

Walter Fischer

Digitale Fernsehtechnik in Theorie und Praxis

**MPEG-Basiscodierung
DVB-, DAB-, ATSC-Übertragungstechnik
Messtechnik**

Mit 428 Abbildungen

£} Springer

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Analoges Fernsehen	7
2.1 Abtastung einer Schwarz-Weiß-Bildvorlage.....	10
2.2 Horizontal- und Vertikal-Synchronimpuls.....	12
2.3 Hinzunehmen der Farbinformation.....	14
2.4 Übertragungsverfahren.....	17
2.5 Verzerrungen und Störungen.....	19
2.6 Signale in der Vertikalaustastlücke.....	20
2.7 Messungen an analogen Videosignalen.....	25
3 Der MPEG-2-Datenstrom	31
3.1 Der Packetized Elementary Stream (PES).....	34
3.2 Das MPEG-2-Transportstrompaket.....	38
3.3 Informationen für den Empfänger.....	42
3.3.1 Synchronisierung auf den Transportstrom.....	43
3.3.2 Auslesen der aktuellen Programmstruktur.....	44
3.3.3 Der Zugriff auf ein Programm.....	46
3.3.4 Zugriff auf verschlüsselte Programme.....	47
3.3.5 Programmsynchronisation (PCR, DTS, PTS).....	49
3.3.6 Zusatz-Informationen im Transportstrom (PSI / SI / PSIP)	52
3.3.7 Nicht-private und private Sections und Tabellen.....	52
3.3.8 Die Service Information gemäß DVB (SI).....	62
3.4 PSIP gemäß ATSC.....	75
3.5 ARIB-Tabellen gemäss ISDB-T.....	77
3.6 DMB-T (China) Tabellen.....	79
3.7 Weitere wichtige Details des MPEG-2 Transportstromes.....	80
3.7.1 Die Transport Priority.....	81
3.7.2 Die Transport Scrambling Control Bits.....	81
3.7.3 Die Adaptation Field Control Bits.....	81
3.7.4 Der Continuity Counter.....	81
4 Digitales Videosignal gemäß ITU-BT.R601 (CCIR601)	83

5 High Definition Television - HDTV	89
6 Transformationen vom Zeitbereich in den Frequenzbereich und zurück	93
6.1 Die Fouriertransformation.....	94
6.2. Die Diskrete Fouriertransformation (DFT).....	97
6.3 Die Fast Fouriertransformation (FFT).....	99
6.4. Praktische Realisierung und Anwendung der DFT und FFT.....	100
6.5. Die Diskrete Cosinustransformation (DCT).....	101
6.6 Signale im Zeitbereich und deren Transformierte im Frequenzbereich.....	104
6.7 Systemfehler der DFT bzw. FFT und deren Vermeidung.....	107
6.8 Fensterfunktionen.....	110
7 Videocodierung gemäß MPEG-2	113
7.1 Videokomprimierung.....	113
7.1.1 Zurücknahme der der Quantisierung von 10 auf 8 Bit.....	115
7.1.2 Weglassen der H- und V-Lücke.....	115
7.1.3 Reduktion der Farbauflösung auch in vertikaler Richtung (4:2:0).....	117
7.1.4 Weitere Schritte zur Datenreduktion.....	117
7.1.5 Differenz-Plus-Code-Modulation von Bewegtbildern.....	118
7.1.6 Diskrete Cosinustransformation mit nachfolgender Quantisierung.....	124
7.1.7 Zig-Zag-Scan und Lauflängencodierung von Null-Sequenzen.....	130
7.1.8 Huffmann-Codierung.....	131
7.2 Zusammenfassung.....	132
7.3 Aufbau des Videoelementarstroms.....	135
7.4 Modernere Videokomprimierungsverfahren.....	137
8. Komprimierung von Audiosignalen gemäß MPEG und Dolby Digital	139
8.1 Das digitale Audioquellensignal.....	139
8.2 Geschichte der Audiokomprimierung.....	141
8.3 Das psychoakustische Modell des menschlichen Ohres.....	142
8.4 Grundprinzip der Audiocodierung.....	147
8.5 Teilbandcodierung bei MPEG Layer 1, II.....	150
8.6 Transformationscodierung bei MPEG Layer III und Dolby Digital.....	152
8.7 Mehrkanalton.....	154

9 Videotext, Untertitel und VPS gemäß DVB.....	155
9.1 Videotext und Untertitel.....	156
9.2 Video Program System (VPS).....	159
10 Digitale Videostandards im Vergleich.....	163
10.1 MPEG-1 und MPEG-2, Video-CD und DVD, M-JPEG und MiniDV.....	163
10.2. MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7 und MPEG-21.....	166
10.3 Physikalische Schnittstellen für digitale Videosignale.....	170
10.3.1 "CCIR601" Parallel und Seriell.....	171
10.3.2 Synchrone, parallele Transportstromschnittstelle (TS PARALLEL).....	172
10.3.3 Asynchrone serielle Transportstromschnittstelle (TS- ASI).....	174
11 Messungen am MPEG-2-Transportstrom.....	177
11.1 Verlust der Synchronisation (TS-Sync-Loss).....	178
11.2 Fehlerhafte Sync-Bytes (Sync_Byte_Error).....	180
11.3 Fehlende oder fehlerhafte Program Association Table (PAT) (PAT_Error).....	180
11.4 Fehlende oder fehlerhafte Program Map Table (PMT) (PMT_Error).....	181
11.5 Der PID_Error.....	182
11.6 Der Continuity_Count_Error.....	183
11.7 Der Transport_Error.....	185
11.8 Der Cyclic Redundancy Check-Fehler.....	185
11.9 Fehler der Program Clock Reference (PCR_Error, PCR_accuracy).....	186
11.10 Der Presentation Time Stamp Fehler (PTS_Error).....	188
11.11 Fehlende oder fehlerhafte Conditional Access Table (CAT_Error).....	189
11.12 Fehlerhafte Wiederholrate der Service Informationen (SI_Repetition_Error).....	190
11.13 Überwachung der Tabellen NIT, SDT, EIT, RST undTDT/TOT.....	191
11.14 Nicht referenzierte PID (unreferenced^PID).....	192
11.15 Fehler bei der Übertragung zusätzlicher Service Informationen SLOther_Error.....	192
11.16 Fehlerhafte Tabellen NIT_other, SDT_other_Error, EIT_other_Error).....	193
11.17 Überwachung eines ATSC-konformen Transportstroms.....	193

12 Bildqualitätsanalyse an digitalen TV-Signalen.....	195	18 Messungen an digitalen TV-Signalen.....	195
12.1 Methoden zur Bildqualitätsmessung.....	197	18.1 DVB-C/J83A,B.....	195
12.1.1 Subjektive Bildqualitätsanalyse.....	198	18.2 Erfassung von S	195
12.1.2 Double Stimulus Continual Quality Scale Method DSCQS.....	199	der Konstellationsam	195
12.1.3 Single Stimulus Continual Quality Scale Method SSCQE.....	199	18.2.1 Additives w	195
12.2 Objektive Bildqualitätsanalyse.....	199	18.2.2 Phasenjitter	195
13 Grundlagen der Digitalen Modulation.....	207	18.2.3 Sinusförmig	195
13.1 Einführung.....	207	18.2.4 Einflüsse d<	195
13.2 Mischer.....	209	18.2.5 Modulation	195
13.3 Amplitudenmodulation.....	211	18.2.6 ErrorVectc	195
13.4 IQ-Modulator.....	213	18.3 Messung der Bi	195
13.5 Der IQ-Demodulator.....	221	18.4 Messungen mit	195
13.6 Anwendung der Hilbert-Transformation bei der IQ-Modulation.....	225	18.5 Messung des Sc	195
13.7. Praktische Anwendungen der Hilbert-Transformation.....	228	18.6 Messung der W	195
14 Übertragung von digitalen Fernsehsignalen über Satellit.....	231	18.7 DVB-C/J83AB<	195
14.1 Die DVB-S-Systemparameter.....	234	19 Coded Orthogonal J	195
14.2 Der DVB-S-Modulator.....	237	19.1 Warum Mehrtre	195
14.3 Faltungscodierung.....	241	19.2 Was ist COFDIS	195
14.4 Signalverarbeitung im Satelliten.....	247	19.3 Erzeugung der (195
14.5 Der DVB-S-Empfänger.....	248	19.4 Zusatzsignale ii	195
14.6 Einflüsse auf der Satellitenübertragungsstrecke.....	251	19.5 Hierarchische ft	195
14.7 DVB-S2.....	255	19.6 Zusammenfasst	195
15 DVB-S Messtechnik.....	261	20 Die terrestrische ÜL	195
15.1 Einführung.....	261	DVB-T.....	195
15.2 Messung der Bitfehlerraten.....	262	20.1 Der DVB-T-Stt	195
15.3 Messungen an DVB-S-Signalen mit einem Spektrumanalyzer.....	264	20.2 Die DVB-T-Tr;	195
15.3.1 Näherungsweise Ermittlung der Rauschleistung N.....	266	20.3 Hierarchische ft	195
15.3.2 C/N, S/N und Eb/NO.....	267	20.4 DVB-T-Systerr	195
15.3.3 Ermittlung des EB/N.....	268	20.5 DVB-T-Modul;	195
15.4 Messung des Schulterabstandes.....	269	20.6 Der DVB-T-En	195
15.5 DVB-S-Empfänger-Test.....	269	20.7 Störeinflüsse ai	195
16 Die Breitbandkabelübertragung gemäß DVB-C.....	271	20.8 DVB-T-Gleich	195
16.1 Der DVB-C-Standard.....	272	20.9 Mindestens not	195
16.2 Der DVB-C-Modulator.....	274	21 Messungen an DVI	195
16.3 Der DVB-C-Empfänger.....	275	21.1 Messung der B	195
16.4 Störeinflüsse auf der DVB-C-Übertragungsstrecke.....	277	21.2 Messungen an'	195
17 Die Breitbandkabelübertragung nach ITU-T J83B.....	281	21.3 Konstellationsa	195
		21.3.1 Weißes Ra	195
		Additive White G	195

18 Messungen an digitalen TV-Signalen im Breitbandkabel.....	283
18.1 DVB-C/J83A,B,C-Messem Empfänger mit Konstellationsanalyse..	284
18.2 Erfassung von Störeinflüssen mit Hilfe der Konstellationsanalyse.....	288
18.2.1 Additives weißes gauß'sches Rauschen (AWGN).....	288
18.2.2 Phasenjitter.....	291
18.2.3 Sinusförmiger Interferenzstörer.....	292
18.2.4 Einflüsse des IQ-Modulators.....	292
18.2.5 Modulation Error Ratio (MER) - Modulationsfehler.....	295
18.2.6 Error Vector Magnitude (EVM).....	297
18.3 Messung der Bitfehlerrate (Bit Error Rate BER).....	297
18.4 Messungen mit einem Spektrumanalyzer.....	298
18.5 Messung des Schulterabstandes.....	300
18.6 Messung der Welligkeit im Kanal bzw. Kanalschräglage.....	301
18.7 DVB-C/J83ABC-Empfänger-Test.....	301
19 Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (COFDM).....	303
19.1 Warum Mehrträgerverfahren?.....	305
19.2 Was ist COFDM?.....	308
19.3 Erzeugung der COFDM-Symbole.....	313
19.4 Zusatzsignale im COFDM-Spektrum.....	321
19.5 Hierarchische Modulation.....	323
19.6 Zusammenfassung.....	324
20 Die terrestrische Übertragung von digitalen TV-Signalen über DVB-T.....	325
20.1 Der DVB-T-Standard.....	328
20.2 Die DVB-T-Träger.....	329
20.3 Hierarchische Modulation.....	335
20.4 DVB-T-Systemparameter des 8/7/6-MHz-Kanals.....	337
20.5 DVB-T-Modulator und Sender.....	347
20.6 Der DVB-T-Empfänger.....	350
20.7 Störeinflüsse auf der DVB-T-Übertragungstrecke.....	355
20.8 DVB-T-Gleichwellennetze(SFN).....	364
20.9 Mindestens notwendiger Empfängereingangsspegel bei DVB-T	372
21 Messungen an DVB-T-Signalen.....	379
21.1 Messung der Bitfehlerraten.....	381
21.2 Messungen an DVB-T-Signalen mit einem Spektrumanalyzer..	383
21.3 Konstellationsanalyse an DVB-T-Signalen.....	387
21.3.1 Weißes Rauschen (AWGN = Additive White Gaussian Noise).....	387

XIV Inhaltsverzeichnis

21.3.2 Phasenjitter.....	388
21.3.3 Interferenzstörer.....	389
21.3.4 Echos, Mehrwegeempfang.....	389
21.3.5 Dopplereffekt.....	389
21.3.6 IQ-Fehler des Modulators.....	389
21.3.7 Ursache und Auswirkung von IQ-Fehlern bei DVB-T.....	392
21.4 Messung des Crestfaktors.....	402
21.5 Messung des Amplituden-, Phasen- und Gruppenlaufzeitganges.....	402
21.6 Messung der Impulsantwort.....	403
21.7 Messung des Schulterabstandes.....	404
22 DVB-H - Digital Video Broadcasting for Handhelds.....	409
22.1 Einführung.....	409
22.2 Konvergenz zwischen Mobilfunk und Broadcast.....	411
22.3 DVB-H - die wesentlichen Parameter.....	413
22.4 DSM-CC Sections.....	414
22.5 Multiprotocol Encapsulation (MPE).....	415
22.6 DVB-H - Standard.....	416
22.7 Zusammenfassung.....	420
23 Digitales Terrestrisches Fernsehen gemäß ATSC (Nordamerika).....	425
23.1 Der 8VSB-Modulator.....	430
23.2 8VSB-Brutto- und Nettodatenrate.....	439
23.3 Der ATSC-Empfänger.....	440
23.4 Störeinflüsse auf der ATSC-Übertragungsstrecke.....	440
24 ATSC/8VSB-Messtechnik.....	443
24.1 Messung der Bitfehlerraten.....	444
24.2 8VSB-Messungen mit Hilfe eines Spektrumanalysators.....	445
24.3 Konstellationsanalyse an 8VSB-Signalen.....	446
24.4 Ermittlung des Amplituden- und Gruppenlaufzeitganges.....	448
25 Digitales Terrestrisches Fernsehen gemäß ISDB-T (Japan).....	451
26 Digital Audio Broadcasting - DAB.....	455
26.1 Vergleich DAB und DVB.....	456
26.2 DAB im Überblick.....	460
26.3 Der physikalische Layer von DAB.....	466
26.4 DAB - Forward Error Correction - FEC.....	476
26.5 DAB-Modulator und Sender.....	481
26.6 DAB-Datenstruktur.....	485

26.7 DAB-Gleichwellennetze.....	490
26.8 DAB Data Broadcasting.....	492
27 DVB-Datendienste: MHP und SSU.....	495
27.1 Data Broadcasting bei DVB.....	496
27.2 Object Carousels.....	497
27.3 MHP = Multimedia Home Platform.....	499
27.4 System Software Update - SSU.....	501
28 DMB-T und T-DMB.....	503
28.1 DMB-T.....	503
28.2 T-DMB.....	503
29 Digitales Fernsehen weltweit - ein Ausblick.....	507
Abkürzungsverzeichnis.....	517
TV-Kanaltabellen.....	533
Sachverzeichnis.....	539