Dieter Conrads

Telekommunikation

Aus dem Programm

Informationstechnik

Signalverarbeitung

von M. Meyer

Grundlagen der Informationstechnik

von M. Meyer

Kommunikationstechnik

von M. Meyer

Telekommunikation

von D. Conrads

Informationstechnik kompakt

herausgegeben von O. Mildenerger

Mobilfunknetze

von M. Duque-Antón

Datenübertragung

von P. Welzel

Information und Codierung

von M. Werner

Nachrichtentechnik

von M. Werner

Von Handy, Glasfaser und Internet

von W. Glaser

Dieter Conrads

Telekommunikation

Grundlagen, Verfahren, Netze

5., korrigierte Auflage

Mit 178 Abbildungen

Studium Technik

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Bis zur 3. Auflage einschließlich erschien das Buch unter dem Titel *Datenkommunikation*.

1. Auflage 1989
- 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 1993
- 3., überarbeitete und erweiterte Auflage 1996
- 4., überarbeitete und erweiterte Auflage November 2001
- 5., korrigierte Auflage April 2004

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2004

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen der Springer Science+Business Media.

www.vieweg.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN-13: 978-3-528-44589-8 e-ISBN-13: 978-3-322-85079-9

DOI: 10.1007/978-3-322-85079-9

Vorwort

Die Datenkommunikation hat in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, und zwar nicht nur für die Insider in den Rechenzentren und Kommunikationszentralen, sondern auch für viele Mitarbeiter, deren Arbeitsumfeld und Arbeitsinhalte durch die Möglichkeiten der Datenkommunikation verändert werden, und für Entscheidungsträger, die in diesem Bereich Entscheidungen von weitreichender Bedeutung für die Inhalte und Ausgestaltung von Arbeitsplätzen zu treffen haben, sowie für interessierte Laien, die zur Kenntnis nehmen, dass die Auswirkungen der neuen Entwicklungen der Datenkommunikation verstärkt bis in den privaten Bereich hineinreichen.

Das vorliegende Buch ist thematisch breit angelegt, was notwendigerweise eine beschränkte Darstellungstiefe zur Folge hat. Trotz der angestrebten Breite konnten nicht alle Aspekte der Datenkommunikation behandelt werden. So werden zwar Aspekte des 'Managements von Datennetzen' und der 'Sicherheit in Datennetzen' in anderen Zusammenhängen häufig erwähnt, diese Themenstellungen aber nicht in geschlossener Form in eigenständigen Kapiteln behandelt.

Das Buch hat einführenden Charakter. Ziel ist es, ohne in großem Umfang Vorkenntnisse vorauszusetzen, in leicht verständlicher Darstellung einen Überblick über das weite Feld der Datenkommunikation zu geben und einen Einblick in die Zusammenhänge zu vermitteln. Es wird deshalb zugunsten eines – evtl. etwas oberflächlichen – Verständnisses bewusst weitgehend darauf verzichtet, die teilweise nichtelementaren mathematisch/physikalischen Grundlagen vieler Aspekte der Datenkommunikation darzustellen.

Ein zweites Ziel ist die Einführung in die durchweg englischsprachig geprägte Begriffswelt der Datenkommunikation. Es werden deshalb jeweils die englischen und die deutschen Fachausdrücke gebracht und teilweise wechselnd benutzt. Dadurch soll denjenigen Lesern, die ihr Wissen in speziellen Bereichen vertiefen möchten, der Zugang zur Originalliteratur erleichtert werden.

Gemäß den Zielsetzungen ist das Buch als Einstiegs- und Übersichtswerk für Studenten der einschlägigen Fachrichtungen geeignet. Darüber hinaus sollen solche Personen angesprochen werden, die als Nutzer oder in anderer Weise von den Entwicklungen in der Datenkommunikation Betroffene sich einiges an Hintergrundinformation aneignen möchten.

Vorwort zur 5. Auflage

Anlässlich des Erscheinens der 5. Auflage dieses Buches möchte ich allen danken, die durch Kommentare, Verbesserungsvorschläge, aber auch durch Hinweise auf Fehler durchweg positive Kritik geübt haben.

Während für die 4. Auflage, den längerfristigen Entwicklungen Rechnung tragend, wesentliche Anpassungen vorgenommen wurden, insbesondere

- das Kapitel 3 'Lokale Datenkommunikation' aufgrund der allgemeinen Hinwendung zu Ethernet und dem damit einhergehenden Bedeutungsverlust anderer LAN-Techniken gestrafft wurde,
- in Kapitel 4 'Weitverkehrsnetze' die Beschreibung der neuen IP-Version, IPv6, aktualisiert und ausgeweitet wurde
- und ein neues Kapitel 6 'Mobilfunksysteme' eingefügt wurde,

beschränken sich die Veränderungen für die 5. Auflage auf Korrekturen und Aktualisierungen, die weder den Charakter noch den Umfang des Buches ändern.

Danken möchte ich an dieser Stelle den Herren Dr. Mertens und Dr. Eickermann vom Zentralinstitut für Angewandte Mathematik des Forschungszentrums Jülich für die fortwährende Förderung dieses Projektes, dem Vieweg-Verlag für die gute Zusammenarbeit und meiner Frau für unermüdliches Korrekturlesen.

