

21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

路由交换技术

吴建胜 主编

孙良旭 张玉军 李林林 编著

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



清华大学出版社

21世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材

路由交换技术

吴建胜 主编

孙良旭 张玉军 李林林 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共 11 章,以 Cisco 的中低端交换机和路由器为核心,全面介绍路由交换技术,内容包括 IOS 配置、接口与管理配置、IP 特性配置、广域网配置、网络安全配置、动态路由协议配置、交换机、虚拟局域网、生成树协议、VLAN 干道协议及 VoIP 配置。

本书内容丰富,实例众多,图文并茂,结构合理,适合作为高等院校的教材,也可供网络工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术/吴建胜主编;孙良旭,张玉军,李林林编著. —北京:清华大学出版社, 2010. 6

(21 世纪高等院校计算机网络工程专业规划教材)

ISBN 978-7-302-21966-8

I. ①路… II. ①吴… ②孙… ③张… ④李… III. ①计算机网络—路由选择—高等学校—教材②计算机网络—信息交换机—高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 018580 号

责任编辑:梁颖 徐跃进

责任校对:梁毅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5 字 数:445 千字

版 次:2010 年 6 月第 1 版 印 次:2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.50 元

产品编号:034292-01

前 言

随着网络技术的发展,网络工程技术人员越来越受到社会的欢迎。我校的网络工程专业是我国高校在此专业的首批试点单位,本专业的“路由交换技术”课程是一门理论性和实践性都很强的课程,无论在授课内容、授课学时,还是在授课方式上都没有先例可循。

本教材在内容上理论与实际紧密结合,注重现实应用背景,意在启发和引导学生能将重要的网络分层概念、形式及理论付诸实践,从而帮助学生全面掌握安装、配置、测试和运营局域网、广域网等所需的实践技能,真正做到学以致用。

思科(Cisco)是目前全球领先的网络设备和解决方案供应商,其网络设备和解决方案在我国已广泛应用,并得到认可。交换机和路由器是组建网络基础设施的基石。本教材重点以 Cisco 的中低端交换机(Catalyst)和路由器作为讲授的核心设备,理由是:

(1) 技术好。使学生切身体会业界领先的网络技术,为学生将来走向工作岗位提供学习和赶超的参照。

(2) 功能全。具有时下流行和将来趋向的典型功能。

(3) 成本低。所选设备皆属中低端系列,尽管性能不高,但便于构建实验环境,不影响知识的掌握,而且价格低廉。

本教材具有如下特点。

(1) 知识覆盖面广:涵盖数据链路层到应用层的重要网络内容。

(2) 重点突出:讲解基础的、实用的和主流的路由交换技术。

(3) 理论与实践相结合:基本理论阐述准确、清晰和简洁,实践实验设计典型、可操作和贴近实际。

(4) 结构完整统一,设计合理科学。教材每章分别设计的实验练习和习题,全书实验练习题目和习题题目都可在教材提供的综合拓扑图中完成。

(5) 例题讲解图文并茂,过程完整。全书典型例题都提供完整的拓扑图、命令配置、测试输出和必要的解释说明,使读者知其然,更知其所以然。

(6) 命令讲解准确、规范和具体,并附有实例演示。

(7) 适合作为不同专业、不同层次的读者的教材或者工程技术人员的参考手册。

由于作者水平有限,错误或不当之处在所难免,殷切期望读者批评指正。

作 者

2009年11月于

辽宁科技大学

目 录

第 1 章 IOS 配置基础	1
1.1 IOS 概述	1
1.2 基本硬件构件	2
1.2.1 中央处理器	3
1.2.2 接口	3
1.2.3 随机存取存储器	6
1.2.4 闪存	6
1.2.5 只读存储器	6
1.2.6 非易失性随机存取存储器	7
1.3 基本软件构件	7
1.3.1 IOS 的映像文件	7
1.3.2 配置文件	7
1.3.3 数据流	8
1.4 IOS 配置过程	9
1.4.1 基本配置方式	9
1.4.2 初始化过程	10
1.4.3 建立配置	12
1.5 命令行接口	15
1.5.1 命令解释器	15
1.5.2 命令模式种类	16
1.5.3 获得帮助	18
1.5.4 简写命令	21
1.5.5 no 命令形式	21
1.5.6 搜索和过滤 show 和 more 命令输出	22
1.6 实验练习	22
习题	22
第 2 章 接口与管理配置	24
2.1 接口配置	24
2.1.1 接口配置概述	24
2.1.2 配置逻辑接口	25

2.1.3	配置接口描述信息	27
2.1.4	配置接口保持队列长度	28
2.1.5	配置接口带宽	28
2.1.6	配置接口延时	29
2.1.7	配置接口存活计时器	29
2.1.8	配置接口 mtu	29
2.1.9	配置接口 IP 地址	30
2.1.10	监视与维护接口	31
2.2	系统管理	33
2.2.1	设置线路终端	33
2.2.2	配置口令与特权	33
2.2.3	设置路由器名字	35
2.3	文件管理	36
2.3.1	复制配置文件	36
2.3.2	复制映像	38
2.3.3	指定启动文件	39
2.4	故障处理	41
2.4.1	用 show 命令显示系统信息	41
2.4.2	测试网络连接	42
2.4.3	debug 操作	48
2.4.4	系统日志消息	49
2.5	CDP 配置	52
2.5.1	CDP 概述	52
2.5.2	设置 CDP 特性	53
2.5.3	启用或禁用 CDP	55
2.5.4	监视与维护 CDP	55
2.6	实验练习	59
习题	.....	63
第 3 章	IP 特性配置	65
3.1	IP 寻址配置	65
3.1.1	接口辅助 IP 地址	65
3.1.2	全 1 和全 0 网段	66
3.1.3	无编号 IP 地址	68
3.2	配置地址解析方法	69
3.2.1	静态映射 IP 地址到 MAC 地址	69
3.2.2	映射主机域名到 IP 地址	71
3.3	配置广播包处理	73
3.3.1	启用定向广播到物理广播转换	73

3.3.2	转发 UDP 广播包及协议	74
3.4	监视与维护 IP 寻址	76
3.4.1	网络地址到物理地址映射	76
3.4.2	主机名到 IP 地址映射	78
3.5	自治系统	79
3.6	路由技术	81
3.7	路由表	81
3.7.1	基本概念	81
3.7.2	功能	82
3.7.3	路由表内容	82
3.8	管辖距离	82
3.9	度量值	83
3.10	路由更新	84
3.11	路由查找	84
3.12	静态路由和动态路由	85
3.13	默认路由	86
3.14	VLSM 与 CIDR	91
3.15	汇总路由	94
3.16	监视与维护路由	94
3.17	DHCP 配置	97
3.17.1	DHCP 概述	97
3.17.2	配置数据库代理和 DHCP 冲突日志	98
3.17.3	排除 IP 地址	99
3.17.4	配置 DHCP 地址池	100
3.17.5	配置手工绑定	103
3.17.6	配置 DHCP 服务器启动文件	104
3.17.7	配置 ping 包的数量	104
3.17.8	配置 ping 包的超时值	105
3.17.9	启用 Cisco IOS DHCP 服务器功能	105
3.17.10	监视和维护 DHCP 服务器	105
3.17.11	在接口上启用 DHCP 客户机	109
3.18	实验练习	111
习题	.....	111
第 4 章	广域网配置	113
4.1	DDN 配置	113
4.1.1	DDN 概述	113
4.1.2	配置 HDLC	114
4.1.3	配置 PPP	115

4.2	帧中继配置	119
4.2.1	帧中继概述	119
4.2.2	启用帧中继封装	122
4.2.3	配置帧中继 DLCI 编号	122
4.2.4	配置帧中继 LMI 类型	123
4.2.5	配置帧中继地址映射	124
4.2.6	配置帧中继的子接口	125
4.2.7	配置帧中继交换	127
4.2.8	监视与维护帧中继	130
4.3	实验练习	133
	习题	135
第 5 章	网络安全配置	137
5.1	ACL 配置	137
5.1.1	ACL 概述	137
5.1.2	配置标准 ACL	139
5.1.3	应用 ACL	140
5.1.4	配置扩展 ACL	141
5.1.5	配置命名 ACL	143
5.1.6	ACL 在网络中的应用位置	144
5.1.7	监视与维护 ACL	145
5.2	NAT 配置	146
5.2.1	NAT 概述	146
5.2.2	内部源地址静态转换	148
5.2.3	内部源地址动态转换	150
5.2.4	内部源地址复用动态转换	153
5.2.5	修改转换超时	155
5.2.6	监视与维护 NAT	156
5.3	实验练习	158
	习题	159
第 6 章	动态路由协议配置	162
6.1	RIP 配置	162
6.1.1	RIP 概述	162
6.1.2	启用 RIP	164
6.1.3	单播更新	164
6.1.4	调节计时器	165
6.1.5	改变最大路径数	166
6.1.6	RIP 版本	166

6.1.7	RIP 认证	167
6.1.8	水平分割	170
6.1.9	自动汇总	171
6.1.10	监视与维护 RIP	173
6.2	IGRP 配置	174
6.2.1	IGRP 概述	174
6.2.2	启用 IGRP	176
6.2.3	调节 IGRP 的度量权重	176
6.2.4	定义不等成本负载均衡	177
6.2.5	控制流量分发	179
6.2.6	设置网络直径	180
6.3	OSPF 配置	180
6.3.1	OSPF 概述	180
6.3.2	启用 OSPF	181
6.3.3	调节定时器	182
6.3.4	控制接口度量	185
6.3.5	启用 OSPF 认证	186
6.3.6	NBMA 配置 OSPF	188
6.3.7	配置路由器优先级	190
6.3.8	监视与维护 OSPF	190
6.4	EIGRP 配置	196
6.4.1	EIGRP 概述	196
6.4.2	EIGRP 与 IGRP	197
6.4.3	EIGRP 术语	198
6.4.4	启用 EIGRP	199
6.4.5	配置 EIGRP 可用带宽百分比	200
6.4.6	配置 EIGRP 认证	200
6.4.7	配置 EIGRP 路由汇总	203
6.4.8	监视和维护 EIGRP	203
6.5	实验练习	206
	习题	209
第 7 章	交换机	212
7.1	交换机概述	212
7.1.1	交换机工作原理	212
7.1.2	交换机功能	212
7.1.3	交换机工作特性	212
7.1.4	交换机分类	213
7.2	交换机启动	213

7.2.1	交换机物理启动	213
7.2.2	交换机指示灯	214
7.3	Catalyst 交换机初始配置	215
7.3.1	检验 Catalyst 交换机默认配置	215
7.3.2	交换机端口属性	216
7.3.3	VLAN 属性	217
7.3.4	闪存目录	217
7.3.5	显示 IOS 版本信息	218
7.4	Catalyst 交换机的网络设置	218
7.4.1	指定交换机的主机名和密码	218
7.4.2	指定交换机 IP 地址和默认网关	219
7.5	管理 MAC 地址表	219
7.5.1	配置 MAC 地址老化时间	219
7.5.2	配置静态 MAC 地址	220
7.5.3	配置端口安全	220
7.5.4	监视和维护 MAC 地址表	223
7.6	实验练习	225
习题	.....	226
第 8 章	虚拟局域网	228
8.1	VLAN 概述	228
8.1.1	VLAN 定义	228
8.1.2	VLAN 优点	229
8.1.3	VLAN 划分	229
8.1.4	VLAN 标准	230
8.2	静态 VLAN 配置	230
8.3	监视与维护 VLAN	231
8.4	VLAN 干道配置	233
8.4.1	VLAN 干道概述	233
8.4.2	配置干道端口	234
8.4.3	配置干道允许 VLAN 列表	235
8.4.4	配置本征 VLAN	235
8.4.5	配置 VLAN 间路由	236
8.5	实验练习	239
习题	.....	240
第 9 章	生成树协议	241
9.1	STP 概述	241
9.2	STP 算法	241

9.2.1	网桥协议数据单元	242
9.2.2	端口的状态	243
9.2.3	选举根网桥	243
9.2.4	选举根端口	243
9.2.5	选举指定端口	245
9.3	启用或禁用 STP	246
9.4	配置 STP	246
9.5	配置端口路径成本	247
9.6	配置端口优先级	248
9.7	配置 STP 负载分担	248
9.7.1	基于端口优先级负载分担	249
9.7.2	基于路径成本负载分担	249
9.8	监视与维护 STP	250
9.9	实验练习	253
习题	.....	254
第 10 章	VLAN 干道协议	256
10.1	VTP 概述	256
10.2	VTP 配置	257
10.2.1	配置 VTP 版本	257
10.2.2	配置 VTP 域	257
10.2.3	配置 VTP 模式	258
10.2.4	配置 VTP 剪裁	259
10.2.5	监视与维护 VTP	260
10.3	实验练习	261
习题	.....	263
第 11 章	VoIP 配置	264
11.1	VoIP 概述	264
11.2	语音端口配置	265
11.2.1	语音端口概述	265
11.2.2	配置语音端口	266
11.2.3	监视与维护语音端口	267
11.3	拨号对等体配置	267
11.3.1	拨号对等体概述	267
11.3.2	配置 POTS 拨号对等体	269
11.3.3	配置 VoIP 拨号对等体	269
11.3.4	监视与维护拨号对等体	270
11.4	VoIP 配置实例	270

11.5 实验练习	272
习题	275
附录 A 综合实验拓扑图和地址方案	277
附录 B 综合习题拓扑图和地址方案	278
参考文献	279

本章学习目标

- 了解 Cisco 设备基本的硬件构件和软件构件。
- 了解路由器初始化过程。
- 掌握命令模式种类和命令切换方法。

1.1 IOS 概述

互联网操作系统(Internetwork Operating System,IOS)是思科(Cisco)公司的核心软件数据包,主要在思科路由器和交换机上实现。Cisco IOS 软件通过一组增值技术和特性而具有因特网智能作用。Cisco IOS 包含一组精湛的网络技术,主要由互联网设备诸如路由器、交换机、PC 和 workstation 等提供。

Cisco 的网络设备需要依靠 IOS 这个操作系统进行工作,它指挥和协调 Cisco 设备的硬件进行网络服务和应用的传递。通过使用 IOS 命令,可以为 Cisco 网络设备进行各种各样的配置,使之适应于各种网络功能。

通过 IOS,可以完成以下三个方面的配置:

- (1) 实现网络所需要的策略。
- (2) 设定协议地址和参数。
- (3) 实现管理性的操作。

Cisco 的 IOS 是一种通过命令行方式进行配置的操作系统。对于不同型号的 Cisco 设备,由于其硬件结构不同,它们所使用的 IOS 也不一样。Cisco 所生产的路由器和交换机的 IOS 不太相同。交换机有初始的设置,即不对交换机进行任何配置,也可依靠初始配置进行工作。但是路由器必须进行配置,否则它不能进行任何工作。

Cisco 的 IOS 主要特征如下所示。

1. 可靠的路径选择

Cisco IOS 软件为所有主要的互联网协议组(包括 IP、Novell NetWare、AppleTalk、Banyan VINES、DECNet、OSI、XNS 及 Apollo 域等)提供了协议和路由选择支持。

2. 带宽最优化

Cisco IOS 体系结构通过消除广域网(WAN)链路上不必要的流量以及智能选择最经济的可用 WAN 链路来实现带宽的最优化处理。IOS 性能诸如带宽预留和优先权排序等使网络管理员能够存储带宽,并基于应用程序类型、源或目的地等划分流量优先级。

3. 资源分配控制

Cisco IOS 中包含优先权排队和客户排队操作。优先权输出排队操作允许网络管理员传送

一定的数据包到较高优先级的队列中,而客户排队操作允许网络管理员预留带宽,或基于用户定义的变量类型划分 WAN 链路上的流量优先级。Cisco 与其他桌面软件和计算机供应商共同合作,将 Cisco IOS 体系结构部件应用于服务器至终端用户站,并使其都支持带宽预留和排队技术。

4. 管理和安全

Cisco IOS 具有网络管理性能和特征,它可以降低网络带宽需求,并提供处理开销、卸载服务器、保存资源和减轻系统配置任务等功能。Cisco IOS 软件具有一组完善的安全工具箱,用以区分资源以及禁止访问敏感或保密信息或程序。访问控制列表可以防止用户知道其他网络用户或资源信息。密码加密处理、拨入认证、多级配置权限、计费 and 日志等特性可以阻止未被授权的用户访问信息。强大的防火墙技术和远程访问安全方案主要用于保护共同信息和资产。

5. 综合和可伸缩性

Cisco IOS 软件支持综合路由选择技术、LAN 交换技术以及 ATM 信元交换技术,并提供了可伸缩性,即可以任意连接大量的 LAN 和终端站。此外,IOS 也支持可伸缩路由选择协议,从而可以避免无用拥塞,克服协议固有局限性,并越过由于互联网区域分布特点及其分布范围引起的障碍。

思科产品中的 Cisco IOS 实现过程如图 1.1 和图 1.2 所示。

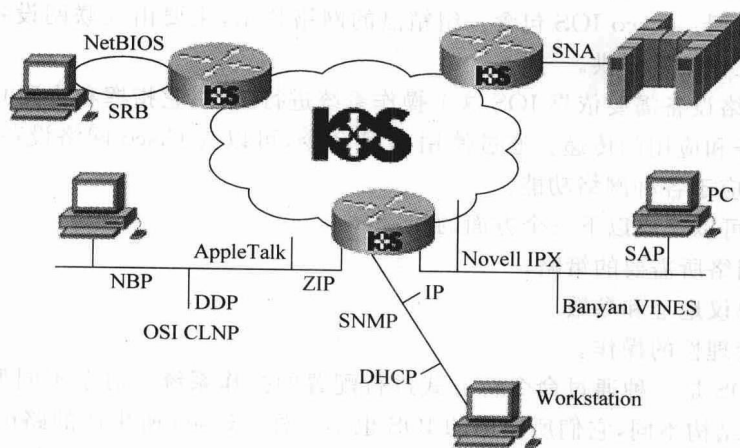


图 1.1 Cisco IOS 实现过程(1)

1.2 基本硬件构件

Cisco 路由器系列包含各种类型的路由产品,尽管这些产品的处理能力和所支持的接口数目具有相当大的差异,但它们都由相似的核心硬件构件组成。虽然中央处理器(CPU)、只读存储器(ROM)和随机存取存储器(RAM)的数目及所使用的接口、介质转换器的数量和方式会因产品类别的差异而不同,但每台路由器均含有如图 1.3 所示的硬件构件,其中 2600 系列路由器内部构成如图 1.4 所示。

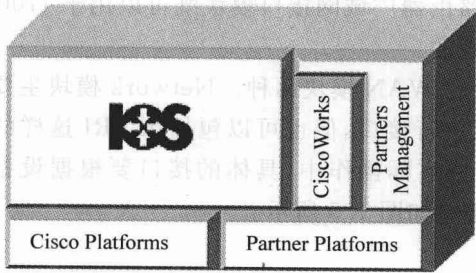


图 1.2 Cisco IOS 实现过程(2)

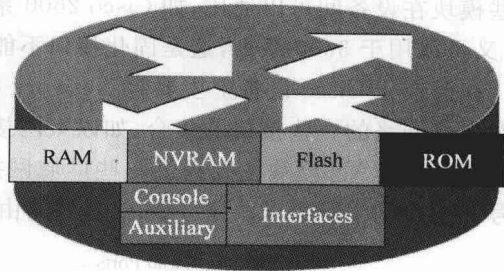


图 1.3 路由器基本硬件构件

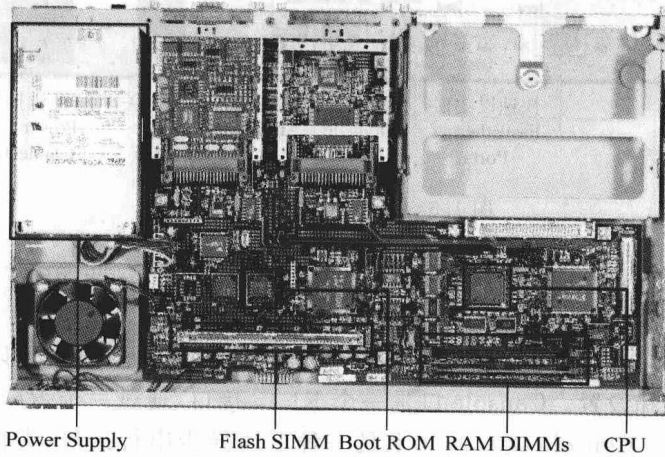


图 1.4 2600 系列路由器硬件构件

1.2.1 中央处理器

大部分 Cisco 设备需要用 CPU 执行大量的软件计算。Cisco 在不同设备中使用不同类型的 CPU,这取决于设备的使用目的。在路由器中,CPU 占据特别重要的地位,因为大部分的路由功能需要软件计算,CPU 的好坏将对性能产生决定性的影响,而在交换机中,CPU 的作用通常没有那么重要,因为大部分交换计算由一种叫做专用集成电路的专用硬件完成。

1.2.2 接口

固化接口是指固化在网络设备上的接口,其缺点是实用性和扩展性不强。用户的需求多种多样,一台处理性能合适的设备上所有接口可能不能满足用户的全部需要,或者根本用不了那么多接口。当一个接口因某种原因而不能正常工作,但其他硬件部分还可以正常运行时,整台设备将面临无法使用的可能。老一代低端的 Cisco 设备上的接口都是固化的。

与固化的接口相比,模块化接口的实用性和扩展性产生了质的飞跃。用户可以在现场进行升级以提供满足当前需求的解决方案,同时又能采用以后的技术,需要时增加其他接口,以适应网络的增长。用户能轻而易举地根据个人需求对局域网和广域网网络接口进行配置。在接口损坏的情况下,只要更换接口模块即可恢复使用,而且接口模块具有通用性,

一些模块在设备间可以通用,如 Cisco 2600 系列路由器广域网接口模块既可以用于 1700 系列,又可以用于 3600 系列,这是固化接口不能实现的。

在模块化 Cisco 设备上主要有 Network 模块和 WAN 模块两种。Network 模块主要是针对内部网络的一些接口的集合,如以太网接口、串行接口,但也可以包括像 BRI 这样的广域网接口。WAN 模块主要提供一些广域网接口。实际操作中,具体的接口要根据设备的型号和用户的实际需求决定。2600 系列路由器接口如图 1.5 所示。

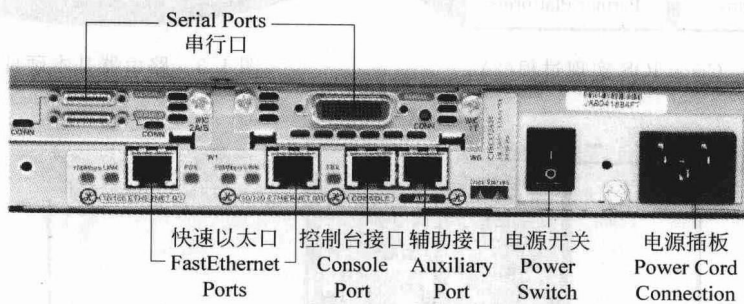


图 1.5 2600 系列路由器接口

Cisco 设备上的接口有许多种,并且具有不同的功能。下面是一些现在常见和常用的接口。

1. Console 接口(控制台接口)

Cisco 设备的控制台接口是大部分 Cisco 设备的基本接口,管理员可以通过它对路由器或交换机进行控制和设置。Console 口是一个 RJ-45 接口,通过一个 RJ-45 连接器,可以对 IOS 进行初始配置。Console 接口实际上是一种低速异步串行接口(类似于 PC 的串行接口),Console 口通过连接 PC 的 COM 口进行控制操作。它有着特殊的插脚引线并连接专用线缆,绝对不能用控制线以外的其他线缆插进 Console 口,以避免损坏或烧毁设备。在默认状态下,控制台端口会对产生的所有信号响应,因而在故障诊断时就成为最重要的接口。

2. AUX 接口(辅助接口)

辅助接口用 AUX 来表示,是另一种低速、异步的串行接口。大部分 Cisco 设备都有一个 AUX 接口。它具有多种功能,主要有以下几个作用:

(1) 远程拨号调试功能。AUX 串行口可以连接调制解调器,用户可以通过电话拨号的方式对设备进行远程调试。

(2) 拨号备份功能。作为主干线路的备份,AUX 串行口连接调制解调器,当主线路断开后,系统会自动启动 AUX 端口电话拨号,保持线路的连接。当主干线路恢复后,电话线路自动断开。

(3) 网络设备之间的线路连接。AUX 串行口也可以实现两台路由器通过电话拨号方式的线路连接。

(4) 本地调试口。直接连接 AUX 口,做本地调试。

3. Ethernet 接口(以太网接口)

Ethernet 接口是用于连接网络或主机的接口,路由器和交换机上都有。该种接口现在一般都是 RJ-45 接口。大部分 Cisco 设备至少提供一个 10BaseT 以太网接口,但是否提供还要看 Cisco 设备的型号。以太网接口允许使用其他类型的以太网线缆,例如同轴线缆。

4. Serial 接口(串行接口)

常用于连接广域网接入,如帧中继、DDN 专线等,也可通过背对背电缆实现路由器之间的互连。有几种类型的 Cisco 设备提供了高速和低速串行接口。路由器通常使用高速同步串行接口与 WAN 的信道服务单元/数据服务单元(CSU/DSU)通信。而访问服务器一般使用多路低速异步串行端口与调制解调器进行通信。连接在 Serial 接口上的电缆绝对不能带电插拔,这样可以避免 Serial 接口被烧坏。

路由器接口编号方式,主要有以下几种:

1) 类型 接口

首先,要指明接口的类型,如 ethernet,然后是接口号。

例如:

- 以太网接口 0。

ethernet 0

- 快速以太网接口 1。

fastethernet 1

- 串行接口 2。

serial 2

2) 类型 模块/接口(或是插槽/接口)

首先,指明接口的类型,如 ethernet,然后是模块或插槽号(后跟"/"),最后是接口号。

例如:

- 以太网接口 0/0。

ethernet 0/0

- 快速以太网接口 1/0。

fastethernet 1/0

- 串行接口 1/1。

serial 1/1

3) 类型 卡/子卡/接口

首先,指明接口的类型,然后是卡号,其次是子卡号,最后是接口号。

例如:

- 以太网接口 0/0/0。

ethernet 0/0/0

- 快速以太网接口 0/1/0。

fastethernet 0/1/0

- 串行接口 1/1/1。