

63

TN913.2
L72(2)

高等学校教材

计算机通信网

(修订版)

刘后铭 洪福明(主编)



A0966074

西安电子科技大学出版社

(陕)新登字 010 号

内 容 提 要

本书为高等学校工科电子类专业课规划教材。书中全面论述了计算机通信网(包括局域网)和综合业务数字网的分析方法和设计原理。

本书主要内容为 OSI 参考模型和国际标准协议描述、物理层协议、数据链路层协议、网络层协议、传送层及高层协议、信息流控制及路由选择、网络节点分析及设计、局域网概论及典型局域网介绍以及综合业务数字网概述等。全书共十二章,每章后都附有习题。

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

(修订版)

刘后铭 洪福明(主编)

责任编辑 叶德福

西安电子科技大学出版社出版

地址:西安市太白南路2号 邮编:710071

渭南市邮电印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 406 千字

1988年12月第1版 1996年6月修订版 2001年8月第8次印刷 印数 23 501~27 500

ISBN 7 - 5606 - 0405 - 6/TP · 0162(课) 定价: 18.00 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定，我部承担了全国高等学校和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1978~1990年已编审、出版了三个轮次教材，及时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，贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神，“以全面提高教材质量水平为中心，保证重点教材，保持教材相对稳定，适当扩大教材品种，逐步完善教材配套”，作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想，组织我部所属的九个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会，在总结前三轮教材工作的基础上，根据教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1991~1995年的“八五”（第四轮）教材编审出版规划。列入规划的、以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300多种。这批教材的评选推荐和编审工作，由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿，其一是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的，其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的，其三是经过质量调查在前几轮组织编定出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会（小组）、教学指导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、出版工作还可能有缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

机械电子工业部电子类专业教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部工科电子类专业教材 1991~1995 年编审出版规划,由无线电技术与信息系统教材编审委员会通信编审小组审定并推荐出版。责任编委为樊昌信教授。

本教材由电子科技大学(成都)洪福明担任主编,西安电子科技大学刘增基教授担任主审。

本课程的参考学时数为 60 学时,其主要内容为 OSI 参考模型、各层协议及其性能分析、信息流控制和路由选择、网络节点设计、局域网介绍以及综合业务数字网等。本教材适用对象为计算机通信、通信及无线电技术等有关专业的本科生及科技人员。

本教材是在 1988 年西安电子科技大学出版社出版的《计算机通信网》的基础上修编而成的。本教材第 10、11 章由洪福明编写,其余各章均由刘后铭编写,洪福明统编全稿。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1995 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.3 报文交换	32
1.1 计算机通信网发展概述	1	3.3.1 报文交换的工作过程	33
1.2 计算机通信网定义及组成	3	3.3.2 报文交换网络的特点	34
1.2.1 用户子网	4	3.4 分组交换	35
1.2.2 通信子网	4	3.4.1 分组交换的工作过程	37
1.3 计算机通信网的主要任务	5	3.4.2 分组交换的特点	39
1.4 课程内容简介	5	3.5 快速交换技术	40
习题	7	3.5.1 快速电路交换	40
第 2 章 开放系统互连参考模型	8	3.5.2 快速分组交换	41
2.1 计算机通信网的基本功能	8	习题	47
2.2 网络的分层结构概念	8	第 4 章 传输链路及物理层协议	48
2.3 开放系统互连参考模型	10	4.1 传输链路	48
2.3.1 参考模型的分层原则	10	4.1.1 有线线路	48
2.3.2 参考模型的分层方法	11	4.1.2 卫星线路	49
2.3.3 参考模型 7 层结构概述	12	4.1.3 无线线路	50
2.4 协议层和层间服务	17	4.1.4 光纤信道	50
2.4.1 服务定义	18	4.2 传输方式	51
2.4.2 服务原语	19	4.2.1 半双工和全双工	51
2.4.3 原语顺序	21	4.2.2 多点线路控制: 探询(Polling)	51
2.5 开放系统互连协议开发	21	4.3 RS-232-C 和 RS-449	56
2.5.1 物理层协议	23	4.3.1 RS-232-C	56
2.5.2 数据链路层协议	23	4.3.2 RS-449	56
2.5.3 网络层协议	23	4.4 X.21	59
2.5.4 传输层协议	23	4.4.1 机械特性	59
2.5.5 会话层协议	23	4.4.2 电气特性	59
2.5.6 表示层协议	24	习题	61
2.5.7 应用层协议	24	第 5 章 数据链路控制层协议 及其性能分析	63
2.6 一些典型网络的分层结构	25	5.1 异步串行传输	63
2.6.1 ARPA 网	25	5.2 同步串行传输	64
2.6.2 SNA 网	26	5.3 二进制同步通信规程 BSC	65
2.6.3 DEC 网	26	5.4 高级数据链路控制 HDLC	67
习题	27	5.4.1 一般概念	67
第 3 章 数据交换原理	28	5.4.2 HDLC 的帧格式	68
3.1 引言	28	5.4.3 信息(I)帧、监控(S)帧及 无编号(U)帧	70
3.1.1 全连接	28	5.5 X.25 的链路级协议	72
3.1.2 星形连接	28	5.5.1 地址编码不同	73
3.1.3 部分连接	28		
3.2 电路交换	30		

