

网络互联技术教程

余智豪 何志敏 马莉 编著

清华大学出版社





网络互联技术教程

余智豪 何志敏 马莉 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书技术先进,内容新颖,图文并茂,是基于 IPv4 和 IPv6 的全新的网络互联技术的教程。本书除了全面分析传统的 IPv4 路由技术外,还详细阐述了 IPv6 路由技术,深入、全面、系统地剖析了 Cisco 路由器的系统结构、工作原理、关键技术、操作命令和典型的配置实例,以直观的插图和详尽的文字来说明 Cisco 路由器的设计、部署、配置和调试的具体步骤。本书的主要内容包括网络互联技术概论、网络互联设备、路由器技术基础、路由器的基本配置、静态路由、RIP、OSPF 协议、EIGRP、访问控制列表和 IPv6 过渡技术等。

本书配备了教学 PPT、复习思考题、模拟试题和配置实例的 Packet Tracer 源文件,可以作为高等院校网络工程专业、计算机专业、通信专业及相关专业的本科生和大专生的教材,也可作为网络工程师或准备参加 CCNA 认证考试人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络互联技术教程/余智豪,何志敏,马莉编著. —北京:清华大学出版社,2019

ISBN 978-7-302-50164-0

I. ①网… II. ①余… ②何… ③马… III. ①互联网络—教材 IV. ①TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 112380 号

责任编辑:刘向威 常建丽

封面设计:文 静

责任校对:梁 毅

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16

版 次:2019 年 1 月第 1 版

印 数:1~1500

定 价:49.00 元



字

印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

产品编号:074686-01

前言

PREFACE

本书由多年从事计算机网络技术教学工作,并具有丰富的网络工程实践经验和大学教材编写经验的教师合作编写而成。编者根据多年的教学经验和学生的认知规律,精心组织教学内容,力争理论和实践相结合,深入浅出,循序渐进,通俗易懂,从网络体系结构、标准、协议、安全等方面对网络互联技术进行探讨,以便让读者对网络互联技术的发展和演变有比较深入的领悟和理解。

如今,国际互联网早已风靡全球,人们的生活和工作都已经离不开网络技术。但是,由于国际互联网的广泛应用,基于 IPv4 的网络地址即将枯竭,极大地阻碍了国际互联网的发展,由此产生了新一代的 IPv6 技术。毫无疑问,IPv6 取代 IPv4 是一种必然的趋势,因此,让学生同时掌握 IPv4 和 IPv6 技术,是计算机网络技术教学的当务之急。

路由器是计算机网络的核心设备,它通过光纤、卫星等通信线路将分散在世界各地的大大小小的城域网、局域网中的各种服务器和计算机互相连接在一起,组成贯穿全球的国际互联网。在网络体系结构中,基于路由技术的“网络互联技术”已经发展成为一个重要的技术分支,与“计算机网络”“交换机原理”“TCP/IP 技术”“网络安全技术”“接入网技术”等计算机网络技术课程并驾齐驱,共同构成现代网络工程技术体系。

一直以来,“网络互联技术”都是计算机网络工程专业的核心课程之一。通过这门课程的学习,学生可以系统地学习路由器和交换机的工作原理与配置知识。对于从事网络规划、设计和管理的网络工程技术人员来说,这些都是必须掌握的专业理论知识和实际操作技能。

“网络互联技术”课程教材应该包含计算机网络的体系结构、技术标准、各种路由技术的工作原理、分类和特点、适用环境、网络配置管理等主要内容。虽然专门讨论路由技术的大学教材已经较多,但是这些教材除了介绍传统的 IPv4 路由技术外,极少专门论述 IPv6 路由技术。随着国际互联网的普及,各种 IPv6 路由技术日新月异,不断涌现和发展,因此,该课程教材有必要与时俱进。与此同时,深入、详细、系统地分析和论述各种基于 IPv6 的网络互联技术,也给从事计算机网络工程技术的教学和科学研究提出了新的要求。因此,为了全面系统地介绍网络互联技术,满足网络工程专业教学和社会生产实践的需要,培养社会急需的计算机网络工程专业技术人才,我们编写了本书。

本书的主要特点是强调实用性和先进性,力求全面、客观地分析和论述网络互联技术的基本概念、基本原理;为了保持教材内容的先进性,书中涉及了各种典型的路由技术,全书共 10 章,各章的主要内容如下:

第 1 章为网络互联技术概论,主要介绍协议与分层、OSI 参考模型、TCP/IP 参考模型、IPv4、IPv6 等基本概念。

第 2 章为网络互联设备,主要介绍各种网络传输介质、物理层设备、数据链路层设备、网

络层设备 and 应用层设备。

第3章为路由器技术基础,主要介绍路由器的硬件结构、路由器的软件、路由器的启动过程、高端路由器、路由表、直连路由、静态路由、动态路由和管理距离等基础知识。

第4章为路由器的基本配置,主要介绍 iOS、网络设备的配置方式、配置超级终端、路由器的配置向导、路由器的工作模式、路由器的常用命令、配置路由器 IP 地址的基本原则、iOS 的备份、恢复与升级。

第5章为静态路由,主要介绍基本的 IPv4 静态路由配置、更复杂的 IPv4 静态路由配置、汇总 IPv4 静态路由、IPv4 默认静态路由、IPv4 浮动静态路由、负载均衡、配置 IPv6 静态路由和默认路由等知识。

第6章为 RIP,主要介绍距离矢量路由协议、距离矢量路由算法、RIPv1 报文格式、RIP 的定时器、各种版本 RIP 的配置与管理等知识。

第7章为 OSPF 协议,主要介绍 OSPF 协议的工作原理、报文、分层结构、工作过程、各种版本 OSPF 协议的配置与管理等知识。

第8章为 EIGRP,主要介绍 EIGRP 概述、EIGRP 的工作原理、各种版本 EIGRP 的配置与管理等知识。

第9章为访问控制列表,主要介绍访问控制列表的工作原理、访问控制列表的应用、访问控制列表的类型、访问控制列表的配置。

第10章为 IPv6 过渡技术,主要介绍双协议栈技术、隧道技术、协议转换技术等知识。

由于本书涉及的知识面较广,新技术发展迅速,因此资料更新较快,编写的工作量和难度都比较大。在深入研讨、反复磋商确定编写大纲的基础上,由佛山科学技术学院的多位教师共同合作编写。其中,第1~6章、第8章和第9章由余智豪老师编写;第7章由何志敏老师编写;第10章由马莉老师编写。全书由余智豪老师统稿及修改;周灵教授、李娅副教授认真审阅了本书的书稿;张德丰教授对书稿提出了许多宝贵意见。此外,在本书的编写过程中,还得到了许多专家和同行的热心帮助和指导,在此一并致以感谢!

由于编者水平所限,本书疏漏和不当之处难以避免,希望读者不吝指正。

编 者

2018年1月于佛山科学技术学院

目 录

CONTENTS

第 1 章 网络互联技术概论	1
1.1 协议与分层	1
1.1.1 网络协议的 3 个要素	1
1.1.2 网络的分层结构	1
1.1.3 网络分层的原则	2
1.2 OSI 参考模型	2
1.2.1 OSI 参考模型的概念	2
1.2.2 OSI 参考模型各层的功能	4
1.3 TCP/IP 参考模型	5
1.3.1 TCP/IP 参考模型简介	5
1.3.2 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较	7
1.4 IPv4	8
1.4.1 IPv4 地址的概念	8
1.4.2 IPv4 简介	8
1.4.3 IPv4 报文格式	9
1.4.4 IPv4 的不足之处	11
1.5 IPv6	11
1.5.1 IPv6 地址的表示方法	11
1.5.2 IPv6 的地址类型	12
1.5.3 IPv6 的核心协议	13
1.5.4 IPv6 报文格式	14
1.6 本章总结	16
复习思考题	17
第 2 章 网络互联设备	18
2.1 网络传输介质	18
2.1.1 连接器	18
2.1.2 双绞线	19
2.1.3 同轴电缆	20
2.1.4 光纤	20
2.1.5 无线传输介质	21
2.2 物理层设备	22
2.2.1 中继器	22
2.2.2 集线器	22

2.2.3 无线接入点	24
2.3 数据链路层设备	25
2.3.1 网卡	25
2.3.2 网桥	28
2.3.3 交换机	30
2.4 网络层设备	32
2.5 应用层设备	35
2.5.1 服务器	35
2.5.2 防火墙	36
2.6 本章总结	37
复习思考题	38
第3章 路由器技术基础	40
3.1 认识路由器	40
3.2 路由器的硬件结构	41
3.3 路由器的软件	43
3.4 路由器的启动过程	45
3.5 高端路由器	46
3.6 路由表	47
3.7 直连路由	48
3.8 静态路由	49
3.9 动态路由	50
3.9.1 动态路由与静态路由的比较	50
3.9.2 静态路由的优缺点	51
3.9.3 动态路由的优缺点	52
3.9.4 动态路由协议的分类	52
3.10 管理距离	54
3.11 本章总结	55
复习思考题	56
第4章 路由器的基本配置	58
4.1 互联网操作系统	58
4.2 网络设备的配置方式	58
4.3 配置超级终端	60
4.3.1 在 Windows XP 系统中配置超级终端	60
4.3.2 在 Windows 7 系统中配置超级终端	61
4.4 路由器的配置向导	62
4.5 路由器的工作模式	62
4.6 路由器的常用命令	64
4.7 配置路由器 IP 地址的基本原则	70
4.8 iOS 的备份、恢复和升级	71
4.9 本章总结	73
复习思考题	74

第 5 章 静态路由	76
5.1 基本的 IPv4 静态路由配置	76
5.2 更复杂的 IPv4 静态路由配置	80
5.3 汇总 IPv4 静态路由	83
5.4 IPv4 默认静态路由	86
5.5 IPv4 浮动静态路由	87
5.6 负载均衡	89
5.7 配置 IPv6 静态路由和默认路由	90
5.8 本章总结	94
复习思考题	95
第 6 章 RIP	96
6.1 RIP 的发展简史	96
6.2 距离矢量路由协议	97
6.3 距离矢量路由算法	98
6.4 路由环路及解决方法	102
6.4.1 路由环路产生的原因	103
6.4.2 路由环路的解决方法	103
6.5 RIPv1 报文格式	105
6.6 RIP 的计时器	106
6.7 RIPv1 的配置与管理	107
6.8 RIPv2 的配置与管理	110
6.8.1 RIPv1 与 RIPv2 的特性比较	110
6.8.2 RIPv2 的配置与管理	111
6.9 RIPv2 的配置与管理	114
6.9.1 RIPv2 的工作原理	114
6.9.2 RIPv2 与 RIPv1、RIPv2 的比较	115
6.9.3 RIPv2 配置与管理	116
6.10 本章总结	119
复习思考题	120
第 7 章 OSPF 协议	122
7.1 OSPF 协议的工作原理	122
7.2 OSPF 报文	123
7.2.1 OSPF 报头格式	123
7.2.2 OSPF 正文格式	124
7.3 OSPF 分层结构	128
7.4 OSPF 协议的工作过程	129
7.5 OSPF 配置与管理	132
7.5.1 OSPFv2 配置与管理	132
7.5.2 OSPFv3 配置与管理	135
7.6 本章总结	138
复习思考题	140

第 8 章 EIGRP	141
8.1 EIGRP 概述	141
8.1.1 IGRP 与 EIGRP	141
8.1.2 EIGRP 的优点	142
8.1.3 EIGRP 与 OSPF 协议的比较	142
8.2 EIGRP 的工作原理	143
8.2.1 可靠传输协议	143
8.2.2 扩散更新算法的相关术语	143
8.2.3 实现路由快速收敛的关键	144
8.2.4 路由计算方法	144
8.2.5 EIGRP 数据包	145
8.2.6 修改计时器的方法	146
8.2.7 解决环路问题	146
8.2.8 DUAL 有限状态机	147
8.3 EIGRP 的配置和管理	148
8.3.1 EIGRP 配置命令	148
8.3.2 EIGRP 调试命令	149
8.3.3 EIGRP 配置实例	149
8.4 支持 IPv6 的 EIGRP	152
8.4.1 支持 IPv6 的 EIGRP 的特点	152
8.4.2 配置 EIGRPv6 的命令	152
8.4.3 测试 EIGRPv6 的命令	152
8.4.4 EIGRPv6 的配置实例	153
8.5 本章总结	157
复习思考题	159
第 9 章 访问控制列表	161
9.1 访问控制列表概述	161
9.1.1 访问控制列表的功能	161
9.1.2 建立访问控制列表的作用	162
9.2 访问控制列表的工作原理	163
9.3 访问控制列表的分类和原则	164
9.3.1 访问控制列表的分类	164
9.3.2 定义 ACL 时应遵循的原则	165
9.4 配置标准访问控制列表	166
9.5 用标准 ACL 限制虚拟终端的访问	171
9.6 配置扩展访问控制列表	172
9.7 配置命名的访问控制列表	174
9.7.1 命名 ACL 与编号 ACL 的区别	174
9.7.2 配置命名 ACL 的语法格式	175
9.8 配置基于时间的访问控制列表	177
9.9 配置 IPv6 访问控制列表	178
9.9.1 创建 IPv6 访问控制列表	178
9.9.2 在接口上应用 IPv6 访问控制列表	178
9.9.3 配置标准 IPv6 访问控制列表	178

9.9.4 配置扩展 IPv6 访问控制列表	182
9.10 本章总结	185
复习思考题	186
第 10 章 IPv6 过渡技术	187
10.1 过渡技术概述	187
10.2 双协议栈技术	188
10.2.1 双协议栈技术简介	188
10.2.2 双协议栈关键技术	189
10.2.3 ICMPv6 简介	190
10.2.4 邻居发现协议简介	190
10.2.5 支持 IPv6 的 DNS 简介	191
10.2.6 在路由器上配置双协议栈	192
10.3 隧道技术	193
10.3.1 手动配置隧道	194
10.3.2 GRE 隧道	194
10.3.3 自动配置的兼容隧道	195
10.3.4 6over4 隧道	195
10.3.5 6to4 隧道	196
10.3.6 6RD 隧道	196
10.3.7 ISATAP 隧道	197
10.3.8 Teredo 隧道	198
10.3.9 隧道代理技术	198
10.3.10 隧道配置示例	199
10.4 协议转换技术	203
10.4.1 NAT-PT	203
10.4.2 NAT64	204
10.4.3 NAT64 配置示例	205
10.5 本章总结	208
复习思考题	209
附录 A 思科 Packet Tracer 7.0 使用简介	212
A.1 Packet Tracer 7.0 安装方法	212
A.2 将工作界面修改为中文	216
A.3 Packet Tracer 7.0 的工作区域	219
A.4 布置网络设备	220
A.5 连接网络设备	220
A.6 配置网络设备	221
A.7 模拟模式	226
A.8 Packet Tracer 的帮助文件	227
附录 B 模拟试题	228
B.1 模拟试题一	228
B.2 模拟试题二	232
附录 C 常用英文缩写对照表	236
参考文献	245

网络互联是指将两个以上的通信网络通过一定的技术与方法,用一种或多种网络通信设备相互连接起来,构成更大的网络系统。网络互联的目的是实现不同网络中的用户可以互相通信、共享软件和数据等。

本章首先介绍计算机网络协议的基本概念和计算机网络分层的思想,接着介绍 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型,最后分别介绍 IPv4、IPv6 的基本原理。

1.1 协议与分层

在计算机网络的各种设备之间要实现数据的交换,就必须遵守一些事先约定的规则。这些规则明确规定了所交换的数据的格式,还要解决同步问题。这里所说的同步不是狭义的同步(同频率或同相位),而是广义的同步,即在下一条件下应当发生什么事件,因此同步包含时序的意思。

1.1.1 网络协议的 3 个要素

为进行计算机网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定称为网络协议(network protocol)。网络协议简称为协议。准确地说,网络协议主要由以下 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:即需要发出何种控制信息,完成何种动作和做出何种响应。
- (3) 同步:即事件实现顺序的详细说明。

由此可见,网络协议是计算机网络不可缺少的组成部分。实际上,只要想让连接在网络上的另一台计算机做事情(例如,在网络上发送一封电子邮件),通信双方就都需要遵守网络协议。但是,当我们在自己的计算机上进行文件保存操作时,就不需要任何协议,除非这个文件需要保存到网络中的某个服务器上。

协议通常有两种形式:一种形式是采用便于人们阅读和理解的文字来描述;另一种形式则是使用计算机能够理解的程序代码来描述。这两种不同的形式都必须能够对网络上交换的信息做出精确的解释。

1.1.2 网络的分层结构

在网络体系结构中,用分层来实现网络的结构化设计。网络分层就是将网络结点中的数据的发送或转发、打包或拆包,控制信息的加载或拆出等工作,分别由不同的硬件和软件

模块去完成。这样可以将往来通信和网络互联这一复杂的问题变得较为简单。

在各层分别定义标准接口,使具备相同对等层的不同网络设备能实现互操作,各层之间则相对独立,一种高层协议可放在多种低层协议上运行。

在复杂的计算机网络体系结构中,划分层次是必要的。因为划分层次可以带来以下多种好处:

(1) 各层之间是独立的。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(即界面)所提供的服务。由于每一层只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较容易处理的、比较简单的问题。这样,整个问题的复杂程度就降低了。

(2) 灵活性好。当任何一层发生变化时(如由于技术的变化),只要层间接口关系保持不变,则在这层以上或以下的各层均不受影响。此外,对某一层提供的服务还可以进行修改。当不再需要某层提供的服务时,可以将这层取消。

(3) 结构上可分割开。各层都可以采用最合适的技术来实现。

(4) 易于实现和维护。分层结构使得实现和调试一个庞大而复杂的系统易于处理,因为整个庞大的系统已经被分解为若干相对独立的子系统。

(5) 能促进标准化工作。因为每一层的功能及其提供的服务都已有了精确的说明。

1.1.3 网络分层的原则

分层时应注意使每一层的功能明确。分层的层数不能太少,也不能太多。因为层数太少会使每一层的协议太复杂,而层数太多又会在描述和综合各层功能的系统工程任务时遇到较多的困难。通常,每一层要实现的一般功能,往往是下列的某一种功能或多种功能:

(1) 差错控制。使得和网络对端的相应层次的通信更加可靠。

(2) 流量控制。使得发送端的发送速率不会太快,以便接收端能够及时接收数据。

(3) 分段和重装。发送端将要发送的数据块划分为更小的单位,在接收端将其还原。

(4) 复用和分用。发送端几个高层会话复用一条低层的连接,在接收端再进行分用。

(5) 连接建立和释放。交换数据前先建立一条逻辑连接。数据传送结束后释放连接。

但是,分层也有一些缺点,例如有些功能会在不同的层次中重复出现,因而产生了额外开销。

我们将计算机网络的各层及其协议的集合,称为网络的体系结构。也就是说,计算机网络的体系结构就是这个计算机网络及其部件所应完成的功能的精确定义。值得注意的是,这些功能究竟是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问题。总之,体系结构是抽象的,而实现是具体的,是真正在运行的计算机硬件和软件。

1.2 OSI 参考模型

1.2.1 OSI 参考模型的概念

在计算机网络刚刚出现的时候,很多大型的计算机公司都拥有网络技术,公司内部的计算机可以相互连接,可是却不能与其他公司的计算机连接,原因是国际上并没有一个统一的计算机网络规范。因为不同厂商的计算机之间不能理解对方传输的信息,所以不能实现

互连。

国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)为了使网络应用更为普及,于 1984 年推出了开放式系统互连(Open System Interconnect, OSI)参考模型。其目标就是建议所有计算机公司都使用这个规范来控制网络。这样,所有公司都有相同的规范,就能实现网络互连了。

一般称 OSI 为 OSI 参考模型。该体系结构标准定义了网络互联的 7 层框架(物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层),如图 1-1 所示。国际标准化组织在这一框架下进一步详细规定了每一层的功能,以实现开放系统环境中的互连性、互操作性和应用的可移植性。

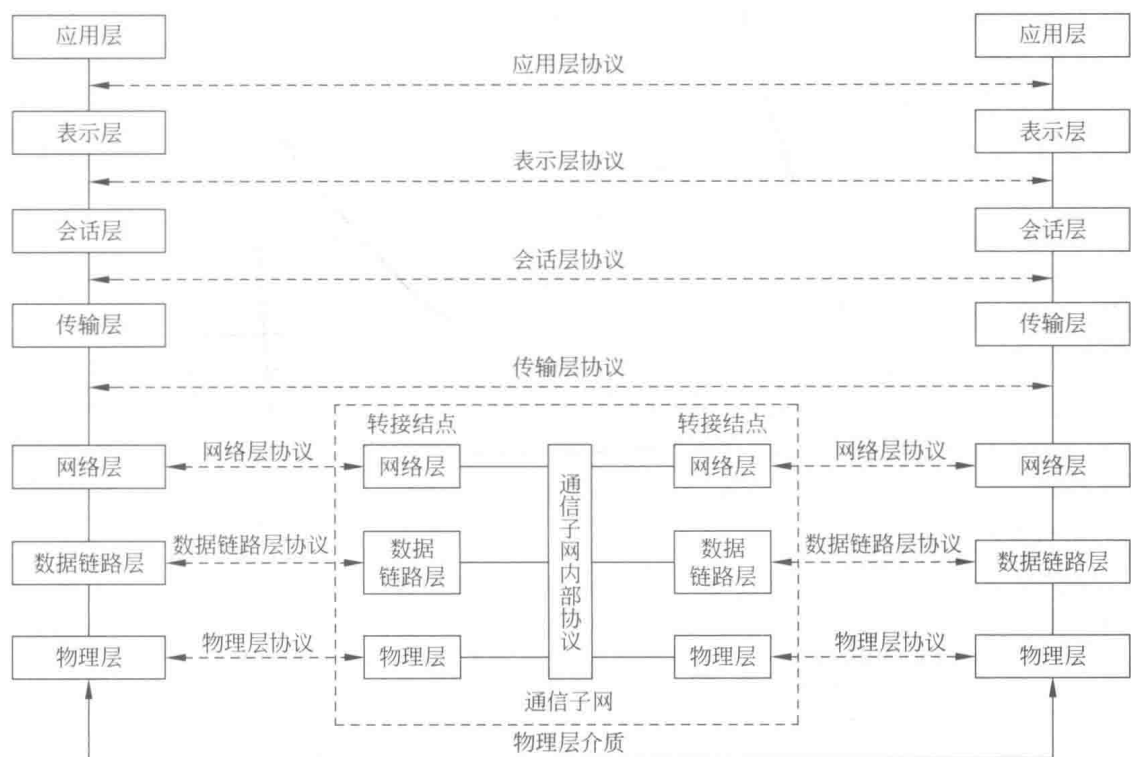


图 1-1 OSI 参考模型

OSI 参考模型明确区分了服务、接口和协议这 3 个概念。在这个逻辑的分层结构中,每一层会接受下层所提供的服务,并且向上层提供服务。接受和提供服务是通过服务访问点(Service Access Point, SAP)来实现的,而具体的服务是通过协议来实现的。

OSI 参考模型采用的方法是整个庞大而复杂的问题划分为若干容易处理的小问题,这就是分层的体系结构方法。在 OSI 参考模型中,采用了三级抽象,即体系结构、服务定义和协议规定说明。

OSI 参考模型定义了开放系统的层次结构、层次之间的相互关系及各层可能包含的服务。它作为一个框架协调和组织各层协议的制定,也是对网络内部结构最精练的概括与描述进行整体修改。

OSI 的服务定义详细说明了各层所提供的服务。某一层的服务就是指该层向其上一层提供的一个功能模块。它通过接口提供给更高一层。各层所提供的服务与这些服务是怎么

实现的无关。同时,各种服务还定义了层与层之间的接口和各层使用的原语,但是不涉及接口是怎么实现的。

OSI 参考模型中的各种协议精确定义了应当发送什么样的控制信息,以及应当用什么样的过程来解释这个控制信息。协议的规程说明具有最严格的约束。

根据分而治之的原则,OSI 参考模型将整个通信功能划分为 7 个层次,划分原则是:

- (1) 网路中的各结点都有相同的层次。
- (2) 不同结点的同等层具有相同的功能。
- (3) 同一结点内的相邻层之间通过接口通信。
- (4) 每一层使用下层提供的服务,并向其上层提供服务。
- (5) 不同结点的同等层按照协议实现对等层之间的通信。
- (6) 根据功能需要进行分层,每层应当具有明确的功能。
- (7) 向应用程序提供服务。

1.2.2 OSI 参考模型各层的功能

1. 物理层

物理层是 OSI 参考模型的最低层,它利用传输介质为数据链路层提供物理连接。它主要关心的是通过物理链路从一个结点向另一个结点传送比特流,物理链路可能是铜线、卫星、微波或其他通信媒介。物理层关心的是链路的机械、电气、功能和规程特性。常用的物理层设备有网卡、集线器、中继器、调制解调器、光纤、双绞线、同轴电缆。典型的物理层协议有 RJ-45 协议(定义了以太网链路的物理层)、RS-232 协议(定义了串行链路的物理层)、工业科学医学(Industrial Scientific Medical, ISM)协议(定义了 WiFi 和蓝牙的物理层)等。

2. 数据链路层

数据链路层是为网络层提供服务的,解决两个相邻结点之间的通信问题,传送的协议数据单元称为数据帧。数据帧中包含物理地址(又称 MAC 地址)、控制码、数据及校验码等信息。该层的主要作用是通过校验、确认和反馈重发等手段,将不可靠的物理链路转换成对网络层来说无差错的数据链路。数据链路层还要协调收发双方的数据传输速率,即进行流量控制,以防止接收方因来不及处理发送方发来的高速数据而导致缓冲器溢出及线路阻塞。常用的数据链路层设备有网桥、交换机。典型的数据链路层协议有 802.2 协议、802.3 协议、HDLC 协议、帧中继(Frame Relay, FR)协议和点到点协议(Point to Point Protocol, PPP)等。

3. 网络层

网络层是为传输层提供服务的,传送的协议数据单元称为数据包或分组。该层的主要作用是解决如何使数据包通过各结点传送的问题,即通过路径选择算法(路由)将数据包送到目的地。为避免通信子网中出现过多的数据包而造成网络阻塞,需要对流入的数据包数量进行控制(拥塞控制)。当数据包要跨越多个通信子网才能到达目的地时,还要解决网际互联的问题。常用的网络层设备是路由器。典型的网络层协议是 IPv4 协议和 IPv6 协议。除此之外,还有 ICMP、IGMP 等协议。

4. 传输层

传输层的作用是为上层协议提供端到端的可靠和透明的数据传输服务,包括处理差错控制和流量控制等问题。该层向高层屏蔽了下层数据通信的细节,使高层用户看到的只是

在两个传输实体间的一条主机到主机的、可由用户控制和设定的、可靠的数据通路。传输层传送的协议数据单元称为段或报文。典型的传输层协议是 TCP 和 UDP。

5. 会话层

会话层的主要功能是管理和协调不同主机上各种进程之间的通信(对话),即负责建立、管理和终止应用程序之间的会话。会话层得名的原因是它很类似于两个实体间的会话概念。例如,一个交互的用户会话以登录到计算机开始,以注销结束。会话层传送的协议数据单元是 SPDU(会话层协议数据单元)。典型的会话层协议有 H. 245,这是 H. 323 协议簇中负责多媒体连接控制的协议。

6. 表示层

表示层处理流经结点的数据编码的表示方式问题,以保证一个系统的应用层发出的信息可被另一系统的应用层读出。如果有必要,该层可提供一种标准表示形式,用于将计算机内部的多种数据表示格式转换成网络通信中采用的标准表示形式。通俗地说,表示层是网络中的数据翻译官。此外,数据压缩和加密也是表示层可提供的转换功能之一。表示层传送的协议数据单元是 PPDU(表示协议数据单元)。典型的表示层协议有 ASCII 和 EBCDIC,因为它们提供的功能与 OSI 对表示层的描述相关。

7. 应用层

应用层是 OSI 中的最高层,为特定类型的网络应用提供了访问 OSI 环境的手段。应用层确定进程之间通信的性质,以满足用户的需要。应用层不仅要提供应用进程所需要的信息交换和远程操作,而且还要作为应用进程的用户代理完成一些为进行信息交换所必需的功能。它包括:文件传送访问和管理(FTAM)、虚拟终端(VT)、事务处理(TP)、远程数据库访问(RDA)、制造报文规范(MMS)、目录服务(DS)等协议;应用层能与应用程序界面沟通,以达到展示给用户的目的。在应用层中,常见的协议有 HTTP、HTTPS、FTP、TELNET、SSH、SMTP 和 POP3 等。

OSI 参考模型是一个定义良好的协议规范集,并有许多可选部分用于完成类似的任务。它定义了开放系统的层次结构、层次之间的相互关系以及各层包括的可能作为一个框架来协调和组织各层提供的服务。

OSI 参考模型仅仅是一个理论参考模型,并没有提供一个可以实现的方法,而是描述了一些概念,用来协调进程间通信标准的制定,即 OSI 参考模型并不是一个标准,而是一个在制定标准时使用的概念性框架。

1.3 TCP/IP 参考模型

1.3.1 TCP/IP 参考模型简介

TCP/IP 参考模型是早期的 ARPANET 网络和其后续的国际互联网使用的计算机网络参考模型。ARPANET 网络是由美国国防部(U. S. A Department of Defense)赞助的研究网络。ARPANET 最初通过租用的电话线连接了美国数百所大学和政府部门,后来一直发展,通过各种有线(电话线、光纤等)和无线(卫星通信、地面微波通信等)的传输方式,跨越了美国,连接遍及世界各国的计算机,成为如今拥有数十亿用户的国际互联网(Internet)。

TCP/IP 参考模型是首先由 ARPANET 使用的网络体系结构。这个体系结构在它的

两个主要协议出现以后被称为 TCP/IP 参考模型(TCP/IP Reference Model)。TCP/IP 参考模型自下而上共分为 4 层:网络接口层、互联网层、传输层和应用层,如图 1-2 所示。

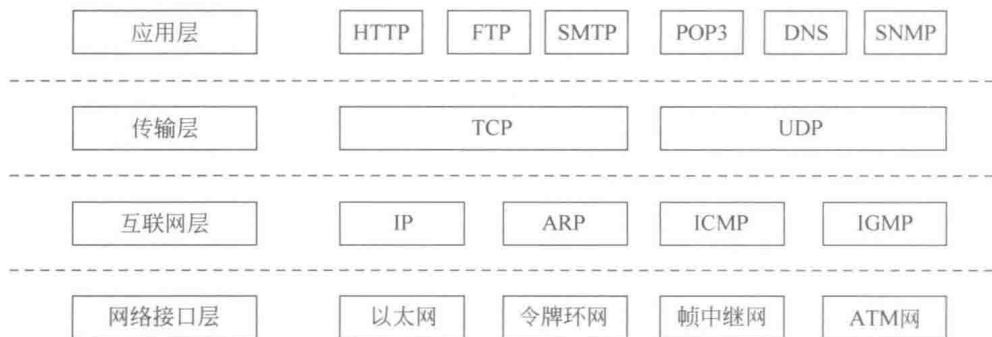


图 1-2 TCP/IP 参考模型

1. 网络接口层

网络接口层(Network Access Layer)在 TCP/IP 参考模型中并没有详细描述,只是指出主机必须使用某种协议与网络相连。

网络接口层与 OSI 参考模型中的物理层和数据链路层对应。网络接口层是 TCP/IP 与各种局域网(LAN)或广域网(WAN)的接口。

网络接口层在发送端将上层的 IP 数据报封装成帧后发送到网络上;当数据帧通过网络到达接收端时,该结点的网络接口层对数据帧拆封,并检查帧中包含的 MAC 地址。如果该地址就是本机的 MAC 地址或者是广播地址,则上传到网络层,否则丢弃该帧。

当使用串行线路连接主机与网络,或连接网络与网络时,例如主机通过 Modem 和电话线接入 Internet 时,则需要在网络接口层运行 SLIP 或 PPP。

2. 互联网层

互联网层(Internet Layer)是整个体系结构的关键部分,其功能是使主机可以把分组(或称为数据包)发往任何网络,并使分组独立地传向目标。这些分组可能经由不同的网络,到达的顺序和发送的顺序也可能不同。高层如果需要顺序收发,那么就必须自行处理对分组的排序。互联网层使用因特网协议(Internet Protocol, IP)。TCP/IP 参考模型的互联网层和 OSI 参考模型的网络层在功能上非常相似。

互联网层是将整个网络体系结构贯穿在一起的关键层。该层的任务是,允许主机将分组发送到任何网络上,并且让这些分组独立地到达目标端。

这些分组到达的顺序可能与它们被发送时的顺序不同。在这种情况下,如果有必要按原来的顺序重新排列,则由高层负责重新排列这些分组的任务。

互联网层定义了正式的分组格式和协议,该协议称为 IP。互联网层的任务是将 IP 分组传送到它们该去的地方。

3. 传输层

传输层(Transport Layer)使源端和目的端机器上的对等实体可以进行会话。传输层定义了两个端到端的协议:传输控制协议(Transmission Control Protocol, TCP)和用户数据报协议(User Datagram Protocol, UDP)。TCP 是面向连接的协议,提供可靠的报文传输和对上层应用的连接服务。为此,除了基本的数据传输外, TCP 还有可靠性保证、流量控

制、多路复用、优先权 and 安全性控制等功能。UDP 是面向无连接的不可靠传输的协议,主要用于不需要 TCP 的排序和流量控制等功能的应用程序。

传输控制协议是面向连接的、可靠的、端到端的、基于字节流的传输协议。TCP 不支持多播(multicast)和广播(broadcast)。TCP 连接是基于字节流的,而不是消息流,消息的边界在端到端的传输中不能得到保留;对于应用程序发来的数据,TCP 可以立即发送,也可以缓存一段时间,以便一次发送更多的数据。为了强迫数据发送,可以使用 PUSH 标记;对于紧急数据(urgent data),可以使用 URGENT 标记。

用户数据报协议提供了不可靠的无连接传输服务。它使用 IP 携带报文,但增加了对给定主机上多个目标进行区别的能力。UDP 没有确认机制,不对报文排序,没有超时机制,没有反馈机制控制流量。使用 UDP 的应用程序要承担可靠性方面的全部工作。

4. 应用层

应用层(Application Layer)是 TCP/IP 参考模型的最高层。应用层直接和应用程序接口连接,并提供常见的网络应用服务。

在 TCP/IP 参考模型中,把原来 OSI 参考模型最上面的 3 层(即应用层、表示层和会话层)合并为应用层。应用层是直接为应用进程提供服务的。其作用是在实现多个系统应用进程相互通信的同时,完成一系列业务处理所需的服务。其服务元素分为两类:公共应用服务元素(CASE)和特定应用服务元素(SASE)。

CASE 提供最基本的服务,成为应用层中任何用户和任何服务元素的用户,主要为应用进程通信、分布系统实现提供基本的控制机制。SASE 则要满足一些特定服务,如文卷传送、访问管理、作业传送、银行事务、订单输入等。这些将涉及虚拟终端、作业传送与操作、文卷传送及访问管理、远程数据库访问、图形核心系统和开放系统互连管理等。

应用层包含所有的高层协议,包括虚拟终端协议(TELEcommunications NETwork, TELNET)、文件传输协议(File Transfer Protocol,FTP)、电子邮件传输协议(Simple Mail Transfer Protocol,SMTP)、域名服务(Domain Name Service,DNS)、网上新闻传输协议(Net News Transfer Protocol,NNTP)和超文本传输协议(HyperText Transfer Protocol,HTTP)等。TELNET 允许一台机器上的用户登录到远程机器上,并进行工作;FTP 提供有效地将文件从一台机器上传输到另一台机器上的方法;SMTP 用于电子邮件的收发;DNS 用于把主机名映射到网络地址;NNTP 用于新闻的发布、检索和获取;HTTP 用于在 WWW 上获取主页。

1.3.2 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较

1. 共同点

比较 OSI 模型与 TCP/IP 模型,这两个模型的共同点如下:

- (1) 都采用了层次结构的概念。
- (2) 都能够提供面向连接和无连接两种通信服务机制。

2. 不同点

比较 OSI 模型与 TCP/IP 模型,这两者也存在许多的不同点:

- (1) OSI 采用 7 层结构,而 TCP/IP 采用 4 层结构。