一个分组比作一辆车。因为从不同的来源,去

往不同的目的地的车辆都在一条给定的路线上,这和分组交换非常相似。收税的小屋就好比分组交换中的节点。车辆排队等候,然后开到收税员处,再根据标牌开上适当的路线(路由选择功能)。而高速网上线路交换的一个例子则好比美国总统旅行。安全保卫人员和警察首先建立起一条路线并予以保持,高速公路(信道)自然专为总统服务。

分组交换可以被分成两部分基本技术:虚拟线路和数据报。“虚拟线路”(图 1.5b)类似传统的线路交换。为了开始一个虚拟线路呼叫,源发出一个呼叫请求包到节点 A,节点 A 继续把它传送到 B,最后传到目的地。呼叫应答包发回源。因此,通过这一阶段,在数据传送之前建立起一条路线。与线路交换不同的是:这条路线只是一种逻辑上的连接,路径并非只确定给这个连接,而分组仍被存储于各个节点。

在数据报交换(图 1.5e)中,没有呼叫请求包和呼叫应答包在源和目的之间建立一条路线。在报文序列中,一般数据报分组的报头包含了分组的最终目的地及其位置。与虚拟电路的数据分组报头不同的是,它不包含路径的信息。当分组数据包通过网络移动时,每一个节点将做出路由选择。每一个节点读取数据分组报头的目的地信息,并在那一刻选择可获得的最佳路径,然后将分组发向下一个节点。在最后一个节点,分组被存储直至所有构成报文的其它的分组都到达并排列起来。

1.6 网络协议体系结构

通信协议存在的最主要的原因是保证两个通信实体能够发送、接收,并解释它们想要交换的信息。一个协议体系结构是这样一个结构:协议功能在其中被适当地定义,这样的体系结构,对减少存在于终端-终端通信任务中固有的概念复杂性很有价值。大多数的协议体系结构是基于“层”的概念。在这样的体系结构中,一个端到端(或者说申请者-申请者)的通信任务是通过在每一个协议层中成功并不断增加地“加入确切涵意”来完成的。

为了更好地理解这种分层式通信体系结构,我们用人通话打个比方(如图 1.6)。在图中,一家希腊公司的总裁正与一家西班牙公司的总裁通话,然而他们都不会讲对方的语言,每人雇了一个英语翻译,并将译好的信息通过物理通信信道的传真机发出。这样,两位总裁就可以通过他们下面的三个层来通话了。

在这一节中,我们首先讨论开放式互连系统(OSI)参考模型,然后讨论其它最主要的层次式体系结构:交互式网络、IBM 系统网络体系结构(SNA)和数字网络体系结构(DNA),这样就把“层”的概念逐步展开。

1.6.1 开放式互连系统(OSI)参考模型

前面已经提到过,如果计算机制造商和用户设备的卖主能够遵守一个共同的互连通信协议,那么网络将大大地推进一步,价格也会大大下降。为了达到这一目标,1978年,日内瓦的国际标准化组织(ISO)设定了 OSI 参考模型。

设定 OSI 参考模型的基本目的是使系统互连中的互连规则标准化。使用“开放”这个词,清楚地表明了:一个遵守这些国际标准的系统,将对世界上所有其它遵守同样标准的计算机开放,而且只是要求开放系统的外部特性须符合 OSI 体系结构,而开放系统的内部组织体系结构以及各自的功能可在 OSI 标准的范围之外,因为与各系统互连的其它各个系统之间的差异并不明显。可以认为,一个系统是一个或更多的自动的计算机及随机软件,是外设以及能对信

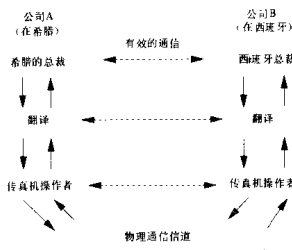


图 1.6 人通话的一个例子

息进行传送和处理的用户。

OSI 模型将通信过程分为七个层次，每一层次都包围着它的下一层，使之与更高层分隔开。分层(法)由此将整个通信问题分成很多小的功能。它也通过给每一层对下一层的服务下定义来保证每一层的独立，以及这些服务在执行过程中的独立性。

图 1.7 显示了分层的概念。我们将任意一层称为 N 层。比它低的和高的层分别称为 N-1 层和 N+1 层。每一层有一个或者更多的实体。一个 N 实体执行 N 层功能及协议，这以便与其它系统中的 N 实体进行通信，(如子程序或一个过程就是实体的例子)。与给定层的上一层或下一层中的实体进行通信，是通过接口进行的。N 实体与 N+1 实体之间的逻辑接口由 N 服务接收节点(SAP's)代表，N-1 实体的调用原语是，为 N 实体提供服务。原语定义了所要执行的功能、通过的数据以及控制信息。

