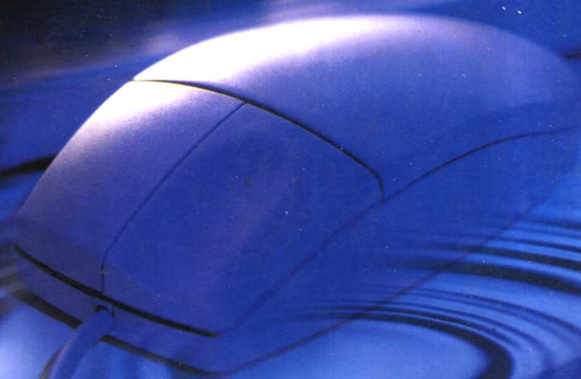


高等学校“十五”规划教材

计算机 网络

刘广钟 姜秀柱 曹天杰 编著

中国矿业大学出版社



Computer Network

高等学校“十五”规划教材

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

计算机网络

刘广钟 姜秀柱 曹天杰 编著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 刘广钟, 姜秀柱, 曹天杰编著.

—徐州: 中国矿业大学出版社, 2003. 2

ISBN 7 - 81070 - 673 - X

I. 计... II. ①刘... ②姜... III. 计算机网络

IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 095451 号

- 书 名** 计算机网络
编 著 刘广钟 姜秀柱 曹天杰
责任编辑 李士峰
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 中国矿业大学印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 **印张** 40.625 **字数** 1014 千字
版次印次 2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷
印 数 1~2600 册
定 价 48.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

计算机网络已广泛用于各行各业,并逐渐成为人类生活不可缺少的一部分。计算机网络是整个计算机科学与技术学科发展最活跃的一个领域,也是计算机应用的一个最重要的发展方向。目前,计算机网络技术已成为信息科学下各大专业学科的一门共同的重要专业课程。在强大的应用需求的推动下,计算机网络的新应用和新技术不断涌现。为了帮助学生能够充分理解计算机网络的工作原理,深入掌握计算机网络中的各种技术,并能够熟练运用这些技术从事计算机网络的研究与开发,我们编写了这本教材,并取名为《计算机网络》。

本书以被广泛接受的 ISO/RM 的七层结构为主线,介绍计算机网络的工作原理;以 Internet 上流行的 TCP/IP 协议族为背景,展示实用的计算机网络技术。并将近年来发展迅速的计算机网络管理技术、计算机网络安全技术和多媒体网络技术三部分内容单独劈章进行了讨论。

全书共分十章。前七章主要介绍了计算机网络的工作原理和 Internet 中的计算机网络技术。在第一章完成对计算机网络的发展、计算机网络系统的基本概念和结构以及计算机网络的应用的概述以后,第二章起,按照 ISO/RM 的七层结构从上到下的顺序,从人们已经熟悉的计算机网络应用入手,分六章分别介绍网络应用层(含表示层和会话层)、传输层、网络层、链路层、物理层的工作原理和实用技术以及数据通信的基本知识和原理。后三章则分别介绍了计算机网络管理、安全和多媒体应用三方面的原理和技术。

本书一、二、四、八、十等五章由刘广钟老师负责编写,三、五、六、七等四章由姜秀柱老师负责编写,第九章由曹天杰老师负责编写。全书由刘广钟和姜秀柱负责审阅并统稿。

本书在编著过程中,王虎、王志晓、顾军、王春兰、胡继东、王治国、鲍宇等同志参加了部分英文参考资料的翻译、文字的录入以及插图的整理等工作,在此表示衷心感谢。

由于涉及内容较多,书中难免有疏漏的地方,恳请广大读者指正。

编 者

2003. 1

目 录

1 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的发展	1
1.1.1 联机终端系统	1
1.1.2 通信子网和资源子网	1
1.1.3 层次化标准体系结构网	1
1.1.4 宽带综合业务数字网	1
1.2 计算机网络的定义与分类	2
1.2.1 计算机网络定义	2
1.2.2 计算机网络的分类	3
1.3 计算机网络的功能	4
1.4 计算机网络的体系结构与设计	5
1.4.1 网络的功能体系结构	5
1.4.2 网络的服务体系结构	11
1.4.3 网络的拓扑结构	12
1.5 计算机网络的协议与参考模型	13
1.5.1 计算机网络协议概述	13
1.5.2 开放系统互联参考模型(OSI/RM)	15
1.5.3 OSI模型的分层概述	17
1.5.4 OSI模型的应用	19
1.5.5 其他网络协议及与OSI/RM的关系	21
1.5.6 TCP/IP模型	22
1.6 计算机网络的硬件与软件	25
1.6.1 计算机网络硬件	26
1.6.2 计算机网络软件	26
1.6.3 网络中的各种服务器	27
1.7 计算机网络的应用	30
1.7.1 文件和打印服务	31
1.7.2 通信服务	31
1.7.3 邮件服务	31
1.7.4 新闻组	32
1.7.5 电子商务	32
1.7.6 Internet电话	32
1.7.7 管理服务	33

