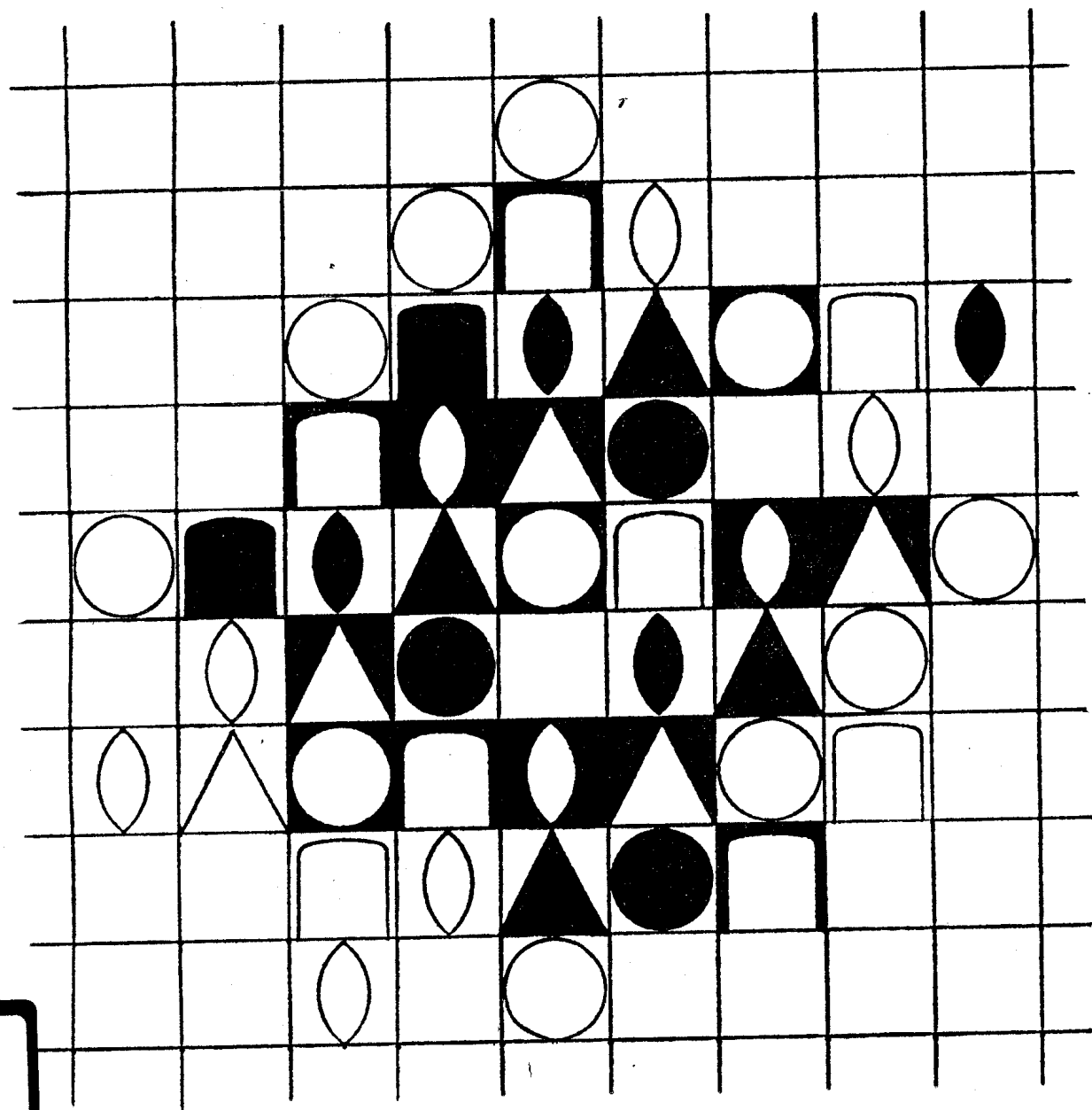


● 高等学校教学用书

数据通信与微型 计算机局部网络

● 谢启江 编著



电子工业出版社

内 容 简 介

本书阐述微机通信和局域网的原理。主要内容包括：分布系统与局部网络，数据通信技术，通信硬件与通信软件，计算机连网与网络协议，总线型与环形局部网络原理，Ethernet（以太网），IBM Token Ring网，网络互连，局部网络上的数据库管理等。本书可作为高等院校计算机科学与工程类、信息工程类、计算机通信与数据通信类专业的教材，也可作为从事分布信息系统设计的程序员和系统管理员的一本基本参考书。

数据通信与微型计算机局部网络

谢启江 编著

责任编辑：王惠民

*

电子工业出版社出版（北京万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷（淄博市周村）

*

开本：787×1092 1/16 印张：19 字数：499 千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数 1—3300册 定价：4.00元

ISBN7-5053-0876-9/T 130

前 言

80年代以来,由于对现代化管理和生产过程自动化的迫切需求,加上高性能微处理机和大容量存储器的成本不断下降,通信技术的发展,使分布式数据处理和局部网络技术成为当今计算机科学和应用领域中发展最迅速、最活跃的一个分支。

