

 普通高等教育“十三五”规划教材

Java网络编程原理与 JSP Web开发核心技术

Java WANGLUO BIANCHENG YUANLI (第二版)
YU JSP Web KAIFA HEXIN JISHU

马晓敏 姜远明 曲霖洁 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育“十三五”规划教材

Java 网络编程原理与 JSP Web 开发核心技术

(第二版)

马晓敏 姜远明 曲霖洁 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书针对学习了 Java 语言编程的基础知识以后,进一步学习 Java 网络编程原理和 JSP Web 开发技术的读者而编写。本书简要清晰地介绍了计算机网络连接和网络通信的基本原理,详细讲解了 Java 语言相关网络编程技术以及各种网络应用协议的实现技术;详尽介绍了 JSP Web 网络编程的基本原理、基本操作以及各种核心开发技术和网络编程应用模式。

本书的内容主要分为两大部分。第一部分讲解 Java 网络编程原理,包括网络编程概述、Java 的多线程机制、Socket 编程技术、网络协议的 Java 实现等内容;第二部分围绕 JSP 开发技术讲解 Web 开发核心技术,包括 JDBC 技术、Web 前端开发技术、JSP 基础技术、JSP 核心技术之 JavaBean、JSP 核心技术之 Servlet、Web 高级开发技术等内容。

本书侧重于 Java 网络编程原理和应用协议的实现以及 JSP 相关的 Web 核心开发技术,同时力求重点突出、覆盖面广,各章均提供了丰富的实例和练习。全书内容由浅入深、实例生动、易学易用,可以满足不同层次读者的需求。

本书适合作为普通高等院校本科计算机、软件工程以及相关专业的课程教材,也可作为软件开发人员和计算机技术爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Java 网络编程原理与 JSP Web 开发核心技术/马晓敏,姜远明,
曲霖洁编著. —2 版. —北京:中国铁道出版社,2018.8
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-113-24737-9

I. ①J… II. ①马… ②姜… ③曲… III. ①JAVA 语言-程序设计-高等学校-教材②JAVA 语言-主页制作-程序设计-高等学校-教材 IV. ①TP312.8②TP393.092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 157866 号

书 名: Java 网络编程原理与 JSP Web 开发核心技术(第二版)
作 者: 马晓敏 姜远明 曲霖洁 编著

策 划: 周海燕 读者热线:(010) 63550836
责任编辑: 周海燕 徐盼欣
封面设计: 刘 颖
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>
印 刷: 三河市宏盛印务有限公司
版 次: 2010年3月第1版 2018年8月第2版 2018年8月第1次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21 字数: 518千
书 号: ISBN 978-7-113-24737-9
定 价: 55.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

Java 已经发展成为 Internet 时代伟大的计算机语言之一，它具有跨平台、直接面向对象、适合于单机和网络编程等诸多优点。对于 B/S 模式和 C/S 模式的应用开发，Java 语言提供了简单而卓有成效的解决方案。Java 技术逐渐成为网络编程开发的主流技术之一。

本书的特点是将 Java 网络编程与 JSP Web 开发技术有机地结合起来进行介绍，使读者对于在 Internet 上从底层通信、数据传输、应用协议实现，到高级应用层面的 JSP Web 开发核心技术有一个全面的了解。随着近几年网络编程技术的发展以及 Internet 开发技术的不断更新，本书在内容结构上对第一版做了修改，增加了关于 Web 开发的前端开发技术和 Java Web 开发框架技术的介绍；去掉了关于 JavaME 移动编程技术的介绍。

本书内容分为两大部分。第一部分（第 1 章至第 4 章）是 Java 网络编程原理与技术，从计算机网络的基本结构入手，介绍了 Java API 提供的 TCP 协议套接字、UDP 协议套接字和组播套接字等多种用于网络通信的概念与应用，包括数据包和数据流技术。应用这些技术，可以实现 SMTP 和 POP3、FTP、HTTP 等高层应用协议以及 C/S 模式；第二部分（第 5 章至第 10 章）是 JSP Web 开发核心技术，包括 Web 开发的前端技术、JSP、Servlet、JavaBean、JSP 数据库技术、JSP 扩展技术、MVC 模式及 Struts、jQuery 等技术框架。

目前 Java 技术框架非常庞大，MVC 模式（模型—视图—控制器）是 Xerox PARC 在 20 世纪 80 年代为编程语言 Smalltalk-80 开发的一种软件设计模式，至今已被广泛使用。本书对基于 MVC 模式的开发框架 Struts 技术的应用也进行了简要介绍。

全书分为 10 章，具体内容如下：

第 1 章介绍了网络程序设计的基础知识以及 Java 相关的网络设计技术，包括网络基本概念和 OSI 体系结构，网络程序设计的开发模式以及 Java 相关的数据流技术。

第 2 章介绍了 Java 多线程机制的原理及实现，包括多线程的概念及实现技术以及多线程同步技术的应用。

第 3 章介绍了 Socket 网络编程原理，包括 Socket 技术概念及 TCP 和 UDP 协议的 Java 实现。

第 4 章介绍了各种 Internet 高层应用协议，包括 HTTP、FTP、SMTP 和 POP3 的 Java 技术实现。

第 5 章介绍了 JDBC 的工作原理，以及 JDBC API 中相关接口和类的使用。

第 6 章介绍了 Web 开发前端相关技术的原理与应用，包括 HTML 基本结构、HTML5 的基本应用、CSS 应用技术和 JavaScript 技术应用。

第 7 章介绍了 JSP 技术的基础知识和体系结构，包括 JSP 的工作原理、基本语法及内置对象的使用。

第 8 章介绍了 JavaBean 的基本概念，介绍如何编写、编译和部署 JavaBean，以及如何

在 JSP 页面中对 JavaBean 进行调用和应用。

第 9 章介绍了 Servlet 的基本概念、生命周期、Servlet 常用类和接口的使用,以及 Servlet 配置和调用。

第 10 章介绍了 JSP Web 高级开发应用技术,着重介绍了 EL 表达式及标签技术、Ajax 技术、jQuery 框架技术和 Java EE 相关框架技术的原理及应用。

本书内容新颖,知识涵盖全面。同时力求重点突出,层次清晰,语言通俗易懂。本书适合作为高等院校本科(含部分专科、高职类)计算机、软件工程以及相关专业课程的教材,也可作为软件开发人员和计算机技术爱好者参考使用。

本书由马晓敏、姜远明和曲霖洁编著。具体编写分工如下:第 1、3、4 章由曲霖洁编写,第 2、6、7 章由马晓敏编写,第 5、8、9、10 章由姜远明编写,全书由马晓敏统编、定稿。

在编写过程中,我们力求精益求精,投入了大量的时间和精力,但由于水平有限,难免存在一些不足之处,欢迎读者在使用本书时,不吝提出宝贵意见,请发 E-mail 至 netgramming2018@163.com。

编 者

2018 年 4 月

第一部分 网络编程原理

第 1 章	网络编程概述.....	1
1.1	计算机网络体系结构.....	1
1.1.1	网络体系结构和协议.....	1
1.1.2	OSI 体系结构.....	2
1.1.3	TCP/IP 体系结构.....	4
1.1.4	TCP/IP 与 OSI 模型的对比.....	6
1.2	网络程序设计开发模式.....	7
1.2.1	C/S 模式.....	7
1.2.2	B/S 模式.....	8
1.2.3	对等模式.....	9
1.3	Java 数据流技术.....	9
1.3.1	数据流工作方式及相关 API.....	9
1.3.2	网络通信中基于套接字输入流和输出流的创建.....	16
1.3.3	对象持久性和对象序列化.....	18
	小结.....	22
	习题.....	22
第 2 章	Java 的多线程机制.....	23
2.1	Java 多线程基本概念.....	23
2.2	Java 中的多线程实现.....	24
2.2.1	用 Thread 类创建多线程应用程序.....	24
2.2.2	用 Runnable 接口创建多线程应用程序.....	26
2.2.3	线程优先级.....	27
2.3	多线程同步技术.....	29
2.3.1	线程的生命周期.....	29
2.3.2	多线程的同步处理技术（等待/通知机制）.....	30
2.4	线程池技术.....	35
2.4.1	为什么使用线程池.....	35
2.4.2	线程池的开销.....	36
2.4.3	线程池的实现.....	36
	小结.....	39
	习题.....	39

