

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 108 429**

②① N° d'enregistrement national : **20 02707**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 06 T 7/593 (2019.12), G 06 T 7/70, G 06 K 9/00**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène.

②② Date de dépôt : 19.03.20.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 24.09.21 Bulletin 21/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 25.02.22 Bulletin 22/08.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES  
Etablissement public — FR.*

⑦② Inventeur(s) : POPOFF Maxime et PELISSON  
Roland.

⑦③ Titulaire(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES  
Etablissement public.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

**FR 3 108 429 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente demande concerne le domaine des systèmes d'imagerie de façon générale, et concerne plus particulièrement le domaine de l'acquisition d'images à trois dimensions (images 3D), c'est-à-dire d'images dans lesquelles on dispose d'un ensemble de valeurs relatives à la distance entre des objets d'une scène photographiée et le dispositif d'acquisition. L'ensemble des valeurs relatives à la distance entre la scène photographiée et le dispositif d'acquisition définit une carte de profondeur de la scène. On s'intéresse ici plus particulièrement à l'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène.

#### **Technique antérieure**

[0002] Diverses méthodes d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène ont été proposées.

[0003] Parmi ces méthodes, on peut notamment citer les méthodes d'acquisition par stéréovision, dans lesquelles plusieurs images à deux dimensions (images 2D) d'une même scène, prises simultanément sous des angles de vue différents, sont utilisées pour construire une carte de profondeur de la scène.

[0004] Un inconvénient de ces méthodes réside dans le fait qu'elles requièrent plusieurs caméras pour permettre l'acquisition simultanée de plusieurs images à deux dimensions de la scène.

[0005] Il serait souhaitable de pouvoir disposer d'un système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène, ce système palliant tout ou partie des inconvénients des systèmes connus.

#### **Résumé de l'invention**

[0006] Pour cela, un mode de réalisation prévoit un système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène, comportant une caméra montée mobile en translation selon un axe de déplacement, et un dispositif électronique de traitement et de contrôle configuré pour :

a) acquérir successivement, au moyen de la caméra, des première, deuxième et troisième images de la scène depuis respectivement des première, deuxième et troisième positions sur l'axe de déplacement ;

b) estimer la distance d'un objet par stéréoscopie à partir des première et deuxième images ;

c) rechercher ledit objet dans une zone de recherche de la troisième image, la zone de

recherche étant définie en tenant compte de la distance estimée à l'étape b) ; et  
d) réestimer la distance de l'objet en fonction d'une variation de la position de l'objet dans l'image entre les première et troisième images.

- [0007] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique de traitement et de contrôle est configuré pour, à l'étape b), estimer la distance de l'objet en fonction d'une variation de la position de l'objet dans l'image entre les première et deuxième images.
- [0008] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique de traitement et de contrôle est configuré pour, après l'étape a), acquérir successivement, au moyen de la caméra, une série d'images additionnelles de la scène depuis respectivement des positions successives distinctes sur l'axe de déplacement.
- [0009] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique de traitement et de contrôle est configuré pour, à chaque acquisition d'une image additionnelle de la scène :
- rechercher ledit objet dans une zone de recherche de l'image additionnelle, la zone de recherche étant définie en tenant compte de la distance préalablement estimée pour ledit objet ; et
  - réestimer la distance de l'objet en fonction d'une variation de la position de l'objet dans l'image entre la première image et l'image additionnelle.
- [0010] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique de traitement et de contrôle est configuré pour, à chaque acquisition d'une image par la caméra, mettre en oeuvre un algorithme de détection d'objets dans l'image.
- [0011] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique de traitement et de contrôle est configuré pour réitérer les étapes b), c) et d) pour chaque objet détecté par l'algorithme de détection d'objets.
- [0012] Selon un mode de réalisation, le dispositif de traitement et de contrôle est configuré pour tenir une table de suivi des objets détectés.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le dispositif de traitement et de contrôle est configuré pour, pour chaque objet détecté, mémoriser dans la table de suivi des objets une valeur d'ancienneté correspondant au rang de la première image dans laquelle l'objet a été détecté.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le dispositif de traitement et de contrôle est configuré pour, pour chaque objet détecté, mémoriser dans la table de suivi des objets une information représentative de la position de l'objet dans l'image dans laquelle l'objet a été détecté pour la première fois.
- [0015] Selon un mode de réalisation, l'axe de déplacement est un axe latéral, c'est-à-dire parallèle au plan d'acquisition de la caméra.
- [0016] Selon un mode de réalisation, l'axe de déplacement est non parallèle au plan d'acquisition de la caméra.
- [0017] Un autre mode de réalisation prévoit une méthode d'acquisition d'une carte de

profondeur d'une scène, au moyen d'une caméra montée mobile en translation selon un axe de déplacement, et d'un dispositif électronique de traitement et de contrôle, comprenant les étapes suivantes :

- a) acquérir successivement, au moyen de la caméra, des première, deuxième et troisième images de la scène depuis respectivement des première, deuxième et troisième positions sur l'axe de déplacement ;
- b) estimer la distance d'un objet par stéréoscopie à partir des première et deuxième images ;
- c) rechercher ledit objet dans une zone de recherche de la troisième image, la zone de recherche étant définie en tenant compte de la distance estimée à l'étape b) ; et
- d) réestimer la distance de l'objet en fonction d'une variation de la position de l'objet dans l'image entre les première et troisième images.

### **Brève description des dessins**

- [0018] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0019] [fig.1] la figure 1 représente de façon schématique le fonctionnement d'un système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène selon un mode de réalisation ;
- [0020] [fig.2] la figure 2 représente une série d'images illustrant le fonctionnement du système d'acquisition de la figure 1 ; et
- [0021] [fig.3] la figure 3 est un logigramme illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'une méthode d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène selon un mode de réalisation.

### **Description des modes de réalisation**

- [0022] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.
- [0023] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la réalisation du dispositif d'acquisition d'images 2D (caméra) et des dispositifs de contrôle et de traitement du système décrit n'a pas été détaillée, la réalisation de ces éléments étant à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles de la présente description.
- [0024] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled")

entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

- [0025] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures.
- [0026] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.
- [0027] La figure 1 représente de façon schématique le fonctionnement d'un système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène selon un mode de réalisation.
- [0028] Le système de la figure 1 comprend une unique caméra ou capteur d'images 2D 101 montée mobile en translation selon un axe de déplacement X. L'axe de déplacement X est, dans cet exemple, un axe de déplacement latéral, c'est-à-dire parallèle au plan d'acquisition de la caméra 101. A titre d'exemple, la caméra 101 est montée mobile sur un rail motorisé, non représenté, pour permettre un déplacement latéral selon l'axe X. A titre de variante, la caméra 101 peut être montée fixe sur un véhicule, par exemple un véhicule automobile, ou un drone, l'axe X correspondant alors à la direction de déplacement du véhicule.
- [0029] On prévoit ici d'acquérir successivement, au moyen de la caméra 101, une pluralité d'images d'une même scène depuis des positions successives distinctes sur l'axe de déplacement X. Plus particulièrement, on prévoit d'acquérir successivement, au moyen de la caméra 101, au moins trois images de la scène depuis respectivement trois positions distinctes sur l'axe de déplacement X. De préférence, le nombre d'images acquises successivement par la caméra 101 depuis des positions distinctes sur l'axe X est supérieur à trois. Sur la figure 1, différentes positions d'acquisition de la caméra 101 ont été représentées schématiquement en traits interrompus.
- [0030] On peut ainsi construire en temps réel une carte de profondeur d'une scène évolutive, c'est-à-dire susceptible de comporter des éléments ou objets mobiles, en bénéficiant à la fois d'une résolution en profondeur élevée pour les objets fixes, et d'une grande réactivité de détection pour les objets en mouvement. Pour cela, un suivi incrémental des objets sur une pluralité de prises de vues est mis en oeuvre, permettant de calculer avec précision la distance des objets fixes, et avec moins de précision mais avec un temps de détection court, la distance des objets en mouvement.
- [0031] Le système d'acquisition de la figure 1 comporte un dispositif électronique de traitement et de contrôle 103 adapté à commander les acquisitions d'images 2D successives par la caméra 101, et à mettre en oeuvre, à partir des images 2D acquises, l'algorithme incrémental de construction de carte de profondeur décrit ci-après. Le

dispositif de traitement et de contrôle peut notamment comporter tout dispositif électronique de traitement de signal approprié, par exemple un microprocesseur et/ou un ou plusieurs circuits mémoire.

- [0032] La figure 2 représente une série de trois images 2D  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  successivement acquises par la caméra 101. De préférence, le délai entre deux prises de vues consécutives est fixe. Connaissant la vitesse de déplacement de la caméra 101 selon l'axe X, on connaît l'espacement entre les prises de vues. Le délai entre deux prises de vues consécutives par la caméra 101 est de préférence choisi suffisamment court pour pouvoir considérer que la scène n'a pas sensiblement évolué entre les deux prises de vues. Autrement dit, le délai entre deux prises de vues consécutives par la caméra 101 est de préférence choisi tel que la variation de la position d'un objet dans l'image entre les deux prises de vues liée à la vitesse de l'objet soit négligeable par rapport à la variation de la position de l'objet dans l'image liée au déplacement de la caméra.
- [0033] Bien que l'on ait représenté seulement trois images  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  sur la figure 2, en pratique, le nombre N d'images acquises peut être bien supérieur à 3. A titre d'exemple, des images peuvent être acquises à intervalles de temps réguliers pendant toute la durée de déplacement de la caméra 101.
- [0034] A chaque acquisition d'une image  $I_n$ , avec n entier allant de 1 à N, le dispositif électronique de traitement et de contrôle du système d'acquisition met en oeuvre un algorithme de détection d'objets ou de contours dans l'image  $I_n$ . L'algorithme de détection d'objets ou de contours ne sera pas détaillé ici, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec tous ou la plupart des algorithmes connus de détection d'objets ou de contours dans une image.
- [0035] Une fois les images  $I_1$  et  $I_2$  acquises, le dispositif électronique de traitement et de contrôle 103 détermine une première carte de profondeur par stéréoscopie à partir de ces deux premières images. Pour cela, pour chaque objet détecté dans l'image  $I_1$ , le dispositif électronique de traitement et de contrôle 103 recherche s'il existe un objet correspondant dans l'image  $I_2$ . Si un objet correspondant existe dans l'image  $I_2$ , il affecte à l'objet une valeur de profondeur (ou distance à la caméra d'acquisition 101), fonction de la variation de la position de l'objet dans l'image entre les images  $I_1$  et  $I_2$ . L'ensemble des valeurs de profondeur affectées aux objets détectés constitue une carte de profondeur de la scène.
- [0036] A titre d'exemple, le dispositif électronique de traitement et de contrôle mémorise chaque objet détecté dans une table de suivi des objets, et affecte à chaque objet une valeur d'ancienneté correspondant au rang n de la première image dans laquelle l'objet a été détecté. La position de l'objet dans l'image dans laquelle l'objet a été détecté pour la première fois peut aussi être mémorisée dans la table de suivi des objets.
- [0037] Si l'on n'observe pas de variation de position de l'objet dans l'image entre les images I

$I_1$  et  $I_2$ , on peut considérer que l'objet est très éloigné de la caméra 101 (par exemple à l'infini). C'est le cas par exemple du nuage O1 représenté sur les images  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  de la figure 2. Si au contraire on observe une variation importante de la position de l'objet dans l'image entre les images  $I_1$  et  $I_2$ , c'est que l'objet est relativement proche de la caméra. C'est le cas du cylindre O2 représenté sur les images  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  de la figure 2. Sur la figure 2, on a représenté en pointillé, sur l'image  $I_2$ , à titre illustratif, la position de l'objet O2 dans l'image  $I_1$ . La résolution en profondeur est fixée par le décalage maximal, en nombre de pixels, observable pour un objet situé au plus proche de la caméra 101, dans le champ et dans le plan focal de la caméra 101, lors des prises des vues  $I_1$  et  $I_2$ . Si on désigne par  $\text{nbpix\_max}$  ce décalage maximal, la résolution en profondeur, c'est-à-dire le nombre de valeurs distinctes de la distance objet-caméra pouvant être discriminées lors de l'analyse stéréoscopique des images  $I_1$  et  $I_2$ , est égal à  $\text{nbpix\_max}$ .

[0038] En raison de l'intervalle de temps relativement court entre les prises de vues successives, le premier calcul de carte de profondeur réalisé à partir des images  $I_1$  et  $I_2$  présente une résolution en profondeur relativement faible.

[0039] A partir de cette première carte de profondeur, le dispositif de traitement et de contrôle détermine, pour chaque objet de la scène auquel une valeur de profondeur a été affectée, en fonction de la valeur de profondeur affectée à l'objet et de la position de l'objet dans l'image  $I_1$  ou  $I_2$ , une zone de recherche R dans laquelle l'objet est susceptible de se trouver dans l'image  $I_3$ . Plus particulièrement, le dispositif de traitement et de contrôle commence par déterminer la position théorique PTH que devrait avoir l'objet dans l'image  $I_3$  en considérant que la valeur de profondeur préalablement affectée à l'objet ne présente aucune erreur et que l'objet est immobile. Il détermine ensuite, à partir de la position théorique PTH, la zone de recherche R dans laquelle est susceptible de se trouver l'objet dans l'image  $I_3$  en tenant compte des marges d'incertitude quant à la valeur de profondeur préalablement affectée à l'objet et à la vitesse de déplacement éventuelle de l'objet. Sur la figure 2, on a représenté sur l'image  $I_3$ , par un cylindre en traits interrompus, la position théorique PTH de l'objet O2, et par un rectangle en traits interrompus encadrant le cylindre PTH, la zone de recherche R de l'objet O2.

[0040] Une fois l'image  $I_3$  acquise, le dispositif électronique de traitement et de contrôle 103 détermine, pour chaque objet détecté dans l'image  $I_2$ , s'il existe un objet correspondant dans l'image  $I_3$ . La recherche de correspondance est toutefois limitée à la zone de recherche R déterminée en fonction de la valeur de profondeur préalablement affectée à l'objet. Ceci permet de limiter significativement la complexité de l'étape de recherche de correspondances, et le risque d'erreur (fausse correspondance) lors de cette étape. En effet, la zone de recherche peut avoir des dimensions très limitées par rapport aux

dimensions de l'image. Ceci permet de simplifier considérablement l'algorithme de recherche de l'objet par rapport à une recherche classique dans une image complète. Si l'objet a été détecté pour la première fois dans l'image  $I_2$ , la recherche peut être réalisée dans la totalité de l'image  $I_3$ , ou dans une zone de l'image  $I_3$  définie arbitrairement en fonction de la seule position de l'objet dans l'image  $I_2$ .

- [0041] Si un objet correspondant à un objet préalablement détecté dans l'image  $I_2$  est détecté dans l'image  $I_3$ , le dispositif de traitement et de contrôle affecte à cet objet une valeur de profondeur fonction de la variation de la position de l'objet dans l'image entre la première image dans laquelle l'objet a été détecté, et l'image courante  $I_3$ . Par exemple s'il s'agit d'un objet préalablement détecté dès l'image  $I_1$ , la valeur de profondeur de l'objet est mise à jour en tenant compte de la valeur de profondeur déjà attribuée à l'objet à l'issue de l'acquisition de l'image  $I_2$ , et de la variation de position de l'objet dans l'image entre les images  $I_2$  et  $I_3$ . Si l'objet a été détecté pour la première fois dans l'image  $I_2$ , une valeur de profondeur est affectée à l'objet, en fonction de la variation de la position de l'objet dans l'image entre les images  $I_2$  et  $I_3$ .
- [0042] La carte de profondeur est ainsi mise à jour, en augmentant la résolution des valeurs de profondeur calculées à partir des images  $I_1$  et  $I_2$ , et/ou en attribuant des valeurs de profondeur peu résolues aux objets qui auraient été détectés pour la première fois dans l'image  $I_2$ .
- [0043] Le dispositif électronique de traitement et de contrôle mémorise dans la table de suivi des objets les éventuels nouveaux objets détectés dans l'image  $I_3$ , et leur affecte une valeur d'ancienneté correspondant au rang  $n=3$  de l'image  $I_3$ .
- [0044] Ce processus peut être répété à chaque nouvelle acquisition d'une image par la caméra 101, de façon à améliorer la résolution des objets les plus anciens dans l'image, tout en permettant de détecter et d'estimer rapidement la profondeur (avec une résolution plus faible) des objets récemment apparus dans l'image.
- [0045] La figure 3 illustre sous forme de blocs des étapes successives d'un exemple d'un procédé mis en oeuvre par le dispositif de traitement et de contrôle 103 du système de la figure 1 à chaque acquisition d'une image  $I_n$  par la caméra 101.
- [0046] Lors d'une étape 301 (OBJ), un algorithme de détection des objets présents dans l'image  $I_n$  est mis en oeuvre.
- [0047] Lors d'une étape 303 (COR), pour chaque objet détecté dans l'image  $I_{n-1}$ , une recherche d'un objet correspondant dans l'image  $I_n$  est mise en oeuvre. Si une valeur de profondeur a déjà été attribuée à l'objet, c'est-à-dire si l'objet avait déjà été détecté dans l'image  $I_{n-2}$  ou dans une image précédente, la recherche d'objet correspondant est limitée à une zone de recherche  $R$  de l'image  $I_n$ , déterminée en fonction de la valeur de profondeur attribuée à l'objet et de la position de l'objet dans une image précédente. Si aucune valeur de profondeur n'a encore été affectée à l'objet, c'est-à-dire si l'objet a été



déte t  pour la première fois dans l'image  $I_{n-1}$ , la recherche peut être réalisée dans la totalité de l'image  $I_n$ , ou dans une zone de l'image  $I_n$  déterminée arbitrairement en fonction de la seule position de l'objet dans l'image  $I_{n-1}$ .

- [0048] Lors de l'étape 303, les objets d te t s pour la première fois dans l'image  $I_n$ , c'est-à-dire ne correspondant pas à des objets préalablement d te t s dans l'image  $I_{n-1}$ , sont mémorisés dans la table de suivi des objets et se voient attribuer une valeur d'ancienneté correspondant au rang  $n$  de l'image courante.
- [0049] Lors d'une étape 305 (UPD), la carte de profondeur de la scène est mise à jour. Plus particulièrement, pour chaque objet d te t  dans l'image  $I_{n-1}$  ayant une correspondance dans l'image  $I_n$ , on détermine une valeur de profondeur fonction de la variation de la position de l'objet dans l'image entre la première image dans laquelle l'objet a été d te t , et l'image courante  $I_n$ . A titre d'exemple, s'il s'agit d'un objet déjà d te t  dans l'image  $I_{n-2}$  ou dans une image précédente, la valeur de profondeur de l'objet est mise à jour en tenant compte de sa valeur actuelle (déterminée après acquisition de l'image  $I_{n-1}$ ) et de la variation de la position de l'objet dans l'image entre les images  $I_{n-1}$  et  $I_n$ . S'il s'agit d'un objet d te t  pour la première fois dans l'image  $I_{n-1}$ , une valeur de profondeur est attribuée à l'objet en tenant compte uniquement de la variation de la position de l'objet dans l'image entre les images  $I_{n-1}$  et  $I_n$ .
- [0050] Lorsqu'un objet sort du champ de la caméra 101, le dispositif de traitement et de contrôle peut interrompre le suivi de cet objet, de façon à limiter la quantité de mémoire nécessaire à la mise en oeuvre de la méthode. A titre d'exemple, si un objet d te t  dans l'image  $I_{n-1}$  n'est pas d te t  dans l'image  $I_n$ , le suivi de cet objet peut être interrompu et les données correspondantes peuvent être supprimées de la table de suivi des objets. A titre de variante, on peut attendre d'avoir acquis plusieurs images successives ne contenant pas l'objet avant de retirer ce dernier de la table de suivi des objets. Ceci procure une meilleure immunité aux erreurs de détection et/ou aux erreurs de mise en correspondance susceptibles de survenir aux étapes 301 et 303.
- [0051] Le procédé décrit ci-dessus permet in fine de simuler, pour chaque objet, une paire stéréoscopique allant de la prise de vue ayant d te t  l'objet pour la première fois à la prise de vue ayant d te t  l'objet pour la dernière fois. Plus l'espacement entre ces deux prises de vues est important, plus la mesure de profondeur de l'objet est précise. Si un nouvel objet survient dans le champ de la caméra ou change de forme, sa profondeur est calculée ou recalculée rapidement après son apparition ou changement de forme, avec une précision relativement faible. Plus l'objet persiste dans le champ de la caméra, plus sa mesure de profondeur devient précise.
- [0052] La carte de profondeur générée comprend ainsi des objets d'ancienneté différentes, les mesures de profondeur des objets étant d'autant plus précises que leur ancienneté est importante.

- [0053] Ainsi, le procédé proposé permet, en utilisant une caméra unique, de bénéficier à la fois de la précision résultant d'un espacement important entre les prises de vues, et de mesures rapides permettant des détections fiables des objets dans une scène évolutive.
- [0054] Un autre avantage de ce procédé est que l'accumulation des prises de vues permet de réduire significativement le bruit. En particulier, les contours parasites aléatoires liés au bruit peuvent être détectés et supprimés.
- [0055] Les objets de la carte de profondeur peuvent par exemple être affichés sur une image 2D, en affectant à chaque objet une couleur fonction de sa valeur de profondeur, afin de permettre à un observateur de se faire une idée de la distance des objets.
- [0056] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. En particulier, bien que l'on ait décrit ci-dessus des exemples de réalisation dans lesquels la caméra 101 est mobile selon un axe parallèle au plan d'acquisition, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à ce cas particulier. A titre de variante, la caméra 101 peut se déplacer selon un axe orthogonal au plan du capteur (déplacement frontal plutôt que latéral). Dans ce cas, une carte de profondeur peut être générée de façon similaire à ce qui a été décrit précédemment, avec un angle mort au centre de l'image. Plus généralement, la personne du métier saura adapter la solution proposée quelle que soit l'orientation de l'axe de déplacement de la caméra par rapport au plan d'acquisition ou plan focal de la caméra.
- [0057] Par ailleurs, on a décrit ci-dessus des exemples de réalisation dans lesquels on prévoit un intervalle de temps relativement court entre deux acquisitions successives d'une image 2D, de façon que, pour un objet en mouvement, la variation de la position de l'objet dans l'image entre les deux prises de vues liée à la vitesse de l'objet soit négligeable par rapport à la variation de la position de l'objet dans l'image liée au déplacement de la caméra. A titre de variante, la vitesse de l'objet peut être estimée au moyen d'un algorithme de traitement vidéo, non détaillé. On peut alors coupler le résultat de l'algorithme d'estimation de vitesse à l'algorithme de génération de carte de profondeur et soustraire à la mesure de déplacement d'un objet entre deux prises de vues successives le déplacement lié à la vitesse de l'objet. On isole ainsi l'information de distance de l'information de vitesse, ce qui permet de mesurer la distance de manière plus fiable. Ceci permet en particulier de s'accommoder de situations dans lesquelles la variation de la position d'un objet dans l'image entre deux prises de vues successives liée à la vitesse de l'objet est non négligeable par rapport à la variation de la position de l'objet dans l'image liée au déplacement de la caméra.
- [0058] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-

dessus, en particulier, pour ce qui est de l'implémentation du dispositif électronique de traitement et de contrôle 103.

## Revendications

- [Revendication 1] Système d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène, comportant une caméra (101) montée mobile en translation selon un axe de déplacement (X), et un dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) configuré pour :
- a) acquérir successivement, au moyen de la caméra, des première ( $I_1$ ), deuxième ( $I_2$ ) et troisième ( $I_3$ ) images de la scène depuis respectivement des première, deuxième et troisième positions sur l'axe de déplacement (X) ;
  - b) estimer la distance d'un objet (O1, O2) par stéréoscopie à partir des première ( $I_1$ ) et deuxième ( $I_2$ ) images ;
  - c) rechercher ledit objet (O1, O2) dans une zone de recherche (R) de la troisième image ( $I_3$ ), la zone de recherche étant définie en tenant compte de la distance estimée à l'étape b) ; et
  - d) réestimer la distance de l'objet (O1, O2) en fonction d'une variation de la position de l'objet (O1, O2) dans l'image entre les première ( $I_1$ ) et troisième ( $I_3$ ) images.
- [Revendication 2] Système selon la revendication 1, dans lequel le dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, à l'étape b), estimer la distance de l'objet (O1, O2) en fonction d'une variation de la position de l'objet (O1, O2) dans l'image entre les première ( $I_1$ ) et deuxième ( $I_2$ ) images.
- [Revendication 3] Système selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, après l'étape a), acquérir successivement, au moyen de la caméra (101), une série d'images additionnelles ( $I_n$ ) de la scène depuis respectivement des positions successives distinctes sur l'axe de déplacement (X).
- [Revendication 4] Système selon la revendication 3, dans lequel le dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, à chaque acquisition d'une image additionnelle ( $I_n$ ) de la scène :
- rechercher ledit objet (O1, O2) dans une zone de recherche (R) de l'image additionnelle ( $I_n$ ), la zone de recherche étant définie en tenant compte de la distance préalablement estimée pour ledit objet (O1, O2) ;
  - et
  - réestimer la distance de l'objet (O1, O2) en fonction d'une variation de la position de l'objet (O1, O2) dans l'image entre la première image ( $I_1$ ) et l'image additionnelle ( $I_n$ ).

- [Revendication 5] Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, à chaque acquisition d'une image ( $I_1, I_2, I_3, I_n$ ) par la caméra (101), mettre en oeuvre un algorithme de détection d'objets dans l'image.
- [Revendication 6] Système selon la revendication 5, dans lequel le dispositif électronique de traitement et de contrôle (103) est configuré pour réitérer les étapes b), c) et d) pour chaque objet détecté par l'algorithme de détection d'objets.
- [Revendication 7] Système selon la revendication 5 ou 6, dans lequel le dispositif de traitement et de contrôle (103) est configuré pour tenir une table de suivi des objets détectés.
- [Revendication 8] Système selon la revendication 7, dans lequel le dispositif de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, pour chaque objet détecté, mémoriser dans la table de suivi des objets une valeur d'ancienneté correspondant au rang de la première image dans laquelle l'objet a été détecté.
- [Revendication 9] Système selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le dispositif de traitement et de contrôle (103) est configuré pour, pour chaque objet détecté, mémoriser dans la table de suivi des objets une information représentative de la position de l'objet dans l'image dans laquelle l'objet a été détecté pour la première fois.
- [Revendication 10] Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'axe de déplacement (X) est un axe latéral, c'est-à-dire parallèle au plan d'acquisition de la caméra (101).
- [Revendication 11] Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'axe de déplacement (X) est non parallèle au plan d'acquisition de la caméra (101).
- [Revendication 12] Méthode d'acquisition d'une carte de profondeur d'une scène, au moyen d'une caméra (101) montée mobile en translation selon un axe de déplacement (X), et d'un dispositif électronique de traitement et de contrôle (103), comprenant les étapes suivantes :
- a) acquérir successivement, au moyen de la caméra, des première ( $I_1$ ), deuxième ( $I_2$ ) et troisième ( $I_3$ ) images de la scène depuis respectivement des première, deuxième et troisième positions sur l'axe de déplacement (X) ;
  - b) estimer la distance d'un objet ( $O_1, O_2$ ) par stéréoscopie à partir des première ( $I_1$ ) et deuxième ( $I_2$ ) images ;
  - c) rechercher ledit objet ( $O_1, O_2$ ) dans une zone de recherche (R) de la

troisième image ( $I_3$ ), la zone de recherche étant définie en tenant compte de la distance estimée à l'étape b) ; et

d) réestimer la distance de l'objet ( $O_1, O_2$ ) en fonction d'une variation de la position de l'objet ( $O_1, O_2$ ) dans l'image entre les première ( $I_1$ ) et troisième ( $I_3$ ) images.

[Fig. 1]

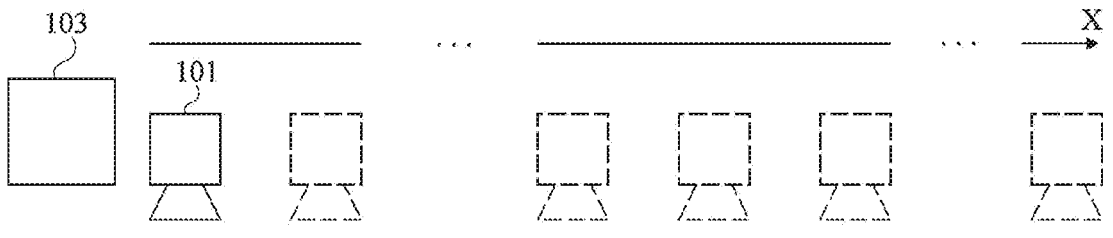


Fig 1

[Fig. 2]

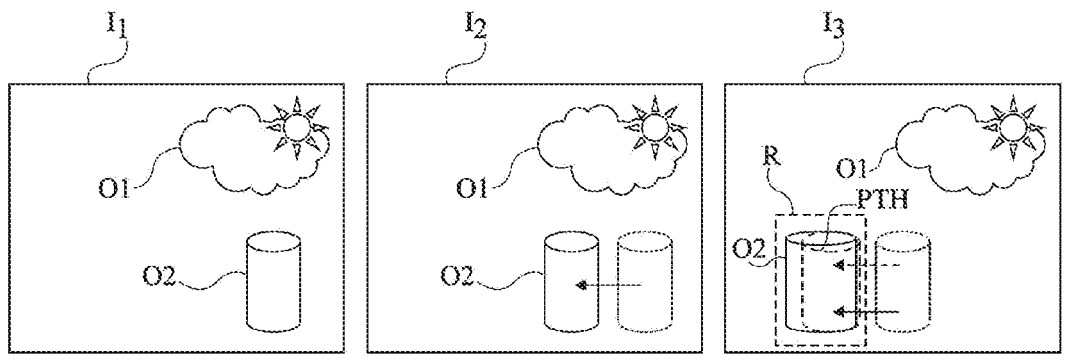


Fig 2

[Fig. 3]

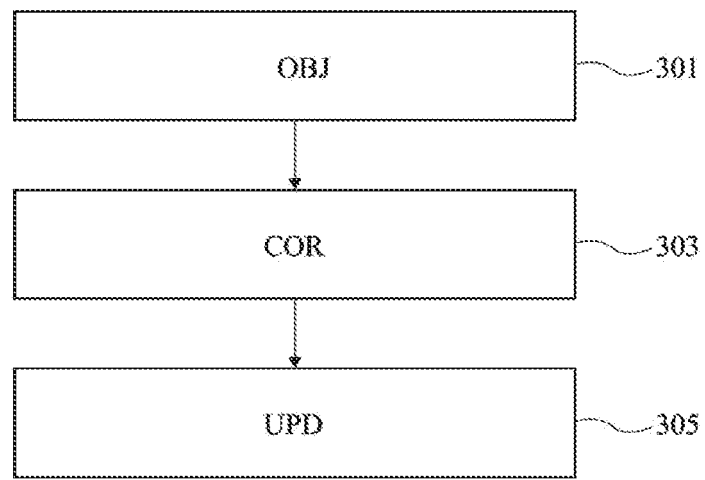


Fig 3

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.



**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

ENS J ET AL: "REAL-TIME MOTION STEREO",  
PROCEEDINGS OF THE COMPUTER SOCIETY  
CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN  
RECOGNITION. NEW YORK, JUNE 15 - 18, 1993;  
[PROCEEDINGS OF THE COMPUTER SOCIETY  
CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN  
RECOGNITION], LOS ALAMITOS, IEEE COMP.  
SOC. PRESS.,  
vol. -, 15 juin 1993 (1993-06-15), pages  
130-135, XP000416308,

SAITO H ET AL: "3D SHAPE MEASUREMENT OF  
UNDERWATER OBJECTS USING MOTION STEREO",  
PROCEEDINGS OF THE 1995 IEEE IECON:  
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL  
ELECTRONICS, CONTROL, AND INSTRUMENTATION.  
ORLANDO, NOV. 6 - 10, 1995. PLENARY  
SESSION, INVITED SESSIONS, AND POWER  
ELECTRONICS; [PROCEEDINGS OF THE  
INTERNATIONAL CONFERENCE O,  
vol. 2 OF 02, 6 novembre 1995 (1995-11-06)  
, pages 1231-1235, XP000559363,  
ISBN: 978-0-7803-3027-6

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT