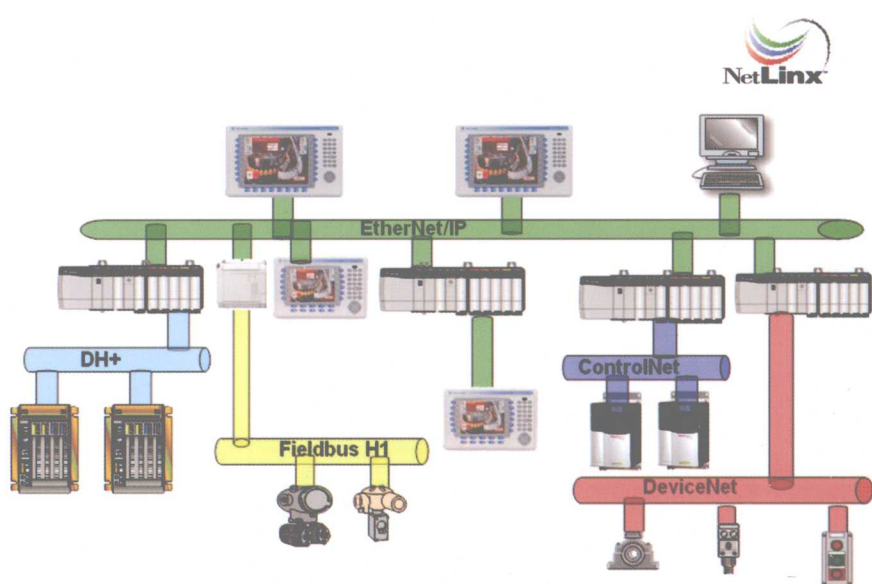


**Rockwell
Automation**
罗克韦尔自动化技术丛书

深入浅出 NetLinx网络架构

黄允凯 谈英姿 编著



罗克韦尔自动化技术丛书

深入浅出 NetLinx 网络架构

黄允凯 谈英姿 编著

深入浅出 NetLinx

深入浅出 NetLinx

机械工业出版社

(北京) 2008.9

ISBN 978-7-111-15872-3

1. 谈 - 谈 - 谈

IV. 112.73

中国图书馆书

机械工业出版社

责任编辑：林森

封面设计：陈

北京四手书印刷

插图

深入浅出

机械工业出版社

(北京)

ISBN 978-7-111-15872-3

1. 谈 - 谈 - 谈

IV. 112.73

中国图书馆

机械工业出版社

责任编辑：林森

封面设计：陈

北京四手书印刷

2008年11月第1版第1次印刷

184mm x 260mm · 1/32 印张 · 334 千字

0.001 - 0.000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-15872-3

定价：30.00 元



机械工业出版社

作为世界级的自动化设备及解决方案的供应商, 罗克韦尔自动化 (Rockwell Automation) 公司提出了集成架构的概念, 它以 NetLinx 技术的开放现场总线网络为核心, 配合 FactoryTalk 企业实时数据交换技术, 采用统一的 Logix 控制器和可视化平台, 实现控制系统、人机界面、批处理、运动/传动系统等的数据共享和信息无缝连接。

本书共分为 7 章, 详细阐述了 NetLinx 开放式网络架构各方面基础知识和应用方法。NetLinx 网络架构由采用 DeviceNet 的设备层、ControlNet 的控制层和 Ethernet/IP 的信息层所组成, 三层网络上都采用标准的通用工业协议, 实现了不同网络间的信息“透明”和无缝集成。第 2 章重点阐述通用工业协议的规范和三个最新扩展。第 3、4、5 章分别详细阐述 DeviceNet、ControlNet 和 Ethernet/IP 的网络模型、应用方法、组态软件等, 并以实例说明它们的具体配置和使用方法。第 6 章简单介绍了网络选择的方法及发展方向。第 7 章详细介绍了 OPC 技术及 OPC 客户端的设计方法。

本书可作为电气工程、自动化领域的工程技术人员设计、开发、应用 NetLinx 网络架构的参考书或培训教材; 亦可以作为高等院校相关专业的高年级本科生或研究生学习现场总线的教材或参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入浅出 NetLinx 网络架构/黄允凯, 谈英姿编著. —北京: 机械工业出版社, 2008. 9

(罗克韦尔自动化技术丛书)

ISBN 978-7-111-24983-2

I. 深… II. ①黄…②谈… III. 自动控制系统—网络结构, NetLinx
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 128931 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 林春泉 版式设计: 霍永明 责任校对: 闫玥红

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 邓 博

北京四季青印刷厂印刷 (三河市兴旺装订厂装订)

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.75 印张 · 334 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-24983-2

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379059

封面无防伪标均为盗版

前言

目前,随着现场总线技术的普及,基于网络的控制理念逐渐深入人心。过去,由于不同的技术和产品归属不同厂商,因而出现了控制器、现场总线、人机界面、运动/传动系统各自为阵的局面。虽然每一项技术都有其先进性,但是当这些技术集成在一起时,人们会发现并不能取得应有的效果,原因在于不同应用领域技术缺乏通用性,不同软硬件产品之间缺乏沟通与协作,产生了技术屏障。罗克韦尔自动化公司提出了集成架构的概念,逐步将原有的控制器、现场总线、人机界面、运动/传动系统整合到一个统一的框架下,提出了以 NetLinx 技术的开放现场总线网络为核心,配合 FactoryTalk 企业实时数据交换技术,采用统一的控制器和可视化平台,实现控制系统、人机界面、批处理、运动/传动系统的数据共享和信息无缝连接。

多种现场总线协调并存,是现场总线的发展趋势,随之带来的问题就是如何让网络之间的互连更加高效、更加透明。NetLinx 网络架构中将原有的 DeviceNet 网络、ControlNet 网络与新一代的 Ethernet/IP 网络进行了整合,在各个网络的应用层中都采用了统一的通用工业协议,从而实现了网络之间信息路由和无缝连接,构造了一个从车间到企业、从设备底层到管理信息层的开放与集成的网络平台。

本书第 2 章阐述通用工业协议,采用统一的应用层协议是 NetLinx 的核心技术之一。第 2 章首先介绍了通信网络和数字通信技术的基础知识,然后着重阐述 CIP 的各个组成部分,面向对象是 CIP 的重要特点。作为 CIP 的扩展,CIP Sync、CIP Motion 和 CIP Safety 是近年来发展的热点,第 2 章也专门介绍了这些内容。第 3 章、第 4 章和第 5 章分别详细阐述了 NetLinx 架构中 DeviceNet、ControlNet 和 Ethernet/IP,除了使用相同的应用层协议之外,它们各具备不同的网络模型,因此也决定了它们有各自的特点和使用场合,上述各章将会重点介绍这些内容,并用实例演示各种网络的使用方法。第 6 章是 CIP 三种网络的比较和选择的一般方法,还介绍了 CIP 网络的新成员 CompoNet。第 7 章介绍了 RSLinx 软件和 OPC 技术。

本书第 3、7 章由谈英姿撰写,其余部分均由黄允凯撰写,全书由黄允凯统稿。

本书在撰稿过程中得到了美国罗克韦尔自动化公司大学项目部的支持,该公司技术人员对本书的编写提出了许多建设性意见。本书通过引用一些国内外有关专著、教材、论文和期刊的资料,得到了进一步的充实。在此,向他们表示敬意和感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2008 年 8 月于东南大学

目 录

前言

第1章 绪论 1

1.1 现场总线技术概述 1

1.1.1 现场总线的产生 1

1.1.2 现场总线的特点 2

1.1.3 现场总线的发展趋势 3

1.2 NetLinx 网络架构概述 3

1.2.1 集成架构 4

1.2.2 三层网络结构 6

1.3 本书的基本结构 7

第2章 通用工业协议 8

2.1 基础知识 8

2.1.1 计算机通信网络 8

2.1.2 数据通信系统 10

2.1.3 通信参考模型 18

2.2 CIP 网络概况 22

2.3 CIP 详述 23

2.3.1 对象模型 25

2.3.2 服务 26

2.3.3 通信机制 26

2.3.4 通信对象 27

2.3.5 对象库 29

2.3.6 设备描述 30

2.3.7 配置和电子数据文档 30

2.3.8 路由 34

2.4 CIP Sync 34

2.4.1 IEEE 1588—2002 时间同步

标准 35

2.4.2 报文优先权 37

2.5 CIP Motion 38

2.5.1 解决确定性问题 38

2.5.2 兼容性 39

2.5.3 设备描述 39

2.6 CIP Safety 40

2.6.1 安全标准与等级 40

2.6.2 安全总线网络 40

2.6.3 CIP Safety 41

2.6.4 安全的实现 41

2.6.5 完整性保证 42

2.6.6 安全连接 44

2.6.7 报文结构 45

2.6.8 组态 46

2.7 小结 46

第3章 DeviceNet 47

3.1 概述 47

3.2 网络模型 49

3.2.1 DeviceNet 传输介质 49

3.2.2 介质访问单元 51

3.2.3 物理层信号 53

3.2.4 介质访问控制 53

3.2.5 逻辑链路控制 57

3.2.6 应用层 57

3.3 DeviceNet 应用 63

3.3.1 DeviceNet 优势 63

3.3.2 DeviceNet 规划和安装 64

3.3.3 DeviceNet 网络上的自动设备

更新 67

3.3.4 DeviceNet 网络诊断 67

3.4 RSNetWorx for DeviceNet 网络组态

软件 67

3.5 DeviceNet 应用举例 68

3.6 小结 80

第4章 ControlNet 82

4.1 概述 82

4.2 网络模型 83

4.2.1 物理层 83

4.2.2 数据链路层 86

4.3 ControlNet 应用 92

4.3.1 产品简介	92	5.3.3 网络规划	147
4.3.2 网络规划	94	5.3.4 工业 Ethernet 交换机	152
4.3.3 同轴电缆系统	97	5.3.5 网络诊断	156
4.3.4 光纤介质系统	101	5.4 Ethernet/IP 应用举例	156
4.3.5 性能优化	107	5.4.1 简单应用举例	156
4.3.6 网络诊断	108	5.4.2 控制 PowerFlex40 变频器	169
4.4 网络组态软件	108	5.4.3 在汽车行业的应用	185
4.5 应用举例	110	5.5 小结	187
4.5.1 演示生产者/消费者模式	110	第 6 章 CIP 网络选择及发展	188
4.5.2 远程终端控制	117	6.1 网络选择	188
4.5.3 在钢铁行业的应用	128	6.2 CompoNet	190
4.6 小结	131	第 7 章 RSLinx 与 OPC 技术	193
第 5 章 Ethernet/IP	132	7.1 RSLinx	193
5.1 概述	132	7.2 OPC 技术概述	194
5.2 网络模型	134	7.3 OPC 技术结构体系	196
5.2.1 物理层	134	7.3.1 OPC 对象与接口	198
5.2.2 数据链路层	140	7.3.2 OPC 数据访问规范	198
5.2.3 网络层与传输层	140	7.3.3 OPC 报警与事件	201
5.2.4 应用层	142	7.3.4 OPC 历史数据存取	201
5.3 Ethernet/IP 应用	143	7.4 OPC 客户端程序设计	202
5.3.1 优势应用	143	7.5 小结	209
5.3.2 产品简介	144	参考文献	210

第1章 绪论

1.1 现场总线技术概述

按照国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 和现场总线基金会 (Fieldbus Foundation) 的定义, 现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。基于现场总线的控制系统称为现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS)。通俗地说, 现场总线技术是将各种智能化现场设备、控制器和计算机通过普通双绞线、同轴电缆、光纤等多种途径连接在一起, 形成一个工业控制网络系统。该系统按照公开、规范的通信协议进行数据传输和信息共享。现场总线为原本分散的现场设备提供了可以全数字化、多变量、双向、多节点, 并通过一条物理介质互相交换信息的纽带, 它给自动化领域带来的变化, 就如互联网给单台计算机带来的革命性变化一样。如今, 现场总线是自动化领域技术发展的热点之一, 它的出现标志着工业控制技术领域又一个新时代的开始。FCS 必将逐步取代传统的集中式数字控制系统、集散控制系统等, 成为自动控制系统的主流。

