



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 04 778 T2** 2006.05.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 396 081 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 04 778.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/11753**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 725 662.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/089061**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.04.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **22.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.05.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H03H 17/02** (2006.01)

G06T 9/00 (2006.01)

G06T 5/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

846609 30.04.2001 US

(73) Patentinhaber:

Intel Corporation, Santa Clara, Calif., US

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, Schildberg, 80339 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

ACHARYA, Tinku, Chandler, US

(54) Bezeichnung: **ZWEIDIMENSIONALE PYRAMIDENFILTERARCHITEKTUR**

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

VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung betrifft EP-A-1396081 mit dem Titel „Two-Dimensional Pyramid Filter Architecture“, EP-A-1390914 mit dem Titel „Two-Dimensional Pyramid Filter Architecture“, EP-A-1374400 mit dem Titel „Two-Dimensional Pyramid Filter Architecture“ und EP-A-1350224 mit dem Titel „Multiplierless Pyramid Filter“ von Tinku Acharya, die alle auf den Zessionar der vorliegenden Erfindung übertragen sind.

STAND DER TECHNIK

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft Pyramidenfilter.

[0003] Bei der Bildverarbeitung ist es häufig wünschenswert, ein Bild zu zerlegen, wie etwa ein gescanntes Farbbild, das in zwei oder mehr einzelne Bilddarstellungen zerlegt wird. Zum Beispiel kann ein Farb- oder Graustufendokumentenbild in Vordergrund- und Hintergrundbilder für effiziente Bildverarbeitungsoperationen zerlegt werden, wie etwa zur Optimierung, Komprimierung, etc., wobei diese Anwendungen von Zeit zu Zeit in einem typischen Fotokopiergerät oder Scanner angewandt werden. In diesem Zusammenhang wird diese Operation häufig als Entrastern bzw. Descreening bezeichnet. Das Entrastern wird häufig angewandt, um Halbtonmuster zu entfernen, die in einem gescannten Originalbild existieren können. Zum Beispiel können diese Halbtonmuster für das menschliche Auge störende Artefakte verursachen, wenn sie nicht ordnungsgemäß entfernt werden. Der traditionelle Ansatz für diese Zerlegung oder Entrasterung ist das Filtern des Farbbilds, um es unscharf zu gestalten. Die unscharf gestalteten Ergebnisse werden danach unterstützend bei der Bestimmung verwendet, welches Ausmaß der Unschärfe und der Schärfung des Bilds erforderlich ist, um die Zerlegung vorzusehen. Für gewöhnlich wird die Unschärfe bzw. das Blurring unter Verwendung eines „symmetrischen Pyramidenfilters“ erreicht. Symmetrische Pyramidenfilter mit begrenztem Ansprechen auf einen Impuls (FIR) sind allgemein bekannt.

[0004] Ein Nachteil dieser Bildverarbeitungstechnik ist es jedoch, dass sich die Komplexität um ein Vielfaches erhöht, wenn eine Mehrzahl von Pyramidenfiltern unterschiedlicher Größe parallel eingesetzt wird, um mehrere verschwommene bzw. unscharfe Bilder zu erzeugen, um die vorstehend beschriebenen Techniken einzusetzen. Ein brutaler Ansatz für diesen Ansatz der mehrfachen Pyramidenfilterung umfasst den parallelen Einsatz mehrerer FIR-Filter gemäß der Veranschaulichung in der Abbildung aus [Fig. 1](#). Ein derartiger Ansatz zeigt, dass es wünschenswert sein kann, schnelle "symmetrische Pyramidenfilterarchitekturen" zu entwickeln und zu implementieren, um verschiedene unscharfe bzw. verschwommene Bilder zu erzeugen.

[0005] Die für den FIR-Block aus [Fig. 1](#) in Klammern vorgesehenen Zahlen stellen den Pyramidenfilter mit entsprechender Länger dar. Zum Beispiel sind (1, 2, 1) die Filterkoeffizienten für einen symmetrischen Pyramidenfilter mit begrenztem Ansprechen auf einen Impuls (FIR) der Ordnung bzw. der Länge 3. In ähnlicher Weise entsprechen (1, 2, 3, 2, 1) den Koeffizienten für einen FIR-Pyramidenfilter der Ordnung 5, wobei (1, 2, 3, 4, 3, 2, 1) den Koeffizienten für einen FIR-Pyramidenfilter siebter Ordnung entsprechen, wobei (1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1) den Koeffizienten für einen FIR-Pyramidenfilter neunter Ordnung entsprechen, wobei (1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1) den Koeffizienten für einen FIR-Pyramidenfilter elfter Ordnung entsprechen und so weiter.

[0006] Der in der Abbildung aus [Fig. 1](#) dargestellte Ansatz weist jedoch leider Nachteile auf. Zum Beispiel kann aus redundanten Berechnungen eine gewisse Ineffizienz resultieren. In ähnlicher Weise setzen FIR-Implementierungen häufig Multipliziererschaltungen auf. Es existieren Implementierungen zur Reduzierung oder den Verzicht des Einsatzes von Multiplizierern, wie etwa in Bezug auf Verschiebungs- und Summierungsschaltungen, die in der Folge zu einer erhöhten Taktung führen und somit den Durchsatz der Schaltung reduzieren können. Somit werden Verbesserungen der Implementierungen und Architekturen zur Pyramidenfilterung benötigt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist in den folgenden Abschnitten der Patentschrift im Detail ausgeführt und genau beansprucht. Der beanspruchte Gegenstand der Erfindung sowohl in Bezug auf den Aufbau als auch auf die Funktionsweise in Verbindung mit den Aufgaben, Merkmalen und Vorteilen der Erfindung ist in Bezug auf die folgende genaue Beschreibung am besten verständlich, wenn diese in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird. Es zeigen:

- [0008] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines brutalen Kraftansatzes zur Implementierung einer mehrfachen Pyramidenfilterarchitektur mit begrenztem Ansprechen auf einen Impuls (FIR);
- [0009] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel eines eindimensionalen, multipliziererfreien Pyramidenfilters;
- [0010] [Fig. 3](#) ein Ausführungsbeispiel einer zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur;
- [0011] [Fig. 4](#) eine Tabelle/Matrix eines Beispiels für eine Matrix, die aus der Implementierung einer zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur resultieren kann, wie etwa einer Matrix, die in Verbindung mit dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 3](#) implementiert werden kann;
- [0012] [Fig. 5](#) eine Tabelle/Matrix eines zweidimensionalen Signals, das durch eine zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur behandelt werden kann;
- [0013] [Fig. 6](#) eine Tabelle/Matrix eines Beispiels der Anwendung eines eindimensionalen Pyramidenfilterkerns sowohl zeilen- als auch spaltenweise;
- [0014] [Fig. 7](#) die Tabelle/Matrix aus [Fig. 6](#) für $k = 11$;
- [0015] [Fig. 8](#) eine Tabelle/Matrix des Ergebnisses der Anwendung eines eindimensionalen Pyramidenfilters auf die Zeilen einer zweidimensionalen Eingangssignalabtastmatrix; und
- [0016] [Fig. 9](#) eine Tabelle/Matrix des Ergebnisses der Anwendung eines eindimensionalen Pyramidenfilters auf die Spalten einer zweidimensionalen Eingangssignalabtastmatrix.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0017] Die folgende genaue Beschreibung führt zahlreiche spezifische Einzelheiten, die dazu dienen, ein umfassendes Verständnis des beanspruchten Gegenstands der Erfindung zu vermitteln. Für den Fachmann auf dem Gebiet ist es jedoch verständlich, dass der beanspruchte Gegenstand der Erfindung auch ohne diese spezifischen Details ausgeführt werden kann. In anderen Fällen wurde auf die genaue Beschreibung allgemein bekannter Verfahren, Prozeduren, Bauteile und Schaltungen verzichtet, um den Gegenstand der vorliegenden Erfindung nicht unnötig zu verschleiern.

