

项目 1

计算机网络初探

项目描述

随着计算机网络技术的发展，给我们的工作和生活带来了极大的便利，本项目将学习计算机网络的相关知识，并能利用所学网络知识对实际问题进行分析探讨；感受网络的神奇作用，激发对网络技术的求知欲；认识到信息技术飞速发展的同时，也推动了人类学习、生活方式的深刻变革，了解社会发展和科技进步的相互作用。

工作任务

- 了解计算机网络的基本概念
- 掌握计算机网络体系结构
- 认识 Internet 与 TCP/IP 体系结构

1.1 任务 1：了解计算机网络基本概念

计算机网络是计算机技术和通信技术发展的产物，它在不断提高的社会需求的促进下得到了迅速的发展。建立计算机网络首先要了解计算机网络的相关基础知识，为局域网的建设打好理论基础。

1.1.1 计算机网络的定义

1. 计算机网络的定义

随着计算机科学技术和通信技术水平的不断提高，人们发现单机已经不能满足社会的需求。为了使更多的资源得到共享，就必须把单机连接成网络，同时对计算机、传输介质和操作系统等进行说明，这样就形成了计算机网络的定义：即将处于不同地理位置的相互独立的计算机，通过通信设备和通信线路按照一定的通信协议连接起来，形成以资源共享和信息交流为目的的计算机互连系统。我们可以通过下述三点理解这一概念。

(1) 组成计算机网络的每台计算机都是独立的。即计算机之间没有明显的主从关系, 每台计算机可以连网工作, 也可以不连网工作。

(2) 建立计算机网络的目的是资源共享。网络用户可以利用本地计算机访问网络中远程计算机的资源, 还可以调用多台计算机共同完成某项任务。可共享的网络资源包括计算机的硬件资源、软件资源和数据资源。

(3) 计算机之间在进行通信和信息交换时必须遵循共同的规则, 即协议。协议是一组规则的集合, 是进行交互的双方必须遵守的约定, 这些协议可以由硬件和软件来实现。

2. 计算机网络的功能

网络已经越来越深入到我们生活、学习和工作的各个领域, 计算机网络的功能更是日益突显。目前, 计算机网络的功能主要表现在以下四个方面。

(1) 资源共享。

组建计算机网络最主要的目的是资源共享, 这样既节省了投资, 又节约了时间。比如, 可以通过网络打印机完成本地的打印任务, 而不需要自己购买并添加打印机。

计算机网络中的共享资源包括硬件资源、软件资源和数据资源。硬件资源包括: 存储器、外部设备等, 它是共享其他资源的物质基础。软件资源包括: 各种语言处理程序、服务程序和各种应用程序等。数据资源包括: 各种数据文件和各种数据库等。

(2) 数据通信。

数据通信是计算机网络最基本的功能。利用计算机网络可以实现用户之间的通信。数据通信包括电子邮件、数据交换、网上电话和信息浏览等。

(3) 提高计算机系统的可靠性。

可靠性指网络中的各台计算机彼此互为后备机, 一旦某台计算机出现故障, 其任务可以由其他计算机或其他备份的资源所替代, 避免了系统的瘫痪, 提高了系统的可靠性。

(4) 实现网络分布式处理。

网络分布式处理就是让网络中的多台计算机协同完成同一个任务, 这样就解决了单机无法完成的信息处理任务。

1.1.2 计算机网络的产生与发展

1946 年第一台电子计算机诞生标志着人类向信息时代迈进。计算机应用的发展使得计算机之间对数据交换、资源共享的要求不断增强, 因此互连的计算机—计算机网络出现了。计算机网络从 20 世纪 60 年代开始发展, 由简单到复杂、由低级到高级, 已形成从小型局域网到全球性的广域网的规模。仅在过去的 20 多年里, 计算机技术取得了惊人的发展, 处理和传输信息的计算机网络也成为信息社会的基础。在今天, 人们的日常生活和工作已离不开计算机网络, 如基于资源共享的科学计算、网络教育、电子商务、电子政务、远程医疗、电子邮件、网上娱乐等。

计算机网络的发展是一个从简单到复杂、从单机到多机的复杂过程。从总体上来说, 大致经历了五个阶段。

1. 面向终端的计算机网络阶段

20 世纪 60 年代初, 计算机非常庞大和昂贵。为了共享资源, 实现信息采集和处理, 相对便宜的远程终端利用通信线路和中央计算机连接起来, 形成了面向终端的以单计算机为中心的联机系统, 如图 1-1 所示。

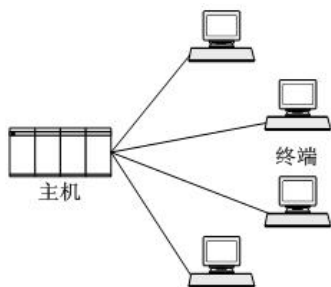


图 1-1 面向终端的计算机网络

这个阶段的计算机体积庞大并且价格昂贵，所有的用户通过终端设备与主机连接。在主机中通常配置中央处理单元、存储单元和外围设备等，它主要负责数据处理和网络控制，以构成网络的主要资源。终端是网络中数目比较大且分布比较广的设备，是用户进行网络操作和对话的工具。为了中央计算机更好地发挥效率进行数据的处理与计算，通信任务从中央计算机中分离出来，形成了通信处理机或称为前端处理机。

2. 计算机—计算机网络及分组交换网阶段

随着计算机技术和通信技术的进步，形成了将多个单处理机联机终端网络互连，以多处理机为中心的网络，这种网络称为计算机—计算机网络，简称计算机网络，如图 1-2 所示。在这一阶段，由美国国防部高级计划署 ARPA 建成了分组交换网——ARPANET。该网络横跨美国东西部地区，主要连接政府机构、科研教育及金融财政部门，并通过卫星与其他国家实现网际互联。ARPA 网的主要技术创新体现在分组交换技术的应用及连接节点都是独立的计算机系统，而且信道采用宽带传输，网络作用范围大，拓扑结构灵活。另外，在此期间美国贝尔（Bell）实验室的科研人员发明了 Newhall 环型网络，其基本原理被后来的令牌环继承。

这个阶段是现代计算机网络的基础，它将多个计算机终端连接起来，用来承担数据的处理和通信，使用户不但可以使用本地计算机上的资源，还可以使用其他连网计算机上的资源，形成了以传输信息为目的的计算机互连系统阶段。