第 3 章 Socket 编程技术	40
3.1 IP 地址和端口号	40
3.1.1 IP 地址	40
3.1.2 端口	42
3.1.3 套接字 Socket	42
3.2 WinSock 介绍	43
3.3 Java Socket 介绍	43
3.4 基于 TCP 协议的数据通信	44
3.4.1 TCP 协议简介	44
3.4.2 Socket 和 ServerSocket	46
3.4.3 Socket 通信异常处理	50
3.4.4 多线程的 Socket 通信实现	50
3.5 基于 UDP 协议的数据通信	53
3.5.1 UDP 协议简介	53
3.5.2 DatagramPacket 类和 DatagramSocket 类	54
3.5.3 UDP 网络应用实例	55
3.6 组播套接字	61
3.6.1 组播相关概念	61
3.6.2 MulticastSocket	62
3.6.3 组播套接字应用实例	63
小结	65
习题	66
第 4 章 网络协议的 Java 实现	67
4.1 HTTP 协议的 Java 实现	67
4.1.1 HTTP 协议概述及工作过程	67
4.1.2 HTTP 协议服务器实现	70
4.2 FTP 协议的 Java 实现	74
4.2.1 FTP 协议概述及工作过程	74
4.2.2 FTP 协议服务器端实现	76
4.2.3 FTP 协议客户端实现	82
4.3 SMTP 协议和 POP3 协议的 Java 实现	84
4.3.1 SMTP 协议概述及工作过程	85
4.3.2 POP3 协议概述及工作过程	86
4.3.3 SMTP 协议实现 (客户端)	87
4.3.4 POP3 协议实现 (客户端)	91
小结	95
习题	95

第二部分 JSP Web 开发核心技术

第 5 章	JDBC 技术	96
5.1	JDBC 概述	96
5.1.1	JDBC 工作原理	96
5.1.2	JDBC API 简介	97
5.2	MySQL 数据库的安装与配置	101
5.3	连接数据库	105
5.3.1	连接数据库的一般过程	105
5.3.2	使用 JDBC-ODBC 驱动连接 Access 数据库	106
5.3.3	使用 JDBC 驱动连接 MySQL 数据库	108
5.4	数据库高级操作	109
5.4.1	使用存储过程	109
5.4.2	事务操作	110
5.4.3	操作二进制数据	112
5.5	数据库连接池技术	113
5.5.1	连接池概述	113
5.5.2	C3P0 连接池的使用	116
	小结	119
	习题	119
第 6 章	Web 前端开发技术	120
6.1	HTML	120
6.1.1	HTML 基本概念与组成	120
6.1.2	标签与属性	121
6.1.3	文档标记及文件格式设置	123
6.1.4	HTML 列表	127
6.1.5	HTML 表格	128
6.1.6	HTML 表单	129
6.2	HTML5 简介	133
6.2.1	简化的文档类型和字符集	133
6.2.2	HTML5 的新结构	133
6.2.3	HTML5 的新增内联元素	134
6.2.4	HTML5 的新增动态支持功能	136
6.3	CSS	139
6.3.1	CSS 简介	139
6.3.2	创建样式表	139
6.3.2	使用样式表	140
6.4	JavaScript	141

6.4.1	JavaScript 语法基础.....	142
6.4.2	JavaScript 内置对象.....	144
6.4.3	浏览器对象模型 BOM.....	147
6.4.4	文档对象模型 DOM.....	152
	小结.....	155
	习题.....	155
第 7 章	JSP 基础技术	156
7.1	JSP 概述.....	156
7.1.1	JSP 的工作原理.....	156
7.1.2	JSP 的特点.....	157
7.2	建立 JSP 运行环境.....	158
7.2.1	JSP 运行环境要求.....	158
7.2.2	JDK 的安装与配置.....	159
7.2.3	JSP 服务器配置.....	159
7.2.4	开发环境平台 MyEclipse.....	161
7.3	JSP 基本语法.....	162
7.3.1	一个典型的 JSP 文件.....	162
7.3.2	通用的语法规则.....	163
7.3.3	JSP 的脚本元素.....	164
7.3.4	JSP 指令.....	165
7.3.5	JSP 动作元素.....	167
7.4	JSP 的内置对象.....	173
7.4.1	内置对象介绍.....	173
7.4.2	application 对象.....	175
7.4.3	config 对象.....	177
7.4.4	exception 对象.....	177
7.4.5	out 对象.....	178
7.4.6	page 对象.....	180
7.4.7	pageContext 对象.....	180
7.4.8	request 对象.....	181
7.4.9	response 对象.....	183
7.4.10	session 对象.....	185
7.5	JSP 的异常处理.....	187
7.6	JSP 相关应用技术.....	189
7.6.1	JSP 的目录操作.....	189
7.6.2	JSP 的文本文件操作.....	191
7.6.3	JSP 的流文件操作.....	193
7.6.4	文件的上传和下载.....	194

