

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. November 2003 (13.11.2003)

PCT

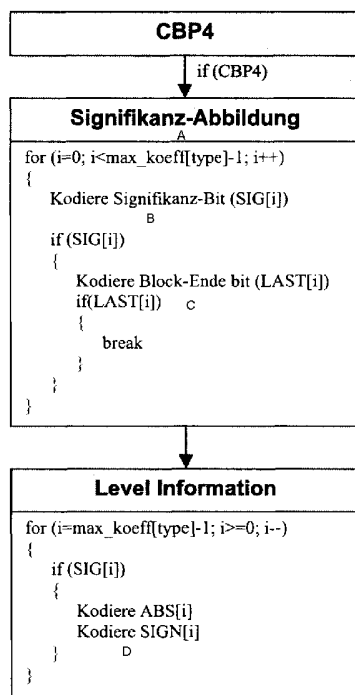
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/094529 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04N 7/50, G06T 9/00, H03M 7/40 ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstr. 54, 80636 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/04656
- (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Mai 2003 (02.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 20 961.8 2. Mai 2002 (02.05.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWARZ, Heiko [DE/DE]; Klausthaler Str. 3, 13187 Berlin (DE). MARPE, Detlef [DE/DE]; Südwestkorso 70, 12161 Berlin (DE). WIEGAND, Thomas [DE/DE]; Nürnberger Str. 18, 10789 Berlin (DE).
- (74) Anwälte: SCHOPPE, Fritz usw.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach / P.O. Box 246, 82043 Pullach b. München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR ENCODING TRANSFORMATION COEFFICIENTS IN IMAGE AND/OR VIDEO ENCODERS AND DECODERS, CORRESPONDING COMPUTER PROGRAM, AND CORRESPONDING COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR KODIERUNG VON TRANSFORMATIONS-KOEFFIZIENTEN IN BILD- UND/ODER VIDEOKODIERERN UND -DEKODIERERN SOWIE EIN ENTSPRECHENDES COMPUTERPROGRAMM UND EIN ENTSPRECHENDES COMPUTERLESBARES SPEICHERMEDIUM



(57) Abstract: The invention relates to a method and an arrangement for encoding transformation coefficients in image and/or video encoders and decoders, a corresponding computer program, and a corresponding computer-readable storage medium, which can be used particularly as a novel efficient method for the binary arithmetic encoding of transformation coefficients in the field of video encoding. According to the inventive method, the transformation coefficients contained in blocks of (video) images are encoded in such a way that the positions of significant transformation coefficients contained in a block are determined and encoded for each block in a first scanning process, followed by a second scanning process which is carried out in reverse order, beginning with the last significant transformation coefficient within the block, and in which the levels of the significant transformation coefficients are determined and encoded.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Anordnung zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern sowie ein entsprechendes Computerprogramm und ein entsprechendes computerlesbares Speichermedium, welche insbesondere als ein neues effizientes Verfahren zur binären arithmetischen Kodierung von Transformations-Koeffizienten im Bereich der Videokodierung eingesetzt werden können. Hierfür wird vorgeschlagen, für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.

A... SIGNIFICANCE REPRESENTATION
B... ENCODE SIGNIFICANCE BIT
C... ENCODE BLOCK END BIT
D... ENCODE

WO 03/094529 A2



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

**Verfahren und Anordnung zur Kodierung von Transformations-
Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und
-dekodierern sowie ein entsprechendes Computerprogramm und
ein entsprechendes computerlesbares Speichermedium**

5

Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Anordnung zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern sowie ein entsprechendes Computerprogramm und ein entsprechendes
10 computerlesbares Speichermedium, welche insbesondere als ein neues effizientes Verfahren zur binären arithmetischen Kodierung von Transformations-Koeffizienten im Bereich der Videokodierung (CABAC in H.264/AVC, vgl. [1]) eingesetzt werden können.

15

In den gegenwärtigen hybriden block-basierten Standards zur Videokodierung wie beispielsweise MPEG-2 [2], H.263 [3] und MPEG-4 [4] werden die Blöcke von quantisierten Transformations-Koeffizienten (Levels) durch einen
20 definierten Scan-Vorgang auf einen Vektor abgebildet, welcher durch die Verwendung einer Lauflängen-Kodierung und einer anschließenden Abbildung auf Kodeworte variabler Länge kodiert wird.

25

In MPEG-2 [2] werden die Kodeworte variabler Länge 2-dimensionalen Ereignissen (RUN, LEVEL) zugewiesen, wobei LEVEL den quantisierten Wert eines nicht zu Null quantisierten (signifikanten) Transformations-Koeffizienten repräsentiert; die Lauflänge RUN gibt die Anzahl der
30 aufeinander folgenden, zu Null quantisierten (nicht-signifikanten) Transformations-Koeffizienten an, welche in dem Vektor von Transformations-Koeffizienten unmittelbar vor dem gegenwärtigen signifikanten Transformations-Koeffizienten liegen. Zusätzlich werden Kodeworte variabler
35 Länge für die zwei spezielle Ereignisse EOB und ESCAPE definiert. Während, das EOB-Ereignis angibt, dass keine

weiteren signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block vorhanden sind, signalisiert das ESCAPE-Ereignis, dass das vorhandene Ereignis (RUN, LEVEL) nicht durch das definierte Alphabet von Kodeworten variabler Länge repräsentiert werden kann. In diesem Fall, werden die Symbole RUN und LEVEL durch Kodeworte fester Länge kodiert.

In den neueren Kodier-Standards H.263 [3] und MPEG-4 [4] erfolgt die Zuordnung von Kodeworten variabler Länge auf der Basis von 3-dimensionalen Ereignissen (LAST, RUN, LEVEL), wobei das binäre Symbol LAST angibt, ob der gegenwärtige signifikante Transformations-Koeffizient der letzte signifikante Koeffizient innerhalb des Blockes ist oder ob noch weitere signifikante Transformations-Koeffizienten folgen. Durch die Verwendung dieser 3-dimensionalen Ereignisse wird kein zusätzliches EOB-Ereignis benötigt; ein ESCAPE-Ereignis wird analog zu MPEG-2 verwendet, wobei zusätzlich zu RUN und LEVEL noch das binäre Symbol LAST kodiert wird.

20

Die in MPEG-2, H.263 und MPEG-4 realisierte Kodierung der Transformations-Koeffizienten weist folgende Nachteile auf:

- Jedem Kodier-Ereignis kann nur ein Kodewort ganzzahliger Länge zugeordnet werden, eine effiziente Kodierung von Ereignissen mit Wahrscheinlichkeiten größer 0.5 ist nicht gegeben.
- Die Verwendung einer festen Tabelle für die Abbildung der Kodier-Ereignisse auf die Kodeworte variabler Länge für alle Transformations-Koeffizienten innerhalb eines Blockes berücksichtigt nicht die positions- bzw. frequenz-abhängigen Symbol-Statistiken.
- Es ist keine Adaption an die tatsächlich vorhandenen Symbol-Statistiken möglich.
- Es erfolgt keine Ausnutzung der vorhandenen Inter-Symbol-Redundanzen.

35

Der Annex E des H.263-Standards spezifiziert eine optionale, nicht-adaptive arithmetische Kodierung, bei welcher verschiedene, fest vorgegebene Modell-Wahrscheinlichkeitsverteilungen verwendet werden,

- 5 - eine jeweils für das erste, zweite und dritte Ereignis (LAST,RUN,LEVEL)/ESCAPE
- eine weitere für alle folgenden Ereignisse (LAST,RUN,LEVEL)/ESCAPE eines Blocks von Transformations-Koeffizienten,
- 10 - sowie jeweils eine weitere für die Symbole LAST, RUN und LEVEL, welche nach einem ESCAPE-Ereignis kodiert werden.

Durch diese optionale arithmetische Kodierung ist jedoch aus folgenden Gründen keine nennenswerte Steigerung der Kodier-Effizienz möglich:

- 15 - Der Vorteil der arithmetischen Kodierung, dass einem Kodier-Ereignis ein Kodewort nicht-ganzzahliger Länge zugewiesen werden kann, hat durch die Verwendung kombinierter Ereignisse der Form (LAST, RUN, LEVEL) kaum Auswirkungen auf die Kodier-Effizienz.
- 20 - Der Vorteil der Verwendung verschiedener Wahrscheinlichkeits-Verteilungen wird dadurch aufgehoben, dass keine Adaption an die tatsächlich vorhandenen Symbol-Statistiken möglich ist.

25 Eine der ersten veröffentlichten Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten durch eine adaptive binäre arithmetische Kodierung in einem hybriden Videokodierer, welches die Adaption der Wahrscheinlichkeiten an die vorhandenen Symbol-Statistiken gewährleistet, wurde in [5] vorgestellt.

30 In H.264/AVC [1] wird als Standard-Methode zur Entropie-Kodierung ein kontext-adaptives Verfahren auf der Basis von Kodeworten variabler Länge für die Codierung von Transformations-Koeffizienten spezifiziert. Hierbei wird die Codierung eines Blockes von Transformations-
35 Koeffizienten durch folgende Merkmale bestimmt:

- Durch ein Symbol COEFF_TOKEN wird sowohl die Anzahl der signifikanten Koeffizienten innerhalb eines Blocks als auch die Anzahl der aufeinander folgenden zu Eins quantisierten Koeffizienten am Ende des Vektors von Transformations-Koeffizienten bestimmt. In Abhängigkeit vom Block-Typ sowie von bereits kodierten/dekodierten Symbolen COEFF_TOKEN für benachbarte Blöcke wird für die Kodierung eine von fünf definierten Kodewort-Tabellen ausgewählt.
- 10 - Während für die zu Eins quantisierten Transformations-Koeffizienten am Ende des Koeffizienten-Vektors nur ein einzelnes Bit zur Spezifikation des Vorzeichens übertragen wird, erfolgt die Kodierung der Werte (Levels) der restlichen signifikanten Transformations-Koeffizienten in umgekehrter Scan-Reihenfolge mittels eines kombinierten Prefix-Suffix-Kodewortes.
- 15 - Ist die Anzahl der signifikanten Transformations-Koeffizienten kleiner als die Anzahl der Transformations-Koeffizienten für den entsprechenden Block, wird ein Symbol TOTAL_ZEROS kodiert, welches die Anzahl der zu Null quantisierten Transformations-Koeffizienten, die im Koeffizienten-Vektor vor dem letzten signifikanten Koeffizienten liegen, angibt. Hierfür wurden achtzehn Kodewort-Tabellen spezifiziert, die in Abhängigkeit von der Anzahl der signifikanten Koeffizienten und des Block-Typs geschaltet werden.
- 20 - Die Lauflänge der zu Null quantisierten (nicht-signifikanten) Koeffizienten (RUN) vor einem signifikanten Koeffizienten wird für jeden signifikanten Transformations-Koeffizienten in umgekehrter Scan-Reihenfolge kodiert, solange die Summe der bereits kodierten RUN's kleiner ist als TOTAL_ZEROS. In Abhängigkeit von TOTAL_ZEROS und der bereits kodierten/dekodierten RUN's wird hierbei zwischen sieben
- 30
- 35 Kodewort-Tabellen geschaltet.

Obwohl dieses sogenannte CAVLC-Verfahren (CAVLC: Context-Adaptive Variable Length Coding) durch die kontext-basierte Schaltung der Kodewort-Tabellen eine deutlich effizientere Kodierung der Transformations-Koeffizienten erlaubt als die in MPEG-2, H.263 und MPEG-4 spezifizierten Methoden, weist es im wesentlichen die folgenden Nachteile auf:

- Es wird zwar eine Schaltung zwischen verschiedenen Kodewort-Tabellen in Abhängigkeit von bereits kodierten/dekodierten Symbolen vorgenommen, die Kodewort-Tabellen können jedoch nicht an die tatsächlichen Symbol-Statistiken angepasst werden.
- Durch die Verwendung von Kodeworten variabler Länge lassen sich Ereignisse mit Symbol-Wahrscheinlichkeiten größer 0.5 nicht effizient kodieren. Diese Beschränkung verhindert insbesondere die Kodierung von Symbolen mit einem kleineren Wertebereich, wodurch unter Umständen eine Konstruktion geeigneterer Kontexte für die Schaltung zwischen verschiedenen Modell-Wahrscheinlichkeitsverteilungen möglich wäre.

Eine mögliche Lösung zur Vermeidung der dargestellten Nachteile der bekannten Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in block-basierten Bild- und Videokodierern stellt eine Kombination aus einer adaptiven arithmetischen Kodierung und einer geeigneten Kontext-Bildung zur Ausnutzung der Inter-Symbol-Redundanzen dar. Da der erhöhte Rechenaufwand der arithmetischen Kodierung im Vergleich zur Kodierung mittels Kodeworten variabler Länge einen Nachteil darstellt, ist hierbei insbesondere auf die Möglichkeit eine effizienten Hardware- und Software-Implementierung Rücksicht zu nehmen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren und eine Anordnung zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern sowie ein entsprechendes

Computerprogramm und ein entsprechendes computerlesbares Speichermedium bereitzustellen, welche die oben genannten Mängel beheben und insbesondere den zur Kodierung erforderlichen Rechenaufwand gering halten.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale in den Ansprüchen 1, 10, 11 sowie 12 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

10

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block

15

- in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend

20

- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.

25

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch ausgezeichnet, daß jeder vom letzten Transformations-Koeffizienten des Blocks verschiedene signifikante Transformations-Koeffizient des Blocks durch ein Ein-Bit-Symbol gekennzeichnet wird.

30

Als vorteilhaft erweist es sich ebenfalls, wenn für jeden signifikanten Transformations-Koeffizienten das Vorzeichen durch ein Ein-Bit-Symbol (SIGN) und der Betrag durch ein binär kodiertes Symbol (ABS) angegeben wird.

35

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke durch ein Ein-Bit-Symbol CBP4 im Zusammenhang mit weiteren Syntax-Elementen wie beispielsweise CBP oder Makroblock-Mode gekennzeichnet werden.

Ein besonderer Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass durch die Übertragung eines Ein-Bit-Symbols SIG für jeden Koeffizienten eines Blocks und eines Ein-Bit-Symbols LAST für jeden signifikanten Koeffizienten eines Blocks eine Signifikanz-Abbildung kodiert wird, wobei die Übertragung in Scan-Reihenfolge erfolgt, SIG der Kennzeichnung von signifikanten Koeffizienten dient und LAST angibt, ob in dem Block weitere signifikante Transformations-Koeffizienten vorhanden sind.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Modellierung für das Ein-Bit-Symbol CBP4, für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung und/oder für die Kodierung der Koeffizienten-Beträge kontextabhängig erfolgt. Dabei ist vorgesehen, dass Block-Typen von Transformations-Koeffizienten mit vergleichbaren Statistiken zu Block-Kategorien zusammengefasst werden.

Es erweist sich darüber hinaus als Vorteil, dass in einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens für die letzte Scan-Position eines Blockes keine Signifikanz-Information (SIG, LAST) übertragen wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der Betrag (ABS) durch ein Symbol in unärer Binarisierung oder durch ein einen Präfix-Teil und einen Suffix-Teil aufweisendes Symbol angegeben wird, wobei der Präfix-Teil aus Einsen besteht und der Suffix-Teil in einem Exp-Golomb-Code 0-ter Ordnung kodiert wird.

Eine Anordnung zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern ist vorteilhafterweise so eingerichtet, dass sie mindestens einen Prozessor und/oder Chip umfasst, der
5 (die) derart eingerichtet ist (sind), dass eine Kodierung von Transformations-Koeffizienten durchführbar ist, wobei für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für
10 jeden Block

- in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem
15 letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.

Ein Computerprogramm zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern ist dadurch ausgezeichnet, dass es einem Computer ermöglicht, nachdem es in den Speicher des Computers geladen worden ist, eine Kodierung von Transformations-Koeffizienten durchzuführen, wobei
20 für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block

- in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten
30 Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der
35 signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.

Beispielsweise können solche Computerprogramme (gegen Gebühr oder unentgeltlich, frei zugänglich oder passwortgeschützt) downloadbar in einem Daten- oder Kommunikationsnetz bereitgestellt werden. Die so
5 bereitgestellten Computerprogramme können dann durch ein Verfahren nutzbar gemacht werden, bei dem ein Computerprogramm nach Anspruch 11 aus einem Netz zur Datenübertragung wie beispielsweise aus dem Internet auf eine an das Netz angeschlossene Datenverarbeitungs-
10 einrichtung heruntergeladen wird.

Um eine Kodierung von Transformations-Koeffizienten durchzuführen, wird vorteilhafterweise ein computerlesbares Speichermedium eingesetzt, auf dem ein Programm gespeichert
15 ist, das es einem Computer ermöglicht, nachdem es in den Speicher des Computers geladen worden ist, ein Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern durchzuführen, wobei
20 für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block
- in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten
25 Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der
30 signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.

Das neue Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten zeichnet sich insbesondere durch folgende
35 charakteristische Merkmale aus:

- Ein zweidimensionaler Block von Transformations-Koeffizienten wird durch einen Scan-Vorgang auf einen eindimensionalen Vektor abgebildet.
- Die in bekannten Verfahren verwendeten Syntax-Elemente des EOB-Symbols, des LAST-Symbols oder des Koeffizienten-Zählers (Anzahl der signifikanten Koeffizienten) sowie des RUN's (Anzahl nicht-signifikanter Koeffizienten in Scan-Reihenfolge) werden durch ein Ein-Bit-Symbol CBP4 und eine Signifikanz-Abbildung ersetzt.
- Die Levels (Beträge der signifikanten Koeffizienten) werden in umgekehrter Scan-Reihenfolge kodiert.
- Die Kontext-Modellierung erfolgt in neuer Weise.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 Veranschaulichung des Grundprinzips der Kodierung von Transformations-Koeffizienten gemäß dem erfindungsgemäßen Kodierungsverfahren,
- Fig. 2 zwei Beispiele für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung (die gelb markierten Symbole werden nicht übertragen),
- Fig. 3 Binarisierung für die Beträge der Transformations-Koeffizienten (ABS),
- Fig. 4 Block-Typen und deren Klassifikation für den H.264/AVC-Standard,
- Fig. 5 Kontext-Modellierung für das Ein-Bit-Symbol CBP4 und
- Fig. 6 Beispiele der Kontext-Modellierung für die Kodierung der Beträge der signifikanten Transformations-Koeffizienten.

Figur 1 veranschaulicht das neue Kodierungsverfahren. Für jeden Block von Transformations-Koeffizienten wird zuerst ein Ein-Bit-Symbol CBP4 übertragen, es sei denn, höhergeordnete Syntax-Elemente (CBP oder Makroblock-Mode) zeigen bereits an, dass der betrachtete Block keine signifikanten Transformations-Koeffizienten enthält. Das CBP4-Symbol ist Null, wenn keine signifikanten Koeffizienten in dem Block vorhanden sind. Ist es Eins, wird eine Signifikanz-Abbildung kodiert, welche die Position (in Scan-Reihenfolge) der signifikanten Transformations-Koeffizienten spezifiziert. Anschließend werden die Beträge sowie die Vorzeichen der signifikanten Koeffizienten in umgekehrter Scan-Reihenfolge übertragen. Eine detaillierte Beschreibung des Kodierungsprozesses wird unten in Punkt 1 gegeben. Anschließend wird in Punkt 2 die Kontext-Modellierung für die binäre arithmetische Kodierung beschrieben.

1. Beschreibung der Kodierung der Transformations-Koeffizienten

1.1 Abtastung (Scan) der Transformations-Koeffizienten

Die Transformations-Koeffizienten eines jeden Blocks werden mittels eines Scan-Vorgangs (zum Beispiel Zig-Zag-Scan) auf einen Vektor abgebildet.

1.2 Das CBP4-Symbol

CBP4 ist ein Ein-Bit-Symbol, welches angibt, ob signifikante Transformations-Koeffizienten (Transformations-Koeffizienten ungleich Null) in einem Block vorhanden sind. Ist das CBP4-Symbol Null, werden keine weiteren Informationen für den entsprechenden Block übertragen.

1.3 Die Signifikanz-Abbildung

Gibt das CBP4-Symbol an, dass der entsprechende Block
signifikante Koeffizienten enthält, wird eine Signifikanz-
Abbildung kodiert. Dies erfolgt durch die Übertragung eines
5 Ein-Bit-Symbols (SIG) für jeden Koeffizienten in Scan-
Reihenfolge. Ist ein entsprechendes Signifikanz-Symbol Eins
(signifikanter Koeffizient), wird ein weiteres Ein-Bit-
Symbol (LAST) gesendet. Dieses Symbol gibt an, ob der
gegenwärtige signifikante Koeffizient der letzte
10 signifikante Koeffizient innerhalb des Blockes ist oder ob
weitere signifikante Koeffizienten folgen. Die Figur 2
zeigt zwei Beispiele für die beschriebene Methode zur
Kodierung der Signifikanz-Abbildung. Für die letzte Scan-
Position eines Blockes wird niemals eine Signifikanz-
15 Information (SIG, LAST) übertragen. Wurde die Übertragung
der Signifikanz-Abbildung nicht bereits durch ein LAST-
Symbol von Eins beendet, ist es offensichtlich, dass der
Koeffizient an der letzten Scan-Position signifikant ist
(siehe gelb markierte Position in Figur 2).

20 1.4 Die Level-Information

Durch die Signifikanz-Abbildung werden die Positionen der
signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb eines
Blockes eindeutig spezifiziert. Die Kodierung der genauen
Werte der Koeffizienten (Levels) erfolgt durch zwei
25 Kodierungssymbole: ABS (Betrag der Koeffizienten) und SIGN
(Vorzeichen der Koeffizienten). Während SIGN ein Ein-Bit-
Symbol darstellt, wird zur Kodierung der Beträge der
Koeffizienten (ABS) eine Binarisierung nach Figur 3
verwendet. Für Koeffizienten-Beträge im Intervall [1; 14]
30 entspricht diese Binarisierung einer unären Binarisierung.
Die Binarisierung für Koeffizienten-Beträge größer 14 setzt
sich aus einem Präfix-Teil, der aus 14 Einsen besteht, und
einem Suffix-Teil, der einen Exp-Golomb-Code 0-ter Ordnung
für das Symbol (ABS-15) darstellt, zusammen. Die
35 Binarisierung umfasst keine Repräsentation für

Koeffizienten-Beträge (ABS) gleich 0, da signifikante Koeffizienten (Koeffizienten ungleich Null) stets einen Betrag (ABS) größer oder gleich Eins aufweisen.

Die aus einem Präfix-Teil und einem durch einen Exp-Golomb-
5 Code 0-ter Ordnung bestehenden Suffix-Teil zusammengesetzten Binarisierung für Koeffizienten-Beträge größer 14 hat den Vorteil, dass ohne Einbußen an Kodier-Effizienz für alle binären Entscheidungen des Suffix-Teil ein spezieller nicht-adaptiver Kontext mit den Symbol-
10 Wahrscheinlichkeiten 0.5 verwendet werden kann, wodurch sich der Rechenaufwand für die Enkodierung und die Dekodierung reduzieren lässt.

Die Levels werden in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Koeffizienten
15 innerhalb eines Blocks - kodiert; dies erlaubt die Bildung geeigneter Kontexte für die binäre arithmetische Kodierung.

2. Die Kontext-Modellierung

Im allgemeinen werden im Rahmen eines Bild- und/oder Videokodiersystems verschiedene Typen von Transformations-
20 Koeffizienten-Blöcken unterschieden. So gibt es beispielsweise im gegenwärtigen Final Draft International Standard [1] des H.264/AVC-Standards 12 Typen von Transformations-Koeffizienten-Blöcken, die unterschiedliche Statistiken aufweisen (siehe linke Spalte der Tabelle in
25 Figur 4). Für die meisten Bildsequenzen und Kodierbedingungen sind jedoch einige der Statistiken sehr ähnlich. Um die Anzahl der verwendeten Kontexte gering zu halten und somit eine schnelle Adaption an die Statistiken der zu kodierenden Bildsequenz zu gewährleisten, können
30 beispielsweise die Block-Typen im H.264/AVC-Standard in 5 Kategorien eingeteilt werden (siehe rechte Spalte der Tabelle in Figur 4). Ähnliche Klassifikationen sind für andere Bild- und/oder Videokodiersysteme möglich. Für jede der - im Fall des H.264/AVC-Standards - fünf Kategorien
35 wird eine eigene Menge von Kontexten für die Symbole CBP4, SIG, LAST, und ABS verwendet.

2.1 Kontext-Modellierung für das CBP4-Symbol

Für die Kodierung des Ein-Bit-Symbols CBP4 werden vier unterschiedliche Kontexte für jede einzelne Kategorie von Transformations-Blöcken (siehe Figur 4) verwendet. Die
5 Kontext-Nummer für den zu kodierenden Block C wird durch

$$\text{ctx_number_cbp4 (C)} = \text{CBP4 (A)} + 2 \times \text{CBP4 (B)}$$

bestimmt, wobei durch A und B diejenigen benachbarten Blöcke (links und oben) des betrachteten Blockes C bezeichnet werden (siehe Abbildung 5), die dem gleichen
10 Block-Typ zuzuordnen sind. Im Rahmen des H.264/AVC-Standards werden für diese Konditionierung folgende 6 Block-Typen unterschieden: Luma-DC, Luma-AC, Chroma-U-DC, Chroma-U-AC, Chroma-V-DC, und Chroma-V-AC. Existiert der betreffende Block X (A oder B) von Transformations-
15 Koeffizienten in einem benachbarten Macroblock nicht (dies ist beispielsweise der Fall, wenn der gegenwärtige Block im INTRA16x16-Mode kodiert wird, der benachbarte Block jedoch im einem INTER-Mode übertragen wurde), wird CBP4 (X) für den benachbarten Block X auf Null gesetzt. Liegt ein
20 benachbarter Block X (A oder B) außerhalb des Bildbereiches oder gehört er zu einer anderen Slice, wird der entsprechende Wert CBP4 (X) durch einen Default-Wert ersetzt. Für INTRA-kodierte Blöcke wird ein Default-Wert von Eins, für INTER-kodierte Blöcke eine Default-Wert von
25 Null verwendet.

2.2 Kontext-Modellierung für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung

Für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung werden pro
30 Block-Kategorie (siehe Figur 4) jeweils $\text{max_koeff}-1$ verschiedene Kontexte für die Kodierung der Symbole SIG und LAST verwendet. Durch max_koeff wird hierbei die Anzahl der Transformations-Koeffizienten für die entsprechende Block-Kategorie (für H.264/AVC, siehe Figur 4) bezeichnet.
35 Die Kontext-Nummer ist stets durch die entsprechende Scan-

Position des betrachteten Koeffizienten gegeben. Die Kontext-Nummern eines Koeffizienten `koeff[i]`, der als *i*-ter Koeffizient gescannt wurde, ergeben sich somit zu

$$\text{ctx_number_sig}(\text{koeff}[i]) = \text{ctx_number_last}(\text{koeff}[i]) = i.$$

- 5 Es werden für jede Kategorie von Block-Typen $2 \times \text{max_koeff} - 2$ Kontexte für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung benutzt.

2.3 Kontext-Modellierung für die Kodierung der Koeffizienten-Beträge

10 Für die Kodierung der Beträge der signifikanten Transformations-Koeffizienten wird die in Figur 3 dargestellte Binarisierung verwendet. Hierbei kommen pro Block-Kategorie zwei unterschiedliche Kontext-Mengen zum
 15 Einsatz, eine für die Kodierung der ersten binären Entscheidung `bin = 1` (in Figur 3 orange markiert), und eine weitere für die Kodierung der binären Entscheidungen `bin = 2..14` (in Figur 3 grün markiert) der Binarisierung. Die Kontext-Nummern werden wie folgt zugewiesen:

20 `ctx_number_abs_lbin`
`= (koeff mit ABS>1 kodiert ? 4 :`
`max(3, Anzahl der kodierten Koeffizienten mit ABS=1)),`
`ctx_number_abs_rbins`
`= max(4, Anzahl der kodierten Koeffizienten mit ABS>1).`

25 Die Beträge der Transformations-Koeffizienten werden im umgekehrter Scan-Reihenfolge übertragen. Der Kontext für die erste binären Entscheidung wird durch die Anzahl der bereits übertragenen Koeffizienten (in umgekehrter Scan-Reihenfolge) bestimmt, die einen Betrag von `ABS=1`
 30 aufweisen. Wurden bereits mehr als 3 Koeffizienten mit dem Betrag `ABS=1` übertragen, wird stets der Kontext mit der Nummer 3 gewählt. Sobald ein Koeffizient mit einem Betrag `ABS>1` gesendet wurde, wird der Kontext 4 für alle restlichen signifikanten Koeffizienten innerhalb des
 35 Blockes verwendet.

- Alle binären Entscheidungen mit $\text{bin} = 2..14$ werden unter Verwendung ein und desselben Kontexts kodiert. Hierbei wird die Kontext-Nummer durch die Anzahl der bereits kodierten Koeffizienten (in umgekehrter Scan-Reihenfolge) mit einem Betrag $\text{ABS} > 1$ bestimmt, wobei eine Beschränkung auf die maximale Kontext-Nummer von 4 vorgenommen wird. Zur Veranschaulichung sind in der Figur 6 zwei Beispiele für die Kontext-Auswahl bei der Kodierung der Beträge ABS der signifikanten Transformations-Koeffizienten dargestellt.
- 5
- 10 Für die Kodierung der binären Entscheidungen $\text{bin} > 14$ für die Koeffizienten-Beträge sowie für die Vorzeichen SIGN wird ein einzelner nicht-adaptiver Kontext mit den Symbol-Wahrscheinlichkeiten $P_0 = P_1 = 0.5$ verwendet.
- 15 Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführungsform nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von der erfindungsgemäßen Anordnung und dem erfindungsgemäßen Verfahren auch bei grundsätzlich anders
- 20 gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

Quellennachweis

- [1] T. Wiegand, G. Sullivan, "Draft Text of Final Draft International Standard (FDIS) of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)", JVT-G050, March 2003.
- [2] ITU-T and ISO/IEC JTC1, "Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 2: Video", ITU-T Recommendation H.262 - ISO/IEC 13818-2 (MPEG-2), Nov. 1994.
- [3] ITU-T, "Video coding for low bitrate communications", ITU-T Recommendation H.263; version 1, Nov. 1995; version 2, Jan. 1998.
- [4] ISO/IEC JTC1, "Coding of audio-visual objects - Part 2: Visual", ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 visual version.1), Apr. 1999; Amendment 1 (version 2), Feb. 2000; Amendment 4 (streaming profile), Jan. 2001.
- [5] C.A. Gonzales, "DCT coding of motion sequences including arithmetic coder", ISO-IEC/JTC1/SC2/WG8, MPEG 89/187, Aug. 1989.

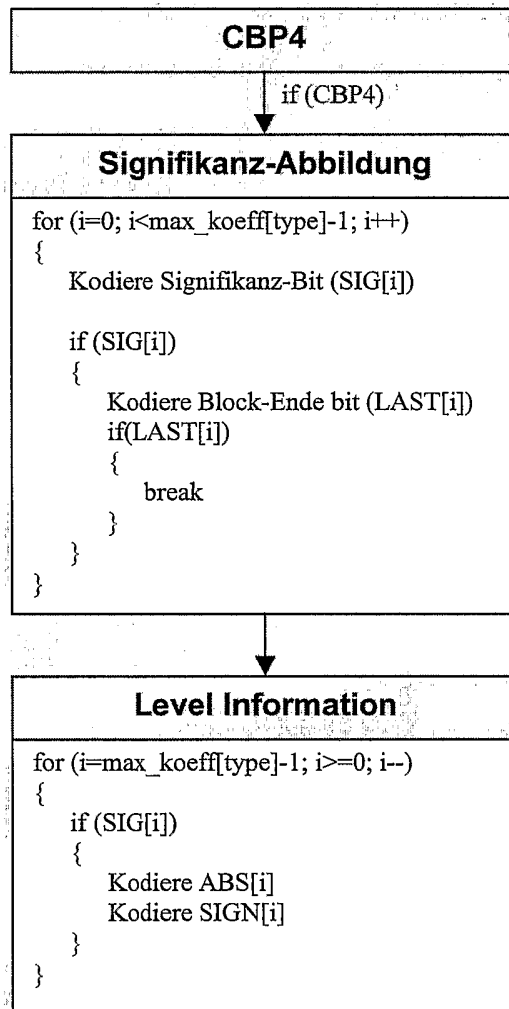
Patentansprüche

1. Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern
5 dadurch gekennzeichnet, dass
für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block
10 - in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten
15 innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
jeder vom letzten Transformations-Koeffizienten des Blocks verschiedene signifikante Transformations-Koeffizient des Blocks durch ein Ein-Bit-Symbol gekennzeichnet wird.
25
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
für jeden signifikanten Transformations-Koeffizienten das Vorzeichen durch ein Ein-Bit-Symbol (SIGN) und der Betrag durch ein binär kodiertes Symbol (ABS)
30 angegeben wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 der Betrag durch ein Symbol (ABS) in unärer Binarisierung oder durch ein einen Präfix-Teil und einen Suffix-Teil aufweisendes Symbol (ABS) angegeben wird, wobei der Präfix-Teil aus Einsen besteht und der Suffix-Teil in einem Exp-Golomb-Code 0-ter Ordnung kodiert ist.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke durch ein Ein-Bit-Symbol CBP4 im Zusammenhang mit weiteren Syntax-Elementen wie beispielsweise CBP oder Makroblock-Mode gekennzeichnet werden.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
durch die Übertragung eines Ein-Bit-Symbols (SIG) für jeden Koeffizienten eines Blocks und eines Ein-Bit-Symbols (LAST) für jeden signifikanten Koeffizienten eines Blocks eine Signifikanz-Abbildung kodiert wird, wobei die Übertragung in Scan-Reihenfolge erfolgt, (SIG) der Kennzeichnung von signifikanten Koeffizienten dient und (LAST) angibt, ob in dem Block weitere signifikante Transformations-Koeffizienten
20 vorhanden sind.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass
die Modellierung
30 - für das Ein-Bit-Symbol CBP4,
- für die Kodierung der Signifikanz-Abbildung und/oder
- für die Kodierung der Koeffizienten-Beträge kontextabhängig erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass
für die letzte Scan-Position eines Blockes keine Signifikanz-Information (SIG, LAST) übertragen wird.
- 5
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
Block-Typen von Transformations-Koeffizienten mit vergleichbaren Statistiken zu Block-Kategorien
10 zusammengefasst werden.
10. Anordnung mit mindestens einem Prozessor und/oder Chip, der (die) derart eingerichtet ist (sind), dass ein Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -
15 dekodierern durchführbar ist, wobei
für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass
20 für jeden Block
- in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem
25 letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.
- 30 11. Computerprogramm, das es einem Computer ermöglicht, nachdem es in den Speicher des Computers geladen worden ist, ein Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern durchzuführen, wobei

- für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block
- 5 - in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten
- 10 innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten ermittelt und kodiert werden.
12. Computerlesbares Speichermedium, auf dem ein Programm gespeichert ist, das es einem Computer ermöglicht,
- 15 nachdem es in den Speicher des Computers geladen worden ist, ein Verfahren zur Kodierung von Transformations-Koeffizienten in Bild- und/oder Videokodierern und -dekodierern durchzuführen, wobei
- für signifikante Transformations-Koeffizienten enthaltende Blöcke von (Video-)Bildern eine Kodierung der Transformations-Koeffizienten derart erfolgt, dass für jeden Block
- 20 - in einem Scan-Vorgang die Positionen von signifikanten Transformations-Koeffizienten in dem Block und anschließend
- 25 - in umgekehrter Scan-Reihenfolge - beginnend mit dem letzten signifikanten Transformations-Koeffizienten innerhalb des Blocks - die Werte (Levels) der signifikanten Transformations-Koeffizienten
- 30 ermittelt und kodiert werden.
13. Verfahren, bei dem ein Computerprogramm nach Anspruch 11 aus einem elektronischen Datennetz wie beispielsweise aus dem Internet auf eine an das Datennetz angeschlossene Datenverarbeitungseinrichtung
- 35 heruntergeladen wird.



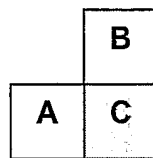
Figur 1

Koeffizienten	14	0	-5	3	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0
SIG	1	0	1	1	0	0	1	0	1						
LAST	0		0	0			0		1						

Koeffizienten	18	-2	0	0	0	-5	1	-1	0	0	0	0	1	0	0	1
SIG	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	(1)
LAST	0	0				0	0	0					0			(1)

Figur 2

3/3



Figur 5

Koeffizienten	14	0	-5	3	0	0	-1	0	1
ctx_number_abs_1bin	4	4	2				1	0	
ctx_number_abs_rbins	2	1	0						

← Umgekehrte Scan-Richtung

Koeffizienten	18	-2	-1	6	4	-5	1	-1	0	1	0	0	1	0	0	1
ctx_number_abs_1bin	4	4	4	4	4	3	3	3		2			1			0
ctx_number_abs_rbins	4	3		2	1	0										

Figur 6