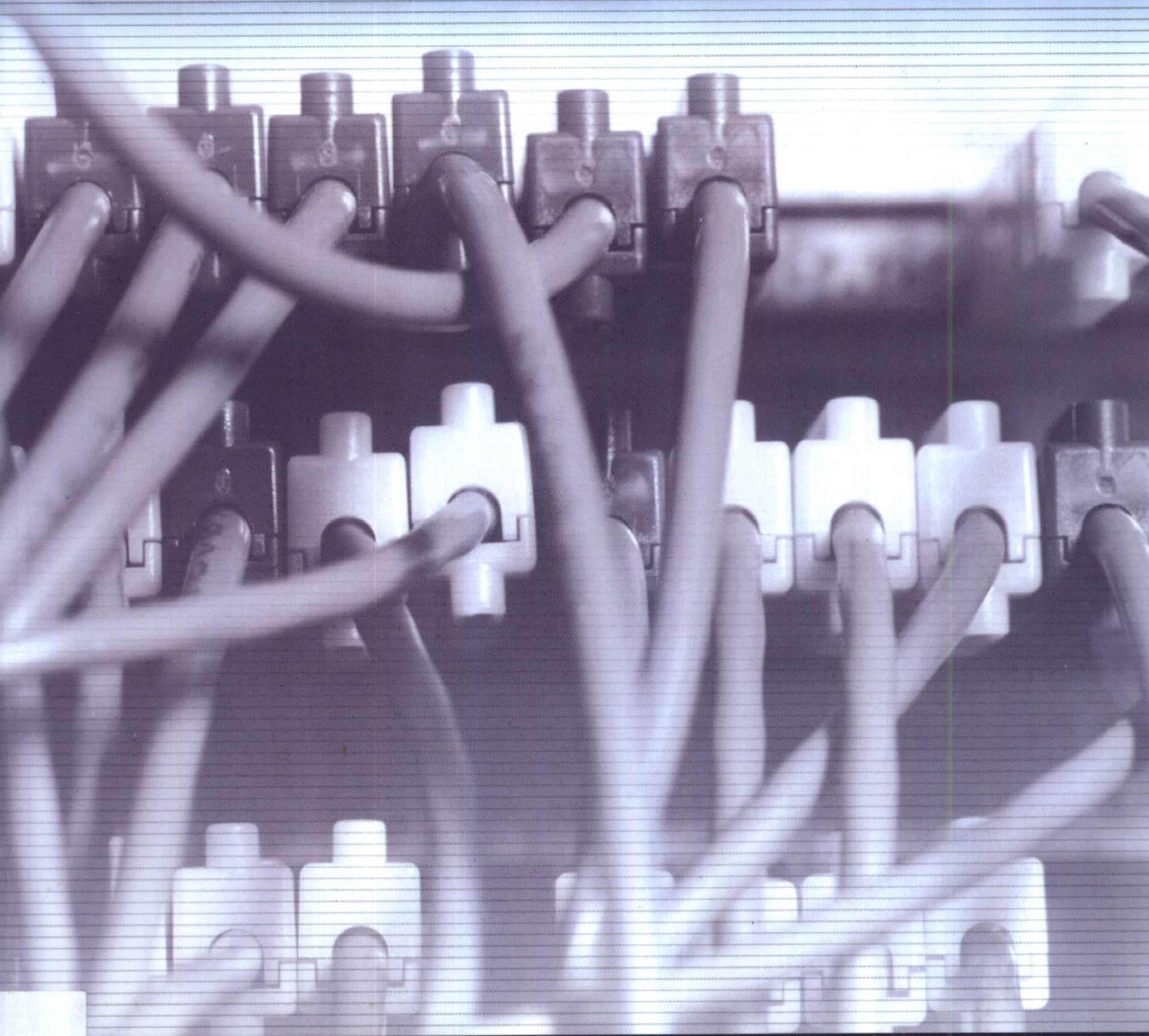


工业企业网与现场总线 技术及应用

顾洪军等 编著



362

TP3/3.18
G67

工业企业网与现场总线技术及应用

顾洪军等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工业企业网与现场总线技术及应用 / 顾洪军编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.4
ISBN 7-115-10212-0