[0018] Wie dies bereits vorstehend im Text beschrieben worden ist, kann das Pyramidenfiltern, im Besonderen das symmetrische Pyramidenfiltern, in Verbindung mit Farbbildern oder der Farbbildverarbeitung eingesetzt werden, um das Bild zu zerlegen oder zu entrastern, wie zum Beispiel in Vordergrund- und Hintergrundbilder. Der beanspruchte Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist im Umfang zwar nicht auf diesen Aspekt beschränkt, wobei in diesem Zusammenhang jedoch Pyramidenfilterarchitekturen besonders wünschenswert sind, welche die Rechenkomplexität oder Verarbeitung und/oder die Hardwarekosten reduzieren. Besonders wünschenswert sind für gewöhnlich ebenso multipliziererfreie Implementierungen, das heißt Implementierungen, die keine speziellen Multiplikationen aufweisen, da sich derartige Implementierungen oder Ausführungsbeispiele kostengünstiger implementieren lassen als Ausführungsbeispiele, die Multipliziererschaltungen verwenden bzw. aufweisen.

[0019] Die Abbildung aus [Fig. 2](#) veranschaulicht einen eindimensionalen Pyramidenfilter gemäß der detaillierten Beschreibung in der vorstehend genannten Patentanmeldung EP-A-1350224 mit dem Titel „Multiplierless Pyramid Filter“ an T. Acharya, wobei der beanspruchte Umfang der Erfindung jedoch nicht auf diesen Umfang beschränkt ist. Das Ausführungsbeispiel 200 umfasst eine kombinierte multipliziererfreie, kaskadierte, symmetrische Pyramidenfilterarchitektur zur Erzeugung einer Mehrzahl gefilterter Ausgangssignalströme für eine Reihe oder eine Sequenz von Pyramidenfiltern verschiedener Ordnungen, wobei die Erzeugung der Ausgangssignalströme parallel erfolgt. In dem speziellen Ausführungsbeispiel wird ein gefilterter Ausgangssignalstrom bei jedem Taktzyklus für jeden Pyramidenfilter einer anderen zu implementierenden Ordnung erzeugt, wobei hier erneut darauf verwiesen wird, dass der beanspruchte Gegenstand der Erfindung im Umfang diesbezüglich nicht beschränkt ist. Dieses spezielle Ausführungsbeispiel ist nicht nur effizient in Bezug auf die Berechnungen, vielmehr liefert es auch gute Ergebnisse in Bezug auf den Durchsatz. Wie dies bereits vorstehend im Text beschrieben worden ist, implementiert dieses spezielle Ausführungsbeispiel jedoch einen eindimensionalen Pyramidenfilter.

[0020] Die Abbildung aus [Fig. 2](#) ist in Verbindung mit der speziellen Bezeichnung verständlich. Zum Beispiel

kann ein Eingangssquellensignal X wie folgt bezeichnet sein:

$$X = (x_0, x_1, \dots, x_{i-2}, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, \dots)$$

[0021] Bei der digitalen oder diskreten Signalverarbeitung kann das Filtern als eine Faltung \otimes des Eingangssignals X ausgedrückt werden, und mit einem Filter F , bei dem es sich in diesem Zusammenhang um einen digitalen Filter mit begrenzter Länge handelt, der hierin als Filter mit begrenztem Ansprechverhalten bezeichnet wird (FIR). Der gefilterte Ausgangssignalstrom ist somit wie folgt gegeben:

$$Y = X \otimes F$$

[0022] Wie dies vorstehend im Text beschrieben worden ist, verwendet das spezielle Ausführungsbeispiel aus [Fig. 2](#) Pyramidenfilter. Diese Filter werden für gewöhnlich unter Verwendung digitaler Filter mit Längen ungerader Ordnungen implementiert, wie zum Beispiel 3, 5, 7, 9, etc. Ungerade Ordnungen können in diesem Zusammenhang in der Form $2N - 1$ ausgedrückt werden, wobei N zum Beispiel eine positive ganze Zahl größer zwei ist. Einige Beispiele derartiger digitaler Filter lauten wie folgt:

$$F_3 = (1, 2, 1)$$

$$F_5 = (1, 2, 3, 2, 1)$$

$$F_7 = (1, 2, 3, 4, 3, 2, 1)$$

$$F_9 = (1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1)$$

$$F_{11} = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1)$$

...

$$F_M = (1, 2, 3, \dots, N, \dots, 3, 2, 1) \text{ (wobei in diesem Zusammenhang } M = 2N - 1 \text{ gilt)}$$

[0023] In Bezug auf die vorstehenden Filter können die gefilterten Ausgangssignale oder Ausgangssignalströme wie folgt ausgedrückt werden:

$$B^3 = X \otimes F_3 = (b_0^3, b_1^3, \dots, b_{i-1}^3, b_i^3, b_{i+1}^3, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_3$$

$$B^5 = X \otimes F_5 = (b_0^5, b_1^5, \dots, b_{i-1}^5, b_i^5, b_{i+1}^5, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_5$$

$$B^7 = X \otimes F_7 = (b_0^7, b_1^7, \dots, b_{i-1}^7, b_i^7, b_{i+1}^7, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_7$$

$$B^9 = X \otimes F_9 = (b_0^9, b_1^9, \dots, b_{i-1}^9, b_i^9, b_{i+1}^9, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_9$$

$$B^{11} = X \otimes F_{11} = (b_0^{11}, b_1^{11}, \dots, b_{i-1}^{11}, b_i^{11}, b_{i+1}^{11}, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_{11}$$

$$B^M = X \otimes F_M = (b_0^M, b_1^M, \dots, b_{i-1}^M, b_i^M, b_{i+1}^M, \dots) \text{ Ergebnis des Eingangssignals } X \text{ gefiltert durch } F_M$$

[0024] Eine alternative Möglichkeit für die empirische Darstellung der gefilterten Ausgangssignalmuster lautet wie folgt:

$$b_i^3 = x_{i-1} + 2x_i + x_{i+1}$$

$$b_i^5 = x_{i-2} + 2x_{i-1} + 3x_i + 2x_{i+1} + x_{i+2}$$

$$b_i^7 = x_{i-3} + 2x_{i-2} + 3x_{i-1} + 4x_i + 3x_{i+1} + 2x_{i+2} + x_{i+3}$$

$$b_i^9 = x_{i-4} + 2x_{i-3} + 3x_{i-2} + 4x_{i-1} + 5x_i + 4x_{i+1} + 3x_{i+2} + 2x_{i+3} + x_{i+4}$$

$$b_i^{11} = x_{i-5} + 2x_{i-4} + 3x_{i-3} + 4x_{i-2} + 5x_{i-1} + 6x_i + 5x_{i+1} + 4x_{i+2} + 3x_{i+3} + 2x_{i+4} + x_{i+5}$$

