

第3

章 计算机网络基础

越来越便捷的计算机网络服务改变了人们的学习、工作和生活方式,人们利用计算机网络更加便利地通信、更大范围地共享信息资源,还可以远距离协同工作。那么计算机网络是如何发展起来的?计算机之间如何实现通信与信息共享?如何组建自己的局域网并连接到 Internet?如何更好地利用计算机网络进行工作、学习和生活?本章从计算机网络概述、组建局域网、Internet 与 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)、Internet 应用等几个方面介绍计算机网络的基础知识。

3.1 计算机网络概述

计算机技术与通信技术的结合产生了计算机网络,而计算机网络的发展已深刻影响着社会生活的方方面面。本节从处于不同地区的两台计算机之间的通信需求入手,分析计算机之间通信需要解决哪些问题,以及如何解决。

3.1.1 实现计算机网络需要解决的问题

【例 3.1】北京的计算机 A 用户需要与广州的计算机 B 用户之间传送文件,这就需要两台计算机之间能够实现通信。如何实现两台计算机之间的通信呢?

实例分析:

第一,两台计算机处于距离较近或者较远的地理位置,如何通过通信链路连接在一起。第二,如何保证数据能够在通信链路中被正确地传输。第三,如何确定目标计算机 B 的位置。第四,如果计算机 A 发送了一个文件给计算机 B,如何保证这个文件被计算机 B 正确接收。第五,假如两台计算机所使用的编码方式和操作系统环境等不同,计算机 B 如何识别计算机 A 发过来的信息。第六,如何使计算机用户能够方便地使用自己的计算机进行通信。

经过以上分析得知,要实现计算机之间的通信,需要解决很多复杂的问题。下面通过对计算机网络的发展过程、计算机网络的分类以及系统互联模型进行分析,揭示这些复杂的问题是如何逐步得到解决的。

3.1.2 计算机网络的发展

计算机网络的发展随着人们使用计算机进行通信、资源共享和协同工作的需要而经历了从简单到复杂的过程。早期的计算机都是带有很多个终端的大型机器,终端通过通信线路连接到计算机,多个终端用户可以远程使用同一台大型主机进行数据处理。这种主机-终端的连接方式实现了多个用户共同使用同一台主机的功能。然而随着计算机技术的快速发展,网络用户希望能够使用其他地方的计算机资源,以达到资源共享的目的。1969年,美国国防部高级研究计划署(Advanced Research Project Agency, ARPA)将分散在不同地区的计算机互联起来,实现了具有独立处理能力的主机之间的资源共享,这就是著名的 ARPANET。到1972年,就已经有50多所大学和研究所与 ARPANET 连接。

20世纪70年代后期,计算机网络的应用更加广泛,人们希望实现更大范围的网络资源共享。然而,各大计算机公司采用各自的网络结构和技术,使得不同厂商的设备互联互通十分困难。为了解决更大范围的计算机进行互联的问题,国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)于1983年提出了著名的开放式系统互联(Open System Interconnection, OSI)参考模型,给计算机网络的互联提供了一个可遵循的规则。从此,计算机网络进入了标准化时代。

统一的标准化的通信规则使得应用不同技术的厂家的网络产品可以互联。20世纪90年代,Internet 在 ARPANET 的基础上发展起来,它连接了全世界千千万万的计算机,成为世界范围的信息资源库。

计算机网络的发展过程经过了终端-主机连接、主机-主机互联、标准化时代以及大规模网络互联的 Internet 时代。计算机网络的发展逐步实现了人们更大范围通信、资源共享和协同工作等应用需求。

3.1.3 计算机网络的分类

对于普通的网络用户而言,计算机网络根据作用的地理范围分为局域网、城域网和广域网。用户将自己的计算机连接到局域网,同一地区的局域网再连接到本地区的城域网,各地区的城域网通过广域网互相连接形成更大规模的网络。局域网、城域网、广域网有着各自的特点。

1. 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)是由一个实验室、一幢大楼或一个校园内的计算机连接成的小范围网络,作用范围一般只有数公里。由于通信距离短,具有传输速率高、可靠性高、误码率低、结构简单、容易实现等特点。

2. 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)满足几十公里范围内的大量企业、机关、

公司的多个局域网互联的需求,一般由一组光缆作为城市骨干网,提供地区内的局域网互联。城域网实现大量用户之间的数据、语音、图像与视频等多种信息的传输功能。

3. 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)是 Internet 的核心部分,用于实现不同国家、地区的城域网之间的互联。广域网采用分组转发方式传输数据,各中转节点之间一般用光缆相连接,如连接世界各大洲的海底光缆。

3.1.4 网络系统互联

从 3.1.1 节的分析中可以看出,计算机网络是一个非常复杂的系统。物理上如何连接、如何表示信息、怎样交流信息及何时开始和结束信息的发送等一系列问题需要解决。这就需要通信双方遵循一些共同的规则、标准或约定。这些为计算机网络信息交换而建立的规则、标准或约定就称为**协议**。网络协议规定了通信双方交换的数据或控制信息的格式、所应给出的响应和所完成的动作以及它们的时间关系等通信的细节。比如当人们拨通一个人的电话时,首先听到对方说“喂”或“你好”等话语确定有人接听才开始说话,这就是一个最简单的协议的例子。

1. 网络体系结构

实现复杂的计算机网络通信需要解决如何表示和发送信息、如何确定信息接收者、如何保证信息的正确传输和识别等诸多复杂的问题。对于复杂而庞大的系统,采用分层结构,将系统进行功能的划分,每一层实现相对独立的功能是系统分解的最好方法之一。

如图 3.1 所示,一个人要发送信件给远方的亲人,他只要把信装进信封,并按照邮局规定的格式在信封上写好收信人地址、邮政编码、收信人姓名、发信人地址等信息,然后将信投入公共信箱,其余的事情就交给邮政网络来完成。发信人是邮政网络的用户,他只关心信件的内容,不需要知道信件如何送达。邮递员收集公共信箱中的信件到邮局,他不用关心信件送到哪儿及怎样送达。邮局的分拣员按照协议(收信人地址)将信件分装到不同目的地的邮袋,分拣员也不必关心信件怎样送达。最后,运输部门将发往不同目的地的邮袋装上邮政车、火车或飞机等运输工具送达收信人所在地区邮局。目的地邮局通过执行反方向的过程,最终将信件送达收信人。

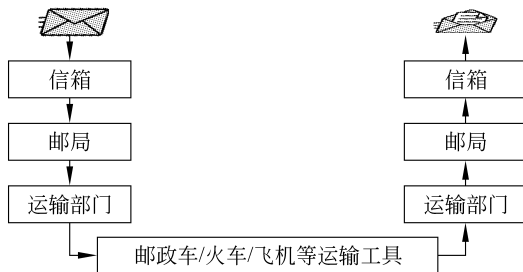


图 3.1 信件的投递过程

与邮政系统的运行类似,计算机网络系统也采用分层结构。计算机网络的每一层不必知道下面一层功能的实现细节,只需要知道下一层可以提供什么服务、通过什么接口提供服务和本层要向上一层提供什么服务即可。计算机网络的分层及其协议的集合称为计算机网络体系结构。

2. OSI 开放系统互联参考模型

1983 年 ISO 制定的开放系统互联模型,定义了一个框架来协调各层标准的制定。如图 3.2 所示,OSI 模型定义了七层结构,从下到上分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,各层之间功能相对独立又互相联系。其中物理层、数据链路层和网络层属于通信子网,网络连接设备(如交换机、路由器等)只需要实现这三层的功能。各层主要功能如下:

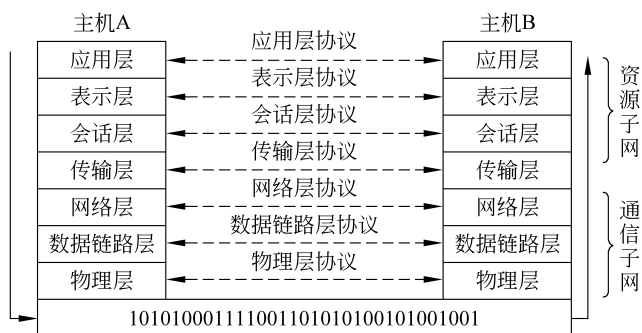


图 3.2 OSI 开放系统互联参考模型

(1) 物理层

物理层主要解决传输介质提供的连接问题。主要处理二进制比特流,描述网络硬件接口的机械、电气、功能、过程等特性。如:用多高的电压表示数字“1”和“0”、用多大的速率传送数据、接口有多少引脚及引脚如何连接、发送方发出“1”时接收方如何识别出“1”而不是识别成“0”等。

(2) 数据链路层

数据链路层主要解决在物理连接的基础上如何保证两个相邻节点之间数据的可靠传输的问题。数据链路层从网络层接收到数据包后,加上本层协议的控制信息组装成本层的数据单位“帧”发给相邻节点。协议的控制信息用来保证直接相连的两节点之间的链路正确传输数据。

(3) 网络层

网络层主要解决寻找信息接收方、选择最佳传输路径和建立维护网络连接的问题。网络层为传输层交付的数据报文加上本层的控制信息封装成“分组”(或称包),选择从源主机到目标主机的最佳路径将分组交付到目标主机,以及实现拥塞控制、网络互连等功能。

(4) 传输层

传输层主要解决主机进程之间的通信问题。两个主机之间的连接可能通过有很多节

点的复杂网络,网络可能提供可靠或不可靠的传输服务,主机之中的传输层就要负责处理数据包丢失以及重传等传输错误、数据包的分段与重组等传输问题,为上一层提供可靠的传输服务。传输层向高层屏蔽了下层网络数据通信的细节,是计算机网络体系结构中承上启下的关键一层。

(5) 会话层

会话层负责建立和维护两个节点进程之间的连接会话以及管理数据交换等功能。

(6) 表示层

不同的系统中数据格式可能不同,表示层负责处理两个通信系统中用户或进程交换数据的表示方式问题,如进行数据转换、数据压缩和数据加密等。

(7) 应用层

应用层直接为用户进程提供网络资源的访问服务,如远程登录、电子邮件和文件传输等。

OSI 模型精确定义了开放系统互联的框架,便于有关标准和协议在框架内开发和相互配合,不会因为以后技术的发展而必须重新作出修改。然而随着 Internet 技术在全世界的飞速发展,TCP/IP 协议成为了“事实上的标准”。TCP/IP 协议将在 3.3 节学习。

通过以上对计算机网络的发展过程、计算机网络的分类以及网络系统互联模型的介绍,【例 3.1】中的两台计算机之间通信的问题逐步得到了解决。计算机 A 和计算机 B 处于相对遥远的地理位置,不可能直接相连,需要各自连接到本地的局域网,局域网再通过广域网实现互相连接。在物理连接的基础上,实现通信需要解决非常复杂的问题,则可以采用分层结构对问题进行简化。如何保证每一段链路上信息的正确传输由数据链路层协议实现,如何确定目标计算机位置由网络层协议负责,如何保证两个端系统之间正确接收信息由传输层协议实现,信息的识别和方便用户使用等问题则交给表示层和应用层协议解决。

3.2 组建局域网

局域网一般由有限地理位置的计算机连接而成,如家庭网络、办公室网络、校园网络或企业网络,并且通过统一的出口连接到 Internet。由于连接的计算机数目有限,作用的地理范围较小,局域网数据传输速率高、组网灵活、价格低廉且易于扩展。

