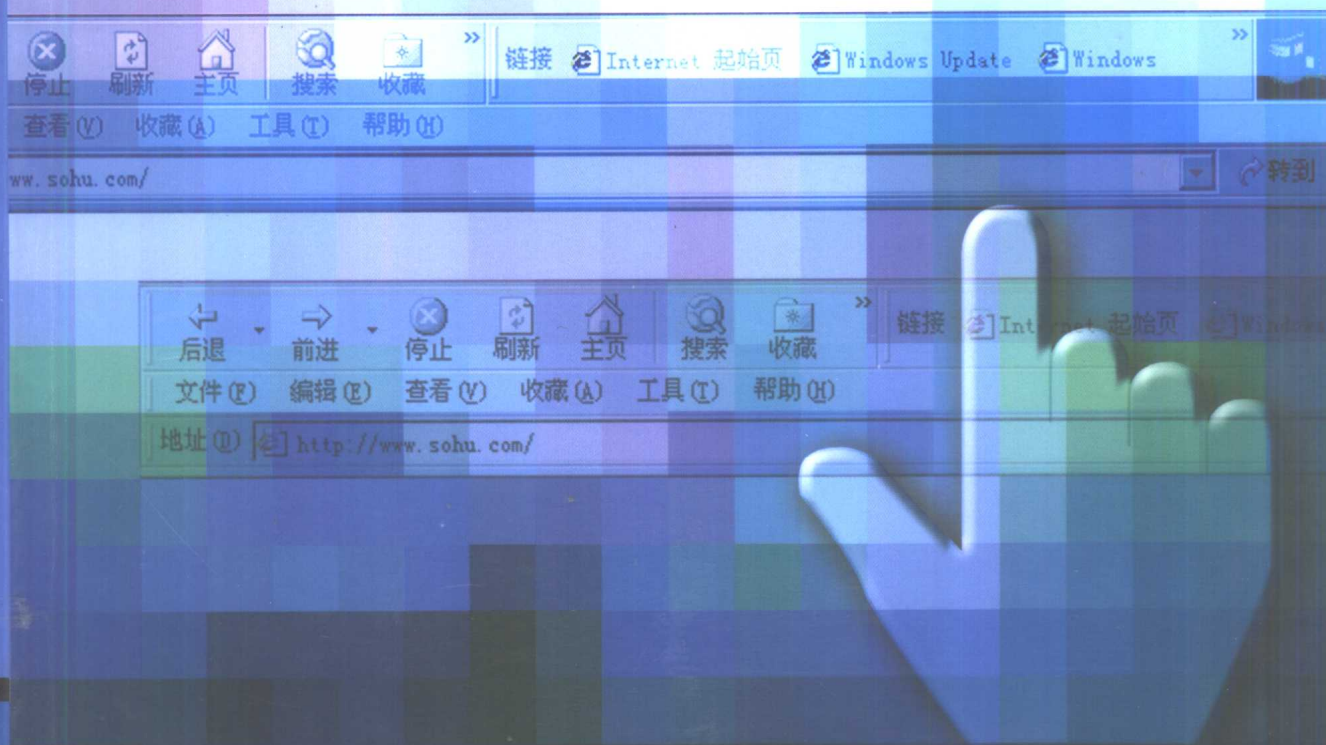


计算机网络应用 与实验教程

李成忠 张新有 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

计算机网络应用 与实验教程

李成忠 张新有 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书分基础篇和实验篇。基础篇分为3章,主要内容为计算机网络实验方法、计算机网络技术基础以及网络设备和建网方法。实验篇分为6章,主要内容为组网实验、基于 Windows 的网络实验、Novell 网络实验、Linux 网络实验、网络安全与管理及网络多媒体应用实验。

本书适合于计算机技术、通信、自动化、管理工程、金融等领域的广大科技人员阅读,可作为大专院校学生及研究生的教材或参考教材。

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,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络应用与实验教程/李成忠等编著. - 北京:电子工业出版社,2001.7

ISBN 7-5053-6780-3

I. 计… II. 李… III. 计算机网络-教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 039456 号

书 名: 计算机网络应用与实验教程

编 著 者: 李成忠 张新有 等

责任编辑: 竺南直

特约编辑: 印晓芬

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京东光印刷厂

装 订 者: 三河市双峰装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 29 字数: 740 千字

版 次: 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6780-3
TP·3809

印 数: 6 000 册 定价: 36.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

现代社会对熟练掌握计算机网络技术的人才的需求越来越大,人们学习计算机网络技术的热情也愈加高涨。当前,有关计算机网络方面的书籍已经出版了很多,但计算机网络实验方面的书籍还不足。我们根据多年来在计算机网络方面的教学实践和科研工作,编写了这本实验教程,希望能对读者通过实验学习计算机网络技术有所帮助。

考虑到计算机网络技术发展快,内容广泛,受时间的限制,加上教材取材的局限,读者并不是都已经全面掌握计算机网络的基础知识,再考虑到非电子信息专业学生以及有关企事业单位技术人员的需要,本书分为基础篇和实验篇。

基础篇的主要内容包括:

第1章 计算机网络应用与实验概论,主要介绍计算机网络实验的任务和实验方法。

第2章 计算机网络技术基础,全面对本实验教程涉及的计算机网络技术进行介绍,以使读者对后续实验中要用到的知识打下一个良好的基础。本章包括计算机网络概述,计算机网络体系结构和协议。重点介绍了 Internet 的 TCP/IP 协议簇和以太网技术,计算机网络操作系统以及计算机网络安全和管理。

第3章 网络设备和建网,介绍了计算机网络实验和建网中常用设备的原理,包括调制解调器、网卡、中继器和集线器、网桥、交换机和路由器等;并且针对网络建设介绍了基本的建网技术和建设方法。

通过基础篇的学习,读者对计算机网络技术可以有一个基本的了解。

实验篇包括了当前一般用户建网所采用的几种主要网络环境。实验的选取立足于网络硬件环境的建设和各种网络操作系统下网络的安装、配置、管理和应用。

第4章 网络环境组建实验,包括网络实验环境的总体规划、网线制作、网卡、Modem、交换机、路由器、远程访问系统等实验共7个。

第5章 基于 Windows 的网络实验,包括对等网、拨号上网、Windows NT 安装、管理、数据库服务器 SQL Server 7.0、Web、Windows 2000 等10个实验。

第6章 Novell 网络实验,包括建网、使用、管理和与 NT 集成等7个实验。

第7章 Linux 网络实验,包括安装、拨号上网,与 Windows 共享及系统管理等4个实验。

第8章 网络安全与管理,包括 NT 网络资源监视和三种网络操作系统环境下的防火墙和网管软件安装等5个实验。

第9章 网络多媒体应用实验,包括基于我们自己开发并已经在多个学校成功使用的中小学多媒体教学网系统软件实验和 Netmeeting 实验。

本书中的所有实验,我们都实际验证过。本书编者可以向出于教学需要的读者提供我们开发的中小学多媒体教学网系统软件。

通过完成实验篇的各个实验,读者应能对网络的建设、安装、配置方法以及应用有基本的掌握,这是我们所期望的。

本书由李成忠主编,并由其编写了第1章、第2章和第3章;张新有,编写了第4章,第8章8.4,第9章9.2;王俊鹏,编写了第5章5.9、5.10,第6章6.1、6.2、6.3、6.7,第8章8.2,第9

目 录

基 础 篇

第1章 计算机网络应用与实验概论	(1)
1.1 计算机网络应用与实验的任务	(1)
1.2 实验方法	(2)
1.2.1 计算机网络应用与实验的特点	(2)
1.2.2 实验预习	(2)
1.2.3 实验操作	(3)
1.2.4 实验总结	(3)
第2章 计算机网络技术基础	(4)
2.1 计算机网络概述	(4)
2.1.1 计算机网络的定义	(4)
2.1.2 计算机网络的功能	(4)
2.1.3 计算机网络的分类	(5)
2.1.4 计算机网络的组成	(5)
2.2 计算机网络体系结构与协议	(6)
2.2.1 基本概念	(6)
2.2.2 国际标准化组织开放系统互连参考模型 ISO/OSI RM	(10)
2.2.3 TCP/IP 协议簇	(12)
2.2.4 IEEE802 标准	(16)
2.3 计算机网络操作系统	(30)
2.3.1 计算机网络操作系统的功能	(30)
2.3.2 计算机网络操作系统的分类	(31)
2.3.3 实现计算机网络操作系统的方法	(33)
2.3.4 一个网络操作系统的示例	(34)
2.4 计算机网络安全	(35)
2.4.1 计算机网络的安全问题	(35)
2.4.2 OSI 安全体系结构	(35)
2.4.3 Internet 的安全机制	(38)
2.4.4 防火墙	(40)
2.5 计算机网络管理	(42)
2.5.1 网络管理概述	(42)
2.5.2 OSI 网络管理	(44)
2.5.3 SNMP	(47)
2.5.4 网络管理产品简介	(53)
第3章 网络设备和建网	(55)
3.1 网络设备	(55)
3.1.1 联网设备概述	(55)
3.1.2 调制解调器	(56)

3.1.3 网卡	(57)
3.1.4 中继器和集线器	(59)
3.1.5 网桥	(61)
3.1.6 交换机	(64)
3.1.7 路由器	(68)
3.2 网络建设	(74)
3.2.1 建网技术	(74)
3.2.2 网络建设方法	(79)

实 验 篇

第4章 网络环境组建实验	(83)
4.1 网络实验环境总体规划	(83)
4.1.1 实验设备	(83)
4.1.2 总体结构图	(84)
4.2 网线制作实验	(86)
4.3 常用几种网络设备及使用实验	(89)
4.4 交换机及基本配置实验	(92)
4.5 远程访问系统(RAS)及基本配置实验	(100)
4.6 路由器及基本配置实验	(109)
4.7 用路由器实现网络地址转换(NAT)实验	(116)
第5章 基于 Windows 的网络实验	(125)
5.1 Windows 系列操作系统概述	(125)
5.1.1 Windows 系统的产生及其发展	(125)
5.1.2 Windows NT 4.0 中文版概述	(125)
5.1.3 Windows 95/98/Me 简介	(131)
5.1.4 Windows 2000 简介	(133)
5.2 建立对等网实验	(138)
5.3 拨号连接 Internet 实验	(146)
5.4 通过 PSTN 互联实验	(154)
5.5 Windows NT Server 4.0 的安装实验	(160)
5.6 Windows NT Server 4.0 的简单配置实验	(167)
5.7 SQL Server 7.0 的安装及简单配置实验	(177)
5.8 VB 数据库编程实验	(190)
5.9 Windows NT 网络 Web 服务器配置实验	(200)
5.10 Windows 2000 Server 安装与 NAT 配置实验	(220)
5.11 NT 远程访问服务实验	(233)
第6章 Novell 网络实验	(247)
6.1 Novell 网络操作系统	(247)
6.1.1 Novell 网络环境	(247)
6.1.2 Novell 网络操作系统组成	(248)
6.1.3 Novell 网络操作系统结构	(249)
6.1.4 Novell NetWare 工作原理	(249)
6.1.5 Novell NetWare 的技术特征	(250)
6.1.6 NetWare 5.0 的新特征	(252)

6.1.7 Novell 网络技术评价	(253)
6.2 Novell 网络文件服务器与工作站的安装与配置实验	(254)
6.3 Novell 网络工作站使用实验	(265)
6.4 利用 NWADMIN 管理目录树对象	(284)
6.5 对象访问权限管理	(292)
6.6 网络打印实验	(301)
6.7 Windows NT 与 Novell 网络集成实验	(309)
第 7 章 Linux 网络实验	(323)
7.1 UNIX/Linux 概述	(323)
7.1.1 UNIX 概述	(323)
7.1.2 Linux 概述	(326)
7.1.3 X - Windows 简介	(329)
7.2 Linux 安装实验	(330)
7.3 Linux 拨号上网实验	(339)
7.4 Linux 与 Windows 共享实验	(347)
7.5 Linux 系统管理实验	(363)
第 8 章 网络安全与管理	(371)
8.1 Windows NT 防火墙实验	(371)
8.2 Novell 网络安全实验	(384)
8.3 Linux 防火墙实验	(391)
8.4 网络管理软件安装与使用实验	(406)
8.5 监视网络中的资源实验	(419)
第 9 章 网络多媒体应用实验	(426)
9.1 NetMeeting 的安装与使用实验	(426)
9.2 多媒体教学计算机网络及软件设计实验	(441)
参考文献	(454)

基础篇

第1章 计算机网络应用与实验概论

1.1 计算机网络应用与实验的任务

按照当前我国大学课程设置的基本情况,电子信息类专业学生普遍做过了大学物理、数字电路、模拟电路、计算机组成、微机与接口等课程的实验,参加了数学建模、电子工艺实习和工程实习的实践训练,他们还参加了下列课程中包含的实践教学环节的训练,这些课程为:工程化学、程序设计、信号与系统、离散数学、数据结构、通信电路、自动控制原理、信息论与编码、操作系统、计算机图形学、电力电子技术、电磁场与微波、光通信技术、软件工程、编译原理、自动控制技术、计算机控制系统、移动通信、程控交换、数据库原理与设计等。当然,区别于各学校各专业的具体条件,学生所接受的实践训练会有一些差别。

学生在参加了上述的实践教学环节的训练后,获得了基本的实验技能,巩固了理论教学的成果,为进一步的工作和学习打下了良好的基础。这时,从系统应用的角度已经具备了开设计算机网络实验的条件。

当前,随着计算机技术和通信技术的迅速发展和相互渗透,计算机网络已进入了社会的每一个领域,而且推动着社会的信息化步伐。社会的每一个领域都正在大力实施基于计算机网络的信息化改革,他们迫切需要大量的掌握计算机网络系统规划、设计、建设和运行维护的技术人员。电子信息类学生通过选修计算机网络应用与实验课程,可以使自己在计算机网络方面的技能得到提高,以适应社会的需要。

从学生能力培养的角度看,开设计算机网络应用与实验,既是必需的,也是可能的。学生在接受了上述一系列实践教学环节的训练后,已经具备了从事系统级实验的基本技能。计算机网络就为这种系统级的实验提供了环境。计算机网络从硬件、软件和通信几个方面讲,都是一个复杂的系统,学生们需要综合各科课程的知识 and 实验技能,结合计算机网络的知识,才能做好有关计算机网络的实验,从而获得系统级的分析、设计、管理、应用的能力。当前,随着 Internet 的普及,办学条件的改善,逐步具备了开设计算机网络应用与实验的物质技术条件。

除了电子信息等专业外,电气、机械、土木等理科甚至人文社会学科都开设了计算机应用基础、计算机语言、数据库等课程。这些专业的学生在今后的工作中都离不开计算机技术和计算机网络技术,为他们适度地开设一些计算机网络应用与实验课程,也是有益的。

通过计算机网络应用与实验,可以在以下几方面提高学生的专业能力:

- 分析软、硬件产品的能力;
- 维修软、硬件产品的能力;

- 设计软、硬件和试验开发的能力;
- 学习、掌握和应用现有设备的能力,特别是组织构造系统应用环境的集成能力。

而上述能力正是对电子信息类专业学生专业能力的要求。提高学生的专业能力,就是计算机网络应用与实验的任务。

1.2 实验方法

1.2.1 计算机网络应用与实验的特点

计算机网络实验与其他实验有着很大的区别,主要表现为以下两个方面。

第一是系统性。计算机网络实验的对象和环境是一个计算机网络,它由若干台主机通过接口电路(例如网卡)、Modem、网络传输介质(双绞线、光纤、公用电话网、公用数据网……)和网络互联设备(Hub、桥、交换机、路由器……)构成计算机网络的硬件环境,由运行在各主机上的网络操作系统,网络数据库系统、网络管理系统、应用系统以及网络互联设备上的网络软件构成计算机网络的软件环境,有机地结合构成完整的计算机网络,从而实现计算机网络的功能和服务。

计算机网络面对的是系统集成问题,这与电子测量、电子技术、微机接口等实验课程大不一样。微机接口等实验基本上是立足于元件级,即把一些元件(IC 电路等)按照实验内容、设计出电路原理图,再连接成相应的电路,有时还要有必要的编程,实验的结果是完成某种功能。由于功能较单一,整体结构简单,因而安装、调试过程均不太困难。而计算机网络无论硬件和软件都是具有复杂结构的设备(硬设备和软设备),这些设备本身的复杂程度就远远超过了微机接口等实验,系统集成后,复杂程度更高。

因为其系统性,我们在实验中更要注意从系统的、联系的观点看问题。这也是培养锻炼处理大系统,从事系统开发和提高系统集成能力的好机会。

第二是继承性。基于计算机网络的系统性,它的硬件环境是本实验教程所有实验的基础,几乎每一个实验都是在这个环境下进行的,因此只有完成了组网实验的任务,后继实验才能顺利进行,这是硬件的继承性。此外,每一种网络环境下的实验,都基于特定的网络操作系统,只有完成了有关网络操作系统的安装、配置实验,这个网络环境下的其他实验才能顺利进行,这是软件的继承性。

因为继承性,我们只能循序渐进地进行,急躁冒进是无益的。

也因为系统性和继承性,使我们的很多实验需要的基础知识多,所以实验的准备尤需下功夫,只有这样才能理清实验的目的、要求,列出实验的步骤,对可能出现的问题有充分的准备,才不至于临到实验时处于手忙脚乱、穷于应付的窘境。

1.2.2 实验预习

预习是实验的重要环节,是整个实验工作不可缺的一部分。预习工作越充分,越能加强对实验的理解,达到实验的目的。预习工作主要有:

(1) 明确实验目的,理解实验原理

实验的目的是希望通过实践进一步理解、掌握所学的理论知识。实验者必须首先阅读教程的相应部分,通过阅读相关资料,弄懂有关的知识,明确实验的具体目的和要求。

(2) 了解实验环境

鉴于计算机网络实验环境的复杂性以及实验的前后继承性，实验者必须先了解实验的硬件环境和软件环境，了解每个硬、软部件的特性、规格、性能及这些部件在本实验中的作用及相互关系。要求认真阅读教程的相应部分及有关设备的说明书。

(3) 了解实验方法，并写出预习报告

仔细阅读本教程相应实验的实验方法及操作范例，务求有一个基本的了解，并拟定出实验的操作步骤，包括：

① 建立网络实验环境，包括检查网络硬设备的状态和连接关系，检查网络软件的工作状态等。

② 操作的步骤和预期的结果。

③ 对各种可能出现的运行结果进行分析。

1.2.3 实验操作

首先，应将实验预习报告交指导教师审查，获得指导教师的批准（有可能对实验预习报告作一些修正）后，才可进入下一步。

应严格按照获得指导教师批准的实验预习报告拟定的操作步骤进行。

考虑到计算机网络实验的特殊性，特别要重视网络实验环境的建立。这里有两种可能情况。

第一，已经由实验室的工作人员建立好了实验环境，或者前序实验已经完成了本实验所需环境的建立。这时，应该按本实验的要求检查网络硬设备的连接、工作状态以及软件的状态，若一切就绪，可进入下一步，否则在实验室工作人员的帮助下，排除故障。

第二，只提供了相应的硬、软件设备，需要由自己来建立相应的网络实验环境。这就需要参考本教程相应的内容进行。

实验的目的是提高学生的动手能力，不是只看完成实验的速度，所以在实验中要认真观察实验现象，详细记录实验结果。如有异常现象，要及时报告指导教师，并妥善处理，排除故障后才可继续进行实验。

实验结束前，应经指导教师验收并在预习报告上签字后才可退出实验室。

1.2.4 实验总结

实验总结应以实验报告的形式给出。通过对实验记录的整理，从理论上加以分析归纳，以加深对所学理论知识的理解，不断总结、积累经验，从而提高动手能力。应按每个实验的具体要求，写出实验报告。

本教程的每个实验后面都有实验思考题，这些思考题都是针对该实验的要求拟定的，对实验者进一步加深对相关知识和技能的理解与掌握是有益的，也应按指导教师的要求完成。

第2章 计算机网络技术基础

2.1 计算机网络概述

2.1.1 计算机网络的定义

计算机网络就是相互联接的、独立自主的计算机系统的集合。

这里强调的是“相互联接”和“独立自主”两个概念。相互联接指的是两台或更多的计算机经过连接的介质（例如金属导体、微波、光波、卫星信道等）相互交换由数据携带的信息；独立自主则强调在计算机网络的定义中排除明显的主从关系，即不能由网络中一台计算机具有控制、关、停别的计算机的能力，网络中每一台计算机都具有独立的操作系统。

计算机网络不同于分布式系统（Distributed System）。在分布式系统中，多台计算机的存在不为用户所察觉（即它是透明的），由操作系统自动调度资源，对用户就像一台虚拟的单处理机一样。计算机网络对用户则是不透明的。需由用户指定登录的计算机、文件传输的去向，要给出待访问的主机地址、文件所在的目录等。就其效果来说，分布式系统是网络的一个特例，它的软件具有高度的整体性和透明性。计算机网络和分布式系统的区别，更多的是取决于软件，特别是操作系统，而不是硬件。

2.1.2 计算机网络的功能

计算机网络最重要的功能是资源共享。可供共享的资源包括数据、软件和硬件，硬件资源包括计算机的处理能力、存储能力和以及网络信道带宽。资源共享打破了地理位置的约束，用户使用千里之外的资源就像使用本地资源一样。共享可以导致在全网范围内均衡地分担负载。

在计算机网络中存在着可替代的资源，例如文件可在网络中有几个副本。一台计算机出故障，别的计算机就可以承担它的任务，使系统的可用性和可靠性提高。

巨型机的速度约为高档微机的数十倍，价格却在千倍以上，这就使连网运行的多台微机、超级工作站可以有远大于巨型机的能力，而价格却低得多，具有较高的性价比。

利用计算机网络，可以实现数据传输和集中管理，利用电子邮件就可以使居住在不同地方的人合写一篇文章。利用计算机网络，使数据的集中管理得以实现，从而提高管理水平和经济效益。在生产、经营等经济领域的管理经历了这样一个发展过程：电子数据处理（EDP）、管理信息系统（MIS）、决策支持系统（DSS）、电子数据交换（EDI）和电子商务（EC），它们都离不开计算机网络的支持。

随着 Internet 的广泛应用，社会信息服务得到了长足的发展，人们利用 Internet 可以访问远端的程序，可以远程查询数据库，可以作为通信媒介传递信件和打 IP 电话，社会信息服务是计算机网络的最大用武之地。

计算机技术与现代通信技术相结合，由此产生了计算机网络。计算机网络使人类处理信息的能力发展到了一个空前的高度，并且还将继续发展下去。有无全国性的高速安全的计

计算机网络，已经成了衡量一个国家科学技术和综合国力的重要标志。而能否经 Internet 与世界沟通，则决定了一个国家从整个世界获取资源的能力。在 21 世纪，谁能控制信息，控制网络，谁就能控制整个世界。

2.1.3 计算机网络的分类

1. 按网络的交换功能分类

交换就是转接。在通信网中，不可能在每对用户间都提供直通信道，只能经交换设备，在需要时为该用户提供数据传输的通道。主要的交换方法有：电路交换、报文交换和分组交换，它们分别用于不同的交换网络。

2. 按网络拓扑结构分类

网络的拓扑结构指的是网络中结点（网络中的设备）和链路（连接网络设备的通信信道）的构型。在计算机网络中采用的信道有点到点信道和共享信道。

点到点信道连接两个设备，共享信道则可为多个（两个以上）设备提供互相通信的途径。由点到点信道构成的网络可分为树形网（星形网是其特例）和分布式网。树形网有一个中心结点，作为树的根，所有结点间的通信均经过中心结点交换。分布式网络是网孔状的，网中任何一个结点都至少和其他两个结点直接相连，这些结点都具有交换功能，因而可靠性大为提高。在这里，任何两个结点间都有一条专用链路，这种网称为“点到点”网络。

共享信道主要是总线结构。无线传输也相当于一个共享总线，共享这总线的所有结点平等地挂在总线上，通过一定的介质访问控制方法获取总线以进行通信。共享信道还可以构成一个环。

3. 按网络的覆盖范围分类

广域网 WAN 从几十千米直到覆盖全球以至延伸到星际（例如月球、火星），数据传输速率可以从几 kb/s 到几 Gb/s。

局域网 LAN 覆盖范围从几米到几千米，数据传输速率一般在 10Mb/s 以上。

城域网 MAN 覆盖一个城市，从几千米到几十千米，数据传输速率比 LAN 高。

2.1.4 计算机网络的组成

计算机网络早期是联机系统，20 世纪 70 年代，随着 ARPANET[ARPA: defense Advanced Research Project Agency,（美国国防部）高级研究计划局]的研究和发展产生了分组交换网。可以认为：分组交换网才称得上为真正的计算机网络。随着技术的进步，计算机网络也在不断变化，但所采用的交换方式仍然以分组交换为主。在这里，主要讨论分组交换网的组成。

分组交换网由通信子网和资源子网两部分组成，如图 2.1 所示：

通信子网由分组交换结点（Packet Switch Node）及连接这些结点的链路组成，负责在主机（Host，简记为 H）间传输分组。在 ARPANET 中，将分组交换结点称为接口报文处理机 IMP（Interface Message Processor），在 Internet（因特网）中则称为信关 G（Gateway），也可称为路由器 R（Router），为了表示的简便，以后都称为 R。需要注意的是，在互联网中，连接 R 的链路是一个网络，但是已抽象成了一条链路。

资源子网由连在网上的主机构成。资源子网向全网的用户提供共享的资源，提供用户

入网的途径和方法。

在局域网中，连网的每台主机都通过网络接口卡连接到共享介质上，网络接口负责经共享介质在各个主机间发送和接收分组，显然，网卡和共享介质构成了局域网的通信子网，资源子网则由除去网卡的各台主机构成。

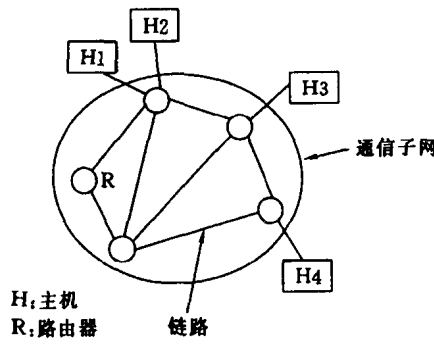


图 2.1 通信子网和资源子网

2.2 计算机网络体系结构与协议

2.2.1 基本概念

在计算机网络中的通信是按照一定的协议来进行的。由于协议太复杂，采用分层的方法以使其简化，于是各层都按各自协议工作，层和协议的集合叫作网络体系结构。

1. 计算机网络为什么需要分层体系结构

计算机网络是一个非常复杂的系统。为了说明这一点，可以设想一个最简单的情况，连在网络上的两台计算机要相互传送文件，如图 2.2 所示。



图 2.2 两台计算机经网络传输文件

首先，两台计算机间必须有一条数据通路，还有以下工作必须完成：

- 源系统应将数据通路激活 (active)，并要告诉网络如何识别目的系统；
- 源系统必须查明目的系统是否已准备好接收数据；
- 源系统中的文件传送应用程序必须弄清楚，在目的系统中的文件管理程序是否已作好接收数据的准备；
- 若两个系统中的文件格式不兼容，则其中的一个系统应该完成格式转换；
- 对出现的各种差错和意外事故，如数据传送错误、重复或丢失，某结点处理机出故障等，应有稳妥的措施保证最后在目的系统仍能收到正确的文件。

由此可见，相互通信的两个计算机系统必须高度协调、按照一定的协议工作。为了设计这样复杂的计算机网络，早在最初的 ARPANET 设计时就提出了分层的方法。这样，可

将复杂而庞大的问题转化成若干局部问题，而这些局部问题比较易于研究和处理。这就是计算机网络采用分层体系结构的原因。

在计算机网络发展过程中，有代表性的网络体系结构包括以下三种。

第 1 代：ARPANET，分为 4 个层次，现在已发展成为互联网（Internet）的体系结构，即 TCP/IP 协议簇。

第 2 代：SNA，IBM 公司的系统网络体系结构，分为 7 层。

第 3 代：国际标准化组织开放系统互连基本参考模型 ISO/OSI RM，分为 7 层。

2. 计算机网络中的协议

在计算机网络中，要在一对实体（进程、Host、Router 等）之间通信，为了对通信过程进行有效的控制，必须作出一些约定，称为协议（Protocol）。协议由 3 部分组成。

- 语义：通信双方所要表达的内容，即协议中包含的元素；
- 语法：规定上述内容的表现形式，即协议中元素的格式；
- 变换规则：上述元素间的应答顺序，即通信过程中状态的变换规则。

例如在二进制同步通信控制规程（BSC）点到点专用线路上，当 A 要向 B 发送数据时，首先要在这两个设备之间建立数据链路，图 2.3 表示了数据链路连接的建立过程。

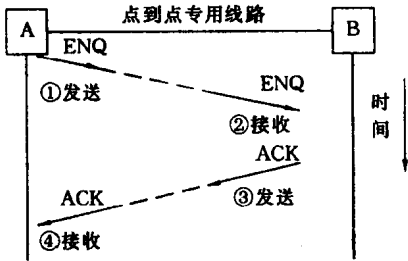


图 2.3 建立数据链路连接的过程

经过图中所述的 4 步，A 与 B 间就建立起了一个数据链路连接，A 就可向 B 发送数据了。在上述建立连接的过程当中，

通信双方要表达的内容是：A：B 准备好了吗？ B：准备好了！ （语义）

上述内容的表现形式是： ENQ ACK （语法）

上述元素间的应答顺序是： ENQ 问 ACK 答 （变换规则）

在计算机网络中，每个层次都按照自己的协议进行工作。网络中不同设备（例如 A、B）中的同层实体称为对等实体，对等实体间按该层协议建立通信关系。

计算机网络的分层体系结构使复杂的通信过程由相对较小、较简单的分层协议协同完成，每层协议的实现相对于其他层次是独立的，只要不改变提供给上层的服务，实体间的协议就是可以改变的，这就使计算机网络的研究开发的复杂性大大降低，也使计算机网络的体系结构易于标准化，形成开放系统。

3. 计算机网络中的服务

服务（Services）是各层向它的上层提供的一组原语（primitive）操作。尽管服务定义了该层能够代表它的用户完成的操作，但丝毫也未涉入这些操作是如何实现的。服务描述了两层之间的接口，下层是服务提供者，上层是服务的用户。

协议定义的是同等层实体间交换的数据（报文）的格式（语法）、内容（语义）、控制顺序（状态变换规则）。

实体利用所在层的协议来实现本层向上的服务。只要不改变提供给用户的服务，实体可以随意地改变它们之间的协议。服务和协议就是这样区分开的。图 2.4 表示了服务和协议之间的区别和联系。

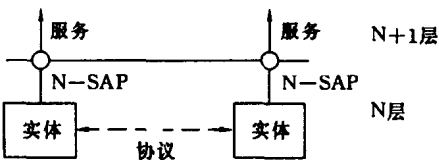


图 2.4 服务和协议

- 实体（entities）：每一层中活跃的元素（active element），既可以是硬件，也可以是软件进程。

对等实体（peer entities）即同层实体。N 层实体（服务提供者）实现的服务为 N+1 层（服务的用户）所利用；N 层能利用 N-1 层提供的服务来提供它自己的服务。可以有不同种类的服务，例如面向连接的服务和无连接的服务。

- 服务访问点 SAP（Service Access Point）：N 层 SAP 就是 N+1 层可以访问 N 层服务的地方（也就是层间接口），每一个 SAP 都有一个惟一的识别地址，如图 2.4 所示。

- 数据单元（Data Unit）：层间（经 SAP）或同层实体间（经协议）传送的数据组，前者称为接口数据单元 IDU（Interface Data Unit），后者称为协议数据单元 PDU（Protocol Data Unit）。N 层实体经 N 层协议跨过网络传给对等 N 实体，然后上交给 N+1 层的数据组称为 N 层服务数据单元 N-SDU[Service Data Unit, N-SDU 就是 (N+1)-PDU，是 (N+1)-IDU 中需要传送给对等 N+1 实体的那一部分]。为了执行协议的需要，每种数据单元都带有一些控制信息（控制信息也称为报头），犹如经邮政系统递交的信函的信封一样。于是，计算机网络中的协议是分层的，而不同层协议数据单元则是层层封装的，如图 2.5 所示。

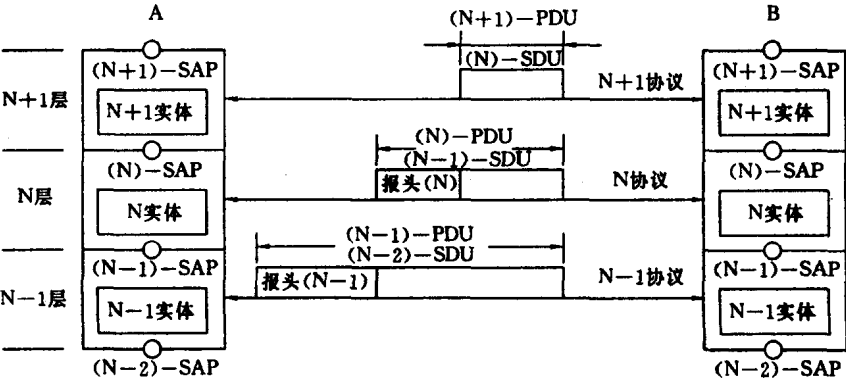


图 2.5 计算机网络的协议分层和数据层层封装

4. 计算机网络标准化的必要性

计算机网络采用分层体系结构的处理方法得到了计算机界的认同，自 20 世纪 70 年代以来，为了占领市场，很多计算机公司都发表了自己的计算机网络体系结构和相应的协议，

并在此基础上推出了主要是供自己生产的计算机联网的产品。

例如 IBM 公司于 1974 年发布了系统网络体系结构 SNA (System Network Architecture); DEC 公司 (1997 年已被 Compaq 兼并) 于 1975 年发布了数字网络体系结构 DNA (Digital Network Architecture); Borough 公司 (已被兼并) 发布了 BNA; 王安公司发布了 WANGNET 等等。

上述体系结构互不兼容, 只能供本公司产品连网, 这就给计算机网络的发展造成了明显的障碍, 为了克服这个障碍, 有必要制定计算机网络体系结构及协议的标准。从用户的角度考虑, 只有所有厂家的产品都遵循通用的计算机网络互联标准, 使不同厂家的产品可以互联相通, 才能充分保护用户的利益, 既不会被捆绑在一个厂家的产品的战车上, 也不会因某些厂家的消失或某些产品的停产而丧失技术支持。从厂家的角度考虑, 只有生产符合标准的网络互联产品, 才有利于占领市场, 扩大市场份额, 增大生产规模, 降低成本。既能提高利润率, 又能使产品进一步为用户所接受。此外, 标准化还有利于技术的进步和新技术的推广。

在用户和研究、开发、生产者的共同推动下, 计算机网络的标准化工作进展十分迅速。

计算机网络的标准分为既成事实标准和法定标准。凡是事先没有计划, 而只是由于市场的普及和用户面的扩大而逐步占据支配地位的就是既成事实标准, 例如 IBM PC 就成了个人计算机的事实上的标准, UNIX 和 TCP/IP 也成了相应领域的事实上的标准。而由某些权威标准化机构或组织制定的正式、合法的标准则是法定的标准, 例如 ISO/OSI RM、IEEE802 等等。

5. 标准化组织及主要工作

(1) 国际标准化组织 ISO

ISO (International Standards Organization) 成立于 1947 年, 是世界上最大的国际标准化专门结构, 是联合国的甲级咨询机构。ISO 的标准化工作通过其下属的技术委员会 (Technical Committee, TC) 来完成, 其中 TC97 是“信息处理系统”技术委员会, TC97 与计算机网络的关系最为密切。

ISO 已于 1983 年制定出国际标准 ISO7498, 对开放式互联网络的体系结构进行了全面的定义, 即通常所说的开放系统互连参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection/Reference Model)。在 OSI/RM 的基础上, ISO 随后已制订了数以百计的各层协议标准。

(2) 国际电信联盟 ITU

ITU (International Telecommunication Union) 是联合国下的一个官方组织, 只有各国的官方机构 (例如邮电部) 有表决权。

ITU 的两个下属机构国际电报电话咨询委员会 CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee) 和国际无线电咨询委员会 CCIR (International Radio Consultative Committee) 于 1993 年 3 月 1 日合并为电信标准化部门 TSS (Telecommunication Standardization Sector), TSS 负责制定电信方面的标准, 所制定的标准称为 ITU-T 标准。

CCITT 已制定了 CCITT X.200 建议书, X.200 与 ISO7498 基本一致, 以后就称为 ITU-T X.200。CCITT 虽然不存在了, 但过去制定的标准仍可继续使用。

(3) Internet 协会 ISOC

1992 年以后, 美国政府不再管理 Internet, 于是成立了一个国际性组织 Internet 协会 ISOC (Internet Society), 对 Internet 进行全面管理, 并在全世界范围内促进其发展和使用。ISOC

下设一个技术组织 Internet 体系结构委员会 IAB (Internet Architecture Board), 负责管理 Internet 有关协议的开发。IAB 下设网络工程部 IETF (Internet Engineering Task Force) 和网络研究部 IRTF (Internet Research Task Force)。IETF 下设一些工作组 (Working Group), 进行协议的开发和标准化。标准以 RFC (Request For Comments) 文档的形式发表。IRTF 下设了多个研究组 (Research Group) 针对长远需考虑的问题从事理论方面的研究和开发。

Internet 的体系结构 (通常称为 TCP/IP 协议簇) 和各层协议都由 ISOC 负责开发和标准化。

(4) 电气和电子工程师协会 IEEE

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 是一个美国的组织, 但由于其会员遍布全球, 实际上具有国际学会的性质。IEEE 本身虽然不是标准化组织, 但它的 IEEE802 工作组却在局域网标准化方面做出了杰出的贡献。

还有其他一些国际组织和各国的国家标准协会或标准局也在计算机网络的标准化方面做了很多有益的工作, 限于篇幅就不再介绍了。

2.2.2 国际标准化组织开放系统互连参考模型 ISO/OSI RM

ISO/OSI RM (International Standards Organization / Open System Interconnection Reference Model) 是各国著名学者、专家共同研究的成果, 它是在 ISO7498 中定义的。

1. 开放系统互连环境 OSIE

计算机系统中的应用进程 AP (Application Process) 仅限于在本系统内部操作的称为闭合系统 (closed system)。若一个系统中的应用进程能与远地另一个系统中的进程通信, 则称该系统为开放系统 (open system)。计算机网络要把若干计算机系统互联, 以互相通信, 这就要求任何一个入网的计算机系统都必须是开放系统。按照 ISO/OSI RM 的规定, 任何一个系统要成为开放系统, 必须在该系统中嵌入 7 层功能, 如图 2.6 所示。连网的各端开放系统的 7 层功能加上介质以及中继开放系统 (只有 7 层功能中的下三层), 共同构成开放系统互连环境 OSIE (Open System Interconnection Environment)。

在图 2.6 中斜线框内是 OSIE。当应用进程 X (APX) 需要与应用进程 Y (APY) 通信时, 通过 LSM 的活动, APX 通过 A 层访问 OSIE, 从而与对方端系统中的 APY 通信, 数据流动的实际路径如图 2.6 所示。各层的主要功能如下。

- 物理层的任务是利用物理介质透明地传送比特流, 主要是处理机械、电气、功能和过程的接口。
- 数据链路层要屏蔽掉物理层可能出现的差错, 提供相邻结点间以帧 (frame) 为单位的可靠传输。
- 网络层为分组或包选择传输路径, 并解决拥塞、流量控制和网际互联等问题。
- 运输层为上一层进行通信的两个进程提供透明的、端到端的数据通路。运输层只存在于通信子网外面的端开放系统 (又称主机) 中。
- 会话层在两个互相通信的进程之间建立、组织和协调其交互, 对数据传输进行管理。
- 表示层主要解决用户信息的语法表示, 将要交换的数据从适合于某一用户的抽象语法 (abstract syntax) 变换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法 (transfer syntax)。
- 应用层将应用进程与远端的应用进程交互时经常使用的功能以及实现这些功能所要