

计算机

JISUANJI

通信网

TONGXINWANG

王晓军 毛京丽 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

计算机通信网

王晓军 毛京丽 编 著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书根据北京邮电大学成人教育“计算机通信网”课程教学大纲编写而成。

全书共有6章:第1章概述,第2章计算机网络协议的体系结构,第3章局域网,第4章 Internet,第5章广域网技术与网络互连,第6章网络安全与管理。

本书的特点是:结构清晰,概念准确,强调基本理论和基本概念的重要性,并注重体现计算机通信技术的实用性和快速发展的特点。

本书可以用于成人教育的本科学生学习,也可以用于相关专业的学生和工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机通信网/王晓军,毛京丽编著. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1404-5

I. 计… II. ①王…②毛… III. 计算机通信网—高等教育:成人教育—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 070087 号

书 名: 计算机通信网

作 者: 王晓军 毛京丽

责任编辑: 陈岚岚

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

北方营销中心: 电话: 010—62282185 传真: 010—62283578

南方营销中心: 电话: 010—62282902 传真: 010—62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 19.5

字 数: 423 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1404-5/TP·280

定 价: 32.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

前 言

计算机通信网是计算机技术和通信技术紧密结合并飞速发展的一个科技领域。随着 Internet 的普及,网络技术影响和改变着人们的生活。

本书根据北京邮电大学成人教育“计算机通信网”课程教学大纲编写而成。

本书共有 6 章。第 1 章概述,介绍了计算机通信网的概念、发展过程,以及网络的组成和分类等。第 2 章计算机网络协议的体系结构,介绍了计算机网络体系结构的概念,并对 OSI-RM 进行了详细讲解。第 3 章局域网,对局域网的基本概念、参考模型及各种类型的局域网进行了详细介绍。第 4 章 Internet,详细讲解了 TCP/IP 协议及其功能。第 5 章广域网技术与网络互连,介绍了有关广域网的知识,讲解了网络互连的基本概念、不同网络层次的互连技术和路由选择协议等。第 6 章网络安全与管理,介绍了网络安全与管理的概念和常用技术。

本书第 1、3、5 章由毛京丽编写,第 2、4、6 章由王晓军编写。

在本书的编写过程中,主要参考了谢希仁老师编著的《计算机网络》(第 4 版,电子工业出版社)等书籍,并参考、引用他人的研究成果,在此对这些文献的著作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,若书中存在缺点和错误,恳请专家和读者指正。

编 者

目 录

第1章 概 述

1.1 计算机通信网的概念及发展过程	1
1.1.1 计算机通信网的概念	1
1.1.2 计算机通信网的形成与发展	1
1.2 计算机通信网的组成	8
1.2.1 用户资源子网	9
1.2.2 通信子网	9
1.3 计算机通信网的主要任务	10
1.4 计算机通信网的分类	10
1.5 计算机通信网的主要设计问题	12
1.5.1 对计算机通信网的基本要求	12
1.5.2 网络拓扑设计的基本概念	13
小结	13
习题	14

第2章 计算机网络协议的体系结构

2.1 网络体系结构概述	15
2.1.1 网络体系结构的概念	15
2.1.2 网络协议与接口	17
2.1.3 分层原理	17
2.2 开放系统互连参考模型	19
2.2.1 OSI-RM 的制定	19
2.2.2 OSI-RM 的分层原则	19
2.2.3 OSI-RM 的分层方法	20
2.3 OSI-RM 各层主要功能概述	21
2.4 OSI-RM 的基本概念	24
2.4.1 服务与协议	24

