高等院校计算机应用系列教材

局域网组网实用教程

刘　建　陈小康　刘明春　主　编

代天成　张　笑　赵　杰　熊诗颜　副主编

清華大學出版社

北　京

内 容 简 介

本书基于编者多年的局域网组网课程教学经验以及在实际组网项目中的工程经验编写而成，坚持实用技术和工程实践相结合的原则，注重能力和技能的培养，所举的例子都来自编者的组网项目，有很强的针对性和实用性。

本书比较全面地介绍了局域网技术与组网工程的主要内容，全书共 7 章，具体内容包括：局域网基础知识、局域网的网络设备、交换技术与配置、路由技术与配置、服务器的配置、网络管理与维护、综合项目实训。本书图文并茂，内容新颖、翔实，理论和实践紧密结合，能反映当前局域网组网技术的发展水平。

本书可作为高等院校网络工程、计算机、电子信息及相关专业局域网组网课程教材，也可供从事相关专业的教学、科研及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

局域网组网实用教程 / 刘建，陈小康，刘明春主编. —北京：清华大学出版社，2024.2
高等院校计算机应用系列教材
ISBN 978-7-302-65430-8

Ⅰ. ①局… Ⅱ. ①刘… ②陈… ③刘… Ⅲ. ①局域网－组网技术－高等学校－教材
Ⅳ. ①TP393.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 043322 号

责任编辑：刘金喜
封面设计：高娟妮
版式设计：妙思品位
责任校对：成凤进
责任印制：刘海龙

出版发行：清华大学出版社
网　　址：https://www.tup.com.cn，https://www.wqxuetang.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-83470000　　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 装 者：小森印刷霸州有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　　张：**15.75　　**字　　数：**364 千字
版　　次：2024 年 4 月第 1 版　　**印　　次：**2024 年 4 月第 1 次印刷
定　　价：68.00 元

产品编号：099371-01

前　言

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合的产物，已成为现代社会中传递信息的重要工具，渗透于各行各业，为人们提供了极大的便利。局域网是计算机网络的最简形式，同时也是一切计算机网络的基础。只有组建高效、稳定、安全和易维护的局域网，用户才能够利用这个平台方便地进行资源共享、批量数据传输、即时通信。

当今，局域网发展势头迅猛，技术日新月异，某些技术指标甚至远超用户实际需求。因此，组建局域网络时，必须针对用户需求，遴选主流技术和设备，设计合理的解决方案、简洁高效的操作步骤。本书编者皆为一线教师和网络工程师，能将教学经验、工程经验相互融合，因此本书具有更加鲜明的实用特色。

本书的编写指导思想是理论知识适度、够用，从应用角度出发，以设备、服务配置为中心，讲述局域网技术和组建局域网的工程知识；重在操作能力的培养，立足于培养社会所需、有实干能力的应用型人才。

本书比较全面地介绍了局域网技术与组网工程的主要内容，全书共 7 章，各章内容如下：

第 1 章介绍计算机网络基础知识、局域网体系结构以及 IP 地址相关知识。

第 2 章介绍局域网组建中常用的设备，包括双绞线、同轴电缆、光纤、网卡、交换机、路由器等。

第 3 章详细介绍局域网组建过程中交换机的应用及具体配置方法和配置技巧。

第 4 章详细介绍局域网组建过程中路由器的应用及具体配置方法和配置技巧。

第 5 章以 Windows Server 2016 为基础平台，介绍 DNS 服务器、DHCP 服务器、FTP 服务器和邮件服务器等各种常用网络服务器的配置方法和技巧。

第 6 章介绍在网络管理中经常用到的网络管理及网络监控软件，常用的 ping、ipconfig、netstat 等命令的使用方法以及网络常见故障的类别和排除方法。

第 7 章以案例方式介绍企业网络建设项目、多区域 OSPF 网络建设项目和校园网建设项目。

本书可作为高等院校网络工程、计算机、电子信息及相关专业局域网组网课程教材，也可供从事相关专业的教学、科研、工程技术人员参考。

本书由刘建、陈小康、刘明春任主编，代天成、张笑、赵杰、熊诗颜任副主编，由刘

建、吴春容、赵杰对全书进行校对、统稿、审核。在编写过程中，得到了四川大学、电子科技大学、成都理工大学、成都信息工程大学、西南石油大学和四川师范大学相关专家、教授的大力支持和帮助，成都文理学院信息工程学院胡念青和陈坚教授提出了很多宝贵的意见和建议，在此一并表示衷心感谢。同时还要感谢清华大学出版社的大力支持。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和疏漏之处，敬请各位专家及读者批评指正。

本书 PPT 教学课件和习题答案可通过扫描下方二维码下载。

服务邮箱：476371891@qq.com。

教学资源下载

编写组

2023 年 5 月

目　录

第 1 章

局域网基础知识

本章重点介绍以下内容：

- 计算机网络基础知识；
- 局域网；
- 局域网体系结构；
- IP 地址。

综观 IT 发展史，可以看出数字技术出现过两次发展浪潮。第一次是以处理和存储技术为中心，以处理器和存储器的发展为核心动力，并由此产生了计算机工业，特别是 PC 工业，从而促使计算机得以迅速普及和应用。数字技术发展的第二次浪潮是以传输技术为中心，以网络发展为核心动力。随着通信技术的发展，人们开始寻求将计算机利用通信线路连接在一起以实现数据交换和资源共享的方法，并由此拉开了互联网的序幕。

1.1 计算机网络基础知识

1.1.1 计算机网络概述

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物，二者缺一不可。其核心支撑是微电子技术和光纤通信技术。为什么这样讲呢？大家知道，随着计算机技术的发展，计算机数据处理元件由最初的电子真空管历经晶体管、集成电路、大规模集成电路以及超大规模集成电路，其数据处理能力达到了一个前所未有的高度。而通信技术尤其是光纤通信技术(始于二十世纪八十年代中叶)的发展，使得信息的传输率也呈几何级数增长，从早期的每秒几兆位到如今干线上的每秒 10Gb，加之同步数字光纤通信技术(SDH)和波分复用技术(WDM)的推进，通信领域的发展前景也不可限量。正是这两项核心技术的支撑，成就了互联网这一人类技术文明史上最伟大的创造发明。

计算机网络这一概念可从不同的角度加以描述，概括地说，计算机网络可以被阐述和理解为：

(1) 将地理上分散的、具备独立功能的计算机通过通信设施及线路互连在一起，在一定的网络协议(软件)的支持与管理下，用以实现数据通信与资源共享的信息系统。

(2) 计算机技术与通信技术相结合以实现远程通信与资源共享的信息系统。

(3) 在网络协议(软件)的控制和管理下，由多台计算机主机、终端、通信设备和线路组成的计算机复合系统。

1.1.2 计算机网络发展历程

现代意义上的计算机网络诞生于美国。1969 年美国国防部研制的 ARPANET，采用“接口报文处理机”将四台独立的计算机主机互连在一起，实现数据的转发。这一网络雏形尽管只连接了四个节点且结构简单，但已蕴含了现代计算机网络的几个基本而核心的要素，即：多机独立对等、资源子网与通信子网分离、分组交换与分层协议控制等。

网络技术早期的发展是各自为政、互不相通的，较为典型的代表是 1974 年英国剑桥大学研制的剑桥环网(Token Ring)和 1975 年美国 Xerox 公司推出的实验性以太网(Ethernet)，上述两种网络都是只适用于短距离、区域性通信的所谓计算机局域网(LAN)。1976 年，适用于远程通信的公用分组交换协议——X.25 协议问世。另外，业界也相继提出了不同的网络系统内部的所谓体系结构，这是对网络内部组网方案和通信流程的一种总体定义和规范，可使诸厂商生产的各类计算机和网络设备按照相应的软、硬件配置要求而方便地互连和通信，其中最有代表性的是美国 IBM 公司提出的 SNA(系统网络体系结构)和 DEC 公司提出的 DNA(数字网络体系结构)。

但正是由于计算机网络早期研制的这种各自为政、互不相通的格局，使采用不同的体系结构、内部协议和组网方式的网络之间难以互联通信，这样计算机的联网与通信便只能局限在单一的区域性小型网络范围内，无法扩展，每一个网络都变成了一个“网络孤岛”，内部可以通信，但其间则难以联通。为此，国际标准化组织(ISO)在 1978 年提出了“开放系统互联/参考模型(OSI/RM)”，意在打破这一疆界和制约，形成一个更大范围的网络互联。尽管今天主流的、基于 TCP/IP 协议的互联网并未严格按照此模型组网，而是有所改进和变化(如增加了网际层即 IP 层，削弱了表示层和会话层)，但这一模型对于网络技术的发展、整合与标准化以及真正意义上互联网的产生都起到了非同寻常的作用。

而在计算机网络技术发展历程中，最具里程碑意义的是 1983 年问世的 TCP/IP 协议。在这一协议框架中，首次引入了“网际层”的概念，即在一个个具体的物理网络之间(或者之上)，架构一个 IP 层，利用它来屏蔽这些物理网络之间的差异，以此实现异种网络之间的互联。计算机网络发展至今，TCP/IP 协议意义非凡、功不可没，它已经演变为 Internet 事实上的工业标准。这一协议集的产生，客观地面对了计算机网络本身的复杂性和差异性，它允许各种物理网络之间存在巨大的差异性，无论它们是局域网还是广域网甚至只是一条点到点的数据链路，也无论它们内部的组网方式及采用何种具体的通信协议，只要这些网络都支持 TCP/IP 协议并在一定的多协议转换设备(如边界路由器)的支持下，即可实现网络互联。由此可见，我们平常所说的 Internet 并不是一个纯粹而单一的网络，而是一个由若干个地处不同空间位置、内部结构也可能完全不同的多个网络互联而成的网络，它实际上是一个网间网、网际网、网中网或者说网联网，如图 1-1 所示(R 为路由器)。

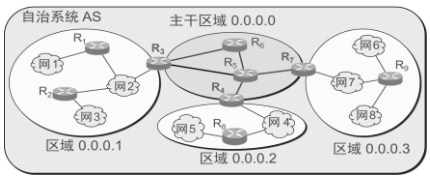

图 1-1　网络互联

1986 年美国 Cisco 公司的第一台支持多协议的路由器问世，为真正意义上的网络互联提供了硬件支持。而 1989 年欧洲高能物理研究所的科研人员提出了一种被称为 HTML 的超文本标记语言，用以组织各种计算机多媒体信息，并置于网上传播，这就是大家今天所熟悉的网页，并由此产生了基于超文本传输协议(HTTP)的万维网(world wide web，WWW)网络通信模型。

大家知道，计算机网络最初的应用主要集中在邮件通信和文件传输，范围和领域相对专业和局限，而 WWW 网络的出现使计算机网络技术得到真正的普及和推广并开始走向千家万户。网页成为网络中最为核心的信息载体，人们将现实世界中各种形式的信息以网页的形式组织在一起并置于大型的 Web 服务器主机上，用户只需要一个简单的浏览器软件即可检索、访问和下载它们，并获得形式新颖、丰富多彩的各类网络通信服务，如网上信息发布和浏览、网上购物、网上信息查询、网上事务处理、网上考试、网上聊天、网上看电影听音乐以及更为复杂的电子商务、电子政务、网络教育等。人们也正是通过这些网络应用，才开始接触网络、了解网络并喜欢上网络，最终变得离不开网络。计算机网络成了继报纸、广播和电视以外的名副其实的第四媒体(所谓的 i midea)，其在信息整合能力、传播速度高效快捷及跨地域、消除时空局限方面的特性和优势是传统媒体无法比拟的，它正在日益深刻地影响和改变着人们的日常生活以及人类社会的方方面面。

未来计算机网络的发展潜力巨大，前景将无比辉煌，粗略归纳，大致涉及以下几个方面：

(1) 一个目标，即全球信息高速公路(GII)的建设和发展。

(2) 两个支撑，即微电子技术与光电通信技术的发展，以进一步提高信息的处理能力和传输能力。

(3) 三个融合，即将现存的计算机网、电话网和广播电视网整合到一起，实现真正意义上的三网合一。

(4) 四个热点，即多媒体(计算机网络能够处理和传播的信息形式)、宽带(网络信息的传播速度)、移动通信(无线上网)与网络安全(信息保密与安全)。

综上所述，计算机网络技术从 1969 年诞生至今已有五十余年历史，其发展速度、应用范围以及对人类社会生活的影响力等方面在人类科技史上堪称之最。纵观其整个发展历程，大致经历了 4 个阶段，包括：联机终端系统阶段、通信子网和资源子网阶段、采用程序化标准体系结构阶段、宽带综合业务数据或信息高速公路阶段。从技术发展的角度可以分为：1969 年—1983 年：研发阶段；1983 年—1994 年：使用、推广阶段；1994 年至今：商用化与全面提升、普及阶段，并从单一、封闭的网络发展成为今天全球范围的网络互联。计算机网络技术发展的标志事件如图 1-2 所示。

1969 年: ARPANET
1970 年: UNIX 操作系统(美国 Bell 公司)
1972 年:以太网(Ethernet,美国 Xerox 公司)
1972 年:通过 ARP ANET 成功传输首封电子邮件
1974 年: SNA 体系结构(IBM 公司)
1976 年: X.25 协议 (广域网分组交换协议)
1978 年: ISO-OSI/RM 模型
1983 年: TCP/IP 协议
1986 年:首台 Cisco 多协议路由器
1989 年: WWW 与 HTML (欧洲高能物理研究所)
1993 年:首个网络浏览工具软件 Mosaic
1995 年:跨平台网络程序语言 Java

图 1-2　计算机网络技术发展的标志事件

1.1.3 计算机网络的功能

计算机网络的主要功能如下。

(1) 数据传输功能：计算机网络使用初期的主要用途之一就是在分散的计算机之间实现无差错的数据传输。计算机网络能够实现资源共享的前提条件，就是在源计算机与目标计算机之间完成数据交换任务。

(2) 资源共享功能：计算机网络建立的最初目的就是实现对分散的计算机系统的资源共享，以此提高各种设备的利用率，减少重复劳动，进而实现分布式计算的目标。

(3) 分布式处理功能：通过计算机网络，我们可以将一个任务分配到不同地理位置的多台计算机上协同完成，以此实现均衡负荷，提高系统的利用率。

(4) 网络综合服务功能：计算机网络能够对文字、声音、图像、数字、视频等多种信息进行传输、收集和处理。利用计算机网络，可以在信息化社会实现对各种经济信息、科技情报和咨询服务的信息处理。综合信息服务和通信服务是计算机网络的基本服务功能，人们可以用以实现文件传输、电子邮件、电子商务、远程访问等。

1.1.4 计算机网络的组成

从广义上看，计算机网络由资源子网和通信子网构成，如图 1-3 所示。其中，资源子网由主机、终端和终端控制器组成，其目标是使用户共享网络的各种软、硬件及数据资源，提供网络访问和分布式数据处理功能；而通信子网由各种传输介质、通信设备和相应的网络协议组成，它为网络提供数据传输、交换和控制能力，实现了联网计算机之间的数据通信功能。

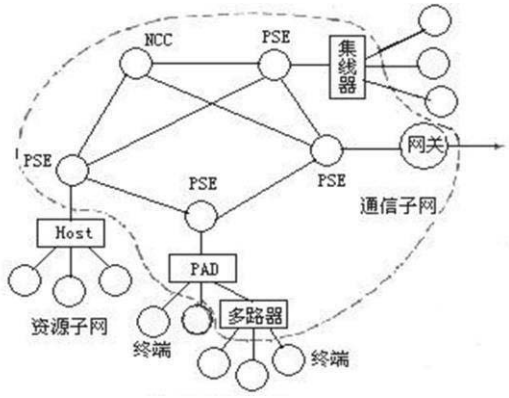

图 1-3　网络结构图

具体地说，计算机网络是由计算机主机和通信中转部件组成的；同时由于网络通信的实现主体是电脑这类智能化设备，后者要能按要求完成预定的通信功能和通信任务，还必须配备一定的软件加以控制，如网络通信软件、网络管理软件、协议控制软件等，因此一个正常完整的网络系统应由以下部件构成。

1. 硬件(hardware)

(1) 端系统(end system，ES)：即计算机主机(host)，包括客户机、服务器主机、网络工作站等，它们是网络通信的主体，是信息的发源地，也是真正面向用户(人)和应用，用以实现网络通信任务的终端设备。

(2) 中间系统(intermediate system，IS)：通过适当的转发和寻址策略，为源主机传递和转发数据报文至目的主机，如网络交换机、路由器、网关等设备，它们与 ES 一道共同构成网络中的节点(node)设备。

(3) 接口设备：如 NIC、Modem 等，作为计算机与网络的接口。

(4) 传输介质：双绞线、同轴电缆、光导纤维、无线电和卫星链路等。

2. 软件

计算机网络中的软件包括以下 4 部分。

(1) 计算机网络操作系统(NOS)。

(2) 网络通信协议软件。

(3) 网络管理软件(如网络接入、认证、监控、计费等软件)。

(4) 交换路由控制软件(IOS)以及各种网络应用软件。

1.1.5　计算机网络的分类

计算机网络根据不同的标准可以分为不同的类别，常见的分类方式有如下四种。

1. 从网络的覆盖范围进行分类

从网络的覆盖范围进行分类，计算机网络可以分为局域网、广域网和城域网。

(1) 局域网

局域网是在局部区域范围内将计算机、外设和通信设备通过高速通信线路互连起来的网络系统。常见于一栋大楼、一个校园或一个企业内。

局域网所覆盖的区域范围较小，一般为几米至几公里，但其传输速率较高。

局域网在计算机数量配置上没有太多的限制，少的可以只有两台，多的可达上千台。常见的局域网有以太网、令牌环网等。

局域网是最常见、应用最为广泛的一种网络，其主要特点是覆盖范围小，用户数量少，配置灵活，速度快，误码率低。

(2) 广域网

广域网也称远程网，所覆盖的地理范围可从几十平方公里到几千平方公里，它一般是将不同城市或不同国家之间的局域网互联起来。

广域网是由终端设备、节点交换设备和传送设备组成的，设备之间通常是通过租用电话线或用专线连接的。

(3) 城域网

城域网的覆盖范围在局域网和广域网之间，一般来说，是将一个城市范围内的计算机

互连，这种网络的连接距离约为 10~100 公里。

城域网在地理范围上可以说是局域网的延伸，连接的计算机数量比局域网多。

2. 从网络的交换方式进行分类

从网络的交换方式进行分类，计算机网络可以分为电路交换网、报文交换网、分组交换网和信元交换网。

(1) 电路交换网

电路交换与传统的电话转接相似，就是在两台计算机相互通信时，使用一条实际的物理链路，在通信过程中自始至终使用这条线路进行信息传输，直至传输完毕。

(2) 报文交换网

报文交换网的原理有点类似于电报，转接交换机将接收的信息予以存储，当所需要的线路空闲时，再将该信息转发出去。这样就可以充分利用线路的空闲，减少“拥塞”，但是由于不能及时发送，会增加延时。

(3) 分组交换网

通常一个报文包含的数据量较大，转接交换机需要有较大容量的存储设备，而且需要的线路空间时间也较长，实时性差。因此，相关组织又提出分组交换的概念，即把每个报文分成有限长度的小分组，发送和交换均以分组为单位，接收端把收到的分组再拼装成一个完整的报文。

(4) 信元交换网

随着线路质量和速度的提高，新的交换设备和网络技术的出现，以及人们对视频、语音等多媒体信息传输的需求，在分组交换的基础上又发展了信元交换。

信元交换是异步传输模式中采用的交换方式。

3. 从网络的使用用途进行分类

从网络的使用用途进行分类，计算机网络可分为公用网和专用网。

(1) 公用网

公用网也称为公众网或公共网，是指由国家的电信公司出资建造的大型网络，一般都由国家政府电信部门管理和控制，网络内的传输和转接装置可供任何部门和单位使用。公用网属于国家基础设施。

(2) 专用网

专用网是指一个政府部门或一个公司组建经营的，仅供本部门或单位使用，不向本单位外的人提供服务的网络。

4. 从网络的连接范围进行分类

从网络的连接范围进行分类，计算机网络可以分为互联网、内联网和外联网。

(1) 互联网

互联网是指将各种网络连接起来形成的一个大系统，在该系统中，任何一个用户都可

以使用网络的线路或资源。

(2) 内联网

内联网是基于互联网的 TCP/IP 协议、使用 WWW 工具、采用防止入侵的安全措施、为企业内部服务，并有链接互联网功能的企业内部网络。

内联网是根据企业内部的需求设置的，它的规模和功能是根据企业经营和发展的需求而确定的。可以说，内联网是比互联网更小的版本。

(3) 外联网

外联网是指基于互联网的安全专用网络，其目的在于利用互联网把企业和其贸易伙伴的内联网安全地互联起来，在企业和其贸易伙伴之间共享信息资源。

1.2 认识局域网

1.2.1 局域网的定义与特点

1. 局域网的定义

局域网(local area network，LAN)是指在某一区域内由多台计算机互联而成的计算机组，又称为局部区域网络，覆盖范围常在几公里以内，计算机局域网被广泛应用于连接校园、工厂以及机关的个人计算机或工作站，以利于在个人计算机或工作站之间共享资源(如打印机)和进行数据通信。局域网只有和局域网或者广域网互联，进一步扩大应用范围，才能更好地发挥其共享资源的作用。

2. 局域网的特点

(1) 局域网仅工作在有限的地理范围内，采用单一的传输介质。

(2) 数据传输速率快，传统的 LAN 传输速率为 10~100Mb/s(Mb/s 是数据传输速率的单位，表示每秒传输的比特数)，新的 LAN 传输速率较高，每秒可达到数百 Mb。

(3) 由于数据传输距离短，所以传输延迟低(几十 ms)且误码率低。

(4) 局域网组网方便、实用、灵活，是目前计算机网络中最活跃的一个分支。

1.2.2 局域网的常用拓扑结构

计算机网络拓扑研究的是由构成计算机网络的通信线路和节点计算机所表现出的拓扑关系。它反映出计算机网络中各实体之间的结构关系。局域网在网络拓扑结构上主要采用了总线型、星状和环状结构。

1. 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构采用单根传输线作为传输介质，所有的站点都通过相应的硬件接口直接连接到传输介质(或总线)上。任何一个站点发送的信号都可以沿着介质传播，而且能被其他所有站点接收，如图 1-4 所示。

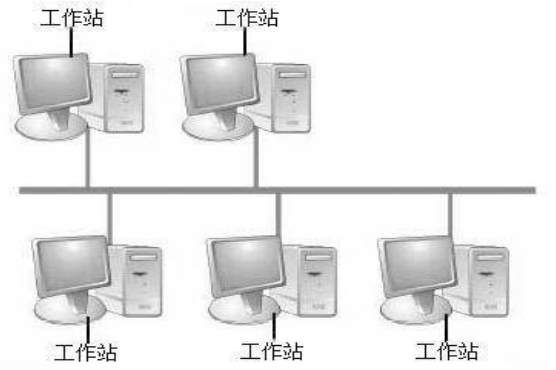

图 1-4　总线型拓扑结构

总线型拓扑结构具有结构简单、易于实现、易于扩展和可靠性较好的特点。单台计算机联网和下网都比较容易，而且对其他计算机影响不大，缺点是数据传输的最大等待时间不确定。应用于对传输效率要求不太高和网络负担不太重的场合，如办公用的网络。

2. 星状拓扑结构

星状拓扑结构由通过点到点链路连接到中央节点的各节点组成。星状网络中有一个唯一的转发节点(中央节点)，每台计算机都通过单独的通信线路连接到中央节点，由该中央节点向目标节点传送信息，如图 1-5 所示。

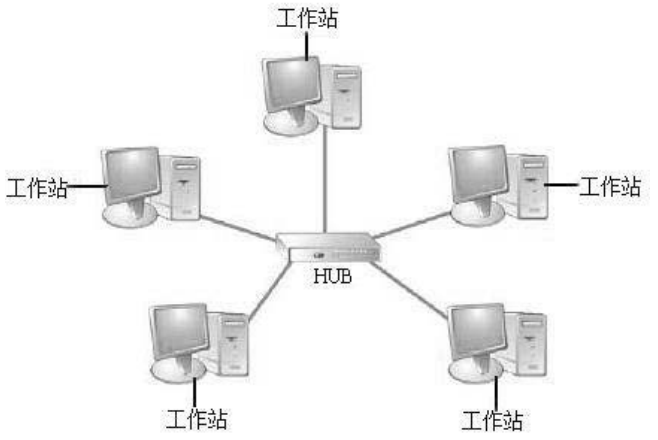

图 1-5　星状拓扑结构

星状拓扑结构具有结构简单、易于实现和便于管理的优点。但是一旦中心节点出现故障就会造成全网瘫痪。以交换机为核心的交换局域网就属于这种类型。

3. 环状拓扑结构

环状拓扑结构由连接成封闭回路的网络节点组成，每一个节点与它左右相邻的节点连接，在环状网络中信息流只能是单方向的，每个收到信息包的节点都向它的下游节点转发

该信息包。信息包在环状网络中“旅游”一圈，最后由发送节点回收。当信息包经过目标节点时，目标节点根据信息包中的目标地址判断出自己是接收站，并把该信息复制到自己的接收缓冲区中，如图 1-6 所示。

环状拓扑结构的优点是它能高速运行，避免冲突的结构相当简单。缺点就是环中任何一段的故障都会使各节点之间的通信受阻。所以在某些环状拓扑结构如 FDDI 网络中，各节点之间连接了一个备用环，当主环发生故障时，由备用环继续工作，以保证网络的稳定性。

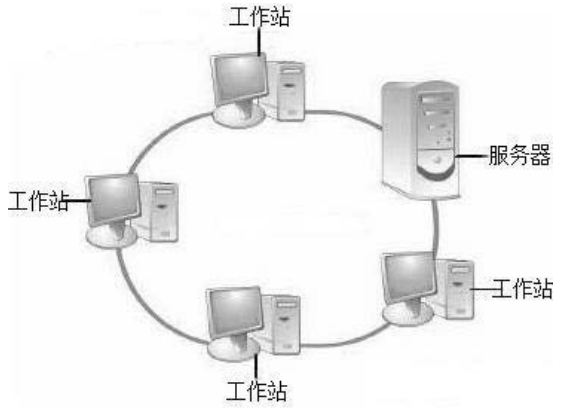

图 1-6　环状拓扑结构

1.2.3　局域网的常用传输介质

传输介质是局域网最基础的通信设施，其性能好坏直接影响网络的性能。传输介质可以分为两大类：有线传输介质(如双绞线、同轴电缆、光纤，如图 1-7 所示)和无线传输介质(如无线电波、微波、红外线、激光等)。

衡量传输介质性能的主要技术指标有：传输距离、传输带宽、衰减、抗干扰能力、价格、安装便利性等。

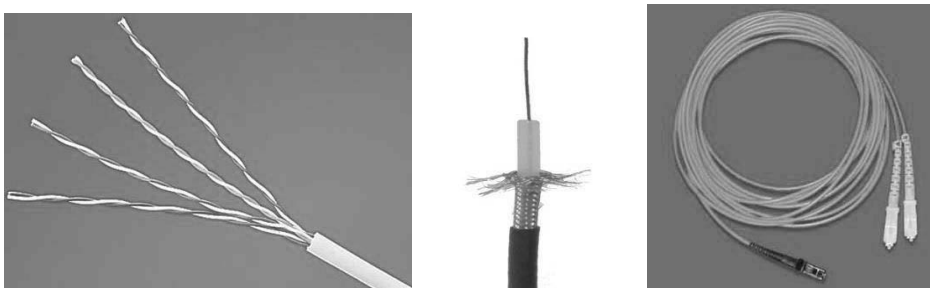

图 1-7　双绞线、同轴电缆、光纤

1.2.4　局域网的应用

网络已经深入到社会的每一个角落，局域网在家庭、学校、企业中也有着不同的用途。

1. 局域网在家庭中的应用

随着计算机整机价格的不断下降，计算机在家庭中的普及率正在不断提高，而且很多家庭已经或者正在准备购买两台或者两台以上的计算机，这样家庭中的每个成员都可以用自己的计算机来工作，下面简单介绍家庭内局域网的一些主要应用。

(1) 文件的共享

计算机之间的资源共享是计算机网络的最基本应用之一。在家庭内部的小型局域网中，计算机之间文件的共享可以使得日常的工作、学习、娱乐更加方便。

通过文件共享，可以把局域网内每台计算机分布存储的资料集中存储，不仅方便管理，也大大节省了宝贵的存储空间。通过文件共享，还可以方便地将一台计算机中的重要资料随时备份到其他计算机上。

(2) 外部设备的共享

通过局域网，可以在任何一台计算机上使用网络中的各种外部设备，比如打印机、扫描仪等，免去拆装硬件的麻烦。

(3) 应用程序的共享

许多应用程序提供网络版本或者支持异地运行，这样就可以方便地由多人共同维护某一记录或文件，还可以节约本地计算机的磁盘空间。

(4) Internet 共享

将局域网内的所有计算机分别通过调制解调器(modem)或者其他网络设备接入 Internet，将会是一笔不小的开销。但通过局域网内的 Internet 共享，可以只用一条电话线和一个调制解调器就能让网络内的所有计算机接入 Internet，进行 WWW 浏览、FTP 文件传输、BBS 讨论、网上聊天以及 E-Mail 收发，使得每个家庭成员都可以用自己的计算机登录 Internet 且尽情地冲浪。

(5) 资源的管理

通过建立网络，可以把家庭中和计算机有关的资源进行合理组合、统一管理，这样就可以有效利用所有的资源。

(6) 多媒体视听

在家庭内部的局域网中，可以建立小型的电台、电视台，向家庭成员广播流行音乐、电影和电视剧，给家庭成员开辟一个更广阔的娱乐空间。

(7) 联机游戏

现在很多游戏都加入了对网络的支持，还有一些传统的比赛如围棋、象棋、扑克牌也可以到网络上一决高下，联网游戏对一些朋友来说可能是局域网最吸引人的一个功能。

2. 局域网在校园中的应用

局域网在日常教学中的辅助作用也越来越显著，下面举例说明校园局域网的主要应用。

(1) 多媒体教学

传统意义上的多媒体教学就是利用多媒体的手段由老师向学生展示事先准备好的课

件，比如图片、动画、3D 模型等，而利用多媒体教学网络，老师可以根据学生对课程的理解情况来动态地选择教学的具体内容，老师甚至也可以进行一些随堂的小测验并及时得到测验结果，这样就可以针对学生实际掌握的情况进行进一步的点拨。

(2) 网络教学

随着网络的日益普及，计算机的便利也越来越为人们所重视，现在很多学校都开展了网络教学工作，学生只要坐在计算机前就可以浏览课堂讲义、完成课堂作业甚至进行考试。

(3) 学生信息管理

在学校教务、后勤等部门之间建立学生信息管理系统，学生档案以电子资源的形式存储，这样各部门就可以随时查看任何一个学生的详细资料，包括学习成绩、奖惩情况、生源所在地等一系列的信息，学生本人也可以登录到管理系统中查看自己的信息，减轻了传统的查阅资料的工作负担。

3. 局域网在企业中的应用

建立一个高效的企业内部网络，对于提高企业信息化水平、提高企业工作效率都是十分有益的。对于一个企业局域网来讲，通常需要满足以下要求。

(1) 在企业内部提供文件共享、打印共享服务

与家庭内部局域网类似，企业往往具有更多的计算机、更复杂的网络结构，对于内部文件以及打印机共享的需求也更大，此时就需要一台单独的文件服务器或者更高速的打印机。

(2) 提高企业的办公自动化水平

作为企业的管理人员，应该要求每个员工及时把自己的工作情况和重要信息反馈给上级，这一需求通过局域网就可以方便地实现。管理人员登录服务器，就可以查看到自己部门员工的工作情况，还可以进行横向比较来评估每位员工的工作情况。

(3) 使企业局域网与 Internet 连接

企业局域网和 Internet 相连很重要。Internet 是企业及时、准确、全面地与外界交流信息的一个绝佳途径。

1.3 局域网体系结构

1.3.1 什么是以太网

以太网(Ethernet)是一种计算机局域网技术。IEEE 组织的 IEEE 802.3 标准制定了以太网的技术标准，它规定了包括物理层的连线、电子信号和介质访问层协议的内容。以太网是目前应用最普遍的局域网技术，取代了其他局域网技术如令牌环、FDDI 和 ARCNET。

以太网有两类：第一类是经典以太网；第二类是交换式以太网，它使用了一种称为交换机的设备连接不同的计算机。经典以太网是以太网的原始形式，传输速率为 3~10Mb/s；而

交换式以太网正是目前广泛应用的以太网，可运行在 100、1000 和 10 000Mb/s 的高速率，分别以快速以太网、千兆以太网和万兆以太网的形式呈现。

以太网的标准拓扑结构为总线型拓扑，但目前的快速以太网(100BASE-T、1000BASE-T 标准)为了减少冲突，将网络速率和使用效率最大化，使用交换机来进行网络连接和组织。如此一来，以太网的拓扑结构就成了星状；但在逻辑上，以太网仍然使用总线型拓扑和 CSMA/CD(carrier sense multiple access/collision detection，载波多重访问/碰撞侦测)的总线技术。

以太网实现了网络上多个节点发送信息的目的，每个节点必须获取电缆或者信道才能传送信息。以太网上的每个节点有全球唯一的 48 位地址也就是制造商分配给网卡的 MAC 地址，以保证以太网上所有节点能互相鉴别。由于以太网十分普遍，许多制造商把以太网卡直接集成进计算机主板。

1.3.2 以太网的发展历史

20 世纪 70 年代局域网出现了各种技术，主流的有以太网、令牌环和光纤分布式数据接口，随着时间推移，以太网技术逐渐成为了局域网的主流技术。

以太网是在 20 世纪 70 年由 Xerox(施乐)公司创建的局域网组网规范。Xerox 公司在实验室中想要把 Alto 计算机连接到 Arpanet(Internet 前身)，于是在 ALOHA(无线电网络系统)系统的基础上连接了众多 Alto 计算机，这就是最初的以太网实验原型，该网络以粗同轴电缆为传输介质。20 世纪 70 年代末，《以太网：局域网的分布型信息包交换》论文、《具有冲突检测的多点数据通信系统》专利的陆续发表标志着以太网的正式诞生。

在 20 世纪 70 年代末出现了数十种局域网通信技术，以太网也是其中一员，DEC、Intel、Xerox 三家公司联合发布了《以太网，一种局域网：数据链路层和物理层规范》标准，也称为 DIX(三家公司的首字母)版本以太网 1.0 规范。DIX 规范定义了以太网的传输速率为 10Mb/s，在 1982 年 DIX 发布了以太网 2.0 规范，也就是 EthernetⅡ。

DIX 虽然发布了以太网的标准，但不属于国际标准，所以在 20 世纪 80 年代 IEEE 802(LAN 标准相关的组织)成立了 802.3 分委员会，在 DIX 标准的基础上发布了关于以太网技术的 IEEE 标准，即 IEEE10BASE5。该标准与 DIX 的 EthernetⅡ在技术上的差别甚小，传输速率仍然是 10Mb/s，传输介质也是同轴电缆，节点间的最大距离为 500 米。EthernetⅡ的源地址后面跟着 type，而 802.3 后面则跟着 length。1984 年随着以太网技术的不断应用，原本的粗同轴电缆被替换成了细同轴电缆，因此 IEEE 也发布了 10BASE2 标准。节点间允许的最长距离为 200 米。

10BASE5 和 10BASE2 标准的以太网设备都被连接在一根总线上，共享同一传输介质，如果其中一个节点出现问题，可能会导致整个网络瘫痪，而且移动、新增节点都必须重新布线。所以后来 IEEE 先后发布了 1BASE5、10BASE-T，以星状结构化布线解决所出现的问题，使得以太网能够快速发展。随着光缆的发展，随后又出现了 10BASE-F 等运行在光缆上的以太网标准。

物理星状拓扑结构和总线型拓扑结构都是共享带宽的，属于一个冲突域，后来出现了

多端口网桥，用于多个 LAN 互联，在 20 世纪 90 年代初期，共享以太网开始向 LAN 交换机发展。后来全双工技术的出现，使传输速率在理论上翻了一番。

从 20 世纪 90 年代开始，以太网向快速以太网发展，出现了百兆以太网、千兆以太网、万兆以太网、十万兆以太网等。

1.3.3　以太网通信原理

以太网中的所有站点共享一个通信信道，在发送数据的时候，站点将自己要发送的数据帧在这个信道上进行广播，以太网上的所有其他站点都能够接收到这个帧，它们通过比较自己的 MAC 地址和数据帧中包含的目的地 MAC 地址来判断该帧是否是发给自己的，一旦确认是发给自己的，则复制该帧做进一步处理。

因为多个站点可以同时向网络上发送数据，在以太网中使用了 CSMA/CD 协议来减少和避免冲突。需要发送数据的工作站要先侦听网络上是否有数据在发送，只有检测到网络空闲时，工作站才能发送数据。当两个工作站发现网络空闲且同时发出数据时，就会发生冲突。这时，两个站点的传送操作都遭到破坏，工作站进行退避操作。退避时间的长短遵照二进制指数随机时间退避算法来确定。

以太网中的帧格式定义了站点如何解释从物理层传来的二进制串，即如何在收到的数据帧中分离出各个不同含义的字段。因为历史发展的原因，存在着多个以太网帧格式，包括 DIX(DEC，Intel，Xerox 三家公司)和 IEEE 802.3 分别定义的不同的几种帧格式，但是 TCP/IP 互联网体系结构中广泛使用的是 DIX 于 1982 年定义的 Ethernet II 标准中所定义的帧格式，它是以太网的事实标准。

Ethernet II 帧结构包括 6 字节的源站 MAC 地址、6 字节的目标站点 MAC 地址、2 字节的协议类型字段、数据字段以及帧校验字段，如图 1-8 所示。MAC 地址是一个 6 字节长的二进制序列，全球唯一地标识了一个网卡。

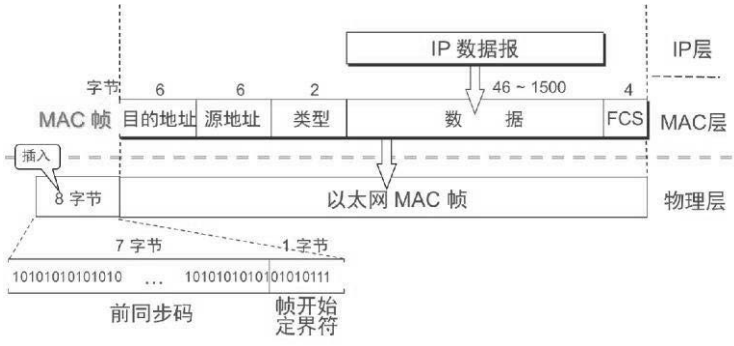

图 1-8　以太网 2.0 版的 MAC 帧格式

以太网帧中各个字段的含义如下：

(1) 前同步信号字段。包括七个字节的同步符和一个字节的起始符。同步符由 7 个 0 和 1 交替的字节组成，而起始符是三对交替的 0 和 1 加上一对连续的 1 组成的一个字节。这个字段其实是物理层的内容，其长度并不计算在以太网的帧长度中。前同步信号用于在网络中通知其他站点的网卡建立位同步，同时告知网络中将有一个数据帧要发送。

(2) 目的地址字段。目的站点的 MAC 地址，用于通知网络中的接收站点。目的站点 MAC 地址的左数第一位如果是 0，表明目标对象是一个单一的站点，如果是 1 表明接收对象是一组站点，左数第二位为 0 表示该 MAC 地址是由 IEEE 组织统一分配的，为 1 表明该地址是自行分配的。

(3) 源地址字段。帧中包含的发送帧的站点的 MAC 地址，是一个 6 字节的全球唯一的二进制序列，并且最左的一位永远是 0。

(4) 类型字段。以太网帧中的 16 位的协议类型的字段用于标识数据字段中包含的高级网络协议的类型，如 TCP、IP、ARP、IPX 等。

(5) 数据字段。数据字段包含了来自上层协议的数据，是以太网帧的有效载荷部分。为了达到最小帧长，数据字段的长度至少应该为 46 字节，等于最小帧长减去源地址字段、目的地址字段、帧校验字段及协议类型字段的长度。同时以太网规定了数据字段的最大长度为 1500 字节。

(6) 帧校验字段。帧校验字段是一个 32 位的循环冗余校验码，校验的范围不包括前同步字段。

1.3.4 局域网参考模型

为了应对复杂多变的网络通信环境，在局域网通信过程中，采取了一种模块化的分层控制体系结构，即将一个完整而复杂的网络通信流程按其所处的通信环境、参与通信的实体和能够实现的功能以及它们之间的依赖与关联关系，分解成若干个上下结构的层次化模块，每一层都配置有相应的网络通信协议，这些协议分别就寻址、建立连接、流控与差控、响应与确认及其他与网络通信有关的问题(如报文排序与编号、报文大小等信息)予以控制。这便是国际标准化组织在 1978 年提出的开放系统互联/参考模型(ISO-OSI/RM)的内涵与精髓之所在。其目的在于架构一种大一统的网络体系结构，用以整合各类异种网络，使得不同的网络之间能够互联并实现数据交换和通信。

1. ISO-OSI/RM 模型结构

ISO-OSI/RM 模型包含七大功能层，如图 1-9 所示。

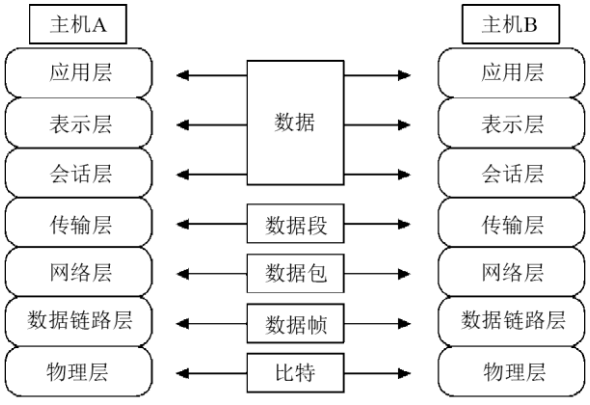

图 1-9 OSI/RM 参考模型

(1) 应用层：对应于在两台计算机主机上进行网络通信的应用进程，用以实现最高层亦即用户意义上的应用需求，如浏览网页、收发邮件、下载(上传)文件等。常见的应用层协议有 HTTP 协议(超文本传输协议，用于网页信息传送)、SMTP 与 POP3 协议(用于收发邮件)、FTP 协议(文件传输协议，用于文件传输)、Telnet 协议(用于远程主机登录)等。

(2) 表示层：为异种机之间的通信提供一种公共语言，以便能进行互操作。一般来说，一段数据信息的语义部分由其应用层决定，而其语法部分则由表示层决定，该层处理文字、图像、声音的表示方式以及数据压缩、加密等与表示形式有关的方面，并通过代码转换、字符集转换、数据格式转换等手段实现由各具体设备的局部语法向网络传输所需的通用(公共、传送)语法的转换。

(3) 会话层：其主要目的是提供一个“面向用户”的连接服务，两个正在通信的用户(进程)也是在这一层才实现真正意义上的交互，我们将该层为发送和接收计算机之间建立的一对一的交互称为一个会话。该层将对两个会话用户(会话实体)间的会话活动进行协调管理，包括会话连接的建立和释放、确定会话方式(如单工或双工)、实现会话权标管理和会话同步服务；并可在会话数据流中设置检查点，以便当会话中断后确定重发数据的起始点。

(4) 传输层：对应于两台计算机主机端到端之间的通信，通过端口地址来确保两台主机上对应的应用进程能够相互通信，并利用相应的传输层协议机制实现报文分段排序与编号、残留差控(一段报文经过漫长的网络通信环节交递到目的端主机，尚存有的漏检差错称为残留差错)以及端到端的流量控制和端到端的连接建立等。常见的传输层控制协议有 TCP 协议(传输控制协议)和 UDP(用户数据报协议)等。

(5) 网络层：如前所述，一段报文要从源端主机成功地交递到目的端主机，一般需要穿越多个不同的物理网络。在每一个网络内部，需要对数据的传输给予相应的规范，包括网络设备寻址、路由选择信息(虚电路标识)、响应与确认、网络连接的建立以及网络流量控制等。最著名的网络层协议是分组交换网中的 X.25 协议，另外在帧中继网和 ATM 网中也配置有相应的网络层协议及其相应的报文分组格式，以实现数据分组在这些特定网络中的正确传递。

(6) 数据链路层：网络通信的终极目的是实现两个远程主机上对等的用户(应用)进程之间交换数据信息，但此目的需经由端到端、网到网以及节点到节点等各通信环节的协同合作方可实现。很显然，无论两个端系统之间的距离多么遥远并可能穿越多个不同的物理网络，二者之间的传输通路必然是由沿途若干个网络节点设备所构成的数据链路串接而成的。为实现对相邻两个节点设备之间的诸如寻址、流控与差控以及响应与确认等通信控制，在部分重要的数据链路上配置了相应的数据链路层协议。比较常见的有局域网中的 MAC(介质访问控制)协议及 LLC (逻辑链路控制)协议和广域网中的 HDLC(高级链路控制)协议。

(7) 物理层：物理层协议是指各种网络设备进行互联时必须遵守的最底层协议，其目的是在两个物理设备之间提供无结构的二进制位流传输。它并不具体地规定为实现两数据链路实体之间的数据通信必须使用何种物理设备和物理介质，而是对二者之间的物理连接(物理接口)及其相应的机械、电气、功能和规程特性予以定义和规范，以帮助两个数据链路实体之间成功地进行二进制位流的传输。物理层关心信号传输的问题，如模拟与数字信

号、基带与宽带技术、异步与同步传输、多路复用等。其可能实现的功能包括：物理连接的建立、维持与释放、物理层服务数据单元的传输、数字脉冲的编码方案以及物理层的管理如传输质量监测、差错状况通报、异常情况处理等。常见的物理层协议有 RS-232-C 接口标准和 V.35、X.21 等协议标准。

2. TCP/IP 参考模型

如前所述，基于网络通信的复杂性，国际标准化组织(ISO)提出了 OSI/RM 参考模型，意在架构一种标准统一的计算机网络体系结构，并采用分层协议的方式对网络通信的每一环节加以控制。但这一模型仅是一个理论构想，其真正的技术实现就是大家熟知的 TCP/IP 协议，这是在计算机网络通信技术中具有划时代和里程碑意义的一组协议，也成为了互联网事实上的通信和传输标准。

TCP/IP 协议集基于 OSI 模型的基本框架和分层控制思想，但做了必要的改进，它省略了表示层与会话层；同时增加了网络层 IP 协议，以屏蔽各物理网络的差异，并通过网络接口层与底层物理网络交互，其与 OSI 模型的对比如图 1-10 所示。

图 1-10　TCP/IP 协议与 OSI 模型间的对比

具体来说，TCP/IP 参考模型包括以下 4 层。

(1) 应用层：在最高层，用户调用应用程序来访问互联网提供的各种服务。应用程序负责发送和接收数据，它将数据按要求的格式传送给传输层。从某种意义上说，TCP/IP 体系结构中的应用层属于开放型，即可以根据用户的具体需求，添加不同类型的报文格式和传输标准。目前，应用层中的典型协议包括：超文本传输协议(HTTP)、文件传输协议(FTP)、简单邮件传输协议(SMTP)、邮局协议(POP)、远程登录(Telnet)、域名服务(DNS)等。

(2) 传输层(TCP 协议层)：提供端到端的通信控制功能，包括区分多个不同的应用程序产生的数据、提供差错控制和数据排序。传输层协议软件将要传送的应用数据流划分成报

文或报文段，并连同目的主机上的服务地址(端口号)传送给 IP 层。传输层又提供有连接的通信服务与无连接的通信服务，分别对应两种传输层协议：传输控制协议(TCP)和用户数据报协议(UDP)。

(3) 网络层(IP 协议层)：将报文段封装在具有统一格式的 IP 数据报中，交由默认的出口路由器向外转发；其间，可能途经多个中转路由器并穿越多个物理网络，直至到达目的主机。该层具体又包含互联网协议(IP)、网际报文控制协议(ICMP)、主机地址解析协议(ARP)、反向主机地址解析协议(RARP)等。

(4) 网络接口层：包括具体的、多样化的、充满差异的各类物理网络，如 X.25、帧中继、ATM、802.3、802.5 等，它们是网络数据传输的物理载体。

除以上两种模型外，还有一种五层协议的体系结构，能更简洁清楚地阐述计算机网络的结构。七层、四层、五层体系结构的对比如图 1-11 所示。

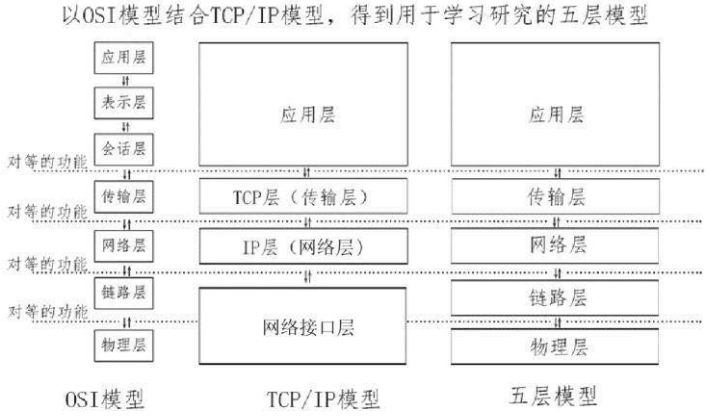

图 1-11　各种参考模型的对比图

1.4 IP 地址

1.4.1 IP 地址概述

为了使计算机之间能够进行通信，每台计算机都必须有一个唯一的标识。由 IP 协议为 Internet 的每一台主机分配一个唯一的地址，称为 IP 协议地址(简称 IP 地址)。IP 地址对网上的某个节点来说是一个逻辑地址。它独立于任何特定的网络硬件和网络配置，不管物理网络的类型如何，它都有相同的格式。IP 地址在集中管理下进行分配，确保每一台上网的计算机对应一个 IP 地址。

在计算机内部，IP 地址通常使用 4 个字节的二进制数表示，其总长度共 32 位(IPv4 协议所规定的)，如下所示：

10000001　00001011　10000011　00011111

为了表示方便，国际上采用 “点分十进制表示法”，如图 1-12 所示，即将 32 位的 IP 地址按字节分为 4 段，高字节在前，每个字节再转换成十进制数表示，并且各字节之间用

圆点“.”隔开，表示成 w.x.y.z。这样 IP 地址表示成了一个用点号隔开的 4 组数字，每组数字的取值范围只能是 0～255。

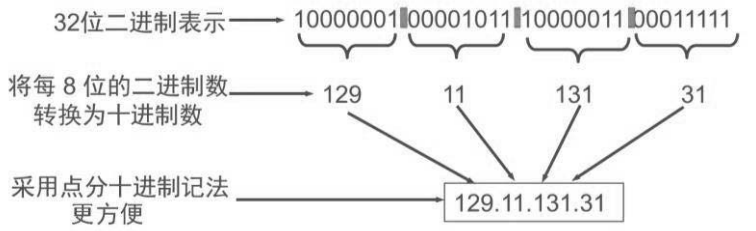

图 1-12　IP 地址的点分十进制表示

1.4.2　IP 地址的编址方式

经过 1974 年和 1975 年两次修订后，IP 协议正式成为国际标准协议，IP 地址正式进入网络领域。随着 IP 地址的使用越来越普及，IP 地址的结构以及编址方式也发生了一些变化，下面分别介绍具体的三种编址方式。

1. 简单分类 IP 地址

(1) 简单分类 IP 地址的结构及类别

这是最基本的一种编址方式，整个地址分为两部分，即网络号(Network ID)和主机号(Host ID)，如图 1-13 所示。

图 1-13　分类 IP 地址结构图

在这种编址方式中，整个 IPv4 地址空间被分为 A、B、C、D、E 五类，其中 A、B、C 三类为常用类型，D 类为组播地址，E 类为保留地址，如图 1-14 所示。

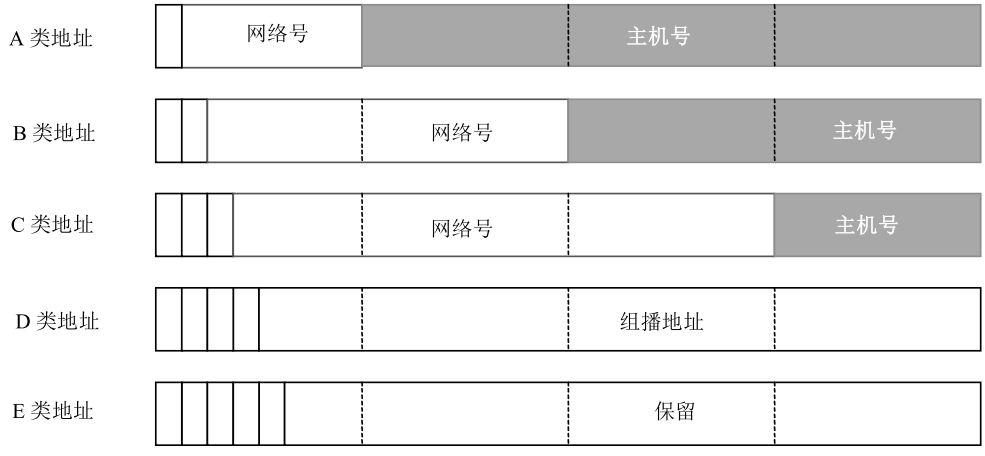

图 1-14　分类 IP 地址的类别

A 类地址用前 1 字节标识网络地址，后 3 字节标识主机地址，每个网络最多可容纳

(2^{24}－2)台主机，从高位起，前 1 位为 0，第 1 字节用十进制表示的取值范围为 0～127，具有 A 类地址特征的网络总数为 126 个。

B 类地址用前 2 字节标识网络地址，后 2 字节标识主机地址，每个网络最多可容纳(2^{16}－2)台主机，从高位起，前 2 位为 10，第 1 字节用十进制表示的取值范围为 128～191，具有 B 类地址特征的网络总数为 2^{14} 个。

C 类地址用前 3 字节标识网络地址，后 1 字节标识主机地址，每个网络最多可容纳 254 台主机，从高位起，前 3 位为 110，第 1 字节用十进制表示的取值范围为 192～223，具有 C 类地址特征的网络总数为 2^{21} 个。

(2) 特殊用途的 IP 地址

① 主机号为全 0 的 IP 地址为网络地址，表示该网络本身。

例：主机 IP 地址为 212.111.44.136，则它所在网络的地址为 212.111.44.0。

全 0 的网络地址：0.0.0.0，表示网络本身，用于网络初始化。

② 主机号为全 1 的地址是广播(broadcast)地址。广播地址又分为直接广播地址和有限广播地址。

直接广播地址：主机地址部分为全 1，用于向某个网络的所有主机广播。

例：主机 IP 地址为 212.111.44.136，则它所在网络的广播地址为 212.111.44.255。

有限广播地址：255.255.255.255，表示在未知本网地址情况下用于本网广播。

③ 任何一个以数字 127 开头的 IP 地址(127.×.×.×)都叫作回送地址(loopback address)。它是一个保留地址，最常见的表示形式为 127.0.0.1。

④ 内部地址(私用地址)。

IP 地址范围内有一些未被 InterNic 指定，这些地址可分配给未连接到 Internet 的主机使用，这些主机如果需要访问 Internet，可使用网络代理(proxy)服务器连接到公共网络上。它们是：

A 类：10.0.0.0～10.255.255.255

B 类：172.16.0.0～172.31.255.255

C 类：192.168.0.0～192.168.255.255

2. 子网与子网掩码

(1) 子网划分的意义

简单来说，子网(subnetwork)就是把一个较大的网络分割成若干个小的网络。那么为什么要进行子网划分呢？

首先，它有利于网络结构的优化，将一个大的网络划分成若干个小的网络后，更便于管理，提高系统的可靠性。其次，可以大大减少网络的阻塞。最后，由于网络 IP 地址有限，因此，为了得到更多的网络，也需要在网络中划分子网。

(2) 子网掩码与子网划分的方法

① 使用子网掩码区分网络位和主机位。

如图 1-15 所示，子网掩码和 IP 地址的长度都是 32 位，子网掩码由一串 1 和一串 0 组成。子网掩码中的 1 对应于 IP 地址中的网络号和子网号，而子网掩码中的 0 对应于 IP 地

址中的主机号。在 RFC 文档中没有规定子网掩码中的一串 1 必须是连续的，但推荐大家在子网掩码中选用连续的 1，以免发生差错。

网络位	主机位
192.168.1	.0
11000000.10101000.00000001	.00000000

图 1-15　子网掩码区分 IP 地址中的网络位和主机位

使用子网掩码的好处就是：不管网络有没有划分子网，不管网络号的长度是几个字节，只要将子网掩码和 IP 地址进行逐比特的“与”运算，就立即得出网络地址。

如果一个网络不设置子网，则掩码的制定规则为：网络号各位全为 1，主机号的各位全为 0，这样得到的掩码称为缺省子网掩码。A 类网络的默认子网掩码为 255.0.0.0，B 类网络的默认子网掩码为 255.255.0.0，C 类网络的默认子网掩码为 255.255.255.0，如图 1-16 所示。

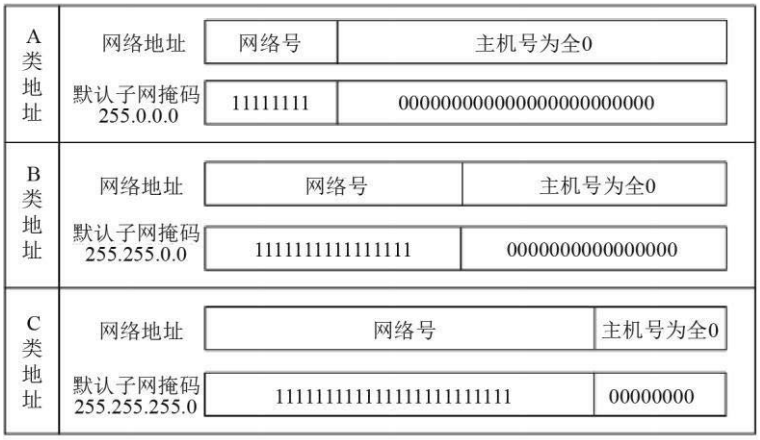

图 1-16　分类 IP 地址的默认子网掩码

② 子网掩码的表示方法。

子网掩码的表示方法如图 1-17 所示。

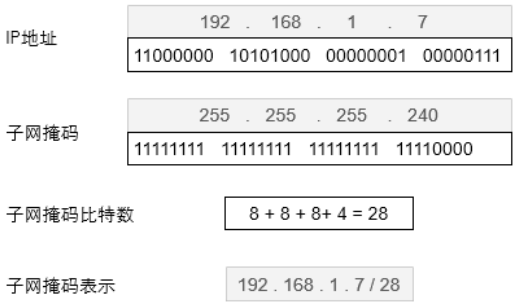

图 1-17　子网掩码的表示方法

掌握二进制和十进制之间的转换后，很容易明白 IP 地址和子网掩码的二进制和十进

制的对应关系。图中子网掩码比特数是 8+8+8+4=28，指的是子网掩码中连续 1 的个数是 28 位，表示网络位有 28 位。子网掩码的另外一种表示方法是/28=255.255.255.240，称为反斜杠表示法。

③ 划分子网的方法。

划分子网的方法就是从主机号借用若干个位作为子网号，而主机号也就相应减少了对应数量的位。于是两级的 IP 地址就变成了三级的 IP 地址：网络号、子网号和主机号，如图 1-18 所示。

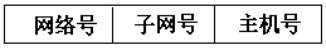

图 1-18　划分子网的 IP 地址格式

有关两级 IP 地址与三级 IP 地址的比较如图 1-19 所示。

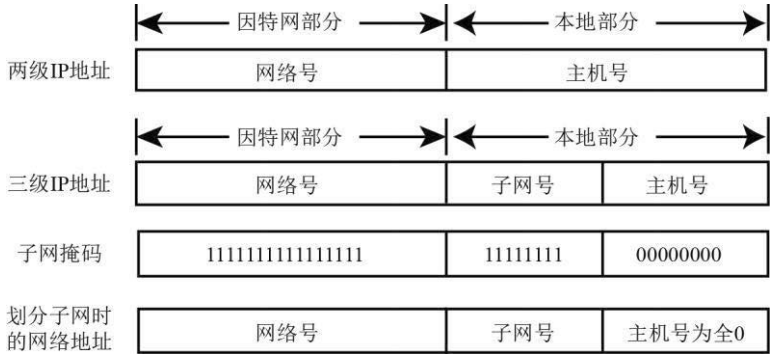

图 1-19　IP 地址的各字段和子网掩码

3. 超网

无分类编址 CIDR(classless inter domain routing)，又称为无类域间路由，它由 RFC1817 定义。CIDR 突破了传统 IP 地址的分类边界，将路由表中的若干条路由汇聚为一条路由，减少了路由表的规模，提高了路由器的可扩展性。

现行的 IPv4(网际协议第 4 版)的地址将耗尽，CIDR 是为解决地址耗尽而提出的措施。它将几个 IP 网络结合在一起，使用一种无类别的域际路由选择算法，可以减少由核心路由器运载的路由选择信息的数量。

CIDR 最主要的特点有三个：

(1) “无类别”的意思是现在的选路决策是基于整个 32 位 IP 地址的掩码操作，而不管其 IP 地址是 A 类、B 类还是 C 类，都没有什么区别。CIDR 消除了传统的 A 类、B 类和 C 类地址以及子网划分的概念，因此可以更加有效地分配 IPv4 的地址空间，并且可以在新的 IPv6 使用之前容许因特网的规模继续增长。CIDR 使用各种长度的“网络前缀”来代替分类地址中的网络号和子网号，而不是像分类地址中只能使用 1 字节、2 字节和 3 字节长的网络号。CIDR 不再使用“子网”的概念而是使用网络前缀，使 IP 地址从三级编址(使用了子网掩码)又回到两级编址，但这是无分类的两级编址，如图 1-20 所示。

网络前缀	主机地址

图 1-20　无分类 IP 地址格式

(2) CIDR 使用“斜线记法”，又称为 CIDR 记法，即在 IP 地址后面加一个斜线“/”，然后写上网络前缀所占的比特数(这个值对应于三级编址中子网掩码中比特 1 的个数)。如：202.82.32.115/20，表示在这个 32 位的 IP 地址中，前 20 位表示网络前缀，后面 12 位为主机地址。

(3) CIDR 将网络前缀都相同的连续的 IP 地址组成“CIDR 地址块”。CIDR 地址块是由地址块的起始地址(地址块中最小的地址)和地址块中的地址数来定义的。CIDR 地址块也可以用斜线法来表示。如 202.82.32.0/20 表示的地址块共有 2^{12} 个地址(网络前缀比特数为 20 位，剩下 12 位为主机号的比特数)。在不需要指出地址块的起始地址时，可将这样的地址块简称为“/20 地址块”。上面的地址块的最小地址和最大地址如图 1-21 所示。

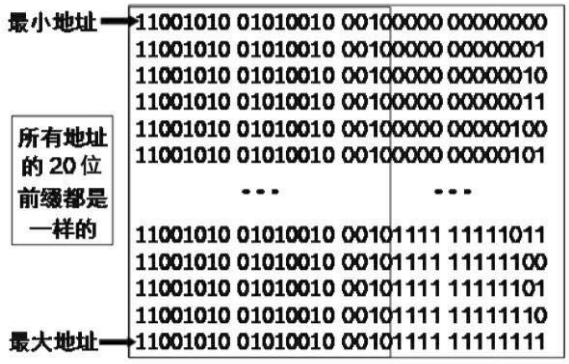

图 1-21　CIDR 地址块的最小地址和最大地址

当然，一般不使用全 0 和全 1 的主机地址。通常只使用这两个地址之间的地址。在见到斜线表示法表示的地址时，一定要根据上下文弄清楚它是指一个单个的 IP 地址还是指一个地址块。

一个 CIDR 地址块可以表示很多地址，所以在路由表中就利用 CIDR 地址块来查找目的网络。这种地址的聚合常称为路由聚合(route aggregation)，它使得路由表中的一个项目可以表示很多个原来传统分类地址的路由。路由聚合也称为构成超网。“超级组网”是“子网划分”的派生词，可看作子网划分的逆过程。子网划分时，从地址主机部分借位，将其并入网络部分；而在超级组网中，则是将网络部分的某些位并入主机部分。这种无类别超级组网技术通过将一组较小的无类别网络组合为一个较大的单一路由表项，减少了 Internet 路由域中路由表条目的数量。如果没有采用 CIDR，则在 1994 年和 1995 年，因特网的一个路由表就会超过 7 万条项目，而使用 CIDR 后，在 1996 年一个路由表的项目数才 3万多条。路由聚合有利于减少路由器之间的路由选择信息的交换，从而提高整个因特网的性能。

CIDR 不使用子网，但仍然使用“掩码”这个名词(但不叫子网掩码)。对于/20 地址块，其掩码是 11111111 11111111 11110000 00000000(20 个连续的 1)。斜线标记法中的数字就是掩码中 1 的个数。

CIDR 标记法有几种等效形式，如 202.0.0.0/10 可以简写为 202/10，即将点分十进制中低位连续的 0 省略。202.0.0.0/10 相当于指出 IP 地址 202.0.0.0 的掩码是 255.0.0.0。比较清楚的标记法是直接使用二进制，如 202.0.0.0/10 可以写为：

11001010 00xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx

这里的 22 个连续的 x 可以是任意值的主机号(但一般不使用全 0 和全 1 的主机号)。因此 202/10 可以表示包含有 2^{22} 个 IP 地址的地址块，这些地址都有相同的网络前缀 1100101000。另外一种简化表示方法是在网络前缀的后面加一个星号*，如 11001010 00*，意思是星号*之前是网络前缀，而星号*表示 IP 地址中的主机号，可以是任意值。

图 1-22 给出了常用的 CIDR 地址块。表中的 K 表示 2^{10}(即 1024)。在包含的地址数中，没有将全 0 和全 1 的主机号除外。网络前缀小于 13 和大于 27 都较少使用。从图中可以看出，CIDR 地址块都包含了多个 C 类地址，这就是“构成超网”这一名词的来源。

CIDR 前缀长度	点分十进制	包含的分类网络数	包含的地址数
/13	255.248.0.0	8 个 B 类或 2048 个 C 类	512K
/14	255.252.0.0	4 个 B 类或 1024 个 C 类	256K
/15	255.254.0.0	2 个 B 类或 512 个 C 类	128K
/16	255.255.0.0	1 个 B 类或 256 个 C 类	64K
/17	255.255.128.0	128 个 C 类	32K
/18	255.255.192.0	64 个 C 类	16K
/19	255.255.224.0	32 个 C 类	8K
/20	255.255.240.0	16 个 C 类	4K
/21	255.255.248.0	8 个 C 类	2K
/22	255.255.252.0	4 个 C 类	1K
/23	255.255.254.0	2 个 C 类	512
/24	255.255.255.0	1 个 C 类	256
/25	255.255.255.128	1/2 个 C 类	128
/26	255.255.255.192	1/4 个 C 类	64
/27	255.255.255.224	1/8 个 C 类	32

图 1-22　常用 CIDR 地址块

使用 CIDR 的一个好处就是可以更加有效地分配 IPv4 的地址空间。在分类地址的环境中，因特网服务提供者(ISP)向其客户分配 IP 地址时，只能以/8、/16 或/24 为单位来分配。但在 CIDR 环境中，ISP 可以根据每个客户的具体情况进行分配。例如，某 ISP 拥有地址块 202.82.0.0/18，现在某个单位需要 900 个 IP 地址。在不使用 CIDR 地址块时，ISP 可以为该单位分配一个 B 类网络地址，但是要浪费这个 B 类网络中绝大多数的 IP 地址；或者为该单位分配 4 个 C 类网络地址，但这样会在路由表中出现对应于该单位的 4 个相应的项目。这两种情况都不理想。在使用 CIDR 地址块的情况下，ISP 只需要给这个单位分配一个地址块 202.82.32.0/22，它包括 2^{10}=1024 个 IP 地址，相当于 4 个连续的 C 类网络地址，这样地址空间的利用率提高了，在路由表中对应的项目数也不会增加。显然，用 CIDR 分配的地址块中的地址数目一定是 2 的整数次幂。

如图 1-23 所示，一个企业分配到了一段 A 类网络地址：10.24.0.0/22。该企业准备把这些 A 类网络分配给各个用户群，目前已经分配了 4 个网段给用户。如果没有实施 CIDR 技术，企业路由器的路由表中会有 4 条下连网段的路由条目，并且会把它通告给其他路由

器。通过实施 CIDR 技术，我们可以在企业的路由器上把 10.24.0.0/24、10.24.1.0/24、10.24.2.0/24、10.24.3.0/24 这 4 条路由汇聚成一条路由 10.24.0.0/22。这样，企业路由器只需通告 10.24.0.0/22 这一条路由，大大减少了路由表的规模。

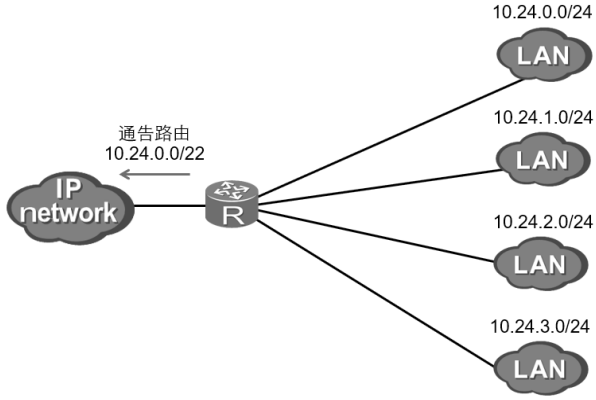

图 1-23　CIDR 技术

1.5　小结

本章主要围绕计算机网络的发展、分类、功能等方面介绍了计算机网络的基础知识，同时又对局域网的概念、发展、应用等做了详细介绍。在局域网的体系结构中，重点介绍了局域网标准以及以太网的发展及通信原理，同时还重点介绍了以太网的 OSI/RM 及 TCP/IP 两种体系结构，对目前网络通信所用到的 IP 协议做了详细介绍，重点对 IP 地址的发展以及三种编址方式做了详细介绍。这部分内容对局域网的整体认识有一定的帮助，也可以帮助读者更好地学习后续内容。

1.6　思考与练习

1. 计算机网络的发展方向是什么？
2. 计算机网络的功能是什么？
3. 计算机网络有哪些类别？
4. 局域网常用的拓扑结构有哪些？
5. 局域网的体系结构有哪些？
6. IPv4 地址的长度是多少位？有几种编址方法？

第 2 章

局域网的网络设备

本章重点介绍以下内容：

- 网络设备概述；
- 传输介质及设备连接规则；
- 常用网络设备的基本工作原理与基本配置。

2.1 网络设备介绍

计算机网络由硬件和软件两大部分组成，硬件部分主要包括网络互联设备和网络传输介质。本章将介绍目前常见的网络互联设备的工作原理及其基本配置。同时，还将介绍组网中常见的网络传输介质及其特性。

2.1.1 网络互联设备概述

计算机的普及产生了局域网，而现在网络的普遍应用，且为了满足人们在更大范围内实现相互通信和资源共享，产生了网络互联。要将这些网络相互连接起来，网络互联设备就必不可少。网络互联设备有网卡、中继器、集线器、网桥、交换机、路由器和网关等，它们能够在网络之间将一个网络的数据传送到另一个网络。

随着网络技术的迅速发展和网络应用的普及，网络规模迅速扩大，小型局域网已不能胜任现有网络应用的需要，所以网络互联技术日益被人们重视，同时网络互联技术也正在发生根本性的变化。下面就介绍网络互联的含义、目的、类型及原则。

1. 网络互联的含义和目的

网络互联就是利用各种网络互联设备，把同类型或不同类型的计算机网络相互连接起来，形成地理覆盖范围更大、用户更多、功能更强的网络系统，使网络中的用户之间能够进行相互通信和资源共享。

网络互联的目的是使一个网络上的用户能访问其他网络上的资源，可使不同网络的用户之间建立通信链路，实现相互通信。网络互联的目的主要有：

(1) 解决原有网络有限的地理覆盖范围

由于现有的传输介质在传输距离上有限，另外全球化的企业集团带来全球化的市场，要提高企业全球的竞争力，就需要把分布在世界各地的计算机网络相互连接起来，这种商