

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2018/020044 A1

(43) Date de la publication internationale
01 février 2018 (01.02.2018)

(51) Classification internationale des brevets :

G01S 17/02 (2006.01) G01S 15/02 (2006.01)
G01S 17/93 (2006.01) G01S 13/86 (2006.01)
G01S 13/58 (2006.01) G01S 13/72 (2006.01)
G01S 15/93 (2006.01) G01S 13/93 (2006.01)

(71) Déposant : VALEO SCHALTER UND SENSOREN
GMBH [DE/DE] ; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Inventeur : LAMDOUAR, Hala ; C/o Valeo Comfort and Driving Assistance, 76 rue Auguste Perret - ZI Europarc, 94046 Créteil CEDEX (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2017/069252

(22) Date de dépôt international :

28 juillet 2017 (28.07.2017)

(74) Mandataire : DELPLANQUE, Arnaud ; Valeo Comfort and Driving Assistance, Propriété Intellectuelle, 76, rue Auguste Perret - ZI Europarc, 94046 Créteil CEDEX (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

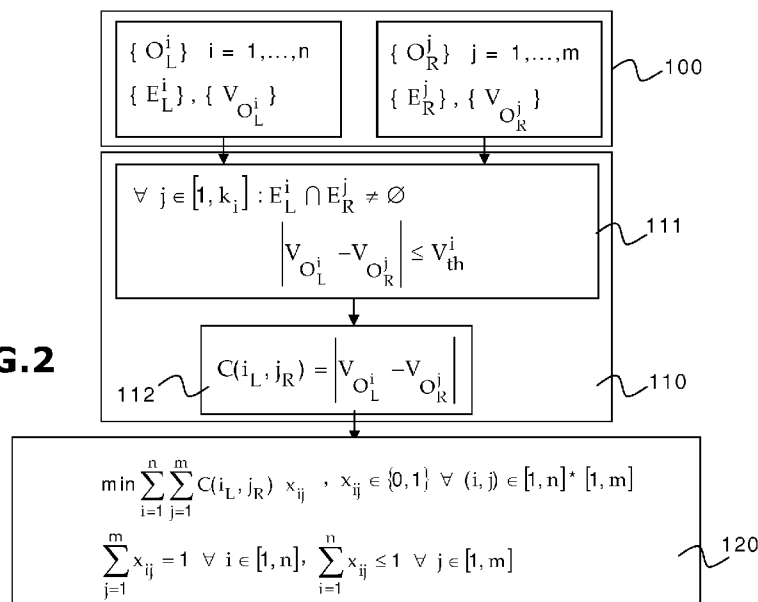
1657409 29 juillet 2016 (29.07.2016) FR

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR ASSOCIATING DATA PERTAINING TO THE DETECTION AND TRACKING OF MOVING OBJECTS FOR AN AUTOMOTIVE VEHICLE

(54) Titre : PROCÉDÉ ET SYSTÈME D'ASSOCIATION DE DONNÉES DE DÉTECTION ET DE SUIVI D'OBJETS MOBILE POUR VÉHICULE AUTOMOBILE

FIG.2



(57) Abstract: The invention relates to a method for associating data pertaining to the detection and tracking of moving objects with a view to merging them, said data arising from a first object detector and from a second object detector fitted to an automotive vehicle, in the form of a first list and a second list of detected objects, the method being characterized in that it comprises the construction (110) of an initial bipartite graph between a first set and a second set, in which the vertices of the first set of the bipartite graph correspond to the objects of the first list and the vertices of the second set of the bipartite graph corresponding to the objects of the second list, said construction comprising a step of creating (111) links between vertices of the first set and vertices of the second set and of assigning

KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(112) a weight to each created link; and the determination (120) of a minimum-weight perfect matching by combinatorial optimization of said initial bipartite graph in order to obtain a simple final bipartite graph in which one vertex of the first or of the second set is linked at most to one vertex of the second or of the first set.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de leur fusion, lesdites données étant issues d'un premier détecteur d'objets et d'un deuxième détecteur d'objets équipant un véhicule automobile, sous forme d'une première liste et d'une deuxième liste d'objets détectés, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend la construction (110) d'un graphe biparti initial entre un premier ensemble et un deuxième ensemble, dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la première liste et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondant aux objets de la deuxième liste, ladite construction comprenant une étape de création (111) de liaisons entre sommets du premier ensemble et sommets du deuxième ensemble et d'affectation (112) d'un poids à chaque liaison créée; et la détermination (120) d'un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire dudit graphe biparti initial pour obtenir un graphe biparti final simple dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble.

PROCEDURE ET SYSTEME D'ASSOCIATION DE DONNEES DE DETECTION ET DE SUIVI D'OBJETS MOBILE POUR VEHICULE AUTOMOBILE

La présente invention concerne de manière générale le domaine des
5 véhicules automobiles, et plus précisément un procédé et un système
d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de
leur fusion.