2.4.2	数据单元	31
2.4.3	服务原语	33
2.4.4	服务类型	36
2.5	物理层	37
2.5.1	物理层的基本概念	37
2.5.2	传输媒体	40
2.5.3	常用的物理层接口简介	44
2.6	数据链路层	47
2.6.1	数据链路层概述	48
2.6.2	数据链路层协议	50
2.6.3	高级数据链路控制规程	58
2.6.4	数据链路服务原语	62
2.7	网络层	64
2.7.1	网络层概述	64
2.7.2	面向连接和无连接的网络服务	65
2.7.3	路由选择	68
2.7.4	流量控制	70
2.7.5	网络层的服务原语	71
2.8	运输层	73
2.8.1	运输层的基本概念	73
2.8.2	运输协议	74
2.8.3	运输服务	76
2.9	高层协议	77
2.9.1	会话层	77
2.9.2	表示层	81
2.9.3	应用层	83
小结		85
习题		86

第3章 局域网

3.1	局域网概述	88
3.1.1	局域网的定义及特征	88
3.1.2	局域网的组成	89
3.1.3	局域网的分类	89
3.2	局域网参考模型	91

3.2.1 局域网参考模型	92
3.2.2 IEEE 802 标准	94
3.3 LLC 子层协议	95
3.3.1 LLC 子层的服务形式	95
3.3.2 LLC 子层的操作类型	96
3.3.3 LLC 帧的结构	96
3.4 常规局域网	98
3.4.1 总线形局域网	98
3.4.2 令牌环局域网	110
3.4.3 令牌总线局域网	113
3.4.4 3 种局域网的比较	115
3.5 高速局域网	116
3.5.1 FDDI 光纤环网	116
3.5.2 100 BASE-T 快速以太网	120
3.5.3 千兆位以太网	123
3.5.4 10 Gbit/s 以太网	125
3.6 交换式局域网	126
3.6.1 交换式局域网的基本概念	126
3.6.2 局域网交换机的基本原理	128
3.6.3 全双工局域网	136
3.6.4 虚拟局域网	137
3.6.5 交换式局域网的组网技术	140
3.7 无线局域网	142
3.7.1 无线局域网的基本概念	142
3.7.2 扩频通信基本原理和无线局域网的调制方式	147
3.7.3 无线局域网标准	150
3.7.4 无线局域网的硬件	155
小结	158
习题	162

第 4 章 Internet

4.1 Internet 概述	164
4.1.1 什么是 Internet	164
4.1.2 Internet 的发展与现状	165
4.1.3 Internet 资源	166

4.1.4	Internet 的主要服务	167
4.1.5	Internet 的运行管理和组织结构	168
4.1.6	Internet 在中国	170
4.2	Internet 体系结构	173
4.2.1	TCP/IP 概述	173
4.2.2	TCP/IP 体系结构	174
4.3	网络层协议	179
4.3.1	IP 地址	179
4.3.2	IP 地址解析	183
4.3.3	IP 数据报及传输	184
4.3.4	差错与控制报文	190
4.3.5	IPv6 简介	193
4.4	传输层协议	196
4.4.1	协议端口	196
4.4.2	用户数据报协议	197
4.4.3	传输控制协议	199
4.5	应用层协议	205
4.5.1	域名系统	205
4.5.2	文件传输协议	208
4.5.3	远程登录	209
4.5.4	电子邮件	211
4.5.5	万维网	214
	小结	216
	习题	217

第 5 章 广域网技术与网络互连

5.1	广域网技术	219
5.1.1	分组交换	219
5.1.2	帧中继	225
5.1.3	B-ISDN 与 ATM	230
5.2	网络互连基本概念	238
5.2.1	网络互连的目的及必要性	238
5.2.2	网络互连的要求	239
5.3	网间连接器	239
5.3.1	网桥	240

5.3.2 路由器	246
5.3.3 网关	255
5.4 路由技术	257
5.4.1 路由选择算法概述	257
5.4.2 内部网关协议 RIP	259
5.4.3 内部网关协议 OSPF	264
5.4.4 外部网关协议 BGP	267
小结	272
习题	276
 第 6 章 网络安全与管理	
6.1 网络安全	278
6.1.1 网络安全的内容	278
6.1.2 网络安全体系结构	281
6.1.3 数据加密的基本概念	284
6.1.4 黑客及防御策略	286
6.1.5 防火墙技术	288
6.2 网络管理	292
6.2.1 网络管理的基本概念	292
6.2.2 网络管理的构件	294
6.2.3 网络管理协议	297
小结	298
习题	299
参考文献	301

