第1章 局域网基础知识

本章微课

在组建局域网之前，我们应该学习一些网络基础知识。这样才不至于对本书后面章节中的各种概念和术语感到陌生！

学习要点

- 计算机网络的概念；
- 计算机网络的发展历史；
- 计算机网络的分类；
- 局域网的应用领域；
- 局域网的分类；
- 局域网的通信协议；
- 局域网的相关术语。

学习目标

通过对本章内容的学习，读者应该掌握计算机网络的定义、分类以及发展历史，局域网的分类、通信协议以及相关术语等方面的知识。这些都是学习本书的基础，虽然枯燥，但非常重要，希望读者重视。

如果您在后面的学习中遇到困难，也可以重新阅读这一章的相关内容，相信会有新的体会和收获。

顺便说一句，理论与实践应该是相辅相成的，而不是彼此独立的。读者不必拘泥于章节限制，可以按自己的能力与兴趣来自由学习本书，并在实践中深化理论知识，在理论学习中提高实践水平。

1.1 认识计算机网络

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物。计算机网络技术对信息产业的发展有着深远的影响。

21 世纪的关键技术是信息技术。信息技术涉及信息的收集、存储、处理、传输与利用。21 世纪信息技术的发展主要表现在以下几个方面。

(1) 现代通信技术向网络化、数字化、宽带化方向发展。

(2) 信息技术的高速发展，使得全球范围内的电话通信系统、卫星移动通信系统、光纤与天线通信系统迅速建立与广泛应用。

(3) 信息技术将会促进传感技术的蓬勃发展。

(4) 计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合的产物——计算机网络的发展、Internet 的广泛应用与全球信息高速公路建设热潮的兴起。

计算机网络的应用已经改变了人们的工作方式与生活方式，引起世界范围内产业结构的变化，促进全球信息产业的发展，在各国的经济、文化、科研、军事、政治、教育和社会生活等领域发挥着越来越重要的作用。

1.1.1 计算机网络的定义和特点

提到“网络”，相信大家并不陌生，因为我们身边存在各种各样的网络，如有线电视网、固定电话网、电力网、校园网，等等。它们的共同特征是什么呢？一是网络中有许多相似的个体或者节点，二是有线路或介质把这些节点彼此连接起来。计算机网络只是一类特殊的网络。

根据计算机网络的特点，下面我们给“计算机网络”一个确切的定义。

1. 计算机网络的定义

我们常说 21 世纪是信息时代，信息时代包含两个概念：信息量的急剧膨胀和信息的快速传播。

信息的快速传播，主要依赖的就是网络。

这里说的网络，主要包括电信网络(电话、传真等)、有线电视网络和计算机网络。虽然这三种网络在信息化过程中都起到十分重要的作用，但其中发展最快并起到核心作用的仍是计算机网络。发展趋势显示，前两种网络的功能完全可以在计算机网络中得以实现。相信在不久的将来，这两种网络大部分会被计算机网络取代。

在计算机网络的发展历程中，根据侧重点不同，人们对计算机网络从不同角度提出了不同的定义，主要有以下几个方面：

① 从强调资源共享的角度出发；

② 从强调信息传播的角度出发；

③ 从强调用户透明的角度出发。

虽然侧重点各有不同，但本质上并没有分别。一般来讲，计算机网络包括以下三个方面的含义。

(1) 一个计算机网络应该包含多台独立的计算机。所谓“独立”就是指这些计算机离开计算机网络之后仍能单独运行和工作。因此，通常将这些计算机称为主机(HOST)，在网络中又叫作节点或站点。网络中的共享资源(即硬件资源、软件资源和数据资源)均分布在这些计算机中。

(2) 同一个计算机网络内的计算机必须能互相交换信息，即计算机之间有传播信息的介质存在。能有效交换信息的另一个前提是各计算机必须遵守相同的表达意义的约定和规范，就像我们说话的语言规范一样。在计算机网络中这些约定和规则就是我们常说的通信协议。

(3) 建立计算机网络的主要目的是实现信息交流、计算机资源共享以及协同工作。一般将计算机资源共享作为网络的最基本特征。

根据以上三个方面，我们可以把计算机网络的概念简单归纳如下：

为了实现计算机之间的通信、资源共享和协同工作，采用通信手段，将地理位置上分散的具备自主功能的一组计算机有机地联系起来，并且由网络操作系统进行管理的计算机复合系统就是计算机网络。

2. 现代计算机网络的特点

现代计算机网络，一般指现在常规意义上的以个人计算机为主要节点的计算机网络，其发展趋势有以下几个特点。

(1) 网络用于各计算机之间各种信息的全向传送，包括多种信息形式和功能，如文字、语音、图像、控制信号……完全不同于传统的电话网络或有线电视网络。

(2) 网络能够连接不同类型的计算机，包括生产厂商、体系结构、配置、性能和操作系统等方面的差异。

(3) 所有的网络节点都具有同等或相似的地位，或者将重要功能分布到多台计算机上。部分节点停止运行不影响整个网络，这样网络的生存能力大大提高。

(4) 计算机在进行通信时，必须有冗余的沟通信道，即某一条通信线路出现故障后，计算机网络各部分依然

长见识

1946 年，世界上第一台计算机问世。这台计算机被命名为“电子数值积分和计算机”，英文缩写为 ENIAC。它是一个庞然大物，体积大约 90 立方米，占地 170 平方米，总质量达到 30 吨，拥有 1.8 万个电子管、1500 个继电器，以及无数的电阻、电容等，每秒钟的运算速度达到 5000 次。

能进行沟通。与前一条类似，同样提高了网络的容错性和生存能力。

(5) 计算机网络的结构应当尽可能地简单和可靠。这样才能提高网络架设的速度，减少维护工作，出现故障也能很快恢复，保证网络能不间断工作或间断时间很短就能恢复运行。

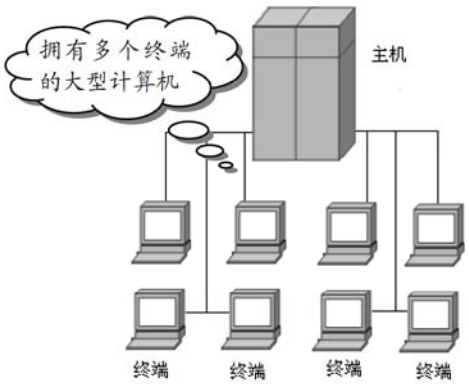
提示

在计算机网络基础知识的学习中，大部分是概念性的知识，略显枯燥。读者可结合生活中对网络的接触和认识情况来理解。

1.1.2 计算机网络的发展

计算机网络的发展离不开计算机。不过说来有趣，计算机的发展不是我们通常想的那样从小向人，而是从大到小发展的。

早期的计算机都是一些大型的机器，一个庞大的主机可能占据整个房间。这样的计算机有很多个终端，可以接很多台显示器和数个键盘等输入/输出设备，可以供许多人同时使用。使用这种计算机，几十人在同一间屋子里工作，每人面前有一台显示器和键盘(如下图所示)，他们之间还能发邮件通信，人们认为这是一个小型计算机网络，但他们使用的是同一台计算机，所以这不是一个网络。早期的计算机都是这种形式，价格高昂，那时还没有家用计算机的概念。

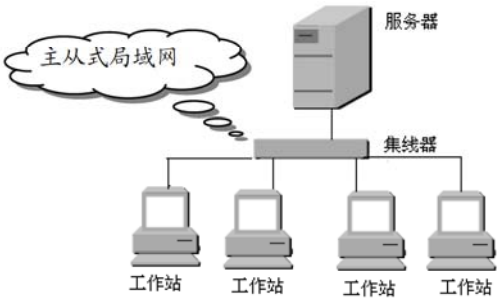


随着科技的发展，1981 年 IBM 正式推出全球第一台 IBM PC。这种新的“小家伙”一次只能供一个人使用，这就是现在我们接触最多的计算机的原始形状。

说了这么多只是想让读者把多终端计算机与计算机网络区别开来，前者实际上只是一台计算机，而不是真正的计算机网络。

当人们厌倦了在计算机之间传递信息必须用磁带拷来拷去时(早期计算机使用的存储介质容量非常小，传递文件特别烦琐)，他们尝试用线缆将计算机直接连接起来，于是计算机网络就诞生了。但这类网络功能单一，容纳的计算机也非常少。

20 世纪 60 年代初，美国国防部提出了研究一种新型网络，即著名的 ARPANET，它奠定了现代计算机网络的基础。这种网络由多台计算机相互连接组成。当网络中计算机较多时，每两台计算机都用线路连接起来，不现实，也不可靠。这时研究者们发明了分组交换技术，解决了首要的网络寻址问题。



20 世纪 80 年代，由于 ARPANET 的发展使美国国家科学基金会(NSF)认识到计算机网络对科学研究的重要性，逐步建立了一个大型的国家科学基金网——NSFNET。它是一个三级计算机网络，分为主干网、地区网和校园网。NSFNET 覆盖了全美的主要大学和科研机构，这就是今天国际互联网的雏形。

经过多年发展，国际互联网已经发展成为一个覆盖全世界的超级网络，拥有几千万个节点和十几亿用户，彻底改变了人们的生活。

注意

“节点”的英文名词是 node。

虽然 node 有时也可译为“节点”，但这是指像天线上的驻波的节点，这种节点很像竹竿上的“节”。在网络中 node 的标准译名是“结点”，而不是“节点”。因为大家使用“节点”成了习惯，现在也不严格区分了。

除了规模上的发展，计算机传输速度的发展也是十分惊人的。

20 世纪 70 年代中期，局域以太网技术诞生，将网络传输速度提高了一个数量级。从最初的 56Kb/s、1.544Mb/s，再到今天的 100Mb/s、1000Mb/s 以及构想中的 100Gb/s(注：b/s 也可写成 bit/s，即每秒的比特数)，网络传输速度的发展现在已经走在了计算机技术的前列，

Intel 推出了第一个商品化的微处理器，即含有 2300 个晶体管的 4004。1977 年，基于 MOS 技术公司 MCS6502 的苹果 II 型机推出，它已经具有了 CRT、键盘和软盘，组装好能够立即运行，微型计算机时代自此开始。

长见识

超过了硬盘、光驱等其他外部设备的传输速度。有人设想将来的计算机可以是只需要网络而不依赖于硬盘的。

1.1.3 计算机网络的分类

按照不同的标准，可以对计算机网络进行不同的分类。但这些分类并不是绝对的，有的类型已经消失或者正在消失，比如粗缆网络。同时又有新的网络类型正在诞生或发展。

网络的分类只是反映网络某方面的特征，读者没有必要深入研究它们的区别，只需要简单了解即可。

本节内容的主要目的是希望读者对网络类型有一个大概的了解，有些术语不必深究。

1. 按网络的交换功能分类

对网络的设计者来讲，可以按交换功能来将网络分类。常用的交换方法有：电路交换、报文交换、分组交换、混合交换。

这些概念的意义应该是专业人士、IEEE 和 ISO 组织应该考虑的事，普通读者简单了解即可。

2. 按网络的作用范围分类

对普通读者来讲，更多情况下是按网络的作用范围进行划分。这种分类读者应该不太陌生，也应该作重点了解。

按网络的作用范围一般有如下类别。

1) 广域网(Wide Area Network，WAN)

