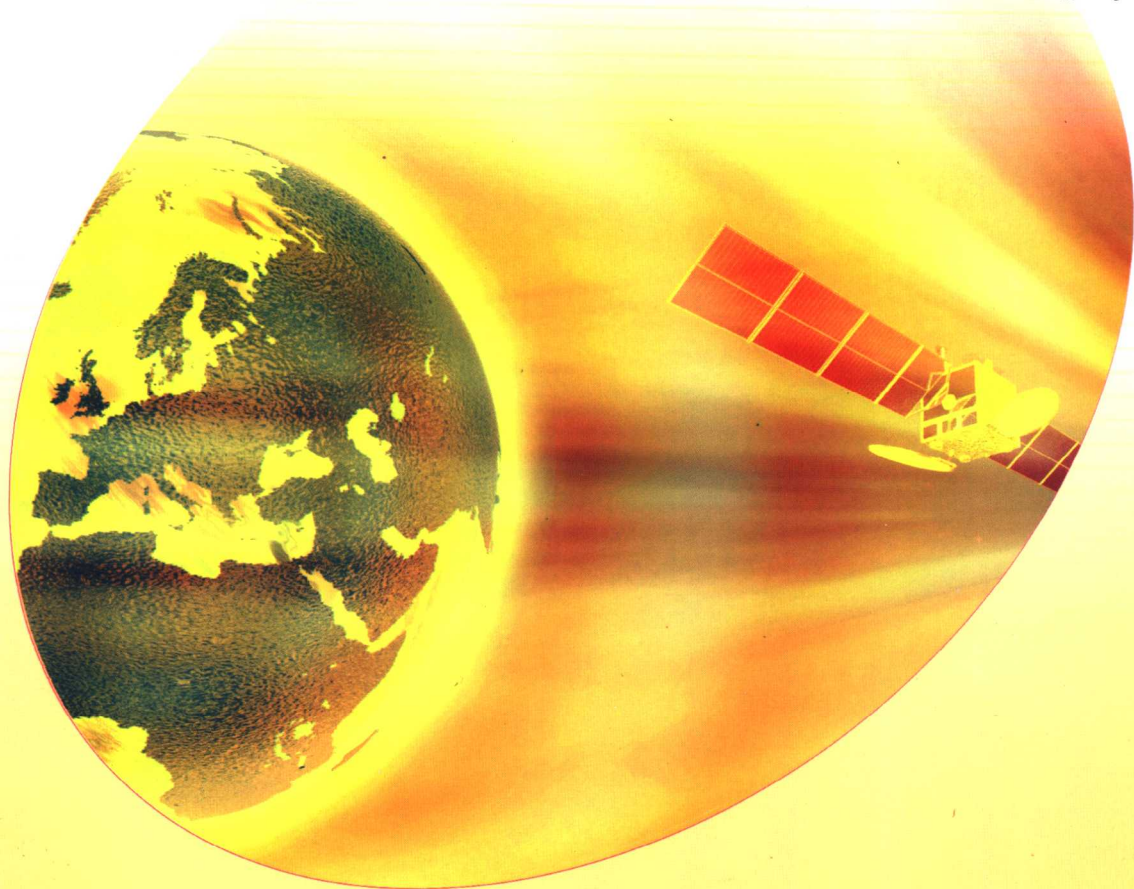


计算机网络技术实训教材

■ 孙建华 主编

网络互连技术 教程

孙建华 刘总路 李春强 编



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

计算机网络技术实训教材

网络互连技术教程

孙建华 刘总路 李春强 编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

网络互连技术教程 / 孙建华等编. —北京: 人民邮电出版社, 2005.2
ISBN 7-115-13014-0

I. 网... II. 孙... III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 003688 号

内 容 提 要

本书共分五个部分, 共 14 章, 全面讲述网络互连技术和 TCP/IP 的体系结构。内容包括网络互连的基本概念, 网络接入技术, WAN 技术, 网络的桥接与交换, 网络互连 IP, IP 路由, 路由与交换, 传输控制协议, 用户数据报协议, 广播与组播, 域名系统, BOOTP 和 DHCP 及应用服务等。本书力求通过实例帮助学生理解网络互连的层次结构, 掌握互连协议的实际应用技术。

本书在讲述互连体系结构概念的同时, 配备了大量在网络建设中的规划和设备配置管理的实例, 以帮助学生通过实例充分理解概念, 运用概念解决问题, 从而保证了教材内容的实用性。本书的实例部分使用的设备主要是 Cisco 和华为公司的产品。

