



现场总线 工业控制网络技术

夏继强 邢春香 编著



北京航空航天大学出版社

现场总线 工业控制网络技术

夏继强 邢春香 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以现场总线为代表的工业控制网络已成为新一代工业控制系统中的重要技术,它是计算机网络技术在工业控制底层的具体实现。本书从数据通信技术基础、计算机网络 OSI 七层参考模型两方面介绍了工业控制网络的基础知识,着重讨论了 CAN、DeviceNet、PROFIBUS-DP 三种国内应用较为广泛的现场总线技术,全面地分析了它们的技术特点、协议规范及通信接口设计方法,并给出了简单的应用实例。

本书可作为大专院校自动化、机电、仪器仪表等专业工业控制网络相关课程的教学参考书,也可供从事工业控制网络系统设计和产品研发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线工业控制网络技术/夏继强等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2005.5
ISBN 7-81077-564-2

I. 现… II. 夏… III. 总线—自动控制系统
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 043892 号

现场总线工业控制网络技术

夏继强 邢春香 编著

责任编辑 阎 玮

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpres@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:25.25 字数:566 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-564-2 定价:35.00 元

前 言

20 世纪 80 年代末期兴起的现场总线技术引发了工业自动化领域的重大变革,它代表着工业控制网络技术的发展方向。现场总线控制系统(FCS)将集散式控制系统中集中与分散相结合的模式变成了新型的全分布式控制模式,控制功能彻底下放到现场,现场控制设备通过总线与管理层交换信息。在企业信息系统的层次上,整个企业信息网络可以分为现场控制层、过程监控层、生产管理层、市场经营层等多个层次。工业控制网络是控制技术、通信技术、计算机技术在企业现场控制层、过程监控层的综合体现,被称为工厂底层网络。目前,工业控制网络技术的应用已经推广到过程控制自动化、制造自动化、楼宇自动化以及交通运输等多个领域。

近年来,现场总线技术一直是国内工业自动化领域的热点。一些业内的企业和科研单位已经由最初对现场总线技术研究、攻关、示范,转变为具体应用和产品开发。作为北京市重点实验室,北京航空航天大学机械工程及自动化学院现场总线及工业测控研究室自 20 世纪 90 年代初开始现场总线的研究工作以来,相继开展了 CAN、PROFIBUS - DP、DeviceNet、EtherNet/IP 和 J1939 等方面的研究。与此同时,研究室还积极与国内企业合作,共同从事工业控制网络方面的研发工作,取得的多项成果已在实际中得到应用。本书就是在上述研究基础上完成的。

本书特点

1. 起点低,适用面宽

工业测试、控制技术涉及多学科和众多应用。应用这一技术的科技人员和研究生中,除少部分来自于通信、计算机专业外,大部分来自其他不同的专业领域,缺乏通信和计算机网络方面的基础知识。虽然现场总线技术只是他们应用中使用的手段和工具,但是了解了通信和计算机网络的基础知识,对于合理选择现场总线技术类型,快速、正确地掌握现场总线的基本原理和使用方法却大有益处。本书从介绍数据通信和计算机网络的基础内容开始,不需要过多的专业知识。

2. 基础理论和具体现场总线技术相结合

本书从内容上可以分为工业控制网络基础和典型现场总线技术两部分。在工业控制网络基础部分中,从数据通信基础和计算机网络体系结构两方面,探讨了有关工业控制网络数据通信的一般内容;在典型现场总线技术中,分别介绍了目前国内离散控制领域广泛应用的 CAN、DeviceNet、PROFIBUS - DP 三种现场总线技术,读者可以有选择地参考。结合作者的经验来看,只要掌握了数据通信的一般内容并深刻剖析了一种现场总线技术,学习其他的现场总线技术便可举一反三。

3. 既突出技术特点,又兼顾协议标准

在介绍三种具体现场总线技术时,虽然采用了不同的方法,但是都围绕技术特点和协议标准进行。在介绍 CAN 总线时,通过较完整的 CAN 协议标准来说明 CAN 的技术特点。由于 DeviceNet、PROFIBUS - DP 的协议标准内容较多,限于篇幅,本书不便覆盖协议的全部内容,因此,在介绍这两种现场总线技术时,概括了这两种现场总线的主要技术内容,这也有利于读者抓住技术的核心内容。为了便于与 DeviceNet、PROFIBUS - DP 的协议标准相对照,本书中的一些概念和说明内容分别沿用了两个标准中的内容,如第 6 章 DeviceNet 中的数据结构说明、第 8 章 PROFIBUS - DP 中的数据结构说明等,请读者注意。

4. 注重实际需要,选取典型开发实例

现场总线技术是一项实用的工程技术,本书中提供了一些简单开发实例的基本内容,便于读者实际开发时参照。在 CAN 总线和 PROFIBUS - DP 的内容中,分别介绍了典型通信控制器芯片,还分别介绍了远程工业电表抄表系统实例和智能远程 I/O 从站的开发实例;在 DeviceNet 内容中,借助电动阀门远程控制器,讲述了实际应用最多的仅限组 2 服务器的设计方法。另外,本书中还使用了大量的图表,图注、表注也较多,实际开发时应多加注意。

本书结构

全书共分 9 章。第 1 章为计算机网络与现场总线概述;第 2 章介绍了数据通信技术的基础知识;第 3 章介绍了计算机网络体系结构与协议;第 4、5 章介绍了 CAN 总线规范及应用;第 6、7 章介绍了 Devicenet 规范及应用;第 8、9 章介绍了 PROFIBUS - DP 规范及应用。

本书第 1~3 章由夏继强编写;第 4、5 章由卢明臻编写;第 6、7 章由邢春香编写;第 8、9 章由郑大元、周丽萍编写;由夏继强负责全书结构内容的规划和最终定稿。另外,穆雍、孙朋、白焕旭、杨相珀、聂慧萍、孙进、朱博、石冬静、于书生、宋江滨、王娜和李文奇等也参加了本书的录入工作。

致 谢

满庆丰教授、唐济扬教授对本书进行了审阅,并提出了宝贵意见;在本书编写过程中得到何立民教授、满庆丰教授、耿春明博士后、马广云博士的大力支持;得到中国 PROFIBUS 专业委员会(CPO)、DeviceNet 组织(ODVA China)的帮助;本书还得到北京航空航天大学教材、专著编写基金的支持。在此一并致以诚挚的谢意。

由于作者水平所限及工业控制网络技术的不断发展,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。同时也希望通过本书的出版,结识更多业内的同行和企业,加强联系和合作,共同促进国内工业控制网络技术的发展。作者联系邮箱:xiajiqiang@buaa.edu.cn

夏继强

2004 年 10 月

目 录

第 1 章 计算机网络与现场总线概述

1.1 计算机网络的形成与发展	2
1.2 计算机网络中的基本概念	4
1.2.1 计算机网络的定义	4
1.2.2 计算机网络的结构与组成	5
1.2.3 计算机网络的拓扑结构	6
1.2.4 计算机网络的分类	8
1.3 工业自动化的发展及现场总线的产生	9
1.3.1 现场总线的定义	9
1.3.2 工业自动化的发展	9
1.3.3 现场总线控制系统的特点	14
1.4 几种现场总线技术简介	15
1.5 现场总线的标准	18

第 2 章 数据通信技术基础

2.1 数据通信的基本概念	20
2.2 数据的编码技术	22
2.2.1 数据的模拟编码方法	22
2.2.2 数据的数字编码方法	24
2.2.3 脉冲编码调制	25
2.3 数据的基带传输和频带传输	26
2.3.1 基带传输	26
2.3.2 频带传输	29
2.4 数据通信方式	31
2.4.1 串行与并行	32
2.4.2 异步传输和同步传输	32
2.4.3 单工、半双工、全双工	33
2.5 数据交换技术	34

