



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专计算机系列

网络互连技术

沈祥玖 主 编

张 圣 徐成强 倪 燃 副主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专计算机系列

网络互连技术

沈祥玖 主编

张 圣 徐成强 倪 燃 副主编

ISBN 978-7-112-13898-2

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

网络互连技术 / 沈祥玖主编. —北京: 人民邮电出版社,
2008.8 (2009.4 重印)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专
计算机系列

ISBN 978-7-115-17868-8

I. 网… II. 沈… III. 计算机网络—高等学校: 技术
学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 040259 号

内 容 提 要

本书针对高等职业院校的教学特点, 以培养学生的实际操作技能和应用能力为目标, 详细地介绍了网络互连技术的基本概念和基本知识, 主要包括网络互连基本概念及网络互连设备、IP 地址的规划和 VLST 的子网划分、交换机和路由器的基本配置和调试、局域网技术、广域网技术、组网实例——高校校园网建设、网络互连实训指导等内容。

本书言简意赅、内容实用, 可以帮助学生全面地理解并掌握网络互连技术, 并为后续课程的深入学习奠定坚实的基础。

本书可作为高等职业院校计算机网络及相关专业“网络互连技术”课程的教材, 也可作为网络专业技术人员参考书。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专计算机系列

网络互连技术

◆ 主 编 沈祥玖

副 主 编 张 圣 徐成强 倪 燃

策划编辑 潘春燕

责任编辑 李 凯

◆ 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>

北京世纪雨田印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.75

字数: 382 千字

印数: 3 001-5 000 册

2008 年 8 月第 1 版

2009 年 4 月北京第 2 次印刷

ISBN 978-7-115-17868-8/TP

定价: 26.00 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

近年来计算机网络技术发展非常迅速,有关计算机网络技术、组网技术、互联网技术的一大批教材相继面世。但通过对这些教材的使用和分析我们发现,大部分教材都详细介绍计算机网络的基本构成、网络通信基本原理、网络通信协议以及常见的组网方法和技术等。这些教材注意了系统全面,而忽视了内容交差重复等问题,没有将实际组网工作中最重要、最核心的网络互连技术(如:路由器的配置和调试、子网划分、交换机的配置和调试等)讲精讲透。针对这种情况,我们通过充分的论证调研,并听取了有关专家的建议,确定了“着重培养学生的实际操作技能和应用能力”为教材编写目标,以及“不要求内容面面俱到,重点讲述核心网络互连技术”为教材编写理念。在此基础上,我们针对高职高专计算机网络专业的培养目标和教学特点,总结了多年的教学实践经验和教学改革成果,精心编写了《网络互连技术》这本教材。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,全书以网络互连技术为核心,详细介绍路由器配置操作、交换机配置操作、子网划分、局域网技术、广域网技术等重要的网络互连技术,并通过组网实例——高校校园网建设和网络互连实训把各章内容联系起来,力争实现培养学生实际组网能力的教学目标。

本书可作为高等职业院校计算机网络相关专业“网络互连技术”课程的教材,参考学时为60学时,教师可适当安排实验课和课程实习。本书还可作为各类计算机网络技术培训机构的教材以及网络专业技术人员的参考书。

本书由沈祥玖教授担任主编,张圣、徐成强、倪燃老师担任副主编。本书第1、6、8章由沈祥玖编写,第2、3章由倪燃编写,第4、7章由徐成强编写,第5、9章由张圣编写。参加本书编写和技术指导工作的还有李风云、王守强、曹梅红等;李作伟副教授主审了全书,并提出了很好的建议和意见,在此一并表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

