



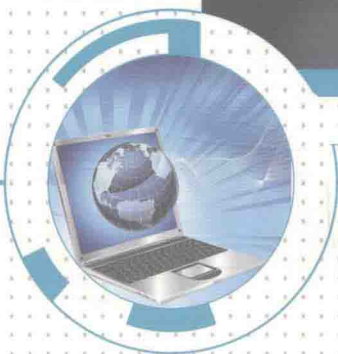
高等职业教育“十三五”规划教材（网络工程课程群）

21 世纪高职高专系列规划教材

计算机网络

基础应用

主 编 杨智勇 唐 宏
副主编 刘方涛 唐丽均 周 瑜



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等职业教育“十三五”规划教材（网络工程课程群）

计算机网络基础应用

主 编 杨智勇 唐 宏

副主编 刘方涛 唐丽均 周 瑜



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为计算机网络基础丛书。全书以模拟网络建设任务为主线,按照计算机网络协议、物理网络构建、交换机路由器配置、网络服务器架设、网站建设、网络安全配置、网络管理与维护来组织内容,同时以“计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试”的网络管理员考试的大纲要求为指导,内容覆盖计算机网络相关的主要知识点。

本书采用任务驱动方式编写,可操作性强,内容丰富,图文并茂,通过典型范例的引入,详细介绍了学生应掌握的网络知识和技能,注重网络实用性的介绍,并以实际中需要的技术、操作和使用技巧为主体,突出专业知识的实用性、综合性和先进性。

本书可作为高职高专计算机专业教材,同时也可作为网络管理员考试的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础应用 / 杨智勇, 唐宏主编. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2016.7
高等职业教育“十三五”规划教材. 网络工程课程群
ISBN 978-7-5170-4494-9

I. ①计… II. ①杨… ②唐… III. ①计算机网络—
高等职业教育—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第145225号

策划编辑: 祝智敏 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 郭继琼 封面设计: 李 佳

书 名	高等职业教育“十三五”规划教材(网络工程课程群) 计算机网络基础应用
作 者	主 编 杨智勇 唐 宏 副主编 刘方涛 唐丽均 周 瑜
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网 址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电 话: (010) 68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电 话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.75印张 449千字
版 次	2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	49.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

丛书编委会

主 任：杨智勇 李建华

副主任：王璐烽 武春岭 乐明于 任德齐 邓 荣

黎红星 胡方霞

委 员：万 青 王 敏 邓长春 冉 婧 刘 宇

刘 均 刘海舒 刘 通 杨 坝 杨 娟

杨 毅 吴伯柱 吴 迪 张 坤 罗元成

罗荣志 罗 勇 罗脂刚 周 桐 单光庆

施泽全 宣翠仙 唐礼飞 唐 宏 唐 林

唐继勇 陶洪建 麻 灵 童 杰 曾 鹏

谢先伟 谢雪晴

序 言

《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》的发布标志着我国全速开启通往“互联网+”时代的大门,我国在全功能接入国际互联网 20 年后达到全球领先水平。目前,我国约 93.5% 的行政村已开通宽带,网民人数超过 6.5 亿,一批互联网和通信设备制造企业进入国际第一阵营。互联网在我国的发展,分别“+”出了网购、电商,“+”出了 O2O (线上线下联动),也“+”出了 OTT (微信等顶端业务),而 2015 年则进入“互联网+”时代,开启了融合创新。纵观全球,德国通过“工业 4.0 战略”让制造业再升级;美国通过“产业互联网”让互联网技术的优势带动产业提升;如今在我国,信息化和工业化的深度融合越发使“互联网+”被寄予厚望。

“互联网+”时代的到来,使网络技术成为信息社会发展的推动力。社会发展日新月异,新知识、新标准层出不穷,不断挑战着学校相关专业教学的科学性,这给当前网络专业技术人才的培养提出了极大的挑战,因此,新教材的编写和新技术的更新也显得日益迫切。教育只有顺应时代的需求持续不断地进行革命性的创新,才能走向新的境界。

在这样的背景下,中国水利水电出版社和重庆工程职业技术学院、重庆电子工程职业学院、重庆城市管理职业学院、重庆工业职业技术学院、重庆信息技术职业学院、重庆工商职业学院、浙江金华职业技术学院等示范高职院校及中兴通讯股份有限公司、星网锐捷网络有限公司、杭州华三通信技术有限公司等网络产品和方案提供商联合,组织来自企业的专业工程师和部分院校的一线教师协同规划和开发了本系列教材。教材以网络工程实用技术为脉络,依托来自企业多年积累的工程项目案例,将目前行业发展中最实用、最新的网络专业技术汇集到专业方案和课程方案中,然后编写入专业教材,再传递到教学一线,以期为各高职院校的网络专业教学提供更多的参考与借鉴。