2.5.1	线路交换方式	34
2.5.2	存储转发方式	36
2.5.3	交换技术的选择和比较	37
2.6	传输介质	39
2.6.1	双绞线	39
2.6.2	同轴电缆	40
2.6.3	光 纤	40
2.6.4	无线通信	41
2.7	信道共享	42
2.7.1	多路复用技术	42
2.7.2	竞争的介质访问方法	43
2.7.3	确定型介质访问控制方法	48
2.8	差错控制技术	51
2.8.1	差错原因与类型	51
2.8.2	差错控制中的编码技术	52
2.8.3	流量控制	55
2.8.4	差错控制机制	58

第3章 计算机网络体系结构与协议

3.1	OSI 参考模型	65
3.1.1	模型层次划分的原则	65
3.1.2	OSI 参考模型的结构	66
3.1.3	OSI 参考模型中的基本概念	67
3.1.4	OSI 参考模型各层功能的划分	69
3.2	物理层与物理接口协议	70
3.2.1	物理层概述	70
3.2.2	物理接口的特性	71
3.2.3	常用的物理接口标准	72
3.3	数据链路层	77
3.3.1	数据链路层的基本功能	77
3.3.2	面向比特型数据链路层协议 HDLC	79
3.4	网络层	85
3.4.1	网络层的基本功能	85
3.4.2	网络层服务	85

3.4.3 路由选择算法	86
3.4.4 流量控制的基本概念	88
3.5 传输层	89
3.5.1 传输层在网络中的作用	89
3.5.2 传输层协议	90
3.6 高层协议	91
3.6.1 会话层	92
3.6.2 表示层	93
3.6.3 应用层	93
3.7 网络互连	94
3.7.1 网络互连的基本概念	94
3.7.2 网络互连设备	94
3.8 现场总线的网络通信模型	95
3.8.1 CAN 总线的通信模型	96
3.8.2 DeviceNet 的通信模型	96
3.8.3 PROFIBUS 的通信模型	96

第4章 控制器局域网——CAN

4.1 CAN 的主要特性	98
4.2 CAN2.0 规范	99
4.2.1 CAN 的分层结构	99
4.2.2 CAN 的基本概念	100
4.2.3 报文传送、帧类型和帧格式	102
4.2.4 报文确认和编码	109
4.2.5 错误处理与故障界定	110
4.2.6 位定时与同步	112
4.3 CAN 组网	114

第5章 CAN 器件及开发实例

5.1 独立 CAN 控制器 SJA1000	116
5.2 SJA1000 的 BasicCAN 模式	120
5.2.1 BasicCAN 模式下的地址分配	120
5.2.2 复位值	122
5.2.3 控制寄存器 CR	125

5.2.4	命令寄存器 CMR	126
5.2.5	状态寄存器 SR	127
5.2.6	中断寄存器 IR	128
5.2.7	发送缓冲器	129
5.2.8	接收缓冲器	130
5.2.9	接收过滤器	131
5.2.10	其他寄存器	132
5.3	SJA1000 的 PeliCAN 模式	138
5.3.1	PeliCAN 地址列表	138
5.3.2	复位值	140
5.3.3	模式寄存器 MOD	143
5.3.4	命令寄存器 CMR	145
5.3.5	状态寄存器 SR	146
5.3.6	中断寄存器 IR	147
5.3.7	中断允许寄存器 IER	149
5.3.8	仲裁丢失捕捉寄存器 ALC	150
5.3.9	错误代码捕捉寄存器 ECC	152
5.3.10	错误报警限寄存器 EMLR	154
5.3.11	RX 错误计数寄存器 RXERR	154
5.3.12	TX 错误计数寄存器 TXERR	154
5.3.13	发送缓冲器	155
5.3.14	接收缓冲器	158
5.3.15	接收过滤器	160
5.3.16	RX 报文计数器 RMC	162
5.3.17	RX 缓冲器起始地址寄存器 RBSA	165
5.4	CAN 驱动器 82C250/82C251	165
5.4.1	82C250 的硬件结构	166
5.4.2	82C250 的功能描述	167
5.4.3	82C250 的应用实例	168
5.4.4	82C250 与 82C251 的区别	169
5.5	基于 CAN 总线的远程工业电表抄表系统开发实例	170
5.5.1	远程抄表系统概述	170
5.5.2	远程采集单元 CAN 通信模块硬件设计	171
5.5.3	基于 CAN 的通信协议	173