Il est connu d'équiper certains véhicules automobiles avec des
systèmes d'aide à la conduite utilisant différents capteurs pour détecter
10 différents objets situés dans l'environnement du véhicule en vue de permettre
aux conducteurs et/ou aux systèmes d'aide à la conduite d'adapter la conduite
à la situation.

Les objets à détecter peuvent être, selon les applications recherchées,
des obstacles sur la route, tels que des piétons ou d'autres véhicules, ou toute
15 information relative à la route empruntée, telle que les lignes de marquage
routier, la reconnaissance des panneaux de signalisation ou des feux
tricolores. On s'intéresse dans la suite plus particulièrement à la détection
d'objets mobiles (piétons ou véhicule de tout type).

Tout système de détection utilisé pour l'assistance à la conduite
20 comporte classiquement au moins un capteur apte à détecter des objets dans
l'environnement du véhicule, typiquement à l'avant, à l'arrière ou sur un côté
du véhicule dans une zone d'observation donnée, ainsi qu'un module de
traitement associé à ce capteur. Le module de traitement est apte à délivrer
au moins une information relative à chaque objet détecté, typiquement la
25 position (coordonnées cartésiennes ou distance associée à un angle) de cet
objet par rapport au véhicule. Certains modules de traitement permettent en
outre, à partir de traitements d'images capturées par une caméra, une
classification de l'objet détecté, par exemple pour identifier la présence d'un
piéton, ou de véhicules susceptibles de présenter un danger. Dans la suite, on
30 appelle « détecteur d'objets » l'ensemble formé par un capteur d'une
technologie donnée et de son module de traitement associé.

Différentes technologies de capteurs (caméra, radar, lidar, capteur
laser, capteur à ultrasons) peuvent être utilisées en fonction des besoins.

Les détecteurs d'objets précités présentent néanmoins l'inconvénient d'être peu précis dans certains types de mesures. Ainsi, un système de détection utilisant une caméra ne permet pas des mesures très précises en distance, contrairement au radar. A l'inverse, le radar est moins précis en angle qu'une caméra. Par ailleurs, les capteurs actifs (radar, lidar, laser) sont
5 précis en position mais pas en classification. En particulier pour le lidar et le laser, l'imprécision en classification est due au fait qu'ils essayent de reconstituer un objet à partir de la distribution géométrique des faisceaux réfléchis.

10 Pour garantir une perception fiable de l'environnement du véhicule, il est ainsi connu d'utiliser plusieurs détecteurs d'objets de technologies différentes, et de fusionner les données issues de ces différents détecteurs.

Cette fusion multi-capteurs dite de « haut niveau », décrite par exemple dans l'article intitulé « A multi-sensor fusion system for moving
15 object detection and tracking in urban driving environments » (Cho et al., 2014 IEEE International Conference on robotics & automation (ICRA) Hong Kong Convention and exhibition Center – May 31-June 7, 2014), comprend essentiellement les trois étapes suivantes:

- une étape d'association consistant à déterminer si deux objets
20 détectés par deux détecteurs différents correspondent ou non à un même objet ;
- une étape de fusion/reconstruction de l'objet en combinant les objets associés à l'étape précédente.
- une étape de suivi (ou tracking) des différents objets.

25 Pour illustrer la problématique de la fusion dite de haut niveau, la figure 1 représente une configuration de situation routière avec un véhicule automobile 1 équipé de plusieurs détecteurs d'objets de technologie différente, ici d'un premier détecteur R, par exemple utilisant un capteur radar placé à l'avant du véhicule automobile 1, et d'un second détecteur L, utilisant par
30 exemple un capteur lidar placé sur le pare-brise du véhicule automobile 1. La figure 1 représente schématiquement les objets mobiles détectés respectivement par les détecteurs L et R. Les objets détectés, tels qu'issus des différents détecteurs, se présentent sous la forme de boîtes englobantes, ici

des rectangles. Les boîtes en traits pleins correspondent aux objets détectés par le détecteur R alors que les boîtes en traits pointillés correspondent aux objets détectés par le détecteur L. Ainsi, dans l'exemple représenté :

- le détecteur d'objets R a détecté la présence de quatre objets
5 mobiles référencés O_R^1 , O_R^2 , O_R^3 et O_R^4 .

- le détecteur d'objets L a détecté la présence de deux objets mobiles référencés O_L^1 et O_L^2 .

Les indices R et L utilisés dans les notations identifient le détecteur responsable de la détection d'objets.

10 Chaque boîte englobante correspond à un objet tel qu'il a été détecté par le détecteur considéré, avec notamment des informations estimées concernant sa position relative par rapport au véhicule automobile 1, ses dimensions, sa vitesse relative et éventuellement, selon le type de détecteur utilisé, d'autres attributs comme sa classe (type d'objets).

