

全国通信专业
技术人员职业水平考试用书

通信专业实务

互联网技术

◎ 工业和信息化部教育与考试中心 组编

◎ 王晓军 主编

◎ 范春梅 副主编

COMMUNICATION

全
技

专 业
考 试 用 书

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业实务

互联网技术

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

通信专业(1) 目录歌书并图

◎ 工业和信息化部教育与考试中心 组编

◎ 王晓军 主编

◎ 范春梅 副主编

COMMUNICATION

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

通信专业实务. 互联网技术 / 工业和信息化部教育与考试中心组编. — 北京: 人民邮电出版社, 2018. 7 (2018. 8重印)
全国通信专业技术人员职业水平考试用书
ISBN 978-7-115-48599-1

I. ①通… II. ①工… III. ①通信技术—水平考试—自学参考资料②互联网络—水平考试—自学参考资料
IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第118221号

内 容 提 要

本书内容紧扣《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》，层次清晰、内容丰富、通俗易懂，满足通信及互联网企业对通信专业技术人员中级职业水平的实际要求，力求反映当代互联网技术的最新发展与应用。全书分为12章，主要内容包括计算机网络与协议、局域网、互联网、网络操作系统、交换技术、网络安全、数据库基础、数据存储基础、软件开发基础、云计算架构与应用、大数据技术及应用、物联网等。

本书既可作为全国通信专业技术人员职业水平考试的教材，也可作为高等院校相关专业在校学生的学习辅导书，还可供通信行业专业技术人员自学参考。

-
- ◆ 组 编 工业和信息化部教育与考试中心
 - 主 编 王晓军
 - 副 主 编 范春梅
 - 责任编辑 刘海溧
 - 责任印制 焦志炜

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
固安县铭成印刷有限公司印刷

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.5 2018年7月第1版
字数: 515千字 2018年8月河北第2次印刷
-

定价: 69.80元(附小册子)

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147号

前 言

本书主要是面向“全国通信专业技术人员职业水平考试”（简称“职业水平考试”）应试者编写的，以《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》（简称《考试大纲》）为依据，结合通信行业的技术、业务发展和人才需求变化，经过多次集体讨论和修改，最终定稿。

当今人类社会已经步入 21 世纪信息化时代，计算机和互联网与人们的工作、学习和生活息息相关，人类社会目前处于一个历史飞跃时期，正由高度的工业化时代迈向计算机网络时代。随着科学技术的迅速发展，云计算、大数据、物联网等技术已成为信息时代的主题，正在推动着新时代经济的发展。

本书涵盖了信息通信及互联网相关行业、岗位的工作人员需要掌握的与互联网技术有关的基本理论与应用知识，理论与应用技能相结合，层次清晰、内容丰富、通俗易懂，使读者在掌握互联网技术基本概念的基础上，能够比较系统地学习互联网技术应用的基本技能。参加职业水平考试的考生在使用本书时，应结合《考试大纲》的要求进行阅读，以便更有针对性地复习。

读者可登录人邮教育社区（www.ryjiaoyu.com），搜索本书书名，下载缩略语表，以辅助学习。

本书由王晓军任主编，范春梅任副主编。第 1 章由王晓军编写，第 2 章、第 12 章由兰丽娜编写，第 3 章由张志青、兰丽娜编写，第 4 章由张文辉编写，第 5 章由赵国安、乔爱锋、张云帆编写，第 6 章、第 7 章由范春梅编写，第 8 章、第 9 章由高大永编写，第 10 章由张文辉、张云帆编写，第 11 章由张志青、乔爱锋编写。

本书在编写过程中得到了北京市通信管理局、湖北省通信管理局、广东省通信管理局、新疆维吾尔自治区通信管理局、中国联合网络通信集团有限公司山西省分公司、中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司、中国移动通信集团北京有限公司、中国移动通信集团公司政企客户分公司、中国电信集团有限公司、中国电信股份有限公司北京分公司、中国电信股份有限公司浙江分公司、中国电信湖北公司武汉分公司、中国电信江苏公司南京分公司、中国铁塔股份有限公司、烽火通信科技股份有限公司、中国联通学院、江苏省邮电规划设计院有限责任公司、中国电信股份有限公司北京规划设计院、中讯邮电咨询设计

