

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 096 499

21 N° d'enregistrement national : 19 05535

51 Int Cl⁸ : G 06 T 7/70 (2019.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.05.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.11.20 Bulletin 20/48.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : INRIA INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE Etablissement public à caractère scientifique et technologique — FR et Université de Lorraine Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : Berger Marie-Odile, Gaudilliere Vincent et Simon Gilles.

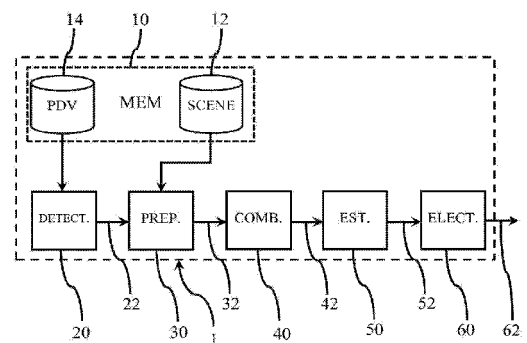
73 Titulaire(s) : INRIA INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE Etablissement public à caractère scientifique et technologique, Université de Lorraine Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel.

74 Mandataire(s) : RENARD Alexis.

54 Dispositif de traitement de prise de vue.

57 [Dispositif de traitement de prise de vue
Un dispositif de traitement de prise de vue comprend une mémoire (10), un détecteur (20), un préparateur (30), un combinateur (40), un estimateur (50) et un électeur (60).

Figure pour l'abrégié : Fig. 1



FR 3 096 499 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de traitement de prise de vue

- [0001] La présente invention concerne le domaine de la localisation, et en particulier de la détermination au sein d'une scène connue d'une position et d'une orientation, formant un couple appelé pose.
- [0002] Le positionnement visuel est un domaine complexe. Le positionnement permet de localiser un individu ou un véhicule mobile au sein d'une « carte » (2D ou 3D) de l'environnement dans lequel il évolue. Par exemple, le GPS permet de localiser un récepteur GPS dans un repère terrestre (latitude, longitude, altitude). Ce domaine diffère du domaine de l'odométrie.
- [0003] L'odométrie (du grec hodos, voyage, et metron, mesure) permet d'estimer la position et l'orientation d'un véhicule en mouvement, relativement à sa position et son orientation d'origine. Typiquement, en mesurant les déplacements successifs des roues d'un véhicule, ou encore, en intégrant des données d'accélération fournies par une centrale inertielle. L'odométrie souffre généralement d'un problème de dérive.
- [0004] Le positionnement visuel utilise la vision par ordinateur et analyse les images provenant d'une caméra ou d'un appareil photo pour en déduire la position et l'orientation de ce capteur au sein d'une carte prédéfinie de l'environnement. La carte peut se présenter sous différentes formes : il peut s'agir d'un nuage de points 3D, le calcul de pose reposant alors sur un appariement 3D-2D entre les points du nuage et des points détectés dans les images. Il peut aussi s'agir d'un marqueur (souvent appelé « tag ») de géométrie connue et facilement détectable dans les images, ou de plusieurs marqueurs dont les positions et orientations relatives sont connues. La détection des marqueurs permet de connaître la position dans l'image de points 3D associés aux marqueurs (par exemple, les coins des marqueurs) et la pose est, à nouveau, calculée à l'aide d'un appariement de points 3D-2D.
- [0005] L'odométrie visuelle utilise des images acquises par une caméra pour compléter les données d'odométrie classique, ou les supplanter. Cette méthode permet d'obtenir les mouvements de la caméra entre images consécutives. Le plus souvent, un nuage de points 3D est reconstruit à la volée à partir de points 2D appariés entre images consécutives. Le calcul du mouvement et la reconstruction des points se font alors de manière simultanée. On utilise pour cela le terme SLAM visuel, pour l'expression anglaise « *Simultaneous Localization And Mapping* ».
- [0006] Le positionnement visuel permet donc de positionner la caméra (ou l'appareil photo) par rapport à une carte prédéfinie. Si des objets virtuels ont été placés dans cette carte, le positionnement visuel permet de les visualiser par-dessus les images réelles, en respectant la perspective de ces images, ce qui permet d'obtenir un effet de réalité

augmentée. Il permet aussi d'obtenir en temps réel des informations de localisation utiles à l'évitement d'obstacles ou l'aide à la navigation.

[0007] L'odométrie visuelle ne tient pas compte d'une carte prédéfinie. Une carte est éventuellement reconstruite à la volée, ce qui permet l'évitement d'obstacles, mais cette carte est initialement vierge de toute information extérieure utile, par exemple, à la réalité augmentée ou l'aide à la navigation. Des informations peuvent être ajoutées à la carte en cours de construction, mais le système n'est pas capable de prendre en compte des informations définies préalablement à l'utilisation de cette carte. En revanche, si la carte en cours de construction est appariée avec une carte prédéfinie (appariement 3D-3D), ou si la pose obtenue au début du processus est exprimée, d'une manière ou d'une autre, dans un référentiel prédéfini, des informations associées à ce référentiel peuvent être exploitées.

[0008] Le positionnement visuel repose typiquement sur un ensemble d'appariements 2D-3D entre des points détectés dans les images et un nuage de points 3D, préalablement reconstruit à l'aide d'une technique de SFM (pour « *Structure From Motion* »). En fonction du contexte, ces appariements sont réalisés grâce à (i) des descripteurs locaux associés à chaque point, (ii) des techniques d'apprentissage permettant directement d'inférer dans les images, via des réseaux convolutifs (CNN), la projection de points de contrôle identifiés préalablement sur des modèles 3D d'objets présents dans la scène (iii) la détection de marqueurs positionnés dans l'environnement.

[0009] Dans le premier cas (i), les points sont décrits par des vecteurs de dimension K (typiquement, $K=128$) appelés descripteurs (exemple le plus utilisé : le descripteur SIFT), connus pour les points du nuage 3D et calculés en temps réel pour les points détectés. Cette méthode a une portée limitée car, d'une part, les descripteurs de points ne sont pas robustes aux changements d'illumination et aux grands changements de points de vue et, d'autre part, ils tiennent compte de l'apparence locale des points, qui est faiblement discriminante en général. Ces problèmes font souvent échouer la méthode, notamment dans les grands environnements et/ou en présence de motifs répétés.

[0010] Dans le second cas (ii), la détection des points de contrôle est robuste aux grands changements de points de vue et d'illumination, à condition que ces variations soient représentées dans les images utilisées pour l'entraînement du CNN. L'inconvénient de cette méthode est qu'un grand nombre d'images associées à des positions et orientations de caméra connues doivent être utilisées pour entraîner le CNN, et ceci pour chaque objet considéré dans la scène. Cette méthode est donc difficilement adaptable à un nouvel environnement.

[0011] Dans le dernier cas (iii), la détection des marqueurs est robuste aux changements d'éclairage et de point de vue. De plus, chaque marqueur étant identifiable à l'aide

d'indices visuels facilement reconnaissables, cette méthode n'est pas concernée par les problèmes de motifs répétés. L'inconvénient est qu'il faut positionner des marqueurs dans l'environnement, afin que l'un au moins d'entre eux soit toujours visible durant la phase d'utilisation du système, et que les positions et orientations relatives de ces marqueurs soient connues. Cette méthode est donc assez lourde à mettre en œuvre, et la présence de marqueurs dans l'environnement n'est pas toujours souhaitable.

- [0012] L'invention vient améliorer la situation. À cet effet, l'invention propose un dispositif de traitement de prise de vue, comprenant :
- [0013] - une mémoire agencée pour recevoir d'une part des données de scène qui comprennent des doublets d'objet tridimensionnel associant chacun un identifiant d'objet, et des données d'ellipsoïde définissant un ellipsoïde ainsi que son orientation et une position de son centre dans un repère commun, et d'autre part des données de prise de vue définissant une image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène, depuis un point de vue correspondant à une pose recherchée,
- [0014] - un détecteur agencé pour recevoir des données de prise de vue et pour retourner un ou plusieurs doublets d'objet bidimensionnel comprenant chacune un identifiant d'objet présent dans les données de scène, et une zone de prise de vue associée à cet identifiant d'objet,
- [0015] - un préparateur agencé pour déterminer, pour certains au moins des doublets d'objet bidimensionnel issu du détecteur, un jeu d'éléments de positionnement dont le nombre est inférieur ou égal au nombre de doublets d'objet tridimensionnel dans les données de scène qui comprennent l'identifiant d'objet du doublet d'objet bidimensionnel concerné, chaque élément de positionnement associant l'identifiant d'objet et les données d'ellipsoïde d'un doublet d'objet tridimensionnel comprenant cet identifiant d'objet, et des données d'ellipse qui définissent une ellipse approximant la zone de prise de vue du doublet d'objet bidimensionnel concerné et son orientation ainsi qu'une position de son centre dans l'image en deux dimensions,
- [0016] - un combinateur agencé pour générer une liste de candidats associant chacun un ou plusieurs éléments de positionnement et une orientation de prise de vue, et/ou la combinaison d'au moins deux éléments de positionnement, les éléments de positionnement d'un même candidat étant tirés de doublets d'objet bidimensionnel distincts et ne concernant pas un même doublet d'objet tridimensionnel,
- [0017] - un estimateur agencé pour calculer pour au moins un des candidats une pose comprenant une position et une orientation dans le repère commun à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde des éléments de positionnement, ou à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde du ou des éléments de positionnement et de l'orientation de prise de vue,
- [0018] - un électeur agencé pour, pour certaines au moins des poses, projeter toutes les

données d'ellipsoïdes des données de scène sur les données de prise de vue à partir de la pose, déterminer une mesure de similarité entre chaque projection des données d'ellipsoïde et chaque ellipse définie par un doublet d'objet bidimensionnel issu du détecteur, et calculer une valeur de vraisemblance en utilisant pour chaque projection des données d'ellipsoïde la mesure de similarité la plus importante déterminée, et pour choisir la pose dont la valeur de vraisemblance est maximale.

- [0019] Ce dispositif est très avantageux de par sa capacité à déterminer une position et une orientation, ou pose, sans capteur supplémentaire ni système de localisation externe comme un système de localisation par satellite. Cette indépendance du dispositif présente plusieurs avantages. Tout d'abord, la localisation peut être réalisée dans des espaces confinés, où il est difficile voire impossible de capter des signaux d'un système de localisation externe. En outre, le dispositif de localisation peut être mis en œuvre avec du matériel relativement peu coûteux.
- [0020] L'invention concerne également un procédé de traitement de prise de vue, sur la base
- [0021] - de données de scène qui comprennent des doublets d'objet tridimensionnel associant chacun un identifiant d'objet, et des données d'ellipsoïde définissant un ellipsoïde ainsi que son orientation et une position de son centre dans un repère commun, et
- [0022] - de données de prise de vue définissant une image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène, depuis un point de vue correspondant à une pose recherchée.
- [0023] Le procédé comprend les opérations suivantes :
- [0024] a) détecter, à partir des données de prise de vue, un ou plusieurs doublets d'objet bidimensionnel comprenant chacune un identifiant d'objet présent dans les données de scène, et une zone de prise de vue associée à cet identifiant d'objet,
- [0025] b) déterminer, pour au moins un des doublets d'objet bidimensionnel détectés, un jeu d'éléments de positionnement dont le nombre est inférieur ou égal au nombre de doublets d'objet tridimensionnel dans les données de scène qui comprennent l'identifiant d'objet du doublet d'objet bidimensionnel concerné, chaque élément de positionnement associant l'identifiant d'objet et les données d'ellipsoïde d'un doublet d'objet tridimensionnel comprenant cet identifiant d'objet, et des données d'ellipse qui définissent une ellipse approximant la zone de prise de vue du doublet d'objet bidimensionnel concerné et son orientation ainsi qu'une position de son centre dans l'image en deux dimensions,
- [0026] c) générer une liste de candidats associant chacun un ou plusieurs éléments de positionnement et une orientation de prise de vue, et/ou la combinaison d'au moins deux éléments de positionnement, les éléments de positionnement d'un même candidat étant tirés de deux doublets d'objet bidimensionnel distincts et ne concernant pas un même

doublet d'objet tridimensionnel,

- [0027] d) calculer pour au moins un des candidats une pose comprenant une position et une orientation dans le repère commun à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde des éléments de positionnement, ou à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde du ou des éléments de positionnement et de l'orientation de prise de vue,
- [0028] e) projeter, pour certaines au moins des poses, toutes les données d'ellipsoïdes des données de scène sur les données de prise de vue à partir de la pose, déterminer une mesure de similarité entre chaque projection des données d'ellipsoïde et chaque ellipse définie par un doublet d'objet bidimensionnel détecté, et calculer une valeur de vraisemblance en utilisant pour chaque projection des données d'ellipsoïde la mesure de similarité la plus importante déterminée, et
- [0029] f) choisir la pose dont la valeur de vraisemblance est maximale.
- [0030] Dans diverses variantes, le dispositif selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
- [0031] - l'électeur est agencé pour mettre en œuvre une mesure de vraisemblance basée, pour une pose donnée, sur le nombre de mesures de similarité excédant un seuil donné,
- [0032] - le préparateur détermine les données d'ellipse de chaque élément de positionnement avec une méthode des moindres carrés,
- [0033] - le détecteur détermine une boîte rectangulaire comme zone de prise de vue de chaque doublet bidimensionnel à retourner, et le préparateur détermine les données d'ellipse de chaque élément de positionnement sur la base de l'ellipse inscrite dans la boîte rectangulaire formant la zone de prise de vue,
- [0034] - le combinateur est agencé pour déterminer l'orientation de prise de vue en fonction de la détection de points de fuite au sein de l'image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène,
- [0035] - le combinateur est agencé pour déterminer l'orientation de prise de vue à l'aide d'un capteur, et
- [0036] - le dispositif comprend en outre un dispositif de prise de vue agencé pour capturer une prise de vue de la scène depuis un point de vue donné pour en tirer les données de prise de vue.
- [0037] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront exposés en détail dans la description ci-après, faite en référence au dessin annexé, sur lequel :
- [0038] - [fig.1] représente une vue schématique du dispositif de localisation selon l'invention.
- [0039] Les dessins annexés contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à mieux faire comprendre la présente invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

- [0040] Il est fait référence à la figure 1.
- [0041] Un dispositif de localisation 1 selon l'invention comprend une mémoire 10, un détecteur 20, un préparateur 30, un combineur 40, un estimateur 50 et un électeur 60.
- [0042] Dans l'exemple décrit ici, le dispositif de détermination de pose 1 est mis en œuvre sur un ordinateur qui reçoit des données dans la mémoire 10 pour déterminer une pose au sein d'une scène connue. Le terme ordinateur doit être interprété au sens large du terme. Par exemple, il pourrait être une tablette ou un smartphone, un terminal d'interaction avec un serveur de calcul, ou un élément sur une grille de ressources distribuées, etc.
- [0043] Le détecteur 20, le préparateur 30, le combineur 40, l'estimateur 50, et l'électeur 60 sont ici des programmes exécutés par le processeur de l'ordinateur. En variante, un ou plusieurs de ces éléments pourrait être mis en œuvre de manière différente au moyen d'un processeur dédié. Par processeur, il doit être compris tout processeur adapté aux traitements de données décrits plus bas. Un tel processeur peut être réalisé de toute manière connue, sous la forme d'un microprocesseur pour ordinateur personnel, d'une puce dédiée de type FPGA ou SoC (« system on chip » en anglais), d'une ressource de calcul sur une grille, d'un microcontrôleur, ou de toute autre forme propre à fournir la puissance de calcul nécessaire à la réalisation décrite plus bas. Un ou plusieurs de ces éléments peuvent également être réalisés sous la forme de circuits électroniques spécialisés tel un ASIC. Une combinaison de processeurs et de circuits électroniques peut également être envisagée.
- [0044] La mémoire 10 peut être tout type de stockage de données propre à recevoir des données numériques : disque dur, disque dur à mémoire flash (SSD en anglais), mémoire flash sous toute forme, mémoire vive, disque magnétique, stockage distribué localement ou dans le cloud, etc. Les données calculées par le dispositif 1 peuvent être stockées sur tout type de mémoire similaire à la mémoire 10, ou sur celle-ci. Ces données peuvent être effacées après que le dispositif ait effectué ses tâches ou conservées.
- [0045] La mémoire 10 reçoit des données de scène 12 et des données de prise de vue 14. Dans l'exemple décrit ici, la mémoire 10 peut également recevoir des données d'orientation qui définissent, pour des données de prises de vues 14 données, l'orientation de la prise de vue à partir de laquelle ces données ont été obtenues. Les données de scène 12 forment un modèle de scène décrivant une scène réelle dans laquelle on souhaite se repérer. Ces données de scène sont ici construites au préalable à l'aide d'un dispositif de construction de scène réalisant une procédure de construction de scène, comme on le verra plus loin. Ces données de scène sont préchargées dans la mémoire 10 du dispositif de localisation 1 lors d'une étape d'initialisation. Les données de prise de vue 14 comprennent une prise de vue qui se présente ici sous la

forme d'une image en deux dimensions prise depuis un point de vue donné.

- [0046] À partir de ces données de scène 12 et de ces données de prise de vue 14, le dispositif de localisation 1 détermine une pose, c'est-à-dire le couple formé par l'orientation et la position du point de vue à partir duquel ont été acquises les données de prise de vue 14. Dans un cas où la pose de ce point de vue est directement liée à la pose du dispositif de localisation, il est ainsi possible de déterminer la pose du dispositif à partir d'une simple prise de vue et des données de scène. La pose dans cette scène réelle est tridimensionnelle, et s'exprime dans un repère orthogonal appelé ici repère commun $R0$. Dans l'exemple décrit ici, une pose comprend donc deux vecteurs à trois dimensions, le premier vecteur étant un vecteur de position et le deuxième vecteur un vecteur d'orientation.
- [0047] Les données de scène 12 comprennent une liste de doublets d'objet tridimensionnels, chaque doublet d'objet tridimensionnel comprenant des données permettant de modéliser en trois dimensions un objet de cette scène. Dans l'exemple décrit ici, chaque doublet d'objet tridimensionnel comprend un identifiant d'objet et des données d'ellipsoïde.
- [0048] L'identifiant d'objet du doublet d'objet tridimensionnel désigne un objet présent dans la scène. Dans un mode de réalisation, l'identifiant d'objet est un identifiant d'une classe d'objet correspondant à un type d'objet présent dans la scène. L'usage de classes d'objet permet d'associer à plusieurs doublets d'objet un même identifiant d'objet, dans le cas où un même type d'objet est présent en plusieurs exemplaires dans la scène. En variante, cet identifiant d'objet peut être un identifiant unique associé à un objet unique présent dans la scène.
- [0049] Les données d'ellipsoïde définissent un ellipsoïde, c'est-à-dire la forme, l'orientation et la position d'un ellipsoïde dans le repère commun. Cet ellipsoïde est une approximation de la forme générale de l'objet du doublet d'objet tridimensionnel déterminée pendant la procédure de construction de scène.
- [0050] Dans l'exemple décrit ici, ces données d'ellipsoïde comprennent une matrice d'ellipsoïde E 3×3 symétrique réelle définie positive et une position P du centre de l'ellipsoïde exprimés dans le repère commun $R0$. Du fait de sa forme, la matrice E est diagonalisable et présente un repère propre RE dans lequel elle est diagonale avec trois coefficients AE , BE et CE positifs. Les coefficients AE , BE et CE définissent les trois demi-axes de l'ellipsoïde. Le repère propre RE de l'ellipsoïde définit une orientation de l'ellipsoïde dans le repère commun $R0$.
- [0051] Il a été décrit ici que les données de scène comprennent un doublet d'objet tridimensionnel par objet présent dans la scène, y compris dans le cas où plusieurs objets du même type et de mêmes dimensions sont présents dans une scène. En variante, il est possible de mutualiser l'identifiant d'objet et les données d'ellipsoïde pour des objets

de même type, et de considérer comme élément différenciant entre deux objets leurs positions respectives au sein de la scène. Cela peut se faire lorsqu'une classe d'objet porte sur des objets de même type, de mêmes dimensions et dont les ellipsoïdes respectifs sont orientés sensiblement de la même manière.

- [0052] Les données de prise de vue 14 sont liées à une prise de vue dans la scène dans laquelle on cherche à se repérer, depuis un point de vue donné que l'on cherche à déterminer à l'aide du dispositif de localisation 1. Les données de prise de vue 14 comprennent une image en deux dimensions, appelée également prise de vue. Dans le mode de réalisation décrit ici, cette image en deux dimensions est de type matriciel (ou « *bitmap* » en anglais). L'image en deux dimensions peut être stockée dans la mémoire sous la forme d'un fichier compressé avec pertes, compressé sans pertes ou non compressé, et au format BMP, GIF, TIFF, PNG, JPEG, PPM, ou tout autre format adapté à l'encodage d'images matricielles, y compris des formats de type RAW issus d'un dispositif de prise de vue de type appareil photographique ou caméra. L'image en deux dimensions est ici en couleur. En variante, l'image en deux dimensions pourrait être en niveaux de gris.
- [0053] Comme dans tout problème de positionnement, les paramètres intrinsèques de la caméra doivent être connus soit par un processus classique de calibrage, soit en utilisant les paramètres disponibles dans le champ EXIF (« *Exchangeable image file format* ») des images. Ces paramètres permettent de déduire la ligne de vue correspondant à un pixel dans le repère caméra et sont intégrés aux données de prise de vue 14.
- [0054] Le détecteur 20 reçoit les données de prise de vue 14 stockées dans la mémoire 10, notamment une prise de vue. Le détecteur 20 reconnaît au sein de la prise de vue un ou plusieurs objets qui y sont présents. Cette identification d'objets se fait ici grâce à un réseau neuronal, en particulier un réseau neuronal convolutif, ou CNN (« *Convolutional neural network* » en anglais). Le réseau neuronal convolutif est entraîné pour identifier parmi une liste d'objets possible des objets présents sur la prise de vue. Chaque objet de cette liste d'objets possibles correspond à l'un des identifiants d'objets des données de scène 12. En variante, le détecteur 20 pourrait être interactif. Par exemple, l'utilisateur pourrait détourner un objet d'intérêt, puis le détecteur 20 procéderait à partir de ce détournement et/ou d'interactions supplémentaires. Ce détournement pourrait prendre la forme d'une ellipse, d'un rectangle, d'un patatoïde ou d'une autre forme délimitant une zone fermée.
- [0055] Durant l'identification des objets présents sur la prise de vue, le détecteur 20 délimite également une zone de prise de vue sur la prise de vue, qui correspond sensiblement à la zone de l'image en deux dimensions dans laquelle se situe l'objet. Cette zone de prise de vue peut être une boîte rectangulaire, une liste de pixels, un patatoïde ou toute

autre forme délimitant une zone fermée de l'image en deux dimensions. Un exemple de CNN adapté pour remplir le rôle du détecteur est décrit dans l'article J. Redmon, S. K. Divvala, R. B. Girshick, and A. Farhadi : “*You only look once: Unified, real-time object detection*”, in CVPR, 2016.

- [0056] Le détecteur 20 associe à chaque objet identifié la zone de prise de vue délimitée, et renvoie un doublet d'objet bidimensionnel 22 comprenant l'identifiant d'objet et la zone de prise de vue.
- [0057] Le préparateur 30 reçoit les doublets d'objet bidimensionnel 22 renvoyés par le détecteur. Pour chaque doublet d'objet bidimensionnel 22 reçu, le préparateur 30 détermine en fonction de la zone de prise de vue des données d'ellipse définissant une ellipse approximant la zone de prise de vue du doublet d'objet bidimensionnel 22 et une position p localisant cette ellipse sur la prise de vue.
- [0058] Dans l'exemple décrit ici, ces données d'ellipse se présentent sous la forme d'une matrice d'ellipse e 2×2 symétrique réelle définie positive exprimée dans le repère de la prise de vue RI et d'un vecteur bidimensionnel p comme position de l'ellipse dans l'image en deux dimensions. Du fait de sa forme, la matrice e est diagonalisable et présente un repère propre Re dans lequel elle est diagonale avec deux coefficients ae et be strictement positifs. Les coefficients ae et be définissent les deux demi-axes de l'ellipse. Le repère propre Re de l'ellipse définit une orientation de l'ellipse dans le repère de prise de vue RI . La détermination de cette matrice d'ellipse e peut se faire au moyen d'une approximation par moindres carrés de la zone de prise de vue.
- [0059] En variante, par exemple lorsque la zone de prise de vue est une boîte rectangulaire, les données d'ellipse peuvent être issues de l'ellipse inscrite dans la boîte rectangulaire formant la zone de prise de vue.
- [0060] Le préparateur 30 génère pour chaque doublet d'objet bidimensionnel 22 reçu un jeu d'éléments de positionnement. Ce jeu d'éléments de positionnement comporte autant d'éléments que de doublets d'objet tridimensionnels des données de scène 12 dont l'identifiant d'objet est l'identifiant d'objet du doublet d'objet bidimensionnel 22. Chaque élément de positionnement associe le doublet d'objet tridimensionnel des données de scène 12 correspondant et des données d'ellipse déterminées au préalable.
- [0061] Les données d'ellipsoïde et les données d'ellipse d'un élément de positionnement forment une correspondance ellipse-ellipsoïde. La correspondance ellipse-ellipsoïde est essentielle pour déterminer une pose de la prise de vue.
- [0062] En sortie, le préparateur 30 renvoie les jeux d'éléments de positionnement 32, certains éléments pouvant être erronés en raison d'erreurs du détecteur 20 ou de la présence de la possible répétition d'un même objet dans la scène.
- [0063] Chaque élément correct permet de calculer de manière unique la pose si l'orientation est connue ainsi qu'une trajectoire paramétrique des solutions possibles si l'orientation

est inconnue. Si l'orientation est inconnue, la pose peut être calculée par intersection d'ensembles à partir d'au moins deux éléments.

- [0064] Le combinateur 40 reçoit les jeux d'éléments de positionnement 32 renvoyés par le préparateur 30. Le combinateur 40 génère une liste de candidats 42 à partir de ces jeux d'éléments de positionnement 32. Chaque candidat 42 associe :
- [0065] - un ou plusieurs éléments de positionnement et une orientation dans le repère commun, ou
- [0066] - au moins deux éléments de positionnement qui ne sont pas issus d'un même doublet bidimensionnel 22.
- [0067] La Demanderesse a utilisé le fait que la projection conique d'un ellipsoïde sur un plan délimitait toujours un domaine du plan en forme d'ellipse. Ainsi, pour un modèle de scène inclus dans les données de scène 12 qui comprend des objets approximés par des ellipsoïdes, une prise de vue depuis un point de vue (c'est-à-dire une projection conique de la scène sur un plan définissant une image en deux dimensions) est une image en deux dimensions comprenant une pluralité d'ellipses, chaque ellipse correspondant à un ellipsoïde visible sur la prise de vue.
- [0068] La Demanderesse a remarqué qu'il est possible, connaissant deux correspondances ellipse-ellipsoïde de déterminer de manière univoque la position et l'orientation du point de vue d'une prise de vue. La Demanderesse a également remarqué qu'une seule correspondance ellipse-ellipsoïde donne un ou plusieurs ensembles continus de poses pouvant correspondre à point de vue. Ainsi, une seule correspondance ellipse-ellipsoïde est insuffisante pour déterminer une pose de manière univoque. Cependant, si l'on connaît l'orientation de la pose, il est possible de déterminer de manière univoque la position qui lui est associée, et donc la pose.
- [0069] Comme décrit plus haut, les données d'orientation définissant l'orientation de la pose sont reçues dans la mémoire 10 comme données d'entrée. Ces données peuvent par exemple être reçues d'un capteur d'orientation que comprend le dispositif 1, ou auquel il est connecté.
- [0070] En variante, ces données pourraient être déterminées à partir de points de fuite détectés au sein de l'image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène. Dans un premier exemple, la méthode utilisée pour déterminer l'orientation de prise de vue dans le repère commun de la scène est une méthode d'analyse statistique tirée de l'article G. Simon, A. Fond, and M.-O. Berger. "*A-Contrario Horizon-First Vanishing Point Detection Using Second-Order Grouping Laws*". In ECCV, 2018.
- [0071] D'autres exemples de détermination d'orientation sont décrits dans les articles :
- [0072] - G. Simon, A. Fond, and M.-O. Berger "*A Simple and Effective Method to Detect Orthogonal Vanishing Points in Uncalibrated Images of Man-Made Environments.*". In Eurographics, 2016.

- [0073] - M. Zhai, S. Workman, and N. Jacobs. “*Detecting vanishing points using global image context in a non-manhattan world*”. In CVPR, 2016. Cette méthode en particulier requiert l’utilisation d’un réseau neuronal convolutif, et dépend des données d’entraînement.
- [0074] Il convient de noter que, dans certaines scènes, il n’est pas possible de détecter des points de fuite pour déterminer une orientation de prise de vue.
- [0075] Certaines scènes, enfin, contiennent suffisamment d’objets pour qu’il soit quasiment toujours possible d’en détecter au moins deux sur la prise de vue. Pour ces scènes, il est donc sensiblement toujours possible de déterminer deux correspondances ellipse-ellipsoïde.
- [0076] L’estimateur 50 reçoit les candidats 42 générés par le combineur 40. L’estimateur est configuré pour calculer, pour chaque candidat 42, une pose 52 dans le repère commun RO .
- [0077] Dans le cas où le candidat 42 comprend une unique correspondance ellipse-ellipsoïde (c’est-à-dire un élément de positionnement) et une orientation, il est possible de déterminer la position du point de vue associée en résolvant l’équation matricielle (11) de l’annexe A. La solution de l’équation (11) de l’annexe A est une position de l’ellipsoïde dans le repère RI de la prise de vue. Connaissant la position de l’ellipsoïde dans le repère commun RO de la scène (incluse dans les données de scène 12) et ayant déterminé la position de l’ellipsoïde dans le repère RI de la prise de vue, on peut donc déterminer la position du repère RI dans le repère RO par simple multiplication matricielle.
- [0078] Dans le cas où le candidat 42 comprend un nombre n supérieur ou égal à deux correspondances ellipse-ellipsoïde (c’est-à-dire deux éléments de positionnement) et en l’absence de connaissance sur l’orientation, il est possible de déterminer l’orientation et la position du point de vue. Pour ce faire, l’estimateur résout n équations où chaque équation est l’équation (11) avec comme paramètres d’entrée une des correspondances ellipse-ellipsoïde, et où ces n équations donnent n ensembles de poses solutions dans le repère de prise de vue RO . Cette résolution peut être exacte ou approximative, selon la quantité de bruit induit par l’identification réalisée par le détecteur 20.
- [0079] L’estimateur 50 détermine ensuite la pose comme intersection de ces n ensembles de poses solutions exprimés dans le repère RO . Par exemple, afin de calculer cette intersection, lorsqu’un candidat contient trois correspondances ellipse-ellipsoïde ou plus, l’estimateur 50 calcule dans un premier temps l’orientation de la pose à calculer comme étant l’orientation minimisant une fonction de coût. Pour calculer cette orientation de la pose à calculer, l’estimateur utilise un algorithme de minimisation et une orientation initiale. L’orientation initiale peut être par exemple obtenue en analysant des points de fuite comme vue ci-dessus, ou par un capteur. En variante,

l'orientation initiale peut être arbitrairement choisie a priori. Dans l'exemple décrit ici, l'algorithme de minimisation est un algorithme Levenberg-Marquardt et la fonction de coût est décrite par l'équation (13) de l'annexe A.

- [0080] L'orientation ainsi calculée par minimisation est l'orientation de la pose à calculer. L'estimateur 50 calcule, pour chaque correspondance ellipse-ellipsoïde, une position respective sur la base du calcul décrit ci-dessus et de l'orientation de la pose qui vient d'être calculée. L'estimateur 50 calcule ensuite la position de la pose à calculer en faisant une moyenne pondérée des positions respectives calculées. La pondération peut se faire par un critère arbitraire, de manière uniforme ou de manière aléatoire.
- [0081] Ainsi, pour chaque candidat 42 généré par le combinateur 40, le calculateur 50 calcule une pose 52 correspondante.
- [0082] Dans le cas où le détecteur 20 ne détecte qu'un seul objet dans l'image en deux dimensions des données de prise de vue 14, une détermination d'orientation est réalisée par le combinateur 40, comme décrit plus haut. Avec l'objet détecté dans l'image en deux dimensions et l'orientation, le calculateur 50 détermine une seule pose qui correspond à la localisation pour les données de prise de vue.
- [0083] Dans le cas où le détecteur 20 détecte au moins deux objets dans l'image en deux dimensions, plusieurs candidats 42 sont générés par le combinateur 40, et plusieurs poses 52 correspondantes sont calculées par le calculateur 50. Il faut alors déterminer la meilleure pose à retourner comme localisation pour les données de prise de vue.
- [0084] L'électeur 60 va alors déterminer, parmi toutes ces poses 52 calculées, laquelle est la plus vraisemblable. Pour ce faire, pour chaque pose 52, l'électeur 60 projette toutes les données d'ellipsoïde des données de scène sur les données de prise de vue à partir de cette pose 52. De cette projection résulte une pluralité de données d'ellipse projetée. L'électeur 60 détermine ensuite une mesure de similarité entre chaque donnée ellipse projetée et chaque donnée d'ellipse définie par un doublet d'objet bidimensionnel issu du détecteur 20. L'électeur 60 détermine ensuite une valeur de vraisemblance de la pose 52 en utilisant la similarité entre ellipsoïdes projetés et ellipses détectées.
- [0085] Dans le mode de réalisation décrit ici, cette mesure de similarité est un score désigné par l'acronyme IoU (« *intersection over union* » en anglais), également connu sous le nom d'indice de Jaccard. En variante, d'autres mesures de similarité peuvent être utilisées : mesure de superposition (par exemple l'indice de Dice) ou distances ensemblistes (par exemple la distance de Hausdorff).
- [0086] L'estimateur 60 retourne comme localisation 62 pour les données de prise de vue 14 la pose 52 dont la valeur de vraisemblance est maximale.
- [0087] Dans l'exemple décrit ici, la valeur de vraisemblance pour une pose donnée est le nombre de valeurs d'intersection excédant un seuil donné. Ici, ce seuil est fixé à 0,5 pour un score IoU. Lorsque deux poses ou plus présentent le même nombre de valeurs

excédant le seuil donné, c'est la somme des valeurs d'intersection de chaque pose qui est choisi pour déterminer la pose la plus vraisemblable.

- [0088] Dans ce qui précède, il a été décrit un exemple dans lequel l'image en deux dimensions est matricielle et en couleur. En variante, l'image peut être vectorielle, et le choix de réseau neuronal convolutif est adapté de sorte à convenir à des images vectorielles. En variante toujours, l'image peut être monochrome, et là encore le choix d'un réseau neuronal convolutif doit être adapté en conséquence.
- [0089] Il a également été décrit pour le préparateur 30 la détermination de tous les éléments de positionnement pouvant correspondre au niveau de l'identifiant d'objet à un doublet bidimensionnel donné. En variante, il est possible de ne déterminer qu'une partie de ces éléments de positionnement possibles. On peut par exemple déterminer un nombre N d'éléments de positionnement choisis, inférieur au nombre d'éléments de positionnement possibles. Ces N éléments de positionnement peuvent être choisis de manière aléatoire, ou selon un critère particulier contenu dans les données de scène 12 et/ou déterminé à partir des données de prise de vue, par exemple en fonction d'heuristiques ou de connaissances a priori sur la scène. Cela permet avantageusement de limiter l'augmentation du nombre d'éléments de positionnement à déterminer lorsque la scène à analyser contient beaucoup d'éléments. Il est ainsi possible de limiter la complexité de la localisation.
- [0090] On a vu que le dispositif traitait les données tridimensionnelles sous la forme de vecteurs et de matrices en trois dimensions. En variante, il est possible d'utiliser d'autres représentations, par exemple avec des quaternions (rotations à 4 éléments), ou tout autre formalisme mathématique adapté pour décrire des données tridimensionnelles. Les quaternions constituent une représentation particulièrement pour décrire une orientation, comme par exemple l'orientation du repère de prise de vue RI .

Annexe A :

- [0091] Les formules ci-dessous expliquent comment une pose peut être déterminée à partir des éléments de positionnement.
- [0092] Équation d'un ellipsoïde A de centre c . A est une matrice symétrique réelle définie positive 3×3 :
- $$(1) (x-c)^T A (x-c) = 1$$
- [0093] Équation du cône B de centre E . B est une matrice symétrique réelle inversible de signature $(1,2)$:
- $$(2) (x-e)^T B (x-e) = 0$$
- [0094] Équation de la matrice B du cône de projection de sommet e (origine du repère de prise de vue) tangent à un ellipsoïde de matrice A et de centre c , où $d = e - c$:
- $$(3) B = A d d^T A - (d^T A d - 1) A$$
- [0095] Équation de la matrice B' du cône de rétroprojection de sommet e tangent à une

ellipse de centre k , de repère propre (u, v) et de demi-axes a, b :

$$(4) B' = P^T M P - Q$$

Où I est la matrice identité et P, M et Q vérifient :

$$(5) M = uu^T/a^2 + vv^T/b^2$$

$$(6) w = n/(n \cdot (k - e))$$

$$(7) P = I - (k - e)w^T$$

$$(8) Q = ww^T$$

Où

- n vecteur de norme 1 tel que (u, v, n) base orthonormée de l'espace,
- a et b demi-axes associées à u et v (respectivement),
- k centre de l'ellipse

[0096] Équation de correspondance ellipse-ellipsoïde : deux cônes B, B' sont égaux si et seulement si (9), où s est un nombre réel non nul :

$$(9) B = s \cdot B'$$

Connaissant un ellipsoïde et une ellipse (repère propre, matrice diagonale et centre), on peut construire leurs cônes de projection et de rétroprojection respectifs.

[0097] Si les cônes sont égaux (i.e. vérifient la formule (9)), alors la formule suivante est vérifiée :

$$(10) Ad = sB'd$$

[0098] Calculer la pose de l'ellipsoïde revient à déterminer le triplet (R, d, s) solution de l'équation (X) :

$$(11) DRdd^T R^T D - (d^T R^T D R d - 1)D = sRB'R^T$$

Où

- R est l'orientation de l'ellipsoïde, c'est-à-dire la matrice de passage du repère de prise de vue $R1$ au repère propre de l'ellipsoïde, d sa position et s un scalaire
- D est la matrice diagonale de l'ellipsoïde, telle que $A = R^T D R$, et
- s un scalaire (ou nombre réel) arbitraire

[0099] Exemple de fonction de coût à minimiser pour une correspondance ellipse-ellipsoïde i donnée :

$$(12) F^{(i)}(R) = |\text{discriminant}(P\{A^{(i)}_1(R), B^{(i)'}_1\})|^2$$

Où

- R est l'orientation du repère caméra dans le repère commun,
 - $A^{(i)}_1$ est la matrice de l'ellipsoïde i dans le repère $R1$,
 - $B^{(i)'}_1$ est la matrice du cône de rétroprojection issu de l'ellipse i dans le repère $R1$,
 - $P\{A, B'\}$ est le polynôme $\det(A - xB')$,
 - $|\cdot|$ la fonction valeur absolue,
- pour la correspondance ellipse-ellipsoïde concernée.

[0100] Fonction de coût globale pour un ensemble de N correspondances ellipse/ellipsoïde

données :

$$(13) F(\mathbf{R}) = \sum_{i=1..N} (F^{(i)}(\mathbf{R}))$$

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif de traitement de prise de vue, comprenant :

- une mémoire (10) agencée pour recevoir d'une part des données de scène (12) qui comprennent des doublets d'objet tridimensionnel associant chacun un identifiant d'objet, et des données d'ellipsoïde définissant un ellipsoïde ainsi que son orientation et une position de son centre dans un repère commun, et d'autre part des données de prise de vue (14) définissant une image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène (12), depuis un point de vue correspondant à une pose recherchée,
- un détecteur (20) agencé pour recevoir des données de prise de vue (14) et pour retourner un ou plusieurs doublets d'objet bidimensionnel (22) comprenant chacune un identifiant d'objet présent dans les données de scène, et une zone de prise de vue associée à cet identifiant d'objet,
- un préparateur (30) agencé pour déterminer, pour certains au moins des doublets d'objet bidimensionnel (22) issu du détecteur (20), un jeu d'éléments de positionnement (32) dont le nombre est inférieur ou égal au nombre de doublets d'objet tridimensionnel dans les données de scène (12) qui comprennent l'identifiant d'objet du doublet d'objet bidimensionnel (22) concerné, chaque élément de positionnement (32) associant l'identifiant d'objet et les données d'ellipsoïde d'un doublet d'objet tridimensionnel comprenant cet identifiant d'objet, et des données d'ellipse qui définissent une ellipse approximant la zone de prise de vue du doublet d'objet bidimensionnel concerné et son orientation ainsi qu'une position de son centre dans l'image en deux dimensions,
- un combinateur (40) agencé pour générer une liste de candidats (42) associant chacun un ou plusieurs éléments de positionnement (32) et une orientation de prise de vue, et/ou la combinaison d'au moins deux éléments de positionnement (32), les éléments de positionnement (32) d'un même candidat (42) étant tirés de doublets d'objet bidimensionnel (22) distincts et ne concernant pas un même doublet d'objet tridimensionnel,
- un estimateur (50) agencé pour calculer pour au moins un des candidats une pose (52) comprenant une position et une orientation dans le repère commun à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde des éléments de positionnement, ou à partir des données

d'ellipse et des données d'ellipsoïde du ou des éléments de positionnement et de l'orientation de prise de vue,
 - un électeur (60) agencé pour, pour certaines au moins des poses, projeter toutes les données d'ellipsoïdes des données de scène sur les données de prise de vue à partir de la pose, déterminer une mesure de similarité entre chaque projection des données d'ellipsoïde et chaque ellipse définie par un doublet d'objet bidimensionnel (22) issu du détecteur (20), et calculer une valeur de vraisemblance en utilisant pour chaque projection des données d'ellipsoïde la mesure de similarité la plus importante déterminée, et pour choisir la pose dont la valeur de vraisemblance est maximale.

- [Revendication 2] Dispositif de traitement de prise de vue selon la revendication 1, dans lequel l'électeur (50) est agencé pour mettre en œuvre une mesure de vraisemblance basée, pour une pose (52) donnée, sur le nombre de mesures de similarité excédant un seuil donné.
- [Revendication 3] Dispositif de traitement de prise de vue selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le préparateur (30) détermine les données d'ellipse de chaque élément de positionnement (32) avec une méthode des moindres carrés.
- [Revendication 4] Dispositif de traitement de prise de vue selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel
 - le détecteur (20) détermine une boîte rectangulaire comme zone de prise de vue de chaque doublet bidimensionnel (22) à retourner, et
 - le préparateur (30) détermine les données d'ellipse de chaque élément de positionnement (32) sur la base de l'ellipse inscrite dans la boîte rectangulaire formant la zone de prise de vue.
- [Revendication 5] Dispositif de traitement de prise de vue selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le combineur (40) est agencé pour déterminer l'orientation de prise de vue en fonction de la détection de points de fuite au sein de l'image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène.
- [Revendication 6] Dispositif de traitement de prise de vue selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le combineur (40) est agencé pour déterminer l'orientation de prise de vue à l'aide d'un capteur.
- [Revendication 7] Dispositif de traitement de prise de vue selon l'une des revendications précédentes comprenant en outre un dispositif de prise de vue agencé pour capturer une prise de vue de la scène depuis un point de vue donné pour en tirer les données de prise de vue (14).

[Revendication 8]

Procédé de traitement de prise de vue, sur la base

- de données de scène (12) qui comprennent des doublets d'objet tridimensionnel associant chacun un identifiant d'objet, et des données d'ellipsoïde définissant un ellipsoïde ainsi que son orientation et une position de son centre dans un repère commun, et

- de données de prise de vue (14) définissant une image en deux dimensions de la scène associée aux données de scène (12), depuis un point de vue correspondant à une pose recherchée,

le procédé comprenant les opérations suivantes :

a) détecter, à partir des données de prise de vue (14), un ou plusieurs doublets d'objet bidimensionnel (22) comprenant chacune un identifiant d'objet présent dans les données de scène, et une zone de prise de vue associée à cet identifiant d'objet,

b) déterminer, pour au moins un des doublets d'objet bidimensionnel (22) détectés, un jeu d'éléments de positionnement (32) dont le nombre est inférieur ou égal au nombre de doublets d'objet tridimensionnel dans les données de scène (12) qui comprennent l'identifiant d'objet du doublet d'objet bidimensionnel (22) concerné, chaque élément de positionnement (32) associant l'identifiant d'objet et les données d'ellipsoïde d'un doublet d'objet tridimensionnel comprenant cet identifiant d'objet, et des données d'ellipse qui définissent une ellipse approximant la zone de prise de vue du doublet d'objet bidimensionnel concerné et son orientation ainsi qu'une position de son centre dans l'image en deux dimensions,

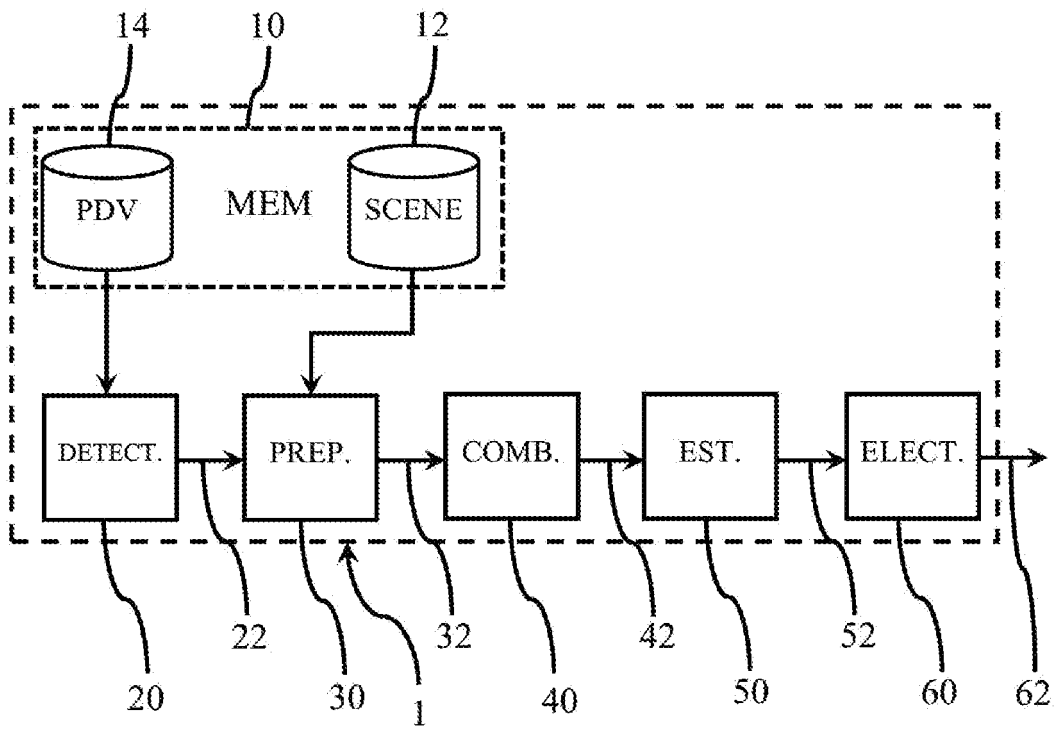
c) générer une liste de candidats (42) associant chacun un ou plusieurs éléments de positionnement (32) et une orientation de prise de vue, et/ou la combinaison d'au moins deux éléments de positionnement (32), les éléments de positionnement (32) d'un même candidat (42) étant tirés de deux doublets d'objet bidimensionnel (22) distincts et ne concernant pas un même doublet d'objet tridimensionnel,

d) calculer pour au moins un des candidats une pose (52) comprenant une position et une orientation dans le repère commun à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde des éléments de positionnement, ou à partir des données d'ellipse et des données d'ellipsoïde du ou des éléments de positionnement et de l'orientation de prise de vue,

e) projeter, pour certaines au moins des poses, toutes les données d'ellipsoïdes des données de scène sur les données de prise de vue à

partir de la pose, déterminer une mesure de similarité entre chaque projection des données d'ellipsoïde et chaque ellipse définie par un doublet d'objet bidimensionnel (22) détecté, et calculer une valeur de vraisemblance en utilisant pour chaque projection des données d'ellipsoïde la mesure de similarité la plus importante déterminée, et f) choisir la pose dont la valeur de vraisemblance est maximale.

[Fig. 1]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 869339
FR 1905535

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	NICHOLSON LACHLAN ET AL: "QuadricSLAM: Dual Quadrics From Object Detections as Landmarks in Object-Oriented SLAM", IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, IEEE, vol. 4, no. 1, 1 janvier 2019 (2019-01-01), pages 1-8, XP011703583, DOI: 10.1109/LRA.2018.2866205 [extrait le 2018-10-25] * le document en entier * -----	1-8	G06T7/70
A	GAY PAUL ET AL: "Probabilistic Structure from Motion with Objects (PSfMO)", 2017 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION (ICCV), IEEE, 22 octobre 2017 (2017-10-22), pages 3094-3103, XP033283177, DOI: 10.1109/ICCV.2017.334 [extrait le 2017-12-22] * le document en entier * -----	1-8	
A	US 9 002 062 B2 (ALLER JOSHUA VICTOR [US]) 7 avril 2015 (2015-04-07) * le document en entier * -----	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06T
A	MEHDI HOSSEINZADEH ET AL: "Structure Aware SLAM using Quadrics and Planes", ARXIV.ORG, CORNELL UNIVERSITY LIBRARY, 201 OLIN LIBRARY CORNELL UNIVERSITY ITHACA, NY 14853, 24 avril 2018 (2018-04-24), XP081260266, * le document en entier * -----	1-8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 novembre 2019		Nicolau, Stephane	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1905535 FA 869339**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-11-2019**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 9002062 B2	07-04-2015	US 2010092079 A1	15-04-2010
		US 2013259304 A1	03-10-2013
		US 2015178584 A1	25-06-2015
		WO 2010045271 A1	22-04-2010
