

第1章

计算机网络的基本概念

学习本章后你需要掌握：

- 计算机网络的基本概念
- 局域网、城域网和广域网的特点
- ISO/OSI 参考模型的层次结构和各层功能
- TCP/IP 体系结构的各层功能

1.1 计算机网络的基本概念

.....

计算机网络的发展是与计算机技术和通信技术的发展分不开的。早期的每台计算机都独立于其他计算机，它们自行工作，具有的资源也只能自己享用。例如，如果打印机安装在一台计算机上，那么，只有该计算机上的用户才能使用它打印文档。随着计算机应用的广泛和深入，人们发现这种方式既不高效，也不经济，资源浪费非常严重。那么，有什么办法能够让一台计算机上的用户使用另一台计算机上的资源（如打印机）呢？为了解决这个问题，计算机网络诞生了。

1.1.1 什么是计算机网络？

所谓计算机网络就是利用通信线路将具有独立功能的计算机连接起来而形成的计算机集合，计算机之间可以借助于通信线路传递信息，共享软件、硬件和数据等资源。图 1-1 所示为计算机网络的简单示意图。

从以上的定义可以看出，计算机网络建立在通信网络的基础之上，是以资源共享和在线通信为目的的。利用计算机网络，我们不必花费大量的资金为每一位职员配置打印机，因为网络使共享打印机成为可能；利用计算机网络，我们不但可以利用多台计算机处理数据、文档、图像等各种信息，而且可以和其他人分享这些信息。在信息化高度发达的社会，在“时间就是金钱，效率就是生命”的今天，计算机网络为团队作业、协同工作提供了强有力的支持平台。

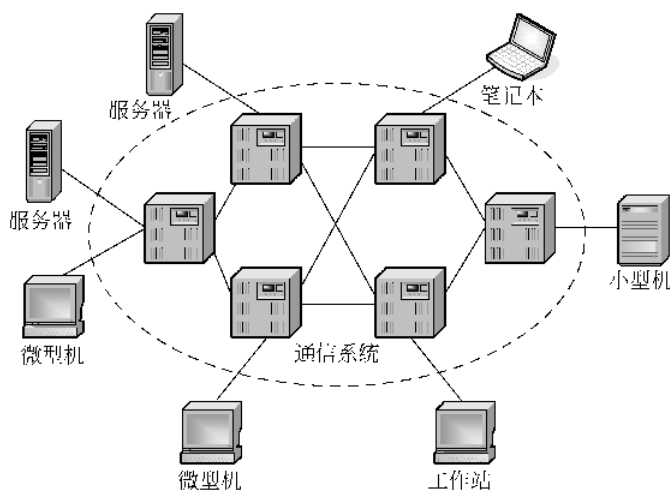


图 1-1 计算机网络简单示意图

1.1.2 计算机网络可以为我们带来什么？

1. 共享打印机等各种硬件设备

在计算机系统中,有些设备价格昂贵,而有些设备尽管价格便宜,但并非经常用到(如大容量磁盘、打印机、绘图仪等设备)。对于一个组织或机构来说,为每一台计算机配置这样的设备得不偿失。在没有计算机网络的情况下,人们如果想使用这些设备,只好坐在安装有该设备的计算机前或将该设备从另一台计算机移动到自己的计算机。但是,在网络环境下,人们就可以坐在自己的计算机前,像使用本地计算机一样使用安装在其他计算机上的设备,工作将变得更加快捷和方便。图 1-2 所示为多用户共享打印机示意图。

2. 共享数据资源

数据是计算机系统中最重要的资源之一。通常,计算机用户并不是孤立的,他们常常需要与其他用户交换信息、共享数据。没有计算机网络,只有将数据打印成纸页或将数据复制到软盘,通过传递纸页或软盘的方式共享数据。显然,这是一种非常低效的工作方式。在网络环境下,网络用户可以直接共享几乎所有类型的数据,将纸页和软盘的传递量降到最低。图 1-3 所示为多用户共享数据库示意图。

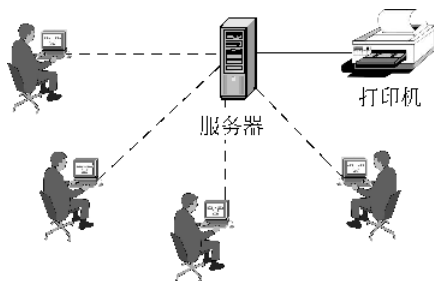


图 1-2 多用户共享打印机示意图

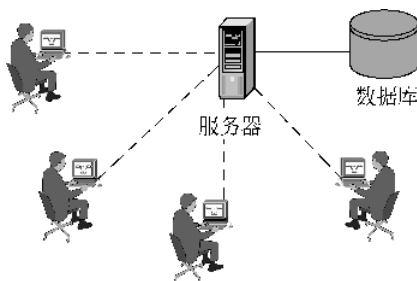


图 1-3 多用户共享数据库示意图

3. 共享应用程序,进行高效通信

共享应用程序(例如字处理软件)可以保证网络用户使用的应用程序的版本、配置等是完全一致的。完全一致应用程序的使用不但可以简化维护、培训等过程,而且可以保证数据的一致性。例如,通过使用统一的、版本号相同的字处理软件,一个用户在一台计算机中编辑的文档,可以保证另一用户在另一台计算机中顺利打开并使用。另外,计算机网络可以为我们提供高效、快捷的通信手段。电子邮件(e-mail)就是利用网络进行高效通信的一个典型实例。图 1-4 所示为多个用户利用 NetMeeting 应用程序的共享白板讨论问题示意图。

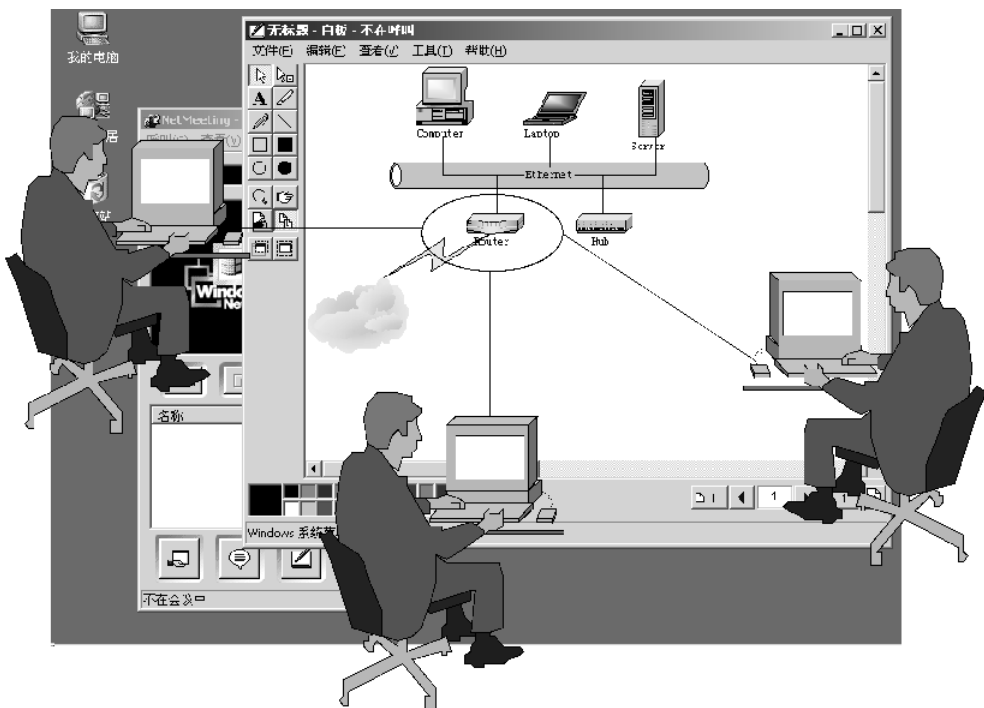


图 1-4 多个用户利用 NetMeeting 应用程序的共享白板讨论问题

计算机网络的规模有大有小,大的可以覆盖全球,小的可以仅由一间办公室中的两台或几台微机构成。在一般情况下,计算机网络的规模越大,包含的计算机越多,它所提供的网络资源和服务也就越丰富,其价值也就越高。

