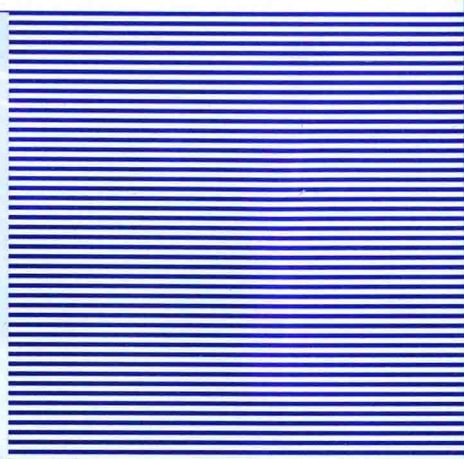




“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

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3版)

Network Engineering Design
and System Integration (3rd Edition)

杨陟卓 主编

杨陟卓 杨威 王赛 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



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 21世纪
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 网络



网络工程设计 与系统集成 (第3版)

Network Engineering Design
and System Integration (3rd Edition)

杨陟卓 主编

杨陟卓 杨威 王赛 编著

人民邮电出版社

北京

网络工程设计与系统集成 / 杨陟卓主编. -- 3版
— 北京: 人民邮电出版社, 2014.10
21世纪高等院校网络工程规划教材
ISBN 978-7-115-36522-4

I. ①网… II. ①杨… III. ①计算机网络—网络设计—高等学校—教材②计算机网络—网络集成—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第171149号

内 容 简 介

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、系统地介绍了综合布线与中心机房设计、高速局域网与系统集成、园区网路由与系统集成、WLAN 及有线网无线网的一体化、服务器技术与系统集成、IPv6 技术与系统集成、网络安全技术及应用、政务云计算技术及应用、网络测试与维护等内容。笔者结合多年从事系统集成工程的实践,为读者提供多个完整的网络工程案例。这些案例包括数据中心机房设计,校园网系统集成部署,园区网路由冗余、负载均衡及策略路由应用,服务器集群与备份,双栈校园网交换、路由配置,网络安全部署,政务混合云解决方案,以及网络运维管理等。

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、教育技术学等专业的学生使用,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。

-
- ◆ 主 编 杨陟卓
 - 编 著 杨陟卓 杨 威 王 赛
 - 责任编辑 邹文波
 - 责任印制 彭志环 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>
三河市中晟雅豪印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.75 2014 年 10 月第 3 版
字数: 443 千字 2014 年 10 月河北第 1 次印刷

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

第 3 版前言

本书第 2 版自 2010 年出版以来,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和可操作性,本次修订是在第 2 版的基础上,对教材内容进行了全新组织、充实和完善。教材修订尽可能地反映了当今园区网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:综合布线设计、数据中心机房设计、交换机 VLAN 与路由、校园网系统集成部署,静态路由与 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; WLAN 组建及有线网无线网一体化部署; Windows Server 2008 的集群设置; IPv6 路由配置, IPv4/IPv6 校园网系统集成部署; 网络准入/准出控制, Web 服务器安全设置, 基于 ACL 与 NAT 的网络安全设置; 政务云计算技术解决方案, 服务器与存储虚拟化, 计算池、存储池及网络池部署; 网络性能改善措施, 网络故障检测与排除, 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园区网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,云计算技术,智能弹性架构的网络,网络统一交换与多业务融合,基于 VMware 的服务器与存储虚拟化,以及计算池、存储池部署, IPv6/IPv4 双栈网集成技术,基于源地址路由的多出口连接外网,电子政务混合云计算解决方案等。

4. 注重立体化教材建设,以方便读者学习。本立体化教材网站 (http://www.sxnu.edu.cn/jpkc/jpk_yangw/index.htm) 提供了课程教学大纲、学习指导、PPT 课件、学习案例、网络实训、习题参考答案及问题答疑等学习资源。

总之,教材修订坚持“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。

本书由山西大学计算机学院杨陟卓博士担任主编。全书由杨陟卓、山西师范大学网络中心杨威教授、湖南瑞升通信技术有限公司王赛合作编写。全书共 10 章,其中第 1 章、第 9

