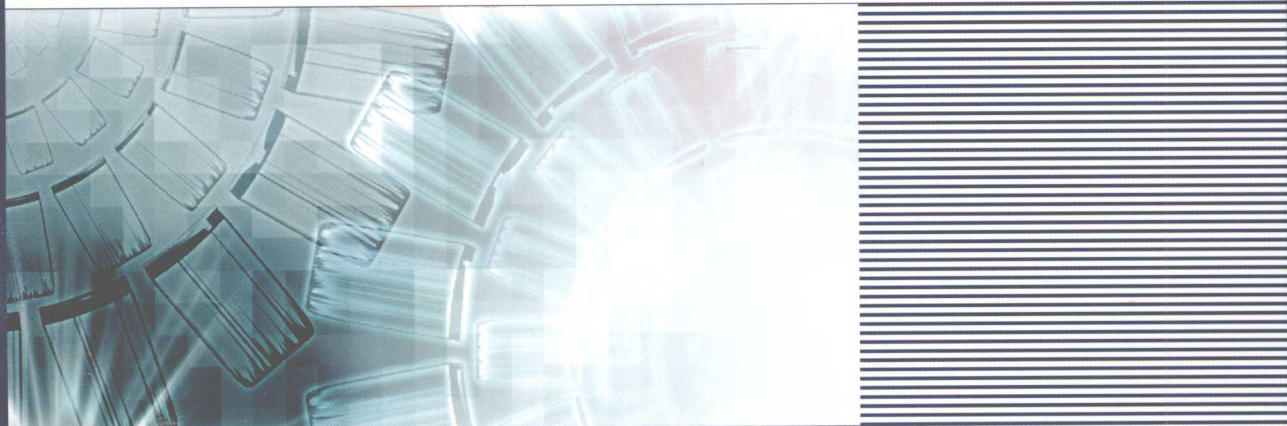




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高等院校网络工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Network Engineering



网络工程设计 与系统集成 (第2版)

Network Engineering Design
and System Integration (2nd Edition)

杨威 主编

王云 黄晓彤 杨陟卓 编著

- 强调网络设计原理
- 突出系统集成实践
- 工程案例贯穿全书

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高等院校网络工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Network Engineering



网络工程设计 与系统集成 (第2版)

Network Engineering Design
and System Integration (2nd Edition)

杨威 主编

王云 黄晓彤 杨陟卓 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

网络工程设计与系统集成 / 杨威主编 ; 王云, 黄晓彤, 杨陟卓编著. -- 2版. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2010.4

21世纪高等院校网络工程规划教材
ISBN 978-7-115-22127-8

I. ①网… II. ①杨… ②王… ③黄… ④杨… III. ①计算机网络—设计—高等学校—教材②计算机网络—网络系统—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第024262号

内 容 提 要

本书由浅入深、循序渐进地介绍了网络工程设计与系统集成的原理、方法和技术。首先概要介绍了网络设计与系统集成的概念、技术发展和理论基础,然后较全面、系统地介绍了网络设计与项目管理,综合布线技术与工程设计,高速局域网与系统集成,路由技术与系统集成,服务器技术与系统集成,IPv6技术与系统集成,网络安全技术与应用,网络测试与运行维护等内容。笔者结合多年从事系统集成工程实践,为读者提供一个完整的电子政务工程设计案例和一些典型技术案例。这些典型案例包括校园网布线工程设计,校园网系统集成,路由冗余、负载均衡及策略路由应用,服务器集群与备份,双栈校园网集成,扩展ACL与NAT应用,以及网络运行维护管理等。

本书内容通俗易懂,结构清晰,实用性强,具有教材和技术文档的双重特征。本书适合高等院校计算机科学与技术、网络工程、软件工程、电子信息工程、电子信息科学技术、信息管理与信息系统、教育技术等专业的学生使用,也适合作为系统集成培训的自学教材,亦是网络工程技术人员和管理人员的技术参考文档和必备的工具书。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高等院校网络工程规划教材

网络工程设计与系统集成 (第2版)

-
- ◆ 主 编 杨 威
编 著 王 云 黄晓彤 杨陟卓
责任编辑 邹文波
 - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25
字数: 456千字
印数: 20 001—23 000册
- 2010年4月第2版
2010年4月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22127-8

定价: 29.80元

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

第 2 版前言

《网络工程设计与系统集成》一书自 2005 年出版后，曾多次印刷，深受广大读者的喜爱。为适应网络系统集成发展，保持教材内容的先进性及可操作性，很有必要对该书进行修订。

本次修订是在第一版的基础上，去掉一些与园区网技术发展滞后或联系不密切的内容，整合相关章节的内容，增加与园区网集成发展有关的新技术、新方法。从整体上对园区网工程设计和系统集成的原理、方法和技术，进行了全新组织、充实和完善。尽可能地反映当今园区网工程设计与系统集成的新思想、新方法和新技术，以适应读者对网络系统集成知识和技能的需求。具体修订内容如下。

1. 充分考虑应用型本科学生的认知特征和学习目标。依据系统观点，从园区网设计与系统集成的视角组织相关内容。全书内容连贯，层次结构分明，方法与技术融合，具有良好的逻辑性。通过“案例学习”和“上机实验”等环节，体现教材内容的实践性与可操作性。将网络工程设计与系统集成中较难理解的技术和方法，分散在不同的章节介绍，实现了难度分散的编写目的，便于学生理解与掌握。

2. 紧扣“园区网设计与系统集成”的主题，突出内容的实用性和整体性。这些内容包括：网络布线工程设计、交换机的 VLAN 配置与路由、大中型校园网系统集成，园区网静态路由协议应用、OSPF 动态路由协议应用、虚拟路由冗余协议应用，VRRP+MSTP 的配置应用，策略路由配置及应用；服务器集群与数据保护技术方案，服务器集群与备份；Windows 的 IPv6 网络配置与实验网组建，IPv6 局域网路由配置，IPv4/IPv6 校园网系统集成技术路线；网络安全接入与认证技术，操作系统安全加固，Web 服务器安全设置，基于 ACL 的边界网络安全设置，基于 NAT 的边界网络安全设置与应用；地市级电子政务网络技术解决方案，网络存储与容灾技术方案；网络性能改善措施，网络故障检测技术与排除方法，以及网络运行维护管理等。这些网络实用性技术和相关案例均来自工程实践。读者可以直接应用在网络设计与系统集成的项目之中，或稍加修改作为实际的网络工程使用。

