

高等教育国家级教学成果二等奖

清华大学计算机基础教育课程系列教材

计算机网络（第3版）

张曾科 吉吟东 编著



清华大学出版社



高等教育国家级教学成果二等奖

清华大学计算机基础教育课程系列教材

计算机网络（第3版）

张曾科 吉吟东 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是在前两版的基础上,根据计算机网络的发展形势,精简了部分内容,增加了新的技术,全面讲述计算机网络技术。首先介绍计算机网络的体系结构,然后以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层五层体系结构层为主线讲述计算机网络的基本原理和核心技术,最后介绍网络安全技术。

本书注重讲述网络的基本概念和原理,它们是学习网络技术最重要的知识点,同时也是力图反映计算机网络发展的新技术。

本书主要针对高等院校理工科类专业本科生计算机网络课程的教学,也可作为其他专业和其他授课对象的教材以及工程技术人员从事开发研究工作的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/张曾科,吉吟东编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2009.6

(清华大学计算机基础教育课程系列教材)

ISBN 978-7-302-19767-6

I. 计… II. ①张… ②吉… III. 计算机网络—高等学校:技术学校—教材
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 041159 号

责任编辑:谢琛 顾冰

责任校对:白蕾

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.25

字 数:473 千字

版 次:2009 年 6 月第 3 版

印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:030712-01

前言

计算机网络的产生和发展在现代科学技术史上具有划时代的意义,计算机网络教学越来越受到教育部门的高度重视。作者多年在清华大学承担计算机网络、企业网络等教学和科研工作,在此基础上编写了《计算机网络》教材,本书是第3版,第2版曾被评为“2006年北京高等教育精品教材”。在前两版的基础上,本书进一步梳理了章节安排,突出了计算机网络五层体系结构的主线;精简了部分内容,增加了新技术的讲解;内容上更加注重深入浅出,大部分章节前都增加了概述,以便读者对相关技术的脉络先有一个概括的了解。

本书围绕计算机网络的原理、技术和应用来组织本书的内容,共分8章:

第1章介绍计算机网络的基本概念、发展历程和计算机网络的体系结构,使读者对计算机网络的基本概念有一个初步的认识,对计算机网络系统的总体层次结构和各层的功能有一个全局性的了解,以便进一步学习。

第2章到第7章以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层五层体系结构为主线,讲述计算机网络的基本原理和核心技术,这是目前国际上计算机网络教材编排的主流层次结构。第2、3章分别讲述五层体系结构的物理层和数据链路层的各种通用技术;第4章介绍局域网,它们处于五层体系结构的下两层;第5~7章则分别讲述五层体系结构的三层(即网络层、传输层和应用层)的协议和技术,它们包含了Internet的核心技术。

第8章介绍网络安全技术。随着网络经济时代的到来,网络安全是人们面对的巨大挑战。

本书注重讲述计算机网络的基本概念和原理。虽然网络技术发展迅速,各种技术层出不穷,但是其基本概念和原理,是学习网络技术的最重要的知识点和基础。与此同时,本书也力图反映计算机网络发展的新技术,跟随网络技术飞速发展的潮流。

本书目录中标示出了基本部分和可扩展部分(带“*”为可扩展部分),教学中可以根据授课对象的层次、专业和学时等具体情况,对教学内容进行适当组合。本书每章均配有思考题,以供练习思考。