[0025] Durch das Hinzufügen von den in diesem Zusammenhang genannten Zustandsvariablen können die

vorstehenden Ausdrücke wie folgt anders ausgedrückt werden:

$$b_i^3 = x_i + s_i^3, \text{ mit } s_i^3 = x_{i-1} + x_i + x_{i+1}$$

$$b_i^5 = b_i^3 + s_i^5, \text{ mit } s_i^5 = x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2}$$

$$b_i^7 = b_i^5 + s_i^7, \text{ mit } s_i^7 = x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3}$$

$$b_i^9 = b_i^7 + s_i^9, \text{ mit } s_i^9 = x_{i-4} + x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3} + x_{i+4}$$

$$b_i^{11} = b_i^9 + s_i^{11}, \text{ mit } s_i^{11} = x_{i-5} + x_{i-4} + x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3} + x_{i+4} + x_{i+5}$$

[0026] Der gewünschte Pyramidenfilter kann somit wie folgt ausgedrückt werden:

$$B^3 = X + S_3, \text{ mit } S_3 = (s_0^3, s_1^3, s_2^3, \dots, s_{i-1}^3, s_i^3, s_{i+1}^3, \dots)$$

$$B^5 = B^3 + S_5, \text{ mit } S_5 = (s_0^5, s_1^5, s_2^5, \dots, s_{i-1}^5, s_i^5, s_{i+1}^5, \dots)$$

$$B^7 = B^5 + S_7, \text{ mit } (S_0^7, s_1^7, s_2^7, \dots, s_{i-1}^7, s_i^7, s_{i+1}^7, \dots)$$

$$B^9 = B^7 + S_9, \text{ mit } S^9 = (s_0^9, s_1^9, s_2^9, \dots, s_{i-1}^9, s_i^9, s_{i+1}^9, \dots)$$

$$B^{11} = B^9 + S_{11} \text{ mit } S_{11} = (s_0^{11}, s_1^{11}, s_2^{11}, \dots, s_{i-1}^{11}, s_i^{11}, s_{i+1}^{11}, \dots)$$

[0027] Eine Studie der Abbildung aus [Fig. 2](#) veranschaulicht, dass die berechneten Ausgangssignalströme $B_3, B_5, B_7, B_9, B_{11}$, etc. der Pyramidenfilter aus [Fig. 2](#) durch das veranschaulichte Ausführungsbeispiel erzeugt werden.

[0028] Die vorstehende Beschreibung der Pyramidenfilter erfolgt im Zusammenhang mit dem eindimensionalen Filtern; zumindest teilweise aufgrund der symmetrischen Beschaffenheit dieser Filter ist es jedoch möglich, das zweidimensionale Pyramidenfiltern zu implementieren, an Stelle der eindimensionalen zeilen- und spaltenweisen Vorgehensweise, welche zusätzliche Berechnungsschritte einsetzt. Bei einer eindimensionalen Darstellung des k -Tap-Pyramidenfilters mit

$$F_k = [1 \ 2 \ 3 \dots \frac{k-1}{2} \dots 3 \ 2 \ 1]$$

kann der entsprechende zweidimensionale Pyramidenfilter $F_{k \times k}$ gemäß der Abbildung aus [Fig. 6](#) abgeleitet werden. Die Abbildung aus [Fig. 7](#) zeigt den zweidimensionalen Pyramidenfilterkernel für $k = 11$. In der Annahme eines zweidimensionalen Eingangssignals, wie z.B. von Signalabtastwerten, der in der Abbildung aus [Fig. 5](#) dargestellten Form, zeigt die Abbildung aus [Fig. 4](#) eine Tabelle, die eine Matrix veranschaulicht, die resultieren kann, wobei es sich hierbei um eine zweidimensional gefilterte Signalabtaustausgangsmatrix $P^{k \times k}$ handelt, wobei die zweidimensionale Eingangssignalabtastmatrix unter Verwendung des zweidimensionalen Pyramidenfilterkernels $F^{k \times k}$ gefiltert wird.

[0029] Die in der Abbildung aus [Fig. 8](#) dargestellte Matrix kann das Ergebnis der Anwendung eines eindimensionalen k -Tap-Pyramidenfilters in jeder Zeile der zweidimensionalen Eingangssignalabtastmatrix sein, und die in der Abbildung aus [Fig. 9](#) dargestellte Matrix kann das Ergebnis der Anwendung eines eindimensionalen k -Tap-Pyramidenfilters in jeder Spalte der zweidimensionalen Eingangssignalabtastmatrix sein. Die Matrix aus [Fig. 4](#) kann das Ergebnis der Anwendung des zweidimensionalen Tap-Filters ($k \times k$) auf die zweidimensionale Eingangssignalabtastmatrix sein, oder alternativ das Ergebnis der zeilenweisen Anwendung des eindimensionalen k -Tap-Pyramidenfilters gefolgt durch die spaltenweise Anwendung. Die Anwendung dieses Ansatzes für die Erzeugung gefilterter Signalabtaustausgaben $P^{1 \times 3}, P^{3 \times 1}$ und $P^{3 \times 3}$ erzeugt die folgenden Beziehungen:

$$P_{i,j}^{1 \times 3} = s_{i,j-1} + 2s_{i,j} + s_{i,j+1}$$

$$P_{i,j}^{3 \times 1} = s_{i-1,j} + 2s_{i,j} + s_{i+1,j}$$

$$P_{i,j}^{3 \times 3} = s_{i-1,j-1} + 2s_{i-1,j} + s_{i-1,j+1} + 2s_{i,j-1} + 4s_{i,j} + 2s_{i,j+1} + s_{i+1,j-1} + 2s_{i+1,j} + s_{i+1,j+1}$$

[0030] In ähnlicher Weise erzeugt die Erzeugung der gefilterten Signalabtaustausgaben $P^{5 \times 1}, P^{1 \times 5}$ und $P^{5 \times 5}$ die

folgenden Beziehungen:

$$P_{i,j}^{5 \times 1} = s_{i-2,j} + 2s_{i-1,j} + 3s_{i,j} + 2s_{i+1,j} + s_{i+2,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 5} = s_{i,j-2} + 2s_{i,j-1} + 3s_{i,j} + 2s_{i,j+1} + s_{i,j+2}$$

$$P_{i,j}^{5 \times 5} = (s_{i-2,j-2} + 2s_{i-2,j-1} + 3s_{i-2,j} + 2s_{i-2,j+1} + s_{i-2,j+2}) + \\ (2s_{i-1,j-2} + 4s_{i-1,j-1} + 6s_{i-1,j} + 4s_{i-1,j+1} + 2s_{i-1,j+2}) + \\ (3s_{i,j-2} + 6s_{i,j-1} + 9s_{i,j} + 6s_{i,j+1} + 3s_{i,j+2}) + \\ (2s_{i+1,j-2} + 4s_{i+1,j-1} + 6s_{i+1,j} + 4s_{i+1,j+1} + 2s_{i+1,j+2}) + \\ (s_{i+2,j-2} + 2s_{i+2,j-1} + 3s_{i+2,j} + 2s_{i+2,j+1} + s_{i+2,j+2})$$

