



◎ 蒋建峰 蒋建锋 主 编
◎ 张 娴 朱 麟 副主编



计算机网络 原理与实践

- ▶ 21世纪高职高专计算机系列规划教材
- ▶ 理论与实践一体化，虚拟仿真与现实技术结合，将理论知识与 **Packet Tracer** 仿真软件结合
- ▶ 突出技能培养，适应高职学生认知特点



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

计算机网络原理与实践

蒋建峰 蒋建锋 主 编

张 嫻 朱 麟 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材作者根据多年执教计算机网络基础课程的经验,针对目前高职高专学生的认知特点以及高职高专教育的培养目标、特点和要求,较全面地介绍了计算机网络的基本知识和实践技能。全书共 10 章,第 1 章介绍计算机网络的概述及仿真软件 Packet Tracer;第 2 章介绍网络体系结构;第 3 章介绍物理层协议及通信基础;第 4 章讨论数据链路层的基本功能;第 5 章介绍网络互连技术;第 6 章介绍 IPv4 地址;第 7 章介绍 IPv4 编址;第 8 章介绍传输层协议;第 9 章介绍应用层服务;第 10 章介绍局域网技术。

本教材既可作为高职高专院校通信、电子信息类专业及其他相关专业的网络基础课程教材,也可作为对计算机网络技术感兴趣的相关专业技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与实践 / 蒋建峰, 蒋建峰主编. —北京: 电子工业出版社, 2015.6

ISBN 978-7-121-26092-6

I. ①计… II. ①蒋… ②蒋… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 103839 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

装 订: 三河市兴达印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13.75 字数: 352 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

印 次: 2015 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 2 500 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

21 世纪是一个飞速发展的世纪,科学技术日新月异,计算机网络技术已经融入社会的各个角落,为科学、教育、办公、娱乐等各种互动提供了不可或缺的交流平台。目前,我国很多高等职业院校的计算机相关专业都把“计算机网络基础”作为一门专业基础课程。为了帮助高职院校的教师比较全面、系统地讲授这门课程,使学生能够熟练地掌握相关技术,我们编写了本教材。

本教材内容安排以基础性和实践性为重点,力图在讲述计算机网络基本工作原理的基础上,注重对学生实践技能的培养。教材中列举了当前网络中流行的网络技术和特点,内容涉及网络发展前沿技术,其目的在于使读者通过本教材的学习,掌握计算机网络原理,理解有关网络的一系列标准和工业标准。

全书共 10 章。

第 1 章首先介绍计算机网络的发展与趋势,网络的基本概念、定义、分类以及通信基础知识,然后介绍思科公司提供的免费模拟器软件 Packet Tracer。

第 2 章讨论计算机网络的体系结构与网络协议的基本概念,详细介绍 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型,并对两个参考模型进行比较。

第 3 章主要对物理层进行描述,说明物理层的概念、功能,并对物理层的接口特性与传输介质做详解的介绍。

第 4 章讨论数据链路层的基本功能,包括帧同步和差错控制,详细介绍 MAC 编址和以太网数据帧封装。

第 5 章介绍网络互连的相关概念,详细介绍 IPv4 数据报格式与路由数据报过程,并对因特网互连层协议 IP、ARP、ICMP、IPv6 进行详细讨论。

第 6 章详细介绍 IPv4 地址格式与特点。

第 7 章介绍网络地址规划方法、网络前缀与超网的概念,以及 IPv4 地址中的 VLSM 与 CIDR。

第 8 章讨论传输层协议、传输层的功能,详细分析传输控制协议 TCP 与用户数据报协议 UDP 的数据封装格式及工作过程。

第 9 章介绍应用层的基本概念及其常用的一些应用服务 WWW、DNS、DHCP 等,同时对相关协议的工作原理进行详细介绍。

第 10 章介绍局域网技术,详细介绍以太网相关标准以及无线局域网。

本教材由蒋建峰和蒋建锋担任主编,张娴和朱麟担任副主编。第 1、5、6、7、9 章主要由蒋建峰编写,第 3、4 章主要由蒋建锋编写,第 8、10 章主要由张娴编写,第 2 章主要由朱麟编写。参加本教材编写的还有杜梓平、丁慧洁和刘源。全书由蒋建峰负责统稿。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请各位老师和同学指正,可发送邮件至 alaneroson@126.com。

