

Sujet de thèse

Titre de la thèse : Modèles computationnels pour prédire les trajectoires d'utilisateur dans des environnements dynamiques (Computational models to predict user trajectories in dynamic environments)

Directrice ou directeur de thèse : Gilles Bailly

Collaboration dans le cadre de la thèse : Julien Gori, Emmanuel Guigon

Laboratoire d'accueil : ISIR (*Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique*), Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

Personne à contacter

Prénom Nom : Julien Gori

Tel : +33 1 44 27 51 21

Email : gori@isir.upmc.fr

Envoyer votre candidature par mail, avec [sujet de la thèse] en objet, un CV et une lettre de motivation.

Date limite de dépôt de la candidature : 15/05/2022

Description du sujet (en français)

Contexte :

Atteindre un objet (par exemple sélectionner un objet 3D en Réalité virtuelle (RV) ou une icône sur le bureau) est l'une des tâches les plus fondamentales de l'interaction homme-machine (IHM). En IHM, la loi de Fitts a été largement utilisée pour prédire le temps de pointage en fonction de la distance et de la taille de cible (objet). Elle a été utilisée pour comparer différents appareils, ainsi que pour développer des techniques d'interaction avancées. Cependant, la loi de Fitts reste un modèle comportemental fournissant peu d'explications sur les processus cognitifs et donc il n'explique/prédit pas comment les utilisateurs adaptent leur comportement dans des environnements dynamiques impliquant des forces externes ou des transductions entre mouvements virtuels et physiques. Un modèle qui prédirait les trajectoires produites par l'homme dans des environnements dynamiques éclairerait la conception de nombreuses transductions d'entrée-sortie non statiques (comme par exemple, les souris adaptatives, des techniques de RV qui manipulent l'affichage), permettant ainsi une conception basée sur des raisonnements contrefactuels.

Description du projet :

Dans cette thèse, on cherche à décrire la façon dont les utilisateurs produisent et adaptent leurs trajectoires dans un environnement nouveau et/ou dynamique. Nous adoptons une vision où la formation de trajectoire s'appuie sur les prédictions d'un modèle du monde extérieur interne à l'utilisateur, conformément au cadre mis au point par Todorov, qui exploite des résultats en contrôle optimal. Dans ce cadre classique, le modèle interne est statique et identifié au préalable. Nous faisons l'hypothèse que, plutôt que d'être statique, ce modèle interne doit être continuellement mis à jour, à la lumière des conflits entre les prédictions de ce dernier et les informations sensorielles que l'utilisateur reçoit. Le problème ouvert que nous abordons est de modéliser et d'intégrer ce processus d'apprentissage dans le cadre du contrôle optimal. Pour y

Sous la co-tutelle de :

parvenir, nous adapterons le modèle classique de Todorov, en estimant dynamiquement les paramètres du modèle interne. Cette inférence sera obtenue progressivement, en mettant à jour le modèle interne obsolète d'origine, à partir d'un signal d'erreur entre les prévisions et les observations.

Les taux de mise à jour (à quelle fréquence les paramètres du modèle sont mis à jour et dans quelle mesure) seront déterminés à partir de données empiriques.

Objectif scientifique :

Les objectifs de cette thèse sont :

- adapter le modèle de contrôle optimal de Todorov pour les mouvements ciblés, en ajoutant un mécanisme d'apprentissage qui met à jour le modèle interne de l'utilisateur,
- étendre ce modèle avec des mécanismes feedforward, là où le modèle de Todorov est purement feedback,
- valider et calibrer les nouveaux modèles sur des données empiriques,
- mise en place d'une technique d'interaction exploitant les nouveaux modèles (démonstrateur).

Profil recherché : Des candidats avec un solide parcours académique en IHM, un domaine lié au mouvement humain, ou en théorie du contrôle sont encouragés à candidater.

Compétences requises : On attend du candidat qu'il sache manipuler des modèles computationnels. Une capacité à mener des expériences et/ou à piloter des systèmes de RV est un plus.

Description du sujet (en anglais)

Context:

Reaching an object (e.g selecting a 3D object in VR or an icon on the desktop) is one of the most fundamental tasks in Human Computer Interaction (HCI). In HCI, Fitts' law has been extensively used to predict the pointing time depending on the distance and size of the target (object). It has been used to compare different devices, as well to develop advanced interaction techniques. However, Fitts' law remains a behavioural model providing little explanation regarding the cognitive processes and thus it does not explain/predict how users adapt their behaviour in

dynamic environments e.g., tasks involving external forces or dynamic mappings between physical and virtual movements. A model that would predict human produced trajectories in dynamic environments would inform the design of many non-static input-output mappings (e.g., adaptive mice, VR techniques that manipulate the mapping), by allowing counterfactual reasoning.

Project Description:

In this thesis, we wish to provide a comprehensive view of how people produce and adapt their trajectories in a new and/or dynamic environment. We embrace a model-based view of action, where human policy builds on predictions of an internal world model of the task to be accomplished, in line with the optimal control framework pioneered by Todorov. In this classical framework, the internal model is static and identified beforehand. We hypothesise that, rather than being static, this internal model is continually kept up to date, in light of conflicting prediction and sensory information. Modeling and integrating this learning process in the optimal control framework is the open problem that we address. To achieve this, we will adapt Todorov's classical model, by having the internal model inferred. This inference will be achieved by progressively updating the original outdated internal model, based on an error signal between predicted and observed outcome. The rates of updating (how often the model parameters are updated and by how much) will be determined from empirical data.

Sous la co-tutelle de :



INSTITUT DES SYSTEMES INTELLIGENTS ET DE ROBOTIQUE OFFRE DE THESE

Scientific Objective:

The goals of this thesis are:

- adapting Todorov's optimal control model for aimed movements by adding a learning mechanism that updates the internal world model,
- extending that model with feedforward mechanisms, Todorov's model being purely feedback driven.
- validating and calibrating the new models on empirical data,
- implementing an interaction technique that leverages the new models (demonstrator).

Required Profile: Applicants with a strong academic record in HCI, a field related to motor control, or control theory are encouraged to apply.

Required skills: Interest and/or experience in computational user modeling is required. The ability to conduct controlled experiments, as well as the ability to design VR interactions is appreciated

Sous la co-tutelle de :