

高等学校教材

计算机通信网

刘后铭 洪福明

西安电子科技大学出版社

高等学校教材

计 算 机 通 信 网

刘后铭 洪福明

西安电子科技大学出版社

1988

内 容 提 要

本书系高等学校工科电子类专业课统编教材。本书全面地论述了计算机通信网(包括局域网)的分析方法和设计原理。

全书共分十三章,内容包括:OSI参考模型和国际标准协议、数据交换、传输链路与规程、排队论基础、网络拓扑设计、网络链路容量分配、信息流控制、路由选择、网络节点设计与分析、局域网概论和典型局域网的介绍以及ISDN的概述等。

本书可供计算机通信专业、通信专业和无线电技术专业的本科生作为专业教材,也可供从事这方面工作的科技人员参考。

高等学校教材
计算机通信网

刘后铭 洪福明
责任编辑 殷威安

西安电子科技大学出版社出版
西安电子科技大学印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 381 千字

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷 印数1-35 001

ISBN 7-5606-0035-2/TP·0011

定价 3.20 元

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、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲议中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断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

本教材系由无线电技术与信息系统编审委员会通信编审小组评选审定，并推荐出版。

现代通信技术的重要发展之一，就是通信与计算机技术结合而形成的新的技术领域——计算机通信网。本书以通信子网为主，介绍计算机通信网的基本分析方法和工程设计的基本知识。全书共分十三章，主要内容有：OSI 参考模型和国际标准协议、数据交换、传输链路规程、排队论基础、网络拓扑设计、网络链路容量分配、信息流控制、路由选择、网络节点设计与分析、局域网概论和典型局域网的介绍以及 ISDN 的概述等。

本教材由成都电讯工程学院洪福明主编，刘后铭、洪福明编写。上海交通大学屠世桢副教授担任主审。编审者均依据通信编审小组审定的教材基本要求进行编写和审阅。在教材审编会议上，乐光新、宋文涛、程时昕（由毕光国副教授代表）等编委以及南京工学院何光明老师对教材内容提出了宝贵的意见。主审人对全书进行了认真细致的审阅并提了很多有益建议。编者在此一并致谢。

本教材第十一、十二两章由洪福明编写，其余均为刘后铭编写，彭亚华老师对全书的习题作了认真的安排和审查。

由于水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

1987 年 4 月

目 录

第一章 绪论

§1 计算机通信网发展概述	1
§2 计算机通信网的组成	3
§3 计算机通信网的主要任务	5
§4 课程内容简介	6
习题	7

第二章 开放系统互连参考模型和国际标准协议

§1 计算机通信网的基本功能	8
§2 网络的分层结构概念	10
§3 开放系统互连参考模型	12
1. 参考模型的分层原则	12
2. 参考模型的分层方法	13
3. 协议层的设计内容	14
4. OSI 七层结构概述	15
§4 开放系统互连协议开发	18
§5 某些典型网络的分层结构	20
1. ARPA 网	20
2. SNA 网	21
3. DEC 网	22
习题	22

第三章 数据交换原理

§1 引言	23
§2 电路交换	24
1. 空分交换	27
2. 时分交换	29
§3 报文交换	32
1. 报文交换的工作过程	32
2. 报文交换网络的特点	34
§4 分组交换	35
1. 分组交换的工作过程	36
2. 分组交换的特点	38
习题	39

第四章 传输链路和规程

§1 传输链路	40
1. 地面线路	40
2. 卫星线路	41
3. 无线线路	41

4. 光纤信道	43
§2 传输方式	43
1. 半双工和全双工	43
2. 点-点和多点线路控制: 探讨	45
§3. 传输规程	48
1. 异步串行传输	48
2. 同步串行传输	49
§4 RS-232-C	51
1. 机械特性	52
2. 电气特性	52
3. 功能特性	52
4. 规程特性	52
§5 HDLC 简介	54
1. 一般概念	54
2. HDLC 的帧格式	54
3. 信息帧、监控帧及无编号帧	56
§6 X ₂₅	57
1. X ₂₁ ——X ₂₅ 物理级协议	58
2. 帧层(链路级)协议	59
3. 分组级协议	61
习题	65

第五章 排队论基础

§1 排队的概率模型	66
§2 Poisson 过程	67
§3 指数分布服务时间	69
§4 M/M/1 排队模型	69
§5 误码重传的 M/M/1 排队系统	75
习题	76

第六章 网络拓扑设计

§1 图论简介	78
§2 终端集中器位置的选择	80
§3 终端集中器及其相邻终端间的多点连接	82
1. 最小支撑树	82
2. Chandy-Russell 算法——最佳解	83
3. 试探算法	85
4. 几种算法的比较	88
§4 网络节点间的链路配置	89

