

LABO - Axe et Equipe : Institut Pascal – ISPR – PerSyst

Directeur de thèse : Paul Checchin (Professeur), paul.checchin@uca.fr

Co-encadrant : Ahmad K. Aijazi (Enseignant-chercheur), ahmad.ajazi@uca.fr

Titre du sujet de thèse : Collaborative Multi-Robot *Perception for Improved Localization and Semantic Mapping (Co-PerforM)*

Résumé du sujet de thèse :

Les robots autonomes opérant dans des environnements inconnus doivent simultanément estimer leur position et construire une carte de l'environnement. Au cours de la dernière décennie, des avancées majeures ont été réalisées dans les systèmes de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping – localisation et cartographie simultanées) visuels et basés sur le LiDAR, permettant une localisation et une cartographie robustes dans des environnements complexes. Cependant, la plupart des solutions SLAM existantes sont conçues pour des systèmes à robot unique et restent limitées dans les environnements à grande échelle ou dynamiques, où la perception est incomplète en raison des occlusions, d'une couverture limitée des capteurs ou de la variabilité de l'environnement.

Les systèmes multi-robots offrent une opportunité de surmonter ces limitations grâce à la perception collaborative. Plusieurs robots peuvent observer l'environnement depuis différents points de vue et partager leurs observations issues des capteurs afin d'améliorer la précision de la localisation et l'exhaustivité de la carte. Dans de tels systèmes, certains points de repère ou objets peuvent être visibles pour un robot mais pas pour un autre, tandis que les observations redondantes provenant de plusieurs robots peuvent réduire significativement l'incertitude.

Ce projet de thèse propose le développement d'un cadre centralisé de localisation collaborative et de cartographie sémantique intégrant les données de perception provenant de plusieurs robots équipés de capteurs hétérogènes tels que des caméras, des LiDAR et des capteurs inertiels. Le système reposera sur une architecture de cartographie centralisée qui agrège les observations de plusieurs robots au sein d'une carte globale cohérente. En plus de la cartographie géométrique, ce cadre intégrera des techniques de perception sémantique capables de détecter et de décrire des objets statiques et dynamiques dans l'environnement. L'hypothèse centrale de cette recherche est que l'intégration des informations de perception provenant de plusieurs robots au sein d'un cadre coopératif de SLAM centralisé peut améliorer significativement la précision de la localisation, la cohérence de la cartographie et la compréhension sémantique de l'environnement, comparativement à une cartographie réalisée indépendamment par chaque robot. Une contribution clé du projet sera le développement de mécanismes de validation croisée exploitant les observations redondantes provenant de plusieurs robots. Ces mécanismes permettront d'améliorer la précision de la localisation, d'augmenter la fiabilité de la détection d'objets et d'accélérer la construction de la carte.

Le sujet aborde plusieurs défis scientifiques tels que :

- **la fusion robuste des données multi-robots**, permettant l'intégration cohérente d'observations provenant de capteurs hétérogènes collectées par différents robots ;
- **l'association de données entre robots**, notamment pour les points de repère et les objets sémantiques observés depuis différents points de vue et à différents moments ;
- **l'optimisation SLAM centralisée et évolutive**, capable de maintenir la cohérence globale à mesure que le nombre de robots et d'observations augmente ;
- **la gestion de l'incertitude et des environnements dynamiques**, incluant la détection et la prise en compte des objets en mouvement dans les cartes collaboratives.

Les résultats attendus incluent de nouveaux algorithmes pour le SLAM multi-robots centralisé, des techniques de cartographie sémantique collaborative et une validation expérimentale sur des plateformes robotiques réelles. Ces contributions feront progresser la robotique collaborative pour des applications telles que l'exploration autonome, l'inspection industrielle, les systèmes de transport intelligents et une cohabitation plus sûre entre humains et robots dans le cadre de l'Industrie 5.0.