本教材配套有教学资源 PPT 课件,如有需要,请登录电子工业出版社华信教育资源网(www.hxedu.com.cn),注册后免费下载。

编著者

2015 年 5 月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的发展	2
1.1.1 计算机网络的产生与发展	2
1.1.2 网络未来的发展趋势	2
1.1.3 网络行业就业机会与挑战	4
1.2 计算机网络基本概念	4
1.2.1 计算机网络的定义	4
1.2.2 计算机网络的组成	5
1.2.3 计算机网络的分类	6
1.3 网络模拟器 Packet Tracer	10
1.3.1 Packet Tracer 安装过程	10
1.3.2 Packet Tracer 使用方法	11
1.4 复习题	15
1.5 实践技能训练	16
实验一 网络模拟器 Packet Tracer 使用训练	16
实验二 创建小型实验拓扑	17
第 2 章 Internet 体系结构	19
2.1 使用分层模型	20
2.1.1 分层体系结构	20
2.1.2 可扩展的体系结构	20
2.2 OSI 参考模型	20
2.2.1 OSI 的结构	21
2.2.2 协议数据单元	24
2.3 TCP/IP 模型	28
2.4 OSI 模型与 TCP/IP 模型的比较	29
2.5 复习题	30
2.6 实践技能训练	31
实验 OSI 模型各层 PDU 观察实训	31
第 3 章 物理层功能	33
3.1 物理层接口与协议	34
3.1.1 物理层接口	34
3.1.2 物理层功能和提供的服务	35
3.1.3 物理层协议标准	36

3.2 物理层介质	38
3.2.1 双绞线	38
3.2.2 同轴电缆	44
3.2.3 光纤介质	44
3.2.4 无线传输介质	45
3.3 数据通信技术	46
3.3.1 数据通信系统模型	46
3.3.2 数据传输速率	47
3.3.3 信道容量	48
3.4 数据交换技术	49
3.4.1 电路交换	49
3.4.2 报文交换	50
3.4.3 分组交换	51
3.5 复习题	52
3.6 实践技能训练	53
实验一 UTP 双绞线制作	53
实验二 使用不同类型的介质连接设备	54
第4章 数据链路层	56
4.1 数据链路层功能	57
4.1.1 帧同步功能	57
4.1.2 差错控制	58
4.1.3 流量控制	59
4.2 MAC 编址与数据帧封装	60
4.2.1 数据链路层协议数据单元	60
4.2.2 数据帧的格式	61
4.2.3 帧头与帧尾	61
4.2.4 数据帧实例	63
4.3 高级数据链路控制协议	68
4.3.1 HDLC 基本概念	68
4.3.2 HDLC 帧格式	70
4.4 点对点 (PPP) 协议	71
4.4.1 PPP 基本概念	71
4.4.2 PPP 帧格式	73
4.4.3 PPPoE	74
4.5 复习题	76
4.6 实践技能训练	77
实验一 验证常见局域网数据帧的结构	77
实验二 验证常见广域网数据帧的结构	78