图 1.8 示出了 OSI 七层模型，底下的三层(物理层、数据链路层和网络层)提供了远距离通信的功能和网络功能。最高的一层(会话层、表示层和应用层)提供了处理和对话的功能(会话层和表示层)以及应用控制功能(应用层)。中间层(传送层)象是架在面向通信的层和面向处理的层之间的一座桥梁。

模型中的最底层是物理层，它为信息流提供物理介质。换句话说，它覆盖了设备之间的物理接口，并与通信信道上传送的未经处理的比特相关，因此它对“工作”或“保持”的状态负责，但不使发送机和接收机之间的物理线路活跃，另外它也提供时钟信号。它还有一个机构用来通知第二层物理连接和电能的损失。X. 21、EIA-232-D、EIA-530、V22s 和 V35 都是物理接口的例子。

第二层是数据链路层，它负责通过链路层传送数据。数据链路层的一个主要任务是继承物理链路提供的传送灵活性，并把它传送到一条没有出现传送错误的链路上，这条链路通向上一层——网络层。一个第二层协议通过把数据分成帧，然后连续地发送这些帧，并处理由接收机发回的收悉通知帧来完成。点-点连接的数据链路层的例子有高级数据链路控制(HDLC)、IBM 的二进制同步通信(BISYNC)以及 X. 25 均衡式链路存取规程(LAP-B)，这些将在第四章中讨论。广播网的数据链路层的一个例子是局域网的 IEEE 802(在第八章中讨论)。

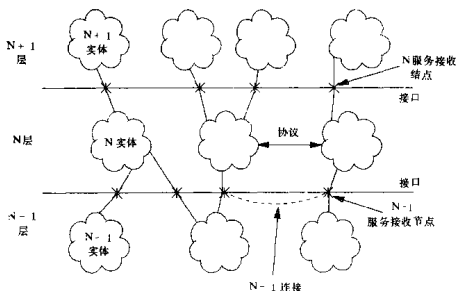


图 1.7 分层的概念

OSI 模型的第三层是网络层。目的是提供功能及其过程，旨在建立和结束一次呼叫，决定数据路由，并控制通过网络的数据流。传送层只关心服务的性质和费用，而不管所采用的是光导纤维、分组交换、卫星，还是局域网。因此，提供相对于路由选择和交换具有独立性的传送实体，是网络层的功能。网络层协议包括三级 CCITT X. 25 接口和无连接网络层协议 (CLNP)。

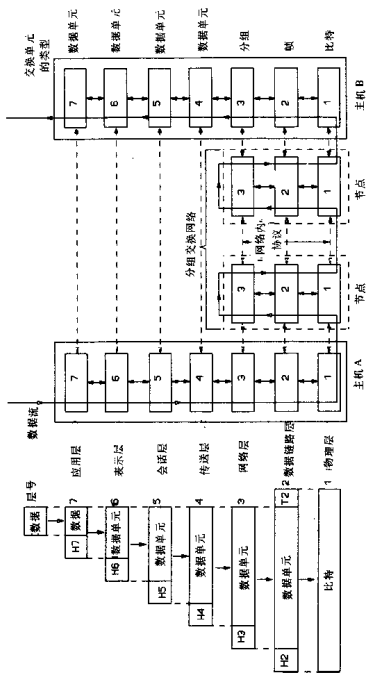
传送层提供终端系统之间独立的数据转移，这样就避免在上面各层进行可靠而有效的数据传送。因此，传送层是一个端到端的层，源终端系统的一个过程与同等的目的终端系统相反。传送层协议的例子是那些包括在 ISO 草案、国际标准 8703 以及在 CCITT 中同等的 X. 224。

会话层最关心的是会话连接的特征。它提供共同操作的实体来组织它们同时对话并管理它们的数据交换。会话层是用户进入网络的接口。

表示层的主要功能是以一种收发双方的规程和设置都能明白的方式提供一种数据传送机制。这种在表示层中提供的机制允许在两个可应用的过程之间组织和构造接口。

应用层是 OSI 体系结构的最高层。应用层协议直接通过给适当的申请人及其管理者以及系统的管理者提供分类的信息，来为终端的用户服务。它在应用过程中为面向连接及无连接的通信提供灵活性。面向连接的应用例子是大批文件的传送，实际终端的使用 (例如终端、工作站或相对于远距离主机的其它设备)，以及用来分配系统各组成部分 (例如打印服务、远程作业入口站) 的面向流的通路。无连接应用的例子有内向的数据采集 (大量数据源的周期性活动或被动的取样)、外向数据传播 (把一个信息的信号分配给大量的目的地)、广播多模式通信以及各种申请应答，即信号应答跟随信号申请。