组建小型的局域网可以采用有线和无线两种方式,有线网络采用电缆中的电信号或光纤中的光信号传递信息,而无线网络则采用无线电或微波等无线介质作为传输信号的载体。有线局域网具有传输速率高、稳定性好、安全性高和成本低廉等特点,而无线局域网适合于移动办公、难以布线或临时组网等环境。

本节主要介绍有线网络的组建方法。目前最常用的局域网是美国施乐(Xerox)公司于 1975 年研制的一种基带总线局域网,称为以太网(Ethernet)。传统的以太网提供 10Mb/s 和 100Mb/s 的传输速率,随着高速以太网的发展,以太网已经能够达到吉比特(1Gb/s)、10 吉比特(10Gb/s)的速率,逐渐淘汰了其他局域网技术。

组建局域网需要规划网络的结构、对网络使用的连接设备及通信介质做出选择、根据网络所要提供的服务选择相应的网络软件等。本节从某中学计算机教学实验室组网案例的需求分析开始,在介绍网络连接结构、常用连接设备和传输介质等组网基本知识后,给出一个参考组网方案。

3.2.1 一个计算机教学实验室的组网需求

【例 3.2】某中学计算机教学实验室包括 2 个机房,每个机房有计算机 30 台。学校计算机实验室和办公室在教学楼的同一层。为了便于系统的维护和提供网络教学环境,这些计算机需要实现实验室内部连接,并能够连接外网。实验室教师可以通过网络传送计算机系统备份以便于快速恢复被破坏的计算机系统,学生可以通过实验室的计算机访问课程网站并连接外网使用电子邮件、网页浏览、文件下载等 Internet 服务。

分析联网需求得知,每个机房需要单独连接成一个局域网,在机房内部实现计算机系统的复制与快速恢复工作;课程网站需要提供至少 60 台计算机同时访问,这就要求更高的网络传输速度;校园网络需要连接外网以实现 Internet 应用。那么,所有的计算机怎样通过通信介质连接起来呢?

3.2.2 常用的网络连接方式

网络连接方式有总线型、星型、环型、树型和网状型等,局域网常用的连接方式是总线型、星型和环型,每种连接方式都有各自的特点。为了使网络工程能够有序地进行,在设计网络方案过程中人们将计算机等设备抽象成点、通信介质抽象成线,这样计算机网络的连接结构就可以看成是由点和线组成的几何图形。这样的几何图形就称为计算机网络的拓扑结构,图 3.3 给出了三种常用的网络拓扑结构图。

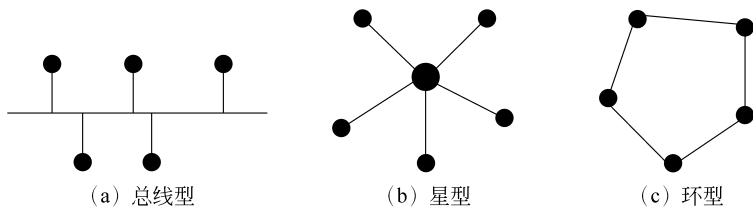


图 3.3 网络的拓扑结构

1. 总线型拓扑结构

如图 3.3(a)所示,总线型拓扑结构以一根线缆作为传输介质(称为总线),所有的设备连接在总线上。总线上的计算机之间通过广播方式进行通信,每个节点都可以接收到任意一个节点发送的信号。总线型网络结构简单、容易实现、传输可靠、电缆数量少以及容易扩充,缺点是总线上每个节点的故障都可能造成整个网络的瘫痪。

2. 星型拓扑结构

如图 3.3(b)所示的星型结构以一个节点作为中央控制节点(称为集中器),其他节点通过线缆连接到中央控制节点。星型网络结构简单、建网容易,单个连接的故障只影响一个节点,不会影响全网的通信,容易诊断和隔离故障节点。缺点是通信线路利用率低,中心节点的可靠性会影响整个网络。

