



HAL
open science

La perception multi-capteur : Un transfert recherche - enseignement pour les nouveaux métiers des véhicules à conduite automatisée

Sergio Alberto Rodriguez Florez, Bastien Vincke, Bruno Darracq, Pascal Aubert

► To cite this version:

Sergio Alberto Rodriguez Florez, Bastien Vincke, Bruno Darracq, Pascal Aubert. La perception multi-capteur : Un transfert recherche - enseignement pour les nouveaux métiers des véhicules à conduite automatisée. CNRIUT 2023 Saint Pierre - La Réunion, IUT de Saint Pierre, Jun 2023, Saint Pierre (La Réunion), La Réunion. hal-04326683

HAL Id: hal-04326683

<https://hal.science/hal-04326683v1>

Submitted on 6 Dec 2023

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.

La perception multi-capteur : Un transfert recherche - enseignement pour les nouveaux métiers des véhicules à conduite automatisée

Sergio Rodríguez F.^{1,2}  Bastien Vincke^{1,2}  Bruno Darracq¹ Pascal Aubert³

sergio.rodriguez@universite-paris-saclay.fr bastien.vincke@ bruno.darracq@ pascal.aubert@

¹ IUT, Orsay - Université Paris-Saclay

² Laboratoire SATIE, UMR CNRS - Université Paris-Saclay 8029

³ Laboratoire C2N, UMR CNRS - Université Paris-Saclay 9001

THÈMES – Robotique - Instrumentation - Perception Multi-capteur

RÉSUMÉ – Ces dernières années, l'introduction accélérée des systèmes robotiques dans le domaine industriel des transports amène les secteurs socio-économiques à évoluer rapidement. Par exemple, le secteur automobile évolue vers le déploiement massif de systèmes d'aide à la conduite, l'introduction des véhicules à conduite automatisée et la transition énergétique des systèmes de transports multimodaux. L'innovation de ce transfert recherche - enseignement est centrée sur la perception comme étant une phase élémentaire et fondamentale dans la conception et le déploiement de véhicules intelligents. Une expérience pédagogique avec un groupe de 12 étudiants en BUT Mesures Physiques a permis aux élèves de s'approprier des technologies et des moyens de perception de dernière génération, de quantifier l'importance et l'impact de l'étalonnage des systèmes de perception dans la fusion de données et d'évaluer une fonction de détection d'objets pour la compréhension de la scène basée sur l'apprentissage profond. Ce travail a été validé à l'aide d'un véhicule démonstrateur à échelle réelle.

MOTS-CLÉS – perception, capteurs intelligents, instrumentation, automobile

1 Introduction

Les systèmes d'aide à la conduite (ADAS) et les voitures à conduite automatisée (VCA) ont pour objectif une amélioration drastique de la sécurité des usagers de la route. Dans le cadre de la formation des techniciens supérieurs en Mesures Physiques, nous nous intéressons aux systèmes de perception embarqués propres des ADAS et des VCA. Ces systèmes sont composés de multiples capteurs avec des modalités de mesure pouvant être complémentaires et/ou redondantes. Nombreuses sont les initiatives pour motiver et ouvrir les perspectives des élèves vers les métiers émergents des évolutions dans les systèmes de transports. Ces initiatives sont majoritairement orientées vers l'utilisation de modèles de véhicules à échelle réduite [1]. D'autres approches pédagogiques exploitent l'utilisation de bases de données publiques. Alternativement, on retrouve les approches pédagogiques basées sur l'utilisation de moyens de simulation.

L'innovation de ce transfert recherche - enseignement est centrée sur la perception comme étant une phase élémentaire et fondamentale dans la conception et le déploiement de véhicules intelligents. Une expérience pédagogique avec un groupe de 12 étudiants en BUT Mesures Physiques a permis aux élèves de s'approprier des technologies et des moyens de perception de dernière génération, de quantifier l'importance et l'impact de l'étalonnage des systèmes de perception dans la fusion de données et d'évaluer une fonction de détection d'objets pour la compréhension de la scène basée sur l'apprentissage profond. Ce travail a été validé à l'aide d'un véhicule démonstrateur à échelle réelle.

Dans la suite du document, le cadre pédagogique de cette expérience de transfert recherche-enseignement est présenté en Sec. 2. Elle est suivie, d'une description de la plateforme technologique associée en Sec. 3. En Sec. 4, le choix de concepts abordés et la démarche pédagogique sont présentés avec une suite de résultats obtenus en section 5. Enfin, le document est finalisé par quelques conclusions et perspectives du travail effectué.



FIGURE 1 – Plateforme technologique pour le transfert recherche-enseignement en perception multi-capteurs embarquée.

2 Le transfert recherche-enseignement

Au sein du laboratoire SATIE de l'ENS Paris-Saclay nous menons des activités de recherche dans le domaine de

la robotique et plus spécifiquement des Systèmes de Perception Multimodale Embarqués (SPME).

Fort de nos expériences dans la recherche appliquée au domaine des transports intelligents, nous avons entamé un transfert de connaissances bénéficiant principalement de la formation BUT Mesures Physiques de l'IUT d'Orsay à l'Université Paris-Saclay. Ce transfert a pour but de susciter l'intérêt et l'implication des étudiants vers les systèmes à fort composante technologique. Elle a également vocation à ouvrir les perspectives des étudiants vers les nouveaux métiers du domaine industriel de l'automobile et plus largement des transports intelligents.

Les actions faisant partie du transfert de connaissances sont décrites dans la suite du document et elles portent sur l'identification thématique et la formalisation d'un apprentissage par projet ainsi que dans la mise en place des outils et d'une plateforme technologique apte et adéquate aux activités pédagogiques.

3 Plateforme technologique proposée

La conception de la plateforme technologique proposée répond à deux objectifs pédagogiques : la capacité de la plateforme i) à effectuer des essais en condition d'usage réel et ii) à effectuer des mesures 3D de l'environnement. Le véhicule instrumenté et présenté dans la Fig. 1 est un véhicule électrique immatriculé de référence Renault Twizy série 90 Km/h. Il embarque sur le toit, une galerie de capteurs contenant deux caméras RGB-D Intel RealSense D435i et un télémètre LiDAR à balayage Velodyne PUCK-16. Les capteurs sont reliés à un ordinateur à bord, où des traitements et/ou l'enregistrement des données temps réel sont effectués. Les systèmes de vision RGB-D associent de multiples imageurs projectifs afin d'estimer par stéréoscopie la profondeur associée à chaque pixel composant l'image. La télémétrie LiDAR est un moyen de perception épars des mesures 3D effectuées par temps de vol suivant 16 angles variant en altitude (plans), couvrant 360° dans un rayon de 120 m. L'architecture basée sur ROS permet l'acquisition, l'horodatage, l'émulation du flot de données en temps-réel ainsi que l'exécution d'applications de démonstration. Cette dernière spécification est particulièrement pertinente pour le développement des preuves de concept par les étudiants.

4 Les concepts et la démarche pédagogique

Grâce à la plateforme technologique présentée en Sec.2 et en tenant compte du spectre pédagogique de la formation du BUT en Mesures Physiques, nous avons introduit dans un cadre d'apprentissage par projet l'étude et la vérification des spécifications des capteurs RGB-D et ceux des télémètres LiDAR en particulier la vérification de la fréquence d'échantillonnage. Nous nous sommes également intéressés à l'étalonnage intrinsèque des systèmes de vision et l'étalonnage extrinsèque d'un système multi-capteur vision-LiDAR par leur fort impact dans le fonc-

tionnement des systèmes de fusion de données.

Le groupe d'étudiants s'est consacré à l'analyse et la formalisation des protocoles adaptés aux objectifs thématiques identifiés. La gestion du projet a été structurée par 3 équipes coordonnées par un étudiant ayant le rôle de chef de projet.

En ce qui concerne la vérification de la fréquence d'échantillonnage, les étudiants se sont ainsi orientés vers l'utilisation de l'horodatage associé à chaque mesure dans un fichier contenant les données issues des capteurs en format ROSbag. Ces informations leur ont été nécessaires pour déterminer la fréquence (moyenne et instantanée) d'échantillonnage de chaque capteur en considérant le temps écoulé entre deux mesures successives.

Pour l'étalonnage intrinsèque du système de vision RGB-D, le groupe d'étudiants en charge de cet objectif ont développé un script python utilisant la bibliothèque OpenCV pour effectuer la détection du damier ainsi que l'estimation de paramètres intrinsèques du modèle sténopé (i.e. focal et centre projectif de l'image).

La fusion de données entre un système de vision RGB-D et un télémètre LiDAR nécessite d'estimer la transformation rigide (ici rotation et translation, six degrés de liberté) des repères de mesures de chaque capteur, transposant les données d'un capteur dans le repère de l'autre. Pour cet objectif, les étudiants ont développé d'un utilitaire logiciel permettant d'ajuster manuellement et d'observer le résultat du transfert de données (ex. projection de mesures LiDAR dans les images du système RGB-D).

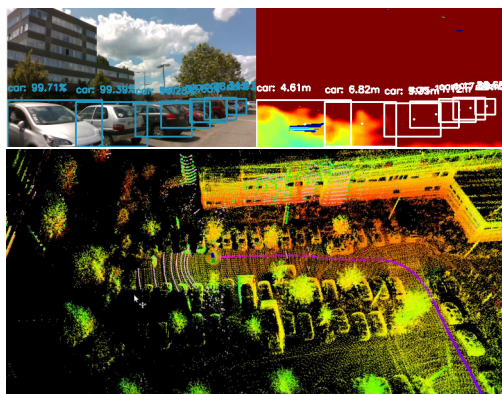


FIGURE 2 – Haut - Résultats d'une détection d'objets en utilisant le système de vision RGB-D. Bas - La reconstruction 3D en utilisant le télémètre LiDAR.

5 Résultats et retour d'expérience

Les premiers résultats obtenus à l'issue de cette initiative s'articulent sur deux volets. Le premier s'adresse essentiellement à la validation fonctionnelle de la plateforme technologique. Le deuxième porte sur les retombées et les réalisations à l'issue d'une expérience de pédagogie par projet avec un groupe d'étudiants du BUT Mesures Physiques fai-

sant usage de la plateforme.

En ce qui concerne la validation fonctionnelle de la plateforme, elle a été effectuée sur deux applications : la détection d'objets avec le système de vision RGB-D et la cartographie de l'environnement par télémétrie LiDAR (voir Fig. 2). Parmi les résultats obtenus avec le groupe d'étudiants, nous rapportons que la fréquence d'échantillonnage estimée est de 15 Hz pour l'ensemble des caméras et 10 Hz pour le LiDAR. Ces mesures mises dans le contexte applicatif sont équivalentes à scan LiDAR tous les 1,4 m et une image RGB-D tous les 2 m dans un véhicule se déplaçant à 50 km/h, compatible avec une utilisation en milieu urbain.

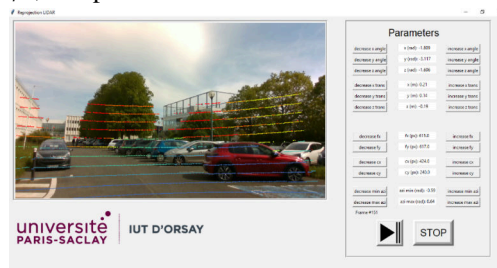


FIGURE 3 – L'application développée par les étudiants pour la mise au point des paramètres extrinsèques Vision RGB-D/LiDAR et la reprojection de données de la télémétrie sur un flot d'images.

Enfin, la Fig. 3 illustre l'interface logiciel développé par les élèves pour un ajustement manuel des paramètres extrinsèques Vision RGB-D - LiDAR. Ce logiciel opère la projection de données de la télémétrie vers le flot d'images grâce aux paramètres extrinsèques et au modèle sténopé.

6 Conclusions et perspectives

Les efforts effectués pour opérer ce transfert nous ont conduits à consolider une plateforme technologique adaptée aux nouveaux métiers, ainsi qu'ils nous ont permis de mener une pédagogie par projet associée à une technologie innovante riche en concepts et en gestes techniques développés par les pratiques de la recherche. Ces expériences seront étendues aux interactions homme-machine. Par ailleurs, ces travaux ont été primés (1^{ère} place) dans l'épreuve libre du concours UTAC en avril 2022.

7 Remerciements

Nous remercions la direction de l'IUT d'Orsay et du dépt. Mesures Physiques pour l'accompagnement de cette initiative. Cette plateforme a été financée par un projet en 2021-22 par l'École Universitaire de Premier Cycle de l'Université Paris-Saclay.

Références

- [1] Vincke, B., Rodríguez F., S. and Aubert P. *An open-source scale model platform for teaching autonomous vehicle technologies*. MDPI Sensors, 2021.