

IT 职业技能认证系列教程

Internetworking Technology of Computer——WAN

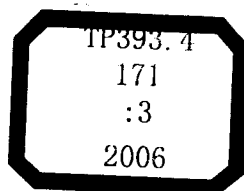
网络互联技术

—— 广域网

主 编 沈海娟
副主编 宣乐飞 申 毅 孙 霖



IT 职业技能认证系列教程



Internetworking Technology of Computer——WAN

网络互联技术

——广域网

主 编 沈海娟

副主编 宣乐飞 申 毅 孙 霖

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

网络互联技术. 广域网 / 沈海娟主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2006. 12
ISBN 7-308-05051-3

I. 网... II. 沈... III. ①互联网络 - 高等学校 - 教材 ②远程网络 - 高等学校 - 教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 139726 号

网络互联技术——广域网

沈海娟 主编

责任编辑 石国华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 星云光电图文制作工作室
印 刷 杭州浙大同心教育彩印有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 9
字 数 215 千字
版 次 2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-308-05051-3
定 价 18.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88072522

前言

随着计算机网络技术和网络基础设施的迅速发展,网络技术的应用日益广泛,各行各业对网络技术的依赖也不断增强,社会也需要更多的网络技术应用型和技能型人才。本系列教材就是针对网络技术应用的高等职业教育教材。

高等职业教育应通过对职业活动的完整性的追求来寻求与行业的同步性。这种完整性在内容上包括职业功能、工作内容、职业环境等方面,在过程上包括获取信息、制定计划、实施、检查、评价等方面,在范围上包括知识、态度、经验等方面。职业教育的规律要求我们保持职业活动的完整性,而不是保持学科的完整性。

基于上述理念,编写本系列教材的最主要目的是为高职教学“在做中”展开提供依据。我们力图采用理论与实践一体化的方式编写,以案例驱动教材内容的展开。读者在使用本系列教材时应避免将案例作为一般知识来阅读,或者作为课后验证性实验。教师的工作重心应从“讲授”转变为“引导”,利用书中案例来创设情景,培养过程性知识和经验,培养学生实际动手能力,通过对技术实践的意义建构帮助学生理解网络技术原理。

本系列教材的编写摒弃把理论单元和实践单元分阶段、先讲授后实验的模式。如先叙述路由器的基本操作,后讲原理性的路由协议。在本系列教材的展开中,在理论与案例的往复中完成基本技术原理的阐述。在对知识系统的把握上,本系列教材是以技术应用领域为标准,而非以学科理论系统为标准。

本系列教材共分为《网络互联技术基础》、《网络互联技术——路由与交换》和《网络互联技术——广域网》三本。后一本教材既是前一本教材的提高,又自成系统代表更高阶段的职业能力。当然,这种系统并非网络技术的学科理论系统,而是指比较完整的网络技术应用能力。因此,作为构建网络的基本设备——路由器与交换机将伴随始终,只是配置与管理更为复杂,网络规模也逐步扩大。

使用本教材建议以思科产品搭建网络实验室。教材中有大量的思科产品配置方法、应用案例与网络架构方案,适应网络安装、配置的实际工作需要。我们认为离开具体的产品和技术平台来开展职业教育往往是事倍功半,不能很好地体现职业教育的针对性。一方面,思科公司作为行业领先企业,在网络技术发展中发挥着重要作用,产品具有很高的市场占有率;另一方面我们主张通过对具体产品及其技术应用的意义建构来掌握一般性的技术原理,进而摆脱对具体产品的依赖。

在思科产品及其他网络技术环境中,从产品说明书、帮助文件、命令行到网管软件配置普遍存在英文界面,英文术语、缩写更是业界沟通的基本工具,甚至描述产品的最基本特征

也离不开英文术语与缩写。专业英语薄弱导致不习惯阅读说明书与帮助文件而依赖模仿,这已成为高职网络技术教育的瓶颈,并且制约了在网络技术应用领域的学习能力与工作能力的发展。提高专业英语能力的有效途径就是模拟真实环境。因此本系列教材采用双语编写,操作界面全英文,关键术语和词汇均使用中英文对照,每章提供全英文的概述和总结,使学生在 学习网络技术的同时,提高计算机网络专业英语能力。

《网络互联技术基础》主要包括:网络基础理论、传输介质、局域网技术、网桥与交换机、IP 协议与网际互联、路由器、路由协议、传输层、应用层。本书适合高职院校的电子信息类专业学生,目标是帮助读者掌握网络技术的基础能力。

《网络互联技术——路由与交换》主要包括:网络互联基础、IP 路由选择基础、可变长度子网掩码和无类域间路由、开放最短路径优先协议、增强内部网关路由协议、交换的概念与局域网技术、交换设备及其配置、生成树协议、虚拟局域网、VLAN 中继协议、访问控制列表。本书的目标是帮助读者学会配置 Cisco 的路由器和交换机。

《网络互联技术——广域网》主要包括:广域网技术、扩展 IP 地址、点到点协议、ISDN 和 DDR、帧中继、网络管理。本书的目标是帮助读者学会使用 Cisco 的路由器等网络设备建立较大规模的广域网。

本系列教材知识范围和技能训练项目参照了思科 CCNA 认证的要求,大量的英文习题更是可以帮助读者参加 CCNA 认证。

本系列教材由杭州职业技术学院院级重点课程《计算机网络技术》课程建设小组编写,《网络互联技术——广域网》由沈海娟老师主编并统稿,第 1、3、6 章由宣乐飞老师编写,第 2 章由孙霖老师编写,第 4 章由吴兴法老师编写,第 5 章由申毅老师编写。

由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中难免存在一些疏漏,欢迎广大读者批评指正。联系方式:hzyccisco@163.com。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第 1 章 广域网技术 (WAN Technologies)	(1)
1.1 广域网概述 (WAN Overview)	(1)
1.2 广域网设备与组件 (WAN Devices and Module)	(2)
1.3 广域网标准 (WAN Standards)	(4)
1.3.1 物理层标准 (Physical Layer Standards)	(4)
1.3.2 数据链路层标准 (Data Link Layer Standards)	(5)
1.4 广域网封装 (WAN Encapsulation)	(5)
1.4.1 常用封装方法 (Common Encapsulation Methods)	(6)
1.4.2 HDLC	(6)
1.4.3 配置 HDLC (HDLC Configuration)	(8)
1.5 广域网连接 (WAN Connection)	(8)
1.5.1 电路交换 (Circuit Switching)	(8)
1.5.2 分组交换 (Packet Switching)	(8)
1.5.3 电路和分组交换 (Circuit and Packet Switching)	(9)
1.6 广域网技术 (WAN Technologies)	(9)
1.6.1 模拟拨号 (Analog Dial-up)	(10)
1.6.2 ISDN	(10)
1.6.3 租用线 (Leased Lines)	(11)
1.6.4 X.25	(11)
1.6.5 帧中继 (Frame Relay)	(11)
1.6.6 ATM	(12)
1.6.7 数字用户线 (Digital Subscriber Line)	(12)
1.6.8 电缆调制解调器 (Cable Modem)	(13)
习题 (Review Questions)	(15)
第 2 章 扩展 IP 地址 (Scaling IP Addresses)	(17)
2.1 IP 概述 (Overview)	(17)

2.2 NAT 和 PAT(NAT and PAT)	(18)
2.2.1 NAT 和 PAT 的主要特性(NAT and PAT Major Features)	(21)
2.2.2 配置 NAT 和 PAT(Configuring NAT and PAT)	(22)
2.2.3 验证 NAT 和 PAT 的配置(Verifying NAT and PAT Configuration)	(24)
2.2.4 NAT 和 PAT 配置的故障排除(Troubleshooting NAT and PAT)	(25)
2.2.5 NAT 的优点和缺点(NAT's Advantages and Disadvantages)	(26)
2.3 DHCP 概述(DHCP Overview)	(26)
2.3.1 DHCP 介绍(Introducing DHCP)	(27)
2.3.2 BOOTP 和 DHCP 的区别(BOOTP and DHCP Differences)	(28)
2.3.3 DHCP 的主要特性(DHCP Major Features)	(29)
2.3.4 DHCP 的运行方式(DHCP Operation)	(29)
2.3.5 配置 DHCP 的操作(Configuring DHCP)	(31)
2.3.6 验证 DHCP 的操作(Verifying DHCP Configuration)	(31)
2.3.7 DHCP 配置的故障排除(Troubleshooting DHCP)	(32)
2.3.8 DHCP 中继(DHCP Relay)	(32)
习题(Review Questions)	(35)
第3章 点到点协议(Point-to-Point Protocol)	(38)
3.1 PPP 分层体系结构(PPP Layered Architecture)	(38)
3.1.1 PPP 与 OSI(PPP and OSI)	(39)
3.1.2 链路控制协议 LCP(Link Control Protocol)	(40)
3.1.3 PPP 帧格式(PPP Frame Format)	(40)
3.2 建立 PPP 会话(Establishing a PPP Session)	(41)
3.3 PPP 身份验证协议(PPP Authentication Protocol)	(42)
3.3.1 PAP	(43)
3.3.2 CHAP	(43)
3.4 PPP 封装与验证过程(PPP Encapsulation and Verification)	(44)
3.5 配置 PPP(Configuration PPP)	(48)
3.5.1 配置 PPP 封装(Configuration PPP Encapsulation)	(48)
3.5.2 配置 PPP 身份验证(Configuration PPP Authentication)	(49)
3.6 串行接口故障排除(Troubleshooting a Serial Interface)	(50)
习题(Review Question)	(54)
第4章 ISDN 和 DDR (ISDN and DDR)	(57)
4.1 ISDN 概述(ISDN Overview)	(57)
4.1.1 ISDN 标准及接入方式(ISDN Standards and Access Methods)	(60)
4.1.2 ISDN 三层模型及协议(ISDN Layered Model and Protocols)	(60)

4.1.3	ISDN 呼叫建立 (ISDN Messaging-Call Setup)	(62)
4.1.4	ISDN 功能和参考点 (ISDN Functions and Reference Points)	(64)
4.1.5	确定路由器的 ISDN 接口 (Determining the Router ISDN Interface)	(66)
4.2	ISDN 配置 (ISDN Configuration)	(66)
4.2.1	ISDN 交换机类型 (ISDN Switch Types)	(67)
4.2.2	配置 ISDN BRI (Configuring ISDN BRI)	(68)
4.2.3	服务档案标识符 (ISDN SPID)	(69)
4.2.4	配置 ISDN PRI (Configuring ISDN PRI)	(70)
4.2.5	验证 ISDN 配置 (Verifying ISDN Configuration)	(72)
4.3	按需要拨号路由 (Dial-on-demand Routing)	(74)
4.3.1	DDR 概述 (DDR Overview)	(74)
4.3.2	DDR 运行方式 (DDR Operation)	(75)
4.4	配置 DDR (Configuring DDR)	(76)
4.4.1	为 DDR 定义静态路由 (Define Static Route for DDR)	(76)
4.4.2	指定期望流量 (Define Interesting Traffic for DDR)	(77)
4.4.3	拨号者列表 (Dialer List)	(77)
4.4.4	拨号者组 (Dialer Group)	(78)
4.4.5	拨号者映射 (Dialer Map)	(79)
4.4.6	DDR 的可选配置 (DDR Configuration Option)	(80)
4.5	验证和监视 ISDN 连接 (Verifying and Monitor ISDN Configuration)	(82)
4.5.1	show 命令 (Show Command)	(82)
4.5.2	debug 命令 (DEBUG Command)	(85)
4.5.3	ISDN 故障排除 (Troubleshooting for the ISDN)	(87)
	习题 (Review Questions)	(88)
第 5 章	帧中继 (Frame Relay)	(91)
5.1	帧中继概述 (Frame Relay Overview)	(91)
5.1.1	帧中继术语 (Frame Relay Terminology)	(92)
5.1.2	帧中继 DLCI (Frame Relay DLCI)	(94)
5.1.3	帧中继本地管理接口 (LMI)	(96)
5.1.4	反向 ARP (Inverse ARP)	(98)
5.2	帧中继运行总结 (Frame Relay Operation Summary)	(100)
5.3	基本帧中继配置 (Configuring Basic Frame Relay)	(101)
5.3.1	基本配置步骤 (Configuring Basic Steps)	(101)
5.3.2	配置帧中继映射 (Configuring Frame Relay Mapping)	(102)
5.3.3	其他可选命令 (Other Commands)	(103)
5.4	帧中继子接口配置 (Configuring Frame Relay Subinterface)	(103)

5.4.1 帧中继的子接口 (Frame Relay Subinterfaces)	(103)
5.4.2 帧中继的网络拓扑 (Frame Relay Topology)	(104)
5.4.3 子接口解决可达性问题 (Reachability Issues with Subinterfaces)	(105)
5.4.4 子接口的配置 (Configuring Frame Relay Subinterfaces)	(106)
5.5 帧中继配置的验证 (Verifying the Frame Relay Configuration)	(108)
习题 (Review Questions)	(112)
第6章 网络管理 (Network Administration)	(115)
6.1 工作站和服务 (Workstations and Servers)	(115)
6.1.1 工作站 (Workstations)	(116)
6.1.2 服务器 (Servers)	(116)
6.1.3 客户机/服务器关系 (Client/Server Relationship)	(117)
6.1.4 网络操作系统 (NOS)	(119)
6.1.5 Windows NT、Windows 2000 和 Windows .NET (Windows NT、Windows 2000 and Windows .NET)	(120)
6.1.6 Unix 和 Linux (Unix and Linux)	(120)
6.1.7 Macintosh 操作系统 (Macintosh OS)	(121)
6.2 服务器上的服务 (Service on Servers)	(122)
6.2.1 文件共享 (File Share)	(122)
6.2.2 FTP 和文件传输 (FTP and File Transfer)	(122)
6.2.3 Web 服务 (Web Service)	(123)
6.2.4 域名解析服务 (DNS)	(123)
6.2.5 动态主机配置协议 (DHCP)	(123)
6.3 网络管理 (Network Management)	(123)
6.3.1 OSI 和网络管理模型 (OSI and Network Management Model)	(124)
6.3.2 SNMP 和 CMIP 标准 (SNMP and CMIP Standards)	(125)
6.3.3 SNMP 操作 (SNMP Operation)	(125)
6.3.4 管理信息和 MIB 结构 (Management Information and MIB Structure) ...	(128)
6.3.5 SNMP 协议 (SNMP Protocol)	(129)
6.3.6 配置 SNMP (Configuring SNMP)	(131)
6.3.7 系统日志 (Syslog)	(131)
习题 (Review Questions)	(133)

第 1 章 广域网技术

Typically, LAN connections are within a company, when the company grows beyond a single location, it is necessary to interconnect the LANs in the various branches to form a Wide Area Network (WAN). There are many options currently available today for implementing WAN solutions. They differ in technology, speed and cost. Familiarity with these technologies is an important part of network design and evaluation.

This chapter introduces you to WAN concepts, including WAN devices, standards and encapsulation. Through comparing and contrasting current WAN technologies, you will be able to apply the techniques to design or upgrade WANs.

1.1 广域网概述(WAN Overview)

局域网(Local Area Network, LAN)主要用来连接公司内部的网络,当企业的地理位置超出单一的范围,就需要使用广域网(Wide Area Network, WAN)进行互连。所以,广域网是一种运行的地域超过局域网的数据通信网络。广域网和局域网的主要区别之一是需要向外部的广域网服务提供商申请订购广域网电信网络服务。一般使用电信运营商提供的数据链路在广域网范围内访问网络。

广域网服务提供商可以提供各种速率的广域网链路,单位可以是比特每秒(bps)、千比特每秒(kbps,1000bps)、兆比特每秒(Mbps,1000kbps)或吉比特每秒(Gbps,1000Mbps)。以上的描述一般指全双工,所以同时地,一条 E1 线路双向都是 2Mbps,或 T1 线路双向都是 1.5Mbps。表 1-1 中列出了常用的广域网电路类型和带宽。由于传输距离较局域网长,所以 WAN 的数据传输速率比较低。

Table 1-1 The Circuit Types and Bandwidth in WAN

Type	Signal Standard	Bit Rate
56	DS0	56kbps
64	DS0	64kbps
T1	DS1	1.544Mbps
E1	ZM	2.048Mbps
J1	Y1	2.048Mbps

续表

Type	Signal Standard	Bit Rate
E3	M3	34.064Mbps
T3	DS3	44.736Mbps
OC-1	SONET	51.840Mbps
OC-3	SONET	155.520Mbps
OC-9	SONET	466.560Mbps
OC-12	SONET	622.08Mbps
OC-18	SONET	933.12Mbps
OC-24	SONET	1244.16Mbps
OC-36	SONET	1866.24Mbps
OC-48	SONET	2488.32Mbps
OC-96	SONET	4976.640Mbps
OC-192	SONET	9953.280Mbps

1.2 广域网设备与组件(WAN Devices and Module)

广域网本质上是由服务提供商的通信链路连接起来的一组局域网。由于通信链路不能直接接入局域网中,所以需要各种接口连接设备。

放置在用户端的设备,被称为客户端设备(Customer Premises Equipment,CPE)。这种设备属于用户所有或者是服务提供商租用给用户(如调制解调器、路由器),如图 1-1 所示。而使用铜线(copper wire)或者光纤(optic fiber)将 CPE 连接到服务提供商的最近的交换或中心局(Central Office,CO),这段线缆通常被称作本地环路(Local Loop)或者“最后英里”(last-mile)。

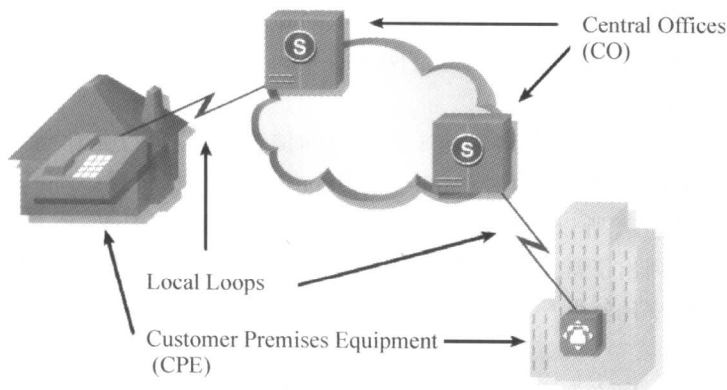


Figure 1-1 WAN Example

当本地环路传输数据时,需要类似调制解调器(modem)之类的设备。那些在本地环路上传输数据的设备叫做数据电路终端设备(Data Circuit-terminating Equipment,DCE)。而那些将数据传输给 DCE 的客户设备就叫做数据终端设备(Data Terminal Equipment,DTE)。如图 1-2 所示,DCE 连接到 DTE,为 DTE 提供了一个进入广域网通信链路的接口。DCE 可以终止两个站点间的连接,也可以为其提供时钟与同步(synchronism)。除了 modem 外,CSU/

DSU、NT1 等也是典型的 DCE 设备。而 DTE 设备包括路由器、服务器和 PC 等终端设备。DTE 和 DCE 都是客户端设备。

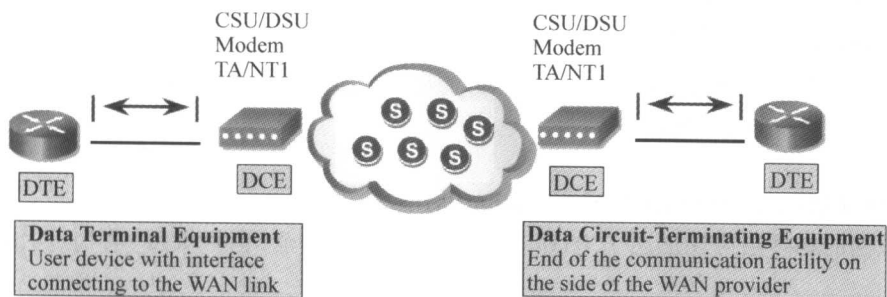


Figure 1-2 DCE/DTE

如果本地环路是模拟线路 (analogue line), 使用 modem 来调制 (modulate) 和解调 (demodulate) 数据。对于数字线路 (digital line), 就需要一个信道服务单元 (Channel Service Unit, CSU) 和一个数据服务单元 (Data Service Unit, DSU)。在实际中这两个单元通常都合并在一台设备中, 即 CSU/DSU。有时候 CSU/DSU 就内建于路由器的接口卡中。

分界点 (demarcation point), 也就是通常所说的 demarc, 也是广域网中比较重要的一个概念。这个点标识了服务提供商或电话公司所负责的网络最终点。分界点对于美国和非美国的电话公司来讲, 其界定是不同的。在美国, 电话公司提供本地环路连接到消费者的建筑物, 由消费者提供活动设备 (CSU/DSU) 作为本地环路的终止点, 这些设备通常放置在电信配线间中。因此, 当这些设备故障时, 消费者有责任对它进行维护和更换。

在北美地区, 网络终端类型 1 (NT1) 设备属于用户室内设备 (CPE)。而在世界上其他地区, NT1 属于由服务商提供和管理的网络部分, 这样可以使电话公司对本地环路进行主动的管理和排错。分界点位于 NT1 设备之后。用户把 CPE 设备——通常为一路由器或一台帧中继接入设备与 NT1 相连, 在连接时, 一般使用诸如 V.35 或 RS-232 之类的串行接口。

如图 1-3 所示, 上部为美国标准的分界点的定义, 而下部为国际标准的分界点定义。其实质就是是否将 DCE 设备看作是服务提供商网络的一部分。

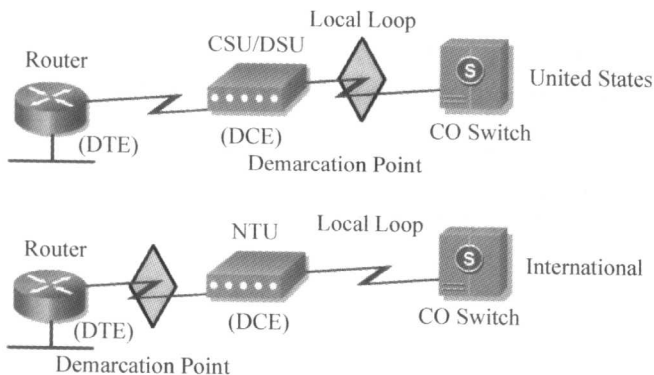


Figure 1-3 Demarcation Point

1.3 广域网标准(WAN Standards)

广域网使用 OSI 分层参考模型,类似于局域网。但是广域网主要关心下两层。广域网标准主要描述物理层的传送方式和数据链路层的要求,包括寻址(addressing)、流量控制(flow control)和封装(encapsulation)。

1.3.1 物理层标准(Physical Layer Standards)

广域网的物理层协议描述了 DTE/DCE 接口的特定规范,包括机械、电气、功能和规程特性:

- 机械的(Mechanical):定义物理上的特性,如插脚的数量、连接器的类型等。
- 电气的(Electrical):为表示 0/1 定义电压标准。
- 功能的(Functional):指定接口中每一条信号线路在工作时所执行的功能。例如在 EIA/TIA-232 和 DB.25 标准中,2 号线用来传输 DTE/DCE 的信号;3 号线用来在 DTE 接收来自于 DCE 的信号;15 号线用来传输时钟信号。
- 规程的(Procedural):指定数据传输时事件产生的次序。

连接到广域网的设备,通常是一台路由器,即 DTE。而连接另一端的设备即 DCE,为服务提供商提供接口。表 1-2 列举了广域网常用的物理层标准,而图 1-4 是与其对应的连接器(connector)。

Table 1-2 WAN Physical Layer Standards

Standard	Description
EIA/TIA 232	在近距离范围内,允许 25 针 D 连接器上的信号速度最高可达 64kbps。以前被称为 RS-232。ITU-T V.24 规范中也是一样。
EIA/TIA 449	EIA/TIA 232 的高速版本(最高可达 2Mbps)。使用 36 针 D 连接器,传输距离更远。
EIA-530	有几个版本。也被称为 RS-422 和 RS-423。
EIA-TIA 612/613	高速串行接口(HSSI)。在 50 针 D 连接器上提供速度高达 52Mbps 的访问服务。
V.35	用于高速同步数据交换的 ITU 标准。在美国,V.35 是大多数路由器和连接到 T1 线路的 DSU 的接口标准,使用 34 针矩形连接器,传输速率可达 48kbps。
X.21	用于同步数据通信的 ITU-T 标准。它使用 15 针 D 连接器。这种类型的连接器主要用于欧洲和日本。

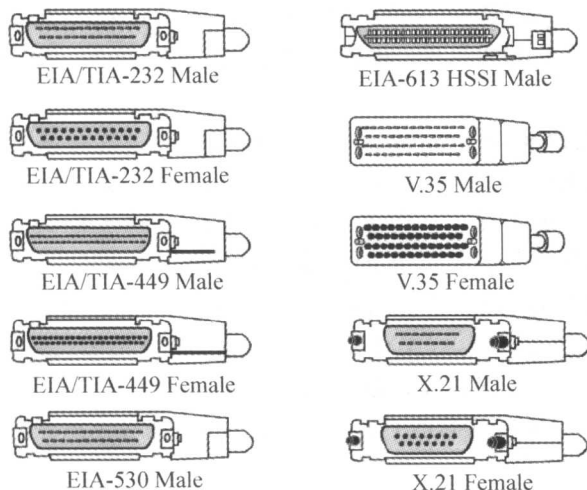


Figure 1-4 WAN Connectors

NOTES: Synchronous serial interfaces have either a DB-60 or DB-26 connector for connecting to Cisco routers.

1.3.2 数据链路层标准 (Data Link Layer Standards)

广域网数据链路层协议定义如何将数据封装并传输到远程站点,以及传输这个封装帧的机制。虽然采用多种不同的技术,比如 ISDN、帧中继 (Frame Relay) 和异步传输模式 (ATM),但是它们几乎都使用相同的基本成帧机制,即高级数据链路控制 (High-level Data Link Control, HDLC),这是一个 ISO 标准,或者是 HDLC 的一个子集或变体,如图 1-5 所示。

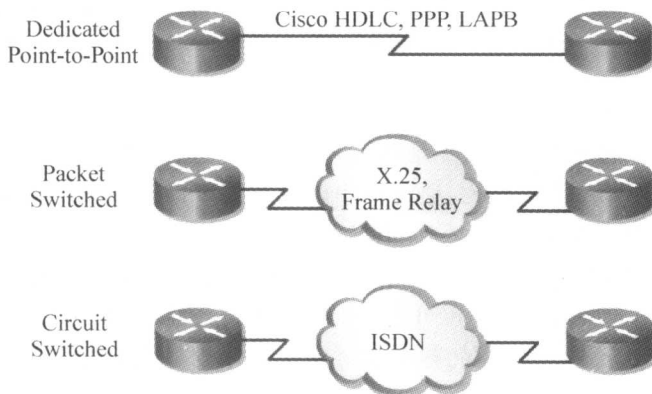


Figure 1-5 WAN Data Link Layer Protocol

1.4 广域网封装 (WAN Encapsulation)

为了在一般是点到点的物理链路上进行传输,数据要从网络层传递到数据链路层。数据链路层构造一个帧来封装网络层数据,以便进行必要的检查和控制。为了确保使用正确

的封装协议,在路由器上必须为每个串行接口配置所使用的第二层封装类型。封装类型的选择取决于广域网技术和通信设备。前面我们介绍过,大多数的成帧都基于 HDLC 标准。

1.4.1 常用封装方法 (Common Encapsulation Methods)

最初的串行通信都是基于面向字符的通信。在 1979 年,国际标准化组织 (ISO) 使 HDLC 标准化,它作为一种标准的面向比特的数据链路层协议,用来封装同步串行数据链路中的数据。这次标准化使得其他委员会采用了 HDLC,并且扩展了该协议。自 1981 年以来,ITU-T 发展了一系列的 HDLC 派生协议,称为链路接入协议 (Link Access Protocol, LAP)。X.25 使用的平衡式链路接入过程 (LAPB)、ISDN 使用的 D 信道链路接入过程 (LAPD)、调制解调器链路接入过程 (LAPM),调制解调器使用的点到点协议 (PPP) 和帧中继链路接入过程 (LAPF) 都是一些派生协议的例子。表 1-3 是主要的封装方法。

Table 1-3 Common Encapsulation Methods

Protocol	Description
高级数据链路控制 HDLC (High-level Data Link Control)	IOS 标准,基于同步和异步传输
平衡式链路接入过程 LAPB (Link Access Procedure Balanced)	用于 X.25,扩展了检错和纠错
D 信道链路接入过程 LAPD (Link Access Procedure on the D channel)	用于 ISDN,通知呼叫连接的建立和挂断
帧中继链路接入过程 LAPF (Link Access Procedure for Frame Relay)	用于帧中继的 DTE 和 DCE 之间,与 LAPD 类似
点到点协议 PPP (Point-to-Point Protocol)	用于拨号的最常用封装协议,提供认证、协议处理、压缩和检错
调制解调器链路接入过程 LAPM (Link Access Procedure for Modems)	用于调制解调器的数据封装方式,提供错误校验

1.4.2 HDLC

HDLC 用于在不可靠线路上可靠地传输数据,因此包括了用于流量和错误控制的信令机制。HDLC 定义了第二层帧结构,通过使用确认和窗口操作方案进行流量控制和差错控制。不管是数据帧还是控制帧,格式都相同。

如图 1-6 所示,HDLC 帧通常以一个 8 比特标志字段开始和结尾:比特模式 01111110 或 7E16(16 进制)。由于实际数据中也可能出现这种形式,所以发送 HDLC 的系统通常在数据字段中每 5 个 1 后插入 1 位 0 比特,这样实际上标志序列只会出现在帧尾。接收系统剔除

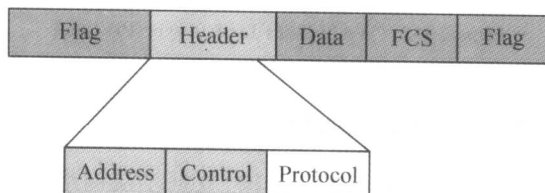


Figure 1-6 HDLC Frame Format

插入的比特。当一个帧紧接在一个帧之后发送时,前一个帧的结尾标志被用作下一个帧的开始标志。

点到点的广域网链路不需要地址字段,但帧结构中仍然保留这个字段。它的长度为1或2字节。控制字段指示帧的类型,可以是信息帧、监控帧或无编号帧。控制字段一般是1字节,但扩展的滑动窗口系统是2字节。地址字段和控制字段合起来称为帧头(Frame Header)。

控制字段后面的就是封装的数据,然后是使用循环冗余校验机制的帧校验序列(FCS),它是一个2或4字节长的字段。

标准的 HDLC 原本不支持在单一链路中传输多种协议,这是因为 HDLC 无法标识所携带的是哪种协议。Cisco 提出了一种专有的 HDLC 版本。Cisco 的 HDLC 帧中使用了一个专有类型字段,这个字段等同于一个协议字段,使 HDLC 在同一链路中传输多种网络层协议数据成为可能。HDLC 是 Cisco 路由器串行接口默认的第二层封装协议。

HDLC 定义了三种类型的帧,如图 1-7 所示,每一种帧类型都拥有不同的控制字段格式。

- 信息帧(I-帧): 为站点携带传输的数据。附加了可以由信息帧捎带的流量控制和错误控制数据。
- 监控帧(S-帧): 在没有使用捎带信息时,为通信提供了请求/响应机制。
- 无编号帧(U-帧): 提供了补充的链路控制功能。如连接设置。代码字段标识了无编号帧的类型。

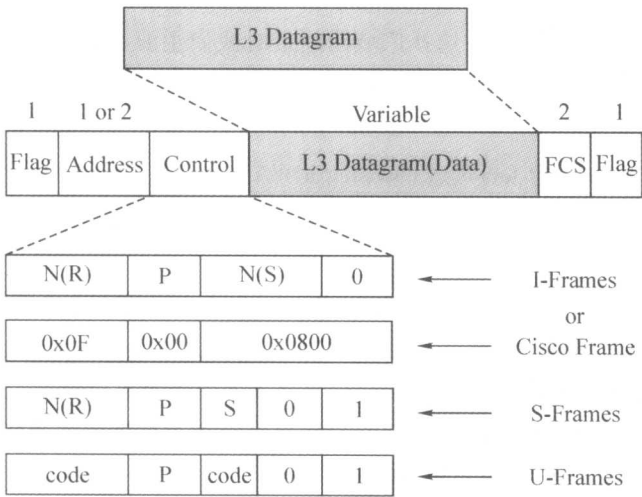


Figure 1-7 Types of HDLC Frame

控制字段的首个或前两个比特用于标识帧类型。在信息帧的控制字段中,发送序号指出了下一个要发送帧的编号。接收序列号提供下一个要被接收的帧的编号。发送方和接收方都维护着发送和接收的序列编号。

NOTES: HDLC is the default encapsulation on synchronous serial interfaces of Cisco routers.

1.4.3 配置 HDLC (HDLC Configuration)

默认情况下, Cisco 设备在同步 (synchronism) 串行线路上采用 Cisco HDLC 串行封装方法。可是, 如果串行接口被配置成其他的封装协议, 这时需要将接口的封装协议重新改回成 HDLC。此时应进入串行接口的接口配置模式。然后输入 `encapsulation hdlc` 这条接口配置命令, 指定接口的封装为 HDLC:

```
router(config) # interface serial [ slot_# / ] port_#  
router(config-if) # encapsulation hdlc
```

Cisco 的 HDLC 是一个点到点协议, 可以在两台 Cisco 设备之间的租用线上使用它。如果我们只在一台设备上配置了 HDLC 封装, 而在另一端并没有配置, 那么该数据链路层将失效。当与一台非 Cisco 设备通信时, 同步的 PPP 协议是一个更为可行的选择。

NOTES: Use the `show interfaces` command to see the encapsulation type. Use the `encapsulation hdlc` command to change the serial interface's encapsulation to Cisco's HDLC. Please note that if one router is a Cisco router and the other a non-Cisco one, the physical layer will be up, but the data link layer will fail (down).

1.5 广域网连接 (WAN Connection)

广域网有多种连接的方式, 在选择广域网连接时我们主要考虑两点: 成本 (cost) 和解决方案类型。以下小节讨论常用于广域网连接的技术。

NOTES: The most important factor in choosing a WAN service is cost.

1.5.1 电路交换 (Circuit Switching)

电路交换 (Circuit Switching) 用于建立两个不同地域点间的语音或数据连接。在有用的通信开始之前, 需要通过设置交换来建立连接。这由电话系统通过在普通的语音级线路和 ISDN 数字线路上拨号来完成。电路交换连接包括下面的类型:

- 异步串行连接: 这包括模拟调制解调器拨号连接与标准电话系统, 通常被电话运营商称作普通老式电话服务 (Plain Old Telephone Service, POTS)。
- 同步串行连接: 这包括数字 ISDN 基本速率接口 (Basic Rate Interface, BRI) 及 ISDN 基群速率接口 (Primary Rate Interface, PRI) 拨号连接。它们提供保证带宽。

为了避免建立连接所产生的延迟, 电话服务提供商在他们的系统上也提供永久式电路 (Permanent Circuits)。这种专用 (dedicated) 或租用线 (Leased Lines) 提供比交换式电路更高的可用带宽。但价格比较昂贵。

1.5.2 分组交换 (Packet Switching)

因为网络中的数据流是突发的, 不管是交换式电路还是永久式电路, 用户都不能够有效