



21世纪高职高专规划教材·计算机系列

交换机/路由器 及其配置

石硕 林莉 杨鉴 杨玲 编著

15.05
4



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高职高专规划教材·计算机系列

交换机/路由器及其配置

石硕 林莉 杨鉴 杨玲 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书对计算机网络中的关键设备——交换机和路由器进行了详细的讨论,介绍了交换机、路由器的常用功能和实现这些功能的配置方法。书中的举例全部来自对 Cisco Catalyst 2900 系列交换机和 Cisco 2600 系列路由器的实际配置,注重实验是本书的特点之一。本书分为 12 章,前三章为交换机部分,讲述了交换机的作用、基本配置、广播风暴及其抑制、生成树协议、VLAN 配置等;后九章为路由器部分,讲述了路由器配置的主要内容,包括静态 IP 路由和动态 IP 路由配置、NAT 配置、广域网协议配置、远程访问配置、虚拟专用网络配置、IP 语音技术、路由热备份技术以及 IP 访问控制列表、用户认证和防火墙配置等。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校和中等专业学校计算机网络专业的《Intranet 构架》和《计算机网络设备》课程的教材或教学参考书,也适用于学习交换机、路由器技术的读者。

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

交换机/路由器及其配置/石硕等编著. —北京:电子工业出版社,2003. 1

21 世纪高职高专规划教材·计算机系列

ISBN 7-5053-8461-9

I. 交… II. 石… III. ①计算机网络—信息交换机—高等学校:技术学校—教材 ② 计算机网络—路由选择—高等学校:技术学校—教材 IV. TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 004389 号

责任编辑:刘宪兰 特约编辑:文 明

印 刷:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:10.5 字数:268 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:14.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话 (010)68279077

前 言

交换机和路由器是局域网和广域网中用得最多的连网设备。在局域网技术中,以太网技术不断发展、不断创新,使以太网成为世界上最流行的局域网,在全球局域网中所占比例高达80%以上。本书的讨论范围基本限于以太网所用的交换机和局域网端口是以太网口的路由器。

在简单的网络中,可使用不带管理功能的交换机,或使用带管理功能的交换机但不需配置(实际上是使用默认的配置)就可正常工作;在复杂的网络中,则需通过配置交换机来管理网络。而路由器则必须配置后才能使用。可以说,网络工程技术人员水平的高低很大程度就体现在对交换机和路由器配置管理的掌握程度上。

本书的定位是使读者通过学习本书,能够掌握交换机和路由器的配置使用。至于其原理和结构,只需了解即可。

本书的学习,最好在完成《网络基础》和《网络操作系统》课程的学习之后进行。

编著者
2003年1月

目 录

第 1 章 交换机的结构与基本功能	1
1.1 交换机的作用与组成	1
1.2 交换机的分类	2
1.2.1 OSI 参考模型与数据通信设备	2
1.2.2 交换机的简单分类	3
1.3 交换机在网络中的连接及作用	3
1.3.1 交换机的端口	3
1.3.2 共享式与交换式网络	4
1.4 交换技术基础	6
1.4.1 MAC 地址数据库的建立与路由过滤	6
1.4.2 局域网的三种帧交换方式	7
1.4.3 冗余备份与环路	7
1.5 生成树协议	9
1.5.1 STP 协议原理	10
1.5.2 STP 的端口状态	11
第 2 章 Cisco IOS 与交换机的基本配置	12
2.1 CLI 命令行解释器	12
2.2 配置交换机的方法	14
2.3 交换机的基本配置	17
第 3 章 VLAN 技术及其配置	19
3.1 第二层交换式网络的缺点与划分 VLAN 的好处	19
3.1.1 第二层交换式网络的缺点与 VLAN 技术	19
3.1.2 划分 VLAN 的好处	20
3.2 两种 VLAN 技术	20
3.2.1 静态 VLAN	20
3.2.2 动态 VLAN	21
3.3 VLAN 之内和 VLAN 之间的通信	22
3.3.1 VLAN 内主机通信	22
3.3.2 VLAN 间的主机通信	23
3.4 VLAN Trunk 协议	24
3.4.1 VLAN Trunk 协议的作用	24
3.4.2 VTP 的工作模式	25
3.4.3 VTP 修剪	25
3.5 VLAN 的配置	26
3.5.1 VLAN 的配置步骤	26
3.5.2 VLAN 配置命令	26

第 4 章 路由器概述	30
4.1 路由器的基本用途	30
4.1.1 网络连接设备	31
4.1.2 路由器的组成和功能	31
4.1.3 路由器的分类	33
4.2 Cisco 路由器的接口信息及其配置环境的搭建	34
4.2.1 路由器的物理接口与逻辑接口	34
4.2.2 路由器的逻辑接口	38
4.2.3 路由器的配置环境的搭建	39
4.3 路由器的初始配置(Setup)*	40
4.3.1 建立配置环境,计划配置参数	40
4.3.2 配置过程	41
第 5 章 使用 CLI 配置路由器	48
5.1 路由器的基本配置	48
5.1.1 命令模式详解	48
5.1.2 路由器的命令分类	50
5.2 配置路由器主机名和口令	51
5.2.1 配置主机名和口令	51
5.2.2 绕过特权用户口令登录路由器	52
5.3 配置的保存与查看	52
第 6 章 TCP/IP 协议与 IP 路由	56
6.1 TCP/IP 协议	56
6.2 路由协议与 IP 路由配置	58
6.2.1 路由协议及其作用	58
6.2.2 选择路由协议的注意事项	59
6.3 IP 数据报的寻址与 IP 地址的规定	60
6.3.1 MAC 地址、IPX 地址与 IP 地址的表示	60
6.3.2 IP 地址与子网掩码	60
6.3.3 超网编址与变长子网掩码	63
6.4 路由器的 IP 地址配置	65
6.4.1 IP 地址配置规则	65
6.4.2 三种 IP 地址配置	65
6.5 IP 路由配置	66
6.5.1 静态路由、动态路由与默认路由	66
6.5.2 静态路由配置	67
6.5.3 默认路由配置	68
6.5.4 动态路由配置	68
第 7 章 路由协议配置	69
7.1 常用的路由协议	69
7.1.1 路由协议的分类	69
7.1.2 不同路由协议的特点	70
7.2 路由协议的配置	73
7.2.1 RIP 的配置	73

7.2.2	IGRP 的配置	74
7.2.3	EIGRP 的配置	76
7.2.4	OSPF 协议的配置	76
第 8 章	广域网协议及其配置	79
8.1	广域网与广域网协议	79
8.1.1	广域网协议与 OSI 参考模型的对应关系	79
8.1.2	广域网的种类	80
8.2	广域网协议的配置	81
8.2.1	广域网模拟实验环境的建立	81
8.2.2	X.25 配置	82
8.2.3	帧中继(Frame Relay)配置	86
8.2.4	DDN 配置	90
8.2.5	PPP 协议配置	93
8.2.6	ISDN 配置	94
8.3	网络地址转换 NAT 配置	97
8.3.1	NAT 的作用	97
8.3.2	NAT 的种类与配置	97
8.4	数据压缩及其配置	99
第 9 章	远程访问服务与虚拟专用网络配置	101
9.1	远程访问概述	101
9.2	配置远程访问服务	101
9.2.1	配置 MODEM	102
9.2.2	配置第二层协议	103
9.2.3	配置第三层协议	104
9.3	拨入配置与拨出配置	105
9.3.1	拨入配置	105
9.3.2	拨出配置	106
9.4	虚拟专用网络 VPN 概念	107
9.4.1	什么是 VPN	107
9.4.2	VPN 的特点	108
9.5	VPN 的建立方式与安全保证	109
9.5.1	VPN 的建立方式	109
9.5.2	VPN 的安全保证	110
9.6	三种 VPN 解决方案	111
9.6.1	AccessVPN	111
9.6.2	IntranetVPN	112
9.6.3	ExtranetVPN	112
9.7	VPN 与隧道协议	113
9.7.1	隧道技术与隧道协议	114
9.7.2	L2TP 隧道的呼叫建立过程	115
9.8	用 Cisco 2600 配置 VPDN	116
9.8.1	认证步骤配置	116
9.8.2	VPDN 配置的三个组成部分及其配置步骤	116
9.8.3	L2TP 的基本配置举例	117