1.7.8	Internet 服务	34
1.7.9	办公自动化	34
1.7.10	电子数据交换	34
1.7.11	在线服务	34
2	应用层	35
2.1	应用层概述	35
2.1.1	应用层的服务	35
2.1.2	应用层的协议	40
2.2	域名系统——DNS	42
2.2.1	域名概述	42
2.2.2	计算机域名的结构	43
2.2.3	DNS 提供的服务	45
2.2.4	DNS 服务器及客户/服务器模型	46
2.2.5	DNS 工作过程	49
2.2.6	域名解析	51
2.2.7	DNS 性能的优化	52
2.2.8	DNS 记录项及类型	52
2.2.9	域名缩写与 DNS	54
2.2.10	DNS 报文	54
2.3	电子邮件	55
2.3.1	电子邮件概述	55
2.3.2	电子邮箱与地址	56
2.3.3	电子邮件信息格式	57
2.3.4	简单邮件传输协议——SMTP	58
2.3.5	多用途互联网邮件扩充协议	63
2.3.6	电子邮件与应用程序	66
2.3.7	邮件传输	66
2.3.8	中继与电子邮件地址	68
2.3.9	邮箱访问	70
2.3.10	邮件获取协议	70
2.3.11	电子邮件安全	74
2.4	万维网——WWW	75
2.4.1	万维网概述	75
2.4.2	统一资源定位器	75
2.4.3	Web 服务器与浏览器	76
2.4.4	超文本与超媒体	77
2.4.5	客户/服务器交互	81
2.4.6	MIME 与 Web	83

2.4.7	浏览器结构	85
2.4.8	Web 语言	87
2.5	远程登录——Telnet	94
2.5.1	Telnet 概述	94
2.5.2	Telnet 协议	95
2.5.3	Telnet 守护进程	96
2.5.4	Telnet 命令	97
2.5.5	示例	99
2.5.6	Telnet 安全	100
2.5.7	使用 Telnet 访问其他 TCP/IP 服务	101
2.6	文件传输——FTP	102
2.6.1	FTP 概述	102
2.6.2	文件传输协议	103
2.6.3	FTP 命令和应答	105
2.6.4	连接、授权与文件权限	108
2.6.5	匿名文件访问	108
2.6.6	双向文件传输	109
2.6.7	文件名的使用	110
2.6.8	控制与数据连接	111
2.6.9	FTP 应用实例	113
2.6.10	普通文件传输协议	118
2.7	网络文件系统——NFS	118
2.7.1	网络文件系统概述	118
2.7.2	NFS 协议	124
2.7.3	NFS 实例	128
2.7.4	第 3 版的 NFS	133
2.8	互联网新闻组	133
2.8.1	新闻组的历史	133
2.8.2	新闻组和层次	135
2.8.3	网络新闻传输协议	136
2.8.4	网络新闻传输交互	139
2.8.5	小结	141
2.9	ISO 的会话层	142
2.9.1	会话层概述	142
2.9.2	会话层主要特点	144
2.9.3	OSI 会话服务	146
2.9.4	TCP/IP 协议中的会话服务	147
2.10	ISO 的表示层	147
2.10.1	表示层的主要特点	147

