



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等学校计算机规划教材

COMPUTER

# 网络工程原理与 实践教程（第3版）

A Tutorial for Principle and Practice  
of Network Engineering

■ 胡胜红 陈中举 周明 编著

— 阐述网络工程建设规律

— 介绍网络工程设计方法

— 内容精彩、易教、易学



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等学校计算机规划教材

COMPUTER

# 网络工程原理与 实践教程（第3版）

A Tutorial for Principle and Practice  
of Network Engineering

■ 胡胜红 陈中举 周明 编著



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

网络工程原理与实践教程 / 胡胜红, 陈中举, 周明  
编著. — 3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2013.4  
21世纪高等学校计算机规划教材  
ISBN 978-7-115-30550-3

I. ①网… II. ①胡… ②陈… ③周… 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(2013)第023629号

## 内 容 提 要

本书共分10章。第1章~第9章遵循网络工程设计规律,介绍网络工程设计的相关原理和方法,内容主要包括网络工程基础知识、网络设计需求分析、网络逻辑设计、备份设计、网络安全结构设计、网络物理设计、IPv6网络设计、企业 Intranet 应用实例分析、网络系统管理与维护。第10章为实验教学内容,包括双绞线水晶头的制作、用 Visio 2010 绘制网络工程图、Intranet 组建、服务器配置以及 Cisco 网络设备实训。

本书遵循“易学、易教、内容新”的编写理念,既可作为高等院校的计算机网络工程或系统集成课程教材,也可作为计算机网络工程技术人员的参考资料。本书实验教学内容丰富,多达28学时,根据教学要求可安排为必做实验、选做实验以及实训实验等类型。

### 21世纪高等学校计算机规划教材 网络工程原理与实践教程 (第3版)

- 
- ◆ 编 著 胡胜红 陈中举 周 明  
责任编辑 滑 玉
  - ◆ 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>  
三河市海波印务有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18.75 2013年4月第3版  
字数: 489千字 2013年4月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-30550-3

定价: 36.00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

当今网络信息化技术如火如荼，网络工程技术人才，尤其是具有设计经验和丰富经验的高级网络工程师的需求量巨大。为了帮助各大专院校师生和社会自学人员迅速掌握网络工程技术的精髓，作者在 2005 年第 1 版和 2008 年第 2 版中，严格遵循了网络工程设计的一般规律，在第 1 章、第 2 章中着重网络工程基础理论和需求分析方法，第 3 章着重论述了网络分层设计原理和组件设计方法的逻辑设计思想，第 4 章和第 5 章则是从性能和安全层面对逻辑网络架构的优化设计，第 6 章让读者掌握设备选型和结构化综合布线等具体实施技术，第 8 章则通过 Intranet 实例举证。教学内容组织上将一般性理论描述与作者的见解和实例融合一体，舍弃枯燥生涩的形式化描述，避免让学生陷入“网络学理论”的怪圈，实现了理论、应用、技术三位一体的结合。

在新的技术形势下，作者秉承“易学、易教、内容新”的理念再次修订了本书，除了仔细修订各位热心读者发现的错漏问题，本书修订最大的变化就是引入了近年来业内关注的各类热门技术。首先在第 1 章中综述了 100Gbit/s 超高速以太网、物联网和云计算等新技术的应用前景。第 7 章将 IPv6 网络设计从原来仅作概念介绍的内容进行扩充，这一修订工作刚好是顺应“加快 IPv6 商用化进程”的国家产业政策要求的。同时本书对实验章节进行了重大修订，由于 CCNA 新考纲的变化，近年来无线网络、IPv6 技术、VPN 等均成为重点考证内容。本书为了在实验教学中适应这一变化，使用 Packet Tracer 5.3 模拟器重新编排 Cisco 设备实训部分，完全覆盖 CCNA 考证新大纲实验和部分 CCNP 实验。另外，实验章节中还提供了几个综合性较强的设计型实验，如路由重分配、双核心冗余设计、无线网络设计、VPN 等，可用作实训教学。实际上，本书实验教学内容可以达到 28 课时，所有基础实验都配有完整的拓扑结构和地址分配建议，既具有独立性又相互关联。如果指导老师善于安排，这些实验还可以分别以实训的形式要求学生做更复杂的工程方案，如局域网+WLAN 升级改造、局域网+广域网互联、Intranet+VPN 互联等。

本书按 56 课时编写，教师可以根据实际需要，灵活安排教学内容。自学者在学习过程中，最好具有一定的网络基础知识，可以参看高传善、毛迪林编著的《计算机网络》一书，该书已由人民邮电出版社出版。

本书由胡胜红、陈中举、周明编著。本书发行 8 年多来，得到了国内众多同仁和细心读者的关注，在此一并表示感谢。他们提出的要求和建议在网络工程教学和教材建设上不断进取的动力，同时也欢迎各位同仁一如既往地支持本书的第 3 版发行工作。限于作者学识水平，书中仍难免有错漏之处，敬请读者来信批评指正（wuhanhush@sina.com），更多课程支撑材料请访问博客 <http://wuhanhush.blog.51cto.com/>。

