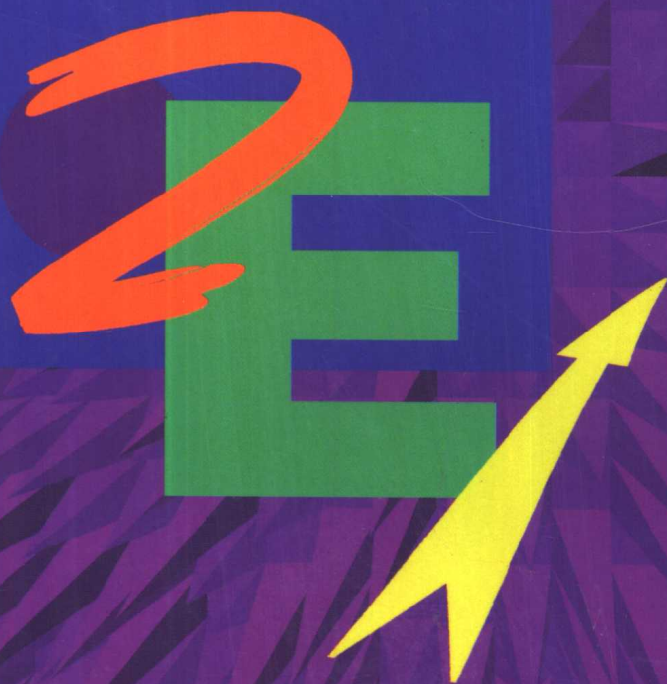


21世纪电学科高等学校教材

计算机网络

王兴芬 等 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TP393

185

21世纪电学科高等学校教材

计算机网络

主 编 王兴芬 许童羽 董玉坤
副主编 俞守华 谢景新 孙红敏
高利军
参 编 施 文 金 莉

187534/03

北方工业大学图书馆



00510949



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍计算机网络的原理及其应用技术,全书分上下两篇共11章。在上篇计算机网络原理与体系结构中,以OSI/RM七层模型为主线,详细地阐述了各层的服务功能与协议标准,并重点讲解了网络概述、物理层、数据链路层、局域网与介质访问控制、网络层、传送层和高层协议。在下篇计算机网络技术与应用中,着重介绍了局域网技术、网络互连技术、网络操作系统及网络计算模式和Internet原理与应用。

本书内容丰富、深入浅出、可读性强,适合于计算机专业本、专科学生及工科研究生作为网络教材使用,也适合于计算机专业人员和广大计算机爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/王兴芬等主编. —北京:中国水利水电出版社, 2001.8

21世纪电学科高等学校教材

ISBN 7-5084-0743-1

I. 计… I. 王… III. 计算机网络-高等学校-教材 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第049872号

书 名	21世纪电学科高等学校教材 计算机网络
作 者	王兴芬 等 主编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 14印张 237千字
版 次	2001年8月第一版 2001年8月北京第一次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	23.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

21 世纪是信息时代,也是网络时代。Internet/Intranet、信息高速公路、数字化、网络教育、E-commerce (电子商务) 等成为近年来的热门词汇。在这种形式下,计算机网络技术的重要性是不言而喻的,它已经成为计算机专业学生和从事计算机研究和应用人员必须掌握的基本知识和技能。

为适应我国农林院校计算机网络教学要求,由东北农业大学、沈阳农业大学、黑龙江八一农垦大学、河北农业大学、华南农业大学、内蒙古农业大学等 6 所院校联合成立了编写小组,本着“讲清基本原理、注重实际应用”的原则,结合作者几年来的网络教学经验,在吸取其它网络教材和市面上的网络技术书籍的长处的基础上,我们编写了这本教材。本书经全国高等农业院校电学科教材研究会审定,适用于高等农业、林业、水利水电院校或其它院校计算机专业的本、专科及工科研究生教材,以及计算机网络技术爱好者参考与自学。

