

网络工程师系列丛书

Cisco Catalyst 系列交换机的使用与组网技术

刘鲁川 王小斌 矫立峰 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

Cisco 系列交换机是网络建设中应用非常普遍的产品。本书较详尽地介绍了 Cisco 1900、2800、2900、3500、5000、8000 等交换机的安装、配置、管理等技术,并结合实例介绍了 Cisco 产品的组网技术。

本书几乎涵盖了 Cisco 系列交换机的全部产品,内容全面,实用性和可操作性强。本书对初学者和有一定网络知识基础的人员都具有一定的参考价值。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: Cisco Catalyst 系列交换机的使用与组网技术

作 者: 刘鲁川 王小斌 矫立峰 编著

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

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

责任编辑: 闫红梅

印 刷 者: 清华大学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 454 千字

版 次: 2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05374-X/TP·3160

印 数: 0001~4000

定 价: 28.00 元

前 言

在全球因特网的主干中，大约有 75% 的产品是 Cisco 的网络产品。在中国，Cisco 产品的需求一直呈强劲增长的势头。从 Cisco 公司公布的 2001 年的年报中获知，Cisco 在亚太区的收入大约 50% 来自中国，这使中国跻身于 Cisco 全球第四大市场。

在国内一浪高过一浪的园区网建设中，Cisco 的交换式网络愈加成为人们关注的重点。对 Cisco 系列交换机的学习、使用与管理日益成为业内人士亟待解决的问题。这也是我们写作此书的初衷。

在写作中，我们试图贯穿实用和全面的特性。尽管我们也用了些篇幅介绍网络和交换等基本概念，但更多的是围绕着 Cisco 系列交换机的安装、调试、配置和管理等使用技术展开的。因此，对书中所涉及的交换机，我们都尽可能地详细介绍了多种配置和管理的方法，以期使读者在交换机前一边看书一边就能对其进行配置。

全书的写作思路和结构是这样的：

第 1 章，介绍了计算机网络的原理、交换和交换机的概念、Cisco 系列交换机产品、Cisco IOS 操作系统、几种常用的配置工具的使用。

第 2 章，Cisco 1900/2900XL/3500XL 等交换机的介绍。主要论述了作为桌面和工作组交换机的基本特性、配置管理基础、端口配置与管理、地址配置与管理、SNMP 的配置、VLAN 的配置、快速以太通道的配置等。

第 3 章，Cisco 5000 系列交换机的配置与管理。Cisco 5000 系列交换机主要用于中型网络的主干网，本章主要讲述了 5000 系列的各种型号交换机及其监控机的各种模块的基本性能、特征，交换机的基本配置，VTP 和 VLAN 的配置，FDDI 和 Token Ring 以及 ATM 模块的配置方法等。

第 4 章，Cisco 8500 系列交换机介绍。8500 系列交换机是 Cisco 近一两年来推出的用于网络高端的路由交换机。从目前出版的有关 Cisco 交换机的中文书籍来看，鲜有对 8500 系列进行介绍的。因此，我们在这一章里较详尽地论述了 8500 系列交换机的物理特性、安装及配置。由于 8500 系列交换机具有三层交换的功能，因而，介绍了其 OSI 低三层的特性、交换机的路由及交换处理器、端口、协议、桥接、VLAN、端口聚合配置、寄存器设置等内容；并给出了两个综合配置的实例。

第 5 章，网络设计的一般过程与 Cisco 组网案例分析。第 2、3、4 章从非常实用的角度介绍了各种 Cisco 交换机的配置与使用，本章则是从网络工程的角度，介绍了网络建设的一般过程与遵循的一般原则，通过许多 Cisco 组网案例的分析，以期使读者能体会不同的 Cisco 交换机在一具体网络中的地位，以及它们之间如何搭配、如何方便地进行管理等。

本书第 2、3 章由矫立峰编写，第 1、4 章由王小斌编写，第 5 章由刘鲁川和王小斌共同编写，此外，刘鲁川负责全书的策划，以及写作提纲的撰写和最后的修改、定稿。

全书编写的角度、内容的组织与写作方法等既有别于 Cisco 交换机的原版操作手册，也有别于多以介绍网络交换原理为主的中文译著。其中，许多简单实用的配置方法、对园区网建设的规划与实施以及如何用 Cisco 系列交换机相互搭配组建性能价格比高的园区网等等，都倾注了我们多年来学习和工作的心得。我们谨以此奉献给广大的读者朋友。因时间仓促，书中不妥之处在所难免，恳请读者朋友批评指正。

编 者

2002 年 1 月

目 录

第 1 章 交换机工作原理概述.....	1
1.1 计算机网络的概念和功能.....	2
1.1.1 网络协议和 OSI 七层模型.....	2
1.1.2 TCP/IP 协议.....	3
1.1.3 计算机网络分类和基本组成.....	3
1.2 交换的概念和原理.....	6
1.2.1 传统交换技术.....	6
1.3 交换机工作原理.....	7
1.3.1 交换机的概念.....	7
1.3.2 交换机的物理特性.....	8
1.3.3 交换机的作用.....	9
1.3.4 交换机的工作原理.....	9
1.3.5 交换机的分类及功能.....	10
1.3.6 局域网交换机的种类.....	11
1.3.7 交换机的重要技术参数.....	11
1.4 多层交换.....	14
1.4.1 多层交换的概念.....	14
1.4.2 多层交换出现的原因.....	15
1.5 Cisco 交换机产品介绍.....	16
1.5.1 Cisco 交换机产品概览.....	17
1.5.2 Cisco 交换机产品介绍.....	17
1.5.3 低端产品.....	17
1.5.4 中端产品.....	18
1.5.5 高端产品.....	19
1.6 Cisco 交换机专用技术.....	22
1.6.1 快速以太通道 (FEC).....	22
1.6.2 交换机间链路状态协议 (ISL).....	22
1.6.3 快速前向发送 (CEF).....	22
1.6.4 网络流技术 (NetFlow).....	22
1.7 Cisco 交换机的管理技术.....	23
1.7.1 Cisco 交换机的几种常用设置方式.....	23
1.7.2 三种设置管理工具.....	24

1.8	IOS 及其常用命令	27
1.8.1	IOS 的概念和特点	27
1.8.2	IOS 基本命令集	28
1.9	虚拟局域网 (VLAN) 技术	32
1.9.1	VLAN 的概念和特性	32
1.9.2	中继协议——VTP	33
1.9.3	生成树协议——STP	34
1.9.4	VLAN 的划分策略	34
1.9.5	VLAN 的实际使用价值	35
第 2 章	Catalyst 1900/2900XL/3500XL 系列交换机的配置与管理	37
2.1	基本特性	38
2.1.1	产品综述	38
2.1.2	产品特征和性能	40
2.2	交换机面板描述	41
2.2.1	10Mbps 端口	42
2.2.2	100Mbps 端口	42
2.2.3	Catalyst 2900XL 系列交换机的 LRE 端口	43
2.2.4	Catalyst 2900XL 系列交换机的扩展槽	44
2.2.5	LED 和模式	44
2.2.6	后面板描述	45
2.2.7	电源系统	46
2.2.8	控制端口	46
2.2.9	AUI 端口	47
2.3	Catalyst 3500XL 系列交换机简介	47
2.4	配置管理基础	47
2.4.1	配置与管理的软硬件需求	48
2.4.2	简单网络管理协议 (SNMP)	48
2.4.3	菜单管理方式介绍	49
2.5	交换机群集管理	50
2.5.1	群集管理概述	51
2.5.2	堆叠连接方式	52
2.5.3	CMS 介绍	52
2.5.4	群集创建	54
2.5.5	群集中交换机配置的自动改变	56
2.5.6	在群集中增加和删除成员交换机	57
2.6	Catalyst 1900/2900XL 交换机配置基础	58
2.6.1	以超级终端方式配置 IP 地址、网关信息	58

2.6.2	访问交换机主页	60
2.7	端口配置与管理	62
2.7.1	启用和禁用端口	63
2.7.2	端口状态	63
2.7.3	设置端口双工模式	65
2.7.4	启用和禁用不明 MAC 地址 Flooding	65
2.7.5	启用和禁用 100Mbps 端口的 ECC 功能	66
2.7.6	端口描述和统计信息	67
2.8	地址配置与管理	67
2.8.1	交换机端口的地址学习	67
2.8.2	修改地址存活时间	68
2.8.3	静态单点和多点传送地址表	68
2.8.4	端口安全设置	69
2.8.5	安全拒绝计数 SRC	69
2.8.6	简单网络管理协议 (SNMP) 的配置	70
2.9	VLAN 配置	71
2.9.1	VTP 管理域配置	72
2.9.2	定义 VLAN	72
2.9.3	绑定端口到 VLAN	73
2.9.4	配置 ISL Trunk	74
2.9.5	动态端口 VLAN 成员配置	76
2.10	快速以太通道配置	76
2.11	配置 TACACS+	78
2.11.1	理解 TACACS+	78
2.11.2	定义 TACACS+ 服务器	78
2.11.3	配置 AAA/TACACS+	79
2.11.4	本地认证配置实例	79
2.12	监控连接性能	80
2.12.1	显示连接性能曲线图	80
2.12.2	查看连接报告	81
2.13	网络集成实例	81
第 3 章	Catalyst 5000 系列交换机的配置与管理	83
3.1	Catalyst 5000 系列监控机	84
3.1.1	Catalyst 5000 系列监控机功能介绍	84
3.1.2	Catalyst 5000 系列监控机上行链路模块	85
3.1.3	Catalyst 5000 系列监控机前面板特征	86
3.1.4	Catalyst 5000 系列监控机存储器	87

3.2 Catalyst 5000 系列模块	88
3.2.1 模块地址	88
3.2.2 以太、快速以太和千兆以太交换模块	89
3.2.3 FDDI 和 CDDI 模块	90
3.2.4 ATM 模块	92
3.2.5 路由交换模块	92
3.2.6 令牌环 (Token Ring) 模块	93
3.2.7 网络分析模块和结构集成模块	94
3.3 Catalyst 5000 系列交换机产品综述	94
3.3.1 Catalyst 5002 交换机	94
3.3.2 Catalyst 5000 交换机	95
3.3.3 Catalyst 5505 交换机	96
3.3.4 Catalyst 5509 交换机	96
3.3.5 Catalyst 5500 交换机	97
3.3.6 Catalyst 2900 系列交换机	98
3.4 Catalyst 5000 系列交换机基本配置	98
3.4.1 Catalyst 5000 系列交换机配置基础	98
3.4.2 IP 地址和子网掩码的配置	99
3.4.3 自动获取 IP 地址的配置	101
3.4.4 默认网关和路由的配置	101
3.4.5 交换机系统管理	102
3.4.6 设置和覆盖密码	107
3.4.7 SNMP 参数的配置	107
3.4.8 IP 允许列表的配置	108
3.4.9 DNS 和 IP 主机表的配置	109
3.4.10 冗余监控机的配置	110
3.4.11 以太和快速以太模块的配置	113
3.4.12 快速以太通道和千兆以太通道的配置	116
3.5 Catalyst 5000 系列交换机高级配置与管理	120
3.5.1 配置生成树协议 (Spanning Tree)	120
3.5.2 优化生成树	123
3.5.3 VTP 的配置	126
3.5.4 VLAN 的配置	129
3.5.5 配置动态 VLAN	132
3.5.6 配置 Cisco 发现协议	137
3.5.7 配置 FDDI/CDDI 模块	139
3.5.8 配置 FDDI 中继 (Trunk)	142
3.5.9 配置令牌环 (Token Ring) 交换	144

3.5.10	配置 ATM	150
第 4 章	Catalyst 8500 系列交换机的配置与管理	160
4.1	Catalyst 8500 系列交换机的特性	161
4.1.1	Catalyst 8500 系列交换机性能简介	161
4.1.2	桥接层特性	164
4.1.3	网络层特性	165
4.1.4	Catalyst 8500 交换机在网络中的位置与作用	168
4.2	Catalyst 8500 系列交换机的组成	169
4.2.1	Catalyst 8510 交换路由器的组成	169
4.2.2	Catalyst 8540 交换机的组成	170
4.3	Catalyst 8500 系列交换机的安装	173
4.3.1	安装环境需求	173
4.3.2	电源需求	173
4.3.3	底座的安装	174
4.4	Catalyst 8510 交换路由器概述	176
4.4.1	Catalyst 8510 简介	177
4.4.2	路由处理器	177
4.4.3	交换接口模块	179
4.5	Catalyst 8540 交换路由器概述	180
4.5.1	Catalyst 8540 简介	180
4.5.2	接口模块和端口适配器	182
4.5.3	路由处理器	183
4.5.4	交换模块	183
4.5.5	风扇集	187
4.6	配置路由处理器和使用闪存卡	187
4.6.1	开始前的准备	188
4.6.2	为系统加电	189
4.6.3	配置 RP 的以太网接口	189
4.6.4	配置 BOOTP 服务器	190
4.6.5	设置 Enable 密码和 Enable Secret 密码	192
4.6.6	设置主机名和时钟	192
4.6.7	使用闪存卡	193
4.6.8	将修改后的配置存到 NVRAM 中	198
4.7	Catalyst 8500 交换机软件的配置	198
4.7.1	路由配置任务概论	199
4.7.2	进入配置模式	199
4.7.3	显示正在运行的配置	200

4.7.4	接口配置简介	200
4.7.5	配置 Catalyst 8540 交换机接口	201
4.8	划分 VLAN	203
4.8.1	VLAN 的配置步骤	204
4.8.2	验证 VLAN 操作	205
4.9	配置 IP 路由协议	205
4.9.1	支持的路由协议	205
4.9.2	路由协议配置命令及步骤	206
4.9.3	验证 IP 操作	207
4.10	配置 Novell IPX 协议	208
4.10.1	配置任务	209
4.10.2	验证 IPX 操作	209
4.11	配置 IP 多播路由	210
4.11.1	关于 PIM	211
4.11.2	配置任务	211
4.11.3	验证 IP 多播操作	212
4.12	配置网桥	212
4.12.1	网桥的配置步骤	213
4.12.2	监测桥接操作	214
4.13	配置集成的路由和桥接	214
4.13.1	配置需考虑的问题	215
4.13.2	配置任务	215
4.13.3	配置网桥组和可路由接口	216
4.13.4	配置 IRB 和 BVI	216
4.13.5	验证 IRB 操作	216
4.14	配置快速以太通道	217
4.14.1	配置任务	217
4.14.2	配置快速以太网接口	218
4.14.3	给 FEC 分配接口	218
4.14.4	从 FEC 删除接口	219
4.14.5	在快速以太通道上配置 ISL	219
4.14.6	监测快速以太通道状态	219
4.15	将配置修改结果存入 NVRAM	220
4.16	Catalyst 8500 交换机服务质量特性概述	221
4.16.1	关于服务质量机制	221
4.17	Catalyst 8500 系列交换机不支持的 Cisco IOS 命令	224
4.17.1	不支持的一般命令	224
4.17.2	不支持的 NOVELL IPX 命令	226

4.17.3	不支持的 IP 多播命令	227
4.17.4	不支持的桥接命令	227
4.17.5	不支持的其他命令	228
4.18	综合配置实例	228
4.19	变更软件配置的寄存器设置	240
4.19.1	软件配置寄存器概述	240
4.19.2	导入域	241
4.19.3	导入命令	241
4.19.4	改变软件配置寄存器值	241
4.19.5	导入任务及其寄存器值概要	242
4.19.6	理解导入域命令	243
4.19.7	在运行系统软件时改变寄存器设置	245
4.20	故障诊断与维护	246
第 5 章	网络设计的一般过程与 Cisco 组网案例分析	255
5.1	网络设计的一般过程	256
5.1.1	需求分析	256
5.1.2	制订设计目标	256
5.1.3	设计原则	256
5.1.4	网络结构设计	257
5.1.5	网络系统选型	261
5.1.6	设计网络层地址和命名规范	265
5.1.7	选择路由和网桥协议	265
5.1.8	系统管理	268
5.1.9	网络施工	269
5.2	Cisco 组网案例分析	274
5.2.1	基于 Cisco 千兆交换的中学校园网应用解决方案	274
5.2.2	某航空公司基于 Cisco 的企业网建设方案	276
5.2.3	Cisco 千兆以太网在证券行业中的成功应用	278
5.2.4	某高校基于 Cisco 的校园网建设方案	281

第1章

交换机工作原理概述

计算机和通信技术的结合正在推动着社会信息化的技术革命。人们通过连接一个部门、地区、国家、甚至全世界的计算机网络来获取、存储和处理信息。进入 20 世纪 90 年代以来,由计算机构成的通信网络已成为人们日常生活中必不可少的工具之一。学习和研究计算机网络方面的新技术对于我们进入信息化的社会是不可缺少的一个阶梯。本章将从计算机网络的概念、起源、发展、功能和分类讲起,进而介绍互连网络中交换机的概念、工作原理、使用方法以及分类等一些网络基础知识,并对 CISCO 公司所生产的系列交换机做较详细的介绍,使读者对网络中 Cisco 交换设备的选择和使用技术有一个大体的了解。

1.1 计算机网络的概念和功能

计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。随着计算机应用在各行业中的深入，特别是家用计算机也越来越普及，众多的计算机用户一方面希望能共享信息资源，另一方面也希望各计算机之间能互相传递信息进行通信。但由于各个家用计算机的硬件和软件配置一般都比较低，且功能也有限，因此，要求大型与巨型计算机的硬件和软件资源以及它们所管理的信息资源能够为众多的微型计算机所共享，从而充分利用这些资源，以满足计算机应用环境的各种需要。基于这些原因，就促使计算机向网络化发展，通过将分散的计算机连接成网，从而组成了计算机网络。现在比较公认的对计算机网络的定义或描述是：所谓计算机网络，就是把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的网络系统，从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息，共享硬件、软件、数据信息等资源。

一个计算机系统连入网络以后，具有共享资源、提高可靠性、分担负荷和实现实时管理等优点。

计算机网络的发展过程大致可以分为具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统、计算机网络三个阶段。

1.1.1 网络协议和 OSI 七层模型

在计算机网络中，要实现通信功能必须有一些约束规范，以对速率、传输代码、代码结构、传输控制步骤、出错控制等进行控制。这些控制措施被指定为一种标准并被称为通信协议。在计算机网络的通信过程中，为了使两个节点之间能进行对话，必须在它们之间建立通信工具（即接口），使彼此之间能进行信息交换。这个接口包括两部分：一是硬件装置，使用它来实现节点之间的信息传送；二是软件装置，具体规定双方进行通信的约定协议。协议通常由三部分组成：一是语义部分，用于决定双方对话的类型；二是语法部分，用于决定双方对话的格式；三是变换规则，用于决定通信双方的应答关系。在计算机网络中，由于节点之间的联系可能是很复杂的，因此，在制定协议时，一般是把复杂成分分解成一些简单的成分，再将它们复合起来，这样可以将复杂的问题简单化。最常用的复合方式是层次方式，即上一层可以调用下一层，而与再下一层不发生关系，各层之间通过接口来彼此应答。通信协议的分层是这样规定的：把用户应用程序作为最高层，把物理通信线路作为最低层，处于中间的协议处理分为若干层，规定每层处理的任务，也规定每层的接口标准。

由于世界各大型计算机厂商推出了各自的网络体系结构，因而国际标准化组织 ISO 于 1978 年提出了“开放系统互连参考模型”，即著名的 OSI (Open System Interconnection)。它将计算机网络体系结构的通信协议规定为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层等七层，受到计算机界和通信业界的极大关注。通过十多年的发

展, OSI 已成为各种计算机网络结构的靠拢标准。

1.1.2 TCP/IP 协议

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 协议是为美国 ARPA 网设计的, 目的是使不同厂家生产的计算机能在共同的网络环境下运行。当时 ARPA (高级研究计划署) 建立了 ARPANET, 为了实现异种网之间的互连与互通, 大规模地资助了网间网技术的研究开发, 并于 1977—1979 年间推出了与目前形式一样的 TCP/IP 体系结构和协议规范。后来, DARPA (美国国防部高级研究计划署) 开始将 ARPANET 上的所有机器转向 TCP/IP 协议, 并以 ARPANET 为主干建立了 Internet 要求 Internet 上的计算机均采用 TCP/IP 协议。后来出现的 UNIX 操作系统也把 TCP/IP 作为它的核心组成部分。TCP 是传输控制协议, 它规定一种可靠的数据信息传递服务。IP 协议又称为互联网协议, 它是支持网间互连的数据报协议, 提供网间连接的完善功能, 并包括 IP 数据报规定互连网络范围内的地址格式。TCP/IP 协议与低层的数据链路层和物理层无关, 这也是 TCP/IP 的重要特点。正因为如此, 它能广泛地支持由低两层协议构成的物理网络结构。TCP/IP 技术出现以来, 已得到长足的发展。利用 TCP/IP 技术, 可以在全球范围内连接成洲际网、全国网以及跨地区的局域网。

1.1.3 计算机网络分类和基本组成

1. 计算机网络的分类

计算机网络的种类很多, 根据各种不同的分类原则, 可以得到各种不同类型的计算机网络。比较常见的网络是按照规模大小和延伸范围来分类, 可划分为: 局域网 (LAN) 和广域网 (WAN)。Internet 可以视为世界上最大的广域网。另外, 按照网络的拓扑结构来划分, 可以分为环形网、星形网、总线型网等; 按照通信传输的介质来划分, 可以分为双绞线网、同轴电缆网、光纤网和卫星网等; 按照信号频带占用方式来划分, 又可以分为基带网和宽带网。传输介质是网络中发送方与接收方之间的物理通路, 它对网络数据通信的质量有很大的影响。常用的网络传输介质有以下四种:

- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆 (光导纤维)
- 无线通信 (微波/卫星通信)

(1) 局域网 (LAN)

局域网 (LAN) 是指在一个较小地理范围内的各种计算机网络设备互连在一起的通信网络。它可以包含一个或多个子网, 通常局限在几千米的范围之内。按照网络的拓扑结构和传输介质, 局域网通常可划分为以太网 (Ethernet)、令牌环网 (Token Ring)、光纤分布式数据接口 (FDDI)、异步传输模式 (ATM) 等, 其中最常用的是以太网。

局域网常用设备有：

- 网卡（NIC）：负责计算机与网络介质之间的电气连接、比特数据流的传输和网络地址确认。主要技术参数为带宽速度、总线方式、电气接口方式。

- 集线器（HUB）：主要指共享式集线器。相当于一个多口的中继器，一条共享的总线，能实现简单的加密和地址防范。主要技术参数为带宽速度、接口数、智能化（可网管）、扩展性（可级联和堆叠）。

- 交换机（SWITCH）：指交换式集线器。交换机的出现是为了提高原有网络的性能同时又保护原有投资，提高网络响应速度，提高网络负载能力。交换机技术正在不断更新发展，功能也不断加强，可以实现网络分段、虚拟子网（VLAN）划分、多媒体应用、图像处理、CAD/CAM、Client/Server 方式的应用。

不同型号的设备可提供多种不同的网络接口，以适应不同的传输介质（如光缆、双绞线）和速率（10Mbps 或 100Mbps）。

局域网具有广泛的应用。将基于个人计算机的智能工作站连成局域网，可以共享文件，相互协同工作，还可以共享磁盘、打印机等资源。

(2) 广域网（WAN）

广域网（WAN）是由相距较远的局域网或城域网互连而成，除了计算机设备以外，通常还要涉及一些电信通讯方式，以下是主要的几种：

- 公用电话网（PSTN, Public Switched Telephone Network）：速度为 9600bps~28.8Kbps，需要异步 Modem 和电话线，投资少，安装调试容易，常常用拨号访问方式。通常，我们访问 Internet 多采用此种方式。

- 综合业务数据网（ISDN, Integrated Service Data Network）：128Kbps 的基本接口，使用普通电话线，但需要电信局提供 ISDN 业务，采用数字传输，具有来电显示，拨通时间短（3s），费用约为普通电话的 4 倍。

- DDN 专线（Leased Line）：速度为 64Kbps~2.048Mbps（E1 标准），需要配同步 Modem，有 EIA/TIA232（V.24）和 V.35 两种标准，采用点对点的连接方式，结构不够灵活。

- X.25 网：速度为 9600bps~64Kbps，这是种比较古老的方式，应用广泛，采用冗余校验纠错，可靠性高，但速度慢、延迟时间长。

- 帧中继（Frame Relay）：这是种较新的技术，速度为 64Kbps~2.048Mbps（E1 标准）；采用一点对多点的连接方式，分组交换；运用了独特的 Bursty 技术（在传输信息量大的情况下可以超越传输线速度）；目前有些城市开通了 FrameRelay 服务。

- 此外还有用于广域网的 ATM 技术。

广域网还有一种重要的表现形式是城域网。城域网（MAN）主要是由某一城市区域内的各局域网互连而构成的。

广域网常用设备有：

- 路由器（Router）：广域网的通信过程与邮局中信件传递的过程类似，都是根据地址来寻找到达目的地的路径，这个过程在广域网中称为“路由（Routing）”。路由器负责不同广域网中各局域网之间的地址查找（建立路由）、信息包翻译和交换，实现计

计算机网络设备与电信设备电气连接和信息传递。因此，路由器必须具有广域网和局域网两种网络通信接口。

- 调制解调器 (Modem)：作为网络设备与电信通讯线路的接口，用来在电话线上传递数字信息。调制解调器分为同步和异步两种，分别用来与路由器的同步和异步串口相连接。

广域网中的电信通讯服务由电信局提供，路由器只提供相应的接口。路由器的广域网通信接口分为两大类，即同步串口 (Sync Serial Port) 和异步串口 (Async Serial Port)。Leased Line、Frame Relay、X.25 使用路由器的同步串口，ISDN 使用路由器的 ISDN BRI 口 (属同步口)，PSTN 使用路由器的异步串口。

2. 计算机网络的功能

一般来说，计算机网络具有以下一些主要功能：

- 资源共享
- 信息传输与集中处理
- 均衡负载与分布处理
- 综合信息服务

通过计算机网络可以向全社会提供各种经济信息、科研情报和咨询服务。其中，Internet 上的万维网 (WWW, World Wide Web) 服务就是一个最典型也是最成功的例子。又例如，综合业务数据网络 (ISDN) 就是将电话、传真机、电视机和复印机等办公设备纳入计算机网络中，提供了数字、语音、图形、图像等多种信息的传输。

计算机网络目前正处于迅速发展的阶段，网络技术的不断更新，进一步扩大了计算机网络的应用范围。除了前面提到的资源共享和信息传输等基本功能外，计算机网络还具有以下几个主要方面的应用。

(1) 远程登录

远程登录是指允许一个地点的用户与另一个地点的计算机上运行的应用程序进行交互对话。

(2) 传送电子邮件

计算机网络可以作为通信媒介，用户可以在自己的计算机上把电子邮件 (E-mail) 发送到世界各地，这些邮件中可以包括文字、声音、图形、图像等信息。

(3) 电子数据交换

电子数据交换 (EDI) 是计算机网络在商业中的一种重要的应用形式。它以共同认可的数据格式，在贸易伙伴的计算机之间传输数据，代替了传统的贸易单据，从而节省了大量的人力和财力，提高了效率。

(4) 联机会议

利用计算机网络，人们可以通过个人计算机参加会议讨论。联机会议除了可以使用文字外，还可以传送声音和图像。

总之，计算机网络的应用范围非常广泛，它已经渗透到国民经济以及人们日常生活的各个方面。