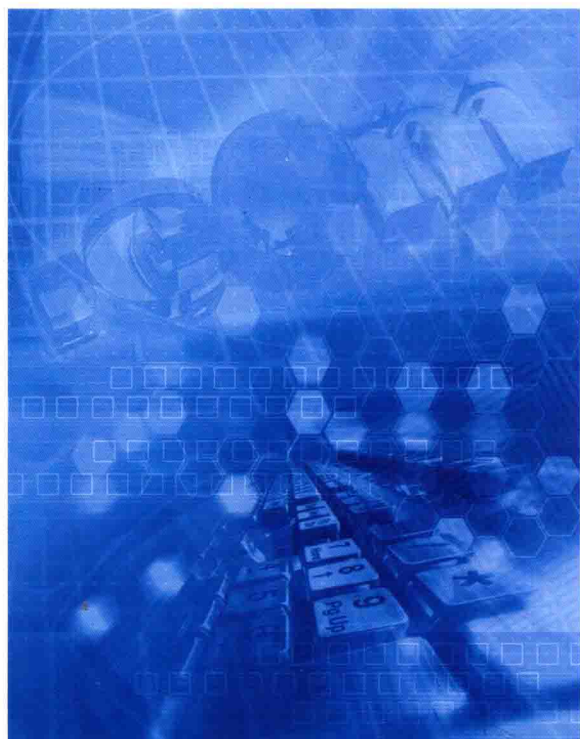


计算机网络工程

- ◆ 计算机网络概述
- ◆ 网络数据通信技术
- ◆ 网络拓扑与分层体系结构
- ◆ 网络传输介质
- ◆ 网络互联设备与设备选型
- ◆ 网络综合布线
- ◆ 网络通信协议
- ◆ ARP、RARP和ICMP
- ◆ 以太网及其组网方案
- ◆ 计算机网络系统的集成
- ◆ 网络安全与云计算安全技术
- ◆ 网络管理与云计算管理技术
- ◆ 无线网络
- ◆ 虚拟局域网
- ◆ Internet与Intranet
- ◆ 存储技术与磁盘阵列技术



黎连业 王 萍 编著
李淑春 王 华

清华大学出版社

高等学校计算机应用规划教材

计算机网络工程

黎连业 王萍 李淑春 王华 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是一部比较系统、完整、准确地介绍计算机网络工程基础知识的书籍。

全书由16章组成：计算机网络概述、网络数据通信技术、网络拓扑与分层体系结构、网络传输介质、网络互联设备与设备选型、网络综合布线、网络通信协议、ARP以及RARP和ICMP、以太网及其组网方案、计算机网络系统的集成、传统的网络安全与云计算安全技术、传统的网络管理与云计算管理技术、无线网络、虚拟局域网、Internet与Intranet、存储技术与磁盘阵列技术。

本书在传统网络工程知识的基础上，贴近网络工程的现实技术、主流技术，反映计算机网络工程实际所需要的综合管网布线施工、数据中心、卡博菲桥架、KVM、列头柜、网络集成、数据中心IT服务管理、云计算安全、云计算管理、数据中心存储与备份等技术，重点介绍真正的网络工程基础所需要的知识点、知识面，为网络工程规划、设计、组网、施工和验收做准备；内容实用，所叙述的基础知识反映了当前组建计算机网络工程所需要的技术。

本书内容新颖，介绍的是基本技术和主流技术，能够反映应用型网络工程的特点。本书概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本书可以作为高等院校计算机网络、计算机科学与技术、通信工程等相关专业计算机网络工程课程的首选教材，同时也是从事计算机网络规划、设计、施工、管理的专业技术人员的必备书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络工程/黎连业 等编著. —北京：清华大学出版社，2017

(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-47043-4

I. ①计… II. ①黎… III. ①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(2017)第094313号

责任编辑：刘金喜 韩宏志

封面设计：孔祥峰

版式设计：思创景点

责任校对：曹 阳

责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载：<http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 装 者：清华大学印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：29

字 数：688千字

版 次：2017年7月第1版

印 次：2017年7月第1次印刷

印 数：1~2000

定 价：55.00元

前 言

随着计算机网络技术的广泛应用,国内高校纷纷设立了网络工程专业。目前图书市场上有关计算机网络的图书很多,有引进的,有国内作者编写的,总的说来偏重理论的居多,应用型的又不太实用,写的是传统的网络工程知识,所叙述的内容基本上没有贴近网络工程的现实技术、主流技术;没有反映计算机网络工程实际所需的综合管网布线施工、数据中心、卡博菲桥架、KVM、列头柜、网络集成、数据中心 IT 服务管理、云计算安全、云计算管理、数据中心存储与备份等技术;没有呈现真正符合网络工程基础所需要的知识点、知识面。

云计算、数据中心对网络工程产生了重要影响,传统的网络工程基础知识只适用于小型网络工程,组建大中型网络工程需要新技术,涉及的知识点、知识面广泛。基础知识是为规划、设计、组网、施工和验收做准备的。本书内容实用、新颖,所叙述的基础知识反映了当前组建计算机网络工程所需要的技术。

如何使刚刚接触计算机网络的朋友学了就懂,学了就入门。我们从事计算机网络工程和培训教学需要认真思考一些问题,计算机网络是怎样构成的?组网时需要哪些基本知识?需要哪些设备?网络的架构怎样形成?通过阅读本书,你能够了解计算机网络,组建计算机网络、应用计算机网络,能够进入计算机网络工程相关的公司工作。

本书共分 16 章:

- 第 1 章 计算机网络概述
- 第 2 章 网络数据通信技术
- 第 3 章 网络拓扑与分层结构
- 第 4 章 网络传输介质
- 第 5 章 网络互联设备与设备选型
- 第 6 章 网络综合布线与数据中心有关技术
- 第 7 章 网络通信协议
- 第 8 章 ARP、RARP 和 ICMP
- 第 9 章 以太网及其组网方案
- 第 10 章 计算机网络系统的集成
- 第 11 章 传统的网络安全与云计算安全技术
- 第 12 章 传统的网络管理与云计算管理技术
- 第 13 章 无线网络
- 第 14 章 虚拟专用网
- 第 15 章 Internet 与 Intranet
- 第 16 章 存储技术与磁盘阵列技术

本书的附录是“传统的网络工程方案”,限于篇幅,放在网上,供读者下载。

本书以实际的大中型网络工程为背景,介绍应用型大中型网络工程所需要的基础知识,引导读者掌握基础知识、熟悉计算机网络工程。各章的内容都是通过精心组织的,内容新颖,写的是真正的网络工程基础所需要的知识点、知识面,所叙述的内容基本反映了当前大中型网络工程所需要的技术以及网络的实际应用,通过学习本书,可以准确把握计算机网络的基础知识以及网络技术研究的前沿领域。

本书介绍了大中型网络工程所需的综合管网布线施工、数据中心、卡博菲桥架、KVM、列头柜、网络集成,限于篇幅,在课件 PPT 中加以具体介绍。

本书内容新颖,介绍的是主流技术,能够反映应用型网络工程的特点;概念清晰,深入浅出,通俗易懂,可读性、可操作性和实用性强。本书可以作为高等院校计算机网络、计算机科学与技术、通信工程等相关专业计算机网络工程课程的首选教材(部分内容还可供研究生阅读);同时也是从事计算机网络规划、设计、施工、管理的专业技术人员的必备书。

本书的主要执笔者为黎连业,江海职业技术学院的王萍写作了部分内容。李淑春、王华提供了大量的技术参考资料。李淑春制作了课件 PPT,编写了习题与思考题。黎萍为本书做了部分文字组织工作。

作者免费提供《计算机网络工程》PPT 讲座、习题与思考题参考答案、传统的网络工程解决方案。这些资料存放在清华大学出版社第五事业部 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 网站和中国软件测试联盟 <http://www.51sqae.com> 网站上;读者进入清华大学出版社第五事业部网站后,可输入本书书名或 ISBN,搜索到本书相关资料进行下载。

在本书写作过程中得到过王安、单银根、王兆康、陈建华等人的帮助和支持,借此机会对他们表示感谢!

由于作者水平有限,文中难免有不当之处,请读者积极批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 网络的形成与发展	1
1.1.1 远程联机系统	2
1.1.2 多机通信系统(ARPA 网 时代)	2
1.1.3 国际标准化网络	4
1.1.4 互连、高速、宽带、智能与 更广泛的应用	5
1.2 网络定义与常用术语	6
1.2.1 网络的定义	6
1.2.2 网络常用术语	7
1.3 传输速率等级	7
1.4 网络类型	8
1.4.1 局域网	8
1.4.2 城域网	8
1.4.3 广域网	9
1.4.4 无线网	11
1.4.5 互联网	12
1.5 网络功能与资源共享	12
1.5.1 网络功能	12
1.5.2 网络资源共享	12
1.6 网络基本要素及其操作 系统	16
1.6.1 网络基本要素	16
1.6.2 计算机网络系统的组成	18
1.6.3 网络操作系统	19
1.7 计算机网络的参考模型	25
1.8 国内一些重要网络的发展 概况	25
1.9 网络操作系统发展简史以及 具有影响的组织	28
1.9.1 网络操作系统的发展 过程	28

1.9.2 对网络发展具有影响力的 组织	30
1.9.3 Internet 标准及最有影响的 组织	31
习题与思考题	32
第 2 章 网络数据通信技术	34
2.1 网络数据通信基础	34
2.1.1 数据与信息的关系	34
2.1.2 传输信号与通信	35
2.1.3 模拟通信系统	35
2.1.4 数字通信系统	36
2.2 网络数据编码技术	37
2.2.1 数据编码类型	37
2.2.2 脉冲编码调制方法	39
2.3 信道的传输方式	40
2.3.1 串行通信方式	40
2.3.2 并行通信方式	43
2.3.3 单工/半双工/全双工通信 方式	44
2.4 网络数据传输技术	45
2.4.1 基带传输和频带传输	45
2.4.2 同步传输与异步传输	46
2.4.3 多路复用技术	47
2.4.4 数据交换技术	51
2.5 差错控制技术	54
2.5.1 差错产生的原因与类型	54
2.5.2 检错码与纠错码	54
2.5.3 差错控制方法	55
2.6 通信线路	55
2.6.1 数字用户线	55
2.6.2 xDSL 的实现	56
2.6.3 无线通信	57
习题与思考题	59

第3章 网络拓扑与分层体系结构	61
3.1 网络两级结构	61
3.2 网络拓扑结构	62
3.2.1 总线结构网络	63
3.2.2 星型网络	63
3.2.3 环型网络	64
3.2.4 树型网络	65
3.2.5 网状结构网络	65
3.2.6 分布式网络	66
3.3 OSI 分层体系结构	67
3.3.1 网络通信协议	67
3.3.2 OSI 参考模型	67
3.3.3 物理层	69
3.3.4 数据链路层	71
3.3.5 网络层	74
3.3.6 传输层	77
3.3.7 会话层	78
3.3.8 表示层	79
3.3.9 应用层	79
3.4 TCP/IP 体系结构	80
3.5 其他网络体系结构	82
3.5.1 ARPANET 体系结构	82
3.5.2 Novell NetWare 网络体系结构	83
3.5.3 Windows NT 体系结构和 Windows Server 家族	84
习题与思考题	85
第4章 网络传输介质	87
4.1 双绞线	87
4.1.1 双绞线重点讨论的内容	87
4.1.2 6类双绞线	95
4.1.3 7类线缆	96
4.2 大对数双绞线	97
4.3 同轴电缆	98
4.4 光缆的品种与性能	99
4.4.1 光缆	99
4.4.2 光缆的种类	100

4.4.3 光缆与光纤的关系	101
4.4.4 光缆的种类和机械性能	102
4.4.5 光纤的连接方式	104
4.4.6 光纤的光源	104
4.4.7 光缆应用范围与主要性能	104
4.4.8 光纤通信系统简述	107
习题与思考题	108

第5章 网络互联设备与设备选型	109
5.1 网络互联设备的作用与层次关系	109
5.2 物理层使用的设备	110
5.2.1 物理层使用的中继器	110
5.2.2 物理层使用的集线器	111
5.2.3 物理层使用的调制解调器	112
5.3 数据链路层使用的设备	114
5.3.1 数据链路层使用的网桥	114
5.3.2 数据链路层使用的网卡	116
5.3.3 数据链路层使用的交换机	117
5.4 网络层使用的设备	123
5.4.1 路由器	124
5.4.2 路由器的原理与作用	124
5.4.3 路由器的优缺点	125
5.4.4 路由器的功能	126
5.4.5 路由器的体系结构	127
5.4.6 路由器的类型	127
5.4.7 路由器的分代	128
5.4.8 选择路由器的要点	128
5.5 应用层使用的设备	128
5.5.1 应用层使用的设备网关	129
5.5.2 应用层使用的设备防火墙	129
5.6 服务器	131
5.6.1 服务器基础知识	131
5.6.2 服务器的集群技术	133
5.6.3 服务器集群的系统特性	134

5.7 作为光纤传输设备的 光端机	137
习题与思考题	137

第6章 网络综合布线与数据中心

有关技术	139
6.1 综合布线系统	139
6.2 综合布线系统的优点	141
6.3 综合布线系统标准	142
6.4 综合布线系统的设计等级	143
6.5 综合布线系统的设计要点	144
6.6 弱电综合管网布线施工	145
6.6.1 弱电综合管网布线工程 施工准备	145
6.6.2 弱电综合管网布线施工	150
6.6.3 区域综合外网布线工程 施工	150
6.6.4 弱电综合管网布线系统 检测与质量控制	151
6.6.5 弱电综合管网布线施工 竣工验收	152
6.7 数据中心的有关知识	154
6.8 卡博菲桥架系统	154
6.8.1 卡博菲桥架产品特点	155
6.8.2 卡博菲桥架系统系列	156
6.8.3 数据中心卡博菲桥架 方案	160
6.8.4 安装卡博菲桥架	161
6.9 KVM 技术	162
6.9.1 KVM 基础知识	162
6.9.2 KVM 系统施工安装	170
6.9.3 KVM 系统施工安装 验收	174
6.10 列头柜技术	176
6.10.1 列头柜的基本概念	176
6.10.2 安装	179
6.10.3 列头柜质量检验验收 要求	179
习题与思考题	180

第7章 网络通信协议	182
7.1 协议分层	182
7.2 网络接口层协议	183
7.2.1 网络接口协议的结构	183
7.2.2 网络接口物理层设计	185
7.2.3 用户/网络接口的数据 链路控制	187
7.2.4 用户/网络接口的呼叫 控制	191
7.2.5 网络间信号连接控制 协议	197
7.2.6 网络间呼叫/连接控制 规程	200
7.3 网际层协议	202
7.3.1 IP 数据报格式	202
7.3.2 IP 地址格式	205
7.3.3 网络掩码	207
7.3.4 子网规划和子网掩码	207
7.3.5 IPv6	213
7.4 传输层协议	218
7.4.1 TCP 协议	218
7.4.2 UDP 协议	221
7.5 应用层协议	223
7.5.1 FTP 协议	223
7.5.2 Telnet 协议	225
习题与思考题	227
第8章 ARP、RARP 和 ICMP	228
8.1 域名与域名解析	228
8.1.1 Internet 的域名系统	228
8.1.2 域名解析	232
8.2 地址解析协议(ARP)	232
8.2.1 地址解析	232
8.2.2 ARP 命令	234
8.2.3 ARP 协议的应用	235
8.3 逆向地址解析协议(RARP)	238
8.4 网际控制报文协议(ICMP)	239
8.4.1 网际控制报文	239

8.4.2	ICMP 报文的传送和利用	240
8.4.3	用 ICMP 发现路径 MTU	241
8.4.4	ICMP 的应用	241
	习题与思考题	244
第 9 章	以太网及其组网方案	246
9.1	组网需求分析与网络基础 结构设计	246
9.1.1	组网需求分析	246
9.1.2	网络设计原则	247
9.1.3	网络工程设计的步骤	247
9.2	以太网基础知识	250
9.2.1	IEEE 802.3 标准	250
9.2.2	以太网与 IEEE 802.3 的 关系	251
9.2.3	802.3 以太网帧和地址 格式	253
9.2.4	主干线、水平干线的 端接	255
9.3	十兆以太网组网方案	256
9.3.1	十兆以太网 10Base-T	256
9.3.2	十兆以太网组网方案	257
9.4	百兆以太网组网方案	257
9.4.1	百兆以太网拓扑结构	257
9.4.2	百兆以太网的设计思想	260
9.4.3	百兆以太网组网方案	260
9.5	千兆以太网组网方案	260
9.5.1	千兆以太网的构成	261
9.5.2	千兆以太网的主要特点	261
9.5.3	千兆以太网与百兆以太网 之间的主要差别	262
9.5.4	千兆以太网标准	262
9.5.5	千兆以太网物理层参考 模型	263
9.5.6	千兆以太网主要技术 简述	265
9.5.7	千兆位介质无关接口 (GMII)	265
9.5.8	千兆以太网物理层的 介质选择	266
9.5.9	千兆以太网的其他标准 规范	270
9.5.10	千兆以太网组网方案	270
9.6	万兆以太网	271
9.6.1	万兆以太网简述	271
9.6.2	万兆以太网与千兆以太网 之间的主要差别	273
9.6.3	万兆以太网的标准	274
9.6.4	万兆以太网组网方案参考 模型	279
9.7	十万兆以太网	280
9.7.1	十万兆以太网简述	280
9.7.2	十万兆以太网标准	284
9.7.3	十万兆以太网技术	285
	习题与思考题	286
第 10 章	计算机网络系统的集成	288
10.1	计算机网络系统集成简述	288
10.1.1	计算机网络系统集成	288
10.1.2	网络系统集成目前 存在的问题	289
10.1.3	信息集成管理系统的 特点	290
10.1.4	信息集成管理系统的 内容和主要问题	290
10.1.5	计算机网络系统集成的 要求	291
10.1.6	信息集成的软件平台 功能和性能要求	292
10.1.7	网络集成验收	292
10.2	系统集成平台	295
10.3	选择平台与系统集成需要 考虑的因素	295
10.4	广域网系统集成技术	296
10.4.1	选择广域网接入线路 需要权衡的因素	296

10.4.2	广域网集成连接方案	297
10.4.3	广域网接口	297
10.4.4	可供选择广域网的 类型	297
10.4.5	广域网集成方案实例	299
10.5	局域网络集成	303
10.5.1	局域网系统集成	303
10.5.2	路由器的系统集成	304
10.5.3	交换机的系统集成	310
10.5.4	防火墙的系统集成	310
10.5.5	系统集成时选择 UPS 的 要点	312
10.5.6	系统集成中的磁盘阵 列安装操作	314
	习题与思考题	315
第 11 章 传统的网络安全与云计算		
	安全技术	317
11.1	传统的网络安全的内容	318
11.1.1	传统的网络安全的内容	318
11.1.2	传统的网络安全的 威胁源	319
11.1.3	网络安全保护策略	319
11.1.4	网络安全设计	320
11.1.5	网络数据加密	323
11.1.6	安全认证	324
11.1.7	使用防火墙	325
11.1.8	网络综合布线系统中的 物理隔离技术	325
11.2	云计算的安全问题	327
11.3	云的安全内容	327
11.3.1	云安全的三个层次	328
11.3.2	云用户应用常见的 问题	328
11.3.3	公司对云安全调查 结论	329
11.3.4	云安全问题的解决 办法	331

11.3.5	云计算环境下安全防护 的主要思路	331
11.4	数据中心安全的内容	333
11.4.1	云数据中心面临的安全 问题	333
11.4.2	云数据中心需要考虑的 安全建设事项	336
	习题与思考题	342
第 12 章 传统的网络管理与云计算 管理技术		
12.1	传统的网络管理的任务与 功能	344
12.1.1	传统网络管理的任务	344
12.1.2	网络管理的基本功能	344
12.1.3	网络管理模型	345
12.2	网络管理协议	345
12.2.1	管理对象之间的交互 关系	345
12.2.2	简单网络管理协议	346
12.2.3	公共管理信息协议	347
12.3	集成本地管理接口 (ILMI)	348
12.3.1	ILMI 的任务	348
12.3.2	ILMI 协议	349
12.4	网络运行维护管理(OAM)	349
12.4.1	OAM 的功能	349
12.4.2	OAM 的分级与 OAM 流	349
12.4.3	OAM 信息流的传送 方式	351
12.4.4	OAM 信元格式	351
12.5	网络存储管理与性能 优化	351
12.5.1	网络的分布式文件 系统	351
12.5.2	网络的磁盘管理	352
12.5.3	网络的远程存储管理	354

12.6 网络打印管理	357	14.5 华为的 VPN 解决方案	408
12.7 网络管理测试	359	14.5.1 华为 3Com 的 IPSec VPN 方案	409
12.7.1 主要测试类型	359	14.5.2 华为 3Com 的动态 VPN 解决方案	409
12.7.2 网络测试内容	361	14.5.3 华为的小型机构 VPN 安全互联解决方案	412
12.7.3 网络测试方式	361	14.5.4 华为网吧解决方案	413
12.7.4 网络测试技术	362	习题与思考题	413
12.8 云管理测试	364	第 15 章 Internet 与 Intranet	414
12.8.1 云测试	364	15.1 Internet 组成与应用	414
12.8.2 用户端的 Web 测试 技术	365	15.1.1 Internet 组成	414
12.9 云管理	366	15.1.2 Internet 应用	415
习题与思考题	371	15.2 通信协议与域名机制	423
第 13 章 无线网络	372	15.2.1 通信协议	423
13.1 无线网络的概述	372	15.2.2 域名机制	424
13.2 无线网络标准与协议	375	15.3 ISP 的选择与 Internet 接入 方法	426
13.3 无线局域网物理接口	380	15.3.1 ISP 的基本概念	426
13.4 无线接入技术	381	15.3.2 选择 ISP 的方法	427
13.5 无线接入的频率资源	382	15.3.3 Internet 接入方法	428
13.6 无线接入的频谱划分	387	15.3.4 接入 Internet 所需的硬件 与软件	430
13.7 无线电波的衰减	388	15.4 Intranet 应用	431
13.8 无线网络组网	389	15.4.1 Intranet 的定义和特点	431
习题与思考题	393	15.4.2 Intranet 的应用	432
第 14 章 虚拟专用网	394	习题与思考题	433
14.1 虚拟专用网简述	394	第 16 章 存储技术与磁盘阵列 技术	434
14.2 Cisco 系统 VPN	396	16.1 存储技术简述	434
14.2.1 Cisco 系统 VPN 的 设计	396	16.2 RAID 基础	440
14.2.2 Cisco 的虚拟拨号 服务	397	16.3 IDE RAID 简介	445
14.3 深信服公司 IPSEC VPN	399	16.4 磁带	446
14.3.1 SINFOR IP SEC VPN 的 主要优点	399	16.5 SVA 共享虚拟磁盘阵列 简述	447
14.3.2 SINFOR SC 集中安全管 理平台的主要技术 特点	405	16.6 存储行业的发展趋势	451
14.4 Windows 2003 自带的 VPN	406	习题与思考题	451

第1章 计算机网络概述

随着现代通信技术的飞速发展，光纤、微波通信、卫星传输使得全球计算机的网络互联成为现实。计算机网络在现代电子技术、网络技术、数据处理技术的强力推动下，以其巨大的优势推动着人类社会的第三次产业革命。计算机网络在我国的各行业中已成为不可或缺的工作平台。

因此，本章首先重点讨论以下内容：

- 网络的形成与发展；
- 网络定义与常用术语；
- 传输速率等级；
- 网络类型；
- 网络功能与资源共享；
- 网络基本要素及其操作系统；
- 计算机网络的参考模型；
- 国内十大重要网络的发展概况；
- 网络操作系统发展简史以及具有影响力的组织。

1.1 网络的形成与发展

计算机网络涉及通信与计算机两个领域，多年来，计算机与通信日益紧密结合，对人类社会的进步贡献极大。

计算机与通信的相互结合主要体现在两个方面。一方面，通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要手段；另一方面，数字计算技术的发展渗透到通信技术中，又提高了通信网络的性能。

计算机网络的发展过程是从为解决远程计算、信息收集和处理而形成的专用联机系统开始，发展到以实现资源共享为目的、遵循国际标准协议、有统一网络体系结构的多计算机互连网络。概括起来，计算机网络应用的发展经历了以下四个阶段：

- (1) 以单个计算机为中心的远程联机系统的数据通信阶段。
- (2) 多个计算机通过通信线路互连的多机通信阶段。
- (3) 遵循国际标准协议，形成统一网络体系结构的广泛应用和发展阶段。
- (4) 计算机网络向互连、高速、智能化方向发展，并获得广泛应用。

目前计算机网络的发展正处于第四阶段。这一阶段计算机网络发展的特点是：互连、

高速、智能与更为广泛的应用。

1.1.1 远程联机系统

计算机通过线路控制器与远程终端相连接是第一代计算机网络系统。最初的计算机是为批处理而设计的，因此当计算机和远程终端相连时，必须在计算机上增加一个接口。这个接口应当对计算机原来的硬件和软件的影响尽可能小些。这样就出现了如图 1-1 所示的线路控制器(Line Controller)。图 1-1 中的调制解调器 M 是必须加入的，因为电话线路本来是为传送模拟语音信号而设计的。



图 1-1 计算机通过线路控制器与远程终端相连

随着远程终端数量的增加，为避免一台计算机使用多个线路控制器，出现了多重线路控制器(Multiple Line Controller)，也称为 Modem。它可以和多个远程终端相连接，构成面向终端的计算机通信网，这就是以主机为中心的第一代计算机网络，如图 1-2 所示。

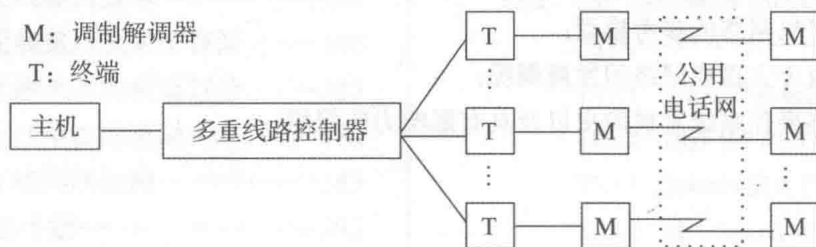


图 1-2 主机与终端相连的联机系统

由图 1-2 知，远程联机系统中，要利用电话线传输主计算机处理的信号和远程终端发出的信号，需要一种进行信号转换的设备，这就是调制解调器(Modem)。

1.1.2 多机通信系统(ARPA 网时代)

在第一代计算机网络中，利用通信线路、集中器、多路复用器以及公用电话网等设备，将一台计算机与多台用户终端相连，用户通过终端命令以交互方式使用计算机系统，从而将单一计算机系统的各种资源分散到每个用户手中。面向终端的计算机网络系统(分时系统)的成功，使得计算机用户数量迅速增加。但远程终端系统存在以下缺点：

- 计算机的负荷较重，会导致系统响应时间过长；
- 单机系统的可靠性较低，一旦发生故障，将导致整个网络系统的瘫痪。

为提高第一代网络的可靠性和可用性，开始研究将多台计算机相互连接的方法。这种方法就是采用电路交换技术使得由“终端-计算机”间的直接通信，发展到了“计算机-计算机”间的直接通信，出现了以数据交换为目标的一级结构的计算机网络，如图 1-3 所示。

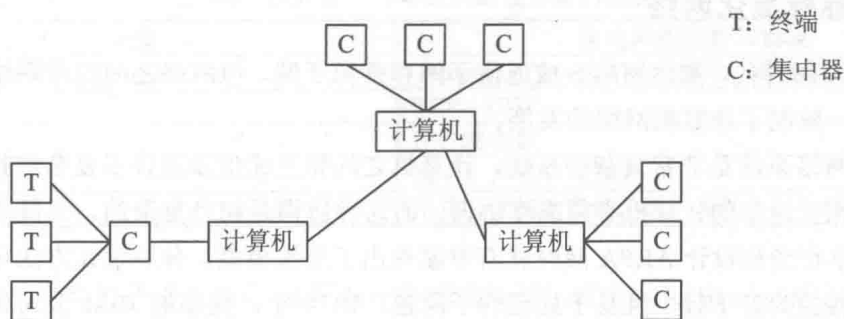


图 1-3 一级结构的计算机网络

随着应用要求的不断提高,后来又形成了利用计算机网络来实现“资源共享”或以完成分布式处理作业为目标的两级结构计算机网络。这种由多个计算机连接构成的系统分成通信子网和资源子网两大部分。这种以通信子网为中心的计算机网络常称为第二代计算机网络。

第二代计算机网络是多个主计算机通过通信线路互联起来,多个主计算机都具有自主处理能力,它们之间不存在主从关系,这样的多个主计算机互联的网络才是目前常称的计算机网络。典型代表是 ARPA 网,该网由美国国防部高级研究计划局组建,主要由 4 个主要节点组成,也是我们现在 Internet 发展的雏形。ARPA 网中有专门的通信处理机负责线路的互联,这个设备称为接口信息处理机 IMP,当主机要发信号时,只要把信号发往与之相连的 IMP 就行了,然后由 IMP 负责找到对方的 IMP 把信号发出去。IMP 采用存储转发的方式,当线路有空闲时再发。这样 ARPA 网就形成了两级子网的结构:通信子网和资源子网。

具有两级结构的 ARPA 计算机网络如图 1-4 所示。

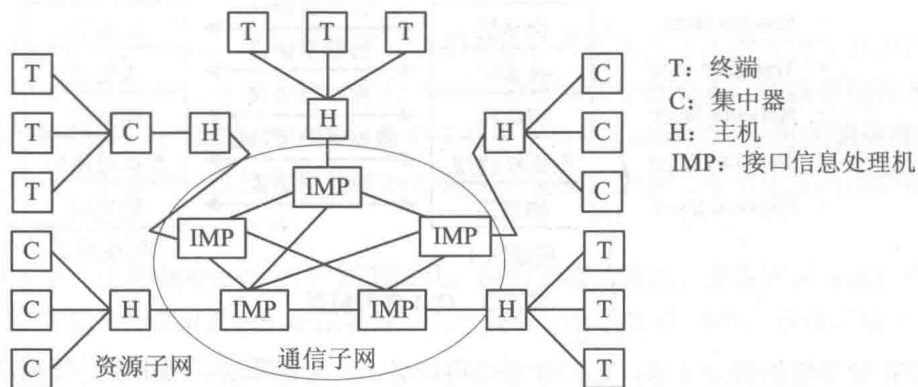


图 1-4 两级结构的 ARPA 计算机网络

ARPA 网投入运行,标志着在第二代计算机网络中:

- (1) 多台计算机通过通信子网构成;
 - (2) 一个有机的整体,既分散又统一,从而使整个系统的性能大大提高;
 - (3) 原来单个主机的负载可以分散到全网的各个机器上,使得网络系统的响应速度加快。
- 而且在这一系统中,单机故障也不会导致整个网络系统的全面瘫痪。

1.1.3 国际标准化网络

在 ARPA 网时代，虽然网络分成通信子网和资源子网，但网络之间的体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络的发展。

计算机网络系统是非常复杂的系统，计算机之间相互通信涉及许多复杂的技术问题。在网络中，相互通信的计算机必须高度协调，而这种协调是相当复杂的。为降低网络设计的复杂性，早在当初设计 ARPA 网时就有专家提出了层次模型。分层设计方法可将庞大而复杂的问题转换为若干较小且易于处理的子问题。1974 年，美国的 IBM 公司宣布了自行研制的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture)。这个著名的网络标准就是按照分层方式制订的。据统计，按照 SNA 设置的网络在 1988 年至少有 15 000 个。DEC 公司也在 20 世纪 70 年代末开发了自己的网络体系结构——数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture)。

网络体系结构出现后，对同一体系结构的网络产品互连是非常容易实现的，但对不同系统体系结构的产品却很难实现互连。针对上述情况，国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)于 1977 年设立专门的机构研究解决上述问题，并于 1984 年公布了名为开放式系统互联参考模型(Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI/RM)的国际标准化网络体系结构，这进一步推动了计算机网络的发展。

开放式系统互联参考模型简称 OSI/RM，它是一个开放体系结构，规定将网络分为 7 层，并规定了每层的功能，如图 1-5 所示。OSI/RM 参考模型的出现，标志着网络进入了第三代计算机网络的新纪元。



图 1-5 OSI 参考模型

OSI 参考模型共分 7 层，它们分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。OSI 规定了每层功能以及同层之间的协调方式。每个层次完成特定的功能，同层进程之间互相通信，这种通信是通过调用下层功能来实现的。

OSI 各层分别负责网络通信中的部分特定工作，在节点间进行通信，OSI 七层协议中，只有物理层实际传输信号，其余传输只能说是逻辑上的虚拟对应传输，由于只有物理层是实际传输的信道，因此各层除了自己相对应层级的工作外，也必须负责上下层之间的联系，这些层与层间的工作关系称为“接口”。

OSI 七层协议与常见网络设备的对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 OSI 各层与常见网络设备的对应关系

层级	常见网络设备与协议
会话层、表示层、应用层	Telnet、FTP、WWW、网关、防火墙
传输层	TCP、UDP
网络层	IP、路由器
数据链路层	网卡、网桥、交换机
物理层	电缆、光缆、无线信道、连接头、集线器、中继器

OSI 模型在数据传送过程中,各层会在数据前端进行通信标头(Header)的包装与拆装工作,并在数据链路层执行数据信号标尾(Trailer)的拆组装工作,标头和标尾内包含各层在网络传输工作上的重要信息,以便节点各层协议可根据相关信息进行各种必要处理。OSI 参考模型的数据传送过程如图 1-6 所示。

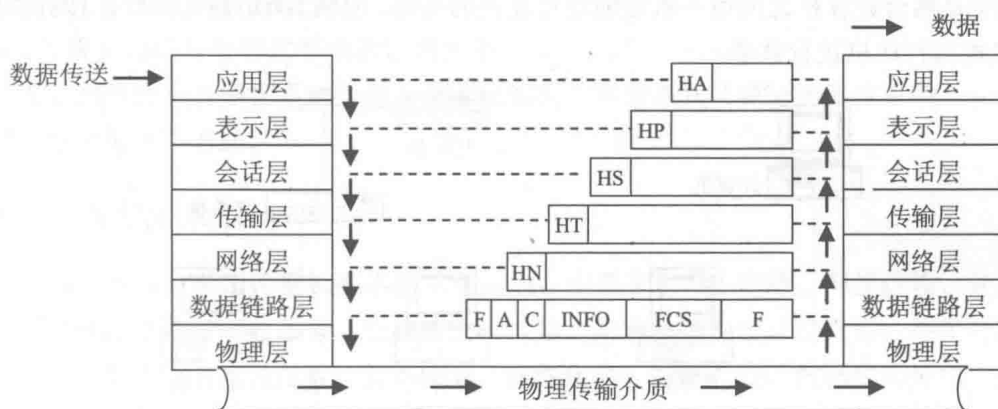


图 1-6 OSI 参考模型的数据传送过程

1.1.4 互连、高速、宽带、智能与更广泛的应用

计算机网络经过第一代、第二代和第三代的发展,表现出其巨大的使用价值和良好的应用前景。20 世纪 90 年代以来,微电子技术、大规模集成电路技术、先进通信技术和计算机技术的不断发展,为网络技术的发展提供了有力支持。而网络应用正迅速朝着高速化、实时化、智能化、集成化和多媒体化的方向不断深入发展,新型应用向计算机网络提出了挑战,新一代网络的问世已成必然。

现在的网络已经是 Internet、云计算的时代,向着互连、高速、宽带方向发展。网上的各种应用也丰富起来,虚拟大学、虚拟社区、电子商务、电子政务、VOD 系统等层出不穷,对我们的生活已经产生了重要影响。

高速与智能网的发展也引起人们越来越多的注意。高速网络技术的发展表现在局域网和宽带综合业务数据网 B-ISDN、帧中继、交换局域网与虚拟网络上。随着网络规模的增大与网络服务功能的增多,各国正在开展智能网络 IN(Intelligent Network)的研究。

网络从十兆以太网、百兆以太网、千兆以太网、万兆以太网到十万兆以太网,它的每个发展过程都给人们带来了惊喜,可谓长江后浪推前浪,一浪更比一浪强。

1.2 网络定义与常用术语

1.2.1 网络的定义

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物，它是由分布在不同地理位置的具有独立功能的多台计算机终端及其附属设备通过通信设备和通信线路连接起来而形成的一种网络系统。在网络软件的支持下，这种系统使得一个地点的计算机用户能享用另一地点的计算机或计算机设备提供的数据处理功能与服务，从而实现共享计算机系统资源及相互通信的目的。

最简单的网络就是将两台计算机连接起来，共享文件和打印机。如图 1-7 所示，其中图 1-7(a)是两台计算机之间用一条电缆进行连接的情形，而图 1-7(b)则是两台计算机使用简单交换机对打印机进行共享。

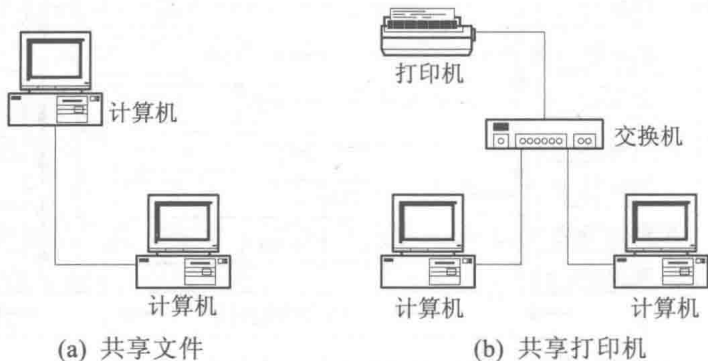


图 1-7 最简单的网络结构

图 1-7 是最简单的网络功能，对于早期的办公大楼的网络来说，其网络结构如图 1-8 所示。这些网络节点(如工作站、计算机、打印机等)通过网络电缆相互连接，从而实现数据、文件、影音等的传输，实现软硬件资源共享的目的。

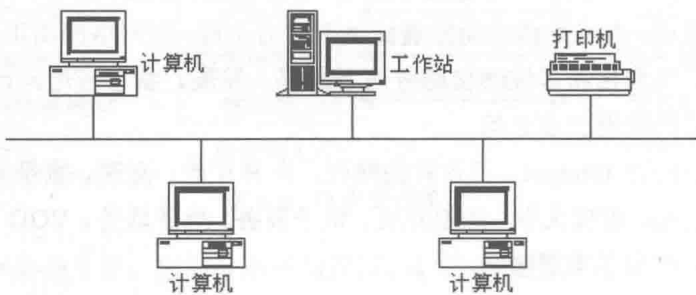


图 1-8 典型的办公楼网络结构

由于人们从事研究的角度和应用范围不同，计算机网络又分为广域网(WAN)和局域网(LAN)等。随着应用的深入，又产生了网络操作系统。但不管发展速度如何，它们有以下共同之处：

(1) 从资源观点看，它具有共享外部设备(如打印机、专用设备、外部大容量磁盘等)的能力和公共信息共享能力(如数据库)。