

计算机网络工程与 规划设计

邓世昆 编著

云南大学出版社

计算机网络工程与 规划设计

邓世昆 编著

云南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程与规划设计 / 邓世昆编著. -- 昆明:
云南大学出版社, 2014

ISBN 978-7-5482-2086-2

I. ①计… II. ①邓… III. ①计算机网络 IV.
①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第198004号

责任编辑: 叶枫红 / 封面设计: 刘文娟

计算机网络工程与 规划设计

邓世昆 编著

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明市五华区教育委员会印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 21.75

字 数: 341千

版 次: 2014年9月第1版

印 次: 2014年9月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-2086-2

定 价: 38.00元

社 址: 云南省昆明市翠湖北路2号云南大学英华园内

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65031071 65033244

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

目 录

第一章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络	1
1.2 计算机网络体系结构	9
1.3 OSI/RM 网络体系结构	13
第二章 局域网技术	17
2.1 局域网概述	17
2.2 以太网技术	29
2.3 以太网系列标准	36
第三章 网络设备	48
3.1 网卡、集线器、网桥	48
3.2 交换机	54
3.3 路由器	62
3.4 网 关	68
第四章 互联网——TCP/IP	69
4.1 TCP/IP 网络体系结构	69
4.2 IP 地址	73
4.3 网络层协议	84
4.4 传输层协议	100
4.5 应用层协议	112
第五章 广域网	123
5.1 广域网概述	123
5.2 公用交换电话网 PSTN	130
5.3 公用数据网 X.25	131
5.4 帧中继 FR	136
5.5 数字数据网 DDN	138
5.6 综合业务数字网 ISDN	140
5.7 异步传输模式 ATM	143
5.8 同步数字系列 SDH	146

第六章 网络安全与管理	153
6.1 网络安全的概述	153
6.2 数据加密技术	157
6.3 密钥分配与管理	161
6.4 防火墙系统	167
6.5 入侵检测技术	175
6.6 网络管理	178
第七章 组网技术	187
7.1 交换机设备	187
7.2 交换机组网技术	197
7.3 路由器设备	215
7.4 路由器的配置	223
7.5 组网地址分配	237
第八章 网络工程与规划设计	246
8.1 网络建设工程概述	246
8.2 需求分析	258
8.3 网络系统设计	263
第九章 网络逻辑设计	270
9.1 网络的结构设计	270
9.2 网络的路由设计	280
9.3 网络的性能设计	288
第十章 综合布线工程	294
10.1 综合布线系统	294
10.2 双绞线系统	297
10.3 光缆系统	302
第十一章 综合布线系统设计	311
11.1 综合布线系统设计的原则、需求分析及拓扑结构	311
11.2 合理设计综合布线系统	314
11.3 综合布线系统的测试	322
第十二章 中心机房工程	325
12.1 中心机房工程概述	325
12.2 中心机房工程设计	326

第一章 计算机网络概述

1.1 计算机网络

铁路、公路、海运等组成的交通运输网，把城市与乡镇连接在一起，传输人流和物流，是国家经济命脉的重要组成部分。相似的，计算机网络把分布在不同地点的多个独立的计算机系统连接起来，传输数据流，让用户实现网络通信和共享网络上的软、硬件系统资源和数据信息资源，是信息通信网的重要组成部分。

1.1.1 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物，计算机网络的发展历史与通信技术的发展紧密相关。计算机网络起源于 20 世纪 50 年代，经过近 60 年的发展历程，形成了今天能全球互联、支持多媒体信息传输、能实现高速传输的信息传输体系。计算机网络的发展可以概括为五个阶段：

- ①面向终端的集中式联机网络系统；
- ②多个计算机互连的分布式计算机网络；
- ③统一网络体系结构、遵循国际标准的计算机网络；
- ④光纤、宽带、高速的计算机网络，网络得到广泛应用的时代；
- ⑤IPv6、移动网络、“云计算”、物联网时代。

1.1.1.1 面向终端的集中式联机网络系统

集中式联机网络系统，就是一台中央计算机连接大量分散在不同地理位置的终端的网络系统。用户可以通过这些连接在不同地理位置的终端共享这台中央计算机的资源。图 1-1 给出一个集中式联机系统的示意。



图 1-1 集中式联机网络系统

集中式联机网络系统的思想主要是解决早期计算机主机比较昂贵、不可能每个用户拥有一台主机；通过多个终端连接计算机，实现多个用户共享一台主机的目的。随着计算机价格的日趋下降，集中式联机网络系统已被通过通信线路将计算机—计算机互连的分布式网络即第二代计算机网络所代替。

1.1.1.2 多个计算机互连的分布式计算机网络

1969 年，美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency，DAPRA）建成的 ARPA 网，标志着计算机—计算机互连的分布式网络的兴起。