沈祥玖
2008年7月

目 录

第1章 网络互连基本概念和网络

互连设备.....1

1.1 网络互连基本概念.....1

1.1.1 网络互连的方式.....1

1.1.2 上网方式.....2

1.2 网络互连设备.....4

1.2.1 路由器.....4

1.2.2 多层交换机.....6

练习与思考.....8

第2章 IP 寻址的规划和 VLSM 的

子网划分.....9

2.1 IP 地址类.....9

2.1.1 IP 地址的结构.....9

2.1.2 特殊情况：回路、广播和网络地址.....10

2.1.3 识别地址类.....11

2.1.4 子网掩码的重要性.....12

2.1.5 二进制和十进制互相转换.....13

2.2 子网划分和子网掩码.....15

2.2.1 子网划分的目的.....15

2.2.2 在默认子网掩码中加入位.....16

2.3 子网规划.....17

2.3.1 选择子网掩码.....17

2.3.2 主机数目的影响.....17

2.3.3 确定每个子网的地址范围.....18

2.4 复杂子网.....19

2.4.1 子网位穿越 8 位位组边界.....19

2.4.2 变长子网掩码.....20

练习与思考.....20

第3章 交换机的基本配置和调试.....23

3.1 交换机的分类.....23

3.1.1 广义划分.....23

3.1.2 根据传输介质和传输速度划分.....23

3.1.3 根据应用层次划分.....25

3.1.4 根据交换机的结构划分.....26

3.1.5 根据交换机工作的协议层划分.....27

3.2 交换机技术.....28

3.2.1 交换机原理.....28

3.2.2 交换机的 3 个主要功能.....28

3.2.3 交换机的工作特性.....28

3.2.4 交换机的交换方式.....29

3.2.5 主流堆栈交换技术.....30

3.2.6 交换机的虚拟局域网技术.....33

3.2.7 其他交换技术.....33

3.3 交换机的配置.....36

3.3.1 3550EMI 产品特性.....36

3.3.2 配置一组端口.....37

3.3.3 配置二层端口.....39

3.3.4 配置三层端口.....40

3.3.5 监控及维护端口.....41

3.4 深入理解 VLAN 及其配置.....44

3.4.1 理解 VLAN.....44

3.4.2 生成、修改以太网 VLAN.....45

3.4.3 删除 VLAN	46	4.5.1 RIP 的工作原理	95
3.4.4 将端口分配给一个 VLAN	46	4.5.2 路由环路	96
3.4.5 配置 VLAN Trunks	47	4.5.3 RIP 路由的配置	99
3.4.6 使用 STP 实现负载均衡	48	4.6 IGRP 协议的工作原理及配置	103
3.5 VLAN 的原理与两种封装 (汇聚) 方式	51	4.7 EIGRP 协议的工作原理及配置	106
3.5.1 交换机的访问链接	51	4.8 OSPF 协议的工作原理及配置	111
3.5.2 实现 VLAN 的机制	52	4.9 路由汇总	116
3.5.3 VLAN 的汇聚链接	53	4.10 访问控制列表	117
3.5.4 IEEE 802.1Q 与 ISL	56	练习与思考	121
3.6 交换机的 3 种 VTP 模式	58	第 5 章 一款 Cisco 主流路由器产品 简介	126
3.7 VLAN 间路由的两种实现方法	58	5.1 Cisco 2600 系列路由器介绍	126
3.7.1 将路由器与交换机上的 每个 VLAN 分别连接	59	5.2 路由器的启动过程	128
3.7.2 使用一条网线连接路由器 与交换机	60	5.2.1 启动路由器	128
3.8 三层交换上的 VLAN	63	5.2.2 由配置模式进入路由器	129
练习与思考	65	5.2.3 由命令行模式进入路由器	132
第 4 章 路由器的基本配置和调试	68	5.3 路由器的几种配置方式	132
4.1 路由器的组成	68	5.4 路由器配置的用户模式	134
4.2 IOS	70	5.5 路由器的常用命令	135
4.2.1 路由器的启动	71	5.6 简单配置实例	137
4.2.2 路由器的工作模式	73	5.7 路由器的完全配置方法	139
4.2.3 配置寄存器	78	5.8 配置实例	146
4.2.4 IOS 的备份和恢复	80	练习与思考	149
4.2.5 CDP 工作原理	83	第 6 章 局域网技术	150
4.3 路由选择技术基础	85	6.1 局域网的组成与分类	150
4.3.1 路由选择概述	85	6.2 局域网的硬件与软件	151
4.3.2 路径的确定	86	6.3 局域网协议标准	152
4.3.3 路由表	86	6.4 以太网	153
4.3.4 路由协议概述	87	6.4.1 以太网概论	154
4.3.5 管理距离	88	6.4.2 高速局域网技术	155
4.3.6 路由选择协议分类	88	6.5 虚拟局域网	159
4.3.7 路由表汇聚	89	6.5.1 三层交换	159
4.4 静态路由	91	6.5.2 VLAN	160
4.4.1 静态路由	91	6.5.3 配置三层交换机创建 VLAN	161
4.4.2 默认路由	94	练习与思考	164
4.5 RIP 协议的工作原理及配置	95		

第 7 章 广域网技术	165	8.4.3 工程进度安排	206
7.1 广域网简介	165	8.4.4 工程项目文档	208
7.2 帧中继	169	练习与思考	208
7.3 LMI、DLCI、Frame Relay	172	第 9 章 实训指导	209
7.4 子接口	173	实训 1 熟悉常见的网络互连设备	209
7.5 PPP 及 PPP 认证	173	实训 2 掌握交换机的基本配置、VLAN 的配置、TRUNK 和三层交换的配置	210
7.6 ISDN 基本知识和应用	176	实训 3 路由器的基本配置	212
7.7 DDR 工作原理	179	实训 4 单臂路由的配置、VTP 的配置	215
7.8 地址转换的工作原理	181	实训 5 STP 的配置	217
7.8.1 NAT 概述	181	实训 6 查看、修改配置寄存器的方法, 学会使用 TFTP 备份或升级 IOS 和配置文件以及密码的恢复	218
7.8.2 NAT 分类	182	实训 7 静态路由和默认路由的配置和调试	220
7.8.3 静态 NAT	182	实训 8 RIP 协议的配置以及路由表的结构	222
7.8.4 动态 NAT	184	实训 9 EIGRP 协议的配置和调试	226
7.8.5 PAT	185	实训 10 OSPF 协议的配置和调试	230
练习与思考	186	实训 11 配置标准 ACL	233
第 8 章 高校校园网组网实例	188	实训 12 PPP 的基本配置和 PAP 认证、CHAP 认证的配置	235
8.1 网络系统的规划与设计概述	188	实训 13 Frame Relay 的配置	236
8.2 网络的规划	189	实训 14 ISDN 的配置和应用	238
8.2.1 网络的需求分析	189	实训 15 3 种 NAT 的配置	239
8.2.2 网络系统的规划设计	190	参考文献	244
8.3 网络系统的设计	191		
8.3.1 系统架构	191		
8.3.2 网络方案中的设备选型	192		
8.3.3 网络方案中的软件选型	194		
8.3.4 结构化布线	195		
8.3.5 网络安全设计	196		
8.4 校园网络方案设计举例	198		
8.4.1 系统的总体设计	198		
8.4.2 校园网的设计方案	201		

方式等数字设备由路由面管理, 为

3. 广域网与局域网的互连

这种互连方式以上两种互连方式为基础, 容易实现。这是因为广域网的协议栈与局域网的协议栈不同, 广域网的协议栈在 OSI 模型中处于较高的层次, 而局域网的协议栈在 OSI 模型中处于较低的层次。因此, 广域网与局域网的互连, 主要是在广域网的协议栈中, 实现与局域网的互连。

第 1 章 网络互连基本概念和网络互连设备

1.1 网络互连基本概念

本章主要讲述网络互连基本概念和网络互连设备的基本知识。

学习目标

- 了解网络互连基本概念和基本术语。
- 掌握网络互连设备的功能和作用。
- 掌握路由器的功能和作用。
- 掌握三层交换的功能和作用。

1.1 网络互连基本概念

网络技术发展迅速, 各种技术层出不穷, 在过去的 20 年中最为成功的一项技术就是网络互连 (Internetworking) 技术。网络互连是指将使用不同链路层协议的单个网络连接成一个整体, 使之能够相互通信的一种技术和方法。

从通信协议的角度看, 网络互连分为 4 个层次: 物理层、链路层、网络层、传输层及以上。一般 LAN-LAN 互连由于在传输层以下, 大多采用中继器和桥, 有时也用路由器做信息隔离。而 LAN-WAN 互连一般采用路由器, 少数用网关, 并且可以利用公共传输系统连网。中继器、桥及路由器等设备的特点和用途将在后续章节中进行介绍。

1.1.1 网络互连的方式

由于网络互连的规模不一样, 故有以下几种网络互连形式。

1. 局域网的互连

由于局域网种类较多 (如令牌环网、以太网等), 使用的软件也较多, 因此局域网的互连较为复杂。对不同标准的异种局域网来讲, 既可实现从低层到高层的互连, 也可只实现低层 (在数据链路层上, 例如网桥) 上的互连。

2. 局域网与广域网的互连

可以通过多种方式实现, 小的网络可以使用拨号的方式; 较大的网络可以使用专线的方

式, 或者通过路由器连接专线等方式。

3. 广域网与广域网的互连

这种互连相对以上两种互连要容易些。这是因为广域网的协议层次常处于 OSI 七层模型的低层, 不涉及高层协议。著名的 X.25 标准曾经是局域网连入 Internet 的主要方式。帧中继与 X.25 网、DDN 均为广域网。它们之间的互连属于广域网的互连, 目前没有公开的统一标准。下面所讲的网络互连方式就是针对上述的网络互连而言的。

1.1.2 上网方式

目前常见的上网方式通常有以下几种。

1. ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network, 综合业务数字网) 在国内前两年才开始应用, 而国外则早了 20 多年。ISDN 的概念是在 1972 年首次提出的, 是以电话综合数字网 (IDN) 为基础发展而成的通信网, 它能提供端到端的数字连接, 用来承载包括语音和非语音等多种电信业务。ISDN 分为两种: N-ISDN (窄带综合业务数字网) 和 B-ISDN (宽带综合业务数字网)。由于 ISDN 使用数字信号, 所以比普通模拟电话信号更加稳定, 而上网的稳定性是速度的最根本的保证。ISDN 比模拟电路更畅通, 并且它可以按需拨号。

2. ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop, 非对称数字用户线路) 的特点是能在少有的铜双绞普通电话线上提供高达 8Mbit/s 的高速下载速率和 1Mbit/s 的上行速率, 而其传输距离为 3~5km。其优势在于可以不需要重新布线, 它充分利用现有的电话线网络, 只需在线路两端加装 ADSL 设备即可为用户提供高速高带宽的接入服务, 它的速度是普通 MODEM 拨号速度所不及的。这种上网方式不但降低了成本, 而且大大提高了网络速度, 因而受到了许多用户的欢迎。ADSL 的特点如下。

- 上网和打电话互不干扰。ADSL 可以与普通电话共存于一条电话线上, 可在同一条电话线上接听、拨打电话并且同时进行 ADSL 传输, 两者之间互不影响。

- ADSL 在同一线路上分别传送数据和语音信号。由于不需拨号, 因而 ADSL 的数据信号并不通过电话交换机设备, 这意味着使用 ADSL 上网不需要缴付另外的电话费, 这就节省了一部分费用。

- ADSL 还提供很多其他服务。用户通过 ADSL 接入 Internet 后, 独享 8Mbit/s 带宽, 在这么高的速度下, 可自主选择流量为 1.5Mbit/s 的影视节目, 同时还可以举行视频会议、高速下载文件和使用网络电话等, 其速度一般下行可以达到 8Mbit/s, 上行可以达到 1Mbit/s。

