

///

高等院校教材

Computer Network Systems

计算机网络系统

李树广 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等院校教材

Computer Network Systems

计 算 机 网 络 系 统

李树广 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书共分为 13 章。第 1~5 章主要介绍了计算机与通信网络结合, 各种计算机网络特点、网络拓扑结构、数据通信安全、局域网、广域网、高速网、网络互连、因特网构成的理论和结构及工作方式、网络系统规划设计和主要设备。第 6~8 章主要介绍了计算机的操作系统、最新的 Windows XP 系统的发展和系统优化、网络系统开发和部分实例。第 9~13 章主要介绍了蓝牙通信技术、网格计算技术、网络安全、现代工业控制用计算机系统网络的规划设计与主要设备。每一章都适当增加了专业理论与技术知识的深度, 以适应从事本专业的工程技术人员及研究人员的需要。

本书可作为电子信息通信、计算机科学、自动控制工程等专业的研究生及其专业领域工程技术人员及科研人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络系统/李树广编著.

-北京: 机械工业出版社, 2005.11

(高等院校教材)

ISBN 7-111-17871-8

I. 计… II. 李… III. 计算机网络-网络系统 IV.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 132293 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吴宏伟 责任编辑: 张晓娟 版式设计: 李永梅

保定市印刷厂印刷

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·26 印张·608 千字

0001-5000 册

定价: 34.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话: (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

计算机与通信网络结合构成了计算机通信网络系统。这种相互连接的计算机信息网络，把距离和时间缩小到零，大大降低了人们物理位置靠近的必要，通过计算机网络把整个社会结构紧密地结合在一起，正在改变人们的生活、学习和工作方式。如今，计算机通信网络已遍布世界，对人类社会的发展产生了深远的影响。人们在面临计算机网络技术迅猛发展的同时，也面临着网络建设发展的挑战。如何掌握计算机通信网络知识，根据自身的需要规划设计网络系统？如何开发网络上的应用系统，使其充分发挥网络系统的作用，取得应有的社会效益？这些都是信息与计算机科学技术 and 研究人员在网络建设中迫切需要解决的课题。

本课程是电子信息通信、计算机科学、控制工程学科的重要的前沿课程之一。作者多年来在国内外从事本学科的研究与教学，积累了大量实际工作中遇到的问题和解决的经验，在从事本课程教学讲义的基础上，参考了国内外多部著作和文献，著成《数字通信》与《计算机网络系统》两本书，作为本学科的教学和本研究领域科技人员的参考书。两本书的目的是使本领域的科研技术人员全面理解数字通信与计算机网络系统的基本概念，掌握有线通信、无线通信、移动通信与卫星数字通信、计算机网络系统拓扑、局域网、广域网、数字广播、网络互连、数据安全等知识和技术，掌握客户机/服务器环境下的组网和编程方法，了解工业计算机网络系统、有线计算机网络、无线移动计算机网络、卫星数字通信网络、蓝牙通信技术、网格计算技术等，使本科技领域的科研技术人员能够跟踪本学科前沿科学的发展。本书的每一章中都适当增加了专业知识的深度，以适应从事本专业的工程技术人员及研究人员的需要。

由于篇幅有限，不能对各部分都作详细的介绍，请见谅。若有错误和不当之处，敬请批评指正。

著者：李树广
上海交通大学

目 录

前言

第 1 章 计算机网络的系统结构与协议 1

- 1.1 网络体系结构.....1
 - 1.1.1 网络系统结构的层次化.....1
 - 1.1.2 网络系统互联参考模型.....2
 - 1.1.3 OSI/RM 的结构体系.....4
 - 1.1.4 数据链路层与协议数据单元的关系.....6
- 1.2 网络层.....7
 - 1.2.1 网络层提供的服务.....7
 - 1.2.2 路由选择.....9
 - 1.2.3 流量控制.....13
 - 1.2.4 X.25 建议书.....17
- 1.3 运输层.....23
 - 1.3.1 概述.....23
 - 1.3.2 运输服务与协议.....25
 - 1.3.3 第 4 类运输协议的差错检测与恢复.....33
- 1.4 高层协议.....37
 - 1.4.1 会话层.....37
 - 1.4.2 表示层.....39
 - 1.4.3 应用层.....41
- 思考题.....46

第 2 章 计算机网络的结构与操作系统 49

- 2.1 概况.....49
- 2.2 计算机网络的软件系统.....50
- 2.3 计算机网络的标准化组织和通信标准.....52
 - 2.3.1 网络的 3 个著名标准化组织.....52
 - 2.3.2 ISO 七层参考模型.....53
 - 2.3.3 IEEE 802 通信标准.....55
 - 2.3.4 TCP/IP 通信标准.....56

2.4 计算机局域网的系统结构..... 57

- 2.4.1 专用服务器结构..... 57
- 2.4.2 客户机/服务器结构..... 59
- 2.4.3 对等式网络结构..... 61
- 2.5 网络操作系统的三大阵营..... 61
 - 2.5.1 UNIX 网络操作系统..... 62
 - 2.5.2 Novell 公司的网络操作系统——Netware..... 62
 - 2.5.3 Microsoft 公司的网络操作系统..... 63
 - 2.5.4 网络操作系统的选择..... 63
- 思考题..... 64