在这一领域,我国与发达国家相比虽然还有相当差距,但随着商品经济的发展,近年来也已经取得许多可喜的成果。以微机局部网络为基础的国家经济信息网络进入全面实施,并已有部分投入使用;以实现单位、部门管理现代化为目标的许多分布式管理信息系统正在组建、并且正在以惊人的速度发展。正是这一形势激励编者撰写了本书,其目的是想把它作为分布式信息系统物理设计基础的入门书提供给读者。本书初稿也曾用作苏州大学工学院计算机系高年级学生和研究生微机局部网络与分布处理课程的教材。

本书在取材和编写方法上具有如下一些特点;

(1) 集中讨论微机通信与局部网络在技术和结构方面的基本概念,同时又结合典型系统阐述局部网络设计和实现的普遍原理。为此,力求理论尽可能与应用相结合。

(2) 对局部网络设计者和制造者所关心的一些具体技术未作深入的探讨。在网络的分析和研究方法上,没有追求严格的数学推导和表达。

(3) 力求自成体系。因此,在前四章中简要介绍了有关数据通信方面的基础知识,以便于不熟悉数据通信的读者自学。

(4) 从分布处理系统的角度讨论了局部网络的主要技术。

全书各章内容安排如下:

第一章,概论。简要讨论了分布系统的目标和特点以及局部网络的发展、主要技术、主要研究课题等。

第二章,数据通信技术。系统介绍数据通信原理,数据通信交换技术,网络上的流控制、差错控制和路由选择,以及数据通信规程;并对异步通信的速度匹配技术、通信代码与汉字通信等进行了较深入的讨论。

第三章,通信硬件与通信软件。介绍了重要的通信硬件结构和通信软件功能,并简要叙述了远程通信软件的设计工具。

第四章,计算机连网与网络协议。集中讨论了网络通信的分层结构、ISO的开放系统互连模型(OSI/RM)和局部网络协议的体系结构。

第五章、第六章,总线型和环型局部网络原理。系统阐述了总线型和环形局部网络的工作原理,并对一些带有普遍性的问题作了深入的讨论。

第七章、第八章,总线型局部网络实例。系统介绍了三种典型总线局部网络的技术特点,对其中著名的CSMA/CD Ethernet (3COM Ether Series) 和 3plus (3+) 的结构、工作原理、网络驱动软件、网络高层软件与网络服务、网络汉化等进行了较深入的讨论。

第九章,令牌传递环型局部网络--IBM TOKEN RING。

简要叙述IBM TOKEN RING的结构、工作原理、及其硬软件的配置。

第十章，网络的互连。介绍了网络的各种互连方法。

第十一章，局部网络上的数据库管理。重点介绍分布数据库管理系统的一般概念和基本问题，包括分布信息系统中的数据分布和功能分布，并简要介绍了微机局部网络的几种数据库开发工具及dBASE III+的编程技巧。

书中引用了国内同行专家的一些研究成果。在编写过程中，还得到不少同志的热情鼓励和支持，在此一并表示深切的谢意。

由于水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和疏漏之处，恳请读者不吝指教。

1988.3

目 录

第一章 概论	1
1.1 分布处理系统概论	1
1.1.1 当代计算机体系结构的发展特点	1
1.1.2 分布式系统的发展动力	1
1.1.3 分布式系统的目标	2
1.1.4 分布式系统的主要特点	4
1.1.5 分布式系统与局部计算机网络	5
1.2 局部计算机网络概论	5
1.2.1 概述	5
1.2.2 局部网络的产生与发展	7
1.2.3 局部网络的定义和分类	9
1.2.4 局部网络的主要技术	11
1.2.5 局部网络的主要研究课题	15
第二章 数据通信技术	17
2.1 数据传输原理	17
2.1.1 模拟数据通信与数字数据通信	17
2.1.2 数字编码技术	18
2.1.3 多路复用技术	21
2.1.4 计算机的数据传输	22
2.2 通信交换技术	27
2.2.1 线路交换	27
2.2.2 报文交换	29
2.2.3 分组交换	30
2.3 差错控制、流控制及路径选择	32
2.3.1 差错控制	32
2.3.2 流控制	34
2.3.3 路径选择	38
2.4 数据通信规程	42
2.4.1 面向字符的数据通信规程	42
2.4.2 面向位的数据通信规程	52
2.4.3 通信规程与网络结构的关系	58
2.5 异步通信中的速度匹配	59
2.5.1 通信缓冲器	59
2.5.2 XON/XOFF数据流控制协议	60
2.5.3 协议式传送(XMODEM)	60
2.5.4 假脱机打印	61
2.5.5 磁盘仿真器(电子磁盘)	61
2.5.6 硬盘	62
2.6 汉字通信	62

2.6.1 汉字输入码	32
2.6.2 汉字的内部码	63
2.6.3 汉字交换码和汉字通信	65
第三章 通信硬件与通信软件	67
3.1 通信硬件	67
3.1.1 异步通信适配器	67
3.1.2 网络适配器	68
3.1.3 调制解调器	69
3.1.4 终端设备	71
3.1.5 终端仿真器	73
3.2 通信软件	74
3.2.1 通信软件的层次	74
3.2.2 通信方式——查询与中断	75
3.2.3 通信软件的特征和可选的通信功能	76
3.3 一种通信软件的设计工具	84
3.3.1 基本远程通信存取方法(BTAM)	84
3.3.2 远程通信存取方法(TCAM)	88
3.3.3 虚拟远程通信存取方法(VTAM)	89
3.4 联机通信软件实例	90
3.4.1 控制程序	90
3.4.2 通信用户程序	91
3.4.3 通信处理流程	93
第四章 计算机连网与网络协议	95
4.1 网络通信的分层结构	95
4.2 ISO的开放系统互连参考模型	96
4.2.1 概述	96
4.2.2 OSI模型的分层协议	99
4.2.3 不同层间的信息传送单位	104
4.3 局部网络协议	105
4.3.1 局部网络协议的主要特点	105
4.3.2 局部网络协议的体系结构	105
4.3.3 IEEE802协议标准系列	106
4.3.4 IEEE802参考模型	107
4.3.5 面向过程控制的局部网络协议	103
第五章 总线型局部网络原理	110
5.1 ALOHA无线电分组广播网络	110
5.1.1 ALOHA网络工作原理	110
5.1.2 ALOHA媒体访问方式	112
5.2 CSMA/CD总线结构局部网络	114
5.2.1 网络总线	114
5.2.2 广播式通信与争用总线	114
5.2.3 曼彻斯特编译码	117
5.2.4 CSMA/CD的冲突退避算法	119
5.2.5 网络收发器及总线耦合技术	122
5.3 令牌传递总线结构局部网络	123

5.3.1 令牌传递总线型局部网络原理	123
5.3.2 ARC逻辑环网	125
5.4 CSMA/CD与令牌传递总线型局部网络的性能比较	127
第六章 环形局部网络原理	128
6.1 环形局部网络的特点	128
6.2 令牌传递媒体访问技术——令牌环	129
6.2.1 令牌环原理	129
6.2.2 环接口与中继转发器	131
6.2.3 Newhall 环	133
6.2.4 面向进程通信的令牌环网——DCS	134
6.3 开槽环访问技术——Pierce环	135
6.4 寄存器插入访问技术——DLCN全分布式控制环网	136
6.5 剑桥环	139
6.5.1 剑桥环的基本结构	139
6.5.2 剑桥环工作原理	140
6.5.3 剑桥环的主要通信协议	142
6.5.4 剑桥环系统实例	144
6.6 三种访问技术的环网性能比较	146
第七章 CSMA/CD总线型局部网络	147
7.1 Ethernet的基本概念	147
7.1.1 Ethernet网的组成与帧格式	147
7.1.2 Ethernet协议结构	148
7.1.3 Ethernet控制策略——CSMA/CD访问方式	149
7.2 3COM Ether Series局部网络	150
7.2.1 概述	150
7.2.2 Ether Link网络适配器	156
7.2.3 Ether Link 网络驱动程序设计	163
7.2.4 Ether Series的高层软件及网络服务	178
7.3 高性能Ethernet适配器 Ether Link+	186
7.3.1 Ether Link+结构	186
7.3.2 Ether Link+的命令块功能	189
7.3.3 Ether Link+系统ROM软中断调用功能	192
7.4 3Plus网络系统	194
7.4.1 概述	194
7.4.2 3+Share网络共享系统软件	195
7.4.3 3+Route网络路由系统软件	197
7.4.4 3+Mail 电子邮件系统软件	198
7.4.5 3+Path 网络通道系统软件	198
7.4.6 3+网络服务器	199
7.5 Ethernet 的汉字开发	200
7.5.1 3COM Ether Series 局部网络汉字化的设计思想	201
7.5.2 共享汉字打印机技术	201
7.5.3 电子邮件系统的汉化	203
7.6 AST PCnet 局部网络	205

7.6.1 概述	205
7.6.2 PCnet网络适配器	207
7.6.3 PCnet软件的分层结构	208
7.6.4 PCnet的高层软件	211
第八章 CSMA/CA 总线型局部网络——Omninet网	213
8.1 Omninert网系统概述	213
8.2 Omninert网络工作原理	213
8.2.1 协议命令及其执行过程	213
8.2.2 应答式CSMA/CA媒体访问控制方式	215
8.2.3 微虚电路服务	215
8.3 Omninert网络资源共享	216
8.3.1 硬盘共享	216
8.3.2 打印机共享	217
8.3.3 共享软件和共享数据	218
8.4 利用管道进行站间的通信	219
8.4.1 管道命令和操作过程	219
8.4.2 主机间的通信	223
8.5 Omninert网络软件Constellation I	224
8.5.1 概述	224
8.5.2 Constellation I的组成与结构	226
8.6 Omninert网络的汉化	227
第九章 令牌传递环形局部网络——IBM Token Ring	229
9.1 IBM Token Ring环形局部网络的系统结构	229
9.1.1 接口适配器	229
9.1.2 线集中器	230
9.1.3 桥接器	230
9.1.4 网间连接器	232
9.2 IBM Token Ring网工作原理	232
9.2.1 令牌访问控制方式	232
9.2.2 差分曼彻斯特编码	232
9.2.3 Token Ring的帧格式	233
9.2.4 优先级访问方式	235
9.2.5 媒体访问控制(MAC)协议	236
9.3 系统软硬件配置	238
9.3.1 硬件配置	238
9.3.2 软件配置	239
第十章 网络的互连	241
10.1 同构型局部网络的互连	241
10.2 异构型局部网络的互连	242
10.3 网络互连原理	244
10.3.1 互连要求	244
10.3.2 互连结构	246
10.3.3 使用IP网间连接器的多网络系统设计和操作	248
10.4 互连网络协议	251

第十一章 局部计算机网络上的数据库管理	256
11.1 概述	256
11.2 局部网络上数据库管理系统的体系结构	256
11.3 分布数据库的模式结构	258
11.4 分布数据库管理系统的功能	259
11.5 数据分布与功能分布方案	263
11.6 不同数据分布方案的评价	264
11.7 分布数据库系统中的功能分布	266
11.7.1 分布数据库的管理功能及实现步骤	267
11.7.2 网络站点上的功能分布	271
11.8 微型机局部网络的数据库管理系统 (DBMS)	275
11.8.1 LAN:DATASTORE 和 LAN: DATACORE	276
11.8.2 网络dBASE III plus/Foxbase 简介	278
11.9 局部网络环境下的多用户dBASE III plus的编程	280
11.9.1 多用户dBASE III plus的网络功能	280
11.9.2 应用系统的软硬件综合计划	283
11.9.3 合理组织目录	284
11.9.4 数据共享	285
11.9.5 错误捕捉	288
11.9.6 死锁	289
11.9.7 应用程序修改入网	292
参考文献	293

第一章 概 论

1.1 分布处理系统概论

1.1.1 当代计算机体系结构的发展特点

多机计算机系统和计算机系统的多机结构已成为当代计算机体系结构上的重要特征。而多微计算机系统和多微处理机系统又是其中的一种主要结构形式。为了说明这一观点,我们先简单地回顾一下计算机体系结构的演变过程。

近40年来,计算机经历了几代更新,其系统结构也相应地经历了几代演进。

早期的冯·诺依曼(Von-Neumann)结构,是把运算器、控制器、存储器、输入和输出设备这五大部件按“串行”原则组织起来。对于这种体系结构来说,在输入时,信息通过运算器和控制器(即CPU);输出时,内存信息要经过CPU传送到外部设备。因此,每当执行输入/输出(I/O)操作时,CPU必须停下正在进行的工作为输入、输出服务。这是一种以CPU为中心的体系结构。显然,它的效率低,速度慢。

伴随着第二代计算机的诞生,出现了第二代的体系结构。这种体系结构的主要特征是从以CPU为中心变成以存储器为中心,并引入“通道”部件。这样,就使CPU与外部设备的关系疏远了,实现了CPU与外部设备“同时”操作的目的。解决了慢速I/O设备与快速CPU的矛盾。并且,这种结构在内存与外部设备之间采用了DMA的直接存储器访问。故进行数据传输时可以不再干扰CPU。这在体系结构上是一个很大的进步。但是,在传输数据时仍脱离不了控制器对I/O的管理和干预。例如,当运算器和I/O设备同时访问主存时,仍需要排队等待。

60年代中期,出现了第三代体系结构。这时虽仍以主存为中心,但普遍采用了单总线或多总线结构,且CPU通道和I/O处理机都连接在一条内存总线上。这一时期,通信技术和计算机技术相互结合,出现了计算机网络。但第三代体系结构仍是单处理机的集中式系统占统治地位,其典型代表是面向终端的分时系统。

第四代体系结构于70年代初才开始兴起。它打破了集中式单处理机的格局,出现了以分布处理为特征的多机系统(多处理机系统和多计算机系统)。有人断言,多机分布式结构的发展,可能意味着传统大型、巨型机时代的结束。近年来计算机技术的发展趋势初步证明了这一预见的正确性和科学性。

1.1.2 分布式系统的发展动力

分布式系统之所以得到如此迅速的发展,其主要原因概括起来有三点:

(1) 大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)技术的迅猛发展,使计算机性能和价格比不断提高。现在一块单微处理器的能力已经达到60年代末小型计算机的水平,而其体积和价格却以数量级下降,这为分布式多机结构的形成和发展奠定了物质

基础。

事实上,现在设计一个多处理机系统要比设计一个庞大而复杂的多道程序的单处理机系统更为方便,且价格也便宜。而且,操作系统的设计已不再着眼于企图使硬件的利用处于最佳状态。

(2) 多机间的互连技术和通信技术日趋成熟。

在早期的多处理机系统中,各处理机之间的通信是通过共享存储器来实现的。近年来,由于多机互连技术和通信技术的日趋成熟,以及由于地理上的分散,操作模块化的要求,个人计算机的普及等,一种以共享通信媒体为中心的局部计算机网络得到了极其迅速的发展。这种网络的可行性及廉价性已被广泛承认,以互连 IBM PC 为主的各种局部网络产品纷纷推向市场并得到广泛应用。这就为建造多种分布式计算机系统提供了良好的技术条件。

(3) 用户要求愈来愈高,使用环境愈趋复杂,使许多功能要求甚至大型机也无能为力。例如,高级智能模拟就需要一种分布式的多机结构。再如,为适应管理现代化,则要求及时处理分布于很大地理范围内的数据,这需要一种局部任务局部处理的分布处理系统。

由于分布处理系统能很好地满足用户对性能、价格的要求,以及它具有良好的应用环境的适应性,这就为分布系统,特别是局部网络的发展提供了强大的动力。

1.1.3 分布式系统的目标

就某一特定系统而言,下面所谈的目标并不一定都是完全有意义的,它只表明在通常情况下,对分布式处理系统的期望。

1. 性能扩充

无论今后单处理部件的性能有多强,单处理部件的处理能力总是小于多处理器系统的处理能力。下面我们通过一些实例来说明这点。

有许多课题,如复杂物理现象的模拟,全球性天气预报,自然语言和语音的识别,图像处理,高级智能模拟等,即使当今的大型机或巨型机也无能为力。为此,迫使人们去追求更高速的处理机。研究表明,采用多机结构可以获得更高的处理速度。

例如,美国哥伦比亚大学利用多微处理机研制的Chopp系统,它每秒执行的指令数目为现有巨型机的 $10^3 \sim 10^5$ 倍。目前,已经可以实现由2000个微处理器构成的一个处理能力为1000MIPS(每秒10亿次)的系统,它的造价只有500万美元,约为巨型计算机ILLIAC-IV的1/6,而速度是它的8倍。预计在80年代末,可以用32000个微处理器构成计算能力达 16×10^4 MIPS的系统,而其运算速度将是ILLIAC-IV的1300倍。

英国ICL公司正在研制 64×64 (4096)个微处理器(μp)构成的阵列系统,其处理能力为500MIPS。ICL公司正在酝酿设计 $256 \times 256 \mu p$ 阵列的大型分布式计算机系统。

在日本,已研制成功 32×32 的 μp 阵列,并正在研制 64×64 的 μp 阵列系统。预计它的性能将全面超过当今所有的大型机和巨型机。在气象模拟方面,它的处理速度相当于IBM 360/195,在星系模拟上相当于10倍CDC-7600,在表处理方面相当于3倍CRA Y-1。

在法国,REE公司的Micral-M系统由8个8080CPU单板机构成,据称它的运

算速度可达到每秒300万次。

可以确信,无论是实践上还是理论上,分布式多微处理机系统确实能获得高速处理能力。

2. 增加系统可用性

就一个物理系统而言,一个故障、错误或失效发生的概率决不会为零。这就提出了系统的可靠性问题。常规系统中为保证可靠性,大多采用冗余硬件(TMR)、冗余软件和冗余数据。但故障、错误或失效也会危及这些冗余机构的正常工作。对于包含单一共享资源(如CPU)的系统,一旦共享资源发生故障,将导致整个系统瘫痪,因此,其可用性很低。而由多个处理部件组成的系统则便于故障、错误或失效的检查诊断和恢复。例如,如果多个部件以一种分散方式相互合作,并按照某种不依赖于中央处理部件的特定规约相互检查,那么就可以获得硬件、软件和数据冗余的优点。即使出现一定数目的故障、错误和失效,系统仍能维持工作,这就是所谓软错系统。如果某部件失效后,系统其余部分仍照常工作,而且失效部分的全部工作或部分工作可由其它部分承担,那么系统就具有了“坚定性”(robustness)。这是分布式系统的一个突出的功能。

3. 好的可扩充性

如果一个系统易于适应使用环境的某些改变而不损害其功能,则称该系统具有可扩充能力或具有可扩充性。

使用环境的改变可能有两种类型:

(1) 性能要求改变。性能要求改变通常是指用一些特殊处理部件来替换某些通用部件(例如,在局部网络中为了提高网络性能,用高性能的专用服务器来替换并发服务器);或用功能相同,但性能更好的部件去代替原有的某些部件使系统升级,或增加某些部件到已构成的系统中。当然,也可以缩小系统的规模。所有这些变更都应当动态地完成,而对系统没有任何妨碍。

(2) 功能要求的改变。功能要求的改变通常是指扩展系统所提供的服务(如为增加远程服务功能将Etherseries局部网络升级为3plus局部网络)。对常规系统而言,这在很多情况下是无法实现的。而在分布式系统中,由于处理部件数目可变,系统可以提供不同的功能和多个同一功能,而且容易扩展新的功能。这是因为,从本质上讲,分布系统的设计(包括它的硬件和软件)都是模块化的。模块化结构是分布式计算机系统的又一特点,它具有以下特点:

① 简化系统设计。由于一个分布系统的不同部件可以分别设计,故简化了每个部件的设计,降低了整个系统设计的复杂性,自然也就降低了系统的开发和维护费用。

② 易于安装。可扩充系统的安装可由少到多,由小到大逐步进行。这样,初始系统的投资可以很低。随着用户要求的增加,可对系统逐步扩充,以取得分期投资的效果。

③ 便于维护。由于分布系统中处理部件的数目可变,故而便于检查部件功能。

4. 资源共享

这里所说的资源是广义概念上的资源。它可以是物理设备,可以是数据库,也可以是处理部件本身。资源共享同时应当包括负载的分享(即共分负载)和结构实现上的透明性,而不应该只局限于资源的远程访问。对分布式系统的要求是:对所有活动实行系统

范围内的控制，以取得最佳的动态资源分配和最佳的资源分享。

5. 通信功能

不同场所的计算机通过通信网络互连后，所在的用户可以交换信息。在分布式系统中，把这样的活动称为电子邮件(electronic mail)。

一般说来，分布系统中的通信方式与分布系统的体系结构有关。在星形结构中，各处理器之间的通信是借助中央控制器来实现；在采用单总线或多总线的分布式结构中，可以通过共享通信媒体或共享主存来实现各处理机间的通信。在树型(分层)结构的分布式系统中，其通信功能与上述几种情况不同，它具有更明显的分布式特征。

从以上的讨论中我们已经看到，借助通信将多个计算机或处理器互连构成的分布式系统，可以获得高速运算能力、高的吞吐率、高的可用性、好的扩展性、高度的资源共享和方便实用的电子邮件。这些都是研制分布系统的主要目的。但需要指出的是：①这些目的是彼此相关的。例如，当负载增加时，为达到一定的响应时间，可以增加更多的处理部件或采用自动负载分享技术。前者属于可扩充性，后者则为资源分享。同样，可扩充性和增加可用性在某些方面也是类似的。②系统范围内的控制概念在分布系统中占据特别重要的地位。如果不采用系统范围内的控制技术，则所有目的都不可能满足。

1.1.4 分布式系统的主要特点

分布系统至今尚无一个统一的定义。为了说明分布系统的主要特征，我们先引述两种比较流行的分布式系统定义。

一是恩斯洛(P·H·Enslo)在他的论文^[1]中提出的一个具有研究和发展性的定义。这个定义指出，分布式系统应具有如下5个要素：①有多重物理资源和逻辑资源；②系统通过通信网络交换信息；③有一个高层操作系统来对各分布资源进行统一和全局性的控制；④系统对用户透明，即用户发出使用请求时，无需具体指明要哪些资源为它服务；⑤各资源既有高度的自治性，而又互相配合。

第二个是美国计算机学会下属的分布计算委员会给出的定义：“分布处理系统是这样一种系统，其中包含多个相连的处理资源，它能在整个系统范围内实现对某个问题进行协同处理，而且最少依赖于集中的过程、数据和硬件。

从上述两个关于分布系统的定义，我们可以衍生如下的认识：对于一个分布系统来说，它的分布特征不仅表现于物理特性方面，而且更多地应表现于逻辑特性方面。物理上的分布是衡量一个分布系统的必要条件，而非充分条件。而恩斯洛的定义在描述逻辑特征方面则比较充分。恩斯洛定义的5个要素实质上是分布系统的逻辑特征。因此，一个可以称为分布系统的计算机系统，应该具有以下特征：

- (1) 有任意数目的系统用户；
- (2) 结构是模块化的，处理部件的数目可变(这意味着分布系统的坚定性)；
- (3) 通信是通过分享通信结构的信息交换完成的；
- (4) 实现了系统范围内的控制，因而具有动态进程间的合作和运行时间管理的特点。

在上述特征中，前面3个是很明显的，而第4个是至关重要的。如果没有系统范围内的控制，分布系统所要实现的目标就都不可能满足。

需要指出的是,从不同角度去观察一个分布系统会有不同的结论。例如,从系统设计者的角度去看,和常规网一样,分布系统具有并行性、自治性、模块性和通信性等特点。但就一般的计算机网络来说,它的并行性仅仅意味着自治性;而分布系统中的并行性还意味着合作。这是因为,分布系统已不再仅仅是一个物理上的松散耦合系统,而同时是一个逻辑上的紧密耦合系统。它区别于一般计算机网的本质特征就是多机合作和坚定性。

还需要说明的是,分布系统与多机系统在概念上也不尽相同。例如双工或多工系统(即多机执行同一任务再表决输出的纯容错系统),由于不具备逻辑(或功能)分布特征,因此不能把它看成一个分布系统。但大多数多机系统都可以看成一个分布系统。这是因为,要实现分布处理,就必须有多个计算机或处理机,这实际上就构成了多机系统。反之,多机也必须通过某种分布结构(即互连网络或通信网络)加以互连,来实现其功能的分布。所以,多机系统与分布系统二者正在相互靠拢。

1.1.5 分布式系统与局部计算机网络

对于多机系统的分类至今说法不一。例如,R.L.格利姆斯 德尔(Grimsdale)把各式各样的多机系统大致归纳为3类:

- (1) 阵列处理机系统;
- (2) 多计算机系统;
- (3) 多处理机系统。

应该说,阵列处理机系统只是多处理机系统的一种特殊情况。而多计算机系统和多处理机系统在概念上基本上是一致的。当前比较流行的是将多机系统分成如下3类:

- (1) 计算机网(指常规的广域网);
- (2) 局部区域网;
- (3) 分布式系统。

前两者的主要差别是地理上分布范围不同。计算机网分布在很广的地理区域上,而局部区域网则局限于一个小的地理范围,如一个建筑物内或相邻的几座建筑物内。计算机网或局部区域网都能实现资源共享,并提供通信能力,但它们都不能满足对分布系统提出的两个典型要求,即多机之间的合作和高度的可用性或坚定性。从形式上看,分布系统亦有分布式计算机网和分布式局部计算机网之分,但目前研究最多的是分布式局域网。因此,从计算机之间相互连接所涉及的地理区域大小来看,可以分为常规网与分布式网。常规网是从数据通信的观点发展而来的,而分布式网则是从计算机体系结构的观点发展起来的^[2]。相对于常规网来说,分布式网发生了质的飞跃。所以,从成熟的常规网基础上发展起来的分布式系统是计算机体系结构上的一次革命。

1.2 局部计算机网络概论

1.2.1 概 述

局部网络(特别微型机局部网络)是当今计算机科学和工程中发展最迅速的一个分支,

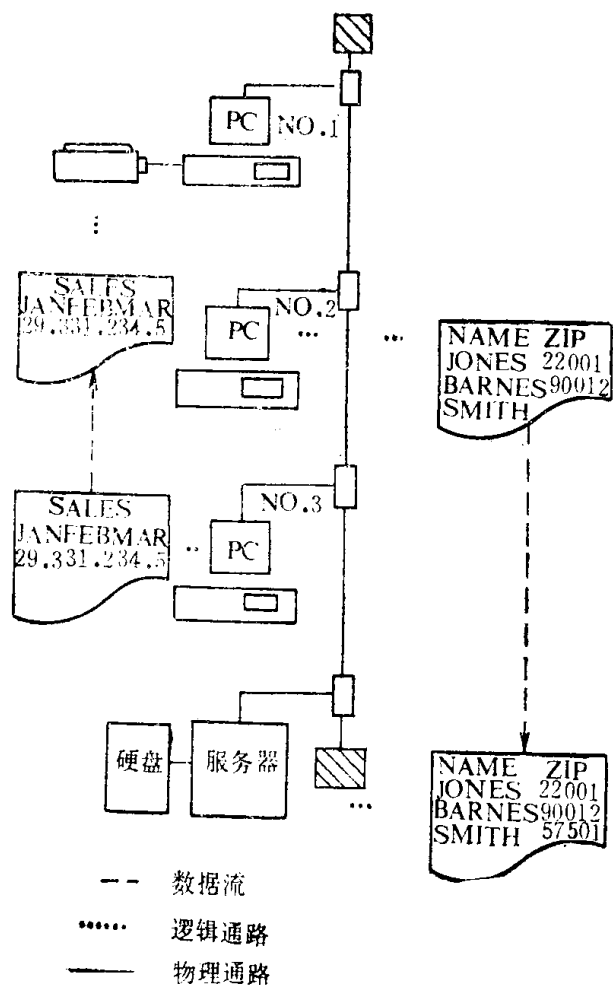


图1-1 基本的局部网络示意

也是计算机应用中一个活跃的领域。

近年来，由于微型机特别是由于个人计算机的大量推广，很多用户提出了联网要求。为什么要提出微机的局部联网呢？一个重要的原因是，在事务处理应用中，有将近75%~80%的通信是在比较近的距离内进行的。这类应用大体有三方面要求。第一，资源共享，其中数据共享尤为重要。第二，通信。例如：文件传送，数据收集，声音和图像的通信等。第三、分布处理。分布式系统(包括分布处理和分布控制)大多是以网络技术作为基础的。局部网络的高性能特点更使它分布系统紧密相关。

下面我们以图1-1为例，说明局部网络区别于其他计算机系统结构的主要特征。图1-1中所示的是由3台个人计算机(PC)互连而成的基本局部网络，其中打印机和硬盘是可共享的资源。硬盘作为单独的设备通过接口箱连到网络上，在某些网络中，可以把硬盘直接接在一个指定的PC上。

可以从两个角度来观察一个局部网络，一是把它看作一种通信技术的逻辑延伸；二是把它看作一种多用户的计算机系统。

局部网络是一种通信系统，但它在两个重要方面区别于远程计算机网和公用电话系统。首先，局部网络仅仅工作在一个有限的地理区域内，一般限制在几公里范围内，或者局限在邻近的建筑群内。其次，与远程计算机网相比，局部网络的传输速率要高得多，一般可高达50Mb/s(电话高级数字干线的最大传输速率为56Kb/s，大多数微型机通信系统的传输速率为300~1200kb/s)。

局部网络又可以看成一种多用户数据处理系统。从这个意义上来说，它是传统多用户系统的一种合乎逻辑的变型。传统多用户系统一般由中央处理器(CPU)和连在这个CPU上的多个终端，以及诸如MP/M86、OASIS-16或UNIX这类多用户操作系统所组成。在多用户系统中，终端不具有单独处理数据的能力，它依靠中央处理机把一部分主存(RAM)分配给终端用户，并为终端用户执行应用程序。与此相反，局部网络中的每一个工作站都是独立的计算机，能独立执行自己的应用程序。所以，从功能上看，在多用户系统中，每个用户的终端、分配给它的一部分主存空间以及它共享到的CPU时间三者结合在一起就相当于局部网络中的一个工作站。

综上所述不难看出，局部网络的主要特征表现在以下几个方面：

1. 网络上的数据传输速率

表1-1给出了局部网络(传输速率为1Mb/s)与IBM PC内部的数据传输或IBM PC与外部进行数据交换时传输速率的比较。由该表可以看出,局部网络上的数据传输速率几乎接近于计算机内部用8条数据线同时并行传输时的数据传输速率。

表1-1 数据传输速率的比较

传 送 类 型	操 作	最大传输速率(Mb/s)
串行	网络上的数据流	1.0/10.0*
并行	RAM读/写	9.5
并行	DMA传送	9.5
并行	处理器启动的I/O操作	7.6
并行	硬盘I/O操作	6.5~8.0
并行	软盘I/O操作	0.25
串行	多用户终端(RS-232-C)	0.0192
串行	1200波特下的MODEM	0.0012

2. 网络上的数据流

由于网络必须把对数据的处理和存储在几个几乎同时访问网络的用户中进行分配,因此它必须以受控的方式来构造数据流。这里所说的控制意味着允许每一个设备有秩序地访问网络,也意味着一定程度的服务使数据能按发送顺序无差错地到达目的地。因此网络的逻辑控制条件是:把数据流放入一定格式的信息包中,然后按网络协议发送出去。这就是我们将在第二章和第四章中要讨论的“通信协议”与“网络协议”。

由于各个用户的处理要求是随机的,因此对局部网络系统的请求也是毫无规则的。这些请求的不规则性和随机性就构成了一种称为“猝发通信”(bursty communication)的数据传送形式。网络应使文件存取这样的系统请求在无明显延迟的情况下完成。这种高速传送和随机猝发型数据包的系统与远程网显然不同。在远程网中,通信由于受到网络传送能力的限制,故通信会晤本质上应是连续的,典型情况至少也要几分钟。这一特征决定了局部网络技术不同于远程网。

3. 局部网络和分布式处理

当一个局部网络在物理上连接起来并建立通信规则之后,就会出现一些问题。这些问题涉及共享资源操作的概念和规则。一个与访问硬盘有关的问题是:哪个用户享有优先权,多个请求同时要求访问一个文件上的数据时,如何进行仲裁。解决问题的关键是如何设计有关的软件(操作系统或应用软件),而不在于如何把数据从一点传送到另一点。解决这个问题的一般方法是把硬盘分成若干段,并把每一段分配给一个指定用户。用户可以像访问本地软盘那样来访问它们。

另一个问题是,在操作员使用连有软盘或打印机的PC工作站时,若有其它用户请求使用该软盘或打印机,网络的支持软件应该如何处理。这涉及到网络与具有并发功能的多任务或多用户操作系统的接口问题。

1.2.2 局部网络的产生与发展

计算机(Computer)技术、通信(Communication)技术和控制(Control)技术(简

称3C技术)的结合是现代技术发展的主要特征。例如,为适应管理现代化和 生产 过程自动化的要求,出现了计算机管理信息系统(MIS)和计算机控制系统。这些系统从原有的集中控制发展到建立在计算机网络基础上的分布式处理与控制。而局部网络正是计算机网络技术中最活跃和最有生命力的一个分支。

计算机网络从具有通信功能的单机系统发展到多机系统,最后形成以分布处理为特征的分布式局部网络。在具体讨论局部网络的产生与发展前,让我们先回顾一下计算机网络结构的演变过程。

早在50年代,就已开始将计算机与通信相结合。例如,美国的半自动地面防空系统就已把远距离雷达和其他测控信号通过通信线路集中到一台中央计算机,以进行集中控制和处理。这个系统与集中式计算机批处理系统的结构相对应。之后,由于连接的终端个数增加,而使上述简单的联机系统发展为具有通信功能的分时系统。尽管资源仍然集中在一台中央计算机上,但许多用户可以通过终端分时访问和使用资源。由于中央计算机既要承担数据处理,又要负责通信功能,故系统负荷较重,且通信线路的利用率较低。为了克服上述缺点,在中央计算机与终端间增加了通信处理机,专门负责与终端间的通信。所有这些都只具有“终端-计算机”间的通信,所以这样的系统是一种面向终端的计算机网。

70年代开始,出现了以ARPA网为代表的远程计算机网络,这是一种真正呈现分布处理特征的计算机互连系统。这种远距离传输系统普遍建立在公共数据通信网基础上。这种公共数据通信网规模大、投资高,因此它的应用受到很大限制,但它为局部网络的发展奠定了技术基础。

从70年代中期开始,随着生产力的发展,信息已经成为一种重要的社会资源。对信息即时采集和处理,将信息进行快速流通、存储和检索已成为现代化管理和生产过程自动化的客观需要。因此,计算机管理信息系统(MIS——Management Information System)、办公室自动化系统(OA——Office Automation)以及计算机自动化系统就成为推动计算机局部网络技术发展的强大动力。在此期间,VLSI技术的迅速发展,各种高性能个人计算机、外部设备、智能工作站和通信设备的出现,也为局部网络技术创造了良好的发展环境。同时,局部网络技术的发展也进一步推动了管理信息系统、办公室自动化系统 and 控制系统的发展。

局部网络的发展大致可以划分为以下三个阶段:

第一阶段:60年代末至70年代初,这一时期是局部网络的萌芽阶段。其主要特点是,为增加单机系统的计算能力和资源共享,把小型计算机连成实验性的局部网络。其典型代表有:美国Bell实验室1969年开发的Newhall环形局部网络,1972年开发的Pierce环以及加州大学开发的分布式计算机系统(DCS)。这一阶段为局部网络从理论和实现技术上奠定了基础。ARPA远程网第一次实现了由通信网络和资源网络构成计算机网络系统的设计目的。它首次采用网络信息传输过程的包交换技术(即分组交换技术),并采用了层次体系结构和规定了不同级别的互连协议。

继ARPA网之后,欧洲和日本也都研制出一些实用网络系统,这进一步促进了网络系统结构的研制,加速了计算机网络在更广泛领域中的应用。

第二阶段:70年代中期是局部网络的一个重要发展阶段。其基本特点是:局部网络