ADSL 的用途十分广泛, 对于商业用户来说, 可组建局域网共享 ADSL 专线上网, 利用 ADSL 还可以实现远程办公或家庭办公等高速数据应用, 获取极高的性价比。对于公益事业来说, ADSL 还可以实现高速远程的医疗服务、教学、视频会议等。

安装 ADSL 也很方便快捷, 不需改动用户现有线路, 改动工作只须在电信局的交换机房

内进行,它是目前常见的上网方式。

3. DDN 专线

使用 DDN (Digital Data Network, 数字数据网) 上网就是平时所说的专线上网方式。数字数据网是一种利用光纤、数字微波或卫星等数字传输通道和数字交叉复用设备组成的数字数据传输网,它可以为提供各种速率的高质量数字专用电路和其他新业务,以满足用户多媒体通信和组建中高速计算机通信网的需要。它主要由 6 个部分组成: 光纤或数字微波通信系统; 智能节点或集线器设备; 网络管理系统; 数据电路终端设备; 用户环路; 用户端计算机或终端设备。它的速率从 64kbit/s~2Mbit/s。

4. ATM

ATM (异步传输方式) 是目前网络发展的最新技术,它采用基于信元的异步传输模式和虚电路结构,从根本上解决了多媒体的实时性及带宽问题,实现了面向虚链路的点到点传输。它通常提供 155Mbit/s 的带宽,既汲取了话务通信中电路交换的“有连接”服务和服务质量保证,又保持了以太网、FDDI 等传统网络中带宽可变、适于突发性传输的灵活性,从而成为迄今为止适用范围最广、技术最先进、传输效果最理想的网络互连手段。ATM 技术具有如下特点。

- 实现网络传输有连接服务,实现服务质量保证 (QoS)。
- 交换吞吐量大、带宽利用率高。
- 具有灵活的组网拓扑结构和负载平衡能力,伸缩性、可靠性很高。
- ATM 是现今唯一可同时应用于局域网、广域网两种网络应用领域的网络技术,它将局域网与广域网技术统一,速率可达 1000Mbit/s。

5. 有线电视网

利用有线电视网进行通信,可以使用 Cable MODEM (电缆调制解调器) 进行数据传输。Cable MODEM 主要面向计算机用户的终端,它是连接有线电视同轴电缆与用户计算机之间的中间设备。目前的有线电视节目传输所占用的带宽一般在 50~550MHz,有很多的频带资源都没有得到有效利用。由于大多数新建的 CATV 网都采用光纤同轴混合网络 (HFC 网, Hybrid Fiber Coax Network),使原有的 550MHz CATV 网扩展为 750MHz 的 HFC 双向 CATV 网,其中有 200MHz 的带宽用于数据传输,接入 Internet,这种模式的带宽上限为 860~1000MHz。Cable MODEM 技术就是基于 750MHz HFC 双向 CATV 网的网络接入技术的。

有线电视一般从 42~750MHz 之间电视频道中分离出一条 6MHz 的信道,用于下行传送数据,它无须拨号上网,不占用电话线,可永久连接。服务商的设备同用户的 MODEM 之间建立了一个 VLAN (虚拟专网) 连接,大多数的 MODEM 提供一个标准的 10Base T 以太网接口同用户的 PC 或局域网集线器相连。

Cabel MODEM 采用一种视频信号格式来传送 Internet 信息。视频信号所表示的是在同步脉冲信号之间插入视频扫描线的数字数据。数据是在物理层上被插入到视频信号的。同步脉冲使任何标准的 Cabel MODEM 设备都可以不加修改地应用。Cabel MODEM 采用幅度键控 (ASK) 突发解调技术对每一条视频线上的数据进行译码。

Cable MODEM 与普通 MODEM 在原理上都是将数据进行调制后,在 Cable (电缆) 的一个频率范围内传输,接收时进行解调。Cable MODEM 在有线电视上将数据进行调制,然后在有线网 (Cable) 的某个频率范围内进行传输,接收一方再在同一频率范围内对已调制的信号进行解调,解析出数据,传递给接收方。它在物理层上的传输机制与电话线上的 MODEM 一样,同样也是通过调频或调幅对数据进行编码。

6. VPN

VPN (虚拟专用网络) 利用 Internet 或其他公共互联网络的基础设施为用户创建数据通道,实现不同网络组件和资源之间的相互连接,并提供与专用网络一样的安全和功能保障。

C 1.2 网络互连设备

1.2.1 路由器

最简单的网络类似单线的总线,各个计算机可以通过向总线发送分组信息实现互相通信。但随着网络中计算机数目的增长,带来了如下一些问题。

- 带宽资源耗尽。
- 每台计算机都浪费许多时间处理无关的广播数据。
- 网络变得无法管理,任何错误都可能导致整个网络瘫痪。
- 每台计算机都可以监听到其他计算机的通信。

这些问题通过把网络分段可以解决,但同时必须提供一种机制使不同网段的计算机可以互相通信,而这涉及在一些 OSI 网络层通过不同的协议在网段间传送数据。下面来看一下路由器在网络中所处的位置,如图 1-1 所示。

由图 1-1 可以看到,路由器位于网络层。这里假定网络层协议为 IPv4 (这是目前最流行的协议),其中涉及的概念与其他网络层协议是类似的。

路由器属于网络层互连设备,用于连接多个逻辑上分开的网络。路由器有自己的操作系统,可以运行各种网络层协议 (如 IP、IPX、AppleTalk 协议等),用于实现网络层的功能。

路由器上有多个端口,端口一般分为 LAN 端口和串行端口 (即广域网端口) 两种,每个 LAN 端口连接一个局域网;串口连接到 ISP,将局域网接入广域网。路由器的主要功能是路由选择和数据交换,当一个数据包到达路由器时,路由器根据数据包的目标逻辑地址查找路由表,如果存在

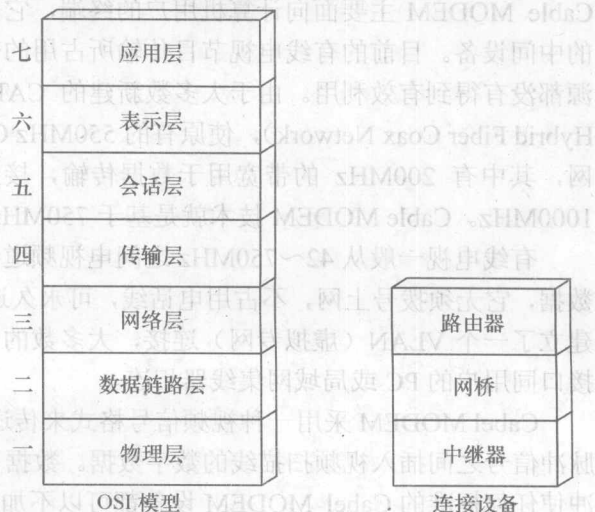


图 1-1 路由器、网桥、中继器在网络中所处层次

一条到达目标网络的路径，路由器将数据包转发到相应的端口。如果目标网络不存在，数据包被丢弃。

路由器的主要工作就是为经过路由器的每个数据帧寻找一条最佳传输路径，并将该数据有效地传送到目的站点。由此可见，选择最佳路径的策略（即路由算法）是路由器的关键所在。为了完成这项工作，在路由器中保存着各种传输路径的相关数据——路径表（Routing Table），供路由选择时使用。路径表中保存着子网的标志信息、网上路由器的数目和下一个路由器的名字等内容。路径表可以由系统管理员设置，也可以由系统动态修改；可以由路由器自动调整，也可以由主机控制。

1. 路由器的作用

（1）路由与桥接。路由器相对于二层的桥接/交换是高层的概念，不涉及网络的物理细节。在可路由的网络中，每台主机都有同样的网络层地址格式（如 IP 地址），而不论它是运行在以太网、令牌环、FDDI 还是广域网。网络层地址通常由网络地址和主机地址两部分构成。

网桥只能连接数据链路层相同（或类似）的网络，路由器则不同，它可以连接任意两种网络，只要主机使用的是相同的网络层协议。

（2）连接网络层与数据链路层。网络层下面是数据链路层，为了使它们可以互通，需要“粘合”协议。ARP（地址解析协议）用于把网络层（三层）地址映射到数据链路层（二层）地址，RARP（反向地址解析协议）的作用则与 ARP 相反。

ARP 的定义与网络层协议无关，它通常用于解析 IP 地址；最常见的数据链路层是以太网。因此下面的 ARP 和 RARP 的例子都是基于 IP 地址和以太网，但要注意这些概念对其他协议也是一样的。

网络层地址是由网络管理员定义的抽象映射，它不去关心下层是哪种数据链路层协议。然而，网络接口只能根据二层地址来互相通信，二层地址通过 ARP 从三层地址得到。

并不是发送每个数据包都需要进行 ARP 请求，回应被缓存在本地的 ARP 表中，这样就减少了网络中的 ARP 包。

路由器是网络互连的枢纽，目前它已广泛应用于各行各业，各种不同档次的产品已经成为实现各种骨干网内部连接、骨干网网间互连和骨干网与互联网互连互通业务的主力军。

2. 选择信息传送的线路

选择通畅快捷的线路，能大大提高通信速度，减轻网络系统通信负荷，节约网络系统资源，提高网络系统畅通率，从而让网络系统发挥更大的效益。

从过滤网络流量的角度来看，路由器的作用与交换机和网桥非常相似。但是与工作在物理层、从物理上划分网段的交换机不同，路由器使用专门的软件协议从逻辑上对整个网络进行划分。例如，一台支持 IP 的路由器可以把网络划分成多个子网段，只有指向特殊 IP 地址的网络数据才可以通过路由器。对于每一个接收到的数据包，路由器都会重新计算其校验值，并写入新的物理地址。因此，使用路由器转发和过滤数据的速度往往要比只查看数据包物理地址的交换机慢。但是，对于那些结构复杂的网络，使用路由器可以提高网络的整体效率。路由器的另外一个明显优势就是可以自动过滤网络广播。从总体上说，在网络中添加路由器的安装过程要比即插即用的交换机复杂很多。