5.5.2 P/F 位必须成对出现	74	7.2.1 主机—主机流控原理	127
5.5.3 X.25 链路级的命令与 响应类型比 LDLC 少	74	7.2.2 源节点—目的节点流控原理	128
5.6 数据链路层协议性能分析	75	7.2.3 中转节点—节点间的 信息流控	130
5.6.1 三类基本的数据链路协议	75	7.2.4 全局性流控法——许可证法	131
5.6.2 数据链路层协议性能分析	81	7.3 路由选择及其算法分类	132
5.7 链路级协议描述	86	7.4 决定论法路由选择	134
5.7.1 状态转移图	86	7.4.1 最短路径算法	134
5.7.2 事件—状态表	87	7.4.2 最小时延算法	136
5.7.3 结构程序	87	7.4.3 扩散式路由选择	136
5.8 本章总结	88	7.4.4 静态路由选择	137
习题	89	7.5 适应式路由选择法	138
第 6 章 网络层协议及其性能分析	91	7.5.1 集中式自适应路由选择法	138
6.1 排队论基础	91	7.5.2 孤立法	139
6.1.1 Poisson 过程	91	7.5.3 分布式路由算法	140
6.1.2 指数分布服务时间	93	7.6 分层式路由选择	140
6.1.3 M/M/1 排队模型	93	7.7 网间互连	141
6.1.4 排队论中的几个重要定理	98	7.7.1 网间互连的分类	143
6.1.5 排队网络	103	7.7.2 网关(Gateway)	145
6.1.6 排队网络 Norton 定理	104	7.8 本章总结	147
6.1.7 误码重传的 M/M/1 排队系统	106	习题	148
6.2 X.25 分组级协议	107	第 8 章 传送层及高层协议	149
6.2.1 几个名词解释	107	8.1 传送层	149
6.2.2 分组格式	108	8.1.1 传送服务	149
6.2.3 呼叫请求和入呼叫分组	111	8.1.2 OSI 传送服务原语	150
6.2.4 DTE 和 DCE 数据分组	112	8.1.3 传送协议	152
6.2.5 清除请求和清除指示分组	112	8.1.4 连接管理	154
6.2.6 虚呼叫业务规程	114	8.1.5 传送层协议的实现	156
6.2.7 X.25 的分组级流控规程	115	8.2 会晤层(会话层)	161
6.2.8 分组级的任选用户业务功能	116	8.3 表示层(代表层)	163
6.3 网络层协议性能分析	117	8.3.1 数据表示	163
6.3.1 虚电路模型	117	8.3.2 数据压缩	163
6.3.2 X.25 采用的三种窗口 流控方式	118	8.3.3 网络安全与保密	164
6.3.3 滑动窗口流控性能分析	119	8.4 应用层	165
6.3.4 窗端应答流控性能分析	121	8.4.1 文件传送、访问和管理	165
6.4 本章总结	123	8.4.2 电子邮件	165
习题	124	8.4.3 虚终端	165
第 7 章 信息流控制、路由选择及 网间互连	126	8.5 本章总结	166
7.1 网络拥挤和死锁	126	习题	167
7.2 信息流控制原理	127	第 9 章 网络拓扑设计和链路 容量分配	169
		9.1 网络拓扑设计	169
		9.1.1 终端集中器位置的选择	171

