

21世纪应用型本科系列教材

组网实训教程

主编 雷震甲

主审 李增智



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

21世纪应用型本科系列教材

组网实训教程

主编 雷震甲

参编 王亮 李超 闫博

杜晓春 莫秉戈 雷欣

主审 李增智



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

· 西安 ·

内容简介

本书介绍了路由器和交换机的工作原理、硬件组成和软件配置,对虚拟局域网、路由协议配置、广域网互连、访问控制和 VPN 技术进行了详细地分析和讲解,并给出了各种配置实例。每一章都设计了若干实验实训项目供读者进行实践操作,以加深理解,提高熟练程度。本书适于计算机网络及相关专业作为教材或实验实训参考书,也可以作为网络工程师的培训教材。本书论述深入浅出,讲解通俗易懂,结合实验实训和课后练习可以使读者深入了解和熟练掌握计算机组网的关键技术。

图书在版编目(CIP)数据

组网实训教程/雷震甲主编. —西安:
西安交通大学出版社, 2008. 4
(21 世纪应用型本科系列教材)
ISBN 978-7-5605-2680-5

I. 组… II. 雷… 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(2008)第 008643 号

书 名 组网实训教程
主 编 雷震甲
责任编辑 屈晓燕 贺峰涛 李慧娜

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 西安新视点印务有限责任公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 12.5 字数 297 千字
版次印次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-2680-5/TP·505
定 价 22.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy31@126.com

版权所有 侵权必究

21 世纪应用型本科系列教材

计算机类教材编委会

主 编：陆丽娜

副 主 编：李学干 张水平

编 委：（以姓氏笔画为序）

刘德安 江小安 张水平 张凤琴

李学干 杨颂华 陆丽娜 鱼 滨

高 涛 雷震甲

策划编辑：屈晓燕 贺峰涛

前 言

传统的计算机网络课程注重网络协议和组网原理的论述,对于计算机网络的配置和管理方面的实际操作则讲述不多或根本没有涉及,在本科教学向应用技术和职业能力培养方面转化时,这种教学内容和教学模式是不能适应形势发展需要的。因此改造课程设置,开发新的教材,使得教学内容与实际应用与职业岗位无缝对接就显得十分必要了。另一方面,社会上的网络技术培训往往只注重实际操作,缺乏背景知识和技术分析,使学生难以扩展知识面,难以适应网络技术不断发展的需要。本教材的内容兼顾了理论和实践的结合,在学生掌握计算机网络原理的基础上详细讲述了网络互连设备(主要是交换机和路由器)的工作原理、硬件组成和操作系统,对虚拟局域网、路由协议配置、广域网互连、访问控制和 VPN 技术进行了详细地分析和讲解,并给出了各种配置实例。每一章都设计了若干实验实训项目供读者进行实践操作,以加深理解,提高熟练程度。本书可以用作计算机科学与技术专业和计算机网络专业高年级的实验实训教材,也可以作为网络工程师的培训教材,授课时数约 45~60 学时。

本书由雷震甲主编,杜晓春、王亮、闫博、雷欣、李超和莫秉戈等为本书准备了大量素材和实验数据,杜晓春和王亮还审阅了全书的内容,验证了实验结果。在本书的编写过程中得到欧亚学院李学干教授和西安交通大学出版社屈晓燕编辑的大力支持,李增智教授审阅了全书,提出中肯的改进意见,特此感谢。由于作者的水平有限,错误在所难免,希望读者不吝指正,以便再版时修改。

