

高等院校计算机教材系列

计算机网络 技术与应用

李向丽 李磊 陈静 等编著

本书为教师备有电子课件，
需要者请登录华章网站下载。



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机教材系列

计算机网络 技术与应用

李向丽 李磊 陈静 等编著

第1版 (110) 目錄

第1章 绪论 1.1 计算机网络的定义 1.2 计算机网络的组成 1.3 计算机网络的分类 1.4 计算机网络的组成要素 1.5 计算机网络的组成要素

第2章 局域网 2.1 局域网的定义 2.2 局域网的组成 2.3 局域网的分类 2.4 局域网的组成要素 2.5 局域网的组成要素

第3章 广域网 3.1 广域网的定义 3.2 广域网的组成 3.3 广域网的分类 3.4 广域网的组成要素 3.5 广域网的组成要素

第4章 网络层 4.1 网络层的定义 4.2 网络层的组成 4.3 网络层的分类 4.4 网络层的组成要素 4.5 网络层的组成要素

第5章 数据链路层 5.1 数据链路层的定义 5.2 数据链路层的组成 5.3 数据链路层的分类 5.4 数据链路层的组成要素 5.5 数据链路层的组成要素

第6章 网络层 6.1 网络层的定义 6.2 网络层的组成 6.3 网络层的分类 6.4 网络层的组成要素 6.5 网络层的组成要素

第7章 应用层 7.1 应用层的定义 7.2 应用层的组成 7.3 应用层的分类 7.4 应用层的组成要素 7.5 应用层的组成要素

第8章 网络层 8.1 网络层的定义 8.2 网络层的组成 8.3 网络层的分类 8.4 网络层的组成要素 8.5 网络层的组成要素

第9章 网络层 9.1 网络层的定义 9.2 网络层的组成 9.3 网络层的分类 9.4 网络层的组成要素 9.5 网络层的组成要素

第10章 网络层 10.1 网络层的定义 10.2 网络层的组成 10.3 网络层的分类 10.4 网络层的组成要素 10.5 网络层的组成要素



机械工业出版社
China Machine Press

本书从计算机网络基础知识和TCP/IP协议族、网络规划设计和实用组网技术、网络编程技术、网络安全技术、IPv6技术和网络模拟技术五个方面介绍了计算机网络技术及其在实际网络环境中的应用。既强调了TCP/IP网络技术原理，又突出了实际应用，注重理论与实践相结合，力求反映网络技术的最新发展。通过这些内容的学习，读者可以更深入地理解TCP/IP网络技术，并将其应用于网络的组建、配置和管理，以及开发网络应用程序等实践过程中。

本书凝结了作者多年从事计算机网络教学和工程实践的经验，可以作为高等院校计算机专业相关课程的教材或教学参考书。对工程技术人员也有一定的参考价值。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络技术与应用/李向丽等编著. —北京：机械工业出版社，2006.8

（高等院校计算机教材系列）

ISBN 7-111-19427-6

I. 计… II. 李… 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（2006）第069462号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

策划编辑：温莉芳

责任编辑：王 颖

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2006年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm · 20.75印张

定价：33.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换
本社购书电话（010）68326294

前言

计算机网络技术具有很强的理论性和实践性。为了培养出既熟知计算机网络原理与技术,又具有综合应用和设计能力的网络技术人才,很多高校开设了“计算机网络实用技术”课程,它是“计算机网络”的后继课程,其目的是在了解计算机网络基本理论的基础上,能够综合、灵活应用这些知识。本书内容包含计算机网络基础知识,突出实用和实践环节,使学生能够用计算机网络知识来解决网络应用中遇到的现象,能够自己组建网络并对网络进行配置和管理,掌握网络应用程序开发技术,这为学生走向工作岗位,快速适应工作环境奠定了坚实的基础。TCP/IP协议是因特网(Internet)的技术基础,考虑到TCP/IP技术的使用普遍性,本书以TCP/IP协议为主线,在介绍TCP/IP网络技术原理的基础上,着重讲述了TCP/IP协议在实际网络中的应用技术。

本书共分10章,分为五个部分:

第一部分为计算机网络基础知识和TCP/IP协议族,由第1章和第2章组成,介绍计算机网络的形成和发展,计算机网络的概念、组成、功能和分类,以及OSI参考模型和TCP/IP参考模型。在此基础上,分析TCP/IP协议的工作原理,按照从低层到高层的顺序,对TCP/IP参考模型的各层主要协议的功能和技术进行讲述。

第二部分为实用组网技术,由第3章、第4章、第5章和第6章组成,介绍的内容有:网线制作技术、各层组网设备的工作机制、网络拓扑结构、网络规划和设计、常用网络命令行工具的使用方法、Cisco路由器和交换机的基本组成和配置技术、对等网络和客户/服务器网络的组网技术、内联网(Intranet)的组网技术,以及Web服务器、FTP服务器、电子邮件服务器和VPN服务器的构建和配置技术。

第三部分是网络编程技术,由第7章组成,介绍了Socket网络编程技术,以及C#网络编程环境。

第四部分是网络安全技术,由第8章组成,分析了常见的网络攻击方法,并给出相应的技术防范措施。另外,还具体介绍了端口扫描、防火墙、入侵检测、拒绝服务攻击及其防范措施、安全审核、网络嗅探等技术。

第五部分是IPv6技术和网络模拟技术,由第9章和第10章组成。介绍了IPv6的特点、IPv6地址结构、IPv6数据报格式和IPv4到IPv6的过渡技术,介绍了网络模拟器NS2的模拟基础知识,以及使用NS2进行网络模拟的方法和过程,也介绍了网络模拟结果分析工具的使用方法,并描述了NS2功能扩展技术。

本书凝结了作者从事计算机网络教学和工程实践的经验,是在听取多方面的意见和建议的基础上编写而成的。通过这些内容的学习,可以使读者更加深入地理解TCP/IP工作原理,并将之应用于网络的组建、配置和管理,以及开发网络应用程序等实践过程中。

本书结构合理、层次清晰、内容丰富。既强调了TCP/IP网络技术原理,又突出了实际应用,注重理论与实践相结合,力求反映网络的最新发展技术。其主要特点如下:

- 精炼介绍组网基础知识。用两章的篇幅介绍了计算机网络基础知识和TCP/IP参考模型的

各层主要协议的功能和技术。为实用技术的学习奠定基础。

- 重点介绍实用性知识。网线制作和连接、网络设备配置、网络规划和设计、网络的组建和配置,以及各种常用服务器的配置等。
- 讲述完整的组建网络实例。在网络规划和需求分析的基础上,按照网络工程的思想,以一个校园网的组建为例,从网络拓扑结构的选择、组网设备选型和IP地址规划到操作系统选择、服务器选型和服务器软件选择,系统介绍了网络组建的详细过程。为校园网和其他中小型网络的组建提供了一个可以参考的完整实例。
- 突破实验设备的困扰。据了解,目前很多高校缺乏设备齐全的网络实验室,甚至缺少基本的网络设备,这种现状大大影响了学生对计算机网络理论知识和实用技术的理解。因此本书增加了路由器模拟软件YS-RouterSim、端口扫描工具Nmap、网络嗅探器Ethereal和网络模拟器NS2等工具的介绍。这些软件工具可以在单机上运行,不受网络实验环境的限制。在没有网络设备的条件下,也能够达到一定的模拟实验效果。
- 跟踪网络发展新技术。IPv6是下一代因特网使用的协议。介绍了IPv6的特点、IPv6地址结构、IPv6数据报格式,以及IPv4到IPv6的过渡技术。介绍了使用目前流行的网络模拟器NS2进行网络模拟的方法和过程。NS2不仅能用于网络协议性能评价,也能用于网络辅助教学。
- 注重知识巩固环节。每章都附有大量的习题,作为巩固知识之用,以加强学生对每一章内容的理解,并且每一章都有实践题目,附录中还提供了一系列实验题目,以增强学生的实践能力。
- 提供丰富的教辅材料。书中附有大量的参考文献,供读者阅读。在教学中使用本书时,可以访问我们的“网络技术”学习网站:<http://www2.zzu.edu.cn/NetTechnique/>。该网站提供与该书相关的教学资源,读者可以从中下载电子课件、源程序代码、免费模拟软件等相关资料。

本书的第1章、第2章、第9章和第10章由李向丽编写,第3章、第4章、第5章和第6章由李磊编写,第7章和第8章由陈静编写,李向丽负责全书的统编工作。邱保志博士对书稿进行了审核,并对本书的编写和出版提供了很多好的建议。朱小艳、张治国、黄迎春等对本书的初稿进行了校对。在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免会有疏漏和错误之处,敬请读者给予中肯的批评和建议。作者的邮箱地址是lixli@zzu.edu.cn,欢迎赐教和交流。

