



高等学校本科应用型教材

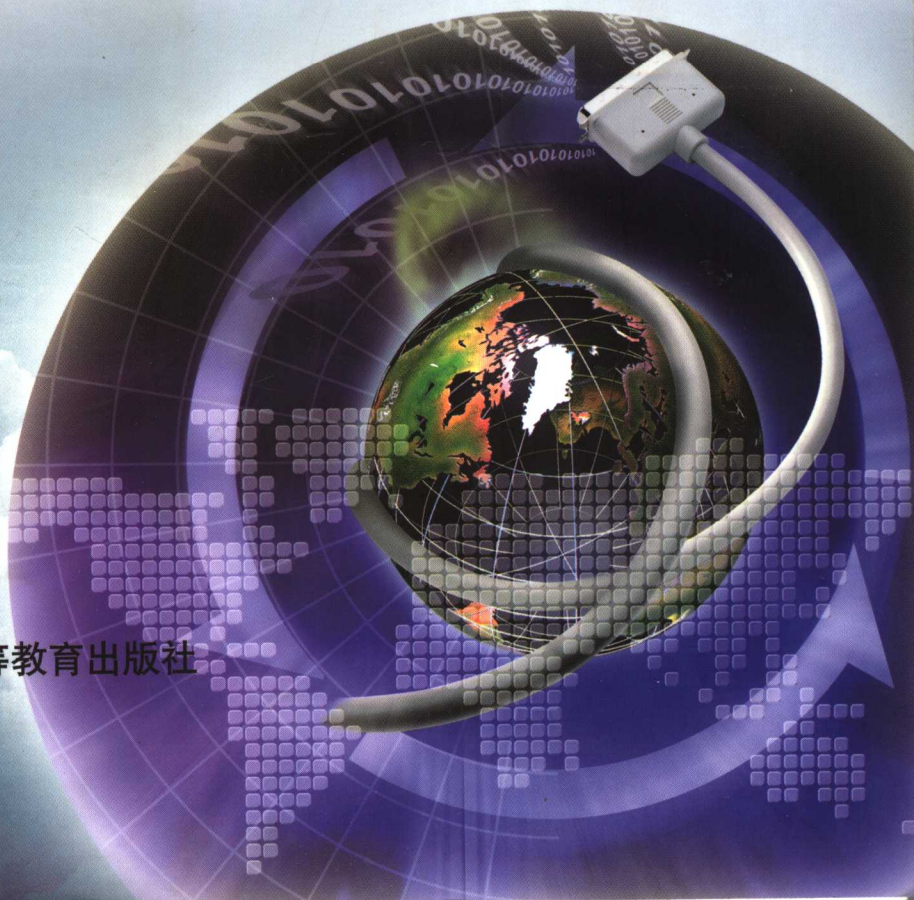
计算机网络工程概论

王宝智 主编

唐立旭 常煜 李岩松 编著



高等教育出版社



内容提要

本书介绍计算机网络的知识体系,包括12章。第1~3章介绍计算机网络的基本原理和概念,讲述了计算机网络的体系结构、组成设备、结构和类型。第4~10章介绍计算机网络工程的技术基础,讲述了以太网系列技术、无线局域网、TCP/IP/路由协议、接入网和交换网技术、网络安全技术、网络操作系统、网络管理的原理、协议和系统。第11、12章介绍计算机网络工程规划设计的内容和方法,讲述了体系结构设计、拓扑结构设计、VLAN设计、通信网设计、网络安全设计和网络平台选型等内容。

本书比较突出的内容包括:网络设备的结构和工作原理;10G以太网及以太网家族、VLAN、WLAN的技术及应用细节;TCP/IP路由协议的完善总结;接入网和交换网的分类介绍及其工程应用;Windows NT/2000/XP/2003、UNIX/Linux、NetWare系统的介绍;计算机网络管理的全新内容;工程设计的内容和方法、网络硬件系统、软件系统的选型。

本书内容新颖、体系完整、重点突出、理论联系实际,可作为高等院校计算机专业本科、工程硕士、在职研究生生的教材,也可供高职高专和非计算机专业本科教学使用,对于网络工程设计人员和网络管理员也具有参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程概论/王宝智主编;唐立旭,常煜,李岩松编著. —北京:高等教育出版社,2004.1(2006重印)

ISBN 7-04-013313-X

I. 计... II. ①王...②唐...③常...④李...

III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 123315 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京未来科学技术研究所 有限责任公司印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2004 年 1 月第 1 版
印 张	24.25	印 次	2006 年 8 月第 2 次印刷
字 数	450 000	定 价	30.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 13313-00

策划编辑 刘建元
责任编辑 韩 飞
封面设计 刘晓翔
责任印制 毛斯璐

序

人类社会在经历了农业社会和工业社会之后进入了信息社会。作为信息社会的基础设施,计算机及计算机网络技术得到了迅猛的发展。从全球范围来看,计算机网络已经成为发达国家信息高速公路的主干。在我国,“政府上网工程”、“企业上网工程”和“家庭上网工程”风起云涌,电子政务、电子商务、远程教育推陈出新,经历了计算机普及和办公自动化浪潮之后又迎来了新一轮计算机网络应用的浪潮。

建设计算机网络需要掌握计算机网络知识和工程设计方法的专业人才。《计算机网络工程概论》就是面向计算机网络工程人才培养的一本不可多得的好书。这本书按照计算机网络工程的知识体系展开,系统介绍了计算机网络工程的基本概念、技术基础、工程任务和设计方法,比较准确地把握了计算机网络技术的发展方向,取材比较新颖、体系完整、重点突出;另外,编著者具有比较丰富的计算机网络工程教学和管理经验,使全书内容能够做到理论联系实际。

《计算机网络工程概论》一书必定使读者开卷受益。

宿双宁

2003年12月

前 言

多年来,高等院校的计算机科学与技术、通信工程等专业都开设了“计算机网络”课。这门课的定位是概论性质的,其教学要求是把计算机网络知识体系的基本内容以模块的方式介绍给学生。由于学时总量和实验、实践条件的限制(网络实验的环境要求比较高),计算机网络课实践教学的内容和环节很少(有的学校甚至没有),但如果教材内容详略得当,与现阶段计算机网络的知识体系比较吻合,仍然能让学生在学习理论知识的同时,尽可能多地掌握工程实践方面的内容。本书就是以此为宗旨编写的。

本书的另一读者对象是信息类工程硕士研究生,他们在本(专)科学习阶段基本没有学习过计算机网络方面的相关课程,在研究生阶段要学习的计算机网络课程即“计算机网络工程”,课程定位也是概论性质的,与计算机科学与技术等本科专业的教学要求基本一致。

当前,我国高职高专教育方兴未艾。计算机专业,尤其是偏重于网络方向的专业是高职高专学校的特色专业。本书的内容降低一定教学要求后,可以作为此类专业“计算机网络基础”类课程的教材。对于大多数院校的网络工程本科专业,本书也可以作为“计算机网络原理”类课程教材。本书有如下特点:

(1) 内容新颖:详细介绍了 10G 以太网、无线局域网 WLAN、第三层交换、网络安全等技术以及 Windows 2000 等系统。

(2) 体系完整:全面介绍了计算机网络体系结构、局域网技术、广域网技术、TCP/IP/路由协议、安全技术、网络管理、局域网操作系统和计算机网络工程设计。

(3) 重点突出:每章内容都用适度的篇幅总结了相关知识的核心内容,而且补充了许多以前其他教材欠缺的内容。

(4) 理论联系实际:本书比较全面地介绍了计算机网络设备,详细地归纳了以太局域网的工程指标,举例说明了广域网工程实例,集中介绍了计算机网络工程设计的主要任务和做法。

(5) 配有电子教案:为了便于教学使用,我们制作了 PowerPoint 格式的幻灯片作为本书的电子教案,节省了教师制图的难度和备课工作量。以其为基础,教师可以根据自己的需要把它改造成更加完善的辅助教学素材。此电子教案可在高等教育出版社计算机学科网站上下载(<http://cs.hep.com.cn>)。

另外,全书语言精练,叙述直白,可读性强。

本书的编写得到曾瑞华、楼红耀、万波、韩胜利、滕文生、李青、滕新子、李琳、牛晓华、王荣、孙健、李东、宋蕾、段小勇、段小宁、刘秀芹和马丽蓉的大力支持,编者对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中不当之处恳请批评指正。编者 Email 地址为:w_bz@163.net。