计算机网络涉及的技术内容非常广泛,为便于读者更好通过本书学习网络基本原理、掌握实用网络技术,本书分上下两篇。上篇以国际标准化组织 (ISO) 提出的开放系统互连参考模型 (OSI/RM) 为主线,内容涉及计算机网络的工作原理、体系结构、各层的服务功能与协议标准。第一章概述了网络的发展、功能与分类,从总体上描述了计算机网络的体系结构。第二章讨论物理层,包括信道及传输介质、数据通信技术、数据交换技术及常见物理层标准如 EIA—232—D、RS449、X.21 等。第三章内容涉及数据链路层功能与协议,重点介绍了差错检测与校正、停止等待协议与 ARQ、滑动窗口协议、面向字符与面向比特的链路控制规程,并对协议的描述与验证进行了说明。第四章就局域网的体系结构和协议标准展开论述,重点讨论了以太网、令牌环网、Arcnet 网和无线局域网标准。第五章讲解了网络层的服务功能,分别对路由选择算法、流量控制策略进行了描述,并给出了 X.25 建议书的内容。第六章涉及传送层的差错控制与恢复机制、OSI 传送层协议和传送控制协议 TCP。第七章介绍了会话层、表示层和应用层服务与协议。

下篇为计算机网络技术与应用,包括第八章到第十一章的内容,分别介绍局域网技术、网络互连、网络操作系统 (NOS) 和 Internet。第八章重点介绍了流行的局域网技术,包括局域网的规划与组建、综合布线系统、以太网设计等,还讨论了 FDDI、ATM 和无线局域网技术。第九章阐明了网络互连技术,主要讲解了网桥技术和路由器技术,并分析了网间互连协议 IP。第十章论述了网络操作系统的功能和结构,介绍了 Windows NT、Novell 和 Unix 三种主要的网络操作系统还着重介绍了从主从结构、文件服务器结构,到客户机服务器结构的网络计算模式的演变与各自特点。第十一章则重点阐述 Internet 的原理与应用技术,介绍了 Internet 的工作原理、连接类型、功能与应用,并对 Intranet 技术、网络管理和网络安全进行了重点阐述。

本教材由王兴芬、许童羽、董玉坤任主编,俞守华、谢景新、孙红敏、高利军任副主

编，施文、金莉参加了本书的编写和校对工作。东北农业大学张长利教授对本书进行了审阅，并提出了许多宝贵意见，在此表示深深感谢。

限于编者水平和时间仓促，书中难免有不足之处，欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

编者

2001年7月

目 录

前 言

上篇 计算机网络原理与体系结构

第一章 网络概述	3
第一节 计算机网络的产生与发展	3
第二节 计算机网络的功能与分类	5
第三节 计算机网络的体系结构与协议	6
练习题	9
第二章 物理层	10
第一节 信道及传输介质	10
第二节 数据通信技术	14
第三节 数据交换技术	19
第四节 常见的物理层协议	22
练习题	24
第三章 数据链路层	25
第一节 数据链路层的功能	25
第二节 差错检测与校正	26
第三节 停止等待协议与自动请求重发 ARQ	27
第四节 滑动窗口协议	29
第五节 面向字符与面向比特的链路控制规程	33
第六节 数据链路服务原语	38
练习题	39
第四章 局域网与介质访问控制	40
第一节 局域网的体系结构与协议	40
第二节 LLC 子层与 MAC 子层	42
第三节 IEEE802.3 标准：以太网	44
第四节 IEEE802.5 标准：令牌环网	49
第五节 ARCNet 结构	50
第六节 无线传输与 IEEE802.11 标准	52
练习题	61
第五章 网络层	62
第一节 网络层所提供的服务	62
第二节 路由选择与流量控制	65
第三节 X.25 建议书	68

练习题	71
第六章 传送层	72
第一节 传送层的服务及协议	72
第二节 传送层协议的差错控制与恢复机制	80
第三节 OSI 传送层标准	84
第四节 传送控制协议 TCP	87
练习题	90
第七章 高层协议	91
第一节 会话层服务及协议	91
第二节 表示层服务及协议	94
第三节 应用层服务及协议	98
练习题	103

下篇 计算机网络技术与应用

第八章 局域网技术	107
第一节 局域网规划与组建	107
第二节 以太网的设计	110
第三节 综合布线系统	123
第四节 光纤分布式数据接口 FDDI	131
第五节 异步转移模式 ATM	133
第六节 无线局域网技术	137
练习题	140
第九章 网络互连技术	141
第一节 网络互连的要求和结构方案	141
第二节 网桥技术	143
第三节 路由器技术	150
第四节 网间协议 IP	168
练习题	171
第十章 网络操作系统及网络计算模式	172
第一节 网络操作系统概述	172
第二节 网络操作系统的结构	174
第三节 Netware 与 Windows NT	178
第四节 网络计算模式	184
练习题	189
第十一章 Internet 原理与应用	190
第一节 Internet 简介	190
第二节 Internet 的工作原理	191
第三节 Internet 的连接方式	193

