

M. Dmitrii POPOV

Département DAPI - laboratoire LS2N

Soutiendra publiquement ses travaux en vue de l'obtention du grade de

Docteur d'IMT Atlantique

Dans le cadre de la co-accréditation de thèse d'IMT Atlantique au sein de l'école doctorale SPIN

Le mercredi 17 mai 2023 à 14:00 à IMT Atlantique

Campus de Nantes – Amphithéâtre Pascal

La thèse sera soutenue en anglais

Modélisation des interactions physiques entre un humain et un robot avec élasticité adaptative

Modeling of Physical Interactions Between a Human and a Robot with Adaptive Compliance

Résumé : La thèse est consacrée à la modélisation des interactions physiques entre un humain et un robot, ce qui est extrêmement important pour la conception et le développement de cellules de travail collaboratives modernes dans de nouvelles applications industrielles. Il se focaliser sur le développement de méthodes d'identification des interactions afin d'améliorer la sécurité des personnes et les performances des cellules de travail homme-robot. Une attention particulière est accordée aux problèmes de précision causés par les données de mesures bruitées et l'identification des paramètres d'interaction dans des cas singuliers, qui peuvent arriver lors de l'interaction physique en raison d'informations de mesures limitées. La thèse présente de nouvelles méthodes pour calculer la force d'interaction et son point d'application en utilisant uniquement les données de mesure obtenues à partir des capteurs de couple de l'articulation interne du robot. De plus, le contrôleur adaptative d'interaction gestion est développé, qui intègre les résultats de l'identification d'interaction afin d'assurer la sécurité humaine en changeant le mode de comportement du robot. La validité des approches développées et leur efficacité ont été confirmées par une étude expérimentale impliquant une collaboration entre un opérateur et le robot KUKA LBR iiwa 14.

Abstract : The thesis deals with the modeling of physical interactions between a human and a robot, which is extremely important for the design and development of modern collaborative work cells for new industrial applications. It focuses on the development of interaction identification techniques in order to improve human safety and human-robot work cell performance. Special attention is paid to the accuracy issues caused by the noisy measurements data and the interaction parameters identification in singular cases, which can arise during the physical interaction because of limited measurements information provided by robot torque sensors. It presents new techniques for computing the interaction force and its application point using measurement data obtained from the robot internal joint torque sensors only. In contrast to existing approaches, the proposed methods are applicable for singular cases associated with an insufficient number of independent equations in a static equilibrium system, which produces non-unique solutions for the interaction parameters. For these numerically hard cases, a special singularity resolution technique was developed, which is based on some practice-inspired heuristics and the interaction parameters estimation history. In addition, the adaptive interaction handling controller is developed, which integrates the interaction identification results in order to ensure human safety by changing the robot behavior mode. The validity of the developed approaches was confirmed by an experimental study involving collaboration between an operator and the KUKA LBR iiwa 14 robot.

Mots-clés: Interaction Physique Homme-Robot, Collaboration Homme-Robot, Identification des Paramètres d'Interaction, Résolution de Singularité, Contrôle d'Interaction Adaptatif

Keywords: Physical Human-Robot Interaction, Safe Robotics, Human-Robot Collaboration, Interaction Parameters Identification, Singularity Resolution, Adaptive Interaction Handling.

Le jury est composé de :

M. Damien CHABLAT	- Directeur de recherche	- CNRS, LS2N
M. Anatol PASHKEVICH	- Professeur	- IMT Atlantique
M. Alexandr KLIMCHIK	- Associate professor	- University of Lincoln, UK
Mme Nathalie SMITH-GUERIN	- Maître de conférences	- Université Bretagne Sud
M. Andréa CHERUBINI	- Professeur	- Université Montpellier, LIRMM
M. Med Amine LARIBI	- Maître de conférences, HDR	- Université de Poitiers
M. Abderrahmane KHEDDAR	- Directeur de recherche	- CNRS, LIRMM