2.10.2	抽象语法标记 ASN.1	148
2.10.3	表示层的任务	149
3	传输层	152
3.1	传输层概述	152
3.1.1	应用软件及互联网	152
3.1.2	客户与服务器	153
3.1.3	多重服务与并发服务	155
3.1.4	传输连接类型与客户/服务器交互模式	157
3.2	传输层服务质量及协议等级	158
3.2.1	传输层服务	159
3.2.2	传输服务质量	161
3.2.3	传输服务原语	162
3.2.4	传输层协议等级	162
3.3	传输层功能	163
3.3.1	应用端口寻址	164
3.3.2	端到端的连接管理	166
3.3.3	端到端的多重连接	168
3.3.4	端到端的差错控制	168
3.3.5	端到端的流量控制	169
3.3.6	端到端的拥塞控制	170
3.4	TCP 可靠传输基本原理	171
3.4.1	可靠传输的必要性	171
3.4.2	TCP 为应用提供的服务	171
3.4.3	端对端服务和数据报	172
3.4.4	实现可靠性传输	173
3.4.5	缓冲、流控与窗口	175
3.4.6	TCP 的连接过程	176
3.4.7	TCP 的拥塞控制	177
3.5	传输层的两个协议	177
3.5.1	用户数据报协议 UDP	177
3.5.2	传输控制协议 TCP	180
3.6	Socket 编程	185
3.6.1	API 与套接字 API	185
3.6.2	Windows Sockets 基础	186
3.6.3	进程通信	188
3.6.4	拥塞模式与非拥塞模式	190
3.7	Socket 编程实例	191
3.7.1	确定服务类型	191

3.7.2	基于 TCP 和 UDP 的 socket 编程	191
4	网络层	199
4.1	网络层概述	199
4.2	网络层的服务	200
4.2.1	网络层的服务模式	200
4.2.2	数据报与虚电路	203
4.2.3	网络阻塞控制	206
4.2.4	网络性能特性	208
4.3	路由选择算法	210
4.3.1	路由选择概述	210
4.3.2	路由表计算	214
4.3.3	分级路由	226
4.4	网络中的路由收敛	229
4.4.1	适应拓扑变化	229
4.4.2	收敛时间	233
4.4.3	路由协议的影响	234
4.5	互联网协议地址	235
4.5.1	互联网地址	235
4.5.2	地址类别的计算	240
4.5.3	特殊 IP 地址	243
4.5.4	子网及子网化	245
4.5.5	无类型域间路由 (CIDR)	253
4.5.6	广播和多播	255
4.5.7	Internet 组管理协议 IGMP	259
4.6	路由协议 RIP	261
4.6.1	动态选路	261
4.6.2	选路信息协议 RIP	262
4.6.3	RIP 工作原理	266
4.6.4	RIP 收敛过程	272
4.6.5	RIP 的缺陷	277
4.6.6	RIP 版本 2	279
4.6.7	OSPF——开放最短路径优先	279
4.6.8	边界网关协议 BGP	290
4.7	网际协议 IP	291
4.7.1	IP 的格式	292
4.7.2	IP 的主要功能	294
4.7.3	IP 路由选择	295
4.7.4	IP 的子网寻址	298

4.7.5	IP 的子网掩码	299
4.7.6	特殊 IP 地址	300
4.7.7	一个子网的例子	301
4.8	IP 数据报及其转发	302
4.8.1	IP 数据报的转发	302
4.8.2	IP 地址与路由表项	303
4.8.3	尽力传递	304
4.8.4	数据报传输与帧	304
4.8.5	分组的重组与分解	306
4.9	协议地址联编	308
4.9.1	协议地址和地址解析	308
4.9.2	地址解析协议	313
4.9.3	分层、地址解析和协议地址	318
4.9.4	反向地址解析协议	318
4.10	差错报告机制	321
4.10.1	差错报告概述	321
4.10.2	互联网控制报文协议	321
4.10.3	ICMP 查询报文	327
4.11	IPv6	331
4.11.1	IPv6 概述	331
4.11.2	IPv6 数据报	332
4.11.3	多 IP 地址主机	337
4.11.4	单播、组播和任意播	337
4.11.5	分段、重组和路径 MTU	338
4.11.6	IPv6 冒分十六进制表示法	339
4.11.7	从 IPv4 到 IPv6 的过渡	339
5	链路层	341
5.1	数据链路层的基本知识	341
5.1.1	数据链路层的几个基本概念	341
5.1.2	数据链路层的功能	341
5.1.3	数据链路层的服务	342
5.1.4	数据链路层成帧的方法	344
5.2	帧同步技术	345
5.2.1	字符同步技术	346
5.2.2	位同步技术	346
5.3	差错检测与纠错技术	346
5.3.1	链路层差错控制原理	346
5.3.2	链路层差错控制编码	347

