

# 第 3 章

## 计算机网络体系结构

### 内容摘要

- ◆ 网络协议
- ◆ 网络的分层结构
- ◆ 网络体系结构
- ◆ OSI 参考模型
- ◆ TCP/IP 参考模型
- ◆ IP 地址

### 学习目标

- ◆ 掌握网络协议的概念与特点
- ◆ 理解网络的分层结构
- ◆ 掌握 OSI 参考模型各层的功能
- ◆ 掌握 TCP/IP 参考模型各层的功能
- ◆ 掌握 IP 地址及子网掩码
- ◆ 了解 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的差异

### 素质目标

- ◆ 培养学生的信息素养和学习能力，使其能够运用正确的方法和技巧掌握新知识、新技能
- ◆ 培养学生系统分析与解决问题的能力，使其能够掌握相关知识点并完成任务
- ◆ 培养交流沟通及逻辑思维能力



## 思政目标

- ◆ 明确规矩的重要性，培养学生的纪律意识，遵纪守法
- ◆ 培养学生的责任意识和团结协作精神
- ◆ 引导学生合理地规划 IP 地址，培养学生的节约观念和创新意识
- ◆ 树立读书报国、科技强国的理想信念，激发学生的爱国热情

随着计算机网络的不断发展和完善，它逐渐涉及人们生产、生活的各个方面。那么，如何最大限度地发挥计算机网络的作用，更好地实现资源共享、数据通信等功能？我们必须解决在计算机网络中面临的诸多问题，包括信号的传输、差错的控制、路由寻址、数据交换和提供用户接口等。计算机网络体系结构就是我们为简化对上述问题的研究、设计与实现而构建的一种结构模型。

计算机的网络结构可以从网络体系结构、网络组织和网络配置三个方面来描述。网络组织是从网络的物理结构和网络的实现两个方面来描述计算机网络的；网络配置是从网络应用方面就计算机网络的布局、软/硬件和通信线路来描述计算机网络的；网络体系结构是从功能上来描述计算机网络结构的。阐述的是计算机网络功能实体的划分原则及相互之间协同工作的方法和规则。

## 3.1 网络体系结构概述

计算机网络是一个复杂的系统，通信控制也涉及很多复杂的技术性问题，为了简化计算机网络的研究、设计和分析工作，同时也为了使不同的计算机系统能够互联互通，提出了网络体系结构的概念。

网络体系结构是指为了能完成计算机之间的通信合作，把每个计算机互联的功能划分为有明确定义的层次，并规定同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口服务；也指用分层研究方法定义的网络各层的功能、各层协议和接口的集合。

### 3.1.1 网络协议

网络协议是通信双方共同遵守的约定，是用来描述进程之间信息交换过程的一组术语。

在计算机网络中包含多种类型的计算机系统，它们的硬件系统和软件系统有着很大的差异，要使它们之间能够相互通信、进行数据交换、解决通信过程中出现的各种问题，就必须有一套通信管理机制使通信双方能正确地接收信息，并能理解对方信息的含义，这套规则就是网络协议。



## 1. 网络协议的组成

网络协议主要由三个要素组成：语法、语义和交换规则。语法是以二进制形式表示的命令和相应的结构，确定协议元素的格式（规定数据与控制信息的结构和格式）；语义是由发出的请求、完成的动作和返回的响应组成的集合，确定协议元素的类型，即规定通信双方要发出何种控制信息、完成何种动作及做出何种应答；交换规则是事件实现顺序的详细说明，即确定通信状态的变化和过程，如通信双方的应答关系。

下面以日常生活中甲打电话给乙为例来说明网络协议的概念。

甲有事情需要与乙联系，就打电话给乙。甲拿起电话拨通乙的电话号码，乙的电话响铃，乙拿起电话接通，此时通话开始，通话完毕双方挂断电话，完成通信。在这个过程中，甲与乙都遵守了打电话的协议。其中，电话号码就是“语法”的一个例子，一般的电话号码由若干位的阿拉伯数字组成；甲拨通乙的电话后，乙的电话就会响铃，响铃是一个信号，表示有电话打进，乙选择接电话，这一系列的动作包括控制信号、响应动作等，就是“语义”；甲拨打电话，乙的电话才会响，乙听到铃声后会考虑要不要接，这一系列事件的因果关系十分明确，不可能没有人拨乙的电话而乙的电话自动响，也不可能电话铃没响的情况下，乙拿起电话却从话筒中传出甲的声音，这就是“交换规则”。

从上面的例子可以看出，网络协议是使两个不同实体能够实现通信而制定的一些规范，如双方如何建立通话联系、如何交换、何时通信等。

## 2. 网络协议的特点

（1）层次性。由于网络体系结构是有层次的，因此协议也被分为多个层次，在每个层次内又可以被分成若干子层，协议各层次有高低之分。

在计算机网络术语中，层就是一个或一系列程序，能为相邻的更高层提供服务，同时使用相邻低层提供的服务。位于最高层的程序为用户提供高级的服务，它要依靠低层为其提供信息和传递消息。

（2）可靠性和有效性。如果协议不可靠就会造成通信混乱和中断，只有协议有效，才能实现系统内的各种资源共享。

### 3.1.2 网络的分层结构

计算机网络系统的功能强、规模庞大，通常采用高度结构化的分层设计方法，将网络划分为一组功能分明、相对独立和易于操作的层次，依靠各层之间的功能组合提供网络的通信服务，从而减少网络系统设计、修改和更新的复杂性。

在现实社会中，有时会遇到很多复杂、庞大的问题或任务。通常会将任务分解为一个小小的任务，降低统一处理的难度。以日常生活中的邮政系统业务流程为例说明任务的分解情况，如图 3-1 所示。

从图 3-1 所示的邮政系统业务流程图可以看到，一个人给另一个人寄信的过程是一个很繁杂的过程，但如果把这个过程分为很多的层次，把任务分配出去，每个层次只需要负责自己的任务，大家协作就可以按部就班地完成这个任务。

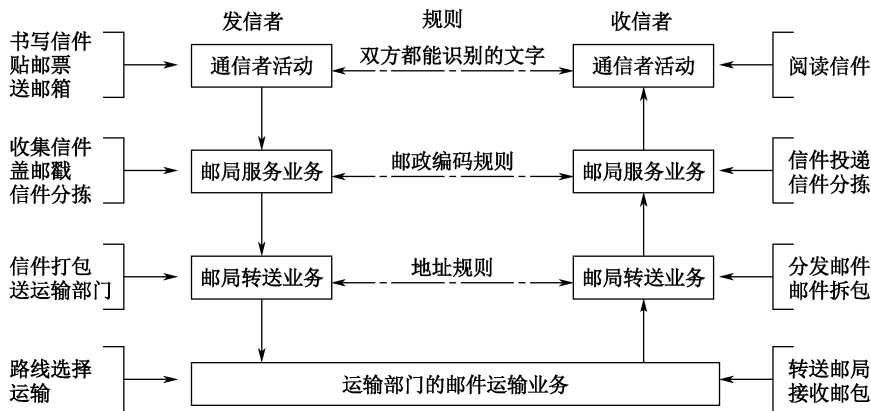


图 3-1 邮政系统业务流程图

计算机网络是一个涉及通信系统和计算机系统的复杂系统。为了降低系统设计和实现的难度，把计算机网络要实现的功能进行结构化和模块化的设计，将整体功能分为几个相对独立的子功能层次，各个功能层次间进行有机的连接，下层为其上层提供必要的功能服务。分层可将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题，这些较小的局部问题就比较容易研究和处理了。这种层次结构的设计被称为网络层次结构模型，如图 3-2 所示。

在网络层次结构模型中， $N$  层是  $N-1$  层的用户，同时又是  $N+1$  层的服务提供者。对于  $N$  层而言， $N+1$  层用户直接获得了  $N$  层提供的服务，而  $N$  层的服务是建立在  $N-1$  层所提供的服务基础之上的。

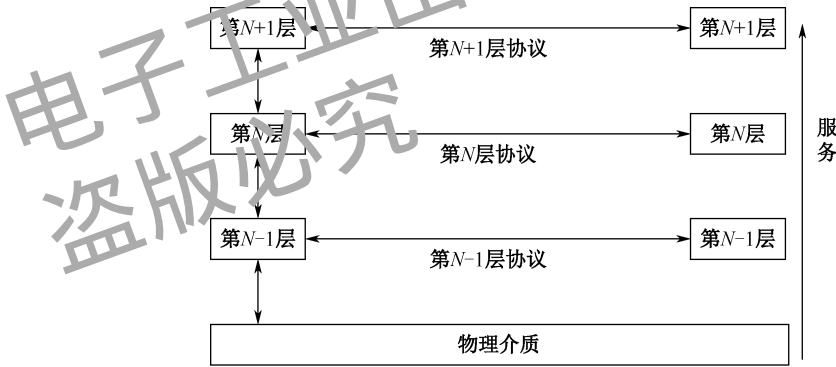


图 3-2 网络层次结构模型

一台计算机上的第  $N$  层与另一台计算机上对应的第  $N$  层进行对话，通话的规则就是第  $N$  层协议。实际上，数据并不是从一台计算机上的第  $N$  层直接传送到另一台计算机上的第  $N$  层的，而是每一层都把数据和控制信息交给它的下一层，直到最下层，最后由物理层完成实际的数据通信。

网络体系结构中采用层次化结构的优点如下。

- (1) 各层之间相互独立，高层不必关心低层的实现细节，只要知道低层所提供的服务，以及本层向上层所提供的服务即可，能真正做到各司其职。
- (2) 有利于实现和维护，某个层实现细节的变化不会对其他层产生影响。



(3) 易于实现标准化。

分层时每一层的功能应非常明确，层数不宜太多，否则会给描述和综合实现各层功能和系统工程任务带来较多的困难，但层数也不能太少，不然会使每一层的协议太过复杂。

### 3.1.3 网络体系结构的发展

20 世纪 70 年代以后，随着计算机网络的逐渐普及，随之而来的是采用不同网络体系的计算机网络之间的互联问题。每个计算机网络厂商都有自己的网络模型，网络模型使得该厂商的计算机之间能够方便地通信，这种情况显然有利于计算机网络厂商对市场的垄断，用户一旦使用了某个厂商的网络，就只能购买该厂商的网络产品，如果购买了其他厂商的产品，由于分属不同的网络模型，相互之间就很难连通。比如，当时世界上最大的两家计算机厂商即国际商业机器公司（IBM）和数字设备公司（DEC）分别制定了自己的网络模型，分别为 SNA 和 DECnet，两个模型的设计都非常优秀，但分别按照不同模型搭建好的计算机网络之间是不能相互通信的。

因此，网络的发展迫切需要一个能互联互通的标准，各网络设备厂商就可以遵照共同的标准来开发网络产品，最终实现彼此兼容。

很多标准化组织开始致力于网络体系结构标准的制定，最著名的是由 ISO 制定的开放系统互连参考模型，但该参考模型并没有形成产品。TCP/IP 是 Internet 上采用的协议，虽然不是体系结构的标准，却是一个广泛使用的工业产品，也是一个工业标准，还是事实上的标准。

## 3.2 OSI 参考模型

1984 年国际标准化组织 ISO 正式颁布了网络体系结构标准——开放系统互连参考模型（OSI/RM，Open System Interconnection/Reference Model），简称 OSI，形成了 7 层协议的体系结构。OSI 参考模型对于计算机网络的发展有着十分深远的影响，包括像 TCP/IP 这样的协议，都从它那里吸取有价值的成分，它体现了组成网络各组件的内在联系，展示了网络运行的根本原理。

OSI 并不是一个具体的网络，它只给出一些原则性的说明，规定了开放系统的层次结构和各层所提供的服务。它将整个网络的功能划分为 7 层，在两个通信实体之间进行通信必须遵循 7 层协议，如图 3-3 所示。

OSI 参考模型从下向上的 7 层分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。最高层为应用层，面向用户提供服务；最低层为物理层，连接通信媒体以实现数据传输。层与层之间的联系是通过各层之间的接口来进行的，上层通过接口向下层提出服务请求，而下层通过接口向上层提供服务。当两个用户计算机通过网络进行通信时，除物理层外，其余各对等层之间不存在直接的通信关系，而是通过各对等层的协议来进行通信的。只有两个物理层之间通过媒体进行真正的数据通信。在实际



应用中，两个通信实体是通过一个通信子网进行通信的。一般来说，通信子网中的节点只涉及低 3 层的结构。

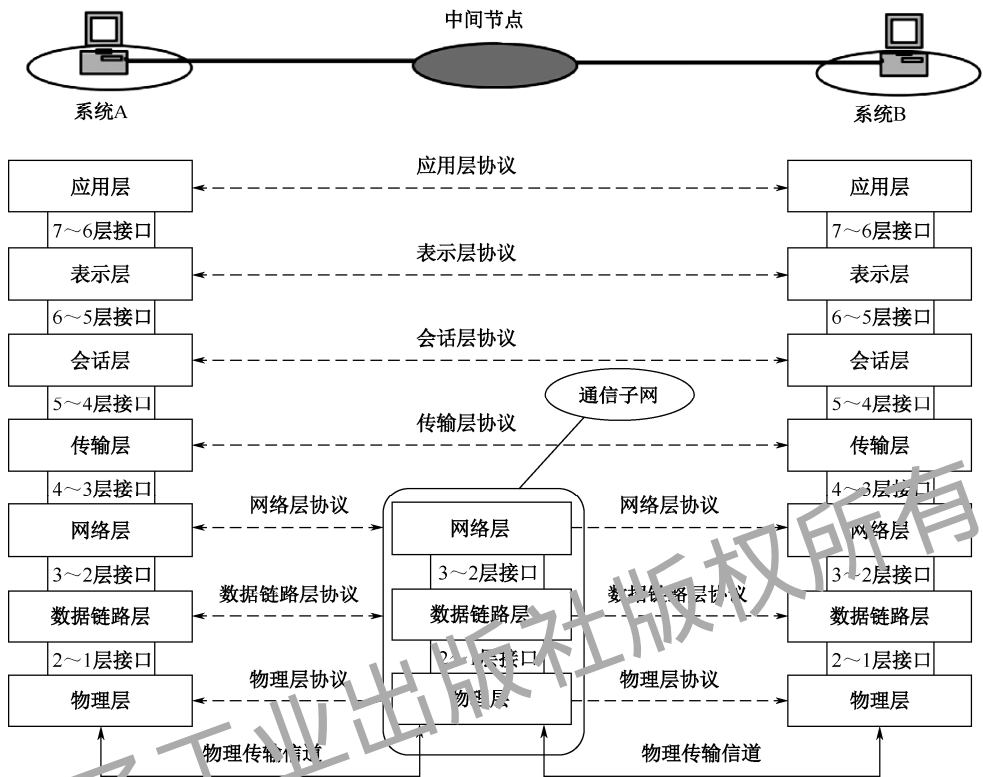


图 3-3 OSI 参考模型的 7 层协议体系结构

3.2.1 OSI 参考模型简介

OSI 参考模型将网络分为 7 层，其中第 1~3 层属于通信子网的功能范畴，第 5~7 层属于资源子网的功能范畴，第 4 层起着衔接上下各 3 层的作用。各层在网络中发挥着各自的作用。

OSI 参考模型的成功之处在于，它清晰地区分了服务、接口和协议这 3 个容易混淆的概念，服务描述每层的功能，接口定义某层提供的服务和如何被高层访问，而协议是每层功能的实现方法。

综上所述，可以分析出 OSI 参考模型具有以下特点。

- (1) 每层的对应实体之间都通过各自的协议进行通信。
- (2) 各个计算机系统都有相同的层次结构。
- (3) 不同系统的相应层次具有相同的功能。
- (4) 同一个系统的各层次之间通过接口联系。
- (5) 相邻的两层之间，下层为上层提供服务，上层使用下层提供的服务。



### 3.2.2 物理层

物理层处于 OSI 参考模型的最低层，直接面向网络传输介质。物理层负责将二进制数据位（bit）流通过传输介质，从一台计算机发送给另一台计算机。物理层不关心数据位流的具体含义。物理层完全面向硬件，定义了物理结构和传输介质的电气机械规格，包括电压、通信速率、最大传输距离、物理连接器和其他类似的属性等。

物理层具体解决了以下问题。

- (1) 使用什么类型的传输介质，使用什么样的连接器件和连接设备。
- (2) 使用什么类型的拓扑结构。
- (3) 使用什么样的物理信号表示二进制数的 0 和 1，以及该物理信号与传输相关的特性如何。

在常用的网络设备中，集线器工作在 OSI 参考模型的物理层，因为物理层处理的是位，所以集线器的作用就是重发位，将所收到的位信号进行再生和还原并传给每个与之相连的网段。集线器是一个没有鉴别能力的设备，它会转发所收到的位信号，包括错误信号。

### 3.2.3 数据链路层

数据链路层位于 OSI 参考模型的第 2 层。物理层实现了二进制数据位流的传输，但此传输并不是可靠的数据通信。数据链路层就在物理层的基础上，通过将位信息加以组织并封装成帧，从而建立一条可靠的数据传输通道。

数据帧是用来传输数据的一种结构包，这个结构包中包括传输的实际数据、发送端和接收端的地址信息，以及控制信息和错误校验信息。通过地址信息，确定数据将去往何处，通过控制信息和错误校验信息检查传输数据是否有误，如果有错误帧存在，则要求重发该帧。

数据链路层具体解决了以下问题。

- (1) 将位信息加以组织并封装成帧。
- (2) 确定了数据帧的结构。
- (3) 通过使用物理地址（又被称为硬件地址）来寻址。
- (4) 实现差错校验信息的组织。
- (5) 对共享的介质实现访问控制。

在常用的网络设备中，网卡是工作在物理层和数据链路层的重要网络设备，网卡在发送端把计算机系统要发送的数据转换成能在介质上传输的位流，在接收端把从介质上接收的位流重新组成计算机系统可以处理的数据。同时，每块网卡都由生产厂商固化了一个全球唯一的物理地址，也就是 MAC 地址，它由 48 个二进制数组成，通常用 12 个十六进制数来表示，如 00:e0:4c:01:02:85 或 00-e0-4c-01-02-85，其中前 6 个十六进制数是网络硬件制造商编号，由 IEEE 组织分配，后 6 个十六进制数是序列号，由生产厂商分配。当数据链路层通信时，使用 MAC 地址可以实现数据的发送与接收。

交换机是工作在数据链路层的网络设备，交换机具有物理寻址功能。启动交换机后，



通过学习,逐渐在内存中建立一个 MAC 地址与交换机端口的关联表,从而实现有目的的数据转发。

### 3.2.4 网络层

网络层位于 OSI 参考模型的第 3 层。通过寻址和路由选择为发送端和接收端连接一个或多个数据传输的链路。在网络层,提供了数据的网络地址,也就是 IP 地址,同时提供了统一的寻址方案,因此它屏蔽了底层的技术细节,把各种网络统一到了一个逻辑平台上。网络层传输的数据单位称为分组。

网络层具体解决了以下问题。

- (1) 提供网络层的地址 (IP 地址), 并进行不同网络系统间的路径选择。
- (2) 数据包的分割和重新组合。
- (3) 差错校验和恢复。
- (4) 流量控制和拥塞控制。

路由器是工作在 OSI 参考模型中网络层的重要设备,通过网络层的地址,路由器可以为网络访问提供访问路径。同时,路由器在数据传输过程中实现流量控制和差错管理。

### 3.2.5 传输层

传输层位于 OSI 参考模型的第 4 层。传输层负责准确、可靠地将数据从网络的一端传输到另一端。OSI 参考模型下面 3 层提供的数据并不是完全可靠的,传输层加强数据的传输服务,可以将下面 3 层的无连接或不受保护的通信升级为更可靠的通信。

传输层具体解决了以下问题

- (1) 建立连接。
- (2) 保证数据无差错地传输。

### 3.2.6 OSI 参考模型高层

#### 1. 会话层

会话层位于 OSI 参考模型的第 5 层。会话层主要负责管理远程用户或进程之间的通信。会话层具体解决了以下问题。

- (1) 会话的建立、维护和释放。
- (2) 会话的管理和控制。

#### 2. 表示层

表示层位于 OSI 参考模型的第 6 层。表示层确保一个系统的应用层发送的信息能够被另一个系统读取,也就是完成数据格式之间的转换。表示层将数据进行转换和翻译,从而使发送端和接收端都能够理解。

表示层具体解决了以下问题。