

Franz-Joachim Kauffels

Lokale Netze

Zehnte, aktualisierte und erweiterte Auflage



Inhaltsverzeichnis

1. Lokale Netze – eine Erfolgsstory	15
1.1 Der Ursprung Lokaler Netze	22
1.2 Überblick über die Entwicklung	34
1.3 Anwendungsfelder Lokaler Netze	39
1.3.1 Das LAN im Rechenzentrum	41
1.3.2 Das LAN als Basis eines Integrierten Informationssystems	47
1.3.3 Das LAN in der Industriellen Fertigungsumgebung	49
1.3.4 PC-LANs	52
1.4 Netzwerk-Architekturen für Verteilte Anwendungen	63
1.4.1 Einführung und Problemstellung	65
1.4.2 Netzwerkarchitekturen	66
1.4.3 Netz-Management	83
1.5 LAN-Standards und Standard-LANs	85
1.5.1 LAN-Medien und LAN-Grundtypen	85
1.5.2 Steuerungsverfahren für klassische LANs (vgl. Kapitel 3)	90
1.5.3 LAN-Standards (vgl. Kapitel 4)	94
1.5.4 Die klassischen LANs (Kapitel 3, 4, 5)	96
1.5.5 Zusammenfassung	101
1.6 Lokale Netze auf dem Weg ins nächste Jahrtausend	102
1.6.1 Das Problem: müde Standard-LANs	102
1.6.2 Strukturierte Verkabelung	103
1.6.3 Hub-Technologie	105
1.6.4 LAN-Switching	110
1.6.5 Ethernet-Nachfolgetechnologien	111
1.6.6 FPS Fast Packet Switching	112
1.6.7 ATM-LANs	115
1.7 Überblick über den Inhalt des Buches	117
2. Nachrichtenübertragung in Lokalen Netzen	119
2.1 Grundsatzfragen der Übertragungstechnik	121
2.1.1 Bits und Bauds	122
2.1.2 Ein Modell für ein Übertragungssystem	123
2.1.3 Die echten Fundamentals: Fourier-Analyse, Abtasttheorem, Impulsverformung und Bandbreite	125
2.1.4 Die Nyquistbedingungen	131
2.1.5 Bandbreite, Kanalkapazität und Ausnutzung	137

2.1.6	Multiplexverfahren, Grundbegriffe	142
2.2	Übertragung auf metallischen Leitern	145
2.2.1	Niederfrequenzkabel	145
2.2.1.1	Physikalische Eigenschaften von Leitungen	146
2.2.1.2	Nebensprechdämpfung	149
2.2.1.3	Entscheidende Parameter bei Verkabelungssystemen	151
2.2.1.4	Grundtypen des Twisted Pair	152
2.2.1.5	Entwicklung von Spezifikationen und Normen für Niederfrequenzkabel	154
2.2.1.6	Datenstecker für Niederfrequenzkabel	157
2.2.2	Hochfrequenzkabel	160
2.2.3	Übertragungsverfahren auf metallischen Leitern	164
2.2.3.1	Einfache Basisbandübertragungsverfahren	165
2.2.3.2	Partial-Response-Verfahren	169
2.2.3.3	Basisbandübertragung mehrwertiger Signale	173
2.2.3.4	Breitbandübertragungstechnik	174
2.2.3.5	Technische Ausführung kabelgebundener Breitbandübertragungssysteme	178
2.3	Optische Übertragungstechnologie	179
2.3.1	Strahlungsquellen	181
2.3.2	Lichtwellenleiter	184
2.3.3	Strahlungsempfänger	192
2.3.4	Aufbau und Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln	192
2.3.5	Optische Verbindungstechnik	196
2.3.5.1	Spleißtechnik	197
2.3.5.2	Steckertechnik	198
2.3.5.2.1	FSMA-Stecker	198
2.3.5.2.2	ST-Stecker	199
2.3.5.2.3	FC/PC-Stecker	200
2.3.5.2.4	BNC- und Biconic-Stecker	200
2.3.5.2.5	DIN-Stecker	201
2.3.5.2.6	FDDI-MIC-Stecker	201
2.3.5.2.7	Duplex SC-Stecker	201
2.3.6	Einmessung von Lichtleiterverbindungen	202
2.3.7	Optische Sternkoppler	203
2.4	Wireless LANs	205
2.4.1	Wireless LANs – Architektur	206
2.4.2	Spread Spectrum, Microwave und Infrared	208
2.4.3	Einsatzmöglichkeiten und weitere Probleme	210
2.4.4	Bestimmungen, Risiken und Standards	212
2.5	Codierung und Fehlersicherung	213

2.5.1	Parity Check	213
2.5.2	Blocksummen-Check	214
2.5.3	Cyclic Redundancy Checksum/CRC	214
2.6	Verkabelung: Problematik, Standards, Beispiele	215
2.6.1	Grundsätzliche Anforderungen und Problemstellungen	216
2.6.2	Versorgungs- und Verkabelungsbereiche	222
2.6.3	Standards für die Inhouse-Verkabelung	229
2.6.4	Beispiele für Verkabelungssysteme	249
3.	Klassische LAN-Zugriffsverfahren	261
3.1	Einleitung	262
3.2	Zugriffsverfahren in Ringsystemen	263
3.2.1	Das Token-Ring-Protokoll	265
3.2.2	Slotted Ring	275
3.2.3	Erhöhung der Zuverlässigkeit von Ringnetzen	275
3.2.4	FDDI-Ringnetzwerk	278
3.2.4.1	FDDI-Topologie und Glasfaser-Interface	278
3.2.4.2	Die FDDI-Zugriffsmethode	280
3.2.4.3	FDDI – Zuverlässigkeit und Leistung	281
3.2.5	System- und Produktbeispiel Token Ring	282
3.2.5.1	IBM Classic Token Ring	283
3.2.5.2	Der weitere Weg des Token Rings	290
3.2.6	System- und Produktbeispiel FDDI	294
3.3	Zugriffsverfahren in Bussystemen	300
3.3.1	Klassifikation von Bussystemen	301
3.3.2	Auswahltechniken und der Token Bus	303
3.3.2.1	Beispiele zentraler Auswahltechniken	304
3.3.2.2	Dezentrale Techniken, Token Bus	304
3.3.3	Random-Access-Methoden	312
3.3.4	Reservierungstechniken	326
3.3.5	IEEE 802.6 DQDB-Doppelbus	327
3.3.6	Bus-Systembeispiel Ethernet V.2	336
3.3.6.1	Systemübersicht	336
3.3.6.2	Technischer Überblick	338
3.3.6.3	Entwicklung von Ethernet	345
3.4	Zum Erscheinungsbild moderner LAN-Familien	345
3.4.1	Anforderungen/Fragen an den Hersteller/Vertreiber von LAN-Komponenten	347
3.4.2	Anforderungen an die Komponenten des Übertragungssystems	349

