



HAL
open science

Navigation robuste aux problèmes de réception GPS : localisation visuelle embarquée et contrôle adapté aux discontinuités de localisation

Stéphane Bazeille, Anis Koliai, Martin Rebert, Mohamad Al Assaad, Flavie Duthay, Jonathan Ledy, Rodolfo Orjuela, Sophie Kohler, Christophe Cudel

► To cite this version:

Stéphane Bazeille, Anis Koliai, Martin Rebert, Mohamad Al Assaad, Flavie Duthay, et al.. Navigation robuste aux problèmes de réception GPS : localisation visuelle embarquée et contrôle adapté aux discontinuités de localisation. Congrès National de la Recherche des IUT, Mar 2024, Mulhouse, France. hal-04634963

HAL Id: hal-04634963

<https://hal.science/hal-04634963v1>

Submitted on 4 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Navigation robuste aux problèmes de réception GPS : localisation visuelle embarquée et contrôle adapté aux discontinuités de localisation

Stéphane BAZEILLE^{1,*} Anis KOLIAI¹ Martin REBERT²
Mohamad AL ASSAAD^{1,*} Flavie DUTHAY¹ Jonathan LEDY¹
Rodolfo ORJUELA¹ Sophie KOHLER^{1,*} Christophe CUDEL^{1,*}
stephane.bazeille@uha.fr

¹ Université de Haute-Alsace
Institut de Recherche en Informatique, Mathématiques, Automatique et Signal (IRIMAS) UR 7499

² Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis (ISL)

* IUT de Mulhouse

Thèmes – Robotique – Imagerie.

Résumé – *Le présent article présente des travaux de recherche visant à rendre robuste la navigation d'une voiture autonome sur une trajectoire préalablement calculée et dépourvue d'obstacles. La localisation du véhicule se fait en général à partir d'un capteur GPS (Global Positioning System) car il s'agit d'une donnée précise relativement simple à obtenir et à haute fréquence. Dans certaines conditions cependant, la réception du signal GPS peut se dégrader (tunnels, forêts, ville dense...). Il est alors nécessaire de passer sur un mode de localisation embarquée pour continuer à localiser le véhicule. Pour faire cette localisation embarquée, nous avons choisi d'utiliser une caméra située dans le véhicule, avec un algorithme dit d'odométrie visuelle permettant d'estimer à partir d'images consécutives le déplacement du véhicule sans aucune connaissance a priori sur l'environnement. Cette méthode de localisation n'est pas aussi précise qu'un signal GPS et se dégrade au cours du temps en raison d'un phénomène indésirable de dérive (accumulation d'erreur de localisation au cours du temps). Par conséquent, il n'est pas possible de naviguer à l'infini avec ce mode de localisation. Au bout d'un certain temps supposé court (quelques secondes à quelques minutes), la réception du signal GPS doit revenir ou alors, il faudra arrêter le véhicule pour des raisons de sécurité. Par contre, si la localisation GPS revient assez vite alors le véhicule recevra un changement important de localisation générant un saut de localisation. Au niveau du contrôle du véhicule, il va donc falloir appliquer une commande capable de réagir à ce saut. Dans ce papier, nous présentons notre méthode de localisation visuelle ainsi que les premiers résultats de commandes du véhicule en cas de saut de localisation.*

Mots-Clés – Traitement d'image, Odométrie visuelle, Navigation autonome.

1 Introduction

La navigation d'un véhicule autonome, ou robot, est toujours une boucle sur 3 étapes (Perception, Décision, Action) [1]. Le bloc de perception permet de se localiser dans son environnement (et dans certains cas de détecter les obstacles). Le bloc de décision permet de calculer la trajectoire globale à suivre en fonction de la localisation (et potentiellement des obstacles, c'est la trajectoire locale). Enfin le dernier bloc permet d'agir sur les commandes du véhicule pour effectuer le mouvement calculé précédemment. Dans cet article, nous allons étudier ces 3 points mais dans un contexte particulier. Nous considérerons une trajectoire dépourvue d'obstacles et une action sur le véhicule focalisée seulement sur la commande du volant et du frein.

2 Le véhicule d'essais

Les expériences ont été réalisées à l'aide de la plate-forme expérimentale autonome et temps-réel ARTEMIPS (voir Fig. 1). ARTEMIPS est un Renault Grand Scenic 3 qui a été personnalisé et transformé en véhicule autonome. Plusieurs capteurs ont été ajoutés et intégrés pour percevoir l'environnement, notamment : une caméra monoculaire MANTA G-507C (max 20 fps) avec un objectif de 8 mm et une unité de mesure inertielle/GPS Oxford RT3002 avec technologie DGPS (100 Hz). Du côté des actionneurs nous avons deux moteurs pour piloter le volant et le frein.



Fig. 1. Le véhicule ARTEMIPS.

3 Localisation du véhicule

Il existe de nombreuses méthodes pour localiser le véhicule. La plus utilisée et la plus courante est le GPS. Elle est très précise mais elle dépend d'infrastructures externes (satellites). C'est pourquoi, dans certaines conditions la réception du signal GPS peut se dégrader (tunnels, forêts, ville dense...) et un autre mode de localisation embarqué doit être utilisé pour continuer à localiser le véhicule. Pour effectuer cette localisation embarquée, nous avons choisi d'utiliser un algorithme dit d'odométrie visuelle qui permet d'estimer à partir d'images consécutives (certaines de ces images sont présentées sur la Fig. 2) le déplacement du véhicule

(position et orientation). Pour cela, nous utilisons la méthode du faisceau parallaxe proposée dans [2][3]. Cette méthode n'a pas besoin de connaissance a priori sur l'environnement. La localisation n'est pas absolue sur le globe, contrairement au GPS, mais relative au point de départ. Cependant, malgré sa précision, l'estimation de la position du véhicule accumule des petites erreurs au fil du temps qui génèrent un phénomène de dérive.



Fig. 2. Images de la séquence

Afin d'évaluer les erreurs obtenues avec les algorithmes d'odométrie visuelle, nous présentons un essai réalisé à la Cité de l'Automobile à Mulhouse avec ARTEMIPS. Pour cet essai, le véhicule a été conduit en mode manuel tandis que la caméra enregistrait 8 images par seconde. La trajectoire suivie par le véhicule au cours de cette expérience avait une longueur de 341 m avec un point final rejoignant le point de départ. La durée était d'environ 110 secondes avec un total de 801 images.

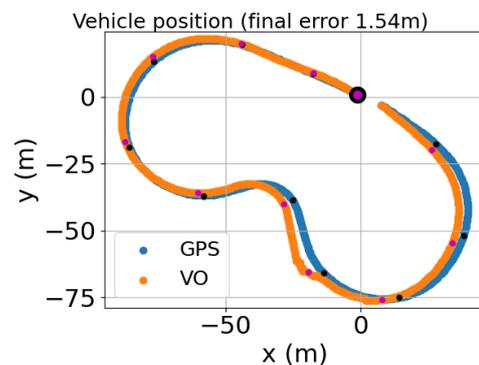


Fig. 3. Exemple de localisation visuelle

Comme on peut le voir sur la Fig. 3, l'algorithme d'odométrie visuelle fournit une estimation de la position avec une dérive dans le temps. La qualité des images était meilleure au début de la trajectoire, que dans la deuxième partie où on peut voir d'importants reflets de lumière sur la route qui empêchent l'algorithme de bien fonctionner. Le résumé de ces résultats (Fig. 2, 3 & Tab. 1) montre que les algorithmes d'odométrie visuelle dépendent de l'environnement mais sont précis à court terme.

Table 1 – Résumé des erreurs sur 341m

| Erreur | Finale | Moyenne | Maximum |
|-------------|--------|---------|---------|
| Position | 1.54m | 4mm/m | 5.67m |
| Orientation | 3.23° | 0.01°/m | 4.53° |

4 Les effets de la dérive

On suppose que dans le cas nominal le véhicule autonome se localise à partir d'un signal GPS (Fig. 4). Si le GPS est perdu, deux cas peuvent être envisagés : si le GPS revient dans un temps court (Fig. 5) alors le système de localisation revient au cas d'utilisation nominal et cette perte de localisation est sans conséquence sur la navigation globale. En revanche si le temps de perte du signal GPS est trop important, la localisation du véhicule est trop incertaine et le véhicule doit être arrêté afin d'éviter une mauvaise navigation (voir Fig. 6).

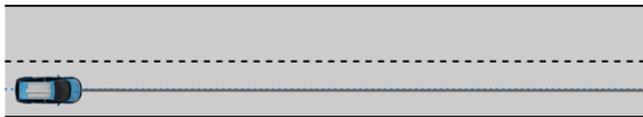


Fig. 4. Pas de perte du GPS

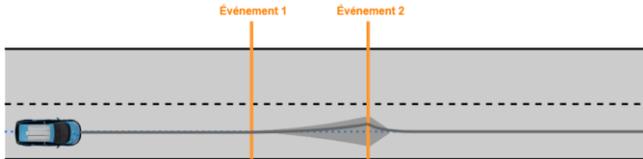


Fig. 5. Perte du GPS mais retour dans un temps court.