第四节 Internet 的资源与应用	194
第五节 基于 Web 的 Intranet 技术与应用	201
第六节 网络管理与 Internet 的安全性	206
练习题	214
参考文献	215

上 篇

计算机网络原理与体系结构



第一章 网络概述

当前，人类社会的发展已进入信息时代，信息业正在或即将成为社会经济中发展最快、效益最大的主导行业。为提高信息工业的生产力，迫切需要能提供一种面向全社会的、高效的、便捷的信息传递手段。Internet 在全球普及与应用的经验告诉人们，这种手段将由计算机网络来实现。

第一节 计算机网络的产生与发展

当 1946 年世界上第一台电子计算机问世的时候，计算机的主要用途是用来进行科学计算，随着计算机广泛应用于社会各方面，计算机的使用方式也在不断地发生变化。一方面，社会信息的激烈增长，要求更有效地传送、处理和管理信息，这种日益增长的需要是计算机网络发展的广泛的社会基础；另一方面，微电子技术的迅速发展，由此而对计算机和通信行业产生巨大影响，这三种技术结合是推动计算机网络发展的物质基础。

一、计算机网络的里程碑——ARPANET

早期的计算机网络称作“面向终端的计算机通信网”，它利用多重线路控制器将主机和许多个远程终端相连接，进行远程数据处理，如图 1-1。这种网络对主机的要求很高，它既要承担数据处理又要对通信进行控制，当远程终端的数量不断增长时对通信的控制成为主机的一个相当大的额外开销，且整体效率不高。

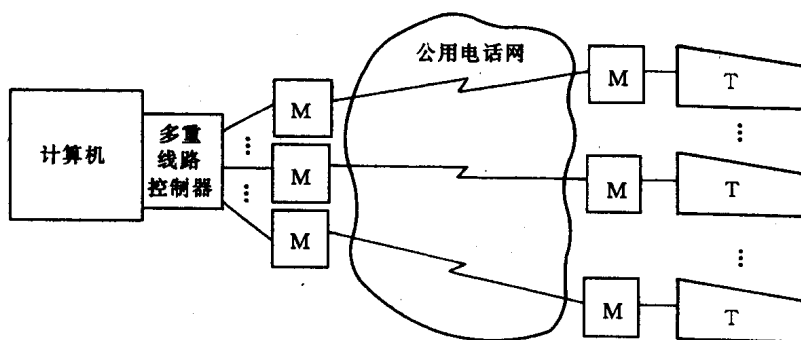


图 1-1 面向终端的计算机通信网
M—调制解调器；T—终端

真正成为计算机网络里程碑的是现今的 Internet 的前身，始建于 1969 年的 ARPANET，全称“美国国防部远景规划局网络”。初建时只连接了 4 台计算机，1973 年发展到 40 台，1983 年已有一百多台不同型号的计算机联入该网络。ARPANET 不仅跨越了美洲大陆，连通了美国东部和西部的许多高等院校和研究机构，而且通过通信卫星与世界各地的计算机网络相互连通。ARPANET 的结构示意图见图 1-2。在 ARPANET 网中，各

交换结点机和通信线路构成了数据通信网络，称为通信子网；而连入网络的主机、终端和外设，提供了网络范围内可共享的计算机资源，称为资源子网。由于 ARPANET 首次采用了分组交换技术，因此也被公认为分组交换网之父。

二、局域网的产生和发展

从第一个计算机网络 ARPANET 的诞生到 20 世纪 70 年代后期，分组交换通信网络得到了很大的发展，并积累了很多经验。与此同时，计算机硬件技术飞速的发展，硬件价格急速下降，硬件功能却急速增加，微型计算机和小型计算机广泛地被应用。在一个部门，甚至一个楼内除了有少量的大型机外，还拥有为数众多的小型机、微型机和个人工作站等。为了相互传递数据和文件，为了共享资源，特别是共享一些贵重的外围设备，在实时应用中还需要考虑后备。这就要求将这些计算机在近距离内连成网络，并且要求连网的费用低，数据传输的速度高。这就是局域网产生和发展的背景。

