

大学本科计算机专业教材系列

计算机网络原理与技术

• 华蓓 钱翔 刘永 编著 •

1

2

3

4

5

6

1

2

3

Q

W

E

R

T

Q

W

E

A

S

D

F

G

A

S

3-43

/1

科学出版社

大学本科计算机专业教材系列

计算机网络原理与技术

华蓓 钱翔 刘永 编著

科学出版社

内 容 简 介

本书内容分为三个部分:计算机网络基本理论;实用网络技术与协议;智能大厦与综合布线系统。

本书以简化的 ISO/OSI 参考模型为主线,对传统的网络理论进行适当剪裁,介绍了计算机网络领域的基本概念和原理;在网络技术与协议部分,扼要介绍了当今最流行的 TCP/IP 协议族,介绍了目前较为流行的局域网、广域网技术,以及最新的宽带网络技术;最后介绍了与工程有关的智能大厦与综合布线系统。

本书力求理论与技术相结合,在阐明网络基本原理的基础上,努力反映计算机网络的最新发展与技术,并介绍了有关的工程问题。本书可作为高等学校计算机系及电子类专业计算机网络课程教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与技术/华蓓等编著. - 北京:科学出版社,1998.10

大学本科计算机专业教材

ISBN 7-03-006495-X

I. 计… II. 华… III. 计算机网络 - 高等学校 - 教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24825 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 10 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

1998 年 10 月第一次印刷 印张: 16 1/2

印数: 1 - 4 000 字数: 379 000

定价: 22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

计算机网络是计算机技术和通信技术密切结合形成的新的技术领域，是当今计算机界公认的主流技术之一，也是迅速发展并在信息社会中得到广泛应用的一门综合性学科。

信息社会必须以计算机网络为基础，这一点已在各国各界形成了共识。因此，美国政府于 1993 年推出它的“信息高速公路”计划后，立即在世界各国引起了强烈反响，我国也很快提出并开始实施“三金”工程，着手建设中国的信息高速公路。进入 90 年代以来，计算机网络在中国迅速普及，许多高等院校、科研单位、金融机构、政府部门和大型的企业和商业组织相继建立了自己的局域网，并通过电话网、X.25 网和 DDN 连接广域网。特别是 1994 年中国正式加入 Internet 后，到目前已形成了国内四大网络互连并同 Internet 互连的局面，中国同世界的距离一下子拉近了。

为适应计算机网络技术发展和应用的需要，目前许多高等院校的电类专业都已开设了计算机网络课程，网络技术已成为计算机专业学生以及从事计算机研究和应用人员必须掌握的重要知识。计算机网络涉及面广，除了传统的网络理论外，还有众多的标准、协议与网络技术。为帮助学生较为全面地了解和掌握网络知识，本书从三个方面加以介绍：网络基本理论、实用网络技术与协议、智能大厦与综合布线系统。本书以简化的 ISO/OSI 参考模型为主线，对传统网络理论进行适当剪裁，力求深入浅出地介绍计算机网络领域的基本概念和原理；以国际标准为依据，介绍计算机网络各层的典型技术与协议，并介绍了最新的宽带网络技术；最后介绍与工程有关的综合布线系统。

本书共分十一章，第一章从总体上描述计算机网络，第二章至第七章介绍从物理层至应用层的内容，这部分是计算机网络理论部分；第八章至第十章是网络技术与协议部分，其中第八章介绍了当今流行的 TCP/IP 协议，第九章介绍了目前较为流行的网络技术，第十章介绍了最新的宽带网络技术；第十一章介绍智能大厦与综合布线系统。在实际教学过程中，书中有些内容可以节略或作为学生的自学内容。

本书由华蓓、钱翔和刘永编著。华蓓编写了第一至第八章，并统阅了全书，钱翔编写了第九章和第十一章，刘永编写了第十章。中国科技大学李津生教授审阅了全稿，并提出了许多宝贵的意见。要特别感谢中国科技大学的陈意云教授，本书从酝酿到完稿，自始至终得到了陈意云教授的关心、支持和帮助。在本书的编写过程中，还得到了杨寿保教授和岳丽华副教授的关心和支持。另外，於建生同志完成了本书的大部分插图，在此一并表示衷心感谢。

由于编著者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

一九九八年五月十二日

目 录

前 言

第一章 概 述	(1)
1.1 计算机网络的发展与前景	(1)
1.2 计算机网络的定义	(4)
1.3 计算机网络的分类	(4)
1.3.1 广播网与点-点网	(5)
1.3.2 局域网、城域网与广域网	(5)
1.4 网络体系结构	(7)
1.4.1 网络的分层结构	(7)
1.4.2 服务、接口和协议	(7)
1.4.3 网络参考模型	(8)
第二章 物 理 层	(13)
2.1 基本通信理论	(13)
2.1.1 数据通信中的几个主要指标	(13)
2.1.2 多路复用技术	(14)
2.1.3 调制技术	(17)
2.1.4 交换技术	(20)
2.2 传输介质	(22)
2.3 拓扑结构	(25)
2.4 物理层协议举例	(27)
第三章 数据链路层	(32)
3.1 组帧	(32)
3.2 差错控制	(34)
3.2.1 差错编码理论	(34)
3.2.2 海明码	(35)
3.2.3 循环冗余码	(37)
3.2.4 差错控制策略	(39)
3.3 流量控制	(39)
3.3.1 停-等协议	(40)
3.3.2 滑动窗口协议	(40)
3.4 数据链路层协议举例	(43)
3.4.1 起-止式异步通信规程	(44)
3.4.2 面向字符的同步协议	(44)
3.4.3 面向比特的同步协议	(49)
第四章 介质访问控制子层与局域网	(54)
4.1 信道分配策略	(54)
4.1.1 争用协议	(55)
4.1.2 无冲突协议	(59)
4.1.3 有限争用协议	(61)