9.1.2	终端集中器及其相邻终端间的多点连接	171	11.2.1	以太局域网(Ether Net)总况	211
9.1.3	通信子网网络节点间的链路配置	176	11.2.2	工作站	212
9.1.4	网络可靠性	179	11.2.3	网络总线	212
9.2	网络的链路容量分配	179	11.2.4	网络适配器的功能与结构	214
9.2.1	单节点单输出链路的排队模型	179	11.2.5	网络收发器	219
9.2.2	星形网络的链路容量分配	180	11.2.6	CSMA/CD 中后退延迟算法	211
9.2.3	分布式网络的链路容量分配	183	11.2.7	网络驱动程序设计	211
9.3	本章总结	186	11.3	令牌环访问方式局域网	224
	习题	187	11.4	令牌传递总线的 PLAN 系列局域网	228
第 10 章	局部区域网络概论	188	11.4.1	PLAN 系列局域网总概况	228
10.1	局域网的拓扑结构	188	11.4.2	PLAN 4000 型的硬件组成	229
10.1.1	总线结构	188	11.4.3	令牌传递协议的作用	230
10.1.2	环形结构	189	11.5	NOVELL 网 NETWARE 介绍	232
10.1.3	星形结构	190	11.5.1	NETWARE 基本体系结构	232
10.2	局域网的网络访问技术	191	11.5.2	NETWARE 基本技术特征	233
10.2.1	竞争技术	191	11.6	光纤分布式数据接口(FDDI)	234
10.2.2	环形空闲分组流动法(Empty Slot)	194	11.6.1	FDDI 的组网结构	235
10.2.3	寄存器或缓冲器插入法	195	11.6.2	FDDI 协议模块	236
10.2.4	令牌环路访问方式(Token Ring)	195	11.6.3	FDDI 帧格式	236
10.2.5	令牌传递总线方式(Token Bus)	197	11.6.4	多令牌介质访问协议	237
10.3	局域网性能分析	198	11.6.5	FDDI 物理层结构	237
10.3.1	随机访问网络(CSMA 型)	199	11.7	宽带局域网——王安网	237
10.3.2	环形网	200	11.7.1	拓扑结构	238
10.4	网络协议与网络结构	204	11.7.2	频带分配	238
10.4.1	局域网 IEEE 802 标准	204	11.8	无线局域网	240
10.4.2	逻辑链路控制协议	205		习题	240
10.4.3	介质访问控制子层(MAC)协议	206	第 12 章	综合业务数字网	241
10.4.4	局域网的结构	207	12.1	实现 ISDN 的三个环节	241
10.5	局域网之间的互连	208	12.1.1	国际标准	242
10.5.1	同型网之间的连接	209	12.1.2	规划与现场试验	242
10.5.2	异型局域网的互连	210	12.1.3	系统设备研制	242
	习题	210	12.2	实现 ISDN 的必要性及通向 ISDN 的三个重要里程碑	242
第 11 章	典型局域网的介绍和分析	211	12.3	N-ISDN	243
11.1	典型局域网概述	211	12.3.1	N-ISDN 的基本结构	243
11.2	CSMA/CD 访问方式的以太网	211	12.3.2	N-ISDN 标准	244
			12.3.3	ISDN 用户—网络接口数据链路控制——LAPD	252
			12.3.4	ISDN 节点间(局间)信令——7 号信令系统 SS*7	253
			12.3.5	数字用户 1 号信令系统——DSS 1	255

12.4	B-ISDN 的同步数字系列 SDH	256	附录 1	循环冗余校验 CRC	263
12.5	B-ISDN 的异步转移模式 ATM	257	附录 2	ISO/R 646 - 1987 七单元 代码表	265
12.6	帧中继——从数据分组网向 ISDN 过渡的一种技术	259	附录 3	ASCII 代码表	266
12.7	本章总结	261	主要参考文献	267
习题	262			

第 1 章 绪 论

1.1 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，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，这就是所谓的联机系统。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。起初各计算机是各自独立的，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而使计算机无能为力，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、数字图像、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的功能。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。

值得指出的是，计算机网络和分布式系统二者是有区别的。在分布式系统中，虽然有多台独立的计算机存在，但用户间的数据信息传送是透明的，用户意识不到有多个处理器

存在。对用户来说，分布式系统就像一台虚拟的单处理机。在该系统中，诸如给各处理机分配任务、给磁盘分配文件、把文件从存储的地方调到需要的地方等系统功能都是自动进行的。而使用计算机网络时，用户则必须指定在某台机器上登录，远程操作时必须指定把任务提交给哪台机器，传输文件时必须指明是从哪里传到哪里。分布式系统和网络都需要在系统内部对文件进行调度，其区别在于由谁来发起这种文件的调度，是系统或是用户。

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电缆、光纤等有线线路及微波、卫星等无线电路。

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。

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)、城域网(MAN)和局域网(LAN)三种。但通常人们仍将城域网归属于局域网一类。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传送和处理，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，其通信平台就是所谓的综合业务数字网(Integrated Services Digital Network, 缩写为 ISDN)。随着信息社会和信息产业的飞速发展，各种新型业务不断涌现。这些业务间的特性差别很大，例如比特率可以从 100 比特每秒(b/s)至 140 Mb/s, 甚至更高，呼叫保持时间从几秒至几小时，其突发性(峰值与均值速率之比)可能大于 10。各种业务的性能要求也大不相同，例如数据业务对数据损失很敏感，话音对时延要求高，而压缩的电视信号则对信息丢失和时延有严格要求。未来的新的业务特性和它们对网络性能的要求更是很难预料，这些因素都要求我们去寻找一种新的传送方式，它应该对所有的业务采用一种交换和传输技术，这样就能保证只是把提供信息传送作为一种基本的

网络服务，而不必去管这些服务是如何被使用的。也只有做到了这一点才能保证网络能够满足将来出现的所有各种新业务的要求。窄带综合业务数字网(N-ISDN)的用户—网络基本接口包括两条 64 kb/s 通路(B 通路)和一条 16 kb/s 通路(D 通路)从传送方式的角度来评价, N-ISDN 只是一种电路交换和分组交换的混合网络, 还不能算是一种统一的传送方式。CCITT(国际电报电话咨询委员会)建议, 为了支持各种交互式 and 分布式服务, 应以宽带综合业务数字网(B-ISDN)作为目标网络。B-ISDN 目前以同步数字系列(SDH)和异步转移方式(ATM)为基础。1988 年 11 月, CCITT 批准公布了 G. 707(SDH 比特率), G. 708(SDH 网络节点接口)和 G. 709(同步复用结构)一系列有关 SDH 的建议草案。SDH 设备无疑将作为下一代的传输设备。另一方面, 由于 SDH 未能从本质上摆脱同步时分复用不灵活等缺点, CCITT 又已经建议最终的 B-ISDN 应以 ATM 为基础。作为发展方向, 在本书的最后一章将扼要讨论有关 ISDN 的问题。

1.2 计算机通信网定义及组成

目前尚缺乏对计算机通信网的标准定义, 因此不同人对计算机通信网精确含义的理解也存在着细微的差异。我们这里介绍一种比较普遍采用的定义。所谓计算机通信网是指一群互联的、相互通信的、独立的计算机及数据终端设备。从组成来说, 计算机通信网包括一系列用户终端、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。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。通常信息可能送至另一目的终端, 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。

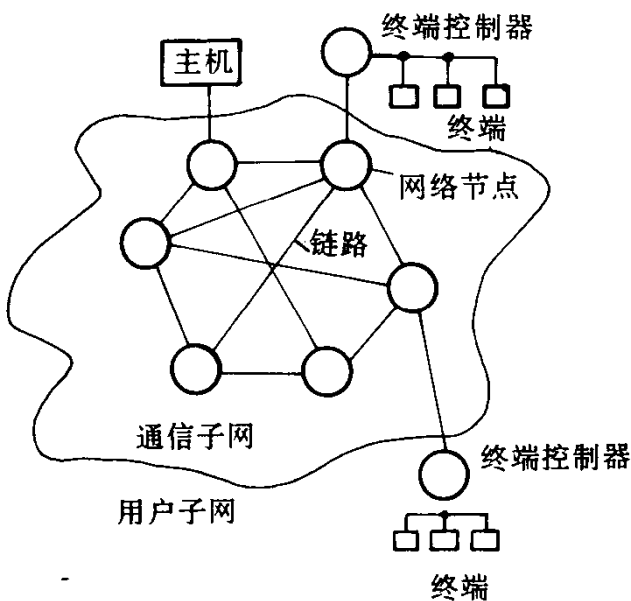


图 1-1 计算机通信网的组成部分

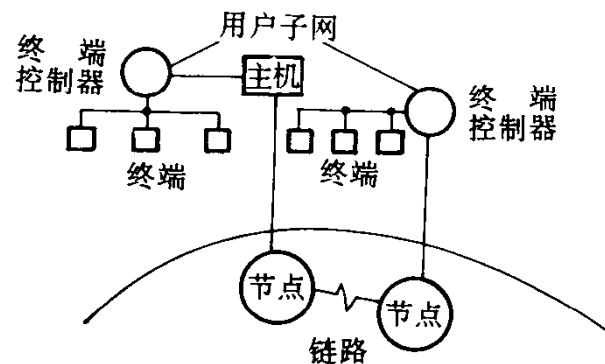


图 1-2 用户子网的组成部分

1.2.1 用户子网

用户子网给用户提供访问网络的能力。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。

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，从而减少了所需传输线路长度和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。

1.2.2 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。

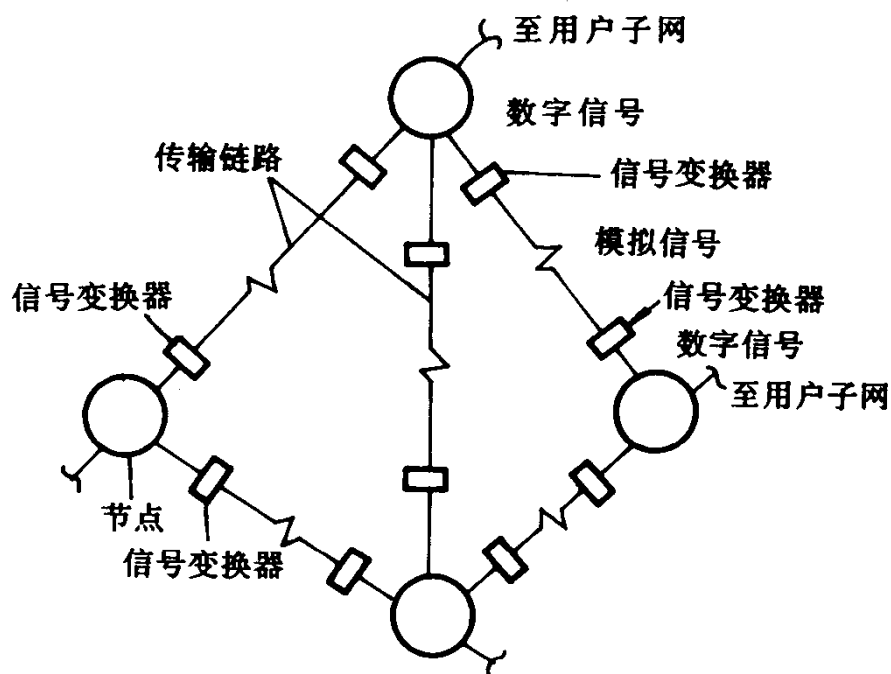


图 1-3 通信子网的组成部分

传输链路是指用于传输信息的通信信道。通信子网链路的容量可以从 1.2 kb/s 到 2 Mb/s。近年来，卫星信道也开始用作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、终端集中器或控制器进行信息交换的接口。

1.3 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和任务归纳为如下几点：

(1) 提供硬件、软件和信息等资源的共享。

(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差错控制、多重链路及多条路径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个计算机去完成，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。

(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。例如在国防上就很有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。

1.4 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的例子。设有某一个计算机通信网络，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。

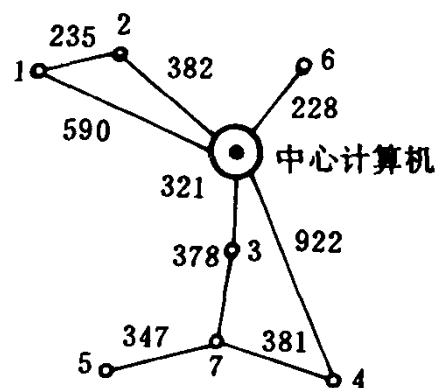


图 1-4 网络结构举例

当将城市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

拓扑设计问题。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。我们把这个问题与前面谈到的本地拓扑问题一起放在第 9 章讨论。

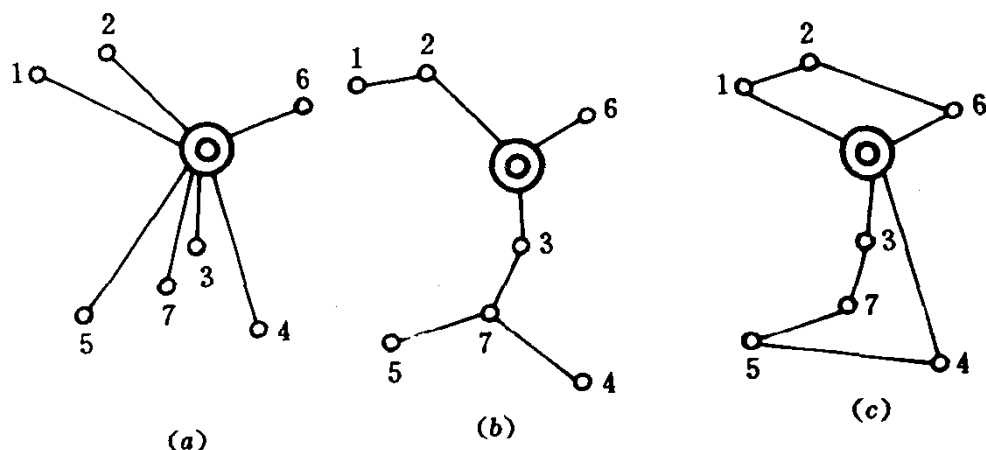


图 1-5 拓扑结构变形

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 9 章还将专门讨论此问题。

信息交换是通信网的一个至关重要的内容。第 3 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。开放式系统互连参考模型(OSI/RM)的公布是计算机通信网发展的重要里程碑。近十多年来，国际标准化组织(ISO)以 OSI/RM 为基础已经制订公布了许多 OSI 标准。OSI/RM 是计算机通信网的框架，了解计算机通信网的分层结构和协议至关重要。本书第 2、4、5、6、8 各章将详细讨论这类问题。作为大学本科及研究生，不只是应该了解有关协议的内容，他们还应该了解这些协议规定与网络性能有什么关系。国内外计算机通信网的发展经验表明，对一个具有开拓能力的设计者来说，学习掌握一些有关性能工程的基本知识是十分重要的。因此本书在各章介绍各层协议的同时均作一定深度的性能分析。

