第1章 局域网概述

学习目的与要求

随着计算机技术的发展，尤其是近几年物联网的发展，各种与网络相关的硬件设备层出不穷。包括手机在内的智能终端设备、智能视频监控、智能家用电器等都加入了网络，不仅为国家的互联网 + 战略提供了物质基础，而且让用户实实在在感受到网络的巨大影响力。

从结构上来说，互联网可以理解为一个个微型、小型、中型、大型的局域网，其由为终端提供各种访问服务的服务器组成。从本章开始，将向读者介绍局域网的基础知识、组成、功能实现等方面的知识。

通过对本章的学习，读者可以了解计算机网络的概念、历史、分类，以及局域网的概念、组成、分类、常用协议。

1.1 计算机网络

计算机网络是个比较宽泛的概念。在使用中，通常也被理解为局域网网络或者互联网网络。下面将详细介绍计算机网络的相关知识。

1.1.1 计算机网络概念

计算机网络就是利用通信设备和线路以及无线技术等将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统连接起来，以功能完善的网络软件实现网络的硬件、软件及资源共享和信息传递的系统。简单地说，网络即连接两台或多台计算机进行通信的系统。

当然，现在的网络终端已经不只是计算机了，还包括所有可以获取网络地址、使用网络的设备。现在比较流行的手机、平板、智能电视机、智能冰箱、空气净化器、网络打印机、网络音箱等都属于终端设备。这一切的基础以及所有高级功能的实现都依托于网络。尤其最近几年为了响应国家提速降价政策，各大互联网接入商都在积极普及与更换更高级别的网络设备，使得整体网络质量和速度都提高了一个档次。网络的提质从基础层面为未来网络的高速发展及高质量应用提供了更加广阔的前景。

1.1.2 Internet

Internet 是世界上规模最大、用户最多、影响最大的计算机互联网络，中文正式译名为因特网，又叫作国际互联网，是由使用公用语言及协议，能互相通信的计算机及计算机网络连接而成的全球网络。用户只要连接到它的任何一个节点上，就意味着已经连入 Internet 了。目前 Internet 的用户已经遍及全球，如图 1-1 所示。

当用户安装完 Windows 系统后，可以在桌面上看到一个应用程序，名字是“Internet Explorer”，如图 1-2 所示，它是微软公司推出的一款网页浏览器，专门用来访问 Internet 的网页及其他各种资源。

图 1-1　Internet 网络应用

图 1-2　IE 标志

1.1.3 计算机网络发展史

从某种意义上说，Internet 可以说是美苏冷战的产物。这个庞大网络的由来可以追溯到 20 世纪 60 年代初。当时，美国国防部为了保证美国本土防卫力量和海外防御武装，认为有必要设计出一种分散的指挥系统；它由一个个分散的指挥点组成，当部分指挥点被摧毁后，其他指挥点仍能正常工作。

图 1-3　1969 年美国阿帕网示意图

1969 年，美国国防部国防高级研究计划署（ARPA）资助建立了一个名为 ARPANET（即“阿帕网”）的网络，这个网络把加州大学洛杉矶分校、加州大学圣塔芭芭拉分校、斯坦福大学，以及位于盐湖城的犹他州立大学的计算机主机连接起来，如图 1-3 所示，位于各个结点的大型计算机采用分组交换技术，通过专门的通信交换机和专门的通信线路相互连接。这个阿帕网就是 Internet 的雏形。

现在普遍的方法是将计算机网络的发展历史划分为四个阶段。

1. 远程终端联机网络

早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备都安装在单独的机房中，后来出现了批处理和分时系统，分时系统所连接的多个终端连接着主计算机。20 世纪 50 年代中后期，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上，出现了第一代计算机网络。它是以单个计算机为中心的远程联机系统，如图 1-4 所示。

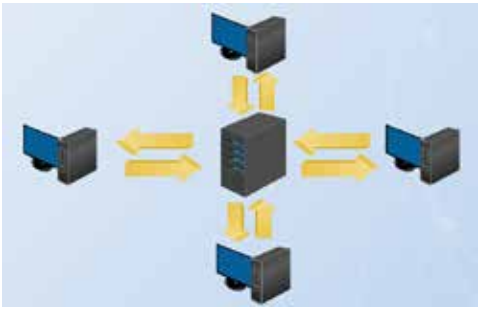

图 1-4　中心型网络系统

这种网络系统的缺点在于，如果中心计算机系统负荷过重，会导致整个网络系统相应速度下降，一旦中心计算机系统发生故障，将会导致整个网络系统瘫痪，而且网络中只提供终端和主机之间的通信，子网之间无法通信。

当时的计算机网络定义为“以传输信息为目的而连接起来，以实现远程信息处理或进一步达到资源共享的计算机系统”，这样的计算机系统已经具备了通信的雏形。

2. 计算机网络阶段（局域网）

20 世纪 60 年代出现了大型主机，因而也提出了对大型主机资源远程共享的要求，以程控交换为特征的电信技术的发展为这种远程通信需求提供了实现手段。第二代网络以多个主机通过通信线路互联，如图 1-5 所示，为用户提供服务，兴起于 20 世纪 60 年代后期。

这种网络中主机之间不是直接用线路相连，而是由接口报文处理机（IMP）转接后互联。

两个主机间通信是对传送信息内容的理解、信息的表示形式，并且各种情况下的应答信号必须遵守一个共同的约定，这就是“协议”。在 ARPA 网中，将协议按功能分成了若干层次。如何分层，以及各层中具体采用的协议总和，成为网络体系结构。

图 1-5　多主机互联

20 世纪 70 年代后期是通信网大发展的时期，各发达国家政府部门、研究机构和电报电话公司都在发展分组交换网络。这些网络都以实现计算机之间的远程数据传输和信息共享为主要目的，通信线路大多采用租用电话线路，少数铺设专用线路，这一时期网络成为第二代网络，以远程大规模互联为主要特点。

第二代计算机网络开始以通信子网为中心，这时候网络定义为“以能够相互共享资源为目的，互连起来的具有独立功能的计算机的集合体”。

3. 计算机网络互联阶段（广域网、Internet）

随着计算机网络技术的成熟，网络应用越来越广泛，网络规模增大，通信变得复杂。各大计算机公司纷纷制定了自己的网络技术标准，这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效，遵从某种标准的、能够互联的网络通信产品，只用于同一公司生产的同构型设备。网络通信市场这种“各自为政”的状况使得用户在投资方向上无所适从，也不利于多厂商之间的公平竞争。1977 年，ISO 组织的 TC97 信息处理系统技术委员会 SC16 分技术委员会开始着手制定开放系统互联参考模型。规定并使用通用网络协议，才能将各种网络组合成一个整体，也就是互联网，如图 1-6 所示。

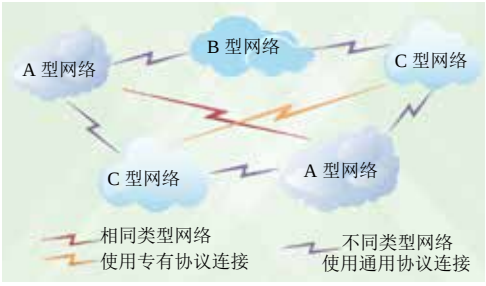

图 1-6　互联网网间通信

OSI/RM 或直接称 OSI，标志着第三代计算机网络的诞生。此时的计算机网络在共同遵循 OSI 标准的基础上，形成了一个具有统一网络体系结构，并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。OSI 参考模型把网络划分为七个层次，并规定计算机之间只能在对应层之间进行通信，大大简化了网络通信原理，是公认的新一代计算机网络体系结构的基础，为普及局域网奠定了基础。

4. 国际互联网与信息高速公路阶段（高速、多业务、大数据量）

20 世纪 80 年代末开始，局域网技术发展成熟，出现了光纤及高速网络技术，整个网络就像一个对用户透明的、大的计算机系统。发展以 Internet 为代表的因特网，这处于现在的第四代计算机网络时期。

此时计算机网络定义为“将多个具有独立工作能力的计算机系统通过通信设备和线路由功能完善的网络软件实现资源共享和数据通信的系统”。事实上，对于计算机网络也从未有过一个标准的定义。

1972 年，Xerox 公司发明了以太网，1980 年 2 月 IEEE 组织了 802 委员会，开始制定局域网标准。1985 年美国国家科学基金会利用 ARPAnet 协议建立了用于科学研究和教育的骨干网络 NSFnet。1990 年，NSFnet 取代 ARPAnet 成为国家骨干网，从此网上的电子邮件、文件下载和信息传输受到欢迎和广泛使用。20 世纪 90 年代后期，Internet 以惊人的速度发展。

包括宽带综合业务数字网、信息高速公路、ATM 技术、ISDN、千兆以太网都在这一基础上应运而生。而现在用得比较多的网上电视点播、电视会议、可视电话、网上购物、网上银行等新兴事物都源于这一时期，如图 1-7 及图 1-8 所示。

图 1-7　网上购物

图 1-8　智能机顶盒收看节目

1.1.4 中国计算机网络发展史

中国的计算机网络虽然起步较晚，但发展迅速。而且随着中国与世界在各方面的接轨，尤其是信息技术发展和各种政策的出台，中国在互联网尤其是通信领域与互联网应用方面已经走在了世界前列。最明显的例子就是网络购物以及线上线下支付模式方面已然成为世界新式货币流通的典范。而这些仍然离不开网络的发展与新兴技术的结合。

