



高等学校计算机规划教材

# 网络工程设计 与实验教程

■ 胡友彬 陈俊华 主编 ■ 袁珏 阮鲲 副主编

 电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校计算机规划教材

# 网络工程设计与实验教程

胡友彬 陈俊华 主 编

袁 珏 阮 鲲 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本教材主要强调了教学内容与实践的结合、国际先进的教学实验理念与平台的利用以及测试考核的标准化,结合计算机网络课程教学的实际,进行了教学内容的重组和归并,深化对课程教学的理解。全书分为九章,即网络工程与设计基础、网络设计软件、网络组件——路由器、网络组件——交换机、网络组件——服务器、互联网操作系统的管理、可配置的网络协议、网络技术专项实验和网络技术综合技术方案等。书后还配备了一个完整的实践方案和三套网络测试试题。

本书内容全面,理论以够用为度,实验步骤叙述清楚,实验任务明确,侧重实用,力图反映出目前网络的实际应用情况。此外,本书的所有实验均通过实际验证。本书可作为大专院校计算机类及相关专业“计算机网络”、“计算机网络工程与实践”等课程的教材,也可作为从事计算机网络设计、建设、管理和应用的工程技术人员参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

网络工程设计与实验教程/胡友彬,陈俊华主编. —北京:电子工业出版社,2010.2  
高等学校计算机规划教材  
ISBN 978-7-121-10281-3

I. 网… II. ①胡… ②陈… III. 计算机网络-高等学校-教材 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第014726号

策划编辑:谭海平

责任编辑:许菊芳 特约编辑:王 纲

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538千字

印 次:2010年2月第1次印刷

印 数:4000册 定价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

近几年来,为了适应教学转型的需要,按照新的人才培养方案及课程标准的要求,针对“计算机网络”及其相关实践性课程的特点,我们在研究生和本科生的“计算机网络”、“网络工程与实践”课程教学中努力突出能力培养,在利用主干教材教学的基础上,以选编的资料为辅助,丰富教学实验内容。本实验教材就是编者多年资料积累的提升与总结。本书的编写主要强调了教学内容与实际相结合、国际先进的教学实验理念与平台的利用,以及测试考核的标准化。本书充分吸取了思科(Cisco)网络论证考试及思科网络学院网络教学的基本思路,结合计算机网络课程教学的实际,进行了教学内容的重组和归并,深化对课程教学内容的理解。

本书的编写指导思想是:服务技术发展需要和应用,重点突出技术性而非研究性;以工程中的实际应用为培养主线;从网络软、硬件两方面实验入手;由浅入深,从基本的认识实验到综合创新性实验逐层递进。

本书内容分为9章,分别是网络工程与设计基础、网络设计软件、网络组件——路由器、网络组件——交换机、网络组件——服务器、互联网操作系统的管理、可配置的网络协议、网络技术专项实验和网络技术综合设计方案。本书还有两个附录,附录A提供了一个网络的完整的设计方案,附录B提供了三套不同类型的网络测试题。

本书的特点是内容全面,理论以够用为度;实验步骤清楚、易懂,实验任务明确,侧重实用,力图反映出目前网络的实际应用情况。本书的所有实验均经过实际验证。

本书在编写过程中得到解放军理工大学气象学院训练部的大力支持,在此表示深深的谢意,在教材的编写过程中,许多学员也付出了艰辛的努力,完成了所有指定的实验项目,为教材的顺利完成奠定了良好的基础。

本书可以作为本科生、研究生“计算机网络”课程的配套实验教材或作为“计算机网络工程与实践”课程的教材使用。

由于时间仓促和编者水平有限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2009. 12

# 目 录

<b>第 1 章 网络工程与设计基础</b> .....	1
1.1 网络工程概述 .....	1
1.1.1 网络工程定义 .....	1
1.1.2 网络工程建设过程 .....	1
1.2 网络工程组织 .....	2
1.2.1 组织方式与组织机构 .....	2
1.2.2 网络工程监理 .....	2
1.2.3 网络互连设备 .....	3
1.2.4 网络应用模式 .....	3
1.3 网络设计需求分析 .....	3
1.4 网络逻辑设计 .....	4
1.4.1 逻辑拓扑结构分层 .....	4
1.4.2 网络设计的目标 .....	5
1.5 备份设计 .....	6
1.6 物理设计的原则 .....	7
1.7 结构化综合布线 .....	8
1.7.1 综合布线系统的定义 .....	9
1.7.2 综合布线系统的范围 .....	10
1.7.3 综合布线工程等级 .....	11
1.7.4 结构化综合布线系统的组成 .....	12
1.7.5 我国综合布线标准 .....	15
1.8 线缆敷设方式 .....	15
1.9 计算机网络基础 .....	16
1.9.1 TCP/IP 的层次架构 .....	16
1.9.2 互联网 IP 地址 .....	19
1.9.3 IP 路由决策过程 .....	22
1.9.4 路由选择 .....	25
1.9.5 网络传输介质 .....	31
习题 .....	35
<b>第 2 章 网络设计软件</b> .....	36
2.1 网络设计软件概述 .....	36
2.2 Packet Tracer 的使用 .....	38
2.2.1 网络设计 .....	38
2.2.2 配置实现 .....	39
2.3 Visio 项目设计软件 .....	42
习题 .....	43
<b>第 3 章 网络组件——路由器</b> .....	44
3.1 Cisco 设备组件与结构 .....	44

3.2	Cisco 路由器的功能接口与外观 .....	47
3.2.1	面板外观 .....	47
3.2.2	Cisco 路由器指示灯说明 .....	49
3.3	路由器功能模块说明及安装 .....	50
3.3.1	Cisco NM-4A/S 与 WIC-2A/S 网络模块 .....	50
3.3.2	Cisco NM-2FE 网络模块 .....	52
3.4	Cisco 路由器机身接口 .....	53
3.4.1	路由器备份口(AUX 口)的连接 .....	53
3.4.2	路由器配置端口的连接 .....	54
	习题 .....	55
<b>第4章</b>	<b>网络组件——交换机</b> .....	<b>56</b>
4.1	交换机的工作原理 .....	56
4.1.1	基本功能 .....	56
4.1.2	MAC 地址表 .....	57
4.1.3	数据帧的转发/过滤决策 .....	57
4.1.4	转发模式 .....	57
4.2	Cisco 3550 交换机概述 .....	58
4.2.1	前面板 .....	58
4.2.2	GBIC 网络接口 .....	61
4.2.3	交换机的物理特性 .....	61
4.3	交换机的启动和配置 .....	62
4.3.1	启动交换机 .....	62
4.3.2	配置交换机的两种方法 .....	62
	习题 .....	63
<b>第5章</b>	<b>网络组件——服务器</b> .....	<b>64</b>
5.1	Web 服务器 .....	64
5.2	Web 服务器的架设 .....	65
5.2.1	网络拓扑 .....	65
5.2.2	安装 IIS .....	65
5.2.3	创建加载网站 .....	67
5.2.4	客户端访问 Web 服务器 .....	69
5.3	DHCP 服务器 .....	70
5.3.1	DHCP 原理基础 .....	71
5.3.2	安装 DHCP 服务器 .....	72
5.3.3	客户端分配 IP 地址 .....	73
5.3.4	DHCP 服务器的架设 .....	74
5.3.5	DHCP 服务器的配置 .....	75
	习题 .....	77
<b>第6章</b>	<b>互联网操作系统的管理</b> .....	<b>79</b>
6.1	路由器的启动顺序 .....	79
6.2	IOS 的两个关键文件系统 .....	80
6.3	IOS 的两种配置界面 .....	80
6.3.1	Cisco CLI 模式 .....	81