4.1.4	自适应步进树协议	(62)
4.2	IEEE 802 标准与局域网	(63)
4.2.1	IEEE 802.3 与总线局域网	(65)
4.2.2	IEEE 802.5 与令牌环网	(68)
4.2.3	IEEE 802.4 与令牌总线网	(73)
4.2.4	802.3, 802.4, 802.5 的比较	(78)
4.2.5	IEEE 802.2 与逻辑链路控制协议	(79)
4.3	局域网互连与网桥	(81)
4.3.1	透明桥	(82)
4.3.2	源路径选择桥	(83)
第五章	网络层	(85)
5.1	网络层提供的服务及网络层的操作方式	(85)
5.1.1	网络层提供的服务	(85)
5.1.2	网络层的操作方式	(86)
5.2	路由选择	(89)
5.2.1	最佳原理和接收树	(90)
5.2.2	最短通路路由选择算法	(90)
5.2.3	距离矢量路由选择算法	(92)
5.2.4	链路状态路由选择算法	(94)
5.2.5	分层路由选择算法	(97)
5.2.6	广播路由选择算法	(97)
5.3	拥塞控制	(100)
5.3.1	通信量整形和通信量管制	(101)
5.3.2	拥塞解决	(106)
5.4	网络互连	(109)
5.4.1	网络互连设备	(109)
5.4.2	网络互连面临的困难	(111)
5.4.3	网络互连的形式	(112)
5.4.4	互连网络的路由选择	(114)
5.4.5	防火墙	(115)
第六章	传输层	(117)
6.1	传输层提供的服务	(117)
6.1.1	传输服务类型	(117)
6.1.2	传输服务质量	(118)
6.1.3	传输服务原语	(119)
6.2	传输层协议	(121)
6.2.1	寻址	(122)
6.2.2	建立传输连接	(123)
6.2.3	释放传输连接	(125)
6.2.4	流量控制	(127)
6.2.5	多路复用和分流	(129)
第七章	应用层	(131)
7.1	网络安全	(131)
7.1.1	密码学基本概念	(131)
7.1.2	传统加密技术	(132)

7.1.3	秘密密钥算法	(134)
7.1.4	公开密钥算法	(136)
7.1.5	用户确证	(138)
7.1.6	数字签名	(140)
7.2	电子邮件	(143)
7.2.1	email 系统的结构和功能	(143)
7.2.2	信件格式	(144)
7.2.3	用户代理	(148)
7.2.4	报文传输代理	(149)
7.3	万维网	(151)
7.3.1	WWW 的基本概念	(151)
7.3.2	客户 - 服务器模式	(153)
7.3.3	超文本标记语言 HTML	(155)
7.4	多媒体应用	(161)
7.4.1	音频和视频信号的数字表示	(162)
7.4.2	数据压缩	(163)
7.4.3	视频点播	(167)
第八章	Internet 与 TCP/IP 协议	(170)
8.1	Internet 简介	(170)
8.2	TCP/IP 参考模型	(171)
8.3	网络接口层协议	(172)
8.3.1	SLIP 协议	(172)
8.3.2	PPP 协议	(173)
8.4	网络互联层协议	(174)
8.4.1	IP 协议	(174)
8.4.2	ARP 协议和 RARP 协议	(177)
8.4.3	ICMP 协议	(178)
8.5	传输层协议	(179)
8.5.1	UDP 协议	(179)
8.5.2	TCP 协议	(180)
8.6	应用层协议	(184)
8.6.1	TELNET 协议	(185)
8.6.2	FTP 协议	(187)
8.6.3	DNS	(190)
第九章	实用网络技术介绍	(194)
9.1	公用分组交换网 X.25 及数字数据网 DDN	(194)
9.1.1	公用数据网	(194)
9.1.2	X.25 产生的背景及其层次结构	(194)
9.1.3	X.25 的物理层	(196)
9.1.4	X.25 的数据链路层	(196)
9.1.5	X.25 的分组层	(197)
9.1.6	虚呼叫服务	(197)
9.1.7	永久虚电路服务	(198)
9.1.8	X.25 相关协议	(198)
9.1.9	数字数据网	(199)

