

项目 1 学习一个简单的对等网络

1.1 项目导入

小明家中原有一台计算机,后来由于学习需要,小明爸爸单独给小明新添了一台计算机。可是家中只有一台打印机,两台计算机之间经常要借助 U 盘复制文件来打印资料,这些操作带来了一些麻烦,小明感到很苦恼。

请读者为小明分忧解难,从网络的角度考虑问题,看一下该怎么办。其实很简单,将小明家的计算机组建成简单的家庭网络,再通过家庭网络实现文件传送、打印机共享就可以了。

1.2 职业能力目标和要求

- 掌握计算机网络的概念。
- 了解计算机网络的发展历史、功能和分类。
- 掌握计算机网络的组成。
- 掌握计算机网络的体系结构。
- 掌握双绞线、直通线和交叉线的制作方法。

1.3 相关知识

1.3.1 计算机网络的发展历史

计算机网络的发展经历了从简单到复杂、从低级到高级的过程,这个过程可分为四个阶段:面向终端的计算机网络、面向通信的计算机网络、面向应用(标准化)的计算机网络和面向未来的高速计算机网络。

1. 面向终端的计算机网络——以数据通信为主

20 世纪 50 年代末期,计算机远程数据处理应用的发展导致了“终端—计算机”网络的产生,它是远程终端利用通信线路与主机(一般为大型计算机)相联形成的联机系统。这种系统以主机为核心,人们使用终端设备把自己的要求通过通信线路传给远程的主机,主机经过处理后把结果传给用户。

2. 面向通信的计算机网络——以资源共享为主

20 世纪 60 年代后期开始产生了“计算机—计算机”网络,它是将分布在不同地区的多台计算机主机用通信线路连接起来,彼此交换数据、传递信息,其典型代表是美国国防部高级研究计划局(advanced research projects agency, ARPA)于 1969 年建立的广域网 ARPANET 和美国 Xerox 公司于 1972 年开发的局域网 Etherent(又称以太网)。此后,局域网、广域网如雨后春笋般地迅速发展起来。

3. 面向应用(标准化)的计算机网络——体系标准化

1974 年,美国 IBM 公司公布了它研制的系统网络体系结构(system network architecture, SNA)。不久,各种不同的分层网络系统体系结构相继出现。

对各种体系结构来说,同一体系结构的网络产品互联是非常容易实现的,而不同系统体系结构的产品却很难实现互联。但社会的发展迫切要求不同体系结构的产品都能够很容易地实现互联,人们迫切希望建立一系列的国际标准,渴望得到一个“开放”系统。为此,国际标准化组织 ISO(international standards organization)于 1977 年成立了专门的机构来研究该问题,在 1984 年正式颁布了“开放系统互连参考模型”(open system interconnection reference model)的国际标准 OSI,这就产生了第三代计算机网络。

4. 面向未来的高速计算机网络——以 Internet 为核心的高速计算机网络

进入 20 世纪 90 年代,计算机技术、通信技术以及建立在互联计算机网络技术基础上的计算机网络技术得到了迅猛的发展。特别是 1993 年美国宣布建立国家信息基础设施(national information infrastructure, NII)后,全世界许多国家纷纷制定和建设本国的 NII,从而极大地推动了计算机网络技术的发展。美国政府又分别于 1996 年和 1997 年开始研究发展快速可靠的互联网 2(Internet 2)和下一代互联网(next generation Internet)。可以说高速的计算机互联网(信息高速公路)正成为新一代计算机网络的发展方向。

1.3.2 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要表现在以下四个方面。

1. 数据传送

数据传送是计算机网络的最基本功能之一,用于实现计算机与终端或计算机与计算机之间传送各种信息的功能。

2. 资源共享

充分利用计算机系统硬、软件资源是组建计算机网络的主要目标之一。

3. 提高计算机的可靠性和可用性

提高计算机的可靠性表现在计算机网络中的各台计算机可以通过网络彼此互为后备机,一旦某台计算机出现故障,故障机的任务就可由其他计算机代为处理,避免了单机无后备使用的情况下因某台计算机故障而导致系统瘫痪的现象发生,大大提高了系统的可靠性。

提高计算机可用性是指当网络中某台计算机负担过重时,网络可将新的任务转交给网络中较空闲的计算机完成,这样就能均衡各计算机的负载,提高每台计算机的可用性。

4. 易于进行分布式处理

计算机网络中,各用户可根据情况合理选择网内资源,以就近、快速地处理。对于较大的综合性问题,可通过一定的算法将任务交换给不同的计算机,达到均衡使用网络资源、

实现分布处理的目的。此外,利用网络技术,能将多台计算机连成具有高性能的计算机系统,对解决大型复杂问题,比用高性能的大、中型机费用要低得多。

1.3.3 计算机网络的定义

“计算机存在于网络上”“网络就是计算机”这样的概念正在成为人们的共识。

计算机网络是计算机技术与通信技术结合的产物。关于计算机网络,有一个更详细的定义为:“计算机网络是用通信线路和网络连接设备将分布在不同地点的多台独立式计算机系统互相联结,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享,为网络用户提供各种应用服务的信息系统”。

1.3.4 计算机网络的组成

计算机网络的硬件系统通常由服务器、工作站、传输介质、网卡、路由器、集线器、中继器、调制解调器等组成。下面对其中几种硬件做简要说明。

1. 服务器

服务器(server)是网络运行、管理和提供服务的中枢,它影响网络的整体性能,一般在大型网络中采用大型机、中型机或小型机作为网络服务器;对于网点不多、网络通信量不大、数据安全要求不高的网络,可以选用高档微机作为网络服务器。

服务器按提供的服务被冠以不同的名称,如数据库服务器、邮件服务器、打印服务器、WWW 服务器、文件服务器等。

2. 工作站

工作站(workstation)也称客户机(client)。由服务器进行管理和提供服务的、连入网络的任何计算机都属于工作站,其性能一般低于服务器。个人计算机接入 Internet 后,在获取 Internet 的服务的同时,其本身就成为一台 Internet 上的工作站。

服务器或工作站中一般都安装了网络操作系统。网络操作系统除具有通用操作系统的功能外,还应具有网络支持功能,能管理整个网络的资源。常见的网络操作系统主要有 Windows、Netware、UNIX、Linux 等。

3. 传输介质

传输介质是网络中信息传输的物理通道,通常分为有线网和无线网。

- 有线网中计算机通过光纤、双绞线、同轴电缆等传输介质连接。
- 无线网中则通过无线电、微波、红外线、激光和卫星信道等无线介质进行连接。

1) 光纤

光纤具有很大的带宽,包裹在光缆内,两者名称经常混用。光缆结构如图 1-1 所示。



图 1-1 光缆结构

光纤是由许多细如发丝的玻璃纤维外加绝缘护套组成,光束在玻璃纤维内传输,具有防电磁干扰、传输稳定可靠、传输带宽高等特点,适用于高速网络和骨干网。

利用光纤连接网络,每端必须连接光/电转换器,另外还需要其他辅助设备。

光纤分为单模光纤和多模光纤两种(所谓“模”,就是指以一定的角度进入光纤的一束光线)。

- 单模光纤: 芯的直径一般为 $9\mu\text{m}$ 或 $10\mu\text{m}$, 使用激光作为光源, 并只允许一束光线穿过光纤, 定向性强, 传递数据质量高, 传输距离远, 可达 100km, 通常用于长途干线传输及城域网建设等。
- 多模光纤: 芯的直径一般是 $50\mu\text{m}$ 或 $62.5\mu\text{m}$, 使用发光二极管作为光源, 允许多束光线同时穿过光纤, 定向性差, 最大传输距离为 2km, 一般用于距离相对较近的区域内的网络连接。

2) 双绞线

双绞线是布线工程中最常用的一种传输介质, 由不同颜色的 4 对 8 芯线(每根芯线加绝缘层)组成, 每两根芯线按一定规则交织在一起(为了降低信号之间的相互干扰), 成为一个芯线对。双绞线可分为非屏蔽双绞线(UTP)和屏蔽双绞线(STP), 平时接触的大多是非屏蔽双绞线, 其最大传输距离为 100m, 如图 1-2 所示。