3. 路由器的分类

路由器通常用于节点众多的大型网络环境,它处于 ISO/OSI 模型的网络层。路由器可分为接入路由器、企业或校园级路由器、骨干级路由器和太比特路由器等不同的类型。

接入路由器连接家庭或 ISP 内的小型企业客户,它已经开始提供 SLIP/PPP (串行 Internet 协议/点对点协议) 连接方式,这些协议要能在每个端口上运行。诸如 ADSL 等技术将很快提高各家庭的可用带宽,这将进一步增加接入路由器的负担。由于这些趋势,接入路由器将来会支持许多异构和高速端口,并在各个端口能够运行多种协议,同时还要避开电话交换网。

企业或校园级路由器连接许多终端系统,其主要目标是以尽量低的成本实现尽可能多的端点互连,并且进一步要求支持服务等级。许多现有的企业网络都是由 Hub 或网桥连接起来的以太网段。尽管这些设备价格便宜、易于安装、无须配置,但是它们不支持服务等级。相反,有路由器参与的网络能够将机器分成多个碰撞域,并因此能够控制一个网络的大小。此外,路由器还支持一定的服务等级,至少允许划分多个优先级别。但是路由器的每个端口造价要贵些,并且在使用之前要进行大量的配置工作。因此,企业级路由器的成败就在于其是否提供大量端口且每个端口的造价很低,是否容易配置,是否支持 QoS (Quality of Service),另外还要求企业级路由器能有效地支持广播和组播。企业网络还要处理以前的各种 LAN 技术,支持多种协议,包括 IP、IPX,它们还要支持防火墙、包过滤以及大量的管理和安全策略以及 VLAN。

骨干级路由器能够实现企业级网络的互连。对它的要求是速度快、可靠性强,而成本则处于次要地位。为保证硬件可靠性可以采用电话交换网中使用的技术,如热备份、双电源、双数据通路等,这些技术对所有骨干路由器而言都至关重要。骨干 IP 路由器的主要性能瓶颈是在转发表中查找某个路由所耗的时间。当收到一个包时,输入端口在转发表中查找该包的目地址以确定其目的端口,当包要发往许多目的端口时,势必增加路由查找的代价。因此,将一些常访问的目的端口存储到缓存中能够提高路由查找的效率。不管是输入缓冲路由器还是输出缓冲路由器,都存在路由查找的瓶颈问题。除了性能瓶颈问题,路由器的稳定性也是一个常被忽视的问题。

在未来核心互联网使用的 3 种主要技术中,光纤技术和 DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing, 密集波分复用) 技术都已经很成熟。如果没有与现有的光纤技术和 DWDM 技术提供的原始带宽对应的路由器,新的网络基础设施将无法从根本上得到性能的改善,因此开发高性能的骨干交换/路由器(太比特路由器)已经成为一项迫切的要求。太比特路由器技术现在还处于开发实验阶段。

最后介绍路由器的主要优缺点。路由器的优点主要是,适用于大规模的网络,复杂的网络拓扑结构,负载共享和最优路径,能更好地处理多媒体,安全性高,隔离不需要的通信量,节省局域网的频宽,减少主机负担等;而缺点的主要表现是,它不支持非路由协议,安装复杂,价格高等。

路由器具有 4 个组成要素:输入端口、输出端口、交换开关和路由处理器。

1.2.2 多层交换机

局域网交换技术是作为对共享式局域网提供有效的网段划分的解决方案而出现的,它可

以使每个用户尽可能地分享到最大带宽。交换技术是在 OSI 七层协议体系结构中的第二层（即数据链路层）进行操作的，因此交换机对数据包的转发是建立在 MAC 地址——物理地址基础上的。对于 IP 来说，交换机是透明的，即它在转发数据包时，不知道也无须知道信源机和信宿机的 IP 地址，只需知其 MAC 地址即可。交换机在操作过程中会不断地收集资料去建立它本身的地址表，这个表相当简单，它说明了某个 MAC 地址是在哪个端口上被发现的，所以当交换机收到一个 TCP/IP 封包时，它便会查看该数据包的目的 MAC 地址，并核对地址表以确认应该从哪个端口把数据包发出去。由于这个过程比较简单，加上这一功能由专用集成电路（ASIC, Application Specific Integrated Circuit）进行，因此速度相当快，交换机一般只需几十微秒便可决定一个 IP 封包应该送往哪里。值得一提的是：万一交换机收到一个不认识的 IP 封包，就是说如果目的 MAC 地址不能在地址表中找到时，交换机会把 IP 封包“扩散”出去，即把它从每一个端口中送出去，就如交换机在处理一个收到的广播封包时一样。第二层交换机的弱点正是它处理广播封包的手法不太有效，比如说，当一个交换机收到一个从 TCP/IP 工作站上发出来的广播封包时，它便会把该封包传到所有其他端口去，哪怕有些端口上连的是 IPX 或 DECnet 工作站。这样，非 TCP/IP 节点的带宽便会受到负面的影响，就算同样的 TCP/IP 节点，如果它们的子网跟发送那个广播封包的工作站的子网相同，那么它们也会无原无故地收到一些与自己毫不相干的网络广播，整个网络的效率会因此大打折扣。从 20 世纪 90 年代开始出现了局域网交换设备，从网络交换产品的形态来看，其交换形式大致有 3 种：端口交换、帧交换和信元交换。在 OSI 七层协议体系结构中，第二层（数据链路层）是实现交换的，第三层（网络层）是实现路由的。