1.1.1 现场总线的产生

一种新技术和系统的产生总是针对以往技术和系统中存在的缺陷而提出的, 最终在用户需求 and 市场竞争两大外因推动下占领市场的主导地位。现场总线和 FCS 的产生也不例外, 它们与工业控制技术和系统的发展有关。

1. 模拟仪表控制系统

模拟仪表控制系统于 20 世纪 60 ~ 70 年代占主导地位。体系结构是基于 4 ~ 20mA 的模拟标准信号。其显著缺点是模拟信号精度低, 易受干扰。

2. 集中式数字控制系统

集中式数字控制系统于 20 世纪 70 ~ 80 年代占主导地位。采用单片机、PLC、计算机作为控制器, 控制器内部传输的是数字信号, 因此克服了模拟仪表控制系统中模拟信号精度低的缺点, 提高了系统的抗干扰能力。集中式数字控制系统的优点是易于根据全局情况进行控制计算和判断, 在控制方式、控制时机的选择上可以统一调度和安排; 缺点是, 对控制器本身的要求很高, 必须具有足够的处理能力和极高的可靠性, 当系统任务增加时, 控制器的效率和可靠性将急剧下降。

3. 集散控制系统

集散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 于 20 世纪 80 ~ 90 年代占主导地位。其核心思想是集中管理、分散控制, 即管理与控制相分离, 上位机用于集中监视管理功能, 若干台下位机分散到现场实现分布式控制, 各上、下位机之间通过控制网络互连以实现互相之间的信息传递。因此, 这种分布式的控制系统体系结构克服了集中式数字控制系统中对控

制器处理能力和可靠性要求高的缺陷。在 DCS 中, 分布式控制思想的实现正是得益于网络技术的发展和运用。遗憾的是, 不同的 DCS 厂家为了达到垄断经营的目的而对其控制通信网络采用各自专用的封闭形式, 不同厂家的 DCS 之间以及 DCS 与上层信息网之间难以实现网络互连和信息共享, 且 DCS 造价较昂贵, 在这种情况下, 用户对网络控制系统提出了开放性和降低成本的迫切要求。

4. 现场总线控制系统

FCS 正是顺应以上潮流而产生的。它用现场总线这一开放的、具有可互操作的网络将现场各控制器以及仪表设备互连, 构成 FCS, 同时将控制功能彻底下放到现场, 降低了安装成本和维护费用。因此, FCS 实质上是一种开放的、具有可互操作性的、彻底分散的分布式控制系统。

20 世纪 80 年代初就有国外机构提出现场总线, 随后掀起了研究热潮。由于数字技术的发展完全不同于模拟技术, 数字技术标准的制定往往早于产品的开发, 技术标准决定着新兴产业的快速发展。正因为如此, IEC 极为重视现场总线标准的制定, 早在 1985 年就筹备成立了 IEC/TC65/SC65C/WG6 工作组, 开始起草现场总线标准。由于众所周知的原因, 各国意见很不一致, 工作进展得十分缓慢。经过多轮投票, 终于在 1999 年 3 月, IEC 61158 第一版现场总线标准作为技术规范出版。为了协调各方的意见, IEC 执委会在以后的讨论中提出制定协议模块矩阵 (称为类型) 的方案, 得到各方认可, 于是在 2000 年 1 月提出了包括多种类型现场总线的 IEC 61158 第二版标准。此后, 现场总线与工业以太网 (Ethernet) 技术发展十分迅速。为了反映最新发展的成果, IEC/SC65C/MT9 维护工作组对 IEC 61158 Ed. 2 进行了扩充与修订, 标准规定了 10 种类型现场总线, 它们是 TS61158 现场总线、ControlNet 现场总线、PROFIBUS 现场总线、P-Net 现场总线、FF HSE 高速 Ethernet、SwiftNet 现场总线、WorldFIP 现场总线、INTERBUS 现场总线、FF H1 现场总线以及 PROFINET 工业 Ethernet。2003 年 4 月, IEC 61158 第三版正式成为国际标准。

长期以来, 由于人们在现场总线的标准问题上争论不休, 互连、互通与互操作问题很难解决, 于是现场总线开始转向 Ethernet。经过近几年的努力, Ethernet 技术已经被工业自动化系统广泛接受。为了满足高实时性能应用的需要, 各大公司和标准组织纷纷提出了各种提升工业 Ethernet 实时的解决方案, 从而产生了实时以太网 (Real Time Ethernet, RTE)。2003 年 5 月, 德国 IEC 向 IEC/SC65C 提交了一份新项目建议 IEC 65C/306/NP, 定义了 RTE 和一般需求, 提出制定 RTE 标准。IEC/SC65C 采纳了德国 IEC 的新建议, 并立即成立了相关标准的制定工作组。其中, WG11 负责制定 IEC 61784-2 实时以太网标准; WG12 负责制定 IEC 61784-3 RTE 功能安全标准; WG13 负责制定 IEC 61784-4 通信信息安全标准; JWG10 负责制定工业网络电缆和 IEC 61784-5 安全装置规范标准。各国共提出 11 种 RTE, 其中 7 个新增 RTE 将以 IEC PAS 公共可用规范予以发表。若两年后没有提出异议, 上述 RTE 规范将进入 IEC 61158 第四版标准。该标准于 2007 年 7 月出版, 有效期至 2012 年。

1.1.2 现场总线的特点

如上所述, FCS 是在 DCS 的基础上发展起来的, 它不但继承了 DCS 的集中管理、集中操作与功能分散、危险分散的优点, 并且有所发展和创新, 适应了自动化发展的要求。那么, 具体来说, 现场总线或 FCS 有以下几个特点。

(1) 现场通信网络。现场总线是用于过程自动化和制造自动化的现场仪表或现场设备互连的现场通信网络,是 CIPS/CIMS (Computer Integrated Producing System/Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成生产系统/计算机集成制造系统) 的最底层,而 DCS 的通信网络截止于控制站或输入输出单元。在 FCS 中,各现场设备之间通过现场总线相连,彼此可以相互通信联络,从而解决了 DCS 的信息孤岛这一技术难题。