编 者

2012 年 2 月

# 目 录

<b>第 1 章 网络工程基础知识</b> .....1	2.1.5 通信量需求.....26
1.1 重要概念和术语.....1	2.1.6 网络扩展性需求.....26
1.1.1 网络工程的含义.....1	2.1.7 网络环境需求.....27
1.1.2 网络工程建设的各阶段.....2	2.2 如何获得需求.....27
1.1.3 系统集成.....2	2.2.1 获得需求信息的方法.....27
1.2 计算机网络工程组织.....5	2.2.2 归纳整理需求信息.....29
1.2.1 组织方式与组织机构.....5	2.2.3 撰写需求文档.....30
1.2.2 网络工程监理.....5	2.3 可行性论证.....30
1.3 网络互连设备.....6	2.4 工程招标与投标.....31
1.3.1 中继器.....6	2.4.1 工程招标流程简介.....32
1.3.2 集线器.....7	2.4.2 工程招标.....32
1.3.3 网桥.....8	2.4.3 工程投标.....33
1.3.4 交换机.....8	习题.....35
1.3.5 路由器.....10	<b>第 3 章 网络逻辑设计</b> .....38
1.3.6 网关.....12	3.1 网络设计的目标.....38
1.4 网络应用模型.....12	3.2 拓扑结构设计.....39
1.4.1 客户机与服务器概念.....13	3.2.1 常见的网络拓扑结构.....39
1.4.2 对等网模式.....13	3.2.2 估算网络中的通信量.....40
1.4.3 文件服务器模式.....14	3.2.3 分层设计方法.....41
1.4.4 客户机/服务器模式.....15	3.3 网络组件设计.....45
1.4.5 浏览器/服务器模式.....16	3.3.1 园区网.....46
1.5 网络工程技术的新发展.....17	3.3.2 多媒体子网.....57
1.5.1 40G/100G 以太网.....17	3.3.3 无线局域网.....57
1.5.2 物联网.....18	3.3.4 服务子网.....59
1.5.3 虚拟化计算.....19	3.3.5 Internet 接入.....60
1.5.4 云计算.....20	3.3.6 广域网.....61
习题.....21	3.3.7 远程连接.....68
<b>第 2 章 网络设计需求分析</b> .....24	3.4 IP 地址分配.....70
2.1 需求分析的类型.....24	3.4.1 子网划分.....71
2.1.1 应用背景需求分析.....24	3.4.2 VLSM.....72
2.1.2 业务需求.....24	3.4.3 网络地址转换.....73
2.1.3 管理需求.....25	3.4.4 地址分配策略.....75
2.1.4 安全性需求.....25	3.4.5 动态主机配置协议.....75
	3.5 IP 路由设计.....76

3.5.1 路由协议类型	76	<b>第5章 网络安全结构设计</b>	111
3.5.2 路由协议的性能参数	77	5.1 影响网络安全的隐患	111
3.5.3 RIP	78	5.1.1 网络窃听	111
3.5.4 IGRP	79	5.1.2 完整性破坏	112
3.5.5 OSPF	80	5.1.3 地址欺骗	112
3.5.6 第三层交换	81	5.1.4 拒绝服务攻击	113
习题	83	5.1.5 计算机病毒	114
<b>第4章 高性能网络设计</b>	87	5.1.6 系统漏洞	115
4.1 建立健壮的网络	87	5.2 网络安全技术概述	115
4.1.1 冗余设计	87	5.3 网络安全结构设计	116
4.1.2 分层设计下的冗余技术	89	5.3.1 网络结构划分	116
4.1.3 拨号路由备份	91	5.3.2 双宿主主机结构	117
4.1.4 热备份路由协议	92	5.3.3 主机过滤结构	117
4.2 网络 QoS 设计	93	5.3.4 子网过滤结构	118
4.2.1 QoS 设计概述	93	5.3.5 防火墙体系结构	119
4.2.2 QoS 设计工具	94	5.4 防火墙	119
4.2.2 QoS 设计步骤	95	5.4.1 防火墙概述	119
4.2.3 园区网 QoS 设计	97	5.4.2 防火墙技术	119
4.2.4 基于 QoS 的 WLAN 设计	97	5.4.3 防火墙产品选购	122
4.2.5 广域网 QoS 设计	98	5.4.4 架设防火墙的步骤	124
4.3 数据备份与灾难恢复	99	5.5 网络操作系统安全性概述	126
4.3.1 备份域控制器	99	5.5.1 Windows Server 2008 的安全性概述	127
4.3.2 数据库备份	100	5.5.2 Windows Server 2008 的用户管理	128
4.3.3 网络日志备份	101	5.5.3 Windows Server 2008 的组策略	129
4.4 备份策略	101	5.5.4 提高 Windows 2008 安全性的措施	131
4.4.1 备份类型	101	习题	132
4.4.2 备份设备	102	<b>第6章 网络物理设计</b>	135
4.4.3 备份软件	103	6.1 物理设计的原则	135
4.4.4 备份计划	104	6.2 传输介质选型	135
4.5 服务器集群与负载均衡技术	105	6.2.1 同轴电缆	136
4.5.1 集群技术	105	6.2.2 双绞线	137
4.5.2 负载均衡	106	6.2.3 光纤	139
4.6 SAN 与 NAS	108	6.2.4 无线介质	142
4.6.1 NAS 与 SAN 概述	108	6.3 设备选型	143
4.6.2 NAS 与 SAN 比较	108	6.3.1 网卡	143
4.6.3 SAN 系统设计	109	6.3.2 集线器	144
4.6.4 IP SAN 技术	109		
习题	110		