李向丽

2006年6月于郑州

目 录

前言

第1章 计算机网络基础1

1.1 计算机网络的形成与发展1

1.1.1 计算机网络的发展历程1

1.1.2 我国因特网的发展2

1.2 计算机网络的组成和功能3

1.2.1 计算机网络的组成3

1.2.2 计算机网络的功能3

1.3 计算机网络的类型4

1.4 OSI参考模型5

1.5 TCP/IP参考模型7

1.5.1 TCP/IP层次结构7

1.5.2 TCP/IP工作原理8

1.6 NetBEUI协议与IPX/SPX协议简介12

1.6.1 NetBEUI协议12

1.6.2 IPX/SPX协议12

1.7 因特网与因特网接入技术13

1.7.1 因特网运行管理机制13

1.7.2 因特网接入技术14

1.8 小结18

1.9 习题19

1.10 实践19

第2章 TCP/IP协议族20

2.1 网络接口层20

2.1.1 以太网协议20

2.1.2 串行线网际协议22

2.1.3 点对点协议22

2.2 网际层23

2.2.1 IP协议23

2.2.2 IP地址26

2.2.3 地址解析协议29

2.2.4 逆向地址解析协议31

2.2.5 因特网控制报文协议31

2.2.6 因特网组管理协议35

2.2.7 因特网的路由技术35

2.3 传输层40

2.3.1 端口和套接字40

2.3.2 用户数据报协议41

2.3.3 传输控制协议42

2.4 应用层47

2.4.1 应用层的客户/服务器方式48

2.4.2 域名系统DNS49

2.4.3 远程终端协议TELNET53

2.4.4 文件传输协议FTP53

2.4.5 电子邮件54

2.4.6 万维网WWW55

2.5 客户与服务器的对话过程56

2.5.1 NSLOOKUP命令行工具56

2.5.2 TELNET命令行工具58

2.5.3 FTP命令行工具59

2.6 小结60

2.7 习题61

2.8 实践63

第3章 组网设备和配置64

3.1 网络传输介质及连接方法64

3.1.1 双绞线64

3.1.2 同轴电缆66

3.1.3 光纤66

3.1.4 双绞线网线的制作和连接67

3.1.5 光纤连接器69

3.2 计算机网络组网设备71

3.2.1 网卡71

3.2.2 集线器73

3.2.3 交换机74

3.2.4 路由器77

3.3 Cisco路由器和交换机配置79

3.3.1 系统组成79

3.3.2 Cisco路由器和交换机配置基础	82	4.11 实践	123
3.3.3 Cisco路由器和交换机的基本配置	86	第5章 网络的配置	124
3.3.4 交换机Vlan的配置	89	5.1 网络配置概述	124
3.3.5 路由器静态路由配置	93	5.1.1 对等网	124
3.3.6 动态路由配置	94	5.1.2 客户/服务器网络	124
3.3.7 网络地址转换及其配置	96	5.2 配置对等网	126
3.3.8 Cisco路由模拟软件YS-RouteSim	98	5.2.1 对等网软件安装	126
3.4 小结	100	5.2.2 对等网资源共享	128
3.5 习题	100	5.3 配置客户/服务器网络	131
3.6 实践	100	5.3.1 建立域前的准备工作	131
第4章 网络的规划	102	5.3.2 安装域控制器	133
4.1 网络规划概述	102	5.3.3 删除域控制器	136
4.2 网络需求分析	102	5.3.4 域的客户端配置	137
4.2.1 网络需求分析的实施	102	5.3.5 域的资源共享	139
4.2.2 某校园网的需求分析	103	5.4 建立DNS服务器	141
4.3 网络拓扑结构的选择	105	5.4.1 利用hosts文件解析主机名	142
4.3.1 总线型拓扑结构	105	5.4.2 DNS服务器概述	142
4.3.2 星形拓扑结构	106	5.4.3 DNS服务器安装	143
4.3.3 环形拓扑结构	106	5.4.4 DNS服务器配置	144
4.3.4 树形拓扑结构	107	5.5 Windows 2000命令行工具	150
4.3.5 某校园网拓扑结构	107	5.5.1 ipconfig	150
4.4 组网设备选型	108	5.5.2 netstat	151
4.4.1 Cisco系列路由器和以太网交换机	108	5.5.3 arp	152
4.4.2 某校园网设备选型	110	5.6 小结	153
4.5 IP地址规划与分配	111	5.7 习题	153
4.5.1 IP地址规划与分配的方法	112	5.8 实践	154
4.5.2 某校园网IP地址规划与分配	112	第6章 服务器的配置	155
4.6 网络操作系统选择	115	6.1 Web服务器的配置	155
4.6.1 常用的网络操作系统	115	6.1.1 IIS的安装	155
4.6.2 某校园网的网络操作系统选择	117	6.1.2 IIS Web服务器的配置和管理	155
4.7 服务器选型	117	6.1.3 Apache For Windows的安装和配置	163
4.7.1 联想系列服务器	117	6.2 FTP服务器的配置	166
4.7.2 某校园网服务器选型	118	6.2.1 使用IIS建立FTP服务器	166
4.8 服务器软件选择	118	6.2.2 Serv-U的基本配置	167
4.8.1 Web服务器软件	119	6.2.3 Serv-U的高级配置	169
4.8.2 FTP服务器软件	120	6.3 电子邮件服务器的配置	174
4.8.3 电子邮件服务器软件	121	6.3.1 Exchange 2000的安装	174
4.8.4 某校园网的服务器软件选择	121	6.3.2 创建Exchange 2000邮箱账户	176
4.9 小结	122	6.3.3 Exchange 2000的管理	179
4.10 习题	122		