7.6.5	JSP 的邮件发送技术	202
	小结	204
	习题	205
第 8 章	JSP 核心技术之 JavaBean	206
8.1	JavaBean 概述	206
8.1.1	什么是 JavaBean	206
8.1.2	编写简单的 JavaBean	207
8.1.3	JavaBean 的属性	208
8.2	在 JSP 中使用 JavaBean	210
8.2.1	在 JSP 中调用 JavaBean	210
8.2.2	通过动作指令获取与设置 JavaBean 的属性值	212
8.3	JavaBean 应用实例	215
8.3.1	通过 JavaBean 解决中文乱码	215
8.3.2	通过 JavaBean 连接数据库	218
8.3.3	通过 JavaBean 实现分页显示	222
	小结	225
	习题	226
第 9 章	JSP 核心技术之 Servlet	227
9.1	Servlet 概述	227
9.1.1	Servlet 容器与 Tomcat 服务器	227
9.1.2	Servlet 的特点	228
9.1.3	Servlet 的生命周期	229
9.1.4	Servlet API 简介	230
9.2	编写简单的 Servlet	233
9.2.1	Servlet 基本结构	233
9.2.2	输出纯文本的 Servlet	233
9.2.3	输出 HTML 的 Servlet	234
9.2.4	Servlet 的配置	235
9.2.5	Servlet 的调用	238
9.3	Servlet 应用	239
9.3.1	获取表单数据	239
9.3.2	读取 HTTP 请求头	240
9.3.3	处理 Cookie	241
9.3.4	Servlet 中的 HTTP 会话管理	243
9.3.5	创建 Web 监听	244
9.3.6	创建过滤程序	250
9.4	Servlet 访问数据库	255
9.4.1	Servlet 连接数据库	255

9.4.2	Proxool 连接池技术	257
9.5	MVC 设计模式	261
9.5.1	Model1 模式	262
9.5.2	Model2 模式	262
9.5.3	MVC 模式	265
	小结	267
	习题	267
第 10 章	Java Web 高级开发技术	269
10.1	EL 表达式及标签	269
10.1.1	表达式语言	269
10.1.2	JSTL 标准标签库	276
10.1.3	自定义标签库的开发	282
10.2	JSP 实用组件	284
10.2.1	文件的上传	284
10.2.2	JSP 的邮件发送技术	287
10.2.3	JSP 动态图表	293
10.2.4	JSP 输出报表	296
10.3	Ajax 技术	299
10.3.1	Ajax 概述	299
10.3.2	Ajax 的关键技术	300
10.3.3	Ajax 技术应用	303
10.3.4	DWR 框架	305
10.4	jQuery 框架	308
10.4.1	jQuery 介绍	308
10.4.2	jQuery 实现 Ajax	309
10.4.3	EasyUI 介绍	312
10.5	Java EE 框架技术	314
10.5.1	Struts 框架技术	314
10.5.2	Spring 框架技术	315
10.5.3	Hibernate 框架技术	316
10.5.4	Struts2+Spring+Hibernate 框架整合实例	317
	小结	324
	习题	324
	参考文献	325

第一部分 网络编程原理

第 1 章 网络编程概述

21 世纪是一个以网络为核心的信息时代，它的重要特征就是数字化、网络化和信息化。要实现信息化必须依靠完善的网络，因为网络可以非常迅速地传递信息，因此网络现在已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。网络对社会生活的很多方面以及社会经济的发展都产生了不可估量的影响。

随着计算机网络特别是 Internet 的迅猛发展，网络应用越来越普及。那么，如何通过计算机网络实现用户之间的通信？如何开发基于网络的应用系统（如协议分析、网络计费、网络监控、防火墙、网络入侵检测等）？如何有效地管理网络？如何减少因网络使用带来的不良影响？……解决上述问题的关键是网络编程和网络协议分析。通过网络编程可以实现数据包接收与发送，通过网络协议分析可以解释接收到的数据包，进而根据不同的应用需求实现相应的应用程序编制工作。