第 1 章

概 述

随着人类社会的不断进步、经济的迅猛发展以及计算机的广泛应用,人们对信息的要求越来越强烈,为了更有效、更可靠地传送、处理信息,计算机通信网应运而生。

本章主要介绍计算机通信网的概念及发展过程,计算机通信网的组成、主要任务,计算机通信网的分类和计算机通信网的主要设计问题等。

学习本章时,应注意掌握有关计算机通信网的一些基本概念,对计算机通信网有一个全面的了解,为学习以后各章打下良好的基础。

1.1 计算机通信网的概念及发展过程

1.1.1 计算机通信网的概念

将若干台具有独立功能的计算机通过通信设备及传输媒体互连起来,在通信软件(操作系统和网络协议)的支持下,实现计算机间的信息传输与交换的系统,称之为计算机通信网。

计算机通信网涉及通信与计算机两个领域,计算机与通信的结合是计算机通信网产生的主要条件。一方面,通信网络为计算机之间的数据传送和交换提供了必要的手段;另一方面,计算机技术的发展渗透到通信技术中,又提高了通信网的各种性能。当然,这两个方面的进展都离不开人们在微电子技术上取得的辉煌成就。

下面具体介绍计算机通信网的形成与发展过程。

1.1.2 计算机通信网的形成与发展

随着计算机的广泛应用,需要改变计算机的使用方式,社会信息的急剧增长,要求更有效地传送、处理和管理信息。这种日益增长的需要是计算机通信网发展的广泛的社会基础。

微电子技术〔包括大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)技术〕的迅速发展,对计算机和通信行业产生巨大的影响。计算机、通信和微电子这3种技术的结合是推动计算机通信网发展的物质基础。

计算机通信网的发展主要经历了以下几个阶段。

1. 第一代计算机通信网

第一代计算机通信网是面向终端的计算机通信网。

计算机与通信的结合是在1954年。人们将远程终端(如收发器、电传打字机等)通过电话线路与计算机相连,以实现相互传递数据信息。由于当初计算机是为成批处理信息而设计的,所以为了实现计算机与远程终端的通信,在计算机上需增加一个接口,即线路控制器(Line Controller)。线路控制器的主要功能是串/并变换(数据信号在通信线路上是串行传输,而在计算机内采用的是并行传输)以及简单的差错控制。早期的线路控制器只能和一条通信线路相连,随着远程终端数量的增多,为了避免一台计算机使用多个线路控制器,在20世纪60年代初期,出现了多重线路控制器(Multiline Controller),它可以和许多个远程终端相连接,如图1-1所示。

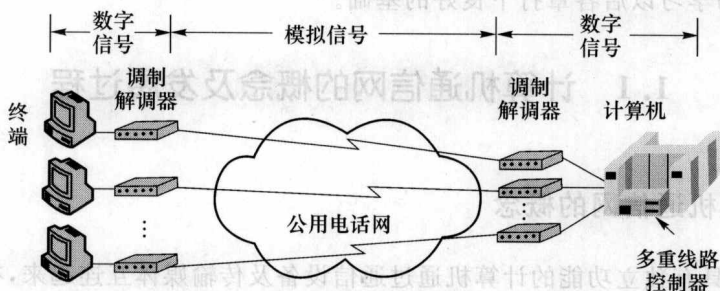


图 1-1 多重线路控制器的使用

图中调制解调器是做什么用的呢?因为电话线路本来是为传送模拟的话音信号而设计的,它不适合于传送计算机的数据(字)信号,所以要加调制解调器。调制解调器的作用是把计算机或终端产生的数据信号变换成可以在电话线路上传送的模拟信号以及完成相反的变换。