本书可以作为相关专业高等院校和高职高专的教材, 也可以作为网络爱好者的自学丛书和参考书。

计算机网络技术实训教材

网络互连技术教程

-
- ◆ 编 孙建华 刘总路 李春强
责任编辑 潘春燕
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129259
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.75
字数: 573 千字 2005 年 2 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13014-0 / TP · 4405

定价: 31.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

编 者 的 话

近年来,随着电子商务、网上银行和网络信息发布等网络应用技术的迅猛发展,各行各业,特别是传统行业都开始进行大型网络建设。在网络的建设和集成方面,网络的互连技术已经成为网络系统集成和网络管理的重要内容之一,本书力图通过任务驱动的实例帮助初学者理解网络互连协议的应用。

由于网络互连技术的广泛应用,全国各地高等院校的计算机网络及其相关专业,以及高职高专的相关专业将网络互连技术作为本专业的必修课或必选课,并将重点放在培养学生掌握实用技术的应用能力上,以适应当前社会对信息技术和网络应用人才的需求。而网络互连技术课程由于概念多,特别是网络协议比较抽象,仅靠讲授概念使学生理解起来非常困难。但是,学生对于借助实验加深感性认识的学习内容接受起来比较容易。本书正是为适应高职高专学生的这一特点而编写的。

本书作者在高职高专的计算机应用技术、网络应用技术等相关专业教授网络互连技术课程的实践中,不断了解和认识高职高专学生的学习兴趣、学习特点、知识基础和能力水平等,积累了一定的教学经验和体会,并将之运用于教材的编写过程。本书力求内容新颖、结构合理、概念清晰、通俗易懂和实用性强。实例的配备力求突出“目标驱动”的思想,达到同实际网络建设需求相结合,提高学生综合应用能力的目的。

本书第1~6章及部分实训由刘总路编写,第7~9章及部分实训由孙建华编写,第10~13章及部分实训由李春强编写。全书由孙建华审核定稿。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

第一部分 网络互连概念

第1章 网络互连基础	1
1.1 网络互连的概念	1
1.2 网络体系结构	2
1.2.1 开放系统互连参考模型	2
1.2.2 TCP/IP 体系结构	4
1.3 Internet 的问题与发展	6
1.3.1 Internet 存在的问题	6
1.3.2 Internet 的发展	6
第2章 网络互连的结构	11
2.1 网络互连的基本类型	11
2.1.1 LAN 与 LAN	11
2.1.2 LAN 与 WAN	12
2.2 网络互连的层次	13
2.2.1 应用层的互连	13
2.2.2 网络层的互连	13
2.2.3 数据链路层的互连	17
2.2.4 物理层的互连	22

第二部分 底层网络技术

第3章 LAN 技术	25
3.1 IEEE LAN 参考模型	25
3.2 以太网技术	26
3.2.1 以太网的物理层实现	27
3.2.2 以太网的硬件地址与数据帧格式	28
3.2.3 以太网的种类	32
3.2.4 以太网的典型设备	33
3.2.5 以太网的综合应用	35
3.3 其他局域网技术	40
3.3.1 令牌环网	40
3.3.2 令牌总线网	43
3.4 光纤分布式数据接口	45
3.4.1 FDDI 概述	45

3.4.2 FDDI 的组成	46
3.4.3 FDDI 的标准	48
第 4 章 WAN 技术	50
4.1 WAN 基础	50
4.1.1 WAN 与 OSI/RM	50
4.1.2 WAN 的物理层实现	51
4.1.3 WAN 的数据传输与交换	53
4.2 PSTN	55
4.2.1 PSTN 概述	55
4.2.2 PSTN 的传输特性	55
4.3 ADSL	56
4.3.1 ADSL 概述	56
4.3.2 xDSL 的实现	57
4.3.3 ADSL 的应用	58
4.4 ISDN	58
4.4.1 ISDN 概述	58
4.4.2 ISDN 协议参考模型	59
4.4.3 ISDN 的 BRI 和 PRI	61
4.4.4 ISDN 应用实例	62
4.5 帧中继	66
4.5.1 帧中继概述	66
4.5.2 帧中继术语	68
4.5.3 帧中继网络的实现	71
4.6 PPP	80
4.6.1 PPP 的工作原理	80
4.6.2 标准 PPP 的帧格式	81
4.6.3 PPP 的协议族	82
4.6.4 PPP 应用	83
4.7 DDN	83
4.7.1 DDN 概述	83
4.7.2 DDN 用户接入	83
4.7.3 DDN 应用实例	85
第 5 章 网络的桥接与交换	86
5.1 第 2 层交换的基本概念	86
5.2 第 2 层的交换技术	88
5.2.1 地址学习	88
5.2.2 转发/过滤决策	89
5.2.3 回环避免	89
5.2.4 生成树协议	91

5.3 虚拟局域网	96
5.3.1 VLAN 的标准	96
5.3.2 冲突域与广播域	96
5.3.3 VLAN 的基本概念	97
5.3.4 VLAN 的划分	98
5.3.5 VLAN 的配置	99
5.4 第2层交换机应用	103
5.4.1 实用需求	103
5.4.2 交换机的基本配置	104
5.4.3 VLAN 的配置	109
5.4.4 交换机 Fast Etherchannel 的配置	113

第三部分 TCP/IP 网络互连

第6章 网络互连 IP	118
6.1 IPv4	118
6.1.1 IP 数据报	119
6.1.2 IP 的编址	124
6.1.3 特殊地址	127
6.2 IP 子网技术	128
6.2.1 子网划分	128
6.2.2 可变长子网	133
6.2.3 超网	134
6.3 IPv6	136
6.3.1 IPv6 概述	136
6.3.2 IPv6 的数据报文格式	137
6.3.3 IPv6 地址方案	147
6.4 地址解析协议	162
6.4.1 地址解析协议的工作机制	162
6.4.2 ARP 和 RARP 的协议格式	166
6.4.3 ARP 代理	168
6.4.4 ARP 实例	169
6.5 Internet 控制报文协议	170
6.5.1 ICMP 的用途与机制	170
6.5.2 ICMP 报文	171
6.5.3 ICMP 差错报文	172
6.5.4 ICMP 控制报文	173
6.5.5 ICMP 请求/应答报文	174
6.5.6 ICMP 重定向举例	175

第7章 路由与交换	177
7.1 第3层交换	177
7.1.1 第3层交换技术简介	177
7.1.2 第3层交换技术	178
7.1.3 第3层交换技术应用	183
7.2 多层交换技术	184
7.2.1 第4层交换	184
7.2.2 第7层交换	185
7.3 标记交换	186
7.3.1 标记交换的概念	186
7.3.2 标记交换的体系结构	186
7.3.3 MPLS 与标记交换	191
7.3.4 MPLS 标记交换体系结构	192
7.4 IP 路由	194
7.4.1 线速路由交换机	194
7.4.2 现代路由交换技术发展趋势	195
7.5 静态路由和动态路由	197
7.5.1 静态路由	197
7.5.2 动态路由	199
7.5.3 IP 网络中的收敛	203
7.5.4 计算 IP 网络中的路由	207
7.6 网关协议	208
7.6.1 基本概念	208
7.6.2 外部网关协议	209
7.6.3 内部网关协议	209
7.7 路由信息协议	209
7.7.1 RIP 概述	209
7.7.2 RIP 的报文格式	210
7.7.3 RIP 路由的工作机制	211
7.7.4 RIP 的缺点	217
7.7.5 RIP2 分组格式	218
7.8 开放最短路径优先协议	218
7.8.1 OSPF 概述	218
7.8.2 OSPF 报文格式	219
7.8.3 OSPF 的工作机制	222
7.9 无类域间路由与可变长子网掩码	224
7.9.1 无类域间路由	224
7.9.2 可变长子网掩码	224
7.9.3 使用 VLSM 进行子网设计实例	225

7.10 IP 路由实训	227
7.10.1 配置 ROUTER1 ~ ROUTER4 的端口	228
7.10.2 配置 ROUTER1 ~ ROUTER4 的静态路由	230
7.10.3 测试 ROUTER1 ~ ROUTER4 的路由配置	232
7.10.4 采用动态路由配置	233
7.10.5 采用 OSPF 路由配置	234
第 8 章 虚拟专用网和网络地址转换	238
8.1 虚拟专用网	238
8.1.1 VPN 的概念	238
8.1.2 VPN 的应用	241
8.2 网络地址转换	243
8.2.1 NAT 的概念	243
8.2.2 访问控制和 NAT	243
8.2.3 NAT 和访问控制的应用	245
8.2.4 NAT 与其他技术的比较	249
8.3 综合应用	250
8.3.1 VPN 的配置实例	250
8.3.2 NAT 的配置实例	254
第 9 章 传输控制协议与用户数据报协议	257
9.1 传输层协议	257
9.2 传输控制协议 (TCP)	258
9.2.1 TCP 的报文格式	259
9.2.2 TCP 的工作机制	260
9.3 用户数据报协议 (UDP)	266
9.3.1 UDP 的工作机制	266
9.3.2 UDP 服务器	270
第 10 章 广播与组播	273
10.1 广播的概念	273
10.2 广播的类型	273
10.2.1 有限广播	274
10.2.2 网络直接广播	274
10.2.3 子网直接广播	274
10.2.4 全子网广播	274
10.3 组播的概念	275
10.3.1 以太网组播	275
10.3.2 IP 组播	275
10.3.3 IP 组播地址	276
10.3.4 组播地址机制	277
10.3.5 组播作用域	277