1. 起步阶段

20 世纪 80 年代末与 90 年代初是 Internet 在中国的起步阶段，国内的科技工作者开始接触 Internet 资源。在此期间，以中科院高能物理所为首的一批科研院所与国外机构合作开展一系列与 Internet 联网科研课题，通过拨号方式使用 Internet 的 E-mail 电子邮件系统，并为国内一些重点院校和科研机构提供国际 Internet 电子邮件服务，如图 1-9 所示。

1994 年 1 月，美国国家科学基金会接受我国正式接入 Internet 的要求。1994 年 3 月，

我国开通并测试了 64K 专线，中国获准加入 Internet。4 月初中科院副院长胡启恒院士在中美科技合作联委会上，代表中国政府向美国国家科学基金会（NSF）正式提出要求连入 Internet，并得到认可。至此，中国终于打通了最后的关节。在 4 月 20 日，以 NCFC 工程连入 Internet 国际专线为标志，中国与 Internet 全面接触。同年 5 月，中国联网工作全部完成。中国政府对 Internet 进入中国表示认可。中国网络的域名也最终确定为 cn，如图 1-10 所示。此事被我国新闻界评为 1994 年中国十大科技新闻之一，被国家统计公报列为中国 1994 年重大科技成就之一。

图 1-9　互联网电子邮件

图 1-10　第一台 cn 域名服务器

2. 发展阶段

从 1994 年开始，中国实现了和因特网的连接，从而逐步开通了因特网的全功能服务；大型电脑网络项目正式启动，因特网在我国进入了飞速发展时期。

1995 年 1 月，中国电信分别在北京、上海设立的 64K 专线开通，并且通过电话网、DDN 专线以及 X.25 网等方式向社会提供 Internet 接入服务，如图 1-11 所示。1996 年 1 月，ChinaNET 全国骨干网建成并正式开通，全国范围的公用计算机互联网络开始提供服务。

1997 年 5 月 30 日，国务院信息化工作领导小组办公室发布《中国互联网络域名注册暂行管理办法》，授权中国科学院组建和管理中国互联网络信息中心（CNNIC），如图 1-12 所示。授权中国教育和科研计算机网络中心与 CNNIC 签约并管理二级域名“.edu.cn”。1997 年 6 月 3 日，受国务院信息化工作领导小组办公室的委托，中国科学院在中国科学院计算机网络信息中心组建了中国互联网络信息中心（CNNIC），行使国家互联网络信息中心的职责。同日，宣布成立中国互联网络信息中心工作委员会。1997 年 11 月，中国互联网络信息中心发布了第一次《中国 Internet 发展状况统计报告》。

图 1-11　56K　Modem

图 1-12　中国互联网络信息中心

3. 百花齐放、百家争鸣

从 1997 年至今，是 Internet 在我国发展最为快速的阶段。国内 Internet 用户数从 1997 年以后基本保持每半年翻一番的增长速度，而费用也越来越低，接入服务也趋于成熟。从遍地网吧到家庭拨号，从 ADSL 56K 拨号到 100M 到户独享，从只能打电话发信息到无所不能的智能终端，这一切，都是科技的进步、网络的进步。

现在，在网络普及的大趋势下，网络的使用范围更广，与科技相辅相成，出现了新一代的应用，包括人工智能、AR 技术、智能终端技术等，如图 1-13 及图 1-14 所示。相信在不远的将来，网络必将掀起更大的浪潮。

图 1-13　人工智能

图 1-14　AR 辅助设计

1.1.5 计算机网络的主要功能

从计算机网络的出现及发展的目的性来看，都是为了满足人们的生产生活需求。虽然互联网的雏形是出于军事目的，但是发展到现在，计算机网络的作用已经涵盖了人们工作、生活的方方面面。

1. 数据交换和通信

计算机网络中的计算机之间或计算机与智能终端之间，可以快速可靠地相互传递数据、程序和文件。例如，传真、电子邮件（E-mail）、电子数据交换、文件传输服务（FTP）、电子公告牌（BBS）、远程登录（Telnet）与信息浏览等通信服务，如图 1-15 所示。能否将数据从一个节点快速、安全、准确地传向其他结点是衡量信息化程度的标准。

2. 资源共享

充分利用计算机网络中提供的资源（包括硬件、软件和数据）是计算机网络组网的重要目的。有很多资源是需要专业机构进行管理，不可能为每个用户所拥有。例如，进行复杂运算的巨型计算机、海量存储器、大型绘图仪和一些特殊的外部设备等，还有大型数据库和大型软件、一些高等学府的学术资源等，如图 1-16 所示。而这些资源都可以通过网络为所有用户所共享。资源共享既可以使用户减少投资，又可以提高这些资源的利用率。

图 1-15　互联网通信服务

图 1-16　学术资源共享

3. 提高系统的可靠性和可用性

对于个人用户，如果计算机出现问题，可能造成损失。所以用户需要进行日常备份。而如果服务器出现了问题，则可能会造成不可估量的重大损失，如订票系统、网购系统、金融服务系统等。以前的方法仅限于单机备份或者同机房备份。当出现大面积的问题后，还会造成损失。当计算机连成网络后，尤其是近些年来，各大门户服务网站都在不同的地域建立了数据服务中心，通过网络互为后备，当某一处服务器发生故障时，可由别处的服务器代为处理，如图 1-17 所示。在网络的一些关键结点上还有网络通信备用设备。网络能起到提高可靠性及可用性的作用。

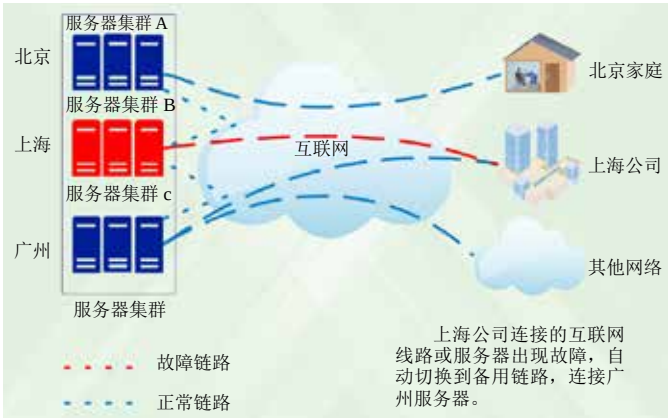

图 1-17　冗余备份和负载平衡

4. 负载均衡和相互协作

对于大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时，可将任务分散到较空闲的计算机上去处理，或由网络中比较空闲的计算机分担负荷。这就使得整个网络资源能互相协作，以免网络中的计算机忙闲不均，既影响任务又不能充分利用计算机资源。比如大型

ICP（Internet 内容提供商），为了支持更多的用户同时快速地访问网站，在世界各地或者全国各地放置了相同内容的服务器，如图 1-17 所示。通过技术手段使不同区域的用户查看距离最近或者速度最快的服务器上的内容，从而实现各服务器之间的负载均衡，使资源得到合理调整，同时避免了用户时间和资源的浪费，如淘宝和 12306 网站等。

5. 分布式网络处理

在计算机网络中，用户可根据问题的实质和要求选择网内最合适的资源来处理，以便问题能迅速而经济地得以解决。对于综合性大型问题可以采用合适的算法将任务分散到不同的计算机上进行处理。利用网络技术还可以将许多小型机或微型机连成具有高性能的分布式计算机系统，使它具有解决复杂问题的能力，而费用大为降低。

6. 提高系统性能价格比，易于扩充，便于维护

计算机组成网络后，虽然增加了通信费用，但由于资源共享，明显提高了整个系统的性价比，降低了系统的维护费用，且易于扩充，方便系统维护。

计算机网络的以上功能和特点使得它在社会生活的各个领域得到了广泛的应用。

1.1.6 计算机网络的分类

计算机网络的划分有很多种标准和方法。在日常使用中，最常使用的分类标准是按照网络的分布距离，根据网络覆盖的地理范围进行划分。

1. 局域网

局域网（Local Area Network，LAN），是指将较小范围内（一般指 10km 以内）的计算机或数据终端设备连接在一起的通信网络。局域网通常应用于几百米到十几千米内办公楼群或校园内的计算机相互连接所构成的计算机网络，如图 1-18 所示。

局域网的特点是分布距离近、连接范围小、用户数量少、传输速度快、连接费用低、数据传输误码率低。目前大部分局域网的运行速度为 10Mb/s~100Mb/s，并且现阶段正在向 1000Mb/s 过渡。

2. 城域网

城域网（Metropolitan Area Network，MAN）指的是有城市范围的大型局域网。所采用的技术基本上与局域网类似，只是规模上要更大。城域网既可以覆盖相距不远的几栋办公楼，也可以覆盖一个城市；既可以是私人网，也可以是公用网。城域网由于采用了具有有源交换元件的局域网技术，网中传输延时相对较小，传输媒介主要采用光纤。例如某高校在城市中有多个校区或者行政办公位置，通过网络将这些校园网连接起来就形成了城域网。城域网的连接距离可以在 10~100km。与局域网相比，城域网传输速度扩展的距离更长，覆盖的范围更广，传输速率高，技术先进、安全，属于局域网的延伸，但连接费用较高，如图 1-19 所示。

图 1-18　典型局域网拓扑图

图 1-19　城域网示意图

3. 广域网

广域网（Wide Area Network，WAN），也称远程网（Long Haul Network）。通常跨接很大的物理范围，所覆盖的范围从几十千米到几千千米，它能连接多个城市或国家，或横跨几个洲并能提供远距离通信，形成国际性的远程网络。覆盖的范围比局域网（LAN）和城域网（MAN）都广。广域网的通信子网主要使用分组交换技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网，它将分布在不同地区的局域网或计算机系统互连起来，达到资源共享的目的。广域网的特点是覆盖范围最广、通信距离最远、技术最复杂、建设费用最高。日常使用的 Internet 就是广域网的一种。

1.2　局域网概述

了解了互联网的相关知识后，下面介绍局域网的相关知识。

1.2.1　局域网的概念

局域网指有限区域（如办公室或楼层）内的多台计算机以及各种智能终端设备通过共享的传输介质互连，所组成的封闭网络。一般是方圆几千米以内，局域网可以实现文件管理、应用软件共享、打印机共享、电子邮件和传真通信服务等功能。共享的互连介质通常是电缆及光缆系统（如双绞线、同轴电缆、光纤等），也可以是红外信号、无线电等无线传输介质。

1.2.2　局域网的组成

局域网功能的实现离不开网络设备以及设备上所使用的协议等。

1. 网络通信设备

局域网根据规模和实现功能的多少，配备不同的网络设备。经常使用的包括网卡、集线器、交换机等。为了连接外网，也会配备路由器、调制解调器等。在传输介质上，通常有同轴电缆、双绞线、光纤等。由于无线的广泛应用，局域网中也包含很多无线设备。

2. 终端设备

终端设备就是可以使用网络进行通信并提供服务的设备，一般包含计算机、网络打印机、

智能手机、智能家电等设备。 局域网中有时会提到一个名词：工作站。工作站指一个连接到局域网上的可编址设备，作为用户与网络之间的接口。在不同的网络中，工作站又被称为“结点”或者“客户机”，最常指的就是计算机。

3. 服务器

对于公司、企业和需求较高的家庭用户，通常会在局域网中放置一些提供特殊服务功能的设备，就是服务器。如需提供网页服务，可以在一台专用或者定制的服务器中安装网页服务软件，如图 1-20 及图 1-21 所示。发布网页后，局域网中的其他机器可以使用域名或者 IP 地址访问该网站。类似的还有用于文件传输及共享的 FTP 服务器，专门存放数据的数据库的服务器，共享打印机使用的打印服务器，用于管理局域网的 AD 及域名服务器，用户收发邮件的邮件服务器等。

图 1-20　塔式服务器

图 1-21　刀片式服务器

4. 网络软件与通信协议

局域网中除了硬件以外，还有所有运行在硬件上的操作系统、协议等软件，如服务器中经常使用的 Windows Server 或者 UNIX 及 Linux 系统。当然，网络设备的系统是厂家根据设备自行研发或者适配的专业操作系统。

而通信协议指的是网络中通信各方事先约定好的通信规则，可以简单地理解为各终端设备之间进行相互对话所使用的通用语言。两台电脑之所以能够通信，是因为使用了相同的协议。局域网中最常用的协议就是 TCP/IP 协议。

1.2.3 局域网的分类

局域网根据不同的标准，分类方式有很多种。下面介绍常用的分类方法。

1. 按照拓扑结构进行分类

网络拓扑（Topology）结构是指用传输介质互连各种设备的逻辑布局。网络中的计算机等设备要实现互联，需要以一定的结构方式进行连接，这种连接方式就叫作“拓扑结构”，通俗地讲，就是这些网络设备是如何连接在一起的。

拓扑结构是最基本的网络设计方案，连接方式的好坏直接影响着网络的性能、可靠性、建设费用等。拓扑结构可以分为四类：星型、总线型、环型和树型。

（1）星型拓扑结构。

星型拓扑结构网络由中心结点和其他从结点组成，中心结点可直接与从结点通信，而从结点间必须通过中心结点才能通信，中心结点执行集中式通信控制策略。在星型网络中的中心结点通常由集线器或交换机充当，因此网络上的计算机之间是通过集线器或交换机来相互通信的，这是局域网最常见的方式，如图 1-22 所示。

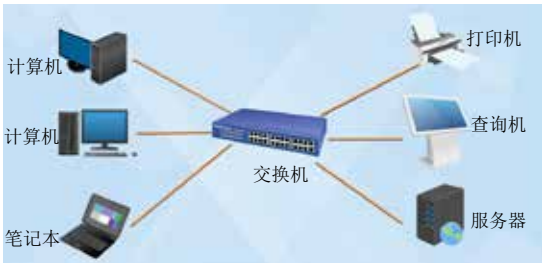

图 1-22　星型网络

星型拓扑结构有以下优点。

① 容易实现：星型拓扑结构联网容易，一般采用通用的双绞线，传输介质比较便宜。

② 结点扩展、移动方便：结点扩展时只需要从集线器或交换机等集线设备中拉一条网线即可，而要移动一个结点只需要把相应结点设备移到新结点即可。

③ 维护容易：一个结点出现故障不会影响其他结点的连接，可任意拆走故障结点。

而缺点也比较明显：整个网络对中心结点的依赖性都很高，如果中心结点发生故障，整个网络将瘫痪，不能工作。另外，由于每个站点直接与中心结点连接，因此，实施时所需要的电缆较长。

星型拓扑结构广泛用于网络中。家庭网本身虽然采用了无线技术，但仅仅是将传输介质由电缆换成了电磁信号。所以家庭网和小型公司采用的一般都是星型拓扑结构。

（2）总线型拓扑结构。

总线型网络采用单根传输线作为传输介质，所有的站点都直接连接到传输介质或称总线上。使用一定长度的电缆将设备连接在一起，如图 1-23 所示。设备可以在不影响系统中其他设备工作的情况下从总线中取下。总线型网络拓扑结构采用广播方式进行通信，工作时，只有一个站点可通过总线传输信息，这时其他站点都不能发送，且都将收到该信号，然后判断发送地址是否与接收地址一致，若匹配则接收该信息，不匹配则丢弃。

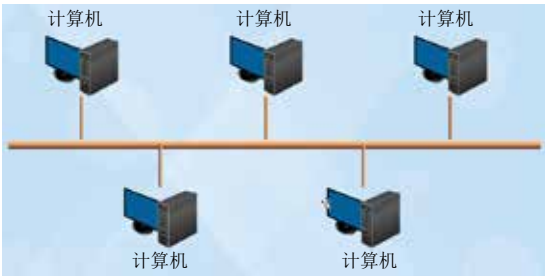

图 1-23　总线型网络

总线型拓扑的优点是：局域网不需要另外的互联设备，直接通过一条总线进行连接，所以组网费用较低。电缆长度短，易于布线和维护；结构简单，从硬件的角度看，十分可靠。

总线拓扑的缺点是：总线型拓扑的网不是集中控制的，所以故障检测需要在网上的各个站点上进行。传输速度会随着接入网络的用户的增多而下降。单个结点失效不影响整个网络的正常通信，但如果总线一断，整个网络或者主干网段就断了，查找故障点也比较困难。

总线型网络是一种比较简单的计算机网络结构，曾经在局域网中有广泛应用，但随着双绞线和星型结构的普及，局域网中已经很少使用总线型网络结构。

（3）环型拓扑结构。

环型拓扑结构由连接成封闭回路的网络结点组成，每一结点与它左右相邻的结点连接，如图 1-24 所示。环型网络的一个典型代表是令牌环局域网。在令牌环网络中，拥有“令牌”的设备允许在网络中传输数据。这样可以保证在同一时间内网络中只有一台设备可以传送信息。在环型网络中信息流只能是单方向的，每个收到信息包的站点都向它的下游站点转发该信息包。信息包在环网中“旅行”一圈，最后由发送站进行回收。但一般情况下，环的两端是通过一个阻抗匹配器来实现环的封闭的，因为在实际组网过程中因地理位置的限制，环的两端物理连接难以实现。

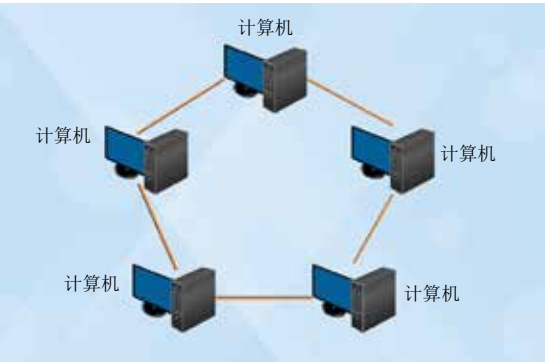

图 1-24　环型网络

这种拓扑结构的网络主要有以下几个特点。

① 一般仅适用于 IEEE 802.5 的令牌网（Token Ring Network）。所用的传输介质一般是同轴电缆。

② 这种网络实现非常简单，投资最小。

③ 维护困难：一方面整个网络各结点间是直接串联，任何一个结点出了故障都会造成整个网络的中断、瘫痪，维护起来非常不便。另一方面因为同轴电缆采用的是插针式的接触方式，非常容易造成接触不良、网络中断，查找起来也非常困难。

④ 扩展性能差：它的环型结构决定了其扩展性能远不如星型结构好，如果要新添加或移动结点，就必须中断整个网络，在环的两端做好连接器才能连接。

（4）树型拓扑结构。

树型结构是分级的集中控制式网络，在小型局域网络系统中使用较少，但大中型企业

在构造一个大型局域网络时，经常采用多级星型网络，按层次方式排列就形成了树型网络结构。这种结构非常适合于分主次、分等级的层次性管理系统。网络的最高层是三层交换或者路由器，最底层是终端，其他各层使用了集线器、交换机等网络设备，如图 1-25 所示。

