

高等院校计算机基础教育规划教材

计算机网络工程实用技术

阴国富 主编

 配电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



基础教育规划教材

计算机网络工程实用技术

主 编 阴国富

参 编 牟力科 刘庆杰



机械工业出版社

本书在介绍计算机网络与通信理论知识的基础上,兼顾工程应用技术,对计算机网络规划建设、管理服务和安全作了较为详尽的介绍,并附有相应实例,可供学生实验。本书对网络中常用设备的讲解更为细致、详尽,对网络应用的实例介绍更有针对性和可操作性。

全书共分8章,具体内容包括:计算机网络基础,物理层,数据链路层,网络互连层及互连设备,网络软件系统,虚拟专用网,网络安全,网络设计与结构化布线技术。本书涉及许多网络建设过程中的具体工程知识和配置管理。

本书可供计算机类和电气信息类专业的大学本科生使用,对从事计算机网络工作的工程技术人员也有学习参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程实用技术/阴国富主编. —北京:机械工业出版社,2012
高等院校计算机基础教育规划教材
ISBN 978-7-111-37869-3

I. ①计… II. ①阴… III. ①计算机网络-高等学校-教材
IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第055749号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:张宝珠

责任印制:张楠

唐山丰电印务有限公司印刷

2011年7月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·19.75印张·488千字
0001-3000册
标准书号:ISBN 978-7-111-37869-3
定价:39.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

“计算机网络工程”是计算机科学与技术专业的重要专业基础课程，是一门实践性非常强的课程。本书分为8章，第1章主要介绍计算机网络基础知识；第2章主要介绍物理层相关知识，内容包括数据通信基础知识、数据通信技术、差错控制技术、传输介质等；第3章主要介绍数据链路层，内容包括局域网的拓扑结构、IEEE 802 参考模型及网络协议、光纤分布式数据接口（FDDI）、无线局域网技术等；第4章主要介绍网络层及互连设备，内容包括IP、交换机、路由器等；第5章主要介绍网络软件系统，内容包括网络操作系统概述、Windows Sever 2003 操作系统、网络服务器的搭建与管理等；第6章主要介绍虚拟专用网技术，内容包括虚拟专用网定义、基本功能、隧道技术、加密技术等；第7章主要介绍网络安全，内容包括网络安全标准及策略、网络安全架构、网络监控软件原理、防火墙技术等；第8章主要介绍网络设计与结构化布线技术，内容包括网络设计的基本原则、网络体系结构设计、网络拓扑结构设计、网络设备可靠性设计、Internet 接入设计、结构化布线技术等。本教材教学内容的学习大约需要60课时。

本书由阴国富担任主编，牟力科、刘庆杰参加编写。其中，阴国富编写第2、4、5、8章及附录部分，牟力科编写第1、3章，刘庆杰编写第6、7章。

本书既可以作为普通高等院校电气信息类和计算机类专业本科学生的教材，也可以作为计算机网络工程人员的参考资料。

由于作者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2011年6月

目 录

前言

第 1 章 计算机网络基础知识	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.1.1 计算机网络的定义	1
1.1.2 计算机网络的分类	1
1.1.3 OSI 参考模型	3
1.2 数据封装	4
1.2.1 物理层	7
1.2.2 数据链路层	7
1.2.3 网络层	8
1.2.4 传输层	8
1.2.5 上三层	9
1.3 TCP/IP	9
1.3.1 TCP/IP 核心协议	9
1.3.2 IP 编址	12
1.4 习题与实践	14
第 2 章 物理层	17
2.1 物理层概述	17
2.1.1 物理层功能	17
2.1.2 物理层协议	18
2.2 数据通信基础知识	18
2.2.1 数据通信的基本概念	18
2.2.2 数据通信系统的模型	19
2.2.3 基带传输与频带传输	20
2.2.4 数据通信系统主要性能指标	20
2.2.5 数据调制与编码	22
2.2.6 数据传输方式	25
2.2.7 数据通信技术	28
2.3 差错控制技术	32
2.3.1 奇偶校验	33
2.3.2 循环冗余码校验	33
2.4 传输介质	34
2.4.1 双绞线	34

