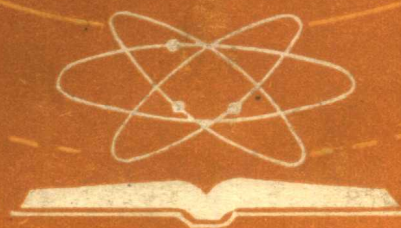


高等学校教材

# 计 算 机 网

南京工学院 顾冠群 编著  
贾耀国



江苏科学技术出版社

高等学校教材

# 计 算 机 网

南京工学院 顾冠群 编著  
贾耀国

江苏科学技术出版社

## 内 容 简 介

本书为第二轮高等学校统编教材,在第一轮教材《计算机网概论》和多年教学实践基础上,按高等学校工科电子类《计算机与自动控制》教材编审委员会计算机编审小组的编写大纲修编而成。

本书由浅入深地阐述了计算机网的基本概念、原理,以及当前计算机网的新技术和研究成果。全书共九章,分别介绍计算机网功能、类型和发展,数据传输和差错检测,数据传输控制规程,计算机网的构成,ARPA网,计算机网络系统结构,公共数据网和计算机网互连,局域计算机网,计算机网的系统分析和设计。书后有三个附录,列出目前公共数据网和局域计算机网的发展状态以及英汉计算机网词汇。

读者对象:高等院校计算机科学和工程专业的师生以及从事计算机、通信、计算机网和信息系统等工作的科技人员。

## 计 算 机 网

南京工学院 顾冠群 编著  
贾耀国

---

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:江苏新华印刷厂

---

开本 787×1092毫米 1/16 印张 21.5 字数 536,000  
1985年11月第1版 1985年11月第1次印刷  
印数 1—6,690册

---

书号: 15196·175 定价: 4.10 元

责任编辑 许顺生

# 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从1977年底到1982年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于1982年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了1982~1985年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

# 前 言

本教材系由《计算机与自动控制》教材编审委员会计算机编审小组选定，并推荐出版。

该教材由南京工学院顾冠群担任主编，上海交通大学谢志良担任主审。编审者是依据计算机编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本书按照60学时编写。如果教学时数较少，可根据各专业的需要，对有些章节内容从简讲述。学习本课程之前，学生需要预修过计算机原理、程序设计方法和操作系统方面的基本知识。

本书主要介绍计算机网的原理、系统组成和各类计算机网的典型实例。计算机网所涉及的技术范畴比较宽广；作为一本计算机专业的原理性教科书，重点在于阐明计算机与通信结合、计算机网组成和协定等方面的基本概念。第一章叙述计算机网的发展和功能，并说明数据通信的梗概，帮助读者理解计算机与通信相结合的重要意义。第二章介绍数据传输和差错检测，使学生从系统的角度来掌握传输、转接、多路复用以及差错检测和校正方式的原理。第三章讲述数据传输控制规程，为了解通信控制奠定基础。第四章阐述计算机网的组成，着重说明协定、路由选择算法和信息流控制，并且介绍国际标准化组织提出的“开放系统互连”参考模式。第五章，通过对 ARPANET 的介绍，使读者树立一个比较典型且又完整的计算机网概念。第六章以 SNA 和 DNA 为例子，着重阐述计算机网络系统结构的概念及其实现。第七章叙述以 X.25 为基础的公共数据网，并说明信关以及计算机网互连的原理。第八章介绍局域计算机网，并以剑桥环和以太网为典型例子，使学生了解局域计算机网的组成和实现原理。第九章以图论和排队论为基础，研究计算机网系统分析和设计的原理和方法。

本书第二章中的差错检测部分由贾耀国编写，其余各章均由顾冠群编写。在编写过程中，承蒙陈力为、王能斌、曾庆辉、周师熊、蔡道法、黄令恭、张佳昆等教授和专家的关心和指导；参加编写和审阅工作的还有唐肖光、严秉樟、张炳成、夏勤诸同志；周万珍同志为本书绘图和校对做了大量工作，在此谨表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免有许多缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编者 1984年8月