作者

2008 年 1 月 15 日

目 录

第 1 章 简单组网实验	(1)
1.1 跳线的制作	(1)
1.1.1 双绞线的基础知识	(1)
1.1.2 跳线的制作	(5)
1.1.3 双绞线联网实验	(5)
1.2 访问交换机	(6)
1.2.1 认识交换机	(6)
1.2.2 访问交换机的方法	(13)
1.2.3 访问交换机实验	(19)
1.3 访问路由器	(19)
1.3.1 路由器基础	(19)
1.3.2 路由器的配置	(24)
1.3.3 路由器常用命令	(27)
1.4 路由器操作实训	(29)
1.4.1 路由器的访问模式	(30)
1.4.2 CDP 协议	(30)
1.4.3 存储配置文件	(32)
第 2 章 局域网实验	(34)
2.1 虚拟局域网基础	(34)
2.1.1 虚拟局域网基础知识	(34)
2.1.2 VLAN 帧标记	(36)
2.1.3 VLAN 中继协议	(38)
2.2 VLAN 配置实例	(43)
2.2.1 2950 的 VTP 配置	(43)
2.2.2 2950 的 VLAN 配置	(47)
2.3 VLAN 配置实训	(53)
2.3.1 实验设备和要求	(53)
2.3.2 实验说明	(54)
2.4 生成树协议的配置	(56)
2.4.1 STP 端口的权值	(57)
2.4.2 STP 的负载均衡	(58)
2.4.3 STP 配置实训	(59)

第3章 基本路由实验	(61)
3.1 路由基础	(61)
3.1.1 路由器基础知识	(61)
3.1.2 静态路由配置	(69)
3.2 静态路由配置实例	(72)
3.2.1 静态路由配置清单	(72)
3.2.2 静态路由实训	(73)
3.3 动态路由协议	(74)
3.3.1 配置 RIP 协议	(74)
3.3.2 配置 IGRP 协议	(78)
3.3.3 IGRP 协议实训	(81)
3.4 路由器基本配置命令	(81)
3.5 路由器 NAT 配置实训	(83)
3.5.1 静态地址转换	(84)
3.5.2 动态地址转换	(84)
3.5.3 端口地址转换	(85)
第4章 高级路由协议的配置	(86)
4.1 配置终端服务器	(86)
4.2 配置 OSPF 协议	(89)
4.2.1 OSPF 的基本概念	(89)
4.2.2 单分区 OSPF 协议的配置	(90)
4.2.3 多分区 OSPF 协议的配置	(95)
4.3 分析 OSPF 报文结构	(97)
4.3.1 Hello 分组分析	(97)
4.3.2 链路状态公告分析	(99)
4.4 配置 EIGRP 协议	(103)
4.4.1 EIGRP 的路由选择	(103)
4.4.2 EIGRP 的配置命令	(105)
4.4.3 EIGRP 的配置实例	(107)
4.4.4 被动接口和不等度量负载均衡	(114)
第5章 广域网接入	(124)
5.1 配置 ISDN	(124)
5.2 配置 PPP 和 DDR	(127)
5.3 配置帧中继	(130)
5.3.1 帧中继交换机的配置	(131)
5.3.2 基本帧中继网络的配置	(132)
5.4 综合配置实例	(133)

5.5 帧中继接入实训	(142)
第6章 访问控制	(147)
6.1 标准访问控制列表	(147)
6.1.1 ACL 的基本概念	(147)
6.1.2 ACL 配置命令	(148)
6.1.3 ACL 配置实例	(151)
6.2 扩展访问控制列表	(152)
6.2.1 扩展 ACL 命令	(153)
6.2.2 扩展 ACL 配置实例	(154)
6.3 命名的访问控制列表	(155)
6.3.1 配置命名 ACL 的命令	(156)
6.3.2 命名 ACL 的配置实例	(156)
6.4 ACL 的验证和部署	(157)
6.4.1 ACL 的验证	(157)
6.4.2 ACL 的部署	(159)
6.5 ACL 实训	(160)
6.5.1 标准 ACL 实训	(160)
6.5.2 扩展 ACL 实训	(162)
6.5.3 综合实训	(163)
第7章 VPN 配置	(166)
7.1 IPSec 的基本概念	(166)
7.1.1 IPSec 协议	(166)
7.1.2 IPSec 的配置任务	(169)
7.2 IKE 配置	(171)
7.3 IPSec 配置	(174)
7.4 IPSec 验证	(178)
附录1 名词解释	(179)
附录2 路由器的选型	(186)

第 1 章 简单组网实验

组建网络就是根据互联网标准用传输介质把网络设备连接起来,并安装和配置好网络协议,按照设计要求提供信息传输的通路。本章主要讲述简单局域网的组建技术,包括双绞线的制作和访问网络交换设备的方法,并练习简单的组网实验。

1.1 跳线的制作

本节介绍无屏蔽双绞线的应用,以及 T568A 与 T568B 跳线的线序。要求掌握制作跳线的方法,学会组建简单的局域网。

1.1.1 双绞线的基础知识

1. 双绞线的分类

双绞线是最常用的传输介质。把两根互相绝缘的铜导线用规则的方法绞合在一起就构成了双绞线。绞合结构可以减少相邻导线间的电磁干扰。将 4 对双绞线包装在绝缘护套中就构成了双绞线电缆,如图 1-1 所示。

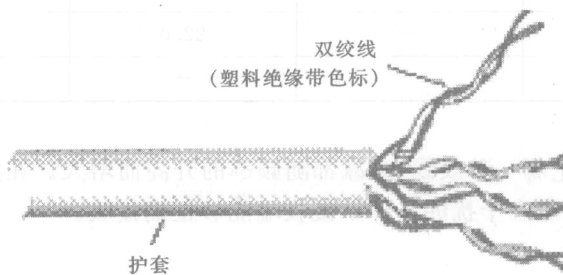


图 1-1 双绞线电缆

模拟传输和数字传输都可以使用双绞线,通信距离可达几千米。距离太长时要用放大器将衰减了的信号放大到合适的数值(用于模拟传输),或者增加中继器以便将失真了的信号进行整形(用于数字传输)。导线越粗,绞合得越紧密,通信距离就越远,但导线的价格也越贵。

在双绞线电缆的外面加上一层用金属丝编织成的屏蔽层,可以提高抗电磁干扰能力,这就是屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair, STP)。如果没有屏蔽层,则叫做无屏蔽双绞线(Un-

shielded Twisted Pair, UTP)。STP 的电气性能要优于 UTP,但是价格相对较高。根据信号衰减和串音损耗的不同,ANSI/EIA/TIA-568-A(简称 T568A)和 ANSI/EIA/TIA-568-B(简称 T568B)标准把 UTP 分为不同的类型(category):

- ① Cat1:一类 UTP 的带宽很小,主要用于话音传输,在 80 年代之前广泛用在电话系统的用户回路中。
- ② Cat2:二类 UTP 的带宽为 1 MHz,能够支持 4 Mb/s 的数据速率,目前很少使用。
- ③ Cat3:三类 UTP 的带宽为 16 MHz,支持最高 10 Mb/s 的数据速率,适合 10BASE-T 以太网。
- ④ Cat4:四类 UTP 的带宽为 20 MHz,支持最高 16 Mb/s 的数据速率,用在令牌环网中。
- ⑤ Cat5:五类 UTP 的带宽为 100 MHz,支持高达 100 Mb/s 的数据速率,主要用在 100BASE-T 以太网中。
- ⑥ Cat5e:超五类 UTP 的带宽为 100 MHz,绕线密度和绝缘材料的质量都有所提高,这种电缆用于高性能的数据通信中,支持 1000 BASE-TX 以太网。
- ⑦ Cat6:六类 UTP 的带宽可以达到 500 MHz,支持万兆以太网。

目前的情况是 Cat5e 已经代替了 Cat5,是市场上的主流产品,Cat6 的市场在不断扩大,Cat7(STP)标准正在制定之中。

表 1-1 双绞线信号衰减的比较

频率(MHz)	每 100m 长的衰减(dB)		
	3 类 UTP	5 类 UTP	STP
1	2.6	2.0	1.1
4	5.6	4.1	2.2
16	13.1	2.8	4.4
25	—	10.4	6.2
100	—	22.0	12.3
300	—	—	21.4

由表 1-1 看出,无论哪一种绞线,衰减都随频率的升高而增大。在实际布线时,要考虑信号衰减的影响,以便在有噪声干扰的条件下接收端能够正确接收。

2. RJ-45 连接器

制作跳线用的 RJ-45 插头也叫做水晶头(见图 1-2),前端有 8 个凹槽,称为 8P(position),凹槽内有 8 个金属触点,称为 8C(contact),因此称为 8P8C,这样可以与其他 RJ 连接器(例如 RJ-11 和 RJ-48)相区别。