第 3 章 计算机局域网 66

- 3.1 局域网的定义与特点..... 66
- 3.2 计算机局域网与多用户系统、分布式系统..... 68
- 3.3 局域网参考模型与体系结构..... 69
 - 3.3.1 IEEE 802 标准..... 70
 - 3.3.2 MAC 子层与 LLC 子层... 71
- 3.4 IEEE 802.3 标准: 总线局域网... 76
 - 3.4.1 竞争型媒体访问控制方法..... 76
 - 3.4.2 总线网的组成..... 80
 - 3.4.3 MAC 子层..... 82
- 3.5 IEEE 802.5 标准: 令牌环局域网 .. 84
 - 3.5.1 令牌环的工作原理..... 84
 - 3.5.2 MAC 帧格式..... 85
 - 3.5.3 令牌环的管理..... 87
- 3.6 IEEE 802.4 标准: 令牌总线网... 89
 - 3.6.1 令牌总线网的工作原理... 89
 - 3.6.2 MAC 帧格式..... 90
 - 3.6.3 令牌总线的管理..... 91
 - 3.6.4 3 种局域网的比较..... 92

思考题.....	94	5.3 光纤分布式数据接口 FDDI	143
第 4 章 网络互连与 Internet	95	5.3.1 FDDI 概述.....	143
4.1 网络互连.....	95	5.3.2 FDDI 与 802.5 令牌环 形网的主要差别.....	144
4.1.1 网络互连的目标与要求.....	96	5.3.3 FDDI-II	148
4.1.2 互联网需要解决的主要 问题.....	96	5.3.4 CDDI 和 FFOL	151
4.1.3 网络互连方案.....	97	5.4 分布式队列双总线 DQDB	152
4.2 网络互连设备.....	99	5.4.1 DQDB 概述.....	152
4.2.1 中继器.....	99	5.4.2 DQDB 网络的组成与总 线的接入控制.....	153
4.2.2 网桥.....	100	5.4.3 IEEE 802.6	155
4.2.3 路由器.....	103	5.5 综合业务数字网 ISDN	158
4.2.4 网关.....	106	5.5.1 N-ISDN 体系结构	159
4.2.5 集线器.....	107	5.5.2 宽带综合业务数字网 B-ISDN	161
4.2.6 利用集线器构成互联网 结构	109	5.5.3 异步转换模式 ATM	165
4.3 局域网与广域网互连技术.....	110	5.5.4 ATM 网与现有网络的 互联互通	169
4.3.1 本地局域网互连方式.....	110	5.6 帧中继 FR 和交换式多兆比特 数据服务 SMDS	175
4.3.2 远程局域网互连方式.....	111	5.6.1 帧中继 FR	175
4.4 广域网互连.....	114	5.6.2 交换式多兆比特数据服 务 SMDS	178
4.4.1 无连接的网际互连方式.....	114	思考题	180
4.4.2 面向连接的网际互连.....	115	第 6 章 Novell 网络操作系统及应用	181
4.5 中国分组交换网—— Chinapac 网.....	116	6.1 Novell 网络及操作系统概述.....	181
4.6 局域网与广域网互连.....	118	6.1.1 Novell 网络的发展.....	181
4.7 Internet 网络	119	6.1.2 Novell 局域网的基本 组成	182
4.7.1 TCP/IP 的分层模式.....	119	6.1.3 Novell 网络支持的标准	183
4.7.2 Internet 的编址与命名	121	6.2 Novell 网络系统的安装.....	185
4.7.3 IP 协议	126	6.2.1 安装环境.....	185
4.7.4 Internet 上的服务	133	6.2.2 网络服务器的安装.....	186
思考题.....	136	6.2.3 网络工作站的安装.....	190
第 5 章 高速网络与组网技术	138	6.3 网络的管理.....	192
5.1 高速局域网技术.....	138	6.3.1 文件服务器的启动与 关闭	192
5.2 高速以太网技术.....	139	6.3.2 文件服务器控制台操作	193
5.2.1 100Base-T	140		
5.2.2 100Base-VG	141		
5.2.3 全双工以太网与等时以 太网	143		
5.2.4 千兆以太网.....	143		

6.3.3 从工作站上网和下网操作步骤.....	194	7.4.5 Windows NT 网络工作站的配置.....	220
6.4 Novell 网络环境设置及系统管理.....	195	7.5 在 DOS 下安装、配置和检测网卡.....	221
6.4.1 网络目录服务及目录树结构.....	195	7.6 Windows NT 中的 TCP/IP	222
6.4.2 文件服务器硬盘目录结构.....	196	7.6.1 Windows NT Server 提供的 TCP/IP 服务.....	222
6.4.3 Netware 权限及安全保密.....	197	7.6.2 TCP/IP 实用程序.....	223
6.4.4 创建、管理用户及群组	198	7.7 Windows NT 4.0 中的 TCP/IP 协议的安装与配置.....	223
6.4.5 入网注册文本.....	201	7.8 Windows NT 网络服务器的管理.....	225
思考题.....	204	7.8.1 Windows NT 服务器管理器.....	225
第 7 章 Windows NT 网络操作系统及组建.....	205	7.8.2 使用服务器管理器的对象.....	226
7.1 Windows NT 网络的基本概念	205	7.8.3 启动服务器管理器.....	226
7.2 文件系统选择.....	207	7.9 管理域.....	228
7.2.1 Windows NT 的特点	209	7.9.1 将备份域控制器升级到主域控制器.....	228
7.2.2 服务器具有多硬件平台支持的特点.....	211	7.9.2 将主域控制器降级为备份域控制器.....	228
7.2.3 选择 Windows NT Server 的工作站.....	211	7.9.3 同步主域控制器和备份域控制器.....	228
7.3 Windows NT 网络的组建	212	7.9.4 同步域的所有服务器.....	228
7.3.1 Windows NT 网络的四大大基本技术.....	212	7.9.5 将计算机添加到域.....	229
7.3.2 交换式以太网的网络实体.....	212	7.9.6 从域中删除计算机.....	229
7.3.3 Windows NT 局域网硬件的基本要求.....	213	7.9.7 控制面板内的服务器管理工具.....	230
7.3.4 网络适配器的连接和设置.....	214	7.10 Windows NT 网络上的远程访问系统.....	230
7.4 Windows NT 的安装与操作	215	7.10.1 Windows NT 网络上的远程访问服务.....	231
7.4.1 安装方式的选择.....	215	7.10.2 远程访问服务器的设计..	231
7.4.2 安装 Windows NT Server 的基本环境.....	216	7.10.3 连接 RAS 客户和 RAS 服务器的方式.....	232
7.4.3 网络的外部设备.....	216	7.10.4 连接 RAS 客户和 RAS 服务器的远程访问协议..	233
7.4.4 删除 Windows NT 的操作.....	220		

7.10.5 RAS 的主要特点	234	第 9 章 蓝牙通信技术	253
思考题	235	9.1 蓝牙通信技术概述	253
第 8 章 Windows XP 网络系统的组建 ..	237	9.2 蓝牙技术特点	254
8.1 Windows XP 的新增功能	237	9.3 频段和信道规定	255
8.2 Windows XP 的升级及安装	237	9.4 物理信道、链路和分组	256
8.2.1 硬件和软件兼容性	238	9.5 逻辑信道	261
8.2.2 备份文件	239	9.6 散射网	262
8.3 获取网络信息	239	9.7 蓝牙规范	263
8.3.1 升级与安装新版本	239	9.7.1 跳频选择	263
8.3.2 运行 Windows XP 安装 程序	240	9.7.2 蓝牙地址	264
8.3.3 全新安装	240	9.8 逻辑链路控制和适配协议规范 ..	265
8.4 升级到 Windows XP	241	9.8.1 系统操作	266
8.4.1 从光盘升级	241	9.8.2 适配协议	267
8.4.2 从网络连接升级	242	9.8.3 电话控制协议	268
8.4.3 收集用户和计算机 信息	242	9.9 主机控制器接口功能	269
8.4.4 利用自动安装模式 自定义安装	243	9.9.1 蓝牙软件栈	269
8.5 将新计算机添加到现有的 Windows 网络	243	9.9.2 可能的物理总线结构	270
8.5.1 Windows.NET Server/2000 Server/XP TCP/IP 概览 ..	245	9.9.3 HCI RS-232 传输层	270
8.5.2 Windows.NET Server/2000 Server/XP TCP/IP 标准与 功能	246	9.9.4 RS-232 设置	271
8.6 Windows XP 优化	247	9.10 蓝牙剖面构成	271
8.6.1 内存优化	247	9.10.1 蓝牙通用剖面	271
8.6.2 更改虚拟内存	248	9.10.2 蓝牙应用剖面	272
8.6.3 设置打印机内存	248	9.10.3 普通接入剖面及协议栈 结构	273
8.7 硬盘优化	249	9.10.4 用户接口剖面	273
8.8 使用 MsConfig 优化	249	9.10.5 服务发现层剖面 协议栈	274
8.9 服务优化	250	9.11 内部通信剖面	275
8.10 使用 GPEDIT 和 Autoplay 优化	250	9.12 局域网接入剖面	276
8.11 默认情况下存在的组策略 对象	251	9.13 硬件模块与软件结构	278
		9.13.1 硬件模块的构成	278
		9.13.2 高层协议栈的设计	280
		9.13.3 主要的模块	281
		9.14 蓝牙技术应用	282
		9.14.1 单芯片蓝牙控制器	282
		9.14.2 Transilica 的 TR0700 单芯片系统	285