I. 工... II. 顾 III. ①企业网—基本知识②总线—基本知识 IV. TP393.18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 009949 号

内 容 提 要

工业企业网是工业企业的管理和信息基础设施, 它涉及到计算机、通信、多媒体、控制和现场总线等多种技术。本书全面、系统地介绍了工业企业网与现场总线技术及其相关应用, 全书内容共分三篇 15 章。第一篇介绍计算机网络的相关知识以及工业企业网的基本概念、体系结构、实现机制与基于工业企业网的相关应用; 第二篇结合最新的技术发展讲述工业企业网中的信息网络技术; 第三篇讨论现场总线技术。

本书内容详实, 事例丰富, 结构合理, 语言通俗, 图文并茂。作为一本工业企业网与现场总线技术的开发与应用指南, 本书主要面向相关领域的技术研发与系统管理人员以及大中院校学生, 以指导他们掌握工业企业网与现场总线的相关理论及应用技术。

工业企业网与现场总线技术及应用

- ◆ 编 著 顾洪军 等
责任编辑 杨 凌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27.5
字数: 663 千字 2002 年 4 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2002 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10212-0/TN · 1861

定价: 43.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

计算机技术、通信技术和微电子技术的迅速发展、互相渗透和结合，促成了信息技术的革命。人类社会进入信息社会以来，信息已经成为一项重要的生产力要素在社会各行各业的生存和发展中发挥着越来越大的作用，世界各国的许多大企业都把加强信息基础设施建设放在了企业经营发展战略的重要位置，力求加快自身信息化建设的步伐。企业信息化是企业迈向 21 世纪信息经济的必由之路，信息经济是以信息为主导的全面经济活动，而企业信息化就是企业用信息化的功能去推动企业的管理、生产和销售。因此，企业网的建设成为企业基础设施建设的重要内容。

另一方面，在信息技术飞速发展的同时，自动化领域也发生了深刻变革，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自动化系统，而现场总线正是这场深刻变革中的重要技术。由现场总线构成的控制系统成为工业企业网中控制网的典型实现模式。

工业企业网是企业网中的一个重要分支，是指应用于工业领域的企业网，是工业企业的管理和信息基础设施。它是一种综合的集成技术，涉及到计算机技术、通信技术、多媒体技术、控制技术和现场总线技术等。在功能上，工业企业网的结构可分为信息网和控制网上下两层，信息网位于工业企业网的上层，是企业数据共享和传输的载体；控制网位于工业企业网的下层，与信息网紧密地集成在一起，服从信息网的操作，同时又具有独立性和完整性。在实现上，信息网作为计算机网络，可以由流行的网络技术，如以太网、FDDI、ATM 以及相应的广域网技术构建；控制网主要基于现场总线构建。

由于现场总线控制系统适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向，给自动化系统的最终用户带来更大的实惠和更多的方便，并促使自动化仪表、集散控制系统（DCS）、可编程控制器 PLC 产品面临体系结构和功能等方面的重大变革，导致工业自动化产品的又一次更新换代，因而现场总线在世界范围内已经成为自控技术的热点，被誉为跨世纪的自控新技术。

由于工业企业网和现场总线属于发展中的新技术，我国各工业企业在这一领域的开发应用才刚刚起步不久，有关单位和人员深感技术资料的缺乏。作者在追踪国际上工业企业网和现场总线技术发展、从事相关科研开发工作的过程中，收集整理了一些技术资料，并加以总结和整理。编写本书旨在向读者介绍工业企业

