

Gerhard Schnell (Hrsg.)  
Bernhard Wiedemann (Hrsg.)

# **Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik**

**Grundlagen, Systeme und Trends  
der industriellen Kommunikation**

Mit 252 Abbildungen

6., überarbeitete und aktualisierte Auflage

Vieweg Praxiswissen



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Technische Grundlagen</b>	1
1.1	Netzwerktopologien	1
1.1.1	Zweipunktverbindungen	1
1.1.2	Zweipunktverbindungen mit Multiplexer	2
1.1.3	Bus-Struktur	3
1.1.4	Baumstruktur	5
1.1.5	Ringstruktur	6
1.1.6	Sternstruktur	7
1.2	Kommunikationsmodelle	8
1.2.1	Das ISO/OSI-Referenzmodell	8
1.2.1.1	Allgemeines	8
1.2.1.2	Die physikalische Schicht oder Bitübertragungsschicht	9
1.2.1.3	Die Sicherungsschicht	9
1.2.1.4	Die Netzwerkschicht	11
1.2.1.5	Die Transportschicht	12
1.2.1.6	Die Sitzungsschicht	13
1.2.1.7	Die Darstellungsschicht	13
1.2.1.8	Die Anwendungsschicht	14
1.2.1.9	Dienste für die Kommunikation zwischen den Schichten	14
1.2.1.10	Beispiel: Ablauf einer Kommunikation im OSI-Modell	15
1.2.2	Das TCP/IP-Protokoll	16
1.3	Buszugriffsverfahren	19
1.3.1	Master/Slave-Verfahren	19
1.3.2	Token-Prinzip	22
1.3.3	Token-Passing	24
1.3.4	CSMA	25
1.3.5	CSMA/CA	27
1.3.6	Busarbitration	28
1.4	Datensicherung	30
1.4.1	Einleitung	30
1.4.2	Fehlerarten	30
1.4.3	Einige grundlegende Beziehungen	31
1.4.3.1	Bitfehlerrate	31
1.4.3.2	Wiederholung einer Übertragung	31
1.4.3.3	Restfehlerrate	32
1.4.3.4	Hamming-Distanz	32
1.4.3.5	Telegrammübertragungseffizienz	33
1.4.4	Einige Strategien der Fehlererkennung	34
1.4.4.1	Paritätsbit	34

---

1.4.4.2	Blocksicherung.....	35
1.4.4.3	CRC.....	36
1.4.5	Datenintegritätsklassen .....	39
1.4.6	Telegrammformate.....	40
1.4.6.1	Telegramm mit Paritätsbit.....	40
1.4.6.2	Telegramm mit CRC .....	41
1.5	Telegrammformate.....	43
1.5.1	Das HDLC-Protokoll .....	43
1.5.2	UART .....	46
1.5.3	PROFIBUS-Norm EN 50 170 Teil 2.....	47
1.5.4	HART-Protokoll .....	48
1.5.5	Token-Telegramm.....	51
1.6	Binäre Informationsdarstellung.....	52
1.6.1	NRZ, RZ .....	52
1.6.2	Bipolar-Kodierung, HDB <sub>n</sub> -Kodierung.....	53
1.6.3	NRZI .....	54
1.6.4	AFP .....	54
1.6.5	Manchester-II-Kodierung .....	55
1.6.6	FSK, ASK, PSK.....	56
1.7	Übertragungsstandards.....	57
1.7.1	RS 232-, V.24-Schnittstelle .....	57
1.7.2	RS 422-Schnittstelle .....	59
1.7.3	RS 485-Schnittstelle .....	59
1.7.4	20 mA-Stromschleife .....	62
1.7.5	IEC 61158-2, FISCO-Modell .....	63
1.8	Leitungen und Übertragungsarten.....	69
1.8.1	Übersicht über die Leitungsarten .....	69
1.8.2	Paralleldrahtleitung .....	69
1.8.3	Koaxialleitung.....	73
1.8.4	Lichtwellenleiter (LWL).....	76
1.8.5	Übertragungsarten.....	77
1.8.5.1	Basisbandübertragung.....	77
1.8.5.2	Trägerfrequenzübertragung.....	77
1.8.5.3	Breitbandübertragung.....	78
1.9	Verbindung von Netzen .....	79
1.9.1	Repeater .....	79
1.9.2	Bridges .....	80
1.9.3	Router .....	82
1.9.4	Gateways.....	84
1.10	Feldbusankopplung an Host-Systeme .....	86
1.10.1	Grundlagen .....	86
1.10.2	SPS-Ankopplung .....	86
1.10.2.1	Feldbusfunktionen auf Kommunikations-Baugruppen .....	86
1.10.2.2	Software-Schnittstelle .....	87
1.10.2.3	Einheitliche Programmierung mit IEC 1131 .....	88
1.10.3	PC-Ankopplung .....	89