5.5.4 远程采集单元 CAN 接口软件设计	174
5.5.5 通信实例	177

第 6 章 DeviceNet 现场总线基础

6.1 DeviceNet 技术概述	179
6.1.1 设备级的现场总线	179
6.1.2 DeviceNet 的通信模式	180
6.1.3 DeviceNet 与 CAN 的关系	181
6.2 DeviceNet 设备模型	183
6.2.1 DeviceNet 设备的对象模型	183
6.2.2 Identity 对象	185
6.2.3 Message Router 对象	188
6.2.4 DeviceNet 对象	189
6.2.5 Connection 对象	191
6.2.6 连接定时	201
6.2.7 Assembly 对象	204
6.3 DeviceNet 设备间的信息交换	206
6.3.1 重复 MAC ID 检测信息格式及网络访问状态机	207
6.3.2 UCMM 及相关的信息格式	209
6.3.3 显式信息连接及信息格式	216
6.3.4 I/O 连接及信息格式	220
6.3.5 分段/重组协议及错误处理机制	220
6.3.6 离线连接组信息	225
6.4 DeviceNet 节点设计实例	229
6.4.1 硬件设计	230
6.4.2 软件设计	237
6.4.3 编写设备描述文件	239
6.4.4 设备组态的数据源	242
6.4.5 一致性声明认证	244

第 7 章 DeviceNet 预定义主从连接组

7.1 定义及应用范围	245
7.2 预定义主从连接的工作过程	247
7.2.1 主从关系的确定	247

7.2.2	预定义主从连接的使用过程	248
7.2.3	从站中连接实例的建立	249
7.3	连接实例	252
7.3.1	显式信息连接	252
7.3.2	轮询连接	254
7.3.3	位-选通连接	256
7.3.4	状态变化连接或循环连接	260
7.3.5	多点轮询连接	265
7.4	使用预定义主从连接组的说明	269
7.4.1	预定义主从连接对过滤器的要求	269
7.4.2	仅限组 2 设备的预留端口	270
7.4.3	仅限组 2 客户机的功能	271
7.5	仅限组 2 服务器设计举例	273
7.5.1	阀门远程控制器的功能分析	273
7.5.2	硬件设计	275
7.5.3	软件设计	276
7.5.4	该设备的 EDS 文件	282

第 8 章 PROFIBUS - DP 现场总线

8.1	PROFIBUS 概述	284
8.2	PROFIBUS - DP 系统	286
8.2.1	PROFIBUS - DP 的传输特点	286
8.2.2	系统组成和总线访问控制	286
8.2.3	PROFIBUS - DP 系统工作过程	289
8.2.4	PROFIBUS - DP 的协议结构	293
8.3	PROFIBUS - DP 物理层规范	293
8.4	PROFIBUS - DP 数据链路层(FDL)规范	296
8.4.1	帧字符和帧格式	296
8.4.2	FDL 的四种服务	301
8.4.3	以令牌传输为核心的总线访问控制体系	307
8.4.4	第 1、2 层管理 FMA 1/2	311
8.5	PROFIBUS - DP 用户层规范	311
8.5.1	用户层概述	311
8.5.2	用户层的几个基本概念	312