这个时期的网络产品是相对独立的，不同公司间的网络产品不能相互连网，连网只能在同一公司的同一产品之间实现。

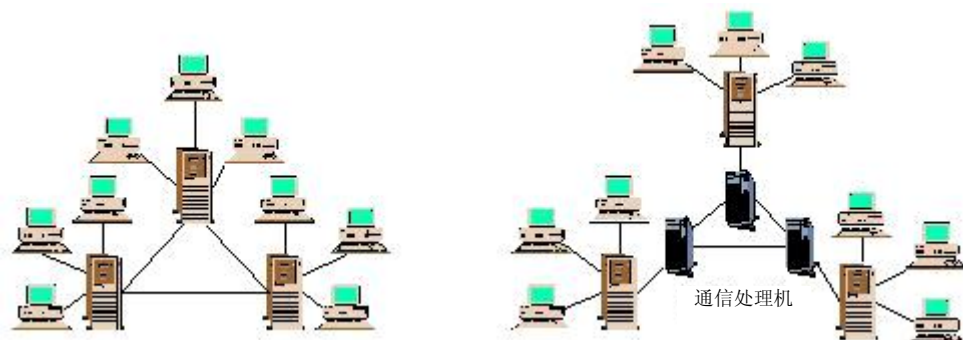


图 1-2 计算机互连系统

3. 计算机网络体系结构标准化阶段

从 20 世纪 70 年代开始，称为标准化系统阶段。在该阶段局域网得到了迅速的发展，各

大计算机公司纷纷订立了自己的网络标准，最终由国际标准化组织 ISO 订立了“开放系统互连基本参考模型”的国际标准，确保了各公司生产的计算机和网络产品之间的互联，推动了网络技术的应用和发展。在这个时期，各计算机厂商制定自己的网络技术标准，并最终形成了计算机网络体系结构的国际标准。IBM 公司提出了系统网络体系结构 SNA (System Network Architecture) 标准，DEC 公司提出了数字网络体系结构 DNA (Digital Network Architecture) 标准。随后，国际标准化组织 ISO 成立了计算机与信息处理标准化委员会 (TC97) 下的开放系统互连分技术委员会 (SC16)，并于 1981 年制定了“开放系统互连参考模型 (OSI/RM)”计算机网络的一系列国际标准。作为国际标准，OSI 规定了可以互联的计算机系统之间的通信协议，为计算机网络互联的发展打下了基础。

知识链接：国际标准化组织 ISO (International Organization for Standardization)

国际标准化组织 ISO 成立于 1946 年，是一个非条约、非政府性的国际性标准化组织，是世界上最大、最具有权威性的国际标准化专门机构，总部设在瑞士日内瓦。

ISO 的主要任务是制定国际标准，协调世界范围内的标准化工作，组织各成员国和技术委员会进行情报交流，以及与其他国际组织进行合作，共同研究有关标准化的问题。目前 ISO 已经制定了 16500 个国际标准，并且还以每年一千多个的速度增长。

4. 局域网标准化和发展阶段

20 世纪 80 年代，个人计算机及通信技术的进步推动了部门和单位内部网络的发展。这样的网络地理范围通常在十公里以内，称为局域网。在这一时期，美国 3 大公司 Xerox、DEC 和 Intel 联合公布了局域网的 DIX 标准，以太网规范。美国电子与电气工程师协会 (IEEE) 计算机学会的 802 局域网委员会成立，并相继提出了 IEEE 802.1~802.14 等局域网标准，成为局域网国际标准。同时，随着光纤技术的发展以及通信业务的多媒体化，使宽带通信业务得到迅猛的发展，出现了光纤分布式数据接口 (FDDI) 的高速局域网技术，也推动了分布式队列双总线 (DQDB) 和多兆位数据交换服务 (SMDS) 等城域网技术的开发。

5. 互联网 (Internet) 及 Internet 蓬勃发展阶段

互联网 (Internet) 是泛指由多个计算机网络互连而成的计算机网络，它使得相互连接的计算机用户可以进行通信，即从功能上和逻辑上看，这些机器互连在一起，组成一个网络系统。当前世界最大的、开放的互联网是因特网 (Internet)，由众多网络相互连接而成的特定的计算机网络，采用 TCP/IP 协议族。Internet 使得世界各地的计算机用户通过高速网络共享信息资源。

20 世纪 90 年代以来，Internet 已成为计算机网络领域最引人注目也是发展最快的网络技术。互联网始于 60 年代，前身是由美国联邦政府开发的 ARPANET 网。1986 年，美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 建立了国家科学基金网 (NSFNET)，覆盖了全美主要的大学和研究机构。随着 NSFNET 主干网速率的不断提高，它成为 Internet 的主要组成部分。1991 年以来，Internet 不断扩大，各国的大学、研究部门、政府机构、商业组织纷纷接入。尤其英国科学家 Tim Berners Lee 开发的 WWW (World Wide Web) 技术的成熟应用，有力地促进了 Internet 的推广应用。现在 Internet 包括了几十万个全球范围内的局域网，这些局域网通过主干广域网互联起来。在互联网上，每天增加上百万的新网页，成为现实社会最大的信息公告板。与此同时，电子商务、电子政务的发展，进一步促进了信息技术的应用，通信技术的长足发展与网络技术的紧密结合，使得电信网络、电视网络与计算机网络向着融合统一

的趋势发展。

知识链接：Internet 相关新技术

云计算：是传统计算机技术和网络技术发展融合的产物。它旨在通过网络把多个成本相对较低的计算实体整合成一个具有强大计算能力的完美系统，再利用先进的商业模式将其强大的计算能力分布到终端用户手中。它的一个核心理念就是通过不断提高“云”的处理能力，进而减少用户终端的处理负担，最终使用户终端简化成一个单纯的输入输出设备，并能按需享受“云”的强大计算处理能力！云计算的核心思想，是将大量通过网络连接的计算资源进行统一管理和调度，构成一个计算资源池向用户按需服务。

物联网：是新一代信息技术的重要组成部分。顾名思义，物联网就是“物物相连的互联网”。这有两层意思：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物体与物体之间，进行信息交换和通信。因此，物联网的定义是：通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物体与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现对物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