第 5 章 网络互连层	80
5.1 网络互连	81
5.1.1 网络互连原理	81
5.1.2 网络互连设备	82
5.1.3 网络互连协议	84
5.2 网络层 IPv4 数据报	86
5.2.1 IPv4 数据报格式	86
5.2.2 IP 数据报各字段含义	86
5.3 路由数据包	88
5.3.1 路由选择机制	88
5.3.2 数据包转发策略	88
5.3.3 路由协议	89
5.3.4 路由器路由表	90
5.4 网络层协议	92
5.4.1 IP 协议	92
5.4.2 ARP 协议	95
5.4.3 ICMP 协议	98
5.4.4 IGMP 协议	100
5.4.5 IPv6 协议	101
5.5 复习题	103
5.6 实践技能训练	104
实验 ping 技能训练	104
第 6 章 网络地址 IPv4	107
6.1 IPv4 网络地址	108
6.1.1 数制转换	108
6.1.2 IPv4 地址剖析	109
6.1.3 IPv4 地址主机号与网络号	110
6.1.4 IPv4 地址子网掩码	111
6.1.5 ipconfig 命令	111
6.2 IPv4 地址分类	112
6.2.1 传统 IPv4 地址类别	112
6.2.2 特殊的 IPv4 地址	113
6.3 IPv4 地址用途	116
6.3.1 IPv4 通信地址类型	116
6.3.2 公用地址与专用地址	118
6.4 复习题	119
6.5 实践技能训练	120
实验一 IP 地址安排与子网掩码验证	120

实验二 单播、组播与广播通信	121
第7章 IPv4 编址	124
7.1 网络地址规划	125
7.2 设备地址选择	126
7.2.1 静态地址分配	126
7.2.2 动态地址分配	126
7.3 子网划分	127
7.3.1 三级 IP 地址	127
7.3.2 子网划分与子网掩码	128
7.3.3 子网的规划设计	129
7.3.4 网络前缀	134
7.4 超网 (Supernetting)	134
7.5 VLSM 与 CIDR	135
7.5.1 变长子网掩码 VLSM	135
7.5.2 无类别域间路由 (CIDR)	137
7.6 复习题	139
7.7 实践技能训练	141
实验 IP 地址子网划分	141
第8章 传输层	143
8.1 传输服务	144
8.1.1 传输层提供的服务	144
8.1.2 分段和重组	145
8.1.3 端口寻址	145
8.1.4 流量控制及错误恢复	146
8.1.5 面向连接 / 面向非连接服务	146
8.1.6 netstat 命令	147
8.2 传输控制协议 (TCP)	147
8.2.1 TCP 协议特点	147
8.2.2 TCP 的段结构	147
8.2.3 TCP 连接管理	149
8.2.4 TCP 数据传输机制	152
8.3 用户数据报协议 (UDP)	155
8.3.1 UDP 服务模型	155
8.3.2 UDP 的段结构	156
8.3.3 UDP 数据报重组	156
8.3.4 UDP 的服务器进程与请求	156
8.3.5 UDP 客户端进程	157

8.4	复习题	158
8.5	实践技能训练	160
	实验 TCP 和 UDP 端口技能训练	160
第 9 章	应用层功能及协议	162
9.1	应用层基础	163
9.2	网络服务模式	164
9.2.1	Client-Server	164
9.2.2	Peer-to-Peer	164
9.2.3	Browser-Server	165
9.3	应用层协议及服务	165
9.3.1	万维网 (WWW)	165
9.3.2	域名系统 (DNS)	167
9.3.3	动态主机配置协议 (DHCP)	169
9.3.4	电子邮件 (E-mail)	172
9.3.5	文件传输	174
9.3.6	远程登录 (Telnet)	174
9.4	复习题	175
9.5	实践技能训练	177
	实验 HTTP 与 DNS 服务器搭建与配置	177
第 10 章	局域网技术	179
10.1	以太网概念与 IEEE 802 标准	180
10.1.1	以太网拓扑	180
10.1.2	以太网物理层与数据链路层	182
10.1.3	以太网 MAC 地址编址	184
10.1.4	以太网介质访问控制 CSMA/CD	186
10.2	集线器和交换机	189
10.2.1	传统以太网	189
10.2.2	交换以太网	189
10.3	高速以太网	192
10.3.1	光纤分布式数据接口 (FDDI) 环网	192
10.3.2	快速以太网	193
10.3.3	千兆位以太网	194
10.3.4	万兆位以太网	195
10.3.5	交换型以太网	195
10.4	虚拟局域网	195
10.4.1	虚拟局域网组建	196
10.4.2	虚拟局域网交换技术	196

10.4.3	虚拟局域网的划分方法	197
10.4.4	虚拟局域网（VLAN）的基本配置	198
10.5	无线局域网技术	199
10.5.1	无线局域网概述	199
10.5.2	无线局域网构建	200
10.5.3	IEEE 802.11 系列标准	200
10.5.4	无线 AP 与无线路由器	201
10.5.5	无线路由器界面设置	201
10.6	复习题	203
10.7	实践技能训练	204
	实验 局域网组网实训	204
缩略语		206
参考文献		210

第1章

计算机网络概述

【本章知识目标】

- 了解网络的发展历程与未来的发展趋势
- 理解网络相关基本概念，如网络的定义、分类等
- 熟悉网络模拟器的安装与使用方法

【本章技能目标】

- 掌握搭建网络基本架构的能力
- 能够按照要求搭建相关类型的拓扑结构
- 掌握 Packet Tracer 模拟器的基本使用方法



1.1 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术与现代通信技术紧密结合的产物,实现了远程通信、远程信息处理和资源共享。经过几十年的时间,计算机网络已经发展了4代,成为现代具有统一体系结构的计算机网络。

1.1.1 计算机网络的产生与发展

1946年世界上第一台计算机(ENIAC)的研制成功及其迅速普及与发展,使得人类开始走向信息时代。计算机技术与通信技术在发展中相互渗透,相互结合。通信技术为多台计算机之间进行数据传输、信息交流和资源共享提供了基础,计算机技术又反过来应用于通信的各个领域,极大程度上提高了通信系统的综合性能。

计算机网络大家并不陌生,几乎随时随地都在接触或使用。计算机网络技术正以不可阻挡的势头迅猛发展,将各领域的技术融合。近两年,随着我国国民经济的快速发展以及国际金融危机的逐渐消退,计算机网络设备制造行业获得良好的发展机遇,中国已成为全球计算机网络设备制造行业重点发展市场。

计算机网络仅有30余年的历史,其演变过程可概括为以下三个阶段。

① 具有远程(Remote)通信功能的单机系统为第一阶段,这一阶段已具备了计算机网络(Computer Network)的雏形。

② 具有远程通信功能的多机系统为第二阶段,这一阶段的计算机网络属于面向终端的计算机通信网。

③ 以资源共享(Resource Sharing)为目的的计算机网络为第三阶段,这一阶段的计算机网络才是今天意义上的计算机网络。

对大多数人来说,使用网络已经成为日常生活中不可或缺的一部分。网络改变了人们的交流方式。当今世界有了网络,人与人的联系达到了空前的状态。新闻事件几秒钟之内就能举世皆知。人们甚至可以和大洋彼岸的朋友联系和玩游戏。

1.1.2 网络未来的发展趋势

未来网络的发展必将带来大量就业和发展的机会。

通过多种不同的通信介质融合到单个网络平台中,网络容量成指数倍增长。形成未来复杂信息网络的三个主要趋势,如下所述。

- 移动用户数量不断增加;
- 具备网络功能的设备急剧增加;
- 服务范围将不断扩大。



1. 移动用户

2007—2013 年之间, 移动用户的数量急剧地增长, 移动用户已经慢慢在取代传统的 Internet 用户。图 1-1 数据显示了 2007—2013 年之间移动用户数量的增长情况。

