

WANGLUO GONGCHENG  
JIAOHUAN YU LUYOU JISHU

# 网络工程

## ——交换与路由技术



◎ 主 编 周家庆

◎ 副主编 王晓虎 周海燕

李庆华 张 健



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

# 网络工程——交换与路由技术

主 编 周家庆

副主编 王晓虎 周海燕

李庆华 张 健



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

网络工程:交换与路由技术/周家庆主编. —杭州:  
浙江大学出版社, 2014.1

ISBN 978-7-308-12739-4

I. ①网… II. ①周… III. ①计算机网络  
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 000221 号

## 网络工程——交换与路由技术

主 编 周家庆

---

责任编辑 邹小宁

文字编辑 刘 郡

封面设计 王聪聪

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 浙江省良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 25.25

字 数 614 千

版 印 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12739-4

定 价 47.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

# 前言

本书以Cisco网络互联设备为具体实例,系统地介绍了各种交换技术和路由协议,并根据交换机和路由器在实际网络中的具体应用,给出了模拟的拓扑环境,形成多个案例,让学生在此基础上进行具体的网络配置,通过这些实验来分析、理解并掌握交换技术和路由协议的工作原理、工作过程及重要的知识点。

对网络工程及信息相关专业应用型本科学生来说,不仅要系统学习计算机网络方面的理论知识,更要熟练掌握网络方面的实用技术和技能。园区网交换技术、网络互连中的路由技术等作为网络最主要的支撑技术,是“建好网、管好网、用好网”的重要基础。牢固掌握交换机、路由器等网络设备的配置,把这些技术灵活地应用到具体网络应用环境中,是每个应用型本科网络专业学生应该具备的基本业务素质,也为将来成为一名合格的网络工程师打下坚实的基础。

本书收集了交换和路由中最常用的技术,介绍了交换机的工作原理,三层交换技术,生成树技术,IP路由原理,路由器的工作原理,RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS和BGP的工作过程,广域网技术,ACL技术,NAT技术,路由重分布,虚拟局域网技术,网络故障诊断与排除技术,网络设备管理以及网络系统的规划与设计等。根据交换机与路由器在网络中的实际应用,在每一章提供了网络配置实例,给出了网络拓扑结构、实验环境说明、实验目的和要求,让学生根据要求结合掌握的配置命令去完成具体的配置步骤。通过这些有代表性的实验,重点突出了交换和路由技术中的关键知识点。

作者凭借多年从事网络工程建设、网络设备管理教学、科研工作的实践经验,结合本院现有的实验条件编写了此书,在编写的过程中,力求使本书能够尽量将涉及的交换与路由技术的工作机制讲解清楚,较为详细地介绍实现这些机制的配置命令格式及配置模式,然后,设计实际的实验项目,让学生根据实验的要求,设计实验的具体步骤,而不是单纯的验证配置命令。

本书参考了大量CCNA、CCNP、CCIE以及网络工程师考试中交换与路由的相关资料和配置案例,集理论知识、应用技术与配置案例于一身,可作为计算机、网络、通信等专业应用型本科的教材,也可作为网络专业工程技术人员的自学教材或工具书。

本书由浙江师范大学数理与信息工程学院周家庆主编和统稿,浙江师范大学数理与信息工程学院王晓虎,中国矿业大学徐海学院周海燕,丽水学院李庆华与南京三江学院张健任副主编。其中,第1、3、4、5、6、15、16章由周家庆编写,第8、10章由王晓虎编写,第11、12章由周海燕编写,第2、7、9章由李庆华编写,第13、14章由张健编写,



书中的练习与思考题、实验设计均由周家庆编写。

中南大学信息科学与工程学院刘安丰审阅全书并提出了许多宝贵的意见,编者在此表示衷心的感谢。

在编写本书的过程中,编者参考了大量华为、华三以及思科公司的技术资料 and 培训教材,收集了 CCNA、CCNP 和 CCIE 中以及全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的网络工程师中的知识点和配置案例,吸取了很多网络同仁的宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中的不妥和错误在所难免,诚请各位专家、读者批评指正。