# 目 录

## 第一章 计算机与通信 ..... 1

### § 1.1 计算机、通信与人的关系 ..... 1

### § 1.2 计算机和通信结合的特征 ..... 4

### § 1.3 计算机网的定义和功能 ..... 6

#### 1.3.1 计算机网的定义 ..... 6

#### 1.3.2 计算机网的功能 ..... 7

#### 1.3.3 计算机网的类型 ..... 10

### § 1.4 数据通信 ..... 11

#### 1.4.1 电信 ..... 11

#### 1.4.2 消息和信号的类型 ..... 12

#### 1.4.3 数据通信系统的基本组成 ..... 13

## 第二章 数据传输和差错检测 ..... 15

### § 2.1 信道 ..... 15

#### 2.1.1 信道类型 ..... 15

#### 2.1.2 信道容量 ..... 16

#### 2.1.3 传输线路类型 ..... 18

### § 2.2 通信编码 ..... 19

#### 2.2.1 传输方式 ..... 19

#### 2.2.2 五单位字符编码 ..... 21

#### 2.2.3 七单位字符编码 ..... 23

### § 2.3 基带传输和调制 ..... 23

#### 2.3.1 数据信息的电表示法 ..... 26

#### 2.3.2 基带传输 ..... 29

#### 2.3.3 调制 ..... 30

### § 2.4 数字传输 ..... 37

#### 2.4.1 信号数字化 ..... 38

#### 2.4.2 脉冲编码调制 ..... 38

#### 2.4.3 典型信号传输速率 ..... 39

#### 2.4.4 调制解调旁路器

(Modem-Bypass) ..... 40

### § 2.5 多路复用器和集中器 ..... 40

#### 2.5.1 信道复用的基本概念 ..... 40

#### 2.5.2 多路复用及其类型 ..... 41

#### 2.5.3 多路复用器与计算机的连接 ..... 45

#### 2.5.4 集中器 ..... 47

### § 2.6 数据转接 ..... 48

#### 2.6.1 转接 ..... 48

#### 2.6.2 电路转接 ..... 50

#### 2.6.3 存贮转接 ..... 52

#### 2.6.4 时分转接 ..... 55

### § 2.7 差错检测和校正方式 ..... 55

#### 2.7.1 差错类型和差错控制方式 ..... 55

#### 2.7.2 常用检错码 ..... 60

#### 2.7.3 循环码检错 ..... 63

## 第三章 数据传输控制规程 ..... 76

### § 3.1 数据传输线路的类型 ..... 76

#### 3.1.1 按通信方式分类 ..... 76

#### 3.1.2 按线路占有性和共享性分类 ..... 76

#### 3.1.3 访问线路的控制 ..... 78

### § 3.2 数据终端设备和数据通信 设备之间的接口标准 ..... 79

#### 3.2.1 概述 ..... 79

#### 3.2.2 100系列接口电路 ..... 80

#### 3.2.3 200系列接口电路 ..... 84

#### 3.2.4 接口操作要求 ..... 86

#### 3.2.5 接口电路在设备互连中的 应用 ..... 88



|            |                     |            |            |                     |            |
|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|
| 5.4.3      | 控制命令表               | 187        | 7.2.1      | X <sub>21</sub> 的作用 | 247        |
| 5.4.4      | 系统调用命令              | 190        | 7.2.2      | 接口顺序                | 250        |
| 5.4.5      | 启动联结的过程             | 191        | § 7.3      | X <sub>25</sub>     | 250        |
| 5.4.6      | 控制信息流的例子            | 192        | 7.3.1      | X <sub>25</sub> 的作用 | 250        |
| § 5.5      | TELNET 协定           | 193        | 7.3.2      | “虚电路”概念             | 251        |
| 5.5.1      | 功能                  | 193        | 7.3.3      | 接口要求和特性             | 251        |
| 5.5.2      | 应用TELNET 的例子        | 194        | 7.3.4      | 报文分组级逻辑接口           | 253        |
| § 5.6      | 传送层服务               | 195        | 7.3.5      | DTE—网络的连接           | 260        |
| <b>第六章</b> | <b>计算机网络系统结构</b>    | <b>197</b> | 7.3.6      | 数据报                 | 261        |
| § 6.1      | SNA                 | 197        | 7.3.7      | SNA—X <sub>25</sub> | 262        |
| 6.1.1      | 计算机网络系统结构的提出        | 197        | § 7.4      | 计算机网互连              | 264        |
| 6.1.2      | SNA 分层结构的概念         | 197        | 7.4.1      | 信关                  | 264        |
| 6.1.3      | SNA 网络结点            | 200        | 7.4.2      | 网络互连的方式             | 266        |
| 6.1.4      | SNA 的逻辑结构           | 202        | 7.4.3      | DOD网络互连系统结构模式       | 267        |
| 6.1.5      | 传输子系统               | 207        | § 7.5      | ACS                 | 269        |
| 6.1.6      | 网络控制程序(NCP)         | 212        | 7.5.1      | ACS 目标              | 269        |
| 6.1.7      | 主机端点NAU的功能          | 217        | 7.5.2      | ACS 的拓扑结构           | 270        |
| 6.1.8      | 多主机的SNA             | 223        | 7.5.3      | 访问、接口和服务            | 271        |
| § 6.2      | DNA                 | 224        | 7.5.4      | 公共数据网的类型            | 272        |
| 6.2.1      | 目标和系统功能             | 224        | <b>第八章</b> | <b>局域网计算机网</b>      | <b>273</b> |
| 6.2.2      | 设计原理                | 225        | § 8.1      | 局域网计算机网的特征和组成       | 273        |
| 6.2.3      | DDCMP               | 229        | 8.1.1      | 局域网和宽域网             | 273        |
| 6.2.4      | DNA的传送层             | 231        | 8.1.2      | 局域网的特征              | 273        |
| 6.2.5      | DNA的网络服务和会议控制层      | 232        | 8.1.3      | 一般局域网               | 274        |
| 6.2.6      | 应用层                 | 236        | 8.1.4      | 局域网类型               | 275        |
| § 6.3      | ISO 开放系统互连参考模式的导论   | 238        | § 8.2      | 总线式网                | 277        |
| 6.3.1      | 参考模式的基本概念           | 239        | 8.2.1      | ALOHA网              | 277        |
| 6.3.2      | 各层提供的服务和功能          | 243        | 8.2.2      | 总线式局域网的访问网络方法       | 279        |
| <b>第七章</b> | <b>公共数据网和计算机网互连</b> | <b>245</b> | 8.2.3      | 冲突后的重发方法            | 281        |
| § 7.1      | 公共数据网的发展            | 245        | 8.2.4      | Ethernet网(以太网)      | 282        |
| 7.1.1      | 概况                  | 245        | § 8.3      | 环式网                 | 288        |
| 7.1.2      | 公共数据网的组建            | 246        | 8.3.1      | 通行证法(Token Passing) | 288        |
| 7.1.3      | “X系列”建议             | 246        | 8.3.2      | 时间片法(Slot)          | 289        |
| § 7.2      | X <sub>21</sub>     | 247        | 8.3.3      | 寄存器插入法              | 289        |
|            |                     |            | 8.3.4      | 剑桥环(Cambridge Ring) | 290        |

|       |                                  |     |
|-------|----------------------------------|-----|
| § 8.4 | 局域网的标准化 .....                    | 294 |
| 8.4.1 | 局域网标准化工作现状 .....                 | 294 |
| 8.4.2 | IEEE 802 标准 .....                | 295 |
| 8.4.3 | 商品化微计算机局域网 .....                 | 297 |
| 8.4.4 | 局域网控制网和过程数据<br>公路 (PROWAY) ..... | 298 |
| § 8.5 | 局域网互连 .....                      | 299 |
| 8.5.1 | 互连类型 .....                       | 299 |
| 8.5.2 | 互连的技术问题 .....                    | 300 |

## 第九章 计算机网的系统分析和

### 设计 .....

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| § 9.1 | 引言 .....           | 302 |
| § 9.2 | 割集和可靠性 .....       | 303 |
| 9.2.1 | 网络图 .....          | 303 |
| 9.2.2 | 割集 (Cut Set) ..... | 304 |

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 9.2.3 | 通信网络的信息流量 ..... | 305 |
| 9.2.4 | 可靠性分析 .....     | 308 |

## § 9.3 时延分析和链路容量分配 .....

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 9.3.1 | 泊松过程 (Poisson Process) ..... | 309 |
| 9.3.2 | 排队论的应用 .....                 | 311 |
| 9.3.3 | 基本的时延计算公式 .....              | 312 |
| 9.3.4 | 报文通过网络的平均时延 .....            | 316 |
| 9.3.5 | 链路容量分配 .....                 | 317 |
| 9.3.6 | 通信网络容量分配举例 .....             | 318 |

## § 9.4 网络设计算法 .....

## 附录 .....

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 附录(一) | 国外公共数据网 (PDN)<br>的现状 ..... | 324 |
|-------|----------------------------|-----|

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 附录(二) | 国外商品化局域网<br>现状 ..... | 327 |
|-------|----------------------|-----|

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 附录(三) | 英汉计算机网词汇 ..... | 329 |
|-------|----------------|-----|

# 第一章 计算机与通信

## § 1.1 计算机、通信与人的关系

计算机是加工和处理信息的工具。随着计算机的出现和广泛应用,信息处理与通信日益密切地结合起来,使通信网的结构产生了根本性的变化,一系列新业务也相继出现。计算机技术和通信技术的结合,解决了大量信息和数据的传输、转接和高速处理问题,使计算机系统的能力得以充分发挥,可靠性、可用性和资源的利用率各方面也得到了提高。

在五十年代,计算机和通信是作为两种技术各自独立地发展的。至七十年代,两者就显露出相互结合的发展趋势。这是因为计算机和通信的发展都是为了适应人和社会的要求。同时,它们的不断完善,又给社会带来了巨大的影响。可以预计,八十年代以后将是计算机和通信相结合的时代。

图 1-1 表明了计算机和通信相结合的发展趋势。Y 轴表示计算机 (C-Computer) 朝着系统化方向发展的情况; X 轴表示通信 (C-Co-communication) 朝着数字化方向发展的情况。把这两种技术结合起来看,称为“C-C”技术的发展。

“C-C”技术的发展是和人类社会生活中日益增长的要求紧密相关的。为了清楚地说明这种关系,可增加 Z 轴以表示人类因素 (M),构成三维空间,即“计算机-通信-人”空间。下面我们分别加以说明。

### (一) 计算机的发展

自 1951 年第一代的 UNIVAC 计算机出现

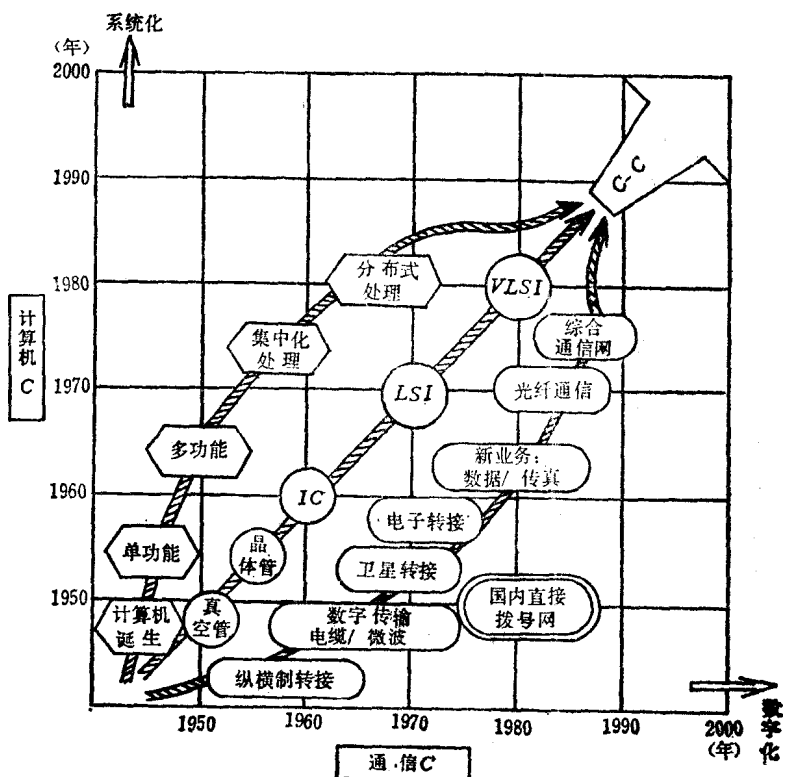


图 1-1 计算机-通信的发展

以后,经历了单功能型、多功能型(即“点”式计算机),到大型集中化处理计算机(即“线”式计算机),然后又演变到目前的分布式处理计算机(即“面”式计算机)。1960年以后,又相继出现了一系列高级语言。这样,就可以通过“人-机”接口的不断完善和机器功能的不断增加,而朝着接近人类智能的目标发展。

计算机系统软件和支持软件的开发与完善,是促进计算机发展的重要因素。由于计算机的使用日益广泛,用户要求分享数据和程序,从而促进了数据库(Data Base)技术的发展,以便存贮大量数据,供广大用户访问使用。由于用户分布在各地,因此伴随着数据库的出现,产生了“用户—用户”之间和“用户—数据库”之间的数据通信的要求。数据通信技术迅速渗透到计算机领域,使数据库和数据通信成为现代计算机系统的基本功能之一。

在七十年代,由于计算机网的兴起,使计算机技术领域出现计算机网络系统结构(CN4)的概念。在八十年代,端点用户语言(End User Languages)将迅速发展,端点用户装置使用户能方便地访问数据库,促进关系数据库的实际使用和自动计算机操作系统技术的发展(尽可能取消人的干预)。在九十年代,预期自动软件生成的研究将进入实用阶段。

## (二)通信的发展

通信技术的发展经历了由数字—模拟—数字的过程。自1832年发明电报以后,通信就进入了早期的数字方式;1876年电话发明以后,通信就进入了模拟方式阶段。但是,由于数字电话、大规模集成电路和第一代通用计算机等技术的发展,使得通信的发展又趋向数字化。1971年微处理机出现以后,又在通信系统中不断引入微处理机,从而进一步加速了通信的演变。目前,通信系统不仅能传送语音,而且能传送数据、手写字符以及图象等多种形式的信息。正是因为计算机的广泛应用和通信系统的数字化,产生了新型的通信网——综合业务数字网(ISDN)。在早先的模拟通信网内,电话、电报、传真、数据等各种业务都是自成体系的,而在综合业务数字网中,传输和交换都是数字的,无论哪种业务,都可以变换成数字形式,在同一个网中进行传输和交换。数字交换就是通信和计算机相结合的典范。

在传输介质方面,除了传统的电缆以外,又出现了由卫星、光纤等组成的高速率、大容量的传输系统。

## (三)“人-机”接口的发展

“人-机”接口,指人类与计算机或与C-C系统交互作用的输入/输出设备。最原始的“人-机”交互信息是字符。操作员可利用键盘输入字符把信息送到计算机,而计算机则通过打印字符,把处理结果通知操作员。后来,“人-机”交互信息形式不断发展,又出现了语音、图象及医疗等形式的信息。而语音识别进展到字词识别,最后实现连续语音的识别。“人-机”接口技术的发展,促进了人与“C-C”的交互作用以及通信与计算机的结合。

## (四)人与“计算机-通信”之间的交互作用

三十多年来,使用计算机和从事开发计算机软件与系统的人们,总是力图达到以下两个目标:其一是缩小在人的概念、思想、行为和计算机反应能力之间的差距;其二是最高效地使用与计算机相关的硬件和软件。例如,用户利用“C-C”系统把他们的思维过程逐渐发展为数据处理→信息处理→知识处理。这三者的区别是:数据(Data)是客观事实的表现;信息

(Information)是人的智力所能理解的数据;而知识(Knowledge)却是推理或实验的结果。沿着上述发展过程,“C-C”系统的服务,就越来越接近于人类思维的水平了。

随着计算机与通信的发展,人和“C-C”之间的相互作用情况也随之变化,一般可分为三个阶段。为了观察、分析和比较各阶段的特点及其发展趋势,每个阶段都选择了三个因素,即:①“人-机”接口的改进;②在计算机和系统内智能化的程度;③人类为解决接近计算机和系统反应能力而做的努力。

图1-2表示了“C-C-M”的几个发展阶段。七十年代人们已开发了高级语言、分时操作系统、结构化程序设计方法,使系统便于使用与构成。同时“C-C”系统也具有了传真、数字传输网等。八十年代,“人-机”接口将有更大的改进。例如,将开发图象处理、民族语言处理以及具有更完善功能的智能终端;另外,办公室电子化将取得较大进展。九十年代,“C-C”系统具有接近人类能力的水平。可以预料,知识库和人工智能的实际应用,实现自然语言的处理,以及利用超大规模集成电路(VLSI)编入软件而构成“存贮软件”(Canned Software)。在终端方面,也将制成更加面向人类功能的终端设备。在通信方面,专用自动电子交换机、卫星通

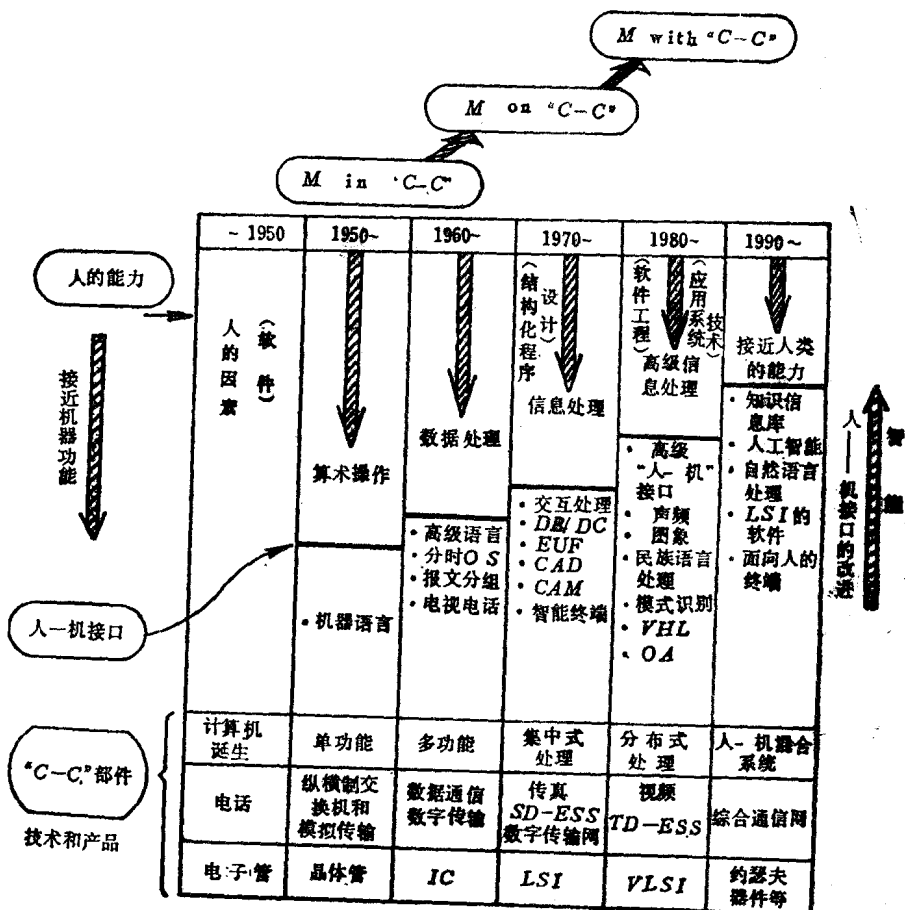


图1-2 “C-C-M”的发展阶段

信、光纤通信、图象处理、图象通信和声音输入/输出等技术领域将有更大的进展。这些进展也将促使系统从集中式处理演变到分布式处理,以适应用户要求,走向“人-机”混合系统时代。

## § 1.2 计算机和通信结合的特征

综上所述,由于计算机和人机接口的不断发展,不仅使计算机的可靠性提高,功耗、成本有所降低,而且更加接近人的思维活动。与此同时,通信方式也由模拟趋向于数字。数字通信的发展取决于大规模集成电路、计算机技术和数字电路的发展,同时数字通信的发展又反过来促进了通信与计算机的结合。在通信中,数字转接是大规模集成电路(LSI)技术、计算机和通信相结合的典范。采用了LSI和计算机的数字交换设备,与机电式的交换设备相比,不仅接续速度快、功能齐全、体积小,而且维护费用低廉。计算机与通信的结合,还对通信网、通信交换、通信设备的设计、路由规划、通信体制等都产生了巨大的影响。现就几个主要方面介绍如下:

### (一) 计算机网

计算机网(即计算机网络)是计算机和通信相结合的典型产物之一。它经历了六十年代萌芽和七十年代兴起的过程,而在八十年代则进入继续发展和逐步完善的时期。通俗地说,计算机网是指经过通信线路互连的计算机和终端的集合。七十年代初,许多国家都建立了宽域分布的公共数据网或计算机通信网,它们具有公共性和远程传递信息的特点。七十年代中、后期,随着分布式处理技术的发展,计算机网领域内又出现了一个分支——计算机局部区域网(Local Area Network),简称局域网。

局域网是用于连接独立装置间的比特串行通信网。这种网由用户管辖并限制在用户建筑范围之内,其特点为:① 网络范围在几公里之内;② 数据传输速率较高,可达1—20 Mbps;③ 由单一组织经营管理,可与电信部门无关。局域网之所以引起人们的极大兴趣,是因为它能把一个建筑楼或相邻建筑楼内的计算机、终端设备和外部设备进行互连,可对网络内资源共享。

为了与新出现的局域网相区分,人们把宽域分布和远程传递信息的网称为远程网或宽域网。在八十年代,宽域网与局域网将趋向组合连接,构成“结合网”。在结合网内,每个用户既可存取局域网内的资源,又可存取宽域网内资源。

### (二) 通信行业与计算机行业的结合

以前在一个通信系统内,传统的电信部门仅装备传输电路和装置,因此用户端的数据设备要同时承担数据处理与通信控制业务的任务。随着计算机和计算机网技术的发展,通信控制处理功能逐渐从数据设备中分离出来。在采用微处理机后,形成了独立的通信处理机。在网内的每个结点,设置一台通信处理机,用于实现存贮和转发信息所需的通信控制功能。国外出现一种“增值网”(VAN),即为利用原有的电话线路和装置,加配通信处理机,构成数据通信网。这种网好象增加了“数据价值”,故称为“增值网”。拥有增值网的组织,可向电信部门租用传输线路和调制解调器,然后附加必要的计算机设备,就能提供用户间的数据通信。

在国外组建公共数据网时,从事通信的公司和从事计算机服务的公司将互相结合,以充分发挥优越性。例如,美国电报电话公司(ATT)和数字设备公司(DEC)合作,组建了一个提供公共数据服务的ACS系统。

### (三)通信网、通信设备和终端设备的智能化

随着计算机、微计算机技术的发展,程控交换已广泛应用于各级网络。程控交换灵活性大,便于提供新业务,实现通信网的动态管理和集中维护。程控交换采用分布式控制、模块化结构、时分接续网、遥控交换等技术,大量节约了建网投资。随着程控交换技术的发展,转接局间信号采用公共信道信号方式,省掉了昂贵的接口设备,加速呼叫接续,且信息容量大,便于开放新业务和进行网络管理。在网络管理方面,可采用微型机和计算机实现对全网的集中监控,以实现网络的动态管理,提高网络的可靠性、有效性。程控交换、公共信道信号与集中监控系统构成了智能化网络,通过该网可实现网络工作状态的自动分析、故障的自动检测和预报、合理控制业务流量、自动调整网络组织以及实现其它交换方式等。

在通信设备方面,微计算机已应用于语言处理和加密,出现了诸如声码器、语音识别装置等。此外,在市话查号,市话计费、计时、计次,话务数据收集,市话网的规划统计,自动查找用户号码,自动故障分析,话务信号发生设备及器件等方面,也都广泛应用了微处理机和微计算机。

### (四)各种新兴业务的出现及综合业务数字网(ISDN)的建立

随着计算机与通信的相结合,通信网的处理业务也日益增多。例如,信息处理通信业务(Telematic),包括电话网的公用电话传真、数据网的用户传真,以及交互型可视数据(Video-text)、网络数字化、程控化和公共信道信号网的建立等,都将使现有通信网逐步过渡到综合业务数字网,最终地,将消除电话、电报、传真和数据等各种业务各自成网的缺点。

### (五)办公室自动化与住宅电子化

办公室自动化和住宅电子化问题也是发展中的一个重要课题。办公室自动化及住宅电子化,体现了在通信和事务工作处理方面需要用计算机、各种通信与终端设备来装备办公室和住宅,从而构成分布式数据处理系统。在通信方面,除了传统的电话、电传打字机外,还需增加远程传真、电子邮政、用户电报、数据终端及图形终端等装置;通信点的数目和传输距离也有增加。在处理方式方面,除数据处理外,尚需字处理、正文处理、文件归档和检索功能。

办公室自动化的发展,对通信网提出了新的要求,即希望通信网能传递和管理多种“结合”形式的信息。例如,对于字符和图象结合在一起的文件,必须能予以存贮、复制、编辑和播送。又如,语音滤波和离散字的识别技术,把数字化的音频消息带进系统,并且象图象一样的可以对其编辑、查阅、分类和归档。为了寻找和联结以不同形式存贮的文件,将出现一种变革性的“电子文件夹”(Electronic Paperclip),以适应管理文件的需要。

### (六)网络信息服务(NIS)

计算机网的建立为信息和数据资源共享开辟了道路,并可形成一个新型“网络信息服务”工业。网络信息服务,允许用户直接与一个或多个计算机中相关的数据文件和解题算法相互

作用,其中包括访问一个组织的或两个组织的分布式信息系统、远程事务处理记录、数据询问和计算机间的通信。也就是说,网络信息服务工业是提供“计算机—通信”中介服务的事务处理工业,它拥有处理大量用户和接纳各种信息产品的能力。网络信息服务不仅能改变社会信息结构,而且能改变社会本身的结构,这是因为它能为人们提供多种服务的缘故。例如,可为人们提供远程商品购买、新闻需求、电子邮政、远程医疗诊所、远程教育和训练以及电子金融等。

目前,信息服务的交互型可视数据(Videotex)和智能用户电报(Teletex)正在迅速发展。在交互型可视数据服务中,用户利用电视机作为终端并经过网络,可以访问数据库或计算机的信息服务。智能用户电报适用于事务处理的计算机通信系统,它比用户电报(Telex)要优越,其信息传送速率为1200bps,能为办公室自动化提供所需的信息服

## § 1.3 计算机网的定义和功能

### 1.3.1 计算机网的定义

计算机网的演变,可以概括地分为三个阶段:具有通信功能的联机系统、具有通信功能的分时系统和计算机网。早在五十年代初,美国半自动地面防空系统(SAGE)就着手研究将远距的雷达和其它测量控制设备的信息,通过通信线路接收到一台计算机进行集中处理和控制的,开创了把计算机技术和通信技术结合起来的尝试。这类简单的“终端—通信线路—计算机”系统,一般称之为联机系统。随着连接的终端数目越来越多,上述简单的联机系统发展为具有通信功能的分时系统。为了使数据处理的主计算机减轻负荷,在通信线路和主计算机之间设置一个通信控制器或前端机,专门负责与终端之间的通信控制,从而更好地发挥主计算机的数据处理能力。另外,在终端较密集的地区,设置集中器和多路复用器,就可提高通信线路的利用率。

在上述的各种联机系统中,只具有“终端—计算机”通信,故也可称之为面向终端的计算机网。从六十年代中期开始,发展了若干个计算机互连的系统,开辟了“计算机—计算机”通信,并呈现出多处理中心的特点。七十年代,以ARPA网为代表,标志着计算机网处于兴起时期。由于计算机网采用计算机技术和通信技术相结合的手段,网络内每个结点具有智能转接数据的功能,实现了在广域范围内共享资源,所以许多不同范围、不同服务内容的计算机网相继建立。尤其是一些全国性和国际性的计算机网投入运行,更显示出它的威力和影响。

对于计算机网或计算机网络(Computer Network),自1970年以来已有几种定义。在1970年ARPA网问世以后,把计算机网定义为“以相互共享资源(硬件、软件和数据等)方式而连接起来,且各自具备独立功能的计算机系统之集合”。这个定义着重于应用目的,而没有指出物理结构。另外,随着从“终端—计算机”通信发展到“计算机—计算机”通信,又出现一种“计算机通信网”的定义,即:计算机通信网是指以计算机间传输信息为目的而连接起来的计算机系统之集合。显然,计算机通信网所指出的类型范围要比前一种以共享资源目的类型范围要大,因为传输信息是避免不了的。

一般从物理结构看,可对计算机网给予广义的定义。“广义的”计算机网是在协定控制下

由一台或多台计算机,若干台终端设备,数据传输设备,以及便于终端和若干台计算机之间或者计算机之间数据流动的通信控制处理机等所组成的系统之集合。这个定义,表明计算机网是在协定控制下通过通信系统来实现计算机之间的连接。协定是计算机网的重要概念,将在第四章详细介绍。目前,计算机网和一般计算机互连系统的分界区别,就是有无协定的作用。

在实际的科学研究和工程设计时,一般根据环境对象和着重点有选择地引用“计算机网(络)”和“计算机通信网”这两个术语。例如,当着重涉及关于用户如何共享和使用计算机资源的问题时,或者为完成某个任务互连若干台自治计算机构成网络时,就引用术语“计算机网(络)”。如果着重关于计算机间信息通信的问题时,就引用术语“计算机通信网”。

当前,就定义来说,在计算机网和分布式系统之间存在着某些混淆。分布式系统,是将计算功能分散到若干个物理计算部件的计算机系统。而从本质上说,计算机网可以是或者可以不是一个分布式系统,需要根据如何使用来确定之。例如,网络内仅设置几个有数据处理能力的大型计算机或大型数据库,就构成集中式数据处理网;如果在网络内设置许多具有数据处理能力的计算机,就形成分布式数据处理网。另一方面,需要指出计算机网的物理结构特征,即是它利用通信装置或设施来互连计算机系统,而分布式系统却不强调这个特性。

### 1.3.2 计算机网的功能

促使集中式计算机系统演变到计算机网的原因,在于应用环境需要和现实条件,可归纳如下几点:

#### (一)突破“地理限制”,实现资源共享

许多公司和业务组织陆续地拥有若干台或许多台计算机,并且地理距离相隔较远,为了通过收集和管理信息来协调下属各部门的工作,就希望互连各台计算机组成网络。在网络范围内,可对所有程序、数据和其它资源予以共享,并且无须考虑资源和用户的物理位置。归结地说,计算机网的组建,将结束“地理限制”的局面,而促进政治、经济和科学技术的发展。

#### (二)提供高度可靠性

在一个系统内,单个部件或计算机的暂时失效,是可能发生的,因此希望通过改换资源的办法来维持系统的继续运行。建立计算机网后,每种资源存放在多个地点,并可使用户可通过几条路由来访问网内某个资源,从而避免单个部件和计算机的故障对用户访问的影响。

#### (三)适应计算机与通信两者相对价格的变化

在1970年以前,计算机价格相对于通信装置价格是较高的,就不可能在每个地方设置计算机进行数据分析和处理,于是这些工作只能全部集中到中央计算机。现在,价格情况发生变化,各种计算机价格已经下降,有可能在取得数据的地方进行局部处理,计算机网的建立,强有力地推动分布式数据处理和分布式数据库技术的发展。

具体地说,广义的计算机网具有如下几方面的功能,在不同的应用环境中可加以选择。

##### 1. 数据传送

终端与计算机、计算机与计算机之间能够相互传送数据和信息,这是计算机网的最基本功能之一。应用这种功能的实例,如定时传送气象预报。

## 2. 共享数据

如图1-3所示,是本地计算机或终端(B)需要远地计算机(A)的数据c和软件d,或者只要求数据c的共享数据系统。按照相互传送的内容,可再细分为如下四种方式:

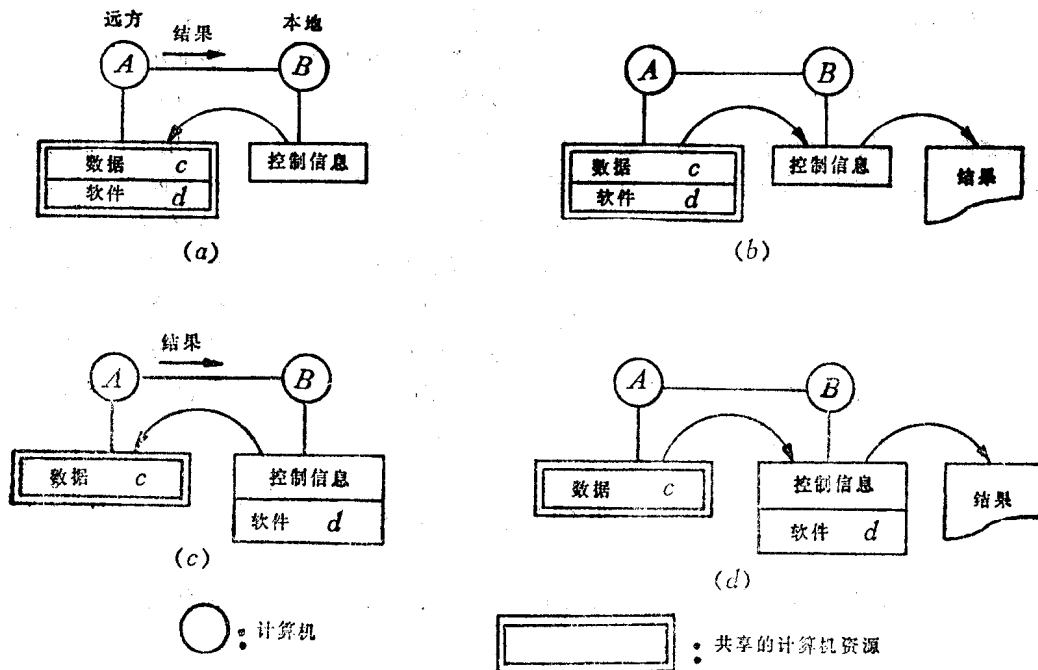


图1-3 共享数据

第一种方式如图1-3(a)所示。从本地用户(B)发出需求的“控制信息”给A端,等待计算机A处理完后再将结果发送给B。象订票系统中用户订票,库房管理中询问库存情况,信息检索系统中的查询等,都是这种方式的例子。

第二种方式如图1-3(b)所示。从本地用户(B)发出需求的“控制信息”给A端,指定把数据c和软件d传送到本地计算处理后得到结果。

第三种方式如图1-3(c)所示。从本地用户(B)把处理数据c的软件d与需求的“控制信息”一起发送到A端,在计算机A中进行处理后把结果返回给本地用户(B)。

第四种方式如图1-3(d)所示。它类似于第二种方式,但从A仅传送数据c到B,处理数据c的软件在本地(B)端,在本地计算处理后得到结果。

可以看出,当数据c的信息量很大时,第一和第三种方式能使通信线路上的通信量减少。

## 3. 共享软件

计算机网内共享的软件包括各种语言处理程序、服务程序和应用程序等。图1-4是假设本地计算机(B),要使用远地计算机(A)中软件c来处理数据d的共享软件系统。而根据传送软件c或传送数据d的方法可再分成如下四种方式:

第一种方式如图1-4(a)所示。从B端把数据d传送到远地A,在计算机A中用软件c对数据d进行处理后将结果送回本地B。例如ARPA网、分时系统的扩展都属于此方式。

第二种方式如图1-4(b)所示。将要用的软件c送到有待处理数据d的B端,而在B处得到结果。