



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G06F 15/70	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 94/17485
		(43) Date de publication internationale: 4 août 1994 (04.08.94)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00057

(22) Date de dépôt international: 18 janvier 1994 (18.01.94)

(30) Données relatives à la priorité:
93/00477 19 janvier 1993 (19.01.93) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (US seulement): CHUPEAU, Bertrand [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).

(74) Mandataire: THOMSON-CSF SCPI; Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).

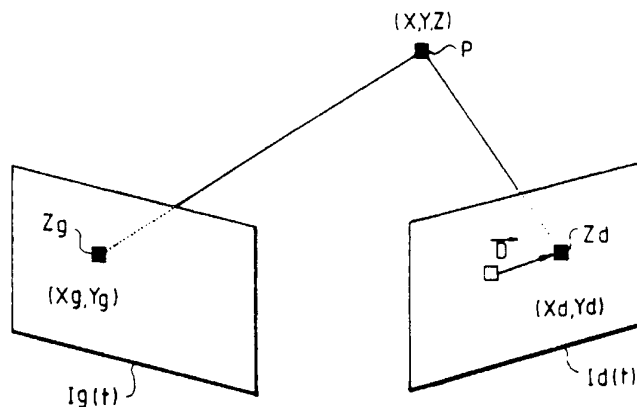
(81) Etats désignés: US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: PROCESS FOR ESTIMATING DISPARITIES BETWEEN MONOSCOPIC IMAGES FORMING A STEREOSCOPIC IMAGE

(54) Titre: PROCÉDE D'ESTIMATION DE DISPARITE ENTRE LES IMAGES MONOSCOPIQUES CONSTITUANT UNE IMAGE STEREOSCOPIQUE



(57) Abstract

The invention relates to a process for estimating disparities between images forming a stereoscopic image. The process comprises, in a first step, establishing the same hierarchical decomposition of each monoscopic image ($I_d(t)$, $I_g(t)$), for each resolution level by forming at least three pyramids of images having increasing resolutions, one pyramid of low frequency images and two pyramids of high frequency images according to horizontal and vertical directions of the images; in a second step, estimating a disparity (D) at the coarser resolution level and perfecting the estimation in each level progressively as the resolution increases. Application in processing special effects in stereoscopic images.

(57) Abrégé

L'invention concerne un procédé d'estimation de disparité entre les images constituant une image stéréoscopique. Le procédé consiste: dans une première étape, à réaliser une même décomposition hiérarchique de chaque image ($I_d(t)$, $I_g(t)$) monoscopique, par niveaux de résolution, en constituant au moins trois pyramides d'images de résolutions croissantes, une pyramide d'images basses fréquences et deux pyramides d'images hautes fréquences suivant les directions horizontales et verticales des images; dans une deuxième étape, à estimer une disparité (D) au niveau de résolution le plus grossier et à affiner l'estimation dans chaque niveau au fur et à mesure que la résolution augmente. Application: traitement d'effets spéciaux d'images stéréoscopiques.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

**PROCEDE D'ESTIMATION DE DISPARITE ENTRE
LES IMAGES MONOSCOPIQUES
CONSTITUANT UNE IMAGE STEREOSCOPIQUE**

5

La présente invention concerne un procédé d'estimation de disparité entre les images monoscopiques constituant une image stéréoscopique. Elle s'applique notamment au traitement d'images stéréoscopiques animées et numérisées en séquences, ce traitement
10 permettant d'obtenir une description du relief par mesures des distances aux caméras de prises de vues. Elle s'applique par exemple au traitement du signal de télévisions stéréoscopiques ou aux effets spéciaux de traitement d'une image stéréoscopique.

Le traitement d'images stéréoscopiques, par exemple le
15 détachement d'un objet de tous types de fonds, autres que bleus notamment, nécessite une connaissance du relief de cet objet.

Une image stéréoscopique résulte de la combinaison de deux vues monoscopiques prises par deux caméras placées à des endroits différents, la distance entre les caméras étant par exemple égale à la distance entre deux
20 yeux et leur direction simulant le regard humain par exemple. Chaque image stéréoscopique est donc constituée d'une paire d'images monoscopiques. Il est connu que la connaissance de la disparité point à point entre les images d'une même paire permet de déduire la distance des objets filmés par rapport aux caméras et ainsi d'en déduire une information de relief de ces objets.

25 Une description physique des différences entre les deux images d'une paire stéréoscopique est obtenue par la mise en correspondance point à point fournissant des informations vectorielles. Le champ de disparité est constitué de ces informations vectorielles qui sont en fait liées au changement de perspective entre les deux images et à la distance des caméras par
30 rapport aux objets de la scène à filmer.

Une méthode de mise en correspondance point à point de deux images, une image gauche et une image droite, constituant une image stéréoscopique est décrite dans un article : PROCEEDINGS OF THE
CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION,
35 Miami Beach, 22-26 juin 1986, pages 219-226, IEEE, Silver Spring, US ;

L.R. WILLIAMS et al. : "A coarse-to-fine control strategy for stereo and motion on a mesh-connected computer".

Une décomposition hiérarchique des images y est réalisée par niveaux de résolution, puis une estimation des disparités entre ces images est
5 réalisée en partant du niveau de résolution le plus grossier vers des résolutions de plus en plus fines. Cette méthode, utilisant une seule pyramide d'images de résolutions croissantes, n'apporte pas toujours une estimation suffisamment précise, notamment pour des objets fins ou pour des contours, ou encore quand les zones de disparités sont sensiblement uniformes.

10 Les disparités points à points entre les deux images d'une même paire peuvent être décrites par des vecteurs, appelés vecteurs disparité, le but de l'invention est l'obtention d'une séquence de champs de vecteurs disparité correspondant à une séquence d'images stéréoscopiques et estimant de façon satisfaisante les différences entre les deux vues d'une
15 image stéréoscopique, notamment avec une bonne précision.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'estimation de disparité entre les images monoscopiques constituant une image stéréoscopique, caractérisé en ce qu'il consiste :

- dans une première étape, à réaliser une même décomposition hiérarchique
20 de chaque image monoscopique, par niveaux de résolution, en constituant au moins trois pyramides d'images de résolutions croissantes, une pyramide d'images basses fréquences et deux pyramides d'images hautes fréquences suivant les directions horizontales et verticales des images ;
- dans une deuxième étape, à estimer une disparité au niveau de résolution le
25 plus grossier et à affiner l'estimation dans chaque niveau au fur et à mesure que la résolution augmente, la disparité étant représentée en chaque point de l'image par un vecteur dont l'origine est située au point d'une des images monoscopiques et sur l'extrémité au point correspondant de l'autre image monoscopique.

30 L'invention a pour principaux avantages qu'elle améliore la précision d'estimation, notamment au niveau des contours ou des objets fins, qu'elle peut être utilisée pour de nombreuses applications de traitement d'images stéréoscopiques, qu'elle permet d'associer à l'estimation de disparité une estimation de mouvements d'objets d'une image stéréoscopique et qu'elle
35 est simple à mettre en oeuvre.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit, faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, une paire d'images constituant une image stéréoscopique, 5 obtenues par deux caméras filmant la même scène sur deux angles différents ;
- la figure 2, les images précédentes mises côte à côte ;
- la figure 3, une séquence d'images stéréoscopiques ;
- la figure 4, deux séries d'images gauches et droites successives d'une 10 séquence d'évolution d'une image stéréoscopique ;
- la figure 5, une décomposition hiérarchique d'image en pyramide ;
- la figure 6, des illustrations de prédictions possibles ;
- la figure 7, des illustrations de fonctions de coût possibles.

Une paire stéréoscopique d'images peut être modélisée par deux 15 projections en perspective dans des plans images différents de la même scène tridimensionnelle. La figure 1 présente une paire d'images $I_g(t)$, $I_d(t)$ naturelles, monoscopiques, une image gauche $I_g(t)$ et une image droite $I_d(t)$ prises à un instant t , obtenues par exemple à l'aide de deux caméras filmant la même scène sous deux angles différents.

20 Le problème de l'estimation de disparité, consiste en la mise en correspondance point à point des deux images ou vues droite et gauche. Si un point P de l'espace, de coordonnées spatiales (X, Y, Z) se projette respectivement sur l'image gauche $I_g(t)$ et sur l'image droite $I_d(t)$ en un point Z_g de coordonnées (X_g, Y_g) et en un point Z_d de coordonnées (X_d, Y_d) , le 25 vecteur disparité \vec{D} assigné au point Z_d de l'image de droite a pour composantes $(X_d - X_g, Y_d - Y_g)$. Il est connu que l'information de disparité permet de calculer la distance des points de la scène filmée à la caméra, dès lors que les paramètres optiques et géométriques de l'acquisition des images sont connus. Ces paramètres sont notamment les distances focales, les 30 centres optiques et la distance entre les deux caméras.

La figure 2 présente côté à côté les deux images monoscopiques $I_g(t)$, $I_d(t)$ de la figure précédente. Un vecteur disparité à un instant t , est défini en chaque point Z_d de l'image droite $I_d(t)$, le point Z_d étant repéré par un couple de coordonnées (x, y) dans cette image $I_d(t)$. Le vecteur disparité 35 en ce point Z_d est par exemple noté $\vec{D}(Z_d)$. Le point de l'image gauche $I_g(t)$

correspondant au point Z_d de l'image droite $I_d(t)$ étant noté Z_g , il est relié au premier point Z_d par la relation suivante :

$$Z_g = Z_d - \vec{D}(Z_d) \quad (1)$$

Un point Z'_g de l'image droite $I_d(t)$ représente le point Z_g de l'image gauche $I_g(t)$ dans cette dernière. Il est aussi relié au point Z_d de l'image droite $I_d(t)$ par la relation (1).

Selon l'invention, le procédé d'estimation de disparité stéréoscopique entre l'image gauche $I_g(t)$ et l'image droite $I_d(t)$ utilise une technique d'estimation de mouvement entre deux images consécutives d'une séquence monoscopique décrite dans le brevet français n° 2 663 178 : "Procédé d'estimation hiérarchique du mouvement dans une séquence d'images", l'image droite $I_d(t)$ étant assimilée à une image consécutive de l'image gauche $I_g(t)$ et le vecteur disparité \vec{D} étant assimilé au vecteur mouvement. Ainsi, dans une première étape, une même décomposition hiérarchique de chaque image monoscopique $I_d(t)$, $I_g(t)$ est réalisée par niveaux de résolution. Pour cela, au moins trois pyramides d'images de résolution croissante sont construites : une pyramide d'images basses fréquences et deux pyramides d'images hautes fréquences suivant les directions horizontales et verticales des images $I_d(t)$, $I_g(t)$. Dans une deuxième étape, une disparité est estimée au niveau de résolution le plus grossier, puis cette estimation est affinée dans chaque niveau de résolution au fur et à mesure que la résolution augmente.

L'analyse de la disparité est effectuée à l'aide d'une décomposition hiérarchique en sous-bandes des images monoscopiques analysées $I_d(t)$, $I_g(t)$, en conservant à chaque niveau de résolution de la décomposition la bande basse fréquence et les bandes hautes fréquences représentant respectivement les contours verticaux et horizontaux de l'image.

La figure 3 présente une séquence d'images stéréoscopiques constituée d'images monoscopiques gauches I_g et d'images monoscopiques droites I_d évoluant en fonction du temps t .

L'image stéréoscopique évoluant au cours du temps, comme l'illustre la figure 3, il peut être nécessaire d'effectuer des prédictions temporelles des disparités entre les images gauches I_g et droites I_d de l'image stéréoscopique.

La figure 4 présente deux séries d'images gauches et droites successives d'une séquence d'évolution d'une image stéréoscopique. L'image monoscopique gauche $I_g(t)$ prise à un instant t est précédée d'une image monoscopique gauche $I_g(t-1)$ prise à un instant $t-1$. De même, l'image monoscopique droite $I_d(t)$ prise à un instant t est précédée d'une image monoscopique droite $I_d(t-1)$ prise à un instant $t-1$.

La prédiction temporelle du vecteur disparité $\vec{D}(t)$ en un point de l'image droite $I_d(t)$ est calculée à partir du vecteur disparité $\vec{D}(t-1)$ correspondant à ce point dans l'image droite précédente $I_d(t-1)$, à l'aide des vecteurs de mouvement calculés entre l'instant t et l'instant précédent $t-1$ sur les images droites $I_d(t-1)$, $I_d(t)$ et gauches $I_g(t-1)$, $I_g(t)$. Ces vecteurs sont respectivement notés $\vec{V}_d(t)$ et $\vec{V}_g(t)$, et appelés vecteur mouvement droit et vecteur mouvement gauche.

Les vecteurs disparité et mouvement précités sont reliés par la relation suivante :

$$\vec{D}(t) + \vec{V}_g(t) = \vec{D}(t-1) + \vec{V}_d(t) \quad (2)$$

Pratiquement, la prédiction temporelle du vecteur disparité $\vec{D}(t)$ en un point courant Z_{dc} de l'image droite $I_d(t)$ à un instant t peut par exemple être obtenu de la façon suivante : le point correspondant Z_{dp} dans l'image droite $I_d(t-1)$ à l'instant précédent $t-1$ est connu par le vecteur mouvement droit $\vec{V}_d(t)$ à l'instant t , donc ces deux points Z_{dc} , Z_{dp} sont reliés par la relation suivante :

$$Z_{dp} = Z_{dc} - \vec{V}_d(t) \quad (3)$$

Le point Z_{gp} de l'image gauche $I_g(t-1)$ à l'instant précédent $t-1$ correspondant au point Z_{dp} de l'image droite $I_d(t-1)$ prise à ce même instant $t-1$ qui correspond au point courant Z_{dc} de l'image droite $I_d(t)$ prise à l'instant t est connu par le vecteur disparité $\vec{D}(t-1)$ de l'instant précédent $t-1$ d'après la relation suivante :

$$Z_{gp} = Z_{dp} - \vec{D}(t-1) \quad (4)$$

Le point Z_{gc} correspondant à ce point Z_{gp} dans l'image gauche $I_g(t)$ à l'instant t peut être obtenu à l'aide du vecteur mouvement gauche $\vec{V}_g(t-1)$, pris à l'instant précédent d'après la relation suivante :

$$Z_{gc} = Z_{gp} + \vec{V}_g(t-1) \quad (5)$$

Une prédiction temporelle du vecteur disparité $\vec{D}(t)$ au point courant Zdc de l'image droite Id(t) à l'instant t est donnée par le vecteur formé du couple de points (Zgc, Zdc) où Zgc, correspondant au point courant Zdc de l'image droite Id(t) dans l'image gauche Ig(t) au même instant t est calculé à l'aide des trois dernières relations (3), (4), (5) précédemment établies. Dans ce dernier cas, une estimation de mouvement et de disparité est ainsi proposée, dans laquelle la disparité est prédite temporellement par elle-même, en corrigeant cette prédiction par le mouvement éventuel des objets dans la scène stéréoscopique.

Une estimation conjointe de disparité et de mouvement peut être réalisée, le mouvement est estimé par exemple de façon indépendante sur chacune des deux séquences d'images droites Id et gauches Ig. Dans ce cas, le vecteur mouvement calculé sur une séquence, droite ou gauche, n'est prédit temporellement que par les vecteurs mouvements calculés précédemment sur la même séquence. La technique d'estimation de mouvement peut être celle décrite par le brevet français N° 2 663 178. La disparité est, elle, prédite temporellement par la disparité calculée aux instants précédents, compensée par les mouvements calculés, indépendamment, sur les images droites Id et gauches Ig. Les relations (3), (4), (5) montrent que le vecteur prédiction $\vec{D}(t)$ à un instant t nécessite la connaissance du vecteur prédiction $\vec{D}(t-1)$ à l'instant précédent ainsi que du vecteur mouvement droit Vd(t) à l'instant t et du vecteur mouvement gauche Vg(t-1) à l'instant t-1.

Les figures 5 à 7 accompagnent la description d'améliorations du procédé d'estimation décrit dans le brevet français N° 2 663 178 applicables à l'estimation de mouvement ou à l'estimation de disparité de la présente invention. La description des améliorations précitées est illustrée par son application à l'estimation de disparité.

Comme l'illustre la figure 5, les images sources 51, 52, 53, 54 de luminances sont décomposées en une pyramide multirésolution. L'image source, possédant un nombre L de lignes et un nombre C de colonnes, est par définition l'image 51 de niveau 0, de résolution $1/2^0 = 1/1$ dans une telle pyramide. Dans cette pyramide une image de niveau i, de résolution $1/2^i$, est constituée de $L/2^i$ lignes et $C/2^i$ colonnes. Elle est obtenue par i filtrages passe-bas et i sous-échantillonnages par 2 successifs en lignes et en

colonnes. Cette pyramide d'images basses fréquences est déduite d'une décomposition hiérarchique en sous-bandes telle que décrite par le brevet français N° 2 663 178.

L'analyse d'image a lieu de façon hiérarchique sur la pyramide. Elle
5 consiste alors à effectuer d'abord une estimation globale à un niveau de résolution grossier de l'image, puis à affiner cette estimation au fur et à mesure que la résolution des images traitées augmente. A chaque niveau de résolution $1/2^i$ dans la pyramide, les vecteurs disparité estimés au niveau de résolution directement plus grossier $1/2^{i+1}$, ont leurs modules multipliés par
10 deux pour tenir compte du facteur de sous-échantillonnage et sont utilisés pour la prédiction. Le brevet précité décrit comment cette prédiction peut être améliorée en proposant non pas une seule prédiction issue d'un niveau plus grossier immédiatement précédent, mais quatre, pour le calcul d'un vecteur disparité au niveau courant. Cela revient à porter la contribution d'un vecteur
15 du niveau grossier pour la prédiction de quatre à seize points du niveau plus fin suivant. Cependant, il est possible par exemple de réduire le nombre de prédictions issues du niveau grossier à trois pour le calcul d'un vecteur du niveau fin. Cela revient à porter la contribution d'un vecteur du niveau grossier pour la prédiction de douze points seulement du niveau fin comme l'illustre la
20 figure 6. Sur cette figure, une prédiction est illustrée par une flèche 61 reliant un niveau grossier 62 à un niveau plus fin 63.

Les prédictions 61 précitées peuvent être chacune améliorées par une prédiction temporelle supplémentaire. Ainsi, un vecteur disparité estimé en un point donné à un instant précédent $t-1$ entre des images droites $I_d(t-1)$
25 et gauche $I_g(t-1)$ au même niveau de résolution est par exemple projeté temporellement dans la direction du vecteur mouvement associé au point donné vers les images $I_d(t)$, $I_g(t)$ prises à l'instant t . Une méthode de prédiction temporelle qui peut être appliquée est décrite dans le brevet français N° 2 675 002 : "Procédé de classification des pixels d'une image
30 appartenant à une séquence d'images animées et procédé d'interpolation temporelle d'images utilisant ladite classification".

Ainsi, le calcul du vecteur disparité est effectué en tout point de l'image, niveau après niveau dans la pyramide multirésolution, du plus grossier au plus fin constitué par l'image originale non sous-échantillonnée.
35 Quatre vecteurs de prédiction peuvent être proposés lors du calcul de chaque

vecteur disparité : un vecteur issu du vecteur calculé à l'instant précédent, projeté dans la direction du mouvement, et trois calculés au niveau directement plus grossier. Il s'ensuit que seule une correction faible est nécessaire autour d'une telle prédiction pour obtenir le bon vecteur disparité.

5 Un vecteur disparité à estimer \vec{D} est la somme d'un vecteur de prédiction \vec{P} et d'une correction $\vec{\delta}$, soit :

$$\vec{D} = \vec{P} + \vec{\delta} \quad (6)$$

Suivant l'amplitude maximale, en horizontal et en vertical, du vecteur disparité à estimer, la recherche autour de la prédiction de ce dernier, représentée par un vecteur, peut par exemple être effectuée
10 uniquement en horizontal ou dans les deux directions, horizontale et verticale. Le brevet français n° 2 663 178 décrit une recherche dans les deux directions. Une telle correction de résolution de ± 1 pixel, initialisée à 0 à un niveau N-1 de la pyramide par exemple, conduit à une valeur maximale égale à :

$$15 \quad |D_{\max}| = \sum_{k=0}^{N-1} 2^k \quad (7)$$

Ainsi, le nombre de niveaux nécessaire Nmax+1 pour estimer une disparité d'amplitude maximale égale à la valeur maximale $|D_{\max}|$ précitée est donnée par la partie entière du logarithme de base 2 de cette valeur maximale $|D_{\max}|$, soit :

$$20 \quad N_{\max} = \text{partie entière de } \log_2(|D_{\max}|) \quad (8)$$

Afin notamment d'économiser le nombre de niveaux de résolution, il est possible de séparer le calcul du vecteur disparité en horizontal et en vertical. Soient $|D_x \max|$ et $|D_y \max|$ les valeurs maximales de la disparité respectivement en horizontal et en vertical. Une recherche de ± 1 pixel
25 initialisée à 0 n'est nécessaire qu'à partir du niveau de rang $N_x \max$ en horizontal et de rang $N_y \max$ en vertical, ces niveaux $N_x \max$, $N_y \max$ étant calculés à partir des deux relations (7) et (8) précédentes. $|D_x \max|$ étant par exemple supposée supérieure à $|D_y \max|$, une recherche uniquement horizontale est menée dans la pyramide entre les niveaux $N_x \max$ et
30 $N_y \max + 1$, suivie par une recherche bidimensionnelle, en horizontal et en vertical, entre le niveau $N_y \max$ et 0.

Ainsi, le niveau de départ de l'estimation de disparité dans la pyramide est calculé en fonction de la disparité maximale à atteindre, fixé a

priori. Ce calcul est par exemple fait séparément pour la disparité horizontale et la disparité verticale, une simple recherche horizontale étant menée tant que l'amplitude maximale en verticale ne justifie pas une recherche bidimensionnelle.

5 Le vecteur de disparité choisi est celui qui minimise une certaine fonction de coût telle que décrite par exemple dans le brevet français N° 2 663 178. Une fonction de coût peut être par exemple la somme des carrés des différences de luminance entre les images droite et gauche, la somme étant prise par exemple sur une fenêtre de 3X3 pixels centrée au point
10 de calcul des vecteurs disparité.

Il est possible de déduire une mesure de confiance du vecteur de disparité choisi. Dans une zone homogène de l'image notamment, les valeurs de la fonction de coût étant sensiblement égales quel que soit le vecteur testé, la confiance dans le vecteur choisi sera faible. En revanche dans une
15 région de l'image à fort gradient, le vecteur correct correspond à un minimum très net de la fonction de coût et est donc très fiable.

La confiance est par exemple calculée séparément par la composante horizontale et la composante verticale du vecteur. Si P_x est la composante horizontale du vecteur de prédiction, des valeurs $P_x \pm n$ sont
20 proposées pour le vecteur corrigé, n valant par exemple 2 si la recherche est monodimensionnelle ou 1 si la recherche est bidimensionnelle, quatre vecteurs étant alors proposés. Le vecteur qui minimise la fonction de coût étant choisi, il a pour composante horizontale P_{xc} où P_{xc} appartient à l'intervalle $[P_x - n, P_x + n]$. De façon à encadrer la valeur minimale de la
25 fonction de coût, le calcul de la confiance est fait sur l'intervalle $[P_x - n - 1, P_x + n + 1]$, même si le choix du minimum est fait dans l'intervalle $[P_x - n, P_x + n]$.

F représentant la fonction de coût, trois valeurs de cette fonction sont disponibles $F(P_{xc})$, $F(P_{xc}-1)$ et $F(P_{xc}+1)$. La confiance $conf(P_{xc})$ dans la composante horizontale P_{xc} du vecteur choisi est par exemple donnée par les
30 deux relations suivantes :

$$Courb(P_{xc}) = \frac{F(P_{xc}-1) + F(P_{xc}+1) - 2F(P_{xc})}{2} \quad (9)$$

$$Conf(P_{xc}) = \frac{courb(P_{xc})}{K + F(P_{xc})} \quad (10),$$

K étant une constante positive.

Une confiance ainsi définie varie de 0 à $+\infty$ et il peut être avantageux de restreindre l'ensemble de ses variations à l'intervalle [0, 1]. Pour cela, il est possible de définir une confiance normalisée $cf(P_{xc})$ pour la
 5 composante horizontale P_{xc} du vecteur de prédiction, cette confiance normalisée étant définie par la relation suivante :

$$cf(P_{xc}) = \frac{conf(P_{xc})}{1 + conf(P_{xc})} \quad (11)$$

en combinant les relations (10) et (11), il vient :

10

$$cf(P_{xc}) = \frac{courb(P_{xc})}{K + courb(P_{xc}) + F(P_{xc})} \quad (12)$$

La confiance normalisée ainsi définie, tend asymptotiquement vers 1 quand la courbure de la courbe de la fonction de coût F augmente. La constante K permet de contrôler la variation de la confiance.

15

La figure 7 présente à titre d'exemple, deux courbes de fonction de coût F possible. L'axe des abscisses représente les valeurs de la composante horizontale P_x du vecteur de prédiction et l'axe des ordonnées représente la fonction de coût F . Une courbe 71 possède un fort rayon de courbure pour la composante P_{xc} signifiant que le vecteur de prédiction choisi possède une
 20 forte confiance. Une courbe 72 possède un faible rayon de courbure pour cette composante, signifiant que le vecteur choisi possède une faible confiance.

Des relations analogues aux relations précédentes (9), (10), (11), (12) peuvent être obtenues pour la composante verticale P_y du vecteur de
 25 prédiction choisi, son traitement étant identique.

Une mesure de confiance, comprise entre 0 et 1, est donc associée à la composante horizontale et à la composante verticale de chaque vecteur disparité estimé. A chacun des vecteurs proposés, au nombre de quatre par exemple, est associé un vecteur corrigé, et à chaque vecteur corrigé sont
 30 associées une confiance et une valeur de coût. Le vecteur corrigé choisi est par exemple celui qui minimise la fonction de coût, qui a donc la valeur de coût minimum.

Si ce minimum n'est pas suffisamment marqué, le choix est par exemple guidé par la confiance.

Un lissage orienté, ou filtrage, des vecteurs disparités est par exemple réalisé dans la pyramide multirésolution, à tous les niveaux de
5 résolution, entre l'estimation et la prédiction du niveau plus fin. Ce lissage permet notamment de propager les valeurs à forte confiance vers les régions de l'image à faible confiance. Une technique de lissage est notamment décrite dans l'article de P. Anandan : "A computational framework and an algorithm
10 Vision, 2, 283-310, 1989.

Le lissage est par exemple mené de façon indépendante sur la composante horizontale et la composante verticale d'un vecteur disparité.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'estimation de disparité entre les images monoscopiques (I_d , I_g) constituant une image stéréoscopique, caractérisé en ce qu'il consiste :

- dans une première étape, à réaliser une même décomposition hiérarchique de chaque image (I_d , I_g) monoscopique, par niveaux de résolution, en constituant au moins trois pyramides d'images de résolutions croissantes, une pyramide d'images basses fréquences et deux pyramides d'images hautes fréquences suivant les directions horizontales et verticales des images ;
- dans une deuxième étape, à estimer une disparité au niveau de résolution le plus grossier et à affiner l'estimation dans chaque niveau au fur et à mesure que la résolution augmente, la disparité étant représentée en chaque point de l'image par un vecteur (\vec{D}) dont l'origine est située au point (Z_g) d'une des images monoscopiques et sur l'extrémité au point (Z_d) correspondant de l'autre image monoscopique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer l'analyse de la disparité à l'aide d'une décomposition hiérarchique en sous-bandes des images monoscopiques en conservant à chaque niveau de la décomposition la bande basse fréquence et les bandes hautes fréquences représentant respectivement les contours verticaux et horizontaux des images.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que trois vecteurs de prédiction (\vec{D}_1) issus du vecteur disparité calculé au niveau le plus grossier sont proposés en initialisation du vecteur disparité au niveau suivant.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'à tous les niveaux de résolution, le vecteur de disparité (\vec{D}) estimé à un instant précédent ($t-1$) est projeté temporellement dans la direction du mouvement de façon à fournir un quatrième vecteur de prédiction pour le calcul du vecteur de disparité.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le niveau de départ de l'estimation dans la pyramide est calculé en fonction d'une disparité maximale à atteindre, fixée a priori, le calcul étant fait séparément pour la disparité horizontale et la
5 disparité verticale de l'image.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'une simple recherche horizontale est menée tant que l'amplitude verticale de la disparité n'a pas atteint la disparité maximale fixée a priori.

10

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une fonction de coût (F) est utilisée pour choisir entre les vecteurs de disparité estimés, la fonction de coût étant la somme des carrés des différences de luminance sur les points d'une fenêtre
15 centrée au point de calcul des vecteurs disparités.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une fonction de confiance, calculée pour chaque composante des vecteurs de disparité estimés, est utilisée pour
20 choisir entre ces derniers.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à chaque niveau de résolution, après l'estimation et avant la prédiction de chaque vecteur de disparité, celui-ci est
25 filtré par une fonction de confiance.

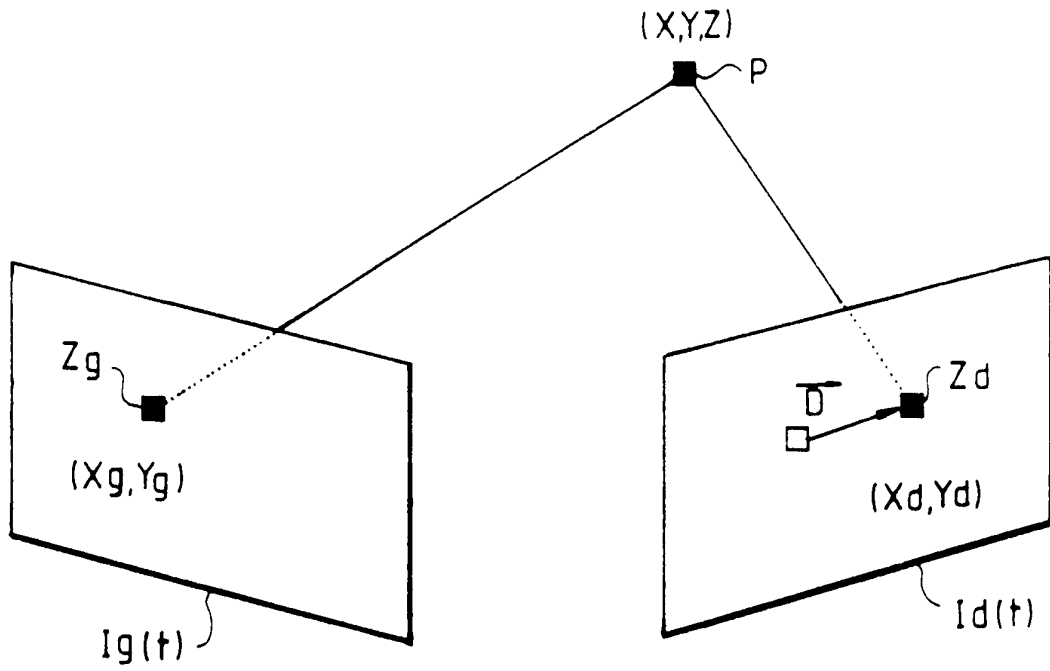


FIG.1

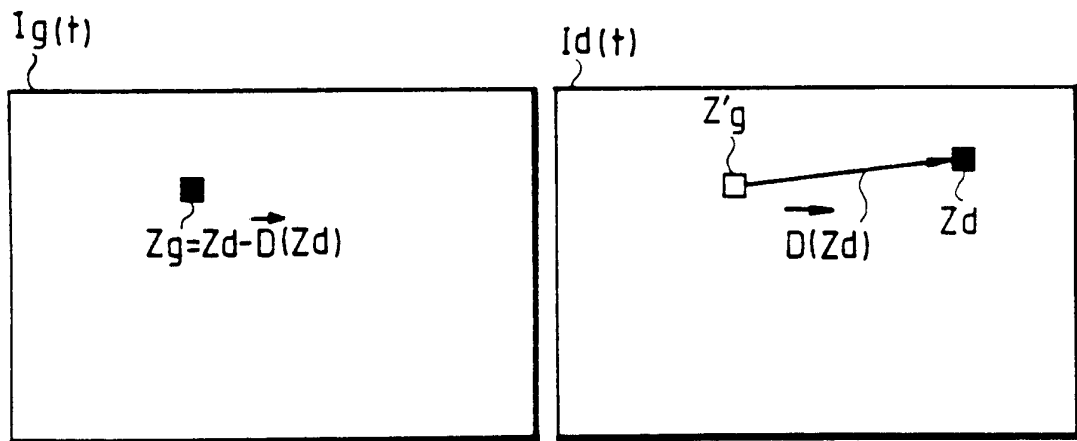


FIG.2

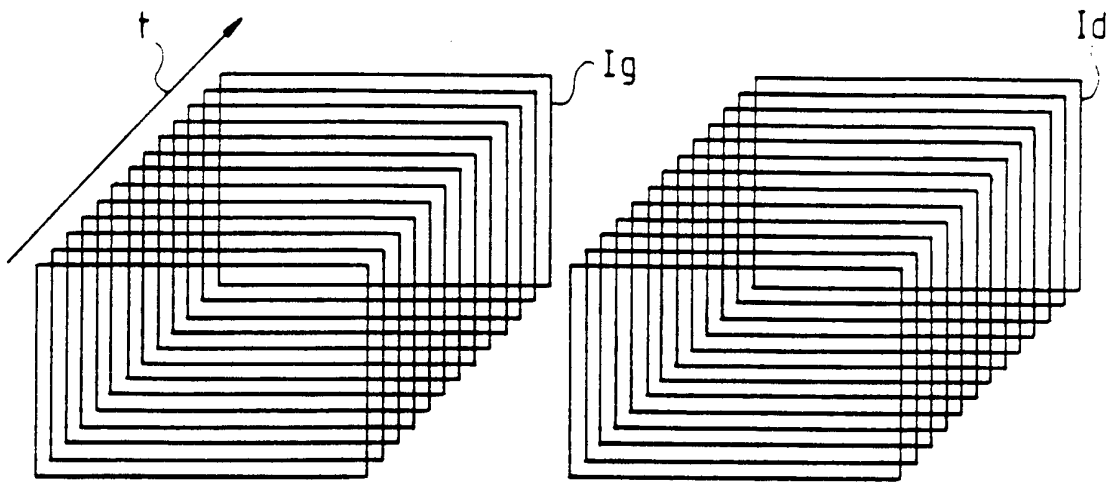


FIG. 3

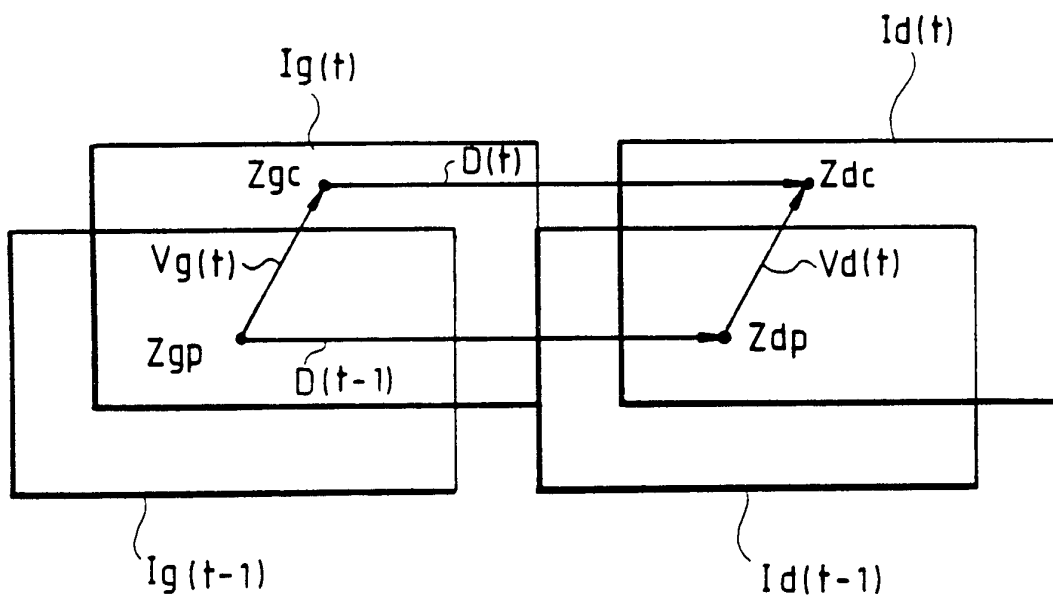


FIG. 4

3/4

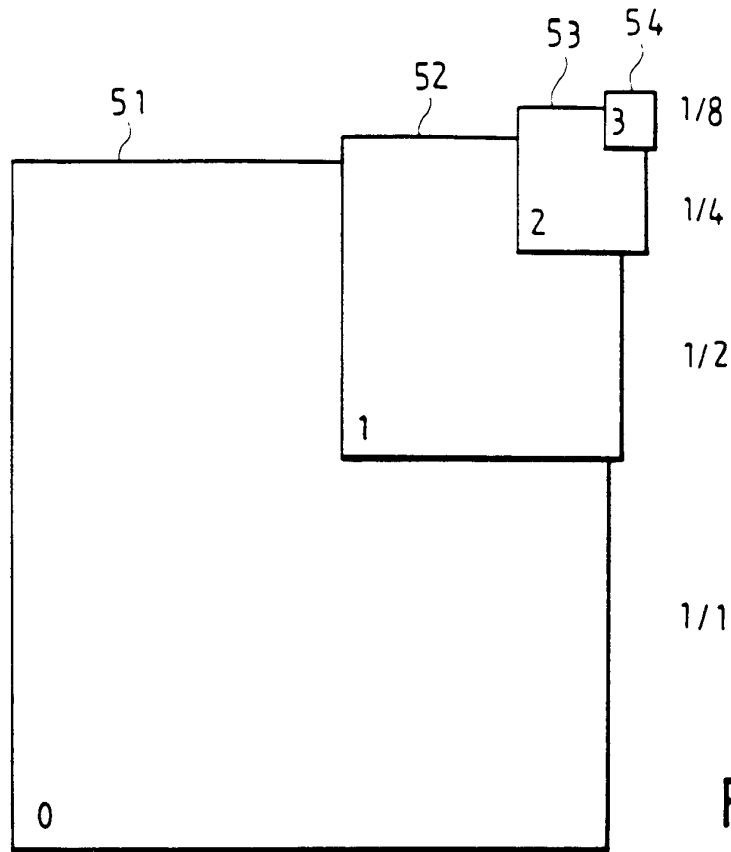


FIG.5

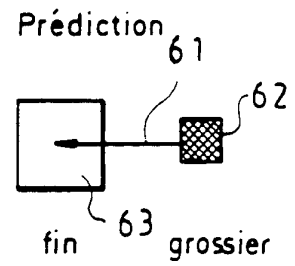
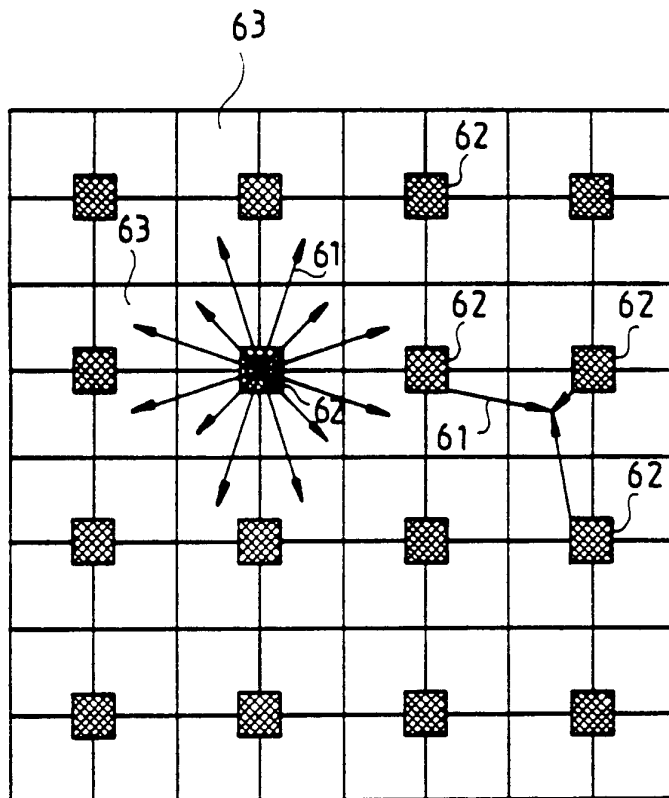


FIG.6

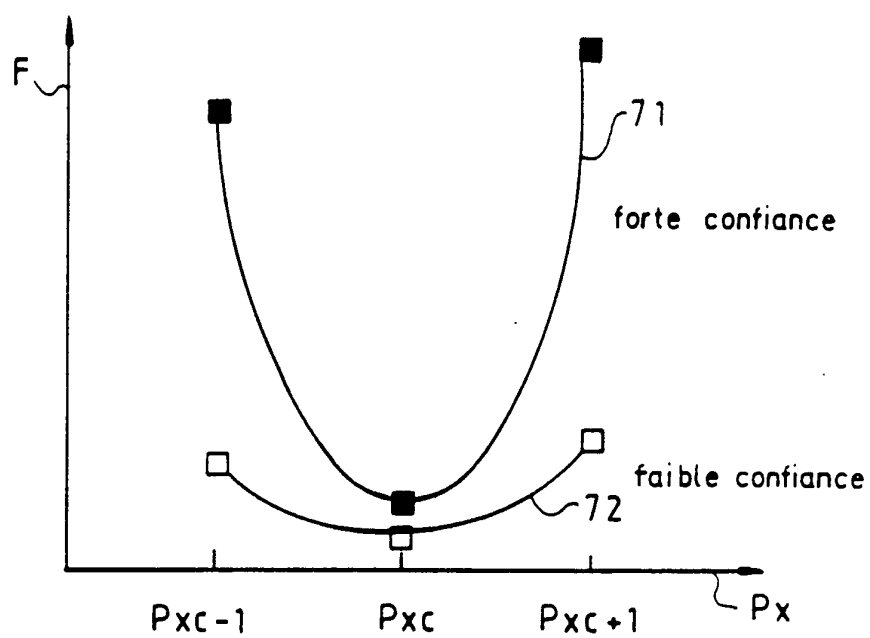


FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 94/00057

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 5 G06F15/70

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)
IPC 5 G06F

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP,A,0 460 997 (THOMSON-CSF) 11 December 1991 cited in the application see the whole document ---	1,2
Y	PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, WASHINGTON, JUN 83; IEEE, NEW YORK (US) pages 432 - 441 FRANK GLAZER ET AL. 'Scene matching by hierarchical Correlation' see page 432, left column, line 4 - line 6 see page 432, right column --- -/--	1,2

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in 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

6 April 1994

Date of mailing of the international search report

18.04.94

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

Chateau, J-P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 94/00057

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS ,SAN DIEGO (US) , JUNE 17-21 ,1990 ;IEEE NEW YORK(US) pages 885 - 890 XP144434 CHIENCHUNG CHANG ET AL. 'Multiresolution Stereo by Simulated annealing' see page II-886, paragraph 3 - page II-887, paragraph 4 -----</p>	1

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 94/00057

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0460997	11-12-91	FR-A- 2663178	13-12-91
		WO-A- 9119264	12-12-91
		JP-T- 5501188	04-03-93
		US-A- 5278915	11-01-94

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 5 G06F15/70

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 5 G06F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP,A,0 460 997 (THOMSON-CSF) 11 Décembre 1991 cité dans la demande voir le document en entier ---	1,2
Y	PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, WASHINGTON, JUIN 83; IEEE, NEW YORK (US) pages 432 - 441 FRANK GLAZER ET AL. 'Scene matching by hierarchical Correlation' voir page 432, colonne de gauche, ligne 4 - ligne 6 voir page 432, colonne de droite --- -/--	1,2

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 Avril 1994

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18.04.94

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Chateau, J-P

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS ,SAN DIEGO (US) , JUNE 17-21 ,1990 ;IEEE NEW YORK(US) pages 885 - 890 XP144434</p> <p>CHIENCHUNG CHANG ET AL. 'Multiresolution Stereo by Simulated annealing'</p> <p>voir page II-886, alinéa 3 - page II-887, alinéa 4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux ...mbres de familles de brevets

Dem: Internationale No

PCT/FR 94/00057

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0460997	11-12-91	FR-A- 2663178	13-12-91
		WO-A- 9119264	12-12-91
		JP-T- 5501188	04-03-93
		US-A- 5278915	11-01-94