2.4.2	同轴电缆	35
2.4.3	光纤	35
2.4.4	无线通信	35
2.5	物理层标准示例	37
2.5.1	EIA RS-232C 接口标准	37
2.5.2	EIA RS-449 及 RS-422 与 RS-423 接口标准	39
2.6	宽带接入技术	39
2.6.1	基于 IP 方式的 ADSL 宽带接入技术	40
2.6.2	基于以太网的宽带接入技术	40
2.6.3	无源光以太网——最新的宽带接入技术	41
2.6.4	基于宽带接入技术的未来移动通信	41
2.7	习题	41
第3章	数据链路层	43
3.1	局域网的现有拓扑结构	43
3.1.1	星形结构	43
3.1.2	环形结构	44
3.1.3	总线型结构	44
3.1.4	混合型拓扑结构	45
3.1.5	网状拓扑结构	45
3.2	IEEE 802 参考模型及网络协议	45
3.2.1	IEEE 802 标准	45
3.2.2	局域网介质访问控制方式	46
3.2.3	局域网网络协议	49
3.2.4	通信协议选择策略	53
3.3	光纤分布式数据接口	54
3.4	无线局域网技术	54
3.4.1	无线局域网概述	54
3.4.2	常见无线局域网设备	55
3.4.3	无线局域网拓扑结构	56
3.5	广域网和数据链路层	59
3.5.1	广域网简介	59
3.5.2	点对点协议	59
3.6	习题与实践	62
第4章	网络层	66
4.1	IP 协议	67
4.1.1	IP 地址的概念	67
4.1.2	IP 地址的分类	68
4.1.3	子网的划分	69
4.1.4	无分类编址	71

4.2	IP 层其他协议	73
4.2.1	地址解析协议	73
4.2.2	网际控制报文协议	75
4.2.3	网际组管理协议	76
4.3	交换机	77
4.3.1	交换机的原理	77
4.3.2	交换机的分类	78
4.3.3	交换机的连接	82
4.3.4	交换机的配置	84
4.4	路由器	93
4.4.1	路由器的概述	94
4.4.2	路由器的分类	97
4.4.3	路由器的配置与连接	102
4.5	习题	109
第 5 章	网络操作系统	110
5.1	网络操作系统概述	110
5.1.1	网络操作系统的类型	110
5.1.2	网络操作系统的基本服务	111
5.1.3	网络操作系统的特征	113
5.1.4	网络操作系统服务能力和性能的评估策略	118
5.2	Windows 2003 Server 操作系统	119
5.2.1	Windows 2003 Server “工作组” 网络	119
5.2.2	网络基本配置	120
5.2.3	组建 Windows Server 2003 工作组网络	123
5.2.4	创建 Windows Server 2003 域	127
5.2.5	Windows Server 2003 活动目录的管理使用	135
5.2.6	共享和保护网络资源	136
5.3	网络服务器的搭建与管理	136
5.3.1	WWW 服务器的配置	136
5.3.2	FTP 服务器的配置	141
5.3.3	配置 DHCP 服务器	144
5.4	Linux 操作系统	151
5.4.1	Linux 操作系统的起源	151
5.4.2	Linux 的特点	151
5.4.3	Linux 的组成和功能	153
5.4.4	RedHat Linux 9.0 的安装和配置	154
5.5	习题	159
第 6 章	虚拟专用网	160
6.1	虚拟专用网定义	160

6.2	虚拟专用网的基本功能	161
6.3	VPN 的技术	161
6.3.1	隧道技术	162
6.3.2	实现 VPN 的加密技术	171
6.3.3	密钥分配和管理	175
6.3.4	身份认证技术	177
6.4	VPN 的分类	181
6.4.1	根据服务类型分类	181
6.4.2	VPN 的其他分类方式	184
6.5	SSL 与 IPsec	185
6.5.1	SSL VPN	185
6.5.2	SSL VPN 与 IPSEC VPN 的比较	190
6.6	应用案例	192
6.6.1	配置 Windows Server 2003 VPN 服务器	194
6.6.2	配置 Windows Server 2003 VPN 客户端	197
6.6.3	测试与运用	199
6.7	习题与实践	202
第 7 章	网络安全	203
7.1	网络安全标准及策略	204
7.1.1	网络安全标准	204
7.1.2	网络安全策略	205
7.1.3	信息加密策略	206
7.1.4	网络安全管理策略	207
7.2	网络安全架构	207
7.3	网络管理协议	207
7.3.1	SNMP	208
7.3.2	CMIP	209
7.3.3	网络管理新技术	210
7.4	网络监控软件原理	211
7.4.1	Sniffer 工具介绍	211
7.4.2	Sniffer 的使用	211
7.4.3	网路岗工具介绍	218
7.5	防火墙技术	221
7.5.1	防火墙的概念	221
7.5.2	防火墙的分类	221
7.5.3	防火墙关键技术及设计	222
7.5.4	防火墙的体系结构	227
7.5.5	防火墙的技术发展	229
7.6	习题与实践	231

第 8 章 网络设计与结构化布线技术	232
8.1 网络规划概述	232
8.1.1 获取需求信息的方法	232
8.1.2 需求分析的内容	232
8.1.3 需求分析文档的形成与可行性论证	234
8.2 网络设计	235
8.2.1 网络设计的基本原则	235
8.2.2 网络体系结构设计	236
8.2.3 网络拓扑结构设计	237
8.2.4 地址分配与聚合设计	241
8.2.5 设备可靠性设计	245
8.2.6 网络拓扑结构的冗余设计	245
8.2.7 网络安全设计	247
8.2.8 Internet 接入设计	247
8.3 结构化布线技术	258
8.3.1 结构化布线的基本概念	258
8.3.2 结构化布线系统的组成与设计要点	259
8.4 校园网拓扑结构设计实例	264
8.4.1 小型校园网拓扑结构	265
8.4.2 中型校园网拓扑结构	266
8.4.3 大型校园网拓扑结构	267
8.5 室内局域网组建实例	267
8.5.1 室内有线局域网组建	267
8.5.2 室内无线局域网组建	272
8.6 习题	275
附录	278
附录 A 计算机网络英文缩写词	278
附录 B 综合业务数字网	286
附录 C 关于 ATM 的通信量	288
附录 D 计算机软考网络工程师考试大纲	293
附录 E 全国计算机等级考试三级网络技术	303
附录 F 最短路径算法——Dijkstra 算法	304
参考文献	307

第 1 章 计算机网络基础知识

本章重点：

1. 了解计算机网络的定义。
2. 掌握计算机网络主要协议。

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络：利用通信设备和线路将地理位置不同、功能独立的多个计算机系统互连起来，以功能完善的网络软件（即网络通信协议、信息交换方式、网络操作系统等）实现网络中资源共享和信息传递的系统。

这个简单的定义可以看出，计算机网络涉及 4 个方面的含义。

（1）计算机网络中包含两台以上的地理位置不同并具有“自主”功能的计算机。所谓“自主”的含义，是指这些计算机不依赖于网络也能独立工作。通常，将具有“自主”功能的计算机称为主机（Host），在网络中也称为结点（Node）。网络中的结点不仅仅是计算机，还可以是其他通信设备。如 HUB、路由器等。

（2）网络中各结点之间的连接需要有一条通道，即，由传输介质实现物理互联。这条物理通道可以是双绞线、同轴电缆或光纤等“有线”传输介质，也可以是激光、微波或卫星等“无线”传输介质。

（3）网络中各结点之间互相通信或交换信息，需要有某些约定和规则，这些约定和规则的集合就是协议，其功能是实现各结点的逻辑互联。例如，Internet 上使用的通信协议是 TCP/IP 协议族。

（4）计算机网络是以实现数据通信和网络资源（包括硬件资源和软件资源）共享为目的。要实现这一目的，网络中需配备功能完善的网络软件，包括网络通信协议（如 TCP/IP、IPX/SPX）和网络操作系统（如 Netware、Windows 2000 Server、Linux）。

1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类可按多种方法进行，一般有下面几种：

- （1）按地理范围分布的大小可分为局域网、城域网和广域网。
- （2）按拓扑结构可分为总线型、星状、环状、网状等。
- （3）按交换方式可分为电路交换网、分组交换网、帧中继交换网、信元交换网等。

(4) 按网络协议可分为采用 TCP/IP、SNA、SPX/IPX、AppleTALK 等协议的网络。

(5) 按应用规模可以分为 Intranet、Extranet、Internet。

虽然网络类型的划分标准各种各样，但是从地理范围划分是一种大家都认可的通用网络划分标准。按这种标准可以把各种网络类型划分为局域网、城域网、广域网和互联网四种。局域网一般来说只能是在一个较小区域内，城域网是不同地区的网络互联。不过在此要说明的一点就是，这里的网络划分并没有严格意义上地理范围的区分，只是一个定性的概念。下面简要介绍这几种计算机网络：

(1) 局域网 (Local Area Network, LAN)

常见的“LAN”就是指局域网，这是最常见、应用最广的一种网络。现在局域网随着整个计算机网络技术的发展和提高得到充分的应用和普及，几乎每个单位都有自己的局域网，甚至有的家庭中都有自己的小型局域网。很明显，所谓局域网，那就是在局部地区范围内的网络，它所覆盖的地区范围较小。局域网在计算机数量配置上没有太多的限制，少的可以只有两台，多的可达几百台。一般来说在企业局域网中，工作站的数量在几十到两百台次左右。在网络所涉及的地理距离上一般来说可以是几米至 10 km 以内。局域网一般位于一个建筑物或一个单位内，不存在寻径问题，不包括网络层的应用。

