

21世纪高等院校网络工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Network Engineering



网络设备配置 与管理

Network Devices Configuration and Management

甘刚 主编

田家昌 王力洪 副主编

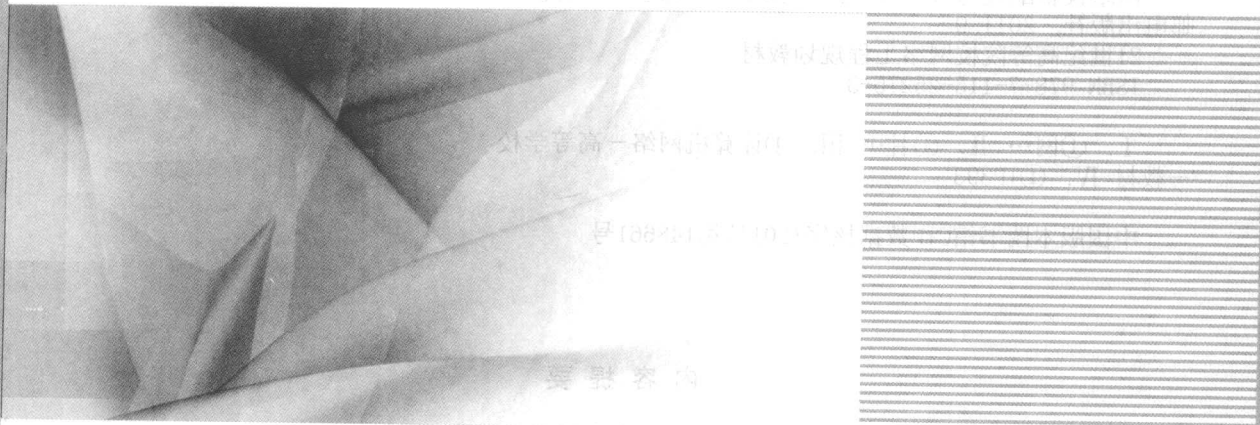
- 内容新颖实用
- 知识点覆盖全面
- 实例丰富具有实战意义

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等院校网络工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Network Engineering

第五版



网络设备配置 与管理

Network Devices Configuration
and Management

甘刚 主编

田家昌 王力洪 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

网络设备配置与管理 / 甘刚主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011. 9
21世纪高等院校网络工程规划教材
ISBN 978-7-115-25275-3

I. ①网… II. ①甘… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第148661号

内 容 提 要

本书详细阐述了计算机网络基础知识, 具体分析了 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的体系结构和相关层次网络协议, 系统地讲解了路由器和交换机的工作原理和主要配置, 简要介绍了 VoIP 技术和 WLAN 技术的理论知识和配置方法, 详细介绍了 IOS 的安全问题, 最后介绍了常见模拟器的使用。

在每章内容结束后, 还给出了一些习题。通过完成习题可以达到强化每一章知识点的目的。

本书可作为大专院校相关专业的教材, 以及网络相关公司的培训用书, 也可供网络工程专业人员学习参考。

21 世纪高等院校网络工程规划教材

网络设备配置与管理

-
- ◆ 主 编 甘 刚
 - 副 主 编 田家昌 王力洪
 - 责任编辑 刘 博
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.25 2011 年 9 月第 1 版
字数: 582 千字 2011 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-25275-3

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

21 世纪是一个以网络为核心的信息时代,因为网络可以迅速地传递各类信息,而要实现信息化就必须依靠完善的网络,网络的发展已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。在现代网络中,无论从简单的小型局域网还是到复杂的大型广域网,它们都是由各种各样的网络设备来连接的。作为一名从事网络规划设计、网络配置和网络管理的专业人员,各种网络设备的配置与管理是网络工程师必须熟悉和掌握的基本技能。

本书由从事网络教学工作十多年、经验丰富的多位老师合作编著,他们结合多年的计算机网络教学经验,计算机网络教学特点和工作实际,以初学者的身份和心理量身编写和安排了本书知识和工程内容,与此同时列举了大量的具体实例。

主要内容

本书完全按照模块化方式,全面而又精炼地讲解了网络及网络协议的基本知识、IOS 的基础知识、路由和交换的基础知识、访问控制、网络地址转换、VLAN 配置、IOS 安全、VoIP 技术、WLAN 技术等方面的内容。全书共分为 15 章,主要分为 6 个模块来介绍,其中第 1 个模块介绍了计算机网络的基础知识,包括 IP 地址、子网划分、VLSM、CIDR 和以太网基础知识等。第 2 个模块介绍了路由器的有关知识,包括不同路由协议的工作原理和配置方法、访问控制列表、NAT/PAT 技术等。第 3 个模块介绍了交换机的有关知识,包括交换机交换原理、STP 和 VLAN 技术等。第 4 个模块介绍了广域网、VoIP 与 WLAN 有关知识及配置方法。第 5 个模块介绍了 IOS 安全有关知识。第 6 个模块介绍了常见模拟器的使用方法。

本书重点突出、主次分明、结构层次清晰、逻辑思维较强、语言通俗易懂。书中每一章都有本章知识点导读、本章小结、本章练习、本章实验,能使学习者很快掌握所有知识并能运用到实际的网络环境中。

相信本书能够满足广大热爱网络、学习网络的读者的需求。

特点

全书从基本的计算机网络知识出发逐渐深入,向读者系统讲解了如何在具体网络中使用路由器和交换机,并且对 OSPF、EIGRP 等路由协议以及 VLAN 技术进行了深入详细的说明。另外,本书图文并茂、实例众多,且所举出的实例针对性强,分析透彻,突出了本书以实例为中心的特点。通过阅读本书,会加深读者对计算机网络的理解,提高配置路由器和交换机的技巧。

适应对象

本书语言通俗易懂,内容丰富翔实,突出了以实例为中心的特点,适合希望学习网络技术的大中专院校学生以及与网络相关的公司培训职员。同时,本书也可以作为从事网络工程

目 录

第 1 章 网络互连	1
1.1 OSI 参考模型.....	1
1.1.1 OSI 参考模型概述.....	1
1.1.2 OSI 模型分层.....	2
1.1.3 OSI 参考模型物理层的功能.....	3
1.1.4 OSI 参考模型数据链路层的功能.....	3
1.1.5 OSI 参考模型网络层的功能.....	4
1.1.6 OSI 参考模型传输层的功能.....	4
1.1.7 OSI 参考模型会话层的功能.....	5
1.1.8 OSI 参考模型表示层的功能.....	5
1.1.9 OSI 参考模型应用层的功能.....	5
1.2 数据的封装、解封与传输.....	5
1.2.1 数据的封装解封原理.....	5
1.2.2 数据的封装解封步骤.....	7
1.3 以太网.....	8
1.3.1 以太网工作原理.....	8
1.3.2 以太网的工作过程.....	8
1.3.3 以太网帧结构.....	9
1.3.4 以太网的类型.....	10
1.4 数据线的分类与制作.....	12
1.4.1 双绞线.....	12
1.4.2 同轴电缆.....	14
1.4.3 光缆.....	15
1.4.4 3 种 UTP 线缆的用途与制作.....	16
本章小结.....	19
习题.....	19
第 2 章 TCP/IP	21
2.1 网络协议概述.....	21
2.2 TCP/IP 模型层次结构.....	22
2.3 TCP/IP 网络协议组件.....	23
2.3.1 TCP/IP 应用层的协议.....	23
2.3.2 TCP/IP 传输层的协议.....	24
2.3.3 TCP/IP 网络层的协议.....	26
2.4 OSI 与 TCP/IP 体系结构的比较.....	27
2.5 IP 地址.....	28
2.5.1 IP 地址介绍.....	28

2.5.2 IP 地址和 MAC 地址的比较.....	28
2.5.3 IP 地址结构.....	29
2.5.4 IP 地址分类.....	29
2.5.5 IP 地址使用规则.....	31
2.6 IP 地址的子网划分.....	31
2.6.1 子网划分方法.....	32
2.6.2 子网掩码的意义.....	35
2.7 可变长子网掩码.....	36
2.8 无类别域间路由.....	37
2.9 特殊 IP 地址.....	38
2.9.1 私有 IP.....	38
2.9.2 广播地址.....	39
2.9.3 多播地址.....	39
2.9.4 环回地址.....	40
本章小结.....	40
习题.....	40
第 3 章 配置 Cisco Router 及 IOS	
管理命令	42
3.1 Cisco Router 用户接口.....	42
3.1.1 Cisco Router 的连接.....	42
3.1.2 启动 Router.....	43
3.2 命令行接口.....	48
3.2.1 用户模式→enable→特权模式.....	48
3.2.2 全局配置模式 config terminal.....	48
3.2.3 Router 接口.....	48
3.2.4 CLI 提示符.....	49
3.2.5 帮助和编辑功能.....	49
3.3 收集信息: Show version 显示版本.....	53
3.3.1 Cisco 路由器设置主机名与时钟.....	54
3.3.2 路由器接口 IP 地址的设置.....	54
3.3.3 路由器三类口令的设置.....	56
3.3.4 标题栏 (Banners) 与接口描述.....	58

本章小结	59	5.3.1 静态路由概述	85
习题	59	5.3.2 静态路由配置	85
实验	60	5.3.3 默认路由	87
第4章 管理 Cisco 网络	62	5.3.4 浮动静态路由	88
4.1 Cisco 路由器组成部分	62	5.4 动态路由	89
4.1.1 路由器的硬件构成	62	5.4.1 动态路由概述	89
4.1.2 路由器的接口	63	5.4.2 路由环路与其解决方案	90
4.2 路由器接口与接口连接	64	5.5 RIP	92
4.2.1 局域网接口	65	5.5.1 RIP 概述	92
4.2.2 广域网接口	66	5.5.2 RIP 计时器	92
4.2.3 路由器配置接口	67	5.5.3 RIPv2	92
4.3 路由器的硬件连接	68	5.5.4 配置 RIP	93
4.3.1 路由器与局域网接入设备		5.6 IGRP	94
之间的连接	68	5.6.1 IGRP 概述	94
4.3.2 路由器与 Internet 接入设备的		5.6.2 IGRP 特性	95
连接	69	5.6.3 IGRP 计时器	95
4.3.3 路由器的配置接口连接	71	5.6.4 配置 IGRP	95
4.4 路由器 IOS	71	5.6.5 验证 IGRP 配置	96
4.4.1 路由器 IOS 概述	71	本章小结	98
4.4.2 路由器 IOS 引导顺序	72	习题	98
4.5 管理配置寄存器	72	第6章 高级路由协议: OSPF 与	
4.5.1 寄存器各个部分含义	72	EIGRP	100
4.5.2 路由器密码恢复	74	6.1 OSPF	100
4.6 备份、恢复 (或升级)		6.1.1 OSPF 概述	100
Cisco IOS	76	6.1.2 OSPF 相关术语	101
4.6.1 备份 Cisco IOS	76	6.1.3 OSPF 包类型	102
4.6.2 恢复或升级 IOS	77	6.1.4 OSPF 邻居	102
4.7 路由器 CDP	78	6.1.5 OSPF 邻居与相邻性初	
4.7.1 CDP 概述	78	始化	104
4.7.2 CDP 定时器	78	6.1.6 LSA 泛滥	108
4.7.3 开启和关闭路由器 CDP	79	6.1.7 SPF 树计算	109
4.7.4 查看 CDP 信息	79	6.1.8 OSPF 网络拓扑结构	110
4.8 配置主机名解析	79	6.1.9 通配符掩码	111
4.9 配置和管理 telnet 会话	80	6.1.10 配置 OSPF	112
4.9.1 配置 Telnet 线路	80	6.1.11 可选 OSPF 配置项	112
4.9.2 同时管理多个 Telnet 会话	80	6.1.12 OSPF 汇总	
本章小结	81	(Summarzation)	113
习题	81	6.1.13 OSPF 的缺点	113
第5章 IP 路由	83	6.1.14 OSPF 配置实例	113
5.1 IP 路由概述	83	6.1.15 检查 OSPF 配置	116
5.2 路由协议的类型	84	6.2 EIGRP 的配置	119
5.3 静态路由	85	6.2.1 EIGRP 概述	119
		6.2.2 EIGRP 相关术语	120

6.2.3 EIGRP 邻接关系的建立	120	实验	155
6.2.4 EIGRP 的可靠性	121	第 9 章 交换原理与交换机配置	160
6.2.5 EIGRP 路由表的建立	123	9.1 第二层交换 (layer-2 switching)	160
6.2.6 EIGRP 路由汇总	124	9.1.1 概述	160
6.2.7 EIGRP 负载均衡	126	9.1.2 第二层交换的局限性	161
6.2.8 EIGRP 的配置	127	9.1.3 桥接与 LAN 交换的比较	161
6.2.9 EIGRP 的缺点	127	9.1.4 第二层交换机的 3 个功能	161
6.2.10 EIGRP 配置实例	127	9.2 生成树协议 (STP)	163
6.2.11 检查 EIGRP 配置	129	9.2.1 如何工作	163
本章小结	131	9.2.2 建立一棵初始生成树	165
习题	131	9.2.3 STP 的优先级	167
第 7 章 访问控制列表	133	9.3 LAN 交换机的转发帧方式	168
7.1 什么是 ACL	133	9.4 配置交换机	169
7.2 号码式 ACL	134	9.4.1 配置主机名 Hostname	169
7.2.1 标准号码式 ACL	135	9.4.2 配置 IP 信息	169
7.2.2 控制 VTY (Telnet) 访问	136	9.4.3 端口 (port) 配置	170
7.2.3 扩展号码式 ACL	137	9.5 交换机的其他配置	170
7.3 命名式 ACL	139	9.5.1 配置密码	170
7.3.1 标准命名式 ACL	139	9.5.2 收集信息	172
7.3.2 扩展命名式 ACL	140	9.5.3 配置端口常见参数	174
7.4 验证 ACL	141	9.5.4 验证连接性	176
本章小结	141	9.5.5 配置 MAC 地址表	178
习题	142	9.5.6 配置端口安全性	178
实验	143	9.5.7 备份、还原与删除配置文件	183
第 8 章 网络地址转换 (NAT)	147	9.5.8 交换机口令破解	184
8.1 NAT	147	9.5.9 交换机的工作类型	185
8.1.1 术语	147	9.6 三层交换机的配置与路由	186
8.1.2 NAT 工作原理	147	9.6.1 三层交换机与路由器的比较	186
8.1.3 NAT 支持的传输类型	149	9.6.2 三层交换机配置	189
8.1.4 NAT 的优点与缺点	150	本章小结	195
8.2 NAT 的操作	150	习题	195
8.2.1 静态 NAT	150	实验	196
8.2.2 配置静态的 NAT	150	第 10 章 虚拟局域网 (VLAN)	199
8.2.3 动态 NAT	151	10.1 VLAN 概述	199
8.2.4 配置动态 NAT	151	10.2 VLAN 的特点与优越性	200
8.3 重载内部全局地址 (Overload)	153	10.3 VLAN 中继协议的介绍	201
8.3.1 PAT 技术	153	10.3.1 802.1Q 帧格式介绍	201
8.3.2 动态与过载的配合使用	154	10.3.2 ISL 帧格式介绍	202
本章小结	154	10.3.3 VLAN 中继协议兼容性	202
习题	154		

分析.....	203	本章小结.....	227
10.4 一台交换机上 VLAN 的实现.....	204	习题.....	227
10.4.1 静态 VLAN (Static VLAN) 的实现.....	204	实验.....	228
10.4.2 动态 VLAN (Dynamic VLAN) 的实现.....	204	第 12 章 无线局域网 WLAN 与 VoIP	232
10.5 多台交换机上 VLAN 的实现 (包括 1900、2900、2950 型号).....	204	12.1 WLAN 的基本概念.....	232
10.5.1 VTP (VLAN Trunk Protocol).....	205	12.2 协议标准以及技术演进.....	233
10.5.2 配置 VLAN.....	206	12.2.1 802.11b.....	233
10.5.3 创建并命名 VLAN.....	206	12.2.2 802.11a.....	233
10.5.4 分配端口到 VLAN.....	207	12.2.3 802.11g.....	234
10.5.5 配置 Trunk 端口.....	207	12.3 WLAN 的基本网络组件.....	235
10.5.6 配置 ISL 和 802.1Q 路由.....	210	12.3.1 客户端适配器.....	236
10.5.7 配置 VTP.....	211	12.3.2 接入点 AP.....	236
本章小结.....	212	12.3.3 网桥.....	236
习题.....	212	12.3.4 无线交换机.....	237
实验.....	213	12.3.5 天线.....	237
第 11 章 广域网 (WAN)	218	12.4 WLAN 的基本组网方式.....	238
11.1 WAN.....	218	12.4.1 点对点模式 (Peer-to-Peer).....	238
11.1.1 WAN 的术语.....	218	12.4.2 基础架构模式 Infrastructure.....	239
11.1.2 WAN 的连接类型.....	218	12.4.3 多 AP 模式.....	239
11.2 HDLC (High-Level Data-Link Control).....	219	12.4.4 无线网桥模式.....	240
11.3 PPP (Point To Point Protocol).....	222	12.4.5 无线中继器模式.....	240
11.3.1 LCP 配置选项.....	222	12.4.6 瘦 AP+无线交换机的集中式组网.....	241
11.3.2 PPP 会话 (连接) 建立.....	222	12.5 WLAN 的优势与劣势.....	241
11.3.3 PPP 的认证方法.....	223	12.6 WLAN 的安全问题.....	242
11.3.4 配置 PPP.....	223	12.6.1 WLAN 的安全问题表现.....	242
11.3.5 配置认证.....	223	12.6.2 802.11i 安全.....	243
11.4 帧中继 (Frame Relay).....	224	12.6.3 构建安全的无线局域网.....	244
11.4.1 工作过程.....	224	12.7 WLAN 的应用.....	245
11.4.2 帧中继封装.....	224	12.7.1 WLAN 技术适用范围.....	245
11.4.3 虚电路.....	225	12.7.2 WLAN 行业应用示例.....	245
11.4.4 DLCI (Data Link Connection Id).....	225	12.8 WLAN 前景展望.....	246
11.4.5 LMI (Local Mmanagement Interface).....	225	12.9 无线网络的配置.....	247
11.4.6 子接口.....	226	12.9.1 无线路由器的配置.....	247
11.4.7 帧中继映射 (MAP).....	226	12.9.2 无线网卡客户端的设置.....	249
11.4.8 监视帧中继.....	226	12.10 VoIP 技术.....	250
		12.10.1 VoIP 原理概述.....	250
		12.10.2 实现 VoIP 的基础技术.....	252
		12.11 VoIP 服务质量保证.....	255
		12.12 影响语音质量的因素.....	256

12.13 语音模块的类型	257	14.3.2 SSH	314
12.14 VoIP 基本配置命令	258	14.3.3 日志	315
12.14.1 配置 POTS 对等体	258	14.4 虚拟专用网-VPN	316
12.14.2 配置 VoIP 对等体	258	14.4.1 VPN 原理概述	316
12.15 VoIP 配置实例	259	14.4.2 VPN 的身份验证方法	317
12.15.1 单机实现 IP 语音电话	259	14.4.3 IPSEC	318
12.15.2 路由器间实现 IP 语音 电话	260	14.4.4 IPSEC 加密原理	320
12.15.3 网守方式实现 (GATEKEEPER)	264	14.4.5 VPN/IPSEC 的配置 实验	322
本章小结	265	14.4.6 SSLVPN	325
习题	265	14.4.7 SSL 工作原理	325
第 13 章 IPv6	267	14.4.8 SSL 密钥协商过程	326
13.1 IPv6 概述	267	14.4.9 SSLVPN 实验	327
13.2 IPv6 的优点	269	本章小结	331
13.3 IPv6 数据报格式	269	习题	331
13.4 IPv6 单播地址	273	第 15 章 模拟器的使用	334
13.5 IPv6 多播地址	274	15.1 Dynamips	334
13.6 IPv6 地址的表示	275	15.1.1 Dynamips 安装过程	334
13.7 IPv4 向 IPv6 的过渡方案	276	15.1.2 Dynamips 的使用	336
13.8 一些协议的 IPv6 实现	277	15.2 7200 系列路由器的模拟	345
13.8.1 DHCPv6	277	15.3 可以模拟的板卡和模块	346
13.8.2 IPv6 下的路由协议	277	15.4 以太网交换机的模拟	349
13.8.3 IPv6 路由配置实验	279	15.4.1 NM-16ESW 模块	349
本章小结	287	15.4.2 Dynamips 自己模拟器的 交换机	349
习题	287	15.4.3 虚拟帧中继交换机	350
第 14 章 IOS 安全	289	15.5 与真实网路连接	350
14.1 密码与访问	289	15.6 保存和重启配置	351
14.1.1 几种密码设置	289	15.7 GNS3 软件介绍	352
14.1.2 基于角色的 CLI	293	15.7.1 软件安装与配置	352
14.2 AAA	295	15.7.2 简单的实验过程	356
14.2.1 认证	295	15.7.3 实验拓扑和配置文件的 保存与再次读取	359
14.2.2 授权	307	15.7.4 GNS 与本机网卡的桥接	360
14.2.3 审计	311	15.7.5 GNS3 其他图标按钮 说明	361
14.3 管理安全	312		
14.3.1 telnet	312		

第1章 网络互连

知识点:

- 了解计算机网络 OSI 参考模型
- 了解数据的封装、解封与传输的过程
- 了解以太网的标准及其分类
- 掌握数据线的分类与制作

不同计算机之间的互连称为计算机网络。计算机既可以从计算机网络上获取信息,又可以给计算机网络提供信息。

如今,我们的生活中也越来越多地使用到计算机网络。计算机网络已经成为我们生活中不可或缺的一个重要组成部分。

1.1 OSI 参考模型

OSI (Open System Interconnection) 参考模型实现了开放式数据通信的可能性。OSI 参考模型将网络分为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层这些功能模块,使网络开放通信程度大大提高。这些模块被称为层。这种层次结构以及开放通信的概念,为网络更广泛的使用提供了场景和依据。

1.1.1 OSI 参考模型概述

计算机网络是一个极其复杂的系统。两个计算机系统必须高度协调工作,才能够相互通信,而这种“协调”是相当复杂的。“分层”这一理论依据可将庞大而复杂的问题,转化为若干较小的局部问题,而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

人们通常把计算机网络按照一定的功能与逻辑关系划分成一种层次结构。这种层次结构对用户来说是“透明”的,用户不用关心网络是如何工作的,例如用户上网并不需要知道数据是如何传输的。但是作为网络工程师就需要知道这种层次关系及其实现的功能。

除了计算机网络的层次结构,计算机网络中还存在很多节点。计算机网络中的节点为计算机之间需要相互交换的数据提供了传输渠道。在这些节点在交换数据时,必须遵守的一组约定或规则,这些约定或者规则称为协议。这种层次结构与协议的集合体系就形成了计算机的网络体系结构。

最初的计算机与网络解决方案是一种享有很高专利权的互联解决方案，这种方案几乎就是一个完整的专利。

在个人计算机出现前，如果某个公司想使他们的数据处理和记账功能自动化，就必须联系某一个厂家，使用其监管系统。

在该解决方案中，在其单一厂家产品环境下，应用软件只执行在由单个操作系统支持的平台上。并且操作系统只能安全地执行在相同厂家的硬件产品上，甚至用户的终端设备和与计算机进行连接的设备，都必须是一厂家产品的完整解决方案的一部分。

在单一厂家提供完整解决方案的时代，美国国防部（DoD）提议需要一个健壮可靠的通信网络。该网络应该可以把所需要的所有计算机（包括所有被接纳为会员的组织所拥有的计算机）互联起来。这些会员组织包括大学、智能坦克和国防项目的承包人。这种网络其实就是一个大型的系统。

在计算机的发展初期，因为制造商想永久地留住用户，所以制造商所开发的硬件、软件和网络平台是紧密结合的、非开放式系统。由此一个用户在一个计算机平台上同另一个用户在不同计算机平台上共享数据是困难的。

在这种环境下，让所有 DoD 的子机构和承包商的研究组织都使用某一厂商的设备是极不现实的。于是，跨越多种平台的通信方案由此产生。网际协议（IP）的开发成为了世界上第一个开放通信协议。

因此，两台不同计算机之间通信和共享数据在一个开放式网络下的实现成为了可能。计算机网络的开放性是通过厂商和科研机构的合作开发以及技术规范的维护而达到的。

这些技术规范，是完全公开的，是一组开放式标准。OSI 参考模型的提出就成了解释通信分层模型（包括逻辑链接）的最好工具。

ISO（Internet Standard Organization，国际标准组织）是一个国际标准化组织，该组织创建于 1947 年，由多个国家组成。尽管国际标准化组织主要制订技术方面的标准，但它对经济和社会方面的标准化制定也有重要的影响。

20 世纪 70 年代末期，ISO 为了解决各种网络之间不兼容的问题，研究出了 DEC NET、SNA、TCP/IP 等网络通信协议。

ISO 在 1984 年发布了一套描述性的网络模型——开放系统互连参考模型（OSI，Open System Interconnection Reference Model）。OSI 网络参考模型为生产商们提供了共同遵守的标准，在最大程度上解决了不同网络间的兼容性和互操作性等问题。OSI 参考模型非常详细地规范了网络应该具有的功能模块和这些功能模块之间的互连方法。如今，OSI 网络参考模型已经成为最主要的参考标准。

OSI 参考模型只是一个纯理论分析的参考模型，其本身并不是一个具体协议的真实分层。实际上任何一个具体的协议栈都不具有完整 OSI 参考模型中的 7 个功能分层。虽然现实中的协议栈没有严格按照 OSI 分层，但仍然使用 OSI 的理论来指导工作，尤其在研究和教学方面。

1.1.2 OSI 模型分层

OSI 参考模型将网络通信需要的各种进程划分成 7 个相对独立的功能层次（Layer）。

从下层到上层的功能层次依次是：第一层，物理层；第二层，数据链路层；第三层，网

络层；第四层，传输层；第五层，会话层；第六层，表示层；第七层，应用层。

使用分层的同时可以降低协议的复杂程度。不难想象，把一个复杂的事物分解成若干个部分去分析，就会简单得多。由于各个层次间的独立性，分层也有利于加速各种协议的发展和优化，更好地体现其开放性。如可以对某一层做优化修改而不影响其他层的功能。

层是根据网络功能来划分的。如果网络功能相同或相近，就把它们划分在同一层；如果不同，就要分层。不同的层在实现网络通信中的作用不同。层与层之间并不是孤立的，下层是为上层提供服务的。图 1-1 描述了 OSI 七层模型结构，其中 1~3 层提供了网络访问功能，4~7 层用于支持端端通信。



图 1-1 OSI 参考模型

1.1.3 OSI 参考模型物理层的功能

OSI 参考模型的最底层称为物理层 (Physical Layer)。这一层的主要功能是传送和接收比特流，并且指定不同种传输介质之间的电压大小、线路速率和电缆的引脚数。物理层从第二层数据链路层 (DLL) 接收数据帧，并将帧的结构和内容转化成可以在介质中传输的比特流 (即 0, 1)。

物理层使用串行发送，发送方逐个发送比特流，在接收方的物理层逐个将比特流收起来进行组合，上交 DLL 层。物理层只能理解 0 和 1，它没有一种机制用于确定自己所传输和发送比特流的含义。这些比特流只与电信号技术和光信号技术的物理特征相关。这些特征包括用于传输信号的电流的电压、介质类型以及阻抗等特征，这些特征甚至包括用于终止介质的连接器的物理形状。

对于 OSI 的物理层，人们常常误认为 OSI 第一层应该包括所有产生或发送通信数据信号的机制。其实物理层并非如此。OSI 物理层只是一个功能模型，该层只是一种处理过程和机制。这种处理过程和机制用于将信号发送到传输介质上以及从介质上接收到信号。

传输介质包含真正用于传输由 OSI 物理层机制所产生信号的任何方法。这些传输介质包括双绞线、同轴电缆、光纤等。物理层对介质的性能没有提出任何规范。但是介质的性能特征对于物理层定义的过程和机制是需要并假定存在的。

物理层为激活、维持和释放端系统之间的物理链路定义了电气、机械、规程的和功能的标准。因此，传输介质并未包括在物理层之内，传输介质有时被称为 OSI 参考模型的第 0 层。

1.1.4 OSI 参考模型数据链路层的功能

OSI 参考模型的第二层称为数据链路层 (DLL)。数据链路层在网络通信中具有两个主要的功能：数据帧的发送和接收，为数据的有效传输提供端到端的连接。数据链路层还要分数据的有效传输规浅端到端连接。在发送方，数据链路层负责将指令、数据等封装到帧中。在接收方，数据链路层将从物理层收到的数据比特流重新组织成帧。帧 (frame) 是数据链路层生成的结构，它包含足够的信息用来确保数据可以安全地通过本地局域网到达目的地。成功发送数据帧意味着在一定时间内数据帧能够完整无缺地到达目的地。数据

帧中必须包含一种机制用于保证在传送过程中内容的完整性。

为确保数据帧完整安全到达目的地，可使用如下机制。

- 在每个数据帧完整无缺地被目标节点收到时，源节点必须收到来自目标节点的响应。
- 有很多情况可以导致帧的发送不能到达目标或者在传输过程中被破坏或不能使用。

因此在目标节点发出收到数据帧的响应之前，必须验证数据帧内容的完整性。数据链路层有责任检测并修正所有这些错误。

数据链路层的另一个功能是将物理层收到的数据比特流重新组织成帧。

如果帧的结构和内容都被发出，数据链路层并不重建一个帧。数据链路层将缓存到达的比特流，直到这些比特流构成一个完整的帧。

不论哪种类型的网络通信都要求有第一层和第二层的参与。不管是局域网（LAN）还是广域网（WAN），都需要物理层和数据链路层的参与。

数据链路层的功能还包括物理寻址、网络拓扑、网络介质访问、错误检测、帧的顺序传送和流量控制等。

1.1.5 OSI 参考模型网络层的功能

网络层的功能是在源节点和目标节点之间建立它们所使用的路由。网络本身没有任何错误检测和修正机制。网络层的可靠传输服务必须依赖于由数据链路层提供的错误检测和修正机制。

网络层用于在两个不同网段之间的计算机系统建立通信。网络层有自己的路由地址结构，这种路由地址结构与数据链路层的物理地址是分开的、独立的。这种协议称为路由或者路由协议。路由协议分为被动路由协议和主动路由协议。被动路由协议用来支持数据传送，主动路由协议用来帮助构建和维护路由表。被动路由协议包括 IP、Novell 公司的 IPX 以及 Apple Talk 协议。本书将着重讲述 IP 协议以及与其相关的协议和应用。主动路由协议包括 RIP、OSPF、EIGRP、IS-IS 等。

网络层是可选的功能层次，因为只有当两个要通信的计算机系统都处于不同的路由器分割开的网段才会使用，或者当通信应用要求某种网络层或传输层提供的服务、特性或者能力时。例如，当两台主机处于同一个 LAN 网段的直接相连这种情况，它们之间的通信只使用 LAN 的数据链路层的通信机制就可以了。

网络层中有两种类型的包，一种就是数据包，通过整个 OSI 参考模型自上而下得来；另一种是路由更新包，就是为网络层的设备（如路由器）通过路由协议建立起来路由路径做更新而发送的包，使得数据包能够通过正确的最新的路由到达目的地。

1.1.6 OSI 参考模型传输层的功能

传输层提供的服务类似于数据链路层所提供的服务。传输层的功能也是保证数据在端与端之间完整传输。不过传输层与数据链路层不同，传输层可以检测到路由器丢弃的包，然后自动产生一个重新传输请求或给发送方一个反馈。

传输层的另一项重要功能就是重新排序收到的乱序数据包。

数据包乱序有很多原因：数据包可能通过网络的路径不同，或者有些在传输过程中被破坏，导致前面已经发送过的数据重传等。不管是什么情况下的数据包乱序，传输层都能够识别出最初的数据包顺序，并且在将数据包的内容传递给会话层之前，将这些数据包的顺序恢

复成发送时的顺序。

传输层在发送主机系统上对将要发送的数据流进行分段，并且在接收主机系统上，完成数据段到数据流的重组。

传输层可以是无连接的或者是面向连接的。它为实现上层应用程序的多路复用、建立会话连接和断开虚电路提供了机制，同时也对上层隐藏了下层的细节问题。应用协议和数据流协议之间的分界就是传输层和会话层之间的边界。

1.1.7 OSI 参考模型会话层的功能

OSI 的第五层是会话层。OSI 会话层的功能主要用于建立、管理和终止两个计算机系统连接间的通信流。这些主机间的通信流称为会话。会话层决定了通信的模式是单工、半双工还是双工。会话层也保证了接受一个新请求一定在另一请求完成之后。相对其他几层而言，会话层的功能很少。许多网络协议都将会话层的功能与传输层的功能捆绑在一起。

会话层为表示层提供服务，它使两台主机表示层之间的对话保持了同步，同时会话层也管理主机之间的数据交换。

1.1.8 OSI 参考模型表示层的功能

表示层的最主要功能是管理数据编码的方式。不是所有计算机系统都使用相同的数据编码方式，表示层的功能就是为可能不兼容的不同的数据编码方式之间提供翻译，例如，在 ASCII 和 EBCDIC 之间。

表示层的另一个功能是在浮点格式间进行调整转换以及提供加密、解密服务。

因此表示层提供加密、翻译、压缩、转换等功能。

1.1.9 OSI 参考模型应用层的功能

OSI 参考模型的第七层是应用层。但是它并不包含任何用户应用程序。应用层只在应用程序和网络服务间提供接口。

应用层是初始化通信会话的起因。例如，邮件客户可能会产生一个从邮件服务器检索新消息的请求，客户端应用自动向与之相关的应用层协议发出请求，并产生通信会话，以获取所需要的文件。

应用层还负责识别通信的对方是否可用以及资源是否存在。

1.2 数据的封装、解封与传输

1.2.1 数据的封装解封原理

现在最普遍认可的数据处理的功能流程就是垂直方向的结构层次。在垂直方向的结构层次中，每一层都有与其相邻的层的接口。为了实现系统间的网络通信，两个系统必须在各层

之间传递数据、指令、地址等信息。

OSI 参考模型中主机的每一层都使用自己的协议和其他系统对等层通信，如图 1-2 所示。本层的服务用户只能看见服务而无法看见下面的协议，下面的协议对于上面的服务用户是透明的。因为协议是控制对等实体之间通信的规则，所以协议之间是“水平的”；因为服务是由下层向上层通过层间接口提供的，所以服务之间是“垂直的”。

注意：虽然 OSI 参考模型包含七层，但对任何给定的通信会话，并不是所有七层都必须参与。例如，通过单个 LAN 网段的通信可以直接在模型的 1、2 层操作，而不需要其他两个通信层操作。

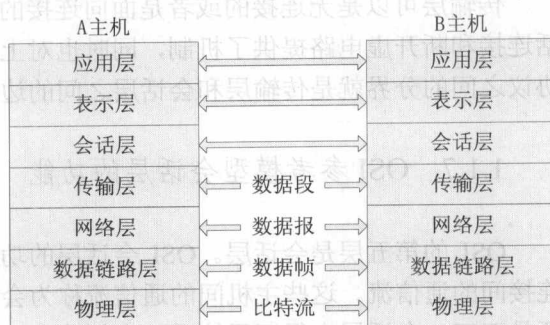


图 1-2 OSI 参考模型的层间通信

虽然通信流程是垂直通过各层次的，但每一层的通信都在逻辑上能够直接与远程计算机系统的相应层直接通信。为了使这种水平通信能够实现，引发通信系统的每一层协议都要在数据报文前增加各自的报文头。不同层的报文头只能被其他系统中的相应层识别和使用。接收端系统的协议层删去报文头，每一层都删去各自层负责的报文头，最后将数据传向它的应用，数据封装的过程如图 1-3 所示。

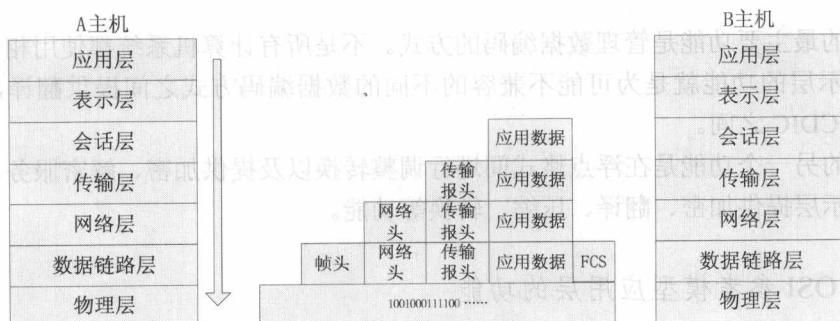


图 1-3 数据封装过程

例如，通信源发送方系统的第四层为从第五层收到的数据段进行打包，添加其运输层报头。第三层将从第四层收到数据后再次打包，添加其网络层包头，也就是第三层将数据打包并编址，然后通过自己的第二层将它们发向目标系统的第三层协议。第二层将第三层数据包分解为帧，完善它们的编址，添加 MAC 地址帧头（使其可以为 LAN 识别），并在尾部增加 4 字节的 FCS 校验和，组成一个数据帧。这些数据帧被提供给第一层，由第一层将其转换为二进制比特流，这些二进制比特流被发向目标系统的第一层。

目标系统将这些一个接一个的网络通信流程倒转过来进行，并在源系统每一层相对应的协议层上将各层增加的报头去掉。因此，当数据从源系统到达目标系统的第四层时，数据形式也回到源发送方系统在第四层时的形式。所以，这两个第四层协议之间的通信看起来好像是由物理连接的，并可以直接通信。

注意：今天大部分网络都使用自己的分层模型，这些模型实际上是 OSI 参考模型的变型，它们在一定程度上对 OSI 参考模型所描述的功能划分做了一些更改。

大部分网络模型中最常见到的一种情况就是将 OSI 参考模型的七层结构进行了层与层的

合并。例如，在 TCP/IP 四层体系结构中，将 OSI 模型的上三层合并后统称为应用层，同时将 OSI 体系结构的下两层合称为网络接口层，中间的传输层和网络层不变。还有一种常见情况就是，大部分网络模型中的较高层与 OSI 模型中所对应的层并不很一致。

事实上，每个网络模型的第三层都向下将数据报转换为数据帧，第二层顺序往下将数据帧转换为比特流。当目标系统的物理层收到比特流后，它将比特流转向数据链路层，由数据链路层将其组合成帧。当目标系统成功完成帧的接收后，帧的报文头被去掉，并将嵌入的数据包提取出传向接收方的第三层。数据包到达接收方第三层时，与其从发送方第三层发出时的格式、内容完全相同。因此对于第三层，它们之间的通信是虚拟直接相连的。

在相关层之间，从各层的角度来看，通信像是直接发生在对应的层之间，这正是 OSI 参考模型的成功之处。

网络上所有通信都是产生于源，然后送到目的地。在网络上传输的信息称为数据报或数据段分组。如果源系统准备给目的发送数据，这些数据必须首先经过一个添加不同层报头或者报尾的过程，这个过程称为封装（encapsulation）。

封装（encapsulation）就是在数据网络传输之前，数据被添加上必要的协议信息，用以实现数据的传输。当数据沿着 OSI 参考模型的层次结构向下传递时，OSI 参考模型从传输层开始的每一层都会在向下传递之前，给数据添加上数据报头（在第 2 层还有数据报尾）。网络设备的接受者的控制信息被包含在数据上的报头和报尾中，这些控制信息确保数据正确传送，以及接收者能够正确读取数据。因此可以把数据看成一封信，而把报头看作是信封上的地址，因为信封需要地址来被邮递到所要到达的接收方。

1.2.2 数据的封装解封步骤

数据的封装过程可以通过以下 5 个步骤来进行，这 5 个转换步骤是网络中封装数据的必经之路。

(1) 创建数据——当用户发送 E-mail 消息时，消息中的字母、数字和字符被转换成可以在 Internet 上传输的数据。

(2) 为端到端的传输将数据分段——对数据分段来实现互联网的传输。通过使用分段（segment），传输功能确保 E-mail 系统两端的主机之间能可靠地通信。

(3) 在报文中添加网络地址——数据被放置在一个分组或数据报中。这些分组中包含了带有源和目的的逻辑地址的网络报头。这些源和目的的逻辑地址有助于网络设备沿着已选定的路径发送这些分组。

(4) 在数据链路报头上添加 MAC 地址——每一个网络设备都必须将分组放入帧中。这些数据帧使得数据可以传送到该物理链路上一个直接相连的网络设备上。在选定的路径上的每一个网络设备都必须把帧传递到下一台设备。

(5) 将数据帧转换为比特在介质中传输——当这些比特在介质上进行传输时，时钟同步功能使得设备可以把它们区分开来。物理互联网络上的介质可能随着使用不同的链路而有所不同。在数据通过 OSI 模型各层向下传送的过程中，会加上不同层的报头和报尾。

当远程设备顺序接收到一串比特流时，其物理层把这些比特传送到数据链路层进行操作。数据链路层会执行如下工作：

(1) 检验该 MAC 目的地址是否与工作站的地址相匹配，或者是否为一个以太网广播地