网与现场总线技术的基本知识、相关理论以及如何建设一个实用的工业企业网或现场总线控制系统。希望本书能对我国工业企业网的技术开发与推广应用起到积极作用。

全书共分三篇。第一篇为工业企业网概论，包括第1章至第4章：第1章作为铺垫，概略地介绍计算机网络、企业网与现场总线方面的背景知识；第2章介绍计算机网络体系结构，包括ISO/OSI开放系统互联参考模型、TCP/IP协议参考模型和ATM参考模型；第3、4章介绍工业企业网的基本概念、体系结构、实现机制及基于工业企业网的相关应用。第二篇介绍工业企业网中的信息网络技术，包括第5章至第10章：第5章介绍局域网技术的基础知识；第6章至第8章重点讨论计算机网络领域中的一些新技术，其中第6章介绍高速以太网技术，第7章介绍ATM技术，第8章介绍交换式以太网和虚拟局域网技术；在对各种网络技术进行讨论的基础上，第9章立足于工业企业网介绍网络集成相关技术；第10章介绍工业企业网信息网的典型实现技术——Intranet。第三篇讨论现场总线技术，包括第11章至第15章：第11章介绍现场总线的基本知识；第12章至第15章分别介绍几种具有一定市场占有率和良好应用前景的现场总线技术及其应用，包括控制器局域网总线CAN、过程现场总线Profibus、基金会现场总线FF和LonWorks技术。

本书第1、3、4、5、8、9、11、15章由顾洪军同志编写；第2、6、7、10章由傅冬青同志编写；第12、13章由张铎同志编写；第14章由许丽娜同志编写。全书由顾洪军统稿。

本书在编写过程中，得到了清华大学自动化系吴秋峰教授的悉心指导，并认真审阅了全文，提出了修改意见，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，对该项技术的研究开发还有待深入，掌握的资料不够全面，缺点和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2001年11月于北京

目 录

第一篇 工业企业网概论

第 1 章 绪论	3
1.1 信息技术与计算机网络	3
1.1.1 信息技术的发展与计算机网络	3
1.1.2 计算机网络发展的历史	3
1.1.3 计算机网络的概念、功能和分类	8
1.2 企业网概述	11
1.2.1 企业信息基础设施的发展	11
1.2.2 企业网的概念与基本特性	12
1.2.3 工业企业网	12
1.2.4 企业网的研究框架	14
1.3 现场总线概述	15
1.3.1 现场总线的基本概念	15
1.3.2 现场总线控制系统	16
1.3.3 现场总线控制系统的体系结构	17
1.3.4 现场总线控制系统的技术特点	18
1.3.5 现场总线控制系统的优越性	18
第 2 章 计算机网络体系结构	20
2.1 计算机网络的协议体系结构模型	20
2.1.1 网络的层次体系结构	20
2.1.2 分层的好处	20
2.1.3 分层的原则	20
2.1.4 开放系统互联参考模型 OSI/RM	21
2.1.5 TCP/IP 体系结构模型	23
2.1.6 ATM 体系结构模型	23
2.1.7 局域网结构标准	25
2.2 OSI/RM 的基本特性	26
2.2.1 层次结构中的基本概念	26
2.2.2 层操作要素	34
2.2.3 连接映射特性——复用与解复用、分流与合流	38

2.3	计算机网络协议标准化	39
第3章	工业企业网	42
3.1	工业企业网的产生和发展背景	42
3.1.1	需求背景	42
3.1.2	技术背景	43
3.2	工业企业网的基本概念及特性	43
3.3	工业企业网的发展历程	44
3.4	控制网络与信息网络的互联	44
3.4.1	控制网络与信息网络互联的基础及必要性	45
3.4.2	控制网络与信息网络互联的技术特点	45
3.4.3	控制网络与信息网络互联技术在控制领域的应用	46
3.5	工业企业网的体系结构	47
3.5.1	工业企业网的功能体系结构	47
3.5.2	网络控制系统与工业企业网	49
3.5.3	工业企业网的一般实现结构	50
3.5.4	以现场总线与企业内部网为基础的工业企业网结构	52
第4章	工业企业网的实现与应用	57
4.1	建立工业企业网的策略	57
4.2	分布式控制网络平台	58
4.2.1	分布式控制网络技术的目标	58
4.2.2	分布式控制网络的结构	59
4.2.3	分布式控制网络平台	59
4.3	管理信息系统 (MIS)	61
4.3.1	管理信息系统的主要任务	62
4.3.2	管理信息系统的主要任务	63
4.3.3	管理信息系统的特点	63
4.3.4	管理信息系统的开发方法	63
4.3.5	管理信息系统的经济效益评价	65
4.4	办公自动化系统 (OA)	65
4.4.1	OA 的定义与特点	65
4.4.2	办公业务的分类和典型形式	66
4.4.3	OA 的支撑技术和功能	66
4.4.4	OA 的系统模型	66
4.5	供应链管理 (SCM)	67
4.5.1	企业内部供应链	67
4.5.2	产业供应链或动态联盟供应链	67
4.5.3	全球网络供应链	68

