

普通高等院校计算机课程规划教材

HZ BOOKS  
华章教育

Network  
Engineering

网络工程实用教程

卓伟 李俊锋 李占波 主编

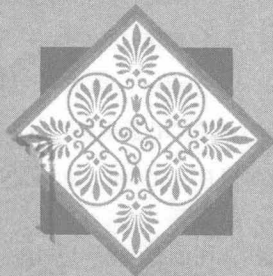


机械工业出版社  
China Machine Press

普通高等院校计算机课程规划教材

Network  
Engineering  
**网络工程实用教程**

卓伟 李俊锋 李占波 主编



机械工业出版社  
China Machine Press

本书分为理论篇和实践篇，详细阐述了网络工程项目开发的全过程：理论篇深入分析了网络工程领域各种组网工程设备的工作原理、使用的关键组网技术以及进行网络调试和故障维护的常用命令；实践篇以真实的网络工程项目为背景，在网络系统集成实验室模拟了整个项目的开发过程，包括项目和客户的需求分析、网络功能需求设计、网络安全部署设计、高可用性服务器集群设计、网络拓扑规划、设备的采购方案、IP 和 VLAN 规划、网络工程的施工方案和施工文档的编写、网络设备的安装配置和调试、网络功能的测试和验收等。

本书内容注重实用，需要读者有一定的网络知识基础，适合作为高等院校计算机及相关专业的教材或参考书，同时也适合学习组网工程的技术人员以及从事网络维护的工作人员阅读。

封底无防伪标均为盗版

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

网络工程实用教程 / 卓伟, 李俊锋, 李占波主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 11  
(普通高等院校计算机课程规划教材)

ISBN 978-7-111-40143-8

I. 网… II. ①卓… ②李… ③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 (2012) 第 249195 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)

责任编辑: 刘立卿

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

185mm × 260mm · 16.5 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-40143-8

定价: 33.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991; 88361066

购书热线: (010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzsj@hzbook.com

# 前言

---

---

---

---

---

---

---

---

随着计算机网络技术与通信技术的飞速发展,各种形式、各种规模的计算机网络在各个行业得到广泛应用,社会迫切需要大量既懂得网络工程的规划和设计,又能熟练实施网络工程的应用型技术人才。

“网络工程”是针对计算机网络及相关专业方向开设的一门实践性非常强的课程,其知识体系庞大、内容综合、技术难度高。目前很多网络工程教材大多偏重理论知识介绍而缺少实践性,还有一些只偏重于单一设备的配置而缺乏工程的理念。为了满足用户对计算机网络的各种需求,我们编写了这本兼具原理介绍和实践教学、深度和难度适宜的网络工程教程。

本书以培养学生计算机网络工程的实践能力为首要目标,系统地阐述网络工程的基础理论、基本方法和常用技术;从教学需要和工程实践两个角度出发,兼理论、重实践、含案例、多实训,融实训于课程中。本书是2012年度河南省高等教育教学改革研究项目“应用型软件人才培养模式的改革与实践”的研究成果。

本书内容结构完整、层次清晰。每个章节的内容都经过精心组织,概念阐述清晰,叙述简明易懂。各个实训项目以工程案例为背景,目标明确,步骤完整、清晰,方便学生进行网络工程各个环节的实践能力训练。

本书与网络设备相关的实训主要以锐捷的网络产品为背景,与综合布线相关的实训以西元的网络综合布线实训装置为背景。

全书分为理论篇和实践篇,其中理论篇包括第1~4章,实践篇包括第5~10章。具体描述如下:

第1章介绍计算机网络的基础知识及网络工程的基本概念,主要包括常用的网络协议、网络传输介质及网络互连设备的介绍。

第2章从网络工程的实际应用出发,介绍网络工程中经常用到的网络技术,主要包括交换路由技术、网络服务器技术和网络安全技术。

第3章详细介绍计算机网络中最常用到的若干网络调试命令。

第4章介绍网络工程实施过程和网络工程项目管理流程。

第5章结合具体的网络规划实例,详细阐述网络规划与设计的原则和方法。

第6章通过具体的综合布线工程实例,详细介绍网络工程布线系统的设计和施工技术。

第7~9章以实训的形式介绍各种网络技术在网络工程中的实际应用。

第10章介绍网络工程系统的测试、验收与评估过程。

参与本书编写的人员既有教学经验丰富的学校一线教师,又有长期从事网络工程实践的工程师和网络管理员。本书由卓伟、李俊锋、李占波主编。卓伟、李俊锋负责制定教材大

#### IV

纲、规划各章内容并完成本书的统稿和定稿工作，李占波负责各章的审核。具体分工如下：第1~3章由李俊锋编写，第4~5章由卓伟编写，第6章由卓伟、梁过合写，第7章由李俊锋、卓伟、梁过合写，第8章由刘博、余秋熠、魏斌合写，第9章由刘博、牛合利、魏斌合写，第10章和附录由魏斌编写。

本书适合作为高等院校计算机及相关专业高年级学生的教材或参考书，同时也适合学习组网工程的技术人员以及从事网络维护的工作人员阅读。

由于计算机网络工程技术发展迅速，加之编者水平有限，书中难免存在一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年8月

# 教学建议

教学内容	教学要求	课时
第1章 网络工程基础	了解系统集成与网络工程的定义、常用的网络传输介质及使用、常用的网络互连设备的工作原理及使用,掌握 OSI 参考模型和 TCP/IP 协议族的各层功能及重要的网络协议的工作原理	6
第2章 网络工程常用技术	了解常用的路由交换技术、网络服务器技术、网络安全技术的用途,并掌握它们的工作原理	6
第3章 常用的网络调试命令	了解几种常用的网络调试命令的功能和命令格式,并掌握它们的用法	4
第4章 网络工程开发与项目管理流程	了解网络工程的工作内容,掌握网络工程设计与实施的步骤和流程,了解网络项目管理内容,掌握网络项目成本及效益分析方法,了解网络工程项目监理的重要性	6
第5章 高可用性校园网工程案例规划与设计	了解网络系统集成专业实验室功能概况,并能够根据项目工程背景描述和网络功能要求,依照网络系统设计原则,进行网络系统功能需求分析,工程拓扑和网络拓扑设计,IP、VLAN、安全部署、服务器集群功能规划及网络设备选型	8
第6章 模拟校园网工程布线施工	掌握综合布线项目的基本工程文档设计、双绞线的制作及端接、PVC 线槽和线管的安装、机柜与信息插座底盒的安装	10
第7章 网络功能实现	掌握 VRRP 虚拟冗余路由协议、MSTP 多实例生成树、端口聚合、流量监控、OSPF 最短路径优先协议、路由重发布、VoIP 语音配置等常用园区网络配置技术	18
第8章 网络安全部署	掌握硬件防火墙 Web 界面的配置、VPN 配置、无线接入设备的安全设置、二层交换的端口安全配置、PLAN 配置和 802.1x 的接入配置	12
第9章 网络服务器部署	掌握 Linux 下的 WWW 服务器、FTP 服务器、Email 服务器、DNS 服务器、DHCP 服务器和 AAA 服务器的安装与配置	12
第10章 网络工程系统测试、验收与评估分析	了解网络工程系统的测试、验收流程和项目的评估分析,掌握综合布线项目的部分表格制作、测试验收参数和项目评估的流程	4
合计		86

# 目录

前言  
教学建议

## 第一篇 理论篇

第1章 网络工程基础	2	2.2.2 RIP	34
1.1 系统集成与网络工程	2	2.2.3 OSPF	35
1.1.1 系统集成	2	2.2.4 路由重发布	37
1.1.2 网络工程	3	2.3 网络服务器技术	38
1.2 计算机网络体系结构	3	2.3.1 WWW 服务	38
1.2.1 OSI 参考模型	4	2.3.2 FTP 服务	38
1.2.2 TCP/IP 体系结构	5	2.3.3 Email 服务	38
1.3 网络传输介质	7	2.3.4 DNS 服务	39
1.3.1 同轴电缆	8	2.3.5 DHCP 服务	39
1.3.2 双绞线	8	2.3.6 AAA 服务	40
1.3.3 光纤和光缆	12	2.4 网络安全技术	40
1.3.4 无线传输介质	14	2.4.1 交换机端口安全	40
1.4 网络互连设备	14	2.4.2 防火墙技术	41
1.4.1 物理层互连设备	14	2.4.3 VPN	43
1.4.2 数据链路层互连设备	16	2.4.4 802.1x	45
1.4.3 网络层互连设备	20	2.4.5 无线局域网安全	46
1.4.4 防火墙	24	第3章 常用的网络调试命令	48
1.4.5 无线局域网网络设备	25	3.1 ping	48
第2章 网络工程常用技术	27	3.1.1 ping 命令的功能	48
2.1 交换技术	27	3.1.2 ping 命令的格式	49
2.1.1 VLAN	27	3.1.3 ping 命令排查故障技巧	50
2.1.2 生成树协议	29	3.1.4 ping 的结果	50
2.1.3 链路聚合	32	3.2 ipconfig	50
2.2 路由技术	32	3.2.1 ipconfig 命令的功能	50
2.2.1 VRRP	33	3.2.2 ipconfig 命令的格式	51
		3.3 arp	52
		3.3.1 arp 命令的功能	52
		3.3.2 arp 命令的格式	52
		3.3.3 arp 命令举例	53
		3.4 netstat	53

3.4.1	netstat 命令的功能	53	4.6.2	网络工程监理的内容	72
3.4.2	netstat 命令的格式	54	4.6.3	如何有效实施项目监理	72
3.5	tracert	55	<b>第二篇 实践篇</b>		
3.5.1	tracert 命令的功能	55	<b>第5章 高可用性校园网工程案例</b>		
3.5.2	tracert 命令的格式	55	规划与设计		
3.6	route	56	5.1	校园网工程需求分析	76
3.6.1	route 命令的功能	56	规划与设计		
3.6.2	route 命令的格式	56	5.1.1	校园网背景描述	76
3.6.3	route 命令举例	58	5.1.2	网络系统需求分析	76
3.7	nslookup	58	5.1.3	网络功能需求分析	78
3.7.1	nslookup 命令的功能	58	5.2	网络系统集成实验室环境介绍	80
3.7.2	nslookup 命令的格式	59	网络系统集成专业实验室		
3.7.3	nslookup 命令举例	59	介绍		
3.7.4	nslookup 命令错误消息说明	60	5.2.1	网络系统集成专业实验室	80
<b>第4章 网络工程开发与项目管理</b>			5.2.2	U型实验区设备介绍	81
流程			5.2.3	网络系统集成专业实验室	81
4.1	网络工程的工作内容	61	功能介绍		
4.2	网络工程设计与实施的步骤	63	5.3	网络系统设计原则	81
4.2.1	用户调查与需求分析	63	5.4	网络系统集成实验室校园网工程	83
4.2.2	网络系统设计	64	案例设计		
4.2.3	工程组织和实施	64	5.5	网络拓扑的设计	84
4.2.4	系统测试与验收	65	5.6	校园网功能区规划设计	84
4.2.5	网络安全、管理与系统维护	65	5.6.1	网络互联功能设计	84
4.3	网络项目管理基础	65	5.6.2	服务器集群布局设计	85
4.3.1	项目的概念及特点	65	5.6.3	网络安全部署设计	85
4.3.2	网络项目管理要素	66	5.7	网络系统集成实验室校园网 IP	86
4.3.3	网络项目管理特点	66	地址规划和设备采购清单		
4.3.4	网络项目管理内容	67	5.8	网络设备的功能要求	88
4.4	项目质量管理基础	67	5.8.1	校本部局域网网络设备功能	88
4.4.1	ISO 9001	67	要求		
4.4.2	网络项目质量控制环节	68	5.8.2	Internet 网络设备要求	90
4.4.3	网络项目质量的指标体系和	69	5.8.3	分校区局域网网络设备要求	91
控制方法			5.8.4	网络服务器功能设计	91
4.5	网络项目成本及效益分析	69	5.9	综合布线规划	92
4.5.1	网络项目成本测算	69	综合布线系统概述		
4.5.2	网络项目时间估算	70	5.9.1	综合布线系统概述	92
4.5.3	网络项目效益与风险	71	5.9.2	项目实施流程分析	93
4.6	网络工程项目监理	72	5.9.3	布线规划设计	94
4.6.1	网络工程监理的必要性	72	<b>第6章 模拟校园网工程布线施工</b>		
			6.1	工程文档设计	96
			6.1.1	点数统计表的编制	96



6.1.2	综合布线系统图设计	97	8.6	802.1x 端口接入安全	191
6.1.3	综合布线工程信息点端口 对应表的设计与编制	98	第9章	网络服务器部署	199
6.1.4	施工图设计	99	9.1	基于LVS的WWW服务器 架构	199
6.1.5	材料表的编制	102	9.2	FTP服务器架构	208
6.2	跳线制作和端接	103	9.3	Email服务器架构	212
6.2.1	网络跳线制作及测试	103	9.4	DNS服务器架构	216
6.2.2	基本链路端接	104	9.5	DHCP服务器架构	220
6.2.3	复杂链路端接	105	9.6	AAA服务器架构	223
6.3	管槽系统安装	106	第10章	网络工程系统测试、验收与 评估分析	229
6.3.1	PVC线管布线	106	10.1	测试目的	229
6.3.2	PVC线槽布线	107	10.2	布线测试	229
6.4	机柜与信息插座底盒安装	107	10.2.1	系统初验	229
6.4.1	立式机柜及设备的安装	107	10.2.2	工程验收	230
6.4.2	壁挂式机柜的安装	109	10.2.3	双绞线测试	233
6.4.3	信息插座底盒的安装	109	10.2.4	光纤传输通道测试	235
第7章	网络功能实现	111	10.2.5	物理验收	236
7.1	VRRP三层交换机双网关备份	111	10.3	验收测试	236
7.2	VRRP路由网关备份	121	10.4	评估分析	240
7.3	MSTP消除物理环路	124	附录	扩展实训	242
7.4	端口聚合	135	附录A	利用TFTP升级现有交换机 操作系统	242
7.5	端口流量监控	140	附录B	利用TFTP升级现有路由器 操作系统	243
7.6	OSPF NSSA区域配置	144	附录C	利用ROM方式重写交换机 操作系统	245
7.7	路由重发布实现全网互通	150	附录D	利用ROM方式重写路由器 操作系统	247
7.8	VoIP语音功能实现(模拟电话 实现)	154	附录E	利用TFTP备份恢复交换机 配置	248
7.9	VoIP语音功能实现(IP电话 实现)	157	附录F	利用TFTP备份恢复路由器 配置	251
第8章	网络安全部署	167	参考文献		255
8.1	硬件防火墙安全设计	167			
8.2	无线接入设备的安全认证管理	174			
8.3	VPN设备隧道安全设计	180			
8.4	交换机端口安全设计	186			
8.5	服务器安全管理PVLAN规划	188			

# 第一篇

## 理论篇

本篇结合当前的网络发展现状，深入分析了网络工程领域各种组网工程设备的工作原理、关键组网技术、网络工程项目的开发流程以及进行网络调试和故障维护的常用命令等。

# 第 1 章

## ■ 网络工程基础

### 1.1 系统集成与网络工程

#### 1.1.1 系统集成

系统集成是根据用户需求和资金规模, 优选各种技术和产品, 将各个分离的子系统连接成为一个完整的、可靠的、经济和有效的整体, 并使其能彼此协调工作, 发挥整体效益, 达到整体优化的目的。系统集成一般可分为软件集成、硬件集成和网络系统集成等。

##### 1. 软件集成

“软件”不仅指操作系统平台, 还包括各种应用软件。软件集成是为某一特定的应用环境提供解决问题的架构软件的相互接口。因此, 软件集成要解决的首要问题是异构软件的相互接口。例如, 微软公司将 Windows 操作系统与 Web 浏览器集成在一起, 为用户访问 Internet 提供了便利, 使系统功能得到了增强。目前, 许多软件开发商都在把自己的产品进行集成, 为用户提供更好的服务。

##### 2. 硬件集成

硬件集成是指使用硬件设备把各个分离的子系统连接起来, 以达到或超过系统设计的性能技术指标。例如, 使用交换机连接局域网的用户计算机、打印机等, 使用路由器连接各个子网或其他网络等。

##### 3. 网络系统集成

网络系统集成开始仅限于计算机局域网系统集成, 但随着计算机网络技术的发展和应用范围的日益扩大, 又出现了智能大厦网络系统集成、智能小区网络系统集成等。网络系统集成是以用户的应用需求和资金规模为出发点, 通过结构化综合布线系统和计算机网络技术, 选择各种软硬件产品, 经过相关人员的集成设计、安装调试、应用开发等大量技术性工作和管理、商务工作, 使集成后的系统成为能够满足用户的实际工作需求、具有良好性能和合理价格的计算机网络系统。计算机网络系统是一个有机的整体。对于一个大型的综合计算机网络系统, 系统集成包括计算机硬件、软件、操作系统、数据库、网络通信技术等的集成, 以

及不同厂家产品选型和搭配的集成。

系统集成所要达到的目标就是整体性能最优，即所有部件结合在一起后不仅能正常工作，而且成本低、效率高、性能均衡、可扩充性和可维护性好。为了达到此目标，系统集成商的优劣是最关键的。通常，系统集成商拥有一批精通各方面 IT 技术、具有网络系统设计与实施经验的专业技术人员，他们可以根据用户的环境和技术应用现状、用户的需求及投资预算，为用户设计出相应的计算机网络系统方案，并帮助用户选定方案和进行项目实施。

### 1.1.2 网络工程

网络工程就是将工程化的技术和方法应用到计算机网络系统中。因此，网络工程不仅涉及计算机软件、硬件、操作系统、数据库、网络通信等多种技术问题，还涉及商务、企业管理等方面的内容。网络工程是一项综合性的技术活动，也是一项综合性的管理和商务活动，是一门研究网络系统规划、设计、管理及维护的综合性学科，它涉及计算机技术、网络技术、数据库技术、软件工程、管理学以及控制论等多个领域。这就对网络工程技术人员提出了很高的要求：不仅要精通各个厂商的产品和技术，能够提出系统模式和技术解决方案，而且还要对用户的业务模式、组织结构等有较好的理解，同时还要能够用现代工程学和项目管理的方式，对计算机网络系统各个流程进行统一的进程和质量控制，并提供完善的服务。网络工程的层次结构如图 1-1 所示。

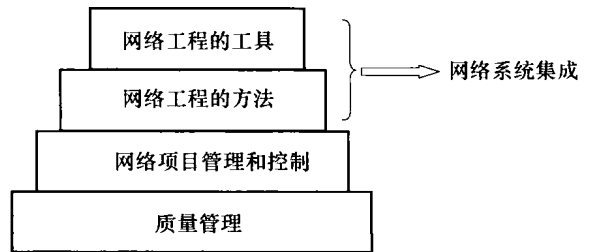


图 1-1 网络工程的层次结构

网络工程的核心是以“质量”为准则，全面的质量管理和相关理念可以刺激网络工程技术和方法的不断发展和改进。

网络项目管理和控制的作用是为了保证计算机网络能够合理、及时地设计、实施、完成，明确各个环节之间的联系，规定技术方法的采用，控制工程产品的选择，保证质量以及控制和管理各种变化的发生等。

网络工程的方法用于决定使用什么网络技术、如何组建网络，包括需求分析、方案设计、工程实施、系统测试和网络维护等。

网络工程的工具是支持网络开发的所有对象的总称，例如，网络设计中用于绘制网络拓扑结构图的工具 Visio、网络布线所使用的各种工具、网络测试用的各种工具、网络项目管理工具 Project 等，它可以为“网络项目管理和控制”、“网络工程的方法”提供自动和半自动的支持。

网络工程的方法和工具的结合形成了网络系统集成。由此，可定义：网络工程是使用网络系统集成的方法，根据建设目标和设计原则，经过充分的需求分析和市场调研，通过结构化综合布线系统和计算机网络技术，制定出网络建设方案，并依据方案的步骤，协助工程招标投标、设计、实施、管理与维护等一系列活动。

## 1.2 计算机网络体系结构

计算机网络的建设和维护是一个非常复杂的系统工程，为了直观形象地说明和解释其中的工作机制，人们通常建立网络模型，使用分层的原理直观地说明它，这就形成了计算机网

络体系结构。常见的计算机网络体系结构有 OSI 参考模型、TCP/IP 体系结构等。

### 1.2.1 OSI 参考模型

OSI 参考模型 (OSI/RM) 的全称是开放系统互连参考模型 (Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM), 它是由国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 提出的一个网络系统互连模型。

根据整个计算机网络的功能, OSI 参考模型将网络划分为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层共七层, 如图 1-2 所示。其中物理层、数据链路层、网络层、传输层通常称做底层 (面向数据传输), 是网络工程师所研究的对象; 会话层、表示层、应用层则称做高层 (面向用户应用), 是用户面向和关心的内容。

下面按照自底向上的顺序简单介绍一下各层的主要功能。

#### 1. 物理层

物理层是整个 OSI 参考模型的最底层, 主要协调在物理媒体中传送比特流所需的各种功能。该层规定了通信设备的机械、电气、功能和过程等特性, 用以建立、维护和拆除物理链路连接。物理层是建立在物理介质之上的, 它提供的是机械和电气接口, 主要包括线缆、物理端口和附属设备, 如双绞线、光纤、RJ45 接口、串口等都是工作在这个层次的。

物理层定义的典型规范包括: EIA/TIA RS-232、EIA/TIA RS-449、V.35、RJ45 等。在物理层, 数据的单位称为比特 (bit)。工作在这一层的主要设备有中继器和集线器。

#### 2. 数据链路层

在物理层提供比特流服务的基础上, 建立相邻节点之间的数据链路, 通过差错控制提供数据帧 (frame) 在信道上的无差错传输。数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。该层的作用包括: 物理地址寻址、数据的成帧、流量控制、数据的检错、重发等。

数据链路层协议的代表包括: SDLC、HDLC、PPP、X25、帧中继等。在这一层, 数据的单位称为帧。工作在这一层的主要设备有网桥、低端的交换设备和 Modem (调制解调器) 之类的拨号设备。工作在这个层次上的交换机俗称“二层交换机”。

#### 3. 网络层

在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能会经过很多个数据链路, 也可能还要经过很多通信子网。网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换节点, 确保数据及时传送。网络层将解封数据链路层收到的帧, 提取数据包 (包中封装有网络层包头, 其中含有逻辑地址信息, 即源站点和目的站点地址的网络地址)。地址解析和路由是该层的重要功能。网络层还可以实现拥塞控制、网际互连等功能。

网络层协议的代表包括: IP、IPX、OSPF 等。在这一层, 数据的单位称为数据包 (packet)。工作在这一层的主要设备有路由器和三层交换机。

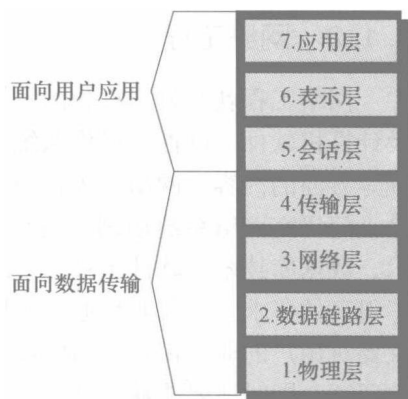


图 1-2 OSI 参考模型

#### 4. 传输层

传输层所处的位置在七层中的第四层，是承上启下的一层，是 OSI 参考模型中重要的一层。该层负责将报文准确、可靠、顺序地从源端传输到目的端（端到端），这两个端点可以在同一网段上，也可以在不同网段上。

传输层协议的代表包括：TCP、SPX 等。在这一层，数据的单位称为数据段（segment）。

#### 5. 会话层

会话层提供的服务可使应用建立和维持会话，并能使会话获得同步。该层使用校验点，使通信会话在通信失效时可从校验点继续恢复通信。这种能力对于传送大的文件极为重要。会话层、表示层、应用层构成 OSI 参考模型的上三层，面对应用进程提供分布处理、对话管理、信息表示、恢复最后的差错等功能。

在会话层及以上的高层次中，数据传送的单位不再另外命名，统称为报文（message）。

#### 6. 表示层

表示层考虑的是两个系统所交换的信息的语法和语义，即用于数据管理的表示方式，如用于文本文件的 ASCII 和 EBCDIC，用于表示数字的 1S 或 2S 补码表示形式等。如果通信双方用不同的数据表示方法，他们就不能互相理解。表示层就是用于屏蔽这种不同之处的。

表示层的主要功能有：数据的编码和解码、数据语法转换、语法表示、表示连接管理、数据加密和数据压缩。表示层是各节点应用程序、文件传输的“翻译官”。

#### 7. 应用层

应用层是整个 OSI 参考模型的最高层，其主要作用是为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口。应用层包含用户应用程序执行通信任务所需要的协议和功能，如电子邮件和文件传输等。

应用层协议的代表包括：Telnet、FTP、HTTP、SNMP 等。

### 1.2.2 TCP/IP 体系结构

TCP/IP 是 Transmission Control Protocol/Internet Protocol 的缩写，中文译名为传输控制协议/网际协议，又名网络通信协议，是 Internet 国际互联网络的基础协议。确切地说它是由一组协议组成的协议族，其中包含两个著名的协议：传输控制协议和网际协议。因此又常把 TCP/IP 体系结构称为 TCP/IP 协议族或 TCP/IP 协议栈，简称为 TCP/IP。

TCP/IP 是由美国国防部在 20 世纪 60 年代末为 ARPAnet 而开发的。由于低成本和在多个平台间通信的可靠性，TCP/IP 迅速流行并发展起来。TCP/IP 协议现在得到了全世界的公认。目前，众多的网络设备厂商都支持 TCP/IP 协议，它实际上已代替 OSI 协议，发展成为一个事实上的全球网络互联工业标准。严格地说，TCP/IP 并没有形成一个完整的体系结构，为了方便阐述 TCP/IP 协议族中的各种协议功能，通常也会像 OSI 参考模型那样，采用分层的方式解释 TCP/IP，如图 1-3 所示。

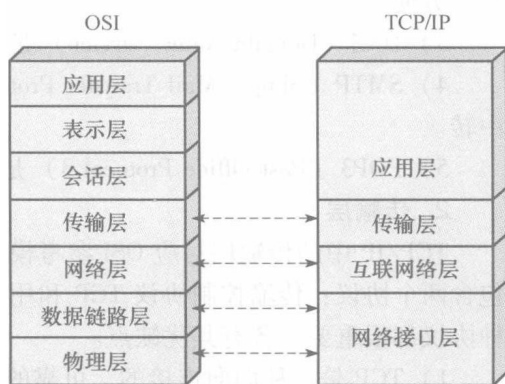


图 1-3 OSI 参考模型和 TCP/IP 协议族对照

从图 1-3 可以看出，TCP/IP 协议族分层和 OSI 参考模型分层结构基本相似，但在功能划分上有一定的区别。TCP/IP 将 OSI 中的上三层统一整合成为一个单一的应用层，从而使数据的格式表示、数据会话的建立等功能和应用软件更精密地结合起来，使通信中的数据处理部分更集中，与 OSI 相比也更为实用和简单。另外，TCP/IP 也将 OSI 中的下两层统一整合成为一个单一的网络接口层。TCP/IP 协议族各层协议分布如图 1-4 所示。

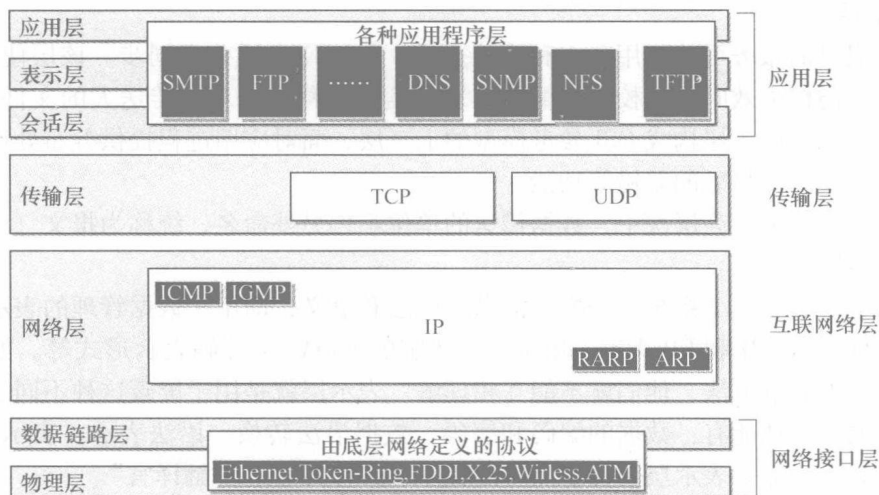


图 1-4 TCP/IP 协议族

下面针对 TCP/IP，逐层介绍其每一层的协议。

### 1. 应用层

应用层是 TCP/IP 的最高层，相当于 OSI 参考模型中应用层、表示层和会话层的综合，是面向用户使用的层次，为终端用户提供使用网络的服务。应用层服务由使用 TCP/IP 进行通信的程序提供。一个应用就是一个用户进程，它通常与其他主机上的另一个进程合作。应用层包含了所有的高层协议，如：

1) FTP (File Transfer Protocol) 是文件传输协议，一般上传、下载会用到 FTP 服务，数据端口是 20，控制端口是 21。

2) TELNET 服务是用户远程登录服务，它使用 23 端口，使用明码传送，保密性差，但简单方便。

3) DNS (Domain Name Service) 是域名解析服务，提供域名到 IP 地址之间的转换。

4) SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) 是简单邮件传输协议，用来控制信件的发送、中转。

5) POP3 (Post Office Protocol 3) 是邮局协议第 3 版本，用于接收邮件。

### 2. 传输层

TCP/IP 中的传输层对应 OSI 参考模型中的传输层，提供了端到端的数据传输。这一层包含两个协议：传输控制协议 TCP 和用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)。这两种协议都很重要，各有其优缺点。

1) TCP 是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议，提供了面向连接的可靠的数据传送、重复数据抑制、拥塞控制以及流量控制等功能。

2) UDP 提供了一种无连接的、不可靠的、尽最大努力交付的服务。UDP 协议主要用于那些“不想使用 TCP 提供的序列化或者流控功能, 而希望自己提供这些功能”的应用程序。

### 3. 互联网络层

TCP/IP 中的互联网络层对应 OSI 参考模型中的网络层, 该层为分组交换网上的不同主机提供通信。该层的主要任务是将传输层产生的报文封装成数据包进行传送, 并且让这些数据包独立地到达目的地(目的地可能与源地在不同的网段上), 这些数据包到达目的地的顺序可能与它们发送的顺序不一致, 数据包在传送的过程中也可能丢失、传错。在这种情况下, 如果有必要保证有序、正确地到达目的地, 则由高层来负责。互联网络层主要有以下一些协议:

1) IP 网际协议。是互联网络层的核心协议, 是一种无连接协议, 不负责传输的可靠性, 不具有流量控制和差错恢复功能。IP 协议提供了路由功能, 它试图把传输的数据传送到目的地, 数据包路由和避免拥塞是需要解决的最主要问题。

2) ICMP (Internet Control Message Protocol) 控制报文协议。IP 协议提供了无连接的数据包传送服务, 然而, 在传送过程中如果发生差错或意外情况(如数据包目的地址不可达, 数据包在网络中的滞留时间超过其生存期, 中转节点或目的节点主机因缓冲区不足而无法处理数据包等), 总要通过一种通信机制向源节点报告差错情况, 以便源节点对差错进行相应的处理。ICMP 正是提供这类差错报告服务的协议。它在 IP 层加入一类特殊用途的报文机制, 以满足 IP 协议报告差错的需求。该协议典型的应用有: 测试目的地的可达性 (ping)、测试到达目的地的路径 (tracert) 等。

3) ARP (Address Resolution Protocol) 地址解析协议。用于将 IP 地址解析成硬件地址。

4) RARP (Reverse ARP) 逆地址解析协议。用于将硬件地址解析成 IP 地址。

### 4. 网络接口层

TCP/IP 中的网络接口层对应 OSI 参考模型中的数据链路层和物理层, 是 TCP/IP 的最底层, 通常包括操作系统中的设备驱动程序和计算机中对应的网络接口卡, 它们一起处理线缆上的物理接口的细节。

网络接口层的主要作用是负责接收 IP 数据包并通过网络发送, 或者从网络上接收物理帧, 抽出 IP 数据包, 交给 IP 层。网络接口层直接控制着网络层与介质的通信, 主要任务有: 组帧、物理编址、流量控制、差错控制、接入控制等。网络接口层常见的协议有:

1) 802.3 以太网协议。

2) 802.4 令牌环网协议。

3) 802.11a/b/g 无线局域网协议。

4) PPP 点到点协议。

## 1.3 网络传输介质

网络传输介质是网络设备间连接的中间介质, 是信号传输的载体。每一种网络传输介质都有自己的特性, 包括带宽、传输距离、抗干扰性、价格以及安装和维护的难易程度等。选择合适的网络介质是组建网络的基础, 其质量好坏直接关系到整个网络的性能。工程师应该根据工程项目需求恰当地选择合适的网络传输介质。

传输介质一般分为有线传输介质和无线传输介质两大类。常用的有线传输介质主要有同轴电缆、双绞线、光纤等。无线传输介质主要有无线电、微波、红外线等。



### 1.3.1 同轴电缆

同轴电缆是指有两个同心导体，而导体和屏蔽层又共用同一轴心的电缆。最常见的同轴电缆由以绝缘材料隔离的铜线导体组成，在里层绝缘材料的外部是另一层环形导体及其绝缘体，然后整个电缆由聚氯乙烯或特氟纶材料的护套包住，如图 1-5 所示。这种结构的金属屏蔽层可防止中心导体向外辐射电磁场，同时也可用来防止外界电磁场干扰中心导体的信号。

目前，常用的同轴电缆有两类： $75\Omega$  和  $50\Omega$  的同轴电缆。 $75\Omega$  同轴电缆常用于 CATV 网（即有线电视网），故又称为 CATV 电缆。CATV 电缆的传输带宽可达  $1\text{GHz}$ ，目前常用的传输带宽为  $750\text{MHz}$ 。 $50\Omega$  同轴电缆主要用于基带信号传输，传输带宽为  $1\sim 20\text{MHz}$ ，总线型以太网就是使用  $50\Omega$  同轴电缆进行的数据传输。

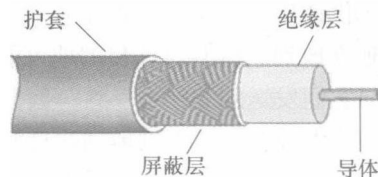


图 1-5 同轴电缆结构图

同轴电缆根据其直径大小可以分为粗同轴电缆与细同轴电缆。粗同轴电缆适用于比较大型的局域网，它的传输距离远，可靠性高，由于安装时不需要切断电缆，因此可以根据需要灵活调整计算机的入网位置，但粗缆网络必须安装电缆收发器，安装难度大，所以总体造价高。相反，细同轴电缆安装则比较简单，造价低，但由于安装过程要切断电缆，两头须装上基本网络连接头（BNC），然后接在 T 型连接器两端，所以当接头较多时容易产生故障隐患。

无论是粗缆还是细缆均为总线型拓扑结构，即一根线缆上挂接多台主机。这种拓扑适用于机器密集的环境。但是，当一个节点发生故障时，故障会串联影响到整根线缆上的所有主机，故障的诊断和修复很麻烦。因此，在计算机网络组建中，同轴电缆已基本被非屏蔽双绞线和光缆取代。

### 1.3.2 双绞线

双绞线（Twisted Pair, TP）是计算机网络组建中最常用到的传输介质，它由若干对具有绝缘保护层的铜导线组成。每对具有绝缘保护层的铜导线按一定节距互相绞合在一起，可降低信号干扰的程度（每对导线的其中一根在传输中辐射出来的电磁波会被另一根上辐射的电磁波抵消）。

#### 1. 双绞线的分类

目前，双绞线主要分为非屏蔽双绞线（Unshielded Twisted Pair, UTP）和屏蔽双绞线（Shielded Twisted Pair, STP）两种，如图 1-6 所示。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹着，它的价格相对要高一些。

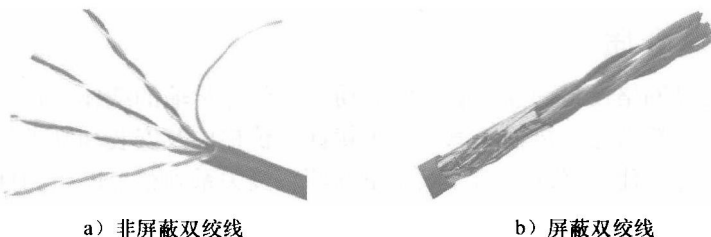


图 1-6 双绞线