3.4.3	Anforderungen an Unterverteiler	349
3.4.4	Anforderungen an Adapterkarten	350
3.5	Fazit	355
4.	LAN-Standards und Standard-LANs	357
4.1	Der Standard IEEE 802/ISO 8802 – Übersicht	360
4.2	IEEE 802.2/ISO 8802.2 Logical Link Control und IEEE 802.1/ISO 8802.1 architekturelle Einbindung	365
4.2.1	OSI-Schichtenbildung	365
4.2.2	OSI Dienst- und Protokollspezifikationen	367
4.2.3	Service Primitive-Typen	368
4.2.4	Protokoll-Dateneinheiten	371
4.2.5	Das HDLC-Protokoll	372
4.2.6	Die LLC nach IEEE 802	376
4.3	IEEE 802.3/ISO 8802.3 CSMA/CD-System	384
4.3.1	IEEE 802.3/ISO 8802.3 MAC	385
4.3.2	IEEE 802.3 10Base-5	390
4.3.3	IEEE 802.3 10Base-2 »Cheapernet«	392
4.3.4	IEEE 802.3 10Base-T Twisted Pair-LAN	394
4.3.5	IEEE 802.3 Fiber-Optic-Systeme	400
4.3.6	IEEE 802.3 10Broad-36	406
4.3.7	Full Duplex Ethernet	407
4.3.8	100 Base-T	409
4.4	IEEE 802.4/ISO 8802.4 Token-Bus-System	417
4.5	IEEE 802.5/ISO 8802.5 und IBM Token-Ring-System	418
4.5.1	Token Ring Physical Layer	427
4.6	IEEE 802.12 Demand Priority 100VG-AnyLAN	429
4.7	ANSI X3T9.5/ISO 9314-X FDDI-System	436
4.7.1	FDDI – Media Access Control/MAC	437
4.7.2	FDDI – Physical Layer Protocol/PHY	442
4.7.3	FDDI – Physical Medium Dependent/PMD	444
4.7.4	FDDI – Station Management/SMT	446
4.7.5	Fehlertoleranz im FDDI-Ringnetz	447
5.	Vom Standard-LAN zum Unternehmensnetz	449
5.1	Internetworking	450
5.1.1	Die allgemeine LAN-Internetworking-Problematik	453
5.1.2	Bedarfsorientiertes LAN-Internetworking	456
5.1.2.1	Kopplung mit Brücken	456
5.1.2.1.1	Grundsätzliche Arbeitsweise von Brücken	456
5.1.2.1.2	Selbstlernende Brücken	459
5.1.2.1.3	Schleifenunterdrückung	460

5.1.2.1.4	Spanning Tree-Verfahren	460
5.1.2.1.5	Source Routing	461
5.1.2.2	Kopplung mit Routern	463
5.1.2.2.1	Architektur von Routern	464
5.1.2.2.2	Routing und Netzwerk-Protokolle	464
5.1.2.2.3	IP, das Internet Protocol	466
5.1.2.2.4	RIP	472
5.1.2.2.5	OSPF	472
5.1.2.2.6	IS-IS-Protokoll	473
5.1.2.2.7	Integrated IS-IS	473
5.1.3	Der Einsatz von Backbone-Netzen	473
5.1.3.1	Aufbau und Klassen von Backbone-Netzen	474
5.1.3.2	Encapsulation und Translation-Techniken	476
5.2	Hub-Technologie	478
5.2.1	Einführung	479
5.2.2	Unternehmensweite Hubs	482
5.2.2.1	Anforderungen an unternehmensweite Hubs	482
5.2.2.2	Der Bus: Kern des Hubs	484
5.2.2.3	Weitere wichtige Hub-Komponenten	486
5.2.2.4	Hub-Technologie heute	488
5.2.3	Collapsed Backbones	503
5.3	Neu im Netz: Multimedia	505
5.3.1	Multimedia, die neue Schnittstelle	506
5.3.2	Multimedia im Netz	509
5.3.3	Kompressionstechniken	515
5.3.4	Video-Server	519
5.3.5	Folgen für die Backbones	519
5.4	LAN-Management, Sicherheit und Betrieb	522
5.4.1	Einleitung	522
5.4.2	Funktionen des integrierten Netzwerk-Managements	527
5.4.3	Methoden der Integration von Management-Instrumenten	530
5.4.4	Netzwerk-Management Standards	534
5.4.4.1	SNMP	535
5.4.4.2	RMON: Remote Monitoring	540
5.4.4.3	SNMP Version 2	545
5.4.5	Sicherheitsprobleme in Netzen	547
5.4.5.1	Einführung	548
5.4.5.2	Sicherheit im Netz	549
5.4.6	Netzwerk-Management-Produktreihen, Kurzüberblick	553
5.4.7	Wandel der Bedarfsentwicklung im Netzwerk-Management	555
5.4.7.1	Die heutige Bedarfssituation	555

