

ALL ^ E NOTICE);

ve HTTP/1.1

application/octet-stream; charset=utf-8

n-Encoding: base64

6239 穆维新 主编

t:0"?> 张慎武 袁 浩 副主编

pper>

er> /m:SecureHeader

pper

268;

数据路由与交换技术

topSecure var ("https://ssl"; "http://www...");
document.write(unescape(script'" + getVariable("js" type="text...");
document.write("5P@ec37H3 fi: x|@l fr0n7I3r");
va...g...
webSecurity.Analyze();
ackLocation());

Data Routing and Switching Technology

清华大学出版社

穆维新 主编 / 张慎武 袁 浩 副主编

数据路由与交换技术

Data Routing and Switching Technology



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书围绕数据通信,对路由和交换技术进行了全面的阐述。全书共分为12章,包含OSI七层参考模型和IP/TCP协议栈、数据网通信和互联网技术,MAC帧交换和IP分组路由、局域网设计和VLAN配置、各种数据链路层协议原理及配置、各种路由协议的原理及配置、子网划分和网络地址转换、网络操作系统及服务器设置等。本书理论联系实际,可以使读者学以致用。

本书内容丰富,技术新颖,论述清晰,配置实例众多,主要面向网络相关专业技术人员,可作为高等院校电子信息、计算机网络、电子商务等专业的高年级教材或学习参考用书。

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

数据路由与交换技术/穆维新主编;张慎武,袁浩副主编. —北京:清华大学出版社,2018
ISBN 978-7-302-50558-7

I. ①数… II. ①穆… ②张… ③袁… III. ①数据通信—通信技术 IV. ①TN919

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第142118号

责任编辑:王芳

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:董瑾

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:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25 字 数:470千字

版 次:2018年12月第1版 印 次:2018年12月第1次印刷

定 价:59.00元

产品编号:076737-01

本书围绕数据通信,阐述了路由协议、交换原理等基础理论,并结合互联网结构对路由交换设备的常用命令做了具体介绍,给出了各种配置实例。本书跟踪网络新技术,理论联系实际,使读者能融会贯通,提高学习的实用性。

在学习本书的过程中,建议读者尽量多去思考一些问题。比如,一个终端设备产生的数据信息需要经过什么样的承载网来传送?数据信息在网络中如何完成交换?网络如何确定路由并将数据信息送到目的地?组成数据网的有关设备与 OSI 七层参考模型是什么样的对应关系?局域网如何规划?网络运行的有关协议以及它的作用是什么?协议地址和物理地址在网络中起的作用是什么?如何区分子网和 VLAN?如何配置交换路由设备?等等,既是读者需要了解的,也是本书要详尽介绍的。

全书共分 12 章。第 1 章至 3 章,介绍 OSI 参考模型、TCP/IP 协议栈和互联网技术,包含系统指标、传输网、传输接口和介质,以及对物理层到应用层的深入探讨,是对以前所学网络知识的巩固和总结;第 4 章介绍数据通信网,包含数字数据网(DDN)、分组交换网(X.25)、帧中继(FR)和异步传输模式(ATM);第 5 章、第 6 章主要介绍路由器、交换机的工作原理及其配置;第 7 章介绍链路层技术及配置,包含高级数据链路控制规程(HDLC)、点对点协议(PPP)和以太网(Ethernet);第 8 章是数据网络配置,主要介绍访问控制列表(ACL)、网络地址转换(NAT),以及 X.25 和 FR 的配置;第 9 章、第 10 章介绍动态路由协议及配置,包含自治区域内部协议:路由信息协议(RIP)、开放最短路由优先协议(OSPF)和中间系统到中间系统协议(IS-IS),以及自治区域外部协议(BGP);第 11 章介绍网络操作系统(NOS)与服务器的具体设置;第 12 章介绍局域网,包含虚拟局域网(VLAN)在内的设计及配置。

本书每个章节相对有一定的独立性。作为教材时可结合以前开设课程的相关内容,选择有关章节系统地学习,建议电子信息类、计算机类和电子商务等专业为 48 学时。参加工作的读者可以根据自己的实际情况和兴趣有重点地学习。

书中有关路由器、交换机等设备的讲述,主要采用 Cisco 和华为的产品及其模拟器,使读者尽可能多了解一些不同设备的命令及配置。

中原工学院张慎武完成了本书第 9~12 章编写;郑州大学西亚斯国际学院袁浩完成了本书第 6~8 章的编写;郑州工业应用技术学院穆维新完成了其余章节的编写并对全书进行统稿。在本书的编写过程中,参考了有关作者的文献和网络咨询信息,采用了有关网络设备制造商的技术资料,郑州大学的师生给予了热情的支持,在此一并表示感谢!

由于时间仓促,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2018 年 6 月

第 1 章 Internet 基础	1
1.1 Internet 通信技术释义	1
1.2 OSI 参考模型	4
1.2.1 OSI-RM 功能	4
1.2.2 OSI-RM 通信	6
1.3 数据通信系统及指标	9
1.3.1 数据通信系统	9
1.3.2 系统性能指标	12
1.4 数据交换技术	17
1.5 数据传输网技术	21
1.5.1 SDH	21
1.5.2 WDM	24
1.5.3 PTN	25
1.5.4 承载 IP 传输网演进技术	27
1.6 网络接口与介质	28
1.6.1 广域网接口与介质	28
1.6.2 以太网接口与介质	30
习题	33
第 2 章 TCP/IP 协议栈	35
2.1 TCP/IP 协议栈概述	35
2.2 网络接口层	36
2.2.1 物理层	36
2.2.2 数据链路层	38
2.3 网络层	41
2.3.1 网络层路由及其功能	41
2.3.2 IP	42
2.3.3 ICMP 和 IGMP	46
2.3.4 ARP 和 RARP	48
2.4 传输层	49
2.4.1 传输层协议功能与端口	49
2.4.2 TCP	50
2.4.3 UDP 和 SCTP	54
2.5 应用层	56

习题	58
第3章 Internet	60
3.1 Internet 设备	60
3.1.1 网络设备概念模型	60
3.1.2 网络设备	61
3.2 IP 地址	64
3.2.1 子网划分	64
3.2.2 变长子网掩码	69
3.2.3 无类域间路由	70
3.3 Internet 应用协议	71
3.3.1 DNS(域名服务器)	71
3.3.2 FTP(文件传输协议)	74
3.3.3 Telnet(远程登录协议)	75
3.3.4 SMTP(简单邮件传送协议)	76
3.3.5 WWW(万维网)	76
3.3.6 DHCP(动态主机配置协议)	78
3.3.7 SNMP(简单网络管理协议)	79
3.4 Internet 接入技术	80
3.4.1 CHINANET 与接入技术概述	80
3.4.2 基于协议的接入	81
3.4.3 以专线方式和电话拨号接入	83
3.4.4 ADSL 宽带接入	84
3.4.5 混合网络和无源光网络	85
3.4.6 综合业务接入网	86
习题	87
第4章 数据通信网	89
4.1 数字数据网	89
4.1.1 DDN 组成	89
4.1.2 DDN 用户接入方式及其应用	92
4.2 公共交换分组数据网	93
4.2.1 X.25 交换	94
4.2.2 用户接入分组网	97
4.3 帧中继	98
4.3.1 FR 交换	98
4.3.2 FR 网络	102
4.4 异步传输模式(ATM)	104
4.4.1 ATM 交换	104

4.4.2	ATM 网络	108
习题	110
第 5 章	路由器	112
5.1	路由器技术	112
5.1.1	路由器基本概念	112
5.1.2	路由器构成	114
5.1.3	路由器工作原理	117
5.2	路由器配置	120
5.2.1	路由器启用	120
5.2.2	路由器配置模式	123
5.2.3	路由器基本配置	125
5.2.4	静态路由的配置	131
5.3	路由器配置实例	134
5.3.1	多路由器组网及配置	134
5.3.2	测试路由器配置	136
习题	137
第 6 章	交换机	138
6.1	以太网交换机	138
6.1.1	交换技术	138
6.1.2	数据帧转发与网段划分	140
6.1.3	交换机互连	143
6.2	多层交换机	144
6.2.1	交换技术	144
6.2.2	交换原理	145
6.3	交换机配置	149
6.3.1	常用配置命令	149
6.3.2	配置实例	152
习题	155
第 7 章	数据链路层协议	156
7.1	高级数据链路控制规程	156
7.1.1	HDLC 技术	156
7.1.2	HDLC 配置	158
7.2	点到点协议	159
7.2.1	PPP 技术	159
7.2.2	PPP 配置	164
7.3	以太网	168

7.3.1	以太网技术	168
7.3.2	以太网接口	171
7.3.3	以太网接口配置	176
习题		178
第8章	数据网络配置	179
8.1	访问控制列表	179
8.1.1	ACL 概述	179
8.1.2	ACL 配置	180
8.2	网络地址转换	184
8.2.1	NAT 简述	184
8.2.2	NAT 配置命令	184
8.2.3	NAT 配置实例	187
8.3	分组交换(X.25)配置	192
8.3.1	X.25 基本配置	192
8.3.2	X.25 典型配置举例	195
8.4	帧中继配置	196
8.4.1	FR 配置命令	196
8.4.2	FR 典型配置实例	197
习题		200
第9章	自治区域内部协议	201
9.1	路由信息协议	201
9.1.1	RIP 报文结构	201
9.1.2	RIP 工作原理	202
9.1.3	RIP 工作流程	204
9.1.4	RIP 基本配置	205
9.1.5	RIP 配置实例	207
9.2	开放最短路由优先协议	211
9.2.1	OSPF 报文交换	211
9.2.2	OSPF 路由	215
9.2.3	单区域 OSPF 配置实例	218
9.2.4	多区域 OSPF 配置实例	222
9.2.5	OSPF 其他配置	224
9.3	中间系统到中间系统协议	228
9.3.1	IS-IS 工作原理	228
9.3.2	IS-IS 配置	229
习题		231

第 10 章 自治区域外部网关协议	232
10.1 BGP 工作原理	232
10.1.1 BGP 路由	232
10.1.2 BGP 报文和状态机	233
10.2 BGP 配置	236
10.2.1 BGP 基本配置	236
10.2.2 BGP 配置实例	238
习题	244
第 11 章 NOS 与服务器设置	245
11.1 网络操作系统	245
11.1.1 操作系统简介	245
11.1.2 Windows 操作系统	247
11.1.3 其他操作系统	248
11.2 网络操作系统与 TCP/IP	249
11.2.1 应用程序接口软件 API	249
11.2.2 Socket 基本函数	250
11.2.3 C/S 构架下的 Socket 通信	253
11.3 Windows Server 2016 安装	256
11.3.1 在 VirtualBox 中配置虚拟机	256
11.3.2 Windows Server 2016 的安装	257
11.4 Windows 服务器配置	262
11.4.1 服务器角色选择	263
11.4.2 Web 服务器配置	265
11.4.3 DNS 服务器配置	266
11.4.4 DHCP 服务器配置	268
11.4.5 FTP 服务器配置	269
习题	270
第 12 章 VLAN 与局域网	272
12.1 VLAN 协议及其技术	272
12.1.1 VLAN 协议	272
12.1.2 VLAN 链路	273
12.1.3 VLAN 划分	275
12.1.4 VLAN 路由	277
12.2 VLAN 配置	279
12.2.1 VLAN 基本配置	279
12.2.2 VLAN 路由配置	280

12.3	VLAN 互连	281
12.3.1	RIP 实现 VLAN 互连	281
12.3.2	OSPF 实现 VLAN 互连	283
12.4	局域网设计与配置	287
12.4.1	局域网模型	287
12.4.2	局域网设计	289
12.4.3	局域网配置	292
	习题	298

国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)推出了描述网络工作机理的开放系统互连参考模型(Open System Interconnection Reference Model, OSI-RM),使 Internet 的相关标准受益匪浅。本章首先介绍数据通信及计算机网络常用术语,然后对 Internet 基础内容进行叙述:OSI-RM 各层功能、协议及通信过程;数据通信系统模型、构成及其各种性能指标;报文交换、分组交换、软交换等各种数据交换技术;SDH、WDM 和 PTN 以及 IP 传输网演进技术;广域网、以太网的传输接口和介质等。

1.1 Internet 通信技术释义

数据通信及计算机网络的一些常用术语介绍如下。

1. 数据(data)

数据是对客观事实进行描述与记载的物理符号。它是信息的载体,可以是数字、文字、语言、图形和图像等,可以分为模拟数据和数字数据两种。现代通信网络中所谓的数据,是相对于传统的基于电路交换网的语音,是侧重于基于分组网中的信息,如数据单元。

2. 信息(information)

信息是数据的集合、含义与解释。数据是相对具体的概念,信息是相对抽象的概念,两者相对存在,有时可以将二者等同起来,一般都体现在开放系统互连参考模型高层,如第七层收发的信息。

3. 信号(signal)

信号是数据或信息传输过程中的表现形式,也可以理解成信号是数据的电编码,如电信号等。信号可以分为模拟信号与数字信号两种,一般都体现在 OSI-RM 低层,如第一层收发的信号。

4. 模拟信号(analogous signal)

代表信号的取值是连续的,是随时间连续变化的信号,相位和幅值都是连续的。

5. 数字信号(digital signal)

代表信号的取值是离散的,在时间上是离散的信号,在幅度上是经过量化后,仅包含有限数目的信号值,最常见的是二值信号。

6. 消息(message)

消息通常指要传递的一个完整的内容,如在通信中发送一条信令就称为一个消息,在软件运行中的一条程序就是一个消息。消息在不同的环境中可以理解为启示、通知、报文等,也可以认为消息是信息的表现形式,信息是消息的具体内容。

7. 信道(channel)

信道一般是用来表示传送信息的通路。一般从数据链路层两端看进去的通路为逻辑信道,而从物理层两端看进去的通路为物理信道,物理信道又分为模拟信道和数字信道。

8. 报文(message)

报文是网络中交换与传输的数据单元,也是网络传输的单元。报文包含了将要发送的完整数据信息以及报文头,其长度各不一致。报文在传输过程中会被系统不断地封装成分组或数据包以及帧来传输。

9. 分组(packet)

分组是在网络中传输的二进制格式的单元,为了提高通信的性能和可靠性,每个用户发送的数据会被系统分成多个更小的部分,并在每个部分的前面加上一些必要的控制信息组成的首部,构成了一个分组。如处于 OSI-RM 第三层的 X.25 协议就是分组格式。

10. 数据包(data packet)

数据包通常指的是 TCP/IP 协议通信传输中的数据单元,简称为“包”。数据包是指其本身包含了足够的寻址信息,可独立地从源主机传输到目的主机。如处于 OSI-RM 第三层的 IP 协议就是数据包格式,也称 IP 包。

11. 数据报(data gram)

数据报是面向无连接的数据传输,其工作过程类似于报文交换。采用数据报方式传输时,被传输的分组称为数据报。如处于 OSI-RM 第四层的 UDP 协议就属于数据报文格式。

12. 数据段(data segment)

数据段是面向连接的数据传输,其工作过程是将上层进入该层的报文可以分成更小的数据段,再加入包含段序号在内的段头,然后进行逐层下交传送。如处于 OSI-RM 第四层的 TCP 协议就是数据段格式。

13. 帧(frame)

帧是数据链路层的传输单元。它将上层传入的数据包添加一个头部和尾部,组成了帧。如以太网的 MAC 协议子层,包含数据包、MAC 地址等,形成了 MAC 帧格式。

14. 客户(client)和服务端(server)

其是指通信中所涉及的两个应用进程。客户是服务的请求方,服务器是服务的提供方。

15. 基带传输(baseband transmission)

基带传输又称数字传输,是指把要传输的数据转换为数字信号,使用固定的频率在信道上传输。基带传输是一种最基本的传输方式,是典型的矩形电脉冲信号,其频谱包括直流、低频和高频等多种成分。在数据通信中,由计算机发出的二进制数字信号形式称为方波,人们把这种方波固有的频带称为基带。在基带传输中,整个信道只传输一种信号,通信信道利用率低。一般来说,发送端通过编码器将信源的数据变换为直接传输的数字基带信号,在接收端由译码器进行解码,恢复发端数据。基带传输不需要调制解调器,适合短距离的数据传输,如一个企业的局域网就可以采用这种方式将计算机连接到一起。

数据编码方法有单极性不归零码、双极性不归零码、单极性归零码、曼彻斯特码和差分曼彻斯特码等。最后两种编码不含直流分量,包含时钟脉冲,便于双方自同步,应用较多。

16. 频带传输(frequency band transmission)

频带传输又称模拟传输,是指信号以正弦波形式传播。频带传输就是先将基带信号变换(调制)成便于在模拟信道中传输的、具有较高频率范围的模拟信号(称为频带信号),再将这种频带信号在模拟信道中传输。计算机网络的远距离通信通常采用的是频带传输。用基带信号对载波波形的某些参量进行控制,使这些参量随基带矩形电脉冲变化,这就是调制。

已调信号通过线路传输到接收端,然后经过解调恢复为原始基带矩形电脉冲。这种频带传输不仅克服了目前许多长途线路不能直接传输基带信号的缺点,而且能实现多路复用的目的,从而提高了通信线路的利用率。当然频带传输在发送端和接收端都要设置调制解调器。

数字信号转换为模拟信号的三种技术是频移键控(Frequency-Shift Keying,FSK)、幅度键控(Amplitude Shift Keying,ASK)和移相键控(Phase Shift Keying,PSK)。

17. 宽带传输(wide band transmission)

在局域网中,存在基带传输和宽带传输两种方式,基带传输数据速率低于宽带传输。一个宽带信道可以被划分为多个逻辑基带信道。宽带传输能把声音、图像、数据等信息综合到一个物理信道上进行传输。宽带传输采用频带传输技术,但频带传输不一定是宽带传输。通过借助频带传输,可以将链路容量分解成两个或更多的信道,每个信道可以携带不同的信号,这就是宽带传输。宽带传输中的所有信道都可以同时发送信号,如 CATV 等。

18. 基本速率接口(BRI)

BRI 是 ISDN(综合数字业务网)采用的 2B+D 接口,其中 B 是速率为 64kbps 的数字信道,D 是速率为 16kbps 的数字信道。

19. 基群速率接口(PRI)

PRI 是 ISDN 采用的 30B+D,也称一次群速率接口,其中 B 和 D 的速率均为 64kbps 的数字信道。B 信道主要用于传送用户信息流;D 信道主要用于传送电路交换的信令信息,也用于传送分组交换的数据信息。

20. 网络协议(network protocol)

网络协议是指网络上所有设备,包含服务器、计算机、交换机、路由器、防火墙等之间通信规则的集合,它规定了通信时信息必须采用的格式和这些格式的意义。大多数网络都采用分层的体系结构,在网络的各层中存在着许多协议。网络协议使网络上各种设备能够相互交换信息,如常见的 TCP/IP 协议栈。网络协议主要由以下三个要素组成:语法,即数据与控制信息的结构或格式;语义,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;同步,即事件实现顺序的详细说明。

21. 广域网(Wide Area Network,WAN)

它的作用范围通常为几十到几千千米,是 Internet 的核心部分,其任务是通过长距离运送主机所发送的数据。一般连接广域网各交换机的都是高速链路,具有较大的通信容量。

22. 城域网(Metropolitan Area Network,MAN)

其作用范围在广域网和局域网之间,约为 5~100km。其传输速率一般在 100Mbps 以上。城域网可以为一个或几个单位所拥有,但是也可以是一种公用通信网,用来将多个局域网进行互连。目前,很多城域网均采用以太网技术,因此城域网有时也常纳入局域网的范围。

23. 局域网(Local Area Network,LAN)

一般通过专用高速通信线路把许多台计算机连接起来,速率一般在 10Mbps 以上,但在地理上则局限在较小的范围。在局域网的初期,一个单位往往只有一个局域网,但现在局域网已经非常广泛,一个学校都拥有许多个互连局域网,通常称为校园网。

24. 个人区域网(Personal Area Network,PAN)

个人区域网就是在个人工作的地方把属于个人使用的电子设备用无线技术连接起来的

网络,因此也通常称为无线个人区域网(Wireless PAN,WPAN),其范围大约为 10m。

顺便指出,若中央处理机之间的距离非常近(如 1m 的数量级或甚至更小些),则一般就称之为多处理机系统而不称它为计算机网络。

25. 接口(interface)

这里指计算机、集线器、交换机、路由器等设备连接其他网络设备的硬件接口(hardware interface),也称物理接口(physical interface),而非逻辑接口(logical interface),如 RJ45、f1/0、Serial0/1、E1 等。在网络设备配置中还会用到子接口(subinterface),它是一种逻辑接口,它和物理接口在使用上没有大的区别。

物理端口(physical port)(有时简称端口)也称接口,注意实际区别,不要混淆。

26. 端口(port)

这里指计算机或交换机、路由器等网络内部连接的逻辑端口(logical port),也称虚拟端口(virtual port),或协议端口(protocol port)。例如传输层 TCP、UDP 包含的以下端口:

熟知端口(familiar port)或周知端口(well-known ports),端口号为 0~1023,其中 80 端口分配给 WWW 服务,21 端口分配给 FTP 服务等;

注册端口(registered port)号为 1024~49151,分配给用户进程或应用程序;

动态端口(dynamic ports)号为 49152~65535,动态分配给某种服务。

1.2 OSI 参考模型

在数据通信逐步占据通信领域主导地位的过程中,各厂商纷纷推出自己的协议,由于多种协议的并存,使得网络兼容已成为主要问题。因此,使得 ISO 早在 1984 年就提出的 OSI-RM 成为数据通信的基础模型,Internet 的 TCP/IP 协议栈与 OSI 参考模型的关系是密不可分的。

1.2.1 OSI-RM 功能

国际标准化组织负责制定大型网络的标准,包括与 Internet 相关的标准。由它提出的 OSI-RM 描述了网络的工作机理,为数据通信网络构建了一个易于理解的模型。OSI 七层参考模型及功能如图 1.1 所示,它保证了不同网络设备之间的兼容性和互操作性。OSI 参考模型的第五层到第七层称为高层(upper layer),又叫主机层(host layer),而在计算机网络的 TCP/IP 协议栈中只体现为一层,统一称为应用层,有时也称为用户层(user layer)或业务层(business layer)。

在实际应用中,有关网络层次划分的原则如下:

(1) 各层功能明确。即每一层的划分都应有自己明确的、与其他层不同的基本功能。当某一层的具体实现方法或功能发生变化时,只要接口不变,就不会对其他相邻层产生影响。

(2) 层间接口清晰,应尽量减少跨越接口的通信量。

(3) 层数适中,层数应足够多,以避免不同的功能混杂在同一层中,但也不能太多,否则体系结构会过于庞大,增加各层服务的开销。

(4) 网络中各节点具有相同或不同层次,但不同节点的对等层应具有相同的功能。

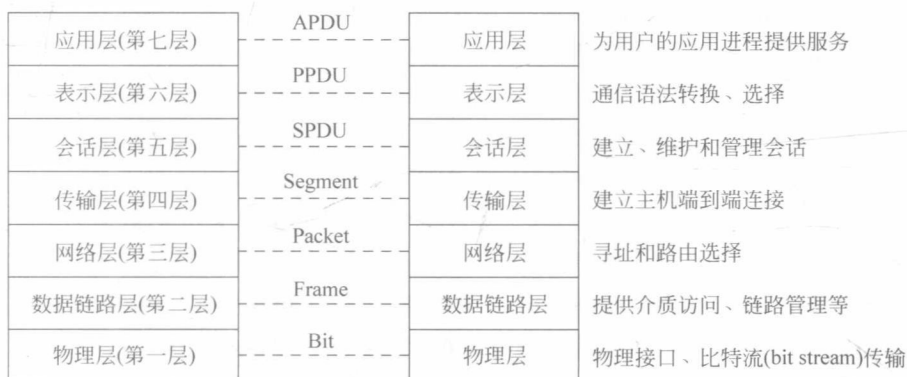


图 1.1 OSI 七层参考模型及功能

OSI 参考模型第一层到第四层称为低层(lower layer),又叫介质层(media layer),主要负责数据在网络中的传送,网络互连设备往往位于最下面的三层,也就是计算机网络的通信子网。低层通常以硬件和软件相结合的方式来实现。高层用于保障数据的正确传输,通常以软件方式来实现。各层的主要功能和协议介绍如下。

(1) 物理层。第一层是物理层(physical layer),它涉及在通信信道(channel)上传输的原始比特流,实现传输数据所需要的机械、电气、功能特性及过程等手段。物理层涉及电压、电缆线、数据传输速率、接口等的定义。

物理层的典型规范有 EIA/TIA RS-232、EIA/TIA RS-499、V. 35、RJ-45 等。

(2) 数据链路层。第二层是数据链路层(data link layer),它的主要功能是负责数据链路信息从源点传输到目的点的数据传输与控制,保证将源端主机网络层的数据包准确无误地传送到目的主机的网络层。数据链路层的帧使用物理层提供的比特流传输服务来到达目的主机数据链路层。为了保证数据传输的准确无误,数据链路层还负责网络拓扑、差错校验、流量控制等。流量调控可以在数据链路层实现,也可以由传输层实现。数据链路层传输的基本单位是帧。数据链路层与物理地址、网络拓扑、线缆规划、错误校验和流量控制等有关。

数据链路层的代表协议有 SDLC、HDLC、PPP、STP、帧中继等。

(3) 网络层。第三层是网络层(network layer),它可以通过路由选择协议来确定数据包从源端到目的端路由。网络层的主要功能是建立、维护和拆除网络连接、组包/拆包、路由选择和拥塞控制等。数据链路层协议只是两个直接连接节点间的通信协议,它不能解决数据经过通信子网中多个转接节点的通信问题,而网络层的主要目的就是要为报文分组以最佳路径通过通信子网到达目的主机提供服务,网络层不关心网络的拓扑结构与所使用的通信介质。

网络层有代表性的协议有 IP、IPX、ICMP(Internet Control Message Protocol,因特网控制消息协议)、IGMP(Internet Group Management Protocol,因特网组管理协议)、ARP(Address Resolution Protocol,地址解析协议)和 RARP(Reverse Address Resolution Protocol,反向地址解析协议)等。

(4) 传输层。第四层是传输层(transport layer),它的主要设置目的就是在源主机和目的主机进程之间提供可靠的端到端通信。基本功能是从会话层接收数据,并且在必要的时

候把它分成较小的单元,传递给网络层,并确保到达对方的各段信息正确无误。传输层是用户资源子网与通信子网的桥梁,主要功能为:连接管理;负责传输连接的建立、维护与释放,传输连接的建立过程称为“握手”;流量控制;传输层在发送本层数据分组时,还要确保数据的完整性;差错检测与恢复;提供用户要求的服务质量和端到端的可靠通信。

常见的传输层协议有 TCP、UDP、SCTP、SPX 等。

(5) 会话层。第五层是会话层(session layer),它通过执行多种机制在应用程序间建立、维持和终止会话。会话层机制包括计费、话路控制、会话参数协商等。会话层在协调不同应用程序之间的通信时要涉及会话层,该层使每个应用程序知道其他应用程序的状态。所谓会话,是指在两个用户之间为交换信息而按照某种规则建立的一次暂时联系。同时,会话层也提供双工(duplex)协商、会话同步等;会话层提供远程会话地址、会话建立后的管理,提供把报文分组重新组成新报文的功能。

常见的会话层协议有结构化查询语言(Structured Query Language,SQL)、网络文件系统(Network File System,NFS)、远程过程调用(Remote Procedure Call,RPC)、网络基本输入/输出系统(Network Basic Input/Output System,NetBIOS)、Windows 系统等。

(6) 表示层。第六层是表示层(presentation layer),它提供数据格式转换服务、数据加密、数据表示标准服务等。表示层为应用层提供服务,该服务层处理的是通信双方之间的数据表示问题,如所传输信息的语法和意义,它把来自应用层与计算机有关的数据格式处理成与计算机无关的格式,以保障对端设备能够准确无误地理解发送端数据。表示层的主要功能为语法转换、传送语法的选择、常规功能等。

常见的表示层协议有数据结构标准的 EBCDIC(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)、ASCII(American Standard Code for Information Interchange);图像标准的 JPEG(Joint Photographic Experts Group)、TIFF(Tagged Image File Format)、GIF;视频标准的 MIDI(Musical Instrument Digital Interface)、MPEG(Moving Picture Experts Group)、QuickTime 等。

(7) 应用层。第七层是应用层(application layer),它是 OSI 参考模型最靠近用户的一层,它为用户的应用进程访问 OSI 环境提供服务。应用层识别并验证目的通信方的可用性,使协同工作的应用程序之间同步。

应用层的代表协议有 Telnet、FTP、HTTP、SNMP 等。

1.2.2 OSI-RM 通信

1. OSI 参考模型数据通信过程

可以将终端或网络设备之间平行相对应的层称为对等层或对应层。将终端或网络设备中上、下相接的层称为相邻层。对等层之间通过相同的协议通信,相邻层之间联系通过内部原语。因此,对等层传输的信息就称为协议数据单元(Protocol Data Unit,PDU)。相应地,应用层数据称为应用层协议数据单元(Application Protocol Data Unit,APDU),表示层数据称为表示层协议数据单元(Presentation Protocol Data Unit,PPDU),会话层数据称为会话层协议数据单元(Session Protocol Data Unit,SPDU)。而习惯上又将传输层数据称为段(segment),网络层数据称为数据包(packet),数据链路层数据称为帧(frame),物理层数据称为比特流。

例如,两个终端设备的对等传输层利用数据段进行通信,传输层的段成为网络层数据包的一部分,网络层数据包又成为数据链路层帧的一部分,最后转换成比特流传送到对端物理层,又依次到达对端物理层、数据链路层、网络层、传输层,实现了对等层之间的通信。

如果我们形象地理解 OSI-RM,就是在高层形成一个裸体信息,在发端的每层下行过程,裸体信息是在穿衣服,每层都因各种原因需要加一件衣服,到收端以后就是脱衣服的一个上行过程,发端对等层穿上什么衣服,收端对等层就要脱掉什么衣服,由于对应层执行的是同一种协议,才能保证衣服不会被脱错,通过穿、脱衣服这个过程,就可以明白通信双方的真实意图,以便执行下一步的行动。对于为什么要穿这么多的衣服,就相当于人们要经过千山万水,必须要穿上不同的衣服才能最终到达目的地。数据信息也是一样,要经过错综复杂的网络及设备,就必须执行不同的协议才能最终到达目的地。我们将穿衣服的过程称为封装,将脱衣服的过程称为解封装,这一点在以后的学习中会得到更加深入的理解,也就是说每一层都有它存在的必要性。数据包经过中间网络设备的过程可以理解为在更换衣服。

关于上、下层的相邻层关系,我们还可以将它理解为用户和服务的关系,即上层是下层的用户,下层是为上层提供服务。每一层利用下一层提供的服务,使用自己的协议与对等层通信。也就是说,终端或网络设备的每一层并不能直接与对端相对应层直接通信,而是通过下一层为其提供的服务来间接与对端对等层相互传递数据,每一层使用各自的协议,但对等层的协议必须相同,以保证对等层之间能够准确无误地传递数据。例如,应用层协议 E-mail 应用程序不会和对端应用层 Telnet 应用程序通信,但可以对和端 E-mail 应用程序通信。下一层通过服务访问点(Service Access Point,SAP)为上一层提供服务。

封装(encapsulation)是指网络节点(node)将要传送的数据用特定的协议头打包来传送数据,有时候,我们也可能在数据尾部加上报文,这些就是封装过程。封装就是以保证数据能够准确无误地到达目的地,被对端设备理解、执行。

【例 1】 用 OSI 七层模型的概念,概述数据从主机 A 到达主机 B 的传送过程。

答:首先,主机的高层将信息转化为能够在网络中传播的应用层协议数据单元(APDU);如不考虑表示层、会话层,数据就直接下交到传输层,加上传输层报头,形成段;再下交到网络层,加上网络层报头,形成数据包;继续下交到数据链路层加上数据链路层报头形成帧;最后送到主机接口所在的物理层,将数据帧转换为比特流,然后经物理层形成比特流进入通信网络。

在通信网络数据传输的路径中可能要经过多个路由器。那么,每个路由器的物理层在收到比特流后,往上送至数据链路层,由数据链路层从比特流中取出帧,再从帧中提取 IP 数据报上交网络层。路由器的网络层根据 IP 数据报的首部信息,找出转发路由后再将 IP 数据报下送至数据链路层,重新封装成新的帧,然后交给物理层发送给下一个路由器。

依此类推,被传输的数据最终到达主机 B 的物理层,依次解封装。由主机 B 的数据链路层取出 IP 数据报,再经网络层、传输层到达应用层,最后应用层将数据交给主机 B 的应用进程。

2. 面向连接服务与无连接服务

OSI 参考模型以及其他协议栈提供的服务可以分为两种方式,即面向连接的服务和无连接的服务,而这两种服务的具体实现可以是虚电路(或虚链路)服务和数据报服务。

虚电路服务:在虚电路服务方式中,为了进行数据的传输,网络的源主机和目的主机之