

现场总线技术 及应用

XIANCHANG ZONGXIAN
JISHU JI YINGYONG

任波 乔莉 李环 编著

PLC

航空工业出版社

TP336/31

2008

现场总线技术及应用

任波 乔莉 李环 编著

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本教材以 OMRON 可编程序控制器的通信与网络技术为主要内容,深入浅出地介绍了 PLC 网络与通信技术的现状、特点与发展;目前应用较为广泛的设备层、控制层和管理层三层网络的基本结构和作用;通过几个具体的实例说明了 DeviceNet 网络的结构、通信协议和实现方法, Controller Link 网络的性能、硬件配置及通信机制, Ethernet 通信单元、FINS、FTP、Socket 服务及具体应用方法;讲解了 DeviceNet 网络、Controller Link 网络和 Ethernet 网络所形成的三层网络的互联、结构、编程和数据通信的实现,并以一套具体的实验设备为例介绍了设计的详细过程。

本书可供高等院校自动化、生产过程自动化、测控技术与仪器等相关专业师生使用,也可供其他专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

现场总线技术及应用/任波, 乔莉, 李环编著. —北京:
航空工业出版社, 2008. 7

ISBN 978 - 7 - 80243 - 164 - 5

I. 现… II. ①任…②乔…③李… III. 总线—技术
IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091533 号

现场总线技术及应用

Xianchang Zongxian Jishu ji Yingyong

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2008 年 7 月第 1 版

京 北

2008 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 10.25

字数: 241 千字

印数: 1—3000

定价: 20.00 元

前 言

网络技术的发展导致自动化领域发生了深刻变革,产生了自动化领域的开放系统互联通信网络,形成了全分布式网络集成化系统,而现场总线正是在这场深刻变革中发展起来的重要技术。现在,现场总线技术已在世界范围内成为自控技术的热点,被誉为跨世纪的自控新技术。

作为工业控制领域控制器的领头军——可编程序控制器(PLC),也在不断地适应这种网络技术发展的需要。由于现场总线技术的支持,使得可编程序控制器的网络通信技术也得到了飞速发展,在自动化生产中发挥着越来越大的作用。本书旨在向读者介绍OMRON目前应用较为广泛的Ethernet、Controller Link、DeviceNet三层现场总线技术的实际应用,使读者能在最短的时间内最深入地理解这种现场总线的通信机理与应用场合。

本书以OMRON可编程序控制器的通信与网络技术为主要内容,深入浅出地介绍了PLC网络与通信技术的现状、特点与发展;目前应用较为广泛的设备层、控制层和管理层三层网络的基本结构和作用;通过几个具体的实例说明了DeviceNet网络的结构、通信协议和实现方法,Controller Link网络的性能、硬件配置及通信机制,Ethernet通信单元、FINS、FTP、Socket服务及具体应用方法;讲解了DeviceNet网络、Controller Link网络和Ethernet网络所形成的三层网络的互联、结构、编程和数据通信的实现,并以一套具体的实验设备为例介绍了设计的详细过程。

大多数高等院校为相关专业学生都安排了可编程序控制器(PLC)理论知识的学习,如果在此基础上再进行一些“可编程序控制器现场总线控制网络”方面的继续学习,才会使学生真正掌握现代PLC在工业控制领域中的应用,才能跟得上现代工业技术的发展。所以本书可以算是对“可编程序控制器”相关课程的一个很重要的补充,对理论应用于实践具有重要意义。本书可作为高等院校自动化、生产过程自动化、测控技术与仪器相关专业学生的教材,同时也可供其他专业的工程技术人员参考。

本书由沈阳理工大学任波、乔莉、李环编著。其中第1、第6章由李环编写,第2、第4章由任波编写,第3、第5章相关内容、各章课后习题及实验环节由乔莉编写。全书由任波统稿,对全文及各插图进行了认真审阅和修订。沈阳理工大学在读研究生张士磊、朱越及沈阳铁路局科学技术研究所范宇等人也参与了本书的编写工作,在此一并致以谢意。