本书的重要专业术语,一般依据全国科学技术名词审查委员会公布的《计算机科学技术名词(第二版)》(科学出版社,2002年)给出中文,并注明英文。

本书由张曾科和吉吟东共同编写。由于作者的学识和水平有限,加之计算机网络技术发展迅速,书中难免存在错误和疏漏之处,期盼广大读者斧正。

作者

2009年2月 于清华园

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.1.1 什么是计算机网络	1
1.1.2 计算机网络的分类和网络结构	2
1.1.3 计算机网络的性能指标	7
1.2 计算机网络的发展历程	8
1.2.1 计算机网络产生的背景	9
1.2.2 计算机网络的产生	10
1.2.3 计算机网络的飞速发展	11
1.2.4 Internet 时代	13
1.2.5 计算机网络在我国的发展	14
1.3 计算机网络体系结构	15
1.3.1 OSI 体系结构	15
1.3.2 TCP/IP 体系结构	18
1.3.3 五层体系结构	19
* 1.4 计算机网络的标准化工作	22
1.4.1 标准化组织	22
1.4.2 RFC 文档	22
思考题	23
第 2 章 物理层	25
2.1 概述	25
2.2 频带传输技术	27
2.2.1 什么是频带传输	27
2.2.2 调制解调技术	27
2.3 基带传输技术	29
2.3.1 什么是基带传输	29
2.3.2 编码解码技术	29
2.3.3 信道的极限传输速率	33
2.4 信道复用技术	34
2.4.1 概述	34
2.4.2 频分复用(FDM)	34

2.4.3	时分复用(TDM)和统计时分复用(STDm)	35
2.4.4	准同步数字系列(PDH)	36
2.4.5	同步数字系列(SDH)	38
2.4.6	波分复用(WDM)	41
* 2.5	宽带接入技术	42
2.5.1	概述	42
2.5.2	数字用户线 xDSL	42
2.5.3	混合光纤同轴电缆网(HFC)	44
2.6	传输媒体	47
2.6.1	双绞线	47
2.6.2	同轴电缆	48
2.6.3	光纤	48
2.6.4	无线传输	50
	思考题	52
第3章	数据链路层	54
3.1	概述	54
3.2	帧同步和透明传输	55
3.2.1	帧同步	55
3.2.2	透明传输	56
3.3	差错检验	57
3.3.1	差错检验方法	57
3.3.2	循环冗余检验(CRC)	58
3.4	数据链路控制	60
3.4.1	数据链路控制的基本思想	60
3.4.2	数据链路控制的基本机制	60
3.4.3	自动请求重传(ARQ)	62
* 3.5	高级数据链路控制规程(HDLC)	67
3.6	点对点协议(PPP)	67
3.6.1	PPP 及其帧格式	67
* 3.6.2	PPP 运行状态图	68
* 3.6.3	PPP 的身份认证	69
	思考题	69
第4章	局域网	71
4.1	概述	71
4.2	IEEE 802 局域网体系结构	72
4.2.1	IEEE 802 局域网参考模型	72

4.2.2	媒体接入控制子层	73
4.2.3	逻辑链路控制子层	75
4.3	以太网工作原理	76
4.3.1	以太网技术的发展	76
4.3.2	以太网媒体接入控制方式 CSMA/CD	78
4.3.3	以太网传输特点	84
* 4.3.4	以太网信道利用率	85
4.3.5	以太网帧格式	86
4.4	传统以太网	88
4.4.1	物理层	88
4.4.2	网络接口卡(NIC)	89
4.4.3	中继器和集线器	89
4.4.4	传统以太网及其网络结构	90
4.5	高速以太网	92
4.5.1	100BaseT	92
4.5.2	千兆以太网	96
4.5.3	万兆以太网	99
4.6	交换式以太网	102
4.6.1	概述	102
4.6.2	网桥	102
4.6.3	交换机	104
4.6.4	交换式以太网及其特点	105
4.7	虚拟局域网(VLAN)	107
4.7.1	VLAN 及其特点	107
4.7.2	VLAN 划分	107
* 4.7.3	VLAN 帧格式	108
* 4.7.4	VLAN 运行	109
4.8	无线局域网(WLAN)	112
4.8.1	IEEE 802.11 WLAN	112
* 4.8.2	IEEE 802.11 物理层标准	114
* 4.8.3	IEEE 802.11 MAC 层帧和帧格式	117
* 4.8.4	IEEE 802.11 MAC 层 DCF	119
* 4.8.5	IEEE 802.11 MAC 层 PCF	125
* 4.8.6	WLAN 管理	125
思考题		127
第 5 章	网络层	130
5.1	概述	130