8.6 DDLIM 功能	315
8.6.1 DDLIM 主-从功能	315
8.6.2 DDLIM 主-主功能	331
8.6.3 DDLIM 功能服务存取点	339
8.6.4 DDLIM 本地功能	340
8.7 用户接口	341
8.7.1 1 类主站的用户接口	341
8.7.2 从站的用户接口	347
8.8 PROFIBUS - DP 主站和从站的结构	347
8.8.1 1 类主站的结构	347
8.8.2 2 类主站的结构	349
8.8.3 从站结构	350
8.9 PROFIBUS - DP 的扩展功能、DP 行规和设备数据库文件	352
8.9.1 PROFIBUS - DP 的扩展功能	352
8.9.2 PROFIBUS - DP 的行规	354
8.9.3 设备数据库文件(GSD)	354
8.9.4 一致性认证	356

第 9 章 PROFIBUS - DP 从站开发

9.1 DP 从站开发专用芯片 SPC3	357
9.1.1 SPC3 的基本特性	357
9.1.2 SPC3 内部 RAM 存储空间分配	361
9.1.3 SPC3 的功能	370
9.2 DP 从站开发举例	381
9.2.1 PROFIBUS - DP 智能远程 I/O 从站的功能分析	381
9.2.2 智能远程 I/O 通信接口硬件设计	382
9.2.3 智能远程 I/O 通信接口软件设计	382
9.2.4 设备数据库文件的编写	386

参考文献	389
------------	-----

第1章 计算机网络与现场总线概述

在人类社会的发展中,网络的出现与发展始终与人们对资源流通的要求密切相关。我们熟悉的各种网络也是为资源流通服务的。例如,人们为了物质流通和人员往来的需要,构建起四通八达的铁路网、公路网、水路网和航空网;为了能源流通的需要,构建起煤炭、石油、天然气以及电力的运输及传输网络。我国的“西气东输”工程,就是能源流通的典型线路。在社会资源中,信息是与物质和能源并列的第三大资源,在政治、经济、军事和科技等众多领域中,信息起着相当重要的作用。信息的交流会改变自身的价值,信息畅通带来的巨大成功以及信息不畅带来的惨痛失败,不胜枚举。在不同的历史阶段,人类创造了很多方法用于信息的远距离传送;我国古代就有用于军事目的的烽火台以及用于中央与地方间“快马传书”的驿路和驿站;随着科学技术的发展,又相继出现了电报、电话、广播及电视等多种信息交流手段。目前,用于信息交流的三大网络是电信网、电视网和计算机网络。电信网建立时间最久,其中电话网最初用来传递语音信号,发展得最普及,也最成熟;有线电视网主要用于语音、图像等多媒体的传输,现在这两个网络也用于传输数据和文件;计算机网络从出现开始就是用来传输数据和文件的,现在也用于多媒体传输,计算机网络虽然出现较晚,但它的发展却非常迅速,其影响力已经渗透到现代信息社会的每一个角落。任何一项新技术的产生都必须具备两方面的条件,一方面是社会的需求,另一方面是相应基础技术的成熟。计算机网络技术的基础有两个,一个是计算机技术,另一个是通信技术。这两项技术正是当前科技领域最活跃的部分,因此,计算机网络技术已经成为反映一个国家现代化程度和综合国力的标志之一。

企业信息化的进程随着计算机网络技术的发展不断加快。在企业信息系统中,计算机网络技术在自动控制、生产调度、经营管理、办公自动化及市场销售等方面发挥着重要的作用。在企业信息系统的层次上,整个企业信息网络可以分为现场控制层、过程监控层、生产管理层、市场经营层等多个层次。工业控制网络是应用于现场控制层和过程监控层的网络通信技术。在这一层次,现场总线连接工业现场设备,最大限度地实现现场的控制功能,并为现代企业的管控一体化提供最基本的企业底层运行信息。现场总线工业控制网络技术是控制技术、通信技术和计算机技术在企业信息系统底层的综合体现,也是计算机网络技术在工业现场的具体应用,因此,它被称为工厂底层网络。与企业网的其他层次相比,这一层次具有一些特点:产品的多样性决定了生产设备的多样性,不同设备、仪表和执行器的提供商根据自身的技术和专业经验优势,向市场提供各式各样的底层单元,进一步增加了底层单元的多样性;为了使如此多

