

PROMPT – Performances de la Robotique Manufacturière en Perception de Tâche

Les robots effectuent des tâches répétitives avec pour seuls retours des capteurs proprioceptifs (ex : codeurs moteurs, centrales inertielles). En théorie, cette approche nécessite une parfaite connaissance du modèle du robot ; en pratique, elle est possible car la tâche répétitive peut être apprise. Cette méthode basée modèle est dépassée dès que les phénomènes mis en jeu sont mal modélisés (déformations, vibrations, jeux, etc.). Les industries sont demandeuses de solutions innovantes pour répondre à ces limites.

L'approche pressentie pour répondre à cette question est d'utiliser des capteurs extéroceptifs (caméras, capteurs de distance, laser, etc.) afin de permettre au robot de se positionner de façon relative à la tâche qu'il doit effectuer. Les lois de commande basées capteur ont d'ores et déjà montré tout l'intérêt en termes de gain de précision. Cependant, les mouvements générés par la commande sont notablement plus lents que ceux d'un opérateur humain. Cette faible vitesse vient des limitations des méthodes de perception qui ne sont pas adaptées à des mouvements rapides : typiquement une caméra qui défile vite rend difficile la détection ou le suivi des objets (effet de flou ou grande différence entre deux images consécutives).

Les verrous limitant l'augmentation de la vitesse de réalisation de la tâche sont ainsi liés à la difficulté de percevoir des objets quand le robot se déplace vite, à la maîtrise des modèles d'interaction (caractérisant la géométrie, la cinématique et la dynamique de l'interaction entre le système de perception et le système observé), et la difficulté de générer des mouvements permettant d'aller au plus vite vers la tâche spécifiée. Une meilleure maîtrise de ces problèmes pourrait faire gagner un facteur de 5 à 10 au niveau de la rapidité de convergence, rapprochant ainsi les performances d'un robot de celles d'un opérateur humain.

Nous pensons que les performances de perception en dynamique pourraient être fortement améliorées en combinant mieux les informations venant de capteurs extéroceptifs, qui donnent des informations de position, et les informations des capteurs proprioceptifs qui sont plus réactifs et peuvent donner des informations sur les vitesses et les accélérations. Des travaux existent pour les cas simples comme la fusion d'une caméra (extéro) et d'une centrale inertielle (proprio), mais ils émanent de la communauté de la vision par ordinateur et cherchent avant tout à améliorer le suivi d'objets, sans se préoccuper de l'environnement, du type de robot et de la commande correspondante. Le problème majeur dans l'utilisation d'un système de capteurs donnant des informations disparates (images pour une caméra, vitesses / accélérations pour une centrale inertielle) est qu'il est nécessaire de fusionner des données non-homogènes afin d'en déduire le plus précisément possible les caractéristiques du mouvement de l'objet observé. La solution la plus classique à ce problème est d'utiliser un filtre de Kalman (ou un autre algorithme de fusion de données). Le problème est que la précision de prédiction dépend intrinsèquement des performances du système de capteurs (bruit de mesure, conditionnement des matrices d'interaction) mais aussi du positionnement relatif des capteurs entre eux qui influe sur le conditionnement du filtre, et donc sur sa sensibilité aux bruits de mesure et ses performances en prédiction.

Afin d'améliorer les performances du filtre, pour un jeu de capteurs donné (bruit de mesure connu), nous chercherons à positionner de manière optimale les capteurs entre eux. La difficulté sera d'étudier l'influence de ces choix sur les performances du filtre, qui est hautement non-linéaire et non-homogène. Des outils existent cependant dans la communauté mécanique, utilisés essentiellement en conception optimale de robots, pour décrire les performances des systèmes non-linéaires non-homogènes (ex : facteurs d'amplification des erreurs en translations et/ou rotation (performances non-homogènes en termes d'unité de mesure) liés à l'analyse des matrices Jacobiennes des robots) et pourraient aider à analyser ce type de problème. La résolution inverse permettra de faire des choix de perception répondant à un besoin de performance donnés.

Cela n'est cependant pas suffisant, puisque si l'estimation du mouvement rapide est basée entre autres sur des données caméra, les faibles fréquences d'acquisition liées à ce type de matériel conduiront à un effet de floutage de l'objet, diminuant considérablement la précision d'estimation de sa configuration. Afin d'augmenter la fréquence d'acquisition, il sera utile d'utiliser une technique

basée sur la définition de Régions d'Intérêt (RDI), i.e. des petites zones de l'espace image (taille des données plus faibles) incluant l'objet observé, dont la position peut varier. Cependant, à haute vitesse, il est nécessaire d'avoir une bonne prédiction du déplacement de l'objet afin de régler la position des RDI à chaque instant t . Pour garantir cette bonne prédiction, il est nécessaire de maîtriser la dynamique relative entre l'objet observé et les capteurs, i.e. la dynamique de l'interaction. Les modèles d'interaction ne sont cependant pas exempts de singularités. Par exemple, on sait qu'il existe des configurations de l'objet pour lesquelles à partir des données capteurs, on n'est plus capable d'estimer la vitesse de l'objet. Ces singularités sont très mal maîtrisées ne serait-ce qu'en cinématique.

Cependant, récemment, nous avons développé un outil appelé le « robot caché » qui permet de trouver les singularités cinématiques (i.e. de maîtriser l'interaction au niveau cinématique). Cette approche est fondée sur le fait qu'on peut définir un robot virtuel représentant la cartographie de l'interaction et qu'en utilisant des outils mathématiques pointus issus de la communauté des mécaniciens, il est possible de simplifier considérablement l'analyse des singularités. En d'autres termes pour un problème donné, en passant du point de vue de la communauté asservissement visuel à celui de la communauté des mécaniciens, nous avons trouvé une nouvelle façon d'interpréter les problèmes de perception et surtout de les résoudre. Nous chercherons à étendre le concept de robots cachés à d'autres classes de problèmes, notamment le passage de la cinématique à la dynamique.

Une fois ces problèmes traités, il sera envisageable de définir des lois de commandes connues pour être plus efficaces pour maîtriser la dynamique d'un système et d'améliorer son temps de réponse.