由于时间仓促,编者水平有限,掌握的资料有限,难免存在缺点和不足,敬请读者批评指正。

编 者

2008年5月于沈阳

目 录

第1章 绪论	1
1.1 现场总线简介	1
1.1.1 现场总线产生的背景和基础	1
1.1.2 现场总线的特点	2
1.2 可编程序控制器与通信网络	3
1.2.1 可编程序控制器简介	3
1.2.2 网络通信技术简介	4
1.2.3 现场总线技术的基础	9
1.2.4 工业网络与现场总线	11
1.3 PLC 网络系统简介	12
1.3.1 PLC 网络系统的体系结构	12
1.3.2 设备层网络	13
1.3.3 控制层网络	14
1.3.4 管理层网络	15
1.4 OMRON PLC 网络系统简介	18
1.4.1 OMRON PLC 网络的体系结构	18
1.4.2 OMRON PLC 网络系统的性能比较	19
课后习题	20
第2章 DeviceNet 网络的应用设计	21
2.1 DeviceNet 网络	21
2.1.1 DeviceNet 网络的结构及功能	21
2.1.2 DeviceNet 网络单元	23
2.2 DeviceNet 协议规范	31
2.2.1 DeviceNet 的物理层和物理媒体	32
2.2.2 DeviceNet 的数据链路层	32
2.2.3 DeviceNet 的应用层	34
2.3 DeviceNet 网络的应用设计	38
2.3.1 报文通信	39
2.3.2 远程 I/O 通信	39
实验一 DeviceNet 网络的配置及实现	43
课后习题	53

第3章 Controller Link 网络的应用设计	54
3.1 Controller Link 网络	54
3.1.1 Controller Link 网络的结构及功能	54
3.1.2 Controller Link 网络通信介绍	54
3.1.3 Controller Link 网络通信单元	58
3.2 Controller Link 网络的通信过程	61
3.2.1 Controller Link 网络的数据链接	61
3.2.2 Controller Link 网络的报文通信	71
3.3 Controller Link 网络的通信机理	73
3.3.1 Controller Link 网络的通信原理	73
3.3.2 Controller Link 网络的网络参数	75
3.4 Controller Link 网络的应用设计	76
实验二 Controller Link 网络的配置及实现	76
选做实验: CX-Integrator 软件的其他操作功能演示	92
课后习题	100
第4章 Ethernet 网络的应用设计	101
4.1 Ethernet 网络	101
4.1.1 以太网技术	102
4.1.2 Ethernet 网络的结构及功能	104
4.1.3 Ethernet 网络的系统配置	106
4.1.4 Ethernet 网络通信单元及设置	108
4.1.5 IP 地址的转换	115
4.2 Ethernet 网络的应用设计	116
实验三 Ethernet 网络的配置及实现	117
课后习题	125
第5章 三层网络通信系统的综合应用设计	126
5.1 网络的互联	126
5.1.1 网络互联的种类	126
5.1.2 远距离编程和监控	127
5.1.3 路由表的设置	129
5.2 三层网络通信系统的结构与选型	132
5.2.1 三层网络的结构	133
5.2.2 三层网络的功能分配	133
5.3 跨网通信的实现	134
5.3.1 设置 CS/CJ/CQ 的路由表	135
5.3.2 实现对 CJ、CQ 的跨网通信	140

课后习题	145
第 6 章 编程工具及其使用	146
6.1 CX-ONE 软件简介	146
6.2 CX-Programmer 的基本功能与操作	148
6.2.1 CX-Programmer 的基本功能	148
6.2.2 CX-Programmer 的基本操作	149
6.3 CX-Integrator 的基本功能与操作	151
参考文献	154

第1章 绪论

1.1 现场总线简介

1.1.1 现场总线产生的背景和基础

20 世纪中期开始出现自动化仪表的雏形——气动式仪表。它作为生产设备的一部分，只具有简单的测控功能，而且处于独立工作状态。工作人员如果需要了解整个生产过程，就必须到现场对生产设备进行巡查。

随着电气仪表的出现，生产现场各点的参数可以方便地输送至中央控制室，因此可以把现场参数转换成标准的 $0\sim 10\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 直流电流信号或 $1\sim 5\text{V}$ 的电压信号，通过电缆传送到控制室。工作人员在控制室内，就可对整个生产过程进行监控。但是，此时传送的信号仍然是模拟信号。各种模拟信号，包括小电流信号、电压信号、大功率脉冲信号和开关信号通过长距离的导线进行传输，均需解决外部干扰、相互之间的串扰以及信号衰减等问题。因此，整个系统的抗干扰性不高。

计算机出现后，人们开始将其应用于自动控制领域。由于计算机的应用，就要求控制信号采用计算机可处理的数字信号。数字信号的传输速度、精度和抗干扰性均大大高于模拟信号。但是，由于当时计算机的价格比较高，人们试图采用在控制室内放置一台计算机的方法，组成集中式的控制系统。但在实践中发现，计算机的可靠性较差，一旦中央计算机出现故障，很容易造成整个控制系统的崩溃。