(2) 一对 N 的结构。一对传输线(现场总线)可以挂接 N 台现场设备,双向传输多个数字信号, N 取决于现场控制回路的性质。这种结构与 DCS 一对一的单向模拟信号传送相比,结构布线简单、安装费用低、维护更方便。

(3) 彻底的分散控制功能模块。由于采用了具有综合功能的智能仪表,现场总线将控制功能由传统的控制站下放到现场仪表设备中,做到了彻底分散控制功能,提高了系统的灵活性和自治性。

(4) 完全开放式系统。现场总线的技术和标准是公开的,因此现场总线为开放式互连网络系统,既可以与同层网络互连,也可以与不同层网络互连。不同厂家的网络产品可以集成在同一 FCS 中,只要他们遵守相同的通信协议,就可以实现各层网络之间的信息交流。

(5) 更好的兼容性与互操作性。用户可以自由地选择符合自己要求的不同生产厂家按同一标准生产的不同性能价格比的产品,将不同产品集成到自己的控制系统中,由于不同厂家的仪表在组态方式、功能结构上相同,因此具有完全的兼容性、可替代性和互操作性,即使某个仪表发生故障,也能随时选择其他厂家的产品予以更换,真正实现“即插即用”。

(6) 更高的可靠性。现场总线采用全数字化处理和数字通信技术,大大提高了现场装置的信号测控精度,以及信号传输的抗干扰能力,从而可提高系统测控的可靠性和稳定性。

1.1.3 现场总线的发展趋势

现场总线的发展趋势主要体现在以下几个方面。

(1) 多种总线共存。现场总线国际标准 IEC 61158 中采用了 10 种协议类型,除此之外还有一些其他类型的现场总线。每种总线都有其产生的背景和应用领域,在某个领域中产生的总线技术一般在这一特定的领域中应用得较多,适用性也较好,同时它也会积极地向其他领域发展。每种总线各有相应的国际组织和大公司支持,大多数设备制造商也都积极参加不止一个总线组织,因为支持的总线越多,意味着可能用到自己厂家生产的设备的机会也就越多。所以在今后一段时间内,各种总线将协调共存,相互竞争取长补短,短时间内难以统一。

(2) 工业 Ethernet 逐渐成为新的热点。市场和技术发展需要统一标准的现场总线,整合了 Ethernet 和 TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol, 传输控制协议/因特网协议) 技术的现场总线是今后发展的主流体系和应用热点。

(3) 从管理层到设备层信息的无缝集成。现场总线技术的发展将使从现场设备层到工厂管理层信息的纵向集成变为可能,为企业带来整体效益。

1.2 NetLinx 网络架构概述

目前,随着现场总线技术的普及,基于网络的控制理念逐渐深入人心。过去,由于不同

的技术和产品归属于不同厂商,因而出现了控制器、现场总线、人机界面、运动/传动系统各自为阵的局面。虽然每一项技术都有其先进性,但是当这些技术集成在一起时,人们会发现并不能取得应有的效果,原因在于不同应用领域技术缺乏通用性,不同软硬件产品之间缺乏沟通与协作,产生了技术屏障。

作为世界级的自动化设备及解决方案提供商,罗克韦尔自动化(Rockwell Automation)公司提出了集成架构(Integrated Architecture)的概念,逐步将原有的控制器、现场总线、人机界面、运动/传动系统整合到一个统一的框架下,提出了以 NetLinx 技术的开放现场总线网络为核心,配合 FactoryTalk 企业实时数据交换技术,采用统一的控制器和可视化平台,实现控制系统、人机界面、批处理、运动/传动系统的数据共享和信息无缝连接。

1.2.1 集成架构

罗克韦尔自动化公司的集成架构主要由 Logix 控制平台、NetLinx 网络架构、ViewAnyWare 人机界面和 FactoryTalk 企业实时数据交换技术组成。

1. Logix 控制平台

它可将电力、冶金、石化和汽车等不同工业用户的控制要求归纳为顺序控制、过程控制、伺服控制和传动控制等。传统工业自动化系统中,对于不同的控制要求需要采用不同的硬件设备和开发软件,这将意味着需要较长的培训、开发周期,需要更多的人员参与调试和维护,不同控制之间的信息难以直接沟通,需要较多的备品备件等。这些都将提高工业生产的成本。

Logix 控制平台包括 ControlLogix、CompactLogix、FlexLogix、DriveLogix 以及 SoftLogix 等控制器,它们都采用统一的硬件平台和背板总线,也都采用统一的编程软件 RSLogix5000,用户可以根据需要和应用系统的规模,选择适当的控制器和功能模块,这样用统一的控制引擎和开发环境就可以实现全厂的控制任务,这会给企业带来以下几点好处。

(1) 设计方法的统一:节省培训、设计接口等的费用和时间。

(2) 备件的统一:节省备件的品种和数量。

(3) 技术服务的统一:免除了各厂商间的协调、联络和配合的问题。

(4) 采购的统一:可以节省大量的人力、物力,容易获得较大的价格优惠。

2. NetLinx 网络架构

多种现场总线协调并存,是现场总线的发展趋势,随之带来的问题就是如何让网络之间的互连更加高效、透明。NetLinx 网络架构中将原有的 DeviceNet 网络、ControlNet 网络与新一代的 Ethernet/IP 网络进行了整合,在各个网络的应用层中都采用了统一的通用工业协议(Common Industrial Protocol, CIP),从而实现了网络之间信息路由和无缝连接,构造了一个从车间到企业、从设备底层到管理信息层的开放与集成的网络平台。

工业自动化系统的网络必须为用户提供三种主要的服务。首先是控制,这也是最为重要的功能。控制服务主要用于完成控制设备(例如 PLC)与 I/O 设备(例如变频器、传感器以及其他执行机构)之间的数据交换,并且有苛刻的实时性要求。因此,相应的传输网络必须为这类数据的传输设定较高的优先权或者中断等级。其次,还要提供配置服务,方便用户对自动化设备进行设置和维护。通常情况下,用户需要使用计算机或者类似设备对系统中不同的设备进行编程和配置。这项任务不仅需要单独执行,而且还要在控制系统运行的情况

