



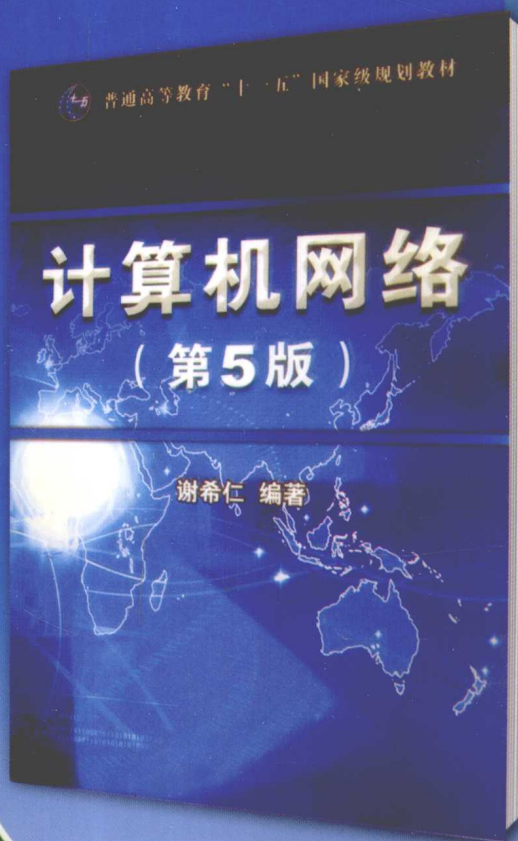
高等学校优秀教材辅导丛书

GAODENG XUEXIAO YOUXIU JIAOCAI FUDAO CONGSHU

主编 王慧强 郭方方 赵国生 李冰洋 冯光升

计算机网络 知识要点与习题解析

(修订版)



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

高等学校优秀教材辅导丛书

计算机网络 知识要点与习题解析(修订版)

(配谢希仁第五版教材·电子工业版)

主 编 王慧强 郭方方 赵国生
李冰洋 冯光升

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书以谢希仁编著的《计算机网络》(第五版)作为蓝本,对其知识精要及习题进行解析。每章由四个主要部分构成:知识要点、书后习题解析、同步训练题、同步训练题答案。知识要点部分主要对该章内容作简要概括并提炼重要知识点。书后习题解析给出了该章书后习题的详细分析过程及答案。同步训练题有针对性地选取了难度适宜的题目,读者可以通过这些题目检验该章的学习效果。

本书非常适合计算机网络的初学者作为辅导教材使用,亦可作为该课的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络知识要点与习题解析/王慧强等主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.9
ISBN 978 - 7 - 81133 - 546 - 0

I. 计… II. 王… III. 计算机网络 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 164375 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 22.5
字 数 500 千字
版 次 2009 年 10 月第 1 版
印 次 2009 年 10 月第 1 次印刷
印 数 1—3 000 册
定 价 35.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



P r e f a c e

前言

为了方便广大读者学习计算机网络知识,编者结合多年从事计算机网络教学的经验,仔细研读了有关计算机网络的大量资料与文献,尤其是谢希仁教授的《计算机网络》一书,并参考了与计算机网络相关的各类考试习题,最终整理编写成这本书。

本书为谢希仁教授编著的《计算机网络》(第五版)的配套辅导教材。全书共分10章,每章由知识要点、书后习题解析、同步训练题、同步训练题答案四个部分组成,知识要点部分撷取每章所涉及的主要知识点进行简要明了的阐述;书后习题解析部分通过分析解答典型习题,使读者能够更好地理解和掌握每章主要知识点、解题思路和方法;同步训练题及同步训练题答案部分则着重引导与扩展,通过典型题型的分析与解答,使读者能够逐渐掌握处理和解决计算机网络各种问题的思路与方法。

本书适合作为大中专院校计算机专业本科生及研究生学习计算机网络课程的参考书,而且对从事计算机网络应用与信息技术、网络工程、技术服务等相关领域工作的人员以及参加各类计算机网络相关考试的人员也具有极高的参考价值。

参与本书编写的主要编写人员有王慧强、郭方方、赵国生、李冰洋、冯光升等。此外,赖积保、梁颖、朱亮、金爽、郑丽君、武丹、孙雷等也参与了本书的整理工作。本书涉及的内容较为广泛,因编者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏或错误之处,敬请各位读者朋友批评指正。