这种网络的特点就是：连接范围窄、用户数少、配置容易、连接速率高。目前局域网最快的速率要算现今的 10Gbit/s 以太网了。IEEE 的 802 标准委员会定义了多种主要的 LAN 网：以太网 (Ethernet)、令牌环 (Token Ring) 网、光纤分布式接口 (FDDI) 网、异步传输模式 (ATM) 网，以及最新的无线局域网 (WLAN)。

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

这种网络一般来说是在一个城市，但不在同一地理小区范围内的计算机互联。这种网络的连接距离可以在 10 ~ 100 km，它采用的是 IEEE 802.6 标准。MAN 与 LAN 相比扩展的距离更长，连接的计算机数量更多，在地理范围上可以说是 LAN 的延伸。在一个大型城市或都市地区，一个 MAN 通常连接着多个 LAN。如连接政府机构的 LAN、医院的 LAN、电信的 LAN、公司企业的 LAN 等。由于光纤连接的引入，使 MAN 中高速的 LAN 互连成为可能。

城域网多采用 ATM 技术做骨干网。ATM 是一种用于数据、语音、视频以及多媒体应用程序的高速网络传输方法。ATM 包括一个接口和一个协议，该协议能够在一个常规的传输信道上，在比特率不变及变化的通信量之间进行切换。ATM 也包括硬件、软件以及与 ATM 协议标准一致的介质。ATM 提供一个可伸缩的主干基础设施，以便能够适应不同规模、速度以及寻址技术的网络。ATM 的最大缺点就是成本太高，所以一般只在政府城域网中应用，如邮政、银行、医院等。

(3) 广域网 (Wide Area Network, WAN)

这种网络也称为远程网，所覆盖的范围比 MAN 更广，它一般是在不同城市之间的 LAN 或者 MAN 互联，地理范围可从几百千米到几千千米。由于距离较远，信息衰减比较严重，所以这种网络一般是要租用专线，通过 IMP (接口信息处理) 协议和线路连接起来，构成网状结构，解决循径问题。这种广域网因为所连接的用户多，总出口带宽有限，所以用户的终端连接速率一般较低，通常为 9.6 kbit/s ~ 45 Mbit/s。如 CHINANET、CHINANAPAC 和 CHINADDN。

(4) 因特网 (Internet)

因特网因其英文单词“Internet”的谐音而得名。在因特网应用如此发展的今天，无论从地理范围，还是从网络规模来讲它都是最大的一种网络。我们通常称之为“Web”、“WWW”或“万维网”。从地理范围来说，它可以是全球计算机的互联，这种网络的最大的特点就是不定性，整个网络的计算机每时每刻都会随着人们网络的接入在不断地变化。当用户连在互联网上的时候，用户的计算机可以算是互联网的一部分，但一旦当用户断开互联网的连接时，用户的计算机就不属于互联网了。它的优点也是非常明显的，就是信息量大，传播广，无论身处何地，只要连上互联网就可以对任何可以联网用户发出信函和广告。因为这种网络的复杂性，所以这种网络实现的技术也是非常复杂的，这一点可以通过后面要讲的几种互联网接入设备详细地了解到。

1.1.3 OSI 参考模型

国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 在 1978 年提出了开放系统互连模型 (Open System Interconnection Reference Model, OSI)。OSI 采用了分层的结构化技术。OSI 参考模型共有 7 层：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层。如图 1-1 所示为 OSI 参考模型。OSI 是设计和描述网络通信的基本框架。生产厂商根据 OSI 模型的标准设计自己的产品。OSI 描述了网络硬件和软件如何以层的方式协同工作进行网络通信。

OSI 采用了 7 层的结构化技术，这 7 层的分层原则如下：

- (1) 当需要一个不同抽象体的时候，应该创建一层。
- (2) 每一层都应该执行一个明确定义的功能。
- (3) 选择每一层功能的时候，应该考虑到定义国际标准化的协议。

- (4) 选择层边界的时候，应该使“跨接口所需要的信息流”尽可能小。

- (5) 层数应该足够多，以保证不同的功能不会被混杂在同一层中，同时层数也不能够太多，以至于整个体系结构变得过于强大。

下面将从底层开始，依次讨论该模型的层间关系以及模型中的每一层。需要注意的是 OSI 参考模型本身并不是一个网络体系结构，只是指明了每一层上应该做些什么事情。然而，ISO 也已经为每一层制定了相应的标准，但这些标准并不属于参考模型本身，它们都已经作为单独的国际标准发布了。