20 世纪 80 年代后，随着高性能、可嵌入的微处理器出现，现场设备逐步实现了智能化，计算机的可靠性也得到了提高。以微机为核心加上扩展 I/O 接口电路以及数字调节器、可编程调节器、可编程控制器（PLC）构成分散在现场的基本调节器，担负着系统的基本控制任务，避免了集中式控制系统风险高度集中的缺点，形成了分散控制、集中管理的集散控制系统。由于在这种系统中，测量变送仪表一般为模拟仪表，因此它是一种模拟、数字混合的系统。早期的这种计算机控制系统具有系统封闭的特点，在集散控制系统中，各厂家的产品自成体系，不同厂家的产品难以互联和互操作，难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换，整个自动化系统成为一个个的信息孤岛。

随着计算机与信息技术的发展以及企业管理水平要求的提高，企业、工厂要形成信息的集成，实施综合自动化，信息交换的需求正从管理、控制的各个层次延伸到现场设备层。因此要求一种能在工业现场环境运行、性能可靠、造价低廉的通信系统，形成工厂的底层网络，完成信息的交换，进而，现场总线技术应运而生。现场总线技术将专用的微处理器置入传统的测量控制仪表，使它们各自都具有了数值计算、数字通信和故障检测能力，采用可进行简单连接的双绞线等作为总线，把多个测量控制仪表连接成网络

系统,并按公开、规范的通信协议,在位于现场的多个微机化测量控制设备之间以及现场仪表与远程监控计算机之间,实现数据传输与信息交换,形成各种适应实际需要的自动控制系统。简而言之,它把单个分散的测量控制设备变成网络节点,以现场总线为纽带,将它们连接成可以相互沟通信息、共同完成任务的网络系统与控制系统。

因此,现场总线是连接智能现场设备和各类自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的一种通信网络。现场总线技术是计算机、微处理器、计算机通信、检测技术和控制技术的综合体现。现场总线控制系统既是一个开放通信网络,又是一个全分布控制系统。它作为智能设备的联系纽带,把挂接在总线上、作为网络节点的各种智能设备连接成为网络系统,并进一步构成自动化系统,实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化及控管一体化的综合自动化功能。现场总线综合了智能传感器、控制、计算机、数字通信和网络等方面的内容。

所谓现场总线,按照国际电工委员会 IEC / SC65C 的定义,是指安装在制造或过程区域的现场装置之间,以及现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、双向串行、多节点的通信总线,以现场总线为基础而发展起来的全数字控制系统称作现场控制系统(FCS)。

从 20 世纪 80 年代开始,各种现场总线相继产生,其中主要的有:基金会现场总线(Foundation Fieldbus, FF),控制器局域网络(Controller Area Network, CAN),局部操作网络(Local Operating Network, LonWorks),过程现场总线(Process Field Bus, PROFIBUS)和 HART 协议(Highway Addressable Remote Transducer)以及 DeviceNet, ControlNet, P-NET 等。

现场总线技术实现了智能仪表或 I/O 模块与上位机或其他控制器之间的串行通信过程。与集散型控制系统(Distributed Control System, DCS)不同的是,现场总线系统中一般是智能仪表或 I/O 模块得到现场信号,经过需要的变换后直接在仪表上运算得出结果,通过现场总线(串行通信)发给执行器或上位机;而 DCS 系统中的所有 I/O 信号都是接到了控制柜的控制卡上,由控制卡来处理这些信号。因此现场总线技术就涉及到通信协议的问题、通信介质的问题、本安防爆的问题以及系统的可靠性问题等。

早期把现场总线又称为工业电话线,通过连线在测控设备之间传递数据信息,把传感器、按钮、执行机构等连接到控制器、PLC 或工业计算机上,通过相互通信共同执行测量控制任务。

1.1.2 现场总线的特点

现场总线控制系统是工业自动化控制系统中的一种计算机局域网络,使用数字式通信方式取代设备级的模拟量(如 4~20mA, 0~5V 等信号)和开关量信号,在车间级与设备级实现了通信的数字化网络,具有以下一些优势。

(1) 数字化

要将企业管理与生产自动化结合在一起,消除生产中的信息孤岛,只有在现场总线控制系统(Field Control System, FCS)出现后才有可能高效、低成本地实现。在采用

FCS 的企业中,用于生产管理的局域网能够通过现场总线网关与用于自动控制的现场总线网络紧密衔接。此外,数字化信号固有的高精度、抗干扰特性也能提高控制系统的可靠性。

(2) 分布式

在 FCS 中各现场设备有足够的自主性,它们彼此之间相互通信,完全可以把各种控制功能分散到各种设备中,而不再需要一个中央控制计算机,实现真正的分布式控制。

(3) 开放性

1999 年底,现场总线协议已被国际电工委员会(IEC)批准正式成为国际标准,从而使现场总线成为一种开放的技术。虽然多种现场总线都被列入国际标准,但由于工业现场的复杂性,将来还可能出现更多其他的现场总线,向开放性迈出关键的一步,特别是工业以太网技术会成为各种总线的黏结剂。

