

Computer Networks: Theory and Experiments

计算机网络

—— 理论与实验

潘伟 曹浪财 费嘉 徐素霞 编著



本书理论与实践紧密结合,经典原理与现代技术相辅相成,是作者在多年从事计算机网络教学与实验指导的基础上,结合所积累的理论与实践知识成果,对计算机网络的有关内容进行归纳和梳理后形成的。期望读者在掌握计算机网络理论的同时,得到完整的技能训练。本书适合作为高等院校信息科学与技术相关专业的计算机网络理论与实验教材,也可以作为相关专业研究生和有关技术人员阅读参考。



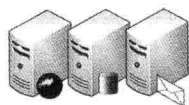
厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

Net

计算机网络 ——理论与实验

潘 伟 曹浪财 费 嘉 徐素霞 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络:理论与实验/潘伟等编著. —厦门:厦门大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5615-4933-9

I. ①计… II. ①潘… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 315054 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@xmupress.com

厦门集大印刷厂印刷

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:474 千字

定价:39.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

内容简介

本书理论与实践紧密结合,经典原理与现代技术相辅相成,是作者在多年从事计算机网络教学与实验指导的基础上,结合所积累的理论与实践知识成果,对计算机网络的有关内容进行归纳和梳理后形成的。期望读者在掌握计算机网络理论的同时,得到完整的技能训练。

书中内容分为三大部分:(1)介绍经典的计算机网络的原理、技术、协议及典型应用。以TCP/IP协议为主线,系统地介绍了计算机网络的发展和原理体系结构、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层;(2)介绍近年来涌现的IPv6协议、无线网络、传感器网络、物联网和云计算等计算机网络新技术;(3)与理论介绍紧密配合,给出了掌握网络技术所需的丰富的实验指导内容。

本书适合作为高等院校信息科学与技术相关专业的计算机网络理论与实验教材,也可以作为相关专业研究生和有关技术人员阅读参考。

前 言

计算机网络是计算机技术与通信技术相互结合、相互促进的产物,是当今信息科学与应用中发展最为迅速的领域之一。目前,计算机网络已经深深地融入到社会的各行各业,时刻深度影响着人们的学习、工作与生活。社会迫切需要大量掌握计算机网络的基础理论和方法,接受过严格工程训练,可以解决计算机网络实际问题的人才。这就给从事计算机网络课程教学的教师提供了更加广阔的发展空间,同时也面临着越来越大的挑战。

本着“理论知识学习和能力培养并重”的原则,笔者在十多年从事计算机网络教学与实验指导的经验基础上,试图编写一本既有较强理论基础,又符合现代计算机网络实践需求,内容适中的计算机网络教材;期望读者在掌握计算机网络理论的同时,得到完整的网络技能训练。

本书的特色是理论与实际相结合,既有理论,也有实验教程。本书写作历时一年,内容已经两轮试讲。本书共八章,第一到第六章及第七章的“IPv6”内容约需要讲授 26~30 学时;第七章的其余内容可以作为选读内容,教师可以提出思考题后,让学生自己阅读;第八章为网络实验教程,实验内容都经过多轮教学实践。实验共 23 个,全部在实验室做完需要 20~25 学时左右,教师可以根据需要和时间进行取舍。需要配套课件的教师请与作者联系:wpn@xmu.edu.cn。

本书第一章由曹浪财、潘伟编写;第二、三、六章由曹浪财编写;第四、七章由潘伟编写;第八章由费嘉编写;第五章由徐素霞编写;第一章至第七章的插图由徐素霞绘制,全书由潘伟统稿。

记得“文革”期间,往往会在某天下午接到上级通知:“今天晚上 8 点中央人民广播电台有重要广播”,要求学校、单位组织全体人员收听。到了晚上,广播里往往会发布毛主席的一段讲话或批示。大家收听后,马上有组织地上街游行、欢呼甚至集会。时光荏苒,对这些讲话和批示,笔者大多数都记得不清楚了。但有毛主席的一个批示中的一句话:“以其昏昏,使人昭昭,是不行的。”笔者一直忘不了。笔者当时对这句话不得其解,后来才了解到其原文出自《孟子·尽心下》:“贤者以其昭昭,使人昭昭,今以其昏昏,使人昭昭。”其意思是:只有自己明白(昭昭),才能使人明白;要是自己不明白(昏昏),人家就无论如何也不会明白的。用现代教育的话来讲,就是“要给学生一碗水,自己得有一桶水”。

在编写教材的同时(甚至是教师的整个教学生涯),也是一个学习提高的过程,是一个不断发现“昏昏”到“昭昭”的过程。尽管我们试图努力做到如厦门大学校训般的“止于至善”,但由于我们的学识有限,书中肯定还有不少“昏昏”之处,期望读者指正,以达到共同“昭昭”之乐。

潘 伟

2013 年 12 月于厦门大学海韵园

目 录

第一章 概 述	(1)
1.1 计算机网络的形成与发展	(1)
1.1.1 计算机网络发展阶段的划分	(1)
1.1.2 计算机网络技术发展的三条主线	(2)
1.2 计算机网络定义与分类	(3)
1.2.1 计算机网络定义	(3)
1.2.2 计算机网络的分类	(5)
1.3 计算机网络拓扑结构	(6)
1.3.1 计算机网络拓扑的定义	(6)
1.3.2 计算机网络拓扑的分类与特点	(6)
1.4 计算机网络的组成	(9)
1.4.1 早期计算机网络的组成	(9)
1.4.2 ISP 的层次结构	(9)
1.4.3 Internet 的网络结构	(10)
1.5 计算机网络的性能.....	(12)
1.5.1 计算机网络的性能指标.....	(12)
1.5.2 计算机网络的非性能特征.....	(16)
1.6 网络协议与体系结构.....	(17)
1.6.1 网络协议及体系结构的概念.....	(17)
1.6.2 接口和服务.....	(19)
1.6.3 面向连接的服务和无连接的服务.....	(21)
1.6.4 常见计算机网络体系结构及其比较.....	(22)
习 题	(27)
第二章 物理层	(29)
2.1 物理层概述.....	(29)
2.1.1 物理层的概念.....	(29)
2.1.2 物理层的特性.....	(29)
2.2 数据通信基础.....	(30)
2.2.1 数据通信模型.....	(31)
2.2.2 数据通信相关概念.....	(31)
2.2.3 信道特性.....	(35)
2.3 传输介质.....	(37)
2.3.1 双绞线.....	(37)
2.3.2 同轴电缆.....	(38)

2.3.3 光 纤	(39)
2.3.4 无线传输	(40)
2.4 信道复用技术	(42)
2.4.1 频分复用	(42)
2.4.2 时分复用	(42)
2.4.3 波分复用	(44)
2.4.4 码分复用	(45)
2.4.5 准同步数字系列 PDH 与同步数字系列 SDH	(46)
2.5 接入技术	(49)
2.5.1 xDSL 技术	(49)
2.5.2 HFC 接入技术	(51)
2.5.3 FTTx 技术	(54)
2.5.4 移动接入技术	(54)
2.6 物理层协议实例——RS232	(56)
习 题	(58)
第三章 数据链路层	(60)
3.1 数据链路层基本概念	(60)
3.1.1 数据链路	(60)
3.1.2 成帧与帧同步	(61)
3.1.3 透明传输	(62)
3.2 差错控制技术	(63)
3.2.1 差错产生的原因和差错类型	(63)
3.2.2 检错码和纠错码	(63)
3.2.3 循环冗余校验码	(64)
3.3 数据链路控制	(66)
3.3.1 数据链路控制的基本思想	(66)
3.3.2 数据链路控制的基本机制	(66)
3.3.3 自动请求重传(ARQ)	(68)
3.4 点对点协议 PPP	(72)
3.4.1 PPP 概述	(72)
3.4.2 PPP 的工作过程	(73)
3.4.3 PPP 的帧格式与透明传输	(74)
3.5 局域网技术	(75)
3.5.1 影响局域网性能的主要因素	(75)
3.5.2 数字信号编码	(76)
3.5.3 适配器的作用	(77)
3.5.4 CSMA/CD 协议	(78)
3.6 以太网	(82)
3.6.1 传统以太网	(82)
3.6.2 交换式以太网	(89)

3.6.3 虚拟局域网	(93)
3.7 高速以太网	(94)
3.7.1 100BASE-T 以太网	(95)
3.7.2 吉比特以太网	(95)
3.7.3 10 吉比特以太网	(96)
3.8 无线局域网	(98)
3.8.1 IEEE 802.11 WLAN	(98)
3.8.2 无线局域网物理层	(101)
3.8.3 无线局域网 MAC 层帧和帧格式	(101)
3.8.4 无线局域网 MAC 层协议	(102)
习 题	(105)
第四章 网络层	(107)
4.1 网络层基本概念	(107)
4.1.1 网络层要实现的功能	(107)
4.1.2 网络层提供的服务	(107)
4.2 IPv4 协议	(108)
4.2.1 IPv4 分组结构	(109)
4.2.2 标准分类 IP 地址	(111)
4.2.3 子网掩码, 网络号(网络地址), 广播地址, 主机号	(112)
4.2.4 子网划分	(114)
4.2.5 无分类域间路由 CIDR	(117)
4.3 路由选择算法	(119)
4.3.1 路由选择的基本概念	(119)
4.3.2 向量-距离路由选择算法	(120)
4.3.3 链路状态(L-S)路由选择算法	(121)
4.3.4 外部网关协议	(123)
4.4 网络层其他常用协议	(125)
4.4.1 网络地址转换 NAT	(125)
4.4.2 ARP 协议	(127)
4.4.3 ICMP(Internet 报文控制协议)	(129)
4.4.4 MPLS 协议	(131)
4.5 网络互联	(133)
4.5.1 网络互联的基本概念	(133)
4.5.2 路由器工作原理	(134)
4.5.3 第三层交换及其工作原理	(135)
4.5.4 四层交换机	(136)
4.6 IP 多播	(137)
4.6.1 IP 多播地址	(137)
4.6.2 Internet 组管理协议	(138)
4.6.3 以太网物理多播	(139)

习 题	(139)
第五章 传输层	(142)
5.1 传输层基本概念	(142)
5.1.1 传输层的主要功能	(142)
5.1.2 传输层提供的服务	(143)
5.1.3 传输层寻址——端口	(144)
5.1.4 套接字	(145)
5.2 TCP 协议	(146)
5.2.1 TCP 报文格式	(146)
5.2.2 TCP 的连接与释放	(149)
5.2.3 TCP 的流量控制(面向字节的滑动窗口)	(151)
5.2.4 TCP 的拥塞控制	(152)
5.2.5 TCP 的差错控制	(157)
5.3 UDP 协议	(158)
5.3.1 UDP 报文格式	(159)
5.3.2 UDP 协议适用的范围	(160)
习 题	(161)
第六章 应用层	(162)
6.1 网络应用进程的交互模式	(162)
6.1.1 客户服务器模式	(162)
6.1.2 对等连接模式	(164)
6.2 域名系统 DNS	(166)
6.2.1 域名及域名结构	(166)
6.2.2 域名服务器	(167)
6.2.3 域名解析	(168)
6.3 文件传送协议 FTP	(170)
6.3.1 FTP 协议概述	(170)
6.3.2 FTP 的基本工作原理	(170)
6.4 WEB 与基于 WEB 的网络应用	(172)
6.4.1 WEB 服务的基本概念	(172)
6.4.2 超文本传送协议 HTTP	(173)
6.4.3 WWW 页面	(175)
6.4.4 WEB 浏览器	(177)
6.4.5 搜索引擎	(178)
6.5 电子邮件	(180)
6.5.1 电子邮件概述	(180)
6.5.2 简单邮件传输协议	(183)
6.5.3 邮件访问协议	(184)
6.6 动态主机配置协议 DHCP	(186)
6.6.1 动态主机配置的基本概念	(186)

6.6.2 DHCP 的工作原理	(186)
习 题	(189)
第七章 计算机网络新技术	(190)
7.1 IPv6 协议	(190)
7.1.1 IPv4 协议的局限	(190)
7.1.2 IPv6 协议的主要特征	(191)
7.1.3 IPv6 分组的格式	(193)
7.1.4 IPv6 的扩展首部	(195)
7.1.5 IPv6 地址的表示方式	(196)
7.1.6 IPv6 地址类型	(196)
7.1.7 IPv4 向 IPv6 的过渡	(198)
7.1.8 网际报文控制协议(ICMPv6)	(200)
7.2 无线网络新技术	(201)
7.2.1 自组织网络——Ad Hoc 网络	(202)
7.2.2 无线 Mesh 网络	(205)
7.2.3 无线传感器网络	(207)
7.3 无线广域网	(211)
7.3.1 IEEE802.20 标准	(211)
7.3.2 4G 通信技术概述	(213)
7.4 物联网	(215)
7.4.1 物联网的特征	(215)
7.4.2 物联网的技术架构	(216)
7.4.3 物联网的用途范围	(216)
7.4.4 RFID	(217)
7.5 云计算	(218)
7.5.1 云计算的优点	(218)
7.5.2 云计算的缺点	(219)
7.6 新型网络体系结构	(220)
7.6.1 主动网络	(220)
7.6.2 服务元网络体系结构	(223)
7.6.3 其他网络体系结构	(225)
第八章 网络实验教程	(226)
实验 1 物理连接实验	(226)
8.1 RJ-45 接口连线	(226)
实验 2 网络协议分析	(228)
8.2 链路层数据帧分析	(228)
8.3 ARP 协议分析	(231)
8.4 IPv4 协议分析	(234)
8.5 ICMP 协议分析和路由跟踪	(235)
8.6 TCP 传输控制协议分析	(240)

实验 3	Windows Server 网络服务	(243)
8.7	TCP/IP 协议族中常用网络命令	(243)
8.8	Windows 环境下的 DNS 服务器配置	(246)
8.9	Windows 环境下的 WEB 和 FTP 服务器架设	(250)
实验 4	Linux Server 网络服务	(254)
8.10	网络参数的配置	(255)
8.11	配置 linux 环境下的 DNS 服务器	(259)
8.12	配置 Apache 服务器	(263)
8.13	Linux 环境下的 FTP 服务器配置	(266)
8.14	Samba 服务器	(270)
实验 5	路由与交换技术实验	(274)
8.15	Packet Tracer 简介	(275)
8.16	Cisco 交换机的基本配置	(279)
8.17	跨交换机 VLAN 及三层交换机 VLAN 通信实验	(280)
8.18	路由器的基本操作和常规配置	(284)
8.19	静态路由实验	(285)
8.20	RIP 路由协议实验	(289)
8.21	OSPF 路由协议单区域实验	(291)
8.22	路由器实现 Vlan 间通信实验	(293)
8.23	IP 访问控制列表实验	(295)
参考文献		(298)

第一章 概 述

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物。它经历了从简单到复杂、从单机到多机、从终端与计算机之间通信到计算机与计算机直接通信的发展时期。

1.1.1 计算机网络发展阶段的划分

计算机网络的形成与发展历史,大致可以分为以下四个阶段。

1. 第一阶段:计算机网络技术与理论准备阶段

这个阶段可以追溯到 20 世纪 50 年代。最初的计算机网络是由单个计算机为中心的远程联机系统构成。这类简单的“终端—通信线路—面向终端的计算机”系统,构成了计算机网络的雏形。当时的系统除了一台中央计算机外,其余的终端设备没有独立处理数据的功能,当然还不能算是真正意义上的计算机网络。为了区别以后发展的多个计算机互联的计算机网络,称它为面向终端的计算机网络。

这个阶段有三个标志性的成果:

- (1) 1946 年世界上第一台数字电子计算机问世,为计算机网络的诞生奠定了物质基础;
- (2) 数据通信技术日趋成熟,为计算机网络的形成奠定了技术基础;
- (3) 分组交换概念的提出为计算机网络的研究奠定了理论基础。

2. 第二阶段:计算机网络的形成

第二阶段是从 20 世纪 60 年代开始。1969 年 11 月,美国国防部高级研究计划局(ARPA)开始建立一个命名为 ARPANET 的网络。最初选择了加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学、犹他州大学四所大学的 4 台具有不同类型的大型计算机通过联网来测试实现共享资源的目的。ARPANET 在技术上的另一个重大贡献是 TCP/IP 协议簇的开发和利用。作为 Internet 的早期骨干网,ARPANET 的试验并奠定了 Internet 存在和发展的基础,较好地解决了异种机网络互联的一系列理论和技术问题。

这个阶段也有三个标志性的成果:

- (1) ARPANET 的成功运行证明了分组交换理论的正确性;
- (2) TCP/IP 协议的广泛应用为更大规模的网络互联奠定了坚实的基础;
- (3) E-mail、FTP、TELNET、BBS 等应用展现出网络技术广阔的应用前景。

3. 第三阶段:网络体系结构的研究

第三阶段大致是从 20 世纪 70 年代中期开始。1974 年,美国 IBM 公司提出了世界上第一个网络体系结构 SNA(System Network Architecture)。随后,国际上各种广域网、局域网与公用分组交换网技术发展迅速,各个计算机生产商纷纷发展自己的计算机网络,提出了各自的

网络体系和协议标准。网络体系结构与协议标准化的研究,对更大规模的网络互联起到了重要的推动作用。

这个阶段的研究有 2 个标志性的成果:

(1) OSI 参考模型的研究对网络理论体系的形成与发展,以及在网络协议标准化研究方面起到了重要的推动作用;

(2) TCP/IP 经受了市场和用户的检验,吸引了大量的投资,推动了 Internet 应用的发展,成为业界标准。

4. 第四阶段:Internet 应用、无线网络与网络安全技术研究的发展

第四阶段是从 20 世纪 90 年代开始。这个阶段最富有挑战性的话题是 Internet 应用技术、无线网络技术、对等网络技术与网络安全技术。这个阶段的特点主要表现在:

(1) Internet 作为全球性的国际网与大型信息系统,在当今政治、经济、文化、科研、教育与社会生活等方面发挥了越来越重要的作用。

(2) 智能手机等移动接入设备的普及,大大降低了访问 Internet 的门槛;Internet 大规模接入推动了接入技术的发展,促进了计算机网络、电信通信网与有线电视网的“三网融合”,必将推动现代的信息服务业的快速增长,孕育出更多的基于网络的商业模式。

(3) 对等网络(Peer-to-Peer, P2P)技术的研究,使得“即时通信”,如 QQ,微信等新的网络应用不断涌现,进一步丰富了人与人之间信息交互与共享的方式。

(4) 无线个人区域网、无线局域网、无线城域网和无线广域网技术日益成熟,并已进入应用阶段。无线自组网、无线 mesh 和无线传感器网络的研究与应用受到了高度重视。

(5) 物联网进一步实现了人与物、物与物的融合,使人类对客观世界具有更全面、更透彻的感知与认识能力,更为智慧的处理能力。物联网与云计算技术的融合,预示着网络技术将会在更大范围、更深层次应用的发展趋势,预示着信息技术与计算机网络技术将会在人类社会发展中发挥更为重要的作用,为科学研究与商业应用提出更多富有挑战性的研究课题,创造更广阔的发展空间。

(6) 随着网络应用的快速增长,社会对网络安全问题的重视程度也越来越高。个人黑客和网络优势国家对网络的侵害与监控(如 2013 年美国监控互联网丑闻曝光),已经严重威胁到全世界所有人们的个人隐私或商业机密。强烈的社会需求迫使人类思考使用计算机网络的利与弊,促使网络安全技术的快速发展。

1.1.2 计算机网络技术发展的三条主线

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件:一是强烈的社会需求;二是前期技术的成熟。计算机网络技术的形成与发展也遵循这样的技术发展轨迹。在分析计算机网络发展的四个阶段的基础上,我们可以进一步从技术分类的角度来认识计算机网络发展的三条主线。

1. 从 ARPANET 到 Internet

在计算机网络的发展过程中,曾经有多种网络体系和协议标准被提出,并与 ARPANET 竞争市场。但是,最终只有 ARPANET 修成正果,发展成为今天把全世界网络联系到一起的 Internet。

TCP/IP 协议是推动 Internet 成功的主要因素。在从 ARPANET 发展到 Internet 的过程中,TCP/IP 协议为各种不同类型的计算机通信子网的相互联接,提供了标准和接口,逐渐得

到了工业界、学术界以及政府机构的认可,成为事实上的工业标准;另一方面,TCP/IP 协议本身具有简单、实用的优良特性,在计算机网络的发展过程中,尽管各种上层的网络应用与底层的网络硬件不断涌现与更新,但是把这上、下两者连接起来的 TCP/IP 协议基本保持不变,展示了良好的适应性,不断释放出无限的活力。以 TCP/IP 协议为基础的广域网、城域网、局域网与个人区域网技术逐步成熟,并获得了进一步的发展。

2. 从无线分组网到无线自组网、无线 mesh 网络、无线传感器网络

人们希望能够随时随地对网络进行访问,并且在移动时仍然能够保持大容量的通信。无线网络为人们提供了便捷、高效、可移动的网络服务,它既包括允许用户建立远距离无线连接的全球语音和数据网络,也包括为近距离无线通信的红外及射频技术。

近年来,越来越多的人通过无线终端如笔记本电脑、智能手机等设备连接到互联网。从规模上看,无线网络已经从最初的无线局域网,已经发展到无线城域网、无线广域网;从深度上看,已经发展到无线自组网、无线 mesh 网络和无线传感器网络,以及与个人身体信息紧密相关的无线个域网。这些技术的发展,大大增强了人类共享信息资源的灵活性,改变了人类与自然界的交互方式,极大地扩展了现有的网络功能,提高了人类感知、认识、交互世界的能力。

3. 网络安全技术

任何事情都有利有弊,在网络给我们提供通信方便的同时,也会把使用者的个人隐私、商业秘密,甚至国家机密处于不怀好意的网络攻击者的威胁中。现实社会对网络技术依赖的程度越高,网络安全技术就越显得重要。随着网络应用的深入,网络安全技术的重要性日渐突出。网络安全技术将伴随着前两条主线的发展而发展,永远不会停止。

目前,网络攻击已开始从当初的显示才能、玩世不恭的黑客个人行为,逐步发展到出于利益驱动的有组织经济犯罪。同时,网络监控个人隐私,网络攻击已经成为某些国家或利益集团的政治、军事活动,甚至是恐怖活动的形式之一。

在以人与人之间信息共享为特征的 Internet,不断面临着严峻的网络安全威胁的同时,以物理世界的信息自动获取、感知终端无处不在、海量信息智能处理为特征的物联网将要面临着更为严峻的网络安全问题。

网络安全研究涉及技术、管理、道德与法制环境等多个方面。网络的安全性是一个链条,它的可靠程度取决于链条中最薄弱的环节。实现网络安全是一个过程,而不是任何一个产品可以替代的。人们在加强网络管理与网络安全技术研究的同时,必须加快网络法制建设,加强人们的网络法制观念与道德教育,甚至要进行国际合作才能够增强网络的安全。

1.2 计算机网络定义与分类

1.2.1 计算机网络定义

计算机网络的精确定义并未统一。关于计算机网络的最简单的定义是:“以共享资源与通信为目的,互联在一起的自治计算机的集合”。一个更为复杂的计算机网络的定义为:“凡是地理位置不同,并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和通信媒介连接起来,以功能完善的软件(即网络通信协议、信息交换方式、网络操作系统等)实现网络中资源共享和通信的系统”。

按照上述定义,早期面向终端的网络都不能算是计算机网络,而只能称为联机系统(因为那时的许多终端不能算是自治的计算机)。但随着硬件价格的下降,许多终端都具有一定的智能,因而“终端”和“自治的计算机”逐渐失去了严格的界限。因此,若把微型计算机作为终端使用,按上述定义,则早期的那种面向终端的网络也可称为计算机网络。

最简单的计算机网络就只有两台计算机和连接它们的一条链路,即两个结点和一条链路。因为没有第三台计算机,因此不存在交换的问题。

有时我们也能见到“计算机通信网”这一名词,其含义与“计算机网络”相同。

“计算机通信”与“数据通信”这两个名词也常混用。前者强调通信的主体是计算机中运行的程序(在传统的电话通信中通信的主体是人),后者强调通信的内容是数据(这当然是在进行计算机通信时才能传送数据)。

1. 计算机网络特征

计算机网络具有以下三个主要的特征:

(1)组建计算机网络的主要目的是实现联网各方的资源共享与通信。

计算机资源主要指计算机的硬件、软件与数据资源。网络用户不但可以使用本地计算机资源,而且可以通过网络访问远程计算机的资源,可以调用网络中多台计算机协同完成一项任务。

(2)互联的计算机系统是自治的系统。

互联的计算机分布在不同地理位置,它们之间没有明确的主从关系,每台计算机既可以联网工作,也可以脱网独立地工作。联网计算机可以为本地用户提供服务,也可以为远程网络用户提供服务。

(3)联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议。

计算机网络是由多个互联的主机组成,主机之间要做到有条不紊地交换数据,每个主机都必须遵守一些事先规定好的通信规则——网络协议。这就和人们之间的对话时,大家都要遵守一定的规则,都要说同样的语言(如中文或英文)一样。如果一个说中文,而一个说英文,这时就需要找一个翻译参与才能实现对话。

随着 Internet 与三网融合技术的发展,联网计算机的概念开始发生了变化。联网计算机的类型已经从大型计算机、个人计算机、PDA,逐步扩展到移动终端设备、智能手机、传感器、控制设备、电视机、家用电器等各种智能设备。但是,无论接入网络的终端设备如何变化,这些接入设备都具有一个相同的特点,那就是:内部都有 CPU、操作系统与执行网络协议的软件,都属于端系统中的设备。不同之处是:由于应用领域与功能的不同,接入设备使用的 CPU、操作系统与网络软件的性能、规模与功能可能不同。在计算机网络技术的讨论中,将各种端系统中的设备统称为主机(host)。

2. Computer network、internet、Internet 与 Intranet 的区别与联系

在讨论计算机网络基本概念时,需要注意术语 computer network、internet、Internet 与 Intranet 的区别与联系。

(1)计算机网络(computer network),表示的是用通信技术将大量独立计算机系统互连起来的集合。计算机网络有各种类型,如广域网、城域网、局域网或个域网。

(2)网络互联(internet,internetworking)是表述将多个计算机网络互联成大型网络系统的技术术语。

(3) Internet 或因特网、互联网是一个专用名词,专指目前广泛应用、覆盖了全世界的大型网络系统。因此 Internet 不是一个单一的广域网、城域网或局域网,而是由很多种网络互联起来的网际网。

(4) 随着 Internet 的广泛应用,一些大型企业、管理机构也采用了 Internet 的组网方法,采用 TCP/IP 与 Web 的系统设计方法,将分布在不同地理位置的各个部门局域网互联成企业内部的专用网络系统,供内部员工办公使用,不连接或不直接连接到 Internet,这种内部的专用网络系统叫做 Intranet。

1.2.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法有多种,下面进行简单的介绍。

1. 不同作用范围的网络

(1) 局域网 LAN(Local Area Network): 局域网一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连(速率在 10 Mb/s 以上),但地理上则局限在较小的范围(如 1 km 左右)。在局域网发展的初期,一个学校或工厂往往只拥有一个局域网,但现在局域网已非常广泛地使用,一个学校或企业大都拥有许多个互连的局域网(这样的网络常称为校园网或企业网)。

(2) 广域网 WAN(Wide Area Network): 广域网是在一个广阔的地理区域内进行数据、语音、图像信息传输的计算机网络。由于远距离数据传输的带宽有限,因此广域网的数据传输速率比局域网要慢得多。广域网可以覆盖一个城市、一个国家甚至于全球。因特网(Internet)是广域网的一种,但它不是一种具体独立性的网络,它将同类或不同类的物理网络(局域网、广域网与城域网)互联,并通过高层协议实现不同类网络间的通信。本书后面不专门讨论广域网。

(3) 城域网 MAN(Metropolitan Area Network): 城域网是一种大型的 LAN,它的覆盖范围介于局域网和广域网之间,一般为几千米至几千米,城域网的覆盖范围在一个城市内,它将位于一个城市之内不同地点的多个计算机局域网连接起来实现资源共享。城域网所使用的通信设备和网络设备的功能要求比局域网高,以便有效地覆盖整个城市的地理范围。一般在一个大型城市中,城域网可以将多个学校、企事业单位、公司和医院的局域网连接起来共享资源。目前很多城域网采用的是以太网技术,因此有时也常并入局域网的范围进行讨论。

(4) 个人区域网 PAN(Personal Area Network): 个人区域网就是在个人工作地方把属于个人使用的电子设备(如便携式电脑等)用无线技术连接起来的网络,因此也常称为无线个人区域网 WPAN(Wireless PAN),其范围在 10 m 左右。

顺便指出,若中央处理机之间的距离非常近(如仅 1 米的数量级或甚至更小些),则一般称之为多处理机系统而不称它为计算机网络。

2. 广播式网络与点对点网络

根据所使用的传输技术,可以将网络分为广播式网络和点对点网络。

(1) 广播式网络: 在广播式网络中仅使用一条通信信道,该信道由网络上的所有结点共享,任何一个结点都可以发送数据分组,传到每台机器上,被其他所有结点接收。这些机器根据数据包中的目的地址进行判断,如果是发给自己的则接收,否则便丢弃它。总线型以太网就是典型的广播式网络。

(2) 点对点网络: 与广播式网络相反,点对点网络由许多互相连接的结点构成,在每对机器之间都有一条专用的通信信道,因此在点对点的网络中,不存在信道共享与复用的情况。当一

台计算机发送数据分组后,它会根据目的地址,经过一系列的中间设备的转发,直至到达目的结点,这种传输技术称为点对点传输技术,采用这种技术的网络称为点对点网络。

3. 不同使用者的网络

(1)公用网(Public Network):这是指电信公司(国有或私有)出资建造的大型网络。“公用”的意思就是所有愿意按电信公司的规定交纳费用的人都可以使用这种网络。因此公用网也可称为公众网。

(2)专用网(Private Network):这是某个部门为本单位的特殊业务工作的需要而建造的网络。这种网络不向本单位以外的人提供服务。例如,军队、铁路,电力等系统均有本系统的专用网。

公用网和专用网都可以传送多种业务。如传送的是计算机数据,则分别是公用计算机网和专用计算机网络。

4. 接入网

接入网 AN(Access Network),又称为本地接入网或居民接入网。这是一类比较特殊的计算机网络。普通用户必须通过 ISP(Internet Service Provider)才能接入到因特网。由于从用户家中接入到因特网可以使用的技术有许多种,因此就出现了可以使用多种接入网技术连接到因特网的情况。接入网本身既不属于因特网的核心部分,也不属于因特网的边缘部分。实际上,由 ISP 提供的接入网只是起到让用户能够与因特网连接的“桥梁”作用。在因特网发展初期,用户多用电话线拨号接入因特网,速率很低(每秒几千比特到几十千比特),因此那时并没有使用接入网这个名词。直到最近,由于出现了多种宽带接入技术,宽带接入网才成为因特网领域中的一个热门课题。我们将在第 2.5 节讨论宽带接入技术。

1.3 计算机网络拓扑结构

1.3.1 计算机网络拓扑的定义

无论现代 Internet 的结构多么庞大和复杂,它总是由许多个广域网、城域网、局域网、个人区域网互联而成的,而研究各种复杂的网络结构,需要掌握网络拓扑(network topology)的基本知识。

理解网络拓扑知识,需要注意以下几个问题。

(1)拓扑学是几何学的一个分支,它是从图论演变过来的。拓扑学是将实体抽象成与其大小、形状无关的“点”,将连接实体的线路抽象成“线”,进而研究“点”、“线”、“面”之间的关系。

(2)计算机网络拓扑是通过网中节点与通信线路之间的几何关系表示网络结构,反映出网络中各实体之间的结构关系。

(3)计算机网络拓扑是指通信子网的拓扑结构。

(4)设计计算机网络的第一步就是要解决在给定计算机位置,保证一定的网络响应时间、吞吐量和可靠性的条件下,通过选择适当的线路、带宽与连接方式,使整个网络的结构合理。

1.3.2 计算机网络拓扑的分类与特点

计算机网络有很多种拓扑结构,最常用的网络拓扑结构有:总线型结构、环型结构、星型结