目 录

第1章 绪论	1	2.2.4 水平子系统	35
1.1 网络设计与系统集成概述	1	2.2.5 垂直子系统	35
1.1.1 网络工程设计的概念	1	2.2.6 设备间子系统	36
1.1.2 网络系统集成的定义	2	2.2.7 管理子系统	36
1.1.3 网络系统集成的发展	2	2.2.8 建筑群子系统	37
1.1.4 网络系统集成的层面	3	2.2.9 非屏蔽双绞线安装	37
1.1.5 系统集成体系框架	4	2.2.10 屏蔽双绞线安装	38
1.2 网络体系结构与协议	5	2.3 综合布线系统的保护	39
1.2.1 网络协议与结构	5	2.3.1 过压与过流的保护	39
1.2.2 OSI参考模型	6	2.3.2 干扰和辐射的屏蔽	39
1.2.3 TCP/IP体系结构	7	2.3.3 综合布线系统的接地	40
1.2.4 网络拓扑结构	10	2.4 综合布线系统的测试	41
1.2.5 IP相关知识	11	2.4.1 双绞线测试内容与标准	41
1.3 网络工程需求分析	14	2.4.2 光缆系统测试与标准	43
1.3.1 需求分析思想	14	2.4.3 UTP 5类线测试不合 格的原因	44
1.3.2 项目经理职责	15	2.4.4 工程文档报告	45
1.3.3 需求调查文档记录	15	2.5 数据中心机房设计	45
1.3.4 用户调查	15	2.5.1 TIA-942标准	46
1.3.5 市场调研	16	2.5.2 设计指导思想	46
1.3.6 网络工程设计书	17	2.5.3 机房布线设计	47
1.4 网络工程设计基础	18	2.5.4 机房供配电设计	48
1.4.1 网络物理拓扑结构	18	2.5.5 机房节能设计	50
1.4.2 网络层次结构	19	2.5.6 机房接地保护	52
1.4.3 有线网与无线网的融合	20	习题与思考	53
1.4.4 云计算数据中心	21	网络实训	54
1.4.5 网络安全管理措施	22	第3章 高速局域网与系统集成	56
1.4.6 网络工程实施步骤	22	3.1 以太网技术概述	56
习题与思考	24	3.1.1 以太网技术标准及发展	56
网络实训	24	3.1.2 以太网介质访问控制 技术	57
第2章 综合布线与机房工程	26	3.1.3 快速以太网技术	59
2.1 综合布线系统标准	26	3.1.4 吉比特以太网技术	61
2.1.1 EIA/TIA-568A标准	26	3.1.5 10吉比特以太网技术	64
2.1.2 ISO/IEC IS 11801标准	30	3.1.6 以太无源光网络技术	66
2.1.3 GB50311—2007标准	32	3.2 低层设备的性能及使用	67
2.2 综合布线设计与安装	33	3.2.1 集线器的性能及使用	67
2.2.1 设计原则	33	3.2.2 收发器的性能及使用	67
2.2.2 设计范围与步骤	33	3.2.3 以太网卡的功能及使用	68
2.2.3 工作区子系统	34		