6.4 虚拟专用网配置	181	8.4 入侵检测技术	240
6.4.1 Windows 2000 Server的VPN	181	8.4.1 入侵检测概述	240
6.4.2 VPN服务器配置	182	8.4.2 入侵检测系统分类	242
6.4.3 VPN客户端设置	185	8.5 拒绝服务攻击	244
6.5 小结	187	8.5.1 常见的DoS攻击方法及防御	245
6.6 习题	187	8.5.2 分布式拒绝服务攻击方法及防御	249
6.7 实践	188	8.6 Windows安全审核技术	250
第7章 Socket 网络编程	189	8.6.1 安全审核配置	251
7.1 网络编程模型	189	8.6.2 Windows系统日志	253
7.2 常用数据结构和数据类型	192	8.6.3 应用程序的安全日志	255
7.3 字节的顺序	193	8.7 网络监控和嗅探	258
7.4 地址转换与字节操纵函数	194	8.7.1 分组嗅探器的基本原理	258
7.5 套接字系统调用	195	8.7.2 Ethereal的安装	259
7.5.1 套接字系统调用函数	195	8.7.3 Ethereal的使用方法	260
7.5.2 典型套接字系统调用时序图	203	8.7.4 Ethereal的使用示例	265
7.6 TCP应用实例	204	8.8 小结	267
7.6.1 TCP服务器程序	205	8.9 习题	268
7.6.2 TCP客户程序	206	8.10 实践	268
7.6.3 程序运行结果	208	第9章 IPv6技术	269
7.7 UDP应用实例	208	9.1 IPv6的特点	269
7.7.1 UDP服务器程序	209	9.2 IPv6地址体系结构	270
7.7.2 UDP客户程序	210	9.2.1 IPv6地址表示方法	270
7.7.3 程序运行结果	211	9.2.2 IPv6地址类型	270
7.8 C#网络编程	212	9.2.3 基本概念	271
7.8.1 C#开发环境的使用	212	9.2.4 IPv6地址结构	271
7.8.2 C#网络编程	217	9.2.5 单播地址	272
7.8.3 C#网络编程实例	222	9.2.6 任播地址	278
7.9 小结	226	9.2.7 多播地址	278
7.10 习题	227	9.3 IPv6数据报格式	278
7.11 实践	227	9.3.1 IPv6数据报的基本首部	279
第8章 网络安全技术	228	9.3.2 IPv6数据报的扩展首部	280
8.1 网络安全概述	228	9.4 IPv4到IPv6的过渡技术	281
8.2 端口扫描技术	228	9.4.1 双协议栈	281
8.2.1 端口扫描的概念和分类	229	9.4.2 隧道技术	282
8.2.2 常见的端口扫描技术	229	9.5 小结	282
8.2.3 端口扫描工具Nmap	234	9.6 习题	283
8.3 防火墙技术	238	9.7 实践	283
8.3.1 分组过滤技术	238	第10章 基于NS2的网络模拟技术	284
8.3.2 应用代理技术	239	10.1 网络模拟器NS2简介	284
8.3.3 状态检测技术	240	10.1.1 NS2的特点	284

VIII

10.1.2 NS2的安装、配置与运行	286	10.3.3 XGraph工具	300
10.2 NS2模拟基础	287	10.4 NS2的功能扩展	305
10.2.1 NS2的功能模块	287	10.5 小结	305
10.2.2 NS2的层次结构和构件库	289	10.6 习题	306
10.2.3 NS2的模拟方法和模拟过程	295	10.7 实践	306
10.3 模拟结果分析	295	附录 实验设计	307
10.3.1 trace文件格式	296	参考文献	321
10.3.2 NAM	297		

第1章 计算机网络基础

计算机网络是为了适应信息社会的客观需求,伴随着计算机技术和通信技术的高速发展并紧密结合而产生的。随着计算机网络技术,尤其是因特网(Internet)技术的高速发展,计算机网络已经深入到国民经济和社会生活的方方面面,并成为了人们日常生活中必不可少的工具。对于计算机网络的从业者,不仅要学习计算机网络基础理论知识,而且还需要了解和掌握计算机网络的规划、设计、组建、配置和管理等技术。

本章是对计算机网络基础知识的概述。首先介绍计算机网络的形成和发展历史,以及计算机网络的概念、计算机网络的组成、功能和分类等。然后介绍两个重要的网络体系结构:OSI参考模型和TCP/IP参考模型。在此基础上,分析TCP/IP各层协议之间协同工作的关系,各层协议发送和接收数据时进行封装和拆封的工作过程,以及协议控制下对等层通信的机制。最后介绍几种因特网的管理机制及因特网基本接入方式。

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是计算机技术与通信技术密切结合的产物,计算机网络的发展过程也是计算机技术与通信技术的融合过程。计算机网络的发展可以划分为五个阶段:面向终端的计算机网络、计算机-计算机网络、计算机网络标准化、微机局域网时期和因特网发展时期,经历了由简单到复杂的发展过程。下面简要回顾一下计算机网络发展所经历的几个阶段及我国的因特网发展历程。

1.1.1 计算机网络的发展历程

1. 面向终端的计算机网络

面向终端的计算机网络是以单个主机为中心的远程联机系统,实现了地理位置分散的大量终端与主机之间的连接和通信。在20世纪50年代得到了广泛应用。

具有批处理和分时处理能力的主机(指计算机,通常放在计算中心)可以为多个终端用户提供服务。为了让地理上分散的远程终端用户方便地使用主机,需要用通信线路将这些终端与主机连接起来。这样的网络能完成将终端用户的命令、数据等信息通过通信线路传送给主机,对主机进行分时访问,使用主机资源进行处理的功能,处理结果可返回到用户终端。这种远程联机系统就是“面向终端的计算机网络”。

2. 计算机-计算机网络

随着计算机应用的发展,出现了计算机与计算机之间相互连接的需求。计算机在为用户进行信息处理的同时,还可以通过网络与其他计算机交换信息。这样,用户不仅可以与直接连接的计算机的资源,还可以使用其他计算机的资源。这就形成了第二代计算机网络,在20世纪60年代得到了广泛应用。分组交换技术产生于第二代计算机网络。

第二代计算机网络的典型代表是ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network),

它是1969年美国国防部高级研究规划署 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 建立的一个实验网络。