自 20 世纪 70 年代中期开始出现局域网，局域网技术就得到了飞速的发展，尤其是 80 年代达到了鼎盛时期。

局域网又称局部网络，是利用通信线路将比较小的地理区域内的各种数据设备连在一起的计算机网络。这里说的数据设备包括微型计算机、终端、外部设备以及网络通信设备。加上接口和高层网络软件就可实现计算机之间的数据交换，共享程序、数据和贵重的外设，在实时系统中提供了可靠的后备以及分布处理、分布数据库等功能。

三、20 世纪 90 年代的网络

进入 20 世纪 90 年代，计算机网络技术在各个国家已普遍使用。各种各样的通信形式、交互式的数据对话、批量数据传输、文件文本传输、声音和传真以及会议都在网络中实现。20 世纪 90 年代的计算机网络在技术上主要有以下几方面的进展：

(1) 数字技术的发展，使一些传统的模拟传输改为数字传输。能同时传输声音、数据、图形、文字的综合业务数字网大大发展。

(2) 宽带的局部网络有较大发展，广泛用于办公自动化，也能同时传送多种类型的信息。

(3) Internet 的广泛普及及应用，形成了连接全球一百多个国家、几百万台主机的大型国际计算机网络。

(4) 网络的标准化工作进一步完善。

(5) 网络的可用性大大地提高。

(6) 网络的访问、服务、管理、安全和保密的进一步改善。

从技术的发展看，推动信息网络发展的主要因素是微电子、光纤、光电子学、以及面向对象的编程软件。尤其是微电子技术用于通信后，发展了数字电话、ISDN、数字移动电话、宽带 ISDN 以及异步转移模式 (ATM) 等。光纤通信技术的发展，提高了传输速度和

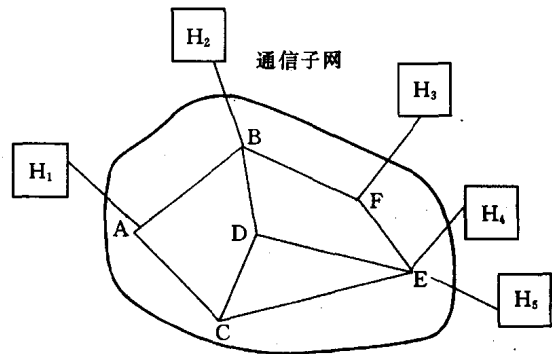


图 1-2 ARPANET 结构示意图

性能,目前,传输速率可达几千兆位,传输性能达每秒10兆位公里,单个光缆可传送50万个电话通路和一千个高质量的34Mbps视频通路。光缆不仅用于中继电路,而且不久将来,用户线也将广泛使用光缆。

从信息技术的发展看,为了满足日益增长的市场需求,以及迎接十分激烈的竞争和挑战,在20世纪90年代主要是改进网络结构、传输技术、交换技术和网络管理,从而提高性能、增加服务、降低成本、满足客户的需要。已经定义的同步光纤网标准,速率分别达到155Mbps、622Mbps和2.5Gbps的系统已在市场上推出。异步转移模式ATM也已有产品,并开始用于宽带ISDN和多媒体通信。高速网络的应用开发主要是图像、多媒体、实时系统和分布计算。图像应用包括图像文本管理、可视化工具、医疗图像、出版、计算机辅助设计和辅助制造、建筑设计制图和指纹验证等。多媒体应用包括计算机支持合作工作、会议系统、分布多媒体学习环境、电视点播系统等。实时系统应用包括安全系统、远程控制和操作、在线事务处理等。分布计算应用包括分布处理、分布数据库、客户服务器系统等。以上这些应用都需要高速联网技术的支持。

第二节 计算机网络的功能与分类

一、计算机网络的功能

首先,给计算机网络下一个定义:计算机网络就是将分布在不同地理位置的多台计算机,通过通信设备和通信线路在物理上连接起来,在软件的支持下,按照协议实现计算机之间的彼此数据通信和资源共享的系统。