1.1.3 计算机网络的发展

近年来,计算机网路发展非常迅速。二十年前,很少有人接触过网络。但现在,计算机网络已成为社会结构的一个重要组成部分。公司、学校、机关、部队基本上都拥有自己的网络。计算机网络已遍布各个领域,在广告宣传、生产运输、会计电算化、教育教学等方面得到广泛的应用。

因特网(Internet)的迅猛和持续发展是网络界最令人激动、最令人感兴趣的事情之

一。三十年前,Internet 仅仅是一个只有几十个站点的研究项目。今天,Internet 已成为一个连接世界各大洲数百万用户的通信系统。Internet 对社会生活的冲击力在电视和杂志的广告中可见一斑,这些广告经常附带提供 Internet 的一个 Web 网址,利用该 Web 站点,你可以获得有关广告产品的详细或补充信息。

网络的发展对社会经济也具有一定的冲击力,一个完整的用于发展网络技术、网络产品和服务的新兴工业已经形成。计算机网络的重要性和受欢迎程度使社会对网络人才的需求大大增加。企业需要更多的网络人才规划、安装、操作、管理计算机网络和 Internet 软硬件系统。同时,网络技术的发展也要求程序员具有设计网络系统软件和应用软件的能力。

1.1.4 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法有多种,按照其覆盖的地理范围进行分类是最常用的一种。由于网络覆盖的地理范围不同,所采用的传输技术也就不同,进而形成的网络技术特点与网络服务功能也不同。

按照其覆盖的地理范围,计算机网络可以分为广域网(WAN, Wide Area Network)、城域网(MAN, Metropolitan Area Network)和局域网(LAN, Local Area Network)。

1. 广域网(WAN)

广域网也称为远程网。它所覆盖的地理范围从几十公里到几千公里。广域网可以覆盖一个国家、一个地区或横跨几个洲,形成国际性的计算机网络。广域网通常可以利用公用网络(如公用数据网、公用电话网、卫星通信网等)进行组建,将分布在不同国家和地区的计算机系统连接起来,达到资源共享的目的。

2. 城域网(MAN)

城域网的设计目标是满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司共享资源的需要,从而可以使大量用户之间进行高效的数据、语音、图形、图像以及视频等多种信息的传输。

3. 局域网(LAN)

局域网用于将有限范围内(如一个实验室、一幢大楼、一个校园)的各种计算机、终端与外部设备互联成网,具有传输速率高(一般在 $10 \sim 1000\text{Mbps}$)、误码率低(一般低于 10^{-8})的特点。局域网通常由一个单位或组织建设和拥有,易于维护和管理。根据采用的技术和协议标准的不同,局域网分为共享式局域网与交换式局域网。局域网技术的应用十分广泛,是计算机网络中最活跃的领域之一。

1.2 协议与分层

1.2.1 协议的基本概念

协议(protocol)是通信双方为了实现通信所进行的约定或所作的对话规则。实际上,为了实现人与人之间的交互,通信规约无处不在。例如,在使用邮政系统发送信件时,信封必须按照一定的格式书写(如收信人和发信人的地址必须按照一定的位置书写),否

则,信件可能不能到达目的地;同时,信件的内容也必须遵守一定的规则(如使用中文书写),否则,收信人可能不能理解信件的内容。在计算机网络中,信息的传输与交换也必须遵守一定的协议,而且传输协议的优劣直接影响网络的性能,因此,协议的制定和实现是计算机网络的重要组成部分。