图1-1所示的联机系统称为面向终端的计算机通信网,即第一代计算机通信网。

随着计算机的用户迅速增长,每当需要增加一个新的远程终端时,上述的这种线路控制器就要进行许多硬件和软件的改动,以便和新加入终端的字符集和传输速率等特性相适应。因此,这种线路控制器给主机造成了相当大的负担。为了减轻主机的负担,节省开销,由通信处理机代替了线路控制器。通信处理机也称为前端处理机(FEP, Front End Processor),它分工完成全部的通信任务,而让主机(即原来的计算机)专门进行数据的处

理。这样就大大减小了主机的额外开销,因而显著地提高了主机进行数据处理的效率。

图 1-2 表示用一个前端处理机与多个远程终端相连的情况。



图 1-2 用前端处理机完成通信任务

进一步地,为了节省通信费用,可在远程终端较密集处加一个集中器(Concentrator)。集中器也是一种通信处理机,它是一种智能复用器(不是简单的多路复用器),它可以利用一些终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端的数据。正因如此,所用线路的容量就可以小于各低速线路容量的总和,从而明显地降低了通信线路的费用。

采用集中器的面向终端的计算机通信网如图 1-3 所示。由于集中器距终端较近,因此在集中器与终端之间往往可以省去调制解调器。



图 1-3 采用集中器以降低通信费用

以上介绍的是在 20 世纪 60 年代发展起来的第一代计算机通信网。这种面向终端的计算机通信网的网络结构是以单个主机为中心的星形网,如图 1-4 所示。在这种结构中,各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。

2. 第二代计算机通信网

第二代计算机通信网是以通信子网为中心的计算机通信网。这里所谓的通信子网就是分组交换网。

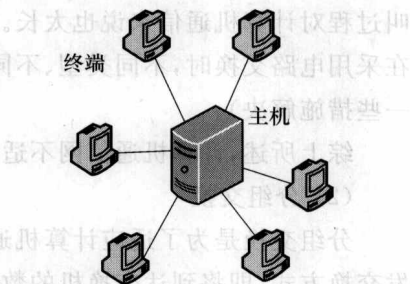


图 1-4 以单个主机为中心的星形网

传统的电路交换技术不适合计算机数据的传输,计算机通信网采用的交换方式大都是分组交换。下面通过介绍电路交换与分组交换的特点来分析计算机通信网采用分组交换的原因。

(1) 电路交换

我们知道,为了提高通信线路的利用率,各用户之间的连接必须经过交换机。

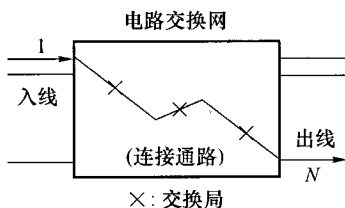


图 1-5 电路交换方式原理

电路交换是用户开始通信前,先要申请建立一条从发端到收端的通路。只有在此通路建立以后,双方才能互相通信,且在通信过程中,双方用户自始至终占用这条通路。从通信资源的分配方法来看,电路交换是预先分配传输带宽(这里指的是广义的带宽,即包括时分制的时隙宽度),也就是用户固定占有一定的传输带宽。电路交换的原理如图 1-5 所示。

电路交换的主要优点是:

- ① 信息的传输时延小;
- ② 交换机对用户数据信息没有存储、分析和处理过程,所以对用户的数据信息不必附加许多用于控制的信息,信息传输效率比较高。

但是,电路交换也有以下一些主要缺点:

- ① 电路资源被通信双方独占,电路利用率低;
- ② 电路的接续时间较长,而且有呼损;
- ③ 通信双方在信息传输速率、编码格式、同步方式及通信规程等方面要完全兼容,这就限制了各种不同速率、不同代码格式、不同通信规程的用户终端设备之间的互通。

