

# 第1章 计算机网络基础知识



信息时代正在深刻地改变着人类的学习方式、工作方式及生活方式。计算机网络是信息时代人们学习、工作和生活的基础性设施。局域网技术则是应用最为广泛的计算机网络技术。本书的目的在于让读者学习计算机网络的基础知识，掌握局域网组网技术的基本技能与工程规范，培养学生的计算机网络技术（尤其是局域网技术）应用能力与实践能力。

## 1.1 计算机网络的基本概念

### 1.1.1 计算机网络的定义与功能

#### 1. 计算机网络的定义

计算机网络是计算机技术和通信技术共同发展的产物。从一般意义来讲，计算机网络是利用通信设备和通信线路，将分布在不同地理位置上的具有独立工作能力的计算机互连接起来，按照网络协议进行通信，实现信息交换和资源共享的计算机系统。

图 1.1 所示为一个简单的计算机网络。其中，服务器和客户机就是分布在不同地点的具有独立工作能力的计算机，交换机是一种网络通信设备，整个网络依据网络协议进行工作。

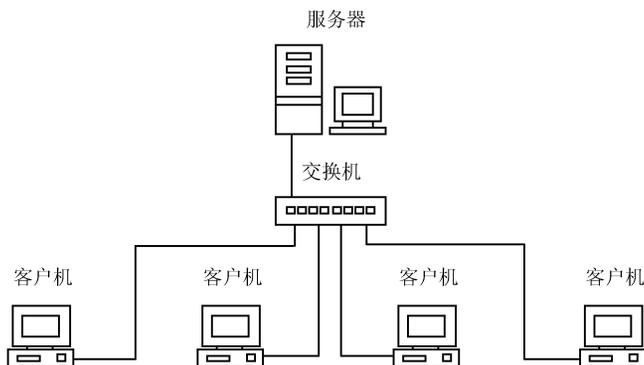


图 1.1 简单的计算机网络



## 2. 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在以下几个方面。

### (1) 信息交换。

利用计算机网络提供信息交换，用户可以在网上传送电子邮件，发布新闻消息，进行远程电子购货、电子金融贸易、远程电子教育等。

### (2) 资源共享。

借助计算机网络能够实现资源共享，也就是共享网络中的所有硬件和软件，包括计算机处理能力、数据、应用程序、硬盘、打印机等。

### (3) 协同处理。

协同处理是指计算机网络在网上各主机间均衡负荷，把在某时刻负荷较重的主机的任务传送给空闲的主机，利用多个主机协同工作来完成靠单一主机难以完成的大型任务。

## 1.1.2 局域网与广域网

计算机网络有多种分类标准，最常用的也最能反映网络技术本质的分类标准，是根据网络范围和计算机之间互联的距离，将计算机网络分为局域网和广域网。

### 1. 局域网

局域网是指在一个有限的局部范围内连接的计算机、网络设备及外部设备的计算机网络。局域网的范围一般在数千米以内，以一个单位或一个部门的小范围为限，由这些单位或部门单独组建。企业、公司、学校等使用的网络就是典型的局域网。

根据网络中用户的多少，通常可将局域网划分为小型局域网（用户少于 100）、中小型局域网（用户在 100~254）和大中型局域网（用户多于 254）。图 1.2 所示为小型局域网示意图。

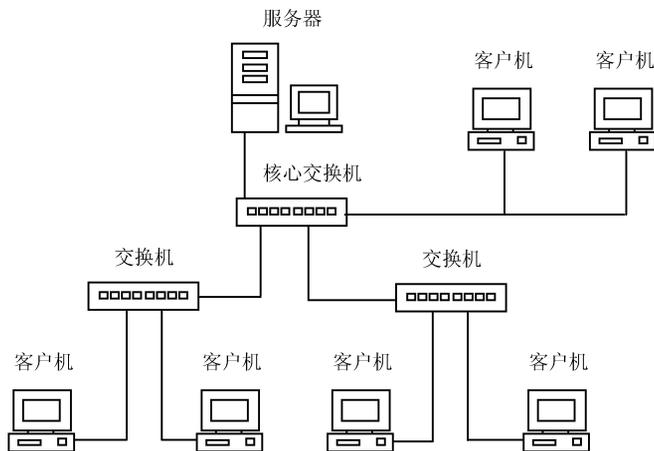


图 1.2 小型局域网示意图

局域网中往往由一台（或多台）计算机作为服务器，提供资源共享、文件传输、网络

安全与管理等服务。局域网具有比较严谨的网络管理结构，它组网比较便利，传输效率高，而且扩充成本较低。

局域网的主要特点如下。

- (1) 数据传输速度快，局域网上计算机之间的数据传输速度非常快，一般带宽不小于10Mbps，最快可以达到10Gbps；
- (2) 距离较短，通常各计算机之间的距离不超过25km，这是由通信线路所允许的最大传输距离决定的；
- (3) 误码率很低，局域网上的数据传输误码率很低，一般在 $10^{-11} \sim 10^{-8}$ ；
- (4) 协议简单，结构灵活，建网成本低，周期短，便于管理和扩充。

## 2. 广域网

广域网是在一个广泛的地理范围内所建立的计算机通信网，其范围可以超越城市、国家，甚至全球，能实现大范围内的资源共享。图1.3所示为广域网示意图。

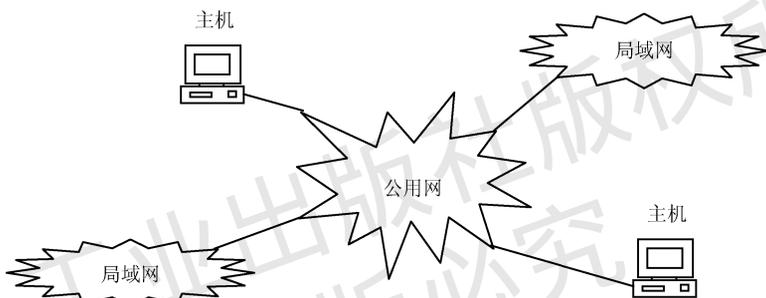


图 1.3 广域网示意图

广域网由通信子网与资源子网两部分组成。通信子网实际上是一个数据网，可以是一个专用网或公用网；资源子系统是联在网上的各种计算机、终端、数据库等，这不仅指硬件，也包括软件和数据资源。

在实际应用中，局域网可与广域网互联，这时局域网就成为了广域网上的资源子系统。

广域网的通信子网主要包括公共传输网络和专用传输网络。公共传输网络一般由政府电信部门组建、管理和控制，网络内的传输和交换装置可以提供（或租用）给任何部门和单位使用；专用传输网络主要是由组织或团体自己建立、使用、控制和维护的私有通信网络。

为了实现不同系统的互联和相互协同工作，广域网的运行必须遵循一定参考模型及相应的一系列国际标准协议。这些参考模型及相应的标准协议对于建立开放系统互联具有重要的指导作用。

广域网的主要特点如下。

- (1) 覆盖范围广，可达数千千米甚至全球；
- (2) 主干带宽大，但提供给单个终端用户的带宽小；
- (3) 数据传输距离远，往往要经过多个广域网设备转发，延时较长；
- (4) 管理、维护困难。

Internet 是世界上最大的广域网，它连接着全球数百万个局域网，容纳了数以亿计的计



算机,是信息社会的重要支柱。

### 1.1.3 局域网的拓扑结构

通常,我们把网络中的计算机作为一个节点来对待,网络中各节点的相互连接形式就称为网络的拓扑结构。

局域网的拓扑结构主要有星型、总线型和混合型拓扑结构等。

#### 1. 星型拓扑结构

星型拓扑结构以一台设备作为中央节点,该中央节点与各从节点(服务器、客户机等)采用点到点的方式进行连接。

图 1.4 所示即为星型拓扑结构。中央节点可以直接与各从节点通信,而各从节点只能通过中央节点才能相互通信。中央节点执行集中式通信控制策略,通常由集线器或交换机来充当。

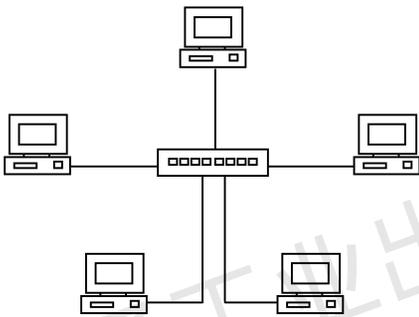


图 1.4 星型拓扑结构

在一个星型拓扑局域网中,网络上的所有信息必须通过中央节点。中央节点负责接收从节点的信息,再转发给相应的从节点,所以它有中继和数据处理功能。任何一个从节点与中央节点都是点对点连接,故访问控制比较简单。星型结构采用相同的方法来发送和接收信息,类似于一个电话系统。当某节点提出访问网络的请求时,只要线路空闲,就可在这两个节点之间建立连接。

星型拓扑结构的优点如下。

(1) 网络故障容易诊断。集线器位于网络中央,利用附加在集线器中的网络诊断设备,可以比较准确地诊断与定位网络故障。

(2) 系统易于扩充。通过集线器的端口可以容易地增加与删除节点,当节点增加太多时,可以通过添加集线器的方法,使网络不断延伸。

(3) 故障易于隔离。网络上任何节点的故障都不会影响其他站点。

但星型拓扑结构也有缺点。由于每个节点与中央节点之间都需要一条连线,所以费用较高,当计算机数量较多时,网络布线就变得非常复杂;另外,中央节点是网络的关键性设备,若它发生故障,将导致整个网络瘫痪。

#### 2. 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构中,网络上所有节点都通过网卡直接连接到一条主干线缆上,如图 1.5 所示,这条主干线缆称为总线(Bus)。

称做总线的主干电缆通常为一条同轴电缆或光纤。当网络上某个节点传送一条报文时,就发出一个电信号,该电信号从源节点出发,同时沿着两个方向传送,直到抵达电缆的尽头,并在那里被终端发射器吸收。当总线上有信号传送时,总线上的每个节点都可以检测到该信号,并做出应答与否的选择。

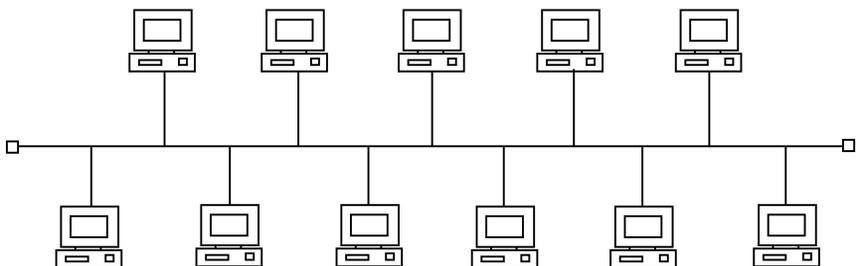


图 1.5 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构的优点如下。

- (1) 费用较低。所有节点都连接到一根数据总线上，因此，只需要较小长度的线缆，而不需要另外的互联设备。
- (2) 安装简易。布线简便，只要将计算机插上网卡，再连接到总线即可。
- (3) 运行可靠。总线结构简单，而且使用无源组件，因此硬件系统的可靠性高。
- (4) 便于扩充。需要增加新的节点时，可以在总线的任何一点接入，如果总线长度不够，可以使用中继器来增加一个附加段。

总线型拓扑结构也有缺点，由于缺乏集中控制机制，因此很难准确定位故障地点，因而故障诊断困难；总线型结构中，每个部件上的故障，都有可能导致整个网络瘫痪；另外，总线型网络由于主干线公用，如果传输的信息量很大，就会产生“瓶颈”问题。所以，单纯的总线型拓扑结构在实际应用中很少采用。

### 3. 混合型拓扑结构

混合型拓扑结构是由星型结构和总线型结构的网络结合在一起的网路结构，这样的拓扑结构更能满足较大网络的拓展，解决星型网络在传输距离上的局限，而同时又解决了总线型网络在连接用户数量上的限制。这种网络拓扑结构同时兼顾了星型网络与总线型网络的优点，在两者缺点方面得到了一定的弥补。

上述三种网络拓扑结构中，星型结构和混合型结构在局域网中得到了广泛的应用。总体上看，混合型结构的可扩展性能最好，适用于各节点分布在不同楼层，甚至不同建筑物之间的中大型局域网；星型结构次之，适用于各节点分布在同一楼层的小型局域网。

## 1.2 局域网的基本组成

典型的中小型局域网示意图如图 1.6 所示。与小型局域网不同，中小型局域网的拓扑结构更加复杂，通常分为核心层、汇聚层和接入层三层结构，划分成多个不同的网段，每一层使用的网络设备也明显增多。

局域网的组成也可简单划分为硬件和软件两大部分。硬件包括服务器、客户机、传输媒介、网卡、集线器及交换机等，软件包括通信协议、网络操作系统及应用软件等。

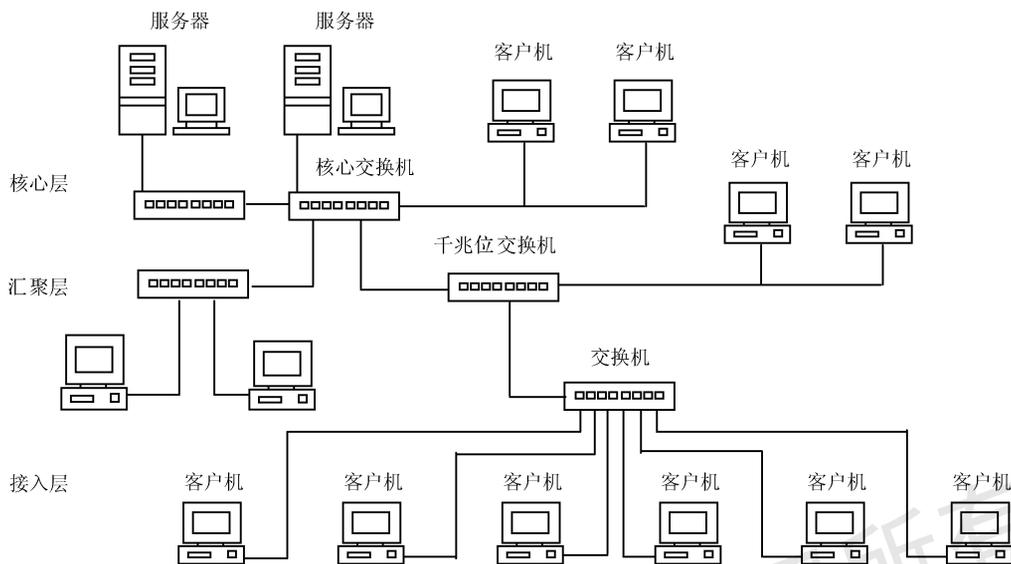


图 1.6 典型的中小型局域网示意图

### 1.2.1 服务器与客户机

一般来说,网络上的计算机可以分为两大类,一类称为服务器,另一类称为客户机。前者通常放置在专门的房间或机柜中,由网络管理员来操作与维护,而后者是普通用户的计算机,由用户自己操作使用。

服务器是局域网的核心,它运行网络操作系统,为网络提供通信控制、管理和共享资源。服务器通常使用专用的服务器,当然在简单局域网中也可由配置比较高的计算机来充当服务器。服务器能够向网络用户提供非常丰富的网络服务,如文件服务、Web 服务、FTP 服务和 E-mail 服务等,服务器能够提供的服务,取决于其所安装的软件。

客户机也称为工作站,它是相对于服务器存在的。一般来说,客户机要先登录到服务器,然后才能接受服务器提供的服务及共享资源。

### 1.2.2 传输媒介

局域网中的数据传输媒介是联网线缆。联网线缆决定了网络的传输速率、网络段的最大长度、传输的可靠性及网络的复杂性。局域网中常用的联网线缆有双绞线和光纤线缆。

双绞线分为两种,即屏蔽双绞线(STP)和非屏蔽双绞线(UTP)。双绞线与普通电话线非常相似,线芯是铜质线,只是内部为八芯,分成四股,每两芯彼此绝缘而又按照规定的紧密度拧成一股,而四股之间也按照规定的紧密度拧在一起,最后,将这四对双绞线用坚韧的护套包起来,形成电缆。每一对双绞线作为一根通信线使用,可减小各对导线之间的相互电磁干扰。

双绞线的主要优点是价格低廉,易于安装,对干扰和串音具有一定的抵抗力。因此,



双绞线在局域网中得到了最为广泛的应用。

光纤是一种具有优异品质的传输媒介，在局域网中正在得到日益广泛的应用。光纤中传输的是光脉冲信号，由于可见光的频率非常高（约为 10MHz 的量级），所以，光纤通信的传输带宽远远大于其他传输媒介的带宽。

光纤的主要优点是：传输频带非常宽，通信容量大；传输损耗低，传输距离远；抗电磁干扰能力强；无串音干扰，保密性好。但光纤的费用较高，因而多用于主干线路的敷设。

### 1.2.3 网卡

网卡也称为网络适配器，它插在计算机主板的扩展槽中，是计算机与局域网连接的接口。无论是服务器还是客户机，都通过网卡连接到局域网上。

需要指出的是，每一块网卡都有一个 ID 号，也叫 MAC 地址，它是全球唯一的，每一块网卡的 ID 号都不同。所以，在任何网络中，能够标明并识别网络中的计算机身份的，唯有这台计算机中的网卡 ID 号。

网卡能够监听网络上所有正在传输的报文，并根据网卡上的 ID 号过滤出该客户机应接收的报文。当客户机准备好接收时，网卡会将这些报文传送给客户机进行处理；当客户机需要向服务器发出请求时，网卡则在网络信息流中寻找一个间隙，将报文插入信息流中。

对于服务器而言，可以选用专门的服务器网卡，它不同于普通桌面网卡，网卡上自带处理器和专用芯片，可以减少占用计算机内存和 CPU 的时间。某些服务器网卡还可以实现高级容错、带宽会聚功能，以提高多媒介信息的传输质量。