6.3.3 交换机	146	8.1.1 什么是 Intranet	200
6.3.4 路由器	151	8.1.2 Intranet 的特点	200
6.3.5 服务器	155	8.1.3 Intranet 的应用范围	202
6.3.6 无线局域网设备选型	158	8.1.4 Intranet 技术综述	202
6.4 结构化综合布线设计与施工	161	8.2 企业 Intranet 的建设	203
6.4.1 结构化综合布线概述	161	8.2.1 某企业网络业务简介	203
6.4.2 工作区子系统	164	8.2.2 需求分析设计书	203
6.4.3 水平子系统	166	8.2.3 逻辑结构设计与地址分配	205
6.4.4 干线子系统	168	8.2.4 网络安全设计	209
6.4.5 设备间子系统设计	170	8.2.5 物理设计与设备选型	210
6.4.6 管理子系统	171	8.2.6 综合布线及设备清单	212
6.4.7 建筑群子系统	175	8.2.7 系统管理与维护	214
6.4.8 综合布线测试技术	178	习题	214
习题	182		
<b>第 7 章 IPv6 网络设计</b>	<b>184</b>	<b>第 9 章 网络系统管理与维护</b>	<b>216</b>
7.1 IPv6 概述	184	9.1 网络管理的主要功能	216
7.1.1 什么是 IPv6	184	9.1.1 配置管理	216
7.1.2 IPv6 的新特点	185	9.1.2 性能管理	217
7.1.3 IPv6 的报文格式	186	9.1.3 计费管理	218
7.2 IPv6 地址设计	187	9.1.4 故障管理	218
7.2.1 IPv6 地址表示	187	9.1.5 安全管理	219
7.2.2 IPv6 地址类型	188	9.2 简单网络管理协议 (SNMP)	219
7.2.3 IPv6 地址规划	190	9.2.1 SNMP 的发展	219
7.3 部署 IPv6 的总体设计原则	191	9.2.2 SNMP 原理	220
7.3.1 IPv6 网络建设的原则	191	9.2.3 SNMP 报文	222
7.3.2 IPv6 路由协议的选择	191	9.2.4 SNMP 操作	222
7.3.3 IPv6 路由器的选择	191	9.3 网络管理新技术	222
7.4 IPv6 路由配置	192	9.3.1 远程监控技术	222
7.4.1 IPv6 静态路由	192	9.3.2 基于 Web 的网络管理技术	223
7.4.2 动态路由	193	9.4 网络维护与故障排除	224
7.5 IPv6 过渡技术	194	9.4.1 网络维护的流程	224
7.5.1 双协议栈	194	9.4.2 故障排除的两个常用方法	224
7.5.2 隧道	195	9.4.3 常见的网络故障及排除方法	225
7.5.3 网络地址转换/协议翻译	197	9.5 典型的网络管理软件	227
习题	198	习题	229
<b>第 8 章 企业 Intranet 应用实例分析</b>	<b>200</b>	<b>第 10 章 实验</b>	<b>232</b>
8.1 Internet/Intranet 技术概述	200	实验 1 水晶头的制作	232
		实验 2 用 Visio 2010 绘制网络结构图	234

实验 3 Intranet 组建与服务器配置 .....	238	附录 B 某网络工程建设项目投标书	
实验 4 Cisco 网络设备实训 .....	253	模板 .....	285
附录 A 习题参考答案 .....	275	参考文献 .....	290



# 第 1 章

## 网络工程基础知识

网络工程是研究网络系统的规划、设计与管理的工程科学，是网络建设过程中科学方法与规律的总结。本章首先从网络工程的概念着手，系统阐述网络工程的要素、建设过程和组织机构等基础知识。

网络设备的工作原理在网络互连过程中往往成为困扰学习者的一个重要难题，对此本章给出一定篇幅进行较为细致的介绍，对许多实际问题进行深入分析。

网络应用模型包括对等模式、文件服务器模式、C/S 模式和 B/S 模式 4 种，是网络应用开发必须掌握的基本原理，而且仍然在不断发展之中，如新型的 P2P 技术就是对等模式的新发展。事实上，任何网络应用的运行都不是单一的，往往几种模式相互交叉，共同服务在一个网络中。

网络工程设计人员还要有一定的前瞻性，时刻关注网络业界的新发展、新技术，目前 40G/100G 以太网、物联网、虚拟化和云计算都是重要的下一代网络技术。掌握新技术，并应用到实际工作中去是一个不断创新的网络设计人员应该具备的优良素质。

### 1.1 重要概念和术语

本节首先介绍网络工程的定义，使读者逐步掌握网络工程建设的各阶段以及系统集成等的含义，然后再熟悉网络工程所涉及的其他概念。

#### 1.1.1 网络工程的含义

网络工程是研究网络系统的规划、设计与管理的工程科学，要求工程技术人员根据既定的目标，严格依照行业规范，制订网络建设的方案，协助工程招投标、设计、实施、管理与维护等活动。