3. 环型拓扑结构

如图 3.3(c)所示,环型网络中各网络节点连成环路,数据在环中的各节点之间流动。环型网络实现简单,总路径长度较短。缺点是单个节点的故障会影响整个网络,不容易定位故障。环型网络的媒体访问控制都采用令牌传递的方式,在轻负载时信道利用率低。

以上是局域网中常用的三种拓扑结构,在实际的网络方案中,常常采用这几种拓扑结构相混合。比如,将星型结构的中央节点级联以扩展网络连接计算机的数目,或者总线型与星型网络混合连接等。

3.2.3 网络连接设备与通信介质

1. 网络连接设备

网络连接设备实现计算机之间的连接,并完成某些网络协议的功能。常用的网络连接设备有网络适配器、集线器/交换机、路由器等。

(1) 网络适配器

计算机通过网络适配器(一般称为网卡)连接到网络中。如图 3.4(a)所示,网卡一端插入计算机的扩展槽,另一端通过 RJ45 接口或光纤接口与网络通信介质相连。网卡上有处理器和存储器,负责实现数据链路层和物理层的通信协议。计算机中安装网卡以后,必须安装网卡的设备驱动程序。网卡驱动程序会告诉网卡应当从存储器的什么位置取多大的数据块发送到网络中,或者将网络中传送来的数据在存储器的什么位置保存。目前台式机使用较多的是 10Mbps/100Mbps 或 10Mbps/100Mbps/1000Mbps 自适应网卡,其数据传输速率最高为 100Mbps 或 1000Mbps。自适应网卡的端口速率可以根据所连接的交换设备传输速率而自动调整。接口为 RJ45 的网卡价格从几十到几百元不等,具有光纤接口的 1000Mbps 网卡价格一般在千元以上。



(a) 以太网卡



(b) 交换机



(c) 路由器

图 3.4 网络连接设备

(2) 以太网交换机

以太网交换机是多端口的集线设备,工作在数据链路层。如图 3.4(b)所示,交换机的每个端口都直接与主机相连。交换机能同时连通多台主机,使任意一对相互通信的主

机都能像独占通信介质那样,进行无冲突的传输数据。相比集线器连接的共享式以太网,交换机连接的交换式以太网中每个连接到网络中的计算机独占带宽,传输效率大大提高。例如:一个 100Mbps 的集线器连接 10 台计算机,每台计算机得到的有效带宽是 10Mbps;一个 100Mbps 的交换机连接 10 台计算机,每台计算机得到的有效带宽是 100Mbps。以太网交换机不仅支持多个端口的并发连接,还可以构造“虚拟网络”(Virtual Local Area Network, VLAN)。运行在交换机中的网络软件,可以按照某种规则将网络站点分为若干个逻辑工作组,每一个逻辑工作组就是一个 VLAN。VLAN 之间隔离广播数据,不同 VLAN 用户之间不能直接访问,使局域网的性能和安全性大大提高。以太网交换机一般实现数据链路层的功能,也有的交换机不仅具有数据链路层的功能也具有网络层的功能,这样的交换机称为三层交换机。

(3) 路由器

路由器用于多个局域网之间以及局域网到其他网络的连接,是一种具有多输入端口和多输出端口的专用计算机。计算机 A 需要发送数据给计算机 B,当计算机 B 与计算机 A 在同一个网络中时可以直接交付数据,当计算机 B 与计算机 A 不在同一个网络时就不能直接交付数据而需要路由器作为“中转站”来间接交付数据。如图 3.4(c)所示,路由器在外观上与以太网交换机不同的是,它不仅有以太网连接端口也有连接其他网络类型的端口(比如串行端口)。路由器工作在网络层,主要任务是进行路由选择和分组转发,它可以在不同类型的网络之间实现互联。“互联”的意思是不仅在物理上相连接,还应该能够互相通信。当局域网需要连接到 Internet 时,在局域网与电信部门提供的广域网之间就需要用到路由器。

2. 常用网络通信介质

计算机和网络设备通过通信介质连接起来。常用的网络通信介质有双绞线、同轴电缆、光纤等。

(1) 双绞线

如图 3.5(a)所示,双绞线(Twisted Pair)是由两条相互绝缘的导线按照一定的规格互相缠绕(一般以逆时针缠绕)在一起而制成的一种通信介质,两条相互绝缘的导线按一定距离绞合若干次,以降低电磁干扰。多对双绞线放在一个电缆套管里,称之为双绞线电缆。双绞线分为屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair) 和非屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)。屏蔽双绞线是在双绞线的外面再加一层金属丝网,以提高抗电磁干扰的能力,当然价格比非屏蔽双绞线要高。非屏蔽双绞线由 4 对不同颜色的传输线所组成,广泛用于以太网和电话线中。按照线径的粗细,双绞线分为 1~7 类,其中 1~4 类用于电话线、早期的 10Mbps 以太网和令牌网中,其传输速率较低。目前最常用的 5 类(CAT5)和超 5 类(CAT5e)非屏蔽双绞线主要用于连接 100Mbps 以太网。6 类(CAT6)非屏蔽双绞线主要用于 1000Mbps 以太网,而 7 类双绞线(标准尚未正式发布)采用双屏蔽电缆,提供最低 600MHz 带宽,主要为了适用于万兆以太网。

(2) 同轴电缆

同轴电缆中心是一根铜线,外面有网状的金属屏蔽层导体,芯和屏蔽层中间是绝缘材

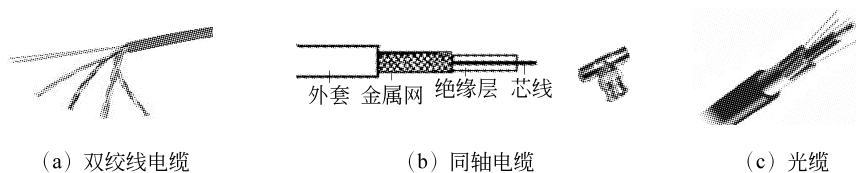


图 3.5 常用通信介质

料,最外面是塑料外套。通常家里连接有线电视的电缆就是同轴电缆。同轴电缆的抗电磁干扰性能比双绞线好,可以用于较高的频率和数据传输速率。如图 3.5(b)所示,同轴电缆连接时需要 T 型连接头。按照特征阻抗的不同同轴电缆分为 50 欧姆和 75 欧姆两类,50 欧姆同轴电缆用于基带数字传输,75 欧姆同轴电缆用于宽带模拟传输,可用带宽达 400MHz,广泛用于有线电视网。

(3) 光纤

光纤通信是利用光信号在光导纤维中的传播来通信。光传输系统利用光脉冲传输数据,可以简单理解为光脉冲出现表示 1,不出现表示 0。光传输系统由光源、光纤、光敏元件接收装置三部分组成。光源是发光二极管 LED 或激光二极管 ILD,发出光脉冲。光脉冲沿光纤传播,另一端的光电二极管再将光脉冲转变为电信号。光纤通信具有传输速率高、抗电磁干扰性强、传输距离长及保密性好等优点,如图 3.5(c)所示,光纤非常细,一般只有零点几个毫米,所以必须要加上保护套做成光缆。一根光缆中可以有一根或多根光纤,光缆中要加入加强芯和填充物等以提高机械强度。光缆主要用于铺设骨干通信网络,其传输距离可达几十甚至上百公里。我们经常会看见主要公路边上放有“地下光缆”的警示牌,牌子下面的地里铺设连接地区之间网络的通信光缆。随着光纤技术的成熟,其价格也在逐步降低,光纤到大楼、光纤到办公室、光纤到户等也成为可能。

3.2.4 Windows 系统网络配置

计算机完成物理连接后,还需要安装网卡驱动程序、配置网络协议等才具有网络功能。Windows、UNIX、Linux 等操作系统集成了网络服务功能,只要在安装时配置网卡驱动程序和网络协议属性就可以联网使用。在 Windows 系统中,如果使用的是通用的网卡,系统安装时会自动安装驱动程序,否则就需要安装网卡厂家附带的驱动程序。目前大多数连接网络的计算机系统都使用 Internet 协议(TCP/IP 协议),所以正确配置 IP 地址、子网掩码、默认网关地址和 DNS 地址等协议相关信息对于计算机能否正确使用网络功能非常重要。如图 3.6 所示为 Internet 协议配置的界面。

IP 地址: 每一台计算机都会被分配一个唯一的 IP 地址,在网络中 Internet 协议使用 IP 地址来定位计算机。IP 地址是一个 32 位二进制数。为了方便记忆,采用点分十进制表示,如 192.168.1.219。

子网掩码: 子网掩码也是一个 32 位二进制数,其中为 1 的位,对应 IP 地址中的网络号部分;为 0 的位,对应 IP 地址中的主机号部分。网络传输过程中,路由器通过子网掩码与 IP 地址进行“与”操作后确定目的主机所在的网络及到达目的网络所走的路径。

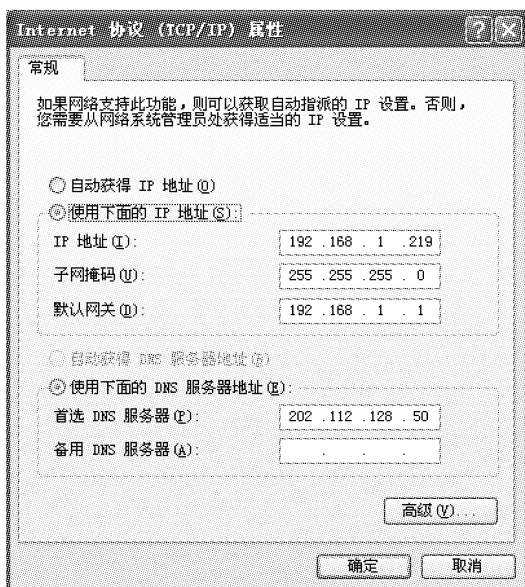


图 3.6 Internet 协议的配置

默认网关地址：默认网关地址是主机所在子网与其他网络相连的路由器的接口地址，即本网到其他网络的出口地址。只有配置了默认网关地址，主机才能够访问到本子网以外的网络。

DNS 服务器地址：网络协议使用 IP 地址来寻址主机，但 IP 地址相对难记忆。为了人们记忆方便，DNS 服务器将我们在浏览器地址栏中输入的网站名字转换成 IP 地址。

IP 地址等信息由网络管理员分配。只有正确配置了这些信息，计算机才能正确联网。如果网络提供 IP 地址自动分配功能，则可以选择“自动获得 IP 地址”和“自动获得 DNS 服务器地址”。

3.2.5 局域网组网实例

学习了常用的网络连接方式、网络设备及传输介质、Windows 系统网络配置等相关知识后，下面结合 3.2.1 节中的计算机实验室网络需求分析给出一个参考组网方案。

实例分析：

【例 3.2】中的计算机实验室包括 2 个机房，每个机房 30 台计算机。组网方案既要满足计算机系统网络复制和学生上网学习的需求，同时也要考虑成本和扩展性等问题。如图 3.7 所示的方案中，共需要以太网交换机 3 台、路由器 1 台、服务器 1 台及双绞线若干箱。每个机房用一个 48 端口的 10Mbps/100Mbps 交换机连接 30 台计算机，余下的端口留作扩展用。2 个机房的交换机向上连接到一个 1000Mbps 的 24 端口核心交换机，Web 服务器连接到核心交换机的一个端口，为用户提供一个快速访问课程网站的通道，同时核心交换机预留出一些端口，为学校提供如电子邮件、文件下载等其他服务留出扩展的空间。核心交换机通过一台路由器作为本网络的出口连接外网。为安全起见，出口路由器