9.2 帧中继	(200)
9.2.1 帧中继概述	(200)
9.2.2 帧中继的体系结构与数据帧格式	(202)
9.2.3 帧中继网络的应用	(204)
9.3 快速以太网及交换型以太网	(204)
9.3.1 100B/SAE-T (快速以太网) 标准	(205)
9.3.2 以太网交换技术	(208)
9.3.3 未来的增强型以太网	(211)
9.4 无线局域网技术	(211)
9.4.1 WLAN 的应用形式	(211)
9.4.2 技术选择	(212)
9.4.3 无线局域网标准	(213)
9.4.4 应用范围	(214)
9.5 光纤分布式数据接口 FDDI	(214)
9.5.1 FDDI 概述	(214)
9.5.2 FDDI 标准	(215)
9.5.3 环操作	(218)
9.5.4 定时令牌协议	(220)
第十章 ATM 与宽带网络技术	(222)
10.1 B-ISDN 的导入背景	(222)
10.2 ATM 技术分析	(224)
10.2.1 ATM 的基本概念	(224)
10.2.2 ATM 参考模型	(227)
10.2.3 物理层	(228)
10.2.4 ATM 层	(229)
10.2.5 AAL 层	(231)
10.2.6 ATM 连接管理	(232)
10.3 ATM 局域网	(235)
10.3.1 局域网仿真	(236)
10.3.2 IP OVER ATM	(240)
10.3.3 MPOA	(242)
第十一章 综合布线系统与智能大厦	(244)
11.1 智能大厦	(244)
11.2 综合布线系统 PDS	(246)
11.2.1 综合布线系统的功能结构	(247)
11.2.2 综合布线系统的特性	(248)
11.2.3 综合布线系统的设计方法	(250)
11.2.4 光缆传输系统	(253)
11.2.5 综合布线系统的经济性分析	(253)
11.2.6 采用 PDS 的建筑自动化系统	(254)
11.2.7 电气防护与接地	(255)
参考文献	(256)

第一章 概 述

人类正在进入信息社会,从日常的商品信息、商业情报到最新科研动态、国内国际的政治经济形势,各种各样的信息充斥着社会生活的方方面面,影响着人们的经济活动、科研活动和社会活动。当前,能否准确及时地收集并且正确地运用商业信息,已成为影响经济活动成败的重要因素之一;而准确把握最新科技动态,又是科研工作者正确选择课题,避免重复劳动的重要保证;更不用说政府部门颁布的各项政策措施,无不是在收集了大量的信息之后制订的。因此可以说,信息主导着人们的各项活动。

信息社会的基础是计算机网络,计算机网络使得信息的收集、存储、加工和传播不再是互相分离的几个部分,而是一个有机的整体。原始信息可以从网络的任何一个终端输入,经过处理软件的加工,存储在网络数据库中,并按需要分发到网络的任何一个地方。人们只要简单地敲击几下键盘或点击一下鼠标,便能获得各种所需的信息,而不管这些信息是存放在本地还是远在千里之外。

信息的存储和加工涉及计算机技术,而信息的传播则涉及通信技术。计算机网络是现代计算机技术和通信技术密切结合的产物,是随社会对信息共享和信息传递的要求而发展起来的。

1.1 计算机网络的发展与前景

50年代初期,美国建立的半自动地面防空系统(SAGE),将远距离的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路汇集到一台中心计算机进行处理,开创了把计算机技术和通信技术相结合的尝试。这种简单的“终端-通信线路-计算机”系统,形成了计算机网络的雏形。但这种系统除了一台中心计算机外,其余的终端设备都没有自主处理的功能,还不能称作是真正意义上的计算机网络,人们称之为以单计算机为中心的联机系统。如图1.1所示。

1969年12月,第一个远程分组交换网 ARPANET 问世,它是由美国国防部高级研究计划局 ARPA(Advanced Research Projects Agency)提供经费,联合计算机公司和大学共同研制的一个实验性网络,它最初的目的是为了在战争中保障可靠的通信。ARPANET 分为通信子网和宿主机两部分,通信子网由若干个称为 IMP(Interface Message Processor)的小型计算机及这些机器之间的传输线路组成,为了确保高可靠性,每个 IMP 至少和另外两个 IMP 用线路连接,每个节点由一个 IMP 和一台宿主机组成。宿主机发出的消息被 IMP 截成一定长度的分组,送入网中;各中继 IMP 首先将分组完整地接收下来,再为它选定一条合适的路径,传给下一个 IMP;目的 IMP 将收到的分组组装成一个完整的消息,送给宿主机。这是世界上第一个采用存储-转发方式的分组交换网络,图 1.2 是 ARPANET 的最初设计。ARPANET 是一个成功的系统,它在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络打下了基础,它成为计算机网络兴起的标志。

