



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 24 389 T2 2006.08.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 090 502 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 7/00 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 24 389.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/03538**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 920 727.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/065829**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.04.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **02.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **30.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(30) Unionspriorität:

99201298	26.04.1999	EP
99202479	28.07.1999	EP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(72) Erfinder:

**DE HAAN, Gerard, NL-5656 AA Eindhoven, NL;
BELLERS, B., Erwin, NL-5656 AA Eindhoven, NL;
SCHUTTEN, J., Robert, NL-5656 AA Eindhoven,
NL**

(74) Vertreter:

Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(54) Bezeichnung: **SUBPIXELGENAUE BEWEGUNGSVEKTORSCHÄTZUNG UND BEWEGUNGSKOMPENSIERTE INTERPOLATION**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur subpixelgenauen Bewegungsvektorschätzung und bewegungskompensierten Interpolation oder Vorhersage, sowie auf ein Fernsehgerät mit einer derartigen subpixelgenauen bewegungskompensierten Interpolationsanordnung.

[0002] WO 95/07591 beschreibt ein Verfahren und eine Anordnung zur Bewegungskompensation unter Anwendung von Blockpaarung. Blockpaarung ist als eine robuste und instinktiv einfache Methode zur Bewegungsschätzung für Fernsehbilder durchaus bekannt. Wenn aber der Zweck der Bewegungsschätzung ist, eine genaue Interpolation zwischen Bildern zu schaffen, beispielsweise in einem 50 Hz zu 100 Hz Aufwärtsmischer, tritt bei der herkömmlichen Blockpaarung das Problem auf, dass die Blöcke in den ursprünglichen Teilbildern liegen statt in den zu interpolierenden Teilbildern liegen, was zu möglichen Fehlern in dem berechneten Bewegungsteilbild führt. WO 95/07591 benutzt doppelseitige Blockpaarung. Das Suchfenster wird von den zwei Eingangsteilbildern derart geteilt, dass die Kandidatbewegungsvektoren, die zu den Kandidatpixelblöcken gehören, alle durch denselben Punkte in dem zu interpolierenden Teilbild gehen. Auf diese Weise wird der "aktuelle Block" ein imaginäres Gebiet in dem zu interpolierenden Teilbild und jedes der zwei Suchfenster erstreckt sich bis an die Hälfte des maximalen Bewegungsvektors in jeder Richtung. Jeder Bewegungsvektor zeigt mit seinem halben Wert vorwärts zu dem vorliegenden Teilbild und mit dem halben Wert rückwärts zu dem zurückliegenden Teilbild. Der erste Teil (BHMV) und der zweite Teil (FHMV) des genannten Bewegungsvektors können derart gerundet werden, dass die relatierte Summe nach wie vor richtig ist. Doppelseitige Blockpaarung löst das lagenbezogene Fehlerproblem, weil die aktuellen Blöcke das interpolierte decken und in dem interpolierten Teilbild einwandfrei angebracht sind, und das Problem von Lücken und Konflikten wird gelöst, weil jedem Punkt in dem interpolierten Teilbild genau ein einziger Bewegungsvektor zugeordnet ist.

[0003] Bewegungsvektoren werden in einem Bereich von Bildverarbeitungsapplikationen, wie bei Codierung, Rauschunterdrückung und Abtastratenumwandlung verwendet. Einige dieser Applikationen, insbesondere die Applikation der Abtastratenumwandlung, erfordern die richtige Bewegung von Objekten, die geschätzt werden müssen [1], [2]. Andere Applikationen, beispielsweise Codierung und verschachtelte zu sequentieller Abtastratenumwandlung, erfordern eine große Genauigkeit tastumwandlung, erfordern eine große Genauigkeit der Bewegungsvektoren um eine niedrige Amplitude der restlichen Codierungsfehler zu verwirklichen, oder alias [3] bzw. [4]. Zum Schluss gibt es eine Kategorie von Applikationen, beispielsweise Konsumentenapplikationen on Bewegungsschätzung, wobei die Kosten des Bewegungsschätzers von wesentlicher Bedeutung sind [5]. Es wurden bereits einige Algorithmen vorgeschlagen um eine richtige Bewegungsschätzung zu verwirklichen [1], [2], [5], [6], [7] und [8]. Es wurden auch bereits Algorithmen vorgeschlagen um Bewegungsschätzung mit einem geringen Komplexitätspegel durchzuführen, beispielsweise [5], [8], [9], [10] und [11] und nebst den pel-rekursiven Algorithmen, die meistens eine Subpixelgenauigkeit ermöglichen, siehe beispielsweise [12], oder [13], ist auch über eine Anzahl Blockpaarungsalgorithmen berichtet, welche die Schätzung sehr genauer Bewegungsvektoren [1], [14] und [15] ermöglichen.

[0004] In einem nicht symmetrischen Bewegungsvektor wurde versucht, einen verschobenen Teil eines vorhergehenden (oder nächsten) Bildes mit einem festen Teil des aktuellen Bildes zu paaren. Wenn der Schätzer ein Blockpaarer ist, ist das Fehlermaß, wobei ein SAD-Kriterium ("Summed Absolute Difference") angewandt wird:

$$SAD(\underline{C}, \underline{X}, n) = \sum_{\underline{x} \in B(\underline{x})} |F(\underline{x} - \underline{C}(\underline{X}, n), n-1) - F(\underline{x}, n)| \quad (1)$$

wobei \underline{C} der getastete Kandidatvektor ist, wobei \underline{X} die Stelle des Blocks $B(\underline{X})$ ist, wobei $F(\underline{x}, n)$ das Leuchtdichtesignal ist und wobei n die Bildnummer ist. Die resultierenden Bewegungsvektoren beschreiben die Geschwindigkeit des Blocks in dem aktuellen Bild.

[0005] In einem symmetrischen Bewegungsschätzer werden zwei Teile von (meistens aufeinander folgenden) Bildern in entgegengesetzten Richtungen verschoben, auch wieder derart, dass sich die optimale Paarung ergibt. Die Paarungsfehler zeigen sich als:

$$SAD(\underline{C}, \underline{X}, n) = \sum_{\underline{x} \in B(\underline{x})} |F(\underline{x} - \alpha \underline{C}(\underline{X}, n), n-1) - F(\underline{x} + (1-\alpha) \underline{C}(\underline{X}, n), n)| \quad (2)$$

[0006] Die resultierenden Bewegungsvektoren (Summe der zwei Verschiebungen nach Umkehrung einer derselben) beschreiben die Geschwindigkeit des Blocks in einem (nicht verfügbaren) Bild, das sich zwischen den zwei verschobenen Bildern befindet. Der Parameter α , der zwischen 0 und 1 liegt, bestimmt die zeitliche

Lage. Dieser Typ von Bewegungsschätzer ist besonders relevant für Frameratenumwandlungsapplikationen.

[0007] Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf das Problem der wirklichen Bewegungsschätzung mit einer Subpixelgenauigkeit, wobei die Vektoren zu einem Zeitpunkt gültig sein sollen, der zwischen zwei Eingangsbildern liegt. Dies ist besonders wichtig für Schätzer, die in Abtastratenwandlern verwendet werden. Subpixelgenauigkeit erfordert die Interpolation von Pixeln an Stellen zwischen bestimmten Pixelwerten. Das meistens angewandte Verfahren ist die sog. bilineare Interpolation, die wegen der geringen Komplexität für Implementierung interessant ist.

[0008] Es ist nun u. a. eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Bewegungsvektorschätzung und bewegungskompensierte Interpolation zu schaffen. Dazu schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Anordnung zur Bewegungsvektorschätzung und zur bewegungskompensierten Interpolation oder Prädiktion, wie in den Hauptansprüchen definiert. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen definiert.

[0009] Es sei bemerkt, dass in der Dissertation von G. de Haan: "Motion estimation and compensation; An integrated approach to consumer display field rate conversion", Eindhoven, 1992, Abschnitt 8.1.1, ein Verfahren beschrieben wird zum Erhalten eines ersten und eines zweiten ganzen Vektors (d.h. mit nur ganzzahligen Vektoranteilen) aus einem ganzzahligen Kandidatvektor (d.h. auch mit nur ganzzahligen Vektoranteilen) um Subpixelinterpolation für ungeradzahlige Kandidatvektoren zu vermeiden. Für ungeradzahlige Kandidatvektoren, d.h. einen Vektor mit einem ungeradzahligen vertikalen Anteil, führt eine Multiplikation mit einem Bruchteil von 0,5 zu einem nicht ganzzahligen Vektoranteil. Für Kandidatvektoren mit einem geradzahligen vertikalen Anteil gibt es kein Problem, da aus der Multiplikation dieses geradzahligen vertikalen Anteils mit einem Bruchteil 0,5 kein nicht ganzzahliger Wert hervorgeht. Dieses bekannte Verfahren umfasst die Schritte der Multiplikation der Vektoranteile des ganzzahligen Kandidatvektors mit einem Bruchteil zum Erhalten von brüchigen Vektoranteilen, der Rundung der brüchigen Vektoranteile zum Erhalten ganzzahliger Vektoranteile des ersten Vektors, und Subtraktion des ganzzahligen ersten Vektors von dem ganzzahligen Kandidatvektor zum Erhalten des ganzzahligen zweiten Vektors, so dass der zweite Vektor auch nur ganzzahlige Vektoranteile hat.

[0010] In der Beschreibung und in den Ansprüchen umfasst der Ausdruck "Rundung" die Aufrundung sowie die Abrundung zu einem höheren bzw. niedrigeren Wert (d.h. Beschneidung) und eine Rundung zu dem nächsten ganzzahligen Wert. Der Ausdruck "Bild" umfasst ein Teilbild sowie ein ganzes Bild.

[0011] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) ein Position-zu-Zeit-Diagramm der vorliegenden Erfindung,

[0013] [Fig. 2](#) eine Ausführungsform einer Anordnung zur Bewegungsvektorschätzung nach der vorliegenden Erfindung,

[0014] [Fig. 3](#) eine Ausführungsform einer bewegungskompensierten Interpolationsanordnung nach der vorliegenden Erfindung, und

[0015] [Fig. 4](#) eine Ausführungsform eines Fernsehgeräts nach der vorliegenden Erfindung.

[0016] Es wurde gefunden, dass die unkomplizierte Anwendung des oben genannten einfachen bilinearen Interpolationsalgorithmus in den beiden angrenzenden Bildern einen ziemlich starken Vorzug für einige Verlagerungsvektoren gegenüber anderen hat, was durch Anwendung von Subpixelinterpolation in nur einem einzigen Bild vermieden werden kann, wobei eine kleine aber vernachlässigbare Abweichung von der beabsichtigten zeitlichen Lage akzeptiert wird, an der das Vektorbild gelten soll.

[0017] Der Algorithmus, der vorgeschlagen wird, resultiert aus der Beobachtung, dass das genannte Problem bevorzugter Subpixelgeschwindigkeiten insbesondere in dem Fall von symmetrischer Bewegungsschätzung auftrat. Solange alle Bewegungsvektoren zu ganzzahligen Verschiebungen über ein Pixelgitter führen, treten keine Vorzüge, ohne Bezug auf Bildinhalt, für bestimmte Bewegungsvektoren auf. Dies ist aber anders, wenn Subpixelinterpolation erforderlich ist. In dem symmetrischen Schätzer mit bilinearer Interpolation führen die beiden verschobenen Bilder, die gepaart sind, zu demselben spektralen Verlust von dem Interpolationsfilter. Je höher der Verlust des interpolierenden Filters für eine bestimmte minimale Geschwindigkeit, umso niedriger ist der Paarungsfehler, d.h. das Ergebnis ist ein Vorzug für diese Geschwindigkeit. Im Falle eines nicht symmet-

rischen Bewegungsschätzers wird durch die Subpixelverschiebung nur ein einziges Bild räumlich gefiltert und deswegen: je höher der Verlust eines Filters, umso höher ist der Paarungsfehler und umso geringer der Vorzug für diese Geschwindigkeit. In beiden Fällen können teurere Filter verwendet werden um unbeabsichtigte Vorzüge zu reduzieren.

[0018] Versuche haben gezeigt, dass Subpixelgenauigkeit von Effektiv-Bewegungs- und Subpixelbewegungsschätzung besser sind in der asymmetrischen Konfiguration als in der symmetrischen Situation, wenn die möglichst einfachen Interpolationsfilter (lineare Interpolation) verwendet werden. Mit gewissem Rechenaufwand könnte dargelegt werden, dass dies erwartet werden muss, durch Berechnung des Paarungsfehlers für alle Interpolationsfilter für einen Frequenzhub mit einer allmählich sich ändernden Geschwindigkeit.

[0019] Diese Beobachtung führt zu einer interessanten Implementierung eines symmetrischen Bewegungsschätzers. Die Implementierung ist interessant, weil sie die höhere Genauigkeit und die geringeren Kosten des asymmetrischen Schätzers in den symmetrischen Bewegungsschätzer einführt. Die vorliegende Erfindung besteht ganz einfach daraus, dass der Schätzer nur für den ganzzahligen Teil des Bewegungsschätzers symmetrisch gemacht wird, und für den gebrochenen Anteil des Vektors asymmetrisch gemacht wird. Der Paarungsfehler führt zu:

$$SAD(\underline{C}, \underline{X}, n) = \sum_{\underline{x} \in B(\underline{x})} |F(\underline{x} - \underline{C}_p(\underline{X}, n), n-1) - F(\underline{x} + \underline{C}_n(\underline{X}, n), n)| \quad (3)$$

wobei die Beziehung zwischen dem ursprünglichen Kandidatvektor $C(X, n)$ und $C_n(X, n)$ auf das nächste Bild zeigt, und $C_p(X, n)$ und $C_n(X, n)$ auf das vorhergehende Bild zeigt, und wird andererseits gegeben durch:

$$\underline{C}_p(\underline{X}, n) = (\text{Rnd}(\alpha \cdot \underline{C}_x(\underline{X}, n)), \text{Rnd}(\alpha \cdot \underline{C}_y(\underline{X}, n)))^T, \underline{C}_n(\underline{X}, n) = \underline{C}(\underline{X}, n) - \underline{C}_p(\underline{X}, n) \quad (4)$$

wobei $\text{Rnd}(A)$ zu dem nächst liegenden ganzzahligen Wert für A zurückkehrt. Dadurch enthält $\underline{C}_n(\underline{X}, n)$ den gebrochenen Anteil, während $\underline{C}_p(\underline{X}, n)$ ein ganzzahliger Vektor ist. Offenbar ist es auch möglich, \underline{C}_n ganzzahlig zu machen und \underline{C}_p , den Rest zu machen, der auch nicht ganzzahlige Anteile aufweisen kann. Diese Alternative liegt im Rahmen der Patentansprüche.

[0020] Genau gesagt gibt die resultierende Schätzung nicht länger die Geschwindigkeit des festen Blocks zu dem erforderlichen Zeitpunkt an (zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern), sondern soll einem einigermaßen (maximal zur Hälfte des Subpixelteils des Vektors) verschobenen Block zugeordnet werden, oder der entsprechenden Lage in einem zeitlich einigermaßen verschobenen Bild. Der resultierende Fehler ist aber grundsätzlich sehr gering und ist deswegen vernachlässigbar.

[0021] Der Vorteil des vorgeschlagenen Algorithmus ist nicht nur eine verbesserte Genauigkeit für einen Bewegungsvektor, der dieses Verfahren anwendet, sondern auch die Implementierung kann zu geringeren Kosten verwirklicht werden. Deswegen hat es einen Sinn, den Grundgedanken nicht nur in einem Bewegungsschätzer anzuwenden, sondern auch in einem bewegungskompensierten Bildinterpolator. Im Allgemeinen entsteht ein vorübergehend interpoliertes Bild als:

$$F_i(\underline{x}, n) = \frac{1}{2} (F(\underline{x} - \underline{D}(\underline{X}, n), n-1) + F(\underline{x} + (1 - \alpha)\underline{D}(\underline{X}, n), n)) \quad (5)$$

wobei \underline{D} der berechnete Verlagerungs- oder Bewegungsvektor ist, der zwischen Bildern n und $n - 1$ auftritt.

[0022] Völlig entsprechend dem Vorschlag aus dem oben stehenden Abschnitt können wird dies nun wie folgt modifizieren:

$$F_i(\underline{x}, n) = \frac{1}{2} (F(\underline{x} - \underline{D}_p(\underline{X}, n), n-1) + F(\underline{x} + \underline{D}_n(\underline{X}, n), n)) \quad (6)$$

mit

$$\underline{D}_p(\underline{X}, n) = (\text{Rnd}(\alpha \cdot \underline{D}_x(\underline{X}, n)), \text{Rnd}(\alpha \cdot \underline{D}_y(\underline{X}, n)))^T, \underline{D}_n(\underline{X}, n) = \underline{D}(\underline{X}, n) - \underline{D}_p(\underline{X}, n) \quad (7)$$

[0023] Auch hier ist der Vorteil wieder eine Kostenreduktion, da Subpixelinterpolation nur für die Pixel von einem einzigen Bild erforderlich ist (kann auch den Zugriff aus Speicher reduzieren), während nur eine sehr geringe Modifikation des Zeitpunktes, wo das Bild interpoliert wird, entsteht.

[0024] Es hat sich herausgestellt, dass der oben beschriebene Algorithmus zur bewegungskompensierten Interpolation zur allmählichen Änderung von Bewegungsvektorfeldern suboptimal ist. Wegen der Rundung eines der zwei Bewegungsvektoren wird es eine Unterbrechung in der zeitlichen Lage geben, für welche die Kombination der zwei Bewegungsvektoren gilt. Diese Unterbrechung ist in dem aufwärts gemischten Bild deutlich sichtbar, in dem Fall eines allmählich sich ändernden Bewegungsvektorfeldes. Eine angepasste Version des ursprünglichen Vorschlags macht diese Unterbrechungen geringer. Die Gleichung (6) bleibt wie oben dargestellt, ebenso wie die Formel für D_p , aber die Gleichung für D_n wird geändert in:

$$\underline{D}_n(\underline{X}, n) = (1 - \alpha)\underline{D}_n(\underline{X}, n) \quad (8)$$

[0025] Ws sei bemerkt, dass die Summe der Vektoren D_p und D_n nicht mehr gleich D ist.

[0026] Der revidierte Algorithmus hat dieselben Vorteile, dieselbe Kostenreduktion, wie der ursprüngliche Algorithmus, zeigt aber keine Unterbrechungen (Bewegungsvibration), wenn allmählich sich ändernde Bewegungsvektorfelder angewandt werden (stattdessen kann die Auflösung je Bild schwanken, aber versuchsweise hat es sich herausgestellt, dass dies wesentlich besser ist als Vibration). Dieser revidierte Algorithmus wird nur im Falle von bewegungskompensierter Aufwärtsmischung angewandt, der Bewegungsschätzalgorithmus bleibt wie oben beschrieben.

[0027] [Fig. 1](#) zeigt ein Diagramm Stelle (P) gegenüber Zeit (T) nach der vorliegenden Erfindung. Die Spalte $n - 1$ stellt die Zeilen in dem Bild $n - 1$ dar, die Spalte n stellt die Zeilen in dem Bild n dar, und der Punkt in der Spalte $n - 1/2$ stellt eine zu interpolierende Zeile dar. Eine unterbrochene Linie zeigt, dass ein allgemeiner subpixelgenauer Vektor \underline{D} zu zwei halben Vektoren $\underline{D}/2$ führen würde, die je auf eine Stelle zwischen zwei bestehenden Zeilen zeigen, was zwei nicht ganzzahlige Interpolationen erfordert. Nach der vorliegenden Erfindung wird einer dieser halben Vektoren gerundet ($\text{Rnd}(\underline{D}/2)$) um einen Vektor zu erhalten, der auf eine bestehende Zeile zeigt, während der andere halbe Vektor durch Subtraktion dieses gerundeten ersten Vektors $\text{Rnd}(\underline{D}/2)$ von dem ursprünglichen subpixelgenauen Vektor \underline{D} erhalten wird.

[0028] [Fig. 2](#) zeigt eine Ausführungsform einer Bewegungsvektorschätzungsanordnung nach der vorliegenden Erfindung. Ein Bildspeicher FM gewährleistet die erforderliche zeitliche Verzögerung: Bild n ist an dem Eingang vorhanden, während Bild $n - 1$ an dem Ausgang vorhanden ist. Die Ausführungsform nach [Fig. 2](#) umfasst weiterhin einen Satz von zwei Zeilenspeicherteilen LM1, LM2, die je eine abgegriffene Verzögerungsleitung von beispielsweise 5 Zeilenspeichern und 16 Pixelspeichern je Zeilenspeicherabgriff enthalten, so dass jedes Pixel in einem bestimmten Gebiet erreicht werden kann.

[0029] [Fig. 2](#) zeigt weiterhin einen Bewegungsvektorschätzer ME, der über eine Schaltmatrix SMX bzw. einen Lageninterpolator INT mit den Zeilenspeicherteilen LM1, LM2 kommuniziert. Auf diese Weise liefert der Bewegungsvektorschätzer ME Kandidatbewegungsvektoren \underline{C} zu den Zeilenspeicherteilen LM1, LM2 und die Zeilenspeicherteile LM1, LM2 liefern entsprechende Pixelwerte zu dem Bewegungsvektorschätzer ME. Wie in EP-A-0.415.491 (PHN 13.068) beschrieben, benutzt der Bewegungsvektorschätzer ME vorzugsweise auch Vektoren, die für ein vorhergehendes Bild bestimmt wurden, die von einem Bewegungsvektorspeicher VM geliefert werden. Der Bewegungsvektorschätzer liefert einen Ausgangsvektor \underline{D} .

[0030] Nach der vorliegenden Erfindung wird der Kandidatvektor \underline{C} in einen völlig ganzzahligen Vektor \underline{C}_p und einen restlichen Vektor \underline{C}_n mit Hilfe einer Ableitungseinheit DU aufgeteilt, wobei die Aufteilung zwischen \underline{C}_p und \underline{C}_n von dem Bruchteil α abhängig ist. Dazu wird der Kandidatbewegungsvektor \underline{C}_n mit einem Bruchteil α multipliziert, das Ergebnis wird einer Rundungsschaltung RND zugeführt, die den Vektor \underline{C}_p liefert, der der Schaltmatrix SMX zugeführt wird. Der Vektor \underline{C}_p wird mit Hilfe einer Subtrahierschaltung S zum Erhalten des restlichen Vektors \underline{C}_n von dem Kandidatbewegungsvektor \underline{C} subtrahiert, der dem Lageninterpolator INT zugeführt wird.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt eine Ausführungsform einer bewegungskompensierten Interpolationsanordnung nach der vorliegenden Erfindung. Der Eingangsbewegungsvektor \underline{D} wird mit Hilfe der Herleitungseinheit DU entsprechend den Gleichungen (6) in einen völlig ganzzahligen Vektor \underline{D}_p und einen restlichen Vektor \underline{D}_n aufgeteilt, mit \underline{D}_p wie in der Gleichung (7) und mit \underline{D}_n wie in der Gleichung (8). Die Herleitungseinheit DU' nach [Fig. 3](#) weicht auf diese Weise von der Herleitungseinheit DU nach [Fig. 2](#) darin ab, dass ein Multiplizierer M2 den Eingangsbewegungsvektor \underline{D} mit einem Faktor $1 - \alpha$ multipliziert zum Erhalten des Vektors \underline{D}_n . Die von dem Lageninterpolator INT und der Schaltmatrix SMX erhaltenen Pixelwerte werden von einer Mittelungsschaltung AV gemittelt um das Ausgangsbild $n - 1/2$ zu erhalten.

[0032] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform eines Fernsehgeräts nach der vorliegenden Erfindung. Eine Antenne A liefert ein Fernsehsignal zu einem Tuner TUN, der einem Prozessor PROC ein Videosignal liefert zum Erzeugen eines verarbeiteten Videosignals. Die Anzahl Bilder in dem verarbeiteten Videosignal wird von einem bewegungskompensierten Interpolator MCINT von dem in Fig. 3 dargestellten Typ verdoppelt. Der bewegungskompensierte Interpolator MCINT kann die Bewegungsvektoren \underline{D} von einem Bewegungsvektorschätzer von dem in Fig. 2 dargestellten Typ empfangen haben. Auf vorteilhafte Weise, wie in US-A-5.495.300 (Aktenzeichen der Anmelderin PHN 14.079) beschrieben, sind der Bewegungsvektorschätzer und der bewegungskompensierte Interpolator zum Bilden einer einzigen Schaltungsanordnung kombiniert.

[0033] Primäre Aspekte der vorliegenden Erfindung können wie folgt zusammengefasst werden. Subpixelgenaue Bewegungsschätzung aus digitalem Video erfordert Interpolation von Daten. In einem symmetrischen Bewegungsschätzer, der die benachbarten Bilder über komplementäre Bruchteile des Vektors verschiebt, sind zwei derartige Interpolationsfilter erforderlich. Im Falle von Blockpaarungsbewegungsschätzalgorithmen ist der Paarungsfehler mehrerer Kandidatvektoren von der Qualität der (des) Subpixelinterpolationsfilter(s) abhängig. Da diese Filter je gebrochenen Anteil des Vektors verschieden sind, können unbeabsichtigte Vorzüge für einige gebrochene Vektoranteile gegenüber anderen entstehen. Es wird nun vorgeschlagen, die Kandidatvektoren in einen ganzzahligen Teil und einen im Allgemeinen nicht ganzzahligen Teil aufzuteilen, da dies eine bessere Genauigkeit gibt und geringere Kosten als eine Aufteilung der Kandidaten, genau entsprechend der zeitlichen Lage, in der die Vektoren gültig sein sollen.

Bezugsmaterial:

- [1] G. A. Thomas, "Television motion measurement for DATV and other applications", BBC Research Report No. BBC RD 1987/11.
- [2] R. Thoma and M. Bierling, "Motion Compensating Interpolation Considering Covered and Uncovered Background", Image Communications 1, Elseviers 1989, Seiten 191–212.
- [3] "Time-Recursive Deinterlacing for IDTV and Pyramid Coding", F. M. Wang and D. Anastassiou, Image Communication 2, Elseviers 1990, Seiten 365–374.
- [4] "A Motion Adaptive De-Interlacing Method", Kwon, Seo, Kim and Kim, IEEE Tr. on Consumer Electronics, Heft 38, Nr. 3, 1992.
- [5] G. de Haan and H. Huijgen, "Motion Estimation for TV Picture Enhancement", Proc. 4th Int. Workshop on HDTV and beyond, Turin, 1991.
- [6] T. Reuter, "A modified blockmatching algorithm with vector reliability checking and adaptive smoothing", 3h Int. Conf. on Image Processing and its Applications, University of Warwick, England, 18–20. Juli 1989.
- [7] J. Konrad and E. Dubois "A comparison of stochastic and deterministic solution methods in Bayesian estimation of 2-D motion", Proc. 1st European Conf. on Computer Vision, Antibes, April 1990.
- [8] G. de Haan, P. W. A. C Biezen, H. Huijgen and O. A. Ojo, "True Motion Estimation with 3-D Recursive Search Block-Matching", zu veröffentlichen in IEEE Tr. on Circuits & Systems for Video Technology.
- [9] R. Srinivasan and K. R. Rao, "Predictive Coding Based on Efficient Motion Estimation", IEEE Tr. on Communication, Nr. 8, 1985, Seiten 888–896,
- [10] J. R. Jain and A. K. Jain, "Displacement Measurement and Its Application in Inter frame Image Coding", IEEE Tr. on Communications, COM-29, Nr. 12, 1981.
- [11] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima und T. Ishiguro, "Motion-Compensated Interframe Coding for Video Conferencing", IEEE, Proc. of the NTC 81, G5.3.1., New Orleans LA, 1981.
- [12] H. G. Musmann, P. Pirsch und J. Grallert, "Advances in picture coding", Proc. of the IEEE, Heft 73, Nr. 4, April 1985, Seiten 523–548.
- [13] J. N. Driessen, L. Böröczki und J. Biemond, "Pel-Recursive Motion Field Estimation from Image Sequences", J. on Visual Comm. and Image Representation, 1991.
- [14] K. Hildenbrand und J. Mayer, "Method to determine motion vectors for blocks in an image source-sequence" (auf Deutsch) Patentnr. DE 40 23 449 C1, 23.01.92.
- [15] Ziegler, "Hierarchical motion estimation using the phase correlation method in 140 Mbit/s HDTV-coding", Proc. 3th Int. Workshop on HDTV and beyond, Turin, I 989.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schätzen von subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) zwischen ersten ($n - 1$) und zweiten (n) Bildern mit einem bestimmten Abstand voneinander, wobei die subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) vorgesehen sind zur Verwendung in einer Interpolation oder Prädiktion eines Bildes ($n - 1/2$) in einem Bruchabstand von dem genannten ersten Bild ($n - 1$), wobei der genannte Bruchabstand ein Bruchteil (α) des genannten gegebenen Abstandes ist, wobei das Verfahren die nachfolgenden Verfahrensschritte umfasst:

- das Erzeugen (ME) eines Kandidatenvektors (\underline{C}) mit Vektorkomponenten, die nicht ganzzahlige Werte haben können;
- das Herleiten (DU) erster (\underline{C}_p) und zweiter (\underline{C}_n) Vektoren von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{C}), wobei der genannte Herleitungsschritt (DU) das Multiplizieren (M) der genannten Komponenten des genannten Kandidatenvektors (\underline{C}) mit dem genannten Bruchteil (α) umfasst zum Erhalten fraktionierter Vektorkomponenten, und das Runden (RND) der genannten fraktionierten Vektorkomponenten zum Erhalten von Vektorkomponenten des genannten ersten Vektors (\underline{C}_p), wobei der genannte erste Vektor (\underline{C}_p) nur ganzzahlige Vektorkomponenten aufweist; und
- das Bewerten (ME) des genannten Kandidatenvektors (\underline{C}) durch einen Vergleich einer ersten Position in dem genannten ersten Bild ($n - 1$), verschoben (SMX, LM1) über den genannten ersten Vektor (\underline{C}_p) in eine zweite Position in dem genannten zweiten Bild (n), verschoben (INT, LM2) über den genannten zweiten Vektor (\underline{C}_n); **dadurch gekennzeichnet**, dass der genannte Herleitungsschritt (DU) weiterhin Folgendes umfasst:
- das Subtrahieren (S) des genannten ersten Vektors (\underline{C}_p) von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{C}) zum Erhalten des genannten zweiten Vektors (\underline{C}_n), wobei der genannte zweite Vektor (\underline{C}_n) Vektorkomponenten hat, die, je nach dem genannten Kandidatenvektor und dem genannten Bruchteil, nicht ganzzahlige Werte haben können.

2. Verfahren zum Erzeugen eines Bildes ($n - 1/2$) mit Hilfe von subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) mit Vektorkomponenten, die nicht ganzzahlige Werte haben können, aus ersten ($n - 1$) und zweiten (n) Bildern mit einem bestimmten zeitlichen Abstand, wobei das Bild ($n - 1/2$) in einem Bruchabstand von dem genannten ersten Bild ($n - 1$) liegt, wobei der Bruchabstand ein Bruchteil (α) des genannten gegebenen Abstandes ist, wobei das Verfahren die nachfolgenden Verfahrensschritte umfasst:

- das Herleiten (DU) erster (\underline{D}_p) und zweiter (\underline{D}_n) Vektoren aus den genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}), wobei der genannte Herleitungsschritt (DU) das Multiplizieren (M) der genannten Vektorkomponenten der genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) mit dem genannten Bruchteil (α) umfasst, zum Erhalten fraktionierter Vektorkomponenten, und das Runden (RND) der genannten fraktionierten Vektorkomponenten zum Erhalten von Vektorkomponenten der genannten ersten Vektoren (\underline{D}_p), die nur ganzzahlige Vektorkomponenten haben; und
- das Erzeugen (AV) des genannten Zwischenbildes ($n - 1/2$) durch Kombination erster Positionen in dem genannten ersten Bild ($n - 1$), verschoben (SMX, LM1) über die genannten ersten Vektoren (\underline{D}_p) und zweiter Positionen in dem genannten zweiten Bild (n), verschoben (INT, LM2) über die genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n); **dadurch gekennzeichnet**, dass der Herleitungsschritt (DI) weiterhin Folgendes umfasst:
- das Subtrahieren (S) der genannten ersten Vektoren (\underline{D}_p) von den genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) zum Erhalten der genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n), wobei die genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n) Vektorkomponenten haben, die, abhängig von den genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) und dem genannten Bruchteil, nicht ganzzahlige Werte haben können.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der genannte Herleitungsschritt (DU) weiterhin das Multiplizieren (M2) der genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) mit einem Faktor Eins entsprechend dem genannten Bruchteil (α) zum Erhalten der genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n).

4. Anordnung zum Schätzen von subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) zwischen einem ersten ($n - 1$) und einem zweiten (n) Bild mit einem bestimmten Abstand untereinander, wobei die subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) vorgesehen sind zur Verwendung in einer Interpolation oder einer Prädiktion eines Bildes ($n - 1/2$) in einem fraktionierten Abstand von dem genannten ersten Bild ($n - 1$), wobei der fraktionierte Abstand ein Bruchteil (α) des genannten gegebenen Abstandes ist, wobei die Anordnung Folgendes umfasst:

- Mittel (ME) zum Erzeugen eines Kandidatenvektors (\underline{C}) mit Vektorkomponenten, die nicht ganzzahlige Werte haben können;
- Mittel (DU) zum Herleiten erster (\underline{C}_p) und zweiter (\underline{C}_n) Vektoren von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{C}), wobei der genannte Herleitungsschritt (DU) das Multiplizieren (M) der genannten Komponenten des genannten Kandidatenvektors (\underline{C}) mit dem genannten Bruchteil (α) umfasst zum Erhalten fraktionierter Vektorkomponenten, und Mittel (RND) zum Runden der genannten fraktionierten Vektorkomponenten zum Erhalten von Vektorkomponenten des genannten ersten Vektors (\underline{C}_p), wobei der genannte erste Vektor (\underline{C}_p) nur ganzzahlige Vektorkomponenten aufweist; und
- Mittel (ME) zum Bewerten des genannten Kandidatenvektors (\underline{C}) durch einen Vergleich einer ersten Position in dem genannten ersten Bild ($n - 1$), verschoben (SMX, LM1) über den genannten ersten Vektor (\underline{C}_p) in eine zweite Position in dem genannten zweiten Bild (n), verschoben (INT, LM2) über den genannten zweiten Vektor (\underline{C}_n); **dadurch gekennzeichnet**, dass die genannten Herleitungsmittel (DU) weiterhin Folgendes umfasst:
- Mittel (S) zum Subtrahieren des genannten ersten Vektors (\underline{C}_p) von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{C}) zum Erhalten des genannten zweiten Vektors (\underline{C}_n), wobei der genannte zweite Vektor (\underline{C}_n) Vektorkomponenten

hat, die, je nach dem genannten Kandidatenvektor und dem genannten Bruchteil, nicht ganzzahlige Werte haben können.

5. Anordnung zum Erzeugen eines Bildes ($n - 1/2$) mit Hilfe von subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) mit Vektorkomponenten, die nicht ganzzahlige Werte haben können, von einem ersten ($n - 1$) und einem zweiten (n) Bild mit einem bestimmten zeitlichen Abstand voneinander, wobei das Bild ($n - 1/2$) in einem fraktionierten Abstand von dem genannten ersten Bild ($n - 1$) liegt, wobei der fraktionierte Abstand ein Bruchteil (α) des gegebenen Abstandes ist, wobei die Anordnung Folgendes umfasst:

– Mittel (DU) zum Herleiten erster (\underline{D}_p) und zweiter (\underline{D}_n) Vektoren von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{D}), wobei der genannte Herleitungsschritt (DU) das Multiplizieren (M) der genannten Komponenten des genannten Kandidatenvektors (\underline{D}) mit dem genannten Bruchteil (α) umfasst zum Erhalten fraktionierter Vektorkomponenten, und Mittel (RND) zum Runden der genannten fraktionierten Vektorkomponenten zum Erhalten von Vektorkomponenten des genannten ersten Vektors (\underline{D}_p), wobei der genannte erste Vektor (\underline{D}_p) nur ganzzahlige Vektorkomponenten aufweist; und

– Mittel (AV) zum Erzeugen des genannten Zwischenbildes ($n - 1/2$) durch Kombination erster Positionen in dem genannten ersten Bild ($n - 1$), verschoben (SMX, LM1) über die genannten ersten Vektoren (\underline{D}_p) und zweiter Positionen in dem genannten zweiten Bild (n), verschoben (INT, LM2) über die genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n); dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Herleitungsmittel (DU) weiterhin Folgendes umfassen:

– Mittel (S) zum Subtrahieren des genannten ersten Vektors (\underline{D}_p) von dem genannten Kandidatenvektor (\underline{D}) zum Erhalten des genannten zweiten Vektors (\underline{D}_n), wobei der genannte zweite Vektor (\underline{D}_n) Vektorkomponenten hat, die, je nach dem genannten Kandidatenvektor und dem genannten Bruchteil, nicht ganzzahlige Werte haben können.

6. Anordnung nach Anspruch 5, wobei die genannten Herleitungsmittel (DU) weiterhin Mittel (S) aufweisen zum Multiplizieren (M2) der genannten subpixelgenauen Bewegungsvektoren (\underline{D}) mit einem Faktor, gleich Eins weniger dem genannten Bruchteil (α) zum Erhalten der genannten zweiten Vektoren (\underline{D}_n).

7. Fernsehgerät, das die nachfolgenden Elemente aufweist:

– Mittel (TUN, PROC) zum Empfangen eines Fernsehsignals;

– eine Erzeugungsanordnung nach Anspruch 5, die mit den genannten Empfangsmitteln (TUN, PROC) gekoppelt ist, zum Erhalten eines Wiedergabesignals; und

– Mittel (DD) zum Wiedergeben des genannten Wiedergabesignals.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

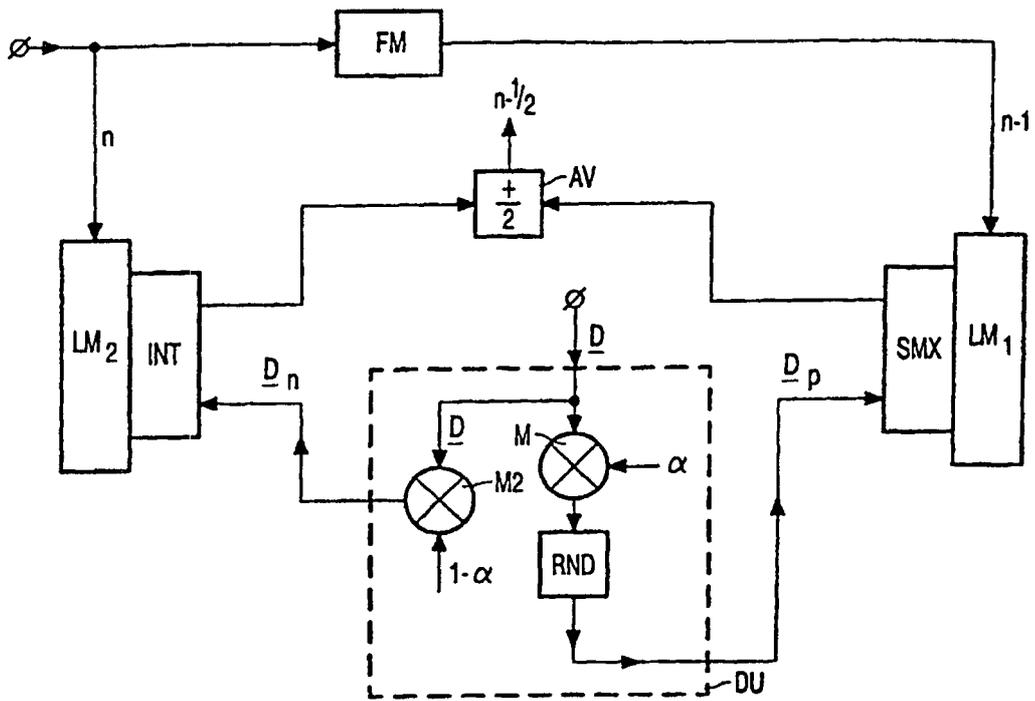


FIG. 3

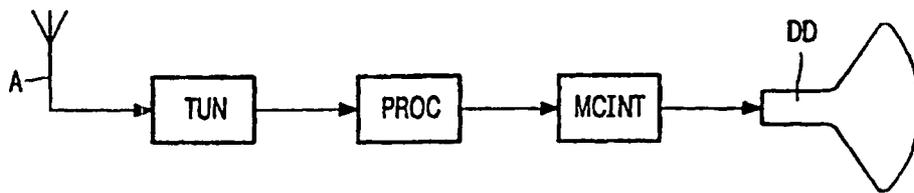


FIG. 4