[0031] In ähnlicher Weise erzeugt die Erzeugung der gefilterten Signalabtastausgaben $P^{7 \times 1}$, $P^{1 \times 7}$ und $P^{7 \times 7}$ die folgenden Beziehungen:

$$P_{i,j}^{7 \times 1} = s_{i-3,j} + 2s_{i-2,j} + 3s_{i-1,j} + 4s_{i,j} + 3s_{i+1,j} + 2s_{i+2,j} + s_{i+3,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 7} = s_{i,j-3} + 2s_{i,j-2} + 3s_{i,j-1} + 4s_{i,j} + 3s_{i,j+1} + 2s_{i,j+2} + s_{i,j+3}$$

$$P_{i,j}^{7 \times 7} = (s_{i-3,j-3} + 2s_{i-3,j-2} + 3s_{i-3,j-1} + 4s_{i-3,j} + 3s_{i-3,j+1} + 2s_{i-3,j+2} + s_{i-3,j+3}) + \\ (2s_{i-2,j-3} + 4s_{i-2,j-2} + 6s_{i-2,j-1} + 8s_{i-2,j} + 6s_{i-2,j+1} + 4s_{i-2,j+2} + 2s_{i-2,j+3}) + \\ (3s_{i-1,j-3} + 6s_{i-1,j-2} + 9s_{i-1,j-1} + 12s_{i-1,j} + 9s_{i-1,j+1} + 6s_{i-1,j+2} + 3s_{i-1,j+3}) + \\ (4s_{i,j-3} + 8s_{i,j-2} + 12s_{i,j-1} + 16s_{i,j} + 12s_{i,j+1} + 8s_{i,j+2} + 4s_{i,j+3}) + \\ (3s_{i+1,j-3} + 6s_{i+1,j-2} + 9s_{i+1,j-1} + 12s_{i+1,j} + 9s_{i+1,j+1} + 6s_{i+1,j+2} + 3s_{i+1,j+3}) + \\ (2s_{i+2,j-3} + 4s_{i+2,j-2} + 6s_{i+2,j-1} + 8s_{i+2,j} + 6s_{i+2,j+1} + 4s_{i+2,j+2} + 2s_{i+2,j+3}) + \\ (s_{i+3,j-3} + 2s_{i+3,j-2} + 3s_{i+3,j-1} + 4s_{i+3,j} + 3s_{i+3,j+1} + 2s_{i+3,j+2} + s_{i+3,j+3})$$

[0032] In ähnlicher Weise erzeugt die Erzeugung der gefilterten Signalabtastausgaben $P^{9 \times 1}$, $P^{1 \times 9}$ und $P^{9 \times 9}$ die folgenden Beziehungen:

$$P_{i,j}^{9 \times 1} = s_{i-4,j} + 2s_{i-3,j} + 3s_{i-2,j} + 4s_{i-1,j} + 5s_{i,j} + 4s_{i+1,j} + 3s_{i+2,j} + 2s_{i+3,j} + s_{i+4,j}$$

$$P_{i,j}^{1 \times 9} = s_{i,j-4} + 2s_{i,j-3} + 3s_{i,j-2} + 4s_{i,j-1} + 5s_{i,j} + 4s_{i,j+1} + 3s_{i,j+2} + 2s_{i,j+3} + s_{i,j+4}$$

$$P_{i,j}^{9 \times 9} = (s_{i-4,j-4} + 2s_{i-4,j-3} + 3s_{i-4,j-2} + 4s_{i-4,j-1} + 5s_{i-4,j} + 4s_{i-4,j+1} + 3s_{i-4,j+2} + 2s_{i-4,j+3} + s_{i-4,j+4}) +$$

$$(2s_{i-3,j-4} + 4s_{i-3,j-3} + 6s_{i-3,j-2} + 8s_{i-3,j-1} + 10s_{i-3,j} + 8s_{i-3,j+1} + 6s_{i-3,j+2} + 4s_{i-3,j+3} + 2s_{i-3,j+4}) +$$

$$(3s_{i-2,j-4} + 6s_{i-2,j-3} + 9s_{i-2,j-2} + 12s_{i-2,j-1} + 15s_{i-2,j} + 12s_{i-2,j+1} + 9s_{i-2,j+2} + 6s_{i-2,j+3} + 3s_{i-2,j+4}) +$$

$$(4s_{i-1,j-4} + 8s_{i-1,j-3} + 12s_{i-1,j-2} + 16s_{i-1,j-1} + 20s_{i-1,j} + 16s_{i-1,j+1} + 12s_{i-1,j+2} + 8s_{i-1,j+3} + 4s_{i-1,j+4}) +$$

$$(5s_{i,j-4} + 10s_{i,j-3} + 15s_{i,j-2} + 20s_{i,j-1} + 25s_{i,j} + 20s_{i,j+1} + 15s_{i,j+2} + 10s_{i,j+3} + 5s_{i,j+4}) +$$

$$(4s_{i+1,j-4} + 8s_{i+1,j-3} + 12s_{i+1,j-2} + 16s_{i+1,j-1} + 20s_{i+1,j} + 16s_{i+1,j+1} + 12s_{i+1,j+2} + 8s_{i+1,j+3} + 4s_{i+1,j+4}) +$$

$$(3s_{i+2,j-4} + 6s_{i+2,j-3} + 9s_{i+2,j-2} + 12s_{i+2,j-1} + 15s_{i+2,j} + 12s_{i+2,j+1} + 9s_{i+2,j+2} + 6s_{i+2,j+3} + 3s_{i+2,j+4}) +$$

$$(2s_{i+3,j-4} + 4s_{i+3,j-3} + 6s_{i+3,j-2} + 8s_{i+3,j-1} + 10s_{i+3,j} + 8s_{i+3,j+1} + 6s_{i+3,j+2} + 4s_{i+3,j+3} + 2s_{i+3,j+4}) +$$

$$(s_{i+4,j-4} + 2s_{i+4,j-3} + 3s_{i+4,j-2} + 4s_{i+4,j-1} + 5s_{i+4,j} + 4s_{i+4,j+1} + 3s_{i+4,j+2} + 2s_{i+4,j+3} + s_{i+4,j+4})$$

[0033] Ferner erzeugt die Erzeugung der gefilterten Signalabtastausgaben $P^{11 \times 1}$, $P^{1 \times 11}$ und $P^{11 \times 11}$ die folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 P_{i,j}^{11 \times 1} &= s_{i-5,j} + 2s_{i-4,j} + 3s_{i-3,j} + 4s_{i-2,j} + 5s_{i-1,j} + 6s_{i,j} + 5s_{i+1,j} + 4s_{i+2,j} + 3s_{i+3,j} + 2s_{i+4,j} + s_{i+5,j} \\
 P_{i,j}^{1 \times 11} &= s_{i,j-5} + 2s_{i,j-4} + 3s_{i,j-3} + 4s_{i,j-2} + 5s_{i,j-1} + 6s_{i,j} + 5s_{i,j+1} + 4s_{i,j+2} + 3s_{i,j+3} + 2s_{i,j+4} + s_{i,j+5} \\
 P_{i,j}^{11 \times 11} &= (s_{i-5,j-5} + 2s_{i-5,j-4} + 3s_{i-5,j-3} + 4s_{i-5,j-2} + 5s_{i-5,j-1} + 6s_{i-5,j} + 5s_{i-5,j+1} + 4s_{i-5,j+2} + 3s_{i-5,j+3} + 2s_{i-5,j+4} + s_{i-5,j+5}) + \\
 & (2s_{i-4,j-5} + 4s_{i-4,j-4} + 6s_{i-4,j-3} + 8s_{i-4,j-2} + 10s_{i-4,j-1} + 12s_{i-4,j} + 10s_{i-4,j+1} + 8s_{i-4,j+2} + 6s_{i-4,j+3} + 4s_{i-4,j+4} + 2s_{i-4,j+5}) + \\
 & (3s_{i-3,j-5} + 6s_{i-3,j-4} + 9s_{i-3,j-3} + 12s_{i-3,j-2} + 15s_{i-3,j-1} + 18s_{i-3,j} + 15s_{i-3,j+1} + 12s_{i-3,j+2} + 9s_{i-3,j+3} + 6s_{i-3,j+4} + s_{i-3,j+5}) + \\
 & (4s_{i-2,j-5} + 8s_{i-2,j-4} + 12s_{i-2,j-3} + 16s_{i-2,j-2} + 20s_{i-2,j-1} + 24s_{i-2,j} + 20s_{i-2,j+1} + 16s_{i-2,j+2} + 12s_{i-2,j+3} + 8s_{i-2,j+4} + 4s_{i-2,j+5}) + \\
 & (5s_{i-1,j-5} + 10s_{i-1,j-4} + 15s_{i-1,j-3} + 20s_{i-1,j-2} + 25s_{i-1,j-1} + 30s_{i-1,j} + 25s_{i-1,j+1} + 20s_{i-1,j+2} + 15s_{i-1,j+3} + 10s_{i-1,j+4} + 5s_{i-1,j+5}) + \\
 & (6s_{i,j-5} + 12s_{i,j-4} + 18s_{i,j-3} + 24s_{i,j-2} + 30s_{i,j-1} + 36s_{i,j} + 30s_{i,j+1} + 24s_{i,j+2} + 18s_{i,j+3} + 12s_{i,j+4} + 6s_{i,j+5}) + \\
 & (5s_{i+1,j-5} + 10s_{i+1,j-4} + 15s_{i+1,j-3} + 20s_{i+1,j-2} + 25s_{i+1,j-1} + 30s_{i+1,j} + 25s_{i+1,j+1} + 20s_{i+1,j+2} + 15s_{i+1,j+3} + 10s_{i+1,j+4} + 5s_{i+1,j+5}) + \\
 & (4s_{i+2,j-5} + 8s_{i+2,j-4} + 12s_{i+2,j-3} + 16s_{i+2,j-2} + 20s_{i+2,j-1} + 24s_{i+2,j} + 20s_{i+2,j+1} + 16s_{i+2,j+2} + 12s_{i+2,j+3} + 8s_{i+2,j+4} + 4s_{i+2,j+5}) + \\
 & (3s_{i+3,j-5} + 6s_{i+3,j-4} + 9s_{i+3,j-3} + 12s_{i+3,j-2} + 15s_{i+3,j-1} + 18s_{i+3,j} + 15s_{i+3,j+1} + 12s_{i+3,j+2} + 9s_{i+3,j+3} + 6s_{i+3,j+4} + 3s_{i+3,j+5}) + \\
 & (2s_{i+4,j-5} + 4s_{i+4,j-4} + 6s_{i+4,j-3} + 8s_{i+4,j-2} + 10s_{i+4,j-1} + 12s_{i+4,j} + 10s_{i+4,j+1} + 8s_{i+4,j+2} + 6s_{i+4,j+3} + 4s_{i+4,j+4} + 2s_{i+4,j+5}) + \\
 & (s_{i+5,j-5} + 2s_{i+5,j-4} + 3s_{i+5,j-3} + 4s_{i+5,j-2} + 5s_{i+5,j-1} + 6s_{i+5,j} + 5s_{i+5,j+1} + 4s_{i+5,j+2} + 3s_{i+5,j+3} + 2s_{i+5,j+4} + s_{i+5,j+5})
 \end{aligned}$$

[0034] Eine mathematische Manipulation dieser Gleichungen liefert das folgende Ergebnis:

$$\begin{aligned}
 P_{i,j}^{11 \times 11} &= (P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}) - (P_{i,j-3}^{11 \times 11} + 2P_{i,j-2}^{11 \times 11} + 3P_{i,j-1}^{11 \times 11} + 2P_{i,j}^{11 \times 11} + 3P_{i,j+1}^{11 \times 11} + 2P_{i,j+2}^{11 \times 11} + P_{i,j+3}^{11 \times 11}) \\
 &- (P_{i-3,j}^{1 \times 11} + 2P_{i-2,j}^{1 \times 11} + 3P_{i-1,j}^{1 \times 11} + 2P_{i,j}^{1 \times 11} + 3P_{i+1,j}^{1 \times 11} + 2P_{i+2,j}^{1 \times 11} + P_{i+3,j}^{1 \times 11}) - P_{i,j}^{7 \times 7} + 2(P_{i,j}^{7 \times 1} + P_{i,j}^{1 \times 7}) - 4s_{i,j}
 \end{aligned}$$

[1]

[0035] Die vorstehende Gleichung [1] veranschaulicht, dass eine direkte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der Ordnung $2N - 1$, in diesem Fall mit N gleich sechs, potenziell implementiert werden kann unter Verwendung von entweder vier zweidimensionalen Pyramidenfiltern der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$, das heißt neun, oder eines zweidimensionalen Pyramidenfilters der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$ unter Verwendung von vier Signalabtastrmatrizen

$$P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$$

und vierzehn eindimensionalen Pyramidenfiltern der Ordnung $2N - 1$, in diesem Fall gleich elf, die in dem vorliegenden Beispiel zeilen- und spaltenweise angewandt werden. Ferner wird ein zweidimensionaler Pyramidenfilter der Ordnung $[2(N - 2) - 1]$, das heißt in diesem Fall sieben, eingesetzt, um

$$P_{i,j}^{7 \times 7}$$

zu erzeugen, und zwei eindimensionale Pyramidenfilter der Ordnung $[2(N - 2) - 1]$, das heißt in diesem Fall sieben, um in diesem Beispiel die Signalabtastrmatrizen

$$P_{i,j}^{7 \times 1} + P_{i,j}^{1 \times 7}$$

zu erzeugen. Die Abbildung aus [Fig. 3](#) zeigt eine Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels, wobei der beanspruchte Gegenstand der Erfindung natürlich nicht auf diese spezielle Implementierung bzw. dieses spezielle Ausführungsbeispiel begrenzt ist. Zum Beispiel müssen die Ausgangssignalabtastrwerte, die denen entsprechen, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der Ordnung $2(N - 1) - 1$ erzeugt werden, in diesem Fall der neunten Ordnung mit N gleich sechs, sowie die durch den zweidimensionalen Pyramidenfilter der Ordnung $2(N - 2) - 1$, in diesem Fall der siebten Ordnung, erzeugten Ausgangssignalabtastrwerte nicht unbedingt durch zweidimensionale Pyramidenfilter erzeugt werden. In nur einem Beispiel können die Ausgangssignale unter Verwendung eindimensionaler Pyramidenfilter erzeugt werden. Ein derartiger Filter ist in der Abbildung aus [Fig. 2](#) dargestellt, wobei auch hier wiederum zusätzliche Ansätze eingesetzt werden können, um die Ausgangssignale für die in der Abbildung aus [Fig. 3](#) dargestellte Architektur zu erzeugen.

[0036] Die Abbildung aus [Fig. 3](#) veranschaulicht eine integrierte Schaltung (IC als englische Abkürzung von Integrated Circuit) **300**, wobei alternative Ausführungsbeispiele natürlich nicht unbedingt auf einem einzigen integrierten Schaltungschip implementiert werden müssen. Die IC **300** weist eine zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur einer Ordnung $2N - 1$ auf, wobei N eine positive ganze Zahl größer fünf und in diesem Fall gleich sechs darstellt, die im Betrieb bei entsprechenden Taktzyklen zumindest das Folgende erzeugen kann. Erzeugt werden pyramidengefilterte Ausgangssignale, die den Ausgangssignalen entsprechen, die durch vierzehn eindimensionale Pyramidenfilter der Ordnung $2N - 1$ erzeugt werden, in diesem Beispiel erneut elfter Ordnung, mit N gleich sechs, **330, 332, 334, 340, 342, 344, 350, 352, 354, 360, 362, 364, 366** und **368** aus [Fig. 3](#). Ferner werden pyramidengefilterte Ausgangssignale erzeugt, die den Ausgangssignalen entsprechen, die entweder durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter oder eine zweidimensionale Pyramide der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$ oder in diesem Fall neunter Ordnung erzeugt werden, mit N gleich sechs, und zwar unter Verwendung der Signalabtastrmatrizen

$$P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9} \cdot$$

Diese Ausgangssignale werden durch den Addierer **310** (englisch Adder) aus [Fig. 3](#) addiert. Erzeugt werden ferner pyramidengefilterte Ausgangssignale, die den Ausgangssignalen entsprechen, die durch den einen zweidimensionalen Pyramidenfilter der Ordnung $[2(N - 2) - 1]$ oder hier Ordnung sieben erzeugt werden, mit N gleich sechs, unter Verwendung der Signalabtastrmatrix

$$P_{i,j}^{7 \times 7} \cdot$$

und zwei eindimensionalen Pyramidenfiltern der Ordnung $2(N - 2) - 1$ unter Verwendung der Signalabtastrmatrizen

$$P_{i,j}^{7 \times 1} + P_{i,j}^{1 \times 7} \cdot$$

Diese drei Ausgangssignale

$$P_{i,j}^{7 \times 7} + P_{i,j}^{7 \times 1} + P_{i,j}^{1 \times 7}$$

und das Eingangssignal s_{ij} werden in dem Addierer **390** aus [Fig. 3](#) addiert.

[0037] In ähnlicher Weise werden die entsprechenden Ausgangssignale dieser zweidimensionalen Implementierung der Pyramidenfilterarchitektur in der Implementierung aus [Fig. 3](#), zum Beispiel die Ausgangssignale **330, 332, 334, 340, 342, 344, 350, 352, 354, 360, 362, 364, 366** und **368** an entsprechenden Taktzyklen der zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur durch die Addierer **370** und **375** aus [Fig. 3](#) summiert. Der Addierer **380** addiert die Ausgangssignale **310, 370, 375** und **390**. Natürlich zeigt die Abbildung aus [Fig. 3](#) nur ein mögliches Beispiel einer Implementierung, und der beanspruchte Gegenstand der Erfindung ist nicht auf den Umfang oder eine andere spezielle Implementierung beschränkt.

[0038] N ist zum Beispiel nicht auf sechs beschränkt. In ähnlicher Weise sind die pyramidengefilterten Ausgangssignale, die den durch einen zweidimensionalen Pyramidenfilter erzeugten Ausgangssignalen entsprechen, nicht auf die Implementierung durch eindimensionale Pyramidenfilter oder zweidimensionale Pyramidenfilter beschränkt.

[0039] Wenn gemäß den vorstehenden Ausführungen eindimensionale Filter eingesetzt werden, so sind die Filter in ähnlicher Weise nicht auf den Implementierungsansatz beschränkt, der in der vorstehend genannten Patentanmeldung EP-A-1350224 mit dem Titel "Multiplierless Pyramid Filter" oder in der vorstehend genannten Patentanmeldung EP-A-1415277 mit dem Titel „Pyramid Filter“, beide an Tinku Acharya, beschrieben ist. Zum Beispiel können auch andere eindimensionale Pyramidenfilter als multipliziererfreie Pyramidenfilter eingesetzt werden. Abhängig von der Implementierung können derartige Pyramidenfilter ferner auch in einer anderen Anzahl eingesetzt werden, und wobei auch andere Ordnungen dieser Pyramidenfilter eingesetzt werden können. Zum Beispiel können die Ausgangssignale auf eine Art und Weise verknüpft bzw. kombiniert oder verarbeitet werden, so dass pyramidengefilterte Ausgangssignale erzeugt werden, die Pyramidenfiltern einer anderen Anzahl, Größe oder Ordnung entsprechen.

[0040] Es ist offensichtlich, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen spezifischen Ausführungsbeispiele und Implementierungen beschränkt ist. Zum Beispiel kann ein Ausführungsbeispiel in Hardware ausgeführt sein, während ein anderes Ausführungsbeispiel eine Softwareausführung aufweist. Ebenso kann es sich bei einem Ausführungsbeispiel um eine Firmwareausführung handeln sowie um jede Kombination aus Hardware, Software bzw. Firmware. Ein Ausführungsbeispiel kann ferner einen Gegenstand umfassen, wie etwa ein Speichermedium, ohne dass der Umfang der vorliegenden Erfindung diesbezüglich beschränkt ist. Auf einem derartigen Speichermedium, wie zum Beispiel einer CD-ROM oder einer Diskette bzw. Disk, können Anweisungen gespeichert sein, die bei einer Ausführung durch ein System, wie etwa ein Computersystem oder eine Plattform oder ein Bildverarbeitungssystem, zum Beispiel zu der Ausführung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens führen, wie etwa eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Filtern oder Verarbeiten eines Bilds oder von Videoinformationen, wie dies etwa vorstehend im Text beschrieben worden ist. Eine Bildverarbeitungsplattform oder ein Bildverarbeitungssystem kann zum Beispiel eine Bildverarbeitungseinheit, eine Video- oder Bildeingabe-Ausgabevorrichtung und/oder einen Speicher aufweisen.

[0041] Vorstehend wurden bestimmte Merkmale der vorliegenden Erfindung veranschaulicht und beschrieben, wobei für den Fachmann zahlreiche Modifikationen, Ersetzungen, Abänderungen und Äquivalente ersichtlich sind. Beabsichtigt ist somit die Abdeckung all dieser Modifikationen und Abänderungen durch die anhängigen Ansprüche.

Patentansprüche

1. Integrierte Schaltung, die folgendes umfasst:

eine zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur einer Ordnung $2N - 1$, wobei N eine positive ganze Zahl darstellt, die größer ist als fünf;
wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur einer Ordnung $2N - 1$ im Betrieb in der Lage ist, bei entsprechenden Taktzyklen zumindest folgendes zu erzeugen:
pyramidengefilterte Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die durch vierzehn eindimensionale Pyramidenfilter einer Ordnung $2N - 1$ erzeugt werden; und
pyramidengefilterte Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder von vier zweidimensionalen Pyramidenfiltern oder einem zweidimensionalen Pyramidenfilter der Ordnungen $[2(N - 1) - 1]$ unter Verwendung von Signalabtastmatrizen der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$ erzeugt werden;
wobei die entsprechenden Ausgangssignale in der genannten zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur an entsprechenden Taktzyklen der genannten zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur summiert werden.

2. Integrierte Schaltung nach Anspruch 1, wobei N gleich sechs ist; und wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb an entsprechenden Taktzyklen die pyramidengefilterten Ausgangssignale erzeugen kann, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter oder eine zweidimensionale Pyramide der neunten Ordnung unter Verwendung von vier Signalabtastmatrizen

$$P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$$

erzeugt werden wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale durch eine Mehrzahl eindimensionaler Py-

ramidenfilter erzeugt werden.

3. Integrierte Schaltung nach Anspruch 2, wobei die genannten eindimensionalen Pyramidenfilter eine Sequenz skalierbarer, kaskadierter, multipliziererfreier Operationseinheiten umfassen, wobei jede der genannten Operationseinheiten in der Lage ist, einen pyramidengefilterten Ausgangssignalabtaststrom einer anderen Ordnung zu erzeugen.

4. Integrierte Schaltung nach Anspruch 2, wobei die genannten eindimensionalen Pyramidenfilter andere als eindimensionale multipliziererfreie Pyramidenfilter umfassen.

5. Integrierte Schaltung nach Anspruch 2, wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb an entsprechenden Taktzyklen die pyramidengefilterten Ausgangssignale erzeugen kann, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter oder eine zweidimensionale Pyramide der siebten Ordnung unter Verwendung von vier Signalabtastmatrizen

$$P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$$

erzeugt werden wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale durch eine Mehrzahl eindimensionaler Pyramidenfilter erzeugt werden, die durch acht eindimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden.

6. Integrierte Schaltung nach Anspruch 5, wobei von den acht eindimensionalen Pyramidenfilter der neunten Ordnung vier zeilenweise und vier spaltenweise eingesetzt werden.

7. Integrierte Schaltung nach Anspruch 5, wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb an entsprechenden Taktzyklen die pyramidengefilterten Ausgangssignale erzeugen kann, die Ausgangssignalen entsprechen, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden, wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale durch eine Mehrzahl eindimensionaler Pyramidenfilter erzeugt werden, die durch acht eindimensionale, multipliziererfreie Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden.

8. Integrierte Schaltung nach Anspruch 7, wobei von den acht eindimensionalen Pyramidenfilter der neunten Ordnung vier zeilenweise und vier spaltenweise eingesetzt werden.

9. Integrierte Schaltung nach Anspruch 2, wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb an entsprechenden Taktzyklen die pyramidengefilterten Ausgangssignale erzeugen kann, die Ausgangssignalen entsprechen, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden, wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale durch eine Mehrzahl eindimensionaler Pyramidenfilter erzeugt werden, die durch andere als eindimensionale, multipliziererfreie Pyramidenfilter erzeugt werden.

10. Integrierte Schaltung nach Anspruch 1, wobei N gleich sechs ist; wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb in der Lage ist, an entsprechenden Taktzyklen mindestens folgendes zu erzeugen: Ausgangssignale, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden.

11. Integrierte Schaltung nach Anspruch 1, wobei die genannte zweidimensionale Pyramidenfilterarchitektur der elften Ordnung im Betrieb an entsprechenden Taktzyklen die pyramidengefilterten Ausgangssignale erzeugen kann, die Ausgangssignalen entsprechen, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden, wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale durch andere zweidimensionale Pyramidenfilter als vier zweidimensionale Pyramidenfilter erzeugt werden.

12. Verfahren zum Filtern eines Bildes unter Verwendung einer zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur der Ordnung $2N - 1$, wobei N eine positive ganze Zahl darstellt, die größer ist als fünf, wobei das genannte Verfahren folgendes umfasst:

Summieren des Folgenden an entsprechenden Taktzyklen der genannten zweidimensionalen Pyramidenfilterarchitektur:

pyramidengefilterte Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die durch vierzehn eindimensionale Pyramidenfilter einer Ordnung $2N - 1$ erzeugt werden; und

pyramidengefilterte Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder von vier zweidimensionalen Pyramidenfiltern oder einem zweidimensionalen Pyramidenfilter der Ordnungen $[2(N - 1) - 1]$ unter

Verwendung von Signalabtastrmatrizen der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$ erzeugt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei N gleich sechs ist:

wobei pyramidengefilterte Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder von vier zweidimensionalen Pyramidenfiltern oder einem zweidimensionalen Pyramidenfilter der Ordnungen $[2(N - 1) - 1]$ unter Verwendung von Signalabtastrmatrizen der Ordnung $[2(N - 1) - 1]$ erzeugt werden, Ausgangssignale umfassen, die durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter der neunten Ordnung erzeugt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei N gleich sechs ist; und wobei die pyramidengefilterten Ausgangssignale, die Ausgangssignalen entsprechen, die entweder durch vier zweidimensionale Pyramidenfilter oder eine zweidimensionale Pyramide der neunten Ordnung unter Verwendung von vier Signalabtastrmatrizen

$$P_{i-1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i-1,j+1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j-1}^{9 \times 9} + P_{i+1,j+1}^{9 \times 9}$$

erzeugt werden, pyramidengefilterte Ausgangssignale umfassen, die durch eine Mehrzahl eindimensionaler Pyramidenfilter erzeugt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die genannten eindimensionalen Pyramidenfilter eine Sequenz skalierbarer, kaskadierter, multipliziererfreier Operationseinheiten umfassen, wobei jede der genannten Operationseinheiten in der Lage ist, einen pyramidengefilterten Ausgangssignalabtastrstrom einer anderen Ordnung zu erzeugen.

16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei dieses zumindest teilweise in einem Computerprogramm implementiert wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

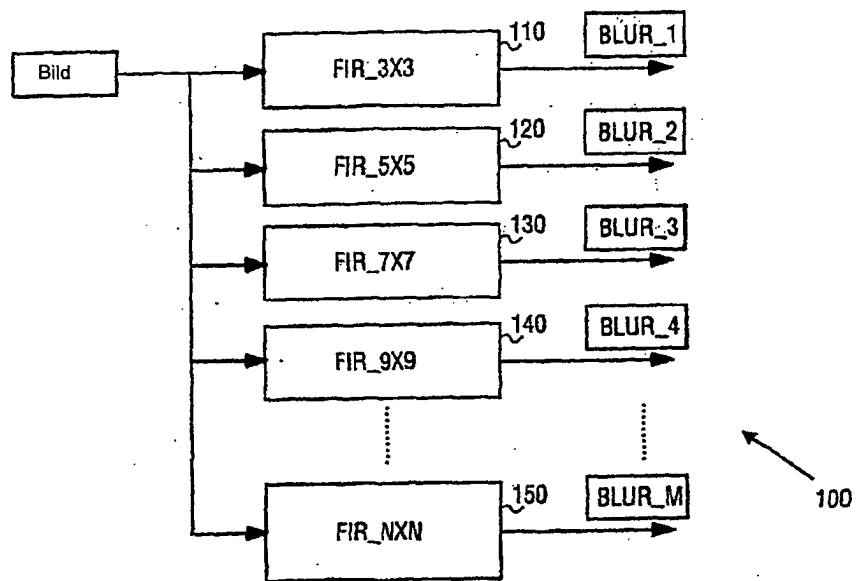


FIG. 1

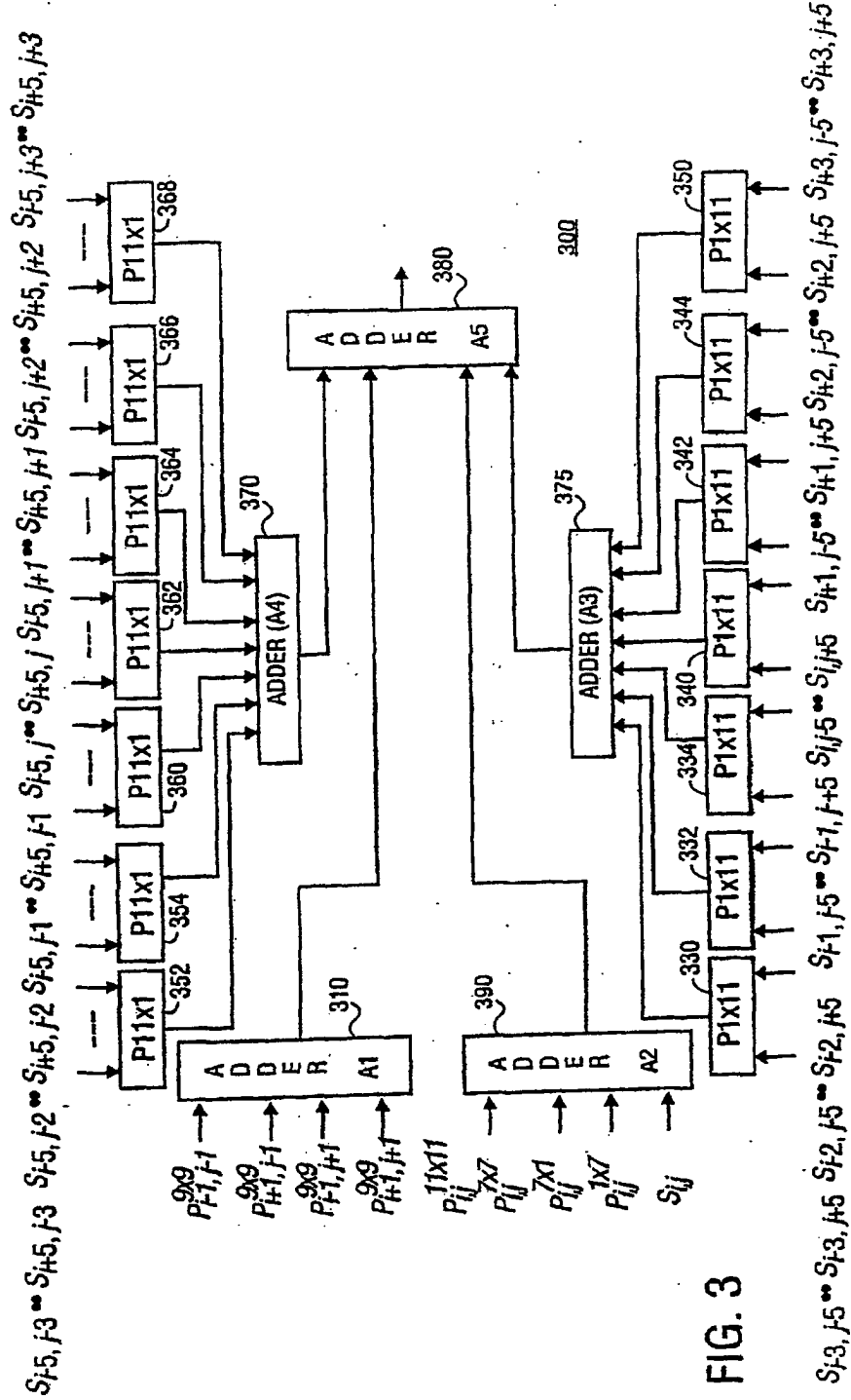


FIG. 3

S =

$S_{0,0}$	$S_{0,1}$	·	...	·	$S_{0,N-1}$
$S_{1,0}$	·	·	·	·	$S_{1,N-1}$
·	·	$S_{i-1,j-1}$	$S_{i-1,j}$	$S_{i-1,j+1}$	·
·	·	$S_{i,j-1}$	$S_{i,j}$	$S_{i,j+1}$	·
·	·	$S_{i+1,j-1}$	$S_{i+1,j}$	$S_{i+1,j+1}$	·
·	·	·	·	·	·
$S_{M-1,0}$	$S_{M-1,1}$	·	...	·	$S_{M-1,N-1}$

FIG. 5

$$F_{k \times k} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ \frac{k+1}{2} \\ 2 \\ \vdots \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * \left[1 \ 2 \ 3 \ \dots \ \frac{k+1}{2} \ 4 \ 3 \ 2 \ 1 \right]$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & \frac{k+1}{2} & \dots & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & \dots & \frac{2(k+1)}{2} & \dots & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & 9 & 6 & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{k+1}{2} & \frac{2(k+1)}{2} & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & \frac{(k+1) \cdot (k+1)}{2} & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \frac{2(k+1)}{2} & \frac{k+1}{2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 3 & 6 & 9 & \dots & \frac{3(k+1)}{2} & \dots & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & \dots & \frac{2(k+1)}{2} & \dots & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & \frac{k+1}{2} & \dots & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG. 6

$$P^{1 \times k} = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{1 \times k} & P_{0,1}^{1 \times k} & \dots & P_{0,N-1}^{1 \times k} \\ P_{1,0}^{1 \times k} & P_{1,1}^{1 \times k} & \dots & P_{1,N-1}^{1 \times k} \\ \vdots & \vdots & P_{i,j}^{1 \times k} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{M-1,0}^{1 \times k} & P_{M-1,1}^{1 \times k} & \dots & P_{M-1,N-1}^{1 \times k} \end{bmatrix}$$

FIG. 8

$$P^{k \times 1} = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{k \times 1} & P_{0,1}^{k \times 1} & \dots & P_{0,N-1}^{k \times 1} \\ P_{1,0}^{k \times 1} & P_{1,1}^{k \times 1} & \dots & P_{1,N-1}^{k \times 1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & P_{i,j}^{k \times 1} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{M-1,0}^{k \times 1} & P_{M-1,1}^{k \times 1} & \dots & P_{M-1,N-1}^{k \times 1} \end{bmatrix}$$

FIG. 9