使用双绞线组网时, 双绞线和其他设备连接必须使用 RJ-45 接头(也叫水晶头), 如图 1-3 所示。

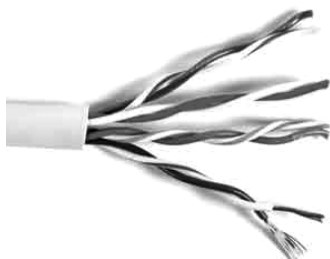


图 1-2 双绞线

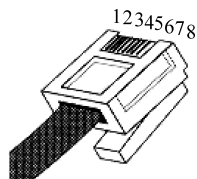


图 1-3 RJ-45 接头

RJ-45 接头中的线序有两种标准。

- EIA/TIA-568A 标准: 绿白-1、绿-2、橙白-3、蓝-4、蓝白-5、橙-6、棕白-7、棕-8。
- EIA/TIA-568B 标准: 橙白-1、橙-2、绿白-3、蓝-4、蓝白-5、绿-6、棕白-7、棕-8。

在双绞线中, 直接参与通信的导线是线序为 1、2、3、6 的四根线, 其中 1 和 2 负责发送数据; 3 和 6 负责接收数据。双绞线的两种线序标准如图 1-4 所示。

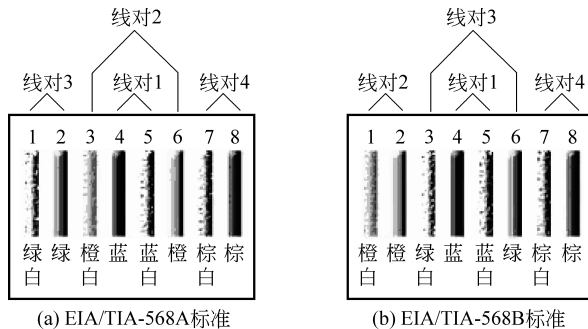


图 1-4 双绞线的两种线序标准

网线的做法分为两种：直通线和交叉线,如图 1-5 和图 1-6 所示。

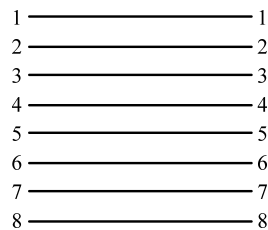


图 1-5 直通线网线分布

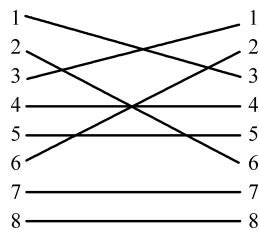


图 1-6 交叉线网线分布

- 直通线：即直连线,是指双绞线两端线序都为 568A 或 568B,用于不同设备相连。
- 交叉线：双绞线一端线序为 568A,另一端线序为 568B,用于同种设备相连。

表 1-1 是直通线和交叉线应用的几种方式。

表 1-1 直通线和交叉线应用的方式

应 用	方 式		应 用	方 式	
	直通线	交叉线		直通线	交叉线
网卡对网卡		√	集线器对集线器(普通口)		√
网卡对集线器	√		交换机对交换机(普通口)		√
网卡对交换机	√		交换机对集线器(Uplink 口)	√	

3) 同轴电缆

同轴电缆有粗缆和细缆之分,在实际中有广泛应用,比如,有线电视网中使用的就是粗缆。不论是粗缆还是细缆,其中心都是一根铜线,外面包有绝缘层,如图 1-7 所示。

4. 网卡

网卡也叫网络适配器,是计算机网络中最重要连接设备,计算机主要通过网卡连接网络,它负责在计算机和网络之间实现双向数据传输。每块网卡均有唯一的 48 位二进制网卡地址(MAC 地址),通常表示为 12 位十六进制,如 00-23-5A-69-7A-3D,如图 1-8 所示。

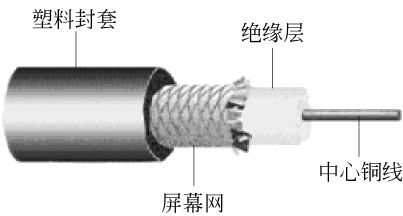


图 1-7 同轴电缆



图 1-8 网卡

1.3.5 计算机网络的类型

计算机网络的类型可以按不同的标准进行划分。从不同的角度观察网络系统、划分网络,有利于全面地了解网络系统的特性。

1. 按通信媒体划分

(1) 有线网。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。

(2) 无线网。无线网是采用微波等形式来传输数据的网络。

2. 按网络的管理方式划分

按网络的管理方式,可以将网络分为对等网络和客户机/服务器网络。

3. 按使用对象划分

(1) 公用网。公用网对所有的人提供服务,只要符合网络拥有者的要求就能使用这个网,也就是说它是为全社会所有的人提供服务的网络,如国内的公用数据网 CHINAPAC。

(2) 专用网。专用网为一个或几个部门所拥有,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,如军事专网、铁路调度专网等。

4. 按网络的传输技术划分

网络所采用的传输技术决定了网络的主要技术特点,因此根据网络所采用的传输技术对网络进行分类是一种很重要的方法。

在通信技术中,通信信道的类型有两类:广播通信信道与点到点通信信道。在广播通信信道中,多个节点共享一个通信信道,一个节点广播信息,其他节点则接收信息。而在点到点通信信道中,一条通信线路只能连接一对节点,如果两个节点之间没有直接连接的线路,那么它们只能通过中间节点转接。显然,网络要通过通信信道完成数据传输任务。因此,网络所采用的传输技术也只可能有两类,即广播(broadcast)方式与点到点(point-to-point)方式。这样,相应的计算机网络也以此分为两类,即广播方式网络(broadcast networks)和点到点方式网络(point-to-point networks)。

(1) 广播方式网络。在广播方式网络中,所有联网的计算机都共享一个公共通信信道。当一台计算机利用共享通信信道发送报文分组时,所有其他的计算机都会“接收”到这个分组。由于发送的分组中带有目的地址与源地址,接收到该分组的计算机将检查目的地址是否与本节点地址相同,如果被接收报文分组的目的地址与本节点地址相同,则接收该分组,否则丢弃该分组。

(2) 点到点方式网络。与广播方式网络相反,在点到点方式网络中,每条物理线路连接一对计算机。假如两台计算机之间没有直接连接的线路,那么它们之间的分组传输就要通过中间节点的接收、存储、转发,直至目的节点。由于连接多台计算机之间的线路结构可能是复杂的,因此从源节点到目的节点可能存在多条路由。决定分组从通信子网的源节点到达目的节点的路由是路由选择算法。采用分组存储转发与路由选择是点到点方式网络与广播方式网络的重要区别之一。

5. 按距离划分

按距离划分,就是根据网络的作用范围划分网络。

(1) 局域网。局域网(local area network, LAN)地理范围一般在十几千米以内,属于一个部门或单位组建的小范围网。例如,一个建筑物、一个学校、一个单位内部等。局域网组建方便,使用灵活,是目前计算机网络发展中最活跃的分支。

(2) 广域网。广域网(wide area network, WAN)又称远程网,它的作用范围通常为几十千米、几百千米,甚至更远,因此,网络所涉及的范围可以是一个城市、一个省、一个国家乃至世界范围。广域网一般用于连接广阔区域中的 LAN。广域网内,用于通信的传输装置和介质一般由电信部门提供,网络由多个部门或多个国家联合组建而成,网络规模大,能实现较大范围内的资源共享。

(3) 城域网。城域网(metropolitan area network, MAN)的作用范围在 LAN 与 WAN 之间,覆盖范围有几十千米。其运行方式与 LAN 相似,基本上是一种大型 LAN,通常使用与 LAN 相似的技术。

1.3.6 计算机网络的体系结构

计算机网络的体系结构是指计算机网络及其部件所应完成功能的一组抽象定义,是描述计算机网络通信方法的抽象模型结构,一般是指计算机网络的各层及其协议的集合。

1. 协议

协议(protocol)是一种通信约定。就邮政通信而言,就存在很多通信约定。例如,使用某种文字写信,若收信人只懂英文,而发信人用中文写信,对方要请人翻译成英文才能阅读。不管发信人选择的是中文或英文,都得遵照一定的语义、语法格式书写。其实语言本身就是一种协议。

为了保证计算机网络中大量计算机之间有条不紊地交换数据,就必须制定一系列的通信协议。因此,协议是计算机网络中一个重要与基本的概念。一个计算机网络通常由多个互联的节点组成,而节点之间需要不断地交换数据与控制信息。要做到有条不紊地交换数据,每个节点都需要遵守一些事先约定好的规则。这些规则明确地规定了所交换数据的格式和时序。这些为网络数据交换而制定的规则、约定与标准被称为网络协议。

