

Titre : Optimisation de la conception de robots parallèles continus pour une modélisation efficace

Mots clés : Robots parallèles continus ; Optimisation de la conception ; Modélisation géométrico-statique ; Simplification de modèle.

Résumé : Les robots continus offrent une compliance intrinsèque et une grande dextérité, tandis que les robots parallèles continus apportent en outre une rigidité et une précision de positionnement accrues. Toutefois, leurs structures flexibles couplées engendrent des comportements fortement non linéaires ainsi que des modèles géométrico-statiques coûteux en termes de calcul, ce qui limite le contrôle en temps réel et les applications industrielles. Cette thèse aborde ces défis par le biais de la conception mécanique et de la simplification de modèles. Un robot parallèle continu planaire, à orientation de plateforme contrainte, est développé en utilisant une architecture de parallélogramme flexible. Un robot virtuel équivalent est introduit pour simplifier la modélisation géométrico-statique tout en préservant le comportement mécanique global. Les résultats numériques et expérimentaux démontrent une efficacité de calcul améliorée alliée à une précision satisfaisante. Le comportement non linéaire est par ailleurs réduit grâce à l'optimisation de la géométrie de poutres flexibles pré-courbées, aboutissant à une relation entrée-sortie quasi linéaire. Un modèle géométrico-statique linéaire simplifié est ensuite élaboré et validé expérimentalement pour permettre une prédiction efficace de la position. En somme, cette thèse démontre que l'optimisation de la conception mécanique permet de réduire efficacement la complexité de la modélisation tout en préservant les performances du robot, facilitant ainsi sa commande et ses futures applications industrielles.

Title : Design Optimization of Continuum Parallel Robots for Efficient Modeling

Keywords : Continuum parallel robots; Design optimization; Geometrico-static modeling; Model simplification.

Abstract : Continuum robots offer intrinsic compliance and high dexterity, while continuum parallel robots further provide improved stiffness and positioning accuracy. However, their coupled flexible structures lead to highly nonlinear behaviors and computationally expensive geometrico-static models, limiting real-time control and industrial applications. This thesis addresses these challenges through mechanical design and model simplification. A planar continuum parallel robot with constrained platform orientation is developed using a flexible parallelogram architecture. An equivalent virtual robot is introduced to simplify geometrico-static modeling while preserving the overall mechanical behavior. Numerical and experimental results show improved computational efficiency with satisfactory accuracy. The nonlinear behavior is further reduced by optimizing the geometry of pre-curved flexible beams, resulting in an approximately linear input-output relationship. A simplified linear geometrico-static model is then developed and experimentally validated for efficient position prediction. Overall, this thesis demonstrates that mechanical design optimization can effectively reduce modeling complexity while preserving robot performance, facilitating control and future industrial applications.