(4) 双向串行传输

传统的 4~20mA 电流信号,一条线只能传递一路信号。现场总线设备则在一条线上既可以向上传递传感器信号,也可以向下传递控制信息。

(5) 互操作性

现场总线标准保证不同厂家的产品可以互操作,这样就可以在一个企业中由用户根据产品的性能、价格选用不同厂商的产品,集成在一起,避免了传统控制系统中必须选用同一厂家的产品限制,促进了有效的竞争,降低了控制系统的成本。

(6) 节省布线空间

传统的控制系统每个仪表都需要一条线连到中央控制室,在中央控制室装备一个大配线架。而在 FCS 中多台现场设备可连接在一条总线上,这样只需极少的线进入中央控制室,大大节省了布线费用,同时也降低了中央控制室的造价。

(7) 智能自诊断性

现场总线设备能处理各种参数、运行状态信息及故障信息,具有很高的智能性,能在部件故障,甚至网络故障的情况下独立工作,大大提高了整个控制系统的可靠性和容错能力。

1.2 可编程序控制器与通信网络

1.2.1 可编程序控制器简介

可编程序控制器(Programmable Controller)是在过去可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)的基础上发展完善起来的。以微处理器为中央处理单元,不仅具有逻辑控制功能,还具有算术运算、模拟量处理和通信联网等功能。为避免与个人计算机(Personal Computer)的简称 PC 相混淆,可编程序控制器还是习惯被简称为 PLC。

按照 IEC 的标准,可编程序控制器是“一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计,采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控

制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程”。按照这一基本定义的要求，在设计可编程序控制器及其相关的设备时，应遵守易于与工业控制系统连成一体、易于扩充功能的原则。只有这样，综合了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和网络通信技术发展起来的可编程序控制器，才能在日趋复杂的大规模工业系统的综合自动控制中发挥巨大作用。

可编程序控制器自问世以来就在工业控制领域的各个方面得到了大量应用，例如，石油化工等行业的过程控制，工程机械等的运动控制，钢铁冶金等重工业行业，食品、医药和造纸等轻工业行业，航空航天等高端精密控制等。尤其近年来，随着可编程序控制器功能的丰富和强大，它不仅可以用于开关量的逻辑控制，还可以用于模拟量的闭环控制，以及数字量的智能控制；不仅可用于现场数据的采集和监控，还可以用于联网、通信及远程、集散控制等。

目前，有许多知名的公司都在生产和销售可编程序控制器，具有代表性的公司有日本的欧姆龙（OMRON）公司、三菱（MITSUBISHI）公司、德国的西门子（SIEMENS）公司以及法国施耐德（SCHNEIDER）公司等。

1.2.2 网络通信技术简介

现场总线技术是控制、计算机和通信三种技术的结合。计算机与通信的结合，产生了计算机网络；计算机网络与控制设备相结合，孕育了现场总线控制系统。网络通信技术是现场总线控制系统的重要基础。在工业控制领域，借助于专用的计算机网络——工业控制局域网，人们就很容易控制分散在各处的工业设备，完成对这些设备的信息采集、远程监控与维护。计算机网络及网络通信技术在不久的将来将会无处不在，尤其是以可编程序控制器为核心所形成的 PLC 网络将是工业控制局域网中最具有应用潜力的一种网络。

1.2.2.1 数据的传输方式

数据通信是计算机网络中最常见和使用最多的通信方式。所谓数据通信是指在计算机之间相互交换数据信息，交换的信息是由“0”和“1”表示的数字信号。通常把具有一定的编码、格式和位长要求的数字信号称为数据信息。在数据通信中，通信系统按照一定的规则传输数据，并不对数据作任何解释，只需要将数据正确无误地传送到信宿即可。

数据通信的过程，按照不同标准有不同的分类，主要有串行通信和并行通信，单工通信、半双工通信和全双工通信等方式。

①串行通信：将待传送数据的各个位按照顺序依次传送（如图 1-1 所示）。这种通信方法的特点是需要的通信线缆少，成本低，通信距离长，但通信速度慢，比较适合用于长距离而速度要求不高的场合。

②并行通信：将待传送数据的各个位同时传送（如图 1-2 所示），就像多车道高速公路上行驶的汽车一样。这种通信方法的特点是需要的通信线缆多，成本高，通信速度较快，但不适合用于远距离通信。

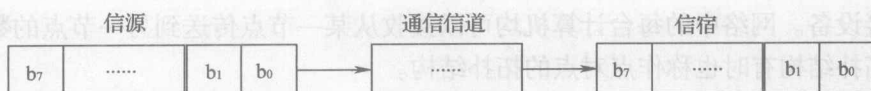


图 1-1 串行通信数据传输示意图



图 1-2 并行通信数据传输示意图

目前，对于计算机和可编程控制器而言，它们的内部总线都是以并行通信方式传送数据的。相比之下，在工业控制局域网中大多数还是采用串行通信方式进行数据传送的。

如果按照通信双方交换信息的方式不同，还可以将数据通信区分为单工通信、半双工通信和全双工通信三种形式。

①单工通信：只有一个方向的数据传送，没有反方向的数据传送。如计算机和键盘、计算机和打印机之间的数据通信就属于这种单工通信方式。

②半双工通信：通信双方都可以发送或接收数据，但不能同时双向发送信息。

③全双工通信：通信双方可以同时发送和接收信息。为此，通信双方的发送和接收装置必须同时工作，分别接收和发送信息。例如，我们常见的电话系统就是这种全双工通信。

比较而言，全双工通信的通信效率最高，通信成本最高；单工通信的效率最低，通信成本也最低；半双工通信则具有较好的性价比。

在工业控制局域网中一般采用半双工和全双工通信方式进行数据的双向传送。

1.2.2.2 工业控制局域网基础

局域网主要包括四大要素：网络拓扑结构、介质访问控制方式、通道利用方式和通信介质。

(1) 网络拓扑结构

网络拓扑结构是指用来表示网络物理结构关系的通信线路和节点间的几何布置与连接。目前，局域网中常见的标准拓扑结构有总线型（Bus）、星形（Star）和环形（Ring）三种形式。

①总线型（Bus）

如果网络上的所有计算机都通过一条电缆相互连接起来，这种拓扑结构就称作总线型网络结构（如图 1-3 所示）。总线型网络结构是最简单的网络结构，其中不插入任何其

他的连接设备。网络中的每台计算机均可以接收从某一节点传送到另一节点的数据，所以这种拓扑结构有时也称作点对点的拓扑结构。

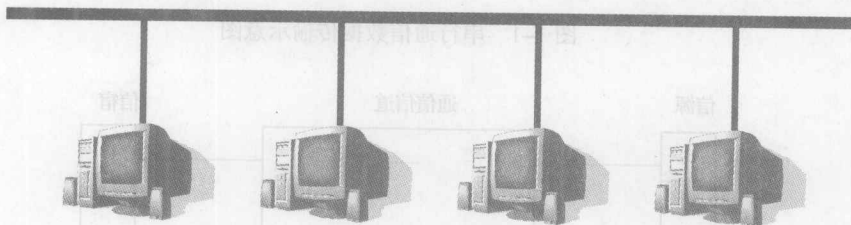


图 1-3 总线型网络拓扑结构

当总线型计算机网络上的计算机进行通信时，它就将数据转换成电信号，然后再将电信号发送到电缆上。同时电缆上的其他计算机均在监听传送中的信号，但是只有那个地址与信号中所含地址相匹配的计算机才能接收电缆上的信号，而其他地址的计算机均对此信号不作反应。

由于总线型网络中的所有计算机共享一条电缆，所以该电缆仅能支持一个信道，也就是说，总线型网络中的计算机共享总线的全部容量。故而在某一时刻，只能有一台计算机发送信号；同时网络上的其他计算机只监听或接收数据而不会转发电缆上的数据，所以这种总线型网络也是一种被动式拓扑结构。

在这种拓扑结构中，任何一台计算机发生了故障都会影响到网上的其他计算机。因为通信信道受限，所以一个总线型网络上的计算机越多，该网络上的计算机发送数据时等待的时间就越长，于是网络传输数据的速度也就越慢。

②星形 (Star)

早期的计算机如果需要相互通信的话，就要将需要通信的计算机同时连接到一台中央机上，由主机进行转接，而不是直接进行通信，这就是星形网络拓扑结构的最初形式。在现代的星形拓扑结构中，所有的计算机通过各自的一条电缆与一台中央集线器相连(如图 1-4 所示)。

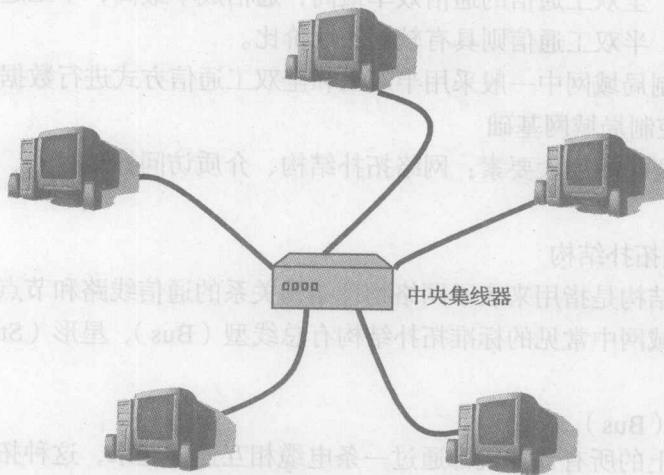


图 1-4 星形网络拓扑结构

星形拓扑结构看起来像一个由车轴和辐条所组成的车轮（中央集线器就像车轴，电缆线就像辐条），所以中央集线器也称作 Hub（意为“轮毂”、“中心”）。如今在计算机网络中，Hub 已经成了一个标准设备。大多数的 Hub 都是有源的、主动式的，一个典型的 Hub 既接收信号，也放大和转发信号。网上需要通信的计算机把信号传送到 Hub，由它把信号转发到目标计算机。另外也有一些 Hub 是无源的、被动式的，它不对接收到的信号进行放大或重生，仅对信号进行转发。还有的 Hub 有不同类型的缆线接口，可以连接不同类型的电缆。

使用 Hub 的网络与不使用 Hub 的网络相比有很大的优点。采用这种结构的计算机网络能够方便地移动、隔离，可以通过更多的 Hub 与更多的计算机或其他网络相连，所以这种结构能够很容易地扩展，多个星形结构集成在一起，就形成了树形结构。一些有源的、主动式的 Hub 不仅可以监视网络中的各种活动和网络中的通信流量，还可以对网络中的某个连接进行检测并判断该连接是否有效。所以在目前的局域网中，星形拓扑结构是最流行的体系结构。

星形拓扑结构中的所有计算机都通过电缆集中到 Hub 上，所以需要大量的电缆，而且一旦 Hub 出现故障，整个网络就无法工作；但是当某一条电缆或与其相连的计算机发生故障时只会影响自身而不会影响整个网络，网络的其余部分照样能正常工作，这也是其他类型拓扑结构所不具有的优点。

③ 环形 (Ring)

环形拓扑结构中的每台计算机都与相邻的两台计算机相连，构成一个封闭的环状（如图 1-5 所示）。

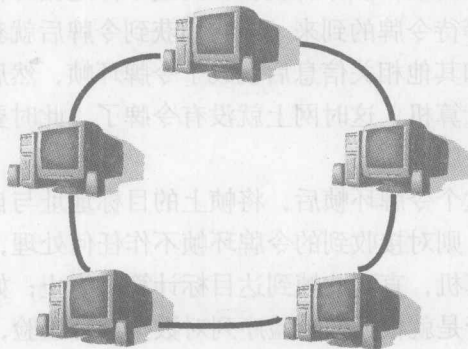


图 1-5 环形网络拓扑结构

整个结构既没有起点，也没有终点。信号在环形结构中沿着固定的方向传播，轮流经过每一台计算机，网上的每台计算机都相当于一台中继器，不仅要接收上一台计算机（先行计算机）发来的信号，而且要放大信号并将它传送到下一台计算机（后继计算机），直至到达它的目标地为止，所以这种网络又称作主动式拓扑结构。在这种网络结构中，任何一台计算机出现故障都会造成环网的中断，从而对整个网络产生影响。令牌传递（Token Passing）是一种典型的环形网络上传递数据的方法。

（2）介质访问控制方式

介质访问控制方式是指对网络通道占有权的管理和控制。一般采用带冲突检测的载

波监听多路访问 (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection, CSMA/CD)、令牌环 (Token Ring) 和令牌总线 (Token Bus) 三种方式。

①带冲突检测的载波监听多路访问 (CSMA/CD)

CSMA/CD 是目前局域网中使用较多的一种网络访问方式, 是在 CSMA 方式的基础上发展起来的, 也是一种随机访问方式。CSMA/CD 方式不仅保留了 CSMA 方式上的“讲前边听”的功能, 而且增加了一项“边讲边听” (Listen While Talk, LWT) 的功能, 即 CD——在发送过程中同时进行冲突检测。这种网络访问方式就是发送节点在发送数据包的同时从网络上接收这个数据包, 然后将接收到的数据包与发送的数据包进行比较, 如果两者相同, 则说明未与其他数据包发生冲突, 继续发送; 如果两者不相同, 则说明与网络上的其他数据包发生了冲突, 发送节点立即停止发送本次所要发送的其余数据包, 并向网络发送一个阻塞 (Jam) 信号, 通知网络上各计算机网络上已经发生了冲突。然后等待一段随机时间, 再采用 CSMA 方式重新发送数据包, 同时进行冲突检测, 若重复 16 次仍不能发送则放弃发送。

②令牌环 (Token Ring)

令牌环网上有一个时刻不停传递的令牌, 那么这个令牌是如何产生的呢? 令牌环网又是如何工作的呢? 事实上, 当令牌环网上的第一台计算机启动时, 就产生一个令牌放到网上, 令牌沿环定向传递, 依次通过每台计算机, 如果网上没有计算机要发送数据, 则每台计算机就相当于一个中继器, 依次转发这个令牌。

令牌到哪台计算机, 哪台计算机就对令牌拥有控制权, 就可以发送数据。如果网上的计算机没有数据要发送的话, 该令牌就会在网上不停地循环传递下去。网上某台计算机要发送数据时, 必须等待令牌的到来。当它捕获到令牌后就获得了令牌控制权, 就可以修改令牌, 加上数据和其他相关信息后就成了令牌环帧, 然后这台计算机就把令牌环帧放到网上, 传向后继计算机, 这时网上就没有令牌了, 此时要发送数据的计算机就必须等待, 直到捕获一个令牌。

后继计算机接收到这个令牌环帧后, 将帧上的目标地址与自己的地址进行比较, 如果发现两个地址不相同, 则对接收到的令牌环帧不作任何处理, 只作为一个转发器将帧沿环传向下一个后继计算机, 直到此帧到达目标计算机为止; 如果两个地址相同就说明本机就是目标计算机, 于是就根据帧校验序列对数据进行校验, 若数据正确则将数据拷贝下来以备处理。

一个令牌环网上只能有一个令牌, 这样保证网上任一时刻只有一个令牌或令牌环帧在传递, 而且无论是令牌或是令牌环帧都是沿一个既定的方向传递的, 所有令牌环网的令牌传递访问不像以太网的 CSMA/CD 访问方式那样会产生竞争、存在数据传送冲突。

令牌环网上总是要有一台计算机来监视网络上的活动, 这个任务通常由网上最先启动的计算机担任, 同时它也向网上发送第一个令牌。这台计算机时刻监视网络并确保网络上任何时刻有且只有一个令牌或令牌环帧在传递, 而且还要保证同一个令牌环帧在环上的循环次数不能多于一次。

③令牌总线 (Token Bus)

顾名思义, 令牌总线网的物理布局是采用令牌传递访问方式的一种总线结构网络,

令牌总线采用的是类似于令牌环网的令牌传递方式，网络上的数据传输是通过令牌来进行的，网上的计算机相互之间没有竞争，只有令牌的持有者才有令牌控制权，能够把令牌修改成令牌总线帧，用来向目标计算机传输数据。

CSMA/CD 是一种随机访问技术或争用技术，多用于总线型网络；令牌环适用于环形网络；令牌总线适用于总线型网络。

(3) 通道利用方式

通道利用方式是指利用何种带宽方式传送信息。常用方式有两种：基带和频带。

基带方式是利用通信介质的整个带宽进行信号传送；频带方式则是把通信信道以不同的载波划分为若干通道，从而可以在同一通信介质上同时传送多路信号。

(4) 通信介质

通信介质即指网络的连接线。现在多用的通信介质有双绞线、多股屏蔽电缆、同轴电缆和光纤电缆。双绞线价格低，安装简单，传输距离短；其他三种价格相对较高，但传输距离较长，传输速率较高，其中光纤的性能最佳、成本最高。

1.2.3 现场总线技术的基础

1.2.3.1 现场总线的互联通信模型

(1) OSI 参考模型与各层协议

计算机之间的通信需要一定的通信设备、通信协议和通信系统体系结构。为了使不同厂商的计算机之间能够进行相互通信，它们必须遵循一定的标准。国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)提出了开放系统互联(Open System Interconnection, OSI) 参考模型。一个开放的系统，指它可以与另外一个遵循同样标准的系统进行通信，而这两个系统可以由不同的制造商提供。

一台计算机与另一台计算机或多台计算机通过网络进行通信，可以将相关的软件分为两大类：一类是完成用户工作、需要通信服务的软件，称为应用软件；另一类是负责网络通信的软件，称为协议软件。计算机通信网络中可能会出现各种各样的问题，如硬件故障、网络拥塞、报文延迟或丢失、报文数据损坏和报文重复或顺序错乱等。计算机协议软件必须能够处理这些问题，因此，协议软件采用分层解决的办法，每一层协议专注于其中的一个问题，相邻层之间通过通信服务原语进行联系。

OSI 参考模型分为 7 层，如图 1-6 所示。

OSI 参考模型中的各层协议作用如下。

物理层——物理层是最底层，也是最基础的一层，其作用是处理设备间传输的原始比特流，提供传输介质关于机械的、电气的、功能的和过程的接口规范。机械方面的规范包括连接器的物理尺寸、引脚数量和引脚位置等。电气规范给出了信号电平的表示、阻抗、传输速率和距离等，同时还包括收发器和电缆的相关规范。功能规范给出了信号线的具体定义。过程规范定义了信号线的工作过程和时序。比较典型的物理接口如 RS232 通信接口。

7	应用层
6	表示层
5	会话层
4	传输层
3	网络层
2	数据链路层
1	物理层

图 1-6 OSI 参考模型

数据链路层——数据链路层分为两个子层：介质访问控制层（MAC）和逻辑链路控制层（LLC）。介质访问控制层主要是解决网络中传输通道的竞争问题，保证某一时刻只有一个站点发送信息。逻辑链路层主要是提高传输通道的可靠性，使易受干扰、带有不可靠因素的传输通道变成无差错传输的通道。它具有数据组帧、数据编码解码、错误校验、流控制和链路控制等功能。在 OSI 标准协议族中，数据链路层采用高级数据链路控制协议（HDLC）。

网络层——网络层主要负责在网络中的源节点与目的节点之间建立逻辑连接，包括寻址、路由、流量控制和拥塞控制等功能。通常在一个较大的网络中，源节点和目的节点之间的通路是由多段通路组合而成。因此，网络层协议主要是保证数据在网络中沿着正确的路径传输。比较典型的网络层协议有应用于 Internet 的 IP 协议和 Novell 公司的 IPX 协议。网络层可提供两类服务：面向连接的网络服务和无连接的网络服务。

传输层——传输层通过屏蔽下层的具体操作过程而向上层提供一个标准、通用的传输服务。一般情况下，经过数据链路层和网络层传送的数据很少有出错的可能。但是一旦出错，就得靠传输层进行错误恢复。同时，传输层面向上层提供的是端到端的，即进程间的可靠性传输。比较典型的协议有传输控制协议（TCP）和用户数据报协议（UDP）等。

会话层——会话层利用传输层提供的服务定义多种类型的服务，主要有会话连接和管理、数据传送和同步、活动管理等。

表示层——表示层定义在网络通信中信息的传送语法，并负责不同语法之间的转换。数据的压缩解压、加密解密等均是在表示层进行。

应用层——应用层是 OSI 参考模型中的最高层，包括常用的应用程序。从实际应用来分，又可分为用户应用程序和系统应用程序。

（2）OSI 参考模型与现场总线协议模型

OSI 参考模型具有 7 层结构，其具备的通信功能相当齐全。对于现场总线应用来说，由于总线上大量的节点均为工业现场的设备，如传感器、控制器、执行器等，相对而言各节点的通信信息量不大，但对某些性能，如传输速度和成本有一定的要求，因此，根据现场总线的特点，将 OSI 7 层参考模型简化为物理层（PHL）、数据链路层（DLL）、应用层（AL）3 层。

比较典型的现场总线协议模型是 7 层结构的 OSI 参考模型的简化，一般只有必需的物理层、数据链路层和应用层。其他的如 3~6 层均省略不用，而另设一层现场总线访问子层，如图 1-7 所示。

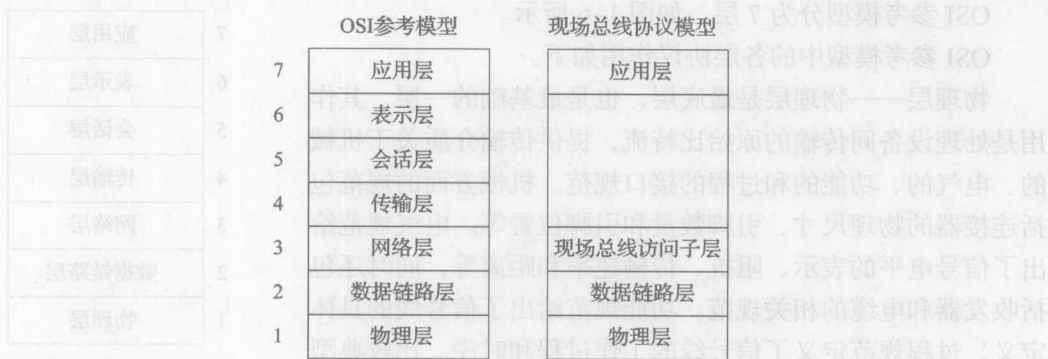


图 1-7 现场总线协议模型