网络协议就是为实现网络中的数据交换建立的规则、标准或约定,它主要由语法、语义和时序三部分组成,即协议的三要素。

(1) 语法:用户数据与控制信息的结构与格式。

(2) 语义:需要发出何种控制信息,以及要完成的动作与应做出的响应。

(3) 时序:对事件实现顺序控制的时间。

2. 体系结构

把网络层次结构模型与各层次协议的集合定义为计算机网络体系结构,简称体系结构。网络体系结构对计算机网络应实现的功能进行了精确的定义,而这些功能是用什么样的硬件与软件去完成的,则是具体的实现问题。体系结构是抽象的,而实现是具体的,它是指能够运行的一些硬件和软件。

1974 年,IBM 公司提出了世界上第一个网络体系结构,这就是系统网络体系结构(system network architecture, SNA)。随着信息技术的发展,各种计算机系统联网和各种计算机网络的互联成为人们迫切需要解决的课题,开放系统互连参考模型就是在这一背景下提出并加以研究的。

3. 开放系统互连参考模型

为了建立一个国际统一标准的网络体系结构,国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)从 1978 年 2 月开始研究开放系统互连(open system interconnection, OSI)参考模型,1982 年 4 月形成国际标准草案,它定义了异种机联网标准的框架结构。采用分层描述的方法,将整个网络的通信功能划分为七个部分(也叫七个层次),每层各自完成一定的功能。由低层至高层分别称为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

OSI 参考模型分层的原则如下。

- 每层的功能应是明确的,并且是相互独立的。当某一层具体实现方法更新时,只要保持与上、下层的接口不变,那么就不会对邻层产生影响。
- 层间接口必须清晰,跨越接口的信息量应尽可能少。
- 每一层的功能选定都应基于已有的成功经验。
- 在需要不同的通信服务时,可在一层内再设置两个或更多的子层次;当不需要该服务时,也可绕过这些子层次。

1) 物理层

物理层(physical layer)是 OSI 模型的第一层,其任务是实现网内两实体间的物理连接,按位串行传送比特流,将数据信息从一个实体经物理信道送往另一个实体,向数据链路层提供一个透明的比特流传送服务。物理层传送的基本单位是比特(bit)。

2) 数据链路层

数据链路层(data link layer)的主要功能是通过校验、确认和反馈重发等手段对高层屏蔽传输介质的物理特征,保证两个邻接(共享一条物理信道)节点间的无错数据传输,给上层提供无差错的信道服务。具体工作是:接收来自上层的数据,不分段,给它加上某种差错校验位(因物理信道有噪声)、数据链路协议控制信息和头、尾分界标志,变成帧(数据链路协议数据单位),从物理信道上发送出去,同时处理接收端的回答,重传出错和丢失的帧,保证按发送次序把帧正确地交给对方。此外,还有流量控制、启动链路、同步链路的开始、结束等功能以及对多站线、总线、广播通道上各站的寻址功能。数据链路层传送的基本单位是帧(frame)。

3) 网络层

网络层(network layer)的基本工作是接收来自源主机的报文,把它转换成报文分组(包),然后送到指定目标机器。报文分组在源主机与目标机之间建立起的网络连接上传送,当它到达目标机后再装配还原为报文。这种网络连接是穿过通信子网建立的。网络层关心的是通信子网的运行控制,需要在通信子网中进行路由选择。如果同时在通信子网中出现过多的分组,会造成阻塞,因而要对其进行控制。当分组要跨越多个通信子网才能到达目的地时,还要解决网际互联的问题。网络层传送的基本单位是数据包(data packet)。

4) 传输层

传输层(transport layer)是第一个端对端,也就是主机到主机的层次。该层的目的是提供一种独立于通信子网的数据传输服务(即对高层隐藏通信子网的结构),使源主机与目标主机好像是点对点简单连接起来的一样,尽管实际的连接可能是一条租用线或各种类型的包交换网。传输层的具体工作是负责两个会话实体之间的数据传输,接收会话层送来的报文,把它分解成若干较短的片段(因为网络层限制传送包的最大长度),以保证每一片段都能正确到达对方,并按它们发送的次序在目标主机重新汇集起来(这一工作也可以在网络层完成)。通常传输层在高层用户请求建立一条传输虚通信连接时,就通过网络层在通信子网中建立一条独立的网络连接。但是,若需要较高吞吐量时,传输也可以建立多条网络连接来支持一条传输连接,这就是分流。或者为了节省费用,也可将多个传输通信合用一条网络连接,称为复用。传输层还要处理端到端的差错控制和流量控制问题。概括地说,传输层为上层用户提供端到端的透明化的数据传输服务。传输层传送的基本单位是报文段(segment)。

5) 会话层

会话层(session layer)允许不同主机上各种进程间进行会话。传输层是主机到主机的层

次,而会话层是进程到进程之间的层次。会话层组织和同步进程间的对话,它可管理对话,允许双向同时进行,或任何时刻只能一个方向进行。在后一种情况下,会话层提供一种数据权标来控制哪一方有权发送数据。会话层还提供同步服务。若两台机器进程间要进行较长时间的大的文件传输,而通信子网故障率又较高,对运输层来说,每次传输中途失败后,都不得不重新传输这个文件。会话层提供了在数据流中插入同步点机制,在每次网络出现故障后可以仅重传最近一个同步点以后的数据,而不必从头开始。会话层管理通信进程之间的会话,协调数据发送方、发送时间和数据报的大小等。会话层及以上各层传送的基本单位是信息(message)。

6) 表示层

表示层(presentation layer)为上层用户提供共同需要的数据或信息语法表示变换。大多数用户间并非仅交换随机的比特数据,而是要交换诸如人名、日期、货币数量和商业凭证之类的信息。它们是通过字符串、整型数、浮点数以及由简单类型组合成的各种数据结构来表示的。不同的机器采用不同的编码方法来表示这些数据类型和数据结构(如 ASCII 或 EBCDIC、反码或补码等)。为了让采用不同编码方法的计算机通信交换后能相互理解数据的值,可以采用抽象的标准方法来定义数据结构,并采用标准的编码表示形式。管理这些抽象的数据结构,并把计算机内部的表示形式转换成网络通信中采用的标准表示形式都是由表示层来完成的。数据压缩和加密也是表示层可提供的表示变换功能。数据压缩可用来减少传输的比特数,从而节省经费;数据加密可防止敌意的窃听和篡改。

7) 应用层

应用层(application layer)是 OSI 环境中的最高层。不同的应用层为特定类型的网络应用提供访问 OSI 环境的手段。网络环境下不同主机间的文件传送、访问和管理(file transfer access and management, FTAM);网络环境下传送标准电子邮件的报文处理系统(message handling system, MHS);方便不同类型终端和不同类型主机间通过网络交互访问的虚拟终端(virtual terminal, VT)协议等都属于应用层的范畴。

OSI 参考模型在网络技术发展中起到主导作用,促进了网络技术的发展和标准化。但是目前存在着多种网络标准,例如,传输控制协议/互联网协议(transmission control protocol/Internet protocol, TCP/IP)就是一个普遍使用的网络互联的标准协议。这些标准的形成和改善又不断促进网络技术的发展和應用。

4. OSI 参考模型的结构

OSI 参考模型的结构如图 1-9 所示,它描述了信息的通信环境。OSI 参考模型描述的范围包括联网计算机系统中的应用层到物理层的 7 层,以及通信子网,即图中虚线所连接的范围。

在图 1-9 中,系统 A 和系统 B 在连入计算机网络之前,不需要有实现从应用层到物理层的 7 层功能的硬件与软件。如果它们希望接入计算机网络,就必须增加相应的硬件和软件。通常物理层、数据链路层和网络层大部分可以由硬件方式来实现,而其他层基本通过软件方式来实现。例如,系统 A 要与系统 B 交换数据。系统 A 首先调用实现应用层功能的软件模块,将系统 A 的交换数据请求传送到表示层,再向会话层传送,直至物理层。物理层通过传输介质连接系统 A 与中间节点的通信控制处理机,将数据送到通信控制处理机。通信控制处理机的物理层接收到系统 A 的数据后,通过数据链路层检查是否存在传输错误,若无错误,通信控制处理机通过网络层确定下面应该把数据传送到哪一个中间节点。若通过

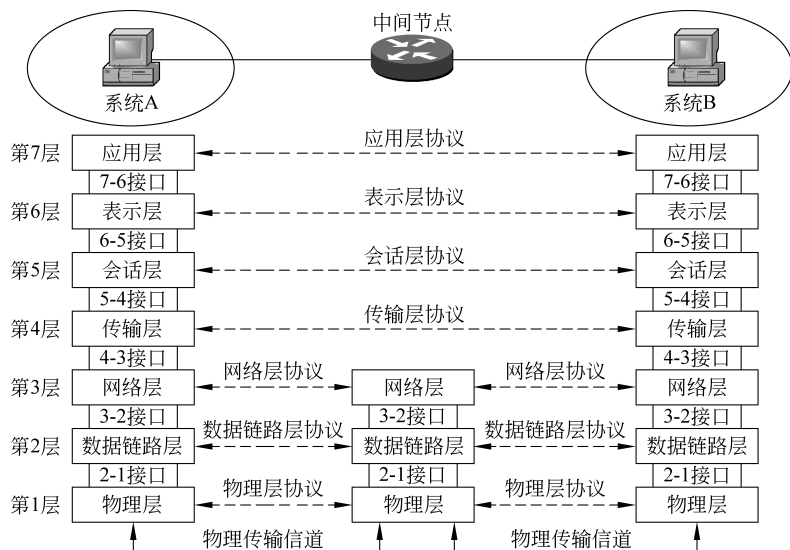


图 1-9 OSI 参考模型的结构

路径选择,确定下一个中间节点的通信控制处理机,则将数据从上一个中间节点传送到下一个中间节点。下一个中间节点的通信控制处理机采用同样的方法将数据送到系统 B,系统 B 将接收到的数据从物理层逐层向高层传送,直至系统 B 的应用层。

5. OSI 中的数据传输过程

OSI 中的数据流如图 1-10 所示。OSI 中数据传输过程包括以下几个步骤。

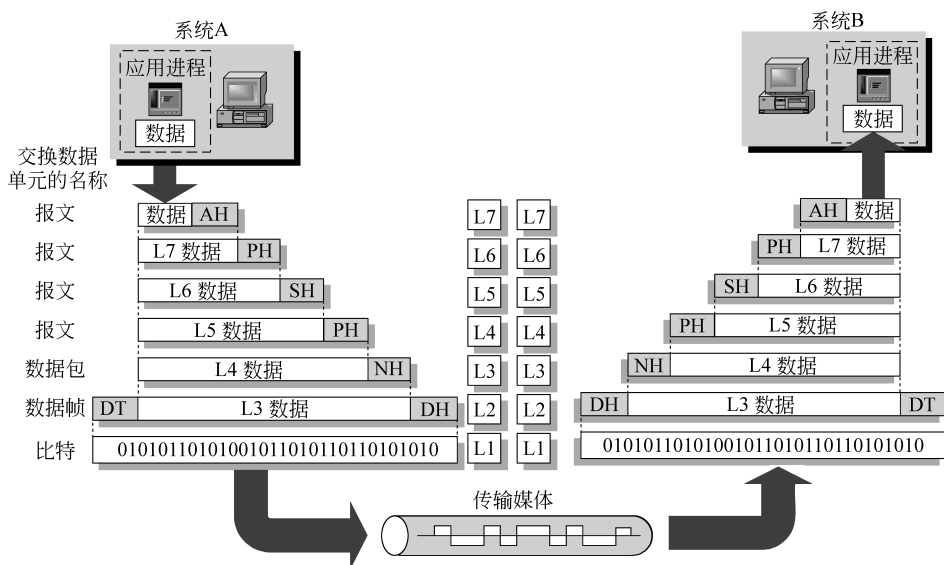


图 1-10 OSI 中的数据流

(1) 当应用进程 A 的数据传送到应用层时,应用层数据加上本层控制报头后,组织成应用层的数据服务单元,然后传输到表示层。

(2) 表示层接收到这个数据单元后,加上本层控制报头,组成表示层的数据服务单元,