下,支持配置服务。最后,用户需要采集自动化系统运行过程中的各种数据,用于人机界面显示、数据分析、趋势图绘制、故障处理和维护等。可见,工业自动化系统的网络必须提供控制、配置和数据采集三种服务,这样才能让网络更加高效、灵活,从而提高自动化系统的整体性能。传统工业自动化系统中,各种 I/O 和驱动设备通过 PLC (Programmable Logic Controller, 可编程控制器) 与上位机相连,在 PLC 中通过梯形图程序完成对设备的控制和数据的采集,对设备的配置还需计算机与设备直接相连来完成,如图 1-1 所示。

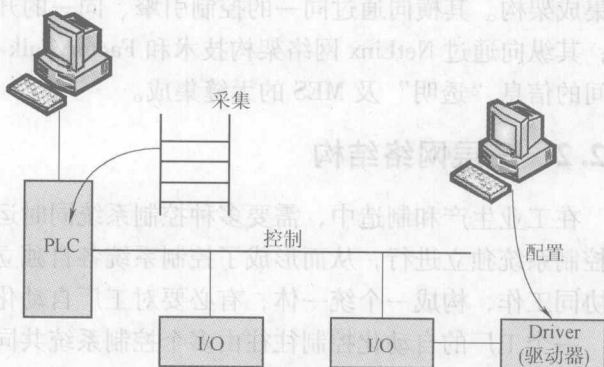


图 1-1 传统网络系统中对控制、配置和采集功能的实现

在 NetLinX 网络架构中,计算机、PLC、I/O 和其他设备都连接在网络上,控制、配置和采集功能的实现不需附加的程序和连线,即使有不同种的网络总线,由于使用相同的应用层协议,只需简单的网关设备,无须附加程序就可以完成互连、互通,如图 1-2 所示。

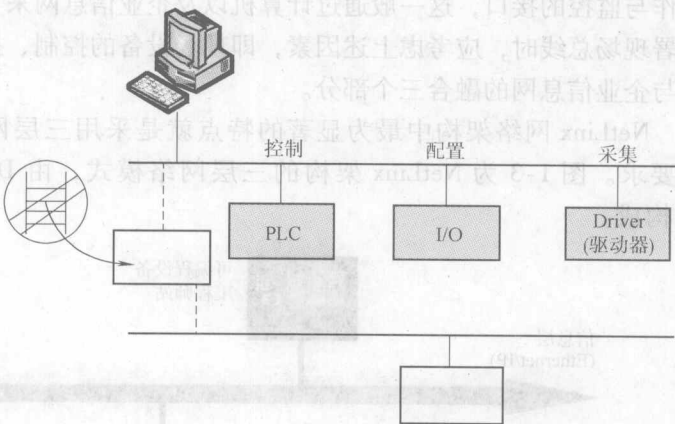


图 1-2 NetLinX 网络架构中对控制、配置和采集功能的实现

3. ViewAnyWare 人机界面

随着控制系统和控制对象复杂程度的增加,简单的指示灯和开关已经不能满足用户的需要,人机界面系统通过图形化的方式将车间现场的状况生动地显现在操作员面前,使得人机交互方式变得更为直观和有效。

在过去的人机界面系统中,面向车间现场的专用人机界面设备和基于计算机的人机界面由于操作系统不一样,所以需要使用不同的编程软件进行开发,也就需要进行两次重复的开发。目前,罗克韦尔自动化公司提出了 ViewAnyWare 人机界面方案,通过 RSVIEW Studio 统一的开发环境,实现不同平台下人机界面应用项目之间的共享,从而缩短了开发和培训时间。

4. FactoryTalk 企业实时数据交换技术

FactoryTalk 企业制造信息平台是一种多层协作的框架结构,它允许用户在全企业范围内共享实时信息,并能保证高效的通信。利用 FactoryTalk 这一通用的语言实现了统一的通信和协作,实现了罗克韦尔软件产品之间的数据链接,也可以将这种链接扩张到 SAP 和 Oracle 等信息系统。配合 FactoryTalk 企业制造信息平台,系统内的实时数据可以在企业内部一次定义,即可高效共享,为控制、诊断等实时数据在企业范围内的透明共享奠定了基础。

Logix 控制平台、NetLinX 网络架构、ViewAnyWare 人机界面、FactoryTalk 企业实时数据交换技术，从横向到纵向，构成了一个紧集成、结构清晰而又开放化的基于现场总线技术的集成架构。其横向通过同一的控制引擎、同一的开发环境实现了全厂范围内的所有控制任务；其纵向通过 NetLinX 网络架构技术和 FactoryTalk 企业实时数据交换技术实现不同控制网络间的信息“透明”及 MES 的无缝集成。

1.2.2 三层网络结构

在工业生产和制造中，需要多种控制系统同时运行，传统的自动化控制技术主要针对各个控制系统独立进行，从而形成了控制系统各自独立、自成体系的局面。为了使各个控制系统协同工作，构成一个统一体，有必要对工厂自动化系统进行进一步的分析。

一个工厂的自动化控制往往由多个控制系统共同完成，各个控制系统分别对自己的控制对象进行控制。为了确保控制系统可靠、稳定运行，各系统之间必须共享一些信息和数据以达到系统间的协作。此外，为了对控制系统的运行进行动态跟踪和监控，控制系统需要提供操作与监控的接口，这一般通过计算机以及企业信息网来实现。由此可见，在工业自动化中部署现场总线时，应考虑上述因素，即现场设备的控制、控制系统之间的信息传送和控制系统与企业信息网的融合三个部分。

NetLinX 网络架构中最为显著的特点就是采用三层网络，满足不同设备对网络功能的要求。图 1-3 为 NetLinX 架构的三层网络模式，由 DeviceNet、ControlNet 和 Ethernet/IP 构成。

