

12 BREVET D'INVENTION B1

54 Procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule.

22 Date de dépôt : 08.03.23.

30 Priorité :

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Continental Autonomous Mobility
Germany GmbH GmbH — DE.

43 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.09.24 Bulletin 24/37.

45 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 28.02.25 Bulletin 25/09.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

72 Inventeur(s) : HUSSONNOIS Ludovic et
PETTERSSON Niklas.

73 Titulaire(s) : Continental Autonomous Mobility
Germany GmbH GmbH.

74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE
FRANCE.



Description

Titre de l'invention : Procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule

Domaine technique

[0001] La présente divulgation concerne un procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule. Elle s'applique notamment à l'estimation de la vitesse de véhicules voisins à un véhicule d'intérêt, pour la mise en œuvre de fonctionnalités d'aide à la conduite dans le véhicule d'intérêt.

Technique antérieure

[0002] Les véhicules intègrent depuis plusieurs années des capteurs de différentes natures, tels que des caméras ou des capteurs lidar, pour obtenir des informations relatives à l'environnement du véhicule. Les données acquises par les capteurs sont traitées par des algorithmes permettant d'analyser la scène environnant le véhicule, pour pouvoir notamment détecter des obstacles sur la route, détecter et suivre d'autres véhicules, et également anticiper leur trajectoire.

[0003] Ces différents traitements permettent d'assister le conducteur dans la conduite du véhicule, voire à terme, de le remplacer.

[0004] Dans ce contexte, plusieurs méthodes ont déjà été proposées pour estimer la vitesse d'autres véhicules qui se situent dans l'environnement d'un véhicule d'intérêt, ci-après noté égo-véhicule, à partir d'un capteur de type lidar. Dans la suite, l'égo-véhicule est le véhicule de référence comportant le ou les capteurs d'observation de l'environnement et dans lequel sont mis en œuvre des traitements d'analyse de l'environnement de ce véhicule.

[0005] On connaît par exemple de J. Zhang, W. Xiao, B. Coifman and J. P. Mills, "Vehicle Tracking and Speed Estimation From Roadside Lidar," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 13, pp. 5597-5608, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3024921, un procédé de suivi et d'estimation de la vitesse de véhicules à partir de plusieurs acquisitions successives par un capteur lidar.

[0006] On connaît également de W. Zang et al. « Lidar with Velocity : Correcting Moving Objects Point Cloud Distortion from Oscillating Scanning Lidars by Fusion with Camera, arXiv:2111.09497v3 [cs.RO]; 2022, un procédé combinant des acquisitions d'un capteur lidar à balayage et d'une caméra pour estimer la vitesse d'un véhicule observé, dans lequel la vitesse radiale d'un véhicule est obtenue à partir des acquisitions du capteur lidar, et la vitesse tangentielle est estimée à partir conjointement des données du capteur lidar et de la caméra.

Résumé

[0007] La présente divulgation vient améliorer la situation. En particulier, un but de la présente divulgation est de permettre d'estimer la vitesse d'un véhicule à partir d'une seule acquisition d'un capteur lidar.

[0008] A cet égard, il est proposé un procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule, le procédé étant mis œuvre par un dispositif comprenant un capteur lidar embarqué dans un égo-véhicule, et un calculateur, le capteur lidar étant du type à balayage dans lequel une acquisition d'une zone observée est mise en œuvre par un déplacement de la ligne de visée du capteur lidar selon deux directions de déplacement comprenant une direction de balayage en azimuth et une direction de balayage en élévation de façon à parcourir la zone observée selon une pluralité de lignes de balayage, le procédé comprenant l'acquisition, par le capteur lidar, d'un nuage de points où chaque point est associé à une position initiale en trois dimensions, un horodatage et une orientation en azimuth et en élévation de la ligne de visée du capteur lidar, et un traitement du nuage de points par le calculateur, comprenant :

- La détection d'au moins un objet, l'objet étant représenté par un sous-ensemble de points du nuage de points,
- La détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet correspondant à une même valeur d'azimut ou d'élévation de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction de référence, et
- La détermination d'une vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet, à partir d'une différence entre une position corrigée et une position initiale d'au moins un point de l'objet, et de l'horodatage associé audit point.

[0009] Dans des modes de réalisation, le procédé comprend :

- le calcul d'une vitesse relative d'une pluralité de points de l'objet à partir d'une différence entre la position corrigée et la position initiale de chaque point de la pluralité de points, et de l'horodatage associé audit point, et
- la détermination d'une vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet à partir des vitesses relatives calculées pour chaque point de la pluralité de points.

[0010] Dans des modes de réalisation, l'objet détecté est identifié comme statique, et le procédé comprend la déduction de la vitesse de l'égo-véhicule à partir de la vitesse relative déterminée entre l'égo-véhicule et l'objet.

[0011] Dans des modes de réalisation, l'objet détecté est un véhicule, la vitesse de l'égo-véhicule est connue, et le procédé comprend la déduction de la vitesse de l'objet détecté à partir de la vitesse relative déterminée entre l'égo-véhicule et l'objet.

[0012] Dans des modes de réalisation, le procédé comprend la détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet correspondant à une même valeur d'élévation de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la

pluralité de points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule et parallèle à la route.