§5 网络可靠性	92	§2 节点结构和分析	140
本章小结	93	1. 软件	140
习题	93	2. 接口硬件	141
第七章 网络的链路容量分配		3. 节点处理机	144
§1 单节点单输出链路的排队模型	95	4. 节点存储器	148
§2 星形网络的链路容量分配	96	§3 网络软件	152
§3 分布式网络的容量分配	99	1. 数据链路级软件的实现	153
§4 时延与造价间的关系	102	2. X.25 分组级协议的实现	154
习题	106	3. 高层协议的实现	156
第八章 信息流控制		§4 网络节点举例	157
§1 网络拥挤和死锁	107	1. EDX-P系统的节点结构	157
§2 信息流控制原理	108	2. IBM 3705 通信控制器	165
1. 主机-主机信息流控制原理	108	本章小结	167
2. 源节点-目的节点流控原理	109	习题	167
3. 中转节点-节点间的信息流控制	112	第十一章 局部区域网络概论	
4. 全局性流控法——许可证法	114	§1 局域网的拓扑结构	168
§3 其它流控方法简介	115	1. 总线结构	168
1. 回发“堵塞”分组	115	2. 环形结构	169
2. 集中式流控	116	3. 星形结构	170
§4 X.25 建议中的流控功能	116	§2 局域网的网络访问技术	170
1. 链路级的信息流控制	116	1. 竞争技术	170
2. 分组级的信息流控制	117	2. 环形空闲分组流动法(Empty Slot)	173
§5 几种流控方法的简单比较	119	3. 寄存器或缓冲器插入法(Register or Buffer Insertion)	174
习题	120	4. 令牌环路访问方式(Token Ring)	175
第九章 路由选择		5. 令牌传递总线方式(Token Bus)	176
§1 引言	121	§3 局域网的标准化	181
§2 决定论法路由选择	122	§4 局域网设计中的基本内容	182
1. 最短路径算法	122	1. 局域网的基本硬件	182
2. 最小时延算法	126	2. 网络上的数据传输率	183
3. 扩散式路由选择	126	3. 网络传输技术	184
4. 静态路由选择	127	4. 局域网的选型	185
§3 适应式路由选择法	128	§5 网络支持软件及其开发	187
1. 集中式自适应路由选择法	128	§6 网络互连技术	188
2. 孤立法	129	1. 网络互连的方法和要求	188
3. 分布式路由算法	131	2. 结构方法	189
§4 分层式路由选择	132	3. 网络互连协议	190
本章小结	134	习题	190
习题	134	第十二章 典型局域网的介绍和分析	
第十章 网络节点设计与分析		§1 典型局域网概述	191
§1 节点功能	135	§2 CSMA/CD 访问方式的以太网	191
1. 源及目的节点功能	135	1. 以太局域网(Ether Net)总况	191
2. 存储-转发功能	139		
3. 网络总体功能	139		

2. 网络总线部件.....	192	4. ISDN 所提供的服务.....	222
3. 网络适配器(Etherlink)的功能 与结构.....	193	5. ISDN 的基本结构.....	223
4. 网络驱动程序设计.....	199	§ 2 ISDN 标准	224
5. 网络服务器及其 Ether Series 高层网络系统软件的结构.....	201	1. ISDN 的基本特征.....	225
§ 3 IBM 令牌环路访问方式局域网	207	2. ISDN 的信道结构.....	225
§ 4 令牌传递总线的 PLAN 系列局域网.....	211	3. ISDN 的业务能力.....	226
1. PLAN 系列局域网总概况	211	4. ISDN 功能原理.....	228
2. PLAN 4000 的硬件组成	212	5. 用户-网络接口	229
3. 令牌传递协议的作用.....	213	§ 3 ISDN 的假想参考连接模型	235
4. PLAN 4000 软件及其在网络中的 运行情况.....	214	§ 4 IDN 及其与 ISDN 的关系.....	236
§ 5 宽带局域网——王安网	216	1. 话音、数据的综合交换.....	237
习题	219	2. IDN 中的数字用户环路	238
第十三章 综合业务数字网简介		§ 5 ISDN 现场试验简介	239
§ 1 ISDN 概念	220	本章小结	240
1. ISDN 的演变过程.....	220	习题	240
2. 用户接口.....	221	附表 1 代码表及注解	241
3. ISDN 的目标.....	222	附表 2 ISO/R 646-1967 七单元代 码表	242
		附表 3 ASCII 代码表	243
		参考文献	244

第一章 绪 论

§ 1 计算机通信网发展概述

在过去的三个世纪中,每个世纪都以一种新技术为标志:18世纪是机械系统的世纪,19世纪是蒸汽机的世纪,有人说20世纪是信息的世纪。世界范围电话网的建立,无线电及电视的发明,计算机工业的不断发展以及通信卫星的发射等便是这个信息世纪发展的里程碑。在我们进入本世纪最后年代的时期,以上属于信息的搜集、传送、存储以及处理各个领域的界线会很快消失而朝着一个更高级的综合体系发展。计算机通信网就是综合通信和计算机这两大新技术为一体的一个典型例子。

虽然计算机工业与其它工业(如汽车及航空工业)比较还很年轻,但它在很短的时间里却有了很大的进展。在它出现的头两个十年里,计算机系统是高度集中的(通常它被装在一个有玻璃墙的房间内,以便参观者在外边可以看到机器),使用者必须带着输入数据等到机房去上机运算。通信技术的发展使人们想到,这种用户到计算中心去的概念应该为将计算机通过通信线路“带到”用户去的概念所取代,这就是所谓联机系统。在该系统中,一台中央主计算机连接大量的在地理上处于分散位置的终端。例如1952年美国建立的半自动地面防空系统就将远距离的雷达和其它设备的信息通过线路汇集到一台中心计算机进行处理。但严格地说,这还不算计算机网,因为在这里,所有的信息处理等服务仍然是由一台计算机提供的。随着计算机的逐步推广,不少单位或组织有了若干台在地理上分散的计算机,例如一个拥有好几个工厂的大公司就可能除公司总部外还在每个工厂都设置有一台计算机。起初各计算机各自是独立的,但以后发现,统一管理需要将这些分散的、各自独立的计算机连接起来组成一个系统网,以便能全面了解各工厂的情况及集中调度,于是就出现了所谓计算机网的概念。推动组成计算机网的另一个力量是要求进行资源共享。计算机硬件及软件对我们来说都属于一种宝贵资源,但往往有这种情况,即在某一时刻某一台计算机可能有太多的用户要使用它而使这些用户不得不等候,但同时另一些计算机则可能很空闲;有时候某些用户对它自己的计算机来说提出了过高要求使计算机无能为力,但同时另一台大型计算机则任务不饱满仍有可能提供额外服务。这些情况都促使人们努力想法将各计算机通过通信系统连成一个网络,使网内的所有用户均能访问、使用网内的计算机。推动组成计算机通信网的第三个重要因素则来自通信技术本身。随着用户数量及要求的不断增加,通信网的服务项目也大大地增加了,除语言通信外,还要求有电报、数字图象、遥测及其它各种数据的传输、存储、交换及处理,这些功能要求都使网络各节点大大复杂化了。于是,人们自然而然地引入了各种微处理机、小型计算机来完成这种复杂功能。在这里,用户终端的范围也扩至包括计算机在内,从而形成了一个多用途的计算机通信网。

最初,计算机通信网是在60年代后期以分时系统的形式出现的。在分时系统中,各终端用户在各自的时隙上使用系统资源。到1972年已经有好几个计算机网问世了。最早的计算机

网是为了共享几所大学的计算机资源而建立起来的。表 1-1 列出了某些早期网络的重要特性。

表 1-1 早期的计算机网及其特征

	ARPA	CYBERNET	DCS	MERIT	OCTOPUS	TSS	TUCC
网络形式	分布式	分布式	分布式	分布式	混合式	分布式	集中式
节点数	23	36	9	3	10	9	4
通信接口	Honeywell DDP 516	CDC 3300 PPU	环形接口	PDP-11	CDC PPU	IBM 2701	IBM 2701
通信协议	报文交换	报文交换	混合式	报文交换	点-点	点-点	点-点
信息格式	可变长度	固定长度	可变长度	可变长度	可变长度	可变长度	可变长度

表注：以上数据至 1972 年 4 月为止。

到 70 年代中期，几乎在计算机通信网的所有方面都有了明显的进展。在终端方面，早先的打字终端机已为多功能的终端机所取代，这些新的终端包括从简单的无记忆显示单元到具有软磁盘、存储器、磁带、打印机和显示器的前端处理器。现在显示终端也包括了诸如彩色、多维显示等新功能。在这期间，一些特殊用途的终端系统如文件编辑、公共邮件、银行、售货等系统及医院系统、保安、产品控制、库存控制等等也有了很大发展。这些新业务的出现已大大超过了最初的数值计算的业务范围，而向所谓的综合业务方向发展。

在通信网发展方面的重要成果是成本的降低及线路速率、质量和可靠性方面的提高。现在的计算机通信网已经广泛地采用了地面线路(速率达每秒兆比特量级)、卫星线路及无线电路。

网络节点的概念也已从简单的通信线路复用器扩展到了可编程的小型计算机，网络节点的功能已可包括如报文、分组交换、路由选择、信息流控制、网络监视及管理。为了减轻主处理机的负担还发展了一种新型的网络节点——前端处理器。

最早的能全面反映计算机通信网发展的典型例子是 ARPA 网。它是在 1969 年由美国国防部的高级研究计划局提出设想并与多个计算机公司(以 BB & N 公司为主)共同研制而发展起来的。该网络从 1969 年的只包括 4 个节点的小型网发展到 1975 年已经包括有约 60 个节点和 100 台计算机的大型网。地理上不仅跨越美国大陆，而且通过卫星链路连接夏威夷和欧洲的节点。1975 年该网正式移交给美国国防部通信局。

计算机通信网可以通过电路交换或存储-转发交换来进行信息传输。在电路交换中，网络信息在一组临时分配的专用链路上进行传输，在传输期间一直占用该链路直到传输结束为止(与惯用的电话交换类似)。而在存储-转发交换中，信息首先被存储在节点中，然后再逐条链路地往目的终端传送。在有些网络中，信息在传送之前首先被分成若干较小长度的单元，称为信息分组(信息包)，各分组可独立地沿网络传输，当所有的分组到达目的节点后，再将它们重新组装起来形成原始信息。通常各分组的长度是固定的，以利于存储和传输。我们把这种交换方式称为分组交换(包交换)。前述 ARPA 网就是采用这种交换。表 1-2 列出的是几个典型的采用分组交换方式的计算机通信网。

当计算机工业界致力于开发各种网络软件和硬件的时候，高教部门则正忙于研究一些有

关计算机网络设计和分析的经典问题。这些问题包括所谓网络拓扑问题(网络节点间的连接方式及链路容量分配)以及为了在网络节点间允许有序地交换数据所必须的网络协议问题。为了避免网络中的信息拥挤及死锁,已经研究出了各种算法及协议。现在,有关路由选择、网络

表 1-2 一些分组交换网的特征

网 名	所属国名	是否公用网	最大速率(kbps)
ARPANET	美 国	专 用	200
TRANSPAC	法 国	公 用	72
CIGALE/ CYCLADES	法 国	专 用	48
CTNE	西 班 牙	公 用	4.8
EDX-P	西 德	专 用	64
EIN	欧 洲	专 用	130
DDX-1	日 本	公 用	48
EPSS	英 国	公 用	48
RCP	法 国	公 用	4.8

性能的估计等问题也在相当程度上得到了解决。

计算机通信网从它问世之日起就得到了广泛的应用,根据其覆盖范围的大小和应用技术条件及工作环境,可以分为广域网(WAN)和局域网(LAN)两大类。目前,计算机和通信正向着兼容、相互补充的方向发展。信息社会要求有效而及时地对信息进行搜集、处理、交换和传送,这就引导人们去开发一种能够传送和处理所有信息业务的综合信息系统,这种发展的目标就是所谓的综合业务数字网(Integrated Services Digital Network,简称ISDN)。

我国的电信工业近十几年来发展速度很快,但由于基础薄弱,与世界电信工业的平均水平仍有较大差距。为了迎接新的技术革命的到来,将在七五期间建立起国家经济信息管理系统、铁路营运系统、电网自动化控制系统和科技情报检索系统等重大项目。计算机通信在我国各地区的发展极不平衡,北京及沿海地区发展较快,内地发展较慢。试验性的计算机通信网在我国已开始逐步建立起来。程控交换机及数据通信网的引进更加速了研制及推广应用计算机通信网的进程。目前局部区域计算机通信网已经在各地区得到了广泛的应用。综合业务数字网的研究也已经提到议事日程上。

§ 2 计算机通信网的组成

计算机通信网由一系列用户终端(包括计算机)、具有信息处理与交换功能的节点及节点间的传输线路组成。用户通过终端访问网络,其信息通过具有交换功能的节点在网络中传输。一般,信息可能是送至另一目的终端站,但也可能是先将信息送至某一具有计算资源的终端,然后再将结果返回原终端。在这里,信息的传输是通过通信网来完成的。因此可以将计算机通信网分为如图 1-1 所示的两种子网,即用户子网和通信子网。

(1) 用户子网

用户子网给用户访问网络的能力。如图 1-2 所示。它包括三个组成部分：主计算机、终端控制器及终端。

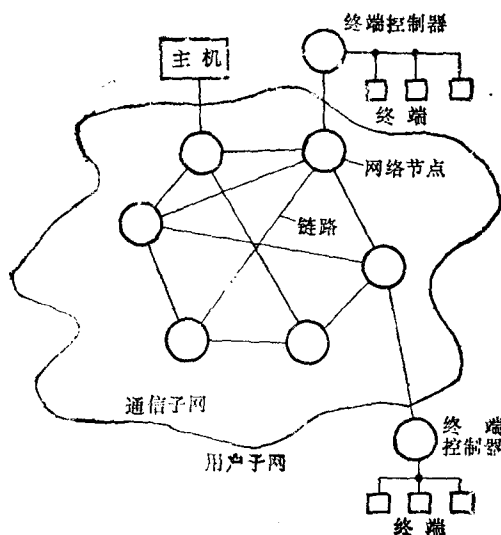


图 1-1 计算机通信网的组成部分

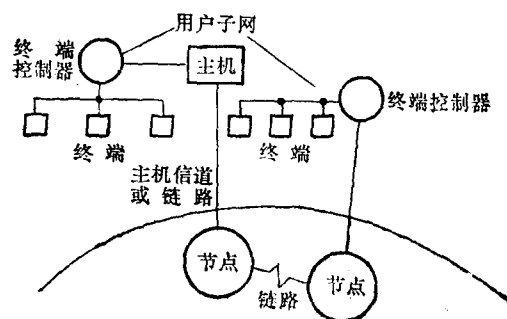


图 1-2 用户子网的组成部分

主计算机为各终端用户提供数据库及各种应用程序。主计算机通过一条高速复用信道或通信链路与通信子网的某一节点相连。

终端用户通过终端控制器访问网络。终端控制器为一组终端提供控制，从而减少了对这些终端的功能要求，因此也就减少了这些终端的成本。终端控制器提供的功能包括对有关链路的控制以及为各终端提供网络协议接口。

(2) 通信子网

通信子网是通过链路建立相互通信的节点的集合。图 1-3 所示为一个通信子网的例子，它由若干网络节点、传输链路及信号变换设备组成。

传输链路是指用于传输数据的通信信道。这些链路的容量可以从 55 bps(比特/秒)到 1.5 Mbps。近年来，卫星信道也开始用作为计算机通信的传输链路了。有时候，为了提供更宽的带宽或为了提高可靠性，可在一对相邻节点间使用多条链路。如果使用模拟信道则可使用信号变换器提供在数字信号和模拟信号间的变换。

网络节点具有双重作用。它一方面提供通信子网与用户子网的接口，另一方面对其它节

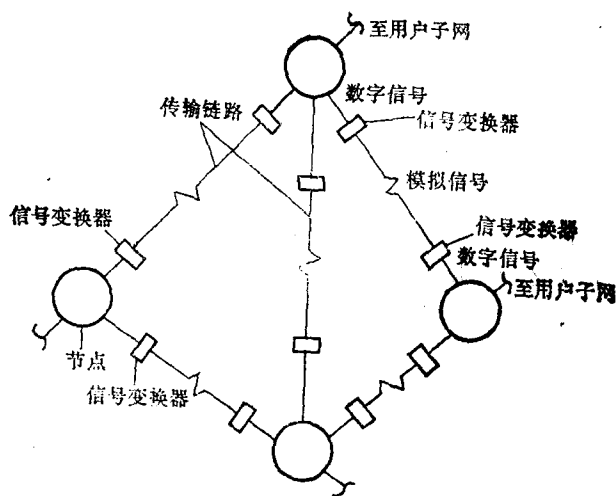


图 1-3 通信子网的组成部分

点来说又是一个存储-转发节点。作为网络接口节点,它能提供诸如信息的接收和发送以及信息传输状态的监测等功能。而作为存储-转发节点,它能提供信息交换功能(即信息的路由选择)。它也和网络的其余节点一起共同起到避免信息拥挤及有效利用网络资源的作用。

通信子网的软件必须遵循网络协议。它应提供对链路及节点存储器的管理,还必须提供与主处理器、终端、终端集中器及信息交换的接口。有关网络节点的课题将在第十章详细讨论。

§ 3 计算机通信网的主要任务

虽然各种特定的计算机通信网可以有其各自的主要任务,但一般可将它们共同的目的任务归纳为如下几点:

- (1) 提供诸如信息(数据库)或处理方面的资源共享。
- (2) 提供网络用户间、各处理器间以及用户与处理器间的通信。为了达到这个目的,网络必须提供几乎无误码的通信线路。
- (3) 改善可靠性。计算机通信网可以通过检错、重发及多重链路等手段来提高网络的可靠性。如果某一处理器被破坏,则网络中的另一处理器可以取而代之。同样,如果路径中有某一链路被破坏,还可以使用别的链路。
- (4) 提供分布处理功能。分布式计算机通信网络可以将原本集中于一个大型计算机的许多处理功能分散给若干节点去完成,因此可以减轻价格昂贵的主处理器的负担,而整个通信及处理的费用也因此大大降低。

这里,对这个问题要解释一下。如前所述,在早期,人们是倾向于采用集中式处理方式的。这是因为当时计算机问世不久,其价格和通信线路相比要贵得多,因此宁愿设置一台中心计算机而将分散于各地的数据通过通信链路送到中心计算机处理。例如我国全国范围的污染监测,早期就是通过通信链路把各地监测到的数据全部送到中心计算机分析处理。但后来随着计算机工业的飞速发展,计算机成本大幅度下降,此时通信线路的价格相对来说变高了,特别是中小型计算机成本下降更快(对大型计算机来说,功能性能增加一倍,其成本远不止上升一倍),这就促使人们以多个中小型机来尽可能取代大型机。此时,同样建立一个全国范围的污染监测站,我们就宁愿在各监测站用一台中小型计算机处理自己所搜集到的数据,只是偶尔需要时才将一些总结性的报告送至主计算机。这样一来,一方面由于减少了主机的负担,使主机和链路的成本均可降低,另一方面,分布处理也提高了网络的可靠性。正是由于这些原因使分布式处理网得到了广泛的应用。

(5) 在某些场合下,要求对在地理上分散的系统提供集中控制。例如在国防上就很需要对各分散的警戒监视站(台)进行集中控制。在工业部门或金融部门也需要有这种集中控制。计算机通信网还可对整个网进行集中管理及集中对网络资源进行分配。

(6) 对不同类型的设备及软件提供兼容。这样一来就可以更充分发挥这些硬件、软件的作用。

(7) 使网络用户花最少的费用而能获得最好的服务,即使服务性能与价格的比值最大。

正因为计算机通信网可以满足如此多的客观上迫切需要的要求,才使得它得到了与日俱增的发展。

§ 4 课程内容简介

为了说明计算机通信网课程应该包括的内容, 让我们首先看一个简单例子。设有某一网络, 其终端分布于 7 个城市, 要求将这些终端连到某一中心城, 在该城中设有中心计算机。为了简单起见, 我们只考虑用户和中心节点间的通信, 图 1-4 为其结构示意图。7 个城市中的每一个都有若干终端机。显然, 如果将每一终端机与中心节点相连则既不经济也无此必要。一个直观上可以想到的解决办法是先将各城市的终端信息集中起来再与中心节点相连。因此我们面临的第一个问题便是应该如何将每一城市内部的这些终端连接起来, 这就是所谓本地网络的拓扑设计问题。

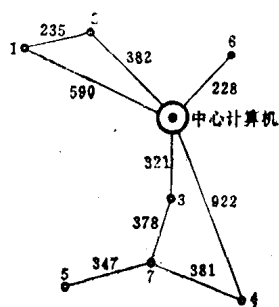


图 1-4 网络结构举例

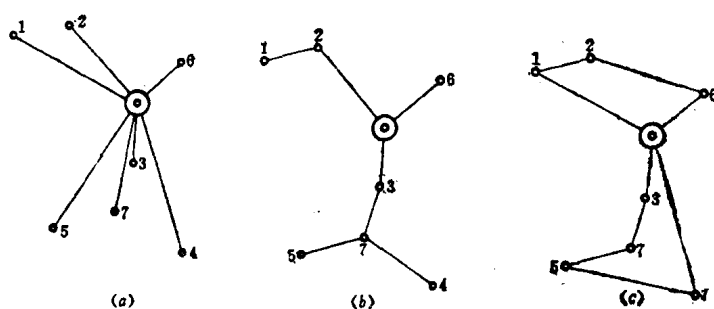


图 1-5 拓扑结构变形

当将城内的各终端连接起来后, 整个网络就形成了七个节点和一个中心节点, 我们统称这类节点为网络节点。这时面临的第二个问题是应该以什么方式将这些网络节点连接起来, 这属于整体网的拓扑问题。本例中图 1-4 所示拓扑结构只是若干种连接法之一。图 1-5 所示为另一些不同的拓扑结构。如何选定满足需要的最佳方案是一个十分重要的问题。我们把这个与前面谈到的本地网络拓扑问题一起放在第六章讨论。

第三个问题是各节点间的链路的容量应该如何确定, 它们与网络性能有什么关系。第七章将专门讨论此问题。

第四个问题是对各节点的具体要求是什么, 在设计网络节点时应该考虑些什么问题。第十章将专门讨论这方面的内容。

信息交换是通信网的一个至关重要的内容。第三章将讨论并比较各种信息交换方式。

作为一个计算机通信网整体, 必须考虑各节点及各链路间协调工作, 这就要求订出一定的规则(协议、规约), 只有当网中所有节点遵循这些共同协议时, 方能保证信息有条不紊地交换和传输。第二章和第四章将讨论网络协议和传输规程的问题。

作为信息传输网络的一个基本要求是应该让信息能比较畅通地通过网络, 应该防止信息的拥挤或阻塞, 而要做到这一点就必须对整个网络的信息流进行控制。这个课题放在第八章讨论。

最后一个是信息的路由选择。在网络通信中,各节点的信息一般可以有多于一条的信息路径。如何来着手信息的路由选择的问题将在第九章讨论。

作为教材,应该系统地考虑问题。本课程相对来说涉及的面较广,有些基本理论前修课中未学过,故第五章集中概要讨论本课程需要的排队理论基础,其目的是为了给其后各章打基础。学过有关课程的同学可以跳过这一章也不会影响系统性。为了使整个课程能由简到繁,前后在理论上衔接,在广域计算机通信网络各章节的编排上我们按与上述提出问题稍有不同的顺序进行,但课程的基本内容则始终是紧紧围绕计算机通信网的分析和设计这个主题的。

局部地区计算机通信网是计算机通信网络的另一种类型。它的一些概念与广域计算机通信网是一致的。例如,两者都有一个一定的拓扑结构;它们都是利用通信链路把分散的计算机及其它终端连接起来;都要遵守一定的通信协议等。但在网络的性能参数上,局部地区网络却具有一定的特点。当一个计算机通信网络覆盖的地区范围不大(譬如说在一栋办公大楼中,一个工矿企业的一群建筑物中或在一所大学的校园内等),其范围仅在几公里以内,就称为局部地区计算机通信网。统计资料表明,在局部环境所采集的信息中,有80%以上是仅限于在这个局部环境中进行交换的,仅有20%以下的信息才必须和外界进行交换。因此局部地区计算机通信网无论在经济上、技术上或应用上越来越受到了人们的重视。

本教材的第十一章首先介绍局部地区计算机网的基本概念、特点及各种资源共享方式。在此基础上,第十二章以典型局部地区网为例,比较详细地介绍了其分析和设计的方法。

就传输的信息类型来说,现有的计算机通信网仍是以数据为主,而对电话网来说,其通信业务则主要以话音的传输、交换为主。随着科学技术和社会的不断向前发展,人们要求打破这种单一业务通信方式的束缚,现在已经有越来越多的用户要求同时使用话音、数据和视频通信。客观形势对综合业务数字网提出了越来越迫切的要求。由于现代计算机技术及大规模集成电路技术的高速发展,也已经为满足综合各种业务于一网的客观要求创造了条件。综合业务数字网是通信的发展方向,作为本教材的结尾,第十三章比较详细的介绍了综合业务数字通信网的发展、基本特点及基本原理。

习 题

- 1-1 试举出几种计算机通信网的例子,并说明建立这些网的目的。
- 1-2 在我国有哪些通信线路能作为通信子网的传输链路?各有什么优缺点?
- 1-3 试从传输时间、传输链路的可靠性、要求连接建立时间以及链路利用率几方面对电路交换、报文交换、分组交换进行比较。
- 1-4 试说明在你单位建立计算机通信网的必要性。

第二章 开放系统互连参考模型和国际标准协议

§ 1 计算机通信网的基本功能

如前所述, 计算机通信网是由一系列用户终端(包括计算机)、具有信息处理与交换功能的节点及节点间的传输链路所构成。图 2-1 所示为这样一个网络的例子。

图 2-1 中的一个终端用户是坐在终端前的操作员, 而另一终端用户则是某一个计算机的特定应用程序。

任何计算机通信网要完成的一个基本功能是提供接续路径。通过该路径, 处于某一地理位置的终端用户可以访问位于另一地理位置的终端用户。根据不同的应用环境, 这一对通信的终端用户可以是一个终端用户和某一他所要求的

远程应用程序(如图 2-1 所示), 也可以是两个应用程序间的远程交互作用等等。表 2-1 列出了为在两个终端用户间建立起一条有效的接续通路, 网络所必须提供的总功能。

如表 2-1 所示, 为了使得一个终端用户能访问另一个终端用户, 首先要求保证在网络发

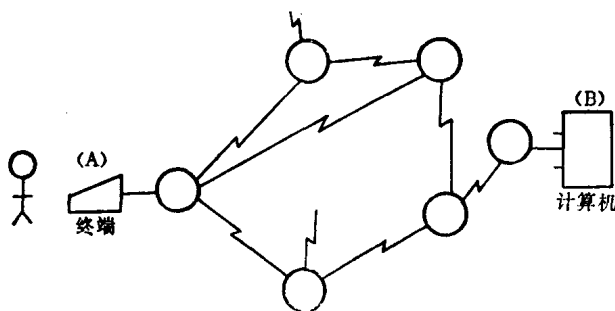


图 2-1 计算机通信网络结构示意图

表 2-1 建立接续通路的总功能要求

要 求	解 决 途 径
1. 保证确实有一条传输路径存在	采用网络传输链路或公用网链路
2. 审查是否是模拟线路	若是, 则采用调制解调器
3. 提供终端与调制解调器间电气连接及控制	采用接口电路
4. 当间隙使用链路时, 保证有一定的线路利用率(经济性)	采用公用拨号线路或采用多点连接或其它多路访问技术实现线路共享
5. 无误码地进行传输	数据链路控制, 误码检测和重传
6. 将信息正确发送到目的地并能绕过有故障的或拥挤的节点和链路	寻址, 路由选择
7. 提高效率, 避免重发长信息	分组装拆
8. 终端用户和网络间信息速率的匹配	缓冲, 信息流控制
9. 向终端用户对提供一定的请求-响应服务方式	对各次用户会晤(对话)进行管理
10. 使有不同码型、格式和命令的终端仍能进行通信	协议变换

