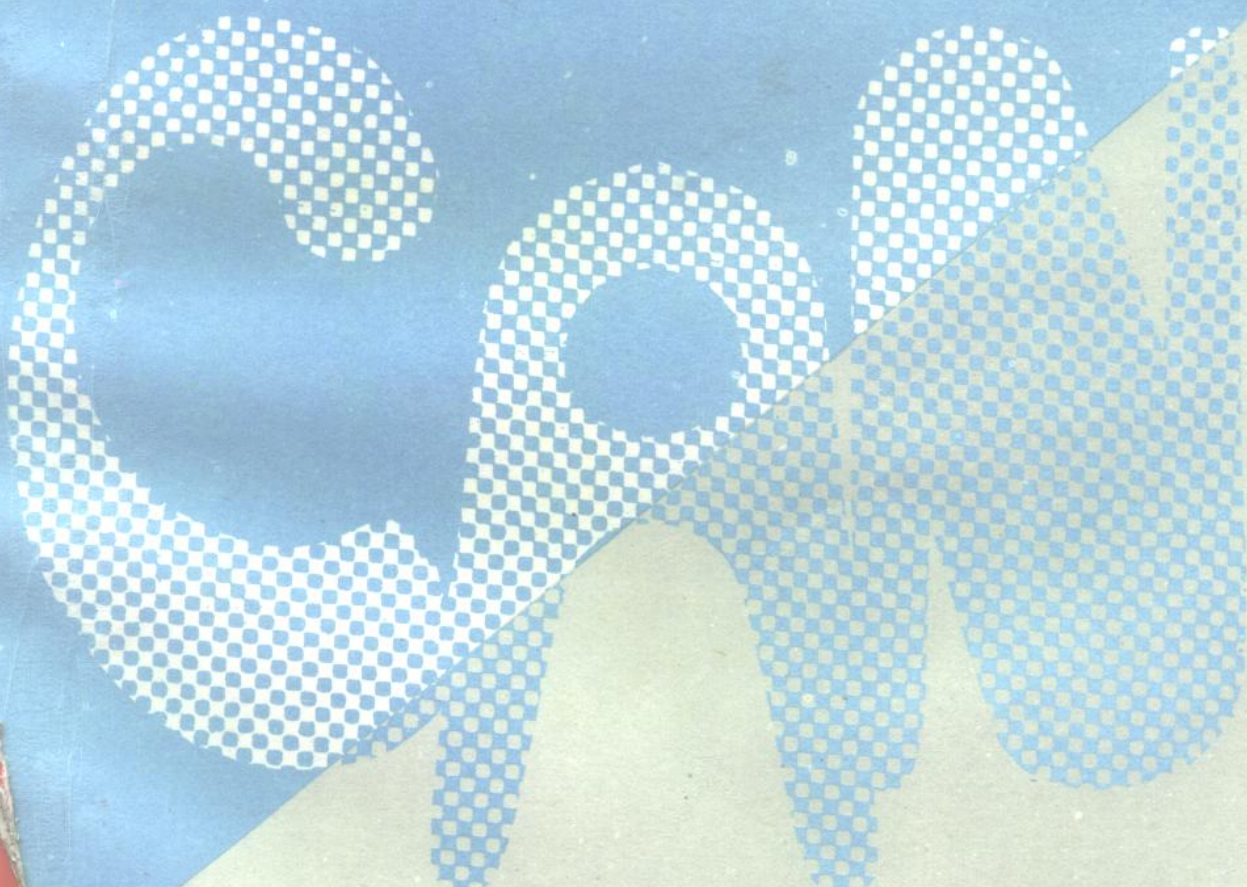


# CAN 总线

## 原理和应用系统设计

邬宽明 编著



北京航空航天大学出版社

# CAN总线

## 原理和应用系统设计

邬宽明 编著

北京航空航天大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

CAN 总线原理和应用系统设计/邬宽明编著. —北京:北京航空航天大学出版社,1996.10  
ISBN 7-81012-664-4

I. CAN… II. 邬… III. 控制器-局部网络-系统设计 IV  
.TP393.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15354 号

JS150/25

## 内容简介

控制器局部网(CAN-Controller Area Network)是 Bosch 公司为现代汽车应用领先推出的一种多主机局部网,由于其卓越性能现已广泛应用于工业自动化、多种控制设备、交通工具、医疗仪器以及建筑、环境控制等众多部门。控制器局部网将在我国迅速普及推广。

本书对控制器局部网的原理、器件和应用编程以及有关技术规范和国际标准进行了全面、系统的论述,书中首次透明地公布了一个基于 CAN 总线的系统模型设计实例,包括系统组成、系统硬件电路和系统软件设计。由于理论和应用紧密结合和便于自学的特点,本书既可以作为大专院校有关专业的参考教材和教学参考用书,也可以作为有志于微控制器和总线技术开发及应用人员的实用参考工具书和自学用书。

- 书名:CAN 总线原理和应用系统设计
- 编著者:邬宽明
- 责任编辑:林红
- 责任校对:李保田
- 出版者:北京航空航天大学出版社
- 地址:北京学院路 37 号(100083)62015720(发行科电话)
- 印刷者:北京密云华都印刷厂印刷
- 发行:新华书店总店北京发行所
- 经售:全国各地书店
- 开本:787×1092 1/16
- 印张:18.25
- 字数:464 千字
- 印数:4000 册
- 版次:1996 年 11 月第一版
- 印次:1996 年 11 月第一次印刷
- 书号:ISBN 7-81012-664-4/TP·217
- 定价:25.00 元

# 前 言

自动控制技术是当代发展极为迅速、应用十分广泛、最引人注目的高技术之一,也是推动新技术革命和新产业革命的核心技术。随着现代控制理论的发展,自动控制技术已从单变量控制到多变量控制,从自动调节到最优控制。现在对自动控制的要求已不仅是保持个别变量(如温度、转数、电压等)的稳定,而是要求实现多个变量的最优控制。分析与设计最优控制系统已成为现代控制理论的基本内容。随着微型计算机的出现,特别是微型计算机应用于控制系统,为计算机控制带来了根本性的变革。对于复杂的、分散的控制对象,由于它们往往是同时、并行,且独立地工作,控制对象分布面又很广,因此把它们联系起来实现分布控制是现代控制技术中的一个重要发展方向。

随着计算机硬件、软件技术及集成电路技术的迅速发展,工业控制系统已成为计算机技术应用领域中最具活力的一个分支,并取得了巨大进步。由于对系统可靠性和灵活性的高要求,工业控制系统的发展主要表现为:控制面向多元化,系统面向分散化,即负载分散、功能分散、危险分散和地域分散。分散式工业控制系统就是为适应这种需要而发展起来的。这类系统是以微型机为核心,将 5C 技术——Computer(计算机技术)、Control(自动控制技术)、Communication(通信技术)、CRT(显示技术)和 Change(转换技术)紧密结合的产物。它在适应范围、可扩展性、可维护性以及抗故障能力等方面,较之分散型仪表控制系统和集中型计算机控制系统都具有明显的优越性。

典型的分散式控制系统由现场设备、接口与计算设备以及通信设备组成。现场总线(Field bus)能同时满足过程控制和制造业自动化的需要,因而现场总线已成为工业数据总线领域中最活跃的一个领域。现场总线的研究与应用已成为工业数据总线领域的热点。尽管目前对现场总线的研究尚未能提出一个完善的标准,但现场总线的高性能价格比将吸引众多工业控制系统采用。同时,正由于现场总线的标准尚未统一,也使得现场总线的应用得以不拘一格地发挥,并将为现场总线的完善提供更加丰富的依据。控制器局部网 CAN(Controller Area Network)正是在这种背景下应运而生的。

CAN 总线是德国 Bosch 公司从 80 年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议,它是一种多主总线,通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维。通信速率可达 1Mbps。CAN 总线通信接口中集成了 CAN 协议的物理层和数据链路层功能,可完成对通信数据的成帧处理,包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。CAN 协议的一个最大特点是废除了传统的站地址编码,而代之以对通信数据块进行编码。采用这种方法的优点可使网络内的节点个数在理论上不受限制,数据块的标识码可由 11 位或 29 位二进制数组成,因此可以定义  $2^{11}$  或  $2^{29}$  个不同的数据块,这种按数据块编码的方式,还可使不同的节点同时接收到相同的数据,这一点在分布式控制系统中非常有用。数据段长度最多为 8 个字节,可满足通常工业领域中控制命令、工作状态及测试数据的一般要求。同时,8 个字节不会占用总线时间过长,从而保证了通信的实时性。CAN 协议采用 CRC 检验并可提供相应的错误处理功能,保证了数据通信的可靠性。CAN 卓越的特性、极高的可靠性和独特的设计,特别适合工业过程监控设备的互连,因此,越来越受到工业界的重视,并已公认为最有前途的现场总线之一。

由于CAN为愈来愈多不同领域采用和推广,导致要求各种应用领域通信报文的标准  
化。为此,1991年9月Philips Semiconductors制订并发布了CAN技术规范(Version 2.0)。  
该技术规范包括A和B两部分。2.0A给出了曾在CAN技术规范版本1.2中定义的CAN报  
文格式,而2.0B给出了标准的和扩展的两种报文格式。此后,1993年11月ISO正式颁布了道  
路交通运输工具——数字信息交换——高速通信控制器局部网(CAN)国际标准(ISO  
11898),为控制器局部网标准化、规范化推广铺平了道路。可以预料,控制器局部网在我国迅速  
发展和普及是指日可待的。这是一件具有重要学术价值和实际意义的事情,也是编写本书的目  
的所在。

本书第一章对于计算机网络和协议、局域网协议和现场总线,特别对控制器局部网中的分  
层结构、逻辑链路控制子层、媒体访问控制子层以及物理层作了较详细的阐述,以作为理解后  
续各章内容的基础。第二章和第三章详细介绍了目前广泛流行的各种CAN控制器和常用的  
CAN器件以及带有控制器局部网通信功能的微控制器产品,主要包括独立的CAN控制器  
——82C200,INTEL82526/82527,CAN控制器接口——82C250和CAN串行链接I/O器件  
——82C150以及带有在片CAN的微控制器——P8XC592,68HC05X4/X16/X32、带有在片  
CAN的电磁兼容微控制器——P8XCE598和16位微控制器87C196CA/CB。在介绍每种微控  
制器产品功能、原理和使用的同时,还适量介绍一些应用知识和实例,作为实际使用的参考。  
第四章系统地介绍了一个基于CAN总线的系统模型设计实例,包括系统组成、系统硬件  
电路和系统软件设计。透明地公布这一CAN总线系统模型设计的成果是希望有更多的同行  
在此基础上尽快地推进CAN总线系统在我国推广和普及,结出更多的应用硕果。

