

网络连接设备 的原理和实用技术

鲁士文 编著

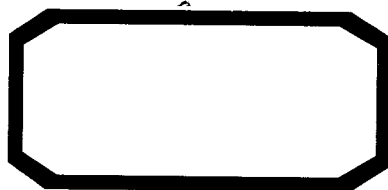


<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



网络连接设备的原理和实用技术

鲁士文 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书为读者提供在网络设计、修改和优化过程中所必需的有关网络连接设备的深入知识和工程技术,其中所论述的设备都是目前网络公司正在开发和不断升级的产品,掌握相关的理论和技术,才有可能进行技术创新。

本书最重要的特色是理论和实际相结合,注重实用知识的介绍,主要内容包括通信网络的基本概念、广域网和局域网基础、调制解调器和 ADSL 设备、桥接器、以太网集线器和交换机、路由器和网关、网络接入服务器和无线局域网连接设备、光纤传输系统和数据压缩执行设备,以及安全设备和防火墙。

本书适合作为信息技术相关专业的研究生和大学高年级的教材或教学参考书,也可供网络工程师用做相关技术的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

网络连接设备的原理和实用技术/鲁士文编著. —北京:电子工业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-121-06335-0

I. 网… II. 鲁… III. 计算机网络—基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 044595 号

策划编辑: 雷洪勤

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16.25 字数: 416 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着 Internet/Intranet 的迅猛发展, 信息处理对计算能力和应用软件复杂性的要求越来越高。这些处理能力的革新及应用软件的发展对支持它们的网络提出了新的挑战, 特别是对网络设备性能的要求更为强烈。正是在这样一个与社会组织和民众生活都息息相关的领域, 新的思想和概念以惊人的速度不断涌现, 令人耳目一新的产品更是层出不穷。

网络连接设备是建立通信网络的基本构筑块。本书为读者提供在网络设计、修改和优化过程中所必需的有关网络连接设备的深入知识和工程技术, 可帮助相关领域的学生和工程技术人员培养和提高开发网络产品的能力和水平。书中所论述的设备都是目前网络公司正在开发和不断升级的产品, 掌握相关的理论和面向设计的工程技术, 才有可能进行技术创新和提高产品质量。

全书共分 10 章。第 1 章介绍通信网络的基本概念; 第 2 章和第 3 章介绍广域网和局域网基础知识; 第 4~10 章分别阐述了调制解调器和 ADSL 设备、桥接器、以太网集线器和交换机、路由器和网关、网络接入服务器和无线局域网连接设备、光纤传输系统和数据压缩执行设备及安全设备和防火墙方面的知识。每一章都通过通俗易懂的描述和具有实际意义的图表阐明原理、标准、发展和核心技术。

本书最重要的特色是理论和实际相结合, 注重实用知识的介绍, 可提高读者在实际网络产品开发和配置使用方面的能力。本书是作者在中科院计算技术研究所长期从事网络研究和在中科院信息学院和工程教育学院多年讲授计算机网络课程的基础上编写的。

本书可作为信息技术相关专业的研究生和大学高年级的教材或教学参考书, 也可供网络工程师用做相关技术的参考资料。

编著者

2008 年 1 月

于中科院研究生院

目 录

第 1 章 通信网络的基本概念	(1)
1.1 开放系统互连参考模型	(2)
1.2 TCP/IP 体系结构	(5)
1.3 面向连接的和无连接的服务	(7)
1.4 线路交换和分组交换	(7)
1.5 多路复用技术	(8)
1.6 数据通信编码方式	(9)
1.7 差错检验和控制	(10)
1.8 流控制和拥塞控制	(12)
1.9 资源分配	(14)
1.10 网络服务质量	(15)
1.10.1 恒定速率	(15)
1.10.2 可变速率	(16)
1.10.3 报文	(16)
1.10.4 其他需求	(16)
1.11 基于地理范围的网路分类	(17)
1.11.1 局域网	(17)
1.11.2 广域网	(17)
1.11.3 城域网	(18)
第 2 章 广域网基础	(19)
2.1 线路交换网络	(19)
2.1.1 电话线路	(20)
2.1.2 频分复用	(20)
2.1.3 时分复用	(21)
2.1.4 电话系统中的通道排	(22)
2.1.5 T1 多路复用器	(23)
2.1.6 同步光纤网	(24)
2.1.7 基于租用线路的网络	(27)
2.1.8 RS-232 接口标准	(30)
2.2 分组交换网络和 ISDN	(33)
2.2.1 X.25	(33)
2.2.2 ISDN	(36)
2.2.3 帧中继	(38)
2.3 ATM	(42)

2.3.1	ATM 信元	(44)
2.3.2	ATM 协议参考模型	(45)
2.3.3	交换功能	(46)
2.3.4	ATM 适配层	(47)
2.4	因特网	(48)
2.4.1	IP 协议	(49)
2.4.2	划分子网	(51)
2.4.3	地址映射	(52)
2.4.4	互联网控制报文协议	(53)
2.4.5	域名系统	(53)
2.4.6	传输协议 TCP 和 UDP	(54)
2.4.7	因特网中的应用层	(56)
2.4.8	IPv6	(57)
2.5	SNA 和 APPN	(58)
2.5.1	SNA 基本概念	(58)
2.5.2	SNA 网络的等级结构	(59)
2.5.3	物理单元的类型	(60)
2.5.4	跨域通信	(61)
2.5.5	SNA 层次	(61)
2.5.6	SNA 会话	(62)
2.5.7	SNA 中的子区	(63)
2.5.8	高级对等网络 APPN	(64)
第 3 章	局域网基础	(68)
3.1	局域网的体系结构	(68)
3.2	逻辑链路控制	(70)
3.2.1	LLC 服务	(70)
3.2.2	LLC 协议	(71)
3.3	以太网	(75)
3.3.1	物理层	(76)
3.3.2	介质访问控制	(77)
3.3.3	以太网的帧格式	(79)
3.4	令牌环网	(82)
3.4.1	物理特征	(83)
3.4.2	令牌环介质访问控制	(84)
3.4.3	IEEE 802.5 帧格式	(86)
3.5	光纤分布式数据接口网络	(88)
3.5.1	定时令牌算法	(90)
3.5.2	帧格式	(90)

3.6	无线局域网	(93)
3.6.1	无线局域网的组成	(94)
3.6.2	IEEE 802.11 MAC 协议	(95)
3.6.3	物理层	(97)
第 4 章	调制解调器和 ADSL 设备	(98)
4.1	调制解调器	(98)
4.1.1	语音线路的参数和信号失真问题	(99)
4.1.2	调制解调器的基本成分	(102)
4.1.3	调制过程	(104)
4.1.4	全双工传输技术	(109)
4.1.5	调制解调器的国际标准	(111)
4.1.6	调制解调器的测试	(113)
4.2	ADSL 设备	(116)
4.2.1	ADSL 接入网络的设备配置	(116)
4.2.2	ADSL 调制技术和传输机制	(118)
4.2.3	ADSL 系统参考模型	(122)
4.2.4	数字用户线接入复用器	(123)
4.2.5	ADSL 初始化过程	(124)
4.2.6	典型的 ADSL 系统应用	(126)
第 5 章	桥接器	(130)
5.1	基本操作	(130)
5.1.1	洪泛	(131)
5.1.2	过滤和转发	(132)
5.2	类型划分	(132)
5.2.1	透明桥接器	(132)
5.2.2	翻译桥接器	(132)
5.3	功能特征	(133)
5.3.1	局域网和广域网接口支持	(133)
5.3.2	过滤和转发	(133)
5.3.3	选择性转发	(133)
5.3.4	多端口支持	(134)
5.3.5	透明操作	(134)
5.3.6	帧翻译	(135)
5.3.7	帧封装	(135)
5.3.8	设备形式	(135)
5.4	对于帧转发路径的选择方法	(136)
5.4.1	生成树协议	(136)
5.4.2	源路由选择	(142)

5.4.3	源路由透明桥接器	(144)
5.5	典型的网络配置	(145)
5.5.1	串行和顺序桥接	(145)
5.5.2	并行桥接	(146)
第 6 章	以太网集线器和交换机	(148)
6.1	共享式集线器	(148)
6.1.1	10BASE-T 双绞线以太网	(148)
6.1.2	100BASE-T 快速以太网	(150)
6.2	以太网交换机	(154)
6.2.1	交换操作	(156)
6.2.2	交换技术	(158)
6.2.3	功能类别	(159)
6.2.4	半双工操作和全双工操作	(161)
6.2.5	千兆位和万兆位以太网	(162)
6.2.6	以太网的流量控制	(163)
6.2.7	虚拟局域网	(166)
6.3	三层交换机	(168)
第 7 章	路由器和网关	(169)
7.1	路由器	(169)
7.1.1	与桥接器的对比	(169)
7.1.2	对 IP 的支持	(173)
7.1.3	IP 路由器的体系结构	(174)
7.1.4	路由器的基本结构单元	(178)
7.1.5	转发过程	(180)
7.1.6	路由处理器	(183)
7.1.7	路由算法	(184)
7.1.8	IP 路由协议	(189)
7.2	网关	(191)
7.2.1	通过控制单元的连接	(192)
7.2.2	以太网对 SNA 网络的连接	(193)
7.2.3	SDLC 连接	(194)
7.2.4	X.25 连接	(194)
7.2.5	使用 3172 互连控制器	(195)
7.2.6	数据链路交换	(196)
7.2.7	通信服务器	(197)
第 8 章	网络接入服务器和无线局域网连接设备	(199)
8.1	网络接入服务器	(199)

8.1.1	用户服务	(200)
8.1.2	功能模块	(200)
8.1.3	模型和接口	(201)
8.1.4	应用示例	(202)
8.2	无线局域网连接设备	(204)
8.2.1	无线局域网设备综述	(204)
8.2.2	无线接入点设备协议结构	(206)
8.2.3	无线网桥	(208)
8.2.4	无线局域网搭建模式	(208)
第 9 章	光纤传输系统和数据压缩执行设备	(212)
9.1	光纤传输系统	(212)
9.1.1	系统结构	(212)
9.1.2	光源	(212)
9.1.3	光纤	(213)
9.1.4	光检测器	(217)
9.1.5	光纤网络	(218)
9.1.6	光调制解调和复用设备	(220)
9.2	数据压缩执行设备	(220)
9.2.1	数据通信中常用的压缩技术	(221)
9.2.2	数据压缩的效益	(225)
9.2.3	使用数据压缩执行设备	(226)
第 10 章	安全设备和防火墙	(228)
10.1	通行字	(228)
10.2	非法访问	(231)
10.3	传输安全性	(232)
10.3.1	人工技术	(232)
10.3.2	自动技术	(234)
10.4	现代发展	(235)
10.4.1	DES 算法	(235)
10.4.2	公钥和私钥	(236)
10.4.3	在线应用	(237)
10.5	内部网络的安全性	(239)
10.6	路由器的分组过滤机制	(239)
10.6.1	访问列表	(239)
10.6.2	路由器访问	(243)
10.6.3	路由器没有控制的安全威胁	(243)
10.7	防火墙	(243)
10.7.1	结构布局	(244)

10.7.2 功能特征 (244)

10.7.3 代理服务 (245)

10.7.4 地址翻译 (246)

10.7.5 状态检查 (246)

10.7.6 告警 (246)

10.7.7 身份验证 (247)

10.7.8 分组过滤 (248)

10.8 更多的考虑 (249)

参考文献 (250)

第 1 章 通信网络的基本概念

当前的世界经济正在从工业经济向知识经济转变。知识经济的两个重要特点就是信息化和全球化。要实现信息化和全球化，就必须依靠通信网络。因此，通信网络已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。实际上，网络（特别是因特网）正在改变着人们工作和生活的许多方面，对经济的发展产生了不可忽视的影响。

这里所说的通信网络主要包括“三网”，即电信网络（主要业务是电话，其他业务如传真和数据承载业务等）、有线电视网络（单向传送电视节目的网络）和计算机网络（主要是将大量的局域网通过路由器广域互连形成的因特网）。这三种网络在信息化过程中起着重要的作用，其中发展最快并起核心作用的是计算机网络。

目前，电信网络、有线电视网络和计算机网络的规模都很大，但它们所使用的技术却相差很大，因此，在短期内用一种网络来代替这三种网络不太可能。现在这三种网络都逐步在演变，力图使自己也具有其他网络的优点，形成“三网融合”的趋势。所谓“三网融合”，是指三种网络在技术上互相渗透，在网络层上实现互通，在应用层上可以使用相同的协议，但运行和管理仍然是分开进行的。

本书主要讨论计算机网络，考察在计算机之间是怎样通过网络来交换信息的；介绍典型的局域网和广域网的运行机制；重点阐述网络设备是如何把不同的物理网络连接成因特网的；其中也必然会涉及电信网络甚至有线电视网络中与计算机通信网络相关的一些原理和关键技术。

用户通过终端设备互相交换信息时，涉及的过程可能相当复杂。作为例子，考察在两台计算机之间是如何传送一个文件的。首先，在这两台计算机之间必须有一条数据通路，这条数据通道可以是一条直接连接的链路，也可以通过一个通信网络。但是，仅此还远远不够，需要执行的典型任务包括：

- (1) 源系统必须激活数据通路，或者通知通信网络希望与之通信的目的地系统的标识；
- (2) 源系统必须确定，目的地系统已经准备好接收数据；
- (3) 源系统上的文件传送程序必须确定，目的地系统上的文件管理程序必须已经准备好为这个特别的用户接收并存储文件；
- (4) 如果两个系统上的文件格式不兼容，一个或另一个系统必须具有格式翻译功能。

比较复杂的服务可以从具有较少复杂性的服务以层次结构的形式组建。显然，在上述两个计算机系统之间必须有密切的合作。该任务不是以单个模块实现的，而是被划分成若干个子任务，每个子任务都单独实现。在协议体系结构中，模块被安排成一个垂直的栈。协议栈中的每一层都执行为了与另一通信系统通信所需的功能的一个相关子集。为了执行比较原始的功能，它需要依赖下一个较低层次，并且遮蔽那些功能的细节。同时，它向上一个较高层次提供服务。在理想情况下，层次的划分应该使得在一个层次中进行修改时不需要修改其他的层次。

当然，层次的划分应该以不同系统中的两个进程能够通信为前提，因此，这两个系统必须具有同一组层次功能。交流是通过两个系统中的对应（或对等）层进行通信得以实现的。对应层次借助遵从一组规则或约定的格式化数据块进行通信，这组规则或约定就叫做协议。协议主要由语义、语法和定时三部分组成，语义规定通信双方准备“讲什么”，即确定协议元素的种类；

语法规则通信双方“如何讲”，确定数据的信息格式、信号电平；定时包括速度匹配和排序等。

计算机网络的层次划分和各层协议的集合就是网络的体系结构，也就是说，计算机网络的体系结构是计算机网络及其部件所应完成的功能的精确定义。需要指出的是：这些功能究竟是用什么样的硬件和软件完成的，则是一个遵从这种体系结构的实现问题。体系结构是抽象的，独立于所采用的技术；实现是具体的，是真正运行的计算机硬件和软件。

1.1 开放系统互连参考模型

数十年以来，国际标准化组织、学术团体、各个国家的许多研究机构和公司都十分重视计算机网络体系结构的研究和开发。目前，比较著名的体系结构是国际标准化组织（ISO: International Organization for Standardization）提出的开放系统互连（OSI: Open System Interconnection）参考模型和美国国防部研制的 TCP/IP 协议体系。另外，IBM 公司的 SNA（系统网络结构）体系和微软公司提出的局域网协议结构也很有影响。本章将重点叙述 OSI 参考模型和 TCP/IP 协议体系结构。

基于国际标准化组织建议的 OSI 参考模型总体结构如图 1-1 所示，是作为要对各种层次上使用的网络协议实现国际化的第一步提出来的。它的提出旨在为协调标准的研制提供一个共同的基础，允许现存的和正在演变的标准化活动有一致的框架和前景。其最终目的是允许任意一个支持某种可用标准的计算机的应用进程自由地与任何支持同一标准的计算机的应用进程进行通信，而不必考虑计算机的制造厂商。正因为如此，该模型被称为开放系统互连参考模型。

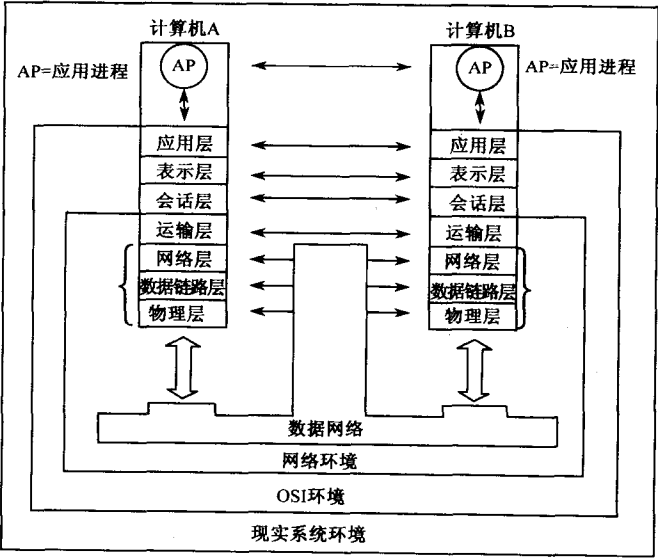


图 1-1 OSI 参考模型总体结构

需要强调的是，OSI 参考模型给出的仅是一个概念上和功能上的标准框架，是将异构系统互连的一种标准分层结构。它定义的是一种抽象结构，并非是具体的描述，模型本身不是一组有形的可操作的协议集合，既不包含任何具体的协议定义，也不包括强制的实现一致性。

OSI 参考模型把整个通信子系统划分为若干层，每层执行一种明确定义的功能。从概念上

讲, 这些层执行两类功能, 即依赖于网络的功能和面向应用的功能。由此产生了下列 3 种不同的操作环境:

(1) 网络环境涉及与不同类型的下层数据通信网络有关的协议和标准。

(2) OSI 环境包括网络环境和面向应用的协议和标准, 允许末端系统(计算机)以开放的方式互相通信。

(3) 现实系统环境建立在 OSI 环境之上, 包含厂商的专有软件和服务, 通过这种软件和服务完成特定的分布式信息处理任务。

OSI 参考模型依赖于网络的和与网络无关的两类功能都以若干个协议层的形式实现, 各个协议层之间的边界及每一层所执行的功能根据早先标准化活动中所得到的经验产生。

在总体通信策略的指导下, 每一层都执行一种明确定义的功能, 根据某种定义的协议运行, 用户数据和附加的控制信息以报文形式(PDU: Protocol Data Unit)在本地层和远方系统的对应层之间进行交换。每一层在自己和相邻的上层和下层之间都有明确定义的接口, 这样, 就使每一个特别协议层的实现都独立于所有其他层。

在图 1-1 所示的 7 个 OSI 层次中, 最低 3 层(1~3 层)是依赖网络的, 涉及将两台通信计算机连接在一起所使用的数据通信网的相关协议。高 3 层(5~7 层)是面向应用的, 涉及允许两个末端用户应用进程交互作用的协议, 通常是由本地操作系统提供的一套服务。中间的运输层为面向应用的高 3 层遮蔽了与网络有关的低 3 层的详细操作。从本质上讲, 运输层建立在由低 3 层提供的服务上, 为面向应用的高 3 层提供网络无关的信息交换服务。

每一层的功能都以协议形式正规描述, 协议定义了某层与另一(远方)系统中的类似层(对应层)通信所使用的一套规则和约定。每一层向相邻上层提供一套确定的服务, 并使用由相邻下层提供的服务向远方对应层传输与该层协议相关的信息单元。例如, 运输层为它上面的会话层提供可靠的网络无关的信息传输服务, 并使用其下面的网络层所提供的服务将与运输层协议有关的一组信息单元传送给另一系统中的对应运输层。在概念上, 每一层都根据一个明确定义的协议与一个远方系统中的对应层通信, 但实际上该层所产生的协议信息单元是借助相邻下层所提供的服务传送的。

下面, 将从最下层开始逐次讨论 OSI 参考模型的各层。注意: OSI 模型本身并未确切地描述用于各层的具体服务和协议, 它仅提出了每一层应该做什么。不过, ISO 确实已经为各层制定了一些标准, 但它们并不是参考模型的一部分, 而是作为独立的国际标准公布的。

(1) 物理层

物理层协调在物理介质上传输比特流所需的功能。物理层的设计主要是处理机械的、电气的和过程的接口, 以及物理层下的物理传输介质问题。物理层关心设备与传输介质的接口的特征、传输介质的类型、比特的表示、数据传输速率、位的同步、线路配置(点对点或多点)、把设备连接成网络的物理拓扑及传输方式(单工、半双工、全双工)。

(2) 数据链路层

数据链路层指定在网络上沿着链路在相邻节点之间移动数据的技术规范。数据链路层的主要任务是加强物理层传输比特流的功能, 使之对网络层显现为一条无错线路。本层关注的工作包括帧的产生和识别、透明传输、链路编址、链路访问控制(一个设备如何访问传输介质)、避免因发送方发送过快而淹没接收方的流控制、差错检测和纠正及帧的接收方如何发送确认应答或捎带应答等。

(3) 网络层

网络层负责把分组从其源投递到目的地，中间可能要经过多条链路。网络层的主要功能包括整个网络范围内的逻辑编址、路由选择、网络服务计费、拥塞控制和异种网络的互连。如果源和目的地计算机连接到同一条链路，通常不需要网络层。例如，在广播网络中，路由选择问题变得非常简单，因此，网络层很弱，甚至不存在。

(4) 运输层

运输层（也称传输层）负责从进程到进程的端到端的传输。运输层从会话层接收数据，在必要时把它分成较小的单位，传递给网络层，并确保到达网络层的各段信息正确无误，这些任务必须高效率地完成。从某种意义上讲，运输层使会话层不受硬件技术变化的影响。运输层的主要功能包括主机内的服务访问点编址（标识进程）、分段和重组（包含顺序编号）、连接控制、流控制和差错控制。

通常，会话层每请求建立一个传输连接，运输层就为其创建一个独立的网络连接。如果传输连接需要较高的信息吞吐量，运输层也可以为其创建多个网络连接，让数据在这些网络连接上分流，以提高吞吐量。另外，如果创建或维持一个网络连接不合算，运输层可以将几个传输连接复用到一个网络连接上，以降低费用。然而，在任何情况下，都要求运输层能够使多路复用对会话层透明。

运输层决定了向会话层提供什么样的服务。最流行的传输连接是一条无错的、按发送顺序传输报文或字节的点到点的信道（如 TCP）。有的传输服务是不能保证传输次序的独立报文传输（如 UDP）和多目标的报文投递（如组播）。

运输层是真正的从源到目的地的“端到端”的层。也就是说，源发端机器上的程序利用报文头部和控制报文与目的地机上的类似程序进行对话，而中间的路由器不需要执行该运输层协议。在运输层以下的各层中，协议是每台机器包括中间节点都要参照执行的协议，而不只是源发端机器与最终的目的地机之间的协议，通常在源发端机器与最终的目的地机之间还有多个路由器。这些路由器都要对路过的信息块进行 1~3 层的处理。一般来说，1~3 层是链接起来的，4~7 层是端到端的。

(5) 会话层

会话层允许不同机器上的用户建立会话关系，提供建立、维持、同步和终止交互活动的规则。

会话层的功能之一是管理对话。会话层允许信息同时双向传输，或任意一个时刻只能单向传输。若属于后者，会话层将记录此时该轮到哪一方了。一种与会话有关的服务是令牌管理。令牌可以在会话双方之间交换，只有持有令牌的一方才可以执行某种关键操作。

另一种会话服务是同步。如果网络平均每小时出现一次大故障，而两台计算机之间要进行长达两小时的文件传输时该怎么办？每一次传输中途失败后，都不得不重新传输这个文件。为了解决这个问题，会话层提供了一种方法，即在数据流中插入检查点。每次网络崩溃后，仅需重传最后一个检查点以后的数据。

(6) 表示层

表示层完成某些特定的功能，由于这些功能经常被请求，所以人们希望能够找到通用的解决办法，而不是让每个用户自己来实现。表示层以下的各层只关心可靠的比特流传输，而表示层关心的是所传输的信息（面向应用）的语法和语义。表示层服务的一个典型的例子是用一种大家一致同意的标准方法对数据编码。为了在采用不同表示法的计算机之间能够进行通信，交

换中使用的数据结构可以用抽象的方式来定义，并且使用标准的编码方式。表示层管理这些抽象数据结构，并在计算机内部表示法和网络的标准表示法之间进行转换。加密和数据压缩也属于表示层执行的功能。

(7) 应用层

应用层包含大量人们普遍需要的协议。例如，世界上有成百种不兼容的终端型号。如果希望一个全屏幕编辑程序能工作在网络中许多不同的终端类型上，因为每个终端都有不同的屏幕格式、插入和删除文本的换码序列、光标移动等，其困难可想而知。解决这一问题的方法之一是定义一个抽象的网络虚拟终端，编辑程序和其他所有程序都面向该虚拟终端。而对于每一种终端类型，都用软件把网终虚拟终端映射到实际终端。例如，当把虚拟终端的光标移动到屏幕左上角时，该软件必须发出适当的指令使真正的终端的光标移动到同一位置。所有虚拟终端软件都位于应用层。

应用层的另一个功能是文件传输。不同的文件系统有不同的文件命名规则，文本行有不同的表示方式。不同系统之间传输文件所需处理的各种不兼容问题，也属于应用层的工作。

此外，还有电子邮件、远程作业录入、名录查询和其他各种通用和专用的功能。

1.2 TCP/IP 体系结构

TCP/IP 协议是先于 OSI 模型开发的，并不符合 ISO/OSI 标准。大致来说，TCP 对应 OSI 参考模型的运输层，IP 对应网络层；但今天说的 TCP/IP 协议，已经超出了这两个层次，TCP/IP 协议成为一个完整的协议簇，是一个网络体系结构。该协议簇除了传输控制协议（TCP）和互联网络协议（IP）之外，还包括多种其他协议，如工具性协议、管理性协议及应用协议等。

OSI 体系结构与 TCP/IP 体系结构如图 1-2 所示，网络接口层表示与物理网络的接口，实际上，TCP/IP 本身没有真正描述这一部分，只是指出主机必须使用某种协议与网络连接，以便传递 IP 分组。具体的物理网络可以是各种类型的局域网，如以太网、令牌环网、令牌总线网等，也可以是如电话网、DDN、X.25、帧中继和 ATM 等公共数据网络。网络接口层的任务是从主机或节点接收 IP 分组，并把它们发送到指定的物理网络上。

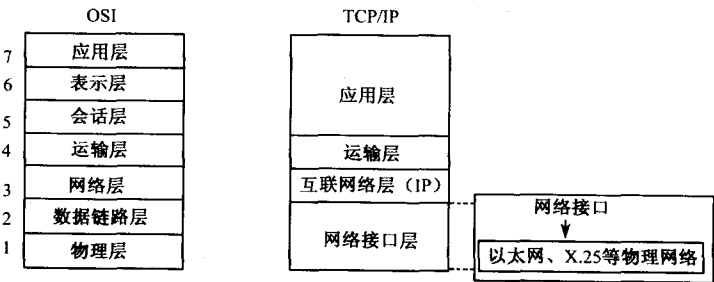


图 1-2 OSI 体系结构与 TCP/IP 体系结构

互联网络层是整个体系结构的关键部分，它使主机可以把分组发往任何网络，并使分组独立地传向目的地（可能经由不同的物理网络）。这些分组到达的顺序和发送的顺序可能不同，需要按顺序发送及接收时，高层必须对分组排序。这里所说的互联网是基于一般意义的，虽然 Internet（因特网）中确实存在互联网络层。

不妨把互联网和（缓慢的）邮政系统做个对比。一个人把一些国际邮件投入邮箱，一般情

况下，这些邮件都会被投递到正确的地址。尽管这些邮件可能会经过几个国际邮件通道，但这对用户是透明的。而且，每个国家（每个网络）都有自己的邮戳，要求的信封大小也不同，而用户是不知道投递规则的。

互联网络层定义了标准的分组格式和协议，即 IP 协议（网际协议）。互联网络层的功能就是把 IP 分组发送到应该去的地方。选择分组路由和避免阻塞是主要的设计问题。

TCP/IP 互联网络层和 OSI 网络层在功能上非常相似。图 1-2 显示了它们之间的对应关系。当前采用的 IP 协议是第 4 版，称做 IPv4；未来将向下一代 IP 协议过渡，这个新一代的 IP 协议是第 6 版，被称做 IPv6。

运输层在 TCP/IP 模型中位于互联网络层之上，它的功能是使源端和目的端主机上的对等实体可以进行会话（和 OSI 模型中的运输层类似）。这里定义了两个端到端的协议。第一个是传输控制协议 TCP（Transmission Control Protocol）。它是一个面向连接的协议，允许从一台机器发出的字节流无差错地发往互联网上的其他机器。它把输入的字节流分成报文段，并传给互联网络层。在接收端，TCP 接收进程把收到的报文组装成输出流。TCP 还要处理流量控制，以避免快速发送方向低速接收方发送过多报文而使接收方无法处理。

第二个协议是用户数据报协议 UDP（User Datagram Protocol）。它是一个不可靠的、无连接协议，用于不需要 TCP 的排序和流量控制而自己完成这些功能的应用程序。它也被广泛地应用于只有一次的客户-服务器模式的请求-应答查询，以及快速递交比准确递交更重要的应用程序，如传输语音或影像。TCP/IP 体系结构中的协议与物理网络如图 1-3 所示，其中可以看出 IP、TCP 和 UDP 之间的关系。自从这个协议体系出现以来，IP 协议已经在很多其他网络上实现了。