样的底层单元能协调工作,就需要这些单元在网络接口上具有开放性,能够实现单元间的互连、互操作乃至互换;高度的实时性和可靠性是这一层次的另一特点,这一层次直接关系到产品的质量,没有实时性和可靠性的保证,生产产品的质量也就无从谈起。因此,在计算机网络技术应用于这一层次时,必须考虑这些问题。

既然现场总线工业控制网络是计算机技术在工业现场的具体应用,要掌握这一技术就应该了解计算机网络的基础内容,并了解现场应用的特点。本章就从计算机网络和现场总线两方面进行论述。

1.1 计算机网络的形成与发展

一般认为,计算机网络的形成与发展大致经历了如下四个阶段。

第一阶段: 计算机技术与通信技术相结合,形成计算机网络雏形

1946年,第一台电子计算机 ENIAC 在美国诞生,这时的计算机与通信没有什么关系。早期的计算机体积相当庞大,一台计算机就要占据一个大房间,需要多个工程师维护,而这样的计算机只能给一个用户提供服务。虽然后来的计算机可以采用分时复用的方法为多个用户提供服务,但这些终端都必须集中在计算机附近,使用很不方便。

20世纪50年代,美国半自动地面环境(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)防空系统将分布在各地的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路汇聚到一台 IBM 计算机上,计算机对这些信息集中处理并对终端设备进行控制,整个通信线路长达 241 万公里,这是计算机技术与通信技术相结合的尝试。与很多技术一样,计算机技术与通信技术的结合在军事领域取得成功以后就很快应用于民用领域。20世纪60年代,美国航空公司的订票系统(Semi-Automatic Business Research Environment, SABRE)将全美范围内的 2 000 多个终端与一台中心处理计算机相连。后来,又相继出现了多个将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上的系统。从严格意义上讲,这时的系统还不能算是计算机网络,因为在这些系统中,只有一台计算机,系统中的终端都不具备自主处理功能,因此,一般将这类系统称为远程联机系统或面向终端的计算机网络。

第二阶段: 完成网络体系结构与协议研究,形成计算机网络

随着计算机技术的发展,计算机的功能越来越强,价格不断下降,计算机的总体数量大幅度增加。由于软件资源、硬件资源以及数据资源共享的需要,出现了由多台计算机通过通信线路连接起来为用户提供服务的计算机-计算机网络,每台计算机都具有自主处理能力,它们之间不存在主从关系,这时的网络才是真正意义上的计算机网络。

在这一阶段,ARPA 网对计算机网络的发展起到了重要的推动作用,是这一阶段计算机网络的典型代表。1969年,美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)提供经费,提出将多个大学、公司、研究所的计算机互连,这就是 ARPA 网的由来。

最初的 ARPA 网只有加州大学、洛杉矶、华盛顿和休斯敦四个节点,后来节点数量逐步增加,覆盖的范围也从美国本土逐渐扩展到欧洲。ARPA 网中的计算机称为主机,主机间不是通过通信线路直接相连,而是采取主机与通信设备相连,通信设备间通过线路构成网络,通信设备采用类似邮信的存储转发方式传递报文数据。在 ARPA 网的研究过程中,完成了计算机网络定义、分类与子课题研究内容的描述;提出了资源子网和通信子网两级网络的体系结构;研究了报文分组交换的数据交换方法;采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。我们熟悉的 Internet 就是从 ARPA 网发展而来的。不仅如此,现在很多计算机网络的知识都来源于 ARPA 网的研究成果,ARPA 网所使用的一些概念和术语仍被沿用至今。

