

PROJET DE THESE France-Japon

Analyse par caméra Vidéo du Mouvement Humain (AVIMHU)

Introduction

Suivre la dynamique du système musculosquelettique humain est essentiel pour l'analyse ergonomique ou l'interaction humain-robot personnalisée en contexte industriel ou encore à la maison pour la détection des risques de chute ou développer la pertinence des robots compagnons. Toutefois, seules les conditions de laboratoire avec l'utilisation de système optique infrarouge de capture de mouvement pour le suivi tridimensionnel permettent des analyses quantitatives précises de la dynamique du système selon les recommandations en vigueur [1], [2]. Mais ces systèmes sont très coûteux, rigides et requièrent l'apposition de nombreux marqueurs sur les sujets. A ce jour des systèmes moins coûteux reposant sur l'utilisation de caméras couleurs standards existent, tels qu'opencap [3], openpose [4] ou move.ai, mais ne permettent que des reconstructions mono-dimensionnelles des segments humains, manquant donc de précision.

C'est ainsi que ce projet rassemble des biomécaniciens et des spécialistes de la vision par ordinateur afin de développer un nouveau système d'analyse de mouvement à l'aide de caméras couleurs standards permettant la détection de la dynamique des sujets humains. Cette détection sera guidée par les modèles fins utilisés par les biomécaniciens pour l'étude précise de la cinématique et la dynamique du système musculosquelettique, hors des laboratoires.

Les spécialistes de l'analyse du mouvement humain du LAAS-CNRS et ceux de vision par ordinateur du JRL ont ainsi décidé de collaborer sur ce thème. L'objectif de la thèse reste de reconstruire des modèles de biomécanique segmentaire en temps réel avec des objectifs d'application principalement dans le domaine de l'interaction humain-robot.

Méthode

Le projet consiste pour le doctorant, dans un premier temps, à se familiariser avec les modèles classiques de la dynamique musculosquelettique et mieux comprendre les enjeux et les prérequis nécessaires à la détection par système de vision. Des expérimentations de laboratoire relatives à l'analyse de mouvements de membres supérieurs seront ainsi déployées dans l'espace de travail d'un système optique de capture de mouvement afin de bien comprendre les attentes et aussi fournir des résultats de référence pour évaluer le futur nouveau système d'analyse de mouvement. Les dispositifs de la littérature à base de caméras (opencap, openpose, move.ai, etc.) seront comparés au gold standard du système optique, permettant ainsi d'avoir une base des précisions actuelles.

Le deuxième temps de la thèse sera consacré à créer la nouvelle méthode d'analyse de mouvement humain. Pour ce faire, la thèse s'appuiera d'une part sur de récents travaux à base de réseaux de neurones transformateurs pour la détection efficace de la surface du corps humain dans chaque image d'un flux vidéo [5], et d'autre part sur une nouvelle approche apprenant la position des articulations de chaque segment humain à partir des maillages surfaciques détectés [6]. Bien entendu, il s'agira d'aller au-delà de la combinaison de ces approches existantes en guidant l'apprentissage automatique par la physique de modèles biomécaniques humains, par conséquent dynamiques. En plus de l'intérêt pour l'analyse biomécanique, cette approche d'apprentissage automatique informé par la physique permettra de raccourcir les temps d'entraînement et d'alléger les réseaux de neurones.

Enfin, dans un troisième temps, après avoir évalué les mesures faites par le nouveau système vidéo à celles acquises par capture de mouvement, la mesure biomécanique en temps-réel sera encapsulée au sein d'une commande prédictive multi-objectif de robot pour une transmission plus naturelle d'objets entre une personne et un robot que ne le permettent les systèmes actuels.

Modalités de la thèse

La thèse se déroulera à temps égal entre la France (LAAS-CNRS, Toulouse) et le Japon (JRL, Tsukuba). Précisément les premiers et derniers temps de la thèse se dérouleront à Toulouse alors que les développements relatifs à l'analyse du mouvement humain par vidéo et réseaux de neurones seront réalisés sur le site du JRL. Le doctorant bénéficiera ainsi d'un encadrement et d'un environnement matériel de très bonne qualité lui permettant de mener à bien les différentes parties du projet.

Compétences requises

Le/la candidat.e aura une première expérience de recherche de niveau master. Issu d'une école d'ingénieurs ou d'une université il devra maîtriser les éléments de la cinématique tridimensionnelle (quaternions, angles d'Euler, etc...). La maîtrise d'au moins un langage de programmation est indispensable (Python, C/C++, Matlab, ...).

Des compétences en biomécanique et en réseaux de neurones seront un plus apprécié.

La pratique de l'anglais est indispensable.

Contacts :

Envoyer CV et lettre de recommandation à :

Bruno Watier : bruno.watier@laas.fr

Guillaume Caron : guillaume.caron@aist.go.jp

Le début de la thèse est prévue le 1^{er} octobre 2024.

Références

- [1] G. Wu *et al.*, « ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine », *Journal of biomechanics*, vol. 35, n° 4, p. 543-548, 2002.
- [2] G. Wu *et al.*, « ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand », *Journal of Biomechanics*, vol. 38, n° 5, p. 981-992, mai 2005, doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.05.042.
- [3] S. D. Uhlich *et al.*, « OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos », *PLoS Comput Biol*, vol. 19, n° 10, p. e1011462, oct. 2023, doi: 10.1371/journal.pcbi.1011462.
- [4] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S.-E. Wei, et Y. Sheikh, « OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields ». arXiv, 30 mai 2019. Consulté le: 8 juillet 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1812.08008>
- [5] Y. Yoshiyasu, « Deformable Mesh Transformer for 3D Human Mesh Recovery », in *2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, juin 2023, p. 17006-17015. doi: 10.1109/CVPR52729.2023.01631.
- [6] M. Keller *et al.*, « From Skin to Skeleton: Towards Biomechanically Accurate 3D Digital Humans », *ACM Trans. Graph.*, vol. 42, n° 6, p. 1-12, déc. 2023, doi: 10.1145/3618381.