



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机网络 技术教程



臧海娟 陶为戈 主编
潘 瑜 主审



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机网络技术教程

臧海娟 陶为戈 主编
潘 瑜 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依据普通高等院校计算机专业本科教学的要求而编写的。全书共分9章,首先在介绍了计算机网络基本概念、体系结构、数据通信知识的基础上,分析了比较成熟的计算机网络技术及协议,其中包括TCP/IP协议、以太网、广域网、Internet技术以及流行的无线网络技术。接着,又从实用角度出发,结合实例对局域网技术、网络互连、互连设备、网络操作系统、Internet应用服务器的安装与配置、计算机网络的管理以及网络方案设计等方面的内容进行了重点介绍。

本书概念准确、条理清晰、结构新颖,既重视基本概念、基本原理和基本技术的阐述,又注重理论与工程实际的联系,书中结合了许多工程设计实例,以加强读者的实践应用能力。

本书既可以作为计算机、通信、信息以及电子类专业的本科生教材,也可以供从事计算机网络及相关工作的工程人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术教程/臧海娟,陶为戈主编. —北京:科学出版社,2007
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)
ISBN 978-7-03-019850-1

I. 计… II. ①臧…②陶… 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(2007)第135115号

责任编辑:苏 鹏 毛 莹 宛 楠 / 责任校对:刘小梅
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年8月第一次印刷 印张:24 3/4

印数:1—3 500

字数:468 000

定价:34.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

前 言

计算机网络涉及的内容较为广泛，发展也很迅速。本书在阐述计算机网络基本原理、概念和技术的前提下，侧重从工程和应用的角度对本书第一版的内容进行了大刀阔斧的改写，详细讲述了最主流的交换机、路由器等网络主要设备的配置和使用方法，然后是 Linux 和 Windows Server 2003 两个操作系统的 DNS 服务、Web 服务以及 FTP 服务的安装与配置，再就是网络方案的设计和综合布线设计。

全书共分为 9 章。第 1 章给出了计算机网络的基本概念及几种网络体系结构，是全书学习的基础。第 2 章介绍了数据通信的基本原理，并以 OSI 体系结构为主线，以类比的方法，将广域网、局域网和互联网的主要物理层和数据链路层协议进行了对应分析。第 3 章系统地介绍了计算机网络协议，对 TCP/IP 协议核心部分进行了重点阐述，并讨论了下一代网际层协议 IPv6 的基本内容。本书的第 4~9 章，分别介绍了计算机局域网、广域网及其接入技术、网络操作系统、Internet 技术及其应用、网络连接设备及技术、网络方案设计等内容。前 3 章是为了使读者掌握计算机网络的基本知识而安排的，后 6 章不仅重视计算机网络的基本原理和技术的阐述，而且结合了许多工程应用实例，以加强读者的实践技能。

本书面向普通高等院校学生，以培养面向 21 世纪计算机专业应用人才为主要目标，以简明、实用、反映计算机技术最新发展和应用为特色，具体归纳为以下几点：

1. 讲透基本理论、基本原理、方法和技术，在写法上力求叙述简明、图文并茂、通俗易懂、便于自学。

2. 理论结合实际。计算机是一门实践性很强的学科，本书贯彻从实践中来到实践中去的原则，许多技术理论结合实例讲，以便于知识的理解和掌握。

3. 本书反映最新技术和最新发展动态尤其在网络组建、规划和设计方面。

本书的第 1~3 章由陶为戈老师编写；第 4~6 章由臧海娟老师编写；第 7~9 章在姜熙炯老师、景征骏老师编写的第一版基础上，由臧海娟老师改写，并承蒙潘瑜教授担任全书的主审工作。

在本书的编写过程中，参考了大量的文章和书籍，尤其是一些公司馈赠的技

术资料、相关的技术白皮书以及网站下载资料。借本书出版的机会对这些书籍、资料的作者和公司表示感谢！本书还曾得到许多同行专家和学者的关心与帮助，在此，特对他们表示诚挚的谢意。