由于电路交换的上述缺点,导致它不适合对计算机数据的传输。因为计算机的数据是突发式地和间歇性地出现在传输线路上,计算机通信时,线路上真正用来传送数据的时间往往不到通信时间的 10%,在绝大部分时间里,通信线路实际上是空闲的,如果采用电路交换,宝贵的通信线路资源未被利用,即线路利用率低。另外,电路交换建立通路的呼叫过程对计算机通信来说也太长。还有就是由于计算机和各种终端的传输速率不一样,在采用电路交换时,不同类型、不同规格、不同速率的计算机和终端很难相互通信(需采取一些措施解决)。

综上所述,计算机通信网不适合采用电路交换方式。

(2) 分组交换

分组交换是为了适应计算机通信网的要求而发展起来的。分组交换是一种存储-转发交换方式,即将到达交换机的数据先送到存储器暂时存储和处理,等到相应的输出电路有空闲时再送出。

分组交换方式的原理如图 1-6 所示。

分组交换以分组(Packet)为单位进行交换和传输。由于分组平均长度固定且具有统一的格式,便于在交换机中存储和处理。数据分组进入交换机后只在主存储器中停留很短的时间进行排队和处理(来自不同入线的分组可能要去往同一出线,需在分组交换机中

排队等待),一旦确定了新的路由,就输出到下一个交换机或用户终端。可见分组交换机的主要任务是负责分组的存储、转发以及选择合适的路由。另外,分组交换机还具备差错控制和流量控制等功能。

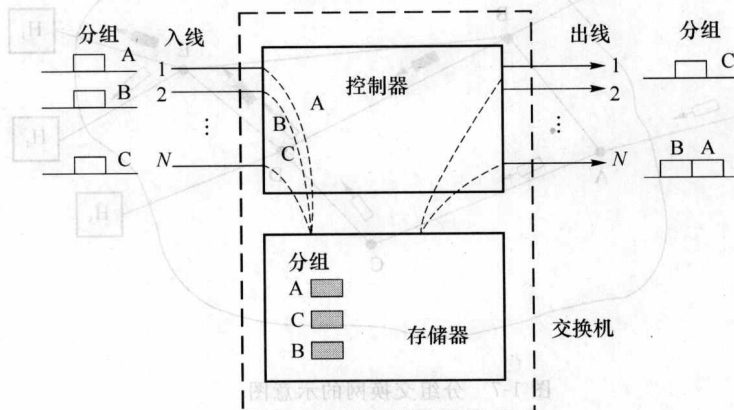


图 1-6 分组交换方式的原理

分组交换具有线路利用率高、可靠性好、不同类型的终端可相互通信等优点,所以计算机通信网采用分组交换。当然,分组交换也有一些缺点:一是传输时延较大;二是各分组必须携带的控制信息使得分组的开销较大;再就是分组交换技术实现复杂。

图 1-7 是分组交换网的示意图。图中交换节点 A、B、C、D、E 以及连接这些节点的链路 AB、AC、BD、BE、CD、DE 等组成了分组交换网,称为通信子网。图中通信子网以外的 $H_1 \sim H_5$ 都是一些独立的并且可以进行通信的计算机,即主机(习惯上把在通信子网以外的计算机称为主机,而把分组交换网中节点上的计算机称为节点交换机)。这些主机和终端构成了用户资源子网。用户不仅共享通信子网的资源(分组交换的最基本的思想就是实现通信资源的共享),而且还可以共享用户资源子网的硬件和软件资源。

图 1-7 所示的这种以通信子网为中心的计算机通信网称为第二代计算机通信网,这种计算机通信网比第一代的面向终端的计算机通信网的功能扩大了许多。最早的分组交换网是美国的分组交换网 ARPANET,它是 1969 年 12 月投入运行的(当时仅 4 个节点)。此后几年里,分组交换网在世界各地迅速发展起来,其中的原因除了上面提到的分组交换网的优点外,还有一个不容忽视的因素,那就是分组交换网的经济性好。分组交换网中信息以分组(长度比较短)为单位在交换机中存储和处理,不要求交换机具有很大的容量,降低了网内设备的费用;对线路的动态统计时分复用大大降低了用户的通信费用;分组交换网通过网络控制和管理中心(NMC)对网内设备实行比较集中的控制和维护管理,节省了维护管理费用(这里只是简单介绍了分组交换的基本概念,本书第 5 章将进一

