
Sujet de thèse - campagne 2020

Laboratoire : ISIR

Etablissement de rattachement : Sorbonne Université

Titre de la thèse : Mobilité robotique et aide à la navigation des personnes non-voyantes

Directeur de thèse : Faïz Ben Amar

Mail de contact : faiz.ben_amar@sorbonne-universite.fr

Codirection éventuelle : Ludovic Saint Bauzel, Maître de Conférences à SU

Collaborations dans le cadre de la thèse :

Rattachement à un programme :

Cotutelle envisagée :

Si oui avec quelle université & quel laboratoire :

Le sujet peut-il être publié sur le site web de l'ED SMAER : OUI

Résumé du sujet :

L'objectif de la thèse est d'exploiter les technologies de navigation robotique, et bien entendu de les développer, pour résoudre l'important problème de l'aide à la navigation des personnes malvoyantes et non-voyantes. On s'intéressera dans cette thèse au robot guide qui imite un guide visuel humain et qui emmène l'utilisateur vers sa destination en se déplaçant à côté et légèrement en face, grâce à un toucher léger comme si elle toucherait le dos d'une personne. Ce mode serait utile pour les personnes qui n'ont pas ou peu de vision fonctionnelle, dans des environnements surpeuplés et dans des lieux urbains inconnus potentiellement dangereux pour ces personnes (présence de trottoir, travaux, obstacles, ...). La thèse comporte le développement d'une assistance robotique ergonomique basée sur une plateforme légère existante. Celle-ci est une plateforme à 4 roues motrices indépendantes, sur laquelle peuvent être montées soit 4 roues conventionnelles ou 4 roues omnidirectionnelles (type Mekanum Wheel), permettant de changer la mobilité intrinsèque de la plateforme. L'influence des contraintes d'holonomie, ou leur absence, sur l'interaction avec l'utilisateur seront au centre de cette thèse. Ces études doivent aussi s'accompagner du développement des interfaces kinesthésiques associées aux différents modes de mobilités. Parmi les problèmes scientifiques qui sont intéressants à étudier et qui n'ont pas encore aujourd'hui de solutions suffisantes, la recherche de trajectoires dans un environnement contraint et dynamique, typiquement l'insertion dans le flux de passants, constitue un problème d'optimisation sous contraintes connu pour être difficile car non-linéaire et doit être résolu en temps réel.

Sujet développé

(à présenter en 2 ou 3 pages maximum, en précisant notamment le contexte, les objectifs, les résultats attendus)

De plus en plus populaires, des robots de service sont disponibles dans le commerce ; ils transportent et livrent des produits dans les hôpitaux, les hôtels, accueillent et guident les personnes dans les grands magasins ou les centres commerciaux. Ces robots partagent certaines caractéristiques : ils sont autonomes et mobiles; ils sont capables de se rendre à des endroits précis dans une carte et peuvent naviguer dans des espaces très encombrés pour y arriver. Il est donc temps d'exploiter ces technologies pour résoudre l'important problème de l'aide à la navigation des personnes malvoyantes et non-voyantes.

Il existe différents modes possibles d'assistance en fonction des niveaux de déficiences visuelles des personnes et de leur connaissance de la géographie de l'environnement appréhendé. Lorsque la personne est familiarisée avec l'environnement, un assistant auditif qui ne fournirait que des informations et des instructions d'acheminement serait particulièrement utile pour ces personnes. En revanche, un robot physique avec ou sans contact direct permettrait d'escorter une personne non-voyante dans un environnement contraint et dynamique et le guiderait vers un endroit objectif en avançant à côté ou légèrement devant l'utilisateur. On s'intéressera plus particulièrement dans cette thèse au robot guide qui imite un guide visuel humain et qui emmène l'utilisateur vers sa destination en se déplaçant à côté et légèrement en face, grâce à un toucher léger comme si elle toucherait le dos d'une personne. Ce mode serait utile pour les personnes qui n'ont pas ou peu de vision fonctionnelle, dans des environnements surpeuplés et dans des lieux urbains inconnus potentiellement dangereux pour ces personnes (présence de trottoir, travaux, obstacles, ...).

Le sujet de recherche, centré sur ce dernier mode, a pour objectif le développement d'une assistance robotique ergonomique basée sur une plateforme légère existante. Celle-ci est une plateforme à 4 roues motrices indépendantes, sur laquelle peuvent être montées soit 4 roues conventionnelles ou 4 roues omnidirectionnelles (type Mecanum Wheel), permettant de changer la mobilité intrinsèque de la plateforme. L'influence des contraintes d'holonomie, ou leur absence, sur l'interaction avec l'utilisateur seront au centre de cette thèse. Par exemple, le fait que le robot holonome puisse effectuer instantanément un déplacement latéral, permettrait-il de mieux indiquer un changement de direction souhaité afin d'éviter au plus tôt un obstacle fixe ou mobile. Bien entendu, ces études doivent aussi s'accompagner du développement des interfaces kinesthésiques associées aux différents modes de mobilités. Cette interface de contact instrumentée permettrait aussi de mesurer les efforts d'interaction robot-utilisateur (en force et/ou moment) afin de détecter une volonté particulière de l'utilisateur (l'arrêt, changement d'objectif, ...). Le robot sera équipé de moyens de localisation (GPS et odométrie) et de perception de l'environnement (LIDAR et/ou Caméra) permettant la détection des obstacles statiques et dynamiques dans l'environnement proche du robot. Parmi les problèmes scientifiques qui sont intéressants à étudier et qui n'ont pas encore aujourd'hui de solutions suffisantes, la recherche de trajectoires dans un environnement contraint et dynamique, typiquement l'insertion dans le flux de passants, constitue un problème d'optimisation sous contraintes connu pour être difficile car non-linéaire et doit être résolu en temps réel. Cette optimisation devrait prendre en compte les contraintes cinématiques et dynamiques de la plateforme afin de générer des déplacements admissibles et pouvant être générés par les actionneurs.

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Les modules de perception et de commande seront développés sous l'environnement de programmation robotique ROS.

Ce sujet de thèse tentera de répondre aux questions fondamentales suivantes :

- Quel type d'information la personne non-voyante a besoin pour l'aider à se déplacer dans un milieu encombré ?
- Comment le robot doit se comporter et interagir avec les passants lorsqu'il guide une personne aveugle ?
- Quelle est l'influence des contraintes cinématiques de la plateforme, en particulier l'holonomie versus non-holonomie, sur son interaction avec la personne ?
- Comment rendre cette aide socialement acceptable par les utilisateurs ?

Références

Enabling Building Service Robots to Guide Blind People A Participatory Design Approach Shiri Azenkot , Catherine Feng , and Maya Cakmak

Aigner, P. and McCarragher, B. 1999. Shared control framework applied to a robotic aid for the blind. IEEE Control Systems Magazine. 19, 2 (Apr. 1999), 40–46

Alkhanifer, A. and Ludi, S. 2014. Towards a situation awareness design to improve visually impaired orientation in unfamiliar buildings: Requirements elicitation study. 2014 IEEE 22nd International Requirements Engineering Conference (RE) (Aug. 2014), 23–32.

Feng, C. et al. 2015. Designing a Robot Guide for Blind People in Indoor Environments. Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts - HRI'15 Extended Abstracts (New York, New York, USA, Mar. 2015), 107–108

Hersh, M.A. and Johnson, M.A. 2010. A robotic guide for blind people part 1: a multi-national survey of the attitudes, requirements and preferences of potential end-users. Applied Bionics and Biomechanics. (2010).

Hersh, M.A. and Johnson, M.A. 2012. A robotic guide for blind people Part 2: Gender and national analysis of a multi-national survey and the application of the survey results and the CAT model to framing robot design

Page, S. and Saint-Bauzel, L. and Rumeau, P. and Pasqui, V. (2016). Smart walkers: an application-oriented review. Robotica. Vol FirstView Pages 1-20.

Ma, J and Kharboutly, H and Benali, A. and Ben amar, F. and Bouzit, M. (2014). Design of Omnidirectional Mobile Platform for Balance Analysis. IEEE Trans. on Mechatronics. Vol 19 No 6 Pages 1872 - 1881.