Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur ANAS CHARROUD

Discipline : Mathématiques Appliquées
Spécialité : Mathématiques Fondamentale et Appliquées

Sujet de la thèse

Navigating the road ahead: Mathematical solutions for self-driving vehicle localization and mapping

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physique, Mathématiques et Informatique"

Thèse présentée et soutenue **le samedi 02 décembre 2023 à 10h** à la Faculté Polydisciplinaire de Taza, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement	
Ali YAHYAOUY	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Président
Mohamed ETTAOUIL	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Mohamed LAZAAR	PH	Ecole Nationale Supérieure d'Informatiques et d'Analyse des Systèmes de Rabat	Rapporteur
Ahmed ABERQI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Abdelhai EL AZZOUZI	PES	Faculté Polydisciplinaire de Taza	Examinateur
Imad BADI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Al Hoceima	Examinateur
Jaouad MEKKAOUI	PH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examinateur
Khalid HADDOUCH	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examinateur
Karim EL MOUTAOUAKIL	PH	Faculté Polydisciplinaire de Taza	Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Sciences de l'Ingénieur
Etablissement : Faculté Polydisciplinaire de Taza

Résumé de la thèse

La localisation et la cartographie des véhicules autonomes constituent un domaine de recherche important visant à permettre aux véhicules autonomes de naviguer avec précision et de comprendre leur environnement. La motivation de ce domaine est de créer des systèmes de transport plus sûrs et plus efficaces. En dotant les véhicules de la capacité à se localiser avec précision et à créer des cartes (maps) détaillées de leur environnement, nous pouvons améliorer leur capacité à naviguer dans des environnements urbains complexes, à éviter les obstacles et à prendre des décisions éclairées en temps réel. Cependant, la localisation et la cartographie précises sont des défis, notamment lorsque le système de positionnement par satellites (GNSS) présente des limites. Bien que le GNSS soit couramment utilisé pour la localisation, il peut présenter des problèmes de précision dans les canyons urbains ou dans des environnements où la visibilité des satellites est limitée. Surmonter ce défi du GNSS est essentiel pour développer des systèmes de conduite autonome robustes et fiables pouvant être utilisés dans des scénarios divers et dynamiques. Par conséquent, les chercheurs s'est tourné vers d'autres capteurs des véhicules tels que le Lidar, les caméras, le radar, etc.

Notre thèse explore le domaine de la localisation et de la cartographie des véhicules autonomes grâce à une revue de littérature approfondie, englobant diverses méthodes et aspects. Nous adoptons une architecture comprenant l'extraction de caractéristiques (features), la cartographie (mapping) et la localisation pour analyser en détail ces méthodes et en extraire leurs points de forces et leurs faiblesses. De plus, nous proposons une approche basée sur le Lidar pour l'extraction efficace et précise des caractéristiques, améliorant ainsi la vitesse et la précision du processus de localisation et de cartographie. En outre, nous explorons deux approches pour la localisation des véhicules : l'approche stochastique et l'approche d'optimisation. Dans l'approche stochastique, nous apportons deux contributions majeures. Tout d'abord, nous étendons l'algorithme de filtre des particules (particle filter) qui va permetter une localisation rapide et précise du véhicule en sélectionnant des points spécifiques pour la mise à jour des poids à travers une sélection de points sigma. Ensuite, nous améliorons l'algorithme du filtre des particules en ne sélectionnant que les dix particules les plus proches des positions réelles et en régénérant des particules autour d'elles, offrant ainsi un meilleur contrôle et une meilleure durabilité. D'autre part, dans l'approche d'optimisation, nous présentons également deux contributions. Tout d'abord, nous proposons un modèle d'apprentissage profond qui prédit les positions des véhicules en se basant sur les mesures Lidar. Nous expliquons en détail le modèle en utilisant des techniques d'intelligence artificielle expliquable de pointe afin de comprendre les raisons derrière ses prédictions, accompagnées d'une analyse détaillée. Ensuite, nous utilisons un modèle d'autoencodeur modifié pour prédire les positions, en forçonnant l'espace latent (la couche cachée de reseau de neurons) pour approximer les positions en introduisant une fonction de perte spécifique combinant la perte de projection des points Lidar en 3D vers 2D et la perte de positions des points 2D obtenus. La convergence de ce modèle est vérifiée à l'aide de deux théorèmes. Les résultats obtenus par

ce modèle ne dépassent pas une erreur de localisation de 0,5 m, ce qui prouve l'efficacité de cette technique.

Mots clés : véhicules autonomes, localisation, cartographie, extraction de caractéristiques, lidar, GNSS, stochastique, optimisation, apprentissage profond, autoencodeur, rapidité, précision, robustesse, environnements urbains, revue de littérature, méthodologie, avantages et inconvénients, intelligence artificielle explicable, convergence