3. 跳线的颜色编码

双绞线电缆中的 4 对线分为不同的颜色,按照 T568A 的规定,4 种颜色的线序如图 1-3 所示,而 T568B 规定的线序如图 1-4 所示。

T568A 与 T568B 的区别是橙色线对与绿色线对进行了互调。T568A 标准与贝尔公司的 USOC(Universal Service Ordering Code)标准兼容,而 T568B 与 AT&T 258A 线序标准兼

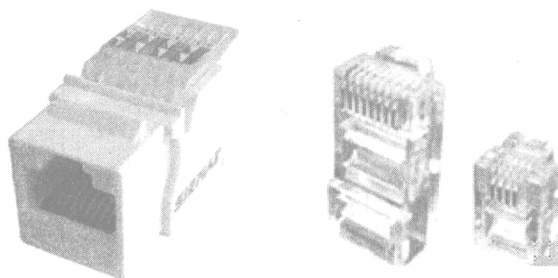


图 1-2 RJ-45 连接器

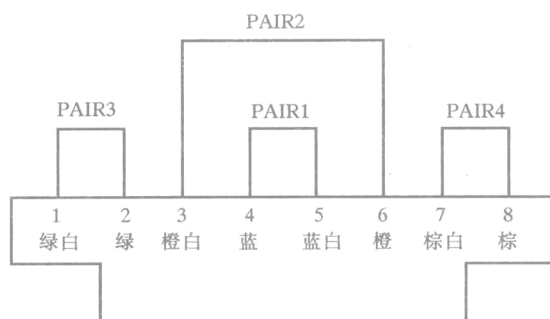


图 1-3 T568A 线序

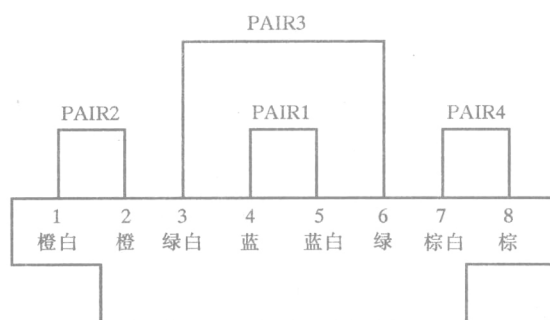


图 1-4 T568B 线序

容,是使用范围最广的布线方案。

4. 跳线的应用

连接网络设备的跳线有两种:直通线和交叉线。所谓直通线就是两端都按照 T568B 排序;而交叉线一端按照 T568A 排序,另一端按照 T568B 排序。

在 10 兆和 100 兆以太网中,只使用了两对双绞线,另外两对留给电话线使用。直通线的针脚功能如表 1-2 所示,交叉线的针脚功能如表 1-3 所示,其中 TX 表示发送,RX 表示接收。

表 1-2 10BASE-T 和 100BASE-T 中使用的直通线

功能	pin	颜色	pin	功能
TX ⁺	1	橙白	1	TX ⁺
TX ⁻	2	橙	2	TX ⁻
RX ⁺	3	绿白	3	RX ⁺
	4	蓝	4	
	5	蓝白	5	
RX ⁻	6	绿	6	RX ⁻
	7	棕白	7	
	8	棕	8	

表 1-3 10BASE-T 和 100BASE-T 中使用的交叉线

功能	pin	颜色	pin	功能
TX ⁺	1	橙白	3	RX ⁺
TX ⁻	2	橙	6	RX ⁻
RX ⁺	3	绿白	1	TX ⁺
	4	蓝	4	
	5	蓝白	5	
RX ⁻	6	绿	2	TX ⁻
	7	棕白	7	
	8	棕	8	

以太网标准定义了介质相关端口(Media Dependent Interface, MDI)。MDI 是指收发器发送的 10BASE-T, 100BASE-TX, 100BASE-FX 或 100BASE-T4 信号。网络交换设备的端口分为普通口和级连口(uplink 口)。相同类型端口连接时采用 MDI-X 模式(X 代表交叉连接), 即一方的发送端连接到另一方的接收端, 所以要使用交叉线。不同类型的端口连接采用 MDI-II 模式(II 代表平行), 即 RJ-45 的 8 个针脚按编号对应连接, 这时采用直通线。下面列出了有关的连接规则:

- PC——PC: 交叉线
- HUB——PC: 直通线
- HUB 普通口——HUB 普通口: 交叉线
- HUB 普通口——HUB 级连口: 直通线
- HUB——SWITCH: 交叉线
- SWITCH——HUB 级联口: 直通线
- SWITCH——SWITCH: 交叉线
- SWITCH——ROUTER: 直通线

• ROUTER——ROUTER:交叉线

1.1.2 跳线的制作

跳线制作步骤如下:

(1) 剪下一段双绞线,长度为 0.6 m~100 m,然后将外皮除去 2~3 cm。

(2) 将裸露的双绞线中的 4 对线自左到右排列成橙、绿、蓝、棕的次序,如图 1-5 所示。

(3) 拨开每一对线,按照 T568B 标准排列成橙白/橙/绿白/蓝/蓝白/绿/棕白/棕的顺序。

(4) 将双绞线前端剪齐,只留下 14 mm 长度的裸露部分,然后再将 8 条线依序插入水晶头的引脚内,橙白色线应插入第一只引脚,如图 1-6 所示。

(5) 确认每根线已经放置在正确的位置后,用 RJ-45 压线钳夹住



图 1-5 线序排列



图 1-6 把双绞线插入水晶头

水晶头用力压紧。

(6) 重复步骤 2 到步骤 5,再制作另一端的水晶头。如果是直通线,按照 T568B 排序,如果是交叉线,按照 T568A 排序。

(7) 将跳线的两端分别插入电缆测试仪(见图 1-7)的发射和接收插槽中,打开电源。如果跳线制作正确,则对应同一条线的两个灯同时变亮,这样可以检测 8 根线的连通性。

1.1.3 双绞线联网实验

- ① 制作两根直通线。
- ② 把两台 PC 机与 HUB 连接。
- ③ 配置 PC 机的网络参数(IP 地址和子网掩码)。
- ④ 进入 DOS 界面,用 ping 命令测试 PC 机之间的连通性。

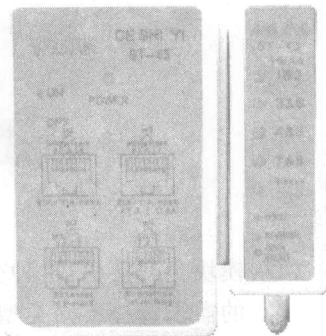


图 1-7 电缆测试仪

1.2 访问交换机

1.2.1 认识交换机

1. 交换机的分类

(1) 根据交换方式划分

- ① 存储转发式交换(store and forward):交换机对输入的数据包先进行缓存、验证、碎片过滤,然后再进行转发。这种交换方式延时大,但是可以提供差错校验,并支持不同速度的输入/输出端口间的交换(非对称交换),是交换机的主流工作方式。
- ② 直通式交换(cut-through):直通式交换类似于采用交叉矩阵的电话交换机,它在输入端口扫描到目标地址后立即开始转发。这种交换方式的优点是延迟小、交换速度快。其缺点是没有检错能力,不能实现非对称交换,并且当交换机的端口增加时,交换矩阵实现起来比较困难。
- ③ 碎片过滤式交换(fragment free):这是介于直通式和存储转发式之间的一种解决方案。交换机在开始转发前先检查数据包的长度是否够 64 个字节,如果小于 64 字节,说明是冲突碎片,则丢弃之;如果大于等于 64 字节,则转发该包。这种转发方式的处理速度介于前两者之间,被广泛应用于中低档交换机中。

(2) 根据交换的协议层划分

- ① 第二层交换:根据 MAC 地址进行交换。
- ② 第三层交换:根据网络层地址(IP 地址)进行交换。
- ③ 多层交换:根据第四层端口号或应用协议进行交换。