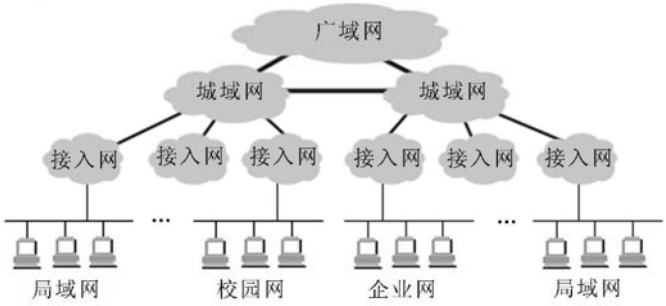
广域网的作用范围一般为几十到几千公里，有时也称为远程网(Long Haul Network)。广域网是因特网的核心部分，其主要任务是通过长距离跨越不同的国家和地区传输数据。各广域网节点间一般用光缆连接起来，如连接世界各大洲的海底光缆，它具有极快的传输速度和通信带宽。

2) 局域网(Local Area Network，LAN)

局域网的作用范围一般不超过 3km。更多情况是将范围限制在一栋建筑物内。早些时候，一家企业拥有一个局域网已经难能可贵了，但现在局域网大量普及，在网络被广泛使用的地方，甚至每个房间或每个建筑内都有一个局域网。现在人们往往把一个学校内的局域网称为校园网，相应地把一家企业内的局域网称为企业网。

3) 城域网(Metropolitan Area Network，MAN)

城域网的作用范围在广域网和局域网之间，是两者间的连接和过渡，其作用范围是一个城市，可跨越几个街区甚至整个城市。城域网可以为一个或几个单位所拥有，也可以是一种公用设施，用来将多个局域网进行互联。城域网的传输速率比局域网更高，作用距离为 5～50km。从网络的层次上看，城域网是广域网和局域网之间的桥梁。城域网因为要和多种局域网(或校园网)连接，因此必须适应多种业务、多种网络协议以及多种数据传输速率，并保证能够方便地将各种局域网连接到广域网。城域网内部节点或不同城域网之间也需要有高速链路相连接，从而使得城域网的范围逐渐扩大，因此，现在城域网在某些地方有点像范围较小的广域网。城域网在最近一段时期发展较快。从技术上看，目前很多城域网采用的是以太网技术。由于城域网与局域网使用相同的体系结构，有时也可并入局域网范围进行讨论。



4) 接入网(Access Network，AN)

接入网又称为本地接入网或居民接入网，它是近年来由于用户对高速上网需求的增加而出现的一种网络技术。接入网是局域网和城域网之间的桥接区。接入网的推广使得普通民众能方便地进入国际互联网。现在各居民小区内各种服务商提供的宽带接入就是一种接入网。一些大学校园内的宿舍、教室宽带线路也可以认为是接入网。

3. 按网络用户分类

按照用户不同还可以将网络划分为公用网和专用网。

1) 公用网(Public Network)

这是指国家电信公司出资建造的大型网络。“公用”的意思就是所有愿意按电信公司的规定交纳费用的人都可以使用。因此，公用网也可称为公众网。我们通常说的上网指的就是公用网。

2) 专用网(Private Network)

这是某个部门为本单位的特殊业务需要而建造的网络。这种网络不向本单位以外的人提供服务。例如，军队、铁路、电力等系统均有本系统的专用网。

公用网和专用网都可以传送多种业务，如传送计算机数据。

长见识

无线局域网的一个标准称为 IEEE 802.11，俗称 Wi-Fi，它已经得到非常广泛的使用。

1.1.4　计算机网络的功能

计算机网络的作用非常大，一些企业会通过组建企业信息网络，共享企业范围内的信息资源，联机处理事务，进行日常业务数据采集和处理等。对单个网民来说，通过计算机网络可以开展上网冲浪、收发电子邮件、网上交易、下载网络免费资源与网络写作等丰富多彩的网络活动。下面为大家介绍几个常用的网络功能。

1. 上网冲浪

随着 Internet 技术的不断发展和广泛应用，网络为我们的工作与生活带来了许多便利。通过网络，您足不出户就能轻松获得海量的信息，实现与外界的沟通交流，如下图所示。

2. 收发电子邮件

电子邮件是 Internet 应用最广的服务，使用方便快捷，只要连上 Internet 就可以随时随地收发邮件，它是信息交换的好工具。

在电子邮件中可以通过添加图片、音频与视频信息来丰富邮件内容(如下图所示)，这些都是传统信件所没有的特色。同时，还可以为电子邮件设置密码以提高信件的安全性，让大家放心交流。

3. 网上交易

网上购物、网上开店与网上拍卖等都是现在最热门的网上商务活动。网上炒股让您时时掌握股市行情，及时处理手中的股票；网上购物让您足不出户就可以买到很多东西；网上开店是时尚新潮的商务模式，它免去了现实生活中的多个烦琐步骤，交易起来相当简单，为每个想做老板的人开拓了一片新天地；网上拍卖价格战惊险刺激，可以为您赢取非常满意的商品，如下图所示。

4. 下载网络免费资源

网络上有海量的免费资源，用户可以从网络上搜索自己需要的信息，并将它们下载到自己的计算机中。例如，下载自己喜欢的音乐、电视、电影以及其他资源，方便快捷。

5. 网络写作

计算机作为新的书写工具已为广大用户所喜爱，再辅以电子笔、语音输入器、打印机等设备，越来越方便、简洁。有写作能力的用户，可通过网络文学网站注册成为作者，最终使自己成为网络写手和网络作家。

1.2　认识局域网

局部网是一种计算机化的通信网络，它可支持各种数据通信设备间的互联(也称互连)、信息交换和资源共享，其覆盖距离较小，信道具有高速数据传输速率和低误码率。从广义上讲，局部网应是局域网络、高速局域网络和计算机化分支交换(CBX)网的统称。

在此，我们先讨论局域网的特征、优点与组成。

1984 年，ISO 正式颁布了“开放系统互连基本参考模型”(OSI/RM 模型)，即国际标准 ISO 7498，该模型目前已被国际社会普遍接受，并被公认为是新一代计算机网络体系结构的基础。

1.2.1 局域网的概念和特点

局域网(LAN)是一种地理分布范围较小的计算机网络，它具有以下几个特征。

- 为一个单位所拥有，地理范围和站点数都有限。
- 所有的站点共享较高的总带宽，即具有较高的数据传输速率。
- 较低的时延和误码率。
- 各站点为平等关系，而不是主从关系。
- 能进行广播(一个站点向所有其他站点发送。一个站点向多个站点发送，又称为组播)。

有限的区域使LAN内的计算机及其他设备局限于一幢大楼或相邻的建筑群内，受外界干扰很小，加上使用高质量的通信线路，可确保局域网的传输误码率极低。局域网内的站点相距不远，一般不采用速率较低的公用电话线，而使用高质量的专用线，如同轴电缆、双绞线、光纤等。这类传输介质抗干扰性强，具有较高的数据传输率，一般在1000Mb/s以上，光纤的传输速率可达几个Gb/s。局域网通常只属于一个单位或部门，网络设计受非技术因素影响较小。局域网的工作站和服务器通常都是微机(服务器也可能是小型机)，既能降低组网费用，又容易被用户接受，因为熟悉微机单任务环境的用户容易掌握基于微机的网络环境。

一台工作在多用户系统下的小型计算机，基本上可以完成局域网所能做的工作。二者相比，局域网具有如下优点。

(1) 能方便地共享昂贵的外部设备、主机，以及软件、数据，从一个终端可访问全网。

(2) 便于系统的扩展和演变。

(3) 提高系统的可靠性、可用性。

(4) 响应速度较快。

(5) 各设备的位置可灵活调整和改变，有利于数据处理和办公自动化。

局域网的上述特征使得它与广域网在拓扑结构、通信介质以及网络协议上存在很大差异。

1.2.2 局域网的组成

局域网由网络硬件和网络软件两大部分组成。网络硬件主要包括服务器、客户机、对等机、通信介质、连接部件、中继器、集线器、交换机、路由器等。网络软件是指网络操作系统NOS。

这里只作简要介绍，我们将在第2章与第3章中作重点讲解。

1. 服务器(Server)

服务器是局域网的核心部件，是为网络上的其他计算机提供服务的功能强大的计算机。根据服务器在网络中的作用不同，服务器通常分为文件服务器、打印服务器、通信服务器、数据库服务器、WWW服务器、E-mail服务器等。

(1) 文件服务器是局域网上最基本的服务器，它为网络上的客户机(工作站)提供充足的共享磁盘空间，存储和管理各种数据文件、应用程序，供网络用户共享使用。它接收客户机的各种数据处理、文件访问请求，装入并运行网络操作系统NOS的主要模块，控制、管理整个局域网。

(2) 打印服务器为客户机提供网络共享打印服务，为用户建立打印队列，集中管理各客户机提交的打印作业，使网络用户能够共享网络打印机。

(3) 通信服务器负责本地局域网与其他网络、主机系统或远程工作站的通信，实现网络互联。通常，网桥、路由器、网关都属于通信服务器。

(4) 数据库服务器提供数据库检索、更新等服务。

(5) WWW服务器为网络上的其他用户提供WWW(World Wide Web)信息发布与浏览服务。

(6) E-mail服务器为网络上的其他用户提供电子邮件服务。

2. 客户机(Client)

客户机就是通常所说的工作站。客户机通常是一台个人计算机(PC)。与服务器相反，客户机使用服务器提供的各种服务，如文件服务、数据库服务、打印服务和通信服务等。每台客户机都可以在自己的操作系统下使用服务器资源，好像这些资源就在客户机中一样。

3. 对等机(Peers)

对等机同时具有服务器和客户机的双重功能，它既能提供网络服务，又能共享其他服务器或对等机提供的服务。

4. 通信介质(Medium)

通信介质是网络数据流动的载体。LAN使用的通信介质有双绞线、同轴电缆和光纤等。双绞线的成本低，

长见识

所有的IP地址都由国际组织NIC(Network Information Center)负责统一分配。目前全世界共有三个这样的网络信息中心：InterNIC负责美国及其他地区，ENIC负责欧洲地区，APNIC负责亚太地区。我国申请IP地址要通过APNIC。APNIC的总部设在日本，申请时要考虑申请哪一类的IP地址，然后向国内的代理机构提出。

易于敷设，但抗噪声和抗电磁干扰能力较差，不能直接连接计算机，须使用集线器(Hub)。目前，局域网使用较多的传输介质是双绞线。

同轴电缆具有数据传输率高、抗干扰能力强和易安装等优点。

光纤通信技术近年来发展很快，光纤传输数据的速率极高，抗干扰能力极强且保密性好，特别适合传输语音、图像等多媒体信息。由于其价格仍偏高且安装较复杂，目前光纤在局域网中的使用正在普及。从长远来看，光纤是一种最有前途的传输介质。

5. 网络连接部件(Connector)

1)　通信介质连接部件

细同轴电缆使用 T 形连接器和 BNC 连接器，粗同轴电缆使用外收发器和 N 系列连接器，双绞线使用 RJ-45 连接器。

2)　网络适配器(Network Adapter)

网络适配器是站点与网络的接口部件，俗称网卡。它除了作为网络站点连接入网的物理接口外，还能控制数据帧的发送和接收(相当于物理层和数据链路层协议功能)。每一个站点必须在其扩展槽中插入一块网卡才能连接入网。网络适配器通常由接口控制电路、数据缓冲器、链路控制器、编(译)码电路、内收发器和通信介质接口等部分组成。

3)　中继器(Repeater)

数据信号在通信介质上传输时，随着传输距离增加会使信号衰减加剧。因此，信号只能在有限的距离内传输，该距离称为段距离。下表给出了几种主要传输介质的最大段距离。当实际传输距离超出最大段距离时，中间需用中继器进行信号放大。

常见传输介质的最大段距离

传输介质	最大段距离/m
双绞线	150
细同轴电缆	200
粗同轴电缆	500
光纤	2000

4)　交换机(Switch)

交换机能够将多条线路的端点集中连接在一起。交换机分为无源和有源两种。无源交换机只负责把多条线路连接在一起，不对信号作任何处理；而有源交换机具有信号处理和信号放大功能。星形局域网和 100Base-T 以太网采用交换机连接多个站点。

5)　路由器

路由器是连接两个或多个网络的硬件设备，在网络间起网关的作用，是读取每一个数据包中的地址然后决定如何传送的专用智能性的网络设备。它能够理解不同的协议，例如某个局域网使用的以太网协议、因特网使用的 TCP/IP 协议。这样，路由器可以分析各种不同类型网络传来的数据包的目的地址，把非 TCP/IP 网络的地址转换成 TCP/IP 地址，或者反之；再根据选定的路由算法把各数据包按最佳路线传送到指定位置。路由器可以把非 TCP/IP 网络连接到因特网(Internet)上。

6. 资源

在网络上，客户机可获得的任何东西都可视为资源。打印机、数据、传真设备和其他网络设备以及信息都是资源。

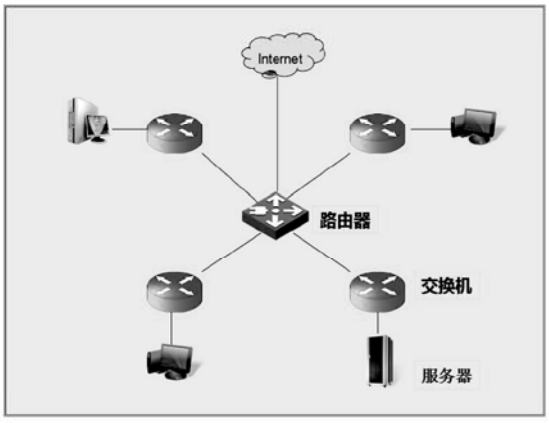
7. 用户

网络用户是指任何使用客户机访问网上资源的人，俗称网民。

8. 网络操作系统

网络操作系统由一组软件组成。就像一台计算机必须有操作系统支持一样，LAN 也必须有自己的网络操作系统(NOS)。NOS 在网络硬件的支持下，管理整个网络的运行，并提供友好的用户界面。通过用户界面，用户能够方便地获取各种网络服务。

构成一个简单局域网的常见网络组件如下图所示。



1.2.3　局域网的功能

计算机网络，在过去几十年中经历了突飞猛进的发展，现在能向数以亿计的用户提供广泛的服务，像远程

因特网也称“国际互联网”，从网络设计者角度考虑，它是计算机互联网络的一个实例；从因特网使用者角度考虑，因特网是一个信息资源网。Internet 由硬件和软件两大部分组成，硬件主要包括通信线路、路由器和主机，软件部分主要指信息资源。

文件访问、数字化图书馆、视频会议等。能够取得这样的发展很大程度上归功于计算机网络的通用特性，特别是它能够通过编写运行在高性能计算机上的软件来为网络添加新的功能。

以资源共享为主要目的，局域网的主要功能表现在以下几个方面。

1) 信息交换

信息交换是局域网的最基本功能，也是计算机网络最基本的功能，主要完成网络中各节点之间的系统通信。

2) 资源共享

共享网络资源是开发局域网的主要目的，网络资源包括硬件、软件和数据。硬件资源有处理机、存储器和输入/输出设备等，它们是共享其他资源的基础。软件资源是指各种语言处理程序、服务程序和应用程序等。数据资源则包括各种数据文件和数据库中的数据等。在现代局域网中，共享数据资源处于越来越重要的地位。通过共享资源，可以解决用户使用计算机资源受地理位置限制的问题，也避免了资源重复设置造成的浪费，大大提高了资源的利用率，提高了信息的处理能力，节省了数据处理的费用。

3) 数据信息的快速传输、集中和综合处理

局域网是现代通信技术和计算机技术相结合的产物，分布在不同地区的计算机系统可以及时、高速地传递各种信息。随着多媒体技术的发展，这些信息不仅包括数据和文字，还可以是声音、图像和视频等。

通过局域网将分散在各地的计算机中的数据信息适时集中和分组管理，并经过综合处理后生成各种报表，提供给管理者和决策者分析及参考。例如，政府部门的计划统计系统、银行与财政的各种金融系统、数据的收集和处理系统、地震资料收集与处理系统、地质资料采集与处理系统和人口普查信息管理系统等。

4) 提高系统的可靠性

当局域网中的某一处理发生故障时，可由别的路径传送信息或转到别的系统中代为处理，以保证该用户的正常操作，不会因局部故障而导致系统瘫痪。假如某一个数据库中的数据因处理机发生故障而遭到破坏，可以使用另一台计算机的备份数据库进行处理，并恢复被破坏的数据库，从而提高系统的可靠性。

5) 均衡负荷

均衡负荷是指通过合理的网络管理，将某一时刻处于重负荷的计算机上的任务分发给别的负荷轻的计算机去处理，以达到负荷均衡的目的。对于地域跨度大的远程网络来说，可以充分利用时差因素来达到均衡负荷。

当然，这些功能也是计算机网络所具备的。

当您读完本书后，就能够从头开始建立一个完整功能的局域网络。本章为实现这个目标奠定了基础。

如前所述，我们对局域网的优点已经有所了解。由于其价格便宜，实现容易，且通信速率很高，所以在学校、家庭、企业、网吧等场所得到了广泛的应用。

1.2.4 局域网的分类

局域网常按拓扑结构和应用结构进行分类。

值得注意的是，计算机网络拓扑结构主要反映网络中各实体之间的结构关系，因而，它是针对通信子网而言的。

1. 按拓扑结构分类

计算机网络的拓扑结构是指整个网络的通信线路和节点的几何排列或物理布局图形。网络的拓扑结构设计是设计计算机网络的第一步，也是实现各种协议的基础。在设计网络拓扑结构时，要根据实际情况来考虑所采用的结构。准备联网的计算机数量和位置、线路的数据流量、所传输数据的重要程度等都是考虑的因素。采用何种拓扑结构对建成后网络的性能、系统可靠性、通信费用等都有很大的影响。

下面来看看选择不同的网络拓扑结构主要考虑的三个因素。

(1) 安全性：由于数据的重要程度不同，在选择网络时要考虑不同拓扑结构的安全和可靠性。当网络出现故障时，有可能导致整个网络无法运行，也可能只是部分网络受到影响。当对网络安全、可靠性要求较高时，应选择故障对网络影响最小的拓扑结构。

(2) 灵活性：建立网络之后有可能会增加或减少一些网络设备。这就要求建网络之初考虑拓扑结构的扩展性。

(3) 经济性：建网和维护都需要资金，不同的网络在建立和维护时所需的资金不尽相同。合理利用资金，建立、维护一个能达到预期目的的网络才是明智的选择。

重点考虑以上三个因素后，便可以根据需要选择合适的拓扑结构。

网络的拓扑结构主要分为总线型、环形、星形、树形和复合型。

提示

网络拓扑结构是指用传输介质把各种设备进行连接的物理布局。

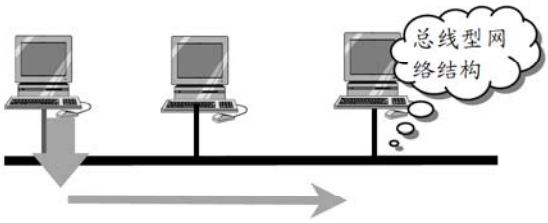
长见识

有线局域网的拓扑结构通常以点到点链路为基础。俗称以太网的 IEEE 802.3 是如今最常见的一种有线局域网。在交换式以太网中，每台计算机按照以太网协议规定的方式运行，通过一条点到点链路连接到一个盒子，这个盒子称为交换机，这就是交换式以太网名字的由来。

1)　总线型拓扑结构

总线型拓扑结构使用一根传输线(也就是总线)作为通信介质，所有节点都通过相应的硬件接口直接连接到总线上。它采取广播方式进行通信，任何一个节点发送的信号都可以沿总线传输并被其他所有节点接收，无须做路由选择。由于多个节点都连接到一条公用总线上，因而一般采取分布式控制策略来分配信道，即在一段时间内只能有一个节点传送信息。在总线上可以连接网络服务器来提供网络通信及资源共享服务，也可以连接打印机等提供网络打印服务。

下图显示了总线型拓扑结构的示意图。



总线型拓扑结构的优点如下：

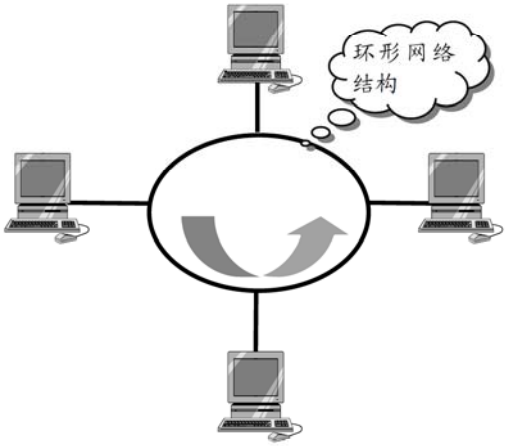
- 由于使用一条公用总线，所以需要的电缆较短，从而降低了建立网络的成本，也易于局域网的布线和维护。
- 使用公用总线来传输信息，使得信道的利用率较高。
- 当需要在网络中加入新节点时，可在总线的任何点直接加入，易于扩充网络规模。
- 建立总线型网络操作起来比较简单，不需要很高的技术和硬件要求，是一种比较容易实现的计算机局域网络。

总线型拓扑结构的缺点如下：

- 由于公用总线的长度受到一定限制，所以总线型网络的地理覆盖范围比较小，一般在 2.5km 范围以内。当需要延长总线长度时应配置中继器、剪裁网线、调整终端器等。
- 总线型网络不是集中控制的，所以故障检测需要对网络上的各个节点逐一排查，使得故障的诊断较为困难。
- 公用总线使得信息的传输采用竞争的方式进行，故网络在重负荷下效率明显降低。
- 当总线出现故障时将使整段网络无法使用。

2)　环形拓扑结构

环形拓扑结构是由连接成封闭回路的网络节点组成的，连接各个节点的电缆构成一个封闭的环，如下图所示。



在环形拓扑结构中，数据的传输路径是连续的，没有逻辑的起点与终点，因此也没有终结器。工作站和文件服务器在环的周围各点上相连。当数据传输到环时，将沿着环从一个节点流向另一个节点，找到其目标，然后继续传输，又回到始发节点。

在环形拓扑结构的开发早期，它只允许数据沿一个方向传输，沿着环绕圈并在原传输节点结束。新型高速环形技术采用两个环，使冗余数据可以沿相反的方向传输。如果一个方向上的环中断了，那么数据还可以相反的方向从另一个环中传输，最终到达目标节点。

用来创建环形拓扑结构的设备能轻易地定位故障的节点或电缆问题，所以环形拓扑结构管理起来比总线型拓扑结构容易。这种结构非常适合于 LAN 中长距离传输信号，在处理高容量的网络信息流通量时要优于总线型拓扑结构。

然而，环形拓扑结构在实施时比总线型拓扑结构昂贵。一般情况下，它在开始时需要的电缆和网络设备都比较多。环形拓扑结构的应用不像总线型拓扑结构那样广泛，因此供用户选择的设备较少，扩展高速通信的选择也不多。

环形拓扑结构的优点如下：

- 从一个节点发出的信息可以在确定的时间内到达目标节点。
- 所需电缆较短，安装方便，结构简单。
- 使用点到点通信链路，被传输的信号在每一个节点上再生，传输的误码率大大降低。

环形拓扑结构的缺点如下：

- 环形网络中使用的网卡等通信设备较贵且管理较复杂，使建立和维护费用增加。
- 当环形网络中的任何一个节点或任一段节点间的电缆出现故障时，整个网络的通信都会受阻。解决这个问题可以在某些环形网中增加一个备

历经链式局域网、令牌环和 AppleTalk 技术后，以太网和 Wi-Fi(无线网络连接)是现今局域网中常用的两项技术。

用环，当主环发生故障时备用环继续工作。

- 当需要增加或减少网络节点时，需要断开原有环路，并对介质访问控制进行调整。这样灵活性比较差。

3) 星形拓扑结构

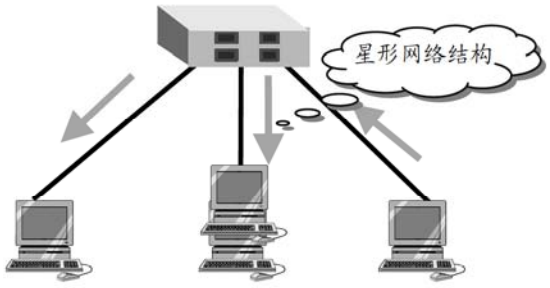
星形拓扑结构是由通过点到点链路连接到中央节点的各个节点构成的。采用集中控制方式，每个节点都有一条唯一的链路和中央节点相连，节点间的通信都要经过中央节点并由其控制。因此，中央节点较为复杂，其他节点的通信处理负担都很小。

中央节点一般使用集线器，其他外围节点可以是服务器或工作站。当某工作站有信息发送时，将向中央节点申请，中央节点响应该工作站，并使该工作站与目的工作站或服务器建立会话，进行无延时的信息传输。

星形拓扑结构是最古老的一种通信设计方式，它植根于电话交换系统。虽然非常古老，但在先进的网络技术的推动下，星形拓扑结构仍然是现代网络很好的选择。

星形拓扑结构网络的优点如下：

- 中央节点和其他外围节点间的线路是专用的，不会出现拥挤现象。
- 使用集中控制方式，利用中央节点可以方便地提供服务和进行网络更新配置。
- 单个连接点的故障只影响一个设备，不会影响全网，容易检测和隔离故障，便于维护。
- 每一个连接只涉及中央节点和一个外围节点，访问控制方法比较简单。

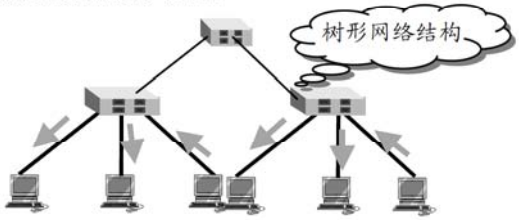


星形拓扑结构网络的缺点如下：

- 每个外围节点都需要电缆与中央节点直接相连，使得线路比较多，网络布线比较麻烦，建网费用也较高。
- 外围节点对中央节点的依赖性大，如果中央节点出现故障，则整个网络都不能正常工作，因此对中央节点的可靠性要求较高。
- 每条通信线路只连接一个外围节点，线路利用率低。
- 受硬件接口和软件功能限制，扩展性较差。

4) 树形拓扑结构

树形拓扑结构实际上是星形拓扑结构的发展和扩充。将多级星形网络按层次进行排列即形成树形网络。下图为树形拓扑结构示意图。

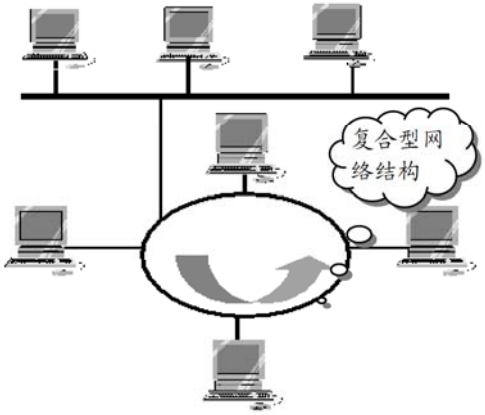


由于树形拓扑结构是由星形拓扑结构扩充而来，它的很多特性和星形网络是相同的，但树形结构也具有一些星形结构不具备的特点。

- 树形结构可以延伸出许多分支，这样新的节点很容易加入网络中，也就是说网络的扩展性得到了加强。
- 多个节点可以共享一条通信线路，提高了线路的利用率。

5) 复合型拓扑结构

复合型拓扑结构是指以上介绍的拓扑结构复合后形成的一种拓扑结构。建立复合型网络有利于发挥各种网络拓扑结构的优点，避免相应的局限。下图为将总线型和环形拓扑结构复合而形成的复合型拓扑结构。



综合以上介绍的多种网络拓扑结构，在实际选择时，应按照需要考虑各种因素和实际情况做决定。

注意

使用其他的拓扑结构最终也能够建立一个满足需要的局域网，但和星形拓扑结构建立的局域网相比，成本较高或者性能较差。

2. 按应用结构分类

局域网按其应用和内部关系大体上可以分为四类：对

长见识 以太网(Ethernet)指的是由 Xerox(施乐)公司创建，并由 Xerox、Intel 和 DEC 三家公司联合开发的基带局域网规范，它是当今局域网采用的最通用的通信协议标准。

等网、客户机/服务器网、浏览器/服务器网、无盘工作站网。

1) 对等网(Peer to Peer)

对等网是非结构化地访问网络资源。对等网中的每一台设备都可以是客户机和服务器。网络中的所有设备可直接访问数据、软件和其他网络资源。也就是说，每一台网络计算机与其他联网的计算机之间的关系是对等的，它们没有层次之分。

对等网一般用于建立一些小型的局域网。由于没有专门的服务器，所以成本相对较低。它只是局域网中最基本的一种，所以很多管理功能都不能实现。目前计算机的普及，再加上人们对联网的热情，对等网在实际应用中十分普遍，已经可以满足很多场合的需求。

对等网组建简单、成本低、维护方便、可扩充性好，特别适合在小范围内建立。这样的局域网对于满足信息交流、资源共享、娱乐游戏等基本功能已足够。

2) 客户机/服务器网(Client/Server)

客户机/服务器网又叫服务器网络。在这样的局域网中，计算机被划分为客户机和服务器两个层次。这样的层次结构是为了适应随网络规模增大所需的各种支持功能也增多的情况而设计的。

客户机/服务器网应用于较大规模的局域网中，它可以将大量本来需要手工操作的管理放到网上进行网络化管理。利用它还可以建立强大的内部网(Intranet)，实现多种服务的完美结合，可以说这种模式的局域网是一种理想的局域网构架。但它需要一台或多台高档的服务器，所以成本较高，不适合在太小的范围内建立。

3) 浏览器/服务器网(Browser/Server)

浏览器/服务器网是近年才兴起的一种新形态的局域网模式。这样的模式和客户机/服务器网模式相比较而言，最大的区别就是所使用的网络资源访问方法不同。

在浏览器/服务器网中同样有层次之分，但和客户机/服务器网不同，它是一种松散的结构。用户不需要登录为服务器的用户，而是直接通过浏览器来使用网络资源。

例如，网络打印服务。在客户机/服务器局域网中，需要设立一台打印服务器。当用户请求打印服务时，要先登录为服务器的用户，这样打印服务器才会为之提供打印服务。而在浏览器/服务器局域网中，用户不需要登录服务器，打印机可以通过一个 Web 页面直接访问。这样，用户需要使用打印机时可以通过浏览器找到该打印机并使用。

这样的结构在层次上显得较为松散，但在管理和使用上更加集中。所有的网络共享资源都可以通过 Web 页面管理和使用。

这种模式随着 Internet 不断发展而产生、发展，也是局域网与 Internet 融合的一种表现。

4) 无盘工作站网

无盘工作站网络中，工作站利用网络适配器上的启动芯片与服务器连接，使用服务器的硬盘空间进行资源共享。

无盘工作站局域网可以实现客户机/服务器局域网的所有功能。由于工作站上没有磁盘驱动器，每台工作站都需要从远程服务器启动，所以对服务器、工作站、网络组建的要求较高。它的成本不一定比客户机/服务器局域网低，但它的稳定性、安全性要好许多，适合于那些需要局域网安全系数高的场合。

1.3 网络通信协议

共享计算机网络的资源，以及在网络中交换信息，就需要实现不同系统中各实体之间的通信。实体包括用户应用程序、文件传送包、数据库管理系统、电子邮件设备以及终端等。系统包括计算机、终端和各种设备等。一般来说，实体是能发送和接收信息的任何对象。

系统是物理上明显存在的物体，它包含一个或多个实体。两个实体要想成功地通信，它们必须具有同样的语言。交流什么、怎样交流及何时交流，必须遵从有关实体间某种互相都能接受的一些规则。这些规则的集合称为协议，它们可以被定义为在两实体间控制数据交换的规则的集合。协议的关键成分如下。

- 语法(Syntax)：包括数据格式、编码及信号电平等。
- 语义(Semantics)：包括用于协调和差错处理的控制信息。
- 定时(Timing)：包括速度匹配和排序。

1.3.1 TCP/IP 协议

当计算机通过 Internet 相互通信时，它们使用的协议是传输控制协议/网际协议(TCP/IP)。TCP/IP 也是大多数中等和大型网络的通信协议，Novell、UNIX 和 Windows 网络都可以实现 TCP/IP。在不断增长的网络上，以及客户机/服务器网或者基于 Web 的应用更是如此。TCP/IP 是最为古老的协议之一，它是一种经过全球上亿万计算

美国国家标准化协会(ANSI)是在多项技术领域都有很大影响力的标准化组织。ANSI 成立于 1918 年，主要处理美国商务、政府机构和国际组织中有关产品标准的问题以达成协议，其中产品的概念很广，从自行车头盔到通信电缆都有。在计算机行业，该组织已经在屏幕显示属性、数字通信和光纤电缆传输等方面实现了标准化。

长见识

机用户使用考验的技术。广泛的用户群、可靠的应用历史和扩展能力，使它成为大多数局域网、广域网的首选协议。即使在小型网络上，为了以后便于扩展，也常常选用 TCP/IP。

1. TCP 协议

TCP 是一种传输控制协议，它可以在网络用户启动的软件应用进程之间建立通信会话。TCP 通过控制数据流量来提供可靠的端到端数据传送。网络节点可以就数据传输的“窗口”大小达成一个协议，该窗口大小规定了将要发送的数据字节数。传输窗口可以根据当前的网络流量进行即时调整。TCP 的基本功能包括监测会话请求、和另外一个 TCP 节点建立会话、传输和接收数据、关闭传输会话等。TCP 帧包含头和负载数据两个部分，称为一个 TCP 段。