一、整体规划全面系统 紧贴技术发展和应用要求

本系列教材的规划和内容的选择都与传统的网络专业教材有很大的区别,选编知识具有体系化、全面化的特征,能体现和代表当前最新的网络技术的发展方向。为帮助读者建立直观的网络印象,本书引入来自企业的真实网络工程项目,让读者身临其境地了解发生在真实网络工程项目中的场景,了解对应的工程施工中所需要的技术,学习关键网络技术应用对应的技术细节,对传统课程体系实施改革。真正做到了强化实际应用,全面系统培养人才,以尽快适应企业工作需求为教学指导思想。

二、鼓励工程项目形式教学 知识领域和工程思想同步培养

倡导教学以工程项目的形式开展,按项目划分小组,以团队的方式组织实施;倡导各团队成员之间进行技术交流和沟通,共同解决本组工程方案的技术问题,查询相关技术资料,并撰写项目方案等工程资料。把企业的工程项目引入到课堂教学中,针对工程中所需要的实际工作技能组织教学,重组理论与实践教学内容,让学生在掌握理论体系的同时,能熟悉网络工程实施中的实际工作技能,缩短学生未来在企业工作

岗位上的适应时间。

三、同步开发教学资源 及时有效更新项目资源

为保证本系列课程在学校的有效实施，丛书编委会还专门投入了巨大的人力和物力，为本系列课程开发了相应的、专门的教学资源，以有效支撑专业教学实施过程中备课、授课以及项目资源的更新、疑难问题的解决，详细内容可以访问中国水利水电出版社万水分社的网站，以获得更多的资源支持。

四、培养“互联网+”时代软技能 服务现代职教体系建设

互联网像点石成金的魔杖一般，不管“+”上什么，都会发生神奇的变化。互联网与教育的深度拥抱带来了教育技术的革新，引起了教育观念、教学方式、人才培养等方面的深刻变化。正是在这样的机遇与挑战面前，教育在尽量保持知识先进性的同时，更要注重培养人的“软技能”，如沟通能力、学习能力、执行力、团队精神和领导力等。为此，在本系列教材规划的过程中，一方面注重诠释技术，一方面融入了“工程”“项目”“实施”和“协作”等环节，把需要掌握的技术元素和工程软技能一并考虑进来，以期达到综合素质培养的目标。

本系列教材是出版社、院校教师和企业联合策划开发的成果，希望能吸收各方面的经验，积众所长，保证规划课程的科学性。配合专业改革、专业建设的开展，丛书主创人员先后数次组织研讨会进行交流、组织修订以保证专业建设和课程建设具有科学的指向性。来自中兴通讯股份有限公司、星网锐捷网络有限公司、杭州华三通信技术有限公司的众多专业工程师，以及产品经理罗荣志、罗脂刚、杨毅等为全书提供了技术审核和工程项目方案的支持，并承担全书技术资料的整理和企业工程项目的审阅工作。重庆工程职业技术学院的杨智勇、李建华，重庆工业职业技术学院的王璐烽，重庆电子工程职业学院的武春岭、唐继勇，重庆城市管理职业学院的乐明于、罗勇，重庆工商职业学院的胡方霞，重庆信息技术职业学院的曾鹏，浙江金华职业技术学院的宣翠仙等在全书成稿过程中给予了悉心指导及大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

本系列丛书的规划、编写与出版历经三年的时间，在技术、文字和应用方面历经多次的修订，但考虑到前沿技术、新增内容较多，加之作者文字水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者指正。

丛书编委会

前言

随着计算机技术和网络通信技术的飞速发展,计算机网络已经渗透到了社会的各个领域,网络已经成为人们日常学习、工作、生活中进行沟通交流的主要平台。目前,计算机网络正广泛应用于办公自动化、“互联网+”、云计算、企业管理、金融与商业的信息化、军事、科研、教育、信息服务产业、医疗等各个领域。计算机网络技术是支持全球信息基础设施的最主要技术之一,国内外的信息技术和信息产业领域都需要大量掌握计算机网络与通信技术的专业人才,为了解决这一问题,我国大部分高职高专院校都开设了“计算机网络技术”或“计算机网络基础应用”这两门课程,且国家经济和信息化委员会、人社部专门设立了网络管理员职业资格认证考试。但目前已有的教材存在内容陈旧、重理论轻实践、缺乏实际操作技能训练等问题,我们针对高职高专计算机类专业和网络技术工程人员,组织编写了理实一体、可操作性强的计算机网络技术应用教程。

本书主要特色如下:

1. 本书基于工作过程导向的课程开发方法,依托高职计算机类专业人才培养目标和要求,基于“建网—管网—用网”这一工作过程,重构课程内容。
2. 本书基于网络管理员职业资格认证考试要求和网络管理员职业岗位标准设计课程内容,内容全面、实用、新颖,既有利于教学,又有利于自学。
3. 本书在编写过程中力求做到:理论以必需、够用为度,注重网络实用性及实际应用的介绍,并以实际中需要的技术、操作和使用技巧为主体。
4. 通过典型范例的引入,详细介绍了学生应掌握的网络知识和技能。充分体现以学生学习为主,教师教育为辅的“教、学、做”一体化的教学模式,以案例导入、提出问题、分析问题、解决问题为思路,突出专业知识的实用性、综合性和先进性。

本书是作者多年潜心一线教学和研究之作,也是这些年来从事网络工程项目设计与实施的经验总结。

本书根据计算机网络管理员职业岗位标准和国家网络管理员职业资格认证考试的要求,以“建网、管网、用网”为主线,全面介绍了计算机网络协议体系结构、物理网络构建、通信子网的组建与配置、资源子网的组建与配置、Internet 网站建设、网络安全建设、网络管理、网络新技术等内容。既有计算机网络的基础理论,又有计算机网络的实用技术,并包含了一些计算机网络技术的最新研究成果。

本书由杨智勇、唐宏任主编,负责全书的编写、统稿、修改、定稿工作,刘方涛、唐丽均、周瑜任副主编。主要编写人员分工如下:杨智勇编写了第5、6、7章,唐宏编写了第1、2章,刘方涛编写了第3、4章,唐丽均编写了第8章,周瑜负责本书的统稿和文字校对工作。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,肯请读者批评指正。

作者

2016年4月

序言

前言

第 1 章 计算机网络的语言—— 理解计算机网络协议

1.1 什么是网络协议	002
1.2 网络协议的体系结构	003
1.3 ISO/OSI RM	003
1.3.1 TCP/IP 协议族	006
1.3.2 ISO/OSI RM 与 TCP/IP 协议的 关系	008
1.4 物理层协议	009
1.4.1 物理层协议基础	009
1.4.2 数据通信基本概念	010
1.4.3 数据传输	014
1.4.4 数据编码	017
1.4.5 多路复用技术	019
1.4.6 数据交换技术	020
1.5 数据链路层协议	024
1.5.1 数据链路层协议基础	024
1.5.2 CSMA/CD 协议工作原理	025
1.5.3 以太网帧格式	026
1.5.4 真实以太网帧分析	027
1.6 网络层协议	028
1.6.1 网络层协议基础	028
1.6.2 IPv4 数据包首部格式	028
1.6.3 真实数据 IP 协议分析	030
1.6.4 IP 地址	031
1.6.5 ARP/RARP 协议	039
1.6.6 ICMP 协议	043
1.7 传输层协议	044
1.7.1 传输层协议基础	044
1.7.2 UDP 协议	044
1.7.3 TCP 协议	046
1.7.4 端口号	051
1.8 应用层协议	052
1.8.1 应用层协议基础	052
1.8.2 常见的应用层协议	053
1.9 任务 1-1: 网络数据包捕获与 协议分析	064
1.9.1 任务描述	064
1.9.2 相关知识	065
1.9.3 任务实施	065
1.9.4 任务总结	069

1.10 本章小结	069
-----------------	-----

第 2 章 计算机网络的躯干—— 构建物理网络

2.1 计算机网络硬件	071
2.1.1 计算机网络的硬件组成	071
2.1.2 计算机	072
2.1.3 计算机网络通信线路	073
2.1.4 计算机网络设备	078
2.2 综合布线	085
2.2.1 什么是综合布线系统	085
2.2.2 综合布线系统的特点	085
2.2.3 综合布线标准	086
2.2.4 综合布线系统的构成	086
2.3 局域网标准	089
2.3.1 局域网基础	089
2.3.2 以太网标准	093
2.4 任务 2-1: 校园网络方案设计 ...	105
2.4.1 任务描述	105
2.4.2 相关知识	105
2.4.3 任务实施	111
2.4.4 任务总结	114
2.5 本章小结	115

第 3 章 计算机网络之通信子网—— 交换机与路由器配置

3.1 任务 3-1: 交换机的连接	117
3.1.1 任务描述	117
3.1.2 相关知识	117
3.1.3 任务实施	118
3.1.4 任务总结	122
3.2 任务 3-2: 交换机基本配置	122
3.2.1 任务描述	122
3.2.2 相关知识	122
3.2.3 任务实施	131
3.2.4 任务总结	135
3.3 任务 3-3: 配置 VLAN	135
3.3.1 任务描述	135
3.3.2 相关知识	136
3.3.3 任务实施	136
3.3.4 任务总结	138

3.4 任务 3-4: 静态路由协议配置 ...	139
3.4.1 任务描述	139
3.4.2 相关知识	139
3.4.3 任务实施	140
3.4.4 任务总结	143
3.5 任务 3-5: RIP 路由协议配置 ...	143
3.5.1 任务描述	143
3.5.2 相关知识	144
3.5.3 任务实施	145
3.5.4 任务总结	147
3.6 任务 3-6: OSPF 路由协议配置	148
3.6.1 任务描述	148
3.6.2 相关知识	148
3.6.3 任务实施	150
3.6.4 任务总结	155
3.7 本章小结	155

第4章 计算机网络之资源子网——网络操作系统与网络服务器配置

4.1 网络操作系统	157
4.1.1 网络操作系统基础	157
4.1.2 Windows 操作系统介绍	159
4.1.3 Linux 操作系统介绍	159
4.2 任务 4-1: Web 服务器安装与配置	160
4.2.1 任务描述	160
4.2.2 相关知识	160
4.2.3 任务实施	161
4.2.4 任务总结	166
4.3 任务 4-2: FTP 服务器安装与配置	166
4.3.1 任务描述	166
4.3.2 相关知识	166
4.3.3 任务实施	166
4.3.4 任务总结	170
4.4 任务 4-3: DNS 服务器安装与配置	170
4.4.1 任务描述	170
4.4.2 相关知识	171
4.4.3 任务实施	172
4.4.4 任务总结	177
4.5 任务 4-4: DHCP 服务器安装与配置	177
4.5.1 任务描述	177
4.5.2 相关知识	178
4.5.3 任务实施	179

4.5.4 任务总结	184
4.6 电子邮件服务器介绍	184
4.7 代理服务器介绍	184
4.8 本章小结	185

第5章 计算机网络的应用——Internet 与网站建设

5.1 Internet	187
5.1.1 Internet 与广域网	187
5.1.2 Internet 接入方式	188
5.1.3 Internet 的应用	192
5.2 校园网站建设	197
5.2.1 使用 HTML 制作静态网页	197
5.2.2 动态网页设计	207
5.3 本章小结	225

第6章 计算机网络的守护者——网络安全建设

6.1 网络安全基础	227
6.1.1 网络安全的基本概念	227
6.1.2 黑客的攻击手段	229
6.1.3 可信计算机系统评估标准	233
6.2 加密技术	237
6.2.1 数据加密原理	237
6.2.2 数据加密基本概念	238
6.2.3 现代加密技术	239
6.3 认证	244
6.3.1 基于共享密钥的认证	244
6.3.2 基于公钥的认证	244
6.4 数字签名	245
6.5 报文摘要	247
6.5.1 报文摘要算法 (MD5)	248
6.5.2 安全散列算法 (SHA-1)	248
6.6 数字证书	249
6.6.1 数字证书的基本概念	249
6.6.2 证书的获取	250
6.6.3 证书的吊销	251
6.7 应用层安全协议	252
6.7.1 S-HTTP	252
6.7.2 PGP	252
6.7.3 S/MIME	253
6.7.4 安全的电子交易	254
6.7.5 Kerberos	255
6.8 防火墙	255

6.8.1	防火墙简介.....	255
6.8.2	防火墙基本分类及实现原理.....	258
6.8.3	防火墙系统安装、配置基础.....	262
6.8.4	入侵检测的基本概念.....	265
6.9	计算机病毒.....	266
6.9.1	计算机病毒的概念.....	266
6.9.2	计算机病毒的分类.....	267
6.9.3	计算机病毒的特性.....	271
6.10	网络病毒简介.....	272
6.11	基于网络的防病毒系统.....	273
6.12	漏洞扫描.....	278
6.13	本章小结.....	280

第 7 章 计算机网络的运行——网络管理与维护

7.1	网络管理.....	282
7.1.1	网络管理的模型.....	282
7.1.2	网络管理功能.....	283
7.2	简单网络管理协议 SNMP 概述... ..	286
7.2.1	SNMP 的发展.....	286
7.2.2	SNMP 的配置.....	287
7.2.3	管理信息库 MIB.....	288
7.2.4	SNMP 协议的 5 种协议数据单元.....	290
7.2.5	管理信息结构 SMI.....	293
7.3	网络诊断和配置命令.....	294
7.3.1	ipconfig.....	294

7.3.2	ping.....	298
7.3.3	arp.....	301
7.3.4	netstat.....	302
7.3.5	route.....	304
7.3.6	tracert.....	306
7.3.7	nslookup.....	307

7.4	本章小结.....	309
-----	-----------	-----

第 8 章 计算机网络的发展——网络新技术

8.1	物联网.....	311
8.1.1	物联网的基本概念.....	311
8.1.2	物联网的体系结构.....	312
8.1.3	物联网的关键技术.....	313
8.1.4	物联网的应用前景.....	313
8.2	移动互联网.....	315
8.2.1	移动互联网简介.....	315
8.2.2	移动互联网的特点.....	315
8.2.3	移动互联网的发展现状.....	316
8.2.4	移动互联网的未来发展趋势.....	317
8.3	云计算.....	318
8.3.1	云计算的基本概念.....	318
8.3.2	云计算的特点.....	318
8.3.3	云计算对 IT 行业的影响.....	319
8.3.4	云计算的应用.....	320
8.4	本章小结.....	321

参考文献

第 1 章

计算机网络的语言—— 理解计算机网络协议

对于计算机网络的初学者来说，学习计算机网络最重要的部分是理解什么是网络协议以及网络协议是怎样工作的。大多数的初学者都会觉得网络协议是一个很抽象的东西，既看不见也摸不着，因此，对网络协议的理解也成为计算机网络初学者学习的难点之一。为此，我们将计算机网络协议作为本书的第 1 章，以一个从网络上捕获的数据包为基础，分析计算机网络协议的体系结构，进而帮助初学者理解各层协议的工作原理。

1.1

什么是网络协议

什么是网络协议呢？让我们百度一下吧，百度的解释是：网络协议是为计算机网络中数据进行交换而建立的规则、标准或约定的集合。

这个概念听起来很抽象，那么先让我们思考一下为什么会有网络协议，也就是网络协议的目的是什么。根据它的定义可知，网络协议的目的是为了在计算机网络中进行数据交换。我们知道计算机网络就是把分布在不同地方的计算机连接起来，然后通过计算机之间进行的数据交换来完成各种各样的网络功能。但计算机不是人，它怎么知道别的计算机发送过来的数据是什么意思呢？因此，我们人为地制定了计算机之间进行数据交换的规则、标准或约定，称之为协议。也就是说，计算机之间在进行数据交换时，只要大家都遵守同一协议，那么它们就能知道对方发送的数据是什么含义，或者自己要发送什么格式的数据才能让对方计算机明白应该做怎样的操作。

网络协议的功能基本上是用计算机软件来实现的，一般来说，只要我们安装了操作系统，无论是 Windows 系统、Linux 系统还是其他系统，计算机都会默认安装与系统相对应的常用网络协议的支持，如 TCP/IP 协议的支持。

在介绍网络协议时，都会提到网络协议的三要素：

(1) 语义。语义解释控制信息每个部分的意义，它规定了需要发出何种控制信息，完成什么样的动作和做出什么样的响应。

(2) 语法。语法是用户数据与控制信息的结构与格式，以及数据出现的顺序。

(3) 时序。时序是对事件发生顺序的详细说明，也可称为“同步”。

可以简单地把这三个要素描述为：语义表示要做什么，语法表示要怎么做，时序表示做的顺序。

网络协议三要素看起来很抽象，但我们可以把计算机之间的通信与人类之间的交流作一个类比：人类之间最直接的交流是通过语言，大家都学过语文，其实语义、语法、时序这些概念在我们学习语文时都会用到，只不过叫法可能不同而已；人类之间如果希望共同完成一件事，那么他们可以通过语言进行交流，这些语言也包含了语义、语法及时序的规则，而且这些规则必须是一致的，这样人类才能互相理解，就比如你若是不懂英语，就无法和一个说英语的外国人用语言进行交流；在计算机网络中，计算机之间进行交流的“语言”就是网络协议，计算机要共同完成某种功能，必须保证它们能够相互理解通过网络传递的数据，也就是说它们必须遵守同一网络协议，即使用同一“语言”，告诉对方要做什么（语义）、要怎么做（语法）、做的顺序（时序）。但有一个基本概念需要注意，计算机本身是没有“语言”的，所有的这些协议都是人们为了让计算机能够相互理解、协同工作而人为制定的标准和规则。

1.2 网络协议的体系结构

要让计算机相互理解、协同工作可不是一件容易的事，计算机网络要完成的功能也是各种各样的，怎样设计才能够使整个网络协议的结构更加清晰、实现更为容易、修改更为方便呢？目前使用的网络协议大都采用分层体系结构。

那么，什么是分层体系结构呢？分层体系结构来源于对整个网络协议体系的设计思路，由于网络协议是帮助计算机之间互相理解、相互协作来完成各种网络功能的，如果只用一个协议的话很难实现所有功能，并且实现相当复杂，修改也极不方便。因此，网络协议体系设计的主要思路是把一个复杂的功能划分为更小的功能模块，我们把这些小的功能模块称为“层”，每层实现部分的网络功能，所有层一起完成完整网的络功能。

1.3 ISO/OSI RM

1. ISO/OSI RM 简介

ISO/OSI RM 的全称是 International Organization for Standardization/Open System Interconnect Reference Model，翻译成中文为：国际标准化组织 / 开放系统互联参考模型。它是计算机网络协议分层体系结构的国际标准，如果希望实现不同开放系统之间的相互通信，可以参照它的分层模型进行协议的体系设计。ISO/OSI RM 共分为 7 层，从低到高分别为 1~7 层，如图 1-1 所示。

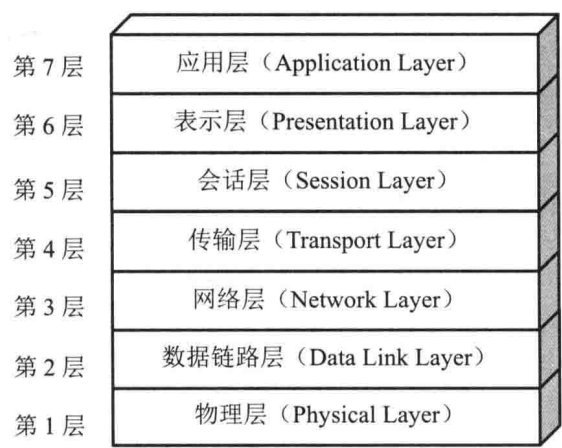


图 1-1 ISO/OSI RM 分层体系结构示意图

2. ISO/OSI RM 各层功能

(1) 物理层：物理层协议是一些标准和规范，这些大家都共同遵守的物理层协议

使数据能够通过物理介质从一方传递到另一方。物理层协议主要关注的是物理连接的机械、电气、功能和规程特性，简单地说就是规定接口的几何形状是什么样的，多少伏电压代表1，多少伏电压代表0，时钟速率是多少，采用什么样的编码，采用全双工还是半双工传输等，它并不关心要传输的数据是什么含义，只负责保证数据能够在物理介质上传输。像网络里面用得最多的以太网标准及通信常用的 RS-232（通常叫串口）标准中，都有相关的物理层协议。

（2）数据链路层：数据链路层协议的主要功能是保证有链路连接的主机之间或同一网络主机之间数据正确传输，即点到点的数据的正确传输。为此，它需要定义设备的硬件地址，以便能够准确找到该设备；还要定义设备在使用公用传输介质时，如何控制应该由哪个设备占用公用传输介质来传输数据；为了保证传输数据的正确性，还需要定义如何保证发送方与接收方的数据同步及差错检测方法等。常用的数据链路层协议有以太网的数据链路层协议及 HDLC 协议（高级数据链路协议，High-Level Data Link Protocol）等。

（3）网络层：网络层协议的主要功能是使数据包能够跨越多个网络，从一端的主机顺利到达远端主机。为了能够跨越不同的网络，在网络层需要定义统一的逻辑通信地址来标识源主机和目的主机。另外，网络层需要解决的问题是：当数据包通过多个网络传输时，它可能有多条路径可以到达目的地，如何才能选择一条最优的路径；当网络出现故障时如何调整最优路径；如何解决网络拥塞等。网络层协议包括著名的 IP 协议及各种动态路由协议等。

（4）传输层：传输层协议的主要功能是为主机里的不同应用提供端到端的传输服务。即使网络层协议已经能够保证数据从一个源主机到达另一个远端主机，但主机里可以有很多应用，这些应用数据是一个网页数据、一条 QQ 消息还是通过 FTP 下载的视频呢？这些数据是不是可靠的、完整的？这些问题都是由传输层协议来处理的，因此，传输层需要为不同的应用定义不同的服务访问点，以区分为不同的应用提供的传输服务；同时还要定义完善的差错处理机制及流量控制机制，以保证不同的应用只需要使用传输层提供的服务，就一定能够将数据传输到远端的对等应用进程，如果多次传输也不能将数据传输到目的应用进程，就通知源应用进程目的不可达。常见的传输层协议有 TCP 协议和 UDP 协议等。

（5）会话层：若传输层已经能够为两个远程主机的应用提供传输服务了，则可以简单地认为使用传输层可以在两个远程主机的应用之间建立起一个连接。在这个连接之上，应用进程之间还可以建立多个逻辑会话，会话层的功能就是对这些逻辑会话进行管理，包括建立、维护及终止会话等。

（6）表示层：如果两个主机对数据的表示方法不一致，就算数据能够在不同的应用进程之间正确传输，主机依然无法理解这些数据的含义，这就需要使用到表示层协议。表示层协议定义统一的数据表示方式，源主机通过表示层协议将自己特有的数据格式转换成标准的数据格式发送出去，目的主机再通过表示层协议将标准的数据格式转换为自己特有的数据格式，这样双方就能相互通信了。根据这个定义，网络数据加密功能也属于表示层协议功能，只不过这种数据格式是一种统一的加密格式而已。

(7) 应用层：应用层协议是为了实现网络上各种各样的网络服务而制定的协议，不同的应用使用不同的应用层协议，或者说应用程序使用不同的应用层协议来实现不同的网络功能。因此，应用层协议也是所有层次中包括协议最多的，如 HTTP 协议、DNS 协议、FTP 协议、TELNET 协议等等。

3. ISO/OSI RM 的工作模式

了解 OSI 参考模型 7 层协议的功能后，我们来了解一下它们的工作模式，即这 7 层协议是怎样相互协作共同完成网络通信功能的，如图 1-2 所示。OSI 参考模型中的 7 层协议，在整个体系结构中，根据实现的功能不同有其固定的位置，位于某层协议上方的叫上层协议，位于某层协议下方的叫下层协议。物理层协议与物理介质密切相关，它能实现透明比特流传输，位于整个体系结构的最下层，而应用层协议实现某种应用的功能，与应用进程相关，位于整个体系结构的最上层。从图 1-2 可以看出，每个下层协议只与相邻的上层协议通信，即下层协议通过自己所完成的功能为相邻的上层协议提供服务，而上层协议使用相邻的下层协议提供的服务完成自己的功能，并用自己的功能为与自己相邻的上层协议提供服务。

因此，从协议功能实现的角度上来看，是自下而上实现的，物理层是基础，只有实现了物理层功能，数据链路层才能在物理层的基础上实现其功能，而网络层才能在数据链路层的基础上实现其功能，依此类推。任何一个高层协议要实现其功能，必须依靠所有的下层协议一起完成，它是不能够孤立存在的，否则只能是空中楼阁。

从应用进程发送与接收数据的角度来看数据在各层协议间的传递，如图 1-2 所示。如果应用进程 A 想发送数据给应用进程 B，在主机 A 中，应用进程 A 将要发送的数据交给相应的应用层，应用层处理后交给表示层，表示层处理后交给会话层，依此类推，最后由物理层处理后交给传输介质进行传输；在主机 B 中，数据的接收是一个相反的过程，物理层处理传输介质传来的信号，转换成比特流交给数据链路层，数据链路层处理后交给网络层，依此类推，最后应用层处理后交给应用进程 B。从应用进程 B 发送数据到应用进程 A 的过程与此类似。通过以上步骤即可实现两个远端应用进程的数据交换。

站在主机 A 中应用进程 A 的角度，应用进程 A 只和应用层通信，它并不知道应用层功能在应用层内部是如何实现的，也不知道应用层的下面是否还有其他层，还有几层等等，它只知道通过某种应用层协议能够实现某种功能，只要把数据交给应用层，就能将数据传递到主机 B 的应用进程 B。对于应用进程 A 和 B 来说，它们之间好像可以“直接”通信。

同理，对于体系结构中的每一层来说，它们都只负责处理相邻上层协议传递来的数据或要传递给相邻上层协议的数据，同时需要从相邻下层协议获得要传递给上层协议的数据，或将处理过的上层协议的数据传递给相邻的下层协议。对于每层协议而言，它们会“感觉”到可以通过相邻的下层协议实现与远端相同层次的协议之间的数据交流，而且对数据做的任何处理也只有远端相同层次的协议才能理解，因此我们称相同层次的协议为对等层协议，如主机 A 的网络层协议与主机 B 的网络层协议，它们使用的是

同一协议，可被称为对等层协议。也就是说，对于位于不同主机的两个相同层次的协议，它们之间的数据传递实际上需要经过它们下面的每一层协议和物理介质，但就实际的效果而言，是它们之间实现了数据传递，如果屏蔽下层所有细节，我们也可以简单地认为，对等层协议之间可以相互“直接”通信，在图 1-2 中，用双箭头虚线表示对等层协议之间的通信，而带箭头的实线则表示实际数据传递的情况。

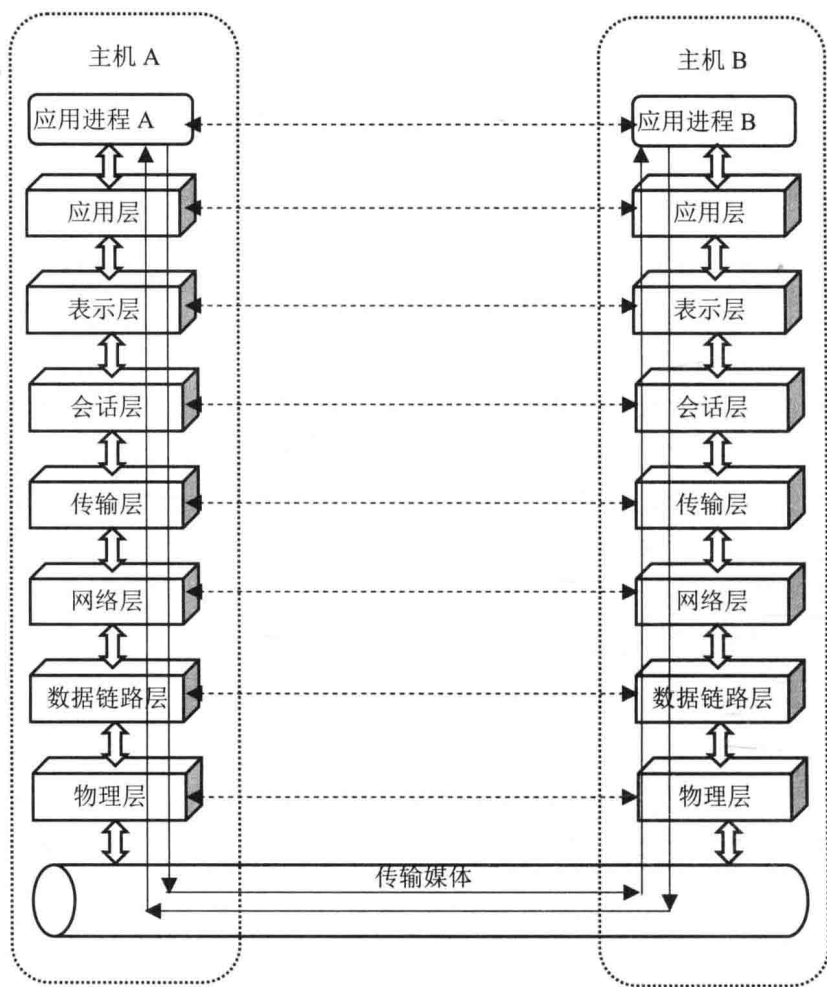


图 1-2 ISO/OSI RM 的工作模式

1.3.1 TCP/IP 协议族

ISO/OSI RM 是国际标准化组织制定的标准，但它只是一个理论上的国际标准，而大多数计算网络，特别是如今使用最广泛的 Internet（因特网），实际上使用的标准是 TCP/IP 协议。

TCP/IP 协议其实是由许多协议组成的一个庞大的协议集合，它包含数量众多的协议，不同的协议实现不同的功能，而 TCP（Transmission Control Protocol，传输控制协议）

和 IP (Internet Protocol, 网际协议) 是其中最为重要的两个协议, 因此 TCP/IP 协议族通常简称为 TCP/IP 协议。

TCP/IP 协议也采用分层体系结构, 如图 1-3 所示。

TCP/IP 协议的体系结构共分为 4 层, 从下到上分别为网络接口层、网络层、传输层和应用层。TCP/IP 协议的主要目的是实现不同网络在 IP 层上互联, 因此主要定义网络层、传输层和应用层协议, 而不同网络的物理层及数据链路层协议由不同的组织及标准制定, 因此 TCP/IP 协议还定义了针对不同网络的接口层。

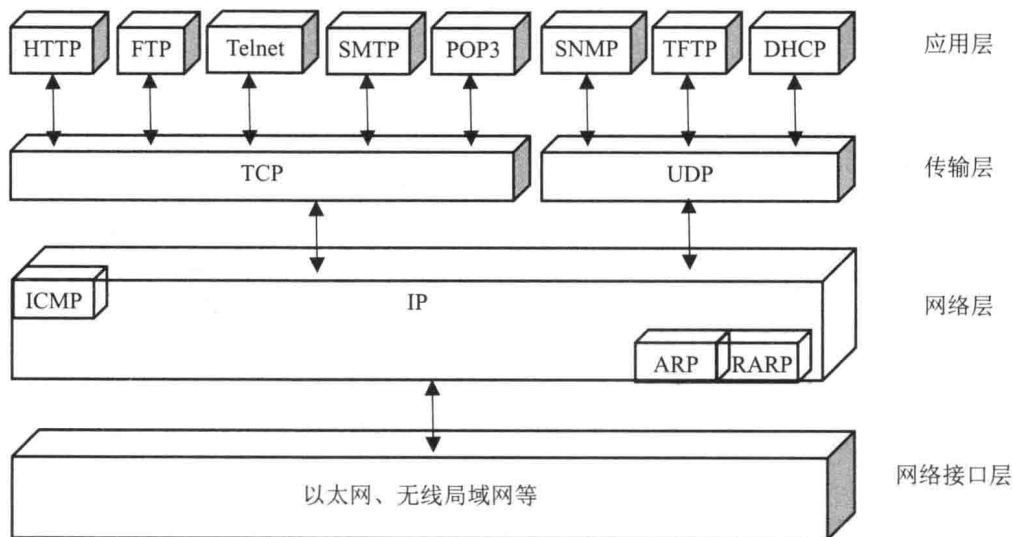


图 1-3 TCP/IP 协议体系结构图

1. 应用层协议

在图 1-3 中, 最高层为应用层, 该层针对不同的网络应用制定了不同的应用层协议。

HTTP: HyperText Transfer Protocol, 超文本传输协议, 我们在浏览网页时, 浏览器使用 HTTP 协议从 Web 服务器上传输网页。

FTP: File Transfer Protocol, 文件传输协议, 用于网络上文件的上传与下载。

Telnet: 远程登录协议, 用于远程登录到服务器。

SMTP: Simple Mail Transfer Protocol, 简单邮件传输协议, 负责电子邮件的发送。

POP3: Post Office Protocol - Version 3, 邮局协议—版本 3, 负责电子邮件的接收。

SNMP: Simple Network Management Protocol, 简单网络管理协议, 用于网络管理。

TFTP: Trivial File Transfer Protocol, 简单文件传输协议, 用于传输简单文件。

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol, 动态主机配置协议, 为客户机自动分配相关网络配置信息。