网络工程除了具备一般工程共有的内涵和特点以外，还包含以下要素。

① 工程设计人员要全面了解计算机网络的原理、技术、系统、协议、安全和系统布线的基本知识，了解计算机网络的发展现状和发展趋势。

② 总体设计人员要熟练掌握网络规划与设计的步骤、要点、流程、案例、技术设备选型以及发展方向。

③ 工程主管人员要懂得网络工程的组织实施过程，能把握网络工程的评审、监理和验收等环节。

④ 工程开发人员要掌握网络应用开发技术、网站设计和 Web 制作技术、信息发布技术以及安全防御技术。

⑤ 工程竣工之后,网络管理人员使用网管工具对网络实施有效的管理维护,使网络工程发挥应有的效益。

## 1.1.2 网络工程建设的各阶段

### 1. 规划阶段

规划阶段通过了解用户建设网络应用的目的,从网络工程建设的可行性、可靠性、可管理性和扩展性等方面给出需求分析计划书,包括应用背景、业务需求、网络管理、网络安全以及未来的升级与扩展等方面的内容。

### 2. 设计阶段

设计阶段分为两个部分,即逻辑设计阶段和物理设计阶段。逻辑设计阶段要给出网络的拓扑结构图、流量评估与分析、地址分配以及路由算法的选择等,大型网络还要求建立仿真测试。物理设计阶段主要是选定物理设备和传输介质,设计综合布线系统,为实施制订计划。

### 3. 实施阶段

网络系统实施包括网络资源配置、设备采购、软硬件安装调试、结构化综合布线等工作,需要制订详细的施工工程计划,按进度计划施工,工程结束前还要进行测试和验收。通常网络综合结构布线占用时间最长,施工任务最重。而网络硬件设备的采购、安装和调试则是网络施工过程中技术难度最大的环节,应引起足够的重视。

### 4. 运行与维护阶段

一个网络建立好之后,一般要运行 20 年以上,因此网络管理与维护是一项艰巨的任务,这就需要企业在网络管理上加大投入,注重网络管理人员的业务能力和素质的培养。网络的运行过程是一个不断优化和升级的过程,许多新的需求会提出来,许多隐藏的故障被排除,不断地实施一些增值业务……要求网络管理人员应具有编制管理文档、建立优化方案的综合素质。

网络工程的各个阶段并不是孤立的,相互之间仍然有着密切的联系。一个网络的建设最终的目的是使用网络产生效益,而在使用中不可避免地会遇到各种问题和故障。那么在规划、设计和实施阶段必须考虑今后的维护和管理工作的。例如,在网络设计阶段,逻辑网络设计、IP 地址规划、路由算法选择等步骤都必须联系到后期的维护与管理工作的。

## 1.1.3 系统集成

美国信息技术协会(ITAA)对系统集成(System Integration)的定义是这样的:根据一个复杂的信息系统或子系统的要求把多种产品和技术验证并接入一个完整的解决方案的过程。可见,系统集成是在一定的系统功能目标的要求下,把建立系统所需的管理和技术人员、软硬件设备和工具以及成熟可靠的技术,按低耗、高效、高可靠性的系统组织原则加以结合,使它们构成解决实际问题的完整方法和步骤。

系统集成可以分解为软件集成、硬件集成和网络系统集成。网络工程设计贯穿于网络系统集成工作的全过程。

### 1. 软件集成

软件集成是指为某特定的应用环境架构的工作平台,通俗地讲,是为某一应用目的开发的软件系统,实现信息化的工作平台。

## 2. 硬件集成

硬件集成是指使用硬件设备把各个子系统连接起来,使整体的性能指标达到或超过个体的性能指标的总和。例如,办公自动化设备制造商把计算机、打印机和传真机等硬件设备进行系统集成,为用户创造出一种高效、便利的工作环境。

## 3. 网络系统集成

网络系统集成是指设计和构建网络系统,提供局域网内的互连互通,设计接入 Internet 的方式,制订网络安全策略,培训用户和提供技术支持。网络系统集成成为软件集成提供了基础设施。

# 附: 计算机信息系统集成资质等级评定条件(试行)

## 一、一级资质

1. 企业近 3 年完成计算机信息系统工程项目总值 2.0 亿元以上,并承担过至少 1 项 3 000 万元以上或至少 4 项 1 000 万元以上的项目;所完成的系统集成项目中应具有自主开发的软件产品;软件费用(含系统设计费、软件开发费、系统集成费和技术服务费)应占工程项目总值的 30% 以上(即不低于 6 000 万元);工程按合同要求质量合格,已通过验收并投入实际应用。

2. 企业注册资本 1 200 万元以上,近 3 年的财务状况良好。

3. 企业从事软件开发、系统集成等业务的工程技术人员不少于 100 人,且其中大学本科以上学历的人员所占比例不少于 80%。

4. 企业总经理或负责系统集成工作的副总经理具有 5 年以上从事信息技术领域企业管理工作经历;企业具有已获得信息技术相关专业的高级职称、且从事计算机信息系统集成工作不少于 5 年的技术负责人;企业具有中级职称以上的财务负责人。