5.1.1	网络互联	130
5.1.2	分组交换	131
5.1.3	路由器	132
5.1.4	Internet 网际层	133
5.2	网际协议(IP)	134
5.2.1	分类 IPv4 地址及划分子网	134
5.2.2	IP 数据报格式	137
5.2.3	IP 差错检验算法	139
5.2.4	IP 数据报的分片与重组	140
5.2.5	IP 数据报转发	141
5.2.6	IP 数据报选项	146
5.3	地址解析协议(ARP)	147
5.3.1	概述	147
5.3.2	ARP 地址解析机制	148
5.4	因特网控制报文协议(ICMP)	150
5.4.1	ICMP 及其报文格式	150
5.4.2	ICMP 报文	151
5.5	无类别域间路由选择(CIDR)	153
5.5.1	CIDR 编址	153
5.5.2	构造超网	155
* 5.5.3	最长前缀匹配	155
5.6	路由选择协议	156
5.6.1	概述	156
* 5.6.2	路由信息协议(RIP)	158
* 5.6.3	开放最短路径优先协议(OSPF)	161
* 5.6.4	边界网关协议(BGP)	167
5.7	IP 多播	170
5.7.1	概述	170
5.7.2	因特网组管理协议(IGMP)	172
* 5.7.3	距离矢量多播路由选择协议(DVMRP)	174
5.8	下一代的网际协议 IPv6	178
5.8.1	概述	178
5.8.2	IPv6 地址	178
* 5.8.3	IPv6 数据报格式	180
* 5.8.4	IPv4 向 IPv6 过渡	182
* 5.9	IP 主干网	185
5.9.1	异步传输模式(ATM)	185
5.9.2	IP over ATM	193

5.9.3 多协议标记交换(MPLS)	194
5.9.4 IP over SDH	195
5.9.5 IP over WDM	196
思考题	197
第6章 传输层	201
6.1 概述	201
6.2 传输层端口	202
6.2.1 端口及其作用	202
6.2.2 两类端口	203
6.3 用户数据报协议(UDP)	203
6.3.1 UDP 用户数据报	203
6.3.2 UDP 伪报头	204
6.3.3 UDP 的特点	204
6.4 传输控制协议(TCP)	205
6.4.1 TCP 的编号与确认	205
6.4.2 TCP 报文段	206
6.4.3 TCP 连接管理	209
6.4.4 TCP 重传机制	212
6.4.5 TCP 流量控制	215
6.4.6 TCP 拥塞控制	218
6.5 多媒体传输	224
6.5.1 概述	224
* 6.5.2 一个多媒体传输的例子	225
* 6.5.3 实时传输协议(RTP)	226
* 6.5.4 实时传输控制协议(RTCP)	229
* 6.5.5 实时流式协议(RTSP)	230
思考题	231
第7章 应用层	233
7.1 网络应用进程的交互模式	233
7.2 域名系统(DNS)	234
7.2.1 Internet 域名结构	234
7.2.2 域名解析	236
7.3 文件传输协议(FTP)	240
7.3.1 FTP 工作机制	240
7.3.2 FTP 访问控制	241
7.4 电子邮件(E-mail)	241