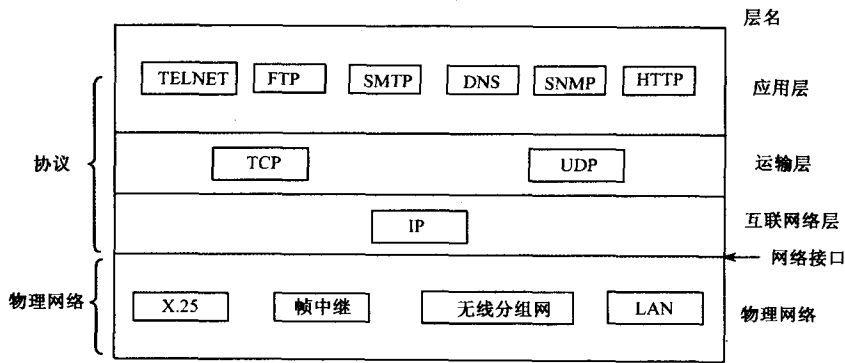


图 1-3 TCP/IP 体系结构中的协议与物理网络

运输层的上面是应用层，它包含所有的高层协议。最早引入的是虚拟终端协议（TELNET）、文件传输协议（FTP）和电子邮件协议（SMTP），如图 1-3 所示。虚拟终端协议允许一台机器上的用户登录到远程机器上工作，文件传输协议提供了有效地把数据从一台机器移动到另一台机器的方法。电子邮件最初仅是一种文件传输，后来才为它提出了专门的协议。这些年又增加了大量协议，如域名系统服务 DNS（Domain Name Service），用于把主机名映射到网络地址；HTTP 协议，用于在环球网（WWW）上获取主页等。

1.3 面向连接的和无连接的服务

面向连接的服务类似于打电话。和某个人通话时，要先拿起电话拨号码，谈话，然后挂断。同样，在使用面向连接的服务时，首先要建立连接，传送数据，然后释放连接。连接本质上像个管道，发送者在管道的一端放入物体，接收者在另一端以同样的次序取出物体。在因特网中，TCP 就是在运输层实现的一个典型的面向连接的协议，它向应用层提供面向连接的字节流服务。

无连接服务类似于邮政系统中普通信件的投递。每个报文（信件）带有完整的目的地址，并且每一个报文都独立于其他报文，经由网络系统选择的路线传递。在正常情况下，当两个报文发往同一目的地时，先发的先收到。但是，也有可能先发的报文在途中被延误了，后发的报文反而先收到（不保证数据块的顺序）。而这种情况在面向连接的服务中是不可能发生的。现在广泛使用的以太网 MAC（介质访问控制）协议和 IP 协议都是无连接协议，它们都向其上层提供无连接的服务。

1.4 线路交换和分组交换

在线路交换（也称电路交换）技术中，进行数据传输的两个节点之间必须先建立一条专用的通信路径（连接），该路径可能经过许多中间节点，连接两个相邻节点的物理链路可能有多条逻辑信道，其中的某一条逻辑信道要专供这条连接使用。在两个节点间的数据传输完成后释放该连接，该连接中所分配的逻辑信道也得以释放。采用线路交换技术的数据传输一般分为线路建立、数据传输和线路释放三个阶段。从通信资源的分配角度来看，“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。线路交换的关键点就是：在会话的全部时间内用户始终占用端到端的固定传输带宽。

在采用存储转发的分组交换网中，数据是以分组形式传输的。如果源站点发送一个很长的报文，那么就要把该报文分成若干个分组，每个分组除了用户数据外还包含一些控制信息，以便能够正确地把该分组经过网络传送给目的地站点。分组的传送采用存储-转发方式，即网络节点根据分组控制信息，把分组送到下一节点，下一节点接收到分组后，暂时保存下来并排队等待传输，然后该节点再根据分组控制信息选择下一个节点，并把该分组传送给下一节点，就这样分组最后会到达目的地站点。当网络负载很大时，分组交换网络依然可以传输分组，但这会导致分组传输的延迟增加，特别是在网络极度拥塞时，传输延迟会过长。分组交换根据其通信子网向端点系统提供的服务还可以进一步分成数据报和虚电路两种交换类型。

数据报采用无连接的分组交换技术。在数据报分组交换中，主机可以随时发送数据，没有连接的建立和释过程。通常情况下，若干个分组才构成一个最终用户的报文，每个分组称为一个数据报。每个分组都有一个头，头中包含目的节点的地址。每个分组的传送都被单独处理，网络节点要为每个数据报作路由选择。分组可以走不同的路由，也可以按不同顺序到达目的地。数据报提供的服务不保证可靠性，不纠正网络传输过程中产生的差错，是一种尽力而为的服务。用户报文传送所需的把分组按顺序递交、差错纠正和流控制等功能通常由位于端点主机上的更高层次的协议软件完成。

虚电路采用面向连接的分组交换技术。在虚电路分组交换中，源主机首先发出一个虚呼