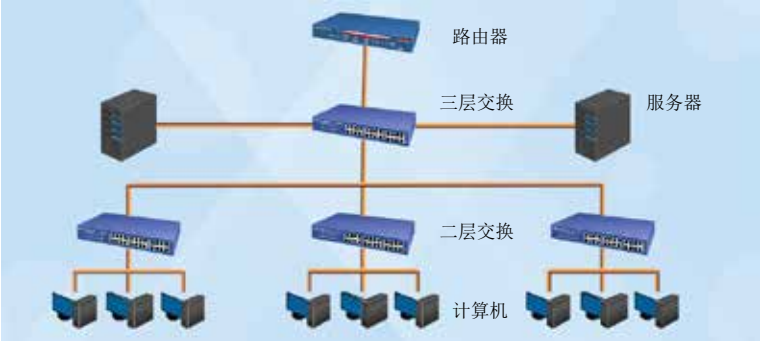

图 1-25　树型网络

与星型网络拓扑相比，它的通信线路总长度较短，成本较低，结点易于扩充，寻找路径比较方便。网络中任意两个结点之间不会产生回路，每个链路都支持双向传输。网络中某网络设备如果发生故障，那么网络设备下连接的终端将不能正常联网。

这种网络拓扑一般应用于大中型公司或企业，设备本身有一定保障，另外，网络中也采取了一些冗余备份技术，出现故障后，可以人工快速排查处理。而且设备本身也支持负载均衡和冗余备份，出现问题，可以自动启动应急机制，网络安全级别和稳定性也是比较高的。

2. 按照技术标准进行分类

虽然目前所能看到的局域网主要是以双绞线为代表传输介质的以太网，读者看到的基本上都是企业中使用的局域网，在网络发展的早期或在其他各行各业中，因其行业特点所采用的局域网也不一定都是以太网，目前在局域网中常见的有以太网、令牌环网、FDDI 网、ATM 网和无线局域网等几类。

（1） 以太网（Ethernet）。

以太网是目前应用最为广泛、最为成熟的网络类型。最早是由 Xerox（施乐）公司创建的，在 1980 年由 DEC、Intel 和 Xerox 三家公司联合开发为一个标准。现在以太网是应用最为广泛的局域网，包括标准以太网（10Mb/s）、快速以太网（100Mb/s）、千兆以太网（1000 Mb/s）和 10Gb/s 以太网，它们都符合 IEEE 802.3 系列标准规范。

① 标准以太网。

最开始以太网只有 10Mb/s 的吞吐量，它所使用的是 CSMA/CD（带有冲突检测的载波侦听多路访问）的访问控制方法，通常把这种最早期的 10Mb/s 以太网称为标准以太网。最常见的 4 种类型为 10Base-5、10Base-2、10Base-T、10Base-F，传输介质为粗缆、细缆、双绞线和光纤。

② 快速以太网（Fast Ethernet）。

随着网络的发展，传统标准的以太网技术难以满足日益增长的网络数据流量速度需求。

1993 年 10 月，Grand Junction 公司推出了世界上第一台快速以太网集线器 FastSwitch10/100 和网络接口卡 FastNIC100，快速以太网技术正式得以应用。1995 年 3 月，IEEE 宣布了 IEEE 802.3u，100Base-T 快速以太网标准，开始了快速以太网的时代。

快速以太网执行的是以太网的扩展标准，保留传统以太网的所有特征——相同的帧格式、介质访问控制方法与组网方法，将数据发送时间由 100ns 降低为 10ns，传输速率可以达到 100Mb/s。快速以太网主要有两种类型——100Base-T 和 100Base-VG，区别在于介质访问控制方法不同。快速以太网可以使用的传输介质为光纤和 5 类非屏蔽双绞线。

快速以太网的不足其实也是以太网技术的不足，那就是快速以太网仍是基于载波侦听多路访问和冲突检测（CSMA/CD）技术，当网络负载较重时，会造成效率的降低，当然这可以使用某些交换技术来弥补。

③ 千兆以太网（GB Ethernet）。

千兆以太网采用同样的 CSMA/CD 介质访问控制方法，同样的帧格式，传输速率可达 1Gb/s，并向下兼容现有的 10Mb/s 以太网和 100Mb/s 快速以太网，能够将 10M、100M 和 1000M 三种不同的传输速率完美地组织成一个网络，可以使用的传输介质为光纤和 5 类以上非屏蔽双绞线。

④ 10G 以太网。

现在 10Gb/s 的以太网标准已经由 IEEE 802.3 工作组于 2000 年正式制定，10G 以太网仍使用与以往 10Mb/s 和 100Mb/s 以太网相同的形式，它允许直接升级到高速网络。同样使用 IEEE 802.3 标准的帧格式、全双工业务和流量控制方式。

（2） 令牌环网（Token Ring Network）。

令牌环网是 IBM 公司于 20 世纪 70 年代发展的，现在这种网络比较少见。在老式的令牌环网中，数据传输速率为 4Mb/s 或 16Mb/s，新型的快速令牌环网速率可达 100Mb/s。令牌环网的传输方法在物理上采用了星型拓扑，但逻辑上仍是环型拓扑结构。由于目前以太网技术发展迅速，令牌环网存在固有缺点，以至在整个计算机局域网中已不多见。

（3） FDDI 网（Fiber Distributed Data Interface）。

光纤分布数据接口（FDDI）是由美国国家标准协会建立的一套标准，它使用基本令牌的环型体系结构，以光纤为传输介质，传输速率可达 100Mb/s，主要用于高速网络主干，能够满足高频宽信息的传输需求。

FDDI 的特点：传输介质采用光纤，抗干扰性和保密性好；为备份和容错，一般采用双环结构，可靠性高；环的最大长度为 100 千米，适用场合广；具有大型的包规模和较低的差错率，能够满足宽带应用的要求；但造价太高，主要应用于大型网络的主干网中。

（4） ATM 网（Asynchronous Transfer Mode）。

ATM 是高速分组交换技术，中文名为“异步传输模式”。其基本数据传输单元是信元。在 ATM 交换方式中，文本、语音、视频等所有数据被分解成长度固定的信元，信元由一个 5 字节的元头和一个 48 字节的用户数据组成，长度为 53 个字节。

ATM 网的优点：ATM 网的网络用户可以独享全部频宽，即使网络中增加计算机的数量，

传输速率也不会降低；由于 ATM 数据被分成等长的信元，能够比传统的数据包交换更容易达到较高的传输速率；能够同时满足数据及语音、影像等多媒体数据的传输需求；可以同时应用于广域网和局域网中，无须选择路由，可以大大提高广域网的传输速率。

（5） 无线局域网。

无线局域网是目前最新也是最为热门的一种局域网，特别是自 Intel 推出首款自带无线网络模块的迅驰笔记本处理器以来。无线局域网与传统局域网的主要不同之处就是传输介质不同，传统局域网都是通过有形的传输介质进行连接的，如同轴电缆、双绞线和光纤等，而无线局域网则是采用空气作为传输介质的。它摆脱了有形传输介质的束缚，所以这种局域网的最大特点就是自由，只要在网络的覆盖范围内，可以在任何一个地方与服务器及其他工作站连接，而无须重新铺设电缆。这一特点非常适合移动办公一族，或者在机场、宾馆、酒店等，只要无线网络能够覆盖，都可以随时随地连接上无线网络。

无线局域网所采用的是 802.11 系列标准，它也是由 IEEE 802 标准委员会制定的。目前这一系列主要标准有：802.11b（ISM 2.4GHz）、802.11a（5GHz）、802.11g（ISM 2.4GHz）、802.11n（2.4/5GHz 600Mb/s）、802.11ac（5GHz 3.2Gb/s）。

3. 按照网络控制方式分类

按照网络控制方式，局域网可以分为集中式网络和分布式网络。

（1） 集中式计算机网络。

这种网络处理的控制功能高度集中在一个或少数几个结点上，所有的信息流都必须经过这些结点之一。因此，这些结点是网络处理的控制中心，而其余的大多数结点只有较少的处理控制功能。星型网络和树型网络都是典型的集中式网络。

（2） 分布式计算机网络。

在这种网络中，不存在处理的控制中心，网络中的任意一个结点都至少和另外两个结点相连接，信息从一个结点到达另一个结点时，可能有多条路径。同时，网络中的各个结点均以平等地位相互协调工作和交换信息，并可共同完成一项大型任务。分组交换、网状网络都属于分布式网络。这种网络具有信息处理的分布性、高可靠性、可扩充性及灵活性等一系列优点，因此，它是网络的发展方向。

目前的大多数广域网中的主干网，都是分布式的控制方式，并采用较高的通信速率，以提高网络性能。而大量非主干网，则仍采取集中控制方式。

4. 按照应用结构分类

按照应用结构进行分类，局域网可以分为对等网络和基于服务器的网络。

（1） 对等网络。

对等网络（Peer-to-Peer），一般采用星型网络拓扑结构，最简单的对等网络就是使用双绞线直接相连的两台计算机，常常被称作工作组。在对等式网络结构中，每一个结点之间的地位对等，没有专用的服务器，在需要的情况下，每一个结点既可以起客户机的作用也可以起服务器的作用。这与客户机 / 服务器（C/S）模式是不同的。

对等网不需要专门的服务器来支持网络，因而对等网络的价格相对其他模式的网络来说要低很多。对等网可以共享文件和网络打印机。由于对等网的这些特点，它在家庭、宿舍或者其他小型网络中应用得很广泛。

对等网络组建和维护容易，费用较少；不需要使用基于服务器的专用操作系统；对等网络具有更大的容错性，任何计算机发生故障时只会使该计算机拥有的网络资源不可用，而不会影响其他计算机。但是对等网络在安全性、性能和管理方面存在较大的局限性。

（2）基于服务器的网络。

基于服务器的网络中，共享资源通常被合并到一台高性能的计算机中，这台计算机称为服务器。基于服务器的网络通常有两种结构，即专用服务器结构和客户 / 服务器结构。

专用服务器结构又被称为工作站 / 文件服务器结构，其特点是网络中至少有一台专用的文件服务器，所有的工作站通过通信线路与一台或多台文件服务器相连；工作站之间无法直接通信。文件服务器通常以共享磁盘文件为主要目的。

客户 / 服务器结构克服了专用服务器结构的这个弱点，采用一台或者几台性能较高的计算机（服务器）进行共享数据库的管理，而将其他的应用处理工作分散到网络上的其他主机（客户端）上去完成，从而构成分布式处理系统。客户机不仅可以和服务器进行通信，而且客户机之间可以不通过服务器直接对话。

基于服务器的网络比对等网络更加安全，用户使用起来也更加轻松。所有的账户和口令都集中管理，用户通过一次身份认证即可访问网络中所有对其开放的资源；资源的集中存放和管理，方便用户快速查找资源。但是基于服务器的网络需要增加性能较好的服务器，组网和运行成本较高；而且服务器一旦出现故障，将影响整个网络的正常运行。

基于服务器的网络通常用于大型的组织，但网络结构的选择并不完全取决于网络的规模，而取决于实际的需要。

5. 按照通信协议分类

通信协议是通信双方共同遵守的规则或约定，不同的网络采用不同的通信协议。如以太网采用 CSMA/CD 协议，令牌环网采用令牌环协议，广域网中的分组交换采用 X.25 协议，Internet 采用 TCP/IP 协议。

1.3 局域网通信协议

通信协议可以理解为计算机等终端及网络设备之间的通用语言。而互联网的本质就是一系列的网络协议的组合。举个例子，中国有很多方言，人们为了都能听懂彼此而不会耽误事，都使用普通话是最好的选择；而为了和世界各国进行交流，则需要使用英语。那么这里的普通话、英语就是范围较小和范围较大的通信协议。所以在网络中就有了一系列统一的标准，这一系列标准称为互联网协议。

1.3.1 OSI 参考模型

开放系统互连参考模型 （Open System Interconnect，OSI）是国际标准化组织（ISO）和国际电报电话咨询委员会（CCITT）联合制定的，为开放式互连信息系统提供了一种功能结构的框架。其目的是为异种计算机互连提供一个共同的基础和标准框架，并为保持相关标准的一致性和兼容性提供共同的参考。这里所说的开放系统，实质上指的是遵循 OSI 参考模型和相关协议能够实现互连的具有各种应用目的的计算机系统。它从低到高分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层，如图 1-26 所示。

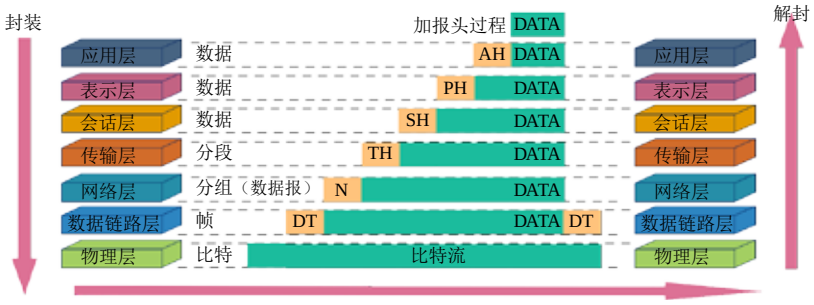

图 1-26　OSI 七层参考模型

1. 物理层

按照由下向上的顺序，物理层是 OSI 的第一层，它处于最底层，是整个开放系统的基础。物理层为设备之间的数据通信提供传输媒体及互连设备，为数据传输提供可靠的环境。

物理层的任务就是为上层（数据链路层）提供物理连接，实现比特流的透明传输。物理层定义了通信设备与传输线路接口的电气特性、机械特性、应具备的功能等，如产生“1”“0”的电压大小，变化间隔，电缆如何与网卡连接、如何传输数据等。物理层负责在数据终端设备、数据通信和交换设备之间完成数据链路的建立、保持和拆除操作。这一层关注的问题大都是机械接口、电气接口、过程接口以及物理层以下的物理传输介质等。

2. 数据链路层

数据链路层是 OSI 参考模型中的第二层，介于物理层和网络层之间。数据链路层在物理层提供服务的基础上向网络层提供服务，该层将源自网络层的数据按照一定格式分割成数据帧，然后将帧按顺序送出，等待由接收端送回的应答帧。该层主要功能如下。

（1） 数据链路连接的建立、拆除、分离。

（2） 帧定界和帧同步：链路层的数据传输单元是帧。每一帧包括数据和一些必要的控制信息。协议不同，帧的长短和界面也有差别，但无论如何必须对帧进行定界，并且调节发送速率以使其与接收方相匹配。

（3） 顺序控制，指对帧的收发顺序的控制。

（4） 差错检测与恢复、链路标识、流量控制等：因为传输线路上有大量的噪声，所以传输的数据帧有可能被破坏。差错检测多用方阵码校验和循环码校验来检测信道上数据

的误码，而帧丢失等用序号检测。各种错误的恢复则常靠反馈重发技术来完成。

数据链路层的目标就是把一条可能出错的链路转变成让网络层看起来就像一条不出差错的理想链路。数据链路层可以使用的协议有 SLIP、PPP、X.25 和帧中继等。日常中使用的 Modem 等拨号设备都在该层工作。而在该层工作的交换机成为“二层交换机”，是按照存储的 MAC 地址表进行数据传输的。

3. 网络层

网络层负责管理网络地址，定位设备，决定路由。如熟知的 IP 地址和路由器就是在这一层工作。上层的数据段在这一层被分割，封装后叫作包（Packet）。包有两种，一种叫作用户数据包（Data packets），是上层传下来的用户数据；另一种叫作路由更新包（Route update packets），是直接由路由器发出来的，用来和其他路由器进行路由信息的交换。网络层负责对子网间的数据包进行路由选择。网络层的主要作用如下。

（1） 数据包封装与解封。

（2） 异构网络互联：用于连接不同类型的网络，使终端能够通信。

（3） 路由与转发：按照复杂的分布式算法，根据从各相邻路由器所得到的关于整个网络拓扑的变化情况，动态地改变所选择的路由，并根据转发表将用户的 IP 数据报从合适的端口转发出去。

（4） 拥塞控制：获取网络中发生拥塞的信息，从而利用这些信息进行控制，以避免由于拥塞而出现分组的丢失以及由于严重拥塞而产生网络死锁的现象。

4. 传输层

传输层是一个端到端，即主机到主机的层次。传输层负责将上层数据分段并提供端到端的、可靠的（TCP）或不可靠的（UDP）传输。此外，传输层还要处理端到端的差错控制和流量控制问题。传输层的任务是提供建立、维护和取消传输连接的功能，负责端到端的可靠数据传输。在这一层，信息传送的协议数据单元称为段或报文。通常说的 TCP 三次握手、四次断开就是在这层完成的。

网络层只是根据网络地址将源节点发出的数据包传送到目的节点，而传输层则负责将数据可靠地传送到相应的端口。常说的 QoS 就是这一层的主要服务。

传输层是计算机网络体系中最重要的一层，传输层协议也是最复杂的，其复杂程度取决于网络层所提供的服务类型及上层对传输层的要求。

5. 会话层

会话层管理主机之间的会话进程，即负责建立、管理、终止进程之间的会话。会话层还利用在数据中插入校验点来实现数据的同步。

会话层不参与具体的数据传输，利用传输层提供的服务，在本层提供会话服务（如访问验证）、会话管理和会话同步等功能，建立和维护应用程序间通信的机制。最常见的如服务器验证用户登录等便是由会话层完成的。另外本层还提供单工（Simplex）、半双工（Half duplex）、全双工（Full duplex）三种通信模式的服务。

会话层服务包括会话连接管理服务、会话数据交换服务、会话交互管理服务、会话连接同步服务和异常报告服务等。会话服务过程可分为会话连接建立、报文传送和会话连接释放三个阶段。

6. 表示层

这一层主要处理流经端口的数据代码的表示方式问题。表示层的作用之一是为异种机通信提供一种公共语言，以便能进行相互操作。这种类型的服务之所以需要，是因为不同的计算机体系结构使用的数据表示方法不同。例如，IBM 主机使用 EBCDIC 编码，而大部分 PC 机使用的是 ASCII 码，所以便需要本层完成这种转换。表示层主要包括如下服务。

（1） 数据表示。

解决数据语法表示问题，如文本、声音、图形图像的表示，确定数据传输时的数据结构。

（2） 语法转换。

为使各个系统间交换的数据具有相同的语义，应用层采用的是对数据进行一般结构描述的抽象语法。表示层为抽象语法指定一种编码规则，便构成一种传输语法。

（3） 语法选择。

传输语法与抽象语法之间是多对多的关系，一种传输语法可对应于多种抽象语法，而一种抽象语法也可对应于多种传输语法。所以传输层应能根据应用层的要求，选择合适的传输语法传送数据。对传送信息加密、解密也是表示层的任务之一。