5. 企业具有较强的综合实力,有先进、完整的软件及系统开发环境和设备,具有较强的技术开发能力。

6. 企业已按 ISO9000 或软件过程能力成熟度模型等标准、规范建立完备的质量保证体系,并能有效地实施。

7. 企业具有完备的客户服务体系,并设立专门的机构。

8. 企业具有系统的对员工进行新知识、新技术培训的计划,并能有效地组织实施。

9. 企业没有出现验收未通过的项目。

10. 企业没有触犯知识产权保护等有关法律的行为。

## 二、二级资质

1. 企业近 3 年完成计算机信息系统工程项目总值 1.0 亿元以上,并且承担过至少 1 项 1 500 万元以上或至少 3 项 800 万元以上的项目;所完成的系统集成项目中应具有自主开发的软件产品;软件费用(含系统设计费、软件开发费、系统集成费和技术服务费)应占工程项目总值的 30% 以上(即不低于 3 000 万元);工程按合同要求质量合格,已通过验收并投入实际应用。

2. 企业注册资本 500 万元以上,近 3 年的财务状况良好。

3. 企业从事软件开发、系统集成等业务的工程技术人员不少于 50 人,且其中大学本科以上学历的人员所占比例不少于 80%。

4. 企业总经理或负责系统集成工作的副总经理具有 4 年以上从事信息技术领域企业管理工作经历;企业具有已获得信息技术相关专业的高级职称、且从事计算机信息系统集成工作不少于 4 年的技术负责人;企业具有中级职称以上的财务负责人。

5. 企业具有先进、完整的软件及系统开发环境和设备,具有较强的技术开发能力。

6. 企业已按 ISO9000 或软件过程能力成熟度模型等标准、规范建立完备的质量保证体系,并能有效地实施。

7. 企业具有完备的客户服务体系,并设立专门的机构。

8. 企业具有系统的对员工进行新知识、新技术培训的计划,并能有效地组织实施。

9. 企业没有出现验收未通过的项目。

10. 企业没有触犯知识产权保护等有关法律的行为。

### 三、三级资质

1. 企业近3年完成计算机信息系统工程项目总值4000万元以上;所完成的系统集成项目中应具有自主开发的软件产品;软件费用(含系统设计费、软件开发费、系统集成费和技术服务费)应占工程项目总值的30%以上(即不低于1200万元);工程按合同要求质量合格,已通过验收并投入实际应用。

2. 企业注册资本100万元以上,近3年的财务状况良好。

3. 企业从事软件开发、系统集成等业务的工程技术人员不少于20人,且其中大学本科以上学历的人员所占比例不少于70%。

4. 企业总经理或负责系统集成工作的副总经理具有3年以上从事信息技术领域企业管理工作经历;企业具有已获得信息技术相关专业的中级职称以上或硕士以上,且从事计算机信息系统集成工作不少于3年的技术负责人;企业具有助理会计师职称以上的财务负责人。

5. 企业具有与所承担项目相适应的软件及系统开发环境和设备,具有一定的技术开发能力。

6. 企业已按 ISO9000 或软件过程能力成熟度模型等标准、规范建立完备的质量保证体系,并能实施。

7. 企业具有完备的客户服务体系,并设立专门的机构。

8. 企业具有系统的对员工进行新知识、新技术培训的计划,并能有效地组织实施。

9. 企业近3年内没有出现验收未通过的项目。

10. 企业没有触犯知识产权保护等有关法律的行为。

### 四、四级资质

1. 企业近3年完成计算机信息系统工程项目总值1000万元以上;所完成的系统集成项目中应具有自主开发的软件产品;软件费用(含系统设计费、软件开发费、系统集成费和技术服务费)应占工程项目总值的30%以上(即不低于300万元);工程按合同要求质量合格,已通过验收并投入实际应用。

2. 企业注册资本30万元以上,近3年的财务状况良好。

3. 企业从事软件开发、系统集成等业务的工程技术人员不少于10人,且其中大学本科以上学历的人员所占比例不少于70%。

4. 企业总经理或负责系统集成工作的副总经理具有2年以上从事信息技术领域企业管理工作经历;企业具有已获得信息技术相关专业的中级职称以上或硕士以上,且从事计算机信息系统集成工作不少于2年的技术负责人;企业具有助理会计师职称以上的财务负责人。

5. 企业具有与所承担项目相适应的软件及系统开发环境和设备,具有一定的技术开发能力。

6. 企业已建立质量保证体系,并能实施。

7. 企业具有完备的客户服务体系,并配备专门人员。

8. 企业具有系统的对员工进行新知识、新技术培训的计划,并能有效地组织实施。

9. 企业近3年内没有出现验收未通过的项目。

10. 企业没有触犯知识产权保护等有关法律的行为。

## 1.2 计算机网络工程组织

### 1.2.1 组织方式与组织机构

#### 1. 组织方式

网络工程的组织方式大致有以下两种。

① 政府机关统一实施的工程,一般指定主管领导和具体负责人,并成立相应的工程管理机构,自上而下组织实施。

② 公司承建的具体工程,一般采用项目经理制,由项目经理招聘人员,制订方案,系统集成,从头至尾负责工程的组织实施。

#### 2. 组织机构

政府行为的网络工程,其组织机构是比较严密的,一般包括以下 3 层机构。

① 领导小组:指导系统总体组开展工作,审批总体组的各类报告,协调各部门的工作,协助拟制业务需求,项目鉴定验收。

② 总体组(总承包组):制订系统需求分析、项目总体方案和系统工程实施报告;指定系统的使用、管理等各类标准,设计系统安全性和可靠性方案,对项目的实施进行宏观管理和控制,并进行严格的质量管理。

③ 技术开发小组:根据系统总体组制订的软件建设任务,开发软件系统,在开发工程中撰写各种软件工程规范所需的文档。

### 1.2.2 网络工程监理

所谓网络工程监理,是指在网络建设过程中,给用户建设前期咨询、网络方案论证、系统集成商的确定和网络质量控制等一系列的服务,帮助用户建设一个性价比最优的网络系统。

网络工程监理的主要内容包括以下几方面。

#### (1) 帮助用户做好需求分析

深入了解企业的各个方面,与企业各级人员共同探讨,提出切实的系统需求。

#### (2) 帮助用户选择系统集成商

好的系统集成商应具备以下条件:

- 持有《计算机信息系统集成资质证书》;
- 有较强的经济实力和技术实力;
- 有丰富的系统集成经验;
- 有完备的服务体系;
- 有良好的信誉。

#### (3) 帮助用户控制工程进度

工程监理人员帮助用户掌握工程进度,按期分段对工程验收,保证工程按期、高质量地完成。

#### (4) 严把工程质量关

工程监理人员应该在以下环节严把质量关:

- ① 系统集成方案是否合理，所选设备质量是否合格，能否达到企业要求；
  - ② 基础建设是否完成，结构化布线是否合理；
  - ③ 信息系统硬件平台环境是否合理，可扩充性如何，软件平台是否统一合理；
  - ④ 应用软件能否实现相应功能，是否便于使用、管理和维护；
  - ⑤ 培训教材以及时间、内容是否合适。
- (5) 帮助用户做好各项测试工作

工程监理人员应严格遵循相关标准，对信息系统进行包括布线、网络等各方面的测试工作。

## 1.3 网络互连设备

网络互连设备用来将网络的各个部件连接在一起，依连接性质的不同可以分为物理上的互连能力和协议上的互连能力。

① 物理上的互连能力指所支持的物理接口，能连接的物理介质类型。

② 协议上的互连能力指工作在不同协议类型的网络之间，实现不同协议数据包的转换。通常对设备互连能力考虑得较多的都是协议上的互连能力。

网络工程中使用得较多的几种互连设备是中继器、集线器、网桥/交换机、路由器和网关等，本书侧重介绍集线器、交换机和路由器等主流设备。各种网络互连设备的协议互连能力用开放系统互连（OSI）参考模型描述，如图 1-1 所示。

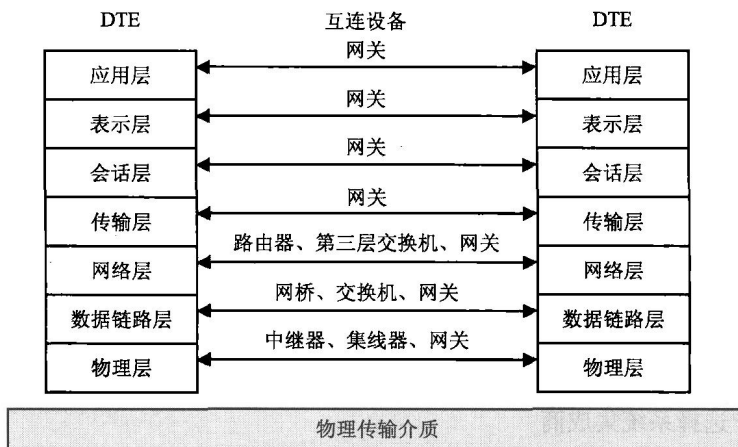


图 1-1 网络互连设备协议层示意图

### 1.3.1 中继器

中继器的主要功能是对接收到的信号进行再生放大，以延伸网络的传输距离，提供物理层的互连。中继器的功能细分为以下几点：

- ① 过滤电磁干扰（MEI）和射频干扰（RFI）引起的信号干扰或噪声；
- ② 放大和修整进入的信号，使重新传输更精确；
- ③ 对信号重定时；
- ④ 在所有网段上复制信号。

## 1.3.2 集线器

集线器 (Hub) 是双绞线以太网对网络进行集中管理的最小单元。集线器是一个共享设备, 其实质是一个多端口的中继器。正是因为集线器只是一个信号放大和中转的设备, 所以它不具备自动转发和自动寻址能力, 即不具备交换功能。所有传到 Hub 的数据均被广播到与之相连的各个端口, 遵循 CSMA/CD 控制方式, 因此所有 Hub 的端口同属一个冲突域。

Hub 在 OSI 参考模型中处于物理层, 是局域网 (LAN) 的接入层设备。它不具备协议翻译功能, 而只是分配和共享带宽。连接到 Hub 的每台工作站共享 Hub 的实际带宽。例如, 使用一台  $N$  个接口的 10Base-T Hub 组网, 每一个接口所分配的频带宽度是  $10/N$  Mbit/s。

Hub 主要用于共享式以太网的组建, 是解决从服务器直接到桌面的最佳、最经济的方案。在交换网络中, Hub 直接与交换机相连, 将交换机端口的数据送到桌面。使用 Hub 组网灵活, 它可以直接构成星型拓扑结构也可以成为树型拓扑结构的一部分, 对与各端口相连的工作站进行集中管理, 不让出问题的工作站影响整个网络的正常运行, 并且用户的加入和退出也很自由。

### 1. 集线器类型

依据总线带宽的不同, Hub 分为 10Mbit/s、100Mbit/s 和 10/100Mbit/s 自适应 3 种; 若按照配置形式的不同可分为独立型、模块型和可堆叠型 Hub; 根据管理方式可分为智能型 Hub (带有 CPU, 支持简单网络管理协议) 和非智能型 Hub (不支持网络管理, 容易形成数据阻塞) 两种; 按照安装时的场合, 又可以分为机架式和桌面式的 Hub。目前使用的 Hub 基本上是以上 4 种分类的组合。Hub 根据端口数目的不同, 主要有 8 口、16 口和 24 口之分。

### 2. 级联 (Uplink) 和堆叠 (Stack)

10Base-T Hub 虽然可以借助层层级联的方式来扩充网络, 但其缺点是每级联一层, 带宽会相对降低。例如, 假设第一层 Hub 的带宽为 10Mbit/s, 则第二层 Hub 的带宽降低到 5Mbit/s (使用了两个端口), 而第三层 Hub 的带宽又是第二层带宽再除以使用的端口数。因此, 集联的层数越多, 其带宽也降低得越快。为了解决这个问题, 网络厂商设计了“堆叠式”的 Hub, 用 SCSI 电缆将 Hub 背部的堆叠模块连通, 这样做使各台 Hub 均处在同一管理层次 (即它们的带宽均一致)。在不减低带宽的前提下, 这种 Hub 的设计是提高网络速度的一种方法。堆叠式集线器除了更适合网络的扩充之外, 也相对降低了端口成本, 另外, 它放置的位置集中, 非常方便管理。

不仅 Hub 使用堆叠方式, 为了提高性能, 降低端口价格, 许多交换机也支持堆叠方式。堆叠方式有两种, 即菊花链式堆叠和星型堆叠, 如图 1-2 所示。

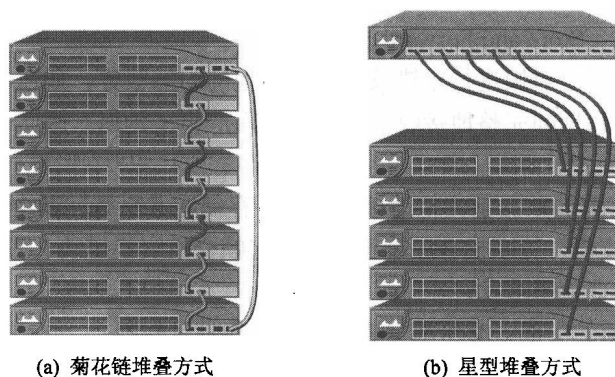


图 1-2 集线器的堆叠方式

### 1.3.3 网桥

网桥也叫桥接器,是连接两个局域网的存储转发设备,工作在 OSI 参考模型的数据链路层。

网桥可以截获所有的网络信息,并读取每一个帧的目标地址(MAC地址),以确定帧是否应该转发到某一个网段。当网桥运行时,网桥将检查流经它的帧的地址,并建立已知目标的地址表。如果网桥得知帧的目标地址和帧的源地址在同一个网段上时,那么由于没有必要转发这个帧,网桥就会删除这个帧。如果网桥得知帧的目标地址在另一个网段上,那么它就只向这个网段传输这个帧。如果网桥不知道目标网段,那么网桥就会把帧传输到所有网段。

网桥最主要的优点是,它可以限制传输到某些网段的通信量,这一优点被用在 10Base5 以太网中,用来给工作节点数目较多的网络分段。转换式网桥还能够将以太网的数据帧转换成令牌环网的数据帧,实现以太网和令牌环网的互连。

网桥有本地网桥和远程网桥两种基本类型。这两种类型的网桥目前都有了更好的替代产品,即用于局域网的交换机和用于广域网的路由器。

### 1.3.4 交换机

交换机是局域网里面最风靡的设备,它将局域网的性能由最初的 10 兆共享提升了无数个级别,新型的吉比特以太网更是建立在强大的交换技术之上。交换机在转发数据时,根据事先存储的 MAC 地址表选择目标主机转发数据,所以交换机各端口的带宽是独立的,即 10 兆交换机的每一个端口带宽都是 10Mbit/s。交换机初始工作时都有一个获得所连主机 MAC 地址的过程,这一过程目前都是由交换机自动完成的,也称为交换机的自学习过程。

交换机有很多类型,包括从低端的交换式 Hub 到高端的可网管的多层交换机等各种系列,采用的交换技术有直通交换、存储转发和无碎片直通方式等各种类型。

#### 1. 交换技术简介

##### (1) 直通方式(Cut Through)

直通方式不需要对数据帧做差错校验和附加处理,因此时延最小,转发速度最快,但不能过滤出错的帧。其工作原理如下:

① 端口在接收帧的 14 个字节后,交换模块便取出帧的目的地址,并送交端口查询模块;

② 端口查询模块从地址映射表中查出帧所要转发的正确端口号,并通知交换模块。交换模块将帧发送到正确的端口线路上。

##### (2) 存储转发方式(Store and Forward)

由于存储转发方式需要对帧进行差错校验以及其他的附加服务,如速率匹配、协议转换等,因此必须设置缓冲器将数据帧完整地接收下来,为此而产生了延迟。因此,该交换方式是最慢的一种,其工作原理如下:

① 端口将 1518 字节的数据帧完整地接收下来并存储在共享缓冲器中,等待进行差错校验;

② 对帧进行差错校验,当帧校验序列正确时,将帧交给交换模块;校验出错时,将帧丢弃,并由信源机和信宿机负责检错重发;

③ 交换模块取出帧的头部,交给端口查询模块进行地址转换;

④ 端口查询模块查出帧所要转发的正确端口号,并通知交换模块;

⑤ 交换模块将处理过的帧送还共享缓冲器,并发送到正确的端口线路上。



### (3) 无碎片直通方式 (Fragment Free Cut Through)

该交换方式结合了直通方式和存储转发方式的优点, 既有一定的错误检错能力, 又能以较高的速率转发帧。其方法是先保存帧的前 64 个字节, 如果是不健全的帧或有冲突的帧, 就立即舍弃, 因为从帧的头 64 个字节就可以判断出包的好坏, 所以在交换的等待延迟和错误校验之间达到最好的折中选择; 如果是坏包, 大部分能在帧的头 64 个字节中检测出来, 所以能取得交换延迟和错误校验之间的最佳平衡。在以太网中, 当冲突发生时, 双方立即停止发送数据帧, 这样网络中就留有残缺帧, 即所谓的碎片。为了不让碎片在网络中传输, 无碎片直通方式采用最小帧长 64 个字节作为存储长度, 并利用其进行差错校验, 如果正确就继续发送。

使用何种交换技术的交换机, 取决于网络需要, 如果单纯要求高速度, 则直通式交换是最佳选择; 如果网络要求低误码率和稳定可靠, 则应当选择存储转发式交换机。

## 2. 冲突域和广播域

### (1) 冲突域

由于采用 CSMA/CD 访问控制技术, 共享以太网上的一台主机发送数据时, 将导致与同时也向共享总线或共享设备上发送数据的主机争用线路而发生冲突, 潜在共享线路的所有主机范围构成一个冲突域。例如, 连接在同轴电缆上的所有主机, 连接在共享 Hub 上的主机等都构成一个冲突域。

冲突域的存在既是以太网的基础, 又是以太网的缺陷。CSMA/CD 访问技术使得以太网易于实现, 并且在规模不大的网络中非常有效。但在大规模的网络中, 处于同一个冲突域中的主机数目越多, 则每个主机分得的带宽就越窄, 网络性能就越低下; 距离越长, 则信号同步越困难, 发生冲突、导致网络传输错误的可能性就越大。

因此, 在一个冲突域中的主机数目过多时, 通常要进行分段, 如图 1-3 所示。分段的方法是使用网桥、交换机和路由器等存储转发设备隔离冲突域。

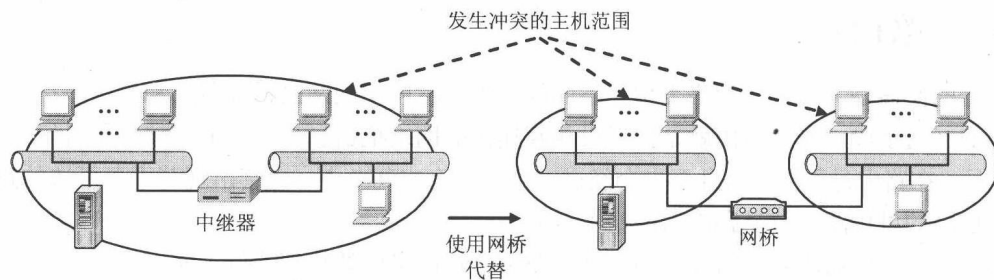


图 1-3 一个冲突域分段为几个冲突域的图

### (2) 广播域

广播域指的是能接收到广播数据包的主机范围。广播数据包通常采用广播地址发送, 即主机位全为 1 的地址。很多原因都会导致网络中产生大量的广播数据包, 如视频点播服务、有故障的网卡以及路由更新等。由于 IP 广播发生在网络层, 所以工作在第二层的交换机对广播数据包无能为力。大量的无用广播数据包即广播风暴会消耗大量的带宽, 使网络效率急剧降低直至瘫痪。

因此必须对广播域加以隔离, 通常一个广播域内的主机数在 100 台到 150 台之间, 降低了广播风暴的影响范围。能隔离广播域的设备是工作在网络层的路由器, 它能够将收集到的广播数据包丢弃, 而不影响到其他网络, 如图 1-4 所示。