3.3 交换机基本技术与配置·····69	4.5.3 在 VLAN 接口应用 策略路由·····108
3.3.1 交换机组成技术·····69	习题与思考·····109
3.3.2 交换机基本配置与级连·····70	网络实训·····110
3.3.3 交换机的网桥技术·····71	第5章 无线局域网及有线无线 一体化 ·····111
3.3.4 交换机的交换技术·····73	5.1 无线局域网标准与技术·····111
3.4 VLAN 技术与路由配置·····74	5.1.1 无线局域网标准·····111
3.4.1 虚拟局域网技术·····74	5.1.2 基于扩频的调制技术·····113
3.4.2 基于 VLAN 的多层交换·····76	5.1.3 基于 PBCC 的调制 技术·····114
3.4.3 VLAN 间路由配置·····77	5.1.4 基于 OFDM 的调制 技术·····115
3.4.4 交换机性能与连接技术·····80	5.1.5 MIMO 与宽信道带宽 技术·····116
3.4.5 局域网交换机选型·····81	5.2 无线局域网组成与通信·····116
3.5 大学校园网系统集成·····83	5.2.1 无线局域网设备·····116
3.5.1 校园网需求分析·····83	5.2.2 无线局域网结构·····119
3.5.2 校园主干网设计·····83	5.2.3 CSMA/CA 通信机制·····120
3.5.3 校园网系统集成·····84	5.2.4 无线局域网覆盖域与 通信·····121
习题与思考·····87	5.3 无线局域网性能改善·····122
网络实训·····87	5.3.1 基于移动 IP 的漫游 通信·····122
第4章 园区网路由与系统集成 ·····89	5.3.2 基于 802.11e 的 MAC 层优化·····124
4.1 网络路由技术概述·····89	5.3.3 基于双频多模的物理层 优化·····125
4.1.1 路由设备组成与功能·····89	5.3.4 智能无线局域网技术·····125
4.1.2 路由协议与被路由协议·····91	5.4 校园有线网无线网一体化 案例·····127
4.1.3 园区网路由设备选型·····93	5.4.1 校园无线网需求分析·····127
4.2 路由器基本配置与应用·····94	5.4.2 无线局域网产品选型·····128
4.2.1 路由器安装与配置准备·····94	5.4.3 有线网无线网一体化 部署与安装·····129
4.2.2 配置路由器的网络接口·····96	5.4.4 校园无线网运维管理·····130
4.2.3 配置 WAN 链路与路由 协议·····97	习题与思考·····131
4.3 OSPF 路由应用与配置·····97	网络实训·····131
4.3.1 OSPF 协议相关知识·····98	第6章 服务器技术与系统集成 ·····133
4.3.2 OSPF 网络的配置·····99	6.1 服务器基本知识·····133
4.3.3 OSPF 网络的默认路由·····100	6.1.1 服务器的功能与分类·····133
4.4 路由冗余与负载均衡·····101	6.1.2 服务器的 CPU 结构·····134
4.4.1 多生成树协议与多生 成树域·····101	6.1.3 对称多路处理技术·····136
4.4.2 虚拟路由冗余协议及 应用·····102	
4.4.3 园区网 VRRP+MSTP 的配置·····103	
4.5 策略路由配置与应用·····106	
4.5.1 策略路由与策略路由 映射图·····106	
4.5.2 基于源 IP 地址的策略 路由·····106	

6.1.4	内存技术	136	7.1.2	IPv6 地址配置	171
6.1.5	磁盘存储接口技术	138	7.1.3	IPv6 服务质量	172
6.1.6	网络与虚拟存储技术	140	7.1.4	IPv6 域名解析	173
6.1.7	控制与管理技术	140	7.1.5	IPv6 安全特性	175
6.2	服务器配置与选型	141	7.1.6	IPv4 向 IPv6 的过渡	176
6.2.1	服务器的性能与配置	141	7.2	局域网 IPv6 路由配置	178
6.2.2	服务器产品选型	145	7.2.1	Windows 的 IPv6 配置命令	178
6.2.3	网络操作系统选型	146	7.2.2	IPv6 的静态路由	179
6.2.4	网络数据库选型	147	7.2.3	IPv6 的动态路由 RIPng	180
6.3	操作系统安装与配置	147	7.2.4	IPv6 的动态路由 OSPF v3	182
6.3.1	Windows Server 2008 的功能概述	147	7.3	IPv4/IPv6 校园网系统集成	183
6.3.2	安装 Windows Server 2008 中文版	148	7.3.1	IPv4/IPv6 校园网设计	183
6.3.3	配置 Windows Server 2008 服务器	149	7.3.2	纯 IPv6 实验网集成	184
6.4	安装与配置 DNS 服务器	150	7.3.3	双栈校园网系统集成	187
6.4.1	DNS 服务器安装与配置	150		习题与思考	189
6.4.2	客户机 DNS 设置与测试	152		网络实训	189
6.5	安装与配置 Web 服务器	153	第 8 章	网络安全技术与应用	191
6.5.1	安装 IIS 7.0	153	8.1	网络安全概述	191
6.5.2	Web 服务器的设置	154	8.1.1	网络安全威胁	191
6.5.3	多域名与 IP 地址指派	156	8.1.2	网络安全技术措施	192
6.6	服务器集群与负载平衡	156	8.1.3	建立安全事件响应小组	193
6.6.1	服务器集群与容错技术	157	8.2	网络准入与准出控制	194
6.6.2	双机集群工作模式与原理	158	8.2.1	基于 802.1x 的准入与认证	194
6.6.3	Web 网站双机负载平衡设计	159	8.2.2	RADIUS 认证组成与机制	195
6.6.4	Web 网站负载平衡配置	161	8.2.3	网络准入与准出认证比较	196
6.7	服务器集群与虚拟化应用	166	8.2.4	防止 IP 地址盗用	198
6.7.1	服务器虚拟化部署	166	8.3	操作系统安全设置	199
6.7.2	服务器选型与配置	166	8.3.1	系统服务包和安全补丁	199
6.7.3	多服务器整体架构	167	8.3.2	系统账户安全配置	199
	习题与思考	168	8.3.3	文件系统安全设置	202
	网络实训	168	8.3.4	安全模板创建与使用	203
第 7 章	IPv6 技术与系统集成	170	8.3.5	使用安全配置和分析	204
7.1	IPv6 技术概述	170	8.3.6	使用安全配置向导	205
7.1.1	IPv6 地址表示	170	8.4	Web 网站安全设置	212
			8.4.1	IIS 的安全机制	212
			8.4.2	设置 IP 地址限制	212