从这个定义中,可以看出计算机网络的主要功能是资源共享和网络用户的通信与合作。

1. 资源共享

利用计算机网络可以共享计算机的硬件资源,如大型主机、通信设备和其他的特殊外部设备等。计算机网络从根本上改变了用户使用计算机资源的环境和方式,人们不必到计算机机房用机,就可以在实验室、办公室、家庭通过使用终端和微型计算机工作站,来尝试利用大型计算机资源和设备。

利用计算机网络还可以共享程序、数据和信息资源。计算机硬件成本下降,以及软件的作用日益显得重要,其结果是软件的投资大大超过硬件的投资。因此,设计专门的程序和数据库供网上的用户共享,建立为各行各业专用的计算机网,共享该行业的专用软件,以及建立一些开放式的计算机网,共享网络中的信息和程序,可以得到很好的经济效益和社会效益。这种共享资源的环境还提供了分布计算环境和提高可靠性的能力。近年来,通过计算机网共享信息资源的应用得到迅速发展。

2. 网络用户的通信与合作

现代社会信息量激增,信息的交换也日益增多。利用计算机网络传递信件是一种全新式的电子传递方式,它比现有的通信工具有很多优点,它不像电话,对话者须直接同时联机,它也不像图像广播系统只是单向的传递信息,它几乎是实时地通过网络传递给接收者。电子信件在办公自动化,提高生产效率方面起着十分重要的作用。

计算机网络还为广大用户,尤其是科学家和工程师们提供了一个合作环境,建立起一

种新兴的合作方式，它消除了地理上的距离限制。如在美国 NSF 支持下设计的计算机科学研究网 CSNET，可和 ARPANET、公共分组交换网 TELENET 以及电话交换系统 PHONENET 相连，提供网络用户合作的环境。在英国已建立了一个把全国科学家和工程师联系在一起的联合科学网 JANET。斯坦福大学还为全美医学科学家建立了能够提供研究合作环境的医学试验计算机网。

此外，计算机网络还在提高计算机的可靠性和可用性以及分布处理等方面做出了积极贡献。

二、网络的分类

从不同角度，可以对计算机网络进行各种方式的分类：

按网络的交换功能，计算机网络可分为电路交换网、报文交换网、分组交换网和混合交换网等类型。

按网络的拓扑结构进行分类，即将网络的结构抽象为几何拓扑：将计算机缩为点、通信线路表示成线，可分为网型网、星型网、环形网、复合型网和总线形网等。如图 1-3 所示。

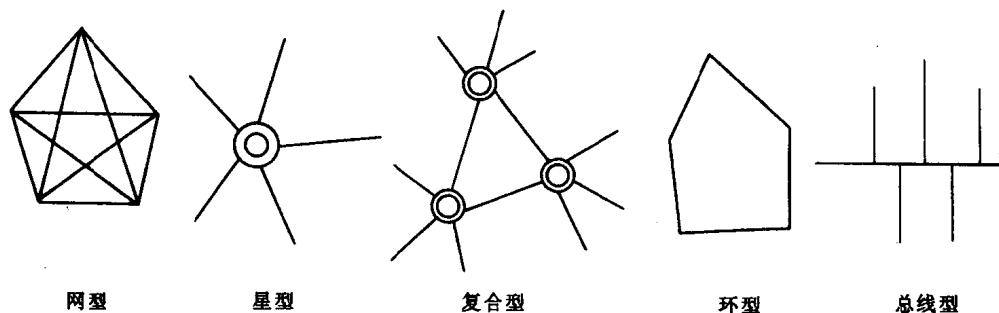


图 1-3 网络的拓扑结构

按网络的通信信道进行分类，可分为有线通信网和无线通信网。有线网是指利用有线介质如光缆、双绞线等进行数据通信的系统，而无线网是指利用卫星或微波等无线技术进行数据通信的系统。

按网络的作用范围进行分类，可分为局域网 (LAN)、城域网 (MAN) 和广域网 (WAN)。

局域网 LAN (Local Area Network)，是指在较小的地理范围 (几公里左右)，通常为—幢楼房或一个单位，利用高速通信线路将多台微型计算机互连在一起，以实现彼此的数据通信和资源共享的系统。关于 LAN 我们以后还要专门讨论。

城域网 MAN (Metropolitan Area Network)，其作用范围约为 5~50 km，如一个城市内。

广域网 WAN (Wide Area Network)，其作用范围通常为几十到几千公里，是范围最广的网络，如 Internet，覆盖了全球近 200 个国家，被称为全球互联网。

第三节 计算机网络的体系结构与协议

一、协议与分层的体系结构

共享计算机网络资源，以及在网中交换信息，就需要实现不同系统中的实体的通信。实

体包括用户应用程序、文件传送包、数据库管理系统、电子邮件设备及终端等。系统包括计算机、终端和各种设备等。一般说来，实体是能发送和接收信息的任何物体。而系统是物理上的物体，它包含一个或多个实体。两个实体要想成功的通信，必须具有同样的语言。交流什么、怎样交流及何时交流，都必须遵从有关实体间某种互相都能接受的一些规则。这些规则的集合称为协议，它可以定义为在两个实体间控制数据交换的规则的集合。协议的关键成分是：

- (1) 语法：包括数据格式、编码及信号电平等。
- (2) 语义：包括用以协调和差错处理的控制信息。
- (3) 定时：包括速度匹配和排序。

由于不同系统中的实体间通信任务十分复杂，相互不可能作为一个整体来处理，否则任何一方面的改变，都要修改整个软件包。ARPANET 研制经验表明，对于非常复杂的计算机网络协议，其结构最好采用层次式的。分层的好处是：每一层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为容易处理的更小一些的问题。

计算机网络的各层及其协议集合，称为网络的体系结构。换句话说，计算机网络的体系结构就是这个计算机网络及其功能部件所应完成的功能的精确定义。需要强调的是：程序功能究竟使用何种硬件或软件完成的，则是一个遵循这种体系结构的实现的问题。可见体系结构是抽象的，而实现则是具体的，是真正运行在计算机硬件和软件上的。

二、开放系统互连 OSI 参考模型

国际标准化组织 ISO 在 1977 年建立了一个专门委员会，提出了开放系统互连模型 OSI (Open System Interconnection)，这是一个定义连接异种计算机标准的主体结构。OSI 为连接分布式应用处理的开放系统提供了基础，“开放”，表示能使任何两个遵守参考模型和有关标准的系统进行连接。OSI 采用分层的均衡化技术。

ISO 委员会的任务是定义一组层次和每一层所完成的服务。层次的划分应该从逻辑上将功能分组，层次应该足够的多，以使每一层小到易于管理，但是也不能太多，否则汇集各层的处理开销太大。开放系统互连 OSI 参考模型共有七层，如图 1-4 所示：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

各层的主要功能如下。

1. 物理层

- (1) 提供为建立维护和拆除物理线路所需的机械的、电气的、功能的和规程的特性。
- (2) 有关在物理链路上传输非结构的位流以及故障检测指示。

物理层要考虑多大的电压代表“1”或“0”，以及当发送端发出比特“1”时，在接收端如何识别出这是比特“1”而不是比特“0”。物理层还要确定连接电缆的插头应当有多少根引脚及各个引脚应如何连接。

物理连接并非永远在物理媒体上存在的，它要靠物理层来激活、维持和去活。在物理层上，传送信息的单位是比特。

2. 数据链路层

- (1) 在网络层实体间提供传送数据的功能和过程。
- (2) 提供数据链路的流控。

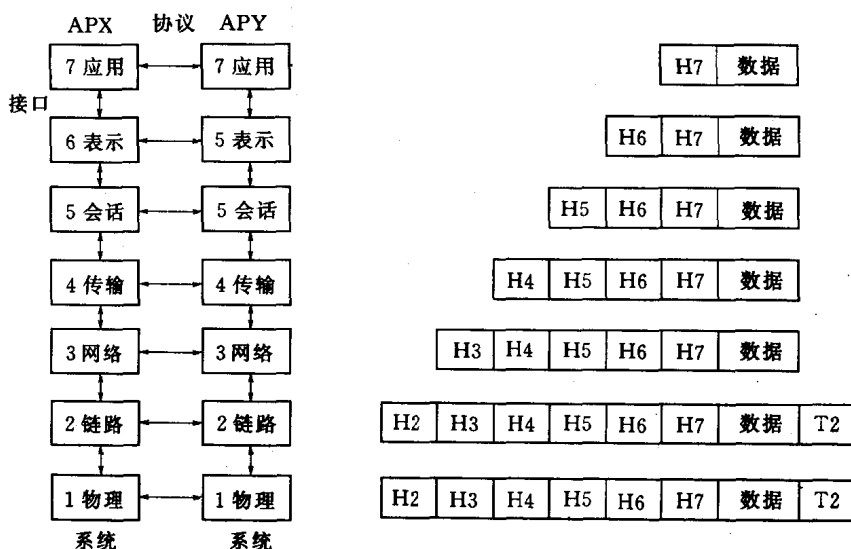


图 1-4 OSI 参考模型

(3) 检测和纠正物理链路产生的差错。

数据链路层能够把一条有可能出差错的实际链路，转变成让网络层向下看起来好像是一条不出差错的链路。在数据链路层上传送数据的单位是帧。

3. 网络层

(1) 控制分组传送系统的操作，即路由选择、拥挤控制、网络互联等功能，它的特性对高层是透明的。

(2) 根据传送层的要求来选择服务质量。

(3) 向传送层报告未恢复的差错。

对于由广播信道构成的通信子网，选路问题很简单，因此这种子网的网络层非常简单，甚至可以没有。对于一个通信子网来说，最多只有到网络层为止的最低三层。在网络层传送数据的单位是分组或包。

4. 传送层

(1) 提供建立、维护和拆除传送连接的功能。

(2) 选择网络层提供的最合适的服务。

(3) 在系统之间提供可靠的透明的数据传送，提供端到端的错误恢复和流程控制。

传送层屏蔽了会话层，使它看不见传送层以下的数据通信的细节。在通信子网中没有传送层。传送层只能存在于端系统（即主机）之中。传送层以上的各层就不再管信息传输的问题了。正因为如此，传送层就成为计算机网络体系结构中最为关键的一层。在传送层，数据的单位是报文。

5. 会话层

(1) 提供两个进程之间建立、恢复和结束会话连接的功能。

(2) 提供交互会话的管理功能，有三种数据流方向的控制模式，即一路交互、两路交替和两路同时会话模式。在会话层及以上的更高层次中，数据传送的单位没有另外再取名

字，一般都可称为报文。

6. 表示层

- (1) 代表应用进程协商数据表示。
- (2) 完成数据转换、格式化和文本压缩。

对传送的数据加密和解密也是表示层的任务之一。由于涉及的安全与保密这一问题比较复杂，在7层中的其他一些层次也与这一问题有关。

7. 应用层

- (1) 提供 ISO 用户服务，例如事物处理程序、文件传送协议和网络管理等。
- (2) 在 OSI 的 7 个层次中，应用层是最复杂的，所包含的应用协议也最多，有些还正在研究和开发之中。

这 7 个层次通常被分为低层和高层。低层为 1~4 层，与网络通信密切相关，也称为是面向通信的，高层为 5~7 层，是与信息处理相关的，也称作是面向信息处理的。

可以把以上所述的各层的最主要的功能归纳如下：

应用层——与用户应用进程的接口，相当于做什么？

表示层——数据格式的转换，相当于对方看起来像什么？

会话层——会话的管理与数据传输的同步，相当于轮到谁讲话以及从何处讲？

传送层——从端到端经网络透明的传输报文，相当于对方在何处？

网络层——分组传送、路由选择和流量控制，相当于从哪条路可到达该处？

数据链路层——在链路上无差错地传送帧，相当于每一步应该怎样走？

物理层——将比特流送到物理媒体上传送，相当于对上一层的每一步应怎样利用物理媒体？

上述简略的归纳还是比较粗浅的，各层的详细说明将在以后的各章节中给出。

练 习 题

1. 计算机网络的发展经历了哪几个阶段？
2. 什么是计算机网络？它有何功能？它又是如何分类的？
3. 试用日常生活中的例子说明 OSI 参考模型的思想。
4. 试指出以下差错发生在 OSI 的哪一层：
 - (1) 噪声使传输链路上的一个 0 变为一个 1。
 - (2) 一个分组被传送到错误的目的站。
 - (3) 收到一个序号错误的帧。
 - (4) 分组交换网交付给一个中断的分组的序号错误。
 - (5) 一个打印机正在打印，突然收到一个错误的指令要打印头回到本行的开始位置。
 - (6) 在一个半双工的会话中，正在发送数据的用户突然开始接收对方用户发来的数据。