

# 第 1 章 计算机网络基础

本章导读：

本章介绍计算机网络的组成、计算机网络的资源共享、计算机网络的体系结构，以及网络协议等基础知识。本章重点是计算机网络的组成、网络体系结构和网络协议。

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物，它涉及通信与计算机两个领域。它的诞生使计算机体系结构发生了巨大变化，在当今社会经济中起着非常重要的作用。它对人类社会的进步作出了巨大贡献。

## 1.1 计算机网络的概念、分类和特点

### 1.1.1 计算机网络系统的产生与发展

计算机网络是随着计算机技术和通信技术的发展而发展起来的。

早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备安装在独立的大房间中。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必须紧接着主计算机。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，这样就出现了第一代计算机网络。

第一代计算机网络是以单个计算机为中心的远程联机系统。典型应用是由一台计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的飞机票订票系统。其中，终端是一台计算机的外部设备，只包括 CRT 控制器和键盘，无 CPU、内存。

随着远程终端的增多，在主机前增加了前端处理机 FEP。当时人们把计算机网络定义为“以传输信息为目的而连接起来实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”这样的通信系统就构成了计算机网络的雏形。

第二代计算机网络是把多个主机通过通信线路互联起来，为用户提供服务的系统。它产生于 20 世纪 60 年代后期，典型代表是美国国防部高级研究计划局协助开发的 ARPAnet。

在 ARPAnet 中，主机之间不是直接用线路相连，而是经过接口报文处理机 IMP 转接后互连的。IMP 和它们之间连接的通信线路一起负责主机间的通信任务，这就构成了所谓通信子网。通信子网连接的主机负责运行程序，提供资源共享，从而组成了所谓的资源子网。

两个主机间通信时对传送信息内容的理解、信息表示形式以及各种情况下的应答信号都必须遵守一个共同的约定，即协议。在 ARPAnet 中，按功能将协议分成了若干层次。如何分层，以及各层中具体采用的协议的总和被称为网络体系结构。体系结构是个抽象的概念，其具体实现是通过特定的硬件和软件来完成的。

第二代网络以通信子网为中心。这个时期，网络概念为“以能够相互共享资源为目的互联起来的具有独立功能的计算机之集合体”。

第三代计算机网络是具有统一的网络体系结构并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。

ISO 在 1984 年颁布了 OSI/RM 该模型分为七个层次 也称为 OSI 七层模型 被公认为新一代计算机网络体系结构的基础。

第四代计算机网络从 20 世纪 80 年代末开始,是一种网络与网络联接而形成的网络集合,即互联网。

### 1.1.2 计算机网络的定义

早期制造的计算机,一台机器由一人使用 其使用效率非常低 所以很快被' 计算中心 '的模式取代。在计算中心的模式下,一台计算机同时可以被多个用户使用,使多个用户得以共享一台计算机系统的资源。但是,计算中心仍然把用户限制在一个地方和一台机器上。

计算机网络的出现,则把许多计算机或计算中心连接起来,其中每一台计算机都有可能通过网络为任何其他计算机上的用户提供服务。网络使用者摆脱了地域分隔的局限,在网络覆盖的范围内能够实现计算机之间资源的共享。

为此,可以把计算机网络定义为:将若干具有独立工作能力的计算机系统通过通信设备和线路连接起来,由功能完善的网络软件实现资源共享和数据通信的系统。

定义涉及三个方面的问题:

- 至少两台计算机互连。
- 通信设备与传输介质。
- 网络软件:通信协议和网络操作系统(NOS)。

### 1.1.3 计算机网络的分类

目前不存在被普遍接受的所有计算机网络都适用的分类法,但是有两个标准很重要:传输技术和规模。

#### 1. 按传输技术 通信方式 划分

按传输技术 通信方式 分类 计算机网络可被分为广播方式网络和点对点方式网络两种。

广播方式网络(broadcast network)仅有一条通信信道,由网络上的所有机器共享。网络中任何机器都可以发送或接收消息(按某种语法组织的分组或包 packet)。分组的地址字段指明此分组应被哪台机器接收。当一台计算机或控制转发节点收到分组后,各机器将检查分组的地址字段。如果是发送给它的分组,则处理该分组,否则将分组丢弃。

广播系统通常也允许在地址字段中使用一段特殊代码,以便将分组发送到所有目标。使用特殊代码的分组发出以后,网络上的每一台机器都会接收和处理它。这种操作被称作广播(broadcasting)。某些广播系统还支持向机器的一个子集发送信息的功能,即多点播送(multicasting)一种常见的方案是保留地址字段的某一位来指示多点播送,而剩下的各位地址字段存放组号。每台机器可以注册到任意组或所有的组。当某一分组被发送给某个组时,它被发送到所有注册到该组的机器。

点对点网络(point-to-point network)是由一对对机器之间的多条连接构成的。为了能从源到达目的地,网络上的分组可能必须通过一台或多台中间机器。传输路径通常是多条,长度

可能不一样，因此在点对点网络中路由算法十分重要。一般来讲（当然也有例外），小的、处于同一地区的网络采用广播方式，而大的网络则采用点对点方式。

## 2. 按网络地理有效范围（网络规模）划分

表 1-1 列出了按地理有效范围分类的多处理器系统。

表 1-1 按连接距离分类的多处理器系统

处理器间的距离	多个处理器的位置	例子
0.1m	同一电路板	数据流机器
1m	同一系统	多计算机
10m	同一房间	局域网
100m	同一建筑物	
1km	同一园区	
10km	同一城市	城域网
100km	同一国家	广域网
1000km	同一洲内	
10000km	同一行星上	互联网

在表 1-1 中，最上面的是数据流机器（data flow machine）它是高度并行的计算机，具有多个处理单元为同一程序服务，接下来是多计算机（multi computers）即在非常短、速度很快的总线上发送消息，并进行通信的机器。在多计算机之后就是真正的网络，是能够在很长的电缆上交换消息进行通信的机器。