1.1.3 计算机网络的组成与分类

1.1.3.1 计算机网络的组成

计算机网络的组成主要可以从系统功能角度和系统组成角度进行划分。

1. 从系统功能角度划分

从系统功能角度划分，计算机网络由资源子网和通信子网两部分组成。资源子网和通信子网的划分反映了网络系统的物理结构，同时还有效地描述了网络系统实现资源共享的方法。

(1) 资源子网。

资源子网是网络中实现资源共享功能的硬件和软件的集合，主要负责全网范围内的数据处理，并向网络用户提供网络资源和服务。资源子网一般由主计算机系统、终端、各种软件资源 and 信息资源等组成。

知识链接：主计算机系统和终端

主计算机系统：简称为主机，可以是大型机、中型机或微机。主机是资源子网的主体设备，主要负责数据处理和网络控制。

终端：是用户进行网络操作、实现人机对话所使用的设备。终端可以是简单的输入/输出终端，也可以是带有微处理能力的智能终端。主要作用是将用户输入的信息转变为适合传送的数据格式并传送到网络上，或将网络上其他节点输出的数据转变为用户能识别的信息。

(2) 通信子网。

通信子网一般由通信设备和通信线路组成。主要提供网络通信功能，完成主机之间的数据传输、控制和交换等任务。

2. 从系统组成角度划分

从系统组成角度划分，计算机网络由网络硬件和网络软件两部分组成。

(1) 网络硬件。

网络硬件是计算机网络系统的物质基础。网络硬件对网络的性能起着决定性的作用，是网络运行的载体。网络硬件一般包括服务器、工作站、网卡和传输介质等。

(2) 网络软件。

网络软件是实现网络功能不可缺少的软件环境。在计算机网络系统中，系统必须能按照用户的请求为用户提供相应的服务，对所涉及的信息进行管理和控制。网络软件一般包括网络操作系统和网络通信软件等。

知识链接：网络操作系统和网络通信软件

网络操作系统（Network Operating System, NOS）：是向网络提供服务的特殊操作系统，它是网络软件系统的基础。网络操作系统运行在网络服务器上，主要对网络中的资源进行管理和共享。常见的网络操作系统有 Windows 2000 Server、Linux、UNIX 等。

网络通信软件：可以让用户控制自己的应用程序，可以与其他站点进行通信，还可以对大量的通信数据进行加工和处理。

1.1.3.2 计算机网络的分类

由于计算机网络的系统非常复杂，技术含量比较高、综合性也比较强，所以它的分类标准也很多。

1. 按网络地理覆盖范围划分

按照网络的地理覆盖范围划分，计算机网络分为广域网、城域网和局域网三种。

(1) 广域网（Wide Area Network, WAN）。

广域网也称为远程网。它一般是在不同城市之间建立网络连接，通常作用范围为几十千米到几千千米，可覆盖一个国家或一个洲。广域网的传输距离较长，但是数据传输速率较低，且连网的结构不是很规范。

(2) 城域网（Metropolitan Area Network, MAN）。

城域网也称为城市网。它是在一个城市或者地区范围内建立起来的网络系统，通常作用范围在广域网和局域网之间，能够满足几十千米范围内用户传输多种信息的连网要求。

(3) 局域网（Local Area Network, LAN）。

局域网也称为局部网。它一般是在有限的范围内将计算机、外部设备和网络互连设备连接在一起的网络系统，通常作用范围为几米到几千米之间，可覆盖一个大楼或一个园区。主要用于连接个人计算机、工作站等设备。局域网的传输速率高、延迟时间短、成本低廉、组网方便灵活，是目前深受广大用户欢迎的网络类型。

2. 按通信传播方式划分

按照网络的通信传播方式划分，计算机网络分为点对点式传输方式网和广播式传输方式网两种。

(1) 点对点式传输方式网。

在点对点式传输方式网中，每条物理线路都连接各自的计算机，数据信号通过通信媒体直接传送到目的节点。这种传输方式的网络主要应用于广域网。

(2) 广播式传输方式网。

在广播式传输方式网中，所有连网的计算机由一个共同的传输媒体连接起来，数据信号被传至系统的所有节点，这些节点在接收到数据信号后，对数据信号进行分析，以确定是接收还是拒绝，如以卫星方式传输信息的网络。

3. 按通信媒体划分

按照网络的通信媒体划分，计算机网络分为有线网络和无线网络两种。

(1) 有线网络。

有线网络指网络系统中的计算机之间采用同轴电缆、双绞线或光纤等物理介质连接，并利用这些媒体来传输数据，是实现计算机之间数据交换的网络。目前的网络绝大多数是有线网。

(2) 无线网络。

无线网络指网络系统中的计算机之间采用卫星、微波等无线形式来传输数据的网络。随着无线通信技术的发展，无线网络的数量也不断增加。

1.1.4 计算机网络的拓扑结构

拓扑是几何学的一个分支，是研究与大小、形式无关的几何图形特性的方法。在计算机网络中拓扑不考虑网络中的具体设备，把工作站、服务器等网络单元抽象为“点”或“节点”，把网络中电缆等通信介质抽象为“线”。

计算机网络拓扑结构是通过网络中的节点与通信线路之间的几何关系表示的网络结构，反映的是网络中各实体之间的结构关系。计算机网络拓扑结构主要分为星形结构、总线形结构、树形结构、环形结构和网状结构等。

1. 星形结构

在星形结构中，各节点是以星形方式连接起来的，系统中的每一个节点设备都以中心节点为中心，通过传输介质与中心节点连接，如图 1-3 所示。星形结构的特点是网络的扩容性很强、数据的安全性和优先级容易控制、易实现监控，但是中心节点的故障会引起全网的瘫痪。

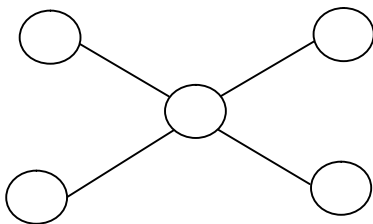


图 1-3 星形结构

2. 总线形结构

在总线形结构中，所有节点都由一条高速公用总线连接起来，其中一个节点是网络服务器，其他节点是工作站，如图 1-4 所示。总线形结构的特点是结构简单灵活、扩充性能好、节点设备的插入与拆卸非常方便、网络可靠性高等，但由于所有的工作站在通信时都要通过这条公用的总线，所以实时性较差，并且总线的任意一点发生故障，都会造成全网的瘫痪。