（4） 连接管理。

利用会话层提供的服务建立表示连接，并管理在这个连接之上的数据传输和同步控制，以及正常或异常地释放这个连接。

7. 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层，是用户与网络的接口，用于确定通信对象，并确保有足够的资源用于通信。当然，这些都是想要通信的应用程序做的事情。应用层为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口，应用层向应用程序提供服务。这些服务按其向应用程序提供的特性分成组，并称为服务元素。有些可为多种应用程序共同使用，有些则为较少的一类应用程序使用。应用层是开放系统的最高层，是直接为应用进程提供服务的。其作用是在实现多个系统应用进程相互通信的同时，完成一系列业务处理所需的服务。

应用层通过支持不同应用协议的程序来解决用户的应用需求，如文件传输（FTP）、远程操作（Telnet）、电子邮件服务（SMTP）、网页服务（HTTP）等。

1.3.2 TCP/IP 协议

TCP/IP 协议（Transmission Control Protocol/Internet Protocol），中译名为传输控制协议 / 因特网互联协议，又名网络通信协议，是 Internet 最基本的协议，Internet 国际互联网络的基础，由网络层的 IP 协议和传输层的 TCP 协议组成。它是最常用的一种协议，也可以算是网络

通信协议的一种通信标准协议，同时是最复杂、最为庞大的一种协议。TCP/IP 协议于 1969 年由美国国防部高级研究所计划署（ARPA）开发，现在为跨越局域网和广域网环境的大规模互联网络而设计。

TCP/IP 定义了电子设备如何连入因特网，以及数据传输的标准。协议采用了 4 层的层级结构，分别为应用层、传输层、网络层和网络接口层，如图 1-27 所示。每一层都通过呼叫它的下一层所提供的网络协议来完成本层的需求。TCP 负责发现传输的问题，一有问题就发出信号，要求重新传输，直到所有数据安全正确地传输到目的地。而 IP 是给因特网的每一台连网设备规定一个地址，以方便传输。

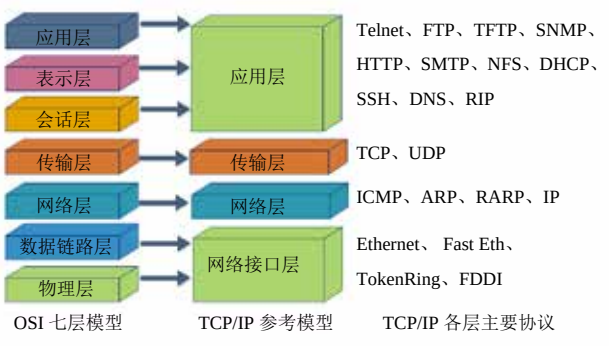

图 1-27　OSI 与 TCP/IP 的对应关系

TCP/IP 完全撇开了网络的物理特性，它把任何一个能传输数据分组的通信系统都看作网络。这种网络的对等性大大简化了网络互连技术的实现。

TCP/IP 通信协议具有灵活性，支持任意规模的网络，几乎可连接所有的服务器和工作站。它的灵活性也带来了复杂性，它需要针对不同网络进行不同设置，且每个节点至少需要一个“IP 地址”、一个“子网掩码”、一个“默认网关”和一个“主机名”。但是在局域网中微软为了简化 TCP/IP 协议的设置，在 NT 中配置了一个动态主机配置协议（DHCP），它可为客户端自动分配一个 IP 地址，避免了冲突及配置出错。

1. 应用层

TCP/IP 协议的应用层对应 OSI 七层模型的应用层、表示层、会话层。用户使用的都是应用程序，均工作于应用层。互联网是开放的，用户都可以开发自己的应用程序，数据多种多样，所以必须规定好数据的组织形式，而应用层功能就是规定应用程序的数据格式。

TCP 协议可以为各种各样的程序传递数据，如 Email、WWW、FTP 等。那么，必须有相应协议规定电子邮件、网页、FTP 数据的格式，这些应用程序协议就构成了“应用层”。

2. 传输层

传输层提供端口到端口的通信，如用户使用多个程序或者多个用户同时运行同一程序等。那么程序之间的区分，则需要传输层通过不同的端口号来实现。

传输层功能：格式化信息流，建立端口到端口的通信，并提供可靠的传输。为实现可

靠传输，传输层协议规定接收端必须发回确认。假如分组丢失，必须重新发送。

端口范围：0~65535，其中 0~1023 为系统占用端口。

（1）TCP 协议。

为程序提供可靠传输连接，适合一次传输大批数据的情况。TCP 数据包没有长度限制，理论上可以无限长，但是为了保证网络的效率，TCP 数据包的长度通常不会超过 IP 数据包的长度，以确保单个 TCP 数据包不必再分割。

（2）UDP 协议。

不可靠传输，即提供无连接通信，且不对传送包进行可靠的保证。适合一次传输少量数据，可靠性由应用层负责。“报头”部分一共只有 8 个字节，总长度不超过 65535 字节，正好放进一个 IP 数据包。

3. 网络层

网络层是整个体系结构的关键部分。其功能是使主机可以把数据分组发往任何网络，并使数据分组独立地传向目标。基本数据单位为 IP 数据报。这些分组可能经由不同的网络，到达的顺序和发送的顺序也可能不同。高层如果需要按顺序收发，那么就必须自行处理对分组的排序。TCP/IP 参考模型的网络层和 OSI 参考模型的网络层在功能上非常相似。其功能主要包含三个方面。

（1）处理来自传输层的分组发送请求，收到请求后，将分组装入 IP 数据包，填充报头，选择去往目的的路径，然后将数据包发往适当的网络接口，如图 1-28 所示。

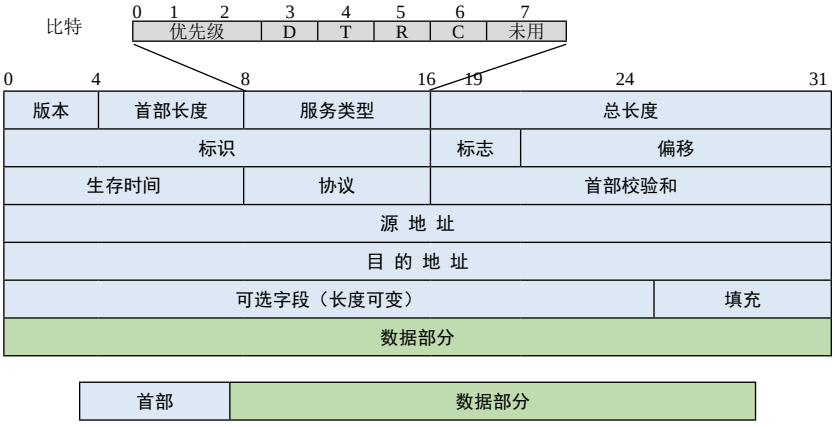

图 1-28　数据包结构

（2）处理输入数据包。首先检查其合法性，然后进行寻径：假如该数据包已到达目的主机，则去掉报头，将剩下部分交给相关的传输协议；假如该数据包尚未到达目的主机，则转发该数据包。

（3）处理路径、流控、拥塞等问题。

网络层包含的主要协议有三种。

① IP 协议：负责在主机与网络中寻址和路由数据包。

② ARP 协议（Address Resolution Protocol，地址解析协议）：通过 IP 地址获取物理网络中的主机地址。另外还有 RARP 协议（Reverse Address Resolution Protocol，逆地址解析协议），通过主机地址获取 IP 地址。

③ ICMP 协议（Internet Control Message Protocol，因特网控制报文协议）：发送消息并报告有关数据包的传送错误。

4. 网络接口层

对应 OSI 模型中的数据链路层和物理层，是 TCP/IP 协议的最底层。负责接收数据并通过网络发送；或者从网络上接收物理帧，帧是独立的数据信息传输单元，如图 1-29 及图 1-30 所示。网络接口层将网络层的数据包封装成帧进行传输，或者将帧拆解并将其中的数据包交给网络层进行处理。

物理层		数据链路层				
前导码	帧定界符	目标 MAC	源 MAC	类型 / 长度	数据	帧校验
7 字节	1 字节	6 字节	6 字节	2 字节	46~1500 字节	4 字节

图 1-29　以太网帧格式

物理层		数据链路层				
前导码	帧定界符	目标 MAC	源 MAC	类型 / 长度	数据	帧校验
7 字节	1 字节	2/6 字节	2/6 字节	2 字节	46~1500 字节	4 字节

图 1-30　IEEE 802.3 帧格式

1.3.3 IP 地址

IP 是英文 Internet Protocol 的缩写，意思是“网络之间互连的协议”，也就是为计算机网络相互连接进行通信而设计的协议。在因特网中，IP 协议规定了计算机在因特网上进行通信时应当遵守的规则，并使连接到网上的所有计算机、设备及网络能够实现相互通信。正是因为 IP 协议的优势，因特网才得以迅速发展为世界上最大的、开放的计算机通信网络。因此，IP 协议也可以叫作“因特网协议”。

可以将 IP 地址理解为，用来给 Internet 上的设备一个编号。日常见到的情况是每台联网的计算机上都需要有 IP 地址。如果把网络终端比作“电话”，那么“IP 地址”就相当于“电话号码”，而 Internet 中的路由器，就相当于电信局的“程控式交换机”。

IP 地址按版本号可以分为 IPv4 和 IPv6。IPv6 可以被看成 IPv4 的扩容版，主要解决现在使用的 IPv4 中地址池不满足需求的情况。因为 IPv4 是基础，下面以 IPv4 为例向读者介绍 IP 地址。

1. IP 地址的结构

IP 地址由 32 位的二进制数组成，通常被分割为 4 个“8 位二进制数”（也就是 4 个字节）。由于二进制不好记忆，IP 地址通常用“点分十进制”表示（a.b.c.d）的形式，其中，

a，b，c，d 都是 0~255 之间的十进制整数。例如，点分十进 IP 地址（1.2.3.4），实际上是 32 位二进制数（00000001. 00000010. 00000011.00000100）。

2. IP 地址的分类

IP 地址本身由网络地址和主机地址两部分组成：网络地址用于标识网络；而主机地址用于标识网络主机。就如电话 010-12345678，010 为区号，代表一个地区，作用同网络地址类似，12345678 为电话号码，作用同主机地址类似，组合在一起就代表唯一的一部电话，而在网络上，就指唯一的一台网络设备。

由于每个网络中拥有的计算机数量不同，Internet 委员会根据网络规模的大小，将 IP 地址空间划分为 A~E 5 种不同的地址类别，如图 1-31 所示。

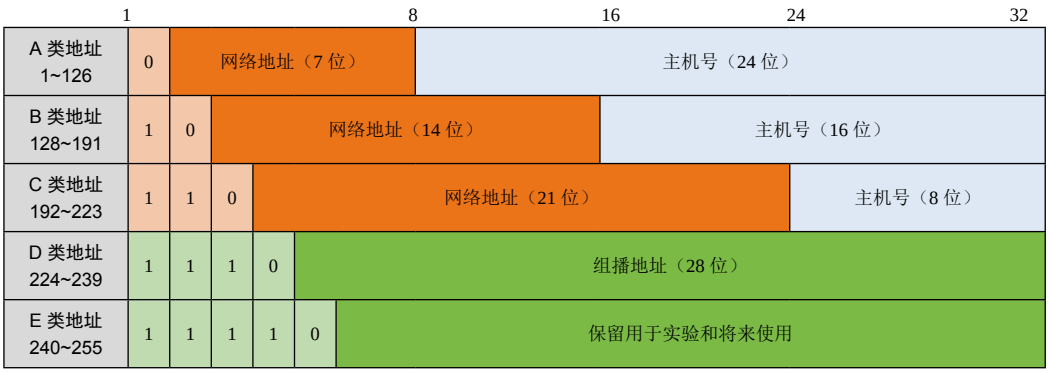

图 1-31　IP 地址分类

（1）A 类地址。

在 IP 地址的四段号码中，第一段号码为网络号码，剩下的三段号码为本地计算机的号码，它们组合成 A 类地址。如果用二进制表示 IP 地址，A 类 IP 地址就由 1 字节的网络地址和 3 字节的主机地址组成。A 类网络地址数量较少，有 126 个网络，但每个网络可以容纳主机数达 1600 多万台。

A 类网络地址的最高位必须是“0”，但网络地址不能全为“0”。也就是说，A 类地址的网络地址范围为 1~126 之间，不能为 127，因为该地址被保留用作回路及诊断地址，任何发送给 127.X.X.X 的数据都会被网卡传回到该主机，用于检测使用。主机地址也不能全为 0 或全为 1（即 11111111 用十进制标识为 255），全为 0 代表该网络地址，而全为 1 代表该网络地址中所有主机，用于在该网络内发送广播包使用。例如，100.0.0.0 代表 100 这个网络，而 100.255.255.255 是广播地址，这个规则在其他类地址中也如此。所以，每个网络支持的最大主机数为 2^{24}-2=16777214 台。

（2）B 类地址。

在 IP 地址的四段号码中，前两段号码为网络号码。如果用二进制表示 IP 地址，B 类 IP 地址就由 2 字节的网络地址和 2 字节的主机地址组成，网络地址的最高位必须是“10”。B 类 IP 地址中网络的标识长度为 16 位，主机的标识长度为 16 位，即 B 类网络地址的取值

为 128~191。

B 类网络地址适用于中等规模的网络，有 16384 个网络，每个网络所能容纳的计算机数为 2^{16}-2=65534 台。

其中 165.254.0.0 也是不使用的，在 DHCP 发生故障或响应时间太长而超出了一个系统规定的时间，系统会自动分配这样一个地址。如果发现主机 IP 地址是一个这样的地址，该主机的网络大都不能正常运行。

（3）C 类地址。

在 IP 地址的四段号码中，前三段号码为网络号码，剩下的一段号码为本地计算机的号码。如果用二进制表示 IP 地址，C 类 IP 地址就由 3 字节的网络地址和 1 字节的主机地址组成，网络地址的最高位必须是“110”。C 类网络地址取值为 192~223，C 类 IP 地址中网络的标识长度为 24 位，主机的标识长度为 8 位，C 类网络地址数量较多，有 209 万余个网络。适用于小规模的局域网络，每个网络最多只能包含 2^8-2=254 台计算机。

（4）D 类地址。

D 类 IP 地址不分网络号和主机号，在历史上被叫作多播地址（multicast address），即组播地址。在以太网中，多播地址命名了一组应该在这个网络中应用接收到一个分组的站点。多播地址的最高位必须是“1110”，范围为 224~239。

（5）E 类地址。

E 类地址为保留地址，也可以用于实验，但不能分给主机，E 类地址以“11110”开头，范围为 240~255。

3. 保留 IP

理想状态下，每个联网的设备都可以获取一个正常的、可以通信的 IP 地址，但是，由于网络的发展，需要联网的并且需要使用 IP 的设备已经不是 IPv4 地址池所能满足的。为了满足如家庭、企业、校园等需要大量 IP 地址的内部网络的要求，Internet 地址授权机构 IANA 将 A、B、C 类地址中的一部分保留作为内部网络地址使用。保留地址也叫作私有地址（private address）或者专用地址，它们不会在全球使用，只具有本地意义。

A 类：10.0.0.0~10.255.255.255，100.64.0.0~100.127.255.255；B 类：172.16.0.0~172.31.255.255；C 类：192.168.0.0~192.168.255.255。

这些 IP 地址被大量网络使用，当然会有很多重复，它们之所以还可以正常使用并且通信，是因为网关设备的作用。网关设备获取可以正常通信的 IP 地址，它可以通过网络映射技术（NAT），将内部计算机发送的数据包中的 IP 地址转换成可以在公网上传递的数据包，发送出去。并且在接收数据后，根据映射表，将数据传回给内网的计算机。

4. 网络地址与广播地址

网络地址的主机号为全 0，网络地址代表着整个网络。例如，192.168.0.0/16 代表 192.168.0.0 这个网络中的主机地址为 192.168.0.1~192.168.255.254。

广播地址通常称为直接广播地址，区别于受限广播地址。广播地址与网络地址的主机号正好相反，广播地址中，主机号全为 1。例如，192.168.255.255/16 代表 192.168.0.0 这个网络中的所有主机。当向该网络的广播地址发送消息时，该网络中的所有主机都能收到该广播消息。

5. IPv4 与 IPv6

现有的互联网是在 IPv4 协议的基础上运行的。IPv6 是下一版本的互联网协议，也可以说是下一代互联网的协议。随着互联网的迅速发展，IPv4 定义的有限地址空间将被耗尽，而地址空间的不足必将妨碍互联网的进一步发展。为了扩大地址空间，拟通过 IPv6 重新定义地址空间。IPv4 采用 32 位地址长度，只有大约 43 亿个地址，而 IPv6 采用 128 位地址长度，如图 1-32 所示，几乎可以不受限制地提供地址。按保守方法估算 IPv6 实际可分配的地址，整个地球的每平方米面积上仍可分配 1000 多个地址。在 IPv6 的设计过程中除解决了地址短缺问题以外，还考虑了性能的优化，如端到端 IP 连接、服务质量（QoS）、安全性、多播、移动性、即插即用等。与 IPv4 相比，IPv6 主要有如下一些优势。

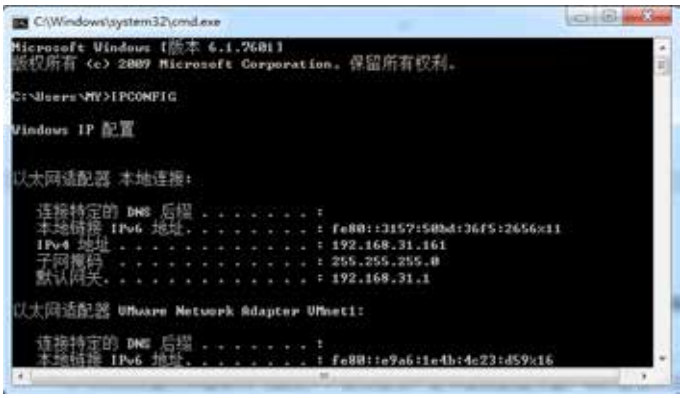

图 1-32　查看 IPv6 地址

（1）明显地扩大了地址空间。IPv6 采用 128 位地址长度，几乎可以不受限制地提供 IP 地址，从而确保了端到端连接的可能性。

（2）提高了网络的整体吞吐量。由于 IPv6 的数据包远远超过 64K 字节，应用程序可以利用最大传输单元（MTU），获得更快、更可靠的数据传输，同时在设计上改进了选路结构，采用简化的报头定长结构和更合理的分段方法，使路由器加快数据包处理速度，提高了转发效率，从而提高网络的整体吞吐量。

（3）使得整个服务质量得到很大改善。报头中的业务级别和流标记通过路由器的配置可以实现优先级控制和 QoS 保障。

（4）安全性有了更好的保证。采用 IPSec 可以为上层协议和应用提供有效的端到端安全保证，能提高在路由器水平上的安全性。

（5）支持即插即用和移动性。设备接入网络时通过自动配置可自动获取 IP 地址和必

要的参数，实现即插即用，简化了网络管理，易于支持移动节点。IPv6 不仅从 IPv4 中借鉴了许多概念和术语，还定义了许多移动 IPv6 所需的新功能。

（6）更好地实现了多播功能。在 IPv6 的多播功能中增加了“范围”和“标志”，限定了路由范围并且可以区分永久性地址与临时性地址，更有利于多播功能的实现。

1.3.4 子网掩码

网上的两台设备在获取了 IP 地址后，并不是直接通信。首先需要判断两者是否在同一个网络或者网段中。如果在，那么就可以直接通信。如果不在同一个网络中，就需要路由设备根据两者所在的网络，按照路由表中的转发规则，计算并判断出最优路径，然后转发出去。这里判断地址所在的网络就需要子网掩码了。

此外随着互联网应用范围的不断扩大，原先的 IPv4 的弊端也逐渐暴露出来，即网络号占位太多，而主机号占位太少，所以能提供的主机地址也越来越稀缺，目前除了使用路由 NAT 功能，在企业内部网络使用私有地址的形式上网外，还可以通过对一个高类别的 IP 地址进行再划分，以形成多个子网，提供给不同规模的用户群使用。而再次配备的标准就需要使用子网掩码了，但是这样做会使每个子网上的可用主机地址数目比原先少。

1. 子网掩码格式

所谓“子网掩码”，就是表示子网络特征的一个参数。它在形式上等同于 IP 地址，也是一个 32 位二进制数字，它的网络部分全部为 1，主机部分全部为 0。例如，IP 地址为 192.168.100.1，如果已知网络部分是前 24 位，主机部分是后 8 位，那么子网络掩码就是 11111111.11111111.11111111.00000000，写成十进制就是 255.255.255.0，如图 1-33 所示。有时也会用“IP/ 网络位位数”的格式，如 192.168.1.100/24，表示有 24 位的网络位。

		网络位			主机位
IP 地址	192.168.100.1	11000000	10101000	01100100	00000001
子网掩码	255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000

图 1-33　子网掩码

在计算子网掩码时，要注意 IP 地址中的特殊地址，即“0”地址和广播地址，它们是指主机地址或网络地址全为“ 0”或“ 1”时的 IP 地址，它们代表着本网络地址和广播地址，一般是不能被计算在内的。

2. 计算网络号

如果知道了 IP 地址和子网掩码，就可以计算出网络号。通过网络号是否一致，判断是否在同一网络中。

方法是将两个 IP 地址与子网掩码分别进行 AND 运算（两个数位都为 1，运算结果为 1，否则为 0），然后比较结果是否相同，如果相同，就表明它们在同一个子网络中，否则就不是。

例如，已知 B 类地址为 128.245.36.1，那么它的网络号就可以进行计算了。因为 B 类地址的子网掩码为 255.255.0.0，就需要转换成二进制并进行 AND 运算，如图 1-34 所示。

		网络位			主机位
IP 地址	128.245.36.1	10000000	11110101	00100100	00000001
子网掩码	255.255.0.0	11111111	11111111	00000000	00000000
AND 运算	128.245.0.0	10000000	11110101	00000000	00000000

图 1-34　计算子网掩码

将得到的网络号换算后，为 128.245.0.0。

以上为比较简单的案例，其他复杂的都可以按照该方法计算网络号。

3. 按要求划分子网

在企业中，有时会需要网络管理员进行网络地址的分配。如果获得的网络地址段需要按照部门进行划分，或者为了提高 IP 地址的使用率，可以通过人工设置子网掩码的方法将一个网络划分成多个子网。

例如，公司提供了 C 类地址 192.168.10.0/24，并需要分给 5 个不同的部门使用，每个部门大概有 30 台电脑。那么该如何划定这 5 个网络呢？

这里需要提到一个概念就是“借位”。因为有 24 位网络号，那么有 8 位主机号。分给 5 个部门使用，那么需要在 8 位中借出可供 5 个部门使用的网络号。因为 2^2=4，2^3=8，那么就需要从 8 位主机号中借出 3 位作为网络号。那么剩下的 5 位，可以存在 2^5-2=30 台主机，满足要求。该网络的网络号就变成 27 位，也就是有 27 位的网络号。子网掩码就是 11111111. 11111111 11111111. 111 00000 即 255.255.255.224。那么划分的这 8 个范围的信息，如图 1-35 所示。

子网				子网网络号	主机地址	广播地址
11000000	10101000	00001010	000 00000	192.168.10.0	1~30	31
11000000	10101000	00001010	001 00000	192.168.10.32	33~62	63
11000000	10101000	00001010	010 00000	192.168.10.64	65~94	95
11000000	10101000	00001010	011 00000	192.168.10.96	97~126	127
11000000	10101000	00001010	100 00000	192.168.10.128	129~158	159
11000000	10101000	00001010	101 00000	192.168.10.160	161~190	191
11000000	10101000	00001010	110 00000	192.168.10.192	193~222	223
11000000	10101000	00001010	111 00000	192.168.10.224	225~254	255

图 1-35　划分子网及相关信息

1.3.5 IPX/SPX 协议

Internet 分组交换/顺序分组交换（Internetwork Packet Exchange/Sequences Packet Exchange，IPX/SPX）是 Novell 公司的通信协议集。与 NetBEUI 形成鲜明区别的是 IPX/SPX 比较庞大，在复杂环境下具有很强的适应性。这是因为 IPX/SPX 在开始设计时就考虑了网段的问题，因此它具有强大的路由功能，适合大型网络。当用户端接入 NetWare 服务器时，IPX/SPX 及其兼容协议是最好的选择。但在非 Novell 网络环境中，一般不使用。

1.3.6 NetBEUI 协议

NetBEUI，是 NetBIOS 协议的增强版本，曾被许多操作系统采用。IBM 于 1985 年提出了主要用于 20~200 台计算机的小型局域网，如早期的 DOS、LAN Manager、Windows 3.x 等。NetBEUI 协议可以看作 NetBIOS 协议的延伸、改良版本，具有体积小、效率高以及速度快等特点。NetBEUI 可以看作一种传输协议，而 NetBIOS 仅仅是通过一组命令来让系统使用网络。

NetBEUI 协议在许多情形下很有用，是 Windows 98 之前的操作系统的默认协议。总之，NetBEUI 协议是一种短小精悍、通信效率高的广播型协议，安装后不需要进行设置，特别适于在“网络邻居”传送数据。

NetBEUI 缺乏路由和网络层寻址功能，这既是其最大的优点，也是其最大的缺点。因为它不需要附加的网络地址和网络层头尾，所以很快并很有效，且适合只有单个网络或整个环境都桥接起来的小工作组环境。因为不支持路由，所以 NetBEUI 永远不会成为企业网络的主要协议。NetBEUI 帧中唯一的地址是数据链路层媒体访问控制（MAC）地址，该地址标识了网卡但没有标识网络。

网桥负责按照数据链路层地址在网络之间转发通信，但是有很多缺点。因为所有的广播通信都必须转发到每个网络中，所以网桥的扩展性不好。NetBEUI 特别包括了广播通信的记数并依赖它解决命名冲突。一般而言，桥接 NetBEUI 网络很少超过 100 台主机。

课后作业

一、填空题

1. _____ 是世界上规模最大、用户最多、影响最大的计算机互联网络。
2. 计算机网络发展分为 4 个阶段，分别是 _____、_____、_____、_____。
3. 计算机网络的主要功能有 _____、_____、_____、_____、_____、_____。
4. 计算机网络按照地理范围可以分为 _____、_____、_____。
5. 局域网由 _____、_____、_____、_____ 组成。

二、选择题

1. 按照网络拓扑接口，局域网可以分为以下哪些结构？（　　）

A. 星型拓扑结构　　B. 总线型拓扑结构

C. 环型拓扑结构　　D. 树型拓扑结构

2. 按照 TCP/IP 协议的规定，网络可以划分为（　　）。

A. 网络接口层　　B. 网络层

C. 传输层　　D. 应用层

3. 子网掩码的主要作用是（　　）。

A. 无作用　　B. 判断网络是否为同一网段

C. 划分子网　　D. 记录 IP

4. IPv6 采用（　　）位地址长度。

A. 32　　B. 64

C. 128　　D. 256

5. 在 OSI 参考模型中，使用帧进行传输的层是（　　）。

A. 应用层　　B. 数据链路层

C. 网络层　　D. 传输层

三、实际操作与扩展训练

1. 在网上查找计算机网络的相关资料，了解计算机网络的发展历史和特色。

2. 按照自己家里或者公司的网络，绘制相应的网络拓扑图，尽量查询并记录各设备的 IP。

3. 192.168.10.0/25 所在网络，进行子网划分并计算子网掩码、每个子网有多少台主机以及广播地址和网络地址各是什么。有能力的同学可以找更复杂的习题去测试子网划分的熟练程度。