



Caméra active 3D par DFD pour l'inspection de surface : algorithmie, modèle de performance et réalisation expérimentale

3D active camera by Depth from Defocus for surface inspection : algorithm, performance model and experimental realization

Soutenance de thèse – Benjamin Buat

24 Juin 2022 à 14h

Lieu : Salle Marcel Pierre, ONERA Palaiseau

Lien zoom : <https://ec-nantes.zoom.us/j/99217426272>

Meeting ID: 992 1742 6272

Passcode: gK57yy#Z

Devant le jury composé de :

Mme Corinne Fournier	Maître de Conférences, Université Jean Monnet Saint-Etienne	Rapporteure
M. Olivier Aubreton	Maître de Conférences, Université de Bourgogne Franche-Comté	Rapporteur
M. Djemel Ziou	Professeur, Université de Sherbrook	Examineur
M. Éric Thiébaud	Astronome, Université de Lyon 1	Examineur
M. François Goudail	Professeur, Institut d'Optique Graduate School	Examineur
Mme Pauline Trouvé-Peloux	Ingénieure de recherche, ONERA-DTIS	Co-encadrante
M. Frédéric Champagnat	Directeur de recherche, ONERA-DTIS	Co-encadrant
M. Guy Le Besnerais	Directeur de recherche, ONERA-DTIS	Dir. de thèse
M. Thierry Simon	Maître de Conférences, Université de Toulouse Jean Jaurés	Invité

Résumé Français :

Cette thèse traite de la conception d'une caméra 3D capable de produire la carte de profondeur complète d'une scène dans le cadre de l'inspection de surface. Ce domaine d'application implique généralement des objets peu texturés et un cahier des charges strict concernant la compacité du système d'inspection et la précision requise. Dans cette thèse, nous proposons d'utiliser une caméra associée à un projecteur permettant d'ajouter une texture artificielle à la scène. L'extraction de 3D repose sur le principe de « Depth-From-Defocus » (DFD) qui consiste à estimer la profondeur en exploitant le flou de défocalisation. Nous avons développé dans un premier temps un algorithme mono-image d'estimation locale de profondeur basé sur l'apprentissage de la scène et du flou. Cet algorithme fonctionne pour tout type de système DFD mais il est particulièrement adapté pour le DFD actif pour lequel on maîtrise la scène qui est une texture projetée. Puis nous avons mis en œuvre un prototype expérimental de DFD actif pour un cadre d'inspection de surface. Il est composé d'une caméra dont l'objectif présente des aberrations chromatiques longitudinales permettant d'étendre la plage de profondeur estimable et la précision d'estimation, et d'un projecteur spécialisé dont la forme et l'échelle du motif ont été particulièrement optimisés par simulation. Nous avons également mené une validation expérimentale du prototype qui atteint une précision de 0.45 mm sur une plage de travail de 310 à 340 mm. Nous avons ensuite développé un modèle de performance qui permet de prédire la précision de n'importe quel système de DFD actif en fonction des paramètres des optiques, du capteur, du projecteur et des traitements. Ce modèle ouvre la voie à une étude de conception conjointe optique/traitement d'une caméra 3D active par DFD.

Mots clés : Caméra 3D, flou de défocalisation, modèle de performance, inspection de surface, illumination structurée.

Résumé Anglais :

This thesis is dedicated to the design of a 3D camera capable of producing the complete depth map of a scene within the framework of surface inspection. This field of application generally involves objects with little texture and strict specifications concerning the compactness of the inspection system and the precision required. In this thesis, we propose to use a camera combined with a projector to add an artificial texture to the scene. 3D extraction is based on the principle of “Depth-From-Defocus” which consists in estimating the depth by exploiting the defocus blur. We first developed a single-image local depth estimation algorithm based on scene and blur learning. This algorithm works for any type of DFD system but it is particularly suitable for active DFD for which we control the scene which is a projected texture. Then we implemented an experimental active DFD prototype for surface inspection. It is composed of a camera whose lens has longitudinal chromatic aberrations to extend the estimable depth range and estimation accuracy, and a specialized projector whose pattern shape and scale have been particularly optimized by the simulation of the prototype. We also carried out an experimental validation of the prototype which achieved an accuracy of 0.45 mm over a working range of 310 to 340 mm. We then developed a performance model that predicts the accuracy of any active DFD system depending on the parameters of the optics, sensor, projector and treatments. This model paves the way for a joint optical/processing design study of an active 3D camera by DFD.

Keywords : 3D camera, defocus blur, performance model, surface inspection, structured light