15 Sur la figure 1, on a également représenté les ellipses d'incertitude autour de la position de chaque objet détecté, ou ellipses de covariance, la position étant modélisée par une distribution Gaussienne 2D dont les paramètres (écarts-types) sont données par les fournisseurs des capteurs. Ainsi, à titre d'exemple, l'ellipse E_R^3 correspond à l'incertitude en position de
20 l'objet O_R^3 détecté par le détecteur R.

Le but de l'étape précitée d'association est de déterminer quels sont, parmi les objets issus de la liste d'objets $\{O_R^1, O_R^2, O_R^3, O_R^4\}$ délivrée par le détecteur R et les objets issus de la liste d'objets $\{O_L^1, O_L^2\}$ délivrée par le détecteur L, les objets qui correspondent en fait à un seul et même obstacle
25 mobile. En d'autres termes, l'étape d'association consiste à coupler ou appairer les objets provenant des deux listes, selon des critères de ressemblance, de sorte que les données des objets ainsi appariés pourront être fusionnées pour reconstruire un objet plus proche de la réalité.

Les algorithmes actuels se basent sur la position des boîtes englobantes et sur les zones de recouvrement des ellipses d'incertitudes pour décider si deux boîtes peuvent être ou non associées. Typiquement, les positions des objets sont modélisées par une distribution gaussienne à deux dimensions, centrée sur un point particulier, par exemple le centre des boîtes englobantes ou, comme représenté sur la figure 1, le milieu du segment de la boîte le plus proche du véhicule 1. Deux objets détectés par deux détecteurs différents sont ensuite appariés si les ellipses d'incertitudes associées se recouvrent le plus. Chaque objet apparié est enlevé de la liste d'objet, et l'algorithme est reconduit de façon itérative sur les listes d'objets restants.

L'inconvénient de ce type d'algorithme est qu'il ne permet pas de résoudre les conflits lorsqu'un objet d'une liste peut être apparié à deux objets de l'autre liste. Par exemple, dans le cas de la figure 1, on pourrait considérer que l'objet O_R^3 pourrait être apparié soit à l'objet O_L^1 , soit à l'objet O_L^2 , compte tenu des distances similaires séparant ces objets, et des recouvrements similaires des ellipses E_L^1 et E_R^3 d'une part, et E_R^3 et E_L^2 d'autre part.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients des algorithmes de fusion de haut niveau jusqu'ici utilisés.

Pour ce faire, l'invention a pour objet un procédé d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de leur fusion, lesdites données étant issues d'un premier détecteur d'objets et d'un deuxième détecteur d'objets équipant un véhicule automobile, sous forme d'une première liste et d'une deuxième liste d'objets détectés, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- construction d'un graphe biparti initial entre un premier ensemble et un deuxième ensemble, dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la première liste et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la deuxième liste, ladite construction comprenant une étape de création de

liaisons entre sommets du premier ensemble et sommets du deuxième ensemble et d'affectation d'un poids à chaque liaison créée ;

- détermination d'un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire dudit graphe biparti initial pour obtenir un graphe biparti final simple dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble.

Selon d'autres particularités possibles :

- chaque objet détecté étant associé d'une part, à au moins un attribut représentatif d'une vitesse relative entre le véhicule automobile et l'objet détecté, et d'autre part à une ellipse d'incertitude de détection, une liaison est créée dans ledit graphe biparti initial entre un premier sommet correspondant à un premier objet de la première liste et un deuxième sommet correspondant à un deuxième objet de la deuxième liste de préférence en fonction d'une comparaison entre les attributs correspondants représentatifs des vitesses relatives et des ellipses d'incertitudes correspondantes;
- ladite liaison peut notamment être créée si les ellipses d'incertitudes correspondantes se recouvrent et si une différence entre les attributs correspondant représentatifs des vitesses relatives est inférieure à une valeur seuil prédéterminée ;
- ladite valeur seuil est avantageusement prédéterminée en fonction de la vitesse relative associée au premier objet;
- l'étape de création d'une liaison entre ledit premier sommet et ledit deuxième objet peut prendre en compte également au moins un autre attribut des objets détectés correspondants, tel qu'une classification des objets ou un sens de déplacement ;
- pour chaque liaison créée dans le graphe biparti initial entre un premier sommet et un deuxième sommet, le poids associé correspond de préférence à une différence entre les vitesses relatives associées au premier objet et au deuxième objet.

L'invention a également pour objet un système d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de leur fusion, lesdites données étant issues d'un premier détecteur d'objets et d'un

deuxième détecteur d'objets équipant un véhicule automobile, sous forme d'une première liste et d'une deuxième liste d'objets détectés, le système étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens aptes à :

- construire un graphe biparti initial entre un premier ensemble et un deuxième ensemble, dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la première liste et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la deuxième liste, ladite construction comprenant la création de liaisons entre sommets du premier ensemble et sommets du deuxième ensemble et d'affectation d'un poids à chaque liaison créée ;
- déterminer un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire dudit graphe biparti initial pour obtenir un graphe biparti final simple dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble.