图 1.8 也显示了信息流通过 OSI 参考模型。用户的数据信息向下穿过七层模型，每次都在消息中加入控制和通信的功能以及协议报头。协议层将控制信息带到目的地节点所对应的那一层，然后通过物理线路到达网络中第一个节点 (交换站) 并向上穿过开始的三个层返回，控制头也沿此路返回。这个过程在网络交换中沿信息路径反复进行。信息沿层次式体系结构向上直至最终的用户，而控制报头也沿此路径移动。按照协议的规则，每一层只检查它自己的协议报头。



Du: 数据单元
Hi: 第 i 层报头

图 1.8 开放式互连系统(OSI)参考模型体系结构

注意：传送层及它上面的各层要求具有终端用户的功能，因此在网络的中间点上对它们不作要求。

1.6.2 交互式网络协议体系结构

交互式网络(Internet)也许是世界上最大的,也是最成功的计算机网络。1993年它连接了大约 1.3×10^5 个计算机或主机,并正以每年 80% 的速度增长。在交互式网络中每台主机一般与一个特殊网络相连。这些网络经由通道交替互连。

交互式网络协议体系结构描述了各种软、硬件售主、学校及产业的研究者。各种政府机构的发展情况的一致性。交互式网络的标准规程保存在网间的体系结构板上。下面列出了交互式网络体系结构定义四个层次:

应用层:它是体系结构的最上层。在用户应用协议和用于支持应用的协议之间是有区别的。最流行的协议有文件传送协议(FTP)和简单邮件传送协议(SMTP)。用于支持的协议包括简单网络管理协议(SNMP)和范围指定协议(DNS)。DNS 协议用于安排主机名及交互式网络的地址。

传送层:在 OSI 模型中,交互式网络的传送层用于向申请者提供端到端的通信服务。传输控制协议(TCP)及用户数据报协议是最主要的交互式网络传送协议。

交互式网络层:交互式网络定义的特点之一就是采用了交互式网络协议(IP)来给网络各层提供服务(象由 OSI 模型定义一样)。一些管理和控制协议,如交互式网络控制信息协议(ICMP),用来支持 IP 提供的服务。

链路层:这是交互式网络体系结构的最底层。它是主机与局域网的接口,用于这一层的一些协议基于所采用的局域网。

1.6.3 系统网络体系结构(SNA)协议

系统网络体系结构(SNA)提供了 IBM 计算机及其设备生成的网络的结构。SNA 协议层有:(1)物理控制层(2)数据链路控制层(3)路径控制层(4)传送控制层(5)数据流控制层(6)表示服务层(7)事务处理服务层(如图 1.9 所示)。

物理控制层相当于 OSI 的第一层。数据链路控制层生成一条无错的物理线路,并在这条链路上控制信息流。路径控制层确定信息在源和目的地之间的路径。信息传送控制层协调对话并管理这一对话期间的数据流。数据流控制层控制用户的请求-应答流并保证流在用户级的完整。表示服务层是提供诸如数据传送(如数据与文本压缩)、添加(如用于显示标题栏),以及编辑和翻译(如本地终端语言中的过程命令)等服务的。

事务处理服务层提供网络管理服务,这些服务包括:允许操作者建立或重构网络的构形服务,比如网络统计和显示的操作服务、保持服务以及对话服务。

图 1.9 还示出了 SNA 的数据压缩。系统网络体系结构并不要求分层式协议的每一层有一个不同的报头,用户的数据网络控制信息被传送服务和表示服务在请求-应答单元(RU)中改变,数据流控制层把信息传送给传送控制层,再由传送控制层根据其自身的利益和数据流控制在 RU 上加上请求-应答报头(RH)。路径控制加在传送报头上,而数据链路控制加在连接头(LH)和连接尾(LT)上。结果,帧就以一条比特线的形式通过物理控制层来传送。

1.6.4 数字网络体系结构(DNA)

数字网络体系结构是这样一种体系结构:成套通信软件工具(DECNET)以它为基础。