- [0013] Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre une classification de l'objet détecté en fonction de la hauteur de l'objet parmi deux classes prédéterminées correspondant respectivement à des objets hauts et des objets bas. Dans ce cas, lorsque l'objet est classé comme un objet bas, la détermination d'une position corrigée d'une pluralité de l'objets est mise en œuvre pour des points de l'objet correspondant à une même valeur d'élévation de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule et parallèle à la route.
- [0014] Lorsque l'objet est classé comme un objet haut, le procédé comprend la détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet correspondant à une même valeur d'azimut de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule et perpendiculaire à la route.
- [0015] Dans des modes de réalisation, la détection d'un objet comprend la mise en œuvre d'un algorithme de regroupement de points à partir de la distance euclidienne entre les points.
- [0016] Selon un autre objet, il est décrit un dispositif d'estimation de la vitesse d'un véhicule, comprenant un capteur lidar apte à être embarqué dans un égo-véhicule, et un calculateur, le capteur lidar étant du type à balayage dans lequel une acquisition d'une zone observée est mise en œuvre par un déplacement de la ligne de visée du capteur en azimut et en élévation pour réaliser un balayage de la zone, caractérisé en ce que le dispositif est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon la description qui précède.
- [0017] Selon un autre objet, il est décrit un produit programme d'ordinateur comportant des instructions de code pour la mise en œuvre du procédé selon la description qui précède, lorsque ce programme est exécuté par un calculateur.
- [0018] Selon un autre objet, il est décrit un support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre du procédé selon la description qui précède, lorsque ce programme est exécuté par un calculateur.
- [0019] Le procédé proposé permet d'estimer la vitesse d'un véhicule observé, ou de l'égo-véhicule embarquant le capteur lidar, à partir d'une seule estimation de ce capteur. En utilisant un capteur lidar à balayage, il est possible d'exploiter le fait que le nuage de points acquis lors d'une même acquisition, c'est-à-dire d'un même balayage, sont acquis à des instants différents, et que lorsque l'objet observé présente une vitesse relative par rapport à l'égo véhicule, cette vitesse relative induit une distorsion entre les

positions des points du nuage de point.

- [0020] La vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet observé peut être déduite de cette distorsion.

Brève description des dessins

- [0021] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :
- [0022] [Fig.1] La [Fig.1] représente schématiquement un exemple de contexte dans lequel est mis en œuvre le procédé selon un mode de réalisation.
- [0023] [Fig.2] La [Fig.2] illustre schématiquement le principe de fonctionnement d'un capteur lidar à balayage.
- [0024] [Fig.3] La [Fig.3] représente schématiquement les principales étapes d'un procédé selon un mode de réalisation.
- [0025] [Fig.4] La [Fig.4] représente une vue de dessus d'un exemple d'acquisition d'un capteur lidar à balayage comprenant un objet de même vitesse que l'égo-véhicule et un objet de vitesse inférieure à celle de l'égo véhicule.
- [0026] [Fig.5] La [Fig.5] représente une vue latérale d'un exemple d'acquisition d'un capteur lidar à balayage comprenant un objet de vitesse supérieure à celle de l'égo véhicule.

Description des modes de réalisation

- [0027] On va maintenant décrire un procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule selon des modes de réalisation. Ce procédé peut être mis en œuvre pour estimer la vitesse de véhicules situés dans l'environnement d'un véhicule de référence V, également appelé égo-véhicule, ou pour estimer la vitesse de l'égo-véhicule.
- [0028] En référence à la [Fig.1], le procédé est mis en œuvre par un dispositif 1 comprenant un capteur 10 lidar embarqué dans l'égo-véhicule V, et une unité de traitement 20 comprenant au moins un calculateur 21 et une mémoire 22. Le calculateur peut comprendre un ou plusieurs processeurs, microprocesseurs, microcontrôleurs, processeur graphique, etc. La mémoire 22 comprend avantageusement une mémoire non volatile permettant de stocker des instructions de code qui sont exécutées par le calculateur pour la mise en œuvre du procédé. L'unité de traitement 20 peut être embarquée dans l'égo-véhicule et en communication avec le capteur par un lien filaire, ou être une unité distante adaptée pour recevoir les données acquises par le capteur par l'intermédiaire d'un réseau de communications sans fil.
- [0029] Le capteur lidar peut être positionné au niveau d'une extrémité avant de l'égo-véhicule, en étant orienté vers l'avant du véhicule, avantageusement selon une direction parallèle à la direction principale du véhicule. Alternativement, le capteur lidar peut être positionné au niveau d'une extrémité arrière de l'égo-véhicule, en étant

orienté vers l'arrière du véhicule, avantageusement selon une direction parallèle à la direction principale du véhicule.

- [0030] En référence à la [Fig.2], le capteur 10 lidar est du type à balayage, par exemple de type microélectromécanique ou MEMS (acronyme anglais de Microelectromechanical Systems), qui est configuré pour mettre en œuvre un déplacement de la ligne de visée du capteur selon deux directions de déplacement différentes, pour réaliser un balayage de la zone observée. Un capteur lidar à balayage 10 peut ainsi comprendre une source lumineuse 11, par exemple laser, générant des impulsions lumineuses 11a à une fréquence déterminée, un dispositif de balayage 12 comprenant un miroir mobile adapté pour réfléchir la lumière émise par la source selon une orientation variable pour obtenir l'orientation souhaitée pour la ligne de visée 12a, et un détecteur 13 adapté pour recevoir la lumière réfléchiée par les objets présents dans la scène observée. Le déplacement du dispositif de balayage est synchronisé avec les émissions des impulsions lumineuses de sorte que chaque impulsion lumineuse corresponde à une orientation respective de la ligne de visée.
- [0031] Dans la suite, on considère que l'orientation de référence du capteur lidar est celle de la ligne de visée du capteur lors de l'émission de la première impulsion lumineuse d'une acquisition. Par « acquisition » (en anglais « frame »), on désigne l'acquisition d'un nuage de points correspondant à un balayage complet de la scène observée par le capteur lidar, après quoi la ligne de visée revient à l'orientation de référence pour mettre en œuvre l'acquisition suivante. L'orientation mentionnée ci-avant du capteur lidar par rapport au véhicule correspond donc à l'orientation de référence.
- [0032] Sur la figure 2, on a représenté par les axes Y et Z les deux directions de balayage de la ligne de visée. L'axe Y correspond avantageusement à un axe horizontal, et l'axe Z correspond avantageusement à un axe vertical, lorsque le capteur lidar est embarqué sur l'égo-véhicule. Le déplacement de la ligne de visée le long de l'axe Y correspond à une variation d'azimut par rapport à l'orientation de référence notée O sur la figure, et le déplacement le long de l'axe Z correspond à une variation d'élévation par rapport à l'orientation de référence.
- [0033] Comme représenté schématiquement sur la [Fig.2], le balayage peut être mis en œuvre en faisant parcourir à la ligne de visée plusieurs lignes successives parallèles 14, horizontales ou verticales, une ligne horizontale étant une ligne à iso-élévation et une ligne verticale étant une ligne à iso-azimut. Dans des modes de réalisation, une fois une ligne de balayage parcourue, par exemple à iso-élévation, la ligne de visée peut être ramenée à l'azimut correspondant à l'orientation de référence avant de parcourir la ligne suivante à une élévation différente, et ainsi de suite. En variante, le balayage peut comprendre une ligne de balayage en azimut ou en élévation, puis, au lieu de revenir à l'azimut, respectivement à l'élévation de l'orientation de référence, modifier

l'élévation, respectivement l'azimut, et balayer dans le sens inverse en azimut, respectivement en élévation pour revenir à l'azimut, respectivement l'élévation de l'orientation de référence.

- [0034] Le capteur lidar est adapté pour mettre en œuvre au moins une acquisition par seconde, par exemple dix acquisitions par seconde, où chaque acquisition correspond à un nuage de points et chaque point est associé à une orientation respective de la ligne de visée du capteur, à un horodatage qui correspond au moment respectif d'émission de l'impulsion lumineuse correspondant au point, et à des coordonnées en trois dimensions qui correspondent aux coordonnées dans l'espace d'un point d'une surface sur laquelle l'impulsion lumineuse a été réfléchie avant d'être captée par le détecteur du capteur lidar.
- [0035] Comme décrit ci-après, le procédé présenté permet d'estimer la vitesse d'un véhicule observé connaissant la vitesse de l'égo-véhicule, ou en variante de l'égo véhicule, à partir d'une seule acquisition, c'est-à-dire d'un nuage de points obtenus par un seul balayage de la scène.
- [0036] En référence à la [Fig.3], le procédé comprend l'acquisition 100 par le capteur lidar 10 d'un nuage de points, chaque point du nuage de point indiquant la position d'un objet de l'environnement de l'égo-véhicule sur lequel l'impulsion lumineuse émise par le capteur lidar a été réfléchie. Chaque point est associé à un horodatage respectif correspondant à l'instant d'émission de l'impulsion lumineuse, des coordonnées en trois dimensions, ci-après nommées « position du point » et une orientation respective de la ligne visée du capteur, exprimée par exemple en azimut et en élévation par rapport à l'orientation de référence. Ces données sont transmises au calculateur qui met en œuvre la suite des étapes.
- [0037] Le procédé comprend ensuite une étape 200 de détection d'au moins un objet situé dans l'environnement de l'égo-véhicule, l'objet étant représenté par un sous-ensemble de points du nuage de points. Cette étape comprend avantageusement la mise en œuvre d'un algorithme de regroupement de points (ou en anglais « clustering ») à partir de la distance euclidienne entre les points du nuage de points, par exemple un algorithme de type k-moyennes.
- [0038] Dans des modes de réalisation, et comme représenté sur la [Fig.3], le procédé peut ensuite comprendre une étape 300 de classification de l'objet détecté en fonction de la hauteur de l'objet, la hauteur de l'objet étant obtenue par une mesure de la différence maximale observée selon l'axe Z entre deux points du sous-ensemble correspondant à l'objet. Si la hauteur est inférieure à un seuil préétabli, l'objet détecté est considéré comme un objet de type « bas », par exemple une voiture, et si la hauteur est supérieure à ce seuil, l'objet détecté est considéré comme un objet de type « haut », par exemple un bus, un camion, etc.

- [0039] Le procédé comprend ensuite une étape 400 de détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet, par rapport à la position initiale de ces points. La pluralité de points dont la position est corrigée correspond avantageusement à un ensemble de points obtenus pour une même valeur d'azimut, mais d'élévations différentes, ou une même valeur d'élévation, mais d'azimuts différents, de la ligne de visée du capteur lidar.
- [0040] En référence à la [Fig.4], on a représenté un exemple de nuage de points obtenus par un capteur lidar, en vue de dessus, c'est-à-dire que la représentation est faite dans un plan X-Y où X est la direction principale du véhicule, correspondant de préférence à l'orientation de référence du lidar, et Y est une perpendiculaire correspondant à une direction de balayage (balayage en azimut). Par conséquent la coordonnée en Z des points du nuage de points n'est pas représentée sur l'image.
- [0041] Sur la [Fig.4], un premier objet O1 détecté est représenté, cet objet présentant la même vitesse que l'égo-véhicule. Compte-tenu de cette vitesse identique, les points appartenant à cet objet et correspondant à des azimuts différents de la ligne de visée du lidar apparaissent avec la même valeur de coordonnée Y, c'est-à-dire que tous les points acquis pour une même élévation de la ligne de visée mais avec des valeurs d'azimuts différents sont alignés horizontalement (sur la [Fig.4], on a relié entre eux par une ligne L1 les points correspondant à un balayage de la ligne de visée à iso-élévation et on constate que cette ligne forme un angle nul avec l'axe Y).
- [0042] Un deuxième objet O2 détecté est représenté, cet objet présentant une vitesse inférieure à celle de l'égo-véhicule. Compte-tenu de l'intervalle de temps qui sépare deux points consécutifs du nuage de points, on observe que des points correspondants à des azimuts différents de la ligne de visée du lidar sont décalés les uns par rapport aux autres selon la direction Y. Sur la [Fig.4], on a relié entre eux par une ligne L2 les points correspondant à un balayage de la ligne de visée à iso-élévation et on constate que cette ligne forme un angle non-nul avec l'axe Y.
- [0043] Par conséquent, l'étape 400 comprend avantageusement la correction de la position des points obtenus pour une même valeur d'élévation, mais correspondant donc à des azimuts différents de la ligne de visée, de sorte que les positions corrigées des points soient alignées, et plus précisément soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule, c'est-à-dire à l'axe X, et parallèle à la route considérée localement comme un plan. Les positions des points corrigées ont donc tous la même coordonnée selon X. Ceci correspond, avec l'orientation de référence mentionnée ci-avant, à un alignement des points parallèlement à la direction Y de balayage en azimut du capteur.
- [0044] Dans un mode de réalisation, l'étape 400 peut comprendre l'application d'un algorithme de type analyse en composantes principales sur le sous-ensemble de points du

nuage de point correspondant à un objet, pour extraire les directions principales x , y , et z selon lesquelles s'étend le nuage de points, suivie d'une rotation appliquée au sous-ensemble de points par rapport au premier point détecté du sous-ensemble pour aligner le sous-ensemble de points selon la direction indiquée ci-avant. Il s'agit donc d'une rotation globale qui est estimée pour aligner l'ensemble de points, qui correspond ensuite à une correction appliquée à chaque point par rapport à sa distance par rapport au premier point détecté du sous-ensemble.

- [0045] Dans des modes de réalisation, en particulier dans les cas où le capteur lidar est positionné à l'avant du véhicule et permet donc d'acquérir des données relatives à l'arrière des véhicules environnants, il est possible de vérifier après correction que le nuage de points corrigé présente une enveloppe concave, ce qui est le cas de l'arrière des véhicules. Si cet aspect n'est pas vérifié, le processus s'arrête sans conclure sur la vitesse relative entre l'objet détecté et l'égo-véhicule, et reprendre à une acquisition suivante du nuage de points.
- [0046] Lorsque le procédé ne comprend pas d'étape 300 de classification de l'objet en fonction de sa hauteur, cette étape 400 peut être mise en œuvre pour tous les véhicules.
- [0047] En revanche, lorsque le procédé comprend une étape 300 de classification de l'objet en fonction de sa hauteur, cette mise en œuvre de l'étape 400 ne concerne avantagusement que les véhicules bas. Les véhicules hauts peuvent alors faire l'objet d'une autre correction, qui est plus précise compte-tenu de la hauteur du véhicule.
- [0048] En référence à la [Fig.5], on a représenté un autre exemple de nuage de points obtenus par un capteur lidar, en vue latérale, c'est-à-dire que la représentation est faite dans un plan X - Z ou X est la direction principale du véhicule, correspondant de préférence à l'orientation de référence du lidar, et Z est une perpendiculaire correspondant à une direction de balayage (balayage en élévation). Par conséquent la coordonnée en Y des points du nuage de points n'est pas représentée sur l'image.
- [0049] Sur la [Fig.5], un nuage de points comprenant un objet détecté présentant une vitesse supérieure à celle de l'égo-véhicule est représenté. Si l'objet présentait une vitesse identique à celle de l'égo-véhicule, les points appartenant à cet objet et correspondant à des élévations différentes de la ligne de visée du lidar apparaîtraient avec la même valeur de coordonnée X , c'est-à-dire que tous les points acquis pour un même azimuth de la ligne de visée mais avec des valeurs d'élévation différentes seraient alignées verticalement, parallèlement à l'axe z . Or, dans le cas représenté, qui correspond à un balayage du haut vers le bas l'intervalle de temps entre l'acquisition des points correspondants aux valeurs de Z les plus élevées et les points correspondants aux valeurs de Z les plus basses se traduit par un décalage selon X des positions des points, et donc une ligne $L3$ reliant des points correspondant à un même azimuth de la ligne de visée inclinée par rapport à Z .

- [0050] Dans ce cas, l'étape 400' comprend la correction des positions des points obtenus pour une même valeur d'azimut, mais correspondant à des élévations différentes de la ligne de visée, de sorte que les positions corrigées des points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule, c'est-à-dire à l'axe X, et perpendiculaire à la route considérée localement comme un plan, donc une direction sensiblement verticale lorsque la route est horizontale. Les positions des points corrigées ont donc toutes la même coordonnée selon X. Ceci correspond, avec l'orientation de référence mentionnée ci-avant, à un alignement des points selon parallèlement à la direction Z de balayage en élévation du capteur lidar.
- [0051] Dans un mode de réalisation, l'étape 400' peut comprendre l'application d'un algorithme de type analyse en composantes principales sur le sous-ensemble de points du nuage de point correspondant à un objet, pour extraire les directions principales x, y, et z selon lesquelles s'étend le nuage de points, suivie d'une rotation appliquée au sous-ensemble de points par rapport au premier point détecté du sous-ensemble pour aligner le sous-ensemble de points selon la direction décrite ci-avant. Il s'agit donc d'une rotation globale qui est estimée pour aligner l'ensemble de points, qui correspond ensuite à une correction appliquée à chaque point par rapport à sa distance par rapport au premier point détecté du sous-ensemble. A partir des positions corrigées d'au moins certains points appartenant à l'objet, le procédé comprend une étape 500 de détermination d'une vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet. Cette étape est mise en œuvre à partir d'une différence entre la position corrigée d'un point et la position initiale du point, et de l'horodatage associé audit point.
- [0052] Plus précisément, la vitesse relative peut être calculée comme suit :
- $$v_p = \frac{p_f - p_{cor}}{t_p - t_{ref}}$$
- Où v_p est la vitesse relative calculée pour le point p, p_i est la position initiale du point p, p_{cor} est la position corrigée du point p, t_p est l'horodatage associé au point p et t_{ref} est un temps de référence, qui est choisi comme l'horodatage du premier point d'une ligne de balayage.
- [0053] La vitesse relative est avantageusement calculée pour plusieurs points appartenant à l'objet et dont les positions sont corrigées, et le procédé comprend la déduction de la vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet à partir des vitesses calculées pour les différents points, par exemple par une moyenne des vitesses calculées.
- [0054] Dans le cas où l'objet détecté est un objet mobile, et si la vitesse de l'égo-véhicule est connue par ailleurs, le procédé permet de déduire la vitesse absolue de l'objet mobile. Alternativement, si l'objet détecté est un objet statique, par exemple un élément de signalisation, le procédé permet de déduire la vitesse de l'égo-véhicule.

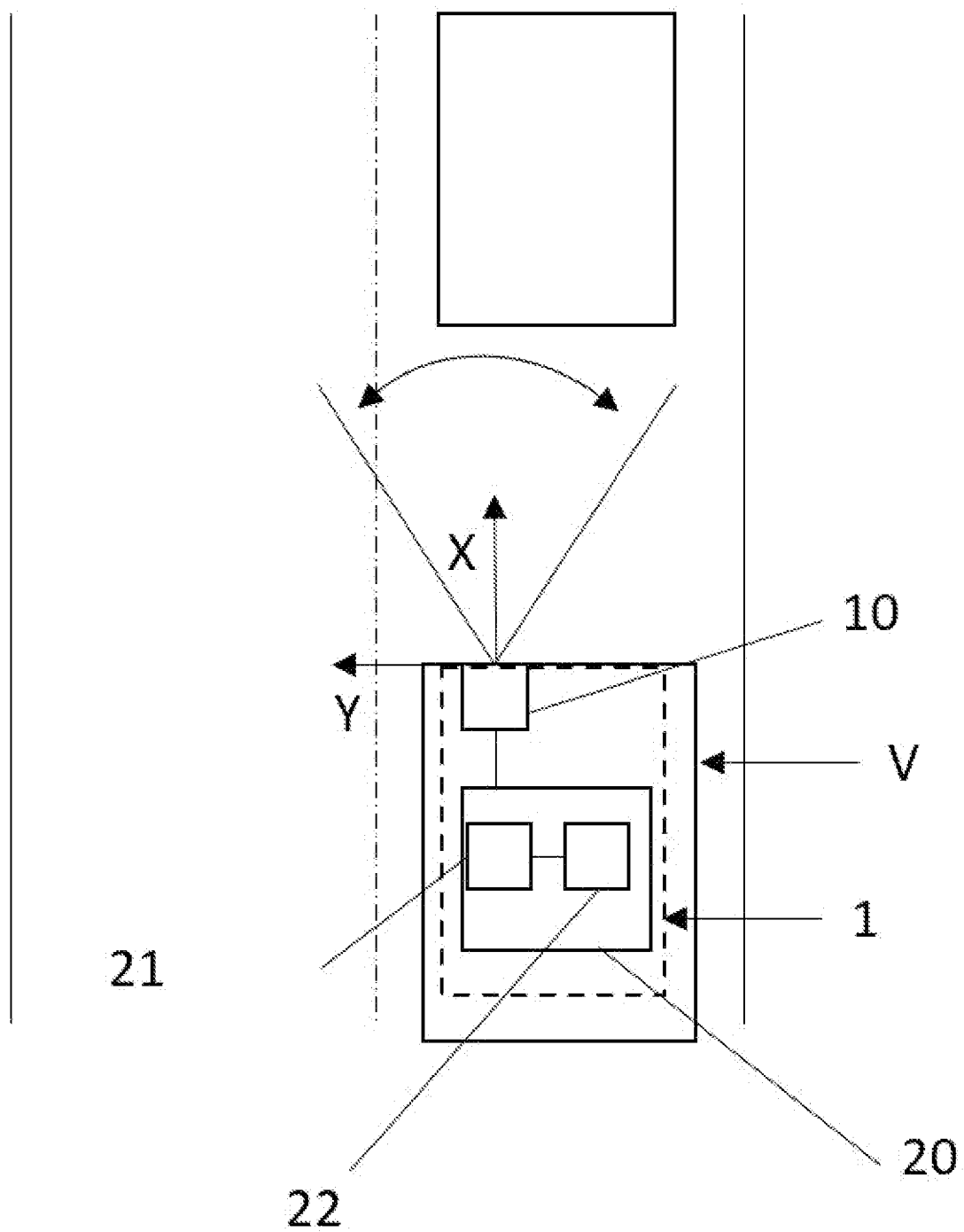
Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'estimation de la vitesse d'un véhicule, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif (1) comprenant un capteur lidar (10) embarqué dans un égo-véhicule, et un calculateur (21),
le capteur lidar étant du type à balayage dans lequel une acquisition d'une zone observée est mise en œuvre par un déplacement de la ligne de visée du capteur lidar selon deux directions de déplacement comprenant une direction de balayage en azimuth et une direction de balayage en élévation de façon à parcourir la zone observée selon une pluralité de lignes de balayage,
le procédé comprenant l'acquisition (100), par le capteur lidar (10), d'un nuage de points où chaque point est associé à une position initiale en trois dimensions, un horodatage et une orientation en azimuth et en élévation de la ligne de visée du capteur lidar, et un traitement du nuage de points par le calculateur (21), comprenant :
- la détection (200) d'au moins un objet (O1, O2), l'objet étant représenté par un sous-ensemble de points du nuage de points,
 - la détermination (400, 400') d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet (O1, O2) correspondant à une même valeur d'azimut ou d'élévation de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction de référence, et
 - la détermination (500) d'une vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet, à partir d'une différence entre une position corrigée et une position initiale d'au moins un point de l'objet, et de l'horodatage associé audit point.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, comprenant :
- le calcul d'une vitesse relative d'une pluralité de points de l'objet à partir d'une différence entre la position corrigée et la position initiale de chaque point de la pluralité de points, et de l'horodatage associé audit point, et
 - la détermination d'une vitesse relative entre l'égo-véhicule et l'objet à partir des vitesses relatives calculées pour chaque point de la pluralité de points.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel l'objet détecté est identifié comme statique, et le procédé comprend la déduction de la vitesse de l'égo-véhicule à partir de la vitesse relative

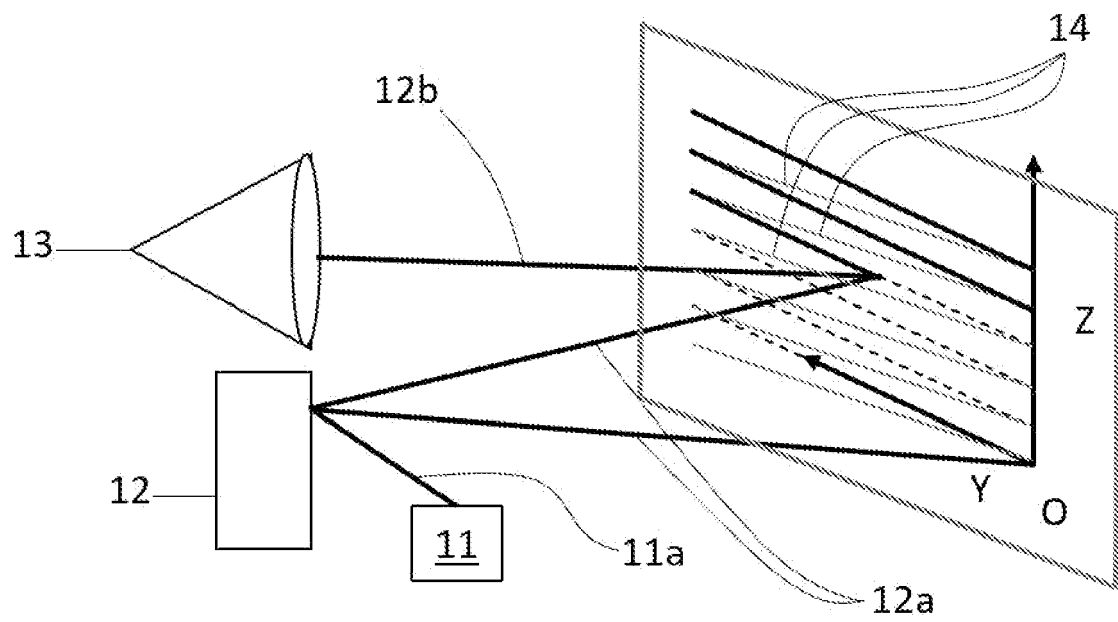
- déterminée entre l'égo-véhicule et l'objet.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel l'objet détecté est un véhicule, la vitesse de l'égo-véhicule est connue, et le procédé comprend la déduction de la vitesse de l'objet détecté à partir de la vitesse relative déterminée entre l'égo-véhicule et l'objet.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant la détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet correspondant à une même valeur d'élévation de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule et parallèle à la route.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une classification (300) de l'objet détecté en fonction de la hauteur de l'objet parmi deux classes prédéterminées correspondant respectivement à des objets hauts et des objets bas.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel la détermination de la position corrigée d'une pluralité de points de l'objet est mise en œuvre selon la revendication 5 quand l'objet est classé comme un objet bas.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 6, comprenant, quand l'objet est classé comme un objet haut, la détermination d'une position corrigée d'une pluralité de points de l'objet correspondant à une même valeur d'azimut de la ligne de visée du capteur lidar, pour que les positions corrigées de la pluralité de points soient alignées selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale de l'égo-véhicule et perpendiculaire à la route.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la détection d'un objet comprend la mise en œuvre d'un algorithme de regroupement de points à partir de la distance euclidienne entre les points.
- [Revendication 10] Dispositif d'estimation de la vitesse d'un véhicule, comprenant un capteur lidar apte à être embarqué dans un égo-véhicule, et un calculateur, le capteur lidar étant du type à balayage dans lequel une acquisition d'une zone observée est mise en œuvre par un déplacement de la ligne de visée du capteur en azimut et en élévation pour réaliser un balayage de la zone, caractérisé en ce que le dispositif est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 11] Produit programme d'ordinateur comportant des instructions de code

pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 lorsque ce programme est exécuté par un ordinateur (21).

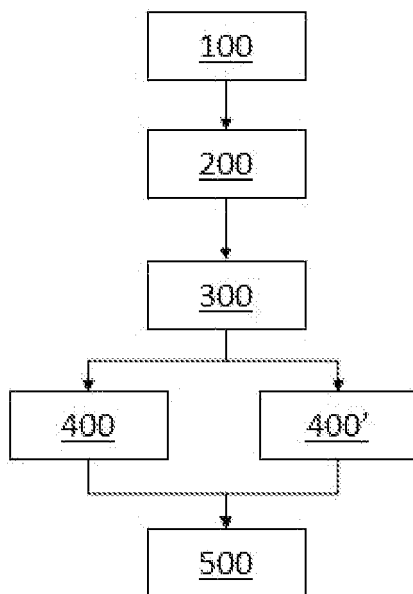
[Fig. 1]

**Fig. 1**

[Fig. 2]

**Fig. 2**

[Fig. 3]

**Fig. 3**

[Fig. 4]

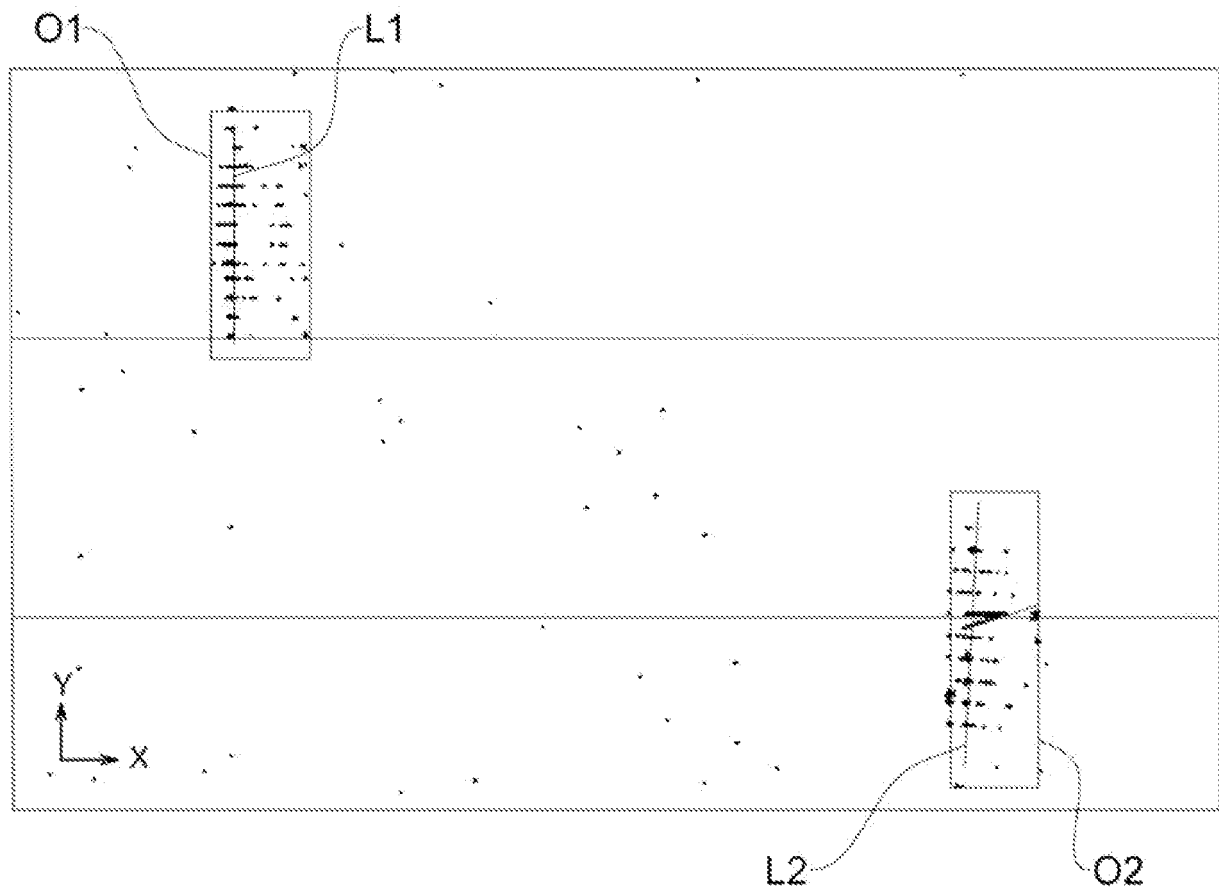


Fig. 4

[Fig. 5]

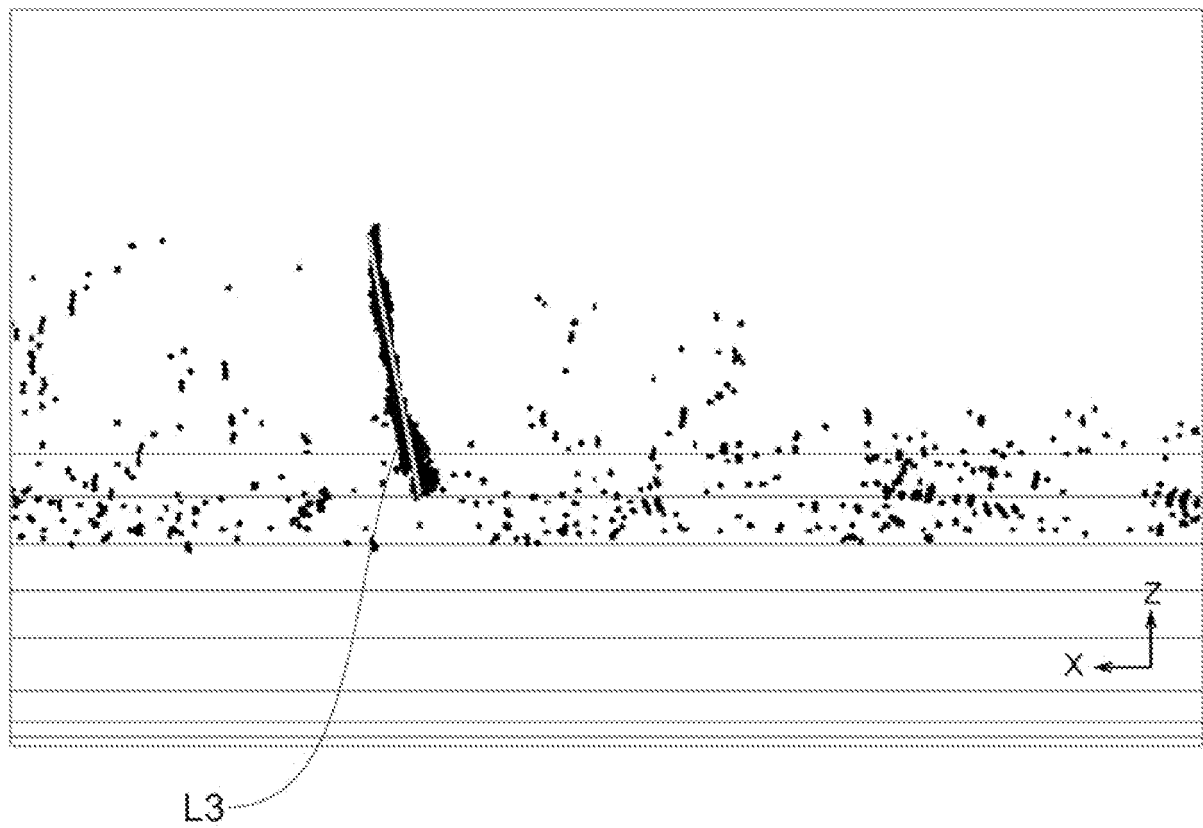


Fig. 5

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

NEANT

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

US 2020/041648 A1 (DANZIGER ERIC C [US] ET AL) 6 février 2020 (2020-02-06)

US 2022/107414 A1 (MAHESHWARI PRANAV [US] ET AL) 7 avril 2022 (2022-04-07)

Fischler Oded ET AL: "Online Ego-Motion Estimation Using LiDAR Point Cloud Clustering",

, 28 octobre 2019 (2019-10-28), XP093070386,

Extrait de l'Internet:

URL: <https://adworkshoporg.files.wordpress.com/2019/10/online-cluster-based-ego-motion-estimation3.pdf>

[extrait le 2023-08-03]

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

NEANT