Les deux détecteurs peuvent être de technologies différentes, chacun desdits détecteurs utilise un capteur choisi dans le groupe comprenant un capteur de vision, un radar, un lidar.

L'invention et les différents avantages qu'elle procure seront mieux compris au vu de la description suivante, faite en référence aux figures annexées, dans lesquelles :

- la figure 1 déjà décrite ci-avant, représente schématiquement une situation routière et les résultats de détection d'obstacles obtenus avec un véhicule automobile équipé de deux détecteurs de technologies différentes ;
- la figure 2, illustre des étapes susceptibles d'être réalisées dans un procédé d'association de données conforme à l'invention ;
- les figures 3a et 3b illustrent schématiquement un graphe biparti initial et un graphe simple final obtenu selon les principes de l'invention pour la situation routière de la figure 1 ;
- la figure 4 illustre, sous forme de synoptique simplifié, un exemple de système d'association de données conforme à l'invention.

Le principe sur lequel est fondée l'invention est celui de la modélisation du problème de l'association des objets provenant d'au moins deux détecteurs par la théorie des graphes.

La figure 2 illustre schématiquement des étapes possibles pour une telle modélisation :

Chaque détecteur R ou L fournit, lors d'une étape préalable 100, sa propre liste d'objets détectés qui correspond à un ensemble fini d'objets. Plus précisément, le détecteur L délivre une liste de n objets, que l'on peut représenter mathématiquement par l'ensemble $\{O_L^i\}$ pour lequel i est un entier variant de 1 à n. De manière similaire, le détecteur R délivre une liste de m objets, que l'on peut représenter mathématiquement par l'ensemble $\{O_R^j\}$ pour lequel j est un entier variant de 1 à m. Les deux listes ne comprennent pas forcément le même nombre d'objets, et l'on supposera dans la suite que l'entier n est inférieur ou égal à l'entier m.

Chaque objet détecté est associé d'une part, à au moins un attribut représentatif d'une vitesse relative entre le véhicule automobile et l'objet détecté, et d'autre part à une ellipse d'incertitude de détection.

Ainsi, le détecteur L fournit également un ensemble de n ellipses d'incertitude que l'on peut représenter mathématiquement par $\{E_L^i\}$, et un ensemble de n vitesses relatives dont la représentation mathématique est $\{V_{O_L^i}\}$. De façon similaire, on note $\{E_R^j\}$ l'ensemble des m ellipses d'incertitude associé aux objets détectés par le détecteur R, et $\{V_{O_R^j}\}$ l'ensemble des m vitesses relatives correspondant à ces mêmes objets.

Pour illustrer ce principe dans le cadre de la configuration routière de la figure 1, le détecteur L délivre l'ensemble de deux objets $\{O_L^1, O_L^2\}$ et le détecteur R délivre l'ensemble de quatre objets $\{O_R^1, O_R^2, O_R^3, O_R^4\}$.

Une première étape 110 du procédé d'association selon l'invention consiste à construire un graphe biparti initial entre les deux ensembles

d'objets détectés dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets détectés par le détecteur L, et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondent aux objets détectés par le détecteur R. La construction de ce graphe initial nécessite également la
 5 création de liaisons entre les sommets du premier ensemble et ceux du second ensemble, ainsi que l'affectation d'un poids ou coût à chaque liaison créée.

L'étape 111 de création de liaisons consiste à rechercher, pour chaque objet ou sommet du premier ensemble, les candidats possibles, en termes de ressemblance, dans les sommets du deuxième ensemble.

10 Dans une implémentation préférée de l'invention, un objet du deuxième ensemble est candidat pour être apparié à un objet du premier ensemble si et seulement si :

- il y a intersection de son ellipse d'incertitude avec l'ellipse d'incertitude de l'objet du premier ensemble ; et

15 - les vitesses relatives associées aux objets sont proches.

Ceci peut se traduire mathématiquement par les expressions suivantes :

$$\begin{aligned} & \forall j \in [1, k_i] : \\ & E_L^i \cap E_R^j \neq \emptyset \text{ et} \\ 20 & \left| V_{O_L^i} - V_{O_R^j} \right| \leq V_{th}^i \end{aligned}$$

dans lesquelles :

k_i est un entier représentant le nombre total de candidats possibles pour être appariés à un objet O_L^i ; et

V_{th}^i correspond à une valeur seuil prédéterminée.

25 De façon avantageuse, cette valeur seuil est fonction de la vitesse relative de l'objet pour lequel on recherche les candidats.

On peut en particulier définir que :

$$V_{th}^i = 0,1 * V_{O_L^i}$$

La création de liaison prend en compte au minimum les vitesses relatives. Néanmoins, dans d'autres implémentations, la création d'une liaison entre ledit premier sommet et ledit deuxième objet peut prendre en compte également au moins un autre attribut des objets détectés correspondants, tel qu'une classification des objets ou un sens de déplacement.