3. 树形结构

树形结构是星形结构的扩展，是一种分层结构。在这种结构中，各节点按树形组成，如图 1-5 所示。树形结构的特点是通信线路的总费用比星形结构低、网络软件也不复杂、维护也很方便，但数据传输延时较长。

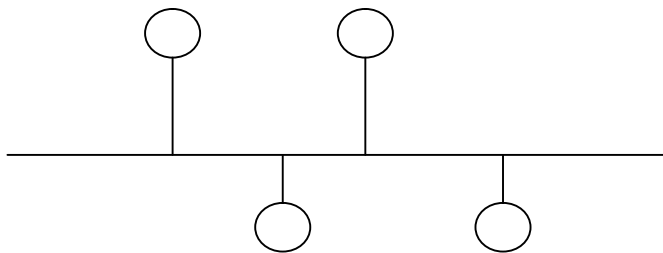


图 1-4 总线形结构

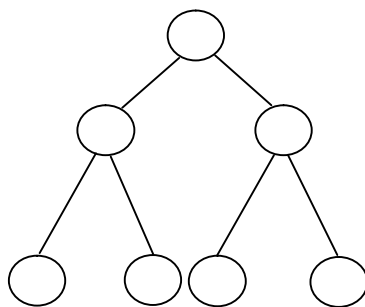


图 1-5 树形结构

4. 环形结构

在环形结构中，各节点首尾相连形成一个闭合的环路。数据信息按照固定的方向单向流动，两个工作站节点之间仅有一条通路，并以同样的速率串行地把该数据信息沿环路送到另一端的链路上，如图 1-6 所示。环形结构的特点是安装和监控容易，但是由于环路是闭合的，所以不便于扩充，系统延迟时间长、信息传输效率相对较低。

5. 网状结构

网状结构是将上述单一的拓扑结构混合起来形成的结构，它是容错能力最强大的网络拓扑结构，如图 1-7 所示。该结构中的每一个节点和网络中的其他节点均有链路连接。网状结构的特点是故障诊断和隔离较方便、易于扩展、维护也很方便，但需要选择智能型的集线器、需要更多的线缆。一般适用于大型网络。

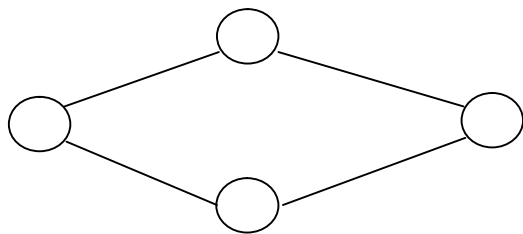


图 1-6 环形结构

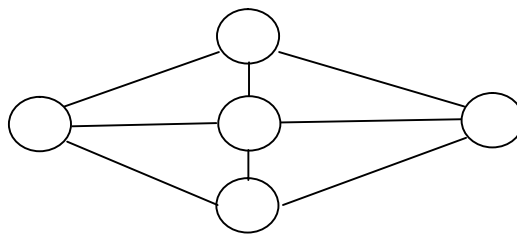


图 1-7 网状结构

1.2 任务 2: 掌握计算机网络体系结构

1.2.1 网络体系结构基础

在计算机网络的基本概念中,分层次的体系结构是最基本的,理解网络体系结构的概念可以更好地学习和理解具体的网络技术。本任务将讨论两个网络结构方面的基本概念:网络协议和层次化的网络体系结构。

1. 网络协议

网络上的计算机之间是如何交换信息的呢?就像我们说话用某种语言一样,在网络上的各台计算机之间也有一种语言,这就是网络协议,不同的计算机之间必须使用相同的网络协议才能进行通信。通过通信设备和线路连接起来的计算机要想做到有条不紊地交换数据,就必须遵循事先约定的一组规则。这些规则明确规定了所交换的数据的格式以及有关的同步问题。这些为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定的集合称为网络协议。一个网络协议由三要素组成:

(1) 语法:即用户数据与控制信息的结构与格式,以及数据出现的顺序。

(2) 语义:即解释控制信息每个部分的意义。它规定了需要发出何种控制信息,以及完成的动作与做出什么样的响应。

(3) 同步:即事件实现顺序的详细说明。

人们形象地把这三个要素描述为:语义表示要做什么,语法表示要怎么做,时序表示做的顺序。

2. 层次化的网络体系结构

计算机网络通常包含一组网络协议,把它们按层次结构进行组织,每个层次可以包含若干个协议。每个协议完成的工作各不相同,不同协议可以实现不同的网络功能。通常根据协议之间的相互协作关系,把它们按层次结构组织,每个层次可以包含若干个协议,层和层之间定义了信息交互的接口,使每个层次具有相对的独立性。位于某个层次的协议既可以为上层协议提供服务,也可以调用下层提供的功能。

将网络协议划分成层次结构,是为了减少协议设计的复杂性,把一个复杂的问题分解成若干个容易处理的子问题,而后逐个加以解决,会使思路清晰,不出或少出问题,这也是我们在解决工程问题时经常使用的方法。下面列出采用分层结构组织网络协议的好处:

(1) 灵活性好:当任何一层发生变化时,只要层间接口关系保持不变,则在这层以上或以下各层均不受影响。此外,对某一层提供的服务还可进行修改。当某层提供的服务不再需要时,甚至可以将这层取消,更容易管理。

(2) 各层之间是独立的:在各层间标准化接口,允许不同的产品只提供各层功能的一部分,某一层不需要知道它的下一层是如何实现的,而仅仅需要知道该层通过层间的接口所提供的服务。由于每一层只实现一种相对独立的功能,因而可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。这样,整个问题的复杂度就下降了。

(3) 易于实现和维护:这种结构使得实现和调试一个庞大而又复杂的系统变得易于处理,因为整个的系统已经被分解为若干个相对独立的子系统,减少复杂性,更容易编程改变或快速

评估，产品开发的更快。

(4) 能促进标准化工作：因为每一层的功能及其所提供的服务都已有了精确的说明，较

低的层为较高的层提供服务。

(5) 人们可以很容易地讨论和学习协议的规范细节。

明确了网络协议分层的好处后，给出网络系统结构的定义如下：

计算机网络的各层及其各层协议的集合，称为网络的体系结构。

亦即计算机网络的体系结构是对如何划分层次、层次之间的关系及各层包含哪些协议的

精确定义。

3. 协议和服务的关系

为了进一步理解网络体系结构的概念，有必要明确协议和服务之间的关系。这里介绍三

个相关的名词：

(1) 实体：在研究计算机网络时，可以用实体抽象地表示任何可发送或接收信息的硬件或软件。多数情况下，实体通常是一个特定的软件模块。

(2) 服务访问点：在同一系统中相邻两层的实体进行交互（即交换信息）的地方，通常称为服务访问点 SAP（Service Access Point）。

(3) 服务原语：上层使用下层所提供的服务必须通过与下层交换一些命令来实现，这些命令称为服务原语。

明确了这些概念后，可以重新给出协议的定义：协议是控制两个对等实体进行通信的规则的集合。

协议和服务的概念是不同的，但又相互关联。在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议，还需要使用下面一层所提供的服务，体系结构中

层与层之间的关系如图 1-8 所示。在对等层实体间传送的数据单位都称为该层的协议数据单元 PDU（Protocol Data Unit）。

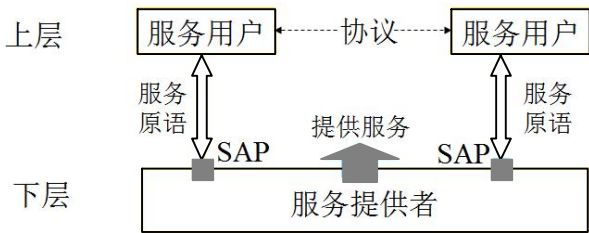


图 1-8 体系结构中上层与层之间的关系

协议和服务在概念上是不一样的，首先，协议的实现保证了本层能够为上层提供服务。本层的服务用户只能看见下层提供的服务而无法看见下层的具体协议，即下层的协议对上层的服务用户是透明的。其次，协议是水平的，即协议是控制对等实体之间通信的规则。而服务是垂直的，是由下层向上层通过层间接口提供的。另外，并非在一个层次内完成的全部功能都称为服务，只有那些能够被上层看得见的才能称为服务。层与层之间交换的数据的单位称为服务数据单元 SDU（Service Data Unit）。

1.2.2 OSI 的体系结构

OSI 是开放系统互连参考模型(Open System Interconnection Reference Model)的简称,“开放”的含义表示只要遵循 OSI 的标准,一个系统就可以和位于世界上任何地方、也遵循同一标准的其他任何系统进行通信。OSI 参考模型虽然没有成为网络的标准,但其在概念上却十分严谨,很适合作为理论标准来进行研究和教学。

OSI 参考模型将计算机网络分为七个层次,如图 1-9 所示,自下而上分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。每层又包含了许多协议,这里仅以层为单位进行介绍,具体内容在后面的章节中会逐步介绍。

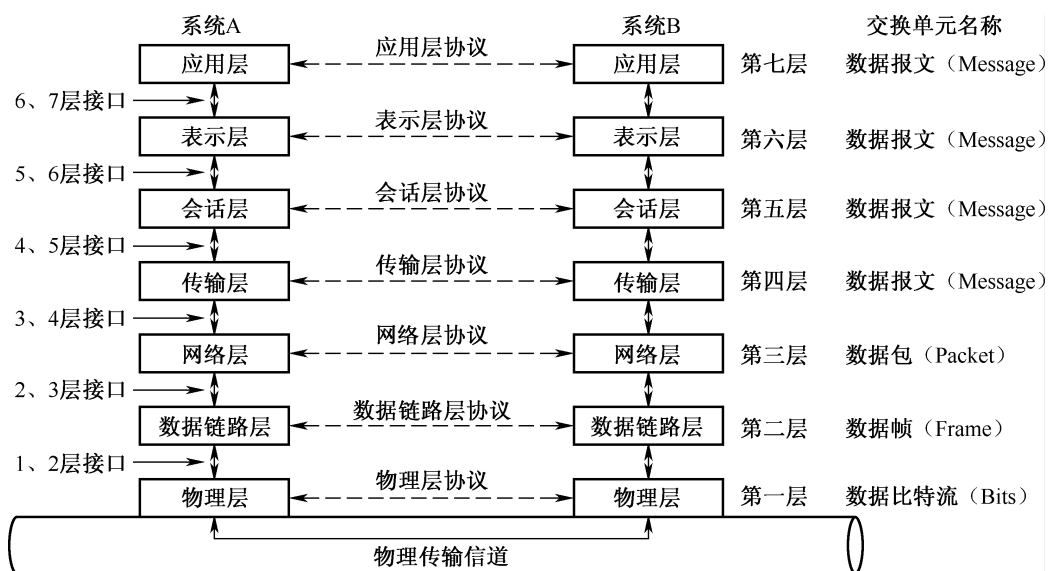


图 1-9 OSI 体系结构

1. 物理层

物理层与传输媒体直接相连,因此也称为物理层接口,是计算机与网络连接的物理通道。其功能是控制计算机与传输媒体的连接,即可以建立、保持和断开这种连接,以保证比特流的透明传输。物理层传送的数据单位是比特,又称位。物理媒体,如双绞线、同轴电缆、光缆等,不属于物理层。

2. 数据链路层

数据链路层传输数据的单位是帧,主要作用是通过数据链路层协议,在不太可靠的物理链路上实现可靠的数据传输。

数据链路层完成这一任务的方法是:分割来自物理层的原始比特位流信息,按照一定格式组成若干个帧,用帧中的校验信息部分对整个数据帧进行校验。如果校验正确,则将其数据信息部分递交上层;如果发现数据帧有问题,则通知发送方重发该帧,直到正确收到该帧为止。此外,为了解决计算机之间传输数据时的速度匹配问题,还需要有流量控制功能。这样,数据链路层就把一条有可能出差错的实际链路,转变成为让网络层向下看起来好像是一条不出差错的链路。数据链路层的功能可以总结为负责数据链路的建立、维持和拆除。

3. 网络层

数据链路层使计算机之间的数据传输变得可靠,但随之出现的问题是当网络中有很多计算机时,如何找到想要的通信对象。网络层的主要任务是根据特定的原则和算法在网络中选出一条通向目的节点的最佳路径,使来自发送站点传输层的报文能够到达目的站,并交付目的站的传输层。这就是网络层的路由选择功能,路由选择机制的性能在很大程度上决定了网络的性能。