网络协议通常由语义、语法和定时关系三部分组成。语义定义做什么,语法定义怎么做,而定时关系则定义何时做。

计算机网络是一个庞大、复杂的系统。网络的通信规约和规则也不是一个网络协议可以描述清楚的。因此,在计算机网络中存在有多种协议。每一种协议都有其设计目标和需要解决的问题,同时,每一种协议也有其优点和使用限制。这样做的主要目的是使协议的设计、分析、实现和测试简单化。

协议的划分应保证目标通信系统的有效性和高效性。为了避免重复工作,每个协议应该处理没有被其他协议处理过的那部分通信问题,同时,这些协议之间也可以共享数据和信息。例如,有些协议工作在网络的较低层次上,保证数据信息通过网卡到达通信电缆;而有些协议工作在较高层次上,保证数据到达对方主机上的应用进程。这些协议相互作用,协同工作,完成整个网络的信息通信和处理规约,解决所有的通信问题和其他异常情况。

1.2.2 网络的层次结构

“化繁为简,各个击破”是人们解决复杂问题常用的方法。对网络进行层次划分就是将计算机网络这个庞大的、复杂的问题划分成若干较小的、简单的问题。通过“分而治之”,解决这些较小的、简单的问题,从而解决计算机网络这个大问题。

计算机网络层次结构划分应按照“层内功能内聚,层间耦合松散”的原则。也就是说,在网络中,功能相似或紧密相关的模块应放置在同一层;层与层之间应保持松散的耦合,使信息在层与层之间的流动减到最小。

计算机网络采用层次化结构的优越性包括:

- 各层之间相互独立。高层并不需要知道低层是如何实现的,而仅需要知道该层通过层间的接口所提供的服务。
- 灵活性好。当任何一层发生变化时,只要接口保持不变,则在这层以上或以下各层均不受影响。另外,当某层提供的服务不再需要时,甚至可将这层取消。
- 各层都可以采用最合适的技术来实现,各层实现技术的改变不影响其他层。
- 易于实现和维护。整个的系统已被分解为若干个易于处理的部分,这种结构使得一个庞大而又复杂系统的实现和维护变得容易控制。
- 有利于网络标准化。因为每一层的功能和所提供的服务都已有了精确的说明,所以标准化变得较为容易。

1.3 ISO/OSI 参考模型

随着网络应用的广泛和深入,各种机构越来越认识到网络技术在提高生产效率、节约成本方面的重要性。于是,它们开始接入互联网,扩大网络规模。由于很多网络使用不同

的硬件和软件,结果造成大部分网络不能兼容,而且很难在不同的网络之间进行通信。

为了解决这些问题,人们迫切盼望网络标准的出台。为此,国际标准化组织(ISO, International Standards Organization)和一些大的网络公司、科研机构作了大量的努力。国际标准化组织开放式系统互连参考模型(ISO/OSI RM, International Standards Organization/Open System Interconnect Reference Model)和 TCP/IP 体系结构的提出就是其中最重要的成就。

1.3.1 ISO/OSI 参考模型的结构

开放式系统互连(OSI)参考模型是一个描述网络层次结构的模型,其标准保证了各种类型网络技术的兼容性和互操作性。OSI 参考模型说明了信息在网络中的传输过程,各层在网络中的功能和它们的架构。

OSI 参考模型描述了信息或数据通过网络,是如何从一台计算机的一个应用程序到达网络中另一台计算机的另一个应用程序的。当信息在一个 OSI 参考模型中逐层传送的时候,它越来越不像人类的语言,变为只有计算机才能明白的数字 0 和 1。

在 OSI 参考模型中,计算机之间传送信息的问题被分为 7 个较小且更容易管理和解决的小问题。每一个小问题都由模型中的一层来解决。之所以划分为 7 个小问题,是因为它们中的任何一个都囊括了问题本身,不需要太多的额外信息就能很容易地解决。将这 7 个易于管理和解决的小问题映射为不同的网络功能就叫做分层。OSI 将这七层从低到高叫做物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。如图 1-5 所示为 OSI 的七层结构和每一层解决的主要问题。