Jülich, im März 2004

Dieter Conrads

Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklung - Perspektiven	1
2	Grundsätzliche Aspekte	9
2.1	Topologien.....	9
2.1.1	Vollständiger Graph.....	9
2.1.2	Ring	10
2.1.3	Stern	11
2.1.4	Bus.....	12
2.1.5	Baum	13
2.1.6	Vermaschtes Netz	16
2.1.7	Reguläre Strukturen	16
2.1.8	Zusammenfassung	17
2.2	Infrastruktur.....	18
2.2.1	Symmetrische Kupferkabel.....	18
2.2.2	Koaxialkabel.....	19
2.2.3	Lichtwellenleiter	20
2.2.4	Standards für die Gebäudeverkabelung.....	31
2.2.5	Richtfunkstrecken, Satellitenverbindungen	36
2.3	Übertragungstechnik.....	40
2.3.1	Digitalisierung analoger Informationen	41
2.3.2	Leitungscodecs	42
2.3.3	Asynchrone und synchrone Verfahren	46
2.3.4	Betriebsarten.....	47
2.3.5	Datenübertragungsverfahren	48
2.3.6	Fehlersicherung.....	50
2.4	Vermittlungstechniken.....	54
2.4.1	Leitungsvermittlung.....	54
2.4.2	Paketvermittlung.....	55
2.4.3	Nachrichtenvermittlung	57
2.4.4	Zellvermittlung	59
2.4.5	Probleme beim Aufbau und Betrieb von Netzen.....	61
2.5	Standardisierung	70
2.5.1	Das Anliegen der Standardisierung.....	70
2.5.2	Standardisierungsgremien.....	72
2.5.3	Funktionale Standards	77
2.5.4	Das ISO-Referenzmodell für Offene Systeme	78
2.5.5	Wichtige Standards.....	88

3 Lokale Datenkommunikation	101
3.1 Lokale Netze (LANs).....	102
3.1.1 IEEE 802.1 – HILI (<i>Higher Level Interface Standard</i>)	105
3.1.2 IEEE 802.2 – LLC (<i>Logical Link Control</i>)	105
3.1.3 IEEE 802.3 – CSMA/CD	105
3.1.4 IEEE 802.5 – Token-Ring.....	124
3.1.5 Performance lokaler Netze.....	139
3.1.6 Brücken und Router	144
3.1.7 IEEE 802.6 – DQDB (<i>Distributed Queue Dual Bus</i>)	150
3.1.8 FDDI (<i>Fiber Distributed Data Interface</i>)	157
3.1.9 Weitere LAN-Typen	164
3.2 Nebenstellenanlagen	168
3.2.1 Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von NStAnl	169
3.2.2 Aufbau einer Vermittlung	172
3.2.3 Anforderungen an Vermittlungseinrichtungen durch Datenverkehr.....	186
3.3 Entwicklung und Perspektiven.....	187
4 Weitverkehrsnetze	191
4.1 SNA (<i>Systems Network Architecture</i>).....	194
4.1.1 Beschreibung.....	194
4.1.2 Weitere Entwicklungen.....	201
4.2 TCP/IP	205
4.2.1 Einführung.....	207
4.2.2 Namen und Adressen im Internet.....	209
4.2.3 IP (<i>Internet Protocol</i>).....	217
4.2.4 ICMP (<i>Internet Control Message Protocol</i>).....	222
4.2.5 IPv6 (<i>Internet Protocol Version 6</i>).....	226
4.2.6 ICMPv6 (<i>Internet Control Message Protocol for IPv6</i>)	241
4.2.7 TCP (<i>Transmission Control Protocol</i>)	245
4.2.8 UDP (<i>User Datagram Protocol</i>).....	249
4.2.9 Anwendungsdienste im Internet.....	250
4.2.10 Perspektiven.....	257
5 Öffentliche Kommunikationsnetze.....	261
5.1 Fernsprechnet (T-Net).....	265
5.1.1 Digitalisierung des Fernsprechnetes.....	266
5.2 ISDN.....	270
5.2.1 Beschreibung des ISDN	270
5.2.2 ISDN-Teilnehmeranschluss	273
5.2.3 Technik des ISDN.....	279
5.2.4 Ausbau des ISDN.....	286

5.2.5 Leistungsmerkmale und Dienste im ISDN	288
5.3 Breitband-ISDN (T-Net-ATM)	293
5.3.1 ATM-Technik	297
5.3.2 Perspektiven	328
5.4 xDSL-Techniken	334
5.5 Integriertes Text- und Datennetz (IDN)	336
5.5.1 Telex-Netz	337
5.5.2 Datex-Netz	337
5.5.3 Datendirektverbindungen (DDV, früher Direkttrufanschluss)	341
5.5.4 Standardfestverbindungen (SFV), Monopolübertragungswege	341
5.6 Frame Relay	342
5.7 Datex-M	343
6 Mobilfunksysteme	345
6.1 Einführung	345
6.2 Eigenschaften drahtloser Übertragungssysteme	346
6.3 Spezielle Multiplex-Verfahren für Mobilfunknetze	352
6.3.1 CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)	352
6.3.2 Frequency Hopping	354
6.4 GSM (<i>Global System for Mobile Communications</i>)	355
6.4.1 GSM-Architektur	355
6.4.2 GSM-Datenstrukturen	358
6.4.3 GSM-Funktionen	360
6.4.4 GSM-Dienste	364
6.4.5 Fortgeschrittene GSM-Dienste	365
6.5 UMTS (<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>)	369
6.6 Lokale Funknetze	372
6.6.1 DECT (<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>)	374
6.6.2 HIPERLAN/2	375
6.6.3 IEEE 802.11 <i>Wireless LAN</i> (WLAN)	379
6.6.4 Bluetooth	382
Literatur	389
Sachwortverzeichnis	399