

计 算 机 网 络

潘启敬 施雨农 葛乃康 朱亦梅 编

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

内 容 简 介

本书是铁道部自动化教材编委会组织编写的一本教材。全书分十章，重点围绕数据通信的基本原理、计算机网络的组成和工作原理、计算机网络的协议以及计算机网络设计进行编写的。内容包括：数据通信系统的基本原理、计算机网络的硬件组成、报文分组交换路径选择及流量控制、计算机网络协议、DECNET 网络软件、ARPA 网络实例、排队模型及参数分析、计算机网络设计、地区网和报文分组广播系统。

本书可作为高等院校计算机专业的教材，也可供从事数据通信、计算机网络的技术人员学习及参考。

计 算 机 网 络

潘启敬 施雨农 葛乃康 朱亦梅 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 郭 宇 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：18.75 字数：466 千

1984年2月第1版第1次印刷

印数：0001—8,000 册 定价：1.95 元

前 言

本书适用于大学本科计算机科学、计算技术（软件、硬件）及计算机应用各专业，供讲授约七十学时的课程采用。内容稍多一些，以便不同专业根据本专业具体情况，进行选择。目录中打*号处可列为选学内容。

本书主要围绕以下四大课题对计算机网络技术进行了较全面和系统的论述：

1. 数据通信的基本原理，主要在第二章中讲述。
2. 网络组成及工作原理，主要在第一、三、四章中讲述。并在第七章中列举了ARPA网络的实例，在第十章中介绍了区域网络的特点及基本原理。
3. 网络协议，主要在第五、六章中讲述。书中除介绍了链路规程及X·25建议等网络协议的一般原理外，着重介绍了DECNET网络软件，以便对网络协议的实现及应用有较具体的了解。
4. 网络设计，主要在第八、九章中讲述。书中介绍了排队论的基本原理在网络分析和设计中的应用，以及网络设计的原则和几种主要网络优化设计的算法。

本书由西南交通大学潘启敬主编，并编写了第一、八、九章；第二、三、七章由北方交通大学葛乃康编写；第四、十章由上海铁道学院朱亦梅编写；第五、六章由北方交通大学施雨农编写。

本书由铁道部自动化教材编审委员会组织审稿。

由于我们水平有限，又缺乏网络建设及运行方面的经验，在内容取舍及编写方法上存在的错误和不妥之处，请读者给予批评指正。

编 者

一九八三年一月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 计算机网络的定义与功能.....	1
第二节 计算机网络的发展概况.....	2
第三节 铁路计算机网络发展概况*	5
第四节 计算机网络的基本组成.....	9
第二章 数据通信系统的基本原理	13
第一节 数据通信系统的结构.....	13
一、数据传输系统.....	13
二、数据通信系统模型及其组成.....	14
三、数据通信方式.....	14
第二节 数据传输原理.....	17
一、信息交换代码.....	18
二、基带传输.....	19
三、频带传输.....	29
四、多路复用及同步.....	31
五、差错控制.....	33
第三节 数据传输设备.....	39
一、200波特调制解调器*.....	40
二、调制解调器与通信控制装置接口.....	41
第四节 通信线路.....	43
一、传输介质.....	44
二、通信线路特性.....	45
三、数据传输速率、误码率及信道容量.....	47
第三章 计算机网络的硬件组成	50
第一节 通信处理机.....	53
一、通信控制原理.....	53
二、通信控制设备的分类.....	57
第二节 主计算机系统与接口.....	63
一、计算机网络对主机的要求.....	63
二、主机与网络的接口.....	65
第三节 终 端.....	66
一、终端的结构原理.....	67
二、终端的功能及类型.....	67
三、简易终端.....	68

四、智能终端.....	69
五、虚拟终端.....	70
第四章 报文分组交换、路径选择及流量控制.....	71
第一节 交换及交换方式的分类和性能比较.....	71
一、交换及其在计算机网络中的作用.....	71
二、交换和复用及集中的关系.....	72
三、交换方式的分类及其特性比较.....	75
第二节 报文分组交换.....	79
一、定 义.....	79
二、报文分组交换基本原理.....	79
第三节 报文及报文分组的传送格式.....	84
一、面向字符型的报文及分组的格式.....	84
二、报文头和报文分组头的格式.....	85
三、面向比特型报文分组的格式.....	86
第四节 路径选择.....	86
一、路径选择的目的、要求及分类.....	87
二、简单的路径选择算法.....	88
三、具有适应能力的路径选择算法.....	91
四、分层路径选择*.....	101
第五节 流量控制	102
一、流量控制的目的和要求	102
二、报文分组交换网络中的流控	103
三、Isarithmic方法	107
第五章 计算机网络协议	109
第一节 计算机网络协议概述	109
一、面向字符的通信控制规程	110
二、面向比特的通信控制规程	110
第二节 面向字符的通信控制规程	111
一、字符规程的基本特征	111
二、BSC 简介.....	111
第三节 面向比特的通信控制规程	119
一、比特规程的基本特征	119
二、HDLC 简介.....	120
第四节 X·25建议	124
一、DTE/DCE 接口特性.....	124
二、链路级协议	125
三、分组级协议	129
第六章 DECNET 网络软件	143
第一节 DECNET概述	143
一、DECNET 网络软件的一般特征	143

二、DECNET 的内部结构	145
第二节 DDCMP 报文格式及控制顺序	146
一、报文格式	146
二、链路管理	148
三、链路控制顺序	150
第三节 NSP 报文格式及控制顺序	150
一、NSP 的一般报文格式	151
二、逻辑链路的状态变化	152
三、链路控制顺序	153
第四节 DAP 报文格式及控制顺序	153
一、DAP 报文格式	154
二、DAP 报文类型	155
三、DAP 报文交换的一般控制顺序	157
第五节 DECNET 任务间通信调用命令*	157
一、DECNET 任务间通信概述	157
二、DECNET 任务间通信一般过程	159
三、FORTRAN 任务间通信调用命令	161
四、FORTRAN 远程文件存取命令	172
五、FORTRAN 远程任务控制	174
第六节 终端通信和文件传输实用程序*	175
一、终端通信实用程序 (TLK)	175
二、网络文件传输实用程序 (NFT)	177
第七节 DECNET 网络软件的初步评价	179
第七章 ARPA 网络实例	182
第一节 ARPA 网络概念	182
第二节 ARPA 网络信息传输过程	182
一、报文在网络中的传输形式	183
二、传输报文报头及报文分组头的格式	184
第三节 IMP 及 TIP 的结构及软件	187
一、IMP 及 TIP 硬件结构	187
二、IMP 及 TIP 软件	188
第四节 ARPA 网络协议	192
一、IMP-IMP 协议	192
二、HOST-IMP 协议	192
三、HOST-HOST 协议	193
四、用户级协议	194
第八章 排队模型及参数分析	197
第一节 排队模型	197
第二节 M/M/1 排队模型	198
一、泊松过程	198

二、报文到达率及到达间隔时间	199
三、服务时间分布	200
四、排队系统队长及时延	200
五、考虑重发报文时的排队系统*	202
六、 $P\%$ 时延	203
第三节 $M/G/1$ 排队模型	204
一、基本关系式	204
二、排队系统平均队长及平均时延	207
第四节 多服务员的及考虑优先级的排队模型*	209
一、 $M/M/M$ 排队模型	209
二、具有不同优先级的排队模型	212
第五节 离散型报文长度*	214
一、数据单元的排队模型	214
二、报文长度为几何分布时的参数分析	215
第六节 有限缓冲器容量	217
一、 $M/M/1$ 有限缓冲器容量	217
二、 $M/G/1$ 有限缓冲器容量	218
三、动态分块存贮*	224
第九章 计算机网络设计	228
第一节 概 述	228
第二节 连通性与可靠性	229
一、连 通 性	229
二、连通度与割集	230
三、连通度测试	231
四、网络可靠性	232
第三节 链路容量及流量分配	234
一、用分析法的链路容量分配	235
二、链路容量分配的计算机算法	239
三、流量分配问题*	248
第四节 集中式网络设计	251
一、连接方式的优化算法	251
二、结点的布局问题	257
第五节 分布式网络设计	260
一、支路交换法	260
二、割集饱和算法	261
三、分层网的优化*	263
第十章 地区网和报文分组广播系统	265
第一节 地区网的特点	265
一、局部计算机网和远程计算机网及 I/O 总线的关系	265
二、地区网的拓扑结构特点	266

三、网络的控制结构	267
四、地区网络的接口	269
第二节 ALOHA 广播系统及随机访问方法	273
一、ALOHA 简介	273
二、完全随机存取方法	274
三、时分化随机存取方法	275
四、避免碰撞系统	276
第三节 卫星报文分组交换系统*	279
一、概 述	279
二、多路访问预约系统	280
第四节 地区网实例简介	281
一、多微型机网 (C_m^*)	281
二、超小型处理机网 (C·mmp)	282
三、以 太 网 (Ethernet)	283
四、剑 桥 网 (Cambridge Ring)	283
附录一 代码表及注解	285
附录二 母函数性质	287