3. 计算机网络标准化

1977年, 国际标准化组织 (International Standard Organization, ISO) 成立了一个专门机构, 提出了各种计算机能够在世界范围内互联成网的标准框架, 制定了著名的开放系统互连参考模型 (Open System Interconnection/Reference model, OSI/RM), 简称为OSI参考模型。

OSI参考模型的提出, 解决了不同厂商生产的计算机之间的互连问题, 为计算机网络技术的发展开创了一个新纪元。

4. 微机局域网时期

20世纪70年代中期, 由于微电子和微处理机技术的发展, 以及在短距离范围内计算机间进行高速通信要求的增长, 计算机局域网便应运而生。巨大的市场需求和工业界的大规模介入, 局域网产品不断涌现。1980年2月, IEEE 802局域网标准出台, 局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式展开竞争。以太网和令牌环网是典型的局域网。

5. 因特网发展时期

1985年美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 利用TCP/IP协议建立了科学研究和教育骨干网络NSFNET。20世纪90年代, NSFNET代替ARPANET成为国家骨干网。1995年NSFNET退役, 因特网 (Internet) 开始走进大学和研究机构, 进入社会, 因特网主干网络则由因特网服务提供者负责运营。

1992年, 因特网学会成立, 该学会把因特网定义为“组织松散、独立的国际合作互连网络”。20世纪90年代万维网 (World Wide Web, WWW) 的出现, 将因特网带入到世界上数以百万计的家庭中。

20世纪90年代后期, 因特网以惊人的速度高速发展, 网上的主机数量、上网人数、网络的信息流量每年都在成倍增长。因特网提供的丰富服务及所支持的应用程序, 为用户上网进行远程通信、交流、共享资源提供了极大的便利性。

1.1.2 我国因特网的发展

我国因特网的发展源于20世纪80年代。1987年9月20日, 中科院高能物理研究所的钱天白教授通过意大利公用分组网 (ITAPAC) 设在北京的个人数字助手 (Personal Digital Assistant, PAD) 发出我国的第一封电子邮件 (E-mail), 揭开了中国人使用因特网的序幕。以后数年内, 清华大学、中国科学院高能物理研究所、中国研究网 (CRN) 先后通过不同渠道, 实现了与北美、西欧各国的E-mail连接。

1994年10月, 由国家计委投资, 国家教委主持的中国教育和科研计算机网 (China Education and Research NETwork, CERNET) 开始启动。目前, 已经建成包括全国主干网、地区网和校园网在内的三级层次结构。CERNET分四级管理: 全国网络中心、地区网络中心、省教育科研网和校园网。CERNET全国网络中心设在清华大学, 负责全国主干网的运行管理, 地区网络中心和地区主节点设在10所高校, 负责地区网的运行管理和规划建设。

CERNET也是中国开展下一代互联网研究的试验网络, 它以现有的网络设施和技术力量为依托, 建立了全国规模的IPv6试验床。1998年CERNET正式参加IPv6协议试验网6Bone, 同年11月成为其骨干成员。

1.2 计算机网络的组成和功能

计算机网络是指通过数据通信系统把地理位置上分散的自治计算机连接起来,在协议的支持下,可达到数据通信和资源共享目的的一种计算机系统。自治计算机是指具有独立处理能力的计算机,它可以不依赖于网络中的其他计算机而独立工作,连入网络的计算机可以在协议的控制下协同工作。计算机系统的互连是通过通信介质和通信设备来实现的。

1.2.1 计算机网络的组成

从系统功能角度来看,计算机网络包含三个主要组成部分:通信子网、资源子网和网络协议。

1. 通信子网

通信子网由一些专用的通信设备和连接它们的通信线路组成。通信设备完成网络中数据包的传输、接收、转发、存储和变换等通信处理工作。通信设备被称为网络节点,往往指交换机、路由器等设备。

通信线路可以是双绞线、同轴电缆和光纤,也可以是公用通信线路,例如:电话线、微波等。

2. 资源子网

资源子网负责全网数据处理业务,向网络用户提供各种网络资源和网络服务。资源子网由各种用户设备组成,例如:用户主机、用户终端和外围设备等。

用户主机是网络上管理共享资源的各种类型的计算机,例如大型机、中型机、小型机和微机等。用户主机可以为本地用户访问网络中其他主机提供服务,同时也可以为网络中的远程用户访问该主机的本地资源提供服务。

用户终端可以是简单的输入/输出设备,也可以是具有存储和信息处理能力的智能终端。用户主机通过通信介质和通信设备与通信子网连接。用户终端通常通过用户主机连入网络。

3. 网络协议

网络协议是通信双方通过网络进行通信和数据交换时必须遵循的规则、标准或约定。这些网络协议用于控制主机与主机、主机与通信子网中各节点之间的通信。

1.2.2 计算机网络的功能

计算机网络在信息传输、处理、存储过程中起着非常重要的作用,为计算机网络用户提供了很多功能,计算机网络提供的功能常被称为服务。一般地,计算机网络可能提供的功能或服务包括以下几种。

1. 数据通信

该功能实现计算机与终端、计算机与计算机间的通信和数据传输,这是计算机网络的基本功能。

2. 资源共享

网络上的计算机彼此之间可以实现包括硬件、软件和数据在内的资源共享。信息时代的到来,资源共享具有重大意义:首先,从经济角度考虑,网络用户可以共享使用网络打印机、

扫描仪等,以便节省资金;其次,单一计算机对大量信息的存储和处理都比较困难,一般将信息分布在不同的计算机上,网络用户可以共享这些信息资源;再次,现在计算机软件层出不穷,在这些浩如烟海的软件中,不少是免费共享的,这是网络上的宝贵财富。任何联入网络的用户,都有权力使用它们。资源共享为用户使用网络提供了很大的便利。

3. 远程传输

分布在异地的用户可以互相传输数据信息,互相交流,协同工作。

4. 集中管理

通过计算机网络可以对分布在不同地理位置上的系统进行集中控制,对网络资源进行集中分配和管理。

5. 实现分布式处理

网络技术的发展,使得分布式计算成为可能。对于大型课题,可以分为许许多多的小题目,由不同的计算机分别完成。

6. 负载平衡

负载平衡(load balancing)是把工作均匀地分配给网络上的多台计算机系统。网络控制中心负责分配和检测,当某台计算机负载过重时,系统会自动转移到负载较少的计算机系统去处理。

由此可见,计算机网络可以大大扩展计算机系统的功能和应用范围,提高其可靠性。

1.3 计算机网络的类型

计算机网络是为不同的目的需求而设计和组建的,所以不同的计算机网络所提供的功能也有所不同。

从不同角度对计算机网络进行分类,可划分出不同的类型。例如:网络设计者通常根据交换方式的不同,将计算机网络分为电路交换、报文交换、分组交换等类型;按拓扑结构的不同,可把计算机网络分为总线网、环形网、星形网等类型。一般采用“按作用范围的大小”进行分类的方法,因为网络规模大小往往会造成网络在许多方面的特征有明显的区别。按作用范围可以把计算机网络分为下面几种类型。

1. 局域网(Local Area Network, LAN)

局域网的作用范围局限在一个有限的局部区域内(如1km左右),通常用微机或工作站通过高速通信线路相连,速率在10Mbps以上。一般采用总线型、星形或树形拓扑结构。20世纪90年代以前,绝大多数局域网采用总线型。近年来,由于交换网络设备的快速发展和应用,采用星形结构的网络逐渐成为主流形式。

为了支持较高的数据传输速率,局域网采用高质量、大容量的传输介质,例如:光纤缆线、同轴电缆、双绞线和微波无线电。主干线路上以光纤为主,在100m以内的用户区域以双绞线为主。传统局域网大多采用以太网和令牌环的组建技术,目前以太网技术最为流行。快速以太网和千兆以太网是在传统以太网的基础上发展起来的高速局域网。

2. 城域网(Metropolitan Area Network, MAN)

城域网的作用范围在局域网和广域网之间,例如作用范围是一个城市,可以跨越几个街区或甚至整个城市。城域网可以由一个或几个单位所拥有,但也可以是一种公用设施,用来

将多个局域网连接起来。城域网的传输速率比局域网更高,作用距离约为5km~50km。城域网因为要和多种局域网相连接,所以必须适应多种业务、多种网络协议及多种数据传输速率,并要保证能够很方便地将各种局域网连接到广域网。

城域网内部的节点之间或城域网之间需要有高速链路相连接,并且城域网的范围也在逐步扩大,因此现在城域网在某些方面有些像范围较小的广域网。从技术上看,目前很多城域网采用的是以太网技术。因为城域网与局域网使用相同的体系结构,有时也常被并入局域网的范围进行讨论。

3. 广域网 (Wide Area Network, WAN)

广域网是一种作用范围比较大的网络,通常超过100km,可以跨城市、跨地区、跨国家。但是,多数广域网都限制在一个国家范围内。其所采用的传输介质和数据速率与网络应用和服务性质有着密切的关系。例如:租用电话线的低速网的速率约为9600bps;采用DDN线路的分组交换网或卫星数据网(作为通信子网的中速网),速率在64k~2.048Mbps之间;采用光纤构建的宽带ATM网作为骨架的高速网,速率可达155Mbps,甚至622Mbps。

广域网所作用和服务的对象,是在一个大范围内随机分布的大量用户,要把这些用户组织在一个网络内,简单的网络拓扑结构往往是不适用的。基本上都采用网状型及多种拓扑结构的组合结构。广域网具有非常明显的通信子网和用户子网间的界定,通信子网往往使用或租用由电信部门投建的公用电信网所提供的专用线路或交换线路,这样可以为组建广域网的计算机网络节省大量的投资。

在计算机网络中,广域网的历史最悠久,形成了多种类型,而当今主流的广域网仍是分组交换网。在分组交换网中,一条端对端的数据通路是由多段链路串接而成的,网络的带宽资源可以分段共享,数据传输可逐跳(hop-by-hop)进行。

4. 互联网 (internet)

互联网是由一个以上的物理网络相互连接而形成的一种更大范围的网络,其作用范围往往是一个非常广阔的动态蔓延区域。互联网(internet)不同于因特网(Internet),互联网指一个网络类型,而因特网特指目前最流行的、覆盖全球的国际互联网。常见的互联网是通过广域网连接起来的局域网集合。