第 10 章 IP 电话	119
10.1 IP 电话的基本原理与技术	119
10.1.1 基本原理	119
10.1.2 IP 电话的工作过程和关键技术	120
10.2 IP 电话的组成	121
10.3 Internet 电话网关	122
10.3.1 ITG 的硬件组成	123
10.3.2 ITG 的软件组成	124
10.3.3 ITG 电话系统的实际通信过程	125
10.4 使用 Cisco 路由器配置 IP 电话系统	127
10.4.1 配置 IP 电话系统的步骤	127
10.4.2 基本配置举例	128
第 11 章 路由热备份及其配置	133
11.1 路由热备份概述	133
11.1.1 对路由器的热备份与热备份路由协议	133
11.1.2 HSRP 的基本配置	134
11.2 对广域网线路的热备份	136
11.3 浮动的静态路由备份与按需拨号路由 DDR 备份	137
11.3.1 浮动的静态路由	137
11.3.2 按需拨号 DDR 备份	137
11.3.3 拨号备份配置举例	138
第 12 章 访问控制列表配置	143
12.1 路由器对网络的安全保护	143
12.1.1 防火墙	143
12.1.2 路由器的防火墙功能	145
12.2 访问列表配置	145
12.2.1 两种访问列表	145
12.2.2 IP 访问控制配置	147
12.3 Cisco PIX 防火墙	149
12.3.1 Cisco PIX 防火墙配置	149
12.3.2 Cisco PIX 防火墙的典型应用	150
练习题	154
参考文献	157

第 1 章 交换机的结构与基本功能

知识要点:

- 交换机用做网络集中设备,其端口连接网络中的主机。在转发数据帧时,端口带宽能够独享。
- 交换机按其工作在 OSI 参考模型的对应层次,有第二层、第三层和第四层交换机。可管理的交换机内置了操作系统软件。
- 第二层交换机采用帧交换转发数据,帧交换方式有三种,分别为存储转发、伺机通过和自由分段。
- 使用备份连接是提高网络可靠性的常用方法,但所形成的环路可能会导致广播风暴和引起多帧副本问题。
- STP 协议的应用则可消除环路问题,使冗余备份得以实现。

1.1 交换机的作用与组成

在以太网中,交换机起的是信息中转站的作用。它把从某个端口接收到的数据从其他端口转发出去。以下介绍交换机的外观与内部组成。不同厂家、不同型号的以太网交换机,其外观和内部组成都有一定的个性差异,但其共性是主要的。

1. 交换机的外观

前面板上的多个 RJ45 接口是以太网口,用来连接计算机或其他交换机。

后面板上的串口是交换机的配置口,用串口线缆将其与计算机的串口连接起来,可实现对交换机的配置操作。也有的交换机的配置口位于前面板上。

面板上有若干指示灯,其亮、灭或闪烁可以反映交换机的工作状态是否正常。

此外还有电源插口、电源开关等。

可上机架(柜)式交换机的标准长度为 48.26cm(19in)。

如图 1.1 所示的是 Cisco Catalyst3550 和 Cisco Catalyst 2900 交换机的外观图。

2. 交换机的内部组成

交换机的内部组成为:

- CPU (中央处理器) 交换机使用特殊用途集成电路芯片 ASIC,以实现高速的数据传输。
- RAM/DRAM 主存储器,存储运行配置。
- NVRAM(非易失性 RAM) 存储备份配置文件等。
- FlashROM(快闪存储器) 存储系统软件映像,启动配置文件等。是可擦可编程的 ROM。
- ROM 存储开机诊断程序、引导程序和操作系统软件。