传统的路由器属于第三层设备，它是根据 IP 地址寻址和通过路由表路由协议来实现路由功能的，在局域网中的作用主要是路由转发、网络安全和隔离广播等，即在完成子网的网间连接的同时，还可以隔离子网间的广播风暴，可以控制一个网络非法信息进入到另一个网络中。由于在路由转发中，路由器普遍采用的技术是最长匹配方式，而该方式实现起来非常复杂，所以只能利用软件来完成，自然会对网络带来一定的延迟。

由此可见，传统交换机是同一网络系统中主机之间端口连接的网络设备，传统路由器是在同类或异类网络系统中连接各子网的网络设备。

第三层交换机实际上是将传统交换机与传统路由器结合起来的网络设备，它既可以完成传统交换机的端口交换功能，又可完成部分路由器的路由功能。当然，这种二层设备与三层设备的结合并不是简单的物理结合，而是各取所长的逻辑结合，其中最重要的表现是，当某一信息源的第一个数据流进入第三层交换机后，其中的路由系统将会产生一个 MAC 地址与一个 IP 地址映射表，并将该表存储起来，当同一信息源的后续数据流再次进入第三层交换机时，交换机将根据第一次产生并保存的地址映射表，直接从第二层由源地址传输到目的地址，而不再需要经过第三层路由系统处理，从而消除了路由选择时造成的网络延迟，提高了数据包的转发效率，解决了网间传输信息时路由产生的速率瓶颈。

第三层交换机是将第二层交换机和第三层路由器两者的优势有机结合成一个可在各层次提供线速性能的整体交换方案。在第三层交换这种集成化结构中所支持的策略管理属性，不仅使第二层与第三层相互关联起来，而且还提供了流量优先化处理、安全性、Trunking、虚拟网和 Intranet 的动态部署等多种功能。另外，第三层交换的目标也非常明确，即只需在源地址和目的地址之间建立一条直接快捷的第二层通路，而不必经过路由器来转发同一信息的

每个数据包。事实上,第三层交换方案是一个能够支持分类所有层次动态集成的解决方案,虽然这种多层次动态集成也能够由传统路由器和第二层交换机结合起来完成,但这种搭载方案与采用第三层交换机相比,不仅需要更多的设备配置、更大的空间、更多的布线和更高的成本,而且数据传输性能也要差得多,因为在海量数据传输中,搭载方案中的路由器无法克服传输速率的瓶颈。

从上面的介绍可以看出,不管是第二层交换机还是第三层交换机,它们终究属于网桥类,是数据链路层的设备,第三层交换也只是实现路由器的部分第三层路由功能,使其具有线速转发报文能力,因此,它们都只用于 LAN-WAN 的连接。路由器则能用于 WAN-WAN 之间的连接,作用于网络层中的分组交换设备,具有协议交换能力,主要功能是可以解决异构网络之间的数据包的分组转发,这种分组转发原理只是从一条线路上接受输入分组,然后向另一条线路转发,这两条线路可能分属于不同拓扑网络,并采用不同协议,这一点是第三层交换机无法做到的,也是与路由器的主要区别。

综上所述,第三层交换机非常适用于局域网,而路由器可在广域网中发挥其功能,也就是说,第三层交换机无法适应网络拓扑各异、传输协议不同的广域网环境。但近年来,随着第三层交换技术的不断发展与创新,第三层交换机的应用已从企业网络环境的骨干层、汇聚层,开始渗透到网络边缘接入层,尤其是小区宽带网络的发展,第三层交换机完全适合放置在小区中心和多个小区的汇聚层位置。所以说,第三层交换机虽然无法替代路由器,但却完全动摇了企业路由器的地位,在一些企业内联网络系统中,第三层交换机正在取代路由器。

练习与思考

1. 试简述网络互连的概念。
2. 试简述网络互连的形式有哪些。
3. 交换机的特点有哪些?它与集线器有哪些区别?
4. 试简述第二层交换机的工作原理。
5. 路由器的作用是什么?
6. 第三层交换机的工作原理是什么?什么要进行网络互连?互连的基本条件是什么?
7. 局域网互连设备主要有哪些?
8. OSI 七层协议体系结构的各层是什么?各层的功能是什么?
9. 试简述 Router 的工作原理。
10. Hub 是 OSI 七层协议体系结构第几层设备?能隔离什么域?不能隔离什么域?
11. Switch 是第几层设备?能隔离什么域?不能隔离什么域?
12. Router 是第几层设备?能隔离什么域?不能隔离什么域?