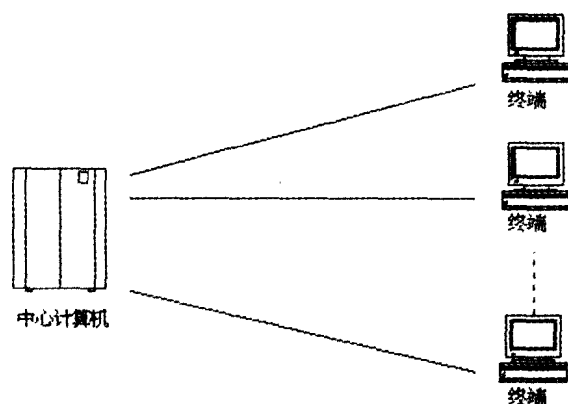


图 1.1 以单计算机为中心的联机系统

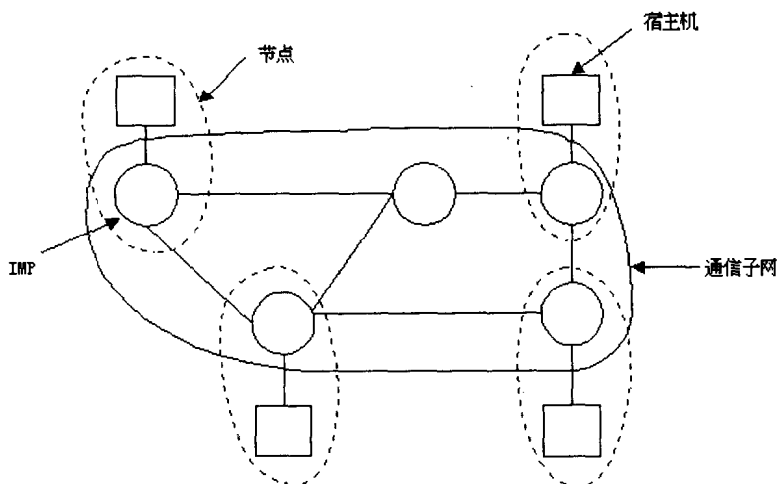


图 1.2 ARPANET 的最初设计

ARPANET 兴起后,计算机网络得到了迅猛的发展,各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构,以及实现这些网络体系结构的软硬件产品,如 IBM 公司的 SNA(System Network Architecture)和 DEC 公司的 DNA(Digital Network Architecture)就是两个著名的例子。

到了 70 年代中期,随着微型机和小型机被广泛地应用,出现了局域网,它将小范围内的计算机进行互联,以便共享设备和相互传递文件。80 年代是局域网迅猛发展的时期,涌现出了大量的局域网产品,如 XEROX 公司的以太网,英国剑桥大学的剑桥环,IBM 公司的令牌环等等。

但是这些各自研制的网络没有统一的网络体系结构,要把不同厂家提供的网络产品实现互连是十分困难的,这种自成体系的系统称为“封闭”系统。为了便于网络互联,也为了推动计算机网络走向国际化,国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)于 1984 年正式颁布了一个称为“开放系统互连参考模型”(Open Systems Interconnection Reference Model)的国际标准 ISO 7498,该模型为协调标准的研制提供了一个共同基础,允许现存的和正在演变中的标准化活动有一致的框架和前景,其最终目标

是,允许任一支持某种可用标准的计算机的应用进程自由地与任何其他支持同一标准的计算机的应用进程进行通信,而不管计算机是由哪个厂商制造的。

另一方面,随着越来越多的网络加入到 ARPANET,特别是后来卫星通信网和无线通信网的加入,利用 ARPANET 原有协议同这些网络互联已显得十分困难,于是在 1974 年推出了著名的 TCP/IP 参考模型,利用该模型可以实现多个网络的无缝连接。由于 TCP/IP 模型早于 OSI 模型的诞生,因此自然和 OSI 模型不完全一样,但由于其协议简单,已被众多的厂家采纳,尤其是覆盖全球的国际互联网络 Internet 上运行的就是 TCP/IP 协议,因此毫无疑问,它已成为事实上的国际标准。

如今,大大小小的网络已遍布全球,并且通过 Internet 实现了互联,任何人只要拥有一台 Internet 上的终端,就可以在网上“周游世界”。据统计,到 1995 年为止,Internet 已拥有多个骨干网,数百个地区网,几万个局域网,数百万台计算机和几千万的用户,范围遍及 150 多个国家和地区(见图 1.3)。据估计,Internet 的规模大约每年要翻一番,预计到本世纪末和下世纪初,Internet 将连接近亿台计算机,达到数以亿计的用户。不仅网络规模在迅速扩大,网络的应用领域也已从最初的科技和教育领域,很快进入到文化、产业、政治、经济、新闻、体育、娱乐、商业以及服务行业。