ARPA 网最初的目标是借助现有的通信系统，使与通信系统连接的计算机系统之间能够相互进行数据通信和共享资源。ARPA 网当时只有 4 个节点，以电话线路作为通信主干网络，两年后，建成 15 个节点，进入实际使用阶段。此后，ARPA 网的规模不断扩大。到 20 世纪 70 年代后期，网络超过 60 个节点，主机 100 多台，地理范围跨越了美洲大陆，连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构，而且通过通信卫星与夏威夷和欧洲等地区的计算机网络相互连通。ARPA 网是一个成功的系统，它在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络的发展打下了基础。

ARPA 网的主要特点：

- ①资源共享；
- ②分散控制；
- ③分组交换；
- ④专门的通信控制处理机 IMP；
- ⑤分层的网络协议。

这些特点往往被认为是现代计算机网络的一般特征。图 1-2 给出一个 ARPA 网的示意。

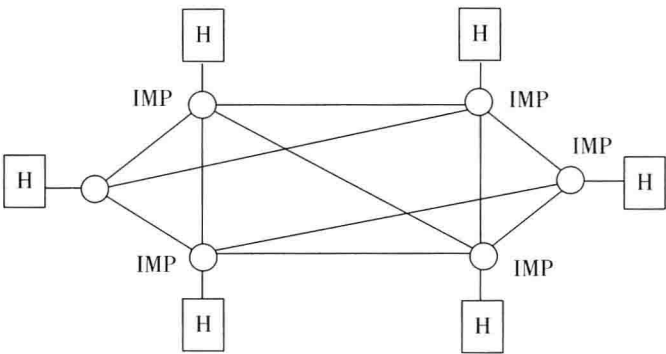


图 1-2 ARPA 网的示意

1.1.1.3 统一网络体系结构、遵循国际标准的计算机网络

20 世纪 70 年代后期，网络已经有了较大的发展，世界上已经有很多计算机网络在运行。由于它们大多都是某些公司自己研制的网络，这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效，遵从自己公司指定的某种标准，能与这些网络互联的网络通信产品，也只能是同一公司生产的网络通信产品。这种没有统一的网络体系结构、各自为政的状况使得一个公司的计算机网络很难和另一公司的计算机网络互联，进行通信，而原因是它们的网络体系结构、网络遵循的标准不一样。然而要充分发挥计算机网络的效益，就应当使不同公司生产的网络通信产品组成的网络能够通过网络互联，能进行相互通信。

要使不同厂家生产的计算机网络产品能够互联进行通信，就需要制订一个国际范围的

网络标准,不同厂家生产的计算机网络产品都遵循这个国际范围的网络标准,就能够互连进行通信。20 世纪 70 年代后期,国际标准化组织意识到这个问题,开始着手制订网络的国际标准。

1977 年国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 的 SC16 分技术委员会 (TC97 信息处理系统技术委员会) 开始着手制订国际范围的网络标准——“开放式系统互联参考模型”,即 OSI/RM (Open System Interconnection/Reference Model) 作为国际标准。

OSI 规定了网络的体系结构以及互连的计算机之间的通信协议,遵从 OSI 网络体系结构及协议的网络通信产品都是所谓的开放系统。也就是说,只要遵循 OSI 标准的网络系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循这个标准的其他网络系统互连,进行通信。这种统一的、标准化的网络产品给网络技术的发展带来了网络市场的繁荣,推动了互连网络的快速发展,开创了计算机网络的新纪元。

计算机网络发展历程的另一方面是局域网 (Local Area Network, LAN) 的发展。20 世纪 80 年代,微型计算机产品有了极大的发展,由微型机构成局域网的技术得到了相应的发展。

鉴于广域网原来出现的问题,局域网的发展一开始就注意标准化的问题,一开始就着手制订统一的局域网标准。1980 年 2 月,美国电气电子工程师协会提出的 IEEE802 局域网标准出台,后来被国际标准化组织采纳,作为 LAN 的国际标准,称为 ISO8802 标准。

由于局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式生产局域网产品,这种标准化的结果,使用户在建设自己的局域网时选择面更宽、设备更新更快,促进了局域网的快速发展,经过 20 世纪 80 年代后期的激烈竞争,局域网厂商大都进入专业化的成熟时期。

1.1.1.4 光纤、宽带、高速计算机网络,网络得到广泛应用的时代

20 世纪 90 年代以来,计算机网络技术飞跃发展,高速光纤和光器件的成熟,高速交换技术的出现,使传输速率不断提升,已经达到 1Gbps、10Gbps 的网络速率,40/100Gbps 的局域网标准已经形成并宣布。高性能、低价格的计算机的推出,以及丰富的网络设备产品都成为计算机网络大发展的催化剂,大大促进了计算机网络的发展。

