



Robotique déformable : logiciel de simulation

Inria

PROCESSUS

Les robots du futur ne seront plus «rigides» comme aujourd'hui mais faits de structures déformables complexes, composées de parties rigides et souples, proches des matériaux organiques que l'on peut trouver dans la nature. La robotique déformable ouvre de nouvelles perspectives en termes d'applications, de réduction des coûts de fabrication, de robustesse, d'efficacité et de sécurité. Cela pourrait constituer un grand saut en avant dans la conception des robots dans les années à venir.

Le principal obstacle à l'émergence de ce type de robotique est que les méthodes actuelles de design et de contrôle ne fonctionnent pas pour le déformable : il faut donc inventer de nouvelles approches.

L'équipe-projet travaille sur une nouvelle approche qui intègre des modèles temps-réel des déformations du robot et de son interaction avec l'environnement. L'idée est de s'appuyer sur cette modélisation depuis la conception, notamment grâce à la simulation, jusqu'au pilotage en temps réel.

L'équipe travaille également sur l'utilisation de l'apprentissage par renforcement sur les simulations pour les optimiser et permettre de contrôler les robots de manière plus efficace.

Le fait d'appliquer cette méthode sur la simulation et non sur le robot directement représente un gain de temps considérable.

USE CASES

On souhaite avoir une maquette numérique d'un robot déformable ou d'un robot rigide en interaction avec un environnement déformable. On peut, grâce à SOFA, le simuler et optimiser la commande ou le design, ou encore tester le robot dans différents environnements simulés.

Secteurs d'activités : robotique médicale & robotique manufacturière.

Dans ce contexte 2 expertises sont mises en avant :

1. Le logiciel de simulation du comportement du robot, associé à un framework permettant l'apprentissage par renforcement.

2. La réalisation et la commande de bras manipulateurs souples.

LE LOGICIEL DE SIMULATION DU COMPORTEMENT D'UN ROBOT

Une des expertises clés de l'équipe est d'être capable de produire des modèles numériques de robots rigides et/ou déformables en interaction avec un environnement rigide et/ou déformable. Pour cela, on utilise notre plateforme de simulation SOFA développée depuis plus de 10 ans. De plus, on développe des stratégies de calcul permettant d'avoir des performances temps-réel ou proche du temps-réel, ce qui permet d'utiliser la simulation de manière « interactive ». Ici, le robot simulé est une sorte de maquette numérique du robot réel : on peut tester son comportement comme s'il existait réellement.

Grâce au framework SofaGym, il est également possible d'appliquer des algorithmes d'apprentissage par renforcement sur les simulations pour rendre la conception et le contrôle des robots plus efficaces et optimisés.



FICHE IDENTITÉ

- **Logiciel** : SOFA (sofa-framework.org)
Le logiciel de simulation de robot s'appuie sur la plateforme open-source SOFA (sofa-framework.org).
- **Équipe projet** : Defrost - <https://www.inria.fr/fr/defrost>

FONCTIONNALITÉS GÉNÉRIQUES

Ce logiciel contient les fonctionnalités pour :

- Simuler le comportement mécanique des solides (rigides ou déformables),
- Détecter les collisions avec l'environnement,
- Résoudre les contraintes mécaniques (contact et autres contraintes),
- Visualiser le comportement,
- Interagir en temps-réel avec le modèle du robot.

Pour la simulation de robots déformables, un plug-in « soft-robot » a été développé, en particulier pour :

- Définir les actionneurs et les capteurs sous forme de contraintes,
- Résoudre ces contraintes mécaniques.

Pour accélérer les calculs, un autre plug-in « model order reduction » a été développé pour :

- Pré-simuler le comportement du robot avec un modèle FEM complet,
- Calculer un espace mathématique réduit pour la définition des degrés de liberté,
- Projeter le modèle mécanique dans cet espace.

Pour appliquer des algorithmes d'apprentissage par renforcement, un framework «SofaGym» a été développé pour :

- Pour optimiser le choix des paramètres pour la conception et le contrôle du robot,
- Connecter SOFA avec le framework OpenAI GYM destiné à l'application de l'apprentissage par renforcement dans le hardware.

APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT :

L'apprentissage par renforcement est une des facettes de "l'apprentissage machine" basée sur un entraînement par essai/erreur. Un agent effectue une action sur son environnement et reçoit une récompense suite à cette action. En se basant sur la récompense reçue, l'agent exécute une nouvelle fois cette action en la modifiant légèrement, tout en ayant constamment pour but de maximiser la récompense reçue. Et ainsi de suite...

En savoir plus :
Retrouvez la fiche dédiée dans la rubrique Intelligence Artificielle

READ ME

SOFA : <https://github.com/sofa-framework>

Soft robot : <https://github.com/SofaDefrost/SoftRobots>

Model order reduction: <https://github.com/SofaDefrost/ModelOrderReduction>

SofaGym - An OpenAI Gym API for SOFA Simulations : <https://www.youtube.com/watch?v=cQltUNVIL2Y>



Référent : Etienne Ménager

Defrost est une équipe-projet commune à Inria et au laboratoire CRISTAL (Centrale Lille, CNRS, Université de Lille)



Robotique déformable : bras manipulateur

Inria

PROCESSUS

Les robots du futur ne seront plus «rigides» comme aujourd'hui mais faits de structures déformables complexes, composées de parties rigides et souples, proches des matériaux organiques que l'on peut trouver dans la nature. La robotique déformable ouvre de nouvelles perspectives en termes d'applications, de réduction des coûts de fabrication, de robustesse, d'efficacité et de sécurité. Cela pourrait constituer un grand saut en avant dans la conception des robots dans les années à venir.

Le principal obstacle à l'émergence de ce type de robotique est que les méthodes actuelles de design et de contrôle ne fonctionnent pas pour le déformable : il faut donc inventer de nouvelles approches.

L'équipe-projet travaille sur une nouvelle approche qui intègre des modèles temps-réel des déformations du robot et de son interaction avec l'environnement. L'idée est de s'appuyer sur cette modélisation depuis la conception, notamment grâce à la simulation, jusqu'au pilotage en temps réel.

L'équipe travaille également sur l'utilisation de l'apprentissage par renforcement sur les simulations pour les optimiser et permettre de contrôler les robots de manière plus efficace. Le fait d'appliquer cette méthode sur la simulation et non sur le robot directement représente un gain de temps considérable.

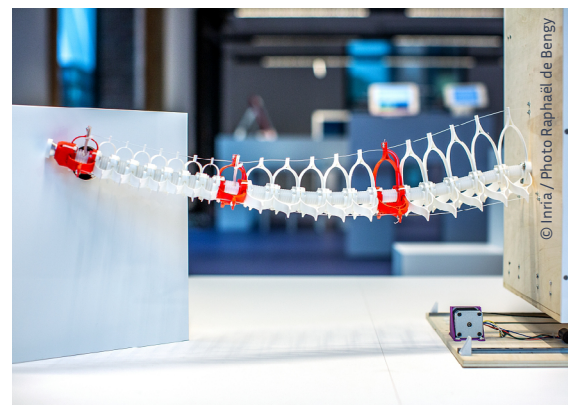
Dans ce contexte 2 expertises sont mises en avant :

1. Le logiciel de simulation du comportement du robot, associé à un framework permettant l'apprentissage par renforcement.
2. **La réalisation et la commande de bras manipulateurs souples.**

RÉALISATION ET COMMANDE DE BRAS MANIPULATEURS SOUPLES

Une méthode inédite développée et brevetée par l'équipe permet d'utiliser des modèles inverses de robots souples pour calculer la commande : lorsqu'on souhaite piloter un bras manipulateur, il faut pouvoir passer de l'espace cartésien (en général le mouvement de l'effecteur terminal du robot, pour exécuter une tâche) à l'espace des actionneurs (quel mouvement impulser au niveau des moteurs).

C'est ce que notre équipe est capable de faire à partir d'un modèle numérique. Par ailleurs, l'équipe a aussi développé un savoir faire sur la commande en boucle fermée pour compenser les erreurs du modèles et les forces extérieures non-modélisées.



” FICHE IDENTITÉ

- **Logiciel** : SOFA – soft robot - soft robot inverse
- **Savoir-faire** : conception mécanique / cinématique inverse / contrôle en boucle fermé
- **Équipe projet** : Defrost - <https://www.inria.fr/defrost>

USE CASES

Le champ d'activité est ici le même que pour les manipulateurs rigides, mais avec la restriction qu'à ce jour, ces bras manipulateurs souples sont souvent moins capables de soulever de lourdes charges et sont souvent moins précis que les manipulateurs rigides.

Leur avantage : moins couteux à fabriquer, capables de gérer des contacts avec l'environnement (notamment quand l'environnement est complexe) et de réguler leur rigidité pour être moins dangereux.

Exploitation possible : inspection (contrôle de caméra), retour haptique, intervention chirurgicale, assistance aux personnes handicapés, etc.

FONCTIONNALITÉS GÉNÉRIQUES

Pour la conception, la simulation et la commande de bras manipulateurs souples, on s'appuie sur les technologies présentées dans la fiche « simulation ».

SOFA soft robot permet la simulation du bras robotisé déformable lors de sa phase de conception, ce qui permet de bien choisir les actionneurs et les capteurs associés.

Soft robot inverse :

- permet le contrôle du bras de robot dans l'espace des actionneurs par rapport à un objectif de positionnement global,
- à partir de mesures partielles de l'état (capteurs), le logiciel trouve la configuration la plus probable (au sens des moindres carrés),
- grâce à ces modèles inverses, nous avons un savoir-faire de mise en place d'une boucle fermée, permettant de garantir une plus grande précision et robustesse.

Savoir-faire de conception : nous avons déjà plusieurs réalisations de bras manipulateurs dont « Echelon III », un robot à vertèbres souples présent à [Interface, l'espace de démonstrateurs d'Inria Lille Nord-Europe](#).

READ ME

Soft robot inverse : <https://project.inria.fr/softrobot/>
(accès privé) : <https://gitlab.inria.fr/defrost/SoftRobots.Inverse>

Référent : Ke Wu

Defrost est une équipe-projet commune à Inria et au laboratoire CRISTAL (Centrale Lille, CNRS, Université de Lille)