编 者

2009年7月

Contentst 目录

第1章 概 述	1
知识要点	1
1.1 计算机网络在信息时代中的作用	1
1.2 计算机网络的发展过程	2
1.3 因特网的组成	3
1.4 计算机网络在我国的发展	4
1.5 计算机网络的分类	5
1.6 计算机网络的性能	6
1.7 计算机网络的体系结构	8
书后习题解析	12
同步训练题	19
同步训练题答案	22
第2章 物理层	26
知识要点	26
2.1 物理层的基本概念	26
2.2 数据通信的基础知识	27
2.3 物理层下面的传输媒体	29
2.4 信道复用技术	32
2.5 数字传输系统	33
2.6 宽带接入技术	35
书后习题解析	36
同步训练题	43
同步训练题答案	44
第3章 数据链路层	48
知识要点	48
3.1 使用点对点信道的数据链路层	48
3.2 点对点协议 PPP	52
3.3 使用广播信道的数据链路层	55
3.4 使用广播信道的以太网	59

3.5 扩展的以太网	63
3.6 高速以太网	67
3.7 其他类型的高速局域网或接口	69
书后习题解析	70
同步训练题	81
同步训练题答案	82
第4章 网络层	85
知识要点	85
4.1 网络层提供的两种服务	85
4.2 网际协议 IP	86
4.3 划分子网和构造超网	94
4.4 因特网控制报文协议 ICMP	99
4.5 因特网的路由选择协议	101
4.6 IP 多播	114
4.7 虚拟专用网 VPN 和网络地址转换 NAT	116
书后习题解析	121
同步训练题	140
同步训练题答案	142
第5章 运输层	145
知识要点	145
5.1 运输层协议概述	145
5.2 用户数据报协议 UDP	149
5.3 传输控制协议 TCP 概述	153
5.4 可靠传输的工作原理	154
5.5 TCP 报文段的首部格式	158
5.6 TCP 可靠传输的实现	161
5.7 TCP 的流量控制	167
5.8 TCP 的拥塞控制	169
5.9 TCP 的运输连接管理	173

书后习题解析	179
同步训练题	196
同步训练题答案	196
第6章 应用层	201
知识要点	201
6.1 域名系统 DNS	201
6.2 文件传送协议	206
6.3 远程终端协议 TELNET	208
6.4 万维网 WWW	209
6.5 电子邮件	224
6.6 动态主机配置协议 DHCP	230
6.7 简单网络管理协议 SNMP	233
6.8 应用进程跨越网络的通信	238
书后习题解析	242
同步训练题	257
同步训练答案	258
第7章 计算机网络的安全	261
知识要点	261
7.1 网络安全问题概述	261
7.2 两类密码体制	264
7.3 数字签名	265
7.4 鉴别	266
7.5 密钥分配	268
7.6 因特网使用的安全协议	269
7.7 链路加密与端到端加密	273
7.8 防火墙	273
书后习题解析	274
同步训练题	282
同步训练答案	283

第8章 因特网上的音频/视频服务	286
知识要点	286
8.1 概述	286
8.2 流式存储音频/视频	287
8.3 交互式音频/视频	291
8.4 改进“尽最大努力交付”的服务	298
书后习题解析	303
同步训练题	315
同步训练题答案	315
第9章 无线网络	319
知识要点	319
9.1 无线局域网 WLAN	319
9.2 无线个人区域网 WPAN	325
9.3 无线城域网 WMAN	326
书后习题解析	326
同步训练题	332
同步训练题答案	332
第10章 下一代因特网	334
知识要点	334
10.1 下一代的网际协议 IPv6	334
10.2 多协议标记交换 MPLS	339
10.3 P2P 文件共享	341
书后习题解析	342
同步训练题	347
同步训练题答案	348

第1章 概 述



知识要点

计算机网络定义为自主计算机的互联集合。本章从不同角度,对现代计算机网络进行分类,并归纳出几个评价计算机网络性能的指标。读者应该着重理解和掌握计算机网络中最基本最重要的概念——网络的分层次体系结构。一个功能完备的计算机网络需要制定一套复杂的协议集来保证数据交换正常进行,而对复杂计算机网络协议最好的组织方式就是层次结构模型。它以功能作为划分层次的基础,每层完成一定的功能,并建立在它的下层之上,不同网络,其层数、各层名称、内容和功能不尽相同。五层协议的体系结构综合了 OSI 和 TCP/IP 体系结构的优点,适合计算机网络原理的学习。读者在了解五层协议体系结构的各层功能及数据在各层中流动过程的基础上,应深入理解服务、面向连接服务、无连接服务、协议、接口等概念,并进一步通过对 OSI 和 TCP/IP 体系结构的比较,了解它们各自的特点。

还有一点值得一提,就是应用层协议的 C/S 方式,读者应加以重视。

1.1 计算机网络在信息时代中的作用

(1) 以网络为核心的信息时代具有数字化、网络化和信息化的特征。

(2) “三网”指的是电信网络、有线电视网络和计算机网络。

(3) 1993 年 9 月 15 日,美国政府发布“国家信息基础结构(NII)行动计划”,即俗称的“信息高速公路”,其中提出高速信息网是国家信息基础结构的一个重要组成部分。

(4) 1994 年 9 月,美国提出建立全球信息基础结构 GII,建议将各国的 NII 互联起来组成世界范围的信息基础结构,因特网(Internet)就是这种结构的雏形,其目标就是要建立一个完善的信息基础设施。



1.2 计算机网络的发展过程

1.2.1 网络的网络

网络把许多计算机连接在一起,而因特网则把许多网络连接在一起。

1.2.2 因特网时代

(1) 因特网的前身是 1969 年美国国防部远景研究规划局 (ARPA) 的军用实验网,其基础结构大体上经历了三个阶段的演进。

(2) 从单个网络 ARPANET 到互联网发展的过程。1983 年, TCP/IP 协议成为 ARPANET 上的标准协议,在 1983 ~ 1984 年间,因特网形成。

(3) 建成了三级结构的因特网,分别为主干网、地区网和校园网。

(4) 发展成为多级结构的因特网。大致将因特网分为以下五个接入级:第一级是网络接入点 NAP;第二级是由多个公司经营的国家主干网;第三级是地区 ISP (商用的、国家的);第四级是本地 ISP;第五级是校园网、企业或家庭 PC 机上网用户。

1.2.3 关于因特网的标准化工作

(1) 从 1992 年起,因特网协会 (ISOC) 对因特网进行全面管理。ISOC 下设因特网体系结构委员会 IAB, IAB 负责因特网有关协议的开发。

(2) 因特网标准都是以 RFC (Request for Comments) 的形式在因特网上发表的,所有的 RFC 文档都可从因特网上免费下载。

(3) 制定因特网正式标准的四个阶段。

因特网草案 (Internet Draft) —— 这个阶段还不是 RFC 文档;

建议标准 (Proposed Standard) —— 这个阶段开始为 RFC 文档;

草案标准 (Draft Standard);

因特网标准 (Internet Standard)。

(4) 因特网草案的有效期只有六个月。

(5) 其余三种 RFC。

历史的 RFC —— 被后来的规约所取代,或者是从未到达必要的成熟等级,因而未成为因特网标准。

实验的 RFC —— 表示其工作属于正在实验的情况,不能在任何实用的因特网服务中实现。

提供信息的 RFC —— 包括与因特网有关的,一般的、历史的或指导的信息,通

常由非因特网组织中的某个人写出。

1.3 因特网的组成

因特网从其工作方式上看,可以划分为以下的两部分:

(1) 边缘部分 由所有连接在因特网上的主机组成。这部分是用户直接使用的,用来进行通信(传送数据、音频或视频)和资源共享。

(2) 核心部分 由大量网络和连接这些网络的路由器组成。这部分是为边缘部分提供服务的(提供连通性和交换)。

1.3.1 因特网的边缘部分

在网络边缘的端系统中运行的程序之间的通信方式通常可划分为两大类:客户服务器方式(C/S方式)和对等方式(P2P方式)。

下面分别对这两种方式进行对比,如表1-1所示。

表 1-1 客户服务器方式与对等通信的比较

区别	客户服务器方式	对等通信方式
处理请求	一点对多点	点对点
服务器	有一个总是打开的主机称为服务器	没有一个总是打开的主机称为服务器
服务请求方与提供方	客户是服务请求方,服务器是服务提供方	任意一对主机称为对等方,不作区分
IP 地址	具有固定、周知的 IP 地址	参与的主机 IP 地址是可以改变的

1.3.2 因特网的核心部分

(1) 使用电话交换机可以使 N 部电话机的连接不再需要 $N(N-1)/2$ 对电线。

(2) 可将交换方式分为电路交换、报文交换、分组交换和混合交换。

(3) 存储转发技术(Store-and-forward): 存储转发方式是计算机网络领域应用最为广泛的方式,它把输入端口的数据包先存储起来,然后进行 CRC 检查,在对错误包处理后才取出数据包的目的地址,通过查找表转换成输出端口送出包。正因如此,存储转发方式数据处理时延大,这是不足。但是可以对进入交换机的数据包进行错误检测,尤其重要的是可以支持不同速度的输入输出端口间的转换,保持高



速端口与低速端口间的协同工作。

(4)报文交换:报文交换采用存储转发技术,通信线路利用率高。但网络的源端不对消息进行分割,路由器使用磁盘来缓存较长的块,延迟大,计算机网络不使用这种交换方式。

(5)电路交换与分组交换比较如表 1-2 所示。

表 1-2 电路交换与分组交换的比较

电路交换	分组交换
在发出一个电话呼叫时,在呼叫发起者与接收者之间存在一条实际的物理通路,这种技术叫电路交换	采用存储转发技术,对块的大小有严格的上限,分组可缓存在路由器的主存中
面向连接 ^[1] ,连接建立时间长	可面向无连接 ^[2] ,亦可面向连接,延迟短
计算机网络偶尔使用	计算机网络常常使用
通话的两个用户始终占用端到端的固定传输带宽,已分配电路中的任何未被使用的带宽都被浪费	动态分配带宽,需要时申请并随后释放,分组只占用正在传送分组的链路,在各分组传送之间的空闲时间,链路仍可为其他主机发送的分组使用,电路并不是专用的
信息编码方法、信息格式以及传输控制程序都不受限制,即可向用户提供透明的通路	较长的报文划分成为等长数据段,在每一个数据段前面,加上一些必要的控制信息(首部),构成一个分组(Packet)。分组的首部包含了诸如目的地址和源地址等重要控制信息,它们使分组可以在网络中独自选择路由。当某链路的通信量太大或遭到破坏时,结点交换机可以改变转发端口
数据按时序传送	分组会出现重排或丢失,但路由器可提供某种程度的错误纠正

注:[1]面向连接的传输方式必须经过“连接建立→数据传输→连接释放”三个步骤。

[2]面向无连接就是不先建立连接而随时可发送数据的传输方式。

1.4 计算机网络在我国的发展

1980 年,铁道部开始进行计算机联网实验。1989 年 11 月我国第一个公用分组交换网 CNPAC 建成运行。1993 年 9 月,建成新的中国公共分组交换网



CHINAPAC。1994年4月20日,我国用64 kb/s专线,正式连入因特网,同年5月中国科学院高能物理研究所设立了我国第一个万维网服务器,9月中国公用计算机互联网CHINANET正式启动。目前为止,我国陆续建造了基于因特网技术并可以和因特网互联的9个全国范围的公用计算机网络。

1.5 计算机网络的分类

1.5.1 计算机网络的不同定义

(1) 计算机网络的最简单定义是指一些互相连接的、自治的计算机的集合。

(2) 计算机网络与分布式系统不同。

二者共同点主要表现在:一般的分布式系统是建立在计算机网络之上的,因此,二者在物理结构上基本相同。

二者区别主要表现在:分布式操作系统与网络操作系统的设计思想是不同的,因此,它们的结构、工作方式与功能也是不同的。分布式系统是一个建立在网络之上的软件系统,这种软件保证了整个系统的一致性与透明性。分布式系统的用户不必关心网络环境中资源的分布情况,以及连网计算机的差别,用户的作业管理与文件管理过程对用户是透明的。计算机网络为分布式系统研究提供了技术基础,而分布式系统是计算机网络技术发展的高级阶段。

1.5.2 几种不同的分类方法

1. 从网络的交换功能进行分类

电路交换、报文交换、分组交换、混合交换。混合交换是在一个数据网中同时使用电路交换和分组交换。

2. 从网络的作用范围进行分类

(1) 局域网 LAN (Local Area Network) 地理上作用范围较小(如1 km左右)。一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连。中央处理机之间距离非常近(如1 m数量级),多称为多处理机系统,而不称为计算机网络。

(2) 城域网 MAN (Metropolitan Area Network) 作用范围在广域网和局域网之间,约5~50 km。与局域网使用相同体系结构,适应多种业务、多种网络协议以及多种数据传输速率,使用以太网技术。