ARPA 网蓬勃发展的同时,公共数据网 PDN(Public Data Network)与局部网络 LN(Local Network)迅速发展,也出现了一些实验性质的网络。公共数据网是相对成熟的网络,如果数据通信建立在公共数据网的基础上,则可通过租用线路的方式节省专门铺设线路的费用。早期的公共数据网是采用模拟传输技术的电话网,后来逐渐采用数字传输和报文分组交换技术。20 世纪 70 年代,一些大学、研究所为共同完成科学计算和实现资源共享,纷纷开展局部网络的研究;1972 年,加州大学研制了 Newhall 环网;1974 年,剑桥大学研制了 Cambridge Ring 环网;1976 年,Xerox 公司研究出了总线拓扑的 Ethernet(以太网)。与此同时,各大公司纷纷提出了自己的网络体系结构和协议,如 IBM 的 SNA(System Network Architecture)、DEC 的 DNA(Digital Network Architecture)等。这些发展为后来计算机网络体系结构和协议的完善奠定了基础,但是,这些网络在体系结构和协议上的不统一也造成了彼此产品间互连的麻烦,同时也限制了计算机网络的发展。

第三阶段:加速网络体系结构与协议国际化的研究与应用

无论是计算机网络的用户还是计算机网络产品的提供商都已经看到,计算机网络体系结构和协议都必须走国际化的道路。国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)的计算机与信息处理标准化技术委员会(Technical Committee)TC97 成立了一个分委会 SC16,研究计算机网络的标准化问题,并于 1984 年颁布了 ISO/IEC7498 国际标准,即开放系统互连参考模型 OSI RM(Open System Interconnection Reference Model)。20 世纪 80 年代中,ISO 与 CCITT(原国际电话电报咨询委员会的简称,现为国际电信联盟电信标准化局 ITU-T)共同为各个层次制定了标准协议,一般称为 CCITT 建议,其中包括 X. 21、X. 29 及 X. 75 等,使 OSI RM 日趋完善。

这时的公共交换数据网多已采用报文分组技术。尽管这些网络内部的结构、采用的设备不尽相同,但它们都是基于 CCITT X 系列建议组建的,因而它们对外部用户提供的界面是相同的,互连的界面也是相同的,可以方便地互连和互通。ARPA 网也逐步发展成因特网,只要遵循 TCP/IP 协议的计算机在申请到 IP 地址后就可接入因特网。TCP/IP 协议出现较早,也具有层次结构和对外开放的特征,它并不与 OSI RM 的七层结构一致,也不是某个国际组织制定的标准,但由于应用广泛,TCP/IP 协议已成为事实上的国际标准。

在这一时期局域网迅速发展,局域网中 Ethernet、Token Bus 及 Token Ring 的产品三足鼎立。采用光纤传输介质的 FDDI 在高速与主干网应用上起到了重要作用。20 世纪 90 年代传输介质、局域网操作系统与客户/服务器(Client/Server)应用方面取得重要进展。Ethernet 中非屏蔽的双绞线实现了 10 Mb/s 的数据传输,形成了网络结构化布线技术,使 Ethernet 网在办公自动化环境中得到广泛应用,出现了 Novell NetWare、Windows NT server、IBM LAN Server 等多种局域网操作系统。

第四阶段:网络计算的新时代

近年来,随着全球信息高速公路(Global Information Infrastructure)的提出,Internet 技术发展迅速,计算机迎来了以网络为中心的计算(处理)新时代。计算机网络也呈现出高速化,互连范围增加,应用广泛等特点。在广域网中,以 CCITT X 建议为基础组建的公用分组交换数据网的速率只有 64 kb/s,后来的帧中继(Frame Relay)技术把这一速率提高到 2 Mb/s,现在的异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)已达到 2.5 Gb/s 的传输速率,先进的波分多路复用(Wave Division Multiplexing, WDM)将实现更高的传输速率。在局域网中,继 10 Mb/s、100 Mb/s 传输速率的以太网后,又出现了速率达 1 Gb/s、甚至 10 Gb/s 的以太网产品。计算机网络也由最初的主要传输数字、文字和程序等数据发展到语音、图像等多媒体信息的传输,在 Internet 上进行电子邮件发送、电子新闻浏览、信息查询已成为人们进行信息交流和获取信息的常用手段。电话、有线电视、计算机网络是目前较成熟的三大网络,三网融合已经成为发展趋势,各国还在开展智能网络 IN 的研究。