互联网的物理基础是两个或两个以上的单个网络经由网关设备(例如:路由器、网桥等)互相连接而成的互联网络,而且这些网络的组织和体系结构可以是异构的。因此互联网技术的关键是采用一种“技术协议”将互联网中的所有网络在某个层(通常在网络层)“串联”起来,以达到端对端的协议连续性,从而创建任意端系统之间的互通环境。TCP/IP是因特网所采用的著名的互联网协议。

1.4 OSI参考模型

计算机网络是由很多互联的节点组成的,这些节点的通信是在网络协议的协同控制下完成的。对于复杂的网络协议,最好的组织方式是采用层次结构模型。将网络层次结构模型与各层协议的集合定义为计算机网络体系结构(computer network architecture)。

在计算机网络的发展过程中,许多大的计算机公司先后推出了自己的计算机网络体系结构,这些网络体系结构都采用了分层技术,但是它们在层次的划分、功能的分配等方面均不

相同，所以难以实现异种计算机网络的互联。国际标准化组织ISO经过多年努力，于1984年提出了“开放系统互联参考模型”（OSI/RM），简称为OSI参考模型或OSI模型。OSI参考模型的层次结构如图1-1所示。

OSI参考模型共分为七层，从下到上依次是物理层PH（PHysical）、数据链路层DL（Data-Link）、网络层N（Network）、传输层T（Transport）、会话层S（Session）、表示层P（Presentation）和应用层A（Application）。每一层都有自己的一套功能集，并与紧邻的上层和下层交互作用。各层的主要功能简述如下：

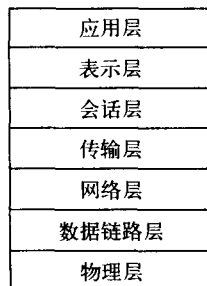


图1-1 OSI参考模型的层次结构

1. 物理层

物理层利用传输介质为数据链路层提供物理连接，通过物理连接实现比特流的透明传输，其数据传输单位是比特（bit）。

物理层协议产生并检测电压，以便发送和接收所携带数据的信号，完成相邻设备之间的比特传送。其主要任务是确定与传输介质接口的一些特性：机械特性、电气特性、功能特性和规程特性。机械特性规定了接口所用连接器的规格，例如形状和尺寸、引线数目和排列顺序等；电气特性说明数字信号“0”和“1”的电压表示范围；功能特性用于说明引线上出现的某一电平的电压所表示的意义；规程特性用于说明不同功能的各种可能事件的出现顺序。

2. 数据链路层

数据链路层在物理层提供的服务基础上，负责在两个相邻节点间的链路上无差错地传输帧（frame），其数据传输单位是帧，每一帧都包括一定的数据和必要的协议控制信息。

数据链路层还要协调收发双方的数据传输速率，即进行流量控制，以防止接受方因来不及处理发送方送来的高速数据而导致缓冲区溢出及线路拥塞。

3. 网络层

网络层传输的数据单位是分组（packet），网络层用于解决如何将分组从源主机传送到目的主机的问题。网络中通信的两个计算机之间可能要经过多个节点和多段链路，也可能经过几个通信子网，网络层的主要功能是进行路由选择，即为了分组的传输，而选择一条从源主机到目的主机的最佳路由。另外，网络层还可以提供拥塞控制、网络互联等功能。

4. 传输层

传输层利用差错控制、流量控制和拥塞控制来提供可靠的端到端（end-to-end）的数据传输服务。传输层向高层屏蔽了下层数据通信的细节。传输层只存在于端系统（主机）中，它以上的层就不用处理信息传输问题了。传输层的数据传输单位是传输协议数据单元（TPDU）。

5. 会话层

会话层不参与具体的数据传输，只是对传输的数据进行管理。会话是指两个应用进程之间为交换信息而按一定规则建立起来的一个暂时联系。会话层向互相合作的表示进程之间提供一套会话设施，组织和同步它们的会话活动，并管理它们的数据交换过程。

6. 表示层

用于处理两个OSI系统之间交换信息的表示方法，以确保一个系统的应用层发送的信息能够被另一个系统的应用层正确读取。其主要功能包括数据格式变换、数据的加密和解密、数

据压缩和恢复等。

7. 应用层

用于确定应用进程之间通信的性质以满足用户的需要，负责为应用进程与网络之间提供接口服务，从而使应用进程使用网络服务。应用层包括了大量人们普遍需要的协议，例如文件传输协议，远程登录协议，电子邮件协议等。

OSI参考模型每一层的功能可以描述如下：

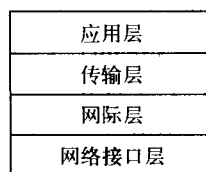
- 物理层，计算机之间使用何种介质进行连接。
- 数据链路层，数据采用什么方式进行传输。
- 网络层，走哪一条路由才可以到达对方。
- 传输层，对方在什么地方。
- 会话层，对方是谁。
- 表示层，对方看起来像什么。
- 应用层，对方应该做什么。

OSI参考模型研究的初衷是希望为计算机网络体系结构与协议提供一种国际标准。但是OSI参考模型只是获得了一些理论研究成果，在市场化方面，OSI则事与愿违地失败了。现今规模最大的覆盖全世界的因特网并未使用OSI标准，而是采用了TCP/IP协议。TCP/IP协议并不是国际标准，但是却被公认为是当前的工业标准或“事实上的标准”。