8.4.3	设置用户身份验证	213	9.3.3	申请和安装服务器证书	244
8.4.4	设置授权规则	214	9.3.4	设置 Web 服务器的安全通信	248
8.4.5	设置 SSL 证书验证	215	9.3.5	创建网站证书	249
8.4.6	设置文件的 NTFS 权限	215	9.3.6	访问证书网站	249
8.4.7	审核 IIS 日志记录	216	习题与思考		251
8.5	保护网络边界安全	218	网络实训		251
8.5.1	防火墙和路由器	218	课程设计		252
8.5.2	使用网络 DMZ	219	第 10 章 园区网运维管理		253
8.5.3	ACL 的作用与分类	219	10.1 网络性能测试		253
8.5.4	ACL 的配置方法	220	10.1.1 网络性能及指标概述		253
8.5.5	ACL 执行及设置的位置	221	10.1.2 性能测试类型与方法		255
8.5.6	扩展 ACL 应用案例	222	10.1.3 网络可靠性测试		257
8.5.7	NAT 协议应用案例	224	10.1.4 网络吞吐率测试		257
习题与思考		225	10.2 网络性能改善		258
网络实训		226	10.2.1 网络性能改善技术措施		258
第 9 章 政务云计算技术与应用		228	10.2.2 服务器资源优化方法		261
9.1 电子政务云概述		228	10.2.3 建立与完善网络配置文档		262
9.1.1 政务云平台分类与结构		228	10.3 网络故障检测与排除		263
9.1.2 政务混合云功能与技术		230	10.3.1 网络故障管理方法		263
9.1.3 电子政务 PKI 组成与功能		231	10.3.2 建立故障管理系统		264
9.2 电子政务混合云平台		233	10.3.3 连通性故障检测与排除		264
9.2.1 市级政务混合云网络		233	10.3.4 接口故障检测与排除		265
9.2.2 政务公共服务信息系统		234	10.3.5 网络整体状态统计		266
9.2.3 政务云平台资源虚拟化		236	10.3.6 本机路由表检查及更改		266
9.2.4 政务混合云资源估算		237	10.3.7 路由故障检测与排除		267
9.2.5 混合云数据中心整体架构		238	10.3.8 使用 Sniffer Pro 诊断网络		268
9.2.6 政务混合云的安全与管控		239	10.3.9 设备除尘与防止静电		269
9.2.7 政务混合云的业务互访		240	10.4 网络性能与安全评估		270
9.2.8 网络行为监管与审计		241	10.4.1 网络性能评估		270
9.3 安全可信的政务网站		243	10.4.2 网络安全性评估		271
9.3.1 网站安全通信协议		243	习题与思考		273
9.3.2 基于 SSL 的 Web 服务器		244	网络实训		273
			参考文献		275