Afin de compléter le graphe initial, des poids ou coûts sont également affectés à chaque liaison créée (étape 112). Le poids associé correspond de préférence à une différence entre les vitesses relatives associées aux objets concernés par la liaison, ce qui peut s'exprimer mathématiquement par l'expression

$$C(i_L, j_R) = \left| V_{O_L^i} - V_{O_R^j} \right|$$

dans laquelle $C(i_L, j_R)$ est le poids affecté entre une liaison reliant l'objet O_L^i et l'objet O_R^j . On peut également utiliser une autre métrique telle que la distance euclidienne entre les vitesses.

La figure 3a montre l'exemple du graphe biparti initial 4 obtenu pour la configuration de détection d'objets montrée sur la figure 1. On y retrouve les deux sommets correspondant aux deux objets détectés par le détecteur L, les quatre sommets correspondant aux objets détectés par le détecteur R et quatre liaisons montrées en pointillés, qui ont été créées dans ce graphe initial 4 selon les calculs précédents, ainsi que les poids ou coûts associés à ces liaisons. Sur cette figure 3a, on constate notamment que les objets O_R^1 et O_R^3 sont deux candidats possibles pour être appariés à l'objet O_L^1 , avec des poids associés notés respectivement $C(1_L, 1_R)$ et $C(1_L, 3_R)$.

Dans l'étape suivante 120, on va rechercher à minimiser ces coûts de façon à éliminer des liaisons et ne retenir que celles qui seront représentatives de l'association finale des objets. En d'autres termes, l'étape 120 consiste à

déterminer un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire du graphe biparti initial pour obtenir un graphe biparti final simple dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble. Eliminer le plus de liaison possibles en gardant le moindre coût.

Ceci peut se traduire mathématiquement par les expressions ci-après:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(i_L, j_R) x_{ij} \text{ avec}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in [1, n] \times [1, m]$$

10

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad \forall i \in [1, n]$$

$$\text{et } \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in [1, m]$$

ce qui signifie en pratique que l'on cherche à obtenir un graphe final simple dans lequel :

- chaque objet détecté par le détecteur L doit être associé à un unique objet détecté par le détecteur R ;

- on accepte néanmoins qu'un objet détecté par le détecteur R ne soit pas apparié.

20

Dans les équations précédentes, la variable entière x_{ij} traduit le fait qu'une liaison existe entre deux sommets. Elle est égale à 1 si O_R^j et O_L^i sont reliés et à 0 sinon.

La figure 3b montre l'exemple du graphe biparti final simple 5 obtenu pour la configuration de détection d'objets montrée sur la figure 1.

25

Le procédé tel qu'il vient d'être décrit est particulièrement avantageux dans le cadre de la fusion multi-capteurs utilisant des capteurs de technologies différentes. Néanmoins, il peut également être appliqué dans les cas où les capteurs sont de même nature.

5 La figure 4 résume sous forme de synoptique simplifiée différentes composantes possibles d'un système 6 d'association de données de détection multi capteurs équipant un véhicule automobile, selon l'invention. Le système 6 reçoit dans l'exemple pris les objets détectés d'une part par un premier détecteur d'objets R (objets O_R^i), et d'autre part par un second détecteur
10 d'objets L (objets O_L^j). Les détecteurs peuvent être, comme représenté sur la figure 4, des composantes externes au système 6, utilisées par exemple pour d'autres fonctionnalités d'assistance à la conduite. En variante, les détecteurs d'objets font partie intégrante du système 6.

Les références 7, 8 et 9 sur la figure 4 illustrent les modules de
15 traitement de données associés à chaque étape d'un processus de fusion de données à haut niveau. Ainsi, le système 6 comporte des moyens 7 chargés de l'association objets détectés par les différents détecteurs, des moyens 8 chargés de la fusion des objets qui ont été associés, et des moyens 9 aptes à assurer le suivi des objets.

20 Conformément aux principes de l'invention, l'association de deux objets délivrés par chacun des deux détecteurs repose sur la construction préalable d'un graphe biparti, par des moyens référencés 70, puis sur l'optimisation combinatoire, par des moyens référencés 71, jusqu'à obtention d'un graphe biparti simple, comme expliqué ci-avant.

25

REVENDICATIONS

1. Procédé d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de leur fusion, lesdites données étant issues d'un premier détecteur (R) d'objets et d'un deuxième détecteur (L) d'objets équipant un véhicule automobile (1), sous forme d'une première liste et d'une deuxième liste d'objets détectés, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
 - construction (110) d'un graphe biparti initial (4) entre un premier ensemble et un deuxième ensemble, dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la première liste et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la deuxième liste, ladite construction comprenant une étape (111) de création de liaisons entre sommets du premier ensemble et sommets du deuxième ensemble et d'affectation (112) d'un poids à chaque liaison créée ;
 - détermination (120) d'un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire dudit graphe biparti initial (4) pour obtenir un graphe biparti final simple (5) dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque objet détecté étant associé d'une part, à au moins un attribut représentatif d'une vitesse relative entre le véhicule automobile (1) et l'objet détecté, et d'autre part à une ellipse d'incertitude de détection, une liaison est créée (111) dans ledit graphe biparti initial entre un premier sommet correspondant à un premier objet de la première liste et un deuxième sommet correspondant à un deuxième objet de la deuxième liste en fonction d'une comparaison entre les attributs correspondants représentatifs des vitesses relatives et des ellipses d'incertitudes correspondantes.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite liaison est créée si les ellipses d'incertitudes correspondantes se recouvrent et si une différence entre les attributs correspondant représentatifs des vitesses relatives est inférieure à une valeur seuil prédéterminée.
- 5 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite valeur seuil est prédéterminée en fonction de la vitesse relative associée au premier objet.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que l'étape (111) de création d'une liaison entre ledit premier
10 sommet et ledit deuxième objet prend en compte également au moins un autre attribut des objets détectés correspondants, tel qu'une classification des objets ou un sens de déplacement.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que, pour chaque liaison créée dans le graphe biparti initial entre un
15 premier sommet et un deuxième sommet, le poids associé correspond à une différence entre les vitesses relatives associées au premier objet et au deuxième objet.
7. Système (6) d'association de données de détection et de suivi d'objets mobiles en vue de leur fusion, lesdites données étant issues d'un
20 premier détecteur (R) d'objets et d'un deuxième détecteur (L) d'objets équipant un véhicule automobile (1), sous forme d'une première liste et d'une deuxième liste d'objets détectés, le système étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (7, 70, 71) aptes à :
 - construire un graphe biparti initial (4) entre un premier ensemble et
25 un deuxième ensemble, dans lequel les sommets du premier ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la première liste et les sommets du deuxième ensemble du graphe biparti correspondent aux objets de la deuxième liste, ladite construction comprenant la création de liaisons entre sommets du premier ensemble et sommets du
30 deuxième ensemble et d'affectation d'un poids à chaque liaison créée ;

- 5 - déterminer un couplage parfait de poids minimum par optimisation combinatoire dudit graphe biparti initial pour obtenir un graphe biparti final simple (5) dans lequel un sommet du premier, respectivement du deuxième ensemble, est relié au plus à un sommet du deuxième, respectivement premier ensemble.
8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits au moins deux détecteurs sont de technologies différentes.
9. Système selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que chacun desdits détecteurs utilise un capteur choisi dans le
- 10 groupe comprenant un capteur de vision, un radar, un lidar.