9.14.3 蓝牙协议栈产品.....	288	10.8 网络服务和客户编程模型.....	309
9.14.4 BlueStack	289	10.9 网络服务和编程模型.....	311
9.14.5 BTSWS 蓝牙协议栈.....	289	10.10 分布式数据访问及复制.....	311
9.14.6 T-BTS 协议栈.....	291	10.11 概念模型.....	312
9.15 开发系统产品.....	292	10.12 服务实现.....	313
9.15.1 BTW-DK.....	292	10.13 系统级服务.....	313
9.15.2 BByK	292	10.13.1 主机环境.....	314
9.15.3 WDS.....	294	10.13.2 GT3 的负载均衡性.....	314
第 10 章 计算机网络技术.....	295	10.14 Globus T3 资源优化及高层 服务.....	314
10.1 计算网络与数据网络.....	295	10.14.1 信息服务.....	315
10.1.1 网络技术的发展.....	295	10.14.2 索引服务.....	315
10.1.2 网络技术的适应需求.....	296	10.14.3 索引服务信息模型.....	316
10.1.3 网络业务领域概述.....	297	10.14.4 索引服务的功能.....	316
10.2 多领域科学对网络的需求.....	298	10.14.5 资源管理服务.....	317
10.2.1 金融分析和服.....	298	10.14.6 GRAM 体系结构的 两个方面.....	318
10.2.2 研究协作.....	298	10.15 数据管理服务.....	318
10.2.3 工程与设计.....	298	10.15.1 网络文件传输协议 (GridFTP).....	318
10.2.4 协作娱乐游戏.....	299	10.15.2 可靠文件传输 (RFT).....	319
10.2.5 政府机构.....	299	10.15.3 复制定位服务 (RLS).....	319
10.3 网络应用.....	299	10.15.4 GT3 与 GRAM 技术 应用发展.....	319
10.3.1 调度程序.....	300	第 11 章 计算机网络的安全与管理.....	320
10.3.2 负载均衡.....	300	11.1 通信数据的加密技术.....	320
10.3.3 网络门户.....	300	11.2 数字签名.....	327
10.3.4 集成方案.....	301	11.3 密钥分配协议.....	328
10.3.5 资源管理.....	301	11.4 在 OSI 环境下的安全措施.....	330
10.3.6 信息服务.....	302	11.5 基于散列技术的鉴别.....	332
10.3.7 数据管理.....	302	11.6 病毒、蠕虫和黑客.....	334
10.4 网络体系结构.....	302	11.7 感染文件.....	334
10.5 网络体系结构以及与其他分 布式技术的关系.....	305	11.7.1 病毒的来源.....	335
10.6 Web 服务与网络服务之间的 关系.....	306	11.7.2 因特网蠕虫.....	336
10.7 OGSA 平台组件.....	306	11.7.3 电脑黑客.....	337
10.7.1 开放网络服务基础设 施 (OGSI)	306	11.8 防火墙技术.....	337
10.7.2 网络服务.....	307		
10.7.3 OGSI 介绍.....	308		
10.7.4 服务数据结构.....	308		

11.8.1 防火墙的概念.....	337	12.5.2 校园网络系统.....	386
11.8.2 防火墙的配置.....	341	思考题.....	389
11.9 网络管理.....	343	第 13 章 计算机网络系统应用开发实例 ..	391
11.9.1 OSI 网络管理结构.....	343	13.1 客户/服务器应用程序的设计....	391
11.9.2 网络管理功能.....	344	13.2 网络上共享数据的规划.....	393
11.9.3 简单网络管理协议		13.2.1 以数据为中心考虑网	
SNMP.....	346	络数据规划.....	393
思考题.....	347	13.2.2 以数据为中心将数据	
第 12 章 网络系统规划与设计	348	文件分为层次结构.....	393
12.1 网络系统集成的基本概念.....	348	13.3 网络环境下信息管理系统数	
12.2 网络系统集成的目标、方法		据共享与规划控制.....	394
和内容.....	348	13.3.1 数据共享与规划控制	
12.2.1 目标.....	348	方法分析.....	394
12.2.2 方法.....	349	13.3.2 实用网络中断处理	
12.2.3 进度.....	350	程序.....	395
12.3 网络规划与设计.....	350	13.4 在网络环境下使用 Access 数	
12.3.1 网络系统规划及设计		据库.....	397
的一般步骤与原则.....	351	13.4.1 理解独占与共享方式...	397
12.3.2 需求分析及系统目标....	352	13.4.2 以共享方式打开数	
12.3.3 网络规划方案.....	354	据库.....	397
12.3.4 网络总体设计.....	357	13.4.3 设置记录锁定方式.....	398
12.4 系统组网时应考虑的技术		13.5 网络集成的简单实例.....	398
问题.....	366	13.5.1 基本网络环境.....	399
12.4.1 客户机/服务器计算		13.5.2 网络的连接模式.....	399
模式.....	366	13.5.3 将 Netware 服务器纳	
12.4.2 组网技术方案的选择....	369	入 Windows NT 域下	
12.4.3 系统组网应注意的		的管理.....	401
问题.....	377	13.5.4 将 Netware 服务器资	
12.4.4 网络系统性能的保证		源通过 Windows NT	
与评价.....	382	服务器实现共享.....	402
12.5 网络系统设计范例介绍.....	385	思考题.....	403
12.5.1 单位局域网系统.....	385		

第 1 章

计算机网络的系统结构与协议

随着计算机技术的广泛应用, 计算机网络在人们的生活中日益重要。计算机网络是由主计算机和终端等物理实体通过通信线路连接起来的复合系统, 在这样的系统中, 由于计算机的型号、通信线路类型、连接方式、同步方式与通信方式的不同, 给网络各节点之间的通信带来了许多的不便。人们意识到, 网络体系结构和协议标准的不统一将大大限制计算机技术的发展和运用, 因此, 网络体系结构和网络协议的标准化是计算机网络国际化和社会化的必要的条件和环境。本章将对网络体系结构的概念和协议进行介绍和讨论。

1.1 网络体系结构

1.1.1 网络系统结构的层次化

计算机网络除了具备必要的系统硬件和网络软件, 还必须配备完整、标准的网络通信协议。也只有根据网络通信协议, 协调整个网络系统, 才能实现信息的发送、接收以及对通信过程进行控制, 从而使整个系统的用户能够进行数据通信和共享网络资源。

计算机网络中的数据通信是一个十分复杂的过程。在网络系统中有许多互相连接的计算机、自动交换机、存储转发器、中继器、网桥、网关、路由器、集线器和传输媒体等。在这些计算机与中间设备之间要不断地交换数据(包括控制信息), 要使相互通信的两个计算机系统高度协调地交换数据, 每个计算机和中间设备必须在信息内容、格式和传输顺序等方面遵守统一的规则。这些为在网络中进行数据通信而建立的规则、标准或约定, 称为网络协议。网络协议含 3 个元素:

- 语义: 协议的语义是指构成协议元素的基本含义, 不同类型的协议元素规定了通信双方所要表达的不同内容。这里的协议元素是指控制信息、命令及应答。
- 语法: 语法是指数据或控制信息的结构或格式。
- 时序: 即工作程序的执行顺序。

网络协议实质上是计算机通信、网络系统协调与控制所使用的一种规则, 它是计算机网络不可缺少的组成部分。

对于复杂的计算机网络协议, 宜采用自顶向下降步分层的方法, 将其分为层次式结构。例如, 甲、乙两地通过邮政局通信, 至少可分为 3 个层次:

(1) 最高的一层是通信人层, 通信双方必须对信的格式、内容达成共识, 否则无法写信、读信并执行信中的内容。

(2) 中层可称为邮政层, 它向通信人提供不同传递速率、保密级别的通信服务, 对信

件进行分拣、包装、发送、投递和差错处理。

(3) 下层为运输层, 对从邮局交来的邮包负责运输管理, 完成信件运输任务。邮包在运输中可能经过许多站点的装卸和转接, 也可能使用不同的交通工具。只要将邮包传送到对方邮局便完成传输任务, 完全不管所传送信件的装拆, 更不考虑通信的内容。

这种分层做法, 可以使每一层实现相对独立的功能, 从而将一个复杂问题分解为若干比较容易处理的层次。

当然, 计算机之间的通信与甲、乙两地通过邮政系统通信有所差别, 但分层通信的思想是一致的。ARPANET 的研制就采取了层次结构而获得了成功。大体上讲, 计算机网络协议采用层次结构, 有以下一些好处:

(1) 各层之间相互独立。这样各层只要知道下一层通过界面(接口)所提供的服务, 不需要了解其实现的细节和过程。

(2) 灵活性好。若某层发生变化, 只要接口关系不变, 则上、下层均不受影响。这样便于修改或取消某层提供的服务。

(3) 结构上可以分割开, 各层可以选择最合适的实现技术。

(4) 整个系统被分解为若干范围较小的部分, 便于实现、调试和维护。

(5) 每一层的功能和所提供的服务便于标准化。

计算机网络的层次格式及其协议的集合, 称为网络的体系结构(architecture), 即网络体系结构是关于计算机网络应该设置的层次格式及各层所提供的功能。至于用何种硬件和软件实现这些功能, 则不属于网络体系结构。可见, 体系结构是抽象的网络体系结构, 可采用不同的方法, 以不同的硬件和软件完成相应层次的功能。

1974 年, 美国 IBM 公司提出了世界第一个网络体系结构 SNA。凡是遵循 SNA 标准的设备都可以很方便地进行互联。此后, 许多公司也相继建立自己的网络体系结构, 如 Digital 公司的 DNA、APPANET 参考模型 ARM 等, 都采用了层次结构。

1.1.2 网络系统互联参考模型

1. 系统互联参考模型的建立

计算机网络体系结构的出现, 加快了计算机网络的发展。但是, 由于网络体系结构不同, 各个制造商的计算机很难直接相互通信, 需要制定一个通用的国际标准。1977 年, 国际标准化组织(international organization for standardization, ISO)技术委员会 TC97 成立了一个新的分技术委员会 SC16 专门研究“开放系统互联”, 于 1979 年底公布了开放系统互联参考模型(reference model of open system interconnection, OSI/RM)。同时, 国际电报电话咨询委员会(consultative committee, international telegraph and telephone, CCITT)认可了这一国际标准的建议文本(称为 X.200)。1983 年形成开放系统互联基本参考模型的正式文件, 即 ISO7498 国际标准。我国相应国家标准是 GB9387。

开放系统互联 OSI 中的“开放”, 是指凡遵守 OSI 标准的系统都可以互联, 彼此能开放式地进行通信。在 OSI 术语中, 将现实世界中能够进行信息处理或信息传送的自治整体叫做实系统。实系统可以是一台或多台计算机, 以及和这些计算机相应的软件、外部设备

和终端等的集合。如果一个实系统在和其他实系统通信时遵守 OSI 标准，那么这个实系统就称为开放实系统。在开放系统中其功能与互联无关的部分称为本地系统，与互联有关的部分称为开放系统。开放系统互联参考模型中的系统即指在开放实系统中与互联有关的部分。它是为在世界范围内实现开放系统之间的互联而制定的一种国际标准，是国际性的网络体系结构标准。

2. 互联参考模型的主要功能

OSI 参考模型采用的是层次结构。它按下述原则把 OSI/RM 分为七层，如图 1-1 所示。数据通信的交换节点只有最低三层，称为中继开放系统。

- 按不同等级的抽象划分层次。
- 各层有明确的功能。
- 选择通过信息量最少的边界为层间界面。
- 层次数适中。

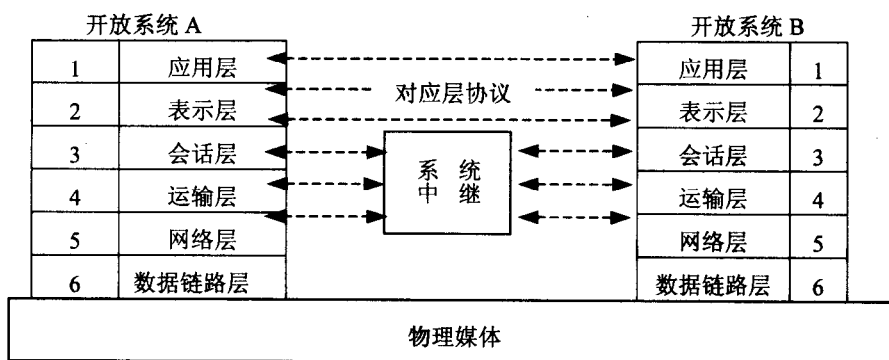


图 1-1 OSI 分层参考模型

OSI 参考模型共分为以下七层：

(1) 物理层 (physical layer)。它是 OSI 七层参考模型的最低层，为数据链路层提供物理连接，实现比特流的透明传输，所传数据的单位是比特。物理层定义了通信设备与传输线接口硬件的机械、电气、功能和过程的特性，用以建立、维持和释放物理连接。但是，物理媒体不属于物理层，它还涉及到通信方式（单工、半双工、全双工）等。

(2) 数据链路层 (data link layer)。负责建立、维持和释放数据链路的连接，在两个相邻节点间的线路上，无差错地传送以帧为单位的数据。如果接收节点查出所传数据中有差错，就要通知发送方重发这一帧，直到这一帧正确无误地到达接收节点为止。因此，在每一帧中必须带有同步、地址、差错控制以及流量控制等控制信息。这样，数据链路层就把一条有可能出差错的实际链路转变为对网络层来说好像是一条不出差错的链路。

(3) 网络层 (network layer)。提供源站和目标站间的数据传输服务，数据的传送单位是分组或包。网络层的任务就是要选择合适的路由和交换节点，使源站的运输层传下来的分组数据能够正确无误地按地址找到目的站，并交付给目的站的运输层，这就是网络的寻址功能。因此，数据组在网络中传输时，必须进行路由选择、差错检测以及顺序和流量控制。

(4) 运输层 (transport layer)。在运输层数据传输的单位是报文。当报文较长时，运

运输层将它分割成若干个分组,然后再交给网络层传输。运输层的任务就是为两个端系统(即源站和目标站)的会话层之间建立一条运输连接,可靠、透明地传送报文,执行端一端差错控制、顺序和流量控制、管理多路复用等。运输层只能存在于端系统(主机)之中,而在通信子网中没有运输层。运输层以上的各层不再管理信息传输问题。因此,运输层是计算机网络体系结构中最关键的一层。

(5) 会话层(session layer)。会话层虽不参与具体的数据传输,但对数据传输的同步进行管理。数据传输的单位为报文。会话层在两个不同系统的互相通信的应用进程之间建立、组织和协调交互。例如,确定是双工工作还是半双工工作。当出现意外时,要确定应从何处开始重新恢复会话。

(6) 表示层(presentation layer)。向应用进程提供信息的语法表示,对不同语法表示进行转换管理等,使采用不同语法表示的系统之间能进行通信,而不必考虑对方使用什么样的语言。对传送的信息加密(和解密)、正文压缩(和还原)也是表示层的任务。

(7) 应用层(application layer)。应用层是开放系统与用户应用进程的接口,与用户直接联系,负责网络中应用程序与网络操作系统之间的联系,提供 OSI 用户服务、管理和分配网络资源。例如,文件传送、电子邮件和网络管理等。

1.1.3 OSI/RM 的结构体系

1. 系统互联中的数据传输过程

在层次式结构的网络中,不同系统的应用进程在进行数据通信时,其数据传递的过程如图 1-2 所示。发送端的应用进程 P_A 将用户数据先送到应用层,即第 7 层,第 7 层加上若干比特的协议控制信息(7) PCI 后,作为(7)层的协议数据单元(7) PDU 传到表示层即第 6 层,第 6 层收到这个数据单元后,成为第 6 层的服务数据单元(6) SDU(即帧),再加上本层的协议控制信息(6) PCI,成为第 6 层的协议数据单元(6) PDU,再交给会话层即第 5 层,成为第 5 层的服务数据单元(5) SDU,依次类推。不过到达数据链路层,即第 2 层后,控制信息分成两部分,分别加到本层服务数据单元的首部和尾部,成为第 2 层的协议数据单元(2) PDU(即帧),再传到物理层(即第 1 层)。由于物理层传送的是比特流,所以不再加控制信息。

当这一串比特流经网络的物理媒体到达第一个节点,从该节点的第 1 层上升到数据链路层(即第 2 层)。第 2 层根据控制信息进行必要的操作后,剥去控制信息,将剩下的数据单元上交网络层(即第 3 层)。第 3 层根据本层的控制信息进行必要操作完成路由选择后,更新网络层控制信息,下传到第 2 层。第 2 层再加上控制信息送到第 1 层。然后,通过网络的物理媒体传送到第 2 个节点,最后传到接收端。在接收端从第 1 层上升到第 7 层,同样每一层都根据控制信息进行必要的操作,然后将控制信息剥去,把剩下的数据单元上交更高的一层,最后把应用进程 P_A 发送的数据交给目的应用进程 P_B 。信息的上述传送过程类似于信件在邮政系统的传递过程。

这样,发送端层层加控制信息,接收端层层剥去控制信息,有两个作用:

(1) 在数据的传送过程中,一旦出现差错,可以及时发现和纠正,从而保证数据传送

的可靠性。

(2) 高一层数据不含低层协议控制信息, 可以使得相邻层之间保持相对独立性。这样, 低层实现方法的变化不致影响高一层功能的执行。

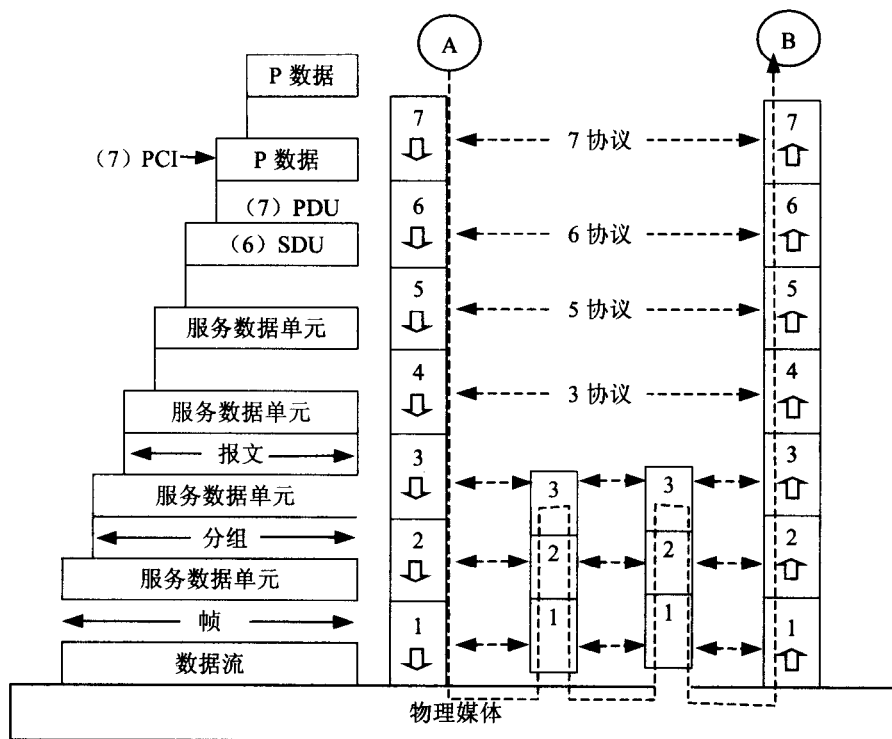


图 1-2 OSI 中数据传输过程

虽然应用进程 P_A 的数据, 要经过图 1-2 所示过程, 才能送到对方应用进程 P_B 。但是, 这些传送的微观过程, 对用户来说却感觉不到, 就像是应用进程 P_A 直接把数据交给应用进程 P_B 。这样, 在逻辑上形成了一条由 P_A 到 P_B 的虚通信路径或逻辑信道。同理, 任何两个对等层之间也好像如图 1-2 所示水平虚线那样, 将本层协议数据单元 (即服务数据单元加上协议控制信息) 直接传送给对方。这就是对等层之间的通信。前面提到的各层协议就是在各个对等层之间传送数据的各项规定。

2. 数据传送单元

每一个开放系统, 按 7 个层次可以将其划分为 7 个子系统。在系统中任何可以发送或接收信息的硬件或软件进程称为实体, 实体在许多情况下是一个特定的软件模块。一个子系统内可以有一个或一个以上的实体。不同开放系统的同一层相互交互的实体构成对等实体。因此, 对等层间的通信也就是不同开放系统的对等实体间的通信。

在 OSI 中, 把 N 层对等实体之间所传送的数据称为 N 协议数据单元 (N)PDU (protocol data unit)。从以上讨论可知, 它由两部分组成:

(1) 第 N 层协议控制信息 (N) PCI (protocol control information), 它是按第 N 层协

议的规定加上的协调两个对等实体间通信的控制信息。

(2) 第 N 层服务数据单元 (N) SDU (service data unit), 即 N 层的用户数据, 它和上一层的协议数据单元 ($N+1$) PDU 是对应的。但是, 在许多情况下, 服务数据单元加上协议控制信息并不等同协议数据单元。当 (N) SDU 较长而 (N) 协议所要求的 N 协议数据单元 (N) PDU 较短时, 就要对 (N) SDU 进行分段处理和传送。显然, 这时每个协议数据单元的协议控制信息 PCI 不相同, 否则传到接收端将无法区分。当 PDU 所要求的长度比 SDU 大时, 也可将几个 SDU (及其相应的 PCI) 合并为一个 PDU。

N 层协议数据单元是通过层间接口传到下一层 (即 ($N-1$) 层) 的。由于相邻层间接口的限制, 对通过接口的数据单元的大小有一定要求。OSI 把同一系统相邻两层实体间一次交互中通过层间接口的数据单元称为接口数据单元 (interface data unit, IDU)。显然, 接口数据单元的大小和相应的协议数据单元的大小没有直接关系。协议数据单元通过层间接口时, 也需要加上接口控制信息 (interface control information, ICI), 用以说明一共通过多少字节等情况。IDU 通过接口后, 即去掉所加的 ICI。

1.1.4 数据链路与协议数据单元的关系

通信双方在执行数据链路层协议操作时, 系统 A、B 的网络层和数据链路层之间都要交互相应的原语。图 1-3 画出了网络层和数据链路层之间的服务原语交互与系统 A 和系统 B 两个数据链路层对等实体间协议操作之间的关系。

协议操作是在两个数据链路层对等实体之间传送数据链路协议数据单元 DLPDU, 而这些 DLPDU 实际上就是 HDLC 规程中的各种帧, 如 1-3 图中的 SABM、UA、信息帧 I、RR 和 DISC 等, 但这种传送是指逻辑上的。实际上, 数据链路层只能向下把数据交给物理层, 这当然也是通过交互原语实现的, 经过物理媒体送到对方的物理层, 再上交给对方数据链路层。

在数据传输阶段, 若数据帧到达系统 B 时出现了差错, 则系统 B 的数据链路层应发回拒绝帧 REJ, 而且不向网络层发送数据指示原语。

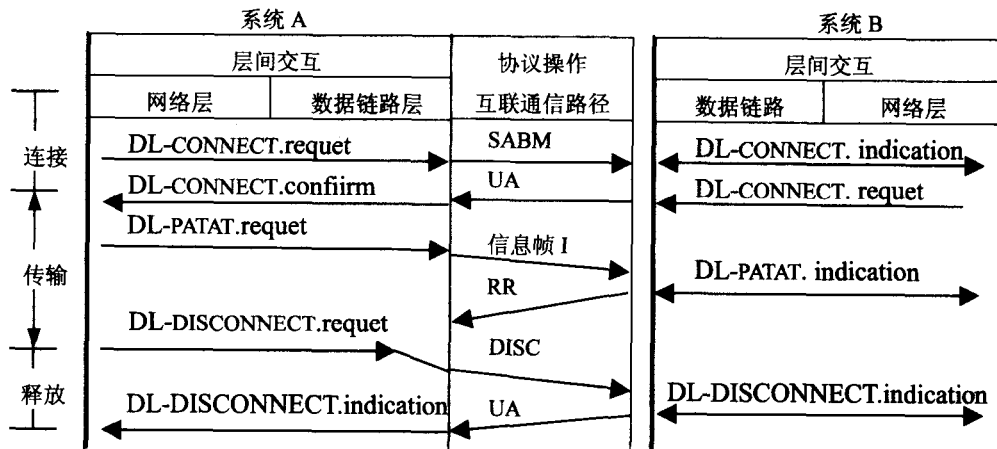


图 1-3 服务原语与协议互访之间的关系

1.2 网络层

数据链路层协议只能解决相邻节点间的数据传输问题，不能解决两个主机之间的数据传输问题，因为两个主机之间的通信通常要包括许多段链路，涉及到链路选择和流量控制等问题。当通信的双方经过两个或更多的网络时，还存在网络互联问题。网络互联也是网络层要研究的问题，将在第 4 章讨论。本节主要讨论广域网的网络层向运输层提供的服务、路由选择、流量控制和 X.25 协议。

1.2.1 网络层提供的服务

网络层向运输层提供面向连接的虚电路服务和无连接的数据报服务。

1. 数据报服务

数据报服务类似于邮政系统的信件投递，每个分组都携带完整的源、目的主机（或信源、信宿）地址信息，独立地传送。每经过一个中继节点时都要根据目标地址和网络当时的状态，按一定路由选择算法选择一条最佳的输出线，直至传送到目的主机为止。

输出线的选择是这样进行的：通信子网的每个节点都保存一张根据路由选择算法编制的路由表（见表 1-1）。该表指出，进入该节点的分组要到某个目的节点时，它应从该节点的哪根输出线输出。当分组到达该节点后，网络软件便以分组上的目标地址为关键字，查找路由表，决定分组转发的输出线，并将分组从该输出线转发到下一个节点。

表 1-1 节点 X 的路由表

目的地址	输出线		
	佳	次	差
A	输出线 1	输出线 2	输出线 3
B	输出线 2	输出线 3	输出线 1
C	输出线 3	输出线 1	输出线 2

因此，数据报服务不需建立连接，目标主机在收到数据报后，也不发送确认信息，是开销较小的通信方式。由于每个分组都带源、目的主机的完整地址，降低了信道利用率。而分组独立传输的结果，可各自通过不同的路径到达目标，不能保证按发送顺序交付，也不能保证不丢失、不重复、不出现差错，这就需要在目的节点开辟缓冲区，缓存所收到的分组，然后按发送顺序交付主机，由主机承担端到端的差错控制。但是，数据报服务具有坚强性和灵活性的优点：在传输途中，若某个节点或链路发生故障时，数据报服务可以绕开故障，另选其他路径把分组传送到目标；当网络中发生拥挤时，数据报服务可以迅速为单个分组选择流量较小的路径，这样既平衡了网络中的流量，也可以使分组得以迅速地传输。

数据报服务较适合于传输由单个分组组成的、不具有交付作用的信息，且对传输要求不高的场合。