IP 的基本功能是提供数据传输、包编址、包寻径、分段和简单的包错误检测。通过 IP 编址约定，可以成功地将数据传输并路由到正确的网络或者子网。每个网络节点具有一个 32 位的 IP 地址，它和 48 位的 MAC 地址一起协作，完成网络通信。该地址不但标识一个既定的网络，而且还指明是哪个节点下载了网络传输头。

TCP/IP 协议具有很强的灵活性，支持任意规模的网络，几乎可连接所有类型的服务器和工作站。但这种灵活性也带来了许多不便，在使用 NetBEUI 和 IPX/SPX 及其兼容协议时不需要进行配置，而 TCP/IP 协议需要进行复杂的设置。

使用 TCP/IP 协议的节点至少需要一个“IP 地址”、一个“子网掩码”、一个“默认网关”和一个“主机名”。如此复杂的设置，确实给一些初识网络的用户带来了不便。不过，Windows XP 提供了一个称为动态主机配置协议(DHCP)的工具，它可以自动为客户机完成与 IP 有关的设置，从而减少了联网工作量。当然，DHCP 所拥有的功能必须有 DHCP 服务器才能实现。

同 IPX/SPX 及其兼容协议一样，TCP/IP 也是一种可路由的协议。

2. IP 地址

在 TCP/IP 网络上，每台主机都有与其他主机不同的 IP 地址，该机制是通过 IP 协议来实现的。IP 协议要求在与 IP 网络建立连接时，每台主机都必须为这个连接分配唯一的 32 位地址，此地址就是所谓的 IP 地址。IP 地址不但可以用来识别每一台主机，而且隐含着网络路径信息。在 TCP/IP 网络中进行数据通信，涉及 IP 寻址、路由选择以及多路复用功能。

在 IP 网络中，IP 地址实际上是分配给网络适配器的。一台计算机有多少个网络适配器，就会有多少个不同的 IP 地址。

1) IP 地址的分配

IP 地址由 32 位二进制数组成，在实际应用中，这 32 位二进制数分成 4 段，每段包含 8 位二进制数。为了便于应用，将每段都转换为十进制数，段与段之间用“.”号隔开，如 192.168.0.1 等。这种表示 IP 地址的方法称为“点分十进制”表示法。

通常用 IP 地址标识一个网络和与此网络连接的一台主机。IP 地址采用两级结构：一级表示主机所属的网络，另一级代表主机。主机必须位于特定的网络中。IP 地址的组成形式如下图所示。

网络标识号	主机标识号

地址分配的基本原则是，要为同一网络内的所有主机分配相同的网络标识符号，但同一网络内的不同主机必须分配不同的主机标识号，以区分各主机。不同网络内的每台主机必须具有不同的网络标识号，但可以具有相同的主机标识号。

将计算机接入 Internet 时，为避免与其他网络冲突，必须向 InterNIC(Internet Network Information Center，国际互联网信息中心)申请一个网络标识号，然后再为网络上的主机分配主机标识号。如果网络不与外界连接，则自行选择一个网络标识号而不必申请。

2) IP 地址的级别

考虑到不同规模网络的需要，为充分利用 IP 地址空间，IPv4 协议定义了 5 类地址，即 A 类至 E 类。其中 A、B、C 三类由 InterNIC 在全球范围内统一分配，D、E 类为特殊地址。IP 地址采用高位字节的高位来标识地址类别。下表有助于理解地址编码方案。

地址类别	高位字节	最高字节范围	可支持的网络数目	支持的主机数
A	0…	1～126	126	16777214
B	10…	128～191	16384	65534
C	110…	192～223	2097152	254

A 类地址的第 1 字节为网络标识号，后面 3 字节为主机标识号。其中第 1 字节的最高位为 0，其余 7 位用于标识网络地址。格式如下表所示。

长见识

国际电信联盟是主管信息通信技术事务的联合国机构，负责分配和管理全球无线电频谱与卫星轨道资源，制定全球电信标准，向发展中国家提供电信援助，以促进全球电信发展。

1 位	7 位	24 位
0	网络 ID	主机 ID

A 类地址能够提供 126 个网络标识号，每个网络最多支持大约 1678 万个主机地址。由于每个网络支持的主机数量非常大，因此只有大型网络才需要 A 类地址。由于 Internet 网络发展的历史原因，A 类地址早已被分配完了。

B 类地址的前两字节为网络标识号，后两字节为主机标识号。其中第 1 字节中的高 2 位为 10，其余 6 位和第 2 字节(共 14 位)用于标识网络地址，格式如下表所示。

2 位	14 位	16 位
10	网络 ID	主机 ID

B 类地址能够提供 16384 个网络标识号，每个网络最多支持 65534 个主机地址。由于每个网络支持的主机数量较大，所以 B 类地址适用于小型网络，通常将此类地址分配给规模较大的单位。由于剩余的 B 类地址数量已经很少，因此，B 类地址的申请变得越来越困难。

C 类地址的前 3 字节为网络标识号，最后一字节为主机标识号。其中第 1 字节的高 3 位为 110，其余 5 位和后面 2 字节(共 21 位)用于标识网络地址，格式如下表所示。

3 位	21 位	8 位
110	网络 ID	主机 ID

C 类地址能够提供约 200 万个网络标识号，每个网络最多支持 254 个主机地址。由于每个网络支持的主机数量较小，所以适用于小型网络。

D 类地址的前 4 位是 1110，表示多播(multicast，也译为组播或多址传送)地址，并不表示特定的网络，而是用来指定一组计算机，这些计算机可共享同一应用程序(如视频广播)。

E 类地址的前 4 位是 1111，是特殊的保留地址，目前还未应用。

在 IP 地址中，网络标识号或主机标识号不能全为 0 或全为 1。

如果需要直接连入 Internet，应使用 InterNIC 分配的合法 IP 地址。如果通过代理服务器连入 Internet，也不能随便选择 IP 地址，而应使用由 LANA(因特网地址分配管理局)保留的私有 IP 地址，以避免与 Internet 上合法的 IP 地址相冲突。这些私有地址的范围如下。

10.0.0.1～10.255.255.254　　(A 类)

172.13.0.1～172.32.255.254　　(B 类)

192.168.0.1～192.168.255.254　　(C 类)

在组建 Intranet 时，应尽量选用这些私有 IP 地址。

3)　子网掩码及其作用

TCP/IP 网络中的子网掩码用于实现两大功能，一是区分 IP 地址中的网络部分和主机部分，二是将网络进一步划分为若干子网。

(1)　确定网络和主机地址。

对于 IPv4 协议而言，子网掩码是一个 32 位的数字，其作用是声明 IP 地址的哪些位为网络地址，哪些位为主机地址。TCP/IP 协议利用子网掩码判断目标主机地址是位于本地网络还是远程网络。

下表列出了 A、B、C 三类网络的子网掩码。从中可以看出，掩码中为 1 的位表示 IP 地址中相应的位为网络标识号，为 0 的位则表示 IP 地址中相应的位为主机标识号。

类别	二进制值	十进制值
A	11111111.00000000.00000000	255.0.0.0
B	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
C	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0

例如，某台主机的 IP 地址为 202.112.10.101，子网掩码为 255.255.255.0，则两个数值做逻辑与运算后，所得结果即为网络标识号(可以把主机标识全为 0 的 IP 地址看作网络标识号)，这里是 202.112.10.0，而 IP 地址中的最低字节则为主机标识号，这里是 101。

如果另一台主机的 IP 地址为 202.112.15.55，子网掩码也是 255.255.255.0，则其网络标识号为 202.112.15.0，主机标识号为 55，可判定这两台主机不在同一网络内。

(2)　划分 IP 子网。

如前所述，可供分配的 IP 地址数量有限，B 类地址已所剩无几，假定某个大型组织获得了一个 B 类地址，从而可以对 65534 台主机进行 IP 编址。如果这些主机只能归属于同一个网络，则在许多情况下是不合适的。

一个大型网络往往需要分成由路由器连接的短小的物理网络(子网)，原因如下。

①　减少每个子网上的网络通信量。同一子网中主机的广播和彼此间的通信路由器限制在子网内部，只有不同子网的主机相互通信时，才在路由器的管理控制下进行跨子网转发。

②　便于网络管理。将网络分成几个便于控制的部分后，可由单独的管理员管理本地用户，或在单位内部

1991 年 6 月，我国第一条互联专线从中科院的高能物理所(简称高能所)连到斯坦福大学的直线加速器上，标志着中国开始进入互联网领域。

创建彼此隔离的子网，以阻止敏感信息的扩散。

③ 解决物理网络本身的某些问题，如网络覆盖范围超过以太网段最大长度的问题。

又如，在连接中采用了两个C类网络，每个C类网络只设置了25个主机地址，无疑会造成地址空间的浪费。

将一个网络进一步划分为若干个子网，即可解决上述两个问题。

根据上述思路，可以将IP地址原有的两级结构扩充为如下表所示的三级结构。

网络标识部分	子网标识部分	主机标识部分

IP地址内的原主机部分被分解为子网标识和主机标识两个部分，这种子网的划分是通过子网掩码机制来实现的。

例如，现有一个C类网络，网络地址是202.112.10.0，要划分为多个子网，可将子网掩码设为255.255.255.224，最后一字节的二进制值是11100000，最高位是111，即将原来用于标识主机的3个位用来表示子网G。3个位共有8种组合，其中表示网络自身的000、表示广播地址的111不可使用，可用的共有6个组合，能够表示6个子网。

每个子网最多只能支持30台主机。经子网划分后，一些IP地址就不能使用了，如202.112.10.95。

由此可见，使用子网掩码技术，只要有一个C类Internet网络地址，就可以在内部拥有多个网络，这对单位内部的网络管理而言是非常有利的。

3. IPv6协议

至今IPv4已经存在20多个年头了。在20世纪90年代中期，人们就认识到了它的局限性。主要的一点是32位地址，这在今天网络铺天盖地、网络用户多如牛毛的时代尤为明显。IPv4已经消耗尽了所有的地址。另外，由于IPv4不能提供网络安全，也不能实施复杂的路由选项，如在QoS水平上创建子网等，所以其应用也受到了限制。IPv4除了提供广播和多点传送编址外，并不具备多个选项来处理多种不同的多媒体应用程序，如流式视频或视频会议等。

为适应IP爆炸式的应用，Internet工程任务组(IETF)开始了IPng(IP next generation)的初步开发。1996年，IPng研究诞生了一种称为IPv6的新标准，并在RFC 1883中得到定义。IPv6的目的是从IPv4中提供一条逻辑的增长路径，使得应用程序和网络设备可以处理新出现的要求。目前，IPv4仍应用在全世界的绝大多数网络中，但向IPv6的升级已经开始。IPv6的新特点如下：

- 128位编址能力；
- 一个单独的地址对应着多个接口；
- 地址自动配置和CIDR编址；
- 以40字节的头取代了IPv4的20字节的头；
- 可将新的IP扩展的头用于特殊需要，包括用于更多的路由技术和安全选项中。

IPv6编址使得一个IP标识符可以与多个不同的接口相关，从而更好地处理多媒体信息流量。在IPv6网络中，传送的多媒体流量不是进行广播或多点传送组，而是将所有接收接口都指定为同一个地址。

IPv6并不沿基于分类的地址而行，而是与CIDR兼容，从而使地址可以通过很大范围的选项来进行配置，使得路由和子网的通信能力更出色。IPv6编址是自动配置的，可以减轻网络管理员管理和配置地址的工作负荷，它支持两种自动配置技术。

(1) 动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol，DHCP)。

该协议用于动态编址。每次计算机登录到网络时，动态编址都会自动地给它分配一个IP地址。在DHCP下，一个IP地址在给定时间内是租用给某一特定的计算机的。具有DHCP服务的服务器可以检测到新的工作站、服务器或网络设备，并给它们分配一个IP地址。要实现这项功能，需要在服务器上加载DHCP服务，并将其配置为DHCP服务器。DHCP服务器还可以充当文件服务器，并且具有增加的自动分配IP地址的功能。安装完成后，DHCP服务器使用DHCP服务器软件在一定时间内出租IP地址。这段时间可以是一周、一个月、一年或者无限期地租用(如Web服务器)。当租用期到了后，IP地址就返回服务器维护的可用的IP地址池。在IPv6中，这种动态编址称为有状态自动配置(Stateful auto configuration)。

(2) 无状态自动配置技术。

在无状态自动配置中，网络设备指派自己的IP地址，而不是从服务器获得。它简单地通过将NIC的MAC地址与从子网路由器中获得的子网命名结合在一起，就创建了自己的IP地址。

IPv6包分为三种类型：单点传送、任意点传送和多点传送。在单点传送包中，一个单独的网卡接口对应一个单独的地址，并且是点到点传输的。任意点传送的包中包含一个与多个接口关联的目标地址，而且这些接口通常位于不同的节点上。任意点传送的包只向最近的接口传送，并不试图到达具有同一地址的其他接口。多点

传送包与任意点传送包相似，都具有与多个接口相关联的目标地址，与任意点传送包不同的是，它将流向具有这个地址的所有接口。

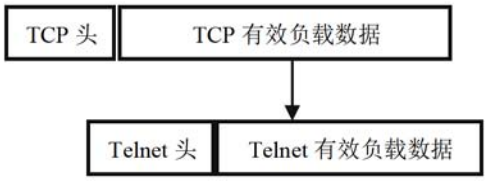
4．TCP/IP 应用协议

借助 TCP/IP，各种应用协议如用于电子邮件、终端仿真、文件传输、路由、网络管理和其他服务等(总称为 TCP/IP 套)得以协同工作。与 TCP/IP 相似，这些应用协议也具有半双工和全双工的通信能力。在 TCP/IP 中，有 6 种最常用的应用服务：Telnet、FTP、SMTP、DNS、ARP 和 SNMP。

1)　Telnet

Telnet 是 TCP/IP 套中的一种应用协议，可以为终端仿真(如给 IBM 3270 终端和 DEC VT 220 终端的仿真)提供支持。Telnet 可使用户连接到主机上，使主机响应起来就像它直接连接在终端上一样。例如，带 3270 仿真程序的 Telnet 可以像终端一样连接在 IBM ES9000 大型机上。Telnet 运行在 TCP/IP 层(等价于 OSI 的会话层)，但是在传输层上启动操作。

Telnet 通过 TCP 传输，具有两个重要的其他仿真程序不具备的特点：一是它携带几乎所有厂商的 TCP/IP 实施；二是它是一个开放的标准，意味着任何厂商或开发人员都可以轻而易举地实施 Telnet。Telnet 的有些实施要求主机配置为 Telnet 服务器。Telnet 支持的范围极广，得到了 MS-DOS、UNIX、Linux 及 Windows 等工作站的支持。Telnet 通信由一个头和应用数据组成，它们被封装在 TCP 段的 TCP 数据部分，如下图所示。



Telnet 在发送端和接收端使用 TCP 的 23 号端口进行专用的通信。Telnet 包含许多通信选项，如 7 位或 8 位兼容、不同终端模式的使用、发送端和接收端的字符回应、同步通信、字符流或单独字符的传输以及流控制等。

2)　文件传输协议

TCP/IP 支持三种文件传输协议：文件传输协议(File Transfer Protocol，FTP)、普通文件传输协议(Trivial File Transfer Protocol，TFTP)和网络文件系统(Network File System，NFS)。

FTP 是 Internet 用户所偏爱的文件传输协议，所以它应用最广。通过 FTP，南京的用户可以登录到北京的主机上下载一个或多个数据文件，当然用户在主机上首先要具有授权的用户 ID 和密码。

FTP 是一种使用 TCP 协议使得数据可以从一台远程设备向另一台设备传输的算法。与 Telnet 相同，FTP 的头和跟随着的数据负载也被封装在 TCP 数据负载区中。FTP 较 TFTP 和 NFS 的优越性在于它使用两个 TCP 端口，20 号和 21 号端口。21 号端口是 FTP 命令的控制端口，可控制数据如何发送。例如，get 命令可以用来获取文件，而 put 命令可以用来向主机发送文件。

FTP 分别通过 binary 和 ascii 命令支持二进制和 ASCII 格式的文件传输。21 号端口专门用于由 FTP 命令决定的数据交换。

FTP 的设计旨在仅从整体上传输完整的文件，这使得它非常适合于在 WAN 上交换极大的文件。FTP 不能传输文件的一部分或者文件内的一些记录，因为它们被封装在 TCP 中。FTP 数据传输非常可靠，而且受到面向连接的服务的质量保证，包括在接收了包后，发送回一个“回执”。FTP 传输是由一个单独的数据流组成的，以文件结束定界符(EOF)结束。

TFTP 是一种 TCP/IP 文件传输协议，是为数据传输而设计的，使得无盘工作站可以通过从服务器上传输来的文件来引导。TFTP 是无连接的，用于当数据传输错误无关紧要而且无须安全性时的小型文件的传输。TFTP 运行在 UDP (通过 UDP 的 69 号端口)而不是 TCP 内，因此是无连接的。也就是说，包被接收后，不会发送确认已经接收到包的“回执”，也没有其他面向连接的服务来确保包成功地到达了目的地。

一个深受欢迎的可代替 FTP 的协议是 SUN Microsystems 推出的网络文件系统(NFS)软件，它通过 TCP 111 号端口使用 SUN 的远程过程调用规范。NFS 安装在发送端节点和接收端节点上，作为远程过程调用软件，一台计算机的 NFS 软件可运行另一台计算机的 NFS 软件。NFS 经常应用在 UNIX 系统中，以记录流形式而不是以整个文件流形式发送数据。

与 FTP 相同，NFS 是面向连接的协议，在 TCP 内运行。当计算机执行包含存储在数据文件或数据库的记录的高容量事务处理时，以及当数据文件分布在几台服务器上时，尤其适合采用 NFS 协议。

3)　简单邮件传输协议

简单邮件传输协议(Simple Mail Transfer Protocol，SMTP)是为网络系统间的电子邮件交换而设计的。UNIX、MVS、VMS、Windows 以及 Novell NetWare 操

WWW(World Wide Web，万维网)是指用于建立多媒体文件的全球超文本链接的 Internet 系统，其文件是用超文本格式编写的。

作系统都可以通过 SMTP 在 TCP/IP 上交换电子邮件。

从一台计算机向另一台计算机发送文件，SMTP 提供了一种代替 FTP 的选择。SMTP 并不需要使用远程系统的登录 ID 和密码。SMTP 只能发送文本文件，其他格式的文件必须被放置到 SMTP 消息之前转换为文本。

SMTP 消息由两部分组成：地址头和消息文本。地址头可以很长，因为其中包含了消息经过每个 SMTP 节点的地址和每个转换点的日期戳。如果接收节点不可用，那么 SMTP 等待一段时间后再重新发送消息，接收节点在给定时间内仍不活动，那么 SMTP 就将邮件退回到发送端。

SMTP 遵循 TCP/IP 标准，但不与 E-mail 系统的 X.400 协议兼容。SMTP 在 TCP 内发送，而 TCP 为 E-mail 提供了一个基本的面向连接的可靠服务。配置 SMTP 需要在发送节点和接收节点都有与 SMTP 兼容的电子邮件应用程序。SMTP 应用程序为连接的工作站指定一个服务器作为中央邮件网关，并通过文件目录或打印池中的一个队列来处理电子邮件的分发。该队列对连接在服务器上的用户来说，充当着“邮局”或域的角色。用户可以登录到服务器上获取消息，服务器也可以向客户提交消息(如下图所示)。

4) 域名服务

TCP/IP 协议包中包含一个域名服务(Domain Name Service，DNS)，DNS 通过一个名为“解析”的过程将域名转换为 IP 地址，或将 IP 地址转换为域名，名字比用点分隔的十进制 IP 地址更好记。既然计算机仍然使用 IP 地址，那么就必须有一种方法在二者之间进行转换。

DNS 使用查找表格来将二者的值关联起来。计算机名称由两部分组成，这与 IP 网络和主机 ID 非常相似。一部分是个人或节点的名称，另一部分是组织的名称，两部分被“at”(@)字符分隔，如 my_name@my_organization。名称的组织部分通常又划分为一些子部分，由点号(.)分隔，以反映组织的名称、类型、所在的国家等。例如 nuaa.edu 表示的就是南京航空航天大学，这是一家教育组织(edu)。名称的组织部分称为域名，表示所有与组织关联的个人名字都在计算机的同一个域中。有时大型的组织又被分为多个域。例如一所综合性的大学，可能就有学生域(student.nuaa.edu)和教职员工域(fs.nuaa.edu)。

DNS 通过客户端的域名解析器和一个或多个主机上的域名服务器协同工作。中型和大型网络可能会在一个域中采用多个名称服务器来分布信息流量，然而，通常总会有一个主要的名称服务器(称为权威名称服务器，或根服务器)来维护名称和 IP 地址的主表。这个表通常规则地分布在辅名称服务器上，并在辅名称服务器上更新。辅名称服务器可以存在于一个 LAN 或 WAN 上。当根服务器繁忙或不能到达根服务器时，辅名称服务器为用户提供了备份。DNS 软件经常包含一个选项，其设置对另一网络上的一个根名字服务器的数据传送器，以便查找特定的 IP 地址或域名。数据传送器可以快速访问特定的计算机，如 Web 服务器等。如果许多人试图访问 Web 服务器，就会在网络上对根服务器(以及辅名称服务器)产生繁忙的网络信息流量，数据转发器就会指向另一网络上的 DNS 服务器，从中获取 IP 地址和域名解析。具有 DNS 服务器应用程序的 UNIX、Novell NetWare 和 Windows NT 服务器是网络域名服务器的典型例子。域名服务器表由网络管理员维护，并对域内或域外(包括 Internet)的计算机地址进行转换。

5) 地址解析协议

有些情况下，发送节点在把包向目的地发送的时候，需要知道 IP 地址和 MAC 地址。例如，多点传送既包括 IP 地址，也包括 MAC 地址。IP 地址和 MAC 地址在任何情况下都不会相同，并且两者的格式也不相同，一个为点分十进制，一个为十六进制。发送节点在发送包时，可以利用地址解析协议(ARP)来获取目标节点的 IP 地址和 MAC 地址。发送节点需要知道目标节点的 MAC 地址的时候，它发送一个 ARP 广播帧，该帧中包含有自己的 MAC 地址和目标节点的 IP 地址。目标节点接收到 ARP 请求后，便发送一个包含自己 MAC 地址的 ARP 响应。ARP 的补充协议为反向 ARP 协议(RARP)，该协议用于获取网络节点的 IP 地址。例如，无盘工作站无法确定自己的 IP 地址，它可以使用该协议向主服务器发送一个 RARP 请求，以便得到自己的 IP 地址。有时，在工作站上运行的某些应用也需要使用 RARP 协议来获得该工作站的 IP 地址。

6) 简单网络管理协议

网络管理员可以利用简单网络管理协议(SNMP)来连续地监控网络的活动。SNMP 形成于 20 世纪 80 年代，目的是在 TCP/IP 协议簇中提供 OSI 网络管理标准——公共管理接口协议(CMIP)的一种替代方案。虽然 SNMP 是为 TCP/IP 协议簇开发的，但是它符合 OSI 模型。由于 TCP/IP 具有非常广泛的应用，并且 SNMP 具有易于使用的优点，所以大多数厂商都选择了 SNMP，而没有选择

长见识 浏览器用来显示万维网或局域网等上的文字、图像及其他信息，它还可以让用户与这些文件进行交互操作。浏览器是计算机上网时经常使用的应用软件，是 Internet 时代的产物。

CMIP。支持 SNMP 的网络设备有上百种，其中包括文件服务器、网络接口卡、路由器、中继器、网桥、交换机和集线器。相反，CMIP 常由 IBM 公司在某些令牌环网中使用。

SNMP 的主要优点在于它是独立于网络运行的，也就是说，SNMP 并不依赖于协议级与其他网络实体的双向连接。这种特点使得 SNMP 可以分析网络的活动，如检测不完整的包、监控广播活动，也不依赖于来自失效节点的信息。CMIP 则与网络节点在协议级相连，即它对网络故障的分析是根据失效节点的精确性进行的。

SNMP 还有一个优点，其管理功能是在一个网络管理站上执行的。这与 CMIP 相反，CMIP 的管理功能分布在单个或被管理的网络节点上进行。SNMP 的另一优点是它比 CMIP 消耗的内存要小，CMIP 运行时需要每个参与节点的内存达 1.5MB，而 SNMP 只需要 64KB。

SNMP 使用两种网络节点：网络管理工作站(NMS)和网络代理。NMS 监视通过 SNMP 进行通信的连在网络上的设备，被管理的设备运行着与网络管理工作站相接触的代理软件。

与现代网络相连的大多数设备都是代理，包括路由器、中继器、集线器、交换机、网桥、PC(通 NIC 的 PC)、打印服务器、访问服务器和 UPS 等。

用户可以在 NMS 上使用控制台向网络设备发送命令，以获得性能的统计数据。NMS 可以创建整个网络的映像，如果添加了一台新设备，NMS 就可以立即发现。NMS 上的软件有能力检测代理的崩溃或误操作。一旦出现异常，那台代理就会高亮显示为红色或者发出警报。所有的 NMS 软件目前都是按 GUI 格式编写的，解释起来非常方便。

1.3.2　NetBEUI/NetBIOS 协议

NetBEUI(NetBIOS Extended User Interface，NetBIOS 下的扩展用户接口)是一种体积小、效率高、速度快的通信协议，它是微软钟爱的一种通信协议。在微软的主流产品中，如 Windows 2000、Windows XP，NetBEUI 已经成为其固有的默认协议。

NetBEUI 是专门为由几台到几百台计算机所组成的单网段小型局域网而设计的，它不具有跨网段工作的能力，即 NetBEUI 不具备路由功能。如果在一个服务器上安装了多个网卡，或者要采用路由器等设备进行两个局域网的互联，就不能使用 NetBEUI 协议。

虽然 NetBEUI 存在许多不尽人意的地方，但是它具有其他协议所不具备的优点：在三种通信协议中，NetBEUI 占用内存最少，在网络中基本不需要任何配置。因此，它很适合广大的网络初学者使用。

1. NetBIOS(网络基本输入/输出系统)

NetBIOS 是 IBM 公司于 1983 年开发的用于实现 PC 间通信的协议。

NetBIOS 接口为使用它的应用程序提供了一个访问网络服务的标准方法，从而向上层隐藏了与通信建立和管理有关的各种细节。

NetBIOS 接口独立于网络低层结构，可以在不同的局域网系统上运行。

为了访问 NetBIOS，应用程序需要调用一个软件中断，同时给出参数以描述需要进行的操作，这些参数被称为网络控制块(NCB)。

NetBIOS 可提供以下几组服务功能：

(1) 名字支持。允许加入或删除名字。名字表示网络中的实体。为方便操作，NetBIOS 提供了与网络地址对应的主机名字以进行网络寻址。这种名字类似于与 IP 地址对应的域名。

(2) 数据报支持。利用 NetBIOS 可方便地在网络中发送、接收数据报。此外，NetBIOS 还提供了广播功能。

(3) 会话支持。会话支持是 NetBIOS 最复杂的功能。其中，呼叫功能用于在主机间建立连接，成功的连接将建立一条虚链路，主机与主机可以通过此虚链路通信，其他的服务则提供了发送和接收各种类型的报文和结束会话等功能。

(4) 一般服务。这组服务提供复位网卡、获取网卡状态等功能。

2. NetBEUI 协议

NetBEUI 由 IBM 公司于 1985 年推出，是 NetBIOS 的改进版。该协议特别适用于局域网网段内部的通信。

在微软的主流产品(如 Windows 2000 和 Windows XP)中，NetBEUI 会自动与网卡连接，连接在网络上的计算机就能够自动利用其功能与其他计算机进行通信。微软之所以选择 NetBEUI，主要是该协议在工作时占用的内存少，速度快。

将 NetBEUI 用于小型网络是合适的。但是，在大型网络中，NetBEUI 不能很好地发挥其效能。因为 NetBEUI 用计算机名作为网络地址，但网络中无法避免出现彼此同名的计算机。

此外，NetBEUI 是不可路由协议，不支持跨越路由

TCP/IP 以其两个主要协议——传输控制协议(TCP)和网络互联协议(IP)而得名。实际上这是一组协议，包括多个具有不同功能且互为关联的协议。TCP/IP 是多个独立定义的协议集合，因此也被称为 TCP/IP 协议簇或协议栈。

长见识

器的通信。

基于上述认识，在网络中选择通信协议时，通常将NetBEUI 与一种可路由协议(如 TCP/IP)配套使用，并以NetBEUI 为主协议。当在局域网网段内部进行通信时，使用 NetBEUI；当需要进行跨越网段的通信时，则使用其他的可路由的协议。

1.3.3 IPX/SPX 协议

IPX/SPX(Internet work Packet Exchange/Sequences Packet Exchange，网际包交换/顺序包交换)是 Novell 公司的通信协议集。

1. IPX/SPX 通信协议的特点

与 NetBEUI 形成鲜明对比的是，IPX/SPX 显得比较庞大，对复杂环境具有很强的适应性。IPX/SPX 在设计时考虑了多网段的问题，其具有强大的路由功能，适合于大型网络使用。当用户端需要与 NetWare 服务器连接时，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 IPX/SPX。

在 Windows NT 网络和由 Windows 9x 组成的对等网中，无法直接使用 IPX/SPX 通信协议。

2. IPX/SPX 兼容协议

Windows NT 中提供了两个与 IPX/SPX 兼容的协议：NW Link IPX/SPX 兼容传输协议和 NW Link NetBIOS 协议，两者统称为 NW Link 通信协议。NW Link 协议是 IPX/SPX 协议在微软网络中的实现，它一方面拥有 IPX/SPX 协议的优点，另一方面又能够适应微软的操作系统和网络环境。Windows NT 网络和 Windows 9x 用户可以利用 NW Link 协议获得 NetWare 服务器的服务。当网络从 Novell 平台转向微软平台，或两种平台共存时，NW Link 通信协议是最好的选择。不过，在 NW Link 中，NW Link IPX/SPX 兼容传输协议类似于 Windows 9x 中的 IPX/SPX 兼容协议，只能作为客户端的协议实现对 NetWare 服务器的访问，离开了 NetWare 服务器，此兼容协议将失去作用。而 NW Link NetBIOS 协议不但可在 NetWare 服务器与 Windows NT 之间传递信息，而且能够用于 Windows NT 计算机之间、Windows 95/98 计算机之间以及 Windows NT 计算机与 Windows 9x 计算机之间的通信。

1.4 局域网工作模式

局域网的工作模式是指 LAN 中数据处理、运算、通信等的操作方法，通常可分为对等式网络模式、专用服务器模式和客户机/服务器模式。

1.4.1 对等式网络模式

对等式网络模式也称点对点通信，即 LAN 中的每一台工作站都处于同等地位，每个节点既可以为他人提供服务(相当于服务器)，又可以要求别人为自己提供服务(相当于客户机)。

这种工作模式的网络主要提供传送文件和共享打印机功能，其网络操作系统的功能比较简单，故价格也较便宜。但由于这种结构中某一工作站节点可以直接取用其他站节点的数据，故其数据的安全性较差。

1.4.2 专用服务器模式

该种模式的LAN中至少要有一台文件服务器来担任网络系统的中央控制站及存储网络中共用的文件数据。这种结构也可以说是“集中式管理结构”，即网络上的数据集中存储于文件服务器内，当用户需要时必须到文件服务器中去读取，然后再将它们装入工作站中作个别处理。

这种模式因其数据集中存储，数据的安全性较高，是目前局域网中使用较为普遍的一种网络工作模式。但这种模式也有一个很大的不足，当用户集中在同一时间内读取数据时，因各工作站与文件服务器之间进行大量的数据传输会造成“阻塞”现象，因此会使网络速度变得很慢。

1.4.3 客户机/服务器模式

客户机/服务器模式是近年来开发的一种新的信息技术，它改善了传统的“基于服务器”模式下集中式的数据处理方式，大幅度提高了网络的效率，是目前网络上最理想的数据处理方式。

在该工作模式下，首先由客户机向服务器提出委托处理申请，这种请求可以是信息服务，也可以是执行一项任务。收到请求后服务器按照委托内容进行相应的查询与处理，完成后将结果送回客户机，客户机再做进一

长见识

固定 IP 地址是指长期固定分配给某一台计算机使用的 IP 地址，一般只有特殊的服务器才拥有固定 IP 地址。

步处理后予以输出。

提示

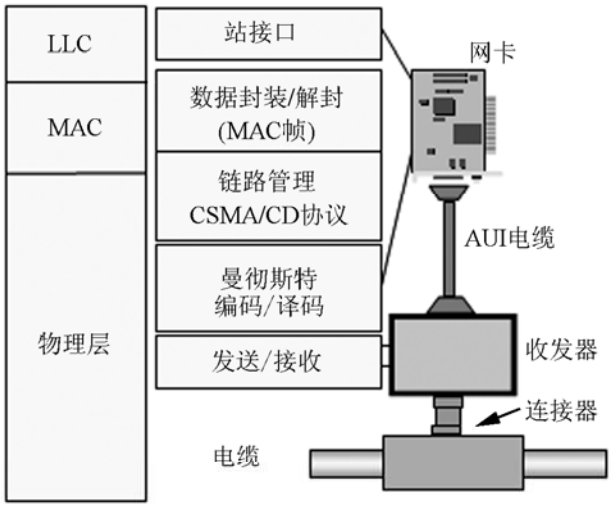
客户机/服务器模式与基于服务器模式的最大区别在于，后者将文件传给用户后剩下的工作交由用户自行处理；前者则是由客户机与服务器两端各负担一部分工作，属于“集中管理”和“分散处理”操作方式。这样的结构不但能提高数据处理的速度，也可减轻网络的负担，目前在因特网上已普遍采用客户机/服务器工作模式。