5.4.7.2	Die klassischen Problembereiche in der Praxis	557
5.4.7.3	Unangenehme Erfahrungen zum Netzwerk-Management	560
5.4.8	Beispiel 3Com Transcend	564
6.	Herausforderungen an moderne Netze und Evolution der LANs	569
6.1	Herausforderungen an die Netzwerk-Planung	572
6.1.1	Konkrete Anforderungen an moderne Netzwerk-Infrastrukturen	573
6.1.2	Trends	583
6.1.3	Schwachstellen bisheriger Netze	586
6.1.4	Lösungswege	592
6.2	LAN-Evolution mit Packet-Switching	601
6.2.1	Dedicated Ethernet	602
6.2.2	Bandwidth on Demand	608
6.2.3	Token Ring Switching und High Speed Token Ring	610
6.2.3.1	Stärken und Schwächen von Token Ring	614
6.2.3.2	Token Ring Switching	617
6.2.3.3	Voll Duplex Token Ring	619
6.2.3.4	High Speed Token Ring	620
6.2.3.5	Sanfte Migration	623
6.2.3.6	Token Ring Switching und ATM	623
6.2.4	Der Switch-Markt	625
6.2.5	Konstruktion gewichteter Lösungen und Hinweise	629
6.3	LAN-Evolution mit High Speed: Gigabit Ethernet	634
6.3.1	Gigabit-Ethernet: der Standard	635
6.3.2	Microsegmentierung und die Unumgänglichkeit von 1000 Base T	639
6.3.3	Das Ende der Wohlsortiertheit	642
6.3.4	Zarte Produktansätze	645
6.3.5	Gigabit-Ethernet: erste Tests	649
6.4	Virtuelle Netze	657
6.4.1	Heutige Lösungen	657
6.4.2	Virtuelle Netze als Basis für neue Lösungen im Hinblick auf logische Workgroups	659
6.4.3	Virtuelle Netze auf Basis konventioneller LANs: IEEE 802.1Q	664
7.	ATM-LANs und Switched Virtual Networks	671
7.1	ATM-Grundlagen	672
7.2	Lokales ATM	692

7.2.1	L-ATM: Physikalische Medien und Schnittstellen	692
7.2.2	L-ATM: die Bitübertragungs- und Datensicherungsschicht	695
7.2.3	25 vs.155 Mbit/s zum Endgerät	696
7.3	LAN-Emulation, IP over ATM und »native ATM«-Schnittstellen	701
7.3.1	ATM-Forum LAN Emulation	702
7.3.2	IETF RFC 1577 Classical IP over ATM	711
7.3.3	Native ATM-APIs	712
7.3.4	Multiprotocol Routing over ATM: MPOA	718
7.4	Die ATM-Strategie von IBM	720
7.4.1	Übersicht	721
7.4.2	ATM-LAN- und Campus-Produkte	722
7.4.3	Das private ATM-WAN mit Nways-Switches	725
7.5	ATM-Netz-Management	726
7.6	Switched Virtual Networks	734
7.6.1	LAN-Switching	736
7.6.2	ATM LAN Emulation	738
7.6.3	ATM-Kanten-Router	740
7.6.4	Virtuelle Router	743
7.6.5	Relationale Netze	746
7.6.6	Virtuelle Netze und schnelles Backbone-Switching	748
7.7	IBM/3Com MSS	752
7.7.1	Migration zum Switching	754
7.7.2	MSS: Funktionen, Eigenschaften, Vorzüge	756
7.7.3	Super-VLANs	758
7.7.4	Protokollbasierte VLANs	759
7.7.5	Next Hop Resolution Protocol NHRP Short Cut Routing	759
7.7.6	Broadcast Management	761
7.7.7	Zuverlässigkeit	761
7.7.8	Unterstützung für Classical IP über ATM	762
7.7.9	Routing Support	763
7.7.10	Bridging Support	763
7.7.11	ATM Virtuelle Schnittstelle	763
7.7.12	Konfigurierbare QoS für ELANs	764
7.7.13	PNNI Control Point	764
7.7.14	MSS Zusammenfassung	765
8.	Intranets und E-Commerce	767
8.1	Intranet: gedankliche Grundzüge	769
8.2	Intranet: verschärfte Definition	780
8.3	Grundfunktionen von Internet/Intranets	782