OSI 参考模型并非指一个现实的网络,它仅仅规定了每一层的功能,为网络的设计规划出一张蓝图。各个网络设备或软件生产厂家都可以按照这张蓝图来设计和生产自己的网络设备或软件。尽管设计和生产出的网络产品的式样、外观各不相同,但它们应该具有相同的功能。

按照 OSI 参考模型,网络中各结点都有相同的层次,不同结点的同等层具有相同的功能,同一结点内相邻层之间通过接口通信。每一层可以使用下层提供的服务,并向其上层提供服务。不同结点的同等层按照协议来实现对等层之间的通信,如图 1-6 所示。

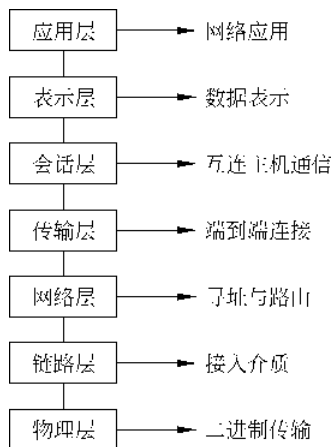


图 1-5 ISO/OSI 的七层参考模型

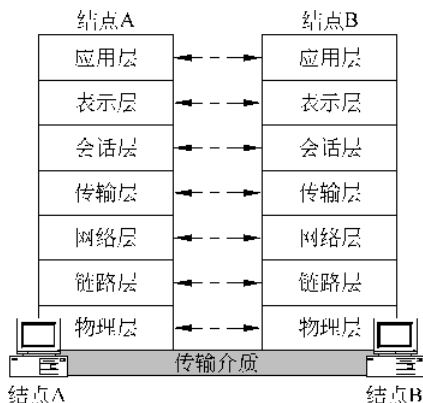


图 1-6 OSI 参考模型中两结点的层次结构

1.3.2 OSI 各层的主要功能

1. 物理层(Physical Layer)

物理层处于 OSI 参考模型的最底层。利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接,负责处理数据传输率并监控数据出错率,以便透明地传送比特流是这一层的主要功能。它定义了激活、维护和关闭终端用户之间电气的、机械的、过程的和功能的特性。物理层的特性包括电压、频率、数据传输速率、最大传输距离、物理连接器及其相关的属性。

2. 数据链路层(Data Link Layer)

在物理层提供比特流传输服务的基础上,数据链路层通过在通信的实体之间建立数据链路连接,传送以“帧”为单位的数据,使有差错的物理线路变成无差错的数据链路,保证点到点(Point-to-Point)可靠的数据传输。因此,数据链路层关心的主要问题包括物理地址、网络拓扑、线路规划、错误通告、数据帧的有序传输和流量控制。

3. 网络层(Network Layer)

网络层主要功能是为处在不同网络系统中的两个结点设备通信提供一条逻辑通道。其基本任务包括路由选择、拥塞控制与网络互联等功能。

4. 传输层(Transport Layer)

传输层的主要任务是向用户提供可靠的端到端(End-to-End)服务,透明地传送报文。它向高层屏蔽了下层数据通信的细节,因而是计算机通信体系结构中最关键的一层。该层关心的主要问题包括建立、维护和中断虚电路、传输差错校验和恢复,以及信息流量控制机制等。

5. 会话层(Session Layer)

就像它的名字一样,会话层建立、管理和终止应用程序进程之间的会话和数据交换。这种会话关系是由两个或多个表示层实体之间的对话构成的。

6. 表示层(Presentation Layer)

表示层保证一个系统应用层发出的信息能被另一个系统的应用层读出。如有必要,表示层用一种通用的数据表示格式在多种数据表示格式之间进行转换。它包括数据格式变换、数据加密与解密、数据压缩与恢复等功能。