编 者

2003 年 12 月

目 录

第 1 章 计算机网络体系结构	(1)	2.4.1 NAS	(68)
1.1 计算机系统互联参考模型	(1)	2.4.2 DAS	(69)
1.1.1 计算机通信过程的 层次化	(1)	2.4.3 SAN	(70)
1.1.2 ISO 体系结构及重要 概念	(3)	思考题	(71)
1.1.3 如何理解参考模型	(11)	第 3 章 计算机网络结构与类型	(73)
1.2 局域网层次结构	(16)	3.1 局域网拓扑结构	(73)
1.2.1 数据链路层的子层	(16)	3.1.1 总线型	(73)
1.2.2 局域网数据帧结构	(19)	3.1.2 环形	(74)
1.3 局域网 MAC 协议	(20)	3.1.3 星形	(74)
1.3.1 CSMA 信道分配算法	(21)	3.1.4 树形	(74)
1.3.2 影响 CSMA/CD 效率的 因素	(22)	3.2 计算机网络类型	(75)
1.3.2 IEEE 802.3 MAC 技术	(25)	3.2.1 局域网	(76)
思考题	(28)	3.2.2 广域网	(76)
第 2 章 计算机网络设备	(30)	3.2.3 城域网	(77)
2.1 传输介质	(30)	3.2.4 互联网	(77)
2.1.1 双绞线	(30)	3.3 局域网类型	(78)
2.1.2 同轴电缆	(32)	3.3.1 独立局域网	(78)
2.1.3 光缆	(34)	3.3.2 扩展式局域网	(80)
2.2 局域网设备	(36)	3.4 城域网	(81)
2.2.1 中继器	(36)	3.4.1 MAN 拓扑结构	(81)
2.2.2 集线器	(36)	3.4.2 MAN 参考模型	(83)
2.2.3 网桥	(40)	3.5 虚拟局域网	(84)
2.2.4 交换机	(44)	3.5.1 VLAN 的含义与功能	(84)
2.2.5 路由器	(52)	3.5.2 VLAN 类型	(85)
2.3 主机系统	(59)	3.5.3 VLAN 标准	(87)
2.3.1 网络服务器	(60)	3.5.4 VLAN 通信	(89)
2.3.2 网络工作站	(62)	3.5.5 VLAN 配置操作举例	(89)
2.3.3 网络适配器	(63)	思考题	(92)
2.3.4 调制解调器	(66)	第 4 章 典型局域网技术	(93)
2.4 网络存储设备	(67)	4.1 以太网帧结构	(93)
		4.1.1 IOME 和 FE 帧结构	(94)
		4.1.2 千兆以太网帧结构	(96)
		4.1.3 万兆以太网帧结构	(96)

4.2 以太网物理层功能实体和标准	(97)	6.1.1 IP 地址	(146)
4.2.1 物理层功能实体	(97)	6.1.2 IP 数据报格式	(148)
4.2.2 MAC 帧的发送和接收过程	(102)	6.1.3 IP 功能模块	(150)
4.2.3 物理层工程标准	(103)	6.1.4 IP 发送和接收数据流程	(151)
4.3 以太网接口和中继器	(106)	6.1.5 IP 路由选择	(153)
4.3.1 以太网接口	(106)	6.2 UDP 和 TCP	(156)
4.3.2 中继器	(108)	6.2.1 进程通信	(157)
4.4 以太网工程指标	(110)	6.2.2 UDP	(157)
4.4.1 以太网技术参数	(110)	6.2.3 TCP	(159)
4.4.2 以太网距离参数	(111)	6.3 路由协议	(166)
思考题	(112)	6.3.1 RIP	(167)
第 5 章 无线局域网 WLAN	(113)	6.3.2 OSPF 协议	(168)
5.1 WLAN 组网方式	(113)	6.3.3 BGP 协议	(172)
5.1.1 分布式方式	(113)	6.3.4 组播路由选择协议	(175)
5.1.2 集中控制方式	(113)	6.3.5 无类域间路由选择 CIDR	(176)
5.2 WLAN 组成	(115)	思考题	(176)
5.2.1 无线网卡	(115)	第 7 章 广域网技术	(178)
5.2.2 AP 设备	(116)	7.1 概述	(178)
5.2.3 无线传输	(120)	7.2 接入网	(179)
5.3 WLAN 体系结构	(121)	7.2.1 公共交换电话网 PSTN	(179)
5.3.1 IEEE 802.11MAC 层	(121)	7.2.2 综合业务数字网 ISDN	(179)
5.3.2 IEEE 802.11 物理层	(130)	7.2.3 点对点专用线路和 DSL	(180)
5.4 WLAN 技术代表 - HiperLAN2	(132)	7.3 交换网	(182)
5.4.1 HiperLAN2 网络结构	(133)	7.3.1 X.25 分组交换网	(182)
5.4.2 HiperLAN2 体系结构	(134)	7.3.2 帧中继	(183)
5.4.3 HiperLAN2 主要技术特征	(135)	7.3.3 交换式多兆位数据服务 SMDS	(187)
5.4.4 HiperLAN2 与 802.11 的比较	(137)	7.4 ATM	(187)
5.5 WLAN 系统	(137)	7.4.1 ATM 概述	(187)
5.5.1 蓝牙系统	(137)	7.4.2 ATM LANE	(197)
5.5.2 无线应用协议 WAP	(139)	7.4.3 第 3 层交换	(201)
思考题	(145)	7.5 计算机网络广域网互联举例	(205)
第 6 章 网络互联协议 TCP/IP	(146)	7.5.1 设计互联网拓扑结构	(205)
6.1 IP 协议	(146)		

7.5.2 分配地址	(205)	9.2 计算机网络操作系统的 工作模式	(241)
7.5.3 设置路由表	(206)	9.3 主流计算机网络操作系统 概述	(242)
7.5.4 配置通信资源	(207)	9.3.1 Windows NT/2000/XP/ 2003	(242)
思考题	(207)	9.3.2 UNIX	(245)
第8章 网络安全技术	(209)	9.3.3 Linux	(247)
8.1 网络信息安全概述	(210)	9.3.4 NetWare	(248)
8.1.1 网络安全威胁	(210)	9.4 主流系统的网络体系结构	(250)
8.1.2 网络安全方法	(210)	9.4.1 NT/2000/XP/2003 网络 体系结构	(251)
8.1.3 网络安全体系结构	(211)	9.4.2 UNIX 网络体系结构	(254)
8.1.4 网络信息安全服务 工具	(213)	9.4.3 NetWare 网络体系 结构	(257)
8.2 加密算法	(216)	9.5 主流系统重要的概念	(258)
8.2.1 DES 算法	(216)	9.5.1 NT/2000/XP/2003 的重要 概念	(258)
8.2.2 IDEA 算法	(219)	9.5.2 UNIX/Linux 的重要 概念	(266)
8.2.3 共享密钥产生算法	(220)	9.5.3 NetWare 5 的重要 概念	(271)
8.3 认证算法	(221)	思考题	(278)
8.4 证书	(224)	第10章 计算机网络管理	(280)
8.4.1 证书的含义	(224)	10.1 网管的功能和标准	(280)
8.4.2 证书的生成和验证	(225)	10.1.1 对网络管理的理解	(280)
8.4.3 Hash 函数	(226)	10.1.2 网络管理重要概念	(281)
8.5 防火墙	(227)	10.1.3 网络管理标准	(282)
8.5.1 防火墙的含义	(227)	10.2 网管模型	(283)
8.5.2 防火墙的类型	(228)	10.2.1 ISO 网管模型	(283)
8.6 入侵检测	(230)	10.2.2 Internet 网管模型	(284)
8.6.1 入侵检测的技术原理	(231)	10.3 网管协议	(285)
8.6.2 IDS 分类	(231)	10.3.1 SNMP	(285)
8.6.3 IDS 功能模型	(232)	10.3.2 CMIS/CMIP	(295)
8.7 VPN	(233)	10.3.3 CMOT	(296)
8.7.1 VPN 的类型	(233)	10.3.4 LMMP	(297)
8.7.2 VPN 应用领域	(234)	10.4 网管系统	(297)
8.8 IPSec	(235)	10.4.1 HP 的 OpenView	(298)
8.8.1 安全关联	(235)		
8.8.2 认证头部 AH	(236)		
8.8.3 负荷安全封装 ESP	(236)		
思考题	(238)		
第9章 计算机网络操作系统	(240)		
9.1 计算机网络操作系统的 基本功能	(240)		

10.4.2 IBM 的 NetView	(299)	11.6 通信网设计	(330)
10.4.3 SUN 的 Sun Net Manager	(300)	11.6.1 接入网设计	(330)
10.4.4 Cabletron 的 SPECTRUM	(301)	11.6.2 传输网设计	(330)
10.5 网络日常管理和维护	(303)	11.7 网络安全设计	(332)
10.5.1 VLAN 管理	(303)	11.7.1 网络防毒方案设计	(333)
10.5.2 WAN 接入管理	(303)	11.7.2 入侵检测系统设计	(336)
10.5.3 网络故障诊断和 排除	(304)	11.7.3 VPN 设计	(339)
10.5.4 网络管理工具	(305)	思考题	(340)
思考题	(306)	第 12 章 计算机网络平台选型	(342)
第 11 章 计算机网络工程设计	(308)	12.1 网络硬件平台选型	(342)
11.1 计算机网络工程概述	(308)	12.1.1 网络技术选型	(342)
11.1.1 计算机网络工程的 含义	(308)	12.1.2 传输介质选型	(343)
11.1.2 计算机网络工程的 组织	(309)	12.1.3 网卡选型	(344)
11.1.3 任务与方案	(315)	12.1.4 Modem 选型	(345)
11.1.4 工程实施要点	(317)	12.1.5 集线器 Hub 选型	(346)
11.2 体系结构设计	(317)	12.1.6 交换机选型	(347)
11.2.1 物理层设计	(317)	12.1.7 路由器选型	(348)
11.2.2 MAC 子层设计	(319)	12.1.8 服务器选型	(349)
11.2.3 互联层设计	(320)	12.1.9 NAS 产品选型	(351)
11.3 拓扑结构设计	(321)	12.1.10 网络测试设备选型	(352)
11.3.1 核心层设计	(323)	12.2 网络软件平台选型	(352)
11.3.2 汇聚层设计	(323)	12.2.1 网络操作系统选型	(352)
11.3.3 接入层设计	(324)	12.2.2 网络管理系统选型	(354)
11.4 子网划分和地址分配	(325)	12.2.3 网络数据库管理系统 选型	(355)
11.4.1 子网划分	(325)	12.3 网络安全平台选型	(358)
11.4.2 地址分配	(326)	12.3.1 防火墙选型	(358)
11.5 VLAN 设计	(328)	12.3.2 网络防病毒系统 选型	(362)
11.5.1 确定 VLAN 的类型	(328)	12.3.3 入侵检测系统选型	(366)
11.5.2 确定 VLAN 成员	(329)	12.4 Internet 联网平台选型	(370)
11.5.3 配置 VLAN 中的 路由	(329)	12.4.1 选择上网方式	(370)
		12.4.2 选择服务提供商	(371)
		思考题	(372)
		参考文献	(373)

第1章 计算机网络体系结构

本章首先介绍计算机系统互联参考模型;然后,重点分析几个与参考模型关系密切的概念,帮助读者理解体系结构的内涵;最后,介绍局域网的体系结构和常用的协议。

1.1 计算机系统互联参考模型

计算机网络能够实现信息交换和资源共享。实现信息交换和资源共享的根本途径是数据通信。计算机网络中的数据通信是个很复杂的过程,需要解决多个问题。计算机网络解决数据通信问题的做法是由若干功能模块联合起来实现这个复杂过程。每个功能模块解决某些特定的问题,各个功能模块协同起来实现数据从发送方到接收方的传输。

1.1.1 计算机通信过程的层次化

计算机网络通信的复杂过程按照先后顺序划分为若干个功能层,每个功能层负责完成一定的任务,这些任务由几个功能模块分别完成。计算机网络用户数据逐层按照层的功能规范处理。每层的处理过程一般包括三方面的内容:一是数据格式的转换,二是数据通路的管理,三是通信控制。

数据格式转换是指第 n 层协议的数据单元(Protocol Data Unit, PDU)和相邻层的 PDU 之间的转换。当由第 n 层 PDU 得到第 $n-1$ 层的 PDU 时,称为封装,如图 1.1(a)所示。当第 $n-1$ 层 PDU 的数据部分长度小于第 n 层 PDU 时,封装之前要先将第 n 层 PDU 分成若干个片段(segment),称为分段。当由第 $n-1$ 层 PDU 得到第 n 层的 PDU 时,称为拆装,如图 1.1(b)所示。

从图 1.1 中可以看出,PDU 是由头部和数据两大部分组成的数据结构,协议处理数据时处理的就是它。PDU 的作用与货车很相似:PDU 的头部像是车头,起到控制作用;PDU 的数据部分像是车厢,用来装数据(货物)。

数据通路是指通信双方(层实体)之间交换 PDU 时使用的通路,它由一些通信资源组成。数据通路的管理是指数据通路的建立、使用和撤消。数据通路的含义如图 1.2 所示。

第 1 层的数据单元结构通称为比特流;第 2 层的数据单元结构通称为帧

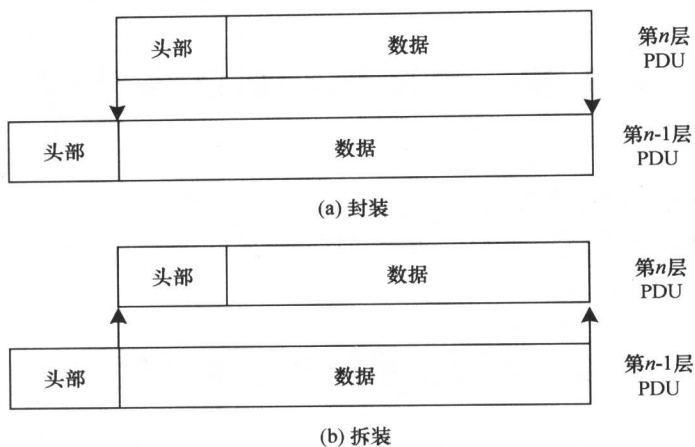


图 1.1 数据格式转换

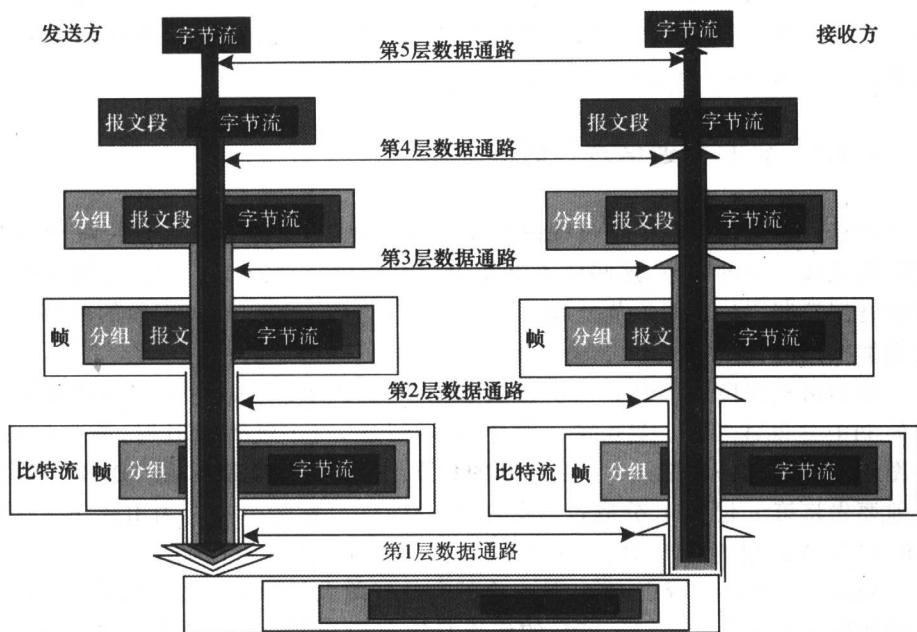


图 1.2 数据通路

(frame);第3层的数据单元结构通称为分组;第4层的数据单元结构通称为报文(或报文段);第5层的数据单元结构通称为字节流。

从图 1.2 中可以看出,不同功能层具有各自的数据通路。尤其值得注意的

是,高层的数据单元封装在低层数据单元中发送,这意味着高层数据通路要以低层数据通路为基础,换句话说,高层通信要使用低层的数据通路。

通信控制的作用是保证数据通信的正确性、顺序性、可靠性和高效性。参与通信控制的信息一般包含在 PDU 的头部和尾部中^①。

1.1.2 ISO 体系结构及重要概念

当前有两个最有代表性的功能层划分方法,一个是 ISO 制订的开放系统互联参考模型(Open Systems Interconnection Reference Model, OSIRM, 简记为 OSI),另一个是 Internet 遵循的 TCP/IP 参考模型。之所以称它们为参考模型,是因为设计网络协议时应该参考这些模型给出的功能规范。

1. OSI 模型和 TCP/IP 模型的基本层次结构

下面首先介绍这两个模型的基本内容。OSI 包括 7 个功能模块,如图 1.3(a)所示。TCP/IP 模型包括 5 个功能模块,如图 1.3(b)所示。

注意到,图 1.3 中功能模块是按照高低层次排列的(为数不少的文献称参考模型为层次结构模型),应用层、表示层和会话层被称为高层(早期文献还包括运输层),其他层被称为低层。

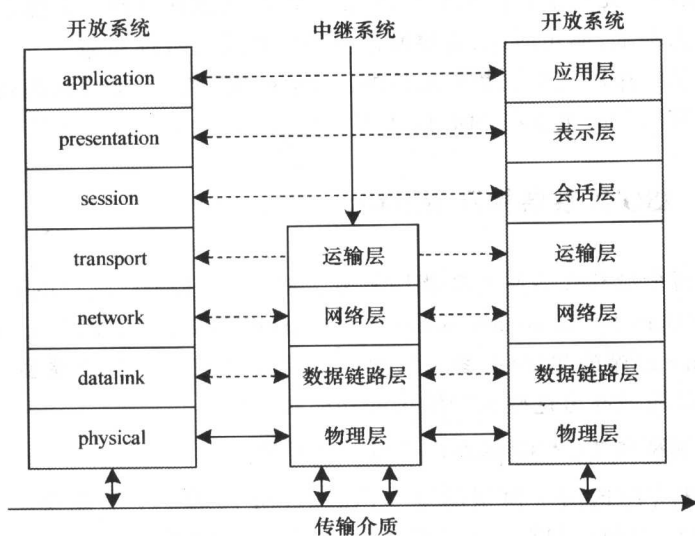
另外,对等层之间(除物理层)的双向箭头连线是虚线,这表示对等层之间并不存在实际的数据传输,只有物理层(链路)上才存在实际的数据传输。事实上,第 n 层($n > 1$)发送数据时,要先把数据交给第 $n - 1$ 层,然后逐层下传至物理层,最后由物理链路传输。过程如图 1.4 所示。

在数据逐层下传时要经过分段和封装,因为不同层的数据长度和格式不一样,而且,即使同层的不同协议的数据格式也是不一样的。数据格式由该层的协议规定。数据在被接收时的对等层进行相反的操作。

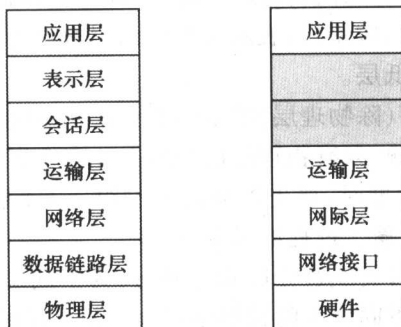
中继系统是指将数据进行转发的硬件系统的统称,如路由器、局域网交换机和广域网交换机,有时称之为节点设备。因此它一般不包含高层模块。