8.3.1	Die Entwicklung des Internet	785
8.3.2	Grundfunktionen des Internet: Email, TELNET, FTP, IRC Foren, Tools	786
8.3.2.1	Adressen im Internet	787
8.3.2.2	E-Mail	792
8.3.2.3	Telnet	794
8.3.2.4	FTP	795
8.3.2.5	Weitere Tools: Gopher, Archie & Co.	796
8.3.2.6	Chatten und News	797
8.3.2.7	Zusammenfassung	798
8.4	World Wide Web/Enterprise Wide Web	799
8.4.1	Grundlegende Funktionsweise des WWW	801
8.4.2	Die WWW-Standards HTML und HTTP	806
8.4.3	Erweiterungen der Grundkonzepte: Java, HTML3 und 3D	812
8.5	Wirtschaftlichkeit von Intranets: von der Präsenz zum Profit	816
8.5.1	Nutzungsphasen für Intranets	818
8.5.2	Intranets als Basis des Re-Engineerings	822
8.5.3	Wirtschaftlichkeit von Intranets	825
8.5.4	1:1-Marketing mit Internet/Intranets	832
8.5.4.1	Der 1:1-Ansatz	834
8.5.4.2	Intranet als Medium für das 1:1-Paradigma	835
8.5.4.3	Ein Kunde zu einer Zeit	838
8.5.4.4	Information: Schlüssel zum Erfolg	841
8.5.4.5	Probleme des Massen-Marketings	843
8.5.4.6	Schutz der personenbezogenen Daten	846
8.5.5	Merchant Server	847
8.5.5.1	Grundlegende Überlegungen	848
8.5.5.2	Das Anwendungssystem von Broadvision	851
8.5.6	Das IBM Network Computing Framework for E-Business NCF	854
8.6	Die wirtschaftliche Nutzung von Java und Netzcomputern NCs	862
8.6.1	NCs	865
8.6.2	Java	868
8.6.3	PC, SC oder NC	869
8.6.4	Organisatorische Überlegungen	873
8.7	Sicherheit in Internet und Intranets	875
8.7.1	Allgemeine Bedrohungen	876
8.7.2	Spezielle Schwachstellen von Internet/Intranets	879
8.7.3	ID-Systeme	886
8.7.4	Schutz von Objekten in verteilten Umgebungen	887

8.7.4.1	Schutz von Objekten allgemein	888
8.7.4.2	Objekte in vernetzten und verteilten Systemen	893
8.7.5	Schwachstellen der Informationssicherheit in Netzen und Absicherungsmaßnahmen bis zur Schicht 5	898
8.7.5.1	Einflüsse auf die Informationssicherheit	898
8.7.5.2	Schwachstellen in der Schicht 0, Medium	899
8.7.5.3	Schwachstellen der Bitübertragungsschicht	901
8.7.5.4	Schwachstellen in der Sicherungsschicht	903
8.7.5.5	Schwachstellen in der Vermittlungsschicht	903
8.7.5.6	Sicherung der Information auf der Transportschicht	904
8.7.5.7	Sicherung der Information auf der Kommunikations-Steuerungsschicht	905
8.7.6	Sicherung der Information auf der Datendarstellungsschicht	906
8.7.7	Probleme der Anwendungsschicht	907
8.7.8	Die Sicherheitspolitik	908
8.7.8.1	Die Erarbeitung einer Sicherheitspolitik	910
8.7.9	Firewall-Systeme	911
8.7.9.1	Grundlegende Konstruktionsprinzipien	912
8.7.9.2	Beispiel: Raptor Systems Eagle	916
8.7.9.3	Planung und Implementierung	919
8.7.10	Fazit	924
Literaturverzeichnis		927
Stichwortverzeichnis		937