1.5 TCP/IP参考模型

当今使用最广泛的互联网就是因特网，其前身是ARPANET。ARPANET是最早出现的计算机网络之一，现代计算机网络的很多概念都是在它的基础上发展起来的。在ARPANET的发展、演变过程中，TCP/IP成为ARPANET的正式协议，因特网仍然采用TCP/IP协议。

TCP/IP并不是一个简单的协议，而是由一系列协议构成的，其中包括TCP、UDP、IP、ICMP及其他一些协议。这些协议被称为TCP/IP协议族。



1.5.1 TCP/IP层次结构

TCP/IP参考模型可以分为四层，从下到上依次是网络接口层、网际层、传输层和应用层，如图1-2所示。这几个层次画在一起很像一个栈（stack）的结构，所以也可以称其为TCP/IP协议栈。

图1-2 TCP/IP的层次结构

TCP/IP层次结构与OSI参考模型的层次结构对应关系如图1-3所示。

下面简单说明一下这四个层的功能，第2章将对各层的主要协议做进一步的描述。

1. 网络接口层

网络接口层对应于OSI参考模型的数据链路层和物理层。TCP/IP的层次结构中并没有对网络接口层做具体的描述，TCP/IP协议可以运行在不同的物理网络上，例如以太网、点对点线路等。这样，TCP/IP参考模型允许处于不同物理网络的主机连接到网络时使用不同的协议，体现了TCP/IP协议的兼容性和适应性，也为TCP/IP的成功奠定了基础。

2. 网际层

该层对应于OSI参考模型的网络层。网际层、传输层和应用层的具体实现都体现在操作系

统中，目前流行的操作系统，例如Windows、Unix、Linux等都支持TCP/IP协议。主要功能是使数据报从源主机传送到目的主机，源主机和目的主机可以在一个网络上，也可以在不同的网络上。IP、ICMP、ARP、RARP、IGMP等协议都属于网际层协议，这些协议用来处理数据报的路由信息，以及进行地址解析等操作。

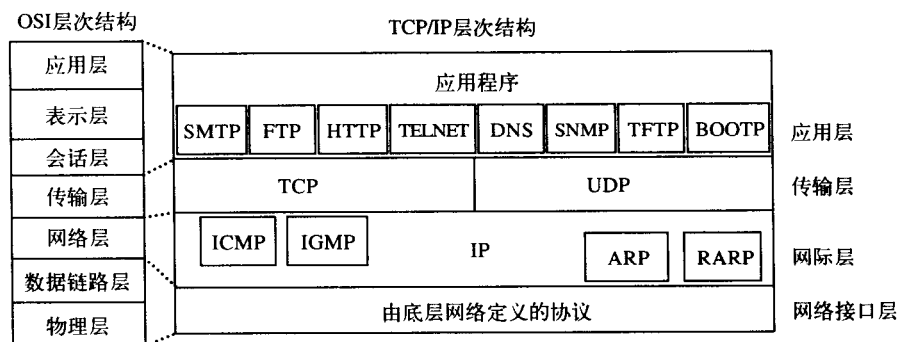


图1-3 TCP/IP层次结构与OSI层次结构的对应关系

网际协议（Internet Protocol, IP）是网际层的主要协议，IP协议是一个不可靠的无连接的数据报协议。IP协议所传输的数据单位称为IP数据报（IP datagram），有时也称为IP分组（IP packet）。每个IP数据报都是独立传输的，如果一个源节点向同一个目的节点发送多个IP数据报，这些IP数据报可能走不同的路由，也可能不按序到达，也可能在传输途中出现差错或丢失。所以往往把IP协议提供的服务称为“尽力而为”（best effort）服务。尽管如此，IP协议还是提供了最基本的数据传输功能，并且IP数据报中还携带着与路由相关的重要信息。

3. 传输层

该层与OSI参考模型的传输层功能类似。主要提供在应用进程之间的端到端通信。TCP/IP参考模型定义了传输控制协议（Transport Control Protocol, TCP）和用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）。TCP协议是一种可靠的面向连接的协议，能够将一台主机的字节流（byte stream）无差错地传送到目的主机。UDP协议是一种不可靠的无连接协议。

4. 应用层

应用层相当于OSI参考模型的会话层、表示层和应用层的组合。应用层已经定义了很多协议，并且不断有新的应用层协议被定义，这些协议都是为了解决某一类应用问题而定义的，而问题的解决又往往是通过位于不同主机中的多个应用进程之间的通信和协同工作来完成的。应用层的具体内容就是规定应用进程在通信时所遵循的协议。DNS、HTTP、SMTP、FTP、TELNET等协议都属于应用层协议。应用层协议可以使用不同的传输层协议，有的应用层协议依赖于TCP协议，有的依赖于UDP协议，有的既可以依赖于TCP协议，也可以依赖于UDP协议。

1.5.2 TCP/IP工作原理

TCP/IP模型有四层，每层分别具有不同的协议和功能，TCP/IP协议族是一组在不同层上的多个协议的组合。各层在实现自身的功能时，使用它的直接下层提供的服务，同时也为它的直接上层提供服务。下面说明这些协议进行协调工作的基本原理。