

Résumé

Le déploiement des robots parallèles à câbles (RPC) dans l'industrie est en cours d'étude pour leur faible coût de réalisation et leur grand espace de travail dans des domaines applicatifs très variés. Par ailleurs, l'usage de câbles pour la transmission entraîne une réduction des masses des parties mobiles par rapport à une transmission rigide, ce qui permet d'accéder à une plus grande capacité d'accélérations. Cependant, la faible rigidité d'un RPC pose des problèmes de précision et de vibrations. Cette thèse s'articule autour de trois axes : l'étude et la conception d'un RPC pour l'impression 3D, la synthèse de lois de commande pour suivre une trajectoire et le contrôle des vibrations du RPC. Trois améliorations d'un contrôleur proportionnel intégral dérivé sont présentées pour le suivi de trajectoire. Elles sont implémentées dans des modèles numériques de robots à deux et huit câbles et sont intégrés sur un prototype de robot à deux câbles. Ces contrôleurs permettent de réduire le temps de réponse et d'augmenter la précision du robot. Le contrôle vibratoire est obtenu grâce à deux tendons actifs chacun composé d'un actionneur et d'un capteur piézoélectriques. Une étude théorique de l'autorité des tendons actifs permet de concevoir des lois de contrôle pour maximiser la réduction des vibrations. Les tendons actifs sont intégrés sur un prototype de robot à huit câbles et permettent de réduire les niveaux de vibration des six modes du robot avec des réductions supérieures à 6 dB pour plusieurs modes. Des tests ont été réalisés sur différentes possibilités de positionnement des tendons actifs et mettent clairement en évidence les réductions vibratoires obtenues pour les premières trajectoires représentatives.

Mots clés : Robots à câbles, suivi de trajectoire, lois de commande, contrôle vibratoire, contrôleur, tendons actifs, actionneurs piézoélectriques.

Abstract

The deployment of cable-driven parallel robots (CDPR) in the industry is studied in very various application fields for their low cost and large workspace. Furthermore, compared to a rigid transmission, the use of cables enables a reduction of the mobile part and a CDPR can reach higher accelerations. However, the lack of rigidity of a CDPR raises issues such as the lack of accuracy and the rise of vibrations. This thesis focuses on three axes: the study and design of a CDPR for 3D printing, the synthesis of control laws to follow a trajectory and the vibration control of the CDPR. Three improvements to a proportional integral derivative controller are presented for trajectory tracking. They are implemented in numerical models of two- and eight-cable robots and are integrated on a two-cable prototype. These control laws reduce the response time and increase the accuracy of the robot. Vibration control is achieved by using two active tendons, each consisting of a piezoelectric actuator and sensor. A theoretical study of the authority of the active tendons allows the design of control laws to maximise vibration reduction. The active tendons are integrated into an eight-cable prototype and reduce the vibration levels of all six modes of the robot with reductions of more than 6 dB for several modes. Tests have been carried out on different positions of the active tendons and clearly show the vibration reductions obtained for representative trajectories.

Key words: Cable robots, trajectory tracking, control laws, vibration control, controllers, active tendons, piezoelectric actuators.