6.3.2	IOS 的常用命令	84
6.3.3	IOS 集成的网络功能	87
6.4	登录网络设备操作 IOS	89
6.5	配置平台搭建方法	91
6.6	网络测试工具	93
6.6.1	ping 命令	93
6.6.2	tracert 命令	95
6.7	维护和调试工具	97
6.7.1	show 命令集	97
6.7.2	系统调试	98
6.8	系统日志	100
6.8.1	Syslog 概述	100
6.8.2	Syslog 的配置	101
6.9	网络管理及远程监控技术	103
6.10	接口概述	103
6.10.1	接口配置	104
6.10.2	接口的统计和监控	107
6.11	以太网接口的配置	108
6.11.1	以太网接口的默认配置信息	108
6.11.2	以太网接口的基本配置命令	108
6.12	子接口的配置	108
6.12.1	子接口的默认配置信息	109
6.12.2	子接口的基本配置命令	109
6.12.3	创建子接口	109
6.12.4	接口的 IP 地址配置	109
6.13	Trunk 的配置	110
6.13.1	Trunk 的默认配置信息	110
6.13.2	配置 Trunk 端口	111
6.14	POS 接口的配置	111
6.14.1	POS 接口的默认配置信息	111
6.14.2	配置 POS 接口的基本参数	111
6.14.3	在 POS 接口下配置 PPP	112
6.14.4	在 POS 接口下配置 HDLC 协议	112
	习题	112
<b>第 7 章</b>	<b>可配置的网络协议</b>	<b>113</b>
7.1	数据链路层协议	113
7.1.1	PPP 概述	113
7.1.2	PPP 的组成	113
7.1.3	PPP 运行过程	113
7.1.4	PPP 的验证方式	114
7.1.5	MP	115
7.1.6	PPP 所需的配置	116
7.1.7	PPP 没有的功能	118

7.1.8	PPP 的工作状态	118
7.1.9	PPP 的配置演示	119
7.1.10	HDLC 协议概述	121
7.1.11	HDLC 封装接口	122
7.1.12	HDLC 协议的监控	122
7.1.13	帧中继协议概述	122
7.1.14	帧中继的帧结构	123
7.1.15	帧中继封装接口	123
7.2	网络层协议	123
7.2.1	路由协议的概述	123
7.2.2	路由优先级	124
7.3	配置路由协议	125
7.3.1	配置静态路由	125
7.3.2	配置默认路由	127
7.3.3	配置 RIP	129
7.3.4	配置 IGRP	134
7.3.5	配置 EIGRP	136
7.3.6	配置 OSPF 协议	138
7.4	访问控制列表技术	144
7.4.1	ACL 技术的应用	145
7.4.2	标准 ACL 的配置	145
7.4.3	通配掩码	146
7.4.4	any 命令	147
7.4.5	验证 ACL	147
7.4.6	ACL 的配置演示	147
7.5	网络地址转换技术	148
7.5.1	基础配置任务	149
7.5.2	NAT 功能的监控和维护	152
7.5.3	NAT 技术应用演示	154
7.5.4	利用 NAT 实现负载均衡演示	155
7.6	服务质量技术	156
7.6.1	差别服务模式	156
7.6.2	IEEE 802.1p	158
7.6.3	QoS 的运行过程	158
7.6.4	区分信息传输种类的次序	158
7.6.5	队列算法	159
<b>第 8 章</b>	<b>网络技术专项实验</b>	<b>160</b>
8.1	实验一:交换机 IOS 的基本配置	160
8.1.1	实验目的	160
8.1.2	网络配置说明	160
8.1.3	网络拓扑	160
8.1.4	实验任务及步骤	160
8.2	实验二:虚拟局域网的配置	166