## 3. 按通信媒体划分

按通信媒体划分，计算机网络被分为有线网和无线网两大类。

有线网是采用如同轴电缆、双绞线、光纤等物理媒体来传输数据的网络。

无线网是采用微波、红外线、光波等形式来传输数据的网络。

## 4. 按通信速率划分

按通信速率划分，计算机网络被分为低速网、中速网和高速网三类。

低速网是借助调制解调器利用电话网来实现的。

中速网主要是传统的数字式公用数据网。

高速网主要用于互联网的主干网中。

## 5. 按数据交换方式划分

按数据交换方式划分，计算机网络被分为直接交换网、存储转发交换网和混合交换网三类。

直接交换网又称电路交换网。直接交换网进行数据通信交换时，首先申请通信的物理通路，物理通路建立后，通信双方开始通信传输数据。在传输数据的整个时间内通信双方始终独占所占用的信道。

存储转发交换网是这样一种网络：在进行数据通信交换时，先将数据在交换装置控制下放入缓冲器中暂存，并对存储的数据进行一些必要的处理，当指定的输出线空闲时，再将数据发

送出去。

混合交换网是在一个数据网中同时采用存储转发交换和电路交换两种方式进行数据交换的网络。

#### 6. 按通信性能划分

按通信性能划分，计算机网络被分为资源共享计算机网、分布式计算机网和远程通信网三类。

资源共享计算机网是在网络系统中，计算机的资源可以被其他系统共享。

分布式计算机网是网络中的各个计算机进程可以相互协调工作和进行信息交换，来共同完成一个大的、复杂的任务。

远程通信网是主要起数据传输作用的系统，它的主要目的是使用户能使用远程主机。

#### 7. 按使用范围划分

按使用范围划分，计算机网络被分为公用网和专用网两类。

公用网：是为公众提供各种信息服务的网络系统，如互联网是只要符合网络拥有者的要求就能使用的网络。

专用网：是为一个或几个部门所拥有的系统，它只为拥有者提供服务。这种网络不向拥有者以外的人提供服务。

#### 8. 按配置划分

按配置划分网络是对不同局域网进行划分的一种主要方式。在局域网中，互连的计算机，根据它们的作用和地位被划分为服务器和工作站两类。服务器是指在系统中提供服务的计算机，工作站是指接受服务器提供服务的计算机。按配置划分就是根据系统中服务器和工作站的组合方式划分网络。

同类网 又称对等网。如果在网络系统中 每台计算机既是服务器 又是工作站 那这个网络系统就是同类网。在同类网中，每台计算机都可以利用其他计算机的资源。它要求每个用户必须掌握足够的计算机知识并对网络工作方式有深入了解，还要花费很多时间和精力用来搞清楚不同工作站用户之间的关系。所以这类网络系统只能局限在小范围内。

单服务器网 是客户/服务器结构的网络。如果在网络系统中，只有一台计算机作为整个网络的服务器，其他计算机全部是工作站，那么，这个网络系统就是单服务器网。在单服务器网中，每个工作站都可以通过服务器享用全网的资源。每个工作站在网络中的地位是一样的，而服务器在网中也可以作为一台工作站使用。单服务器网是一种最简单、最常用的网络。

混合网 也是客户/服务器结构的网络。如果在网络系统中的服务器不只一个，同时又不是每个工作站都可以当作服务器来使用，那么，这个网就是混合网。混合网与单服务器网的差别在于网中存在不只一个服务器。混合网与同类网的差别在于并非每台计算机既是服务器又是工作站。

由于混合网中服务器不只一个，因此，避免了在单服务器网上工作的各工作站完全依赖于一个服务器，当服务器发生故障后全网处于瘫痪的现象。所以，对于一些大型的、信息处理工作繁忙的、重要的网络系统 在设计时要注意这个问题 应采用混合网设计 这一点是非常重要的。

### 9. 按对数据的组织方式划分

数据的组织方式与计算机网络的性能有直接的关系。

分布式数据组织网络系统中的资源既是互连的，又是独立的。虽然系统要求对资源进行统一的管理，但系统中分布在各独立的工作站中的资源，由各独立的工作站独立支配。系统只能通过一个高层次的操作系统对各个分布的资源进行管理。

分布式数据组织网络系统的特点是：系统独立性强，用户使用方便、灵活。但对整个网络系统来说，管理复杂，保密性、安全性差。

集中式数据组织网络：将网络系统中的资源进行统一管理，系统中各独立的工作站独立性差，它们必须在主服务器或起决定作用的主计算机支配下进行工作。

集中式数据组织网络系统的特点是对信息处理集中，系统响应时间短，可靠性高，便于管理，但整个系统适应性差。

在对数据组织上，比较理想的网络系统，特别是局域网，通常采用分布式与集中式相结合的系统，即分布集中式系统。这种网络系统通常是根据用户的需要和具体系统的特点，综合分布式和集中式的优点进行设计的。

### 10. 按计算机网络的拓扑结构划分

根据计算机网络中各计算机之间不同的连接方式归纳出的计算机网络的拓扑结构来划分计算机网络的类型，是一种非常重要的对计算机网络进行分类的方法。拓扑结构的有关知识将在 1.2.3 节中介绍。

## 1.1.4 计算机网络的特点

虽然各种网络系统的具体用途、系统连接结构、数据传送方式并不相同，但各种网络系统都具有一些共同的特点。

#### 1. 数据交换

网络系统中相连的计算机能够相互传送数据信息，使相距很远的人能够直接交换数据。

#### 2. 相对独立性

网络系统中相连的计算机既有相互联系又相互独立。

#### 3. 建网周期短、见效快

建立一个网络系统只需把各计算机与通信媒体连接好，安装、调试好相应的网络软硬件即可。

#### 4. 成本低、效益高

计算机网络使只有微机的用户也能分享到大型机的功能。这一点充分体现了网络系统的“群体”优势。

#### 5. 使用简单

对用户而言，掌握网络使用技术要比掌握大型机使用技术容易，实用性也非常强。

#### 6. 易于分布处理

由于网络是将多台计算机连成具有高性能的计算机系统，所以，网络具有将较大型的综合性问题，通过一定算法把任务分配给不同的计算机完成，以解决大量复杂问题的能力。

## 7. 系统灵活性、适应性强

在计算机网络系统中能很灵活地接入新的计算机，以扩充系统，计算机网络的灵活性使其表现出对不同的用户、不同的任务具有很强的适应性。

## 1.2 计算机网络的结构

根据计算机网络的定义，可以知道计算机网络由计算机和通信线路组成。

### 1.2.1 计算机网络的基本结构

计算机网络在结构上包括两个部分。一部分是连接在网络上的供网络用户使用的计算机的集合。这些计算机称为主机 (host) 用来运行用户的应用程序，为用户提供资源和服务，这部分被称为资源子网。另一部分是用来把主机连接在一起并在主机之间传送信息的设施，称为通信子网。通信子网由传输线路和转接部件构成。其中，传输线路是实现信息实际传送的通道，转接部件是处理信息传送的处理机。从逻辑上看，网络是节点之间通过通道相连的一个连通域，它的通信方式可以采取点对点信道通信，或者广播信道通信。至于具体的连接，则有不同的拓扑结构。例如，在点对点通信方式下，可以取星型、环型、树型、全连接型或不规则型结构；在广播通信方式下，则可用总线连接、卫星连接、无线电连接以及环型连接。

在计算机网络上的主机之间传送数据和通信是通过一定协议进行的。为了减少设计的复杂性，设计者用高度结构化的方法来分层制定协议。当两台计算机通信时，直接表现为应用级别上的服务请求和返回服务结果。从一台主机发出用过程语言表达的服务请求，到把请求转变为在物理线路上传送的比特 (bit) 信息流，中间要经过多个层次的转化。在信息到达另一端的目标计算机后，将按相反的次序逐层复原信息，最后变成提交给目标计算机执行的服务请求的初始形式。从目标机返回结果时，沿反方向经历同一过程。在网络的层次协议中，每一层协议建立在下层协议基础之上，下层为上层服务，保证上层的功能，而服务的细节对上层加以屏蔽。各层协议就是主机之间在各对等层上的对话规则和约定。

### 1.2.2 计算机网络的硬件与软件系统结构

#### 1. 网络系统体系中硬件系统结构

计算机网络系统中硬件系统结构如图 1-1 所示。

其中，计算机主机是任何可以组网的计算机，包括大型机、中型机、小型机、PC 机等。网络接口通常指网卡，也包括 USB、RS-232、LPT 这些可以与外部相连的接口。传输介质有有线和无线两类。有线传输中指的是网线，包括光纤、同轴电缆、多股绞线等。无线传输中有无线电、红外线、光等。网络连接设备是指集线器、路由器、网桥等网络连接设备。

#### 2. 网络系统体系中的软件系统结构

由于网络体系结构的多样化、网络硬件的多样化和复杂化，使网络软件系统所要解决的问题多而复杂，涉及的范围广，内容丰富，软件类型多种多样，难以标准化。网络软件系统的这些特点决定了网络软件系统的基本结构。

网络软件也同单机系统中的软件系统一样，是一种层次结构，网络软件系统的分层结构如

图 1-2 所示。

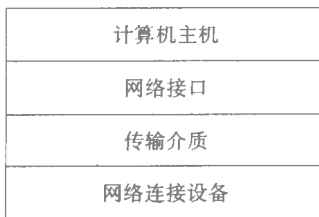


图 1-1 计算机网络系统硬件系统结构

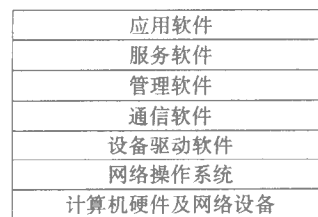


图 1-2 网络系统的分层结构

事实上，对网络软件来说没有明显的软件的分层结构，层与层之间没有明显的界线，也就是说，对许多网络软件来说，很难把它划分在某一确定的层次上。

### 3. 典型软件介绍

网络软件是实现网络功能所不可缺少的软环境，它主要包括如下几类：

(1) 协议软件。用以实现网络协议功能的软件就是协议软件。协议软件的种类非常多，不同体系结构的网络系统都有支持自身系统的协议软件，体系结构中不同层次上又有不同的协议软件。对某一协议软件来说，到底把它划分到网络体系结构中的哪一层是由协议软件的功能决定的。所以对同一协议软件，它在不同体系结构中所隶属的层可能是不一样的。

(2) 联机服务软件。联机服务软件是为网络用户提供获取联机信息的软件。联机服务软件有许多种，性能各异。

(3) 通信软件。在网络系统中，主计算机—主计算机或主计算机—终端连接有两种方式：

1) 主机通过通信接口单元与其他计算机连接。这种连接必须按照网络协议所规定的接口关系进行。

2) 主机直接通过通信媒体与主机或终端相连接。这种连接，由于所连接的终端和计算机种类不同，没有固定标准，并且连接接口关系不必一定与网络协议的规定一致。所以在网络环境下，在主机操作系统中除了要配置实现网络通信的低级协议软件外，还要为各种相连的终端或计算机配置相应的通信软件。

通信软件的作用就是使用户能够不必详细了解通信控制规程，很容易地控制自己的应用程序，同时能与多个机器进行通信，并对大量的通信数据进行加工和管理。

目前，所有主要的通信软件都能很方便地与主机连接，并具有完善的传真功能、传输文件功能和自动生成原稿功能。

(4) 管理软件。网络系统是一种复杂的系统，对管理者来说经常会遇到许多难以解决的问题。如要重新设置某个用户的 `config.sys` 文件、避免服务器之间的任务冲突、跟踪网络中用户工作状态、检查与消除计算机病毒、运行路由器诊断程序等。这就需要有一些软件，用这些软件来解决管理人员所遇到的问题。这就是管理软件。网络管理软件的种类很多，功能各异。

(5) 网络操作系统。网络操作系统是网络软件中最主要的软件。

(6) 设备驱动程序。设备驱动程序是一种控制特定设备的硬件级程序。设备驱动程序可以被看成是一个硬件的小型操作系统，每个驱动程序都包括确保特定设备相应功能所需的逻辑和数据。设备驱动程序通常以固件形式存在于它所操作的设备中。例如 NIC 它为主机的

操作系统提供一个接口。

(7) 网络应用软件。网络应用软件是在网络环境下, 直接面向用户的应用软件。随着网络发展, 如今的各种应用软件都考虑到在网络环境下应用的问题。

### 1.2.3 计算机网络的拓扑结构

网络的通信方式有点对点信道通信和广播信道通信。具体的连接, 则有各种不同的拓扑结构。例如在点对点通信方式下, 可以取星型、环型、树型、全连接型或不规则型结构; 在广播通信方式下则可用总线连接、卫星连接、无线电连接以及环型连接。

#### 1. 局域网的拓扑结构

局域网的拓扑结构主要有总线型、环型、星型、树型几种。

总线型结构是从网络服务器中引出一条电缆, 网络中所有的工作站依次连接到这条电缆上的各个节点的体系结构。这种网络结构也称为多点结构。总线型结构如图 1-3 所示。

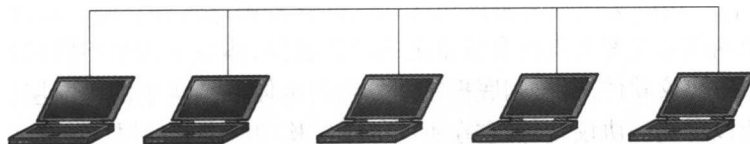


图 1-3 总线型结构

环型结构是在环型网络中, 在每两节点之间有唯一的路径并且线路是闭合的。这种网络结构也称为循环结构。环型结构如图 1-4 所示。

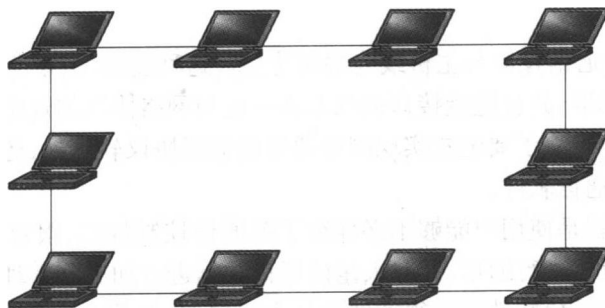


图 1-4 环型结构

星型结构是在一个网络中所有的节点都连接在中央处理机上的体系结构。每个节点都与中央处理机相连并与其他节点分离, 从一个节点到另一个节点的通信必须经过中央处理机。这种网络结构也称为集中结构。星型结构如图 1-5 所示。

树型结构是星型结构的一种变形。树型结构如图 1-6 所示。

#### 2. 广域网的拓扑结构

由于广域网的作用范围非常广, 广域网的通信和连接主要依靠公用通信设施, 所以广域网的拓扑结构主要包括如下几种:

集中式拓扑结构网。这种结构网络中的信息必须通过中心处理设备(中心节点), 拓扑结构呈星型, 网络中心节点的可靠性基本上决定了整个网络的可靠性。典型广域网的集中式网

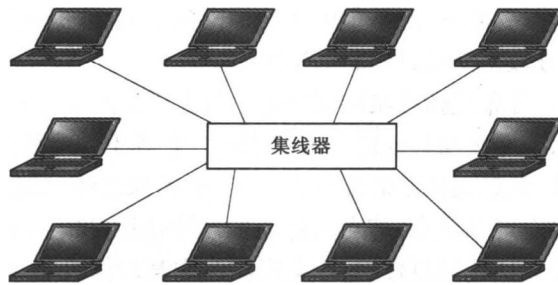


图 1-5 星型结构

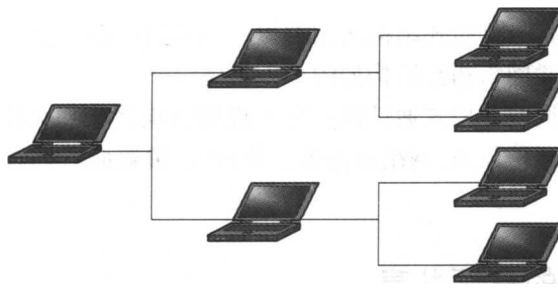


图 1-6 树型结构

络是面向终端的远程联机系统和需要进行集中式数据管理的一些大型的、专用网络系统。在集中式拓扑结构网络系统中，通常在靠近用户终端较集中的某处设置集中器或多路复用器，利用集中器或多路复用器集中接收和发送多路数据，具有集中器和多路复用器的集中式网络如图 1-7a。

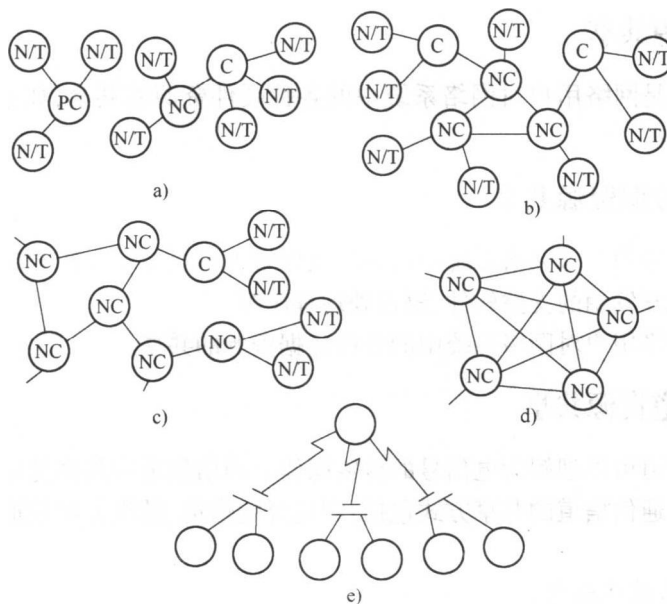


图 1-7 常见的广域网拓扑结构逻辑结构图

分散式拓扑结构网。这种结构网是集中式结构网的扩展，它是利用系统上面的一些集中器或多路复用器进行部分数据交换，如图 1-7b 所示。

分布式拓扑结构网。分布式拓扑结构网络是一种无规则连接方式的网络结构网。这种结构网中的任何一个节点，都至少与其他两个节点相连。它既不像星型网，有一个主处理中心节点，需要有许多通信线路，信息交换必需经中心节点，也不像总线型或环型网的单一一条通信线路。所以，分布式网络有许多优点：节点间路径多，碰撞问题和阻塞问题大大减少，信息流向与路径能够动态选择，可以优化信息传输；不会因网络中某局部故障而影响整个网络的正常运行。但是，这种网络互联关系复杂，建网不易；路径选择与网络管理复杂。它常用于建立主干线网。分布式网络拓扑结构如图 1-7c 所示。

全互联拓扑结构。其与分布式结构网相类似，只不过在网中的任何一个节点都直接与其他所有节点相连。全互联网络拓扑结构如图 1-7d 所示。

不规则拓扑结构。通常广播式通信网都属不规则结构网。如无线电或卫星通信网，网中所有通信处理机都共享通信信道，网络通信范围非常大，覆盖面广且通信容量大。不规则拓扑结构如图 1-7e 所示。

## 1.3 计算机网络的资源共享

计算机互连成网络的目的是要实现网络资源的共享，所以，在网络系统中各种网络资源，除一些具有特殊性质的资源外，都不应该是被某一个用户所独占。对于网络中各种被共享的资源，可以按资源的特性分成四类：硬件资源共享、软件资源共享、数据资源共享和通信资源信道共享。

### 1.3.1 硬件资源共享

硬件资源共享是网络用户对网络系统中的各种硬件资源的共享，如主计算机、外存储设备、输入输出设备等。

### 1.3.2 软件和数据资源共享

软件共享是网络用户对网络系统中的各种软件资源的共享，如主计算机中的各种应用软件、工具软件、系统开发用的支撑软件、语言处理程序等。

数据共享是网络用户对网络系统中的各种数据资源的共享。

### 1.3.3 通信信道资源共享

广义的通信信道可以理解为电信号的传输媒体。通信信道的共享是计算机网络中最重要的共享资源之一。通信信道的共享方式包括：固定分配信道、随机分配信道和排队分配信道三种共享方式。

#### 1. 固定分配信道共享方式

这种方式是把一个物理上的通信信道再划分出多个逻辑上存在的子信道，划分逻辑信道的方式主要有两种，这就好比一条公路，人们在建设公路时总是把公路建设得相对宽一些，然

后在公路上画上各种标志线，从而在这一条公路上划分出了多条逻辑上存在的路，使得在这同一条公路上同时可以有若干辆车在不同的“路上”行驶，这是划分逻辑子信道的第一种方法。另一种方法是一条高速公路的入口处有多条公路与其相接，多条公路上的车辆经高速公路入口都行驶在一条高速路上，为此高速公路要按一定规则分别接收各路驶来的车辆，从而在高速公路上形成了一种时间上的逻辑子信道。在第一种信道资源共享的网络中，系统将各个子信道固定分配给每一对用户，每对用户独占系统分配给它们的通信信道资源，它们随时都可以进行通信，从而实现了多对用户一条通信信道的共享。而第二种方式的信道资源共享系统是多个用户分别占用一个完整信道的不同信道时间。

### 2. 随机分配信道共享方式

这种方式也是把一个物理上的通信信道再划分出多个逻辑上的子信道。但对信道进行分配时，系统不是将各个子信道固定分配给每一对用户，每对用户不能独占系统分配给它们的通信信道资源，它们进行通信时必须先向系统提出申请，在只有存在空闲子信道时，申请信道的用户才有可能得到某一空闲子信道的使用权并进行通信，通信结束后，用户要释放其所占用信道的使用权，供其他用户使用，从而实现了多对用户一条通信信道的共享。

### 3. 排队分配信道共享方式

这种方式不再划分子信道，用户使用信道时也不必预先申请。它是将用户发出的数据划分为一定长度的数据单元，然后送到网络节点的排队缓冲区队列中，系统按先来先服务的原则进行通信服务。在排队分配信道共享中，进行通信的一对用户并不需要在通信的过程中完整地占用连接这对用户的从信源到信宿的通路，用户数据是一段一段地在通信链路上传输，用户是在不同的时间一段一段地占用部分通路。它是存储、转发的一系列过程。

## 1.4 计算机网络体系结构

### 1.4.1 网络体系结构概述

#### 1. 网络体系结构的概念

计算机网络的体系结构可以从网络体系结构、网络组织和网络配置等三个方面来描述。网络组织是从网络的物理结构、从网络实现的方面来描述计算机网络的；网络配置是从网络应用方面来描述计算机网络的布局、硬件、软件和通信线路等；网络体系结构则是从功能上来描述计算机网络的体系结构。计算机网络的体系结构是抽象的，是对计算机网络通信所需要完成的功能的精确定义。而对于体系结构中所确定的功能如何实现，则是网络产品制造者遵循体系结构研究和实现的问题。

#### 2. 网络体系结构的划分

目前的计算机网络系统的体系结构，类似于计算机系统的多层的体系结构，它是高度结构化的方式设计的。所谓结构化是指将一个复杂的系统设计问题分解成一个个容易处理的子问题，然后加以解决。这些子问题相对独立，相互联系。所谓层次结构是指将一个复杂的系统设计问题划分成层次分明的一组组容易处理的子问题，各层执行自己所承担的任务。层与层之间有接口，它们为层与层之间提供了组合的通道。层次结构设计是结构化设计中最常用、最

主要的设计方法之一。

网络体系结构是分层结构，它是网络各层及其协议的集合。其实质是将大量的、各类型的协议合理地组织起来，并按功能的先后顺序进行的逻辑分割。网络功能分层结构模型如图 1-8 所示。

在网络分层结构中， $n$ 层是 $n-1$ 层的用户，同时是 $n+1$ 层的服务提供者。对 $n+1$ 层来说， $n+1$ 层的用户直接使用是 $n+1$ 层提供的服务，而事实上 $n+1$ 层的用户是通过 $n+1$ 层提供的服务享用到了 $n$ 层内所有层的服务。分层结构的好处在于：

(1) 独立性强。独立性是指对分层的具有相对独立功能的每一层，它不必知道下一层是如何实现的，只要知道下层通过层间接口提供的服务是什么，本层向上一层提供的服务是什么就可以。

(2) 功能简单。系统经分层后 整个复杂的系统被分解成若干个范围小的、功能简单的部分 使每一层功能简单。

(3) 适应性强。当任何一层发生变化 只要层间接口不发生变化 那么 这种变化就不影响其他任何一层。这就意味着可以对分层结构中的任何一层的内部进行修改，甚至可以取消某层。

(4) 易于实现和维护。分层结构使实现和调试一个大的、复杂的网络系统变得简单和容易。

(5) 结构可分割。结构可分割是指被分层的各层的功能均可采用最佳的技术手段来实现。

(6) 易于交流，有利于标准化。

### 3. 计算机网络分层结构模型

图 1-8 描述了网络体系分层结构模型 模型反映了结构层次、协议、接口之间的关系。

从图 1-8 所示模型中可以看出：

(1) 模型中只有一层（即物理媒体传输层）是物理通信，其余各层之间的通信（用虚线描述 都是虚拟通信 或称逻辑通信；

(2) 等同实体即对等层实体之间的通信都是遵循同层协议进行的；

(3) 层间通信即相邻层实体之间进行的通信是遵循层间协议规则进行的。

网络分层结构中有以下概念：

系统 是指由一台或多台计算机、软件系统、终端、外部设备、通信设备和操作人员、管理人员组成的网络系统，是一个具有处理数据和传输数据的集合体。

子系统：是指系统内部一个在功能上相互联系，又相对独立的逻辑部分。网络体系结构中的子系统是网络体系结构中的一个层次单元。

层次：分层网络系统体系结构中的一个子部分就是一个层次。它是由网络系统中对应的

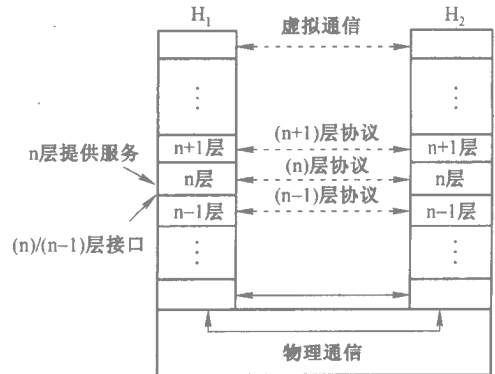


图 1-8 计算机网络功能分层结构模型

子系统构成的。

实体：实体是子系统中的一个活跃单元。分层网络体系结构中，每一层包含一个通信功能子集，一个或一组功能产生一个功能单元，这个功能单元就构成了所谓的实体。

等同实体：同一层中的实体称为等同实体，即位于不同子系统的同一层内相互交互的实体。

通信服务是通信系统中的通信功能的外部表现。通信功能的控制操作以“服务”形式提供给通信系统的用户。服务是层次的一种通信能力，对  $n$  层而言， $m$  层通信服务是在  $n$  层子系统之上看到的  $n$  层通信功能操作的结果。

物理通信：是通信双方存在某种媒体，通过某种通信手段实现双方信息交换。

虚拟通信：虚拟通信也称逻辑通信。这种通信不同于物理通信，通信双方没有直接联系。通信是通过与进行虚拟通信实体相关的实体提供的服务，按一定规则（即协议）进行的。

一个计算机网络有许多互相连接的节点，在这些节点之间要不断地进行数据交换。要做到有条不紊地交换数据，每个节点就必须遵守一些事先约定好的规则，这些规则明确规定了所交换的数据的格式以及相关的同步问题。这些为进行网络数据交换而建立的规则、标准或约定就称为网络协议。一个网络协议主要由以下三个要素组成：

- (1) 语法，即数据与控制信息的结构或格式；
- (2) 语义，即需要发出何种控制信息、完成何种协议以及做出何种应答；
- (3) 同步，即事件实现顺序的详细说明。

由此可见，网络协议是计算机网络不可缺少的部分。很多经验和实践表明，对于非常复杂的计算机网络协议，其结构最好采用层次式的。这样分层的好处在于：每一层都实现相对的独立功能，因而可以将一个难以处理的复杂问题分解为若干个较容易处理的更小一些的问题。

我们将计算机网络的各层以及其协议的结合，称为网络的体系结构。换言之，计算机网络的体系结构即这个计算机网络及其部件所应该完成的功能的精确定义。需要强调的是，这些功能究竟由何种硬件或软件完成，则是一个遵循这种体系结构的实现的问题。可见体系结构是抽象的，是存在于纸上的，而实现是具体的，是运行在计算机软件和硬件之上的。

## 1.4.2 计算机网络结构的模型

### 1. OSI 参考模型

20 世纪 70 年代中期，计算机网络技术发展到了一个新的阶段，各计算机厂家纷纷研制出了自己的网络产品，它们的体系结构各不相同。特别是由于各种网络产品的体系分层结构不同，使各种不同的网络产品很难互连。随着网络技术的应用和发展，人们迫切需要有一套标准化的体系结构，能使各种网络产品都符合标准的规定，达到简化通信手续，便于在不同计算机上实现互连的目的。为此，国际标准化组织（ISO）于 1978 年专门设立了一个分委员会，用于研究网络结构实现标准化问题。

ISO 于 1984 年推出了著名的 OSI 标准：ISO/IEC7498 又称为 X.200 建议。我国的相应标准是 GB9387。该体系结构标准定义了异质系统互连的七层框架，即 OSI。

OSI 模型的每一层都作为一个独立模块存在。下面列出了建立七层模型的原则。

- 只有在需要一个不同的抽象层时，才能创建一个层。
- 每一层应能执行一个定义好的功能。
- 每一层的功能应按照定义国际标准化协议的目标进行选择。
- 每一层的边界应使通过接口的信息流最小化。
- 层的数目应保证能划分出明显的功能，也不能过多，致使系统变得繁杂。

OSI 模型如图 1-9 所示。

## 2. 分层协议

### (1) 物理层 (Physical Layer)

物理层是 OSI 模型的最底层，其主要功能是控制物理介质上接收和发送未经组织和加工的无结构位数据流。物理层为数据链路层提供服务。

数据编码改变了计算机使用的 0,1 简单数字信号模式，能更好地适应物理介质的特性，有助于位与帧的同步。

数据编码解决了以下问题：

- 哪一种信号模型表示一个二进制 1。
- 接收站如何判定一个“位时间”开始。
- 接收站如何界定一帧。

物理介质附件解决以下问题：

- 是否需要一个外部转发器连接到介质。
- 连接器有多少针，以及每针的用途。

传输技术决定编码位是以基带数字信号还是以宽带模拟信号发送。物理介质传输根据如下准则，决定用电信号还是用光信号传输数字位：

- 使用哪一种物理介质选项。
- 在具体物理介质上，应该用多少伏特代表一个给定的信号状态。

### (2) 数据链路层 (Data Link Layer)

物理层的上层是数据链路层，它通过物理层，将数据帧从一台计算机无错传输到另一台计算机。其上各层可以假定网络上的数据传输均是正确无误的。数据链路层提供以下功能：

- 建立或终止两台计算机间的逻辑连接（虚电路连接），这两台计算机能由它们各自的惟一网卡 (NIC) 地址标识。
- 通过控制发送计算机停止发送帧缓冲区中的数据来控制帧流量。
- 顺序发送和接收帧。
- 提供和预期帧确认，通过重传未确认帧以及处理重复帧接收来检测和恢复物理层中出现的错误。
- 管理介质访问，以决定何时允许计算机使用物理介质。
- 用划定帧界限的方式创建并确认帧边界。
- 用帧错误校验来确认接收帧的完整性。
- 检查接收的每帧的目的地址，以确定该帧是否应传送到上一层。

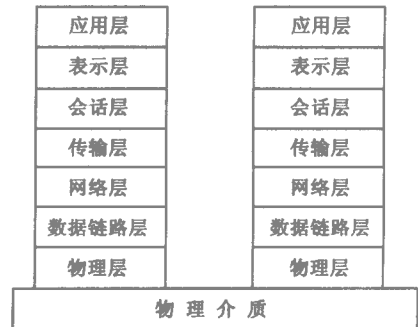


图 1-9 OSI 开放系统参考模型

IEEE 将数据连接层细分了两个子层：逻辑的连接控制（LLC）和媒介存取控制（MAC）。图 1-10 表示了数据连接层与两个子层的关系。

数据链路层的功能就是实现系统实体间二进制信息块的正确传输。通过进行必要的同步控制、差错控制、流量控制，为网络层提供可靠、无错误的数据信息。

物理层不能解决真正的数据传输与控制，如异常情况处理、差错控制与恢复、信息格式、协调通信等。为了进行真正有效的、可靠的数据传输，就需要对传输操作进行严格的控制和管理，这就是数据链路传输控制规程，也就是数据链路层协议。数据链路层协议是建立在物理层基础上的，通过一些数据链路层协议，在不太可靠的物理链路上实现可靠的数据传输。

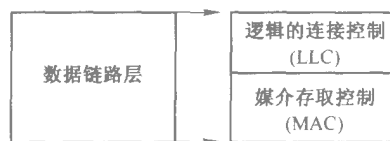


图 1-10 数据连接层包含两个子层

### (3) 网络层 (Network Layer)

处理网络间路由，确保数据及时传送。将数据链路层提供的帧组成数据包，包中封装有网络层包头，其中含有逻辑地址信息——源站点和目的站点的网络地址。

网络层也称通信子网层。网络层是通信子网的最高层，是高层与低层协议之间的界面层。网络层用于控制通信子网的操作，是通信子网与资源子网的接口。网络层关系到通信子网的运行控制，体现了网络应用环境中资源子网访问通信子网的方式。

网络层的主要功能就是实现整个网络系统内连接，为传输层提供整个网络范围内两个终端用户之间数据传输的通路。网络层所研究和解决的问题包括：

- 为上一层传输层提供服务。
- 路径选择。路径选择又称路由选择，它解决的问题是：在具有许多节点的广域网里，通过哪一条或哪几条通路能将数据从信源主计算机传送到信宿主计算机中。
- 流量控制。数据链路层的流量控制是针对数据链路相邻节点进行的。网络层的流量控制是对整个通信子网内的流量进行控制，是对进入分组交换网的通信量进行控制。
- 连接的建立、保持和终止问题。

网络层所提供的服务有两个大类：面向连接的网络服务和无连接的网络服务。

### (4) 传输层 (Transport Layer)

提供建立、维护和取消传输连接功能，负责可靠地传输数据。

传输层对高层用户来说，它屏蔽了下面通信子网的细节，使高层用户看不见实现通信功能的物理链路是什么，看不见数据链路的规程是什么，看不见下层有多少个通信子网和通信子网是如何连接起来的，传输层使高层用户感觉到的就好象是在两个运输层实体之间有一条端到端的可靠的通信通路。传输层是用于填补通信子网提供的服务与用户要求之间的间隙的，其反映并扩展了网络层的服务功能。对传输层来说，通信子网提供的服务越多，传输层协议越简单反之传输层协议越复杂。

传输层提供的服务可归纳为两类：一类是传输连接管理，即负责建立和在通信完毕时释放运输连接；另一类是数据传送。

为了使不同的网络能够进行不同类型的数据传输，ISO 定义了 0 类到 4 类共 5 类运输协议。所有 5 类协议都是面向连接的。5 类协议都要用到网络层提供的服务，即建立网络连接。

并且 在建立网络连接时 还需要建立各有关链路的连接 在数据传输结束后 释放传输连接。

从传输层开始的以上各层统称为高层协议。它们主要考虑的问题是主机与主机之间的协议问题。高层协议中所涉及的许多内容，目前还正处在研究阶段，没有一套完整的标准。

#### (5) 会话层 Session Layer)

提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。如服务器验证用户登录便是由会话层完成的。

会话层与传输层之间的区别是：

协议功能：会话层协议是在传输层连接服务的基础上提供一个用户接口，而传输协议负责产生和维持两个端点之间的逻辑连接。

服务：会话层提供的为数据交换用的服务非常丰富和复杂，而传输层的服务非常简单，即提供一个可靠的传输数据服务。

协议特性：由于传输层保证了把会话协议数据单元送到对等层用户，所以会话层协议是非常简单的。而传输层协议要在各种不利的条件下保证传输服务的可靠性，因此传输层协议非常复杂。

#### (6) 表示层 Presentation Layer)

提供格式化的表示和转换数据服务。如数据的压缩和解压缩，加密和解密等工作都由表示层负责。

表示层向上对应用层服务，向下接受来自会话层的服务。表示层为在应用过程之间传送的信息提供表示方法的服务，它关心的只是发出信息的语法与语义。

在表示层内要实现如下功能：

- 网络的安全和保密。
- 文本压缩。
- 虚拟终端协议 (VTP)。

#### (7) 应用层 Application Layer)

提供网络与用户应用软件之间的接口服务。

应用层中包含了若干个独立的、用户通用的服务协议模块。应用层是 OSI 的最高层 为网络用户之间的通信提供专用的程序。应用层的内容主要取决于用户的具体需要，这一层涉及的主要问题是 分布式数据库、分布式计算技术、网络操作系统和分布式操作系统、远程文件传输、电子邮件、终端电话及远程作业录入与控制等。虽然目前已经有了—些标准的应用层协议 但本层在国际上还没有完整的标准 是一个范围很广的研究领域。

应用层是直接面向用户的一层，用户的通信内容要由应用进程解决，这就要求应用层采用不同的应用协议来解决不同类型的应用要求，并且保证这些不同类型的应用所采用的低层通信协议是一样的。应用类型的复杂性与多样性，就是为什么到目前为止应用层没有—套完整标准的根本所在。

### 1.4.3 TCP/IP 参考模型

由于互联网包括了广域网(含卫星信道)局域网、分组无线电网 因此 通信子网的可靠性就下降了。当卫星和无线网络出现以后，现有的协议在和它们互连时出现了问题，所以需要—

种新的参考体系结构，而这种新的参考体系结构的主要功能就是能无缝隙地连接多个网络。TCP/IP 就是为此而设计的，它主要包括 4 个层次 如图 1-11 所示。

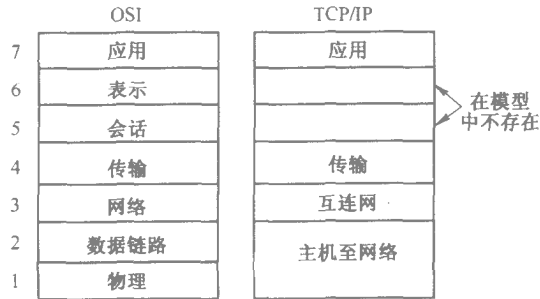


图 1-11 OSI 模型与 TCP/IP 模型比较

### 1. 互联网层

互联网层是整个体系结构的关键部分，它的功能是使主机可以把分组发往任何网络并使分组独立地传向目标（可能经由不同的网络），分组到达的顺序和发送的顺序可能不同。

互联网层定义了正式的分组格式和协议，即 IP 协议（Internet Protocol）。互联网层的功能就是把 IP 分组发送到应该去的地方。分组路由和避免阻塞是这里主要的设计问题。

### 2. 传输层

在 TCP/IP 模型中，位于互联网层之上的是传输层（transport layer）。它的功能是使源端和目标端主机上的对等实体可以进行会话，传输层定义了两个端到端的协议。第一个是传输控制协议 TCP（transmission control protocol）它是一个面向连接的协议，它允许从一台机器发出的字节流无差错地发往互联网上的其他机器，它把输入的字节流分成报文段并传给互联网层。在接收端，TCP 接收进程并把收到的报文再组装成输出流。TCP 还要处理流量控制，以避免快速发送方向低速接收方发送过多报文而使接收方无法处理。

第二个协议是用户数据报协议 UDP（user datagram protocol）。它是一个不可靠的无连接协议，UDP 被广泛地应用于只有一次的、客户-服务器模式的请求-应答查询，以及快速递交更重要的应用程序，如传输语音或影像。

### 3. 应用层

由于没有需要，所以，TCP/IP 模型没有会话层和表示层。来自 OSI 模型的经验已经证明，它们对大多数应用程序都没有用处。

传输层的上面是应用层（application layer）。它包含所有的高层协议。例如虚拟终端协议（TELNET）、文件传输协议（FTP）和电子邮件协议（SMTP）如图 1-12 所示。

远程登录协议允许一台机器上的用户登录到远程机器上并且进行工作。文件传输协议提供了有效地把数据从一台机器移动到另一台机器的方法。电子邮件协议最初仅是一种文件传输，但是后来为它提出了专门的协议。这些年来又增加了不少的协议，例如域名系统服务 DNS（domain name service）用于把主机名映射到网络地址；NNTP 协议用于传递新闻文章还有 HTTP 协议，用于在互联网上获取主页等。

### 4. 主机至网络层

主机至网络层也叫网络接口层或网络存取层，此层负责把 TCP/IP 包放入网络介质上并