**编 者**

2013年10月

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第1章 以太网交换机 .....        | 1   |
| 1.1 以太网交换机概述 .....      | 1   |
| 1.2 交换机的硬件及选购 .....     | 10  |
| 1.3 交换机的基本配置 .....      | 16  |
| 思考与练习 .....             | 29  |
| 实验1 交换机的基本配置 .....      | 30  |
| 第2章 路由器基本配置 .....       | 32  |
| 2.1 路由器概述 .....         | 32  |
| 2.2 路由器接口与连接 .....      | 41  |
| 2.3 路由器的基本配置 .....      | 47  |
| 思考与练习 .....             | 53  |
| 实验2 路由器基本配置 .....       | 55  |
| 第3章 IP路由技术 .....        | 56  |
| 3.1 IP路由概述 .....        | 56  |
| 3.2 直连路由和静态路由 .....     | 67  |
| 思考与练习 .....             | 70  |
| 实验3 静态路由与默认路由的配置 .....  | 71  |
| 第4章 路由选择信息协议 .....      | 73  |
| 4.1 RIP基础 .....         | 73  |
| 4.2 路由自环 .....          | 78  |
| 4.3 RIP的配置 .....        | 84  |
| 思考与练习 .....             | 90  |
| 实验4 RIP路由的配置 .....      | 92  |
| 第5章 增强型内部网关路由选择协议 ..... | 94  |
| 5.1 IGRP简介 .....        | 94  |
| 5.2 EIGRP的基本原理与实现 ..... | 95  |
| 5.3 EIGRP的配置 .....      | 111 |

目  
录

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 思考与练习 .....                 | 113        |
| 实验5 EIGRP 实验 .....          | 115        |
| <b>第6章 OSPF 路由协议 .....</b>  | <b>117</b> |
| 6.1 OSPF 基本概念 .....         | 118        |
| 6.2 OSPF 的数据包 .....         | 123        |
| 6.3 OSPF 的工作流程 .....        | 139        |
| 6.4 OSPF 中的计时器 .....        | 148        |
| 6.5 OSPF 配置 .....           | 149        |
| 思考与练习 .....                 | 151        |
| 实验6 OSPF 配置实验 .....         | 154        |
| <b>第7章 IS-IS 协议 .....</b>   | <b>156</b> |
| 7.1 集成IS-IS协议的基本原理与实现 ..... | 156        |
| 7.2 集成IS-IS协议的配置 .....      | 185        |
| 思考与练习 .....                 | 187        |
| 实验7 IS-IS 配置实验 .....        | 190        |
| <b>第8章 BGP 协议 .....</b>     | <b>192</b> |
| 8.1 BGP 简介 .....            | 192        |
| 8.2 BGP 的消息类型 .....         | 193        |
| 8.3 BGP 技术 .....            | 199        |
| 8.4 IBGP 和 IGP 同步 .....     | 206        |
| 8.5 大规模BGP网络所遇到的问题 .....    | 206        |
| 8.6 BGP 配置 .....            | 210        |
| 思考与练习 .....                 | 214        |
| 实验8 BGP 配置实验 .....          | 216        |
| <b>第9章 广域网交换技术 .....</b>    | <b>218</b> |
| 9.1 广域网协议简介 .....           | 218        |
| 9.2 HDLC 协议 .....           | 219        |
| 9.3 PPP 协议 .....            | 221        |
| 9.4 帧中继 .....               | 228        |
| 9.5 ISDN .....              | 232        |
| 思考与练习 .....                 | 238        |
| 实验9 广域网配置技术 .....           | 240        |
| <b>第10章 ACL 技术 .....</b>    | <b>244</b> |
| 10.1 访问列表基础知识 .....         | 244        |
| 10.2 标准IP访问列表 .....         | 250        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 10.3 扩展IP访问列表 .....            | 253        |
| 10.4 自反访问列表 .....              | 261        |
| 10.5 可供选择的关键字 .....            | 263        |
| 10.6 命名访问列表 .....              | 264        |
| 10.7 对放置过滤器的考虑 .....           | 264        |
| 10.8 访问列表的监视和计费 .....          | 266        |
| 思考与练习 .....                    | 268        |
| 实验10 ACL配置 .....               | 270        |
| <b>第11章 NAT技术</b> .....        | <b>272</b> |
| 11.1 NAT概述 .....               | 272        |
| 11.2 NAT工作原理 .....             | 273        |
| 11.3 NAT的实现 .....              | 276        |
| 11.4 NAT实例 .....               | 280        |
| 思考与练习 .....                    | 286        |
| 实验11 NAT配置 .....               | 288        |
| <b>第12章 路由重分布</b> .....        | <b>290</b> |
| 12.1 路由重分布概述 .....             | 290        |
| 12.2 根据路由协议选择最佳路径 .....        | 292        |
| 12.3 重分布实例 .....               | 298        |
| 思考与练习 .....                    | 309        |
| 实验12 路由重分布配置 .....             | 311        |
| <b>第13章 虚拟局域网</b> .....        | <b>312</b> |
| 13.1 虚拟局域网 .....               | 312        |
| 13.2 VTP中继协议 .....             | 323        |
| 13.3 三层交换技术 .....              | 327        |
| 思考与练习 .....                    | 331        |
| 实验13 VLAN配置 .....              | 335        |
| <b>第14章 冗余交换链路与生成树协议</b> ..... | <b>338</b> |
| 14.1 交换机中的冗余链路 .....           | 338        |
| 14.2 生成树协议 .....               | 343        |
| 14.3 生成树协议的运行过程 .....          | 347        |
| 思考与练习 .....                    | 355        |
| 实验14 生成树协议配置 .....             | 355        |
| <b>第15章 网络设备的管理和维护</b> .....   | <b>359</b> |
| 15.1 Telnet的使用 .....           | 359        |