4.5.4	敏捷供应链管理关键技术	69
4.5.5	动态联盟和敏捷供应链管理系统	69
4.5.6	建立敏捷供应链管理系统的关键技术	70
4.6	计算机集成制造系统 (CIMS)	73
4.6.1	CIMS 的产生与发展	73
4.6.2	CIMS 的概念	76
4.6.3	CIMS 的构成	77
4.6.4	CIMS 中的数据集成技术	78
4.6.5	CIMS 的实施与经济效益	82
4.6.6	CIMS 成功应用的案例	82
4.7	制造资源计划与企业资源计划	82
4.7.1	制造资源计划	82
4.7.2	企业资源计划	85
4.8	决策支持系统 (DSS)	87
4.8.1	DSS 的构成和结构	87
4.8.2	DSS 的特点	88
4.8.3	决策支持系统的开发方法	89
4.8.4	DSS 的应用举例	89
4.8.5	群体决策支持系统	90
4.8.6	智能决策支持系统	91
4.9	客户关系管理 (CRM)	93
4.9.1	CRM 的基本概念	93
4.9.2	CRM 的商业挑战	93
4.9.3	CRM 的主要内容	95
4.9.4	CRM 应用现状	96
4.10	电子商务	97
4.10.1	电子商务的发展历程与概念	97
4.10.2	电子商务的基本流转程式	102
4.10.3	电子商务的主要模式	104

第二篇 工业企业网中的信息技术

第 5 章	局域网技术	109
5.1	局域网的特点与基本组成	109
5.2	局域网协议	110
5.3	介质访问控制方法	113
5.3.1	带冲突检测的载波监听多路访问 CSMA/CD	114
5.3.2	令牌环 (Token Ring) 介质访问控制 (IEEE 802.5)	117
5.3.3	令牌总线 (Token Bus) 访问控制 (IEEE 802.4)	118

5.4	局域网组网方法	119
5.4.1	IEEE802.3 物理层标准类型	119
5.4.2	以太网网络接口适配器	120
5.4.3	同轴电缆以太网组网方法	122
5.4.4	双绞线以太网组网方法	124
5.5	局域网互联技术	126
5.5.1	网络互联的基本概念	126
5.5.2	网络互联设备分类	126
5.6	高速局域网技术	127
5.7	局域网结构化布线技术	127
5.7.1	智能大厦与结构化布线的基本概念	127
5.7.2	结构化布线系统的组成	128
5.8	网络规划	128
第 6 章	高速以太网技术	131
6.1	百兆比特快速以太网	131
6.1.1	快速以太网体系结构	131
6.1.2	快速以太网系统组成及其跨距	132
6.1.3	自动协商与 10/100Mbit/s 自适应功能	137
6.1.4	快速以太网与 10Base-T/FL 性能比较	138
6.2	吉比特以太网技术	140
6.2.1	吉比特以太网体系结构	140
6.2.2	1000 Base-X	141
6.2.3	吉比特以太网系统集成	146
6.2.4	升级到吉比特以太网	147
6.3	高速以太网典型组网方案	151
6.3.1	传统以太网升级方案	151
6.3.2	吉比特以太网的组网	152
第 7 章	异步传输模式 (ATM) 技术	153
7.1	概述	153
7.1.1	ATM 技术的特点	153
7.1.2	ATM 的应用领域	154
7.2	ATM 的基本概念和原理	155
7.2.1	ATM 参考模型	155
7.2.2	ATM 适应层	155
7.2.3	ATM 层	156
7.2.4	物理层	158
7.2.5	ATM 交换	158