步探讨分组交换的其他问题)。

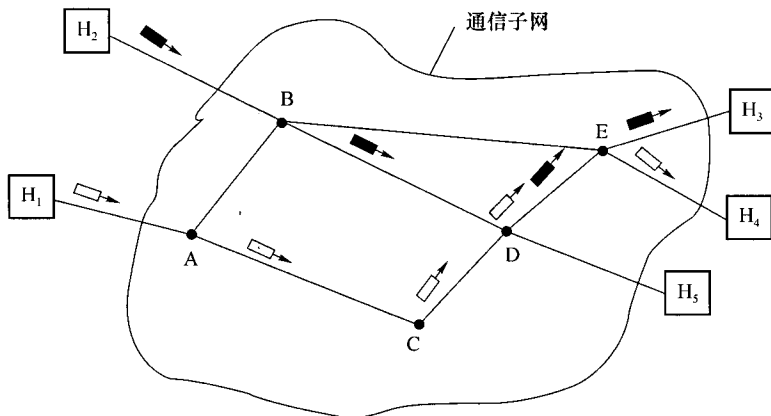


图 1-7 分组交换网的示意图

3. 第三代计算机通信网

第三代计算机通信网是体系结构标准化的计算机通信网。

计算机通信网是个非常复杂的系统,计算机之间相互通信涉及许多复杂的技术问题。为了设计这样一个复杂的系统,早在最初的 ARPANET 设计时就提出了分层的方法。所谓分层就是将完成计算机通信全过程的所有功能划分成若干层,每一层对应一些独立的功能。这样,就可将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题,而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

1974 年美国 IBM 公司公布了其研制的系统网络体系结构(SNA, System Network Architecture, 所谓网络体系结构就是计算机网络的各层功能及其协议的集合)。不久,各种不同的网络体系结构相继出现。

体系结构出现后,对同一体系结构的网络设备互连是非常容易的,但对不同体系结构的网络设备却很难实现互连。然而社会的发展要求不同体系结构的计算机网络都能互连,以满足不同体系结构的用户相互交换信息的需求。为此国际标准化组织于 1977 年成立了专门机构研究该问题。在研究分析了现存的各种网络体系结构后,不久,该机构就提出了著名的开放系统互连参考模型,这是一个能使各种计算机在世界范围内互连成网的标准框架。从此,计算机通信网走上了标准化的轨道。我们把体系结构标准化的计算机通信网称为第三代计算机通信网。

4. Internet 时代

随着全球范围内计算机通信需求的日益增长,20 世纪 80 年代末期美国开始发展 Internet,而进入 20 世纪 90 年代计算机网络已成为 Internet 时代。

(1) Internet 的概念

Internet 是全球最大的、开放的、由众多网络互连而成的计算机互联网,或者说是网络的网络。

互联网意味着全世界采用统一的网络互连协议,即采用 TCP/IP 协议的计算机都能互相通信,所以说,Internet 是基于 TCP/IP 协议的网间网。

(2) Internet 的发展

Internet 的发展大致经历了 3 个阶段。

① Internet 发展的第一阶段是从单个的分组交换网 ARPANET 向互联网发展的过程。1969 年美国国防部创建了 ARPANET 网,它是一个单个的分组交换网,但随后其规模一直增长很快,而且人们逐渐认识到了网络互连的重要性,并开始研究网络互连技术。1983 年 TCP/IP 协议成为 ARPANET 的标准协议,在 ARPANET 的基础上,采用网络互连技术和 TCP/IP 协议,1983—1984 年便形成了 Internet。

② Internet 发展的第二阶段是由美国国家科学基金会(NSF, National Science Foundation)在 1986 年建成了 3 级结构的 Internet,称为国家科学基金网(NSFNET)。整个网络分为主干网、地区网和校园网,如图 1-8 所示。