送节点与目的节点间确实存在有物理的传输线路(通常还要经过中间节点)。当通信距离很远时,可能还要经公用网提供的地面或卫星链路。

现在,大多数公用网还仍然是主要为传输语音信号的模拟线路,因此就必须采用调制解调器。发送端的调制器将数据比特流变换为模拟信号,而到了接收端后,收端的解调器再将已调制的模拟信号还原成数据信号。该调制解调器的状态必须受到网络节点的控制。为此,网络必须提供一个电气和物理方面的接口。以后我们会明白,X.21 协议标准能完成这一功能。

在建立网络终端用户对之间的通信时所面临的下一个问题是在终端用户的业务信息具有突发性质的情况下,如何仍能有效地利用线路以保证一定的经济性。如果每一发送用户总是以恒定速率产生比特流,则一定容量的租用线路将可以保证最大限度的利用率。但实际情况并非如此,通信总是断断续续的,因此为了提高线路的利用率,必须采用拨号点-点线路或多点连接或其它多路访问技术。而其中最具有吸引力的就是所谓的分组交换和快速交换技术。

计算机通信网必须提供的再一个功能是要保证收端所接收的比特流恰为发送比特流的一个复制品。这是通过在所传信息流上适当地附加一些冗余比特,以实现误码检测来保证的。如果收端发现有误码,就要求发端重发有误码的帧。在大多数计算机通信网中,误码检测和重发功能是由“数据链路控制”单元提供的。

为了保证将信息正确地送到目的地,一个必不可少的功能当然是寻址能力。任何经网络传输的信息都要标明地址信息。通常在两个终端用户间相隔有一个或多个节点,每个节点有不只一条通路和别的节点相连,即在两个终端间有多条通路可供选择。在此情况下,究竟选择哪一条通路最佳,特别是当某节点或链路出现故障或拥挤时,如何绕过这些有问题的节点或链路就是所谓路由选择问题。

网络必须提供的再下一个功能是要为输入的信息提供缓冲,使之能够排队等待进行处理,还要为输出信息提供缓冲直到它们能经传输链路输出为止。为了减小所要求的缓冲器容量和加快响应时间及便于进行误码检测,人们趋向于在发送时先将信息分成一定长度的小段(分组),在接收时再将各分组装配还原成原始信息(组装)。

网络还必须对输出的分组流速率进行控制,使其既不会导致收端缓冲器的溢出,也不会使收端用户经常等待发送的信息。这一要求可以通过对网络信息进行适当的控制来达到。

有了上述功能,用户就可以通过网络进行对话了。但是,只有这些还不够完善,还必须对网络用户间的对话进行管理。例如有些对话要求以“请求-响应”的方式进行,此时就要求网络确定终端在什么时候应该“听”,什么时候应该“讲话”等等。

网络应该完成的最后一个功能是协议变换。只有这样才能使得具有不同字符码型、格式及控制方法的终端用户能够“听懂”对方的讲话。

仅当网络提供上述所有功能后,才能说网络在两终端用户间提供了一条完整而有效的接续通路。为了系统说明上述

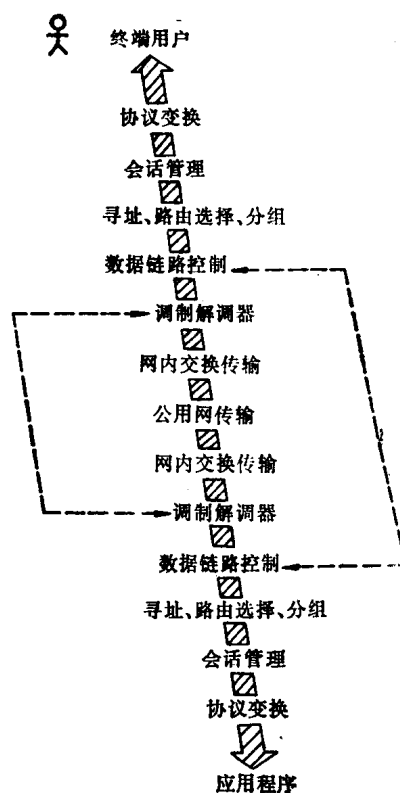


图 2-2 网络的接续通路