第 1 章 绪 论

本章将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 参考模型、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，基本掌握各种网络结构的使用范围。

1.1 网络设计与系统集成概述

计算机网络作为信息社会的交通枢纽，为人们的工作、学习、生活提供了敏捷、方便的交流与协同平台。网络设计与系统集成是计算机网络系统构建的基础，受到了社会的广泛关注，已成为信息社会持续发展的重要产业。

1.1.1 网络工程设计的概念

在现代社会中，工程是以某种设想的目标为依据，应用相关的科学知识和技术手段，通过一群人有组织的活动将某个（或某些）现有实体（自然的或人造的）转化为具有预期使用价值的人造产品过程。

按照工程的定义，网络工程是计算机及相关科学指导下的现代网络技术应用。通过这一应用，使网络设备和资源的特性能够通过网络结构、设备、系统和过程，以最短的时间和精而少的人力做出高效、可靠且对人类有用的计算机网络。

设计是把一种计划、规划、设想通过视觉的形式传达出来的活动过程。人类最基础、最主要的创造活动是造物，设计便是进行预先计划的造物活动。任何造物活动的计划技术和计划过程都可以理解为设计。

有了以上的认识，我们可以认为：网络工程设计是按照用户的网络建设需求，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。该方案用于指导网络系统集成，通过系统集成将各种网络设备、操作系统与应用系统有效整合，形成一体化系统。因此，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。

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器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, 即有组织的整体。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“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功能全新、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。尤其步入21世纪以来, 网络系统集成已广泛地应用于人们的工作、学习、生活等各个领域, 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、拥有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, 到如今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)之间的互连、LAN与广域网(Wide Area Network, WAN)的互连, 形成了区域和行业互联网(如CERNET), 以及国家、全球互联网(Internet)。

另一方面, 随着网络通信技术光纤化的趋势, 出现了多种新的光纤以太网通信技术(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升级为交换式100/1000Mbit/s~10Gbit/s, 甚至已达到100Gbit/s。

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, 甚至大规模机群组成的虚拟化网络来承担。网络的虚拟化, 将用户的计算工作由台式机或便携式设备, 迁移至远程位置的服务器集群系统来完成。这种新的网络计算模式, 称为云计算(Cloud Computing)模式。

云计算是在当前日益发达的网络平台上, 建立的信息处理基础设施。该设施分散在网络上的各种服务器(含主机)和各种资源系统, 以合理的方式虚拟化成为“计算池”、“存储池”、“工具池”、“软件池”等高可用的服务体系, 向用户提供强大的计算能力、存储能力、工具使用能力、设备访问能力及前所未有的信息融合和共享能力。

网络系统集成以局域网自身的特点和优势,在各行各业得到了广泛应用。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

网络系统构成包括相关软件产品、硬件产品、技术和应用等。按照这三种类别划分,网络系统集成包括网络软硬件产品集成、网络技术集成和网络应用集成三个层面。

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,网络信道由传输介质(电缆、光缆)组成,网络通信平台由数据交换和路由设备(交换机、路由器、收发器)组成,网络信息资源平台由服务器和存储系统组成。

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/RM)将网络系统分为七个层次: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、鼎志等),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个整体时,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、硬件产品的简单组合。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、IPv4/IPv6 双栈路由、IPv6 交换与路由、网络设备集群与虚拟化、有线网无线网一体化、物联网(The Internet of things)、云计算等。

由于网络技术纷繁复杂,使得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”的整体解决方案。

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。通用系统包括: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;或采用虚拟化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。

专用系统一般具有鲜明的业务特征。如企业资源计划（ERP）系统、电子商务系统、电子政务系统、计算机支持的协同工作（CSCW）、电子学习系统、多媒体教学系统、协作学习系统、研究性学习系统、电子考试、绩效测评系统等。

1.1.5 系统集成体系框架

网络系统集成是一门综合学科，涉及系统论、控制论、管理学、计算机技术、网络技术、数据库技术、软件工程等领域。系统集成是按照网络工程最优设计、最优实施、最优管理的思想，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。无论是企业网、校园网还是政务网，都采用一种通用的网络系统集成体系框架，如图 1.1 所示。

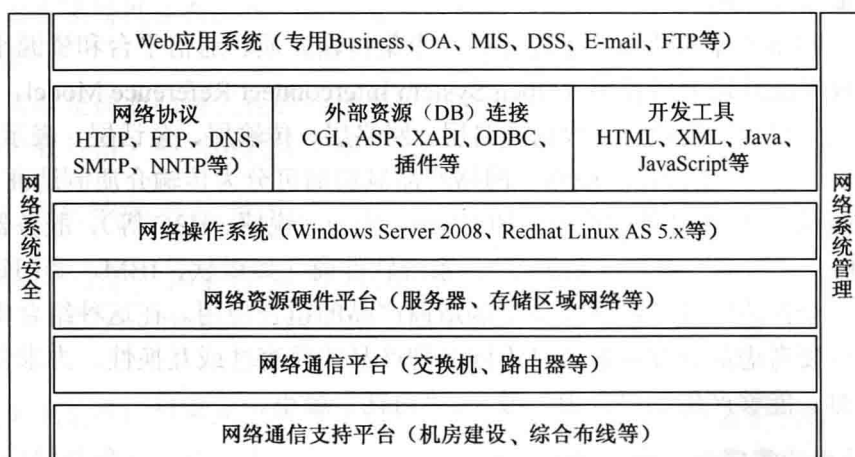


图 1.1 网络系统集成体系框架

该体系框架自底向顶，主要由以下几部分组成。

(1) 网络通信支持平台。该平台是为了保障网络安全、可靠、正常运行所必须构建的环境保障设施，主要包括网络机房建设和综合布线系统。

机房建设涉及机房装修、机房电源与接地、机房防尘和防静电、机房温度和湿度控制等设施。综合布线系统包括工作区子系统、水平区子系统、管理子系统、干线子系统、楼宇子系统、设备间子系统等。

(2) 网络通信平台。该平台主要包括网络接口卡（NIC）、集线器、交换机、三层交换机、路由器、远程访问服务器、Modem、收发器、无线网桥、网卡等通信设备。

(3) 网络资源硬件平台。该平台主要包括服务器和网络存储系统。服务器是网络信息资源的宿主设备，网络存储系统是信息资源备份和集中管理的设施。二者相辅相成共同构成网络资源支持平台。

(4) 网络操作系统。网络操作系统是实施网络资源的架构与管理的操作平台。网络操作系统分为两大类：一类是采用 Intel 处理器的 PC 服务器操作系统家族，另一类是采用小型机处理器的 UNIX 操作系统家族。UNIX 服务器品质较高、价格昂贵、装机量少而且可选择性也不高，一般根据应用系统平台的实际需求，估计好费用，瞄准 2~3 家（如 IBM，SUN 等）产品去准备即可。PC 服务器通常采用 Windows Server 2003 和 Redhat Linux AS 5.0 及以上版本的操作系统，一般在大中型、中小型网络中普遍采用。

(5) 网络应用系统。网络应用系统采用 ASP、XAPI、ODBC 等技术与数据库连接, 采用 HTML、XML、Flash、Java 和 JavaScript 等开发工具制作 Web 信息系统, 为用户提供各种形式的信息。用户采用 Web 浏览器, 通过 HTTP、FTP、DNS 等协议使用这些服务。

(6) 网络系统安全。网络系统安全主要设施有防火墙、入侵检测、防病毒、身份验证、防窃听和防辐射, 功能涵盖了整个系统。加密、授权访问、数字签名与验证、站点属性设置、访问控制列表等保障了网络数据传输和访问的安全性。

(7) 网络系统管理。网络系统管理是对网络通信、网络服务和应用系统的管理, 可分为静态运行管理和动态运行管理。系统配置管理、性能调整管理、信息资源管理、系统人员管理等, 保障了网络整体系统高效、可靠及方便快捷地使用。

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、多样化的大系统。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, 如 Web 服务、视频点播、远程医疗、网络教育、IP 电话、及时沟通、网上购物, 以及电子商务、电子政务等; 支持可视化的“人一机”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节点组成, 节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, 每个节点必须遵守一些事先约定好的共同规则。为数据交换而制订的规则、约定和标准统称为网络协议 (Network Protocol)。

1. 网络协议

一般来说, 一个网络协议由三个要素构成: 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结构化分层, 但层次划分、功能分配与采用的技术术语均不相同。

网络体系结构的提出, 是为了完成计算机协同工作, 把计算机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协议及相邻层之间的接口服务。这些同层次进程通信协议及相邻层接口统称为网络体系结构。

网络协议是计算机网络不可缺少的。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, 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(Computer Network Architecture, CNA)。

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互连,成为人们迫切需要解决的问题。OSI就是在这样一个背景下提出和研究的。

1.2.2 OSI 参考模型

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、指令系统、操作系统均不同)连网标准的框架结构,受到计算机和通信行业的极大关注。不断发展的 OSI,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 OSI 参考模型

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。根据分类分治(分而治之)的思想,ISO 将整个通信功能划分为七个层次,如图 1.2 所示。

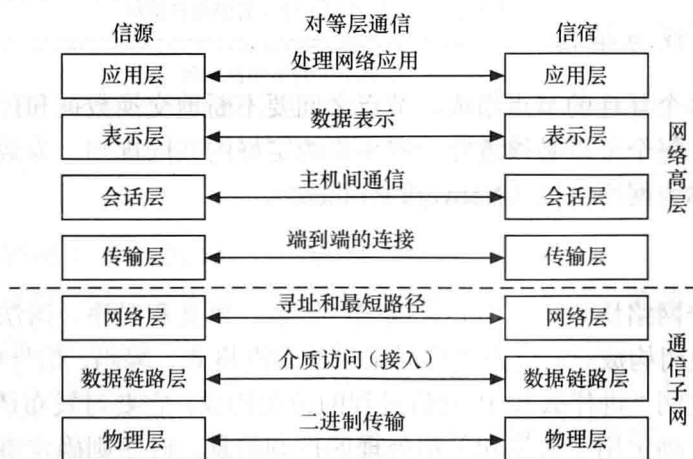


图 1.2 IEEE 802 OSI 参考模型

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,其优点为:OSI 参考模型有利于将网络通信作业拆解成较小的、较简单的部分,便于设计与制造。OSI 参考模型将网络元器件标准化,使更多的厂商加入开发及技术支持,使各种不同类型的网络硬件与软件彼此互通信息。OSI 参考模型将网络分层,可以防止某一层改变影响到其他各层,便于隔离故障。OSI 参考模型将网络通信作业拆解成较小的部分,便于学习和应用网络解决问题。

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 (Data Segment)，网络层——分组数据报文 (Packet Data Message)，数据链路层——数据帧 (Data Frame)，物理层——二进制比特流 (Binary bit stream)。

一台计算机要发送数据到另一台计算机，首先必须打包数据，打包的过程称为封装。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”还是“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 1.3 所示。

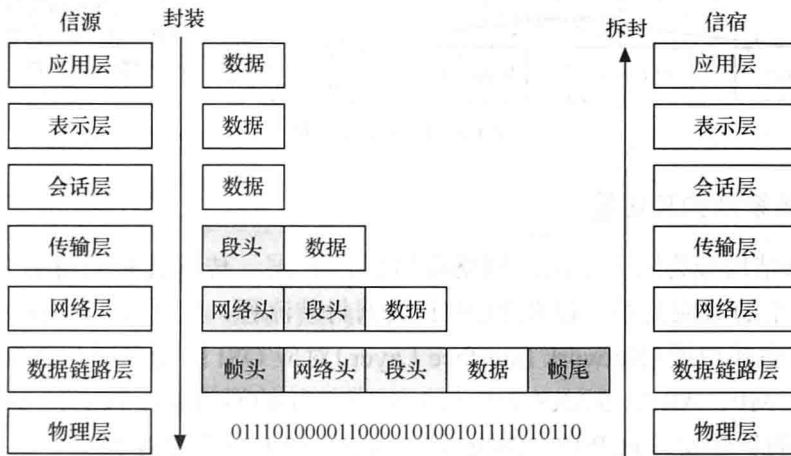


图 1.3 数据多层封装与拆封

由此可知，在物理线路上传输的二进制数据，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 参考模型并没有成为 IT 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 1.4 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 具有如下四个特点。