7.4.1	概述	241
7.4.2	电子邮件系统	242
7.4.3	电子邮件的信息格式	243
7.4.4	简单的邮件传送协议(SMTP)	246
7.4.5	邮局协议(POP)	247
7.5	万维网(WWW)	247
7.5.1	概述	247
7.5.2	万维网工作机制	248
7.5.3	统一资源定位符(URL)	250
7.5.4	超文本传输协议(HTTP)	251
7.5.5	超文本标记语言(HTML)	252
* 7.5.6	动态网页技术	255
7.6	动态主机配置协议(DHCP)	257
7.6.1	概述	257
* 7.6.2	DHCP 工作机理	257
7.7	SNMP 网络管理系统	259
7.7.1	概述	259
7.7.2	简单网络管理协议(SNMP)	261
7.7.3	管理信息结构(SMI)	264
7.7.4	管理信息库(MIB)	267
	思考题	269
第8章	网络安全	271
8.1	概述	271
8.1.1	网络安全的重要性	271
8.1.2	网络攻击和网络安全服务	271
8.2	两种密码体制	272
8.2.1	密码学基础	272
8.2.2	对称密钥密码体制与公开密钥密码体制	274
8.2.3	对称密钥密码体制的经典算法 DES	275
8.2.4	公开密钥密码体制的经典算法 RSA	280
8.3	数字签名和报文摘要	281
8.3.1	数字签名	281
8.3.2	报文摘要	283
8.4	身份认证和密钥分发	284
8.4.1	概述	284
* 8.4.2	基于对称密钥的身份认证和密钥分发	285
* 8.4.3	基于公钥的身份认证和公钥分发	287

8.5 Internet 网络安全技术	288
8.5.1 网际层安全技术	288
* 8.5.2 传输层安全技术	292
* 8.5.3 应用层安全技术	293
8.6 防火墙	295
8.6.1 概述	295
8.6.2 防火墙技术	295
8.6.3 防火墙系统	297
8.7 虚拟专用网(VPN)	299
8.7.1 概述	299
* 8.7.2 VPN 隧道和隧道协议	300
* 8.7.3 L2TP VPN	301
* 8.7.4 IPSec VPN	305
思考题	306
参考文献	308

第 1 章

概 述

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 什么是计算机网络

计算机网络的产生和发展在现代科学技术史上具有划时代的意义。因特网(Internet)彻底改变了人们的工作和生活方式,改变了企事业单位的运营和管理方式。电子邮件、IP 电话成为人们重要的交流方式;Web 浏览成为人们获取信息的主要渠道;网上办公、电子商务、网络金融、网络会议、远程教育、远程生产监控等迅速步入现代社会各个角落,成为人们日常工作和活动不可或缺的方式。

什么是计算机网络(computer network)? 目前还没有一个权威的定义。荷兰阿姆斯特丹 Vrije 大学计算机科学系教授、荷兰皇家艺术与科学院院士 Andrew S. Tanenbaum 言简意赅的提法得到了广泛的认同: 计算机网络是指自治的计算机互连起来的集合。计算机之间相互连接并能相互交换信息则称为互连,自治是指计算机是能够独立进行处理的设备,而不是无自行处理能力的附属设备(如终端)。

上述定义概括地给出计算机网络的概念,要具体地说明它的内涵,可以从计算机网络的组成和应用两个方面去描述。

1. 计算机网络的组成

计算机网络的组成包括硬件和软件两部分。

(1) 硬件(hardware)

- 计算机。按着 ARPANET 沿用下来的术语也称为主机(host),可以是个人计算机(即 PC)、大型计算机、客户机(client)或称工作站(workstation)、服务器(server)等,在网络中它们称为端系统(End Systems, ES)。
- 通信设备。即中间系统(Intermediate Systems, IS),如交换机(switch)和路由器(router)等,其功能主要为主机转发数据。端系统和中间系统在网络中称为结点(node,或结点)。
- 接口设备。网络接口卡(Network Interface Card, NIC),如调制解调器(Modem)等,作为计算机与网络的接口。
- 传输媒体或称传输介质(medium),如双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和卫星链路等。

(2) 软件(software)

- 通信协议,如 CSMA/CD、TCP/IP、UDP、PPP、ATM、NIC 驱动(driver)等。
- 应用软件,如 HTTP、SMTP、FTP、Telnet 等。

2. 计算机网络的应用

计算机网络的应用主要包括 3 类。

- (1) 共享资源访问,如万维网访问、远程登录服务、网络文件访问等;
- (2) 远程用户通信,如电子邮件、IP 电话、网络会议等;
- (3) 网上事务处理,如电子商务、电子政务、电子金融、远程教育、远程医疗等。