本章首先介绍计算机网络的体系结构，接着对网络程序设计的两种开发模式：C/S 模式和 B/S 模式进行概述，最后讨论 Java 的数据流技术，包括数据流的概念及工作方式，与 Java 数据流相关的 API，以及 Java 对象的持久性和序列化。

1.1 计算机网络体系结构

1.1.1 网络体系结构和协议

计算机网络是一个非常复杂的系统。它要为通信的计算机提供数据传输的通路，要保证传送的数据在通路上的正确发送和接收，对出现的各种差错和意外，如数据传送错误、重复或丢失，网络中某个结点出现故障等，都应该有可靠的措施保证接收方计算机最终能接收到正确的数据。除此以外，还有许多其他工作要做。由此可见，相互通信的计算机系统必须高度协调才能工作，而这种“协调”是相当复杂的。为了设计这样复杂的计算机网络，早在最初的 ARPANET 设计时，就提出了分层的方法。“分层”可以将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题，而这些较小的局部问题就比较容易解决了。

在计算机网络中，分层次的体系结构是最基本的。在这种分层结构中，每层都是建筑在它的前一层基础上，每层之间有相应的通信协议，相邻层之间的通信约束称为接口。每一层都规定有明确的服务及接口标准。在分层处理后，每一层仅与其相邻上、下层通过接口进行通信，除了最高层和最低层外，中间的每一层都向上一层提供服务，同时又是下一层服务的使用者。

网络体系结构中的每一层都定义了相应的功能,这些功能的实现都是通过程序的执行来完成的。这些完成各层功能的程序就是网络协议。网络协议是计算机网络中为了有条不紊地交换数据,而事先约定好的一些规则。

准确来说,网络协议(Network Protocol)是为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定,简称协议。协议由以下3个要素组成:

- (1) 语法,即数据与控制信息的结构或格式;
- (2) 语义,是控制信息每个部分的意义解释,即需要发出何种控制信息,完成何种动作以及做出何种响应;
- (3) 同步,即事件实现顺序的详细说明,也称时序。

我们可以形象地把这3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。

计算机网络的各层及其协议的集合就是网络的体系结构(Network Architecture)。换句话说,计算机网络体系结构就是计算机网络及其构件所应完成功能的精确定义。需要强调的是:这些功能究竟是用何种硬件或软件完成的,是一个体系结构的实现问题。也就是说,体系结构是抽象的,是功能的描述,不关心具体实现;而实现是具体的,是遵循这种体系结构的前提下用何种硬件或软件完成这些功能的问题,是真正运行在计算机上的硬件和软件。

网络体系结构是通信系统的整体设计,它定义了计算机设备和其他设备如何连接在一起形成一个允许用户共享信息和资源的通信系统,为网络硬件、软件、协议、存取控制和拓扑提供了标准。

1.1.2 OSI 体系结构

1974年美国IBM公司按照分层的方法制定了系统网络体系结构SNA(System Network Architecture)。SNA已成为世界上较广泛使用的一种网络体系结构。现在用IBM大型机构建的专用网络仍在使用SNA。不久后,其他一些公司也相继推出了自己公司的体系结构,如DEC公司的DNA(DEC网络体系结构,1975年)和NAS(网络应用支持环境,1988年),Sun公司(现已被Oracle公司收购)的SUN等。

不同的网络体系结构出现后,按照同一体系结构生产的网络设备可以很好地互连、互通和互操作。但由于网络体系结构的多样化和差异性,难以实现不同厂商、不兼容系统之间的互连、互通和互操作。

然而,全球经济的发展使得不同体系结构的用户迫切要求能相互交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络能互连,国际标准化组织ISO于1977年成立专门的机构研究这个问题。1978年,ISO提出了“异种机连网标准”的框架结构,这就是著名的开放系统互连基本参考模型OSI/RM(Open System Interconnection/Reference Model),简称OSI。“开放”是指非独家垄断的,因此,只要遵循OSI标准,一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循同一标准的其他任何系统进行通信。OSI是网络发展史上的一个里程碑。