1.5　局域网的相关术语

本节将介绍 CSMA/CD 介质访问控制协议、局域网的共享与交换以及局域网中数据的传送方式等相关的术语，侧重应用的读者可以只作理解。

1.5.1　CSMA/CD 协议

CSMA/CD 介质访问控制协议由 IEEE 802.3 定义。IEEE 802.3 是按照体系结构来组织的，它强调将系统划分为两大部分：数据链路层的介质访问控制子层(MAC)和物理层。这些层严格地对应于 OSI 开放系统互连模式的最低两层，如下图所示。LLC 子层和介质访问控制子层一起完成 OSI 模式所定义的数据链路层功能。



体系结构模式建立在一组接口之上，这些接口不同于具体实现时所强调的那些接口。但是，设计中有一个关键问题必须极大地依赖于具体实现的接口，那就是兼容性。两个重要的兼容接口在物理层内定义，即依赖于介质的接口 MDI 和附属单元接口 AUI。

在 OSI 体系结构模式中，各层通过精确定义的接口相互作用，同时提供服务规范中所规定的服务。介质访问控制子层和逻辑链路控制子层间的接口，包括发送和接收帧的设施，提供每个操作的状态信息，以供更高一层差错恢复之用。介质访问控制子层和物理层间的接口，包括成帧(载波监听，起动传输)和解决争用(冲突控制)的信号，在两层之间传送一对串行比特流(发送、接收)，用于定时等待功能。

1. 介质访问控制方法

IEEE 802.3 标准提供了介质访问控制(MAC)子层的功能说明，主要有以下两个。

- 数据封装(发送和接收)：成帧(帧定界、帧同步)、编址(源和目的地址的处理)与差错检测(物理介质传输差错的检测)。
- 介质访问管理：介质分配(避免冲突)，解决争用(处理冲突)。

1)　发送数据封装

当 LLC 子层请求发送一幅帧时，CSMA/CD 介质访问控制子层的发送数据封装部分用 LLC 提供的数据结构成帧，它将一个前导码和一个帧起始定界符加到帧的开头部分。利用 LLC 子层送来的信息，CSMA/CD 介质访问控制子层还将足够长度的 PAD 附加到 MAC 信息字段的结尾部分，以确保传送帧的长度满足最小帧长的要求，它还附加目的和源地址、长度计数字段和一个供差错检测用的帧检验序列，然后把该帧交给介质访问控制子层的发送介质访问管理部分以供发送。

2)　发送介质访问管理

借助监视物理层收发信号(PLS)部分提供的载波监听信号，发送介质访问管理设法避免与介质上其他信息量发生争用。当介质空闲时，在短暂的帧间延迟(提供介质恢复时间)之后启动帧发送，然后该介质访问控制子层将串行比特流送给 PLS 接口以供发送。PLS 完成产生介质上电信号的任务，同时监视介质和产生冲突检测信号，在无争用情况下，即完成发送。

完成无争用发送后，CSMA/CD 介质访问控制子层通过 LLC 介质访问控制的接口通知 LLC 子层，然后等待帧发送的下一个请求。

假如多个站试图同时发送，就会产生冲突，此时 PLS 接通冲突检测信号，接着发送介质访问管理开始处理冲突。首先，它发送一个称作阻塞的比特序列来强制冲突，以保证有足够的冲突持续时间，以便其他与冲突有关的发送站都能得到通知。阻塞信号结束时，发送介质访问

A 类网络地址 127.X.X.X 是一个保留地址，用于网络软件测试以及本地机进程间通信。

管理就停止发送。

发送介质访问管理在随机选择的时间间隔后再进行重发尝试，在重复的冲突面前反复进行重发尝试。发送介质访问管理用二进制指数退避算法调整介质负载。最后，或者重发成功，或者在介质故障或过载情况下放弃重发尝试。

3) 接收介质访问管理

在每个接收站，到达的帧首先由 PLS 检测，并用同步到达的前导码和接通载波监听信号来响应。随后，当编码的比特从介质上送来时，就对它们进行译码并转换成二进制数据。介质访问控制要检测到达的帧是否错误，即帧长是否超过最大值，是否为 8 位的整数倍，还要过滤冲突的信号，将小于帧最小长度的帧过滤掉。

同时，监视载波监听的介质访问控制子层接收介质访问管理部分正在等待要送交的输入的每个比特，它收集从 PLS 来的各个比特，并将它们按 8 位一组传给接收数据解封部分进行处理。

4) 接收数据解封

接收数据解封部分检验帧的目的地址，决定本站是否应当接收该帧。如地址符合，就将它发送到 LLC 子层，同时进行差错检验。

2. CSMA/CD 的主要特点

CSMA/CD 方式的主要特点如下。

(1) 原理简单，技术上容易实现。网络中各个工作站处于同等的地位，不需要集中控制。

(2) 不提供优先级控制，不提供急需信息的优先处理功能，各个站点争用总线，不能满足远程控制所需要的精确延时和绝对可靠性要求。

(3) 效率高，但是当负载增大时，发送信息的等待时间长，网络传输速率立刻下降。

为了克服上述缺点，产生了 CSMA/CD 的改进方式，如带优先权的 CSMA/CD 方式、带回答包的 CSMA/CD 访问方式、避免冲突的 CSMA/CD 访问方式等。

注意

有关 IEEE 802.3 CSMA/CD 介质访问子层的详细描述，有兴趣的读者可参阅 IEEE 802.3 文本。

1.5.2 共享与交换

共享与交换是网络中两种不同的工作机制。共享是指用户发出的数据共同抢占一个信道的无序情形。这样，当数据传输量和用户数量超出一定限量时，就会造成冲突，使网络性能衰退。交换式网络则避免了共享式网络的不足，它根据所传递信息包的目的地址，将每一信息包独立地从源端口发送至目的端口，避免和其他端口发生冲突，从而提高了网络的效率。

1. 资源分配和共享

所谓资源是指在有限时间内能为用户服务的设备，包括软设备和硬设备。例如，通信信道是一种资源，它的资源容量是单位时间内传输的比特数(bit/s)。又如计算机是一种资源，它的资源容量是单位时间内的操作次数。要求通信信道传输报文，或要求计算机处理作业，则是用户对资源的需求。

为了合理分配资源，首先要对需求进行分析，对网络的需求有以下四个特性：

① 难以预测用户需要网络资源的确切时刻；

② 难以预测用户占用网络资源的时间；

③ 大部分时间，用户并不需要占用网络资源；

④ 一旦用户需要占用网络资源，用户希望能及时得到资源。

上面四个特性表明，这是一种猝发性的异步需求。这种需求给资源分配和共享增加了不少难度。一个好的资源分配策略，一方面要很好地满足用户服务的需求，另一方面要提高资源的利用率。一个关键的概念是使用多用户访问冲突解决方案。下面列出几种可能的分配策略。

(1) 排队：它的特点是同时只有一个用户得到服务，其他用户都在排队等待。

(2) 分割：将资源容量分成若干片，给每一个要求服务的用户分一片。

(3) 封锁：同时只有一个用户得到服务，其他用户的服务要求都被拒绝。

(4) 粉碎：很多用户争用资源，结果没有一个用户拿到足够的资源容量，得不到需要的服务。

排队策略是一种很高明的策略，在日常生活中也经常用到，有时也可引入优先度以保证重要的用户首先得到服务。分割资源策略能使多个用户同时得到所需的资源，在通信网络中频分多路复用技术(FDM)就采用这种分配策略。封锁分配策略只有在用户要求资源服务的时刻正好资源处于空闲状态才能得到服务。最后一种称为粉碎的策略，有可能发生灾难性的情形，即没有一个用户能得到服务。在网络技术中，如分组无线电网、总线结构争用策略的局部网都可能发生这种现象。

长见识

因为 IP 地址资源非常短缺，用户一般不具有固定 IP 地址，而是由 ISP 动态分配一个暂时的 IP 地址。

当然，也可能将上述几种分配策略混合起来使用，如对头两个用户的要求使用分割资源策略，对另外 10 个用户需求采用排队策略，而多于 12 个用户的需求采用封锁策略。一般说来，排队和分割两种策略比较妥当，它们都是动态分配资源策略，这种策略对于不能预测的猝发性异步需求的用户更为合适。

2. 资源共享定理

有两个十分重要的资源共享定理。

(1) 大数定理：当大量用户共享系统资源时，系统总的容量只需是各个用户的平均负载之和，而不是各个用户的峰值之和。利用大数定理的平滑效应，可以大大提高资源的利用率。

(2) 比例尺定理：如果系统的吞吐量增加 m 倍，系统的总容量也增加 m 倍，那么，系统的响应速度将加快 m 倍。

1.5.3 双工和半双工

根据数据信息在通信线路上传输方向不同，可以把数据通信方式分为单工、半双工、双工三种。这里我们重点介绍半双工和双工通信方式。

1. 半双工

该方式允许数据在传输线路上双向传送，但在某一时刻，数据只能沿一个方向传送。半双工通信方式的优点是只用一条通信线路即可实现双向通信，缺点是在双方交互的过程中，需要频繁地改变信息的传输方向，其通信效率较低。局域网最早使用的就是这种通信方式。

2. 双工

该方式采用两条信道，因而允许两端的数据分别沿两个相反的方向同时传送，相当于把两个方向相反的单工通信方式组合在一起。显然，其通信效率较高。目前，大量的局域网交换机和网卡都采用了这一技术。

1.6 思考与练习

一、选择题

1. IP 地址 192.168.0.32 属于_____地址。

A. A 类　　B. B 类　　C. C 类

2. 下列 IP 地址中，_____是非法地址。

A. 131.109.55.1　　B. 78.35.6.90

C. 220.103.9.56　　D. 240.9.12.2

3. B 类地址支持的主机数为_____。

A. 65534　　B. 12768

C. 4086　　D. 20000

4. 下列_____是数据资源共享定理。

A. 当大量用户共享系统资源时，系统总的容量只需是各个用户的平均负载之和，而不是各个用户的峰值之和。利用大数定理的平滑效应，可以大大提高资源的利用率

B. 如果系统的吞吐量增加 m 倍，系统的总容量也增加 m 倍，那么系统的响应速度将加快 m 倍

C. 共享是指用户发出的数据共同抢占一个信道的无序情形

二、简答题

1. 计算机网络的发展分哪几个阶段，每个阶段各有什么特点？

2. 什么是计算机网络？具有通信功能的单机系统是不是计算机网络？

3. 计算机网络可从哪几方面分类，怎样分类？

4. 计算机网络由哪几部分组成，各部分的主要功能是什么？

5. 计算机局域网的基本拓扑结构有哪几种，各有什么特点？

6. 按地理位置范围可以将计算机网络分为几种，它们各自有什么特点？

7. 数据在通信线路上的传输方式有哪几种，各自的特点是什么？

8. 共享和交换的定义是什么？

9. CSMA/CD 介质访问控制协议的定义和内容分别是什么？

10. 简述 TCP/IP 网络中 IP 地址和子网掩码的作用。

11. 某主机在一个 C 类网络上的 IP 地址是 198.123.6.237，如果需要将该主机所在的网络划分为 4 个子网，应如何设置子网掩码？