



网络工程系列丛书

WANG LUO

SHE BEI

PEI ZHI

&

GUAN LI JI SHU

**网络设备
配置与管理技术**

副主编 秦 智 李享梅 刘 丽



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

网络工程系列丛书

网络设备配置与管理技术

主 编 何林波

副主编 秦 智 李享梅 刘 丽

北京邮电大学出版社

北京·北京·

内 容 简 介

本书针对当前局域网、广域网在实际应用中的常见知识点与配置方法、原理,以及实施中的注意事项,较系统、全面地介绍了计算机网络基础、交换与路由、网络管理等工程中所涉及的基本概念与技术,重点介绍了交换机、路由器相关的理论知识与配置技术,并为读者提供了典型案例作为参考学习。

本书根据实际网络工程应用,重视网络基础知识,自底向上,由网络基本理论逐步过渡到二层交换机各项功能的实际配置,培养读者独立完成局域网的搭建、配置和管理的能力;接下来对网络互连技术基础、路由技术、网络地址转换、广域网、网络管理等常见的网络配置与管理技术做了详细的阐述和指导,培养读者在网络互联、路由技术上的能力,绝大部分章节辅以实例配置以深化知识点。全书结构清晰、取材新颖、内容全面、结合实际,读者既可以学到计算机网络的理论知识,也能掌握一些设计、组建网络的实际本领。本书可作为高等院校网络工程、计算机科学与技术、通信工程等专业的本科生教材,也可供其他大专院校、高职院校以及从事网络技术的工程人员学习和参考,同时还适用于网络工程技术的强化培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络设备配置与管理技术/何林波主编.--北京:北京邮电大学出版社,2010.12

ISBN 978-7-5635-2453-2

I. ①网… II. ①何… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 201173 号

书 名: 网络设备配置与管理技术

作 者: 何林波 秦 智 李享梅 刘 丽

责任编辑: 刘 颖

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 470 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2453-2

定 价: 32.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

计算机网络源于计算机技术与通信技术的结合,始于20世纪70年代,发展于80年代。尤其是在近十多年以来,计算机网络已广泛地应用于工业、商业、金融、政府、教育、科研及日常生活的各个领域,成为信息社会的基础设施。

第1章计算机网络技术基础,主要介绍了计算机网络的基本概念及知识点,对网络中的常见术语、传输介质进行了阐述;第2章、第3章主要对以太网技术进行了讲解,并着重对交换机的使用进行比较详细的描述,是本书较重要的章节;第4章、第5章、第6章对网络互联基础、路由器、三层交换机以及路由选择协议、网络地址转换等重要的问题进行了讲解,并配以大量的实例,将理论运用到实际的配置中,也是本书中重要的章节;第7章主要对广域网技术进行了阐述,对PPP协议及配置、X.25及帧中继网络进行了理论和配置介绍;第8章主要对网络管理技术进行了描述,并结合网络管理软件的使用,强化网络管理的基本概念;第9章与第10章属扩展章节,其中第9章在第2章、第3章的基础上,对交换机的一些高级配置进行了阐述,可作为教学的选修章节;第10章属于综合实例运用章节,采用3个工程实例,引导学生分析客户需求,选择合适的配置技术完成网络的设计、规划与实施,可作为课程的实训章节及上机参考。

本书编写组成员长期从事教学、科研和网络系统集成配置、售后工作,在“网络设备配置”课程建设以及网络工程实践上具有较丰富的经验。本书以作者近几年来在课堂教学和网络系统集成方面的经验体会为基础,参考了大量资料,用简明的语言、通俗易懂的讲解,全面系统地介绍了目前局域网、广域网中常用的网络设备配置理论与实际配置技术。本书的一大特色是较全面考虑了实际工作中各中小型企业、学校等的网络设计及施工中的常见配置技术和实例,具有一些工程上的参考价值。全书内容系统、简练、实用性强、结构安排合理、论述简明清晰,适用于课程教学和实践教学。

全书第1章由李享梅老师编写,第2章、第3章、第8章由秦智老师编写,其余章节由何林波老师编写整理,全书由刘丽老师校对,在此对参编的各位老师表示感谢。由于本书篇幅有限,对部分知识点进行了弱化处理,敬请读者多提宝贵意见。

由于编者的技术水平和写作能力有限,书中难免会有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 计算机网络技术基础	1
1.1 网络的基本概念	1
1.1.1 计算机网络的历史	1
1.1.2 数据交换方式	2
1.1.3 网络的体系结构	4
1.1.4 OSI/RM 模型	5
1.1.5 TCP/IP 模型	7
1.1.6 OSI 与 TCP/IP 模型比较	9
1.2 网络的相关术语	9
1.2.1 网络的性能指标	9
1.2.2 网络的拓扑结构	11
1.2.3 局域网	14
1.2.4 广域网	16
1.2.5 城域网	16
1.3 网络的介质	18
1.3.1 铜介质	18
1.3.2 光缆	21
1.3.3 无线传输介质	24
习题与实验	27
第 2 章 以太网技术及二层交换机配置	28
2.1 以太网的技术基础	28
2.1.1 以太网发展历史	28
2.1.2 IEEE 802.3 和 OSI 模型	29
2.1.3 MAC 寻址	29
2.1.4 以太网帧结构	30
2.1.5 介质访问控制方法	31
2.1.6 冲突域与广播域	32
2.1.7 10 Mbit/s 以太网技术	33
2.1.8 快速以太网技术	33
2.1.9 千兆以太网技术	33
2.1.10 万兆以太网技术	34

2.2 二层交换机简介	35
2.2.1 交换机的处理技术	35
2.2.2 交换机的工作模式	36
2.2.3 交换机的工作原理	37
2.2.4 交换机的主要指标	38
2.3 二层交换机基本配置	39
2.3.1 使用交换机的命令行界面	41
2.3.2 交换机的基本管理配置	43
2.3.3 交换机接口的基本配置	49
2.3.4 交换机设备口令及权限	51
2.3.5 配置和管理 SSH	53
2.3.6 查看交换机的系统和配置信息	53
2.4 VLAN 及 VLAN 配置	55
2.4.1 VLAN 概述	55
2.4.2 IEEE 802.1Q 协议	56
2.4.3 Cisco ISL 协议	57
2.4.4 单交换机的 VLAN 配置	58
2.4.5 跨交换机的 VLAN 配置	61
2.4.6 利用 GVRP 实现 VLAN	65
2.4.7 Cisco VTP 的 VLAN 实现	69
2.5 交换机链路聚合	73
2.5.1 链路聚合概述	73
2.5.2 交换机链路聚合配置	74
2.6 生成树协议	76
2.6.1 生成树协议概述	76
2.6.2 STP 与 RSTP 协议	78
2.6.3 生成树协议配置	79
2.7 系统日志管理	81
习题与实验	84
第 3 章 交换机的安全配置	85
3.1 基于交换机端口的安全控制	85
3.1.1 风暴控制	85
3.1.2 端口保护控制	87
3.1.3 端口阻塞控制	87
3.1.4 端口安全性	88
3.1.5 输出速率限制	92
3.2 访问控制列表	92
3.2.1 标准 IP 访问控制列表	94
3.2.2 扩展 IP 访问控制列表	94

3.2.3	MAC 扩展访问控制列表	95
3.2.4	基于时间的访问控制列表	96
3.2.5	专家级扩展访问控制列表	97
3.2.6	应用 ACL 到指定接口	98
3.3	防止攻击的系统保护配置	99
3.4	基于 IEEE 802.1x 的 AAA 服务	102
3.4.1	概述	102
3.4.2	基于 IEEE 802.1x 的认证配置	105
	习题与实验	107
第 4 章	网络互连技术	108
4.1	TCP/IP 协议集与 IP 地址	108
4.1.1	TCP/IP 中的协议类别	108
4.1.2	IP 数据报格式	110
4.1.3	分类的 IP 地址	111
4.1.4	IP 地址的子网划分	112
4.1.5	可变长子网掩码与无类域间路由	113
4.1.6	IPv6 协议	115
4.2	可路由协议与路由选择协议	116
4.2.1	路由选择的概述	117
4.2.2	交换与路由的比较	118
4.2.3	路由表	118
4.2.4	域内路由选择协议与域间路由选择协议	119
4.3	路由器的作用	119
4.3.1	路由器的构成	120
4.3.2	路由器的接口	121
4.3.3	路由器转发 IP 包流程	124
4.4	路由器的基本配置	125
4.4.1	命令行接口	128
4.4.2	路由器的命令模式	129
4.4.3	路由器的基本配置	130
4.4.4	路由器接口配置	141
4.4.5	路由器口令配置	144
4.4.6	路由器口令恢复	146
4.5	路由协议及配置	149
4.5.1	静态路由选择与配置	150
4.5.2	RIP 协议及其配置	151
4.5.3	OSPF 协议及其配置	157
4.5.4	IGRP 与 EIGRP 的配置	172
4.5.5	路由协议的应用场合	174

习题与实验	175
第 5 章 三层交换设备及配置	176
5.1 三层交换机交换原理	176
5.1.1 交换原理	176
5.1.2 三层交换机与路由器	178
5.1.3 三层交换的特点	180
5.1.4 高层交换机及其发展	180
5.2 三层交换机的基本配置	181
5.3 利用三层交换机实现 VLAN 通信	183
5.3.1 VLAN 互通原理	184
5.3.2 三层交换机实现 VLAN 互通的示例	185
5.4 三层交换机的路由配置	186
5.4.1 静态路由配置	187
5.4.2 RIP 协议配置	188
5.4.3 OSPF 协议配置	191
习题与实验	192
第 6 章 网络地址转换	193
6.1 网络地址转换(NAT)概述	193
6.1.1 相关术语	193
6.1.2 NAT 工作原理	194
6.1.3 NAT 应用	195
6.2 静态 NAT 的实现	196
6.3 动态 NAT 的实现	197
6.4 NAT 技术	198
6.5 重叠地址转换	200
6.6 TCP 负载均衡地址转换	201
习题与实验	202
第 7 章 广域网基础及配置	203
7.1 广域网概述	203
7.1.1 前言	203
7.1.2 X.25 网络	204
7.1.3 帧中继网络	205
7.2 PPP 协议与配置	206
7.2.1 PPP 原理及运行过程	206
7.2.2 PPP 的验证方式	206
7.2.3 PPP 的配置	207
7.2.4 PPP 的监控与维护	209

7.3 X.25 网络	212
7.3.1 X.25 协议概述	212
7.3.2 LAPB 协议及配置	214
7.3.3 X.25 协议配置与监控维护	218
7.4 帧中继	228
7.4.1 帧中继概述	228
7.4.2 帧中继协议相关配置	230
7.4.3 帧中继典型配置举例	231
习题与实验	233
第 8 章 网络管理技术	235
8.1 网络管理概述	235
8.1.1 网络管理概念	235
8.1.2 网络管理功能	235
8.1.3 网络管理模式	237
8.2 网络管理协议	238
8.2.1 SNMP 协议概述	238
8.2.2 CMIP 协议	243
8.2.3 RMON 技术	244
8.2.4 基于 Web 的网络管理技术	244
8.3 常用网络管理软件介绍	245
8.3.1 StarView 应用	245
8.3.2 StarView 软件操作	246
8.3.3 StarView 网络拓扑查看	247
8.3.4 StarView 事件管理	248
习题与实验	250
第 9 章 交换机其他高级配置	251
9.1 VRRP 配置	251
9.1.1 VRRP 协议	251
9.1.2 VRRP 工作原理	252
9.1.3 VRRP 配置	253
9.1.4 VRRP 配置完整实例	256
9.2 SNMP 配置	259
习题与实验	265
第 10 章 综合实例	266
10.1 大型单核心网络实践	266
10.2 大型(双核心)校园网	271
10.3 中小企业双出口网络	274

第 1 章 计算机网络技术基础

1.1 网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的历史

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物。随着计算机技术和通信技术的不断发展,计算机网络也经历了从简单到复杂,从单机到多机的发展历程,现代意义上的计算机网络是从 1969 年美国国防部高级研究计划局(DARPA)建成的 ARPAnet 实验网开始的,该网络当时只有 4 个节点,以电话线路为主干网络,两年后,建成 15 个节点,进入工作阶段,此后规模不断扩大,20 世纪 70 年代后期,网络节点超过 60 个,主机 100 多台,地理范围跨越美洲大陆,连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构,而且通过通信卫星与夏威夷和欧洲地区的计算机网络相互连通。

20 世纪 70 年代后期是通信网大发展的时期,各发达国家政府部门、研究机构和电报电话公司都在发展分组交换网络。这些网络都以实现计算机之间的远程数据传输和信息共享为主要目的,通信线路大多租用电话线路,少数铺设专用线路,这一时期网络称为第二代网络,以远程大规模互联为主要特点。

随着计算机网络技术的成熟,网络应用越来越广泛,网络规模增大,通信变得复杂。各大计算机公司纷纷制定了自己的网络技术标准。IBM 于 1974 年推出了系统网络结构(System Network Architecture),为用户提供能够互联的成套通信产品;1975 年 DEC 公司宣布了自己的数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture);1976 年 UNIVAC 宣布了该公司的分布式通信体系结构(Distributed Communication Architecture),这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效,遵从某种标准的、能够互联的网络通信产品,只是同一公司生产的系列设备。网络通信市场这种各自为政的状况使得用户在投资方向上无所适从,也不利于多厂商之间的公平竞争。1977 年 ISO 组织的 TC97 信息处理系统技术委员会 SC16 分技术委员会开始着手制定开放系统互联参考模型。

OSI/RM 标志着第三代计算机网络的诞生。此时的计算机网络在共同遵循 OSI 标准的基础上,形成了一个具有统一网络体系结构,并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。OSI/RM 参考模型把网络划分为七个层次,并规定计算机之间只能在对应层之间进行通信,大大简化了网络通信原理,是公认的新一代计算机网络体系结构的基础,为普及网络应用奠定了基础。

20 世纪 80 年代末,局域网技术发展成熟,出现了光纤及高速网络技术,整个网络就像一

个对用户透明的、大的计算机系统。以 Internet 为代表的互联网,宣布进入到现在的第四代计算机网络时期。此时计算机网络定义为“将多个具有独立工作能力的计算机系统通过通信设备和线路的连接,由功能完善的网络软件实现资源共享和数据通信的系统”。事实上,对于计算机网络,也从未有过一个标准的定义。

1972 年,Xerox 公司发明了以太网,1980 年 2 月,IEEE 组织了 802 委员会,开始制定局域网标准。1985 年,美国国家科学基金会(National Science Foundation)利用 ARPAnet 协议建立了用于科学研究和教育的骨干网络 NSFnet,1990 年,NSFnet 取代 ARPAnet 成为国家骨干网,并且走出了大学和研究机构进入社会,从此网上的电子邮件、文件下载和信息传输受到人们的欢迎和广泛使用。1992 年,Internet 协会成立,该协会把 Internet 定义为“组织松散的,独立的国际合作互连网络”,“通过自主遵守计算协议和过程支持主机对主机的通信”。1993 年,伊利诺斯大学国家超级计算中心开发成功网上浏览工具 Mosaic(后来发展为 Netscape),同年,克林顿宣布正式实施国家信息基础设施(National Information Infrastructure)计划,从此在世界范围内开展了争夺信息化社会领导权和制高点的竞争。与此同时,NSF 不再向 Internet 注入资金,完全使其进入商业化运作。20 世纪 90 年代后期,Internet 以惊人速度发展。

未来的计算机网络,即下一代计算机网络(NGN),普遍认为是因特网、移动通信网络、固定电话通信网络的融合,IP 网络和光网络的融合;是可以提供包括语音、数据和多媒体等各种业务的综合开放的网络构架;是业务驱动、业务与呼叫控制分离、呼叫与承载分离的网络;是基于统一协议的、基于分组的网络。在功能上 NGN 分为四层,即接入和传输层、媒体层、控制层、网络服务层,涉及软交换、MPLS、E-NUM 等技术。

1.1.2 数据交换方式

在通信系统中,通信大多是在多点之间进行,数据通信时需要利用中间节点将通信双方连接起来。因此,在设计网络结构时,必须考虑采用的“数据交换”方式。所谓交换技术,就是动态地分配传输线路资源的技术。

常用的数据交换技术有电路交换、报文交换和分组交换。

(1) 电路交换

电路交换也称为线路交换,它类似于电话系统,需要通信的计算机之间必须建立物理电路。整个电路交换的过程包括建立电路、数据传输和释放电路三个阶段。

① 电路建立:在传输任何数据之前,要先经过呼叫过程建立一条端到端的电路。如图 1-1 所示,若 H1 站要与 H3 站连接,典型的做法是,H1 站先向与其相连的 A 节点提出请求,然后 A 节点在通向 C 节点的路径中找到下一个支路。比如 A 节点选择经 B 节点的电路,在此电路上分配一个未用的通道,并告诉 B 它还要连接 C 节点;B 再呼叫 C,建立电路 BC,最后,节点 C 完成到 H3 站的连接。这样 A 与 C 之间就有一条专用电路 ABC,用于 H1 站与 H3 站之间的数据传输。

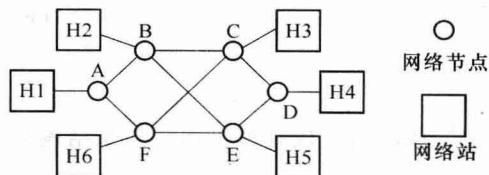


图 1-1 交换网络的拓扑结构

② 数据传输:电路 ABC 建立以后,数据就可以从 A 发送到 B,再由 B 交换到 C;C 也可以经 B 向 A 发送数据。在整个数据传输过程中,所建立的电路必须始终保持连接状态。

③ 电路拆除:数据传输结束后,由某一方(A 或 C)发出拆除请求,然后逐节拆除到对方节点。

电路交换在数据传送开始之前必须先设置一条专用的通路。在线路释放之前,该通路由一对用户完全占用。其优点在于数据传输可靠、迅速,数据不会丢失且保持原来的序列。但对于猝发式的通信,电路交换效率不高。在某些情况下,电路空闲时的信道容易被浪费;在短时间数据传输时电路建立和拆除所用的时间得不偿失。因此,它适用于系统间要求高质量的大量数据传输的情况。

(2) 报文交换

报文交换的数据传输单位是报文,报文就是站点一次性要发送的数据块,其长度不限且可变。当一个站要发送报文时,它将一个目的地址附加到报文上,网络节点根据报文上的目的地址信息,把报文发送到下一个节点,一直逐个节点地传送到目的节点。

每个节点在收到整个报文并检查无误后,就暂存这个报文,然后利用路由信息找出下一个节点的地址,再把整个报文传送给下一个节点。因此,端与端之间无须先通过呼叫建立连接。

一个报文在每个节点的延迟时间,等于接收报文所需的时间加上向下一个节点转发所需的排队延迟时间之和。

报文从源点传送到目的地采用“存储-转发”方式,在传送报文时,一个时刻仅占用一段通道。其优点:

① 线路效率较高,这是因为许多报文可以用分时方式共享一条节点到节点的通道。

② 不需要同时使用发送器和接收器来传输数据,网络可以在接收器可用之前暂时存储这个报文。

③ 在线路交换网上,当通信量变得很大时,就不能接收某些呼叫。而在报文交换上却仍然可以接收报文,只是传送延迟会增加。

④ 报文交换系统可以把一个报文发送到多个目的地。

⑤ 能够建立报文的优先权。

⑥ 报文交换网可以进行速度和格式的转换,因为每个站点都可以用它特有的数据传输率连接到其他站点,所以两个不同传输率的站点也可以连接,另外还可以转换传输数据的格式。

由于报文在交换节点中需要缓冲存储,需要排队,故报文交换不能满足实时或交互式的通信要求,报文经过网络的延迟时间长且不定;有时节点收到过多的数据而无空间存储或不能及时转发时,就不得不丢弃报文,而且发出的报文不一定按顺序到达目的地。

(3) 分组交换

分组交换是报文交换的一种改进,它将报文分成若干个分组,每个分组的长度有一个上限,有限长度的分组使得每个节点所需的存储能力降低了,分组可以存储到内存中,提高了交换速度。它适用于交互式通信,如终端与主机通信。分组交换有虚电路分组交换和数据报分组交换两种。它是计算机网络中使用最广泛的一种交换技术。

① 虚电路分组交换

在虚电路分组交换中,为了进行数据传输,网络的源节点和目的节点之间要先建一条逻辑通路。每个分组除了包含数据之外还包含一个虚电路标识符。在预先建好的路径上的每个节点都知道把这些分组引导到哪里去,不再需要路由选择判定。最后,由某一个站用拆除链路请

求分组来结束这次连接。它之所以是“虚”的,是因为这条电路不是专用的。

虚电路分组交换的主要特点是:在数据传送之前必须通过虚呼叫设置一条虚电路。但并不像电路交换那样有一条专用通路,分组在每个节点上仍然需要缓冲,并在线路上进行排队等待输出。

② 数据报分组交换

在数据报分组交换中,每个分组的传送是被单独处理的。每个分组称为一个数据报,每个数据报自身携带足够的地址信息。一个节点收到一个数据报后,根据数据报中的地址信息和节点所储存的路由信息,找出一个合适的出路,把数据报原样地发送到下一节点。由于各数据报所走的路径不一定相同,因此不能保证各个数据报按顺序到达目的地,有的数据报甚至会中途丢失。在整个过程中,没有虚电路建立,但要为每个数据报做路由选择。

1.1.3 网络的体系结构

计算机网络系统是一个十分复杂的系统。将一个复杂系统分解为若干个容易处理的子系统,然后“分而治之”,这种结构化设计方法是工程设计中常见的手段。计算机网络的体系结构就是采用层次化结构来定义计算机网络系统的组成方法和系统功能,它将一个网络系统分成若干层次,并且规定了每个层次应该实现的功能以及应该向上层提供的服务,同时规定了两个系统的各个层次实体之间进行通信时应该遵守的协议。

(1) 层次模型

计算机网络的层次结构一般以垂直分层模型来表示,如图 1-2 所示。

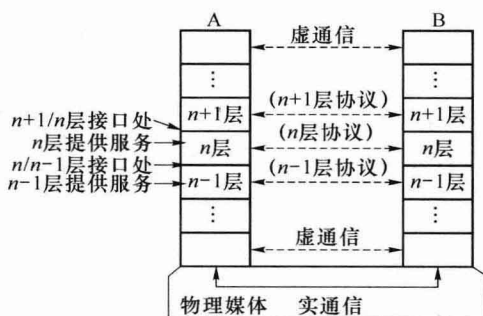


图 1-2 计算机网络的层次模型

从图 1-2 可以看出,系统 A 的某一层直接与系统 B 的同一层进行通信,当然这种通信是逻辑上的通信,除了在物理媒体上进行的是实通信之外,其余各对等实体间进行的都是虚通信。

在这个模型中,不同系统的对等层没有直接通信的能力,它们之间的通信需要依靠下面各层的支持。在网络的分层模型中,对等层的“虚”通信必须遵循该层的协议。

在计算机网络环境中,两台计算机的两个进程直接的通信过程与邮政通信过程十分相似。网络中对等层之间的通信规则就是该层使用的协议。同一计算机的不同功能层之间的通信规则称为接口。例如第 n 层与第 $n-1$ 层之间的接口称为 $n/n-1$ 层接口。总之,协议是不同机器对等层之间的通信约定,而接口是同一机器相邻层之间的通信约定。

网络体系结构中层次结构划分的原则:

① 每层的功能应是明确的,并且是相互独立的。当某一层的具体实现方法更新时,只要

保持上、下层的接口不变,便不会对邻居层产生影响。

② 层间接口必须清晰,跨越接口的信息量应尽可能少。

③ 层数应适中。若层数太少,则造成每一层的协议太复杂;若层数太多,则体系结构过于复杂,使描述和实现各层功能变得困难。

这种分层模型特点是:以功能作为划分层次的基础;第 n 层的实体在实现自身定义的功能时,只能使用第 $n-1$ 层提供的服务;第 n 层在向第 $n+1$ 层提供的服务时,此服务不仅包含第 n 层本身的功能,还包含由下层服务提供的功能;仅在相邻层间有接口,且所提供服务的实现细节对上一层完全屏蔽。

(2) 网络协议

在计算机网络系统中,为了保证通信双方能正确、自动地进行数据通信,针对通信过程的各种情况,制定了一整套约定,这就是网络系统的通信协议。通信协议是一套语义和语法规则,用来规定有关功能部件在通信过程中的操作。

两个通信对象在进行通信时,须遵从相互接受的一组约定和规则,这些约定和规则使它们在通信内容、怎样通信以及何时通信等方面相互配合,这些约定和规则的集合称为协议。简单地说,协议是通信双方必须遵循的控制信息交换的规则的集合。

一般来说,一个网络协议主要由语法、语义和时序(即同步)三大要素组成:

① 语法是指数据与控制信息的结构或格式,确定通信时采用的数据格式、编码及信号电平等,也就是“怎么讲”。

② 语义由通信过程的说明构成,规定了需要发出何种控制信息完成何种动作以及做出何种应答,对发布请求、执行动作以及返回应答予以解释,并确定用于协调和差错处理的控制信息,也就是“讲什么”。

③ 时序是指事件执行顺序的详细说明,指出事件的顺序以及速度的匹配。

由此可见,网络协议是计算机网络不可缺少的组成部分。

1.1.4 OSI/RM 模型

OSI(Open System Interconnection)参考模型,即 OSI/RM,开放式系统互连参考模型。是由国际标准化组织(ISO,该组织成立于1947年,由多个国家组成)在1984年发布,其目的就是要使在各种终端设备之间、计算机之间、网络之间以及用户之间互相交换信息的过程中,能够逐步实现标准化,能够将复杂的网络或计算机系统划分成简单的独立组成部分,每一部分都有开放标准接口,为生产商们提供了共同遵循的国际标准。OSI参考模型属于分层结构体系,由七层组成,从最低层到最高层依次为:物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,每一层由不同的数据单元组成,独立完成各层功能,其参考模型、交换单元如图1-3所示。

其各层的功能如下:

(1) 物理层

物理层是OSI/RM的最低层,传输的数据单元为原始比特流。该层任务是利用传输介质(常见为光纤、双绞线等)为它的上一层(即数据链路层)提供物理连接,完成了物理链路的建立、维护和拆除,体现了机械的、电气的、功能的和规程的特性。比如规定电缆和接头的类型及相关规格,以及传送信号的电压值、电压变化的频率等;如果是光信号,则表现为光波信号的一些属性。

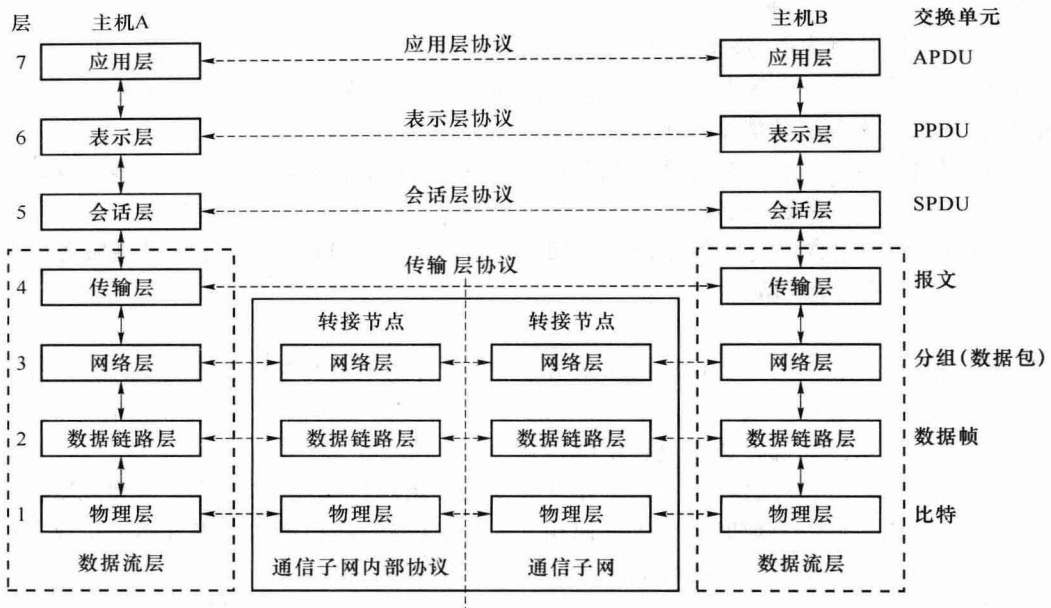


图 1-3 OSI/RM 参考模型及每层交换单元

物理层定义的典型规范代表包括：EIA/TIA RS-232、EIA/TIA RS-449、V. 35、RJ-45 等。局域网中常见物理层设备有集线器和中继器。

(2) 数据链路层

数据链路层为网络层提供服务，解决两个相邻节点之间的链路通信问题，即无差错地传送数据，传送的数据单元为数据帧，该数据帧提供了有关目的地址和如何处理的信息。该层作用除了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外，还要协调收发双方的数据传输速率，即进行流量控制，解决接收方因来不及处理发送方来的高速数据而导致缓冲器溢出及线路阻塞问题。

目前，以太网的数据链路层被划分为如下两个子层：

① 介质访问控制(MAC)子层(IEEE 802.3)：MAC子层负责指定如何通过物理线路进行传输，并定义与物理层的通信。比如定了物理编址、网络拓扑、线路规范、错误通知、流量控制等功能。

② 逻辑链路控制(LLC)子层(IEEE 802.2)：LLC子层负责识别协议类型，并对数据进行封装(解封)以便通过网络进行传输，具有发送帧、接收帧、帧序列控制和流量控制等功能。

其他数据链路层协议的代表包括：SLIP、HDLC、PPP等。

局域网中常见数据链路层设备主要有网桥、二层交换机。

(3) 网络层

网络层为传输层提供服务，传送的数据单元为数据包或分组。该层的主要作用是解决数据包如何通过各节点转发的问题，即通过路径选择算法(路由)将数据包送到目的地，支持局域网(LAN)、城域网(MAN)和广域网(WAN)组建的各种网络互联，该层对应的网络设备主要有路由器和三层交换机。网络层通常完成如下功能：

① 为传输层提供服务，有面向连接的网络服务和无连接的网络服务。典型的网络层协议有 TCP/IP 的 IP 协议 ITU-T 的 X.25，后者是一种面向连接的分组交换协议。

② 组包和拆包,包头包含了源节点地址和目标节点的地址,以及相关的控制信息。

③ 路由选择,或叫做路径选择,是根据一定的原则和路由选择算法在多个节点的通信子网中选择一条最佳路径,确定路由选择的策略称为路由算法。

④ 流量控制,量控制的作用是控制阻塞,避免死锁。

网络层协议的代表包括:IP、IPX、RIP、OSPF 等。

(4) 传输层

传输层是通信子网和高三层之间的接口层,其任务是根据通信子网的特性,最佳地利用网络资源,为两个端系统的会话层之间,提供建立、维护和取消传输连接的功能,负责端到端的可靠的、透明的数据传输,包括处理差错控制和流量控制等问题。传输层传送的数据单元为段或报文,协议有 TCP、UDP、SPX 等。

(5) 会话层

会话层也可以称为会晤层,会话层不参与具体的传输,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。比如数据库服务器和用户登录之间形成的会话,以退出或注销结束会话。

(6) 表示层

表示层功能是管理数据编码的方式,即处理流经节点的数据格式编码和转换问题,比如完成视频、图像的公用压缩编码格式转换和完成对应用层数据的公用加密、公用解密。

(7) 应用层

应用层是 OSI/RM 的最高层,是用户与应用程序同网络访问协议之间的接口。该层通过应用程序来完成网络用户的应用需求,比如文件传输、收发电子邮件、Web 访问等。

应用层协议的代表包括:Telnet、FTP、HTTP、SNMP 等。

从图 1-3 可以得到,下四层形成了数据流层,并规定为终端之间如何建立连接以及交换数据,如何通过物理线路传输,经由网络互联设备到达目的终端,并最终传递给应用程序。在高层中,同样也有网络互联设备,比如网关(Gateway),它用于高层协议的转换,它也被称为协议转换器,可以是一台设备,也可以是一种协议转换软件。

1.1.5 TCP/IP 模型

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol),即传输控制协议/网际协议,是一组用于实现网络互连的通信协议集,它包括上百个各种功能的协议,如远程登录、文件传输和电子邮件等,而 TCP 协议和 IP 协议是保证数据完整传输的两个基本的重要协议。目前是 Internet 上所采用的基本通信协议,而且局域网、城域网几乎都采用了兼容性强的 TCP/IP。

通常,将 TCP/IP 协议体系划分为四层,TCP/IP 协议体系与 OSI/RM 有所区别,图 1-4 为 TCP/IP 体系结构与 OSI/RM 各层之间的对比。

TCP/IP 协议结构的四层具体任务和功能描述如下:

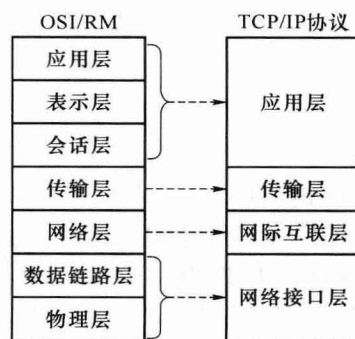


图 1-4 TCP/IP 与 OSI/RM 各层对比

(1) 网络接口层

网络接口层与 OSI/RM 中的物理层和数据链路层相对应。网络接口层定义了如何通过物理网络传输数据,也定义了各种局域网(LAN)或广域网(WAN)的接口所需的协议和硬件。

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;数据帧通过网络到达接收端时,该节点的网络接口层对数据帧拆封,并检查帧中包含的目的 MAC 地址。如果该地址就是本机的 MAC 地址或者是广播地址,则向上传递给网络层,否则丢弃该帧。

当使用串行线路将主机与网络相互连接,或网络与网络相互连接的时候,可以通过广域网(WAN)的连接标准 PPP(点到点协议)或帧中继完成互联互通,例如,主机通过 Modem 和电话线接入 Internet,则需要网络接口层运行 SLIP 或 PPP 协议。

(2) 网际互联层

与 OSI/RM 网络层具有相似的功能,其主要功能是解决主机到主机的通信问题,以及如何建立互联网络。网络层设备根据数据报所携带的目的 IP 地址进行路由选择,选择一条链路传送到目的主机。

网际互联层有 4 个主要协议:网际协议(IP)、地址解析协议(ARP)、反向地址解析协议(RARP)和互联网控制报文协议(ICMP),也包括了路由协议:RIP、OSPF 和 EGP 等。其中,IP 协议(属于被路由协议,请参考第 4 章)和路由协议是重要的协议。

(3) 传输层

传输层对应于 OSI 参考模型的传输层,提供端到端的数据传输服务,负责上层的数据封装,实现可靠或不可靠的传递数据。该层定义了两个主要协议:传输控制协议(TCP)和用户数据报协议(UDP)。TCP 协议是一种面向连接的可靠传输协议,实现了三次握手机制;而 UDP 协议是一种无连接的不可靠传输协议。对于 TCP 和 UDP 两种协议与上层进行数据交换的时候,需要借助服务端口来区别与应用层哪种服务实现通信,图 1-5 所示为部分端口与应用层协议对应关系图。

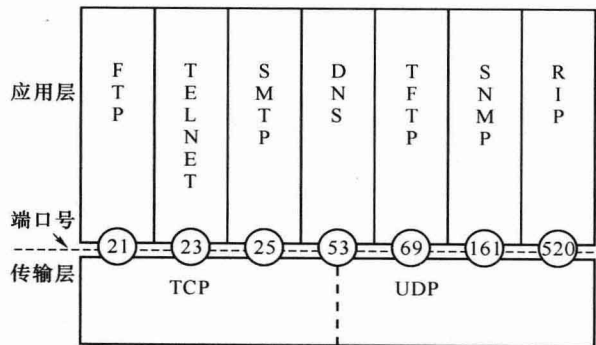


图 1-5 服务端口与应用层协议对应关系图

(4) 应用层

应用层对应于 OSI 参考模型的高三层,为用户提供所需要的各种服务。比如,目前广泛采用的 HTTP、FTP、TELNET 等协议,这些协议是建立在 TCP 协议栈之上的应用层协议;广泛应用的 DNS 协议,该协议是建立在 TCP 与 UDP 上的应用层协议。