OSI体系结构将网络通信问题分为了7层。这7层自下而上依次为物理层(Physics Layer)、数据链路层(Data Link Layer)、网络层(Network Layer)、传输层(Transport Layer)、会话层(Session Layer)、表示层(Presentation Layer)、应用层(Application Layer)。其中,低4层完成数据传送服务,高3层面向用户。对于每一层,至少制定两项标准:服务定义和协议规范。前者给出了该层所提供的服务的准确定义,后者详细描述该层协议的动作和各种有关规程,以保证服务的提供。

OSI 的七层体系结构如图 1-1 所示。

OSI 体系结构各层的功能定义简单介绍如下：

1) 应用层

应用层是体系结构的最高层，它为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口。对于不同的网络应用需要不同的应用层协议。

2) 表示层

表示层主要解决用户信息的语法表示问题。由于网络环境的异构性，不同的硬件和软件平台所表示的数据格式不同。表示层将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法，转换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法，即提供通用的数据格式，以便在不同系统的数据格式之间进行转换。

3) 会话层

会话层不参与具体的传输，它为通信双方提供建立、维护和结束会话连接的功能，提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。

会话层、表示层和应用层数据传送的单位统称报文 (Message)。

4) 传输层

传输层将会话层生成的数据分段 (Segment)。

传输层的任务是负责向两台主机中进程之间的通信提供通用的数据传输服务。传输控制协议 TCP 和用户数据报协议 UDP 是著名的传输层协议。

5) 网络层

网络层负责为网络中的不同主机提供通信服务。在发送数据时，网络层将传输层产生的报文段封装成包或分组 (Packet) 进行传送。包或分组的首部含有源站点和目的站点的网络逻辑地址，即 IP 地址。网络层要根据目的 IP 地址，选择一条合适的路，将数据从一个网络传送到另一个网络，直至目的地，即实现网络间的路由选择。无连接的网际协议 IP 协议是网络层最著名和最常用的协议，它可以实现异构网络的互连。

6) 数据链路层

数据链路层常简称链路层，它负责将网络层的数据包封装成数据帧 (Frame)。数据帧的首部含有源站点和目的站点的物理地址 (Mac 地址)。数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。

7) 物理层

物理层所传输的数据单位是比特 (bit)。

物理层提供计算机及网络设备物理接口的机械、电气、功能和过程特性。

要注意的是传输信息所需要的传输媒体，如双绞线、同轴电缆、光缆或无线信道等，并不属于物理层。

图 1-2 说明了相互通信的应用进程的数据在各层之间传递所经历的变化。

虽然应用进程 A 的数据要经过图 1-2 所示的自上而下逐层增加首部，然后再自下而上的逐层剥去首部的复杂过程才能到达终点应用进程 B，但这些复杂的过程对用户来说却都被屏蔽了，以致用户觉得应用进程 A 直接把数据交给了应用进程 B。我们把图中水平虚线所连接的两个同样的层次称为对等层。如主机 A 的网络层和主机 B 的网络层就是对等层。前面所提到的各层的协议，实际上就是各个对等层之间传递数据时的规定。所以，协议是“水平的”。但是，服务是“垂直的”，



图 1-1 OSI 体系结构

即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。上层必须通过与下层交换一些命令来使用下层所提供的服务。这些命令称为服务原语。

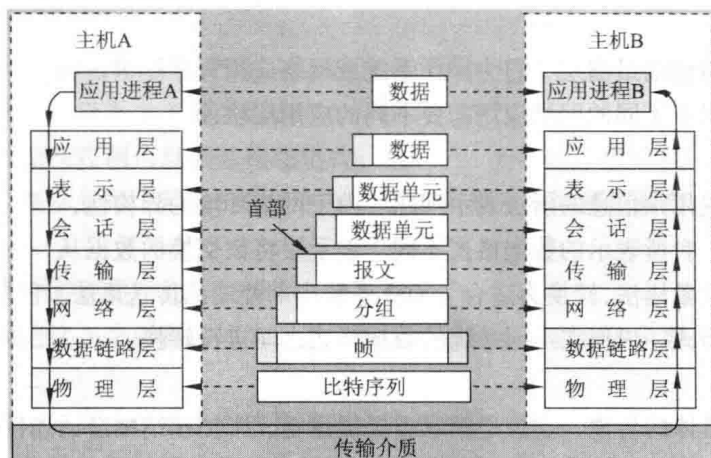


图 1-2 数据在各层之间的传递过程

综上所述, OSI 参考模型的主要特征总结如下:

(1) OSI 是一种将异构系统互连的分层结构, 提供了控制互连系统交互规则的标准框架, 定义了抽象结构而并非具体实现的描述。

(2) 对等层之间的通信必须遵循相应层的协议, 如网络层协议、传输层协议等。

(3) 相邻层之间的接口定义了服务原语和下层向上层提供的服务。

(4) 所提供的公共服务是面向连接的或无连接的数据通信服务。

OSI 只是一个参考模型, 其作用只是提供概念性和功能性结构, 同时确定研究和改进标准的范围, 并为维持所有有关标准的一致性提供了共同的参考。因此, OSI 参考模型及其有关标准只是技术规范, 而不是工程规范。实际实现中, 一般只取 OSI 中的一部分并有所变化, 至今并没有一个与 OSI 完全一致的体系得以实现。这正说明了这个标准的开放性和它的优越性。

1.1.3 TCP/IP 体系结构

OSI 的七层体系结构概念清楚, 理论也比较完整, 但是它实现起来过分复杂, 且运行效率很低; 层次划分也不太合理, 有些功能在多个层次中重复出现; 而且 OSI 标准的制定周期太长, 因而使得按 OSI 标准生产的设备无法及时进入市场, 在市场化方面 OSI 失败了。

1974 年 Vinton Cerf 和 Robert Kahn 开发了 TCP/IP 协议, Internet 采用的就是 TCP/IP 协议。随着 Internet 的飞速发展, TCP/IP 协议也成为事实上的工业标准。TCP/IP 协议实际上是一组协议, 是因为其两个著名的协议 TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议) 和 IP (Internet Protocol, 网际协议) 而得名的。TCP/IP 协议体系和 OSI 参考模型一样, 也是一种分层结构。它是由基于硬件层次上的 4 个概念性层次构成, 即网络接口层、网际层、传输层和应用层。TCP/IP 体系结构如图 1-3 所示。

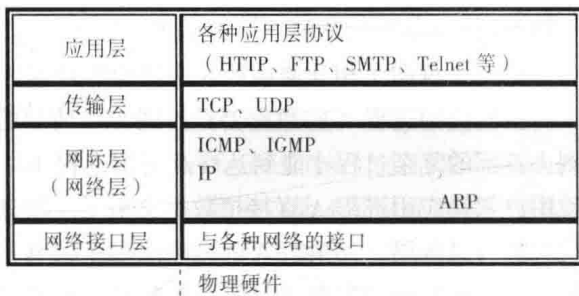


图 1-3 TCP/IP 体系结构

1) 网络接口层

网络接口层是 TCP/IP 体系结构的底层, 提供了与各种通信子网的接口, 屏蔽了不同物理网络的细节。但是, TCP/IP 协议并没有严格定义该层, 它只是要求主机必须使用某种协议与网络连接, 以便能在其上传递 IP 分组, 功能上相当于 OSI 模型中的物理层和数据链路层。

2) 网际层

网际层 (Internet Layer), 也称网络层、IP 层。其主要功能是要完成网络中主机间“分组”(Packet) 的传输。网络层负责独立地将分组从源主机送往目的主机, 为分组提供最佳路径选择和交换功能。它接收来自传输层的请求, 把数据封装到 IP 数据报中, 将源和目的 IP 地址填入数据报的头部 (也称报头), 然后将数据报送到网络中。网络中的路由器根据路由表和目的 IP 地址为该数据报选择最佳路由。该层还处理接收到的数据报, 检验其正确性, 使用路由算法来决定数据报是在本地进行处理还是继续向前传送。

3) 传输层

传输层的基本任务是提供应用进程之间的通信, 即端到端的通信。根据不同应用进程的不同需求, 传输层提供了两种不同的协议: 面向连接的 TCP (Transmission Control Protocol) 和无连接的 UDP (User Datagram Protocol)。

4) 应用层

在应用层, 用户调用应用程序来访问网络提供的多种服务, 应用程序将数据按要求的格式传送给传输层。应用层为用户提供网络应用, 并为这些应用提供网络支撑服务, 把用户的数据发送到低层, 为应用程序提供网络接口。

应用层包括了众多的应用与应用支撑协议。常见的应用层协议有: 文件传输协议 FTP (File Transfer Protocol)、超文本传输协议 HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)、简单邮件传输协议 SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)、远程登录 Telnet (Teletype Network)。常见的应用支撑协议包括域名服务 DNS (Domain Name System) 和简单网络管理协议 SNMP (Simple Network Management Protocol) 等。

TCP/IP 体系结构中常用协议的相互关系可以用图 1-4 描述。

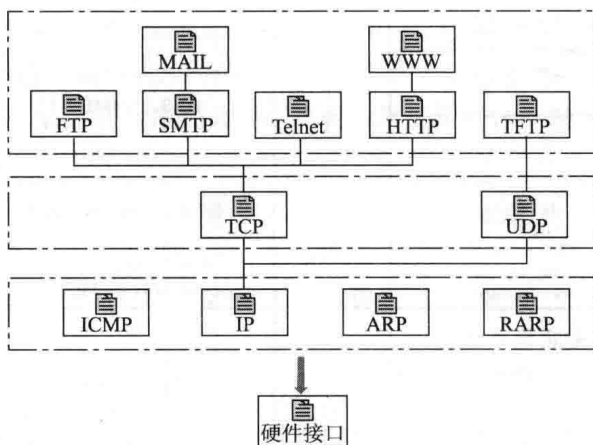


图 1-4 TCP/IP 体系结构中常用协议的相互关系

还有另外一种通过具体协议表示 TCP/IP 体系结构的方法, 如图 1-5 所示。这种表示方法的特点是两头大而中间小。这种很像沙漏计时器形状的 TCP/IP 体系结构表明: TCP/IP 协议可以为

各种各样的应用提供服务, 即 everything over IP; 同时允许 IP 协议在各种各样的网络构成的 Internet 上运行, 即 IP over everything, 可以看出 IP 协议在 Internet 网中的核心作用。正是因为如此, Internet 才会发展到今天的这种全球规模。

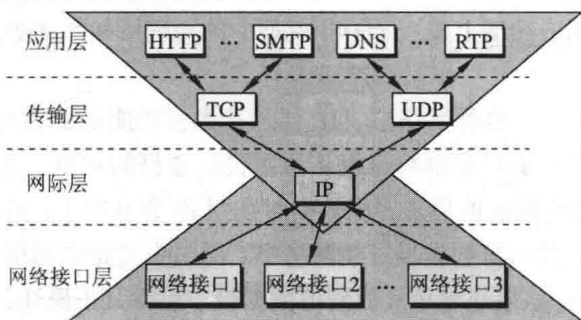


图 1-5 沙漏计时器形状的 TCP/IP 体系结构示意图

TCP/IP 使跨平台或称为异构的网络互连成为可能。归纳起来, 它具有如下几个方面的特点:

- (1) 开放的协议标准, 可以免费使用, 并且独立于特定的计算机硬件与操作系统。
- (2) 独立于特定的网络硬件, 可以运行在局域网、广域网, 更适用于互联网中。
- (3) 统一的网络地址分配方案, 使得整个 TCP/IP 设备在网中都具有唯一的地址。
- (4) 标准化的高层协议, 可以提供多种可靠的用户服务。

1.1.4 TCP/IP 与 OSI 模型的对比

OSI 参考模型有 7 层, 而 TCP/IP 只有 4 层。TCP/IP 与 OSI 参考模型的对应关系如图 1-6 所示。从图中可以看出, TCP/IP 的应用层包含了 OSI 的应用层、表示层和会话层; 网际层和传输层分别对应 OSI 模型中的网络层和传输层, 而网络接口层对应 OSI 的物理层和数据链路层。但是, 这样的对应关系并不是绝对的, 它只有参考意义, 因为 TCP/IP 各层功能和 OSI 模型的对应层还是有一些区别的。

7	应用层	应用层 (HTTP、SMTP、FTP、Telnet、DNS、SNMP等)
6	表示层	
5	会话层	
4	传输层	传输层 (TCP或UDP)
3	网络层	网际层 (IP、ARP、ICMP、IGMP)
2	数据链路层	网络接口层 (SLIP、PPP)
1	物理层	

图 1-6 TCP/IP 与 OSI 参考模型的对应关系

OSI 参考模型与 TCP/IP 模型的共同之处是: 都采用了层次结构的概念, 但是二者在层次划分与使用的协议上有很大差别。

OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的主要差别: