

了解计算机网络体系结构



情景描述

如果重新设计互联网，则最大的问题是如何规范这个网络。因为每个上网的人都可能使用不同的语言，使用不同的上网设备，采用不同的上网方式……如何能保证他们彼此交流不出错呢？

凌侠也一直有这个困惑，一开始他觉得这很好解释，因为不管谁用什么设备上网，所有数据最终都要变成二进制数据。但是面对如此复杂的交流环境，要保证二进制数据的准确传输，看似是一项不可能完成的任务。那么，互联网是如何解决这个问题的呢？

老师告诉凌侠：“这是通过计算机网络体系结构来规划的，其中重要的概念有网络协议、IP 地址等。”

任务 1 认识计算机网络协议

3.1.1 什么是网络协议

计算机网络是由多个互连的节点组成的，节点之间需要不断地交换数据。要做到有条不紊地交换数据，每个节点都必须遵守一些事先约定的规则。这些规则明确地规定了所交换数据的格式和时序，也就是数据的组成形式及相应顺序。这些为网络数据交换而制定的规则、约定和标准称为网络协议。

1. 通信协议

通信协议是计算机彼此交流的“语言”，它是网络通信的基础。网络中不同类型的计算机必须使用相同的协议才能通信。

任何一种通信协议都包括语法、语义和时序这 3 个部分。

(1) 语法规则规定通信双方“如何讲”，确定交换数据与控制信息的结构与格式。

(2) 语义规定通信双方“讲什么”，即需要发出何种控制信息，以及完成的动作与做出的响应。

(3) 时序规定双方“何时进行通信”，即事件实现顺序的详细说明。

2. 其他常用的网络协议

一些公司根据国际标准和自己的产品特点制定了自己的网络协议,如 IBM 公司的 IBM DLC 协议,Microsoft 公司的 NetBEUI 协议、ATM Call Manager 协议,Novell 公司的 IPX/SPX 协议等。

3.1.2 IP 地址

就像电话网中的电话机必须有个号码一样,接入网络的计算机也必须有个“号码”用于识别。计算机网络通过 IP 地址识别每台计算机。

1. 什么是 IP 地址

为了使接入网络的计算机在通信时能够互相识别,网络中的每台主机都被分配一个 32 位地址,该地址称为 IP 地址,也称网际地址。

IP 地址用 32 位二进制的数表示,但直接使用二进制的数,无论是写还是读都不方便,例如,“11001010.01100110.100000110.010001000”这个 IP 地址非常难识别,且很难记忆。于是,把每 8 个二进制的数用一个十进制的数表示,各数之间用一个圆点隔开,这样上例的 IP 地址就变为“202.102.134.68”,显然好记多了。

由于 8 位二进制的数中最大的是“11111111”,换算成十进制的数是“255”。所以,也可以这样形容 IP 地址:由 4 个小于等于 255 的数组成,中间用圆点隔开。

2. 网络号与主机号

在固定电话的命名规则中有两个重要的概念,就是区号和国家(或地区)代码。当拨打另一个城市的固定电话时,需要先拨区号,然后再拨电话号码。同样地,在拨打国际长途电话时,需要先拨国家代码,再拨区号和电话号码。这一规则有个好处,就是通过来电显示,轻松地判断电话是从哪里打来的,这个电话来自哪个国家或地区。

IP 地址也采用相似的规则,每个 IP 地址都由网络号和主机号组成。IP 地址中的网络号用于识别计算机网络,主机号用于识别网络中的主机。根据网络号的不同,可以将 IP 地址分为 A、B、C、D、E 这 5 种类型,其分类规则如图 3.1 所示。

位号:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	15	16	23	24	31	
A类:	0	网络号							主机号						
B类:	1	0	网络号								主机号				
C类:	1	1	0	网络号									主机号		
D类:	1	1	1	0	组播地址										
E类:	1	1	1	1	0	保留地址									

图 3.1 IP 地址的分类规则

仔细观察图 3.1 可以发现,IP 地址中第一个二进制的数是“0”的为 A 类地址;IP 地址中前两个二进制的数是“10”的为 B 类地址;IP 地址中前 3 个二进制的数是“110”的为 C 类地址;IP 地址中前 4 个二进制的数是“1110”的为 D 类地址;IP 地址中前 5 个二进制的数是“11110”的为 E 类地址。

这 5 种类型 IP 地址的详细信息如下。

(1) A 类地址。

A 类地址的前 8 位为网络号,后 24 位为主机号。A 类地址适用于主机较多的大型网络。

由于 A 类地址的网络号必须以“0”开头,所以其网络号的范围是“00000001”到“01111111”,也就是十进制的 1~127。

由此可知,在 A 类地址中只有 1~127 这 127 个网络号。实际上,A 类地址中的网络号只有 1~126 这 126 个网络号可以自由使用,以“127”开头的任何 IP 地址都不能分配给主机使用。以“127”开头的 IP 地址有特殊的作用,它用来做回环地址测试。例如,本机网络测试地址为“127.0.0.1”,一般使用命令“ping 127.0.0.1”来测试本机网络硬件的驱动是否正常工作。测试本机 IP 地址如图 3.2 所示。



图 3.2 测试本机 IP 地址

相应地,A 类地址的主机号用 24 位二进制的数字,也就是 3 字节表示。由于主机号不能全是“0”,也不能全是“1”,所以每个网络中最多可以有 $2^8 \times 2^8 \times 2^8 - 2 = 16\,777\,214$ 个 IP 地址。在 A 类地址中,因为有一些地址被划为有特殊用途的地址,不能随便使用,所以实际上一个 A 类地址网络只能容纳 16 387 064 台主机。即便如此,这也是一个非常庞大的网络。

(2) B 类 IP 地址。

B 类地址的前 16 位为网络号,后 16 位为主机号。B 类 IP 地址适用于主机数中等的中型网络。

由于 B 类地址必须以“10”开头,所以其网络号的范围是“10000000.00000000”到“10111111.11111111”,也就是十进制的“128.0”到“191.255”。由此可见,B 类地址网络号的第一个数是 128~191 中的一个数。

与 A 类地址同样的道理,在 B 类地址中,最多可以有 $2^8 \times 2^8 - 2 = 65\,535$ 个 IP 地址,去掉有特殊用途的 IP 地址,实际上一个 B 类地址网络可以容纳 64 516 台主机。

(3) C 类 IP 地址。

C 类地址的前 24 位为网络号,后 8 位为主机号。C 类地址适用于主机较少的小型网络。

与 A 类地址和 B 类地址的计算方法相似,通过计算可以得出,一个 C 类地址网络最多可以容纳 254 台主机。

(4) D 类地址和 E 类地址。

D 类地址是组播地址，不分网络号和主机号。D 类地址的第 1 个字节的前四位固定为“1110”，其范围从“224.0.0.1”开始，到“239.255.255.254”结束。D 类地址被用在多点广播中。

E 类地址是保留地址，仅用于 Internet 实验和开发，不在真实的 Internet 中使用。E 类地址也不分网络号和主机号，它的第 1 个字节的前五位固定为“11110”，其范围从“240.0.0.1”开始，到“255.255.255.254”结束。

值得注意的是，并不是所有由 0~255 之间的数组成的 IP 地址都可以使用，其中一些有特殊的用途。

例如，在 IP 地址中，主机号的所有位都为“0”的地址是保留给网络自身的，主机号的所有位都为“1”的地址用于广播。也就是说，在网络 IP 地址中，一个合法的 IP 地址的主机号不能全为“0”，也不能全为“1”。例如，IP 地址“192.168.1.0”不能分配给主机使用。

从以上的分类可以看出，网络 IP 地址是一个非常复杂的系统。用户可以通过计算判断出某个 IP 地址位于哪个网络，其网络号、主机号是什么等信息。



读一读

私有 IP 地址

看似简单的几个数字成就了今天的计算机网络。IP 地址在网络通信中起着非常重要的作用，但是就目前的 IPv4 来讲，为世界上需要接入互联网的所有计算机都配上 IP 地址是不现实的。为节省可分配的 IP 地址，有几组 IP 地址被拿出来，专门用于私有网络（局域网），这些 IP 地址被称为私有 IP 地址。任何一个私有网络都可以使用包括一个 A 类地址（10.0.0.0）、16 个 B 类地址（从“172.16.0.0”到“172.31.0.0”）和 256 个 C 类地址（从“192.168.0.0”到“192.168.255.0”）在内的任何私有 IP 地址。例如，路由器使用的“192.168.0.1”或“192.168.1.1”就是 C 类 IP 地址。

3.1.3 子网掩码

在掌握 IP 地址的命名规则后，通过计算就可以很快得知某个 IP 地址的网络号，进而判断哪些计算机在同一个网络中。但在实际的操作过程中，经常会将 A 类地址或 B 类地址网络划分为几个子网。例如，就 B 类地址“138.129.5.26”来讲，“138.129”是网络号，“5.26”是主机号。如果在该网络中再划分出几个子网络，则后两位中的“5”就变成一个子网络号，只有“26”是主机号。显然，这就造成一个非常混乱的局面，网络号和主机号发生了混乱。

计算机网络引入了“子网掩码”这个概念来解决此类问题。

子网掩码是一串 32 位的二进制数字，对应于 IP 地址的 32 位数值。IP 地址的网络号部分，子网掩码使用二进制数“1”填满位数；IP 地址的主机号部分，子网掩码使用二进制数“0”填满位数。

由于二进制数不好记忆和书写，子网掩码也采用十进制数来表示。

如图 3.3 所示，某计算机的 IP 地址为“202.120.10.6”，其子网掩码是“255.255.255.0”。利用子网掩码和主机 IP 地址进行逻辑“and”运算后，网络号被自动识别出来，从而得知主机所在的网络。

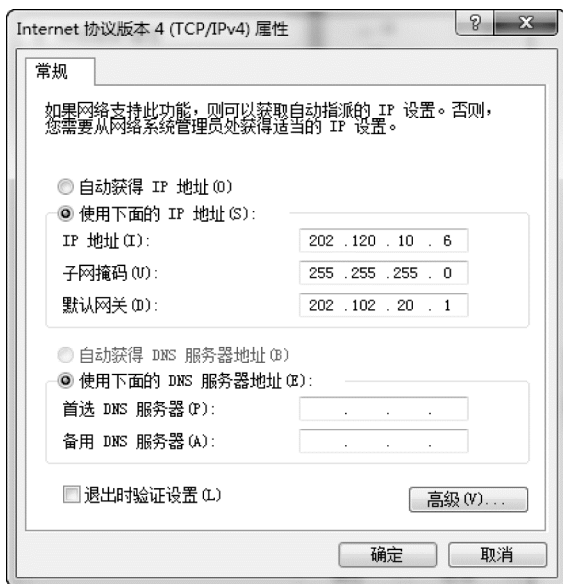


图 3.3 某计算机的 IP 地址

首先，将 IP 地址和子网掩码从十进制换算成二进制。IP 地址“202.120.10.6”换算成二进制为“11001010.01111000.00001010.00000110”。子网掩码“255.255.255.0”换算成二进制为“11111111.11111111.11111111.00000000”。然后，进行逻辑“and”运算，运算过程如下。

IP 地址	11001010.	01111000.	00001010.	00000110
子网掩码	11111111.	11111111.	11111111.	00000000
“And”运算后	11001010.	01111000.	00001010.	00000000
运算结果换算为十进制	202.	120.	10.	0

这样可以很容易得到 IP 地址“202.120.10.6”的网络号是“202.120.10”。

注意：子网掩码不能单独存在，它需要和 IP 地址结合起来使用。最常用的子网掩码“255.255.255.0”一般应用在 C 类地址网络中。

3.1.4 IPv4 与 IPv6

毫无疑问，IP 协议是互联网上最重要的协议。目前，主要使用 IP 的第四个版本，也就是 IPv4（互联网协议第四版）。IPv4 是 20 世纪 70 年代末期设计出来的版本，它将全球数以亿计的主机连接在一起，取得了令人瞩目的成绩。

每台接入计算机网络的主机，无论它是超级计算机，还是笔记本电脑、智能手机，

都支持 IPv4。随着物联网的兴起，科学家们已经开始给汽车、冰箱、微波炉等物品分配 IP 地址。



读一读

物联网

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段。其英文名称是“The internet of things (IOT)”。顾名思义，物联网就是物物相连的互联网。这有两层意思，其一，物联网的核心和基础仍然是互联网，它是在互联网基础上延伸和扩展的网络；其二，物联网的客户端延伸和扩展到任何物品与物品之间进行信息交换和通信，也就是物物相息。

物联网通过智能感知、识别技术及云计算等通信感知技术，广泛应用于网络的融合中，被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

物联网是互联网的应用拓展，与其说物联网是网络，不如说物联网是业务和应用。因此，应用创新是物联网发展的核心，以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。

1990 年，物联网的实践最早可以追溯到 1990 年施乐公司的网络可乐贩售机。

1991 年，美国麻省理工学院（MIT）的 Kevin Ash-ton 教授首次提出物联网的概念。

1995 年，比尔盖茨在《未来之路》一书中曾提及物联网，但未引起广泛重视。

1999 年，美国麻省理工学院建立“自动识别中心（Auto-ID）”，提出“万物皆可通过网络互联”，阐明了物联网的基本含义。

2003 年，美国的《技术评论》提出传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。

2004 年，日本总务省提出 u-Japan 计划，该计划力求实现人与人、物与物、人与物之间的连接，其目的是将日本建设成一个随时、随地、任何物体、任何人均可连接的泛在网络社会。

2005 年，在突尼斯举行的信息社会世界峰会上，国际电信联盟发布的《互联网报告 2005：物联网》，引用了“物联网”的概念。物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围有了较大的拓展。

2006 年，韩国提出 u-Korea 计划，该计划旨在建立无所不在的社会，在民众的生活环境里建设智能型网络和各种新型应用，让民众可以随时随地享用科技智慧服务。

2008 年，在第二届中国移动政务研讨会上与会专家提出移动技术、物联网技术的发展代表新一代信息技术的形成，并带动经济社会形态、创新形态的变革。

2009 年，欧盟执委会发表了欧洲物联网行动计划，描绘了物联网技术的应用前景，提出欧盟政府应加强对物联网的管理，促进物联网的发展。

2009 年 1 月 28 日，美国总统奥巴马与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”，IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念，建议新政府投资新一代智慧型基础设施。

2009 年 2 月 24 日，IBM 大中华区首席执行官钱大群公布了名为“智慧的地球”的最新策略。此策略一经提出，即得到美国各界的高度关注。

2009 年 8 月，无锡市率先建立“感知中国”研究中心，中国科学院、三大运营商、多

所大学在无锡联合建立物联网研究院。物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，并于次年写入“政府工作报告”。

2010 年，物联网在安防、交通、电力和物流领域的市场规模分别为 600 亿元、300 亿元、280 亿元和 150 亿元。

2011 年，中国物联网产业市场规模达到 2600 多亿元。

随着互联网的爆炸式发展，IP 地址成了稀缺资源，32 位的 IPv4 已经无法满足人们对 IP 地址的巨大需求。于是互联网协议第六版——IPv6 应运而生。

其实，在 20 世纪 90 年代，IPv6 就已经被制定出来，甚至进行了虚拟实验。2004 年，负责 IPv6 相关工作的 IETF（互联网工程任务组）宣布 IPv6 进入实用阶段。目前，众多软件厂商和硬件厂商都开始支持 IPv6。由于 IPv4 已深入人心，所以 IPv6 与 IPv4 处于共存的局面。在 Windows 7 的“本地连接属性”对话框中可以同时看到对 IPv4 和 IPv6 的支持，如图 3.4 所示。

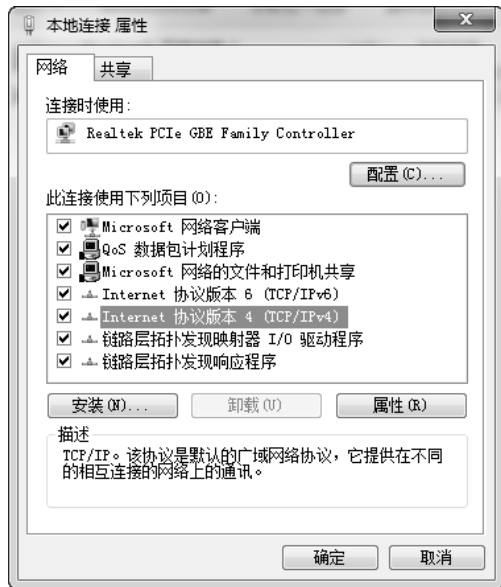


图 3.4 “本地连接属性”对话框

IPv6 有哪些优势呢？首先，IPv6 的 IP 地址资源非常丰富，这是 IPv4 无法与 IPv6 相比的重要原因。

其次，从网络安全的角度分析，IPv6 可以推进实名制的进一步落实。在仅使用 IPv4 的情况下，由于 IP 地址资源稀缺，所以同一设备在不同的网络环境下往往使用不同的 IP 地址。在家庭中，智能手机、平板电脑、计算机、智能电视通过无线路由器共享一个固定的 IP 地址接入互联网。而智能手机在火车站、机场、商场等场所，又和其他的智能设备共享一个固定的 IP 地址。这就使 IP 地址实名制比较困难。在使用 IPv6，由于 IPv6 的 IP 地址资源丰富，每个上网设备生产出来就被分配一个 IP 地址，从而实现了 IP 地址实名制，就像汽车被挂了车牌一样，所以更有利于网络安全。

再次，IPv6 还有一个巨大的优势，就是在提高安全性的同时，极大地提高了对移动设备的支持。目前，无论是智能手机还是平板电脑，在移动的过程中，需要不断地变换 IP 地址，以适应不同的局域网。而在 IPv6 时代，移动设备生产出来就可以分配一个 IP 地址，并且可以一直使用这个 IP 地址，无须更改，这无疑减少了切换延时，提高了网络的速率。

任务 2 了解网络体系结构

在计算机网络的体系结构中，最重要的 3 个概念分别是网络协议、分层和接口。

3.2.1 分层与接口

分层是处理复杂问题的基本方法。对某个难以处理的复杂问题，人们通常是将其分解为若干个较容易处理的小问题。在计算机网络中，采用的就是层次结构。将总体要实现的很多功能分配在不同的层次中，每个层次要完成的服务及服务实现的过程都有明确的规定。不同的网络系统可以分成相同的层次，不同系统的同等层具有相同的功能，在高层使用低层提供的服务时，并不需要知道低层服务的具体实现方法。这种层次结构可以大大降低复杂问题的处理难度，因此，分层是计算机网络体系结构中非常重要的概念。



读一读

分层思想

如果两个国家的人进行远程交流，则需要从三个方面考虑。一是交流内容，也就是要确定谈什么。二是所用语言，也就是要使用双方都能听懂的语言，如英语。三是通信手段，也就是如何实现通信，如打电话、发传真、发送电子邮件、网上聊天等通信手段。如果将这个交流过程分层的话，则可以分为三层，分别是内容层、语言层和传输层，如图 3.5 所示。

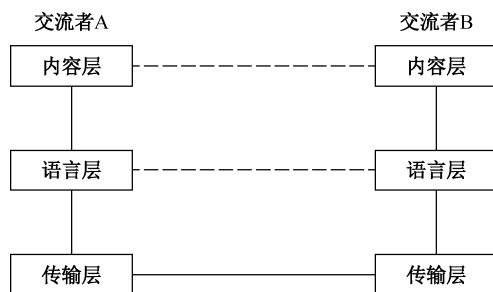


图 3.5 交流过程分层示意图

如果选择用打电话交流，则电话拨号规则属于传输层，通话语言规则属于语言层，通话应答规则属于内容层。



通过上面的例子可以看出,这种分层思想有两个显著的优点:一是每层都相对独立,可以分别实现不同的功能,且容易管理;二是各层可以相对独立地制定规则,而不影响其他层的规则。

接口是同一节点内相邻层之间交换信息的连接点。同一个节点的相邻层之间存在明确规定的接口,低层向高层通过接口提供服务。只要接口条件和低层功能不变,低层功能的具体实现方法与技术的变化不会影响整个系统的工作。

3.2.2 网络体系结构

计算机网络系统通常采用结构化的分层设计方法,将网络的通信子系统划分为一组功能分明、相对独立和易于操作的层,依靠各层之间的功能组合提供网络的通信服务,从而降低网络系统设计、修改和更新的难度。

网络协议是计算机网络不可缺少的,一个功能完备的计算机网络需要制定一整套复杂的协议集。对结构复杂的网络协议来讲,最好的组织方式是层次结构模型。计算机网络协议就是按照层次结构模型组织的。通常将网络层次结构模型与各层协议的集合定义为计算机网络体系结构。

计算机网络体系结构对计算机网络需要实现的功能进行了精确的定义,而这些功能是用什么硬件和软件实现的,则是具体的实现问题。体系结构是抽象的,而实现是具体的,计算机网络体系结构的实现是指能够运行一些计算机的软、硬件。

任务3 了解 OSI 参考模型

3.3.1 什么是 OSI 参考模型

通信网络的利用形式越来越多样化,应用领域也越来越广泛,人们认识到有必要把具有不同计算机网络体系结构的计算机系统连接起来。为了降低设计的复杂性,增强通用性和兼容性,计算机网络一般设计成层次结构。网络中的计算机经过一层层的信息转换来实现通信。网络分层的优点是可以在多种硬件系统和软件系统之间做出选择,这样组建网络,可以保证网络正常地工作。

1983 年国际标准化组织 ISO 正式颁了网络体系结构标准——开放系统互联参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection/Reference Model),简称 OSI。OSI 参考模型兼容于现有的网络标准,为不同网络体系提供参照,将不同种类的计算机系统连接起来,使它们之间可以互相通信。

在 OSI 参考模型中,网络的各个功能层分别执行特定的网络操作。理解 OSI 参考模型有助于更好地理解网络,选择合适的组网方案,改进网络的性能。

OSI 参考模型共分七层,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。如图 3.6 所示是 OSI 参考模型的层次示意图。

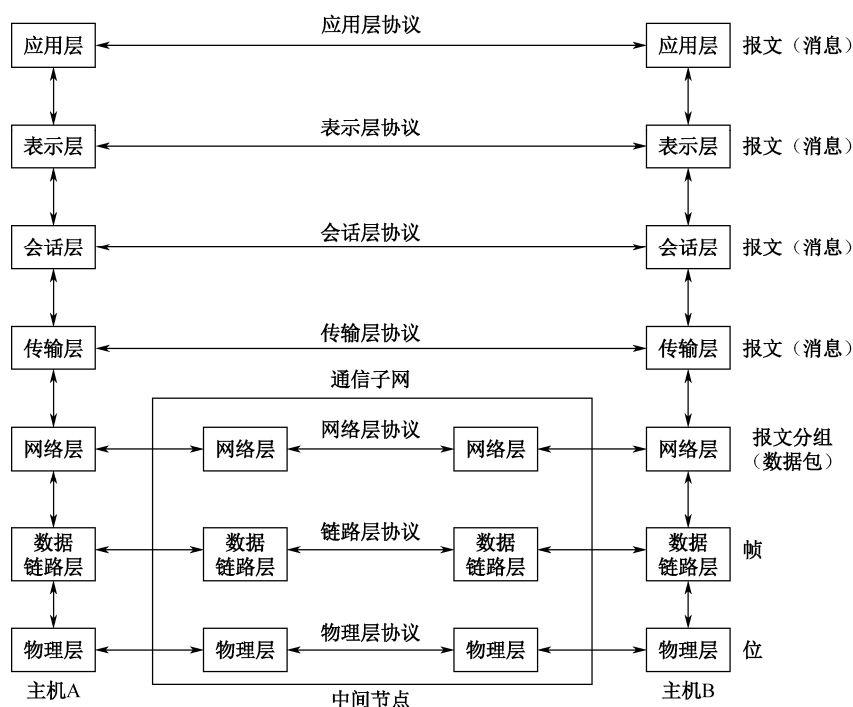


图 3.6 OSI 参考模型的层次示意图

3.3.2 OSI 参考模型中各层的功能

1. 物理层

物理层为通信提供物理链路，实现数据流的透明传输。这里的“透明”是一个重要的术语，它表示某一个实际存在的事物看起来却好像不存在。这和日常生活中的描述恰恰相反。例如，增加一件事的透明度一般意味着让大家看清这件事。而透明地传输数据流表示经实际电路传输后的数据流没有发生变化。对传输的数据流来讲，这个电路好像没有对其产生影响，好像是看不见的。也就是说，这个电路对该数据流来讲是透明的。这样，任意组合数据流都可以在这个电路上传输。物理层定义了与传输线及接口硬件的机械、电气、功能和过程有关的各种特性，以便建立、维护和拆除物理连接。在物理层上所传输数据的单位是比特（bit）。物理层传输的是二进制数据，至于这些数据代表的含义，物理层并不涉及。

2. 数据链路层

数据链路层负责在网络中的两个相邻节点间无差错地传输数据，这些数据以帧为单位。帧的实质是数据块，每帧包括一定数量的数据和一些必要的控制信息。和物理层相似，数据链路层要负责建立、维护和释放数据链路的连接。在传输数据时，若接收节点检测到所输的数据中有差错，就会通知发送节点重新发送这一帧，直到这一帧正确无误地到达接收节点为止。

每帧所包含的控制信息包括同步信息、地址信息、差错控制信息及流量控制信息等。



3. 网络层

在计算机网络中进行通信的两个计算机之间既可能要经过许多节点和链路,也可能要经过几个通信网。在网络层,数据的传输单位是分组或包。网络层为每个网络节点定义了逻辑地址及路由的实现方式。所谓路由是指数据包从源节点发送到目的节点的过程。由于数据包从源节点到目的节点有多条途径,所以路由的选择对提高网络传输的效率非常重要。网络层的任务就是选择合适的路由,使从源节点传送过来的分组或包能够正确无误地根据地址找到目的节点,并交付给目的节点的传输层,这就是网络层的寻址功能。

这里要指出,网络层中的“网络”二字,已是 OSI 的专用名词。它不是通常所说的“网络”的概念,而仅仅是开放系统互连参考模型中的第 3 层的名字而已。

4. 传输层

在传输层,信息的传输单位是报文。当报文较长时,先要将它分割成几个分组。传输层的任务是根据通信子网的特性最佳地利用网络资源,并以可靠和经济的方式为两个端系统(源节点和目的节点)的会话层建立一条运输链接,透明地传输报文。或者说,为传输层向上一层(会话层)提供一个可靠的端到端的服务。它使会话层看不到传输层以下的数据通信细节。在通信子网中没有传输层,传输层只能存在于端系统(主机)中,传输层以上的各层就不再管信息传输的问题了。正因为如此,传输层成为了计算机网络体系结构中最为关键的一层。

5. 会话层

会话层又称为会晤层或对话层。在会话层及以上的更高层次中,数据传输的单位是报文。会话层虽然不参与具体的数据传输,但它却对数据传输进行管理。会话层在两个相互通信的应用进程之间建立、组织和协调其交互(interaction)。会话层要确定当前的工作状态是全双工工作还是半双工工作状态。当发生意外导致已建立的连接突然中断时,会话层确定在恢复会话时应从何处开始。

6. 表示层

表示层主要解决用户信息的语法表示问题。表示层将要交换的数据从只适用于某一用户的抽象语法变换为适用于 OSI 系统内部使用的传输语法。有了表示层,用户就可以把精力集中在所交谈的问题本身,而不必更多地考虑对方的某些特性。表示层还负责对传输的信息加密和解密。由于数据的安全与保密问题比较复杂,所以应用层也与这一问题有关。

7. 应用层

应用层是 OSI 参考模型中的最高层。应用层确定进程之间通信的性质以满足用户的需求,它负责用户信息的语义表示,并在两个通信者之间进行语义匹配。应用层不仅要提供应用进程所需的信息交换和异地操作,还要作为互相作用的应用进程的用户代理,来提供一些为进行语义上有意义的信息交换所必须的功能。在 OSI 的 7 层中,应用层是最复杂的,

它所包含的协议也最多，有些协议还在研究和开发之中。

在 ISO 和 CCITT 的共同努力下，这 7 层的许多标准都已制定出来。遵循这些标准的很多产品也已开发成功。但由于没有形成规模，OSI 参考模型的影响力并不大，因此暂时还只能作为一种理想化的标准。

3.3.3 数据在 OSI 参考模型中的传输过程

数据在 OSI 参考模型中是如何传输的呢？下面的例子可以很好地进行说明。

假设克拉玛依市的 A 公司的库尔班经理要给牡丹江市的 B 公司的金经理寄一封信，但是库尔班经理只懂维吾尔语，而金经理只懂朝鲜语，按照 OSI 参考模型的分层思想，完成信件传递的过程如图 3.7 所示。

经理	库尔班经理用维吾尔文写好信件 ↓				金经理阅读信件 ↑	经理
秘书	把信件译成汉语并打印出来 ↓				拆信并将汉语译成朝鲜文，然后交给经理 ↑	秘书
办事员	把信件装入信封，并写上收信人地址、邮政编码、姓名等 ↓				把信件交给秘书 ↑	办事员
收发室	加上“航空”标志，把信送到邮局 ↓				把信件送到经理室 ↑	收发室
邮局	选择飞往北京的航班 ↓	检查是否到达目的地 →	邮局	选择飞往牡丹江的航班 ↓	将信件送到 B 公司的收发室 ↑	邮局
机场	将信件送上飞机 ↓	从飞机上取下信件 ↑	机场	将信件送上飞机 ↓	从飞机上取下信件 ↑	机场
飞机	将信件送到北京机场 →	到达北京 ↑	飞机	将信件送到牡丹江机场 →	到达牡丹江 ↑	飞机

图 3.7 信件传递的过程

在如图 3.7 所示的信件传递过程中，A 公司的库尔班经理执行“应用层”的功能，只处理商务工作本身。秘书执行“表示层”的功能，将维吾尔文译成汉语。办事员执行“会话层”的功能，从这一层开始，就信件的传递而言，信件的内容就变得不重要了，关键是要把信件完好无损地送达目的地。

在以下各层中，每层都给信件加上“协议信息”后交给下一层。例如，在第四层（传输层），A 公司收发室在信件上标明邮寄方式为“航空”。在第三层（网络层），邮局根据邮寄方式和目的地选择中转邮局和航班。在第二层（数据链路层），机场对邮件进行检查，如果发现损坏（如信封破损、地址模糊等），将及时进行补救。第一层（物理层）则是用飞机运送信件。

在信件到达目的地后的处理方法与发送过程相反，在第六层（表示层），B 公司的秘书将汉语译成朝鲜文交给经理。在第七层（应用层），金经理收到并阅读库尔班经理寄来的信件。

由此可以得出数据在 OSI 参考模型中的传输过程，如图 3.8 所示。

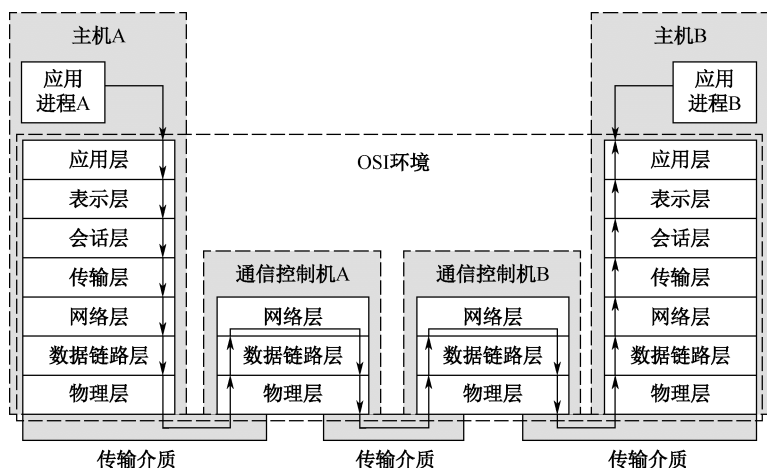


图 3.8 数据在 OSI 参考模型中的传输过程

任务 4 了解 TCP/IP 参考模型

3.4.1 什么是 TCP/IP 参考模型

尽管 OSI 的体系结构在理论上比较完善，但实际上完全符合各层的商用产品却很少进入市场，远远不能满足用户的需求。除 OSI 参考模型外，TCP/IP 网络体系结构因其在 Internet 中的作用，在计算机网络中占有非常重要的地位。

TCP/IP 网络体系结构因传输控制协议/网际协议（TCP/IP）而得名，即 Transmission Control Protocol/Internet Protocol。它最初是为美国 ARPA 网设计的，目的是使不同厂家生产的计算机能在同一网络环境下运行。TCP/IP 网络体系结构涉及异构网的通信问题，后来发展成 Internet 使用的一种网络协议，它规范了网络上的所有通信设备，尤其是一台主机与另一台主机的数据传输格式及传输方式。

TCP 协议是传输控制协议，它规定一种可靠的数据传输服务，它的主要作用是使网络工作更可靠。

IP 协议又称为互联网协议，是支持网络与网络互联的数据协议，IP 协议详细地规定了计算机在通信时必须遵循的规则。

尽管 TCP 和 IP 两个协议可以分开使用，但它们是作为一个系统整体来设计的，连接到互联网上的计算机既要遵守 TCP 协议又要遵守 IP 协议。

1. TCP/IP 协议及其基本特点

TCP/IP 协议一开始就考虑了多种异构网的互连问题，具有较好的网络管理功能。在当前互联网使用的协议中，传输层的 TCP 协议和网络层的 IP 协议占有重要的地位。因此，人们常用 TCP/IP 表示互联网使用的体系结构。

2. TCP/IP 协议的主要特点

(1) 适用于多种异构网络的互连。例如，互联网就是采用 TCP/IP 协议把各种广域网和

局域网在全球范围内连接而成的，任何网络与互联网连接都必须遵守 TCP/IP 协议。

(2) 可靠的端——端协议。IP 协议对应于 OSI 的网络层协议，网际互连是 IP 协议设计的核心。TCP 协议对应于 OSI 的传输层协议，是确保可靠性的机制，它具有解决数据包丢失、损坏、重复等异常情况的能力。TCP/IP 协议是一种可靠的端——端协议。

(3) 与操作系统紧密结合。随着 TCP/IP 协议的成熟和互联网的广泛使用，操作系统与 TCP/IP 协议的结合越来越紧密。目前，使用广泛的操作系统都将 TCP/IP 协议作为其内核的一部分。

(4) 效率高。TCP/IP 参考模型虽然也分层次，但层次之间的调用关系不像 OSI 那样严格。在 OSI 中，两个实体的通信必须涉及下一层的实体，而 TCP/IP 参考模型则可跳过下一层而使用更低层提供的服务，这就缩减了不必要的费用，提高了效率。

(5) TCP/IP 协议对面向连接服务和无连接服务并重，无连接服务的数据传输对于互联网中数据传输及话音通信都十分方便。

(6) 有较好的网络管理功能。

3.4.2 TCP/IP 参考模型各层的功能

TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型有很大差别。TCP/IP 参考模型分为四层，最高层是应用层，相当于 OSI 的应用层、表示层和会话层。接下来是传输层与网络层，它们与 OSI 参考模型的传输层和网络层大体相当。最下面一层是网络接口层，相当于 OSI 参考模型的数据链路层和物理层。如图 3.9 所示为 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的层次对比。

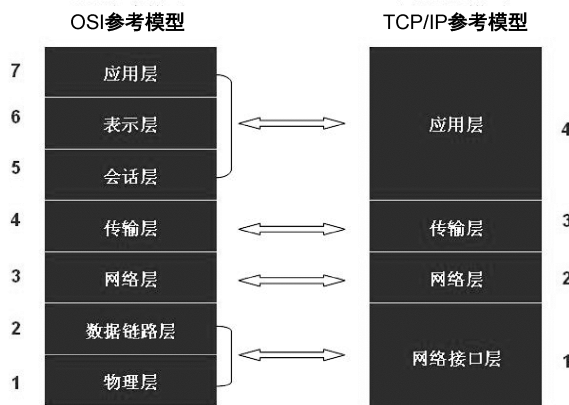


图 3.9 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的层次对比

在 TCP/IP 参考模型中，TCP/IP 协议集起到重要的作用。该协议集涉及应用层、传输层和网络层，并不涉及网络接口层。为了使该协议集使用更广，在设计时考虑到要与具体的物理传输介质无关，就取消了对网络接口层的具体限定。

(1) 应用层涉及的网络协议。

TCP/IP 参考模型的应用层对应于 OSI 参考模型的应用层、表示层和会话层，也称“应用软件”。应用层包含的常用协议及对应的服务如下。

简单邮件传送协议 (Simple Mail Transfer Protocol)，简称 SMTP，提供 ASCII 码电子



邮件服务。非 ASCII 码电子邮件的传送需使用“多用途互联网邮件扩充 (Multipurpose Internet Mail Extensions, MIME)”。

域名系统 (Domain Name System), 简称 DNS, 提供主机名到 IP 地址的转换服务。

远程登录协议 (Telecommunication network), 简称 Telnet, 提供远程主机所需的虚拟终端服务。

文件传送协议 (File Transfer Protocol), 简称 FTP, 提供网络中不同计算机之间的文件传输及其他文件操作服务。

(2) 传输层涉及的网络协议。

TCP/IP 参考模型的传输层对应于 OSI 参考模型的传输层, 这一层包含的协议及对应的服务如下。

传输控制协议 (Transmission Control Protocol), 简称 TCP, 提供面向连接的、可靠的字节流服务。

用户数据报协议 (User Datagram Protocol), 简称 UDP, 提供数据报/传输服务。

网络语音协议 (Network Voice Protocol), 简称 NVP, 提供声音传输服务。

传输控制协议 (TCP) 是一个完整的传输协议的典范, 位于网际层协议 (IP) 之上, 除能够提供进程通信能力外, 其主要特点是可靠性高。TCP 提供面向连接的数据流管道传输。它所采用的最基本的可靠性技术包括确认、超时重传、流量控制、拥挤控制等技术。

(3) 网络层涉及的网络协议。

TCP/IP 参考模型的网络层对应于 OSI 参考模型的网络层, 这一层包含的协议及对应的服务如下。

IP 协议 (Internet Protocol), 简称 IP, 为传输层提供网际传输服务。

互联网控制报文协议 (Internet Control Message Protocol), 简称 ICMP, 允许其他主机 (或路由器) 报告有关 IP 服务的状况。

地址解析协议 (Address Resolution Protocol), 简称 ARP, 将 IP 地址转换成网络物理地址。

反向地址转换协议 (Reverse ARP), 简称 RARP, 将网络物理地址转换成 IP 地址。

TCP/IP 协议是为容纳物理网络技术的多样性而设计的, 这种宽容性主要体现在网络层中。各种网络技术的帧格式、地址格式等上层协议常见的因素差别很大。TCP/IP 的重要性之一就是通过对 IP 数据报和 IP 地址将它们统一起来, 以达到屏蔽低层细节, 向上层提供统一服务的目的。

IP 协议为上一层 (传输层) 提供统一的 IP 数据报, 这是 TCP/IP 实现异构网互连最重要的一步。

(4) 网络接口层涉及的硬件标准。

TCP/IP 参考模型的网络接口层对应于 OSI 参考模型的数据链路层和物理层, 也称“物理网”。它是 TCP/IP 参考模型的最低层, 负责数据帧的发送和接收。常见物理网包括 IEEE 802.3 以太网、X.25 公用数据网、ARPANET 等。

任务5 OSI参考模型与TCP/IP参考模型比较

3.5.1 OSI参考模型的缺陷

OSI参考模型比较复杂,模型和协议都存在缺陷,特别是会话层和表示层没什么作用,多数应用程序都不涉及这两层。在OSI参考模型中,有一些功能会重复出现,极大地降低了网络的效率,特别是在低层次中尤为明显。

OSI参考模型的设计也比较复杂,所以大多数网络系统并不采用OSI参考模型。

3.5.2 TCP/IP参考模型的缺陷

TCP/IP参考模型在商业上取得了巨大的成功,是目前被广泛应用的一种模型。但它仍然有许多缺陷。

由于TCP/IP参考模型是依据协议建立的参考模型,TCP/IP协议簇之外的协议一般都不支持,所以存在通用性差的问题。

由于TCP/IP参考模型并没有区分物理层和数据链路层,所以会造成模糊的情况。物理层和数据链路层在功能上是截然不同的。物理层传输的是二进制的数字,数据链路层传输的是以帧为单位的数据,两者混在一起不利于对参考模型功能的叙述。

此外,TCP/IP参考模型对接口、服务及协议的定义也比较模糊,容易造成混乱。

3.5.3 OSI参考模型与TCP/IP参考模型的特点

OSI参考模型与TCP/IP参考模型的特点如表3.1所示。

表3.1 OSI参考模型与TCP/IP参考模型的特点

	OSI参考模型	TCP/IP参考模型
1	采用层次结构,分为七层	采用层次结构,分为四层
2	概念划分清晰,但层次过多,增加了复杂性	在服务、接口和协议的区别上比较模糊,功能描述和实现细节混在一起
3	抽象能力强,适合各种网络	依据现有协议制定的TCP/IP模型,只支持部分网络协议
4	网络接口部分区分为物理层和数据链路层,功能详尽	网络接口层功能定义模糊
5	会话层和表示层在功能上划分意义不大	没有会话层和表示层
6	网络层既提供面向连接的服务,又提供无连接的服务,传输层只提供面向连接的服务	网络层只提供无连接的网络服务,所以面向连接的服务的功能无法在TCP协议中实现。传输层提供无连接的服务,如UDP
7	OSI参考模型虽然被看好,但技术不成熟,实现困难	TCP/IP参考模型虽然存在缺陷,但在商业上比较成功

正是由于这两种参考模型各有优缺点,有人又提出了一个五层的参考模型,分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层。这个参考模型对于理解网络的功能,掌握接口、服务和协议等概念非常方便。值得注意的是这个参考模型仅仅用于理论学习,在实



际应用中，人们还是使用 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型。

我国制定了采用 OSI 参考模型的计算机网络体系结构的发展方向，但由于一些产品使用的是 TCP/IP 参考模型，所以需要在实际应用中考虑两种参考模型之间的转换。

知识能力测试 3

1. 什么是网络协议？
2. 通信协议由哪 3 个部分组成？
3. 常用的网络协议有哪些？
4. 什么是 IP 地址？
5. IP 地址一般分为哪几种类型？
6. A 类地址网络号第一个数的范围是什么？
7. B 类地址网络号第一个数的范围是什么？
8. C 类地址网络号第一个数的范围是什么？
9. 子网掩码的作用是什么？
10. IPv6 与 IPv4 相比有什么优势？
11. ISO 和 OSI 的含义分别是什么？
12. OSI 参考模型由低到高分为什么几层？
13. TCP/IP 参考模型分为几层？它和 OSI 参考模型相比少了哪几层？
14. TCP 是什么协议？IP 是什么协议？
15. OSI 参考模型有哪些缺陷？
16. TCP/IP 参考模型有哪些缺陷？