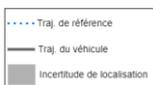
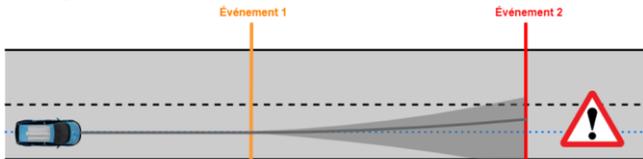


Fig. 6. Perte du GPS jusqu'à la localisation dangereuse.

Dans le cas 2, lors du retour du signal GPS, un saut de localisation peut apparaître. En effet, la position estimée du véhicule peut être très différente de la position réelle. Dans ce cas, le système de contrôle du véhicule doit être en mesure de gérer ce saut afin de garantir la stabilité du véhicule comme proposé dans nos articles [4][5].

5 Résultats expérimentaux

Un exemple de réaction du véhicule à ces sauts est présenté sur la figure 7. Dans cette expérience, deux pertes du signal GPS ont été volontairement introduites pendant un court laps de temps et le système a été basculé sur une localisation visuelle entraînant une dérive. Au

bout de 20 secondes, la localisation à partir du signal GPS a été réactivée. Le résultat des trajectoires enregistrées est présenté sur la figure 7. On peut voir également sur la figure 8 l'action du contrôleur sur le volant qui est capable de prendre en compte le saut de localisation afin de générer un signal de commande approprié.

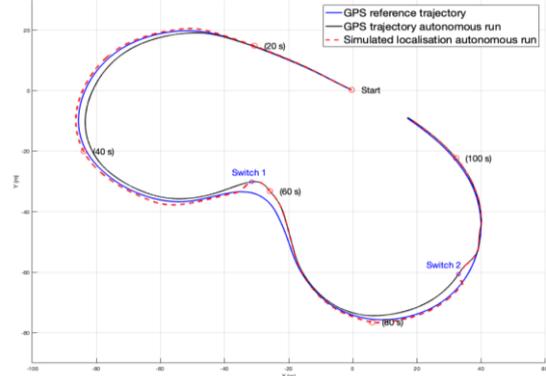


Fig. 7. Trajectoire expérimentale, saut de localisation.

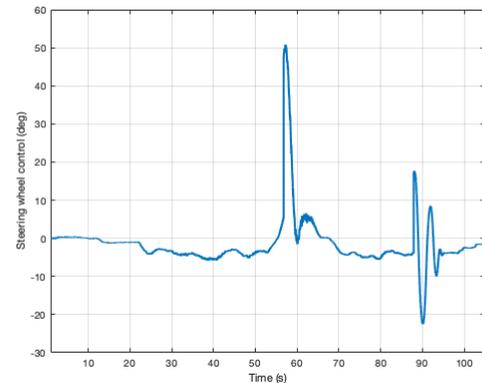


Fig. 8. Action du contrôleur sur le volant.

6 Conclusions

Dans ce papier, nous avons présenté nos travaux de recherches sur la localisation visuelle et sur la commande d'un véhicule. Ces travaux permettent à un véhicule autonome de continuer sa navigation même en cas d'absence momentanée de réception du GPS.

Références

- [1] R. Attia, J. Daniel, J-P. Laufenburger, R. Orjuela, M. Basset, Reference Generation and Control Strategy for Automated Vehicle Guidance. 2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium.
- [2] M. Rebert, D. Monnin, S. Bazeille, and C. Cudel. Robust camera motion estimation from two views in nearly-planar environment. SPIE Journal of Electronic Imaging, 2019.
- [3] M. Rebert, Two views camera motion in the presence of planar degeneracy, PhD Thesis. Université de Haute-Alsace. 2020.
- [4] M. Boudali, Contributions au guidage d'une véhicule autonome en situations non conventionnelles de conduite. PhD Thesis. Université de Haute-Alsace. 2019.
- [5] A. Koliai, S. Bazeille, M. Basset, and R. Orjuela, "How does the Definition of Tracking Errors Affect the Behavior of Vehicle Lateral Control?," 2023 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC).