

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Februar 2007 (22.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/019920 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G06T 7/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/006889

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Juli 2006 (14.07.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 039 007.2 18. August 2005 (18.08.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **VALEO SCHALTER UND SENSOREN GMBH**
[DE/DE]; Laiernstrasse 12, 74321 Bietigheim-Bissingen
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **AMBEKAR, Onkar**
[IN/DE]; Rankestrasse 3, 76137 Karlsruhe (DE). **FER-**
NANDES, Ermani, M. [BR/DE]; Moltkestrasse 25,
74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(74) Anwalt: **BULLING, Alexander**; Dreiss, Fuhlendorf,
Steimle & Becker, Postfach 10 37 62, 70032 Stuttgart
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

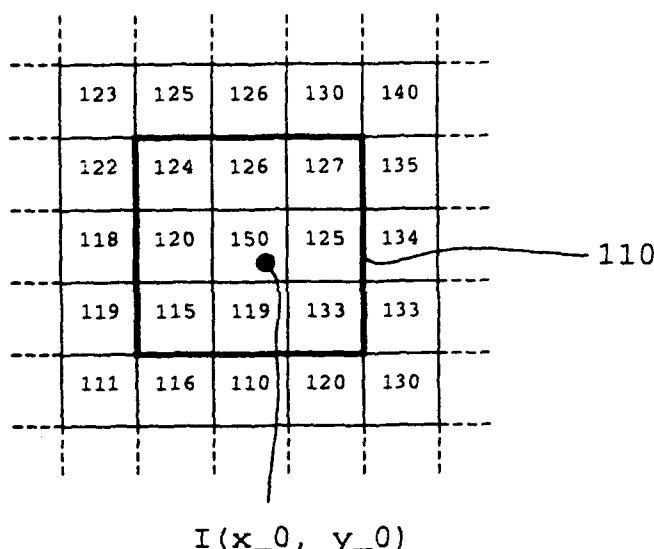
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

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

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MOVEMENT DETERMINATION BASED ON CHARACTERISTICS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MERKMALSBASIERTEN BEWEGUNGSBESTIMMUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for
movement determination based on characteristics, by
means of the Kanade-Lucas-Tomasi method, using a
plurality of preferably chronological camera images (I, J).
In order to be able to carry out said method in an efficient
manner, at least one camera image (I, J) is subjected to
filtering through a hierarchical filter.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung
betrifft ein Verfahren zur merkmalsbasierten Bewe-
gungsbestimmung anhand von mehreren, vorzugsweise
zeitlich aufeinander folgenden, Kamerabildern (I, J) unter
Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahrens.
Um eine effiziente Durchführung des Verfahrens zu
ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass
mindestens ein Kamerabild (I, J) einer Filterung durch
einen Rangordnungsfiler unterzogen wird.

WO 2007/019920 A1

Titel: Verfahren und Vorrichtung zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung anhand von mehreren, vorzugsweise zeitlich aufeinanderfolgenden, Kamerabildern unter Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahrens.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung anhand von mehreren, vorzugsweise zeitlich aufeinander folgenden, Kamerabildern eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, unter Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahrens.

Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind bekannt und setzen üblicherweise mathematisch komplexe Filterverfahren ein, um die Kamerabilder vor der eigentlichen Bewegungsbestimmung hinsichtlich einer guten Verwendbarkeit für die Bewegungsbestimmung zu konditionieren. Zur Durchführung dieser Filterverfahren sind eine Vielzahl von Multiplikationen und Additionen umfassende Faltungsoperationen mit einer vorgegebenen Filtermaske erforderlich, die eine entsprechende Rechenleistung erfordern und daher u.U. nicht in Echtzeit durchgeführt werden können, insbesondere nicht auf mobilen Recheneinheiten, wie sie beispielsweise in Steuergeräten von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden.

Demgemäß ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass eine entsprechende

Konditionierung der Kamerabilder für die Bewegungsbestimmung mit geringerem rechnerischem Aufwand durchführbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass mindestens ein Kamerabild einer Filterung durch einen Rangordnungsfiler unterzogen wird.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Filterungsverfahren, die zusammen mit dem Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahren verwendet werden, wie z.B. einer Filterung eines Kamerabilds mit einem Gauß-Filter, erfordert die erfindungsgemäße Filterung des Kamerabilds durch einen Rangordnungsfiler einen verhältnismäßig geringen rechnerischen Aufwand. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich daher insbesondere zur Durchführung auf Recheneinheiten mit eingeschränkter Prozessorleistung bzw. eingeschränkten Speicherressourcen wie sie beispielsweise in einem Steuergerät eines Kraftfahrzeugs eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Filterverfahren, die das mathematisch sehr aufwendige Ausführen von Faltungsoperationen erfordern, bei denen eine hohe Anzahl von Multiplikationen und Additionen erforderlich ist, sind zur Durchführung der erfindungsgemäßen Rangordnungsfilerung lediglich Logikoperationen wie bspw. das Sortieren von Helligkeitswerten des zu filternden Kamerabilds erforderlich, so dass auch auf einfachen Recheneinheiten insgesamt eine wesentlich schnellere Filterung eines Kamerabilds erzielbar ist und damit eine Echtzeitverarbeitung der Kamerabilder z.B. in einem Steuergerät eines Kraftfahrzeugs.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Verschiebungsvektor zwischen zwei Kamerabildern in Abhängigkeit eines vorgebbaren Abweichungsmaßes ε ermittelt, wobei für das Abweichungsmaß ε gilt:

$$\varepsilon = \iint_W \left[J\left(\bar{x} + \frac{\bar{d}}{2}\right) - I\left(\bar{x} - \frac{\bar{d}}{2}\right) \right]^2 w(\bar{x}) d\bar{x},$$

wobei $\bar{x}$ einen Punkt des jeweiligen Kamerabilds I, J repräsentiert, W einen Bereich des jeweiligen Kamerabilds I, J repräsentiert, über den integriert wird, und wobei $w(\bar{x})$ eine Gewichtungsfunktion repräsentiert.

Die Gewichtungsfunktion $w(\bar{x})$ wird vorzugsweise zu 1 gewählt; alternativ hierzu ist es jedoch auch möglich, die Gewichtungsfunktion bspw. derart zu wählen, dass eine Mitte des betrachteten Bereichs W stärker gewichtet wird als die Ränder des Integrationsbereichs W.

In Abhängigkeit des für die Bewegungsbestimmung ausgewählten Bereichs W ist auch die erfindungsgemäße Filterung mit dem Rangordnungsfiler nur für den betreffenden Bereich W des jeweiligen Kamerabilds durchzuführen, was das Verfahren weiter beschleunigt.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auch die Gewichtungsfunktion $w(\bar{x})$ durch einen Rangordnungsfiler realisiert sein.

Bei einer ganz besonders vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als Rangordnungsfiler ein Medianfilter verwendet. Bei einem Medianfilter werden die innerhalb einer Filtermaske vorgegebbarer Größe liegenden Helligkeitswerte ihrer Größe nach sortiert, wodurch eine sortierte Liste der innerhalb der Filtermaske liegenden Helligkeitswerte erhalten wird. Aus dieser sortierten Liste wird der mittlere Helligkeitswert ausgewählt und bildet den entsprechenden Helligkeitswert des gefilterten Bildpunkts.

Zur Erzeugung der sortierten Liste bei der Medianfilterung sind im Gegensatz zu Faltungsoperationen, wie sie bei der Anwendung herkömmlicher Filteralgorithmen zumeist erforderlich sind, lediglich Logikoperationen wie bspw. Vergleiche von Ganzzahlen, d.h. den Helligkeitswerten eines Kamerabilds, erforderlich, welche auf einer elektronischen Recheneinheit besonders effizient verarbeitbar sind. Aufgrund der Tatsache, dass das Erstellen der sortierten Liste sowie die restliche Medianfilterung keine Additionen und insbesondere keine Multiplikationen erfordert, ist das erfindungsgemäße Verfahren auch auf verhältnismäßig einfachen Recheneinheiten durchführbar, insbesondere auch unter Echtzeitanforderungen.

Einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zufolge werden die Kamerabilder von einem Kamerasystem eines Kraftfahrzeugs erhalten, und das Verfahren zur Bewegungsbestimmung wird in einem Steuergerät des Kraftfahrzeugs durchgeführt. Auf diese Weise kann das erfindungsgemäße merkmalsbasierte Bewegungsbestimmungsverfahren bspw. zur Umfeldbeobachtung bei Kraftfahrzeugen eingesetzt werden.

Mögliche Anwendungsbereiche ergeben sich hierbei auch in Form von Einparkhilfesystemen, die bspw. sich bewegende Bereiche eines Kamerabilds bspw. eines Rückfahrkamerasystems auf einem Anzeigegerät grafisch hervorheben während eines Einparkprozesses, um dem Fahrer des Kraftfahrzeugs eine einfachere Beurteilung der Einparksituation zu ermöglichen.

Das erfindungsgemäße Bewegungsbestimmungsverfahren kann ferner bei sogenannten lane departure warning systems, d.h. bei Spurwechsellerkennungssystemen, sowie bei Nachtsichtsystemen und dergleichen eingesetzt werden.

Bei einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Kamerabilder Farbbilder, wobei jedes Kamerabild vorzugsweise drei Farbkanäle aufweist. Die erfindungsgemäße RangordnungsfILTERUNG bzw. Medianfilterung ist in diesem Fall für jeden der drei Farbkanäle auszuführen.

Noch eine weitere sehr vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Kamerabilder, vorzugsweise vor der FILTERUNG durch den RangordnungsfILTER und/oder vor der Bewegungsbestimmung, rechnerisch entzerrt werden. Hierdurch sind möglicherweise durch eine Anordnung des Kamerasystems an dem Kraftfahrzeug oder durch sonstige Effekte entstehende geometrische bzw. perspektivische Verzerrungen kompensierbar bzw. eliminierbar, wodurch eine präzisere Bewegungsbestimmung ermöglicht ist.

Bei einer anderen sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die für die Bewegungsbestimmung zu verwendenden Merkmale in Abhängigkeit von Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs, insbesondere in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit und/oder eines Lenkwinkels, oder in Abhängigkeit von sonstigen Parametern wie z.B. einer Umgebungshelligkeit und/oder einer Außentemperatur ausgewählt.

In Abhängigkeit dieser Betriebsgrößen kann bspw. gezielt jeweils nur ein Teilbereich eines Kamerabilds der erfindungsgemäßen Bewegungsbestimmung unterzogen werden, wodurch sich eine Reduktion der zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Rechenleistung ergibt. Bspw. kann in Abhängigkeit der vorstehend genannten Betriebsgrößen ein Fahrschlauch des Kraftfahrzeugs berechnet werden, in dem sich das Kraftfahrzeug in der näheren Zukunft fortbewegen wird. Außerhalb dieses Fahrschlauchs liegende Bereiche müssen bspw.

nicht der erfindungsgemäßen Bewegungsbestimmung zugeführt werden und können daher verworfen werden.

Die Berücksichtigung einer Umgebungshelligkeit und/oder einer Außentemperatur sowie weiterer sonstiger Parameter kann zur Verbesserung der Bildverarbeitungsschritte im Rahmen des merkmalsbasierten Bewegungsbestimmungsverfahrens verwendet werden.

Die Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs oder die sonstigen Parameter können innerhalb des Kraftfahrzeugs bspw. durch weitere Steuergeräte des Kraftfahrzeugs erhalten werden.

Bei einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden einzelne Punkte der Kamerabilder als Merkmale für die Bewegungsbestimmung verwendet.

Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 10 angegeben. Zur Durchführung der erfindungsgemäßen Filterung des Kamerabilds mit einem Rangordnungsfiler weist die erfindungsgemäße Vorrichtung entsprechende Filtermittel auf.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Vorrichtung als Steuergerät eines Kraftfahrzeugs ausgebildet oder auch in ein bestehendes Steuergerät eines Kraftfahrzeugs integriert. Bei der Integration der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem bestehenden Steuergerät können sämtliche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Funktionen durch eine Recheneinheit des bestehenden Steuergeräts realisiert sein.

Ganz besonders vorteilhaft ist gemäß einer weiteren Erfindungsvariante eine Busanbindung der erfindungsgemäßen

Vorrichtung an einen Datenbus des Kraftfahrzeugs vorgesehen. Über eine derartige Busanbindung können bspw. Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs oder weitere für den Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung erforderliche Parameter erhalten werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform eine insbesondere als Mikroprozessor oder digitaler Signalprozessor, DSP, oder als anwendungsspezifische integrierte Schaltung, ASIC, ausgebildete Recheneinheit auf.

Vorteilhaft sind die erfindungsgemäßen Filtermittel zur Realisierung des Rangordnungsfilters in der Recheneinheit integriert und/oder durch die Recheneinheit realisiert.

Alternativ hierzu ist es ferner möglich, die erfindungsgemäßen Filtermittel als separaten Hardwarebaustein, bspw. als ASIC, auszulegen, um die Recheneinheit bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu entlasten.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Figur 2 ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 3 ein Flussdiagramm einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 4a einen Teilbereich eines zu filternden Kamerabilds einschließlich einer hierzu verwendeten Filtermaske, und

Figur 4b den Teilbereich des zu filternden Kamerabilds aus Figur 4a mit einer um einen Bildpunkt nach rechts verschobenen Filtermaske.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung unter Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahrens ist in einem Steuergerät 200 eines nicht in Figur 1 abgebildeten Kraftfahrzeugs realisiert. Das Steuergerät 200 ist über eine Datenverbindung 150 mit dem Kamerasystem 100 verbunden, bei dem es sich um ein Rückfahrkamerasystem des Kraftfahrzeugs handelt.

Alternativ zu einer direkten Datenverbindung 150 zwischen dem Kamerasystem 100 und dem Steuergerät 200 ist es auch möglich, einen Datenaustausch zwischen dem Kamerasystem 100 und dem Steuergerät 200 über einen in dem Kraftfahrzeug vorhandenen Datenbus 300 vorzusehen, der allgemein zum Datenaustausch zwischen verschiedenen Steuergeräten (nicht gezeigt) des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Diese Möglichkeit ist durch die in Figur 1 gestrichelt ausgeführten Verbindungslinien zwischen dem Kamerasystem 100 bzw. dem Steuergerät 200 und dem Datenbus 300 angedeutet.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Bewegungsbestimmungsverfahrens weist das Steuergerät 200 eine vorzugsweise als digitaler Signalprozessor (DSP) ausgebildete Recheneinheit 220 auf, die u.a. zur Durchführung derjenigen Rechenschritte geeignet ist, welche bei der Anwendung des

Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahrens zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung ausgeführt werden müssen.

Ferner weist die Recheneinheit 220 Filtermittel 210 auf, welche zur Realisierung eines Rangordnungsfilters vorgesehen sind. Die Filtermittel 210 können entweder in Form eines Programmcodes bspw. in einem Arbeitsspeicher oder in einem Programmspeicher der Recheneinheit 220 vorgesehen sein, oder auch als separate Hardwarekomponente 210, welche die erfindungsgemäße Rangordnungsfilterung im wesentlichen autark durchführen kann und auf diese Weise die Recheneinheit 220 entlastet.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nachfolgend anhand des Flussdiagramms aus Figur 2 näher erläutert.