|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 15.2 交换机的管理与维护 .....         | 360 |
| 15.3 路由器的管理与维护 .....         | 363 |
| 思考与练习 .....                  | 365 |
| 实验 15 网络设备的管理和维护 .....       | 366 |
| <br>第 16 章 网络系统工程的分析设计 ..... | 367 |
| 16.1 网络系统的生命周期 .....         | 367 |
| 16.2 网络系统的需求分析 .....         | 368 |
| 16.3 网络系统的设计 .....           | 372 |
| 16.4 网络系统的层次结构 .....         | 380 |
| 16.5 结构化布线 .....             | 384 |
| 16.6 网络系统的实施 .....           | 387 |
| 思考与练习 .....                  | 393 |
| 实验 16 网络规划与设计 .....          | 395 |
| <br>参考文献 .....               | 396 |

# 第1章 以太网交换机

交换机是计算机网络系统中最常用的设备之一,本章主要讲述交换机的结构、功能与工作过程,交换机的硬件及选购,交换机的基本配置以及交换机间的连接等内容。

## 1.1 以太网交换机概述

### 1.1.1 以太网交换机的定义

在交换机网络系统中,交换机是一种基于MAC地址识别,能够完成数据封装、转发功能的网络设备。以太网交换机类似于一台专用的计算机,它由中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)和接口等部分组成,工作在OSI模型的第二层,用于连接工作站、服务器、路由器、集线器和其他交换机。其主要作用是快速高效、准确无误地转发数据帧。

### 1.1.2 以太网交换机的体系结构

以太网交换机的体系结构基本可以分为3类:总线结构、共享存储结构和交换矩阵结构。

#### 1. 总线结构

总线交换结构的特点是:各模块共享同一背板总线结构,每个输入端通过输入处理部件(输入逻辑)连接到总线上,每个输出端通过输出处理部件(输出逻辑)连接到总线上,如图1-1所示。数据利用时分多路(TDM)传输方式在总线上传输。各路输入交换机的数据经过输入处理部件,再经过总线由输出处理部件取出,形成各路输出信号。总线采用时分方式划分时隙,分配给每个输入部件。

总线上传送速率有极限值,而且输入处理部件向总线发送数据和输出处理部件接收数据的速率也有极限值,因此总线结构交换单元的数据吞吐率会受到较大限制。一般情况下,基于总线结构的交换机背板最高容量平均为2Gbps。

#### 2. 共享存储器结构

共享存储器结构是总线结构的变形,使用大量的高速RAM来存储输入数据。各路输入数据经过输入处理部件进入存储器,输出处理部件从存储器中取出数据,形成各路



输出信号。存储器相当于数据缓冲池,如图1-2所示。

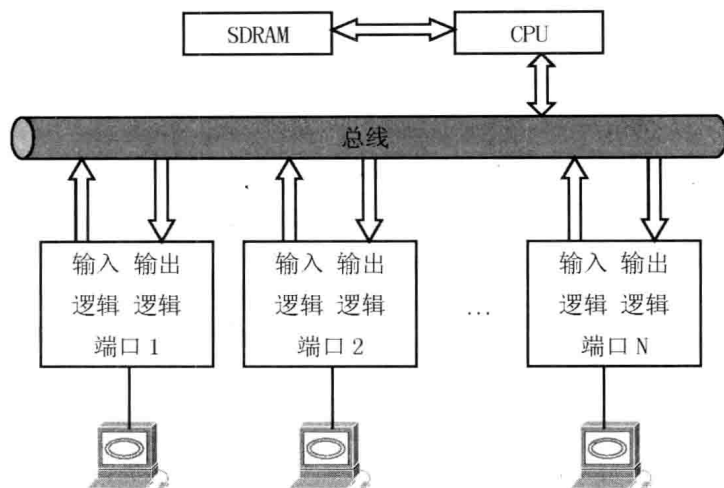


图 1-1 交换机的总线结构

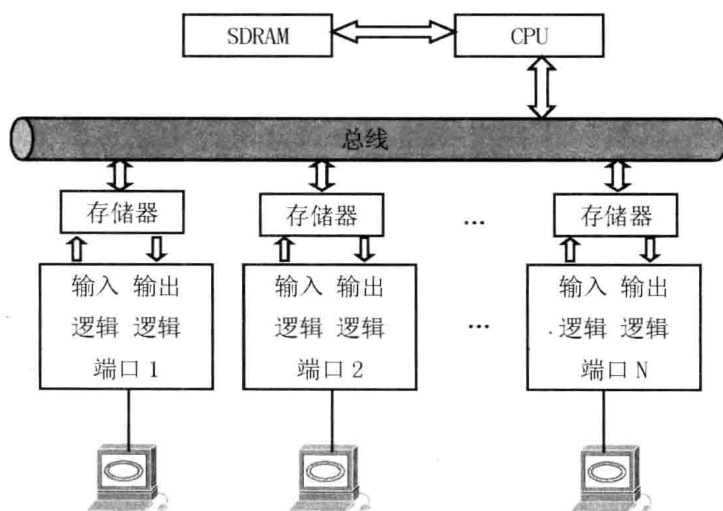


图 1-2 交换机的共享存储结构

由于数据直接从存储器传输到输出端口,这种设计不需要背板,交换机易于实现,但端口数与存储器容量扩展到一定程度,存储器操作会有延迟;在这种设计中增加冗余交换引擎困难且成本高,故这种交换机无法避免单点故障隐患。共享内存交换机适用于小系统、堆叠式系统或较大系统中的分布式交换模块。

### 3. 交换矩阵结构

交换矩阵结构交换机又称纵横制交换机。目前绝大多数高端交换机都使用这种交换方式。

交换机的矩阵结构如图1-3所示。由于高速集成电路的发展,这种结构易于构建高速的交换模块。结构的可扩展性与其实现方法有关,目前已知的背板交换容量可以

扩展到 100Gbps。高成本和高复杂性是这种交换机容量增加的主要制约因素。

在交换矩阵结构交换机的全矩阵实施方案中,每个模块连接至其他模块,构成全网状背板。如图 1-4 所示,每个模块都有自己的一组连接线,因而不必设置中央交换阵列。

背板总容量 =  $N \times (N-1) \times$  一条点对点链路的传输速度  
 $N$  为连接点数量,一条点对点链路的传输速度可达 1Gbps 或更高。

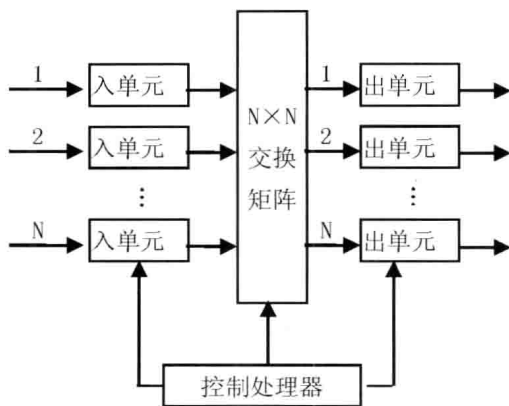


图 1-3 交换机的矩阵结构

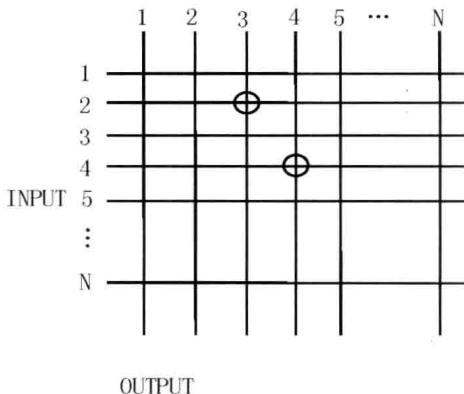


图 1-4  $N \times N$  矩阵

由于是网状连接,交换机的分布式交换设计不需要中央交换阵列。但由于网状连接的几何性质,这种交换机在扩大端口数目时会造成模块成本迅速增加。同时,每个模块都提供网状连接,扩容时还要重复提供系统时钟和控制功能。某些矩阵交换机的实施方案为了降低成本而减少了模块上的缓冲器容量。减少缓冲器容量势必引发阻塞现象,因此尽管模块之间仍然是全网状连接,但这种交换机的背板容量还是小于标称的总传输速度,这对核心的主干网应用来说是一个严重的缺陷。