由于计算机网络技术发展十分迅速，而我们的水平有限，书中难免存在一些错误，殷切希望广大读者给予批评指正。

编著者

2007年5月28日

目 录

前言

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 引言	1
1.1.1 计算机网络的定义	2
1.1.2 计算机网络的组成	2
1.1.3 计算机网络的功能	3
1.2 计算机网络的分类	4
1.3 Internet 概述	8
1.3.1 Internet 的发展	8
1.3.2 中国 Internet 的发展概况	9
1.3.3 Internet 的特点	11
1.4 标准化组织	12
1.5 计算机网络体系结构	14
1.5.1 计算机网络体系结构的形成	14
1.5.2 计算机网络通信协议、分层、服务	15
1.5.3 OSI 体系结构	19
1.5.4 局域网体系结构	22
1.5.5 Internet 体系结构	24
本章小结	26
思考与练习	27
第 2 章 物理层和数据链路层	29
2.1 数据通信的基础知识	29
2.1.1 数据通信的基本概念及质量指标	29
2.1.2 数据通信系统的模型	32
2.1.3 信道及技术参数	33
2.1.4 物理层下的传输介质	36
2.1.5 基带传输编码	38
2.1.6 传输方式	40
2.1.7 传输形式	42
2.2 信道的多路复用	43

2.2.1 多路复用原理	43
2.2.2 频分多路复用	44
2.2.3 时分多路复用	45
2.2.4 波分复用	47
2.2.5 码分复用	47
2.3 数据交换	48
2.3.1 电路交换	49
2.3.2 报文交换	50
2.3.3 分组交换	51
2.3.4 快速交换	54
2.4 物理层的功能与服务	55
2.4.1 物理层功能	55
2.4.2 物理层提供的服务	56
2.5 物理层接口基本特性	56
2.6 常用的物理层接口标准简介	57
2.7 数据链路层的功能及服务	59
2.7.1 数据链路层功能	59
2.7.2 数据链路层提供的服务	61
2.8 数据链路层流量控制协议	62
2.8.1 停止等待协议	62
2.8.2 滑动窗口	64
2.8.3 连续 ARQ 协议	65
2.8.4 选择重传 ARQ 协议	66
2.9 面向比特的链路控制规程 HDLC	66
2.10 Internet 的点对点协议 PPP	69
本章小结	73
思考与练习	74
第3章 TCP/IP 协议	76
3.1 TCP/IP 概述	76
3.2 IP 协议	77
3.2.1 IP 地址	77
3.2.2 IP 数据报	80
3.2.3 地址解析协议 ARP 和逆地址解析协议 RARP	83
3.2.4 IP 数据报的转发	85
3.2.5 子网掩码与无分类编址	87

3.2.6 ICMP 协议	94
3.2.7 Internet 路由选择协议	96
3.2.8 IPv6 协议	105
3.3 传输层协议	111
3.3.1 传输层功能及服务	112
3.3.2 TCP 协议	113
3.3.3 UDP 协议	117
3.4 应用层协议	119
本章小结	120
思考与练习	121
第 4 章 计算机局域网	123
4.1 局域网概述	123
4.1.1 局域网的特点	123
4.1.2 局域网的体系结构	123
4.2 局域网的介质访问（接入）控制方法	125
4.2.1 介质访问控制方法的分类	125
4.2.2 CSMA/CD 介质访问控制	126
4.2.3 物理地址（MAC 地址）	131
4.2.4 令牌环（Token Ring）介质访问控制	133
4.2.5 令牌总线（Token Bus）介质访问控制	136
4.3 IEEE802.3 标准与以太网（Ethernet）	138
4.3.1 IEEE802.3 概述	138
4.3.2 早期的以太网及其技术规范	139
4.3.3 以太网的线缆连接方式	140
4.4 高速以太网	143
4.4.1 高速局域网发展的技术方案	143
4.4.2 从共享型以太网到交换型以太网	144
4.4.3 快速以太网	146
4.4.4 千兆高速以太网	147
4.4.5 万兆高速以太网	149
4.5 无线局域网	151
4.5.1 无线局域网概述	151
4.5.2 无线局域网体系结构	156
4.5.3 无线局域网标准	159
4.5.4 无线局域网的应用	161

4.5.5 无线局域网的安全	162
本章小结	162
思考与练习	164
第5章 广域网及其接入技术	166
5.1 广域网的基本概念	166
5.2 分组交换数据网络 (X.25 网络)	168
5.3 帧中继	174
5.3.1 帧中继原理	174
5.3.2 帧中继的数据链路层核心协议与帧格式	174
5.3.3 帧中继用户接入	176
5.4 异步传输模式 ATM	179
5.4.1 ATM 的基本概念	179
5.4.2 ATM 的基本体系结构	180
5.4.3 ATM 的交换与工作原理	183
5.4.4 ATM 的应用	185
5.5 接入网与 ADSL	188
5.5.1 PSTN (公用交换电话网) 与用户接入	188
5.5.2 ADSL 接入	190
本章小结	193
思考与练习	194
第6章 Internet 技术及其应用	195
6.1 Internet 的概述	195
6.1.1 ISP 与常见的 Internet 接入方式	196
6.1.2 客户/服务器工作方式	198
6.2 域名系统 DNS	200
6.2.1 域名系统的基本概念	200
6.2.2 Internet 的域名结构	200
6.2.3 域名的解析过程	202
6.2.4 DNS 的域与区域	204
6.2.5 DNS 的区域类型与搜索模式	204
6.2.6 主要资源记录	205
6.3 Internet 的基本服务	206
6.3.1 远程登录 Telnet	206
6.3.2 文件传输 FTP	207
6.3.3 电子邮件	210

6.3.4 万维网 WWW	216
6.3.5 Internet 的其他应用	220
6.4 网络管理	222
6.4.1 网络管理的基本概念	222
6.4.2 简单网络管理协议 SNMP	225
6.4.3 网络管理系统和应用实例	233
本章小结	243
思考与练习	244
第 7 章 网络操作系统	245
7.1 网络操作系统概述	245
7.1.1 网络操作系统的特点	245
7.1.2 常用网络操作系统简介	246
7.2 Linux 操作系统	248
7.2.1 Linux 的特点	248
7.2.2 Linux 系统组成	249
7.2.3 Linux 的 kernel 版本与 distribution 版本	252
7.2.4 Red Hat Linux 介绍	252
7.2.5 软件包管理器 RPM	253
7.2.6 Red Hat Linux 安装与登录	255
7.3 DNS 服务器的安装与配置	257
7.3.1 Windows server 2003 下安装和配置 DNS 服务器	257
7.3.2 Linux 下安装和配置 DNS 服务器	262
7.4 Web 服务器的安装与配置	267
7.4.1 Windows server 2003 下安装和配置 Web 服务器	267
7.4.2 Linux 下安装和配置 Web 服务器	275
7.5 FTP 服务器的安装与配置	280
7.5.1 Windows server 2003 下安装和配置 FTP 服务器	280
7.5.2 Linux 下安装和配置 FTP 服务器	284
本章小结	288
思考与练习	289
第 8 章 网络连接设备及技术	290
8.1 网络互联和互连设备	290
8.1.1 物理层互联	291
8.1.2 数据链路层互联	291
8.1.3 网络层互联	291

8.1.4 高层互联	291
8.2 网卡和集线器	292
8.2.1 网卡	292
8.2.2 集线器	294
8.3 交换机	297
8.3.1 交换机的概念	297
8.3.2 交换机的分类	298
8.3.3 交换机的连接	299
8.3.4 交换机的交换方式	302
8.3.5 交换机的主要技术指标	302
8.4 路由器	303
8.4.1 路由器的概念	303
8.4.2 路由器的分类	305
8.4.3 路由器的硬件结构和启动过程	306
8.5 网络设备的配置与管理	310
8.5.1 Console 口及远程登录的命令行方式	311
8.5.2 交换机/路由器配置的命令模式	312
8.5.3 通过 Telnet 对路由器进行远程配置	317
8.5.4 静态路由和缺省路由的配置	319
8.5.5 动态路由 RIP 的配置	323
8.6 虚拟局域网 VLAN	325
8.6.1 虚拟局域网概述	325
8.6.2 虚拟局域网的划分	326
8.6.3 虚拟局域网的工作原理	327
8.6.4 虚拟局域网的配置	330
8.7 网络地址转换 NAT	335
8.7.1 NAT 的工作原理及配置	335
8.7.2 NAT 的工作原理及配置	339
本章小结	341
思考与练习	341
第9章 网络方案设计与实例	343
9.1 网络方案设计概述	343
9.1.1 需求分析	343
9.1.2 网络技术的选择	344
9.1.3 网络拓扑结构设计	346

