

PhD Defense**VINCENT BISMUTH****MONDAY THE 09TH OF JANUARY 2012****AT 14H****Amphi 160**

ESIEE, Noisy le Grand

Access map : <http://www.esiee.fr/acces/index.html>**IMAGE PROCESSING ALGORITHMS FOR THE VISUALIZATION OF INTERVENTIONAL DEVICES IN X-RAY FLUOROSCOPY****Summary:**

Stent implantation is the most common treatment of coronary heart disease, one of the major causes of death worldwide. During a stenting procedure, the clinician inserts interventional devices inside the patient's vasculature. The navigation of the devices inside the patient's anatomy is monitored in real-time, under X-ray fluoroscopy. Three specific interventional devices play a key role in this procedure: the guide-wire, the angioplasty balloon and the stent. The guide-wire appears in the images as a thin curvilinear structure. The angioplasty balloon, that has two characteristic marker-balls at its extremities, is mounted on the guide-wire. The stent is a 3D metallic mesh, whose appearance is complex in the fluoroscopic images. Stents are barely visible, but the proper assessment of their deployment is key to the procedure.

The objective of the work presented in this thesis is twofold. On the first hand, we aim at designing, studying and validating image processing techniques that improve the visualization of stents. On the second hand, we study the processing of curvilinear structures (like guide-wires) for which we propose a new image processing technique. We present algorithms dedicated to the 2D and 3D visualization of stents. Since the stent is hardly visible, we do not intend to directly locate it by image processing means in the images. The position and motion of the stent are inferred from the location of two landmarks: the angioplasty balloon and the guide-wire, which have characteristic shapes. To this aim, we perform automated detection, tracking and registration of these landmarks.

The cornerstone of our 2D stent visualization enhancement technique is the use of the landmarks to perform motion compensated noise reduction. We evaluated the performance of this technique for 2D stent visualization over a large database of clinical data (nearly 200 cases). The results demonstrate that our method outperforms previous state of the art techniques in terms of image quality. A comprehensive validation confirmed that we reached the level of performance required for the commercial introduction of our algorithm. It is currently deployed in a large number of clinical sites worldwide. The 3D stent visualization that we propose, uses the landmarks to achieve motion compensated tomographic reconstruction. We show preliminary results over 22 clinical cases. Our method seems to outperform previous state of the art techniques both in terms of automation and image quality.

The previous stent visualization methods involve the segmentation of the part of the guide-wire extending through the stent. We propose a generic tool, called the Polygonal Path Image (PPI), to process such curvilinear structures. The PPI relies on the concept of locally optimal paths. One of its main advantages is that it unifies the concepts of several previous state of the art techniques in a single formalism. Moreover the PPI enables to control the smoothness and the length of the structures to segment. Its parameterization is simple and intuitive. In order to fully benefit from the PPI, we propose an efficient scheme to compute it. We demonstrate its applicability for the task of automated guide-wire segmentation, for which it outperforms previous state of the art techniques.

Jury :

NAJMAN Laurent	Directeur de thèse	Professeur, LIGM, ESIEE
VAILLANT Régis	Co-encadrant	Ingénieur Principal, GEHC
NAVAB Nassir	Rapporteur	Professeur, TUM
MALANDAIN Grégoire	Rapporteur	Deputy scientific director, INRIA
REIBER Hans	Examineur	Professeur, LUMC
AACH Til	Examineur	Professeur, RWTH
BLOCH Isabelle	Examineur	Professeur, Telecom ParisTech
FUNCK François	Examineur	Chef du service de Cardiologie, CH René Dubos

SOUTENANCE de THESE
VINCENT BISMUTH

LUNDI 09 JANVIER 2012

A 14H HEURE

Amphi 160

ESIEE, Noisy le Grand

Plan d'accès : <http://www.esiee.fr/acces/index.html>

**ALGORITHMES DE TRAITEMENT D'IMAGE POUR LA VISUALISATION D'OUTILS
INTERVENTIONNELS EN FLUOROSCOPIE PAR RAYONS X**

Résumé :

La pose de stent est l'option de traitement la plus courante de la maladie coronarienne, l'une des principales causes de mortalité dans le monde. Lors d'une procédure de pose de stent, le médecin insère des outils chirurgicaux dans le réseau vasculaire du patient. La progression de ces outils à l'intérieur du corps est suivie en temps réel sous fluoroscopie par rayons X. Trois outils en particulier, jouent un rôle crucial dans la procédure : le guide, le ballon d'angioplastie et le stent. Le guide apparaît dans les images sous la forme d'une structure curviligne. Le ballon, monté sur le guide, est équipé de deux marqueurs radio-opaques à ses extrémités. Le stent est un maillage métallique qui se projette en une forme complexe dans les images fluoroscopiques. Le stent, dont le bon déploiement est essentiel au succès du geste médical, est souvent très difficilement visible dans les images.

Les travaux présentés dans cette thèse poursuivent un double objectif. Il s'agit d'une part, de concevoir, d'étudier et de valider des techniques de traitement d'image visant à améliorer la visualisation des stents. D'autre part, nous étudions le traitement des structures curvilignes (comme les guides) pour lesquelles nous proposons un nouvel outil. Nous présentons des algorithmes de traitement d'image dédiés à la visualisation 2D et 3D des stents. Le stent étant à peine visible dans les images, nous ne cherchons pas à le localiser directement à l'aide de techniques de traitement d'images. La position et le mouvement du stent sont déterminés par nos algorithmes à partir de celles de deux amers: le guide et le ballon qui ont des formes caractéristiques. Nous exécutons donc, dans ce but, la détection, le suivi et le recalage de ces amers, et ce de manière complétement automatique.

Le cœur de notre méthode de visualisation des stents en 2D réside dans l'utilisation d'amers pour effectuer un débruitage compensé en mouvement. Nous avons évalué la performance de notre technique sur une large base de près de 200 cas cliniques. Il en ressort que notre méthode surpasse celles utilisées jusqu'ici sur le plan de la qualité image. La validation exhaustive que nous avons menée, a confirmé que nous avons atteint un niveau compatible avec son introduction commerciale. Le logiciel qui en résulte est désormais installé sur un grand nombre de sites cliniques, où il est régulièrement utilisé. La méthode de visualisation 3D des stents que nous proposons utilise les amers pour effectuer une reconstruction tomographique compensée en mouvement. Nous exposons des résultats préliminaires sur une base de 22 cas cliniques. Il semble que notre méthode surpasse les méthodes précédemment employées aussi bien du point de vue de la qualité image que de l'automatisation.

Les méthodes de visualisation des stents que nous proposons s'appuient sur la segmentation de la portion du guide qui traverse le stent. Nous proposons un nouvel outil pour le traitement de telles structures curvilignes que nous appelons : l'image de chemins polygonaux (acronyme PPI en anglais). Cet outil repose sur la notion de chemin localement optimal. L'un des principaux avantages du PPI est d'unifier dans un même cadre différents concepts préexistants. De plus, il permet de contrôler la régularité et la longueur des structures à traiter à l'aide d'une paramétrisation simple et intuitive. Afin de tirer pleinement parti des performances du PPI, nous proposons un schéma algorithmique efficace pour le calculer. Nous illustrons son utilisation pour la segmentation automatique du guide, où il surpasse les techniques existantes.

Composition du Jury :

NAJMAN Laurent	Directeur de thèse	Professeur, LIGM, ESIEE
VAILLANT Régis	Codirecteur de thèse	Ingénieur Principal, GEHC
NAVAB Nassir	Rapporteur	Professeur, TUM
MALANDAIN Grégoire	Rapporteur	Directeur scientifique adjoint, INRIA
REIBER Hans	Examineur	Professeur, LUMC
AACH Til	Examineur	Professeur, RWTH
BLOCH Isabelle	Examineur	Professeur, Telecom ParisTech
FUNCK François	Examineur	Chef du service de Cardiologie, CH René Dubos