



école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

Titre de la thèse : Supervision et analyse de mouvements par un réseau de capteurs intelligents, application à la réhabilitation fonctionnelle

Laboratoire d'accueil : ImViA

Spécialité du doctorat préparé : Instrumentation et informatique de l'image

Mots-clefs : réseau de capteurs, réhabilitation fonctionnelle, optimisation

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction / contexte :

La réhabilitation fonctionnelle est un domaine en plein essor grâce à l'évolution technologique des capteurs intelligents. En effet, le besoin de soins à domicile, de surveillance et de rééducation fonctionnelle des personnes isolées, âgées, atteintes de déficiences musculaires ou handicapées augmente à mesure que la population mondiale continue de vieillir. Ces différentes situations nécessitent l'utilisation de techniques avancées de surveillance à distance de l'état de ces personnes et de leur fournir (et aux praticiens) des outils d'évaluation du mouvement et de réhabilitation efficaces. Plusieurs outils de surveillance non intrusifs ont été développés, tels que des systèmes à base de caméra permettant l'évaluation passive des paramètres de marche au fil du temps [1], des systèmes détectant un événement de chute [2], ou des systèmes effectuant des activités de surveillance quotidiennes à travers des capteurs portables intégrés dans des vêtements [3].

L'association de capteurs d'images à des nœuds de localisation spatiale à travers des protocoles de communication hybrides ZigBee et Wi-Fi a fait l'objet d'une thèse au laboratoire ImViA. Ces travaux ont permis de proposer une plateforme économique de supervision de la réhabilitation d'un patient à travers la localisation et le suivi indoor [4], [5]. Ces systèmes (existants dans notre laboratoire ImViA) acquièrent des données sur les changements de posture et de la position du corps et traitent ces informations pour caractériser les mouvements de manière statique. La suite de ces travaux a pour but d'acquérir des données plus précises de position et de déplacement du patient (à distance), une meilleure optimisation du temps de traitement pour une exploitation en ligne ou hors ligne, et de fournir des outils d'aide à la décision aux praticiens et/ou aux sujets traités.

Travaux envisagés :

La première étape de la thèse proposée concerne la conception d'un système temps réel de supervision et de traitement de données issues de l'association de capteurs de natures hétérogènes. Ce réseau de capteurs sera construit autour du banc de test qui existe au laboratoire et qui est principalement constitué de capteurs visuels (caméras ou Kinect), ce qui va permettre de fournir les informations nécessaires sur la posture et le mouvement de l'individu.

La deuxième étape va concerner le diagnostic de l'état du patient. Ainsi, le système proposé aura pour but de comparer les mouvements (données récoltées) du patient avec un modèle théorique du mouvement relatif à un exercice physique donné. Cette comparaison va guider le praticien afin de fournir des recommandations en temps réel au patient sur le niveau de performance qu'il a

accompli et lui proposer des directives à suivre pour augmenter l'efficacité de l'exercice. Le praticien pourra aussi analyser hors ligne, à l'aide du logiciel proposé, la qualité de l'exercice effectué et l'évolution de l'état du patient le long des différentes séances de réhabilitation.

Le système final personnalisable sera le résultat de la fusion de l'expertise du praticien et des différents modèles théoriques développés dans la littérature. D'autre part, ce système pourra détecter instantanément les chutes [7]. Pour les patients atteints de pathologie musculaire, une application possible de ce système consiste à automatiser la correction du mouvement en utilisant la stimulation électrique fonctionnelle ([8], [9]).

Ce sujet de thèse a pour but d'apporter des solutions d'ingénierie pour des applications dans le domaine de la santé. Il fait appel à des connaissances en :

- Instrumentation électronique par un ensemble de capteurs (capteurs d'image, capteurs de position)
- Fusion de données (données capteurs)
- Programmation (logiciel d'aide à la décision en ligne, et hors ligne, langage Python et/ou C++)
- Mathématiques appliquées (optimisation, contrôle de systèmes).