院有限公司、湖北省信产通信服务有限公司、湖北电信培训中心、中关村软件园、北京启明星辰信息安全技术有限公司的大力支持和帮助，在此深表感谢。

由于水平所限，书中不当之处恳请读者批评指正。

编者
2018年5月

目 录

第 1 章 计算机网络与协议	1
1.1 计算机网络的功能	1
1.1.1 计算机网络的定义	1
1.1.2 计算机网络的基本功能	1
1.2 计算机网络的组成和分类	2
1.2.1 计算机网络的组成	2
1.2.2 计算机网络的分类	2
1.3 计算机网络的体系结构	4
1.3.1 计算机网络体系结构的 分层原理	4
1.3.2 计算机网络协议的概念	5
1.4 计算机网络分层模型	5
1.4.1 OSI/RM	5
1.4.2 TCP/IP 参考模型	9
1.4.3 各层常用协议简介	10
第 2 章 局域网	13
2.1 局域网基本原理	13
2.1.1 局域网的标准	13
2.1.2 局域网的基本组成及特点	14
2.1.3 拓扑结构	15
2.2 局域网协议	17
2.2.1 LLC 子层	17
2.2.2 MAC 子层	20
2.2.3 物理层	21
2.3 以太网	21
2.3.1 MAC 子层协议	21
2.3.2 CSMA/CD	23
2.3.3 物理层	25
2.4 高速以太网	27
2.4.1 快速以太网	27
2.4.2 吉比特以太网	28
2.4.3 10Gbit/s 以太网	29
2.4.4 交换式以太网	29
2.5 无线局域网	30
2.5.1 使用无线局域网的场合	30
2.5.2 无线局域网的构成方式	30
2.5.3 无线局域网的协议标准 IEEE 802.11	30
2.5.4 无线局域网的安全	32
2.5.5 无线局域网的特点与 发展前景	33
2.6 局域网的规划设计	34
2.6.1 局域网的需求分析	34
2.6.2 网络设计目标和原则	34
2.6.3 网络总体设计	35
2.6.4 设备选型与配置	39
第 3 章 互联网	40
3.1 网络互连设备	40
3.1.1 路由器	40
3.1.2 网关	41
3.2 Internet 协议	42
3.2.1 IP 协议	42
3.2.2 ICMP 协议	45
3.2.3 ARP 和 RARP 协议	45
3.3 IPv6	47
3.3.1 IPv6 协议	47
3.3.2 IPv6 地址	48
3.3.3 IPv4 向 IPv6 过渡	50
3.4 Internet 路由协议	51
3.4.1 RIP 协议	51
3.4.2 OSPF 协议	53
3.4.3 BGP 协议	57
3.5 城域网	59
3.5.1 城域网的含义和结构	59
3.5.2 宽带 IP 城域网的路由及 传输技术	60
3.5.3 宽带 IP 城域网的认证技术	61
3.5.4 宽带 IP 城域网的管理	62

第4章 网络操作系统	63	5.3.1 3层交换技术	92
4.1 网络操作系统的功能	63	5.3.2 4层交换技术	92
4.1.1 网络操作系统功能和特性	63	5.3.3 7层交换技术	93
4.1.2 网络操作系统的功能结构	65	5.4 CDN技术	94
4.1.3 网络操作系统的逻辑构成	66	5.4.1 CDN体系架构	95
4.1.4 网络操作系统与OSI/RM	67	5.4.2 CDN网络架构	98
4.2 Windows系列操作系统	68	5.4.3 CDN工作机制	100
4.2.1 Windows NT/Win 10		5.5 SDN技术	104
(Windows 10)简介	68	5.5.1 SDN的基本原理	105
4.2.2 Windows网络基本概念	72	5.5.2 SDN控制器	106
4.2.3 Windows网络基本操作	74	5.5.3 SDN应用	109
4.3 UNIX操作系统	76	5.5.4 SDN产业生态	111
4.3.1 UNIX简介	76	第6章 网络安全	113
4.3.2 UNIX的功能	76	6.1 网络安全原理	113
4.3.3 UNIX的结构	77	6.1.1 网络安全体系结构	113
4.3.4 UNIX Shell语言常用命令	78	6.1.2 网络安全模型	117
4.3.5 网络文件系统	81	6.1.3 标准	118
4.4 Linux操作系统	82	6.2 密码学	118
4.4.1 Linux多道处理	83	6.2.1 对称加密和消息机密性	119
4.4.2 Linux存储器模型	83	6.2.2 公钥密码和消息认证	121
4.4.3 Linux内核	83	6.2.3 数据加密技术	125
4.4.4 Linux文件和目录结构	83	6.3 网络安全应用	126
4.4.5 Linux文件服务	84	6.3.1 密钥分配和用户认证	126
4.4.6 Linux命令实例	84	6.3.2 网络访问控制和云安全	129
第5章 交换技术	86	6.3.3 Web安全	133
5.1 交换机的数据转发	86	6.3.4 无线网络安全	135
5.1.1 交换机的数据转发的功能	86	6.4 系统安全	138
5.1.2 生成树协议	87	6.4.1 恶意软件	138
5.2 VLAN技术	88	6.4.2 入侵检测	140
5.2.1 VLAN的基本原理	88	6.4.3 防火墙	142
5.2.2 VLAN的实现过程	89	第7章 数据库基础	144
5.2.3 VLAN划分的标准	89	7.1 数据库系统	144
5.2.4 VLAN之间通信主要采取的方式	90	7.1.1 数据库技术的产生和发展	144
5.2.5 VLAN交换机互连的方式	91	7.1.2 数据模型	147
5.2.6 VLAN可靠性和可扩展性的获得方式	91	7.1.3 数据库系统结构	150
5.2.7 VLAN的配置	92	7.2 关系型数据库	155
5.3 多层交换技术	92	7.2.1 关系模型	155
		7.2.2 关系的完整性	157
		7.2.3 关系运算	159

7.3 关系型数据库标准语言 SQL.....	159	第 9 章 软件开发基础.....	199
7.3.1 数据定义.....	161	9.1 程序设计基础.....	199
7.3.2 查询.....	162	9.1.1 程序与程序设计语言.....	199
7.3.3 数据更新.....	166	9.1.2 程序设计语言中的基本 概念.....	204
7.3.4 视图.....	166	9.1.3 面向对象程序设计中的 基本概念.....	207
7.3.5 数据控制.....	167	9.2 数据结构与算法.....	209
7.4 其他数据库应用技术.....	169	9.2.1 数据结构.....	209
7.4.1 分布式数据库.....	169	9.2.2 算法.....	211
7.4.2 MPP 数据库.....	170	9.3 软件工程.....	212
7.4.3 非关系型数据库.....	171	9.3.1 软件工程基础.....	212
第 8 章 数据存储基础.....	173	9.3.2 面向过程分析、设计与 实现.....	217
8.1 数据存储概念.....	173	9.3.3 面向对象分析、设计与 实现.....	218
8.1.1 数据与数据存储.....	173	9.3.4 软件测试.....	219
8.1.2 数据表示与存储器.....	173	9.3.5 软件文档.....	220
8.1.3 存储器的分类.....	174	9.3.6 软件质量保证.....	221
8.1.4 存储系统层次结构.....	174	第 10 章 云计算架构与应用.....	223
8.1.5 企业数据存储.....	175	10.1 云计算的架构与关键技术.....	223
8.1.6 存储系统的性能评价指标 与其他非功能性需求.....	176	10.1.1 云计算起源与发展.....	223
8.2 数据存储设备.....	178	10.1.2 云计算主要服务模式.....	224
8.2.1 磁盘.....	178	10.1.3 云计算主要部署模式.....	225
8.2.2 固态硬盘.....	182	10.1.4 云计算关键技术.....	225
8.2.3 磁带.....	184	10.1.5 云计算系统典型架构.....	232
8.2.4 光盘.....	185	10.1.6 云计算系统评价维度.....	233
8.3 磁盘阵列.....	186	10.2 云计算常见软件工具.....	234
8.3.1 磁盘阵列的组成和 实现方式.....	186	10.2.1 系统架构 Openstack.....	234
8.3.2 磁盘阵列分级.....	189	10.2.2 虚拟化引擎 VMware/KVM.....	238
8.4 文件系统.....	190	10.2.3 分布式存储 Ceph.....	241
8.4.1 文件系统.....	190	10.2.4 容器开源软件 Docker/ Kubernetes/Mesos.....	244
8.4.2 分布式文件系统.....	191	10.3 云数据中心网络.....	250
8.5 网络存储技术.....	191	10.3.1 云数据中心组网架构.....	250
8.5.1 网络存储体系结构.....	192	10.3.2 云数据中心组网面临的 问题.....	251
8.5.2 直接直连存储.....	193	10.3.3 基于 SDN 的云数据中心 网络.....	252
8.5.3 网络连接存储.....	194		
8.5.4 存储区域网络.....	195		
8.6 数据保护.....	196		
8.6.1 数据备份与恢复.....	196		
8.6.2 容灾与灾难恢复.....	197		

10.3.4	云数据中心之间的组网	254	12.1.2	物联网的特征	287
10.4	云安全架构与应用	255	12.2	物联网技术架构	288
10.4.1	端到端云安全架构	256	12.2.1	物联网层次结构	288
10.4.2	云数据安全	257	12.2.2	感知层	289
10.4.3	云安全管理	259	12.2.3	传输层	289
10.4.4	云计算服务法律风险及 应对措施	260	12.2.4	应用层	289
第 11 章	大数据技术及应用	262	12.3	自动识别技术	290
11.1	大数据基本概念	262	12.3.1	条形码技术	290
11.1.1	大数据定义	262	12.3.2	RFID 技术	292
11.1.2	大数据特征	262	12.3.3	NFC 技术	294
11.2	大数据技术	264	12.3.4	IC 卡技术	295
11.2.1	技术体系	264	12.3.5	生物计量识别技术	296
11.2.2	文件系统	265	12.4	传感器技术	296
11.2.3	数据存储	266	12.4.1	传感器的组成和工作原理	296
11.2.4	数据分析	268	12.4.2	传感器的分类	297
11.2.5	数据可视化	269	12.4.3	传感器技术发展趋势	298
11.3	Hadoop 技术架构	271	12.4.4	无线传感网络	298
11.3.1	Hadoop 生态系统	271	12.5	定位系统	300
11.3.2	HDFS	272	12.5.1	卫星定位	300
11.3.3	MapReduce	274	12.5.2	蜂窝基站定位	301
11.3.4	YARN	276	12.5.3	无线室内环境定位	302
11.4	大数据应用发展	279	12.6	物联网接入技术	303
11.4.1	大数据应用发展现状	279	12.6.1	M2M 接入技术	303
11.4.2	大数据应用存在问题	280	12.6.2	6LoWPAN 技术	306
11.4.3	大数据应用发展趋势	280	12.6.3	NB-IoT 技术	307
11.5	大数据产业生态	281	12.6.4	LoRa 技术	309
11.5.1	大数据产业链构成	281	12.6.5	eMTC 技术	310
11.5.2	大数据商业模式	282	12.7	物联网应用	311
11.6	大数据标准化体系	284	12.7.1	智能交通	311
11.7	大数据发展面临的挑战和 应对措施	285	12.7.2	智能物流	312
11.7.1	大数据发展面临的问题	285	12.7.3	环境监测	314
11.7.2	大数据发展的应对措施	285	12.8	物联网中的信息安全与 隐私保护	315
第 12 章	物联网	287	12.8.1	RFID 安全与隐私保护 机制	315
12.1	物联网的定义和特征	287	12.8.2	位置信息与隐私保护机制	317
12.1.1	物联网的定义	287	参考文献		319

第 1 章 计算机网络与协议

计算机网络是现代计算机技术与通信技术密切结合的产物。计算机网络是利用通信设备和线路将地理位置不同、功能独立的多个计算机系统互连起来，以功能完善的网络软件实现网络中资源共享和信息传递的系统。

1.1 计算机网络的功能

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是将若干台具有独立功能的计算机，通过通信设备及传输介质互连起来，在操作系统和网络协议等软件的支持下，实现计算机之间信息传输与交换的系统。计算机网络的发展与现代计算机技术和通信技术的发展密不可分，通信网络为计算机之间的信息传送与交换提供了必要手段，同时由于计算机技术的渗透，通信网络的诸多性能得到了不断提高。

1.1.2 计算机网络的基本功能

计算机网络向用户提供的最主要的功能是：资源共享和数据传输。资源共享包括硬件共享、软件和信息共享。

(1) 硬件共享。计算机网络可以在全网范围内为用户提供对处理设备、存储设备和输入输出设备等的共享，既为用户降低投资，又便于硬件资源的集中管理和负载均衡。例如，同一网络中的用户共享打印机、共享硬盘空间等。

(2) 软件和信息共享。用户使用远程主机的软件（系统软件 and 用户软件），既可以将相应软件调入本地计算机执行，也可以将数据送至对方主机，运行软件，并返回结果，从而避免软件研制上的重复劳动及数据资源的重复存储，也便于集中管理。

(3) 数据传输。计算机网络提供网络用户之间、各个处理器之间，以及用户与处理器之间的数据传输，这是资源共享的基础。用户可以通过网络传送电子邮件，发布新闻消息，进行文件传输、语音通信、视频会议等，极大地方便了用户，提高了工作效率。

除了上述主要功能之外，计算机网络还可以实现集中管理、分布式处理和负载均衡等其他功能。

(1) 集中管理。计算机网络具有对分散对象提供实时集中控制与管理的功能。例如，现

在普遍使用的管理信息系统（Management Information System, MIS）和办公自动化（Office Automation, OA）系统，通过这些系统可以实现日常工作的集中管理，提高工作效率，增加经济效益。

（2）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。可以将大型课题分为许许多多的小题目，由不同的计算机分别完成，然后集中起来解决问题。

（3）负载均衡。负载均衡是指工作被均匀地分配给网络上的各台计算机。网络控制中心负责分配和检测，当某台计算机负载过重时，系统会自动将部分工作转移到负载较轻的计算机中去处理。

1.2 计算机网络的组成和分类

1.2.1 计算机网络的组成

计算机网络通常由3部分组成：资源子网、通信子网和网络协议。

（1）资源子网：负责全网的数据处理，向网络用户提供各种网络资源与网络服务。资源子网由用户的主机和终端组成，主机通过高速通信线路与通信子网的路由器相连接。

（2）通信子网：完成网络数据传输、转发等通信处理任务。通信子网包含传输线路、网络设备和网络控制中心等硬软件设施，通信部门提供的网络一般都属于通信子网，通信子网与具体的网络应用无关。

（3）网络协议：网络协议是为了在网络中不同设备之间进行数据传输而预先制定的一整套通信双方需共同遵守的格式和约定。它的存在与否是计算机网络与一般计算机互连系统的根本区别。

1.2.2 计算机网络的分类

计算机网络的划分方法有很多种。按照网络的覆盖范围可以分为广域网（Wide Area Network, WAN）、局域网（Local Area Network, LAN）、城域网（Metropolitan Area Network, MAN）和个人区域网（Personal Area Network, PAN）；按照网络的交换方式主要可以分为电路交换网络和分组交换网络；按照网络的拓扑结构可以分为星形网、总线型网、环形网、树形网和网状网；按照网络的传输介质可以分为双绞线、同轴电缆、光纤和无线网络；按照网络的信道带宽可以分为窄带和宽带网络；按照网络传输技术可以分为点对点式网络和广播式网络；按照网络的用途可以分为教育网络、科研网络、商业网络及企业网络等。本节简要介绍按照网络覆盖范围和交换方式对网络进行划分的方式。

1. 按照网络覆盖范围划分

根据网络覆盖的范围，网络可以分为广域网、局域网、城域网、个人区域网等。

（1）广域网：也称为远程网，它的覆盖范围可从几百千米到几千千米，可以覆盖一个地区或一个国家，甚至整个世界。因为距离较远，信息衰减比较严重，所以这种网络一般需要租用专线；由于其规模较大，传输延迟也较大。

（2）局域网：是最常见、应用最广的一种网络。它的覆盖范围在几十米或数千米，限定在较小的区域内。通常安装在一个建筑物或校园（园区）中，常由一个单位投资组建。一个家庭中也可以有自己的小型局域网。局域网在计算机数量配置上没有太多的限制，少则两台，

多则可达几百台。

局域网的特点是连接范围窄、用户数少、配置容易、连接速率高。电气和电子工程师协会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 的 802 标准委员会定义了多种形式的局域网, 包括以太网、令牌环网、光纤分布式数据接口网络, 以及无线局域网等。

(3) 城域网: 其覆盖范围介于局域网和广域网之间, 能覆盖几十千米至数百千米, 一般能覆盖一个城市。将城域网进行单独划分参考的标准是 IEEE 802.6 标准。与局域网相比, 城域网的扩展距离更长, 连接的计算机数量更多, 在地理范围上可以说是局域网的延伸。在一个大型城市或都市地区, 一个城域网通常连接着多个局域网。

(4) 个人区域网: 在一定范围内, 把属于个人使用的电子设备用无线技术连接起来的网络称为个人区域网, 也称为无线个人区域网, 其范围在 10m 左右。

随着网络技术的发展以及新型的网络设备和传输介质的广泛应用, 局域网和城域网之间的区别逐渐模糊。有些从局域网中发展起来的技术也可以用于城域网, 甚至广域网中。

2. 按照网络交换方式划分

按照网络的交换方式主要可以分为电路交换网络和分组交换网络。

(1) 电路交换。采用电路交换方式时, 在通信开始之前要先建立链路, 在通信结束之后还要释放链路。在整个通信进行的过程中, 通信信道由参与通信的用户独享, 即使某个时刻没有信息在信道上传递, 其他用户也不能使用此信道。采用这种交换方式, 可以保证用户的通信带宽, 时延较短; 但线路的利用率不高。现在广泛使用的电话通信网络中使用的就是电路交换技术。

(2) 分组交换。分组是指包含用户数据和协议头的块, 每个分组通过网络交换机或路由器被传送到正确目的地。一条信息可能被划分为多个分组, 每个分组在网络中独立传输, 并且可能沿不同路由到达目的地。一旦属于同一条信息的所有分组都到达了目的地, 就可以将它们重装, 形成原始信息, 传递给上层用户。这个过程称为分组交换。分组交换有虚电路交换和数据报交换两种方式。

① 虚电路交换: 虚电路分组交换技术是一种面向连接的交换技术, 在数据传输之前, 通信双方必须通过中间交换节点建立一条专用的类似于电路交换技术所用的物理电路连接的逻辑电路连接, 由于其在物理上是不存在的, 故被称为“虚电路”。虚电路完全不同于物理电路的连接, 虽然它也是独占使用, 但它却采用了一种类似信道复用的技术, 通过分组存储与转发的原理, 使得一个节点可以同时建立多条虚电路, 同时为多个通信过程服务。

② 数据报交换: 采用数据报方式时, 每个分组头部都包含了分组目的地信息。中间节点通过检查分组头部, 为分组确定路由。每个分组通过网络时的路由可能是不同的。因此, 分组抵达目的节点时的顺序与其发送顺序可能不同。

如上所述, 与电路交换相比, 分组交换的主要优势在于, 通信线路不是独占的。电路交换的优点是数据传输快速、按序到达目的地且到达速率恒定, 因此电路交换适用于实时数据传输过程, 如对服务质量有较高要求的音频和视频信息。目前得到广泛应用的电话交换系统就是电路交换网络。而分组交换更适用于突发数据的传输, 且能抵御传输中的时延和抖动。大多数网络协议, 如 TCP/IP、X.25 及帧中继等, 都是基于分组交换技术的。互联网就是一种分组交换网络。

1.3 计算机网络的体系结构

计算机网络协议体系结构的基本思想是：在计算机网络的设计中，采用分层次的设计方法，使相互通信的两个计算机之间达到高度协调。网络体系结构规定了同层进程通信的协议，以及相邻层之间的接口及服务。这些层次结构、同层进程间通信的协议，以及相邻层之间的接口统称为网络体系结构。

网络体系结构仅仅是人们对于网络功能的描述，这些功能的实现要通过具体的硬件和软件来完成，因此，也可以认为网络体系结构是网络层次结构模型和各层次协议的集合。

1.3.1 计算机网络体系结构的分层原理

一个功能完备的计算机网络需要制定一套复杂的协议集，采用分层次结构是最为有效的组织方法，这样可以将复杂的问题分解为若干较为简明且有利于处理的问题。

1. 分层原理

在分层结构中，一个层次完成一项相对独立的功能，在层次之间设置通信接口。在一个 N 层结构中，第 N 层是第 $N-1$ 层的用户，又是第 $N+1$ 层的服务提供者。第 $N+1$ 层直接使用了第 N 层提供的服务，但实际上它通过第 N 层还间接地使用了第 $N-1$ 层及以下所有各层提供的服务。

采用层次结构的优点在于每层实现的功能是相对独立的。实现每层功能的软件在保证实现层间接口功能的基础上，可以独立设计、调试，这样各层的软件开发可以并行进行，也进一步保证了软件设计的质量。某一层的功能发生变化或需要更新时，只要接口功能不变，都不会对其他各层产生影响，软件维护也比较方便。

计算机网络中的层次结构一般都是以垂直分层模型来表示的，如图 1-1 所示。

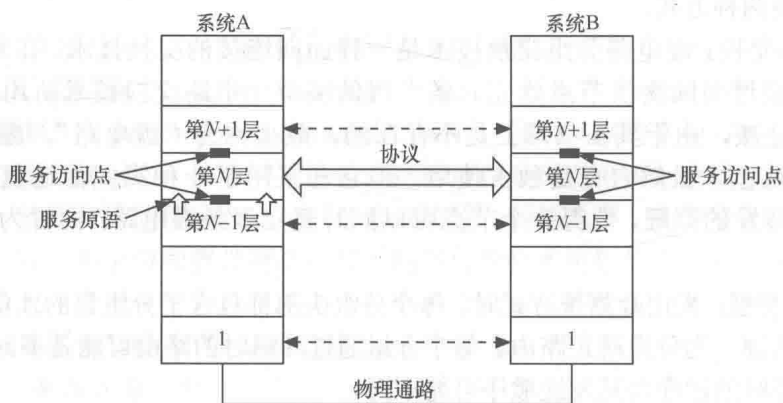


图 1-1 计算机网络的垂直分层模型

(1) 服务访问点 (Service Access Point, SAP): 两个层次之间通过 SAP 进行通信。第 N 层通过 N -SAP 向第 $N+1$ 层实体提供服务，第 $N+1$ 层实体通过 N -SAP 向第 N 层实体请求服务。每层向其上层提供的服务都是由本层及以下各层共同实现的。但高层在使用低层提供的功能和服务时，并不需要了解低层是如何实现此功能的，即低层功能的实现对于高层来说是透明的。

(2) 服务原语 (Primitive): 服务的请求与提供是通过在 SAP 上发送或接收服务原语来实现的。这是 N 层服务的用户与 $N+1$ 层服务的提供者通过 N -SAP 进行的交互, 指出了相应的服务和必须执行的抽象操作。服务原语可以由服务用户发出, 也可由服务提供者发出。

(3) 协议 (Protocol): 不同系统的对等层之间为了完成本层的功能而必须遵循的通信规则和约定。

2. 层次划分原则

由于计算机网络结构复杂, 不可能用一个程序完成所有的功能, 需要对网络进行层次划分。那么, 应该将整个系统划分成几层, 每层应该完成什么功能呢? 下面首先了解一下在进行系统划分时应该遵循的几条原则。

系统划分应遵循如下原则。

(1) 各层功能明确。即每一层的划分都应有明确的、与其他层不同的基本功能。这样在某层的具体实现方法或功能发生变化时, 只要保持与上层、下层的接口不变, 就不会对其他各层产生影响。

(2) 层间界面接口清晰。建立分层边界时, 尽量减少跨过接口的通信量。

(3) 层数适中。层数如果足够多, 可以避免不同的功能混杂在同一层中; 但也不能太多, 否则体系结构会过于庞大, 增加各层服务的开销。

网络中各节点都具有相同的层次, 不同节点的同等层具有相同的功能。

1.3.2 计算机网络协议的概念

网络协议是为同等层实体之间的通信制定的有关通信规则的集合。网络协议包括以下 3 个要素。

(1) 语义 (Semantics), 涉及用于协调和差错处理等功能的控制信息, 即需要发出何种控制信息, 以及完成的动作和做出的响应。

(2) 语法 (Syntax), 涉及数据及控制信息的格式、编码及信号电平等, 即用户数据的控制信息结构及格式。

(3) 同步 (Synchronization), 涉及速度匹配和排序等, 即对事件实现顺序的详细说明。

1.4 计算机网络分层模型

本节将介绍两种具体的网络分层参考模型: 国际标准化组织 (International Standardization Organization, ISO) 制定的开放系统互连参考模型 (Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM) 和传输控制协议/网际协议 (Transfer Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP) 参考模型。

1.4.1 OSI/RM

1. OSI/RM 概述

OSI/RM 是一个开放式计算机网络的层次结构模型。“开放”表示任何两个遵守了参考模型及相关标准的系统都可以进行互连。这个模型定义了异种计算机标准间的互连。之所以提出这样一个参考模型, 是由于在 1974 年 IBM 公司提出了世界上第一个系统网络体系结构 (System Network Architecture, SNA) 之后, 各厂商纷纷提出自己的网络体系结构。为了避免

各种网络体系结构之间在互连、互操作和可移植性方面可能出现的问题，ISO 在 1978 年提出了 OSI/RM。此标准在 1983 年成为正式的国际标准。遵循这个标准的系统可以和其他任何遵守该标准的系统进行通信。因此称其为开放系统互连参考模型。

OSI/RM 仅仅提出了对于系统的体系结构 (Architecture)、服务定义 (Service Definition) 和协议规格说明 (Protocol Specification) 的描述，并没有提出任何具体协议，也没有给出任何具体的实现方法。因此实现这样一个参考模型时，还需要对具体的协议和实现协议的具体办法进行研究。这是一个非常庞杂的任务，到目前为止，世界上还没有任何一个厂商或者组织真正实现了这个参考模型。实际上这个参考模型具有双重意义，它为人们研究相关的协议提供了一个很好的参考；但是从另外一个意义上讲，过分关注这个模型可能会使人们的研究走入困境。也正因为如此，人们提到网络体系结构时都要说到 7 层模型，但实际上使用的标准却不是这个 7 层模型，而是 TCP/IP 参考模型。

OSI/RM 对系统体系结构、服务定义和协议规范 3 个方面进行了定义。它定义了一个 7 层模型，用以进行进程间的通信，并作为一个框架协调各层标准的制定；OSI 的服务定义描述了各层所提供的服务，以及层与层之间的抽象接口和交互用的服务原语；OSI 各层的协议规范精确地定义了应当发送何种控制信息，以及应该通过何种过程对此控制信息进行解释。

(1) 7 层结构。OSI/RM 将系统分成 7 层，从下到上分别为物理层 (Physical Layer, PHL)、数据链路层 (Data Link Layer, DLL)、网络层 (Network Layer, NL)、传输层 (Transport Layer, TL)、会话层 (Session Layer, SL)、表示层 (Presentation Layer, PL) 和应用层 (Application Layer, AL)，如图 1-2 所示。

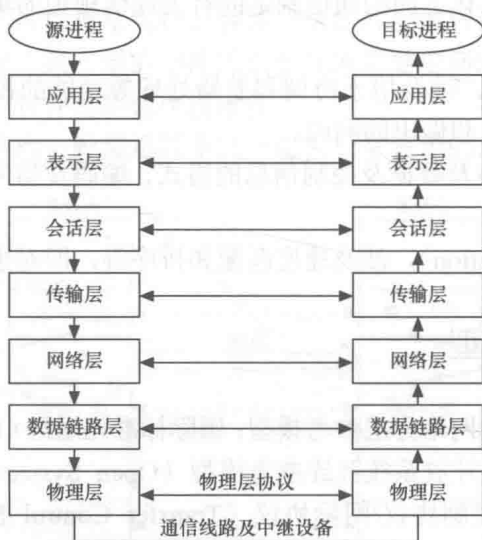


图 1-2 OSI/RM

(2) 数据传输过程。分层模型是对系统功能进行的抽象划分。那么，系统中两台主机之间的信息又是如何通过这些分层结构进行流通的呢？在介绍每层的具体功能之前，先介绍一下分层模型中数据的传输过程。

在 OSI/RM 中用到的数据单元有如下几种。

- 服务数据单元 (Service Data Unit, SDU): 指第 N 层中等待传送和处理的数据单元。
- 协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU): 指同等层水平方向上传送的数据单元。

• 接口数据单元 (Interface Data Unit, IDU): 指在相邻层接口之间传送的数据单元, 它是由 SDU 和一些控制信息组成的。

数据传输过程如图 1-3 所示, 数据在发送端从上到下逐层传输。在传输过程中, 每层都要加上适当的控制信息 (头部), 即图中的 AH、PH、SH、TH、NH、DH 及 DT。到物理层转换成为由“0”“1”组成的比特流, 然后转换为电信号在物理介质上传输至接收端。在接收端逐层向上传输时, 过程正好相反, 要逐层剥去发送端相应层加上的头部控制信息。对任意一层来说, 都不会收到其下各层的控制信息, 而其上各层的控制信息对它来说只是透明的数据, 所以它只需将本层的控制信息剥离出来, 并按照信息指示进行相应的协议操作即可。

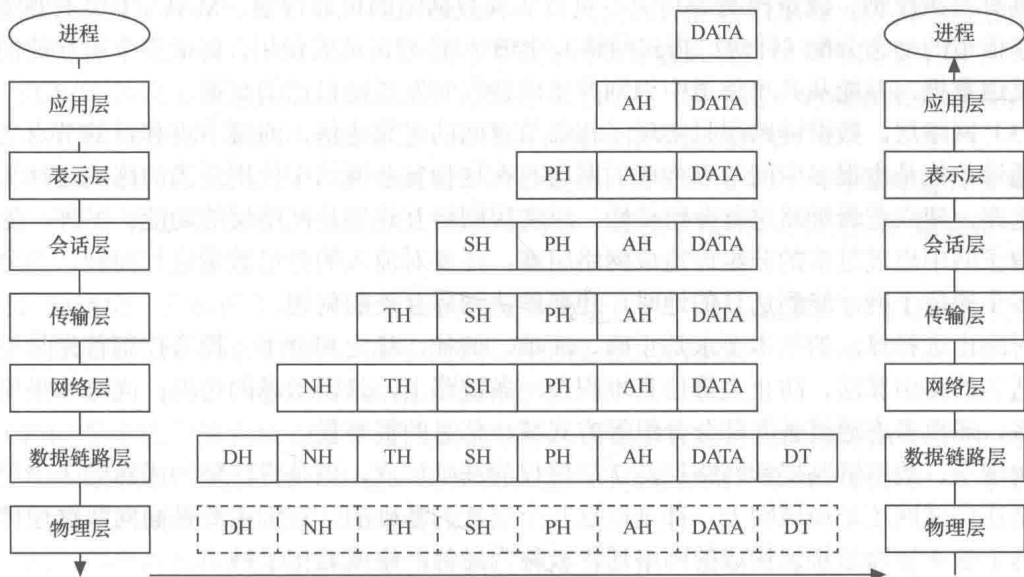


图 1-3 OSI/RM 中的数据传输过程示意图

2. 各层功能概述

(1) 物理层。在物理层上所传数据的单位是比特。物理层的任务就是透明地传送比特流。物理层定义了建立、维护和拆除物理链路所需的机械、电气、功能和规程特性。其目的是在物理介质上传输原始的数据比特流。

机械特性: 接口部件的尺寸、规格、插脚数和分布等。

电气特性: 接口部件的信号电平、阻抗、传输速率等。

功能特性: 接口部件信号线 (数据线、控制线、定时线等) 的用途。

规程特性: 接口部件的信号线建立、维持、释放物理连接和传输比特流的时序。

物理层要实现实体之间的按位传输, 保证按位传输的正确性, 并向数据链路层提供透明的比特流传输。但物理层仅仅负责将比特流从一台计算机传输到另一台计算机, 并不关心它们的含义。

物理介质可以选择光纤、同轴电缆、双绞线、红外线等。介质的选择主要取决于用户需要以多快的速率将数据传输多远。

(2) 数据链路层。物理层的目的是提供可靠的比特流传输, 而不考虑这些比特之间的联系以及所传输数据的结构, 因此, 在物理层中无法解决数据传输过程中发生的异常情况、差

错控制和恢复, 以及信息格式等问题。

数据链路层是建立在物理层基础上的, 通过使用物理层提供的服务, 建立通信联系, 将比特流组织成名为帧的协议数据单元进行传输。帧中除了包含上层传输来的数据之外, 还包括一些地址、控制, 以及校验码信息。两个系统中的数据链路层通过这些控制信息, 实现流量控制机制和差错处理机制, 对物理设备的传输速率进行匹配(解决收发双方速度不一样的问题), 在比特流传输的基础上实现相邻节点间的可靠数据传输。

IEEE 将数据链路层进一步划分成了两个子层(参见局域网内容): 介质访问控制(Media Access Control, MAC)子层和逻辑链路控制(Logical Link Control, LLC)子层。这两个子层分担了数据链路层的功能。其中, LLC子层与网络层相邻, 是MAC子层的上一层。LLC子层具有差错控制、流量控制等功能, 负责实现数据帧的可靠传输。MAC子层主要负责实现共享信道的动态分配(针对广播式网络), 控制和管理信道的使用, 保证多个用户能向共享信道发送数据, 并能从共享信道中识别并正确接收到发送给自己的数据。

(3) 网络层。数据链路层只实现了相邻节点间的可靠通信, 而源节点和目的节点之间的信息通道往往是由很多中间节点构成的网络, 在这种复杂网络中使用适当的路由选择算法为数据选路, 建立逻辑链路进行分组传输, 以实现网络互连则是网络层的功能。另外, 为了避免通信子网中出现过多的分组而造成网络阻塞, 还要对流入的分组数量进行控制。当分组要跨越多个通信子网才能到达目的地时, 还要解决网际互连的问题。

对路由选择算法的基本要求是正确、简单、健壮、稳定和公平。拥塞控制首先是要通过选择适当的路由算法, 防止大量信息堆积在一条链路上, 延误信息的传输; 同时如果信息堆积过多, 还要考虑通过丢弃部分分组等方式减少信息的拥塞量。

物理层、数据链路层和网络层是7层协议的基础层次, 也是目前最为成熟的3个层次。无论是在广域网还是局域网上, 都是以这几个层次为基础的。它们主要是面向数据通信的, 因此基于这3层通信协议构成的网络通常被称为通信网络或通信子网。

(4) 传输层。在网络层可能产生整包的数据差错, 无法保证端到端传输的可靠性。因此, 传输层通过对数据单元错误、数据单元次序, 以及流量控制等问题的处理为用户提供可靠的端到端服务。传输层处于分层结构体系高低层之间, 是高低层之间的接口, 是非常关键的一层。

为了实现可靠的端到端数据传输, 传输层主要采用了以下技术手段。

分流技术: 利用多条网络连接来支持一条信道的数据传输, 提高数据传输速率, 使得具有低吞吐量、低速率和高传输延迟的网络能够满足高速数据的传输要求。

复用技术: 将多条信道上的数据汇集到一条网络连接上传输, 使得具有高吞吐量、高速率和低传输延迟、高费用的网络能够支持用户的低传输成本要求。

差错检测与恢复: 使差错率较高的网络能够满足用户对高可靠性数据传输的要求。

流量控制: 对连续传输的协议数据单元个数进行限制, 避免网络拥塞。

(5) 会话层。会话层是进程与进程间的通信协议, 主要功能是组织和同步不同主机上各种进程间的通信。会话层负责在两个会话层实体之间进行对话连接的建立和拆除。为了建立会话, 该层执行了名称及用户权限识别功能。

(6) 表示层。表示层在网络需要的格式和计算机可处理的格式之间进行数据翻译。表示层执行协议转换、数据翻译、压缩与加密、字符转换, 以及图形命令的解释功能。

(7) 应用层。应用层包含利用网络服务的应用程序进程及应用程序接口。应用层提供的服务包括文件服务、数据库服务、电子邮件及其他网络软件服务。