In einem ersten Schritt 400 erhält die Recheneinheit 220 (Figur 1) von dem Kamerasystem 100 entweder über eine direkte Datenverbindung 150 zwischen dem Kamerasystem 100 und dem Steuergerät 200 oder über den Datenbus 300 des Kraftfahrzeugs mindestens zwei vorzugsweise aufeinander folgende Kamerabilder I, J, von denen in den Figuren 4a, 4b symbolisch ein Ausschnitt abgebildet ist. Dabei zeigt der in Figur 4a abgebildete Bildausschnitt allerdings nur Helligkeitswerte eines der drei Farbkanäle der Kamerabilder I, J, bei denen es sich um Farbbilder handelt.

Die Kamerabilder I, J, werden in dem Steuergerät 200 bzw. in der Recheneinheit 220 zur weiteren Bearbeitung vorzugsweise temporär gespeichert. Gemäß Schritt 410 aus Figur 2 erfolgt anschließend die erfindungsgemäße Filterung der Kamerabilder I, J mit dem durch die Filtermittel 210 (Figur 1) realisierten Rangordnungsfilter, bei dem es sich speziell um einen Medianfilter handelt. Der Medianfilter dient zur Glättung der Kamerabilder I, J, wodurch eine präzisere merkmalsbasierte

Bewegungsbestimmung basierend auf diesen Kamerabildern gewährleistet ist.

Nach Abschluss der Medianfilterung der Kamerabilder I, J in Schritt 410 wird in Schritt 420 schließlich eine Bewegungsbestimmung basierend auf dem Kanade-Lucas-Tomasi-Verfahren durchgeführt, wobei die beiden erfindungsgemäß gefilterten Kamerabilder I, J verwendet werden.

Eine derartige Bewegungsbestimmung erfolgt dabei durch die Ermittlung eines Verschiebungsvektors $\vec{d}$ zwischen den beiden Kamerabildern I, J, aus dem auf eine Bewegung von in den Kamerabildern I, J, enthaltenen Objekten geschlossen werden kann.

Hierzu wird in herkömmlicher Weise ein Abweichungsmaß ε definiert, für das gilt:

$$\varepsilon = \iint_W \left[J\left(\vec{x} + \frac{\vec{d}}{2}\right) - I\left(\vec{x} - \frac{\vec{d}}{2}\right) \right]^2 w(\vec{x}) d\vec{x},$$

wobei $\vec{x}$ einen Punkt des jeweiligen Kamerabilds I, J repräsentiert, wobei W einen Bereich des jeweiligen Kamerabilds I, J repräsentiert, über den integriert wird, und wobei $w(\vec{x})$ eine Gewichtungsfunktion repräsentiert.

Zur Ermittlung des tatsächlichen Verschiebungsvektors $\vec{d}$ wird die oben stehende Gleichung ausgewertet, wobei als optimaler Verschiebungsvektor $\vec{d}$ derjenige Verschiebungsvektor angesehen wird, der ein minimales Abweichungsmaß ε liefert, d.h. bei dem eine Abweichung zwischen den aufeinander folgenden Kamerabildern möglichst gering ist.

Wie aus dem Integrationsbereich W der vorstehend beschriebenen Gleichung folgt, kann zur Ermittlung des Verschiebungsvektors $\vec{d}$ anstelle des gesamten Kamerabilds I, J auch nur ein Teilbereich W des jeweiligen Kamerabilds I, J betrachtet werden. In diesem Fall ist in dem der Bewegungsbestimmung 420 vorangehenden Schritt 410 der Medianfilterung diese Medianfilterung auch nur für den Teilbereich W des jeweiligen Kamerabilds I, J durchzuführen.

Ferner erlaubt die Gewichtungsfunktion $w(\vec{x})$ eine Gewichtung des Intergranden der vorstehenden Gleichung, bspw. um selektiv z.B. einen inneren Bereich des gesamten zu integrierenden Bereichs W zu betonen.

Die Gewichtungsfunktion $w(\vec{x})$ kann ihrerseits durch einen Rangordnungsfilter realisiert werden.

Bei einer sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens findet vor der Medianfilterung in Schritt 410 aus Figur 2 eine rechnerische Entzerrung der Kamerabilder I, J statt, vgl. Schritt 405 aus Figur 2, wodurch eine noch genauere Bewegungsbestimmung ermöglicht wird, da beispielsweise perspektivische Verzerrungen der Kamerabilder I, J vor der Bewegungsbestimmung reduziert oder sogar eliminiert werden.

Bei einer weiteren besonders vorteilhaften Erfindungsvariante werden die für die Bewegungsbestimmung zu verwendenden Merkmale in Abhängigkeit von Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs ausgewählt, insbesondere in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit und/oder eines Lenkwinkels. Derartige Betriebsgrößen können von dem Steuergerät 200 (Figur 1) bspw. über den Datenbus 300 von weiteren, nicht in Figur 1 abgebildeten Steuergeräten des Kraftfahrzeugs erhalten werden.

Es ist ferner möglich, die Auswahl der für die Bewegungsbestimmung verwendeten Merkmale in Abhängigkeit einer Umgebungshelligkeit oder einer Außentemperatur sowie weiterer Parameter durchzuführen, die durch ein in dem Kraftfahrzeug vorhandenes System erfasst und an das erfindungsgemäße Steuergerät 200 weitergeleitet werden können. Ebenso kann eine Anzahl der verwendeten Merkmale in Abhängigkeit der vorstehend genannten Parameter festgelegt werden.

Figur 4a zeigt zur Veranschaulichung der erfindungsgemäßen Medianfilterung, vgl. Schritt 410 aus Figur 2, einen Ausschnitt aus dem Kamerabild I, wobei nur die Helligkeitswerte eines der drei Farbkanäle des Kamerabilds I wiedergegeben sind.

Der in Schritt 410 von Figur 2 eingesetzte Medianfilter weist eine Filtermaske 110 auf, die jeweils insgesamt neun Helligkeitswerte des Kamerabilds I umfasst. Zur Ermittlung eines mediangefilterten Bildpunkts $I(x_0, y_0)$, der in dem in Figur 4a gezeigten Ausschnitt des Kamerabilds I in der Mitte dargestellt ist und vor der Medianfilterung in dem abgebildeten Farbkanal einen Helligkeitswert von 150 aufweist, werden die dem betrachteten Bildpunkt $I(x_0, y_0)$ benachbarten und durch die Filtermaske 110 definierten Helligkeitswerte aus dem Kamerabild I extrahiert und gemäß ihrem jeweiligen Zahlenwert sortiert, wodurch eine sortierte Liste erhalten wird.

Dieser Schritt des Sortierens erfordert bei den Filtermitteln 210 bzw. der Recheneinheit 220 (Figur 1) nur jeweils logische Operationen, nicht jedoch Multiplikationen oder Additionen wie bei herkömmlichen Faltungsfilttern, und ist daher verhältnismäßig wenig rechenaufwendig.

Aus der nunmehr sortierten Liste mit den durch die Filtermaske 110 definierten Helligkeitswerten {115, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 150} wird nun der mittlere Helligkeitswert extrahiert. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich hierbei um den Helligkeitswert „124“, das heißt, um denjenigen Helligkeitswert, der dem in Figur 4a links oben in der Filtermaske 110 angeordneten Bildpunkt des betrachteten Farbkanals entspricht.

Zum Abschluss der Medianfilterung des Bildpunkts $I(x_0, y_0)$ wird der alte Helligkeitswert „150“ durch den mittels der Medianfilterung erhaltenen Wert „124“ ersetzt.

In derselben Weise wird für die weiteren Bildpunkte des betrachteten Kamerabilds verfahren, wobei die beschriebene Medianfilterung bspw. für jeden der drei Farbkanäle erfolgen kann.

Eine besonders vorteilhafte Variante der erfindungsgemäßen Medianfilterung ist durch das Flussdiagramm aus Figur 3 angegeben.

Hierbei werden in Schritt 411 wiederum alle neun durch die Filtermaske 110 (Figur 4a) abgedeckten Helligkeitswerte in der Nachbarschaft des zu berechnenden Bildpunkts $I(x_0, y_0)$ aus dem Kamerabild I extrahiert und in Schritt 412 im Sinne der Medianfilterung wie bereits vorstehend beschrieben sortiert.

Anschließend wird wie bereits beschrieben der entsprechende Mittelwert „124“ bestimmt, und der alte Bildpunktwert „150“ wird durch den so bestimmten, gefilterten Bildpunktwert „124“ ersetzt. Danach wird gemäß Figur 3 in Schritt 413 die Filtermaske 110 (Figur 4a) um eine Spalte nach rechts verschoben, das heißt, nunmehr befindet sich der direkt rechts von dem Bildpunkt $I(x_0, y_0)$ befindliche Bildpunkt

$I(x_0+1, y_0)$ mit dem Helligkeitwert 125 im Zentrum der Filtermaske 110, wodurch sich die in Figur 4b gezeigte Situation ergibt.

Da bereits zur Medianfilterung des Bildpunkts $I(x_0, y_0)$, vgl. Figur 4a, sechs Helligkeitwerte {126, 150, 119, 127, 125, 133} des Kamerabilds I erfasst worden sind, die auch zur Medianfilterung des Helligkeitwerts $I(x_0+1, y_0)$ betrachtet werden müssen, ist es besonders vorteilhaft, nach dem Verschieben der Filtermaske 110 nicht sämtliche bei der Filterung nach Figur 4a extrahierte Helligkeitwerte zu verwerfen, sondern die angesprochenen sechs Helligkeitwerte {126, 150, 119, 127, 125, 133} auch zur Filterung des nächsten Helligkeitwerts $I(x_0+1, y_0)$ zu verwenden vgl. Schritt 414 aus Figur 3. Hierzu ist ebenfalls der alte Helligkeitwert „150“ durch den neuen, mediangefilterten Helligkeitwert „124“ zu ersetzen.

Um eine ordnungsgemäße Medianfilterung des Helligkeitwerts $I(x_0+1, y_0)$ mit dem Wert „125“ zu gewährleisten, werden aus der zur vorhergehenden Medianfilterung gebildeten sortierten Liste {115, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 150} also lediglich die drei in Figur 4a in der linken Spalte der Filtermaske 110 angeordneten Helligkeitwerte {124, 120, 115} verworfen, um nunmehr drei am rechten Rand der verschobenen Filtermaske 110 (Figur 4b) angeordnete Helligkeitwerte {135, 134, 133} in die Liste aufnehmen zu können.

Diese Helligkeitwerte werden der in der vorgegebenen Sortierreihenfolge im Sinne der Medianfilterung in die sortierte, bislang sechs Helligkeitwerte {119, 124, 126, 125, 127, 133} umfassende Liste eingefügt, wodurch eine neue sortierte Liste {119, 124, 126, 125, 127, 133, 133, 134, 135} entsteht.

Ingesamt ist der Aufwand zur Erstellung der neuen sortierten Liste {119, 124, 126, 125, 127, 133, 133, 134, 135} demgemäß geringer als die Bildung einer sortierten Liste ohne Berücksichtigung der sechs bereits vorsortierten Helligkeitswerte aus einem vorhergehenden Filterungsschritt eines benachbarten Helligkeitswerts.

Diese Verfahrensvariante stellt demnach eine weitere zweckmäßige Optimierung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar und fördert damit die Ausführbarkeit des Verfahrens auch auf Recheneinheiten 220 mit eingeschränkter Rechenleistung.

Insgesamt ist durch die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 bzw. das erfindungsgemäße Verfahren eine effiziente merkmalsbasierte Bewegungsbestimmung möglich, die aufgrund der erfindungsgemäßen Optimierungen auch in den in Steuergeräten eines Kraftfahrzeugs angeordneten Recheneinheiten 220 ausführbar ist.

Die Größe der verwendeten Filtermaske 110 (Figur 4a) kann je nach zur Verfügung stehender Rechenleistung bspw. auch erhöht werden, wobei der Aufwand zur Erstellung der sortierten Liste im Rahmen der Medianfilterung quadratisch mit der in Helligkeitswerten bzw. Bildelementen ausgedrückten Kantenlänge der Filtermaske 110 wächst.

Bei einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die für die Bewegungsbestimmung zu verwendenden Merkmale, bei denen es sich vorzugsweise um Punkte handelt, in Abhängigkeit von Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs, insbesondere in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit und/oder Lenkwinkels ausgewählt. Aus diesen Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs kann bspw. ein Fahrschlauch berechnet werden, der eine voraussichtliche zukünftige Position des Kraftfahrzeugs angibt, auf deren Basis bspw. nur noch bestimmte Ausschnitte

der Kamerabilder I, J und nicht mehr die gesamten Kamerabilder I, J zu betrachten sind, wodurch sich der Rechenaufwand zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erheblich verringert. Die zu betrachtenden Ausschnitte der Kamerabilder I, J werden durch den in der o.g. Gleichung angegebenen Integrationsbereich W repräsentiert.

Des weiteren können z.B. eine Umgebungshelligkeit oder auch eine Außentemperatur berücksichtigt werden, insbesondere bei zusätzlichen Schritten der Bildverarbeitung, bei denen die Kamerabilder I, J bspw. zur Verbesserung eines Kontrasts konditioniert werden oder dergleichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung anhand von mehreren, vorzugsweise zeitlich aufeinanderfolgenden, Kamerabildern (I, J) unter Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi Verfahrens, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Kamerabild (I, J) einer Filterung durch einen Rangordnungsfilter unterzogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Verschiebungsvektor ($\vec{d}$) zwischen zwei Kamerabildern (I, J) in Abhängigkeit eines vorgebbaren Abweichungsmaßes (ε) ermittelt wird, wobei für das Abweichungsmaß (ε) gilt:
$$\varepsilon = \iint_W \left[J\left(\vec{x} + \frac{\vec{d}}{2}\right) - I\left(\vec{x} - \frac{\vec{d}}{2}\right) \right]^2 w(\vec{x}) d\vec{x},$$
 wobei $\vec{x}$ einen Punkt des jeweiligen Kamerabilds (I, J) repräsentiert, wobei W einen Bereich des jeweiligen Kamerabilds (I, J) repräsentiert, über den integriert wird, und wobei $w(\vec{x})$ eine Gewichtungsfunktion repräsentiert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Gewichtungsfunktion ($w(\vec{x})$) durch einen Rangordnungsfilter realisiert ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Rangordnungsfilter ein Medianfilter verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamerabilder (I, J) von einem Kamerasystem (100) eines Kraftfahrzeugs

erhalten werden, und dass das Verfahren zur Bewegungsbestimmung in einem Steuergerät (200) des Kraftfahrzeugs durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamerabilder (I, J) Farbbilder sind, wobei jedes Kamerabild (I, J) vorzugsweise drei Farbkanäle aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamerabilder (I, J), vorzugsweise vor der Filterung durch den Rangordnungsfilter und/oder vor der Bewegungsbestimmung, rechnerisch entzerrt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bewegungsbestimmung zu verwendende Merkmale in Abhängigkeit von Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs, insbesondere in Abhängigkeit einer Geschwindigkeit und/oder eines Lenkwinkels, oder in Abhängigkeit von sonstigen Parametern wie z.B. einer Umgebungshelligkeit und/oder einer Außentemperatur, ausgewählt werden.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Punkte der Kamerabilder (I, J) als Merkmale für die Bewegungsbestimmung verwendet werden.
10. Vorrichtung (200) zur merkmalsbasierten Bewegungsbestimmung anhand von mehreren, vorzugsweise zeitlich aufeinanderfolgenden, Kamerabildern (I, J) eines Kamerasystems (100) eines Kraftfahrzeugs, unter Verwendung des Kanade-Lucas-Tomasi Verfahrens, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (200) Filtermittel

(210) zur Filterung mindestens eines Kamerabilds (I, J) mit einem RangordnungsfILTER aufweist.

11. Vorrichtung (200) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (200) als Steuergerät (200) eines Kraftfahrzeugs ausgebildet oder in ein bestehendes Steuergerät eines Kraftfahrzeugs integriert ist.
12. Vorrichtung (200) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Busanbindung an einen Datenbus des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist.
13. Vorrichtung (200) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (200) eine insbesondere als Mikroprozessor oder digitaler Signalprozessor, DSP, oder als anwendungsspezifische integrierte Schaltung, ASIC, ausgebildete Recheneinheit (220) aufweist.
14. Vorrichtung (200) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermittel (210) in der Recheneinheit (220) integriert und/oder durch die Recheneinheit (220) realisiert sind.
15. Vorrichtung (200) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (200) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 geeignet ist.

Fig. 1

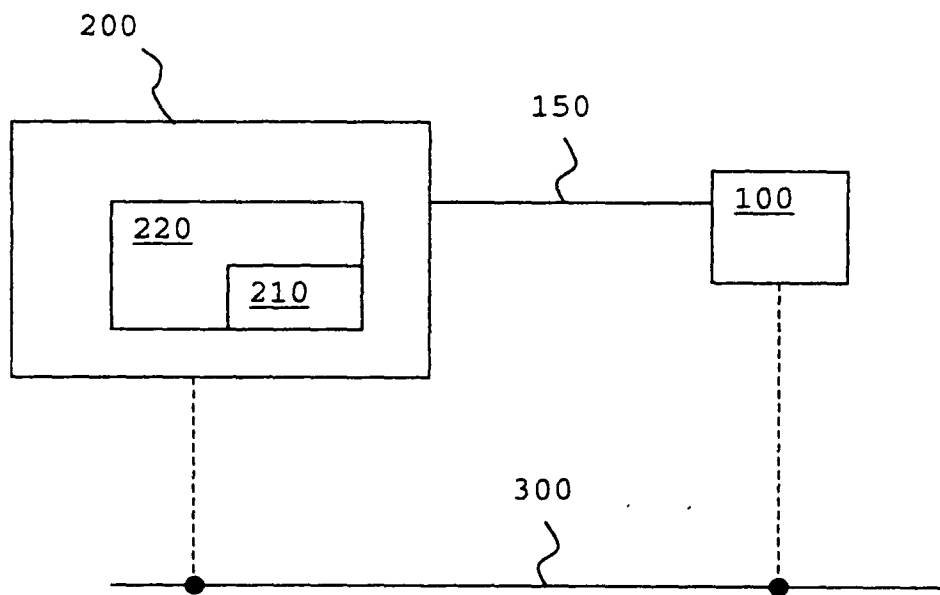


Fig. 2

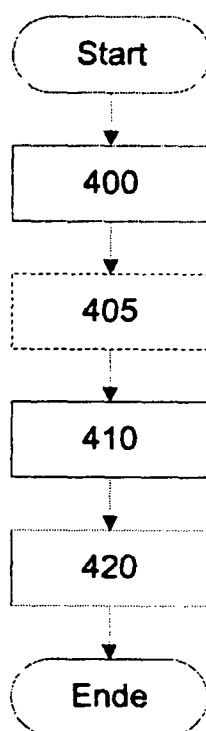


Fig. 3

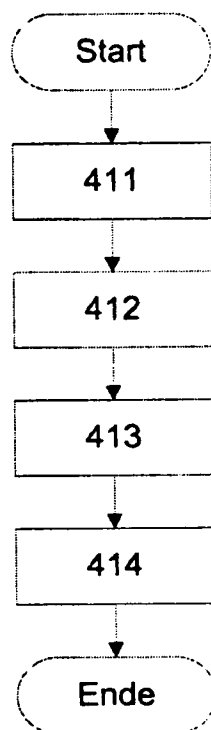


Fig. 4a

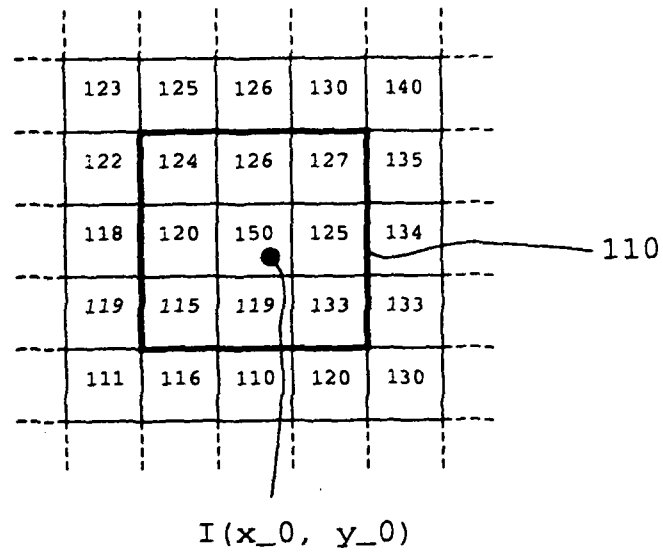
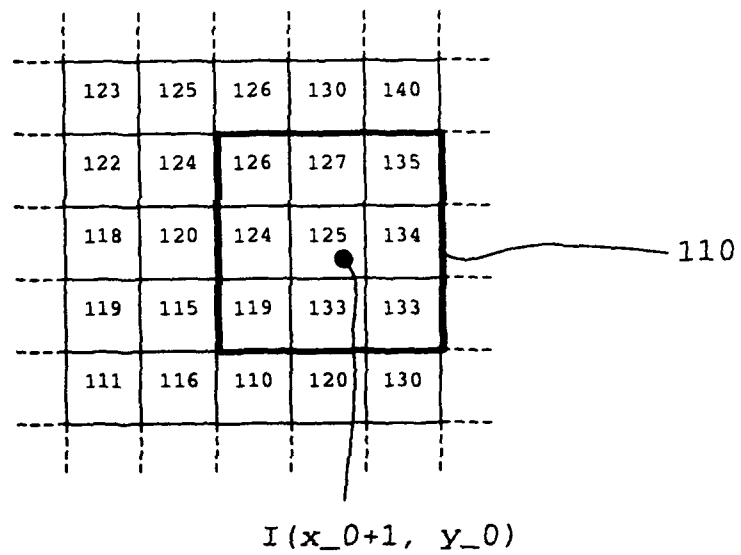


Fig. 4b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/006889

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DEMIR G K ET AL: "Motion estimation with cooperatively working multiple robots" INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS, 2004. (IROS 2004). PROCEEDINGS. 2004 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON SENDAI, JAPAN 28 SEPT.-2 OCT., 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2, 28 September 2004 (2004-09-28), pages 1556-1561, XP010765880 ISBN: 0-7803-8463-6	1,2,6,9
Y	page 1556 - page 1558 ----- -/--	5,7,8, 10-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 2006

Date of mailing of the international search report

06/10/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eckert, Lars

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/006889

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NICOLAOS B KARAYIANNIS ET AL: "Extraction of Motion Strength and Motor Activity Signals From Video Recordings of Neonatal Seizures" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 20, no. 9, September 2001 (2001-09), XP011036138 ISSN: 0278-0062 abstract page 966, right-hand column, lines 30-35 page 968, left-hand column, lines 15-18 figure 2	1
Y	----- T. RABIE, B. ABDULHAI, A. SHALABY, A. EL-RABBANY: "Mobile Active-Vision Traffic Surveillance System for Urban Networks" COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING, [Online] vol. 20, no. 4, July 2005 (2005-07), pages 231-241, XP002399059 Blackwell Synergy Retrieved from the Internet: URL:www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-8667.2005.00390> [retrieved on 2006-09-14] abstract Abschnitte "1 Introduction", "2 The Bus-Mounted Active Vision System", "2.1 Technical rationale and approach", "2.3 Visual field stabilization using optical flow", "3 Target Tracking" Abschnitte "4 Stereo Vision", "4.2 Disparity-estimation algorithm"	5,8, 10-15
Y	----- DINESH NAIR ET AL: "Moving Obstacle Detection From a Navigating Robot" IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, IEEE INC, NEW YORK, US, vol. 14, no. 3, June 1998 (1998-06), XP011053299 ISSN: 1042-296X page 406, left-hand column, lines 6-23 -----	7

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G06T7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G06T

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DEMIR G K ET AL: "Motion estimation with cooperatively working multiple robots" INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS, 2004. (IROS 2004). PROCEEDINGS. 2004 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON SENDAI, JAPAN 28 SEPT.-2 OCT., 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, Bd. 2, 28. September 2004 (2004-09-28), Seiten 1556-1561, XP010765880	1,2,6,9
Y	ISBN: 0-7803-8463-6 Seite 1556 - Seite 1558 ----- -/-	5,7,8, 10-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. September 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/10/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eckert, Lars

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	NICOLAOS B KARAYIANNIS ET AL: "Extraction of Motion Strength and Motor Activity Signals From Video Recordings of Neonatal Seizures" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 20, Nr. 9, September 2001 (2001-09), XP011036138 ISSN: 0278-0062 Zusammenfassung Seite 966, rechte Spalte, Zeilen 30-35 Seite 968, linke Spalte, Zeilen 15-18 Abbildung 2	1
Y	----- T. RABIE, B. ABDULHAI, A. SHALABY, A. EL-RABBANY: "Mobile Active-Vision Traffic Surveillance System for Urban Networks" COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING, [Online] Bd. 20, Nr. 4, Juli 2005 (2005-07), Seiten 231-241, XP002399059 Blackwell Synergy Gefunden im Internet: URL:www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-8667.2005.00390> [gefunden am 2006-09-14] Zusammenfassung Abschnitte "1 Introduction", "2 The Bus-Mounted Active Vision System", "2.1 Technical rationale and approach", "2.3 Visual field stabilization using optical flow", "3 Target Tracking" Abschnitte "4 Stereo Vision", "4.2 Disparity-estimation algorithm"	5,8, 10-15
Y	----- DINESH NAIR ET AL: "Moving Obstacle Detection From a Navigating Robot" IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, IEEE INC, NEW YORK, US, Bd. 14, Nr. 3, Juni 1998 (1998-06), XP011053299 ISSN: 1042-296X Seite 406, linke Spalte, Zeilen 6-23 -----	7