- (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络上都具有唯一的地址。
- (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。

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 数据包不能保证到达目的地，接收方也不能保证按顺序收到 IP 数据包，它仅能确认 IP 数据包的完整性。

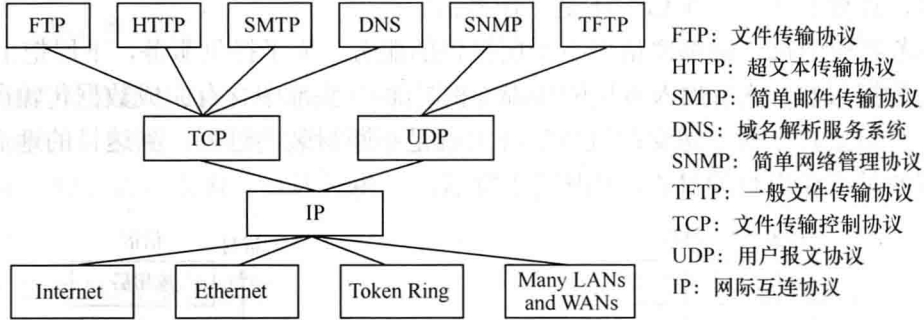


图 1.4 TCP/IP 协议集

2. TCP/IP 体系结构及功能

TCP/IP 体系结构分为四个层次：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 1.5 所示。

TCP/IP 的网络接口层(Network Interface Layer)对应 OSI 的物理层和数据链路层，TCP/IP 的 IP 层(包括 ICMP、ARP、RARP 等协议)对应 OSI 的网络层，TCP/IP 的传输层(TCP、UDP)对应 OSI 的运输层，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。

(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。

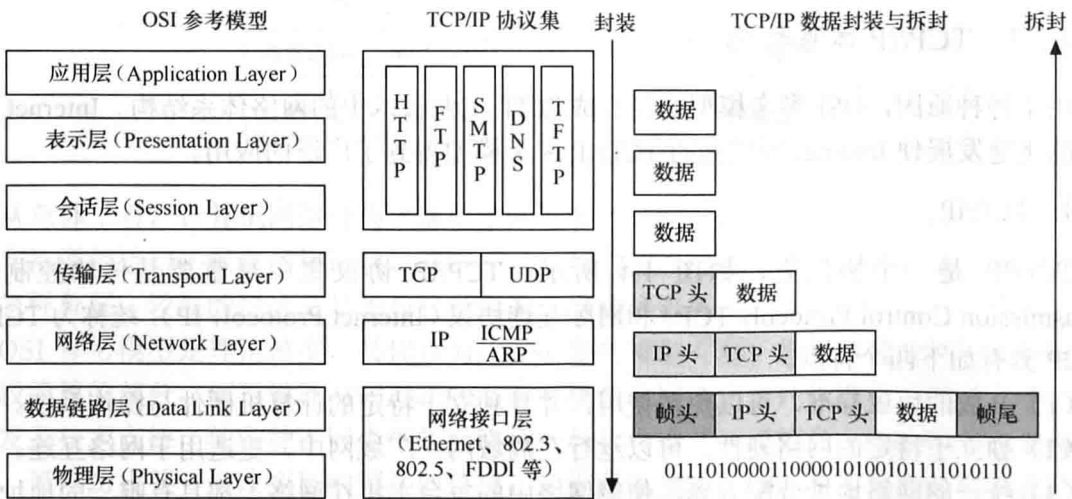


图 1.5 OSI 与 TCP/IP 的对比及数据封装

(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