



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 006 522.6**
(22) Anmeldetag: **02.02.2010**
(43) Offenlegungstag: **30.09.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G06T 7/00** (2006.01)
G06K 9/46 (2006.01)

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

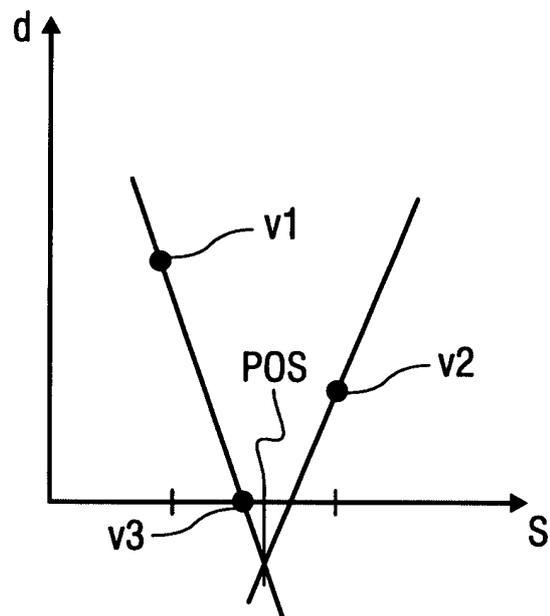
(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Gehrig, Stefan, Dr.rer.nat., 71155 Altdorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten in Bilddatensätzen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten (B1, B2) in zumindest zwei Bilddatensätzen, bei dem Signaturinformationen für jeden Bildpunkt (B1, B2) der Bilddatensätze ermittelt werden, wobei zur Ermittlung korrespondierender Bildpunkte (B1, B2) für in beiden Bilddatensätzen übereinstimmende Signaturinformationen eine Korrespondenzhypothese erstellt wird. Erfindungsgemäß werden Wavelet-Koeffizienten oder Signaturinformationen von Nachbarbildpunkten (B1.1 bis B1.8, B2.1 bis B2.8) zumindest eines der korrespondierenden Bildpunkte (B1, B2) derart interpoliert, dass eine subpixelgenaue Verschiebung der korrespondierenden Bildpunkte (B1, B2) in den Bilddatensätzen ermittelt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten in zumindest zwei Bilddatensätzen, bei dem Signaturinformationen für jeden Bildpunkt der Bilddatensätze ermittelt werden, wobei zur Ermittlung korrespondierender Bildpunkte für in beiden Bilddatensätzen übereinstimmende Signaturinformationen eine Korrespondenzhypothese erstellt wird.

[0002] Aus der DE 103 51 778 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrespondenzanalyse in Bilddatensätzen bekannt, um innerhalb von zwei Bilddatensätzen miteinander korrespondierende Bildpunkte (Pixel) zu identifizieren. Dabei wird in einem ersten Schritt der Bilddatensatz mit einem Signaturoperator derart transformiert, dass für jedes Pixel ein Signaturstring berechnet und in einer Signaturtabelle gemeinsam mit den Pixelkoordinaten abgelegt wird, wobei in einem nächsten Schritt jedes Pixel des anderen Bilddatensatzes mittels desselben Signaturoperators transformiert wird, worauf die resultierenden Signaturstrings gemeinsam mit den jeweiligen Pixelkoordinaten in einer weiteren Signaturtabelle abgelegt werden. Die Einträge der beiden Signaturtabellen werden dahingehend untersucht, ob Signaturstrings vorliegen, welche in beiden Tabellen aufzufinden sind, worauf in diesen Fällen für die diesen Signaturstrings zugeordneten Koordinaten eine Korrespondenzhypothese generiert und in einer Hypothesenliste zur Weiterverarbeitung gespeichert wird.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten in zumindest zwei Bilddatensätzen anzugeben.

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gelöst, welches die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Bei dem Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten in zumindest zwei Bilddatensätzen, bei dem Signaturinformationen für jeden Bildpunkt der Bilddatensätze ermittelt werden, wird zur Ermittlung korrespondierender Bildpunkte für in beiden Bilddatensätzen übereinstimmende Signaturinformationen eine Korrespondenzhypothese erstellt. Erfindungsgemäß werden Wavelet-Koeffizienten oder Signaturinformationen von Nachbarbildpunkten zumindest eines der korrespondierenden Bildpunkte derart interpoliert, dass eine subpixelgenaue Verschiebung der korrespondierenden Bildpunkte in den Bilddatensätzen ermittelt wird.

[0007] Bei den Bilddatensätzen kann es sich sowohl um zeitlich nacheinander und monokular erfasste Bilder oder gleichzeitig und stereoskopisch erfasste Bilder handeln. Die Signaturinformationen enthalten dabei Informationen über die Umgebung des jeweiligen Bildpunkts. Mit anderen Worten: In den Signaturinformationen sind Eigenschaften der den Bildpunkt umgebenden Nachbarbildpunkte enthalten. Die Signaturinformationen werden dabei insbesondere nach dem aus der DE 103 51 778 A1 der Anmelderin bekannten Verfahren zur Korrespondenzanalyse in Bilddatensätzen ermittelt, deren Gegenstand hiermit vollumfänglich durch Referenz aufgenommen wird.

[0008] Aus der erfindungsgemäßen zusätzlichen subpixelgenauen Schätzung der korrespondierenden Bildpunkte und der daraus ableitbaren Bildverschiebung ergibt sich in besonders vorteilhafter Weise, dass einfach und effektiv eine Bewegung von Objekten ermittelbar ist, wobei eine Trennschärfe bei dieser Bewegungsermittlung vergrößert und somit verbessert wird. Daraus folgend ist es beispielsweise bei einer Verwendung des Verfahrens in einem Fahrzeug möglich, Erfassungsbereiche, d. h. Sichtweiten, von Bilderfassungseinheiten zu erhöhen und somit Funktionen von Fahrerassistenzsystemen zu verbessern. Dabei können Funktionen eines Bremsassistenzsystems und eines Abstandsregelsystems verbessert werden, wobei insbesondere das Fahrzeug querende Objekte präzise und schnell ermittelt werden. Die durch die Interpolation ermittelte subpixelgenaue Verschiebung ist weiterhin mit besonders geringer Rechenleistung und sehr geringer Rechenzeit ermittelbar.

[0009] Neben der Ermittlung der Bewegung von das Fahrzeug querenden Objekten anhand einer Analyse zeitlich nacheinander und monokular erfasster Bilder ist es alternativ oder zusätzlich auch möglich, die Bewegung des Fahrzeugs selbst präziser zu ermitteln, da sich aufgrund der Möglichkeit der sehr genauen Ermittlung von Bildverschiebungen in stereoskopisch erfassten Bildern sehr genaue Tiefeninformationen ableiten lassen.

[0010] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0011] Dabei zeigen:

- [0012] [Fig. 1A](#) schematisch einen Ausschnitt aus einem ersten Bild, welcher einen ersten Bildpunkt und diesen umgebende Nachbarbildpunkte zeigt,
- [0013] [Fig. 1B](#) schematisch einen Ausschnitt aus einem zweiten Bild, welcher einen zweiten Bildpunkt und diesen umgebende Nachbarbildpunkte zeigt, und
- [0014] [Fig. 2](#) schematisch ein Diagramm zur Ermittlung einer subpixelgenauen Verschiebung korrespondierender Bildpunkte.
- [0015] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.
- [0016] In den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind Ausschnitte A1 und A2 aus einem ersten Bild und einem zweiten Bild dargestellt, welche jeweils einen Bildpunkt B1 und B2 sowie diesen umgebende Nachbarbildpunkte B1.1 bis B1.8 und B2.1 bis B2.8 zeigen.
- [0017] Bei den Bildern handelt es sich um monokular und zeitlich nacheinander erfasste Bilder, wobei die Erfassung beispielsweise von einer an einem Fahrzeug angeordneten Kamera erfolgt. Die Bilder zeigen dabei eine Szene aus einer Umgebung des Fahrzeugs, wobei aus Bilddatensätzen der Bilder Informationen zum Betrieb von einem oder mehreren Fahrerassistenzsystemen des Fahrzeugs generiert werden. Aus den Bilddatensätzen werden zum Beispiel Informationen generiert, aus welchen Bewegungen von in der Umgebung des Fahrzeugs vorhandenen Objekten ermittelt werden. Hierzu werden im zeitlich früher erfassten ersten Bild und im zeitlich später erfassten zweiten Bild korrespondierende Bildpunkte B1 und B2 (= Pixel) ermittelt, welche das gleiche Objekt bzw. den gleichen Bereich des Objekts darstellen.
- [0018] Zur Ermittlung der korrespondierenden Bildpunkte B1 und B2 werden für jeden Bildpunkt B1, B2 der Bilddatensätze Signaturinformationen ermittelt. Die Signaturinformationen enthalten Eigenschaften der den jeweiligen Bildpunkt B1, B2 umgebenden Nachbarbildpunkte B1.1 bis B1.8 und B2.1 bis B2.8, wobei zur Ermittlung der korrespondierenden Bildpunkte B1, B2 für in beiden Bilddatensätzen übereinstimmende Signaturinformationen eine Korrespondenzhypothese erstellt wird. Die Ermittlung der Signaturinformationen und der Korrespondenzhypothese der Bildpunkte B1, B2 erfolgt insbesondere nach dem aus der DE 103 51 778 A1 bekannten Verfahren zur Korrespondenzanalyse der Anmelderin.
- [0019] Erfindungsgemäß werden die Signaturinformationen der Nachbarbildpunkte B1.1 bis B1.8, B2.1 bis B2.8 zumindest eines der korrespondierenden Bildpunkte B1, B2 derart interpoliert, dass eine subpixelgenaue Verschiebung der korrespondierenden Bildpunkte B1, B2 in den Bilddatensätzen ermittelt wird.
- [0020] Die Ermittlung der subpixelgenauen Verschiebung erfolgt dabei anhand einer so genannten Subpixel-Interpolation auf den vorhandenen Signaturinformationen, wobei hierfür in vorteilhafter Weise lediglich eine geringe Rechenzeit erforderlich ist.
- [0021] Zur Durchführung der Subpixel-Interpolation werden zunächst die Signaturinformationen des zeitlich zuerst erfassten ersten Bilds gespeichert. Anschließend werden die Signaturinformationen für das zweite Bild ermittelt.
- [0022] Bei einer exakten Übereinstimmung der Signaturinformationen von zwei Bildpunkten, hier den Bildpunkten B1 und B2, werden die Signaturinformationen der Nachbarbildpunkte B2.1 bis B2.8 des zweiten Bildpunkts B2 interpoliert. Die ermittelte Signaturinformation des zweiten Bildpunkts B2 weist dabei eine so genannte Hammingdistanz d mit dem Wert "0" zum zeitlich eher erfassten ersten Bildpunkt, dem so genannten Ausgangspatch, auf.
- [0023] Anschließend wird von den Nachbarbildpunkten B2.1 bis B2.8 um die gefundene Korrespondenz, das heißt um den zweiten Bildpunkt B2, eine absolute Differenz bzw. ein absoluter Abstand in Form einer Hammingdistanz d im Signatur-Raum berechnet werden, wobei das Ergebnis dieser Berechnung drei Kostenwerte v_1 , v_2 , v_3 sind.
- [0024] Diese drei Kostenwerte v_1 , v_2 , v_3 sind in einem Diagramm in [Fig. 2](#) näher dargestellt, wobei auf der horizontalen Achse des Diagramms eine jeweilige Bildspalte S und der vertikalen Achse des Diagramms die Hammingdistanz d aufgetragen ist.
- [0025] Der Kostenwert v_2 entspricht dabei dem Bildpunkt B2, welcher als Referenzbildpunkt bzw. Referenz-

pixel die Hammingdistanz d mit dem Wert "0" aufweist. Bei der Interpolation wird durch die drei Kostenwerte v_1 , v_2 , v_3 eine geeignete Funktion gelegt, anhand welcher eine Subpixel-Position POS interpoliert wird. Bei der Funktion handelt es sich im dargestellten Ausführungsbeispiel um eine so genannte Equiangular-Fit-Funktion. Alternativ sind jedoch auch weitere geeignete Funktionen, wie beispielsweise eine so genannte Parabel-Fit-Funktion verwendbar.

[0026] Die Subpixel-Position wird beispielsweise anhand folgender Formel ermittelt:

$$\begin{aligned}
 POS &= \text{if } v_3 < v_1 \\
 &\quad \text{then } 0,5 * \frac{(v_3 - v_1)}{(v_2 - v_1)} \\
 &\quad \text{else } 0,5 * \frac{(v_3 - v_1)}{(v_2 - v_3)}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

[0027] Anhand der ermittelten Subpixel-Position POS ist sehr exakt eine Bildverschiebung zwischen dem ersten und dem zweiten Bildpunkt B_1 , B_2 ermittelbar.

[0028] Alternativ zu der dargestellten Interpolation der Signaturinformationen der Nachbarbildpunkte $B_{2.1}$ bis $B_{2.8}$ wird die Bildverschiebung zwischen den Bildpunkten B_1 und B_2 anhand einer Interpolation von ternär quantisierten Wavelet-Koeffizienten der Nachbarbildpunkte $B_{2.1}$ bis $B_{2.8}$ ermittelt. Die Wavelet-Koeffizienten werden dabei in einer so genannten Wavelet-Transformation ermittelt, bei der es sich um eine lineare Zeit-Frequenz-Transformation handelt.

[0029] Bei dieser Methode der Interpolation wird im Vergleich zur oben dargestellten Methode lediglich angenommen, dass die Bildpunkte B_1 und B_2 miteinander korrespondieren. Da die Signaturinformationen einige Wavelet-Koeffizienten, wie beispielsweise Mittelwerte, nicht berücksichtigen, ist der Wert der Hammingdistanz d des Kostenwerts v_2 nicht sicher "0". Daher wird bei der Interpolation die Hammingdistanz d für den Kostenwert v_2 zu "0" angenommen und die Hammingdistanzen d werden zu dem zentralen Wavelet-Koeffizienten berechnet. Die anschließende Subpixel-Interpolation erfolgt gemäß dem oben beschriebenen Verfahren, welches sich auf [Fig. 2](#) bezieht. Zur Berechnung besonders exakter Hammingdistanzen d ist es dabei möglich, die Wavelet-Koeffizienten des zeitlich zuvor erfassten Bilds zu speichern.

[0030] Alternativ zu der beschriebenen Ermittlung der Bildverschiebungen zeitlich nacheinander und monokular erfasster Bilder können die Bildpunkte B_1 , B_2 auch aus zwei zeitgleich und stereoskopisch erfassten Bildern stammen, wobei die Bilder insbesondere mittels zwei in einem definierten Abstand nebeneinander am Fahrzeug angeordneter Kameras erfasst werden. Anhand einer Analyse der Bildpunkte B_1 , B_2 und deren Nachbarbildpunkte $B_{1.1}$ bis $B_{1.8}$, $B_{2.1}$ bis $B_{2.8}$ gemäß der oben beschriebenen Interpolation der Signaturinformationen oder Wavelet-Koeffizienten der Nachbarbildpunkte $B_{1.1}$ bis $B_{1.8}$, $B_{2.1}$ bis $B_{2.8}$ ist es in besonders vorteilhafter Weise möglich, Tiefeninformationen oder Disparitäten besonders exakt zu ermitteln. Somit können Eigenbewegungen des Fahrzeugs, an welchem die zwei Bilderfassungseinheiten zur stereoskopischen Erfassung der Bilder angeordnet sind, in einfacher und gleichzeitig sehr genauer Weise ermittelt werden.

Bezugszeichenliste

A1	Ausschnitt
A2	Ausschnitt
B1	Bildpunkt
B1.1 bis B1.8	Nachbarbildpunkt
B2	Bildpunkt
B2.1 bis B2.8	Nachbarbildpunkt
d	Hammingdistanz
POS	Subpixel-Position
S	Bildspalte
v_1	Kostenwert
v_2	Kostenwert
v_3	Kostenwert

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10351778 A1 [[0002](#), [0007](#), [0018](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse von korrespondierenden Bildpunkten (B1, B2) in zumindest zwei Bilddatensätzen, bei dem Signaturinformationen für jeden Bildpunkt (B1, B2) der Bilddatensätze ermittelt werden, wobei zur Ermittlung korrespondierender Bildpunkte (B1, B2) für in beiden Bilddatensätzen übereinstimmende Signaturinformationen eine Korrespondenzhypothese erstellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass Wavelet-Koeffizienten oder Signaturinformationen von Nachbarbildpunkten (B1.1 bis B1.8, B2.1 bis B2.8) zumindest eines der korrespondierenden Bildpunkte (B1, B2) derart interpoliert werden, dass eine subpixelgenaue Verschiebung der korrespondierenden Bildpunkte (B1, B2) in den Bilddatensätzen ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Interpolation jeweils ein absoluter Abstand der Nachbarbildpunkte (B1.1 bis B1.8, B2.1 bis B2.8) zu dem zugehörigen Bildpunkt (B1, B2) ermittelt wird, wobei aus den absoluten Abständen Kostenwerte (v_1 , v_2 , v_3) ermittelt werden, aus denen eine Subpixel-Position (POS) interpoliert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilddatensätze aus gleichzeitig und stereoskopisch erfassten und/oder zeitlich nacheinander und monokular erfassten Bildern erzeugt werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

A1

B1.1	B1.2	B1.3
B1.8	B1	B1.4
B1.7	B1.6	B1.5

FIG 1A

A2

B2.1	B2.2	B2.3
B2.8	B2	B2.4
B2.7	B2.6	B2.5

FIG 1B

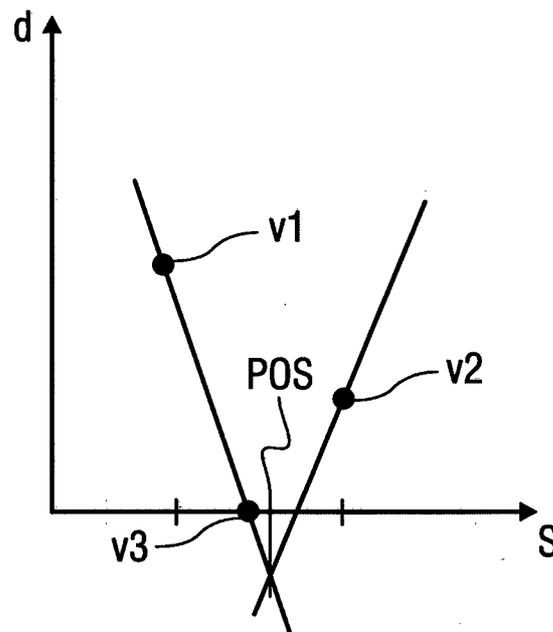


FIG 2