3. 注重网络工程设计与系统集成的新技术、新方法的介绍。例如，介绍了以太无源光网络技术，虚拟路由冗余协议应用，园区网 VRRP+MSTP 的配置，纯 IPv6 局域网组建，IPv6/IPv4 双栈网集成技术，基于 802.1x+RADIUS 安全接入与认证，基于源地址路由的多出口连接外网，基于 MPLS VPN 的政务网业务隔离与互访等。

4. 注重精品课程 (http://www.sxnu.edu.cn/jpkc/jpk_yangw/index.htm) 建设，以方便读者学习。采用 Web 网站提供了与本书配套的课程大纲、PPT 课件、学习案例、网络实训、习题参考答案及问题答疑等教学资源。为了降低纸质教材成本，该教材的 Web 网站补充了一些实用技术，如无线局域网组建、数据远程容灾备份等学习内容。

总之，本书修订仍坚持“系统观点为纲、实用技术为主、工程实践为线、侧重主流产品”的原则；立足于“看得懂、学得会、用得上”的策略；由浅入深、循序渐进地介绍了网络工程设计与系统集成的原理、方法和技术。教材仍保持了选题适当，结构完整，层次清晰，实用性强等特点。

本书由山西师范大学杨威教授主编。全书共 10 章，其中第 1 章、第 4 章、第 5 章、第 9

章由杨威编写；第2章、第3章由黄晓彤工程师（清华大学计算机系知识工程研究室）编写；第6章、第7章由杨陟卓（北京理工大学09级计算机软件与理论博士生）编写；第8章、第10章由王云教授（山西师范大学）编写。全书由杨威统稿、定稿。

本书再版获得了山西师范大学2007年资助教材项目（SD2007LXJC-07）资助，获得了人民邮电出版社大力支持。本书在编写过程中，得到了锐捷张朝峰工程师的支持与帮助。在本书出版之际，对给予我们帮助、支持的老师，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请广大读者不吝赐教。

编者
2010年2月

目 录

| | |
|-------------------------------------|--|
| 第 1 章 绪论1 | |
| 1.1 网络工程概述1 | |
| 1.1.1 网络工程设计的概念.....1 | |
| 1.1.2 网络系统集成的定义.....2 | |
| 1.1.3 网络系统集成的发展.....2 | |
| 1.1.4 网络系统集成的层面.....3 | |
| 1.2 网络体系结构与协议4 | |
| 1.2.1 网络协议与结构4 | |
| 1.2.2 OSI 模型5 | |
| 1.2.3 TCP/IP 体系结构6 | |
| 1.2.4 网络拓扑结构9 | |
| 1.2.5 IP 相关知识10 | |
| 1.3 网络系统集成概述13 | |
| 1.3.1 系统集成体系框架14 | |
| 1.3.2 网络系统集成步骤15 | |
| 习题与思考.....16 | |
| 第 2 章 网络设计与项目管理基础17 | |
| 2.1 网络工程需求分析17 | |
| 2.1.1 需求分析思想17 | |
| 2.1.2 项目经理职责18 | |
| 2.1.3 需求调查文档记录18 | |
| 2.1.4 用户调查内容19 | |
| 2.1.5 市场调研内容19 | |
| 2.1.6 网络需求规格说明20 | |
| 2.1.7 网络工程方案内容20 | |
| 2.2 网络工程设计基础21 | |
| 2.2.1 网络物理结构21 | |
| 2.2.2 网络层次结构22 | |
| 2.2.3 有线与无线融合23 | |
| 2.2.4 服务器部署位置24 | |
| 2.2.5 网络安全管理思想24 | |
| 2.3 网络项目管理基础25 | |
| 2.3.1 网络项目管理要素25 | |
| 2.3.2 网络项目管理特点26 | |
| 2.3.3 网络项目管理内容27 | |
| 2.4 项目质量管理基础28 | |
| 2.4.1 ISO 9001 质量管理28 | |
| 2.4.2 网络项目质量控制环节.....28 | |
| 2.4.3 网络项目质量因素定义.....29 | |
| 2.4.4 网络项目质量控制方法 29 | |
| 2.5 项目成本及效益测算..... 30 | |
| 2.5.1 网络项目成本测算 30 | |
| 2.5.2 网络项目时间估算 33 | |
| 2.5.3 成本效益与风险分析 35 | |
| 习题与思考 36 | |
| 课程设计 37 | |
| 第 3 章 综合布线技术与工程设计 38 | |
| 3.1 综合布线系统标准 38 | |
| 3.1.1 EIA/TIA-568A 标准 38 | |
| 3.1.2 ISO/IEC IS 11801 标准 42 | |
| 3.1.3 综合布线系统工程设计 规范 45 | |
| 3.2 综合布线设计与安装 45 | |
| 3.2.1 设计原则 45 | |
| 3.2.2 设计范围与步骤 46 | |
| 3.2.3 工作区子系统 47 | |
| 3.2.4 水平子系统 47 | |
| 3.2.5 垂直子系统 48 | |
| 3.2.6 设备间子系统 48 | |
| 3.2.7 管理子系统 49 | |
| 3.2.8 建筑群子系统 49 | |
| 3.2.9 机房布线 50 | |
| 3.2.10 综合布线设施安装 51 | |
| 3.3 综合布线系统的保护 52 | |
| 3.3.1 过压与过流的保护 52 | |
| 3.3.2 干扰和辐射的屏蔽 52 | |
| 3.3.3 综合布线系统的接地 53 | |
| 3.4 综合布线系统的测试 54 | |
| 3.4.1 双绞线测试内容与标准 54 | |
| 3.4.2 光缆系统的测试与标准 57 | |
| 3.4.3 UTP 5 类线测试不合格的 原因 58 | |
| 3.4.4 工程文档报告 58 | |
| 3.5 大功率长延时 UPS 的使用 59 | |
| 3.5.1 UPS 的工作原理 59 | |
| 3.5.2 配置 UPS 60 | |
| 3.5.3 UPS 的安装及使用 61 | |
| 3.6 综合布线系统案例 62 | |

| | | | |
|------------------------|------------|------------------------------|------------|
| 3.6.1 综合布线系统需求分析 | 62 | 5.2 路由基本应用与配置 | 107 |
| 3.6.2 综合布线的产品选型与标准 | 63 | 5.2.1 路由器安装与配置准备 | 107 |
| 3.6.3 综合布线的系统设计与安装 | 64 | 5.2.2 配置路由器的网络接口 | 109 |
| 习题与思考 | 66 | 5.2.3 配置 WAN 链路与路由协议 | 110 |
| 网络实训 | 66 | 5.2.4 PPP 认证原理与配置 | 111 |
| 第4章 高速局域网与系统集成 | 68 | 5.3 OSPF 路由应用与配置 | 112 |
| 4.1 以太网技术概述 | 68 | 5.3.1 OSPF 协议相关知识 | 112 |
| 4.1.1 以太网技术标准及发展 | 68 | 5.3.2 OSPF 网络的配置 | 113 |
| 4.1.2 以太网介质访问控制技术 | 69 | 5.3.3 OSPF 网络的默认路由 | 115 |
| 4.1.3 快速以太网技术 | 71 | 5.4 路由冗余与负载均衡 | 116 |
| 4.1.4 吉比特以太网技术 | 73 | 5.4.1 多生成树协议与多生成树域 | 116 |
| 4.1.5 10 吉比特以太网技术 | 76 | 5.4.2 虚拟路由冗余协议及应用 | 117 |
| 4.1.6 以太无源光网络技术 | 78 | 5.4.3 园区网 VRRP+MSTP 的配置 | 118 |
| 4.2 低层设备的性能及使用 | 79 | 5.5 策略路由配置与应用 | 121 |
| 4.2.1 集线器的性能及使用 | 79 | 5.5.1 策略路由与策略路由映射图 | 121 |
| 4.2.2 收发器的性能及使用 | 80 | 5.5.2 基于源 IP 地址的策略路由 | 121 |
| 4.2.3 以太网卡的功能及使用 | 80 | 5.5.3 在 VLAN 接口应用策略路由 | 123 |
| 4.3 交换机基本技术与配置 | 81 | 习题与思考 | 124 |
| 4.3.1 交换机组成技术 | 81 | 网络实训 | 125 |
| 4.3.2 交换机基本配置与级连 | 82 | 第6章 服务器技术与系统集成 | 126 |
| 4.3.3 交换机的网桥技术 | 83 | 6.1 服务器基本知识 | 126 |
| 4.3.4 交换机的交换技术 | 85 | 6.1.1 服务器的功能与分类 | 126 |
| 4.4 VLAN 技术与路由配置 | 86 | 6.1.2 服务器的 CPU 结构 | 127 |
| 4.4.1 虚拟局域网技术 | 86 | 6.1.3 对称多路处理技术 | 129 |
| 4.4.2 基于 VLAN 的多层交换 | 88 | 6.1.4 内存技术 | 129 |
| 4.4.3 VLAN 间路由配置 | 90 | 6.1.5 磁盘存储接口技术 | 131 |
| 4.4.4 交换机性能与连接技术 | 92 | 6.1.6 网络与虚拟存储技术 | 133 |
| 4.4.5 局域网交换机选型 | 94 | 6.1.7 控制与管理技术 | 134 |
| 4.5 大学校园网系统集成 | 95 | 6.2 服务器配置与选型 | 135 |
| 4.5.1 校园网需求分析 | 95 | 6.2.1 服务器的性能与配置 | 135 |
| 4.5.2 校园主干网设计 | 96 | 6.2.2 服务器产品选型 | 139 |
| 4.5.3 校园网系统集成 | 97 | 6.2.3 网络操作系统选型 | 140 |
| 习题与思考 | 100 | 6.2.4 网络数据库选型 | 141 |
| 网络实训 | 100 | 6.3 操作系统安装与配置 | 142 |
| 第5章 网络路由技术与系统集成 | 102 | 6.3.1 Windows Server 2003 安装 | 142 |
| 5.1 网络路由技术概述 | 102 | | |
| 5.1.1 路由设备组成与功能 | 102 | | |
| 5.1.2 路由协议与被路由协议 | 104 | | |
| 5.1.3 局域网路由设备选型 | 106 | | |

| | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|------------|--------------|---------------------------|------------|
| 6.3.2 | Windows Server 2003 配置 | 143 | 8.1.1 | 网络安全威胁 | 189 |
| 6.3.3 | 设置活动目录域控制器 | 143 | 8.1.2 | 网络安全技术措施 | 190 |
| 6.3.4 | DNS 服务器设置与管理 | 146 | 8.1.3 | 建立安全事件响应小组 | 191 |
| 6.3.5 | Web 服务器设置与管理 | 151 | 8.2 | 网络安全接入与认证 | 192 |
| 6.4 | 服务器集群与数据保护 | 152 | 8.2.1 | 802.1x 协议及工作机制 | 192 |
| 6.4.1 | 服务器集群基本知识 | 153 | 8.2.2 | 基于 RADIUS 的认证 | 193 |
| 6.4.2 | 集群工作模式与原理 | 154 | 8.2.3 | 基于 802.1x 的认证 | 194 |
| 6.4.3 | Windows Server 2003 集群设置 | 155 | 8.2.4 | 几种认证技术特点 | 195 |
| 6.4.4 | Windows Server 2003 数据保护 | 159 | 8.2.5 | IP 地址设置与防盗用 | 197 |
| 6.5 | 服务器集群与备份案例 | 161 | 8.3 | 操作系统安全设置 | 199 |
| 6.5.1 | 服务器选型与配置 | 161 | 8.3.1 | 系统服务包和安全补丁 | 199 |
| 6.5.2 | 服务器整体架构 | 162 | 8.3.2 | 限制操作系统用户权限 | 199 |
| | 习题与思考 | 163 | 8.3.3 | 加固文件系统的安全 | 201 |
| | 网络实训 | 163 | 8.3.4 | 删除或禁用不必要的组件 和服务 | 203 |
| 第 7 章 | IPv6 技术与系统集成 | 166 | 8.3.5 | 日志和审核 | 205 |
| 7.1 | IPv6 技术概述 | 166 | 8.3.6 | 文件系统加密 | 206 |
| 7.1.1 | IPv6 地址表示 | 166 | 8.4 | Web 系统安全设置 | 207 |
| 7.1.2 | IPv6 地址配置 | 168 | 8.4.1 | IIS 的安全机制 | 207 |
| 7.1.3 | IPv6 服务质量 | 168 | 8.4.2 | 设置 IP 地址限制 | 208 |
| 7.1.4 | IPv6 域名解析 | 169 | 8.4.3 | 设置用户身份验证 | 208 |
| 7.1.5 | IPv6 安全特性 | 171 | 8.4.4 | 设置 Web 服务器权限 | 210 |
| 7.1.6 | IPv4 向 IPv6 的过渡 | 172 | 8.4.5 | 控制 IIS 应用程序 | 211 |
| 7.2 | 基于 Windows 的 IPv6 网络 | 174 | 8.4.6 | 设置目录或文件的 NTFS 权限 | 212 |
| 7.2.1 | Windows 的 IPv6 配置 命令 | 174 | 8.4.7 | 审核 IIS 日志记录 | 213 |
| 7.2.2 | Windows 的 IPv6 实验网 架构 | 175 | 8.5 | 保护网络边界安全 | 214 |
| 7.3 | IPv6 局域网路由配置 | 178 | 8.5.1 | 防火墙和路由器 | 214 |
| 7.3.1 | IPv6 的静态路由 | 178 | 8.5.2 | 使用网络 DMZ | 215 |
| 7.3.2 | IPv6 的动态路由 RIPng | 179 | 8.5.3 | ACL 的作用与分类 | 216 |
| 7.3.3 | IPv6 的动态路由 OSPF v3 | 180 | 8.5.4 | ACL 的配置方法 | 217 |
| 7.4 | IPv4/IPv6 校园网系统集成 | 182 | 8.5.5 | ACL 执行及设置的 位置 | 217 |
| 7.4.1 | IPv4/IPv6 校园网设计 | 182 | 8.5.6 | 扩展 ACL 应用案例 | 218 |
| 7.4.2 | 纯 IPv6 实验网集成 | 183 | 8.5.7 | NAT 协议应用案例 | 220 |
| 7.4.3 | 双栈校园网系统集成 | 186 | | 习题与思考 | 222 |
| | 习题与思考 | 188 | | 网络实训 | 223 |
| | 网络实训 | 188 | 第 9 章 | 电子政务网络设计案例 | 225 |
| 第 8 章 | 网络安全技术与应用 | 189 | 9.1 | 电子政务概述 | 225 |
| 8.1 | 网络安全概述 | 189 | 9.1.1 | 电子政务网络总体 架构 | 225 |
| | | | 9.1.2 | 市级电子政务功能 需求 | 227 |

| | | | |
|-------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 9.2 市级电子政务城域网设计 | 228 | 课程设计 | 259 |
| 9.2.1 电子政务城域网骨干网 | 228 | 第 10 章 网络测试与运行维护 | 260 |
| 9.2.2 电子政务信息系统 | 230 | 10.1 网络性能测试 | 260 |
| 9.2.3 城域网的汇聚与接入 | 232 | 10.1.1 网络性能及指标 | 260 |
| 9.2.4 基于 EPON 的接入 | 234 | 10.1.2 性能测试类型与方法 | 262 |
| 9.3 市级电子政务专网设计 | 234 | 10.1.3 网络可靠性测试 | 264 |
| 9.3.1 超五类屏蔽双绞线安装 技术 | 234 | 10.1.4 网络吞吐率测试 | 264 |
| 9.3.2 电子政务办公专网拓扑 结构 | 235 | 10.2 网络性能改善 | 265 |
| 9.3.3 电子政务专网的安全体系 结构 | 236 | 10.2.1 网络性能改善技术 措施 | 266 |
| 9.4 网络存储技术方案 | 237 | 10.2.2 调整和优化服务器 内存 | 268 |
| 9.4.1 多服务器集中存储 | 237 | 10.2.3 服务器资源优化 | 269 |
| 9.4.2 远程灾难备份与恢复 | 238 | 10.2.4 建立与完善网络配置 文档 | 270 |
| 9.5 电子政务安全技术 | 238 | 10.3 网络故障检测与排除 | 271 |
| 9.5.1 电子政务 PKI 部署 | 239 | 10.3.1 网络故障管理方法 | 271 |
| 9.5.2 电子政务业务隔离 | 240 | 10.3.2 建立故障管理系统 | 272 |
| 9.5.3 电子政务业务互访 | 243 | 10.3.3 连通性故障检测与 排除 | 272 |
| 9.5.4 电子政务安全通信 | 245 | 10.3.4 接口故障检测与排除 | 273 |
| 9.5.5 点对点的通信安全 | 246 | 10.3.5 网络整体状态统计 | 274 |
| 9.5.6 网络行为监管与审计 | 248 | 10.3.6 本机路由表检查及 更改 | 274 |
| 9.6 建立可信的政务网站 | 249 | 10.3.7 路由故障检测与排除 | 275 |
| 9.6.1 基于 SSL 的可信连接 条件 | 249 | 10.3.8 使用 Sniffer Pro 诊断 网络 | 276 |
| 9.6.2 申请和安装服务器证书 | 250 | 10.3.9 设备除尘与防止静电 | 277 |
| 9.6.3 Web 服务器安全通信 设置 | 253 | 10.4 网络性能与安全评估 | 278 |
| 9.6.4 安装客户端 CA 证书 | 254 | 10.4.1 网络性能评估 | 278 |
| 9.6.5 基于 SSL 客户机的 验证 | 256 | 10.4.2 网络安全评估 | 279 |
| 9.6.6 使用 CTL 提高 Web 站点 信任度 | 256 | 习题与思考 | 281 |
| 习题与思考 | 257 | 网络实训 | 281 |
| 网络实训 | 258 | 参考文献 | 283 |

第 1 章 绪 论

本章简单介绍网络工程设计的概念，系统集成的定义、发展和层面。按照系统集成基本知识要求，重点介绍 OSI 模型、TCP/IP 协议栈，网络拓扑结构，IP 相关知识，以及系统集成的体系结构和系统集成的步骤。通过本章学习，达到以下目标。