1.10.3.1	Hardware-Aspekte.....	89
1.10.3.2	Techniken des Anwenderzugriffs .....	90
1.10.4	Controller-Ankopplung.....	93
1.10.5	Ankopplung an höhere Netze über Gateways.....	94
1.10.6	Host-Zugriffe unter MMS .....	94
1.11	Buszykluszeiten.....	97
1.11.1	Deterministische Bussysteme.....	97
1.11.2	Nichtdeterministische Bussysteme.....	99
<b>2</b>	<b>Netzwerkhierarchien in der Fabrik- und Prozessautomatisierung .....</b>	<b>101</b>
2.1	Übersicht und Spezifik der Kommunikation in der Automatisierung.....	101
2.2	Managementebene.....	109
2.3	Prozesseleitebene .....	111
2.3.1	ETHERNET für den Industrieinsatz .....	113
2.3.2	Aufgaben von TCP/IP sowie Echtzeitfähigkeit .....	114
2.3.3	Anwendungsschicht ALI/ API.....	118
2.3.4	ETHERNET-Anwendung in der Feldbustechnologie.....	119
2.4	Feldebene (Feldgerät – SPS) .....	120
2.4.1	Anforderungen an einen Feldbus auf der Systemebene.....	120
2.4.2	Schlussfolgerungen .....	122
2.4.3	Stand und Entwicklungstendenzen .....	123
2.4.4	Datenübertragung mit Lichtwellenleitern .....	124
2.4.5	Feldbussystem in Doppelringstruktur .....	128
2.5	Sensor-Aktor-Ebene .....	132
2.5.1	Anforderungen im Sensor-Aktor-Bereich.....	132
2.5.2	Industrielösungen für Sensor-Aktor-Bussysteme: .....	135
<b>3</b>	<b>Feldbusnormung .....</b>	<b>141</b>
3.1	Internationale Normungsarbeit.....	141
3.1.1	IEC-Feldbus .....	143
3.2	Europäische Normungsarbeit .....	145
<b>4</b>	<b>Beispiele ausgeführter Bussysteme .....</b>	<b>151</b>
4.1	Sensor/Aktor-Busse.....	151
4.1.1	AS-Interface – Aktuator/Sensor-Interface .....	151
4.1.2	Das EIB-System für die Heim- und Gebäudeelektronik .....	166
4.2	Feldbusse.....	177
4.2.1	Der Bitbus .....	177
4.2.2	PROFIBUS .....	182
4.2.2.1	Das PROFIBUS-Konzept.....	182
4.2.2.2	Schicht 1 – Übertragungstechnik .....	184
4.2.2.3	Schicht 2 – Datenübertragungsschicht .....	185
4.2.2.4	PROFIBUS-FMS .....	189
4.2.2.5	PROFIBUS-DP .....	194
4.2.2.6	PROFIBUS Konfiguration .....	196
4.2.2.7	PROFIBUS Profile.....	197

4.2.2.8	PROFIBUS PA – Feldbus für die Prozessautomation .....	198
4.2.2.9	Das PROFISafe-Profil.....	205
4.2.2.10	Anwendung von PROFIBUS als Remote I/O in der Prozessautomation.....	205
4.2.3	Interbus .....	209
4.2.4	IDA: Ethernet, Web und verteilte Intelligenz.....	218
4.2.4.1	IDA-Architektur – das Objektmodell.....	219
4.2.4.2	Das IDA-Kommunikationsmodell .....	220
4.2.4.3	Kommunikation in Echtzeit .....	220
4.2.4.4	Safety Integrated .....	221
4.2.4.5	IDA und Modbus TCP/IP .....	224
4.2.4.6	Web-Technologien bei IDA .....	224
4.2.5	Industrielle Kommunikation von Schneider Electric .....	226
4.2.5.1	Serieller Feldbus (SFB).....	228
4.2.5.2	Modbus Plus.....	229
4.2.5.3	Transparent Ready™ .....	231
4.2.6	SIMATIC NET – Industrielle Kommunikation von Siemens.....	235
4.2.6.1	Industrial Ethernet – Das Netz für Produktion und Büro.....	237
4.2.6.2	PROFIBUS – der Feld- und Zellenbus bei SIMATIC NET	242
4.2.6.3	AS-Interface – der Aktor-Sensor-Bus bei SIMATIC NET..	246
4.2.7	LON .....	248
4.2.7.1	LON-Gerät .....	249
4.2.7.2	LonWorks-Protokoll .....	252
4.2.7.3	Funktionsprofile für LON-Geräte .....	262
4.2.7.4	LON-übergreifende Kommunikation .....	262
4.2.7.5	Netzwerk-Management und Tools .....	263
4.2.8	WorldFIP .....	264
4.2.8.1	Physikalische Ebene.....	264
4.2.8.2	Übertragungsschicht.....	265
4.2.8.3	Telegrammaufbau .....	268
4.2.8.4	Anwendungsschicht .....	269
4.2.9	P-NET .....	270
4.2.10	CAN .....	279
4.2.11	Foundation Fieldbus .....	288
4.2.12	CIP-basierende Industrienetzwerke .....	294
4.2.12.1	DeviceNet.....	295
4.2.12.2	ControlNet.....	302
4.3	Industrial Ethernet.....	308
4.3.1	Industrial Ethernet – was ist das eigentlich?.....	308
4.3.2	Grundlegende Informationen zu Ethernet.....	308
4.3.3	Ethernet im Vergleich zu modernen Feldbussystemen .....	313
4.3.4	Die wichtigsten Realisierungen .....	318
4.3.4.1	FOUNDATION™ Fieldbus High Speed Ethernet.....	318
4.3.4.2	PROFINet .....	321
4.3.4.3	Ethernet/IP .....	325
4.3.4.4	Ein „harter“ Echtzeit-Ethernet: Powerlink.....	329

---

4.4	Peripheriebusse am PC.....	339
4.4.1	Vergleich USB – Firewire .....	339
4.4.2	USB.....	341
<b>5</b>	<b>Weitverkehrsnetze .....</b>	<b>345</b>
5.1	ISDN .....	345
5.2	DATEX-L .....	349
5.3	DATEX-P.....	350
5.4	TEMEX .....	354
<b>6</b>	<b>Installationsbeispiele aus der Bus-Praxis .....</b>	<b>357</b>
6.1	Verbindung von Feldgeräten über PROFIBUS und OPC mit Anwendersoftware .....	357
6.1.1	Kurze Einführung in OPC.....	357
6.1.2	Die Aufgabe: PROFIBUS an Visualisierungssoftware.....	358
6.1.3	Konfiguration des PROFIBUS .....	359
6.1.4	Konfiguration des OPC-Servers .....	359
6.1.5	SCADA-Projekt und OPC-Konfiguration .....	361
6.2	Prozesssteuerung über das Internet-Netzwerk .....	364
6.2.1	Das Problem.....	364
6.2.2	Erstellung der LabView-Applikation.....	365
6.2.3	Internetanbindung .....	367
6.2.4	Die Konfiguration des HTTP-Servers .....	370
6.3	Konfiguration ASI/Interbus-Gateway an Interbus .....	371
6.3.1	Aufbau der Bus-Systeme .....	371
6.3.2	Konfiguration des AS-I.....	373
6.3.3	Kommunikation des AS-I/Interbus-Gateway mit dem Interbus.....	373
6.3.3.1	Interbustelegramm des Gateways.....	374
6.3.3.2	Nutzdaten des Gateways .....	374
6.3.3.3	Funktion und Bedeutung von Steuer- und Statuswort .....	375
6.3.4	Die sw-Verknüpfung Interbus/AS-I.....	376
6.3.4.1	Konfiguration der Modicon SPS .....	376
6.3.4.2	Variablendeclaration .....	377
6.3.4.3	Kommunikationsablauf .....	378
6.4	Die Verbindung einer SPS mit dem PROFIBUS DP .....	380
6.4.1	S7-Projekt .....	380
6.4.2	Konfiguration der S7-Station .....	381
6.4.3	Kommunikation zwischen CPU und CP .....	384
6.4.4	Programmbeispiel .....	385
<b>7</b>	<b>Datenblätter .....</b>	<b>387</b>
7.1	AS-I (Aktuator/Sensor-Interface) .....	387
7.2	EIB (European Installation Bus) .....	388
7.3	Bitbus .....	389
7.4	PROFIBUS.....	390
7.4.1	PROFIBUS-FMS .....	390

---

7.4.2 PROFIBUS-DP .....	391
7.4.3 PROFIBUS-PA .....	392
7.5 Interbus .....	393
7.6 Schneider Automation Bussysteme .....	394
7.6.1 SFB (Systemfeldbus) .....	394
7.6.2 Modbus Plus .....	394
7.6.3 Transparent Ready .....	395
7.7 SIMATIC NET .....	396
7.7.1 AS-Interface .....	396
7.7.2 PROFIBUS .....	396
7.7.3 Industrial Ethernet .....	396
7.8 LON (Local Operating Network) .....	397
7.9 Flux Information Processus (FIP) .....	398
7.10 P-Net .....	399
7.11 CAN (Controller Area Network) .....	400
7.12 Foundation Field Bus .....	401
7.13 ARCNET .....	402
7.14 Gigabit Ethernet .....	403
7.15 ATM (Asynchronous Transfer Mode) .....	404
7.16 Eigensichere Feldbusse .....	405
7.16.1 PROFIBUS PA (siehe 7.4.2) .....	405
7.16.2 ICS MUX (RS 485) .....	405
7.16.3 PROFIBUS (DP) Ex-i .....	406
7.17 Rockwell Automation Bussysteme .....	407
7.17.1 DeviceNet .....	407
7.17.2 ControlNet .....	408
7.17.3 EtherNet/IP .....	409
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>411</b>