第 2 章 IP 寻址的规划和 VLSM 的子网划分

网际协议 (IP) 的规范是在 1982 年由 RFC791 建立的, 这些规范的部分内容规定了 IP 地址的结构, 这个结构为每个主机和路由器接口提供了 32 位逻辑地址。一个 IP 地址用 0~255 之间的 4 个十进制数表示, 各个数之间用句点分开。这些十进制数中的每一个数都代表 32 位地址的其中 8 位, 即所谓的 8 位位组, 被称为点分十进制表示法, 如 192.168.1.12。IP 用于网络上数据的端对端的路由, 这意味着一个 IP 数据包必须在多个网络之间传输, 而且在到达目的地之前可能经过多个路由器接口。在 IP 层, 目的 IP 地址总是一样的, 但是每个接口可以具有自己的硬件地址, 数据包的目的硬件地址会在到达目的地的路上经过每个接口的时候改变。不变的 IP 目的地址构成了通过网络将数据包发送到最终目的的基础。

本章将介绍 IP 寻址的基础, 包括地址结构和类、子网掩码的角色以及通过使用子网掩码将网络分为子网的过程。

学习目标

- 解释 IP 地址层的用途和实现。
- 解释子网连网和子网掩码的用途。
- 某些复杂的子网连网技术。

2.1 IP 地址类

一个 IP 地址包括网络地址以及主机地址。IP 寻址标准的规定大大方便了网络地址的管理。地址类的实现将地址空间分解为数量有限的特大型网络 (A 类)、数量较多的中等网络 (B 类) 和数量非常多的小型网络 (C 类)。另外, 还定义了特殊的地址类, 包括 D 类 (用于多点传送) 和 E 类, 这通常是指试验或研究类。

2.1.1 IP 地址的结构

IP 地址的 32 位结构是由网络地址和主机地址组成的。分配给这些部分的位数随着地址类的不同而不同。一个 IP 地址使得可能将来自源的数据通过路由而传送到目的地。图 2-1 说明了使用网络和主机地址的网络地址的组织。

子网允许将一个网络分解为一些逻辑段(子网)。路由器设置在子网之间,好像一个能传递邮件的传递员。路由器将这些子网看成是截然不同的网络,并且在它们中间分配路由,帮助管理大型网络,以及隔离网络不同部分之间的通信。默认情况

下,网络主机只能与相同网络上的其他主机进行通信,就像某人的喊话只能被同一条街道上的人听到一样,而在另一条街道的人是无法听到声音的,因此通信量隔离是可能的。为了和其他网络进行通信,就需要使用路由器。一个路由器可以看成是一个带有多个接口的计算机,每个接口连接在不同的网络或子网上。路由器内部的软件执行在网络或子网之间中继通信量的功能。这个中继可以看成通过一个接口接收源网络上的地址发来的数据包,通过连接到目的网络的接口而转发这个数据包,如图 2-2 所示。

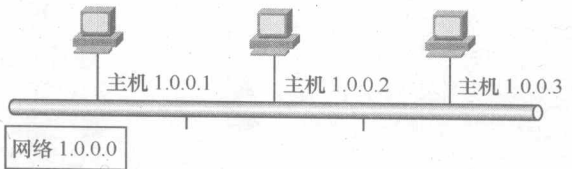


图 2-1 网络和主机地址

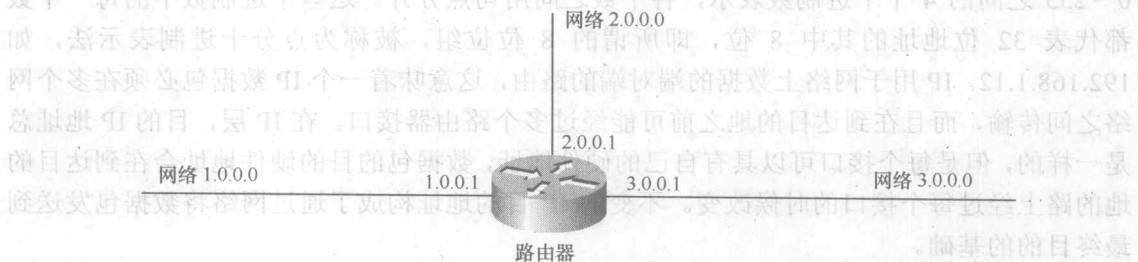


图 2-2 显示路由器接口地址的网络之间的路由器

路由器可以识别网络上数据包的源网络与目的网络,源网络与目的网络都为本地网络的数据包将不被处理,只有该数据包需要跨越本地网络边界时才被路由器处理。

2.1.2 特殊情况：回路、广播和网络地址

IP 地址空间中的某些地址已经为特殊目的而保留,而且通常并不允许作为主机地址。这些保留地址的规则如下。

- 网络 127.X.X.X 为网络回环测试地址。需要注意的是: 127.0.0.1~127.255.255.254 都是本地回环测试地址,一般用来测试本地网卡的好坏。
- IP 地址的网络地址部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。
- IP 地址的子网部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。
- IP 地址的主机地址部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。主机地址全为 1 的地址为该网络段的广播地址,例如 192.168.1.255; 主机地址全为 0 的地址为该网络段的网段号,例如 192.168.1.0。

1. 网络地址

当 IP 地址中的主机地址的所有位都设置为 0 时,它指示为一个网络,而不是哪个网络上的特定主机。这些类型的条目通常可以在路由选择表中找到,因为路由器控制网络之间的通