TCP/IP 参考模型不存在 OSI 模型中的表示层和会话层,表示层和会话层的功能实际上可以由应用层和运输层完成。典型的表示层功能,如加密/解密和压缩/解压缩可以由应用层实现;典型的会话层功能,如应用进程之间的数据传输连接控制可以由运输层实现。另外,TCP/IP 参考模型中不存在数据链路层和物理层,取而代之的是网络接口层(有的文献称为主机至网络层),该层实现主机/中继系统与网络硬件的连接,以便能在其上发送 IP 数据报。TCP/IP 参考模型没有定义实现该层的通用网络接口协议,而是支持多种现存的主机与网络的接口。

^① 有的 PDU 没有尾部。



(a) 开放系统互联参考模型



(b) TCP/IP 参考模型(阴影部分没有定义)

图 1.3 参考模型

TCP/IP 参考模型的其他层与 OSI 模型类似。

TCP/IP 模型是对协议族的抽象,换句话说,先有协议后有模型。这是 TCP/IP 模型与 OSI 模型另一个主要不同之处。

2. OSI 中的三级抽象^①

在 OSI 标准的制定过程中,所采用的方法是将整个庞大而复杂的问题划分为若干个较容易处理的范围较小的问题。在 OSI 中,问题的处理采用了自上而

^① 此部分内容较深,供参考学习。

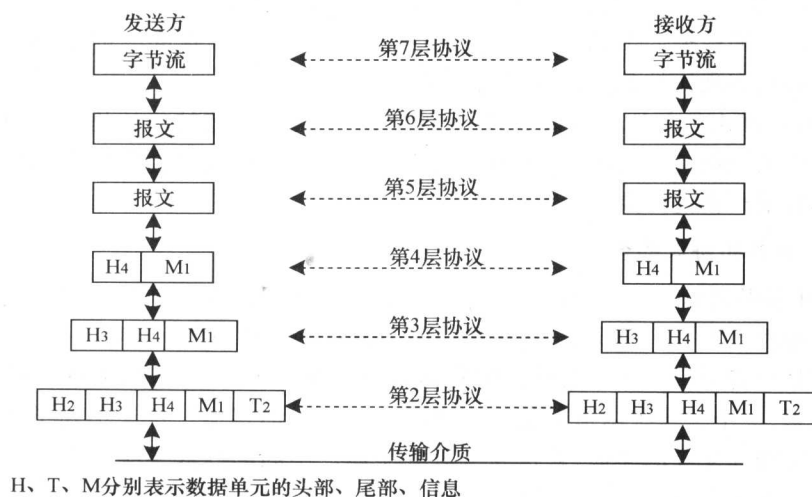


图 1.4 OSI 模型中各层数据单元的形成及流动

下逐步求精的方法。先从最高一级的抽象开始,这一级的约束最少,然后逐渐更加精细地进行描述,同时加上越来越多的约束。在 OSI 中,采用了图 1.5 所示的三级抽象,这三级抽象分别是体系结构、服务定义和协议规范。

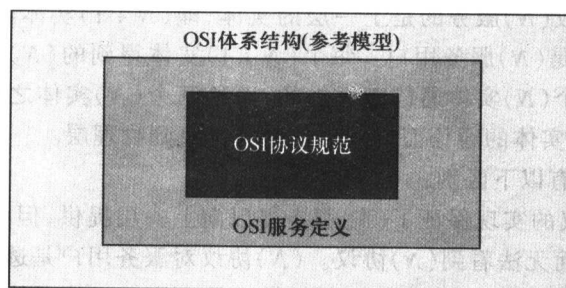


图 1.5 OSI 三级抽象

OSI 体系结构是 OSI 所制定的标准中最高一级的抽象。用比较形式化的语言来讲,体系结构相对于对象或客体的类型,而具体的网络则相当于对象的一个实例。OSI 参考模型正是描述了一个开放系统所要用到对象的类型、它们之间的关系以及这些对象类型与这些关系之间的一些普遍的约束。

比 OSI 参考模型更具体的抽象是 OSI 服务定义。服务定义较详细地定义了各层所提供的服务。某一层的服务就是该层及其子层的一种能力。服务通过接口提供给更高的一层使用。各层所提供的服务与这些服务是怎样实现的无关。

此外,各种服务还定义了层与层之间的抽象接口,以及各层为进行层与层之间的交互而使用的服务原语,但并不涉及到这个接口是怎样实现的。可见,ISO 抽象中不对如何实现所抽象的内容作出规范。

OSI 标准中最具体的抽象是 OSI 协议规范。协议规范精确地描述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。协议的规范具有最严格的约束。

3. 服务和协议的含义

OSI 参考模型用“实体(entity)”一词来表示任何可以发送或接收信息的硬件或软件进程。在许多情况下,实体就是一个特定的软件模块。这样,每一层都可以看成是由若干个实体所组成。但实体和子系统并不等同,实体是子系统中的活跃元素,一个子系统内可以包含一个或一个以上的实体。位于不同子系统的同一层内相互交互的实体,就构成了对等实体。不同的开放系统中对等实体之间的通信称为对等层通信。控制两个对等(N)实体进行通信(对等层通信)的规则集合称为(N)协议。

协议的语法方面的规则定义了所交换的信息的格式,而协议的语义方面则定义了发送者或接收者要完成的操作。例如,在什么条件下数据必须重发或丢弃。

两个(N)实体之间的通信使(N)层能够向上一层提供服务,这种服务就称为(N)服务。接收(N)服务的是上一层的实体,即($N+1$)实体。它们也称为用户或更严格的说是(N)服务用户。每个($N+1$)实体得到的(N)服务,都是通过(N)实体和另一个(N)实体通信而提供的,而这两个(N)实体之间的通信,又必须借助于($N-1$)实体的通信而得到。依次类推直到物理层。

服务和协议有以下区别:

(1) (N)协议的实现保证了(N)服务得以向上一层提供,但(N)服务用户只能看见(N)服务而无法看到(N)协议。(N)协议对服务用户是透明的。

(2) 协议是“水平的”,即协议控制的是对等实体之间的通信。但服务是“垂直的”,服务是由下层向上层通过层间接口提供的。上层通过与下层的服务原语的交换来使用下层所提供的服务。

注意:并非在(N)内实现的全部功能都称之为(N)服务,只有那些能够被高一层看见的功能才能称之为“服务”。

4. SAP、层间接口和传送数据单元

同一个系统相邻两层的实体的信息交换,都是通过对服务访问点(Service Access Point, SAP)的访问而进行的,SAP 实际上就是(N)实体和上一层的($N+1$)

实体之间的逻辑接口,有时也称之为端口(port)或插口(socket)。图 1.6 表示了 SAP 的含义。

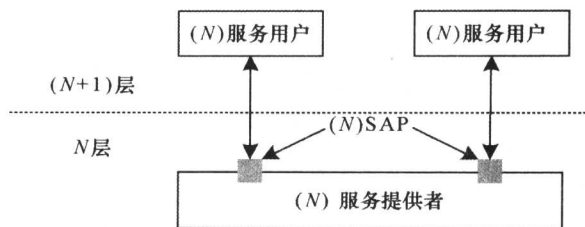


图 1.6 SAP 的含义

目前,大多数的服务有两个服务用户(例如发送方和接收方)和一个服务提供者,而且在这两个服务用户之间有一条(N)连接。但是,超过两个服务用户的情况也是有的,这就是多点连接和广播通信的情况,在这种情况下,信息从一个源点发出到达多个终点。有时在两个 SAP 之间可以建立多条连接,这就需要采用连接端点(Connection End Point, CEP)的概念。一个 SAP 中可以有多个连接端点,而每条连接的两端都必须使用不同的连接端点。图 1.7 概括了连接端点 CEP 和 SAP 的关系。

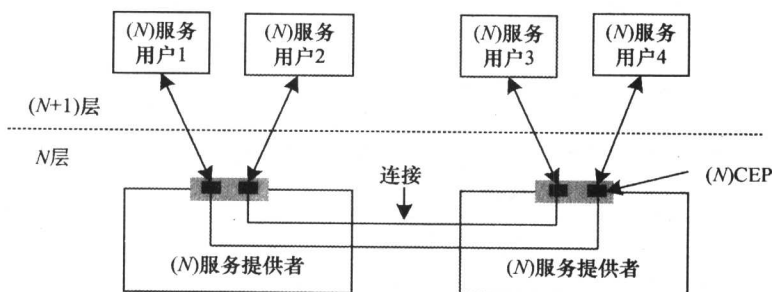


图 1.7 CEP 和 SAP 的关系

虽然两层之间可以允许有多个 SAP,但一个(N)SAP 只能被一个(N)实体和一个(N+1)实体所使用。但是,一个(N)实体(如图 1.8 中的实体 E)可以向多个(N)SAP 提供服务,这就是连接复用的情况。有时一个(N+1)实体(如图 1.8 中的实体 F)也可以使用多个(N)SAP,这就是连接分裂的情况。

在 OSI 参考模型中,信息传递的单位(即各种数据单元)共有三种,即协议数据单元 PDU、接口数据单元(Interface Data Unit, IDU)和服务数据单元(Service Data Unit, SDU)。(N)PDU 由两部分组成,即:

- (1) 本层用户的数据,记为(N)用户数据;