1.2 计算机网络中的基本概念

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络是一个不断发展的技术,在不同阶段人们的认识不同,对它的定义也不同。对计算机网络的定义,大致有三种观点:第一种是广义的观点,第二种是资源共享的观点,第三种是对用户透明的观点。

根据广义的观点,计算机网络被定义为:以传输信息为主要目的,用通信线路将多个计算机连接起来的计算机系统的集合。这一定义又称为计算机通信网络。根据资源共享的观点,计算机网络被定义为:以能够相互共享资源的方式连接起来,并且各自具备独立功能的计算机系统的集合。根据对用户透明的观点,计算机网络是一个对用户透明的、大的计算机系统,这个系统存在一个能自动为用户管理资源的网络操作系统,由它调用完成用户任务所需的资源,又称为分布式计算机系统。

目前所应用的计算机网络定义还是基于资源共享的观点,在这种计算机网络的定义中包括这样几个含义:

- 计算机网络建立的主要目的是资源共享,共享的资源包括软件资源、硬件资源以及数据资源,计算机可以利用这些资源协同工作;
- 计算机网络中的计算机具有自治的特点,计算机彼此之间没有主从之分,可以独立工作,也可连网工作,可以为本地用户提供服务,也可为远程用户服务;
- 网络中的计算机都要遵循统一的网络协议。在计算机通信网络中,网络主要是以数据传输为目的,资源共享的能力较弱。分布式计算机系统主要体现了分布式操作系统的设计思想、结构、工作方式与功能,它与资源共享的计算机网络的差别主要在软件上:在分布式计算机系统中,网络对用户是透明的,用户不必关心资源分布、计算机差异,甚至不知道由哪台计算机为其提供服务,是计算机网络的更高级形式,是一种紧耦合形式;资源共享的计算机网络在使用网络服务时,采用先登录再共享使用的方式,是一种松耦合形式。

1.2.2 计算机网络的结构与组成

计算机网络从逻辑上可以分为资源子网和通信子网两个子网,分别实现数据处理和数据通信两个基本功能。典型的计算机网络系统结构如图 1-1 所示,图中的 H 为主计算机设备, T 为终端设备。

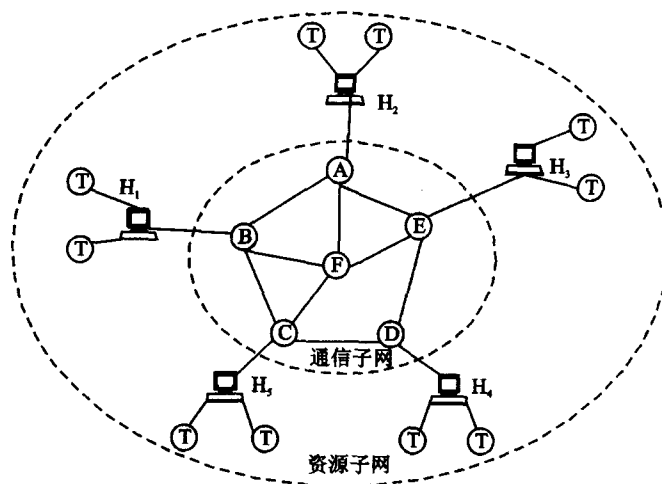


图 1-1 计算机网络的资源子网和通信子网

资源子网主要由主计算机系统、终端及各种软件资源与数据资源组成,资源子网负责全网的数据处理业务,向网络用户提供各种资源和网络服务。主机和终端是信息传输的源节点或宿节点,统称为端节点。一般说来,主机可以提供网络资源的服务,支持终端上网;终端主要提供用户访问网络的界面,终端既可以是简单的输入、输出终端,也可以是带有微处理器的智能