CAN实际上是一种简化型网络结构,同时,考虑到英文原文AN(Aera Network)应有别  
于LAN,故取名局部网。本书全面地对控制器局部网从国际标准、规范、器件和应用编程进行  
了系统的论述。编写过程中,立足理论和应用紧密结合,同时也充分考虑了自学的特点。本书  
既可以作为大专院校有关专业的参考教材和教学参考用书,也可以作为有志于微控制器技术  
开发和应用人员的实用参考工具书和自学用书。

在本书问世之际,应该特别提到的是,在本书编写过程中,得到北京航空航天大学何立民  
教授和满庆丰副教授的热情支持,并特请二位教授对全书进行了审校。

由于作者学识和水平所限,书中可能存在的不尽如人意之处,敬请诸位读者批评指正,特  
别期望试用本书的教师和各位同行们把意见和建议告诉作者,在此预致感谢!

作者联系地址:北京航空航天大学管理学院(100083)

联系电话:(010)68851803(H)

编著者

1995年末于北航

# 目 录

<b>第一章 引论</b> .....	(1)
1.1 计算机网络和协议 .....	(1)
1.1.1 计算机网络 .....	(1)
1.1.2 协 议 .....	(6)
1.1.3 计算机网络体系结构 .....	(7)
1.2 局域网 .....	(10)
1.2.1 概 述 .....	(10)
1.2.2 局域网协议 .....	(13)
1.3 现场总线 .....	(18)
1.3.1 背景和发展 .....	(18)
1.3.2 概念和主要特点 .....	(18)
1.4 控制器局部网(CAN) .....	(20)
1.4.1 CAN 的分层结构 .....	(22)
1.4.2 逻辑链路控制(LLC)子层 .....	(23)
1.4.3 媒体访问控制(MAC)子层 .....	(25)
1.4.4 物理层 .....	(32)
<b>第二章 CAN 控制器及有关器件</b> .....	(35)
2.1 PHILIPS 82C200 CAN 控制器 .....	(35)
2.1.1 硬件结构和功能 .....	(36)
2.1.2 控制段和报文缓存器 .....	(38)
2.1.3 总线定时/同步 .....	(47)
2.1.4 通信协议 .....	(49)
2.1.5 极限数值 .....	(56)
2.1.6 电气特性 .....	(57)
2.1.7 开发支持工具 .....	(60)
2.2 INTEL 82526 CAN 控制器 .....	(60)
2.2.1 硬件构成 .....	(61)
2.2.2 功能描述 .....	(64)
2.2.3 一个应用实例 .....	(78)
2.3 INTEL 82527 CAN 控制器 .....	(83)
2.4 CAN 控制器接口——82C250 .....	(85)



2.4.1 硬件结构和功能 .....	(85)
2.4.2 极限数值 .....	(87)
2.4.3 电气特性 .....	(88)
2.4.4 测试和应用 .....	(89)
2.5 CAN 串行链接 I/O 器件——82C150 .....	(92)
2.5.1 硬件结构和功能 .....	(93)
2.5.2 CAN 功能 .....	(97)
2.5.3 初始化 .....	(102)
2.5.4 极限数值 .....	(103)
2.5.5 电气特性 .....	(103)
2.5.6 P82C150 应用 .....	(105)

### 第三章 带有在片 CAN 的微控制器 .....

3.1 微控制器 P8XC592 .....	(110)
3.1.1 硬件构成及其功能 .....	(111)
3.1.2 CAN 控制器结构、功能和特性 .....	(128)
3.1.3 中断系统 .....	(149)
3.1.4 P8XC592 运行 .....	(152)
3.1.5 极限数值 .....	(155)
3.1.6 电气特性 .....	(156)
3.1.7 EPROM 特性 .....	(159)
3.1.8 CAN 应用和开发中的一些问题 .....	(163)
3.2 微控制器 MC68HC05X4/X16/X32 和 MC68HC705X4 .....	(171)
3.3 电磁兼容微控制器 P8XCE598 .....	(174)
3.3.1 硬件结构及其主要功能 .....	(175)
3.3.2 电磁兼容性 .....	(177)
3.3.3 极限数值 .....	(180)
3.3.4 电气特性 .....	(180)
3.3.5 EPROM 特性 .....	(180)
3.3.6 CAN 应用和开发 .....	(180)
3.4 微控制器 87C196CA/CB .....	(180)
3.4.1 硬件结构及其主要性能 .....	(180)
3.4.2 87C196CA 口功能 .....	(185)
3.4.3 电气特性 .....	(186)

### 第四章 基于 CAN 总线的系统设计实例 .....

4.1 概述 .....	(187)
4.2 系统构成 .....	(189)

4.2.1 CAN 总线通信接口适配卡 .....	(189)
4.2.2 智能传感器节点 .....	(194)
4.2.3 最小系统节点 .....	(196)
4.3 系统软件设计 .....	(199)
4.3.1 高级语言 Franclin C51 .....	(199)
4.3.2 系统初始化设计 .....	(210)
4.3.3 上位计算机软件设计 .....	(213)
4.3.4 CAN 总线通信接口适配器软件设计 .....	(219)
4.3.5 智能传感器节点软件设计 .....	(233)
4.3.6 最小系统节点软件设计 .....	(236)
<b>第五章 控制器局域网技术规范和国际标准 .....</b>	<b>(240)</b>
5.1 控制器局域网技术规范 .....	(240)
5.1.1 CAN 技术规范 2.0A .....	(241)
5.1.2 CAN 技术规范 2.0B .....	(252)
5.2 国际标准 ISO 11898 .....	(257)
5.2.1 服务及其原语格式 .....	(258)
5.2.2 物理层 .....	(264)
5.2.3 监控器 .....	(276)
<b>本书中部分英文缩写和中英译名对照索引 .....</b>	<b>(280)</b>
<b>主要参考书目和文献 .....</b>	<b>(283)</b>



# 第一章 引 论

作为引论,本章将对计算机网络和协议、局域网协议、现场总线、特别是对控制器局部网(CAN)中的分层结构、逻辑链路控制子层、媒体访问控制子层和物理层进行详细阐述,它们是理解后续各章内容的基础。

## 1.1 计算机网络和协议

### 1.1.1 计算机网络

#### 一、计算机网络定义

自从1946年世界上第一台电子计算机问世以来,计算机技术已经有了飞跃的发展。以计算机为主体演变而来的各种各样的信息处理技术与各种各样的先进技术相结合,又逐步形成了像人工智能、知识工程、分布式数据库、图像处理和计算机网络等新的发展领域。它们都是现代计算机高速发展的标志,而计算机网络技术又逐渐成为各种先进技术发展的基础,它不仅是社会向信息化迈进的必要条件,而且已成为衡量一个国家技术发展水平和社会信息化程度的标志之一。

自1970年以来,对于计算机网络或计算机网(Computer Network)已有多种定义。有的把计算机网络定义为“以相互共享资源(硬件、软件和数据等)方式而连接起来,且各自具备独立功能的计算机系统之集合”。这个定义着重于应用目的,而没有指出物理结构。另外,还有一种“计算机通信网”的定义。计算机通信网是指以计算机间传输信息为目的而连接起来的计算机系统之集合。显然,计算机通信网所指出的类型范围要比前一种以共享资源为目的的类型范围要大。

一般从物理结构看,可对计算机网以广义的定义。“广义的”计算机网络是在协议控制下由一台或多台计算机、若干台终端设备、数据传输设备以及便于终端和计算机之间或者若干台计算机之间数据流动的通信控制处理机等所组成的系统之集合。这个定义,表明计算机网是在协议控制下通过通信系统来实现计算机之间的连接。计算机网和一般计算机互连系统的区别,就是有无协议的作用。

从完成整个系统任务看,两个计算机系统之间必须有一种高度的协调。计算机间为协调动作目的而进行的信息的交换,一般称之为“计算机通信”。类似地,当两个或更多的计算机通过一个通信网相互连接时,它们的集合称之为“计算机网络”。在实际的科学研究和工程设计时,一般根据环境对象和着重点有选择地引用“计算机网络”和“计算机通信网”这两个术语。例如,当着重涉及关于用户如何共享和使用计算机资源的问题时,或者为完成某个任务而互连若干台自治计算机构成网络时,就引用术语“计算机网络”。如果着重关于计算机间信息通信的问题时,就引用术语“计算机通信网”。

## 二、计算机网络类型

由于计算机网络是由数据通信和远程数据处理相互结合而构成,其应用的广泛性使各种各样的计算机网络相继建立和发展。下面从几个角度对其进行分类。

### 1. 按跨度分类

从网络范围以及计算机之间互连距离角度,可以将计算机网络分为广域网和局域网两种类型。广域网的传输装置和介质由电信部门提供,距离可以遍布城市、国家,甚至更远。局域网一般由一个部门或公司组建,地理范围仅在一个建筑物或单位内部。局域网的特点是比较灵活,组建比较方便;但是,随着社会信息化不断发展,局域网只有连接到广域网,才能更好地发挥作用。

### 2. 按用途分类

从计算机网络内含数据传输和转接系统的拥有性角度,可以分成专用网和公共网两种类型。公共网是电信部门组建,一般地都由国家政府电信部门管理和控制,网络内的传输和转接装置可提供给任何部门和单位用于连接众多的计算机和终端。专用网是由一个政府部门或一个公司组建经营,不允许其他部门和单位使用。目前,大多数专用网仍是租用电信部门的传输线路(或信道),并且网络拓扑都呈现为垂直的星式或塔式结构。

### 3. 按拓扑结构分类

计算机网络可有各种各样的拓扑结构。

#### (1) 星型网

星型网即以一台称之为中心处理机的计算机为主组成的网络,各种类型的入网机均与该中心处理机有物理链路直接相连,因此,所有的网上传输信息均需通过该机转发,其结构如图 1-1 所示。

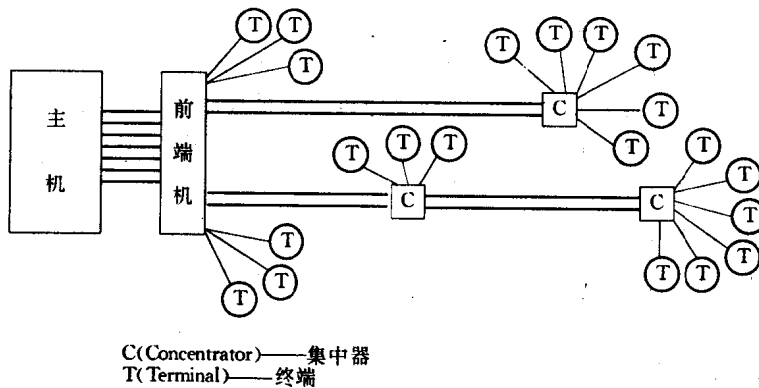


图 1-1 星型网拓扑结构

星型网由于其物理结构,使其具有以下特点:构造较容易,适于同种机型互连;通信功能简单,它可以根据需要由中心处理机分时或按优先级排队处理;中心处理机负载过重,扩充困难;每台入网计算机均需与中心处理机有线路直接互连,因此线路利用率不高,信道容量浪费较大。

#### (2) 总线型网

总线型网是从计算机的总线访问控制发展而来的,它将所有的入网计算机通过分接头接入一条载波传输线上,网络拓扑结构就是一条传输线,如图 1-2 所示。

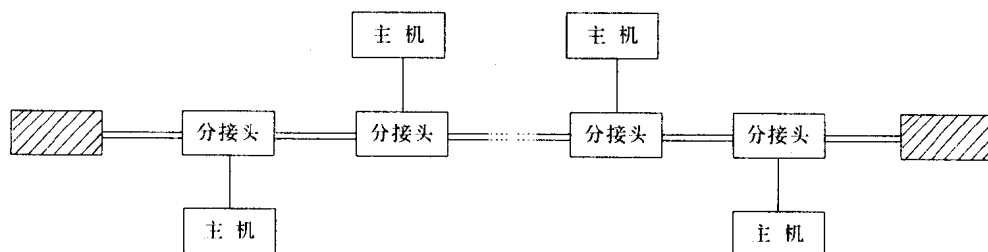


图 1-2 总线型网拓扑结构

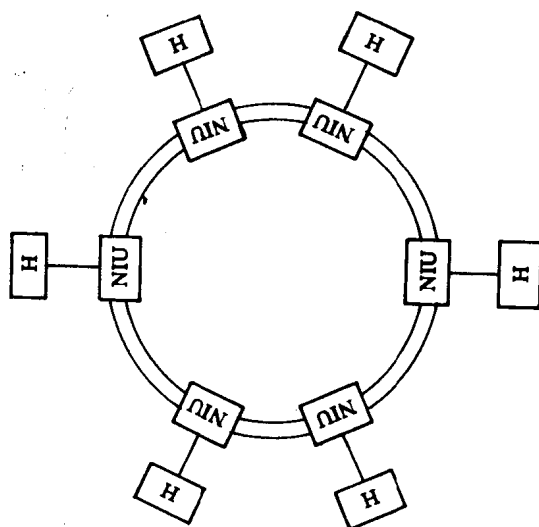
由于所有的入网计算机共用一条传输信道,因此总线型网的一个特殊问题就是信道的访问控制权的分配,并由此产生一系列处理机制。

总线型网的特点是:由于多台计算机共用一条传输线,所以信道利用率较高;同一时刻只能有两处网络结点在相互通信;网络延伸距离有限;网络容纳结点数受信道访问机制影响,因而是有限的。

由于总线型网的上述特点,因此它适于传输距离较短、地域有限的组网环境,目前,局域网多采用此种方式。

### (3) 环型网

环型网通过一个转发器将每台入网计算机接入网络,每个转发器与相邻两台转发器用物理链路相连,所有转发器组成一个拓扑为环的网络系统,如图 1-3 所示。



H(Host)——主机

NIU(Network Interface Unit)——网络接口部件

图 1-3 环型网拓扑结构

环型网由于其点一点通信路由的唯一性,因此,不宜在广域范围内组建计算机网络。它也是一种较为实用的局域网拓扑结构,尤其是在实时性要求较高的环境。

环型网的主要特点是:由于一次通信信息在网中传输最大时间是固定的,因此实时性较高;每个网上结点只与其他两个结点有物理链路直接互连,因此传输控制机制较为简单;一个结点出故障可能会终止全网运行,因此可靠性较差;网络扩充需对全网进行拓扑和访问控制机制的调整,因此较为复杂。

#### (4) 分布式网络

分布式网一般是广域网采用的拓扑结构。由于其地理范围广大,传输距离较远,所以可采用分布式的拓扑。这种网络中专门设有分组交换设备(PSE)负责管理和执行数据通信的任务,它们之间的互连组成了所谓通信子网。入网的计算机(主机)均需通过结点机进行数据交换才能与其他主机进行通信。

综上所述,星型、环型、总线型网结构简单,组网容易,适用于局域网,对开发办公室自动化系统较为实用;分布式网构造复杂、组网较难,但可靠性和完整性等非常适用于组织大型信息处理系统,因此几乎是组织广域网的唯一拓扑选择方案。

### 4. 按信息传输方式分类

计算机网络的信息传输方式可分为电路交换、报文交换和分组交换三种。

#### (1) 电路交换

电路交换就是两台计算机在相互通信时使用一条实际的物理链路在通信中自始至终使用该条线路进行信息传输,且不许他机共享该线路的信道容量。电路交换事实上来源于公共电话交换网,由于这种网的实用性和地域的宽广性,早期的计算机通信几乎都使用电路交换方式。

电路交换可分为建立链路、数据传输、释放(断开)链路三个阶段。这种交换方式的典型特征是建链双方通信时必须均为完全空闲,不可做其他任何工作。显然,这对计算机进行多任务数据处理是不太合适的。

电路交换具有下述特点:

- ① 由于通信双方在进行信息传输时全部资源都用于此次通信,所以有很高的实时响应特性;
- ② 通信时分配给通信两端一条物理链路,因此,传输信息不需缓存,且传输延迟可忽略不计;
- ③ 所分配的物理信道在通信过程中是唯一分配的,具有独占性,其他用户不能共享,因此,经常产生“堵塞”;
- ④ 由于物理链路的独占性,因此在释放链路前即使是无信息传输也需占用一条物理链路,造成大量信道容量浪费;
- ⑤ 每个用户到转接交换机必须有一条通信线路,相当于局部星型网络拓扑,因此采用此种方式通信布线十分复杂。

#### (2) 报文交换

电路交换的一个重要特点是无缓存,由于计算机具有存贮功能,于是出现了数据通信中的“存贮—转发”概念,即转接交换机首先将接收的信息予以存贮,当所需要的输出线路空闲时,再将该信息“转发”出去。

早期的“存贮—转发”通信网络是采用报文交换方式,当发送端有一批数据需要发送时,它

就将该批数据以报文为单位发送到与其相连接的转接交换机中去;然后,从发送端到接收端之间的各转接交换机首先存贮报文,当所需输出线路空闲时便将该报文数据“转发”出去,直至接收端。显然,报文交换在进行信息传输时既不需要连接建立阶段,也不需要连接释放阶段。因此,也就不需要通信双方在通信时同时处于空闲,这一点较电路交换更符合计算机进行数据处理的要求。

由于“存贮”功能的引入,报文交换具有不同于电路交换的以下特征:

- ①由于报文交换时通信双方不需独占一条物理链路,故提高了线路利用率;
- ②报文交换的一个显著特征,就是它可以多点发送,发送方只要在所发信息中附加上多个地址字段,便可由转接交换机转发到不同接收方;
- ③不同速率之间用户可以进行通信,这一点在电路交换中难以做到;
- ④由于通信双方无物理链路沟通,因此,需在所传的信息中增加发送端和接收端地址,因而增加了数据传输开销;
- ⑤延迟较电路交换大得多,因此,报文交换实时性较差;
- ⑥由于报文包含的信息量较大,报文交换的转接交换机需要较大容量的存贮设备。

### (3) 分组交换

报文交换的一个重要缺点是实时性太差,线路利用率也未达到最佳状态。60年代末期,国际上出现了以一定数量8位位组为传输单位的所谓分组交换。

分组交换就是每次传输的信息最大长度是有限的,发送端将所要发送信息拆成一个个分组发送出去,转接交换机每次转发的是一个分组(而不像报文交换那样是一整段有意义的信息),接收端把接收到的分组再逐段组装成报文。采用这种信息传输机制,既增加了通信线路利用率(因为各转接交换机可同时转发多个分组),又提高了数据通信的实时性(分组的传输时间可以很短,毫秒级);但报文的组装和拆卸以及各分组在网络上的传输都要进行附加的管理,这又增大了网络开销。

实际上,分组交换综合了电路交换和报文交换的优点。除了具有电路交换和报文交换的特点外,还具有其他一些明显的特点:

- ①分组交换线路利用率大大高于电路交换和报文交换,这主要是由于通信资源可同时被多个用户共享,这一点是电路交换和报文交换难于达到的;
  - ②分组交换可以实现多点同时通信,虽然报文交换可以实现一点发送,多点接收,但难于实现一点与多点的信息同时收、发过程(由于相对来说报文太长);
  - ③分组交换可以使数据通信达到高可靠性和完整性的要求,一个结点和一条线路的故障或失效一般不会引起全网的中断,性能良好的网络甚至不会造成任何数据丢失;
  - ④显然,分组交换的网络管理和信息传输附加开销十分大,甚至通信网络所传输数据的百分之五十以上是管理信息;
  - ⑤分组交换需要一整套称作“规程”或“协议”的软、硬件规范来管理和控制网络运行。
- 分组交换是目前大型计算机网络所主要采用的传输方式。

## 1.1.2 协 议

### 一、接口和实体

接口是为两个系统、设备或部件之间连接服务的数据流穿越的界面。计算机通信接口由设备(或部件)和说明组成,一般包括四个方面内容:物理、电气、逻辑和过程。在物理方面,要指出连接器有多少个插脚。在电气方面,要确定接口电路信号的电压、宽度及它们的时间关系。在逻辑方面,包括说明为了传送如何把数据位或字符变换成字段,以及说明传输控制字符的功能使用等。换句话说,计算机通信接口的逻辑说明,提供了用于控制和实现穿越接口交换数据流的一种语言。在过程方面,它说明通信控制字符的法定顺序、各种字段的法定内容以及控制数据流穿越接口的命令和应答。如果把逻辑说明看成为确定数据流穿越接口的语法,那么过程说明就可作为语义。

在计算机网络内,不同系统中的实体需要通信。一般地说,实体是能够发送或接收信息的东西,而系统是包含一个或多个实体的物理物体。实体的例子如用户应用程序、文件传送程序包、进程、数据库管理系统、电子邮件设施及终端等。系统的例子是计算机、终端设备和遥感装置等。

### 二、协议及其功能

两个实体要想成功地通信,它们必须“说同样的语言”,并按既定控制法则来保证相互的配合。具体地说,在通信内容、怎样通信以及何时通信等方面,两个实体要遵从相互可以接受的一组约定和规则。这些约定和规则的集合称为协议。因此,协议可定义为在两实体间控制信息交换的规则之集合。一般地说,协议由三个要素组成:

**语法** 确定通信双方之间“如何讲”,即由逻辑说明构成,要对信息或报文中各字段格式化,说明报头(或标题)字段、命令和应答的结构;

**语义** 确定通信双方之间“讲什么”,即由过程说明构成,要对发布请求、执行动作以及返回应答予以解释,并确定用于协调和差错处理的控制信息;

**定时规则** 指出事件的顺序以及速度匹配、排序。

协议的功能是控制并指导两个对话实体的对话过程,发现对话过程中出现的差错并确定处理策略。

具体说来,每个协议都是具有针对性的,用于特定的目的,所以各协议的功能是不一样的,但是,有一些公共的功能是大多数协议都具有的。这些功能包括四个方面。

#### 1. 差错检测和纠正

面向通信传输的协议常使用“应答—重发”,循环冗余检验 CRC、软件检查和等机制进行差错的检测和纠正工作;而面向应用的协议常采用重新同步、恢复以及托付等更为高级的方法进行差错的检测和纠正工作。一般说来,协议中对异常情况的处理说明要占很大的比重。

#### 2. 分块和重装

用协议控制进行传送的数据长度是有一定限制的,参加交换的数据都要求有一定的格式。为满足这个要求,就需要将实际应用中的数据进行加工处理,使之符合协议交换时的格式要求,只有这样才能应用协议进行数据交换。分块与重装就是这种加工处理操作。分块操作将大

的数据划分成若干小块,如将报文划分成几个报文分组;重装操作则是将划分的小块数据重新组合复原,例如将报文分组还原成报文。

### 3. 排序

对发送出的数据进行编号以标识它们的顺序,通过排序,可达到按序传递、信息流控制和差错控制等目的。

### 4. 流量控制

通过限制发送的数据量或速率,以防止在信道中出现堵塞现象。

## 三、协议类别

协议可根据其不同特性进行分类。

### 1. 直接型/间接型

两个实体间的通信,可以是直接的或间接的。例如,两个系统若共享一个“点一点”链路,那么这些系统中的实体就可以直接通信;此时数据和控制信息直接在实体间传递而无任何中间的信息处理装置,所需要的协议属于直接型。

如果系统经过转接式通信网或者两个、两个以上网络串接的通信网,两个实体要交换数据就必须依赖于其他实体的功能,属于间接通信。此时设计协议时,需要考虑对中间系统了解到怎样程度,因而较为复杂。

### 2. 单体型/结构化型

在两个实体间通信任务比较简单的情况下,采用单一协议来控制通信,这种协议称之为“单体型”协议。

实际上,计算机网络内实体间通信任务是很复杂的,以致不可能作为一个单体来处理。面临复杂的情况,可采用“结构化”型协议,即以展示为层次或分层结构的协议集合来代替单体型协议。此时,较低层次或较低级别的功能在较低层次的实体上实现,而它们又向较高层次的实体提供服务。换言之,较高层的实体依靠较低层次的实体来交换数据。

### 3. 对称型/不对称型

大部分的协议属于对称型,即它们关联于同等的实体之间通信。不对称的协议可以是交换逻辑的要求(例如,一个“用户”进程和一个“服务”进程),或者是为了尽可能使实体或系统保持简单。

### 4. 标准型/非标准型

一个部门或者一个国家都希望制定标准型协议,促进组建计算机网络和分布处理系统。非标准型协议,一般都是发展中的产物,或者为特定通信环境所设计。

## 1.1.3 计算机网络体系结构

### 一、开放系统互连(OSI)基本参考模式

70年代以来,由于计算机工业迅速发展,世界各主要计算机生产厂家都分别开发出各自的计算机系列产品,它们各自拥有自己的操作系统和其他系统软件,以保证同一系列内各种计算机的兼容性。随着互连通信要求的提出,这些主要的计算机厂商又开始研究开发各自的计算机通信设备、通信协议和通信系统体系结构。这些通信系统都能实现本公司生产的计算机系列



的互连以完成远程文件传送、远程批作业、远程终端等功能,构成计算机网络。但是,由于这些特定厂家的通信系统所使用的信息格式和控制机制往往不同,因此彼此之间无法兼容,不能实现互连操作。这种自成体系的计算机通信系统称为“封闭的”系统。然而,由于计算机种类的日益增多,应用的日益普及,计算机用户需要从众多的计算机产品中进行选择,因此在大型的组织机构(如大型企业、大学等)中,同时安装有多个厂家的计算机系统并需要联网的情形越来越多。由于缺乏一个通用的通信系统体系结构,使得异种计算机互连成为一个既费力又费钱的工作。因此,人们迫切希望建立一系列的国际标准或国家标准,试图达到下述两个目标:

1. 制造厂商感到只有执行这些标准才能有利于使他们的产品具有广阔的销路;
2. 用户可以从不同的制造厂商那里获得兼容的通信设备。

只有这样,才能使得计算机系统能成为“开放的”系统。正是出于这种动机,开始了对开放系统互连的研究,出现了开放系统互连(OSI)基本参考模式。历经数年的工作,1983年,该参考模式终于成为正式国际标准(ISO 7498)。

所谓“开放”,是强调对 ISO 标准的遵从。“开放”并不是指特定的系统实现具体的互连技术或手段,而是对可使用的标准的共同认识和支持。一个系统是开放的,是指它可与世界上任何地方的遵守相同标准的任何系统通信。

“开放系统互连”参考模式的目的是为协调系统互连标准的开发提供一个共同基础。在制订新标准时将考虑现有的标准,并使之一体化。OSI 参考模式不是现有计算机网络体系结构的一个集合,而是在博采众长的基础上,反映系统互连技术未来发展的产物。它将引导而不是追随数据通信系统产品的发展,并对技术的发展起一定的指导作用。在该参考模式中,提供的是概念性和功能性结构,而不是互连结构的设施和协议细节的精确定义。各层协议细节的研究是各自独立地进行的。OSI 参考模式的另一作用是确定研究和改进标准的范围,并为维持所有有关标准的一致性提供共同的参考。然而,它不能用作为具体实现的规范说明,也不是评价实现的一致性之基础,因此,OSI 参考模式及其各有关标准都只是技术规范,而不是工程规范。

按 ISO 7498 的定义,OSI 的体系结构具有如图 1-4 所示的七个层次,每个层次都在完成信息交换的任务中担当一个相对独立的角色,具有特定的功能。其中第七层为最高层,第一层为最低层。中继开放系统中只有下三层,而一般开放系统中具有完整的七层。

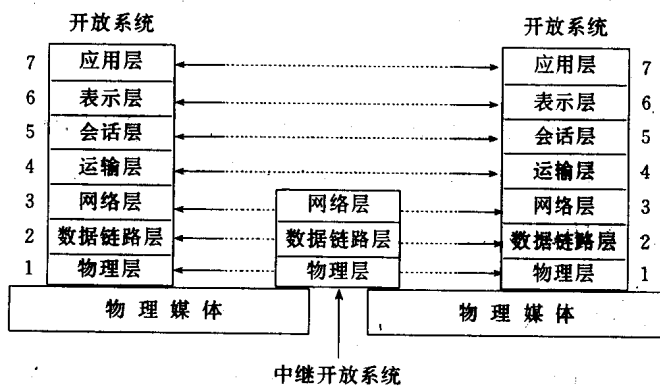


图 1-4 OSI 的七层体系结构

对于每一层,ISO 都至少制订两个标准:服务定义和协议规范;前者给出了该层应提供的

服务的准确定义,后者详细描述了该层协议的动作和各有关规程,以保证服务的提供。对于不同的实系统,同一服务可由不同的协议提供,因此有些层可能具有多个协议规范(如数据链路层);有些层则由于服务比较丰富,不能用一个标准概括之,所以有多个服务定义标准(如应用层)。另外,为了实现所规定的服务或协议,还需要一些辅助的标准(如形式描述语言 ESTELLE 的标准等)。到目前为止,ISO 为 OSI 制订的标准或标准草案已有数十个,而且随着技术的发展,已制订好的 ISO 标准还可能要增加补篇(如对 ISO 7498)。

## 二、低层协议

OSI 中的低层协议通常是指物理层、数据链路层和网络层这三层的组合,它们实现的是 OSI 系统中面向通信的功能。以下简要讨论 OSI 参考模式为这三层规定的服务和功能。

### 1. 物理层

物理层是组成计算机网络的基础,所有的通信设备、主机等均需用物理线路互连起来。因此,它是 OSI 七层参考模式的最低层——第一层。

定义物理层协议是为了使所有厂家生产的计算机和通信设备都能从传输设备和接口上兼容,并使厂家生产的设备都符合这些接口定义。

物理层定义了传输线和接口硬件的机械、电气和电信号特征及功能,它主要是针对通信设备间传输电气信号的物理特征。机械特征包括接口连接器尺寸、插针数目(即传输线数目)和每个插针功能的分配、插头插座直径、连接器固定/活动一端的分配方法等等。电气特征包括最大允许数据传输速率、最大传输距离、每种信号电平可处状态所代表的意义和连接器可承受的最大电流、电压等。电信号功能包括每种信号的逻辑信号、各种信号的传输时序、数据采样方式等。物理层的交互有一整套握手协议,主要是发送方告诉接收方何时传送数据、如何传送数据以及接收方对收到的发送数据怎样认可。“握手”还包括双方状态通知等内容。

物理层的数据传输方式主要有同步/异步两种。在同步方式中,有一方提供数据采样的同步时钟;在异步方式中则用特定比特流实现双方同步。物理层接口标准最为通用的是 RS232C。其他物理层标准接口还有 RS422、RS423、RS449 以及 CCITT/X. 21、X. 21/bis 和与调制解调器接口的 CCITT/V 系列标准。由于应用环境的需要,近几年又出现了 9 芯、35 芯、37 芯、41 芯的各种插接头。由物理层提供的服务有:物理连接、物理服务数据单元、物理连接端点、数据电路标识、排序、故障状态通知和服务参数的品质。物理层的功能包括:物理连接的激活和撤除、物理服务数据单元的传输、物理层的管理等。

### 2. 数据链路层

为保证数据通信的可靠性,在 OSI 七层参考模式中物理层之上设置了数据链路层。数据链路层的目的就是在物理层处于各种通信环境条件下,都能保证其向高层提供一条无差错的、高可靠性的传输线路,从而保证数据通信的正确性,并为计算机网络的正常运行提供其所要求的数据通信质量。

数据链路层的首要任务就是管理数据传输。一方面它选取一种信息传输方式,早期大多采用面向字符的协议,目前基本上被面向比特的协议所取代;另一方面,它要有一种差错检测和差错恢复方式,以便在发现数据传输有错时能够采取补救措施。数据链路层另一重要任务则是进行数据传输时的流量控制。

数据链路层采用的面向比特的传输控制规程称高级数据链路控制规程 HDLC(High-