- 接口电路 交换机各端口的内部电路。

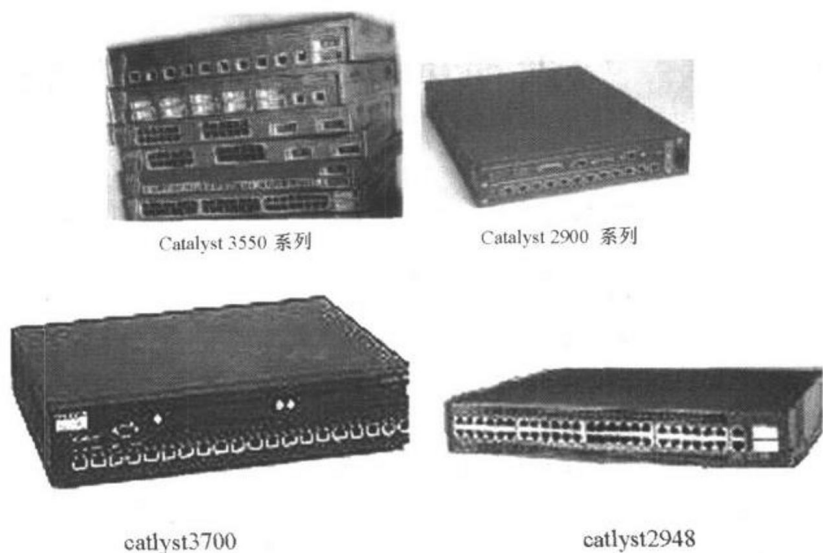


图 1.1 交换机的外观

1.2 交换机的分类

可按多种方式对交换机进行分类。若参照开放系统互连参考模型 OSI, 则交换机属于第二~四层的设备。

1.2.1 OSI 参考模型与数据通信设备

开放系统互连参考模型 OSI 分为七层, 每层的名称、对应的协议数据单元的名称以及每层所用的设备见表 1.1。

表 1.1 OSI 参考模型的层次及其相应设备

层数	名称	协议数据单元名称	相应设备
第七层	应用层	Data	
第六层	表示层	Data	
第五层	会话层	Data	
第四层	传输层	Segment	四层交换机
第三层	网络层	Paket	路由器、三层交换机
第二层	数据链路层	Frame	交换机、网桥
第一层	物理层	bit	网卡、网线等

根据 OSI 参考模型, 每一层都使用相应的协议实现特定的功能, 完成数据交换。高层数据逻辑地在源主机与目标主机对应层之间进行传输, 屏蔽下层的细节。而数据实际的传输过

程则是:高层数据经过下面各层,依次被各层进行封装,最后通过物理层完成比特流的传输。

交换机可以工作在第二、第三、第四层,对应的技术称为第二层、第三层和第四层交换技术,第二层交换机是目前使用最多的交换机。

本书主要介绍第二层交换技术和第二层交换机。如无特别说明,以下提到的交换机均指第二层交换机。

1.2.2 交换机的简单分类

这里只对以太网交换机按配置是否可以改变或者按在 OSI 参考模型中的对应层次来进行简单的分类。

1. 模块式与固定配置式

按交换机的配置可否改变,可把交换机分为模块式和固定配置式。

- 模块式 模块式交换机的模块可以拔插,模块通常是 100Mb/s 或 1 000Mb/s 光纤接口模块,或 1 000Mb/s RJ45 接口模块,或者是堆叠模块。交换机上则有相应的插槽。使用时,模块插入插槽之中。模块式交换机配置灵活,模块可按需要购买。一般说来,模块式交换机的档次较高,模块插槽结构可最大程度地保护用户的投资。
- 固定配置式 固定配置式交换机的接口固定,硬件不可升级。

2. 第二层、第三层与第四层交换机

前面已提过,按交换机工作在 OSI 参考模型的相应层次,交换机可分为三个层次的交换机,其中大量商品化的是第二层和第三层交换机。

- 第二层交换机 第二层交换机工作在 OSI 参考模型的第二层,它的每个端口拥有自己的冲突域。如果该二层交换机具有虚拟局域网(VLAN)功能,则每一个 VLAN 成为一个广播域。第二层交换机采用三种方式转发数据帧:直通(Cut Through)、存储-转发(Store-and-Forward)和自由分段(Fragment Free)。
- 第三层交换机 第三层交换机根据目的 IP 地址转发数据报,与后面要讨论的路由器一样,它也必须创建和动态维护路由表。但是,第三层交换机能做到“一次路由,多次交换”。即是说,第三层交换机能够把报文转发到不同的子网,并在后续的通信中实现比路由更快的交换。
- 第四层交换机 第四层交换机可以解释第四层的传输控制协议(TCP)和用户数据报协议(UDP)信息,允许设备为不同的应用(使用端口号区分)分配各自的优先级。这样,第四层交换机可以“智能化”地处理网络中的数据,最大限度地避免拥塞,提高带宽利用率。

1.3 交换机在网络中的连接及作用

1.3.1 交换机的端口

以太网交换机的端口或称接口,是 8 个引脚的 RJ45 接口,其种类通常有 10Base-T, 10Base-F, 100Base-TX, 100Base-T4, 100Base-FX, 100Base-T, 1000Base-FX 及 1000Base-T