### 1.2.4 集线器与交换机

集线器和交换机均处于网络中的一个星型节点，是对节点相连的工作站进行集中管理的重要设备。集线器是一个共享设备，其实质是一个中继器，主要功能是对接收到的信号进行再生放大，以扩大网络的传输距离。

交换机是一种高效率的网络连接设备，随着技术的发展和费用的降低，交换机在局域网中正在取代集线器，在连接设备中占据重要地位。

集线器工作在 OSI（开放系统互联）参考模型中的第一层（即物理层），它是共享方式，即同一网段的计算机共享固有的带宽，传输通过冲突检测进行，同一网段上的计算机越多，传输冲突也越多，传输速率就越低。

交换机则工作在 OSI 参考模型的第二层（即数据链路层），它的作用是对封装数据包进行转发，并减少冲突域，隔离广播风暴。交换机的端口上具有独一无二的 MAC 地址，且每个端口都能够在其地址表中记忆若干个 MAC 地址，从而建立一张端口号与 MAC 地址相对应的地址表。当交换机从某一端口收到封装数据包时，便立即在其内存中的地址表中进行查找，以确定目的 MAC 地址所在的端口，然后将数据包转发过去。因此，交换机不像集线器那样将数据包发送到所有端口，而是发送到对应端口，从而使不相关的端口可以并行通信，提高了传输速率。

随着第三层交换技术的出现，工作在 OSI 第三层（即网络层）的交换机产品已得到广泛应用，交换机在局域网中扮演着越来越重要的角色。

## 1.2.5 路由器

在局域网内部,网络设备的连接完全可以由交换机来承担。但是,当该局域网需要与其他广域网或 Internet 连接时,路由器就成了必不可少的网络连接设备。

路由器工作在 OSI 的第四层(即传输层),其主要作用是连接不同类型的网络。这样的路由器工作在网络边界,也就称之为边界路由器。随着路由技术的广泛应用,现在的路由产品已经发生了很大变化,不仅有用于网络边界的边界路由器,还有用于局域网内部不同网段之间的节点接入路由器、用于宽带接入连接的宽带路由器等。

## 1.2.6 宽带路由器

宽带路由器是随着互联网宽带接入的广泛应用而出现的新产品。宽带路由器的功能是实现共享上网,通过一个宽带路由器,就可以使网络中的各个用户独立地使用一条互联网接入线路自由上网,而不受其他用户或设备的影响。

除了宽带接入的广域网接口外,宽带路由器通常还提供若干与局域网用户连接的交换端口。因此,宽带路由器实际上兼顾了网外宽带接入和网内设备交换的功能。事实上,目前的宽带路由器还集成了许多实用功能,如 DHCP 服务、防火墙、VPN 等,有些还集成了打印服务器功能。

## 1.2.7 网络操作系统

网络操作系统在局域网中占据着非常重要的地位,它指运行在各种服务器上的操作系统。目前比较流行的网络操作系统主要有 Windows 系统平台(如 Windows Server 2003)、UNIX、Linux 等。

### 1. Windows Server 系列

微软公司出品的 Windows 系列网络操作系统一直是使用最为广泛的操作系统。目前正在使用的产品有 Windows Server 2000、Windows Server 2003、Windows Server 2008 等。Windows Server 2003 是 Windows Server 2000 的升级,它继续保持了 Windows Server 2000 系列稳定性强、扩展性好及易于管理的优点,同时,在安全性和可靠性方面有较大的提高。Windows Server 2008 增加了很多新的特性,更加稳定、安全,功能更加强大。此外,Windows Server 2008 采用 Hyper-V 虚拟化技术解决方案,Hyper-V 本身非常小巧,且不包含任何第三方驱动,所以安全可靠、执行效率高,能充分利用硬件资源,使虚拟机系统性能更接近真实系统性能。Windows Server 2008 还提供许多安全技术,如网络访问保护(NAP)技术、监视证书颁发机构、防火墙增强、服务器和域隔离、只读域控制器等,大幅度地改善了企业网络的安全性。

### 2. UNIX 系列

UNIX 操作系统是一种典型的 32 位多用户、多任务的网络操作系统。UNIX 在安全性和稳定性等方面都有非常突出的表现,例如,使用 UNIX 的服务器很少出现死机、系统瘫痪



等现象，它对文件和目录权限、用户权限及数据都有非常严格的保护措施。从应用的角度来看，UNIX 的不足之处是一般用户很难掌握，因为 UNIX 系统自身非常庞大，不同功能之间的关联性很强，因此，目前 UNIX 主要还是用于大型网络。

### 3. Linux 系列

Linux 是典型的自由软件，它由芬兰赫尔辛基大学的学生 Linus Torvalds 于 1991 年开发，并在互联网上公开其源程序。简单地说，Linux 是一个跨平台、多任务、高效、轻型而稳定的网络操作系统。Linux 作为一种开放的系统，它的发展得到了广泛支持，被认为是一种高性能、低费用、可以替换其他昂贵操作系统的系统。目前运行在 Linux 上的应用程序也越来越丰富，像 Oracle、Informix、Dell、HP 等大公司也宣布提供对 Linux 的支持。可以说，Linux 正在成为操作系统领域最具潜力的竞争者。

## 1.3 计算机网络的协议

### 1.3.1 OSI 参考模型及协议标准

OSI (Open System Interconnection, 开放系统互联) 参考模型及协议标准，是由国际标准化组织 (ISO) 为规范全球范围计算机网络通信而制定的。尽管由于各种原因，该标准没有能够被实际采纳，但是，自 1977 年提出 OSI 参考模型以来，它在全球计算机网络技术发展进程中的作用是非常重大的，目前，绝大多数网络制造商在它们的产品中所使用的协议，都是以该协议标准为参考模型而建立的。因此，学习 OSI 参考模型及协议标准具有重要的意义。

OSI 参考模型共有 7 层结构：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 1.7 所示。

7 应用层 Application Layer
6 表示层 Presentation Layer
5 会话层 Session Layer
4 传输层 Transport Layer
3 网络层 Network Layer
2 数据链路层 Data Link Layer
1 物理层 Physical Layer

图 1.7 OSI 参考模型分层结构

OSI 参考模型的目标是为两个系统间的通信提供标准，消除两个系统间通信的技术障碍，便于单一系统内部操作的描述，定义两个系统间信息交换的连接点，当现行标准不能满足所有要求时，提供一种合理的变通范围。

## 1. 物理层

物理层的任务是为其上一层提供一个物理连接，以便透明地传送比特流。

物理层的主要功能包括提供物理连接，完成比特流传输通路的建立、维持和释放，提供各种服务元素对传输通路进行监督，提供故障状态报告，规定机械、电气、功能和过程特性等。网络中的连接线缆（如双绞线、同轴电缆、光纤、网卡）等设备的电气特性就是由物理层决定的。

## 2. 数据链路层

数据链路层的任务是在两个相邻的节点之间无差错地传送帧。数据链路层对其上一层（即网络层）隐蔽了物理现实，使网络层的连接与具体的网络技术无关。

数据链路层所提供的服务包括数据链路层的连接和释放、数据链路服务、数据单元的透明传送、数据单元和服务质量的控制等。

## 3. 网络层

网络层的任务是在网络节点间提供路由选择，以使发送站的传输层所传送下来的数据包能够正确地传输到目的站的传输层。这就是传输层的寻址功能。

此处的“网络”二字是 OSI 的专用名词，不同于通常的网络概念，这一点必须清楚。

对于一个通信子网来说，最多只有到网络层为止的最低三层结构。对于由广播信道构成的通信子网，网络层非常简单，甚至可以没有。

## 4. 传输层

传输层的任务是以经济可靠的方式在两个端系统（即发送站和目的站）之间建立传输连接，以便透明地传送报文。传输层位于通信子网和资源子网之间，起桥梁作用。传输层以上的各层就不再管信息传输的问题了，所以，传输层是网络体系结构中最为关键的一层。

## 5. 会话层

会话层的任务是组织并协调两个互相通信的应用进程之间的会话，并管理它们之间的数据交换。也即会话层不再参与具体的数据传送，而是对数据传送进行管理。

## 6. 表示层

表示层负责信息表示方法的转换。表示层将欲交换的数据从适用于某一用户的抽象语法，变换为适用于 OSI 系统内部使用的传送语法。

有了表示层，用户可以把精力集中在他们要交谈的问题上，而不必过多地考虑对方的某些表示特性。

## 7. 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层。应用层直接面向用户，提供完成特定网络服务功能所需的各种应用层协议。在 OSI 的 7 层结构中，应用层是最复杂的，所包含的应用层协议也最多，有些协议尚在研究与开发之中。



在 OSI 参考模型中，各层的数据格式不一样。物理层中的数据格式是二进制的比特（Bit）流，数据链路层中的数据格式是帧（Frame），网络层中的数据格式是数据包（Packet），传输层中的数据格式是段（Segment），以上各层中的数据格式分别为各层的协议数据单元（PDU）。当数据从一层传送到另一层时，支持各层的协议软件就负责相应的格式转化，如图 1.8 所示。数据格式转化的基本规律是：当数据经由上层传往下层时，在原数据上增加一个“头部”，即进行数据“封装”；反之，经由下层传往上层时，扔掉一个“头部”，即进行数据“拆封”。

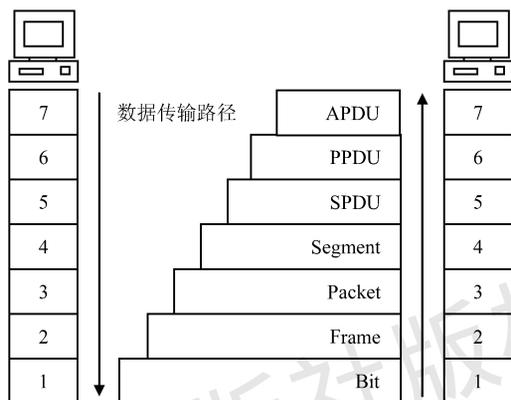


图 1.8 OSI 参考模型中的数据流

OSI 参考模型的协议称为协议栈。在协议栈中，每一层只和另一栈的同层通信，只处理来自另一栈的同层的信息。但是，这并不意味着由两个节点的同层直接对话，而是必须经历一个由上层到最底层，然后再到相应上层的过程，从而实现两层之间的对话。

### 1.3.2 TCP/IP 协议标准

TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol，传输控制协议/互联网络协议）协议标准是目前全球计算机网络通信中应用最为广泛的协议。TCP/IP 并非国际标准，但是由于其应用的广泛性，已经成为事实上的国际标准。TCP/IP 协议的开发始于 20 世纪 70 年代，是用于 Internet 的第一套协议，目前已被广泛应用于局域网之中。

TCP/IP 参考模型与上面介绍的 OSI 参考模型有较大区别，如图 1.9 所示。TCP/IP 协议是一个 4 层模型，即网络接口层、互联层、传输层和应用层。

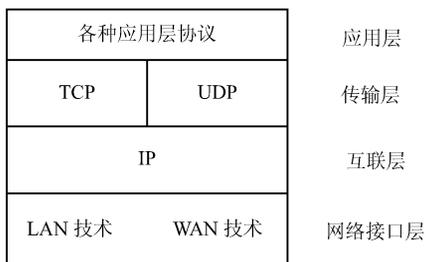


图 1.9 TCP/IP 参考模型

## 1. 网络接口层

网络接口层负责数据帧的发送和接收,它定义了将数据组成正确帧的规程和在网络中传输帧的规程。

## 2. 互联层

互联层定义了网络中传输的数据包格式,它将数据包封装成 Internet 数据报,并运行必要的路由算法。该层有 4 个互联协议,即网际协议 IP、地址解析协议 ARP、网际控制报文协议 ICMP 和互联组管理协议 IGMP。其中,IP (Internet Protocol) 主要负责在主机和网络之间寻址和数据包管理;ARP (Address Resolution Protocol) 用于获得同一物理网络中的主机硬件地址;ICMP (Internet Control Message Protocol) 主要负责发送报文,并报告有关数据包的传送错误;IGMP (Internet Group Management Protocol) 被 IP 主机拿来,向本地多路广播路由器报告主机组成员。

## 3. 传输层

传输层协议为两个用户进程之间建立、管理和拆除可靠而又有效的端到端连接。传输协议的选择根据数据传输方式而定。该层有 2 个传输协议,即传输控制协议 TCP 和用户数据报协议 UDP。其中,TCP (Transmission Control Protocol) 为应用程序提供可靠的通信连接,适用于一次传输大批数据的情况,并适用于要求得到响应的应用程序。UDP (User Datagram Protocol) 提供了无连接通信,且对传送包没有可靠的保证,适用于一次传输小量数据,可靠性则由应用层来负责。

## 4. 应用层

应用层定义了应用程序使用互联网的规程,应用程序通过这一层访问网络。该层有许多标准的 TCP/IP 工具和服务,如 FTP、Telnet、SNMP 和 DNS 等。

### 1.3.3 IP 地址与子网掩码

在互联网上连接的所有计算机都以独立的身份出现,也称做主机。为了实现各主机间的通信,每台主机都必须有一个唯一的网络地址,才不至于在传输数据时出现混乱。Internet 的网络地址是指接入 Internet 网络的计算机的地址编号。所以在 Internet 中,网络地址唯一地标识一台计算机,这个地址叫做 IP 地址,即用 Internet 协议语言表示的地址。

IPv4 仍然是现行的 IP 协议,其 IP 地址是一个 32 位的二进制地址,为了便于记忆,将它们分为 4 组,每组 8 位,由小数点分开,用四个字节来表示,如 202.116.0.1。用小数点分开的每个字节的数值范围在 0~255 之间。这种书写方法叫做点数表示法。

IP 地址可确认网络中的任何一个网络和计算机,而要识别其他网络或其中的计算机,则要根据这些 IP 地址的分类来确定。一般将 IP 地址按节点计算机所在网络规模的大小分为 A, B, C 三类。



## 1. A类地址

A类地址用于超大规模的网络。A类地址的最高位为0，紧跟着的7位表示网络号，剩下的24位表示主机号。所以A类地址的表示范围为0.0.0.0~126.255.255.255。其中，网络号范围是1~126，主机号范围是0~16777215。A类地址虽然只有126个网络号，但是，每个网络中却可以包含16777216个主机。事实上，拥有如此数量主机的网络几乎不存在，所以，A类地址的使用将造成很大的浪费（后面介绍的子网掩码可以解决这个问题）。

## 2. B类地址

B类地址用于大中型规模的网络。B类地址的第一字节为128~191，前2个字节表示网络号，后2个字节表示主机号。所以B类地址的表示范围为128.0.0.0~191.255.255.255。其中，网络号范围是128.1.0.0~191.254.0.0，主机号范围是0~65535。B类地址共有16384个网络号，每个网络最多可以包含65536个主机。

## 3. C类地址

C类地址用于小型网络。C类地址的第一字节为192~233，前3个字节表示网络号，最后1个字节表示主机号。所以C类地址的表示范围为192.0.0.0~223.255.255.255。其中，网络号范围是192.0.1.0~223.255.254.0，主机号范围是0~255。C类地址共有2097152个网络号，每个网络最多可以包含256个主机。C类地址多分配给小型网络，如一般的局域网和校园网，并可以把所属的用户分为若干的网段进行管理。

在使用IP地址时，还应当知道下列地址有特殊用途而被保留下来，一般不得使用。

- (1) 全0的网络号码；
- (2) 全1的网络号码；
- (3) 全0的主机号码；
- (4) 全1的主机号码；
- (5) 全0的IP地址，即0.0.0.0；
- (6) 网络号码127，用做本地软件回送测试之用。

实际上，还存在着D类地址和E类地址。但这两类地址用途比较特殊，D类地址称为多目地址，供特殊协议向选定的节点发送信息时用；E类地址保留给将来使用。

在Internet中，一台计算机可以有一个或多个IP地址，就像一个人可以有多个通信地址一样，但两台或多台计算机却不能共用一个IP地址。如果有两台计算机的IP地址相同，则无法正常工作。

TCP/IP上的每台主机都需要一个子网掩码。它是一个4字节的地址，用来“封装”或“屏蔽”IP地址的一部分，以区分网络号和主机号。当网络还没有划分为子网时，可以使用默认的子网掩码；当网络被划分为若干个子网时，就要使用自定义的子网掩码了。

子网掩码的默认值用于一个还没有划分子网的网络。即使是在一个单段网络上，每台主机也都需要这样的默认值。它的形式依赖于网络的地址类型。在它的4个字节里，所有对应网络号的位都被置为1，于是每个8位体的十进制值都是255；所有对应主机号的位都置为0。例如：A类IP地址的默认子网掩码为255.0.0.0，B类IP地址的默认子网掩码为255.255.0.0，C类IP地址的默认子网掩码为255.255.255.0。

利用子网掩码可以判定数据包的目的地址。将子网掩码和 IP 地址值做“与”的操作，它用来确定一个数据包是传给本地还是远程网络上的主机。如果发现源 IP 地址和目的 IP 地址相匹配，IP 协议就知道数据包属于本地网络上的某台主机，否则数据包将被送到路由器上。

前面提到的 A 类地址可以包含 16777216 台主机，这对于实际使用的网络是不可能的，所以说 A 类地址会造成巨大的浪费。通过子网掩码划分子网的方式可以解决这种浪费现象。

一个网络可以看做是由多个物理网段组成的（实际情况也往往如此），通常把这些网段称之为子网。划分子网的优点很多，包括可以将复杂的物理网段连接成一个网络、突破每个网段主机的最大数量限制等。

将一个网络划分成若干个子网，需要使用不同的网络号或子网号。例如，现在有一个 C 类地址 194.149.184，所有 IP 地址在 194.149.184.1~194.149.184.254 范围内的主机都处于同一个网络之中。但是，如果现在因管理的需要欲将其分成 5 个子网，怎么办？我们知道默认子网掩码为 255.255.255.0，现在把其中的第 4 个字节中的前三位再拿出来充当子网掩码，将子网掩码的第 4 字节由 00000000 修改为 11100000（即将子网掩码修改为 255.255.255.224），这样，网络号就从 1 个变成了 8 个，划分 5 个子网自然不成问题了。

由此可见，子网掩码的位数越多，获得的子网数量也越多，但每个子网中的主机数就越少。由于每个子网的全 0 和全 1 的两个地址需留做广播地址使用，所以，子网数量的增加也需付出小小的代价，即主机资源有所损失。

绝大多数 IP 地址都是公网地址，用户不能自己设置，需由 ISP 等机构统一分配和租用。还有一部分 IP 地址为“私有 IP 地址”，它们不会在公网上出现。这些私有 IP 地址主要有如下三种。

A 类地址中：10.0.0.0~10.255.255.255

B 类地址中：172.16.0.0~172.31.255.255

C 类地址中：192.168.0.0~192.168.255.255

组建局域网时，内部可采用这三类私有 IP 地址，无论多大的网络基本上都够用了。而对外提供服务的服务器群组，就必须通过申请公网 IP 地址来解决了。

## 1.4 局域网技术

### 1.4.1 局域网的参考模型

局域网是目前应用最为广泛的一种重要的计算机网络。对于局域网的研究，可以追溯到 20 世纪 70 年代，1975 年美国施乐公司推出的以太网（Ethernet）是局域网发展历史上的一个重要里程碑。目前广泛应用的局域网主要是在以太网基础上发展起来的，以至于人们经常将局域网称为以太网。

由于局域网不存在路由选择问题，因此局域网可以不要网络层，局域网的参考模型就只相当于 OSI 最低的两层，如图 1.10 所示。

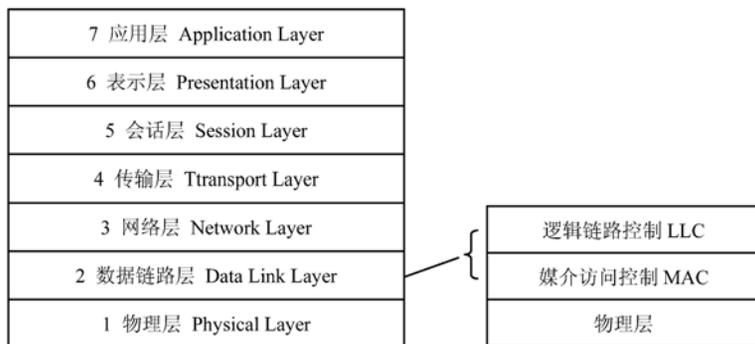


图 1.10 局域网的参考模型

在局域网的参考模型中，通常将数据链路层划分为两个子层，即媒介访问控制子层（MAC）和逻辑链路控制子层（LLC）。所谓媒介访问控制是指把媒介的带宽有效地分配给网络上的各个节点。MAC 的主要功能是数据封装（或拆卸）与发送（或接收），实现与维护 MAC 协议，比特差错检测，寻址等。LLC 的主要功能是建立与释放数据链路层的逻辑连接，提供与高层的接口，差错控制，给帧加上序号等。在 LLC 的上面看不到具体的局域网，也就是说局域网对 LLC 是透明的，只有下到 MAC 才能看出局域网的标准类型。

在局域网的链路层中，LLC 子层的帧结构和 MAC 子层的帧结构是不同的，LLC 帧在向下传送时，加上适当的首部就成为了 MAC 帧。

### 1.4.2 IEEE 802.3 协议标准

#### 1. IEEE 802 及其委员会

目前实际使用的局域网所采用的标准为 IEEE 802。IEEE 802 是美国电气与电子工程师学会 IEEE 制定的局域网标准，它的大部分内容已经成为 ISO 国际标准。IEEE 802 委员会共有 12 个分委员会，如表 1.1 所示。

表 1.1 IEEE 802 的 12 个分委员会

分委员会	工作内容
802.1	概述、体系结构和网络互联及网络管理和性能测量
802.2	逻辑链路控制，提供 OSI 的数据链路层的两个子层中上面一个子层的功能，逻辑链路控制是高层协议与任何一种局域网 MAC 子层的接口
802.3	CSMA/CD，定义了 CSMA/CD 总线网的 MAC 子层和物理层规范
802.4	令牌总线型网，定义了令牌总线型网的 MAC 子层和物理层规范
802.5	令牌环型网，定义了令牌环型网的 MAC 子层和物理层规范
802.6	城域网，定义了城域网的 MAC 子层和物理层规范
802.7	宽带技术
802.8	光纤技术
802.9	综合语音数据局域网
802.10	可互操作的局域网的安全
802.11	无线局域网
802.12	新型高速局域网

## 2. IEEE 802.3 标准

IEEE 802.3 标准是在以太网基础上形成的。当然,严格地说 IEEE 802.3 标准与以太网略有不同,但是,人们还是习惯于将 IEEE 802.3 局域网称为以太网。考虑到实际使用的局域网中,IEEE 802.3 局域网占据绝大多数,本书将重点对其进行介绍。

IEEE 802.3 标准的核心技术是“带有冲突检测的载波侦听多路访问机制”(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD)。下面介绍 CSMA/CD 的基本原理。

局域网一般都是广播型网络,网络上各站点共享信道,一个站点发出信息,其他站点都能收到。广播型网络要解决的一个重要问题就是信道竞争,CSMA/CD 就是解决信道竞争的一种技术,被描述为“在讲话前先听”的协议。协议采用随机争用传输媒介的方式,它规定:要发送信息的站点在发送前先侦听传输媒介是否有空,若有空就发送,若没有空就继续侦听。发送时若发生冲突,首先检测到冲突的站点就发送一个特殊的“拥挤”信号,通知所有站点已发生冲突并暂停发送,等待一段时间后再尝试。

CSMA/CD 的优点是方法简单,网络便于管理,极适用于中小型的局域网。它的缺点是当网络上的用户较多时,冲突的机会将增大,整个网络的速度就会变得很慢。但是,这个问题也可以通过一定的方式加以解决。例如,将一个大的网络划分为若干小的子网。

### 1.4.3 局域网的常用产品和标准

IEEE 802.3 标准自 1982 年出现以来,在近 30 年里不断发展,以其低廉的端口费用和优越的性能,占据了局域网市场 85% 以上的份额,使得 CSMA/CD 协议在局域网协议中居于统治地位,也使以太网成为局域网的代名词。

常用局域网产品和标准如表 1.2 所示。以太网从早期 10Mbps 带宽的 10BASE-T 发展到后来的 100Mbps 带宽的快速以太网,以及 1000Mbps 带宽的千兆以太网,显示了强大的生命力。

表 1.2 常用局域网产品和标准

局域网产品	传输媒介	拓扑结构	最大区段长度	传输速率	IEEE 标准
10BASE-T	UTP	星型	100m	10Mbps	802.3I
100BASE-TX	UTP	星型	100m	100Mbps	802.3u
100BASE-FX	光纤	星型	2000m	100Mbps	802.3u
1000BASE-T	UTP	星型	100m	1000Mbps	802.3ab
1000BASE-LX	光纤	星型	5000m	1000Mbps	802.3z

## 1.5 局域网中的服务器与客户机

### 1.5.1 客户机与服务器

通常情况下,在谈及局域网的组成时,客户机与服务器,更多的是当做硬件来使用。



服务器负责向网络上的用户提供丰富的网络服务，如文件服务、FTP 服务、E-mail 服务、数据库服务等。充当服务器的计算机多为专业服务器，但有时也可以是配置较高的普通计算机。客户机也常常称为工作站，指由用户直接操作的计算机，客户端软件能够建立客户机与服务器的连接，将用户的请求定向并传送到服务器。客户机正是因为能够登录到服务器，因而才能共享服务器所提供的各种资源和服务。

但是，严格意义上讲，客户机与服务器的概念，源自于客户机/服务器（Client/Server）模式，而这正是目前局域网普遍运用的工作模式。

## 1.5.2 客户机/服务器（Client/Server）模式

客户机/服务器模式如图 1.11 所示。准确地说，客户机/服务器（Client/Server）并不是一种特定的硬件产品或服务器技术，它是一种体系结构。Server 是一个向请求进程提供服务的逻辑进程，它可以是一个进程，也可以由多个分布进程所组成。向一个 Server 请求进程的进程称为该服务的 Client。通信事务是由 Client 对 Server 进行的。Server 应当按照请求进程的要求执行服务并返回结果。

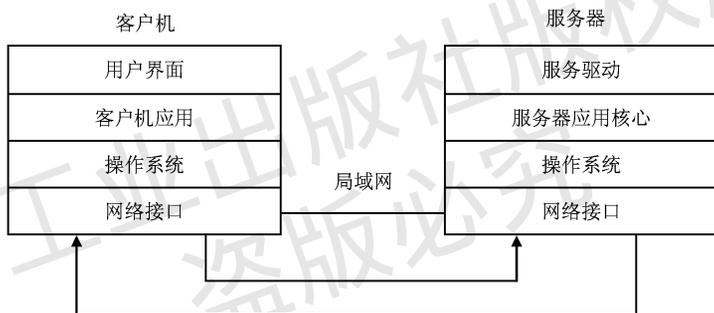


图 1.11 客户机/服务器模式示意图

客户机和服务器之间的通信可以涉及许多机制，如局域网、广域网及操作系统中任务间的通信。客户机/服务器模式独立于它们之间的物理连接及上述的这些通信机制。

当某台计算机支持一个特定的服务器进程时，通常也称该计算机为服务器；同样的道理，也可以称某些计算机为客户机。可见，服务器和客户机既可以指软件进程，也可以指硬件计算机。这一点希望大家注意，客户机和服务器也可以处在同一个机器上。此外，一个服务器也可以是另一个服务器的客户机。

客户机/服务器模式具有以下特点。

(1) 减少了网络的流量。使用客户机/服务器模式，客户机和服务器相互协调工作，最大限度地发挥客户机和服务器两方面的资源效用。

(2) 提供较短的响应时间。主要原因有两点：一方面是网络流量减少了；另一方面，由于相当多的运算、数据处理是在比客户机更强大的服务器上完成的，这比在客户机上完成要有效得多。

(3) 可以充分利用客户机和服务器双方的能力，组成一个分布式应用环境。

(4) 把应用程序与它们处理的数据隔离起来，可以使数据具有独立性。

(5) 由于客户机管理用户界面，每个服务器可以支持更多的用户。

## 1.6 本章小结

本章是全书的第 1 章,着重介绍计算机网络的基础知识,包括计算机网络的概念、局域网的基本组成、计算机网络的参考模型及局域网的协议等内容。学习这些知识的主要目的有两个,一是对局域网的组成有一个概括性的了解,侧重于从硬件的角度了解局域网的基本组成部分,例如拓扑结构、传输媒介、网卡、交换机和路由器等;二是对局域网的运行规则有一个概括性的了解,侧重于网络参考模型与协议标准,例如 OSI 的 7 层模型概念、TCP/IP 协议、IEEE 802.3 标准、IP 地址和子网掩码等。总之,本章的教学目标是使学生建立起局域网的准确概念及对局域网基本框架的整体性理解。



### 习题 1

1. 什么是计算机网络?请列举出计算机网络的要点。
2. 什么是网络拓扑结构?计算机网络的拓扑结构有哪些类型?
3. 什么是局域网?局域网有哪些特点?
4. 局域网的基本组成有哪些?
5. 网卡、集线器、交换机和路由器在 OSI 参考模型中分别处于哪一层?
6. OSI 参考模型分层的意义是什么?
7. TCP/IP 协议有什么特点?
8. 子网掩码的作用是什么?
9. 简述 CSMA/CD 技术的基本原理。
10. 简述客户机/服务器模式的意义。