

Sujet de Thèse

Modélisation d'organes par fonctions implicites

LORIA-Nancy/Alcove-Lille

Les équipes-projets Magrit (INRIA Nancy-Grand Est) et Alcove (INRIA Lille-Nord Europe) proposent un sujet de thèse en vision par ordinateur et simulation assistée par ordinateur dans le cadre de l'Action d'Envergure Sofa financée par l'INRIA.

Mots clés :

modélisation 3D, imagerie médicale, simulation de gestes chirurgicaux, modèles déformables

Contexte:

Les techniques chirurgicales minimalement invasives apportent un bénéfice indéniable pour le patient. Elles requièrent cependant une compétence technique et médicale de plus en plus grande de la part du chirurgien , compétence qui ne peut aujourd'hui s'acquérir qu'après une longue formation.

Un outil de simulation de l'acte interventionnel, fonctionnant en temps réel et assez flexible pour s'adapter à n'importe quelles données patients, permettrait de consolider et de raccourcir cette période de formation. Il serait également une aide précieuse pour mieux planifier l'intervention, avec pour conséquence un temps de chirurgie plus court et une récupération post-opératoire plus rapide. Les équipes Alcove et Magrit possèdent une grande expérience dans le domaine de la simulation médicale et de l'analyse d'images médicales. Elles collaborent depuis quelques années en vue de développer un simulateur pour la neuradiologie interventionnelle [1,2].

Ces premiers travaux ont fait apparaître qu'un élément clé de la simulation médicale est la modélisation des organes d'intérêt. Cette représentation doit être continue pour aider au réalisme de la simulation, compacte pour qu'elle se fasse en temps réel, et apte à gérer les déformations de l'organe ainsi que ses changements éventuels de topologie.

L'objectif de ce travail est d'étudier la modélisation des organes par fonctions implicites paramétriques, qui répond aux critères précédents. On s'intéressera en particulier aux organes de forme très complexes comme les vaisseaux sanguins intra-cérébraux. Ainsi, l'application principale visée est la simulation du déploiement d'un coil (micro-outil) dans un anévrisme intra-cérébral.

Sujet:

Deux étapes sont envisagées dans la thèse.

Le premier objectif sera de décrire un modèle implicite dans le cas statique (organes nondéformables), ainsi que les méthodes pour le construire automatiquement à partir d'images médicales. Si les modèles implicites paramétriques ont été largement étudiés et utilisés en graphisme [3], il n'en est pas de même en vision par ordinateur où le problème de l'adéquation du modèle aux données reste un champ ouvert. La difficulté reposera donc sur d'une part l'algorithme d'estimation du modèle à partir des données, et d'autre part sur le compromis à trouver pour assurer

au modèle une compacité nécessaire à la simulation en temps réel. La validation médicale de ce modèle et des algorithmes associés devra être suffisamment avancée pour qu'il soit implanté, par l'équipe de développement, dans Sofa, notre plateforme de simulation.

Le deuxième objectif sera de rendre ce modèle déformable. Il ne s'agira pas uniquement de lui appliquer une déformation déterministe en fonction du temps, ce qui permettrait de modéliser la respiration ou les battements cardiaques. La déformation devra s'intégrer à la résolution du système mécanique sous-jacent à la simulation. Les modèles non-paramétriques, représentant la surface de l'organe par un maillage, sont bien adaptés dans ce cas. Les méthodes associant les deux représentations des objets (maillage et surface implicite) seront donc explorées [4,5]. Une autre voie consistera à modéliser également de façon implicite l'outil médical interagissant avec l'organe [6,7]. Une nouvelle modélisation sera proposée et une preuve de concept devra pouvoir être présentée à l'issue du travail.

Profil recherché:

Requis: vision par ordinateur et maths appli, outil de développement (C++ ou matlab)

Fortement apprécié: graphisme et simulation

Apprécié: développement C++

Environnement:

L'encadrement sera assuré par M-O. Berger et S. Cotin. Le doctorant sera basé à Nancy dans l'équipe Magrit mais fera des déplacements réguliers d'une semaine à Lille.

Pour de plus de renseignements :

<http://magrit.loria.fr> (site web de l'équipe-projet Magrit)

<http://www2.lifl.fr/GRAPHIX> (site web de l'équipe-projet Alcove)

<http://simple.loria.fr> (site web de l'ARC SIMPLE)

<http://sofa-framework.org> (site web de la plateforme Sofa)

Références:

- [1] J. Dequidt, M. Marchal, C. Duriez, E. Kerrien and S. Cotin. Interactive Simulation of Embolization Coils: Modeling and Experimental Validation. In Proc. of MICCAI'08, New-York City, NY, LNCS vol. 5241, p. 695-702, 2008.
- [2] E. Kerrien, M.-O. Berger and J. Dequidt. Refining the 3D surface of blood vessels from a reduced set of 2D DSA images. In Proc. of AMI-ARCS'08 workshop, New-York City, NY, pp. 61-69, 2008.
- [3] J. Bloomenthal. Introduction to implicit surfaces. Morgan Kaufmann, 1997.
- [4] Y. Ohtake, A. Belyaev, M. Alexa et al. Multi-level partition of unity implicits. Proceedings of ACM SIGGRAPH, 2003.
- [5] S. Ilic and P. Fua. Implicit meshes for surface reconstruction. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(2):328-333, 2006.
- [6] M-P. Gascuel. An implicit formulation for precise contact modeling between flexible solids. Computer Graphics, p. 313-320, 1993. Proceedings of Siggraph'93.
- [7] J. Hua and H. Qin. Haptics-based dynamic implicit solid modeling. IEEE Trans. on Visualization and Computer-Graphics, 10(6):1-13, 2004.