

Détection d'objets mobiles avec des grilles évidentielles 2.5D

Hind Laghmara Thomas Laurain Jean-Philippe Lauffenburger Christophe Cudel

Université de Haute-Alsace,
IRIMAS-EA7499, F-68093 Mulhouse Cedex, France

prénom.nom@uha.fr

Résumé

Nous proposons une méthode de détection d'objets dynamiques dans le contexte des Systèmes de Transports Intelligents à partir d'une modélisation par des grilles d'occupation évidentielles 2.5D. L'approche est basée sur la théorie des fonctions de croyance pour modéliser l'occupation. La construction des objets dynamiques est liée à l'évaluation du conflit à l'issue de la fusion temporelle des grilles.

Mots Clef

Grilles d'occupation, Détection d'objets dynamiques.

Abstract

We propose a method for dynamic object detection in the context of Intelligent Transportation Systems based on Evidential 2.5D Occupancy Grids. The approach is based on Belief Theory for occupation modeling. The construction of the dynamic objects in a scene is related to the conflict issued at the temporal fusion of grids.

Keywords

Occupancy Grids, Dynamic Object Detection.

1 Introduction

Ce papier s'intéresse à la perception des Systèmes de Transports Intelligents (STI) dont l'objectif est de modéliser l'environnement à partir des données transmises par plusieurs capteurs. Il s'agit ici de se focaliser sur la modélisation de l'environnement en supposant que la position du véhicule est connue. Pour cela, l'utilisation des grilles d'occupation [1] est particulièrement intéressante car elle permet d'identifier, à partir des données de capteurs, l'espace navigable ainsi que la présence d'obstacles de type statiques ou dynamiques dans la scène. Ce type d'approches fait souvent appel à des mesures provenant de capteurs extéroceptifs tels que des LIDARs (Light Detection And Ranging), Radars ou par vision stéréo [2].

Le principe d'une grille est de discrétiser l'espace environnant en cellules auxquelles sont associées un degré d'occupation. L'occupation peut être modélisée à partir de plusieurs formalismes dont la théorie des probabilités [1] ou la théorie des fonctions de croyance [3]. La construction de

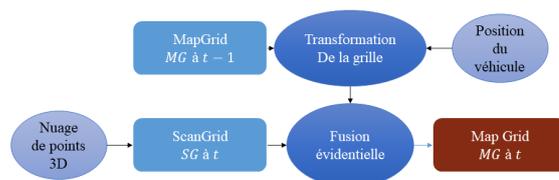


FIGURE 1 – Approche de détection par fusion multi-grilles 2.5D. SG est construite à partir des données capteur. MG à t est mise à jour à partir de la fusion de la SG à t et MG à $t - 1$ transformée au repère du véhicule à t .

la grille peut être effectuée en plusieurs dimensions (2D, 2.5D et 3D) [2, 4, 5]. Ce papier propose une extension des travaux de Moras [4] en effectuant une modélisation basée sur des données d'un télémètre laser tridimensionnel multi-nappes pour la construction de grilles 2.5D évidentielles. Les résultats de la détection sont illustrés sur des données issues de la base KITTI.

2 Détection d'obstacles dynamiques

La théorie des fonctions de croyances [6] est utilisée pour la perception des STI car elle propose une représentation de l'imprécision et l'incertitude des sources. Elle offre un large choix d'opérateurs de fusion des données. Quelques travaux traitent de la modélisation des grilles d'occupation par approche crédibiliste [3, 4]. Ce papier reprend les travaux présentés dans [4] qui proposent une approche basée sur l'évaluation du conflit pour détecter les objets mobiles à partir de données télémétriques 2D. Nous proposons une extension de l'approche en l'appliquant à des données tri-dimensionnelles à l'origine d'une grille 2.5D qui permet d'apporter, à chaque cellule, une valeur de la hauteur moyenne des objets.

Un cadre de discernement Ω qui représente l'ensemble des états d'une cellule (libre (F) ou occupée (O) où $\Omega = \{F, O\}$) est défini. Le cadre référentiel 2^Ω contient toutes les combinaisons possibles des hypothèses ou $2^\Omega = \{\emptyset, F, O, \{F, O\}\}$. Afin d'exprimer la croyance en chaque état, on définit une fonction de masse m exprimant le conflit $m(\emptyset)$, l'état libre $m(F)$, occupé $m(O)$ ou inconnu $m(\{F, O\})$. La Figure 1 illustre le processus de construc-

tion et mise à jour de la grille évidentielle MapGrid (MG) à partir d'un nuage de points transmis à l'instant t dénommée ScanGrid (SG). La mise à jour temporelle de la MG se fait à partir d'une fusion évidentielle multi-grilles garantissant la consistance temporelle de l'occupation et l'évaluation de l'état des cellules. Nous choisissons pour effectuer cette fusion l'opérateur de Dempster défini par :

$$m_{MG,t} = m_{MG,t-1} \oplus m_{SG,t} \quad (1)$$

ou $m_{MG,t}$ et $m_{SG,t}$ sont respectivement les fonctions de masse de la MG et la SG à l'instant t . L'opérateur est défini comme suit :

$$(m_1 \oplus m_2)(A) = K \sum_{\forall B,C \in 2^\Theta, B \cap C = A, A \neq \emptyset} m_1(B).m_2(C). \quad (2)$$

où :

$$K^{-1} = 1 - \sum_{\forall B,C \in 2^\Theta, B \cap C = \emptyset} m_1(B).m_2(C) \quad (3)$$

Les masses résultantes en fonction de chaque état sont :

$$\begin{aligned} m_{MG,t}(O) &= m_{SG,t}(O).m_{MG,t-1}(O) + m_{SG,t}(\Omega). \\ &\quad m_{MG,t-1}(O) + m_{SG,t}(O).m_{MG,t-1}(\Omega) \\ m_{MG,t}(F) &= m_{SG,t}(F).m_{MG,t-1}(F) + m_{SG,t}(\Omega). \\ &\quad m_{MG,t-1}(F) + m_{SG,t}(\Omega).m_{MG,t-1}(F) \quad (4) \\ m_{MG,t}(\Omega) &= m_{SG,t}(\Omega).m_{MG,t-1}(\Omega) \\ m_{MG,t}(\emptyset) &= m_{SG,t}(O).m_{MG,t-1}(F) + m_{SG,t}(F). \\ &\quad m_{MG,t-1}(O) \end{aligned}$$

où $m_{MG,t}(\emptyset)$ est la masse combinée exprimant le conflit. Cette propriété exprime la discordance entre l'information exprimée à t et $t - 1$. Le conflit apparaît lorsqu'une cellule passe d'un état occupé vers un état libre ou vice-versa ce qui permet de détecter les cellules dynamiques dans la grille. Les masses exprimant l'occupation sont normalisées par le conflit (Cf. 2) mais cette information est utilisée pour labelliser les cellules mobiles.

3 Résultats



FIGURE 2 – Image RGB de la scène de la séquence 02 de KITTI

L'approche est testée sur des données de la base KITTI [7] de la séquence 02 du répertoire *tracking* (Cf. Figure 2). La Figure 3 illustre le résultat des fonctions de masse de la MG ($image=9$) des quatre propositions. La résolution

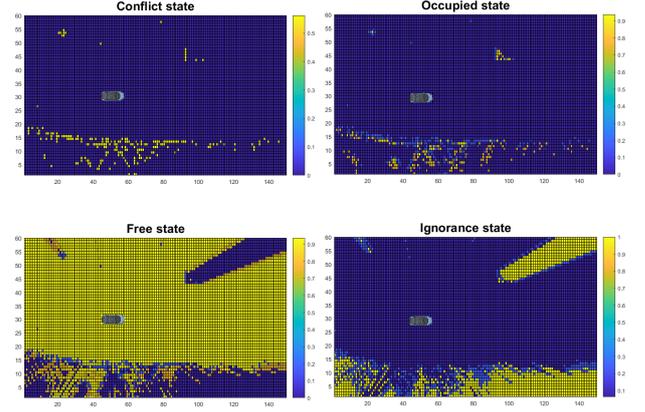


FIGURE 3 – Vue de dessus de la grille en 2D où les valeurs représentées correspondent aux masses de : conflit, état occupé, état libre et l'ignorance de la MG issue de la combinaison évidentielle. Le conflit correspond aux cellules mobiles, notamment le véhicule sur la voie de gauche dans la Figure 2. Le degré de croyance en chacun des états est exprimé en fonction de la couleur traduite sur la barre des couleurs.

de la grille est de $0.4m \times 0.4m$ et couvre une zone de $24m \times 60m$. Le résultat des masses pour lesquelles le conflit apparaît est utilisé pour construire la grille 2.5D et détecter les cellules mobiles. Les résultats préliminaires de la détection sont représentés dans la Figure 4. Nous retrouvons certaines cellules qui représentent le véhicule dynamique sur la Figure 2 à $30m$ environ devant l'ego-véhicule. Des cellules supplémentaires apparaissent liées à des objets statiques sur la zone non-navigable. La présence de ces fausses détections est liée aux erreurs de transformation de grilles et à l'imprécision de la position du véhicule émise par le GPS. L'évaluation des détections reste qualitative mais les perspectives sont d'appliquer une comparaison par rapport à la vérité terrain sur d'autres séquences ainsi que d'effectuer un post-traitement sur les cellules conflictuelles ne correspondant pas nécessairement à un objet mobile.

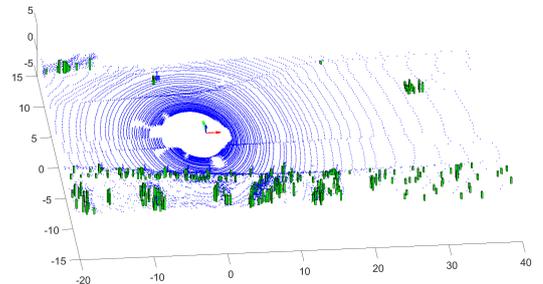


FIGURE 4 – Nuage de points du Velodyne, repère caméra du véhicule et les détections qui représentent les cellules correspondantes au conflit après combinaison des grilles.

Références

- [1] A. Elfes, "Using occupancy grids for mobile robot perception and navigation," *Computer*, vol. 22, no. 6, pp. 46–57, Jun. 1989.
- [2] A. Broggi, S. Cattani, M. Patander, M. Sabbatelli and P. Zani, "A full-3D voxel-based dynamic obstacle detection for urban scenario using stereo vision," in *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*, The Hague, 2013.
- [3] D. Pagac, E. M. Nebot, and H. F. Durrant-Whyte, "An evidential approach to map-building for autonomous vehicles," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 14, no. 4, pp. 623–629, 1998.
- [4] J. Moras, V. Berge-Cherfaoui, and P. Bonnifait, "Moving objects detection by conflict analysis in evidential grids," in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Baden-Baden, Germany, 2011, pp. 1122–1127.
- [5] A. Asvadi, P. Peixoto, and U. Nunes, "Detection and tracking of moving objects using 2.5d motion grids," in *18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Las Palmas, Spain, 2015.
- [6] A. P. Dempster, "A generalization of bayesian inference," *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, vol. 30, no. 2, pp. 205–247, 1968.
- [7] A. Geiger, P. Lenz, R. Urtasun, Are we ready for autonomous driving? the kitti vision benchmark suite, in : *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Rhode Island, USA, 2012.