首先看 OSI 的层次关系。

在同一台计算机的层次间交互过程与在不同计算机之间的通信过程是关联的。

- 每一台向其协议的上层提供服务。
- 每层都与其他计算机中相同层的软件和硬件交换一些信息。

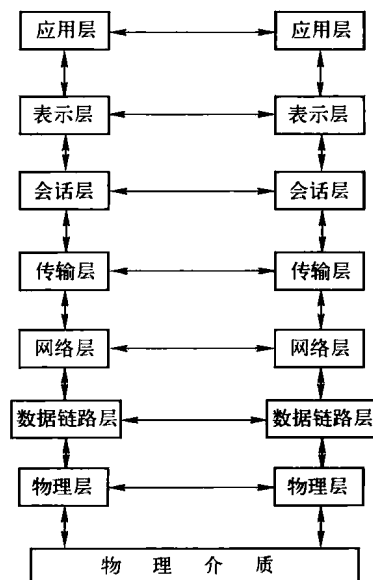


图 1-1 OSI 参考模型

为了使数据分组从源主机传送到目的主机，源主机 OSI 模型的每一层要与目标主机的每一层进行通信，如图 1-2 所示。用 Peer-to-Peer Communications（对等实体间通信）表示源主机与目的主机对等层的通信。在这一过程中，每一层的协议交换的信息称为协议数据单元（Protocol Data Unit, PDU），通常在该层的 PDU 前面增加一个单字母的前缀，表示为哪一层的数据。如会话层通过传送 SPDU 和对等的会话层进行通信。相应的，应用层数据称为应用层协议数据单元（Application PDU, APDU），表示层数据称为表示层协议数据单元（Presentation PDU, PPDU）；会话层数据称为会话层协议数据单元（Session PDU, SPDU）。通常，把传输层数据称为段（Segment），网络层数据称为数据包（Packet），数据层数据称为帧（Frame），物理层数据称为比特流（Bit）。它们的具体分别其实并不明显，都是对数据在不同层次的描述，数据位于 OSI 模型的层次不同，名字也就不同。

在网络通信中，通过传输层的 PDU 到对方的同一层（对等层），以实现通信。例如网络层通过传送数据包和对端的网络层进行通信。从逻辑上讲，对等层间的通信是两个设备的同一层直接通信。而物理上，每一层都只与自己相邻的上下两层直接通信。下层通过服务访问点（SAP）为上层提供服务。两个设备建立对等层的通信连接，即在各个对等层建立逻辑信道，对等层使用功能相同的协议实现会话，如主机 A 的第 2 层不能和对方的第 3 层通信。同时，同一层之间的不同协议也不能通信，如主机 A 的 E-mail 应用程序不能和对方的 Telnet 应用程序通信。

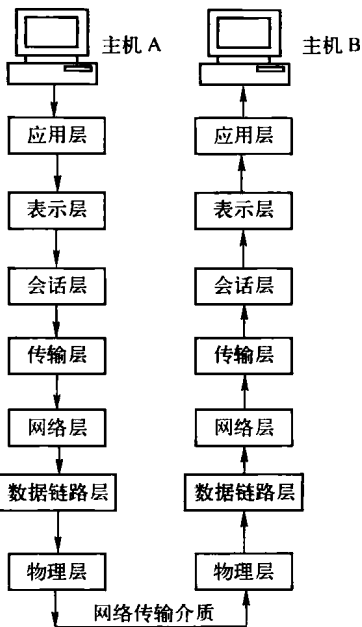


图 1-2 应用 OSI 模型 7 层进行通信

1.2 数据封装

在了解了 OSI 层次参考模型的每一层的功能之后，进一步来学习层次间是如何实现数据传递的。如图 1-2 所示，简单示意了两个实现 OSI 7 层功能的网络设备之间是如何进行通信的。数据从主机 A 的应用层开始，按规定的格式逐层封装数据，直至数据包到达物理层，然后通过网络传输线路到主机 B。主机 B 的物理层获取数据，向上层发送数据，直到到达主机 B 的应用层。

封装（Encapsulation）是指网络结点将要传送的数据用特定的协议打包来传送数据，有时候也可能在数据尾部加上报文。OSI 7 层模型的每一层对数据进行封装，以保证数据能够正确无误地到达目的地，并被终端主机理解并处理。下面来看数据从主机 A 到主机 B 的封装过程：

首先，主机的应用层将信息转化为能够在网络中传播的数据，并能够被对端应用程序识别；然后数据在表示层加上表示层报头，协商数据格式，并决定是否加密，转化成对端能够理解的数据格式；数据在会话层加上会话层报头；依此类推，传输层加上传输层报头，这时

数据称为段 (Segment)，网络层加上网络层报头称为数据包 (Packet)，数据链路层加上数据链路层报头称为帧 (Frame)，在物理层数据转化为比特流 (Bit)，传送到交换机，通过交换机将数据帧发向路由器。同理，路由器业主层解封装：剥去数据链路层帧头部，依据网络层数据包头部信息查找去往主机 B 的路径。主机 B 从物理层到应用层，依次解封装，剥去各层封装报头，提取出发送主机来的数据，完成数据的发送和接收过程。如图 1-3 所示为数据封装的封装过程，如图 1-4 所示为数据的解封装过程。

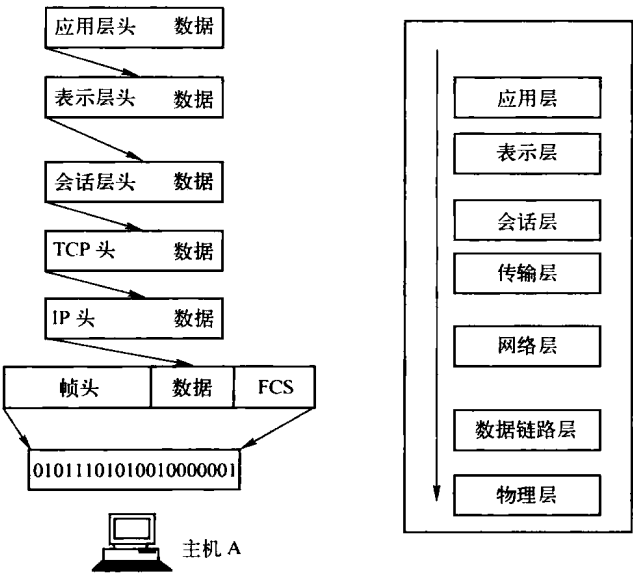


图 1-3 发送方数据封装过程

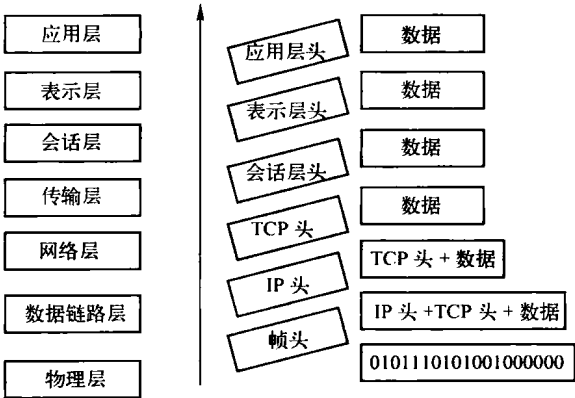


图 1-4 接收方数据解封装过程

OSI 模型描述了在不同计算机上应用程序是如何通过网络介质传送的。对于一个给定的系统的各层，当要发送的数据逐层向下传送时，信息越往底层就越不同于人类的语言，而是计算机能理解的“1”和“0”。

为了向相邻的高层提供服务，每一层必须知道两层之间定义的标准接口。为了使 N 层获得服务，这些接口定义 N + 1 层应向 N 层提供哪些信息，以及 N 层应向 N + 1 层提供何种

返回信息。

如图 1-5 所示是 OSI 类型通信的一个例子。主机 A 发送信息给主机 B，主机 A 的应用层与主机 B 的应用层通信。主机 A 的应用层先与主机 A 的表示层通信，主机 A 的表示层再与主机 A 的会话层通信，等等，直到到达主机 A 的物理层。物理层把信息放到物理网络介质上并把信息从网络物理介质上送走。信息在网络物理介质上传送并被主机 B 接收后，会以相反的方向向上通过主机 B 的各层（先是物理层，然后是数据链路层，等等），直到最终到达主机 B 的应用层。

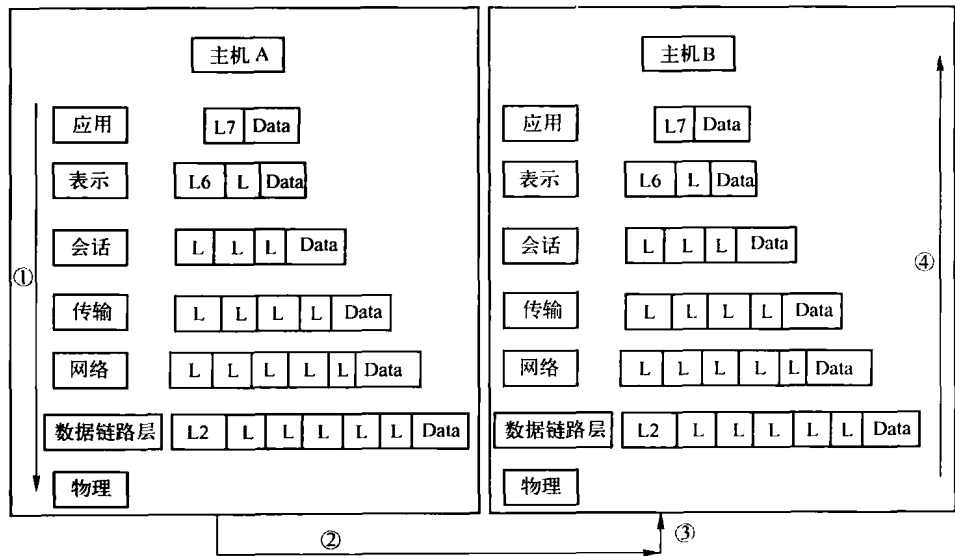


图 1-5 OSI 模型相邻层之间通信

数据是由主机 A 中的一些应用程序生成的。例如用户输入一条 E-mail 消息。每层生成一个头部及所传数据并传到下一层（图 1-5 中步骤①的箭头，表示数据在不同层的传递过程）。将数据传到下一层意味着下一层需要为上一层提供服务。要完成这些服务，下一层需要在报头或报尾加入一些信息。例如，传输层发送其数据和报头，网络层在其报头中加入正确的网络层的地址，以使报能被传送到其他计算机上。

从各层的观点来看，在该层报头之后的比特被认为是数据。例如，第 4 层认为第 5 层、第 6 层和第 7 层的报头与原始的用户数据一起是一个大的数据字段。

在应用程序生成数据后，实现每层功能的软、硬件完成各自的工作，加入适当的报头和报尾。实现在物理媒体上传输，物理层能够实现媒体发送信号，如图 1-5 中的步骤②。

当接收时（图 1-5 中步骤③），主机 B 启动其上的相邻协议进行通信，如图 1-5 中的步骤④，指明了接受数据在协议栈中逐层向上递交处理的过程。具体步骤如下：

步骤 1：物理层（第 1 层）保证比特流的同步，并将接收的二进制数据放到缓存中。在将接收到的信号解码成比特流后，通知数据链路层已经接收到一个帧。因此，第 1 层在媒体上已经提供了传递的比特流。

步骤 2：数据链路层（第 2 层）检查帧尾的校验序列（FCS），判断传输过程中是否有错误发生（差错控制）。如果有错误发生，丢弃此帧。检查数据链路层的地址，使主机 B 决

定是否需要进一步处理这些数据。如果这个地址是主机 B 的地址，那么将在第 2 层的报头和尾之间的数据传递给第 3 层的软件。从而，数据链路层通过该链路实现了数据的传输。

步骤 3：检查网络层（第 3 层）的目的地址。如果该地址是主机 B 的地址（逻辑地址），处理过程将会继续进行，将在第 3 层报头之后的数据传递给传输层（第 4 层）的软件。从而，第 3 层实现了端到端的数据传输服务。

步骤 4：如果传输层（第 4 层）选择了差错恢复，标识这段数据的计数器与确认信息（差错恢复）一起在第 4 层的报头中进行编码。在差错恢复和对输入数据进行重新排序后，将这些数据传递给会话层。

步骤 5：会话层（第 5 层）可以用来保证一系列消息的完整性。如果没有完成后续的通信，收到的数据可能没有任何意义。第 5 层的报头中包含有字段，意味着是一个不连续数据链的中间流而不是结束流。在会话层保证所有的流都完成后，将在第 5 层报头之后的数据传递给第 6 层的软件。

步骤 6：表示层（第 6 层）定义并维护数据的格式。例如，如果数据是二进制数据而不是字符数据，报头会指明这一点。接收方并不会用主机 B 默认的 ASCII 字符集转换这些数据。通常，此类报头只包括在初始流中，而不包含在每个被传输的流（数据格式）中。在完成了数据格式的转换后，将数据传递给应用层的软件。

步骤 7：应用层（第 7 层）处理最后的报头，然后检查真正的终端用户数据。这个报头指明了主机 A 与主机 B 已协商好的应用程序所使用的运行参数。该报头用于交换所有参数值。因此，通常只在应用程序初始化时才发送和接收这个报头。例如，在文件传输时，会相互传递所传输文件的长度和文件的格式（应用参数）。

下面给出模型的具体各层描述。

1.2.1 物理层

物理层（Physical Layer）涉及在通信信道上传输的原始数据位。在设计的时候必须要保证，当一方发送了“1”时，在另一方的也是“1”，而不是“0”。这里的典型问题是：应该用多少伏的电压来表示“1”；多少伏的电压表示“0”，每一位持续多少纳秒（ns）；传输过程是否在两个方向上同时进行；初始连接如何建立；当双方结束之后如何撤销连接；网络连接有多少帧以及每一帧的用途是什么。这里的设计问题主要涉及机械、电子和定时接口，以及位于物理层之下的物理传输介质等。

1.2.2 数据链路层

数据链路层是 OSI 模型的第②层，它控制网络层与物理层之间的通信。它的主要功能是从网络层收到的数据分割成特定的可被物理层传输的帧。帧是用来移动数据的结构包，它不仅包括原始数据，或称“有效荷载”，还包括发送方和接收方的网络地址以及纠错和控制信息。其中的地址确定了帧将发送到何处，而纠错和控制信息则确保帧无差错到达。

可以把数据帧想象为一列有许多车厢的火车。其中一些车厢可能不是必需的，每列火车载的货物量也是不同的，但每列火车都需要一个火车头和一个守车。

数据链路层的功能独立于网络和它的结点和所采用的物理层类型，它也不关心是否正在

运行 WordPerfect、Excel 或使用 Internet。有一些连接设备，如网桥或交换机，由于它们要对帧解码并使用帧信息将数据发送到正确的接收方，所以它们是工作在数据链路层的。Ethernet 是应用数据链路层技术的一个实例。

1.2.3 网络层

网络层，即 OSI 模型的第三层，其主要功能是将网络地址翻译成对应的物理地址，并决定如何将数据从发送方路由到接收方。例如，一个计算机有一个网络地址 10.34.99.12（若它使用的是 TCP/IP）和一个物理地址 0060973E97F3。以教室为例，这种编址方案就好像说“丽丽女士”和“具有身份证号是 123-45-6789 的中国公民”是一个人一样。即使在中国还有其他许多人也叫“丽丽女士”，但只有一人其身份证号是 123-45-6789。在教室范围内，只有一个丽丽女士，因此当叫“丽丽女士”时，回答的人一定不会搞错。

网络层通过综合考虑发送优先权、网络拥塞程度、服务质量以及可选路由的花费来决定从一个网络中结点 A 到另一个网络中结点 B 的最佳路径。由于网络层处理路由，而路由器因为即连接网络各段，并智能指导数据传送，属于网络层。在网络中，“路由”是基于编址方案、使用模式以及可达性来指引数据的发送。网络层协议还能补偿数据发送、传输以及接收的设备能力的不平衡性。为完成这一任务，网络层对数据包进行分段和重组。分段即指当数据从一个能处理较大数据单元的网络段，传送到仅能处理较小数据单元的网络段时，网络层减小数据单元的大小的过程。这个过程就如同将单词分割成若干可识别的音节，给正学习阅读的儿童使用一样。重组过程即重构被分段的数据单元。类似地，当一个孩子理解了分开的音节时，他会将所有音节组成一个单词，也就是将部分重组成一个整体。

注意：OSI 模型中网络层所进行的分段过程与网络分段无关。网络层的分段是指数据帧大小的减小，而网络分段是指一个网络分割成更小的逻辑片或物理片。

1.2.4 传输层

传输层主要负责确保数据可靠、顺序、无差错地从 A 点到传输到 B 点（A、B 点可能在也可能不在相同的网络段上）。因为如果没有传输层，数据将不能被接收方验证或解释，所以，传输层常被认为是 OSI 模型中最重要的一层。传输协议同时进行流量控制或是基于接收方可接收数据的快慢程度规定适当的发送速率。

除此之外，传输层按照网络能处理的最大尺寸，将较长的数据包进行强制分割。例如，以太网无法接收大于 1500 B 的数据包。发送方结点的传输层将数据分割成较小的数据片，同时对每一数据片安排一序列号，以便数据到达接收方结点的传输层时，能以正确的顺序重组。该过程即被称为排序。

再以教室为例来理解排序的过程。假设你提问题，“丽丽女士，低级的农业耕作技术是如何影响 Dust Bowl 的？”但是，丽丽女士接收到信息则是“低级农业耕作技术丽丽女士？如何作用于 Dust Bowl？影响。”在网络中，传输层发送一个 ACK（应答）信号以通知发送方数据已被正确接收。如果数据有错，传输层将请求发送方重新发送数据。同样，假如数据在一给定时间段未被应答，发送方的传输层也将认为发生了数据丢失从而重新发送。