Références bibliographiques :

[1] E. E. Stone et M. Skubic, « Evaluation of an inexpensive depth camera for passive in-home fall risk assessment », in *2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*, 2011, p. 71–77.

[2] S. Gasparrini, E. Cippitelli, S. Spinsante, et E. Gambi, « A depth-based fall detection system using a Kinect® sensor », *Sensors*, vol. 14, n° 2, p. 2756–2775, 2014.

[3] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, et M. Rodgers, « A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation », *J. Neuroengineering Rehabil.*, vol. 9, n° 1, p. 21, 2012.

[4] M. Idoudi, E.-B. Bourennane, et K. Grayaa, « Wireless Visual Sensor Network Platform for Indoor Localization and Tracking of a Patient for Rehabilitation Task », *IEEE Sens. J.*, vol. 18, n° 14, p. 5915–5928, 2018.

[5] M. IDOUDI et E.-B. BOURENNANE, « Conception and implementation of Wireless Vision Sensor Network Node for patient tracking on Rehabilitation task ».

[6] J. Kazemi et S. Ozgoli, «Real-time walking pattern generation for a lower limb exoskeleton, implemented on the Exoped robot », *Robot. Auton. Syst.*, vol. 116, p. 1–23, 2019.

[7] J. A. Painter, S. J. Elliott, et S. Hudson, « Falls in community-dwelling adults aged 50 years and older prevalence and contributing factors », *J. Allied Health*, vol. 38, n° 4, p. 201–207, 2009.

[8] T. Bakir, B. Bonnard, et J. Rouot, « A case study of optimal input-output system with sampled-data control: Ding et al. force and fatigue muscular control model », 2019.

[9] M. Yochum, T. Bakir, R. Lepers, et S. Binczak, « Estimation of muscular fatigue under electromyostimulation using cwt », *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 59, n° 12, p. 3372–3378, 2012.

Profil demandé : Bac+5 en Electronique/Automatique avec des compétences en instrumentation électronique et vision.

Financement : MESRI établissement

Dossier à envoyer pour le 31/05/2021

Début du contrat : Octobre 2021

Directeur de thèse : Toufik BAKIR

Documents à fournir

- CV détaillé (avec coordonnées complètes : adresse électronique, adresse postale, téléphone)
- Lettre de motivation où figure l'intitulé du sujet et le nom du directeur de thèse (1 à 2 pages)
- Relevés de notes et résultats en M1, M2 ou équivalent.
- Copies des diplômes
- Fournir obligatoirement votre classement (définitif ou provisoire) et le nombre d'étudiants de la formation.
- Lettre(s) de recommandation jointe(s) au dossier



école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

PhD title: Supervision and motion analysis by a network of intelligent sensors, application to functional rehabilitation

Host laboratory: ImViA

Speciality of PhD: instrumentation and computer image

Keywords: sensor network, functional rehabilitation, optimization

Job description

Functional rehabilitation is a growing field thanks to the technological evolution of intelligent sensors. Indeed, the need for home care, monitoring and functional rehabilitation of isolated, elderly or disabled people is growing as the world's population continues to age. These different situations require the use of advanced techniques to remotely monitor the condition of these individuals and provide them (and practitioners) with effective movement assessment and rehabilitation tools. Several non-intrusive monitoring tools have been developed, such as camera-based systems that allow passive evaluation of running parameters over time [1], systems that detect a fall event [2], or systems performing daily monitoring activities through portable sensors embedded in clothing [3].

The association of image sensors with spatial localization nodes through ZigBee and Wi-Fi hybrid communication protocols was the subject of a thesis at the ImViA laboratory. This work made it possible to propose an economic platform to supervise the rehabilitation of a patient through localization and indoor monitoring [4], [5]. These systems (existing in our ImViA laboratory) acquire data on changes in body posture and position and process this information to characterize movements statically. The aim of the continuation of this work is to acquire more accurate patient position and movement data (remotely), better optimization of processing time for online or offline operation, and to provide decision support tools to practitioners and/or subjects.

The first step of the proposed thesis concerns the design of a real-time system for the supervision and processing of data from the combination of sensors of heterogeneous natures. This network of sensors will be built around the test bench that exists in the laboratory and which consists mainly of visual sensors (cameras or Kinect), which will allow providing the necessary information on the posture and movement of the individual.

The second step will concern the diagnosis of the patient's condition. Thus, the proposed system will compare the patient's movements (data collected) with a theoretical model of movement related to a given physical exercise. This comparison will guide the practitioner in order to provide real-time recommendations to the patient on the level of performance he has achieved and propose guidelines to follow to increase the efficiency of the exercise. The practitioner will also be able to analyze offline, using the proposed software, the quality of the exercise performed and the evolution of the patient's condition during the various rehabilitation sessions.

The final customizable system will be the result of the fusion of the practitioner's expertise and the different theoretical models developed in the literature. On the other hand, this system will be able to instantly detect falls [7]. For patients with muscle pathology, one possible application of

this system is to automate motion correction using functional electrical stimulation ([8], [9]).

This thesis topic aims to provide engineering solutions for applications in the field of health. It needs knowledge in:

- Electronic instrumentation by a set of sensors (image sensors, localization sensors)
- Data fusion (sensor data)
- Programming (online and offline decision support software, Python language and/or C++)
- Applied mathematics (optimization, system control).

References:

[1] E. E. Stone et M. Skubic, « Evaluation of an inexpensive depth camera for passive in-home fall risk assessment », in *2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*, 2011, p. 71–77.

[2] S. Gasparrini, E. Cippitelli, S. Spinsante, et E. Gambi, « A depth-based fall detection system using a Kinect® sensor », *Sensors*, vol. 14, n° 2, p. 2756–2775, 2014.

[3] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, et M. Rodgers, « A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation », *J. Neuroengineering Rehabil.*, vol. 9, n° 1, p. 21, 2012.

[4] M. Idoudi, E.-B. Bourenane, et K. Grayaa, « Wireless Visual Sensor Network Platform for Indoor Localization and Tracking of a Patient for Rehabilitation Task », *IEEE Sens. J.*, vol. 18, n° 14, p. 5915–5928, 2018.

[5] M. IDOUDI et E.-B. BOURENNANE, « Conception and implementation of Wireless Vision Sensor Network Node for patient tracking on Rehabilitation task ».

[6] J. Kazemi et S. Ozgoli, «Real-time walking pattern generation for a lower limb exoskeleton, implemented on the Exoped robot », *Robot. Auton. Syst.*, vol. 116, p. 1–23, 2019.

[7] J. A. Painter, S. J. Elliott, et S. Hudson, « Falls in community-dwelling adults aged 50 years and older prevalence and contributing factors », *J. Allied Health*, vol. 38, n° 4, p. 201–207, 2009.

[8] T. Bakir, B. Bonnard, et J. Rouot, « A case study of optimal input-output system with sampled-data control: Ding et al. force and fatigue muscular control model », 2019.

[9] M. Yochum, T. Bakir, R. Lepers, et S. Binczak, « Estimation of muscular fatigue under electromyostimulation using cwt », *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 59, n° 12, p. 3372–3378, 2012.

Candidate Profile: Master's degree (Bac+5) in Electronics/Control with skills in Electronics instrumentation and vision.

Financing Institution: MESRI établissement

Application deadline: 31/05/2021

Start of contract: October 2021

Supervisor(s): Toufik BAKIR

Required documents

- Detailed CV (full contact information: email address, mailing address, telephone number)
- Cover letter with subject title and thesis supervisor name (1-2 pages)
- Transcripts and results in Matser1, Master2 or equivalent
- Copies of diplomas
- Provide your ranking (final or provisional) and the number of students in the course
- Letter(s) of recommendation