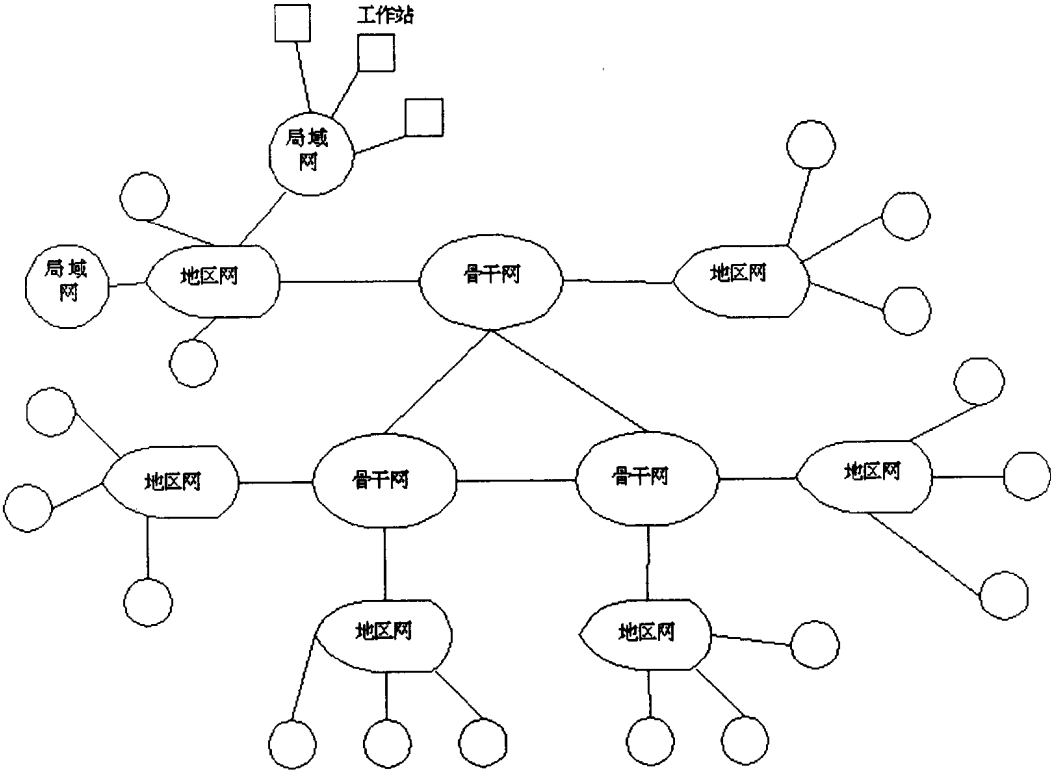


图 1.3 Internet 示意图

近年来,由于网络用户的增加及新业务的开通,特别是多媒体的应用,使得网络上的信息流量增加了十倍以上,这给网络带来了沉重的负担。使用宽带网络技术,提高信息传输速率,成为当今研究的热点。1993 年 9 月,美国政府提出了建立“信息高速公路”的计

划,该计划的核心是建立高速通信网,作为全民信息化社会的基础设施,其主要内容为:①铺设覆盖全美的光纤网络;②用光纤网络连接所有的通信系统、电脑资料库、电信消费设施;③光纤网上能传输视频、音频、数字、图像等多种媒体。该计划一经推出,便在全世界引起了巨大的反响,各发达国家或发展中国家纷纷开始筹划建设自己的信息高速公路。

我国也十分重视信息化事业,为了促进国家经济信息化,提出了“三金工程”,即“金桥”工程——国家公用经济信息网工程,“金关”工程——外贸专用网工程,“金卡”工程——电子货币工程。“三金工程”是规模宏大的系统工程,它的全面实施,开创了我国信息化建设事业的新纪元。

我国从 1994 年 4 月起已正式加入 Internet。目前国内有四大互联网络可以实现同 Internet 的连接,即中国科学院的中国科技网 CSTNET,国家教育部的中国教育和科研网 CERNET,邮电部的中国互联网 CHINANET 和电子部的金桥网 GBNET。这四大网络已于 1997 年 4 月 26 日相互连通(见图 1.4),全国各地的用户可以通过不同的方式加入上述四大网络从而进入 Internet。

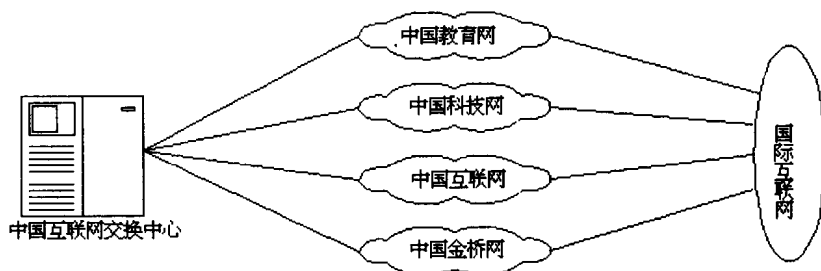


图 1.4 国内互联网示意图

1.2 计算机网络的定义

计算机网络可以定义为:一个互连的自主的计算机集合。

互连是指计算机之间有通信信道相连,并且相互之间能够交换信息,通信信道可以是电缆、光纤、微波信道、卫星信道等等。

自主是指计算机之间没有主从关系,所有计算机都是平等独立的,因此以单计算机为中心的联机系统不能算是计算机网络。

构成一个网络至少需要两台计算机,因此网络自然是计算机的群体。

1.3 计算机网络的分类

事实上,并没有哪一种分类方法可以适用于所有的计算机网络,可以按传输技术将网络分为广播网和点-点网;按规模分为局域网、城域网和广域网;按拓扑结构分为星型网、总线网、环形网、树形网和网状网;按交换技术分为线路交换网、分组交换网和信元交换网;按带宽分为窄带网和宽带网;还可以按传输介质和网络用途来分类等等,不一而足。

通常,人们主要从两个方面来考虑计算机网络的分类:传输技术和网络规模。下面就

从这两个方面来讨论。

1.3.1 广播网与点-点网

概括地说,网络传输技术有两类:广播方式和点-点方式;相应地,按传输技术就可将网络分为广播网和点-点网。

1. 广播网

广播网中,所有计算机共享同一条通信信道,任何一台机器发出的消息能被所有其他机器接收到。图 1.5 是一个总线网的示意图,所有机器连接到同一条电缆(总线)上,发出的消息沿着电缆向两边传输,网上所有机器都能接收到,因而这是一个广播网。

为了指明消息是发给谁的,消息中用一个地址域来记录目的地址,只有目的机器处理消息并给出响应,而其他机器将不予理睬。

地址有三种类型:

- 单点地址:指定某一个特定的机器接收消息;
- 广播地址:指定网上所有的机器接收消息;
- 组播地址:指定网上某几个机器接收消息。

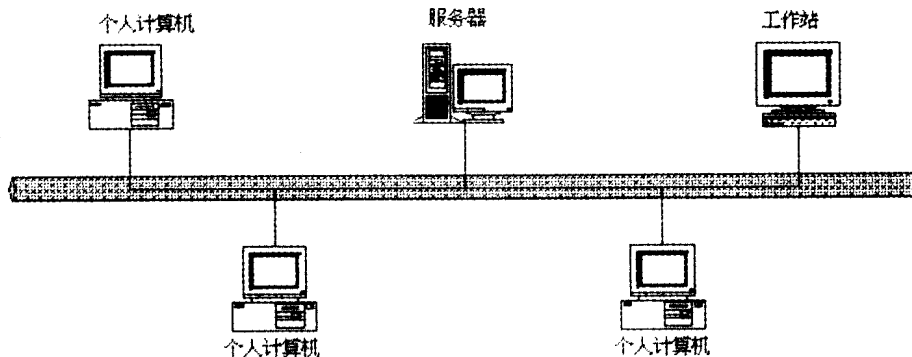


图 1.5 总线网示意图

2. 点-点网

点-点网中,一条通信线路连接两台设备,直接的数据交换只能发生在直连的两台机器间。通常,源和目的间没有直接的数据通路,源站点发出的消息,必须经过若干中间节点的转发,才能到达目的站点,如图 1.6 所示。由于从源到目的存在多条路径,因此路径选择是点-点网中必须要解决的重要问题。

1.3.2 局域网、城域网与广域网

网络规模是以网上相距最远的两台计算机之间的距离来衡量的:十几米至几公里为局域网,几十公里为城域网,一百公里以上为广域网。另外,两个或多个网络的互联称为互联网。

1. 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)是将小区域内的各种通信设备互连在一起的通信网络,在这儿,通信设备是广义的,包括计算机和各种外围设备。局域网的地理范围一

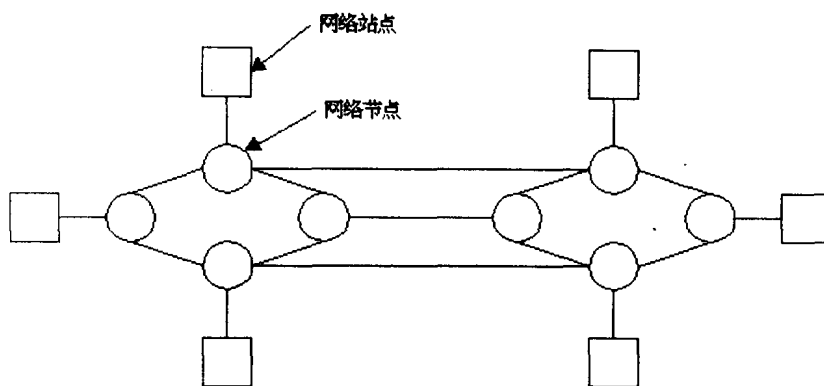


图 1.6 点-点网示意图

般局限在一个房间、一幢大楼或一个校园,用于连接个人计算机、工作站等各种类型的计算机和各种外围设备以实现资源共享和信息交换。

局域网的典型特点是距离短,通信时延小(几十微秒),数据速率高(10M ~ 1000Mbps)和误码率低($10^{-8} \sim 10^{-11}$)。

传统局域网常采用同轴电缆作为传输介质,按照总线形或环形来组织网络,如以太网(总线型)和令牌环网(环形)。

现在,除了传统局域网以外,又出现了高速局域网和计算机交换分机。

高速局域网 HSLN(High Speed Local Network):主要用于主机与主机及主机与高速外围设备之间的连网,工作站与网络之间有高速的物理链路,采用分布式控制方法。美国国家标准协会 ANSI(American National Standards Institute)规定了高速局域网标准,它包含两种数据接口,一种是 50Mbps 的总线接口,称为局部分布式数据接口 LDDI(Local Distributed Data Interface);另一种是 100Mbps 的光纤令牌环接口,称为光纤分布式数据接口 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)。

计算机交换分机 CBX(Computerized Branch Exchange):采用线路交换技术,可以同时支持声音和数据通信,不仅能连接计算机,还能连接电话机、传真机等各种办公设备,适用于办公室自动化领域。

2. 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)的地理范围介于局域网和广域网之间,可能覆盖邻近的一群办公室或一个城市,其目标是在一个大的地理区域内提供数据、声音和图像的集成服务。

城域网的使用标准是分布式队列双总线 DQDB(Distributed Queue Dual Bus),这是 IEEE 802.6 定义的一个标准,它使用一根或两根电缆连接所有的节点,没有交换单元。

一个典型的城域网是由一些互连的 DQDB 子网组成的,这些 DQDB 子网用于变换和转发高速数据、音频和视频信息,同时也可用来互连局域网、主机、工作站和专用交换机, DQDB 子网间通过多端口或双端口的网桥、路由器和网关进行互连。

3. 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)的地理范围较大,常常是一个国家或一个洲。

广域网由两个部分组成:

- 末端系统:指运行用户程序的计算机集合。
- 通信子网:负责在用户计算机之间传输数据。

大多数通信子网又由两部分组成:

- 传输线路:在相邻设备间传输数据。
- 交换单元:通常是一台专用计算机,用于连接多条传输线路,当从一条输入线路上收到数据后,为其选择一条合适的输出线路,转发出去。交换单元常称为中间节点或路由器。

在通信子网中,用户数据被截成一定长度的分组来传输。当两个路由器需要相互通信,但又不处在同一条传输线路的两端,则通信过程需经过其他中间路由器中继。每一个中间路由器从其输入线路上将分组完整地接收下来,存在缓冲区里,为它选择一条合适的输出线路,待该线路空闲时,把分组转发出去。这样的通信子网称为点-点子网或存储-转发子网或分组交换子网。除卫星通信网外,大多数广域网的通信子网都是存储-转发子网。

1.4 网络体系结构

1.4.1 网络的分层结构

计算机网络就是将多台计算机互连起来,使得用户程序能够交换信息和共享资源。不同系统中的实体进行通信,其过程是相当复杂的,为了简化网络的设计,采用了工程设计中常用的结构化设计方法,即将复杂的通信问题分解成若干个容易处理的子问题,然后“分而治之”逐个加以解决。

网络设计中采用的结构化设计方法,就是将网络按照功能分成一系列的层次,每一层完成一个特定的功能,相邻层中的较高层直接使用较低层提供的服务来实现本层的功能,同时又向它的上一层提供服务,服务的提供和使用都是通过相邻层的接口来进行的。如图 1.7 所示,第 $N-1$ 层为 N 层提供服务,称第 $N-1$ 层是第 N 层的服务提供者,第 N 层称为服务使用者,但同时第 N 层又是第 $N+1$ 层的服务提供者。网络分层的好处是,每一层只需完成一个特定的功能,且其功能实现的具体细节对外是不可见的,相邻层间的交互完全通过接口处规定的服务原语来进行,各层之间相对独立。这样,不仅每一层的功能简单,易于实现和维护,而且当某一层需要改动时,只要不改变它和上、下层的接口服务关系,其他层次都不受影响,具有很大的灵活性。

1.4.2 服务、接口和协议

每一层中的活动元素称为实体,实体可以是软件实体(如一个进程),也可以是硬件实体(如一个智能 I/O 芯片)。位于不同机器上同一层中的实体称为对等实体,不同系统间进行通信,实际上是各对等实体间在进行通信。在某层上进行通信所使用的规则的集合称为该层的协议,网络各层协议按层次顺序排列而成的协议序列称为网络的协议栈。

事实上,除了在最低层的物理媒体上进行的是实通信之外,其余各对等实体间进行的都是虚通信,即并没有数据流从一个系统的第 N 层直接流到另一个系统的第 N 层。每

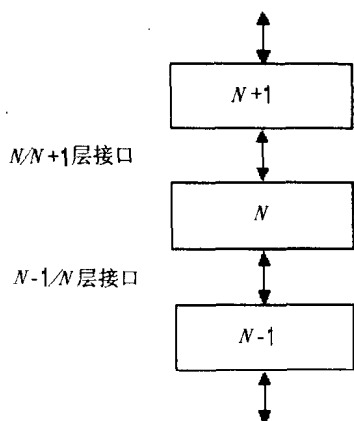


图 1.7 网络层次结构

个实体只能和同一系统中上下相邻的实体进行直接的通信,不同系统中的对等实体是没有直接通信能力的,它们间的通信必须通过其下各层的通信间接完成。第 N 层实体向第 $N+1$ 层实体提供的在第 N 层上的通信能力称为第 N 层的服务。由此可见,第 $N+1$ 层实体通过请求第 N 层的服务完成第 $N+1$ 层上的通信,而第 N 层实体通过请求第 $N-1$ 层的服务完成第 N 层上的通信,依次类推直到最低层,最低层上的对等实体通过连接它们的物理媒体直接通信。

相邻实体间的通信是通过它们的边界进行的,该边界称为相邻层间的接口。在接口处规定了低层向上层提供的服务,以及上(下)层实体请求(提供)服务所使用的形式规范语句,这些形式规范语句称为服务原语。因此可以说,相邻实体通过发送或接收服务原语进行交互作用。

图 1.8 是计算机网络的层次模型,其中用实线表示实通信,用虚线表示虚通信。

在对一个网络进行层次结构的划分时,应做到:各层功能明确,相互独立;层间接口清晰,穿越接口的信息量尽可能少;层数适中。我们将网络的层次结构、协议栈和相邻层间的接口以及服务统称为网络体系结构。

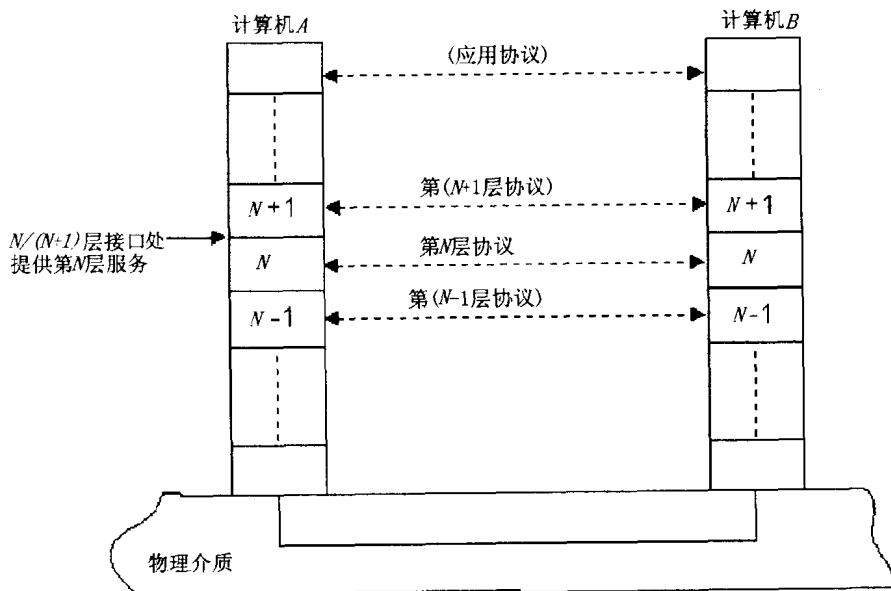


图 1.8 计算机网络的层次模型

1.4.3 网络参考模型

两个最重要的网络参考模型是 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型。

OSI 参考模型是国际标准化组织为解决异种机互连而制订的开放式计算机网络层次结构模型,它最大的优点是将服务、接口和协议这三个概念明确地区分开来。服务说明某

一层提供些什么功能,接口说明上一层如何使用下层的服 务,而协议涉及如何实现该层的服 务。各层采用什么样的协议是有限制的,只要向上提供相同的服 务并且不改变相邻层的接口即可。这种思想同现代的面向对象编程思想是完全一致的,一层就是一个对象,服 务实现的细节完全封装在层内,因此各层之间具有很强的独立性。另外,OSI 参考模型出现在其协议栈之前,因而它不依赖于任何具体的协议,非常具有普遍性,适合于用来描述各种网络。

TCP/IP 参考模型没有明确区分服 务、接口和协议的概念,并且它是专门用来描述 TCP/IP 协议栈的,无法用来描述其他非 TCP/IP 网络。

因此,尽管 TCP/IP 模型在工业上得到了广泛的应用,但人们在讨论网络时,常常使用 OSI 参考模型,因为它更具有一般性。本书基本上就是以 OSI 参考模型为主线来讨论网络的各个层次,在这一节只介绍 OSI 参考模型,在第八章中结合 TCP/IP 协议族再介绍 TCP/IP 参考模型。

OSI 参考模型分为七层,由低到高依次是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,如图 1.9 所示。OSI 参考模型只是规定了网络的层次划分,以及每一层上所实现的功能,但它没有规定每一层上使用的服 务和协议,因此它本身并不是一个网络体系结构。尽管 ISO 已为每一层都制订了标准,但这些标准不是参考模型的一部分。

下面简要地介绍一下各层的功能:

1. 物理层

物理层的作用是在物理媒体上传输原始的数据比特流,这一层的设计同具体的物理媒体有关,如用什么信号表示“1”,用什么信号表示“0”,信号电平多少,收发双方如何同步,接插件的规格等等。

2. 数据链路层

实际的物理链路是不可靠的,总会出现错误,数据链路层的作用就是通过一定的手段,将有差错的物理链路转化成对网络层来说是没有传输错误的数据链路。它采用的手段就是将数据分成一个个的数据帧,以数据帧为单位进行传输。接收方对收到的帧进行校验,发回应答帧,发送方对错误帧进行重发。通过应答,数据链路层上还可以进行流量控制,即协调收发双方的数据传输速率,以免接收方来不及处理对方发来的高速数据而引起缓存器溢出及线路阻塞。

3. 网络层

网络层的作用是将数据分成一定长度的分组,将分组穿过通信子网从信源传送到信宿。在点-点子网中,从信源到信宿通常存在多条路径,网络层要负责进行路由选择;另外,过多的分组同时涌入通信子网,会引起网络局部或全网性能下降,造成网络拥塞,网络层必须采取一定的手段控制分组的过量流入;当分组需要跨越多个网络才能到达目的时,网络层还要解决网络互连的问题。

4. 传输层

传输层是第一个端-端层,也称为主机-主机层,它为上层用户提供不依赖于具体网络的高效经济透明的端-端数据传输服 务。由于传输层将具体的通信子网同上层用户隔离开来,上层用户觉察不到通信子网的存在,因而利用统一的传输原语书写的高层软件可以