此外,在网络层还要解决拥塞控制问题。在计算机网络中的链路容量、交换节点中的缓冲区和处理机等,都是网络资源。在某段时间,若对网络中某一资源的需求超过了该资源工作能力,网络的性能就会变坏,这种情况称为拥塞。网络层所传送的信息的基本单位叫做分组或包。

从体系结构的角度看,前面介绍的通信子网实际上由物理层、数据链路层和网络层这三个层次构成。

4. 传输层

传输层位于 OSI 参考模型的中部,在通信子网(下面 3 层)和资源子网(上面 3 层)之间,它隐藏了通信子网的细节,使高层用户感觉不到通信子网的存在。传输层通常为高层用户提供两种服务,即可靠的面向连接的数据传输和面向无连接的尽最大努力的数据交付。此外传输层还具有复用功能,可以同时为一台计算机中的多个程序提供通信服务。传输层数据传送的基本单位是报文段。

5. 会话层

会话层是用户应用程序与网络的接口,属于进程级的层次。进程是操作系统中同多道程序并行引出的概念,它与程序的概念不同,程序是一个静态的概念,而进程是一个动态的概念,是执行中的程序,是程序在内存中的副本,是有生存期的。会话层的任务就是提供一种有效的方法,以组织并协商两个表示层进程之间的会话,并管理它们之间的数据交换。具体地说,就是发信权的控制和同步的确定方法。

6. 表示层

不同的计算机可能采用不同的编码方法来表示数据类型和数据结构,为了让采用不同编码方法的计算机能够通信,能互相理解所交换的数据,可以采用抽象语法来定义数据结构,并对其按某种标准进行编码。表示层管理这些抽象数据结构,并负责在计算机内部表示和网络的标准表示法之间进行转换。此外还有数据加密和解密、数据压缩功能。

7. 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层,是直接向用户应用程序提供服务的层次。从功能划分看,OSI 参考模型的低 6 层主要用于解决通信和表示问题,以实现网络服务功能,而应用层则提供特定网络服务所需要的各种应用协议,如邮件服务、文件传输服务等。

图 1-10 给出了在 OSI 参考模型中数据的传送过程。发送进程发给接收进程的数据实际上经过了发送方各层从上到下的传递,直到物理媒体才真正传送到接收方。在接收方,再经过从下到上各层的传递,最后到达接收进程。发送方从上到下逐层传递的过程中,每层都要加上适当的控制信息,加在数据的头部或尾部,对某些层来说也可能是空的。到最下一层变成了“0”和“1”组成的比特流,然后转换为电信号在物理媒体上传输到接收方。接收方在向上传递时,过程正好相反,要逐层剥去发送方相应层加上的控制信息,这样就使得任何两个相同层次之间好像通过图中的水平虚线直接将本层数据付给了对方,这就是对等层之间的通信。前面提到的

各层协议，实际上就是在各个对等层之间传递数据时的各项约定。

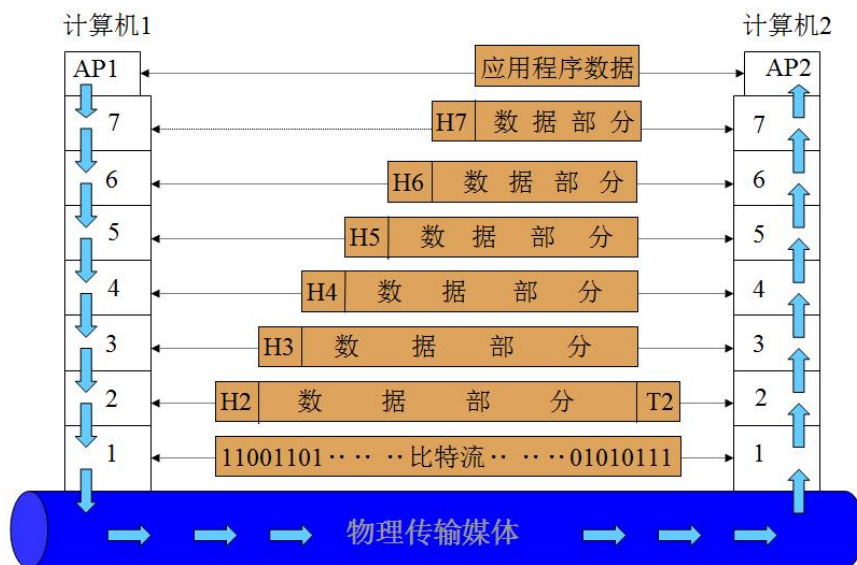


图 1-10 OSI 参考模型中数据的实际传送过程

1.3 任务 3: 认识 Internet 与 TCP/IP 体系结构

1.3.1 Internet 的产生、发展与标准化工作

1. Internet 的产生及发展

从某种意义上，Internet 可以说是美苏冷战的产物。美国人认为，能否保持科学技术上的领先地位，将决定战争的胜负。而科学技术的进步依赖于电脑领域的发展。美国国防部认为，如果仅有一个集中的军事指挥中心，万一这个中心被原苏联的核武器摧毁，全国的军事指挥将处于瘫痪状态，其后果将不堪设想，因此有必要设计这样一个分散的指挥系统——它由一个个分散的指挥点组成，当部分指挥点被摧毁后其他点仍能正常工作，而这些分散的点又能通过某种形式的通讯网取得联系。

1969 年，美国高级研究计划署 ARPA (Advanced Research Projects Agency) 完成了计算机网络 ARPANET 的研制，将位于加州大学洛杉矶分校 (UCLA)、斯坦福研究院 (SRI)、加州大学圣巴巴拉分校 (UCSB) 和犹他大学 (UTAH) 的 4 台不同型号、不同操作系统、不同数据结构的计算机连接起来，并于 1969 年 10 月进行了网络数据传输实验并获得成功。ARPANET 最初只是一个单个的分组交换网，并不是一个互联网。所有要接在 ARPANET 上的主机都直接与就近的交换节点机相连。随着 ARPANET 规模的不断扩大，1984 年 ARPANET 上的主机已超过 1000 台，人们认识到不可能仅使用一个单独的网络来满足所有的通信问题。于是 ARPA 开始研究多种网络互联的技术，1983 年，ARPA 和美国国防部通信局研制成功了用于异构网络的 TCP/IP 协议，彻底解决了不同的计算机和系统之间的通信问题，美国加利福尼亚伯克莱

分校把该协议作为其 BSD UNIX 的一部分,使得该协议得以在社会上流行起来,从而诞生了真正的 Internet。1983 年,ARPANET 各站点的通信协议全部更改为 TCP/IP 协议,这是全球因特网正式诞生的标志。同年 ARPANET 分解为两个独立的部分,一部分仍叫 ARPANET,用于进一步的研究工作;另一部分稍大一些,成为著名的 MILNET,用于军方的非机密通信。在 1983—1984 年间因特网 Internet 就形成了。

1986 年,美国国家科学基金会(NSF)利用 ARPANET 发展出来的 IP 的通讯,在 5 个科研教育服务超级电脑中心的基础上建立了 NSFNET 广域网。由于美国国家科学基金会的鼓励和资助,很多大学、政府资助的研究机构甚至私营的研究机构纷纷把自己的局域网并入 NSFNET 中。NSFNET 逐步替代 ARPANET 成为 Internet 的骨干。1990 年,ARPANET 正式宣布关闭,同年美国联邦网协会修改了政策,允许任何组织申请加入,开始了 Internet 高速发展的时代。随后世界各地不同种类的网络与美国 Internet 相连,形成了全球的 Internet。

Internet 的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代,由欧洲原子核研究组织 CERN 开发的万维网 WWW (World Wide Web) 被广泛使用在 Internet 上,大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用,成为 Internet 指数级增长的主要驱动力。

2. 因特网标准化工作

因特网的标准化工作对因特网的发展起到了非常重要的作用。因特网在制定其标准上很有特色,它的一个很大的特点是面向公众。因特网所有的技术文档都可以从因特网上免费下载,而且任何人都可以用电子邮件随时发表对某个文档的意见或建议,这种方式对因特网的迅速发展影响很大。

1992 年,因特网(Internet)不再归美国政府管辖,因此成立了一个国际性组织叫做因特网协会 ISOC (Internet Society),以便对因特网进行全面管理以及在世界范围内促进其发展和使用。

ISOC 下面有一个技术组织叫做因特网体系结构研究委员会 IAB (Internet Architecture Board),负责管理因特网有关协议的开发。IAB 下面又设有两个工程部:

- 因特网工程部 IETF (Internet Engineering Task Force): 解决短期问题,大量的技术性工作均由其内部各类工作组协作完成,这些工作组按不同类别,如传输、安全、路由等专项课题而分别组建。
- 因特网研究部 IRTF (Internet Research Task Force): 由众多专业研究小组构成,研究互联协议、应用、架构和技术,多数是为了解决长期问题。各成员均为个人代表,并不代表任何组织的利益。

IETF 产生两种文件,一种叫做 Internet Draft,即“Internet 草案”;另一种叫 RFC,意思是意见征求或请求评论文件。任何人都可以提交 Internet 草案,没有任何特殊限制,很多重要的文件都是从 Internet 草案开始的。

所有的 RFC 文档都可以从 Internet 上免费下载,但并非所有的 RFC 文档都是 Internet 标准,只有一小部分 RFC 文档最后变成了 Internet 标准。从一个普通文档上升到因特网的正式标准要经过四个阶段:

- (1) 因特网草案 (Internet Draft)。
- (2) 建议标准 (Proposed Standard)。
- (3) 草案标准 (Draft Standard)。
- (4) 因特网标准 (Internet Standard)

还有三种 RFC（因特网标准），即历史的、实验的和提供信息的，即并不是所有 RFC 都是标准。

1.3.2 TCP/IP 体系结构

TCP/IP 是一组用于实现网络互连的通信协议。在 Internet 所使用的各种协议中，传输控制协议（Transmission Control Protocol, TCP）和网际协议（Internet Protocol, IP）最著名、最重要，网络体系结构以 TCP/IP 为核心。如图 1-11 所示的 TCP/IP 的参考模型将协议分成四个层次，它们分别是：网络接口层、网际互联层、传输层（主机到主机）、和应用层。



图 1-11 TCP/IP 体系结构

1. 应用层

应用层对应于 OSI 参考模型的高层，为用户提供所需要的各种服务，例如：FTP、Telnet、DNS、SMTP 等。

2. 传输层

传输层对应于 OSI 参考模型的传输层，为应用层实体提供端到端的通信功能，保证了数据包顺序传送及数据的完整性。该层定义了两个主要的协议：传输控制协议（TCP）和用户数据报协议（UDP）。

TCP 协议提供的是一种可靠的、面向连接的数据传输服务；而 UDP 协议提供的则是不可靠的、无连接的数据传输服务。

3. 网际互联层

网际互联层对应于 OSI 参考模型的网络层，主要解决主机到主机的通信问题。它所包含的协议涉及数据包在整个网络上的逻辑传输。注重重新赋予主机一个 IP 地址来完成对主机的寻址，它还负责数据包在多种网络中的路由。该层有四个主要协议：网际协议（IP）、地址解析协议（ARP）、互联网组管理协议（IGMP）和互联网控制报文协议（ICMP）。

IP 协议是网际互联层最重要的协议，它提供的是一个不可靠、无连接的数据报传递服务。

4. 网络接口层（主机-网络层）

网络接入层与 OSI 参考模型中的物理层和数据链路层相对应。它负责监视数据在主机和网络之间的交换。事实上，TCP/IP 本身并未定义该层的协议，而由参与互连的各网络使用自

己的物理层和数据链路层协议，然后与 TCP/IP 的网络接入层进行连接。

1.3.3 TCP/IP 协议族及特点

1. TCP/IP 协议族

TCP/IP 协议族包含一系列协议，分别对应各个不同的层次，完成特定的功能和应用，如图 1-12 所示。

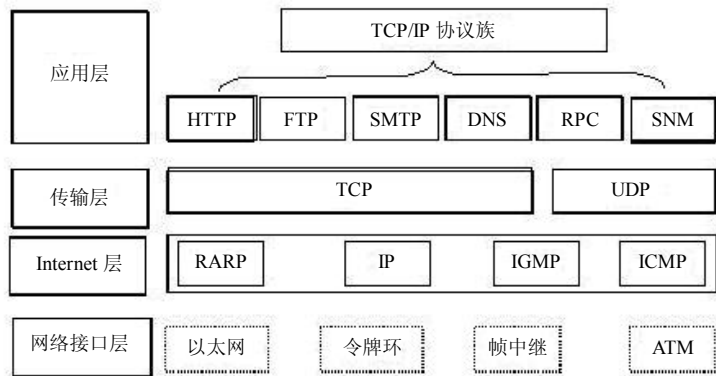


图 1-12 TCP/IP 协议族

网际互联层主要有 4 个协议：IP 协议、ICMP 协议、ARP 协议和 RARP 协议。其中，IP 协议是最主要的网络互联层协议，用于网络互联；Internet 控制报文协议 ICMP 主要用于报告差错，向主机和路由器发送差错报文；地址解析协议 ARP 用来将 IP 地址解析成物理地址；逆地址解析协议 RARP 将物理地址解析到 IP 地址。

传输层的主要协议有 TCP 和 UDP。传输控制协议（TCP）是面向连接的协议，为应用进程提供可靠的主机到主机的数据传输服务，保证数据传输的可靠、无差错、不丢失、无重复地按序到达。用户数据报协议（UDP）则是提供无连接、不可靠的端到端的数据传输服务，使用 UDP 可以减少很多为保证可靠传输而附加的额外开销，因而传输效率高，对某些应用进程的数据传输是一种有效方法。

应用层包含许多为各种应用服务的协议，主要有用于万维网信息传输的超文本传输协议 HTTP、用于主机域名解析的域名系统 DNS、用于主机间文件上传下载的文件传输协议 FTP、用于电子邮件信息传输的简单邮件传输协议 SMTP、用于网络管理的简单网络管理协议 SNMP 等。

2. OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的比较

(1) 两种模型的不同点：

- OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型都采用了层次结构的概念。
- 都能够提供面向连接和无连接两种通信服务机制。

(2) 两种模型的不同点：

- 前者是七层模型，后者是四层结构。
- 对可靠性要求不同（后者更高）。
- OSI 模型是在协议开发前设计的，具有通用性；TCP/IP 是先有协议集然后建立模型，不适用于非 TCP/IP 网络。

- 实际市场应用不同（OSI 模型只是理论上的模型，并没有成熟的产品，而 TCP/IP 已经成为“实际上的国际标准”）。

TCP/IP 的不足主要在于 TCP/IP 模型对“服务”“协议”和“接口”等概念没有很清楚地区分开，TCP/IP 模型的通用性较差。此外，网络接口层严格来说并不是一个层次而仅仅是一个接口。

1.4 项目小结

计算机网络是将处于不同地理位置的相互独立的计算机，通过通信设备和通信线路按照一定的通信协议连接起来，以达到资源共享和信息交流为目的的计算机互连系统。

计算机网络的功能主要体现在资源共享、数据通信、提高计算机系统的可靠性和实现网络分布式处理四个方面。

计算机网络由通信子网和资源子网两部分构成。可以按照地理覆盖范围、通信媒介、通信传播方式和拓扑结构等进行分类。

网络协议包括语法、语义和同步三个要素。

可以把复杂的网络通信过程抽象为一种层次结构模型。开放系统互联参考模型（OSI）将整个网络的通信功能分成 7 个层次，每个层次完成不同的任务。TCP/IP 体系包括网络接口层、网络层、传输层和应用层 4 个层次。

1.5 训练与提高 1

一、填空题

1. 在计算机网络中，按网络的作用范围进行分类，可将网络分为三类：_____、_____和_____。
2. 网络协议由三要素构成：_____、_____和_____。
3. 互联网 Internet 采用的体系结构是_____。
4. 计算机网络由_____子网和_____子网构成。
5. 计算机网络按拓扑结构分类，包括总线形结构、_____结构、_____结构、_____结构和_____结构。
6. 物理层传输数据的单位是_____，数据链路层传输数据的单位是_____，网络层传输的数据单位是_____。
7. TCP/IP 体系结构分为四层结构，从下到上分别是网络接口层、_____层、_____层和_____层。
8. 为了构造计算机网络以实现通信，可采用_____的方法，将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的局部问题，而这些较小的问题总是易于研究和处理的。

二、选择题

1. 在 OSI 七层结构模型中，处于数据链路层与传输层之间的是（ ）。

- A. 物理层 B. 网络层 C. 会话层 D. 表示层
2. 若网络形状是由站点和连接站点的链路组成的一个闭合环, 则称这种拓扑结构为 ()。
- A. 星形拓扑 B. 总线拓扑 C. 环形拓扑 D. 树形拓扑
3. 在组成网络协议的三要素中, () 是指用户数据与控制信息的结构和格式。
- A. 时序 B. 语义 C. 语法 D. 接口
4. 计算机网络的各层及各层协议的集合, 就称为网络的 ()。
- A. 各层协议 B. 体系结构 C. 组成 D. 拓扑结构
5. OSI 参考模型中在对等层上传送的数据, 其单位都称为 ()。
- A. 服务数据单元 SDU B. 接口数据数据单元 IDU
C. 协议数据单元 PDU D. 协议控制信息
6. OSI 参考模型中哪一层的数据单元称为帧? ()
- A. 物理 B. 数据链路 C. 网络 D. 传输
7. OSI 参考模型中, 哪一层和传输媒体最接近? ()
- A. 物理 B. 数据链路 C. 网络 D. 传输
8. Internet 网络层使用的 4 个重要协议是 ()。
- A. IP、ICMP、ARP、UDP B. IP、ICMP、ARP、RARP
C. TCP、ICMP、ARP、UDP D. IP、ICMP、HDLC、UDP
9. TCP/IP 协议是一个协议族, 包括很多协议, 其中最重要和著名的是 ()。
- A. TCP 和 IP B. TCP 和 ARP C. ARP 和 IP D. TCP 和 ICMP
10. 计算机网络中可以共享的资源包括 ()。
- A. 硬件、软件、数据、通信信道 B. 主机、外设、数据、通信信道
C. 硬件、程序、数据、通信信道 D. 主机、软件、外设、通信信道

三、简答题

1. OSI 参考模型有几层? 各层的功能是什么?
2. 简述数据通信时在 OSI 各层的传递过程。
3. 计算机网络由哪几部分组成?
4. 计算机网络可以从哪几个方面进行分类? 每一方面是如何分类的?
5. 什么是计算机网络的拓扑结构? 有哪几种常用的拓扑结构?
6. 简述网络的协议和体系结构的概念。
7. TCP/IP 体系结构由哪几层构成? 各层有哪些主要的协议?