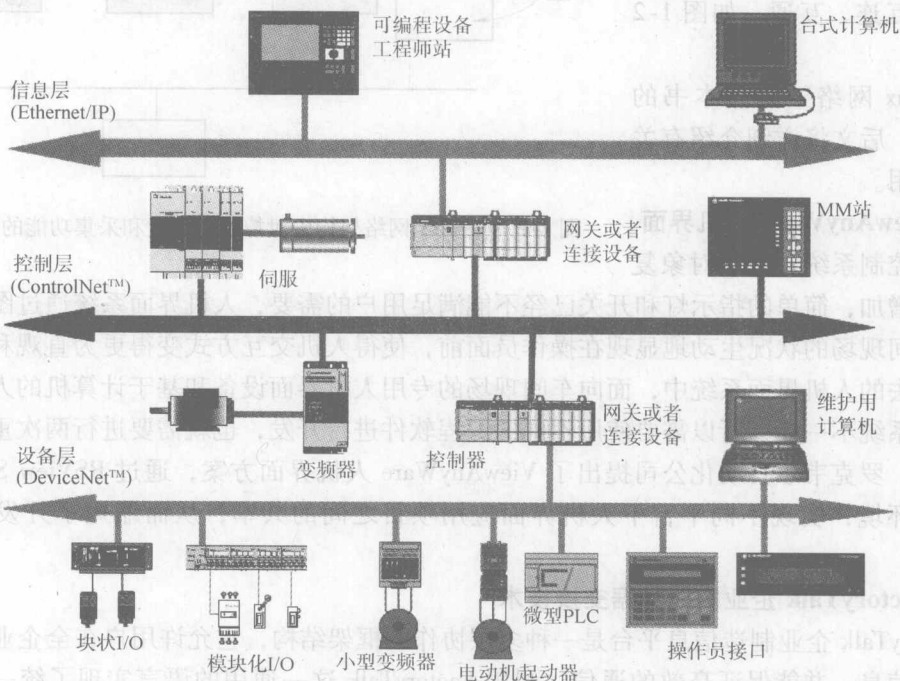


图 1-3 NetLinX 架构的三层网络模式

1. 基于 DeviceNet 的设备层

DeviceNet 作为现场总线技术的工业开放标准网络,实现了现场设备与控制系统的简单连接,由于它采用公开的技术规范和常规的 CAN 总线芯片器件,使得基于 DeviceNet 的设备成本较低。DeviceNet 有二种报文形式, I/O 报文用于传输实时数据,显性报文则用于不同设备之间点对点传输配置和故障诊断信息。DeviceNet 作为 NetLinx 的一部分,其数据能够在整个 NetLinx 网络系统中进行无缝路由。例如, Ethernet 上的计算机无须其他编程就可以经由 Ethernet 访问 DeviceNet,对 DeviceNet 网络上的设备进行组态和监控。这极大地方便了上位机对现场设备的数据采集。

2. 基于 ControlNet 的控制层

作为 IEC 国际标准的现场总线, ControlNet 能够提供强大的网络通信功能,在控制器与现场监测设备、人机界面之间建立起一个稳定、可靠的高速通信链路。对于 ControlNet 的网络介质存取,是通过时间限制存取算法来控制,即并行时域多路存取(Concurrent Timed Domain Multiple Access, CTDMA)方法来控制各个节点在网络更新时间(Network Update Time, NUT)内传送信息的机会,用户可对 NUT 进行调节,最小可达 2ms。在 ControlNet 上的设备主要有 ControlLogix 控制器、Flex 柔性 I/O、变频器、人机界面等设备,这些设备共同的特点就是要求传送的数据量比较大,可靠性高,对时间有苛刻要求,因此, ControlNet 网络的成本也较 DeviceNet 高。

3. 基于 Ethernet/IP 的信息层

Ethernet 作为商用通信系统中最为常见的通信形式有着极好的硬件和软件平台的支持,其网络构建成本低于 DeviceNet 和 ControlNet,近年来在控制系统中得到了广泛的应用。但是, Ethernet 也有自身的缺陷,不能直接用于传输对时间有苛刻要求的数据,但是对于诸如编程、设备组态、系统监控等应用来说,完全可以满足要求。由于计算机接入 Ethernet 只需要廉价的网卡即可,因而在 NetLinx 架构中,计算机通过 Ethernet 对其他网络进行访问的接入成本是最低的。

1.3 本书的基本结构

除本章绪论外,本书还有其他 6 章,详细阐述与 NetLinx 相关的各种内容。

第 2 章阐述通用工业协议,采用统一的应用层协议是 NetLinx 的核心技术之一。第 2 章首先介绍通信网络和数字通信技术的基础知识,然后着重阐述 CIP 的各个组成部分,面向对象是 CIP 的重要特点。作为 CIP 的扩展, CIP Sync、 CIP Motion 和 CIP Safety 是近年来发展的热点,第 2 章也专门介绍了这些内容。

第 3 章、第 4 章和第 5 章分别详细阐述 NetLinx 架构中 DeviceNet、 ControlNet 和 Ethernet/IP,除了使用相同的应用层协议之外,它们各自具备不同的网络模型,因此也决定了它们有各自的特点和使用场合,上述各章将会重点介绍这些内容,并用实例演示各种网络的使用方法。

第 6 章是 CIP 三种网络的比较和选择的一般方法,还介绍了 CIP 网络的新成员 ComponentNet。第 7 章介绍了 RSLinx 软件和 OPC (OLE for process Control,用于过程控制的 OLE)技术。

第2章 通用工业协议

NetLinx 网络架构的核心是现场总线技术和 CIP, 由于后文将会逐一详细介绍 DeviceNet、ControlNet 和 Ethernet/IP, 本章将先介绍现场总线的基础知识, 包含计算机通信网络、数据通信系统和通信参考模型, 然后详细阐述 CIP 的相关内容。

2.1 基础知识

2.1.1 计算机通信网络

计算机通信网络用来完成多台计算机之间的信息传递和交换, 但它又不同于一台主机加多台从机构成的主从式通信系统, 更不同于一台计算机带多个终端设备的多用户系统。计算机通信网络的特点表现在以下三个方面。

1. 连接在网络上的所有计算机独立自主

独立自主是指连接在网络上的每台计算机都是一个完整的计算机系统, 可以各自独立地运行用户程序。

2. 网络中的各计算机相互连接

这一特点意味着网络中连接的任何两台计算机间都可以相互交换信息。计算机之间采用硬件设备物理连接, 使用的介质可以有线的, 如双绞线、同轴电缆、光纤等, 也可以是无线的, 如红外线、微波、激光、无线电波等。

3. 计算机间的信息交换具有物理上和逻辑上的双重含义

物理含义上的信息交换是指网络底层的两台直接相连的计算机之间无逻辑结构变换的数据流传输, 这类信息往往是用户不能识别的形式。物理层以上的信息交换则具有逻辑结构, 也就是说, 交换的信息需要进行某种形式的逻辑交换, 层次越高, 结构越复杂, 也越接近用户需要的形式。

因此, 计算机通信网络是一组独立自主、相互连接的计算机的集合。从这个意义上说, 工业自动化网络也是一个计算机通信网络。

计算机网络分类方式中最常见的是按网络拓扑结构和按网络覆盖范围来划分。前者仅反映出网络在计算机相互连接关系方面的特征; 后者则能反映出网络技术的本质, 它不仅包含了拓扑结构, 还涉及传输介质访问方式、信息交换方式、数据传输速率等网络技术。下面按网络覆盖范围简单介绍计算机网络的主要类型。

1. 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网与其他类型网络的主要区别有以下三个方面。

(1) 覆盖的物理范围。覆盖的物理范围是几百米至十几千米范围内相互连接的独立计算机 (系统)。

(2) 网络使用的传输技术。局域网一般使用共享通道, 把所有计算机连接在同一条传

输通道上,传输介质可以是双绞线、通信电缆、光纤等,数据传输速率高,一般可达10Mbit/s 或 100Mbit/s。数据传输方式与网络拓扑结构有关。

(3) 常用的拓扑结构。常用的局域网拓扑结构是总线型结构和环形结构,如图 2-1 所示。

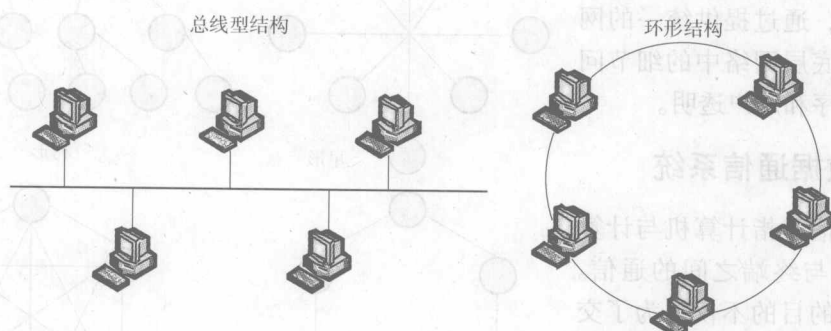


图 2-1 两种常见的局域网拓扑结构

2. 广域网 (Wide Area Network, WAN)

广域网的覆盖范围远远大于局域网,可达一个省、一个地区甚至一个国家。就其概念结构而言,含有主机和通信子网。

广域网通信子网中除传输介质外,还必须有专用的转接设备,如接口信息处理器 (Interface Message Processor, IMP) 等,图 2-2 给出了广域网的物理结构示意图,可以看出,在广域网中,通信子网向主机提供通信服务,是通信服务的提供者,主机则作为使用者接受通信子网提供的通信服务。

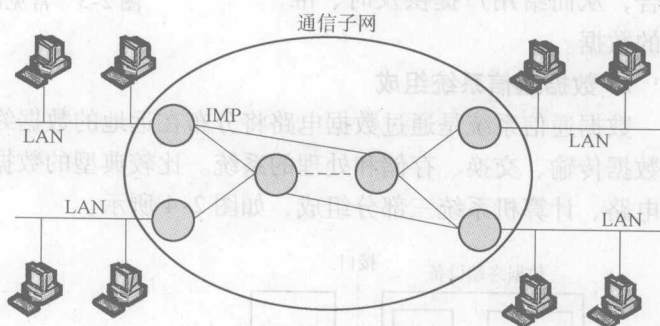


图 2-2 广域网结构图

通信子网由多个转接设备及与之相连的线路组成。每个转接设备可以连接两条或多条线路,每条线路连接两个转接设备。网络中的每台主机至少连接到一个转接设备,出入该主机的信息都必须通过与之相连的转接设备。这样,当作为信源的主机发出的信息到达转接设备后,转接设备将按照一定的规则选取一条通道,把信息发往作为信宿的主机。

在信源到信宿之间,有不只一个转接设备,也可以有不只一条通道。信息从信源经过中间转接设备往信宿发送时,每个转发设备都将完整地接收并存储输入的信息 (报文),然后按协议选择一条空闲的输出通道把信息向信宿方向传送下去,这种传送方式称为点对点 (Point to Point) 或存储转发 (Store-and-Forward),是广域网采用最广的信息传送方式。

广域网中各转接设备互连的拓扑结构,亦即其通信子网的拓扑结构基本上采用点对点形式,常见的有星形、树形、环形、全互连等,如图 2-3 所示。

3. 因特网 (Internet)

因特网用来把不同结构、不同协议的各种网络相互连接,实现不同类型网络上用户的相互通信和资源共享。不同类型网络互连一般需要专用的中间计算机设备,这种设备称为网关

(Gateway)，它不仅要实现不同类型网络在物理上的连接，还要完成它们之间逻辑上的连接，也就是协议转换。因特网把不同类型网络的通信子网的通信问题从网络细节中抽象出来，屏蔽网络硬件细节，通过提供统一的网络服务，使底层网络中的细节问题对应用程序和用户透明。

2.1.2 数据通信系统

数据通信是指计算机与计算机或计算机与终端之间的通信。它传送数据的目的不仅是为了交换数据，更主要是为了利用计算机来处理数据。可以说它是将快速传输数据的通信技术和数据处理、加工及存储的计算机技术相结合，从而给用户及时、准确的数据。

