

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 1 |
| 1.1. Hintergrund und Zielsetzung der Arbeit | 1 |
| 1.2. Gliederung der Arbeit | 4 |
| 2. METHODEN DER KONVENTIONELLEN BILDCODIERUNG | 6 |
| 2.1. Quellenstatistik und informationstheoretische Grundlagen | 6 |
| 2.1.1. Redundanzreduktion | 6 |
| 2.1.2. Irrelevanzreduktion | 8 |
| 2.1.3. Rate-Distortion-Funktion | 9 |
| 2.1.4. Datenrate | 12 |
| 2.2. Coderstrukturen bei Standbildcodierung | 12 |
| 2.2.1. Prädiktive Verfahren | 12 |
| 2.2.2. Transformationscodierung | 13 |
| 2.2.3. Vektorquantisierung | 14 |
| 2.2.3.1. LBG-Algorithmus | 17 |
| 2.2.4. Teilbandverfahren | 18 |
| 2.2.4.1. Subbandcodierung | 18 |
| 2.2.4.2. Wavelettransformation | 20 |
| 2.2.4.3. Weitere Anwendungsformen | 21 |
| 2.3. Coderstrukturen der Bewegtbildcodierung | 21 |
| 2.3.1. Prädiktive Verfahren | 21 |
| 2.3.2. Blockorientierte Verfahren | 21 |
| 2.3.3. Subbandcodierung | 22 |
| 2.3.4. Hybride Codierverfahren | 22 |
| 2.3.4.1. Bewegungsschätzung | 24 |
| 2.3.4.2. Typische Störungen der Standardverfahren | 24 |
| 2.3.5. Methoden der zeitlichen Redundanzreduktion | 25 |
| 3. DAS VISUELLE SYSTEM ALS VORBILD | 26 |
| 3.1. Einleitung | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2. Neurophysiologischer Querschnitt | 27 |
| 3.2.1. Retinale Verarbeitung | 27 |
| 3.2.2. Visueller Cortex | 28 |
| 3.2.3. Datenkompression durch neuronale Verschaltung | 31 |
| 3.3. Prinzipielle Eigenschaften des visuellen Systems | 32 |
| 3.3.1. Adaptation | 32 |
| 3.3.2. Örtliche Wahrnehmungseigenschaften | 32 |
| 3.3.2.1. Modulationsübertragungsfunktion (MÜF) | 32 |
| 3.3.2.2. Frequenzselektivität | 33 |
| 3.3.2.3. Orientierungsselektivität | 34 |
| 3.3.2.4. Phase | 34 |
| 3.3.2.5. Retinale Inhomogenität | 35 |
| 3.3.3. Zeitliche Eigenschaften und Bewegungswahrnehmung | 35 |
| 3.3.3.1. Globale spatiotemporale Eigenschaften | 35 |
| 3.3.3.2. Spatiotemporale Bandpaßdekomposition | 36 |
| 3.3.4. Maskierungseigenschaften | 38 |
| 3.4. Modelle der visuellen Wahrnehmung | 39 |
| 3.4.1. Modellierung der Adaptivität | 39 |
| 3.4.2. Modellierung der Frequenz- und Orientierungsselektivität | 40 |
| 3.4.3. Modelle der Bewegungswahrnehmung | 41 |
| 3.4.4. Anwendung der Modelle im Rahmen der Bildcodierung | 42 |
| 4. DER MVS-CODER | 45 |
| 4.1. Einleitung | 45 |
| 4.2. Grundstruktur des MVS-Coders | 45 |
| 4.3. Bandpaßfilterung | 47 |
| 4.3.1. Aufteilung der Ortsfrequenzebene | 48 |
| 4.3.2. Bewegungsselektive Filterung | 51 |
| 4.3.2.1. Systemtheorie spatiotemporaler Signale | 51 |
| 4.3.2.2. Aperturproblem | 54 |
| 4.3.2.3. Geschwindigkeitselektive Bandpaßfilterung | 55 |
| 4.3.3. Analytisches Bandpaßfilter | 58 |
| 4.3.4. Redundanzreduktion durch Bandpaßfilterung | 61 |
| 4.4. Unterabtastung | 61 |
| 4.4.1. Dreidimensionale reguläre Abtastraster | 63 |
| 4.4.2. Unterabtastung der 3D-Kuchenfilterauszüge | 65 |
| 4.4.2.1. Raster selbstähnlicher Bandpaßfilter | 67 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.2.2. Optimale Raster | 68 |
| 4.4.2.3. Abtastraster der unterschiedlichen Auflösungsstufen | 69 |
| 4.4.2.4. Aliasingfehler | 70 |
| 4.5. Lokal/momentaner Betrag und lokal/momentane Phase | 71 |
| 4.5.1. Prinzipielle Eigenschaften der polaren Signalrepräsentation | 71 |
| 4.5.2. Statistische Eigenschaften analytischer Bandpaßauszüge | 74 |
| 4.5.2.1. Neurophysiologische und psychophysische Untermauerung der polaren Repräsentation | 79 |
| 4.6. Quantisierung | 79 |
| 4.6.1. Betrag/Phasen-Quantisierung | 80 |
| 4.6.1.1. Wahrnehmungsbasierte 2D-Vektorquantisierung | 81 |
| 4.6.2. Merkmalspezifische Vektorquantisierung | 85 |
| 4.7. Rekonstruktion | 85 |
| 4.7.1. Interpolationsfilter | 86 |
| 5. MERKMALSSPEZIFISCHE BILDSIGNALREPRÄSENTION | 88 |
| 5.1. Einleitung | 88 |
| 5.2. Der mehrdimensionale Vektorraum | 89 |
| 5.2.1. Vektorbildung | 89 |
| 5.2.2. Intrinsische Dimension und Merkmalsdefinition | 90 |
| 5.2.3. Klassifikation im Hyperraum | 95 |
| 5.2.3.1. Zweidimensionale, statische Bildsignale | 95 |
| 5.2.3.2. Bildsequenzen | 96 |
| 5.3. Statistische Untersuchungen | 97 |
| 5.3.1. Mehrdimensionale Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion | 97 |
| 5.3.2. Statistische Merkmalsanalyse in stehenden Bildern | 98 |
| 5.3.2.1. Numerische Auswertung | 98 |
| 5.3.2.2. Visualisierung der mehrdimensionalen WDF | 99 |
| 5.3.2.3. Statistische Abhängigkeit zwischen den Orientierungs- filterauszügen | 100 |
| 5.3.2.4. Eigenschaften der Phasenvektoren | 101 |
| 5.3.3. Statistische Merkmalsanalyse in Bildsequenzen | 101 |
| 5.4. Merkmalspezifische Vektorquantisierung | 103 |
| 5.4.1. Wahl der Quantisierungszellen | 104 |
| 5.4.2. Vergleich mit LBG-Algorithmus | 108 |
| 5.4.3. Problematik zwischen Vektorbildung und Abtastraster | 108 |
| 5.5. Datenkompression durch Reduktion der intrinsischen Dimension ... | 109 |

| | |
|--|------------|
| 5.5.1. Motivation | 109 |
| 5.5.2. Dimensionsreduktion | 111 |
| 5.5.2.1. Reduktion des Betragsvektors | 112 |
| 5.5.2.2. Reduktion des Phasenvektors | 113 |
| 5.5.3. Betragsvektortransformation | 114 |
| 5.5.3.1. Eigenschaften der Betragsvektortransformation | 115 |
| 5.5.3.2. Statistik der transformierten Größen | 116 |
| 5.5.4. Quantisierung der transformierten Größen | 119 |
| 5.5.4.1. 2D-Vektorquantisierung der Koeffizienten a und b | 120 |
| 5.5.4.2. Betragsabhängige Quantisierung von Orientierung, Geschwindigkeit und Phase | 121 |
| 6. ENTROPIECODIERUNG DER VEKTOREN | 122 |
| 6.1. Entropie | 122 |
| 6.1.1. 6D-Entropie der merkmalspezifischen Vektoren | 123 |
| 6.1.2. 2D-Entropie der Betrags-/Phasenvektoren | 125 |
| 6.2. Huffman-Codierung | 125 |
| 6.3. Lauflängencodierung | 125 |
| 6.4. Arithmetische Codierung | 126 |
| 7. SIMULATIONSERGEBNISSE | 128 |
| 7.1. Version I (ohne merkmalspezifische VQ) | 129 |
| 7.2. Version II (mit merkmalspezifischer Vektorquantisierung) | 132 |
| 7.3. Schlußbemerkung | 134 |
| 8. ZUSAMMENFASSUNG | 136 |
| ANHANG | 139 |
| A. Verwendete Bildsequenzen | 139 |
| B. Analytische Signalrepräsentation durch gerade und ungerade Bandpaßfilterung | 140 |
| C. Lokal/momentane Phase intrinsisch eindimensionaler Signale | 141 |
| D. Betragsminimalform der Wiederholmatrix | 143 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 145 |