5.4	流量控制及基本链路层传输协议	350
5.4.1	简单链路层传输协议	350
5.4.2	ARQ 自动重传协议	351
5.5	高级链路控制规程 HDLC	357
5.5.1	HDLC 概述	357
5.5.2	HDLC 的帧结构	358
5.5.3	HDLC 的帧类型	359
5.5.4	HDLC 的操作	359
5.6	互连网中的链路层协议	360
5.6.1	串行线路互联网协议 SLIP	361
5.6.2	点对点协议 PPP	362
5.6.3	环回接口	363
5.6.4	最大传输单元 MTU	364
5.6.5	X.25 和帧中继	365
5.7	局域网系统	369
5.7.1	LAN 的基本构成	370
5.7.2	LAN 的协议结构	374
5.8	工作于链路层的网络设备	403
5.8.1	网络互连结构方案	403
5.8.2	网络连接设备	405
6	物理层	416
6.1	物理层概述	416
6.1.1	物理层的范畴	416
6.1.2	物理层的功能	416
6.1.3	物理层的服务	416
6.2	传输模式	417
6.2.1	串行和并行传输	417
6.2.2	异步和同步传输	418
6.2.3	单工、半双工和全双工通信	420
6.3	传输介质	421
6.3.1	介质特性	421
6.3.2	铜缆	423
6.3.3	光纤	429
6.3.4	无线传输介质	431
6.3.5	卫星	433
6.3.6	选择正确的传输介质	434
6.4	共享介质访问协议	434
6.4.1	ALOHA 协议	434

6.4.2	载波侦听多路访问	437
6.4.3	冲突检测	439
6.4.4	令牌传送	441
6.4.5	协议小结	443
6.5	数据编码	444
6.6	物理接口标准	444
6.6.1	RS-232 接口	445
6.6.2	RS-232 的子集	447
6.6.3	直接相连	447
6.6.4	RS-449 接口	448
6.6.5	X.21 接口	450
7	数据通信基础	452
7.1	数据通信原理	452
7.1.1	傅立叶变换	453
7.1.2	傅氏变换性质	453
7.1.3	采样定理	454
7.1.4	信号的有限带宽	455
7.1.5	信道的最大数据传输率	456
7.2	数据通信技术	457
7.2.1	数据编码	457
7.2.2	基带传输	458
7.2.3	频带传输	462
7.2.4	多路复用	473
7.2.5	差错控制	483
7.2.6	同步	488
7.3	电话系统	489
7.3.1	电话系统的结构	490
7.3.2	本地回路	491
7.3.3	主干的多路复用	492
7.3.4	交换	492
7.4	综合业务数字网 ISDN	495
7.4.1	窄带 ISDN	495
7.4.2	宽带 ISDN	503
7.5	接入网技术	504
7.5.1	用户接入网基本概念	505
7.5.2	PSTN	506
7.5.3	xDSL	507
7.5.4	有线电视线缆	508

7.5.5	SONET	509
7.6	蜂窝式电话	509
8	计算机网络管理	511
8.1	计算机网络管理基本知识	511
8.1.1	计算机网络管理的发展	511
8.1.2	计算机网络管理的基本功能	512
8.1.3	计算机网络管理基础	513
8.2	网络管理协议	516
8.2.1	网络管理协议的产生与发展	516
8.2.2	几种标准网络管理协议	516
8.2.3	网络管理协议中管理资源的表示方法	516
8.3	网络管理关键技术	518
8.3.1	建模技术	518
8.3.2	集成技术	519
8.3.3	迁移技术	519
8.3.4	IP 网络管理技术	520
8.4	计算机网络管理的体系结构	521
8.4.1	网络管理系统的概念体系结构	523
8.4.2	OSI 网络管理体系结构	525
8.4.3	Internet 网络管理体系结构	530
8.4.4	TMN 网络管理体系结构	533
8.5	简单管理协议 SNMP	535
8.5.1	简单网络管理协议概述	535
8.5.2	SNMPv1	536
8.5.3	SNMPv2	538
8.5.4	SNMP 的安全性	540
8.6	基于 Web 的网络管理模式	540
8.6.1	WBM 技术出现的背景	540
8.6.2	WBM 管理方式的实现	540
8.6.3	WBM 中的安全性考虑	541
8.6.4	WBM 标准的形成	541
8.7	网络管理发展前景	542
9	计算机网络安全	544
9.1	计算机网络安全概述	544
9.1.1	计算机网络安全的概念	544
9.1.2	安全威胁	546
9.2	密码学基础	549

9.2.1	概述	549
9.2.2	传统密码学	551
9.2.3	数据加密标准 DES	552
9.2.4	RSA 算法	559
9.3	消息认证	561
9.3.1	消息认证的概念	561
9.3.2	消息摘要	562
9.3.3	数字签名	563
9.4	身份认证	564
9.4.1	认证的基本原理	564
9.4.2	认证协议	566
9.4.3	典型的认证应用	569
9.5	防火墙	573
9.5.1	防火墙概述	573
9.5.2	网络政策	574
9.5.3	防火墙体系结构	575
9.5.4	包过滤技术	578
9.5.5	代理服务技术	579
9.6	IP 安全	582
9.6.1	结构	582
9.6.2	封装安全载荷	584
9.6.3	验证头(AH)	587
9.6.4	Internet 密钥交换	590
9.7	安全套接层(SSL)协议	591
9.7.1	SSL 协议的概述	591
9.7.2	SSL 记录协议	592
9.7.3	SSL 握手协议	594
10	多媒体网络.....	597
10.1	多媒体网络概述.....	597
10.1.1	多媒体网络的概念.....	597
10.1.2	多媒体网络的应用.....	598
10.2	多媒体网络面临的问题.....	600
10.2.1	多媒体网络的主要困难.....	600
10.2.2	Internet 对多媒体应用的制约	601
10.2.3	改进 Internet 更好地支持多媒体	602
10.3	多媒体网络技术.....	603
10.3.1	多媒体网络应用涉及的技术.....	603
10.3.2	支持多媒体应用的宽带网技术.....	604

10.3.3	保障多媒体应用服务质量的措施	605
10.3.4	多媒体数据处理技术标准	606
10.4	音频和视频流	606
10.4.1	音/视频流的应用	606
10.4.2	媒体播放器	607
10.4.3	音频和视频压缩	607
10.4.4	访问 Web 服务器上的音频和视频	609
10.4.5	访问流服务器上的音频和视频	610
10.5	实时流协议 RTSP	612
10.6	充分利用 Internet 的“尽力服务”	613
10.6.1	“尽力服务”的局限	614
10.6.2	在接收方消除时延抖动	615
10.6.3	丢失分组的恢复	616
10.6.4	储存的音频和视频流	618
10.7	RTP	618
10.7.1	RTP 基本知识	618
10.7.2	RTP 分组头域	620
10.7.3	RTP 控制协议(RTCP)	621
10.7.4	H. 323	623
10.8	RSVP	625
10.8.1	RSVP 实质	625
10.8.2	RSVP 举例	626
10.8.3	RSVP 报文	628
10.8.4	预约方式	628
10.8.5	预约报文的传输	629
10.8.6	综合服务	630
10.8.7	区别服务	631
10.8.8	区别服务实例	632
参考书目		633

1 计算机网络概述

计算机网络发展到今天,已深入我们的工作和生活,为我们所熟悉和利用。本章简要回顾计算机网络的发展历程,重点总结介绍网络发展过程中形成的一系列重要的基本概念和一些关键技术,为后续章节对网络技术展开讨论作必要的知识上的铺垫和准备。

1.1 计算机网络的发展

计算机网络是计算机科学与技术领域中发展比较快的计算机应用技术。随着计算机软硬件设计和制造技术的发展,以及人们不断增长的应用需要,计算机网络技术不断推陈出新。

计算机网络的发展从 20 世纪 50 年代开始,到 21 世纪初的今天,大概经历了四个大的发展阶段,这四个发展阶段依次是:联机终端系统阶段、以通信子网为中心阶段、采用层次化标准体系结构阶段、宽带综合业务数字网或信息高速公路阶段。

1.1.1 联机终端系统

计算机网络是计算机与通信相结合的产物。最初的计算机网络是一台主机通过电话线连接若干个远程的终端,这种网络称为面向终端的计算机通信网,它是以单个主机为中心的星形网,效率不高,功能有限。这时的网络只是个联机终端系统。

1.1.2 通信子网和资源子网

20 世纪 60 年代末期,美国建成了以 ARPANET 为代表的第二代计算机网络,它以“通信子网”为中心,许多主机和终端设备在通信子网的外围构成一个“用户资源子网”。通信子网不再使用类似于电话通信的电路交换方式,而采用更适合于数据通信的分组交换方式,大大降低了计算机网络中通信的费用。这时的网络发展成功能界限分明的通信子网和资源子网。

1.1.3 层次化标准体系结构网

计算机网络是个非常复杂的系统,相互通信的计算机系统必须高度协商工作才行。为了设计这样复杂的系统,20 世纪 70 年代,包括 IBM 在内的一些计算机公司纷纷提出了本公司的网络体系结构。但不同公司的网络产品很难互相连通。为此,国际标准化组织 ISO 于 1977 年提出了一个试图使各种计算机在世界范围内互联成网的标准框架,这就是著名的“开放系统互联参考模型”,简称 OSI/RM。从这以后,就开始了所谓第三代计算机网络,即层次化标准体系结构网络阶段。

20 世纪 80 年代中期以来,计算机网络领域最引人注目的事件是美国 Internet 网飞速发展。Internet 网也称国际互联网,或按其音译为因特网,它仍属于第三代计算机网络,但它有自己的一套体系结构,没有完全使用 OSI 体系结构。

1.1.4 宽带综合业务数字网

进入 20 世纪 90 年代后,计算机网络的发展更加迅速,目前它正在向宽带综合业务数字网(B-ISDN)的方向演变。这也就是人们常说的新一代或第四代计算机网络。1993 年美国政府提

出建设所谓“信息高速公路”的计划,其主要内容之一就是建设一个覆盖全美的宽带综合业务数字网。

我国在 1989 年建成第一个用于数据通信的公用分组交换网。1993 年又建成了新的覆盖全国的中国公用分组交换网(CHINAPAC)。同年 3 月开始,我国启动“金桥工程”、“金卡工程”、“金关工程”等一系列“金”字工程,计算机网络是这些工程中的重要组成部分,我国计算机网络开始快速发展。

1.2 计算机网络的定义与分类

1.2.1 计算机网络定义

计算机网络是利用通信手段,把地理上分散的、能够以相互共享资源(硬件、软件和数据等)的方式连接起来的、而各自又具备独立功能的自主计算机系统的集合。

计算机网络概念的核心是自主计算机、互联和资源共享三个方面。自主计算机意味着网络中的各个用户计算机都是功能相互独立,彼此无主从关系,它可以自主地使用或提供资源,也可以自主地加入或退出网络;互联意味着任意两个节点之间都必须是相互直接或间接连通的,承担这种连接的可以是任何能够运载信号的物理介质,可以是各种电导体,也可以是光导体或任何其他形式的信号导体,可以有线的也可以是无线的;资源共享意味着计算机网络的目的是,以区别于其他形式的计算机互联系统。

与计算机网络类似的系统有:终端分时系统、多机系统和分布式系统。它们都是计算机互联系统,但其或是由于目的的不同,或是由于构成方式上的不同,而不称其为计算机网络。

在终端分时系统中,主机以分时方式为终端服务,终端完全依赖于主机,主机与终端是支配与被支配的关系,主机承担数据处理,终端承担用户交互,资源高度集中,由许多用户共享,终端之间无联系。而在计算机网络中,每台计算机地位平等,互相共享,都能独立工作,资源分布在每台计算机中。

在多机系统中,各设备之间耦合度紧密,是指令级或操作系统级的耦合关系。各设备分布距离近,可采用并行传输,传输速度极快,主要用于科学计算。而计算机网络中,网络设备之间是松耦合的,是通过网络协议联系的,设备分布相对较远,只能采用串行传输,传输速度远比多级系统慢,其主要用途为资源共享。

在分布式系统中,互联的各计算机,在分布式操作系统的统一调度下,协调工作,共同完成一项任务,诸如并行计算等。用户面对的是一台逻辑上的计算机,组成分布式系统的各计算机怎样协同工作,对用户是透明的,其用途主要是科学计算和数据处理。而在计算机网络中,各计算机之间的工作是非协调性的,各计算机对用户是非透明的,用户必须指定资源的位置,计算机网络用途主要是资源共享。

一个计算机网络包含有三个主要的组成部分。

(1) 若干个主机(Host),它们可以是各种类型的计算机,大到巨型机,小到便携式电脑甚至一个移动手机,用来向用户提供服务。

(2) 一个通信子网,它由一些通信链路和节点交换机(也叫通信处理机)组成,用于进行数据通信。

(3) 一系列的通信协议,这些协议是为主机与主机、主机与通信子网或通信子网中各节点