

Offre de stage

Estimation d'état pour la détermination d'attitude par fusion de mesures inertielles : Application à la capture et l'analyse de mouvements humains

Contexte et objectifs

La quantification précise, fiable et objective de l'activité et des mouvements d'une personne est l'un des critères importants pour évaluer son état de santé et d'autonomie, leur évolution au cours du temps, mais aussi pour déterminer les possibles troubles à la mise en mouvement d'une partie du corps et au contrôle/la régulation de ce mouvement. En clinique, la quantification du mouvement est particulièrement utilisée afin de déterminer les capacités fonctionnelles, d'établir, le cas échéant, un diagnostic médical (par exemple, bilan articulaire ou repérage des risques de chute) et de proposer une prise en charge adaptée et personnalisée. Dans ce contexte, depuis plusieurs années, il est intéressant de noter, au sein des communautés scientifique et clinique, un intérêt grandissant pour le développement de nouvelles technologies, ainsi que d'algorithmes, pour la capture et l'analyse quantitatives et objectives des mouvements humains.

Ces travaux se fondent, dans leur plus grande majorité, sur l'exploitation de centrales inertielles/d'attitude qui, attachées à un segment corporel, peut permettre d'obtenir une quantification objective, précise, reproductible et sur de longues périodes des postures et mouvements humains. Ces centrales sont le plus fréquemment composées d'une triade orthogonale d'accéléromètres, magnétomètres et gyromètres et équipent de nos jours la plupart des smartphones, qui deviennent également des outils innovants pour la capture et le suivi de mouvements. Une fusion adéquate des différents signaux issus de centrale(s) inertielle(s) (ou smartphone(s)) permet de remonter à l'attitude, appelée encore « orientation 3D » et peut nous renseigner à travers une analyse fine des postures et mouvements humains et prédire de possible troubles neurologiques qui peuvent affecter le cerveau humain.

Dans ce cadre, le travail se focalise essentiellement sur la caractérisation de postures de référence chez l'homme en utilisant des triades orthogonales de capteurs composées d'accéléromètres, gyromètres et magnétomètres qui équipent de nos jours la plupart des centrales inertielles et smartphones. Une fusion adéquate des signaux inertiels et magnétiques issus de ces capteurs peut permettre de déterminer avec précision et fiabilité l'attitude (orientation). Attachée à un segment corporel (par exemple, au niveau de l'avant-bras, de la jambe ou du tronc), une centrale inertielle peut être utilisée afin de déterminer l'attitude de ce segment. Par la suite, une analyse de ces attitudes par rapport à un référentiel de mouvements peut permettre l'identification et la classification des postures ou mouvements caractéristiques.



Le candidat disposera d'une revue exhaustive de l'état de l'art, d'ores-déjà été effectuée autour des quatre points principaux suivants: 1) les repères les plus appropriés pour exprimer l'attitude d'un corps rigide dans l'espace (repère fixe, repère mobile, etc.), 2) la représentation mathématique de l'attitude la plus adéquate avec l'application de l'analyse de mouvements humains (les quaternions, les angles d'Euler, les matrices de rotations, etc.), 3) les principaux capteurs utilisés pour déterminer l'attitude par centrales inertielles, et 4) les méthodes de filtrage et estimation de l'attitude basées essentiellement sur les filtres de Kalman (avec ses variantes), les observateurs et les filtres complémentaires.

Le travail demandé s'articule autour des deux objectifs complémentaires suivants :

1. sur la base de l'évaluation de la précision et de la fiabilité des méthodes d'estimation de l'attitude d'un corps rigide dans l'espace combinant des signaux simulés issus d'une centrale inertielle, il



- s'agira, dans un premier temps, de mettre en œuvre un algorithme mathématique d'estimation de l'attitude original tenant compte des limitations actuelles concernant notamment les effets dus aux perturbations magnétiques, l'effet de l'accélération linéaire due au mouvement. Il s'agira, dans un second temps, d'évaluer la précision et la fiabilité de l'algorithme utilisé sur des signaux simulés et sur des signaux réels acquis dans des situations expérimentales réalisées par des participants volontaires en environnement contrôlé.
2. sur la base des résultats théoriques et expérimentaux obtenus précédemment, il s'agira, dans un premier temps, de proposer un algorithme mathématique d'identification et de classification des postures et des mouvements du corps humain combinant des signaux brutes (accélération, champ magnétique, ou vitesse angulaire) ou des données estimées (attitude) issus d'une ou de plusieurs centrales inertielles localisées sur différents segments corporels selon différentes orientations. Il s'agira, dans un second temps, d'évaluer la précision et la fiabilité de l'algorithme proposé sur des signaux réels acquis dans des situations expérimentales représentatives d'activités de la vie quotidienne réalisées par des participants volontaires en environnement contrôlé.

Informations générales

- Profils du candidat :** Etudiant en Projet Fin d'Etudes (Ingénieur) ou Master 2 avec des compétences en Automatique (surtout estimation d'état) et traitement de signal
- Durée du stage :** 5 Mois, débutant en Février 2018
- Gratification :** 520 euros/mois
- Lieu :** GIPSA-Lab (<http://www.gipsa-lab.fr/>), Département Automatique, Equipe NeCS, Université Grenoble-Alpes
- Contact :** Hassen Fourati (MCF), hassen.fourati@gipsa-lab.fr
Nicolas Vuillerme (MCF), EA 7407 AGEIS, Université Grenoble-Alpes
- Candidature :** Envoyer CV, lettre de motivation et bulletins de notes (durant tout le cycle universitaire)

Bibliographie :

- [1] H. Fourati, N. Manamanni, L. Afilal, and Y. Handrich. Complementary Observer for Body Segments Motion Capturing by Inertial and Magnetic Sensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 19, no. 1, pp. 149-157, Feb. 2014.
- [2] T. Michel, H. Fourati, P. Genevès, N. Layaïda. A Comparative Analysis of Attitude Estimation for Pedestrian Navigation with Smartphones. *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, Banff, Alberta, Canada, Oct. 2015.
- [3] C. Franco, N. Vuillerme, B. Diot, J. Demongeot, A. Fleury. Data Fusion for Telemonitoring Application to Health and Autonomy. Multisensor Data Fusion: From Algorithms and Architectural Design to Applications, *Series: Devices, Circuits, and Systems, CRC Press, Taylor & Francis Group LLC*, 663 pages, Aug. 2015.
- [4] N. M. Kosse, N. Vuillerme, T. Hortobágyi, and C. J. C. Lamoth. Multiple gait parameters derived from IPod accelerometry predict age-related gait changes. *Gait & Posture*, 46, (2016) 112-117.
- [5] A. Makni. Fusion de données inertielles et magnétiques pour l'estimation de l'attitude sous contrainte énergétique d'un corps rigide accéléré, *thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes*, Mars 2016.
- [6] J. Wu, Z. Zhou, J. Chen, H. Fourati, and R. Li. Fast Complementary Filter for Attitude Estimation Using Low-Cost MARG Sensors. *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no.18, pp. 6997-7007, September 2016.