信息时代的到来、信息高速公路的建立、Internet 互联网的迅速扩大使得计算机网络应用更加广泛;管理信息系统、办公室自动化、高性能计算、网络媒体服务、网上购物等形成计算机网络应用的巨大市场。网络技术和计算机技术的大发展形成了“不进入网络的计算机,就不能称之为计算机;网络就是计算机”的新概念。

1.1.1.5 IPv6、移动互联网、云计算、物联网时代

进入 21 世纪,网络进入了 IPv6、移动互联网、云计算、物联网时代。随着网络的日益普及和业务的广泛开展,网络出现了 IP 地址枯竭的问题。32 位的地址表达,只有 40 亿个网络地址的第一代 IPv4 网络发展至今已经使用了 30 多年,2011 年国际互联网名称和地址分配公司 (ICANN) 公布 IPv4 网络地址的最后一批资源已经在全球分配完毕。这意味着 IPv4 网络地址已成为基于 IPv4 发展起来的互联网可持续发展的瓶颈,将使全球在互联网基础上拓展的移动互联网、云计算、物联网等新兴业务,因为没有网络地址可用而无法继续开拓新的业务。这个问题早在 10 几年前人们就注意到了,于是国际互联网工程任务

组设计了 128 位地址表达, 技术更加先进成熟的 IPv6 网络。IPv6 除了具有足够的地址空间之外, 具有更高的安全性, 还具有许多比 IPv4 更加强大的新功能。基于 IPv6 所具备的互联网可持续发展优势和成熟的技术, 许多发达国家制定了明确的 IPv6 发展路线图。在政府层面, 美国最早建成 IPv6 网络。2010 年 6 月前美国政府机构网络已经切换到 IPv6, 并将于 2014 年完成全国性的 IPv6 升级改造。2010 年年底欧盟的 1/4 企业、政府机构和家庭用户已经切换到 IPv6。在应用商层面, 日本 NTT 公司基于 IPv6 网络地址的 IPv6 网络已经全面应用。我国也在积极发展 IPv6 网络, 现在已经建成的基于 IPv6 网络地址的大规模下一代互联网示范网络, 已经有多所高校、科研单位以及企业建设了 IPv6 驻地网, 同时还积极参加国际上的 IPv6 网的各种研究项目。

移动网络指基于浏览器的 Web 服务, 移动网络使用手机、掌上电脑等移动设备连接到公共网络。移动网络是 21 世纪另一个发展前景巨大的网络应用, 它已经在亚洲和欧洲的部分城市发展迅猛。近年推出的“苹果” iPhone 智能手机是美国市场移动网络的一个标志性事件。从“苹果”智能手机推出到今天, 移动网络得到越来越多的应用, 目前, 越来越多的网络服务都通过移动设备来实现。

21 世纪是云计算的时代。云计算是一种基于因特网的超级计算模式, 在远程的数据中心, 几万甚至几千万台电脑和服务器连接成一片, 具有每秒超过 10 万亿次的运算能力, 为用户提供网络服务。如此强大的运算能力几乎无所不能。用户通过电脑、笔记本、智能手机等方式接入数据中心, 按各自的需求进行信息检索、数据存储和科学运算。

物联网是 21 世纪信息技术的重要组成部分。物联网是在互联网基础上的延伸和扩展的网络, 其用户端延伸和扩展到了物品与物品之间, 进行信息交换和通信。物联网通过射频识别 (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, 把任何物品与互联网相连接, 进行信息交换和通信, 以实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。

21 世纪, 网络速率、安全性、可靠性的不断提升, IPv6 巨大无限的地址空间, 语音、数据、视频业务全方位地支持, 物物相连的物联网络, 无处不在的移动网络及高性能的智能终端, 加上呈爆炸性增产的巨大网民数量和网络业务, 正在开创 21 世纪网络新时代、新纪元。

1.1.2 网络的定义和功能

1.1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络在不同的发展阶段或从不同的观点看有不同的定义。

ARPA 网建成后, 美国信息学会联合会于 1970 年把计算机网络定义为: 以相互共享 (硬件、软件和数据) 资源方式而连接起来, 且各自具有独立功能的计算机系统之集合。这个定义着重于应用目的, 而未指出其物理结构。

当联机终端网络发展到计算机—计算机网, 为了区分前者 and 后者, 从物理结构看, 计算机网络被定义为: 在网络协议控制下, 由多台功能独立的主计算机、若干台终端、数据传输设备以及计算机与计算机间、终端与计算机进行通信的设备所组成的计算机复合系统。这个定义强调联网的计算机必须具有数据处理能力且功能独立。

目前,一般较公认的计算机网络的定义如下:计算机网络就是利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统互联起来,以功能完善的网络软件实现软件、硬件资源共享和信息传递的系统。

这里强调了计算机网络是通信技术和计算机技术结合的产物;强调计算机网络是将处在不同地理位置的计算机进行互联;强调互联的计算机主机是具有功能独立的数据处理能力的计算机;强调互联的目的是为了实现信息传输和资源共享。

1.1.2.2 计算机网络的功能

计算机网络的主要功能是为用户提供一个网络环境,使用户能通过计算机网络实现资源共享和信息传递。

①资源共享

计算机在广大的地域范围联网后,资源子网中各主机的资源原则上都可共享。计算机网络的共享资源有硬件、软件、数据等。

硬件资源有超大型存储器、特殊的外部设备以及大型、巨型机的 CPU 等,硬件资源共享是其他资源共享的物质基础。软件资源共享有共享语言处理程序、服务程序和应用程序等。数据资源有各种数据文件、数据库等,共享数据资源是计算机网络最重要的功能。

在网络中,资源共享的最典型的例子就是数据中心存储系统、高性能计算中心的计算系统及云计算。数据中心存储系统由具有近百 T (1T = 1 024G) 的存储容量,实现企事业单位的数据集中存储、集中管理、各种应用系统的数据都以共享数据中心存储空间的方式存储在数据中心存储系统中。

高性能计算中心由具有每秒上万亿次计算能力的计算系统和相关计算业务软件构成;用户通过网络远程提交计算作业,由计算中心计算系统处理后,将计算结果输出到用户终端。所有需要计算资源的用户都可以通过网络共享高性能计算中心的计算资源。

云计算通过共享的软、硬件资源和信息资源实现按用户需求提供服务,是计算机网络资源共享最令人向往的理想实现。

②数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能。它用来快速传送计算机与终端、计算机与计算机之间的各种信息,包括文件、邮件和声音、数据、图形和图像等多媒体信息传输、上传和下载。利用这一特点,可实现将分散在各个地区的单位或部门间接地用计算机网络联系起来,进行统一的调配、控制和管理。

③分布式处理

由于计算机价格下降的速度快,在计算机网络内计算机和通信装置的价格比发生了显著变化,这使得在计算机网络内部可以充分利用计算机资源,可以把相同的资源分布在地理位置不同的计算机上,用户可以在最捷径的路径访问这些资源,获得快速响应的服务。

分布式处理可以在计算机网络上设置一些专用服务器,专门进行某种业务的处理,把所需的各种处理功能分散到各个计算机网络上,提高处理能力和效率。

计算机网络一般都属于分布控制方式,如果有单个部件或少量计算机发生故障,可以利用网络上的其他计算机来完成它们要完成的任务,大大提高通信的可靠性。

④改善工作环境条件

电子邮件、QQ、微信等通信应用使用户可以得到快捷的通信，实现全球快捷的电子通信，使世界范围的通信过程缩短到几分钟的电子过程。利用“即时通”网络业务，可以轻松实现网上对话、视频聊天、文件传输，获取资讯等网络业务。利用视频会议系统，可以实现可视电话、网络会议，使远隔千里的人们只要坐在自己的计算机旁就可以和其他网络上的用户进行会议讨论、相互交谈和协商。

尽管以上我们提出了一些网络的功能，事实上，目前的互联网还远远不是我们经常说到的“信息高速公路”。这不仅是因为目前互联网的传输速度仍不够快，更重要的是互联网还没有定型，还一直在发展、变化。因此，任何对互联网的技术定义也只能是当下的、现时的。与此同时，在越来越多的人加入到互联网中、越来越多地使用互联网的过程中，也会不断地从社会、文化的角度对互联网的意义、价值和本质提出新的理解。

1.1.3 计算机网络的组成

计算机网络的组成是计算机、计算机外部设备通过由通信设备及线路组成的通信网络，所以计算机网络可分为由计算机及计算机外部设备组成的资源子网和由通信设备及线路组成的通信子网。资源子网负责网络中的数据处理任务，通信子网负责网络中的数据传输任务（如图 1-3 所示）。

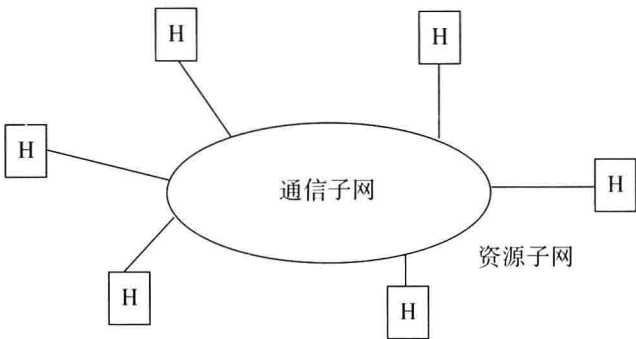


图 1-3 计算机网络的组成

在实际网络中，资源子网由个人终端计算机、PC 服务器、小型机等主机组成；通信子网由调制解调器、数据网接入设备、交换机、路由器等网络设备组成；传输链路由电话线、同轴电缆、无线电路、卫星线路、微波中继线路、光缆、铜缆等传输介质组成。

如果把资源子网中的计算机、外部设备和通信子网中的通信控制处理机抽象成节点，将通信子网中的传输线路抽象成链路，则计算机网络就是由节点和链路两种元素组成的，即网络节点和通信链路。

网络节点又分为端节点和转接节点。端节点指通信的源节点和目的节点，源节点是传输数据的出发源点，目的节点是传输数据的最终接收点，源节点和目的节点都是由用户主机等设备构成，又称为数据终端设备 DTE（Data Terminal Equipment）。转接节点指网络通信过程中起控制和转发信息作用的节点，如程控交换机、集中器、接口信息处理机等，又称为数据通信设备 DCE（Data Communications Equipment）。通信链路是指传输信息的信道，可

以是电话线、同轴电缆、无线电路、卫星线路、微波中继线路、光纤缆线等传输介质。

1.1.4 计算机网络的分类

计算机网络可以按地域范围、拓扑结构、交换技术、有线、无线等进行分类。

1.1.4.1 按地域范围分类

按地域范围分类，计算机网络可以分为局域网、城域网、广域网。

局域网的地域范围仅在几十米到几千米，主要是一个工作室、一栋大楼、一个园区范围内的网络。

城域网的地域范围仅在一个城市内或方圆 100km 以内，主要是用于一个城市的专门机构的网络。如每个城市的大学网络、中学网络以及政府有关管理机构的专用网络等。

广域网指具有很大的地域范围的网路，一般指各个城市、各个省，乃至各个国家互联的网络。广域网一般要借助电信覆盖全国、全省的网络实现各个城市、各个局域网之间的互联，所以广域网主要是电信运营商的网络。

1.1.4.2 按拓扑结构分类

网络中的连接模式叫作网络的拓扑结构。为了方便研究网络的拓扑结构，将网络中的主机、外部设备和通信控制处理机用抽象的节点来表示，将通信线路抽象成链路线段来表示。在网络中负责信息处理的计算机、服务器等统称为数据终端设备——DTE，负责通信控制的交换机、路由器等统称为数据通信设备——DCE。在拓扑结构表示中，将 DTE、DCE 都抽象成节点，将所有的传输介质都抽象成线段。这样一来计算机网络被抽象成点和线的连接，这种点、线连接构成的网络结构图称为网络拓扑结构图。按照拓扑结构，图 1-4 的网络将被表示成图 1-5 所示。

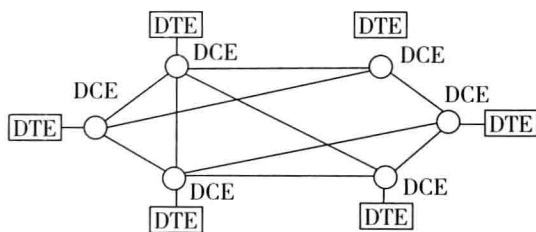


图 1-4 抽象前的网络结构

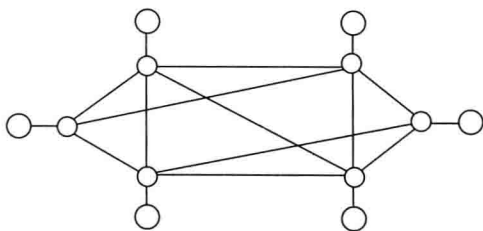


图 1-5 抽象后的网络拓扑结构

在计算机网络中，计算机互连采用全连接型构成点到点的通信是最理想的，即每一对节点之间都存在一条线路直接连接。这样使得传输速度最快，如图 1-6 所示。在全连接方式中，系统需要的链路数是节点数的平方倍，需要大量的传输线路，使得通信线路费用过高，所以在实际网络中采用全连接实际上是不现实的。

在实际网络中不采取全连接方式，而是采取中间转接方式。在图 1-7 所示采用中间转接方式的网络中，Ha 主机要与 Hb 通信时，传输的数据可以从 Ha 主机出发，经 b 到 d，再到 f 的转接，仍然可以达到 Hb 主机；同样从 Ha 主机出发，还可以经 b 到 e，再到 f 的转接，也可以达到 Hb 主机。尽管需要通信的两台主机之间没有直接连接，但是通过中间的转结，仍然能实现数据的传输。中间转接方式需要的线路数量大大减少，节省了大量

的通信费用，计算机网络中一般都采用中间转接方式。在局域网、城域网及广域网的拓扑结构中，中间转接方式一般多用于广域网。

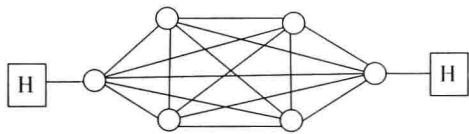


图 1-6 全连接方式的网络

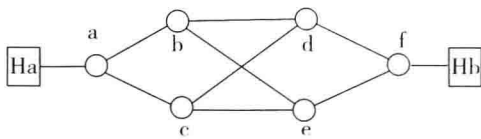
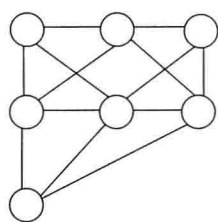
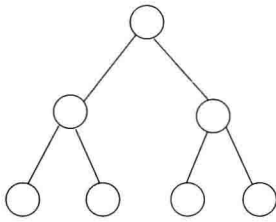


图 1-7 转接方式的网络

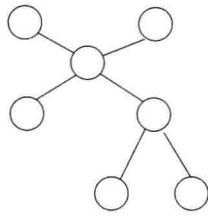
按照网络拓扑分类，计算机网络拓扑有网型拓扑、树型拓扑、混合拓扑，总线拓扑、星型拓扑和环型拓扑。广域网的拓扑结构一般为：网型拓扑、树型拓扑、混合型拓扑（如图 1-8 所示）。



网形拓扑



树形拓扑



混合形拓扑

图 1-8 广域网拓扑结构

网形拓扑由于节点之间有许多条路径相连，可以为数据分组的传输选择适当的路由，当网络某部分出现故障或数据流量过大时，数据分组可以绕过失效的部件或过忙的节点，大大提高网络的传输可靠性。

网形拓扑结构的网络协议复杂，但由于它的可靠性高，被广泛使用在广域网中。

树形拓扑像一棵倒置的树，顶端是树根，树根以下带若干分支，每个分支还可以再带子分支。这种拓扑的站发送时，根接收该信号，然后重新广播到全网。树形网的优点是容易扩充，新的节点和分支很容易加入到网络中；容易进行故障隔离，某一分支或节点出现故障，很容易将故障分支或节点与整个网络系统隔离开来。树型网的缺点是对根的依赖较大，根若出现故障，全网则不能正常工作。

混合型一般是将两种不同的网络拓扑混合起来，具有各自的优缺点。

局域网的拓扑结构一般为：总线形拓扑、环形拓扑、星形拓扑（具体内容参见第二章）。

1.1.4.3 按交换技术分类

按交换技术分类，可将网络分为电路交换网络、报文交换网络等。

电路交换网络在通信时，通过交换在源和目的间建立一条专用的物理通路用于信息传输，传输的信息独占该条通路。电路交换通信的过程包括建立连接、维持连接、拆除连接这三个阶段。电路交换的传输延迟小，但线路利用率低，也不便于差错控制。最典型的电路交换网络就是实现语音通信的电话网络。

报文交换采用了存储转发方式。在源节点的主机将要传输的数据加上源地址、目的地址、差错校验码等信息封装成一个数据报文，转发到前向节点存储下来，待前向节点可以

接收该数据报文时，再由前向节点将该报文向下一个节点转发，转发到下一节点后再存储下来，待下一节点可以接收该数据报文时，继续进行转发。通过逐个节点的不断转发，最终该数据报文达到目的节点的主机。报文交换由于采用存储转发方式，相对于电路转发，延迟较大，但可以充分利用网络多条路径可达的特点，提高线路利用率，提高传输速度。报文转发方式由于到达每个节点后都被先存储下来，可以对该数据报文进行适当的处理，使得网络的差错控制和安全控制等得以实现。

电路交换网络、报文交换网络等有各自的优缺点，分别用于不同的场合。

1.1.4.4 按有线、无线网络分类

网络分为有线网络和无线网络。有线网络使用光纤、双绞线等传输介质实现通信，无线网络通过无线信道进行通信。企业、校园、小区的网络一般为有线网络，城市公共区域的网络一般采用无线网络；企业、校园、小区的网络建设也可以在有线网络基础上延伸无线网络，覆盖企业、校园、小区户外的公共区域，支持移动上网功能。

1.2 计算机网络体系结构

计算机网络是由网络设备和通信线路组成、实现数据通信的复杂系统，计算机网络体系结构从整体抽象定义了计算机网络的构成以及组成网络的各个部分之间的逻辑关系和功能，给出了各部分协调工作的方法和遵守的规则。按照国际标准化组织的定义，计算机网络体系结构就是为了完成网络功能，把网络总系统的划分成定义明确的若干层次，规定了各个层次的功能，以及网络中通信双方同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口和下层为上层提供的服务。网络的分层、各层的功能和服务、同层间通信的协议，以及相邻层接口构成网络体系结构的主要内容。

1.2.1 计算机网络的基本功能

数据信息传输对计算机网络提出了两个基本功能：

- ①及时而可靠地将数据从发送主机一端传送到目的主机一端。
- ②保证数据经网络到达用户一端后正确无误，从语法和语义上均能为接收用户识别。

计算机数据通信和话音通信不同，在话音通信中，只要求所建立的传输信道清晰、低噪声，而双方对通信内容的识别（互懂）则由终端用户自己去解决。在数据通信中，信号的识别是至关重要的，由于数据通信是机器与机器之间的通信，必须按预定的数据格式发送数据和接收数据，各种命令和控制符都应事先规定和精确定义，在通信开始前，终端用户必须一致同意预定的数据格式、各种命令和控制符的定义，这些事前提出的定义称为通信的协议。所以计算机网络通信的双方在通信前必须建立起特定的规程协议，并按照建立的特定规程协议进行通信。

计算机数据通信和话音通信的另一个不同是计算机数据通信的间歇性和突发性。人们打电话时信息流是平稳而连续的，速率也不高。然而，计算机之间的数据通信却不是这样，当用户坐在终端前思考时，线路中没有信息流过，当用户发出文件传输命令时，开始突发数据传输，当数据传输结束，线路可能又进入无数据阶段。所以计算机数据通信具有

突发性的特点。另外，计算机网络上连接着多台计算机，它们共享通信线路，计算机数据通信的突发性和共享线路的特点决定了计算机网络必须使用交换技术来满足这种特殊的通信要求。

为了高效地使用通信线路，计算机网络将要传送的数据分成若干分组进行传输。为了将这些分组正确的传输到目的地，被成分组的每一段数据必须加入一些附加信息。这些附加的信息主要有用于识别分组开始和结束的同步信息；验证收到的分组是否是正确的差错控制信息；指明发送分组的源端和接收分组的目的端的地址信息；等等。

1.2.1.1 实现打包与解包

计算机网络将每一段数据加入附加信息形成数据分组的过程称为打包，打包在发送方完成。打包的分组经过计算机网络传输到目的地后，需要去除这些附加信息，取出传输的数据。将分段的数据中加入的附加信息去除称为解包，在接收端完成。所以计算机网络的通信要实现打包，在接收端要实现解包。

1.2.1.2 解决路由的选择问题

如果网络中从发送方到接收方没有直接的链路存在，则数据分组的传输需要通过网络的中间节点选择不同的传输链路实现转发，通过中间节点的不断转发，最终达到目的节点。由于发送方通往接收方之间的节点和链路往往存在若干条路径，网络中需要选择最佳的路径进行传输，即数据报文达到每个转发节点时，每个节点都存在为该数据报文选择一条最佳传输路径的问题。所以计算机网络中的各节点设备要为转发的数据包解决路由选择问题。

1.2.1.3 实现差错控制

计算机网络在数据包传输过程中，难免发生差错，当传输发生差错时，网络要能及时发现，并进行相应的处理（如要求重新发送）。在计算机网络中，发现差错发生，并进行相应的处理，最终得到正确的数据报文的这种情况称为差错控制。所以计算机网络要具有差错控制功能。

1.2.1.4 实现流量控制

复杂网络中的数据通信情况类似道路系统中的交通流量情况，如果没有控制，在数据流量太大时会引起拥挤和堵塞。计算机网络在进行数据通信时，要限制进入网中的数据分组数目，使网络中的数据流量比较均匀，不发生拥挤和阻塞。所以计算机网络要具有流量控制功能。

1.2.1.5 进行会话管理

两个端主机进行通信时，它们是按进程进行的，这种进程的通信在网络中称为“会话”。网络系统要对通信的双方的会话进行管理，以确定什么时候该谁说（发送），什么时候该谁听（接收）。一旦发生差错，从哪儿恢复继续会话。所以计算机网络的通信要具有会话管理功能。

1.2.1.6 解决信息表示的问题

两个端主机进行通信时，双方的信息表示要互相能够识别，如果双方的信息表示不一

样，还需完成信息表示的转换。所以计算机网络还需要解决信息表示的问题。

1.2.1.7 提供各种基本的网络应用服务

计算机网络传输数据的目的是实现网络应用，如实现网站访问、电子邮件、文件下载，所以计算机网络应提供各种基本的网络应用服务。

网络需要实现以上若干基本功能，网络的这些基本功能是由网络中的不同部分来完成的。在计算机网络中，一个网络被分解成若干层次，各层次实现网络的某一部分功能，构成计算机网络的所有的层次所完成的功能共同实现了计算机网络的总体功能。

1.2.2 分层系统结构和协议

从上面的讨论可知，计算机网络两个基本功能涉及两个基本层次：第一个功能直接与通信传输有关。它解决数据的可靠传输，处于低层的位置，低层功能的实现主要是由通信设备和通信线路来完成。第二个功能与信息处理有关，处于高层的位置，高层功能的实现主要是由计算机主机系统或设备中的软件来完成的。低层、高层的关系如图 1-9 (a) 所示。按照这样低层、高层两个基本层次划分的概念，一个计算机网络可以分成一个面向通信的通信子网和一个面向信息处理的资源子网，如图 1-9 (b) 所示。其中通信子网对应低层部分，资源子网对应高层部分。

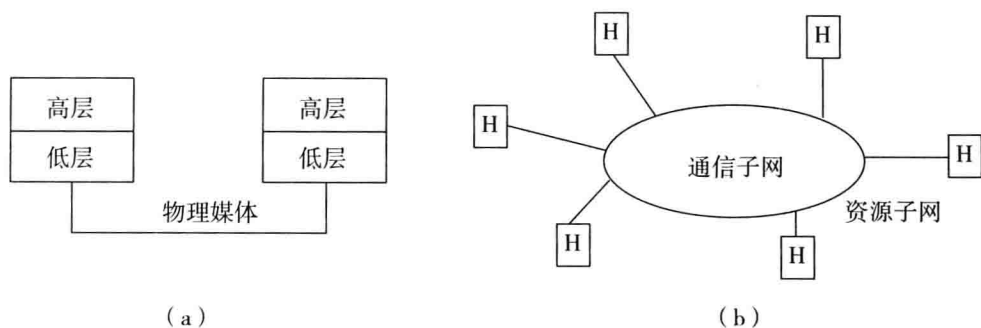


图 1-9 分层系统结构

通信子网和资源子网中各自要实现的功能是很复杂的，所以在网络技术中，还需将通信子网和资源子网各自的功能作进一步的划分，某些功能划分成一个层次，每层只完成某些特定的功能。

按照 ISO 的技术标准，一个计算机网络被划分成七个层次。其中，下面四层负责数据的可靠传输，对应通信子网部分；上面的三层负责数据处理，对应资源子网部分。这样一个计算机网络的总体组成被划分成七个层次，又称为七层网络体系结构模型。如图 1-10 所示。一个计算机网络总功能任务的实现就由若干个子层各自完成自己的子层功能来最终实现。

分层是一种结构化技术，它将一个复杂问题分解成若干容易解决的子问题，是工程中常用的一种方法。分层是系统分解的最好方法之一。大体上讲，将计算机网络分成若干层次，可以有以下好处：

①各层是独立的。某一层并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是什么。

- ②灵活性好。当发生变化时，只要接口关系保持不变，则该层或以下各层均不受影响。此外，某一层提供的服务还可以修改。当不再需要某层提供的服务时，甚至可以将该层取消。
- ③结构上可分割开。各层都可以采用最适合的技术来实现。
- ④易于实现和维护。
- ⑤实现标准化。

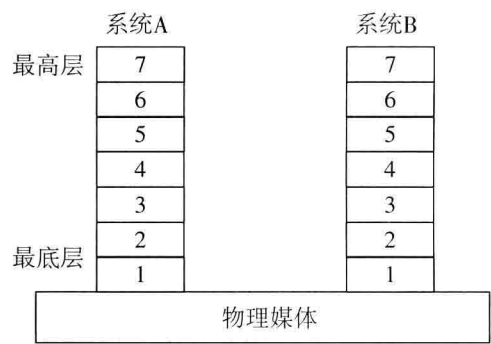


图 1 - 10 七层网络体系结构模型

达朗姆（A. S. Tanenbaum）在他所著的《计算机网络》一书中，曾经举了一个生动的例子来说明计算机网络的分层结构。这个例子讲的是一个肯尼亚的哲学家和一个印度尼西亚的哲学家的对话。他们可以看成是层次结构中的最高层。由于他们使用不同的语言因而不能直接对话，于是每人都请来一个翻译，将他们各自的语言翻译成译员都能懂的第三国语言。这里翻译就在第二层，他们向高层提供翻译的服务。两个翻译可以使用共同的语言进行交流，但是由于他们一个在非洲、一个在亚洲，还是不能直接对话。两个翻译都需要请一个工程技术人员，按照事先约定的方式如电报或电话，将交谈的内容转化成电信号在物理介质上传送至对方。这里工程人员就在最下一层，他们知道如何按约定的方式将语音转换成电信号，然后发送给物理介质上传送给对方，为上一层翻译提供服务。

在这个例子中有三个层次，从下到上，我们不妨称为传输层、语言层和认识层。在认识层上对话的两个实体，即两位哲学家，他们之间的对话通信不是直接进行，我们称这为虚通信，这个虚通信是通过语言层接口处翻译员提供的语言翻译以及翻译员间的交谈来实现的，抽象地说就是上一层的虚通信是通过下一层接口处提供的服务以及下一层的通信来实现的。对语言层的翻译员来说他们并不关心哲学家交谈的内容，而只是将其准确地翻译成第三国语言就行。他们间的通信也是虚通信，他们的通信是通过传输层工程技术人员提供的服务以及传输层通信来实现的。传输层的工程技术人员只负责按共同的约定将语言转换成电信号传输到对方。既不管是用什么语言，也不管交谈的是什么哲学问题。传输层的这种通信为实通信。

该例子说明了在不同语言国家的两位哲学家的对话系统，被分解成了三个层次，各层次完成自己特定的功能，三个层次共同完成了对话系统所需的所有功能，这就是网络分层的生动例子。