7.3	ATM 的实现	161
7.4	ATM 移动通信网	163
7.4.1	位置管理	163
7.4.2	切换	164
7.4.3	ATM 移动通信网发展的过程预测	164
7.4.4	关于 ATM 移动通信网的讨论	165
7.5	IP 协议与 ATM 技术的结合	165
7.6	IPOA (ATM 上的传统 IP)	166
7.6.1	IPOA 的通信规程	166
7.6.2	IPOA 的基本原理	167
7.6.3	IPOA 的应用模式	168
7.6.4	IPOA 的发展趋势	171
7.7	ATM 局域网仿真技术	172
7.7.1	局域网仿真的概念	172
7.7.2	局域网仿真体系结构及工作原理	173
7.7.3	局域网仿真的网络连接	175
7.7.4	IPOA 与 LANE 技术的比较	175
7.7.5	局域网仿真的局限性	176
7.8	ATM 上的多协议 (MPOA)	176
7.8.1	MPOA 系统组成元素	177
7.8.2	MPOA 的工作过程	179
7.9	MPLS	180
7.9.1	MPLS 的基本原理	180
7.9.2	MPLS 的优势	182
7.10	ATM 技术与多媒体通信	183
7.10.1	概述	183
7.10.2	面向 ATM 的多媒体网络控制	183
7.10.3	ATM 的多媒体应用	184
7.11	ATM 组网应用	185
7.11.1	交换网络结构及交换容量分析	185
7.11.2	交换机的主要技术参数	185
7.11.3	ATM 网络的接入技术	187
第 8 章	交换式以太网和虚拟局域网技术	190
8.1	交换式以太网技术	190
8.1.1	交换式技术发展过程	190
8.1.2	交换式以太网的工作原理	191
8.1.3	交换式以太网技术的优点	191
8.1.4	直通式 (Cut-Through) 与存储转发 (Store-and-Forward) 方式的比较	191

8.1.5	交换式 Hub	191
8.1.6	交换式局域网的设计	195
8.1.7	交换式以太网的多媒体技术	201
8.2	VLAN 技术及其应用	203
8.2.1	VLAN 技术概述	203
8.2.2	VLAN 的划分方式	205
8.2.3	VLAN 技术的优点	205
8.2.4	VLAN 技术的标准	206
8.2.5	基于交换式以太网的 VLAN	208
8.2.6	基于 ATM 网络的 VLAN	209
8.2.7	VLAN 技术的困惑	210
第 9 章	网络集成相关技术	212
9.1	网络集成概念与框架	212
9.1.1	系统集成的含义	212
9.1.2	网络系统集成框架	212
9.1.3	工业企业网系统集成框架	213
9.1.4	交换式控制网络技术	215
9.1.5	嵌入式控制网络技术	217
9.2	第三层交换技术	218
9.2.1	引言	218
9.2.2	第三层交换的概念	219
9.2.3	第三层交换技术的发展现状	219
9.2.4	第三层交换原理	221
9.2.5	第三层交换的实现要点和不同的实现技术	221
9.2.6	第三层交换技术的未来	222
9.2.7	以第三层交换式路由器为主体的网络设计	223
9.2.8	第四层交换	224
9.3	路由器技术	225
9.3.1	路由器的作用	226
9.3.2	路由器的类型及特点	226
9.3.3	路由器的基本原理和主要技术	227
9.3.4	路由器技术的发展	229
9.3.5	高速路由器	231
9.3.6	路由器的选择	234
第 10 章	Intranet 技术	239
10.1	Intranet 的基本概念	239
10.1.1	什么是 Intranet	239

10.1.2	Intranet 的特性	239
10.1.3	Intranet 的优点	240
10.1.4	Intranet 的功能	240
10.2	Intranet 在企业中的应用	241
10.2.1	Intranet 对企业管理的影响	241
10.2.2	企业应用	241
10.3	Intranet 与 Internet 的关系	243
10.4	企业 Intranet 计算结构及其相关技术	244
10.4.1	浏览器/服务器 (B/S) 计算模式	244
10.4.2	HTML 与 HTTP	246
10.4.3	企业 Intranet 计算结构	247
10.4.4	企业 Intranet 系统的安全技术	249
10.5	企业 Intranet 的建立	251
10.5.1	企业 Intranet 的建立步骤	251
10.5.2	企业 Intranet 的设计	252
10.5.3	Intranet 的实现方案	253
10.5.4	建设步骤	254
10.5.5	企业 Intranet 开发技术	255
10.6	Intranet 管理	255
10.6.1	Intranet 管理内容	255
10.6.2	基于 Web 的 Intranet 管理	257
10.7	Intranet 的局限性与 Extranet	260
10.7.1	Extranet 概述	261
10.7.2	Extranet 的体系结构	261

第三篇 现场总线技术

第 11 章	现场总线技术概述	265
11.1	控制系统的网络化发展	265
11.1.1	计算机控制系统的发展历程	265
11.1.2	自动控制网络技术及其变革	266
11.1.3	控制系统的网络化发展背景	267
11.1.4	控制系统软件技术的新发展	271
11.2	现场总线技术	271
11.2.1	现场总线技术的产生与发展	271
11.2.2	现场总线技术产生的意义	272
11.2.3	现场总线技术带来的控制系统变革	273
11.2.4	现场总线技术带来的新机遇	275
11.3	现场总线标准化	276

11.3.1	几种有影响的现场总线	276
11.3.2	IEC61158 现场总线国际标准	277
11.4	现场总线的通信协议	279
11.5	现场总线的拓扑结构	280
11.6	现场总线设备体系结构	281
11.6.1	现场总线设备组成	281
11.6.2	现场总线设备类型	282
11.7	现场总线控制系统 (FCS)	283
11.7.1	现场总线控制系统的概念	283
11.7.2	现场总线控制系统的组成	283
11.7.3	现场总线控制系统的特点	284
11.7.4	FCS 对 DCS 的挑战	285
11.8	一致性与互操作性测试技术	286
11.8.1	一致性测试	286
11.8.2	互操作性测试	288
11.9	基于现场总线的 Intranet 体系	289
11.9.1	体系结构	289
11.9.2	系统实现及主要问题	290
11.10	应用现场总线技术建立自动化控制系统时应注意的几个问题	291
11.10.1	项目是否适于使用现场总线	291
11.10.2	系统实时性要求	292
11.10.3	有无应用先例	292
11.10.4	采用什么样的系统结构配置	293
11.10.5	如何与车间自动化系统或全厂自动化系统连接	293
11.11	现场总线的发展趋势	293
11.11.1	现场总线的发展不会被计算机通信技术取代	293
11.11.2	国内现场总线的发展趋势	296
11.11.3	现场总线应用工程的发展趋势	297

第 12 章	控制器局域网总线——CAN	299
12.1	CAN 的技术特点	299
12.1.1	CSMA/CD—载波侦听多路访问/冲突检测	300
12.1.2	基于报文的通信	300
12.1.3	快速、可靠的网络通信	301
12.2	CAN 控制器	301
12.3	CAN 协议结构	302
12.3.1	CAN 协议层次	302
12.3.2	CAN 与其他通信方案的比较	303
12.4	CAN 的工作原理	303

12.4.1	报文传送及其帧结构	303
12.4.2	错误类型和界定	309
12.4.3	位定时与同步	311
12.4.4	CAN 总线媒体装置特性	312
12.5	CAN 总线的应用	317
12.5.1	CAN 总线的主要应用领域	317
12.5.2	CAN 总线在 HS2000 系统中的应用	319
第 13 章	过程现场总线 Profibus	321
13.1	概述	321
13.2	Profibus 基本特性	322
13.3	Profibus 协议结构	322
13.4	Profibus 总线存取协议	323
13.5	Profibus-DP	325
13.5.1	Profibus-DP 的基本功能	325
13.5.2	Profibus-DP 系统配置和设备类型	325
13.5.3	Profibus-DP 系统行为	327
13.6	Profibus-FMS	328
13.6.1	Profibus-FMS 主要功能	328
13.6.2	Profibus-FMS 应用层	328
13.6.3	Profibus-FMS 通信模型	328
13.6.4	通信对象与通信字典	329
13.6.5	Profibus-FMS 服务	330
13.6.6	Profibus-FMS 和 Profibus-DP 的混合操作	330
13.7	Profibus-PA	330
13.7.1	Profibus-PA 的特性	331
13.7.2	Profibus-PA 传输协议	331
13.7.3	Profibus-PA 设备行规	331
13.7.4	Profibus-PA 与 DP 的连接	331
13.8	Profibus 技术的应用	332
13.8.1	Profibus 控制系统组成	332
13.8.2	Profibus 控制系统配置	333
13.8.3	Profibus 系统配置及设备选型	334
13.9	Profibus 通信接口的开发	343
13.9.1	概述	343
13.9.2	Profibus 协议专用 ASICs 芯片	343
第 14 章	基金会现场总线	350
14.1	基金会现场总线的主要技术	350

14.2	FF 现场总线模型	353
14.2.1	FF 现场总线模型	353
14.2.2	协议数据的构成与层次	354
14.3	基金会现场总线的物理层及其网络连接	355
14.3.1	物理层的功能	355
14.3.2	物理层的结构	356
14.3.3	物理层的信号编码	357
14.3.4	31.25kbit/s 现场总线信号	358
14.3.5	传输介质	358
14.3.6	基金会现场总线的网络拓扑结构	359
14.4	通信栈	359
14.4.1	数据链路层 (DLL)	360
14.4.2	现场总线访问子层 (FAS)	364
14.4.3	现场总线报文规范 (FMS)	366
14.4.4	报文格式	370
14.4.5	协议行为	370
14.5	智能仪表功能模块	371
14.5.1	功能模块	371
14.5.2	现场总线智能仪表和设备的定义	374
14.5.3	功能块的内部结构与功能块连接	375
14.6	网络管理与系统管理	377
14.6.1	网络管理	377
14.6.2	系统管理	379
14.7	设备描述	381
14.7.1	设备描述	381
14.7.2	设备描述编译器	383
14.7.3	设备描述服务 (DDS)	384
14.8	互可操作性	384
14.9	基金会现场总线系统的组态与运行	384
14.9.1	基金会现场总线系统的组态信息	385
14.9.2	系统的组态	387
14.9.3	网段与系统的启动	388
14.9.4	关于装载 LAS 调度表与修改组态	388

第 15 章	LonWorks 技术和 LON 总线	390
15.1	LonWorks 概述	390
15.1.1	LonWorks 的技术特点	390
15.1.2	LonWorks 的神经元芯片	390
15.1.3	LonWorks 开发工具	392

15.1.4	LonWorks 的网络通信协议: LonTalk	393
15.2	LonWorks 在工业企业网中的应用	399
15.2.1	LonWorks 现场总线企业网的总体解决方案	399
15.2.2	基于 LonWorks 的工业企业网的具体实现	400
15.3	LonWorks 技术在楼宇自动化系统中的应用	402
15.3.1	工程简介及系统总体设计	403
15.3.2	系统功能	403
15.3.3	人机界面 (Human Machine Interface, HMI)	405
15.4	用 LonWorks 构筑全分散智能控制网络系统	405
15.4.1	LonWorks 全分散智能控制网络系统描述	405
15.4.2	LonWorks 全分散智能控制网络系统应用工程示例	411
15.4.3	推荐应用领域	416
缩略语		419
参考文献		423

第一篇

工业企业网概论