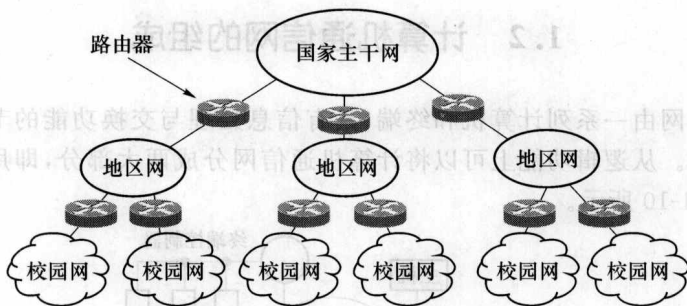


图 1-8 3 级结构的 Internet

③ Internet 发展的第三阶段从 1993 年开始,若干个商用的因特网主干网逐渐代替了由美国政府资助的 NSFNET,这种主干网是由因特网服务提供者(ISP, Internet Service Provider)经营的,所以也叫服务提供者网络。这就是 Internet 发展的第三阶段。

从 1994 年到现在,Internet 逐渐演变成多级网络结构,如图 1-9 所示。

图 1-9 显示了 Internet 一般可分为以下 5 个接入级:

- 网络接入点(NAP);
- 国家主干网(主干 ISP);
- 地区 ISP;
- 本地 ISP;
- 校园网、企业网或 PC 机上网用户。

目前,Internet 已经风靡全球,可以说计算机网就是 Internet 的天下,Internet 无处不在。

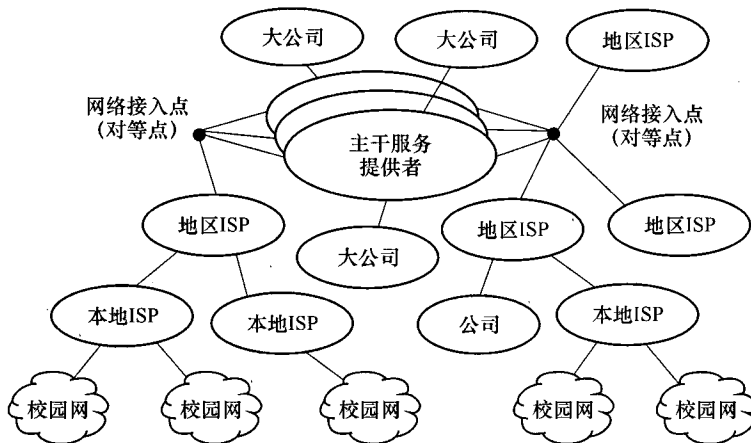


图 1-9 多级结构的 Internet

1.2 计算机通信网的组成

计算机通信网由一系列计算机和终端、具有信息处理与交换功能的节点以及节点间的传输线路组成。从逻辑功能上可以将计算机通信网分成两大部分,即用户资源子网和通信子网,如图 1-10 所示。

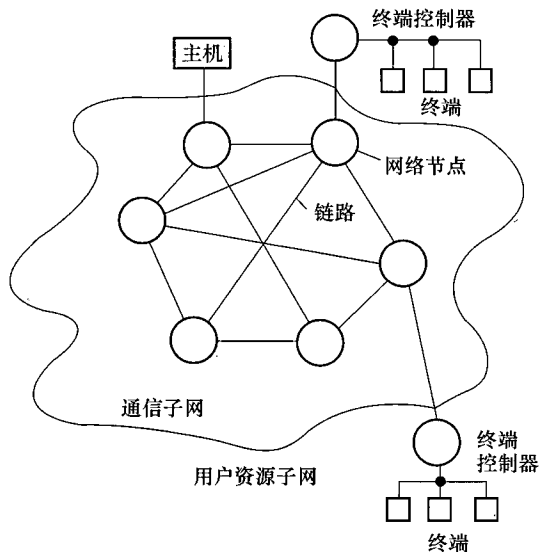


图 1-10 计算机通信网的组成