8.2.1	实验目的	166
8.2.2	网络配置说明	166
8.2.3	网络拓扑	166
8.2.4	实验任务及步骤	166
8.3	实验三:设置主干端口	170
8.3.1	实验目的	170
8.3.2	网络配置说明	170
8.3.3	网络拓扑	171
8.3.4	实验任务及步骤	171
8.4	实验四:基于 VLAN 的三层路由交换	178
8.4.1	实验目的	178
8.4.2	网络配置说明	179
8.4.3	网络拓扑	179
8.4.4	实验任务及步骤	179
8.5	实验五:基于 VLAN ACL 的安全策略	188
8.5.1	实验目的	188
8.5.2	网络配置说明	188
8.5.3	网络拓扑	188
8.5.4	实验任务及步骤	189
8.6	实验六:基于单台路由器 VLAN 间的通信	195
8.6.1	实验目的	195
8.6.2	网络配置说明	195
8.6.3	网络拓扑	195
8.6.4	实验任务及步骤	195
8.7	实验七:基于多台交换机和多个 VLAN 的通信	201
8.7.1	实验目的	201
8.7.2	网络配置说明	201
8.7.3	网络拓扑	202
8.7.4	实验任务及步骤	202
8.8	实验八:配置静态路由和 RIP 路由协议	216
8.8.1	实验目的	216
8.8.2	网络配置说明	216
8.8.3	网络拓扑	216
8.8.4	实验任务及步骤	217
8.9	实验九:EIGRP 路由协议的基本配置	225
8.9.1	实验目的	225
8.9.2	网络配置说明	225
8.9.3	网络拓扑	226
8.9.4	实验任务及步骤	226
8.10	实验十:OSPF 路由协议的基本配置	232
8.10.1	实验目的	232
8.10.2	网络配置说明	232
8.10.3	网络拓扑	233

8.10.4	实验任务及步骤	233
8.11	实验十一:在 NBMA 环境中实现 OSPF 路由协议	239
8.11.1	实验目的	239
8.11.2	网络配置说明	240
8.11.3	网络拓扑	240
8.11.4	实验任务及步骤	240
8.12	实验十二:配置 OSPF 的虚链路及接口验证	247
8.12.1	实验目的	247
8.12.2	网络配置说明	247
8.12.3	网络拓扑	248
8.12.4	实验任务及步骤	248
8.13	实验十三:制作双绞线跳线	253
8.13.1	实验目的	253
8.13.2	双绞线介绍	253
8.13.3	实验所需的材料和工具	255
8.13.4	制作步骤	255
<b>第9章</b>	<b>网络技术综合设计方案</b>	<b>257</b>
9.1	综合实验一:NAT 与 ACL 技术的运用	257
9.1.1	网络设计	257
9.1.2	配置实现	258
9.2	综合实验二:使用帧中继互连网络	262
9.2.1	网络设计	262
9.2.2	配置实现	263
9.3	综合实验三:园区网的设计	267
9.3.1	网络设计	268
9.3.2	配置实现	268
9.4	综合实验四:服务质量技术的应用	271
9.4.1	网络设计	271
9.4.2	网络拓扑	272
9.4.3	配置实现	272
9.5	综合实验五:使用混合路由协议互连网络	274
9.5.1	网络设计	276
9.5.2	网络拓扑	276
9.5.3	配置实现	277
	习题参考答案	285
	附录 A XX 项目计算机网络设计方案	288
	附录 B 试题汇编	292
	试卷一 网络工程师测试试题(选择题)	292
	试卷二 网络工程师测试试卷(综合)	300
	试卷三 Cisco 网络技术学院试题(多选题)	311
	参考文献	324

# 第 1 章 网络工程与设计基础

网络工程涉及多方面的知识和技术,就网络应用模式而言,其包括对等模式、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,而且仍然在不断的发展中,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,往往是几种模式相互交融,共同服务在一个网络中。

网络工程具备很强的标准性,众多的网络技术运行于同一个网络中,这就要求这些技术具有一定的标准性,便于融合、使用和维护,网络设计应用人员也应严格遵循相应的标准进行网络设计,为以后的网络维护、升级提供便利。

网络工程随技术的发展而发展,这就要求网络工程设计人员具备一定的前瞻性,时刻关注网络业界的新发展、新话题,目前万兆位以太网、3 G 技术就是这样能够在未来网络中起到里程碑作用的技术。尽管未来网络的发展还有很大的不确定性,但掌握新技术,创新网络设计理念,并应用到实际工作中去将是一个不变的主题。

## 1.1 网络工程概述

### 1.1.1 网络工程定义

网络工程是研究网络系统的规划、设计与管理的工程学科,要求工程技术人员根据既定的目标,严格依照行业规范,制定网络建设的方案,协助工程投标、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过程和发展趋势。

(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开发技术、网站设计和 Web 制作技术、信息发布技术及安全防御技术。

(5) 工程竣工后,网络管理人员使用网管工具对网络实施有效的管理维护,使网络工程产生应有的效益。

### 1.1.2 网络工程建设过程

#### 1. 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,以及未来的设计与扩展的内容。

## 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、地址分配及路由算法的选择等,大型网络还要求进行仿真测试。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,制定实施计划。

## 3. 实施阶段

制定详细的施工计划,按施工计划组织施工,施工完毕要进行测试和验收。

## 4. 运行与维护阶段

一个网络建立好之后,基础实施一般要运行 10 年以上,因此网络管理与维护是一项艰巨的任务,这就需要在网络管理上不断投入,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,随着应用和业务的拓展,许多新的需求被提出来,许多隐藏的故障被排除,不断地实施一些增值业务等。

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。建设一个网络的最终目的是使用网络产生效益,而在使用过程中不可避免地遇到各种问题和故障。所以在规划、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、路由算法等步骤都必须联系到后期的维护和管理工作的。

将各阶段最好地组合在一起就是系统集成,美国信息技术协会对系统集成的定义是这样的: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连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的要求下,把建立系统所需的管理和技术人员、软件硬件设备和工具以及成熟的技术,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。系统集成包括软件集成、硬件集成、网络系统集成。

# 1.2 网络工程组织

## 1.2.1 组织方式与组织机构

网络工程的组织方式大体有如下两种:

(1) 政府机关统一的工程,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,自上而下地组织实施。

(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,制定方案,系统集成,从头至尾地负责工程的组织实施。

组织机构一般包括 3 层:领导小组、项目组和技术开发小组。

## 1.2.2 网络工程监理

所谓网络工程监理,是指在网络建设中,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方面:

(1) 帮助用户做好需求分析。

(2) 帮助用户选择系统集成商。

- (3) 帮助用户控制工程进度。
- (4) 严把工程质量关。
- (5) 帮助用户做好各项测试工作。

### 1.2.3 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, 根据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) 物理上的互连能力是指所支持的物理接口, 能连接的物理介质类型。
- (2) 协议上的互连能力是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。

### 1.2.4 网络应用模式

网络模式是指网络上计算机处理信息的方式。根据信息处理过程中各主机之间的协作方式, 主要有4种模式: 对等模式(P2P)、文件服务器模式(FS), 客户/服务器(C/S)模式和浏览器/服务器模式(B/S)。

## 1.3 网络设计需求分析

网络建设要合乎目的性和规律性, 在网络建设的过程中始终把握设计尺度, 必须事先做好充分的需求分析工作。需求分析是网络工程的起点, 也是网络设计的基础。

网络需求指明了必须实现的网络规格参数, 描述了网络系统行为、特性和属性, 是在设计实现网络过程中对系统的约束。网络设计需求分为如下几个方面。

### 1. 应用背景需求

应用背景需求分析概括了当前网络应用的技术背景, 介绍了行业应用的方向和技术趋势, 说明了网络建设的必要性。

应用背景需求分析要考虑如下一些问题:

- (1) 国内外同行业的信息化程度及取得哪些成效?
- (2) 本单位信息化的目的是什么? 需要实现什么功能?
- (3) 本单位信息化步骤是什么?

### 2. 业务需求

业务需求分析的目标是明确单位的业务类型和应用系统软件种类, 以及它们对网络功能指标的要求, 例如在单位内部需要哪种服务器; 实现 Web 服务还是 FTP 或视频服务等; 是否需要与外网互连; 要是需要互连, 带宽是多少。这些需要在需求分析中逐一地分析、阐述, 做到全面、详细, 不留任何疑问, 否则会为今后的网络实施、运用和维护留下隐患。

### 3. 网络环境需求

网络环境需求分析是对单位的地理环境和人文布局进行实地勘察以确定网络规模、地理分划, 以便在拓扑结构设计和结构化布线设计中做出决策。

网络环境需求分析应明确下列几点:

- (1) 园区内的建设群位置。

- (2) 建筑物内的弱电井位置、配电房位置等。
- (3) 各部分办公区的分布情况。
- (4) 各工作区内的信息点数目和布线规模。

#### 4. 管理需求

网络的管理是单位建网不可或缺的方面,网络是否按照设计目标提供稳定的服务主要依靠有效的网络管理。高效的管理策略能提高网络的运行效率,建网之初就应该重视这些策略。网络管理包括两点:第一点,人为制定的管理规定和策略,用于规范工作人员操作网络的行为;第二点,网络管理利用设备和网管软件提供的功能对网络进行的操作。通常所说的网管主要是指第二点,它在网络规模较小、结构简单时,可以很好地完成网管功能。随着网络规模的日益扩大,第一点逐渐显示出它的重要性,尤其是网管策略的制定对网络的有效实施和保证网络高效运行至关重要。

网络管理的需求分析要回答以下类似的问题:

- (1) 是否需要通过网络进行远程管理?
- (2) 谁来负责网络管理?
- (3) 需要哪些管理功能,如是否要为网络建立域?
- (4) 选择什么样的域模式?

#### 5. 安全性需求

网络的建成使用为业务运营提供了方便,同时也为黑客提供了便利,网络安全问题就暴露出来了,网络设计者与使用者都必须重视这个问题。安全问题是重中之重,必须细致考虑敏感性数据及其分布、网络用户的安全级别与权限、可能存在的安全漏洞,以及采用的安全措施,使用何种类型的防火墙与杀毒软件等。

#### 6. 通信量需求

业务需求和主机的数量基本上就决定了通信量的需求,对于网络使用者而言,网络速度越快越好,但这无疑增加了建设成本,网络设计者应根据主机数量和业务需求酌情规划通信需求。

## 1.4 网络逻辑设计

网络逻辑设计是一项复杂的工作,对稳定性、可靠性、可用性和可扩展性有严格的规定和要求。

### 1.4.1 逻辑拓扑结构分层

分层思想在逻辑拓扑结构设计中占据重要地位,它是指将网络的逻辑结构化整为零,分层讨论设计与实现的细节问题。分层设计既适用于大型网络的设计,同时也适用于中小型网络的设计,具有高度灵活性和扩展性。如果再将分层结构中的某一部分视为组件独立设计,则更为灵活。

具体方法是将整个网络拓扑结构划分为3个层次:核心层、分布层和接入层(访问层)。网络拓扑结构就从这3个层次入手,分层设计结构如图1.1所示。

分层设计结构的各层功能如下:

- (1) 核心层处理高速数据流,其主要任务是数据包的交换。

(2) 分布层负责网段的逻辑分割, 聚合路由路径, 收敛数据流量。

(3) 接入层(访问层)将流量馈入网络, 执行网络访问控制, 并且提供相关边缘服务。

按照分层结构设计网络拓扑结构时, 应遵守以下两条基本原则:

(1) 网络中因拓扑改变而受影响的区域应被限制到最小。

(2) 路由器应传输尽量少的数据流量。

### 1.4.2 网络设计的目标

#### 1. 确定网络拓扑结构

网络拓扑结构是指仅用点和直线来描述网络的图形结构。常见网络拓扑结构有:

(1) 总线形。

(2) 环形。

(3) 星形。

(4) 网状形。

(5) 树形。

#### 2. 估计网络中的通信量

估计网络中的通信量主要有两个方面: 第一, 根据业务需求估算通信量的大小; 第二, 根据流量汇集原理确定链路和节点的容量。

估计通信量应该注意的问题有:

(1) 以满足当前业务需要为最低标准。

(2) 必须考虑到未来若干年内的业务增长需求。

(3) 能对选择何种网络技术提供技术支持。

(4) 能对冲突域和广播域进行划分。

(5) 能对选择何种物理介质和网络设备提供技术支持。

#### 3. 上行链路和下行链路

上行链路指的是从工作站流向核心网络设备的连接, 下行链路指的是从核心网络设备流向工作站的链路。上行链路的带宽衡量了核心设备和线路的容量, 影响骨干网技术能满足的客户端应用的能力。

例如, 假设核心层交换机所使用的连接数为 8, 而每个端口下连交换机的带宽是 100 Mbps, 也使用了 8 个端口, 在交换机满负载工作概率为 60% 的条件下, 按照交换机的特点, 干线容量为

$$8 \times 100 \text{ Mbps} \times 60\% = 480 \text{ Mbps}$$

核心交换机的容量为

$$8 \times 480 \text{ Mbps} \times 60\% = 2304 \text{ Mbps}$$

由此可以得出对主干线路的技术要求:

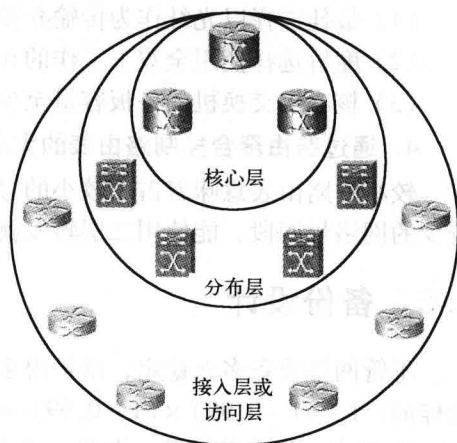


图 1.1 分层设计结构图

- (1) 最佳选择以光纤作为传输介质, 最大可以提供 1000 Mbps 带宽。
- (2) 廉价选择使用全双工工作的 6 类 UTP 双绞线, 还必须使用交换机的 Trunking 技术。
- (3) 核心层交换机的备板容量至少在 2.3 Gbps 才不会造成网络瓶颈。

#### 4. 通过路由聚合控制路由表的大小

较小的路由表意味着占用较小的寻址时间和较大的数据转发速度。在网络中应尽量使用较少的网络号网段, 能使用二层转发就没有必要使用三层路由。

## 1.5 备份设计

不管网络设备多么稳定, 维护得多么好, 网络设备都会有出故障的可能, 有一个公式是这样的:  $1 - (1 - 0.99) \times (1 - 0.99) = 0.9999$ 。其中, 0.99 表示一个设备的稳定可用性,  $1 - 0.99$  则表示设备的故障, 备份一个相同设备, 可用性就是 0.9999。一台设备一般要运行好几年, 如果给一个基数 10000 小时, 也就是说网络安全运行 1 年多一点, 当可用性为 0.99 时, 网络的平均故障时间就是 100 小时, 也就是说 1 年内网络会有 4 天时间出现故障; 但当可用性为 0.9999 时, 网络的平均故障时间就只有 1 小时。对某些业务较重的企业来说如银行、证券和电子商务运营商等, 使用备份技术把可用性从 0.99 提高到 0.9999 的意义是非常大的。

设备和线路的备份设计也称为冗余设计, 冗余设计并不是简单地增加一件设备或一条线路, 而是功能的逻辑叠加和性能的逻辑叠加。进行冗余设计可以增加主干线路的数量, 增加 Web 服务器的数量, 增加核心交换机的数量等。硬件上的冗余还不能实现设计目的, 还需要选择合适的冗余协议或备份软件, 这样才能构成健壮的冗余网络。

此外, 备份设计还有一个重要的任务就是要对数据备份, 这些工作的主要部分分别是由网络中的数据库系统软件和操作系统软件自动完成的, 用户只需要制定合理的备份策略, 选择合适的备份设备就可以了。这里只对网络部分冗余进行阐述。

### 1. 链路冗余

对于主干连接即核心层设备之间及其与分布层设备之间的连接, 都要求具备高可靠性的链路, 采用链路聚合的冗余方式最为合适, 聚合的多条链路均可以提供数据传输, 扩大了带宽并互为备份。主线路切换到备份线路的时间小于 50 ms, 充分体现了采用光纤技术的优越性。这种高速的网络自愈特性还可以保证不会引起 IP 路由的重新计算, 不会引起业务的瞬间拥塞甚至中断。

### 2. 模块冗余

网络主要设备(核心设备和分布层设备等)的所有模块和环境部件都应具备热备份的功能, 切换时间越小越好。所有模块具备热拔插的功能, 具备 99.999% 以上的可用性。热备份指的是在启动备份模块和设备时, 系统不需要中断工作或断电。

### 3. 设备冗余

设备冗余提供由两台或两台以上的设备组成一个虚拟设备的能力。其中一个设备因故障停止工作时, 另一台设备自动接替其工作, 并且不引起其他节点的路由表重新计算, 从而提高网络的稳定性。切换时间越小越好, 以保证大部分 IP 应用不会出现超时的错误。

### 4. 路由冗余

网络的拓扑结构设计应提供足够的路由冗余, 当上述冗余特性仍不能解决问题时, 数据



流应能迅速寻找到另一条有用的路由到达目的网络。并且在一个极其复杂的网络环境中，当网络连接发生变化时，路由表的收敛时间也应该小于 30 s。

### 5. 热备份路由协议 (HSRP)

为了使主路由器与备份路由器之间能够协同工作，许多路由器生产商都提供了能够在主路由器发生故障时，自动切换到备份路由器的专用备份路由协议。热备份路由协议就是一个路由器，这个虚拟路由器使用虚拟 IP 地址，对外提供路由服务；在主路由器发生故障时，HSRP 自动选择备份路由器提供路由服务，切换时间极短，不会引起 IP 路由的重新计算。

HSRP 利用一个优先级方案来解决哪个配置了 HSRP 的路由器成为默认的主路由器。如果一个路由器的优先级设置得比所有路由器的优先级高，则该路由器成为主路由器。路由器的优先级默认值是 100，所以如果只设置一个路由器的优先级高于 100，则该路由器将成为主路由器。

通过在设置了 HSRP 的路由器之间广播 HSRP 优先级，HSRP 选出当前的主路由器。当在预先设定的一段时间内主路由器不能发送 HELLO 消息，或者说 HSRP 检测不到主路由器的 HELLO 消息时，将认为主路由器有故障，这时 HSRP 会选择优先级最高的备份路由器升级为主路由器，同时 HSRP 优先级在配置了 HSRP 的路由器中再选择一台路由器作为新的备份路由器。

所有的 HSRP 的路由器共享一个虚的 IP 地址，网络中的工作站将默认网关指向该虚地址，被选出的主路由器负责转发由工作站发到虚地址的数据包。HELLO 消息是基于 UDP 的信息包，配置了 HSRP 的路由器将会周期性广播 HELLO 消息包，并利用 HELLO 消息包来选择主路由器和备份路由器，以及判断路由器是否失效。

## 1.6 物理设计的原则

物理设计是在逻辑设计的基础上选择符合性能要求的物理设备，并确定设备安装和结构化布线方案，提供网络施工的依据。在进行物理设计时，必须遵循以下原则。

所选择的物理设备至少应该满足逻辑设计的基本性能要求，同时还需要考虑设备的可扩展性和冗余性等因素。

虽然在进行设备选型时，要从节约用户投资的角度去考虑“性价比最优”的方案，但从网络设备的可用性、可靠性和冗余性的角度去考虑时，价格有时候是应该放在第二位的因素。

所选择的设备还应该具有较强的互操作性。支持同种协议的设备之间互连时易于安装，故障概率也较小。出自同一设备商的产品在基础软件和配置方法上也较相同，设备之间的互操作性也较强。因此，在决定选择何种设备时要选择支持同种协议的设备，尽量避免因产品出自多个厂家而降低设备之间的互操作性。

在进行结构化综合布线设计时，要考虑到未来 20 年内的增长需求。因为一旦大楼布线工程竣工，再想改动原有的方案将会非常困难，所以只有稳定运行 20 年的布线方案才是合理的。

结构化综合布线方案往往受到一些地理环境条件的制约，如楼层之间的距离、设备间的安全性、干扰源的位置等，情况不明朗时一定要进行充分的实地考察。

Internet 网络的迅速发展让人们充分认识到 Internet 技术的魅力，并将它引入到局域网，