7. 应用层(Application Layer)

应用层是 OSI 参考模型中最靠近用户的一层,它为用户的应用程序提供网络服务。这些应用程序包括电子数据表格程序、字处理程序和银行终端程序等。

应用层识别并证实目的通信方的可用性,使协同工作的应用程序之间进行同步,建立传输错误纠正和数据完整性控制方面的协定,判断是否为所需的通信过程留有足够的资源。

1.3.3 数据的封装与传递

在 OSI 参考模型中,对等层之间经常需要交换信息单元,我们将对等层协议之间需要交换的信息单元叫做协议数据单元(PDU, Protocol Data Unit)。结点对等层之间的通

信并不是直接通信(例如两个结点的传输层之间进行通信),它们需要借助于下层提供的服务来完成,所以常常说对等层之间的通信是虚通信(见图 1-7)。

事实上,在某一层需要使用下一层提供的服务传送自己的 PDU 时,其当前层的下一层总是将上一层的 PDU 变为自己 PDU 的一部分,然后利用更下一层提供的服务将信息传递出去。例如,在图 1-7 中,结点 A 的传输层需要将某一信息 T-PDU 传送到结点 B 的传输层,这时,传输层就需要使用网络层提供的服务,首先将 T-PDU 交给结点 A 的网络层。结点 A 的网络层在收到 T-PDU 之后,将 T-PDU 变为自己 PDU(N-PDU)的一部分,然后再次利用其下层链路层提供的服务将数据发送出去。以此类推,最终将这些信息变为能够在传输介质上传输的数据,并通过传输介质将信息传送到结点 B。

在网络中,对等层可以相互理解和认识对方信息的具体意义(如结点 B 的传输层收到结点 A 的 T-PDU 时,可以理解该 T-PDU 的信息并知道如何处理该信息)。如果不是对等层,双方的信息就不可能(也没有必要)相互理解(例如,在结点 B 的网络层收到结点 A 的 N-PDU 时,它不可能也没有必要理解 N-PDU 包含的 T-PDU 代表什么意思。它仅需要将 N-PDU 中包含的 T-PDU 通过层间接口提交给上面的传输层)。

为了实现对等层通信,当数据需要通过网络从一个结点传送到另一结点前,必须在数据的头部(和尾部)加入特定的协议头(和协议尾)。这种增加数据头部(和尾部)的过程叫做数据打包或数据封装。同样,在数据到达接收结点的对等层后,接收方将识别、提取和处理发送方对等层增加的数据头部(和尾部)。接收方这种将增加的数据头部(和尾部)去除的过程叫做数据拆包或数据解封。图 1-8 显示了数据的封装与解封过程。

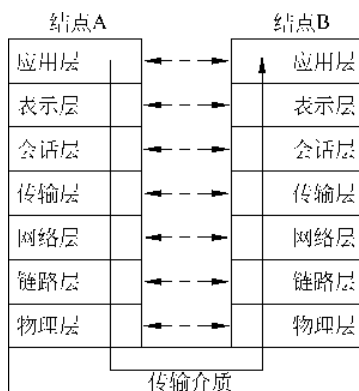


图 1-7 直接通信与虚通信

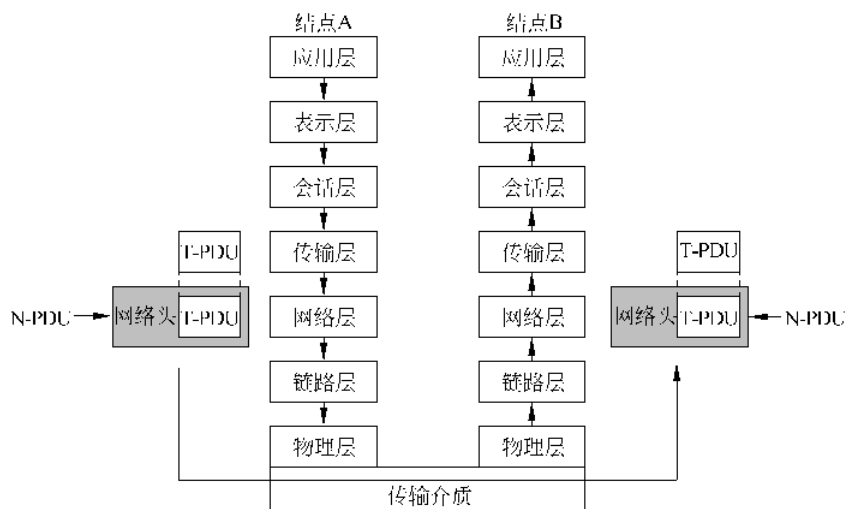


图 1-8 网络中数据的封装与解封

实际上,数据封装和解封的过程与通过邮局发送信件的过程是相似的,如图 1-9 所示。当需要发送信件时,首先需要将写好的信纸放入信封中,然后按照一定的格式书写收信人姓名、收信人地址及发信人地址,这个过程就是一种封装的过程。当收信人收到信件后,它需要将信封拆开,取出信纸,这就是解封的过程。在信件通过邮局传递的过程中,邮局的工作人员仅需要识别和理解信封上的内容。对于信封中信纸上书写的内容,他不可能也没有必要知道。

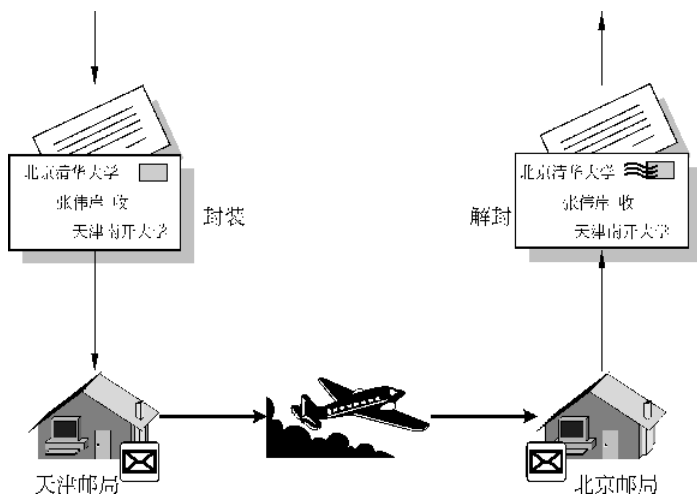


图 1-9 生活中信件的封装、传递与解封

图 1-10 给出了一个完整的 OSI 数据传递与流动过程。从图中可以看出,OSI 环境中数据流动过程如下:

- (1) 当发送进程需要发送数据(DATA)至网络中另一结点的接收进程时,应用层为数据加上本层控制报头(AH)后,传递给表示层。
- (2) 表示层接收到这个数据单元后,加上本层的控制报头(PH),然后传送到会话层。
- (3) 同样,会话层接收到表示层传来的数据单元后,加上会话层自己的控制报头(SH),送往传输层。
- (4) 传输层接收到这个数据单元后,加上本层的控制报头(TH),形成传输层的协议数据单元 PDU,然后传送给网络层。通常,将传输层的 PDU 称为报文(Message)。
- (5) 由于网络层数据单元长度的限制,从传输层接收到的长报文有可能被分为多个较短的数据字段,每个较短的数据字段在加上网络层的控制报头(NH)后,形成网络层的 PDU,网络层的 PDU 又称为分组(Packet)。这些分组也需要利用数据链路层提供的服务,送往其接收结点的对等层。
- (6) 分组被送到数据链路层后,加上数据链路层的报头(DH)和报尾(DT),形成了一种称为帧(Frame)的链路层协议数据单元,帧将被送往物理层处理。
- (7) 数据链路层的帧传送到物理层后,物理层将以比特流的方式通过传输介质将数据传输出去。
- (8) 当比特流到达目的结点后,再从物理层依次上传。每层对其相应层的控制报头

(和报尾)进行识别和处理,然后将去掉该层报头(和报尾)后的数据提交给上层处理。最终,发送进程的数据传到了网络中另一结点的接收进程。

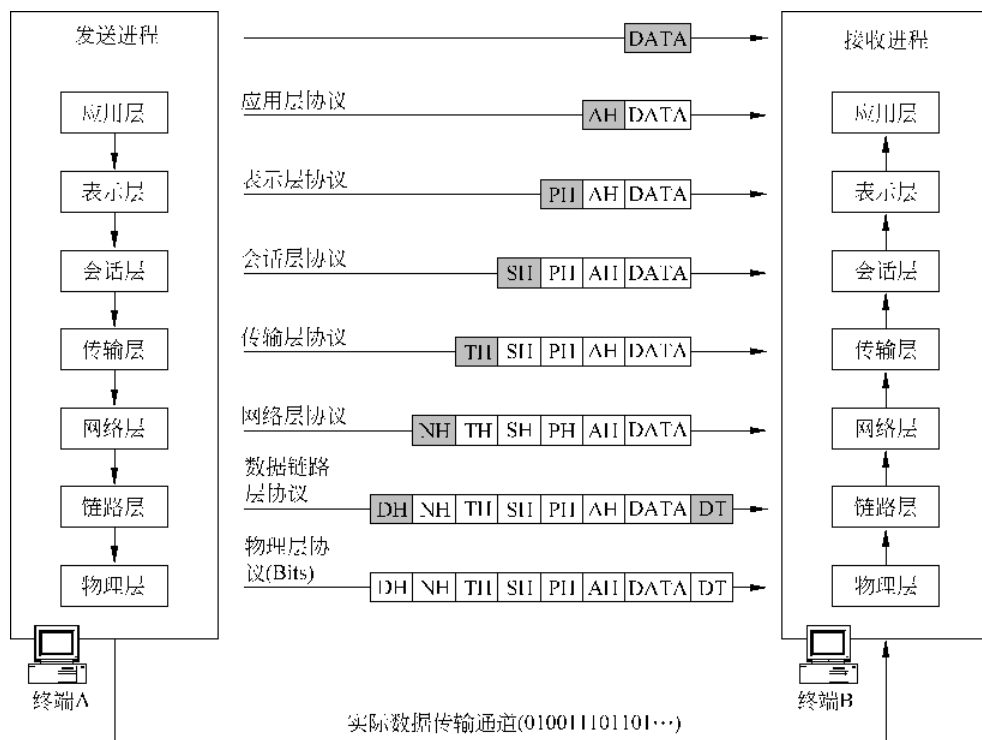


图 1-10 OSI 中数据的传递与流动

尽管发送进程的数据在 OSI 环境中经过复杂的处理过程才能送到另一结点的接收进程,但对于每台计算机的接收进程来说,OSI 环境中数据流的复杂处理过程是透明的。发送进程的数据好像是“直接”传送给接收进程,这是开放系统在网络通信过程中最主要的特点。

1.4 TCP/IP 体系结构

1.4.1 TCP/IP 体系结构的层次划分

ISO/OSI 参考模型的提出在计算机网络发展史上具有里程碑的意义,以至于提到计算机网络就不能不提 ISO/OSI 参考模型。但是,OSI 参考模型也有其定义过分繁杂、实现困难等缺点。与此同时,TCP/IP 协议的提出和广泛使用,特别是 Internet 用户爆炸式的增长,使 TCP/IP 网络的体系结构日益显示出其重要性。

TCP/IP 协议是目前最流行的商业化网络协议,尽管它不是某一标准化组织提出的正式标准,但它已经被公认为目前的工业标准或“事实标准”。Internet 之所以能迅速发展,就是因为 TCP/IP 协议能够适应和满足世界范围内数据通信的需要。TCP/IP 协议