此外，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。最后一个问题是信息的路由选择。在网络通信中，各节点的信息一般可以有大于一条的信息路径。如何来着手信息的路由选择将和信息流控制一起放在第 7 章讨论。

本书的第 10 章首先介绍局域网的基本概念、特点及各种资源共享方式。在此基础上，第 11 章以典型局域网为例，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。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，作为本书的结尾，第 12 章比较详细地介绍了综合业务数字网的发展、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？各有些什么优缺点？
- 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 您对您单位的校园网是否有所了解。

第 2 章 开放系统互连参考模型

2.1 计算机通信网的基本功能

数据信息传输对通信网络提出了如下两个基本要求：

- (1) 及时(不一定实时)正确而有效地将数据从网络的一端传至另一端。
- (2) 保证数据经网络到达目的用户后,数据正确无误,从语法和语义上均能为接收用户识别。

上述第二个要求与话音通信明显不同。在话音通信中,只要求所建立的信道具有足够的信噪比,而双方对通信内容的互懂则由终端用户自己去解决。在数据通信中,信号的可识别(可懂)是至关重要的,因为它是机器与机器间的通信。如打印机必须按预定格式接收数据。各命令和控制符均应作精确定义,在通信开始前,有关终端用户必须一致同意并建立起特定的规程协议。

2.2 网络的分层结构概念

现代计算机通信网的设计是以高度结构化的方式进行的。在上节介绍的计算机通信网的两个基本功能中,第一个功能直接与信息传送有关。它牵涉到的是低层协议。第二个功能(可懂)通常是由系统或设备中的软件来完成的,它涉及的是高层协议。

图 2-1 所示为一个完整的面向终端用户的包括两个基本层次的分层通信体系结构。

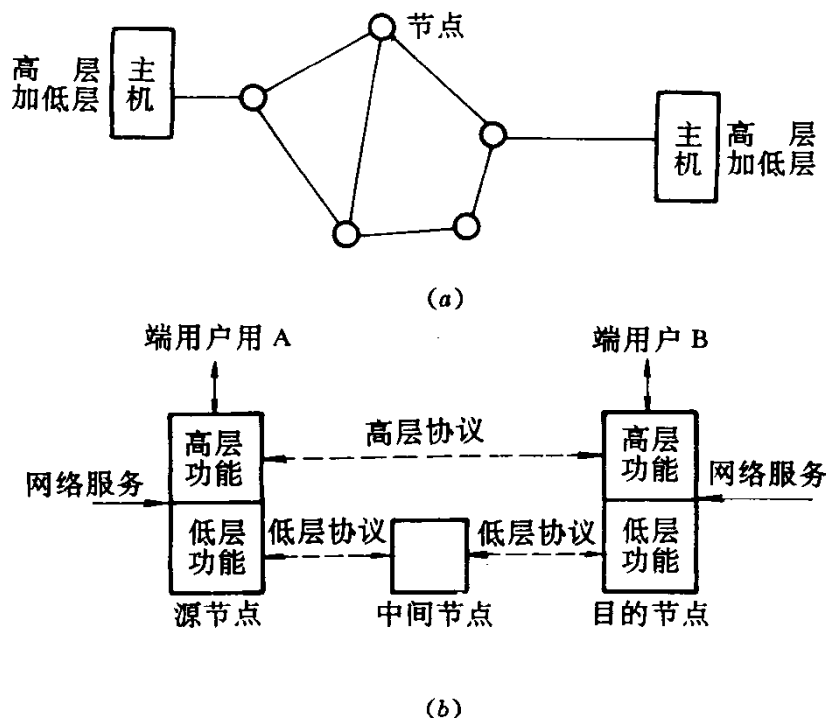


图 2-1 分层通信结构