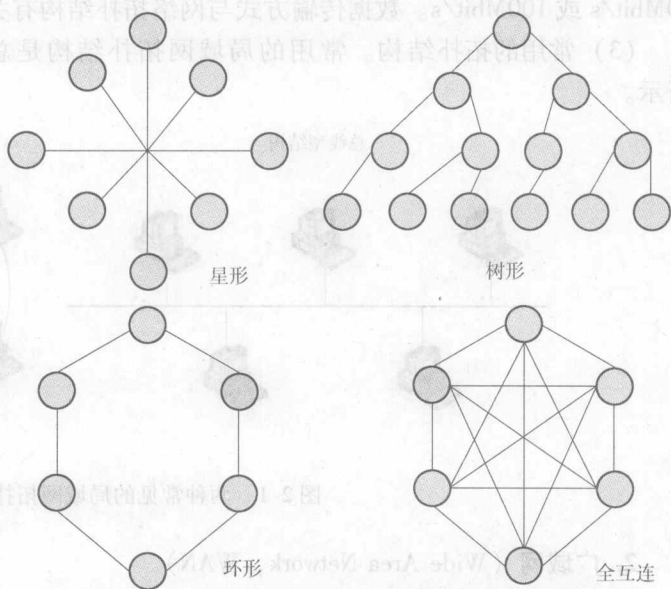


图 2-3 常见广域网通信子网的拓扑结构

1. 数据通信系统组成

数据通信系统是通过数据电路将分布在远地的数据终端设备与计算机系统连接起来，实现数据传输、交换、存储和处理的系统。比较典型的数据通信系统主要由数据终端设备、数据电路、计算机系统三部分组成，如图 2-4 所示。

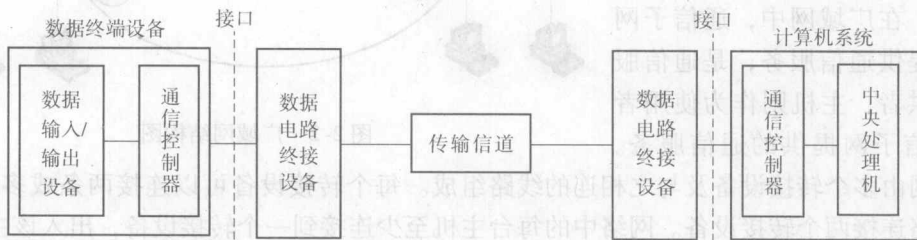


图 2-4 数据通信系统组成

(1) 数据终端设备 (Data Terminal Equipment, DTE)。在数据通信系统中，用于发送和接收数据的设备称为数据终端设备。DTE 可能是大、中、小型计算机，个人计算机；也可能是一台只接收数据的打印机，所以说 DTE 属于用户范畴，其种类繁多，功能差别较大。从计算机和计算机通信系统的观点来看，终端是输入/输出的工具；从数据通信网络的观点来看，计算机和终端都称为网络的数据终端设备，简称终端。

在图 2-4 的数据终端组成中，输入/输出设备很好理解，值得一提的是通信控制器。由于数据通信是计算机与计算机或计算机与终端间的通信，为了有效而可靠地进行通信，通信双方必须按一定的规程进行，如收发双方的同步、差错控制、传输链路的建立、维持和拆除

及数据流量控制等,所以必须设置通信控制器来完成这些功能,对应于软件部分就是通信协议,这也是数据通信与传统电话通信的主要区别。

(2) 数据电路端接设备 (Data Circuit-terminating Equipment, DCE)。用来连接 DTE 与数据通信网络的设备称为数据电路端接设备,可见该设备为用户设备提供入网的连接点。

DCE 的功能就是完成数据信号的变换。因为传输信道可能是模拟的,也可能是数字的, DTE 发出的数据信号不适合信道传输,所以要把数据信号变成适合信道传输的信号。利用模拟信道传输,要进行“数字/模拟”转换,方法就是调制,而接收端要进行反转换,即“模拟/数字”转换,这就是解调,实现调制与解调的设备称为调制解调器 (Modem)。因此调制解调器就是模拟信道的 DCE。利用数字信道传输信号时不需调制解调器,但 DTE 发出的数据信号也要经过某些变换才能有效而可靠地传输,对应的 DCE 即数据业务单元 (Data Service Unit, DSU),其功能是码型和电平的变换,信道特性的均衡,同步时钟信号的形成,控制链路的建立、保持和拆断,维护测试等。

(3) 数据电路和数据链路。在线路或信道上加信号变换设备之后形成的二进制比特流通路称为数据电路。它由传输信道及其两端的 DCE 组成。

数据链路是在数据电路已建立的基础上,通过发送方和接收方之间交换“握手”信号,使双方确认后方可开始传输数据的两个或两个以上的终端装置与互连线路的组合物。所谓“握手”信号是指通信双方建立同步联系、使双方设备处于正确收发状态、通信双方相互核对地址等。如图 2-4 所示,加了通信控制器以后的数据电路称为数据链路。可见数据链路包括物理链路和实现链路协议的硬件和软件。只有建立了数据链路之后,双方的 DTE 才可真正有效地进行数据传输。

(4) 传输。

1) 传输信道

传输信道是通信系统中必不可少的组成部分,目前数据通信中所使用的多为有线信道,主要有:直接利用传输介质的实线信道(如局域网中)、经调制解调器的频分信道、时分信道。由于光纤通信技术的发展,现在绝大部分的数据传输在时分信道上,以同步数字体系 SDH 方式传输。

在数据通信系统中,被传输的信号是数据的电磁编码,所要传递的数据包含在编码后的信号之中。通信系统中被传输的信号通常都是时间的周期函数,可用时域信号或频域信号表示。时域信号表示只反映信号随时间的变化状况;而频域信号表示不仅包含了时域信号中的全部信息,还反映出所传信号的频谱分布带宽,这在通信系统传输介质及接收设备的设计中是十分重要的。信号的频域表示包含信号中的不同频率分量的幅值和相位关系。根据傅里叶级数,任何周期函数 $f(\omega t)$ 都可以展开为无穷多不同频率的正弦函数和余弦函数的合成,即

$$f(\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad (2-1)$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\omega t) d\omega t$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\omega t) \cos(n\omega t) d\omega t$$