9.1.4	网络设备选型	346
9.1.5	网络可靠性设计	346
9.1.6	网络安全性设计	351
9.1.7	IP 地址规划和子网划分	351
9.1.8	外网连接方式设计	353
9.1.9	综合布线设计	354
9.2	网络拓扑结构设计方法	355
9.2.1	分层设计的意义与原则	355
9.2.2	核心层设计	356
9.2.3	分布层设计	357
9.2.4	接入层设计	359
9.3	综合布线系统与设计	360
9.3.1	综合布线系统标准及适用范围	360
9.3.2	综合布线系统介绍	362
9.3.3	综合布线系统设计原则	364
9.3.4	综合布线系统设计	365
9.4	校园网设计实例	373
9.4.1	×××学院网络需求分析及建设目标	373
9.4.2	网络系统设计原则与技术选型	375
9.4.3	总体网络拓扑设计	376
9.4.4	Internet 接入和安全性设计	377
9.4.5	×××学院网络 IP 地址规划	377
	本章小结	379
	思考与练习	380
	参考文献	381

第 1 章 计算机网络概述

本章将首先对计算机网络的定义、功能和分类作一个简单的介绍，然后对 Internet 的发展状况作一个概括性的说明，最后在讨论网络标准化的基础上，介绍基于分层思想的计算机网络体系结构，包括 OSI 体系结构、局域网体系结构、Internet 体系结构。

1.1 引 言

人类社会已经进入信息化时代，计算机网络作为信息社会的基础设施，已成为整个社会结构的一个基本组成部分。目前，计算机网络已经在工业生产、邮电通信、文化教育、交通运输、航空航天、科学研究、政府机关、国防等领域得到了广泛的应用。人们可以在精彩的网络世界里进行网页浏览、网上购物、信息查询、视频点播、远程教学、电子政务、网络游戏等各项日常活动，享受着网络资源所赋予的服务和便利。

图 1-1 给出了某校园网的拓扑结构实例图，它是 CERNET（中国教育和科

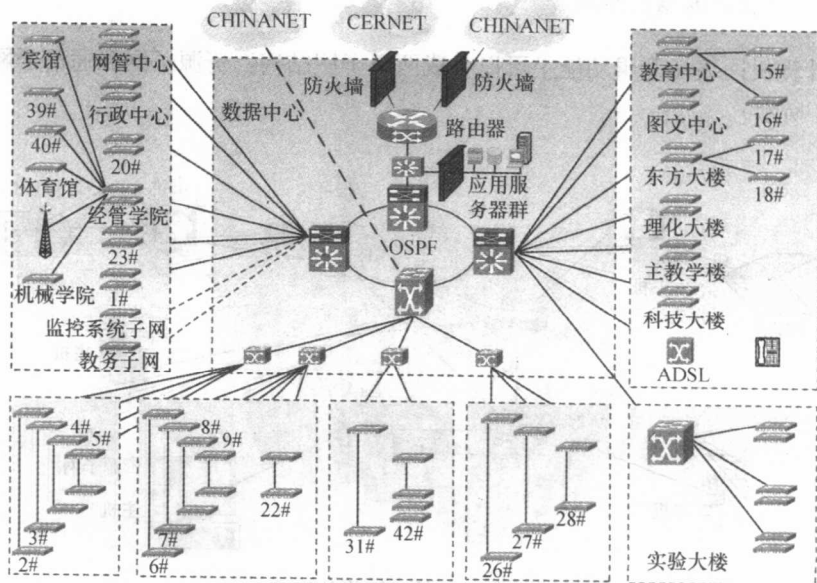


图 1-1 计算机网络实例

研计算机网)及 Internet (因特网)的一个组成部分,在教学和科研等活动中发挥着重要的作用。

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是通信技术与计算机技术紧密结合的产物,在其发展的不同历史时期,人们对计算机网络给出了不同的定义。不同的定义正反映了当时人们对计算机网络的理解程度,以及当时计算机网络技术的发展水平。这些定义可以分为三类:广义的观点、资源共享的观点与用户透明的观点。

目前通常采用的计算机网络的定义为:计算机网络是指把地理位置不同且具有独立功能的若干台计算机,通过通信线路和设备相互连接起来,存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统,按照网络通信协议实现信息传输和资源共享的信息系统。

也就是说,计算机网络建立的主要目的是实现系统资源共享和数据传输,位于不同地理位置的计算机通过无线或有线的通信链路交互信息,不仅能使网络中的各个计算机(称为结点)之间相互通信,而且还能共享某些结点上的系统资源,这些都必须遵循共同的网络协议。这里的系统资源,主要包括硬件资源(如网络打印机、大容量磁盘空间等)、软件资源(系统软件和应用软件)和数据资源(其他主机或用户的数据文件、数据库等)。

1.1.2 计算机网络的组成

计算机网络从逻辑功能上可以分成两级子网结构:资源子网和通信子网(如图 1-2 所示)。

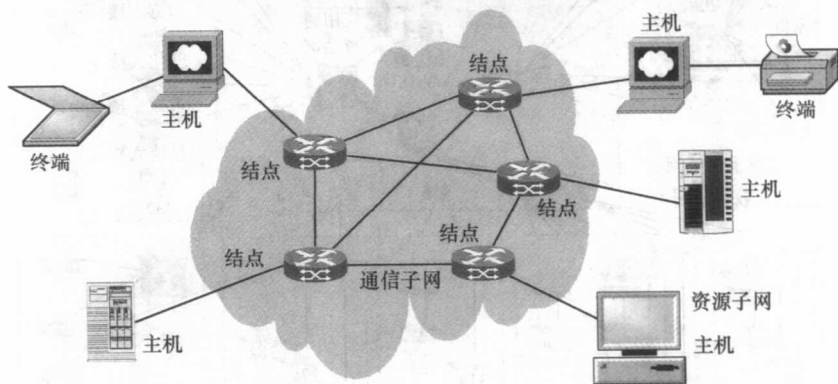


图 1-2 计算机网络的组成

1) 资源子网

资源子网 (Resource Subnet) 是指所有端结点 (含其所拥有的设备) 以及连接这些结点的链路的集合体, 由其向网络用户提供各种网络资源与网络服务。主要设备有主机、终端、终端控制器、各种软件资源和数据服务器等。

2) 通信子网

通信子网 (Communication Subnet) 是指所有转接结点以及连接这些结点的链路的集合体, 提供网络通信功能, 负责完成网络数据的传输、控制、变换、转发等通信任务。主要设备有结点处理机、通信线路、其他通信设备和通信软件等。

网络中的结点有两类: 端结点和转接结点。端结点指自身拥有或者要求拥有网络资源的用户主机、用户终端等, 有源结点和宿 (目的) 结点之分; 转接结点指网络通信过程中起转发信息和控制作用的结点, 拥有通信资源, 例如交换机、路由器等。

链路有物理链路和逻辑链路两种形式, 物理链路指传输媒体, 逻辑链路指传输数据的可靠、确认、同步, 与物理媒体无关。有时人们把某一从源结点到宿结点所经过的所有结点和链路的集合体称为通路或路径。

1.1.3 计算机网络的功能

自计算机网络出现以来, 其应用范围越来越广泛, 计算机网络的功能也随之有了极大地扩展, 其主要功能体现在以下几个方面。

1) 信息传输

这是计算机网络的最基本功能。可以通过计算机网络进行电子数据交换、传递电子邮件、浏览网页、发布新闻消息等, 实现用户之间信息的交互, 满足当今信息化社会中人们对信息的快速性、多样性及广泛性的需求。

2) 资源共享

共享网络资源是早期建立计算机网络的初衷, 也是计算机网络最具有吸引力的功能。通过资源共享, 减少了硬件设备的重复设置, 提高了设备的利用率, 避免了软件的重复开发和重复购置, 消除了用户使用计算机资源受地理位置的限制, 大大提高了整个系统的数据处理能力、软硬件资源及数据资源的利用率。

3) 提高系统的可靠性

计算机运行时, 会不可避免地产生故障; 计算机连成网络之后, 各计算机可以通过网络互为后备机, 当某处计算机或设备发生故障后, 便可通过网络将任务交由其他计算机或设备完成, 提高了系统的可靠性。

4) 分布式处理

在计算机网络中, 对于较大型的综合性任务, 可按一定的算法将任务分给不

同的计算机分工协作完成,达到均衡地使用网络资源进行分布处理的目的。利用网络技术,用户可以根据任务的具体要求与情况合理地选择网络资源,就近快速处理;另一方面,还能够把许多微型机或小型机连接成高性能的计算机网络系统,使用该系统可以解决大型复杂问题,降低费用。

5) 均衡负荷

当网络中计算机负荷过重时,通过合理的网络管理,将作业传送给网络中另一较空闲的计算机去处理,从而减少了用户的等待时间、均衡了各计算机的负荷,增加了系统的可用性。

除此之外,计算机网络在实际应用中,还具有很多其他功能,如拓展容易、多媒体信息传输、综合服务等功能。

1.2 计算机网络的分类

通过对网络组成的分析,我们看到构成网络的元素较多,且结合方式多种多样,性能也存在差异,这些决定了网络类型的多样性。从不同的角度,计算机网络主要有以下一些分类方法:

1. 按网络的覆盖及作用范围进行分类

1) 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网是指将有限的范围内(一般为1公里左右,如一个房间内、一个建筑物内、一个园区内等)的各种计算机、终端同外部设备进行互连而构成的网络。局域网可以通过路由器等网络互连设备接入广域网,具有速率高、组建方便、传输延迟小等特点,在校园和企业等单位内部都得到广泛的应用。局域网的详细内容将在第4章介绍。

2) 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN)

城域网一般指城市地区网络,是一种作用范围介于广域网与局域网之间的高速网络,覆盖范围为几公里到几十公里。城域网的设计目的是满足一座城市内的企业、校园、政府机关等的多个局域网互连的需求,以实现大量用户之间的语音、数据、图形、图像等多种业务的传输服务。由于目前很多城域网采用局域网技术,与局域网具有相同的体系结构,故本书不对城域网技术进行专门的讨论。

3) 广域网 (Wide Area Network, WAN)

广域网是指地理分布范围较大的网络。因此,有些情况下广域网也称远程网。广域网通常达数十公里至数千公里,可以跨越一个国家、地区、甚至洲际,如数字数据网、分组交换数据网、帧中继、ATM等。广域网的主要内容我们将

在第5章进行讨论。

4) 接入网 (Access Network, AN)

随着多媒体业务的日益膨胀, 用户接入部分成为阻碍速率增长的瓶颈, 接入网技术受到人们更多的关注。ITU-T G13 于 1995 年 7 月通过的关于接入网框架结构方面的建议 G.902 对接入网作了明确的定义: 接入网由业务节点接口 (SNI) 和用户网络接口 (UNI) 之间的一系列传送实体 (如线路设施和传输设施) 组成。目前的接入网大多采用宽带接入, 如采用 ADSL 的双绞线接入、光纤接入、光纤同轴电缆混合接入、无线接入等。

图 1-3 描述了上述按覆盖范围划分的各种网络之间的关系。当然, 随着网络技术的不断发展, 这种以距离作为划分的界限也越来越模糊。

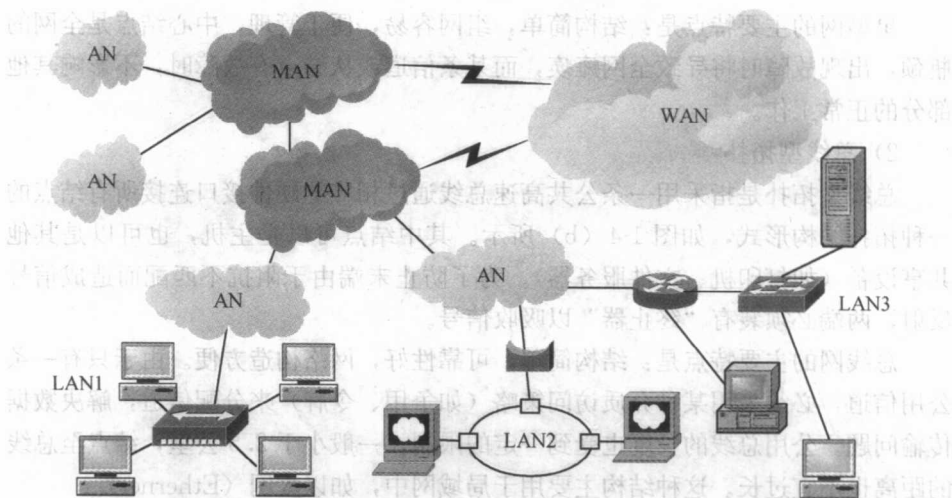


图 1-3 按覆盖范围划分的网络之间的关系

2. 按网络的拓扑结构进行分类

网络拓扑结构是指网络中各结点和链路的几何构形。网络的拓扑结构主要有星型、总线型、环型、树型、网状等几种。

1) 星型拓扑

星型拓扑指每个从结点均以一条单独的信道直接与中心主结点连接, 中心主结点与每个从结点之间采用点-点连接方式, 所有从结点之间的通信, 必须经过中心主结点转接, 如图 1-4 (a) 所示。中心结点可以是计算机, 具有存储转发数据和处理数据功能, 或者是交换机 (Switcher) 或集线器 (HUB), 起到从结点之间的转接作用。