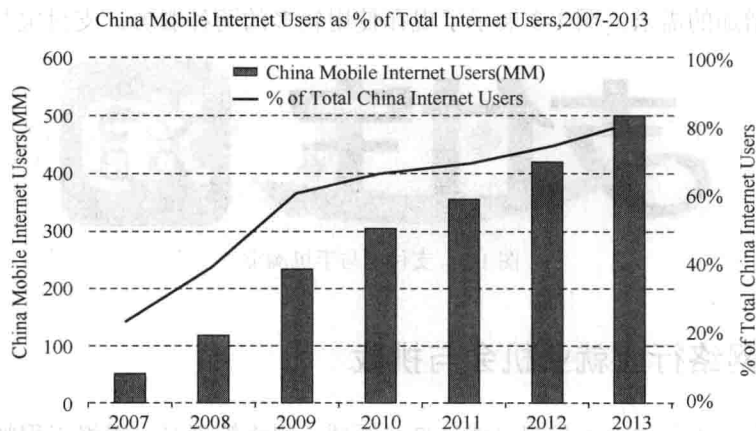


图 1-1 移动用户增长数量

移动使用的趋势有助于传统工作地点的改变——从办公室变为办公地点随工作人员而转变。更多的移动工作者可以利用手机、PDA 或者笔记本电脑等进行工作。远离自己的办公室和书桌。

2. 多功能新设备

计算机只是当今信息网络中的一种普通设备。现在越来越多的新技术产品可以利用商家提供的网络服务。

原来由 BP 机、手机、PDA 等提供的功能, 现在都可以融合到一台智能手机中, 通过它可以不间断地使用运营商提供的服务。在过去, 这些设备是玩具中的奢侈品, 现在已经成为人们不可或缺的通信工具。

图 1-2 描述了越来越多的人使用移动设备提供的服务。

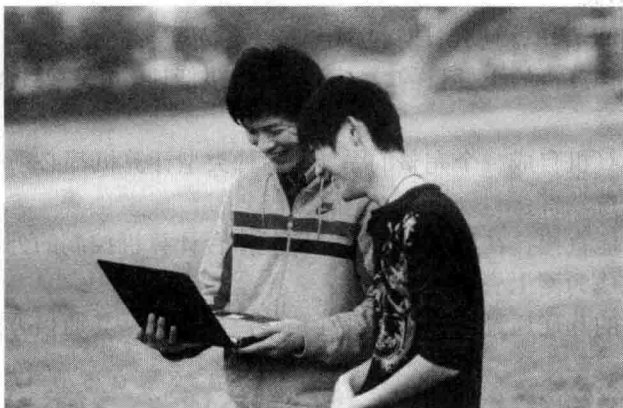


图 1-2 移动设备

3. 服务增多

技术得到广泛运用的同时,服务快速创新。为了满足客户的需求,人们不断地引入新服务,增强旧服务。当用户开始信任这些扩展服务后,又会期望更多的功能。网络又会随着发展来支持不断增加的需求。图 1-3 展示了现在使用较多的两种服务:支付宝与手机淘宝。



图 1-3 支付宝与手机淘宝

1.1.3 网络行业就业机会与挑战

新技术的发展不断改变着信息技术(IT)领域。网络管理员、网络工程师、云计算工程师、信息安全管理人员及电子商务专员等这些职业在不断占据软件工程师以及数据库工程师等职位。

随着各行各业的发展,如医院管理、教育领域等非 IT 领域变得技术性更强,对于不同领域知识背景的 IT 专业人才的需求会急剧增长。

1.2 计算机网络基本概念

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络,是指将地理位置不同的具有独立功能的多台计算机及其外部设备,利用通信设备和线路连接起来,以网络通信协议、信息交换方式和网络操作系统等实现资源共享和信息传递的计算机系统。

从定义中我们可以看出,现代计算机网络有以下特点。

- 资源共享是计算机的主要目的,计算机资源包括计算机硬件资源、计算机软件资源和数据文档等;
- 被连接的计算机自成一个完整的系统,各种类型计算机都必须有自己的 CPU、内存等完善的系统软件;
- 外部设备不能直接挂在网上,只有直接受一台计算机控制的外部设备,才能通过某种控制方式成为网上资源;
- 计算机之间的互连通过通信设备及通信线路来实现,其通信方式多样化,通信线路介质多样化;
- 计算机有完善的网络软件支持;
- 计算机之间的通信必须遵循统一的标准,即通信协议。



1.2.2 计算机网络的组成

1. 计算机网络的逻辑组成

图 1-4 为典型的计算机网络系统示意图。从计算机网络的组成角度来分,一个完整的计算机网络在逻辑上由资源子网和通信子网构成。资源子网负责信息处理,提供资源;通信子网负责全网中的数据通信,信息传递。

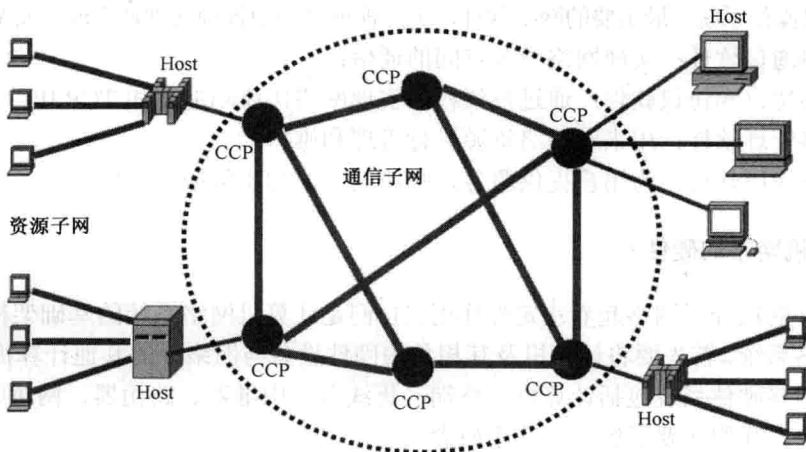


图 1-4 典型的计算机网络示意图

资源子网由主机、用户终端、网络外部设备、各种软件与硬件资源组成。资源子网主要负责网络数据处理业务,向用户提供各种网络资源。

① 主机是资源子网中最主要的组成部分,可以是各种类型的计算机,它通过以太网链路连接到通信子网。主机中除了装有网络操作系统外,还有各种应用软件、配置的数据库以及各种文档数据。

② 用户终端可以是简单的输入/输出设备和现流行的各种移动终端设备,通常可以通过一些方式,如 WiFi、蓝牙等连入网络。

③ 网络操作系统是建立在各主机操作系统之上的一个操作系统,用于实现在不同的主机系统之间用户通信及软硬件资源的共享,并向用户提供统一的接口以便使用网络。

④ 网络数据库是建立在操作系统之上的系统软件,一般情况会把它安装在服务器终端以便存储大规模的数据文档。主机可以通过网络访问数据库中的数据与服务,以便实现网络数据库的共享。

通信子网主要由网络节点和通信链路组成。网络节点也称为转接节点或者中间节点,它们的作用是控制信息的传输和在端节点之间转发信息。

① 通信控制处理机被称为网络节点,一般指网络设备,如交换机、路由器等,它们起到数据中转的作用,主要负责数据的接收、存储、校验和转发。

② 通信链路是传输信息的信道,它们可以是电话线、同轴电缆或者光线,也可以是无线传输介质,如无线电、卫星或微波等。

③ 其他通信设备有信号转换器, 利用信号变换设备进行变换以适应不同传输媒体的要求, 如调制解调器, 俗称猫, 它可以把计算机中的数字信号转换成电话线上可以传输的模拟信号。

2. 计算机网络的软件组成

网络软件是实现网络功能所不可缺少的软件环境, 为了协调网络系统资源, 系统需要通过软件工具对网络资源进行全面的管理、调度与分配, 并且采取一定的保密措施保证数据的安全性、合法性等。网络软件多种多样, 目前常用的软件包括以下几种。

- 网络操作系统: 最主要的网络软件, 负责管理网络中各种软硬件资源, 如 Windows NT;
- 网络通信软件: 实现网络中节点间的通信;
- 网络协议和协议软件: 通过协议程序实现网络协议功能, 如 TCP/IP;
- 网络管理软件: 用来对网络资源进行管理和维护;
- 网络应用软件: 为用户提供服务, 解决某方面的实际应用问题。

3. 计算机网络的硬件

网络硬件的选择对网络起着决定性作用, 它们是计算机网络系统的基础架构, 要构成一个计算机网络系统, 首先要将计算机及其相关的硬件设备与网络中的其他计算机系统连接起来, 计算机网络硬件系统包括计算机、终端、集线器、中继器、路由器、网桥、交换机等, 在硬件系统中, 我们还要了解一下几个概念。

- 节点 (Node): 也称为“结点”, 是指网络中计算机设备。节点可以分为访问节点和转接节点两类。转接节点的作用是支持网络的连接性能, 它通过所连接的链路转接信息, 实现信息的转接, 通常有集中器、信息处理机等。访问节点也简称为端点 (End Point), 它除具有连接作用外, 还可起信息发送端和接收端的作用, 一般包括计算机或终端设备。
- 线路 (Line): 在两个接点间承载信息流的信道称为线路。线路可以采用电话线、双绞线缆、光纤等有线信道, 也可以是无线电信道。
- 链路 (Link): 链路是指从发信点到收信的一串接点和线路。链路通信是指端到端的通信。链路由通信设备和传输介质组成。

1.2.3 计算机网络的分类

1. 按网络作用范围划分

按地理分布范围划分, 计算机网络可以分为广域网、局域网和城域网三种。

(1) 广域网 (WAN)

广域网 (WAN) 分布范围可达数百至数千千米, 可以覆盖一个国家或者几个洲, 形成国际性的远程网络。



(2) 局域网 (LAN)

局域网 (LAN) 是将小区域内的各种设备连接在一起的网络, 其分布范围局限在一个办公室、一幢大楼或一个校园内, 用于连接个人计算机、工作站和各类外围设备以实现资源共享和信息交换。其重要的特点是: 覆盖范围有限, 提供高数据传输速率、低误码率的高质量数据传输环境。

(3) 城域网 (MAN)

城域网 (MAN) 是介于广域网和局域网之间的一种高速网络, 满足几十千米范围内的大量企业、学校、公司等多个局域网的连接需求。

2. 按通信传播方式划分

按传输技术划分, 计算机网络可分为广播方式、组播方式和点对点方式三类。

(1) 广播方式

所有计算机共享一个公共的信道。当一台计算机利用信道发送数据时, 其他所有的计算机都会收到这个数据。由于发送的数据中有目的地地址和源地址, 如果接收到该数据的计算机的地址与目的地地址相同, 则接受, 否则会丢弃数据。

(2) 组播方式

所有的计算机被划分成不同的组, 同一个组中的计算机发送数据, 该组中的其他成员能够收到数据, 其他组的成员不能收到数据。

(3) 点对点方式

每条物理线路连接一对计算机。如果源节点与目的节点之间没有直接相连的线路, 那么源节点发送的数据就要通过中间节点接收、存储、转发, 直至传输到目的节点。

3. 按拓扑结构划分

网络拓扑是指网络形状, 网络在物理上的连通性。“拓扑”一词的概念来自离散数学中的图论。网络的拓扑结构主要有星形拓扑、树形拓扑、总线形拓扑、环形拓扑、网形拓扑。

(1) 星形拓扑

网络由各节点以中央节点为中心相连接, 各节点与中央节点以点对点方式连接, 节点之间的数据通信要通过中央节点, 如图 1-5 所示。

星形拓扑的特点: 结构简单, 管理方便, 可扩充性强, 组网容易, 中心节点成为全网可靠性的关键。