

Thesis location: Inserm, LTSI, Rennes

Thesis supervisors: Xavier Morandi (PU-PH, LTSI, Inserm, University of Rennes 1, University Hospital)

Pierre Jannin (Chercheur Inserm, University of Rennes 1, pierre.jannin@univ-rennes1.fr)

Collaboration: Nicolas Padoy (ICube, Strasbourg)

Starting date: September/October 2014

Keywords: Computer vision, activity modeling and recognition, time-series analysis, multi-level graph representation

1. The CAMI context

Medical Interventions (surgery, interventional radiology, radiotherapy) can provide a significant boost for progress in terms of patient-specific optimal planning and performance. To fulfill patient's demand for Quality, Senior Operators demand to see beyond the immediately visible, to be assisted in their real-time vital decisions and to accede to enhanced dexterity, while junior operators request to "learn to fly" before being left alone, and Public Health Authorities and companies require demonstration of the Medical Benefit of innovations.

The Computer Assisted Medical Interventions LABEX (CAMI LABEX) strategic vision is that an integrated approach of medical interventions will result in a breakthrough in terms of quality of medical interventions, demonstrated in terms of medical benefits and degree of penetration of CAMI technology in routine clinical practice.

Among the different actions undertaken in the scope of the CAMI LABEX, 6 to 10 theses starting yearly are to be financed. Subjects dealing with themes within LABEX's scientific field and resulting from collaboration between different CAMI partners will be favored. The following thesis proposal falls within this framework.

2. Context and objectives

Reducing adverse events in surgery is a societal issue. Some manually filled checklists have been proposed as one initial solution for reducing errors concerning the patient. Real time supervision of the operating room has been outlined as a key component of the intelligent operating room of the future. Situation awareness in the operating room is one solution to reduce adverse events.

The objective of this project is to develop a situation awareness system that can determine the on-going activities in the OR, including involved actors and devices. In particular, this system will 1) recognize the actors and devices present in the OR; 2) model and recognize, at different granularity levels, the activities performed by such actors and devices; and 3) detect deviation and predict next activities from pre-computed learned models.

3. Detailed subject

The objective of this PhD project is to study and implement new approaches for the recognition and analysis of multi-level surgical activities, actors and devices in the operating room. The PhD student will use multimodal data captured by an acquisition system that consists of wide-angle videos as well as video with a narrow view of the operating field, depth cameras and other possible signals. The acquisition system will be installed in a real surgical operating room, allowing validating the approach in a real surgical environment.

The PhD project will specifically address the knowledge aspect in the modeling and recognition parts. The PhD student will study methods that allow improving pure sensor based approaches (such as time-series analysis) by the use of knowledge-based constraints. The multi scale intrinsic aspect of surgical procedure description will be addressed

by such knowledge-based modeling. Different strategies will be studied including on line semantic reasoning during recognition or post processing reasoning for improving recognition rate and semantic labelling.

The following aspects related to the modeling will be taken into account: 1) hierarchical model to allow recognition at multi granularity levels, 2) probabilistic model with iterative and continuous learning, 3) model with possible parallel activities with multi actors and devices, 4) model with management of unexpected events. Obviously, the project will need image-based methods relying on computer vision approach for recognition of actors and devices. The developed approach will be integrated in an existing software framework and in a multi sensor based recognition environment. The impact on the performance will be studied in both simulated and clinical conditions.

The successful candidate will be part of the MediCIS research group, one of the five research groups of the LTSI research institute with about 100 researchers dedicated on biomedical engineering. MediCIS belongs to both University of Rennes and Inserm national research institute. MediCIS is located within the Medical University of Rennes close to the University Hospital. The PhD student will thereby have direct contact with clinicians and access to an exceptional research environment. The recognition of activities based on multimodal sensors and on new time-series analysis approaches will be carried out in collaboration with Nicolas Padoy (iCube, Strasbourg).

4. Proposed course and method of collaboration within CAMI

The research project will be carried out in a context of a CAMI working group dedicated on Modeling and Monitoring of Computer Assisted Medical Interventions (M2CAMI). This WG includes the following research labs: iCube from Strasbourg, TIMC-IMAG from Grenoble, LIRRM from Montpellier and LTSI from Rennes. More specifically, the recognition of activities based on multimodal sensors and on new time-series analysis approaches will be carried out in collaboration with Nicolas Padoy (iCube, Strasbourg).

5. Requirements

The requirements for this position include:

- Strong C++ programming skills
- Experience in computer vision/machine learning and graph representations
- Proficiency in English (oral and written)
- Experience in knowledge modeling is a plus

References

[Jannin2003] Jannin P, Raimbault M, Morandi X, Riffaud L and Gibaud B. "Modeling Surgical Procedures for Multimodal Image-Guided Neurosurgery", Journal of Computer Aided Surgery, 2003

[Lalys2013a] F. Lalys, P. Jannin, "Surgical Process Modelling: a review ", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2013

[Lalys2013b] F. Lalys, Bouget D, Riffaud L, P. Jannin, "Automatic knowledge-based recognition of low-level tasks in ophthalmological procedures", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2013

[Lalys2012] F. Lalys, L. Riffaud, D. Bouget, P. Jannin, "A framework for the recognition of high-level surgical tasks from video images for cataract surgeries". IEEE Trans. Biomed Eng, 2012

[Padoy2012] N. Padoy, T. Blum, A. Ahmadi, H. Feussner, M.O. Berger, N. Navab . "Statistical Modeling and Recognition of Surgical Workflow". Medical Image Analysis, 2012

Lieu de la thèse : Inserm, LTSI, Rennes

Encadrant /Co-encadrant : Xavier Morandi (PU-PH, LTSI, Inserm, Université de Rennes 1, CHU)

Pierre Jannin (Chercheur Inserm, Université de Rennes 1, pierre.jannin@univ-rennes1.fr)

Collaboration: Nicolas Padoy (ICube, Strasbourg)

Démarrage de la thèse : Septembre/Octobre 2014

Mots-clés: Vision par ordinateur, reconnaissance et modélisation d'activités, analyse temporelle, représentation par graphes

1. Le contexte CAMI

Les interventions médicales ont encore une marge de progrès très significative en termes de planification personnalisée et de réalisation optimale. Pour répondre aux exigences du patient au niveau de la qualité, les opérateurs seniors veulent voir au-delà de l'immédiatement visible, être assistés dans leur prise de décisions vitales en temps réel, et accéder à une dextérité augmentée. Les opérateurs juniors demandent à « apprendre à voler » avant d'être laissés seuls, tandis que les autorités de Santé Publique et les industriels demandent la démonstration du service médical rendu par les innovations.

La vision stratégique du LABEX Computer Assisted Medical Interventions (CAMI) est qu'une approche intégrée des interventions médicales résultera en percées en termes de qualité des interventions médicales, observable en pratique par le service médical rendu et par le degré de pénétration de la technologie CAMI dans la pratique clinique de routine.

Parmi les différentes actions entreprises dans le cadre du LABEX CAMI figure le financement de 6 à 10 bourses de thèses démarrant chaque année. Sont privilégiés les sujets s'inscrivant dans le champ scientifique du LABEX et se déroulant en collaboration avec plusieurs partenaires CAMI. Le présent sujet de thèse s'inscrit dans ce cadre.

2. Contexte et objectifs

La réduction des événements indésirables graves (EIG) en chirurgie est un enjeu social. Pour réduire ces erreurs, des checklists remplies manuellement ont été proposés en solution initiale. Mais la supervision en temps réel de la salle d'opération chirurgicale a été soulignée comme un élément-clé de la salle d'opération du futur pour permettre l'automatisation. La mise au point de systèmes conscients de la situation est une des solutions pour réduire ces EIG.

L'objectif de ce projet est de mettre au point un système conscient de la situation qui reconnaît les activités en cours dans la salle d'opération, activités des différents acteurs présents. En particulier, ce système 1) reconnaîtra les acteurs et systèmes présents en salle d'opération, 2) modélisera et reconnaîtra, à différents niveaux de granularité, les activités réalisés par ces acteurs et 3) détectera les déviations par rapport à une procédure type et prédira les activités suivantes à partir de modèles génériques pré calculés.

3. Sujet détaillé

L'objectif global du projet est d'étudier et de mettre en œuvre des nouvelles approches pour la reconnaissance et l'analyse des activités chirurgicales, des acteurs et des objets présents en salle d'opération et de façon multi niveau. Ces approches seront basées sur des capteurs multimodaux incluant vidéo du champ opératoire, vidéo grand angle de la

salle, caméras de profondeur et d'autres signaux possibles. Le système d'acquisition sera installé en environnement simulé et en salle d'opération réelle pour permettre de valider les approches en conditions réelles.

L'objectif spécifique du doctorat est d'étudier l'ajout de connaissances dans la reconnaissance et la modélisation. Le doctorant étudiera des méthodes permettant d'améliorer les approches basées capteurs (comme l'analyse de séries temporelles) par l'utilisation de contraintes s'appuyant sur des connaissances a priori. L'aspect multi-échelle, intrinsèque à la description des procédures chirurgicales sera étudié par cette modélisation des connaissances. Différentes stratégies seront étudiées incluant le raisonnement sémantique en ligne durant la reconnaissance ou un raisonnement a posteriori pour améliorer les taux de reconnaissance et la labellisation sémantique.

Les aspects suivants devront être pris en compte dans la modélisation : 1) modèle hiérarchique pour permettre une reconnaissance à différents niveaux de granularité, 2) modèle probabiliste avec un apprentissage continu et itératif, 3) aspect parallélisme, 4) gestion des événements inattendus. Evidemment, le projet nécessitera l'étude de méthodes basées image s'appuyant sur la vision par ordinateur pour la reconnaissance des acteurs et outils. Les méthodes développées seront intégrées dans un environnement logiciel existant et dans une plateforme multi capteurs. L'impact des méthodes sur les performances de reconnaissance sera étudié dans des environnements réels et simulés.

Le doctorant recruté fera partie de l'équipe Inserm MediCIS, une des cinq équipes de l'institut de recherche LTSI qui regroupent plus de 100 chercheurs en ingénierie biomédicale. MediCIS appartient à la fois à l'Université de Rennes 1 et à l'institut de recherche national Inserm. Les locaux de l'équipe MediCIS sont au sein de la faculté de médecine de l'Université de Rennes 1 et contigus au centre hospitalier régional CHU de Rennes. Ainsi, le doctorant bénéficiera d'un contact direct avec les chirurgiens et d'un environnement de recherche exceptionnel. La partie du projet relative à la reconnaissance des activités basée sur des capteurs multimodaux et sur des approches d'analyse de séries temporelles sera menée en collaboration avec Nicolas Padoy (iCube, Strasbourg).

4. Collaboration

Ce projet de recherche sera mené dans le cadre d'un groupe de travail au sein du LabEx CAMI dédié à la modélisation et au suivi des interventions médicales assistées par ordinateur (M2CAMI). Ce groupe de travail inclut les équipes suivantes dans le LabEx : iCube de Strasbourg, TIMC-IMAG de Grenoble, LIRRM de Montpellier et LTSI de Rennes. Particulièrement, la partie du projet relative à la reconnaissance des activités basée sur des capteurs multimodaux et sur des approches d'analyse de séries temporelles sera menée en collaboration avec Nicolas Padoy (iCube, Strasbourg).

5. Compétences attendues

Le candidat devra posséder les compétences suivantes:

- Fortes compétences en programmation C++,
- Expérience en vision par ordinateur/ apprentissage supervisé et représentations par graphe,
- Maîtrise écrite et orale de l'anglais,
- Une expérience en modélisation de connaissances est un plus.

References

[Jannin2003] Jannin P, Raimbault M, Morandi X, Riffaud L and Gibaud B. "Modeling Surgical Procedures for Multimodal Image-Guided Neurosurgery", Journal of Computer Aided Surgery, 2003

[Lalys2013a] F. Lalys, P. Jannin, "Surgical Process Modelling: a review ", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2013

[Lalys2013b] F. Lalys, Bouget D, Riffaud L, P. Jannin, "Automatic knowledge-based recognition of low-level tasks in ophthalmological procedures", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2013

[Lalys2012] F. Lalys, L. Riffaud, D. Bouget, P. Jannin, "A framework for the recognition of high-level surgical tasks from video images for cataract surgeries". IEEE Trans. Biomed Eng, 2012

[Padoy2012] N. Padoy, T. Blum, A. Ahmadi, H. Feussner, M.O. Berger, N. Navab . “Statistical Modeling and Recognition of Surgical Workflow”. Medical Image Analysis, 2012