

Tilo Strutz

Bilddaten- kompression

Grundlagen, Codierung, Wavelets, JPEG, MPEG, H.264

4., überarbeitete und ergänzte Auflage

Mit 189 Abbildungen und 72 Tabellen

STUDIUM



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Grundlagen der Datenkompression	5
2.1	Informationsgehalt und Entropie	5
2.2	Kriterien zur Kompressionsbewertung	10
2.2.1	Kompressionsverhältnis	10
2.2.2	Signalqualität	10
2.2.3	Rate-Distortion-Funktion	13
2.2.4	Merkmale eines Kompressionsalgorithmus	14
2.3	Redundanz und Irrelevanz	15
2.3.1	Redundanz	15
2.3.2	Irrelevanz	16
2.4	Testfragen	17
3	Datenreduktion	18
3.1	Modifikation der Abtastrate	18
3.1.1	Unterabtastung	18
3.1.2	Überabtastung	20
3.2	Quantisierung	21
3.2.1	Skalare Quantisierung	21
3.2.2	Vektorquantisierung	26
3.3	Praktische Anwendung	28
3.4	Testfragen	30
4	Entropiecodierung	31
4.1	Codierungstheorie	31
4.2	Morse-Code	33
4.3	Shannon-Fano-Codierung	34
4.4	Huffman-Codierung	35
4.5	Golomb- und Rice-Codes	38
4.5.1	Golomb-Codes	38
4.5.2	Rice-Codes	40
4.5.3	Exponentielle Golomb-Codes	41
" 4.6	Universelle Präfixcodes	42
4.7	Decodierung von Präfixcodes	44

4.8	Arithmetische Codierung	47
4.8.1	Festkomma-Implementierung	49
4.8.2	Beschleunigte Implementierung	55
4.8.3	Binäre arithmetische Codierung	59
4.9	Codierungsadaptation	60
4.9.1	Semi-adaptive Anpassung von Präfixcodes	60
4.9.2	Kontextbasierte Codierung	61
4.9.3	Anpassung durch Sortieren	63
4.9.4	Voll-adaptive Anpassung von Präfixcodes	63
4.9.5	Adaptation der arithmetischen Codierung	63
4.10	Codierung von sehr großen Symbolalphabeten	64
4.11	Testfragen	68
5	Präcodierung	69
5.1	Informationstheoretische Grundlagen	69
5.1.1	Markow-Modell	70
5.1.2	Verbundwahrscheinlichkeit	71
5.1.3	Verbundentropie und bedingte Entropie	73
5.1.4	Praktische Implikationen	76
5.2	Lauf längencodierung	78
5.2.1	Allgemeine Codierung mehrwertiger Signale	78
5.2.2	Signale mit Vorzugsamplitude	80
5.2.3	Verarbeitung binärer Signale	81
5.3	Phrasen-Codierung	82
5.3.1	Der LZ77-Algorithmus	82
5.3.2	Der LZ78-Algorithmus	83
5.3.3	Der LZW-Algorithmus	83
5.4	Blocksortierung	86
5.5	Bit-Markierung	89
5.6	Viererbaum-Codierung	89
5.7	Maximalwert-Codierung	93
5.8	Minimalwert-Bäume	94
5.9	Testfragen	96
6	Techniken zur Dekorrelation	99
6.1	Prädiktion von Signalwerten	99
6.1.1	Einfache lineare Prädiktion	100
6.1.2	Lineare Prädiktion höherer Ordnung	102
6.1.3	Prädiktion mit Quantisierung	103
6.1.4	2D-Prädiktion	103

6.1.5	Nichtlineare Prädiktion . . . . .	.104
6.1.6	Der Wertebereich von Prädiktionsfehlern . . . . .	.106
6.1.7	Anmerkungen . . . . .	.107
6.2	Transformationen . . . . .	.108
6.2.1	Diskrete Transformationen . . . . .	.108
6.2.2	Orthogonale Transformation . . . . .	.109
6.2.3	Biorthogonale Transformation . . . . .	.111
6.2.4	Diskrete Fourier-Transformation (DFT) . . . . .	.111
6.2.5	Karhunen-Loeve-Transformation (KLT) . . . . .	.112
6.2.6	Diskrete Kosinus-Transformation (DCT) . . . . .	.112
6.2.7	Diskrete Walsh-Hadamard-Transformation (WHT) . . . . .	.113
6.2.8	Diskrete Wavelet-Transformation (DWT) . . . . .	.115
6.2.9	Fraktale Transformation . . . . .	.120
6.3	Filterbänke . . . . .	.126
6.3.1	Zwei-Kanal-Filterbänke . . . . .	.127
6.3.2	Oktavfilterbänke . . . . .	.136
6.3.3	2D-Filterung . . . . .	.140
6.3.4	Beste Basen — Wavelet-Pakete . . . . .	.142
6.3.5	Implementierung von Filterbänken . . . . .	.145
6.3.6	Das Lifting-Schema . . . . .	.148
6.4	Kompressionssysteme . . . . .	.154
6.5	Testfragen . . . . .	.156
7	Waveletbasierte Bildkompression	.158
7.1	Überblick . . . . .	.158
7.2	Encoder . . . . .	.158
7.2.1	Transformation . . . . .	.159
7.2.2	Quantisierung . . . . .	.160
7.2.3	Präcodierung . . . . .	.162
7.2.4	Entropiecodierung . . . . .	.164
7.3	Decoder . . . . .	.165
7.3.1	Decodierung des Bitstroms . . . . .	.165
7.3.2	Rekonstruktion der Transformationskoeffizienten . . . . .	.165
7.3.3	Rücktransformation . . . . .	.166
7.4	Kompressionsergebnisse . . . . .	.166
8	Wahrnehmung und Farbe	.173
8.1	Visuelle Wahrnehmung . . . . .	.173
4	8.1.1 Netzhaut und Sehnerven . . . . .	.173
	8.1.2 Die Lichtempfindung . . . . .	.174

8.2	Farbsysteme	177
8.2.1	Was ist Farbe?	177
8.2.2	CIE-Normfarbtafel	178
8.2.3	Der RGB-Farbraum	179
8.2.4	Der CYM-Farbraum	180
8.2.5	Der HLS-Farbraum	181
8.2.6	Die Yxx-Farbräume	182
8.2.7	Farbpaletten	189
8.3	Testfragen	191
9	Standards zur Einzelbildkompression (JPEG)	192
9.1	Historie	192
9.2	JPEG	194
9.2.1	DCT-basierte Kompression	194
9.2.2	Die Arbeitsmethoden	204
9.2.3	JPEG-Syntax und Organisation der Daten	209
9.2.4	Kompressionsergebnisse	218
9.3	JPEG-LS - Verlustlose Kompression	225
9.3.1	Der Kompressionsalgorithmus	225
9.3.2	Encodierungsprozeduren	226
9.3.3	Das Datenformat	232
9.3.4	Resultate der verlustlosen Kompression	235
9.4	JPEG 2000 - Waveletbasierte Kompression	239
9.4.1	Das Kompressionsverfahren	240
9.4.2	Die Datenstruktur	248
9.4.3	Dateiformat-Syntax (JP2)	256
9.4.4	Erweiterungen im Part 2	257
9.4.5	Kompressionsergebnisse im Vergleich	258
9.5	Testfragen	258
10	Grundlegende Verfahren zur Bildsequenzkompression	261
10.1	Struktur eines Video-Codecs	261
10.2	Bewegungsschätzung und -kompensation	263
10.2.1	Bewegungsarten und Schätzverfahren	263
10.2.2	Block-Matching	264
10.2.3	Warping	271
10.3	Testfragen	272
11	Standards zur Bildsequenzkompression	273
11.1	Einführung	273

11.2 Bildformate	275
11.3 MPEG-Systemschicht	277
11.4 Kompressionsverfahren (MPEG-1/2).	278
11.4.1 Struktur von Video-Elementarströmen	278
11.4.2 Verarbeitung von I-Bildern	281
11.4.3 Verarbeitung von P- und B-Bildern.	282
11.4.4 Bewegungskompensation.	283
11.4.5 Bitratensteuerung	283
11.4.6 Besonderheiten von MPEG-2.	284
11.5 H.263 und MPEG-4.	288
11.5.1 H.263.	288
11.5.2 MPEG-4.	289
11.6 H.264.	294
11.6.1 Grundkonzept	294
11.6.2 Dekorrelation.	296
11.6.3 Quantisierung.	305
11.6.4 Codierung.	306
11.6.5 Filter zur Unterdrückung von Blockartefakten.	308
11.6.6 Profile und Levels.	310
11.6.7 Erweiterungen.	310
11.7 Testfragen.	311
A Testbilder.	313
B JPEG Decodier-Beispiel	317
C JPEG 2000 Codier-Beispiel	338
D Quelltexte	341
E Lösungen zu ausgewählten Aufgaben.	366
Formelzeichen und Abkürzungen.	369
Literatur.	373
Sachwortverzeichnis.	387