第一章 绪 论

第一节 计算机网络的定义与功能

什么是计算机网络？关于它的定义存在着不同的观点。主要有三种。

一种是广义的观点，把计算机网络定义为“计算技术与通信技术相结合实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”。按照这一定义，五十年代出现的用通信线路把一台计算机与若干用户终端相连的“终端-计算机”网，六十年代后期出现的用通信线路将分散于不同地点的计算机互相连接的“计算机-计算机”网，以及目前正在发展的分布式计算机网，均属计算机网络。也有人把“终端-计算机”网叫做面向终端的计算机网或数据通信网，把包括“计算机-计算机”网在内的广义的计算机网络叫做计算机通信网络。因此，广义的计算机网络与计算机通信网络的含义是相同的。

第二种观点是资源共享的观点，把计算机网络定义为“以能够相互共享资源（硬件、软件和数据等）的方式连接起来，并且各自具备独立功能的计算机系统之集合”。这一定义是美国信息处理学会联合会在1970年的春季计算机联合会议上提出的，以后在文献上广为采用。它与前一定义的主要区别是“资源共享”。

第三种观点是用户透明性观点，把计算机网络定义为“存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统，由它来调用完成用户任务所需的资源，而整个网络象一个大的计算机系统一样对用户是透明的”。如果不具备这种透明性，需要用户来熟悉资源情况，确定和调用资源，那么就认为这种网络是计算机通信网络而不是计算机网络。按照这一观点，具有资源共享能力只是计算机网络的必要条件，而非充分条件，因此这对计算机网络的功能提出了更高的要求。完全符合这一定义的计算机网络目前还处于研究阶段。

另外，由于计算机网络是计算技术与通信技术相结合的产物，广泛地用于社会各个方面，随着人们看问题的着重点不同，便采用了不同的术语。在着重用户如何使用网络资源时，采用“资源共享”或“用户透明”的计算机网络的术语；在着重计算机间的数据传输时，则采用“计算机通信网络”的术语。在本书中我们采用“计算机网络”的术语，并采用如下定义：计算机网络是用通信线路将分散在不同地点并具有独立功能的多个计算机系统互相连接，按照网络协议进行数据通信，实现共享资源（网络中的硬件、软件、数据库等）的计算机之集合。

为什么要研究计算机网络？因为计算机网络具有以下一些重要的功能：

1. 能够对地理上分散的生产单位或业务部门提供实时集中控制。例如在铁路系统建立计算机网络可以实现全路运输过程和管理系统的自动化。
2. 能够使资源共享（包括共享软件、硬件及数据资源等）。例如某些专用处理程序在一处研制好之后可供别处调用，或用来处理别处送来的数据然后将结果再送回原处；在少数地点设置的数据库可提供全网服务；一些具有特殊功能的计算机和外部设备可以面向全网，对外地送来的数据进行处理（应用本地软件或外地软件），然后将结果送回原地。资源共享

使得网络中各地的资源能够互通有无,分工协作,使资源的利用率大为提高,处理能力大为加强,数据处理的平均费用下降。

3. 能够提高计算机的可靠性及可用性。在单机使用的情况下,如没有备用机,则计算机或某一部件一有故障便引起停机。如有备用机,则费用会大为增高。当计算机连成网络之后,各计算机可以通过网络互为后备,当某一处计算机发生故障时,可由别处的计算机代为处理。还可以在网络的某些点上设置一定备用设备,起全网公用后备的作用。这样投资少,效果大。另一方面,当网中某一计算机的负担过重时,可将新的作业转送给网中另一较空闲的计算机去处理,从而减少了用户的等待时间,均衡了各计算机的负担。计算机网络能提高可靠性及可用性的作用,正象许多发电厂连成电力系统后能提高供电可靠性及保证不间断供电的作用一样。在象铁路系统这类地理上分布很广而具有实时性管理和不间断运行的系统中,建立计算机网络便可保证更高的可靠性和可用性。

4. 能够进行分布处理。在计算机网络中用户可根据问题的性质和要求选择网内最合适的资源来处理,以便能迅速而经济地得到解决。对于综合性的大型问题可以采用合适的算法,将任务分散到不同的计算机上进行分布处理。各计算中心连成网络也有利于共同协作进行重大科研的开发研究。利用网络技术还可以将许多小型机或微型机连成具有高性能的计算机系统,使它具有解决复杂问题的能力,而费用大为降低。

计算机网络的这一系列的重要功能使得它不仅在一个部门或一个地区获得了应用,而且出现了许多跨国际性的网络。除地理上分布很广的网络外,也出现了在一个企业、事业、机关内部的网络。这种在地理上相距较近的网络可称之为本地网络或区域网络,而前者可称之为远程网络或广域网络。本书的重点是讲远程网络。

第二节 计算机网络的发展概况

计算机网络的发展,正象电子计算机的发展一样,历史不长,但速度很快。

第一阶段是面向终端的计算机网络,出现在五十年代,最初就是一台计算机经通信线路与若干终端直接相连。如图 1—1 (a) 所示。当通信线路增长时,线路费用比例增大,于是出现了许多终端共享通信线路的结构。图 1—1 (b) 所示为多点式线路结构。为了能够在一条线路上有选择地联通某一终端,以及当多个终端同时要求使用主机时解决它们的争用及排队问题,便需增加相应的设备、软件和建立相应的协议。这些有关通信处理的问题增大了主机的负担。为了减轻主机负担,在六十年代出现了前端处理机或叫通信处理机,对一些分片集聚的远程终端则设置了多路器或集中器,以实现通信线路共享。如图 1—1 (c) 所示。多路器是一个按时分或频分原理构成的多路开关,集中器则是起着与上述通信处理机类似作用的小型计算机。集中器还可以连至其他集中器或多路器,然后再与终端相连,从而构成多级的树形网络。

面向终端的计算机网络应用极广。在军事、银行、铁路、民航、教育等部门都有广泛的应用。其中有代表性的如美国在五十年代建立的半自动地面防空系统 (SAGE),它将雷达和其他信息经远程通信线路送到计算机进行处理,第一次实现了利用计算机网络实现远程集中控制。60年代初美国建成的全国性航空公司飞机订票系统 (SABRE),用一台中央计算机连接着2000多个遍布在全国各地的终端。1970年投入使用的美国商用分时系统 (TYMNET) 在60个城市设有终端 (包括欧洲四个城市),除了供商用外,可供所有终端检索国立医药图

书馆的资料。美国通用电气公司的 GE 网是世界上最大的商业数据处理网，网络为树形多级系统，其主机与 7 个中心集中器联系，中心集中器又与分布在 23 个地点的 75 个远程集中器相连，并设有两套线路交换器使各中心集中器之间可以转接，以提高工作可靠性和灵活性。

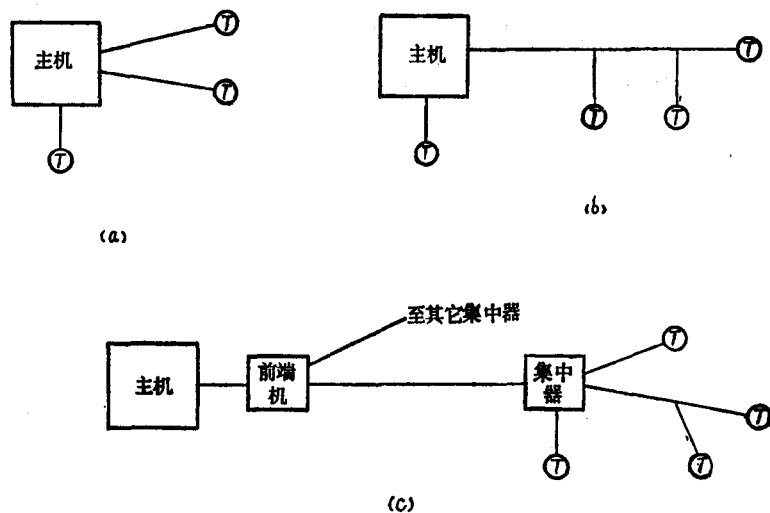


图 1—1 面向终端计算机网络的演变
T——终端。

第二阶段是资源共享网络的产生，其主要标志是美国国防部高级研究计划局的网络 (ARPA 网络) 的出现。这个计算机网络于 1969 年建成有 4 个结点相连接的网络，1975 年已有 100 多台不同型号的大型计算机连于网内，其最初的网络结构如图 1—2 所示。计算机与计算机之间经过由小型机组成的接口信息处理机 (IMP) 相连。各地的用户终端均与本地主机相连，当用户需要访问远地主机时，先经本地主机将报文送至本地 IMP，在这里将报文分解为规定长度的报文分组，将各报文分组沿适当的路径送至终点 (目的地) IMP，在这里将它们重新组合成报文，送至终点主机。这种交换报文的方式叫做报文分组交换，它是 ARPA 网络的主要特点之一。1972 年 ARPA 网络中增设了终端接口处理机 (TIP)。如图 1—2 中虚线所示，它既有 IMP 的功能，又能直接与终端 T 相连。这样，有的终端就可以不必经过主机，只要与本地 TIP 相连即可。各 IMP 及 TIP 经高速通信线路连成的子网叫通信子网。主机系统 (软件、硬件及数据库)、终端、集中器等，则统称资源子网。通信子网的主要任务是保证可靠的和高效能的数据通信，主机及终端对它来说只不过是数据通信的用户。资源子网的任务主要是数据处理，它不需再管理繁琐的通信处理，从而可集中力量于主机系统效能的发挥，更好地提高对用户服务的质量。这是 ARPA 网的第二个特点。ARPA 网络的第三个主要特点是实现了层次结构的网络协议。它将协议分为四个层次，如图 1—3 中所示。协议是通信双方如何对话的约定，如通信方式、应答关系、代码格式等。协议是网络中各点进行数据交换时必不可少的，是网络中极重要的一部分。协议的层次结构使协议的设计及修改都比较方便。例如，对某层协议的变动不致影响到其他层。低级层对高级层而言是透明的，有利于用户应用。

ARPA 网络是第一个完善地实现了分布式的资源共享网络，为计算机网络的发展奠定了基础。它的许多技术成就对计算机网络的进一步发展产生了深远的影响。

随着 ARPA 网络的建成，计算机网络的优越性得到进一步证实。许多国家都纷纷组建

了较大规模的网络。例如，美国的CYBERNET网络，它是一个全国性的商用资源共享网络，网内包括有CYBER-76及STAR-100等一些巨型机。它还包括有欧洲及澳大利亚的一些网络结点，是具有国际性的网络。欧洲情报网EIN网络，它是国际性的计算机网络，参加的国家有十多个。通过五台小型机及六条国际租用通信线路将伦敦、巴黎、米兰、苏黎世及伊斯普勒的五个计算中心相连起来，构成网络的核心，然后再伸向其他各地。英国国家物理研究所的NPL网络、法国的CYCLADES网络、日本的JIPNET网络等，也都是有名的计算机网络，都是采用报文分组交换方式，技术上与ARPA网络都很相似。

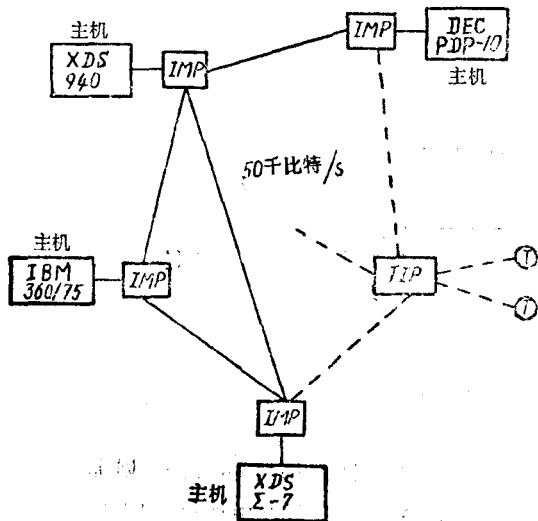


图 1-2 ARPA网最初的结构

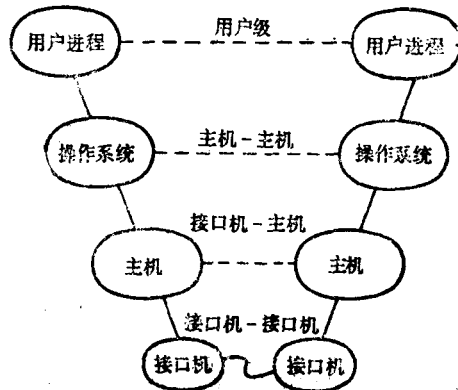


图 1-3 ARPA网络协议的层次结构

实线连接——实际通信线路；虚线连接——虚拟通信线路。

为了适应计算机网络迅速发展的需要，各计算机研制部门都大力投入网络体系结构的研究，目的是提供一组具有统一的信息格式和协议的网络软件结构，使网络的实现、扩充和变动更易于完成。1974年IBM公司最先提出了系统网络体系（SNA），它是用IBM公司产品组成计算机网络的一种标准化体系结构。它解决了一整套联网的原理、方法和具体规则，并且统一地考虑了由硬件和软件实现的功能划分。1975年美国DEC公司提出了面向分布型网络的数字网络体系（DNA），它实际上是DEC公司提供的一套网络软件的总称。1976年UNIVAC公司提出了分布式通信结构（DCA），也是一种可供构成分布式网络的网络体系结构。其他各国和公司也都先后提出了自己的网络体系结构，但思路大同小异，都采用划分为几个功能层的结构。例如SNA划分为三个功能层：应用层、功能管理层及传输管理层，这正象计算机分为处理机、存储器及输入/输出几大功能部件一样。应用层在计算机一侧就是应用程序，在终端一侧就是操作员；功能管理层管理两结点应用层之间的联结，执行用户层所要求的各种服务；传输管理层负责链路管理、路径选择及报文传输。划分功能层的方法可使各层功能彼此独立，便于建立层间标准接口，修改某一层时不会影响其他层。

计算机网络的进一步发展是研究功能更加完善的网络操作系统，实现用户透明的资源共享，即由网络操作系统自动地为用户任务分配和调用资源。ARPA网络的资源共享执行系统具有这种性质。在美国马里兰州大学进行的分布式计算机网络（DCN）是这种网络的代表。它采用面向进程的结构，即采用进程-进程间的通信，而不是计算机-计算机间的通信。

为用户设有统一的进程间通信机构，用户通过公共接口将任务提交网络后，由网络各点的进程管理程序共同协作，选择最合适的资源为它服务，通过文件管理系统自动地找到所需的文件。至于处理机用的是那一个，文件处于何地，对用户来说均不必过问。

区域网络目前也在迅速发展，这种网络的地理范围一般在十公里以内，属于一个企业或事业的小范围网。它可以使用宽频带的传输信道，具有较高的传输速率。分布式计算系统就是引人注目的一种区域网络。加里福尼亚大学欧文分校研究的分布式计算系统（DCS）就是这方面的代表。它采用环形网络结构，如图 1—4 所示。报文经环路接口送至环形线路作单向传输，当报文遇到一个环路接口时，如果它所要的进程就在这个接口所联的处理机上，就进入该处理机，否则沿环继续前进。DCS也是具有用口透明的资源共享网络。

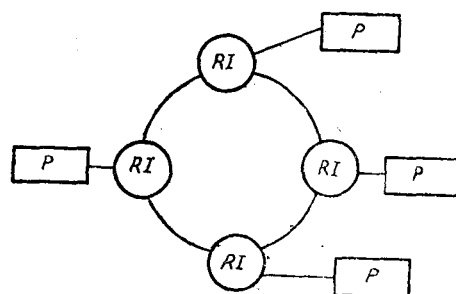


图 1—4 环形网络
RI——环路接口；P——处理机。

另外，应提一下夏威夷大学完成的 ALOHA 网络。这是一种采用无线通道的随机访问式网络。如图 1—5 所示，计算中心经过通信处理机及调制解调器（MODEM）之后，以超高频无线电波将报文同时送往各终端，像无线广播一样，故也叫广播式访问。各终端可随时向计算中心发报，即报文的出现是随机的。报文交换采用分组交换，如果同时有两个或多个报文分组访问计算中心，则形成冲突，传输失败，发报端在规定时间内得不到确认回答时便进行重发，直到发送成功或连续失败三次为止。为了提高通道效率，又提出了时分 ALOHA 及预约 ALOHA 等改进方案，详见本书第十章。

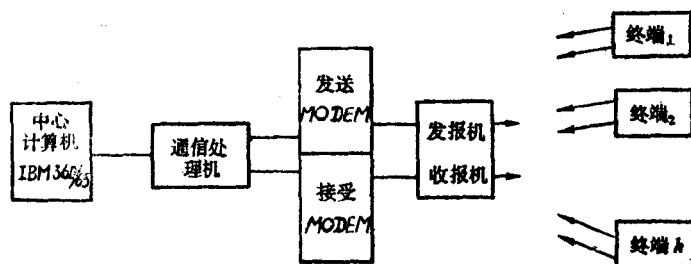


图 1—5 ALOHA 系统图

第三节 铁路计算机网络发展概况*

铁路计算机网络也是先从面向终端的网络开始，最早应用的是美国。到七十年代初，美、英、日、德等国都先后建立了各种铁路运营业务的自动化管理系统，实际就是面向终端网，或叫数据通信网。一些有代表性的系统如表 1—1 所列。

七十年代以来，各国铁路逐渐发展到将各项运营业务和各个铁路公司的系统互相连接起来，构成全国性的铁路计算机网络。表 1—2 是其中有代表性的几个。大多是集中式网络。就数据处理及交换方式而言，有三类结构：

第一类是设立一级信息处理和二级交换结构组成全国性铁路网络。以日本、法国及

意大利为代表。日本网络中的处理系统为若干独立运营管理的自动化系统, 交换结构为中央数据交换系统(DACS)及地方DACS二级, 地方DACS直接与终端相连。但目前大部分终端还通过电报交换站组成的电报网与中央DACS相连, 传输速率除少数为48k比特/s外, 多数采用50、200、1200、2400及9600比特/s。到1985年将取消50及1200比特/s两种速率, 采用日本工业标准电码(JIS)。法国网络的处理系统也是由独立的运营管理自动化系统组成, 二级交换由信息管理中心和集中器构成。一组集中器最多连接46个终端, 传输速率最高为40800比特/s, 采用ISO NO.5电码。意大利的情况与法国类似。

表 1—1

铁 路	系 统 名 称	符 号	时 间	业 务 内 容
美 国 铁路协会	铁路货车管理 自动化信息系统	TRAIN	1970年第一期 开始运行	210万辆货车的定期报告和查询报告等
美 国 南太平洋铁路	综合运营管理系统	TOPS	1972年建成	22000公里铁路上货车、机车运行、空车分配、编组站作业、财务统计等
美 国 芝加哥铁路	枢纽信息系统	CRTS	1973年运行	管理枢纽内28家铁路公司100多车站、1000多列车、4万辆货车的作业信息
加拿大 国营铁路	运营报告和管理系统	TRACS	1976年运行	管理4万公里铁路10万辆货车运营业务
英 国 大不列颠铁路	综合运营管理系统	TOPS	1975年建成	管理18000公里铁路30万辆货车运用
日 本 国营铁路	新干线综合运营 管理自动化系统	COMTRAC	1972年运行	用计算机指挥、监督列车运行计划、调度、道路控制
西 德 联邦铁路	整车货物运费 核算系统		1971年运行	管理全部整车货物运费核算、数据收集
西 德 联邦铁路	客票预约系统		1972年运行	1975年与西欧许多国家联成统一系统, 在法、英、荷、匈等国设有预约端机

表 1—2

国别	名称	结 构	时 间	所包含的运营管理自动化系统
日 本	国 铁 数 据 通 信 网	<pre> graph TD subgraph Processing_System [处理系统] direction LR P1[1] P2[2] P3[3] P4[4] P5[5] end P1 --- C[中央DACS] P2 --- C P3 --- C P4 --- C P5 --- C C --- T1[] C --- T2[] C --- T3[] C --- T4[] C --- T5[] C --- T6[] subgraph Terminals [终端] direction LR T1 T2 T3 T4 T5 T6 end </pre>	1974年 运行	1. 座席预约系统 (MARS) 2. 地区间货物快速运行信息管理系统 (FOCS) 3. 集装箱货物运输自动化系统 (EPOCS) 4. 编组站自动化系统 (YACS) 5. 新干线综合自动化系统 (COMTRAC)

续上表

国别	名称	结 构	时 间	所包含的运营管理自动化系统
法 国	铁路远程数据传输网		1967年 运行	1. 客票预约系统 2. 货物运输集中控制 3. 社会保险救济金和退休金管理系统
意 大 利	国营铁路数传网		1974年 运行	1. 预约座席系统 2. 机车车辆管理系统 3. 货物工作管理系统
德意志联邦共和国	综合运营管理系统		1980年 运行	1. 列车运行系统 2. 客票预约系统 3. 编组站作业系统 4. 综合运输管理系统
苏 联	铁路运输管理自动化系统		建 设 中	1. 运输过程综合管理子系统 2. 商务作业管理子系统 3. 集装箱管理子系统 4. 机车、车辆业务子系统 5. 统计、报告子系统 6. 财务核算子系统

第二类是信息处理为二级，通过三级交换结构组成全国性铁路网络。以西德铁路为代表。它的处理系统为总局处理中心和区局处理中心二级，交换系统为总局交换接口、区局交换接口和集中器三级，处理系统与交换接口都采用二套设备，一套为主设备，另一套为备用设备。传输速率有2400、1200及600比特/s几种。

第三类是信息处理及交换均为三级，以苏联铁路为代表。它的信息处理及交换系统为部、铁路局及枢纽计算中心三级，网络建立在电传电报网的基础上。传输速率有50、100、200、600、1200、2400及4800比特/s共七种。

上述网络的传输误码率一般为 10^{-6} 及 10^{-7} 。

国外铁路计算机网络发展的第三个阶段，即现阶段，是逐步由集中式网络向分布式网络过渡。采用铁路公用数据通信系统构成通信子网，在通信子网中采用高速通信线路，采用分组交换方式，建立数据库，以便构成对整个铁路系统进行综合运营管理的高效能的资源共享网络。图1—6为日本正在进行的网络结构。图1—7为法国计划的铁路计算机网络示意图。

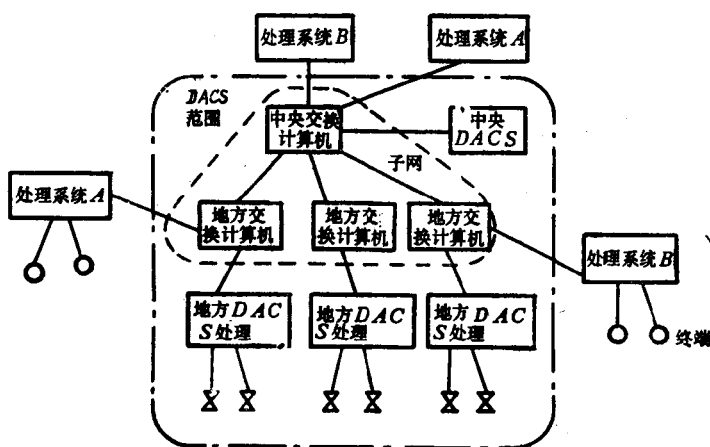


图1—6 日本国铁计算机网络简图

可见，铁路计算机网络与一般计算机网络的发展过程是类似的。基本理论及技术手段也没有什么差异。但在具体建网时应考虑它的一些特点：

1. 由于主要的信息源和被控对象是分散于范围很广的站段（编组站、区段站、货运站、客站、机务段、车辆段等），所以铁路计算网是一种广域网。虽然在某些工厂、站、段内也可以设一些区域网，但整个系统是广域网。

2. 铁路系统是一个高度集中统一管理系。各铁路局、分局的数据都必须逐级处理，层层上报，而有关计划和指示又必须由部逐级下达，因此从数据流来看是一种树形结构，网

络结构应该是集中式。但是为了减轻高一级，特别是部计算中心的负担，并为了共享资源，

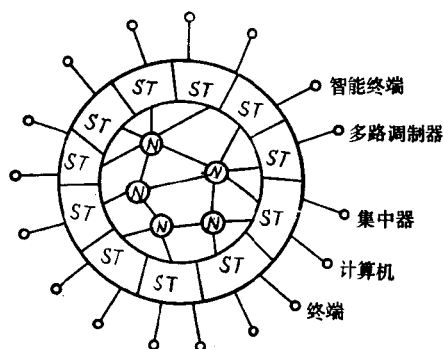


图1—7 法国国铁计算机网络
ST——传输站；N——结点。

互为后备, 均衡负担, 各主要路局 (或分局) 的计算机之间应互相连接, 形成分布式网络。所以整个铁路计算机网络是一种集中式和分布式相结合的网络。

3. 由于整个铁路系统是一个有机的联动系统, 对数据信息的交换、处理及分配的实时性及可靠性要求很高, 因此网络的时延要小、误码率要低、设备及线路的可靠性要高、要有备用、在主要节点上要设置多机系统或容错系统。

4. 由于整个铁路计算机网络十分复杂, 为了建网及业务管理上的方便, 各国铁路在建网中都是先建立若干运营管理自动化系统 (全铁路网的子系统), 如货车管理系统, 客票自动预约系统, 运营报表系统, 行车指挥自动化系统等。然后互连, 最后形成综合性网络。所以在建立子系统时要有长远规划, 有统一观点, 要考虑扩展和兼容问题。

第四节 计算机网络的基本组成

一、网络结构

从前面关于计算机网络发展概况中可以看出, 计算机网络是由终端、集中器、计算机、交换中心等用通信线路连成的数据处理网络。从网络拓扑来看, 计算机网络就是由一组结点和连接结点的链路所组成。结点分两类: 一类是交换结点 (如集中器、ARPA网络中的IMP或其他起交换信息作用的结点); 另一类是访问结点 (如终端、主计算机等, 是用户访问计算机网络的结点)。链路指的是两个结点之间的通信线路, 它与路径或通路在概念上有所不同, 后者指的是报文从发送结点到接收结点间所经过的一串链路和结点所构成的信道。

计算机网络的拓扑结构可概括为以下四类:

(1) 星型。如图1—8(a)所示。每个集中器 (或直接与处理中心相联的终端) 均以一条单独的链路与处理中心相连, 结构简单, 建网较易, 便于管理, 从终端到处理中心的时延平均较小。最大的缺点是成本较高 (因通信线路总长度较大)。

(2) 树型。如图1—8(b)所示, 同一线路可联有多个终端或集中器。与星形相比, 最大优点是成本较低 (因通信线路总长度较短), 但结构较复杂, 与计算中心相连的链路有故障时影响较大。星型与树型合称为集中式网络, 因为处理功能集中于处理中心 (计算中心)。

(3) 环型。如图1—8(c)所示, 各主机或终端经环路接口处理机连成环形。信息流一般是单向的, 线路是共用的。故不适用于信息量较大的场合。具有分布处理能力, 但不如图1—8(d)的分布式网络灵活。由于路径是固定的, 无路径选择问题。这种型式在区域性网络中应用较多。

(4) 分布式。如图1—8(d)所示。是由分布在不同地点并具有独立处理功能的多个计算机系统经通信处理机互连而成, 通信处理机与其联接线路构成通信子网。某些终端也可经过集中器直接与通信子网相连。分布式网络中, 通信子网中的每一结点至少要有两条出线与其他结点相连, 任何一条链路故障时, 报文可经过其他链路通过, 可靠性较高。报文在通信子网中传送时一般采用报文分组方式。因此, 发报端的通信处理机需将主机送来的报文分解为报文分组, 选择适当的路径以报文分组为单位送至收报端通信处理机, 在这里重新装配为完整的报文, 再送至收报端的主机。为了提高网络的信息交换量 (吞吐率) 而又不致于形成阻塞和死锁, 需采取合理的流控措施。所以, 报文分组交换、路径选择及流控等, 都是需要研究的重要问题。