1/2

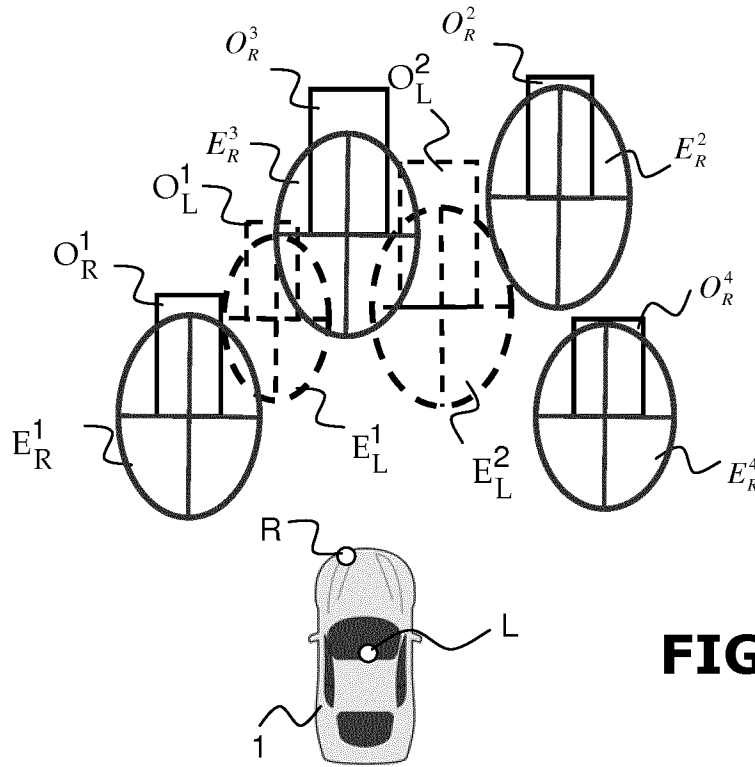
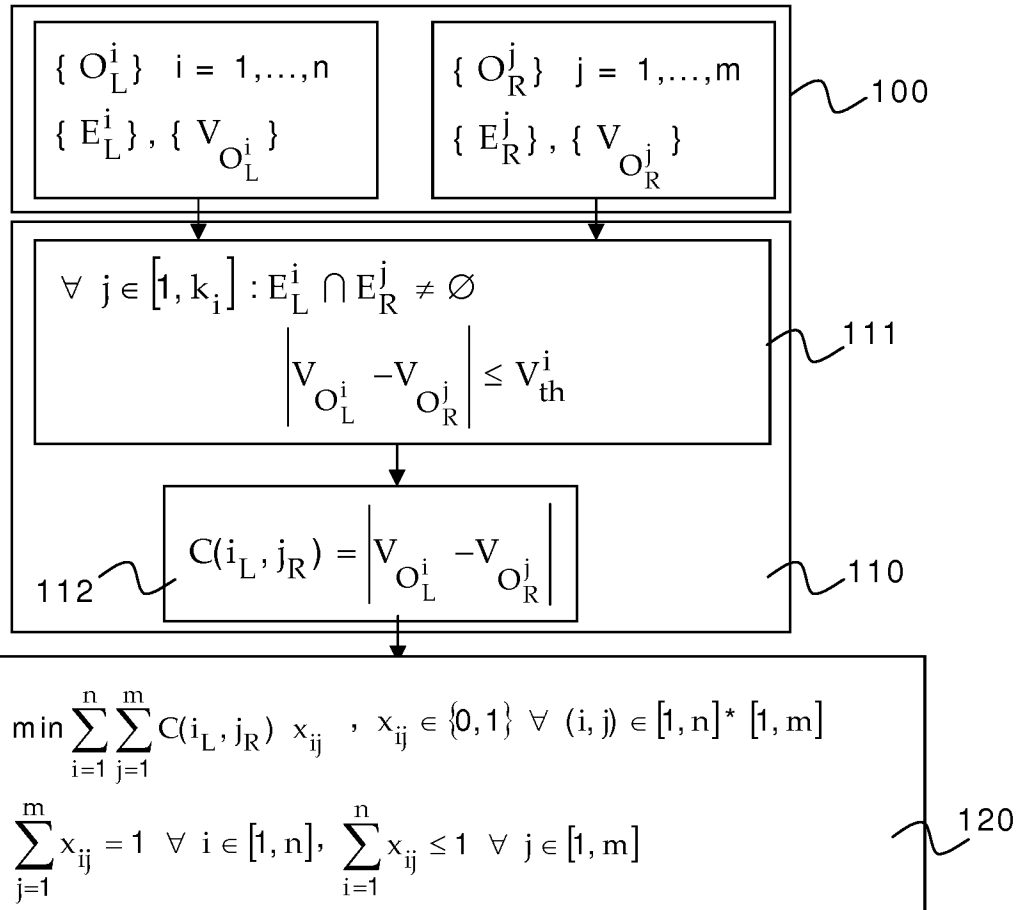


FIG. 1

FIG. 2



2/2

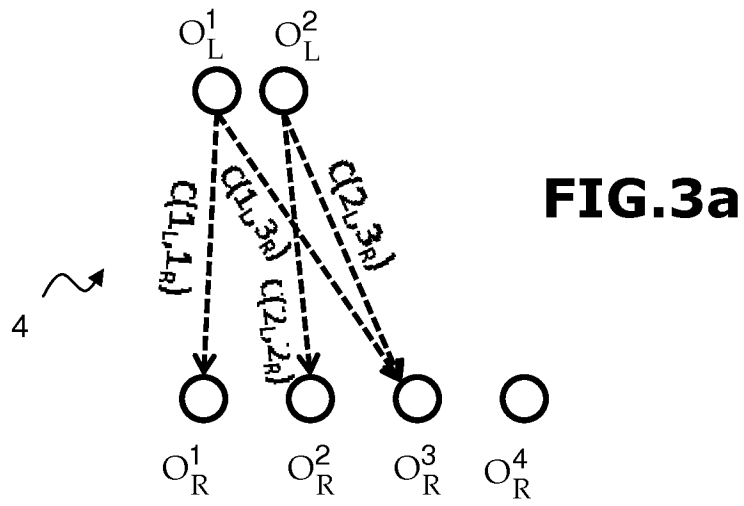
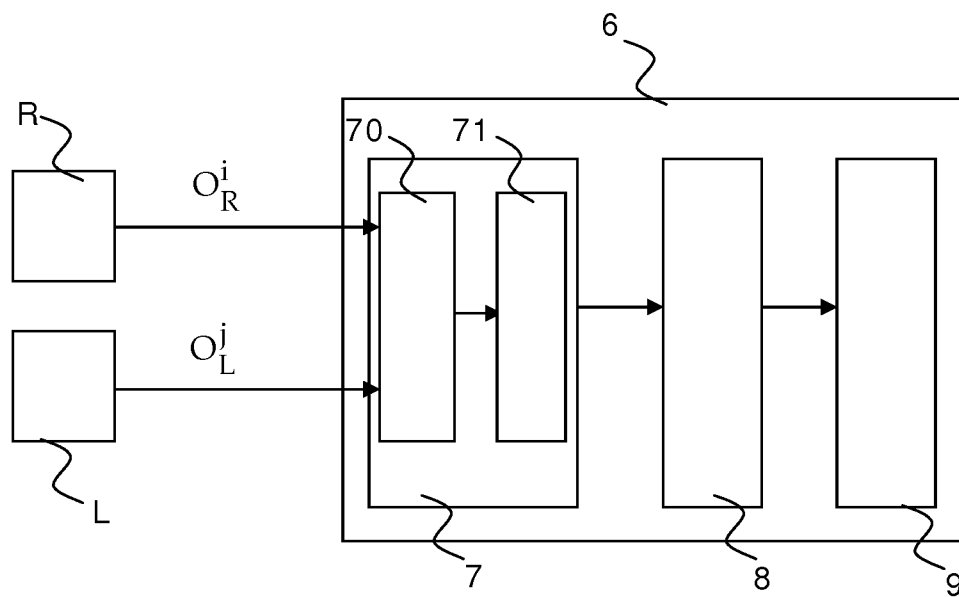
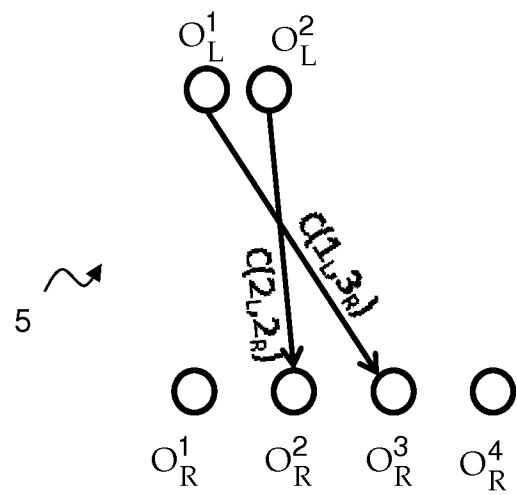


FIG.3b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/069252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	G01S17/02	G01S17/93
	G01S13/86	G01S13/72
		G01S13/58
		G01S13/93
		G01S15/93
		G01S15/02
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SIKDAR ANKITA ET AL: "Radar depth association with vision detected vehicles on a highway", 2014 IEEE RADAR CONFERENCE, IEEE, 19 May 2014 (2014-05-19), pages 1159-1164, XP032628334, DOI: 10.1109/RADAR.2014.6875771	1,2,5-9
A	page 1159 - page 1162	3,4
X	ELFRING JOS ET AL: "Multisensor simultaneous vehicle tracking and shape estimation", 2016 IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV), IEEE, 19 June 2016 (2016-06-19), pages 630-635, XP032939031, DOI: 10.1109/IVS.2016.7535453 page 649 - page 650	1,7
	----- -/-	
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
2 November 2017		10/11/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Kern, Olivier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/069252

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/242284 A1 (ZENG SHUQING [US]) 19 September 2013 (2013-09-19) paragraphs [0108] - [0129]; figures 10,11 -----	1-9
A	SONGHWAI OH ET AL: "Markov Chain Monte Carlo Data Association for Multi-Target Tracking", IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 54, no. 3, 1 March 2009 (2009-03-01), pages 481-497, XP011252898, ISSN: 0018-9286 the whole document -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/069252

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013242284 A1	19-09-2013	CN 104035071 A	10-09-2014
		DE 102013113571 A1	11-09-2014
		US 2013242284 A1	19-09-2013
		US 2016018524 A1	21-01-2016

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/069252

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S17/02 G01S17/93 G01S13/58 G01S15/93 G01S15/02 G01S13/86 G01S13/72 G01S13/93 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01S		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	SIKDAR ANKITA ET AL: "Radar depth association with vision detected vehicles on a highway", 2014 IEEE RADAR CONFERENCE, IEEE, 19 mai 2014 (2014-05-19), pages 1159-1164, XP032628334, DOI: 10.1109/RADAR.2014.6875771	1,2,5-9
A	page 1159 - page 1162	3,4
X	ELFRING JOS ET AL: "Multisensor simultaneous vehicle tracking and shape estimation", 2016 IEEE INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV), IEEE, 19 juin 2016 (2016-06-19), pages 630-635, XP032939031, DOI: 10.1109/IVS.2016.7535453 page 649 - page 650	1,7
----- -/-		
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 2 novembre 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 10/11/2017
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Kern, Olivier

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2013/242284 A1 (ZENG SHUQING [US]) 19 septembre 2013 (2013-09-19) alinéas [0108] - [0129]; figures 10,11 -----	1-9
A	SONGHWAI OH ET AL: "Markov Chain Monte Carlo Data Association for Multi-Target Tracking", IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 54, no. 3, 1 mars 2009 (2009-03-01), pages 481-497, XP011252898, ISSN: 0018-9286 le document en entier -----	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/069252

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013242284 A1	19-09-2013	CN 104035071 A	10-09-2014
		DE 102013113571 A1	11-09-2014
		US 2013242284 A1	19-09-2013
		US 2016018524 A1	21-01-2016