(3) 根据交换机结构划分

- ① 固定端口交换机:提供有限数量的固定类型端口。例如 Cisco WS-C2950-24 是一种快速以太网交换机,具有 24 个 10M /100M 的端口,参见图 1-8。

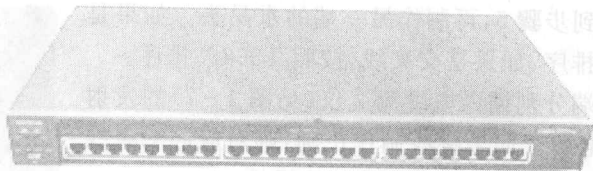


图 1-8 Cisco Catalyst 2950-24 交换机

- ② 模块化交换机:这种交换机的机箱中预留了一定数量的插槽,用户可以根据网络扩充的需求选择不同类型的端口模块。这种交换机具有更大的可扩充性。图 1-9 所示为 Cisco Catalyst 4006 系列模块化交换机。

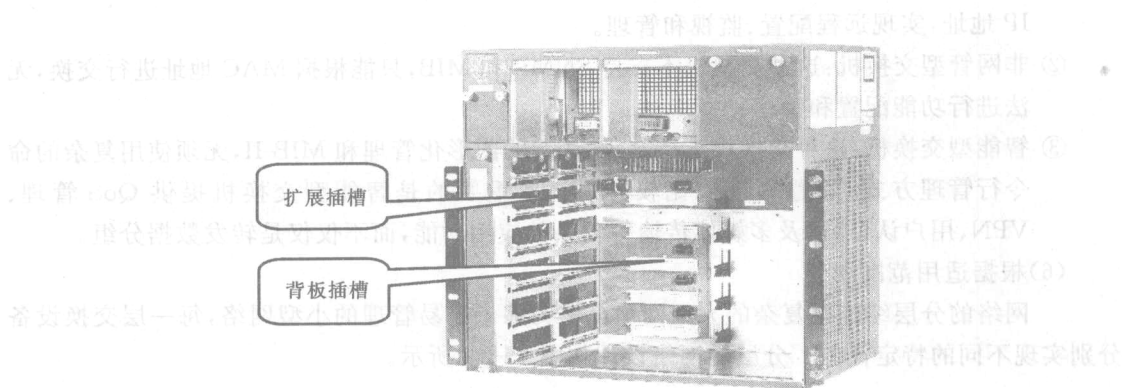


图 1-9 Cisco Catalyst 4006 交换机

(4) 根据配置方式划分

- ① 堆叠型交换机: 这种交换机具有专门的堆叠端口, 用堆叠电缆把一台交换机的“UP”口连接到另一台交换机的“DOWN”口, 以实现端口数量的扩充。一般交换机能够堆叠 4~9 层, 所有交换机可以当作一台交换机来统一管理。

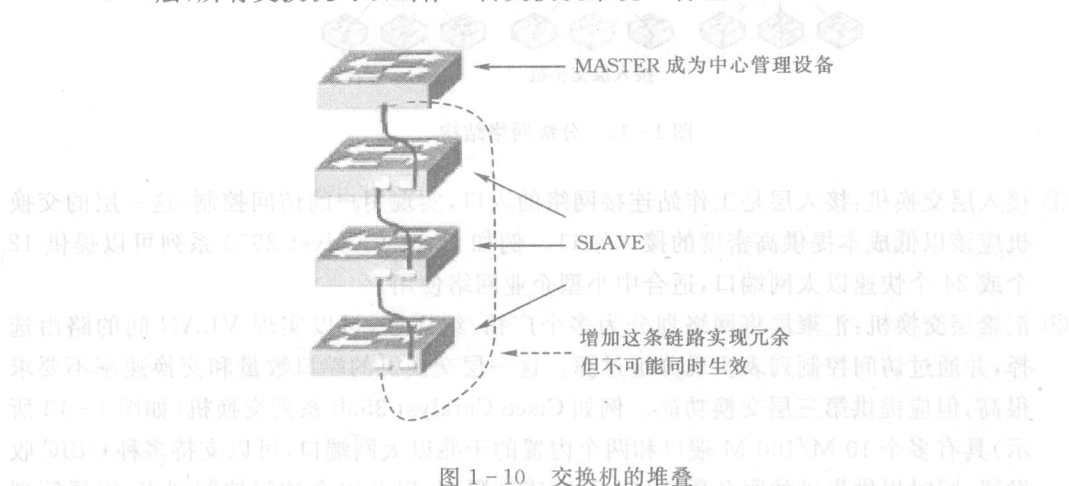


图 1-10 交换机的堆叠

- ② 非堆叠型交换机: 这种交换机没有堆叠端口, 但可以通过级连方式进行扩充。级连模式使用以太网端口 (100M FE 端口、GE 端口或 10GE 端口) 进行层次间互联 (参见图 1-11), 可以通过统一的网管平台实现对全网设备的管理。为了保证网络运行的效率, 级连层数一般不要超过 4 层。

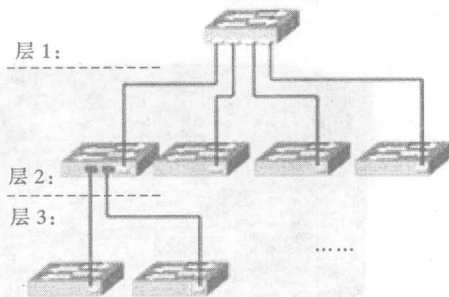


图 1-11 交换机的级连

(5) 根据管理类型划分

- ① 网管型交换机: 这种交换机支持简单网络管理协议 SNMP 和管理信息库 MIB, 可以指定

IP 地址,实现远程配置、监视和管理。

- ② 非网管型交换机:这种交换机不支持 SNMP 和 MIB,只能根据 MAC 地址进行交换,无法进行功能配置和管理。
- ③ 智能型交换机:这种交换机支持基于 Web 的图形化管理和 MIB-II,无须使用复杂的命令行管理方式,配置和维护比较容易。更重要的是智能型交换机提供 QoS 管理、VPN、用户认证,以及多媒体传输等复杂的应用功能,而不仅仅是转发数据分组。

(6) 根据适用范围划分

网络的分层结构把复杂的大型网络分解为多个容易管理的小型网络,每一层交换设备分别实现不同的特定任务。分层的网络设计如图 1-12 所示。

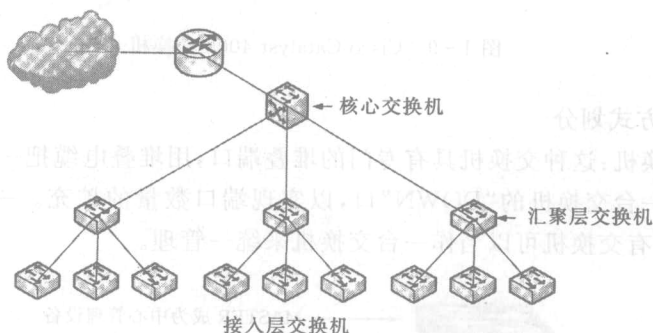


图 1-12 分级网络结构

- ① 接入层交换机:接入层是工作站连接网络的入口,实现用户的访问控制,这一层的交换机应该以低成本提供高密度的接入端口。例如 Cisco Catalyst 2950 系列可以提供 12 个或 24 个快速以太网端口,适合中小型企业网络使用。
- ② 汇聚层交换机:汇聚层将网络划分为多个广播/组播域,可以实现 VLAN 间的路由选择,并通过访问控制列表实现分组过滤。这一层交换机的端口数量和交换速率不要求很高,但应提供第三层交换功能。例如 Cisco Catalyst 3550 系列交换机(如图 1-13 所示)具有多个 10 M/100 M 端口和两个内置的千兆以太网端口,可以支持多种 GBIC 收发器,同时提供先进的服务质量(QoS)和速度限制,以及安全访问控制列表、组播管理和高性能的 IP 路由。

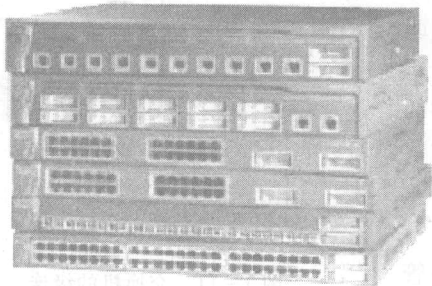


图 1-13 Cisco Catalyst 3550 系列交换机

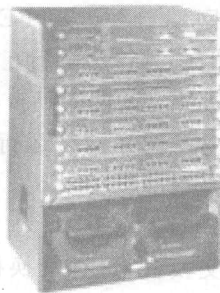


图 1-14 Cisco Catalyst 6500 交换机

- ③ 核心层交换机:核心层应采用可扩展的高性能交换机组成园区网的主干线路,提供链路冗余、路由冗余、VLAN 中继、负载均衡等功能,并且与汇聚层交换机具有兼容的技术,支持相同的协议。例如 Cisco Catalyst 6500 系列交换机就是一种适合部署到核心网络的交换机,参见图 1-14。

2. 交换机的性能参数

(1) 端口类型

- ① 双绞线端口:双绞线端口主要有 100 Mb/s 和 1000 Mb/s 两种。百兆端口可连接工作站,千兆端口一般用于级连。
- ② 光纤端口:SC 端口(subscriber connector)是一种光纤端口,可提供千兆位数据传输速率,通常用于连接服务器的光纤网卡。这种端口以“100 b FX”标注,如图 1-15 所示。交换机的光纤端口都是两个,分别是一发一收,光纤跳线也必须是两根,否则端口间无法进行通讯。SC 型光纤连接器参见图 1-16。

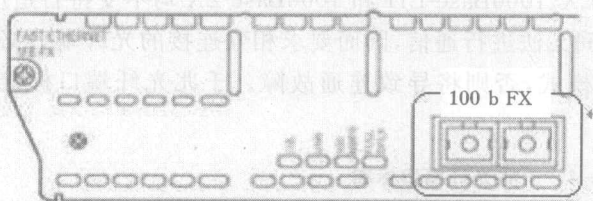


图 1-15 SC 型光纤端口

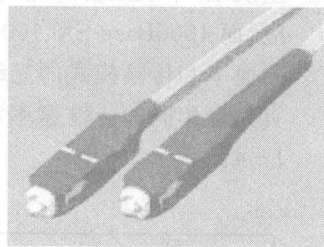


图 1-16 SC 型光纤连接器

- ③ GBIC 端口:交换机上的 GBIC 插槽(slot)用于安装吉比特端口转换器(Giga Bit-rate Interface Converter,GBIC)。GBIC 模块(见图 1-17)是将千兆位电信号转换为光信号的热插拔器件,分为用于级连的 GBIC 模块和用于堆叠的 GBIC 模块。用于级连的 GBIC 模块又分为适用于多模光纤(MMF)或单模光纤(SMF)的不同类型。

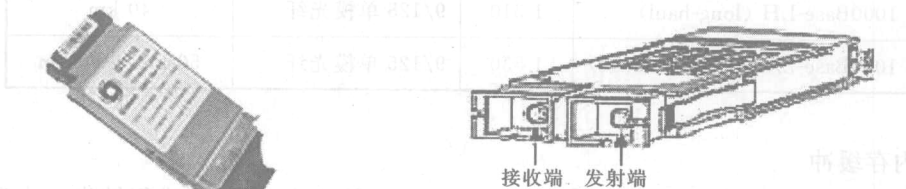


图 1-17 GBIC 端口和 GBIC 模块

- SFP 端口:小型机架可插拔设备 SFP(Small Form-factor Pluggable)是 GBIC 的升级版,其功能基本和 GBIC 一致,但体积减少一半,可以在相同的面板上配置更多的端口。有时也称 SFP 模块为小型化 GBIC(MINI-GBIC)模块,参见图 1-18。

(2) 传输模式

- ① 半双工(half-duplex):在一个时间段内只能有一个动作发生,发送和接收不能同时进行。早期的集线器是半双工产品,随着技术进步,半双工方式逐渐被淘汰。