以上从组成和应用两个方面对计算机网络进行了描述,从而使我们对计算机网络有了更具体的认识。

20 世纪 90 年代初,以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫(Bob Metcalfe)给出了一个著名的论断:网络的价值同网络用户数量的平方成正比(网络上的 n 个用户,每一个人都可以看到其他人的内容, n 个人中的每一个人都可以看到 n 个人的内容,所以网络的价值与 n^2 成正比)。计算机网络惊人的发展速度和它极大的应用价值,已经改写了历史,它也将创造人类历史更加辉煌的篇章!

1.1.2 计算机网络的分类和网络结构

1. 计算机网络的分类

计算机网络的分类也有多种分类方法,可以从不同的角度和特征进行划分,例如:

- 从网络覆盖的地域范围或者说跨越的距离,可以分为局域网、城域网和广域网;
- 从网络的拓扑结构,可以分为总线网、环型网、星型网、树型网、网型网和混合网;
- 从数据的交换方式可以分为电路交换网、分组交换网、帧中继网、信元交换(即 ATM)网等;
- 从网络使用的传输技术,可以分为广播网络和点对点网络;
- 从网络的传输媒体,可以分为光纤网、卫星网、有线网和无线网等;
- 从网络使用单位的性质,可以分为企业网、校园网、园区网和政府网等;
- 从网络的应用性质,可以分为远程教育网、证券业务网、税务网和工业控制网等。

还可以有其他的分类,但最常用、最有意义的还是按网络覆盖的地域范围划分,因为网络覆盖的地域范围大小影响到网络诸多方面的特性,如传输速度、拓扑结构、使用的网络技术和网络设备等。

按网络覆盖的地域范围,计算机网络可以分为 3 类,即局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)和广域网(Wide Area Network, WAN)。

另外,若干个 LAN、MAN 和 WAN 互连在一起就构成互联网(internetwork, internet),互联网是网络的集合。目前全世界绝大多数网络都互连在一起,形成了因特网,即 Internet。为了将不同的网络互连在一起,互联网使用了专门的技术。

以下对 LAN、MAN、WAN、互联网和 Internet 的特点和拓扑结构进行简要说明。

2. LAN 及其网络结构

顾名思义,LAN 是局部范围内的小规模计算机网络,一般地理范围在 10km 以内。

对于 LAN,电气电子工程师协会(IEEE)的 LAN 标准委员会曾提出如下定义:“LAN 在以下方面与其他类型的数据网络不同:通信一般被限制在中等规模的地理区域内,例如,一座办公楼、一个仓库或一所学校;能依靠具有从中等到较高数据传输速率的物理通信信道,而且这种信道具有始终一致的低误码率;LAN 是专用的,由单一组织机构所使用。”

LAN 的一个重要特点是短距离工作,其他特点大都是由此带来的,主要有:

- 具有较高的带宽,数据传输速率高,一般为 $10\sim 100\text{Mb/s}$,随着技术的发展,数据传输速率也在不断提高。
- 数据传输可靠,误码率低,通常为 $10^{-7}\sim 10^{-12}$ 。
- 大多数 LAN 采用总线(bus)、环型(ring)及星型(star)拓扑,结构简单易于实现。

图 1.1 表示了 LAN 主要的网络结构。

- 一般为广播网络(broadcast network)。广播网络上的多台主机共享一条信道(channel),一台主机发送信息,所有主机都能收到。多台主机同时访问信道时就可能产生冲突(collision,亦称碰撞),因此共享信道的接入控制是 LAN 要解决的主要问题。
- 通常是由单一组织所拥有和使用,不受公共网络所属机构的规定约束,容易进行设备和技术的更新。

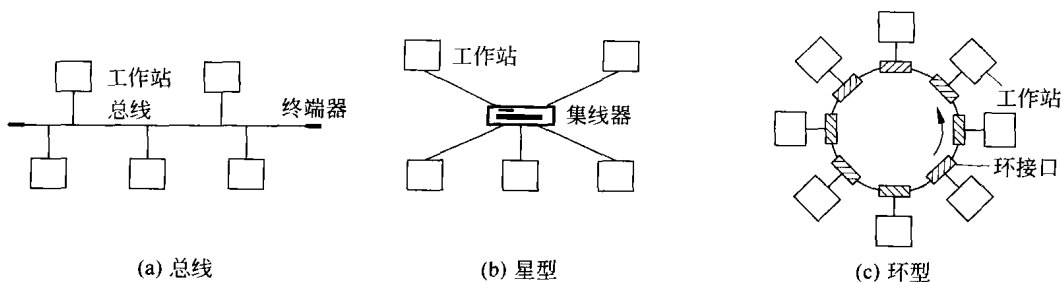


图 1.1 LAN 网络结构

LAN 应用非常广泛。世界上绝大部分的计算机都连接在 LAN 上,进而接入 Internet。

LAN 有以太网(Ethernet)、令牌环网(token ring network)、令牌总线网(token bus network)和无线局域网(Wireless LAN, WLAN)等。

LAN 的发展始于 20 世纪 70 年代。1975 年 Xerox 公司研制了第一个总线结构的实验性以太网,1974 年英国剑桥大学建立了剑桥环(Cambridge ring)。80 年代后,微型计算机技术的兴起和飞速发展,极大地推动了 LAN 的发展和应用。目前,以太网一枝独秀,是 LAN 的主流网络形式。

3. WAN 及其网络结构

WAN 覆盖的地域可达 100km 以上,甚至可达数千千米,可以覆盖一个地区、一个国

家、一个洲甚至更大,因此 WAN 又称远程网(long haul network)。

除跨距远之外,与 LAN 相比,WAN 在技术上还有着下述特点:

- WAN 一般由主机和通信子网组成,通信子网(communication subnet)由通信线路连接交换结点(交换机)组成,往往是电信部门提供的公共通信网。
- WAN 大多是点对点网络(point to point network),由点对点链路组成,每条通信线路连接一对结点。直接相连的结点间可以直接传输数据,而不直接相连的结点间的数据传输需要通过中间结点的转发。转发使用的技术称为数据交换技术,因此这种网络也称为交换式网络(switched network)。WAN 多使用分组交换(packet switching)技术,把数据分割为若干个小的分组或称包(packet),以分组为单位进行转发,这种交换式网络称为分组交换网。用户的计算机接在交换结点上。
- WAN 网络拓扑一般比 LAN 复杂、不规整,多为网型(mesh)、树型(tree)或它们的混合,如图 1.2 所示,(a)和(b)分别是网型拓扑和树型拓扑的交换式网络。
- WAN 常常采用信道复用技术,以提高传输线路的利用率。

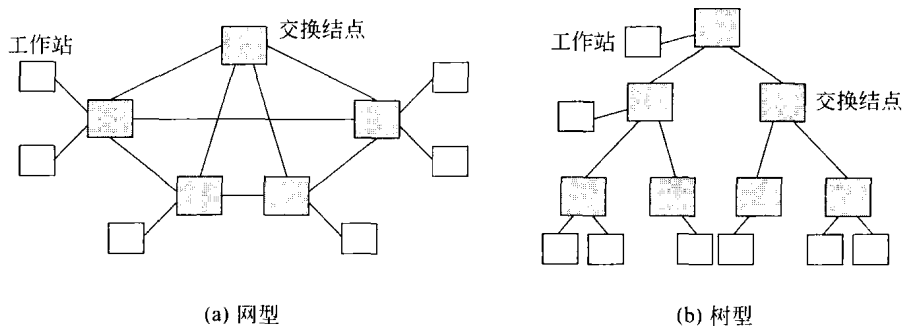


图 1.2 WAN 的典型网络结构

早年的 ARPANET 就是一个典型的 WAN。1983 年,ARPANET 以 50 台 C30 和 C300 小型机作为交换机,称为接口报文处理机(IMP),从电信公司租用点对点线路将它们连接成一个网络。IMP 上还有多达 22 个的端口用来连接用户主机,当时连接了数百台主机。

欧洲早年的 WAN 则是 X.25 分组交换网,其技术规范 X.25 建议在 1976 年由国际电报电话咨询委员会(CCITT)提出,曾有很大的影响。现在,X.25 网已经退出历史舞台。

帧中继(Frame Relay,FR)和异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode,ATM)是后来的 WAN 技术。FR 主要应用是为长距离用户提供永久虚电路,实现 LAN 互连。ATM 网络也是一种分组交换网络,它交换的分组是短的固定长度的信元(cell)。ATM 网络由 ATM 交换机连接,ATM 交换机上可以连接计算机。

4. MAN

MAN 规模介于 LAN 和 WAN 之间,局限在一座城市的范围内,一般在 10~100km 的区域。MAN 也是公共网络性质,面向多用户提供数据、语音、图像等多业务的传输

服务。

IEEE 曾专门为 MAN 定义了一个标准 IEEE 802. 6, 称为分布式队列双总线 (Distributed Queue Dual Bus, DQDB)。DQDB 由两条单向总线组成, 计算机连到这两条总线上, 支持站点的全双工通信。但 DQDB 并没有得到成功的应用。

由于 LAN 功能的不断提高和 WAN 技术的发展, 它们都广泛地渗透和应用到 MAN 领域中。以太网技术已经从 LAN 扩展到了 MAN 领域, 千兆和万兆以太网是 MAN 可以使用的技术。万兆位以太网定义了全双工方式, 达到了 40km 的传输距离, 突破了 LAN 的概念, 进入了 MAN 和 WAN 的范畴, 在 MAN 主干网方面有着广阔的应用前景。

WAN 中的 ATM、同步数字系列/同步光纤网 (SDH/SONET) 和波分多路复用 (WDM) 技术、LAN 中的光纤分布数据接口 (FDDI) 等, 也都是 MAN 可以选择使用的技术。

最近, 主要应用于 MAN 的弹性分组环 (Resilient Packet Ring, RPR) 技术的研究令人瞩目, 其标准由 IEEE 802. 17 工作组制定。因特网工程任务部 IETF 的 IPoRPR (IP over RPR) 工作组、Cisco 公司等组成的 RPR 联盟, 也在致力于 RPR 技术研究和标准制定。

5. 互联网及其网络结构

若干个网络由称为路由器 (router) 的网络设备连接在一起便成了互联网。互联网是网络的集合, 是网络的网络。互联网覆盖的地域范围与它互联了多少个网络有关。

互联网中, 路由器连接的网络包括 LAN、MAN 和 WAN 等, 甚至可以是一条点对点的链路, 它们在互联网中属于底层网络, 可以称为子网, 处在负责网络互联的协议层 (Internet 中称为网际层) 之下。在互联网看来, 它们属于物理层和数据链路层。

互联网技术的核心是实现网络的互联 (internetworking), 即解决数据在网络之间特别是异种网络之间进行传输的一系列问题。实现网络互联的关键思想是在底层网络与高层应用程序和用户之间加入中间层次, 屏蔽底层细节, 向用户提供通用一致的网络服务。这样, 在用户看来, 整个互联网是一个统一的整体, 虽然在物理上由很多使用不同标准的各种类型的底层网络互联而成, 但在逻辑上是一个统一的网络, 提供通用一致的网络服务。

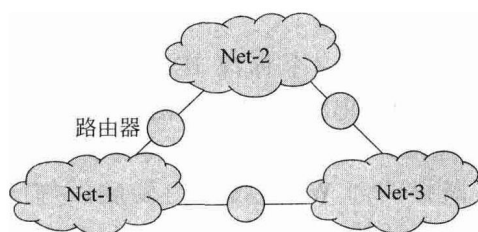
图 1. 3(a) 是互联网的概念结构。互联网是网络的集合, 由路由器连接若干个网络云组成。图 1. 3(b) 也表示互联网的网络结构, 这里把网络云进行了具体的展开。

6. Internet 及其网络结构

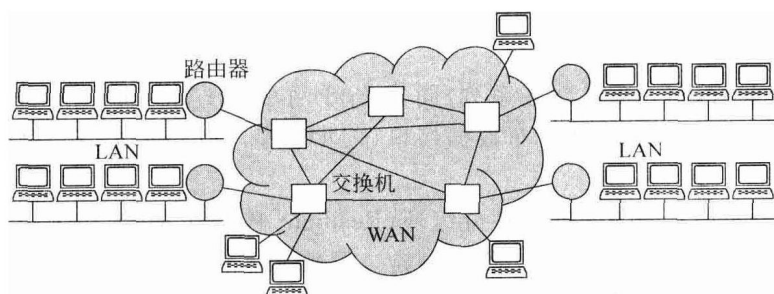
目前全世界绝大多数网络都互联在一起, 形成了覆盖全球并向全球开放的互联网, 即 Internet。

Internet 使用 TCP/IP 协议族 (TCP/IP protocol suite) 实现网络互联。TCP/IP 协议族以其中最具有代表性的两个协议即传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 和网际协议 (Internet Protocol, IP) 来命名。因此, Internet 是使用 TCP/IP 协议族的、覆盖全球范围的、当今最大的开放性互联网。

现在, Internet 已经过了几十年的发展演变过程。目前的 Internet 拓扑结构是松散



(a) 互联网概念结构：网络的集合



(b) LAN 和 WAN 组成的互联网

图 1.3 互联网

分层的,不受某个权威部门的控制,在商业利益驱动下扩展演进。Internet 各个层次的网络干线由不同级别的 Internet 服务提供商(Internet Service Provider,ISP)建立经营,并向社会提供网络服务。

ISP 可分为本地级、地区级和主干级 3 个层次。主干级 ISP 即 BSP (Backbone Service Provider)常称为网络服务提供商(Network Service Provider,NSP),一般指国家级和国际级的 ISP,如美国的 MCI、Sprint 等。本地 ISP 可以是大学、公司和企业等组织,也可以是专门提供网络服务的 ISP。用户的网络、工作站和服务器等可以连接到本地 ISP。本地 ISP 又接入到地区级 ISP,有时候本地 ISP 也可以直接接入到 BSP。BSP 既要互相竞争服务业务又要彼此合作相互连接,构成一个整体连通的网络。

图 1.4 示意了 Internet 的网络结构。图中包含了各级 ISP 的网络,它们都设有网络

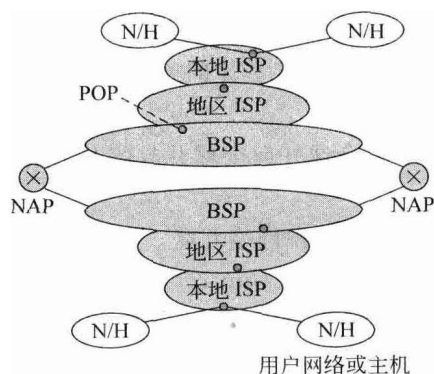


图 1.4 Internet 网络结构

中心,供下一级的 ISP 或用户接入。网络中心必须有必要的接入设备,如路由器、交换机和调制解调器等,接入点称为存在点(Point Of Presence, POP)。BSP 一般通过网络接入点(Network Access Point,NAP)进行连接,NAP 担负着中转巨大网络流量的任务,通常使用高速交换设备。1994 年开始建立了 4 个 NAP,分别由 4 个电信公司经营,到 21 世纪初,美国的 NAP 已有十几个。一些比较大的 BSP,也倾向绕过 NAP 直接通过高速通信线路(如 10Gb/s)和其他 NAP 交换数据,这样通信可以更加快捷。