10.4 群组管理协议	278
10.4.1 IGMP 报文	278
10.4.2 IGMP 实现	279
10.5 组播应用实例	280

第四部分 网络应用

第 11 章 域名系统	281
11.1 DNS 基础	281
11.1.1 层次型组织	281
11.1.2 域名服务	282
11.1.3 管理方法	286
11.2 域名解析	287
11.2.1 DNS 报文结构	287
11.2.2 资源记录	289
11.2.3 高速缓存	290
11.2.4 解析方式	291
第 12 章 BOOTP 和 DHCP	293
12.1 引导程序协议	293
12.1.1 BOOTP 的概念	293
12.1.2 BOOTP 的报文格式	293
12.1.3 BOOTP 的工作过程	294
12.2 动态主机配置协议	295
12.2.1 DHCP 的作用	295
12.2.2 DHCP 数据包的结构	296
12.2.3 DHCP 的工作过程	298
12.2.4 DHCP 与域名	299
12.2.5 DHCP 中继代理	300
第 13 章 应用服务	301
13.1 WWW	301
13.1.1 HTTP	301
13.1.2 HTTP 连接的建立	302
13.1.3 HTTP 缓冲技术	303
13.2 电子邮件	304
13.2.1 SMTP 和 POP3	304
13.2.2 MIME	309
13.3 文件传输	310
13.3.1 FTP	311
13.3.2 TFTP	313
13.4 远程登录	318

13.5 实时传输.....	323
13.5.1 RTP 和 RTCP.....	323
13.5.2 RSVP 与服务质量	331
13.5.3 RTP 应用实例	332
13.6 SNMP.....	332
13.6.1 网络管理的基本概念	332
13.6.2 SNMP 概述.....	333
13.6.3 管理信息库	335
13.6.4 SNMP 报文格式.....	338
第五部分 实际技能训练	
第 14 章 实训	341
14.1 实训 1——考察实际网络系统	341
14.2 实训 2——考察实际网络互连的设备	342
14.3 实训 3——设计规划以太网组网的实用解决方案	343
14.4 实训 4——实际广域网接入	344
14.5 实训 5——网络互连	345
14.6 实训 6——规划、配置网络系统	346
14.7 实训 7——IP 逻辑规划及路由配置	347
14.8 实训 8——VPN 配置实验	348
14.9 实训 9——NAT 配置实验.....	349
14.10 实训 10——传输层协议的理解	350
14.11 实训 11——域名解析的应用	351
14.12 实训 12——BOOTP 和 DHCP 的应用	353
14.13 实训 13——FTP 和 TFTP 的应用	354
附录	356
附录 1 NetWare 体系结构	356
附录 2 SNA 体系结构	358
附录 3 VINES 体系结构.....	359
附录 4 DECnet 体系结构.....	362
附录 5 RFC 指南	365

第一部分 网络互连概念

第 1 章 网络互连基础

本章提要

- 计算机网络互连的概念。
- OSI/RM 的概念。
- TCP/IP 体系结构的概念。
- 其他典型体系结构的基本概念。

1.1 网络互连的概念

随着社会的进步和科学技术的发展，现代社会对网络技术有了极大的需求，集中表现在对连网距离扩展的需求、对网内计算机数量扩展的需求、对网络功能扩展的需求以及对异种网络通信扩展的需求。

网络互连是扩展网络的重要方法，即在简单网络的基础上，将分布在不同地理位置，并且采用不同协议的网络相互连接起来，以构成大规模的、复杂的网络，使不同的网络之间能够在更大范围进行通信，让用户方便、透明地访问各种网络，达到更高层次的信息交换和资源共享。图 1-1 就是一个具有代表性的网络互连概念模型。

在一整套科学、严密的网络规则的制约下，可以将现实中各种结构的网络系统有效地连接起来。其中需要明确网络互连的目的和基本需求；确定指导网络互连的理论基础；研究采用何种技术、方法、规范和标准；并在综合考虑技术经济问题的基础上实现网络互连。

实现网络互连的基本条件是：首先，在需要连接的网络之间提供物理链路，建立数据交换的连接通道，并且有全面的控制规程；其次，在不同的网络之间建立适当的路由；第三，能够在有差异的网络中进行数据交换；最后，还要能够进行有效的网络管理。

网络互连通常要经过中间设备，统称之为中继系统，在两个网络互连的路径中可以有多个不同类型的中继系统。按 OSI/RM 所属的层次划分，网络互连可以分为物理层的互连、数据链路层的互连、网络层的互连和高层的互连。

按照网络互连的距离，一般分为局域网的互连和广域网的互连两种类型，它们在原理、规范、技术和设备等方面均具有各自的特点，但是由于计算机网络技术的飞速发展，各种技术相互融合，对网络技术和设备的分类越来越模糊。

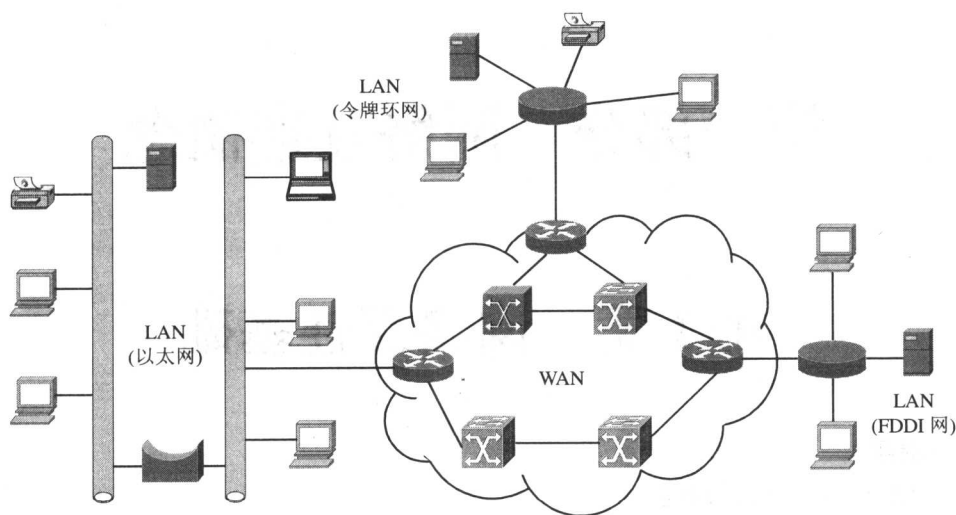


图 1-1 网络互连概念模型

网络互连技术有 3 个基本术语，即“互连”、“互通”和“互操作”。“互连”是网络互连的基础，指在两个物理网络间至少有一条物理链路，为数据交换提供了物质基础和可能性，但不保证一定能进行数据交换，必须看其网络协议是否兼容。“互通”是网络互连的手段，指在两个网络间端到端的连接和数据交换。“互操作”是网络互连的目的，指两个网络在高层软件作用下，不同计算机系统之间访问对方资源的能力。

1.2 网络体系结构

计算机网络是一个复杂的大系统，根据系统科学的思想，按照它们在系统中的地位和功能，可分解成若干彼此联系的子系统。由于不同子系统的用户程序、文件传送包、数据库管理系统和各种终端设备等构成的实体间的通信任务特别复杂，所以网络协议也十分复杂。对于复杂的计算机网络协议，最好的分析方法是采用层次式结构，即把一个复杂的问题分解成若干个容易处理的问题，然后逐个加以研究、解决。这是一种结构化的工程设计方法，是设计中常用的手段。通常将计算机网络协议的体系结构分成若干层次，然后将各层及其协议的集合称为网络的体系结构。从完成具体工作的角度分析，计算机网络的体系结构就是该网络及其子系统所应完成的功能的精确描述。网络体系结构是一个抽象的概念，并不涉及这些功能借以实现的软件和硬件。

1.2.1 开放系统互连参考模型

开放系统互连参考模型（Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM），是由国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）于 1977 年成立的专门机构研究，并于 1983 年提出的一个开放系统互连基本参考模型的国际标准，它是一个定义连接异种计算

机标准的主体结构。OSI/RM 为连接分布式应用处理的开放系统提供了基础。开放是指相互识别和支持这些标准化的信息交换协议，能使任何两个遵守参考模型和有关标准的系统进行连接。开放系统互连是指为了在终端设备、计算机、网络和处理机之间交换信息所需要的标准化协议，为了彼此都能使用这些协议，在它们之间也必须是相互开放的。

OSI/RM 中的基本构造技术是分层结构，其划分层次的基本原则如下所述。

(1) 层数应当适当，避免不同的功能混杂在同一层中，但又不宜过多，避免描述各层及将各层组合起来过于繁杂。

(2) 各层边界的选择应尽量减少跨过接口的通信量。

(3) 每层应有明确的功能定义，对已被实践经验证明是成功的层次应予以保留。

(4) 各层功能的选择应该有助于制定网络协议的国际标准。

(5) 在保持与上下相邻层间接口服务定义不变的前提下，允许在本层内改变功能和协议。

(6) 根据通信功能的需要，在同一层内可以建立若干子层，并且可以根据情况跳过某些子层。

(7) 每一层仅和它的相邻层建立接口并规定相应的服务，这个原则也适用于子层的接口。

按照以上基本原则，OSI/RM 把整个网络系统分成 7 个层次，其分层模型如图 1-2 所示。每层可以和相邻层通信，各层有不同的功能。由下至上，第 1 层到第 3 层属于通信子网的功能范畴，第 5 层到第 7 层属于资源子网的功能范畴，第 4 层衔接上下 3 层。

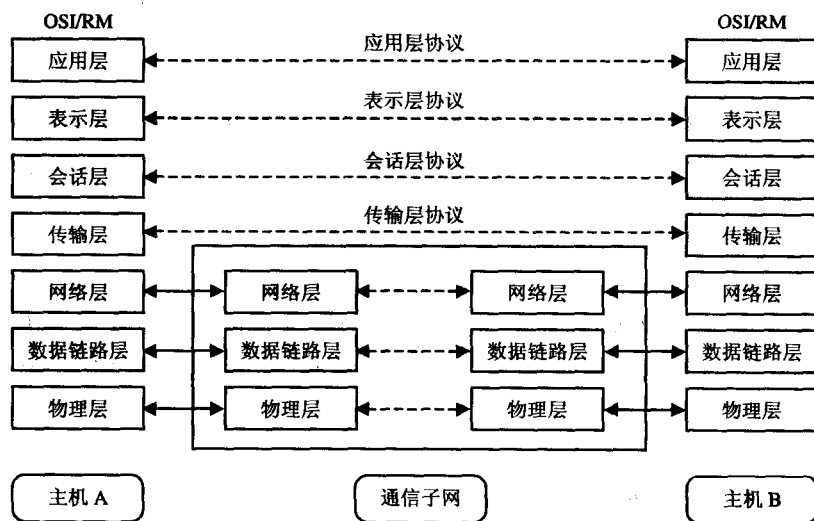


图 1-2 OSI/RM 体系结构

(1) 物理层 (Physical Layer)。物理层的下面是具体的物理媒体，如有线传输中的双绞线和同轴电缆等。物理层的任务就是为上一层的数据链路层提供一个物理连接，透明地传送比特 (bit, 位) 流。因此在物理层数据的传送单位是比特，至于具体的比特表示什么意思则不是物理层所要负责的。必须说明，所提到的物理连接并不是永远存在的，它要依靠物理层来激活、维持和释放。

(2) 数据链路层 (Data Link Layer)。数据链路层负责在两相邻节点间的链路上无差错地传送以帧 (Frame) 为单位的数据。帧就是按一定格式组织起来的位组合, 每一帧包括一定数量的数据和一些规定的控制信息。与物理层相似, 数据链路层要负责建立、维持和释放数据链路的连接。在传输数据时, 若接收节点检测到数据存在差错, 就要通知发送方重发这一帧, 直到这一帧正确到达接收节点为止。在每一帧所包括的控制信息中, 包括同步信息、地址信息、差错控制以及流量控制信息等。

(3) 网络层 (Network Layer)。在网络层, 数据的传送单位是分组或包 (Packet), 即具有地址标识和网络层协议信息的格式化信息组。网络层的任务就是要选择合适的路由和交换节点, 透明地向目的站交付发送站所发送的分组。“透明”表示网络的存在并不会使所传递的分组丢失、重复或使分组的顺序出现错误, 就如同收发两端是直接连通的。网络层中的“网络”是一个有特定含义的 OSI/RM 专用名词, 它是第 3 层的名字。

(4) 传输层 (Transport Layer)。传输层在网络两个实体之间建立端到端 (End-to-End) 的通信信道, 用以传输信息或报文 (Message)。一个报文可分成若干个报文分组。本层提供两端点之间可靠、透明的数据传输, 其功能是执行端到端的差错控制、顺序控制和流量控制等, 管理多路复用和解复用。传输层是计算机通信体系结构中关键的一层。

(5) 会话层 (Session Layer)。会话层提供面向通信的各层的逻辑用户接口。该层在两个互相通信的应用进程之间建立、组织和协调其交互。例如, 确定是半双工工作还是全双工工作, 以及确定在出现意外, 需要恢复对话时应当从什么地方开始。

(6) 表示层 (Presentation Layer)。该层主要解决用户信息的语法表示问题。表示层将数据从适合于某一用户的抽象语法, 变换为适合于 OSI/RM 系统内部使用的传送语法。本层执行通用数据交换功能, 提供标准应用接口、公共通信服务。如数值计算的通解、加密、解密、压缩和终端格式转换等。

(7) 应用层 (Application Layer)。应用层的功能主要由用户或应用决定, 确定进程之间通信的性质以满足用户的需要, 负责用户信息的语义表示, 并在两个通信者之间进行语义匹配。本层为用户提供 OSI/RM 环境的各种服务, 例如管理网络资源、建立应用程序包和事务管理服务、文件传输、数据库管理服务和网络管理服务。

7 层网络功能可分为 3 组: 第 1、2 层解决网络信道问题; 第 3、4 层解决传输服务问题; 第 5、6、7 层处理对应用进程的访问。从控制角度看, 7 层网络的下 3 层为传输控制层, 解决网络通信问题; 上 3 层为应用控制层, 解决应用进程通信问题; 中间层是第 4 层, 作为转送层, 属于传输与应用间的接口。

1.2.2 TCP/IP 体系结构

传输控制协议/网间 (际) 协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP), 是当前网络互连协议中最著名的协议族。TCP/IP 于 20 世纪 70 年代由美国政府的国防部高级研究计划局 (DARPA) 提供资金开发, 其目的是将各种军队机构、国防和研究合作机构以及部分大学中的不同计算机设备连成一个整体, 形成全国范围内的广域计算机通信网络, 即 ARPAnet, 该广域网络的核心协议就是 TCP/IP。随着 ARPAnet 网扩展为 Internet, TCP/IP 产品逐渐为众多的计算机厂商所支持。现在国际上几乎所有的软、硬件厂商和开发机构均在自

己的网络产品中支持 TCP/IP，从而使 TCP/IP 适用于各种硬件平台和软件环境，被公认为是除 OSI/RM 之外的最重要的网络分层模型，成为互连网络事实上的标准。其协议族被认为是 OSI/RM 的替代型和简化型。

从体系结构角度看，TCP/IP 被分为 4 个概念层：网络接口层、网络层、传输层和应用层，其层次关系如图 1-3 所示。

其中各层次的基本含义及其功能如下所述。

(1) 网络接口层 (Network Interface Layer)。

TCP/IP 模型将与物理网络相关的部分称为网络接口层，与 OSI/RM 的物理层和数据链路层相当。它包含有最低级的网络协议软件，负责接收上层递交来的 IP 数据报，并把该数据报发送到指定的网络上。一个网络接口可以由一个设备驱动器组成，也可以是一个使用自己的链路协议的子系统。

(2) 网络层 (Internet Layer)。对应于 OSI/RM 的网络层，它面向互联网环境设计，具有很强的互联网通信能力，用来解决互联网中计算机到计算机的通信

问题。该层接受一个请求，要求把来自传输层的一个报文分组封装在一个 IP 数据报 (Datagram) 中，连同应当发送给哪个计算机的标识码，填好数据报报头的其他信息一同发送出去；然后使用路由选择算法，确定是把该数据报直接递交出去还是发送给一个网关；最后将数据报传递给相应的网络接口。反过来，网络层还要处理下层递交来的数据报，校验数据报的有效性，删除报头，使用路由选择算法确定该数据报应由本地处理还是转发出去。对于对本机寻址的数据报，网络层软件从多个传输协议中选出一种，处理该数据报中的报文分组。另外，网络层还按照需要，发送相应的网络控制信息协议 (ICMP) 数据报，并处理所有到来的 ICMP 报文。

(3) 传输层 (Transport Layer)。对应于 OSI/RM 的传输层，主要包括 TCP 和 UDP 两个协议。其任务是提供应用程序之间的通信，即所谓的端到端 (End-to-End) 的通信。传输层对信息流有一定的调节作用，并提供可靠的传输，确保数据无差错且顺序不错乱地到达目的地。因此，接收方传输层应具有发回确认信息或要求重发丢失的报文分组的功能。传输软件将要发送的报文或数据流分成更小的段，即报文分组 (Packet)，把每个报文分组连同同一个报文目的地址一起向下层递交，以便发送。反过来它也接收来自下层的报文分组，重组成完整的报文或数据流，并确保其完整性、正确性，并按顺序递交给应用程序。

尽管在图 1-3 中只有一个应用层，但在一台通用计算机中每次可以有多个应用程序访问网络，因此传输层往往同时从几个用户程序接收数据，然后把数据发送给下个较低的层次。因此，传输层要在每个报文分组上加上一些辅助信息，包括标识是哪个应用程序发出的某分组的标识码、哪个应用程序应该接收这个分组的标识码以及差错校验码等。

(4) 应用层 (Application Layer)。TCP/IP 将 OSI/RM 的传输层以上统称为应用层，主要定义了远程登录、文件传送和电子邮件等应用。在这个层次，用户调用访问网络的应用程序，应用程序与传输层协议相互配合，用以发送和接收用户的最终数据。每个应用程序选用自己的数据形式，可以是一系列报文 (Message)，也可以是一种字节流 (Stream)，均向下传送过来，将下层传送来的报文或数据流转变为相应的目的数据，递交给各应用程序。

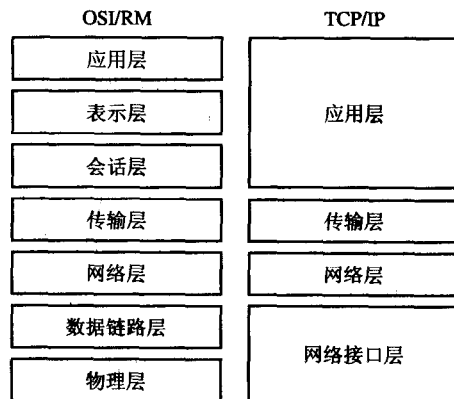


图 1-3 TCP/IP 体系结构

1.3 Internet 的问题与发展

1.3.1 Internet 存在的问题

自 20 世纪 90 年代 Internet 商业化以后,各种计算机和局域网大量地接入,各类用户数量飞速增长,网络多媒体计算、网络分布式对象计算、网络并行计算和网络移动计算等应用都在 Internet 网络上迅速发展。随着社会需求的提高,原有的 Internet 技术在容量、速度、处理能力等方面均已不尽人意,必须不断地改进和完善才能适应发展的需求。

在 Internet 网络传输技术中,带宽始终是一个重要问题。由于网上计算机数量增长十分迅速和网上业务的多元化,对网络带宽的要求日益增长。当前解决宽带传输的方法已有多种,依靠普通电话线的 ADSL 技术,已迅速成为个人用户上网的主要方式。以分组模式为基础的异步传输模式(ATM),是实现宽带综合业务数字服务的重要技术。基于 X.25 的帧中继(FR)技术,使通信性能提高,是另一个数据通信向带宽领域过渡的方案。交换式局域网技术采用虚拟局域网技术,使网上主机实际获得的网络带宽有很大提高。另外,在网络内部设置代理服务器(Proxy Server),采用代理技术代理网上主机对 Internet 资源的访问也可以节省网络带宽。

TCP/IP 需要进一步完善。Internet 的成功以 TCP/IP 为基础,20 世纪 80 年代制定的 IPv4 (Internet Protocol version 4) 是现在使用的 TCP/IP 的核心,经过十几年的实践应用和检验,被公认为是一个成功的协议。但是随着 Internet 的发展, TCP/IP 的问题也显现出来,其中重要的是 IPv4 的 32 位地址长度导致 Internet 地址资源非常匮乏,限制了 Internet 的发展。同时 TCP/IP 也不能满足多媒体对带宽的实际要求,因此,在 TCP/IP 上又开发了支持多媒体通信的实时传输协议(Real-time Transport Protocol, RTP)。

由于 Internet 存在大量安全性的漏洞,因此在实际通信中,从 3 个方面实施安全措施,即防火墙技术(Firewall)、数据加密技术(Encryption)和身份鉴别或认证技术(Authentication)。防火墙用来防止非法使用者侵入,数据加密是对用户数据施加安全措施,认证用来核实通信对方的真实身份。ISP 在用户接入点上和路由器、服务器均有各种防火墙措施。数据加密用得较多的有 SSL (Secure Socket Layer) 和 SHTTP (Secure Hypertext Transport Protocol)。身份认证过程通过令牌在服务器之间相互操作密码计算机来实现。新的认证技术采用公开密钥制,即一个公开密钥和一个秘密密钥配合使用。

1.3.2 Internet 的发展

在 20 世纪 90 年代中期,由北美 100 多所大学和数十家企业组成了 Internet 2 论坛,致力于开发一种宽带、更高服务质量(Quality of Service, QoS)的 Internet,希望为将来的应用提供可靠的技术支撑。美国为了保持其信息世界领导者的地位,由政府于 1996 年宣布支持 Internet 2,并提出实施下一代 Internet (Next Generation Internet, NGI) 的计划。

在 NGI 关键技术中,极速宽带技术主要包括 Cyber Carrier 和 IP over DWDM。