(3) 广域网 WAN (Wide Area Network) 作用范围几十到几千公里,是因特网核心部分,连接广域网各结点交换机的链路一般都是高速链路。广域网的任务是通过长距离运送主机所发送的数据。



(4)个人区域网 PAN(Personal Area Network) 个人区域网就是在个人工作地方把属于个人使用的电子设备(如便携式电脑等)用无线技术连接起来的网络,因此也常称为无线个人区域网 WPAN(Wireless PAN),其范围大约在 10 m 左右。

3. 从网络的使用者进行分类

公用网(Public Network)——国家的电信公司出资建造的大型网络。

专用网(Private Network)——某个部门为本单位的特殊业务工作的需要而建造的网络。

4. 用来把用户接入到因特网的网络

接入网 AN(Access Network) AN 是近年来用户对高速上网需求增加而出现的一种网络技术。它是局域网与城域网之间的桥接部分,使用户接入因特网的瓶颈问题得到某种程度上的解决。

1.6 计算机网络的性能

1.6.1 计算机网络的性能指标

1. 带宽、速率

(1)带宽原指信号具有的频带宽度,现在表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“最高数据率”,常用单位是 bit/s。

(2)数字信道传送数字信号的速率称为数据率或比特率。

(3)在网络中某一个点上观察数字信号流随时间的变化,那么信号在时间轴上的宽度就随着带宽的增大而变窄。

2. 时延

(1)时延是指一个报文或分组从一个网络(或一条链路)的一端传送到另一端所需的时间。

(2)发送时延是结点在发送数据时使数据块从结点进入到传输媒体所需要的时间,也就是从数据块的第一个比特开始发送算起,到最后一个比特发送完毕所需的时间。发送时延 = 数据块长度/信道带宽。

(3)传播时延是电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。传播时延 = 信道长度/电磁波在信道上的传播速率。

(4)处理时延是数据在交换结点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。在结点缓存队列中分组排队所经历的时延是处理时延中的重要组成部分。因此,处理时延的长短往往取决于网络当时的通信量,有时可用排队时延作为处理时延。



(5) 总时延 = 传播时延 + 发送时延 + 处理时延。

总时延中,哪种时延占主导地位必须具体分析。

(6) 对于高速网络链路,我们提高的仅仅是数据的发送率,而不是比特在链路上的传播速率。荷载信息的电磁波在通信线路上的传播速率与数据的发送速率无关。提高链路带宽只是减小了数据的发送时延。

3. 时延带宽积和往返时延

传播时延带宽积 = 传播时延 × 带宽。

如图 1-1 所示,考虑一个代表链路的圆柱形管道,其长度表示链路的传播时延,横截面积表示链路带宽,则时延带宽积就是这个管道的体积,或者说是管道可以容纳的比特数量。即若发送端连续发送数据,在发送的第一个比特即将到达终点时,发送端总共发送的正在链路上传送的比特数量。因此链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。对于一条正在传送数据的链路,只有在代表链路的管道都充满比特时,网络才得到充分的利用。

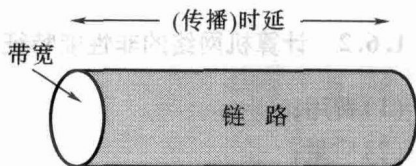


图 1-1 链路像一条空心管道

当发送端与接收端之间相隔好几个网络时,信道时延包括从发送端到接收端所有时延的总和。管道中的比特数表示从发送端发出的但尚未达到接收端的比特数。

往返时延(RTT) 表示从发送端发送数据开始,到发送端收到来自接收端的确认,总共经历的时延。

往返时延带宽积 表示当发送端连续发送数据时,在收到对方的确认之前,发送到链路上的比特数。

4. 吞吐量

吞吐量(Throughput)表示在单位时间内通过某个网络(或信道、接口)的数据量。吞吐量更经常地用于对现实世界中的网络的一种测量,以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络。显然,吞吐量受网络的带宽或网络的额定速率的限制。

5. 利用率

(1) 信道利用率指出某信道有百分之几的时间是被利用的(有数据通过)。完全空闲的信道的利用率是零。

(2) 网络利用率则是全网络的信道利用率的加权平均值。

(3) 信道或网络利用率过高会产生非常大的时延。令 D_0 表示网络空闲时的时延, D 表示网络当前的时延,那么在适当的假定条件下,可以用下面的简单公式



来表示 D, D_0 和利用率 U 之间的关系:

$$D = \frac{D_0}{1 - U}$$

U 是网络的利用率,数值在 0 到 1 之间。

当网络的利用率达到其容量的 1/2 时,时延就要加倍。因此一些拥有较大主干网的 ISP 通常控制他们的信道利用率不超过 50%。

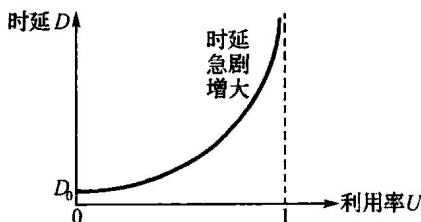


图 1-2 时延与利用率的关系

1.6.2 计算机网络的非性能特征

- (1) 费用;
- (2) 质量;
- (3) 标准化;
- (4) 可靠性;
- (5) 可扩展性和可开放性;
- (6) 易于管理和维护。

1.7 计算机网络的体系结构

1.7.1 计算机网络体系结构的形成

(1)“分层”可将庞大而复杂的问题,转化为若干较小的局部问题,而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。最早 ARPANET 设计时就提出了分层的方法。

(2)1974 年,美国的 IBM 公司宣布了它研制的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture),该标准是按分层的方法制定的。不久,其他一些公司也相继推出了本公司的一套体系结构。这种情况有利于一个公司垄断自己的产品。

(3)ISO 的开放系统互联参考模型 OSI/RM,即七层协议的体系结构是基于国际标准化组织(ISO)的建议,作为各种层上使用的协议国际化的第一步而发展起来的。它的最终目的是允许任一支持某种可用标准的计算机的应用进程自由地与任何支持同一标准的计算机的应用进程进行通信,而不管计算机是由哪个厂商制造的。

(4)TCP/IP 参考模型:起初是为因特网的前身 ARPANET 设计的,目的是能无缝隙地连接多个网络。现在人们经常提到的 TCP/IP 并不一定指 TCP 和 IP 这两个具体的协议,往往表示因特网使用的体系结构或指整个 TCP/IP 协议族。

(5) 20 世纪 90 年代初期,虽然整套 OSI 国际标准都已制定出来了,但由于因特网抢先在全世界范围覆盖了相当大的范围,而与此同时,几乎找不到什么厂家生产出符合 OSI 标准的商用产品,故在市场化方面,OSI/RM 事与愿违地失败了,TCP/IP 成为了事实上的国际标准。

1.7.2 划分层次的必要性

(1) 网络协议 为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。

(2) 协议的三个要素

语法 控制信息或数据的结构或格式;

语义 需要发出何种控制信息,完成何种动作以及作出何种响应;

同步 事件实现顺序的详细说明。

(3) 协议的两种不同形式 一种是使用便于阅读和理解的文字描述。另一种是使用让计算机能够理解的程序代码。

(4) 非常复杂的计算机网络协议 其结构应采用层次式的。

(5) 网络体系结构 计算机网络的各层及其协议的集合即这个计算机网络及其部件所应完成功能的精确定义。它是抽象的,而实现是具体的。

(6) 分层的好处 各层之间是独立的,灵活性好,结构上可以分割开,易于实现和维护,能促进标准化工作。

(7) 每层应完成一种或几种功能 差错控制,流量控制,分段和重装,复用和分用,连接建立和释放。

1.7.3 具有五层协议的体系结构

五层协议体系结构综合了 OSI 和 TCP/IP 的优点,采用这种五层协议的体系结构既简洁又能将概念阐述清楚。

1. 应用层(Application Layer)

功能是确定进程之间通信的性质以满足用户的需要,即解决要做什么的问题。通信单位为文件(报文)。常见的应用层协议有:HTTP 协议,FTP 协议,SMTP 协议。

2. 运输层(Transport Layer)

功能是使源端和目的端主机上的对等实体可以进行会话,即解决对方在何处的问题。因特网中,该层使用 TCP 和 UDP 两种协议。TCP 即传输控制协议,面向连接,数据传送单位为报文段(Segment),有排序和流量控制功能。UDP 即用户数据报协议,无连接,数据传送单位为用户数据报。用于不需要 TCP 的排序和流量控制而是自己完成这些功能的应用程序。它也被广泛地应用于只有一次的、客户/服务器模式的请求应答查询,以及快速递交比准确递交更重要的应用程序,如传输语

