

计算机网组 网技术

王行刚 编著

科学出版社

计算机网组网技术

王行刚 编著

科学出版社

1993

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书从讨论系统集成技术的发展开篇,以若干典型的集成环境/集成系统为归宿,介绍系统集成基本技术之一的计算机网组网技术,包括OSI-RM及有关的ISO网络协议标准和一些网络协议集工业标准,计算机组网要用到的LAN、X.25数据网、ISDN等通信网方面的基础知识,以及典型的计算机网络应用系统组建方面的知识。

本书可供从事计算机网络应用与研究的科技人员和大专院校有关专业的师生阅读。

JS313/03

计 算 机 网 组 网 技 术

王行刚 编著

责任编辑 黄岁新

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街15号

邮政编码: 100707

北京市朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1993年4月第一版 开本: 850×1168 1/32

1993年4月第一次印刷 印张: 14 1/4

印数: 1—5 000

字数: 375 000

ISBN 7-03-003280-2/TP·242

定价: 12.90 元

前 言

我们经常遇到这样的提问：“我们要建一个计算机网络，如何建？”“我们要买计算机网络产品，如何选？”“我们有××机和×××机以及微机，如何连？”……自然还有一些更具体或更深入的问题。

这些问题的答案是一言难尽的。通常我们总是要与提问者进行一系列的讨论，在大体上清楚了该单位建网目的、现有条件和约束条件之后，再提供一些意见供参考。在讨论过程中，在说明所提供的意见时，我们常常要向提问者讲述许多必要的有关计算机网组网技术方面的基本知识。现根据作者的体会，将这些基本知识汇编成本书。

本书从“系统集成与网络技术”的关系开篇，就是要让读者了解到组建一个计算机网其目的总在于实现某些应用目标，建成一个计算机应用系统。因此我们从基于计算机的系统（computer based system, CBS）的发展讲起，希望读者从计算机应用系统体系结构的全局来了解计算机网络体系结构。而计算机网络体系结构已从封闭式系统发展到开放式系统，国际标准化组织（ISO）已提出了“开放系统互连”（OSI）的参考模式。一些国际标准化组织和学术团体围绕OSI参考模式已提出了一系列的网络协议标准。计算机和通信设备厂家既参照这些国际标准生产计算机网络产品，也遵照一些事实上的工业标准生产计算机网络硬件和网络软件产品，当然仍然存在着不少封闭式系统的网络产品。在制订特定的计算机网络方案时，在完成计算机应用系统分析之后，首先面临的是网络体系结构和网络协议集的选择。为了便于读者在比较了解情况的基础上进行这种选择，所以在第二章和第三章分别介绍了ISO标准和网络协议集。

在考虑计算机网络的物理实现时，常常需要知道许多通信网的基础知识。为此，安排了“组网技术基础”这一章，集中地介绍了传输媒介、传输技术和交换技术。

计算机网络的通信子网的实现途径，可以有多种选择：自建局域网（LAN），尽可能充分地利用公用数据网，或者合理地利用电话网，以及有可能去利用综合业务数字网（ISDN）等等。因此在第五章至第七章分别介绍LAN、X.25数据网和ISDN，电话网的利用方法放在第八章中结合具体的计算机应用环境讨论。

本书最后一章总结式地讨论了若干典型的集成环境或集成系统，包括经常遇到的主机与微机结合和异种机互连的集成环境；典型的电子数据处理（EDP）系统——银行自动化系统；高度集成的“计算机集成制造系统”（CIMS）和“智能建筑系统”（IBS）。虽然每类集成环境或集成系统的特点不同，但分散在其中的一些系统分析方法、系统集成方法、组网方法和系统组建计划等是可以互相借鉴的。

目 录

前言

第一章 系统集成与网络技术	1
第一节 系统集成技术的发展	1
一、容异概念	2
二、外围设备接口标准	4
三、总线标准	5
四、统一的计算机系统体系结构	7
五、网络体系结构	11
六、应用系统体系结构	17
第二节 应用系统体系结构	21
一、IBM的“系统应用体系结构”(SAA)概述	21
二、“系统应用体系结构”(SAA)的“公共程序设计接口”(CPI)	25
三、用户接口与“系统应用体系结构”的“公共用户访问接口”	27
四、“系统应用体系结构”的“公共通信支持”	33
五、DEC的“网络应用支撑”	41
六、“先进计算环境”(ACE)	48
第三节 开放系统互连参考模式	51
一、术语与定义	52
二、层次	58
三、协议标准	69
第四节 计算机网络组织	69
一、概述	69
二、通信子网	70
三、用户系统	74
第二章 “开放系统互连”(OSI)标准	77

第一节 OSI的有关标准或建议	77
一、OSI总体	77
二、物理层	79
三、数据链路层	80
四、网络层	81
五、传送层	82
六、会话层	82
七、表示层	82
八、应用层	83
第二节 OSI服务原语	87
一、OSI服务	87
二、数据链路服务原语	88
三、OSI网络服务原语	88
四、OSI传送服务原语	91
五、OSI会话服务原语	92
六、OSI表示层服务原语	94
七、OSI应用服务元素	96
第三节 面向消息的电文交换系统 (MOTIS)/CCITT X.400建议	99
一、功能	99
二、系统模型	100
三、用户代理	102
四、报文传送代理	103
第四节 文件传送、访问和管理 (FTAM) 与虚终端 (VT)	105
一、FTAM概述	105
二、OSI虚拟文件库	106
三、虚终端(VT)概述	109
第三章 网络协议集	112
第一节 TCP/IP协议集	112
一、概述	112
二、协议集的组成	114

三、“传送控制协议”(TCP)	115
四、“网际协议”(IP)	118
五、应用协议	120
六、TCP/IP产品	125
第二节 MAP/TOP协议集	127
一、概述	127
二、各层协议特点	129
三、网络设备	133
第三节 UUCP协议集	134
一、概述	134
二、消息服务	136
三、路由选择算法	138
第四节 信道协议集	139
一、探测方式	140
二、非探测方式	142
三、争用方式	145
四、预约方式	147
五、争用-预约混合方式	148
第四章 组网技术基础	150
第一节 通信网概述	150
一、系统	150
二、理论	152
第二节 传输媒介	155
一、概述	155
二、有线信道	156
三、无线信道	159
第三节 传输技术	162
一、概述	162
二、基带传输	164
三、调制	167
四、多路通信	177
五、同步与均衡	183

六、差错控制	188
第四节 交换技术	192
一、人工交换	193
二、步进制和机动制自动交换机	194
三、纵横制自动交换机	195
四、电子自动交换机	196
第五章 局域网 (LAN)	202
第一节 IEEE 802标准	202
一、标准的组成	202
二、局域网参考模式	203
三、IEEE 802.3	206
四、IEEE 802.4和802.5	211
五、IEEE 802.6	215
第二节 1—10兆位/秒局域网	215
一、同轴电缆局域网	216
二、绞线局域网	220
三、局域网的比较	223
第三节 100兆位/秒局域网	225
一、“光纤分布式数据接口”(FDDI) 标准	225
二、FDDI网络的组成	230
三、FDDI网络的应用	233
第四节 局域网互连	236
一、概述	236
二、重发器	237
三、桥接器	241
四、路由器	246
五、协议转换器	248
第六章 X.25数据网	251
第一节 CCITT X.25建议	251
一、物理级	251
二、数据链路级	254
三、分组级	258

第二节 与X.25建议相关的CCITT建议	267
一、分组装拆器 (PAD)	267
二、X.25网间互连	275
三、其它有关标准	278
第三节 公用分组交换数据网的组织	281
一、概述	281
二、分组交换机	284
三、路由选择	293
四、流量控制	297
五、网络控制	300
第四节 用户入网	302
一、用户业务	302
二、网络编号	306
三、入网方式	307
第七章 综合业务数字网 (ISDN)	311
第一节 ISDN概述	311
一、概况	311
二、目标	313
三、组成与技术要求	314
四、CCITT的有关建议	316
五、问题与制约	318
第二节 ISDN的构成	319
一、数字网的基本结构	319
二、用户线参考模型	320
三、ISDN终端组织	323
四、线路编码方法	325
第三节 用户-网络接口	330
一、概述	330
二、接口结构	333
三、帧结构	338
第四节 公共信道信令系统	343
一、分级结构	343

二、信息格式	346
三、用户部分	347
四、用户可使用的公共信道信令系统	353
五、公共信道信令系统与OSI参考模式对照	357
第八章 集成系统及其通信网	362
第一节 微机与主机结合的集成环境	362
一、集成环境的产生	362
二、集成计划	364
三、微机与主机的通信方法	369
四、局域网与主机的互连方法	375
第二节 异种机互连集成环境	380
一、互连平台	380
二、校园网	387
第三节 银行自动化系统及其通信网	396
一、银行自动化的发展	396
二、银行自动化系统如何“起飞”	398
三、银行自动化系统如何“共用”	403
四、银行自动化系统的国际化	407
五、银行自动化系统的网络组织	410
第四节 计算机集成制造系统 (CIMS) 及其通信网	413
一、概述	413
二、信息集成	418
三、网络组织	422
第五节 智能建筑及其通信网	427
一、智能建筑的兴起	427
二、智能建筑体系结构参考模式	433
三、建筑智能化技术	436
四、楼宇通信网	439
参考文献	445

第一章 系统集成与网络技术

第一节 系统集成技术的发展

“系统”一词最早出现在古希腊语中，具有“群”与“集合”的含义。随着科学技术的发展，系统的概念不断被赋予新的内容，在不同的研究领域具有不同的意义。一般地说，“系统”(system)是指由相互依赖的若干组成部分结合的具有特定功能的有机整体，而且这个“系统”本身通常又是它所属的一个更大系统的组成部分。

本书所论及的“系统”是指基于计算机的系统(computer based system, CBS)。在计算机科学技术的发展过程中，计算机系统经历了一个演变过程，此过程也是一个不断扩大的过程。相应地，CBS所包含的相互依赖的组成部分也在不断扩展，变得越来越复杂，即从主要是硬件的系统发展为包含硬件和系统软件的计算机系统。以此为为基础的CBS与通信系统结合便形成了计算机网络，进而增加应用支撑环境以及各种应用软件包，便演变为各种计算机应用集成系统，如计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing systems, CIMS)、综合办公自动化系统(integrated office automation systems, IOAS)和智能建筑系统(intelligent building systems, IBS)等。

以上现象和“集成电路”(integrated circuits, IC)的发展相似，即从小规模集成电路发展为超大规模集成电路(VLSI)，集成度不断提高，但CBS的发展则是系统集成规模的不断扩展，不仅仅是数量上的增加，而且是学科、技术的高度综合。

CBS的系统集成技术是以实现信息的传输、交换、处理与利用的集成化为目标的。相应地发展了实现(各种物理)“设备集

成”(一体)的系统互连技术,实现“信息集成”的软件集成技术和数据集成技术。前者解决信息的传输与交换,后者解决信息的处理与利用。

本书着重讨论系统互连技术这类系统技术,解决如何组织集成系统。由于当前一般的CBS都是一个计算机与通信相结合(computer and communication,C&C)的系统,所以组织这类集成系统的主要系统技术实际上就是计算机网的组网技术。这也就是本书取名为《计算机网组网技术》的意义,以及本章从“系统集成与网络技术”开篇的原因。

一、容 异 概 念

在计算机系统技术中,容错技术是众所周知的。它的基本出发点是,计算机系统的组成部分不可能不出错,因而必须发展减少出错、校正错误、容许出错的方法,从而建立高可靠性系统——容错系统。例如,为了减少出错,发展了一整套可靠性设计、制造、调试和检验的方法,以提高系统组成部分(从元、器件,机械零、部件,电路到部件或设备)的固有可靠性。为了校正错误,发展了各种冗余方法,诸如程序复算、指令复执、纠错编码、系统/设备重复等方法。为了容许出错,发展了系统自动检错、自动诊断(定位出错)、自动重组系统、自动修复系统的技术,从而使用户得到一个使用可靠性高于系统固有可靠性的计算机系统。

在组织计算机网络、计算机应用系统等大系统时,其组成部分(计算机、终端、通信设备、通信线路)存在着许多差异,诸如在传输代码、传输速度、传输方式、计算机类型(从各厂家的微型机、小型机、大型机、小巨型机到巨型机)、终端设备类型(简单终端、智能终端)、处理方式(成批、分时或实时处理方式)、程序语言、数据库等方面的差异。这些组成部分存在的差异几乎是不可避免的,因而必须发展一种容许差异存在而又能组织成一个大系统的技术(即“容异技术”)。正如容错系统可以在可靠性、

可用性、可维护性方面达到高水平一样，容异系统也可以在更多的方面达到综合的高水平，从功能、性能、可靠性到使用方便性、适应性、扩展性以及资源综合利用方面都可以达到新高度。

组织大系统必须实现大系统的各组成部分之间的互连，而互连实质上是让这些组成部分之间实现通信。从研究系统互连（系统组织）方法的角度，可以把系统的组成部分统称为通信实体。这些通信实体可以是模块、子系统、系统或用户。如果系统按功能分成若干功能层，则通信实体也可以是某一功能层。为了使通信实体间互连，每一通信实体总需要有一彼此直接相连（结合）的部分，可广义地将之称为接口。接口可以是硬件，也可以是软件，或者是两者的结合。

在容异技术的发展过程中，总是从接口入手进行研究的，在抽象出各种不同接口的标准功能及其概念性结构的基础上，制定详细的接口标准。各种通信实体只要具有相同的标准接口，便可实现互连。实际上，这是一种“求同存异”的方法，即求有差异的通信实体外部接口之“同”，而存通信实体内部之“异”，从而容许有差异的系统组成部分组织成为一个大系统。

在研究制定接口标准方面，首先是从制定外围设备接口标准开始的。互连的通信实体，一边是计算机主机，另一边是各种外围设备（从磁盘、磁带到打印机等）。互连方式是点到点的方式，即采用并行的点到点信道。

接口标准化的第二个领域是总线标准，互连的通信实体是计算机部件（从处理机、存储器到各种外围设备）；互连方式是广播方式，采用并行的广播式信道。

接口标准化的第三个领域是计算机系统体系结构，互连的通信实体是计算机与计算机使用者（程序员），互连方式可以是一对一的或一对多的方式。

接口标准化的第四个领域是计算机网络体系结构，互连的通信实体是各种计算机，互连方式典型地是一个网络（互连网络）。

既包含点到点信道，也可包含广播式信道，但一般均为串行信道。

接口标准化的第五个领域是计算机应用系统体系结构，互连的通信实体是计算机与应用，互连的接口有多种形式，综合了第三、第四两个领域的一些互连方式。

在这一节，我们将概要介绍外围设备接口标准、总线标准、计算机系统体系结构，计算机网络体系结构和计算机应用系统体系结构。

二、外围设备接口标准

在早期的计算机系统中，各种外围设备通过各自的控制器与中央处理机直接相连，每一种外围设备性能参数改变时，或者更新技术时，不仅外围设备控制器需要修改，而且常常需要修改外围设备控制器与中央处理机的连接部分。增添新外围设备时，也需要修改中央处理机。

为了使计算机系统能够容许外围设备存在差异的条件下也便于实现连接（实现通信），在60年代中期提出了外围设备标准接口的方法。这种方法规定了外围设备与计算机主机互连需要多少类连接线（例如数据、地址、控制线等），每一类又有多少条连接线（例如数据线包括8条）。无论是打印机还是磁带机或是磁盘，它们与主机连接的互连线都是一样的，只是有些控制线可以根据需要任意选用。这样，使主机和外围设备的设计、制造方便了，用户也便于更新外围设备、扩充系统配置。

当计算机从单件研制生产进入系列化研制生产时，外围设备标准接口方法得到了广泛的应用。这样，不仅外围设备可以与主机相对独立地发展，而且不同厂家也可以发展能够互相兼容、互相替换的同类外围设备。这种方法使计算机系统配置设计有了选择余地，为修改和扩充系统带来方便。后面这一点是重要的，事实上以后发展起来的研制兼容计算机的活动正是从研制兼容外围设备起步的，而研制兼容外围设备的技术基础是接口标准化，这是

容异技术最初发展的方法。

三、总线标准

上述方法的进一步发展是,提出了总线标准,即不仅外围设备与主机接口标准化,而且进一步让主机中的中央处理机和存储器等各种模块的接口也标准化。即让各种计算机模块都连接到同一总线上,它们与总线的接口按照事先确定的标准进行设计和制造。

1. 分类

总线标准有两类:一类是由各个计算机厂家自己制定的标准,例如早期的PDP-11系列采用的总线标准,是有名的小型机总线标准;IBM PC采用的PC总线,是有名的微(型)机总线标准。另一类是多个计算机厂家共同制定的标准,或由学术团体提出和推荐的标准。在后一类标准中,比较有名的有S-100总线、MULTIBUS总线、STD总线等。70年代中期,美国部分厂家和用户开会确定了S-100总线标准。S-100总线标准又称为IEEE-696标准;MULTIBUS总线标准称为IEEE-796标准;面向工业控制的八位微机总线——STD总线,则称为IEEE-961标准。这些总线标准对微机的发展起了很大的推动作用。

总线的种类很多,用途也各不相同,还可以作如下的分类:

(1) 专用总线和公用总线。专用总线是只供两个部件连接的总线。它的优点是流量大,不会出现总线争用。但当系统中的部件很多时,就不可能都用专用总线互连,否则成本很高。公用总线由多个功能部件分时共用。它的优点是成本低、维修方便,有助于模块化设计。缺点是存在争用延迟或预约延迟。

(2) 单总线和多总线。单总线是整个计算机系统内所有部件使用同一条共享总线。多总线是中央处理机(CPU)与存储器、输入/输出(I/O)设备分别采用两条或多条总线,将慢速设备与快速设备的总线分开,减少总线争用,提高系统效率。

(3) 插件总线、内总线和外总线。插件总线是插件内的逻辑总线，如CPU插件由微处理器及控制和接口芯片之间的通信用插件总线。内总线是计算机系统总线，用于计算机系统中插件间的通信，如S-100、MULTIBUS、STD总线等。外总线又称通信总线，用于系统与系统之间的通信，如RS-232C、IEEE-488等。

2. 特点

这里仅就若干计算机系统总线的特点略作比较：

(1) S-100总线是一种微机总线标准。它有100根线，是以8080CPU为基础的总线，适合于8位微处理器。数据总线由两组单向总线组成，但大部分处理器和I/O芯片都是双向数据总线结构。S-100总线留有18条线由用户定义，因此常造成不同系统间不兼容。S-100总线插件尺寸大，插脚多，可靠性相对差。

(2) MULTIBUS由Intel公司推出，后被IEEE接纳为其标准。MULTIBUS（多总线）-I支持8位、16位微处理器，MULTIBUS-II支持32位微处理器。采用这种标准设计的插件称为ISBC系列单板，其插件板比较大，也比较贵。这个系列单板是面向工业控制的。

(3) STD总线是8位/16位兼容的，面向工业控制的总线标准。STD总线采用小板结构，按功能划分模板，便于在模块化基础上组合化，具有开放式结构。这种总线共有56根线，分为电源线（10条）、数据总线（8条）、地址总线（16条）和控制总线（22条）。STD总线（产品）具有高可靠的特点，面向工业控制应用，甚至适合于直接安装在工业生产现场。

(4) PC总线是IBM个人计算机总线，它有62条线。PC总线目前是微机总线中采用得最多的总线，它主要用于数据处理领域。估计今后若干年内，微机总线采用率名次仍将是PC总线居先，其次是VME总线和STD总线等。其中，VME总线主要用于工作站、图象处理等高性能领域。STD总线则将是工业控制领域