交换矩阵结构可以提供更高的吞吐能力和更快的交换速度,但是交换矩阵结构造价高昂,可扩展性差,无法适应大端口数的交换机。共享存储器结构的复杂程度低,易于实现,经过优化设计并采用分布处理技术,共享存储器结构也能达到很高的性能,完全可以满足大多数城域网和局域网的需求。因此,如果从成本角度考虑,可以选择共享存储器交换结构;从交换性能的角度考虑,则采用交换矩阵结构;或者针对具体厂家的设备,在成本因素与性能因素之间求得折中,选择一种性能和价格都能接受的产品。

### 1.1.3 交换机的工作原理

在网络数据通信中,交换机执行两个基本操作:一是维护交换操作,构造和维护动态 MAC 地址表;二是交换数据帧,将从某一端口收到的数据帧转发到该帧的目的端口。

#### 1. 构造维护 MAC 地址表

交换机内有一张 MAC 地址表,表的每一条表项存放着一个连接在交换机端口上的设备的 MAC 地址及其相应的端口号。MAC 地址表的建立和维护过程如下:

在交换机加电启动进行初始化时,其 MAC 地址表为空。当自检成功后,交换机开



始侦测各端口连接的设备,如图 1-5 所示。一旦 A、B、C 互相访问,以及 A、B、C 访问 F,期间的数据流必然会以广播的形式被交换机接收到。当交换机接收到数据后,首先把数据帧的源 MAC 地址给拆下来,如果在交换机内部的存储器中没有 A、B、C、F 的 MAC 地址,交换机会自动把这些地址记录并存储下来,同时把这些 MAC 地址所表示的设备和交换机的端口对照起来。保存下来的这些信息被称为 MAC 地址表。

| 设备 | 端口  | MAC               |
|----|-----|-------------------|
| A  | E1  | 01-60-8C-01-11-11 |
| B  | E1  | 01-60-8C-01-22-22 |
| C  | E1  | 01-60-8C-01-33-33 |
| F  | E24 | 01-60-8C-01-66-66 |

|                |   |                |   |
|----------------|---|----------------|---|
| 目的地址           | B | 源地址            | A |
| 0160.8C01.2222 |   | 0160.8C01.1111 |   |
| 目的地址           | A | 源地址            | B |
| 0160.8C01.1111 |   | 0160.8C01.2222 |   |
| 目的地址           | F | 源地址            | C |
| 0160.8C01.6666 |   | 0160.8C01.3333 |   |
| 目的地址           | C | 源地址            | F |
| 0160.8C01.3333 |   | 0160.8C01.6666 |   |

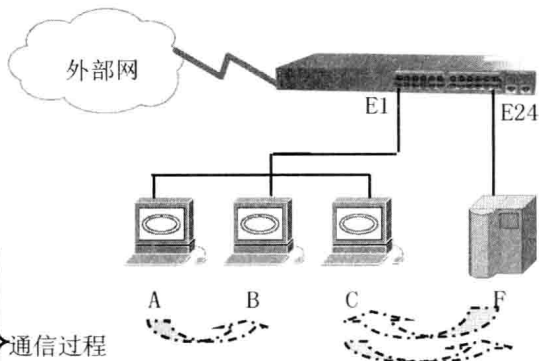


图 1-5 交换机地址学习功能

当计算机和交换机加电、断电或迁移时,网络的拓扑结构会随之改变。为了处理动态拓扑问题,每当增加 MAC 地址表项时,均在该项中注明帧的到达时间。每当源地址已在表中的帧到达时,将以当前时间更新该项。这样,从表中每项的时间即可知道该机器最后帧到来的时间。交换机中有一个进程会定期扫描 MAC 地址表,清除时间早于当前时间若干分钟的全部表项。于是,如果从一个物理网段上卸下一台计算机,连接到另一个物理网段上,则在几分钟内,它即可重新开始正常工作而无需人工干预。这个算法同时也意味着,如果机器在几分钟内无动作,那么发给它的帧将不得不散发,一直到它自己发送出一帧为止。

由于交换机中的内存有限,能够记忆的 MAC 地址数也有限,交换机设定了一个自动老化时间,若某个 MAC 地址在设定时间内不再出现,交换机将自动把该 MAC 地址从地址表中清除。当下一次该 MAC 地址出现时,将被当做新地址处理。交换机可以进行全双工传输,可以同时有多对节点之间建立临时专用通道,形成立体交叉的数据传输通道结构。

## 2. 交换数据帧

当交换机接收到从端口来的一个数据帧时,首先检查该帧的源和目的 MAC 地址,然后与系统内部的动态 MAC 地址表进行比较。若数据帧的源 MAC 地址不在该表中,则将该源 MAC 地址及其对应的端口号加入 MAC 地址表中;如果目的 MAC 地址在该表中,且与接收帧的端口不一致,则将数据帧发送到相应的目的端口;如果与接收帧的端口一致,则丢弃该帧。反之,如果目的 MAC 地址不在表中,则将该数据帧发送到所有其他端口。下面以图 1-6 为例来说明数据帧在交换机内的交换过程。

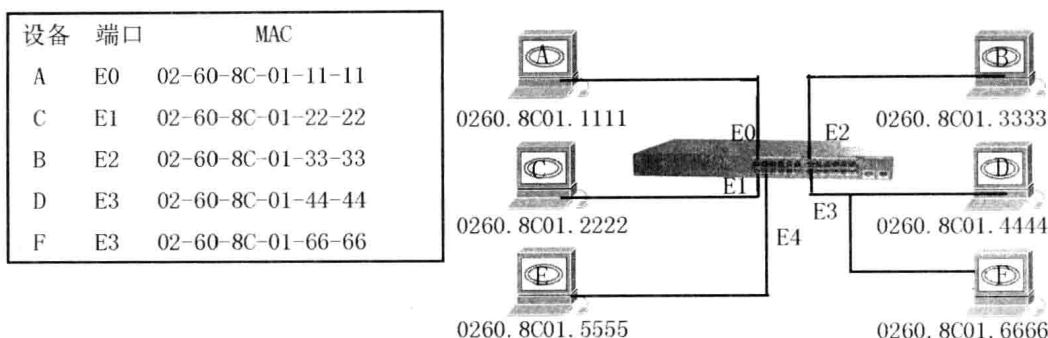


图 1-6 数据帧在交换机内的交换过程

图中的主机 A 连接在交换机的 E0 端口；主机 B 连接在交换机的 E2 端口；主机 C 连接在交换机的 E1 端口；主机 D 连接在交换机的 E3 端口；主机 E 连接在交换机的 E4 端口；主机 F 连接在交换机的 E3 端口。学习到的 MAC 地址表如图 1-6 中所示。

(1) 当主机 D 发送广播帧时, 交换机从 E3 端口接收到目的地址为 FFFF.FFFF.FFFF (广播地址) 的数据帧, 则向 E0, E1, E2, E3 和 E4 端口转发该数据帧。

(2) 当主机 D 与主机 E 通信时, 交换机从 E3 端口接收到目的地址为 0260.8C01.5555 的数据帧, 查找 MAC 地址表后发现 0260.8C01.5555 并不在表中, 因此交换机仍然向 E0, E1, E2, E3 和 E4 端口转发该数据帧。

(3) 当主机 D 与主机 F 通信时, 交换机从 E3 端口接收到目的地址为 0260.8C01.6666 的数据帧, 查找 MAC 地址表后发现 0260.8C01.6666 也位于 E3 端口, 即与源地址处于同一交换机端口, 交换机不转发该数据帧, 而是直接丢弃。

(4) 当主机 D 与主机 A 通信时, 交换机从 E3 端口接收到目的地址为 0260.8C01.1111 的数据帧, 查找 MAC 地址表后发现 0260.8C01.1111 位于 E0 端口, 所以交换机将数据帧转发至 E0 端口, 这样主机 A 即可接收到该数据帧。

(5) 如果在主机 D 与主机 A 通信的同时, 主机 B 也正在向主机 C 发送数据, 交换机同样会把主机 B 发送的数据帧转发到连接主机 C 的 E2 端口。这时 E1 和 E2 之间, 以及 E3 和 E0 之间, 通过交换机内部的硬件交换电路, 建立了两条链路, 这两条链路上的数据通信互不影响, 因此网络也不会产生冲突。所以, 主机 D 和主机 A 之间的通信独享一条链路, 主机 C 和主机 B 之间也独享一条链路。而这样的链路仅在通信双方有需求时才会建立, 一旦数据传输完毕, 相应的链路也随之拆除。

从以上的交换操作过程中可以看到, 数据帧的转发都是基于交换机内的 MAC 地址表。由此表明, 建立和维护 MAC 地址表是交换机隔离冲突域的重要功能, 也是交换机进行数据帧通信的基础。

### 1.1.4 交换机的基本功能

#### 1. 地址学习 (Address Learning)

交换机能够学习到所有连接到其端口的设备的 MAC 地址。地址学习的过程是通



过监听所有流入的数据帧,对其源 MAC 地址进行检验,形成一个 MAC 地址到其相应端口端口号的映射,并且将这一映射关系存储到其 MAC 地址表中。

### 2. 转发/过滤决定(Forward/Filter Decision)

交换机根据数据帧的 MAC 地址进行数据帧的转发操作,同时能够过滤(即丢弃)非法侵入的数据帧。交换机在进行转发/过滤操作时,遵循以下规则:

(1)如果数据帧的目的 MAC 地址是广播地址或组播地址,则向交换机所有端口转发(数据帧来源端口除外)。

(2)如果数据帧的目的地址是单播地址,但这个地址并不在 MAC 地址表中,那么也向所有的端口转发(数据帧来源端口除外)。

(3)如果数据帧的目的地址在 MAC 地址表中,且与数据帧来源端口不同,那么就根据地地址表转发到相应的端口。

(4)如果数据帧的目的地址与数据帧的源地址在同一端口上,它就会丢弃这个数据帧,不会发生转发。

### 3. 避免环路(Loop Avoidance)

在局域网中,为了提供可靠的网络连接,一般会设计冗余链路,即设计了多个连接,这样确保了数据帧的传送,但网络中可能会产生回路,造成“广播风暴”或“MAC 系统失效”。交换机通过使用生产树协议(Spanning-tree Protocol)来管理局域网内的环境,避免产生数据帧在网络中不断绕圈子的现象,即避免环路。

## 1.1.5 交换机的交换方式

交换机为了快速高效、准确无误地转发数据帧,针对不同的网络环境提供多种可选择的交换方式,通常有如下 3 种。

### 1. 直通方式

直通方式(Cut Through)的以太网交换机可以理解为,在各端口间是纵横交叉的线路矩阵电话交换机。它在输入端口检测到一个数据帧时,就立刻按数据帧的目的 MAC 地址,从 MAC 地址表中查找相应的输出端口,并在输入与输出交叉处接通,把数据帧直接送到相应的端口,实现交换功能。采用这种方式,所有的正常帧、残帧和超常帧都可以通过。它的优点是:由于不需要存储,延迟非常小,交换非常快。它的缺点是:因为数据帧内容并没有被以太网交换机保存下来,所以无法检查所传输的数据帧是否有误,不具备错误检测能力;由于没有缓存,不能将具有不同速率的输入/输出端口直接接通,而且容易丢帧。

### 2. 存储转发

存储转发方式(Store & Forward)是计算机网络领域应用最为广泛的方式。交换机将收到的一个完整的数据帧先放入缓存,然后进行循环冗余码校验(CRC)检查,在对错误帧处理后才取出数据帧的目的 MAC 地址,通过 MAC 地址表转换成输出端口送出帧。采用这种方式,所有的正常帧都可以通过,而残帧和超常帧都被交换机隔离。正因为如此,存储转发方式在数据处理时延时大,这是它的不足,但是可以对进入交换机的数据

帧进行错误检测,有效地改善网络性能。尤为重要的是,它可以支持不同速度的端口间的转换,保证高速端口与低速端口间的协同工作。这种方式适用于需要对转发的数据帧进行线路速率匹配、协议转换或差错检测的情况。

### 3. 碎片隔离

碎片隔离(Fragment Free)是一种介于前两者之间的解决方案。它检查数据帧的长度是否为64个字节。如果小于64字节,说明是假帧,则丢弃该帧;如果大于64字节,则发送该帧。这种方式也不提供数据校验。它的数据处理速度比存储转发方式快,但比直通方式慢。采用这种方式,所有的正常帧和超常帧都可以通过,而残帧将被隔离。

## 1.1.6 交换机的分类

交换机具有许多优越性,它在网络中的应用远远大于集线器,为了满足各种不同应用环境的需求,出现了各种类型的交换机。

### 1. 按网络覆盖范围划分

根据网络覆盖范围划分,交换机可以分成广域网交换机和局域网交换机。广域网交换机主要应用于电信城域网互联、互联网接入等领域的广域网中,提供通信用的基础平台。局域网交换机即常见的交换机,应用于局域网,用于连接终端设备,如服务器、工作站、集线器、路由器等网络设备,提供高速、独立的通信通道。

### 2. 按传输介质和传输速度划分

根据交换机使用的网络传输介质及传输速度的不同,可以将局域网交换机分为以太网交换机、快速以太网交换机、千兆(吉比特)位以太网交换机、10千兆(千吉比特)位以太网交换机和ATM交换机等。

以太网交换机一般是指带宽在100Mbps以下所使用的交换机,是使用最普遍、结构最简单的交换机,种类比较齐全,应用领域也非常广泛。以太网包括3种网络接口:RJ-45、BNC和AUI,所用的传输介质分别为双绞线、细同轴电缆和粗同轴电缆。双绞线类型的RJ-45接口在网络设备中最为普遍。

快速以太网交换机用于100Mbps快速以太网。快速以太网是一种在普通双绞线或光纤上实现100Mbps传输带宽的网络技术。注意,快速以太网并不全是100Mbps带宽的端口,目前基本以10/100Mbps自适应型为主。一般这种快速以太网交换机采用的传输介质是双绞线,有的快速以太网交换机留有少量光纤接口(SC),以便于与其他光纤传输介质的网络互联。

千兆位以太网交换机用于千兆位以太网中,因为它的带宽可以达到1000Mbps。它采用的传输介质有光纤和双绞线两种,对应的接口有SC接口和RJ-45接口。千兆位以太网技术相对成熟,一般大型网络的骨干网段都采用千兆位以太网交换机。

10千兆以太网交换机主要是为了适应当今千吉比特以太网络的接入,一般用于骨干网段上,采用的传输介质为光纤,其接口方式也就相应为光纤接口。目前,千吉位以太网的实际应用还不是很普遍。

ATM交换机现在还只广泛用于电信、邮政网的主干网段,这类交换机产品在市场上



很少看到。它的传输介质是光纤,接口类型同样有两种:以太网 RJ-45 接口和光纤接口。

### 3. 按交换机工作的协议层次划分

网络设备都是对应工作在 OSI 参考模型的一定层次上,工作的层次越高,则设备的技术性越高,档次也就越高。根据工作的协议层次,交换机可分为:第二层交换机、第三层交换机、第四层交换机和第七层交换机。

第二层交换机工作在 OSI 参考模型的第二层(数据链路层),根据数据链路层中的信息(如 MAC 地址)完成不同端口间的数据交换。因为它的价格便宜,功能符合中小企业实际应用需求,所以应用也最为普遍。要说明的一点是,所有的交换机在协议层次上来说都是向下兼容的,因此所有的交换机都能够工作在第二层。

第三层交换机工作在 OSI 参考模型的第三层(网络层),比第二层交换机的功能强,具有路由功能。它能够根据 IP 地址信息决定数据传输路径,并实现不同网段间的数据交换。通常这类交换机采用模块化结构,以适应实际应用中灵活配置的需要。在大型网络中,第三层交换机已经成为基本配备设备。

第四层交换机工作在 OSI 参考模型的第四层(传输层),它的数据传输不仅仅依据 MAC 地址(第二层)、源/目标 IP 地址(第三层路由),而且依据 TCP/UDP 应用端口号。在第四层交换中的应用区间则由源端和终端 IP 地址、TCP 和 UDP 端口共同决定。它也采用模块结构。

第七层交换机工作在 OSI 参考模型的第七层(应用层),它的数据传输不仅仅依据 MAC 地址、源/目的 IP 地址、TCP/UDP 端口(第四层地址),还可以根据内容(表示/应用层)进行。这样的处理更具有智能性,交换的不仅仅是端口,还包括内容。目前,关于第七层交换功能还没有具体的标准,因此在实际应用中比较少见。

### 4. 按交换机的结构划分

根据端口结构交换机可分为:固定端口交换机、模块化交换机。

固定端口交换机所带有的端口是固定的,不能再扩展。这种交换机比较常见,价格便宜,一般适用于小型网络的交换环境。由于它只提供有限的端口和固定类型的接口,因此可连接的用户数量和可使用的传输介质都有一定的限制。

固定端口交换机根据安装架构又可分为桌面式交换机和机架式交换机。桌面式交换机只能提供少量端口且不能安装于机柜内,通常用于小型网络。机架式交换机与其他交换设备或路由器、服务器等安装在一个机柜中,易于管理,适用于较大规模的网络。

模块化交换机可根据用户的需求任意选择不同类型的模块,具有更大的灵活性和可扩充性,但在价格上要贵很多。

模块化交换机又可分为机箱式交换机和固定式交换机。机箱式交换机有很强的容错能力,支持交换模块的冗余备份,因此对于要考虑其扩充性、兼容性和排错性的企业级交换机而言,应当选用机箱式交换机,这样可根据实际需求灵活配置。而骨干交换机和工作组交换机由于任务较为单一,故可采用简单的固定式交换机。