(1) 了解系统集成的发展和层面，理解网络工程设计和系统集成的概念。掌握网络系统结构与协议的基本知识，会使用 OSI 与 TCP/IP 对比，分析实际网络体系结构。

(2) 了解智能 DNS 的工作原理，理解 IP 要点与使用规范。理解域名系统表示与域名解析方法。熟练掌握 IPv4 子网地址设置与子网掩码设置。

(3) 了解系统集成体系结构和系统集成步骤，理解网络结构特点与区别，基本掌握网络各种结构的使用范围。

1.1 网络工程概述

计算机网络作为信息社会的交通枢纽，为人们的工作、学习、生活提供了快捷、方便的交流与协同平台。网络工程与系统集成得到了广泛的关注和发展。

1.1.1 网络工程设计的概念

网络工程 (Network Engineering, NE) 是从整体出发，合理规划、设计、实施和运用计算机网络的工程技术。它根据网络组建需求，综合应用计算机科学和管理科学中有关的思想、理论和方法，对网络系统结构、要素、功能、应用等进行分析，以达到最优规划、最优设计、最优实施和最优管理的目的。

网络工程设计是保障网络组建工程项目实施的首要环节。网络工程设计不是一件简单的事，事实上，必须具备网络系统集成的基本知识，并掌握网络工程方案设计理论与方法。

网络工程设计是按照用户组网需求，从网络综合布线、数据通信、系统集成等方面综合考虑，选用先进的网络技术和成熟产品，为用户提供科学、合理，实用、好用、够用的网络系统解决方案。为网络系统集成提供技术文档和工程实施依据。

例如，企业网工程设计包括：企业网综合布线需求分析，综合布线产品选型和综合布线技术路线；企业网通信需求与性能分析，企业网拓扑结构，企业网设备选型，企业网构建技术路线；企业信息资源与应用需求分析，面向服务的资源系统架构，服务器产品选型，网络安全部署，以及信息资源系统构建技术路线。

1.1.2 网络系统集成的定义

系统(System)的意思是“体系,制度,体制,秩序,规律,方法”。集成(Integration)的意思是“成为整体,组合,综合,一体化”。集成可以表示将单个元件组装成一台设备或一种结构的过程。例如,将大量的晶体管组成一个“集成”电路。集成也可以表示由某种规则的相互作用形式而联结的部件组合体,即有组织整体。例如,将软件的多个功能模块组合成“一体化”系统,使整体系统从一个程序到另一个程序能够共享命令和信息流。这种软件被称为是“集成”软件。

集成就是以有机结合、协调工作,提高效率、创造效益为目的,将各个部分组合成为全新功能、高效和统一的有机整体。系统集成则是在系统“体系、秩序、规律和方法”的指导下,根据用户的需求,优选各种技术和产品,整合用户原有资源,提出系统性组合的解决方案;并按照方案对系统性组合的各个部件或子系统进行综合组织,使之成为一个经济、高效和整体化的系统。

网络系统集成是按照网络工程的需求及组织逻辑,采用相关技术和策略,将网络设备(交换机、路由器、服务器)和网络软件(操作系统、应用系统)系统性地组合成整体的过程。

1.1.3 网络系统集成的发展

网络系统集成起源于20世纪80年代,发展于20世纪90年代。尤其是在近十多年网络系统集成已广泛地应用于工业、商业、金融、政府、教育、科研以及日常生活的各个领域,成为信息社会的重要产业。

网络系统集成是在信息系统工程方法的指导下,根据网络应用的需求,将网络硬件设备、系统软件和应用软件等产品和技术,系统性地集合在一起,成为满足用户需求的、较高性价比的计算机网络系统。

网络系统集成主要朝着互连和高速的方向发展。一方面随着计算技术网络化的趋势,出现了多种新的网络计算(Network Count)模式,使网络系统从以往设备和技术集成,正朝着网络应用互连集成的方向发展。在网络高层协议和操作系统的支持下,已实现了局域网(Local Area Network, LAN)互连,LAN与广域网(Wide Area Network, WAN)的互连。网络上的计算机也不再只是个人机,高性能业务处理已经由高档计算机、工程工作站、小型机和专用服务器,甚至大型主机组成的网络来承担。互连扩大了网络的应用范围,从某种意义上来说,网络已经具有了“网格(Grid)”的雏形。

网格的目标是在当前日益发达的网络传输基础设施基础上,建立信息处理基础设施,将分散在网络上的各种设备和各种信息以合理的方式“黏合”起来,形成高度集成的有机整体,向普通用户提供强大的计算能力、存储能力、设备访问能力及前所未有的信息融合和共享能力。

另一方面,随着网络通信技术光纤化的趋势,出现了多种新的以太网通信技术(如10吉比特以太网),使网络集成正朝着高速率、大容量的方向发展。网络上传输的信息也不再是文本数据,而是融合语音、数据和视频的多媒体信息。局域网速度已经从共享式10Mbit/s升级到交换式100~1Gbit/s,已达到10Gbit/s。

网络系统集成正以局域网自身的特点和优势，在工业、商业、政府、教育、科研、金融、证券保险、医疗等领域都得到了广泛应用。如今的企业网、校园网、政务网、商务网等都是由网络系统集成的产品，网络工程设计与系统集成可谓是无处不在，无所不能。

1.1.4 网络系统集成的层面

通常，网络系统集成包括3个主要层面：网络软硬件产品集成、网络技术集成和网络应用集成。

1. 网络软硬件产品的集成

网络系统集成涉及多种产品的组合。例如，网络信道采用传输介质（电缆、光缆）组成，网络通信平台采用数据交换和路由设备（交换机、路由器、收发器）组成，网络信息资源平台采用服务器和操作系统组成。

通常，一个网络产品制造商并不能提供一个集传输介质、通信平台和资源平台于一体的解决方案。开放系统互连参考模型（Open System Interconnect Reference Model, OSI）将网络系统分为7个层次：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。按照OSI标准，采用分工合作的原则，网络产品制造商可分为传输介质制造商（如AMP、鼎志），网络通信、互连设备制造商（如Cisco、华为、锐捷、H3C等），服务器制造商（如IBM、HP、DELL、浪潮、曙光、联想等），系统软件商（如微软、IBM、赛门铁克等）。

这样，在一个网络系统就会涉及多个制造商产品的组合使用。在这种组合中，网络工程设计与系统集成要考虑的首要问题，就是不同品牌产品的兼容性或互换性，力求使这些产品集成为一体时，能够产生的“合力”最大，“内耗”最小。

2. 网络技术的集成

网络系统集成不是各种网络软、硬产品的简单组合。网络系统集成是一种产品与技术的融合；是一种面向用户需求的增值服务；是一种在特定环境制约下集成商和用户寻求利益最大化的过程。

计算机网络技术源于计算机技术与通信技术的结合，发展于局域网技术和广域网技术的普遍应用。尤其是最近几年，新的网络通信技术、资源管理和控制技术层出不穷。例如，全双工交换式以太网、吉比特以太网、10吉比特以太网，第三层交换，虚拟个人网（Virtual Private Network, VPN），双址（源地址、目标地址）路由，IPv6，IP语音，双栈（IPv4、IPv6）路由，服务器集群与负载均衡，高性能计算集群，存储区域网络（Storage Area Network, SAN），IP存储（IP SAN），虚拟存储（Virtual Storage, VS），Client/Server模式、Browser/Server模式和Browser/Application/Server模式，面向服务的分布式体系结构等。

由于网络技术体系纷繁复杂，使得集团网络用户、普通网络用户和一般技术人员难以掌握和选择。网络技术集成要求熟悉各种网络技术的人员，完全从用户网络建设的需求出发，遵照网络技术集成理论、方法，为用户提供“量体裁衣”的一揽子技术解决方案。

3. 网络应用的集成

网络应用系统是指在网络基础应用平台上，应用软件开发商或网络系统集成商为用户开

发或用户自行开发的通用或专用应用系统。常用的通用系统有 DNS、WWW、E-mail、FTP、VOD(视频点播)、杀毒软件(网络版)、网络管理与故障诊断系统等。这些网络基本应用系统,可根据用户的需求、提供的财力及应用系统的负载情况,将两种应用集成在一台服务器上(如 DNS 和 E-mail),以节约成本;或采用服务器集群技术将一种应用分布在两台(或多台)服务器上,以实现负载均衡;或采用虚拟存储技术将多种应用集成在一台高性能服务器上,以实现资源集中管理和节约用电。

专用系统有面向企业的财务管理系统、企业资源计划(ERP)系统、项目管理系统、电子商务系统、CAD/CAM 系统等。面向学校的远程教学系统、多媒体网络教学系统、多媒体直播课堂、协作学习系统、研究性学习系统、电子考试、绩效测评系统等。

1.2 网络体系结构与协议

20 世纪 80 年代以来,计算机网络飞速发展,已成为一种复杂、多样的大系统。网络系统集成要解决许多复杂的技术问题。例如,支持铜线、光缆、无线等介质通信;支持多厂商、异构系统互连(包括软件通信协议与硬件接口规范);支持多种业务,Web 服务、视频点播、远程医疗、远程教育、IP 电话、IP 存储、网上购物,以及电子商务、电子政务等;支持可视化的人—机接口,满足人们对多媒体应用日益增长的需求。

1.2.1 网络协议与结构

计算机网络由多个互连的结点组成,结点之间要不断地交换数据和控制信息。要做到有条不紊地交换数据,每个结点必须遵守一些事先约定好的共同规则。为数据交换而制定的规则、约定和标准统称为网络协议(Network Protocol)。

1. 网络协议

一般地说,一个网络协议由 3 个要素构成:语法、语义和时序。语法确定通信双方之间“如何讲”,由逻辑说明构成;它确定通信时采用的数据格式、编码、信号电平、应答结构等。语义确定通信双方之间“讲什么”,由通信过程的说明构成;它要对发布请求、执行动作及返回应答予以解释,并确定用于协调和差错处理的控制信息。时序则确定事件的顺序及速度匹配、排序等。

2. 网络体系结构

世界上第一个网络体系结构是 IBM 公司于 1974 年提出的,命名为系统网络体系结构(System Network Architecture, SNA)。在此之后,许多公司纷纷提出了各自的网络体系结构。这些网络体系结构的共同之处是它们都采用了分层技术,但层次划分、功能分配与采用的技术术语均不相同。

所谓网络体系结构就是为了完成计算机间的协同工作,把计算机之间互连的功能划分成具有明确定义的层次,规定了同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口服务。将这些同层次进程通信的协议及相邻层接口统称为网络体系结构。

网络协议对计算机网络是不可缺少的，一个完善的网络需要一系列网络协议构成一套完备的网络协议集。大多数网络在设计时是将网络划分为若干个相互联系而又各自独立的层次，然后针对每个层次及层次间的关系制定相应的协议，这样可以减少协议设计的复杂性。像这样的计算机网络层次结构模型及各层协议的集合，也称为计算机网络体系结构（Network Architecture, NA）。

随着信息技术的发展，各种计算机系统联网和各种计算机网络的互连成为人们迫切需要解决的课题，OSI 就是在这样一个背景下提出和研究的。

1.2.2 OSI 模型

IEEE 802 委员会于 1981 年提出了 OSI。OSI 定义了异构计算机（硬件结构、软件指令均不同）联网标准的框架结构，受到计算机和通信行业的极大关注。OSI 的不断发展，得到了国际上的承认，成为其他计算机网络体系结构靠拢的标准，大大推动了计算机网络与通信的发展。

1. IEEE 802 参考模型 OSI

OSI 采用三级抽象，即体系结构、服务定义和协议规格说明。体系结构部分定义 OSI 的层次结构、各层间关系及各层可能提供的服务。服务定义部分详细说明了各层所具备的功能。协议规格部分的各种协议精确定义了每一层在通信中发送控制信息及解释信息的过程。提供各种网络服务功能的计算机网络系统是非常复杂的。根据分而治之的原则，ISO 将整个通信功能划分为 7 个层次，如图 1.1 所示。

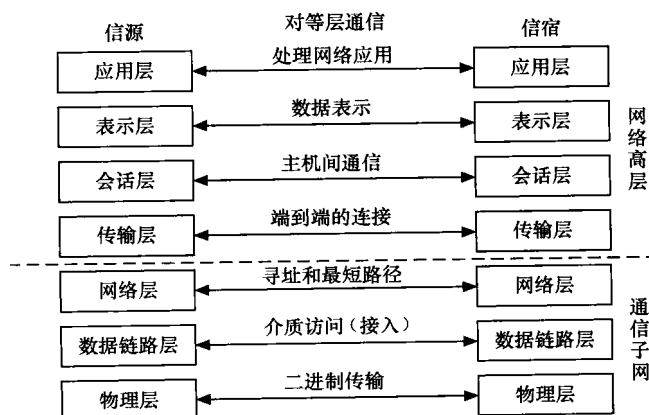


图 1.1 IEEE 802 参考模型 OSI

从总体上看，计算机网络分为“通信子网”和“网络高层”两大层次。通信子网（1~3 层）支持通信接口，提供网络访问。网络高层（4~7 层）支持端到端通信，提供网络服务。无论怎样分层，较低的层次总是为与它紧邻的上层提供服务。

OSI 参考模型是理论模型。模型的建立有利于将网络通信作业拆解成较小的、较简单的部分，方便设计制造。将网络元件标准化，使更多的厂商加入开发及技术支持，让各种不同类型的网络硬件与软件彼此互通信息；防止一层中的改变影响到其他各层，便于更迅速地发展。将网络通信作业拆解成较小的部分，在学习和了解时就更加简单明了。

2. PDU 与数据封装

在 OSI 参考模型中,对等层协议之间交换的信息单元统称为协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU)。传输层及以下各层的 PDU 有各自特定的名称:传输层——数据段 (Segment),网络层——分组数据报文 (Packet),数据链路层——数据帧 (Frame),物理层——二进制比特流 (Bit)。

一台计算机要发送数据到另一台计算机,数据首先必须打包,打包的过程称封装。封装就是在数据前面加上特定的协议头部。这如同发送邮件,信装入写有源地址和目的地址的信封中发送,还要写明是“平信”或“挂号信”。

OSI 参考模型中每一层都要依靠下一层提供的服务。为了提供服务,下层把上层的 PDU 作为本层的数据封装,然后加入本层的头部(和尾部),头部中含有完成数据传输所需的控制信息。这样,数据自上而下递交的过程实际上就是不断封装的过程;到达目的地后自下而上递交的过程就是不断拆封的过程,如图 1.2 所示。

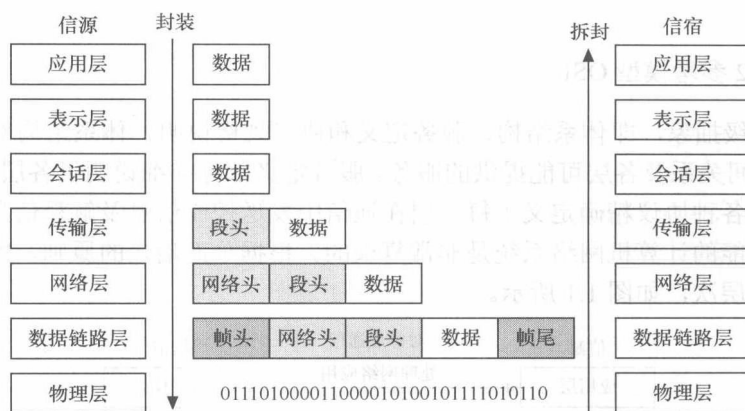


图 1.2 数据多层封装与拆封

由此可知,在物理线路上传输的数据,其外面实际上被包封了多层“信封”。但是,某一层只能识别由对等层封装的“信封”,而对于被封装在“信封”内部的数据仅仅是拆封后将其提交给上层,本层不作任何处理。

1.2.3 TCP/IP 体系结构

由于种种原因,OSI 模型并没有成为真正应用在工业技术中的网络体系结构。Internet 在全世界的飞速发展使 Internet 所遵循的 TCP/IP 参考模型得到了广泛的应用。

1. TCP/IP

TCP/IP 是一个协议集,如图 1.3 所示。TCP/IP 协议集中最重要是传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 和网际互连协议 (Internet Protocol, IP),统称为 TCP/IP。TCP/IP 具有如下 4 个特点。

- (1) 开放的协议标准,可以免费使用,并且独立于特定的计算机硬件与操作系统。
- (2) 独立于特定的网络硬件,可以运行在局域网、广域网中,更适用于网络互连。

- (3) 统一的网络地址分配方案，使得网络中的每台主机在网中都具有唯一的地址。
- (4) 标准化的高层协议（FTP，HTTP，SMTP 等），可以提供多种可靠的信息服务。

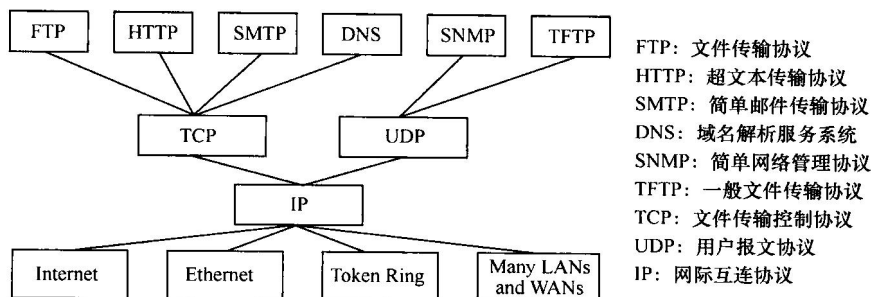


图 1.3 TCP/IP 协议集

在 TCP/IP 中，TCP 和 IP 各有分工。TCP 是 IP 的高层协议，TCP 在 IP 之上提供了一个可靠的面向连接的协议。TCP 能保证数据包传输及正确传输顺序，并且它可以确认数据包头和包内数据的准确性。如果在传输期间出现丢包或错包的情况，TCP 负责重新传输出错的包。这样的可靠性使得 TCP/IP 在会话式传输中得到充分应用。IP 为 TCP/IP 协议集中的其他所有协议提供“包传输”功能，IP 为计算机网络上的数据提供了一个有效的无连接传输系统。也就是说 IP 包不能保证到达目的地，接收方也不能保证按顺序收到 IP 包，它仅能确认 IP 包头的完整性。最终确认数据包是否到达目的地，还要依靠 TCP，因为 TCP 是面向连接的服务。

2. TCP/IP 体系结构及功能

TCP/IP 体系结构分为 4 个层次：网络接口层、IP 层、传输层和应用层。TCP/IP 体系结构与 OSI 参考模型的对应关系，以及 TCP/IP 数据封装流程，如图 1.4 所示。TCP/IP 网络接口层 (Network Interface) 对应 OSI 的物理层，TCP/IP 的网络互连层 (包括 ICMP、ARP、RARP 等协议) 对应 OSI 的数据链路层，TCP/IP 的传输层 (TCP、UDP) 对应 OSI 的传输层，TCP/IP 的应用层 (高层协议) 对应 OSI 的会话层、表示层及应用层。TCP/IP 各层的功能如下。

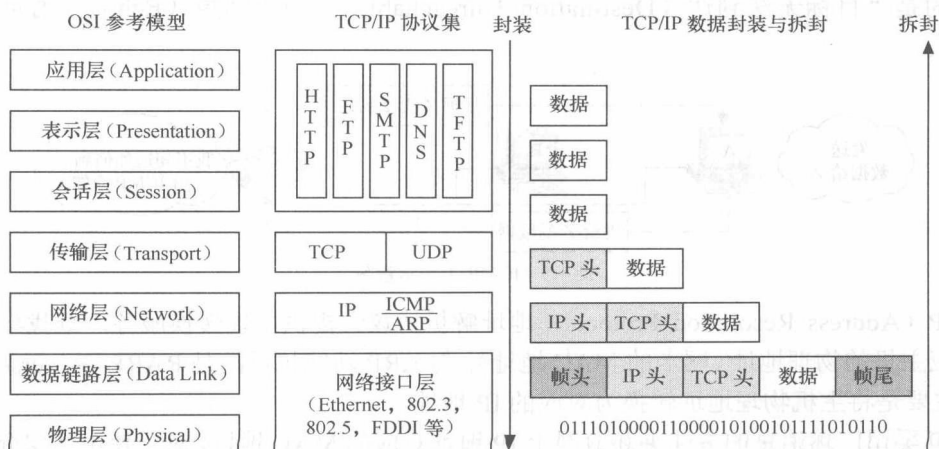


图 1.4 OSI 与 TCP/IP 的对比及数据封装

- (1) 网络接口层。该层是整个体系结构的基础部分，负责接收 IP 层的 IP 数据包，通过

网络向外发送；或接收、处理网络上的物理帧，抽出 IP 数据包，向 IP 层发送。该层是主机与网络的实际连接层，网络接口层中的比特流传输相当于邮政系统中信件的运送。

(2) 网络互连层。网络互连层也称为 IP 层，该层是整个体系结构的核心部分，负责处理 Internet 中计算机之间的通信，向传输层提供统一的数据包。它的主要功能是处理来自传输层的分组发送请求，处理接收的数据包和处理互连的路径。

IP 提供了无连接（不可靠）的数据包传输服务，数据包从一个主机经过多个路由器到达目的主机。如果路由器不能正确地传输数据包，或者检测到影响数据包的正确传输的异常情况，路由器就要通知信源主机或路由器采取相应的措施。

(3) 传输层。该层是整个体系结构的控制部分，负责应用进程之间的端到端通信。传输层定义了两种协议：传输控制协议（Transfer Control Protocol, TCP）与用户数据报协议（User Datagram Protocol, UDP）。TCP 是一种可靠的面向连接的协议，允许从一台主机发出的字节流无差错地发往 Internet 上的其他机器。TCP 将应用协议的字节流分成数据段，并将数据段传输给 IP 层打包。在接收端，IP 层将接收的数据包解开，再由 TCP 层将收到的数据段组装成应用协议字节流。TCP 还可处理流量控制，以避免快速发送方，向低速接收方发送过多数据包而使接收方无法处理。UDP 是一种的无连接（不可靠）协议，它与 TCP 不同的是，它不进行分组顺序的检查和差错控制，而是把这些工作交给上一级应用层完成。

(4) 应用层。该层是整个体系结构的协议部分，包括了所有的高层协议，并且总是不断有新的协议加入。与 OSI 模型不同的是，在 TCP/IP 模型中没有会话层和表示层。由于在应用中发现，并不是所有的网络服务都需要会话层和表示层的功能，因此，这些功能逐渐被融合到 TCP/IP 中应用层的那些特定的网络服务中。应用层是网络操作者的应用接口，正像发信人将信件放进邮筒一样，网络操作者只需在应用程序中按下发送数据按钮，其余的任务都由应用层以下的各层完成。

3. ICMP 与 ARP 的功能

ICMP（Internet Control Messages Protocol，Internet 控制消息协议）封装在 IP 数据包中，通过 IP 进行传送。ICMP 为 IP 提供了差错控制、网络拥塞控制、路由控制等功能。最常用的是“目标无法到达（Destination Unreachable）”和“回声（Echo）”消息，如图 1.5 所示。

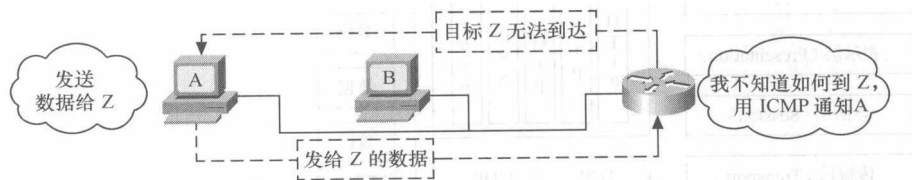


图 1.5 ICMP 工作示意图

ARP（Address Resolution Protocol，地址解析协议）提供地址转换服务，查找与给定 IP 地址对应主机的物理地址（网卡的 MAC 地址）。与 ARP 功能相反的是 RARP（Reverse ARP），RARP 主要是将主机物理地址转换为对应的 IP 地址。

ARP 采用广播消息的方法来获取网上 IP 地址对应的 MAC 地址，对于使用低层介质访问机制的 IP 地址来说 ARP 非常实用。当一台主机发送数据包时，首先通过 ARP 获取 MAC 地址，并把结果存储在 ARP 缓存的 IP 地址和 MAC 地址表中；该主机下次再发送数据包时，