等。

其中 Base 指的是采用基带传输技术,10、100 和 1 000 分别代表传输速率为 10Mb/s、100Mb/s 和 1 000Mb/s,通常把对应的技术分别称为以太网、快速以太网和千兆位以太网。

各参数的含义见表 1.2。

表 1.2 交换机的各种端口

标准类型		传输速率 (Mb/s)	接口标准	传输介质	传输距离(m)	备注	
10Base-T		10	RJ45	UTP(非屏蔽双绞线)	100		
10Base-F		10	光纤接口	62.5/125MMF(多模光纤)	2 000		
100Base-TX		100	RJ45	UTP	100		
100Base-T4		100	RJ45	UTP(4 对芯线)			
100Base-FX		100	光纤接口	62.5/125MMF	412	半双工	
				62.5/125MMF	2 000	全双工	
				9/125SMF(单模光纤)	10 000		
1000Base-CX		1 000	RJ45	STP(屏蔽双绞线)	25		
1000Base-T		1 000	RJ45	UTP(4 对芯线)	100		
1000Base-FX	- SX(780nm 短波)	1 000	光 纤 接 口	62.5/125MMF	260	不 同 公 司 的 产 品 实 际 支 持 的 距 离 可 能 不 同	
				50/125MMF	525		
	- LX(1 300nm 长波)			62.5/125MMF	550		
				50/125MMF	550		
				9/125SMF	3 000 ~ 10 000		

1.3.2 共享式与交换式网络

采用双绞线或光纤作传输介质的网络,使用集线器或交换机作为网络的中心。计算机之间的通信,通过集线器或交换机进行数据的转发。

1. 集线器与共享式局域网

集线器通常称为 Hub,按其使用的技术可分为被动式与主动式集线器。前者只提供简单的集中网线转发数据的工作,后者可对数据作一定的处理。

集线器按端口的传输速率或俗称带宽来分,有 10Mb/s 和 100Mb/s 的。通常所说的集线器是指的共享式集线器,其带宽是所有端口共享的。例如一台 16 端口的 100Mb/s 的集线器,当全部端口都使用时,每一端口的带宽就只有 100Mb/s 的 1/16。由集线器作中心设备的局域网(以及总线型拓扑的局域网)称为共享式局域网。

集线器的全部端口属于同一个冲突域,集线器在端口之间转发数据帧时采用向所用端口广播的方式进行,因此其全部端口又属于同一个广播域。单一的冲突域和广播域使网络在通信繁忙时容易产生阻塞和广播风暴。

可以使用多台集线器级联或堆叠起来以增加总的端口数,但不能用此方法来延伸网络的

距离。

随着交换机价位的降低,共享式集线器正逐渐淡出局域网领域。

2. 交换机与交换式局域网

交换机可以看做是高档的集线器,它有时也被称之为交换式集线器。它采用了许多新的技术,如其端口之间的通信可全双工进行,能实现数据的线速转发等。它的最显著的特点在于端口带宽的独享。

例如一台 100Mb/s 的交换机,在使用时每一对端口之间的数据传输速率都是 100Mb/s,不会随着使用的端口数的增加而减少。即是说,其端口带宽是独享的。

应当注意的是,只有网卡和交换机两者的带宽都为同一值时,才能实现以该速率传输数据。否则,只能按二者中较小的一个速率传输。例如,只有网卡和交换机都是 1 000Mb/s 的,才能实现 1 000Mb/s 的传输速率。而且,使用的传输介质还必须支持该传输速率。这一特性称为带宽的自动协商或者带宽的自适应。

光纤能支持 1 000Mb/s 以上的传输速率,但使用光纤的网络未必都是千兆以太网,最初的光纤以太网就是 10Mb/s 的。

通常把由交换机作为中心设备的局域网称为交换式局域网。

交换机的端口按其带宽可分为 10Mb/s、100Mb/s、10/100Mb/s 自适应和 1 000Mb/s 的,有的交换机上只有上列端口之一;更多的则是兼有两种或多种端口。

交换机的每一个端口都是一个冲突域,故不会因端口的使用数增加而降低端口的传输带宽。不过,交换机的所有端口仍属于同一个广播域,当网络中的广播信息增多时,也会导致网络传输效率的降低。

如果采用虚拟局域网(Virtual Local Network, VLAN)技术,则每一个 VLAN 具有各自的广播域,这样交换机就有了多个广播域。广播数据帧被局限在各自的域内,可有效防止广播风暴的发生。

与集线器一样,也可使用多台交换机级联或堆叠起来增加总的端口数。然而,交换机的级联却可以用来延伸网络的距离,如图 1.2 所示的级联可使网络范围扩展 400m。

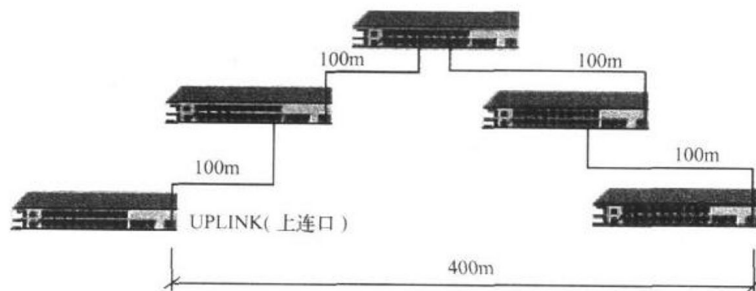


图 1.2 级联交换机以扩展网络距离

最廉价的交换机可能不支持网络管理功能,用于简单的网络环境。支持网络管理功能的交换机称为可管理或可配置的交换机。

若用在小型、简单的网络中,可管理的交换机也不需配置(实际是使用了默认配置)即可工作;而网络规模较大或者较为复杂时,就需要对其进行配置和管理了。

1.4 交换技术基础

连接在交换机端口上的主机通过地址解析协议 ARP 相互查询对方网卡的物理地址(又称 MAC 地址,即 Media Access Control 地址),以便进行相互间的数据帧的传输。

MAC 地址是固化在网卡内部用于惟一确定网卡身份的标识,是网卡在生产时被永久写入芯片的固定值。全球的网卡生产厂商按照买得的 MAC 地址范围制造网卡,因此不会有两块相同 MAC 地址的网卡。这样,MAC 地址就可用做惟一标识设备的地址。第二层交换过程通过使用 MAC 地址在低层实现通信寻的,即是说,网络中的数据包最终是通过 MAC 地址找到目标的。

由于交换机在数据传递过程中不用检查第三层(网络层)的包头信息,而是直接由第二层帧结构中的 MAC 地址来决定数据的转发目标,因此,数据的交换过程几乎没有软件的参与,从而大大提高了交换进程的速率。

1.4.1 MAC 地址数据库的建立与路由过滤

在交换式网络中,各主机的 MAC 地址是存储在交换机的 MAC 地址表(也称 MAC 地址数据库)中的。交换机在工作过程中,会向 MAC 地址表不断写入新学到的 MAC 地址。一旦交换机掉电或重新上电后,其内部的 MAC 地址表会被自动清空或清空后又重新建立。

1. MAC 地址表的建立

如图 1.3 所示,MAC 地址表的建立过程如下:

- 工作站 1 向目标主机(工作站 3)发送查询(目标 MAC)地址信息,此时,该信息会首先发送到本地交换机 Switch。
- 本地交换机在收到查询信息后,会先将信息帧内的源 MAC 地址记录在自己的 MAC 地址表中。然后,交换机再向其他所有端口发送查询信息。
- 目标主机接收到该信息后,会通过交换机直接对源地址主机进行响应。此时,交换机就将工作站 3 的 MAC 地址也记录在其 MAC 地址表里。
- 两台主机(工作站 1 和工作站 3)进行点对点的连接通信。
- 如果两台主机在一定时间内未进行通信,交换机将会定时刷新数据库里的地址记录。

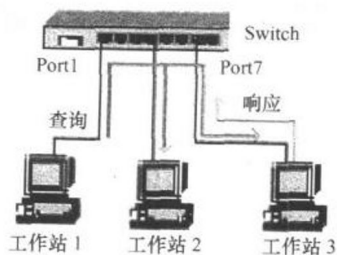


图 1.3 MAC 地址表的建立

2. MAC 地址表的路由过滤

当交换机接收到一个数据帧时,它会首先检查数据帧里的 MAC 地址,如果该地址未缓存

在 MAC 地址表里,交换机就向所有的其他端口发送查询信息;如果该地址已缓存在 MAC 地址表里,它就会按照表中的地址进行转发,而不会广播到其他端口,这样就可以减少对资源的占用,显著提高信息的交换速率。

以上称为交换机的 MAC 地址表的缓存过滤或路由过滤功能。

1.4.2 局域网的三种帧交换方式

局域网交换机在传送数据时,采用帧交换(Frame Switching),该技术包括三种主要的交换方式,即存储转发(Store and Forward)、伺机通过(Cut Through)和自由分段(Fragment Free)。

1. 存储转发

存储转发(Store and Forward)方式是最基本的交换技术之一。在进行转发数据帧前,该数据帧将被完全接收并存储在缓冲器中,数据帧从头到尾全部接收完毕才进行转发。其间,交换机需要解读数据帧的目的地址与源地址,并在 MAC 地址列表中进行适当的过滤。

在存储转发过程中还要进行高级别的冗余错误检测(CRC)工作,如果所接收到的数据帧存在错误、太短(小于 64B)或太长(大于 1518B),最终都会被抛弃。

采用这种转发方式的交换机在接收数据帧时延迟较大,且越大的数据帧延迟时间越长。

2. 伺机通过

伺机通过(Cut Through)技术是交换机在接收整个数据帧之前读取数据帧的目的地址到缓冲器,随后再在 MAC 地址列表里进行适当的过滤。

采用这种转发方式,在整个数据帧完全接收之前就已经转发了。这种方法减少了传输的延迟,但同时也削减了对数据帧的错误检测能力。

还有些交换机可以把存储转发与伺机通过两种技术合并在一起使用。它们首先在交换机里设置一个错误检测的门限值,当错误发生率低于该值时使用伺机通过的交换方法以减少数据的传输延迟。当误码率提高大于该门限值时,交换机将自动改为存储转发交换方式,从而保证了数据的正确性与准确性。在链路恢复正常后,误码率下降低于该门限值后,系统将再次回到伺机通过方式工作。

3. 自由分段

自由分段(Fragment Free)技术是在伺机通过交换方式的基础上调整的。自由分段在转发数据之前,过滤有包错误的冲突分段(长度为 64B)。这是因为通常认为数据帧的错误总是发生在刚开始的 64B 内,自由分段交换方式的错误检测级别要高于伺机通过交换方式。

1.4.3 冗余备份与环路

在许多交换机或网桥设备组成的网络环境中,通常都使用一些备份连接,以提高网络的健壮性、稳定性。备份连接也称备份链路、冗余链路等。备份连接如图 1.4 所示,交换机 Switch1 的端口 Port7 与交换机 Switch3 的端口 Port6 之间的链路就是一个备份连接。在主链路(图中 Port1 与 Port3 之间的链路)出故障时,备份链路自动启用,从而提高网络的整体可靠性。

使用冗余备份能够为网络带来许多好处,但是备份连接使网络存在环路。图 1.4 中 Port1 - Port5 - Port8 - Port3 - Port6 - Port7 - Port1 就是一个环路。环路问题是备份连接所面临的

所有负面影响中最为严重的问题,它直接导致以下麻烦:

- 广播风暴
- 多个广播帧副本

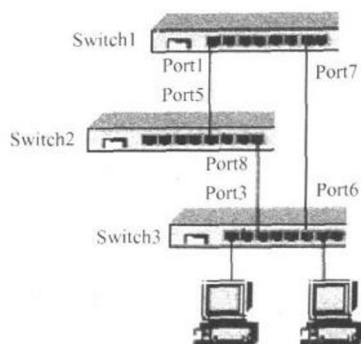


图 1.4 备份连接与环路

1. 广播风暴

在一些较大型的网络中,当大量广播流(如 MAC 地址查询信息等)同时在网络中传播时,便会发生数据包的碰撞。随后,网络试图缓解这些碰撞并重传更多的数据包,结果导致全网的可用带宽阻塞,并最终使得网络失去连接而瘫痪。这一过程被称为广播风暴。

网络中,一台设备能够将数据包转发给网络中所有其他站点的技术称为广播。由于广播能够穿越由普通网桥或交换机连接的多个局域网段,因此几乎所有局域网的网络协议都优先使用广播方式来进行管理与操作。广播使用广播帧来发送、传递信息,广播帧没有明确的地址,它所发送的对象是网络中的所有主机,也就是说网络中的所有主机都将接收到该数据帧。它一般用来广播网络中的公共信息,例如服务通告、地址查询等信息。

应用程序与协议的广播是引起广播风暴的主要原因。但是,在正常的网络环境中,网络广播是无所不在的。MAC 地址查询、路由协议通信、ICMP 控制报文以及大量的服务通告等信息都属于网络中正常的广播。因此需要在保证网络正常使用广播的情况下,有效减少广播风暴的发生。

广播风暴的形成:

在如图 1.4 所示的网络中,本来的打算是要提供冗余备份:Switch3 通过 Port6 与 Switch1 的 Port7 连接起来,增加一条 Switch3 到 Switch1 的通路。但结果却不能正常工作,这是一个存在循环的连接。

如果 Switch1 收到一个广播帧,下面的过程 a~f 会被反复执行:

- a. Switch1 向 Port1 转发广播帧。
- b. Switch2 通过 Port5 收到广播帧。
- c. Switch2 向 Port8 转发广播帧。
- d. Switch3 通过 Port3 收到广播帧。
- e. Switch3 向 Port6 转发广播帧。
- f. Switch1 通过 Port7 再次收到原来的广播帧,又从 a 开始重复以上过程。上述过程周而复始,同样的广播帧被不断复制,最后形成广播风暴,耗尽网络资源。

在一个较大规模的网络中,由于拓扑结构的复杂性,会造成许多大大小小的环路产生,由

于以太网、令牌环网等第二层协议均没有控制环路数据帧的机制,因此各小型环路产生的广播风暴将不断扩散到全网,进而造成网络瘫痪。

与广播概念相类似的还有组播(Multicast,或称多播),组播是一点对多点的通信,是一种比较有效的节约网络带宽的方法。例如在视频点播等多媒体应用中,当把多媒体信号从一个节点传输到多个节点时,采用广播方式会浪费带宽,重复采用点对点传播也会浪费带宽,而组播能够把帧发送到组地址,而不是单个主机,也不是整个网络。由于它的发送范围明显小于广播,因而减少了对网络带宽的占用。

网络运行时,应当了解网络里所运行的所有协议以及这些协议的主要特点,这样才能更有利于对广播信息流量的控制。通常,交换机对网络中的广播帧或组播帧不会进行任何数据过滤,因为这些地址帧的信息不会出现在MAC层的源地址字段中。交换机总是直接将这些信息广播到所有端口,如果网络中存在环路,这些广播信息将在网络中不停地转发,直至导致交换机出现超负荷运转(如CPU过度使用,内存耗尽等),最终耗尽所有带宽资源、阻塞全网通信。

通过使用第三层的路由设备(详见本书的后半部分),能够很好地解决广播风暴问题。当客户端发出用来查询的广播包时,路由器能够将其截获并判断是否进行全网转发,从而大大抑制了引发广播风暴连锁反应的可能性。

由于路由器能够有效隔离广播域,因此,一些局域网就设计成以路由器为中心的网络构架。但是,路由器通常又会成为网段(子网)间通信的瓶颈。实际上,目前一些交换机就具备一定程度的广播风暴控制功能,只要配置合理,就不会出现环路引起的广播风暴。比较高端的设备如第三层交换机,在这方面则具有很好的性能。

Cisco第二层交换机也支持这种广播风暴控制功能。它定义交换机端口的广播门限值,当端口接收的广播超过了该值时,该端口便会立刻处于挂起状态以避免出现循环广播状态。该功能默认值为禁用,需要通过手动配置打开。

2. 多个广播帧副本

网络中如果存在环路,目的主机可能会收到某个广播帧的多个副本,此时会导致上层协议在处理这些数据帧时无从选择,产生迷惑:究竟该处理哪个帧呢?

严重时还可能导致网络连接的中断,同时引起MAC地址数据库的混乱。

当交换机连接不同网段时,将会出现通过不同端口接收到同一个广播帧的多个副本的情况。这一过程也会同时导致MAC地址表的多次刷新,这种持续的更新、刷新过程会严重耗用内存资源,影响该交换机的交换能力,同时降低整个网络的运行效率。严重时,将耗尽整个网络资源,并最终造成网络瘫痪。

1.5 生成树协议

要实现冗余备份,提高网络的可靠性,必须解决环路拓扑结构为网络带来的以上两种致命的负面影响。

生成树协议(Spanning-Tree Protocol, STP)最初是由美国数字设备公司(Digital Equipment Corp, DEC)开发的,后经电气电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)进行修改,最终制定了相应的IEEE802.1d标准。STP协议的主要功能就是为了